



制度については、内閣府までお問い合わせ下さい。

内閣府革新的研究開発推進プログラム担当室

内閣府 政策統括官(科学技術・イノベーション担当)付
革新的研究開発推進プログラム担当室
〒100-8914 東京都千代田区永田町1-6-1
TEL 03-6257-1339 E-mail g.sentan.pro@cao.go.jp



PM及びプログラムについては、JSTまでお問い合わせ下さい。

JST 革新的研究開発推進室

科学技術振興機構
革新的研究開発推進室
〒102-0076 東京都千代田区五番町7 K's五番町
TEL 03-6380-9012 E-mail impact@jst.go.jp
URL <http://www.jst.go.jp/impact/>



Kohzo ITO / Realizing Ultra-Thin and Flexible Tough Polymers
Keisuke GODA / Cell Search Engine – Turning Serendipity into Planned Happenstance –
Yuji SANO / Ubiquitous Power Laser for Achieving a Safe, Secure and Longevity Society
Masashi SAHASHI / Achieving Ultimate Green IT Devices with Long Usage Time without Charging
Yoshiyuki SANKAI / Innovative Cybernic System for a “ZERO Intensive Nursing-care Society”
Takane SUZUKI / Super High-Function Structural Proteins to Transform the Basic Materials Industry
Satoshi TADOKORO / Tough Robotics Challenge (TRC)
Reiko FUJITA / Reduction and Resource Recycling of High-level Radioactive Wastes through Nuclear Transmutation
Reiko MIYATA / Ultra-high Speed Multiplexed Sensing System Beyond Evolution for the Detection of Extremely Small Quantities of Substances
Takayuki YAGI / Innovative Visualization Technology to Lead to Creation of a New Growth Industry
Yoshinori YAMAKAWA / Actualize Energetic Life by Creating Brain Information Linking Industries
Yoshihisa YAMAMOTO / Advanced Information Society Infrastructure Linking Quantum Artificial Brains in Quantum Network
Seiko SHIRASAKA / Small Synthetic Aperture Radar Satellite System for On-Demand Observation
Hiroyuki NOJI / Artificial Cell Reactor Technology for an Enriched and Secure Society and New Bioengineering
Kanako HARADA / Bionic Humanoids Propelling New Industrial Revolution
Hiroshi HARADA / An Ultra Big Data Platform for Reducing Social Risks



Impulsing
PARadigm
CHange through disruptive
Technologies

IMPACT

革新的
研究開発推進
プログラム

ImPACTで 日本発の破壊的イノベーションを創出する

総合科学技術・イノベーション会議では、内閣総理大臣、科学技術政策担当大臣のリーダーシップの下、総合的な科学技術・イノベーション政策の企画立案を進めてまいりました。革新的研究開発推進プログラム（ImPACT）はその施策の1つであり、挑戦的な研究開発により破壊的イノベーションを創出し、産業や社会に大きな変革をもたらすことを目的とした国家重点プロジェクトです。

イノベーションには、「持続的イノベーション」と「破壊的イノベーション」の2つがあると唱えてきました。強い事業をより強くし、製品価値の持続的向上を担うのが持続的イノベーションであるとするなら、パラダイムシフトを伴う新たな強い事業の創出を目指すのが破壊的イノベーションと言えます。

破壊的イノベーションは、これまでの技術の延長では実現が困難であるため、研究開発プログラムもこれまでの延長では充分ではありません。そこで、総合科学技術・イノベーション会議の司令塔機能のもと、これまでにない画期的なプログラムであるImPACTを設計し、発足させました。

ImPACTでは、プログラム・マネージャー（PM）方式という、これまでの国家プログラムとは異なる新しい概念を採用入れています。PMは研究者ではなく、高い目標を掲げ、一流の研究者をキャスティングしてハイリスク・ハイインパクトな研究開発を実施するプロデューサーです。我々、総合科学技術・イノベーション会議もPMのマネジメントを強力にバックアップし、一体となってImPACTに取り組んでいく所存です。わが国から破壊的イノベーションを創出します。わが国をチャレンジ精神で満ちあふれさせます。ご期待下さい。

創設の 背景

ImPACT

Impulsing
PAradigm
Change through disruptive
Technologies

我が国は、1980年代のバブル経済の後、「失われた20年」とも言われる長期的な経済の停滞に苦しめられてきました。この間、産業構造や生活スタイルの変化の中で、日本企業は従来からのモノ作り戦略を転換することができず、産業の国際競争力が失われつつあります。また同時に、企業経営者や国民が自信を失い、成長のためのリスクを負うことができなくなっているとも言われています。

これらの問題を払拭するためには、大学や企業が失敗を恐れずに困難な研究開発課題に果敢に挑み（チャレンジ）、新たな成長分野を切り開いていく（イノベーション）、新たな科学技術のシステムが必要です。

ImPACTは、政府の科学技術・イノベーション政策の司令塔である総合科学技術・イノベーション会議が、ハイリスク・ハイインパクトな研究開発を促進し、持続的な発展性のあるイノベーションシステムの実現を目指したプログラムです。

目次 革新的研究開発推進プログラム

- 04 プログラム・マネージャー ～ImPACTの主役～
- 05 ImPACTの目指すところ

各研究開発プログラムの紹介



- 06 超薄膜化・強靱化「しなやかなタフポリマー」の実現
伊藤 耕三



- 08 セレンディピティの計画的創出による新価値創造
合田 圭介



- 10 ユビキタス・パワーレーザーによる安全・安心・長寿社会の実現
佐野 雄二



- 12 無充電で長期間使用できる究極のエコIT機器の実現
佐橋 政司



- 14 重介護ゼロ社会を実現する革新的サイバニックシステム
山海 嘉之



- 16 超高機能構造タンパク質による素材産業革命
鈴木 隆領



- 18 タフ・ロボティクス・チャレンジ
田所 諭



- 20 核変換による高レベル放射性廃棄物の大幅な低減・資源化
藤田 玲子



- 22 進化を超える極微量物質の超迅速多項目センシングシステム
宮田 令子



- 24 イノベティブな可視化技術による新成長産業の創出
八木 隆行



- 26 脳情報の可視化と制御による活力溢れる生活の実現
山川 義徳



- 28 量子人工脳を量子ネットワークでつなぐ高度知識社会基盤の実現
山本 喜久



- 30 オンデマンド即時観測が可能な小型合成開口レーダ衛星システム
白坂 成功



- 32 豊かで安全な社会と新しいバイオものづくりを実現する人工細胞リアクタ
野地 博行



- 34 バイオニックヒューマノイドが拓く新産業革命
原田 香奈子



- 36 社会リスクを低減する超ビッグデータプラットフォーム
原田 博司

- 38 ImPACTの仕組み
- 39 総合科学技術・イノベーション会議 有識者議員名簿

最新のプログラム紹介・成果等は
ImPACTのホームページをご覧ください
<http://www.jst.go.jp/impact/>

プログラム・マネージャー ～ImPACTの主役～

個々の組織が自ら所有する資源を活用する従来型の研究開発では、ハイリスク・ハインパクトな取り組みは困難です。挑戦的な研究開発を促進するためには、自前主義から脱却し、優れた技術を国内外から採り入れて、より高い研究開発目標を達成し、技術革新に結びつけることが必要です。そのためには、以下のような要件を備えた仕組みが求められます。

構想の立案

どのようなアイデアを具現化するのかという実現したい未来の姿を描くこと。

優れた技術の目利き

数多く存在する研究開発テーマの中から、優れた技術の芽を目利きし、選択すること。

分野や組織を越えた連携・融合

様々な分野の優れた人材を、組織の枠を越えて束ね、トップダウンで連携・融合させること。

ImPACTは、これらの役割を担う者として、従来の研究者とは異なるプロデューサーであるプログラム・マネージャー（PM）を採り入れました。PMは、大胆な裁量権と予算により、社会や産業に変革をもたらす高い目標を掲げ、最高の研究開発力をキャストイングして、非連続イノベーションの実現に向けてハイリスク・ハインパクトな研究開発を主導します。

社会・産業に
変革をもたらすための目標
ハイリスク・ハインパクト
将来ニーズを踏まえた課題設定

Program Manager



非連続イノベーション

積み上げではない、技術の連続性がないイノベーションのこと

ImPACT

Impulsing
Paradigm
Change through disruptive
Technologies

の 目指す ところ

ImPACTの究極的な目的は「イノベーションに最も適した国」「起業、創業の精神に満ちあふれた国」の実現です。それを成功に導くために、2つの目標があります。

ImPACTでは、成功すれば将来の社会や産業のあり方に革新をもたらす魅力的な構想をプログラム・マネージャーが掲げます。その構想を実現するために、トップクラスの研究開発力を結集し、研究開発プログラム全体を統率して機動的なマネジメントを実施しながら、ハイリスク・ハインパクトな研究開発に取り組み、非連続イノベーションの創出にチャレンジします。

イノベーション創出の 行動モデルの提示

「イノベーションに最も適した国」「起業、創業の精神に満ちあふれた国」とするためには、わが国の各界にImPACTにおける取り組みを拡げていく必要があります。プログラム・マネージャーの挑戦的な活動をイノベーション創出の行動モデルとして提示することにより、研究開発における内向き志向を転換し、わが国にオープンな起業風土を培うことを目指しています。

非連続イノベーション の創出

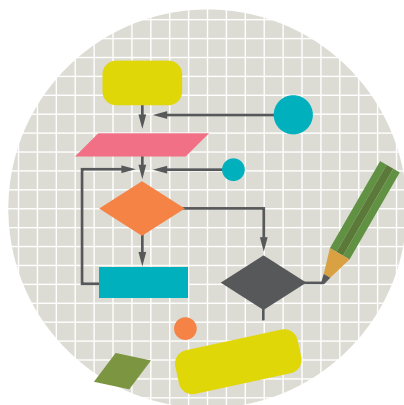
研究開発 プログラム の推進

ImPACTにおける研究開発プログラムは、右記のようなステップに沿って進められます。

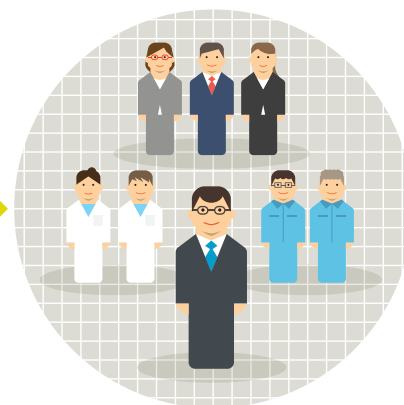
STEP
1



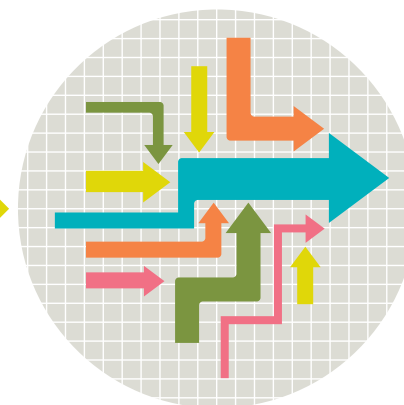
STEP
2



STEP
3



STEP
4



STEP
5



解決すべき課題の 設定

総合科学技術・イノベーション会議が設定する、産業や社会のあり方の変革を示す「テーマ」を踏まえて、PMが自らの研究開発プログラムによって解決しようとする課題を設定するとともに、その達成に向けた目標を明確にします。

課題解決のための 構想

社会・産業や科学技術の現状とその動向を把握した上で、将来の事業化も視野に入れつつ、目標を達成するための創造的な研究開発にかかるアイデアや技術的なアプローチに関する構想を立案します。

研究開発プログラムの 編成

PMの研究開発構想を実現するために、トップレベルの研究者を分野や機関にとらわれず俯瞰的視野から選定し（キャストイング）、PMの支援体制を含む最適な研究開発プログラム実施体制を構築します。

研究開発プログラムの マネジメント

目標達成に向け、関係者とコミュニケーションをとりつつ、研究開発プログラムの舵取りを行います。その際、成果を最大化させるため、強力なリーダーシップにより研究者を協働あるいは競争させ、軌道修正しながらマネジメントしていきます。

研究開発成果の 展開

得られた研究開発成果をもとにイノベーションを創出するため、知的財産の戦略的なマネジメントや技術の標準化などに務めつつ、成果の社会実装、ベンチャー起業あるいは研究開発プログラム内外の企業による事業化などを目指します。

ImPACTのテーマ

資源制約からの解放とものづくり力の革新

「新世紀日本型価値創造」

生活様式を変える革新的省エネ・エコ社会の実現

「地球との共生」

情報ネットワーク社会を超える高度機能化社会の実現

「人と社会を結ぶスマートコミュニティ」

少子高齢化社会における世界で最も快適な生活環境の提供

「誰もが健やかで快適な生活を実現」

人知を超える自然災害やハザードの影響を制御し、被害を最小化

「国民一人一人が実感するレジリエンスを実現」

超薄膜化・強靱化
「しなやかなタフポリマー」の実現

しなやかで壊れにくい分子構造のメカニズムを解析し、そのエッセンスを安いポリマーに転用する



人類の発明した素材で最も用途が広いとも言われる便利なポリマー。しかし、薄くすると壊れやすく、厚く硬くすると脆くなる性質が課題だった。本プログラムは、従来の限界を超える薄膜化と強靱化を同時に達成する「しなやかなタフポリマー」の実現を目指す。タフネス性・柔軟性・自己修復性（熱や光で元に戻る）という特徴をもつタフポリマーは、自動車部品や輸送機器を飛躍的に向上させるブレークスルーにつながる。さらに高分子材料が利用される産業全般に広い波及効果が期待され、将来的に安全・安心・低環境負荷という社会的ニーズに貢献する。

Message

本提案は、日本の最先端施設と最新の分子結合を融合して、薄くても破れにくい、衝撃を受けても壊れにくいタフなポリマーを低コストで実現しようとするものです。このために、我が国最高の企業とアカデミアが対等な立場でがっちりとタッグを組み、超薄膜化・強靱化に基づく革新的な高性能を事業化する際の限界を突破していきます。これにより、高安全性・省エネ自動車などを通じて、安全・安心、低環境負荷社会の実現に貢献します。



Program Manager

伊藤 耕三

Kohzo ITO

1986 東京大学大学院博士課程修了
1986 - 1991 繊維高分子材料研究所研究員
1999 架橋点が自由に動く高分子材（スライドラング・マテリアル：SRM）を発明
2003～ 東京大学大学院教授
2003-2014 アドバンスド・ソフトマテリアルズ（ASM）株式会社を設立
同社取締役
2014～ ImPACTプログラム・マネージャー

アイデア／技術的アプローチ

SPring-8、「京」などの大型設備を活用し、破壊の分子の機構を解明

用途に応じた機能を発現させつつ、壊れにくい「タフポリマー」を創出するには、従来型のトライ&エラーによる開発では時間がかかり過ぎる。また現在、タフネス性をもたらすミクロの分子設計とマクロの破壊力学を結びつける理論は未完成で、強靱性と各種ニーズを同時に満たすポリマーを創り出すことは困難な状況である。これらの課題に対し、国内トップレベルの実験・理論の英知を集結して解決にあたる。

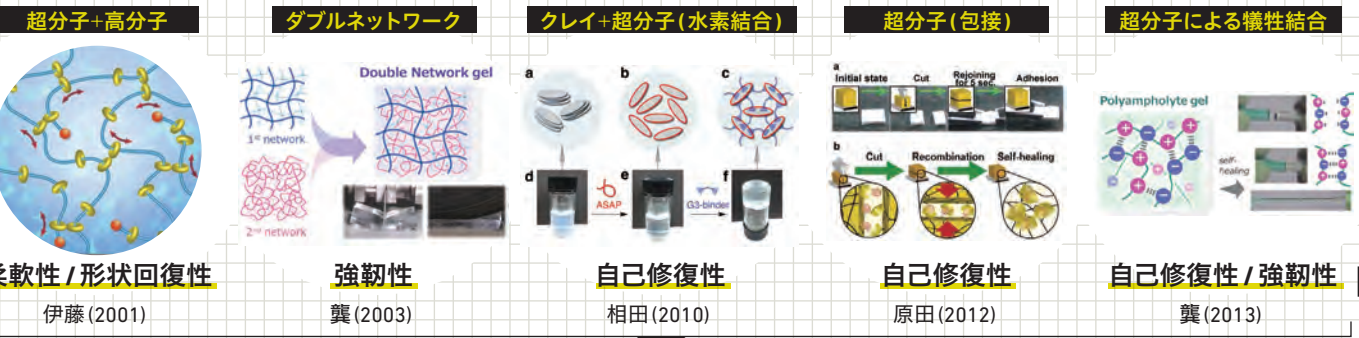
具体的なアプローチとして、世界最高性能の大型放射光施設・SPring-8に高速破壊試験機などを整備し、破壊の時空間階層的な「その場観察」による現象解明や、スーパーコンピュータ「京」などを用いて、大規

模シミュレーションを実施。局所的な応力分布や破壊エネルギーの測定装置も開発する。破壊の分子の機構の究明に役立つデータを蓄積し、実験と理論の突合により新規な破壊挙動理論を創成する。次に、優れた独自技術を有する国内企業に対し、これらの成果を実行可能な知見として引き渡す。各企業は、タフ化された部材と現状部材の破壊挙動を比較することで、各部材の特徴と機能にマッチしたタフポリマーを実現する分子設計・材料設計の指針を打ち立てられるようになる。

さらに、この指針をベースに薄膜化・強靱化の部材を開発するために、分子構造の制御に求められる新規分子の合成手法と、

高次構造制御の新規プロセス手法を開発する。また開発されたタフポリマーは、実環境下（自動車などの車載品として組み込む）にて評価試験を実施し、自動車メーカーの立場から各種タフポリマーの産業適合性も検討する。加えてライフサイクルアセスメントを実施し、社会的価値の検証についても同時に評価する。

このような手法により、従来の試行錯誤型の開発から脱却し、飛躍的な開発速度で理想の材料を追求できる環境を整備することで、他国には真似のできない斬新な材料開発の手法を確立していく。



硬くする ≠ タフにする = 壊れにくい

しなやかなタフネス

タフポリマーを実現する分子設計・材料設計

最近、従来の常識では考えられなかった伸長性、強靱性、自己修復性などを示す分子構造が特に我が国で新たに発見され世界的に注目を集めている。これらの分子構造を既存の高分子材料にそのまま導入しようとすると、一般にコストがかかりすぎて実用化が進展しない可能性も懸念される。そこで本プログラムでは、このような分子構造が高分子材料に強靱性をもたらす分子の機構を解明し、高分子材料にタフネスをもたらす新規概念を各企業が既存の安価な高分子材料に導入することによって、短期間で戦略的にタフポリマーの実用化を達成しようと目論んでいる。

研究開発チームの体制／管理、研究の展開／展望

高安全性省エネ自動車の要素技術とプロトタイプの実現を中心にした柔軟な開発体制

前述の技術的アプローチにおいて、各部材の要求性能を満たしながらタフネス化を実現するために、1つの企業が複数のアカデミアと連携できる横断的な研究開発チームの体制（マトリックス運営体制）を構築する。具体的には、以下のようなプロジェクトで構成される。A～Eでは、各種材料をタフ化するための分子設計・材料設計の指針を確立することで、薄膜化または強靱化を実現する。

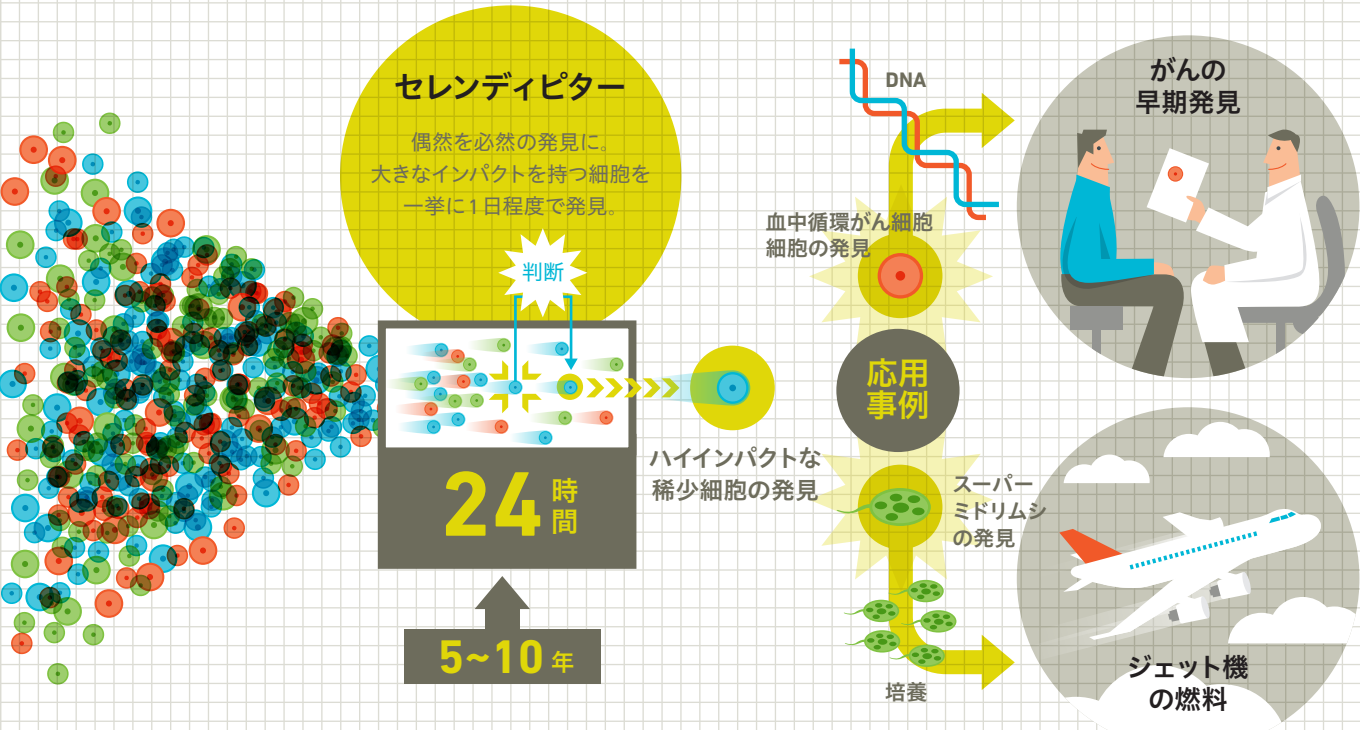
A. 燃料電池電解質膜（旭硝子）：燃料電池電解質膜（ゲル膜）の薄膜化を実現
B. Li電池セパレータ（三菱ケミカル）：リチウムイオン二次電池セパレータ（多孔体）の薄膜化を実現

C. 車体構造用樹脂（東レ）：車体構造用樹脂（結晶性樹脂）の強靱化を実現
D. タイヤ（ブリヂストン）：タイヤ（非晶性エラストマー）の薄ゲージ化を実現
E. 透明樹脂（住友化学）：透明樹脂（非晶質樹脂）の強靱化を実現
F. システム化・評価（日産自動車）：プロジェクトA～Eで開発された新しい部材を自動車メーカーの観点からシステム化・評価し、産業への適用可能性を評価する。
G. 横断的共通課題：「破壊機構の分子の解明」「分子結合制御の新手法開発」「社会的価値の検証」「タフポリマーの分子設計・材料設計指針の汎用性の検証」など、プロジェクト間の横断的共通課題を解決する。

H. コンセプトカー製作（東レ・カーボンジック）：プロジェクトA～Eで開発された材料を現実の車体構造や部品として搭載したコンセプトカーを製作する。本研究の成果は、高安全性省エネ自動車の実現などにより、自動車業界にブレークスルーをもたらす。さらに輸送機器、電子デバイス、医療機器など、最先端分野で用いられる広範なポリマーへの応用も可能になる。その波及効果は、CO2排出量の大幅な削減につながり、高分子材料に対する長期信頼性をベースにした安全・安心かつ低環境負荷の社会の実現にも貢献できる。

セレンディピティの 計画的創出による新価値創造

先端光技術を基軸に、電子工学、機械工学、遺伝子工学、応用化学、情報科学、分子生物学からの知見と手法を学際的に融合



従来までのライフサイエンスでは「砂浜から一粒の砂金」のような幸運な発見（セレンディピティ）を、試行錯誤によって偶発的に探していた。そのため発見確率も非常に低く、発見までに長時間を要していた。本プログラムでは、セレンディピティを計画的に創出できる革新的な基盤技術を開発する。偶然を必然の発見にするために、先端光技術を基軸に異分野の知見や技術を融合することで、夢の細胞検索エンジン「セレンディピター」を作りだす。これにより1兆個以上の多種多群から、圧倒的性能を有する稀少細胞の超高速・超正確な探索が可能になる。

Message

日本は他国が追随できない科学技術を保有していましたが、かつてのハイテクはコモディティ化し、生産が安価な新興国に追いやられてしまいました。現在の日本の科学技術は、得意分野でも他国の数年分しか先行していません。いま必要なものは、たちごっこ的な競争から逃れられない従来型の単体技術開発ではなく、圧倒的な科学技術を生み出す新規の産業基盤です。この基盤上では、インターネットの発明やDNAの発見のように、従来の垣根を越えたオープンイノベーションの風土が築き上げられ、企業人や大学人の独自の発想次第で、当初では想像できない新規市場や起業空間の創造につながるでしょう。



Program Manager

PM 合田 圭介

Keisuke GODA

- 2001 カリフォルニア大学バークレー校 理学部 物理学科 卒業
- 2007 マサチューセッツ工科大学 理学部 物理学科 博士課程修了（理学博士）
- 2012 東京大学大学院 理学系研究科 教授
- 2014～ ImPACT プログラム・マネージャー

アイデア／技術的アプローチ

偶然を必然の発見に！ノーベル賞級の大発見を頻発するプラットフォームを構築

自然科学の第一の目的は、現象の法則性を明らかにすることにある。その前提として、研究対象とする現象に再現性がないといけない。そのため従来の研究は、再現性の取りやすい現象のみをターゲットにしており、その応用技術を産業化してきた経緯がある。本プログラムは、これまで見逃してきた自然現象の側面にスポットを当てて、それを産業化する機会を与える画期的な試みと言える。

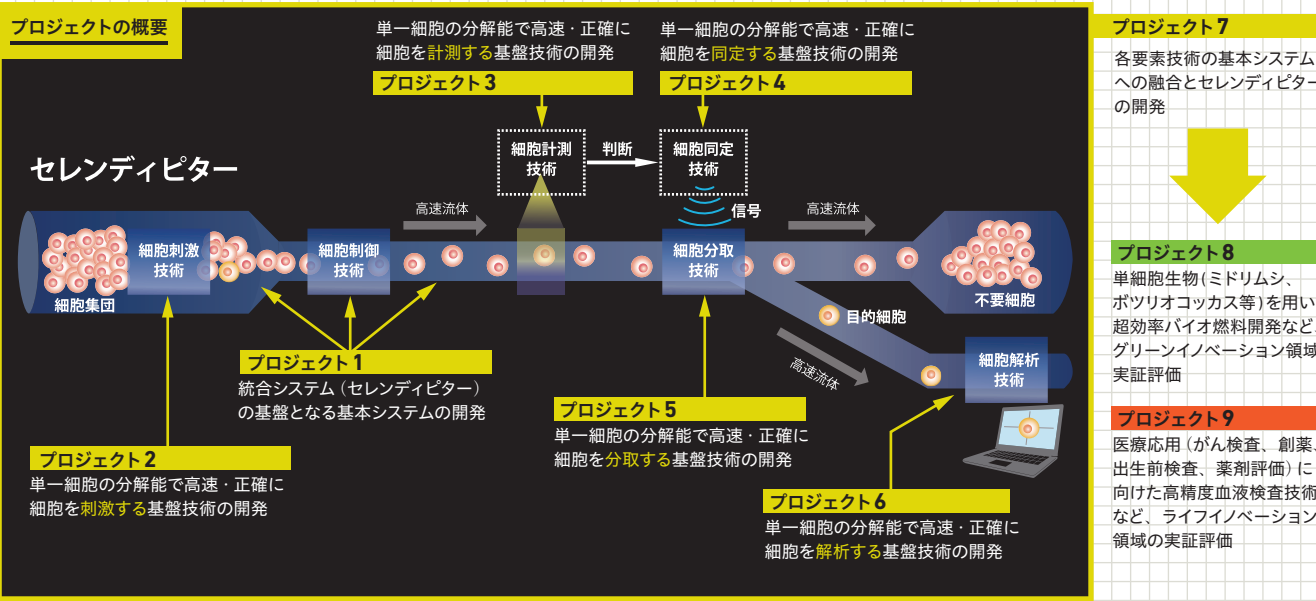
従来まで粗い没個性的な統計データに埋没していた細胞の個性を、計画的に発見・解析することで、細胞の優れた能力や未知の現象を効率的に発掘していく、いわば偶然が必然になる革新的基盤技術の研究であ

る。1兆個以上の多種多様な細胞群から、圧倒的な性能を有する稀少細胞を超高速・超正確に探索する夢の細胞検索エンジン「セレンディピター」を作りだすためには、大量の情報を高速・正確に処理することが得意な先端光技術（計測、情報処理、通信など）を基軸とする。さらに電子工学、機械工学、遺伝子工学、応用化学、情報科学、分子生物学などの異なる分野において、トップクラスの知見と手法を学際的に融合することで、この目的を達成していく。

本プログラムでは、最初から産業化を強く意識した基礎研究の開発を行っていく方針である。各要素技術と、開発されたセレンディピターを用いて、社会実装を視野に

いたプロジェクトも立ち上げていく。たとえば「超高率バイオ燃料」の開発・実証評価を行う。高い光合成活性と環境耐性を持ち、燃料の原料となる脂質を高生産してくれる希少なスーパーミドリムシを選ばし、バイオ燃料の大量生産の可能性を探る。

また、高精度血液検査技術の開発・実証評価も行う。セレンディピターを使えば、がんの転移を引き起こすとされ、血中濃度が100億分の1以下しかないといわれる「循環がん幹細胞」を、迅速かつ低コストに発見できる可能性もある。そのほかにも、水質浄化や、機能性に優れた飼料などの応用開発も提案していく。



研究開発チームの体制／管理、研究の展開／展望

45歳以下の若手研究者を中心にプロジェクトを編成。スーパーミドリムシの選抜も！

素粒子実験におけるディテクターの開発をイメージしながら、各研究機関で必要な要素技術を開発し、それら統合サイトの基本システムに融合することで、世界最高性能を有するオンリーワンの「セレンディピター」と呼ばれる統合システムを構築していく。特定の技術・手法には依存せず、バランスを見ながら全体リスクを最小限に抑える。

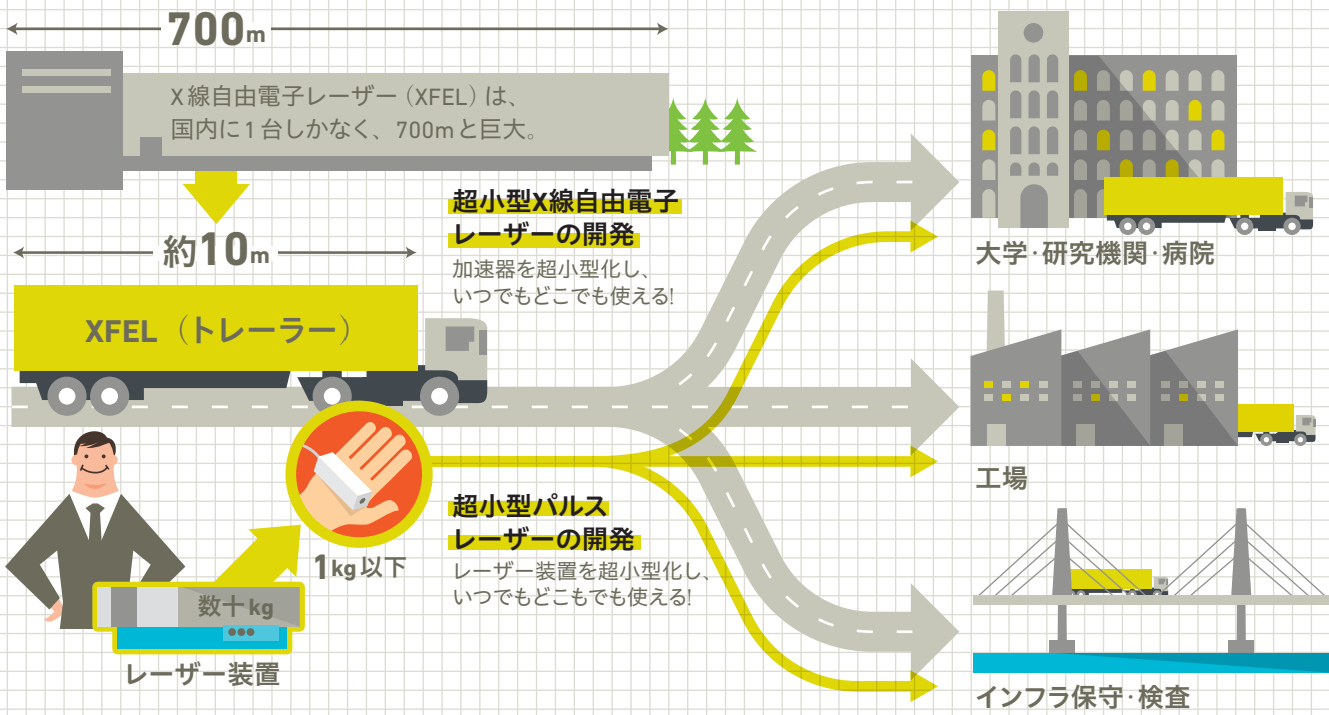
本プログラムは、社会実装を前提とした応用開発を含む、下記のような9つのプロジェクトから構成される。チーム編成は、基本的に45歳以下の若手研究者（アンダー45）と、少数のオーバーエイジを中心とする。

- ①基本システム開発：統合システム（セレンディピター）の基軸となるシステムの開発を行う
- ②-⑥要素技術開発：細胞の刺激、計測、同定、分取、解析という5つのプロセスにおいて、単一細胞の分解能で高速・正確に実現する基盤技術を開発する
- ⑦開発された各要素技術を基本システムに融合し、夢のセレンディピターを開発する。
- ⑧実証評価A：各要素技術とセレンディピターを用い、単細胞生物（ミドリムシ、ボツリオコッカスなど）を基盤とする超効率なバイオ燃料開発など、グリーンイノベーション領域の実証評価

- ⑨実証評価B：各要素技術とセレンディピターを用い、医療応用（がん検査、創薬、出生前検査、薬剤評価など）に向けた高精度血液検査技術など、ライフイノベーション領域の実証評価
- このセレンディピターによって、これまでの時間的な制限で再現性が困難であった生命現象を効率的に利用することで、バイオ関連産業や医療分野での質的な変革を狙う。また新産業を創出し、第3次産業革命を引き起こす。早期の段階からベンチャーを設立し、知財の獲得や技術移転をスムーズに行っていく。さらにImPACT終了後も、独立できるように民間の資金も活用していく。

ユビキタス・パワーレーザーによる 安全・安心・長寿社会の実現

レーザープラズマ加速による超小型のX線自由電子レーザーを異分野融合により実現し、いつでもどこでも利用



X線とレーザーの特徴を併せ持つ「X線自由電子レーザー」(XFEL) は、材料を原子レベルで解析できる“夢の光”。しかし、km級の大型加速器が必要で、それを実現した最新実験施設 (SACLA) は現在、国内に1台のみ。誰もが簡単に使えるものではない。そこで本プログラムでは、レーザー・プラズマ・加速器の技術を融合したレーザープラズマ加速により、XFEL装置を超小型化する。これによりXFEL装置がいつでもどこでも使えるようになれば、産業や医療現場など幅広い分野で活用が広がり、安全・安心で長寿を全うできる社会が実現できる。

Message

20世紀に発明されたレーザーは、研究開発から産業分野まで幅広く応用され、多くの成果を上げています。しかし、装置が大きくて扱いにくいいため、より広い分野への適用を妨げています。そこで、高出力レーザーを手のひらサイズまで超小型化する技術や、究極の光といわれ世界で開発競争が繰り広げられているX線自由電子レーザーを超小型化する技術を確認することで、安全・安心で快適な生活を送るための新技術・新産業を創出します。



Program Manager

佐野 雄二

Yuji SANO

1977	東京工業大学大学院 理工学研究科 原子核工学専攻 修士課程修了
1977	株式会社東芝 入社
2006 ~ 2008	同電力・社会システム技術開発センター技監 文部科学大臣表彰
2008 ~ 2014	文部科学省 「最先端の光の創成を目指したネットワーク 研究拠点プログラム」 プログラムオフィサー兼務
2014 ~	ImPACT プログラム・マネージャー

アイデア／技術的アプローチ

国家基幹技術のXFELが誰でもどこでも使えるようになる！ 壮大なプロジェクトが発進

X線自由電子レーザーをつくる方法は、物質中での電子による発光現象を利用せず、電子を高エネルギー加速器で制御して運動させ、そこからX線を発生させる仕組み。原子から剥ぎ取られた自由な電子を用いてX線レーザーをつくるため「X線自由電子レーザー」(XFEL:X-ray Free Electron Laser)と呼ばれる。

このXFELをつくる装置は、電子の発生源となる「電子銃」、電子を加速する「加速管」、多数の磁石で電子を蛇行させ、発生したX線をレーザーとして取り出す「アンジュレーター」と呼ばれる装置などで構成される。本プログラムでは、日本がリードする「レーザープラズマによる電子加速の新技術」を

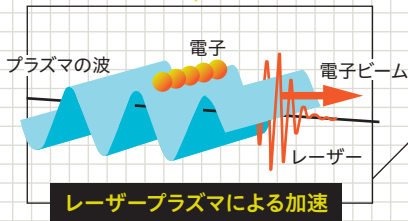
ベースに、電子加速部分をプラズマ素子としてモジュール化し、超小型のXFEL装置を実現するための技術を開発する。

この新技術では、高強度のパルスレーザーによりプラズマの波を発生させ、強力な電場をつくりだして電子を加速する。電場が大きいほど、電子を加速するための距離は短くなり、加速距離を従来の1/1000まで縮めていく。プラズマから放出された電子ビームは、超小型アンジュレーターによってX線レーザーに変換される。これらの技術開発によって、最終的にトレーラーサイズの超小型XFEL装置を実現するという、まさに日本の産業や国民生活にパラダイムシフトを誘発する壮大なアイデアである。

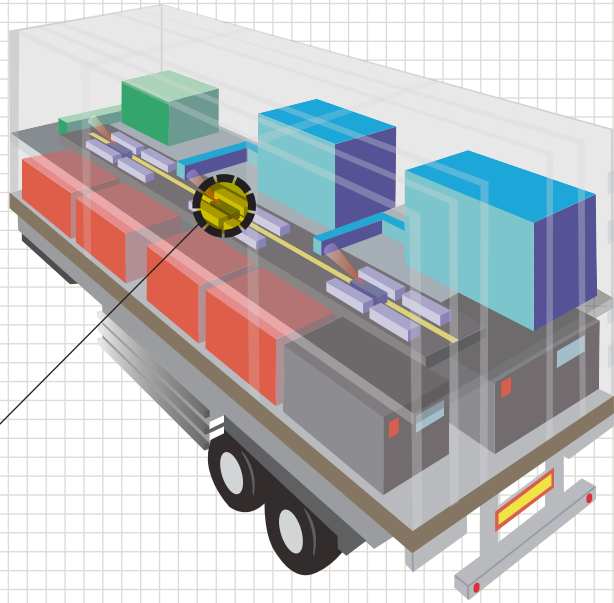
目標達成のために克服すべき課題へのアプローチは、レーザーの安定化とプラズマ密度の制御による高エネルギー電子加速の実現、超小型アンジュレーターの開発のほか、高精度なビーム計測・制御技術と、高機能なプラズマ導波路を開発することである。これらの開発と同時並行して、マイクロチップレーザーやセラミックレーザー媒質による高効率発振、光学素子の常温接合などの独自技術を開発し、高出力パルスレーザーの超小型化にも挑戦する。



高周波電場による加速



レーザープラズマによる加速



レーザープラズマ加速による
XFEL装置の超小型化

XFELの発生に必要な光速に近い速度の電子は、電場による加速で作られる。電場を強くしすぎると装置が壊れてしまうため、長い距離(数百~数km)をかけて電子を加速している。強力なレーザーでプラズマを生成すると、1000倍以上強い電場を作ることができる。そのため、短い距離(数十cm~数m)で電子を加速させることが可能になり、XFEL装置の超小型化が実現できる。

研究開発チームの体制／管理、研究の展開／展望

レーザー・プラズマ・加速器の技術を集結し、相互補完的な共創体制を整備

XFELは、世界中が注目している技術である。米・日に続き、EU、スイス、韓国などもレーザー発振に成功し、競争が激化している。日本の優位性を保ちながら、超小型化による実用化へのイニシアチブをとることが重要である。そこで超小型XFEL装置を実現するための体制として、レーザー・プラズマ・加速器の技術を1つに集結する拠点(プラットフォーム)の整備を進めている。その拠点を中心にして、各分野のエキスパートが相互補完的に研究できる共創体制を整え、開発を加速させる。

本プログラムは、下記のように3つのプロジェクトから構成される。

①レーザー加速XFEL実証：安定な電子加速を実現し、プラズマ素子としてモジュール化する「レーザー加速要素技術開発」、従来

の1/10以下の長さでX線ビームを発生させる「マイクロアンジュレーター」、モジュールを多段配置して1GeV超まで電子を加速し、マイクロアンジュレーターと組合せて1keVのX線ビームを発生させる「レーザー加速統合プラットフォーム」(拠点)、レーザーと電子を制御し、加速された電子をアンジュレーターに正確に入射させる「ビーム計測・制御」、電子を高エネルギーまで追加速するためのプラズマ導波路とその制御に必要な早い立ち上りの大電流電源を開発する「プラズマ素子・電源」を各チームにて開発する。

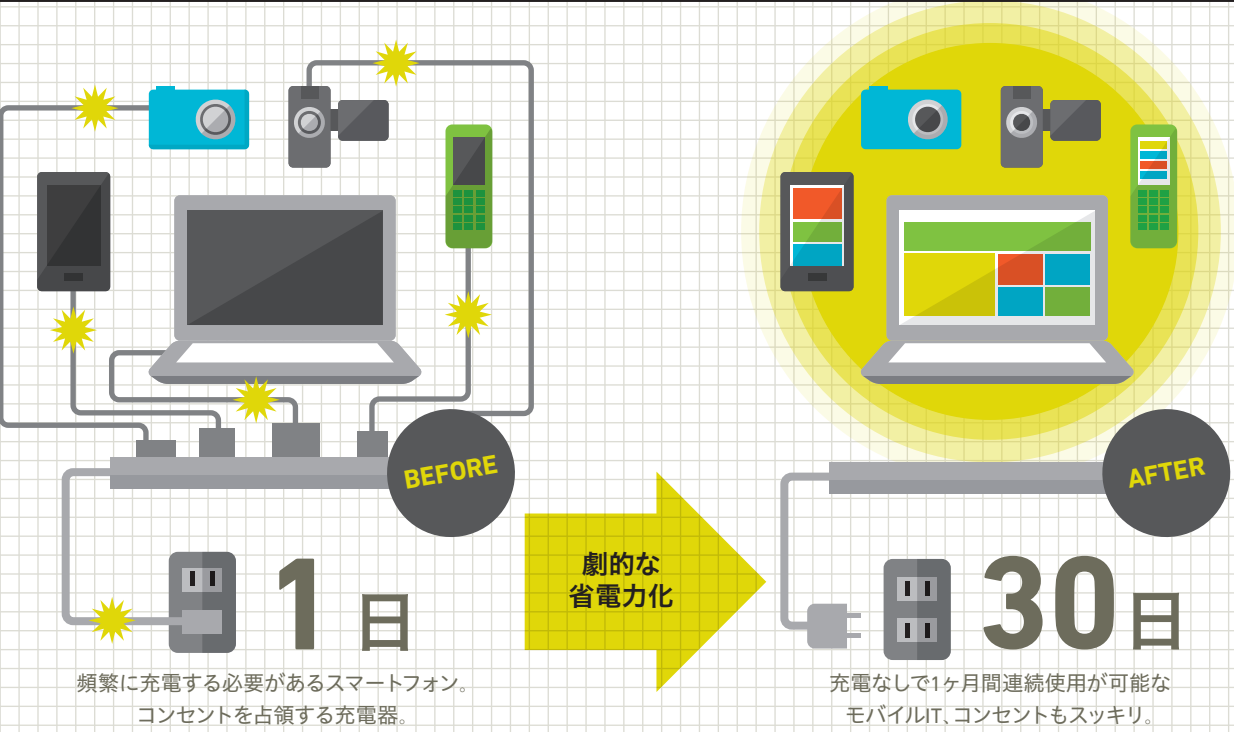
②超小型パワーレーザー：1kg重量でパルスあたり20mJ超のエネルギーを出力する「マイクロチップレーザー」や、1Jのエネルギーを300Hz以上で出力する「高出力小型パワーレーザー」を開発、製品化する。

③システム化評価：「レーザー加速XFEL実証」と「超小型パワーレーザー」で開発した技術およびシステムについて、ユーザーの立場からその有用性を評価し、市場ニーズを探るとともに応用展開を図る。

これまで普通の人では到底利用できなかった国家基幹技術であるXFEL装置や、高出力のパルスレーザーが超小型になり、誰でも手元で使えるようになる。これにより将来は、原子レベルの計測による産業革新、さらには時間や場所を選ばないユビキタスな設備診断・補修、ヘルスケア・生体撮像・粒子線治療などの先進医療、セキュリティなど、幅広い分野への応用が広がる。

無充電で長期間使用できる 究極のエコIT機器の実現

「究極の不揮発性メモリ」と「スピントロニクス論理集積回路」でコンピュータの省電力化を極める



モバイル機器やクラウドコンピューティングの普及により、ITが日常生活を大きく変える時代になった。しかし、現状のモバイル機器は充電を頻繁に行わなければ使えない。また、コンセントに接続したままの充電器も増え続け、エネルギーの浪費となっている。ビッグデータやIoTでさらに増え続ける消費電力を如何に減らすかは社会的な課題の一つである。そこで本プログラムでは、電圧で磁気メモリに情報を記録する究極の不揮発性メモリや省電力スピントロニクス論理集積回路など、コンピュータの各メモリ／ストレージ階層の省電力化を極めることに挑み、社会的課題の解決を図る。そして、IT機器の電力使用量を極限まで減らし、充電ストレスのない快適なエコIT社会と大規模災害時でも情報にアクセスできる安全・安心な社会を実現して行く。

Message

破天荒でアウトサイダーなところは、小学校のときから少しも変わっていません。「みんなで渡れば怖くない」的なことが嫌いなだけかも知れません。「佐橋さんは好きな事ばかりやっている」と良く言われますが、確かに好きなことでないと意欲も情熱も沸いて来ません。ただ振り返った時、最も意欲的に取り組んだのが、崖っぷちにあった研究分野の再建だったことを思うと、「一肌脱ぐ」ことが天命かも知れません。人を育て、アイデアを育むことをモットーに、失敗を恐れずいろいろなことに挑戦して来ました。失敗も数知らずして来ました。しかし、「挑戦」、できれば皆が反対する「芽ばえ」の段階から大きな挑戦の絵を描くことが大事です。必ずや道は拓けると確信しています。これがImPACTスピリットだと信じています。



Program Manager

佐橋 政司

Masashi SAHASHI

- 1974 名古屋大学大学院 工学研究科修士課程修了
- 1974 株式会社東芝 総合研究所 研究員
- 1995 同社 プロジェクトマネージャー
- 日経BP技術賞 大賞（GMRヘッド発明）
- 1999 同社研究開発センター 技監
- 科学技術庁長官賞（研究功績者表彰）
- 全国発明表彰 恩賜発明賞
- 2002 博士・工学（名古屋大学大学院）
- 紫綬褒章
- 2003 東北大学大学院工学研究科 教授
- 2014～ ImPACTプログラム・マネージャー
- 2015～ 東北大学名誉教授、リサーチプロフェッサー

アイデア／技術的アプローチ

不揮発性をベースとする最先端のスピントロニクスを駆使し、“電圧”で情報を記録

現在のコンピュータを構成している電子デバイスは、CPUから、メモリ、ストレージまで、消費電力が大きいという根本的な問題を抱えている。たとえば、DRAMやSRAMのような揮発性メモリは、データを記録・保持するために常に電力が必要である。一方、不揮発性メモリならば電源を切っても記録は消えない。これだけでも待機電力は低減できる。ただし動作中は不揮発性メモリでも、電流による書き込みを行うため、やはり電力を消費することになる。

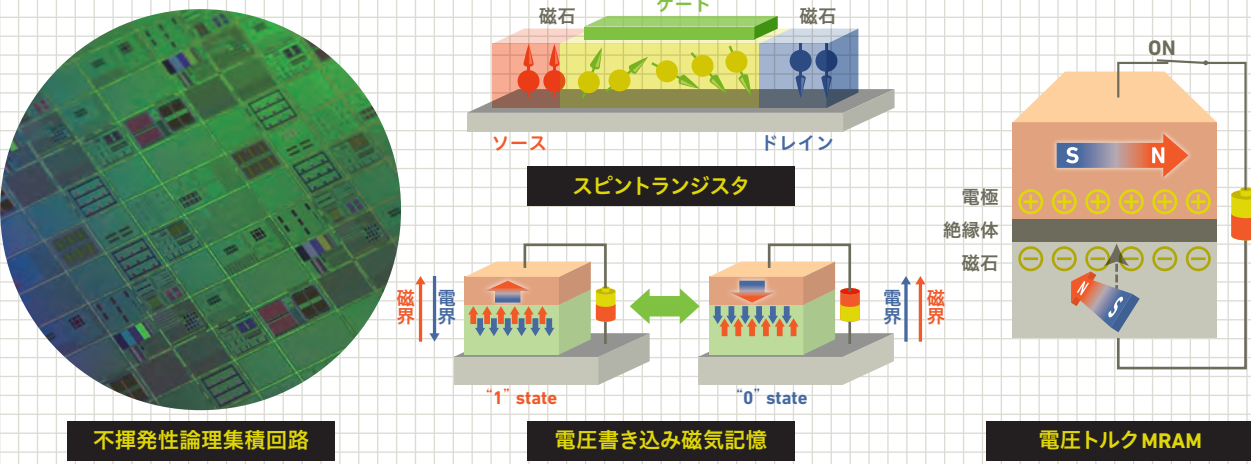
そこで本プログラムでは、不揮発性をベースとする最先端のスピントロニクスを駆使し、情報を記録させるスピンメモリなどのデバイスの電圧制御に挑戦する。スピントロ

ニクスとは、電子が持つ電荷に加え、磁石の元になるスピン（自転）を制御することで、情報の記録や伝達などの工学分野への応用を対象とする科学技術分野である。スピントロニクスデバイスを使えば、電気が途絶えても情報が保持され、データの書き込みと読み込みの時だけ電気を流せばよい。また集積回路全体ではなく、使う部分だけに電気を流せばよいため、使用電力は大幅に減る。

本プログラムでは、このスピントロニクスを活用した新たな集積回路を開発していく。さらに画期的な点は、従来の研究では、電流による制御が中心だったのに対し、今回の研究では“電圧”（電界）による制御を行うことである。これによりデバイスには、ほ

とんど電流が流れないため発熱が抑えられる。最終的には、電源オフの状態でも記憶を保持し、動作時の消費電荷量を従来の100分の1まで低減することを目指す。

この「電流から電圧」への開発の経緯は、いわば従来の電子の電荷のみを使うエレクトロニクスが、真空管から始まり、電流駆動型のバイポーラトランジスタ、電圧駆動型の電界効果型トランジスタ（FET）へと進化の変遷をたどってきたのと同様の流れになる。スピントロニクスの世界でも電流駆動型から従来不可能とされていた電圧駆動型への非連続イノベーションが実現すれば、大きなゲームチェンジを引き起こす可能性を秘めている。



コンピュータのメモリ／ストレージ階層に対して、電圧で磁気メモリ素子に情報を記憶する究極の不揮発性メモリや省電力スピントロニクス論理集積回路など、非連続イノベーションを引き起こす革新技術を開発し、IT機器の省電力化を極め、充電ストレスの無いエコIT社会を実現し、ライフスタイルを変革するとともに安全で安心な社会の実現を目指す。

研究開発チームの体制／管理、研究の展開／展望

エコで快適なライフスタイルへの変革と、安全・安心なユビキタスIT社会を実現

本プログラムは、非常に難易度が高いため、スピントロニクスで世界を牽引する研究者・研究機関をオールジャパンで結集し、以下のような5つのプロジェクト体制にて開発を推進していく。

①スピントランジスタ：不揮発性トランジスタの実現に挑む。CMOS中に直接スピンを注入する「スピンFET」のプロトタイプ素子をつくり、従来のCMOSトランジスタに対して、低消費電力や回路面積の大幅な低減などの優位性を実証する。また本技術を利用し、CPUにも不揮発機能を導入していく。

②電圧トルクMRAM：高速動作と、原理的にほとんど電流を要しない超省電力書き込みが可能な究極の不揮発性メモリを開発

し、無充電で長期間の使用が可能なモバイルIT機器の基盤技術を開発する。

③単結晶化・高集積化・3次元化：磁気記録・スピントロニクス分野で初の単結晶化と3次元化により、メモリの微細化限界を打破。線幅10nm世代のキャッシュ・メモリ（MRAM）の要求性能を達成する。

④3次元ストレージ（交差相関電圧書き込み磁気記録）：電気磁気効果を利用した新たな電圧書き込み磁気記録原理を実証し、3次元化による5Tビット/平方インチ級の超高記録密度の基盤技術を確立する。

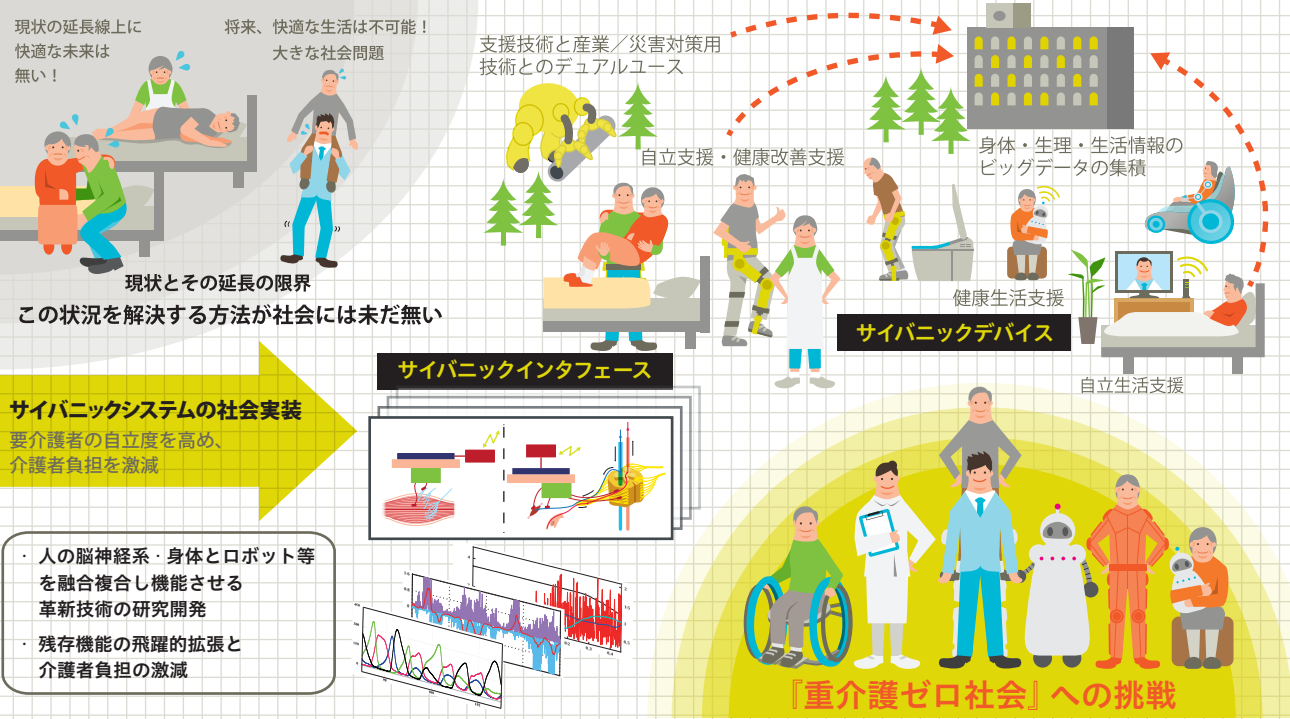
⑤スピントロニクス集積回路を用いた分散型ITシステム：モバイル端末並の演算処理能力を有し、かつエナジーハーベスティング

（周囲環境からの微小エネルギーを汲み上げて電力に変換する）で駆動する超低消費電力マイコンを開発。その応用展開として、分散型ITシステムの基盤技術を確立する。

これらの圧倒的な差別化技術により、日本のエレクトロニクス産業再興の突破口や起爆剤となる究極のエコIT機器の創出へとつなげる。そして新技術をモバイルIT機器／クラウド集中型ITシステム、センサネットワークなどの分散型ITシステムに適用することで、生活様式を一変させるエコで快適なライフスタイルの革新や安全・安心なユビキタスIT社会の実現を目指す。

重介護ゼロ社会を実現する 革新的サイバニックシステム

本人・家族・社会の重く厳しい多
大な負担を減らす「革新的サイバ
ニックシステム」の社会実装に挑戦



先進長寿国では「重介護」が共通する深刻な社会問題になっている。本プログラムでは、人の脳神経系・身体とロボットなどを融合複合して機能させる「革新的サイバニックシステム」によって、人の残存する能力を飛躍的に改善・拡張・増幅・補助し、人と革新技術の相互支援による生活支援インフラとして社会実装することで、「人とロボットを繋ぐ革新的人支援技術」による新産業創出を推進し、『重介護ゼロ社会』の実現、従来の消費型経済から社会課題解決型経済へのパラダイムシフトの実現、社会変革・産業変革の実現を目指していく。

Message

先進長寿国共通の未解決課題として『重介護ゼロ社会』を提起し、この深刻な社会課題を解決するために、人とロボット等の融合複合支援技術「革新的サイバニックシステム」を研究開発し、生活支援インフラ化・社会実装を推進することで、『重介護ゼロ社会』の実現に挑戦する。人とロボットを繋ぐ革新的な人支援技術・新産業の創出と、従来の消費型経済から社会課題解決型経済へのパラダイムシフト、産業・社会変革を実現したい。



Program Manager

山海 嘉之

Yoshiyuki SANKAI

1987	筑波大学大学院 博士課程修了
1998	米国 Baylor 医科大学 客員教授
2003	筑波大学大学院 システム情報工学研究科 教授
2006	CYBERDYNE 株式会社 代表取締役 / CEO
2009 - 2014	内閣府・最先端研究開発支援 (FIRST) プログラム中心研究者
2011	筑波大学 サイバニクス研究センター長
2014 ~	ImPACT プログラム・マネージャー

アイデア／技術的アプローチ

サイバニックインタフェース・デバイス・システムで、介護者と要介護者を支援

本プログラムでは、人とテクノロジーの融合複合技術である「サイバニックインタフェース・デバイス・システム」で、家族や社会に多大な負担を強いる「重介護問題」の解決に挑戦する。サイバニックインタフェースでは、脳・神経・筋系を通じた意思・感覚情報の授受や、生理状態の情報授受・管理・提示等を行う。それらの情報をベースに、自分の意思に従ってサイバニックデバイスが作業に要する力を補助・拡張したり、残存している身体機能を改善・拡張する。さらにインタフェースとデバイスが連動して機能するサイバニックシステム（生活支援インフラ化技術）の研究開発を推進していく。

ここでは、以下のように要介護者と介護者のケースから、代表的な4つの目標とその達成アプローチの事例を紹介する。

【要介護者のケース】

- ①自力あるいは少しの介助でベッドから立ち上がり、(トイレなどの)目的地に移動した後、ベッドに戻れるようにする。これを実現するために、要介護者の残存している身体機能の改善・拡張を実現するインタフェース・デバイス・システムの研究開発を行う。
- ②支援機器等を活用して目的の場所(トイレなど)に移動し、目的の行動(着座・排泄など)を行い、ベッドや生活空間に戻り生活する。これを実現するために、要介護者の自立度を改善・拡張するインタフェース・デバイス・システムの研究開発を行う。

【介護者のケース】

- ①要介護者をベッドから持ち上げ、車イスに移乗させ、トイレに移動後、便座に着座させる。排泄支援後は逆手順で要介護者をベッドに戻す。これを実現するために、介護者の身体的負担を直接低減するインタフェース・デバイス・システムの研究開発を行う。
- ②要介護者の安全管理面での負担を軽減しながら移動／排泄を支援する。これを実現するために、介護作業時に要介護者・介護者の生理状態を管理し、日常的に安全な介護を可能とするインタフェース・デバイス・システムの研究開発を行う。



革新技術研究開発・国際認証／実証・新市場開拓から人材育成までの一体的推進

イノベーションのスパイラルアップ

スパイラルアップのサイクルを回し続ける連携型イノベーションプラットフォーム体制を構築し、『革新的サイバニックシステム』を生活支援インフラとして社会実装する。これにより、「人とロボットを繋ぐ革新的人支援技術」による新産業創出を推進し、『重介護ゼロ社会』の実現を目指す。

研究開発チームの体制／管理、研究の展開／展望

人とロボットを繋ぐ革新技術の創出・認証取得・実証体制構築で産業変革・社会変革を実現

少子高齢に伴って急増する要介護者・寝たきり高齢者・患者への対応は、家族や社会への負担を強いる「重介護問題」として、先進長寿国共通の深刻な未解決な社会課題である。本プログラムは、重介護ゼロ社会の実現に向けて、要介護者と介護者の双方をサポートするために、以下のような3つのプロジェクトを柱として推進していく。

- ①サイバニックインタフェース：脳・神経・筋系情報を身体末梢で入出力処理し、単独または②と連動して機能するインタフェースの研究開発
- ②サイバニックデバイス：①による意思／生理情報と連動または単独で機能する種々のデバイスであり、また、人の残存する能力を改善・拡張・増幅・補助するデバイスの研究開発
- ③サイバニックシステム：①と連動して複数の②を機能させる生活支援インフラ化技術

の研究開発 (ICT/RTの基盤情報システムや統合技術の研究開発、生活支援インフラプラットフォーム化の推進、重介護ゼロが地域社会で実現できることを複数の異なる実フィールドで実証することを含む)

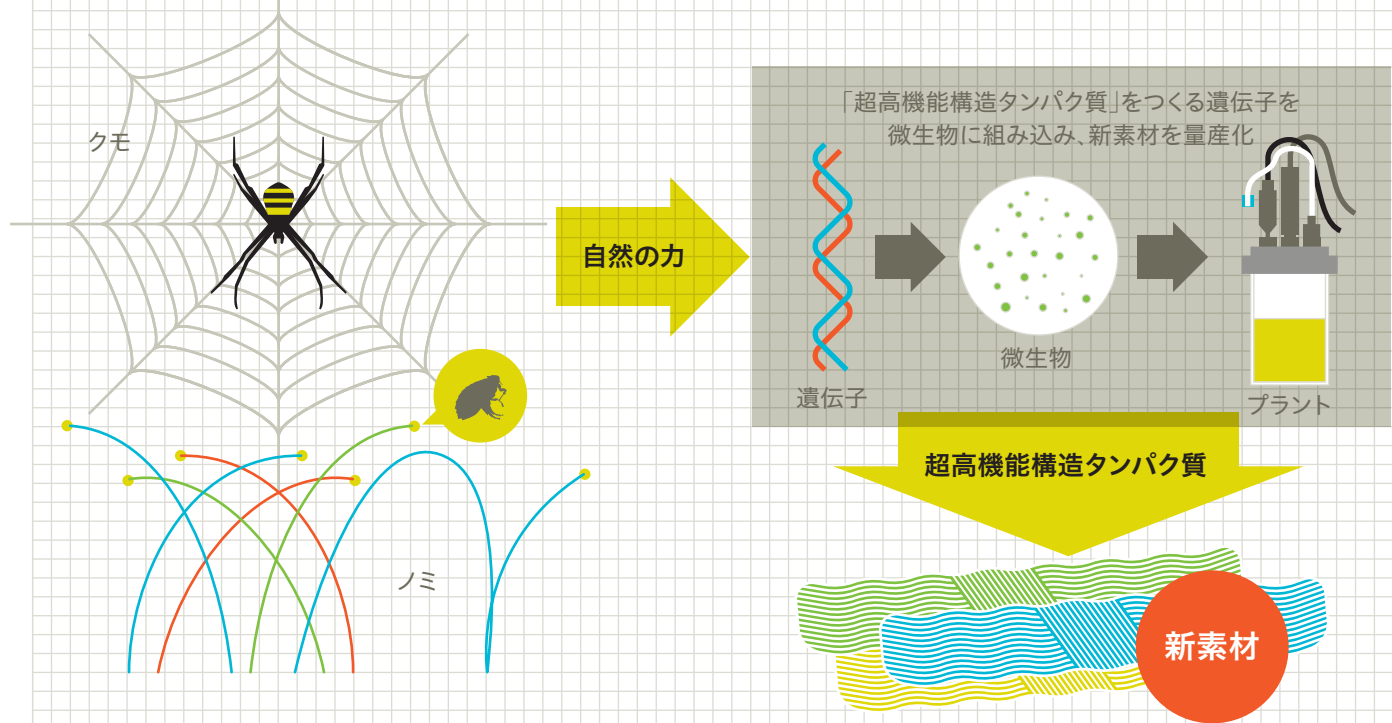
これらの研究開発プロジェクトを推進する上でポイントとなるのは、「ImPACT研究開発推進コア」(PMを中心とし、PM補佐、各プロジェクトにおけるプロジェクト補佐等からなるコアメンバーによる組織)を中核としたマネジメント手法である。当該推進コアは、「先端技術開発機関(群)」、「実証試験フィールド」、「安全性検証機関」、「国際標準認証機関」と緊密に連携し、各機関からの成果を統合し研究開発を推進する。また、研究開発フェーズに応じた評価結果を各段階の開発・検証の仕様に反映し、スパイラルアップのサイクルを回し続ける連携型イノベーションプラットフォーム体

制を構築することで、参画組織を弾力的・戦略的かつ強力に牽引する統合マネジメントを可能にする。ImPACT研究開発推進コアでは、このような連携型イノベーションプラットフォームとしての行動モデルの提案と推進を行い、さらに、当該プログラム成果の事業化のための参画企業共同出資会社「CEJ」(Cybernetics Excellence Japan) (仮称) に向けた参画機関との連携を進め、新産業創出連携体を形成し、ソーシャルビジネスモデルの基本メカニズムの実証に向けた活動を実施する。

このように、人とロボットを繋ぐ革新的人支援技術を研究開発し、新産業を創出することで、従来までの消費型経済から社会課題解決型経済へのパラダイムシフトを起こし、産業改革と社会変革を実現していく。

超高機能構造タンパク質による 素材産業革命

自然界に学びながら、クモやノミなどがもつ超高機能構造タンパク質を素材として活用する



16

従来のモノづくり産業は、石油や金属、セラムックスなどの天然資源に頼ってきたが、将来的な枯渇が懸念されている。本プログラムは、自然に学び、超高機能な次世代素材を創造し、日本の産業競争力を飛躍的に向上させる試みである。たとえば、重さ当たりの強靱性が鋼鉄の340倍にもなるクモ糸を超える「超高機能構造タンパク質」をつくる遺伝子を微生物に組み込み、人工的に量産できるようにする。異次元の性能を起こすメカニズムを解明し、新素材設計と加工技術の基盤を確立することで、素材の産業革命を起こし、従来の産業構造からの脱却を図る。

Message

本テーマは、枯渇資源に頼った産業構造からの脱却と我が国の産業競争力の飛躍的向上を実現する「超高機能構造タンパク質による素材産業革命」である。既存材料と比較して異次元の性能を持つ「クモの糸」に代表される次世代素材の開発・実用化を日本を代表するアカデミア／企業の次世代を担う若手リーダーを抜擢し、人類が未だなし得ていない技術的障壁群の突破に向けて、既存概念に囚われない研究開発を遂行していく。



Program Manager

鈴木 隆領

Takane SUZUKI

1982 静岡大学工学部卒業
1987 小島プレス工業株式会社入社
2010 同社開発担当取締役
2014 ~ ImPACT プログラム・マネージャー

アイデア／技術的アプローチ

構造タンパク質の高機能発現メカニズムを明らかにし、唯一無二の新素材をつくる

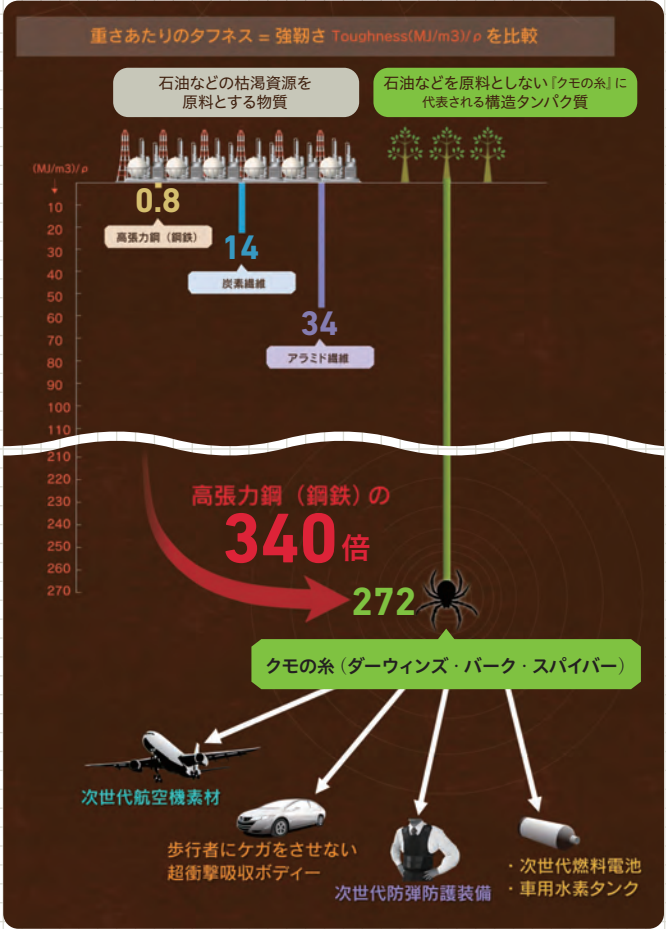
本プログラムでは、世界最先端の高次構造解析技術・CS/IT・遺伝子工学・合成生物学・材料科学・生産技術などを集結し、圧倒的な強靱性・軽量性を有する次世代素材を、微生物発酵により生産し、実用化を目指す。課題解決の切り札は「異次元の性能」「優れた環境性」「自由自在な設計」「革新的なコスト構造」を兼ね備えた構造タンパク質素材である。その実現に向けて、以下のようなアプローチで課題解決にあたる。

まずは、遺伝子合成技術を利用したタンパク質素材の構造設計手法を確立する。そのために、クモ糸に代表される天然の超高機能構造タンパク質の遺伝子配列の同定、物性測定、構造解析を行ったのち、それらをデータベース化することで、構造タンパク質の高機能発現メカニズムを明らかにする。ここで得られた知見とデータベースを活用し、天然を超える超高機能構造タンパク質を人工合成し、新規の構造タンパク質素材を創る。

ただし「高機能性」と「微生物発酵による生産性」を両立する新規分子の探索は広大であり、個別のトライ＆エラーは現実的な解とは言えない。最先端の放射光技術を有するSPring-8を用いたタンパク質の構造解析や、次世代シーケンサーによる網羅的な配列解析などを行い、それらの知見を集積・融合しながら仮説検証を繰り返し、分子候補を効率的に絞り込んでいく。次に目的となる超高機能性タンパク質素材を創出し、

次世代の輸送機器部材や防弾防護服などの開発を行う。ここではタンパク質素材の加工時に影響を及ぼす可能性があるファクターを特定し、その素材に特化した加工技術を開発する。

これらによって、最終的に天然の最高物性を上回る超高タフネス材料の試作実証、製品化試作、数万トン規模の生産、工業用材料として使えるコストのエビデンスを得る。



クモ糸（構造タンパク質）の強靱性及びそれを活用した用途

クモの糸に代表される構造タンパク質は、既存材料では成し得ない驚異的な性能を持ちながら、原料を石油などの枯渇資源に頼らず製造することができるため、次世代の基幹材料となる得るポテンシャルを持っている。例えば、クモの糸のタフネス（強靱性）は高張力鋼の340倍であると言われており、このような驚異的な性能を持った素材を活用することによって、輸送機器や防弾防護装備をはじめとした様々な分野において、既存製品を上回る性能を持った製品を作ることが可能となる。

17

研究開発チームの体制／管理、研究の展開／展望

チームごとの相互補完による研究開発が可能な超分野横断的フィードバック体制

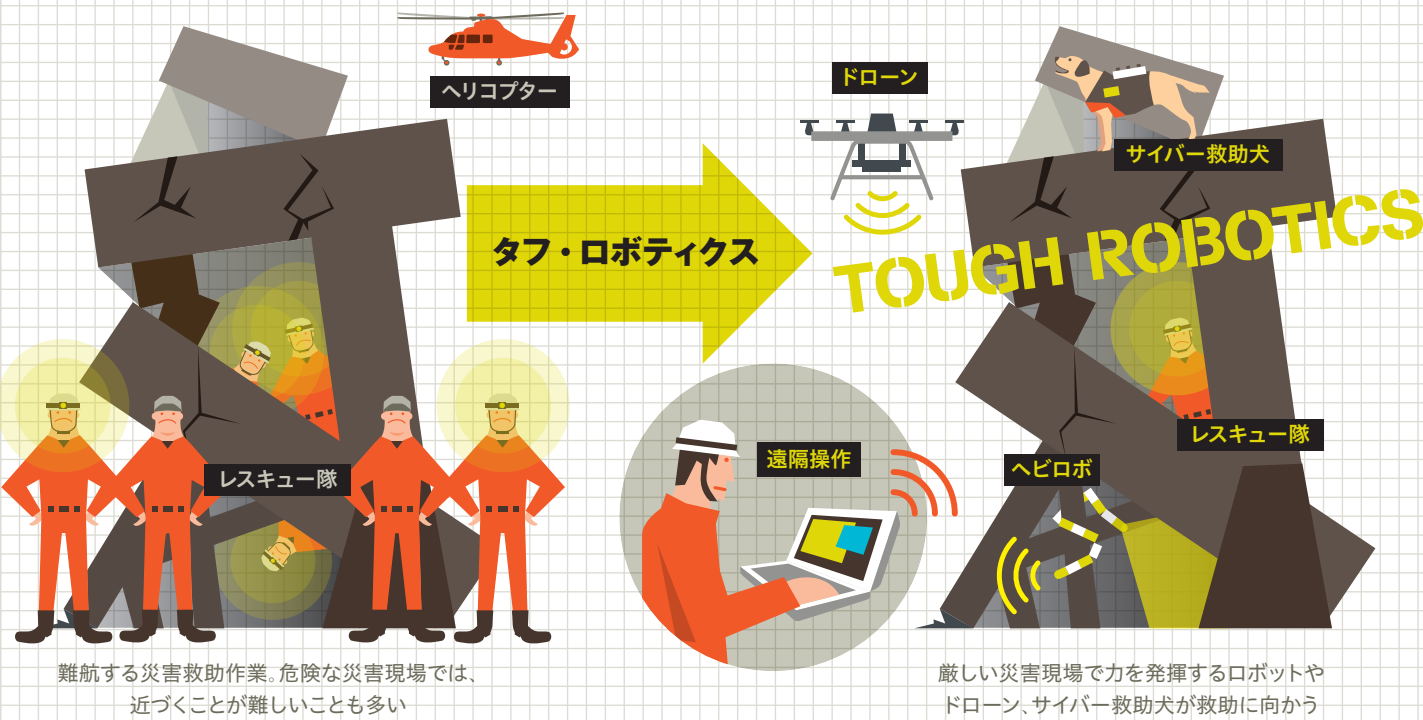
本プロジェクトでは「大規模ゲノム情報を活用した超高機能タンパク質の設計・製造」「超高機能タンパク質素材の成型加工基本技術の開発」という大きな課題を解決するために、以下4つのプロジェクトを立ち上げる。
①天然高機能タンパク質素材の網羅的解析と高機能発現メカニズムの解明：天然タンパク質素材・産生生物の採取、シーケンサーでの配列解析、天然タンパク質素材物性／構造定量化、天然高機能タンパク質素材情報のデータベース化、天然高機能タンパク質素材／人工合成繊維の機能／構造解析を行う
②天然を超える超高機能構造タンパク質素材の創出：仮説立案、遺伝子設計／合成、

人工合成タンパク質製造（培養）、繊維化、人工合成繊維物性測定の実施
③バイオ繊維の加工技術及び複合化技術の開発：タンパク質を産業的に利用するために基礎要素技術の開発を行う
④デュアルルースを含めた製品化試作・評価：①～③で開発された基盤技術を活用し、既存材料では不可能な圧倒的性能を実現する複合材料の試作に着手
各チームが互いに技術を補完し、効率的・効果的な共同研究開発を推進できるように、超分野横断的フィードバック型の研究開発体制を構築する。産業全体の競争力向上や普及促進に向け、用途開発のオープンイノ

ベーションを加速させつつ、関連技術の標準化／規格化・特許群のパッケージ化や、日本企業が確実にイニシアチブを取るためのコア技術に関する知財戦略立案も一元的に進める。
将来的には、歩行者にケガをさせない超衝撃吸収自動車ボディや次世代燃料電池車用水素タンク、次世代超軽量防弾装備、次世代輸送機器素材などの開発も進めていく。そして資源制約からの解放を行い、環境対応と超高機能を両立する「高度部品素材の供給基地」として、新世紀日本型モノづくりを実現する。

「タフ・ロボティクス・チャレンジ」
Tough Robotics Challenge

「タフな」基盤技術（極限環境アクセシビリティ、極限センシング、作業失敗リカバリ、極限環境適合性）



世界のなかで災害頻発国として数えられる日本。近い将来、首都圏の直下型地震も起きると言われており、その対応策に迫られている。東日本大震災では、災害時におけるロボットの有用性が証明されたものの、時々刻々と変化する未知の環境下で本当に利用できるロボットの実現は、まだ道半ばである。本プログラムでは、極限の災害現場でも、へこたれず、タフに仕事ができる遠隔自律ロボットの実現を目指し、屋外ロボットの力となる基盤技術を競争的環境下で研究開発する。そして未来の高度な屋外ロボットサービス事業開拓への礎を築いていく。

Message

災害という重大な社会問題に解を与えられるロボティクスを確立すること、それが私にとっての1995年1月17日以来の重要課題でした。2011年、東日本大震災では人類の歴史上初めてさまざまなロボットが活用されましたが、その効果は限定的でした。その理由をひとことで言えば、現在のロボットは「ひ弱な優等生」ではないことです。タフ・ロボティクス・チャレンジは、ロボットを筋金入りに鍛え上げることを目指します。



Program Manager

田所 諭

Satoshi TADOKORO

- 1984 東京大学 工学研究科 精密機械工学専門課程修了
- 1993-2005 神戸大学 工学部 助教授
- 2002 国際レスキューシステム研究機構設立
- 2002-2006 文科省大大特レスキューロボPM
- 2005～ 東北大学 大学院 情報科学研究科 教授
- 2006-2010 NEDO 戦略先端ロボットPI
- 2011 福島第一原発事故にQuince投入
- 2012 東北大学大学院 情報科学研究科 研究科長補佐
- 2014 東北大学 大学院情報科学研究科 副研究科長
- 2014～ ImPACT プログラム・マネージャー
- 2016-2017 IEEE Robotics and Automation Society President

アイデア／技術的アプローチ

極限状況でタフに仕事が行えるロボット基盤技術を開発

地震、津波、風水害、火山災害など多発する大規模災害や、老朽化したインフラ・プラント・ビルの調査、原発事故の除染作業や廃炉への対応など、人が立ち入れない危険な場所において、ロボットが果たす役割は大きい。しかし従来のロボットは、現場で移動できない（動けない）、災害状況が分からない（見えない、聞こえない）、作業に失敗すると全体が破綻する（やり直せない）、作業条件が合わない（特定環境で投入できない）といった多くの課題がまだ残っている。そこで本プロジェクトでは、ひ弱な優等生だったロボットの問題点を根本から解決すべく、極限状況でも十分に効果を発揮できる「タフな」基盤技術（極限環境アクセシビリティ、極限センシング、作業失敗リカバリ、極限環境適合性）を確立することを目指す。そして、各種要素技術とロボットによりフィールド試験を繰り返すことで、災害の予防減災・緊急対応・復旧への解決策を提示する。具体的には、技術面、産業面、社会面において、それぞれの目標を達成する。まず技術面では、能動ロバスト性・大規模実時間情報・生物機械融合の技術を高度化。5種類の異なるロボットボディを開発し、要素技術を組み込んで、災害環境下で効果を発揮するタフ・ロボティクスを確立する。研究開発の内容には、ロボットボディのほか、困難状況での移動、視界不良での画像認識、多種センサ情報の超解像化、騒音下での音源分離、気

配を感じるビッグデータなどもある。産業面からは、本研究の成果を活用した要素技術・サービス・ロボットの新規事業化を促す。適用現場を模したフィールドでの試験を定期的の実施し、フィールド評価に基づいた研究開発とビジネスをマッチングさせ、防災事業はもとより、企業独自の事業計画と結合させていく。また社会面では、従来まで困難だった厳しい環境条件下でも、情報収集や作業を可能にする減災ソリューションを提供し、安全・安心・豊かな社会の実現を目指す。



タフ・ロボティクスの非連続イノベーション

タフ・ロボティクスのコア技術は、能動ロバスト性、大規模実時間情報、生物機械融合、というキーワードで説明することができます。これによって、極限環境で動ける、状況を知ることができる、失敗してもリカバリが可能、作業条件に適合する、という、タフなロボットに必要な非連続イノベーションを実現します。

研究開発チームの体制／管理、研究の展開／展望

緩やかな競争環境下でロボット技術を「筋金入り」に鍛え上げる

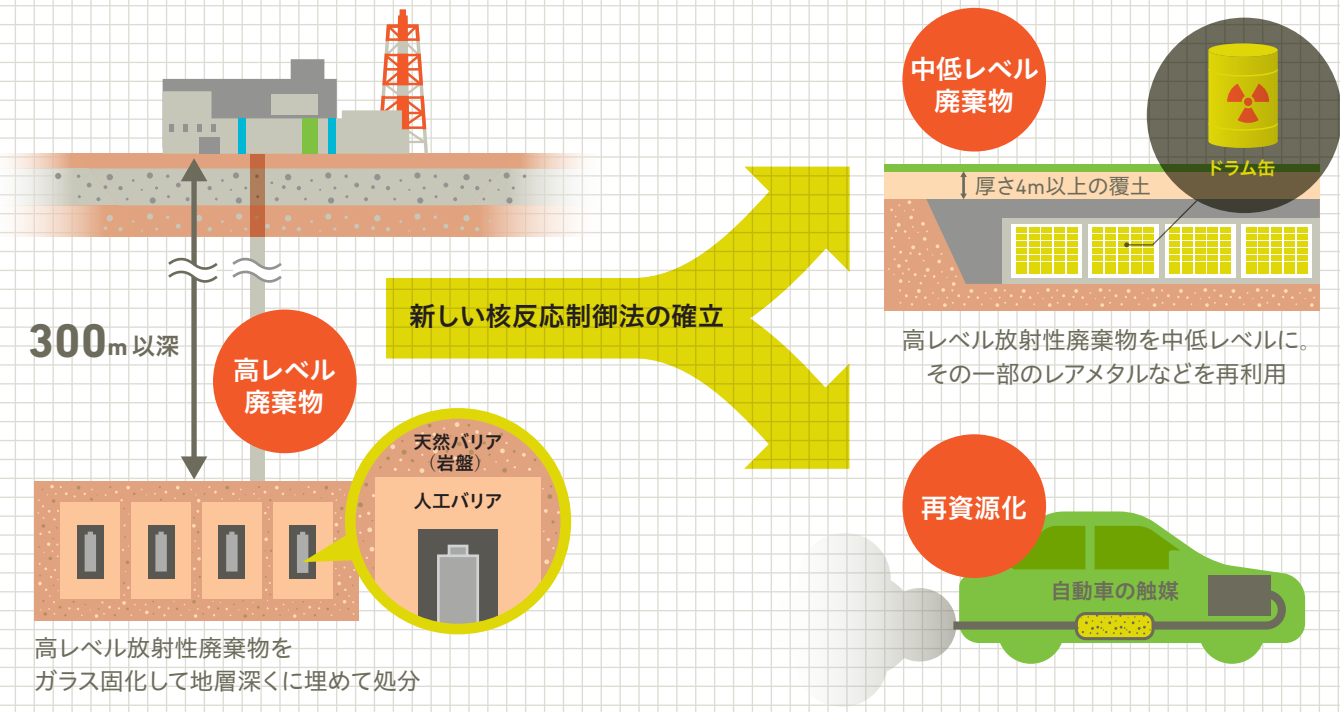
本プログラムは、以下5つのプロジェクトで構成され、世界トップクラスの最先端技術を持つ研究機関と、事業化に意欲のある企業やユーザーが一丸となって推進していく。
①ロボットプラットフォーム：飛行ロボ（ドローン）、脚ロボ（トランスフォームロボット）、建設ロボ、索状ロボ（ヘビ型ロボット）、サイバー救助犬（救助犬がGPSや無線LAN、カメラなどを背負う）という5種類のロボットプラットフォームを開発。また各要素技術をロボットにインテグレートする
②ロボットコンポーネント：超高出力の油圧機器や極限機構など、ハードウェアコンポーネント技術の研究開発を進める

③ロボットインテリジェンス：極限センシング・解析、リカバリ、ヒューマンインタフェースなどのソフトウェアとセンサ技術の研究開発を進める
④フィールド試験評価と安全性：成果を実フィールドで試験し、安全性を研究する
①で開発された5種類のボディに、②で開発されるコンポーネントのハードウェアと③で開発されるインテリジェントなソフトウェア・センシング技術を統合する。そして④にて、フィールド試験評価・安全性の実証試験を行い、ユーザーと事業者を結合する。
実証試験では、模擬試験フィールドの検証や要素技術の試験、モックアップによる

試験、さらに総合試験を行う。フィールド評価を公開することで、研究者間の緩やかな競争を喚起し、自主的な情報交換も促していく。また課題の設定についても、ユーザーの意見を反映させ、基盤研究でありながらも、実ニーズに則した研究を奨励する。成果をユーザーへのソリューションとして提案し、ビジネス・インサイトの喚起を促していく。
このようにロボットを、災害緊急対応から、復旧、予防防災までに活用し、世界の安全・安心に貢献していく。将来的な技術の波及効果により、未来の高度な屋外ロボットサービスへの事業化と普及への道を切り開くことを目指す。

核変換による高レベル放射性廃棄物の大幅な低減・資源化

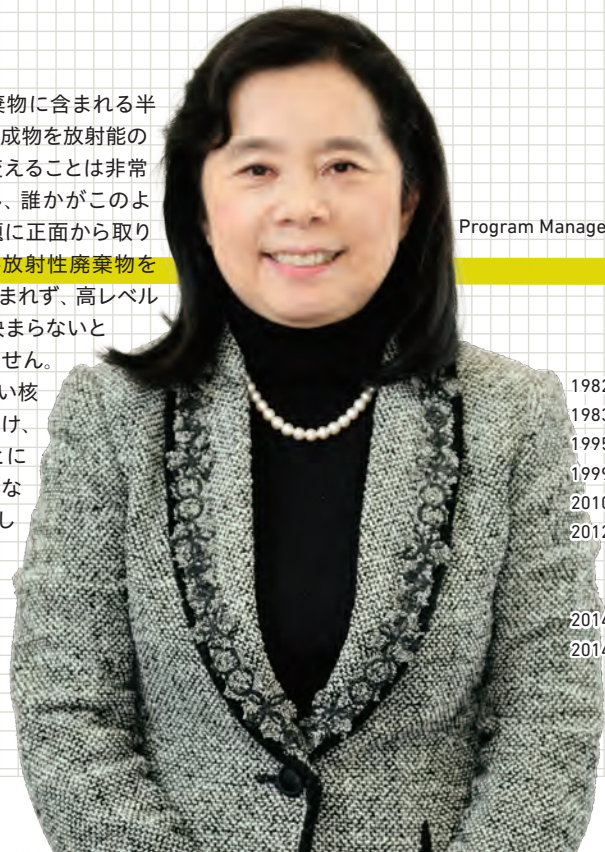
世界初の核反応データを取得し、核変換のプロセスを提案。新しい核反応制御法を確立



原子力発電所の使用済み燃料を再処理した際に発生する高レベル放射性廃棄物は、ガラス固化し、地層深くに埋めて処分する必要がある。しかし、この廃棄物には半減期の長い核種が含まれ、長期保管に対する不安が払拭されていない。そのため処分場もなかなか決まらないという社会的な問題があった。そこで、地層処分が唯一の選択肢であった長寿命核分裂生成物 (LLFP) の核反応経路 (パス) を究明する。合理的な核変換法を確立することで、安定核または短寿命核種に変換し、さらに回収生成物に含まれるレアメタルなどを資源利用するエコシステムにも挑戦。

Message

高レベル放射性廃棄物に含まれる半減期の長い核分裂生成物を放射能のない安定な物質に変えることは非常に困難です。しかし、誰かがこのような困難な研究課題に正面から取り組まないと高レベル放射性廃棄物を減らせる可能性は生まれず、高レベル放射性廃棄物の処分場は決まらないという問題は解決しません。今までにはない新しい核変換の道筋を見つけ、実験で確認することにより原子力の根本的な問題に果敢に挑戦します。



Program Manager

藤田 玲子

Reiko FUJITA

- 1982 東京工業大学 大学院 総合理工学研究科 博士課程修了
- 1983 株式会社東芝入社 (原子力技術研究所)
- 1995 日本原子力学会技術賞 受賞
- 1999 日本原子力学会論文賞など多数受賞
- 2010 ~ 日本原子力学会 理事
- 2012 ~ 株式会社東芝 電力システム社 電力・社会システム技術開発センター 首席技監
- 2014 ~ 日本原子力学会 会長
- 2014 ~ ImPACT プログラム・マネージャー

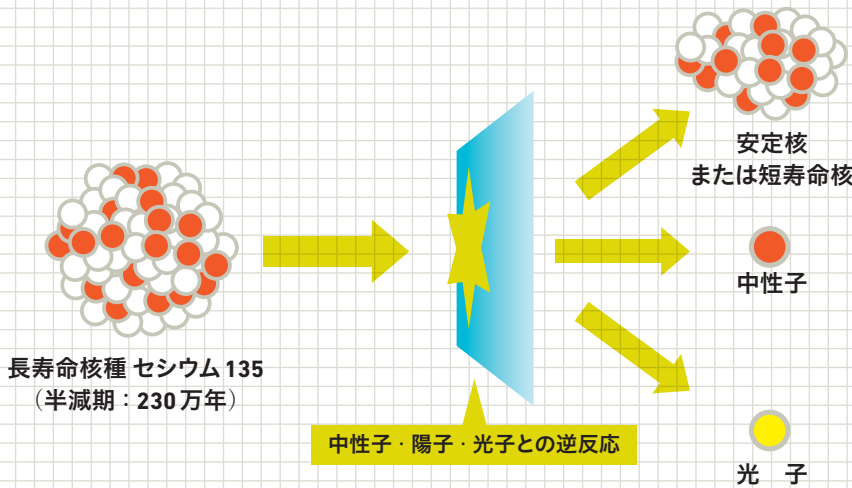
アイデア／技術的アプローチ

セシウム135やパラジウム107など4種類の長寿命核種を短寿命核種や安定核種に！

国内の加速器科学の進展により、これまで手づかずだった、あらゆる核反応データを取得できるようになってきた。もし高レベル放射性廃棄物に含まれる長寿命核分裂生成物 (LLFP) について、核反応断面積などの情報が得られれば、合理的な核反応プロセス (パス) を提案でき、短寿命核種や安定核種に変換する技術の確立も視野に入る。そこで本プログラムでは、高レベル放射性廃棄物に含まれるLLFPを分離回収し、短寿命核種や安定核種に変換するために必要な技術と、さらにその生成物に含まれる白金族や希土類元素の再利用によるエコシステムに挑戦する。対象となる核種は、セシウム135 (半減期230万年)、パラジウム

107 (650万年)、ジルコニウム93 (153万年)、セレン79 (29万5000年) の4種類である。まず群分離・核変換に関しては、従来の研究では原子炉内で核反応を調べるものだった。この場合、核分裂時に安定核種にも中性子が当たり、長半減期の核種ができてしまう。一方、今回のプログラムでは加速器を使って中性子のエネルギーをコントロールし、その核反応を見る点がポイントになる (同位体分離なしで核変換プロセスが成立)。新しい核反応プロセス (パス) が見つければ、目的の核種の欲しい核変換で安定核種に変換できる。この実現に向けて、最先端加速器施設・RIビームファクトリーなどを利用し、世界初

となる核反応データを取得する。それらのデータを基に、バルク (界面と接しない物質本体) での核反応シミュレーションを実施し、同位体分離を伴わない核変換法や、核反応により生じる中性子反応を制御する手法を提案する。そして、これらを統合した工学的な検討と合理的なプロセス概念の提案を行う。もう1つ、核変換後のリサイクルに関しては、白金族核種を自動車用触媒などに、また希土類元素をレアメタルに再利用する。これらの技術により、海外市場に左右されず、次世代にも負担を委ねない社会を実現させる。



核反応データ取得例

高レベル放射性廃棄物に含まれる長寿命核分裂生成物 (LLFP) を分離回収し、短寿命核種もしくは安定核種への核変換に必要な技術を確立する。その第一歩として、最適な核反応経路 (パス) の提案と確認を行うために、加速器施設・RIビームファクトリーなどを利用し、大強度ビーム+逆反応的手法によって世界初となる核反応データを取得する。

研究開発チームの体制／管理、研究の展開／展望

世界初となるデータ取得から、速やかに工学的な展開に進める体制づくり

本プログラムのマネジメント戦略は、世界最先端の核物理学と原子力工学を融合・連携させることにある。また将来的な展開に向け、複数の企業にも参画してもらう。世界初となるデータ取得から、速やかに工学的な展開に進めるようにする。研究・開発は、以下5つのプロジェクトで進めていく。**①分離回収技術の開発**：高レベル廃棄物からLLFPを回収する有望な技術を、分離回収性能や二次廃棄物発生量、経済性を評価して選定し、そのデータをプロジェクト**⑤**のプロセス概念検討に提供する**②核反応データ取得&新核反応制御法**：RIビームファクトリー (RIBF) やJ-PARC / 理研RALといった最先端施設で物理実験を行い、

世界初のデータを取得。得られた核反応データを基に新しい核反応制御法の開発に挑戦**③反応理論モデルとシミュレーション**：反応理論・構造理論により、実験から得られる核反応データを補うと共に、核変換のための核反応標準モデルを整備。また核反応データベースを整備し、システム開発のためのシミュレーションを実施**④核変換システム評価と要素技術開発**：新しい核反応制御法を提案。合理的なコストや、エネルギー収支に見合うLLFP専用核変換システムを検討**⑤プロセス概念検討**：高レベル放射性廃液とガラス固化体から長半減期の核種を取り出し、核変換により短半減期または安定核

種に変換する合理的なプロセス概念を検討このプログラムを推進するうえで、最も重要な部分が**④**である。他のプロジェクトと協働し、理学上の発見から工学的な展開まで踏み込んでいく。またプログラム終了後には、パイロットプラントにより、社会実装に向けた開発も進める。将来的には、本プログラムで対象外だった核種にもターゲットを広げていく。さらに**⑤**の高レベル放射性廃液とガラス固化体に含まれた核種の変換についても考慮に入れることもポイントの1つである。

進化を超える極微量物質の 超迅速多項目センシングシステム

昆虫が生物進化で獲得した驚くべきセンシングシステムを、超微細エレクトロニクスで実現



既存計測器は、大型サイズのスタンドアローンで、測定時間が長く、感度も不十分

超小型の超迅速多項目センサを開発し、いつでもどこでも極微量物質を検出

超迅速多項目
センシングシステム

我々の身の回りには、細菌、ウイルス、化学物質など、危険で有害な物質が取り巻いている。また、国際社会における爆発物や化学剤を使った犯罪やテロも留まるところを知らない。このような脅威に備えるためには、危険・有害物質を簡便・迅速に検知するデバイスの開発が必要不可欠である。生活・環境における様々な有害物質や危険の予兆をリアルタイムで計測する技術を開発し社会実装することで、安全、安心、快適な社会を実現する。

Message

「進化を超える超微量物質の超迅速多項目センシングシステム」による世界で最も快適な生活環境の提供と、誰もが健やかで快適な生活の実現は、自身がライフワークとして目標とする社会課題を実現するテーマであり、ハインパクトな非連続イノベーションでのみ達成できるテーマであると考えます。大変重要なミッションを具現化できる今、異分野融合・産学官連携を強力に推進し、より安全・安心な社会づくりの実現を必ず実現します。

Program Manager

宮田 令子

Reiko MIYATA

1982	お茶の水女子大学 理学部 生物学科卒業
	東レ株式会社入社（基礎研究所合成化学研究室）
2001	同社・ケミカル研究所 主任研究員
2004	名古屋大学産学官連携推進本部 知財マネージャー（東レより出向）
2010～	名古屋大学産学官連携推進本部 特任教授
2014～	ImPACT プログラム・マネージャー

アイデア／技術的アプローチ

昆虫の能力を超える超迅速多項目センシングシステムを創製

微量物質を検出する従来センサは、装置が大きだけでなく、測定時間が長い、感度が不十分、多項目同時測定が困難など、多くの課題が残っている。そこで進化のプロセスで獲得した生物の驚くべき嗅覚能力に学ぶことによって、新デバイス創製（極微量物質検出）に関する課題を解決していく。生物は空気中に含まれる様々な化学物質を感知するシステムを持っているが、中でも昆虫の嗅覚は、フェロモンなど、ヒトがかぎ分けることができない匂いの識別が可能である。

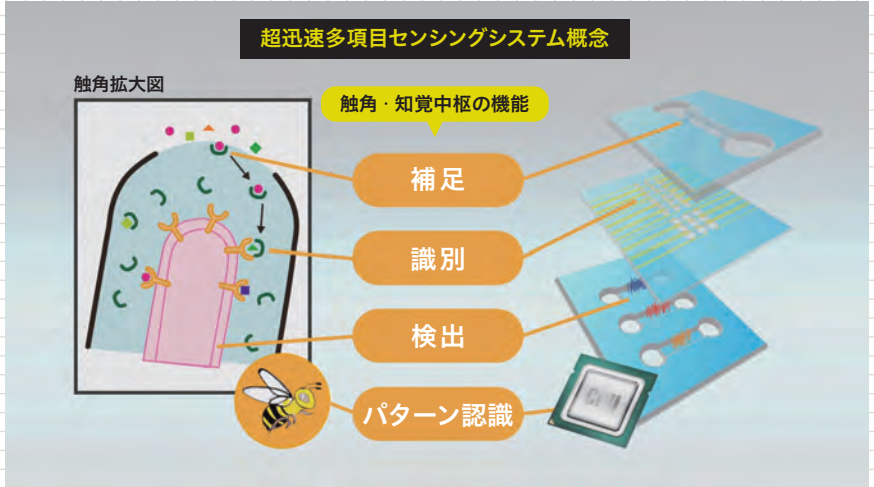
このような昆虫の能力を超える多項目同時センシングシステムを創製できれば、いつ

でもどこでも人々が危険を予測し回避することが可能になる。本プログラムでは、生体あるいは空気中に含まれる細菌・ウイルスを検出する「多項目オンサイト検出システムの開発」、また空間中に存在する化学物質、匂い分子などを検出する「空気質検知システムの開発」という二つの目標を掲げる。

具体的なアプローチとしては、生体あるいは空気中から粒子・分子を捕捉する技術の開発、捕捉した粒子・分子を大きさや種類毎に分離・濃縮する識別技術の開発、次に分離した粒子・分子をナノ・マイクロのポアおよびアレイセンサなどで検出する技術の開

発、最後に検出デバイスで得られた信号を機械学習により解析し、粒子・分子を特定する為のパターン認識技術の開発を進め、最終的にはすべての要素技術の一つのデバイスに落とし込んだ、昆虫の触角・知覚中枢の機能を超えるセンシングシステムをマイクロ・ナノエレクトロニクスにて実現する。

これら新デバイス創製の非連続イノベーションのポイントは超小型化、多項目同時計測、超高集積化を同時に実現することであり、また、試作から製品化までの過程では、先進的な微細加工プロセスやエレクトロニクスにおける原理的な技術障壁も突破しなければならない。企業や公的施設も積極的に活用し、将来の量産化に向けた研究開発を併せて進めていく。



超迅速多項目センシングシステム

昆虫は触角と知覚中枢の中に超高感度で物質を検出し、数万種類の物質を識別できる驚異のセンシング能力を備えている。人工触角を実現するために、大気中の極微量物質を捕捉、識別、検出する基盤技術を開発し、人工知覚中枢を実現するために、検出データから物質を同定・定量するためのパターン認識技術を開発する。これら技術開発をもとに超小型デバイスへの集積技術を確立し、「超迅速多項目センシングシステム」を創製・製品化する。

研究開発チームの体制／管理、研究の展開／展望

街中・家庭などへの実装とビッグデータシステム化で、次世代産業を創出

産業や社会のあり方を変革するために、本研究開発プログラム終了時までには、細菌、ウイルス、バイオエアロゾル、化学物質、匂い物質などを検出するセンシング技術を開発し、診断機器、計測機器、空調システム、自動車等への実装へと結びつける。

研究開発は以下のような3つのプロジェクトで推進する。

プロジェクト①：細菌・ウイルス

プロジェクト②：バイオエアロゾル

プロジェクト③：人工嗅覚システム

プロジェクト①～③の共通課題として「生体/大気中からの物質補足・濃縮」「1粒子・1分子レベルでのサイズ・形状・数の物理計測」「高次元パターン認識による分子同定」「集積化・モジュール化・製品試作」に取り組み、複数の課題を解決したプロトタイプを段階的に製

作していく。そして最終的に多項目用に集積化したデバイスを試作し、その実証も行う。

研究開発の進め方としては、各要素において、最高峰の技術を保有する研究者や技術者によって構成された研究開発体制を構築し、競合技術との圧倒的な差異化を実現する。他の優良技術が新規に開発された場合は、プログラムに速やかに取り込み、さらなる優位性を確保する。複数の可能性のある技術を試行する体制で臨み、競争によって1～2年で技術の絞り込み・ふるい落としを検討する。

研究開発内容の改良・変更も含めて、適切かつ柔軟な進捗スケジュール管理を行うことで、世界的に競争力の高いセンシングデバイスを創出する。本デバイスの試作開発においては、先進微細加工プロセスが必須なため、大学の微細加工施設のみならず、企業や公的施設も積極的に活用し、将来の量産化を想定した体制作りを進める。製品化までの様々な

研究開発チームの体制／管理、研究の展開／展望課題の洗い出しを行い、量産化のためのプロセスに適合した技術を構築する。また、開発したプロトタイプを用い、国研等の協力で実証評価を行う。将来的には、デバイスの小型化による街中・家庭への実装を実現し、ビックデータの活用による社会的課題の解決や経済活性化に貢献する。

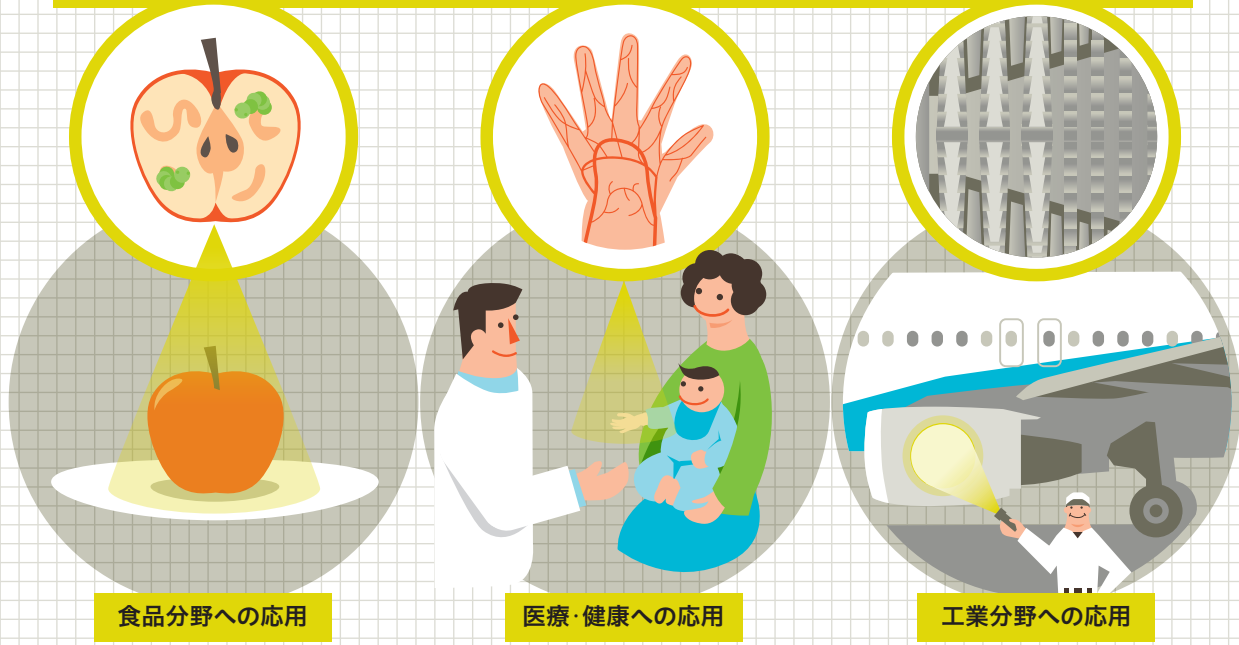
本センシングデバイスについては知財の確保に加えて、新技術の普及・市場の拡大のためISO等での国際標準化を探るとともに、環境関係業界団体等より協力を得て、環境規制見直し等の規制リスクに対応する。

本デバイスの試作から製品化の過程で、先進微細加工プロセスやエレクトロニクスにおける原理的な技術障壁を突破することで、次世代エレクトロニクス産業のロールモデルを構築し、高い国際競争力を有する産業を創出する。

イノベティブな可視化技術 による新成長産業の創出

最先端のレーザと超音波を融合した「光超音波イメージング」により、非侵襲で血管などをリアルタイムに三次元可視化

＜傷つけない＞＜痛くない＞新しい可視化技術で、安全・安心な生活を実現



食品分野への応用

医療・健康への応用

工業分野への応用

超高齢化社会が到来するなかで、罹患率や要介護者数が急増し、病気や介護への不安が広がっている。その一方で、健康で美しさを保ち、安心して働ける生活が求められている。また食の安全や製品の品質などへの不安が高まり、国民生活の安全・安心の実現も社会的な課題である。本プログラムで開発するリアルタイム三次元可視化技術により、血管をイメージングすることで病気の超早期発見や予防医療が可能となり、美容や健康管理に役立て、健康寿命の延伸に貢献できる。さらに、光の特徴を活かし物性変化を簡便にイメージングすることで、食品や製品・構造物の信頼性を高めると共に、日本製品の品質の向上による競争力の強化に寄与できる。

Message

このプログラムは、基礎研究からシステム開発、医療から美容健康、そして計測検査の応用開発まで、イメージング技術を軸に貫いた研究開発です。異研究分野、異業種そして複数の診療科の研究者が一つになり、未だない新しい産業を創造する、世界に類を見ないプログラムです。より多くの皆さんが本プログラムの成果を、身近で、享受できるように、成功への情熱を持って頑張ってまいります。



Program Manager

PM
八木 隆行

Takayuki YAGI

1983 東京工業大学 大学院 修士課程修了
キヤノン株式会社入社
2005 同社 先端融合研究所 所長
2008 同社 総合 R&D 本部 上席担当部長
2014 ~ ImPACT プログラム・マネージャー

技術説明 / 克服すべき課題

リアルタイム三次元可視化を実現し、価値を創出

物体に光を照射すると超音波を出すという原理をイメージングに応用したのが「光超音波イメージング」。レーザから、対象物にパルス光を照射し、吸収体から発生した超音波を複数の超音波センサで同時に受信、三次元画像を形成する。

光超音波イメージングは、光の高い解像度と超音波の深達長を合わせもつことで、対象物の奥深くまで鮮明に可視化することができる。また、吸収体の物性に合わせたレーザ波長にすることで、可視化する対象を選択することができる。

本プログラムでは、生体の血管網及び物質の物性をリアルタイム三次元可視化する技術を完成させ、医療・健康分野での価値を検証するとともに計測分野への応用を提示することを目指し、4つの課題に挑戦する。

課題①：生体組織と物質内部の可視化

— 生体組織内部の血管や、物体内部の物性・有害物質などの可視化を実現する計測技術を実現する。

— 様々な生体組織や物質の光の特異特性に合った波長を発生する高出力パルスレーザを実現する。

課題②：高解像度・リアルタイム検出

— レーザ光を照射し発生する超音波は、対象サイズに反比例して高周波数化する。様々なサイズからの様々な周波数の受信できる超音波センサを実現する。

— リアルタイムで受信できる多チャンネル超音波センサを実現する。

課題③：高速信号処理および三次元画像化

— 超音波センサで検出した膨大な三次元データのリアルタイム・イメージングを実現する。

— 医療・健康分野の価値を検証するリアルタイム三次元可視化システムを実現する。

課題④：価値の創出

(医療、美容健康、計測応用)

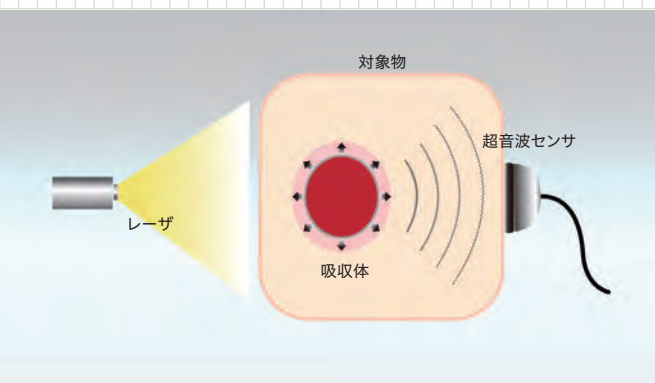
— 血管イメージングが、循環器疾患、癌、関節症の診断と治療効果評価に対して臨床価値がある事を実証する。病気の進行状況や治療効果の判断指標を見出し、診断支援を行う。誰もが在宅にて健康管理や健康増進に活用できる健康医療サービスに繋げる。

— 品質検査、非破壊検査などの検査領域で傷・劣化等が可視化できることを実証する。

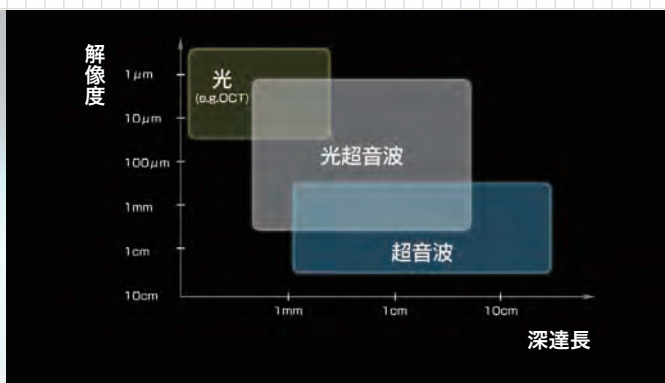
光超音波イメージングによる「手」の血管画像



光超音波イメージングの原理



光と超音波の融合



プログラム構成

イメージングを軸に、共通基盤技術からシステム開発、そして価値実証へ

本プログラムの全体構成は、多方面への産業展開が可能な「可視化計測技術」・「超広帯域波長可変レーザ」・「高感度広帯域超音波センサ」、リアルタイム三次元可視化を実現する「ワイドフィールド可視化システム」・「マイクロ可視化システム」、新しい可視化技術の価値を生み出す「価値実証」の6つのプロジェクトからなる。世界トップクラスの技術を持つ研究機関と実用化が可能な企業が協働して、克服すべき研究課題に取り組む。

①可視化計測技術(生体・物質)

生体・物体の内部の光超音波発生メカニズムの解析と、高分解能イメージング技術を開発。

②超広帯域波長可変レーザ

超広帯域波長(生体計測 700 ~ 1300nm、

物質計測 2 ~ 10μm)を高速に波長可変する小型・高出力パルス固体レーザを開発。さらに、従来の大出力レーザの課題であるメンテナンスフリーを実現し、可視化システムに搭載。

③高感度広帯域超音波センサ

圧電検出方式と容量検出方式の2つの超音波検出方式を競争的に開発させ、光超音波に最適な超広帯域・多チャンネルを実現する検出方式を選択し、リアルタイム三次元可視化を実現する超音波センサを開発。

④ワイドフィールド可視化システム

リアルタイム処理する高速信号処理、画像再構成技術、三次元画像化技術を開発し、数cm角以上の広画角を高解像度でリアルタイム可視化するシステムを完成。人体部位の細動静脈の血管網と血液状態の可視化を実現。

⑤マイクロ可視化システム

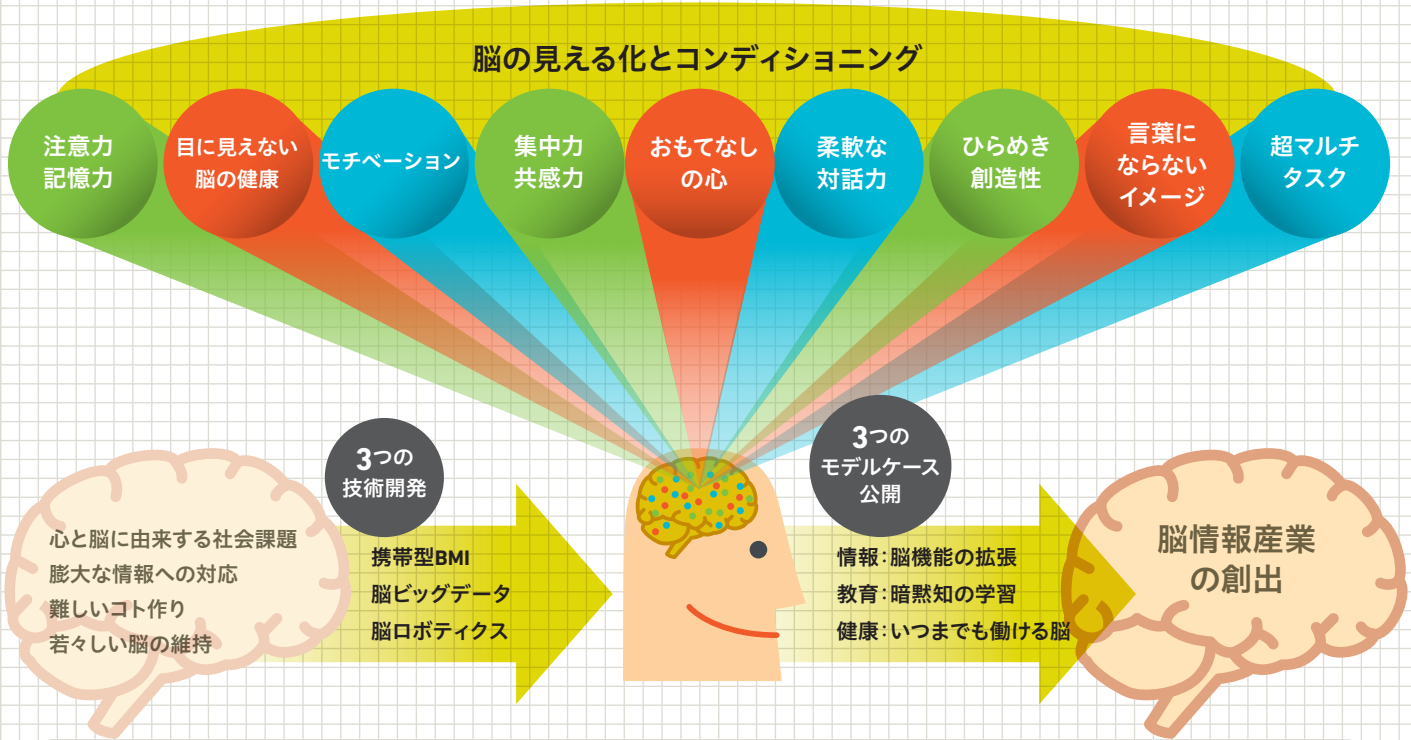
高周波数超音波イメージング技術により顕微鏡に迫る超高解像度のリアルタイム三次元可視化システムを開発。表皮下の毛細血管網の可視化を実現。

⑥価値実証

多診療科、複数の医療機関での臨床研究を行い、血管イメージングの新診断法と身体機能低下評価法を開発。疾患と画像データ中に観察される特徴量との関係を解析し、画像バイオマーカーを抽出。健康情報と医療情報を活用し、画像ビッグデータ解析を用いて健康・医療リスク予測モデルを構築。

脳情報の可視化と制御による 活力溢れる生活の実現

脳情報の可視化と制御技術に関する研究開発を社会課題に結びつけ、世界に先駆けた脳情報産業を創出



戦後、日本は製造業中心のイノベーションから豊かさを実現したが、近年はいつ起こるとわからない未曾有の災害や人口減少による先行きの見えない経済状況への不安など、心の豊かさが満たされない状況にある。その中で、企業では心を扱う脳情報の民生応用への期待が高まり、脳科学と事業の真の融合が求められている。このため本プログラムでは、多様な心の有り様を可視化する脳情報のデコーディング技術と自分が望む脳の状態へと整えるフィードバック技術、加えて大規模脳情報蓄積基盤の開発とその国際標準化を進め、2020 年迄に共有可能なリソースとして提供する。これにより、脳の健康状態の予測アルゴリズムを用いたメンタルヘルスケアサービスや、専門家と自分の脳活動パターンマッチングを用いた暗黙知学習支援サービスを実現する。

Message

顧客の真のニーズに共感できない、膨大な情報に対応できないなど、サービス化・情報化が進む社会では、脳と心に起因する問題が多く存在しています。ImPACTでは、脳の状態を見える化し、若い時の脳の状態や、自分がなりたいと望む専門家のような脳の状態へと調節する技術を開発します。これにより「いつまでも働ける脳」「暗黙知の学習支援」「脳機能の拡張」を実現するモデルケースを公開し、世界に先駆けて脳情報産業の創出を実現します。



Program Manager

山川 義徳

Yoshinori YAMAKAWA

- 2000 京都大学 大学院 理学研究科 修士課程修了
- 2000 - 2005 日本電気株式会社
インターネット事業戦略室、経営企画部 主任
- 2008 京都大学 大学院 人間・環境学研究科 博士課程修了
博士（人間・環境学）
- 2008 - 2010 京都大学 大学院 情報学研究科 GCOE 助教
- 2010 ~ NTT データ 経営研究所 ニューロマネジメント室長
- 京都大学 経営管理大学院 非常勤講師
- 神戸大学 経済経営研究所 非常勤講師
- 2014 ~ ImPACT プログラム・マネージャー

アイデア／技術的アプローチ

「携帯型BMI」「脳ビッグデータ」「脳ロボティクス」でイノベーションを創出!

現在、脳情報の可視化と制御に関する研究は日進月歩で進んでいる。たとえば大型脳計測装置（fMRI）を利用し、精神疾患の治療も実用化されつつある。ただし脳計測は高価で大型な装置が主流で、コストと精度はトレードオフの関係。そこで、まず簡便ながらも可視化と制御を可能にする「携帯型BMI」（Brain Machine Interface）を実現する。民生化も視野にした脳情報デコーディング技術（脳データを解読する技術）も進んできた。これらの脳情報活用を対象を広げ、その効果を拡大する身体化も重要になっているため、「脳ビッグデータ」や「脳ロボティクス」の技術も推進する。この3つの技術を

柱に、脳情報利活用のコストを従来の10分の1、性能を10倍に向上する目標を掲げる。本プログラムでは、3つの技術（携帯型BMI・脳ビッグデータ・脳ロボティクス）に対して、3つのサービス領域（健康・教育・情報）のモデルケースを明確に設定し、モジュール型研究開発による社会的実装のアプローチを行う。たとえば、健康領域では「いつまでも働ける脳」を目指し、「記憶力や注意力の維持・増進」「脳の多様な健康状態の把握」「（ロボット技術を用いた）脳と身体の健康生活サポート」を提案。また教育領域では「暗黙知での学習支援」を目標とし、「感情や共感性のトレーニング」「お

もてなし等のプロの脳を共有」「学習を促進するロボティクス（環境制御）」をモデルにする。さらに情報サービス領域では「脳機能の拡張」を掲げ、「創造力や革新性（ひらめき）の獲得」「言葉を超えた多様な情報表現」「脳を進化させる拡張身体」をモデルに設定。これらに加えて、共通クラウド、共通フィ



研究開発チームの体制／管理、研究の展開／展望

脳情報利活用の9つのモデルケースを明確に設定したプロジェクト

研究開発体制は、PMと3人の統括技術責任者のもと、出口を見据えた脳科学のプロジェクトを構成。三大技術（携帯型BMI・脳ビッグデータ・脳ロボティクス）×三大サービス領域（健康・教育・情報）に対する9つのモジュール型グループ体制をつくる。

【携帯型BMI】

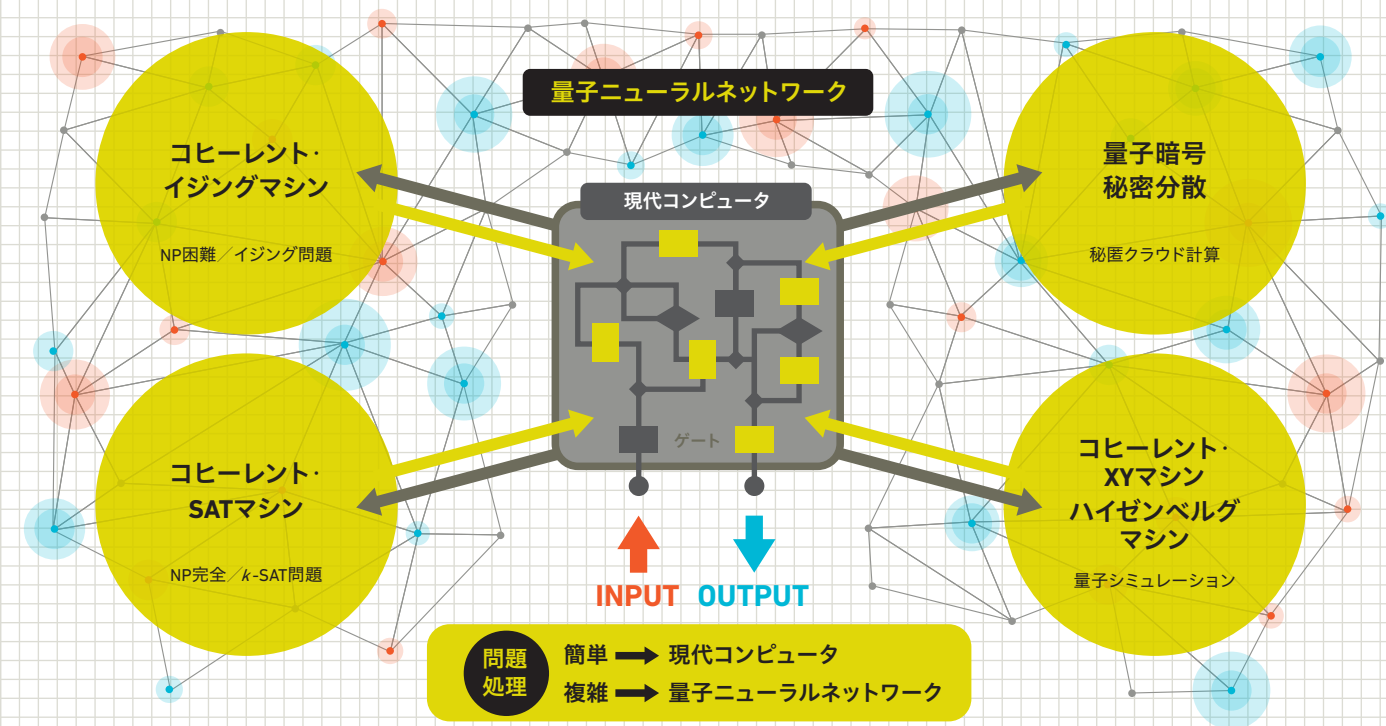
- ①携帯型BMI×健康: 脳を望ましい状態にフィードバックするBMI技術を開発し、中高年の脳機能の低下を防止し回復させる機械学習脳情報推定システムの開発とサービス化を目指す
- ②携帯型BMI×教育: 実空間にて定量的に情動を解析する技術を開発し、人材の情動状態に応じて環境制御により学習を促進するサービス化を目指す

- ③携帯型BMI×情報: 高密度な光脳計測により、創造性や革新性が発揮しやすい状態をモニタリングする技術を開発し、プロタイプ化とサービス化を目指す
- 【脳ビッグデータ】
- ④脳ビッグデータ×健康: 脳の健康を多面的に把握できる脳情報の自動解析技術を開発。さらにフィールド実証を通じてプロトタイプ精緻化を行い、脳の健康を可視化するサービスの提供を目指す
- ⑤脳ビッグデータ×教育: 様々な領域の専門家の脳情報を蓄積し暗黙知を可視化。さらにそれに基づくプロトタイプ開発とフィールド実証を行い、暗黙知教育のサービス化を目指す
- ⑥脳ビッグデータ×情報: デザイン評価やマーケティングをサポートする多様な心的情報の解読技術を開発。最終的に脳とwebを

- 連携し、言葉にならないイメージを共有するサービスの提供を目指す
- 【脳ロボティクス】
- ⑦脳ロボティクス×健康: 中高年の心と身体の健康の維持を目標に、自分一人では難しい運動の継続や対話の活性化をサポートするロボットを開発する
- ⑧脳ロボティクス×教育: 多様な職場の作業効率やコミュニケーション向上を目標に、ホルモン検査による効果検証も行い、ヒト型のメディアロボットや環境制御を可能とするロボティクス技術を開発する
- ⑨脳ロボティクス×情報: 膨大な情報処理を可能とするマルチタスク能力の拡張を目標に、アンドロイドを用いたニューロフィードバックによって脳自体を進化させるシステムを開発する

量子人工脳を量子ネットワークで つなぐ高度知識社会基盤の実現

量子力学の原理を応用した量子コンピュータに、脳型情報処理を取り込む



現代社会の様々な分野に現れる「組み合わせ最適化問題」。全ての組み合わせの中から解を探すと、膨大な時間がかかる。本プログラムでは、この組み合わせ最適化問題に特化した現代コンピュータのアクセラレータとして量子ニューラルネットワーク（コヒーレントイジングマシンなど）を開発する。

Message

パラメトリック発振器を用いたパラメトロ
ンコンピュータは、1954年に日本で発
明され、日本では電気メーカー各社で実
用化されました。しかし、動作速度がト
ランジスタをベースにしたコンピュータに
比べ遅く、消費電力も大きかったため、姿
を消す運命にありました。量子ニューラ
ルネットワークは60年後の
リターンマッチです。
電気パラメトリック発
振器を光パラメトリッ
ク発振器に変え、古典
論理回路を量子ネット
ワークで置き換え、脳
型情報処理を取り入れ
て、現代コンピュータ
に取って代わろうとす
る試みです。



Program Manager

PM
山本 喜久

Yoshihisa YAMAMOTO

- | | |
|-------------|----------------------------------|
| 1973 | 東京工業大学 卒業 |
| 1978 | 東京大学 大学院 博士課程修了 (博士・工学) |
| 1978 - 1992 | NTT 基礎研究所 (現在 R&D フェロー) |
| 1992 - 2014 | スタンフォード大学 教授 (現在名誉教授) |
| 2009 - 2014 | 内閣府・最先端研究開発支援 (FIRST) プログラム中心研究者 |
| 2003 - 2014 | 国立情報学研究所 教授 (現在名誉教授) |
| 2013 - 2014 | 理化学研究所 グループディレクター |
| 2014 ~ | ImPACT プログラム・マネージャー |

アイデア／技術的アプローチ

日本独自のレーザーネットワーク方式をベースにした量子ニューラルネットワークを開発

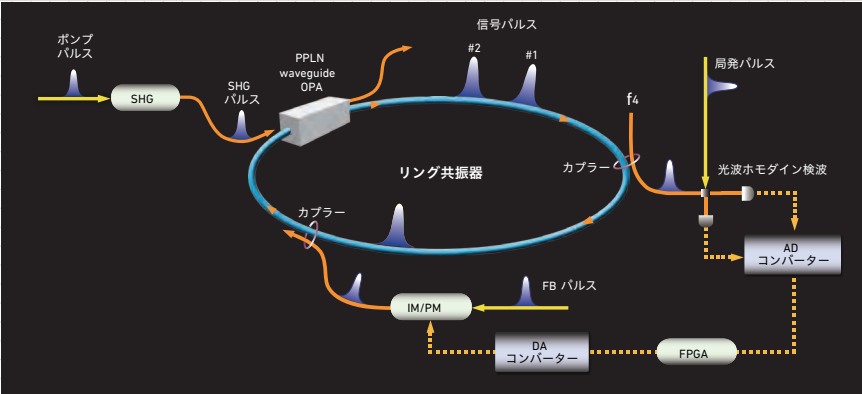
量子コンピュータは、量子力学の原理を
計算機に応用したものである。現在の量子
コンピュータは2つの方式に大別される。
1つは、0と1の状態が重ね合う「量子ビット」を組み合わせた演算回路で構成される「量子ゲート方式」。もう1つは、量子効果の働く磁石を模した実験装置で発生する物理現象に、解きたい数学上の問題（組み合わせ最適化問題など）をマッピングして結果を出す「量子シミュレータ方式」である。

この量子シミュレータ方式には、さらに2
つの方式がある。1つは、最近グーグルや
NASAが導入した「D-Waveマシン」で採用され
た「量子アニーリング方式」と呼ばれるもの。
そして、もう1つは本プログラムの山本
PMが提唱する「量子ニューラルネットワー
ク方式」である。これは光パラメトリック発
振器と量子測定フィードバック回路を使っ
て、3次元イジングモデルを実装するものだ。

1つの光パルスは、上向き／下向きのス
ピン（自転）に対応する0相と π 相で重ね合
わせることができる。そこでN個の光パル
スを1つの共振器に同時に存在させ、その光
パルスの位相状態を変えることで、光パル
ス集団が2のN乗個の異なる状態をつくり
だせる。ここで計算を同時に行わせると、
より効率的に解答を得られるようになる。
量子測定フィードバック回路に求めたい条
件を組み込み、光パラメトリック発振器を発
振させると、その発振光が解きたい問題に
対する最適な解を超高速で出力してくれる。
本プログラムでは、このような原理をベー

スに、脳型情報処理を取り込んだ量子
ニューラルネットワークを開発する。ファイ
バーパラメトリック発振器にて同時発生さ
せた2,000～10万の光パルスの1つ1つを
ニューロンと見立て、これを量子測定フィ
ードバック回路で相互結合し、シナプスネット
ワークを実現。組み合わせ最適化問題は、
量子フィードバック回路を利用してマッピン
グされる。

このほかにも本プログラムでは、絶対に
盗聴を許さない量子セキュアネットワーク
や、量子材料を探索する量子シミュレータ
を開発する。



量子ニューラルネットワーク概念図

長尺の光ファイバーを使い、発振器から発生する光信
号を神経細胞の“ニューロン”と見立て、これを処理で
きる集積回路を結合します。これにより、量子を用いた
シナプスネットワークを実現させます。

研究開発チームの体制／管理、研究の展開／展望

量子ニューラルネットワークと、盗聴を許さない 量子セキュアネットワークで高度知識基盤を確立

本プログラムでは、「量子人工脳」「量子セ
キュアネットワーク」「量子シミュレーシ
ョン」という3つの開発目標に対し、以下
のような複数のプロジェクトで臨みます。

【量子人工脳】

ニューロン数が2,000 ～ 100,000／シナプ
ス結合400万～10億の量子ニューラルネッ
トワークを開発し、組み合わせ最適化問題
への適用性を実証する。

①全体総括：量子ニューラルネットワーク
の理論、ハード・ソフトの開発をバランスよ
く推進

②脳型情報処理：OPO (Optical Parametric
Oscillation) 相転移に伴う分岐理論、シナプ
ス可塑性モデルの導入によるコヒーレント
イジングマシンの性能向上を目指す

③光ファイバー OPO 開発：PPLN 導波路デ
バイスと光ファイバーから構成される大規
模光ファイバー OPO 装置の開発

④光ファイバーレーザー開発：多重パルス
モード同期光ファイバーレーザー装置の開発

⑤量子測定フィードバック回路開発：光ファ
イバー OPO 装置を制御する FPGA 回路の
開発を行う。これを多重パルスファイバ
ーパラメトリック発振器に接続できれば、量子
ニューラルネットワークハードウェアが実現
できる

【量子セキュアネットワーク】

量子セキュアネットワークでは、①基本設計
とグローバル化技術 ②量子鍵配送装置と
アプリケーションインターフェース (API)
③多値変調秘匿伝送技術 ④新理論の開拓

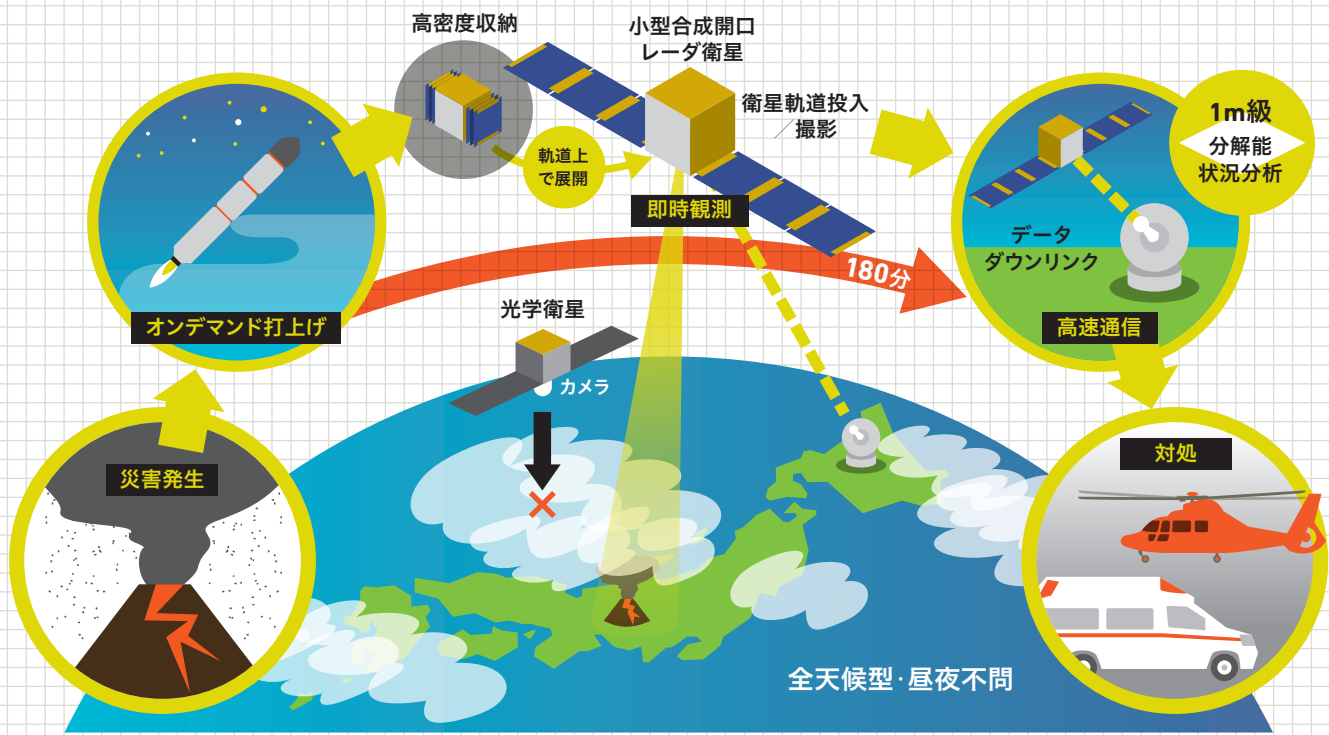
という4プロジェクトで構成。これにより、
将来のコンピュータ技術でも解読できない安
全性と、高い相互接続性を持つ量子セキュ
アネットワークを都市圏に構築し、潜在ユー
ザーへのサービス運用を実現する。

【量子シミュレーション】

①強相関量子シミュレーション理論 ②量子
シミュレータ開発 ③非平衡開放系量子シ
ミュレーション理論 ④非平衡開放系量子シ
ミュレーション実験 ⑤新原理量子シミュ
レーションの探索という5つのプロジェクト
を立ち上げる。冷却原子、超電導量子回路、
光半導体素子を利用した量子シミュレータ
を同時に開発・比較する。

オンデマンド即時観測が可能な 小型合成開口レーダ衛星システム

SARでポピュラーな従来方式を採用せず、第3の「受動平面展開アンテナ方式」により、世界最軽量・高密度収納のSAR衛星システムを構築。



自然災害や人為災害などの緊急事態が発生した際には、社会インフラにより、いつでもどこでも迅速な対応を行い、被害を最小限に食い止めることが必要だ。そのような社会インフラとして衛星システムが活用されるためには、「悪天候・夜間対応」、「即時性」、「広域災害対応」および「周辺領域同時観測性」が求められる。本プログラムでは、オンデマンドで打ち上げ、即時観測が可能な小型合成開口レーダ（SAR：Synthetic Aperture Radar）衛星システムを開発する。SARには従来方式とは異なる「受動平面展開アンテナ方式」を採用し、1m級の分解能で、衛星全体で100kg級の軽量化と高密度収納性を実現。量産コストも従来の10分の1程度の20億円に収めることを目標にする。これらにより必要なときに必要な地点を観測できる衛星を打ち上げ、夜間や悪天候でも打上後から数十分～数時間で観測可能なシステムを構築する。

Message

『「世界が驚く」人工衛星技術の開発を通じて、新しい時代の「安心の目」を実現する』、それが本プログラムの目指すところ。打ち上げてある人工衛星を、使えるタイミングで活用する。これまでの人工衛星利用から、「使いたいときに使いたい場所を狙って打ち上げて利用する」“オンデマンド即時観測”へのパラダイムシフトを可能とする人工衛星システム。厳しい制約を満たしながら、悪天候でも夜間でも地球をモニタ可能な“小型合成開口レーダシステム”。この2つを同時に実現するための研究開発を遂行していきます。



Program Manager

白坂 成功

Seiko SHIRASAKA

- 1994 東京大学大学院工学研究科 修士課程修了
- 2012 慶應義塾大学大学院 博士課程修了（システムエンジニアリング学）
- 1994～2010 三菱電機株式会社 鎌倉製作所
- 2000～2002 EADS Astrium 社（現 Airbus 社）交換エンジニア
- 2010～2016 慶應義塾大学大学院 准教授
- 2015～ ImPACT プログラム・マネージャー
- 2017～ 慶應義塾大学大学院 教授

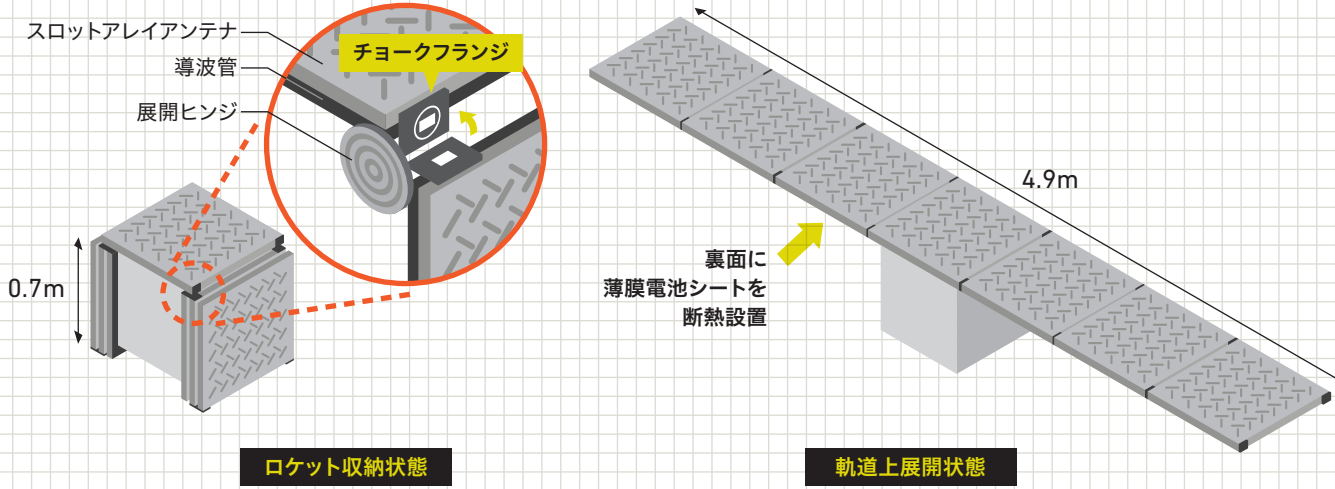
アイデア／技術的アプローチ

軌道上で両翼に展開する受動平面展開アンテナ方式により、軽量化・高密度収納化

「合成開口レーダ」(SAR: Synthetic Aperture Radar) は、人工衛星などの飛翔体にアンテナを備え、機体の移動とともに電波の送受信を繰り返すことで、より大きな「開口」の仮想的なアンテナを合成するものだ。SARはアンテナからマイクロ波 (X/S/C/Lバンドなど) を照射し、反射波を観測するアクティブセンサであり、昼夜の区別や雲などの悪天候に左右されにくいメリットを有する。ただし現状ではXバンドSAR搭載の衛星システムはほとんどが重量1トン以上もあり、コストも100億円は下らなかった。しかし災害発生時にオンデマンドで衛星をすぐに打ち上げるためには、最初から燃料が搭載された固体ロケットを使用するために、衛星

も小型・軽量化しなければならないという課題を抱えていた。そこで本プログラムでは、SAR実現方式の主流である「アクティブフェーズドアレイ方式」(固定アンテナに位相変換素子を配置し、電気的な動作のみで任意方向にレーダを送受信する方式) や「パラボラアンテナ方式」とは異なる第3の「受動平面展開アンテナ方式」を採用し、世界で例がない軽量化・高密度収納化に挑戦する。第3のアンテナ方式は、収納体積の小さいハニカムパネルスロットアレイアンテナを3枚ずつ両翼に展開 (計7枚) する。アンテナの展開ヒンジ部で、導波管を展開時に非接触で対向させる低損失給電方式チョーク

フランジを採用。アンテナの裏には薄膜太陽電池シートを付けて大電力を確保する。また高効率な窒化ガリウム (GaN) 増幅器と共振合成器によるチューブレス高出力増幅器を送信機に搭載。重量も100kg級に向け、超小型衛星「ほどよし」のバスを活用するほか、キーとなるバス機器 (電源／熱系) についても合わせて開発する。さらにオンデマンド即時観測のために分離から撮像まで自動化、機器の異常時対応を含むオンボードでの自律制御を導入。通信系にはほどよし衛星の成果を活用し、1パスで観測データをダウンリンクする世界最高速データ伝送システム (1.5Gbps 以上) を実現する。



研究開発チームの体制／管理、研究の展開／展望

災害時に「安心の目」となる衛星システムを3つのプロジェクトで実現

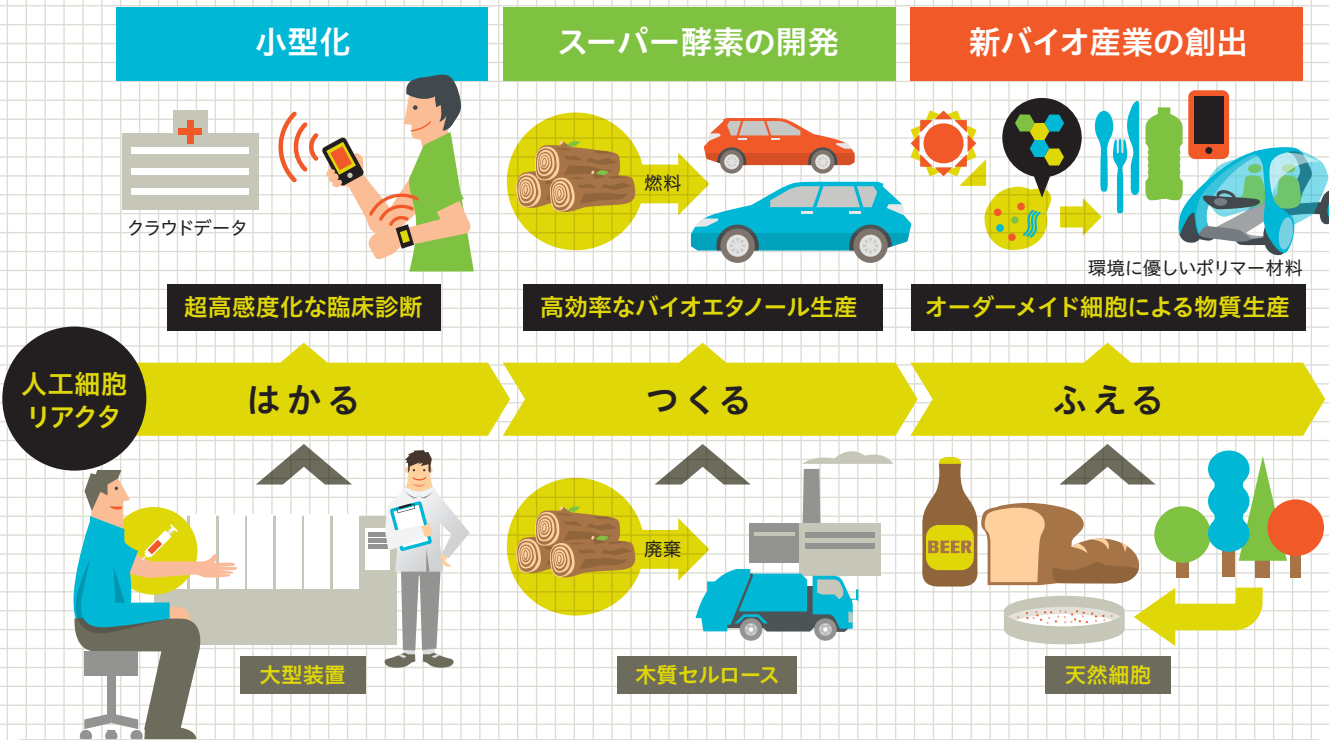
本プログラムは、以下3つのプロジェクトで構成される。
①衛星システムプロジェクト: 即時観測を実現するオンデマンド化 (自動・自律) 機能の研究・開発と、それらの機能を有し、小型SARを搭載する衛星バス部に必要な新技術の開発と地上実証を行う。SARシステムを実現するために必要で、研究要素のある機器は設計検証モデルを作成。またオンデマンド化についてはシミュレーションを活用し、いずれも地上で実証する。即時化のための高速データ通信に関しても地上で実証するとともに、軌道上の実証を目指す。
②SARシステムプロジェクト: 高密度収納が可能で、小型・軽量のSARシステムの実現に向けた研究開発を実施し、必要な機能・

性能を有したSARシステムをつくる。さらにフライト可能モデルを製作し、地上での実証実験も行う。
③総合システムプロジェクト: 目的が果たせるシステムの実現に向け、小型SAR衛星システムと、地上システムや利用想定ユーザーを含めた総合システムを設計し、その成立性、設計妥当性をモデルを活用して地上で実証するための評価システムの研究開発を推進。これら3つのプロジェクトは相互に強く関係している。SARシステムプロジェクトで研究・開発されるSARシステムは、衛星システムプロジェクトで研究・開発される衛星バスと統合されてひとつの衛星になる。衛星バスの自動化・自律化機能については、総合シス

テムプロジェクトで研究される地上システムやロケットと密接に関係する。またSARで撮像されたデータは地上システムにダウンリンクされ、利用される。このように3つのプロジェクトの密な連携が本プロジェクトでは重要となる。本プログラムは、自然災害の対応など、社会インフラとして緊急時に即時に必要な「安心の目」となり、被害の最小化や対応の迅速化を図り、世界の安心・安全にも貢献する。ほかにも被爆率の高い地域観測によるビジネス創出や、リアルタイム性が重要なビッグデータへの観測データ利用、機器販売や小型SAR衛星を含むシステム輸出による国際競争力の強化につなげていく。

豊かで安全な社会と 新しいバイオものづくりを実現する 人工細胞リアクタ

人工細胞デバイスを利用した技術革新によって、バイオ分析産業や酵素・細胞を用いた産業の根本的問題を解決する



バイオ産業は巨大な成長が期待される分野だ。しかし現状では、まだ基盤技術の革新が求められている。たとえば農林水産系では簡易で正確な遺伝子検査や、感染体パンデミック防止用の超高感度検出、予防医学系ではガンやアルツハイマーの進行などを検出する疾病マーカーの超高感度検出と定量計測、さらにバイオ系では天然酵素を凌駕するスーパー酵素を迅速に開発する技術や、産業用に白紙から設計した人工細胞を合成する技術が切望されている。本プロジェクトでは、新しいバイオものづくりを実現する人工細胞リアクタで非連続イノベーションを起こす。具体的には分子集積度と目的に応じ、3段階（はかる、つくる、ふやす）で開発を進め、小型・超高感度バイオセンシング装置、高速にバイオマスを処理するスーパー酵素、自己複製が可能な人工細胞によるバイオ技術を創出して社会実装する。

Message

10年前に基礎研究のために開発した人工細胞リアクタのプロトタイプが、このプログラムの基礎となっています。その後、その技術を利用した応用研究が予想外に反響を呼び、企業と共同の実用研究を経験しました。この経験で強く学んだのは、自由な発想に基づく基礎研究の成果が、時として社会イノベーションに直接つながるということです。本プロジェクトは、人工細胞リアクタ研究とその関連分野における国内外の優秀な研究者と実業界を効果的に連携させ、全く新しいイノベーションを生み出していきます。



Program Manager

野地 博行

Hiroyuki NOJI

- 1997 東京工業大学大学院 博士課程修了（理学博士）
- 1998 JST CREST 博士研究員
- 2000 JST PRESTO 研究員
- 2001 東京大学 生産技術研究所 助教授
- 2005 大阪大学 産業科学研究所 教授
- 2010～ 東京大学 工学研究科 教授
- 2015～ ImPACT プログラム・マネージャー

アイデア／技術的アプローチ

分子集積度と目的に応じた3段階のアプローチで、革新的なバイオものづくりに挑戦！

本プログラムでは、人工細胞リアクタによる新しいバイオものづくりを実現するために、分子集積度と3つの目的（はかる、つくる、ふやす）に応じて段階的に開発を進めていく。

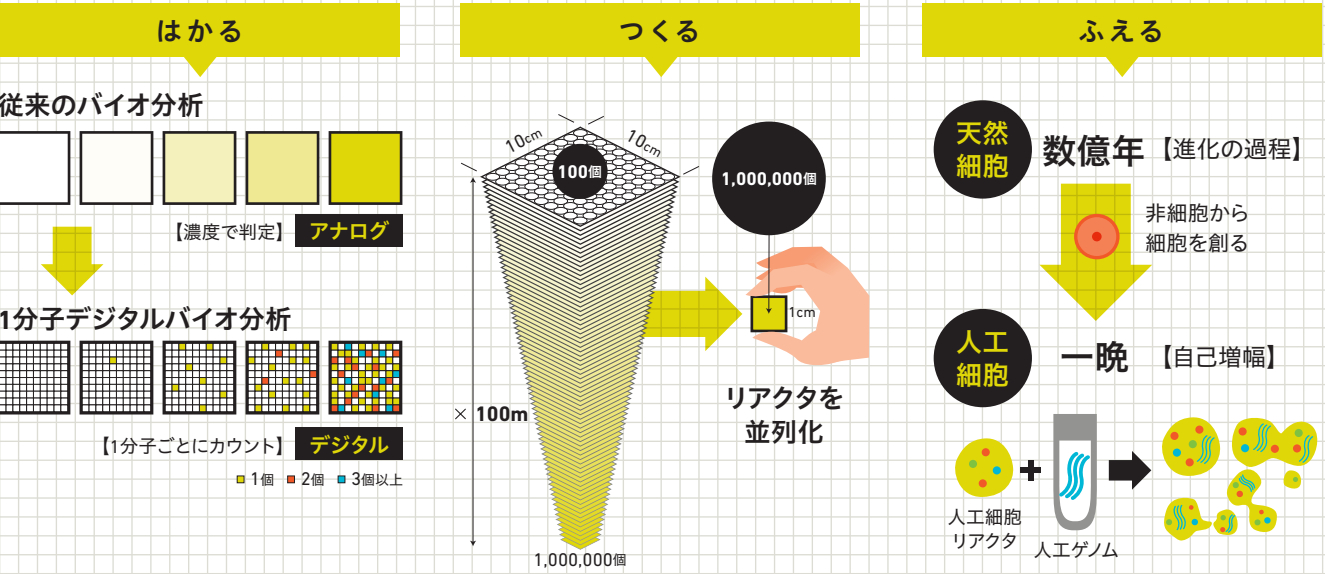
「はかる」ステップでは、疾病・感染の検出で用いられる種々のバイオ分析法（遺伝子検出反応や抗原抗体反応）を、フェムトリットル（10のマイナス15乗）と言う超微小体積の人工細胞リアクタで行う。微小体積によってバイオ分析反応の生成物質濃度が劇的に上昇するため、目的分子を1分子の感度で検出することが可能だ。しかも、信号を0か1かで2値化して計測するため、測定誤差も

低減できる。さらに高スループット化と同時に、クラウドと連携した手のひらサイズの廉価な汎用小型装置を開発し、遺伝子診断や臨床検査の現場に実装する。この3つの要件を満たした事例はこれまで実現できていないものだ。

「つくる」ステップでは、人工細胞リアクタの超並列性を生かし、異なる種類の遺伝子産物（≒酵素）を超微量（数分子）で閉じ込めた多数のリアクタを並べ、その中から大幅に機能が增強された最適な酵素分子のみを1回の作業で同定する革新的スクリーニング技術を開発する。これにより天然酵素を凌駕するスーパー酵素を生み出し、反応

速度をさらに向上させる。これらのスーパー酵素は、「はかる」ステージの計測技術を確認するものにする。

「ふえる」ステップでは、試験管内のゲノム複製反応の再構成技術と人工細胞リアクタを組み合わせ、数時間のワンポッド反応でゲノムを合成したり、自己増幅（人工ゲノムで起動）が可能な人工細胞を創出する。海外でもゲノム人工合成や合成細胞の創出に成功しているが、まだ社会的なイノベーションまで至っていない。ゲノム合成にかかる費用と時間が莫大で、細胞も特殊なバクテリアに限定されているからだ。これらの課題を最終的に解決していく。



研究開発チームの体制／管理、研究の展開／展望

人工細胞リアクタによって、あらゆるバイオ産業でイノベーションを創出！

人工細胞リアクタの研究者を中心とした産学クラスタを形成し、本プログラムに取り組んでいく。多くの課題で同じマイクロリアクタを利用するため、共通のファウンダリーを設置して高額な加工装置を1カ所に集約する。また人工細胞リアクタを用いた計測・スクリーニング装置の開発も連動する。そこでリアクタ加工とハードウェア開発を一括した基盤技術支援グループを東大に設置。本プログラムは、この基盤技術支援をベースに、「はかる」「つくる」「ふえる」という人工細胞リアクタの3つのプロジェクトで構成される。

①「はかる」人工細胞リアクタ・プロジェクト：疾病・感染のマーカー検出では今の最高装置を使った場合よりも感度を100倍向上させた「1分子デジタルELISA」を開発。遺伝子診

断では「PCR」（Polymerase Chain Reaction）よりも簡便で高速な「等温デジタルDNAアッセイ」を中心に、RNAも対象にした汎用性の高いデジタルバイオ分析手法を確立する。このほか既存法よりも高感度にウイルスを検出するデジタル計測法を開発する。

②「つくる」人工細胞リアクタ・プロジェクト：遺伝子発現機能を搭載したアレイ型人工細胞リアクタのスクリーニングと、リボソームソーティング技術を利用した膜タンパク質のスクリーニングなどを検討。またスクリーニング時に必要な蛍光指示薬のほか、新手法に最適なライブラリ作成技術にも取り組み、高活性なスーパー酵素を開発する。

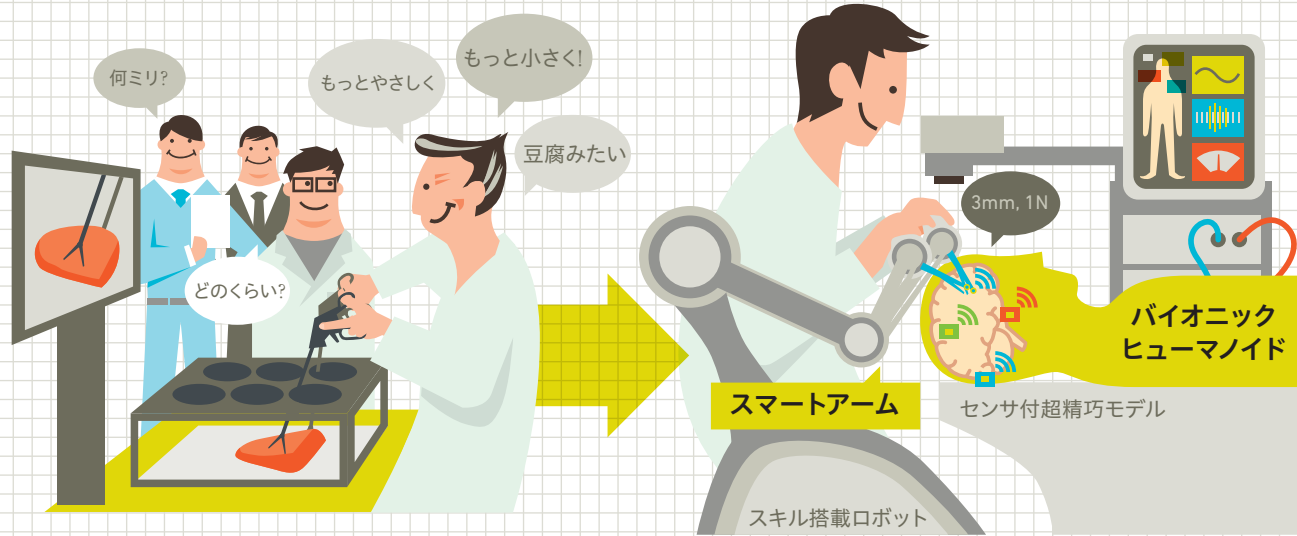
③「ふえる」人工細胞リアクタ・プロジェクト：人工ゲノム試験管内合成法の確立と人工

ゲノム起動技術を2つの柱とする。起動技術には宿主細胞ヘゲノムサイズDNAを導入するために、マイクロ流体デバイスなどの機械要素と融合して機能するバイオハイブリッドデバイスによるリボソーム融合手法や、ゲノムサイズDNAをコンパクトにまとめる手法を導入。

本プロジェクトの最終目標である人工ゲノム細胞技術が将来的に確立されれば、あらゆるバイオ産業の基盤になりうる破壊的イノベーションが創出されるだろう。近視眼的にも、今後勃興・拡大する合成ゲノムビジネスで日本が中核技術とビジネスを席巻できる。

バイオニックヒューマノイドが 拓く新産業革命

「センサー付の精巧な偽物」を活用して感覚的な表現を定量的に理解し、試行錯誤をなくすことで技術シーズを早く社会に届ける



感覚的

定量的

ヒトに関わる機器の研究開発・評価・教育・訓練では、感覚的表現が多用され、試行錯誤も多いため、革新的技術シーズが社会に届くまでに時間がかかる。本プログラムではセンサーを内蔵した精巧な偽物を使って感覚的な表現を定量的に理解し、試行錯誤をなくすことで、技術シーズを早く社会に届けることを提案する。まずは医療から挑戦し、ヒトや実験動物の代わりとなるセンサー付精巧人体モデル「バイオニックヒューマノイド」を開発する。これを活用することで、技術シーズであるロボット技術を用いたスマートアームを開発し、小さな穴から精密な手術を行うという医療革命を具現化する。成果を他の産業に展開することで新産業革命をおこす。

Message

医療や福祉、製造業、農業などでは「見て盗め」の文化があり、試行錯誤が多く、技術伝承が困難です。また、ヒトや動物で実際に試すこともあり、社会的・倫理的な問題も無視できません。このようなプロセスを変える、それが本プログラムの挑戦です。様々な革新的技術シーズが早く社会に届く仕組みを作るため、世界トップレベルの研究者を結集して構想の実現に取り組めます。



Program Manager

原田 香奈子

Kanako HARADA

2001	東京大学大学院 博士前期課程修了
2001 - 2004	株式会社日立製作所
2005 - 2007	(財)医療機器センター 流動研究員
2007	早稲田大学大学院 博士後期課程修了 工学博士
2007 - 2010	イタリア聖アンナ大学院大学 博士研究員
2010 - 2012	東京大学大学院 特任助教
2012 ~	東京大学大学院 特任講師
2015 ~	ImPACT プログラム・マネージャー
2016 ~	東京大学大学院 准教授

アイデア／技術的アプローチ

医療分野での挑戦

「センサー付の精巧な偽物」の医療応用として、まず、センサー付精巧人体モデル「バイオニックヒューマノイド」を開発する。バイオニックヒューマノイドは、理科室にある硬質の人体模型が、本物そっくりの特性を持ち、内部に様々なセンサーが搭載されているイメージを思い浮かべると分かりやすい。例えば、これまでの内視鏡下手術の教育・訓練では、ドライボックスと呼ばれる箱に臓器モデルを入れて、見よう見真似で練習をしていた。また、デバイスを提供する技術者にとっても、医師の要望を定量的に理解することは困難であった。

本プログラムでは、このドライボックスをバイオニックヒューマノイドに置き換える。

「もっと大きく」「豆腐みたい」といった感覚的表現を数値で理解できるようになるため、教育・訓練が効率的になり、医工連携も加速する。また、熟練医に模擬手術をしてもらい、内蔵のセンサーでどのような操作がされたかを記録する。患者側がどのように手術されたか、という視点で手術操作を解析することにより、術者の癖と技能を区別し、共通の匠の技として抽出することが可能となる。

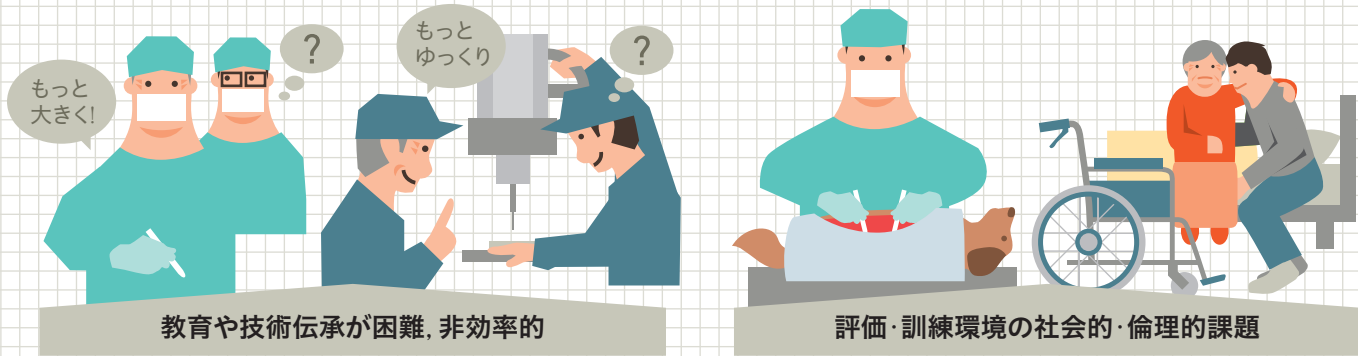
このバイオニックヒューマノイドをプラットフォームとして活用することで、様々な研究開発・評価・教育・訓練が加速し、医工連携、産官学連携も効率的になる。本プログラムでは、革新的技術シーズによる社会革命の例として、ロボット技術による医療

革命の具現化にも挑戦する。抽出されたスキルを搭載した賢い匠ロボット「スマートアーム」を開発するのだ。スマートアームに術者が手を載せて動かすと、そのアーム先端が微かに動き、匠の技を持つ名医のように安全に微細手術が行える。

このような「センサー付の精巧な偽物」を活用したプロセス革命を広く展開し、新産業革命をおこす。バイオニックヒューマノイドをヒトや動物の代わりに活用することはもちろん、要素技術も広く産業に展開する。特に、「対象物が何をされたか」の視点でスキルを抽出する、という考え方は、広く産業用ロボットの学習や制御にも応用する。



医療 / 福祉 / 製造業 / 農業などで、例えば...



研究開発チームの体制／管理、研究の展開／展望

計測・加工・材料・ロボット分野のトップクラスの研究者を集結し、技術的障壁を突破

本プログラムでは、医療を対象とした、「バイオニックヒューマノイド」、「スマートアーム」、「医療応用」という3つのプロジェクトから開始し、その後、指名によって、産業分野にも展開する。

①バイオニックヒューマノイド・プロジェクト: 医用画像から臓器だけでなく膜などの微細な構造までも正確に抽出する。ウェットな膜の剥がれ方などの生体特性を計測し、再現すべき特性を定量化する。その上で、必要な材料を選定して加工法を開発し、センサを搭載する。本プログラムでは特に脳と眼球を正確に再現した頭部モデルを有するバイオニックヒューマノイドを完成させる。

②スマートアーム・プロジェクト: アーム、センサ付ツール、ユーザインターフェースを統合した匠のロボットであるスマートアームを完成させる。アームには産業用ロボットを採用することで、最先端の技術を医療に応用するだけでなく、医療で開発した技術を産業用にも展開できるようにプロジェクトを構成する。センサ付ツールは、脳や眼などを対象とするため繰り返し位置決め精度10μmを目標とし、ツール先端の複雑な動きを直観的に制御するユーザインターフェースを開発する。バイオニックヒューマノイドを用いて抽出したスキルを搭載し、柔軟な組織を安全かつ正確にハンドリングする制

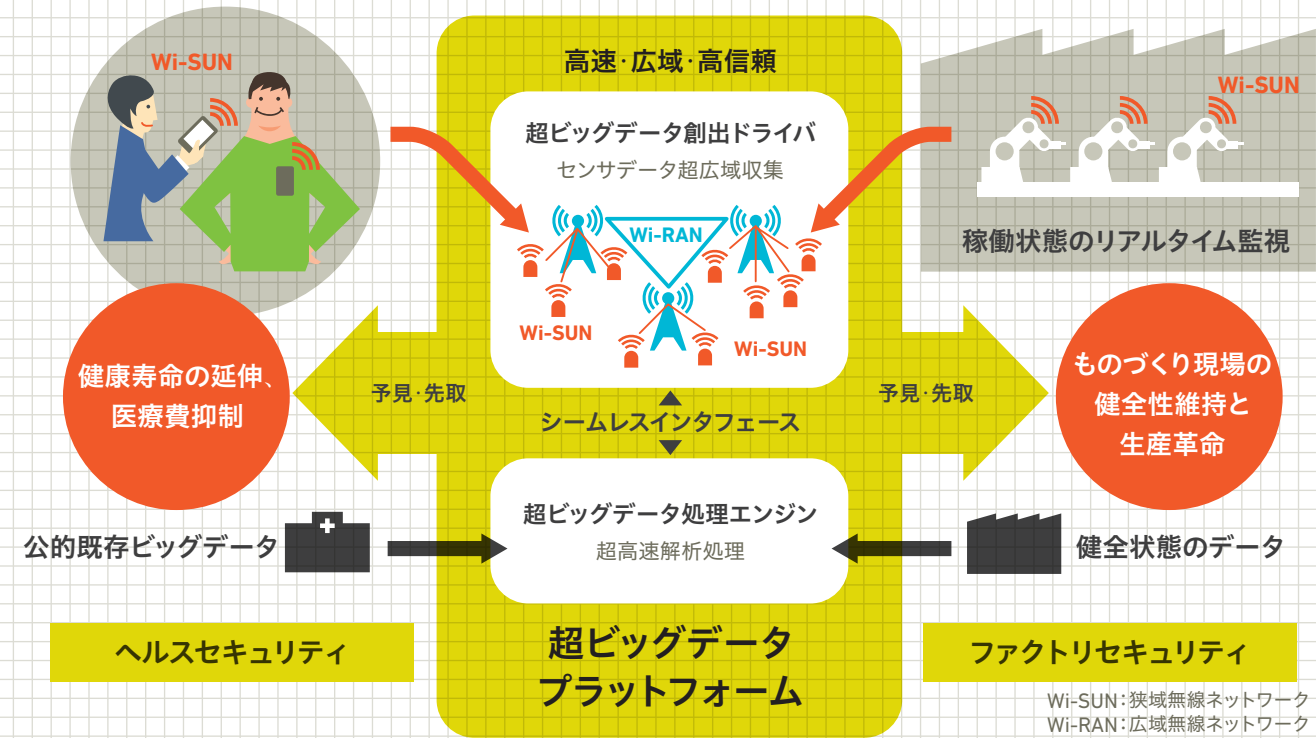
御を搭載し、バイオニックヒューマノイドに対して模擬手術を行う。

③医療応用プロジェクト: 開発したバイオニックヒューマノイドとスマートアームの医療応用について評価を行う。また医用画像の撮像や生体サンプルの採取なども行い、倫理的な対応も含めて検討する。

④産業応用プロジェクト: 人とロボットの接触時において、怪我が発生しない生理学的限界である「痛み」やそれに伴う「不快感」を指標とした評価ができるPain-Sensingダミーを開発する。

社会リスクを低減する 超ビッグデータプラットフォーム

現状のビッグデータ処理を遙かに
凌ぐ超高速解析と超広域データ収集
が可能な「超ビッグデータプラット
フォーム」を構築



全世界にはネットワークに接続できるセンサデバイスが約1千億個以上もあるが、実際に接続されデータを送り出せるデバイスは2013年時点で数%しかない。しかも数百億のデータを数分単位で処理できる基盤に至っては皆無だ。そこで現状のビッグデータの処理を遙かに凌ぐ「超ビッグデータプラットフォーム」を構築する。さらに本基盤により、国や地域の公的医療データや連続計測データを活用した予見先手ヘルスケア・医療サービスにより、健康寿命延伸と医療費削減に役立てる「ヘルスセキュリティ」を実現。また工場群へのサイバー攻撃の撲滅や、1000台規模の工場内制御機器群をつなげて生産性と利益向上を支援する「ファクトリセキュリティ」という社会応用を目指す。

Message

本プログラムは、これまで十分協働されていなかったIT（情報技術）とCT（通信技術）の世界的研究機関が集結し、「超ビッグデータ」の創出と超高速処理解析可能なプラットフォームを実現し、医療、工場関係の世界的研究機関が今まで解析したことのない非連続的な量のデータを超高速処理し、予見先手医療、政策反映可能な社会リスク推計シミュレータならびにネットワーク化された工場における故障、サイバー攻撃の早期検知、撲滅を高速で行う工場シミュレータを実現します。内閣府でしかできない異分野横断領域のシナジーによる成果にご期待下さい。



Program Manager

原田 博司

Hiroshi HARADA

1995 大阪大学大学院 博士課程修了（工学博士）
郵政省通信総合研究所（現・情報通信研究機構、NICT）
オランダ・デルフト工科大学 研究員
2008 情報通信研究機構 シンガポールワイヤレスラボラトリ所長
2009 米国IEEE802.15.4g 副議長
2011 情報通信研究機構 スマートワイヤレス研究室 室長
2012 米国 Wi-SUN アライアンス 創設者および理事会共同議長
2014～ 京都大学大学院 情報学研究科 教授
2015～ ImPACT プログラム・マネージャー

アイデア／技術的アプローチ

戦略的アプリケーションを早期に実現し、数兆円規模の経済効果を期待!

いま国・地方の医療機関では、年間に数十億件の医療用公的データ（マクロデータ）が蓄積・創出されているが、これらを解析しようとする数週間かかるのが実情だ。一方、数千人のバイタルデータ（マイクロデータ）を連続計測しクラウドに自動収集できるネットワーク基盤も存在しない。
また日本のモノづくりを支える製品工場では、機能や品質はもちろん、厳しい顧客の生産要求に応えるために、柔軟な製造ライン設計や正確な生産予測が求められており、「つながる工場」の実現が急務だ。
そこで本プログラムでは、これらの社会的課題を解決するために、医療用公的超ビッグデータを活用する「ヘルスセキュリティ」

（HS）と、工場における高速大容量リアルタイムビッグデータを用いた「ファクトリセキュリティ」（FS）という戦略的アプリケーションを早期に実現し、数千億円から数兆円規模の経済効果を目標にする。
そのために必要となるブレイクスルーが「超ビッグデータプラットフォーム」である。本プラットフォームは、「超ビッグデータ処理エンジン」（BDE）と「超ビッグデータ創出ドライバ」（BDD）という2大技術を組み合わせることで実現される。
まずビッグデータ処理エンジンの開発では、数百億レコードのビッグデータを数分で処理するために、1000万回／秒の超高速アクセス能力を引き出す処理エンジンを

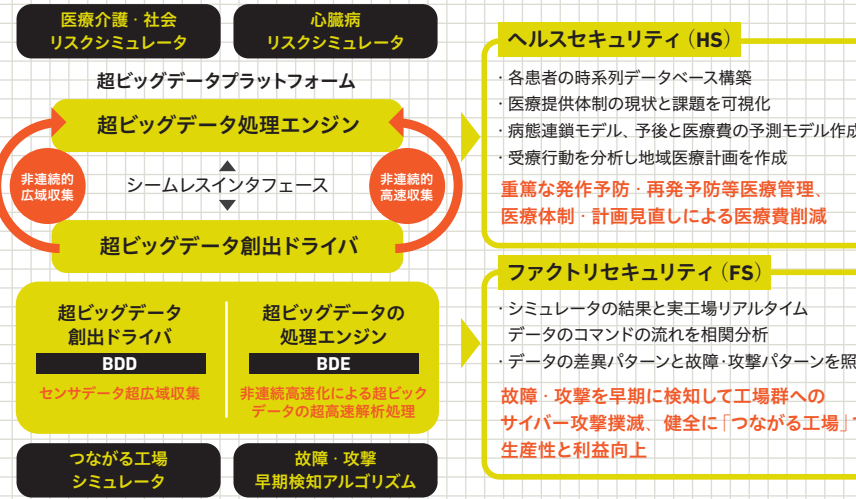
開発。これまでサーバ（計算機）側を強化してきたアプローチを、ストレージ（記録媒体）・セントリックへと変え、非順序型データベースをクラウドスケールで拡張させることで、従来比10万倍の超高速解析を目指す。
また超ビッグデータ創出ドライバについては、数kmエリアの端末を数1000台収容できる「超高能率無線スマートライフラインネットワーク」（狭域系Wi-SUNシステム）と、数10kmをカバーする「超広域高能率無線中継ラインネットワーク」（広域系Wi-RANシステム）の通信環境を構築。これらにより、数kmから数10kmにわたり存在する数万台ものモニタ・センサから生成されるビッグデータを収集できるようになる。

マクロデータ（公的医療関係ビッグデータ）
超ビッグ複合データ、全国レセプトデータ、DPCデータ、政府死亡統計個票、介護給付費実態調査、国民生活基礎調査

マイクロデータ（リアルタイム実測ビッグデータ）
気温・体動情報、心電図情報、連続血圧モニタリング情報、行動・気象環境の相互連関係情報、地域診療情報

健全稼働状態予測データ
生産計画をインプットすると、シーケンサ（PLC）の組立や加工機（ロボット）へのコマンドの流れをアウトプット

実工場リアルタイム実測データ
100～1000台から数10ms毎で生成される制御コマンドを、リアルタイム収集



研究開発チームの体制／管理、研究の展開／展望

超ビッグデータプラットフォームを支える技術開発とアプリケーション開発の体制

国内一のビッグデータと世界レベルの研究者が集結し、初年度より成果物の統合・実証・標準化・実用化・商用化を横連携プロジェクトで展開する。そのために以下の4つのプロジェクトと、各成果を融合する実装・実用プロジェクト体制を整える。
①超ビッグデータ創出ドライバプロジェクト：「狭域系Wi-SUNシステム」と「広域系Wi-RANシステム」のチームで構成。前者は自律分散型により、数km以内のエリアに存在する数万個のモニタ・センサからデータ収集を行う超高能率なスマート無線ネットワークを開発。後者はこのエリア間を数10kmにわたり接続する、マルチホップの超広域高能率な無線中継ラインネットワークを担当。これらで日々生成される数億件のビッグデータを、高信頼性・高レスポンス性（数10ms）を保ちつつ収集・制御する。

②超ビッグデータ処理エンジンプロジェクト：最先端研究開発支援プログラム（FIRSTプログラム）の研究成果で得られた知見をベースに、日々生成される膨大なビッグデータ（年間で数百億件）に対し、数分～数10分以内での解析処理を可能とする非順序型ビッグデータ処理エンジンを開発。それをクラウドスケールに拡張し、超高速処理エンジンとして実装する。
③ヘルスセキュリティ(HS)プロジェクト：「医療介護・社会リスク」と「心臓関連疾患リスク」のシミュレータを開発するチームで構成。前者は数百億件の公的医療ビッグデータを複合利用し、各患者のタイプに応じた時系列データベース及び個人・地域・時間などを超高精度でマクロ的に推計するシミュレータをつくる。後者はセンサから得られた血圧・気象などの連続大容量ビッグ

データを利用し、被験者の健康リスクをミクロ的に予測するシミュレータを開発。これらで予見先手医療サービスを実現する。
④ファクトリセキュリティ(FS)プロジェクト：「つながる工場シミュレータ」と「故障・攻撃検知アルゴリズム」のチームで構成。前者は生産計画を入力すると、シーケンサ（PLC）の組立や加工機（ロボット）へのコマンドの流れが出力されるシミュレータを開発。後者で、この結果と実工場のリアルタイムデータを利用した故障・攻撃早期検知アルゴリズムを担当し、工場の健全性と生産性を向上させる。
なお最終年度には、HS（地方自治体）と、FS（国内実工場）の実証実験も行う。

ImPACT

Impulsing
PARadigm
Change through disruptive
Technologies

の 仕組み

予算

- 平成25年度補正予算に550億円を計上し、基金を造成
※「好循環実現のための経済対策」（平成25年12月5日閣議決定）
の具体的施策に位置づけ
※基金設置期限は平成30年度末まで

予算
550 億円

平成25年度補正予算
基金造成

- 基金設置のため、科学技術振興機構法の一部を改正

知的財産

- 産業技術力強化法第19条を適用
- 必要に応じて研究開発プログラムに参加する
研究開発機関による相互利用が可能
- 知財運用会議により、実施許諾条件等の知的
財産権の運用に関する必要な事項について
協議

利益相反

- PMとPMに関連する機関との間の利益相反
については、当該関係の必要性、合理性、妥
当性等を考慮して適切に判断
- PMに関係する機関を研究開発機関として選
定し、あるいは研究開発資金の配分を変更
とする場合は、推進会議が承認

総合科学技術・ イノベーション会議 有識者議員

総合科学技術・イノベーション会議

総合科学技術・イノベーション会議は、内閣総理大臣、科学技術政策担当
大臣のリーダーシップの下、各省より一段高い立場から、総合的・基本的な
科学技術・イノベーション政策の企画立案及び総合調整を行うことを目的と
した「重要政策に関する会議」の一つです。

常勤議員

上山 隆大

元政策研究大学院大学 教授・副学長

非常勤議員

梶原 ゆみ子

富士通株式会社 常務理事

小谷 元子

東北大学材料科学高等研究所長
兼 大学院理学研究科数学専攻教授

小林 喜光

株式会社三菱ケミカルホールディングス 取締役会長
兼 公益社団法人経済同友会 代表幹事

十倉 雅和

住友化学株式会社代表取締役社長

橋本 和仁

国立研究開発法人物質・材料研究機構理事長

松尾 清一

名古屋大学 総長

山極 壽一

日本学術会議会長

推進体制

革新的研究開発推進会議 （推進会議）

- 革新的研究開発推進プログラムの基本的な方針決定
- PMに関係する機関又は日本
国外の機関を研究開発機関と
して選定しようとする場合に、
選定の承認

革新的研究開発推進 プログラム有識者会議 （有識者会議）

- PMが選定した研究開発機関
について確認
- 進捗状況について、概ね半年
毎に報告を受ける
- 担当構成員が、必要に応じて
PMに助言・協力
- 進捗状況報告の内容等を踏
まえ、PMに改善を要求

PM

プログラム・マネージャー

総合科学技術・イノベーション会議 （CSTI）

本会議

革新的研究開発推進会議

（大臣、副大臣、政務官、CSTI有識者議員）

革新的研究開発推進プログラム有識者会議

（CSTI有識者議員、外部有識者）

進捗報告

PM及びプログラムの評価

科学技術 振興機構（JST）

PMを科学技術振興機構
が雇用・支援

プログラムのマネジメント



PM



PM

研究開発 の実施



各PMの研究開発プログラム



各PMの研究開発プログラム