

センター・オブ・イノベーション（COI）プログラム

終了報告書

研究開発期間：平成 25 年度～令和 3 年度

拠 点 名： 活力ある生涯のための Last 5X イノベーション拠点

中核機関： 京都大学

プロジェクトリーダー	氏名	野村 剛
	所属機関	パナソニック株式会社
	部署	
	役職	客員

初版 令和 3 年 10 月 31 日

目次

エグゼクティブサマリー	i
A イノベーションの創出に向けた活動実績	1
1 目指すべき将来の姿の設定	1
2 目指すべき将来の姿からのバックキャストिंग	3
3 アンダーワンルーフ	5
3.1 拠点体制（R3 年度）	5
3.2 参画機関一覧	8
3.3 拠点のマネジメント体制と仕組み・実績	9
4 研究開発テーマの成果	15
4.1 女性・子育て支援 分野	19
4.1.1 女性と子どものこころとからだの健康サポート	20
4.1.1.1 女性サポート	20
4.1.1.2 子育て教習所	24
4.1.1.3 妊産婦・母子サポート	30
4.1.1.4 子育て A I	34
4.1.1.5 育児サポート	39
(1) 育児動機を向上させる「親性」発達支援	
(2) 「母子まるごと」育児サポート	
(3) 「共同養育」コミュニケーションロボット	
4.1.2 子育てセンサ	56
4.1.2.1 塗布型ジェルセンサ	56
4.1.2.2 非接触見守りセンサ	60
4.2 ヘルスケア 分野	67
4.2.1 歩行学習支援ロボット	68
4.2.2 スマート栄養食	73
4.2.2.1 スマート大豆食品の開発	73
4.2.2.2 スマートライスの開発	78
4.2.3 サプリ開発ツール	88
4.2.4 在宅良質睡眠サービス	92
4.2.5 生体リズムの視点を取り入れた看護・介護居室環境の制御	95
4.2.6 要介護者・介護者双方の自立的生活を支え続けるための住空間および 介護手法の開発	98
4.2.7 住民健康ネットとパーソナル健康カードの開発	101
4.2.8 次世代バイオマーカーの探索・同定	103
4.2.9 次世代型健康用品・プログラムの開発	105
4.2.10 健康増進を実現するスマートコミュニティの開発	108
4.3 災害インフラ 分野	110
4.3.1 無線電力伝送システム	111
4.3.1.1 センサ給電	111
4.3.1.2 災害予防保全	115
4.3.1.3 標準化	119
4.3.1.4 I C 化技術	122
4.3.1.5 災害救助・火山観測	125
4.3.1.6 電動モビリティ給電	129

4.3.2	太陽電池・蓄電デバイス	133
4.3.2.1	フィルム型太陽電池	133
4.3.2.2	蓄電デバイス	139
4.3.3	医療・介護向け燃料電池の開発	142
4.3.4	災害及び在宅に対応した血液浄化装置の開発	145
4.4	病気の早期発見 分野	148
4.4.1	スマート超音波診断機器の開発	149
4.4.2	生体機器情報イメージング機器の開発及びプローブの開発	151
4.4.3	膵β細胞量を指標とする糖尿病の早期診断と先制医療抗がん剤の薬効 予測、治療効果判定 イメージングプローブの開発	154
4.4.4	MRI下で疑似画像を生じない金属材料の医療デバイスへの展開	157
4.5	病気時サポート 分野	160
4.5.1	細胞品質評価及び創薬評価用計測機器の開発	161
4.5.2	創薬サポートシステムの研究開発・実証	164
4.5.3	細胞組織と血液検査の研究開発・実証	166
4.5.4	個の医療プラットフォームの構築	169
4.5.5	セミオートマチック最適治療計画支援システムの開発	172
4.5.6	放射線治療レボリューションによるがん治療最大効率化の実現	175
4.5.7	腎臓透析サポートシステムの研究開発・実証	178
4.5.8	革新的な生体試料保存技術の開発	181
4.5.9	電子カルテ活用基盤の確立	184
4.6	病後サポート 分野	186
4.6.1	ロボット制御情報および時空間地理情報の統合解析によるロボット制御 最適化技術の研究開発と移動支援機器・ナビゲーションシステムの開発	187
4.6.2	地域健康医療安心ネットワークの研究開発	191
4.6.3	ライフサポート自立支援機器の開発	194
4.6.3.1	コミュニティビークルの開発	194
4.6.3.2	弱視者用光る点字ブロックの開発	198
4.7	共通技術 分野	200
4.7.1	エネルギーデバイス革新のためのナノ分析技術の開発	201
4.7.2	アメニティ・ライフデバイスに向けた マルチレーザープロセッシングの開発	204
4.7.3	ほっこりコミュニティの開発	206
4.8	研究開発全体の成果について（科学技術・学術上の新たな体系的知見等）	209
5	社会実装に向けた必要な対応	212
5.1	知的財産マネジメントの状況	212
5.2	社会実装に向けた課題の抽出と対応	215
5.3	マーケティング・試験的な取組の状況	219
5.4	研究開発成果の多様な展開の状況	224
B	イノベーションが連続的に創出される自立的なプラットフォーム構築に 向けた成果	227
1	自立的なイノベーション・プラットフォームの構築について	227
1.1	自立的なプラットフォームの構築に向けた拠点の強み・資産の形成状況	227

1.2 産学連携を効果的にするルール・運営方法の工夫.....	236
1.3 自立的なプラットフォームの構想・設計・稼働の状況.....	237
2 若手を中心とする多様な人材の活躍促進について.....	250
2.1 次代を担う若手等の多様な人材の育成・活躍促進の状況.....	250
2.1.1 若手連携研究ファンドの成果	250
2.1.2 若手フューチャビリスタディ（FS）研究の成果	258
2.1.3 若手研究者の活躍推進	263
2.2 人材の育成・人材循環整理表.....	264
別紙3 参画機関一覧	
別紙5 研究開発テーマと個別研究開発課題の関係一覧	
別紙6 用語集	

1 拠点の概要

京都大学 C0I 拠点では、10 年後の社会のビジョン「人々に安全・安心をもたらす“しなやかほっこり社会”を実現」するためにバックキャストにより課題を明確化し、フェーズ 1 では、“ヘルスケア”、“病気の早期発見”、“病気時サポート”、“病後サポート”と“コードレス電源・災害サポート”の 5 つの分野により課題解決を図ることを目指した。国際科学イノベーション棟を拠点にアンダーワンルーフで産官学が一体となって研究開発を進めた。フェーズ 1 の 3 年間では探索的に 32 課題の開発研究を行い、事業化が達成できたもの、また、企業単独で事業化が加速できる課題は早期に C0I から卒業させ、再度バックキャストによるテーマ見直しを行い、フェーズ 2、フェーズ 3 では、1. 「女性・子育て支援」分野、2. 「ヘルスケア」分野、3. 「災害インフラ」分野の 3 分野に集中した。その成果は順次、国家戦略特区の活用と自治体の協力を得て実証実験を行い、さらに、商品化等により社会実装した。社会実装の状況を下記の表にまとめて示した。研究開発を C0I 終了後も継続的に行うため 4 つのコンソーシアムを設立した。持続的なイノベーションを起こすプラットフォーム作りを目的に京都大学産官学連携本部内に“共創支援統括チーム”を設置した。社会実装できたもの、また、現在研究開発中のものも含め本 C0I 拠点の取り組みは国の Society 5.0 の“健康寿命の延伸”と“快適なインフラ街作り”に資すると考える。

2 研究開発期間終了時の実現目標と達成状況

社会実装：大学での基礎研究を発展させ、企業との共業により事業化（販売）することを最終目標とした。フェーズ 1、フェーズ 2 で事業化できた課題、また、フェーズ 3 の課題の事業化への進捗状況を表にまとめて示した。事業化、また、その目途が立ったものは 13 商品である。販売されたものとしては、例えば、パナソニック（株）から「iPS 細胞自動培養装置」、RT ワークス（株）から「アシストカート」、サンコール（株）から「歩行学習支援ロボット」、ユニ・チャーム（株）のトレパンマン、トイレトレーニングアプリ、ナチュラルムーニーの乳児用おむつ実装等がある。製品化のために「フィルム型太陽電池」では（株）エネコートテクノロジーズと「コンプトンカメラ」の（株）京都 SpaceGamma の 2 つベンチャー設立が行われた。

分野	研究開発テーマ	研究開発課題	事業化する企業名	開発完了	実証実験	販売準備	販売	商品
フェーズ1、フェーズ2で事業化できた研究開発テーマ								
女性・子育て	女性と子どものこころとからだの健康サポート	女性サポート	コニカミノルタ				○	Monicia（事業化中断）
		育児サポート	ユニ・チャーム				○	トレパンマン トイレトレーニングアプリ
ヘルスケア	在宅睡眠良質サービス		住友電工→住友理化				○	体動センサー
病気時サポート	創薬特許の活用・研究・開発		パナソニック				○	自動細胞培養装置
病後サポート	歩行支援機器開発		RTワークス				○	アシストカート
共通のコードレス電源・ICT/災害時サポート	医療・介護等向け燃料電池の開発		アクアフェアリー				○	固体水素燃料電池
	災害及び在宅に対応した血液浄化装置の開発		ニプロ				○	災害用血液透析装置
フェーズ3の研究開発テーマ進捗状況(22年3月見込み)								
女性・子育て	女性と子どものこころとからだの健康サポート	子育て教育所	コニカミノルタ		○			子育て教育研究サービス
		子育てAI	タケロボ				○	マタ相談AIロボット、AIチャット
		育児サポート						
		育児動機を向上させる「親性」発達支援	ユニ・チャーム		○		○	ナチュラルムーニー（販売中） 「親成長記録」アプリ
		「母子まるごと」育児サポート	サイキンソー	○				乳幼児腸内フローラ検査サービス
		コミュニケーションアシストロボット	コニカミノルタ	○				「共同養育」ロボット
	子育てセンサ	塗布型ジェルセンサ	ダイセル	○				検査サービス
		非接触見守りセンサ	マリ、丸文				○	呼吸・心拍計測機器（販売中）
ヘルスケア	歩行学習支援ロボット		サンコール				○	介護用歩行学習支援ロボット（販売中）
	スマート栄養食	スマート大豆食品の開発	大塚食品			○		スマート大豆栄養食品
		スマートライスの開発	神明		○（開発中）			高カロリー含米
災害インフラ	無線電力伝送システム	センサ給電	パナソニック				○	センサ給電システム
		災害予防保全標準化	ミネベアミツミ		○			円滑な検用車載無線電力伝送装置
								省令改正（屋内小電力）
	太陽電池・蓄電デバイス	フィルム型太陽電池	エネコ・テクノロジーズ				○	サンプル出荷
		蓄電デバイス	パナソニック		○			電気二重層 capacitor

若手育成：定年制ポジションへの着任は同一機関内で6名、他機関へ12名、また、昇任は同一機関内で9名、他機関での昇任1名と順調に研究者として育っていった。外国機関から16名の受け入れも行った。若手を中心に他機関と8件の共同研究を行い、また、拠点内では6件のフィジビリティスタディを行った。このうち3名は、「京都大学総長賞」、「JST 理事長賞」、「COI 学会最優秀賞」の荣誉ある表彰を受けた。

3 特筆すべき研究開発成果の概要

大学の人文学・健康科学・情報学・工学の異分野融合、民間企業との産学連携、さらに、行政を巻き込んだ実証研究をアンダーワンルーフのもとに進めることができた。COI プログラムがなければ出会うことがなかった異なる領域の人達の連携が生まれたことは、第6期科学技術・イノベーション基本計画に記載された分野の垣根を超えた人類未来のための「総合知」の創出の一つの成功例だと考える。以下、個別例の成果を述べる。

女性・子育て支援分野：若い女性、妊産婦、育児期の3つの時期に分けさらに父親性の視点を入れて、3つの時期に抱える問題を心理学と健康科学に基づいて支援するソフトなサポート、また、子育てAIと子育てセンサ等の先端技術に基づいたIoTサポートにより、子供を産み育てる女性を総合的に支えるシステムの構築をめざした。親として必要な知識を習得する「両親学級 Kyoto-Univ.」を開発し実証実験継続中である。新型コロナウイルス感染拡大により孤立しがちな新米母親と熟練母親の交流の場を提供する“子育てAIチャット”では2000件の質問・回答を作成できた。また、自治体の育児支援事業と医療相談への繋ぎを行う無人AIロボットは自治体等の協力を得て11拠点に設置できた。「育児サポート」では、父親性タイプ分類法の提案、さらに、父親性を高めるアプリの開発を行った。さらに、母子501組の腸内細菌叢及び身体生理特性を調べることで「母子心身特徴量データベース」の構築を進め、腸内細菌叢と対人気質や認知・言語発達特性と関連づけたデータを取得した。これを基に科学的な知見に基づいた両親のサポートを行えるようになった。妊産婦・乳幼児の体調管理に必要な体温またホルモン等の微量生体成分のデータを継続的に得るために蛍光プローブハンディ体温計と超高感度ハンディラマンスペクトル測定機器の開発を行った。また、ミリ波レーダを用いた非接触呼吸・心拍センシング機器開発では、保育所で多人数の昼寝園児の見守り実証研究を行った。研究用タイプまた量販廉価タイプを発売し、また、医療機器タイプの認可申請準備に入った。開発したソフト・ハード両面の子育てサポートは、子供を産み育てる肉体的また心理的負担を大きく低減し、出生率の向上に資すると考える。

ヘルスケア分野：「歩行学習支援ロボット」開発では、簡単装着で、片麻痺患者など歩行障害を持つ人に、歩くことを“教える、助ける”装着型運動支援機器の開発を行った。介護モデル機の拡販を行い、既に19台を販売した。より安全性向上・軽量化を進めたISO13482準拠試作機を完成させ、ISO13482を2022年度に取得予定である。並行して進めている医療機器モデルでは、JRCTに公表の上で臨床研究を開始した。女性と高齢者のタンパク質摂取不足を解決するために大豆タンパク肉様食品（スマート大豆食品）と高タンパク含有米（スマートライス）の開発を行い、大豆肉の上市するために必要な製造工程の最適化を行った。また、高タンパク質含有米株の樹立は、COI終了後の2024年に育成系統の樹立予定である。食による女性・高齢者のフレイルの予防、また、ロボットにより再び歩行可能になり、子供を産み育てる女性の健康支援、また、高齢者の健康寿命の延伸の一助となると考える。

災害インフラ分野：マイクロ波を利用した「無線電力伝送」では、人体密着型の薄型アンテナの開発を終了し、ユーザー企業へ向けた試験販売を開始した。社会インフラの老朽化状況の把握用にセンサ搭載ボルトと車両搭載追跡カメラ内蔵送電アレイを開発した。インフラ点検事業者との共同実験の推進により点検運用の円滑な導入を図る。無線電力伝送の国内法制度整備では「空間伝送型ワイヤレス電力伝送システム」の第1ステップ制度化を終了し、国際標準化では国内第1ステップ制度化の技術的条件の概要がITU-Rの報告書草案および周波数勧告草案に記載された。「フィルム型太陽電池」ではペロブスカイト型太陽光発電の開発を進め、小型シート型を販売し、中型の災害用シート型の実証研究を終了し、さらに、鉛フリーペロブスカイト太陽電池の高性能化を行い世界一の変換効率を達成した。キャパシタ型「蓄電デバイス」のコア技術開発を行い、電極素材と電解液の改良により、エネルギー密度を従来品の2倍にしたキャパシタを開発し、実

証検証した。

4 今後の課題と活動方針

今後の開発活動：C0I 終了後も、事業化に大学・複数の企業が一体となった開発、また、業界の標準化が必要等、産官学が一体となって活動しなければならないことも多く、それらの活動のプラットフォーム作りを行った。具体的には、C0I 終了後も研究開発を継続的に行うため、フィルム型太陽電池研究コンソーシアム(28 社+2 機関)、Organ on a Chip 技術連絡会(7 社+4 機関)、歩行学習支援ロボットコンソーシアム(3 社+3 機関)、非接触見守りセンサ コンソーシアム(7 社+4 機関)の4つのコンソーシアムを設立した。また、ワイヤレス電力伝送実用化コンソーシアム(43 社+4 機関)への支援を行った。

大学が変わる：C0I の経験が京都大学でのイノベーション創出体制の構築に活かされてきた。新たな発想を基にした画期的なシーズを生み出すためには、部局を超えた共同研究が必須である。C0I 申請時の中核メンバーが学際融合教育研究推進センター准教授に就任し、部局を超えた分野横断研究プラットフォーム構築(ユニット制度)を推進している。大学で生まれたシーズを社会へフィードバックする役割を担う産学連携本部では、技術移転、コンサルティングと Incubation-Start-up の機能を担う3つの株式会社を設立し、産学官共同研究の推進とベンチャー設立促進を行う体制を構築してきた。京大 C0I 拠点の PL がベンチャー設立会社の社外取締役として参画し、C0I を含む大学の研究成果を社会実装するため、ベンチャー設立の助言、支援を行った。この間3つの大企業と京都大学との大型包括連携協定が結ばれたのは C0I の間接的な成果であるとする。

京都大学産官学連携本部内に設置した、現 C0I メンバーを主要メンバーとする“共創支援統括チーム”では、SDGs 等の社会課題の解決に向けて企画構想し、農学研究科の研究者を中心としたチームが「食サイクルのイノベーション(フード&アグリテック)未来共創拠点」で応募し「育成型」に採択された。イノベーションの創出等を持続的に支援する“共創支援統括チーム”を産官学連携本部に設置できたことは大きな成果であるとする。

A イノベーション創出に向けた活動実績

1 目指すべき将来の姿の設定

京都大学 COI 拠点は、2013 (H25) 年から「革新的イノベーション創出プログラム (COI STREAM)」に、「活力ある生涯のための Last 5X イノベーション拠点」として採択され、10 年後 (2023 年) の目指す姿、「しなやかほっこり社会」の実現を目指してバックキャスト型の研究開発に取り組んできた。先端テクノロジーによる、人が生まれてから老いていくまでの人生の各段階での社会課題をバックキャストで想定し、それを解決し、かつ新たな産業を創成するとともに、企業と大学が実現すべき社会構造の夢を共有し、工学・医学・経済学・心理学・社会科学等の大学と企業が分野・業種を超えて垂直・水平に連携し、京都大学の国際科学イノベーション棟を拠点に、アンダーワンルーフで開発を行ってきた。その開発成果は、国家戦略特区などを利用して実証実験を行い、社会に展開することを行い、大学・企業・地方自治体 (京都府、京都市、精華町) が一丸となって、新たなイノベーションを起こし、社会実装に取り組んできた。



京都大学 COI 拠点では、2013 (H25) 年からのフェーズ 1 では、「しなやかほっこり社会」を目指し“コードレスな電力伝送”と“高度 ICT”技術が支える“安心生活、センサーネットワーク”、“予防・先制医療”、“先端医療”、の項目を、人が遭遇する場面を想定し、①ヘルスケア、②病気の早期発見、③病気時サポート、④病後サポート、⑤コードレス電源・災害サポート及び共通技術、に分類して取り組んできた。

2016 (H28) 年、フェーズ 1 での中間評価また松田ビジョナリーリーダーの指導を受けて、国の第 5 期 科学技術基本計画で、「必要なものサービスを必要な人に、必要な時に、必要なだけ提供し、社会の様々なニーズにきめ細やかに対応でき、あらゆる人が質の高いサービスを受けられ、年齢、性別、地域、言語といった様々な違いを乗り越え、生き生きと快適に暮らすことのできる社会」、内閣府が進める「Society5.0」(超スマート社会)の実現のため、京都大学 COI 拠点が目指す「しなやかほっこり社会」は、この「Society5.0」の一部の実現に貢献していくものと考え、フェーズ 2 ((2016 (H28) 年~2018 (H30) 年)では、若手研究者、女性研究者で構成したワークショップ形式の検討会でバックキャストイングを何度も行い、望む社会像を実現させるため、本拠点の特徴ある研究開発成果も考慮して、全面的に研究開発体制や研究開発テーマの見直しを行なった。

A イノベーション創出に向けた活動実績

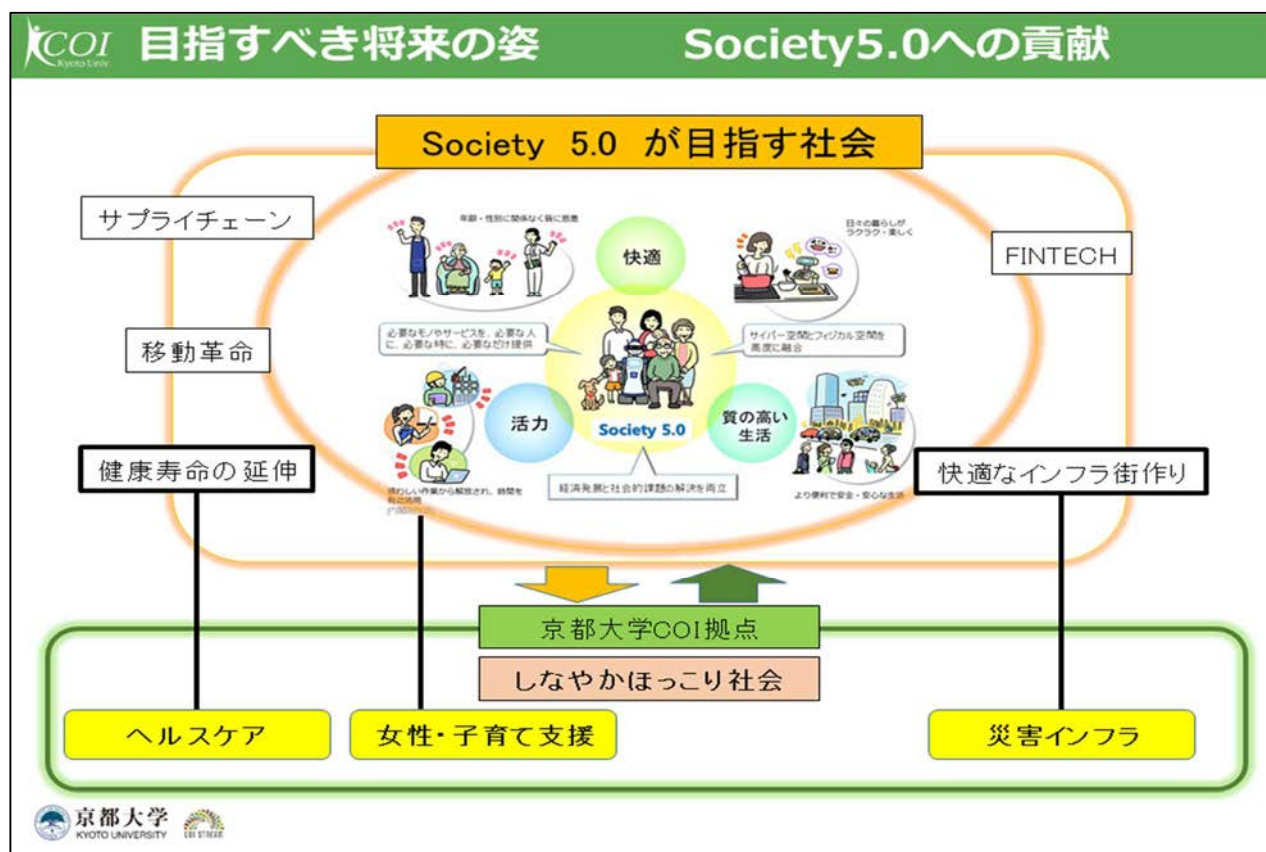
1 目指すべき将来の姿の設定

研究開発テーマの選択と集中を行い、Society5.0の中で、

①「教育・人材力の抜本強化」で、少子化対策として、思春期からの女性支援、妊産婦・子育て支援のさらなる強化

②「戦略5分野」のうち、「健康寿命の延伸」では、健康で生涯活躍できるため歩行支援機器開発、食やサプリメントの領域でのヘルスケアの充実、「快適なインフラ街づくり」では安心安全な街づくりに貢献できる災害インフラ課題への対応強化。

など、望む社会像を実現させるために、①女性・子育て支援、②ヘルスケア、③災害インフラ、の3分野に研究開発テーマをまとめ、「しなやかほっこり社会」実現に向けて、取組んできた。



フェーズ3((2019(R01)年~2021(R03)年)では、「Society5.0」(超スマート社会)と国連サミットで採択されたSDGs実現への寄与を目指し、引き続き①女性・子育て支援、②ヘルスケア、③災害インフラ、の3分野で取組みを行った。特に3分野を融合させることが重要であるとの考えのもと、社会の未来像からバックキャスティングを行い、研究開発課題の設定見直し、大学教員と参画企業の組み替え、さらにビジョン実現のため新規サテライト拠点、新規企業の参画など行い、研究開発成果の社会実装・実証を行ってきた。

A イノベーション創出に向けた活動実績

2 目指すべき将来の姿からのバックキャストिंग

フェーズ1では、「人が生涯にわたって尊厳をもち社会の一員として充実感を得ながら挑戦できる社会を実現する」ことを目的に、バックキャストिंगを行い、あらゆる人々に安心をもたらす、ハピネスな社会を実現する「しなやかほっこり社会」の構築に取り組んできた。

具体的には、5つの生活シーンを想定したバックキャストिंगにより研究開発を分類し、1. ヘルスケア、2. 病気の早期発見、3. 病気時サポート、4. 病後サポート、5. コードレス電源・ICT、災害時サポート、共通技術に分類し、ビジョンを作成し研究開発に取り組んだ。



フェーズ1 ビジョン

フェーズ2では、「Society 5.0」への貢献する「目指すべき将来の姿」から、若手研究者、女性研究者で構成したワークショップ形式の検討会でバックキャストिंगを何度も行い、望む社会像を実現させるため、本拠点の特徴ある研究開発成果も考慮して、全面的に研究開発体制や研究開発テーマの見直しを行なった。

必要な研究開発課題の設定、大学教員や参画企業の組み替え、さらに新たな企業の参画を行い、フェーズ1の取組の5つの分野（ヘルスケア、病気の早期発見、病気時サポート、病後サポート、コードレス電源・ICT）から、シーンと技術によりフェーズ2では、1. 女性・子育て支援分野、2. ヘルスケア、3. 災害インフラ の3つの分野に分け、それぞれの分野ごとに研究開発課題を設定、また新たなサテライト拠点として、京都看護大学が参画して、新たな体制で取組を行った。

A イノベーション創出に向けた活動実績

2 目指すべき将来の姿からのバックキャスティング



フェーズ2 ビジョン

フェーズ3では、若手研究者、女性研究者が中心となって半年～1年間フィジビリティスタディ研究を行い、ニーズ検証、事前効果検証の結果に基づき、各分野の研究開発テーマの中で見直しを行い、再度研究開発テーマの選択と集中を実施した。



フェーズ3 ビジョン

研究開発テーマ
研究開発課題

A イノベーション創出に向けた活動実績

3 アンダーワンルーフ

3.1 拠点体制

以下に本拠点におけるフェーズ1の拠点体制を示す。

フェーズ1では、研究開発を推進するため、5つの生活シーンを想定したバックキャスティングにより分類し、1. ヘルスケア、2. 病気の早期発見、3. 病気時サポート、4. 病後サポート、5. コードレス電源・災害インフラ、それらを支える共通技術に分類して、取り組んだ。



フェーズ1 研究開発テーマと代表教員、参画研究機関・企業

フェーズ2では、フェーズ1の中間評価や松田ビジョナリーリーダーの指導により、若手研究者、女性研究者で構成したワークショップ形式の検討会でバックキャスティングを何度も行い、全面的に研究開発体制や研究開発テーマの見直しを行なった。

A イノベーション創出に向けた活動実績

3 アンダーワンルーフ

シーンと技術により、分野1：女性・子育て支援、分野2：ヘルスケア、分野3：災害インフラの3つの分野に分け、それぞれの分野ごとに研究開発テーマを設定して研究開発、実証実験、一部のテーマでは社会実装を進めてきた。これらの分野、研究開発テーマは相互に強く協業して、シーンと技術により専門性を最大限に発揮し社会改革に取り組んだ。



フェーズ2 研究開発テーマと代表教員、参画研究機関・企業

A イノベーション創出に向けた活動実績

3 アンダーワンルーフ

フェーズ3では、フェーズ2の中間評価により、再度バックキャストを行い研究開発テーマの一部を見直した。



フェーズ3 研究開発テーマと代表教員、参画研究機関・企業

A イノベーション創出に向けた活動実績

3 アンダーワンルーフ

3.2 参画機関 ※一覧は別紙3「参画機関一覧」参照

A イノベーション創出に向けた活動実績

3 アンダーワンルーフ

3.3 拠点のマネジメント体制と仕組み・実績

(1) 拠点マネジメント体制

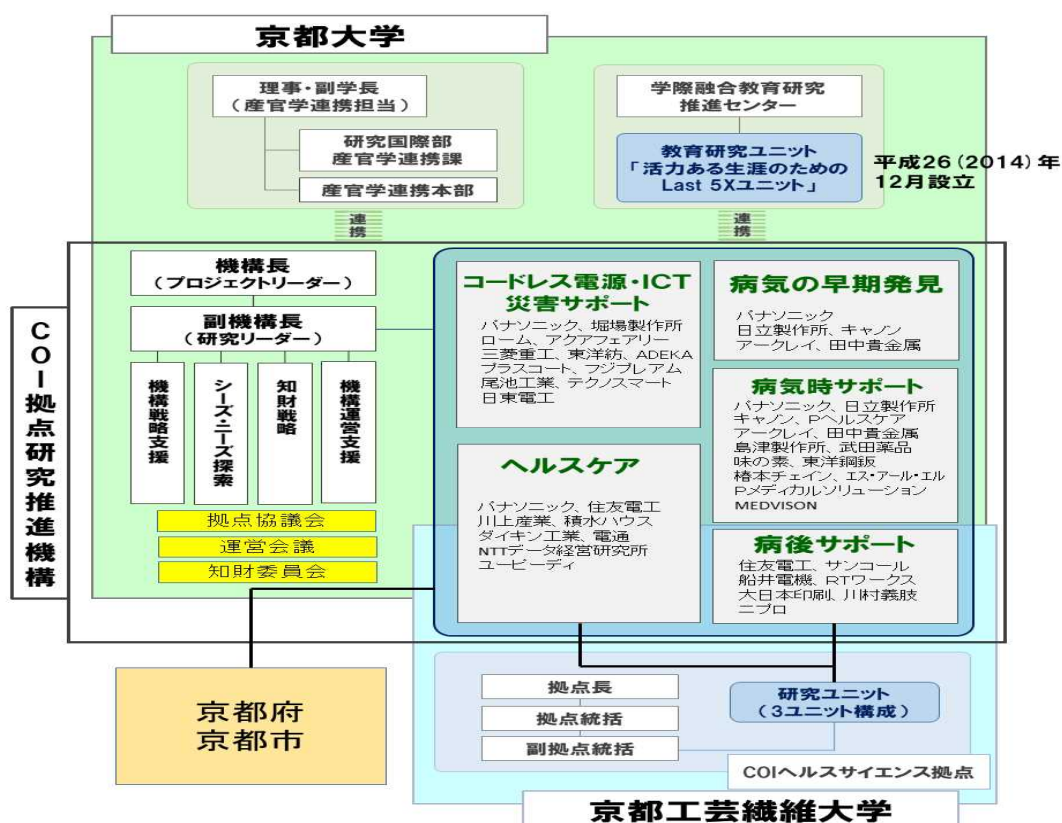
本拠点の中核機関である京都大学とサテライト拠点、京都大学の本部組織、連携している京都大学 学際融合教育推進センター、プロジェクトリーダー、研究リーダーを中心とした COI 拠点研究推進機構、全体の研究開発体制をフェーズ1、フェーズ2、フェーズ3の順に示す。

①研究開発体制

- i) フェーズ1：5つの生活シーンを想定して、バックキャスティングにより分類し、1. 共通基盤技術として、「コードレス電源・ICT 災害サポート」、2. 「ヘルスケア」、3. 「病気の早期発見」、4. 「病気時サポート」、5. 「病後サポート」研究開発を行った。

平成26(2014)年12月に、COI プログラムに参画する教員間の連携、インターンシップの学生受け入れ、教育プログラムの開発などを行う役割で京都大学 学際融合教育センター内に「活力ある生涯のためのLast 5X」ユニットを設置した。

サテライト拠点として京都工芸繊維大学が参画した。



フェーズ1 研究開発体制

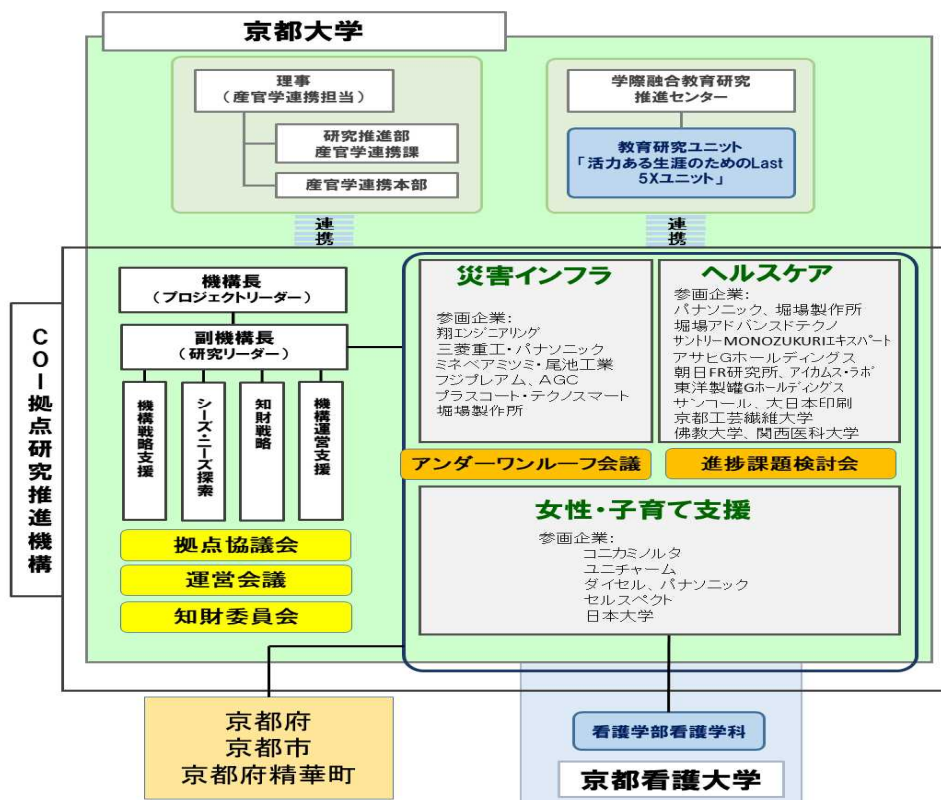
- ii) フェーズ2：フェーズ1の中間評価や松田ビジョナリーリーダーの指導により、若手研究者、女性研究者で構成したワークショップ形式の検討会でバックキャスティングを何度も行い、全面的に研究開発体制や研究開発テーマの見直しを行なった。

フェーズ1での5つの生活シーンと新規取り組みから、1. 女性・子育て支援、2. ヘルスケア、3. 災害インフラの3つの分野を分け、各研究開発テーマの見直しも行った。また拠点の研究開発の内容を全拠点参画者が理解し、アンダーワンルーフのもとで、自由に論議できる場を提供するためのアンダーワンルーフ会議、研究開発の進捗確認と課題解決のための進捗課題検討会の2つの会議をスタートさせた。

サテライト拠点として、京都看護大学が参画。京都工芸繊維大学は、研究機関として参画。

A イノベーション創出に向けた活動実績

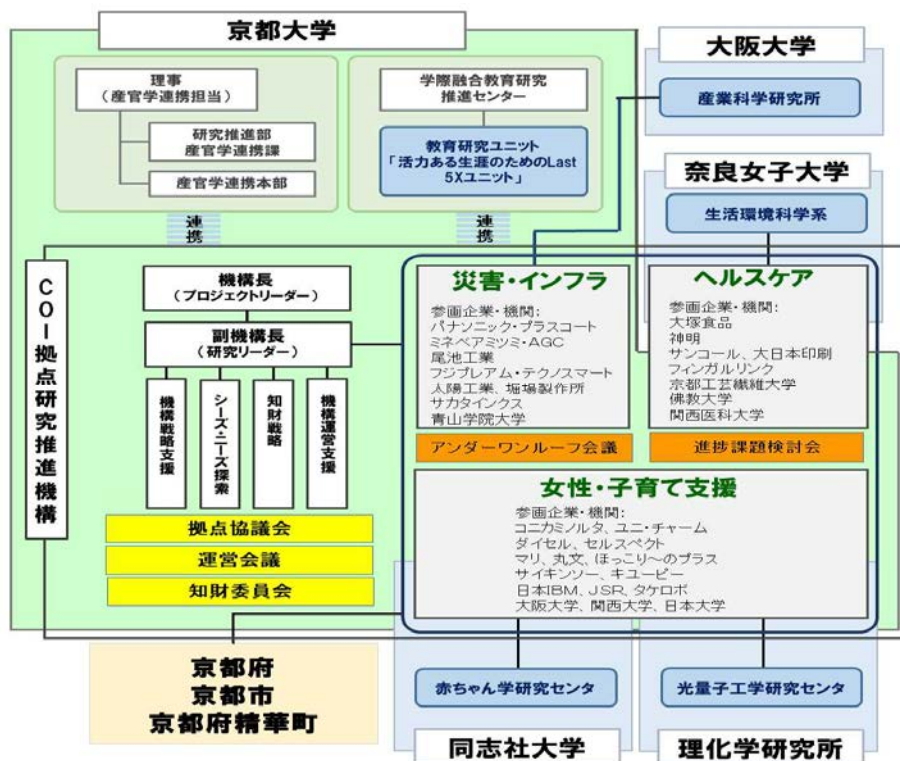
3 アンダーワンルーフ



フェーズ2 研究開発体制

iii) フェーズ3：引き続き1. 女性・子育て支援、2. ヘルスケア、3. 災害インフラの分野で取組を行った。

サテライト拠点として、同志社大学、理化学研究所、奈良女子大学、大阪大学が参画。京都看護大学は、研究完了により本拠点のサテライト拠点から、卒業した。



フェーズ3 研究開発体制

A イノベーション創出に向けた活動実績

3 アンダーワンルーフ

②運営体制

拠点の種々のレベルの意思決定会議体として、以下の会議をフェーズ1より設置し、継続して実施している。本拠点の運営組織構造において、プロジェクトリーダー、研究リーダーは、JSTからの指示に従い継続性に配慮し責任を持ってCOIプログラム期間中研究開発を推進している。また多くの参画企業と教員で研究開発を行っているため、それぞれの分野ごとに、代表教員、代表企業を定めた体制で会議体を組織して、運営を行なっている。JSTからの情報やPL、RLからの情報発信は以下の運営会議、アンダーワンルーフ会議、進捗課題検討会を通して行なわれている。また多くの参画企業と教員から構成されており、業務などで出席できない場合、あるいは関西圏以外の参画企業も数多くあり、ネットワーク環境さえあれば、何処でも利用できるWeb会議をCOIプログラム開始時から採用して、効率よく運営している。コロナ禍で対面会議ができない令和2(2020)年度からは、すべての会議をWeb会議で実施している。

運営に関する会議は次の通り。

- i) 拠点協議会：次年度計画確認、年度末成果確認を行う。
年度末に開催し(年1回開催)、協議会委員として、京都大学総長、京都府副知事、京都市副市長、京都大学産官学連携本部長、また主な研究開発テーマの研究機関の代表、参画企業の代表(役員レベル)とプロジェクトリーダー、研究リーダー、研究開発機構 機構戦略支援統括部門長で構成する。年度ごとに協議会委員の見直しを行い、プロジェクトリーダーが委嘱する。
- ii) 運営会議：COI拠点の意思決定機関(ステアリングコミッティ)
アンダーワンルーフでの連携強化と分野間の情報連携を密にするため、また多くの教員や企業がCOIプロジェクトに参画しているため、全研究開発テーマの代表教員・主な企業代表、その他、プロジェクトリーダー、研究リーダー、COI研究推進機構 機構戦略支援統括部門長、京都府、京都市、で構成する。本会議は、隔月(奇数月)で開催し、COI拠点の運営に係わる課題の解決、各研究開発課題・連携での課題の解決、新規研究開発課題、ならびに研究開発課題終了の確認と承認、新規参画企業・参画終了企業の承認、年度計画の決定などを審議する。
- iii) 知財委員会：知財関連の確認・調整、ライセンス・事業化についての審議を行う。
審議の必要があるときに、プロジェクトリーダーが開催する。
知財委員会委員として、各分野の企業代表、京都大学産官学連携本部知財部門長、プロジェクトリーダー、研究リーダー、COI研究推進機構 知財統括部門長、京都大学教員代表で構成する。
またフェーズ2から、参画している研究者からの意見を取り入れ、本拠点の取組の連携強化と研究開発での課題にPL、RLが参加して、検討を行ない、研究開発を加速する新たに2つの会議を組織した。
- iv) アンダーワンルーフ会議：拠点内連携強化のための全参画者による進捗検討会
フェーズ2より、新たにはじめた会議。大学教員、企業の全参画者を対象に、2ヶ月に1度、「アンダーワンルーフ会議」を開催した。開催毎に発表テーマを決め、1年間で全研究開発テーマを発表して、それぞれの研究開発テーマの進捗報告を行って情報共有を行うとともに、各研究開発テーマの取組に対する全員の理解、研究開発の進め方、連携の強化を議論し、研究開発成果のよりよい向上を目指した。
- v) 進捗課題検討会：各研究開発テーマの進捗、また研究開発を進める上で出てきた課題について、プロジェクトリーダー、研究リーダーを中心に研究開発に参画する参画者が出席して、検討を行い、研究開発を加速するためのアドバイスを行っている。毎月1回開催しており、月ごとに検討するテーマを決めて、行なった。

具体的な年間スケジュールの例として、R3(2021)年度の年間スケジュールを示す。

A イノベーション創出に向けた活動実績

3 アンダーワンルーフ

2021(R3)年度 スケジュール													R3.3.現在
	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	
JST 関連		←● サイトビジット 事前確認	● JST サイトビジット 6月7日(月)			● 報告書 提出	● 評価会 (10月～11月)						
運営 会議		● 運営会議 5月31日(月)		● 運営会議 7月26日(月)		● 運営会議 9月27日(月)		● 運営会議 11月29日(月)		● 運営会議 1月31日(月)		● 拠点協議会 ● 運営会議 3月28日(月)	
15:00～ 16:00													
アンダー ワンルーフ 会議		● アンダーワンルーフ 会議 (女性・子育て支援) 5月24日(月)	● アンダーワンルーフ 会議 (子育てセンサ) 7月19日(月)	● アンダーワンルーフ 会議 (ヘルスケア) 9月6日(月)	● アンダーワンルーフ 会議 (ヘルスケア) 9月6日(月)	● アンダーワンルーフ 会議 (ヘルスケア) 9月6日(月)	● アンダーワンルーフ 会議 (ヘルスケア) 9月6日(月)	● アンダーワンルーフ 会議 (災害・インフラ) 11月8日(月)				● 成果 報告 会 3月14日(月)	
13:30～ 14:30													
進捗 課題 検討会		● 女性 子育て サポート 5月24日(月)	● 子育て センサ 6月14日(月)	● ヘルス ケア 7月19日(月)	● 災害 インフラ 8月23日(月)	● 女性 子育て サポート 9月6日(月)	● 子育て センサ 10月26日(月)	● ヘルス ケア 11月9日(月)	● 災害 インフラ 12月20日(月)				
15:00～ 16:30													
シンポ ジウム 展示会				● イノベーション・ ジャパン2022		● 京都 スマートシティ エキスポ				● 京大COI シンポジウム			

会議は、オンライン会議を主体としますが、サイトビジット等 対面もあり得ます。
また 感染防止・対応状況によっては、日程延期、中止になります。

京都大学 COI 拠点 年間スケジュールの例（令和3(2021)年度）

③研究推進機構

プロジェクト支援を行なう本拠点の研究推進機構の構成を次ページに示す。フェーズ1よりそれぞれの部署の役割分担や活動範囲の整理を行い、研究開発支援などが行なえる体制としている。

プロジェクトリーダー、研究リーダーのもと、機構戦略支援統括、シーズ・ニーズ探索統括、知財戦略統括、機構運営支援統括の4つの部門で対応している。それぞれの部門ごとに、京都大学 産官学連携本部 国家PJ部門、知的財産部門、研究部産官学連携課、京都アカデミア法律事務所と連携し、COIプログラムがスムーズに運営できる体制をとっている。



京都大学 COI 研究推進機構 組織図

A イノベーション創出に向けた活動実績

3 アンダーワンルーフ

(2) PL、RL による拠点マネジメントの仕組み・手法と実績等

各研究開発テーマへの次年度予算の研究費配分については、年度計画書をまとめる前に、各研究開発テーマの代表教員、参画企業から、前年度の研究開発成果、今年度の具体的な取組スケジュールと成果目標、社会実装に至るまでのマイルストーン、次年度の要望予算について説明する計画ヒアリングを実施して、PL、RL が 10 項目の評価ポイントで評価し、研究開発テーマを 5 段階で評価して、各研究開発テーマの次年度予算を配分している。

(左図は、計画ヒアリングの評価表、10 項目を 1～5 段階で評価、合計点で全体を評価)

また、計画通りに研究開発テーマが進捗しているかを、進捗課題検討会で確認、進捗上の課題については、PL、RL から適切なアドバイスをしている。

COI 2021 年度計画評価 評価者名: _____

研究開発課題名: _____

担当企業名: _____ 担当教員名: _____

5: 特に優れている (高く評価できる), 4: 優れている, 3: 普通 (特に問題無し), 2: 劣っている, 1: 要再検討

項目	評価	自由記述
1. 2020 年度の取り組みは、当初計画通りの成果が出たか。	5 4 3 2 1	
2. 社会実装する商品・サービスは、明確になっているか。	5 4 3 2 1	
3. 社会実装へのステップは明確で、フェーズ 3 は計画通りになっているか。	5 4 3 2 1	
4. ビジネスモデル (誰からお金を貰うのか) は明確か	5 4 3 2 1	
5. 顧客のメリットは何か。	5 4 3 2 1	
6. 販売規模・シェア・目標数値は明確か。	5 4 3 2 1	
7. 参画企業主体で社会実装に取り組んでいるか。	5 4 3 2 1	
8. 他社と比較して、差別化は明確か。	5 4 3 2 1	
9. 開発責任体制、開発役割体制は明確か。	5 4 3 2 1	
10. COI の活動に積極的か。 (アンダーワンルーフ会議出席、若手活用)	5 4 3 2 1	
ポイント 合計 (50 点満点)		平均点:

フェーズ 1 の中間評価および松田ビジョナリーリーダーの指導を受けて、フェーズ 2 の初年度に今までの 5 つの生活シーンで分けていた分類と新規取り組みから、大きく変更を行い、女性・子育て支援、ヘルスケア、災害インフラの 3 分野でそれぞれの研究開発テーマを融合させることが重要であると考え、その方針の下で参画している若手研究者による 10 年後の社会の姿から、研究開発テーマを創出するワークショップ形式での検討会を実施、それらの意見をもとに、PL、RL を中心にしたバックキャスティングを何度も行い、また研究開発テーマの担当教員、参画企業とヒアリングを行ない、望む社会像を実現させるために必要な研究開発テーマの選択と集中を行い最適なテーマ数に絞り込んだ。また新たな研究開発テーマの設定も行なった。

参画している大学教員と参画企業の組み替え、さらに社会実装実現のための新たな企業の参画も行った。全体ヒアリングを通して、フェーズ 1 で行なってきた本拠点の特徴ある研究・開発成果も考慮して、フェーズ 2 では、5 分野 32 研究開発テーマから、新たに 3 分野 6 研究開発テーマと大幅な変更を行なった。また研究開発テーマの進捗に応じて、新規に研究機関、企業の参画、また研究開発を完了した研究機関、企業の卒業など、柔軟な対応を行った。

フェーズ 1 とフェーズ 2 での研究開発テーマは、以下の通り。

I) フェーズ 1 の分野及び研究開発テーマ

- i: ヘルスケア : 研究開発テーマ数 9
 - ii: 病気の早期発見: 研究開発テーマ数 4
 - iii: 病気時サポート: 研究開発テーマ数 9
 - iv: 病後サポート : 研究開発テーマ数 3
 - v: コードレス電源・ICT、災害時サポート: 研究開発テーマ数 7
- ※: 平成 27 (2015) 年度末

II) フェーズ 2 の分野および研究開発テーマ

- i: 女性・子育て支援 : 研究開発テーマ数 2 (研究開発課題 6)
- ii: ヘルスケア : 研究開発テーマ数 2 (研究開発課題 2)

A イノベーション創出に向けた活動実績

3 アンダーワンルーフ

- iii : 災害インフラ : 研究開発テーマ数 2 (研究開発課題 8)
※平成 30(2018) 年度末

フェーズ3では、フェーズ2の中間評価の結果、及び松田ビジョナリーリーダーの指導を受けて、再度バックキャストを行なった。女性・子育て支援分野、ヘルスケア分野、災害インフラ分野、それぞれ関係する研究者と企業担当者が意見を出し合い、最終フェーズの目的である社会実装が実現できる研究開発テーマの取組内容検討を行った。その結果、分野ごとの研究開発テーマは、フェーズ2と同じであるが、その中の研究開発課題の内容については、若手技術者中心に進めていたフィジビリティスタディ研究を新たな研究開発課題に採用を行い、すでに企業にて社会実装を進めていた研究開発課題や、フェーズ2中間評価で松田ビジョナリーリーダーより COI の枠外で進めるべきとの意見をいただいた研究開発課題などを中止、社会実装に向けて研究開発課題を整理した。

III) フェーズ3の分野及び研究開発テーマ

- i : 女性・子育て支援 : 研究開発テーマ数 2 (研究開発課題 5)
ii : ヘルスケア : 研究開発テーマ数 2 (研究開発課題 3)
iii : 災害インフラ : 研究開発テーマ数 2 (研究開発課題 5)
※令和 3(2021) 年度末

知的財産権については、活動の初期から権利の主張をしていると、様々な企業が一堂に会する今回のような場において、オープンイノベーションを阻害する原因になると考えられる。一方で、各企業における将来の事業を見据えると、一定の知的財産権を保有することがそれぞれの企業戦略において競争力を維持・向上させる重要な条件の一つともいえる。

フェーズ1までは、研究開発課題毎に知的財産権、特に特許出願の年度計画を立案、発明届の提出状況から、計画の進捗管理を行い、参画企業間、参画企業・大学間で問題が生じた場合は、知財委員会を開催して調整を行うことで運営してきたが、フェーズ2からは、知的財産権の所在をはっきりさせるために、参画企業、大学の参画者に共同出願の有無、発明への寄与、あるいは企業の独占的使用権の有無などを事務局にて確認する仕組みをルール化している。

フェーズ1の平成 26(2014) 年 12 月に中核機関である京都大学の学際融合教育研究推進センターに、教育研究連携ユニット「活力ある生涯のための Last 5X イノベーションユニット」を設置した。学際融合教育研究推進センターは、学内における異分野融合を促進させることをミッションとして設立された全学組織であり、同センターの傘下に部局等を横断する様々な教育研究ユニットが設置され、分野横断交流会や学際研究コンテストなど、異分野協働にかかるさまざまな全学的活動を行っている。

文理問わずさまざまな分野の研究者ネットワークを形成している同センターに所属するとともに、COI 拠点の研究開発活動を中核機関の全学組織の活動として位置づけることで、中核機関の多数の部局に所属する参画研究者の研究開発活動を全学的に支援する体制を構築できているが、具体的な若手の人材育成として、若手研究者から意見を汲み上げ、新たな提案ができるイノベーション・プラットフォーム形成会議の開催、2030年の社会課題(SDGs)の想定とあるべき姿のバックキャスト、課題解決に向けて自由な議論を行ない、新たな研究活動の推進(フィジビリティスタディ)や研究開発成果報告会を開催、様々な分野の研究者と情報交換する場の提供などを行っている。

また、COI 研究開発成果の展開にかかる取り組みとして、中核機関である京都大学に、京都大学イノベーションキャピタル(株)(略称: 京都 iCAP)が設立されたことを受け、同社と COI の研究開発成果の社会実装・実用化を目指すベンチャー企業を育成、出資、人的支援を行うことで、事業創出、成長を促し COI の研究開発成果の社会実装、事業化を継続して行える仕組みづくりを進めていく。尚、京都 iCAP の社外取締役、支援投資委員会委員として、野村プロジェクトリーダーが就任し、ベンチャー設立の助言、支援を行った。定期的な情報交換会を開催し、本拠点の研究開発課題の進捗状況や研究成果の事業化などについて論議する。また、平成 30 年 6 月に設立された京大オリジナル株式会社とも、COI 終了後のプラットフォームとして、連携を行なっていく。また文部科学省から採択されたオープンイノベーション機構とも、COI の活動情報を共有して連携していく。

A イノベーション創出に向けた活動実績

4 研究開発テーマの成果

「COI STREAM」では、9年間の研究開発期間の内、「フェーズ1（2013（H25）～2015（H27）年度」、「フェーズ2（2016（H28）～2018（H30）年度」、「フェーズ3（2019（R01）～2021（R03）年度」に分けて推進してきましたが、京都大学C O I拠点では、2016（H28）年度にテーマの選択と集中を行い、研究開発テーマの構成を大きく変更した。したがって、研究開発テーマの実績については、次の8つの分野に分けて対応した。

- 4.1 女性・子育て支援分野
- 4.2 ヘルスケア分野
- 4.3 災害インフラ分野
- 4.4 病気の早期発見分野
- 4.5 病気時サポート分野
- 4.6 病後サポート分野
- 4.7 共通技術分野

なお、テーマリーダー、サブテーマリーダーの氏名、所属、役職については、研究開発テーマ終了時点のものです。

各分野の研究開発テーマ一覧と開発期間を下記に示す。

4.1 女性・子育て分野

番号	分野名	番号	テーマ名	番号	課題名	H25 (2013)	H26 (2014)	H27 (2015)	H28 (2016)	H29 (2017)	H30 (2018)	R1 (2019)	R2 (2020)	R3 (2021)	COI 終了後の 対応
4.1	女性・ 子育て 分野	4.1.1	女性と子どもの こころとからだの 健康サポート	4.1.1.1	女性サポート				●	●	●				・試験販売を開始したが、事業化中止
				4.1.1.2	子育て教習所								●	●	・ソフト完成後、販売促進のため 健保などに PR
				4.1.1.3	妊産婦・ 母子サポート					●	●	●			・子育て教習所、子育て AI に引継ぎ
				4.1.1.4	子育て A I						●	●	●	●	・自治体への販売促進の PR
				4.1.1.5	育児サポート				●	●	●	●	●	●	・トレパンマン、ナチュラルムーニーを販売、アプリ販売 ・子供の腸内フローラ検査サービス ・新たなベビィフードの開示
		4.1.2	子育てセンサ	4.1.2.1	塗布型ジェル センサ					●	●	●	●	●	・女性用バイオマーカ ー分析サービス ・赤ちゃん用バイオマ ーカースセンサ販売
				4.1.2.2	非接触見守り センサ	●	●	●	●	●	●	●	●	●	・大量生産モデルでの 事業化

4.2 ヘルスケア分野

番号	分野名	番号	テーマ名	番号	課題名	H25 (2013)	H26 (2014)	H27 (2015)	H28 (2016)	H29 (2017)	H30 (2018)	R1 (2019)	R2 (2020)	R3 (2021)	COI 終了後の 対応
4.2	ヘルス ケア	4.2.1	歩行学習支援 ロボット			●	●	●	●	●	●	●	●	●	・介護機器モデルの軽 量化（本体、バッテ リー） ・医療機器モデルの医 療認証取得と販売 ・キャパシタモデルの 開発
		4.2.2	スマート 栄養食	4.2.2.1	スマート 大豆食品の開発							●	●	●	・量産・販売に向けた 取組

A イノベーション創出に向けた活動実績

4 研究開発テーマの成果

				4.2.2.2	スマート ライスの開発									●	●	・高タンパク米に向け ・更なる品種選抜と加工食品開発
		4.2.3	サブ開発ツール							●	●	●				・AMED など他のファンドにて研究開発 ・ベンチャー設立
		4.2.4	在宅良質睡眠サービス						●							・一般社団法人良質睡眠研究所設立、事業継続 ・体動センサの販売
		4.2.5	生体リズムの視点を取り入れた看護・介護居室環境の制御			●	●	●	●							・企業にて開発を継続したが、事業化中止
		4.2.6	要介護者・介護者双方の自立的生活を支え続けるための住空間および介護手法の開発			●	●	●								・企業にて開発を継続したが、事業化中止
		4.2.7	住民健康ネットとパーソナル健康カードの開発			●	●	●								・企業にて開発を継続したが、事業化中止
		4.2.8	次世代バイオマーカーの探索・同定			●	●	●	●							・他のファンドを活用して共同研究を実施
		4.2.9	次世代型健康用品・プログラムの開発			●	●	●								・企業にて開発を継続したが、事業化は中止 骨盤ベルトは単独で販売
		4.2.10	健康増進を実現するスマートコミュニティの開発			●	●	●								・各企業にて開発を行う

4.3 災害インフラ分野

番号	分野名	番号	テーマ名	番号	課題名	H25 (2013)	H26 (2014)	H27 (2015)	H28 (2016)	H29 (2017)	H30 (2018)	R1 (2019)	R2 (2020)	R3 (2021)	COI 終了後の 対応
4.3	災害インフラ	4.3.1	無線電力伝送システム	4.3.1.1	センサ給電	●	●	●	●	●	●	●	●	●	・1W 以下（屋内）の試験販売開始 ・5W 超高出力用（屋内外）を開発継続
				4.3.1.2	災害予防保全					●	●	●	●	●	・ボルトの機能の影響を受けないボルトセンサの開発継続 ・展示会などで PR
				4.3.1.3	標準化					●	●	●	●	●	・YRP、WiPot、ワイヤレス電力伝送運用調整協議会での活動推進
				4.3.1.4	IC 化技術					●	●				・総務省への高出力規制の緩和の活動
				4.3.1.5	災害救助・火山観測					●	●				・企業にてベンチャー企業と共同で屋外でのナロービーム型無線電力伝送を開発中
				4.3.1.6	電動モビリティ給電	●	●	●	●	●	●				・Wipot と連携し、高出力用の省令改正待ち。

A イノベーション創出に向けた活動実績

4 研究開発テーマの成果

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

4.4 病気の早期発見分野

番号	分野名	番号	テーマ名	番号	課題名	H25 (2013)	H26 (2014)	H27 (2015)	H28 (2016)	H29 (2017)	H30 (2018)	R1 (2019)	R2 (2020)	R3 (2021)	COI 終了後の 対応
4.4	病気の 早期発見	4.4.1	スマート超音波診断機器の開発			●	●	●	●						・企業にて開発したが中断中。足部ヘルスケアに向けた超音波可動式プローブを開発中
		4.4.2	生体機器情報イメージング機器の開発及びプローブの開発			●	●	●	●						・企業にて、事業化中止。 ・ベンチャー企業を設立、中性子線治療の世界初モニターとして事業化、商品化
		4.4.3	膵β細胞量を指標とする糖尿病の早期診断と先制医療抗がん剤の薬効予測、治療効果判定 イメージングプローブの開発			●	●	●	●						・企業にて開発
		4.4.4	MRI下で疑似画像を生じない金属材料の医療デバイスへの展開			●	●	●							・企業にて商品化を検討

4.5 病気時サポート分野

番号	分野名	番号	テーマ名	番号	課題名	H25 (2013)	H26 (2014)	H27 (2015)	H28 (2016)	H29 (2017)	H30 (2018)	R1 (2019)	R2 (2020)	R3 (2021)	COI 終了後の 対応
4.5	病気時 サポート	4.5.1	細胞品質評価及び創薬評価用計測機器の開発			●	●	●	●						・企業にて開発
		4.5.2	創薬サポートシステムの研究開発・実証			●	●	●	●						・企業にて事業化、発売中
		4.5.3	細胞組織と血液検査の研究開発・実証			●	●	●	●						・Organ on a Chip デバイスを用いた「サブリ開発ツール」に移行
		4.5.4	個の医療プラットフォームの構築			●	●	●	●						・企業にて開発

A イノベーション創出に向けた活動実績

4 研究開発テーマの成果

		4.5.5	セミアutomatik最適治療計画支援システムの開発			●	●	●	●							・コニカミノルタに事業移管して医療用画像管理、システムへの展開を検討
		4.5.6	放射線治療レボリューションによるがん治療最大効率化の実現			●	●	●								・日立製作所に事業移管
		4.5.7	腎臓透析サポートシステムの研究開発・実証			●	●	●								・企業にて開発したが事業化中止
		4.5.8	革新的な生体試料保存技術の開発			●	●	●	●							・企業にて開発したが開発中断
		4.5.9	電子カルテ活用基盤の確立			●	●	●								・企業にて開発したが事業化中止

4.6 病後サポート分野

番号	分野名	番号	テーマ名	番号	課題名	H25 (2013)	H26 (2014)	H27 (2015)	H28 (2016)	H29 (2017)	H30 (2018)	R1 (2019)	R2 (2020)	R3 (2021)	COI 終了後の 対応
4.6	病後 サポート	4.6.1	ロボット制御情報および時空間地理情報の統合解析によるロボット制御最適化技術の研究開発と移動支援機器・ナビゲーションシステムの開発			●	●	●	●						・参画した RT ワークスにて事業化
		4.6.2	地域健康医療安心ネットワークの研究開発			●	●	●							・ベンチャー企業(e-RN)にて事業化したが中断
		4.6.3	ライフサポート自立支援機器の開発	4.6.3.1	コミュニティビークルの開発	●	●	●							・企業にて開発したが事業化中止
				4.6.3.2	弱視者用光る点字ブロックの開発	●	●								・企業にて事業化

4.7 共通技術分野

番号	分野名	番号	テーマ名	番号	課題名	H25 (2013)	H26 (2014)	H27 (2015)	H28 (2016)	H29 (2017)	H30 (2018)	R1 (2019)	R2 (2020)	R3 (2021)	COI 終了後の 対応
4.7	共通技術	4.7.1	エネルギーデバイス革新のためのナノ分析技術の開発			●	●	●	●						・COI 内の研究開発テーマの分析支援を実施中
		4.7.2	アメニティ・ライフデバイスに向けたマルチレーザープロセッシングの開発			●	●	●							・別ファンドにて研究開発を継続後。 ・企業にて事業化検討中
		4.7.3	ほっこりコミュニティの開発						●						・企業にて開発

A イノベーション創出に向けた活動実績

4 研究開発テーマの成果

4.1 女性・子育て支援 分野

女性・子育て支援分野では、出産・育児への様々な不安を取り除き、女性が安心して子どもを産み、育てる社会の実現を目指している。

家族、パートナー、医療者、専門家とつながり、アドバイスを受け、孤立がちな妊娠、出産、育児から、安心で、安全で、出産・育児に前向きに、心身の健康を保てる社会を目指します。

女性・子育て支援 分野の研究開発テーマは、女性と子どものこころとからだの健康サポートと子育てセンサの2テーマで設定したが、さらにそれぞれ研究開発課題を設定して取組んだ。

研究開発テーマ、研究開発課題は以下の通り、

4.1.1 女性と子どものこころとからだの健康サポート

4.1.1.1 女性サポート

4.1.1.2 子育て教習所

4.1.1.3 妊産婦・母子サポート

4.1.1.4 子育てAI

4.1.1.5 育児サポート

(1) 育児動機を向上させる「親性」発達支援

(2) 「母子まるごと」育児サポート

(3) 「共同養育」コミュニケーションロボット

4.1.2 子育てセンサ

4.1.2.1 塗布型ジェルセンサ

4.1.2.2 非接触見守りセンサ

A イノベーション創出に向けた活動実績

4 研究開発テーマの成果

4.1.1 女性と子どものころとからだの健康サポート

女性が安心して子どもを産み、育てる環境を実現するためには、リプロダクティブエイジ（生殖可能年齢）にある全ての女性のからだところの健康、妊娠・出産、育児への不安やストレス、様々な負担を解消する必要がある。育児に関しては、養育の担い手が母親に集中し、育児負担を増大させており、“こどもを産み育てにくい社会”を生み出す要因となっている。

女性の視点を取り入れた女性主体の研究チームにより、お互いが連携しながら女性のころとからだの健康、妊娠から出産・育児をサポート、また他者と共同して育児を行える環境“現代版共同養育システム”を構築して、少子化に歯止めをかける取組を行なっている。さらに収集したデータから心理分析・可視化技術を開発して、新たに妊娠・出産をする人に出産・子育てのアドバイスや育児のストレスから開放する（赤ちゃんの状態が表示できるような）アプリを開発して子育てが楽しくなる取組を行なっている。

4.1.1.1 女性サポート

テーマリーダー（氏名、所属、役職）	波木井 卓 コニカミノルタ(株)BIC-JAPAN 所長
サブテーマリーダー（氏名、所属、役職）	江川 美保 京都大学 医学部附属病院 助教
研究開発実施期間	平成 28(2016)年度～平成 30(2018)年度
参画機関	コニカミノルタ(株)・住友電気工業(株)

(1) テーマの概要と目指すべき将来の姿（拠点ビジョン）との関係

女性の月経随伴症状などによる女性特有の疾病の増加や少子晩産化、産後うつ、児童虐待などの社会的課題がある中、本研究開発ではリプロダクティブエイジ（生殖可能年齢）にある全ての女性のからだところの健康を保つための体調記録ツールを活用した医療機関とつながる新しいサービス提供に向けて、女性の生殖機能とメンタルヘルスの両方に深くかかわる「月経随伴症状※」に着目し、研究開発を行った。

※月経随伴症状

- ・月経痛
- ・月経前症候群 PMS (Premenstrual Syndrome)

(2) 想定する製品・サービスについて（担い手、社会的インパクト・経済的インパクト）

①想定する商品・サービス：一般女性向け体調記録ツールの開発

月経前のココロとカラダの症状を簡単に、無理なく続けられる仕様の一般女性向けアプリ開発を行った。開発に当たっては、月経前の心身の不快症状が強い女性へのインタビューや、プロトタイプアプリによる京都大学での実証実験の結果をもとに、開発した。当該アプリは、H30 年度末にコニカミノルタ独自開発の温度計測デバイスと連携した形で iOS 版無償アプリを提供。

いままで、月経前症候群等の月経随伴症状を抱える女性が周期的な変化に気づき、セルフケアにつなげていくための体調記録を行う一般向けのアプリは存在していなかった。また他社への優位性を保つために、コニカミノルタでは自社独自の月経周期を予測する温度計測デバイス(商品名：Monicia)を開発し、このデバイスと連動する形で、事業化。

月経前症候群を抱えている女性をサポートするツールの提供により、労働生産性経済損失の緩和への寄与が見込まれる。コニカミノルタ社では、デバイスと連動する形で、月経前症候群の可能性のある女性の 2 割（推定 120 万人：国内）に対して、デバイスとセットにしたアプリの提供を目指しており、デバイス販売金額からの売り上げ規模として、100 億超を見込んでいる。加えてアプリから得られるデータを用いた継続的な収益を想定している。

②ターゲット顧客

- ・月経随伴症状の悩みを持つ女性
- ・産婦人科医師、病院

A イノベーション創出に向けた活動実績

4 研究開発テーマの成果

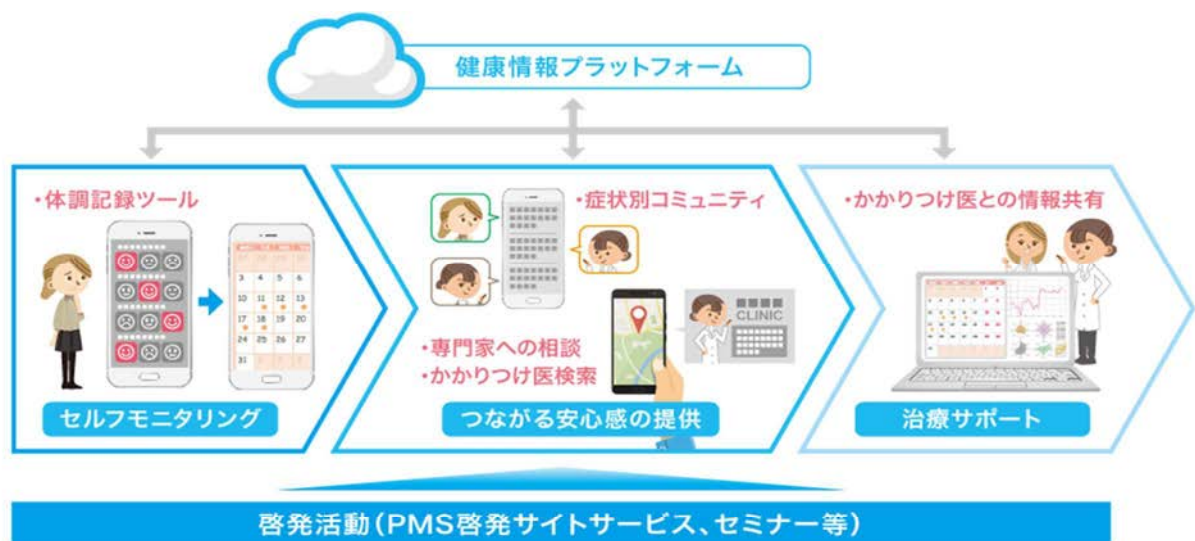
③社会的インパクト・経済的インパクト

- i 月経随伴症状の悩みを持つ女性
 - ・月経周期に伴うこころとからだの変化を知ることができ、記録をもとに、専門家、医療機関からのサポートを受けることができる。
 - ・体調記録ツールを利用している他の同じ悩みをもったユーザーと情報共有できる。
- ii 産婦人科医師
 - ・患者の体調記録を簡便に把握することで診察時間の短縮化を図ることができる。
- iii セルフモニタリングツールから医療機関による治療サポートまでワンストップで提供。

(3) 研究開発期間終了時の達成目標

①温度計測デバイスと一般女性向け体調記録ツールの開発

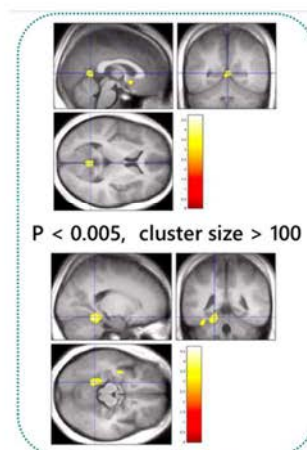
女性の特有の健康問題の啓発に寄与する一般向け体調記録アプリの社会実装を完遂する。
コニカミノルタ社にて、サービス展開を担う。



(4) 主な成果と達成状況

①月経周期に伴う心身の不調の客観的指標の探索

- i 月経周期に伴う脳機能の変動を健康女性を対象に fMRI にて解析。
- ii 黄体期と卵胞期の間で脳血流動態に有意な差を認める領域を特定、その領域を中心とした機能的結合の変動を解析。



②医療者との情報共有ツールの開発

- i PMDD※診断ツール Daily Record of Severity of Problems (DRSP) の日本語版アプリを作成。
- ii 296 名の女性、7 医療機関による実証実験を実施。
※PMDD：月経前不快気分障害、PMS の重症タイプ

③体調記録アプリの開発

- i ユーザー調査、実証実験結果に基づき、続けやすい記録方式を採用した“Monicia”アプリを開発。

A イノベーション創出に向けた活動実績

4 研究開発テーマの成果

シンプルで直観的な記録方式



毎日のココロとカラダの調子は良い～悪いときを5段階で入力



月経前、月経中に現れやすいココロとカラダの入力項目は全症状の強さを4段階で入力

- ・カラダの調子、ココロの調子の代表入力項目はアイコンと連動した入力方式を採用
- ・イライラ・不安等のココロの症状、胸の張りや痛み、頭痛、むくみなどのカラダの症状25項目は気になる症状を選択可能

- ・月経関連情報（日数、量）
- ・お通じの状態
- ・体重の記録管理
- ＋
- ・お好み項目入力
- ・温度計測結果

④ターゲットユーザーの女性に寄り添うセルフモニタリングツールの開発、商品化

- PMS の症状を抱える女性の日常、行動、願いを抽出し、清潔感と安心感を与える“空”を想起ブランド“Monicia”を確立。
- コニカミノルタ社で開発した温度計測デバイスとセットにしたセルフモニタリングツール“Monicia”として、PMS 症状を抱える女性、周囲の方々の共感度・商品購入に向けた受容性を確認することを目的にクラウドファンディングを実施、Web 媒体、SNS を用いた啓発活動を実施、目標 500 万円に対し 17 日目で目標を達成した。

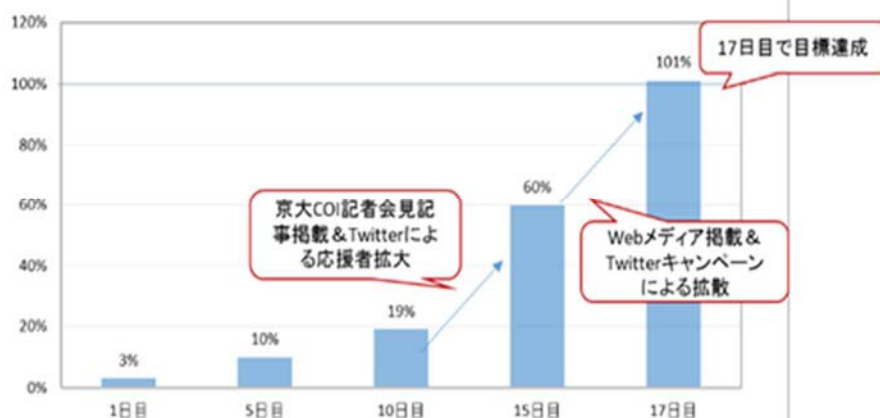
実施目的

- ・ PMS（月経前症候群）を抱える方、周囲の方の受容性調査
- ・ PMSの社会課題に対する啓発活動、インフルエンサーの獲得



目標金額
500万以上で挑戦

目標金額達成率推移



(5) 今後の課題と対応方針

COI での研究開発は終了し、セルフモニタリングツール“Monicia”として、量産化に向けた取組を企業により準備していたが、需要が見込めず販売を断念。

A イノベーション創出に向けた活動実績

4 研究開発テーマの成果

(6) その他特記事項

特になし

A イノベーション創出に向けた活動実績

4 研究開発テーマの成果

4.1.1.2 子育て教習所

テーマリーダー（氏名、所属、役職）	大原徳子 コニカミノルタ(株) BIC-Japan リーダー
サブテーマリーダー（氏名、所属、役職）	中山健夫 京都大学 医学研究科 教授
研究開発実施期間	令和2(2020)年度～令和3(2021)年度
参画機関	コニカミノルタ(株)

(1) テーマの概要と目指すべき将来の姿（拠点ビジョン）との関係

京大 COI では様々な専門性を複合的に作用させながらしなやかほっこり社会の実現を目指している。本テーマでは昨今問題となっている孤立育児による育児不安軽減のための教育啓発サービスを提供し、安心して育児ができるしなやかほっこり社会の構築に貢献する。



(2) 想定する製品・サービスについて（担い手、社会的インパクト・経済的インパクト）

① ソリューションの内容

子育ての不安を軽減する知識やスキルを習得したい子育て経験のない新米ママ、パパ向けに、子育ての大変さと、それを楽にする知識とスキルを産前に学ぶ教育研修サービスを提供する。専門家の「知見」と先輩ママ、パパの「経験」から良質な情報を場所と時間を選ばず系統的に学習することで、働きながら楽しくパパもママも学習でき、より多くの知識を得て、親の自立や親として、家族としての発達を促す。



② 実施時期

2022年度からテストマーケティングを実施予定。その結果次第で実用化判断を行う。

③ 提供主体

コニカミノルタ(株)

④ ベンチマークと優位性

下記にベンチマークすべき類似サービスとの比較を掲載する。

アプリ、WEBにあるような民間ITサービスはスケールしやすいが耳障りの悪い情報は普及させにくい。産前に子育ての大変さを伝える必要性はありながら、現在はあまり伝えられてな

A イノベーション創出に向けた活動実績

4 研究開発テーマの成果

い。一方で拠点、体験、セミナーにあるような自治体や NPO はその点に気づき取り組み始めているが、スケールアップが困難であるという課題を持つ。そこでスケールしつつも半強制的に目に触れる方法で大変さも含め育児生活について学べるようなソリューションを目指す。

サービス形態	LINE+ WEB	アプリ		WEB		拠点	体験	セミナー	
サービス名	子育て教習所	A	B	C	D	E	F	自治体両親 学級	G
ロゴ									
サービス概要	産前から産後のリアルを伝え、適切に備えることを促す	出産までのカウントダウンで毎日おなかの赤ちゃんの様子を教えてくれる。産後のことは産後に提供	出産までのカウントダウンで毎日おなかの赤ちゃんの様子を教えてくれる	共働きのための両立のコツや教育に関する情報提供サイト	産前～産後までそれぞれの基本情報とユーザーコミュニティ、専門家質問	産前から産後まで孤立育児を防ぐ居場所を提供。各種セミナーや情報発信、相談も行う。	育児家庭でのインターン体験	出産準備。産後のことは沐浴、ミルク、おむつ替えの練習にとどまる。	男性の家庭参画促進のためのセミナーや情報発信、ロビー活動を行う
価格	¥300～500/月	無料	無料	無料or¥750/月	無料or¥400/月	¥500/月	— (企業大学向け)	無料～約¥1000/回	無料～数千円/回
産前に産後の情報提供	○	×	×	×	×	○	○	△	○
大変さの伝達	○	×	×	×	×	○	○	×	
利用しやすい、広がしやすい	○	○	○	○	○	×	×	×	×

(3) 研究開発期間終了時の達成目標

- ①実証実験に使用できる e-learning システムの開発 (コンテンツ及び学習システム)
- ②実証実験の成果
 - ・ 研究対象者
妊娠 28 週以降の初産の妊婦 270 名 (受講群・非受講群を各 135 名) ～300 名を予定
 - ・ 比較内容
受講群と非受講群の登録時と産後 1 か月の自己効力感・孤独感の平均の差を比較
- ③実証実験の達成目標
 - i 利用満足度 70%以上
 - ii 自己効力感・孤独尺度非利用群と比較し良好であること
 - iii ユーザビリティ 満足度 70%以上

(4) 主な成果と達成状況

① コンテンツ開発

コンテンツ開発は京都大学大学院医学研究科健康医学系専攻所属の医師 2 名、助産師 4 名、看護師 1 名、管理栄養士 1 名、公衆衛生学修士 (専門職) 1 名の計 9 名の専門家の協力を得て開発した。

内容は、産後の母親が産前に知りたかったことや産前産後でのイメージギャップポイントに基づき、問をリスト化、その問いに対して適切な論文を探し、エビデンスに基づいた回答を作成した。ピアレビューを繰り返し、検証の上、専門家による案を完成させた。その後、育児情報サイトの編集者による一般に伝わりやすい表現への編集を経て最終原稿とした。

トータルの分量は多すぎても学習の負担になる一方、少なすぎてもギャップが埋まらないため、最低限必要と思われる内容を精査し、約 100 問とした。1 回の分量は 1 分で読み終わる程度の 200 文字以内とし、そこで表現しきれないものやエビデンスに乏しい経験談などは WEB サイトに誘導、約 5 分で読み終わる 1000～2000 字程度の分量を担保した。

A イノベーション創出に向けた活動実績

4 研究開発テーマの成果

氏名	プロフィール	氏名	プロフィール
 中山 健夫	京都大学大学院医学研究科社会健康医学系専攻 健康情報学分野教授、東京医科歯科大学医学部卒、臨床研究後、米国UCLA 国立がんセンター研究所がん情報研究部 室長などを経て現職。公益財団法人日本医療機能評価機構の医療情報サービス事業Minds運営委員長、厚生労働省・生活習慣病予防のための健康情報サイト e-ヘルスネット 座長、国立がん研究センターがん情報サービス専門家（e-ヘルスネット）座長、日本医学学会産婦人科専門医、統計委員会など、日本の健康・医療情報の分野に貢献。一男一女は既婚、今は京都・上賀茂に妻と二人住まい。博士（医学）、社会医学系専門医・指導医、日本産科上級専門医。	 豊本 莉恵	京都大学大学院医学研究科社会健康医学系専攻 健康増進・行動学分野博士課程、助産師として大学病院で勤務した後、研究の成果を社会に還元する役に立ちたいと思い大学病院に退学。現在は、大学生のメンタルヘルス向上や不妊症の女性へのメンタル支援、女性の出産に関するニーズについて研究中、母子健康データを活用するシステム作りにも携わっている。
 萬代 真理恵	京都大学大学院医学研究科社会健康医学系専攻 健康情報学分野研究員、看護師、社会健康医学修士（MPH）、認定心理士、乳幼児を育児中の母親の育児感について研究。成人した娘2人の母。	 中山 寛子	京都大学大学院医学研究科社会健康医学系専攻 健康情報学分野研究員、専業主婦とワゴン車育児で産後うつになりかけるもお薬に救われる。出産・育児をきっかけに医学に興味を持ち京都大学大学院へ、子育てはワゴン車ながらもやりたいことはやる！がモットー。MC、ラジオパーソナリティーとしても活動、MPH、医療ディエター。
 池田 裕美枝	京都大学大学院医学研究科社会健康医学系専攻 健康情報学分野博士課程、産婦人科専門医、内科認定医、認定産婦人科リハビリテーション専門家、産婦人科ヘルスケアプロデューサー、米国内科学会国際フェローとしてニューヨークに女性内科クリニックを開設。現在京都大学産婦人科や神戸市立医療センター中央市民病院で女性外来を担当、2児の母。	 増澤 祐子	東京医療保健大学千葉看護学部 母性看護学 助教、看護部として病院勤務時に、女性の生活の支援を目標、お薬に大学病院に入学。助産師を取得、助産師として病院や助産院で多くの母子や家族と出会う。看護学博士を取得後、より多くの女性の支援をしたいと京都大学大学院医学研究科社会健康医学系専攻 健康情報学分野の中山教授のもとで学ぶ。助産ケアのエビデンスや女性の意向について研究。
 太田 はるか	京都大学大学院医学研究科社会健康医学系専攻 健康情報学分野研究員、管理栄養士、社会健康医学修士（MPH）、博士（政策科学）、同志社女子大学非常勤講師、乳幼児から高齢者まで幅広い年齢層の栄養指導に従事。最近、2人目の孫が生まれてグラマの立場で育児に関わる。千本鳥居で有名な京都府伏見稲荷大社の近くで夫と居住。	 丸井 香苗	京都大学大学院医学研究科社会健康医学系専攻 健康情報学分野博士課程在籍中、助産師、社会健康医学修士（MPH）、2016年アドバンス助産師取得、産婦人科クリニックの勤務を経て現在は研究の傍ら助産師のサポーと英語通訳、母子保健関連企業のアドバイザーとして活動中。 人の夢や目標をサポートする仕事がとても好き。
 家曾 美里	京都大学大学院医学研究科社会健康医学系専攻 健康情報学分野客員研究員、助産師、保健師として総合周産期センターやクリニック、開業助産院、保健センターで現場経験を積み、大学教員として研究経験を積み、乳幼児を育児中の母親が自分のことは後回しという状況とその影響を研究。息子2人の母、京都大学博士（社会健康医学）。	 大原 徳子	コニカミナコ株式会社 BiC-Japan インベージョナリード、一男一女の母、自身の育児体験から日本の産前産後支援をよまうと決意し、同領域における新規事業開発に取り組み、その実現のため京都大学の門戸をたたき、多数の志のある先生方と一緒に共同研究を進める。

実証実験の結果、文字だけだと読みにくいという意見が多かったため、下記を基準とし、各設問に対するイラストを作成した。以下にイラスト付き Q&A サンプルを示す。

イラスト付き Q&A サンプル

授乳5【母乳は誰でも自然に出る？】

回答

出産直後は十分な母乳が出ないママがほとんどです。なぜなら赤ちゃんがおっぱいを吸うことで母乳を作る/出すホルモンが良く出て、少しずつ母乳が増えていくためです。出産直後から少なくとも1日に8-12回以上、頻回に授乳することが大切です。

特に夜は、母乳を作るホルモンの反応が良く、夜間授乳することは理にかなっています。産院のスタッフ、パートナーや周囲のサポートを受けて頻回授乳を乗り切りましょう。

イラスト



② 学習システム

- ・LINE 公式アカウント
- ユーザーの動線や使いやすさを考慮し
- LINE の公式アカウントを利用することとした。ユーザー自身がお友達登録すると学習が自動的に始まる。



A イノベーション創出に向けた活動実績

4 研究開発テーマの成果

・学習フロー

LINE メッセージとして送られてくる問いに対し、「回答を見る」を押すと回答が表示される。参考 WEB サイトがある場合は【もっと詳しく】に表示されている URL をタップし遷移する。WEB サイトを閉じると LINE に戻る。参考資料がある場合は「参考資料、備考」をタップすると表示される。



・WEB サイト (<https://parenting-jp.com/>)

LINE で説明しきれない詳細な内容や、エビデンスのない体験談などを掲載するために用意した。また、実証実験のために実験同意説明のページを設け、「同意する」ボタンを押すことで同意とみなすと同時にランダム化され受講群と非受講群に振り分けられるよう開発した。被験者は表示された QR コードから LINE のお友達登録へ進む。

③ 実証実験

妊娠 28 週以降の初産の妊婦、満 20 歳以上、除外基準 多胎。両親あるいは義父母と同居。を募集。

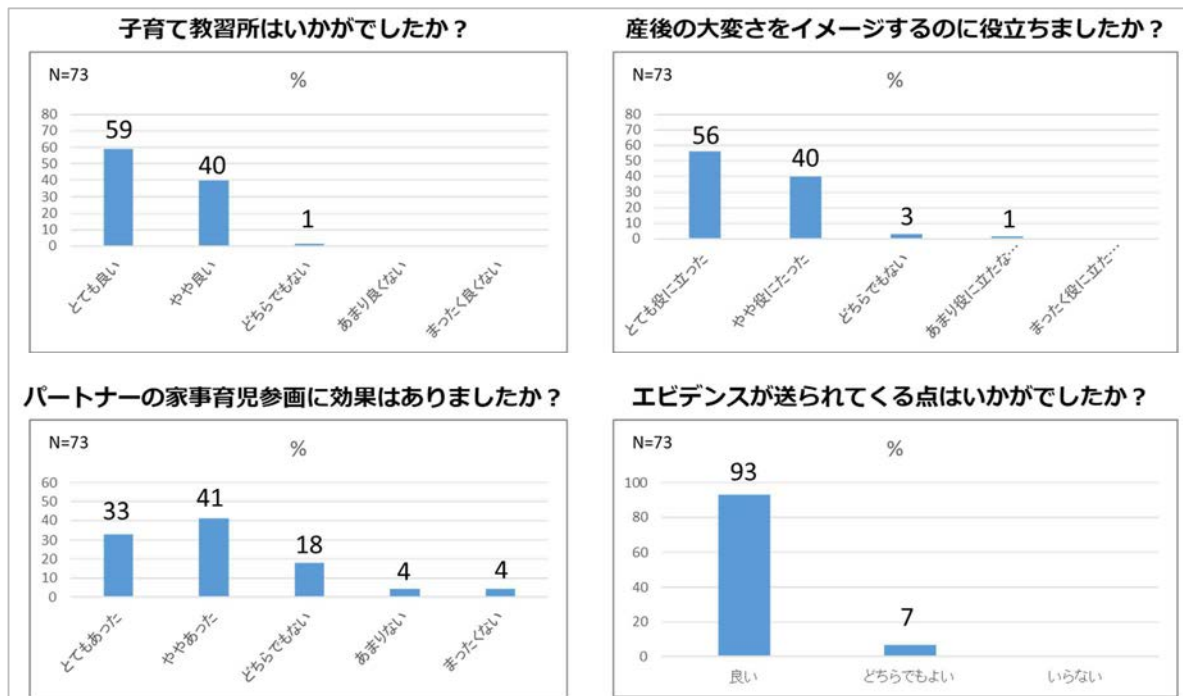
2021 年 3 月～11 月末まで実証実験を実施。実験参加者 501 名、脱落 278 名、除外 42 名。最終的に受講群 73 名、非受講群 108 名のデータ収集が完了。

受講群のアンケート結果を次ページに示す。子育て教習所の利用満足度としてはとても良い 59%、やや良い 40%で 99%の被験者がポジティブな回答。産後の大変さをイメージするのに役に立ちましたか？という質問には、とても役に立ったが 56%、やや役に立ったが 40%で計 96%がポジティブな回答。パートナーの家事育児参画に効果はありましたか？という質問では、とてもあったが 33%、ややあったが 41%と、計 74%がポジティブな回答。エビデンスが送られてくる点はいかがでしたか？という質問には 93%が良いと答えた。



A イノベーション創出に向けた活動実績

4 研究開発テーマの成果



また、アンケート自由記述の一部抜粋を下記に記す。夫との協力体制構築(チーム育児)、隙間時間での学習、エビデンスベースといったコンセプトに合致する点を評価する意見が多く得られている。

【良い点】

- ・ 出産前から育児についての情報が得られる点がとても良いと感じました。LINE で受講できるため気軽に外出先や仕事の休憩時間など空き時間を利用して学習出来る点も良かったです。また夫も一緒に学習出来るので知識を共有でき心強かったです。
- ・ 隙間時間で気軽に受講できたのでとても便利だった。また、夫婦揃って育児の情報を共有できたので、出産に向けて心強く感じた。
- ・ 知らないことも知ることができ、夫との会話が増えた
- ・ 自分で 1～10 まで調べ上げるのには限界があるので、順を追って説明が聞けるのが良かった。エビデンスもしっかりあって信用できる。
- ・ それぞれのカテゴリーにつき、方法や理論だけでなく、どうしてそうなのかという理由や、各種データが記載されていたので、納得感を持ちながら読み進めることができたから。また、理解しながら読めたため、記憶にも残りやすかったから。
- ・ 出産や子育てについての情報を得られて心強く感じました。知らない事も多く、参考になりました。
- ・ 出産後にもう一度読むこととなるほどと思ってよかった。自分の今の状況に当てはめて、そうだった。と思えた。
- ・ 産前にざっと流して勉強したことを、産後気になったときに読み返すことができ、理解を深めることができて良かった。
- ・ 出産前にこれからの生活の心構えができた。

【課題】

- ・ 妊婦時期には学びが多く良いと感じたが、実際、今、覚えている情報は少なく、産後はそのタイミングタイミングで必要な情報をもらえた方がありがたいと感じる。
- ・ いろんな状況を前もって心づもりができて良いと思った。しかしながら、いざその状況になると思い出せないことがあった。

(5) 今後の課題と対応方針

①UI/UX の改善

- ・ 字だけでは読みにくい、分量が多すぎて飽きてしまうという意見があるため需要が拡大した

A イノベーション創出に向けた活動実績

4 研究開発テーマの成果

場合にはクイズ化や漫画化も検討する。

- ・学習ステータスの可視化機能が搭載できていないため追加を検討する。
- ・達成度テストが搭載できていないため追加を検討する。

② 受講群と非受講群の比較解析

結果の解析を行い、論文投稿を進める。

(6) その他特記事項

特になし

A イノベーション創出に向けた活動実績

4 研究開発テーマの成果

4.1.1.3 妊産婦・母子サポート

テーマリーダー（氏名、所属、役職）	波木井 卓 コニカミノルタ(株)BIG-JAPAN 所長
サブテーマリーダー（氏名、所属、役職）	千葉 陽子 京都看護大学看護学科 准教授
研究開発実施期間	平成 29 (2017) 年度～令和元 (2019) 年度
参画機関	京都看護大学、コニカミノルタ(株)、セルスペクト(株)

(1) テーマの概要と目指すべき将来の姿（拠点ビジョン）との関係

少子化・晩産化が続く中、家族規模の縮小、地域での関係性希薄化などにより家庭や地域の「子育て力」が低下しており、女性の出産・育児における不安感、負担感は増大し、産後うつや乳児虐待などが社会問題になっている。妊娠期や産後早期の支援はあまり行われていない。本研究開発は、妊娠期から子育ての早期にある女性やその家族と子育て支援に関わる専門家らをクラウド型情報共有システムでつなぎ、妊娠期から子育て期の女性が心身の健康を保ち、安心して楽しく育児ができる社会実現に向けて、より効果的、継続的な支援を行うためのシステムの構築を目指した。

(2) 想定する製品・サービスについて（担い手、社会的インパクト・経済的インパクト）

① 想定する商品・サービス

i 妊婦や母子への継続支援のためのツールの開発及びサービス

地域母子保健に従事する出張開業助産師が妊娠中から産後まで継続的に支援するための WEB アプリ（分娩期のケアは、女性が選択した医療機関で行われる）を開発中。従来、直接来院や電話、紙ベースの記録で行われていた内容（開業助産師と妊婦とのマッチング、家庭訪問の予約、助産師や妊婦のプロフィール登録、相談内容の記録等）が簡便に行えるものである。H30 年度の実証実験を経てプロトタイプを改善し、H31 年以降の専門家による継続支援システムの社会実装を目指している。本サービスは、有料で、妊娠期から開業助産師と妊婦をつなぎ、産後早期から対象者にとって既知の専門家が継続的に母子や家族を支援する。特徴として、「サービス利用者には専属の開業助産師チームが、家庭というセッティングで、家族も含めて、個別的・継続的支援を提供し、母親の不安軽減、自己肯定感の向上を目指し、女性たちが「子育ては楽しい」「また子どもを産みたい」と思えるようになることを目指す。

出生数は減少してきているものの、日本全国で毎年約 100 万人近い出生数がある（総務省より）。そのうち育児不安を抱えている女性は 4 割と言われており（内閣府資料）、自治体のフォローアップを受ける者が 1 割と推定されることから、3 割の者が本サービスのターゲットとなり得ると考えられる。約 30 万人が 1 回 5000 円のサービスを 3 回ずつ利用したとして、将来的には年間約 45 億円の安定市場となることが推測される。

また本アプリには、助産師業務効率化の支援機能も有しており、地域母子保健に従事する開業助産師は個人事業主であり、情報インフラへの投資も少なく、ケアの記録（カルテ）は紙ベースで行っており、記録管理や予約管理において非効率な面が多い。またケアの責任が個人に集中し、柔軟に休みが取れないなど、ワークライフバランスの維持も難しくなっている。

この機能の特徴は、助産師が単独ではなくチームで対象をケアする方法を導入し、チーム内での情報の管理や共有を効率的に行える。

ii 妊娠期からの子育て力向上支援システムの開発

核家族化、少子化の影響で、現代の母親には子どもと関わった経験がなく、周囲に子育てを教えてくれる人もおらず、孤立した状態で育児に臨む者が多数存在している。こうした層に向けて、特に妊娠期から、「子育て力向上」のための健康教育を行うシステムを確立する。H30 年 5 月には実証実験として「はたらく女性のためのプレママセミナー」を実施し、医療機関・行政で提供されるもの以外の妊娠期健康教育に対する妊婦のニーズの確認はできた。同年 11 月にも第 2 回プレママセミナー開催予定であり、その後も継

A イノベーション創出に向けた活動実績

4 研究開発テーマの成果

続して行っていく予定である。

日本全国 1741 自治体の内、都市部を中心に 300 自治体で実施した場合、参加費やスポンサー料で 20 万/回とすると、6000 万円/年。ただし、収益に関する検証は今後実施。

②ターゲット顧客

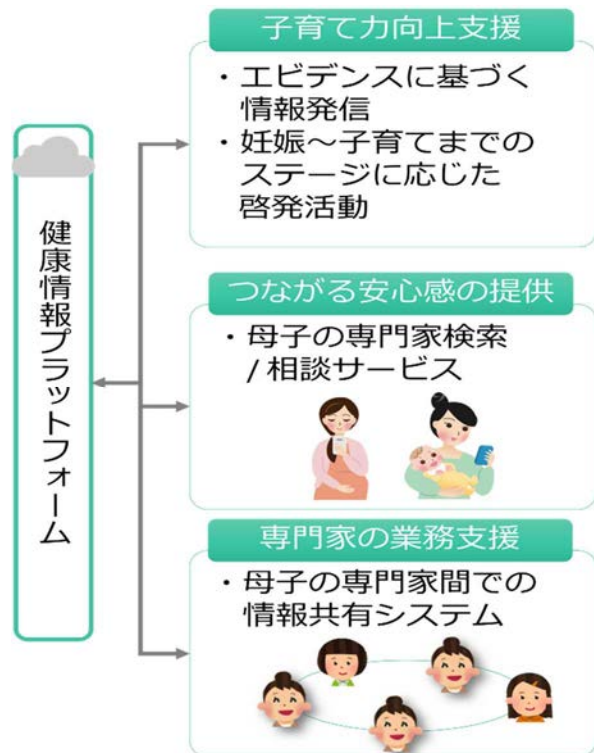
- i 妊娠期から子育て期までの女性（プレママ・ママ）
- ii 母子の専門家

③社会的インパクト・経済的インパクト

- i 妊娠期から子育て期までの女性（プレママ・ママ）
 - ・妊娠、育児という不安、負担の多い時期にいつでも母子の専門家に相談でき安心して過ごすことができる。
 - ・孤立孤児を防ぎ、うつや虐待を予防できる。
 - ・想像以上に大変な育児の予備知識を得ることにより、落ち着いて育児に取り組める。
 - ・妊娠から出産、育児までワンストップで相談できる。
- ii 育児の専門家
 - ・介入支援時の業務フロー改善による効率化と就業環境の改善。
 - ・定期的に様子を伺い、相談にいくきっかけがつかめない人を救う。
 - ・地域密着型で、対面、電話、メールやチャットなど相談者の選択で相談できる。

(3) 研究開発期間終了時の達成目標

健康情報プラットフォームの提供で、母子の専門家らとつながる妊産婦・母子サポートシステムで、妊娠期から子育て期の女性が心身の健康を保ち、安心して楽しく育児ができる社会実現に向けて、「子育て力」向上を支援する。



① 妊娠期からの子育て力向上支援

妊娠期から、「子育て力向上」のための健康教育を行うシステムを確立する。実証実験として「はたらく女性のためのプレママセミナー」を実施し、医療機関・行政で提供されるもの以外の妊娠期健康教育に対する妊婦のニーズの確認を行う。プレママセミナーの開催を行なう。事業主体を確定して、勤労妊婦の増加に伴う、医療機関や行政に参加できない層をターゲットに社会実装を行なう。

② 妊婦や母子への継続支援のためのツールの開発及びサービスと専門家の業務支援

プロトタイプを用いた実証実験を行い、価値の検証及び、技術的な検証を実施する。ま

A イノベーション創出に向けた活動実績

4 研究開発テーマの成果

た妊婦や産後の母親（ローリスク群）に対して、ストレスに関連したバイオマーカーや質問紙を用いた縦断調査を行い、本サービス展開前のベースラインデータを得る。

これらの成果をもとに、ビジネスパートナーを探索する。ブランド力のある事業主体や広告宣伝力のあるパートナー、スポンサー企業の募集などにより、収益モデルを構築する。また本システム内で活動可能な開業助産師を募集し、地域母子保健活動の経験が浅い者に対して適切な教育の機会を提供し、本サービスの実運用に向けて従事者を確保し、サービスの質の担保に努める。またバイオマーカー等によるベースラインデータに基づき、本サービス利用者と非利用者のストレスの違いを評価する。また本サービスに付帯したストレス評価システムを構築する。

(4) 主な成果と達成状況

健康情報プラットフォームの提供で、母子の専門家らとつながる妊産婦・母子サポートシステムの構築

① 妊娠期からの子育て向上支援

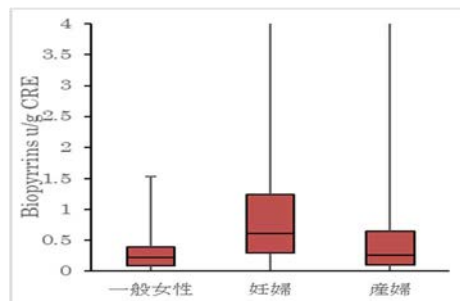
i 妊婦や母子への継続支援のためのツールの開発及びサービス

本サービスのユーザーである妊婦、産後の母親やその夫、祖父母等のステークホルダーに対して、インタビューによるニーズ調査を実施した。専門家による個別的・継続的支援への必要性を感じている層の検証と、祖父母が資金面で支援する意向があることの確認を行うことができた。また代替となる自治体サービスが心身・社会的なハイリスク者をターゲットとしていることから、本サービスではそれ以外の層をターゲットとし、また、経済的余裕はあるが時間的制約があるなど個別支援へのニーズが高いと思われる「勤労妊婦」にもアプローチを行った。

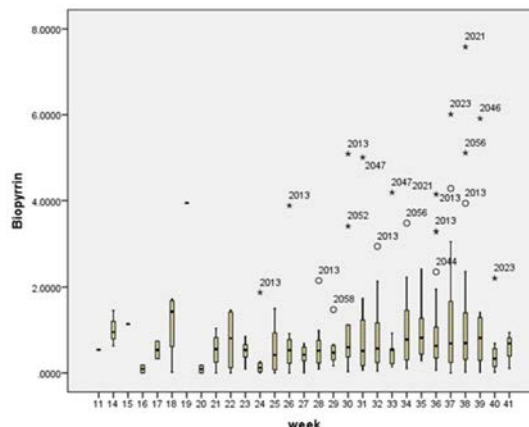
地域母子保健に従事する助産師たちからの意見を聞き、妊産婦の悩みやワークフローを調査し、支援アプリのプロトタイプを完成させた。すでに、妊婦や子育て中の母親向けの複数イベントでコンセプト展示を行った。

ii 妊娠中から産後の女性を対象として

ストレスマーカーを測定する臨床試験を行い、これまでに妊娠中の女性は一般女性よりもストレスマーカーの値が有意に高値であることが明らかになった。



また、妊娠中の女性は妊娠初期から後期へなるにつれ、ストレスマーカーの値が上がっていくことが明らかとなった。



A イノベーション創出に向けた活動実績

4 研究開発テーマの成果

- ② クラウド型情報共有ツールの開発と実証実験
 - i 助産師と簡便に繋がる予約システムアプリを開発。
京都市・京都府南部で妊娠後期から産後8週までの女性を対象に実証実験を実施。

The screenshot shows a web application interface for managing obstetric care. It includes a header with the logo and a navigation menu. The main content area displays a table with columns for ID, Client Name, Birth Date, Estimated Delivery Date, and Notes. Below the table, there are sections for 'Client Information' and 'Medical History', each containing various input fields and checkboxes for data entry.

ID	クライアント名	生年月日	経産回数	リマート
20190101	あまみ		2019/01/01	5
20190102	あまみ		2019/01/02	10

- ③ プレママ・プレパパ など向けセミナーの実施
 - i 妊婦、夫、産婦などを対象にした子育て力向上のセミナーの実施。
 - ii 働く妊婦を対象にした企業内セミナーの実施。



A flyer for a 'Pre-mama Seminar' (プレママセミナー) held on December 8th, 2018, from 13:00 to 15:00. The flyer is designed with a pink and blue color scheme and features illustrations of a pregnant woman and a baby. It includes details about the location (Iono Mall Sakuragaoka 4F Koto Hall), the target audience (pregnant women, husbands, and family members), and the topics to be discussed (pregnancy, childbirth, and postpartum care). The flyer also mentions a fee of 100 yen and a limited number of seats (100). At the bottom, there is a QR code and a website link for more information.

(5) 今後の課題と対応方針

COI での研究開発は終了し、「子育て教習所」、「子育てA I」引き継ぎ社会実装を目指す

(6) その他特記事項

特になし

A イノベーション創出に向けた活動実績

4 研究開発テーマの成果

4.1 4.1.1.4 子育てAI

テーマリーダー（氏名、所属、役職）	： 竹内清明 タケロボ(株) 代表取締役 社長
サブテーマリーダー（氏名、所属、役職）	： 小山田耕二 京都大学 学術情報メディアセンター 教授
研究開発実施期間	： 平成 30 (2018) 年度～令和 3 (2021) 年度
参画機関	： 同志社大学、九州工業大学、日本大学、理化学研究所、タケロボ(株) (株)ほっこりのプラス、日本アイ・ビー・エム(株)、セルスペクト(株)

(1) テーマの概要と目指すべき将来の姿（拠点ビジョン）との関係

<テーマの概要>

- ①子育てに悩むママは多く、最悪の場合、産後うつにより自殺に至るケースもある。
 - ・産後うつ疑いの発症率は、妊婦全体の9%
 - ・産後うつによる自殺は出産女性100万人につき85人
- ②人口減少、核家族化に向かう社会情勢において、上記①の子育てママを支援する機関、コミュニティは十分ではない。
- ③テクノロジーは進展しており、AI、ITの活用により、子育てママの支援ができれば、上記②の状況においても、上記①の課題解決を図ることが期待できる。

<将来の姿>

- ①AIロボットによる無人子育て相談(室)とAIチャットボットによるネット子育て相談を提供する。
- ②上記①により、子育てママがいつでも気軽に子育て相談ができ、悩みの解消や必要に応じ、(AIにより、うつ予備軍などの危険性ありと判断された場合)医師の診断を促すことを支援する。
- ③本件が社会実装できるよう、ビジネス化を図る。

(2) 想定する製品・サービスについて（担い手、社会的インパクト・経済的インパクト）

<製品の内容と実施時期>

- ①AIロボットの用意。(AIロボット自体は既存製品の活用を想定)
 - ②AIチャットの用意。(AIチャット自体は既存製品の活用を想定)
 - ③子育てママの悩み相談QAデータ(以下、ママ相談QAと記載)の用意。
- ⇒製品1：①+③ AIロボットにママ相談QAを搭載させ、
子育てママの悩み相談AIロボットを開発、製品化する。
- ⇒製品2：②+③ AIチャットにママ相談QAを搭載させ、
子育てママの悩み相談AIチャットを開発、製品化する。

- ・製品1について、下記ベンチマークに記載のタケロボ社のAIロボットがあれば、充実したママ相談QAを用意することで、実用性の高い子育てママの悩み相談AIロボットの開発、製品化が可能である。

製品2についても、タケロボ社のAIチャット(LINEチャットなどでも利用可能)を用いれば、製品1と同様に、充実したママ相談QAがあれば、実用性の高い製品の提供が可能となる。

- ・AIロボットとAIチャットは用意できるので、精度の高いママ相談QAの用意が重要となる。ママ相談QAについて、保有していそうな、大学、研究機関、コミュニティ、WEBサイトなどに確認、アプローチをするも、保有しているところは無かった。
子育てママ向けのAIチャットについて、自治体が提供しているものが数多くあるが、(気休めやおもちゃ程度のようなものばかりで)使えるものは無かった。
QAが無いことについて、信じられないかもしれませんが、国内でコミュニケーションや

A イノベーション創出に向けた活動実績

4 研究開発テーマの成果

検索タイプのAIが広まらない大きな要因の1つとして、QAが用意できないことがある。本件については、東海大学紀要「AIの普及における課題と解決策の提言」下記URLを参照されたい。

<https://opac.time.u-tokai.ac.jp/webopac/TC10003031>

- ・上記の状況(QAが用意できない)の場合、実際にママ相談QAを搭載させたAIロボット、AIチャットを利用して貰い、質問を収集することでQAの充実化を図ることができる。この場合、質問の確実な把握が重要となるため、音声認識や質問内容の把握精度の高いAIロボット、AIチャットの採用が不可欠である。タケロボ社のものであれば、既に本件と同様の状態での多数の実績がある。
- ・純粋なママ相談QAの充実化に加え、関連コンテンツを用意し、提供することで、ママ相談QAの利用に繋げる。関連コンテンツとしては、睡眠チェック、ストレスチェック、先輩ママに相談を用意する。

⇒製品、対応事項のまとめ

- ・製品1(AIロボットにママ相談QAを搭載) 2021年4月に提供開始
- ・製品2(AIチャットにママ相談QAを搭載) 2020年度にLINE版を提供済み
- ・ママ相談QAの充実化 下記ベンチマーク②参照
- ・ママ相談関連コンテンツの提供 2021年4月に提供開始

＜実施主体企業＞

- ①既にAIロボット、AIチャットを有し、実提供しているタケロボ社が担い手となる。

＜ベンチマーク＞

- ①AIロボット(AIチャット)に関するベンチマーク

タケロボ社のAIロボット(AIチャット)を採用することで、実利用面で圧倒的な優位性がある。

項 目	開発品 タケロボ(AIロボット)		A 社 Pepper		B 社 PAPER0	
性能	実用可能 (本番利用可能)	○	実用困難 (簡単な実験レベル)	×	実用困難 (簡単な実験レベル)	×
機能	誰でも設定可能	○	設定等は 専門技術者のみ	×	設定等は 専門技術者のみ	×
価格	1,000千円	○	10,000千円	×	3,000千円	△

- ②ママ相談QAについて

現在、子育て相談AIチャットは沢山あるものの、実用からほど遠いものばかりです。とりあえず2000～3000QAを用意できれば、実用できるレベルに近くなります。

ママ相談のQA数に関する考察(※)

- 400QA — ネットなどで集められる件数。回答精度2～3割
- 2000QA — 実利用データの収集や専門家による協力。回答精度6～7割
- 3000QA — 数多く実利用された結果の反映。回答精度7～8割
- 4000QA超 — 理想的な件数。回答精度9割超

(※)過去の実績から、2～3割回答するQA件数の10～20倍のQA件数にすると、理想的な回答精度になります。7割以上の回答精度にできれば、継続的に利用され、QA数を増やしていくことを見込めます。5割以下の回答精度だと、まとも

A イノベーション創出に向けた活動実績

4 研究開発テーマの成果

に使われず、回答精度の向上が難しくなります。

<社会的・経済的インパクト>

- ①本製品が広く利用されることにより、子育てママの悩み解消や産後うつ予備軍の早期発見を実現する。
- ②A I ロボットについて、2023年度末(2024年3月)時点の想定売り上げ規模3.2億円のうち、0.8億円をママ相談Q Aによる影響と見込みます。
A I ロボット1台(80万円)×400台(※)=3.2億円
(※)タケロボ社販売計画値300台に加え、ママ相談Q Aにより、追加100台され、計400台になることを計画
- ③A I チャットについて、2023年度末(2024年3月)時点の想定売り上げ規模1千万円のうち、250万円をママ相談Q Aによる影響と見込みます。
A I チャット1環境(50万円)×20環境(※)=1千万円
(※)タケロボ社販売計画値15環境に加え、ママ相談Q Aにより、追加5環境され、計20環境になることを計画

(3) 研究開発期間終了時の達成目標

<研究開発期間終了時の達成目標>

- ①製品1(子育て相談A I ロボット)、製品2(子育て相談A I チャット)、ママ相談関連コンテンツは、今年度初め(2021年4~5月時点)に提供済み。
今年度の活動で重要となるのは、ママ相談Q Aの充実化とビジネス化である。ビジネス化(製品1と製品2の導入)については、研究開発期間終了時(2021年12月末時点)で、12機関への導入(※1)を目標とする、ママ相談Q Aについては、12機関への導入において、ママ相談Q Aが実際に利用され、そのデータの反映などにより、2500Q A(※2)の蓄積を目指すものとします。
- (※1)上記<社会的・経済的インパクト>の2024年3月末時点での想定売上規模に対し、今年度中に12機関への導入を図っておくことが、次年度以降の展開・拡大を踏まえ、達成しやすくなると想定しております。ママ相談Q Aの搭載如何に関わらず、12機関への導入を目標とします。A I ロボット、A I チャットだけでも先行導入できれば、将来的にママ相談Q Aの搭載がしやすくなります。

(※2)7割程度の回答率を目指します。

②ビジネス化とママ相談Q Aの達成目標

項目	終了時の達成目標
ビジネス化 (A I ロボット・A I チャットの導入)	12機関へ導入
ママ相談Q Aの充実	2500Q Aを用意
製品1の開発、製品2の開発、 関連コンテンツの用意	2021年度初めに対応済み

(4) 主な成果と達成状況

①ビジネス化について

導入先 —
(13拠点)

蕨市福祉・児童センター*、蕨市錦町児童館など*、亀岡市ガレリアかめおか*、精華町公民館*、大垣市ワクチンセンター、品川区役所、杉並区役所、イオンマリンプア、イオン板橋、イオンモール新利府、東北自動車道蓮田サービスエリア、東京都市大学、可視化情報学会*

A イノベーション創出に向けた活動実績

4 研究開発テーマの成果

* 印は、ママ相談Q A掲載先となります。

②ママ相談Q Aの充実

登録Q A数 — 2 6 0 0 Q A （昨年度時点では4 0 0 Q A）

上記①②のほか、関連コンテンツの機能向上として、つぎの睡眠チェックの対応を行いました。

睡眠チェックコンテンツ — 同志社大学赤ちゃん学研究センターの約 7000 名の大規模乳幼児睡眠データから子供の睡眠の質を判定する判別方法（線型判別関数）を提案し、AI チャットに実装した。（2021 年 7 月末のサービス開始から 9 月末までで 86 件の利用があった。）また、これらの線形判別法に加えて、経験的動的モデリング（EDM）という非線形ダイナミクスの解析法[2]により子供の睡眠の状態を分析する方法を提案した[3]。提案手法は睡眠時の心電図のデータより RR 間隔を計測し、RR 間隔の時系列データに対して高次元の状態空間を推定し可視化する方法である。これにより、従来のポアンカレプロットなどの心電図の解析では見られなかったトポロジカルな構造が発見された。この知見は睡眠を定量化する新たな特徴量としての利用が期待される。

(5) 今後の課題と対応方針

参画企業のタケロボでは、AI ロボット、AI チャットを既に多くの自治体や公共・商業施設などに導入している。そのAI ロボット、AI チャットの導入において、利用シーンに合ったコンテンツも提供しており、子育てコンテンツもタケロボのAI ロボット、AI チャットに搭載する1つのサービスコンテンツとすることで、子育て相談のニーズがある導入希望先への販売を予定している。

(6) その他特記事項

つぎの論文を発表、投稿しました。

- [1] Katsuya Masuda, Kaori Tsubuki, Hisako Negishi, Koji Koyamada. Needs Survey for Unattended Child-Care Consultation Room by Questionnaire Analysis. Journal of Advanced Simulation in Science and Engineering (JASSE)（投稿中）
- [2] Natsukawa H, Deyle ER, Pao GM, Koyamada K, Sugihara G. A visual analytics approach for ecosystem dynamics based on empirical dynamic modeling. IEEE TVCG 72(2), 506-516 (2021).
- [3] Wang T, 夏川 浩明, 小山田 耕二, 睡眠データにおける状態遷移のビジュアル分析, 第 49 回可視化情報シンポジウム講演論文集(2021)
- [4] Jin Mingwen, Kato Masaharu, Itakura shoji. Development of a classifier to screen for sleep disorders in infants. Sleep Medicine（投稿準備）
- [5] 増田 勝也, 津吹かおり, 根岸久子, 小山田耕二, 子育て AI に対するニーズの可視化と実装, 第 49 回可視化情報シンポジウム講演論文集(2021)
- [6] 増田 勝也, 津吹かおり, 根岸久子, 小山田耕二, 無人子育て相談室に対するニーズの可視化, 第 49 回可視化情報シンポジウム講演論文集(2021)

A イノベーション創出に向けた活動実績

4 研究開発テーマの成果

つぎの内容で学会発表をしました。

[1] 乳幼児の睡眠とその規定因 金明汶・孟憲巍・加藤正晴・板倉昭二 2021 年 3 月 日本発達心理学会第 32 回大会 Web 開催

[2] 小児科医の判定結果に基づいた乳幼児の睡眠の質の判定方法—コンピュータによる計算—
金明汶・加藤正晴・板倉昭二 2021 年 6 月 日本赤ちゃん学会第 21 回学術集会 Web 開催

A イノベーション創出に向けた活動実績

4 研究開発テーマの成果

4.1.1.5 育児サポート (1) 育児動機を向上させる「親性」発達支援

テーマリーダー（氏名、所属、役職）	菅 文美 ユニ・チャーム(株) マネージャー
サブテーマリーダー（氏名、所属、役職）	明和政子 京都大学 教育学研究科 教授
研究開発実施期間	平成 28(2016)年度～令和 3(2021)年度
参画機関	関西大学、ユニ・チャーム(株)

(1) テーマの概要と目指すべき将来の姿（拠点ビジョン）との関係

核家族化が進み続ける現代社会において、孤立育児に悩み、過剰なストレスに苛まれる母親の数は激増している。さらに、虐待をはじめ不適切な環境で余儀なく育つ子どもたち、対人関係に問題を抱える子どもたちの数も増え続けている。現代社会で顕著化しているこうした深刻な問題は、「事後的・応急的」に対処することを前提とする現行の施策では不十分である。そうした問題の根幹にある認知、神経系メカニズムを解明し、科学的知見に基づいて子育ての問題が生じる理由とそのリスクを「事前に」予測し、支援する新たな提案と社会実装が喫緊に必要である。

私たちは、ヒトという生物の子育てを行ううえで必要となる脳と心の機能をふまえ、その科学的検証に裏づけられた商品・サービスの開発と新たな市場開拓、それを活かした日本の子育て問題に対するイノベーションを起こすことを目指してきた。

これに加え、日本の子育ての実情を変えるために必要な取り組みとしてもうひとつ重視しているのは、日本が世界に誇る「母子手帳」の内容改変である。母子手帳が初めて発行されたのは 1948 年（昭和 23 年）である。当時は、子どもたちが栄養失調に悩み、妊娠中のお母さんと赤ちゃんの「体の健康」を守る手帳として、世界ではじめて発案された。現在は、厚生労働省が提示する記載事項様式をもとに、各自治体がそれぞれの状況に応じて加筆するかたちで発行されている。問題は、現状の母子手帳には、現代特有の子育て問題が生じる理由や対策、支援法など、最新の科学的エビデンスにもとづく情報提供となっていないこと、それぞれの親が抱える多様な問題に個別に対応するための内容となっていない点にある。たとえば、前者では、父親も母親同様、育児経験を蓄積しない限りヒトの子育てに適応的な脳や心は発達しないこと、スマートフォン等の VR デバイスではなく、「身体接触をとまなう」親子のコミュニケーションこそが両者の脳と心の健全な発達において必須であることなどを、根拠をもって示し、親として必要な脳と心を育む効果的な機会とすることができる。後者では、従来の一律的な支援のレベルを超えて、個別のデータに基づき自分の置かれている状態を客観的に把握しながら、適切に外的支援を受ける、親も子それぞれの成長を個別に可視化することにより子育てに自信をもたせる機会とする、などが挙げられる。子育てで育っていくのは子どもだけではない。父親、母親となる過程で、子育てに必要な脳と心は社会で育まれるものである。最新の科学技術の知見と技術を活かし、親子セットで子育て支援を行う実践を、母子手帳を介して行うことが将来可能となるだろう。

(2) 想定する製品・サービスについて（担い手、社会的インパクト・経済的インパクト）

1) 親としての自己効力感を促進する商品開発と社会実装：

具体的内容：産後直後から親性発達を促進する新機能おもむつの開発（開発品 A）

本テーマは、単なる排泄処理として機械的、作業的に行われることの多い乳児へのおむつ交換場面を、これまでにない新たな発想でとらえ、親子のコミュニケーションを促進する時空間として生かすことを目指してきた。具体的には、子育てすることに喜びを感じ、親としての自己効力感や自信を養育者が高める日常の機会とする設計を図ってきた。自己効力感や自信という子育てに対する心的機能を高めるには、子育ての営みにおいて、ドーパミン報酬系の亢進を高めうるしかけを搭載した商品を新たに開発することが必要となる。こうした商品を社会実装することで、日本の子育て問題に対する支援にこれまでにないイ

A イノベーション創出に向けた活動実績

4 研究開発テーマの成果

ノベーションを起こすことが期待された。

実現時期：

2018 年 おむつを介した親性発達支援の機能に関するエビデンス検証

2019 年秋 第一弾社会実装完了（ナチュラルムーニーへの機能搭載）

2021 年春 第二弾社会実装完了（ムーニーへの機能搭載）

・提供の担い手となる企業：

ユニ・チャーム株式会社

・ベンチマーク（特徴・優位性）

これまでに、親子の心身の発達を支援するという斬新な発想で創られた紙おむつ製品はない。

・社会的・経済的インパクト

国内乳児用紙おむつ市場（市場規模 1030 億円、2017 年）において高い市場販売シェアを誇る製品に科学的検証に裏づけられた機能付与することで、多くの子育て家庭（数十万人規模）を支援することができる。

2) 父親の「親性」発達を支援する商品開発と社会実装

具体的内容：多様性ある親性発達の支援を可能にする「個別型・親性教育プログラム」の開発（開発品 B）

本テーマは、母親による孤立育児が増加の一途をたどる日本の深刻な現状を打破するため、ともに養育する者として期待される父親による主体的な育児参画（共同養育）を促す製品開発（開発品 B）を行う。パートナーの妊娠期から夫婦がともに親性を育てる学びの機会と育児動機を高める「親成長記録アプリ」を開発する。

・提供の担い手となる企業：

ユニ・チャーム株式会社

・ベンチマーク（特徴・優位性）

本アプリの特徴として、以下の 2 点が挙げられる。

①テラーメイド型

対象者の個人特性にあわせて、もっとも効果的な教育や発達支援法を予測提供する商品である。父親の「内分泌—脳神経—心理—行動」の特性（タイプ）を示すデータを収集し、それをもとに機械学習から予測された「育児タスク」を、それぞれの父親（ユーザー）の特性に応じて提案する。ユーザーは、本アプリが個別提案する育児タスクを順次こなしていくことで育児経験を蓄積することになる。その過程で、親としての自己効力感、動機を高め、親性を発達させていくことが期待されている。

②ゲーミフィケーション

一般に活用されている「ゲーム的要素」を本アプリに導入することで、ユーザーの取り組みの動機づけを長期にわたり維持する。具体的には、ユーザーが開発品 B によって提案された育児タスクをこなしていくことにより、子どもやパートナーの写真やメッセージのフィードバックを行う。

・社会的・経済的インパクト

おむつやおしりふきなどの育児用品を本アプリとタイアップさせた育児支援サービスを世界で初めて実装する予定である。

3) 第 2 子以降の児の出生を決断する時期と重なるトイレトレーニング期の親子サポート

具体的内容：トイレトレーニングを心的に支援するアプリと紙おむつの社会実装
認知科学・発達科学の知見を活かし、トイレトレーニング中の母子のストレスを軽減するだけでなく、両者のコミュニケーションを促進する機能を搭載した支援アプリケーション

A イノベーション創出に向けた活動実績

4 研究開発テーマの成果

および紙おむつの開発を行う。

実現時期：

2017 年 トレパンマントイトレアプリの上市

2018 年 トイレトレーニング専用おむつ 新トレパンマンの上市

・提供の担い手となる企業：

ユニ・チャーム株式会社

・ベンチマーク（特徴・優位性）

従来のトイレットトレーニングは、おしっこをした不快感を強化する学習経験（負のオペラント学習）による方法が主流であり、現代社会の親子にとってストレスを高めるイベントのひとつとなっていた。とくにこの時期の子どもは、イヤイヤ期とよばれる反抗期を迎えることから、親子のストレスが高まりやすくなる。私たちは、報酬系の亢進を活かした正のオペラント学習の原理に基づき、トイレットトレーニングを親子で楽しく経験できるサービスを、アプリケーションと専用のオムツの連動により新たに実現した。

・社会的・経済的インパクト

トレパンマントイトレアプリは、「キッズデザイン賞」を受賞した。また、すでに世界で 13 万以上のダウンロード件数(2022 年 1 月時点)に達している、トレパンマンは、コロナ禍において保育園や幼稚園に預けることが難しくなり、自宅でトイレットトレーニングをすることが多かった親子にとってとくに有効であったとみられる。楽しく子育てをするというコンセプトが広く受け入れられた。

(3) 研究開発期間終了時の達成目標

1) 親としての自己効力感を促進する商品開発と社会実装：

- ・全てのユニ・チャーム低月齢用紙おむつに「開発品 A」機能実装を完了済み
- ・「開発品 A」サンプル配布完了済み

2) 父親の「親性」発達を支援する商品開発と社会実装

- ・「開発品 B」の社会実装 α 版検証完了予定（2022 年 3 月）
- ・社会実装 β 版社会実装完了予定（2023 年）

3) 第 2 子以降の児の出生を決断する時期と重なるトイレットトレーニング期の親子サポート

- ・トイレットトレーニングを心的に支援するアプリの社会実装（完了済）
- ・新トイレットトレーニング用紙おむつの社会実装（完了済）

(4) 主な成果と達成状況

1) 親としての自己効力感を促進する商品開発と社会実装：

- ・開発品 A に関する特許 1 件の出願を完了。（2018 年）
- ・開発品 A を使用した子育て中の母親の脳活動、および長期間（1 か月間）使用後の評価実験実施。（2018 年）
- ・母親の脳波検証では、開発品 A（お知らせサインから「ありがとう」「だいすき」のメッセージが浮かびあがるおむつ）は、従来の紙おむつよりも母親のポジティブ感情を高めることが実証された。
- ・長期間（1 か月間）使用後の評価では、開発品 A を使用することで、母親のおむつ交換時のストレスを緩和し、ポジティブ感情を高めていることが示された。

A イノベーション創出に向けた活動実績

4 研究開発テーマの成果

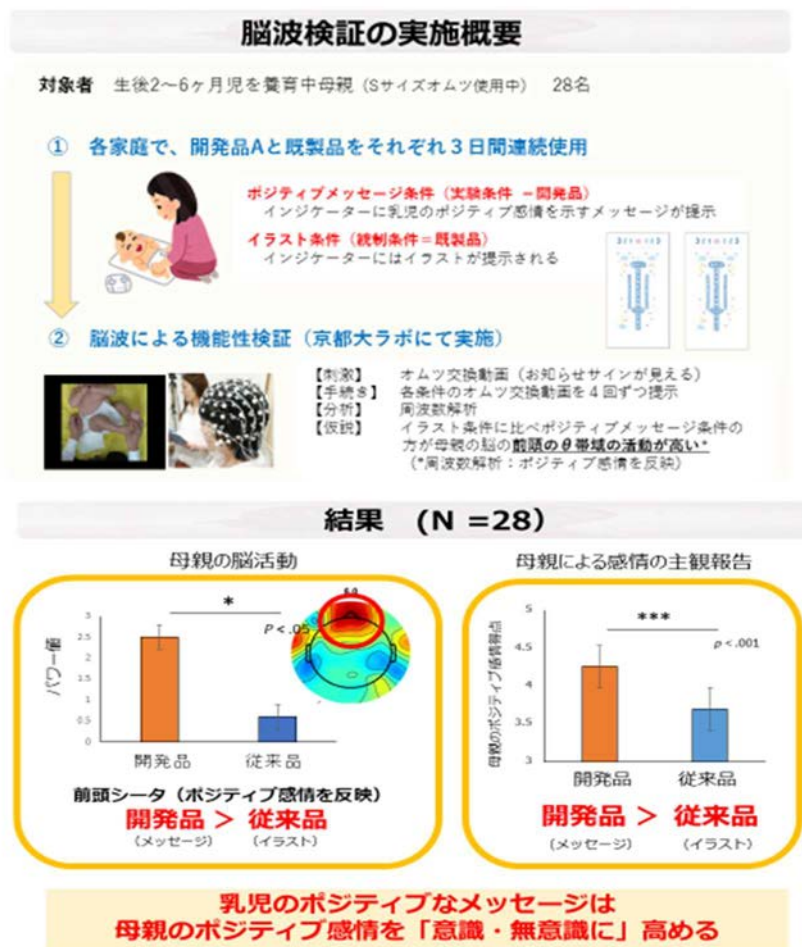


図1 （上）開発品Aによる母親の脳波検証の実施概要 （下）検証結果

- ・2019年『ナチュラルムーニー』への「開発品A」機能実装を完了
- ・「第14回キッズデザイン賞※1「子どもたちを産み育てやすいデザイン部門」で『ナチュラルムーニー』キッズデザイン協議会会長賞を受賞
- ・2021年『ムーニー』への「開発品A」機能実装を完了
- ・「開発品A」サンプル配布完了予定（日本の妊婦全体に対する配布率50%以上）

学会発表・論文

- ・Tanaka, Y., Francoise, D-R., Suga, A., So, T., & Myowa, M. “Enhancement of Mothers’ Positive Emotions New Diaper Technology: Effect Verification by Electroencephalogram Measurement.”, International Society for Developmental Psychobiology (ISDP 2019), Chicago (Oct. 2019).
- ・田中友香理・Diaz-Rojas Francoise・菅文美・宗達也・明和政子。「母親のポジティブ感情を高める紙おむつ開発」『日本赤ちゃん学会 第19回学術集会』東京, 2019年7月

2) 父親の「親性」発達を支援する商品開発と社会実装

- ・父親の親性発達の個人差に関する神経生理学研究の実施（2018-2019年）
妊娠期～産後半年未満の子を養育中の父親を対象に、親としての脳機能（親性脳）を長期的に追跡調査し、親性脳発達に関わる心理・行動特徴を分析した（論文1）。これらの検証に基づき、父親のタイプ分類を行った。
- ・父親のタイプ分類妥当性検証・育児タスクリスト構築（2020年）
大規模サンプル（妊娠期～産後半年未満の子を養育中の父母計1400名）を対象に、質問紙調査を実施し、父親のタイプ分類の妥当性を検証した。分析の結果、産前・産後（生後6か月まで）の両グループにおいて、父親のタイプ分類の妥当性が確認された。
この結果に基づき、父親のタイプやそのほかの情報に基づいて育児タスクリストを呈示する

A イノベーション創出に向けた活動実績

4 研究開発テーマの成果

アルゴリズムを生成した。

- ・父親の育児動機を高める報酬フィードバックの効果検証（2021 年）

父親が自ら主体的に育児タスクに取り組むためには、タスクを呈示するだけでなく、タスクの実施後に、報酬を喚起すると思われるフィードバックを与えることが重要である。そこで、生後半年未満の子を養育中の父親 90 名を対象に、育児タスク実施後のフィードバックが、父親の育児動機に与える影響を検討した。自分の子やパートナーの写真を見ることが、父親の脳の報酬系を高めるという先行研究に基づき（e.g., Mascaro et al., 2013; Aron et al., 2005）、子ども・パートナー・自分と子どもの写真を提供いただき、それらをフィードバック刺激とした。

全ての参加者は、事前テストと事後テストで、タイプ分類、育児動機、ストレス、夫婦関係に関する質問に回答した。介入あり群は、写真実験に参加した。タスク実施後に、どの写真を見たいかを選択し、写真を見たあと、自己の嬉しい感情を評価した。介入なし群は、写真実験には参加しなかった（図 2）。分析の結果、介入あり群では、事前テストに比べて事後テストにおいて、育児動機が高くなった。介入なし群では事前—事後テスト間で変化がなかった。タスク達成後の写真呈示が、父親の育児動機を高めることが示された。



図 2. 報酬フィードバックによる育児動機の効果検証の調査概要・手続き

- ・「開発品 B」 α 版を用いた介入効果検証（2021–2022 年）

2018 年—2021 年までに行われた基礎検証に基づき、個別型の親性発達支援アプリ（開発品 B）の α 版を開発した。

アプリ（ α 版）を使う経験が、乳児を養育中の父母の育児行動や育児に対する動機に影響を与えるかどうかについて実証的に検討した。生後半年までの乳児（初産）を養育中の父母 148 組が調査に参加した。参加者は、実験群（アプリを 4 週間使用する）または統制群（介入なし）のいずれかに割り当てられた。参加者は、事前調査にて、育児行動、育児動機、親性発達などに関するアンケートに回答した。実験群は、事前調査後、検証用アプリをダウンロードし、4 週間アプリを使用した。統制群に対しては何も介入を行わなかった。4 週間後、事後調査にて、事前調査と同様のアンケートに回答いただき、アンケート得点について群間で比較した。

分析の結果、事後調査時点において、統制群に比べ、実験群の父親では、一日の育児時間がより長くなる、育児頻度がより多くなる、育児動機（育児をやりたいと感じる程度）が高いことが示された（事前調査時点で群間に差はみられなかった）（図 3）。アプリ使用経験が父親の育児行動を促すことに関する一定の効果が確認された。今後、父親のタイプによる効果の違いや、アプリ使用頻度の個人差、による効果の違いなどの詳細を比較検討する。また、これらの分析結果に基づき、仕様、デザイン改良など、アプリの β 版開発を進めていく。

A イノベーション創出に向けた活動実績

4 研究開発テーマの成果

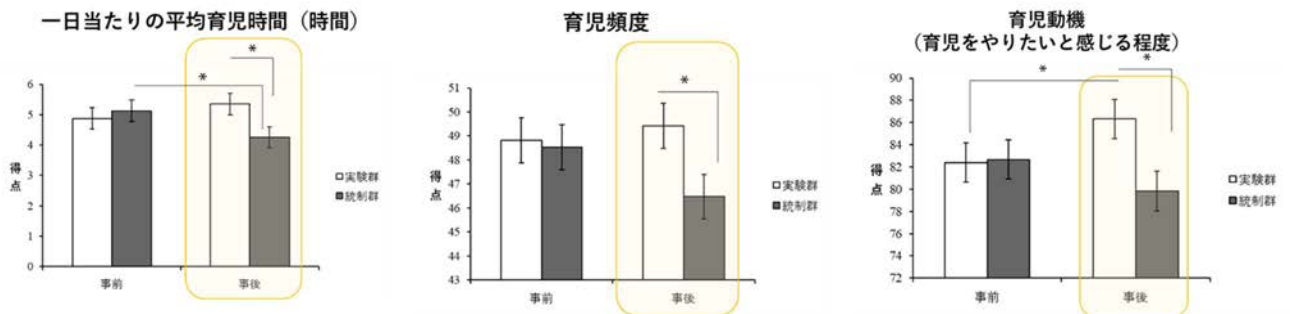


図3. アプリ使用経験による父親の育児行動・内観の変化 * $p < .05$.

学会発表・論文発表

<学会発表>

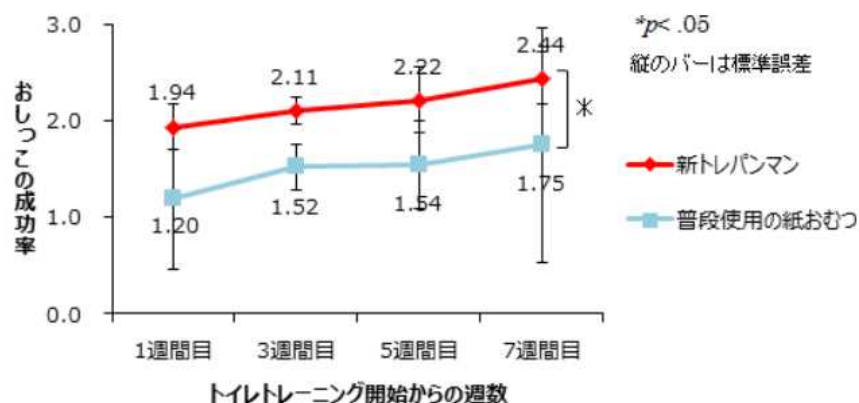
- ・Diaz-Rojas, F., Matsunaga, M., Tanaka, Y., & Myowa M. (2019). The Paternal Brain in Human Expectant Fathers and Nonfathers: An fMRI Study. 日本発達神経科学学会 第8回学術集会, 京都大学, 京都 (11月24日ポスター発表)、他3件。

<論文発表>

- ・論文1: Development of the paternal brain in expectant fathers during early pregnancy. Diaz-Rojas, F., Matsunaga, M., Tanaka, Y., Kikusui, T., Mogi, K., Nagasawa, M., Asano, K., Abe, N., & Myowa, M. (2020). *NeuroImage*, 225, 117527, <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2020.117527>.
- ・論文2: 田中友香理 (2021・印刷中)。「親性脳」から探る個別型親性発達の支援に向けて. 発達心理学研究 (32)、他1件。

3) 第2子以降の児の出生を決断する時期と重なるトイレトレーニング期の親子サポート

- ・トイレアプリについては、先行モニター調査で、アプリ使用前はトイレで座る回数が「0~2程度」が7割を超えていたが、使用後は「3回以上」が7割を超える結果となった。また、アプリ使用者の85%が今後も継続して使用したいと回答した。
- ・トイレトレーニング専用紙おむつ(トレパンマン)については、先行モニター調査で、新トレパンマンを使用したグループは、普段使用の紙おむつを継続するグループに比べて、トレーニングを開始した直後から「トイレでおしっこが成功した」と評価されました。さらに「トイレトレーニングをして嬉しい」というポジティブな気分が使用開始直後から継続して高いことが示された(図4)。



A イノベーション創出に向けた活動実績

4 研究開発テーマの成果

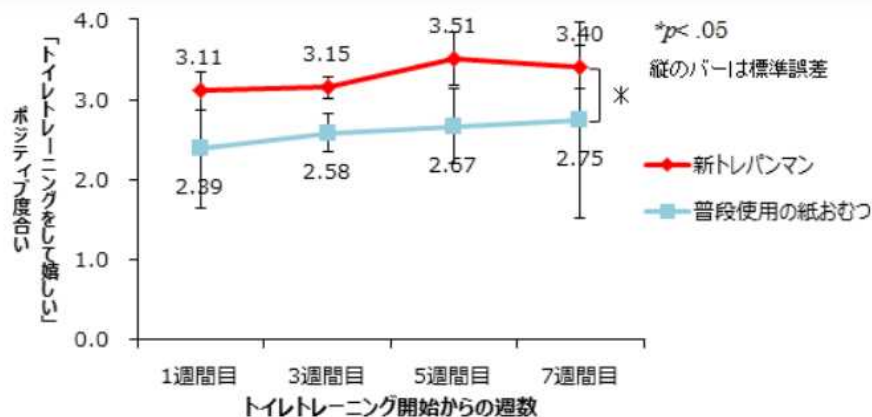


図4 トレーニング時の子どもの行動（上）と親の気持ちの変化（下）

- ・ トイレトレーニングを心的に支援するアプリの社会実装（完了済）
- ・ 13万ダウンロード達成(2022年1月時点) <https://www.torepanman.jp/ja/toitore.html>
- ・ 新トイレトレーニング専用紙おむつ（トレパンマン）の社会実装完了 <https://www.torepanman.jp/ja/home.html>
- ・ トイトレアプリ「トレパンマン ムーニーちゃんとトイトレ」は、2017年度キッズデザイン賞において、子どもたちを産み育てやすいデザイン部門を受賞。
http://www.kidsdesignaward.jp/search/detail_171294

学会発表

- ・ 松永倫子・成戸洋介・吉田千里・菅文美・明和政子「幼児期のトイレトレーニングを促進する機能をもつアプリケーションの開発」『日本赤ちゃん学会第17回学術集会』, P-02, 福岡, 2017年7月
- ・ 成戸洋介・松永倫子・吉田千里・菅文美・河田ひかり・松代茜・明和政子「トイレトレーニングの進行に関する大規模調査(1) トイトレが上手くいく・いかないのはなぜ?」『日本赤ちゃん学会第17回学術集会』, 福岡, 2017年7月
- ・ 成戸洋介・菅文美・河田ひかり・明和政子「幼児期の自立排泄支援方法の開発—大規模実態調査による検討—」『日本発達心理学会第29回大会』, 宮城, 2018年3月

(5) 今後の課題と対応方針

- 1) 父親の「親性」発達を支援する商品開発と社会実装
 - ・ 科学的根拠に基づく親性教育プログラムの開発
親性脳発達が乏しい父親の認知・行動変容のため、行動療法原理に基づいた、妊娠期から取り組める教育プログラムの開発が必要である。今後の対策として、妊娠期のタイプ別タスク開発、妊娠期の介入の効果検証を進める。
 - ・ 商品と連動させた社会実装の実現
おむつやおしりふきなどの育児用品を本アプリとタイアップさせた育児支援サービスを世界で初めて実装する予定である。事業主体は、ユニ・チャーム株式会社が担う。

(6) その他特記事項

- 2019年11月12日（火） ワールドビジネスサテライトでの放映
- 2019年12月25日（水） 日本経済新聞
キャンパス発 この一品 おむつの新商品 京大「大好き」でお知らせ 育児に幸福感
- 2021年9月20日（月） 日本経済新聞
経営の視点 「おむつに浮かぶ言葉の真意」 顧客目線

A イノベーション創出に向けた活動実績

4 研究開発テーマの成果

4.1.1.5 育児サポート (2)「母子まるごと」育児サポート

テーマリーダー（氏名、所属、役職）	：竹田 綾（株）サイキンソー CSO
サブテーマリーダー（氏名、所属、役職）	：明和政子 京都大学 教育学研究科 教授
研究開発実施期間	：令和2(2020)年度～令和3(2021)年度
参画機関	：大阪大学、(株)サイキンソー、キューピー(株)、J S R(株)

(1) テーマの概要と目指すべき将来の姿（拠点ビジョン）との関係

女性の社会進出が推進される現在、女性にとって子どもを産み育てることを意思決定することは、仕事と子育ての両立という点で高いハードルとなっている。女性の社会進出が少子化の加速へとつながることのない、持続的な子育て実現に向けたイノベーションを起こすことは、日本が喫緊に取り組むべき課題である。

そのためのひとつの解決策は、親が子どもを誰かに預けて安心して働くことができる社会環境を創出することである。現代の働く親にとって、保育園・幼稚園・こども園は、子どもを「ともに養育してくれる」主たる時空間となっている。子どもたちは、家庭で過ごすよりも長い時間を園で過ごすことになる。子どもたちが健全に、そして着実に成長している日々のようすが個別に可視化され、それを活かした子育てサポートサービスを受けることができれば、親は子育てを家庭外のサービスに頼むという選択をとったことに罪悪感をもつことなく働き続けることができる。また、多忙な日常を過ごす中、子どもの日々の成長がデータに基づき確認できれば、親としての自信、自己効力感を持続的に高めていくことができる。子育ての一翼を担う園にとっても、こうしたサービスを園での活動に活かしていくことで、保育の質を科学的エビデンスに基づいて高めることができる。

本研究では、子どもたちが日々健やかに育っていくようすを情報として表現すること、それを活かした技術・サポートサービスを開発することを目指す。具体的には、乳幼児およびその親の心身状態（腸内細菌叢～自律神経系～精神活動～行動特性）を生体信号として可視化し、その情報を個別に子育て当事者にフィードバックし、子育てを支援する商品・サービスの開発を行う。これにより、親をはじめ、子育てにかかわる者、社会全体の子育てに対する動機づけと安心感、幸福感を高めることが期待される。

(2) 想定する製品・サービスについて（担い手、社会的インパクト・経済的インパクト）

日本の保育園・こども園・幼稚園に通う乳幼児の腸内細菌叢を解析、可視化する（母子まるごとセットの菌叢データベース構築）。さらに、子どもたちの身体特性（風邪のひきやすさ、アトピー、アレルギー、喘息、排便習慣、食習慣）、および精神面の発達（認知、言語獲得、行動特性）に関するデータとつきあわせる。どのような菌叢クラスターが、身体・認知発達の特性と関連するかを大規模データにより明らかにすることで、「個別型」の菌叢介入提案、具体的には個々の健康・精神状態に対応したベビーフードの商品化・サービス提案をキューピー(株)が主体となって進める（開発品A）。

さらに、菌叢データとバイタルデータに基づき、生活習慣アドバイスサービス（個別に対応する食の提案など）を行うための育児支援アプリの開発を行う（開発品B）。菌叢やバイタルデータが子どもの身体と認知機能のよりよい発達に向けて推移していく状態を可視化することにより、親や保育者の子育てへの達成感、効力感を向上させることができ、子どもを産み、育てることに喜びを感じられる機会を提供できる。

将来的には、エビデンスにもとづく知見（とくに妊婦・子育て中の母親、乳幼児の食と心身の健康との関連に関する知識とアドバイス）を、自治体がわが国の全子育て世帯に提供する母子（親）健康手帳に反映するイノベーションへとつなげる（図1）。こうしたイノベーションの創出は、日本の少子化対策の一助となる。

腸内細菌叢の研究を活かしたベビーフード（開発品A）および個別型の食を中心とした育児支援アプリ（開発品B）の開発・販売は世界的にも例がなく、新たな市場の開拓が期待される。また、達成目標としては、厚生労働省調査平成27年度「乳幼児栄養調査」では、8割の親が「子ども

A イノベーション創出に向けた活動実績

4 研究開発テーマの成果

の食事に悩み事あり」と回答しているが、これらの社会実装を実現することにより、親の「食に関する困りごと」を2022年末の社会実装後には3割減らす数値目標を設定する。

上記製品・サービス開発に関する国内外の競合・類似商品とのベンチマークを図2・図3に示す。

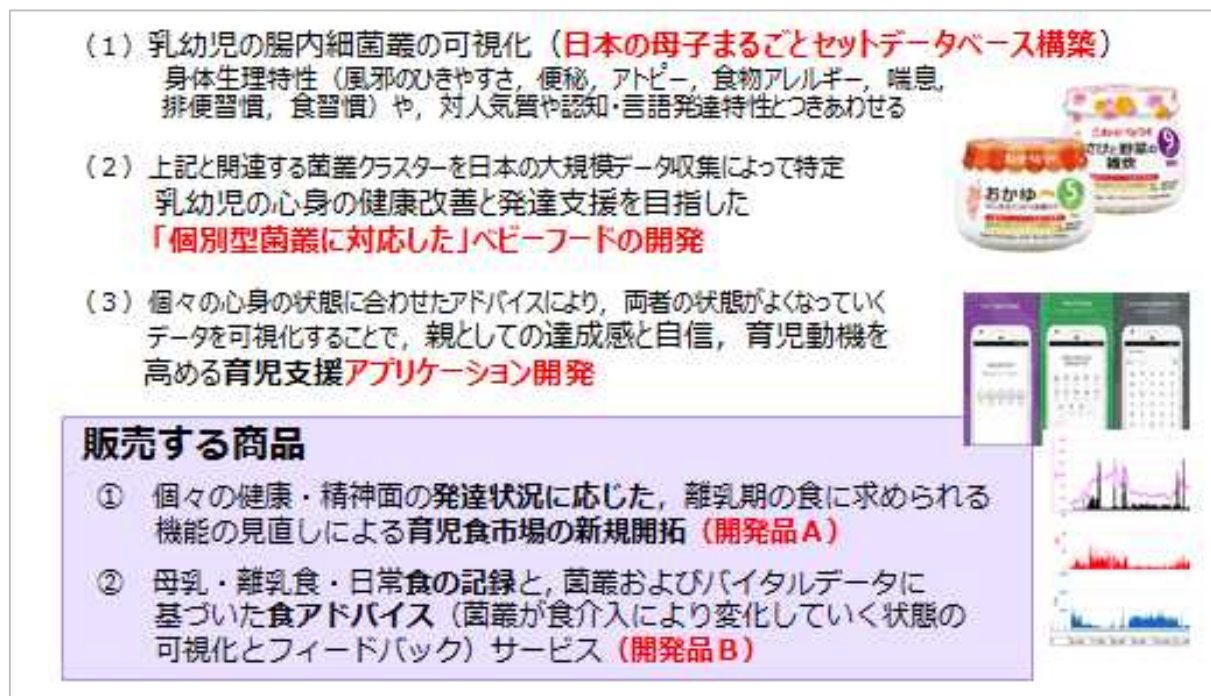


図1 腸内細菌叢を活用した育児サポート（具体的な社会実装の姿）

C-1 腸活で健康と成長をサポートする離乳食（開発品A）								
従来のベビーフードは、乳児の食に関する機能発達や大人の食文化に適合することをめざして開発されてきた 腸内環境の改善による、乳児の体調管理まで踏み込んで設計されたものは皆無！								
項目	開発品		A社		B社		C社	
仕様	ベビーフード		⇐		⇐		⇐	
機能	咀嚼力の発達	○	⇐	○	⇐	○	⇐	○
	食文化への順応	○	⇐	○	⇐	○	⇐	○
	腸内環境の改善による 体調の向上 （自然免疫力の向上や 便秘解消等）	○	⇐	×	⇐	×	⇐	×

図2 腸活で健康と成長をサポートする離乳食（開発品A）のベンチマーク

A イノベーション創出に向けた活動実績

4 研究開発テーマの成果

C-2 腸内環境と生活習慣を可視化し、子供の成長を社会で支え、喜ぶ育児支援アプリ (開発品B)

育児支援としてのライフログ・育児ログアプリ、など様々なレシピ提供アプリはすでに存在するが
腸内細菌叢とウェアラブルデバイスからのバイタルサイン（客観的指標）に基づいて
それぞれの親子に「個別に」レシピを提供・心身の健康改善を提案する育児支援アプリは皆無！

項目	開発品		A		B		C	
仕様	アプリ		≡		≡		≡	
機能	ライフログ	○	≡	○	≡	○	≡	×
	バイタルサイン	○	≡	×	≡	×	≡	×
	食レシピ提供・ 心身の健康 改善提案	○	≡	×	≡	×	≡	○

図3 腸内環境と生活習慣を可視化し、子どもの成長に手ごたえと効力感を感じられる育児支援アプリ（開発品B）のベンチマーク

(3) 研究開発期間終了時の達成目標

母子の「心身特微量データベース」「開発品A」「開発品B」の3つの商品化・サービス開発に向けて、2021年度内の達成を目指す「開発目標」と「具体的数値」「完了時期」を図4に掲げる。また、その実現に向けたチーム体制として、参画各機関の責任と役割分担を図5に示す。

開発目標	具体的数値	完了時期	その他
母子の健康な心身を「まるごとセット」で支援する「心身特微量データベース」構築	日本の母子1,300組からなるデータベースの構築（母子の心身特微量セットデータは世界初）	令和3年10月	
母子の「心身特微量データベース」を活用した子どもの腸内フローラ検査サービス	サービス開始時の検査販売数 100件	令和4年3月 サービス開始	
菌叢状態に対応した新たな食提案サービス・ベビーフード市場の新規開拓（開発品A）	新規市場の受容性検証（N=300）	令和4年3月	
親としての達成感と自信・育児動機を高める「個別型」支援アプリケーション開発（開発品B）	母子100組のデータベース構築	令和3年9月 母子健康レポート完成 令和4年3月 食支援・心身健康改善プログラム完成：サイキンソー様の腸内細菌叢評価結果とのデータ連携	

図4 2021年度の開発目標と具体的数値、目標とする完了時期

A イノベーション創出に向けた活動実績

4 研究開発テーマの成果

研究室・企業	具体的取組内容	その他
京都大学・ 大阪大学	・日本の母子1,300組の心身特徴量データの収集 ・母子の気質や心身のストレス・認知・言語発達との関連検証 ・「試作品A・B」のコンセプト・性能検証のための調査項目抽出と妥当性検証	
株式会社サイキンソー	・腸内細菌叢の解析とデータベース構築 ・子どもの腸内環境可視化ツールとしての「検査サービス」開発 ・腸内細菌叢パターンと生活習慣タイプから食支援・心身健康改善プログラムのプロトタイプ開発	
キューピー株式会社	・腸内細菌叢を改善する食品素材の検出（試作品A） ・新規市場の受容性検証 ・上記2点に基づいたプロトタイプの開発 ・プロトタイプの有効性、受容性検証	
株式会社 JSR	・日本の母子100組の心身特徴量の解析と腸内細菌叢との関連についての解析とデータベース構築 ・生活習慣タイプを経時的にサービス提供するための「母子まるごとセット支援コンテンツ（健康レポート）」の作成（試作品B） ・腸内細菌叢パターンと生活習慣タイプから食支援・心身健康改善プログラムのプロトタイプ開発	

図5 2021年度の開発体制と参画各機関の役割分担

(4) 主な成果と達成状況

【課題①】日本の母子の心身の健康を「まるごとセット」で支援する「心身特徴量データベース」の構築と菌叢状態に対応した新たな食提案サービス・新規市場開拓（開発品A）

日本の乳幼児およびその第一養育者（おもに母親）の身体特徴量を可視化するインデックスとして、「腸内細菌叢」を選択した。2年間で全国80か所以上の保育園・こども園・幼稚園からの協力を得て、1,400組の母子を対象に、乳幼児およびその母親の腸内細菌叢を可視化し、それぞれの身体生理特性（風邪のひきやすさ、便秘、アトピー、食物アレルギー、喘息、排便習慣、食習慣）、対人氣質や認知・言語発達特性と関連づけた「日本の母子セットでの身体特徴量データベース」を構築した。

上記データベースから、乳幼児期の腸内細菌叢の成長曲線を算出し、日本初となる乳幼児に特化した腸内フローラ検査サービス「Mykinso キッズ」（図6）を2022年3月に開始する。

A イノベーション創出に向けた活動実績

4 研究開発テーマの成果



図6 「Mykinso キッズ」イメージ図

また、上記データベースをもとに、乳幼児の心身の健康改善と発達支援を目指した「個別型菌叢に対応した」ベビーフードの試作および品質検証を開始した（開発品A）。子どもの身体・認知発達の特性と食生活の関係について、各種野菜の摂取が大きく影響することが確認できている。今後は乳幼児の腸内細菌叢の菌叢クラスターとの関連エビデンスを整え、野菜の配合に配慮した試作品等での検証に進める。

- ・上記のエビデンスと傾向値を学術誌やニュースリリースを通して、世の中の認知を拡散する。
- ・上記のエビデンスと傾向値にもとづき、新たなベビーフードの商品設計を行う。
- ・新たなベビーフードの市場受容性を検証する。
- ・新たなベビーフードの子どもの身体・認知発達への影響を介入試験で検証する。

【課題②】母親の生理・心理ストレスと腸内細菌叢の関連の可視化と、身体・精神の健康を改善する「個別対応型」メソッド開発（開発品B）

A イノベーション創出に向けた活動実績

4 研究開発テーマの成果

課題①の母子1,400組のうち80組について、質問紙による身体生理特性データに追加してウェアラブル心電デバイスを用いたバイタル情報（自律神経・身体活動量）を取得し、母子セットでの生理・心理ストレスと腸内細菌叢の関連を検証した。その成果をふまえ、子育て期の食・生活習慣や心身のストレスなどに個別対応する支援技術（開発品B：育児支援タスクを搭載したアプリケーション）とプロトタイプ開発を行う。

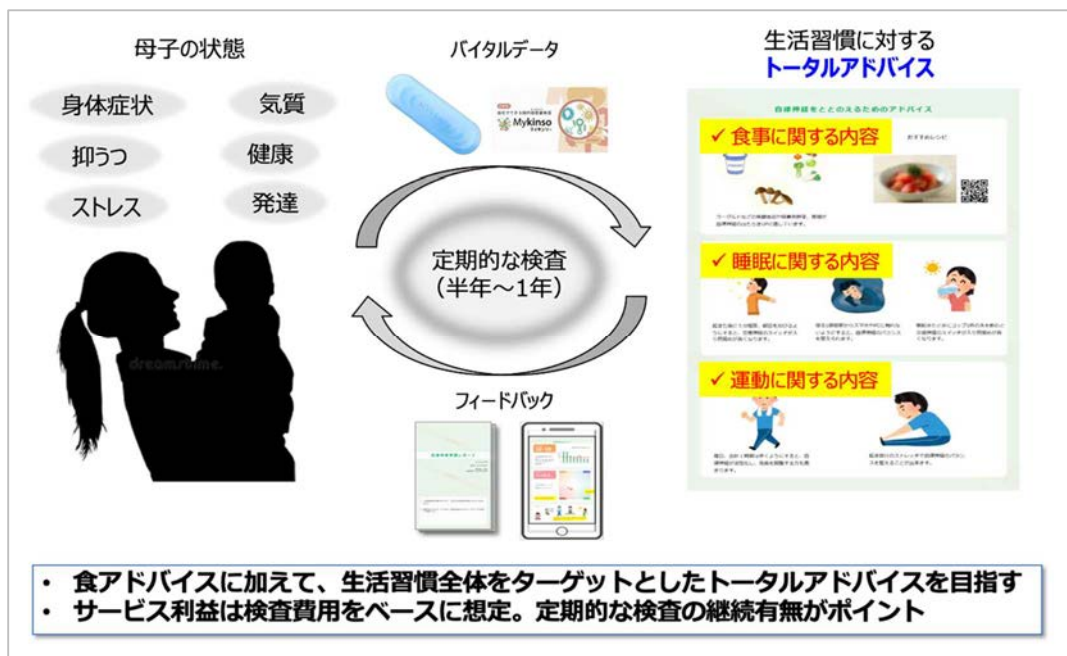


図7 育児支援アプリのイメージ（開発品B）

2年間の取り組みを通して、世界初となる大規模な「日本の母子セットでの身体特徴量データベース」を構築することができた。次年度以降もそれを活用した研究開発を継続し、広島県教育委員会の協力のもと、母子の心身の健康・レジリエンスを高める「母子セット」支援の実証実験を実施する。

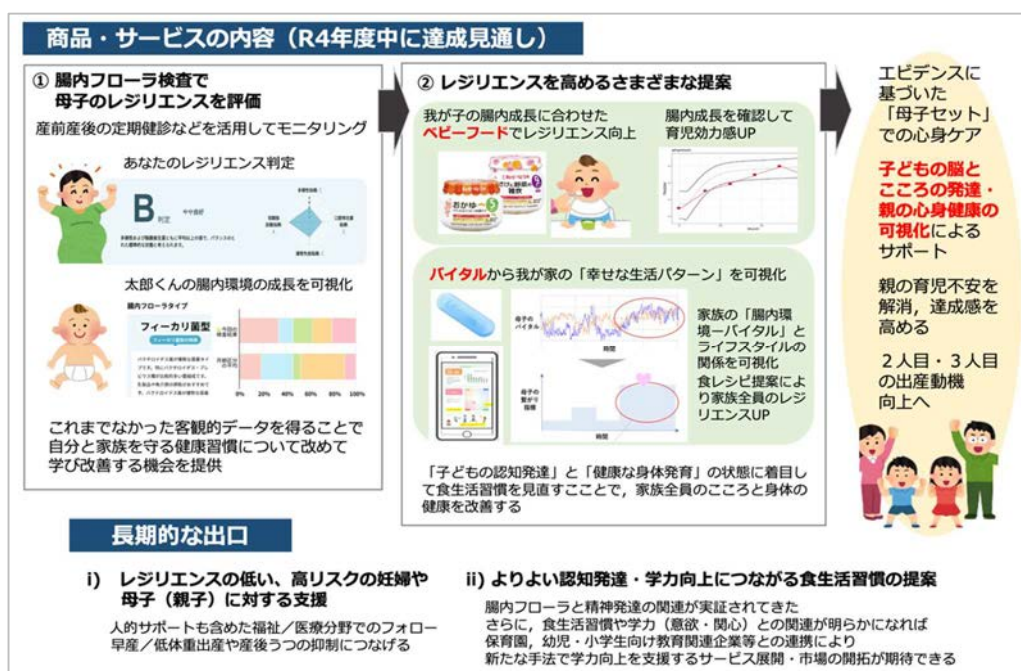


図8 実証実験の全体像

A イノベーション創出に向けた活動実績

4 研究開発テーマの成果

(参画機関の役割・成果)

参画各機関の役割・成果を図9に示す。

研究室・企業	役割・成果
京都大学・大阪大学	・日本の母子1,400組の心身特徴量データの収集 ・母子の気質や心身のストレス・認知・言語発達との関連検証 ・試作品A・Bのコンセプト・性能検証のための調査項目抽出と妥当性検証
株式会社サイキンソー	・腸内細菌叢の解析とデータベース構築 ・子どもの腸内環境可視化ツールとしての検査サービス開発 ・腸内細菌叢パターンと生活習慣タイプからの食支援・心身健康改善プログラムのプロトタイプ開発
キューピー株式会社	・腸内細菌叢を改善する食品素材の検出（試作品A） ・新規市場の受容性検証 ・上記2点に基づいたプロトタイプ開発 ・プロトタイプの有効性、受容性検証
J S R株式会社	・日本の母子80組の心身特徴量の解析と、腸内細菌叢との関連についての解析／データベース構築 ・生活習慣タイプに基づいて経時的にサービス提供するための「母子まるごとセット支援コンテンツ（健康レポート）」の作成（試作品B） ・腸内細菌叢パターン・心身特徴量パターン・生活習慣タイプから食支援・心身健康改善プログラムのプロトタイプ開発

図9 参画各機関の役割・成果

A イノベーション創出に向けた活動実績

4 研究開発テーマの成果

4.1.1.5 育児サポート (3)「共同養育」コミュニケーションロボット

テーマリーダー（氏名、所属、役職）	：角田 旭 コニカミノルタ(株) DX 開発推進 C 6G
サブテーマリーダー（氏名、所属、役職）	：明和政子 京都大学 教育学研究科 教授
研究開発実施期間	：令和2(2020)年度～令和3(2021)年度
参画機関	：コニカミノルタ(株)

(1) テーマの概要と目指すべき将来の姿（拠点ビジョン）との関係

本テーマの目的は、日常生活（フィジカル空間）での親子関係に「さりげなく・自然に・寄り添って」育児をアシストする科学技術のイノベーションをおこすことであった。人間情報科学の基礎研究を基軸とした技術応用により、親子双方の「精神的幸福感（Well-being）」を高めることで「しなやか・ほっこり」社会の実現を目指した。

具体的には、子どもと親の日常のコミュニケーションを、双方にとってより適切な方向へと導く「コミュニケーションアシストロボット」を開発する。「イヤイヤ期」ともよばれる幼児期～就学前までの子ども、そしてその養育者の間では、日常場面で多くの葛藤が生じやすく、双方がストレスを蓄積しやすい。こうした日常場面での問題を改善するため、親子に寄り添う「共同養育エージェント」としてのロボットを開発し、家庭内で実装する。親子のコミュニケーションにロボットが第三者として介在することで、子どもに対しては「いやなことをがまんできた」ことを明示し、意識化させる。また、子どものがんばりを褒めるなど、ポジティブなフィードバックをロボットが与えることで、子どもの自己効力感を高める。また、親に対しては、目には見えにくい子どもの心的推移、成長を可視化する。たとえば、欲求を抑制しようとしているようすを親に明示的にフィードバックすることで、親は子どもの成長を実感できる。これにより、子育てに対する安心感と自信、育児効力感を高めることが大きく期待される。

(2) 想定する製品・サービスについて（担い手、社会的インパクト・経済的インパクト）

社会実装する製品・サービス

●ソリューションの内容

2～6歳の子どもを対象として、家の中で「子どもが癇癪を起こして、大泣き、ダダをこねる」場面での親子の心的葛藤、ストレスを軽減し、よりよいコミュニケーションへと導くロボット（Chobit）を開発する。親子の心的状態を可視化、明示することによって、両者のポジティブなコミュニケーションのループを日常場面に多く作りだす。これにより、両者の自己肯定感、自信、子育ての日常に対する幸福感を相乗的に高める経験を増やすことができる。

これまで開発実装されている育児関連の商材（例：ベビーテック）は、育児の省力化、負担軽減が目的になっている。この目的を主とした育児支援では、親子が双方に幸福感を高めるコミュニケーションの機会を必然的に奪ってしまうことになる。

共同養育コミュニケーションロボットは、これまでの商品サービスとはまったく異なる発想により設計されている。育児を省力化・利便化するのではなく、「親子に自然に寄り添い、両者の幸福感を高める」支援を行うことを目的としたヒトとの共生ロボットであり、当該分野の産業に新たなイノベーションを創出するものである。

●社会的なインパクト（ニューノーマル・DX時代における価値）

現在、COVID-19の影響により、他者とのリアル・直接的な関わりが急激に奪われている。育児の孤立化はますます進み、親の心的ストレスは増加し続けている。Chobitを早急に社会実装することによって、親の心的ストレスを低減することが期待されるだけでなく、第三者的に育児場面に介在し、親子のコミュニケーションを円滑に導くロボットを開発、実装することにより、子育ての日常に幸福感を感じる機会を増やすことができる。

(3) 研究開発期間終了時の達成目標

A イノベーション創出に向けた活動実績

4 研究開発テーマの成果

項 目	達成目標
情動・感情解析技術の開発	子どもの大泣き・癲癇検知率:70%
親の心身ストレス低下 親の育児効力感向上	「子育てが楽しい! 自信がもてる!」 「子どもが自分の感情に気づけるようになった!」
子どもの自己肯定感向上	開発品使用前・未使用な親と比して 20%アップ

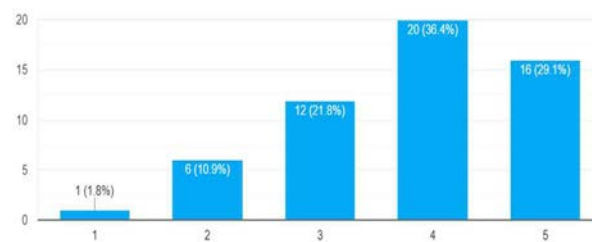
FY21 には要素技術開発を完了し、社会実装に向けて 2023 年度中にβ版を展開予定。市場で改良を進めながら上市に向けて評価・改良を継続して行う。子育て家庭の Wellbeing 向上に寄与することを目指す。

(4) 主な成果と達成状況

- 1) コンセプトデザインの仮説の構築完了
- 2) 2～4 歳児の親 55 名を対象としたアンケート調査を完了
- 2)-1 コンセプトデザインの受容検証
共同養育コミュニケーションロボットのコンセプトへの期待度・受容度が高い（下図）
（5段階評価：1=期待できない～5=期待できる）

ケース②：共同養育コミュニケーションロボットのコンセプトに期待できますか？

55 件の回答



- 2)-2 親の気質タイプの解析
- 3) ラピッドプロトの開発
親子に適切なフィードバックの価値検証を行えるようにラピッドプロトを開発。
より自然に検証をすすめるため、リモコン操作対応とした。
- 4) 技術開発（感情解析技術の開発）
一定の環境下では目標通りの感情解析結果を得ることができた。
- 5) 子どもへの働きかけの要素検証
- 6) ラピッドプロトを使った価値検証

目的：親子の間にコミュニケーションロボットが介入する事により、親子のコミュニケーションがより促進され、両者にポジティブな感情を喚起させるか否かを検証する。

評価項目：親の自己肯定感・育児効力感の向上（実験後のアンケート・インタビュー）

対象者：京大での実証実験 赤ちゃん研究員 4 組リクルート

※コロナ禍の為、2 組がキャンセルあり、2 組で実証実験を実施した。

①男の子 2 歳 7 か月 ②女の子 3 歳 4 か月 の親子

結果：2 組ともに、ロボットが介入する前には、親から大好きなおもちゃの片付けを促されたとたん、イヤイヤ期特有の反抗的態度（拒否、泣き出す、ぐずる）を示した。他方、ロボットを 2 者の間に介入させ、ことばかけ、励ましを子どもに行ったところ、そうした態度は抑制され、子どもが主体的に片づけを始めた。親はそのようすを見て、子どもを積極的に褒めた。実験後、親へのインタビューを行ったところ、子どもとの関係、育児全般に対してポジティブな感情が高まったとの回答を得た。

A イノベーション創出に向けた活動実績

4 研究開発テーマの成果

ロボットを介在させた三者間のコミュニケーション場面を生み出すことで、子どものイヤイヤ期特有の反応が抑制された。また、その行動を親に褒めてもらうことにより、親子の間でポジティブなコミュニケーションが展開された。さらに、ロボットが親の育児のがんばりをほめることばかけを行ったところ、親も、育児に対するポジティブな感情を高める効果があることが示された。実験の最後に、親子の直接的なコミュニケーションをロボットが促すと、親子が抱き合う行動が確認され、コンセプトデザイン通りの結果を得る事ができた。

(5) 今後の課題と対応方針

- ・ Chobit の家庭内での長期使用・自由に動き回ることにより生じる課題の検討
- ・ 感情の時系列的判定、自動充電、動き回ることでの撮影や録音の安定性、安全性などが懸念
⇒ 家庭内での長期使用の検証を数組で実施し、課題を特定、対策案を検討
- ・ 品質保証の検討（セキュリティ関連）
⇒ コニカミノルタ社内の品質保証部にラピッドプロトの品質チェックを行い、課題を抽出、具体的対策を検討

(6) その他特記事項

特になし

A イノベーション創出に向けた活動実績

4 研究開発テーマの成果

4.1.2 子育てセンサ

センシングが困難な「赤ちゃん」向けや妊婦向け「子育てセンサ」の開発。妊産婦や赤ちゃんの健康状態や環境を常時モニターすることができるようになり、平常時には妊産婦や母親に安心を提供する塗布型ジェルセンサ、複数人の心拍・呼吸などを同時計測できるミリ波を使った非接触見守りセンサの開発で、乳幼児の健康状態を常時見守りでき、安心見守り、健康生活を提供する。

4.1.2.1 塗布型ジェルセンサ

テーマリーダー（氏名、所属、役職）	： 圓尾且也（株）ダイセル グループリーダー
サブテーマリーダー（氏名、所属、役職）	： 鈴木基史 京都大学 工学研究科 教授 中部主敬 京都大学 工学研究科 教授 和田智之 理化学研究所 チームリーダー
研究開発実施期間	： 平成 29 (2017) 年度～令和 3 (2021) 年度
参画機関	： 理化学研究所、(株)ダイセル、セルスペクト(株)、アークレイ(株)

(1) テーマの概要と目指すべき将来の姿（拠点ビジョン）との関係

本研究計画では、ジェル内に温度やバイオマーカーを検出するための機能性粒子を分散させた塗布型ジェルセンサと、安価な計測システムもしくは計測用のスマホアプリを、妊産婦や子育て中の母子に提供する。塗布型ジェルセンサによって、妊産婦や赤ちゃんの健康状態や環境を常時モニターすることができるようになり、平常時には妊産婦や母親に安心を提供するとともに、健康維持や体調の異常の早期発見を可能にする。

塗布型ジェルセンサは、他のヘルスケア商品と同様の販売ルートで家電量販店やコンビニ等で販売されることが理想であるが、社会実装の段階では、子育て中の母子が利用する日用品販売店、医療機関等への販売により普及を図る。

本テーマの学術的な意義（特徴・優位性）は、ジェル中に、温度等の物理量やバイオマーカー等の微量の化学物質に応答するプローブ分子・粒子を分散させて、外部から光や電磁波によって非接触でセンシングするセンサは、体表面を含む様々な測定対象に適用可能であり、従来のウェアラブルセンサの概念を革新する新しいセンサ群への展開が期待される。新規プローブ開拓に加えて、ジェル構造の最適化、ジェル中の物質輸送など従来の学問分野に新たな領域を加えた発展が期待できる。

(2) 想定する製品・サービスについて（担い手、社会的インパクト・経済的インパクト）

①製品・サービス

製品 : 「女性用センサ」

サービス : 「女性ホルモン様物質の
尿簡易検査サービス」

i 「女性用センサ」製品内容 :

京都大学開発の表面増強ラマン散乱 (SERS) 基板による高感度センサを特徴とし、センサをジェル中に分散することで、テクニカルな操作が不要な尿中の微量マーカー測定キットである。



図. 1 女性用センサ完成イメージ図

ii 「女性ホルモン様物質の尿簡易検査サービス」サービス内容 :

女性の月経随伴症状などの改善に役立つ女性ホルモン様物質が代謝で必要量産生できているかを検査できるジェル型センサを用いたサービス。

A イノベーション創出に向けた活動実績

4 研究開発テーマの成果

サービスのビジネスモデルは図. 2に示す通りで、株式会社ダイセルがセンサキットを製造販売し、オプション検査事業をしている事業者から業務提携している医療機関等を通じて消費者に紹介し、利用者個人がオンサイトで検査を実施する。

検査の利用料は消費者からオプション検査サービス会社に支払い、測定結果を消費者個人に提供する。

医療機関の診断等に利用しない。



iii 競合製品からの優位性：

女性ホルモン様物質など特定の尿中の物質を測定するサービスはあるが、利用者が尿を郵送しなければならず心理的な抵抗感が生じる。一方、本開発中の女性用センサはその場で測定結果が得られ尿を郵送する必要が無いため、その利便性からより広い普及が期待される。既存の女性ホルモン様物質の測定検査の利用者が年間約 10 万人であることから、女性ホルモンのゆらぎで悩む年間 10 万人以上の利用が見込める。

表. 1 女性用センサのベンチマーク

	女性用センサ (バイオマーカーセンサのみ)	
	塗布型ジェルセンサ①	競合技術
	バイオマーカー測定	バイオマーカー測定サービス
外観	製品イメージ 	
測定結果 取得までの期間	・オンサイトバイオマーカー測定: 15分以内 (郵送無しで測定可能)	・郵送型バイオマーカー測定: 約1週間以上 (サンプル輸送期間込み)
誤差範囲 測定範囲	・女性ホルモン様物質 1μM	
大きさ	・測定器 スマホサイズ	—
測定費用	・測定費用 ¥2000/回 ・測定器 ¥100000/台	・測定費用 ¥4000以上/回 ・測定器 不明

②製品・サービス

製品：「赤ちゃん用センサ」

i 製品内容：

赤ちゃんのストレスなどのバイオマーカーを簡便に測定でき、且つ正確な体温を測定することが可能な塗布型ジェルセンサである。ストレスマーカーは疲労蓄積のような状況だけで無く、感染症など病気でも高値を示すため、ストレスマーカー測定と正確な体温を同時に測定することで、赤ちゃんの状態を正確に把握することができるデバイスである。

表. 2 赤ちゃん用センサのベンチマーク

	赤ちゃん用センサ (体温センサ+バイオマーカーセンサ)	
	塗布型ジェルセンサ②	競合技術 赤外線体温計
	体温測定 +バイオマーカー測定	体温測定
外観		
体温測定	・測定可能距離: 1~25cm ・測定距離に依存せず 誤差範囲: 0.5℃ ・測定レンジ: 32~43℃ ・測定時間: 1秒	・測定可能距離: 1~3cm ・誤差範囲: 0.2℃ ※当グループ調べで3cm距離で誤差2℃以上 ・測定レンジ: 34℃~42℃ ・測定時間: 1秒
ストレス測定	・ストレスマーカーを測定可能	・測定不可
大きさ	・測定器 スマホサイズ	・測定器 手のひらサイズ
測定費用	・測定費用 ¥2000/回 ・測定器 ¥100000/台	・体温計 ¥5500/台

③実現時期

女性用センサは 2023 年度以降にオプション検査サービスを事業化する予定である。

赤ちゃん用センサは 2024 年度以降の商品化を目指す。

A イノベーション創出に向けた活動実績

4 研究開発テーマの成果

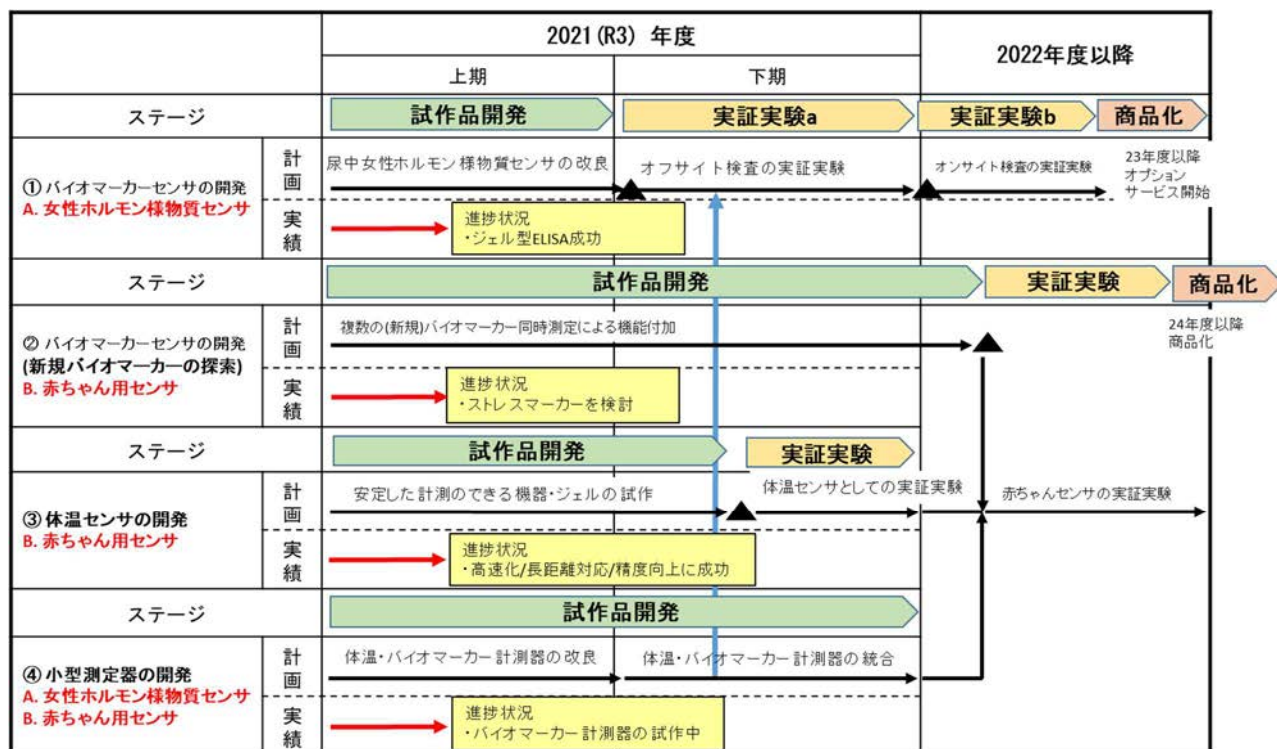


図. 3 開発スケジュール

(3) 研究開発期間終了時の達成目標

① 女性用センサ

女性用センサは 2021 年度中に尿中の夾雑物を除去するプロトコルを開発し、プロトタイプを完成させ、2021 年度下期に一般モニターの尿を使用しセンサの検査精度の実証実験を行う。

② 赤ちゃん用センサ

赤ちゃん用センサに利用する体温センサは 2021 年に完成したプロトタイプの実使用環境下における測定精度の実証実験を行う。
塗布の状況により、膜厚や形状が変化するなどの各種実使用条件において測定精度 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 以内、かつ測定時間 1 秒以内を目指す。

(4) 主な成果と達成状況

① 女性用センサの進捗と今後の達成見通し

女性用センサの完成には、女性ホルモン様物質の高感度検出技術と尿中の女性ホルモン様物質の精製技術が必要である。

女性ホルモン様物質の高感度検出技術は、光閉じこめ構造によって市販の SERS より 50 倍以上高感度化に成功し、さらにナノ構造体をマイカの上に形成しフレーク状にしてジェルに分散するプロセスを開発することで更なる高感度化に成功した。

尿中の女性ホルモン精製技術は、固相抽出による尿中夾雑物の除去技術の構築に成功した。また女性ホルモン様物質だけを選択的に補足する抗体の開発に成功した。

2021 年度下期にこれら尿中夾雑物の除去技術と薄膜フレーク包含 SERS ジェルとの融合による女性ホルモン様ジェル型センサの試作品完成を目指す。

② 赤ちゃん用センサの進捗と今後の達成見通し

赤ちゃん用センサの完成には、簡便且つ精度の高い体温測定技術とバイオマーカーの測定技術が必要である。

簡便且つ精度の高い体温測定技術は、予測アルゴリズムによる高速・高精度測定を可能にし、

A イノベーション創出に向けた活動実績

4 研究開発テーマの成果

パルス照射法による安定した測定を実現した。体温測定に関して先行して試作機が完成している。

2021 年度下期に試作品による太陽光や蛍光の照射環境下の影響や、ジェル塗布条件の影響など実使用環境下での体温測定精度の実証実験で目標精度達成を目指す。

さらに 2022 年以降には、女性ホルモン様物質の高感度検出技術で培ったノウハウをストレスマーカーの測定技術に応用し、ストレスセンサと体温センサの一体型センサの完成を目指す。

(5) 今後の課題と対応方針

①女性用センサ

i 技術検証

- ・バイオマーカーセンサ精度の確認

⇒センサ測定値と既存 LC-MS/MS 分析値との比較による精度検証を行う。

【22 年 1 月以降】

ii 実証実験

- ・オプション検査サービスの実施

⇒事業化検証（オプション検査サービス）を行う。 【22 年 1 月以降】

- ・バイオマーカーセンサの製造

⇒製造検討を行う。 【22 年度】

iii 社会実装

- ・女性用バイオマーカー分析サービス

⇒女性ホルモン様物質のオプション検査サービスを開始する。 【23 年度】

②赤ちゃん用センサ

i 技術検証

- ・赤ちゃん用バイオマーカーの探索

⇒赤ちゃんの健康管理に関わるバイオマーカーの探索を行う。 【22 年度】

- ・事業モデルの探索

⇒事業モデルを探索する。 【22～23 年度】

- ・赤ちゃん用バイオマーカー・体温一体型センサのプロトタイプ開発

⇒赤ちゃん用のバイオマーカーと体温が同時測定可能な

センサのプロトタイプを製造する。 【23 年度上期】

ii 実証実験

- ・一体型センサ精度の確認

⇒センサ測定値と既 LC-MS/MS 分析値、

および体温計との比較による精度検証を行う。 【23 年度下期】

iii 社会実装

- ・一体型センサの製造/販売

⇒製造検討と販売の開始を行う。 【24 年度】

(6) その他特記事項

①学会賞

第 8 回マイクロ・ナノ工学シンポジウム(2018) 若手優秀講演表彰 受賞

「蛍光偏光法を用いたジェル型温度センサの開発」

堀井 悟史 他

第 11 回マイクロ・ナノ工学シンポジウム(2020) 若手優秀講演表彰 受賞

「蛍光偏光法を用いた塗布型ジェルセンサー」

塩見 葵 他

A イノベーション創出に向けた活動実績

4 研究開発テーマの成果

4.2.2.2 非接触見守りセンサ

非接触見守りセンサの取組みに関しては、(1)：平成 25(2013)年度～平成 28(2016)年度は研究開発課題名を日常バイタルシステムの開発、(2)平成 29(2017)年度～令和 3(2021)年度は、非接触見守りセンサとして新たな企業の参画など、新しい開発体制で取組みを行った。

(1) 日常バイタルモニタシステム開発

テーマリーダー（氏名、所属、役職）	：酒井啓之 パナソニック(株) 参事
サブテーマリーダー（氏名、所属、役職）	：佐藤 亨 京都大学 情報学研究科教授
研究開発実施期間	：平成 H25(2013)年度～平成 28(2016)年度
参画機関	：パナソニック(株)

(1) テーマの概要と目指すべき将来の姿（拠点ビジョン）との関係

複数人の心拍・呼吸・体動を同時計測できるミリ波を使った非接触センサの開発、ペーストレスで小型・省電力のウェアラブルバイタルセンサの開発で、屋内、屋外で自然なセンシング（ウェアラブル／非接触）で常時バイタル計測、個々に合わせた適切なアドバイスで、安心見守り、健康生活を提供するヘルスケアサービス。

(2) 想定する製品・サービスについて（担い手、社会的インパクト・経済的インパクト）

- ① 想定する商品：施設・家庭でのまるごと見守りシステム。
 - i 非接触で複数人の心拍・呼吸・体動計測可能なミリ波レーダによる非接触見守りセンサ。
 - ii 貼付け不要で高精度・小型・省電力のウェアラブル生体センサ。
 - iii 生体センサ／テキスト（食事・運動）情報から適切な健康アドバイスを可能とする健康コーパスと自動アドバイスエージェント。
- ② ターゲット顧客
 - i 高齢者 介護施設
 - ii 住宅メーカー／フィットネスジム などの施設。
- ③ 社会的インパクト・経済的インパクト
 - i ストレスフリーなバイタルセンシング
 - ii 個々に合わせたアドバイスで健康・安心生活を実現

(3) 研究開発期間終了時の達成目標

- ① 複数人の心拍・呼吸・体動を同時計測できる非接触（ミリ波）センサの開発



非接触センサで家族全員の見守り



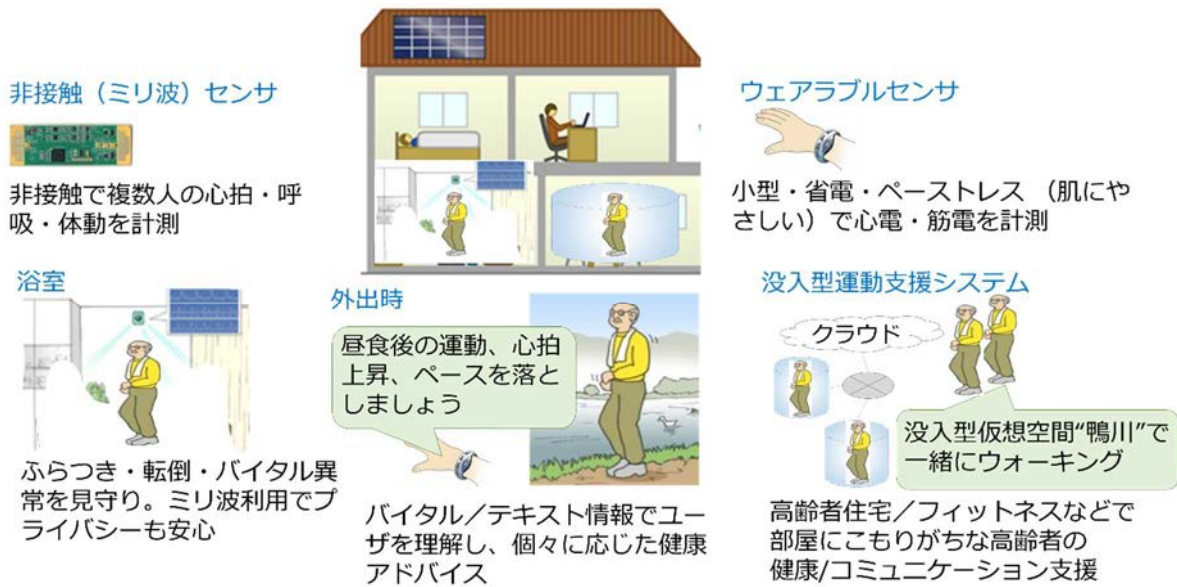
非接触バイタルセンシング
プロトタイプ

- ② ウェアラブル生体センサの開発

A イノベーション創出に向けた活動実績

4 研究開発テーマの成果

③ プロレベルの健康アドバイスシステムの開発

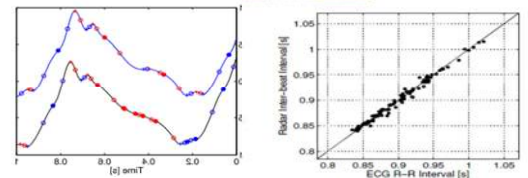


日常バイタルモニタシステムの全体図

(4) 主な成果と達成状況

①非接触（ミリ波）センサの開発

- UWB（6.0GHz）を用いた非接触でのバイタル（心拍・呼吸・体動）を計測するプロトタイプを開発。
- スペクトル拡散利用により高精度距離分解能（12cm）を実現
- 符号分割 MINO アレイにより複数人のバイタルを同時計測
- 心臓の鼓動の時系列変化を数理モデル化することで、高精度な心拍・心拍変動を検出する世界トップレベルの高精度心拍計測技術を開発（相関 0.99 世界トップレベル）。
- 生体分野で著名な IEEE BioMed Eng にて発表



②超小型・省電バイタルセンサを開発

- アクティブ電極方式によるペーストレスを実現
- 独自 ASIC 技術を用いた省電力設計
- 複数多チャンネル (8ch) で脳波・心電・筋電の同時計測が可能



③プロレベルの健康アドバイスシステムの開発

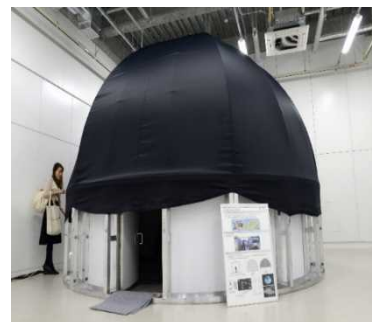
- テキストからユーザーの食事／運動状態を自動で把握、プロ（管理栄養士、運動トレーナー）のアドバイスを自動生成・提供



A イノベーション創出に向けた活動実績

4 研究開発テーマの成果

- ii 高齢者の健康・コミュニケーション支援を実現する
360度全方位型ドームディスプレイによる没入空間
で運動・コミュニケーション促進を実現する没入型
運動環境システムを開発



(5) 今後の課題と対応方針

①非接触(ミリ波)センサの開発

引き続きフェーズⅡで、子育てセンサの研究開発テーマの中で、ミリ波レーダによる「非接触見守りセンサ」の研究開発課題で、開発に注力し社会実装を目指す。

②超小型・省電バイタルセンサ開発

フェーズⅠでC0Iでの研究開発は終了し、企業にて開発したが、事業化は中止

③プロレベルの健康アドバイスシステムの開発

フェーズⅠでC0Iでの研究開発は終了

(6) その他特記事項

特になし

(2) 非接触見守りセンサ

テーマリーダー（氏名、所属、役職）	瀧 宏文 （株）マリ 代表取締役
サブテーマリーダー（氏名、所属、役職）	阪本 卓也 京都大学 工学研究科 准教授
研究開発実施期間	平成 29 (2017) 年度～令和 3 (2021) 年度
参画機関	日本大学、(株)マリ、丸文(株)

(1) テーマの概要と目指すべき将来の姿（拠点ビジョン）との関係

拠点のビジョンである「しなやかほっこり社会」の実現に向けて、特に女性とこどものころとからだの健康サポートの分野において、乳幼児の健康状態を見守る技術の開発は中核をなす要素である。本テーマは、ミリ波レーダを用いた非接触見守りセンサの開発と商品化を通じてこの課題を解決することを目指す。

(2) 想定する製品・サービスについて（担い手、社会的インパクト・経済的インパクト）

本テーマでは、車載レーダなどで普及および低価格化の進むミリ波レーダを応用し、皮膚表面の微小変位を計測することで、乳幼児の呼吸や心拍などのバイタルサインを高精度に非接触計測する非接触見守りセンサを開発する。電波を用いた非接触見守りセンサにより、従来の接触センサのような装着の不快感もなく、監視カメラなどのプライバシーに関する懸念も回避しつつ、乳幼児の窒息事故や乳幼児突然死症候群などのインシデントを防止できるシステムを開発する。特に、従来は達成されていなかった複数人の同時計測を実現することで、保育所や家庭など、さまざまな環境における非接触見守りを実現するセンサを開発する。

本テーマで開発する非接触見守りセンサにより、保育所や家庭など多くの場面で、複数の乳幼児のバイタルサインを同時計測することが可能となり、少子高齢化に伴う労働力不足の影響が無視できない保育現場の負担や、働き盛りの親世代が感じる育児の不安を軽減することにつながる。その結果、育児に関係する人々が、不安やストレスなく、いきいきと活躍しつつ子どもの健やかな成長を楽しめる社会を実現できる。さらに、新型コロナウイルス感染症との共存

A イノベーション創出に向けた活動実績

4 研究開発テーマの成果

が求められる今後の社会においても、非接触センシング技術によるデジタル医療の普及を通じた効率化・高度化が期待でき、健康寿命延伸や医療費削減などにつながるとともに、見守りサービスなどの新たなサービス誕生の契機ともなり、将来にわたって大きな経済的インパクトが期待できる。

(3) 研究開発期間終了時の達成目標

開発する非接触見守りセンサの製品としては、少量生産モデルと大量生産モデルの2種類を想定している。両モデルのビジネスモデルを図1に示す。少量生産モデルは、企業や研究機関での研究用途を主なターゲットに設定し、呼吸と心拍の非接触計測を小型かつ安価な装置で実現する製品とする。価格は税込50万円以下とし、想定販売台数は20台/年(発売後5年間の平均)、想定年間販売高は1,000万円/年(発売後5年間の平均)とする。開発は株式会社マリが、販売は丸文株式会社が担当する。

一方、大量生産モデルは、幼稚園・保育所、これらを運営する自治体、介護や医療用途まで幅広くターゲット候補に設定し、ユーザーの「非接触での見守りによるウイルス感染の懸念低減、午睡中の体勢検出および呼吸・心拍の常時モニタリング、掛布団の有無や服装に影響されない見守り、少人数のスタッフで多数の対象者を効率よく見守り」といったニーズに対応し、複数人の乳幼児の呼吸と心拍を取得率90%以上で同時計測可能な非接触見守りセンサとする。価格は税込10万円以下とし、想定販売台数は3,000台/年(発売後5年間の平均)、想定年間販売高は3億円/年(発売後5年間の平均)とする。少量生産モデルとの価格の違いは、主に大量生



図1 少量生産モデルのビジネスモデル(左)および大量生産モデルのビジネスモデル(右)

産によるモジュールの低価格化による。開発は株式会社マリが、販売は丸文株式会社が担当することを想定するが、加えて事業会社との連携による効率的な社会実装を目指す。幼稚園や保育所の市場規模は2億円程度、一般家庭のデジタルヘルスの市場規模は550億円であり、目指すシェアは0.6%(潜在市場に対する発売後5年間の平均)とする。

(4) 主な成果と達成状況

【2017-2018年度】

2017-2018年度には、実証実験に向け、79GHz帯のレーダによる非接触バイタルセンシングシステムの開発を行った(図2)。プロトタイプを試作し、高感度化(計測範囲:従来比約2倍)を達成した。また、実証実験を通じて、日常生活空間の環境下で計測可能な非接触バイタル計測アルゴリズムの開発を行った。その結果、乳幼児・子どものバイタル計測の基本的なシステム構成が確立でき、複数の乳児の同時計測、レーダの複数パラメータ統合による追跡技術を実現した。さらに、京都府精華町の保育所において乳児バイタル測定実証実験を実施し、乳児のバイタル計測技術を確認し、6人の呼吸の同時分離測定に成功した(図3)。

A イノベーション創出に向けた活動実績

4 研究開発テーマの成果



図2 試作レーダの内部基板（左）および筐体外観（右）

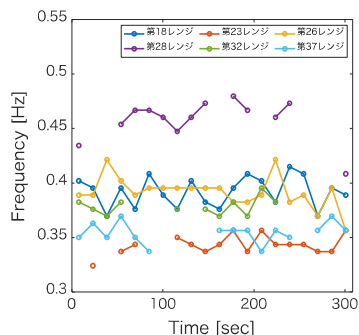


図3 乳児バイタル測定実験風景（左）および6人の乳児の呼吸周波数の測定例（右）

【2019-2020 年度】

前年度までに開発したシステムの低価格化を目指し、市販レーダモジュールの性能を比較し、消費者向けの製品に適した安価なモジュールを選定した。選定モジュールは、2018年度までに開発したモジュールよりも高い位相安定度と約1/100以下のコストを両立できることが示された。同モジュールを用いて兵庫県内の保育所における実証実験を行った。23人の乳幼児が不規則に配置する状況において、呼吸成分を感度良く抽出できることを確認した。

次に、選定モジュールの性能検証を目的とした非接触見守りセンサのプロトタイプ機（図4左）を試作した。複数人のバイタルサインを高精度に計測するため、生体信号の特徴を新たな次元として取り入れた多次元空間クラスタリングアルゴリズムを開発し、複数人の生体信号を同時かつ高精度で計測できることを実証した（図4右）。さらに、複数レーダモジュールのデータ統合法を開発し、単一レーダモジュールでは遮蔽により計測不可の対象者についても、高い精度で継続計測できるようになり、今後の多人数同時計測に不可欠な要素技術が得られた。

株式会社マリと京都大学が共同開発した上記技術を搭載した非接触見守りセンサであるVitaWatcher（図5）が2021年2月より丸文株式会社から販売開始された。同テーマ参画機関でプレス発表を行い、NHK総合「NHK ニュースおはよう日本」（2021年2月11日）、テレビ大阪「やさしいニュース」（2021年3月8日）などのテレビ番組、日刊工業新聞（2021年2月16日）および日刊電波新聞（2021年3月10日）などの新聞で報道され、広く社会に成果公開された。



図4 プロトタイプ機（左）および被験者7人の呼吸の同時非接触計測実験（右）

A イノベーション創出に向けた活動実績

4 研究開発テーマの成果



図5 2021年2月に上市された少量生産モデルの非接触見守りセンサ VitaWatcher（左）および付属ソフトウェアの表示例（右）

【2021 年度】

実装のフェーズへ本格的に移行した 2021 年度には、2020 年度に販売開始した少量生産モデルの非接触見守りセンサをもとに、保育所等をターゲットとした税込 10 万円以下の大量生産モデルを開発するため、連携可能な事業会社の選定を開始した。まず、2021 年 4 月に「非接触見守りセンサコンソーシアム」を設立し、株式会社マリが中心となり、参画企業 7 社、参画機関 4 機関の体制で活動を開始した。非接触見守りセンサの大量生産を前提とした事業化に向けた連携を推進するため、同コンソーシアム内に「乳幼児見守り分科会」を 2021 年 8 月に発足させた。

図 6 に大量生産モデルのシステム構築例を示す。製品を大規模に展開するため、Linux OS で動作する Single Board PC にてレーダデータを取得するシステムを開発した。取得データは信号処理され、ネットワークを通じてクラウドにアップロードされ、ユーザーに提示されるシステム構成を想定している。またレーダモジュールについては保証対応可能な製品を市場投入することが確定し、2022 年度 7 月に出荷開始することになった。保育所の見守りなどへの応用には即応性が求められるため、クラウドのデータベースを用いるのではなく、ローカルネットワークにデータベースを構築するなどシステムを変更し実装することで対応する。

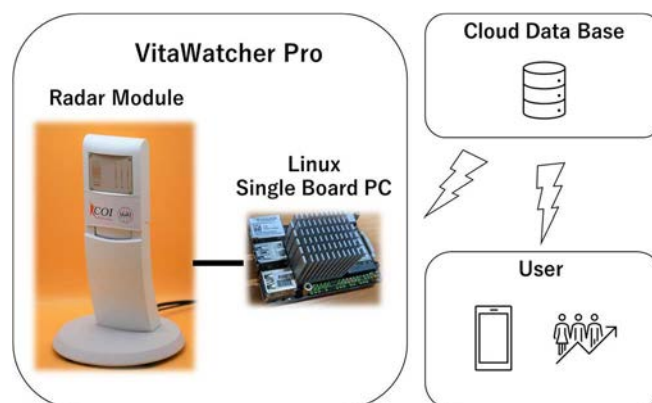


図6 大量生産モデルのシステム構築例

(5) 今後の課題と対応方針

2022 年度末の大量生産モデルの事業化に向け、株式会社マリと丸文株式会社は事業会社との

A イノベーション創出に向けた活動実績

4 研究開発テーマの成果

連携を進め、非接触センシングによる健康情報の収集などを実施するためのデータベース構築に取り組む予定である。継続してデータ収集が可能であるというメリットを活かし、データベースを構築することで京都府が推進している「けいはんなサステイナブルスーパーシティ」の枠組みにて、実証実験を実施するための準備を進めている。また、大量生産モデルの開発を加速するため、株式会社マリと京都大学は研究開発プロジェクト「人体の非接触センシングにおけるレーダ技術の開発」（代表：株式会社マリ）を提案し、令和３年度「産学公の森」における研究開発に採択された。事業会社との連携や枠組みの構築、技術開発部分の切り分け、クラウド等を利用した機器のIoT化が課題として残っている。さらに、令和３年度 NEDO「研究開発型スタートアップ支援事業/シード期の研究開発型スタートアップに対する事業化支援」に採択されたため、医療用途でのアプリケーションを含め、社会実装を加速していく方針である。

(6) その他特記事項

上記以外に、新型コロナウイルス感染症への対応を目的とし、医療機器化を目指した取り組みを進めている。将来的には呼吸数・心拍数を計測可能なクラス II の医療機器として発売すべく準備を進めている。

A イノベーション創出に向けた活動実績

4 研究開発テーマの成果

4.2 ヘルスケア 分野

健康に対する不安、高齢社会の困難を解決し、こどもから高齢者まで健康安心社会の実現を目指しています。

病後の自立した安全生活を保障する歩行学習支援ロボット、高齢者や若い女性を中心にしに栄養素の偏りになどに栄養失調を解決するための、高タンパクの大豆よる肉類代替食品の開発や高タンパク米の開発を行っている。また中、高年が大量に利用しているサプリメントの安全性を臓器細胞レベルで評価できるツールの開発、病気知らずの安心生活を送るために、日常的な健康・環境・行動を見守る機器開発や医療機関と連携できる情報ネットワークなどの開発を行ってきた。それによって、いつでもどこでも見守れる安心社会を実現します。

研究開発テーマ、研究開発課題は以下の通り、

- 4.2.1 歩行支援学習ロボット
- 4.2.2 スマート栄養食
 - 4.2.2.1 スマート大豆食品の開発
 - 4.2.2.2 スマートライスの開発
- 4.2.3 サプリ開発ツール
- 4.3.4 在宅良質睡眠サービス
- 4.2.5 生体リズムの視点を取り入れた看護・介護居室環境の制御
- 4.2.6 要介護者・介護者双方の自立的生活を支え続けるための住空間および介護手法の開発
- 4.2.7 住民健康ネットとパーソナル健康カードの開発
- 4.2.8 次世代バイオマーカーの探索・同定
- 4.2.9 次世代型健康用品・プログラムの開発
- 4.2.10 健康増進を実現するスマートコミュニティの開発

A イノベーション創出に向けた活動実績

4 研究開発テーマの成果

4.2.1 歩行学習支援ロボット

テーマリーダー（氏名、所属、役職）	：服部保則	サンコール株式会社	課長
サブテーマリーダー（氏名、所属、役職）	：大畑光司	京都大学医学研究科	講師
研究開発実施期間：平成 25 (2013) 年度～令和 3 (2021) 年度			
参画機関：京都工芸繊維大学、佛教大学、関西医科大学、サンコール(株) 大日本印刷(株)、フィンガルリンク(株)、(一社)日本義肢協会近畿支部、 船井電機(株)、川村義肢(株)、			

(1) テーマの概要と目指すべき将来の姿（拠点ビジョン）との関係

現在の日本において、脳卒中の患者数は 130 万人に上るとされており、後遺症や脊髄損傷等により、歩行に何らかの障害を抱える方々が数多くいる現状がある。これらの方々は、歩行トレーニングを行なって歩行機能の改善を図る必要があるが、介護施設やデイケアなどで効果的なトレーニングを提供するのは、なかなか難しいとされている。

また、歩行機能の低下は、易疲労性や転倒リスクの増加、活動量の低下、廃用症候群を引き起こすリスクを高め、最終的には訓練もままならなくなって重症化してしまうという問題がある。

このような不安を解消し、安心をもたらすため、歩行学習支援ロボット「Orthobot」を開発してきた。歩行学習支援ロボット「Orthobot」による訓練によって、低下した歩行機能を再び取り戻すことで、自立支援・社会参加を促し、京都大学 COI の掲げる「しなやかほっこり社会」の実現を目指す。

(2) 想定する製品・サービスについて（担い手、社会的インパクト・経済的インパクト）

「Orthobot」は、従来型機能訓練用装具である KAF0（長下肢装具）に追加装着することで、装着型歩行アシストロボットに変化させるデバイスで、本体内に姿勢センサを含む制御回路と電動モーターを内蔵し、あらかじめ設定した大腿位相角に応じたトルクを発生させ、KAF0 を介して装着者の膝関節運動に介入するものである。

この運動への介入により、片麻痺等による後遺症に起因する不適切な歩行をより適切なものへと誘導し、正しい歩行を体験することで、効果的な歩行訓練を行うことが出来る。

競合製品には Cyberdyne 社の HAL、Honda 歩行アシスト、トヨタウエルウォークなどがある。

Orthobot は Cyberdyne 社の HAL やトヨタウエルウォークと比較して、装着・調整時間に高い優位性がある。また、歩行の異常が生じた際に最も特徴的となる膝運動に特化して制御しているため、対象とする歩容に対する学習効果は Honda 歩行アシストより高いと考えられる。さらに形状は通常の装具にアドオンして使うことを想定しているため、体格などによる適合性などの問題が少なく、臨床現場で扱いやすい特徴がある。

なお、Honda 歩行アシストは令和 2 年度末迄に販売終了となっており、Orthobot は低価格帯の歩行訓練用アシストロボットとして、Honda からの移行の受け皿としてさらに期待できる。

(3) 研究開発期間終了時の達成目標

誠に恐縮ではございますが、非公開とさせていただきます。

(4) 主な成果と達成状況

① フェーズ I（2013～2015）

基本駆動制御アルゴリズムの開発

上記アルゴリズムを搭載した試作 0 号機の開発

試作 0 号機による、膝への駆動介入による歩容変化の分析

KAF0 アドオン型試作 1 号機の開発

試作 1 号機による、片麻痺者への臨床装着実験と分析（アシスト介入「時」の歩容変化）

A イノベーション創出に向けた活動実績

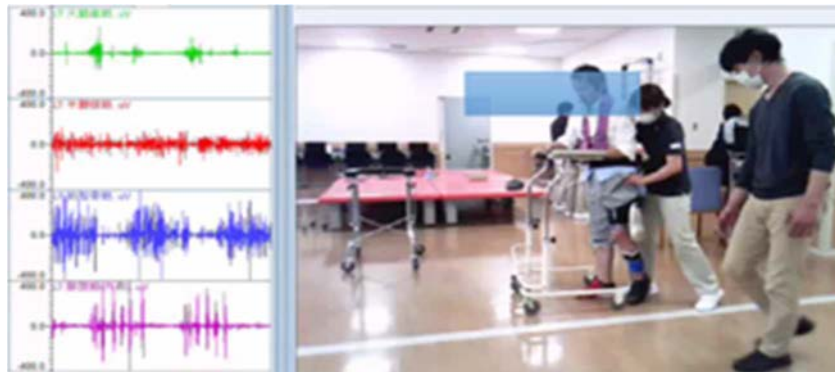
4 研究開発テーマの成果



Version 0 (2013-2014)



Version 1 (2015)



Version 1 による膝介入実験

②フェーズ II (2016~2018)

アシスト設定タブレットインターフェースの開発

上記を搭載した、試作 2 号機の開発

試作 1、2 号機による、片麻痺者への臨床装着実験と分析（アシスト介入「後」の歩容変化）

商品化に向けたコンセプトデザインの確立と試作 3 号機の開発

試作 3 号機による、高齢者への応用実験（精華町神の園）

電源内蔵型検証のための、キャパシタ電源ユニット（外付）の開発と稼働テスト実施

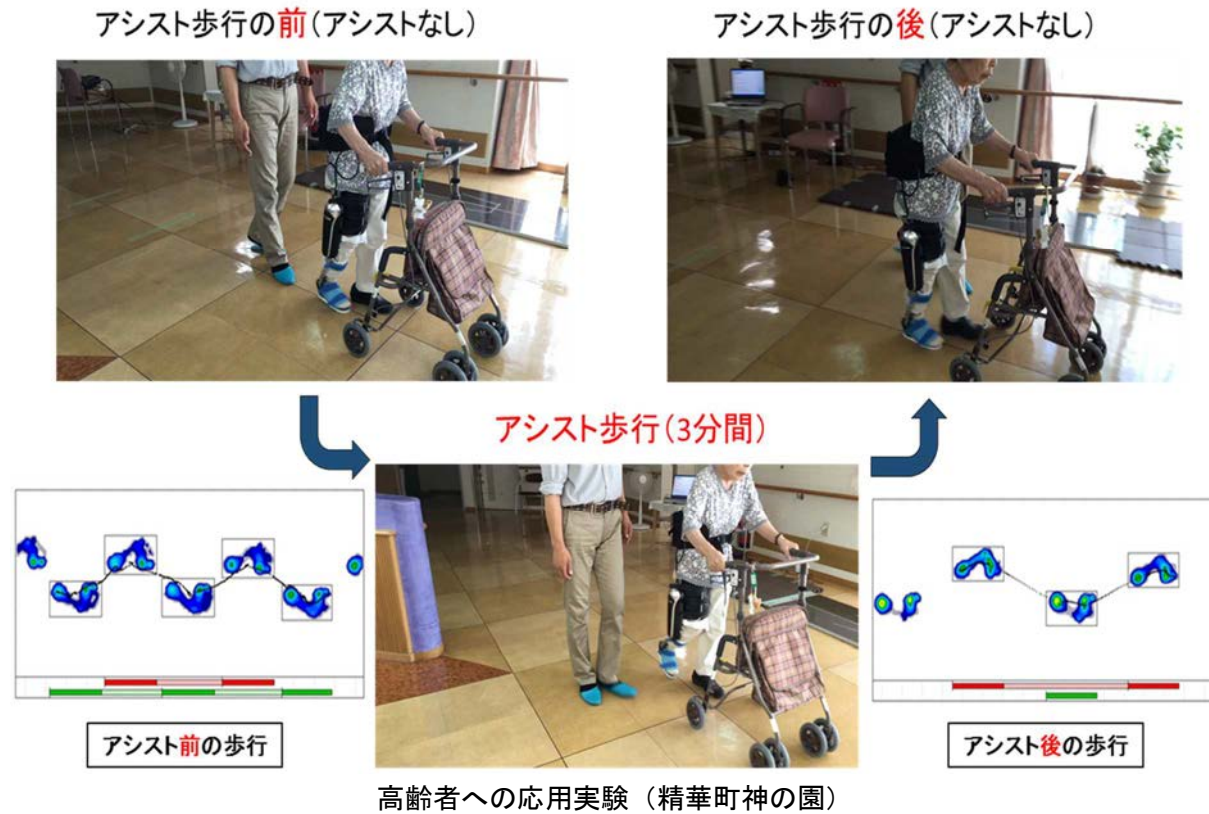
モーター・バッテリー出力適正化による軽量化、新 UI を搭載した試作 4 号機の開発



Version 2 (2016)

A イノベーション創出に向けた活動実績

4 研究開発テーマの成果



③フェーズ III (2019～)

i 医療機器モデル

特定臨床研究の実施と効果の確認

駆動制御アルゴリズムの改良による安定性、安全性の向上

医療機器認証申請の準備

ii 介護機器モデル

介護機器モデルの製品化→ISO13482 認証取得

駆動制御アルゴリズムの改良による安定性、安全性の向上

iii キャパシタ内蔵モデル

キャパシタ内蔵の実用プロトタイプ機の開発

キャパシタの高容量化（蓄電デバイスチーム）



A イノベーション創出に向けた活動実績

4 研究開発テーマの成果

(5) 今後の課題と対応方針

① (今後の研究開発計画と達成目標)

研究開発計画	具体的数値	完了時期	達成目標
介護機器 ISO モデル	・ 本体重量：1.6Kg 以下 （バッテリーケース含） ・ 小型化：量産機▲45%	2022 年 9 月	ISO13482 取得 および上市
医療機器 モデル	・ 本体重量：1.6Kg 以下 （バッテリーケース含） ・ 小型化：量産機▲45% ・ 医療機器向け詳細設定機能 及び 管理機能搭載	2023 年 9 月	医療認証取得 および上市
介護機器 キャパシタ モデル	・ 駆動時間：10 分 ・ 充電時間：1 分以内 ・ 本体重量：1.5kg 以下	2025 年 9 月	上市

●介護機器 ISO モデル

小型化/軽量化 ⇒ タブレットインターフェースの製品版開発および操作パネルの簡略化

●医療機器モデル

医療認証の取得 ⇒ 安全性に関する部分は ISO 機のデータ/ノウハウを活用

詳細設定および管理機能 ⇒ タブレットインターフェースの機能拡充/アップデート

●介護機器キャパシタモデル

バッテリーレス化 ⇒ 大容量キャパシタ性能の確保

②ロボット介護機器としての今後の課題

1) ロボット介護機器を用いた包括的サービスとしての機能訓練事業の有用性

介護現場における人手不足は、時間的制約により機能訓練事業での介入量に影響を与える。被介護者本人の足で移動することができない場合、施設内であっても歩行する機会が失われることになり、歩行機能を低下させることにつながる。歩行機能低下は入院リスクや介護リスクに関わる問題であり、生活機能を維持するためには、介護施設における機能訓練事業の充実を図ることが求められる。

Orthobot は歩行について適切に指導を行うことができない介護職種であったとしても、ロボットが適切な運動に矯正し、十分な指導を行なった場合と同様な訓練内容を提供できることを目途とした機器である。したがって、本機器を装着して歩行することにより、従来の機能訓練事業を補完することができる可能性がある。京都大学 COI の開発課題として、本機器自体の開発は行われたが、まだ機能訓練事業のマネジメントも含めたサービス提供のための手段を確立したとは言えない。したがって、通常の機能訓練事業を行なった場合と Orthobot を用いて機能訓練事業を行なった場合の、歩行機能の維持改善効果や人的、時間的コストの変化について、包括的な比較研究を行う必要があると考える。

2) ロボット介護機器の臨床評価手法のガイダンス策定

上述のような介護領域を対象とした臨床研究の開発やその手順の定式化は、単に Orthobot の普及という側面だけでなく、ロボット介護機器の開発を促進するために重要となる。

そこで我々は、令和3年度に日本医療研究開発機構（AMED）から公募された令和3年度ロボット介護機器開発等推進事業（環境整備）において、「ロボット介護機器の海外展開等に向けた臨床評価ガイダンス等の研究開発（代表機関：国立研究開発法人産業技術総合研究所）」に応募し、採択された。本課題事業では Orthobot を含めたロボット介護機器の臨床評価を行うテストベッド事業を通じて、ロボット介護機器における臨床評価の枠組みを形成し、それ

A イノベーション創出に向けた活動実績

4 研究開発テーマの成果

を基にしたガイダンスを作成することを目的としている。

以上のように、今後は Orthobot 自体の開発から Orthobot を軸として、我が国のロボット介護機器の開発に貢献する課題解決へと、その役割を拡大していくことになると思う。

③リハロボットとしての今後の課題

1) リハビリテーション医療としての効果検証

昨年から進めている特定臨床研究は、コロナウィルスによるパンデミックの影響で十分な対象症例数が得られず、効果を明確に示すに至っていない。したがって、現状ではまだ対象症例数を増やし、特定臨床研究の完了を目指す必要がある。現在の検証は、回復期リハ病院において片麻痺患者を対象として行なっているが、今後は脊髄損傷患者や脳性麻痺児を対象としての効果検証を進める必要があると考える。今回の研究のように多施設共同研究の枠組みで質の高い無作為対照試験による効果を検証できれば、単に本機器の効果が明確になるだけでなく、十分な保険収載が保証されないリハビリテーション関連機器の開発において、より安価な臨床研究の枠組みを提供することができる方策を構築することにつながると思う。

2) 長時間ロボット練習

また、例えば脳卒中後の機能回復を促すためのリハビリテーション医療は理学療法士や作業療法士などの一対一対応での個別指導で行われている。保険点数の算定はこれらの専門家の時間単価により設定されており、ロボットを使用することによる経済的メリットは小さい。しかし、リハ治療時間が回復の程度を左右するというエビデンスから考えると、できるだけ練習時間を多くするための工夫が必要になる。したがって、一定のリハ治療時間以外の場面でも適切な歩行練習を行えるようにすることが求められる。そこで Orthobot を活用し、病棟でのリハ時間外の介助者の付き添いによるロボット歩行練習を可能にすることが限られたリハ治療時間を延長し、高い効果を得るための方策となる可能性があると思う。

今後、医療機器として、運動量増加を促すことによる効果を実証する必要があると思う。

3) ソフト関連

歩行アシストを行うために使用するトルクの印加タイミングの微調整は、理学療法士（専門家）の経験と知識に基づいて行われる必要があり、新たな最適なトルク印加タイミングを見つけ出すにはその知見を基にした試行錯誤を必要とする。これを、歩行学習支援ロボットの装着者ごとに使用した歩行記録データから自動的または半自動的に最適なトルク印加タイミングを見つける手法を開発することで、より簡便にかつ装着者に合わせて調整された最適なアシストを利用することができる。トルク印加パターンの自動調整手法についての開発は、今後の1つの方向性となり得る。

④今後の進め方

1) 2022 年 1 月より「歩行学習支援ロボットコンソーシアム」を設立し、COI 終了後も継続して研究開発を行い、病院・介護施設のみならず、老健施設へ Orthobot の適用範囲を広げる等、商品の多角化を目指します。

2) Orthobot の特色を最大限に生かし、病棟の廊下を利用した歩行訓練、及び 看護師介助による歩行訓練の提案を実施する事で、ユーザビリティの向上のみならず、今後は BtoC も視野に入れ、より広く Orthobot が社会実装できる様な体制造りに努める。

(6) その他特記事項

特になし

A イノベーション創出に向けた活動実績

4 研究開発テーマの成果

4.2.2 スマート栄養食

高齢化の進行やダイエットによる摂食の抑制などにより、高齢者や若い女性を中心に栄養素の偏りなどによる新型栄養失調が増えている。これは生活スタイルの変化によるものが大きい。栄養素の中でも特にタンパク質の不足が指摘されており、肉類などの良質たんぱくを積極的に摂取しなければならない状況にある。スマート栄養食の開発では、大豆を加工し、肉類代替食品（大豆肉）とすることや、日本人の主食であるお米の高タンパク質含有米の開発でタンパク不足を解消する。

4.2.2.1 スマート大豆食品の開発

テーマリーダー（氏名、所属、役職）	岡本卓也 大塚食品(株) 副室長
サブテーマリーダー（氏名、所属、役職）	中川究也 京都大学工学研究科 准教授 高村仁知 奈良女子大学 生活環境科学系 教授
研究開発実施期間：	（予定：2019年4月～2022年3月）
参画機関：	奈良女子大学、大塚食品(株)

(1) テーマの概要と目指すべき将来の姿（拠点ビジョン）との関係

近年、高齢者や若い女性を中心に栄養素の偏りなどによる新型栄養失調が増えている。これは生活スタイルの変化によるものが大きい。栄養素の中でも特にタンパク質の不足が指摘されており、肉類などの良質たんぱくを積極的に摂取しなければならない状況にある。一方、肉食など、食の欧米化によるガンや高血圧などの生活習慣病の増加が報告されている。植物性原料である大豆はタンパク質に富み、肉類を代替するための理想的な材料である。大豆を加工し、肉類代替食品（大豆肉）とすることでタンパク不足を解消できる鍵となる。しかし、現状の大豆肉製品は、食味、食感の観点からも満足度のいくものは存在しない。そこで、大豆を原料とする美味しく、精神的にも肉体的にも満足感が得られ、かつ健康リスクも回避できるイノベティブな大豆食品が創出できれば、本 COI 拠点が構想するしなやか・ほっこり社会の実現に繋がる。また、高齢者や若い女性の普段の食事だけではなく、病院食や避難所食、アレルギー対応食など、栄養が偏りやすくマンネリ化しやすい食環境においても、充実感・満足感・安心感を提供し、栄養不足の改善に繋がられる食品も社会的なニーズが高いと考える。

(2) 想定する製品・サービスについて（担い手、社会的インパクト・経済的インパクト）

大豆を主原料とした高タンパク質、低カロリー、かつ味覚の面で消費者のニーズに応えられるスマート大豆栄養食の開発を目指す。具体的には、大豆の加工物に可食高分子、油脂等を添加し、凍結法、紡糸法、油脂のカプセル化等の成形技術の組み合わせにより微細なテクスチャを制御し、味、食感を畜肉に遜色ないレベルに高めた代替食品を開発する。2021年秋頃に大塚食品「ゼロミート」ブランドの商品としての発売を見込んでいる。順次同技術による製品群の拡充を行い、2023年までに「ゼロミート」ブランドの売上24億円を達成し、植物性肉類代替食品としてのリーディングブランドの確立を目指す。

開発する大豆栄養食は、上述の高齢者やダイエット志向の若年者、および健康への意識が高い消費者層をターゲットとして想定している。また、病院食や災害時の避難食への展開も視野に入れている。これらのユーザーからのニーズとして、高栄養、低カロリーであることに加え、美味しさ、メニューの多様性などが求められる。また、レトルト食品や冷凍食品などにおいて、従来は調理済みで加熱等のみで食べられる製品が主流であったが、近年では簡便かつ調理をした実感が得られることの両面から、自身で材料を追加して調理するタイプの製品のニーズが増加している。これを踏まえ、最終的に消費者が加熱調理する製品の仕様を想定する。

(3) 研究開発期間終了時の達成目標

大豆肉市場は、国内では参画企業の大塚食品が2018年に「ゼロミート」ブランドを立ち上

A イノベーション創出に向けた活動実績

4 研究開発テーマの成果

げ、大豆肉ハンバーグなどを販売している。競合商品としては、国内ではマルコメから販売されている脱脂大豆を成形、乾燥した代用肉である「大豆ラボ」、海外では大豆、えんどう豆タンパク質を原料に肉と同じ味の食品を目指した「Beyond Meat」（ハンバーグ）が挙げられる。本課題ではこれらの競合商品に対し、味、食感、形状をより実際の肉に近づけ、かつ価格面でも優位に立てる製品を開発する。市場規模は国内で 150 億円程度、米国 1500 億円、欧州 2000 億円規模であり、増加傾向にある。この内、2023 年までに国内で 16% のシェアを目標としている。

本研究開発では、広範な食のニーズに応えられる、変幻自在の食品を大豆由来物質を原料として創製する。そのはじめのステップとして、畜肉や魚肉を原料とするベーコンやハムといった塊状の肉製品の代替となる食品開発をターゲットとする。大豆由来物質を構造体へと変換する複数の要素技術開発を基礎とし、複数の構造体を組み合わせることによって食品テクスチャーの制御を実現させる極めて新規なアプローチを試みる。開発した食品を上市するために必要な製造工程の最適化を行う。

達成目標：

- ・数センチ角程度のブロック状、肉様のテクスチャーを持つ構造体作製
- ・美味しく飽きのこない精神的満足の得られる食味とテクスチャーの付与
- ・個包装、バルク包装も可能な、従来型のレトルト食品の販売ができる設計
- ・実現したい食味・テクスチャーを付与させる製造工程の確立・最適化
- ・調理レシピの提案による、喫食上のフレキシビリティの実証
- ・栄養価値の実証

(4) 主な成果と達成状況

①構造体の作製手法開発（繊維状構造体）

紡糸により作製した大豆タンパク質含有繊維の外観および顕微鏡像を Fig. 1(a,b)に示す。直径数百 μm 、長さ数~数十 cm の繊維を連続的に製造することができた。顕微鏡像の画像解析により求めた繊維の平均径は 348 μm であった。また、赤外線水分計により求めた繊維の含水率は 79.3 wt%であった。ファイバー径はノズルからの押出速度、および巻取り速度により制御可能である。作製したファイバーの含水率を測定し、その結果と紡糸液組成からタンパク質含有量を推算したところ、原料溶液のタンパク質濃度から大幅に増大し、かつ畜肉のタンパク質含有量に近い値が得られた。また、加熱調理を行ったファイバーの破断強度を測定し、畜肉と比較した結果を Fig. 2 に示す。作製したファイバーの破断強度は豚モモ肉と牛モモ肉の中間の値を示しており、畜肉と同様の食感を発現することが期待できる。

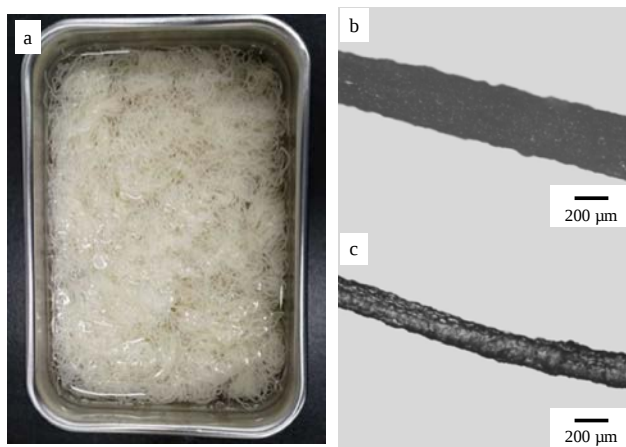


Fig. 1. 繊維状構造体の外観写真

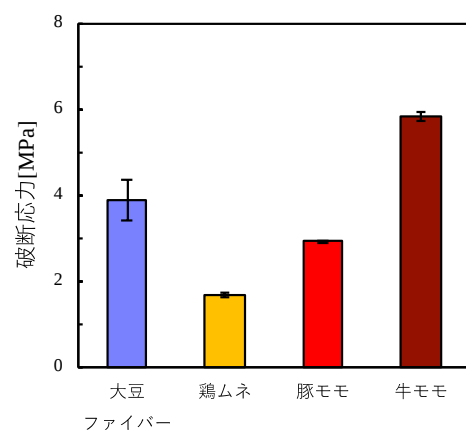


Fig. 2. 平均繊維径と含水率
(凍結融解前後の変化)

②構造体の作製手法開発（凍結構造体）

凍結過程で形成する氷結晶は、マイクロメートルオーダーの組織構造を形成するため、これを利用して組織状構造をゲル中に付与することをめざした。凍結速度は組織構造の形成に

A イノベーション創出に向けた活動実績

4 研究開発テーマの成果

大きな影響を与える因子と考えられることより、緩慢および急速の各凍結条件を設定した。凍結庫の温度を -10°C または -30°C に設定して凍結させた場合、それぞれ緩慢と急速な凍結条件を設定できた。また、シリコン型上部への断熱用発泡スチロール板の設置によって、より緩慢な凍結条件を設定できていることも確認できる。作製した試料断面を観察したところ、一度目の凍結を適用しても、いずれの条件においても視認可能な組織構造の形成は認められなかった。一方、二度目の凍結の適用により、顕著な組織構造の形成が視認でき (Fig. 3)、より緩慢な凍結を適用することで、より大きな気孔構造の形成に繋がることが示唆される。一度目の凍結による氷結晶成長は、大豆粉+油+アルギン酸ナトリウムを主成分とするスラリー中で起こるのに対し、二度目の凍結においてはすでにゲル化した試料中で進行する結晶成長であるという違いがある。一度目の凍結が二度目の凍結時の構造形成に影響を与えていることは考えられたが、様々な試行結果より、組織構造の形成に大きな影響を与えるのは大豆粉の物性と、そのスラリー中の濃度であることが示唆された。Fig. 3にその例を示すように、大豆粉AとBは可溶性タンパク質含量やゲル化能に違いがあるが、不溶性成分が多く、ゲル化能が低い大豆粉Aほど、凍結による組織構造の形成をさせやすいことが分かる。また、スラリー中の大豆粉の濃度も重要な因子であり、視認容易なレベルの構造形成のために最適な濃度があることが分かる。今回採択した大豆粉では、原料スラリー中の重量濃度として10%程度が最適であった。

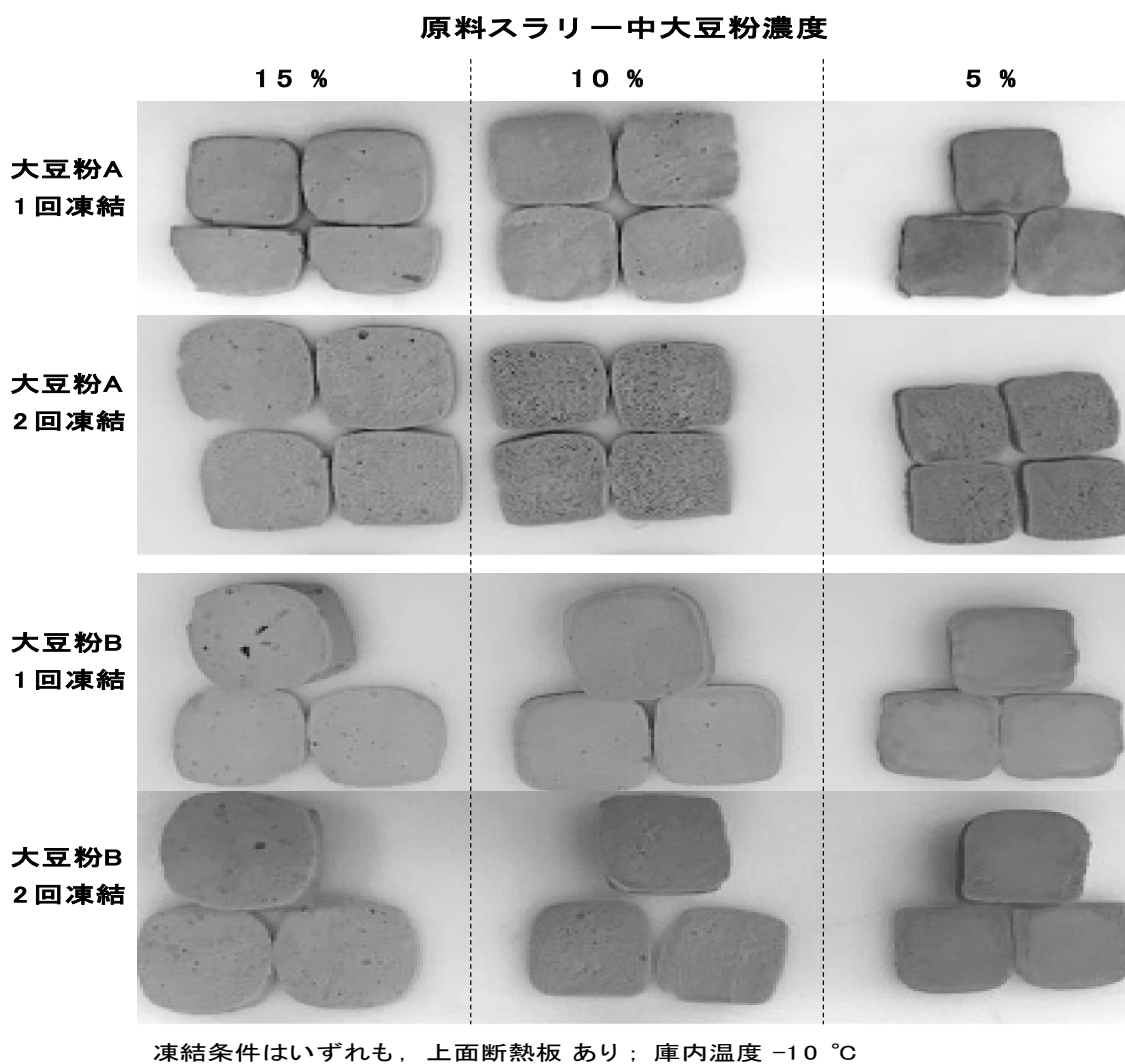


Fig. 3. 凍結ゲルブロックの組織形成に与える大豆粉種類、濃度の影響

③調理後の官能評価および理化学的評価

A イノベーション創出に向けた活動実績

4 研究開発テーマの成果

開発品の調理後の物性測定と官能評価を行い、これらの結果を畜肉と比較した。180℃における焼成調理後、試料の肉温が室温になってから官能評価試験を実施し、硬さ、噛み応え、ジューシー感、繊維感、食感についての総合評価について比較した。奈良女子大学学生・教職員9名（20～30代：女性）により構成されるパネリストにより、テクスチャーの総合的な評価（肉として好ましい食感であるか）を順位法で評価した。試料にはランダムなアルファベット記号を割り当て、被験者に提供した。焼成方法と同じ方法で焼成後、室温に15分程度置き、中心温度が室温になってから提供した。試料間には水で口をゆすぐように指示をした。

ここでの検討で明らかとなったのは、まず、繊維と凍結ゲルを融合させる本開発独自の手法が、肉様の物性の創出にプラスに作用していることであり、特にジューシー感の演出に強く寄与していることである（Fig. 4）。官能評価の結果も一般畜肉と遜色ないレベルを実現できている（Fig. 5）。

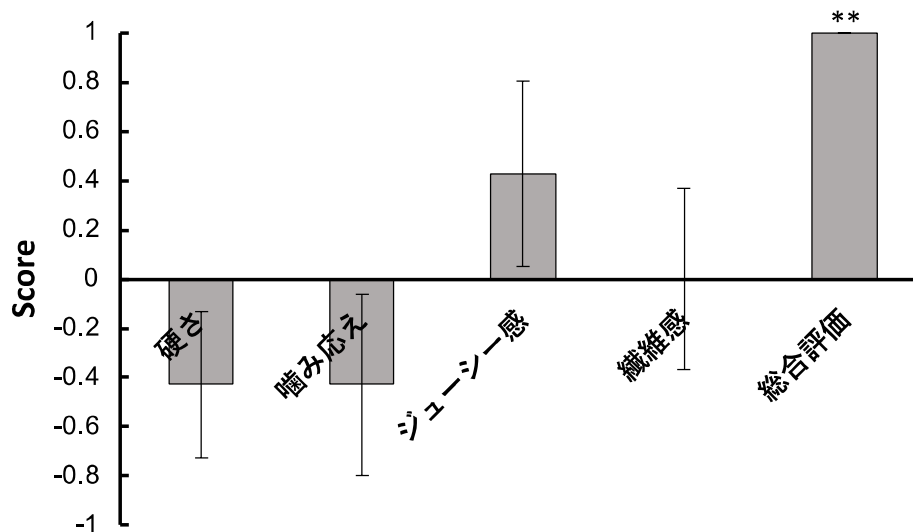


Fig. 4. 大豆たんぱく質含有繊維の有無が官能評価に及ぼす影響

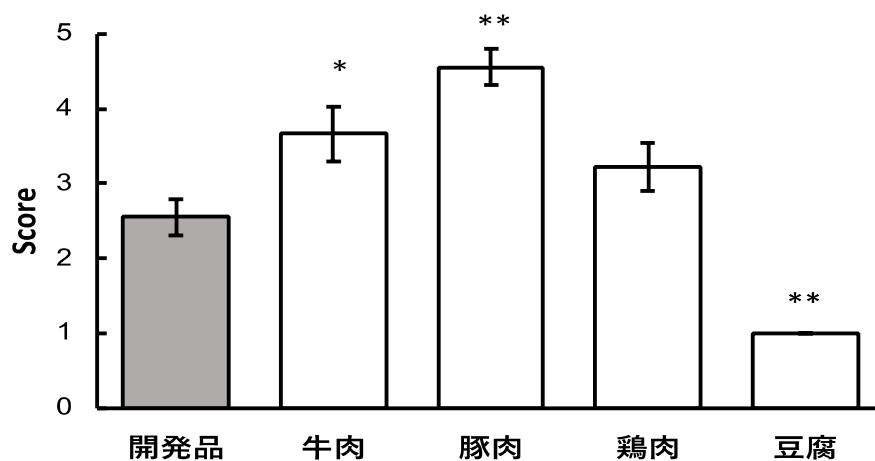


Fig. 5. 順位法による官能評価（テクスチャーの総合評価）

A イノベーション創出に向けた活動実績

4 研究開発テーマの成果

(5) 今後の課題と対応方針

2018年に大塚食品が「ゼロミート」ブランドでハンバーグタイプを発売し、日本に植物性代替肉コンセプトを持ち込んだ。その後ソーセージタイプ、ハムタイプと上市し、消費量の多い肉加工品カテゴリーに進出してきている。ハム・ソーセージメーカーもこれに追従し、2020年春に日本ハム、伊藤ハムが一般市場に参入し、スーパーでのコーナー化、生活者へのカテゴリー認知の上昇が期待される。複数のプレーヤー、ブランドが競合する市場において、競合優位を築き消費者に選ばれるブランドとするために、顧客のセグメンテーション（本プロジェクトにおいては、女性と高齢者）、ターゲット層に合わせた製品仕様、健康・栄養価値付与と食味食感の実現が求められる。本開発グループでは、ターゲットとしている若年層（特に若い女性）、妊娠期女性、高齢者に起こりうる栄養課題を考慮し、栄養機能食品の対象となる栄養成分をリストアップした。ここから鉄、葉酸を特に付与すべき栄養素と設定し、開発品に内包させる試みを実施している。

一方、本開発で確立した製造工程を商業ラインにて実現させるべく、商業化可能ラインの候補リスト化、Pros&Cons評価、コスト試算などを重ねて候補選定を進めている。想定される生産工程全てを同一施設で製造できるラインは存在せず、現状では横持ちも考慮に入れたライン組み合わせの設計を検討している。

(6) その他特記事項

知財申請の遅れによって滞っていた広報活動・对外発表などを2022年から進める。

A イノベーション創出に向けた活動実績

4 研究開発テーマの成果

4.2.2.2 スマートライスの開発

テーマリーダー（氏名、所属、役職）	： 藤尾益造（株）神明 取締役専務執行役員
サブテーマリーダー（氏名、所属、役職）	： 吉川貴徳 京都大学 農学研究科 助教
研究開発実施期間	： 令和2(2020)年度～令和3(2021)年度
参画機関	： (株)神明

(1) テーマの概要と目指すべき将来の姿（拠点ビジョン）との関係

日本人一人当たりのタンパク質摂取量は減少傾向にあり、平成28年度の統計においては平均摂取量が63.2g/日と、1950年代の水準にまで低下している。タンパク質はヒトの体を構成する主要成分であり、特に体内で合成できない必須アミノ酸は食物以外より補給することができない。このようなアミノ酸が不足すると、1) 筋肉量の低下による基礎代謝量の低下を引き起こし、肥満になりやすくなる、2) 免疫力が低下し、病気にかかりやすくなる、3) 爪や髪や骨などが弱くなり、体の老化を促進するなど、QOL (Quality of Life) を著しく低下させる。したがって、食物から適切なタンパク質を摂取することは、成長期の小児から高齢者に至るまでのすべての国民の健康維持に必要不可欠である。

我々の食生活における主なタンパク質の供給源は肉や魚などの畜産・水産物であるが、これらの動物性タンパク質は生産効率が極めて悪く、牛肉1kgを生産するのに必要とされる穀物は10kgにも及ぶ。国土の約3分の2を山林が占める我が国では海外のように農業を大規模化することが困難であり、また栽培の容易な遺伝子組換え作物に対する国民の受容性の低さなどから営農に要するコストが高くなる。そのため、家畜にとってのタンパク源となる濃厚飼料の約90%を輸入に依存しているのが現状である。しかし近年、1) 主な飼料輸出国であるアメリカ、オーストラリアにおける大干ばつ、2) 発展途上国の経済発展による農作物の輸入増、3) 化石燃料価格の高騰などにより、輸入飼料の価格が10年で約3倍に高騰し、動物性タンパク質を安定的に生産することが困難となりつつある。そのため、畜産・水産物に代わる新たなタンパク源を確保することは喫緊の課題である。

食料自給率38%の我が国において、米（イネ）は栽培法が確立され、最も機械化が進んだ安定的に100%自給できる作物である。米は約80%が炭水化物（デンプン）であり、主食として高い利用価値を有する一方、タンパク質含量は7～8%と低い。したがって、米のタンパク質含量を高めることは安定的なタンパク源を創出し、我が国のみならず世界の栄養失調や健康問題に対する一助となることが期待される。本研究は誰もが高いQOLを実感し、安心して健康に過ごすことができる社会の実現を目的に、申請者らが世界で初めて発見した活性型転移因子^{注1} “mPing (miniature Ping)” を用いてタンパク質含量を向上させた高タンパク質含量米 “スマートライス” を育成し、社会への実装を試みる。

（注1：ゲノム上の位置を移動することができる塩基配列）

(2) 想定する製品・サービスについて（担い手、社会的インパクト・経済的インパクト）

本課題では申請者らがこれまでに蓄積してきた育種学的知見を活用し、一般的な米よりタンパク質含量を向上させた栄養価の高い “スマートライス” を育成する。元来、米はコムギやトウモロコシよりアミノ酸スコアが高く、必須アミノ酸をバランスよく含んでいる。また、一年で一人当たり平均60kg消費することから、肉魚に次ぐ第三のタンパク供給源となっている。したがって、貯蔵タンパク質含量を向上させることにより米は有用かつ実用的なタンパク源となり、主食用の炊飯米や加工食品といった形で手軽に生活に取り入れられる品種の育成を目指す。品種育成は2020年度より着手し、2024年度には育成系統の完成を目指す。品種育成後1年目に候補品種の玄米100kgを使用して株式会社神明社内分析（食味分析・機器を使用した分析）を行い、販売先候補を選定する。2年目に1年目の分析結果を参考に提案営業、2年目結果をもとに、種籾増産圃場を検討する。3年目以降は、提案営業の進歩をもとに種籾増産・販売数量の増加を検討する。

主要な顧客層としては、食事量が減少して栄養摂取が不足気味な高齢者や健康意識の高い若

4 研究開発テーマの成果

い女性などを想定している。これまでの知見により米のタンパク含量向上に伴い糖質（デンプン）含量が低下する傾向が認められているため、スマートライスは「高タンパク低糖質」となり体重の増加を懸念する女性が受け入れられやすい特色を有すると期待される。

米は我が国の主食であることから米飯市場規模は 2.4 兆円（2016 年度）にものぼるが、いずれも食味を追求した品種が多く、栄養価に焦点を当てた商品は少ない。特に、タンパクは米の食味を悪くすることから、品種改良や栽培法により 6~7%程度に調整されているため、スマートライスのような高タンパクを特徴とした商品は皆無である。したがって、高タンパクというユニークな特徴を活かすことにより、新たな食感や加工食品の用途を展開し、高栄養価かつ高いオリジナリティのある商品展開が期待される。

(3) 研究開発期間終了時の達成目標

本研究ではスマートライスの社会実装を目指して、1) 高タンパク系統の育成、2) 加工調理法の開発、の 2 点を目標に設定している。参画機関のうち、1) を京都大学が、2) を株式会社神明が担当する。これまでの取り組みにより同定された高タンパク在来種（唐干、Surjamukhi）はいずれもタンパク含量が 10%を超える有用な遺伝資源であるものの、草丈が高くて倒伏しやすく、収量も十分ではない。そこで、申請者らが同定した *mPing* 転移に由来する高タンパク変異系統（HP5-7、HP7-5）と交配し、分子マーカー^{注2}を用いた効率的な選抜および室内栽培法による高速世代促進を繰り返して 2024 年には育成系統の完成を目指す。目標値としては、少量でも十分なタンパク量を摂取できるよう、玄米中のタンパク含量を 14%以上に向上させる。さらに、倒伏防止のため草丈を 130cm 以下に抑え、コシヒカリ並みに収量が取れる品種の育成を試みる。近年、日本人一人当たりの米の消費量は減少傾向である一方、その簡便さや個食化などの社会的背景からパックごはんの需要はこの 10 年増加し続けている。パックごはんは働く若い女性や一人暮らしの高齢者などが生活に取り入れやすい商品形態であることから、パックごはんを中心とした加工食品の開発を行い、スマートライスの社会実装を目指す。

（注 2：遺伝子型の目印となる DNA 断片）

(4) 主な成果と達成状況

高タンパク変異の原因解明

本研究開発で用いている高タンパク変異系統（HP5-7、HP7-5）は *mPing* というトランスポゾンの転移により生じた新規変異体である。変異の原因となった *mPing* を特定するためにはゲノム内における *mPing* 挿入部位の特定が必要不可欠である。そこで、岡山大学の門田有希准教授との共同研究により、*mPing* 挿入部位を Miseq でシークエンスし、Multiple Blast 解析により位置を特定する手法を開発した（図 1a）。この手法は門田准教授が既に他の植物で実用化されている技術をさらに発展させたものであるが、その結果の再現性を検証するために今回新たなワークフローを構築した（図 1b）。共同開発した手法（クラスタリングベース）を用いて HP5-7、HP7-5 および対照区（C3-1）におけるゲノム内の *mPing* 挿入部位を決定したところ、C3-1 では 583 箇所、HP5-7 では 589 箇所、HP7-5 では 495 箇所の挿入部位を特定することができた（図 2a）。この結果を検証するため、新規開発手法（マッピングベース）で同様に *mPing* 挿入部位を特定して 2 つの結果を比較したところ、両者のマッチング率は 94.7%~97.1%と非常に高く、高い再現性を確認することができた（図 2a）。さらに、マッチングしなかった部位においてもシークエンスリードの存在を確認したところ、最終的に 97.8%~98.5%の挿入部位の信頼性が高いと判断され、C3-1 では 570 箇所、HP5-7 では 580 箇所、HP7-5 では 485 箇所を *mPing* 挿入部位と

A イノベーション創出に向けた活動実績

4 研究開発テーマの成果

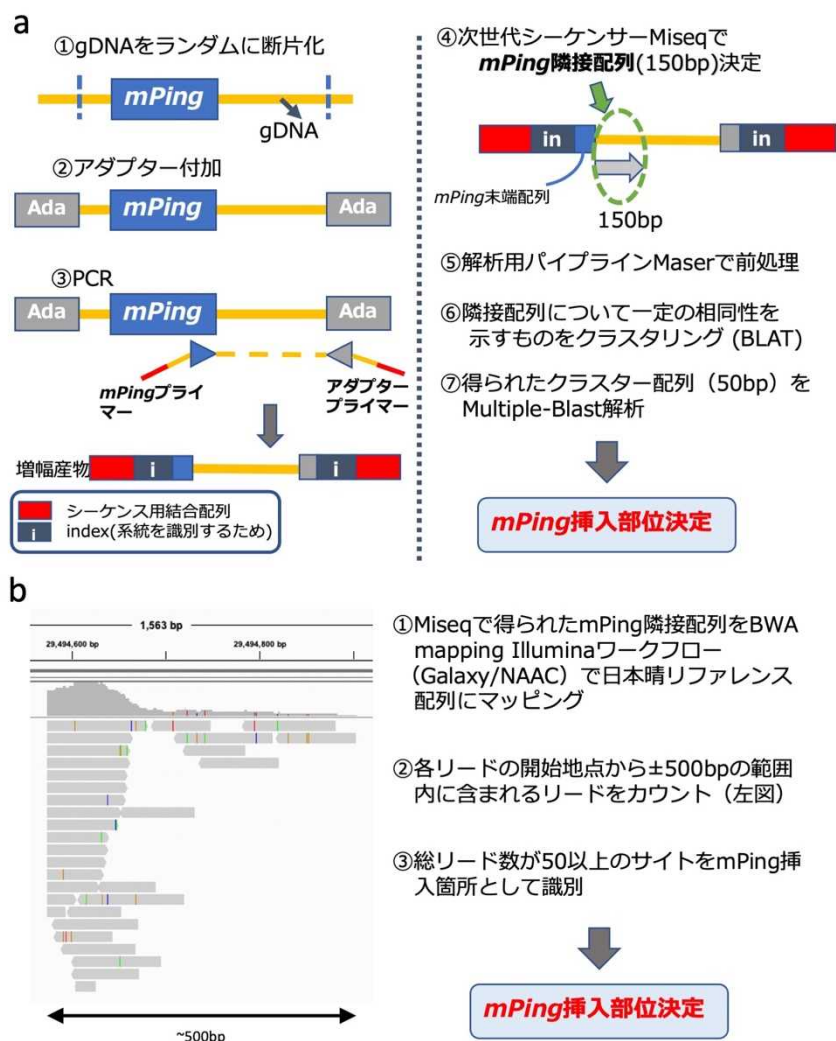


図1 mPing挿入部位特定のワークフロー。

mPing隣接配列をMiseqでシーケンスし、クラスタリングベースで挿入部位を決定するワークフロー (a) およびマッピングベースで決定するワークフロー (b)。

a

系統名	C3-1	HP5-7	HP7-5
クラスタリングベースのmPing挿入箇所	583	589	495
マッピングベースと共通していた部位	552	572	478
マッピングベースではヒットしなかったが、シーケンスリードが存在していた部位	18	8	7
Blast解析で位置が特定できなかったクラスター	13	9	10
マッピングベースとのマッチング率 (%)	94.7	97.1	96.6
挿入位置を特定できたサイト率 (%)	97.8	98.5	98.0

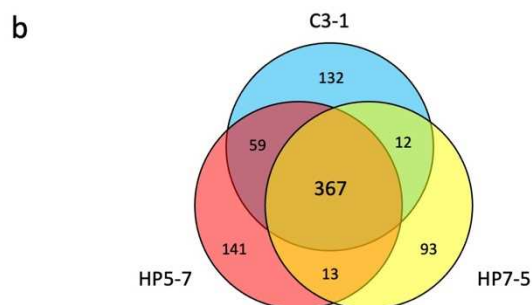


図2 ワークフロー間および系統間におけるmPing挿入部位の比較。

クラスタリングベースとマッピングベースによるmPing挿入部位の比較 (a) およびクラスタリングベースで特定されたmPing挿入部位の系統間比較 (b)。

して結論づけた。各系統間における挿入部位の共通性を比較したところ、3 系統全てに共通す

A イノベーション創出に向けた活動実績

4 研究開発テーマの成果

る挿入部位が 367 箇所であった（図 2b）。一方、HP5-7 固有の挿入部位が 141 箇所、HP7-5 固有の挿入部位が 93 箇所あり、HP5-7 と HP7-5 のみに共通する挿入部位が 13 箇所であった。したがって、これら高タンパク変異系統の原因 *mPing* 挿入はこの中に含まれているものと期待される。

そこで、遺伝子内部や近傍に挿入された *mPing* を抽出するため、ゲノムを遺伝子内部（In gene）、遺伝子近傍（Near gene）、遺伝子間（Inter gene）の 3 領域に分類し、各領域の全長を計算した。その結果、遺伝子内部領域はイネゲノム全体の 27.5%、遺伝子近傍領域は 31.0%、遺伝子間領域は 41.5%を占めることが明らかになった。これらの領域において、各系統の *mPing* 挿入がどのように分布しているか調査したところ、遺伝子内部領域は 14.0%~14.6%、遺伝子近傍領域は 52.8%~55.7%、遺伝子間領域は 30.3%~32.8%であることが明らかになった。ゲノムにおいて各領域の占める割合と比較した結果、遺伝子内部および遺伝子間領域では *mPing* 挿入頻度は実際の領域の割合よりも有意に低く、遺伝子近傍領域では逆に高かった。したがって、*mPing* は他の領域と比較して遺伝子近傍領域に優先的に挿入する特徴を有することが明らかになった。また、各領域への *mPing* 挿入頻度は染色体ごとに明確に異なった傾向を示し、遺伝子内部へは第 8 染色体が他より明確に高い傾向を示した一方、遺伝子間領域へは第 9 染色体、第 11 染色体が他より高い傾向を示した。このような染色体ごとの異なる挙動についても、*mPing* 挿入部位の嗜好性に関する未知のメカニズムが潜むと考えられる。

表 1 HP5-7系統固有の*mPing*が内部に挿入した遺伝子。

Gene ID	Annotation
Os01g0725800	WD40/YVTN repeat-like domain containing protein. (Os010725800-01)
Os01g0731800	Zinc finger%2C RING/YFVE/PHD-type domain containing protein. (Os010731800-01)%3BHypothetical conserved gene. (Os010731800-02)
Os02g0516400	WW domain protein%2C Regulation of cuticle development (Os020516400-01)
Os02g0687600	Hypothetical protein. (Os020687600-01)
Os02g0745200	Hypothetical gene. (Os020745200-01)%3BHypothetical gene. (Os020745200-02)
Os02g0769500	Similar to ER6 protein (Fragment). (Os020769500-01)
Os03g0171600	F-box protein containing a Kelch repeat motif%2C Regulation of leaf senescence%2C seed size and grain number (Os030171600-01)%3BKelch-type beta propeller domain containing protein. (Os030171600-02)%3BSimilar to kelch motif family protein. (Os030171600-03)
Os03g0268400	Similar to Mannose-1-phosphate guanylyltransferase (EC 2.7.7.13) (ATP-mannose-1-phosphate guanylyltransferase) (GDP-mannose pyrophosphorylase) (NDP-hexose pyrophosphorylase). (Os030268400-01)%3BSimilar to GDP-D-mannose pyrophosphorylase. (Os030268400-02)
Os03g0268450	Conserved hypothetical protein. (Os030268450-00)
Os03g0700700	Similar to Lipoygenase (Fragment). (Os030700700-01)%3BSimilar to Lipoygenase. (Os030700700-02)%3BSimilar to Lipoygenase. (Os030700700-03)%3BSimilar to Lipoygenase. (Os030700700-04)
Os05g0276500	Expansin Os-EXPA3. (Os050276500-01)
Os05g0276750	Hypothetical protein. (Os050276750-00)
Os06g0223200	Similar to predicted protein. (Os060223200-00)
Os07g0512200	Core component of an autophagy gene%2C Nitrogen use efficiency and yield (Os070512200-01)
Os07g0503200	Hypothetical protein. (Os070503200-01)%3BHypothetical protein. (Os070503200-02)%3BHypothetical protein. (Os070503200-03)
Os07g0503300	UDP-glucuronosyl/UDP-glucosyltransferase family protein. (Os070503300-01)%3BUDP-glucuronosyl/UDP-glucosyltransferase family protein. (Os070503300-02)
Os08g0171800	Protein of unknown function DUF617%2C plant family protein. (Os080171800-01)
Os08g0100400	Zinc finger%2C RING-CH-type domain containing protein. (Os080100400-01)%3BHypothetical conserved gene. (Os080100400-02)
Os11g0507300	Similar to GRAS family transcription factor containing protein. (Os110507300-00)
Os11g0499600	Hydroxysteroid dehydrogenase%2C Cuticle formation%2C Lipid homeostasis%2C Submergence tolerance (Os110499600-01)%3BSimilar to cis-2%2C3-dihydroxyphenyl-2%2C3-diol dehydrogenase. (Os110499600-02)
Os12g0268100	Hypothetical protein. (Os120268100-01)
Os12g0604300	Hypothetical gene. (Os120604300-01)
Os04g0557800	Similar to R-type basic helix-loop-helix protein. (Os040557800-00)
Os03g0626700	Multi antimicrobial extrusion protein MatE family protein. (Os030626700-01)

mPing が遺伝子の機能を改変するメカニズムとして、1) 遺伝子内部に挿入して機能を破壊する、2) 遺伝子近傍に挿入して発現量を変える、の 2 種類が挙げられる。まずは 1) の可能性を調査するため、HP5-7 固有の *mPing* が内部に挿入された遺伝子を抽出した結果、24 遺伝子を得ることができた（表 1）。同様に HP7-5 についても解析したところ、17 遺伝子を得ることができた（表 2）。これら遺伝子の中には、粒重や粒数の制御に関わる遺伝子（*Os03g0171600*）や窒素の利用効率に関わる遺伝子（*Os07g0512200*）などが含まれており、高タンパク変異系統の候補遺伝子である可能性が示唆される。次に 2) の可能性を調査するため、受粉後 7 日目の未熟種子由来の total RNA を用いて RNA seq 解析を行った。得られたシークエンス結果より各遺伝子の発

表 2 HP7-5系統固有の*mPing*が内部に挿入した遺伝子。

Gene ID	Annotation
Os06g0234630	Similar to Inositol phosphate kinase. (Os060234630-00)
Os01g0871800	TGF-beta receptor%2C type I/II extracellular region family protein. (Os010871800-01)
Os09g0553300	NUDIX hydrolase domain containing protein. (Os090553300-01)
Os04g0434500	Homeodomain-related domain containing protein. (Os040434500-00)
Os11g0499600	Hydroxysteroid dehydrogenase%2C Cuticle formation%2C Lipid homeostasis%2C Submergence tolerance (Os110499600-01)%3BSimilar to cis-2%2C3-dihydroxyphenyl-2%2C3-diol dehydrogenase. (Os110499600-02)
Os02g0625500	Similar to Adenosine kinase-like protein (Fragment). (Os020625500-01)%3BSimilar to Adenosine kinase-like protein (Fragment). (Os020625500-02)
Os09g0416501	Conserved hypothetical protein. (Os090416501-01)
Os01g0155200	Similar to H0525E10.8 protein. (Os010155200-00)
Os08g0544700	Hypothetical protein. (Os080544700-01)
Os10g0457700	Similar to chromatin remodeling complex subunit. (Os100457700-01)
Os01g0260500	Hypothetical conserved gene. (Os010260500-01)
Os12g0430000	Hypothetical conserved gene. (Os120430000-00)
Os08g0233900	Conserved hypothetical protein. (Os080233900-01)
Os01g0349600	Hypothetical protein. (Os010349600-01)
Os08g0260400	Conserved hypothetical protein. (Os080260400-00)
Os07g0574400	Hypothetical gene. (Os070574400-01)
Os03g0158700	Similar to PA domain containing protein%2C expressed. (Os030158700-01)%3BSimilar to P69C protein. (Os030158700-02)

A イノベーション創出に向けた活動実績

4 研究開発テーマの成果

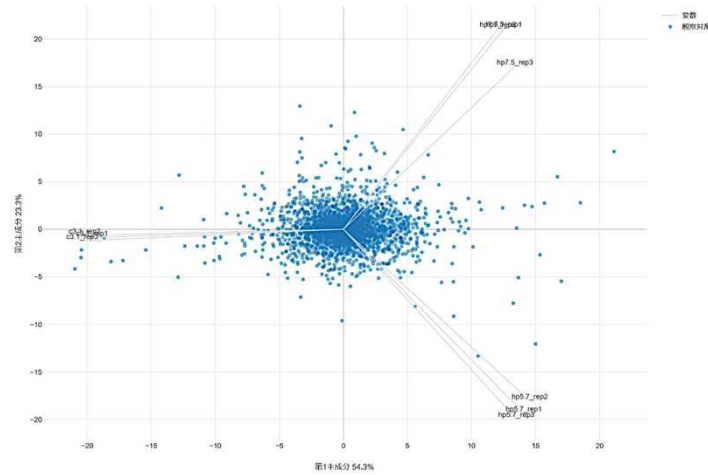


図3 各系統の受粉後7日目未熟種子中における全遺伝子発現量の主成分分析。

現量を算出し、標準化を行ったのちに主成分分析を行った（図3）。主要な2成分（第1成分、第2成分）についてプロットを行ったところ、HP5-7、HP7-5は第1成分が正方向、C3-1は負方向に分布していたことから、第1成分はタンパク含量の増減を説明する成分であると考えられた。第2成分に関しては、HP7-5が正方向、HP5-7が負方向に分布していたことから、両系統の発現変動の差異を説明する成分であると考えられた。これらの結果はタンパク含量と関連する

表3 高タンパク変異体に共通して発現量が向上した遺伝子のエンリッチメント解析。

Enrichment FDR	nGenes	Pathway Genes	Fold Enrichment	Pathway
1.43E-30	19	31	86.07	Cys-rich Gladin N-terminal
3.33E-17	20	146	19.24	Bifunctional inhibitor/plant lipid transfer protein/seed storage helical domain
1.64E-12	13	71	25.71	mixed, incl. Seed storage protein, and Cys-rich Gladin N-terminal
4.92E-12	16	149	15.08	Bifunctional inhibitor/plant lipid transfer protein/seed storage helical domain superfamily
7.05E-12	13	82	22.26	mixed, incl. Seed storage protein, and Cys-rich Gladin N-terminal
8.85E-12	12	65	25.93	mixed, incl. Seed storage protein, and Cys-rich Gladin N-terminal
2.93E-10	13	111	16.45	mixed, incl. Seed storage protein, and Cys-rich Gladin N-terminal
1.28E-09	13	126	14.49	mixed, incl. Seed storage protein, and Cys-rich Gladin N-terminal
2.48E-09	8	28	40.12	Cys-rich Gladin N-terminal, and Seed storage protein
3.50E-09	7	18	54.61	Cys-rich Gladin N-terminal, and Seed storage protein
1.37E-08	6	12	70.22	Cys-rich Gladin N-terminal, and Alpha-amylase inhibitor/seed allergen
4.19E-08	5	7	100.31	Gladin/LMW glutenin
2.56E-07	13	200	9.13	mixed, incl. Bifunctional inhibitor/plant lipid transfer protein/seed storage helical domain superfamily, and Cupin
2.72E-05	8	90	12.48	Protease inhibitor/seed storage/LTP family
3.20E-05	9	127	9.95	Plant lipid transfer protein / seed storage protein / trypsin-alpha amylase inhibitor domain family
0.00603623	3	6	70.22	mixed, incl. Alpha-amylase inhibitor/seed allergen, and Pyrrolidone carboxylic acid
0.001425745	4	24	23.41	mixed, incl. Seed storage protein, and Cereal seed allergen/trypsin and alpha-amylase inhibitor, conserved site
0.001425745	4	23	24.42	heat shock factor
0.001425745	4	24	23.41	Heat shock factor (HSF)-type, DNA-binding
0.001425745	4	23	24.42	Seed storage protein
0.001425745	4	23	24.42	Storage protein
0.001425745	4	24	23.41	HSF-type DNA-binding
0.001425745	4	24	23.41	heat shock factor
0.001617512	4	25	22.47	Heat shock transcription factor family
0.0024715	4	28	20.08	heat shock factor
0.004618457	4	33	17.02	mixed, incl. Seed storage protein, and Cereal seed allergen/trypsin and alpha-amylase inhibitor, conserved site
0.004666628	3	13	32.41	Seed storage protein, and Alpha-amylase inhibitor/seed allergen
0.004666628	4	34	16.52	heat shock factor, and Glycogen synthase kinase 3, catalytic domain
0.004666628	3	13	32.41	aleurone grain
0.012328907	3	18	23.41	mixed, incl. Seed storage protein, and Cereal seed allergen/trypsin and alpha-amylase inhibitor, conserved site

遺伝子発現変動の多くがHP5-7とHP7-5において共通した挙動をとることを示唆すると考えられる。そこで、C3-1と比較してHP5-7、HP7-5において共通して発現が上昇していた遺伝子を抽出し、エンリッチメント解析を行ったところ、種子貯蔵タンパク質の合成や輸送に関する経路への濃縮が認められた（表3）。一方、同様に共通して発現が減少していた遺伝子のエンリッチ

表4 高タンパク変異体に共通して発現量が減少した遺伝子のエンリッチメント解析。

Enrichment FDR	nGenes	Pathway Genes	Fold Enrichment	Pathway
4.58E-85	75	114	23.95	mixed, incl. Photosynthesis, and Thylakoid
1.51E-84	83	153	19.75	mixed, incl. Photosynthesis, and Thylakoid
2.14E-83	80	142	20.51	mixed, incl. Photosynthesis, and Thylakoid
2.41E-82	88	189	16.95	mixed, incl. Thylakoid, and Photosynthesis
5.09E-82	86	179	17.49	mixed, incl. Thylakoid, and Photosynthesis
1.05E-80	61	73	30.42	mixed, incl. Photosynthesis, and Photosynthesis - antenna proteins
3.04E-73	55	65	30.80	mixed, incl. Photosynthesis, and Photosynthesis - antenna proteins
5.88E-48	35	39	32.67	Photosystem I, and Photosynthesis
1.99E-43	29	29	36.40	Photosystem I, and Photosynthesis
3.23E-27	27	48	20.47	Photosynthesis
1.09E-23	61	422	5.26	Chloroplast
1.14E-23	61	423	5.25	Plastid
2.65E-23	19	24	28.82	mixed, incl. gluconeogenesis, and Cyanobacterial aminoacyl-tRNA synthetase, CAAD domain
3.42E-23	27	63	15.60	Thylakoid
4.28E-21	17	21	29.47	Chlorophyll A-B binding protein
4.28E-21	16	18	32.35	Chlorophyll a/b binding domain superfamily
1.73E-20	17	22	28.13	Chlorophyll A-B binding protein
1.24E-19	15	17	32.12	Photosystem I
4.92E-19	14	15	33.97	Chlorophyll A-B binding protein, plant
3.64E-18	14	16	31.85	Chlorophyll
9.16E-17	16	26	22.40	Photosystem II
1.39E-15	11	11	36.40	Photosystem II, and Photosystem II PsbX
1.39E-15	11	11	36.40	mixed, incl. Photosystem I psaG / psaK, and Photosystem I
1.82E-15	15	25	21.84	Chromophore
3.00E-15	12	14	31.20	mixed, incl. Cyanobacterial aminoacyl-tRNA synthetase, CAAD domain, and TPM domain
5.77E-14	20	64	11.37	photosynthetic membrane
5.77E-14	20	64	11.37	thylakoid membrane
9.14E-14	21	74	10.33	thylakoid
2.43E-13	72	911	2.88	Oxidoreductase
2.98E-13	19	61	11.34	chloroplast thylakoid membrane

A イノベーション創出に向けた活動実績

4 研究開発テーマの成果

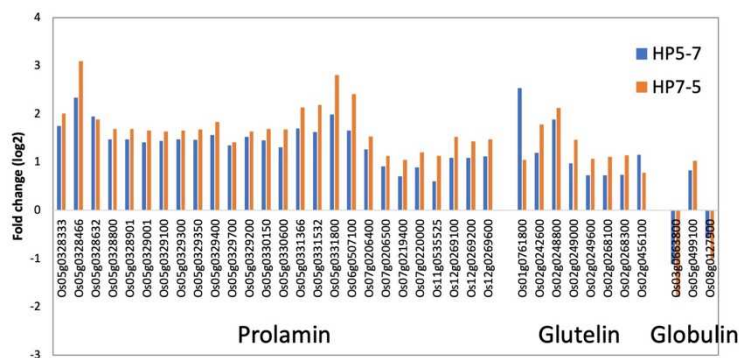


図4 高タンパク変異体の受粉7日目未熟種子における貯蔵タンパク質遺伝子の発現変動。
対照区 (C3-1) の発現量と比較した際のFold change (log2)を算出した。

メント解析を行った結果、光合成や炭素固定に関わる経路への濃縮が認められた（表4）。これらの結果から、高タンパク変異系統では、種子貯蔵タンパク質の合成や輸送が活性化されている一方で、光合成や炭素固定活性が減少していることが示唆された。これらの結果を確認するために種子貯蔵タンパク質をコードする遺伝子の発現量を比較したところ（図4）、高タンパク変異系統では2つのグロブリン遺伝子以外の全ての遺伝子がC3-1より高発現しており、タンパク質の合成活性が遺伝子の発現レベルで向上していることが明らかになった。

表5 高タンパク変異体において近傍および内部にmPing挿入を有する発現変動遺伝子。

Gene ID	HP5-7 log2FC	HP7-5 log2FC	mPing location	Annotation
Os01g0625300	-5.33		Near gene	Similar to Heat shock transcription factor 31 (Fragment).
Os02g0543000	-1.02		Near gene	Abscisic stress ripening protein 1.
Os02g0755900	-1.33		Near gene	UDP-glucuronosyl/UDP-glucosyltransferase domain containing protein.
Os03g0360600	-1.62		Near gene	Mitochondrial transcription termination factor-related family protein.
Os04g0509600	-2.25		Near gene	Ammonium transporter, Ammonium uptake, Ammonium transport.
Os05g0408900	-2.11		Near gene	Similar to 1-deoxy-D-xylulose-5-phosphate synthase.
Os07g0166700	-1.29		Near gene	Similar to Transmembrane protein kinase.
Os07g0527750	-1.80		Near gene	Hypothetical gene.
Os08g0406600	-5.82		Near gene	Kelch related domain containing protein.
Os09g0486700	-1.09		Near gene	Similar to P90 ribosomal S6 kinase.
Os10g0532150	1.06		Near gene	Similar to Amine oxidase, flavin-containing family protein, expressed.
Os03g0758551	-1.28	-1.07	Near gene	Hypothetical conserved gene.
Os01g0209700		-6.39	Near gene	Similar to GA 2-oxidase 5.
Os02g0505700		-2.51	Near gene	Hypothetical protein.
Os02g0613100		-6.05	Near gene	Hypothetical conserved gene.
Os02g0818900		-5.45	Near gene	Heavy metal transport/detoxification protein domain containing protein.
Os04g0415100		5.98	Near gene	Protein of unknown function DUF623, plant domain containing protein.
Os05g0548900		-1.86	Near gene	Similar to Phosphoethanolamine methyltransferase.
Os07g0669700		-1.23	Near gene	Potassium transporter 4 (AtPOT4) (AtKUP3) (AtKT4).
Os08g0233900		-7.27	In gene	Conserved hypothetical protein.
Os08g0260400		-1.63	In gene	Conserved hypothetical protein.
Os08g0342300		-1.70	Near gene	BR receptor kinase, Brassinosteroid (BR) perception in the root.
Os08g0431700		-1.02	Near gene	Hypothetical protein.

トランスクリプトームの変動に関与する *mPing* を同定するため、HP5-7 および HP7-5 固有および共通の *mPing* 挿入が近傍に存在する遺伝子のうち、HP5-7 および HP7-5 において発現量が変動していた遺伝子を抽出したところ、23 遺伝子を得ることができた（表5）。これらの遺伝子には、多糖類の合成に関与する遺伝子（*Os02g0755900*）やリン酸の輸送に関する遺伝子（*Os07g0669700*）などが含まれており、高タンパク変異系統の候補遺伝子である可能性が示唆された。

スマートライスの育成

これまでの試験栽培により、高タンパク在来種は1）草丈が高い（易倒伏性）、2）食味が良くない（デンプン組成に起因）、3）脱粒性がある、4）短日条件下での開花が遅い、5）米に色が付いている（外観品質の低下）、6）粒形が細長い（精米時に割れやすい）などの課題が見出されてきた。そこで、在来種（唐干、Sur jamukhi）の遺伝的背景を明らかにするため、次世代シーケンサーを用いてゲノム解析を行った。その結果、草丈を制御する *SD1* 遺伝子座にインディカ型、デンプン組成を決定する *GBSSI*、*SSI1a* 遺伝子にインディカ型、脱粒性に関わる *qSH1* 遺伝子にインディカ型、開花期を制御する *HD1* 遺伝子にインディカ型（Sur jamukhi）、*Ehd1* 遺伝子にインディカ型（唐干）および新規ハプロタイプ（Sur jamukhi）、果皮色を制御する *Rc* 遺伝

A イノベーション創出に向けた活動実績

4 研究開発テーマの成果

表6 在来種における農業形質の課題と対応。

在来種の課題	→	原因（遺伝子型）	→	改善目標（遺伝子型）
草丈が高い	ゲノム解読の結果、	<i>SD1</i> 高い	分子マーカーに基づき選抜により、	<i>SD1</i> 低い
食味が悪い		<i>qJA1</i> 高い		<i>qJA1</i> 低い
種子が落ちる		<i>qJA2</i> 高い		<i>qJA2</i> 低い
開花が遅い		<i>GBSS1</i> パサパサ		<i>GBSS1</i> モチモチ
米が茶色い		<i>SSIIa</i> パサパサ		<i>SSIIa</i> モチモチ
米が細長い		<i>qSH1</i> 脱粒型		<i>qSH1</i> 非脱粒型
		<i>HD1</i> 遅い		<i>HD1</i> 早い
		<i>EHD1</i> 遅い		<i>EHD1</i> 早い
		<i>Rc</i> 着色型		<i>Rc</i> 非着色型
		<i>qJA1</i> 長い		<i>qJA1</i> 短い
		<i>qJA2</i> 長い		<i>qJA2</i> 短い

■：在来種型遺伝子 ■：日本型遺伝子

注：遺伝子型の目印となるDNA断片

子に野生イネ型（唐干）およびインディカ型（Surjamukhi）、米の長さや分蘖数を制御する *qJA1*、*qJA2* 遺伝子にインディカ型のハプロタイプを有することが明らかになった。これら在来種と交配する HP 系統の遺伝的背景は銀坊主（ジャポニカ種）であるため、前述の 9 遺伝子座には全て日本型のハプロタイプを有する。したがって、スマートライスを目指す遺伝的組み合わせは、育成系統の中からこれら 9 遺伝子座全てに日本型のハプロタイプを有する系統であると考えられた（表 6）。スマートライスの育成に向けて、HP 系統（HP5-7、HP7-5）および在来種（唐干、Surjamukhi）の交配 F₂ 世代を各 288 個体ずつ（計 1,152 個体）展開し、先述の 9 遺伝子座近傍に設計した分子マーカーを用いて一次選抜を行った（図 5）。一つの遺伝子でも在来種型を

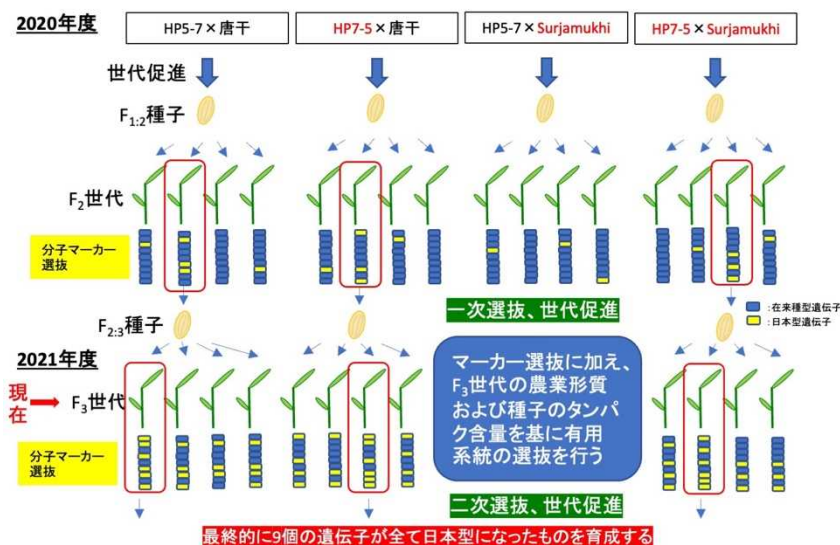


図5 スマートライス育成に向けた分枝マーカー選抜ワークフロー。

有する個体を排除した結果、HP5-7×唐干からは 6 個体、HP7-5×唐干からは 6 個体、HP5-7×Surjamukhi からは 7 個体、HP7-5×Surjamukhi からは 6 個体の F₂ 個体を得ることができた。これら F₂ 個体に着生した種子を回収し、実験圃場において F₃ 系統を計 1,143 個体展開して二次選抜を行った。二次選抜においては在来種型ハプロタイプ個体の排除に加え、日本型ハプロタイプの保有が 7 遺伝子座以上であることを追加した。その結果、HP5-7×唐干からは 27 個体、HP7-5×唐干からは 9 個体、HP5-7×Surjamukhi からは 51 個体、HP7-5×Surjamukhi からは 21 個体の F₃ 個体を得ることができた。選抜した個体の表現型を一部（米の色、米の形、草丈）調査したところ、いずれも目標とする形質に近づいており、これらの分子マーカー選抜によって理想的な農業形質を有する系統が育成されていると考えられる。選抜個体のうち、一定量種子を確保できた系統の種子タンパク質含量を定量した結果、11.50%を上回る系統が 8 系統得られ、最も高い系統（A7-7）は 17.61%であった（図 6）。ただ、A7-7 は開花が著しく遅かったため、一個体から回収された種子の全粒重が 1.35g と極めて少なく、実用的ではないと考えられる。一方、タンパク含量が 2 番目に高い B3-10 は個体当たりの全粒重が 11.99g であり、8 系統の中で最も

A イノベーション創出に向けた活動実績

4 研究開発テーマの成果

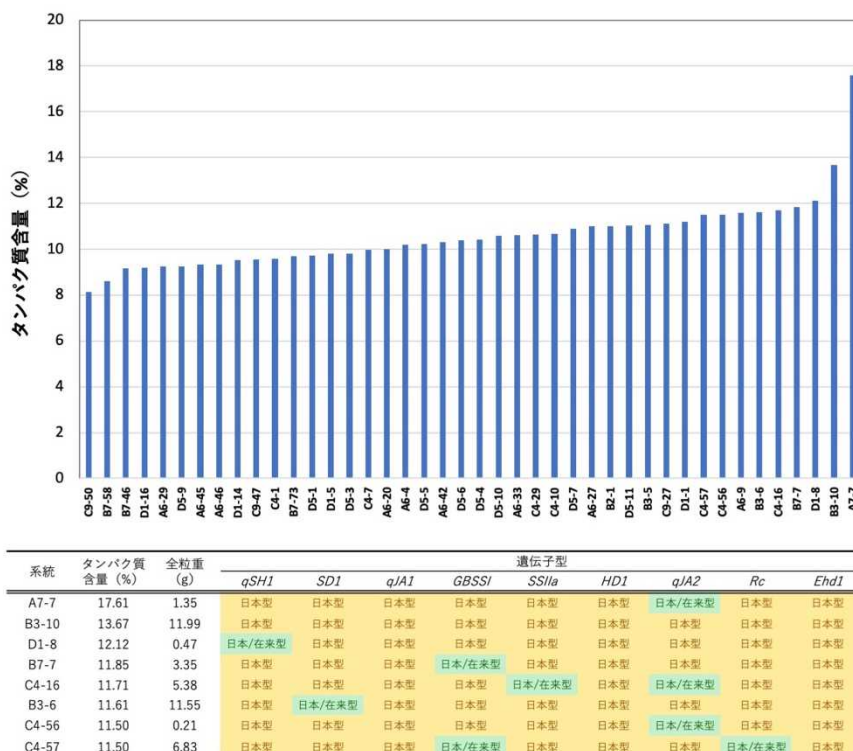


図6 スマートライスF₃系統に着生した種子中のタンパク質含量および選抜系統の遺伝子型。

高い数値であった（図6）。さらに、分子マーカー選抜を行った9遺伝子全てが日本型に固定しており、スマートライスとして有望な系統であると考えられた。

室内栽培法の開発

スマートライスの育成を加速化するため、高照度型LED人工気象機を用いた室内栽培法の開発を行った。人工気象機（LPH-411PFQDT-SPC、日本医科）は明期（1000 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ ）30℃、10時間、暗期（0 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ ）25℃、14時間、湿度70%、CO₂濃度475ppmに設定した。育苗培土として粒状培土（全農）を使用し、窒素欠乏の症状が現れた際に化成肥料（ナブラ）を追肥した。播種後3週間において屋外栽培区では第4葉期であるのに対し、室内栽培区では第6葉期に到達し、約2倍の速度で生育が進行していた。また、屋外栽培区では播種後94日で出穂した一方、室内栽培区では48日で出穂に到達し、約46日の短縮に成功した。また、参考文献（Onishi et al. (2014) About rice biotron breeding system.）では主茎一本仕立てで栽培を行っていたが、本開発ではより高い照度で実施したこともあり、分蘖からも良好な種子を得ることができた。本手法を用いることで年間5回の世代更新が可能であり、スマートライス育成の短縮化に極めて有効であると考えられた。現在は課題2で得られた有望系統の世代促進に実装している。

加工調理法の開発

京都大学の実験圃場において栽培した唐干およびSurjamukhiよりコメを収穫し、粒大ごとに4段階にグレード分けを行い（1（小）～4（大））、株式会社神明の方で詳細な成分分析および食味官能試験を実施した。基準米（秋田あきたこまち）と比較してタンパク含量は高いものの、いずれの品種・グレードも砕粒が非常に目立つ傾向があった（表7）。これは粒形が日本の品種とは大きく異なるため、ジャポニカ米用に設計された機械と合わず、種子が砕けてしまうためであると考えられる。玄米を精米し、炊飯した際の外観もやはり割れが多く、ご飯の硬さが硬いという評価が目立った。また、物性試験においても硬さが大きく、粘りが小さい傾向が認められた（図7）。炊飯した際の米飯硬化性を評価したところ、基準米と比較してセットバックが大きく、デンプンが老化しやすい傾向にあると考えられる（図7）。実際の食味官能試験におい

A イノベーション創出に向けた活動実績

4 研究開発テーマの成果

表7 高タンパク在来種の玄米および精米の成分分析.

測定項目	項目	唐干①	唐干③	唐干④	Surjamukhi①	Surjamukhi②	Surjamukhi③	Surjamukhi④	【基準米】 秋田あきたこまち
玄米成分	タンパク質(%)	11.4	10.5	10.9	11.2	11.0	10.8	11.3	14.6
	ケツO20	12.5	10.3	10.9	12.2	11.2	11.7	11.1	20.4
	精米率(%)	0.9	0.8	0.8	2.1	2.7	1.8	1.5	90.9
	①-④	4.8	0.9	0.8	1.8	2.9	1.5	1.1	4.2
	精米率(%)	6.7	4.5	1.4	27.9	33.1	33.9	33.9	1.8
	①-④	2.4	0.2	0.0	0.8	0.8	0.3	0.5	0.1
	①-④	71.2	91.8	93.1	44.1	53.4	59.5	61.1	0.1
	①-④	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	2.7
	①-④	14.2	1.8	1.7	23.2	7.0	3.1	1.9	0.3
	①-④	17.6	19.0	20.0	21.0	15.7	16.9	17.8	—
	①-④	—	11.1	10.0	10.5	10.4	10.3	9.8	7.9
	①-④	—	52	58	56	58	58	61	72
	①-④	17.7	18.3	19.7	16.1	16.2	16.9	18.7	21.4
	①-④	—	—	—	—	—	—	—	—
	①-④	—	—	—	—	—	—	—	—
精米成分	タンパク質(%)	10.6	10.3	10.7	11.2	11.0	10.5	10.9	13.8
	ケツO20	37.9	37.4	34.2	34.2	33.7	33.8	34.4	38.7
	精米率(%)	0.8	1.1	0.8	23.9	32.5	35.1	28.8	98.1
	①-④	44.4	37.8	40.8	29.0	23.4	24.0	25.7	0.4
	精米率(%)	45.9	42.9	52.0	42.4	38.6	35.7	41.5	0.2
	①-④	2.5	1.1	2.5	1.1	0.4	0.1	0.1	0
	①-④	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.1	0.1
	①-④	—	8.1	—	9.6	9.5	9.9	7.2	7.2
	①-④	—	—	—	—	—	—	—	7.9
	①-④	—	—	—	—	—	—	—	—
	①-④	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	①-④	—	—	—	—	—	—	—	—
	①-④	—	—	—	—	—	—	—	—
	①-④	—	—	—	—	—	—	—	—
	①-④	—	—	—	—	—	—	—	—

では、基準品種と比べて在来種はいずれも外観が悪く（割れ米が多い）、味や粘りに乏しく、硬さが大きい傾向が認められた（図7）。この傾向は、パックご飯に加工した場合も同様の傾向が認められたため、在来種に関しては通常の炊飯法では（少なくとも白米として）美味しく食べることが難しいという結論に至った。炊飯米として美味しく加工するためには、水分量や圧力などの調整が今後必要であると考えられる。

次に、米粉の用途を探るために米粉の加工試験を行った。前年度の取り組みによりタンパク含量が高く（約10%）、かつ草丈が低くて倒れにくいミャンマーの在来種（Ma sho）を得ることができたため、2021年度はMa shoの試験栽培を行った。得られた米を加工してハイスピードミルにより米粉を作成し、製パン性試験に供試した。その結果、通常の食用白米の米粉（タンパク含量6.26%）で作成したパンと比較してMa shoの米粉（タンパク含量8.49%）で作成したパンはクラスト（外皮）に多数の亀裂が入り、そこからガスが抜けて中央部が明確に凹んでし

使用機器	サンプル名	唐干①	唐干③	唐干④	Surjamukhi①	Surjamukhi②	Surjamukhi③	Surjamukhi④	秋田あきたこまち
RVA	最高粘度 (RVU)	285.00	316.42	316.42	257.92	261.58	286.67	297.92	331.33
	最低粘度 (RVU)	185.00	218.50	190.25	185.17	188.00	188.50	205.67	206.75
	最終粘度 (RVU)	344.33	379.58	366.42	334.75	336.08	352.25	359.50	310.83
	セットバック	159.3	161.1	176.2	149.6	148.1	163.8	153.8	104.1
	アミロース推定値	20.8	21.2	20.2	21.6	21.6	20.9	21.2	19.6
(株)サタケ 硬さ・粘り計 (RHS 1A)	硬さ	8.44	9.51	9.16	9.59	11.69	10.19	8.87	4.77
	粘り	0.09	0.08	0.08	0.04	0.00	0.03	0.11	0.75
	バランス	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.16
	弾力性	0.45	0.73	0.50	0.51	0.27	0.53	0.75	0.76
(株)サタケ 炊飯食味計 (STB1 B)	食味値	38	35	46	30	30	31	35	83
(株)ケツ 赤外線水分計 (FD-610)	水分値	63.7	61.1	61.2	60.4	58.4	58.2	58.5	60.0

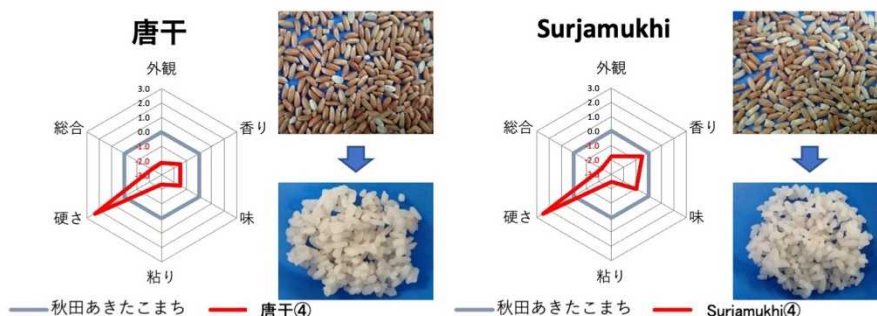


図7 高タンパク在来種の物性試験および食味官能試験.

A イノベーション創出に向けた活動実績

4 研究開発テーマの成果

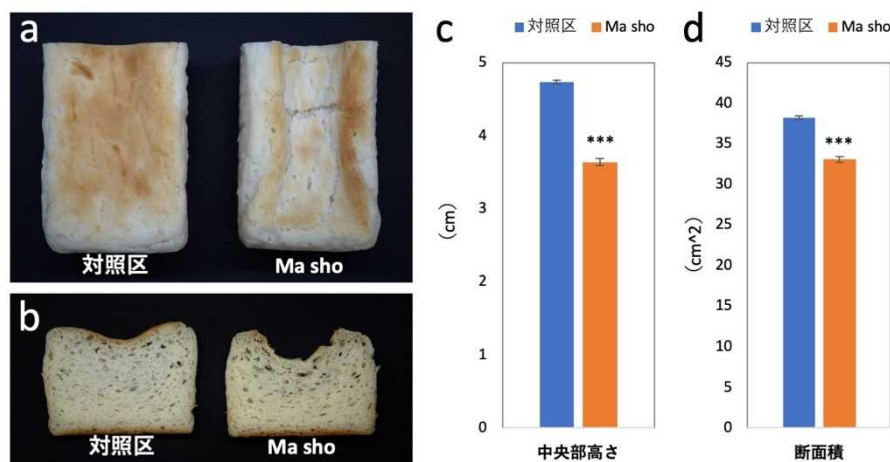


図8 高タンパク在来種を用いた米粉パンの試作。

(a,b) 高タンパク在来種 (Ma sho) および対照区を用いた米粉パンの外観(a)および断面(b)。

(c,d) 米粉パンの中央部の高さ(c)および断面積(d)。***はT検定において $P < 0.001$ を表す。

まった (図 8a、b)。また、中央部の高さおよび断面積は対照区より明確に小さくなり (図 8c、d)、食感も硬く生地の弾性が乏しかった。小麦粉でパンを成形する際は、小麦粉に含まれるタンパク質 (グルテニンとグリアジン) が結合することでグルテンが形成され、グルテンの架橋構造によってイースト菌の発酵時に放出される気泡の構造を維持したまま焼成することができ、ふっくらとした食感をもたらす。一方、米粉の場合は小麦粉のようにグルテンネットワークを形成することができないため、澱粉粒塊の膨化により生地に粘弾性を持たせる必要がある。米タンパク質のプロラミンは疎水性であり、含量が増えることで澱粉の膨潤を妨げる作用をもたらすと考えられている。したがって、Ma sho の米粉で作成したパンの膨らみが不十分だったのは、プロラミンの作用でデンプンが十分に膨潤できなかったことが原因である可能性がある。したがって、今後はプロラミンによるデンプンの膨潤阻害を克服できる加工法の開発、もしくはデンプンの膨潤を伴わないような加工品の開発が必要であると考えられた。

(5) 今後の課題と対応方針

高タンパク変異系統に関しては原因遺伝子が未同定で、分子マーカー選抜が不可能であった。今後、mPing 近傍遺伝子の発現変化が高タンパク化の原因であることを実験的に証明し、近傍に新たな分子マーカーを作出することで今後の選抜において高タンパク系統の効率的な選抜につながると考えられる。スマートライスの育成に関しては、ターゲットとしている農業形質が理想的なものになっているか、タンパク含量が母本を上回るものになっているか等を確認する必要がある。今後は現在選抜している個体に着生した後代種子の農業形質およびタンパク含量を分析し、数値目標を達成した個体の選抜を行う。タンパク含量が高く、理想的な農業形質を有した有望系統に関しては室内栽培で世代促進を行い、速やかな品種育成を目指す。加工調理法の開発に関しては高タンパク米を美味しく加工することが課題である。今回の米飯硬化特性が高タンパク化に起因する場合、デンプンの膨潤を改善するための吸水量 (吸水量)、加工法を検討する必要があるため、今後はパックご飯加工時における加水量の検討を行う。また、高タンパク米の米粉としての加工適正は非常に興味深いところだが、現在の設備では米粉に加工するためにはより大きなロット (トン単位) が必要であるため、今後の種子増産の必要性がある。今後はさらにエンドユーザーへの聞き取りを継続し、スマートライスの特性を活かし、かつユーザーに受け入れられやすい加工食品の開発につなげる。

(6) その他特記事項

特になし

A イノベーション創出に向けた活動実績

4 研究開発テーマの成果

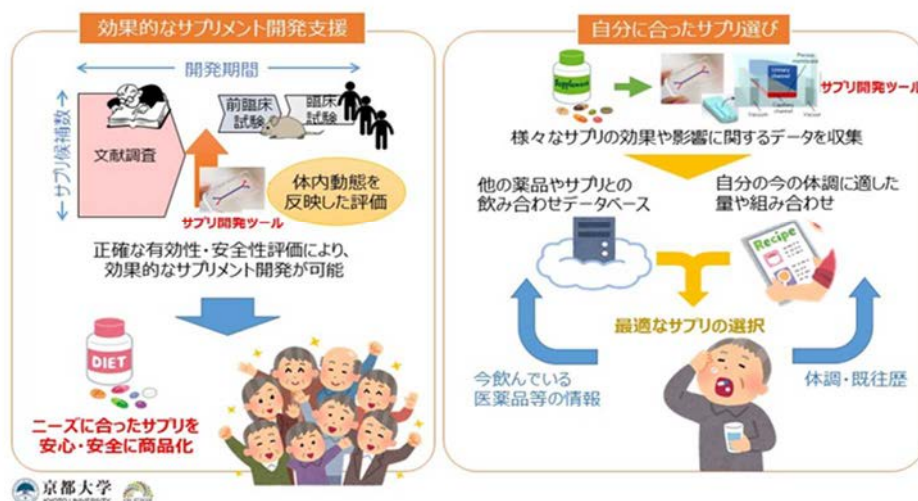
4.2.3 サプリ開発ツール

テーマリーダー（氏名、所属、役職）	：下野 健 パナソニック(株)R&D 本部 部長
サブテーマリーダー（氏名、所属、役職）	：横川隆司 工学研究科 教授
研究開発実施期間	：平成 29 (2018) 年度～令和元 (2019) 年度
参画機関	：パナソニック(株)、(株)アイカムス・ラボ、東洋製罐グループホールディングス(株) サントリー-MONOUZUKURI エキスパート(株)、アサヒケイティブレイブ(株)、(株)ユーグレナ (株)堀場製作所、(株)堀場アドバンステクノ、(株)朝日 FR 研究所、アークレイ(株) 武田薬品工業(株)

(1) テーマの概要と目指すべき将来の姿（拠点ビジョン）との関係

サプリメントの安全性や有効性を評価するツール開発により、自分に合ったサプリメントを安心・安全に摂取することで、誰もがいきいきと活躍できる社会を創造する。

- 安心して摂取できるサプリメントにより、誰もがいきいきと活躍できる
- 自分の今の体調と合わせて、最適なサプリを選ぶことができる



子どもから高齢者までが病気知らずで、いきいきと健康で活躍でき、安心して暮らす社会を実現するため、医・薬・工学系の教員・研究者と企業の技術者が連携して、サプリメントや機能性食品の効能や有害な飲み合わせ・食べ合わせ等を評価するデバイス（サプリ開発ツール）の開発を行う。サプリ開発ツールによって、サプリメントや機能性食品が効果的に開発できるかを順次有用性を検証し、サプリメント開発のデファクトな評価ツールを目指していく。また、本ツールによって得られた大量の計測データは、データベース化すればAIにより個々に最適なテーラーメイドサプリを提供することでより健康な生活を提供する。また、災害等緊急時には災害弱者となる子供や高齢者に対して、適切なサプリを選定・供給する指標となる。

(2) 想定する製品・サービスについて（担い手、社会的インパクト・経済的インパクト）

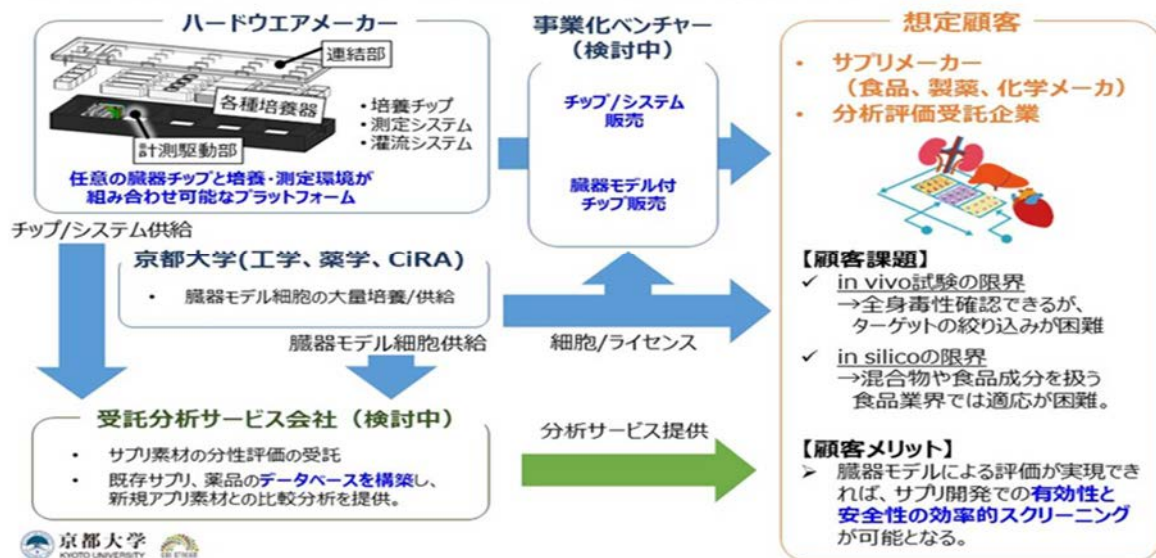
① 想定する商品

ヒト iPS 細胞から分化誘導した各種細胞を用いて作製した腸肝循環および腎臓の糸球体や近位尿細管を対象とした汎用的な臓器モデルチップを、フェーズ 3 期間内に完成させる。複数のマイクロ組織を培養しながらその特性を計測することが可能なシステムおよびデバイスも開発する。これらを C01 に参画するサプリ開発メーカーが使用すると共に、C01 プログラム終了時にはデバイスを用いた受託分析を実施するベンチャーの設立を目指す。

A イノベーション創出に向けた活動実績

4 研究開発テーマの成果

- 2022年実用化、新規発売サプリメントの10%で本デバイス評価適用（@2025年）目標
- サプリの安全性評価のプラットフォームを確立し、業界標準を目指す



② ターゲット顧客

- サプリメントメーカー
- サプリメントを飲んでいる人

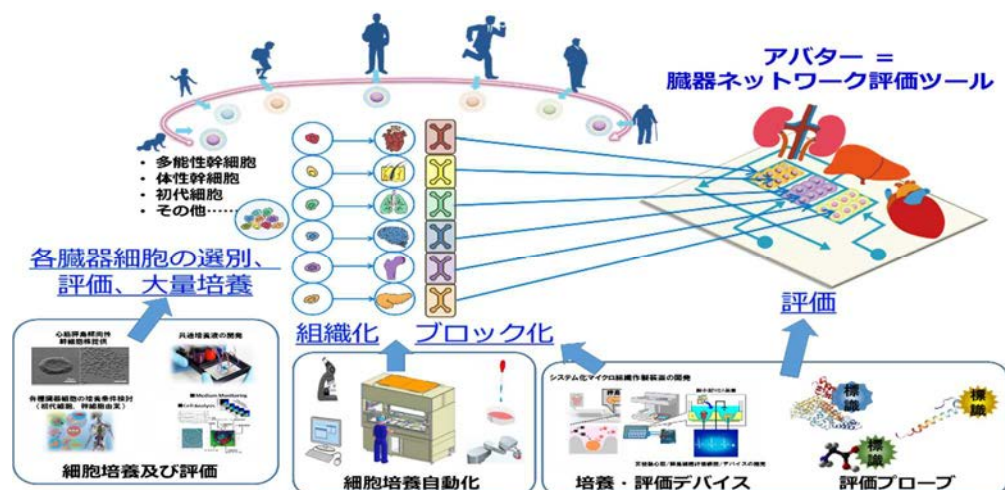
③ 社会的インパクト・経済的インパクト

臓器モデルチップの特徴や従来法に対する優位性は、シャーレ内に培養した細胞を用いた従来の評価系に比べ、1) 株化細胞ではなくヒト iPS 細胞を用いたより *in vivo* 様の機能を用いてサプリメントを評価できること、2) 2~3 次元的に制御された環境で培養できること、3) 濃度や流量を規定してサプリメント成分を添加することで、高精度に評価することができることなどである。これにより、サプリ AI に必要な各種データを迅速、高精度、かつ様々なサプリに対して広範に取得することができ、将来的には個別化サプリメントの提供が可能になる。従って、社会的には子どもや母親をはじめ高齢者にも有益なサプリメントの提供が可能になり、経済的にはそれを開発するサプリ開発メーカーの大幅なコストダウンを実現できることがインパクトとなる。

(3) 研究開発期間終了時の達成目標

有用かつ安全なサプリメントの開発を手助けする評価ツールの提供。

- サプリメント作用を生体外で精確に予測。
 - ・ サプリメントを飲んでいる人：有用なサプリメントを安心して摂取。
 - ・ サプリメントメーカー：安全なサプリメントを開発。
- 遺伝情報、代謝系を含めた効果・副作用を予測可能。
- 複数の飲み合わせによる複合作用を予測可能。

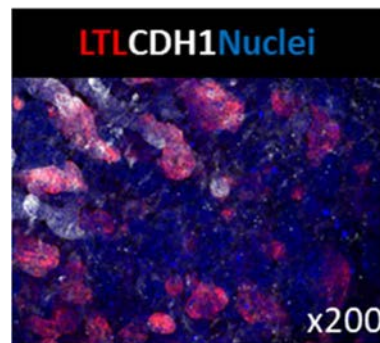
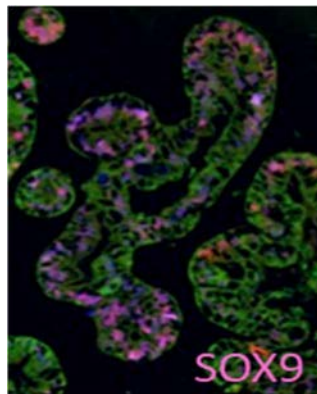


A イノベーション創出に向けた活動実績

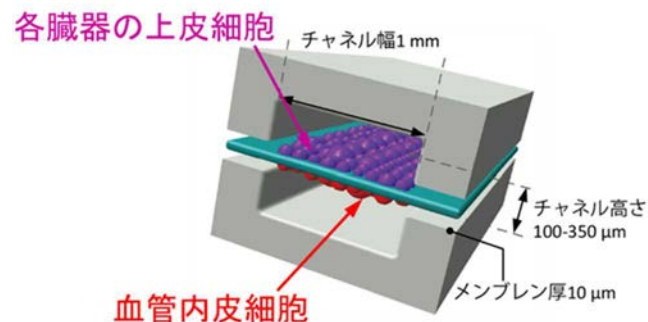
4 研究開発テーマの成果

(4) 主な成果と達成状況

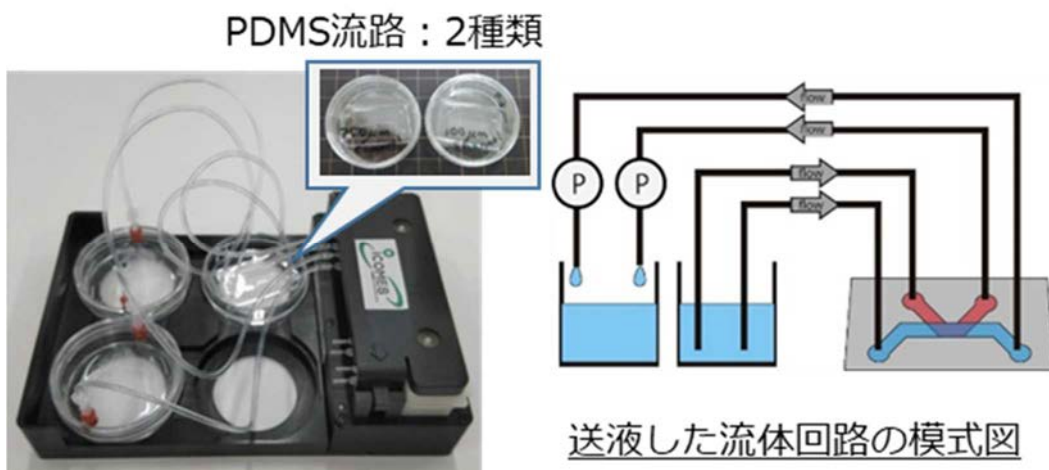
- ① 臓器モデルに必要なヒト iPS 細胞由来の各種臓器細胞の開発
 - i 内腔を持つ血管形成可能な内皮細胞。
 - ii 高増殖性が見込まれる内皮細胞の誘導/培養。
 - iii 陰窩-絨毛の領域化を有する腸オルガノイド作成。
 - iv 腎臓オルガノイド、尿細管・糸球体上皮細胞の供給体制を構築。
 - v 血管細胞導入ができる脳オルガノイド分化誘導方式を確認。



- ② 三次元臓器モデル用チップを用いた血管網と各種臓器オルガノイドの融合
 - i 腎臓オルガノイドと HUVECs 共培養用培地の最適化。
 - ii セン断応力の印加により、HUVECs の増殖が促進、腎臓オルガノイドへの貫入増加を確認。



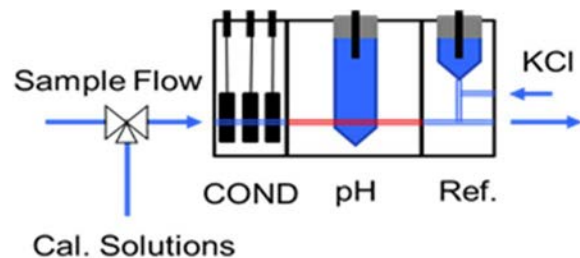
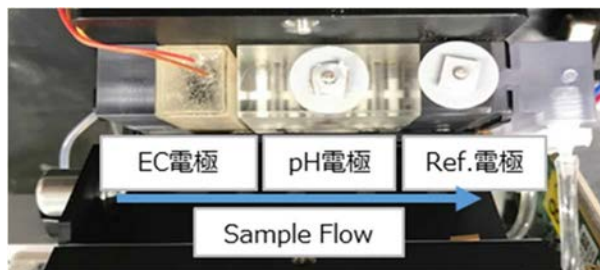
- ③ マイクロポンプによる臓器モデル用チップの連結
 - ・流量 1 $\mu\text{L}/\text{min}$ で送液した結果、廃液溜へ純水の吐出を確認。



A イノベーション創出に向けた活動実績

4 研究開発テーマの成果

- ④ 細胞状態モニタデバイスの開発
 - i 流通型微量 pH 電極/EC 電極の試作。
 - ii 流路内電極埋め込み型デバイスを設計・試作。



(5) 今後の課題と対応方針

COI での研究開発は終了し、それ以降は AMED などの他のファンドやコンソーシアムにて研究開発を実施。

(6) その他特記事項

特になし

A イノベーション創出に向けた活動実績

4 研究開発テーマの成果

4.2.4 在宅良質睡眠サービス

テーマリーダー（氏名、所属、役職）	村瀬 亨 住友電気(株) 技師長
サブテーマリーダー（氏名、所属、役職）	西野 精治 京都工芸繊維大学 特任教授
研究開発実施期間	平成 28 (2016) 年度
参画機関	京都工芸繊維大学、住友電気(株)、川上産業(株)

(1) テーマの概要と目指すべき将来の姿（拠点ビジョン）との関係

自宅で測定可能な非接触型センサによる簡易型の睡眠治療器具の開発、個人個別に利用できる睡眠環境調整装置の開発、AI 応用の睡眠コンシェルジェ機能のある睡眠健康サービスシステムの開発を行い、良質な睡眠を実現する。

(2) 想定する製品・サービスについて（担い手、社会的インパクト・経済的インパクト）

① 想定する商品：

感圧シート型簡易睡眠解析装置、ドーム型のパーソナルな睡眠環境調整装置の開発で、睡眠情報のデータベース化と情報のネットワーク化を図り、簡易検査用睡眠モニタリングシステム、AI 応用の睡眠コンシェルジェサービス機能などで、快適睡眠健康サービスの提供。

② ターゲット顧客

- i 睡眠に不安を持っている人
- ii 睡眠障害者

③ 社会的インパクト・経済的インパクト

- i 高度な睡眠障害診断・治療を安価に在宅で行える
- ii 患者・予防者の治療・予防支援
診療室 10 分間以外の孤独な挑戦を支援
- iii 膨大な数の患者・間違った睡眠感で働いている予備軍に対する医療費・治療削減・減薬

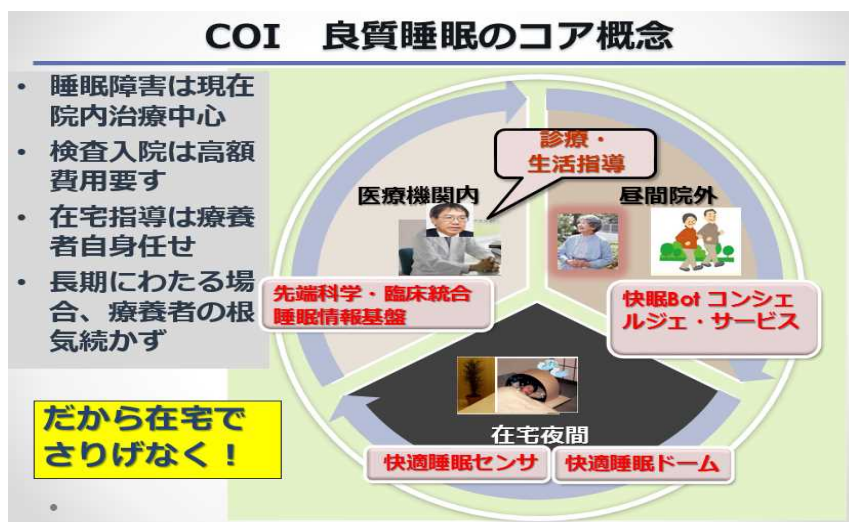
(3) 研究開発期間終了時の達成目標

①簡易検査用睡眠モニタリングシステム

感圧シート型センサ、制御伝送装置、解析システムで構成。正規の検査システム（脳波計、筋電など）で検出できる睡眠障害に対して、自宅で容易に睡眠モニタリングが可能。

②睡眠 Bot・コンシェルジェ・サービスシステム

睡眠 Bot が楽しくアドバイスをを行い、在宅での良質な睡眠をサポート。



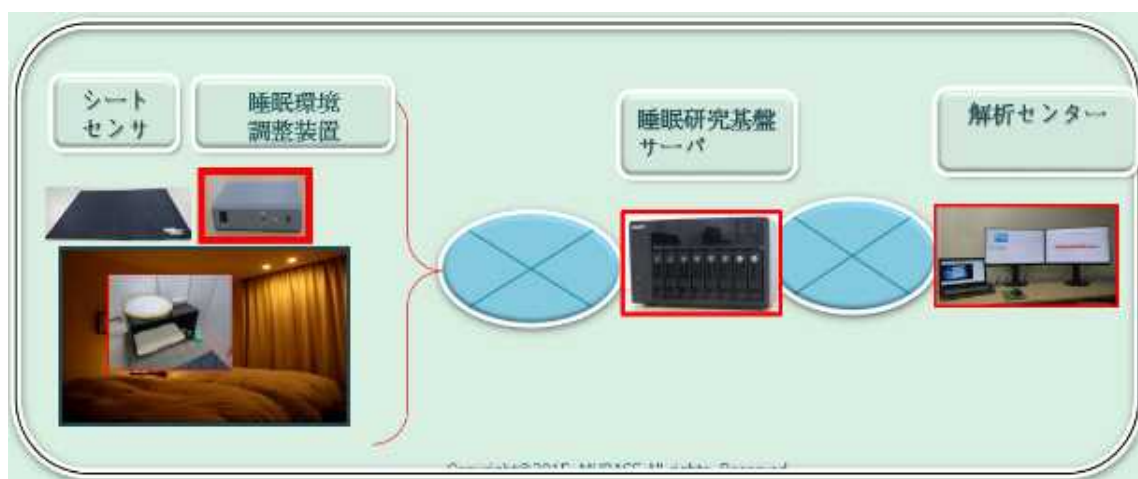
A イノベーション創出に向けた活動実績

4 研究開発テーマの成果

(4) 主な成果と達成状況

①簡易型検査用睡眠モニタリングシステム

- i 睡眠ドームの試作と評価・音響効果による環境ノイズ低減とパーソナル環境音の送達エリア制御器試作。環境音遮断効果の測定・評価プロトコルを案出。
- ii 感圧シート型センサ・遠隔設置データ解析システム（在宅版）の試作完了・室内無音、低消費電力型、遠隔運用、広域データ収集を実施。
- iii 感圧シート型センサ・遠隔設置データ解析システム（医療機関型）の試作完了・太田センタ（医療機関）でのデータ採取・分析知見の集積を推進。
- iv 感圧シート型センサによる呼吸・心拍・体動の高度解析アルゴリズムの開発、及び呼吸位相反転兆候検出、REM 検出で脳波計代替効果の見通しを得た。



②睡眠 Bot・コンシェルジェ・サービスシステム

- i 睡眠情報基盤による睡眠センサ評価システムの稼働・PSG 追従性をはじめとして、睡眠計測治療における評価基盤構築に着手。
- ii エビデンスベースの睡眠健康規範の提供。
- iii 先端科学・臨床統合睡眠情報基盤構築・臨床データのプロファイリング分析が可能。
- iv 京都工芸繊維大学中心に睡眠の研究者・臨床医・技術者の研究開発チームを形成、日本国内外の先端研究機関・医療機関・企業による研究開発コンカレントな連携ができた。



A イノベーション創出に向けた活動実績

4 研究開発テーマの成果

(5) 今後の課題と対応方針

C01での研究開発は終了し、企業にて開発を継続。

2016（H28）年4月、一般社団法人良質睡眠研究機構を設立。

サービス名：

①睡眠に関するワークショップ

最新のサイエンスと臨床・検査技術・解析技術の動向などの発信を目的として定期開催。

②簡易型計測装置の開発及び普及

睡眠に関する簡易型計測装置の開発への助言（開発製造企業に対して）、有効性についてのエビデンスの取得機会の提供。簡易装置の在宅利用に向けた普及を推進。

③研究者及び技術者の育成

これからの睡眠研究・睡眠健康産業を担うところと志を持つ研究者・技術者を育成。

(6) その他特記事項

特になし

A イノベーション創出に向けた活動実績

4 研究開発テーマの成果

4.2.5 生体リズムの視点を取り入れた看護・介護居室環境の制御

テーマリーダー（氏名、所属、役職）	：近藤雅之 積水ハウス(株) 住宅研究所 課長
サブテーマリーダー（氏名、所属、役職）	：若村 智子 京都大学 医学研究科 教授
研究開発実施期間	：平成 25 (2013) 年度～平成 28 (2016) 年度
参画機関	：積水ハウス(株)、ダイキン工業（株）

(1) テーマの概要と目指すべき将来の姿（拠点ビジョン）との関係

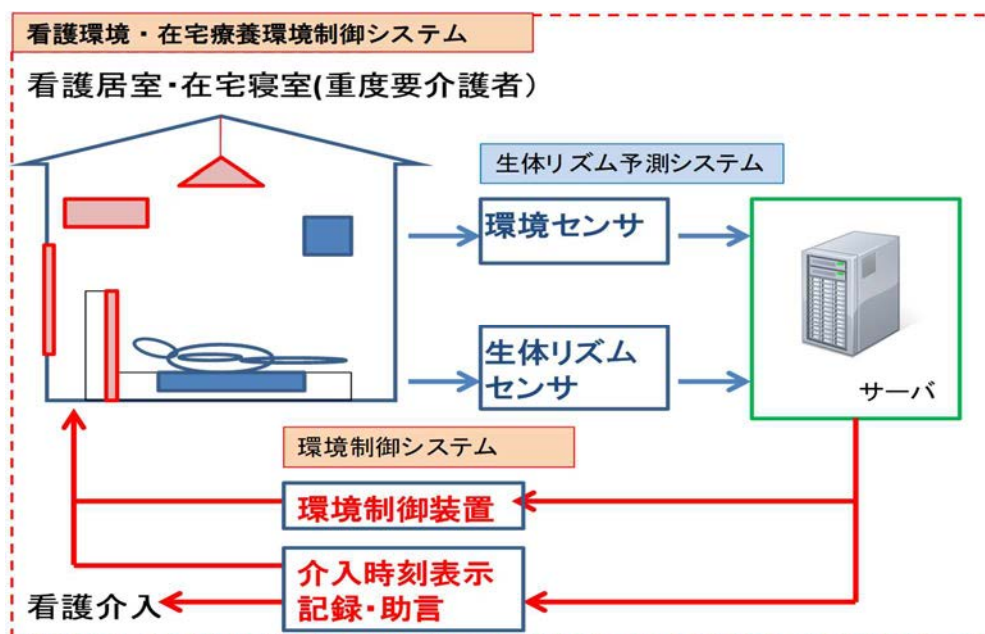
これまで経験や効率化によってなされてきた看護・介護に対し、これまでにない生体リズム視点による一人ひとりに最適な医療・介護サービスの提供を実現し、疾病治療患者の医療の充実、在宅療養要介護者の在宅医療の充実や介護環境の充実、高齢者の健康維持などで、「しなやかほっこり社会」を目指す。

(2) 想定する製品・サービスについて（担い手、社会的インパクト・経済的インパクト）

- ① 想定する商品：介護居室環境の看護環境・在宅療養環境制御システムの開発
非侵襲生体センサによる生体リズム予測システムによる疾病治療や健康維持に生体リズム・時間治療の視点を取り入れ、把握することで、疾病治療・心身回復に最も適したスケジュールでの環境制御・治療介入を行う。
- ② ターゲット顧客、社会的インパクト・経済的インパクト
 - i 疾病治療患者・・・医療の充実、投薬効果の向上
 - ii 在宅療養要介護者・・・在宅医療・介護環境の充実
 - iii 健常な高齢者・・・健康維持・管理、医療費・介護費の抑制

(3) 研究開発期間終了時の達成目標

- ① 生体リズム予測アルゴリズム開発
日常生活下での生体リズムの位相を、低侵襲で低頻度の測定で、生活者の生体リズムを同定するための簡易な予測モデル。
- ② 環境制御システムの開発
センシング技術の空間への実装と評価 及び 環境制御アルゴリズムの構築
- ③ 看護・介護のために提供するサービス 及び ビジネスモデルの構築



A イノベーション創出に向けた活動実績

4 研究開発テーマの成果

(4) 主な成果と達成状況

①生体リズムと看護師のケアに関するニーズ調査

病棟に勤務する看護師の入院患者に対する生体リズムの知識と活用について把握し、生体リズム視点とその教育について必要性を把握。

②生体リズムと環境調整に関するニーズ調査

病棟に勤務する看護師の病室の環境調整について、現状の使い方と問題点について把握し、生体リズム視点に基づく環境制御が可能なシステムの必要性を把握。

③生体リズムの予測モデル研究

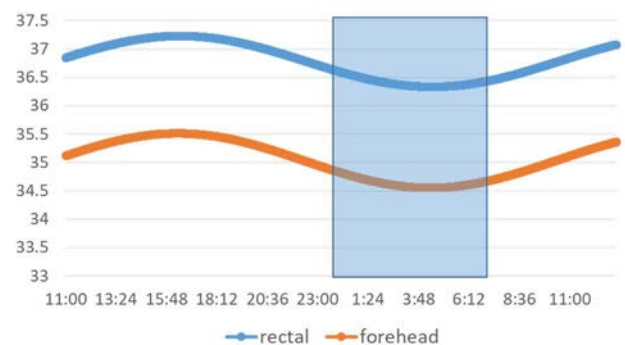
直腸温と前額皮膚温の epoch=1min のデータを用いて、最小二乗法によるコサイナー法で位相の最低点時刻を計算し、適合度を検証。

④生体リズムセンサに関するシステムへの導入検討

⑤環境制御装置を導入した生体リズム視点環境睡眠制御検証実験空間の構築

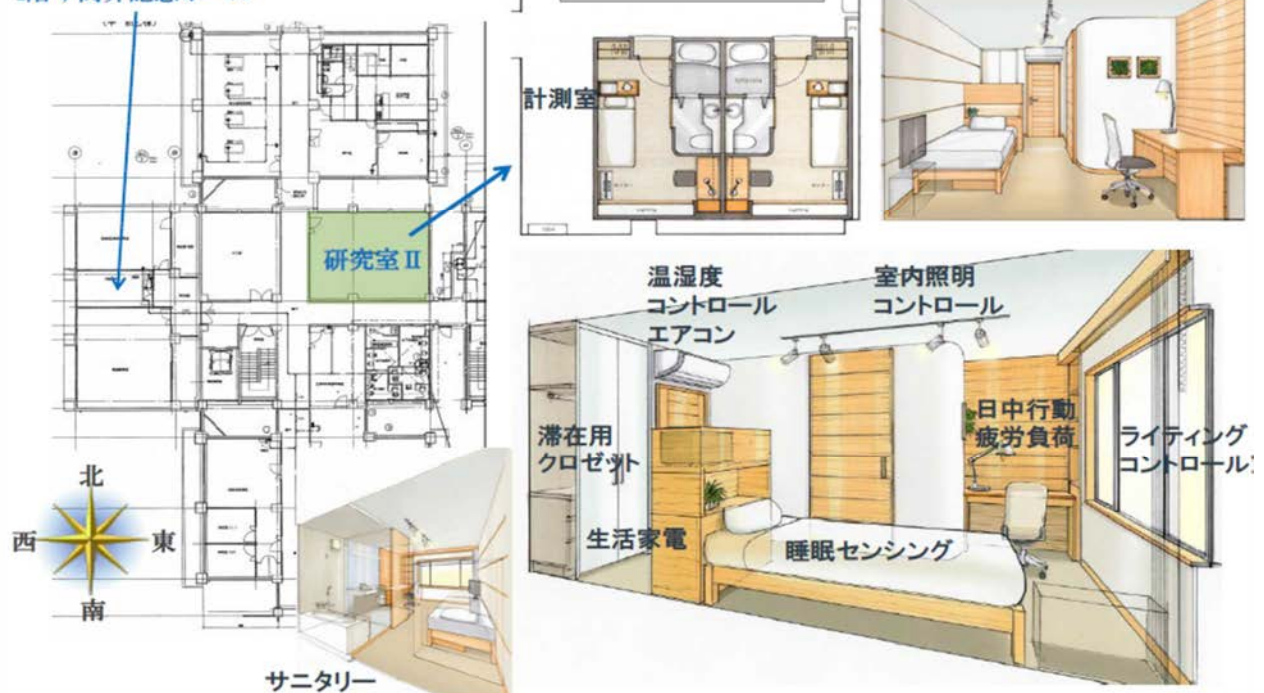
日常生活環境での最低点位相時刻

	直腸温 (h)	(h:mm)	前額 (h)	(h:mm)
1	4.4532	(4:27)	4.3403	(4:20)
2	2.0820	(2:08)	2.5821	(2:34)
3	3.4371	(3:26)	3.0373	(3:02)
4	3.6686	(3:40)	2.9141	(2:54)
5	3.6607	(3:39)	2.5430	(2:32)
6	2.2487	(2:14)	2.3100	(2:18)
7	3.0026	(3:00)	2.4706	(2:28)



直腸温と前額皮膚温の位相最低点時刻に対する回帰分析の結果、 $r^2 = 0.59$ と高い適合率を示した現在の予測式の誤差は平均 51.28 分である。(n = 7)

1階；高井記念ホール



生体リズム視点環境睡眠制御実験空間

A イノベーション創出に向けた活動実績

4 研究開発テーマの成果

(5) 今後の課題と対応方針

COI での研究開発は終了し、企業にて開発を行ったが、事業化は中止。

(6) その他特記事項

特になし

A イノベーション創出に向けた活動実績

4 研究開発テーマの成果

4.2.6 要介護者・介護者双方の自立的生活を支え続けるための住空間および介護手法の開発

テーマリーダー（氏名、所属、役職）	： 甲田 拓 パナソニックホームズ(株) 住宅・技術研究所 技術企画・構造・構法 室長
サブテーマリーダー（氏名、所属、役職）	： 阪田弘一 京都工芸繊維大学 准教授
研究開発実施期間	： 平成 25 (2013) 年度～平成 27 (2015) 年度
参画機関	： 京都工芸繊維大学、パナソニック ホームズ(株)、川上産業(株)

(1) テーマの概要と目指すべき将来の姿（拠点ビジョン）との関係

軽度認知症を抱えた高齢者が、住み慣れた自宅で全面的な介護に頼ることなく、自立的に生活し続け、かつ家族・介護者の負担を軽減することで、在宅介護の限界を遅らせることを狙いとした、住宅空間およびその住宅設計指針を開発する。症状・介護内容の変化に対応できる可変性の高い住宅空間プラットフォームと、症状・介護体制・家族形態の類型に応じたコンサル設計で用いることができる、住宅設計指針を提供する。

(2) 想定する製品・サービスについて（担い手、社会的インパクト・経済的インパクト）

- ① 想定する製品：軽度認知症向けに症状・介護内容の変化に対応できる可変性の高い住宅空間のコンサルティングとプラットフォームの提供。
- ② ターゲット顧客
 - i 軽度認知症の高齢者、その家族
 - ii 将来、認知症への備えを考えている人
- ③ 社会的インパクト・経済的インパクト
介護状況に合わせて変化し、住み慣れた自宅で長く暮らすことができる。（特に高齢初期の軽度認知症対応が、自宅での自立生活延伸にとって重要）
 - ・ 見守り、見守られやすい住空間 ： 高齢者と寄り添う人の適度な距離感
 - ・ 介護負担を軽減する住空間 ： 外部介護サービスの受け入れやすさ

(3) 研究開発期間終了時の達成目標

高齢期のライフステージ変化や生活シーンに合わせて変化できる住空間。

- ① ライフステージ・生活シーンに応じて変化できる住宅の設計指針
- ② 症状や介護状況の多様なニーズに応じた、住宅コンサル設計指針

(例)



軽度認知症の夫を会議する妻
寝室を同室として見守るが、
介護ストレスがたまる。
昼間も寝室に閉じこもりがち
な夫



フレキシブルな間取りの住まい
妻の寝室を隣室に移動。
訪問介護を導入し、ヘルパーは
家事をしつつ、自然に見守り。



娘夫婦と孫の訪問
引き戸を全開に、思い
思いの場所で過ごす。
妻と娘も、自然に夫と
孫を見守り

(4) 主な成果と達成状況

- ① 軽度認知症世帯の実態調査（全国ケアマネージャー173名のアンケート＋ヒアリング）
在宅介護限界を遅らせるための自立生活、認知しやすさを支援する要素を抽出。
論文を日本建築学会に発表。

A イノベーション創出に向けた活動実績

4 研究開発テーマの成果

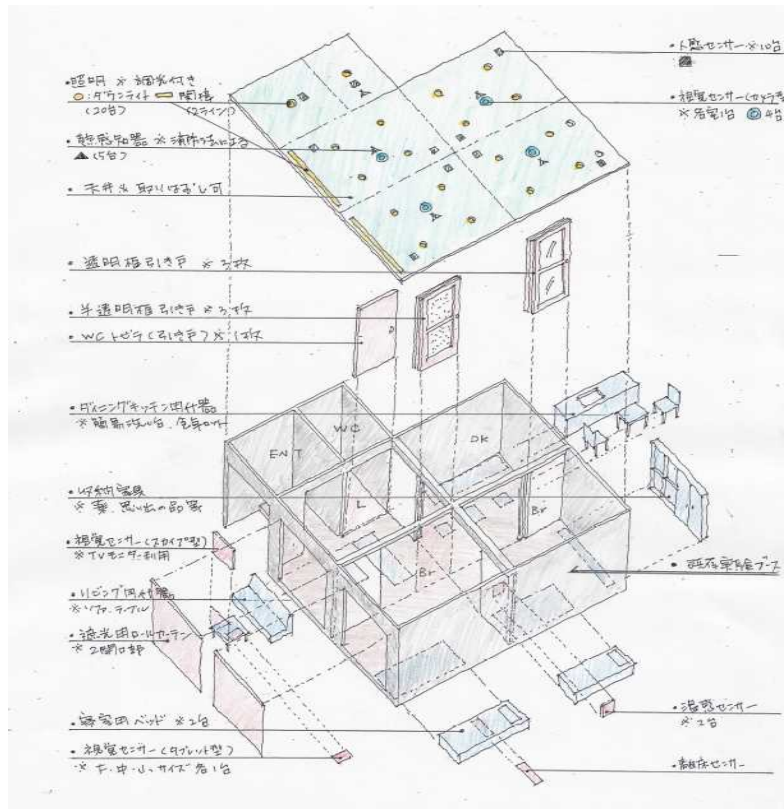
②京都市内の軽度認知症 9 世帯の自宅・生活実態調査

病状変化に伴う、部屋用途変更、住宅改修・什器レイアウト変更による在宅生活維持の住みこなしの調査から住空間設計の実態把握。論文を日本建築学会に発表。

③試作モデル空間の設計実施

実態調査による軽度認知症対策の住空間要素をモデル空間設計。

- ・ 症状および家族関係変化に対応する間取り可変空間。
- ・ 生活リズム保持を支援する照明コントロール。
- ・ 住宅内行動を記録・見守り支援する人感センサー。



都市部での老老同居型・家族との近居型の住空間モデル



④介護職とのワークショップ開催

- ・ モデル空間を実空間として試作し、介護専門職とのワークショップにて介護事業所での実証実験を共同企画。
- ・ 実装実験に向けた京都市内居宅介護事業所の建物および利用者実態調査を実施し、実装実験候補を絞り込み。



⑤京都市内の居住介護事業所での実装実験空間の設計

- ・ 介護シーン、症状の度合いにより変化する可動建具による間取り設計。
- ・ 見守りの介護負担を軽減する可変建具設計。



A イノベーション創出に向けた活動実績

4 研究開発テーマの成果

- ・時間帯に応じて変化する照明設計。

⑥京都市内3施設での実装実験による効果検証

介護事業所の実空間に設計を実装実験する。本人の自立度、介護負担度を記述式医療スケールと人間工学スケールによる効果実証の実施。

(5) 今後の課題と対応方針

COIでの開発は終了し、企業にて研究開発を行っていたが、事業化は中止。

(6) その他特記事項

特になし

A イノベーション創出に向けた活動実績

4 研究開発テーマの成果

4.2.7 住民健康ネットとパーソナル健康カードの開発

テーマリーダー（氏名、所属、役職）	： 八田泰秀 日本ユニシス(株) ビジネスイノベーション推進部 部長
サブテーマリーダー（氏名、所属、役職）	： 京都大学 医学研究科 松田文彦 教授
研究開発実施期間	： 平成 25 (2013) 年度～平成 28 (2016) 年度
参画機関	： 日本ユニシス（株）、大日本印刷（株）、（株）日立製作所、ヤフー（株）

(1) テーマの概要と目指すべき将来の姿（拠点ビジョン）との関係

長浜 0 次コホート事業による日本初の本格的な大規模ゲノムコホートで、蓄積データをベースに、医療健康情報、ゲノム情報、バイオマーカーデータやライフログを活用した疾病予防関連サービスの実証およびサービス開発を行う。

一万人の市民の健康状態を詳細な健診によって長期にわたって追跡し、ゲノム・オミックス情報、環境・生活習慣情報を統合し新時代の予防医学を確立するヒト生物学の初めてのモデルケースを作り、健康で活力ある長寿社会を構築する。

(2) 想定する製品・サービスについて（担い手、社会的インパクト・経済的インパクト）

① パーソナル健康カード

すべての国民が、個人のゲノム情報、医療関連情報、活動や生活習慣、食習慣を経時的に記録したカードにより、すべての健康記録を持って医療機関を受診し、無駄な検査を省いた個人に最適な医療を受けられる。

レストラン、スポーツクラブなどで、自身に最適な料理やトレーニングメニューの選択が可能。

② 住民健康ネット

健康な中高齢者、スポーツ愛好家などに、ゲノム情報に加えて、ライフログ・医療情報を統合した解析情報のフィードバックで他者を圧倒する科学的根拠に基づいた個人に最適な健康管理情報を提供。

(3) 研究開発期間終了時の達成目標

ライフログデータから人間の行動や動きを判別する解析技術の開発、医療健康情報を収集するためのプラットフォームの整備および健康増進サービス開発に向けた小規模実証の実施。

① パーソナル健康カード



② 住民健康ネット

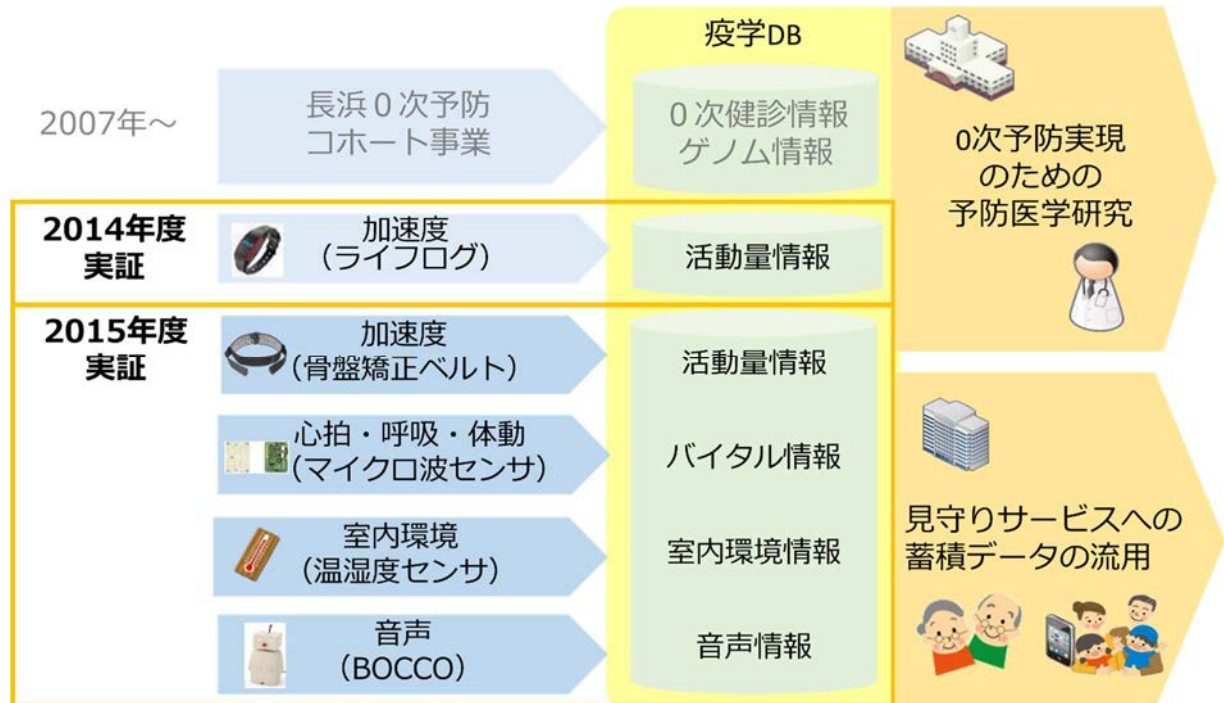


A イノベーション創出に向けた活動実績

4 研究開発テーマの成果

(4) 主な成果と達成状況

- ①長浜0次コホートの健診情報、ゲノム情報に加え、ライフログレコーダーによる加速度情報（運動情報）を蓄積し、予防医学研究への有用性を確認。
- ②2015（H27）年度、さらなる生活情報・環境情報等を追加してデータを拡充すると同時に、研究以外の路用への有用性を確認。



③医療・健康・環境情報の統合的基盤に関する研究

長浜コホートにおける医療・健康・環境情報を収集するための基盤検討および小規模実証に向けた検討を実施した。2015年1月より長浜コホートにおいて、センサとコミュニケーションロボットを活用したデータ収集および見守りに関する実証実験を実施した

④センサを主としたライフログに関わる研究

長浜コホートにおいて、ライフログサービスに関する実証実験を実施し、収集した参加者のライフログデータを活用し、新規に行動判別アルゴリズムを生成した。

⑤パーソナル健康カードの開発検討

パーソナル健康カードに関して、サービス・ビジネスモデルの検討（サービス案創出）を実施し、カードを使用した新しい健診サービス案の検証を行った。

(5) 今後の課題と対応方針

COIでの開発は終了し、企業にて研究開発を行っていたが、事業化は中止。

(6) その他特記事項

特になし

A イノベーション創出に向けた活動実績

4 研究開発テーマの成果

4.2.8 次世代バイオマーカーの探索・同定

テーマリーダー（氏名、所属、役職）	佐藤孝明（株）島津製作所 ライフサイエンス研究所 所長
サブテーマリーダー（氏名、所属、役職）	京都大学 医学研究科 松田文彦 教授
研究開発実施期間	平成 25 (2013) 年度～平成 28 (2016) 年度
参画機関	（株）島津製作所、味の素（株）、エスアールエル（株）、東洋鋼鈑（株）

(1) テーマの概要と目指すべき将来の姿（拠点ビジョン）との関係

長浜 0 次コホート事業による日本初の本格的な大規模ゲノムコホートで、蓄積データをベースに、各種オミックス情報を統合的に解析し、がん、心疾患、認知症、糖尿病などの疾患関連バイオマーカーを同定し、「元気で長生き」をサポートする臨床で簡便に利用できる新規分析システムを開発することにより、病気を超早期に診断でき、健康で活力ある長寿社会を構築する。

(2) 想定する製品・サービスについて（担い手、社会的インパクト・経済的インパクト）

① 想定する製品・サービス

各種オミックス情報を統合的に解析、精度の高い疾患リスク予測を行う分析システム
 ・ゲノム情報と組み合わせることにより、精度の高い疾患リスク予測を行う。
 ・臨床現場で利用可能なシンプルな装置により複数のバイオマーカーの同時測定を実現する。

② ターゲット顧客

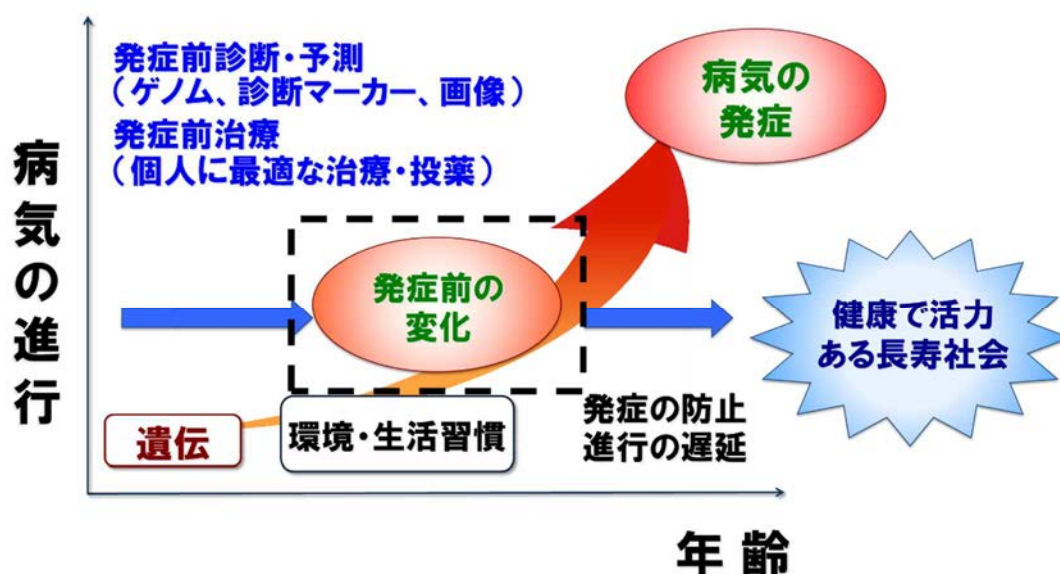
病院や臨床検査会社に分析システムとして導入。
 中壮年期以降の個人をターゲットに、日々の診断での導入や人間ドック・健康診断でのメニューとして加える。

③ 社会的インパクト・経済的インパクト

・疾患の発症前診断により老年期の QOL や健康寿命を向上させる。
 ・開発したシステムにより様々な病気のリスクを予測する医師の生活指導などを通して発病を未然に防ぎ、個人の生活の質を改善させる。

(3) 研究開発期間終了時の達成目標

「元気で長生き」をサポートする分析システム



A イノベーション創出に向けた活動実績

4 研究開発テーマの成果

(4) 主な成果と達成状況

①コホート調査

- i 長浜コホートの検体および検査情報収集
- ii 検体管理

②オミックスデータの取得

- i GCMS による親水性代謝物測定システムの開発
 - ・約 100 種類の代謝物（有機酸、糖類）を同定。
 - ・スループット：400 サンプル／週。
 - ・約 10,000 検体の測定を完了。
- ii LCMS による脂質測定システムの開発
 - ・約 400 種類の脂質を測定。
 - ・スループット：150 サンプル／週
 - ・約 1,000 検体の測定を完了。
- iii アミノインデックス測定の実施
 - ・血漿中アミノ酸の絶対定量。
 - ・約 2,000 検体の測定を完了。

(5) 今後の課題と対応方針

C01 での開発は終了し、他のファンドを活用して、共同研究中。

(6) その他特記事項

特になし

A イノベーション創出に向けた活動実績

4 研究開発テーマの成果

4.2.9 次世代型健康用品・プログラムの開発

テーマリーダー（氏名、所属、役職）	：岩本元孝 美津濃(株) 研究開発部 技監
サブテーマリーダー（氏名、所属、役職）	：松田文彦 京都大学 医学研究科 教授
研究開発実施期間	：平成 25 (2013) 年度～平成 27 (2015) 年度
参画機関	：美津濃(株)、シャープ(株)

(1) テーマの概要と目指すべき将来の姿（拠点ビジョン）との関係

日常生活での姿勢や歩行の質を測定し、これを補正する用品と、改善の方向へ導くソフトウェア、サービスを開発することにより、質の高い歩行と運動を可能にして、豊かな生活を提供し、健康で活力ある長寿社会、しなやかほっこり社会を構築する。

(2) 想定する製品・サービスについて（担い手、社会的インパクト・経済的インパクト）

- ①想定する製品： i 日常生活での姿勢や歩行の質を測定し、これを補正する用品。
名称：骨盤ベルト
ii 身体の姿勢、運動データを収集、解析を行う高精度センサ。
iii 個人ごとの計測結果により、客観的な評価を行い、より有効的な姿勢・運動のアドバイスができるサービスの提供。
- ②ターゲット顧客・社会的インパクト
i 高齢者や 30～50 歳代の生活習慣病予備軍
ii 「運動支援」システムの活用による自らの健康意識の向上と健康増進が図れる。

(3) 研究開発期間終了時の達成目標

①骨盤ベルトの開発



②骨盤ベルト装着用センサの開発 解析ソフトウェアの開発

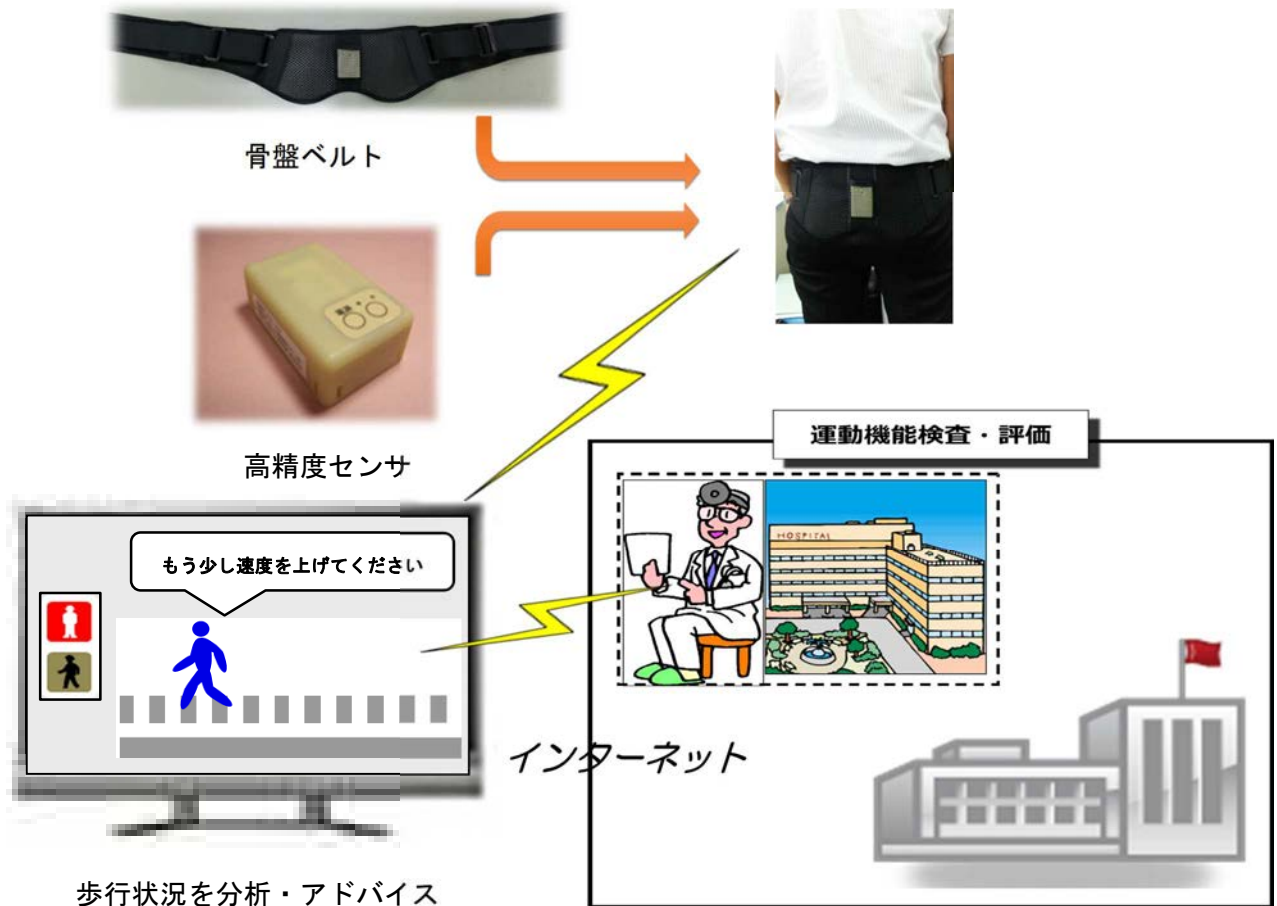


③センサとデータ解析技術により、客観的な評価を行い、効果的な健康用品の活用を実現するサービスシステム

- ・運動機能にあったコンテンツを配備。
- ・インターネットを使った遠隔指導による改善アドバイスを行う。
- ・TV リモコンでの簡単操作。
- ・音声ガイダンス。

A イノベーション創出に向けた活動実績

4 研究開発テーマの成果



(4) 主な成果と達成状況

① 骨盤ベルト

骨盤ベルトの試作。

- ・ 実験前にインフォームド・コンセント、アンケートを実施、特に腰回りの自覚症状をヒヤリング
- ・ 骨盤ベルト着用前、着用後締め付けなし、締め付け後、緩めた後の姿勢を撮影し、室内で8mの歩行を2回実施して、画像とセンサーデータを取得
- ・ センサーは、3軸の加速度、3軸の角速度を10ms間隔で取得



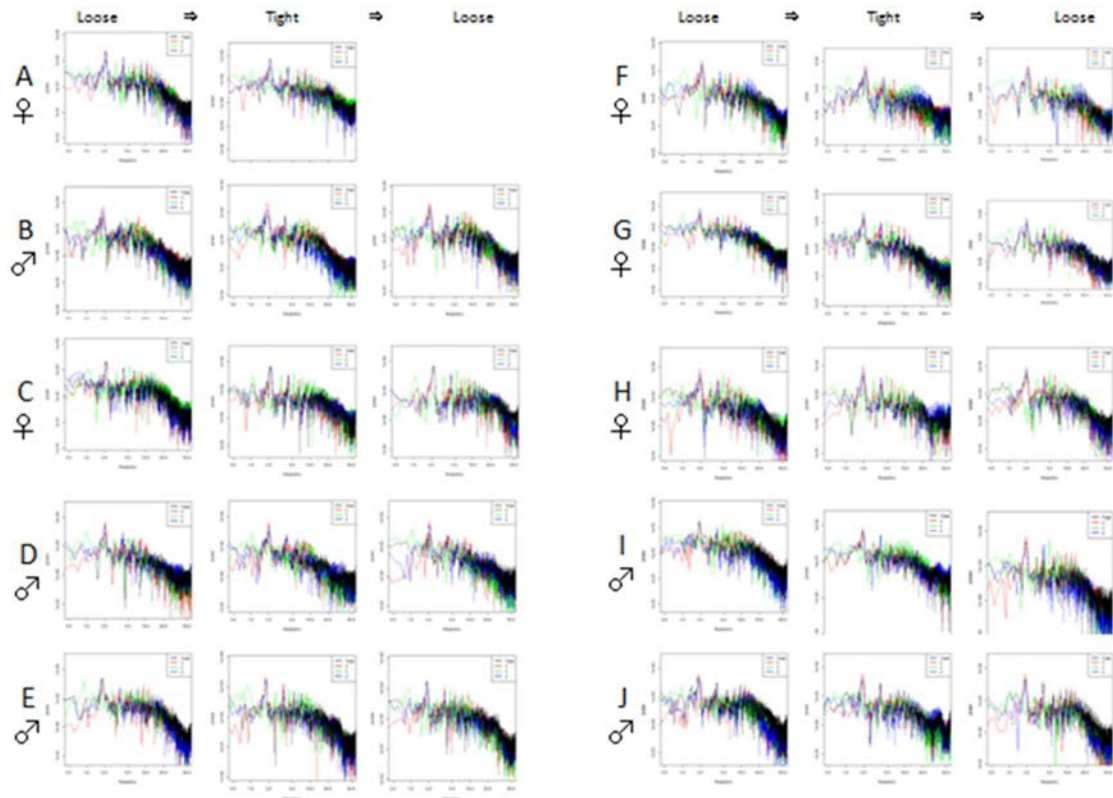
A イノベーション創出に向けた活動実績

4 研究開発テーマの成果

②高精度センサの開発

骨盤ベルトと組み合わせ、長浜0次クラブでの実証実験。(10名2週間)。
更なる改良(ベルト、センサ)を実施。

動的姿勢変化解析 ベルト締め付けによる腰の3次元加速度スペクトルの変化



③これまで企業単位で、個別に開発した健康に関する用具、測定機器群を、大学と連携して企業の製品を組み合わせ、新たな活用、より詳細なエビデンス、さらに社会の健康増進のニーズに照らし合わせ、社会実装に向けた方向性を見出した。

また、身体の計測に適した特性、測定箇所、処理方法を医学的見地より小規模実験の結果を踏まえ、大学側の指導を得て、適切かつ利用者の負担が少ない計測手段、定時方法を実装した。

(5) 今後の課題と対応方針

COIでの研究開発は終了し、企業にて開発したが、事業化は中止。
骨盤ベルトは、単独で販売中。

(6) その他特記事項

特になし

A イノベーション創出に向けた活動実績

4 研究開発テーマの成果

4.2.10 健康増進を実現するスマートコミュニティの開発

テーマリーダー（氏名、所属、役職）	：野村昌宏（株）NTT データ経営研究所 情報未来研究センター エグゼクティブ・コンサルタント
サブテーマリーダー（氏名、所属、役職）	：依田高典 京都大学 経済学研究科 教授
研究開発実施期間	：平成 25（2013）年度～平成 27（2015）年度
参画機関	：（株）NTT データ経営研究所、（株）電通、積水ハウス（株）

（1）テーマの概要と目指すべき将来の姿（拠点ビジョン）との関係

健康増進を実現するスマートコミュニティを構築するため、「実験フィールドと健康情報 DB、介入プログラム」「健康経済算定アルゴリズム」を開発し、様々な製品・サービスの健康経済効果の算定サービスを事業化する。特に、睡眠・ストレスに注目し、健康経済算定サービスを通じた健康増進や健康維持活動により安心生活の実現を目指す。

企業の商品・サービス開発の意思決定に必要なとされながら、これまで提供されてこなかった生活者の日常生活における、健康経済価値算定サービスの実現で、企業では、経済算定による健康保険の健全化。自治体にとっても、健康保険の負担軽減。一般消費者にとっては、健康増進介入プログラムによる睡眠の良質化やストレスの低減で、健康な生活を送ることができる。

（2）想定する製品・サービスについて（担い手、社会的インパクト・経済的インパクト）

① 想定する製品・サービス

日常生活の様々な製品・サービスの健康経済価値算定サービス事業化を行う。

- ・ 経済算定アルゴリズムの開発。
- ・ 睡眠や食事について、情報呈示手法など行動経済学的アプローチの調査を行い、介入プログラムの開発。

② ターゲット顧客

- ・ 一般消費者 介入による睡眠の良質化とストレスの低減など安心健康の実現。
- ・ 企業 経済算定による健康保険の健全化。
- ・ 自治体 健康保険の負担の低減。

（3）研究開発期間終了時の達成目標

① 医療経済学に基づく、健康経済価値算定の開発

i 介入プログラムの開発

生活に関してや睡眠の環境、などの分析項目と睡眠時間夜間血圧実証プログラムで分析して、食事や睡眠に対する介入(ナッジ)プログラムの開発。

ii 算定アルゴリズム開発

睡眠やストレスとリスクファクターの関係について、調査整理を行い、脳卒中や精神疾患による経済損失の算定手法の開発。



A イノベーション創出に向けた活動実績

4 研究開発テーマの成果

②実験フィールドの構築

京都府精華町は、「けいはんな地域広域基本計画」の集積区域のひとつであり、大手ヘルスケア企業をはじめとした多くの企業が拠点を構えており、また京都府下で介護保険料が最も高い地域であるため、個人や家族の健康推進による健康寿命の延伸と、保険給付費用の抑制が喫緊の課題となっており、住民の健康増進を目的とした取組を精力的に実施している。

健康増進についての 実証フィールドの構築



京都府・精華町と連携

(4) 主な成果と達成状況

①医療経済学に基づく、健康経済価値算定の開発

i 介入プログラムの設計

- ・住宅に関する介入プログラムの設計に向けた調査・検討を実施。
- ・京都府精華町の住民に対し、睡眠時夜間血圧実証プログラム、活動量計プログラムの知見に基づく調査票の作成・プログラム（インターネットや携帯回線を通じて、生体データ（血圧、歩数）収集とユーザーへのフィードバックのプロトコル開発）を実施。
- ・上記のデータ集計を行い、アンケートの解析を行い介入プログラムに向けた調査・検討を実施。

ii 経済算定アルゴリズムの開発

- ・京都府精華町の住民に対し、生体データフィードバック方法と介入（ナッジ）による健康行動の変化と習慣形成に関する試験を実施し、介入プログラムと統合を実施。
 - ・睡眠やストレス等と健康関連リスクファクターに関連する文献の調査・整理を実施。
- 上記取組で得られたデータをもとに経済算定アルゴリズムを開発

②実験フィールドの構築

- ・京都府精華町と連携、同町において約 3,500 名の実験参加候補者プールを構築。

(5) 今後の課題と対応方針

COI での研究開発は終了し、各企業にて開発。

(6) その他特記事項

特になし

A イノベーション創出に向けた活動実績

4 研究開発テーマの成果

4.3 災害インフラ 分野

近年、急速にエレクトロニクス技術が発展・普及し、スマートフォンをはじめ、身の回りには各種センサを含めて様々な電子機器が溢れている。これらの普及のおかげで我々は豊かな生活を過ごすことが可能となっている。一方で、毎年のように、地震や台風といった災害が発生している。こうした災害の際には、電力エネルギー供給が一時的に絶たれることで、様々な電子機器が利用できなくなってしまう。電力供給がなくなること、様々な電子機器に当たり前のようには支えられた日常は一変し、例えば、スマートフォンによる安否連絡や避難情報の入手等もできないなど、人命に関わる重大な問題までも引き起こしてしまいかねない。

充電・エネルギー切れの不安を取り除き、いつでもどこでも、災害時でも電力を使用で安心社会の実現のため、無線電力伝送、固体水素源燃料電池、フィルム型太陽電池などを開発し、また災害時でも透析ができる装置など、バイタルセンサや電動機器など身近なものへの常時の電力供給をはじめ、災害を防ぐための観測機器、災害時の救助システムや緊急電力供給まで対応できるエネルギーインフラの構築、いつでもどこでも災害でも安心社会を実現する。

災害インフラ分野の研究開発テーマは、次の4テーマ

4.3.1 無線電力伝送システム

4.3.1.1 センサ給電

4.3.1.2 災害予防保全

4.3.1.3 標準化

4.3.1.4 IC化技術

4.3.1.5 災害救助・火山観測

4.3.1.6 電動車両向け無線送電システムの開発（電動モビリティ給電）

4.3.2 太陽電池・蓄電デバイス

4.3.2.1 フィルム型太陽電池

4.3.2.2 蓄電デバイス

4.3.3 医療・介護向け燃料電池の開発

4.3.4 災害及び在宅に対応した血液浄化装置の開発

A イノベーション創出に向けた活動実績

4 研究開発テーマの成果

4.3.1 無線電力伝送システム

しなやかほっこり社会を実現する為の、子育て支援、ヘルスケア、災害インフラに共通するセンサーネットワークや ICT 機器等を、電池レスでいつでもどこでも安心・安定に使用できるエコシステムの構築を目指し、無線送電システム技術の開発と実証、社会実装を推進している。

無線電力伝送システムは、以下の 6 つの研究開発課題に分けて取り組んできた。

4.3.1.1 センサ給電

テーマリーダー（氏名、所属、役職）	： 谷 博之 パナソニック（株）主幹技師
サブテーマリーダー（氏名、所属、役職）	： 篠原真毅 京都大学 生存圏研究所 教授
研究開発実施期間	： 平成 25 (2013) 年度～令和 3 (2021) 年度
参画機関	： パナソニック（株）、ミネベアミツミ（株）

(1) テーマの概要と目指すべき将来の姿（拠点ビジョン）との関係

本テーマでは、医療や介護分野において活用される生体センサー向けの小電力センサシステムの開発を行っている。

少子高齢化が進み、介護医療従事者の不足が予測される中で、施設や在宅での健康管理、遠隔医療を実現する生体センサシステムが求められる。このニーズに対し、無線給電センサを活用した健康管理・見守りシステムを提案している。無線給電により電池交換や充電作業が不要となるため、センサシステムの導入が容易となると共に、24 時間での健康管理や見守りによる遠隔での医療や介護の実現にも貢献できる。また、新型コロナウイルスにより、在宅勤務の増加など、生活、働き方が変化する中で、人の生体情報を常時センシングし、生活改善や働き方改善に繋がるようなサービスも求められるようになる。これらを実現する為のセンシングシステムの電源として、開発したセンサ給電システムの活用が期待される（図 1）。さらに、この技術は様々なセンサへの展開が可能であり、人手不足が課題となっている社会インフラ設備の保守点検業務の IoT 化等、様々な分野の社会課題解決に貢献することを目指している。

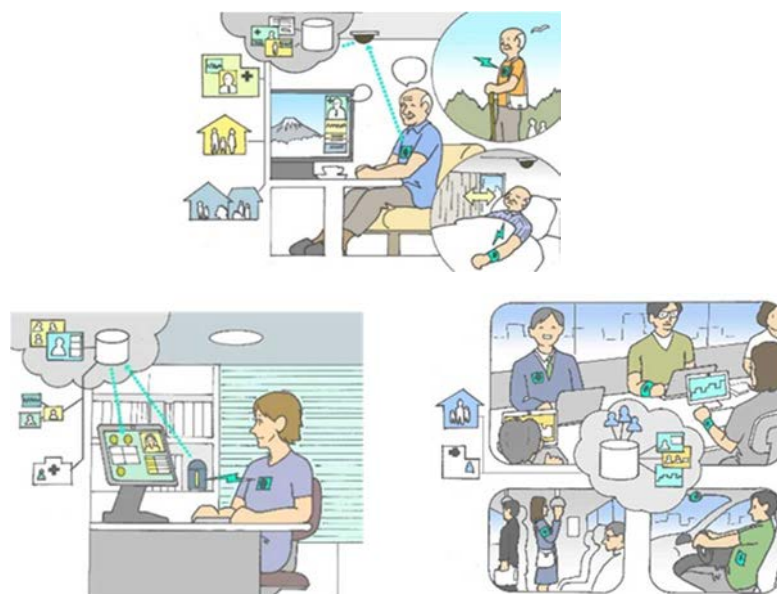


図 1 センサ給電システムの目指す姿

A イノベーション創出に向けた活動実績

4 研究開発テーマの成果

(2) 想定する製品・サービスについて（担い手、社会的インパクト・経済的インパクト）

ここで、提供する製品サービスについては、本テーマで開発した無線給電による電源システムを、パナソニックより協業先のセンサメーカーへと提供し、健康状態モニタリングシステムに組み込むことを想定している（図2）。お客様は医療介護機関とそのサービスを利用する一般利用者を想定している。無線給電の技術を組み込むことで、既に製品化されている生体センサに比べ、電池容量の少ない2次電池を活用することが可能となり、センサの薄型化と長時間動作を両立することができる。従い、前述のような常時データを収集するような活用シーンにおいては、他製品に対して優位性があると考ええる。さらに、開発したセンサ給電システムを様々なセンサへ展開することを目指し、IoTセンサを活用したソリューション・サービスを検討しているメーカー（SIer）への提供も想定している。2021年度よりサンプル提供を開始し、新規市場を創出し、本格事業化へと進めていく予定である。

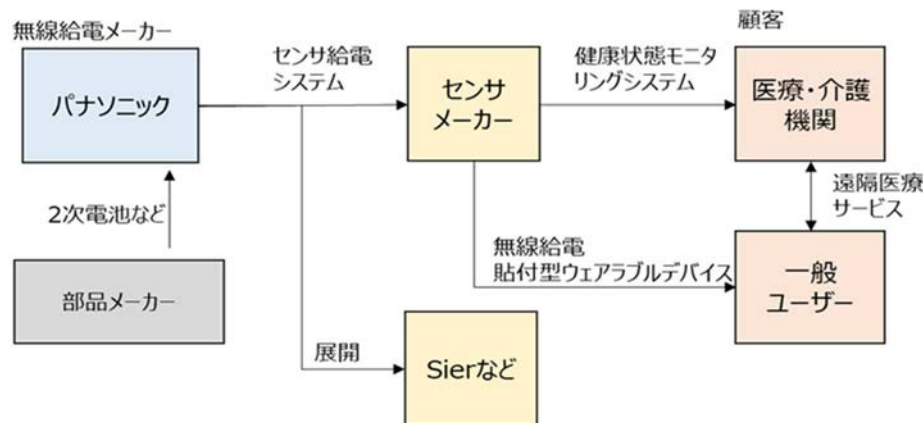


図2 無線給電を活用したソリューションサービス

(3) 研究開発期間終了時の達成目標

無線給電機能を搭載したセンサシステムの社会実装を目指し、人体貼り付け型センサへ適用可能な無線給電基板と、省令改正予定の新制度に対応した送電機、これらを組み合わせた社会実装システムを開発し、試験販売を開始することを目標とする。

① 無線給電基板の開発

無線給電基板は、高効率整流回路、電源マネジメント回路を搭載し、受電した無線電力を直流電力に変換すると共に、センサへの電源供給や2次電池への充電に活用することが出来る。この基板と様々なセンサを組み合わせることで、無線電力を活用しながら動作するセンサ端末を実現することができる。

② 送電機の開発

2022年、電波法の省令改正が予定されており、この新制度に対応した送電機を開発する。技術適合基準を満たすと共に、従来のRFID等の送電機と比較し、低コスト化を目指す。

③ 社会実装システムの開発と試験販売開始

開発した機器を組み合わせた社会実装システムを構築し、電源長寿命化を実現できることを実証すると共に、開発機器の試験販売を開始する。

(4) 主な成果と達成状況

A イノベーション創出に向けた活動実績

4 研究開発テーマの成果

① 無線給電基板の開発

生体センサに搭載可能な無線給電基板を開発し、プロトタイプを製作した(図3 左図)。この基板は無線給電の共通機能であるアンテナ、整流回路、電源マネジメント回路に加え、心電データから心拍を抽出し、BLE(Bluetooth Low Energy)により通信を行う機能も搭載している。サイズは80mm×30mm×5mmとなっており、人体へ装着可能な目標サイズを達成している。さらに、生体センサ以外の様々なセンサへの適用を目指し、共通的な無線給電機能を抽出した共通基板(図3 右図)も開発している。この基板を、センサメーカーをはじめとする様々なユーザーへ提供することで、無線給電機能を搭載した商品開発を進め、市場拡大を狙う。



図3 無線給電基板

② 送電機の開発

新制度に準拠した送電機の製作評価を行っている(図4)。920MHz帯の2周波数(918MHz、919.2MHz)に対応し、空中線電力1W以下、スプリアス性能等、基準を満たした送電基板を低コストで設計している。また、マイクロ波生成部における発熱の課題に対しても、基板からの発熱の定量評価(図4 右図)とシミュレーションを活用した筐体設計により、試験販売における安全性の基準を満たしている。さらに、開発した送電基板に接続し、マイクロ波を空間に放射するアンテナ基板と筐体についても開発を行った。基準であるアンテナ利得6dBi以下の範囲内において、小型なアンテナを設計製作し、従来品と比較し、面積比1/4の小型化を実現している。



図4 送電基板

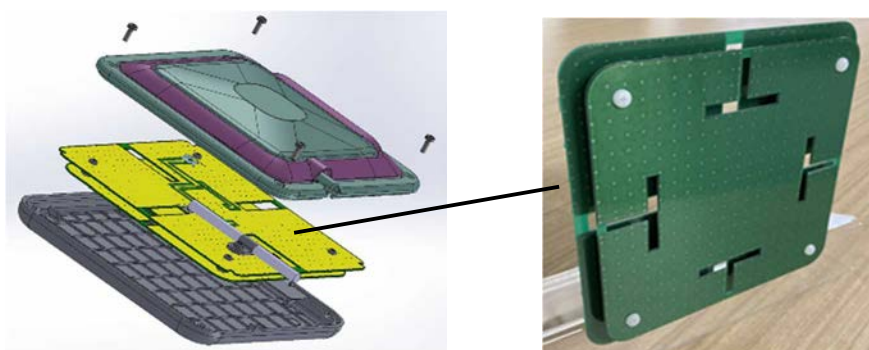


図5 アンテナ基板

A イノベーション創出に向けた活動実績

4 研究開発テーマの成果

③ 社会実装システムの構築、試験販売開始

前述の送電機と受電基板を組み合わせた無線給電システムを構築し(図 6 左図)、給電性能の評価を行っている(図 6 右図)。電波暗室の無反射環境において、人体に貼り付けた受電機への 3m 距離での給電を確認している。このシステムの社会実装を目指し、(6)標準化のテーマと連動しながら、改正される省令に準拠した免許を取得し、一般環境下で送電できるシステムとして、2022 年、試験販売を開始する予定である

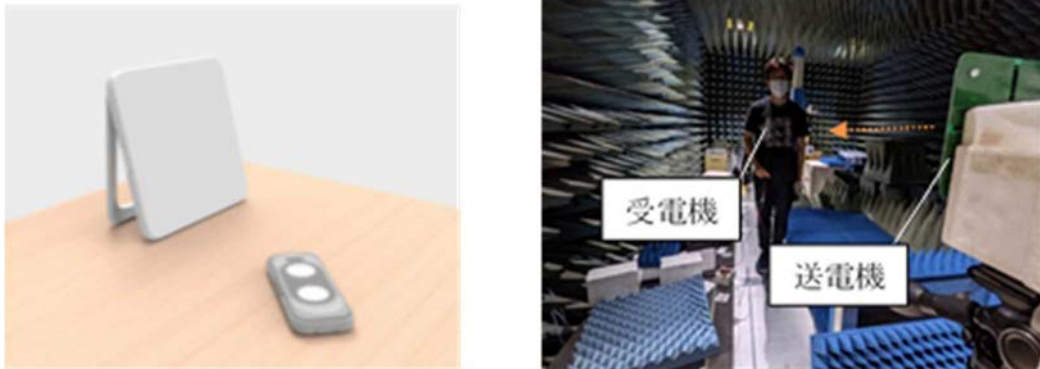


図 6 社会実装システムと給電実証

(5) 今後の課題と対応方針

C01 最終年度として、開発してきたマイクロ波によるセンサ給電システムの試験販売を開始し、社会実装のスタートを切る。しかしながら、省令改正はステップ 1 の段階で、送電電力(空中線電力)は 1W 以下となっており、様々な市場へ適用するにはまだまだ制約が多い。従い、今回のステップ 1 の省令改正、試験販売開始は、初期市場の開拓フェーズであると認識し、今後、適用範囲、市場を拡大していく。C01 終了後も、高出力化を狙うステップ 2 の法制度化と、安全に電力を送電できる技術開発に取り組んでいく。

(6) その他特記事項

特になし

A イノベーション創出に向けた活動実績

4 研究開発テーマの成果

4.3.1.2 災害予防保全

テーマリーダー（氏名、所属、役職）	増田重巳 ミネベアミツミ（株） 課長
サブテーマリーダー（氏名、所属、役職）	篠原真毅 京都大学 生存圏研究所 教授
研究開発実施期間	平成 29 (2017) 年度～令和 3 (2021) 年度
参画機関	ミネベアミツミ（株）

(1) テーマの概要と目指すべき将来の姿（拠点ビジョン）との関係

近い将来において社会実装が望まれる「しなやかほっこり社会」においては、効率の良いインフラ点検システムを構築・運用していくことにより安心・安全な暮らしを実現していく必要がある。日本においては社会インフラの老朽化が進んでおり(図 1)、これらの維持管理には人材不足など様々な課題を抱えていることから、マンパワーによる従来型の点検手法から IoT、ロボット技術、画像解析を活用することにより効率的なインフラ点検を行うための技術開発などが進められている。特に点検方法の中で最も基本的な目視点検に代わるものとして、カメラやレーダなど画像処理技術を活用した点検サービスの需要が増加している。しかしながら、これらの技術は構造物表面の外観観測による点検に留まっており、インフラ構造物の内部状況を効率よくモニタリングするには至っていない。その為、本テーマではボルトの緩みを検知するセンサ等をマイクロ波送電を用いて駆動し、配線・電池交換を不要としながらインフラ構造物の内部状況を高速走行車両から瞬時にモニタリングするシステムを開発する(図 2)。更に、開発したマイクロ波送電システムを社会実装するために、空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムの制度化においてユースケース提案及び技術仕様策定を推進する。

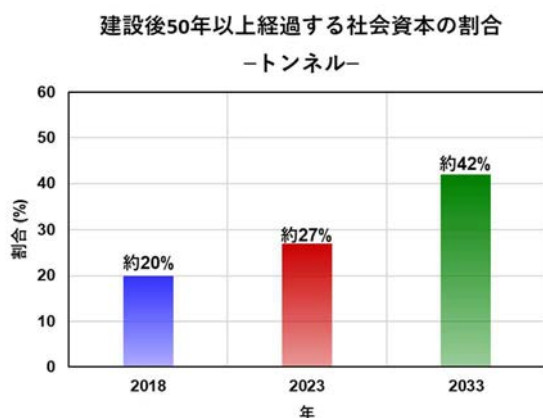


図 1. 老朽化トンネル比率見込み
(国土交通省資料から作成)



図 2. 無線電力伝送技術を利用した開発システム
(イメージ図)

(2) 想定する製品・サービスについて（担い手、社会的インパクト・経済的インパクト）

具体的なサービス内容は、車載高速ビジョンセンサによりモニタリングセンサに接続された受電アンテナの位置方向をミリ秒単位で時々刻々捕捉し、車載マイクロ波送電装置によりその方向へ高利得マイクロ波狭ビームを放射することにより所要の給電量を与えてバッテリーレスセンサの給電・起動・内部状況モニタリングを行い、その情報を同じくバッテリーレス無線送信モジュールから同車両へフィードバックするものである。特定のインフラ構造物に特化したシステムであれば 2022 年頃から制度化・標準化仕様に準拠した運用試験装置への改良を経て 2024 年頃までに既存の無線システム運用業者との周波数共用交渉を終えて実運用が可能となる。インフラ点検実施の担い手となるインフラ点検会社には技術提案・共同運用試験を経て社会実装を進めていく。

類似の点検を行う手法としては、ボルト緩みセンサ情報をインターネットクラウドへアップロードする常時点検システムがあるが電源を含めたネットワーク構築がトンネル毎に必要となる。また、ボルト緩み具合に応じたボルト頭頂部の色変化による緩み検知などがあるが

A イノベーション創出に向けた活動実績

4 研究開発テーマの成果

数値データとして検知できない。本システムではスタンドアローンで点検箇所を巡回的にモニタリングしていくために大規模なネットワーク構築の必要が無く、また、ボルト締結状態を数値的にモニタリングできるため異常検知アルゴリズムにより予防保全が可能となる。更に、本システムでは、ボルト緩みセンサは既に使用されているボルト頭頂部へ後付けで設置できる形状の開発を進めており、後付け設置が可能となればシステム導入が容易なため運用展開は早いものと見込まれる。

(3) 研究開発期間終了時の達成目標

時速 50km/h での走行車両からの 915MHz マイクロ波送電及びセンサ起動・モニタリング情報フィードバックに関しては給電・モニタリング動作の実証実験済みである。

制度化においてマイクロ波周波数候補となっている 918MHz とその隣接周波数帯における既存の無線システムへの許容干渉量基準を満たす干渉低減方策のトンネル内シミュレーション検証を行って所要離隔距離を算出し、920MHz 帯での実運用試験用装置開発の指針とする。具体例としては、通常の走行中車間距離 (100m) において携帯 (LTE) では許容干渉量基準は -44dBm 以下、また、業務用無線通信システム (MCA) では許容干渉量基準は -51dBm 以下、とする必要があるため、これらの値を達成目標とする。また、隣接車線上の近接一般車両に関しては干渉確率計算により運用可能条件を策定する。また、トンネル外干渉モデルを作成し、電波天文などの既存無線システムへの干渉量を算出し運用可能条件の策定を行う。

自社製の低消費電力・高感度のセンサを用いることにより、モニタリング情報フィードバック時の所要給電電力及び給電時間の短縮が図られることから他機器への電波干渉の軽減効果を得ること、更に、高感度化によってセンサ設置の際の被測定物への影響の低減が期待できるためモニタリングを行っていない被測定物と同等の性能維持が可能となる効果を確認することを達成目標とする。

項目	実用化仕様 (案)
周波数帯	候補: 918.0, 919.2 MHz/200 kHz幅
CH数 (周波数)	2 ch.
出力	10W (40 dBm)以下
アンテナ利得	素子利得6 dBi + アレー利得16.8 dB = 22.8 dB
受信電力	最大143 mW (0 dBi ANT.)
伝送距離	6 m以下
使用環境	屋外 (点検対象付帯設備設置の自動車専用トンネル内)
周波数共用の仕組み	放射方向制限(±15度以内) 送電時間制限: 最大300msec 休止時間: 最小4s
安全性 (人体防護)	人: 通常人の立ち入らない自動車専用トンネル内で運用 避難通路使用時は点検中止 他車両の乗員: 先導車・後導車による一般車両との離隔確保 安全性確保のため他車両侵入防止の方策追加
免許条件等	無線設備移動局扱い

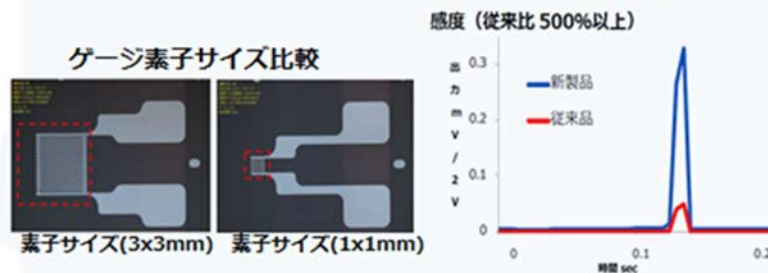
表 1. 法制化 (周波数共用) 対応の仕様案

A イノベーション創出に向けた活動実績

4 研究開発テーマの成果

新規開発センサ（MINEGE®の特徴）

- 低消費電力化
高抵抗化により、低消費電力化が可能
- 従来比500%以上の高感度化
超微細な荷重変化が測定可能
- 従来比約1/10以下の小型化
今まで搭載できなかった小さな部位への搭載も可能



※MINEGEは、ミネベアミツミ株式会社の登録商標です。

図 3. 自社開発の低消費電力・高感度センサ

(4) 主な成果と達成状況

無線設備規則準拠の車載ビジョンセンシングマイクロ波送電装置とボルト軸力センシングモジュールを用いて京都府宮津市にある地蔵トンネル避難坑内において走行モニタリング動作実証実験を行った。実験場所の制約から走行速度は 50km/h、車両・センサ間対向距離は 4m、受電アンテナは利得 6dBi のパッチアンテナを 1 個使用した。走行モニタリング一連の動作が確認され、ボルト軸力センシングモジュール 1 個への給電・起動・送信に必要な電力量を大幅に上回る給電量が得られ、受電アンテナを 2 個使用することにより実運用に必要な 10 数個のボルト軸力センサへの給電・起動・送信が可能となる見通しを得ている。

今後は、現在進行中の制度化において策定されていく帯域外感度抑圧やスプリアス干渉抑圧などの高精度要求仕様を満たすべく、放射マイクロ波の空間広がり抑制方式やマイクロ波高精度生成方式などの与干渉低減方策の検証を進め、実運用試験仕様に供するマイクロ波送電装置構成を確立する。

設計通りの十分な給電量が得られると最大 15 個のボルト軸力を連続して同時に測定できることを確認している。

■ 国家戦略特区での無線給電実証実験に成功（京都府宮津市）

□ 実証実験 10/19～23日(夜間)



図 4. 国家戦略特区における実証実験映像

■ 無線給電対応型ボルト軸力センサーの1次試作



図 5. 無線給電対応型ボルトセンサ試作品

A イノベーション創出に向けた活動実績

4 研究開発テーマの成果

制度化に向けた事前検討としてトンネル内外でのレイトレーシングシミュレーションを行い、帯域外感度抑圧の特性改善について以下、①～③の対策効果を検証した。

- ① マイクロ波ビームの走査範囲を±60 度から±15 度に変更
- ② アンテナアレイ出力の低サイドローブ化
- ③ トンネル構造躯体の覆工コンクリート部への電波吸収体敷設

これらの対策を講じた際の電波強度シミュレーション結果を図 6 に示す。共存システムへの干渉レベルが大幅に改善され、実運用を模擬した一定条件下において LTE の帯域外感度抑圧基準である-44dBm 以下は送電車両近傍外で達成される。したがって、車間距離 100m の条件下において運用可能であり、また、安全対策のために送電車両の前後に先導車と後導車を走行させることにより、一般走行車両との干渉回避距離を十分に確保することができる。

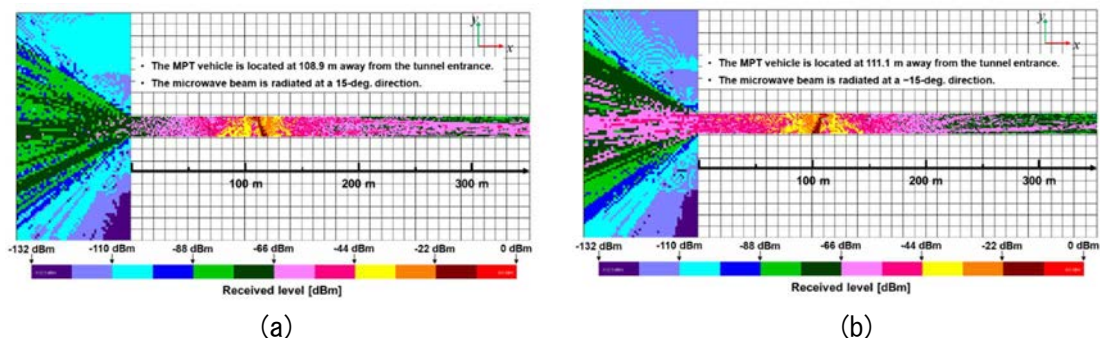


図 6. トンネル内外 920MHz 電波強度：(a) ビーム方向 15 度、(b) ビーム方向-15 度

(5) 今後の課題と対応方針

社会実装を行うにあたり、空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムの制度化・標準化の完了を待つ必要がある。対応方針としては制度化・標準化に参画して仕様策定と並行して仕様を満たす装置開発を進めていくこととなる。また、種々のインフラ点検へ無線電力伝送を適用するメリットはまだ広く認識されているとは言えない状況である。そのため、インフラ点検事業者との共同実験の推進によりインフラ点検運用の円滑な導入を図る。

一般的にボルト軸力のセンシングを行う際に被測定物に負荷がかかると、モニタリングをしていないボルトと比較して、緩み易くなってしまうという問題が発生する。そのため、ボルトの機能への影響を可能な限り低減しつつ、正常にモニタリング動作が可能となるボルトセンサを目指して開発を進めていく方針である。

(6) その他特記事項

受賞：The 35th International Technical Conference on Circuits/Systems, Computers and Communications (ITC-CSCC2020) Best Paper Award



A イノベーション創出に向けた活動実績

4 研究開発テーマの成果

4.3.1.3 標準化

テーマリーダー（氏名、所属、役職）	： 谷 博之 パナソニック（株）主幹技師
サブテーマリーダー（氏名、所属、役職）	： 篠原真毅 京都大学 生存圏研究所 教授
研究開発実施期間	： 平成 29 (2017) 年度～令和 3 (2021) 年度
参画機関	： パナソニック（株）、ミネベアミツミ（株）

(1) テーマの概要と目指すべき将来の姿（拠点ビジョン）との関係

しなやかほっこり社会を実現する為の、子育て支援、介護支援、ヘルスケア、災害時サポート、災害予防に共通するセンサーネットワークや ICT 機器等を電池レスでいつでもどこでも安心・安定に使用できるエコシステム構築を目指し、無線電力伝送システム技術の開発と実証、社会実装を推進している。マイクロ波を用いた長距離の無線電力伝送システムは、電池を携帯する必要があるモバイルデバイスの急激な増加と、IoT (Internet-Of-Thing) のような常に無線で情報をやり取りするデバイスの発展への期待に伴い、ニーズが急速に高まってきた。しかし、ニーズに答える研究開発を行っても、マイクロ波を含むすべての電波は世界中で法的に使用目的が決まっており、無線電力伝送用途の周波数割り当てはまだない。電波利用が法的にできなければダーウィンの海に飛び込み以前の問題で、新技術に基づいた新しい社会の構築が進まない。そこで本 COI にて

- 1) 介護用、子育て用等の電池レスセンサへの給電
- 2) インフラ保全用電池レスセンサへの給電
- 3) 火山観測、災害救助向けシステムへの給電
- 4) 電動車両向け充電システムへの給電

等を行なう無線電力伝送システムを研究開発するとともに、子育て中の人、高齢者を含め全ての人が、安全安心・便利に暮らせる社会を実現する為のビジネスができる法制度整備、標準化を推進する。

(2) 想定する製品・サービスについて（担い手、社会的インパクト・経済的インパクト）

無線電力伝送の法制化等を話し合う総務省情報通信審議会資料によると、「空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムは当初提案よりも制限を設けた第 1 ステップとなるため、屋内の無人の工場ライン（組み立て型工場）、プラント（加工型工場）、倉庫、配送センターの無人エリア、有人の物流現場、老人介護施設等での普及となり、2025 年に約 700 億円の市場規模が見込まれる。また、当初提案された①FA/IoT センサ、②介護・見守り用途センサ、③モバイル端末（スマートフォン、タブレット等）への展開では、2025 年に約 5,520 億円の市場規模が見込まれる。」（第 150 回資料、ブロードバンドワイヤレスフォーラム試算）となっている。（空間伝送型ワイヤレス電力伝送=マイクロ波無線電力伝送）本報告は主に日本国内市場の今後について述べたものであるが、米国ではすでに既存電波法の範囲内（解釈）で複数の BtoB or BtoC (@Amazon.com) のマイクロ波無線電力伝送の商品が発売されている。中国でもスマホ再大手の Xiaomi がマイクロ波無線電力伝送を用いたスマホワイヤレス充電の研究開発を行い、商品化の準備をしているという報道があった（2021 年 1 月）。このようにマイクロ波無線電力伝送の市場受入れの準備は整いつつある。

(3) 研究開発期間終了時の達成目標

2021 年度中もしくはそれよりも早く国内の電波法に関する省令改正を行い、マイクロ波無線電力伝送の商品が国内において販売可能な状態にすることを目標とする。2021 年度でほぼ確定しているのは屋内小電力ワイドビーム型の無線電力伝送システム（免許必要）であり、COI の成果の実用化には一部しか対応していないため、第 2 段階として屋外かつ中大電力ワイヤレス電力のシステムに関する法制化の議論をスタートする。並行し、2021 年度中に国際的な電波利用の枠組みを議論する国際団体 ITU-R (International Telecommunication Union, Radio Sector) において、日本の法制化に基づいたマイクロ波無線電力伝送に関するレポートの発行もしくはそのドラフトの承認を目指す。標準化においては京大が主導するワイヤレス電力伝送実用化コンソーシアム WiPoT

A イノベーション創出に向けた活動実績

4 研究開発テーマの成果

が標準化を主導し、国内新省令に基づくシステムの標準仕様の策定の議論を行うことを目標とする。

項 目	達成目標
国内制度化・標準化 第1ステップ	・第1ステップ（センサ給電向け）国内制度化 ・920MHz帯についてのARIB標準規格発行
国内制度化・標準化 第2ステップ	・第2ステップ（災害予防保全向け）制度化活動の仕様案調整
国際標準化	ITU-Rにて下記文書の策定プロセスを進める ・干渉検討についてのReport ITU-R SM.[WPT.BEAM.IMPACT] ・周波数についての勧告案Recommendation ITU-R SM.[WPT.BEAM.FRQ]

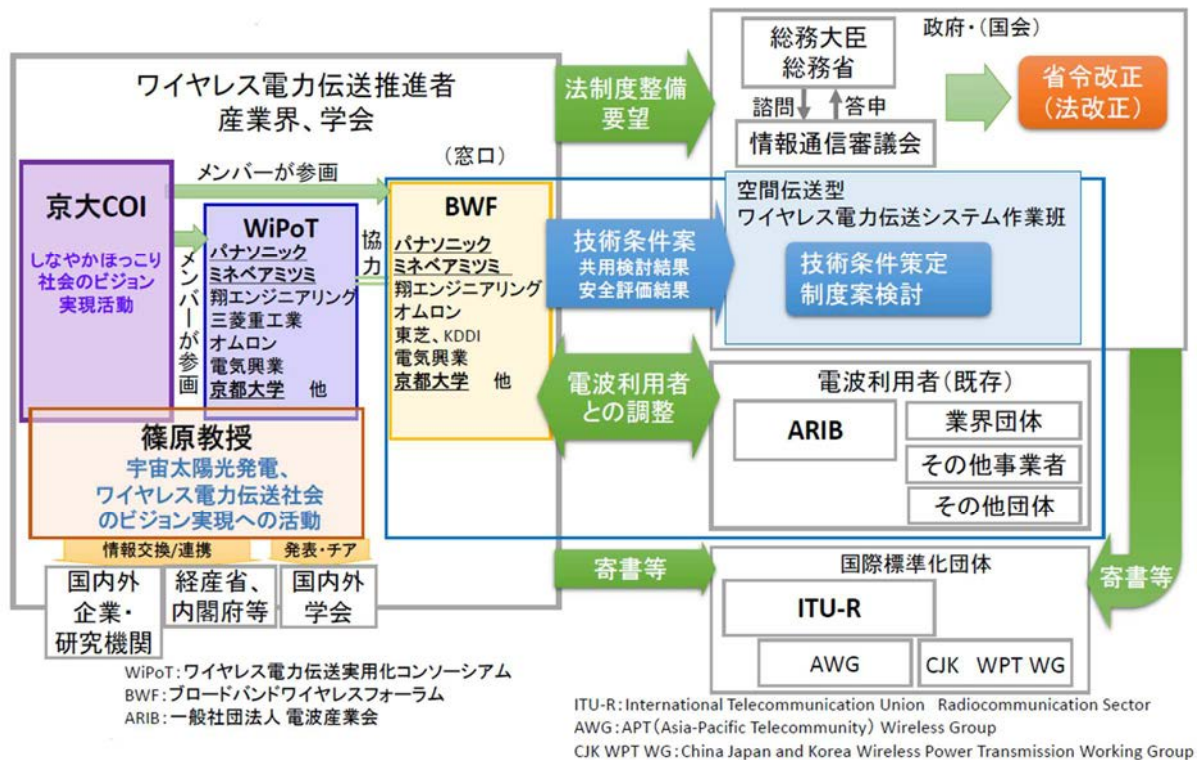
(4) 主な成果と達成状況

C0I スタート以前に設立した WiPoT コンソーシアムは、無線電力伝送の実用化を目指す企業集団として活動を続けている。設立時の 22 法人から 2021 年 4 月時には 43 法人(+大学学識会員 57 名)に成長し、総務省との法制化の議論や標準化の議論の中心となっている。ITU-R にも積極的に参加し、WiPoT 及び京都大学が中心となって 2016 年にマイクロ波無線電力伝送に関する Report ITU-R SM-2392-0 に貢献し、発行することができた。これは 1997 年に無線電力伝送の議論のスタートである Question が ITU-R に提案されてから 19 年目の一つの区切りの到達点であった。Report ITU-R SM-2392-0 には本 C0I の研究成果も反映されている。ITU-R に寄与文書を投稿するためには日本国として了承を取る必要があり、Report 内容は国内の無線電力伝送に関する議論の結果が反映されてはいるが、この段階ではまだ国内法は整備されてはいなかった。そのため、本 C0I の研究成果を社会実装し、かつ無線電力伝送の法整備を進めるために、本 C0I では「国家戦略特区」を用い、2017 年から京大-三菱重工と、京大-Panasonic が共に京都府精華町で実証実験を始めた。さらに 2020 年に京大-ミネベアミツミが京都府宮津市で実証実験も始めた。これら技術実証と並行し、C0I 関係者が WiPoT と連携して総務省と法制化に関する議論の交渉を始め、交渉の末に 2018 年 12 月に無線電力伝送の法制化を議論するための総務省情報通信審議会に作業班を設立させ、議論をスタートすることができた。2 年以上にわたる非常に困難な議論の末、2020 年 7 月 14 日に情報通信審議会からの答申 として「空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムの技術的条件」のうち「構内における空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムの技術的条件」(920MHz 帯、2.4GHz 帯、5.7GHz 帯)が答申され、省令改正の準備が整った。この間に 2 度のパブリックコメントも行い、無線電力伝送の社会実装に向けたパブリックアクセプタンスも進めていた。答申に盛り込まれた運用調整の仕組みについて、「運用調整の在り方」が 2021 年 5 月に公表され、2022 年 1 月にワイヤレス電力伝送運用調整協議会が設置された。また、空間伝送型ワイヤレス電力伝送システム導入のための電波法施行規則等の一部を改正する省令案等が 2022 年 1 月から 2 月にかけてパブリックコメントにかけられた後、2022 年 3 月 7 日に電波監理審議会にて省令案が答申され、2022 年度内の省令改正＝制度化見込みがたった。省令改正が行われた暁にはすぐに商品化の申請を C0I 及び WiPoT 関連の企業から行い、日本初のマイクロ波無線電力伝送の商品化を目指す。

並行して国際協力も進め、標準化の議論も行っており、WiPoT を通じ、米国ベンチャーの Ossia 社、PowerCAST 社、Energous 社、ATERLINK 社、GuRu 社の他、中国の企業等とも交流している。Ossia 社や Energous 社は WiPoT からの働きかけにより ITU-R での議論に参加し、総務省での議論にも意見を述べている。これら国際的な協力体制の構築には企業だけで行うよりも国際学会を通じたほうがよりスムーズに行うことができる。世界最大の米国電気通信関連学会 IEEE には京大からスタートさせた無線電力伝送の学会グループができており(2011 年京大宇治キャンパスでキックオフ学会を開催)、2021 年度は IEEE WPT initiative を設立し、複数のソサイエティ(学会内研究会)を横断する IEEE を代表する大きなムーブメントに成長した。IEEE を通じ、ベンチャー企業のみならず、Google 等を含む世界的な企業ともコンタクトをしており、今後の世界規格の議論の場を整えることができた。

A イノベーション創出に向けた活動実績

4 研究開発テーマの成果



標準化取組み体制

(5) 今後の課題と対応方針

2022 年度内に省令改正が行われるのは小電力ワイドビーム型などの屋内使用限定の無線電力伝送システム(免許必要)であり、COI 成果が社会実装可能となるのは 1 グループだけである。他グループの成果を社会実装するには屋外かつ中大電力ワイヤレス電力のシステムに関する法制化が必要である。前者を総務省では第 1 ステップ、後者を第 2 ステップと位置づけ、第 2 ステップの議論もすでに始まっているが、今後はこの議論を第 1 ステップと同様の省令改正をゴールとして活動を継続する。その際、世界の法制化の議論と足並みをそろえつつ議論をリードしなければならず、そのために ITU-R での活動や IEEE での活動を継続する。特に ITU-R では現状様々なマイクロ波無線電力伝送を総括した Report が発行されているが、今後は本 COI で開発した各技術ごとに技術を分類して Report 化、その先に Recommendation 化等を行うことを目指す。ITU-R での Recommendation が成立すれば日本発かつ COI 発の世界標準が近づく。

(6) その他特記事項

特になし

A イノベーション創出に向けた活動実績

4 研究開発テーマの成果

4.3.1.4 IC化技術

テーマリーダー（氏名、所属、役職）	：安間健一 三菱重工（株） 主席技師
サブテーマリーダー（氏名、所属、役職）	：篠原真毅 京都大学 生存圏研究所 教授
研究開発実施期間	：平成 29 (2017) 年度～平成 30 (2018) 年度
参画機関	：三菱重工業（株）

(1) テーマの概要と目指すべき将来の姿（拠点ビジョン）との関係

しなやかほっこり社会を実現する為の、子育て支援、介護支援、ヘルスケア、災害時サポート、災害予防に共通するセンサーネットワークや ICT 機器等を電池レスでいつでもどこでも安心・安定に使用できるエコシステム構築を目指し、無線電力伝送システム技術の開発と実証、社会実装を推進している。マイクロ波を用いた長距離の無線電力伝送システムは、電池を携帯する必要があるモバイルデバイスの急激な増加と、IoT (Internet-Of-Thing) のような常に無線で情報をやり取りするデバイスの発展への期待に伴い、ニーズが急速に高まってきた。他にも例えば有線で高電圧の充電方法の利便性/安全性の低さによって普及が阻害されている障害者や高齢者向けの電気自転車やパーソナルモビリティに対しても、無意識のうちにマイクロ波で電力を供給できる無線電力伝送システムは利便性を向上させ、システムの普及に大きく寄与できる。そこで、障害者や高齢者向け電気自転車やパーソナルモビリティへのコードレス充電技術研究をベースとしながら、広くセンサーネットワークや ICT 機器等へのコードレス充電にも応用可能な小型・高効率の無線電力伝送用の IC 化技術の研究開発を目的とする。

(2) 想定する製品・サービスについて（担い手、社会的インパクト・経済的インパクト）

無線電力伝送技術の具体的なニーズとして、上記電気自転車応用の他、介護施設でのバイタルセンシング、トンネル等のボルトセンサシステム（緩み検知）、火山観測での異常監視、災害時の災害救急救難支援システムなどが期待されていることを把握している。また、これらのニーズは、無線電力伝送距離が長いこと、受電装置が小型であることが求められていて、電磁誘導方式では無線電力伝送距離が短く装置が重いことから、無線電力伝送距離が長く確保でき、装置が IC チップ化でき軽くできるマイクロ波方式が、競争優位を確保できることが確認されている。開発した IC チップを必要なマイクロ波無線電力伝送システム開発会社等に販売するビジネスモデルを想定している。現在米国や日本にはマイクロ波無線電力伝送を事業化しているベンチャー企業が複数あり、また COI 研究でマイクロ波無線電力伝送の事業化を目指して研究開発を行っている大手企業もある。これらシステム販売事業者への IC チップ販売は今後のビジネスとして有望である。

(3) 研究開発期間終了時の達成目標

2013-2016 年度に研究開発を行った電動モビリティシステムの研究成果を踏まえ、受電装置の高効率化、小型化のための IC 化技術を開発する。

(4) 主な成果と達成状況

高効率 RF-DC 変換技術を適用した IC 受電チップの要素試作を行い(図 1、図 2)、IC 化時の効率で 42%を達成した(図 3)。さらに社会実装技術（無線通信、電力制御、蓄電）を装備した受電 IC モジュールも試作した(図 4-6)。また、通信機器との干渉回避技術を適用した IC 受電チップの要素試作を行い、干渉回避技術を適用可能な、耐電力 200mW の条件で、IC が正常動作した。開発した IC チップは、従来のものに比べ小型（従来 50×50mm 程度⇒開発品 3.3mm×1.3mm）、通信機器との干渉対策済（従来：干渉率 100%⇒開発品：干渉率 10%以下）、社会実装技術が装備されている、等で技術的優位性がある。

A イノベーション創出に向けた活動実績

4 研究開発テーマの成果

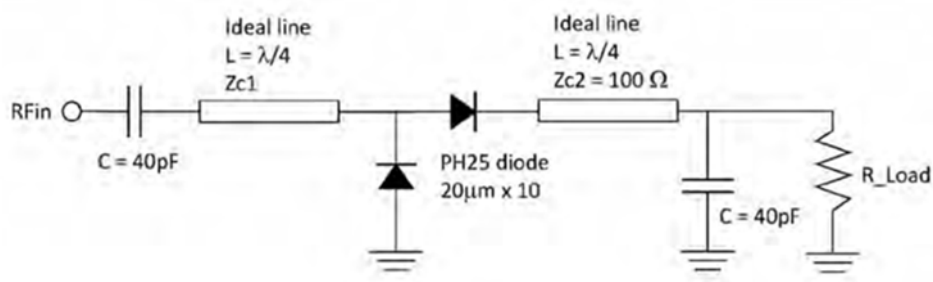


図1 受電 IC チップの改良（基本回路図）

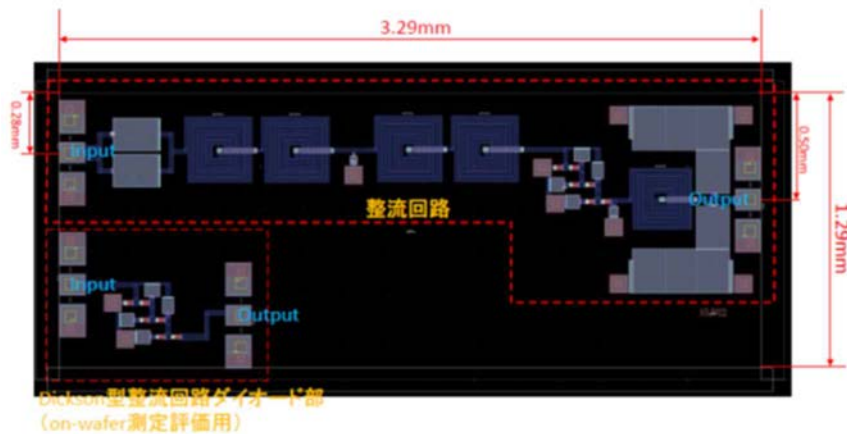


図2 開発した受電 IC チップ

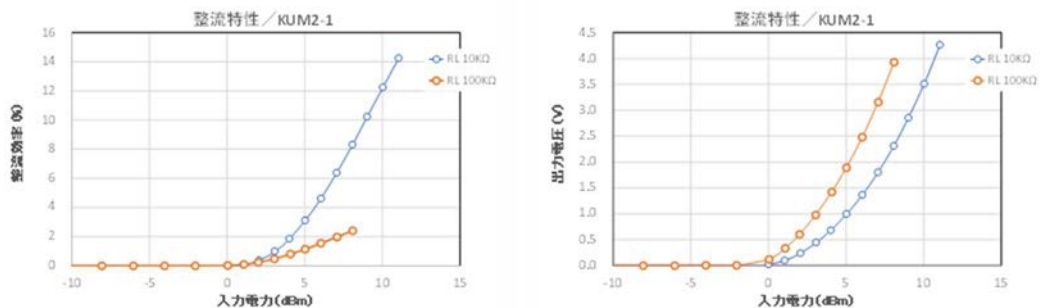


図3 開発した受電 IC チップの特性評価試験結果

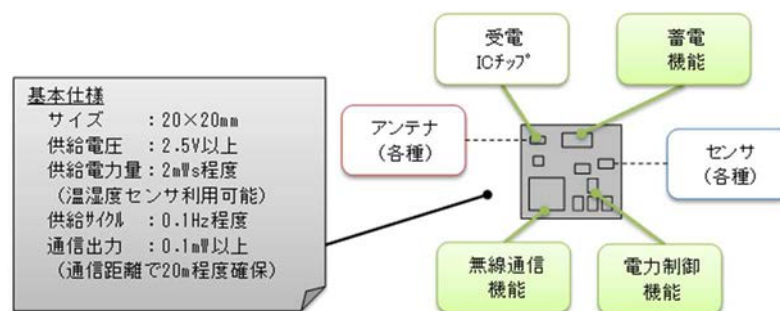


図4 受電 IC モジュール（基本仕様）

A イノベーション創出に向けた活動実績

4 研究開発テーマの成果

4.3.1.5 災害救助、火山観測

テーマリーダー（氏名、所属、役職）	藤原暉雄（株）翔エンジニアリング 代表取締役 社長
サブテーマリーダー（氏名、所属、役職）	篠原真毅 京都大学 生存圏研究所 教授
研究開発実施期間	平成 29 (2017) 年度～平成 30 (2018) 年度
参画機関	（株）翔エンジニアリング

(1) テーマの概要と目指すべき将来の姿（拠点ビジョン）との関係

しなやかほっこり社会を実現する為の、子育て支援、介護支援、ヘルスケア、災害時サポート、災害予防に共通するセンサーネットワークや ICT 機器等を電池レスでいつでもどこでも安心・安定に使用できるエコシステム構築を目指し、無線電力伝送システム技術の開発と実証、社会実装を推進している。マイクロ波を用いた長距離の無線電力伝送システムは、電池を携帯する必要があるモバイルデバイスの急激な増加と、IoT (Internet-Of-Thing) のような常に無線で情報をやり取りするデバイスの発展への期待に伴い、ニーズが急速に高まってきた。無意識のうちにマイクロ波で電力を供給できる無線電力伝送システムは、日常生活のモバイルや IoT センサーへの応用だけでなく、安全・安心な社会を脅かす火山噴火等の異常監視観測や、災害発生時の災害救急救難支援システム等の非日常時への応用にも威力を発揮する。このような非日常時こそ電力は必要不可欠であるが通常の電力供給方法は限られている。電池からの給電が非日常時では最も現実的であるが、電池寿命という大問題がある。本テーマで提案するマイクロ波無線電力伝送を応用した災害救助システムや火山観測システムはこれまでも提唱されてはいたものの、マイクロ波の距離減衰による供給電力の限界という理論的な壁を越えられず、研究開発が行われてこなかった。そこで本研究は機動力のあるドローンにマイクロ波送電システムを搭載し、危険な火山周辺やどこにいてもわからない要救助者の探索にドローンを自律飛行させ、観測器やビーコン信号発生器等の駆動に十分なマイクロ波電力を自動で供給するシステムを提唱したものである（図 1）。ドローンとマイクロ波無線電力伝送の組み合わせシステムは、マイクロ波無線電力伝送の弱点である距離の増加に伴う送電効率の低下をドローンの移動によって補完することができるシステムであり、安全、安心の社会実現に貢献するものである。

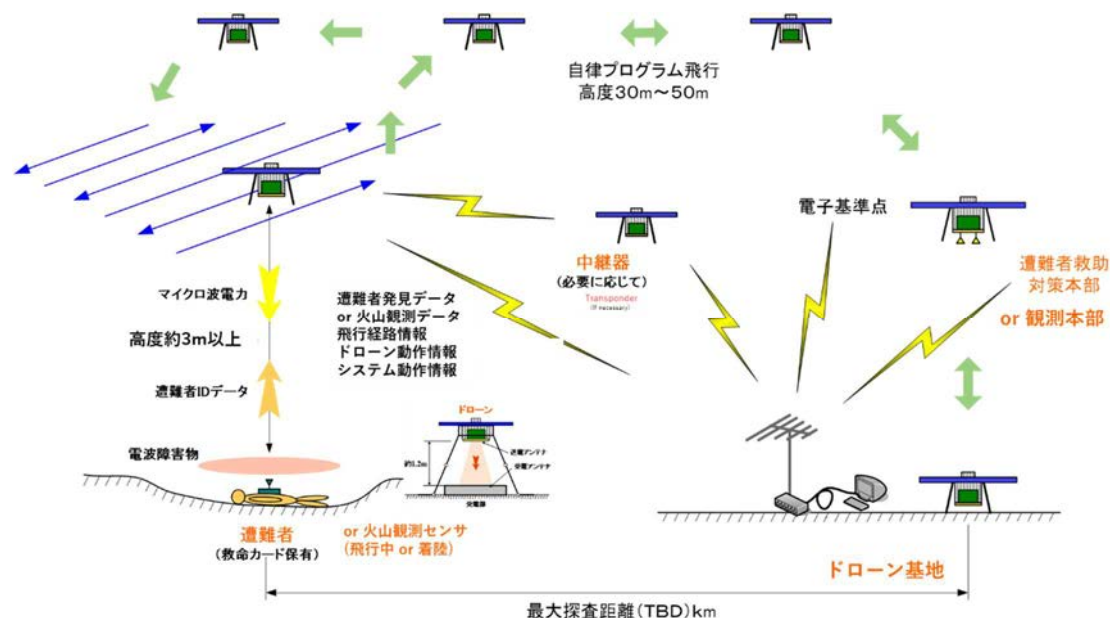


図1 ドローンとマイクロ波無線電力伝送システムの組み合わせシステムイメージ

(2) 想定する製品・サービスについて（担い手、社会的インパクト・経済的インパクト）

【販売（事業化）する商品・サービス】

1) 火山観測

A イノベーション創出に向けた活動実績

4 研究開発テーマの成果

噴石保護付受電装置、無線給電装置、観測器電源の充電・観測データ回収サービス等の販売

2) 災害救助

- a) 人探し/物探し用デバイスの設計、製造、販売
- b) 探索装置/探索システムの設計、製造、販売
- c) 救急・救難支援システム開発、販売、サービス

【ターゲット顧客】

1) 火山観測

山岳物資輸送者、気象庁、火山研究機関、国土交通省等

2) 災害救助

- a) 消防庁、警察署など危険地域での作業員、遭難者の捜索者など
- b) 防災用具/保安用具/アパレル等の製造・取り扱い業者など

【社会的期待効果】

まず火山観測システムにより、災害予防とともに万が一の災害発生時の迅速な状況把握を可能とし、減災に有用である。さらに大規模な自然災害が発生してしまった場合、その直後や立ち入り困難な場所に行方不明になってしまった要救助者の探索に同システムを用いることで、要救助者が携帯する電池レスの救命カードに無線で電力を供給、通信して探索・救助の時間短縮が期待できる。

(3) 研究開発期間終了時の達成目標

1) 火山観測用近距離送電技術の開発

新たに試作した高効率フラットビーム用電力分配器やレクテナ制御器等を用い、近距離送電用送電特性の評価実験を実施したのち、火山観測時に想定される運用モードであるホバリング給電及び着地給電に関する実証実験を行う。送電系をドローンに搭載し、地面に噴石防護付受電レクテナアレイを配置した状態で給電特性を把握する。ドローンのホバリング制御はGPS制御モードでの制御である。

2) 火山観測用/災害救助用自律ホバリング・自律着陸技術の開発

空間での電力伝達効率を高めるためには、ドローン搭載の送電アンテナと地上の受電レクテナアレイの中心を高精度で正対させる必要がある。火山灰、降雨、霧、落葉、土埃等の影響を考慮してマイクロ波による位置センサを採用し、パイロット方式に基づく自律ホバリング制御、自律着陸制御を目指す。

3) 災害救助用複数ID探索識別技術の開発

災害救助にも火山観測用のドローンとマイクロ波無線電力伝送組み合わせシステムを応用するが、火山観測用のセンサは位置がある程度わかっており、またセンサ1つ1つに順番に無線電力伝送を行えばよいが、災害救助の場合は視認できない要救助者の、場合によっては複数の要救助者の探索をしなければならない。よって複数ID探索識別技術が重要となり、この開発を行う。

(4) 主な成果と達成状況

1) 火山観測用近距離送電技術の開発

新たに試作した高効率フラットビーム用電力分配器やレクテナ制御器等を用い、近距離送電用送電特性の評価実験を実施したのち、火山観測時に想定される運用モードであるホバリング給電及び着地給電に関する実証実験を行った。実験は京大電波暗室内にて実施した。電波暗室内ではGNSS受信機、時期センサが利用できないため、ドローンの自律飛行が困難となり、手動操作での実験となった。図2にホバリング給電・着地給電実験の構成を示す。基本的には総合評価試験で使用した送電側の機器をドローンに搭載して、京都大学電波暗室内で手動操作により、飛行制御を行い、当該実験を行った。ドローンが床面に配置された受電システム(噴石防護付き受電レクテナアレイ)の上空で高度を変えてホバリング給電を行うと共に木製枠内に設置された受電システムの木製枠上面に着陸し、1.2m高度の位置から給電を行った。実験は全て計画通り問題なく実施されホバリング給電・着地給電に関して貴重なデータが得られた。

A イノベーション創出に向けた活動実績

4 研究開発テーマの成果

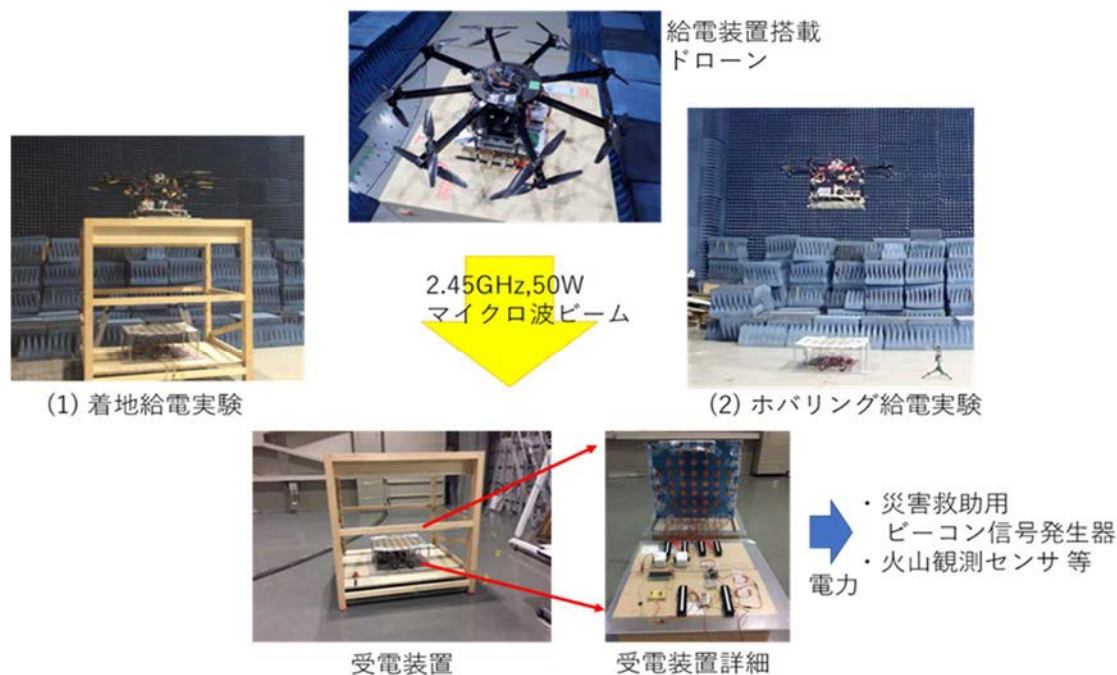


図2 火山観測を想定した総合実験

2) 火山観測用/災害救助用自律ホバリング・自律着陸技術の開発

空間での電力伝達効率を高めるため、目標の自動位置検出と自律ホバリング制御及び自律着陸制御を高度に組み合わせる必要がある。位置検出器は、ドローンの物理的中心に搭載されるパイロット信号源と地上配置される受電システムのアンテナパネル面に用意された5台の位相検出機能付きレクテナアンテナから構成され、これ等のレクテナアンテナで受信されるパイロット信号の位相差より、受電システムの幾何学的中心に対するドローンの相対位置を演算によって求める位置検出器を試作し評価試験を行った。通信機能付きレクテナは本研究で新たに開発したもので、受電システムうちの1個のレクテナに通信機能を付けたものである。火山観測機器の蓄電池の蓄電情報や、火山観測機器に対するドローンの相対位置情報をドローン側に伝送するために使用される。ドローン位置検出器は、図3-4に示すように、ドローン位置計測演算処理部とドローン位置情報伝送部とから構成される。実験の結果、誤差はあるものの、実用上問題ない範囲であることが確認された。並行して実験を行った自律ホバリング制御・自律着陸制御実験の良好な結果と組み合わせ、火山観測用自律ホバリング・自律着陸技術はほぼ確立された。

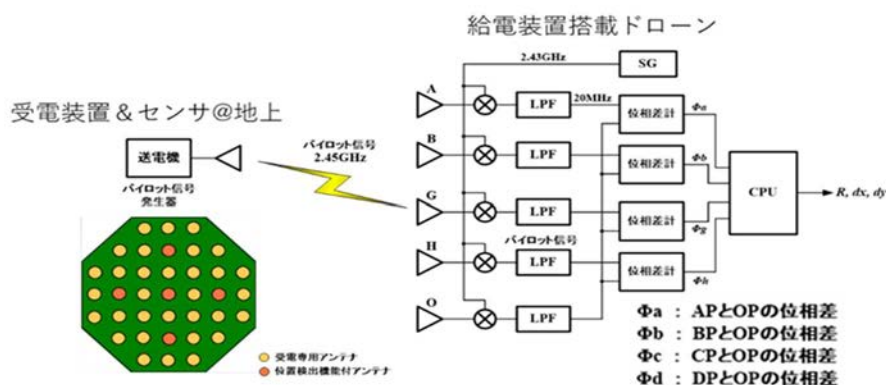


図3 目標から放射されるパイロット信号を用いた目標の自動位置検出システム

A イノベーション創出に向けた活動実績

4 研究開発テーマの成果

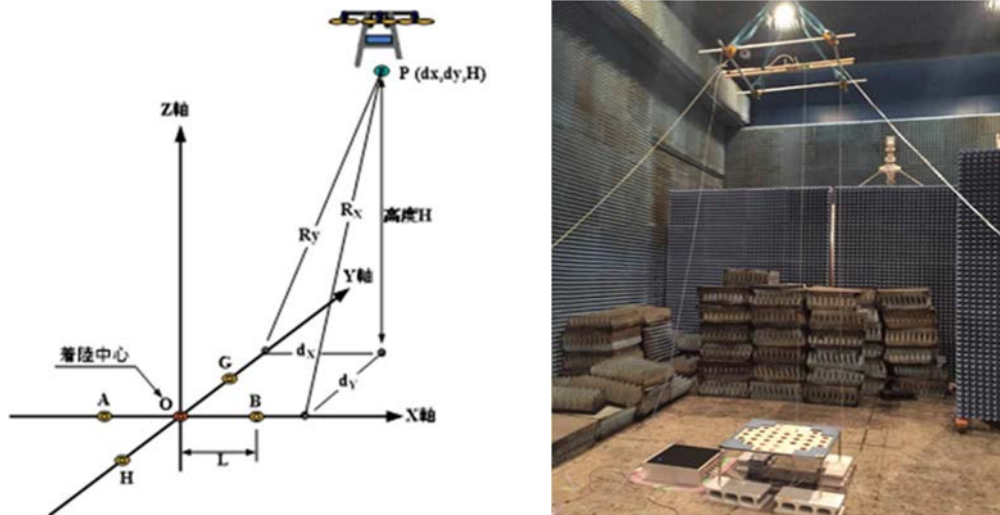


図4 目標から放射されるパイロット信号を用いた目標の自動位置検出システムと実験の様子

3) 災害救助用複数 ID 探索識別技術の開発

京大電波暗室内にて、ドローンによる動的探査識別能力評価を行い、場所の制約と安全性確保より $3\text{m} \times 2.5\text{m}$ の間隔で 6 個のマルチ ID カードを使用し、高さ 4.5m、速度 10km/h までの評価となった。本事件により、飛行しながら $3\text{m} \times 2.5\text{m}$ の範囲で同時に複数の ID を探査できていることが確認され、災害救助用に用いることが可能であることが確認された。

(5) 今後の課題と対応方針

本研究テーマは 2018 年度でシステム実現性の目途が立ったために、研究開発を終了した。室内ワイドビーム型の無線電力伝送は 2021 年 10 月以降の省令改正の目途がほぼ立っており、国内で商用サービスを始めることが可能となるが、本研究テーマが目指す屋外でのナロービーム型無線電力伝送への応用のための省令改正の議論は始まったばかりであり、省令改正が行われないと商用サービスは開始できない。現在、京都大学が主導する無線電力伝送実用化コンソーシアム WiPoT と連携しながら第 2 ステップとしての屋外でのナロービーム型無線電力伝送の省令改正を目指して活動を行っている。なお、企業は、京都大学イノベーションキャピタル（株）からの投資を受け、実用化を検討している。

(6) その他特記事項

特になし

A イノベーション創出に向けた活動実績

4 研究開発テーマの成果

4.3.1.6 電動車両向け無線送電システムの開発（電動モビリティ給電）

テーマリーダー（氏名、所属、役職）	藤原暉雄（株）翔エンジニアリング 代表取締役 社長
サブテーマリーダー（氏名、所属、役職）	篠原真毅 京都大学 生存圏研究所 教授
研究開発実施期間	平成 25 (2013) 年度～平成 30 (2018) 年度
参画機関	（株）翔エンジニアリング、三菱重工業（株）、

(1) テーマの概要と目指すべき将来の姿（拠点ビジョン）との関係

しなやかほっこり社会を実現する為の、子育て支援、介護支援、ヘルスケア、災害時サポート、災害予防に共通するセンサーネットワークや ICT 機器等を電池レスでいつでもどこでも安心・安定に使用できるエコシステム構築を目指し、無線電力伝送システム技術の開発と実証、社会実装を推進している。マイクロ波を用いた長距離の無線電力伝送システムは、電池を携帯する必要があるモバイルデバイスの急激な増加と、IoT (Internet-Of-Thing) のような常に無線で情報をやり取りするデバイスの発展への期待に伴い、ニーズが急速に高まってきた。さらに例えば有線が高電圧の充電方法の利便性/安全性の低さによって普及が阻害されている障害者や高齢者向けの電気自転車やパーソナルモビリティに対しても、無意識のうちにマイクロ波で電力を供給できる無線電力伝送システムは利便性を向上させ、システムの普及に大きく寄与できる。障害者や高齢者向け電気自転車やパーソナルモビリティへのコードレス充電を実現させることを目標とする。コードレス充電であれば介護者の負担を掛けず充電が可能となる。これにより、障害者は電動車椅子等を気兼ねなく利用できるようになり、社会参加が一段としやすくなる。また、高齢者は電動シニアカートや電動アシスト自転車でその活動範囲が広がり、より健康的な活動的なライフスタイルを実現できるようになる。

(2) 想定する製品・サービスについて（担い手、社会的インパクト・経済的インパクト）

電動車両向け無線電力伝送システムの社会的なニーズの調査を実施し、ターゲットとしている高齢者や要介護者向けのセニアカーでそのニーズがあることを、介護事業のヒアリングを通じて確認している。無線電力伝送システムについては、その社会実装に多くの企業が期待しており、このような企業間での情報交流を図るため、京都大学が設立・主導するワイヤレス電力伝送実用化コンソーシアム WiPoT が結成されており、コンソーシアム内で多数の企業と情報共有と議論を行うことでさらにニーズを発掘する。しかし、電動車両向け無線電力伝送システムを社会実装するにあたっては、安全上/法律上/利便性上社会に受け入れられる必要がある。そこで無線電力伝送システムの社会実装に向けて、電波の周波数帯の確保や業界標準規格の策定のため、総務省への電波利用提案、業界団体での標準化活動/標準化提案、国際団体（ITU）への提案を実施している。

(3) 研究開発期間終了時の達成目標

①安全に送電する技術の開発

電動車いす用、又は高齢者向けパーソナルモビリティ用のマイクロ波方式の無線電力伝送システムについて、安全に送電する技術として、人の安全基準（電力密度：10W/m²以下）を満足するための技術を開発する。

②駐車位置に合わせて送電する技術の開発

電動車いす用、又は高齢者向けパーソナルモビリティ用のマイクロ波方式の無線電力伝送システムについて、駐車位置に合わせて送電する技術として、駐車した車両の位置を認識し、その方向に送電ビームを調整する技術を開発する。（駐車位置誤差 50cm 以上）

③総合実証

開発技術を反映した無線電力伝送装置で総合実証を行い、社会実装を目指す。

(4) 主な成果と達成状況

①安全に送電する技術の開発

A イノベーション創出に向けた活動実績

4 研究開発テーマの成果

電動車いす用、又は高齢者向けパーソナルモビリティ用のマイクロ波方式の無線電力伝送システムについて、安全に送電する技術として、人の安全基準（電力密度：10W/m² 以下）のエリアを特定し、そこに人が侵入した場合にそれを検知して、自動でマイクロ波の放射を停止するシステムを試作し、試験にて性能通り停止できることを確認した(図 1)。

②駐車位置に合わせて送電する技術の開発

電動車いす用、又は高齢者向けパーソナルモビリティ用のマイクロ波方式の無線電力伝送システムについて、駐車位置に合わせて送電する技術として、駐車した車両の位置を画像で認識し、その方向に機械的に送電ビームを調整するシステムを試作し、試験にて駐車位置誤差 50cm 以上あっても、約 20W の無線電力伝送ができることを確認した(図 2-4))。

③総合実証

開発技術を反映した無線電力伝送システムを試作し、まずは電波暗室内で機能・性能確認試験を実施し、予定の機能・性能を有することを確認した。次に 2016 年 2-3 月に今回の実証実験について、京都府、精華町、総務省と調整し、国家戦略特区「特定実験試験局制度に関する特例」の申請を行い、関係機関や通信事業者等との調整、及びパブリックコメントを経て 2017 年 3 月 7 日に特定実験試験局免許申請、即日免許を得た。2017 年 3 月より精華町町役場に設置してもらった電動自転車にて実証実験を約 2 年間実施し、データを取得した(図 4、図 5)。また、無線電力伝送システムの社会実装に向けて、電波の周波数帯の確保や業界標準規格の策定のため、総務省への電波利用提案、業界団体での標準化活動/標準化提案、国際団体 (ITU) への提案を実施した。



図 1 人感センサ付電動モビリティ無線給電システム

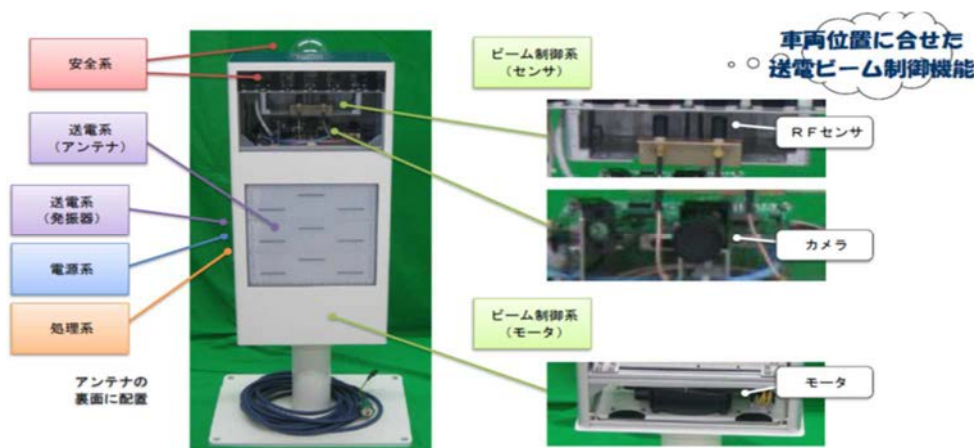


図 2 開発した無線電力伝送システム (2.45GHz、100W)

A イノベーション創出に向けた活動実績

4 研究開発テーマの成果

1W放射時の電界強度

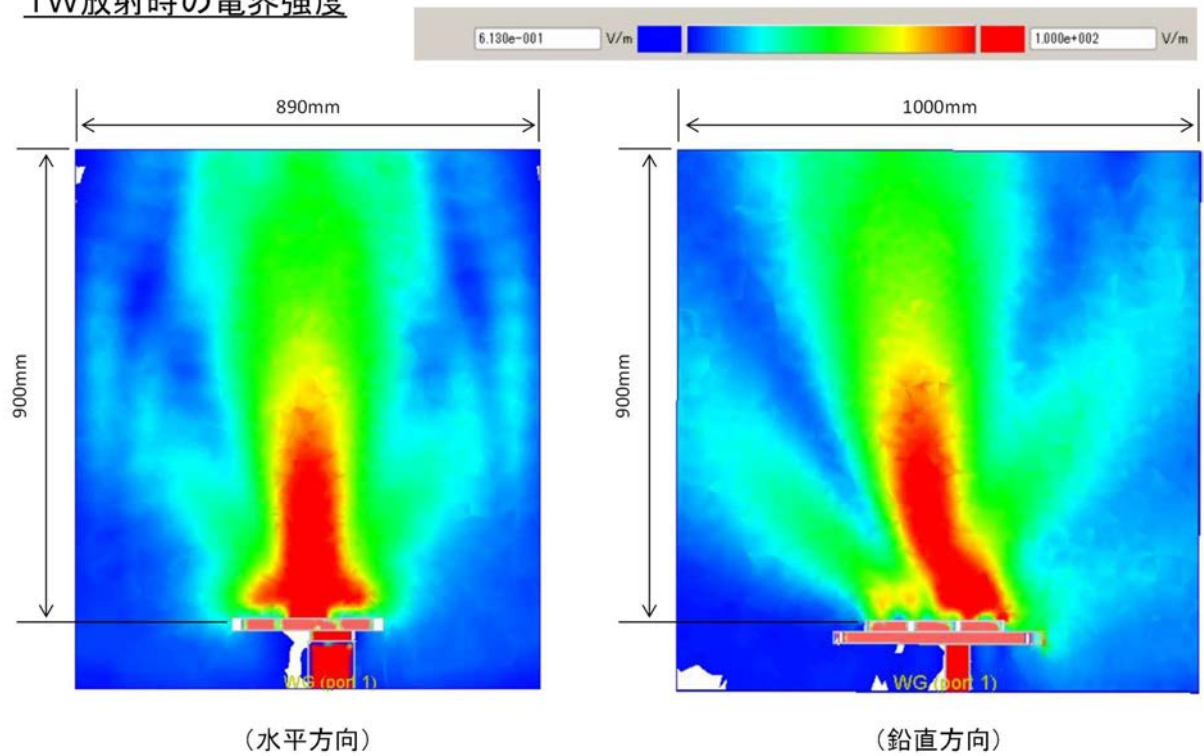


図3 放射マイクロ波ビームパターン

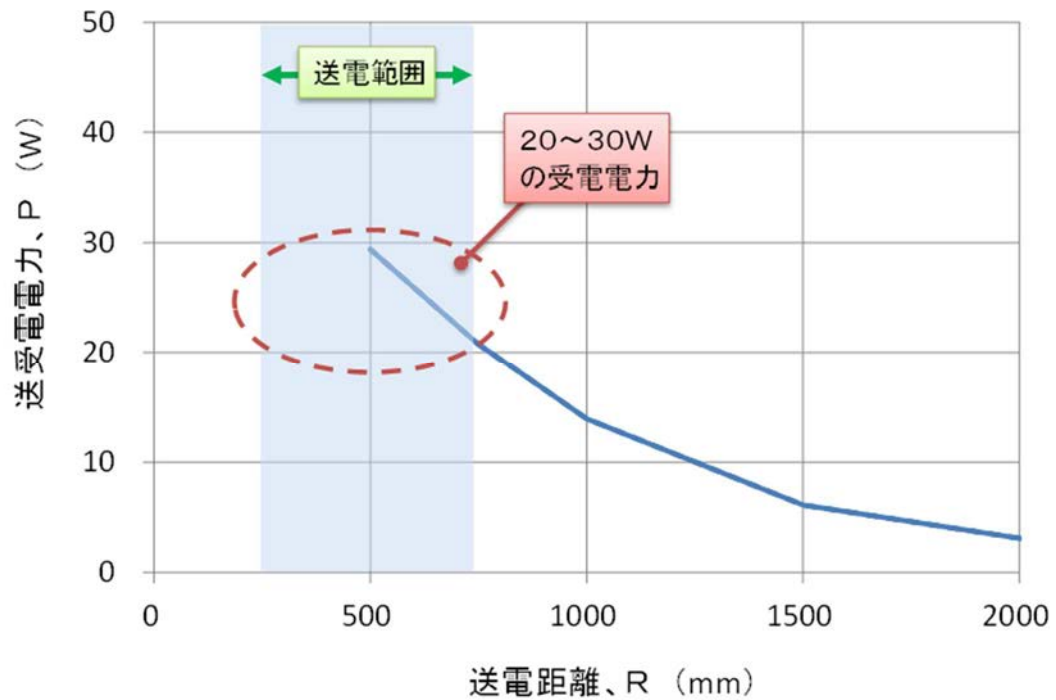


図4 送電距離と受電電力の変化(100W放射時)

A イノベーション創出に向けた活動実績

4 研究開発テーマの成果



図 5 試作した無線給電システム(セニアカー用)と精華町での実証実験に用いた無線給電システム(電動自転車用、2 台分)

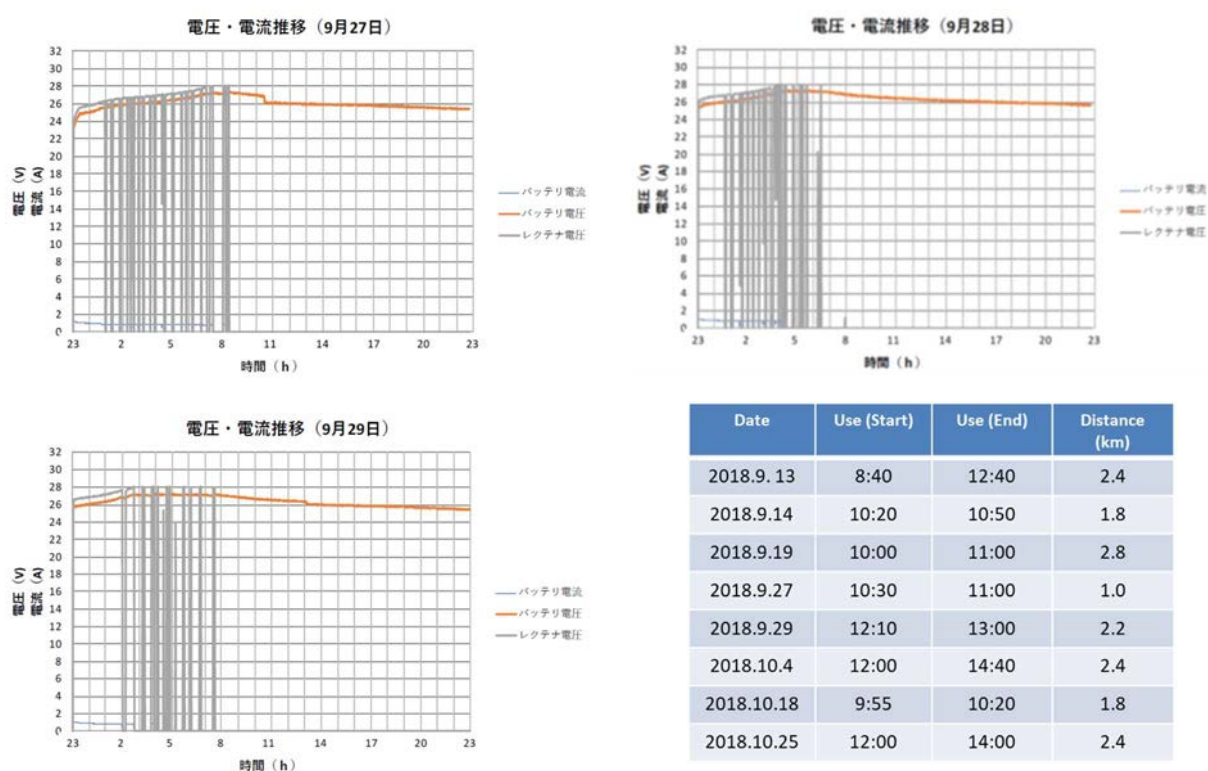


図 6 実証実験時のバッテリー電圧の日変化と実際の電動自転車の利用の例

(5) 今後の課題と対応方針

COI での研究開発は終了。

室内ワイドビーム型の無線電力伝送は 2021 年 10 月以降の省令改正の目途がほぼ立っているが、本研究テーマが目指す電動モビリティ等のナロービーム型無線電力伝送への応用のための省令改正の議論は始まったばかりであり、省令改正が行われないと商用サービスは開始できない。現在、京都大学が主導する無線電力伝送実用化コンソーシアム WiPoT と連携しながら第 2 ステップとしてのナロービーム型無線電力伝送の省令改正を目指して活動を行っている。

(6) その他特記事項

特になし

A イノベーション創出に向けた活動実績

4 研究開発テーマの成果

4.3.2 太陽電池・蓄電デバイス

本研究開発テーマは、「身の回りの電力エネルギーの安定供給問題」に着目し、ペロブスカイト半導体を用いたフィルム型太陽電池の開発研究と蓄電デバイス（電気二重層キャパシタ（EDLC））のエネルギー密度を2倍にする研究開発に取り組んできた。

太陽電池・蓄電デバイスは、以下の2つの研究開発課題に分けて取り組んできた。

4.3.2.1 フィルム型太陽電池

テーマリーダー（氏名、所属、役職）	田邊雅永 プラスコート株式会社、執行役員
サブテーマリーダー（氏名、所属、役職）	若宮淳志 京都大学 化学研究所 教授
研究開発実施期間	平成25(2013)年度～令和3(2021)年度
参画機関	青山学院大学、奈良先端科学技術大学院大学、プラスコート(株)、AGC(株)、フジプレアム(株)、尾池工業(株)、(株)テクノスマート、(株)堀場製作所、太陽工業(株)、サカタインクス(株)、(株)ADEKA、東洋紡(株)

(1) テーマの概要と目指すべき将来の姿（拠点ビジョン）との関係

近年、急速にエレクトロニクス技術が発展・普及し、スマートフォンをはじめ、身の回りには各種センサーを含めて様々な電子機器が溢れている。これらの普及のおかげで我々は豊かな生活を過ごすことが可能となっている。一方で、毎年のように、地震や台風といった災害が発生している。こうした災害の際には、電力エネルギー供給が一時的に絶たれることで、様々な電子機器が利用できなくなってしまう。電力供給がなくなることによって、様々な電子機器に当たり前のようには支えられた日常は一変し、例えば、スマートフォンによる安否連絡や避難情報の入手等もできないなど、人命に関わる重大な問題までも引き起こしてしまいかねない。

本テーマでは、「身の回りの電力エネルギーの安定供給問題」に着目し、ペロブスカイト半導体を用いたフィルム型太陽電池の開発研究に取り組んできた。本太陽電池は、軽量・フレキシブルの形状をもち使用場所を選ばず、さらに、屋内の低照度環境から曇天時や晴天時に至る広範な照度環境において高い光電変換効率を示すといった特徴をもつ。これらの特徴を活かして、本太陽電池を「どこでも電源」として、社会に広く普及させることにより、電力エネルギーの安定供給に対する不安を解消することができる。これにより、今や必要不可欠となっている様々な電子機器に支えられた豊かな生活を安心して過ごすことが可能になり、真の「安心感に根ざした活動的な社会」が実現できるものと期待した。

学術的な観点からは、本テーマでは、新しいフィルム型の太陽電池として注目を集めはじめた「ペロブスカイト太陽電池」の開発研究に国内でもいち早く取り組み、本研究分野を先導してきた。特に本研究では、材料化学の視点から、低温で塗って作製できる「ペロブスカイト半導体材料」の特徴を捉え、独自の高純度化前駆体材料の開発と普及や、均一塗工技術開発により世界をリードする成果を得ることができた。また、屋外の高照度条件下だけでなく、曇天時や室内でも高い光電変換効率を示すことを見出し、本太陽電池が「どこでも電源」として広く普及できる可能性を示した点も、本テーマの特徴と優位性であると言える。

(2) 想定する製品・サービスについて（担い手、社会的インパクト・経済的インパクト）

災害時用発電テント

A4サイズのフィルム型太陽電池アレイを8枚ずつ連結した太陽電池シートを用いたテント
スマホ充電：容量2000mAhに対し、30分で50%、1hでフル充電完了、>30台同時充電
充電効率の向上(>90%) 出力>100W/m²、耐久性>5年

シート価格：22,400円/m²

フィルム型太陽電池モジュールの製造（エネコートテクノロジーズ）

A4サイズアレイへの貼合（フジプレアム）

耐候性フィルム封止とシート間の連結（太陽工業）

A イノベーション創出に向けた活動実績

4 研究開発テーマの成果

ベンチマーク: 大型モジュール(屋外向け)

項 目	開発品		A 社		B 社		C 社		D 社	
仕様	ペロブスカイト ソーラーシート	○	MSN-1064N 非晶質Si	×	FLEX-02 75NS CIGS	○	SP120 結晶Si	△	ペロブスカイトフィル ム基板モジュール	-
出力	>88 W (PCE13.4%)	△	64 W	×	75 W	△	120 W	○	10.6 W (PCE15.1%)	△
外径寸法	74 x 190 cm		70.4 x 192.4 cm		37 x 172.3 cm		41.5 x 169.5 cm		24.15 x 29.1 cm (受光部のみ)	
W/m ²	>62.6		47.3		117		171		151 (受光部のみ)	
重さ	<2.0 kg (623 cm ² x 16)	○	2.4 kg	△	1.9 kg	○	4.2 kg	×	不明 (701 cm ²)	-
W/kg	>44	○	26.7	×	57.7	○	28.6	×	不明	-
耐久性	>5年	△	不明	-	出力保証10年	○	12ヶ月保証	△	不明	-
価格	22,400円	○	260,000円	×	120,000円	△	29,800円	○	未定	-

IOT 機器用発電フィルム

室内光 (200 lx) で通信機能をもつセンサーデバイス用モジュール : 価格 1,000 円/個

出力 >15 μ W/cm²、耐久性 屋内 >5 年

ベンチマーク: 小型セル・モジュール(ウェアラブルデバイス向け)

項 目	開発品 (COI&エネコート)		E 社		F 社		G 社	
仕様	ペロブスカイト 太陽電池	◎	DSSC1719 色素増感	△	FDSC-FSC10FGC 色素増感	×	AM-1820CA 非晶質Si	△
出力 (μ W/cm ²) @LED (200lx)	>15 μ W/cm ²	◎	6.9 μ W/cm ²	△	4.5 μ W/cm ²	△	5.8 μ W/cm ²	△
変換効率 (LED)	>26%	◎	12%	△	7.8%	△	10%	△
耐久性	屋内>5年	△	屋内5年	△	< 0.5年	×	屋外2年以上	△
価格	1,000円/個	○	1,000円/個	○	1,630円/個	△	499円/個	○

(3) 研究開発期間終了時の達成目標

災害時用発電テント

テント発電とスマートフォン 30 台同時充電特性の実証実験

改良品の作製 (12 月末までにモジュール (7.5 cm 角) >200 枚製造、

軽量電極開発 (サカタインクス) とアレイ化 (フジプレアム) とシート化 (太陽工業) により軽量
発電シートを作製した。

A イノベーション創出に向けた活動実績

4 研究開発テーマの成果

名称	メーカー	値段 (円)	出力 (W)	電圧(V)	外形寸法	重量(kg)	W/kg	g/W	主材料
A4モジュール (2019)	京都大学 COI	-	1.6 W	22.6 V	W210×L297×T1mm (A4)	0.05 kg	31.3	31.9	ペロブスカイト 太陽電池
MSN-1064N	太陽工業	¥260,000	64 W	24 V	W704×L1924×T2mm (1.4 m ²)	2.4 kg	26.7	37.5	a-Si, a-SiGe タンデム
ソーラーシート (2020)	京都大学 COI	¥22,400	64 W	30 V	W714×L2046×T2mm (A4 x8, 2000 mm)	2.0 kg	32.0	31.3	ペロブスカイト 太陽電池
薄型ラミネート ソーラーシート (2020)	京都大学 COI	¥22,400	64 W	30 V	W714×L2046×T2mm (A4 x16, 2000 mm)	1.5 kg	42.7	23.4	ペロブスカイト 太陽電池
ソーラーシート (2021年6月集 積率向上)	京都大学 COI	¥22,400	88 W	40 V	W740×L1900×T0.6 mm (A4 x16 mm)	2.0 kg	44	22.3	ペロブスカイト 太陽電池
COI研究期間終了時の目標									
ソーラーシート 2021年2月効率 向上	京都大学 COI	¥22,400	103 W	40 V	W740×L1900×T0.6 mm (A4 x16 mm)	2.0 kg	51.5	19.4	ペロブスカイト 太陽電池
今後の開発目標									
効率向上 (75mm角モ ジュール18%)	京都大学 エネコート他	¥22,400	152 W	40 V	W740×L1900×T0.6 mm (A4 x16 mm)	2.0 kg	76	13.2	ペロブスカイト 太陽電池
効率向上 (30cm角モ ジュール18%)	京都大学 エネコート他	¥22,400	173 W	40 V	W740×L1900×T0.6 mm (A4 x16 mm)	2.0 kg	86.5	11.2	ペロブスカイト 太陽電池
効率向上 (30cm角モ ジュール23%)	京都大学 エネコート他	¥22,400	221 W	40 V	W740×L1900×T0.6 mm (A4 x16 mm)	2.0 kg	110.5	9.1	ペロブスカイト 太陽電池
薄型ラミネート (30cm角モ ジュール23%)	京都大学 エネコート他	¥22,400	221 W	40 V	W740×L1900×T0.6 mm (A4 x16 mm)	1.5 kg	147.3	6.8	ペロブスカイト 太陽電池

IOT 機器用発電フィルム

6 月に展示会発表（電子棚札（エネコート、ニチコン、リコー電子デバイス））

9 月に、試作品 100 個（15 μ W/cm²）納入済（大手メーカ M 社）

2022 年 4 月以降、小型デバイス用量産（マクニカ社（日経新聞発表済 2022 年 3 月 8 日））

名称	メーカー	値段 (円)	出力 (W)	電圧(V)	外形寸法	重量(kg)	W/kg	g/W	主材料
A4モジュール (2019)	京都大学 COI	-	1.6 W	22.6 V	W210×L297×T1mm (A4)	0.05 kg	31.3	31.9	ペロブスカイト 太陽電池
MSN-1064N	太陽工業	¥260,000	64 W	24 V	W704×L1924×T2mm (1.4 m ²)	2.4 kg	26.7	37.5	a-Si, a-SiGe タンデム
ソーラーシート (2020)	京都大学 COI	¥22,400	64 W	30 V	W714×L2046×T2mm (A4 x8, 2000 mm)	2.0 kg	32.0	31.3	ペロブスカイト 太陽電池
薄型ラミネート ソーラーシート (2020)	京都大学 COI	¥22,400	64 W	30 V	W714×L2046×T2mm (A4 x16, 2000 mm)	1.5 kg	42.7	23.4	ペロブスカイト 太陽電池
ソーラーシート (2021年6月集 積率向上)	京都大学 COI	¥22,400	88 W	40 V	W740×L1900×T0.6 mm (A4 x16 mm)	2.0 kg	44	22.3	ペロブスカイト 太陽電池
COI研究期間終了時の目標									
ソーラーシート 2021年2月効率 向上	京都大学 COI	¥22,400	103 W	40 V	W740×L1900×T0.6 mm (A4 x16 mm)	2.0 kg	51.5	19.4	ペロブスカイト 太陽電池
今後の開発目標									
効率向上 (75mm角モ ジュール18%)	京都大学 エネコート他	¥22,400	152 W	40 V	W740×L1900×T0.6 mm (A4 x16 mm)	2.0 kg	76	13.2	ペロブスカイト 太陽電池
効率向上 (30cm角モ ジュール18%)	京都大学 エネコート他	¥22,400	173 W	40 V	W740×L1900×T0.6 mm (A4 x16 mm)	2.0 kg	86.5	11.2	ペロブスカイト 太陽電池
効率向上 (30cm角モ ジュール23%)	京都大学 エネコート他	¥22,400	221 W	40 V	W740×L1900×T0.6 mm (A4 x16 mm)	2.0 kg	110.5	9.1	ペロブスカイト 太陽電池
薄型ラミネート (30cm角モ ジュール23%)	京都大学 エネコート他	¥22,400	221 W	40 V	W740×L1900×T0.6 mm (A4 x16 mm)	1.5 kg	147.3	6.8	ペロブスカイト 太陽電池

A イノベーション創出に向けた活動実績

4 研究開発テーマの成果

②小型モジュール（IoT 機器用発電フィルム）

6月に展示会発表（電子棚札（エネコート、ニチコン、リコー電子デバイス））

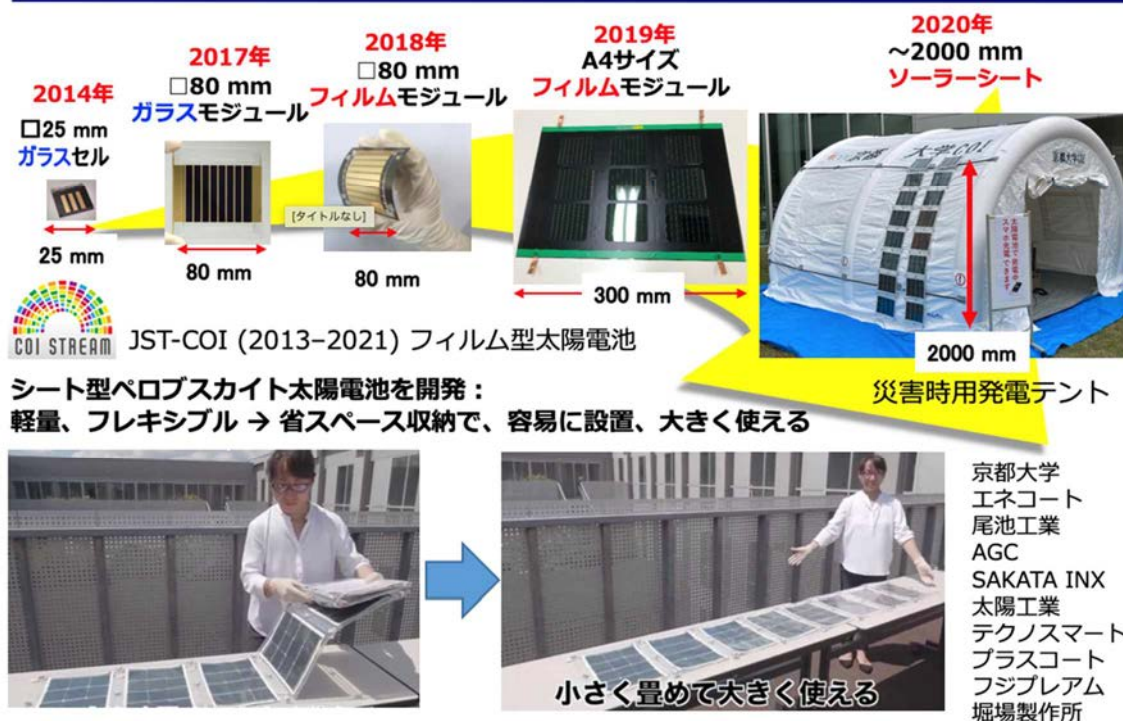
9月中旬に、試作品 100 個（ $15 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ ）納入（大手メーカー M 社）

今年度中に、新規依頼試作品納入（大手メーカー H 社など）

(4) 主な成果と達成状況

ペロブスカイト太陽電池の開発研究は、2012 年に現在の形に近い報告が発表され、世界中で注目を集め始めた。本 COI での研究での一つ目の大きな成果として、再現性良く高性能のペロブスカイト太陽電池の作製を可能にする、「高純度化前駆体材料」の開発とその普及があげられる。本材料は、特許出願および論文発表（Top 1% 高被引用論文）を行い、2014 年から、国内試薬メーカー（東京化成工業）より市販されている。現在、本太陽電池分野における標準材料として、世界中で広く利用されている。

京都大学 COI でのフィルム型太陽電池の開発



次に、ペロブスカイト半導体の独自の塗工技術開発に取り組んだ。本半導体の薄膜材料は、材料の溶液の塗布（印刷）技術を用いて低温プロセスで作製することが可能である。その一方で、太陽電池の特性は成膜するペロブスカイト半導体薄膜の品質に大きく影響を受ける。本テーマでは、塗布過程で生成する中間体の構造特性の解明に基づいて、独自の塗布法を開発し、2016 年には国内でも初めて 20%を超える太陽電池セルの作製に成功している。また、2017 年には、8 cm 角のモジュールを作製するとともに、封止技術開発により 12,000 h の保管耐久性を確認した。

これらの技術をもとに、テクノスマートおよびプラスコートの協力のもと、ロール to ロール方式の開発を目指した大面積塗工機（ダイコート）を試作し、これを用いた塗布技術開発を進めた。2018 年には、尾池工業の透明導電性基板を用いて、フジプレアムの貼合技術を利用して、8 cm 角のフィルム型モジュールの作製に成功した。

さらに 2019 年には、A4 サイズのフィルムモジュールの作製に成功した。GEATEC 2019 では、エネコートテクノロジーズと、ニチコン（蓄電池）、リコー電子デバイス（センサー）と共同で、「世界初のフィルム型ペロブスカイト太陽電池を搭載した IoT センサシステムの発表を行った。2020 年には、A4 サイズのフィルム型太陽電池を連結した太陽電池発電シートの作製に成功した。これを太陽工業が開発したテントに設置した「災害時用発電テント」を試作し、屋外でその発電特性

A イノベーション創出に向けた活動実績

4 研究開発テーマの成果

を検証した。25 台のスマートフォンを同時に充電することが可能であることを確認した。2021 年前期には 2 回目の試作を行い、レーザー加工機を用いたモジュールのパターニング技術開発により、太陽電池シートの最大出力も 64 W から 88 W へと向上した。8 月には、プラスコートにて、サカタインクスと共同して、グラビアコーターを用いたロール to ロール方式によるペロブスカイト薄膜の塗工試験を行った。本試験では、堀場製作所の膜厚測定システムを用いて、in line の膜厚測定も行っている。本研究期間内に 3 回目の試作を行い、1.1 kg への軽量化（2020 年度 2.7 kg）を達成した。

本シート型太陽電池を実用化するにあたり、耐久性の向上も重要である。これに対して、ペロブスカイト太陽電池の材料に特有の特性を踏まえて、封止剤およびバリア材料の開発検討にも取り組んできた。フジプレアムにて、温度 85 °C/ 湿度 85% の加速試験でも 200 h を超える耐久性を確認している。また、試作した太陽電池シートでは、耐候性と軽量化を考慮して AGC 製の ETFE を用いた封止を行った。この試作シートを用いて、屋外環境での耐久性試験も行った。

市場調査については、実際にフィルム型太陽電池のモジュールを製造・販売を進める。エネコートテクノロジーズを中心に各用途別に、実際の取引メーカを含めて調査を進めてきた。IoT センサ等屋内向け小型デバイスに関しては、すでに複数のメーカから協業の提案があり、9 月には大手メーカに 100 個の試作品を納入完了し、さらに他社からも新たな発注の依頼を受けている。

(5) 今後の課題と対応方針

(3) の目標達成および今後、他社の製品に対しても圧倒的な優位性を保持するためにも、光電変換効率および耐久性の向上、および歩留まりの向上は、市場に導入してからも継続して取り組むべき課題である。これらに対しては、より大面積を均一に歩留まり良く塗工できる技術開発が必要不可欠である。エネコートで導入した自動塗工システムを用いて、製造条件の検討と歩留まりの向上を進めていくとともに、プラスコートで導入したグラビアコーター機および、2020 年度に導入したインクジェット塗工機を用いた技術開発も進めていく。耐久性の向上には、封止剤およびバリア材料の開発を進めるとともに、ペロブスカイト太陽電池の電荷回収層材料の開発も鍵となると考えられる。2020 年度には、単層膜で用いる独自の電荷回収層材料を用いることで、光電変換効率とともにデバイスの耐久性が著しく向上することを見出している。今後は、これらの材料を用いたデバイスでも特性向上を進め、目標の仕様の達成を目指していく。

(6) その他特記事項

大学発ベンチャーの設立と活動

本研究での成果をもとに、京都大学発ベンチャーとして、2018 年 1 月には（株）エネコートテクノロジーズを設立し、C0I 参画企業と共同しながら本太陽電池の社会実装に取り組んでいる。

関連の受賞

本研究開発期間において、本太陽電池の開発研究成果は、以下の受賞（代表的なもの）からも評価いただいている。

2015 年 5 月 2015 新化学技術研究奨励賞ステップアップ賞（新化学技術推進協会（JACI））
2015 年 9 月 第 11 回野副記念奨励賞（基礎有機化学会（JPOC））
2016 年 5 月 イノベティブ PV 賞（日本学術振興会第 175 委員会）
2018 年 5 月 第 70 回化学技術賞（近畿化学協会（KCS））
2020 年 6 月 第 19 回（2019 年度）GSC 賞 文部科学大臣賞（新化学技術推進協会（JACI））
2021 年 3 月 第 38 回学術賞（日本化学会（CSJ））
2021 年 4 月 第 53 回 市村地球環境学術賞（貢献賞）（市村清新技術財団）

継続プロジェクト

本 C0I 研究で取り組んできた本フィルム型太陽電池の社会実装は、カーボンニュートラル社会

A イノベーション創出に向けた活動実績

4 研究開発テーマの成果

の実用化に向けた再生可能エネルギー源の開発としても重要性が広く認識され、期待を集めている。

2020年10月には、本C0Iで取り組んできた開発研究と産学連携の枠組みをもとに、「フィルム太陽電池研究コンソーシアム」を設立した。C0I参画企業の他にも多くの企業からの新規参画（現在25社）があり、活動を継続して行っている。

2020年度から開始したNEDOのプロジェクトでは、「太陽光発電主力電源化推進技術開発／太陽光発電の新市場創造技術開発／フィルム型超軽量モジュール太陽電池の開発（重量制限のある屋根向け）」としても課題設定され、エネコートを中心としたコンソーシアムとして採択されている。2021年度からは、経産省のグリーンイノベーション基金事業に、エネコートおよびC0Iの協力企業とともに採択された。また、2022年度から、鉛フリー化材料を用いたペロブスカイト太陽電池の開発に関して、JST 未来社会創造事業（本格研究）に採択された。本C0IPJの継続課題として、屋外の軽量屋根向けのデバイスの量産体制の確立、および鉛フリー化技術開発に取り組んで行く予定である。

A イノベーション創出に向けた活動実績

4 研究開発テーマの成果

4.3.2.2 蓄電デバイス

テーマリーダー（氏名、所属、役職）	高向芳典	パナソニック株式会社	部長
サブテーマリーダー（氏名、所属、役職）	安部武志	京都大学 工学研究科	教授
	三木康嗣	京都大学 工学研究科	准教授
研究開発実施期間：平成 30(2018) 年度～令和 3(2021) 年度			
参画機関：大阪大学、パナソニック(株)			

(1) テーマの概要と目指すべき将来の姿（拠点ビジョン）との関係

本テーマは、拠点ビジョンの災害インフラ分野の社会課題解決に向けた蓄電デバイスの開発が目的であり、特に従来の蓄電デバイスのエネルギー密度を 2 倍にし、社会実装性を向上させることを目指す。

(2) 想定する製品・サービスについて（担い手、社会的インパクト・経済的インパクト）

【高エネルギー密度を有する電気二重層キャパシタ（EDLC）の研究開発】

歩行支援学習ロボット、ドローンなどのための蓄電デバイスの需要は今後飛躍的に拡大することが期待される一方で、蓄電デバイスの小型・軽量化が課題になっている。現状、リチウムイオン二次電池、体積エネルギー密度に優れるリチウム金属を用いた二次電池などが競合技術としてあげられ、精力的に研究開発が進められている。一方、本研究開発では高エネルギー密度を有する電気二重層キャパシタの構築を目指す。これにより、電源の大幅軽量化が可能となり、競合技術と比較して、出入力特性が高いため、充電を待つ時間が飛躍的に低減できる。また、サイクル特性にも優れるために、蓄電デバイスの寿命を気に掛ける必要がない。これらにより、歩行学習支援ロボットを使用するユーザーの心理的負担を軽減できる。一方で、電気二重層キャパシタでは二次電池と比較するとエネルギー密度が低いために、これを向上させる必要がある。さらに、ハイブリッド電気自動車（HEV）や電気自動車への展開もはかることができる。

（社会実装する製品・サービス）

- 社会実装する製品： 電気二重層キャパシタ
- 本デバイスを活用したサービス等： 歩行学習支援ロボット、ドローン、車載用バッテリー
- 研究開発目標： 現行比 2.0 倍のエネルギー密度を有する電気二重層キャパシタの開発
- 提供の担い手となる企業： パナソニック株式会社

(3) 研究開発期間終了時の達成目標

2021 年度末において、現状市販されている電気二重層キャパシタのエネルギー密度を 2 倍にすることを目的としている。そのためには、研究開発において 1) 容量の向上および 2) 耐電圧の向上の 2 点に取り組む。開発したキャパシタの構成を活かし、2021 年度 10 月までに 3) 電気二重層キャパシタの試作に取り組み研究成果の妥当性を検証する。2021 年度中に、4) 歩行学習支援ロボットへの搭載のため電気二重層キャパシタを歩行支援ロボット製造会社に提供し、社会実装性の検証を目指す。これらを通し、量産キャパシタとしての設計を検証する。

1) 高容量電極の開発

高容量を示す電極について、内部抵抗の解析を行い、抵抗低減の指針を得る。これまでに新規導電助剤を用いることにより、電子抵抗とイオン輸送抵抗を同時に低減できることを見いだしているため、低コスト導電助剤の開発をナノカーボンメーカーと協力して行う。また、電極の厚膜化を検討し、高容量化を目指す。

A イノベーション創出に向けた活動実績

4 研究開発テーマの成果

2) 高耐電圧電極の開発

リチウムイオン電池で開発されてきた添加剤、電解液を適用して、耐電圧性を示すキャパシタ開発を目指す。高電圧下でもガス発生が抑制される活性炭電極を開発する。活性炭電極に有機試薬を作用させ、耐電圧性を高める検討も行う。

3) 電気二重層キャパシタの試作

2021 年度 10 月までに、活性炭電極、添加剤や電解液の最適条件をまとめ、目標値に相当する機能が期待できる電気二重層キャパシタを試作し、社会実証を加速させる。エネルギー密度 2 倍のキャパシタを創製するために必須のマイルストーンとして実施する。

4) 歩行学習支援ロボットに搭載する電気二重層キャパシタの開発

歩行学習支援ロボットを開発する歩行支援ロボット製造会社と密に連携し、歩行学習支援ロボットへの搭載のため電気二重層キャパシタを開発し、2021 年度中に提供することを目指す。

(4) 主な成果と達成状況

従来品の 2 倍のエネルギー密度をもつ電気二重層キャパシタを新製品として社会実装するためには、容量拡大と耐電圧向上に取り組んだ。これらの項目に対するこれまでの進捗は以下のとおりである。

- ・エネルギー密度が従来値の 1.6 倍で駆動する電気二重層キャパシタを開発した。製品保証試験にも耐える構成であることを確認した。
- ・エネルギー密度が従来値の 2.0 倍（目標値）で駆動する電気二重層キャパシタを開発した。製品保証試験を検証しつつ、歩行学習支援ロボット用電源として提供し、社会実証を開始した。

以下に各項目の詳細を記載する。

1) 高容量電極の開発

・電極の厚膜化

容量拡大のため、活性炭電極の厚膜化を検討した。従来品の約 1.6 倍の厚膜化に成功したものの電極性能が悪化した。塗工技術に長けた企業との研究協力を推進し、厚膜化による容量向上技術の確立を目指した。

・内部抵抗の低減

内部抵抗の低減のため電極に導電助剤を添加した新電極を開発したが、塗工が原因と考えられる電極性能の悪化がみられた。安定した性能を示す塗工電極作製を目指し他社との研究協力を推進した。

・総合的な高容量電極作成技術の向上

上記 2 点の検討を踏まえ、特に電極材料を試行錯誤することで、電極容量の高い電極を安定的に製造できる状況に至った。

2) 高耐電圧電極の開発

・電解液、添加剤の検討

パナソニック、京都大学において、リチウムイオン電池で開発されてきた添加剤、電解液を精

A イノベーション創出に向けた活動実績

4 研究開発テーマの成果

査し、耐電圧性の高い組み合わせを見出した。キャパシタの性能評価は京都大学、大阪大学において取り組んだ。

・ 活性炭電極の化学修飾

京都大学において、電極自身に有機反応剤を含む薬液を処理することで化学修飾し、耐電圧性を向上させることに成功した。大阪大学において、化学修飾した電極のキャパシタ特性を評価した。2種類の化学修飾法を見いだした。

・ 総合的な耐電圧電極作成技術の向上

上記の検討を踏まえ、電極材料の試行錯誤や総合的な塗工電極作成技術の向上を通して、耐電圧性の高い電極を安定的に製造できる状況を達成した。

3) 電気二重層キャパシタの試作

2021 年度前期において試作（右図に示すような試作品）を作成した。COI 目標であるエネルギー密度 2.0 倍となるキャパシタの試作にも成功しており、過酷な条件においても安定に駆動するかどうかを検証する製品保証試験を推進し、社会実証を目指す。



4) 歩行学習支援ロボットとの連携

歩行学習支援ロボットを開発する歩行支援ロボット製造会社と緊密に連絡を取り合い、歩行学習支援ロボットに適した電気二重層キャパシタを作成した。歩行支援ロボット製造会社が開発したキャパシタを提供した。

(5) 今後の課題と対応方針

・ エネルギー密度 2 倍の電気二重層キャパシタの作成

製品保証試験を通過した仕様は、エネルギー密度は従来値の 1.6 倍である。研究段階ではエネルギー密度が従来値の 2.0 倍（目標値）を達成しており、過酷な条件においても安定に駆動するかどうかを検証する製品保証試験を推進し、社会実証を目指す。

・ 歩行学習支援ロボットとの連携

開発したキャパシタを搭載した歩行学習支援ロボットの動作確認試験のため、電気二重層キャパシタを歩行支援ロボット製造会社に提供した。歩行支援ロボット製造会社と連携し、社会実証を目指す。

(6) その他特記事項

特になし

A イノベーション創出に向けた活動実績

4 研究開発テーマの成果

4.3.3 医療・介護向け燃料電池の開発

テーマリーダー（氏名、所属、役職）	：石坂 整 アクアフェアリー（株）取締役副社長
サブテーマリーダー（氏名、所属、役職）	：平尾一之 京都大学 工学研究科 教授
研究開発実施期間	：平成 25 (2013) 年度～平成 28 (2016) 年度
参画機関	：ローム（株）、アクアフェアリー（株）

(1) テーマの概要と目指すべき将来の姿（拠点ビジョン）との関係

医療・介護向け燃料電池市場は存在しておらず（あるいは極めて少ない）、特に災害時などで電力などの社会インフラの供給が止まり、復旧に相当の時間を要するため、災害地域には電力の供給が一日も早く復旧することが求められ、特に在宅医療を行っている患者にとっては、一刻も早く電力を供給して、医療機器などを動作しないと命に係わることも考えられる。今回の開発は、固体水素の化学反応で発生する水素による医療用、介護用燃料電池を開発し、災害時に迅速に電源を供給して、災害現場の電源供給を確保して、医療機器を安定的に稼働させることや、また平常時もクリーンなエネルギーとして医療現場、介護現場で利用でき、安心安全な社会生活を送れることができる。

(2) 想定する製品・サービスについて（担い手、社会的インパクト・経済的インパクト）

① 想定する製品・サービス

- i 固体の化学反応で発生する水素による燃料電池を開発。
 - ・ 医療向け、介護向け燃料電池システム。
 - ・ 医療用非常用電源への適用。
 - ・ 介護用電動車いすへの適用。

② ターゲット顧客

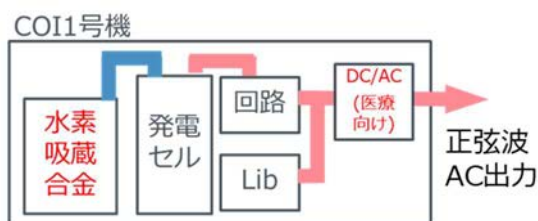
- i 自治体の災害時の非常用電源供給として。
- ii 介護用電動車いすの電源として、充電電池と併用。

③ 社会的インパクト・経済的インパクト

- i 水素を金属に吸蔵させ、水素貯蔵合金として長期間保存可能。
- ii 室内で使えるクリーンエネルギー。
- iii 豊富な資源を燃料としているので、低コスト。

(3) 研究開発期間終了時の達成目標

① 医療用非常時電源



（例介護機器への適用）

A イノベーション創出に向けた活動実績

4 研究開発テーマの成果

②介護用電動車いす用電源



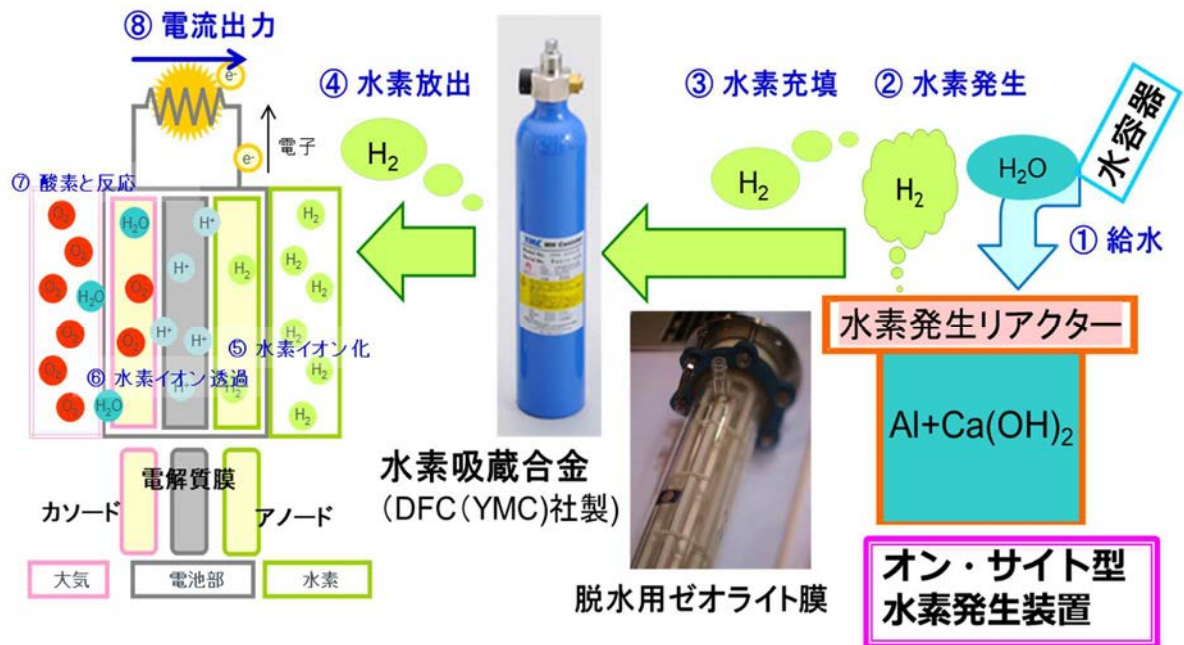
- 災害停電時の緊急対応（充電）
 - ・停電により、活動ができない状態を回避
 - ・短時間で充電できるシステム
- 長時間駆動
 - ・充電せずに動かせる時間を長く
 - ・燃料電池内蔵により充電作業レス（協力 キシ・エンジニアリング）

③燃料リサイクル技術の開発

アルミニウムはイオン化傾向が大きく、水との腐食反応により、水素を発生する。表面積の小さいシート状のアルミニウム箔で、水素を発生させる。

(4) 主な成果と達成状況

水素発生・充填、燃料電池発電のイメージ図



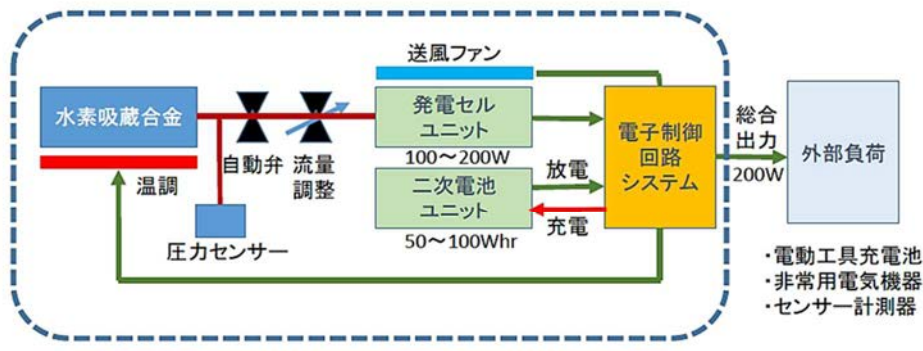
①ポータブル燃料電池の試作機製作

- 小型軽量の樹脂成型発電セル開発
- 燃料電池と二次電池を搭載したハイブリッドシステムを有効に駆動させるための出力電子制御回路システム開発。

A イノベーション創出に向けた活動実績

4 研究開発テーマの成果

2. アルミ水素発生技術との連携について



ポータブル燃料電池システムブロック図

② 水素発生リアクターによる約 100NL の水素発生の実現

- ・ 75g スケール（水素発生量約 100NL）における高効率な浸漬反応。
 - － 水素吸蔵合金への充填時間 1hr。
 - － 水素発生速度：3L/min
 - － 水素発生量：100NL
 - － 充填圧力：1MPa 未満
- ・ 家庭用アルミ箔と同等材料を使用。
 - － 水素発生制御が容易。



③ 電動シニアカーと燃料電池システムとのドッキングテスト



(5) 今後の課題と対応方針

COI での開発は終了し、「ポータブル燃料電池」は企業にて事業化したが、販売中止。「電動車椅子」は、企業と大学にて開発中。

(6) その他特記事項

特になし

A イノベーション創出に向けた活動実績

4 研究開発テーマの成果

4.3.4 災害及び在宅に対応した血液浄化装置の開発

テーマリーダー（氏名、所属、役職）	二階堂拓 ニプロ(株) 医療機器開発営業部 部長
サブテーマリーダー（氏名、所属、役職）	柳田素子 京都大学 医学研究科 教授
研究開発実施期間	平成 25 (2013) 年度～平成 28 (2016) 年度
参画機関	ニプロ(株)

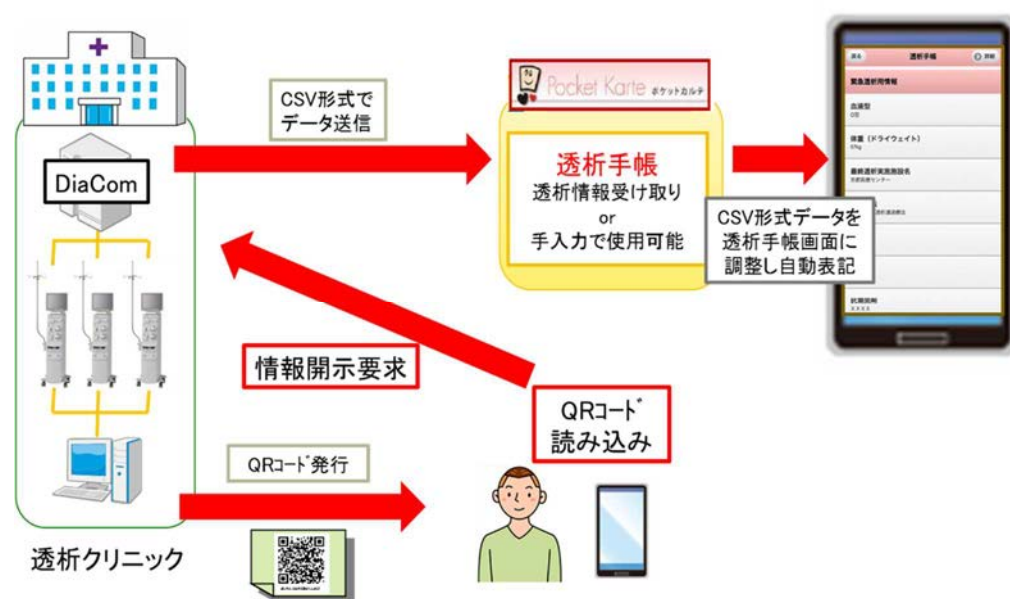
(1) テーマの概要と目指すべき将来の姿（拠点ビジョン）との関係

国内における血液透析治療患者数は約 32 万人(平成 28 年)にのぼり、血液透析治療が施行可能な医療施設は約 4,300 施設ある。これらの医療施設では、万が一大地震などが発生した場合の透析装置の移動・転倒防止対策や停電発生時の患者への対応など、防災意識が高まりつつあり、特に透析装置の地震対策は大きな課題となっている。そのため、わが国初の地震対策に特化した、また在宅にも対応した血液浄化装置を開発、大地震などの災害緊急事態でも対応でき、医療施設に行かなくても在宅対応できるので、時間縛りがなくなり社会復帰ができ、活力ある社会生活を営むことができ、「しなやかほっこり社会」に貢献する。

(2) 想定する製品・サービスについて（担い手、社会的インパクト・経済的インパクト）

① 想定する製品・サービス

- i 在宅用血液透析装置・・透析患者が「透析患者であることを意識しない」くらい元気になる在宅透析システム
- ii ポケットカルテに透析手帳の機能追加・・透析治療情報を管理



② ターゲット顧客

- i 透析医療機関
- ii 在宅透析患者

③ 社会的インパクト・経済的インパクト

- i 時間的縛りが無くなり、社会復帰ができることで、活力ある生活を営むことができる。
- ii 社会全体の労働生産力の向上に繋がる。
- iii 在宅透析へのシフトで急性期病院など医療機関の医師、看護師などの労力が他の患者へ注力できるので病院の QOL 向上に繋がる。

(3) 研究開発期間終了時の達成目標

① 在宅用血液透析装置

A イノベーション創出に向けた活動実績

4 研究開発テーマの成果

- i 特徴
- 1) 強靱なボルト・ナットで透析用カウンターと完全固定できる設計となっており、震度6強の地震発生時にも移動・転倒を防止可能。
 - 2) バッテリーを内蔵しているため、停電などの緊急時においても安全に自動で返血作業（治療離脱）が可能。
 - 3) 離れた場所からも数値を確認可能な大型ディスプレイに視覚・聴覚・触覚を刺激する振動パネルを採用。
 - 4) カウンター設置型でありながら、補液ポンプを搭載。
 - 5) ポケットカルテとリンク（透析手帳の機能）。
 - 6) カウンター設置型でありながら、補液ポンプを搭載。



- ii 仕様
- 1) 外形 500W×535D×600H
 - 2) 重量 75kg（乾燥重量）
 - 3) 透析液流量 500ml/min（標準）調整範囲：300～800ml/min
 - 4) 補液ポンプ 設定範囲：10～500ml/min

②PHR「ポケットカルテ」内に透析手帳機能を搭載

- i 特徴
- 1) 透析装置に「ポケットカルテ」連携機能を搭載。
 - 2) 病院間で PHR としての透析情報交換が可能。
 - 3) 患者自身のスマホなどで透析記録の確認が可能。

(4) 主な成果と達成状況

①在宅血液透析装置の製作



仕様	
外形寸法 (mm)	500W×535D×600H (代表灯装着時は1100H)
質量	75kg（乾燥質量）
透析液流量	500mL/min（標準） 調整範囲：300～800mL/min
補液ポンプ	設定範囲：10～500mL/min
表示部	15インチカラー液晶パネル (ViVitパネル™)
治療モード	HD/オンラインHDF/I-HDF/ECUM
標準装備 (主なもの)	オンライン自動プラ/返血/緊急補液 自動脱血、ヒートピュアカブラ®、ヒート ピュアポート®、熱水消毒 停電バックアップ

- ②災害および在宅血液透析装置に備えた透析治療情報を管理する仕組みとして、PHR「ポケットカルテ」内に透析手帳を開発

A イノベーション創出に向けた活動実績

4 研究開発テーマの成果



※ポケットカルテは、京都医療センター医療情報部長北岡有喜博士が考案し特定非営利法人日本サステイナブル・コミュニティ・センターが運営するクラウドサービスのPHR。

(5) 今後の課題と対応方針

COIでの研究開発は終了し、企業にて「災害用透析装置」を事業化

(6) その他特記事項

特になし

A イノベーション創出に向けた活動実績

4 研究開発テーマの成果

4.4 病気の早期発見 分野

「病気が早くわかって安心」をもたらすために、在宅での超音波診断機器、病巣検知イメージングプローブなどを開発。安心な先制医療社会を実現。

病気の早期発見分野の研究開発テーマは、次の4テーマ

- 4.4.1 スマート超音波診断機器の開発
- 4.4.2 生体機器情報イメージング機器の開発及びプローブの開発
- 4.4.3 膵 β 細胞量を指標とする糖尿病の早期診断と先制医療抗がん剤の薬効予測、治療効果判定、 イメージングプローブの開発
- 4.4.4 MRI化で 疑似画像を生じない金属材料の医療デバイスへの展開

A イノベーション創出に向けた活動実績

4 研究開発テーマの成果

4.4.1 スマート超音波診断機器の開発

テーマリーダー（氏名、所属、役職）	栗山 欽治（株）日立製作所 ヘルスケアビジネスユニット 第一技術開発本部 本部長
サブテーマリーダー（氏名、所属、役職）	椎名 毅 京都大学 医学研究科 教授
研究開発実施期間	平成 25 (2013) 年度～平成 28 (2016) 年度
参画機関	（株）日立製作所

(1) テーマの概要と目指すべき将来の姿（拠点ビジョン）との関係

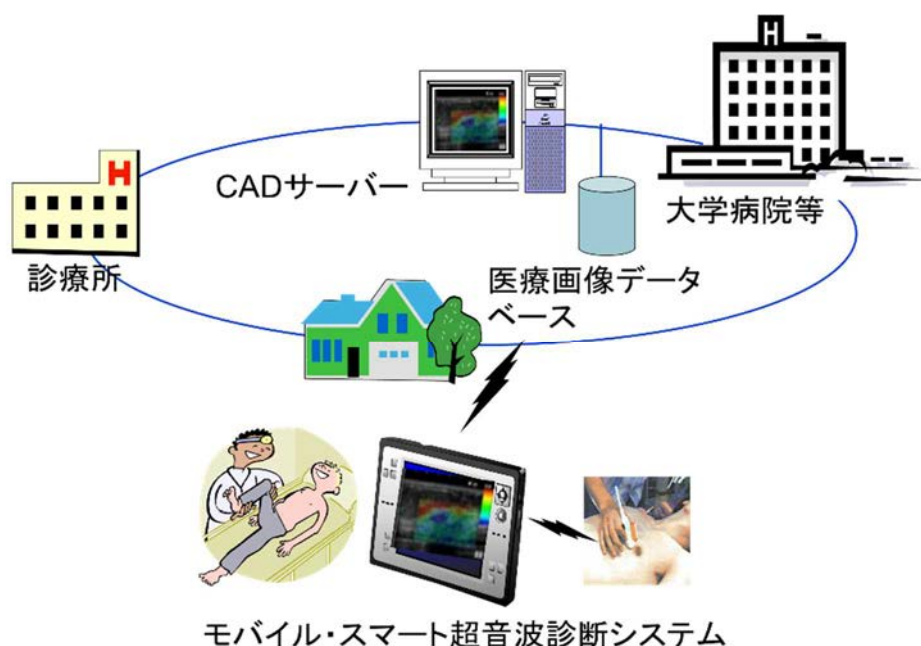
在宅で、簡便に動脈、肝臓、筋肉の硬化度など画像情報を得られ、高精度な健康管理が行え、高齢者などの見守りで、遠く離れた場所からでも、医療関係者や家族が見守り、孤立することなく安心生活ができる。

(2) 想定する製品・サービスについて（担い手、社会的インパクト・経済的インパクト）

- ① 想定する商品：モバイル型超音波診断機器、およびネットワークを利用した遠隔診断
 - i 生体の拍動などを利用した定量的 3D 超音波固さ計測。
 - ii モバイル型スマート超音波によるユビキタス診断。
- ② ターゲット顧客
 - i 在宅・訪問医療を受けている高齢者など。
 - ii スポーツジム利用者など
- ③ 社会的インパクト・経済的インパクト
 - i 腫瘍などの早期発見による医療コストの低減と、患者の負担（苦痛）低減。
 - ii 予防医学の推進による医療コスト低減、早期発見による治癒率の向上。
 - iii テーラーメイドなりハビリなど。

(3) 研究開発期間終了時の達成目標

- ① モバイル型スマート超音波診断機器の開発
- ② 固さ計測アルゴリズムの開発と超音波診断機器への実装



(4) 主な成果と達成状況

① 実験用データ収集システムの構築

市販の超音波診断装置を改修して、超音波計測の実験データを収集可能なシステムを構築。

A イノベーション創出に向けた活動実績

4 研究開発テーマの成果

②小型化、給電方式、ネットワーク技術の検討

小型化、給電方式、ネットワーク化のために必要な演算能力の評価を行い、基本システムのプラットフォーム案を検討した。

③スマート超音波診断システム

インテル Chip+GPU ベースによるプラットフォーム案を作成完了。

④受動励振 3D 超音波固さ計測弾性特性の解析

受動励振法の研究により、固さ計測アルゴリズムを考案した。

⑤固さ計測アルゴリズムの検証完了

実験用データ収集装置に、安全で簡便に精度よく弾性率分布を得るためアルゴリズムを最適化、ファントム実験により有効性を検証。

⑥固さ 2D 表示の実験用システムの製作



(5) 今後の課題と対応方針

COI での研究開発は終了し、企業にて開発したが、事業化中止。



(6) その他特記事項

特になし

A イノベーション創出に向けた活動実績

4 研究開発テーマの成果

4.4.2 生体機器情報イメージング機器の開発及びプローブの開発

テーマリーダー（氏名、所属、役職）	：新庄克彦 キヤノン(株) R&D 本部 副本部長
サブテーマリーダー（氏名、所属、役職）	：谷森 達 京都大学 理学研究科 教授
研究開発実施期間	：平成 25 (2013) 年度～平成 28 (2016) 年度
参画機関	：キヤノン(株)

(1) テーマの概要と目指すべき将来の姿（拠点ビジョン）との関係

従来宇宙線観測用に開発されたガンマ線検出装置を、小型化し、医療現場で使用可能な形態・性能を有する小型電子飛跡検出型コンプトンカメラ (ETCC: Electron Tracking Compton Camera) を用いた医療用システムの開発。次世代のがん治療法としての BNCT (Boron-Neutron Capture therapy: ホウ素中性子補足療法) における中性子ビームモニタリング(可視化)装置として PET、SPECT に変わる広い計測エネルギーレンジと複数種ガンマ線の同時計測が可能な特徴を活かし、核医学の分野において新たな応用展開を目指し、健康で、安心な先制医療社会を目指す。

(2) 想定する製品・サービスについて（担い手、社会的インパクト・経済的インパクト）

① 想定する製品：医療用小型コンプトンカメラ (ETCC) 診断システム

② ターゲット顧客：人間ドック、がん患者受け入れ医療機関

③ 社会的インパクト・経済的インパクト

i 患者 検査回数減少による負担低減。

検査に応じた病院の移動が不要。

ii 医療機関 PET、SPECT 両検査を 1 台で代替。

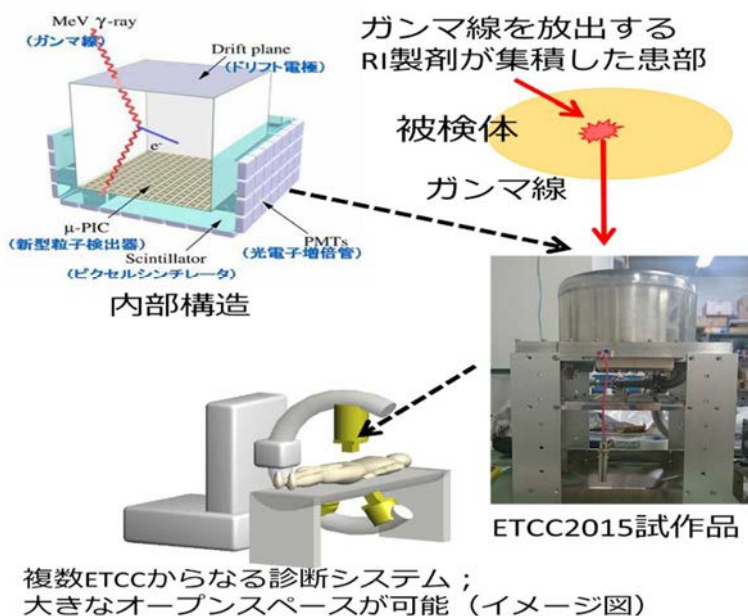
スループット向上。

(例：がん診断用 FDG (PET 製剤 511keV) と骨転移診断用 Tc99m (SPECT 製剤 100 ~300keV) を 1 台の装置で同時に使用できる。)

(3) 研究開発期間終了時の達成目標

医療用小型コンプトンカメラ (ETCC) の開発と複数 ETCC からなる診断システム

ガンマ線の飛来方向を測定し、ガンマ線源の分布を画像化する。



A イノベーション創出に向けた活動実績

4 研究開発テーマの成果

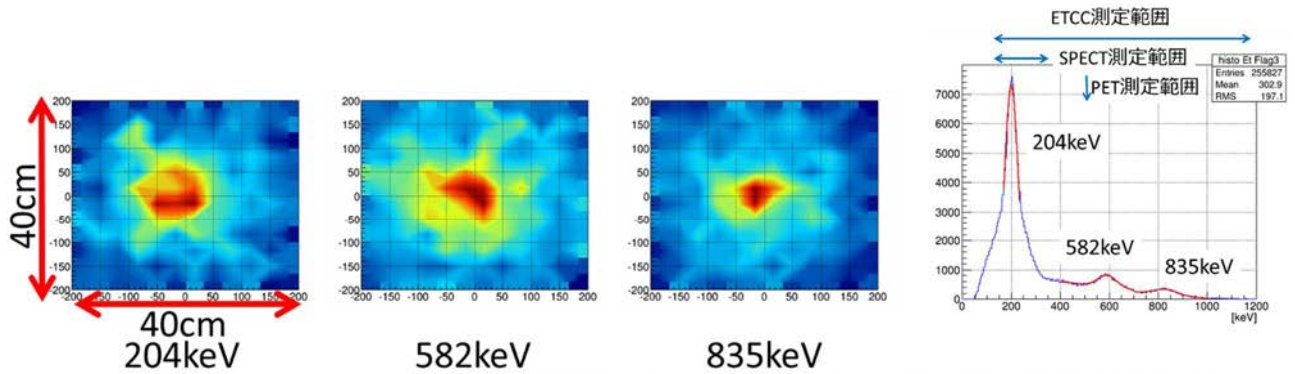
(4) 主な成果と達成状況

①医療用小型コンプトンカメラ（ETCC）の小型化、試作品を製作
宇宙観測用 ETCC を体積比 1/101 に小型化、動作を確認。



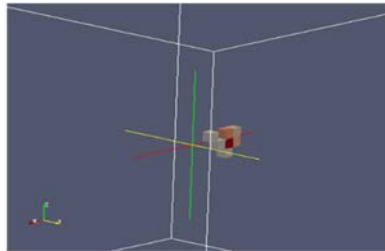
②複数エネルギー線源の同時可視化

PET/SPECT では困難な、複数エネルギーガンマ線源の同時計測・可視化。



③ETCC での測定結果の 3D 可視化

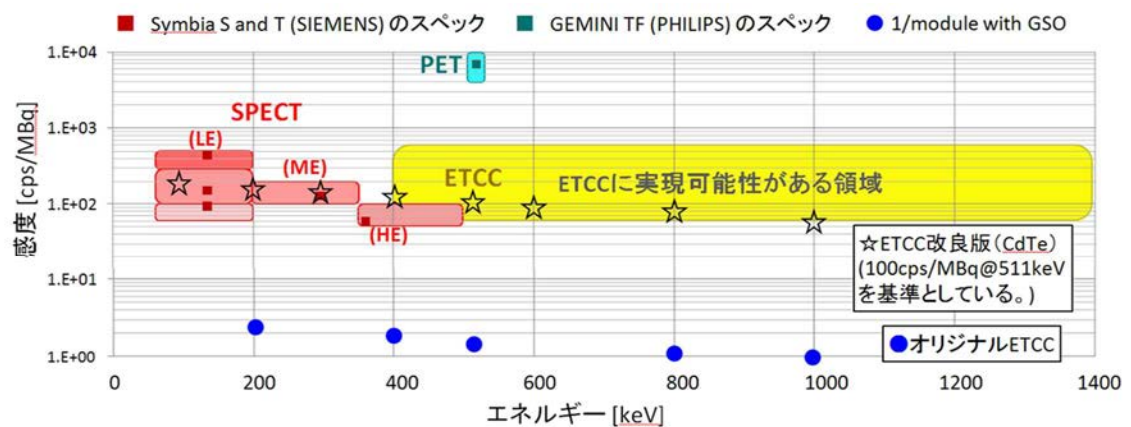
ETCC の測定データを用いて線源の 3D 画像プログラム作成。



放射線源の3D画像再構成例

④ETCC の性能シミュレーション

ETCC の感度・空間分解能のシミュレーションを実施。



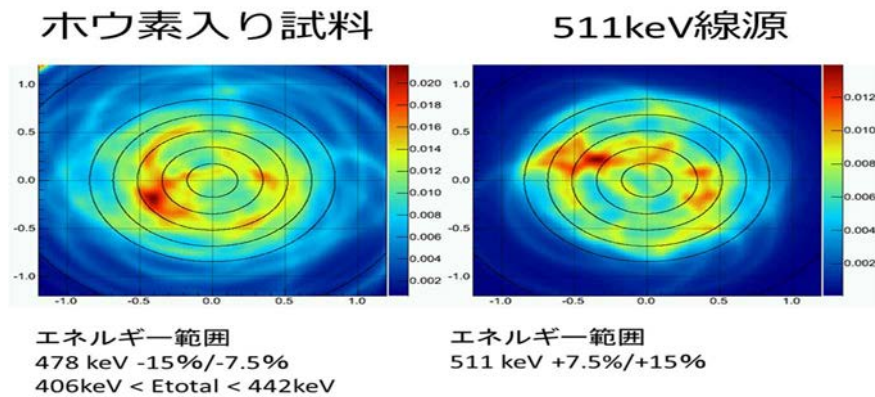
ETCCの感度シミュレーション。PET/SPECTと比較。

A イノベーション創出に向けた活動実績

4 研究開発テーマの成果

⑤BNCT（中性子ホウ素補足療法）モニタリング検討

- i ホウ素試料に中性子ビームを照射。
- ii 511keV 雑音とホウ素起因ガンマ線の分離に成功。モニタリングが可能。



⑥ETCC の基礎性能検討

ETCC 改良試作機による
空間分解能評価を実施。



基礎性能評価用 ETCC 試作機

⑦性能向上

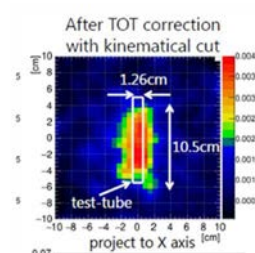
棒状線源の撮像時間の短縮

2013 年：24 H r

2014 年：20 min

2015 年：5 min

棒状線源の画像化



(5) 今後の課題と対応方針

COI での研究開発は終了。キヤノン(株)は事業化を中止。

ETCC の中性子線治療 (BNCT) モニターとして実用化開発継続、および ETCC の核医学診断用の実用化開発中。

(6) その他特記事項

特になし

A イノベーション創出に向けた活動実績

4 研究開発テーマの成果

4.4.3 膵β細胞量を指標とする糖尿病の早期診断と先制医療抗がん剤の薬効予測、治療効果判定イメージングプローブの開発

テマリーダー（氏名、所属、役職）	： 平井光春 アークレイ（株）研究開発部 責任者
サブテマリーダー（氏名、所属、役職）	： 稲垣暢也 京都大学 医学研究科 教授 ： 佐治英郎 京都大学 薬学研究科 教授
研究開発実施期間	： 平成 25 (2013) 年度～平成 28 (2016) 年度
参画機関	： アークレイ（株）、田中貴金属工業（株）

(1) テーマの概要と目指すべき将来の姿（拠点ビジョン）との関係

これまでイメージングプローブに関する研究では、臨床での利用を考慮した場合、合成上の観点から汎用性が乏しいことが問題となっている。臨床に必要な放射エネルギーを合成するには、特殊な合成装置を必要とし、また装置を安全に稼働するための大掛かりな環境整備も必要となる。

また現在のプローブ合成法では、費用も高くなる。本開発は、より汎用性の高い新規プローブの開発を行い、実用初の新規イメージングプローブにより、①未解明だった病態の解析 ②適切な治療計画の立案 ③医薬品開発 へ展開し、「病気が早くわかって安心」な先制医療社会を実現する。

(2) 想定する製品・サービスについて（担い手、社会的インパクト・経済的インパクト）

① 想定する製品

- 膵β細胞量を指標とする糖尿病の早期診断と先制医療を可能とするイメージングプローブの実用化。
- 抗がん剤の薬効予測のためのイメージングプローブの実用化。
- 治療効果判定およびがんの性状鑑別用イメージングプローブの実用化。

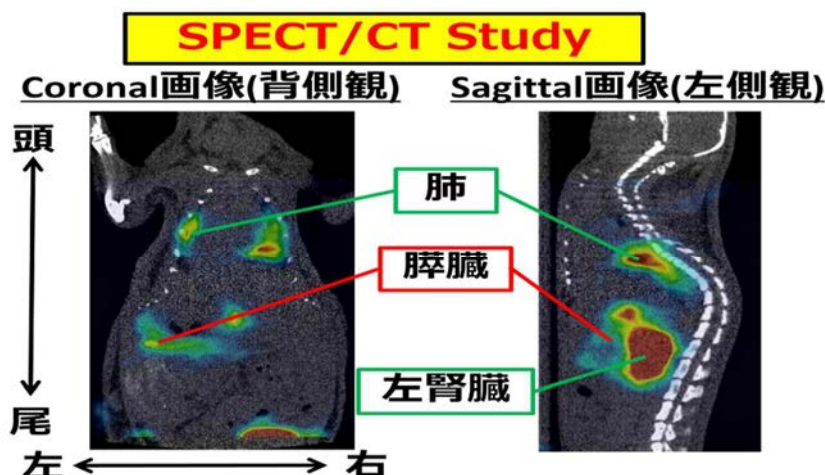
② ターゲット顧客 医療機関

③ 社会的インパクト・経済的インパクト

実用初の新規イメージングプローブにより、未解明だった病態の解析、適切な治療計画の立案、医薬品開発 へと展開できる。

(3) 研究開発期間終了時の達成目標

- 膵β細胞量を指標とする糖尿病の早期診断と先制医療を可能とするイメージングプローブの実用化
- 抗がん剤の薬効予測のためのイメージングプローブの実用化
- 治療効果判定およびがんの性状鑑別用イメージングプローブの実用化。

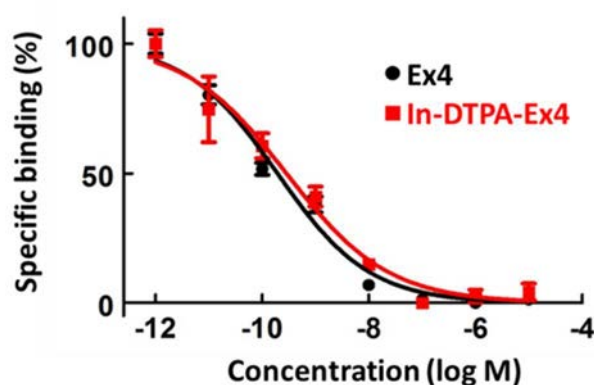


A イノベーション創出に向けた活動実績

4 研究開発テーマの成果

(4) 主な成果と達成状況

- ①膵β細胞量を指標とする糖尿病の早期診断と先制医療を可能とするイメージングプローブの実用化
- i SUR 受容体をターゲットとする PET 用プローブの開発。
 - ・ SUR 1 に結合するグリニド薬である Mitiglinide 由来の@プローブを開発。
 - ii GLP-1 受容体をターゲットとする SPECT 用プローブの開発。
 - ・ GLP-1 受容体アンタゴニストである 2 型糖尿病治療薬 Exendin(9-39) 由来のプローブを開発。マウスでの膵臓の抽出に成功した。
 - ・ GLP-1 受容体アンタゴニストである Exendin(9-39) 由来のプローブに比べ、アゴニストである Exendin4 誘導体が約 6 倍もの高い親和性を示すことを見出した。



Compound	IC ₅₀ (nM) (95% confidence interval)
Ex4	0.19 (0.11-0.32)
In-DTPA-Ex4	0.43 (0.24-0.78)
In-DTPA-Ex(9-39)	2.50 (1.75-3.59)

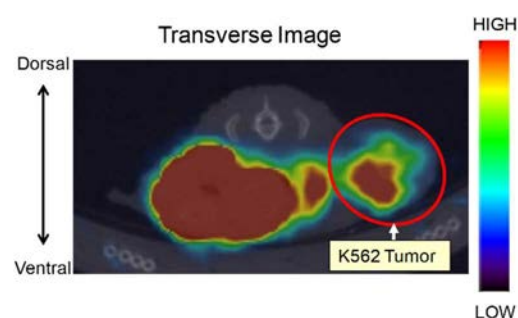
②抗がん剤の薬効予測のためのイメージングプローブの実用化

肺がん治療薬 Alectinib 骨格を有するプローブの合成を試み、その活性評価においてオリジナルと同等の活性を示す cold 体の開発に成功した。

化合物	Alectinib (CH5424802)	Derivative 1	Derivative 2
IC ₅₀	1.3 nM	1.9 nM	26.8 nM

③治療効果判定およびがんの性状鑑別用イメージングプローブの実用化

慢性骨髄性白血病治療薬 Imatinib や Ponatinib をもとに、¹²⁵I 標識したプローブを設計・合成した。
Ponatinib 誘導体にかんしては、SPECT 撮像を行い腫瘍の描写に成功した。



A イノベーション創出に向けた活動実績

4 研究開発テーマの成果

(5) 今後の課題と対応方針

COI での研究開発は終了し、企業にて開発。

(6) その他特記事項

特になし

A イノベーション創出に向けた活動実績

4 研究開発テーマの成果

4.4.4 MRI下で疑似画像を生じない金属材料の医療デバイスへの展開

テーマリーダー（氏名、所属、役職）	伊藤 裕 田中貴金属工業(株) 平塚テクニカルセンター 技術開発部門 チーフマネージャー
サブテーマリーダー（氏名、所属、役職）	有馬祐介 京都大学 再生医科学研究所 助教
研究開発実施期間	平成 25 (2013) 年度～平成 27 (2015) 年度
参画機関	田中貴金属工業(株)

(1) テーマの概要と目指すべき将来の姿（拠点ビジョン）との関係

製品として使用されている血管クリップはチタン製、放射線治療用のマーカーは金属製のものが多く、MRI 下で疑似画像（アーチファクト）を発生させる。また脊椎固定ケージはチタン製か、プラスチックの PEEK が用いられており、PEEK はアーチファクトは小さいが、X 線による視認性が悪いという欠点がある。本開発は、MRI 下でアーチファクトを発生させない合金（貴金属）を様々な医療機器に応用し、脱落・移動し難いマーカー形状で、患部の正確な特定、高い X 線視認性、貴金属による生体安全性で低侵襲な放射線治療を実現する医療デバイスの開発と医療デバイスへの展開。

(2) 想定する製品・サービスについて（担い手、社会的インパクト・経済的インパクト）

① 想定する製品：MRI アーチファクトフリーの各種医療用デバイス

- i 前立腺がんイメージングに用いる体内留置マーカー
- ii 脳動脈瘤治療用コイル
- iii 硬膜下電極
- iv PEEK 製椎体間固定ケージ

② ターゲット顧客

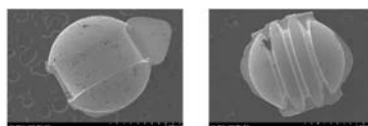
- i 放射線治療関連機器メーカー
- ii 医療機関

③ 社会的インパクト・経済的インパクト

- i 脱落・移動し難いマーカー形状で、患部の正確な特定。
- ii 貴金属による高い X 線視認性と生体安全性。
- iii MRI アーチファクトフリー

(3) 研究開発期間終了時の達成目標

① 前立腺がんイメージングに用いる体内留置マーカー



①DB型



②溝型

体内留置マーカーの試作品

② 脳動脈瘤治療用コイル



A イノベーション創出に向けた活動実績

4 研究開発テーマの成果

③硬膜下電極



④PEEK 製椎体間固定ケージ



(4) 主な成果と達成状況

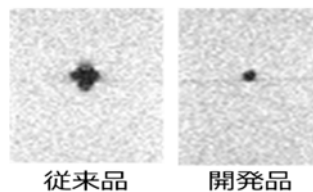
①MRI 下でアーチファクトフリーの金・白金合金の製造

- i 金・白金の組成を調整することで、MRI でアーチファクトを発生させない合金の開発を行った。
- ii 合金インゴットを用いて磁化率またアーチファクトの大きさなどの評価を実施。

②脳動脈瘤治療用コイル

- i アーチファクトフリーの合金から、合金細線の試作を行った。
- ii 試作した合金製細線を用いて、脳動脈瘤治療用コイルの試作を行い、動物に埋め込み、評価を行った。

MRI画像



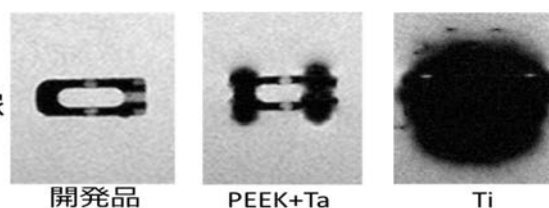
③硬膜下電極

- i アーチファクトフリーの合金から、合金箔の試作を行った。
- ii 試作した合金箔を用いて硬膜下電極を試作した。作製した試作電極に対し、ASTM 規格に準じて、MRI 画像のアーチファクトなどを計測した。

④PEEK 製椎体間固定ケージ

PEEK 製椎体間固定ケージに埋め込み可能な合金棒の作成を行い、作成した合金棒を PEEK 製椎体間固定ケージに埋め込み。透視 X 線、CT または MRI にてイメージングを行った。

MRI画像



A イノベーション創出に向けた活動実績

4 研究開発テーマの成果

(5) 今後の課題と対応方針

COI での研究開発は終了し、企業にて商品化を検討

(6) その他特記事項

特になし

A イノベーション創出に向けた活動実績

4 研究開発テーマの成果

4.5 病気時サポート 分野

「病気になっても安心」をもたらすために、iPS 細胞を活用した再生医療技術、セミオートな手術支援システムなどを開発。それにより、先端医療が身近に受けられる安心社会を実現。

病気時サポートの研究開発テーマは、次の 9 テーマ

- 4.5.1 細胞品質評価及び創薬評価用計測機器の開発
- 4.5.2 創薬サポートシステムの研究開発・実証
- 4.5.3 細胞組織と血液検査の研究開発・実証
- 4.5.4 個の医療プラットフォームの構築
- 4.5.5 セミオートマチック最適治療計画支援システムの開発
- 4.5.6 放射線治療レボリューションによるがん治療最大効率化の実現
- 4.5.7 腎臓透析サポートシステムの研究開発・実証
- 4.5.8 革新的な生体試料保存技術の開発
- 4.5.9 電子カルテ活用基盤の確立

A イノベーション創出に向けた活動実績

4 研究開発テーマの成果

4.5.1 細胞品質評価及び創薬評価用計測機器の開発

テーマリーダー（氏名、所属、役職）	北村 茂	アークレイ(株) 研究開発部 責任者
サブテーマリーダー（氏名、所属、役職）	小寺秀俊	京都大学 工学研究科 教授
研究開発実施期間	平成 25 (2013) 年度～平成 28 (2016) 年度	
参画機関	アークレイ(株)	

(1) テーマの概要と目指すべき将来の姿（拠点ビジョン）との関係

iPS 細胞から均一な凝集体を作製し、安定的に膵内分泌細胞へと分化誘導する技術を開発し、移植可能な膵島細胞分化誘導を高効率に実現するデバイスの開発とさらに無菌的に低コストで培養可能なポータブルに稼働できるシステムの開発で、慢性の糖尿病患者に移植治療を行い、根本的治療で早期の社会復帰を目指し、慢性的糖尿病患者の根治を目指す。

(2) 想定する製品・サービスについて（担い手、社会的インパクト・経済的インパクト）

① 想定する製品：再生医療に不可欠な装置

- i 培地分析装置
- ii 細胞培養及び品質評価装置

② ターゲット顧客

- i 糖尿病患者
- ii 病院から移植細胞の提供を受託する細胞製造受託企業

③ 社会的インパクト・経済的インパクト

- i 品質管理された iPS 細胞の安定供給

(3) 研究開発期間終了時の達成目標

ポータブルで、高効率で膵島細胞分化誘導装置、品質評価装置。



A イノベーション創出に向けた活動実績

4 研究開発テーマの成果

(4) 主な成果と達成状況

①マイクロ流路内での培養技術の確立

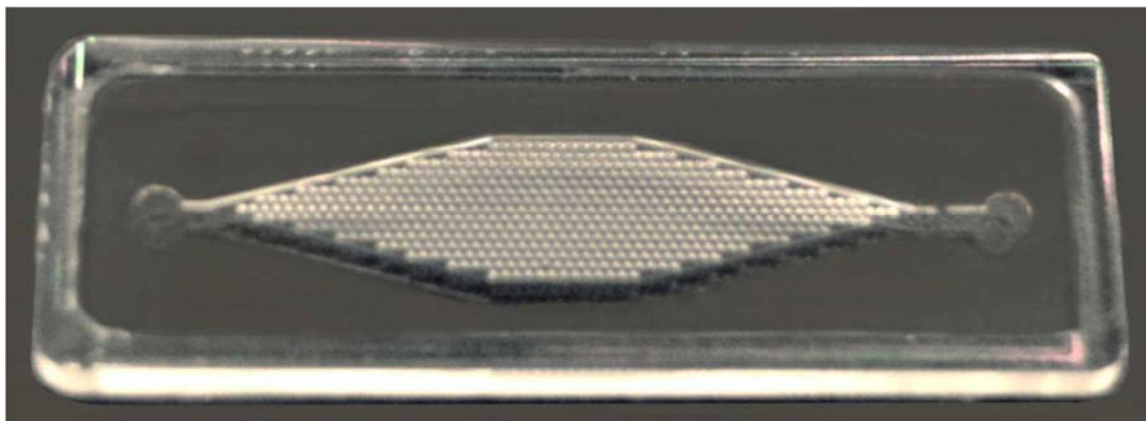
流路形状とすることで培養環境の制御が容易になり、培養維持の安定化とシステム小型・安価化が可能となった。

②流路型培養装置の試作を完了

単一ヒト iPS 細胞からの長期培養に成功。

(論文を Biochemical and Biophysical Research Communications 誌に発表)

関連特許を出願

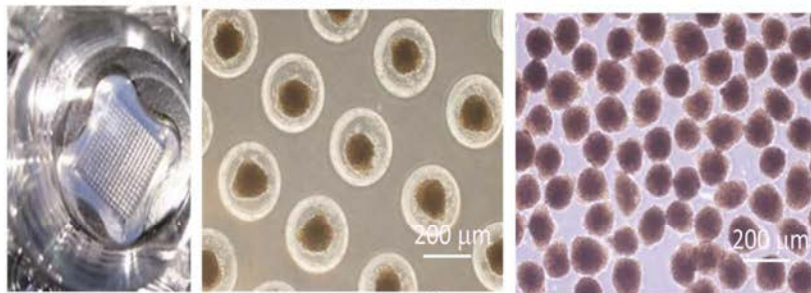


ウエル付流路チップ

③膵島細胞分化誘導手法の確立

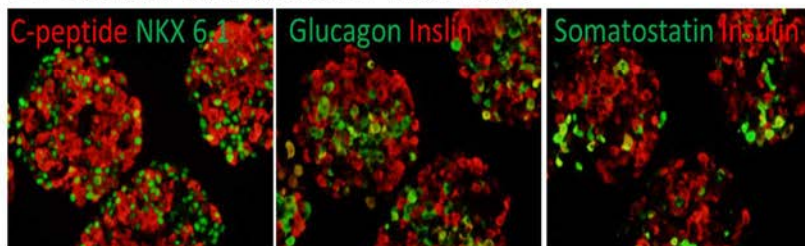
ヒト iPS 細胞から均一な凝集体を作製し、安定的に膵島細胞へと分化誘導する技術の開発

均一なサイズの膵島様細胞凝集体の作成



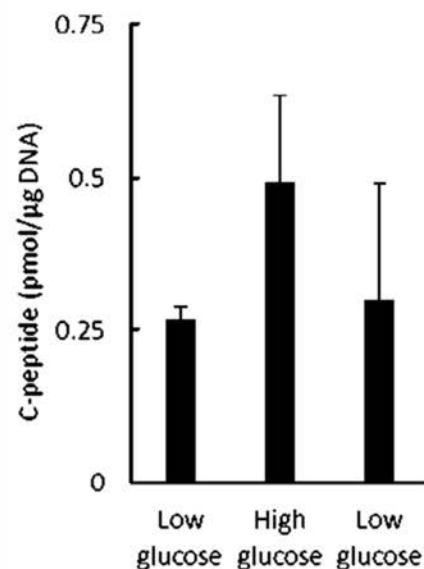
マイクロウェルを有するアガロースゲルプレートを利用して、均一なサイズの膵島様細胞凝集体を作成した。

ヒトiPS細胞から膵内分泌細胞への分化誘導



Insulin: β 細胞マーカー蛋白質、Glucagon: α 細胞マーカー蛋白質
Somatostatin: δ 細胞マーカー蛋白質

膵島機能評価



分化誘導した細胞は、グルコース濃度に応じてC-peptideの分泌量を変化させた。

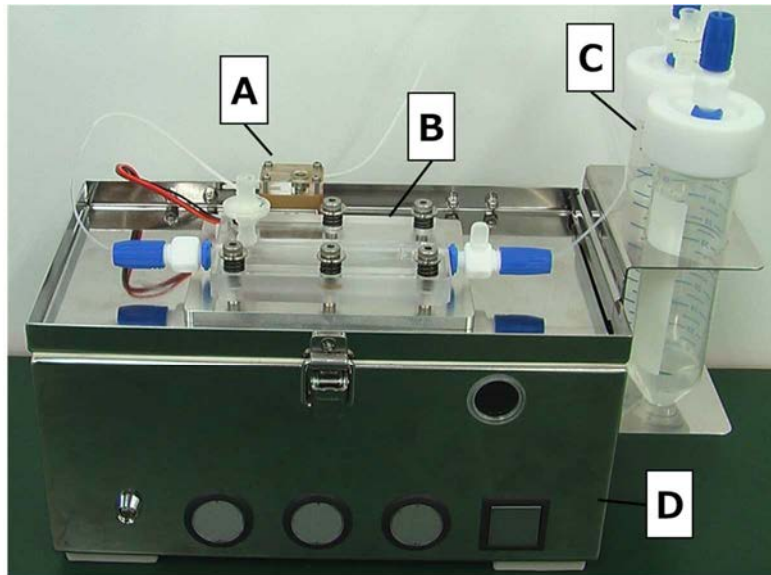
A イノベーション創出に向けた活動実績

4 研究開発テーマの成果

④膵島細胞作製デバイスの試作を完了

- i 大量かつ均一に細胞凝集体を形成できるウェル付流路を開発。
- ii 培養液導入速度、スケジュール設定可能なポンプシステムを開発。
- iii 膵島細胞の分化誘導に成功。

・ 流路培養デバイス+ポンプシステム



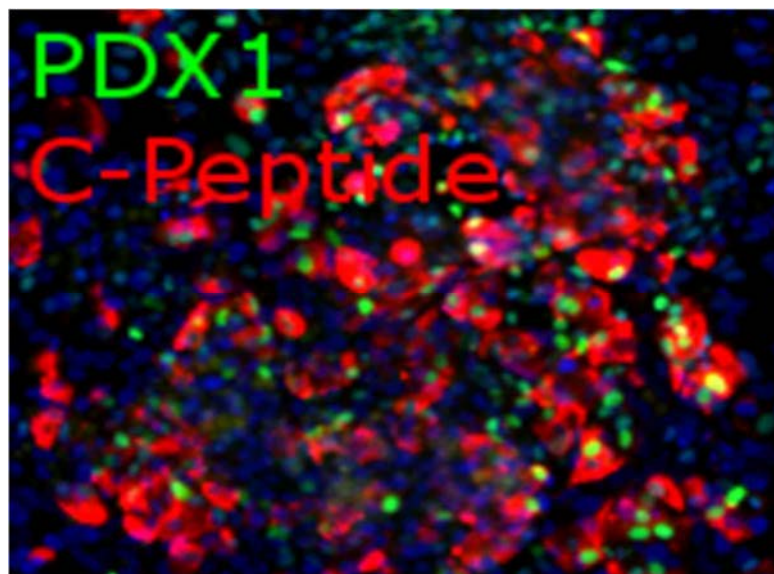
A. 送液ポンプ

C. 培地チューブ

B. 流路デバイス

D. ポンプドライバ

・ 免疫染色像（分化誘導後細胞）



(5) 今後の課題と対応方針

COI での研究開発は終了し、企業にて開発したが、事業化中止。

(6) その他特記事項

特になし

A イノベーション創出に向けた活動実績

4 研究開発テーマの成果

4.5.2 創薬サポートシステムの研究開発・実証

テーマリーダー（氏名、所属、役職）	：安藤 健 パナソニック（株）生産技術本部 課長代理
サブテーマリーダー（氏名、所属、役職）	：安達泰治 京都大学 再生医科学研究所 教授
研究開発実施期間	：平成 25 (2013) 年度～平成 28 (2016) 年度
参画機関	：パナソニック（株）、武田薬品工業（株）

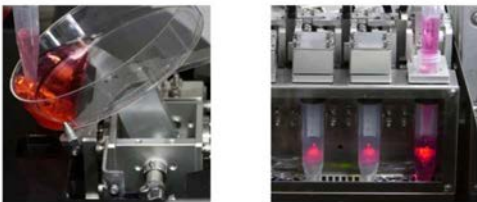
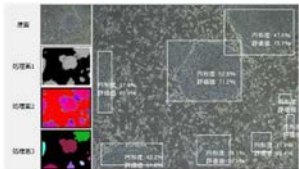
(1) テーマの概要と目指すべき将来の姿（拠点ビジョン）との関係

幹細胞（iPS 細胞など）～3 次元組織の良品・安定供給を可能にする自動細胞／器官培養システムの開発で、従来 24 時間 365 日人により培養、確認されていた 3 次元組織の幹細胞を、ロボット、センサシステムなどで全自動化を行い、成長促進、コンタミ防止など人を介在せず、創薬や再生医療分野の研究の加速を実現する。

(2) 想定する製品・サービスについて（担い手、社会的インパクト・経済的インパクト）

① 想定する商品：ロボット技術・センサ技術を駆使した全自動培養装置の開発

ロボット技術を駆使した「付加価値」の創出

付加価値	差別化技術	保有ロボット技術
無人連続運転 (大型連休対応)	泡防止添加, 液垂れ防止 (コンタミ防止) 	マニピュレーション
	継代タイミング判定, 細胞品質良否判定 	視覚認識 データベース
培地コスト削減	増殖促進	環境計測 マニピュレーション

② ターゲット顧客

- i 薬品メーカー。
- ii 再生医療の研究機関

③ 社会的インパクト・経済的インパクト

- i iPS 細胞を用いたスクリーニングや毒性試験による創薬研究効率の向上
- ii 細胞培養研究者の負担軽減
- iii 品質の安定した細胞の培養

A イノベーション創出に向けた活動実績

4 研究開発テーマの成果

(3) 研究開発期間終了時の達成目標

iPS 細胞等の未分化維持培養の培地交換から継代までの作業を自動化する装置の開発と実用化

創薬研究の効率化



・ 装置外観



(4) 主な成果と達成状況

- ①自動化向け iPS 細胞の培養プロトコル開発
熟練培養士の動作分析を実施し、重要な培養手技の定量化を実施。
- ②培養効率を向上させる培地交換頻度開発
 - i iPS 細胞の培養中の培地成分分析を実施し、培地交換頻度と細胞品質の関係を解析。
 - ii 成果の一部を生体工学会で発表。
- ③iPS 細胞の品質評価指標開発
iPS 細胞の未分化維持培養における細胞品質を位相差顕微鏡画像から評価する指標を開発。
- ④iPS 細胞の未分化維持培養装置の試作
ロボット技術を活用し、On-feeder 培養の自動化を実現する細胞培養装置の試作を完了。
- ⑤iPS 細胞の未分化維持装置を用いた長期培養時の細胞品質評価
iPS 細胞の未分化維持培養を 20 継代実施し、未分化率・多分化能などは十分な品質を実現できていることを確認。
- ⑥未分化維持培養装置の実証活動
開発した培養装置を外部機関に設置し、実業務で使用してもらう社会実装を開始した。
またパナソニック(株)から販売を開始。

(5) 今後の課題と対応方針

COI での研究開発は終了し、企業より販売中

(6) その他特記事項

特になし

A イノベーション創出に向けた活動実績

4 研究開発テーマの成果

4.5.3 細胞組織と血液検査の研究開発・実証

テーマリーダー（氏名、所属、役職）	：下野 健 パナソニック(株) 先端研究本部 部長
サブテーマリーダー（氏名、所属、役職）	：劉 莉 京都大学 工学研究科 助教
研究開発実施期間	：平成 25 (2013) 年度～平成 28 (2016) 年度
参画機関	：パナソニック(株)

(1) テーマの概要と目指すべき将来の姿（拠点ビジョン）との関係

新薬開発に欠かせない高精度な心毒性評価のため、ナノファイバ上で心筋細胞の長期培養と電気計測による機能評価を行うデバイスを開発、マルチ電気刺激による心筋細胞の電気的な特徴を確認できる成熟化心筋を作製、評価するシステムを開発し、創薬開発に貢献する。

(2) 想定する製品・サービスについて（担い手、社会的インパクト・経済的インパクト）

① 想定する製品

- i ナノファイバ技術による心筋細胞の長期培養システム
- ii 電気計測による機能評価システム

② ターゲット顧客：

- i 製薬企業
- ii 薬品試験受託企業

③ 社会的インパクト・経済的インパクト

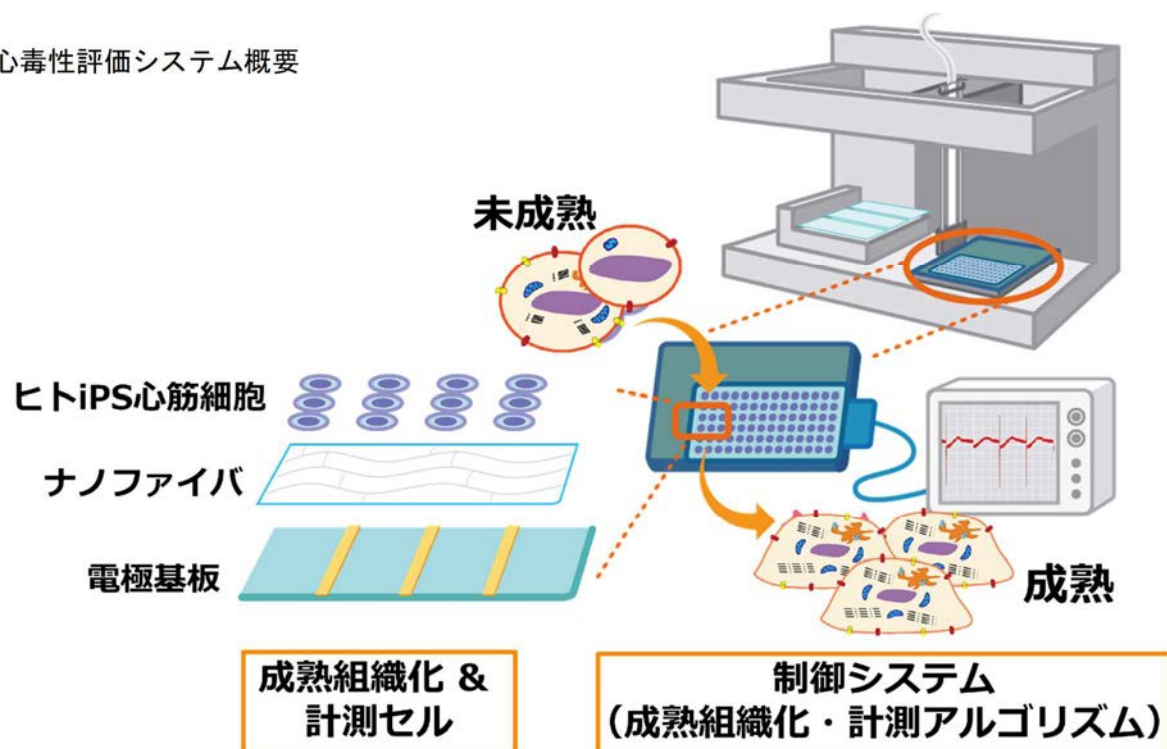
- 生体内の心臓と同じ品質の毒性試験を実現で
- ・高い再現性による創薬コストの削減。
 - ・1 か月以上の毒性評価が可能。

(3) 研究開発期間終了時の達成目標

創薬に欠かせない高品質な心毒性評価システム

- ① iPS 由来の心筋細胞を成熟組織化させるデバイス
- ② 成熟化した心筋組織から電気信号を取得し、その機能を評価

心毒性評価システム概要



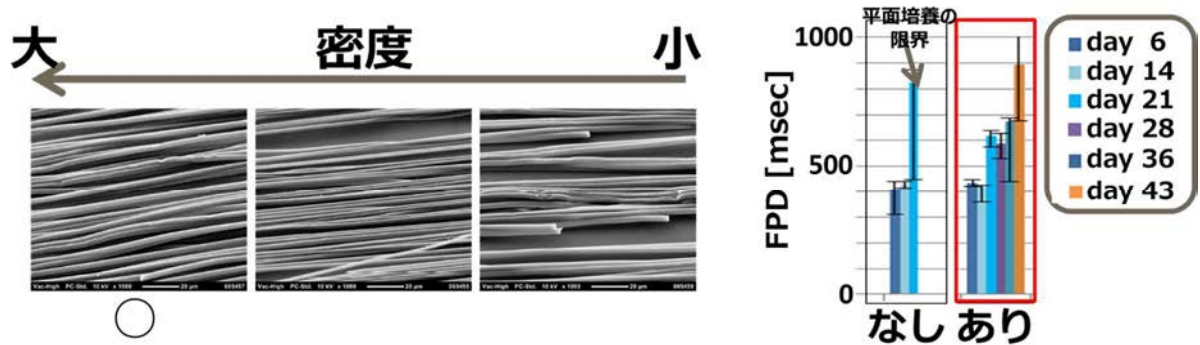
A イノベーション創出に向けた活動実績

4 研究開発テーマの成果

(4) 主な成果と達成状況

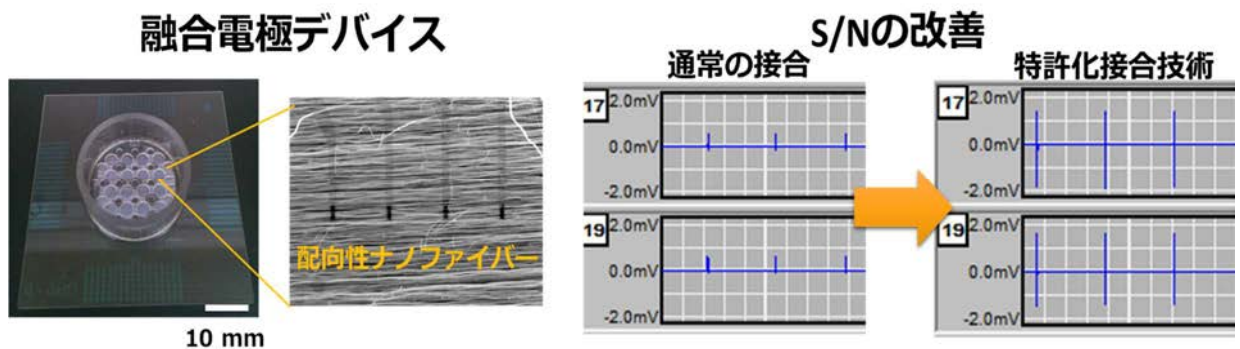
① ナノファイバ上での培養技術の研究開発

- i ナノファイバの材料、密度を最適化。
- ii 電極基盤上での心筋細胞の1か月以上の培養を実現



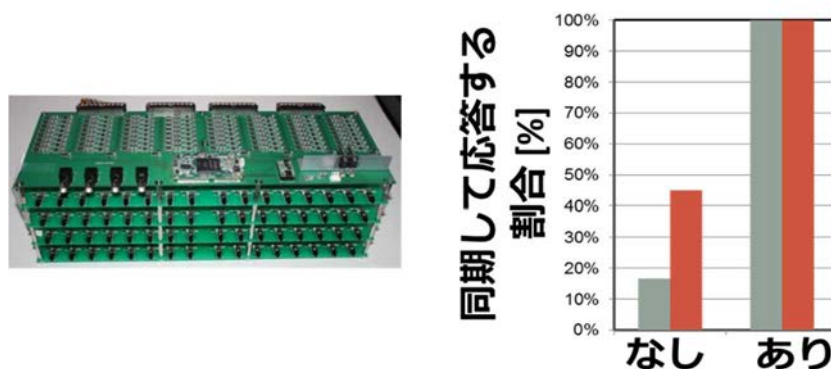
② ナノファイバ／電極接合技術を開発

- i 長期培養と電気計測による機能評価を行うデバイスを開発。
- ii 接合技術に関して1件特許出願。



③ マルチ電気刺激／計測システムの開発

- i 電気刺激によって心筋細胞の電気的な特性の向上を確認。



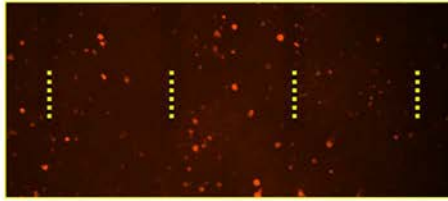
④ 成熟化心筋での特徴付けの研究開発

- i 電気刺激での成熟化現象の解明を目的に免疫組織の科学的な評価を実施。
- ii 最適な電気刺激の強度の導出に成功。

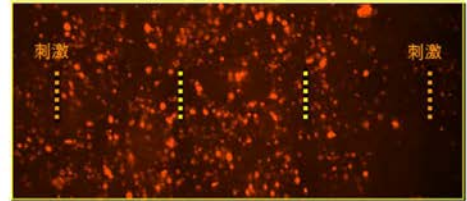
A イノベーション創出に向けた活動実績

4 研究開発テーマの成果

電気刺激, ナノファイバなし



電気刺激, ナノファイバあり



⑤製薬フォーマットに適したマルチ電極デバイス試作完了

(5) 今後の課題と対応方針

Organ on a Chip デバイスを用いた「サブリ開発ツール」の研究開発テーマに移行。

(6) その他特記事項

特になし

A イノベーション創出に向けた活動実績

4 研究開発テーマの成果

4.5.4 個の医療プラットフォームの構築

テーマリーダー（氏名、所属、役職）	森賀俊典 東洋鋼鋳(株) 技術研究所 所長
サブテーマリーダー（氏名、所属、役職）	松田文彦 京都大学 医学研究科 教授
研究開発実施期間	平成 25 (2013) 年度～平成 28 (2016) 年度
参画機関	東洋鋼鋳(株)、(株)島津製作所、(株)エスアールエル、味の素(株)

(1) テーマの概要と目指すべき将来の姿（拠点ビジョン）との関係

ゲノム診断、遺伝子検査の対象とする配列情報から、薬剤に対する副作用に関連する遺伝子変異をモデルケースとして、遺伝子解析キットを開発する。個の医療に適した検査チップ群の開発により、エビデンスに基づいた予防医療を実現するための解析ツールとして商品化を行い病気治療薬の副作用を簡便に解析し、一人ひとりの治療について、医療現場で精確で迅速に対応でき、「しなやかほっこり社会」の構築に貢献。

(2) 想定する製品・サービスについて（担い手、社会的インパクト・経済的インパクト）

- ① 想定する商品：個の医療に適した遺伝子検査チップ群の提供
検査キットとして順次製品化



② ターゲット顧客

治療に薬剤を使用する患者

- ・ 検査センターにおいて遺伝子検査を実施する医療機関。
- ・ 中核病院の検査室において遺伝子検査を実施。

③ 社会的インパクト・経済的インパクト

個別医療の実現により、「医療費削減と患者 QOL の向上」を両立。

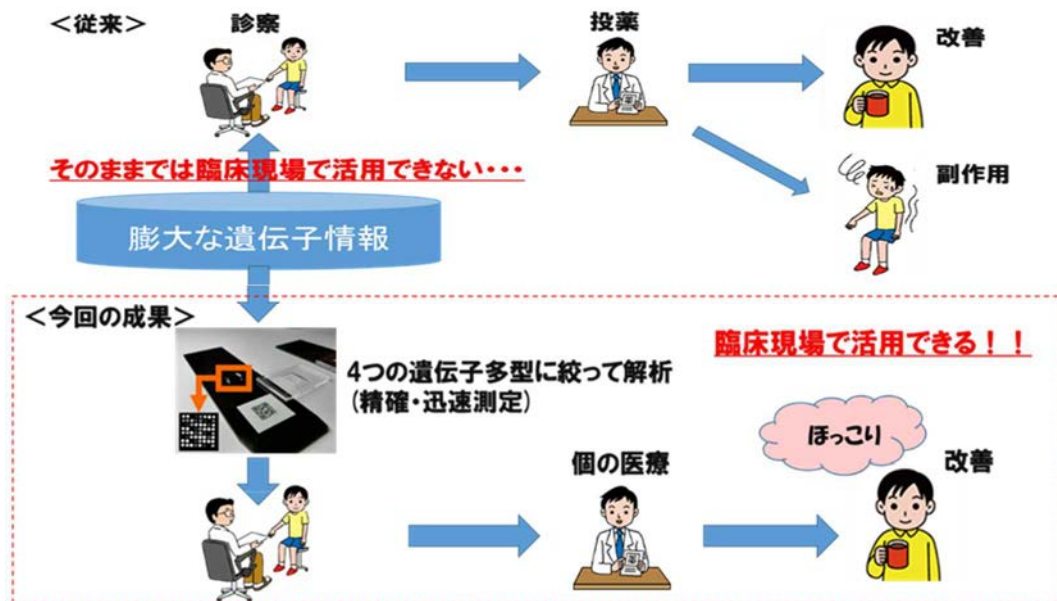
- ・ 薬剤の効果や副作用を精度高く測定。（最適薬剤の選択／無駄や薬剤低減）
- ・ 国産技術で、かつ量産効果により検査コスト低減に貢献。

(3) 研究開発期間終了時の達成目標

ゲノム診断、遺伝子検査の対象とする配列情報から、解析チップに搭載するプローブと PCR 増幅用プライマーセットを設計、ハイブリダイゼーション法によりシグナルを検出する方法でシステムを開発、薬剤に対する副作用に関連する遺伝子変異モデルケースに遺伝子キットを開発。甲状腺治療薬の副作用を簡便に解析。

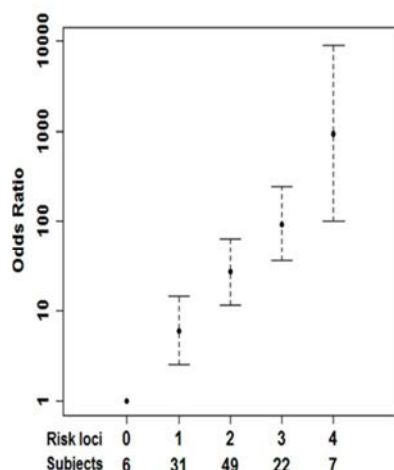
A イノベーション創出に向けた活動実績

4 研究開発テーマの成果



(4) 主な成果と達成状況

- ① 遺伝子解析研究では、甲状腺治療薬チアマゾールの副作用と有意義な関連が見られる4種の遺伝子多型を同定



リスク アレル数	患者		対照群		オッズ比 (95%CI)	無顆粒球症 リスク(%)
	人数(割合)	積算数(割合)	人数(割合)	積算数(割合)		
4	7 (0.061)	7 (0.061)	1 (0.001)	1 (0.001)	953.17 (101.1-8988.6)	38.3
3	22 (0.191)	29 (0.252)	32 (0.018)	33 (0.018)	93.61 (35.5-246.8)	3.8
2	49 (0.426)	78 (0.678)	246 (0.137)	279 (0.155)	27.12 (11.5-64.1)	1.1
1	31 (0.270)	109 (0.948)	702 (0.390)	981 (0.546)	6.01 (2.5-14.5)	0.24
0	6 (0.052)	115 (1.000)	817 (0.454)	1798 (1.000)	Reference	0.04

甲状腺薬副作用と遺伝子多型について

4つの遺伝子多型を解析して、リスク遺伝子を多く保有するほど、副作用（無顆粒球症）を発症するリスクが高くなることが分かった。上のグラフの左から、リスク遺伝子多型を0、1、2、3、4つ保有する場合のリスクオッズ（発症する可能性）を示す。

② 遺伝子キットの完成

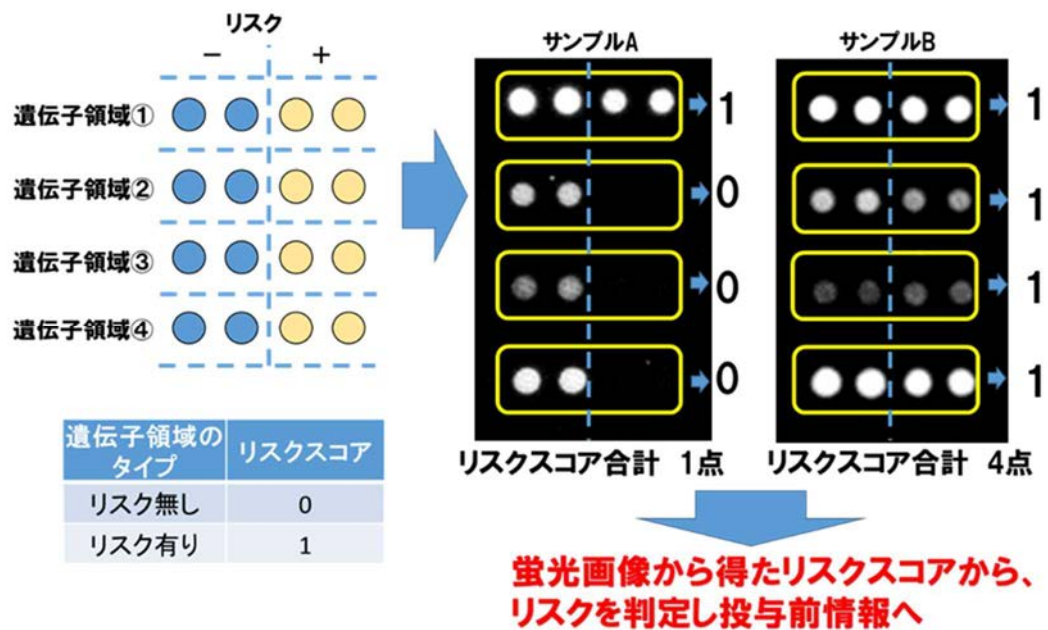
- 遺伝子多型を検出するためのチップキット設計を行い、対象となっている4種類の遺伝子多型を、1チップで同時に高精度かつ簡便に測定できる遺伝子解析キットを完成
- 遺伝子解析キットを用いることにより臨床現場で精確で迅速な測定が可能

A イノベーション創出に向けた活動実績

4 研究開発テーマの成果



- iii 遺伝子キットを用いて、副作用に関わる遺伝子多型がいくつあるかを判別可能。
(リスクスコア 0~4、数字が大きいほどリスクが高い)



(5) 今後の課題と対応方針

COI での研究開発は終了し、企業にて開発。

(6) その他特記事項

特になし

A イノベーション創出に向けた活動実績

4 研究開発テーマの成果

4.5.5 セミオートマチック最適治療計画支援システムの開発

テーマリーダー（氏名、所属、役職）	：竹村知晃 パナソニック メディカルソリューションズ（株）主任技師
サブテーマリーダー（氏名、所属、役職）	：松田哲也 京都大学 情報学研究科 教授
研究開発実施期間	：平成 25 (2013) 年度～平成 28 (2016) 年度
参画機関	：パナソニック メディカルソリューションズ（株）、パナソニック ヘルスケア（株）、（株）MedVison

(1) テーマの概要と目指すべき将来の姿（拠点ビジョン）との関係

手術前、手術中など、ミスのない正確な手術に向けて、患者のCT/MRIなどのスライス画像を用いて、3次元画像として再構築し、臓器や骨を切除、切削、変位させるアルゴリズムで術具や臓器の動きや変形を解析・評価を行い、また手術中における内視鏡カメラや術具の動きを正確に捉え、手術中の様子をコンピュータ上でリアルタイムに表現することも可能な機能を搭載、外科手術の可視化、手術の最適化機能を搭載した手術シミュレーションシステム。

外科手術工程を数理的にモデル化し、治療計画の自動化、術前の綿密なトレーニング、術前計画、精確なシミュレーションの実施で、安心、安全な手術支援が可能。

(2) 想定する製品・サービスについて（担い手、社会的インパクト・経済的インパクト）

① 想定する製品

術前・術中手術支援システム

② ターゲット顧客

- i 中規模以上の医療機関（国内に約2000病院）。
- ii 医療機器企業の医療装置トレーニングセンターなどの施設。

③ 社会的インパクト・経済的インパクト

ミスのない正確な手術に向けて、綿密なトレーニング・術前計画・シミュレーションを支援。

- i 臓器切除に伴う変形がリアルタイムに表示可能となり、様々な切除パターンをシミュレート可能。
- ii 手術の技能力アップ。
- iii 術前計画時に複数の切除プロセスを比較検討したり、手術中に進捗に合わせたマップを作成して参照可能。

(3) 研究開発期間終了時の達成目標

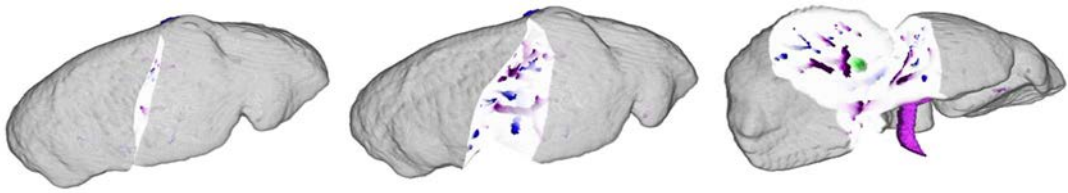
① 術前・術中支援システム



A イノベーション創出に向けた活動実績

4 研究開発テーマの成果

②プロセスマッピング（肝切除）

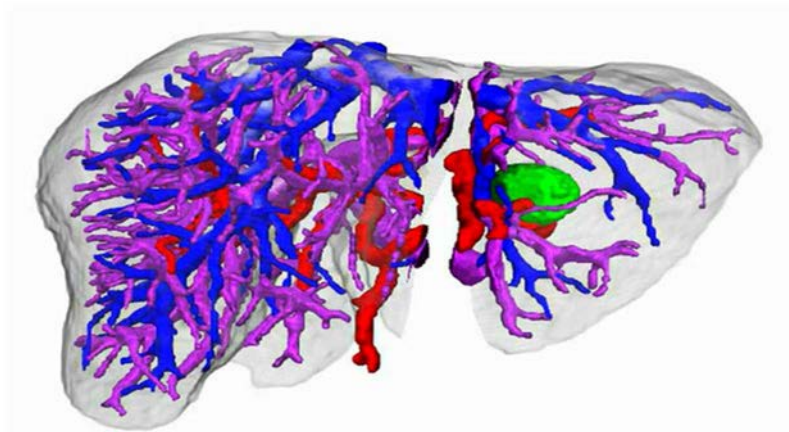


(4) 主な成果と達成状況

①臓器切除変形アルゴリズムの開発

患者個人の3次元CT画像から手術時の変形を想定した臓器切除マップを高速に再生可能。

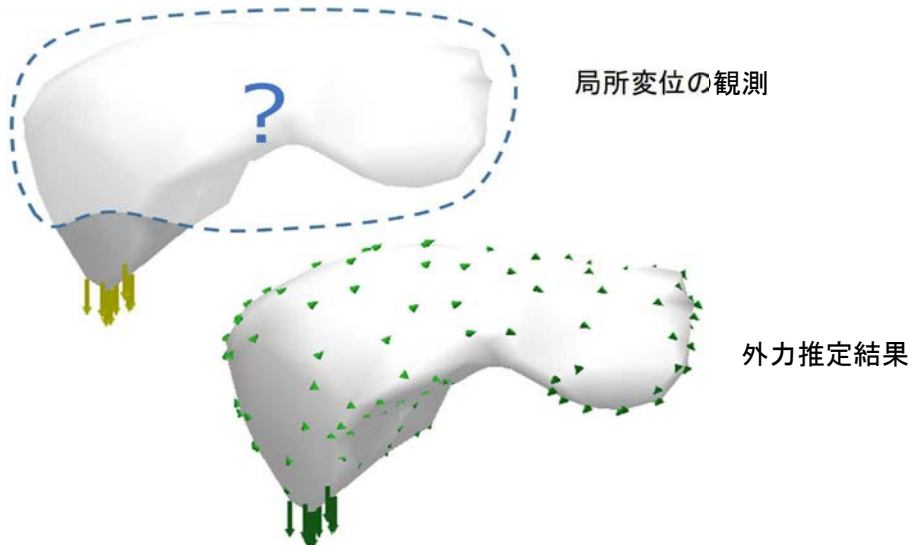
- i Comp. Methods. Biomed に掲載。
- ii 肝がん治療シミュレーション研究会 特別講演
- iii 特許出願済



肝切除プロセスマップ

②マーカーレス弾性体変形認識技術の開発

カメラ画像から弾性体の局所変位や拘束条件を推定する方法を開発。



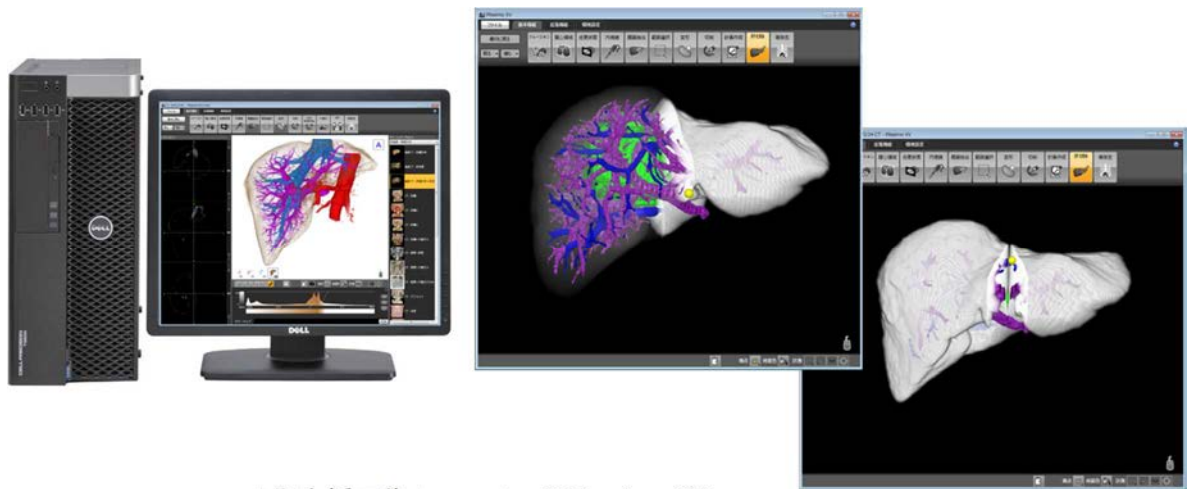
③治療計画支援システム・ソフトウェア開発

- i 患者個人の医療用画像のリアルタイム可視化。

A イノベーション創出に向けた活動実績

4 研究開発テーマの成果

- ii 環状構造抽出、複数画像の位置合わせを実現。
- iii 手術支援画像システム Plissimo XV にアルゴリズムを組み込み、インターフェースを設計。



手術支援画像システム (Plissimo XV)

④治療計画支援機能の検証・市場調査

- i 京都大学医学部附属病院 肝胆膵・移植外科にデモ環境を構築、21症例で評価・検証。
- ii 英国 Alder Hey Children's Hospital ヘデモ機を設置。マーケティング開始。

(5) 今後の課題と対応方針

COI での研究開発は終了し、コニカミノルタジャパン株式会社に事業移管して、医療用画像管理システム (PACS) への展開を検討。

(6) その他特記事項

特になし

A イノベーション創出に向けた活動実績

4 研究開発テーマの成果

4.5.6 放射線治療レボリューションによるがん治療最大効率化の実現

テーマリーダー（氏名、所属、役職）	金子修史 三菱重工業(株) 機械・設備システム・メイン事業開発推進部 課長
サブテーマリーダー（氏名、所属、役職）	平岡真寛 京都大学 医学研究科 教授
研究開発実施期間	平成 25 (2013) 年度～平成 27 (2015) 年度
参画機関	三菱重工業(株)

(1) テーマの概要と目指すべき将来の姿（拠点ビジョン）との関係

超高齢化社会に突入した我が国においては、がん治療が国民的課題になっており、低侵襲な放射線治療は、今後欧米並みに増加することが予想される。またコンピュータ技術の発展に伴い放射線治療も高度化している。この高度な低侵襲治療を広く普及させるためには、がん治療を最大限に効率化する必要があり、治療スループット2倍以上（研究開発スタート時比）を目指し、治療プロセスの最適化と高線量率照射が可能な高速加速管開発、効率化ソフトウェアなどで放射線治療の超高速化・省力化を目指し、がん患者の放射線治療の負担を低減する。

(2) 想定する製品・サービスについて（担い手、社会的インパクト・経済的インパクト）

① 想定する製品・サービス

医療現場に即した放射線治療効率化パッケージの提供

② ターゲット顧客

放射線治療を行う医療機関。

③ 社会的インパクト・経済的インパクト

- がん患部の追尾システムにより、高出力の放射線を照射できるので、短時間、少ない回数で治療ができる。
- がんの放射線治療時間の短縮。
- 放射線治療の予約待ちの解消。
- がん治療による早期社会復帰。

(3) 研究開発期間終了時の達成目標

放射線治療効率化パッケージの提供

- 高速放射線治療技術。
- 効率化QA/QCソフトウェア。
- 治療ワークフロー最適化ソフトウェア。
- 高線量率放射線治療装置。

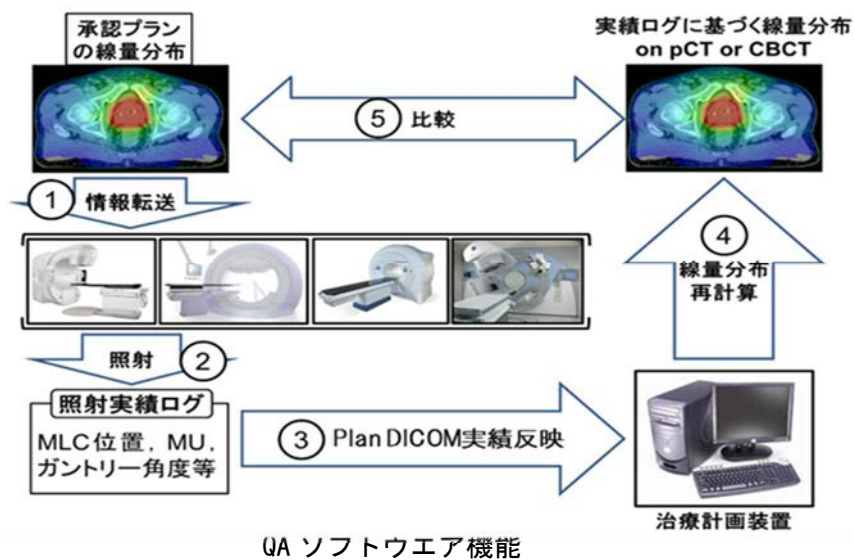


A イノベーション創出に向けた活動実績

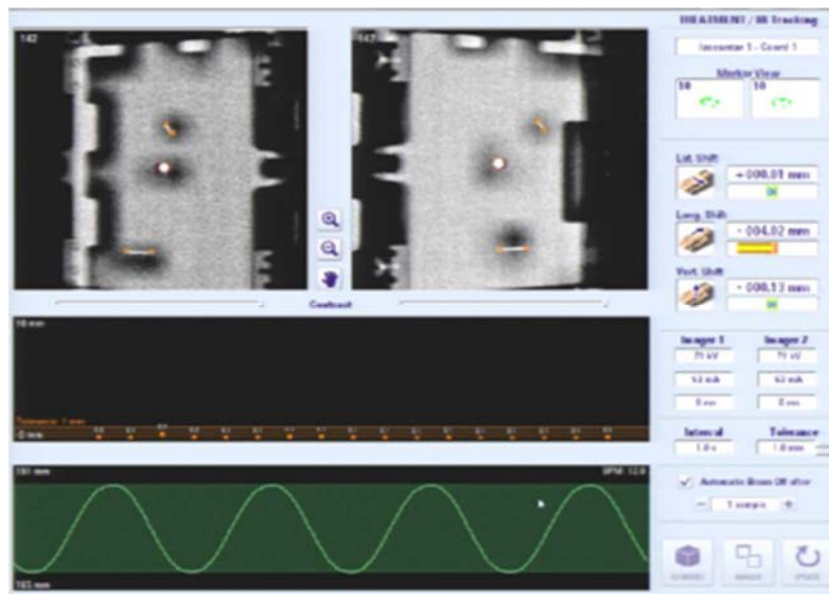
4 研究開発テーマの成果

(4) 主な成果と達成状況

- ①臨床側の基本要件事項整理
 - i 対象症例、加速管要求仕様決定。
 - ii 省力化技術基本コンセプト
- ②基本要件事項に基づき、基本設計の実施
 - i 高線量率加速管の要素試験、試設計。
 - ii 追尾モデル逐次更新。
 - iii Vero4DRT の特徴を生かした新照射技法の設計。
- ③設計段階からのレビュー
 - i 試作前臨床レビューで開発効率化。
- ④フィルムレス QA ソフトウェアの開発
 - i 開発、検証、改良の実施。



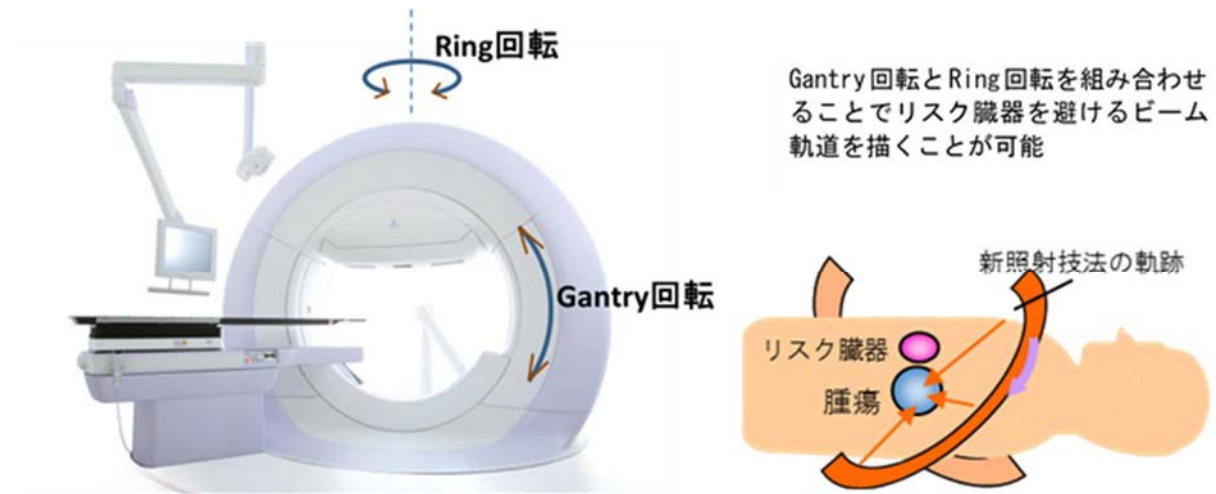
- ⑤省力化開発項目の開発試作
 - i 追尾モデルの逐次更新。
 - ii Vero4DRT の特徴を生かした新照射技法



追尾モデル逐次更新画面

A イノベーション創出に向けた活動実績

4 研究開発テーマの成果



新照射技法

⑥試作品臨床評価

- i 追尾モデル逐次更新の検証。
- ii Vero4DRT の特徴を生かした新照射技法の検証。

⑦社会実装

- i 薬事申請。
- ii 臨床評価をもとに最終製品としてリリース。

(5) 今後の課題と対応方針

COI での研究開発は終了し、(株)日立製作所に事業移管し、販売中。

(6) その他特記事項

特になし

A イノベーション創出に向けた活動実績

4 研究開発テーマの成果

4.5.7 腎臓透析サポートシステムの研究開発・実証

テーマリーダー（氏名、所属、役職）	岡本球夫 パナソニック(株)生産技術本部 課長
サブテーマリーダー（氏名、所属、役職）	柳田素子 京都大学 医学研究科 教授
研究開発実施期間	平成 25 (2013) 年度～平成 27 (2015) 年度
参画機関	パナソニック(株)、パナソニックシステムネットワークス(株)

(1) テーマの概要と目指すべき将来の姿（拠点ビジョン）との関係

5 時間にも及ぶ透析時間の患者の心身の負担を低減するため、IPTV を活用したオンデマンド型情報提供システムの開発・実証実験、透析を受ける際の透析患者や医療スタッフの負荷低減のため、ストレッチャー機能、体重計測機能のある移乗支援ベッドを開発、透析現場の体重入力の記入ミスと手間、移乗作業などを軽減する移乗支援ベッドの開発で腎臓透析現場の負荷低減を目指す。

(2) 想定する製品・サービスについて（担い手、社会的インパクト・経済的インパクト）

① 想定する商品・サービス

- i 透析用オンデマンド配信システムの開発。
- ii 移乗支援ベッドの開発。

② ターゲット顧客

- i 腎臓透析を行う病院・医療機関。
- ii 腎臓透析装置を製造している医療機器企業。

③ 社会的インパクト・経済的インパクト

- i 透析用オンデマンド配信システム
 - ・長時間に及ぶ透析治療時間にリラクゼーションの提供。
 - ・各種医療情報の提供。
 - ・各種医療情報の自動収集（腎臓透析装置とのインターフェース機能）
- ii 移乗支援ベッド。
 - ・透析時のベッド⇄車いすの移乗作業の軽減。
 - ・透析前後の体重計測時の記入手間および記入ミスの低減、

(3) 研究開発期間終了時の達成目標

① 透析用オンデマンド配信システム



- i オンデマンドの動画コンテンツ配信で、リラクゼーションの提供。
- ii 透析機と連動した透析情報のリアルタイム表示。

A イノベーション創出に向けた活動実績

4 研究開発テーマの成果

②移乗支援ベッド

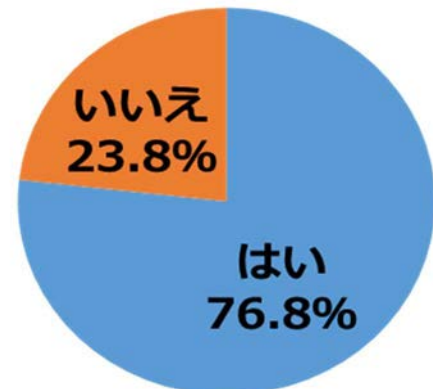


- i ストレッチャー変形機能により、車いすとベッドの移乗作業をなくすことが可能。
- ii 透析前後の体重計計測の自動計測により、記入手間を省き、記入ミスの低減。
- iii 分離される部分がストレッチャーとして移動可能。

(4) 主な成果と達成状況

①透析用オンデマンド配信システムにニーズ調査

- i 患者への聞き取り、アンケートの実施。
 - ・週3回4時間の透析時間が退屈である。
 - ・自分の透析状況が把握できない。
 - ・透析時間に情報提供したい。



透析モニターで自身の透析状況を知りたいですか？
外来透析患者アンケート結果（2施設56人）

②透析用オンデマンド情報提供システムの開発

- i 「動画配信」と「透析情報」の情報提供の実現。
 - ・透析機からの情報収集インターフェースの開発。
 - ・IPTVを活用したオンデマンドシステムの開発。
- ii 京都大学医学部附属病院透析室のベッドサイド（22式）に設置。



③透析用オンデマンド配信システムの実証

- i システムの実証、実用性評価を実施。
- ii 導入後の患者・医療従事者への聞き取り実施。



A イノベーション創出に向けた活動実績

4 研究開発テーマの成果

④透析用オンデマンド配信システムの事業化に向けた拡張機能性検討

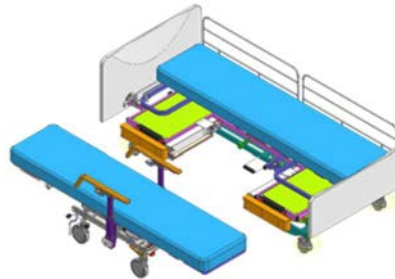
- i 透析、VOD 以外の情報の提供方法検討。
 - ・透析関連の教育映像による医療情報提供。
 - ・病院施設等の病院情報の提供。

⑤移乗支援ベッドに対する透析現場のニーズ調査

- i 透析室看護師にアンケート
 - ・透析現場で多数並ぶ車いすをなくしたい。
 - ・移乗作業時のスタッフの負担を軽減したい。
 - ・体重計測時のミスをなくしたい。
- ii 透析室で発生する医療事故の事例検討

⑥移乗支援ベッド ストレッチャー機能付き移乗レスベッドの開発

- ・従来の移乗支援ベッドの車いす部分をストレッチャー機能に変更し、試作完了。



⑦移乗支援ロボット 体重計測機能付き車いすの開発

- ・従来の移乗支援ベッドの車いす部分に体重計測機能を搭載し、試作完了。



⑧移乗支援ベッドの効果実証

- ・ストレッチャー機能および体重計測機能について実証完了。

(5) 今後の課題と対応方針

COI での研究開発は終了し、企業にて開発したが、事業化は中止

(6) その他特記事項

特になし

A イノベーション創出に向けた活動実績

4 研究開発テーマの成果

4.5.8 革新的な生体試料保存技術の開発

テーマリーダー（氏名、所属、役職）	西井久雄（株）椿本チエイン マテハン事業部 技術・開発総括
サブテーマリーダー（氏名、所属、役職）	松田文彦 京都大学 医学研究科 教授
研究開発実施期間	平成 25 (2013) 年度～平成 28 (2016) 年度
参画機関	(株) 椿本チエイン、(株) アビー

(1) テーマの概要と目指すべき将来の姿（拠点ビジョン）との関係

細胞・組織の保管品質向上のためには、超低温・暴露ゼロで生体試料の自動ピックアップ、搬送、高収納可能な保管棚・専用容器が必要であり、また病院～バンクの生体試料輸送には、自動化専用の細胞輸送容器で安全輸送する必要がある。この研究開発では、細胞・組織の保管品質向上のため超低温システムで低コスト、小型化を目指し、安全に保存、輸送できる革新的な超低温生体試料冷凍保存システムで、高性能なバイオバンクを構築する。

(2) 想定する製品・サービスについて（担い手、社会的インパクト・経済的インパクト）

① 想定する商品・サービス

- i 超低温・防爆ゼロの生体試料の自動ピックアップ／搬送、高収納可能な保管棚・専用容器。
- ii 自動化専用の細胞輸送容器による病院～バンクの生体試料安全輸送。

② ターゲット顧客

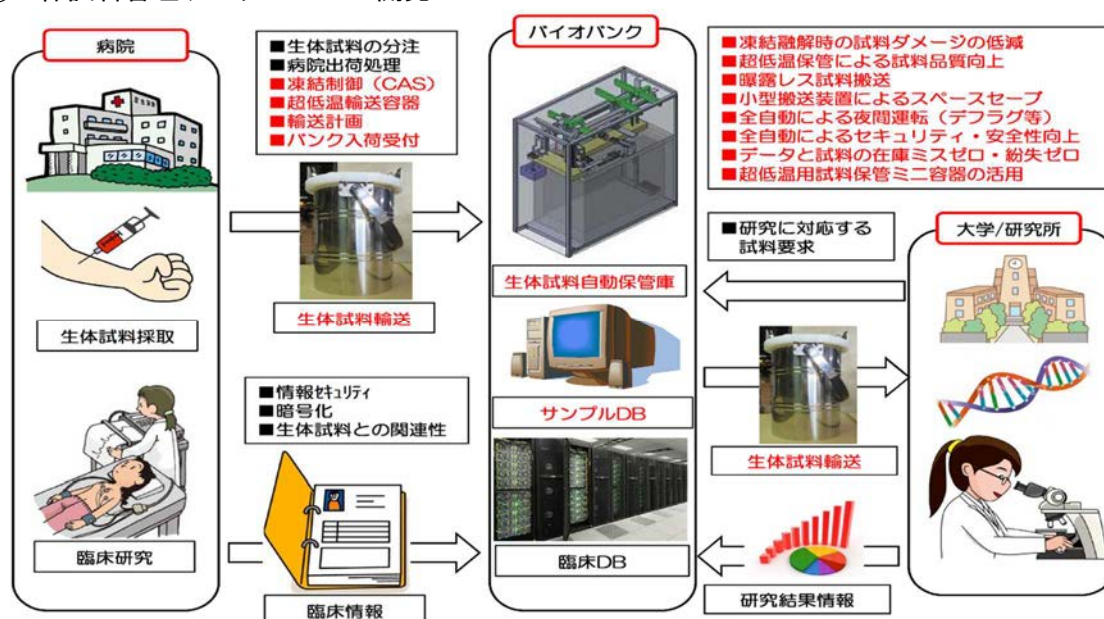
- i バイオバンク・微生物／細胞ライブラリを用いる研究機関。
- ii 医療機関。

③ 社会的インパクト・経済的インパクト

- i 高品質な生体試料による試験と臨床情報を統合し研究業務の質と効率の向上。
- ii 保管庫省スペース化による設備費削減・ランニングコスト削減。
- iii 自動化による研究業務への集中・生体試料の保存セキュリティ向上。
- iv 危険作業（酸欠・凍傷）からの解放など。

(3) 研究開発期間終了時の達成目標

- ① 細胞・組織の保管品質向上のための超低温冷凍システムの研究開発
- ② 高収納防露零の生体試料自動搬送機構の開発
- ③ 生体試料管理データベースの開発



A イノベーション創出に向けた活動実績

4 研究開発テーマの成果

(4) 主な成果と達成状況

①冷凍システム関連の情報提供

大学より -150°C 電気式冷凍のエネルギー効率問題に対し、 -40°C 程度での実用化目標を定め、生体試料品質劣化抑制案（特殊冷却装置）を企業に提示。

②電気式超低温冷凍技術（ -150°C ）の実用化検討を完了

混合冷媒カスケード方式で試作評価した。結果、エネルギー効率が悪く継続開発を断念。 -145°C で安定稼働したが、ランニングコストが液体窒素と比べて高く、課題解決策が見いだせなかった。

③特殊冷却装置の情報提供と開発を大学、企業で行い、生体試料の品質を重視した搬送技術、センシング技術の構想試作／基礎評価を完了

超低温で生体試料の搬送における暴露を低減する試作機を製作、基礎評価を行い実用化の目処をつけた。



自動搬送装置（試作）

④液体輸送機器の試作を完了

病院～バイオバンクへ生体試料を低温で輸送する軽量輸送容器の試作、基礎評価を行い実用化の目処をつけた。



輸送容器（試作）

A イノベーション創出に向けた活動実績

4 研究開発テーマの成果

- ⑤特殊冷却装置による生体試料影響を評価
試料凍結時の細胞品質の評価を行った。

(5) 今後の課題と対応方針

COI での研究開発は終了し、企業にて開発したが、中断。

(6) その他特記事項

特になし

A イノベーション創出に向けた活動実績

4 研究開発テーマの成果

4.5.9 電子カルテ活用基盤の確立

テーマリーダー（氏名、所属、役職）	： 八田泰秀 日本ユニシス(株) ビジネスイノベーション推進部 部長
サブテーマリーダー（氏名、所属、役職）	： 松田文彦 京都大学 医学研究科 教授
研究開発実施期間	： 平成 25(2013) 年度～平成 27(2016) 年度
参画機関	： 日本ユニシス(株)、富士通(株)、日本電気(株)

(1) テーマの概要と目指すべき将来の姿（拠点ビジョン）との関係

日本初の本格的な大規模ゲノムコホート、滋賀県長浜市での、一万人の市民の健康状態を詳細な健診によって長期にわたって追跡し、ゲノム・オミックス情報、環境・生活習慣情報を統合し新時代の予防医学を確立するヒト生物学の初めてのモデルケースであり、医療情報との連携により、精度の高い医学研究およびサービスを可能とし、ゲノム疫学研究に利用可能な標準化された電子カルテの診療データの蓄積と地域住民の健康増進への利活用を目指す。

(2) 想定する製品・サービスについて（担い手、社会的インパクト・経済的インパクト）

① 想定する商品・サービス

地域住民、自治体、研究拠点、地域医療機関、健康保険組合、国保連合会などを医療情報 ICT クラウドで結び、情報の共通化を図り、個人に最適な健康管理情報を提供するとともに医療機関・研究機関では、精度の高い医学的研究やサービスが可能。

② ターゲット顧客

- i 地域住民
- ii 地域医療機関・検査機関、コホート研究拠点
- iii 自治体

③ 社会的インパクト・経済的インパクト

- i 地域住民
ゲノム情報に加えて、ライフログ・医療情報を統合した解析情報のフィードバックで他者を圧倒する科学的根拠に基づいた個人に最適な健康管理情報を提供。
- ii 医療機関・検査機関、研究拠点
匿名化された医療情報とゲノム情報、生活習慣情報との統合化により、疾患と遺伝因子や環境因子などの多様な因子との関連や因果関係、さらにそれらの相互作用を明らかにすることが可能となる。

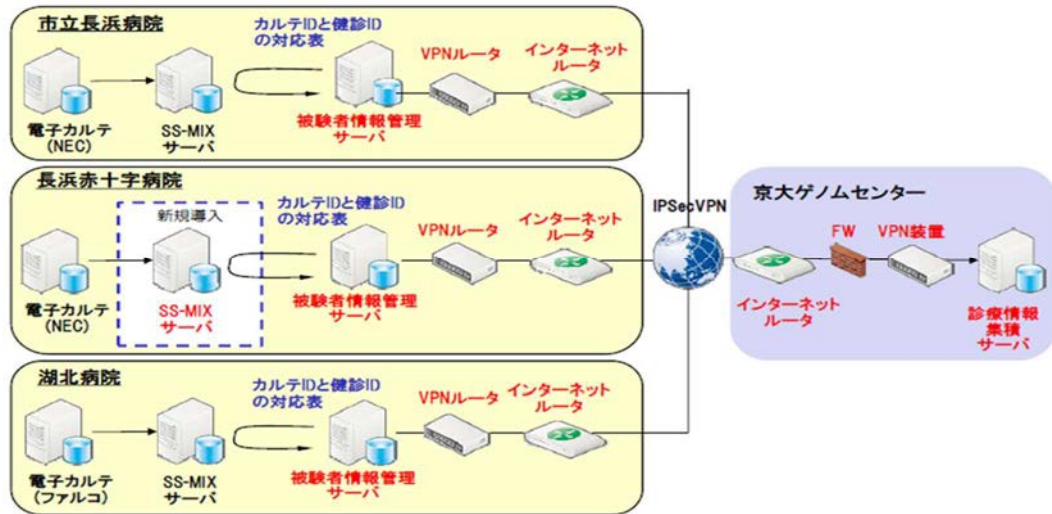


A イノベーション創出に向けた活動実績

4 研究開発テーマの成果

(3) 研究開発期間終了時の達成目標

長浜拠点病院における診療情報と長浜コホート情報との統合基盤構築



(4) 主な成果と達成状況

①長浜地区

- i 長浜拠点病院への協力要請。
- ii ステークホルダー調整の実施。
- iii 診療情報連携基盤の検討及びレビュー。

②電子カルテ情報連携基盤設計及び運用フロー検討

- i 長浜コホート拠点病院とゲノムコホート研究拠点との情報連携基盤に関する検討・基本設計を実施。

③電子カルテ情報抽出技術の検討

- i 電子カルテ内のテキスト情報から日付や疾患など、重要な情報を抽出するための技術の検討を実施。

(5) 今後の課題と対応方針

COI での研究開発は終了し、企業にて開発したが、事業化中止。

(6) その他特記事項

特になし

A イノベーション創出に向けた活動実績

4 研究開発テーマの成果

4.6 病後サポート 分野

「病後も安心 リハビリリ 自宅管理」をもたらすために、病院、介護施設、自宅、屋外でも使える簡便な歩行支援機器などを開発。

それらによって早期に社会復帰できる安心社会を実現する。

病後サポートの研究開発テーマは、次の4テーマ

- 4.6.1 ロボット制御情報および時空間地理情報の統合解析によるロボット制御最適化技術の研究開発と移動支援機器・ナビゲーションシステムの開発
- 4.6.2 地域健康医療安心ネットワークの研究開発
- 4.6.3 ライフサポート自立支援機器の開発
 - 4.6.3.1 コミュニティビークルの開発
 - 4.6.3.2 弱視者用光る点字ブロックの開発

A イノベーション創出に向けた活動実績

4 研究開発テーマの成果

4.6.1 ロボット制御情報および時空間地理情報の統合解析によるロボット制御

最適化技術の研究開発と移動支援機器・ナビゲーションシステムの開発

テーマリーダー（氏名、所属、役職）	政木康生 船井電機(株) 開発技術本部 専任技師長
サブテーマリーダー（氏名、所属、役職）	松野文敏 京都大学 工学研究科 教授
研究開発実施期間	平成 25(2013)年度～平成 28(2016)年度
参画機関	船井電機(株)、RT・ワークス(株)

(1) テーマの概要と目指すべき将来の姿（拠点ビジョン）との関係

高齢者生活をより豊かで充実したものにするために、歩くときにやさしく寄り添い、靴のように常に必要な存在となり、安全な外出歩行をサポートし、より心も身体も健康にする電動歩行アシストカートを開発する。非搭乗型で、あくまでも自足歩行を支援し、いままでシルバーカーを利用して歩行していた時よりも遠くまで歩いたり（長距離歩行）、長い時間歩いたり（長時間歩行）、散歩や買い物など今まで行くことのできなかった場所へ行けたり（目的の変化）することで、人とのコミュニケーションや地域イベントへの参加など、社会活動に参加することで、孤立することなく健康で充実した安心生活を送ることができ、「しなやかほっこり社会」をつくることができる。

(2) 想定する製品・サービスについて（担い手、社会的インパクト・経済的インパクト）

① 想定する製品・サービス

- i 電動アシストカートの開発で以下の特徴を持つ
 - ・非搭乗型アシストカートの移動支援機器であるため、あくまでも自足歩行を支援する。
 - ・上り、下りの坂のサポートをロボット制御で自動制御。
- ii 歩行者支援サービス
 - ・利用者自身が歩行環境データを収集し合い、お互いに活用し合う仕組み。
 - ・他の歩行弱者への展開により、データが更に有効活用される仕組み。

② ターゲット顧客

- i 手動アシストカートでは、杖、シルバーカーを利用している自足歩行可能な高齢者。
- ii 歩行者支援サービスでは、アシストカート利用者を含む車いすなどの歩行支援機器を利用されている歩行者全般。

③ 社会的インパクト・経済的インパクト

- i アシストカートでは、ロボット制御で、上り坂でのアシスト機能、下り坂でのブレーキング、ハンドルが取られる道路の片流れでのアシスト機能などで自足歩行を助けて、健康寿命を延ばすことができる。
- ii 歩行者支援サービスでは、アシストカート内蔵のセンサが収集するデータを位置情報とともにデータベース化することにより、多くの利用者がデータ収集をして、危険箇所など障害情報をお互いに活用しあう仕組みが構築される。またそのデータを車いす利用者などへ利用を展開していくことができる。

(3) 研究開発期間終了時の達成目標

高齢者用の自足歩行を支援する電動アシストカートと様々な歩行弱者を支援する ICT サービスによってモノと仕組みの両面から高齢化社会を支える。

- ① ロボット制御技術搭載の電動歩行アシストカートの開発
- ② 収集した歩行環境データにより、歩行中の道路の危険箇所などの直前の道路状況を利用者通知して安全に歩行できる歩行者支援サービスの開発

A イノベーション創出に向けた活動実績

4 研究開発テーマの成果



システム全体図

(4) 主な成果と達成状況

① ロボット制御の基礎理論の開発

- i ロボット技術を活用した非搭乗型の移動支援機器の制御技術の基礎理論を開発し、電動歩行アシストカート試作機を用いて機能検証の実施。



② 電動歩行アシストカートの開発

- i 試作機を用いて医療機関や介護施設等での実証実験を実施。
- ii 実証実験で見いだされた問題点などを配慮した製品初号機を2015年7月に商品化。

発売した電動歩行アシストカート



A イノベーション創出に向けた活動実績

4 研究開発テーマの成果

- ③電動歩行アシストカート内臓のモーションセンサと GPS 及びデータ通信機能を活用して、歩行アシストカート利用者の位置とセンサの値を用いたサービスの仕組みを上記商品で実用化。
- ④歩行アシストカート搭載のセンサと GPS を用いて、歩行アシストカートを利用しながら歩行環境を計測し、歩行環境と位置情報を統合したデータを構築する仕組みを試作し、可能性とともに課題を抽出。

またそれぞれ別の始点と終点を持つ複数名(2~3名)の歩行者が途中の経路を共有する合流問題のモデルを構築するとともに、高速解法を開発し、京都市内の実際の街路に対して実用的な演算速度を達成。

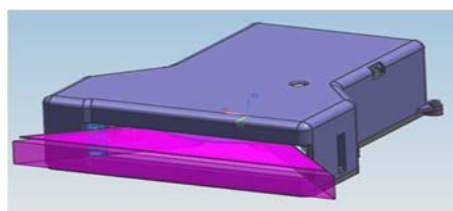
京都市内におけるデータ収集風景



路面分類推定技術の実験風景



- ⑤独自方式の揺動駆動型スキャンミラーを開発し、そのミラーを活用したレーザー距離測定装置を試作し、歩行アシストカートに搭載して歩行環境の空間情報を収集する歩行環境計測システムを試作。

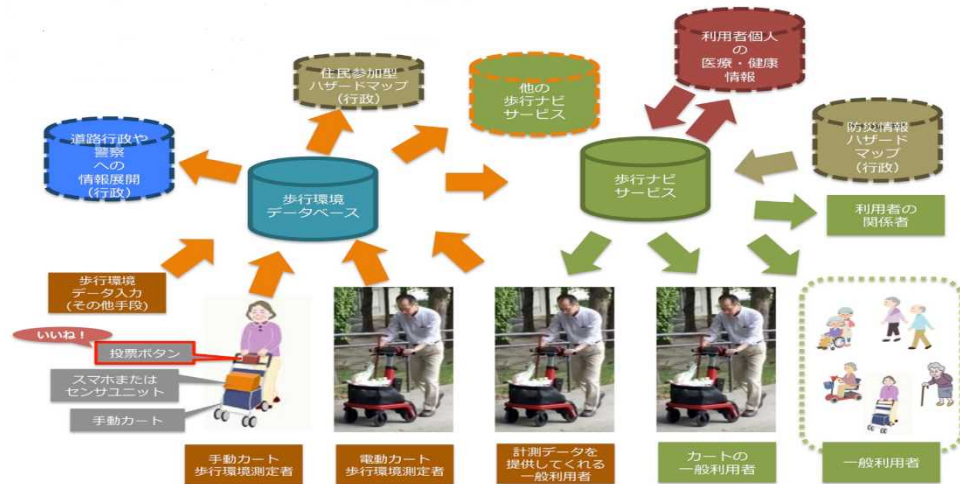


レーザー距離測定装置

A イノベーション創出に向けた活動実績

4 研究開発テーマの成果

- ⑥レーザー距離測定装置試作機を用いて、歩行者の（特に立脚期の）歩行動作を詳細に計測できることを確認。
- ⑦各種生体センサを搭載した歩行者が様々な歩行環境で歩行中に受ける生体信号の変化を計測して、センサの反応と歩行環境の関係性を見出す解析手法を開発。
- ⑧カート搭載のセンサによる自動環境計測機能に加えて、利用者の意思による投票型の計測機能を盛り込んだ計測プラットフォームを試作。



(5) 今後の課題と対応方針

COI での研究開発は終了し、ベンチャー企業（RT. ワークス(株)）にて事業化。

(6) その他特記事項

特になし

A イノベーション創出に向けた活動実績

4 研究開発テーマの成果

4.6.2 地域健康医療安心ネットワークの研究開発

テーマリーダー（氏名、所属、役職）	：神林純二（株）ユー・ピー・ディー 取締役
サブテーマリーダー（氏名、所属、役職）	：野本慎一 京都大学 医学研究科 教授
研究開発実施期間	：平成 25 (2013) 年度～平成 27 (2016) 年度
参画機関	：京都工芸繊維大学、(株)ユー・ピー・ディー、住友電気工業(株)、川上産業(株)、ビジョンエース(株)、五大エンボス(株)

(1) テーマの概要と目指すべき将来の姿（拠点ビジョン）との関係

高齢者のこころとからだの健康状態、服薬状況などの情報を介護者、ヘルパー、医師などと情報を共有できる「電子連絡ノート」を開発することにより、地域での見守り、療養者と医療従事者が個別にリンク付けされているため、心のつながりが得られる。患者・家族が主体で入力できる在宅医療情報共有システムで、「ずっと自宅、これからも地域」での安心生活を確保する「しなやかほっこり社会」が実現できる。

(2) 想定する製品・サービスについて（担い手、社会的インパクト・経済的インパクト）

① 想定する製品・サービス

i 特定施設における在宅医療安心サポートシステムの開発（His@home）

- ・医療職が配置されないためにおきる、疾病による異常の早期発見の遅れを防止するため、特定施設の入居者や非医療職職員でも入居者の日々の健康情報を入力することが可能なシステムを開発。施設の入居者と医療チームがいつでもつながって安心できるシステムの構築。
- ・小規模高齢者施設では従業員も少なくシステムに入力する余力がないため、日常記録項目を追加し、施設外の医療者との情報共有のみならず施設内での日常業務用に用途拡張版（小規模施設用施設ケアサポ）システムの構築。

ii 植込型左心補助人工心臓在宅医療情報共有システムの開発（LVAD@home）

在宅医療が可能となった植込型 LVAD 装着患者が中心となって発信する機器や体調などのデータを医療者と情報共有することにより、在宅医療においてひとたび発生すれば死に直結する合併症と隣り合わせの生活をおくる植込型 LVAD 装着患者の安全で安心な生活をサポートするシステムを構築。

② ターゲット顧客

- i 在宅医療や介護が必要な高齢者
- ii 特定施設療養者、補助人工心臓在宅医療者
- iii 在宅医療・介護関係企業

③ 社会的インパクト・経済的インパクト

- i 患者・非医療職でも入力できる直感的データ入力、容易な写真入力。
- ii 入力情報はデータベースとして残り、急変時でも過去のデータを見ることができる。
- iii 効率的な療養者宅への訪問、業務の省力化、残薬の削減など。

(3) 研究開発期間終了時の達成目標

- ① 特定施設における在宅医療安心サポートシステム（His@home）
- ② 植込型左心補助人工心臓在宅医療情報共有システム（LVAD@home）

①と②全体を「電子連絡ノート」と総称



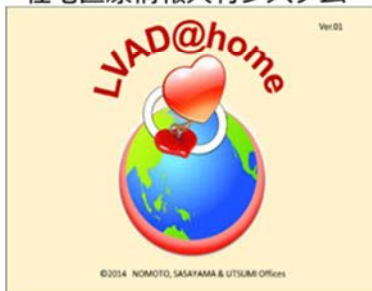
A イノベーション創出に向けた活動実績

4 研究開発テーマの成果

特定施設における在宅医療 安心サポートシステム

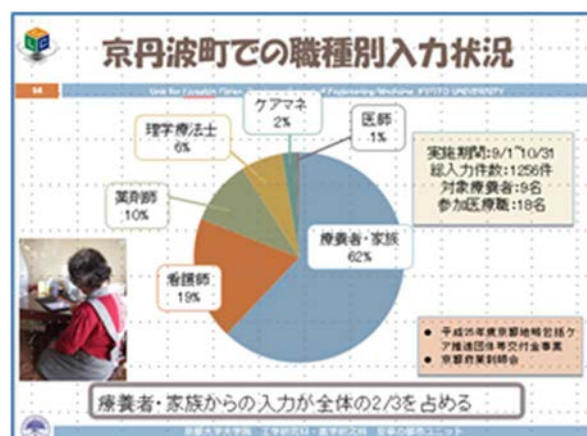


植込型左心補助人工心臓 在宅医療情報共有システム



(4) 主な成果と達成状況

- ①特定施設における在宅医療安心サポートシステム (His@home)
 - i 特定施設における在宅医療安心サポートシステム (His@home) の開発完了。
 - ii 医療・介護職用閲覧システムの開発を完了。
 - iii 京都市での実証実験。京都府京丹波町による自立した運用実験。

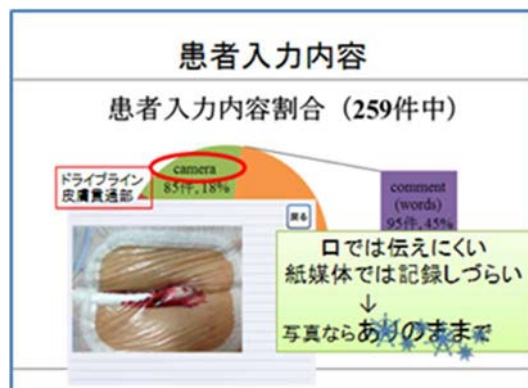


- ②特定施設における在宅医療安心サポートシステム (His@home) の運用
 - i ゆう薬局が京丹波町、亀岡市、南丹市地域包括会議でシステム紹介を実施し、実証実験を先導。
 - ii 経産省「ものづくり補助金」を獲得し、自動服薬器+特定施設における在宅医療安心サポートシステム (His@home) で構成した服薬管理システムを開発、ゆう薬局顧客での実証実験を行った後、実用化。
- ③植込型左心補助人工心臓在宅医療情報共有システム (LVAD@home)
 - i 植込型左心補助人工心臓在宅医療情報共有システム (LVAD@home) の開発完了。

A イノベーション創出に向けた活動実績

4 研究開発テーマの成果

- ii 医療、介護職用閲覧システムの開発を完了。
- iii 植込型左心補助人工心臓在宅医療情報共有システム（LVAD@home）の英語版の開発完了。
- iv 京都大学附属病院植え込み手術第一例から実証実験。



④植込型左心補助人工心臓在宅医療情報共有システム（LVAD@home）の運用

- i かかりつけ薬剤師として血液凝固機能検査（PT-INR）のモニタリングを行い、ワーファリンのコントロールを実施。

⑤高齢者施設ケアサポート用的高齢者施設在宅医療安心サポートシステム（His@home）

- i 高齢者施設ケアサポート用の高齢者施設在宅医療安心サポートシステム（His@home）の開発完了。
- ii 大阪府枚方市内の施設で実証実験。日報作成支援システムの有効性を確認。
- iii 施設でのかかりつけ薬局として服薬管理を容易にするため、服薬管理システムとリンク。



(5) 今後の課題と対応方針

COIでの開発は終了し、「電子連絡ノート」の発展系である「LVAD@home」は薬剤師対応に、また「施設ケアサポート」はコロナ対応にそれぞれバージョンアップし、大学病院、高齢者施設でベンチャー企業（合同会社医連絡）のもとに事業展開中。

(6) その他特記事項

特になし

A イノベーション創出に向けた活動実績

4 研究開発テーマの成果

4.6.3 ライフサポート自立支援機器の開発

社会との繋がりを保つことにより、高齢者や障害者のQOLの向上を図るため、社会（コミュニティ）への参加やコミュニケーションを促進し、自立した健康で安全な生活を送るのに必要な支援機器の開発を行い、高齢者や歩行困難者の歩行支援装置、コミュニケーション支援機器等を実用化、社会実装する。このために、より課題、解決策をピンポイントで抽出できる障害者に着目し、特に社会との繋がりを保つ上で阻害要因となる歩行能力、視覚に関する障害について、歩行困難者の移動を支援する技術の開発、弱視者が屋内屋外で安全に歩行するための支援機器の開発で、元気に安全な生活を送れる社会を構築する。

4.6.3.1 乗るほど元気になるコミュニティビークルの開発

テーマリーダー（氏名、所属、役職）	：村瀬 亨 住友電工(株) 研究開発本部 技師長
サブテーマリーダー（氏名、所属、役職）	：澤田祐一 京都工芸繊維大学 教授
研究開発実施期間	：平成 25 (2013) 年度～平成 27 (2016) 年度
参画機関	：住友電工(株)、川上産業(株)

(1) テーマの概要と目指すべき将来の姿（拠点ビジョン）との関係

従来の電動車いすには購入者が現在の自分の身体状況に応じてのモデルを選ぶことになり、購入時が最適であっても、以後は本人にとって機能性は低下してしまい、また、車椅子はもっぱら移動手段にこだわってきた。その結果、ベッドやトイレからの移乗といった基本的な行動でも人の介助が必要で、車いすが自立意識、社会参加にも効果があるといいつつ、十分効果が発揮できておらず、また安全対策は体重の喪失や、車体の転倒を検出しているのみであるため、ユーザーの落下につながるシーティングの異常状態は検出できない。安全性を考え転落・転倒状態のみならず、シーティングの異常状態も判断し、転落の可能性が高まった段階においてアラートを発することができるシステムが必要である。コミュニティビークルは、高いデザイン性や安心感とコミュニケーション性を持ち、高齢者の生活圏拡大と地域コミュニティへの参加を促し、高齢者が元気に安全な生活を送れる社会を構築する。

(2) 想定する製品・サービスについて（担い手、社会的インパクト・経済的インパクト）

① 想定する製品・サービス

- ・乗れば乗るほど元気になるコミュニティビークル
 - i 高いデザイン性や安心感とコミュニケーション性を持つ。
 - ii コミュニケーションビークルとして、シェアリングシステムで使用。
 - iii 屋内外シームレスで高精度測位（半径 5km、±5cm）による高い見守り。

② ターゲット顧客

- ・加齢やケガ、病気などにより歩行能力が低下し身体機能は落ちてきたが、それでも極力自力で生活をしたいと考える高齢者や障害などにより歩行困難をきたしている人

③ 社会的インパクト・経済的インパクト

- i 高いシーティング性能とモニタリングシステムによる安心感のある搭乗性や使用感。
- ii 同様のコミュニティビークルユーザー同士の外出や集まりへの容易な参加。
- iii 高いデザイン性により他社の目を気にせず乗りたいという気持ちが湧く。
- iv 使用することにより身体機能の低下抑制に繋がる。
- v シェアリングシステム導入による経費の低コスト化。
- vi 出不精・引籠もりからの自立行動見守りサービスで介助不要の外出。

A イノベーション創出に向けた活動実績

4 研究開発テーマの成果



(3) 研究開発期間終了時の達成目標

① 乗れば乗るほど元気になるコミュニティビークルの開発

i ユーザー着座姿勢記憶シートの開発。

着座シートは、年とともに姿勢や身体の形状が変化する高齢者が常に快適に着座できるような着座姿勢形状記憶型シートの開発。

ii 車いすシーティングモニタの開発。

着座姿勢をモニタリングして、車いすの転倒や姿勢の不安定化を検出する。

iii 乗れば乗るほど元気になるモジュールの開発と医学的評価。

ビークル利用ユーザーの健常部位の身体能力低下を抑制し、向上させるシステム。

iv 車いす高精度測位技術の開発。



コミュニティビークル構想案

(4) 主な成果と達成状況

① ユーザー着座姿勢記憶シートの開発

i 着座時、ビークル走行時、移乗時にユーザーの着座快適性を向上させるシートを開発。

ii 車いすシーティングモニタと連動。

iii 介護機器レンタル企業を通じて、利用者評価を実施。



屋外を移動する土台部



屋内移動が可能な上部を搭載した状態

A イノベーション創出に向けた活動実績

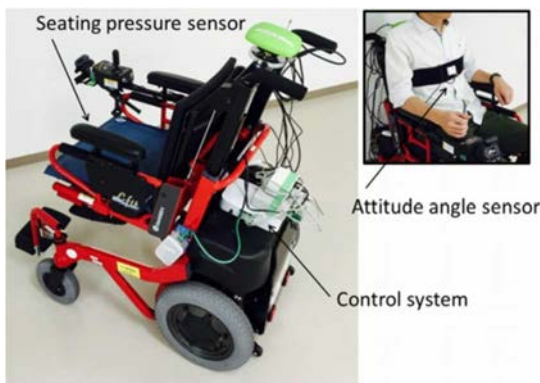
4 研究開発テーマの成果

iv 姿勢記憶シートの仕様

- ・サイズ 約 36 cm×38cm ビークルの座先に対応
- ・空気気泡調整単位：1～4 ブロックに分けて、調整可能。

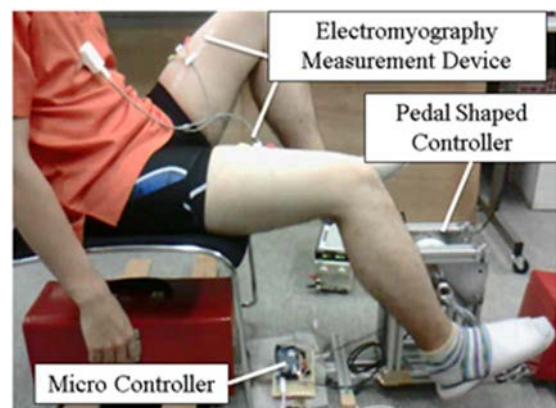
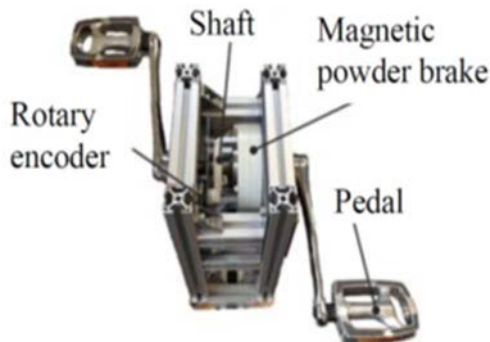
②車椅子シーティングモニタの開発

- ユーザーのシーティング状態（座面圧力や姿勢角などのセンサ情報を統合）から得られた座面圧力情報、使用者の姿勢角情報に基づき、転落の危険性を判定するモニタリングアルゴリズムを開発。ビークルからの落下の恐れや利用中の身体異常といったユーザーの異常状態を検出し、ユーザー自身もしくは介護者へ通知する機能も開発。
- アルゴリズム単体の試作



③元気モジュールの研究開発

- 使用者の身体機能低下を制御するペダル型コントローラ（元気モジュール）の原理、アルゴリズムを開発。試作機を作成。



A イノベーション創出に向けた活動実績

4 研究開発テーマの成果

④高精度測位の開発

- i わが国で初めて屋内外シームレス測位 (VS-RTK 方式) の方式検証。JAXA と連携、地域福祉サービスで検証。

⑤上下分離型のビークルの試作

- i コンセプト検証モデル。
- ii 上下分離型ビークルのコンセプトデザイン案を策定。

(5) 今後の課題と対応方針

C0I での開発は終了し、企業にて開発したが、事業化中止。

(6) その他特記事項

特になし

A イノベーション創出に向けた活動実績

4 研究開発テーマの成果

4.6.3.2 弱視者の夜間歩行を支援する光る点字ブロックの開発

テーマリーダー（氏名、所属、役職）	： 鈴木孝雄（株）タナベ 商品開発事業部 部長
サブテーマリーダー（氏名、所属、役職）	： 森本一成 京都工芸繊維大学 教授
研究開発実施期間	： 平成 25 (2013) 年度～平成 26 (2014) 年度
参画機関	： (株) タナベ、(株) リハビテック

(1) テーマの概要と目指すべき将来の姿（拠点ビジョン）との関係

高効率で視認性の高い光る点字ブロックは、弱視者が夜間に安心安全に歩行する上で必要であるが、高効率で弱視者の視覚特性に適した LED 発光方式で、また設置し易い電池で長期駆動が可能な低電流長寿命駆動電子回路のある光る点字ブロックの開発は行われておらず、高効率で高い視認性を持つ光る点字ブロックを開発することは、弱視者や高齢者の夜間の歩行支援とそれによる社会参加活動機会を増やすために必要であり、元気に安心安全な生活が送れる社会を構築する。

(2) 想定する製品・サービスについて（担い手、社会的インパクト・経済的インパクト）

① 想定する製品・サービス

・ 光る点字ブロックの開発

- i 弱視者の視認性の高い LED 発光方式。
- ii 電池駆動で 10 年間発光。

② ターゲット顧客

- i 自治体や道路管理者

③ 社会的インパクト・経済的インパクト

- i 暗所や歩行困難箇所に対する的確な表示ならびに案内による安心歩行の実現。
- ii 歩行における危険箇所や注意箇所の早期発見を可能にすることによる安全歩行の実現。
- iii 行動機会の増進による社会参加活動の促進ならびにコミュニティ形成。
- iv 障害の有無にかかわらないコミュニケーション機会の促進への貢献。
- v 障害に対する意識の低減ならびに社会インフラによる行動範囲（5m から 50m、50m から 5km へ）の飛躍的拡張により熟成される“ここに寄り添う”インタラクション社会の形成。

(3) 研究開発期間終了時の達成目標

電池駆動で長寿命（20 年間駆動）LED 発光方式の光る点字ブロックの開発



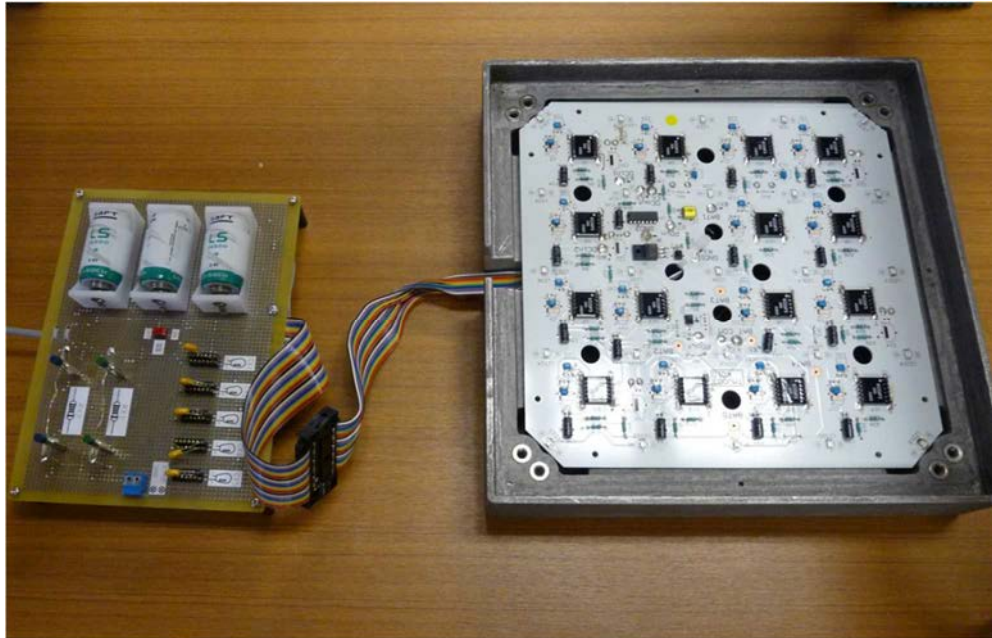
A イノベーション創出に向けた活動実績

4 研究開発テーマの成果

(4) 主な成果と達成状況

①自発光点字ブロック

- ・ 光る点字ブロック用 LED の測光、測色技術の開発ならびに LED 駆動電子回路の設計。
 - ・ 弱視者・高齢者の視覚特性評価技術の開発。
 - ・ 光る点字ブロックに用いる LED 特性に適した駆動電流の低消費回路の開発。
- 電池式による 10 年間発光方式のノウハウを基に、20 年間の LED 自発光方式の開発。



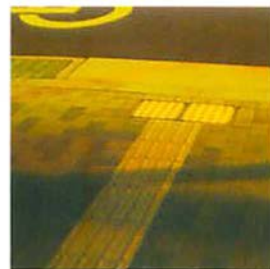
- ・ 弱視者の LED 点滅に対する視覚応答ならびに感性評価実験を行い、弱視者の視覚特性に適した LED 点滅方式を考案し実装。
- ・ 実証実験実施に向けて京都府、京都市ならびに社会福祉法人京都ライトハウスと連携。



▲JR守山駅(守山市)



▲JR草津駅(草津市)



▲地下鉄六地蔵駅(宇治市)



▲滋賀県JR守山駅西口



(5) 今後の課題と対応方針

COI での研究開発は終了し、「光る点字ブロック」は企業にて事業化

(6) その他特記事項

特になし

A イノベーション創出に向けた活動実績

4 研究開発テーマの成果

4.7 共通技術 分野

しなやかほっこり社会を実現するための、女性・子育て、ヘルスケア、災害インフラに共通するセンサーネットワークや ICT 機器などの基盤技術として、材料開発、バイオなどのナノ解析技術、

機器の小型化、低価格化など半導体デバイスを供給するための、レーザー加工技術など、研究開発を推進するための基盤技術の開発、および開発の進捗に応じて、社会実装に向けた実証実験を推進する実証フィールドの体制づくり、連携づくりを実施した。

共通技術 分野の研究開発テーマは、次の3テーマ

- 4.7.1 エネルギーデバイス革新のためのナノ分析技術の開発
- 4.7.2 アメニティ・ライフデバイスに向けたマルチレーザープロセッシングの開発
- 4.7.3 ほっこりコミュニティの開発

A イノベーション創出に向けた活動実績

4 研究開発テーマの成果

4.7.1 エネルギーデバイス革新のためのナノ分析技術の開発

テーマリーダー（氏名、所属、役職）	： 中 康行（株）堀場製作所 科学・半導体開発部 副部長
サブテーマリーダー（氏名、所属、役職）	： 平尾一之 京都大学 工学研究科 教授
研究開発実施期間	： 平成 25 (2013) 年度～平成 28 (2016) 年度
参画機関	： (株)堀場製作所

(1) テーマの概要と目指すべき将来の姿（拠点ビジョン）との関係

分子レベルの表面観察が可能な原子力間顕微鏡（AMF）と分子構造分析が得意な顕微ラマン分光装置を組み合わせ、増強ラマン（チップ増強、表面増強）を用いたナノスケール材料分析技術の提供で、燃料電池、Li 電池、フィルム型太陽電池などの電池材料開発、ナノテクノロジー材料（グラフェン、カーボンナノチューブ）、など材料開発を加速することができ、またバイオ分野の分析にも展開できる。いままで計測できなかったナノレベルの測定が可能となる画期的な技術で、「しなやかほっこり社会の実現」のための基盤技術開発。

小型ラマン分光器の製品化で、フィルム型太陽電池材料の分析、細胞培養に用いる培地測定など、京都大学 COI 拠点内の研究テーマの加速に貢献する。

(2) 想定する製品・サービスについて（担い手、社会的インパクト・経済的インパクト）

① 想定する製品・サービス

分子レベルの表面観察が可能な原子力間顕微鏡（AMF）と分子構造分析が得意な顕微ラマン分光装置を組み合わせ、増強ラマン（チップ増強、表面増強）を用いたナノスケール材料分析サービスの提供。

② ターゲット顧客

各分野（燃料電池開発、Li 電池、フィルム型太陽電池、ナノテクノロジー（グラフェン、カーボンナノチューブ）、バイオなど）の研究者・開発者

③ 社会的インパクト・経済的インパクト

- i 従来できなかった分子レベルの材料分析を簡単に実施することで材料開発が加速する。
- ii 材料開発の実際の課題とリンクした分析技術開発を通じてチップ増強ラマン分光（TERS）および表面増強ラマン分光（SERS）測定におけるサンプリング・データハンドリングなどの分析ソリューションの提案。

(3) 研究開発期間終了時の達成目標

① 増強ラマン（チップ増強、表面増強）を用いたナノスケール材料分析サービス



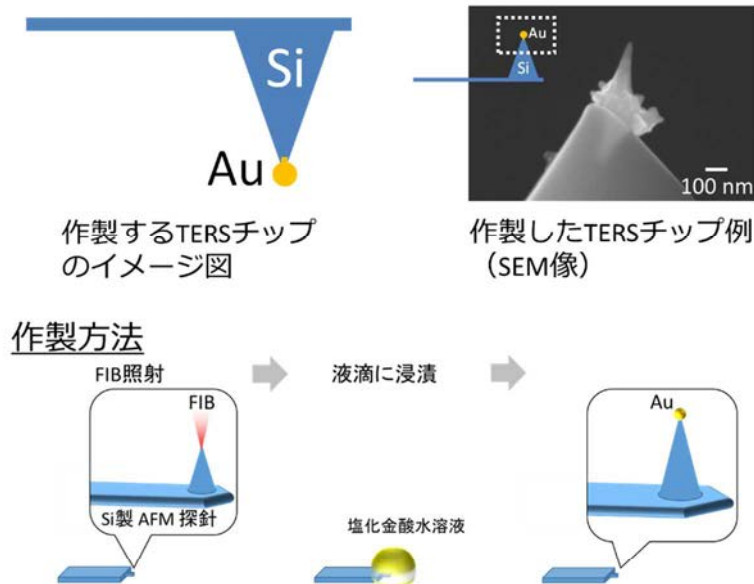
A イノベーション創出に向けた活動実績

4 研究開発テーマの成果

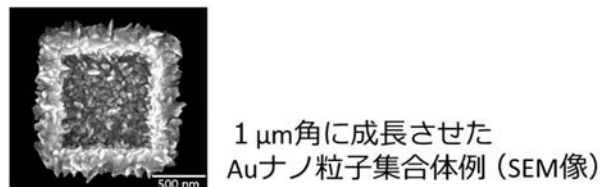
(4) 主な成果と達成状況

- ①AMF 用カンチレバーチップ先端およびシリコン基板への金属ナノ構造形成法：収束イオンビーム（FIB）照射を利用する局所選択的無電解法を開発
- i 材料選定（金、銀）、構造（ナノ構造形状・サイズ）、形成条件（反応時間・イオン濃度など）検討。

AFMチップ先端への金属ナノ構造形成



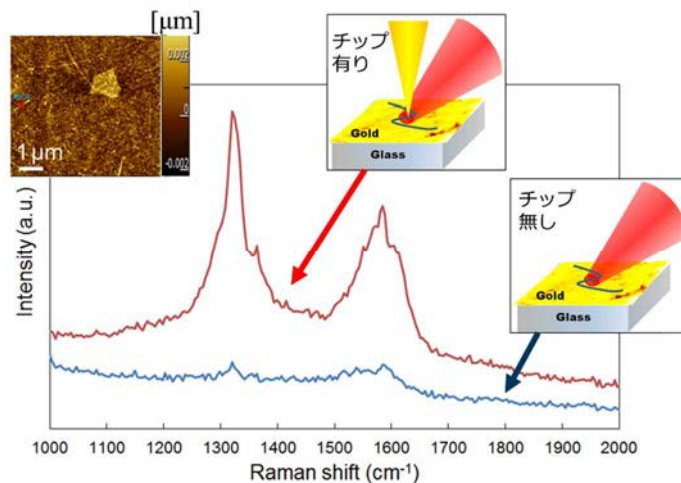
シリコン基板への金属ナノ構造形成



- ②ソフトウェア（手法開発）として、高機能電池新材料・電子材料等の原子・分子レベル分析方法を構築

- i 固体ナノスケール分析を目的として AFM-Raman を用いた TERS 測定技術を開発。

金薄膜上カーボンナノチューブのTERSスペクトル測定に成功



AFM-Ramanを用いて測定したTERSスペクトル

A イノベーション創出に向けた活動実績

4 研究開発テーマの成果

- ii 液体・気体分析を目的とした SERS 専用イメージング専用装置の試作完了。



SERS用高速イメージング装置

(5) 今後の課題と対応方針

C0I での研究開発は終了し、C0I 内の研究開発テーマの分析支援を行う。

(6) その他特記事項

特になし

A イノベーション創出に向けた活動実績

4 研究開発テーマの成果

4.7.2 アメニティ・ライフデバイスに向けたマルチレーザープロセッシングの開発

テーマリーダー（氏名、所属、役職）	葛西孝昭 パナソニック（株）生産技術本部 生産技術研究所 精密技術開発部 課長
サブテーマリーダー（氏名、所属、役職）	平尾一之 京都大学 工学研究科 教授
研究開発実施期間	平成 25 (2013) 年度～平成 27 (2015) 年度
参画機関	パナソニック（株）

(1) テーマの概要と目指すべき将来の姿（拠点ビジョン）との関係

無線電力伝送部や電源部に使用されているデバイスの低損失化、小型化が必要で、高周波・高耐圧が必要なパワーデバイスは、Si（シリコン）から GaN（ガリウムナイトライド）への置き換えで、大幅な低損失化と小型化が可能である。

GaN を他の半導体と比較して、i) 熱伝導が大きく放熱性に優れている。ii) 高温での動作が可能。iii) 電子の飽和速度が大きい。iv) 絶縁破壊電圧が高い などの優位性から半導体デバイスとしての応用がおおきい。

GaN 基板を活用していくためには、GaN 基板のコストダウンが課題となる。本研究開発は、GaN 基板を作成する上で、レーザーで薄くスライスすることで材料ロスの削減、スライス時間の短縮など生産性の向上で安価に供給することを目的にしている。GaN 基板を安く安定的に供給することで、パワーデバイスなど安価に供給でき、設備や装置の小型化、低価格化に貢献できる。

(2) 想定する製品・サービスについて（担い手、社会的インパクト・経済的インパクト）

① 想定する製品・サービス

GaN バルク結晶をレーザープロセスにより、スライス装置、スライスノウハウの提供

② ターゲット顧客

・ デバイス製造企業

③ 社会的インパクト・経済的インパクト

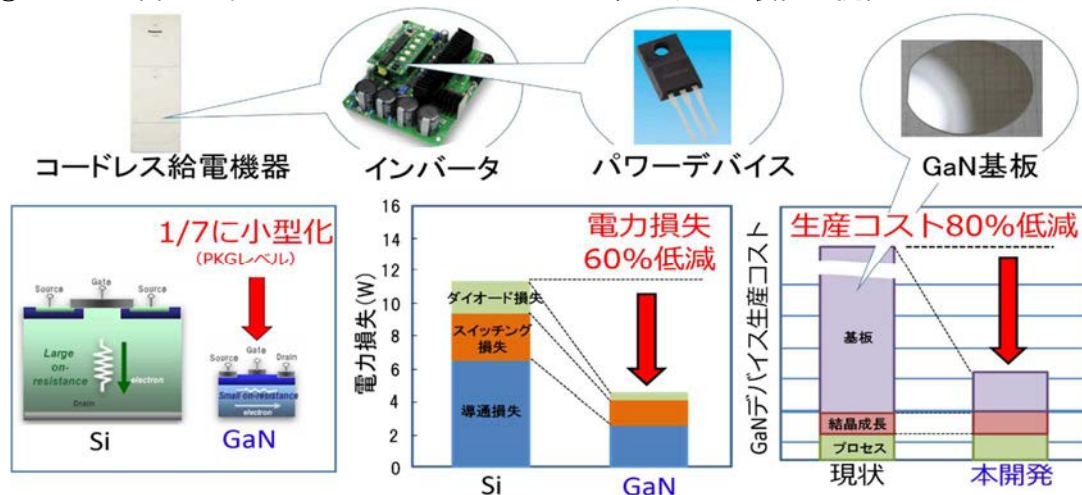
i GaN バルク結晶をレーザープロセスにより、スライスのロスを少なくすることで基板の製造コストの削減。

ii 従来技術のデバイスに比べて、

- ・ 小型化 (1/7 に小型化)
- ・ 電力損失 60% 低減。
- ・ 生産コスト 80% 低減。

(3) 研究開発期間終了時の達成目標

① デバイス製造企業にレーザープロセスの GaN 基板スライス装置の提供

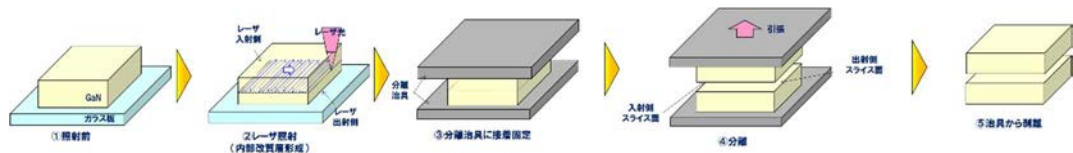


A イノベーション創出に向けた活動実績

4 研究開発テーマの成果

(4) 主な成果と達成状況

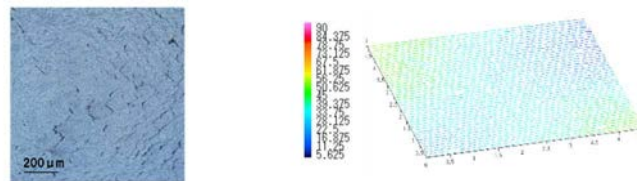
- ①レーザー照射による熱影響・応力評価の実施（ラマン分光）
 - i レーザー照射による熱影響の存在を確認。
 - ii 分離面（Ga 析出）に応力の存在を確認。
- ②成分分析の実施（EPMA、TOF-SIMS）
 - i レーザー照射部に Ga が析出することを確認。
- ③GaN 基板レーザースライス実証
 - i 加工メカニズムの理論を構築し、加工・分離を実証。



- ii 2 インチ基板スライス（加工中に割れ・クラック発生）

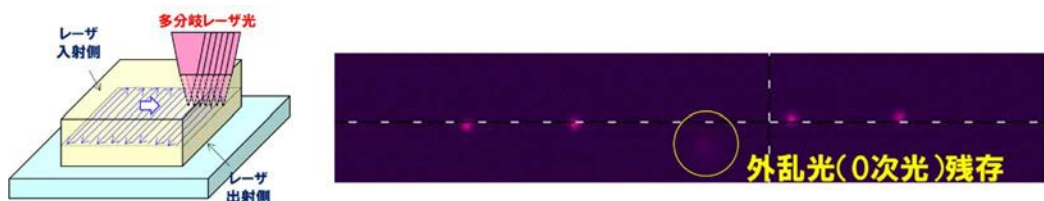


- iii 5mm 角基板スライス実証（割れ・クラックなし・表面粗さ約 $50\mu\text{m}$ ）



④生産性向上の取り組み

LCOS-SLM を用いたビーム多分岐パターンを作製



(5) 今後の課題と対応方針

COI での研究開発は終了し、別ファンドにて研究開発の後、企業にて開発。

(6) その他特記事項

特になし

A イノベーション創出に向けた活動実績

4 研究開発テーマの成果

4.7.3 ほっこりコミュニティの構築

テーマリーダー（氏名、所属、役職）：福山秀直 京都大学 医学研究科 教授
サブテーマリーダー（氏名、所属、役職）：
研究開発実施期間：平成 28 (2016) 年度
参画機関：日東電工(株)

(1) テーマの概要と目指すべき将来の姿（拠点ビジョン）との関係

社会実装に向けた課題の抽出と対応の一環として、京都府精華町住民を対象に健康意識アンケート調査を行い、また、けいはんなオープンイノベーションセンター(KICK)、ホールにおいてキックオフシンポジウム「精華町の健康都市の実現—ほっこりコミュニティに向けて—」を開催し、精華町フィールド研究のため体制整備と、持続的な参加住民プール（256 名）を確立できた。具体的にフィールド研究用試作機を調査協力者 72 名に貸出し、実証実験を行い、課題への関心が高く協力的な住民参加者をえて、調査研究に着手し、継続的に活用可能なフィールドの端緒を形成し、実証フィールドとして、京都大 COI 拠点と精華町の良い連携関係を維持していく。

(2) 想定する製品・サービスについて（担い手、社会的インパクト・経済的インパクト）

① 想定する製品・サービス

京都府精華町を、京都大 COI 拠点で研究開発した開発品・サービスの効果検証・評価を行う実証フィールドとして連携して推進。

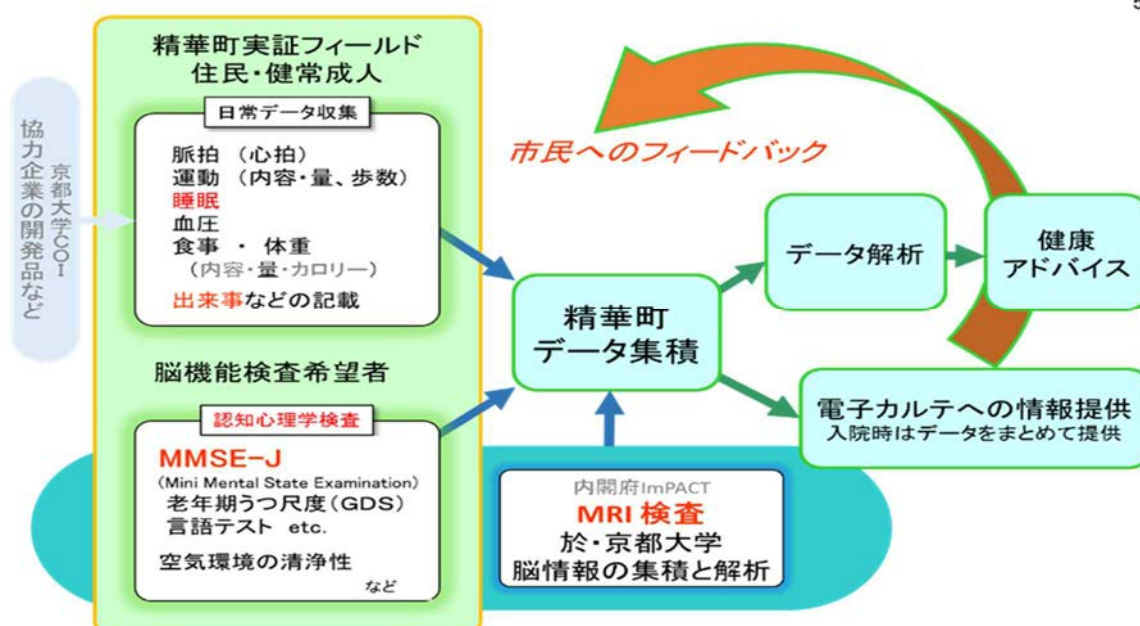
② 社会的インパクト・経済的インパクト

- i フィールド研究のための体制整備と持続的な参加住民をプールし、実証フィールドとして確立。
- ii 多様な日常データを基に健康に関する助言を参加者にフィードバックして、助言が行える。

(3) 研究開発期間終了時の達成目標

- ① フィールド研究のための体制整備と、持続的な参加住民プールの確立。
- ② 健康成人の日常データの収集と解析、認知機能テストと脳データの収集。
- ③ 複数の機器により収集された、多様な日常データの解析方法の確立と助言システムの構築。

5



A イノベーション創出に向けた活動実績

4 研究開発テーマの成果

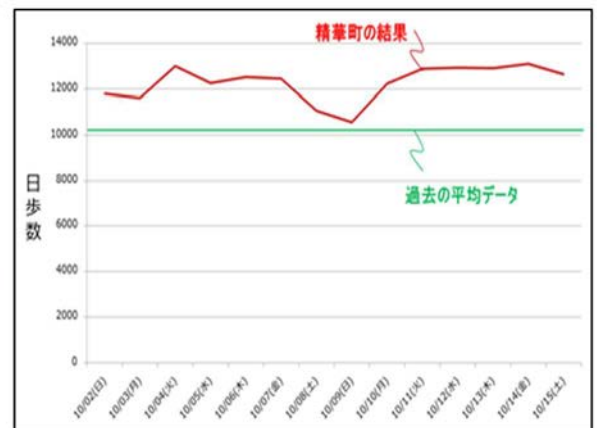
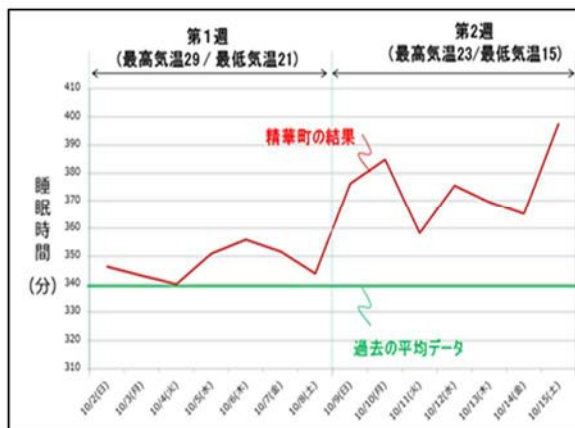
(4) 主な成果と達成状況

- ①フィールド研究のための体制を整備し、持続的な参加住民プール(246名)を確立

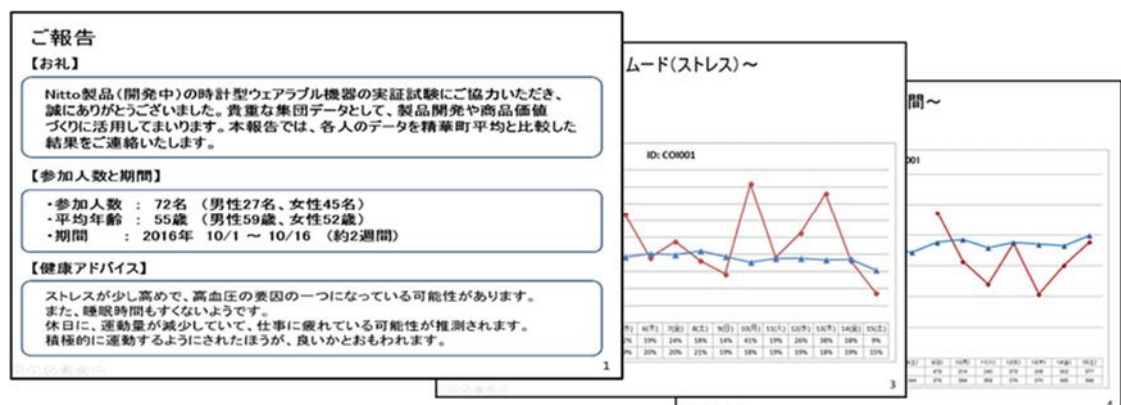


- ②健康成人の日常データ(睡眠・循環器系・脳機能・脳構造・生活・活動・医療健康状況)を収集し、漸次解析を進めた。また、認知機能テスト(123名)を行い、脳機能・構造データ(41名)を収集した。

- ・睡眠時間、日歩数の実証結果 参加人数 72名(男性27名、女性45名)
平均年齢 55歳(男性59歳、女性52歳)
期間 16日間



③個人へのフィードバック



A イノベーション創出に向けた活動実績

4 研究開発テーマの成果

(5) 今後の課題と対応方針

京都府精華町（けいはんな学研都市）とは、2017（平成 29）年 実証フィールドとして、京都大学 COI 拠点と「包括連携協定」を締結、「ほっこりコミュニティ」実現への効果検証・評価を行うために連携をより強化した。

開発の進捗に応じて、可能なテーマより実証実験を推進。

いままでの実証実験

① 電動モビリティへの無線給電

精華町役場の公用自転車として
「電動アシスト自転車への無線
給電による駐輪中充電」の実証実験の実施。



② センサへの無線給電

精華町役場の 5 階事務所にて「ウェアラブル
センサへの無線給電とセンシング」の実証実験を実施



③ 見守りセンサ

精華町「こまだ保育所」にて「昼寝中の乳児の
バイタルセンシング」の実証実験を実施

ミリ波レーダー



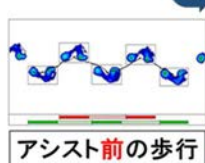
④ 歩行学習支援ロボット

精華町介護施設「神の園」にて、歩行困難な高齢者での歩行学習支援ロボットの実証実験を実施

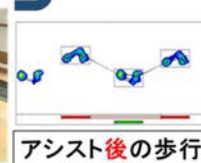
アシスト歩行の前（アシストなし） アシスト歩行の後（アシストなし）



アシスト歩行（3分間）



アシスト前の歩行



アシスト後の歩行

(6) その他特記事項

特になし

A イノベーション創出に向けた活動実績

4 研究開発テーマの成果

4.8 研究開発全体の成果について（科学技術・学術上の新たな体系的知見等）

本拠点では、人が生まれてから、成長し、老いていくまでの間、女性・妊産婦サポート、赤ちゃん・子育てサポート、健康サポート、災害時サポート、インフラサポートの5つのサポートを通じて“しなやか ほっこり（安心・安全）社会の実現”を目指した。5つのサポートを実現するためには、単なる便利な機器の開発だけでなく、より一歩踏み込んで人の心理的な側面を顧慮した機器開発が求められる。このため、京都大学拠点においては、人文学・健康科学・情報学・工学連携をアンダーワンルーフのもとに進めた。C0I プログラムがなければ出会うことがなかった人文学、健康科学、情報学、工学の研究者の連携が生まれたことは、第6期科学技術・イノベーション基本計画に記載された分野の垣根を超えた人類未来のための「総合知」の創出の種を植え付けることができたと考える。また、もう一階層下の個々の研究開発においても、“しなやか ほっこり（安心・安全）社会の実現”の視点が導入されることで、従来とは異なった視点から自らの研究を見直すことが行われ、科学技術・学術上の新たな体系的な知見につながった成果が上がった研究も見られた。下記に、具体的な例を記載する。

【発達心理学】

令和3年に掲げられた第6期科学技術・イノベーション基本計画では、新しい価値観や社会の在り方を探究・提示する人文学・社会科学と自然科学の知を連携・協働し、分野の垣根を超えた人類未来のための「総合知」の創出を進めることが柱として目指されることとなった。本C0Iの「女性・子育て支援」ではこの計画に先がけて、日本の少子化問題という社会課題の解決に向けた総合知の創出に大きく寄与してきた。たとえば、子育てという営みに適応的に機能する内分泌ホルモンや中枢神経系、精神活動（親性）の獲得には大きな個人差があること、また、親性発達には子育てという身体経験が必須であり、そこには生物学的性差がみられないことなどを明らかにしてきた。子どもを対象とした脳や精神機能の発達に関する研究はこれまでも多く行われているが、成人が「親という存在」になっていくプロセスを基礎研究として実証的に解明する取り組みは、世界的にもほとんど行われていない。本C0Iの成果は、当該学術分野にきわめて大きなインパクトをもたらすものである。これらの成果は、十数件にもものぼる学術誌や書籍などで公開してきた。また、企業と2件の特許出願も行っており、まさしく総合知に基づくイノベーションを創出してきた証左といえる。こうした斬新な活動は、若手研究者の育成にも多大な影響をもたらした点も特筆すべき事項である。本C0Iでの研究成果と産学連携活動の実績が高く評価され、令和2年度京都大学総長賞を受賞した。現在、日本の少子化対策のひとつとして、男性の産休・育休の取得が推奨されている。本研究の学術上の成果により、ジェンダーという複雑な問題を乗り越え、男性女性を問わず「親は社会で育てるべき対象である」という認識を、科学的エビデンスに基づき社会に伝えていくことができる。これにより、女性・子育て支援の新たな展開、施策提案が期待できる。

【幼児睡眠解析 AI】

子育て環境において母子ともに心身の健康を保つには、乳幼児の健全な睡眠が極めて重要である。研究開発テーマ「子育て AI」では、線形判別関数法により大規模乳幼児睡眠データの解析を行い、子育て AI チャットボットに実装し、睡眠に関する情報を提供してきた。さらに、この線形判別法に加えて、より深く子供の睡眠の状態を分析できる経験的動的モデリング（EDM）という非線形ダイナミクスの解析法を開発した。提案手法は睡眠時の心電図のデータより RR 間隔を計測し、RR 間隔の時系列データに対して高次元の状態空間を推定し可視化する方法である。これにより、従来のポアンカレプロットなどの心電図の解析では見られなかったトポロジカルな構造が発見された。この知見は睡眠を定量化する新たな特徴量としての利用が期待できる。

【生体信号処理】

非接触見守りセンサの研究開発においては、複数人の呼吸数や心拍数などのバイタルサインをレーダにより非接触計測する技術を開発してきた。その主な課題として、(1)「複数の対象者からの反射波を分離識別する課題」および(2)「分離された各反射波からバイタルサインを算出する課題」が挙げられるが、これら双方について、従来のレーダ技術の枠組みとは異なる「生体信号の特徴」に着目した信号処理技術を開発してきた。課題(1)に関し、装置コストの制約によりアレイ素子数が制限され、複数対象者の分離計測に必要な角度分解能が得られないケースが多い。本拠

4 研究開発テーマの成果

点で開発した呼吸空間クラスタリング法では、従前より使われてきた距離・角度に加え、「呼吸の特徴」を新たな次元として追加した高次元空間でのクラスタリングにより高分解能化を達成し、近接する多人数のバイタルサインを同時かつ高精度に非接触計測することに成功した。次に、課題(2)では、レーダ計測される皮膚変位波形は、従来の心電計波形などと異なり再現性に乏しく、結果として低精度となり実用化を阻んでいた。本拠点では、心拍に伴う皮膚変位波形の再現性を「心拍の特徴」を用いて検出するトポロジー法を開発し、平均誤差約1%という高精度の非接触心拍計測技術を世界に先駆けて実現した。これらの例のように、本拠点での研究開発を通じ、「生体信号の特徴」を活かしたレーダ人体計測の高精度化・高機能化を実証してきた。これは、電波工学と生理学を単に組み合わせただけでなく、両者の有機的な融合を通じて本質的な性能改善・機能拡張が可能であることを示唆しており、新たな融合領域における今後の学術研究の加速を期待させるものである。

【歩行学習】

歩行学習支援ロボットの科学技術、学術的意義は、ロボットに関する観点と人に関する観点に分けられる。ロボットに関する観点としては、股関節の速度と角度から歩行の位相角を生成し、Kalman filter を用いることにより、より適切なタイミングでのアシストが可能になったことがある。さらに今後、歩行位相角による状態推定を応用して運動の自動判別とアシスト内容の自動調整を可能とすることを目指している。この技術が可能になれば、日常生活の多くの場面で適切な制御を行うことができる。人に関する観点としては、高齢者や歩行障害者に対し、短時間のロボットによる歩行誘導の暴露が、歩行制御の再学習を促す可能性があることを指摘した点にある。特に下肢長(Limb length)の制御が特徴的に失われる脳卒中後片麻痺者の歩行では、歩行学習支援ロボットによる遊脚期の下肢長の調整が、より高いレベルの歩行を反復させることにより効率的に学習が可能になることを示した。今後、この介入方法に対するエビデンスをまとめ、効率的な使用内容を決定することを目指す。

また、この歩行学習支援ロボットの最も重要なところは、専門家が歩行を詳細に評価して練習内容を決定するのではなく、ロボットの誘導により学習を行うため、高齢者介護施設や自宅などの専門家がいなくても、十分な歩行練習時間を確保することができる部分である。高齢人口の増加に対して、労働人口が減少する我が国において、自立した生活を営むための重要な枠組み(生活空間内での人手によらない機能訓練事業)を提供できる可能性がある。

【バイオマーカー計測】

塗布型ジェルセンサは、ジェル媒質の中に温度等の物理量やバイオマーカー等の微量の化学物質に応答するプローブ分子・粒子を分散させて、外部から光や電磁波によって非接触でセンシングする新しいセンサである。既存のエレクトロニクスを薄く柔らかくした従来のウェアラブルセンサでは、目的ごとに新たな回路設計が必要になるのに対して、塗布型ジェルセンサではプローブを変更するだけで新しい機能を実現することができ、適用箇所を選ばない真のフレキシブルデバイスであるといえる。本研究開発期間中に温度と女性ホルモン用物質を検出するための技術的な課題をクリアし、さらにはストレスを検出するためのバイオマーカーを検出するための見通しもたてたことで、塗布型ジェルセンサの幅広い応用に向けた道筋をつけることができた。一方、今後の塗布型ジェルセンサの開発や実用化を目指す際に、ジェルの構造やジェル中の物資輸送に関する研究が必ずしも体系的に整理されているとはいえないことが課題になると考えられる。本研究開発で開発したセンシング技術を援用すれば、ジェルに関連する学問分野に新たな学術領域を加えた展開が期待される。

【ワイヤレス給電】

ワイヤレス給電 WPT は 1960 年代以降研究が行われてきたが、個別の要素開発、デモ実験等が主で、学術体系化があまり行われてこなかった。しかし、本 C0I が開始した 2013 年以降、実用化を目指した研究開発を行うと同時に、「ワイヤレス給電」という新しい学術体系化を推進することができた。これまで「情報のキャリア」としてしかとらえられていなかった電磁波を、「エネルギー」としてとらえ、新しい視点をいれて「電波科学」「マイクロ波工学」等を再構築したのである。その具体的な成果の例として国内外の学会の設立と活性化をあげたい。C0I 以前の 2011 年に篠原が中心となり設立した米国国際学会 IEEE 主催の国際学会が 2013 年によりマイクロ波ソサイエティ

4 研究開発テーマの成果

の中の主要な学会(WPTc)となり、その後2018年にパワーエレクトロニクスソサイエティも巻き込み、IEEEの過去に例のない複数のソサイエティが支える国際学会WPWへと大きく成長させることができた。その間篠原はIEEEのtechnical committeeのvice chair/chairも4年間勤め、これら世界のWPTの学問領域の発展と確立に大きく貢献してきた、現在はさらに多数のIEEEソサイエティを巻きこみ、WPT initiativeを展開している。100年以上の歴史がある欧州発祥の国際学会URSIにおいても「WPT」というキーワードがホットトピックとなり、篠原は2018年よりcommission Dのvice chair、2021年よりchairとしてWPT in URSIをリードしている。国内においても電子情報通信学会を中心にWPTという確固たる学問グループを確立することができた。COI期間中には海外の出版社から英文教科書を3冊、(4冊目を2022年出版予定)、国内出版社より和文教科書を7冊出版、他章分担出版は多数あり、学術体系化に寄与した。英文教科書1冊と和文教科書1冊は中国語訳も出版されている。これらの学術活動はもちろん篠原が主催するWPTのコンソーシアム活動や、電波の国連ITUでの標準化活動、総務省との法制化の議論等と深く連携しており、技術の実用化と学術体系化が非常にうまく融合して活動できた稀有な例と確信する。今後はWPTの商品化を進めるとともに、両軸としての学問を発展させ、「電波が空気ようになる世界」の実現を目指して引き続き活動していく。

【太陽電池】

太陽電池の開発研究は、ちょうど本COIプロジェクトが始まった2013年頃から、金属ハライド型のペロブスカイト半導体を光吸収材料に用いた「ペロブスカイト太陽電池」が次世代型太陽電池として注目を集め、世界中で活発に研究が行われてきた。本COIプロジェクトにて、京都大学のフィルム太陽電池グループは、いち早くこの太陽電池の研究を開始した。低温で塗って作製できるというペロブスカイト太陽電池は、フィルム基板を用いた軽量フレキシブルな形状をもつ太陽電池として、様々な場所に「どこでも電源」として用いることができる。塗って簡単に作製できるという特徴の一方で、開発が始まった当初は、極めて悪い再現性が世界中の研究者を悩ませていた。これに対して、本研究で我々は、独自の高純度化前駆体材料を開発し、これを用いることで再現性良く高性能な太陽電池を作製することを可能にした。本材料は特許化し、国内試薬メーカーから市販され、現在、世界中で標準試薬として広く用いられている状況にある。また、本太陽電池の開発研究が活発化する中で、若宮は材料化学の視点から研究開発を展開し、70報以上の学術論文として成果を発表し、各種メディアで140件以上取り上げられ、国内外で250件を超える招待講演を行うなど、本太陽電池の研究分野を先導している。これらの成果に対して、野副記念奨励賞、化学技術賞、日本化学会 学術賞、GSC 賞 文部科学大臣賞、市村地球環境学術賞などを受賞するなど、本太陽電池開発の礎となる科学技術は、「塗布型の複合材料化学」といった新たな学術分野を切り拓くものとして評価いただいている。また、若宮は、本COIプロジェクトでの研究期間内に、フロンティア太陽電池セミナーを設立し(代表)、日本太陽光発電学会の理事、新化学技術推進協会のエネルギー・資源技術部会の技術顧問、光産業技術振興協会の光技術動向調査委員にも就任している。本研究で得た成果をもとに、2018年には、京都大学発ベンチャーとして、「(株)エネコートテクノロジーズ」を設立し、参画企業とともに、その実用化に取り組んでいる。さらに、2020年には、「フィルム太陽電池研究コンソーシアム」を設立し、国内企業25社と30名の学識委員の参画を得て、本太陽電池に関する学問の体系化と実用化研究の推進に取り組んでいる。本太陽電池の開発研究は、今後も、カーボンニュートラル社会の実現に向けた再生可能エネルギー開発の重要な鍵技術として、ますます期待が高まっている。引き続き、本COIプロジェクトで培った密な産学連携により、これらの実現に取り組んでいく。

A イノベーション創出に向けた活動実績

5 社会実装に向けた必要な対応

5.1 知的財産マネジメントの状況

知的財産権については、活動の初期から権利の主張をしていると、様々な企業が一堂に会する今回のような場において、オープンイノベーションを阻害する原因になると考えられる。一方で、各企業における将来の事業を見据えると、一定の知的財産権を保有することがそれぞれの企業戦略において競争力を維持・向上させる重要な条件の一つともいえる。また、社会実装を目指す取り組みとしては、知的財産権の扱いは、大学、企業ともに、将来を含めて重要、かつ納得が必要な要素である。

そこで、まず、大学研究者が COI で行った発明等の知的財産権について、参画企業による実施等の取扱いの原則的ルールを策定すると共に、既に大学内で運用している共同研究契約の枠組みを活用して、各企業における将来の事業を見据えた開発にも配慮し、COI の主旨の実現を目指している。なお、COI で共同研究契約のベースとして用いる京都大学の共同研究契約雛形は、成果の実用化の視点を重視したものとなっており、COI の主旨に合致している。また、個別の研究開発課題における契約上の問題が生じた場合は、必要に応じて、京都大学の法務部門の COI 担当が契約内容の調整を行っている。

知的財産権については、特に、「COI プログラム実施に係る覚書」の「別紙三：COI プログラムにおける共同研究の研究成果の取扱基本方針」において、

(1) 帰属について

発明者主義による。

(2) 実施について

(イ) 参画企業は、自己の共同研究から生じた特許について、当該共同研究契約の定めに従い、実施することができる。

(ロ) 参画企業は、自己の共同研究から生じた大学単独特許について、優先的に実施することができる。

(ハ) 大学及び参画企業は、自己の共同研究から生じた特許について、当該参画企業以外の参画企業が COI プログラムのための実施を求めた場合には、協議に応じる。なお、大学については、(イ) 及び (ロ) に抵触しない場合に限る。

(3) 参画企業外の企業との関係について

大学及び参画企業は、自己の共同研究から生じた特許については、COI プログラムに参画していない企業に対して、一定期間は、研究推進機構の承認を得て、譲渡及び実施の許諾を行う。

(4) その他の知的財産について

(1) 乃至 (3) の取扱いは、発明及び特許以外の知的財産についても同様とする。

(5) 研究推進機構（知財委員会）での調整

(イ) 研究推進機構（知財委員会）による承認等は、COI プログラムの主旨に沿って行う。

(ロ) 共同研究を実施する機関間、又は、当該機関と他の中核機関・参画機関との間において、研究成果に係る知的財産の確保・活用について疑義が生じた場合は、研究推進機構（知財委員会）に調整を求めることができる。

と定め、参画しているすべての大学、研究機関、企業と共有・締結して運用している。

フェーズ1より、研究開発課題毎に知的財産権、特に特許出願の年度計画を立案、発明届の提出状況から、計画の進捗管理を行うとともに、提出された発明届を運営会議で報告している。

参画企業間、参画企業・大学間で問題が生じた場合は、知財委員会を開催して調整を行うことで運営してきており、2016（平成28）年度からは、

① 知的財産権の所在をはっきりさせるために、参画企業、大学の参画者に共同出願の有無、発明への寄与率、あるいは企業の独占的使用権の有無などを事務局にて確認する仕組み。

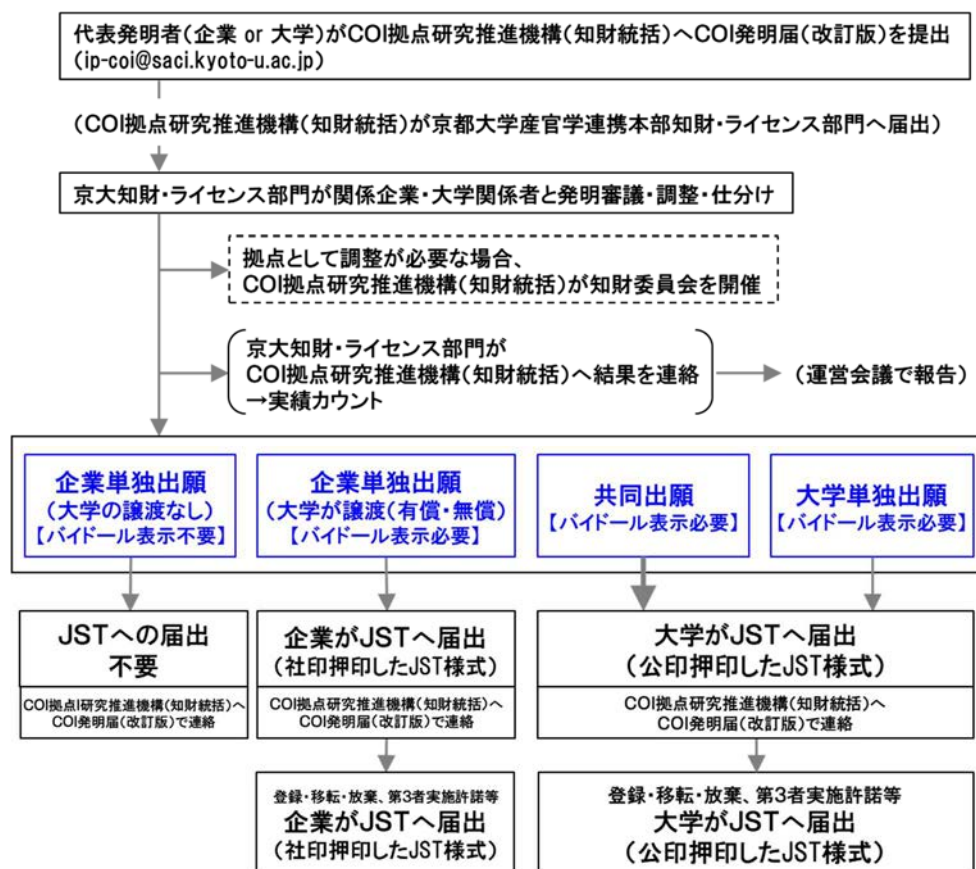
② 複数企業が参画する研究開発課題の共同研究は、企業同士で知的財産権が共有できるように、その扱いルールを明記した「共同研究契約書」を作成して、複数企業が1つの「共同研究契約書」で京都大学と契約を行うように共同研究契約の枠組み

③ 2017（平成29）年度からは「アプリケーションなどの著作物」に関しても、年度計画・実績を管理するとともに、「著作物」が発生する研究開発課題については、「著作物に関する覚書」を作成して、あいまいになりがちな「著作物」の権利の所在を明確にできる仕組み

を構築した。上記の知財の提出するフローを下図に示す。

A イノベーション創出に向けた活動実績

5 社会実装に向けた必要な対応



知財の提出・対応フロー

上記のルールに基づき、下表に示すように、計画に基づいて、特許出願を実施した。フェーズ1では、計画32件に対して63件、フェーズ2では、計画50件に対して40件、フェーズ3では、計画47件に対して40件の実績となり、COIプログラムを通じては計画129件に対して143件の実績となった。また、同表に示すように、フェーズ1、2に出願したものが中心に、特許の登録実績も39件となった。また、米国へも7件登録された。

知財の計画と実績

	計画	出願実績	登録実績	備考
フェーズ1 合計	32	63	18	米国登録 7件
フェーズ2 合計	50	40	13	
2019(令和1)年度	14	11		
2020(令和2)年度	17	14	6	
2021(令和3)年度	16	15	2	
フェーズ3 合計	47	40	8	
総 合 計	129	143	39	

※登録実績は、出願年度

A イノベーション創出に向けた活動実績

5 社会実装に向けた必要な対応

社会実装を目指すプロジェクトのため、企業との共同出願が中心となり、中には、大学側から企業に権利を有償譲渡し、大学の収入になったものがある。主なものは、2021（令和3）年9月までで「育児サポート」、「非接触見守りセンサ」などである。その内、社会実装できたものは、「非接触見守りセンサ」、「iPS細胞自動培養装置」がある。

登録特許の中では、社会実装されたものが含まれており、RTワークス（株）が販売している「アシストカート」があるが、サンコール（株）が2020（令和2）年3月に発売した「歩行学習支援ロボット Orthobot」では、実施料とそれに伴う契約料で、知財収入を得ており、今後も販売のロイヤリティが継続的に得られることになる。また、「フィルム型太陽電池」では、研究材料となる「ペロブスカイト試薬」は東京化成工業（株）が委託販売してロイヤリティ収入を、2019（令和1）年度まで京都大学が得て、その後、COI発ベンチャーの「（株）エネコートテクノロジーズ」にライセンスアウトして、収入を得ている。

上記知財収入は、京都大学、京都工芸繊維大学が得ており、今後、登録される特許や社会実装したものが増えていくので、知財収入は上がっていくこととなる。

また、参画企業で活用できない知財については、（株）TL0 京都が外部での活用を促進する予定になっている。

A イノベーション創出に向けた活動実績

5 社会実装に向けた必要な対応

5.2 社会実装に向けた課題（規格標準化、規制対応、社会規範・倫理等）の抽出と対応

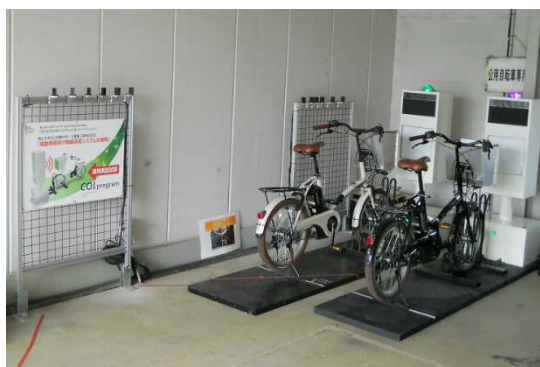
本拠点の研究開発課題の中には、規制緩和や新たな制度・しくみがないと実現しないものが含まれるため、必要な規制緩和や制度について、情報を集約し、COI 構造化チームのヒアリングを受けて、関係省庁との調整を依頼すると共に、参画機関である京都府と連携して関西圏国家戦略特区として取り組みを行ってきた。

①無線電力伝送システムの規制緩和のための国家戦略特区を活用した実証実験

拠点活動として行ってきたものは、「無線電力伝送の規制への緩和活動」である。「無線電力伝送システム」は、電波暗室以外での実験や社会実装するには、総務省の許可（免許）が必要であり、その免許取得には半年～1年と非常に長い期間を要する問題がある。「ワイヤレス電力伝送実用化コンソーシアム(WiPOT)」(代表: 京都大篠原教授)や「ブロードバンドワイヤレスフォーラム(BWF)」と連携して、総務省や経済産業省に規制緩和を要望してきた。

その結果、2016（平成 26）年 1 月 20 日総務省より、特区での特定実験試験局免許の迅速化の通達が出されたので、まずは関西圏国家戦略特区内の当 COI 拠点の実証フィールドである「精華町」で実証実験できるように、2016（平成 26）年 3 月 24 日の関西圏国家戦略特区の区域会議で京都府より提案し、2016（平成 26）年 4 月 13 日の国家戦略特別区域諮問会議で認定を受けた。

それにより、2017（平成 29）年 3 月 7 日に、三菱重工業（株）が「電動車両向け無線充電システムの社会実証実験」の実験局免許を取得し、2017（平成 29）年 3 月 8 日より平成 31 年 3 月 31 日まで精華町役場にて社会実証実験を実施している。また、「センサ無線給電の実証実験」について、2017（平成 29）年 5 月 22 日にパナソニック（株）実験局免許を取得し、2017（平成 29）年 5 月 26 日より 2019（平成 31）年 3 月 31 日まで精華町役場 5 階 企画調整課事務室にて、実証実験を行った。両実証実験とも、電波干渉の問題は起こらず、また実地での利便性や性能を確認できたが、課題も見つかり、その後対策を講じた。

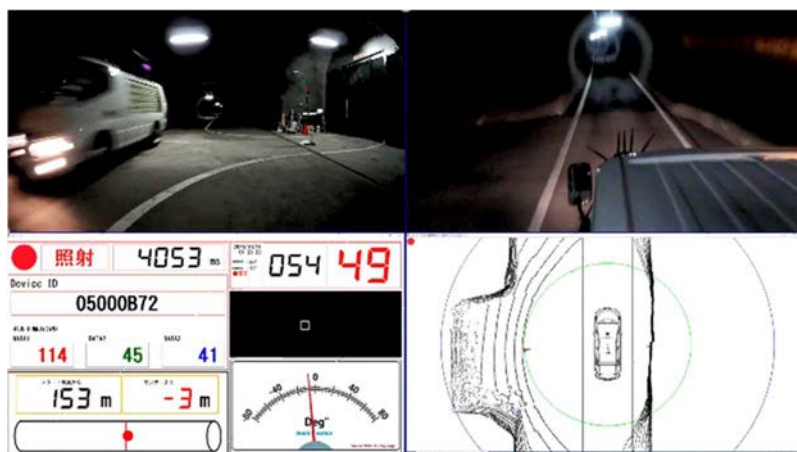


電動車両向け無線充電システム



センサ無線給電システム

また、2016（平成 28）年度途中より「災害予防保全」として取り組み始めた「無線電力を用いた遠隔でのボルトのゆるみ監視・災害予防・保全作業の簡易化」について、ミネベアミツミ（株）が国家戦略特区制度を活用し、2020（令和 2）年 10 月 19 日～23 日に京都府宮津市地蔵トンネル避難坑において、実証実験を行った。その結果、時速 50km/h での電力供給でのセンサ稼働が確認でき、実用化可能が確認できた。



災害予防保全システム

A イノベーション創出に向けた活動実績

5 社会実装に向けた必要な対応

上記のように、国家戦略特区制度を活用して実証実験を行うことにより、実用化に向けて加速するとともに、利便性をアピールすることにより、「センサ無線給電システム」の分野は、実用化のための規制緩和が2022（令和4）年に実施される見込みであり、その他のシステムも規制緩和を勝ち取っていく予定である。

②無線電力伝送システムの制度化と標準化

「無線電力伝送システム」の社会実装に向けた周波数バンドの割り当てについて、無線電力伝送実用化コンソーシアム（WiPOT）やワイヤレスブロードバンドフォーラム（WBF）と連携して進めているが、COI 構造化チームとも連携し、総務省と粘り強い交渉を続けている。2017（平成29）年からWBFより総務省に法制度整備依頼を申入れ、総務省 情報通信審議会で制度化審議を開始した。第1弾として、920MHz 帯でアンテナ出力1Wのセンサ無線給電（Wireless Powered Sensor Network）を、第2弾として同じ周波数帯でアンテナ出力10Wの「災害予防保全システム」とし、他に2.45GHz、5.7GHz 帯（Wireless Charger of Mobile Devices）を申し入れている。その結果、920MHz 帯でアンテナ出力1Wのセンサ無線給電（Wireless Powered Sensor Network）について、総務省 情報通信審議会陸上無線通信委員会の空間伝送型ワイヤレス電力伝送システム作業班にて、制度化のための技術条件についての報告書が作成され、パブリックコメントを経て、総務省 情報通信審議会 情報通信技術分科会より、「空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムの技術条件」のうち、「構内における空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムの技術条件」として、2020（令和2）年7月14日に答申された。既存無線システムへの影響回避のため、再度意見募集を行い、2022（令和4）年に総務省令が改訂され、920MHz 帯でアンテナ出力1Wのセンサ無線給電（Wireless Powered Sensor Network）の制度化が実現する予定である。また、第2弾のアンテナ出力10Wの「災害予防保全システム」もWiPOTとWBFで検討中である。

令和2年7月14日

総務大臣
高市早苗殿

情報通信審議会
会長 内山田竹志

答 申 書

平成30年12月12日付け諮問第2043号「空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムの技術条件」のうち「構内における空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムの技術条件」について、審議の結果、別添のとおり答申する。

空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムのユースケース

【第1ステップ：本報告のシステム】

「WPT管理環境」での使用

工場、倉庫、配送センター等の無人エリアでの、センサ、カメラ、表示器等への送電

工場、倉庫、配送センター等の無人エリアでの、センサ、表示器等への送電（920MHz帯のみ）

COI：センサ無線給電

「WPT一般環境」での使用

物流現場での倉庫管理センサ等への送電（920MHz帯のみ）

老人介護施設等での見守りセンサ等への送電（920MHz帯のみ）

※1PT（電力伝送）
① 送電、受信電であること。
② 伝送帯域内における電磁波の放射も、伝送帯域内に入力した電力は伝送帯域内にとどまることとする。
③ 伝送帯域内における電磁波の放射も伝送帯域内に入力した電力は伝送帯域内にとどまることとする。
④ 室内の電磁波環境に設置される空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムの運用が、他の無線システムによる電磁波環境に悪影響を及ぼさないこととする。また、システム内の設置、運用、廃棄に伴い、一時的に他の無線システムとの干渉が生じる可能性があることとする。
⑤ 屋内環境に設置される空間（屋内用、地下用）において他の無線システムとの干渉を回避するため、必要に応じて一時的に他の無線システムとの干渉を回避することとする。（注1）（注2）（注3）
⑥ 屋内環境に設置される空間（屋内用、地下用）において他の無線システムとの干渉を回避するため、必要に応じて一時的に他の無線システムとの干渉を回避することとする。（注1）（注2）（注3）
⑦ WPT電力伝送システムの運用が、他の無線システムとの干渉を回避することとする。

【今後検討される第2ステップ以降】

工場、倉庫、配送センター等の無人エリア及び無人エリアでの、センサ、カメラ等への送電

店舗、オフィス等の無人エリア及び無人エリアでの、センサ、表示器、カメラ、モバイル端末等への送電

屋外の、センサ、カメラ、モバイル端末等への送電

COI：ミネベアミツミ

技術的条件案（一般的条件（1））

	920MHz帯	2.4GHz帯	5.7GHz帯
無線周波数帯	917.8MHz～919.4MHz	2410MHz～2486MHz	5738MHz～5766MHz
チャンネル	918.0MHz及び919.2MHz	2412MHz、2437MHz、2462MHz、2484MHz	5740MHz、5742MHz、5744MHz、5746MHz、5748MHz、5750MHz、5752MHz、5754MHz、5756MHz
送電/受電方式	単行送電・単受・複受・単送・複送・同時送電方式	単向方式	単向方式
空間伝送方式	規定しない	無方向（NOD）	無方向（NOD）
送電装置と受電装置の位置	規定しない	規定しない	規定しない
受電装置からのビーコン信号	規定しない	規定しない	規定しない
送電装置の電圧	高周波部及び変調部は、容易に開けることができること	高周波部及び変調部は、容易に開けることができること	高周波部及び変調部は、容易に開けることができること
送電装置の電圧	規定しない	規定しない	規定しない
設置環境	「WPT管理環境」又は「WPT一般環境」	「WPT管理環境」	「WPT管理環境」

技術的条件案（無線設備の技術的条件（1））

	920MHz帯	2.4GHz帯	5.7GHz帯
周波数の許容帯域	±200×10 ³ 以内	±500×10 ³ 以内	±200×10 ³ 以内
占有周波数帯域の許容帯域	200kHz以内	規定しない	規定しない
隣接チャンネル漏れ電力	無線チャンネルにおいて10dBm以下、隣接チャンネルにおいて漏れ電力は0.5dBm以下であること	規定しない	規定しない
不要帯域の強度の許容帯域	表4.1.1	表4.2.1及び図4.2.2	表4.3.1及び図4.3.2
空中線電力	1W以下	各許容帯域に15W以下	各許容帯域に32W以下
空中線利用	ただし、等価電力放射電力が30dBm以下となる場合は、その他の下分を伝送する際の電力で補うことができる	ただし、等価電力放射電力が65.8dBm以下となる場合は、その他の下分を伝送する際の電力で補うことができる	ただし、等価電力放射電力が70.0dBm以下となる場合は、その他の下分を伝送する際の電力で補うことができる
空中線指向性	（920MHz帯）は他の無線システムとの干渉を回避するため、設置場所の制約を設けないこととする。	ビーム指向性を任意に形成・制御すること	ビーム指向性を任意に形成・制御すること
等価電力放射電力の制限値	規定しない	大地面方向に対して80～90度の範囲において47.8dBm/MHz以下	大地面方向に対して80～90度の範囲において47.8dBm/MHz以下
空中線電力の許容帯域	上層20%、下層80%以内	上層20%、下層80%以内	上層20%、下層80%以内
受電装置	数値的に算出する電圧等の制限値は、920MHz帯（915MHz帯）を越え、5.4GHz帯（5.4GHz帯）を越え、1.215GHz帯を越えるものは、47.8dBm/MHz以下	規定しない	規定しない

無線電力伝送システムの法整備資料

A イノベーション創出に向けた活動実績

5 社会実装に向けた必要な対応

標準化活動として、国内制度化推進に合わせて、まず日本発信での国際標準化に注力し、国際電気通信連合（ITU）へのBWFを通じて提案をグローバルに進めている。制度化が進んでいる920MHz帯での「センサ無線給電システム」の規格化の検討を進めており、2019（令和2）年度に、技術要件、干渉検討結果、人体防護検討結果をインプットし、暫定新勧告案（PDNR: Preliminary Draft New Recommendation）を提出した。2020年度では、ITUでのブロック会合が、新型コロナの影響で延期され、2020年11月24日～12月3日にWeb会議で開催された。また、総務省より答申された「構内における空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムの技術的条件」を「Working document towards a preliminary draft new Report ITU-R SM. [WPT.BEAM.IMPACTS] – Impact studies and human hazard issues for Wireless Power Transmission via radio frequency beam」として提出し、2021（令和3）年の会合で、「Preliminary draft new report」に格上げされ、標準化に向けて活動を行っている。

国内標準化については、国際標準に連動して、WiPOTやBWFが活動を行っている。

Radiocommunication Study Groups ^{a)}	
^{a)}	^{a)}
Source: → Document 1A/TEMP/14 (edited) ^{a)}	Annex 8 to: Document 1A/73-E ^{a)} 14 December 2020 ^{a)} English only ^{a)}
Annex 8 to Working Party 1A Chairman's Report ^{a)}	
WORKING DOCUMENT TOWARDS A PRELIMINARY DRAFT NEW REPORT ITU-R SM. [WPT.BEAM.IMPACTS] ^{a)}	
Impact studies and human hazard issues for wireless power transmission via radio frequency beam ^{a)}	

1 → Introduction^{a)}

Wireless Power Transmission (WPT) technology is used to transfer power wirelessly from power sources to devices that use or consume power. Significant innovations in WPT can free users from needing electric power cords or changing batteries if electric power is supplied wirelessly. There are two major categories in WPT technologies. One of them is non-beam WPT technology, which transfers power to devices using magnetically, capacitively or inductively coupled means in the near field region and is typically used to charge devices, such as mobile phones and electric vehicles. The other category of WPT is beam WPT, which transfers power wirelessly using radio waves over longer distances (several meters or more, and the potential to cover wider areas).^{a)}

Beam WPT regulations, standards, and operational guidelines are currently being developed at national, regional, and international levels for wireless charging technologies of mobile/portable and IoT sensor devices for applications of WPT via radio frequency beam. Report ITU-R SM.2392 "Applications of wireless power transmission via radio frequency beam" indicates diverse applications and technologies of beam WPT in the future. The Report focuses on applications of WPT technologies using radio frequency beam and highlights that such devices may be classified as Industrial, Scientific, Medical (ISM) or short-range devices (SRD). While both ISM and SRD Beam WPT devices are addressed in Report ITU-R SM.2392, Report ITU-R SM.1896 provides a list of frequency ranges for global and regional harmonization of SRDs in its annexes, and Radio Regulations footnote 5.150 provides a list of frequency ranges for ISM devices. To mitigate the impact of WPT devices on the operation of radiocommunication services as finding increasing technology and spectrum demand, some solutions that utilize frequency bands designated for ISM applications and other solutions for spectrum sharing with the incumbent radiocommunication services are discussed. In order to commercialize these WPT technologies, studies on the impact of WPT systems on radiocommunication systems are necessary.^{a)}

The purpose of this Report is to indicate the possibilities of coexistence with radiocommunication systems by conducting impact studies and demonstrating compliance with international and/or national radio frequency regulations and RF exposure guidelines even in the proposed beam WPT operation conditions. It is also intended to provide guidance to the administrations wishing to allow

Radiocommunication Study Groups ^{a)}	
^{a)}	^{a)}
Source: → Document 1A/TEMP/13(R.1) (edited) ^{a)}	Annex 4 to: Document 1A/73-E ^{a)} 14 December 2020 ^{a)} English only ^{a)}
Annex 4 to Working Party 1A Chairman's Report ^{a)}	
WORKING DOCUMENT TOWARDS A PRELIMINARY DRAFT NEW RECOMMENDATION ITU-R SM. [WPT.BEAM.FRQ] ^{a)}	
Frequency ranges for operation of wireless power transmission systems via radio frequency beam ^{a)}	

Scope^{a)}

This Recommendation provides guidelines for the use of frequency ranges for the operation of wireless power transmission (WPT) via radio frequency beam, including wireless charging of mobile/portable devices, but not including WPT for electric vehicles.^{a)}

Keywords^{a)}

Wireless power transmission, short-range devices, ISM, radio frequency beam^{a)}

Abbreviations/Glossary^{a)}

CISPR: → In French "Comité International Spécial des Perturbations Radiodélectriques",^{a)}
→ International Special Committee on Radio Interference^{a)}

ICNIRP: → International Commission on Non-ionizing Radiation Protection^{a)}

IEC: → International Electrotechnical Commission^{a)}

ISM: → Industrial, Scientific, Medical^{a)}

RR: → Radio Regulations^{a)}

WHO: → World Health Organization^{a)}

WPT: → wireless power transmission^{a)}

Related ITU Recommendations, Reports^{a)}

Recommendation ITU-R SM.1056; Recommendation ITU-R SM.1896; Report ITU-R SM.2153;
Report ITU-R SM.2392.^{a)}

The ITU Radiocommunication Assembly,^{a)}

considering^{a)}

a) → that wireless power transmission (WPT) is defined as the transmission of power from a power source to an electrical load wirelessly using an electromagnetic field;^{a)}

ITUの標準化資料

③その他

「非接触見守りセンサ」では、2021（令和3）年2月に研究用として（株）マリが研究用として「Vita Watcher」を社会実装、商品化した。無呼吸症候群のモニタリングや新型コロナウイルス感染者、特に自宅やホテルなどで療養している感染者の重症化移行への見守りに適用できることがわかってきたので、「医療機器」への認可を取得するべく、2021（令和3）年4月にコンソーシアムを立ち上げ、活動している。



Vita Watcher

A イノベーション創出に向けた活動実績

5 社会実装に向けた必要な対応

「歩行学習支援ロボット」では、当初からの「医療用リハビリテーション機器」を目指すと共に、社会実装の加速とより大きな市場を目指して「介護機器」への展開も追加して、2020（令和2）年3月にサンコール（株）より「Orthobot」として社会実装、商品化した。

「医療用リハビリテーション機器」では、医薬品医療機器法への対応と共に、医用電気機器規格「JIS T0601」や医療保険の適用品となる必要があるため、関西医大病院や愛仁会リハビリテーション病院などでの特定臨床試験を行っているが、新型コロナウイルスの影響で、計画通りに進んでいないのが現状である。「介護機器」モデルでは、2018（平成30）年6月26日、7月20日に精華町老人介護施設「神の園」で実証実験を行い、効果検証ができたので、理学療法士などの指導者付きの介護施設を狙い、個人使用を目指すさないため必ずしも必要ではないが、安全規格である「ISO13482」に匹敵する安全性の確保を目指しているため、「医療用リハビリテーション機器」での医用電気機器規格「JIS T0601」と共通性を持たせつつ、開発を進めており、「ISO13482」の認証商品は、2022（令和4）年度内に商品化する予定である。

また、社会実装に向けて、開発から商品化への障壁と言われる「死の谷」を越えるために、本拠点では実証実験が可能なフィールドを「けいはんな学研都市」の「精華町」と連携しているが、さらに連携を強化するために、2017年（平成29）年7月18日「包括連携協定」を「精華町」と締結した。これにより、先述した国家戦略特区を活用した「無線電力伝送システム」の「電動車両向け無線充電システム」の社会実証実験や「センサ無線給電システム」の実証実験に加えて、2017（平成29）年度より開発品の実証実験を順次実施してきた。ユーザーの使い勝手や意見、ならびに実用化に向けた課題の抽出を行った。詳細は、「5.3 マーケティング・試験的な取組の状況」で記載する。



Orthobot



精華町との「包括連携協定」の調印

A イノベーション創出に向けた活動実績

5 社会実装に向けた必要な対応

5.3 マーケティング・試験的な取組の状況（必要に応じて記載）

マーケティング活動や実証試験については、社会実装を行う参画企業で随時行っているが、ここでは、PLの指導の下、拠点全体活動として行った取り組みについて記述する。

①マーケティングの取り組み

PLによる参画企業へのテーマヒヤリングにおいて、さらに市場調査やベンチマークを要請し、差別化ポイント、ユーザーベネフィット、社会（ステークホルダーを含む）への貢献などを明確にして、研究開発を推進している。

1) 市場調査

拠点全体活動としては、社会実装の早い研究開発課題から順次、参画企業にヒアリングを行い、市場調査、ユーザー調査等を行った。調査は、2019（令和1）～2021（令和3）のフェーズ3は社会実装フェーズであるため、フェーズ1の2014（平成26）年度からフェーズ2の2018（平成30）年度までとした。調査の内容を下表に示す。調査結果は、それぞれの研究開発課題にフィードバックし、市場規模の算定やユーザーニーズに対するスペックの見直しなどに活用した。

		調 査 名	研究開発課題	分 野
1	フェーズ1	2014年度 認知症患者用住宅・リフォームの要望ニーズ調査	認知症患者向け住宅	ヘルスケア
2		平成26年度 シートセンサーの市場調査	ライフサポート	病後サポート
3		「iPS、ES細胞の大量培養装置」導出先選定に資する情報の収集、調査	サブ開発ツール	病気時サポート
4		「透析支援システム」のニーズ調査	透析サポート	病気時サポート
5		2015年度 バイタルセンサーを使ったヘルスケアサービスのベンチマーク調査	非接触見守りセンサ	女性・子育て支援
6		平成27年度 非搭乗型移動支援機器の自治体ニーズ調査	アシストカート	病後サポート
7		医療従事者が超音波診断器に求める機能の調査	スマート超音波診断器	病気の早期発見
8		医薬品に対する応答性や毒性発現に関わる遺伝子情報の調査	遺伝子解析キット	病気時サポート
9	フェーズ2	2016年度 トイレトレーニングの実態調査	育児サポート	女性・子育て支援
10		平成28年度 細胞培養装置、および細胞での毒性試験における日・米の市場調査	iPS細胞自動培養装置	ヘルスケア
11		2017年度 月経前症候群の診療に関する実態調査	女性サポート	女性・子育て支援
12		平成29年度 介護・育児施設等における生体センシング/ICTソリューション関連ニーズ調査	センサ無線給電	災害インフラ
13		2018年度 歩行支援ロボットの市場調査	歩行学習支援ロボット	ヘルスケア
14		平成30年度 フィルム型太陽電池の市場調査	フィルム型太陽電池	災害インフラ

2) ワークショップ、イベントなど

フェーズ1からフェーズ2への移行にあたって、研究開発課題の肥大化が指摘される中、ビジョンや取り組みの大胆な見直しを行った。そこで、大学、企業の若手を中心とした「ビジョン検討ワークショップ」を2016（平成28）年4月25日に行った。その結果、優先される社会課題である3分野の取り組み、「女性・子育て支援分野」、「ヘルスケア」「災害・インフラ」に絞り込み、重点的に取り組むことになった。下記にワークショップの様子を示す。



ビジョン検討ワークショップ

A イノベーション創出に向けた活動実績

5 社会実装に向けた必要な対応

次に、フェーズ2から取り組みを開始した「女性・子育て支援」について、2017（平成29）年6月24日にユーザーである子育てを行っている母親にグループインタビューを行い、子育て現場でのニーズを把握し、研究開発課題にフィードバックした。グループインタビューは、専業主婦と就業主婦に分けて行い、それぞれの立場の違いによりニーズが異なることがわかった。専業主婦は子どもべったりになるため子どもの言動にストレスを感じる、たまには子どもと離れたいなど、就業主婦は子どもの体調不良で睡眠不足になりがち、家事・育児で時間に追われるなどの意見が出され、共通的な意見としては「ぎゃん泣き」で子どもが何をしたいのかわからなくて困るなどであった。



専業主婦



就業主婦

また、「女性・子育て支援」については、2017（平成29）年10月15日に京都府、精華町、こまだ保育所、京都府助産師会と連携した「精華町での子育て支援イベント」（けいはんなオープンイノベーションセンター）を行い、母親だけでなく、父親や祖父母の悩みや意見も聞くことにより、研究開発課題にフィードバックを行った。特に、「精華町での子育て支援イベント」では、精華町近辺の地域のプレママ・パパ、3歳までの子どものいるママ・パパを対象にして、親向けのセミナーから子供向けのイベントを実施し、当COI拠点の活動の周知とともに、アンケートにより子育てでの課題や欲しいものを抽出できた。アンケート結果については、イベント写真と共に下記に示す。「欲しいもの」アンケートで「赤ちゃんの気持ちわかる」が第1位であったので、平成30年度より開始した「子育てAI」で取り組むこととなった。2017（平成29）年7月7～8日に「リトルママフェスタ東京」（サンシャインシティ文化会館）、2018（平成30）年9月29～30日に「ベビーキッズ&マタニティ2018」（東京ビッグサイト）、2019（令和1）年6月4～5日に「リトルママフェスタ東京」（サンシャインシティ文化会館）への出展を行って、取り組みの周知とユーザーの声を聞いて、研究開発課題にフィードバックを行った。



精華町での子育てイベント



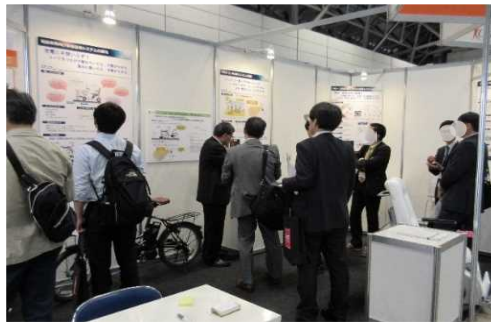
リトルママフェスタ東京

また、「災害インフラ」については、2017（平成29）年4月19～21日に「Techno-Frontier2017」（幕張メッセ）、に出展し、市場認知活動を行うとともに、ユーザーの声を聞いた。早い社会実装への期待が高く、特に、ドローンを災害救助や火山観測に使用することが、ドローンの実用使用

A イノベーション創出に向けた活動実績

5 社会実装に向けた必要な対応

の中で、最も有効な使い方との意見を得た。



Techno-Frontier2017

3. 試験的な取り組み

試験的な取り組みでは、各研究開発課題で独自に行っているものがあるが、ここでは、拠点が主体となって取り組んだものを記述する。

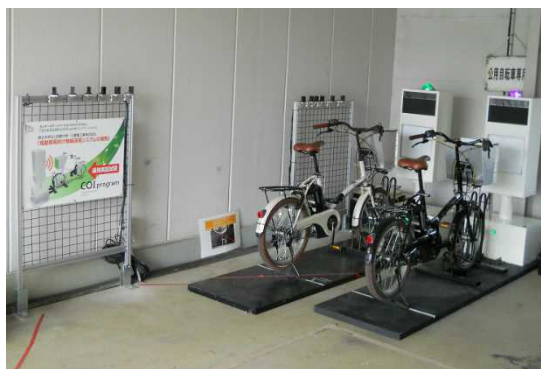
2016（平成 28）年度から、社会実装に向けて、開発から商品化への障壁と言われる「死の谷」を越えるために、当 COI 拠点では実証実験が可能なフィールドを「けいはんな学研都市」の「精華町」と連携しているが、さらに連携を強化するために、2017（平成 29）年 7 月 18 日「連携協力包括協定」を精華町と締結した。



前述したように、電波法の規制がある「無線電力伝送システム」は、京都府、精華町と連携により国家戦略特区を活用して、2017（平成 29）年 3 月 7 日に「電動車両向け無線充電システムの社会実証実験」の実験局免許を取得し、2017（平成 29）年 3 月 8 日より 2019（平成 31）年 3 月 31 日まで精華町役場にて社会実証実験を実施している。また、「センサ無線給電の実証実験」について、2017（平成 29）年 5 月 22 日に実験局免許を取得し、2017（平成 29）年 5 月 26 日より 2019（平成 31）年 3 月 31 日まで精華町役場 5 階 企画調整課事務室にて、実証実験を行った。

A イノベーション創出に向けた活動実績

5 社会実装に向けた必要な対応



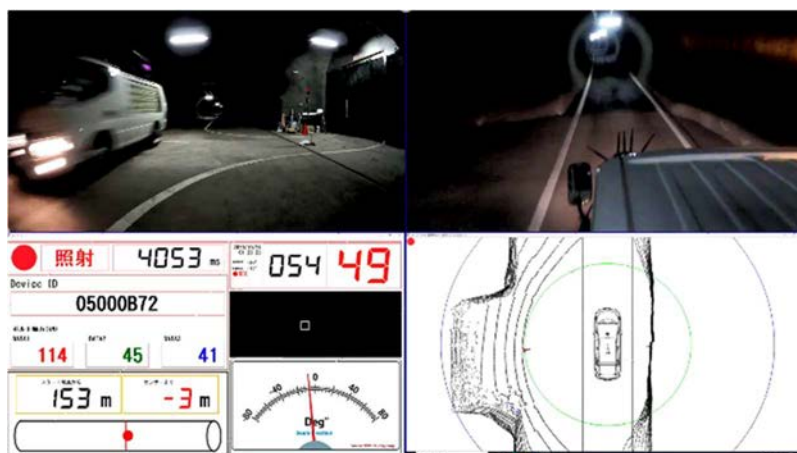
電動車両向け無線充電システム



センサ無線給電システム

「電動車両向け無線充電システムの社会実証実験」は、充電不備などのトラブルが発生し、使用頻度が上がらない問題が起こったため、システムを改善するとともに、2017（平成29）年5月30日より2台目を設置して、使用頻度を拡大できるようにした。「センサ無線給電の実証実験」は、第1弾として、電池レスセンサを柱など固定点に設置して、温・湿度をモニタリングすると共に、受電・通信可能距離の評価に加え、室内空間における伝搬特性（電力密度など）の測定評価を行っており、連続収集時間：2250時間、エラー率：0.2%という結果となっている。第2弾として、電池レスセンサを職員の方々にウェアラブルに持ってもらい、温・湿度に加えて、加速度のセンシングを行い、実環境における安定した電力供給と通信機能の性能評価を行っているが、センサデータの通信がRFID方式では難しく、Bluetooth方式が有効であることがわかった。平成30年度からは、ターゲット市場である「介護施設」などでの見守りの実証実験を実施できるように準備中である。

また、「無線電力伝送システム」では、2016（平成28）年度途中より「災害予防保全」として取り組み始めた「無線電力を用いた遠隔でのボルトのゆるみ監視・災害予防・保全作業の簡易化」について、ミネベアミツミ（株）が国家戦略特区制度を活用し、2020（令和2）年10月19日～23日に京都府宮津市地蔵トンネル避難坑において、実証実験を行った。その結果、時速50km/hでの電力供給センサ稼働が確認でき、実用化可能が確認できた。



災害予防保全システム

2018（平成30）年度は、「実証フィールド」である精華町での実証実験として、「女性・子育て支援」の「非接触見守りセンサ」について、「こまだ保育所」における昼寝中の「乳幼児突然死症候群（SIDS）」の見守りモニタリングの実証実験、ならびに「ヘルスケア」の「歩行学習支援ロボット」について「神の園」における介護商品向け実証実験を実施した。「非接触見守りセンサ」の実

A イノベーション創出に向けた活動実績

5 社会実装に向けた必要な対応

証実験では、1つのセンサで9名中4名の乳児のセンシングが可能であることがわかったが、センシングの信頼性を向上させるためにも、複数センサでの見守りが必要であることがわかった。また、「歩行学習支援ロボット」では、杖や歩行器で歩行していた高齢者が3分のアシスト歩行により、アシストなしでも歩幅、歩行速度が改善し、しっかりした歩行ができることがわかったが、高齢者には機器が重たいとの課題がわかり、「災害インフラ」の「蓄電デバイス」と連携して、電池の軽量化・コンパクト化を実施している。



非接触見守りセンサの実証実験



歩行支援ロボットの実証実験

また、精華町では、「女性・子育て支援」分野の「子育てAI」や「子育て教習所」の実証実験を行っているが、「子育てAI」では、2020（令和2）年11月10日に埼玉県蕨市と連携協定を締結して、実証実験を行った。



子育てAIロボットの実証実験

なお、試験的取り組みをまとめたものを下表に示す。

	平成28（2016）年度	平成29（2017）年度	平成30（2018）年度	令和2（2020）年度	令和3（2021）年度
場所		精華町		宮津市	精華町
実証試験内容	京大COI実証試験 住民説明会 	電動アシスト自転車への無線充電 （ニギギ工業、翔1インジ、アリンジ）  2017年3月～2019年3月 国家戦略特区適用 精華町役場に設置	非接触見守りセンサ（パナソニック） 精華町立「こまた保育園」園児の昼寝の見守り実施 	災害予防センサへの無線給電 （ミネベアミツミ） 地蔵トンネル避難坑での走行車両によるセンサ無線給電 国家戦略特区適用 	子育て教習所  子育て相談用AIロボット 
	時計型バイタルセンサ （日東電工）  実験実施者：72名 （男27名、女45名）	電池レスセンサへの無線給電 （パナソニック） 国家戦略特区適用  2017年5月～2019年3月 精華町役場に設置	歩行支援ロボット（サンコール・大日本印刷） 精華町老人介護施設「神の園」にて歩行リハビリ実施 		

精華町他での実証実験

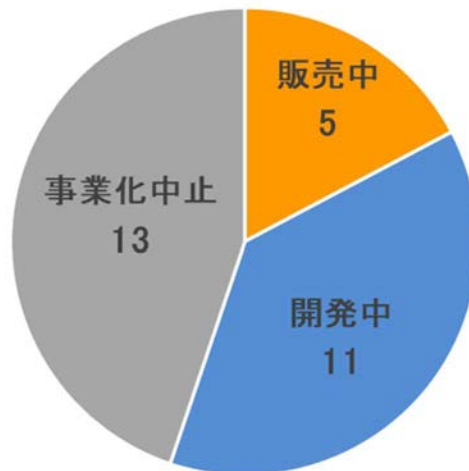
A イノベーション創出に向けた活動実績

5 社会実装に向けた必要な対応

5.4 研究開発成果の多様な展開の状況（必要に応じて記載）

フェーズ1中間評価結果を受けて、「目指すべき将来の姿“しなやかほっこり社会”」からのバックキャストやアンダーワンループ体制を見直した結果、フェーズ2では、「女性・子育て支援」、「ヘルスケア」、「災害インフラ」の3分野に注力しているが、フェーズ1で終了した研究開発課題やフェーズ2で終了した研究開発課題があり、それらの研究開発課題の現況を報告する。

終了した研究開発課題は29課題あり、下のグラフのように、そのうち、事業化したものは5課題、開発中の課題が11課題、事業化を中止したものが13課題である。事業化中止したものには、企業で最終的に事業化に至らなかったもの以外に、企業やベンチャー設立してテスト販売など販売を開始したが、現在、販売を断念したものが含まれている。事業継続が難しいことが如実に現れた結果と言える。



事業化を実施した研究開発課題の実績は、

- ・「ヘルスケア」では、研究開発課題「在宅良質睡眠サービス」の知見より、住友理化（株）が研究開発モニター用として、生体情報診断用機器「体動センサ」を販売している。



体動センサ

- ・「病気時サポート」では、パナソニック（株）から「iPS細胞自動培養装置」を販売しており、2021（令和3）年初受注を実現した。



iPS細胞自動培養装置

A イノベーション創出に向けた活動実績

5 社会実装に向けた必要な対応

- ・「病後サポート」では、船井電機（株）発のベンチャーである RT ワークス（株）から「ロボットアシストウォーカー RT. 1」、「ロボットアシストウォーカー RT. 2」を販売、販売実績を上げている。



ロボットアシストウォーカー

- ・「災害インフラ」では、ニプロ（株）から「災害対策型多用途透析装置（NCV-3SH）」を販売し、販売実績を上げている。また、ローム（株）発のベンチャーであるアクアフェアリー（株）から「ポータブル燃料電池（AF-EFE30H）」を販売し、宮崎県三郷町を中心に販売実績を上げたが、事業移管してアクアフェアリー（株）は解散し、現在は販売を中止している。



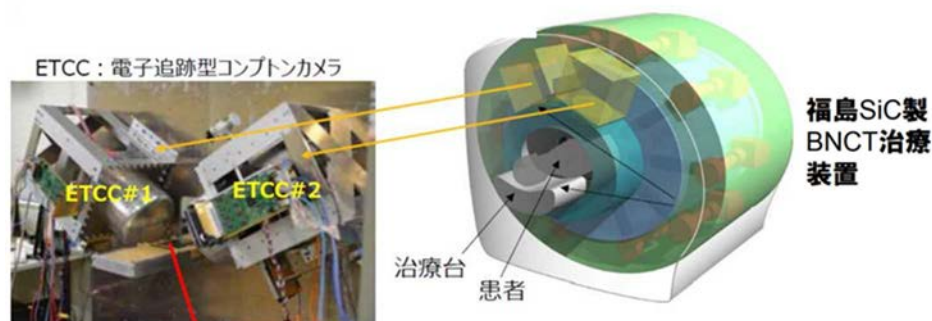
災害対策型多用途透析装置



ポータブル燃料電池

となっている。

また、参画企業は事業化を中止したが、別のニーズより事業化した研究開発課題がある。当初は、「病気の早期発見」で、SPECT、PET の両方の領域をイメージングできる「コンプトンカメラ」の開発を行っていたが、キヤノン（株）が事業化中止を決めたのを機に、京大発ベンチャー「（株）京都 SPACE GAMMA」を立ち上げ、ローム（株）発ベンチャーの「福島 SiC 応用技研（株）」が開発する「中性子線治療器（BNCT）」の世界初モニターとして「福島 SiC 応用技研（株）」に試作品 1 台の販売実績があったが、その後、京都大学の特許利用で、「福島 SiC 応用技研（株）」が開発している。現在は、福島原子炉事故の廃炉に対応する「環境用コンプトンカメラ」の開発を行ってい



中性子治療器（BNCT）のモニター「コンプトンカメラ」

A イノベーション創出に向けた活動実績

5 社会実装に向けた必要な対応

る。

C0I を離れたが、企業、あるいは大学で開発中の主な研究開発課題は、

- ・「ヘルスケア」では、(株)島津製作所と京都大学医学部が、長浜コホートにて「疾患バイオマーカー」の開発を実施している。また、「サプリー開発ツール」が企業と大学でコンソーシアム「Organ on a Chip 技術連絡会」を 2019 (令和 1) 年 12 月 20 日に設立し、パナソニックなど企業 7 社と研究開発を継続している。
- ・「病気の早期発見」では、田中貴金属(株)は、MRI の擬似画像を防止できるマーカーについて「前立腺治療用マーカー」を京都大学、京都府立医科大学などと開発を実施している。また、アークレイ(株)は、「イメージングプローブの開発」において、開発を継続しながら、他社へのライセンスアウトを検討している。
- ・「病気時サポート」では、コニカミノルタ(株)(旧パナソニックメディカルソリューション(株))が C0I で開発した「臓器切除変形アルゴリズム」は教育ツールとしての採用は断念したが、「腹腔内視鏡シミュレータ」や「血管造影シミュレータ」を開発している。また、東洋鋼板(株)は、「ながはまコホートを基盤とした遺伝子検査」での開業医でも使える「遺伝子検査キット」の開発を継続している。
- ・「病後サポート」では、「電子連絡ノート」について、薬局チェーンのユー・ピー・ディ(株)がベンチャーを立ち上げ、商品化にチャレンジしたが、地域の医師の協力を得られず、断念した。2014 (平成 26) 年 7 月に設立された一般社団法人「電子連絡ノート協会」では、高齢者施設向けの「施設ケアサポ」や人工心臓装着者向け「LVAD@home」などを開発している。
- ・「災害インフラ」では、パナソニック(株)が「マルチレーザープロセッシング技術」について、フェーズ 1 で C0I より A-STEP (シーズ顕在化) に移行した後、A-STEP (シーズ育成) にて開発を継続し、現在では、パナソニック(株) 独自での開発を行っている。「無線電力伝送システム」では、「災害救助、火山観測」、「電動モビリティ充電」について、翔エンジニアリング(株)にて開発しており、規制緩和での制度化を待っているところである。また、(株)堀場製作所が「ナノラマン分析」について、C0I で開発したチップの製品化すべく、引き続き、京都大学工学部などと共同研究を実施しながら、開発している。

以上のように、研究開発ステージから企業での社会実装へ移行するために、終了した研究開発課題の中には、事業化実績が上がってきたものが多数出てきているが、社会実装に向けて開発中の研究開発課題も残っており、また、C0I プログラム期間内に社会実装できたものでも、持続的に事業を運営するために次世代商品の開発が必要である。

そこで、C0I プログラム終了後も企業と大学が連携して開発できるように、多数のコンソーシアムを設立した。

①Organ on a Chip 技術連絡会 (2019 (令和 1) 年 12 月 20 日設立、企業 7、研究機関 4)

②フィルム型太陽電池研究コンソーシアム

(2020 (令和 2) 年 10 月 1 日設立、企業 28、研究機関 2)

③非接触見守りセンサコンソーシアム (2021 (令和 3) 年 4 月 1 日、企業 7、研究機関 4)

④歩行学習支援ロボットコンソーシアム (2022 (令和 4) 年 1 月 1 日、企業 3、研究機関 3)

詳しくは、「1.2 自立的なプラットフォームの構築に向けた拠点の強み・資産の形成状況」、「1.4 自立的プラットフォームの構想、設計、稼働の状況」で示す。

B イノベーションが連続的に創出される自立的なプラットフォーム構築に向けた活動実績

1 自立的なイノベーション・プラットフォームの構築について

1.1 自立的なプラットフォームの構築に向けた拠点の強み・資産の形成状況

京都大学 COI 拠点の約 9 年間での活動を通じて、COI 終了後の将来にわたって持続的に活動できる強み、資産を示す。

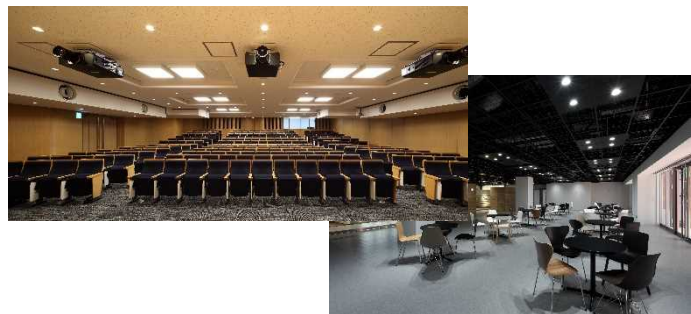
①産学連携の拠点「国際科学イノベーション棟」

京都大学では、COI プログラムをスタートするにあたって、文部科学省の支援のもと、「国際科学イノベーション棟」を新たに建設し、産学連携の拠点となる建物が正門、時計台の近くの象徴的な位置に設置できた。

国際科学イノベーション棟は、地下 1 階、地上 5 階で建て延べ 1 万 1077 m²を 2015（平成 27）年 3 月に竣工した。2015（平成 27）年 4 月上旬より順次入居をスタートし、COI 拠点共有ラボ、参画企業のサテライトオフィスやサテライト実験室、アントレプレナーのオフィス、京都府・京都市の自治体オフィス、京都大学産官学連携本部オフィス、関西 TL0（現 TL0 京都）オフィス、ナノハブ拠点実験室などを設置し、研究開発・事業化・社会実装に向けた取り組みを切れ目なく行える環境を整えた。また、国際科学イノベーション棟 1 階には、当拠点開発品の展示スペースやラウンジも設けてあり、学生・企業人・大学教員が自由にアイデアの交換、共同研究の打ち合わせを行うスペースが設置されている。この「国際科学イノベーション棟」において、大学教員、学生、企業がアンダーワンルーフで活動できるよう、シンポジウム、ワークショップなどのイベントの企画を行うことによって、新たなイノベーションを創出する場を提供した。



国際科学イノベーション棟外観



シンポジウムホールとラウンジ



COI 拠点共有ラボ

COI 共有ラボでは、「女性・子育て支援」分野の「非接触見守りセンサ」、「ヘルスケア」分野の「歩行学習支援ロボット」や「災害インフラ」分野の「無線電力伝送システム」の開発に使用してもらい、社会実装に近くなった時期には、企業で実験室を借りたり、自社の実験室で使ったりと自立的に発展していった。

また、COI 拠点活動期間で、サテライトオフィスや実験室で入居した参画企業は、パナソニック（株）、サンコール（株）やユニ・チャーム（株）など延べ 13 社であり、大学との共同研究をより強固に実施するとともに、企業間での交流を図り、アンダーワンルーフが実現できた。

また、5 階シンポジウムホールでは、毎年当拠点シンポジウムを開催したが、参画者同士の情報共有を密にするために、2 か月に 1 回の「アンダーワンルーフ会議」を 2017（平成 29）年度より実施し、アンダーワンルーフが実現できた。また、合わせて、月 1 回の分野ごとの「進捗課題検討会」も、2017（平成 29）年度より実施し、各研究開発課題の社会実装を加速させた。

B イノベーションが連続的に創出される自立的なプラットフォーム構築に向けた活動実績

1 自立的なイノベーション・プラットフォームの構築について

また、社会実装に近くなった開発品やサービスの居室での検証実験をできるように、2016（平成28）年6月に「総合検証実験室」を国際科学イノベーション棟1階に設置した。「非接触見守りセンサ」、「無線電力伝送システム」の「センサ給電」の寝室実験や「スマート大豆食品」の調理試作、官能評価などに利用してきた。



ツイン寝室



リビング・ダイニング



キッチンルーム

総合検証実験室

また、1階展示コーナーには、2017（平成29）年度より訪問者に公開し、さらに当 COI 拠点の見学者を案内して、新たな連携やアウトリーチ活動に貢献した。ポルトガル首相、スウェーデン高等教育・研究担当大臣はじめ、海外の要人や大学の訪問、国内では経済同友会、文部科学省、JST サイトビジットなどが見学した。また、京都大学オープンキャンパスでも、高校生の見学を受け入れ、将来の研究者への動機づけを行った。見学者の推移を下表に示すが、見学者総数は 1,375 名、うち海外は 269 名である。新型コロナウイルスの蔓延により、残念ながら、2020（令和2）年度からは見学者はいない。

COI プログラム終了後も当 COI 拠点の成果を展示し、アウトリーチ活動を継続する。



フェーズ1、2の成果を展示



フェーズ3の成果を展示

COI 拠点展示コーナー

展示コーナーの見学者の推移

	見学者数	備 考
2015(平成27)年度	178	国際科学イノベーション棟竣工 展示コーナー開設
2016(平成28)年度	362	オープンキャンパス見学含む
2017(平成29)年度	137	展示コーナーリニューアル
2018(平成30)年度	322	オープンキャンパス見学含む
2019(令和1)年度	376	オープンキャンパス見学含む
2020(令和2)年度	0	新型コロナウイルスにより 見学者なし
2021(令和3)年度	0	
総合計	1,375	内、海外269名

B イノベーションが連続的に創出される自立的なプラットフォーム構築に向けた活動実績

1 自立的なイノベーション・プラットフォームの構築について

②実証フィールド「精華町」

2016（平成28）年度から、社会実装に向けて、開発から商品化への障壁と言われる「死の谷」を越えるために、当 COI 拠点では実証実験が可能なフィールドを「けいはんな学研都市」の「精華町」と連携しているが、さらに連携を強化するために、2017（平成29）年7月18日「連携協力包括協定」を精華町と締結した。



本協定により、規制のある「無線電力伝送システム」について、国家戦略特区を活用した実証実験や「非接触見守りセンサ」、「歩行学習支援ロボット」の実証実験を行ってきた。また、「子育て教習所」や「子育てAI」の実証実験も実施している。主なものを下表に示す。

精華町とは、COI プログラム終了後も「連携協力包括協定」は維持し、2021（令和3）年6月1日に京都大学産官学連携本部に設置した産学連携プラットフォームの「共創支援統括チーム」に運営を引き継ぎ、今後の産学連携で生み出される開発品やサービスの実証フィールドとして活用していく予定である。

	平成28（2016）年度	平成29（2017）年度	平成30（2018）年度	令和3（2021）年度
実証試験内容	京大COI実証試験 住民説明会 	電動アシスト自転車への無線充電 （三菱重工業、翔エンジニアリング） 国家戦略特区活用 精華町役場に設置 2017年3月～2019年3月	非接触見守りセンサ （パナソニック） 精華町立「こまだ保育園」園児の昼寝の見守り実施 	子育て教習所
	時計型バイタルセンサ （日車電工） 実験実施者：72名 （男27名、女45名）	電池レスセンサへの無線給電 （パナソニック） 国家戦略特区活用 精華町役場に設置 2017年5月～2019年3月	歩行支援ロボット （リンコール・大日本印刷） 精華町老人介護施設「神の園」にて歩行リハビリ実施 	子育て相談用AIロボット

精華町での実証実験

B イノベーションが連続的に創出される自立的なプラットフォーム構築に向けた活動実績

1 自立的なイノベーション・プラットフォームの構築について

③コンソーシアムとベンチャーの設立

C0I プログラム期間中に社会実装が難しい研究開発課題があり、また、C0I プログラム期間内に社会実装できたものでも、持続的に事業を運営するために次世代商品の開発が必要である。

そこで、C0I プログラム終了後も企業と大学が連携して開発できるように、多数のコンソーシアムを設立した。

①Organ on a Chip 技術連絡会（2019（令和1）年12月20日設立、企業7、研究機関4）

②フィルム型太陽電池研究コンソーシアム

（2020（令和2）年10月1日設立、企業28、研究機関2）

③非接触見守りセンサコンソーシアム（2021（令和3）年4月1日、企業8、研究機関4）

④歩行学習支援ロボットコンソーシアム（2022（令和4）年1月1日設立、企業3、研究機関3）

主な体制を下図に示すが、これらの運営支援として、2021（令和3）年6月1日に京都大学産官学連携本部に設置した産学連携プラットフォームの「共創支援統括チーム」に運営を引き継いでいき、C0I プログラムの産学連携の仕組みを継承し、持続的に引き継いでいく。

Organ on a Chip 技術連絡会
(「サブリ開発ツール」参画メンバー他)

【目的】・最新技術動向の講演、学習
・評価ツールの業界標準化
・各社の取組、課題についての意見交換

【運営方法】事務局持ち回り
年2回の開催、費用は持ち寄り

【参加企業】7社 【研究機関】4機関

2019年12月20日(金)13～17時 設立キックオフ会議
京都大学国際科学イノベーション棟シンポジウムホール

2020年8月4日(火)13～18時 第2回会議を実施
岩手県工業技術センター

ベンチャー設立
(2022年度に計画中)



**フィルム型太陽電池研究
コンソーシアム**

【目的】・実用化のための最新技術共有化
・参画機関相互の共同研究推進

【運営方法】年会費制による運営

【参加研究機関】2機関

【参加企業】C0I参画企業8社
C0I参画外企業20社 合計 30機関

2020年11月25日(木)13～14時 設立キックオフ会議
京都大学宇治キャンパス



**非接触見守りセンサ
コンソーシアム**

【目的】・保育所、一般家庭への普及・活用について
の情報共有、意見交換
・技術・導入事例の情報共有
・標準システム化の研究開発推進

【運営方法】年会費制による運営

【参加機関】研究機関 4機関
企業 7社 合計 11機関

2021年4月20日(火)15～16時 設立キックオフ会議
京都大学吉田キャンパスノリモート



**歩行学習支援ロボット
コンソーシアム**

【目的】・次世代歩行学習支援ロボットの開発
・介護用歩行学習支援ロボットの普及検討
・リハビリロボットの標準化の検討

【運営方法】年会費制による運営

【参加機関】研究機関 3機関
企業 3社 合計 6機関

2022年1月25日(火)12～13時 設立キックオフ会議
京都大学吉田キャンパスノリモート



当 C0I 拠点発のコンソーシアム

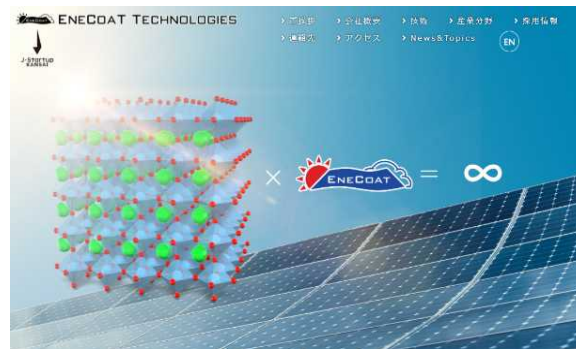
また、2014（平成26）年12月に京都大学イノベーションキャピタル（株）が設立されたことを受け、当 C0I 拠点では、その支援を受けるべく、活動を行い、ベンチャーが誕生した。

一般社団法人「良質睡眠研究機構」が2016（平成28）年4月に設立され、①睡眠に関するワークショップ、②簡易型計測装置の開発及び普及、③研究者及び技術者の育成を行っている。

B イノベーションが連続的に創出される自立的なプラットフォーム構築に向けた活動実績

1 自立的なイノベーション・プラットフォームの構築について

また、「(株) エネコートテクノロジーズ」が、京都大学イノベーションキャピタル(株)からの投資を受け、2018(平成30)年1月に設立され、当C0I拠点で開発した「フィルム型太陽電池」の製造、販売を行う。



(株) エネコートテクノロジーズ

④本拠点ならではの新たな学理の形成、学術上の強み

C0I プログラムを実施するに当たり、新たな学理と言えないまでも、学術上の強みが生まれた。詳細は、「4. 研究開発全体の成果について(科学技術・学術上の新たな体系的知見等)」に記述している。

本C0I拠点では、人が生まれてから、成長し、老いていくまでの間、女性・妊産婦サポート、赤ちゃん・子育てサポート、健康サポート、災害時サポート、インフラサポートの5つのサポートを通じて“しなやか ほっこり(安心・安全)社会の実現”を目指した。5つのサポートを実現するためには、単なる便利な機器の開発だけでなく、より一歩踏み込んで人の心理的な側面を顧慮した機器開発が求められる。このため、京都大学拠点においては、人文学・健康科学・情報学・工学連携をアンダーワンルーフのもとに進めた。C0I プログラムがなければ出会うことがなかった人文学、健康科学、情報学、工学の研究者の連携が生まれたことは、第6期科学技術・イノベーション基本計画に記載された分野の垣根を超えた人類未来のための「総合知」の創出の種を植え付けることができたと考える。また、もう一階層下の個々の研究開発においても、“しなやか ほっこり(安心・安全)社会の実現”の視点が導入されることで、従来とは異なった視点から自らの研究を見直すことが行われ、科学技術・学術上の新たな体系的な知見につながった成果が上がった研究も見られた。

具体的には、「女性・子育て支援」分野において「発達心理学」、「幼児睡眠解析AI」、「子育てセンサ」において「生体信号処理」、「バイオマーカー計測」、「ヘルスケア」分野において「歩行学習」、「災害インフラ」分野において「ワイヤレス給電」、「太陽電池」である。

上記の研究・技術分野については、コンソーシアムを設立するなど、C0I プログラム終了後も継続して、企業などと進めていき、社会実装をさらに進めていくとともに、若手研究員を啓発することにより、研究・技術の深化を図っていく。

⑤参画機関、参画者について

当C0I拠点では、京都大学を代表機関に、C0I プログラム期間を通じて、参画機関は98となっており、大学など研究機関は14機関、企業は81社、京都府、京都市、精華町の3自治体が参画した。ビジョナリーリーダーの指導により、ビジョンのバックキャストに沿って、ダイナミックに参画機関の出入りを行った。また、フェーズ2での大幅な絞り込みにより、大きな変化があった。参画機関と参画者数の推移を下表に示す。

B イノベーションが連続的に創出される自立的なプラットフォーム構築に向けた活動実績

1 自立的なイノベーション・プラットフォームの構築について

参画機関、参画者数の推移

		参画機関数				参画者数		
		総 数	大学 研究機関	企 業	自治体	総 数	大学 研究機関	企 業
1	2013(平成25)度	46	2	42	2	255	90	165
2	2014(平成26)度	51	2	47	2	395	148	247
3	2015(平成27)度	44	2	40	2	370	150	220
4	2016(平成28)度	44	2	39	3	336	166	170
5	2017(平成29)度	29	3	23	3	204	96	108
6	2018(平成30)度	33	7	23	3	226	120	106
7	2019(令和1)度	35	9	23	3	272	150	122
8	2020(令和2)度	41	11	27	3	239	110	129
9	2021(令和3)度	41	11	27	3	240	120	120

※自治体は参画者なし、事務局除く

参画者は、非常に多様性に富んだ組織を成している。大学では、工学、医学、理学、経済学、教育学に加えて医工連携組織である再生医科学の分野にわたり、企業では、家電、重工業、医療機器、サービス業、ベンチャーなど多岐に亘る企業の研究者が参画した。そのうち、助教、博士・修士課程などの学生や女性を含む若手企業研究者が合わせて多数おり、全体の約40%を占め、当COI拠点の研究開発課題を実質的に推進している。また、外国人留学生や企業外国人雇用者など外国人も参画しており、当COI拠点の研究開発を通じて、多様な人材を育成している。

こういった当COI拠点活動に従事した大学や企業のメンバーが、COIプログラム終了後も、そのやり方を継承して、新たな産学連携テーマを実施して、社会実装していくものと期待している。その支援として、2021(令和3)年6月1日に京都大学産官学連携本部に設置した産学連携プラットフォームの「共創支援統括チーム」が持続的に引き継いでいく。

⑥特許・データなどの知財プール

COIプログラム中に出願した特許や登録された特許を下表に示す。出願した特許は、143件となっており、そのうち登録された特許が39件となっている。米国へも7件登録された。

特許出願、登録数の推移

	計画	出願実績	登録実績	備 考
フェーズ1 合計	32	63	18	米国登録 7件
フェーズ2 合計	50	40	13	
2019(令和1)年度	14	11		
2020(令和2)年度	17	14	6	
2021(令和3)年度	16	15	2	
フェーズ3 合計	47	40	8	
総 合 計	129	143	39	

※登録実績は、出願年度

B イノベーションが連続的に創出される自立的なプラットフォーム構築に向けた活動実績

1 自立的なイノベーション・プラットフォームの構築について

社会実装を目指すプロジェクトのため、企業との共同出願が中心となり、中には、大学側から企業に権利を有償譲渡し、大学の収入になったものがある。主なものは、2021（令和3）年9月までで「育児サポート」、「非接触見守りセンサ」などで、大学の知財収入があった。その内、社会実装できたものは、「非接触見守りセンサ」、「iPS細胞自動培養装置」がある。

登録特許の中では、社会実装されたものが含まれており、RTワークス（株）が販売している「アシストカート」のほか、サンコール（株）が2020（令和2）年3月に発売した「歩行学習支援ロボット Orthobot」では、実施料とそれに伴う契約料で、京都大学、京都工芸繊維大学が知財収入を得ており、今後も販売のロイヤリティが継続的に得られることになる。また、「フィルム型太陽電池」では、研究材料となる「ペロブスカイト試薬」は東京化成工業（株）が委託販売してロイヤリティ収入を、2019（令和1）年度まで京都大学が得て、その後、C0I発ベンチャーの「（株）エネコートテクノロジーズ」にライセンスアウトして、収入を得ている。

上記知財収入は、京都大学、京都工芸繊維大学が得ており、今後、登録される特許や社会実装したものが増えていくので、知財収入は上がっていくこととなる。

また、参画企業で活用できない知財については、（株）TL0 京都が外部での活用を促進する予定になっている。

⑦部局横断型プロジェクト組織「活力ある生涯のためのLast 5イノベーションユニット」

2014（平成26）年10月、京都大学の学際融合教育研究推進センターに部局横断型プロジェクト組織C0I拠点ユニット「活力ある生涯のためのLast 5イノベーションユニット」の設置を行い、当拠点参画教員に異分野交流の機会を提供すると共に、学生を含めた若手研究員の積極的な参画を促すことによって、今後も新たなイノベーションテーマを創出できる体制を整えた。

学際融合教育研究推進センターは、学内における異分野融合を促進させることをミッションとして設立された組織であり、2021（令和3）年度末現在、同センターの傘下に38の教育研究ユニットと10のライトユニットが設置されており、分野横断交流会や学際研究コンテストなど、異分野協働にかかるさまざまな全学的活動を行っている。同センターは文理問わずさまざまな分野の研究者ネットワークを形成している。当「活力ある生涯のためのLast 5イノベーションユニット」では、当拠点参画教員に学生を含めた若手研究員の積極的な参画を促すと共に、当ユニットによる特任助教、特任准教授などの称号付与により、次代を担う若手を登用できる仕組みを作っており、C0Iプログラム終了後も教員組織として継続し、学内に産学連携の有用性やしぐみを啓発していく予定である。

⑧京都大学産官学連携組織の組織変革

京都大学では、C0Iプログラム開始とともに、先述したように、企業のサテライトオフィスやラボを受け入れる「国際科学イノベーション棟」を設置して産学連携の拠点ができ、多くの企業が当C0I拠点を中心に入居し、学内での交流を実施してきた。また、（株）エネコートテクノロジーズなどの当C0I拠点発のベンチャーが生まれたが、京都大学産官学連携本部では、京都大学発ベンチャーを生み出すため、「京大アントレプレナープログラム」を立ち上げ、事業化を見込めるものは、2014（平成26）年12月設立の「京大イノベーションキャピタル（株）」が投資する形でベンチャーの創出支援を行っている。

また、C0Iプログラムでのオープンイノベーション発想より、超スマートエネルギー社会基盤技術共創コンソーシアム（OPERA）やデザインイノベーションコンソーシアムなどのコンソーシアムや2019（令和1）年7月に設立した「オープンイノベーション機構」により、ダイキン工業（株）、（株）日立製作所や三菱電機（株）などと包括連携した取り組みを行っている。

また、指定国立大学法人になったことに伴い、2018（平成30）年7月に「京大オリジナル（株）」を設立してコンサルティングや研修業務を開始した。京都大学の知見を世の中に還元して社会貢献するとともに自立化した活動を行っている。

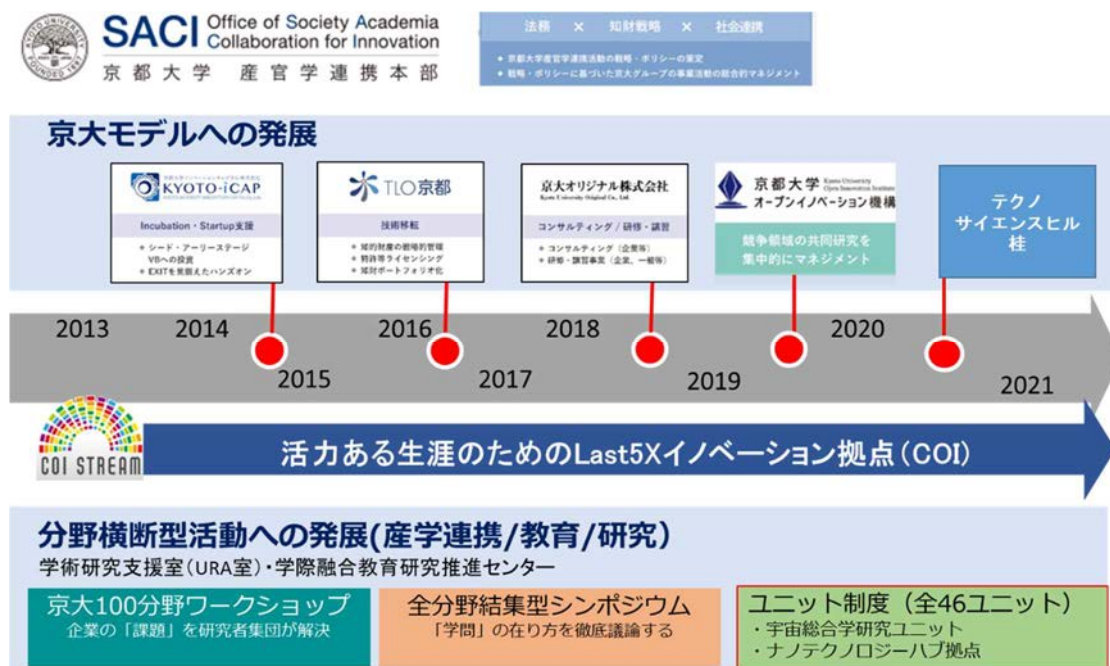
また、当C0I拠点を含む京都大学が出願した特許などの知財を社会で活用できるように、2016

B イノベーションが連続的に創出される自立的なプラットフォーム構築に向けた活動実績

1 自立的なイノベーション・プラットフォームの構築について

(平成 28) 1 月に「関西 TL0 (株)」の株式を 68% 保有して強化を図り、2019 (令和 1) 年 10 月「(株) TL0 京都」と社名を変更して、連携を明確化した。

下図に、COI プログラムに連動した組織体制の構築と産学連携の「京大モデル」を示す。これらの組織変革の結果、京都大学では、企業からの共同研究費は 2010 (平成 24) 年度で 38 億円から 2020 (令和 2) 年度は 67 億円に増加、京都大学発ベンチャーは 2011 (平成 25) ~ 2015 (平成 27) 年度で +25 社から 2016 (平成 28) ~ 2020 (令和 2) 年度で +66 社と増加し、2020 (令和 2) 年 10 月時点累計で 222 社となった。



COI プログラムに連動した組織体制の構築



産学連携の「京大モデル」

⑨主な社会実装の成果と見込み

当 COI 拠点が、社会実装を行ったものを企業が「事業化」したもの、法人を設立した「ベンチャ

B イノベーションが連続的に創出される自立的なプラットフォーム構築に向けた活動実績

1 自立的なイノベーション・プラットフォームの構築について

一」で行ったもののうち、主なものを下表に示す。

主な「事業化」したものは「トレパンマン」(ユニ・チャーム(株))、「子育て相談用ロボット」((株) タケロボ)、「非接触見守りセンサ」((株) マリ)、「歩行学習支援ロボット」(サンコール(株))、「iPS細胞自動培養装置」(パナソニック(株))、「災害用透析装置」(ニプロ(株))、「センサ無線給電システム」(パナソニック(株))の7件、主な「ベンチャー」は「一般社団法人 良質睡眠研究機構」、「(株) エネコートテクノロジーズ」の2件である。

主な社会実装の成果

		企業名	2016年 (平成28年)	2017年 (平成29年)	2018年 (平成30年)	2019年 (令和1年)	2020年 (令和2年)	2021年 (令和3年)	2022年 (令和4年)	2023年 (令和5年)	2024年 (令和6年)
事業化	1	トレパンマン			発売						
	2	ナチュラルムーニー		発売							
	3	子育て相談用AIロボット					発売				
	4	非接触見守りセンサ						発売			
	5	歩行学習支援ロボット					発売				
	6	iPS細胞自動培養装置			発売						
	7	災害用透析装置	発売								
	8	センサ無線給電システム							サンプル提供		
ベンチャー	1	(一社)良質睡眠研究機構		設立							
	2	(株)エネコートテクノロジーズ(太陽電池)				設立					

1 自立的なイノベーション・プラットフォームの構築について

1.2 産学連携を効果的にするルール・運営方法の工夫

本拠点は、COI プログラム開始以来、参画企業数延べ80社（R03 年9月末現在）、自治体（京都府、京都市、精華町）ならびに大学参画機関（京都大学、同志社大学、理化学研究所、奈良女子大学、大阪大学、京都看護大学、京都工芸繊維大学、佛教大学、関西医科大学、日本大学、青山学院大学 など）の研究者が多数に及ぶことから、各研究開発課題の実施内容を尊重しつつ、研究・開発の発散を防止し、本拠点の目指す“しなやかほっこり社会”を実現するために研究開発活動の選択と集中を行うための体制の整備に努めた。

主な活動は以下のとおりである。

- 1) 事業実施機関である京都大学の産官学連携本部所轄下に、本拠点の運営統括組織として「京都大学COI 拠点研究推進機構」を設置し、本拠点の運営業務を実施している。拠点運営の統括機能を担うとともに、本拠点の運営、ならびに研究戦略、事業化戦略の策定にかかる意思決定を行う「運営会議」は、プロジェクトリーダーと研究リーダー、大学教員代表者と参画企業の代表者から構成され、フェーズ1は、毎月開催、フェーズ2以降は、奇数月の最終の月曜日に開催され、運営上の意思決定を行なっている。遠隔地の企業も多いため、COI 開始当初からオンライン会議システムも利用し迅速な情報発信を行なってきた。

また拠点内連携強化のため、フェーズ2から奇数月に1回、全参画者参加による研究開発課題の取組内容、研究開発進捗状況などを担当している研究者から発表、研究開発の進め方、連携の強化を議論し、よりよい成果の向上を目的に、アンダーワンルーフ会議、また、毎月、一つの研究開発課題について、プロジェクトリーダー、研究リーダーと企業側リーダー、大学担当教員と研究開発を進める上での課題の共有、進め方、対策を協議する進捗課題検討会を開催、研究開発を加速する取組を行なっている。

- 2) 知的財産権・成果の公表

拠点内の知財情報に関して、秘密保持に考慮した情報開示範囲を定めた書式に基づいて契約を本学と企業間で合意形成を行なっているが、プロジェクトリーダー、研究リーダー、大学と参画企業の代表者と京都大学知財担当者からなる拠点での知財調整のための「知財委員会」については、運営会議開催時に開催することにして、知財情報共有を実施している。平成29年度より、ソフトウェアのアプリ開発などの著作権の管理も行なっている。

- 3) 拠点活動の可視化

本拠点の参画者に対して拠点活動の可視化のためにフェーズ1から拠点内グループウェアを本格稼働させている。拠点内グループウェアの情報の取扱については、情報公開ルールを作成し、ルールに基づく適正な情報管理を行っている。参画者全員一斉通知など簡単に通知内容を確認できるなど、操作性の改善、機能の追加を行なっている。グループウェアを通じてJSTからの連絡事項やシンポジウム情報、拠点内会議スケジュール管理、資料の提出様式、運営会議の配布資料、運営会議議事録など研究推進機構からの情報発信などを行なっている。

国際科学イノベーション棟、東館1階には、「COI 展示コーナー」を設け、京都大学COI 拠点の活動を学内外、海外の方にPRできるように、研究開発課題ごとにパネル、試作品、あるいは動画を表示している。フェーズの区切りでリニューアルを行い、フェーズ1、フェーズ2の成果展示とフェーズ3の取組内容を展示している。広く一般の方にもPRできるように平日の午前9時から午後5時まで、誰でも見学できるように開放している。

B イノベーションが連続的に創出される自立的なプラットフォーム構築に向けた活動実績

1 自立的なイノベーション・プラットフォームの構築について

1.3 自立的なプラットフォームの構想・設計・稼働の状況

COI プログラム当初より、ビジョンである「しなやかほっこり社会」の実現を目指して、研究開発を進めながら、産学連携で社会実装を実施に向けて、どのような仕組みが必要かを検討してきた。その検討は、すなわち、COI 終了後のイノベーション・プラットフォームにつながるものである。また、当 COI 拠点の強みを考えた場合、実証フィールド「精華町」があり、社会実装に向けての「死の谷」を超えることに役立ち、産学連携の大きな武器になると考えた。その結果、自立的なイノベーション・プラットフォームに必要な機能、運営方法、体制・組織を構築した。まず、持続的にオープンイノベーションをすすめていくために、必要な機能として次の4点を持たせた組織体とする。

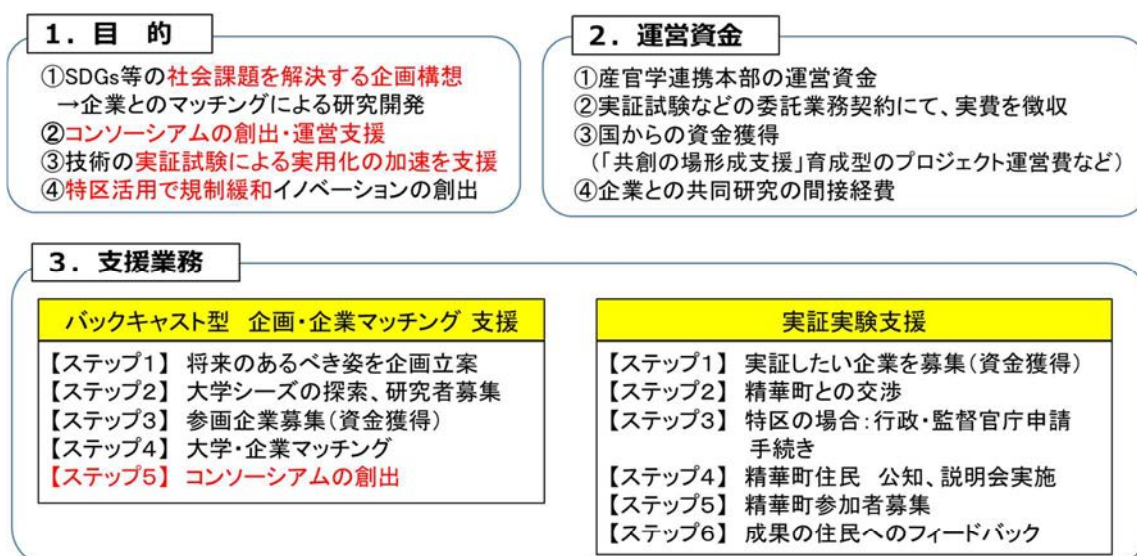
①SDGs等の社会課題を解決する企画構想（企業とのマッチングによる研究開発）

②コンソーシアムの創出・運営支援

③技術の実証実験による実用化の加速支援

④国家戦略特区活用で規制緩和イノベーションの創出

また、それぞれの支援業務や運営資金については、下記に示す。



イノベーション・プラットフォームの概要

これらの機能を持続的に運営するために、2021（令和3）年6月1日に、京都大学産官学連携本部内に「共創支援統括チーム」を設立した。チーム長は、産官学連携本部長が兼務し、京都大学のさまざまな産学連携活動とタイアップして、活動を行っていく。詳細は、(1)組織の項で詳細を示す。

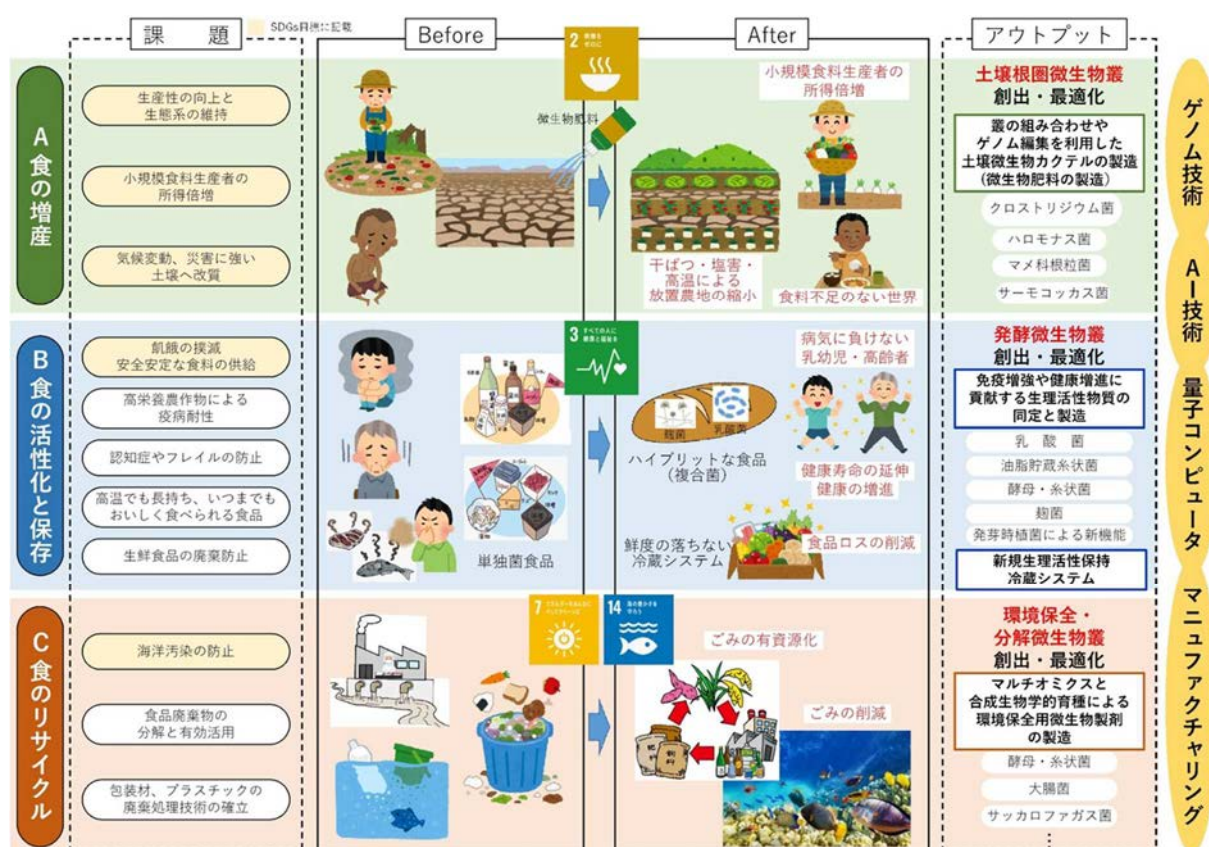
これまでの取り組み実績や今後の計画について、上記①～④の各機能について次の項目より示す。

1 自立的なイノベーション・プラットフォームの構築について

① SDGs等の社会課題を解決する企画構想

持続的にオープンイノベーションを創出するため、また組織運営を行うため、新たな研究開発も必要となる。グローバルな社会課題解決のため、国連が提唱している「持続可能な開発目標(SDGs)」に基づくビジョンからバックキャスト型の研究開発課題を企画して新たなコンソーシアム設立を支援していく。

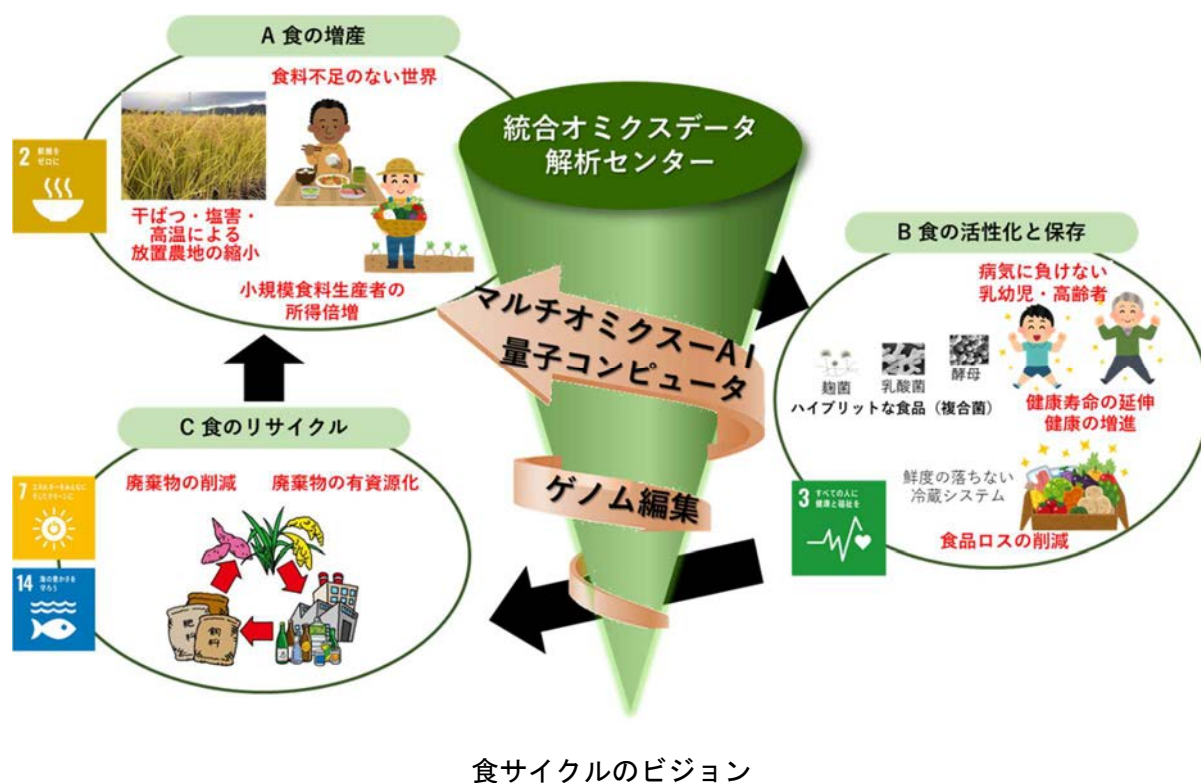
第1ステップとして、2020(令和2)年度JSTが公募した「共創の場形成支援プログラム」の「育成型」(共創分野)に「食サイクルのイノベーション(フード&アグリテック)未来共創拠点」として応募し、採択された。主な研究開発課題は、SDGs「2. 飢餓をゼロに」を目指した「食の増産」、SDGs「3. 全ての人に健康と福祉を」を目指した「食の活性化と保存」、SDGs「7. エネルギーをみんなに、そしてクリーンに」、「14. 海の豊かさを守ろう」を目指した「食のリサイクル」とし、2021年度末までの期間で「本格型」への移行を目指し、グローバルで、またオールジャパンの研究者や企業と連携した共創拠点を構築していく予定である。これらの研究開発課題は、当拠点の研究開発テーマである「スマート栄養食」を基にし、農業からリサイクルまで広げて、「ゲノム技術」、「AI技術」、「量子コンピュータ」、「マニュファクチャリング」を活用した「微生物技術」を基礎技術として、研究開発を進めるとともに、社会実装を実現していく。主な分野は、農業に貢献する「A. 食の増産」、健康増進・免疫向上、健康寿命延伸に貢献する「B. 食の活性化と保存」、食関連廃棄物の有効利用に貢献する「C. 食のリサイクル」に取り組む。また、研究開発で蓄積した微生物菌叢から代謝物などのデータをデータベース化して、「統合オミクスデータ解析センター」を設立し、グローバルに利活用可能なビジネスに構築することを目指す。取り組む社会課題とビジョンと食サイクルのビジョンを下图に示す。



取り組む社会課題とビジョン

B イノベーションが連続的に創出される自立的なプラットフォーム構築に向けた活動実績

1 自立的なイノベーション・プラットフォームの構築について



上記、ビジョンは、参画予定の大学教員、研究機関の研究者、企業担当者全員で、何度も検討を繰り返しながら、ブラッシュアップを図っている。現在、京都大学のほか、早稲田大学、九州大学、国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構など8の大学、研究機関、(株)島津製作所など16の企業が参画する予定であり、海外では、オランダのワゲニンゲン大学、アメリカの Joint Genome Institute (JGI) などと連携し、「バイオ共創コンソーシアム」を設立して、推進していく予定である。

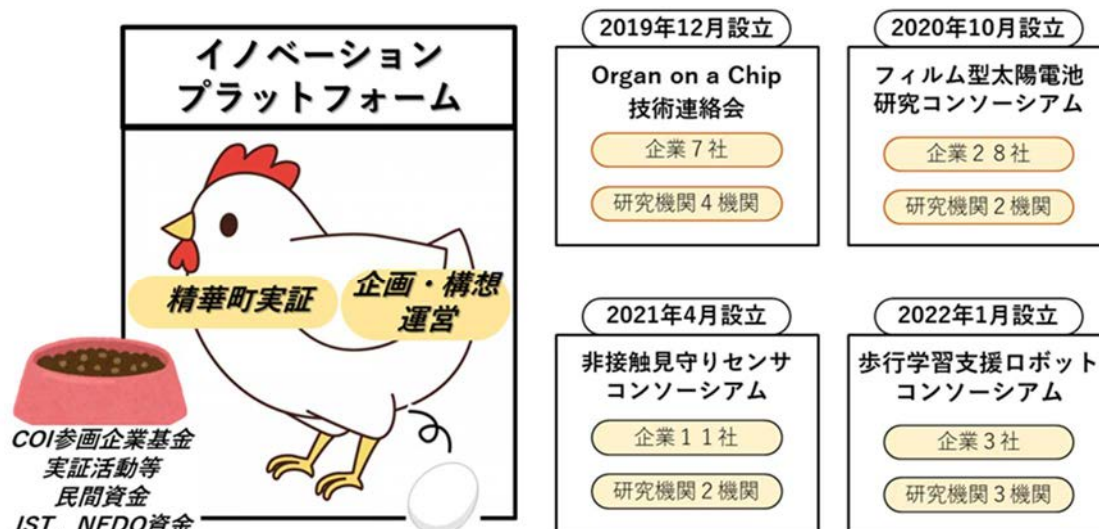
② コンソーシアムの創出・運営支援

本 COI 拠点の研究開発課題の中には、複数の企業が参画し、COI プログラム終了後も次世代商品の開発のため、引き続き、コンソーシアムを設立することにより研究開発を行い、持続的に社会実装を展開していくものがある。すでに、「無線電力伝送システム」においては、「無線電力伝送実用化コンソーシアム (WiPOT)」を設立し、COI での参画企業を超えたコンソーシアムにより、実用化、並びに標準化・法整備の活動を行っている。

そこで、COI プログラム中も含めて、COI プログラム終了後に活動できるコンソーシアムを設立する支援を行う自立的なイノベーション・プラットフォームの組織の機能としている。コンソーシアムを設立するための規約や参画書類の整備の支援から、会議の調整などコンソーシアムの運営の事務業務などをおこなっている。そのコンソーシアム設立の構想と実績を下図に示す。

B イノベーションが連続的に創出される自立的なプラットフォーム構築に向けた活動実績

1 自立的なイノベーション・プラットフォームの構築について



コンソーシアムの構想と実績

2019（令和1）年よりコンソーシアム設立の取り組みをはじめ、2019（令和1）年12月20日に「Organ on a Chip 技術連絡会」を設立し、2020（令和2）年度はコロナ禍で遅れたが、「フィルム型太陽電池研究コンソーシアム」を2020（令和2）年10月1日に設立し、11月25日にキックオフ会議を実施し、現在24社の企業が参画している。2021（令和3）年度は、4月1日に、「非接触見守りセンサ」のコンソーシアムを設立し、4月20日にキックオフ会議を実施、現在、8社の企業と4つの大学・研究機関が参画しているが、コロナ禍で感染者の見守り活用で参画の希望が増加している。また、2022（令和4）年1月に、参画の企業3、研究機関3で「歩行学習支援ロボット」のコンソーシアムを設立した。

設立したコンソーシアムの概要を下図に示す。



当 COI 拠点発のコンソーシアム

B イノベーションが連続的に創出される自立的なプラットフォーム構築に向けた活動実績

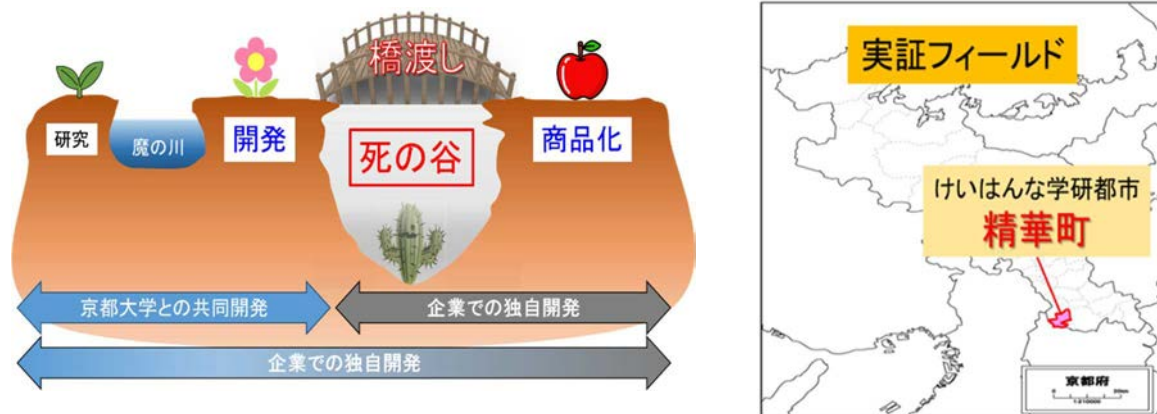
1 自立的なイノベーション・プラットフォームの構築について

③技術の実証実験による実用化の加速支援

④国家戦略特区活用で規制緩和イノベーションの創出

本 COI 拠点の特徴の 1 つは、京都府と連携した国家戦略特区の活用が可能であり、また「包括連携協定」を締結している「精華町」での実証フィールドである。

京都大学が行うなど研究開発を企業が社会実装するためには、「死の谷」と呼ばれる関門を越える必要があり、その関門を乗り越えるためには、実証フィールドでのユーザー評価が大きな功績を果たすものである。



社会実装への「死の谷」のイメージと実証フィールド「精華町」

本 COI 拠点では、2016（平成 28）年度より精華町での実証実験を開始し、また「無線電力伝送システム」の国家戦略特区を活用した実証実験も開始した。また、「歩行学習支援ロボット」の介護施設での実証実験により 2020（令和 2）年 3 月に社会実装（商品発売）が可能となり、「非接触見守りセンサ」の保育園での実証実験により 2021（令和 3）年 2 月に社会実装（商品発売）を行った。

また、企業は、ターゲットユーザーの検証やユーザビリティ評価と改善のため、実証フィールドでのユーザー評価を企業では必ず行うようになってきており、企業からのニーズが高い評価であり、企業が評価費用を拠出しやすいものである。この「精華町での実証フィールド」を基本に据え、実証実験での収入による自立的なイノベーション・プラットフォームを運営する。

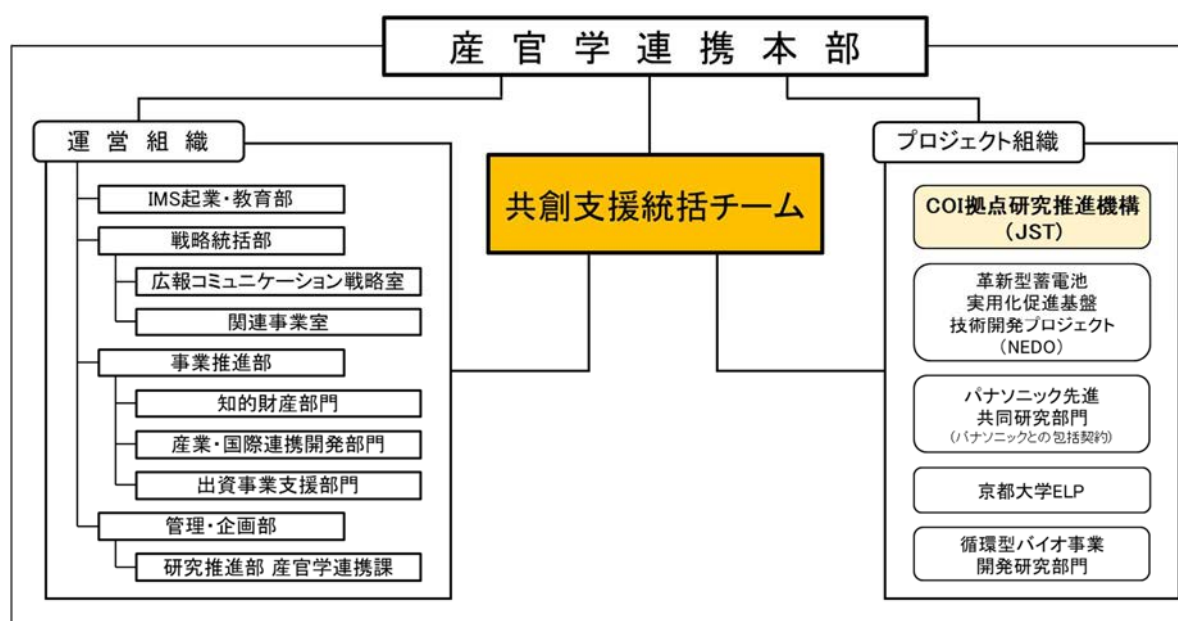
B イノベーションが連続的に創出される自立的なプラットフォーム構築に向けた活動実績

1 自立的なイノベーション・プラットフォームの構築について

(1) (組織等名称)

体制・組織の名称	共創支援統括チーム
体制・組織の位置付け・種別	学内組織「産官学連携本部」内に設置
体制・組織の長となる者の職位	産官学連携本部長が兼務
運営資金（財源）	①産官学連携本部の運営資金 ②実証試験などの委託業務契約にて、実費を徴収 ③国からの資金獲得 ④企業との共同研究の間接経費
概要	2021（令和3）年6月1日設立済み 【目的】 ①SDGsによる社会課題を解決する企画構想 →企業とのマッチングによる研究開発 ②コンソーシアムの創出・運営の支援 ③技術の実証試験による実用化の加速を支援 ④特区活用で規制緩和イノベーションの創出 学内連携などその他は後述する。

イノベーション・プラットフォームの組織は、京都大学 産官学連携本部内に「共創支援統括チーム」として設立した。京都大学産官学連携本部は、戦略統括部、事業推進部や企画管理部などの「運営組織」と本拠点の研究推進機構が属する「プロジェクト組織」などから構成されている。「プロジェクト組織」はプロジェクト期間などのテンポラリーな組織であるが、「運営組織」は産官学連携を運営するためのパーマネントな組織である。「共創支援統括チーム」は、パーマネントな「運営組織」の中に設置している。「共創支援統括チーム」は、2021（令和3）年6月1日に設立した。



京都大学産官学連携本部内での組織の位置づけ

B イノベーションが連続的に創出される自立的なプラットフォーム構築に向けた活動実績

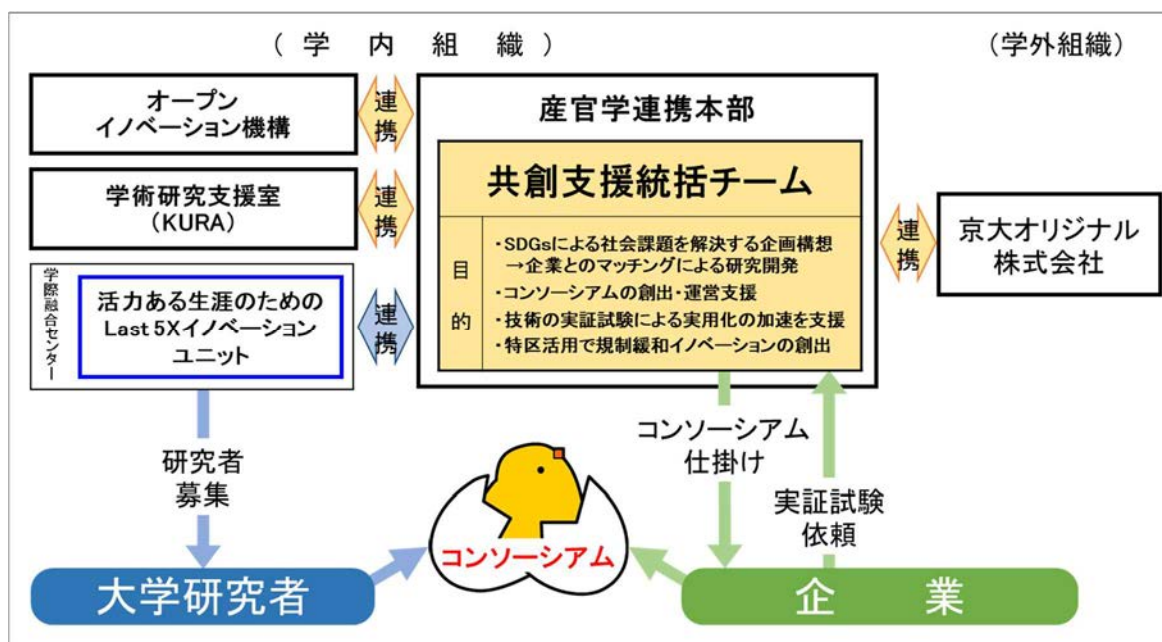
1 自立的なイノベーション・プラットフォームの構築について

「共創支援統括チーム」の組織を下図に示す。



「共創支援統括チーム」の組織図

チーム長は、産官学連携本部長が兼務し、京都大学のさまざまな産学連携活動とタイアップして、活動を行っていく。学内の連携先としては、2018（平成 30）年に産官学連携本部に設立された「オープンイノベーション機構」や、2014（平成 26）年に学際融合教育研究推進センターに設立している「活力ある生涯のための Last 5X イノベーションユニット」や「学術研究支援室（KURA）」を活用して、特に、学内の若手研究者の発掘と育成・支援を行い、イノベーション・プラットフォームの組織が行う活動を支援する。また、学外の連携先としては、「京大オリジナル株式会社」により、学外活動をスムーズに行うとともに、支援を受けることを想定している。「京大オリジナル株式会社」は、2018（平成 30）年、京都大学 100%子会社として設立され、指定国立大学法人における特定研究成果活用事業を展開し、京都大学の事業協力を得て、国内外の企業とのネットワークを構築し、主としてコンサルティングサービスや研究・講習サービスを行って自活している組織である。収益は、京都大学やその教員・研究者に還元されることになっている。「共創支援統括チーム」と学内外組織との連携関係の構想を下図に示す。

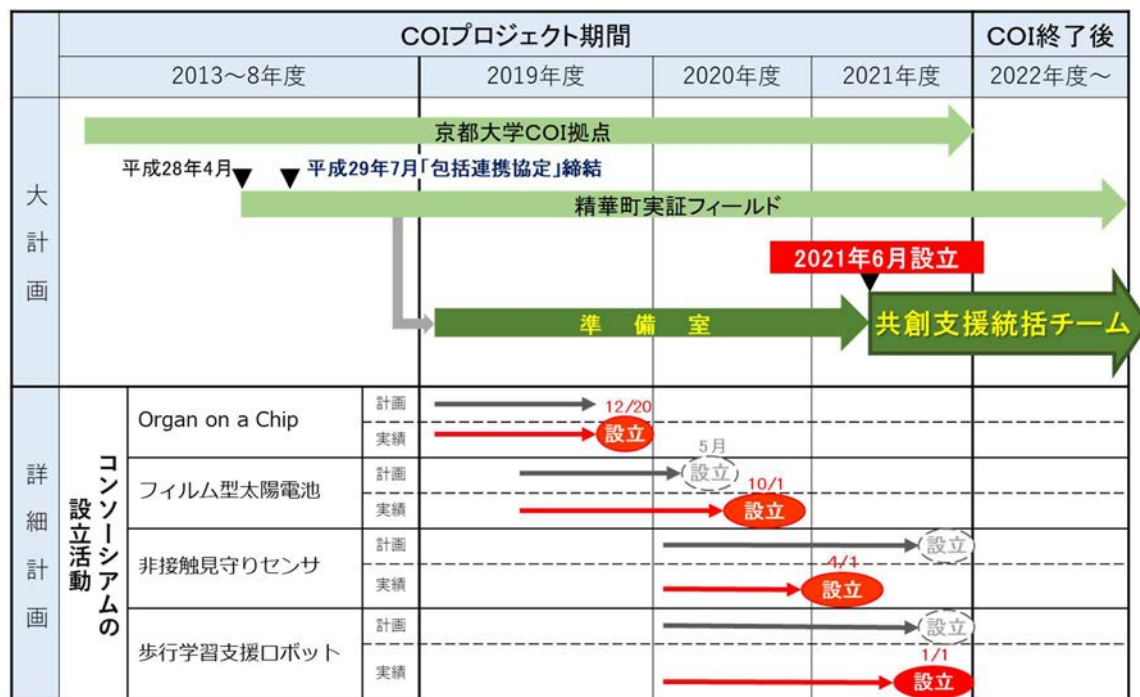


学内外の連携体制

B イノベーションが連続的に創出される自立的なプラットフォーム構築に向けた活動実績

1 自立的なイノベーション・プラットフォームの構築について

また、プラットフォームの組織化や本拠点の研究開発課題に基づくコンソーシアム設立などの実績スケジュールを下図に示す。



実績スケジュール

(2) アウトリーチ活動

本COI拠点では、年度ごとに広報計画を立て、実績管理を行いながら、アウトリーチ活動を積極的に行っている。プレスリリース、学会発表、論文発表、展示会出展他に分けて計画・実績管理を行っているが、実績を下表に示す。

アウトリーチ活動実績表

	プレスリリース	学会発表	論文発表	展示会他	備考
フェーズ1 合計	19	200	71	20	
フェーズ2 合計	38	263	131	73	
2019(令和1)年度	21	100	25	14	
2020(令和2)年度	20	59	39	7	
2021(令和3)年度	32	27	26	9	見込み
フェーズ3 合計	73	186	90	30	
総合計	130	649	292	123	

1) 記者発表によるプレスリリース

当初より、プロジェクトリーダーや研究リーダーと共に、担当企業や自治体と京都大学で研究成果や社会実装開始の記者発表を積極的に実施した。各研究開発課題の大学教員や企業が個々にプレスリリースを行っているが、ここでは、拠点活動としてプロジェクトリーダーや研究リーダーが同席して記者発表したものを示す。具体的には、年度ごとに下記に示す。

B イノベーションが連続的に創出される自立的なプラットフォーム構築に向けた活動実績

1 自立的なイノベーション・プラットフォームの構築について

2015（平成 27）年度

- ①個の医療に貢献する遺伝子解析キットの開発に成功（東洋鋼鋳、京都大学）
- ②自動培養装置による iPS 細胞の長期間培養に成功（パナソニック、京都大学）
- ③しなやかほっこり社会の実現を目指したワイヤレス給電技術を開発（パナソニック、京都大学）
- ④非接触で心拍間隔を計測する生体情報センシング技術の開発に成功（パナソニック、京都大学）
- ⑤歩行を再建するリハビリテーションのためのモジュール型 wearable 歩行支援機器の開発
（サンコール他、京都大学）

2017（平成 29）年度

- ⑥国家戦略特区を活用した「無線電力伝送」の精華町での実証試験開始
（京都大学、パナソニック、三菱重工業）
- ⑦発達科学に基づく「トイレトレーニングアプリ」の配信開始（京都大学、ユニ・チャーム）
- ⑧精華町との「包括連携協定」の締結（京都大学、精華町）
- ⑨「iPS 細胞自動培養装置」の販売開始（京都大学、パナソニック）
- ⑩非接触ミリ波バイタルセンサの小型・高感度化技術を開発（京都大学、パナソニック）
- ⑪発達科学に基づく「トイレトレーニング専用オムツ」の販売開始（京都大学、ユニ・チャーム）

2018（平成 30）年度

- ⑫ラチナノファイバー培養基材を用いてヒト iPS 細胞から多能性能が高い細胞種の単離に成功（京都大学、大阪大学）
- ⑬月経前の不調を抱える女性向けセルフモニタリングアプリの開発（京都大学、コニカミノルタ）

2019（令和 1）年度

- ⑭高性能ペロブスカイト太陽電池の大面积塗工に汎用性の高い手法で成功
（京都大学、プラスコート）
- ⑮歩行学習支援ロボット「Orthobot」を 2019 年度内に発売
（京都大学、京都工芸繊維大学、佛教大学、関西医科大学、サンコール、大日本印刷）

2020（令和 2）年度

- ⑯無線給電で社会実証試験開始、ミネベアミツミと共同、国家戦略特区を活用
（京都大学、ミネベアミツミ）
- ⑰ミリ波レーダ非接触見守りセンサを 2021 年 2 月に発売（京都大学、マリ）

2021（令和 3）年度

- ⑱マイクロ波電力伝送システムのサンプル提供開始（京都大学、パナソニック）

上記は、日本経済新聞、日刊工業新聞、産経新聞、読売新聞、朝日新聞など全国紙に掲載された。

2) シンポジウム開催と展示会への出展

一般公開のシンポジウムを毎年 1 回行い、一般参加を募って拠点活動のアウトリーチを行っている。シンポジウムは成果と取り組み以外に、2016（平成 28）年度は、「子育て支援を考える」や 2018（平成 30）年度には「SDGs 食と健康への京大 COI の貢献」など特化したテーマでのシンポジウムを実施した。

2015（平成 27）年度より毎年「JST フェア」、「京都スマートシティエキスポ」に出展し、2016（平成 28）年度は「Cell Symposia 10 Years of iPSCs in Berkeley CA USA」の海外展示会に、2017（平成 29）年度は「Techno-Frontier2017」、「リトルママフェスタ東京」、「イノベーションストリーム KANSAI」、2018



2013 年 2 月 10 日キックオフシンポジウム

B イノベーションが連続的に創出される自立的なプラットフォーム構築に向けた活動実績

1 自立的なイノベーション・プラットフォームの構築について

(平成 30) 年度は「ベビーキッズ&マタニティショー2018」、「イノベーションストリーム KANSAI」など、「子育て支援」など特化した展示会にも出展し、アウトリーチ活動を実施している。当 COI 拠点シンポジウムと出展した展示会をまとめたものを下表に示す。

当 COI 拠点シンポジウムと出展した展示会

	シンポジウム		展示会出展	
2013(平成25)年度	2/10	キックオフシンポジウム		
2014(平成26)年度	12/24	第2回シンポジウム		
2015(平成27)年度	5/25	国際科学イノベーション棟竣工記念シンポジウム	5/21~22	京都スマートシティエキスポ2015
	12/26	成果内覧会(非公開)	8/27~28	JSTフェア2015
2016(平成28)年度	2/12	「子育て支援を考える」シンポジウム	6/2~3	京都スマートシティエキスポ2016
			8/25~26	JSTフェア2016
			9/25~27	Cell Symposia 10 Years of iPSCs in Berkeley CA USA
2017(平成29)年度	1/22	「これまでの成果と今後の取り組み」シンポジウム	4/19~21	TECHNO FRONTIER 2017
			7/7~8	リトルマフェスタ東京2017
			8/31~9/1	JSTフェア2018
			9/28~29	京都スマートシティエキスポ2017
			2/26~27	イノベーションストリームKANSAI2018
2018(平成30)年度	12/3	「SDGs[食]「健康への京大COIの貢献」シンポジウム(東京)」	8/30~31	JSTフェア2017
			9/28~29	ベビーキッズ&マタニティショー2018
			10/4~5	京都スマートシティエキスポ2018
			12/18~19	イノベーションストリームKANSAI
2019(令和1)年度	11/11	「これまでの成果と今後の取り組み」シンポジウム	6/4~5	リトルマフェスタ東京2019
			10/4~5	京都スマートシティエキスポ2019
			12/17~18	イノベーションストリームKANSAI
2020(令和2)年度		新型コロナ感染対策のため、中止	9/28~11/30	イノベーションジャパン2020(Web)
			10/29~12/31	京都スマートシティエキスポ2020(Web)
			10/16~1/31	イノベーションストリームKANSAI2020(Web)
2021(令和3)年度			3/9~14	まなびフェスタ2021(Web)
	3/14	成果報告シンポジウム	11/15~12/19	イノベーションストリームKANSAI2021(Web)

3) ホームページ、YouTube、ネット広告の活動

2014(平成 26) 年 6 月当 COI 拠点のホームページを開設し、拠点の紹介を行うと共に、拠点活動の情報発信を行っている。また、フェーズ 2 での大幅な見直しに合わせて、2016(平成 28) 年 8 月にリニューアルし、引き続き、拠点活動の情報発信を行っている。情報発信の実績は、2021(令和 3) 年 9 月末現在では下表のようになっている。COI プログラム終了後も、後継組織の「共創支援統括チーム」が引き続き、情報発信を行っていく予定である。

ホームページ掲載実績

		イベント情報	メディア情報	活動報告	合 計	備 考
フェーズ 1	2014(平成26)年度	2	6	22	30	ホームページ開設
	2015(平成27年)度	4	10	22	36	
フェーズ 2	2016(平成28)年度	3	2	23	28	
	2017(平成29)年度	5	6	23	34	
	2018(平成30)年度	2	2	5	9	
フェーズ 3	2019(令和1)年度	2	2	8	12	
	2020(令和2)年度	0	3	11	14	YouTube Ch開設 ネット広告実施
	2021(令和3)年度	0	0	2	2	2021年9月末まで
合 計		18	31	116	165	

B イノベーションが連続的に創出される自立的なプラットフォーム構築に向けた活動実績

1 自立的なイノベーション・プラットフォームの構築について

また、2020（令和2）年度より、成果を広めるために、YouTubeでの動画配信や社会実装したものを普及させるためにネット広告を行った。

YouTubeには、現在10件の動画をアップしている。当COI拠点の成果や取り組みをまとめたものの他、下記の動画をアップしている。

- ・楽しくオムツを卒業「トイレトレーニングアプリ」
- ・フィルム型太陽電池装着の災害用テント
- ・マイクロ波によるセンサ給電システム
- ・非接触見守りセンサ
- ・「トイレトレーニングアプリ」最新情報
- ・歩行学習支援ロボット
- ・無線電力伝送システム 巡回型インフラモニタリングシステム
- ・切り貼り可能なフィルム型太陽電池



当COI拠点のYouTubeチャンネル

また、ネット広告は、社会実装や実証試験を行っている研究開発課題に希望者を募り、「子育てAI」、「育児サポート」、「iPS細胞自動培養装置」の3商品をYahoo広告やGoogle広告を行った。その結果、下記となっている。

子育てAI	表示回数	8,310,684	リンクのクリック数	11,479
育児サポート	表示回数	8,416,971	リンクのクリック数	7,232
iPS細胞自動培養装置	表示回数	1,721,092	リンクのクリック数	6,429



ネット広告例

B イノベーションが連続的に創出される自立的なプラットフォーム構築に向けた活動実績

1 自立的なイノベーション・プラットフォームの構築について

4) 展示コーナーなどを活用した来訪者へのアウトリーチ活動

京都大学国際科学イノベーション棟1階に設置しているC0I展示コーナーは、2017（平成29）年度より訪問者に公開し、さらに当C0I拠点の見学者を案内して、新たな連携やアウトリーチ活動に貢献した。隣には、誰でも利用可能なラウンジがあり、学生や訪問企業などが待ち合わせや休憩に利用しており、その際に見学できるようになっている。また、フェーズ2での大幅な見直しに合わせて、平成29年5月にリニューアルし、引き続き、見学者を迎えて、拠点活動の情報発信を行っている。



C0I 拠点展示コーナー

特に、海外からの見学者も多く、ポルトガル首相、スウェーデン高等教育・研究担当大臣はじめ、デンマークのコペンハーゲン市やオーフス市の視察団、欧州企業経営者視察団、ASEAN 若手行政官、マレーシア保健省の医師・看護師視察団、中国科学院視察団、中国精華大学、北京大学など多くの訪問を受け、本拠点活動をPRした。



ポルトガル首相来訪



「コペンハーゲン市視察団」見学

国内では経済同友会、文部科学省、JST サイトビジットなどが見学した。また、京都大学オープンキャンパスでも、高校生の見学を受け入れ、将来の研究者への動機づけを行った。見学者の推移を下表に示すが、見学者総数は1,375名、うち海外は269名である。新型コロナウイルスの蔓延により、残念ながら、2020（令和2）年度からは見学者はいない。

C0I プログラム終了後も当C0I拠点の成果を展示し、アウトリーチ活動を継続する。



「経済同友会」見学



京都大学オープンキャンパス

B イノベーションが連続的に創出される自立的なプラットフォーム構築に向けた活動実績

1 自立的なイノベーション・プラットフォームの構築について

展示コーナーの見学者の推移

	見学者数	備 考
2015(平成27)年度	178	国際科学イノベーション棟竣工 展示コーナー開設
2016(平成28)年度	362	オープンキャンパス見学含む
2017(平成29)年度	137	展示コーナーリニューアル
2018(平成30)年度	322	オープンキャンパス見学含む
2019(令和1)年度	376	オープンキャンパス見学含む
2020(令和2)年度	0	新型コロナウイルスにより 見学者なし
2021(令和3)年度	0	
総合計	1,375	内、海外269名

2 企業等のリソース提供

2.1 次代を担う若手等の多様な人材の育成・活躍促進の状況

2.1.1 若手連携研究ファンドの成果

平成 29(2017)年度より、社会実装に向けた研究開発を加速するため、若手研究者を対象としてビジョン横断的または拠点横断的な研究開発連携の活性化のため、また従来の枠に納まらない斬新で柔軟な発想や、これまでの常識を超える発想、異分野・異業種との対話等を実行する行動力を有する若手研究者が、研究企画から主体となって連携研究を行う支援制度として若手連携研究ファンドが JST 主催で実施され、本拠点でも以下のテーマについて他拠点と連携して取り組んだ。

- 2.1.1.1 テーマ：低侵襲脳卒中治療を目指した、患者と医療者に優しいバイオエンジニアリング技術に関する基盤研究
連携先：東京大学 COI 拠点「自分で守る健康社会拠点」
開発期間：平成 29(2017)年度～平成 30(2018)年度
- 2.1.1.2 テーマ：マイクロ波給電によるウェアラブルマルチセンシングシステムの開発
連携先：山形大学 COI 拠点「フロンティア有機システムイノベーション拠点」
開発期間：平成 29(2017)年度～平成 30(2018)年度
- 2.1.1.3 テーマ：細胞プリントによる組織構築を目指した細胞の固定結合法の開発
連携先：川崎市産業振興財団 COI 拠点
「スマートライフケア社会への変革を先導する
ものづくりオープンイノベーション拠点」
開発期間：令和元(2019)年度
- 2.1.1.4 テーマ：3D 組織構築を目指した細胞の結合固定による多層培養法の確立
連携先：川崎市産業振興財団 COI 拠点
「スマートライフケア社会への変革を先導する
ものづくりオープンイノベーション拠点」
開発期間：令和 2(2020)年度
- 2.1.1.5 テーマ：機能性ナノ材料を活用した新規センシング応用に向けた基盤技術開発
連携先：山形大学 COI 拠点「フロンティア有機システムイノベーション拠点」
開発期間：令和元(2019)年度
- 2.1.1.6 テーマ：次世代がん特異的治療法の開発に向けた基盤研究
連携先：弘前大学 COI 拠点
「真の社会イノベーションを実現する革新的「健やか力」創造拠点」
開発期間：令和 2(2020)年度
- 2.1.1.7 テーマ：休止期がん幹細胞の薬剤感受性試験の社会実装に向けた基盤研究
連携先：東北大学 COI 拠点「さりげないセンシングと日常人間ドックで
実現する自助と共助の社会創生拠点」
開発期間：令和 3(2021)年度
- 2.1.1.8 テーマ：人工知能を用いた低侵襲な次世代がんバイオマーカーの開発に向けた基盤研究
連携先：弘前大学 COI 拠点
「真の社会イノベーションを実現する革新的「健やか力」創造拠点」
開発期間：令和 3(2021)年度

2 企業等のリソース提供

2.1.1.1 低侵襲脳卒中治療を目指した、患者と医療者に優しいバイオエンジニアリング技術に関する基盤研究

拠点課題名：患者と医療者に優しい低侵襲血管内治療イメージングの開発

課題代表者（氏名、所属、役職）	： 藤本裕之 京都大学 放射性同位元素総合センター助教
連携先課題代表者（氏名、所属、役職）	： 寺村裕治 東京大学 工学系研究科 准教授
研究開発実施期間	： 平成 29 (2017) 年度～平成 30 (2018) 年度

(1) 概要

超高齢化が進む我が国において、脳梗塞、脳出血や脳動脈瘤などの脳血管疾患の患者数は増加傾向にある。これまでに、カテーテル治療による高度医療技術により、患者の負担が少ない低侵襲な治療法が開発されてきた。他方、医療者側は、訴訟リスク、長時間労働、放射線被曝など負担が増加し続けているのが現状である。本連携研究では、次世代の脳血管内治療を提案・開発して、患者と医療者に優しい低侵襲脳血管内治療を目指し、持続可能な医療体制を目指す（京都大学拠点の概要）

脳動脈瘤に特異的に集積するナノ粒子を作製し、薬剤（スタチンが候補物質）を脳動脈瘤の血管内皮細胞のみに徐放させて、動脈瘤壁の強化を引き起こし、破裂の予防を行うことを目指す。

(2) 成果

アミノ基と共有結合する活性エステル基を側鎖に有するメタクリル酸エステルモノマー (*p*-Nitrophenyl oxycarbonyl oligo(ethylene glycol) methacrylate (MEONP)) を合成し、リン脂質モノマー (2-Methacryloyloxyethyl phosphorylcholine (MPC))、疎水性モノマー (*n*-Butyl methacrylate (BMA)) および MEONP を用いて、三元ランダムコポリマー (poly (MPC-*co*-BMA-*co*-MEONP) (PMBN)) を合成した、その際のモノマーユニットのモル組成は、0.6/0.3/0.1 (PMBN631) または 0.4/0.5/0.1 (PMBN451) である。本ポリマーを用いて蛍光分子を内包したナノ粒子を作製した。蛍光分子として量子ドット (QD) を用いた。上記で得られた蛍光ポリマーナノ粒子の *in vivo* での有用性を検討した。検討にはマウスでの蛍光を観察可能な IVIS Spectrum を用いた。QD 波長 520 nm、620 nm それぞれが内包されたナノ粒子についてマウス皮下での透過性を評価した。その結果 520 nm の粒子よりも近赤外光である 620 nm の粒子について透過性が良く今後の *in vivo* での利用に有用であることが分かった。

2.1.1.2 マイクロ波給電によるウェアラブルマルチセンシングシステムの開発

拠点課題名：人体に貼り付け可能な薄型受電アンテナの開発

課題代表者（氏名、所属、役職）	： 篠原真毅 京都大学 生存圏研究所 教授
連携先課題代表者（氏名、所属、役職）	： 松井弘之 山形大学 有機材料システム研究科 准教授
研究開発実施期間	： 平成 29 (2017) 年度～平成 30 (2018) 年度

(1) 概要

高齢化に伴う医療・介護費の増加や職場ストレスによる心の病の増加が社会問題となっている。そのような問題に対し、IoT 技術の一つであるウェアラブルデバイスを利用した健康管理は、体温・脈拍・血圧・汗などの測定によって高齢者や乳幼児をさりげなく見守ったり、こまめかつ客観的にストレスを評価することが可能になる技術と期待される。その際、最大の課題は電源であり、安全性や安定性、電池交換や充電の問題を解決すると同時に、できる限り薄型でフレキシブルな電源を開発する必要がある。本連携研究では、山形大学 COI 拠点が保有するウェアラブルセンサ技術と京都大学 COI 拠点が保有するマイクロ波給電技術を融合し、安全で半永久的に使用可能な電池レスウェアラブルセンシングシステムの実現を目指す（京都大学拠点の概要）

ウェアラブルセンサの電源供給の課題に対し、マイクロ波給電技術による電池交換・充電が不要なウェアラブルセンシングシステムの実現を目指す。

2 企業等のリソース提供

(2)成果

- ① 薄型かつ高効率であるとともに、人体へ密着可能な新たなアンテナ構造を検討し、電磁界解析により人体影響の評価を行った。結果、アンテナ厚みは4mm(従来の1/2)、放射効率は91.4%、人体上では効率は低下するものの、69.1%と目標の50%以上を達成することができた。(図2-1)

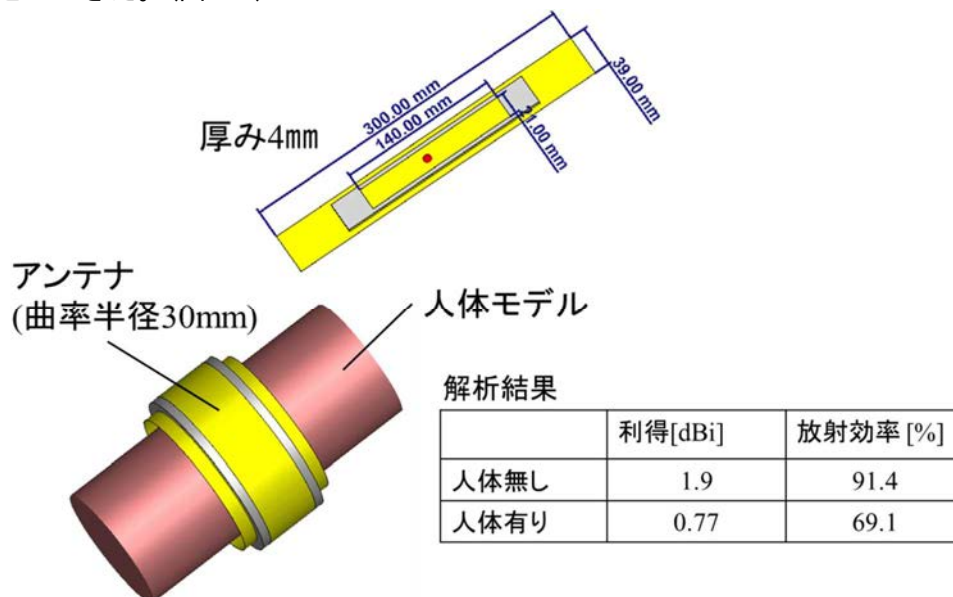


図 2-1 電磁界解析モデルと結果

- ② 検討したアンテナ構造を実現するため、低損失なアンテナ基材を調査した。その中で、PTFE 材料を延伸させることで空隙率を高めた PTFE シートを候補とし、誘電率、誘電正接を評価した結果、誘電率 1.29、誘電正接 0.00004 となり、空気(誘電率 1、誘電正接 0)に近い非常に低損失な材料であることが確認できた。この材料を用いてリストバンド型アンテナを試作し、放射性能の評価を行った結果を図 2-2 に示す。利得、放射効率ともに測定結果と解析結果がよく一致し、設計通りのアンテナを製作できていることが確認できた。



図 2-2 アンテナ試作結果

2 企業等のリソース提供

2.1.1.3 細胞プリントによる組織構築を目指した細胞の固定結合法

拠点課題名：細胞の固定結合のための細胞膜修飾法の開発

課題代表者（氏名、所属、役職）	樋口ゆり子 京都大学 薬学研究科 講師
連携先課題代表者（氏名、所属、役職）	武元弘泰 東京工業大学 科学技術創成研究院 生命科学研究所 助教
研究開発実施期間	令和元(2019)年度

(1) 概要

官能基特異的に細胞を基盤に配置固定する方法の確立を目的とする。細胞膜に異なる2種類の官能基をコーティングし、それぞれの官能基と特異的に結合する官能基をカバーガラスにコーティングする。水溶液中でカバーガラスと細胞を反応させて固定する。

（京都大学拠点の概要）

細胞に非天然の反応性官能基を導入し、基板上に細胞を固定し、さらに固定された細胞の機能評価を行う。

(2) 成果

ディッシュ上に播種した細胞に対して、膜上に2種類それぞれ異なる官能基をコーティングできた。コーティングした細胞を *acutase* を用いて剥離した後も膜上に官能基が残っていることを確認した。カバーガラスに対して、異なる2種類の官能基をそれぞれ異なる密度でコーティングできた。異なる2種類の官能基をそれぞれコーティングしたカバーガラスを1つのウェルに入れて、それぞれに対応する官能基のいずれかをコーティングした細胞の混合液を添加したところ、それぞれの官能基の組合せに対して選択的に細胞が結合した。以上、反応性官能基特異的に細胞を配置固定できた。

2.1.1.4 3D 組織構築を目指した細胞の結合固定による多層培養法の確立

拠点課題名：細胞の結合固定による細胞の多層化に向けた培養法の確立

課題代表者（氏名、所属、役職）	樋口ゆり子 京都大学 薬学研究科 准教授
連携先課題代表者（氏名、所属、役職）	武元弘泰 東京工業大学 科学技術創成研究院 生命科学研究所 助教
研究開発実施期間	令和2(2020)年度

(1) 概要

近年、3D 組織培養の研究が脚光を浴びている。組織を構成する複数種類の細胞を立体的に培養することで、体外で体内と同じような機能を有する微小組織を再現しようとするものである。この技術の先には、機能を保持する微小組織を使って、医薬品候補化合物のスクリーニングを行えば体内における治療効果や毒性をわずかな化合物で評価することができ、医薬品開発の効率化や開発費用の低減に繋がる。また、患者から採取した細胞を用いて構築した微小組織は、患者のタンパク質発現に合わせた個別化医療へも繋がる。さらに、将来的には、移植用組織を構築することも夢ではない。本連携研究では、前年度に確立した細胞の配置固定法を利用して、細胞を多層培養することを目的とする。細胞の表面修飾技術を応用して、細胞—基盤、細胞—細胞を共有結合で固定する技術を確認し、最終的には基板上に複数種類の細胞を思いどおりに配置し、体外における微小組織の構築を目指す。

（京都大学拠点の概要）

細胞に非天然の反応性官能基を導入し、基板上に細胞を固定し、さらに固定された細胞の機能評価を行う。

(2) 成果

前年度の手法で1層目の上に2層目の細胞を培養したところ、共有結合することは確認できたが、2層目に固定できる細胞の密度が5割程度以上にあげることができなかった。細胞の代謝標識でコーティングした官能基が代謝より減少することが原因であると考え、2層目の細胞に1層目細胞膜上の抗原に結合する抗体を修飾することにした。この手法により、2層目に固定される細胞密度を8～9割にあげることができた。また、複数の細胞を2層目に思い通りに配置するた

2 企業等のリソース提供

めに、1層目の細胞に細胞が固定できないように PEG 鎖を結合させ、PEG 鎖のないエリアに2層目の細胞を固定した後、PEG 鎖を酵素で切り出して別の細胞を固定する方法を考えた。末端に細胞膜と共有結合する官能基をもち、PEG 鎖の根元に酵素切断配列を配したポリマーを設計、合成した。このポリマーを固定した後、酵素で PEG を切り出せることを確認した。以上、複数の異なる種類の細胞を2層目に配置するための方法論の確立および2層目への細胞の固定に成功した。

2.1.1.5 機能性ナノ材料を活用した新規センシング応用に向けた基盤技術開発

拠点課題名：1) 銀ナノパターンを利用した光熱流体駆動技術の開発

2) 銀ナノインクを使った光による温度・ストレスマーカー計測

課題代表者（氏名、所属、役職）	1) 名村今日子 京都大学 工学研究科 助教 2) 栗山怜子 京都大学 工学研究科 助教
連携先課題代表者（氏名、所属、役職）	熊木大介 山形大学 有機材料システム研究本部 准教授
研究開発実施期間	令和元(2019)年度

(1) 概要

「いつでも、どこでも、誰にでも、簡単・正確に測定できる高感度・高性能なオール光化ヘルスケアセンサの開発」である。「オール光化ヘルスケアチップ」は小型チップ状のセンシングデバイスであり、汗や唾液、尿などをはじめとする生体サンプルを分析することで、日常生活における心身の健康状態を簡便にモニタリングする。最大の特徴は、「ナノ材料」を利用することで、サンプルの駆動、攪拌、検出を全て「光」で行う点にある。

目標達成のために、(1)銀ナノパターンを利用した光熱流体駆動技術の開発、(2)銀ナノインクを使った光による温度・ストレスマーカー計測、(3)新規センシング応用に向けた銀ナノパターンおよび機能性銀ナノ粒子の開発の3つの研究課題を設定し、取り組んだ。

(京都大学拠点の概要)

1. 銀ナノパターンを利用した光熱流体駆動技術の開発
 - ・銀ナノパターンを用いたマイクロバブルの生成と対流発生の確認。
 - ・銀ナノパターンの異方性がバブル周辺の対流の向きに与える影響の解明
2. 銀ナノインクを使った光による温度・ストレスマーカー計測
 - ・銀ナノインクによる蛍光・ラマン信号の増幅効果の評価ならびに銀ナノ粒子の課題抽出
 - ・銀ナノインクを用いた温度・ストレスマーカー測定

(2) 成果

1. 銀ナノパターンを利用した光熱流体駆動技術の開発
 - ・「銀ナノパターンを用いたマイクロバブルの生成と対流発生の確認」について
これを達成することができた。山形大学の銀ナノインク印刷技術を用いて印刷パターンを用意し、この上に水を滴下し、レーザー光(135 mW)を照射したところ、銀ナノ粒子の光熱変換特性によって水が局所的に加熱され、マイクロバブルが生成した。このバブル周辺に、0.1 mm/s 程度のマランゴニ対流を発生することに成功した。この対流は、測定したい物質をレーザー照射点近傍に集めるのに有用であると考えられる。さらに、同じ試料を用いて、表面増強ラマン散乱を用いた標的物質の検出を行うことにも成功した。つまり、この銀ナノインク印刷パターンは、流体駆動および表面増強ラマン散乱を用いたセンシングの両方のプラットフォームとして期待できることがわかった。
 - ・「銀ナノパターンの異方性がバブル周辺の対流の向きに与える影響の解明」について
その原理確認に成功した。まず、光熱変換薄膜パターンを使った流れの方向制御の原理確認を行うために、FeSi₂ 薄膜を光熱変換薄膜に使用した。その結果、薄膜上で水蒸気バブルを生成し、20 mm/s 以上の速い流れを発生することに成功した。さらに、リフトオフ法で作成された薄膜パターンを用いることで、薄膜形状を反映して流れの方向が変化することを明らかにした
 - ・「銀ナノインクによる蛍光・ラマン信号の増幅効果の評価」について

2 企業等のリソース提供

おおむね達成できた。まず山形大学作製の銀ナノインクおよび市販の銀ナノ粒子の特性を評価するため、水やエタノールに添加し吸光度測定を行った。直径 10nm および 100nm 市販銀ナノ粒子は水中で分散し、それぞれ～400nm、400～600nm の付近に大きな吸光度を持つことが分かった。また、山形大学の銀ナノインク(直径 15nm)はエタノール中で小塊を形成した状態で安定的に分散し、400～700nm という幅広い波長帯において増幅効果が期待できることが分かった。

・「銀ナノインクを用いた温度・ストレスマーカー測定」について

本格的に取り組むには至らなかったが、今後上記の銀ナノ粒子開発を具体的に進めて増幅効果を高めることにより、温度・ストレス測定の感度向上も実現されると考えている。

2.1.1.6 次世代がん特異的治療法の開発に向けた基盤研究

拠点課題名：腫瘍血管内皮細胞を標的にした革新的抗がん剤治療の創出

課題代表者(氏名、所属、役職)	野本元裕 京都大学 医学研究科 准教授
連携先課題代表者(氏名、所属、役職)	米山 徹 弘前大学 医学研究科 助教
研究開発実施期間	令和2(2020)年度

(1) 概要

従来のがん化学療法に変わる、より患者に優しい次世代がん治療法の創出。がん治療の中核を担うのは、がん化学療法である。現行のがん化学療法が抱える問題点の一つに、細胞毒性の強い薬剤を全身投与せざるを得ないことが挙げられる。副作用を軽減し高い抗腫瘍効果を得るためには、薬剤の組織内濃度を高める drug delivery system(DDS)の工夫が有効である。弘前 COI 拠点で開発を進めている「がん特異的中性子捕捉療法」および京都 COI 拠点で開発を進めている「がん特異的抗がん剤治療」を融合することで、患者の QOL を損なうことなく局所治療、転移巣に対する治療を行うことで両者の利点を最大限に活かし、かつ欠点を補う治療法の創出を試みる。本連携により、将来的に医療分野での革新的ながん治療の創出が弘前および京都の各拠点の共通ビジョンである少子高齢化先進国としての持続性確保の一つとして寄与することが期待される非常に実現性の高い研究。

(京都大学拠点の概要)

1. 生体内で安定かつアネキシン A1 に対して高親和性を示す新規 D 体環状ペプチドの取得
2. ガドリニウム MRI 造影剤を用いた、ペプチド-抗がん剤コンジュゲートの腫瘍標的活性評価

(2) 成果

弘前 COI では、2 種類の腫瘍血管標的ペプチド-Gd 造影剤の腫瘍集積効果を検討し、そのうち、1 種類のペプチド-Gd 造影剤にて、腫瘍特異的造影効果を認めた。京都 COI では、生体内で安定な環状 D 型ペプチドによる腫瘍血管特異的分子アネキシン A1 に対する標的ペプチド配列のスクリーニング実施し、複数の特徴的配列を得たが、残念ながら、アネキシン A1 に特異的に結合する配列は得られなかった。スクリーニング条件の検討が必要と考えられた。両拠点で得られた研究成果の優位性は、従来、中性子捕捉療法および抗がん剤治療では、困難であったイメージガイド下で腫瘍特異的ながん治療法による Theranostics を達成できる点である。

2.1.1.7 休止期がん幹細胞の薬剤感受性試験の社会実装に向けた基盤研究

拠点課題名：初代がん三次元培養を用いた大腸がん幹細胞の代謝的多様性の解明と応用

課題代表者(氏名、所属、役職)	小沼邦重 京都大学 医学研究科 博士研究員
連携先課題代表者(氏名、所属、役職)	梨本裕司 東北大学 学際科学フロンティア研究所 助教
研究開発実施期間	令和3(2021)年度

(1) 概要

がんが治療困難な疾病である大きな理由の一つは、治療耐性と再発が起きることにある。がん組織の中でも、治療抵抗性で再発の元となる細胞は、がん幹細胞(CSC)と呼ばれ、ここでは、

2 企業等のリソース提供

CSC を、継代可能なスフェロイド形成能と造腫瘍能を持つ細胞と定義する。本研究では、がんの再発の大きな原因となっている CSC、特に slow-growing CSC（タイトルにある休止期がん幹細胞と同義）を代謝活動を指標にして、簡便に分離培養する技術を開発する。slow-growing CSC の分離培養は、創薬スクリーニングや、患者ごとに個別化した感受性試験に革新的な進歩をもたらす。がんは日本における死因の第一位であり、本研究は「がんの治療抵抗性と再発」という健康上の社会的課題の解決に資するものである。分離培養は既に可能になっているが、現時点では煩雑な操作が必要である。応用には、より簡便な方法が求められる。東北大学では、簡便に分離培養を行うための代謝計測技術を開発し、京都大学では東北大の技術ベースとした slow-growing CSC の分離培養法を確立する。本研究課題は、COI 東北拠点のヘルスケアのセンシング技術を、CSC の評価へ拡張し、COI 京都拠点が掲げる、「あらゆる人々に安心をもたらす社会」のビジョンの実現を目指す研究課題と位置付けられる。

（京都大学拠点の概要）

大腸がん腫瘍検体から CTOS（がん細胞塊）を調製・培養する。これまでに、CTOS は異なる増殖状態のがん幹細胞からなることを明らかにし、そのうち slow-growing CSC の分離培養に成功している。フラックスアナライザーおよび東北大学の開発する計測プラットフォームを用いて、分離培養した slow-growing CSC 由来スフェロイドの酸素、糖代謝を計測して、その代謝状態を明らかにする。fast-growing CSC と比較して、slow-growing CSC は酸素消費も糖代謝も低いと予想される。応用として、個々の非分離 CTOS の酸素、糖代謝を計測することで、slow-growing CSC 由来 CTOS を、短期間に正確に識別できるかどうか検討する。細胞死に至る細胞を多数含んだ細胞塊と区別するに、画像や代謝閾値などを統合した選別法を確立する。slow-growing CSC は治療抵抗性なので、これを感じ性試験に供することで、治療薬の個別評価、新規薬剤の開発、個別化医療に発展させる。

（2）成果

〔Slow-growing stem cell の分離培養〕

CTOS は、患者腫瘍のがん細胞が持つ多様性と可塑性を保持している。我々は、これまでに、スフェロイド形成能を持つ細胞（CSC）が、2 相性の増殖能をもつ細胞集団であることを明らかにした。つまり、がん細胞は、幹細胞と非幹細胞に分かれ、さらに幹細胞は増殖能が顕著な幹細胞集団（fast-growing CSC）と、緩やかな細胞集団（slow-growing CSC）に分かれ、我々は、slow-growing CSC を分離培養することに成功した。slow-growing CSC は、継代しても維持される。申請した当初は、この現象を大腸癌 2 例のみで確認していたが、現在は異なる患者由来の大腸癌 14 例で確認しており、多くの大腸癌に共通した現象であると考えられた。

〔Slow-growing stem cell の代謝特性〕

治療に対して、fast-growing CSC はむしろ高い感受性を示すが、slow-growing CSC は耐性であるため、代謝活動が異なる集団であると予想した。slow-growing CSC を分離培養し、集団としての酸素消費、グルコース消費、乳酸産生を測定した。その結果、Slow-growing stem cell は、Fast growing stem cell と比較して、糖代謝や酸素消費が低く、乳酸代謝が高かった。つまり、Slow-growing stem cell は解糖系をより多く使って増殖することを明らかにした。

〔Slow-growing stem cell 由来 CTOS の直接選別〕

分離培養には煩雑な操作と日数がかかる。応用上は、患者腫瘍から調製した CTOS から、Slow-growing stem cell 由来 CTOS を直接選別する必要がある。CTOS は元腫瘍で隣接していた細胞集団である。したがって、上記のスフェロイド形成能試験の結果から、患者腫瘍から調製した CTOS は、Fast growing stem cell、Slow-growing stem cell 由来、それらの混合（様々な混合比率で大多数）、の 3 群に分類されると考えられる。事実、CTOS 自身の増殖能には大きな幅がある。Slow-growing stem cell は小細胞集団として単離できる可能性があるが、Slow-growing stem cell 由来 CTOS であるかどうかは、7 日間の培養の後でしか判定できない。そこで、上記の研究で明らかにした「Slow-growing stem cell は解糖系をより多く使って増殖する」事実をもとにして、東北大学の代謝測定技術を用いて、個別の CTOS の代謝プロファイリングを行う。その後、7 日間の培

2 企業等のリソース提供

養後に増殖状態を判定し、測定結果と照合する予定である。現在、東北大学では代謝測定技術の検討により、細胞株を用いて 1 個の細胞塊の酸素消費量を計測することに成功している。細胞株を CTOS に置き換え CTOS ごとの酸素消費量が把握できれば、上記の研究計画が実行可能になる。

2.1.1.8 人工知能を用いた低侵襲な次世代がんバイオマーカーの開発に向けた基盤研究

拠点課題名：cfDNA を用いた次世代がんバイオマーカーの開発

課題代表者（氏名、所属、役職）	赤松秀輔 京都大学 医学研究科 泌尿器科 講師
連携先課題代表者（氏名、所属、役職）	岩村大径 弘前大学 医学研究科 泌尿器科 助教
研究開発実施期間	令和 3 (2021) 年度

(1) 概要

現行のがん診断は組織生検に代表されるように侵襲性が高く、また、早期発見や治療効果予測も十分とは言えない。そこで本連携研究では、リキッドバイオプシーを用いた低侵襲診断法の開発と、人工知能を用いて発がんおよび治療効果予測モデルの開発を行う。

（京都大学拠点の概要）

京都大学 COI 拠点では、血中遊離 DNA（cfDNA）を用いた診断・治療効果予測バイオマーカーの開発を行う。具体的には、がんの治療経過で経時的に採取された cfDNA を用いてターゲットシーケンスを行い、治療効果予測マーカーの同定と、治療耐性クローンの特徴を抽出する。最終的には弘前大学 COI 拠点での糖鎖解析の結果と本拠点で得られた遺伝子異常プロファイルを用いて統合し、新たなバイオマーカー開発を行う。

(2) 成果

現在、去勢抵抗性前立腺癌 15 例程度の治療開始前、治療耐性獲得時の症例が集積しており cfDNA 解析を進めている。今年度中に遺伝子異常プロファイルと同定し、治療効果予測マーカーと治療耐性クローンに特徴的な遺伝子異常を同定する予定である。また、その結果を弘前大学 COI 拠点へ送り、糖鎖解析の結果と統合する予定である。

研究開発資金

2 企業等のリソース提供

2.1.2 若手フェージビリティスタディ（FS）研究の成果

平成 30(2018)年度～令和元(2019)年度の 2 年間、拠点独自の取組として、本拠点に参画する若手研究者以外に、COI に参画していない分野の研究者も含め、多様な人材の活躍促進を目的に、小規模な研究活動（FS 研究）の取組を行った。優れた取組テーマは、次年度以降から研究開発テーマとして採択した。取組テーマは以下の通り。

- 2.1.2.1 テーマ：高齢化社会に向けた、生体模倣人工骨格筋組織構築・評価技術の開発
開発期間：平成 30(2018)年度
- 2.2.2.2 テーマ：非天然管能基を表出させた細胞による細胞の人工的配置法の開発
開発期間：平成 30(2018)年度
- 2.2.2.3 テーマ：“動く遺伝子”を活用した高タンパク質含量米の開発
開発期間：平成 30(2018)年度～令和元(2019)年度
- 2.2.2.4 テーマ：革新的大豆食品開発
開発期間：平成 30(2018)年度
- 2.2.2.5 テーマ：FSA 塩濃厚水系電解液を用いた電気二重層キャパシタの開発
開発期間：令和元(2019)年度
- 2.2.2.6 テーマ：「子育て教習所」構築の取組
開発期間：令和元(2019)年度

2 企業等のリソース提供

2.1.2.1 高齢化社会に向けた、生体模倣人工骨格筋組織構築・評価技術の開発

課題代表者（氏名、所属、役職）：堀江正信 京都大学 RI センター 助教

(1) 概要

骨格筋の最も重要な機能は収縮して力を発生することである。しかし、生体内と同等の骨格筋組織を分化誘導して、収縮力を発揮する成熟した三次元筋組織を作製する方法は確立されていない。本研究では、近年開発した自己組織化人工骨格筋構築技術を基盤として、生体内と同等に近い三次元骨格筋組織を構築し、薬剤などの効果を評価するためのプロセスを開発する。

(2) 成果

筋芽細胞を適切な柔らかさおよびコートの面で培養することで自己組織化を誘導し、筋組織を構築することに成功した。電気刺激装置に関しては、非常にシンプルな構成であるが、十分に細胞への電気刺激ができることを確認した。ひずみ計張力測定装置については、構成自体はある程度完成したもの、実際の張力測定までには至っていない。

2.1.2.2 非天然官能基を表出させた細胞による細胞の人工的配置法の開発

課題代表者（氏名、所属、役職）：樋口ゆり子 京都大学 薬学研究科 講師

(1) 概要

近年、複数種類の細胞を共培養したり、シート状に培養した複数種類の細胞を重ねたりすることにより 3D 培養で組織を人工的に構築する方法が開発されている。これらは、再生医療だけでなく、薬物やサプリメントのスクリーニングに有効なツールとなり得る。しかし、これらの方法は、細胞が持つ潜在的な能力や、細胞同士のシグナル伝達により、細胞が自由に移動して分化することで、自然と組織の構造体を構築するのを待たなければならず、作製ロットごとに組織構造が異なる。本取り組みでは、均一な構造を持つ 3D 組織片の構築を目指し、複数種類の細胞分布を人工的にデザインする方法を構築することを目的とする。

(2) 成果

複数種類の細胞分布を思い通りに配置し人工的にデザインする方法の構築を目的に、まず、間葉系幹細胞の細胞膜表面に非天然の分子 A' を修飾する方法を確立した。A' と特異的に認識して結合することが知られており、カバーガラスの上に A' をコーティングした。A-PEG をコーティングした箇所においてのみ alexafluoro488 由来の蛍光シグナルが検出された。したがって、A がカバーガラス上にコーティングされ、その A が A' と結合することが確認できた。

そこで、A' を修飾した GFP 発現間葉系幹細胞を A または methylated PEG をコーティングしたガラス上に添加し、30 分インキュベートした後、PBS で未接着の細胞を除去し、蛍光顕微鏡で観察したところ、A をコーティングしたガラス上には細胞が認められたが、methylated PEG をコーティングしたガラスには細胞は確認できなかった。さらに、A をコーティングしたガラスに A' を修飾していない細胞を添加した場合も、methylated PEG をコーティングしたガラスに A' 修飾細胞を添加した場合も、いずれの場合も細胞は確認できなかった。以上の結果より、細胞膜上に修飾された A' とガラス上の A の反応により、A' 修飾細胞をガラス上に固定できることが明らかとなった。通常の細胞が接着しないような短時間のインキュベーションでも、細胞をガラス上に固定できた。A' および A の組合せの代わりに、B' および B の組み合わせで、細胞に B' を修飾し、カバーガラスに B をコーティングすることで、B および B' の反応により細胞をカバーガラス上に固定できることも確認した。2 組の特異的に認識結合する組合せの分子を、細胞膜またはカバーガラスに修飾し、それぞれの組合せの反応を介して、細胞をカバーガラスに固定する方法を確立した。

この取り組みは、JST 若手連携研究ファンド（令和元(2019)年度～令和2(2020)年度に採択された。

2 企業等のリソース提供

2.1.2.3 “動く遺伝子”を活用した高タンパク質含量米の開発

課題代表者（氏名、所属、役職）：吉川貴徳 京都大学 農学研究科 助教

(1) 概要

食物から適切なタンパク質を摂取することは、成長期の小児から高齢者に至るまでのすべての国民の健康維持に必要不可欠である。

食料自給率 39%の我が国において、米（イネ）は栽培法が確立され、最も機械化が進んだ安定的に 100%自給できる作物である。米は約 80%が炭水化物（デンプン）であり、主食として高い利用価値を有する一方、タンパク質含量は 7~8%と低い。したがって、米のタンパク質含量を高めることは安定的なタンパク源を創出し、我が国のみならず世界の栄養失調や健康問題に対する一助となることが期待される。本研究は誰もが高い QOL を実感し、安心して健康に過ごすことができる社会の実現を目的に、申請者が世界で初めて発見した活性型転移因子“mPing (miniature Ping)”を用いてイネ種子中タンパク質含量向上の可能性を検討する。

(2) 成果

高タンパク質含量米を育成するためにはタンパク質含量を向上させる遺伝的変異を創出し、タンパク質含量の高い育種母本へ導入したのちに分子マーカーを用いたマーカー選抜育種が有効であると考えられる。そこで、まずは遺伝的変異を創出するため、“動く遺伝子”として知られる転移因子（トランスポゾン）が高頻度で転移する EG4 系統を用いて総タンパク質含量に関するスクリーニングを行なった。その結果、多くの系統はタンパク質含量が 8%前後の値を示したが、14%以上の値を示した系統を 14 系統得ることができた。平成 30(2018)年度に EG4 系統よりタンパク含量で選抜した 21 系統を実験圃場で栽培し、各系統より 3 個体（3 反復）ずつタンパク含量の定量を行なった。その結果、EG4 系統の対照区は系統平均値 6.56%~6.99%で分布していたのに対し、選抜系統は系統平均値 6.61~7.91%で分布しており、対照区より明確にタンパク含量の高い系統を得ることができた。

令和 2(2020)年度より、研究開発テーマ「スマート栄養食」、研究開発課題「スマートライスの開発」として、採択され、(株)神明と共同研究開発を継続。

2.1.2.4 革新的大豆食品開発

課題代表者（氏名、所属、役職）：中川究也 京都大学 農学研究科 准教授

(1) 概要

大豆たんぱくを利用して、肉の食感および味を有する大豆ミート（肉様食品）を製造する。豆乳を原料として、凍結乾燥により繊維状構造体を作製する。また、大豆たんぱくを外殻とするマイクロカプセルを調製し、油脂およびうまみ成分を封入する。繊維状構造体にマイクロカプセルを浸潤させることで新規肉様食品を創出する。油脂に生理活性物質を添加することで、以下のような特徴および機能性の付与を目指す。

- ・植物性の肉様食品（ベジタリアン対応、ハラル認証対応可）
- ・ローカロリーでありコレステロールフリー
- ・イソフラボン、DHA 等の機能性成分を含有し、健康増進効果を有する肉様食品

(2) 成果

ブイヨンとパーム油から W/O エマルションを形成し、油脂への肉汁の取り込みを図った。豆乳とオリーブ油からなるエマルションを作製し、その性質を評価することができた。一方、肉汁の取り込みは実現できなかった。

マイクロカプセルを凍結乾燥し、油脂・旨味含有粉末を得る。この粉末をレオメータでの分析に供し、油脂および旨味の漏出度を測定することについては、エマルション凝固体を作製することに成功した。旨味成分の封入は実現しなかったが、凝固体のレオメータでの分析を通じて、凝固体の肉様食品原料への可能性が示唆された。

凝固技術をもとに、肉様大豆食品の実現に向け、令和元(2019)年度より、研究開発テーマ「スマート栄養食」、研究開発課題「スマート大豆食品の開発」として、採択され、大塚食品（株）と共同研究開発を継続。

2 企業等のリソース提供

2.1.2.5 FSA 塩濃厚水系電解液を用いた電気二重層キャパシタの開発

課題代表者(氏名、所属、役職): 近藤靖幸 京都大学 地球環境学堂 特定助教

(1) 概要

電気二重層キャパシタ (EDLC) は長寿命であり高速充放電が可能な蓄電デバイスとして、メモリーバックアップ用電源、乗用車等へのエネルギー回生等の広い用途に利用されている。京都大学 COI では歩行学習支援ロボット用電源として着目しており、電源用 EDLC パック重量を従来品の 1/5 に軽量化することを目指している。そのためには EDLC のエネルギー密度を向上させることが必要となる。

本研究では TFSA アニオンよりも小さいアニオンである bis(fluorosulfonyl) amide アニオンのアルカリ金属塩を高濃度溶解させた水溶液に着目、NaFSA 濃厚水系電解液は LiTFSA 濃厚水溶液と比較して粘度も低く、伝導度についても高い値を示した⁶⁾ため、電極の比容量が増大することや出入力特性が向上することが期待され、高エネルギー密度を有する水系 EDLC 用電解液として利用することを考えた。濃厚水系電解液としては NaFSA 単独の飽和水溶液だけではなく、より水の活量が低下する二種類の電解質塩 (bi-salt) を高濃度溶解させた水溶液についても検討する。それら全ての電解液系を検討することにより、本研究では FSA 塩濃厚水溶液を用い、高作動電圧と高容量、高出入力特性を有する濃厚水系 EDLC を開発することを目的とした。

(2) 成果

1) NaFSA 塩濃厚水溶液の物性解析

交流インピーダンス測定によるイオン伝導度測定、ラマン分光測定、サイクリックボルタンメトリー測定による電位窓測定を行った。その結果、イオン伝導度測定におけるナイキストプロットからは 37 mS cm^{-1} という従来の有機系電解液 (13 mS cm^{-1}) や LiTFSA 塩濃厚水溶液 (10 mS cm^{-1}) よりも 3 倍程度高い値となり、出入力特性に優れた EDLC を構築できることが示唆された。ラマンスペクトルからは濃厚水溶液に特徴的な比較的シャープなバンドが 3570 cm^{-1} 付近に見られ、ほぼすべての水分子がナトリウムイオンと相互作用していることが分かった。また電位窓測定では安定な電位領域が 2.7 V 程度あることが分かったため、2.7 V 程度の作動電圧を有する EDLC を構築できることが示唆された。

2) 三電極式セルを用いての NaFSA 塩濃厚水溶液中での正極および負極のキャパシタ特性

初めにパナソニック株式会社にて作製頂いたアルミ集電体を用いた活性炭合剤電極を作用極、対極に白金メッシュ、参照極に銀塩化銀電極を用いて三電極式セルを構築し、サイクリックボルタンメトリー (CV) 測定および定電流充放電測定を行った。集電体を正極側での腐食が起こりにくいチタン集電体に変更した活性炭電極を当研究室にて試作し、チタン箔を集電体に用いた場合は、正極側と負極側ともに直線的でかつ充放電効率も高い充放電曲線となり、正極側は開回路電位から 1.2 V (vs. Ag/AgCl) まで、負極側は -1.2 V (vs. Ag/AgCl) までそれぞれ安定な充放電が可能であることが分かった。また LiTFSA 塩濃厚水溶液中で得られたこれらのチタン集電体を用いた活性炭電極の充放電曲線と比べたところ、NaFSA 塩濃厚水溶液の方が内部抵抗による IR ドロップが小さく、より高い静電容量が得られることや正極と負極の容量バランスも比較的良いことが分かった。

3) 二電極式コインセルを用いての NaFSA 塩濃厚水溶液を用いた EDLC 特性

チタン集電体を用いた活性炭電極を正極と負極に用いて、二電極式のコインセルを構築し、定電流充放電測定を行った。NaFSA 塩濃厚水溶液を用いた場合は、2.6 V までのカットオフ電圧での充放電において、充放電効率の高い安定した充放電が可能であることが分かった。また三電極式セルの場合と同様に、内部抵抗による IR ドロップが小さく、高容量な EDLC が構築できた。対して、LiTFSA 塩濃厚水溶液を用いた場合は、2.6 V までの充放電は可能なものの、IR ドロップが大きく、容量も NaFSA 塩と比べて小さくなることが分かった。したがって、本研究から NaFSA 塩濃厚水溶液が高電圧水系 EDLC 用電解液として有用であることが分かった。

2 企業等のリソース提供

2.1.2.6 「子育て教習所」構築の取組

課題代表者（氏名、所属、役職）：萬代真理恵 京都大学 医学研究科 研究員

(1) 概要

産後鬱や孤立育児を防止し、親が健やかな状態で子育てに臨み、子供にとってよい養育環境を整えるため、産前から産後にかけて養育者を養育する教育啓発サービスの研究開発を行う。具体的には現状の両親学級で行われている赤ちゃんのお世話の How to だけでなく、その目的と最低ラインを教え自らの負担をコントロールできる知識をもち自律的に育児を行うことや、家族の発達段階とパートナーシップの重要性、支援の必要性を教育し、孤立育児を回避して共同養育を促す e-learning の開発を行うため、行われている産前教育の実態を知り課題を検討する。

(2) 成果

1) ユーザーインタビューでの価値検証

ユーザーインタビューでの価値検証では、プレパパ、プレママ、パパ、ママ合計 30 名にインタビューし、価値受容性を検証することで、育児の大変さを事前に知りたいというニーズを確認できた。

2) 専門家ヒアリングによる業界動向調査

専門家ヒアリングによる業界動向調査では 8 名の厚生労働省の子育て支援にかかわる専門家や NPO 子育てネットワーク理事、医師、研究者にインタビューを行い、業界でも産前教育に力を入れ、メンタルヘルスリスクなどを教える方向に動いていることがわかった。

3) 文献レビューによる既存の産前講座の現状把握

文献レビューによる既存の産前講座の現状把握を行った。この調査は医学中央雑誌 Web にて、「産前教育」「両親学級」「母親学級」に関する母親を対象とした原著論文で、2000-2019 年の文献を検索し該当文献を収集し内容分析を行ったものである。産後うつや育児不安の軽減を図るために、産前からの育児技術を習得することや具体的な支援を知ることへの教育は、とりわけ初産婦にとって重要であると考えられるなどその必要性は認識されているものの未だ充足はされていない現状が明らかになった。

4) 専門家ヒアリングによる効果的な産前教育の普及方法検討

前記 3 つの調査結果を踏まえ、効果的な産前教育の普及方法を検討するためには、伝えるメディアの選択も必要と考えられたため、コミュニケーションの専門家にヒアリングを行い、情報のタイミング、差別化、インセンティブの効用などアイデアの共有を得ることができた。目標の産前教育の現状と課題を探索することは今回の 4 つの調査で達成できたと考える。

令和 2(2020)年度より、女性・子育て支援分野、研究開発テーマ「女性と子どものこころとからだの健康サポート」の研究開発課題として、採択され、コニカミノルタ（株）と研究開発を継続。

研究開発資金

2 企業等のリソース提供

2.1.3 若手研究者の活躍促進

2.1.3.1 京都大学の若手研究者支援の取組み

京都大学では、さまざまな若手研究者支援のスキームを構築しており、代表的な取組みとして、次世代研究者育成支援事業「白眉プロジェクト」を平成 21 (2009) 年度より実施しており、グローバル型では、毎年 10 名程度の教員を特定教員（准教授または助教）として国際公募し、採用している。また令和元 (2019) 年度より 3 年間、全学の教育・研究の活力の向上・恒久的維持のため、若手重点戦略定員を設け、若手研究者の雇用に活用している。

2.1.3.2 COI 参画の若手研究者の活躍

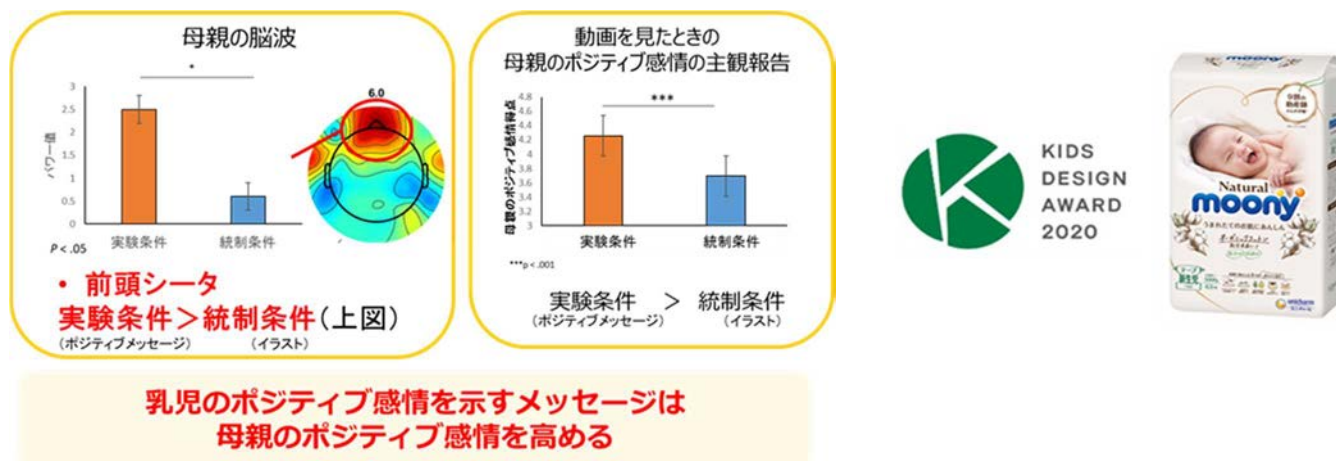
1) 「令和 2 年度京都大学総長賞」を松永倫子助教（大学院教育学研究科）が受賞。

受賞理由は、

- ・ 分子生物学や脳神経科学、医学、認知科学を融合した人間科学の新たなアプローチを創出し、ヒトの発達の個人差を説明しうる斬新な成果をあげた点
- ・ 基礎研究の成果を社会実装するための産学連携活動にも注力し、科学的エビデンスに基づき母子の発達を支援する新たな商品・サービスの開発を行ってきた。これらに対する高い評価は、特許出願やキッズデザイン協会会長賞、BabyTech Award Japan 受賞などによって客観的に示されている点。

研究成果

商品化



受賞式にて



明和教授と松永助教

2) 「COI2021 会議で「JST 理事長賞」を樋口ゆり子准教授（大学院薬学研究科）が受賞

平成 30 (2018) 年度のフィージビリティスタディ (FS) 研究の取組「非天然官能基を表出させた細胞の人工的配置法の開発」で受賞。



研究開発資金

2 企業等のリソース提供

2.2 人材の育成・人材循環整理表

○人材の育成、人材循環整理表

※大学等：大学・研究機関 単位：人

(人材の育成等の状況)		合計 (H25-R3)
昇格	同一機関	9
	他機関	1
定年制の取得	同一機関	6(1)
	他機関	12(1)

(出向・クロスアポイントメント等の人事交流状況)		合計 (H25-R3)
大学等→大学等		0
大学等→企業		1
企業→大学等		2

※転籍出向や兼業は含みません。

(転籍等の人材流動の状況)		合計 (H25-R3)
大学等→大学等		13(1)
大学等→企業		32(19)
企業→大学等		14

(外国機関との滞在型研究交流の状況)		合計 (H25-R3)
短期	派遣	0
	受入	6
2ヶ月以上	派遣	6
	受入	10

【人材の育成、人材循環整理表について】

・学生の人数は内数をカッコ()で記載。

・それぞれの定義は以下のとおりです。

昇格 : 助教→准教授、准教授→教授 など

定年制の取得 : 任期付きからパーマネントの職を得ること

クロスアポイントメント : 出向元機関と出向先機関の両方と雇用関係がある出向形態

転籍 : 前機関との雇用関係を解消して新しい機関と雇用関係を結ぶこと