



戦略的イノベーション創出推進プログラム

「高齢社会を豊かにする科学・技術・システムの創成」 成果報告フォーラム

令和2年3月4日（水）

於 東京大学（本郷キャンパス） 工学部 11 号館講堂

主催：国立研究開発法人 科学技術振興機構（JST）

協力：東京大学 高齢社会総合研究機構（IOG）



戦略的イノベーション創出推進プログラム

「高齢社会を豊かにする科学・技術・システムの創成」 成果報告フォーラム

令和2年3月4日（水）

於 東京大学（本郷キャンパス） 工学部 11 号館講堂

主催：国立研究開発法人 科学技術振興機構（JST）

協力：東京大学 高齢社会総合研究機構（IOG）

戦略的イノベーション創出推進プログラム
「高齢社会を豊かにする科学・技術・システムの創成」成果報告フォーラム

【 目次 】

	内容	講演者	所属	ページ
1	基調講演 「高齢社会を豊かにする科学・技術・システムの創成」	伊福部 達	東京大学	P.1～
2	成果報告フォーラム 会告(プログラム)			P.7
【口頭発表】進行中課題の成果報告（令和元年度終了予定）				
3	研究課題名： 高齢者の記憶と認知機能低下に対する生活支援ロボットシステムの開発 講演タイトル 「声がけロボットシステムのフィールド・ベースでの開発」	井上 剛伸 大中 慎一	国立障害者リハビリ テーションセンター 日本電気株式会社	P.9～
4	研究課題名： 高齢者の自立を支援し安全安心社会を実現する自律運転知能システム 講演タイトル 「高齢者の自立を支援し安全安心社会を実現する 自律運転知能システム」	井上 秀雄 井上 慎太郎	神奈川工科大学 トヨタ自動車株式会社	P.14～
5	研究課題名： 高齢者の経験・知識・技能を社会の推進力とするためのICT基盤 「高齢者クラウド」の研究開発 講演タイトル 「先端ICTと高齢者就労」	廣瀬 通孝 小林 正朋	東京大学 日本IBM株式会社	P.18～
6	パネル討論会 登壇者紹介			P.25
【ポスターセッション】				
7	研究課題名： 高齢者の記憶と認知機能低下に対する生活支援ロボットシステム の開発	井上 剛伸 大中 慎一	国立障害者リハビリ テーションセンター 日本電気株式会社	P.27
8	研究課題名： 高齢者の自立を支援し安全安心社会を実現する自律運転知能 システム	井上 秀雄 井上 慎太郎	神奈川工科大学 トヨタ自動車株式会社	P.28～
9	研究課題名： 高齢者の経験・知識・技能を社会の推進力とするためのICT基盤 「高齢者クラウド」の研究開発	廣瀬 通孝 小林 正朋	東京大学 日本IBM株式会社	P.31～

科学技術振興機構 戦略的イノベーション創出推進プログラム

「高齢社会を豊かにする科学・技術・システムの創成」

プログラムオフィサー 伊福部 達
(東京大学・高齢社会総合研究機構)



1. はじめに

標題の産学連携プロジェクトが発足した 2010 年は、日本の 65 歳以上の高齢者の人口比が世界で初の 20%を超え、超高齢社会に突入しようとしていた。そのため、「労働者人口」の減少と「社会保障費」の増加、そして長い老後の「生きがい」をどこに求めるかが緊急を要する現実的な課題になっていた。この課題に少しでも応えようと、JST（科学技術振興機構）の「戦略的イノベーション創出推進プログラム」の一つのテーマとして高齢社会問題の取り組みが提案された。

筆者は約 40 年にわたり障害者を技術で支援する福祉工学研究を行ってきたことからその経験を活かして欲しいと依頼され、テーマの名称から目標、方法、評価の設定までを任された。テーマ名としては標題の「高齢社会（略称）」とし、大目標として元気な高齢者には「社会への参加」を促し、虚弱になった高齢者には「自立した生活」を支えることを提案し、我が国が力を入れてきた情報システムやロボット技術を活かすことにより、マイナス面をプラスに転換させる道を探ることとした。

有識者に集まってもらって 3 回にわたる公開ワークショップを通じて議論し合い、また同時期に東大内に設立された「高齢社会総合研究機構」のメンバーからも多くの助言を得て、約半年をかけてテーマを具体化していった。その結果を JST の会議で報告し終えてほっとしていたら、本テーマの領域代表（PO：プログラムオフィサー）を務めて欲しいと頼まれた。2010 年度から 2019 年度までの 10 年間も続く長いプロジェクトであることから、筆者一人では荷が重いと考え 3 名（途中から 2 名）の PO 補佐を設けてもらうことで承諾した。

ここでは、PO の立場から、テーマの目標、アプローチ、経緯、今までの成果を示し、我が国の「経済発展」と個人の「生きがい」をどこまで両立させ得るのかを考察したい。ただし、現在まで進められている 3 課題については、各課題のプロジェクト・マネージャー（PM）から具体的な成果や今後について纏めてもらった。

2. プロジェクトの目標設定と評価基準

2.1 高齢者の社会参加を促す

社会参加により、生きる上で必要な「動く」、「食べる」という行動も促されるので、結果として健康維持につながる。それが若い人を助けることになれば、社会保障費の軽減や労働者人口の増加にもつながる。そして何より、老後の「生きがい」に結び付くことが期待される。医療の進歩や食生活の改善のおかげで数十年前に比べると高齢者は心身共に10歳以上も若くなっているという論文が次々と紹介され、一方、高齢者の中で70%を超える人たちが社会参加や再就労を希望しているな

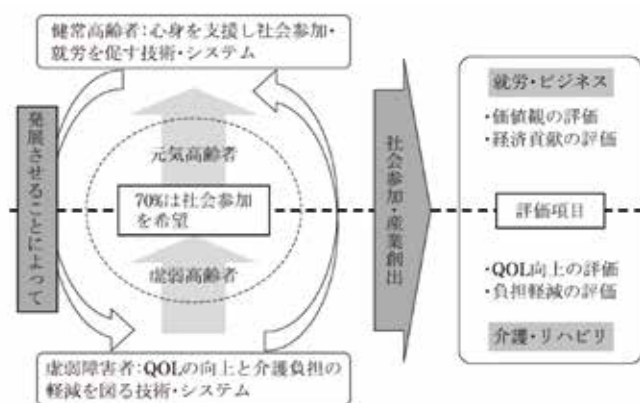


図1 社会参加・就労の支援と介護・QOLの支援

どの調査結果が得られていた。このことから社会参加の重要性は裏付けられていたし、何より新しい産業が生まれ経済への貢献も大きくなると考えた。

このような観点から、図1に示したように、元気な高齢者には「心身を支援しながら社会参加・就労を促す」に重点を置いている。そこで開発された支援技術・システムを発展させることで、虚弱になった高齢者の「QOLの向上と介護負担などの軽減を図る」に生かすこととした。さらに、その技術やシステムを新しい産業の創出に結び付けるという道筋を立てた。なお、プロジェクトの最終的な評価は「経済発展への貢献」と「生きがいの増加」及び「介護負担の軽減」と「QOLの向上」を軸にするのが妥当であろうと判断した(図1右)。なお、この目標設定と評価基準についてはテーマの発足時から変わることはなかった。

しかし、高齢者の何を生かして、何を支援するかは、高齢者の多様性を考えると一概に決めることはできないし、元気が虚弱かの判定は簡単なものではない。図2に示したように、若いときにある機能が弱ったり失ったりしても、それを補う「可塑性」による代償機能に期待できるので、その代償機能をいかに生かすかが障害者支援のキーポイントになる。一方、

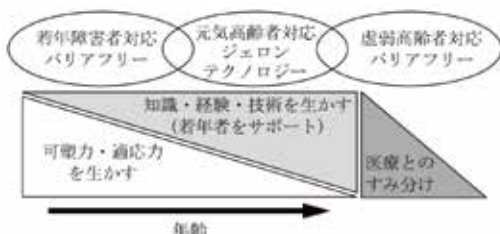
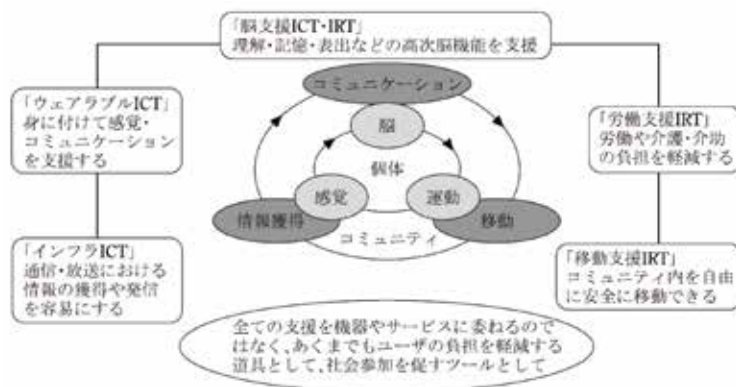


図2 高齢者と若年者の違い

送るのを支援する「ジェロンテクノロジー(高齢者支援技術)」は本テーマでは不可欠となる。ここで、多くの技術系企業が参画しやすくするために、ジェロンテクノロジーは薬事法、人

権、倫理などの問題にできるだけ抵触しない範囲とした。このような考察を経て、次に何をどのような技術・システムで支援するかという具体的な課題への絞り込みを行った。

2.2 何を、何で、どのような計画で進めるのか



支援する技術・システムの対象として、ノバート・ウィーナーが1948年に提唱したサイバネティクスを参考にして、「感覚」、「脳」、「運動」の身体機能をあげた。これは筆者が取り組んできた福祉工学の骨格となる概

図3 ICTとIRTを生かした5つの課題

念でもあったので、その概念をプロジェクトでも活かすことを認めてもらった。また、2001年のWHO（世界保健機構）の提唱に基づき、コミュニティで社会参加をする上で必要な「情報獲得」、「コミュニケーション」、「移動」の生活機能を支援するという立場を採った。言うまでもなく、情報獲得は感覚に、コミュニケーションは脳に、移動は運動に連動する。

さらに、最近、著しい進歩を遂げているICT（情報通信技術）とIRT（情報ロボット技術）を生かすことが、我が国の産業発展にも貢献すると考えた。最終的に、図3に示したような5つの課題、すなわち「ウェアラブルICT」、「インフラICT」、「労働支援IRT」、「移動支援IRT」、「脳機能支援ICT・IRT」に絞り込んだ。また、それらがユーザや社会に受容される上で必要になる薬事法、PL法、道路交通法などの法制度の見直しを提言してもらう

ことにした。

ただし、従来から障害者や高齢者を支援する工学分野は、ニーズや基礎科学が曖昧なまま進められていることが多く、成功例は極めて数少ない。そのため本プロジェクトでは高齢者施設などの現場と必ずタイアップし、そこでのニーズを最優先しながら科学的にニーズの分析をすることとした。そのよう

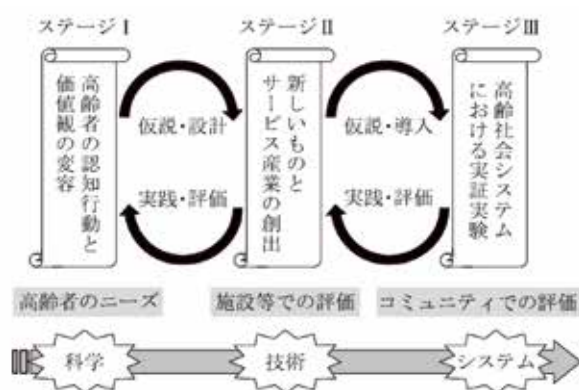


図4 研究開発の3つのステージ

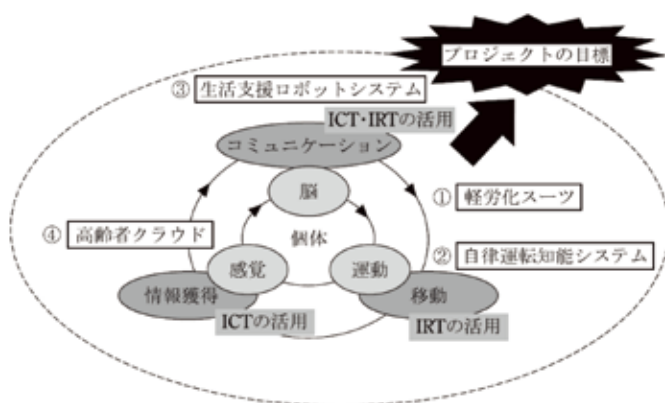
な議論を経て、本プロジェクトのステージIでは「高齢者の認知・行動とニーズの把握」、

ステージⅡでは、「機器・サービスの開発と改良」、ステージⅢでは「社会実装による評価と産業化」の3段階で進めることにした（図4）。なお、この3つのステージは「科学」、「技術」、「システム」にも対応する。

3. 選考過程と採択課題

2010年の秋にJSTから研究開発課題の公募を始めたところ、締め切りまで2カ月ほどしかなかったのに54件もの応募があった。この応募の内容は、提案した5課題にほぼ均等に分類されており、また、いずれも捨てがたい課題であったが、限られた予算の中で絞り込まざるを得なかった。筆者と3人のPO補佐および7名のアドバイザーからなる審査員が決定され、第1次の書類だけの審査から18件が選ばれた。第2次審査では、選出された18件の研究代表者に内容を全審査員の前で発表してもらい、その時の質疑応答を通じて、また審査委員の意見や議論を通じて8件に絞られた。この8件は本プロジェクトを遂行する上でどれも重要と思われたので、1年間の企画調査研究を経て得られた成果を基に、継続してもらうかどうかを決めることにした。2011年2月11日のキックオフミーティングを終えて、プロジェクトの本格的なスタートとなった。

ところが、その丁度1か月後に、我が国は東日本大震災と呼ばれるようになった強大な地震に見舞われ、国を挙げて震災復興に全力を注ぐことになった。そのため、当初に計上されていたプロジェクト予算も大幅に減額され、採択する課題も少数に絞られることになった。どの課題を継続するかという審議が続いたが、結果的として「インフラICT」、「労働支援IRT」、「移動支援IRT」、「脳機能支援ICT・IRT」の4課題を残すことにした（図5）。なお、「ウェアラブルICT」は予算の関係上、採用を断念した。また、「労働支援IRT」である「軽労化スーツ」の課題は実用化の段階に入ったこともあり、ステージⅠを終えて卒業した。



援IRT」、「移動支援IRT」、「脳機能支援ICT・IRT」の4課題を残すことにした（図5）。なお、「ウェアラブルICT」は予算の関係上、採用を断念した。また、「労働支援IRT」である「軽労化スーツ」の課題は実用化の段階に入ったこともあり、ステージⅠを終えて卒業した。

図5 採択された4課題（①はステージⅠで終了）

3課題のPMなどの実施者や実施機関および研究開発の内容や成果は本予稿集で詳細に書かれているのでここでは省略し、課題名とその特長だけを述べる。

（1）「生活支援ロボット（略）」では、認知機能や記憶力の低下した高齢者を対象とし

て、生活に必要な情報を伝えることにより、自立・自律した生活を維持し、適切な行動を促すことを目的とする生活支援ロボットを開発してきた。施設などで現場での徹底的な評価を繰り返しながら改良化を進め、その有用性を示すとともに、導入サービスや供給体制を含めたトータルシステムとして事業化されるような高齢者支援産業の創出を試みている。

(2)「自律運転知能システム(略)」では、高齢者の運転能力の低下を助けるために、必要に応じて運転に介入する自律運転知能システムの研究開発を行った。完全自動運転車と異なり、介入時以外では自ら運転操作をする「シェアードコントロール方式」を採っているため、高齢者の運転の楽しみを奪うことなく、認知・行動機能の低下を遅らせる効果も期待される。高齢者だけではなく誰もが利用できるため個人や社会の受容性も高い。

(3)「高齢者クラウド」では、高齢者が獲得した知識・経験・スキルを生かして、就労や社会参加を促したり、若い人にそれらを継承させたりすることによって、高齢者を社会の推進力とするとともに、高齢者の生きがいや自立度の向上、介護負担の低減に繋げる技術とシステムを開発し評価した。試行錯誤を繰り返しながらハイスキル人材用の「J-スカウター」とそれ以外の「GBER」というジョブマッチングのプラットフォームを構築している。

プロジェクトの立ち上げから10年経ったが、その間に50回近い現場でのサイトビジット、毎年行う各課題の成果発表に基づく評価委員会、3課題が揃って発表し議論し合うテーマ推進委員会、POやJST担当者が評価される外部評価委員会など数多くの会議を通して研究開発の方向や方法の修正と追加が繰り返された。とくに10年の間に、AI(人工知能)、ヒト型ロボット、自動運転車、GAFAと呼ばれるインターネット企業群など、先端技術や新企業が急速に発展していったことから、本プロジェクトでもそれらをどう生かしたら良いのかが盛んに議論された。

現在のステージⅢでは、3課題が情報共有と連携を進めながら、それらを同じコミュニティで同時に活用することにより、本プロジェクトを「経済への貢献」と「生きがい・QOLの向上」の軸で評価する段階に入っている。同時に、地域の特色や課題を考慮して修正・改良することで、本システムを全国展開するような道筋を探っている。

4. おわりに

プロジェクトを進めている期間に、高齢社会に対する日本人の見方や価値観が大きく変わり、人口減少社会とも連動して本テーマは行政の政策にも強く反映されるようになった。「一億総活躍社会」、「生涯現役」、「人生100年時代」、「70歳定年」、「働き方改革」などという言葉が飛び交い、老後を支える年金問題は誰にとっても大きな関心事となった。3課題の「自律運転知能システム」、「生活支援ロボット」、「高齢者クラウド(ジョブマッチング)」は道半ばとはいえ、これからの時代に向けてその役割はますます大きくなると考えている。

ただし、高齢社会に向けて議論され改善されるべき課題は「衣・食・住」、「エネルギー」、「都市環境」など広範囲に及ぶ。さらに、本プロジェクトの成果を風土や文化の異なる各地域さらには諸外国にまで広げようとする途方もなく壮大な社会実験が必要になる。

見方を変えれば、高齢化は日本ばかりでなく世界的な傾向にあることから、高齢者の社会参加を支援する技術・システムは将来大きなマーケットになり、やがては輸出産業にもつながるという期待もでてきている（図 6）。このように本プロジェクトは色々な分野と複雑に絡み合いながら大きなテーマへと広がってきている。時代の流れを考えると、この分野では 10 年という長期間に渡った国のプロジェクトはもう出てこないかも知れない。私どもの取り組みを理解してもらい、さらに超高齢社会を豊かにする企業や仲間が増えてくれることを切に願っている。

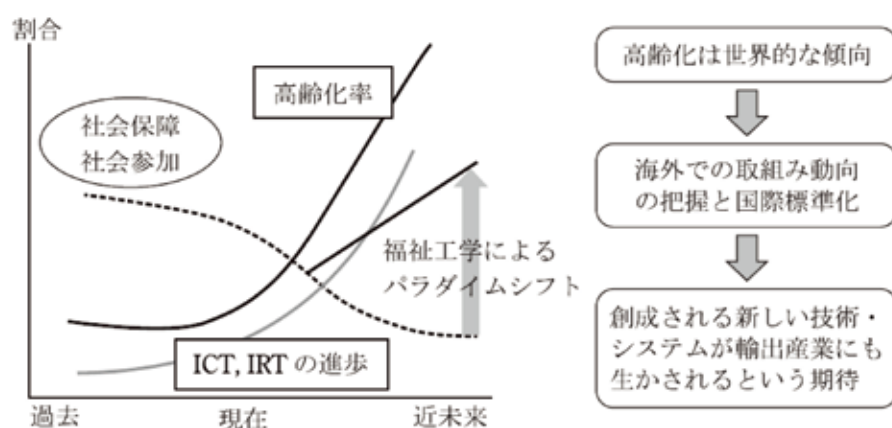


図6 テーマから創成される技術・システムの将来

本稿は「超高齢社会を支える情報通信技術」（電子情報通信学会誌 Vol.98 No.9 pp.810-817 2015 年）の一部を引用し改変したものである。また、個々の内容はこの間に著した「福祉工学への招待」（ミネルヴァ書房、2014）、「福祉工学の基礎」（コロナ社、2016）、「Sound-based Assistive Technology」（Springer, 2017）に詳しい。なお、本プロジェクトの研究開発テーマ中間評価（第 2 回）の報告詳細は下記のホームページに載せたので参照されたい。 https://www.jst.go.jp/s-innova/pdf/se_2017_c02d.pdf



《研究開発テーマ》

「高齢社会を豊かにする科学・技術・システムの創成」 成果報告フォーラム

《開催主旨》

日本の超高齢社会は、労働者人口の減少、社会保障費の増加のため、高齢者に社会参画を可能な限り延長することが求められています。この社会的な問題に対して、当研究開発テーマは「高齢社会を豊かにする科学・技術・システムの創成」として、2010年度（平成22年度）から科学技術振興機構（JST）による戦略的イノベーション創出推進プログラム（S-イノベ）で各分野別に最長10年の予定で取り組んでまいりました。今年度で現在進行中の全3課題の委託研究開発期間が終了いたしますので、多くの方々に現在の研究開発の進捗と成果内容をご紹介します。今後につながる研究開発、および新たな事業の展開を目指し、成果報告フォーラムを開催します。多くの方々のご来場と議論を期待しております。

1. 主催： 国立研究開発法人 科学技術振興機構（JST）
協力： 東京大学 高齢社会総合研究機構（IOG）
2. 日時： 2020年（令和2年）3月4日（水）13：30～17：00
3. 会場： 東京大学（本郷キャンパス）工学部11号館講堂
アクセス情報： https://www.u-tokyo.ac.jp/campusmap/cam01_04_12_j.html

4. プログラム：

- ・13:30～13:40 オープニング挨拶
笹月 俊郎（科学技術振興機構 産学連携展開部 部長）
- ・13:40～14:00 基調講演 S-イノベ「高齢社会を豊かにする科学・技術・システムの創成」
伊福部 達 プログラムオフィサー（東京大学 名誉教授）
- 《進行中課題の成果報告（30分） & 質疑（10分）》
- ・14:00～14:40 高齢者の記憶と認知機能低下に対する生活支援ロボットシステムの開発
井上 剛伸（国立障害者リハビリテーションセンター研究所 部長）・プログラムマネジャー
大中 慎一（日本電気株式会社 プラットフォームソリューション事業部）
- ・14:40～15:20 高齢者の自立を支援し安全安心社会を実現する自律運転知能システム
井上 秀雄（神奈川工科大学 創造工学部 教授）・プログラムマネジャー
井上 慎太郎（トヨタ自動車株式会社 自動運転・先進安全開発部 グループマネージャー）
- ・15:20～16:00 高齢者の経験・知識・技能を社会の推進力とするためのICT基盤「高齢者クラウド」の研究開発
廣瀬 通孝（東京大学 大学院情報理工学系研究科 教授）・プログラムマネジャー
小林 正朋（日本アイ・ビー・エム株式会社 東京基礎研究所）

《休憩》16:00～16:10

- ・16:10～17:00 パネル討論
登壇者：伊福部 達PO、秋山 弘子PO補佐、後藤 芳一PO補佐
井上 剛伸PM、井上 秀雄PM、廣瀬 通孝PM

《閉会后：ポスターセッション》

- ・17:00～18:00 ポスターセッション（& 意見交換含む）（工学部11号館 1階ラウンジ）
（3課題の研究成果のポスター展示）

5. 問合せ先： 国立研究開発法人 科学技術振興機構 産学連携展開部 テーマ型研究グループ
TEL: 03-3238-7682 E-mail: s-innova@jst.go.jp

【口頭発表】

進行中課題の成果報告

(令和元年度終了予定)

研究開発課題名：「高齢者の記憶と認知機能低下に対する生活支援ロボットシステムの開発」

講演タイトル：声がけロボットシステムのフィールド・ベースでの開発

発表者： 井上 剛伸（国立障害者リハビリテーションセンター研究所）
 大中 慎一（日本電気株式会社）

参画機関：国立障害者リハビリテーションセンター、日本電気株式会社、東京大学、
 産業技術総合研究所、株式会社生活科学運営、フランスベッド株式会社

1. 背景・目的など

日本は世界一高齢化率の高い国であり、2018年には28.1%との推計が出されている¹⁾。また、認知症高齢者数は2012年で462万人との推計が示され、認知症の予備群とされるMCIも400万人以上と推計された²⁾。2025年には、認知症者の数は730万人となり、高齢者の約5人に1人が認知症との推計も示されている³⁾。

このような中、政府では認知症施策推進関係閣僚会議を設置し、認知症施策推進大綱を2019年6月に決定した⁴⁾。この中では、「共生」と「予防」を車の両輪として施策を推進することが謳われており、住み慣れた地域の中で尊厳が守られ、自分らしく暮らし続けることができる社会を目指すことが示されている。

一方で、アルツハイマー病に関しては、その進行を遅延する薬が実用化され、その効果が示されるとともに、早期診断技術の開発が進められている。また、運動・栄養・睡眠等の介入により、認知症の発症を抑制したり、MCIの認知機能を改善させる可能性があることも示されている。このような状況を考えると、MCIや軽度認知症が早期に発見され、緩やかに進行することが予測され、MCIや軽度認知症者の数がさらに増加することが考えられる。それらを、地域の力、人の力で支えることも重要であるが、新たな技術を導入することで、軽度の認知機能障害のある高齢者を支援し、自立した生活を促進するという考え方も重要である。

本プロジェクトでは、認知機能に低下のみられる高齢者を対象として、地域での自立した生活を送るために重要となる、日付やスケジュール等の生活に必要な不可欠な情報把握・行動を確実に支援する声がけロボットシステムを開発することを目的とした。

2. 研究開発実施概要

本プロジェクトでは、上記に示した目的を達成するために、開発するロボットシステムの利用場面を初期段階から想定し、そのフィールドにて研究開発を行うフィールド・ベース・イノベーション⁵⁾の手法を基本として開発を実践することとした。

開発目標としては、以下の5項目を設定した。

- ① 生活支援ロボットに必要な機能の明確化
- ② 高齢者の生活フィールドとの協働による適切な要素技術の統合と、実用的なシステムの構築
- ③ ロボットシステムの有効性の検証

④ 人的サービスを含めたトータル支援サービスの構築

⑤ 事業化および社会実験に基づく、トータル支援サービスの有効性・社会受容性・社会コスト等の検証

このうち①をステージⅠ（2010～2012 年度）、②～④をステージⅡ（2013～2016 年度）、⑤をステージⅢ（2017～2019 年度）に実施した。また、ステージⅢで実施した社会実験では、地域コミュニティの住民との協働によるアクションリサーチの手法を取り入れ、地域に根ざしたロボットシステムの導入と評価を行った。

また、研究実施体制にも特徴があり、全国で自立型の有料老人ホームを運営する株式会社生活科学運営と伊豆市健康福祉部を中心に据え、利用フィールドでの実践を可能とした。日本電気株式会社でのシステム開発を行い、東京大学、産業技術研究所では新たな技術開発を担当し、国立障害者リハビリテーションセンターでは効果の検証と社会実験を担当した。さらに、全国で福祉用具のレンタル事業を展開するフランスベッド株式会社の参画により、エンドユーザとメーカーをつなぐ役割を担うことで、導入や運用にかかるサービス体制の構築を行った。

3. 主な成果

1) 開発した声がけロボットシステムとその効果

本プロジェクトで開発した声がけロボットシステムを図1に示す。本プロジェクトでは、音声認識技術、合成音声技術、傾きなどの動きやLEDの点滅等による視覚を通じた表現技術が搭載され、人と会話できるコミュニケーション・ロボットPaPeRoiを核として、声がけシステムを構築した。情報提示にあたっては、人の会話の構造⁶⁾をもとに、注意喚起、先行連鎖、情報伝達の3段階からなる対話型情報提示アルゴリズムを採用した（図2）。注意喚起は、介護の専門職の声がけに相当し、今回のシステムでも、利用者の名前を呼びかけ、利用者の返答が無い場合は繰り返すこととした。先行連鎖は、伝達したい情報に関連した情報を、情報伝達に先立って提示することである。その後、情報伝達を行い、聞き取れたかどうかを確認し、確認できていない場合には繰り返し情報提示を行うこととした。

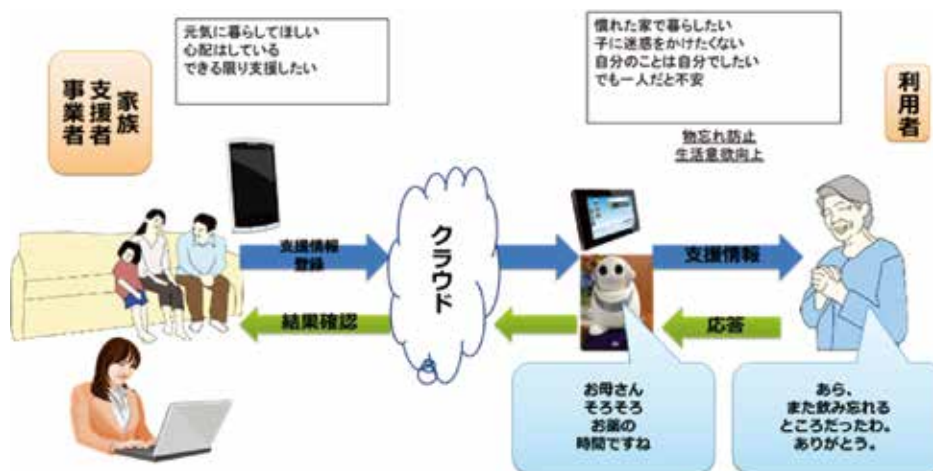


図1 開発した声がけロボットシステム

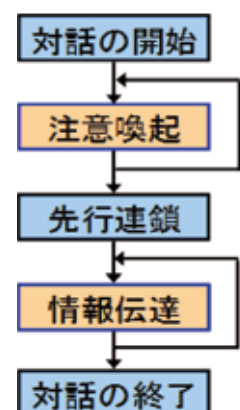


図2 情報提示
アルゴリズム

地域でのアクションリサーチを展開することで、開発した声がけロボットシステムを必要としている在宅高齢者を発掘し、30名規模に対して6ヶ月間の利用によりその効果を確かめた。評価は高齢者のQOLを多面的に捉え、身体面、心理面、社会面、役割・機能面、社会的ネットワークについて、量的、質的な指標を用いて実施した。これまでの実験結果から、QOL尺度（SF12）、抑うつ症状尺度、孤独感尺度、服薬達成率、発話量の向上傾向などが示されている。アクションリサーチの成果として、本声がけロボットシステムの地域での利用モデル（伊豆モデル）を構築することができた。

2) 開発プロセス

このような評価を可能とするロボットシステムを開発するために、本プロジェクトでは、主にステージⅠにおいて、自立型有料老人ホームにて、観察、実験、介入を行うことで、高齢者や支援者の状況を的確に把握し、高齢者への情報支援を可能とするロボットの声や話し方、情報の伝え方、音声認識手法などの機能を明確にした。一方、伊豆市においては、高齢者124名に対するグループインタビュー、本人、家族、ケアスタッフを交えたワークショップ等を通じて、172項目のニーズ、36種類の支援シナリオを作成し、要求機能を決定した。

ステージⅡの開発フェーズでは、利用現場へのプロトタイプの導入評価と効果の検証、課題の抽出と改善を繰り返すとともに、本システムの運用に必要な要件を抽出し、サービスモデルを構築した。さらに実験における安全確保が可能な自立型有料老人ホームにて、1ヶ月介入実験を実施することで、サービスモデルも含めて、本システムが機能することを確認、さらにその効果を確認する実験を実施した。また、データとしての結果のみならず、子供や孫またはペットとして名前を呼び、利用者がロボット受け入れる状況等を、支援の現場のスタッフが実感として捉えられることの重要性も確認する事ができた。

さらに、伊豆市での社会実験に向けて、地域が抱える高齢者に関する課題の発掘、本システムを活用するためのステークホルダーや地域のリソースの抽出、本システムを真に必要としている潜在的な利用者の発掘を目指して、アクションリサーチを展開した。これにより、地域の住民や高齢者、高齢者の支援者の理解が進み上記の実験を遂行するに至っている。

3) 事業化の検討

事業化検討に関しては、ステージⅠで得た調査結果、ステージⅡの介入実験で得た結果をもとに実現可能なビジネスモデル仮説を立て、ステージⅢの社会実験におけるステークホルダーおよび社会実験参加者の意見をもとにしてビジネスモデル仮説を修正して検証した。特に、顧客アプローチ及び提供導入方法に関して社会実験で確認することができ、事業化につながる成果を得ることができた。事業化による経済的効果としては、マーケットサイズ110万人、市場規模1,000億円と推計した。3年間の社会実験の二年目である2018年には、研究成果を部分的に実装した生活支援ロボットシステムが一般向けにサービスリリースされた。

4) 開発・評価プラットフォームの構築

本プロジェクトで培った知見をまとめる事で、今後高齢者を対象とした同様のシステム開発を行う際に、役立つ評価プラットフォームを構築している。このプラットフォームは、東京大学高齢社会共創セ

ンターが推進しているオープンイノベーションのプラットフォームおよびリビングラボとの協働を行うこととした。情報パッケージは本プロジェクトで得られた知見をまとめ、高齢社会共創センターと共有することとした。また、鎌倉リビングラボにて、高齢者向け音声情報支援 IT サービスの評価を実践し、評価に関わるノウハウを蓄積し、プラットフォームとすることとしている。

5) 高齢社会の課題解決に対する技術開発手法

技術開発の観点では、10年にわたる研究開発期間の間に、コミュニケーションロボットや音声対話の技術的環境は大きく変化した。なかでも、深層学習に基づく音声認識手法の進歩と、スマートスピーカをはじめとする音声アシスタント端末の普及は、開始当初の予想を上回るものであった。これらは、音声認識精度の向上により実用化の機運が高まったことにより、GAF Aをはじめとする巨大企業が膨大な資金を伴って研究開発に注力するとともに、インターネット上でユーザから収集した学習用データが大幅に増えるという好循環が生まれたことによるものと考えられる。しかし、このような商用サービスの利用者としては、初期においては技術に詳しいアーリーアダプタ、普及期においても比較的若い層をターゲットとせざるを得ず、高齢者の利用を想定したものは現時点でもほとんど無い。それに対して、本プロジェクトにおいて、認知症を含む高齢者とのコミュニケーションにターゲットを絞って研究開発を行い、長期間の実証実験を通じて多くの知見が得られたことは、特筆すべき成果と言える。このようなプロジェクトを実施するためには、メーカー、流通事業者、自治体、有料老人ホーム運営事業者、大学、研究機関という多様なかつ必要な機関が連携した体制を構築できたことも重要な要因である。このような体制についても、今後のプロジェクト立案に向けての示唆を与えたと考えている。

6) 成果のアウトリーチ

成果のアウトリーチという観点では、G8 認知症サミットの日本イベントにおいて本プロジェクトの成果を報告できたことや WHO 主催の閣僚級会議にて声明を発表できた点、スウェーデン国王夫妻の視察にてロボットシステムをご覧頂けた点、外務省の PR ビデオに採用された点など、多くのインパクトのある出力を出すことができたことも重要な成果と考えている。

4. 今後の計画、実用化・事業化に向けて

実用化・事業化の際にポイントとなる研究成果は、「聞き取りやすい音声合成」、「介護エキスパートの声がけを参考にした声がけプロトコル」、「提供導入手法」の三つの基本要素と、社会実験で構築した「地域モデル」である。

事業化については、2018 年 10 月に研究成果が部分的にサービスリリースされた。そこでは、「聞き取りやすい音声合成」および「声がけプロトコル」が採用されている。また、社会実験から抽出された「よく使われる声がけ文章」が文例として実装されているため、それらをそのまま使ったり、編集して利用者により合わせたりすることもできるようになっている。また当該サービスの利用モデルは基本的に「家族モデル」である。すなわち、申し込みから設置および運用に関しては親と別に暮らす家族がおこなうモデルである。

そこで今後は、「提供導入手法」も含めたサービスの事業化と、「地域モデル」を採用する事業化の実

現へ向けた活動をおこなう予定である。「提供導入手法」に関しては、マニュアルやシステムのインタフェースに含める形で提供する方法と、コンサルテーションのようなサービスとして提供する形があると考えている。また、「地域モデル」が実現して地域で暮らす高齢者を支える団体による支援活動の中で活用されることで、支援者がおこなうことが困難である宅内における毎日複数回の声がけをシステムが行い、高齢者の自立を支援するツールとなることが期待される。

今後の展開としては、前述の事業化を進めるとともに、本プロジェクトで開発したロボットシステムを含めて、高齢者に対して情報を支援するシステムの普及に向けた取り組みを計画している。一つは専門職への啓発であり、リハビリテーションや介護の専門職を対象とする機器の情報提供や、普及に向けた課題の抽出、個別適合のためのシステム作りを進める予定である。また、地域での運用については、在宅高齢者の自立促進をさらに進めるために、家族と地域のステークホルダとの連携による情報支援モデルを構築する予定である。

機器開発の観点では、最新の認知科学の知見を取り入れ、対象者の認知機能の特徴にあわせた情報提示方法の開発を進める予定である。そのために、情報把握に関する認知過程の検証と、ロボット等からの情報提示方法との関連を明らかにするプロジェクトを計画している。

これらの取り組みは、本プロジェクトで構築した開発・評価プラットフォームをベースとして、高齢社会共創センターとの連携により進めていく予定である。

【参考文献】

- 1) 平成 30 年度高齢者白書，内閣府，2018.
- 2) 朝田隆，都市部における認知症有病率と認知症の生活機能障害への対応，社会保障審議会第 45 回介護保険部会資料，2013-6-6.
- 3) 二宮利治，日本における任師匠の高齢者人口の将来推計に関する研究，平成 26 年度厚生労働科学研究費補助金特別研究事業，2015-3.
- 4) 認知症施策推進大綱，認知症施策推進関係閣僚会議，2019-6-18.
- 5) 井上剛伸，3.4.3 介護・福祉機器，研究開発の俯瞰報告書 ライフサイエンス・臨床医学分野（2015 年），国立研究開発法人科学技術振興機構研究開発戦略センター，312-318，2015.
- 6) 岡本真一郎，言葉の社会心理学 第 3 版，ナカニシヤ出版，2006.

研究開発課題名：「高齢社会を豊かにする科学・技術・システムの創成」

講演タイトル：「高齢者の自立を支援し安全安心社会を実現する自律運転知能システム」

発表者： 井上 秀雄（神奈川工科大学），井上 慎太郎（トヨタ自動車）

参画機関：トヨタ自動車(株)，東京農工大学，東京大学，神奈川工科大学，
（株）豊田中央研究所，（一般）日本自動車研究所

1. 背景・目的など

1) 産業創出の礎となる技術

クルマは高齢者の日常の足となっている。特に公共交通機関に恵まれない地方では欠かせない。しかし、今後 20 年で高齢ドライバーは倍増すると見られており、加齢による身体能力の低下にともなう事故のリスクが高まっている。

こうした社会的課題に対し、JST の戦略的イノベーション創出推進プログラム(S-イノベ)の「高齢社会を豊かにする科学・技術・システムの創成」において、2010 年度に「高齢者の自立を支援し安全安心社会を実現する自律運転知能システム」が採択された。高齢者の運転能力の低下をサポートするセンサ技術、危険予知判断技術、危険回避技術などの研究開発と実証実験を通じて、事故を未然に防ぐ自律運転知能を持った安全運転支援システムを確立し、市販化につなげることを目標に、公道での実証実験を実施した。

特に地方の道路は、現在の高速道路向けの自動運転技術だけでは対処できない。見えない陰からの歩行者の飛び出しや、前方の自転車の行動予測など、リスクを予測しての対応、いわば「かもしれない運転」技術が必要である。そのために、100,000 件を超える運転時のヒヤリハットデータ（東京農工大学）からの情報モデルとポテンシャルフィールドを用いた物理モデルからリスクを予測している。

また、人間・機械協調運転技術（Shared Control）では、熟練ドライバー並みの運転能力を持つシステムが、高齢ドライバーの運転能力低下を見て、支援量を決定する構造になっている。

一方、自動運転に 3D の高精細地図があることは望ましいが、整備に莫大な費用がかかり、高齢者が困っている地方の生活道路までの高精細地図作成は困難である。そこで、本開発ではカーナビなどの地図情報とカメラ等を利用した廉価な環境認識技術にも力を入れた。すでに交差点等停止位置の認識精度では大変良い結果が得られている。これらの技術は、将来、運転支援、自動運転に必要な技術になると予測される。

うまいドライバーは、この先に何が起きるかを予測し安全に運転する。また馬は、乗り手が指示しても崖から飛び降りたりしない。これらの知性に比べ、現状の運転支援システムはまだ発展途上である。本プロジェクトでは、クルマがカメラ等で走行環境を見てリスクを予測し、安全でスムーズな運転に導く『運転知能』を開発してきた。『運転する楽しさがあり、安全安心で頭の良い車！』を目標とした。

2) 10 年プロジェクトへの思い

本研究は、トヨタ自動車，東京農工大学，東京大学，豊田中央研究所，日本自動車研究所，神奈川工

科大学の産学連携のもと、2011年から6年間、公道評価のために前述の技術を織り込んだプロトタイプの実験車開発を続け、さらに3年をかけて実証実験を進めた。日本では長い期間の部類に入るが、これは欧州の標準的大規模プロジェクトに匹敵し、約10年続けたS-イノベの意義は大きい。

今回、我々が目指した開発スタイルは、高齢者のためのリスク予測、Shared Controlなどを、ほぼゼロから1を立ち上げ100にする研究・開発であった。恐らく、欧州が粘り強くイノベーションを標準化まで持っていく過程は、このようなやり方なのだと実感できる。まさに王道であり一番の近道である。安全システムは広く普及させることが重要であり、そのためには、次世代の基礎を産学連携で、モノづくりと理論ががっぷり手を握り、プラットフォームにつなげるようしっかりと固める必要がある。さらにこのプロジェクトでは、企業、大学のそれぞれの枠を越え、良いエンジニアが育った。このシステムから得られたものを、高齢社会の課題解決策として日本から世界へ発信していきたい。

2. 研究開発実施概要

自律運転チームは、「先読み運転知能」、そして完全自動運転ではない「シェアード・コントロール」型の高齢者向け運転支援システムのため自律運転知能システムを研究開発してきた。

自律運転知能システムを実現する為の運転階層は3つに分ける事ができる。1階層目の通常運転は、ACC (Adaptive Cruise Control)、LKA (Lane Keeping Assist)などの通常時の支援技術が既に上市されている。また、3層目の緊急回避運転は、AEB (Autonomous Emergency Brake)やESC (Electronic Stability Control)などの緊急回避の支援技術が普及されている。

一方で、我々が焦点を当てた運転階層は、2層目のかもしれない運転である。この階層に対し、我々は熟練ドライバの運転行動に着目し、熟練ドライバが実施するリスク予測、そしてその予測に応じた先読み運転を具現化する自律運転知能システムを目標とした。

上記の目標の中で、東京農工大学のヒヤリハットデータベースは大変重要な意義を持った。これは単純な大規模データではなく意志あるデータの集合体であり、このデータの分析を詳細に行なう事で、リスク予測アルゴリズムの研究を加速させた。

また、自動車の知能化のためには、一般的には車載センサと共にデジタル地図が必要不可欠とされている。このような事から、近年、自動車専用道路を中心に高精度地図が整備されてきている。しかし、膨大な時間と人手が必要になるため、現在の計画では全国の道路の2%程度を占める高速道路と一部の国道のみが高精度地図の整備対象となっており、さらに、センサに関連するデータ形式によっては高精度地図のデータ量が膨大になり、全国規模での一般道のデータを車載する事が難しくなる可能性も指摘されている。このような背景のもとS-イノベでは一般道での知能化自動車の実用化を目的として、軽量で整備が容易なリーンな地図情報基盤技術を東京大学が中心になって研究を加速させた。

研究計画としては、S-イノベの10年プロジェクトを3つのステージで構成した。ステージⅠは原理・要素研究の基礎フェーズ、ステージⅡはプロトタイプ車両構築の応用フェーズ、ステージⅢは公道実証&テーマ進化の評価フェーズとした。このように実用化に向けて、基礎・応用・評価を3year×3工程で研究開発を進めた。

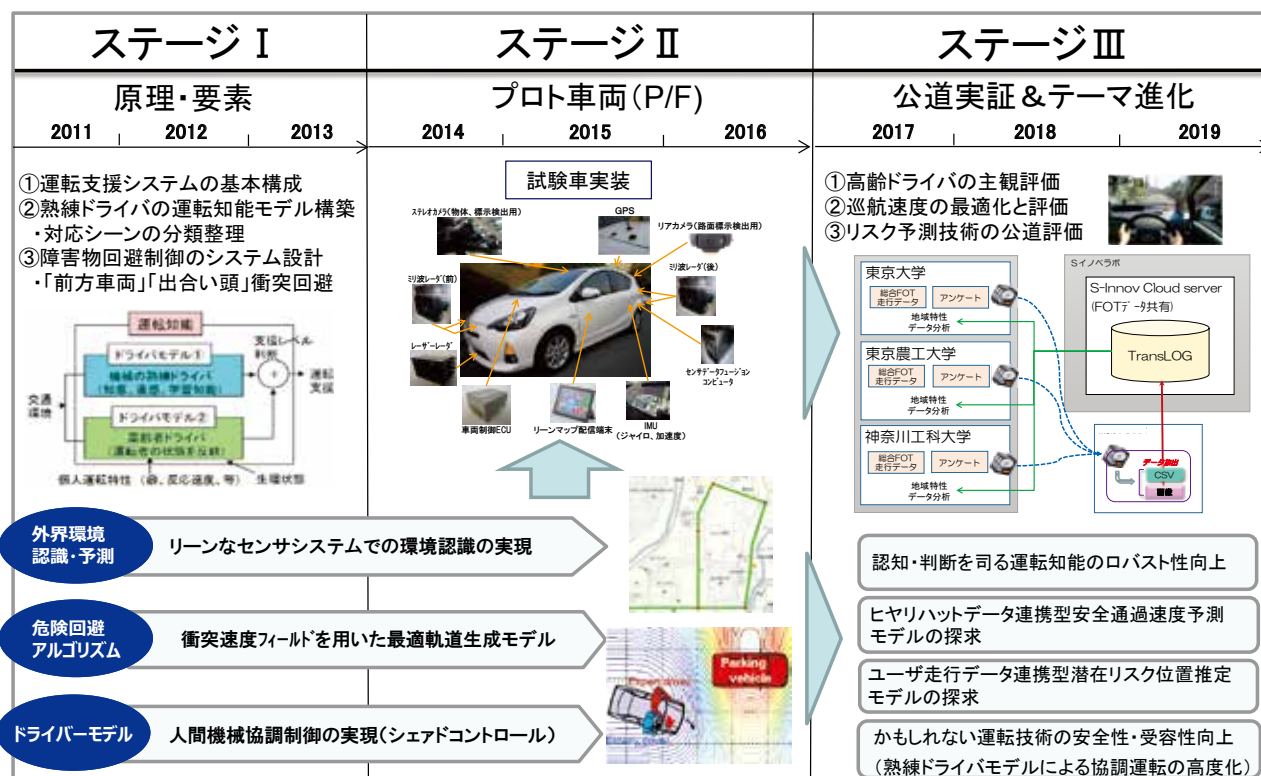
ステージⅠでは実証・評価を行なう為、具体的なユースケースシナリオの抽出を行なった。このうち我々が取り組むべきユースケースシナリオとして、22の基本シーンに分類ができた。このうち、見通し

の悪い交差点・駐車車両からの歩行者飛び出し、一時停止線停止の3つのシーンに焦点をあて、プロトタイプ車両の構築（ステージⅡ）、そしてFOT(Field Operational Test・ステージⅢ)を実施した。

ステージⅢのFOTでは、プロジェクト参加3大学周辺の公道コースで120名以上の65歳以上の高齢者を集めFOTを実施した。FOT実施にあたっては、予め実験車の仕様・実験の説明方法・アンケート様式からデータ収集の仕方に至るまで細部にわたり、共通プロトコルを定め、各大学で収集のデータが相互でデータ分析が行える共通のプラットフォームを構築した。

実証の結果、一般高齢ドライバーにおいても、システムの支援により熟練ドライバーの先読み運転相当の交差点での安全通過速度が確保できることが確認できた。また、定性的にもシステム介入による速度制御に関しても、総じて違和感を唱えておらず、受容性についても一定のレベルに達していると考えられる。

また、高齢ドライバーを対象としたアンケートでは、高齢者は日常的に使う生活道路での支援を求めている。また高齢者自身が運転をしている形態の中での支援を期待していることが、明らかとなっている。このような背景から、完全自動運転ビークルとは別の形態である、今後もシェアード・コントロールビークルをシステムの形態を発展させていく。



S-イノベ10年プロジェクトの経緯

3. 主な成果

高齢社会課題の解決としての根幹となるシェアード・コントロールビークルのビジョンは、「運転寿命の延伸」であった。これは、日本独創のイノベーションである。そして日本版産学官連携構築は、重要なキーワードである。研究成果をグローバルな社会貢献へ結実させるべく、我々は、当初計画からブレない6つの世界トップを創出した。

1) ヒヤリハットデータベースによる危険予知AI

⇒大規模な成り行きのデータ取りではなく、課題設定型の意志あるデータ分析である。

2) 運転リスク予測制御技術

⇒歩行者の飛出しリスクを予測するというチャレンジのある研究

3) 産学連携で一元化した開発環境

⇒Closed Open Style と名付けた、共通の研究アーキテクチャ(実験車システム環境)

4) 人間・機械協調運転技術

⇒運転したいという高齢者のモチベーション維持と安全の向上

5) リーン地図利用の環境認識技術

⇒一般道をシンプルな構成（低価格）で、地方の高齢者にも使ってもらう一提案

6) 若きリーダーエンジニア育成

⇒若手技術者の技術賞受賞多数。企業、大学の枠を越えた、エンジニアの創出

4. 今後の計画、実用化・事業化に向けて

1) 今後の計画

高齢者といっても、身体的に健康で活動的な人から、病を抱えて日常生活に支障を来すような人まで様々であり、その範囲は幅広く、一括りにして議論することは難しい。S-イノベでは、今後数百万人に増加すると言われる、認知症とされるほどではなく、運転に困難をきたす程度でもない、軽度認知障害(MCI)傾向の高齢者の運転能力を維持し、モチベーションを高めることを目指している。実証試験では、プレサーベイとして認知機能と運転能力との関係を調査し、前後制御による効果を確認することができた。ステージⅠより試験に参加して頂いた高齢者の数も 800 名弱近くになり、幅広いプロファイルにもとづいた実証試験を行ってきた。今後は得られたデータから、最適化した支援量を導き出し、潜在リスクに応じて位置、速度、加速度をパラメータ設定することを目標とし、個別研究として各機関で継続して行っていく。

2) 実用化 事業化に向けて

運転支援・自動運転技術の開発は大きく二つのアプローチがある。一つはあらゆる環境で完全に、もしくは限られた運行設計領域において、人間のドライバを不要にする「ショーファー」といった概念で完全自動運転とも言える。もう一つは、人間の能力を置き換えるのではなく増大させるという考え方である「ガーディアン」と呼ぶ概念であり、現在の運転支援システムの高度進化形である。

「ガーディアン」は、人間のドライバが常にクルマをコントロールする前提で、ドライバとガーディアンによる操作協調を正確な運転に繋げるというものであり、我々の自律運転知能システムの考え方と同一である。

このような背景のもと 最終ゴールである製品化については、研究成果を分解しながら、要素技術としてガーディアンの製品化に活用させていく形で進めていく。具体的には、リスクポテンシャル技術を第1段として、次世代先進安全技術のプランナ技術への応用。また、潜在リスク予測技術については、交差点事故防止へ向けた将来先進安全技術への技術展開を目指す。システムが製品化されてからも、市場からのデータを吸い上げ、その効果を追跡調査、交通事故ゼロ社会を目指してシステムの進化を果たしていきたい。

研究開発課題名：高齢者の経験・知識・技能を社会の推進力とするための ICT 基盤「高齢者クラウド」の研究開発

講演タイトル： 先端 ICT と高齢者就労

発表者： 廣瀬 通孝（東京大学）

小林 正朋（日本アイ・ビー・エム株式会社）

参画機関：東京大学、日本アイ・ビー・エム株式会社、株式会社サーキュレーション

1. 背景・目的など

日本では 2050 年頃に労働力人口が 5 割を切ると言われている一方で、元気高齢者の割合や総数は増加の一途を辿っている。元気高齢者はフルタイムで働くことは難しくとも、多様な就労機会が提供されていれば経験・スキルを組み合わせた短時間労働などの形で社会貢献することができる。本課題では、高齢者スキルの活用および時間や場所の制約を超えた就労環境に焦点を当てた情報通信技術（ICT）に関する研究開発を行った。

「高齢者クラウド」は、Cloud Computing（クラウドコンピューティング）と Crowdsourcing（クラウドソーシング）の二つの「クラウド」の意味を掛け合わせた、高齢者自身の力とテクノロジーの力の両方の活用によって超高齢社会を支えることを目指す造語である。その象徴として、本課題では「モザイク型就労」モデルを提案した。「モザイク型就労」とは、多様な経験・スキルと高い意欲を持つ一方、肉体的・精神的な制約もある複数の高齢者の力をテクノロジーによって組み合わせ、標準的な労働者の能力以上のアウトプットを仮想的に作り上げるモデルである（図 1）。

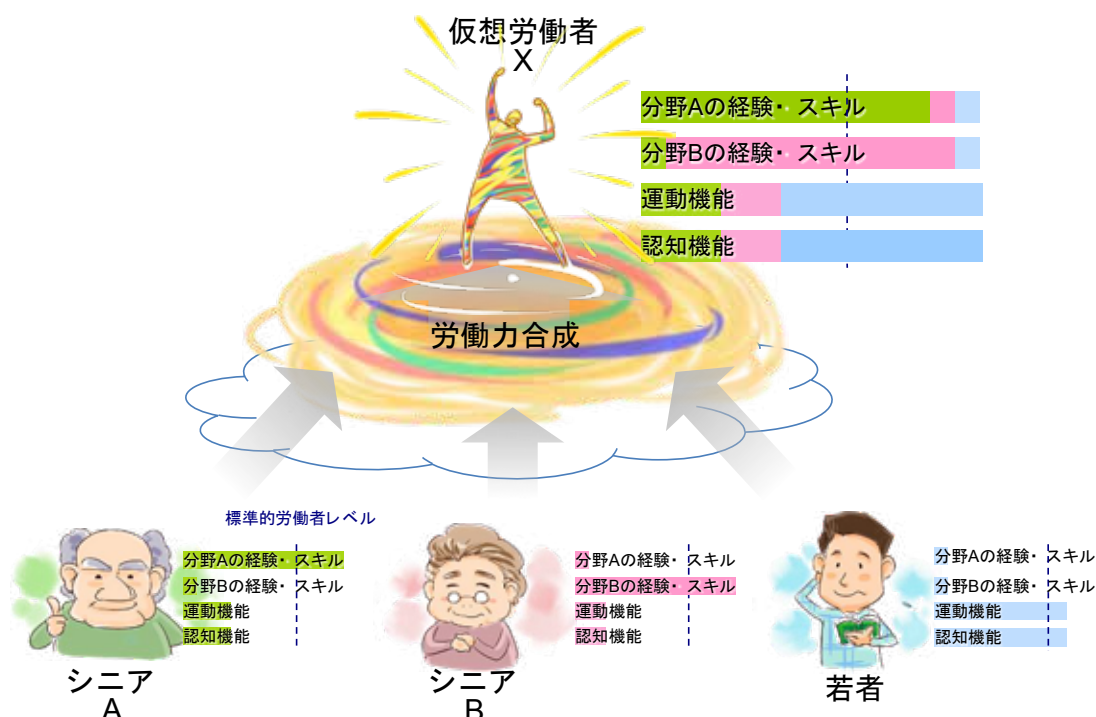


図 1：「モザイク型就労」モデル

「モザイク型就労」モデルを実現するためには、①人材の所持する経験・スキルと仕事の要求する経験・スキルとの間の詳細なマッチング、②ICTを活用した新たな就労機会の創出、の2点が必要となる（図2）。一方、メンバーシップ型雇用を前提としている日本の労働市場においては①に必要となる人材や仕事の情報が十分にデータ化されているとは言い難く、またマッチング自体も暗黙知に頼ることが多い。また、②に必要となる各種のテクノロジーは台頭しつつあるものの、高齢人材活用的手段としては普及していない。

そこで本課題は、人材および仕事の情報のデータ化およびマッチングノウハウの形式知化、テクノロジーによる高齢人材の就労機会創出を促す技術の実現を目標に据えた。

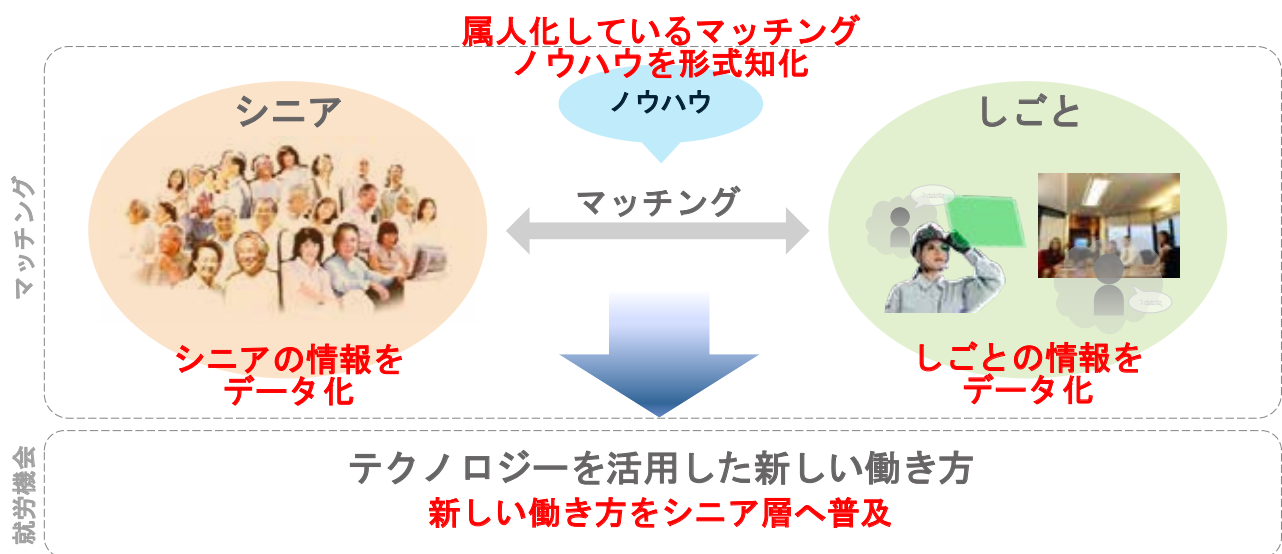


図2：取り組むべき課題の概略

2. 研究開発実施概要

本課題における研究開発は、①要素技術の開発、②プラットフォーム基盤の開発、③社会実装と実証実験、の大きく分けて三段階を経て実施された（図3）。①要素技術の開発では人材情報および仕事情報のデータ化や遠隔就労への応用を想定し、単に使いやすだけでなく高齢者の情報開示・情報伝達を促すインタフェース技術の研究に注力した。②プラットフォーム基盤の開発では①の成果にもとづきモザイク型就労をサポートする実証システムの構築に取り組み、5つのシステムを創出した。③社会実装と実証実験においては、「GBER」および「人材スカウター」のシステム運用を通じたデータ獲得に注力し、「職域・働き方の拡大」「活用人材の拡大」といった効果について検討した（図4）。

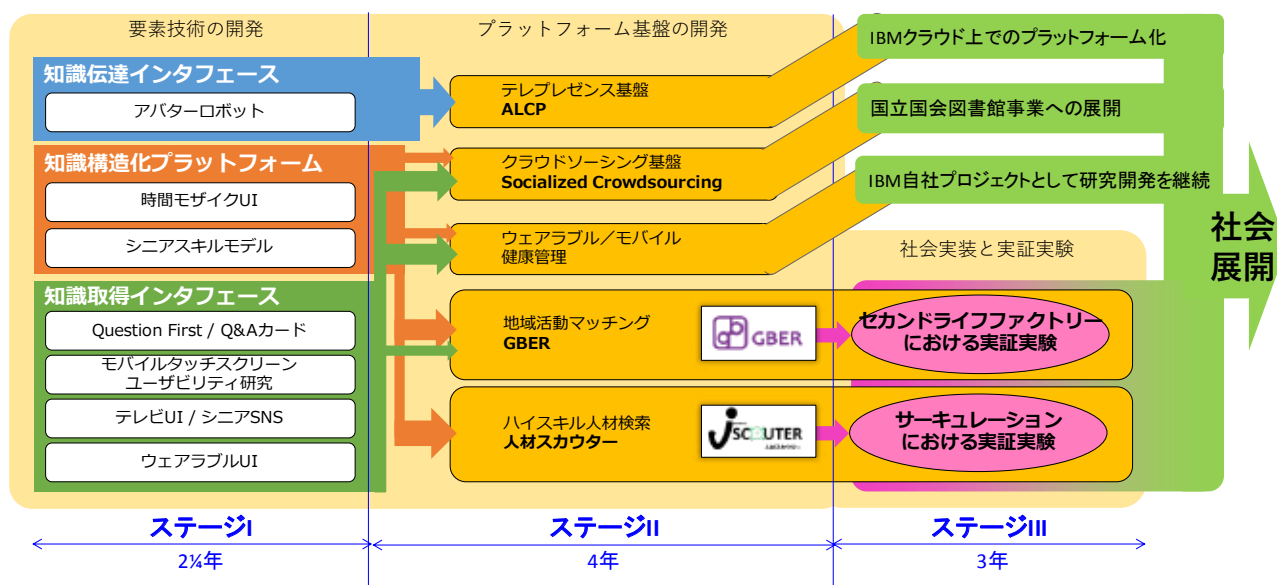


図 3 : 「高齢者クラウド」プロジェクト実施概要

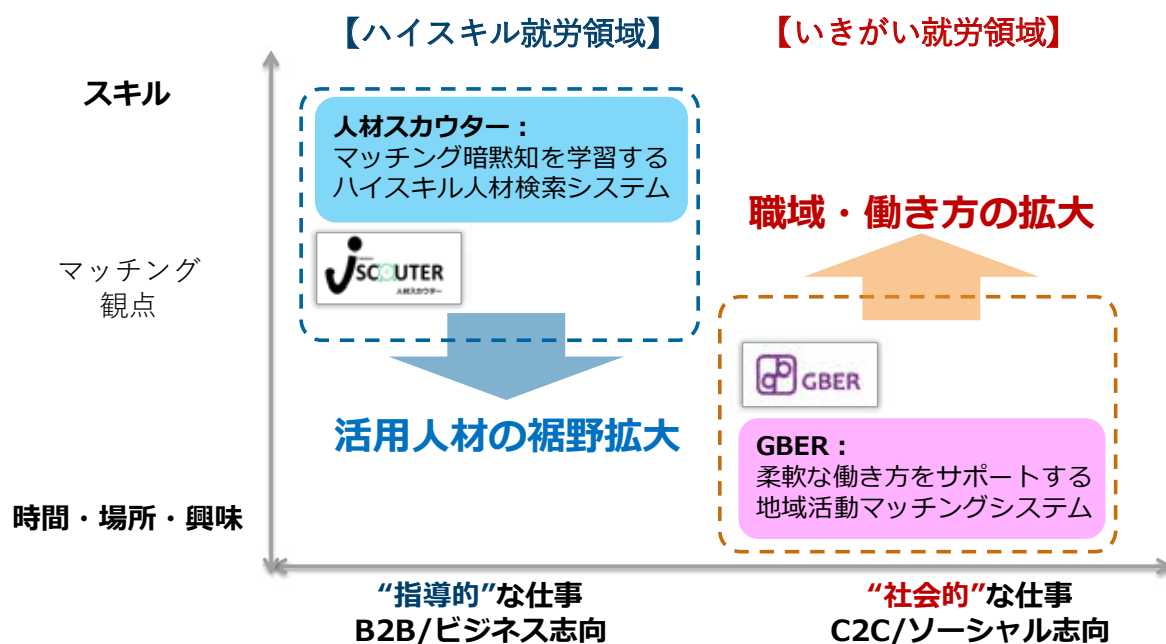


図 4 : 社会実装・実証実験における検討課題

3. 主な成果

本課題の成果として、モザイク型就労を支援するソフトウェア群およびそこに含まれる新規技術の開発が挙げられる。主なソフトウェア成果物には、地域活動マッチングシステム「GBER (Gathering Brisk Elderly in the Region)」、ハイスkill人材検索システム「人材スカウター」に加え、テレプレゼンス基盤「ALCP (Augmented Live Communication Platform)」、クラウドソーシング基盤「Socialized Crowdsourcing」およびウェアラブル／モバイル健康管理関連技術が含まれる。

「GBER」は地域における求人やボランティア等の社会参加機会と元気高齢者とのマッチングを目的としたシステムであり、就労可能な日程を発信するカレンダーUI、生活圏内の活動を検索するマップUI、興味関心を手軽に入力可能なQ&Aカード等の画面を提供する(図5)。「人材スカウター」は高度な経験・スキルを持つシニア人材を主な対象とした人材検索システムであり、マッチング担当者の暗黙知として適切な検索キーワードを導出する過程を学習する機能を持つ(図6)。



図 5：地域活動マッチングシステム「GBER」

候補者リストに追加

キーワード候補自動抽出

不要な単語を削除

キーワードに重みを付ける

追加キーワードを追加

“インタラクション学習”アルゴリズム

仕事情報テキスト(単語集合 Q)が与えられたとき、検索に有効な単語集合 S を選び出す基準となるキーワードスコアを、インタラクション履歴にもとづき算出

$$\text{単語}w \in Q \text{ が } S \text{ に含まれない確率 (重み考慮あり)} : P'(w) = \frac{D(w) + E(w) + \alpha - 1}{N(w) + \gamma M(w) + \alpha + \beta - 2}$$

$N(w)$: 単語 w の出現回数
 $D(w)$: 単語 w の削除回数
 $W(w)$: 使用された単語の重み
 $E(w)$: 重みが1より小さい場合の和 $E(w) = E(w) + (1 - W(w))$
 $M(w)$: 重みが1より大きい場合の和 $M(w) = M(w) + (W(w) - 1)$

α, β : 事前ベータ分布パラメータ
 γ : 重み付けによるバイアスの強さ
 α : 単語追加操作コスト (単語削除操作コストを1とする)

キーワードスコア (語を採用すべき度合い)

$$S'(w) = \alpha(1 - P'(w)) - P'(w)$$

- 検索時のインタラクション(操作)からオンライン学習するクエリー単語集合の(機械的)改善手法
- 削除/追加操作ログに加え、**重み付け情報を考慮**してクエリー単語集合を改善
- 複合語への修正情報を考慮**してクエリー単語集合を改善
- “単語の追加より削除の方が操作が容易”という**操作の非対称性を考慮**してキーワード・スコアを算出

図 6：ハイスkill人材検索システム「人材スカウター」

また、単にソフトウェア技術の開発のみならず、実証実験・社会展開を通じた事例の創出やコミュニティの構築、そこから得られた種々の知見も本課題の重要な成果である。

たとえば「GBER」は、一般社団法人セカンドライフファクトリー(SLF)との連携により2016年4月に実証運用を開始し、2019年10月までの3年半にのべ3,441件のマッチングを実現した。また、変化を考慮した興味ベクトル更新手法の効果を評価し、マッチング率が2%から14%へ改善されるという結果を得た(図7)。これらの成果をふまえ「GBER」をオープンソース・ソフトウェアとしてGitHub上で公

開し、次節に述べる通り新たな活用事例も生まれている。

「人材スカウター」は株式会社サーキュレーションとの連携により1年半に渡る実証運用を行い、マッチング暗黙知の学習の結果としてロングテール領域人材の選択頻度が増す、すなわち詳細なマッチングの実現により活用人材の裾野が拡大される効果を示唆した(図8)。また、キーワード操作の有無による被選択人材異なり率の比較を通し、「人材スカウター」によってマッチング結果の多様性が向上し得ることを示した。

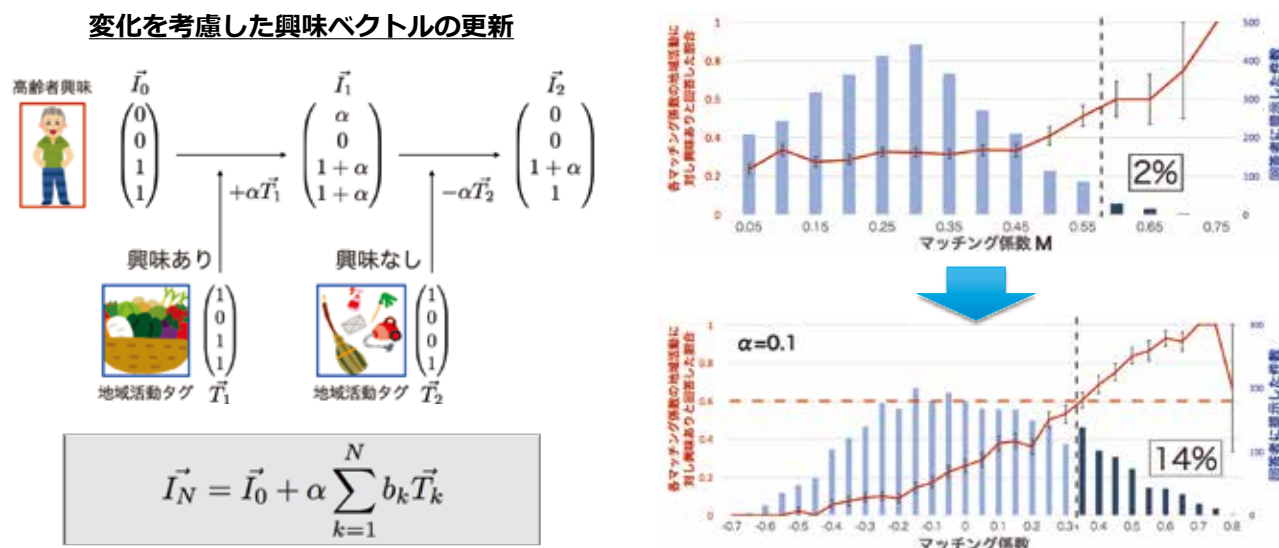


図7: GBER 興味ベクトルの更新によるマッチング率の改善

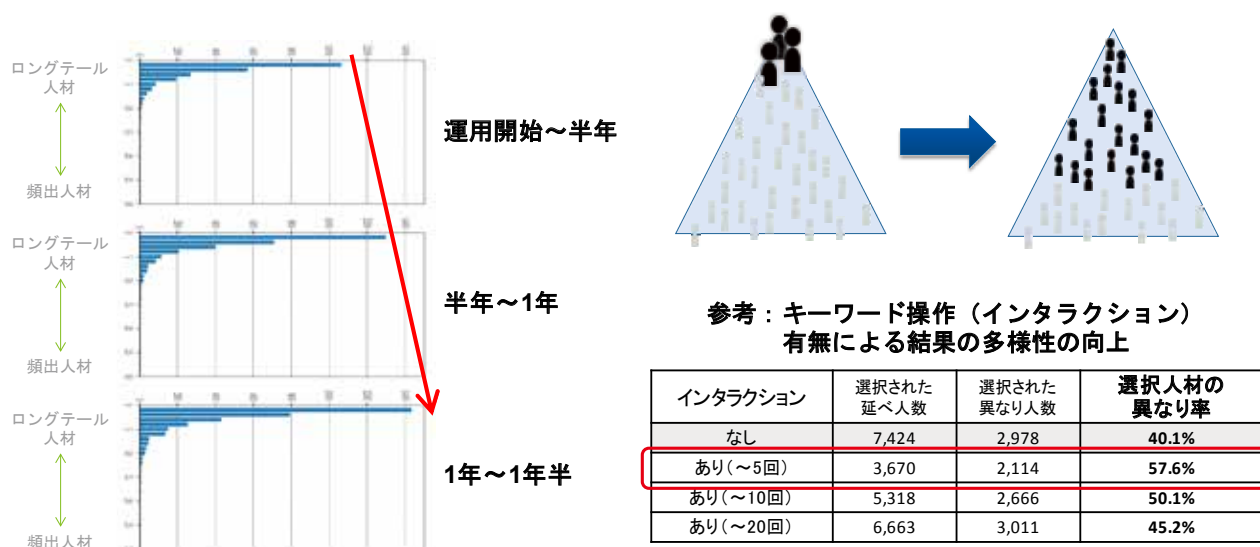


図8: 人材スカウターの導入に伴うロングテール人材活用の拡大

そのほか、宮城県仙台市と兵庫県西宮市のシニアコミュニティ同士を結ぶ遠隔講義実証実験において6ヶ月間に渡りテレプレゼンス基盤「ALCP」を活用し、コミュニケーションを支援するいくつかのインタフェース技術の導入によって高齢者でもテレプレゼンス技術を活用した協働が可能であることを示

した。

クラウドソーシング基盤にコミュニティ要素を付加するプラグイン・ソフトウェアである「Socialized Crowdsourcing」については、日本点字図書館をフィールドとして2013年10月に障害者向け音声読み上げ図書製作プラットフォーム「みんなでデイジー」としての運用を開始した。開始当初2年半の実績を分析した結果、参加者コミュニティ全体の34%にすぎない高齢者がこの期間に完了した約1,700万件の校正作業のうち61%を実施するなど、高齢者がクラウドソーシングを通してアクティブに社会貢献できることを示した。本システムは2015年度には国立国会図書館へ移管、2017年度の多館展開を経て、本稿執筆時点でも運用を継続している。

4. 今後の計画、実用化・事業化に向けて

約9年間に渡る実施期間を通し、本課題は世の中の動向に呼応して何度か軌道修正を加え、連携体制を更新してきた（図9）。特に、オープンソース化を行った「GBER」については研究開発チームを超えた活用が広がっている。たとえば、九州旅客鉄道、熊本県、KDDI株式会社、ニューメディア開発協会をはじめとする事業者や自治体が「GBER」ソフトウェアやアルゴリズムの利用を開始、もしくは開始の意向を表明した。また、日本アイ・ビー・エム株式会社では「高齢者クラウド」の知見に基づきIBM Watsonを用いたビジネス・プロトタイプ「MEET YOUR SECOND LIFE」を開発・公開し、新たな事業展開を図っている。アカデミアにおいては日本バーチャルリアリティ学会およびヒューマンインタフェース学会において研究会を設立、人工知能学会やHCI InternationalにおいてOSを主催するなど新たな研究分野の確立へ向けた活動を継続してきており、産学両面から「高齢者クラウド」成果の波及を目指している。

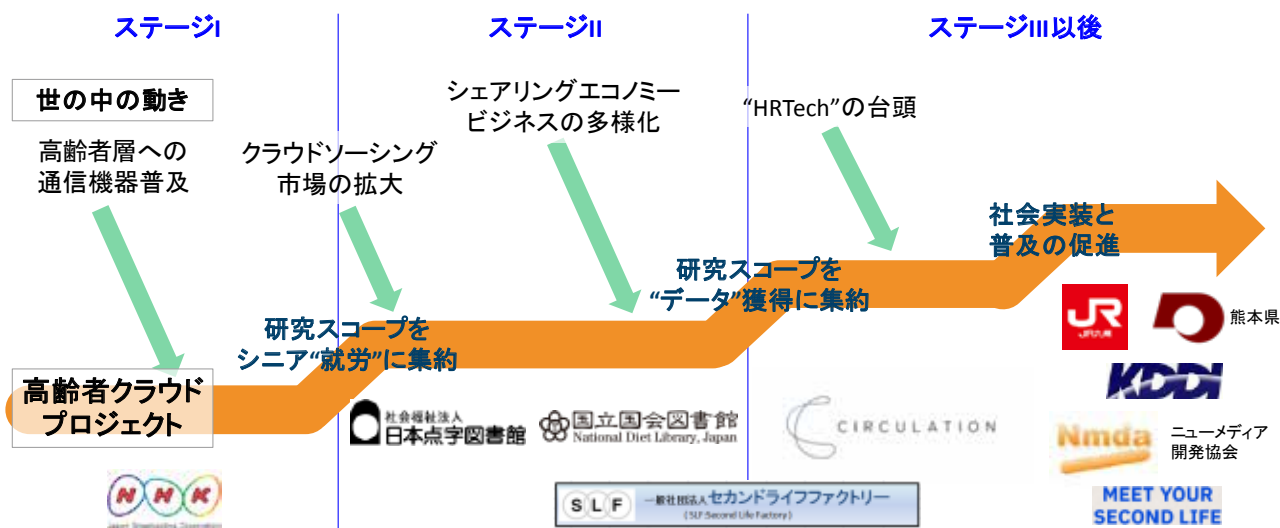


図9：世の中の動きと「高齢者クラウド」プロジェクトの流れ

【MEMO】

戦略的イノベーション創出推進プログラム
「高齢社会を豊かにする科学・技術・システムの創成」成果報告フォーラム

【 パネル討論会 】
登壇者

	講演者	所属
	伊福部 達（プログラムオフィサー）	・東京大学 名誉教授
	秋山 弘子（プログラムオフィサー補佐）	・東京大学 名誉教授 ・一般社団法人 高齢社会共創センター センター長
	後藤 芳一（プログラムオフィサー補佐）	・日本福祉大学 大学院医療・福祉マネジメント研究科 客員教授
	井上 剛伸（研究リーダー/PM）	・国立障害者リハビリテーションセンター研究所 福祉機器開発部 部長
	井上 秀雄（研究リーダー/PM）	・神奈川工科大学 創造工学部 自動車システム開発工学科 教授
	小林 正朋（開発リーダー）	・日本IBM株式会社 東京基礎研究所 アクセシビリティ&ヘルスケア 高齢社会工学 マネージャー・オブ・リサーチ

【ポスターセッション】

進行中課題の成果報告

(令和元年度終了予定)

「高齢社会を豊かにする科学・技術・システムの創成」 終了予定（2019年度・令和元年度）

高齢者の自立を支援し安全安心社会を実現する自律運転知能システム

プロジェクトマネージャー：井上 秀雄（神奈川工科大学 創造工学部 自動車システム開発工学科 教授）

参画機関：トヨタ自動車、豊田中央研究所、日本自動車研究所、東京大学、東京農工大学、神奈川工科大学

研究開発目的

認知・判断・操作遅れをバックアップし事故を回避する「運転知能システム」の開発

システム概要

① 潜在リスク予測制御（Risk Predictive Control）

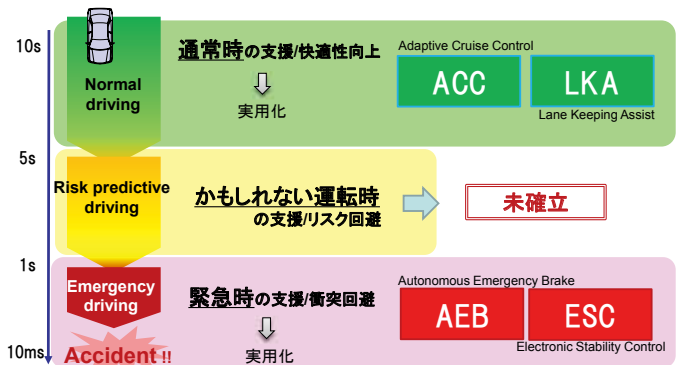
- 歩行者の飛出しシーン、見えないリスクを予測し
緩ブレーキ制御を実行。

② 人間機械協調制御（Shared control）

- 規範自動運転とドライバ操作の差を操舵反力として
ドライバにフィードバック

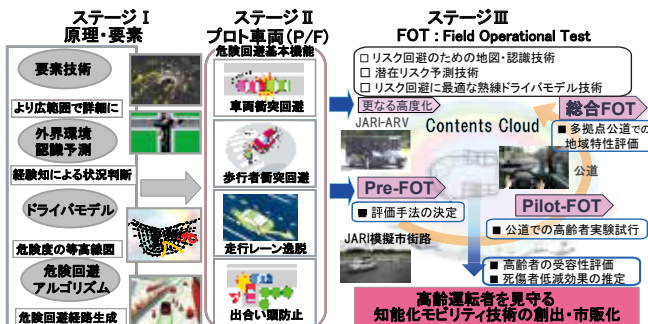
③ 廉価な環境認識技術（LeanMap_Framework）

- 高齢者が困っている地方の生活道路で使える、地図
情報とカメラ等を利用した廉価な環境認識技術の提案



・通常時と緊急時の隙間を埋める「かもしれない運転」の実現

研究開発計画



ステージⅠ（H22-24年度）：原理・要素技術の研究開発

ステージⅡ（H25-28年度）：プロトタイプ車の完成，プラットフォームの構築

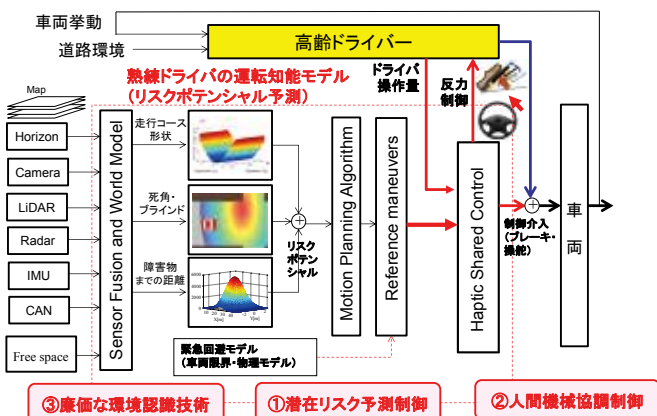
ステージⅢ（H29-31年度）：実用化に向けた実証実験（FOT）

ステージⅢにおける3ステップでのFOT計画

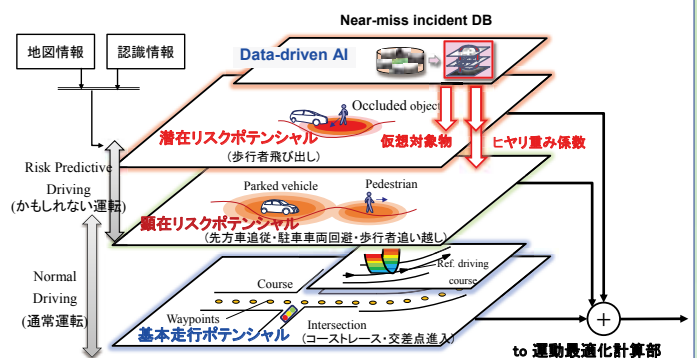
1. Pre FOT：模擬市街路での初期評価
2. Pilot FOT：限定された公道での評価手法の確立
3. 総合FOT：多拠点公道での評価，システムのスパイラルアップ

技術開発

・S-INNOVATION技術開発領域の全体像



・リスク予測制御の構造



出展機関情報（問い合わせ先）

・井上 秀雄：神奈川工科大学 創造工学部 自動車システム開発工学科／先進自動車研究所 教授

Eメール：inoue@eng.kanagawa-it.ac.jp

「高齢社会を豊かにする科学・技術・システムの創成」 終了予定（2019年度・令和元年度）

高齢者の自立を支援し安全安心社会を実現する自律運転知能システム

知能化自動車のためのリーンな地図情報基盤の提案

プロジェクトマネジャー：井上 秀雄（神奈川工科大学 創造工学部 自動車システム開発工学科 教授）

参画機関：トヨタ自動車、豊田中央研究所、日本自動車研究所、東京大学、東京農工大学、神奈川工科大学

研究開発目的

- 高度運転支援や自動運転を含む自動車の知能化のためには、車載センサと共にデジタル地図が必要不可欠。
- 近年の取り組みでは、Mobile Mapping Systemと呼ばれる高精度計測車両で取得された高密度ポイントクラウドデータ等を、地図会社が図化と呼ばれる作業を行う事で、知能化自動車用の高精度地図が整備されている。
- しかし、図化の作業には膨大な時間と人手が必要になるため、現在の計画では全国の道路の2%程度を占める高速道路と一部の国道のみが高精度地図の整備対象となっており、一般道の整備に関しては具体的な案が決まっていない。
- また、既存の高精度地図は全周多層LIDARやRTK-GPS等の装備を前提としており、地図を運用する車両側への要求が高い。さらに、センサに関連するデータ形式によっては高精度地図のデータ量が膨大になり、全国規模での一般道のデータを車載する事が難しくなる可能性も指摘されている。

一般道での知能化自動車の実用化を目的として、軽量で整備が容易な知能化自動車向けのリーンな地図情報基盤を構築する。

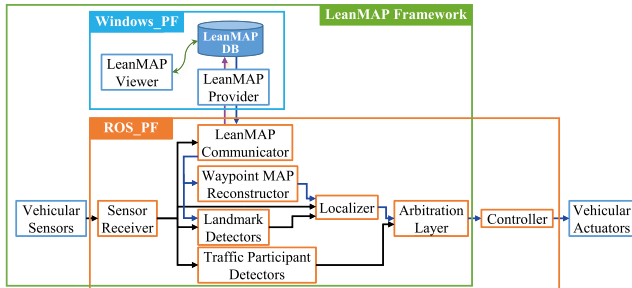
LeanMAP Frameworkの提案

- LeanMAP Frameworkに準拠した実験車両

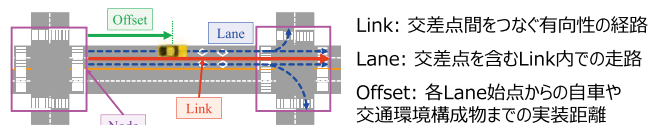


- 普及レベルのカメラやGPSと前方集中型のLIDARを中心としたリーンなセンサ構成（Velodyne製LIDARやRTK-GPSは不使用）
- 地図情報は軽量のLeanMAPを搭載するため、ネットワーク接続は不要

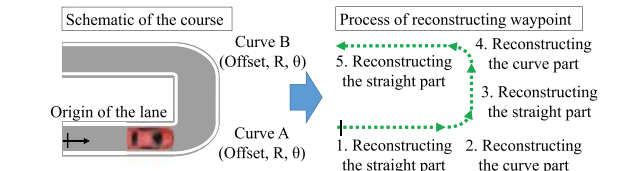
LeanMAP Framework概要



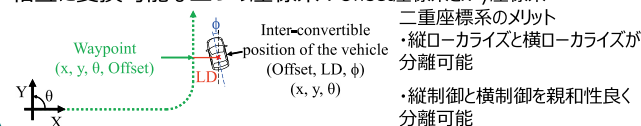
LeanMAPの基本構成概念



カーブ情報を基にした高密度ウェイポイントマップの動的再構成

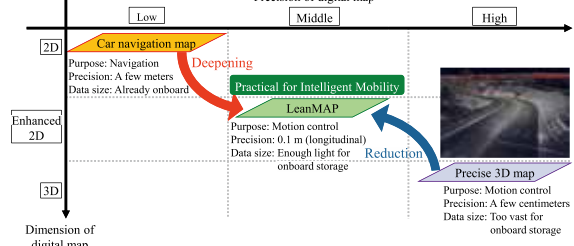


相互に変換可能な二つの座標系：Offset座標系とx-y座標系

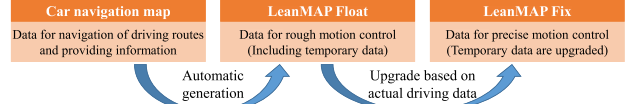


カーナビ地図を基にした地図情報の深化

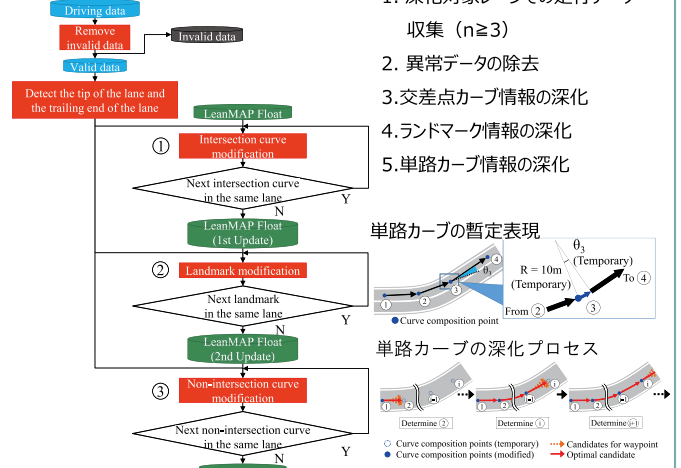
カーナビ地図を素材としたLeanMAPの整備



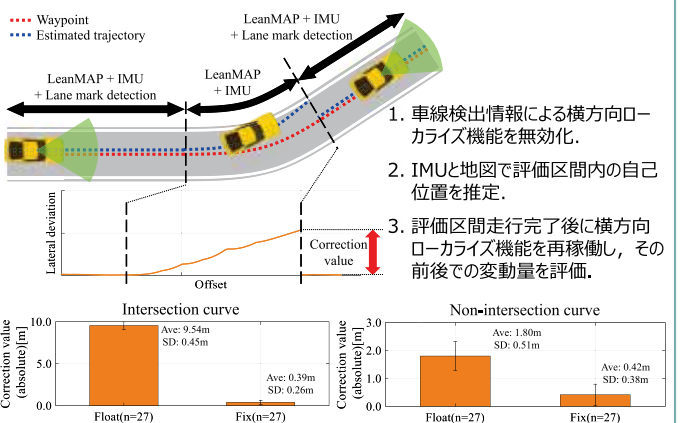
二段階でのLeanMAPデータの整備：機械的変換と走行データを基にした深化



LeanMAP深化フロー



深化したLeanMAPコンテンツによる高密度ウェイポイントマップの精度評価



実走行データを活用してLeanMAP Floatを深化させる事で、知能化自動車による自動制御が可能なレベルの地図を構築する事が出来た。

出展機関情報（問い合わせ先）

・伊藤 太久磨：東京大学 大学院工学系研究科 機械工学専攻 特任講師

Eメール：ito@iag.u-tokyo.ac.jp

「高齢社会を豊かにする科学・技術・システムの創成」 終了予定（2019年度・令和元年度）

高齢者の自立を支援し安全安心社会を実現する自律運転知能システム

潜在リスク予測制御 & 人間機械協調制御 (Shared Control)

プロジェクトマネジャー：井上 秀雄（神奈川工科大学 創造工学部 自動車システム開発工学科 教授）

参画機関：トヨタ自動車、豊田中央研究所、日本自動車研究所、東京大学、東京農工大学、神奈川工科大学

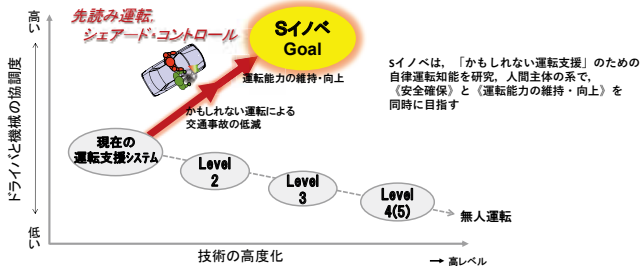
研究開発目的

① 潜在リスク予測制御 (Risk predictive control)

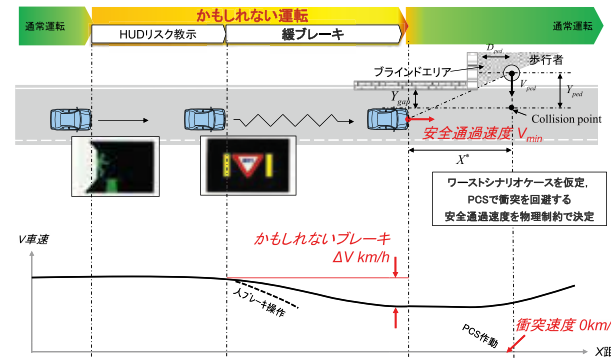
- 歩行者の飛出しシーン、見えないリスクを予測し
緩ブレーキ制御を実行→AEBを前提とした安全通過速度を実現

② 人間機械協調制御 (Shared control)

- 規範自動運転とドライバ操作の差を操舵反力としてドライバに
フィードバック → 安全でスムーズな操舵回避を誘導



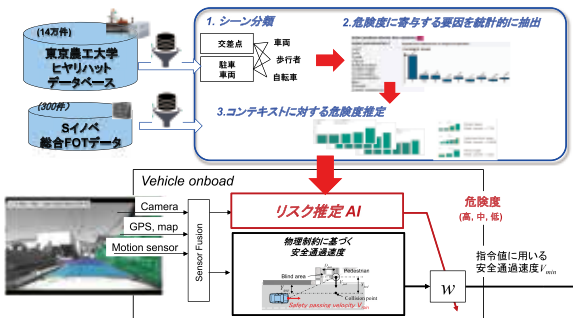
かもしれない運転



物理制約に基づく安全通過速度 V_{min} で通過するためのブレーキ支援

① 潜在リスク予測制御

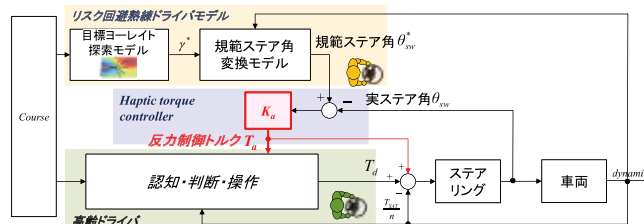
安全かつ受容的なブレーキ制御を確立するための、
交通環境に応じたリスク推定AIの開発



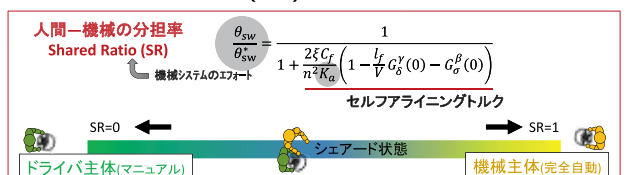
潜在リスク予測モデルを組み合わせた動的な安全通過速度の演算法

② 人間機械協調制御

ステアリングShared Controlによる規範運転教示



分担率Shared Ratio(SR)に基づく反力制御トルクの定式化

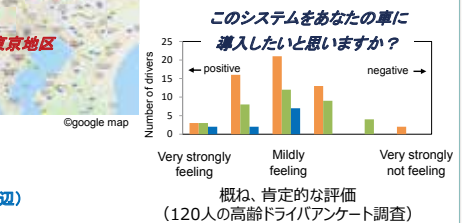


総合FOTの実施

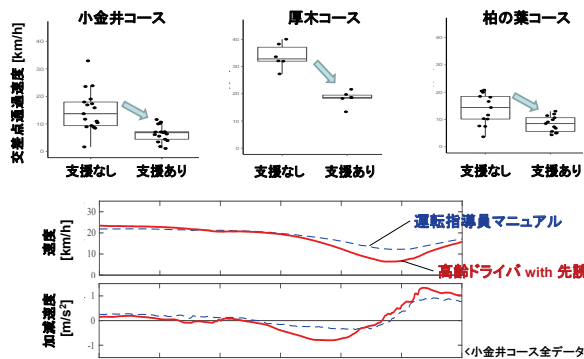
FOT実証拠点（参加3大学周辺コース）

小金井(東京農工大学周辺)

柏の葉(東京大学周辺)



安全性の評価



高齢者・機械の一体化で熟練運転者並みの運転を確保できる

出展機関情報（問い合わせ先）

・井上 慎太郎：トヨタ自動車株式会社 自動運転・安全支援開発部 ガーディアンPT

Eメール：shintaro_inoue_aa@mail.toyota.co.jp

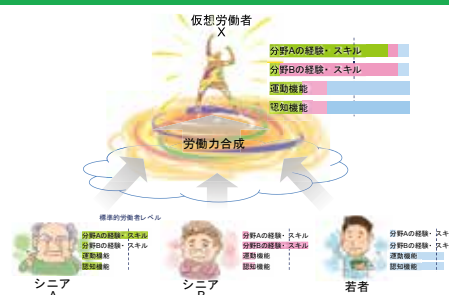
「高齢社会を豊かにする科学・技術・システムの創成」 終了予定（2019年度・令和元年度） 高齢者の経験・知識・技能を社会の推進力とするためのICT基盤 「高齢者クラウド」の研究開発

プロジェクトマネジャー：廣瀬 通孝（東京大学 教授）
研究リーダー：廣瀬 通孝（東京大学 教授）
開発リーダー：小林 正朋（日本アイ・ビー・エム株式会社 東京基礎研究所）
参画機関：東京大学、日本アイ・ビー・エム株式会社、株式会社サーキュレーション

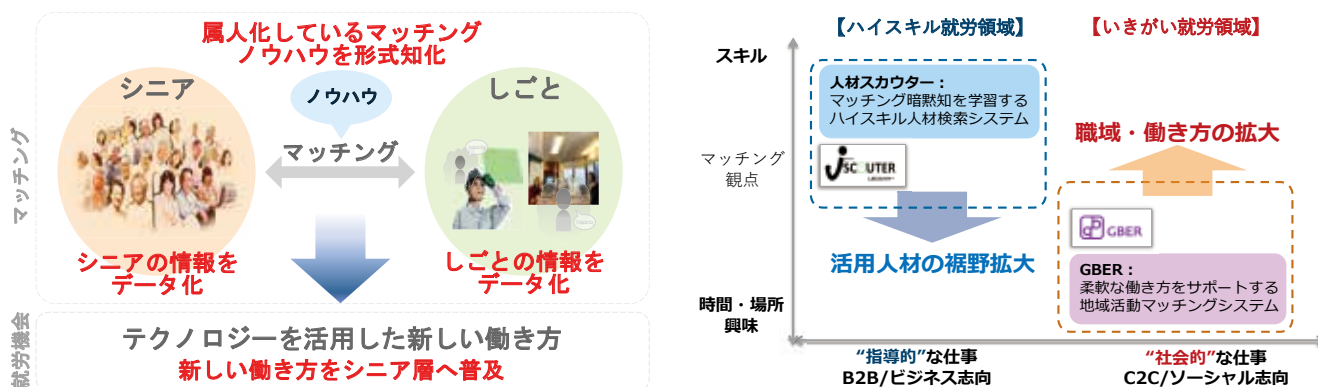
研究開発の目的

- 日本の労働力人口は2050年頃に5割を下回ると予想される一方、元気高齢者は増加の一途を辿っている
- 高齢者の経験・スキルを組み合わせた短時間労働など、さらなる社会参加を促す仕組みが求められる

高齢者のスキルを最大限に活用し、
時間・場所の制約にも対応した就労環境を
実現するためのテクノロジーを研究開発



成果の概要



今後の展望・課題等

- シニア就業における人材情報および仕事情報の定式化およびデータモデル生成
- フィールド事業者とのパートナーシップ構築および持続可能なユースケース設計

出展機関情報（問い合わせ先）

〒113-8656 東京都文京区本郷7-3-1 東京大学 工学部2号館8階82A4号室
ウェブページ： <http://sc.cyber.t.u-tokyo.ac.jp/>
Eメール： sc-contact@cyber.t.u-tokyo.ac.jp

「高齢社会を豊かにする科学・技術・システムの創成」 終了予定（2019年度・令和元年度）

高齢者の経験・知識・技能を社会の推進力とするためのICT基盤 「高齢者クラウド」の研究開発

プロジェクトマネジャー：廣瀬 通孝（東京大学 教授）

研究リーダー：廣瀬 通孝（東京大学 教授）

開発リーダー：小林 正朋（日本アイ・ビー・エム株式会社 東京基礎研究所）

参画機関：東京大学、日本アイ・ビー・エム株式会社、株式会社サーキュレーション

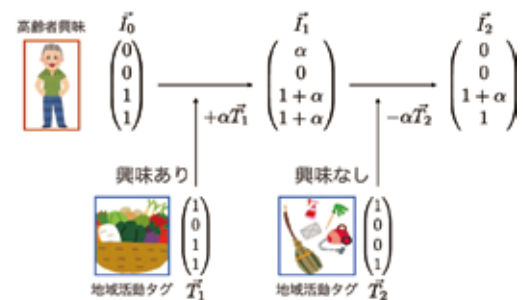
GBER(ジーバー)

柔軟な働き方をサポートする地域活動マッチングシステム



地域における求人（仕事、ボランティア、サークル等）とシニアをマッチング

変化を考慮した興味ベクトルの更新



人材スカウター

マッチング暗黙知を学習するハイスル人材検索システム



仕事情報テキストから適切なクエリーを導き出す“操作”を学習

仕事情報テキスト（単語集合Q）が与えられたとき、検索に有効な単語集合Sを選び出す基準となるキーワードスコアを、インタラクション履歴にもとづき算出

$$\text{単語}w\text{が}Q\text{に含まれない確率（重み考慮あり）} : P'(w) = \frac{D(w) + E(w) + \alpha - 1}{N(w) + \gamma M(w) + \alpha + \beta - 2}$$

$N(w)$: 単語wの出現回数
 $D(w)$: 単語wの削除回数
 $W(w)$: 使用された単語の重み
 $E(w)$: 重みが1より小さい場合の和 $E(w) = E(w) + (1 - W(w))$
 $M(w)$: 重みが1より大きい場合の和 $M(w) = M(w) + (W(w) - 1)$

キーワードスコア（語を採用すべき度合い）

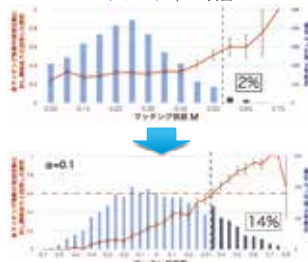
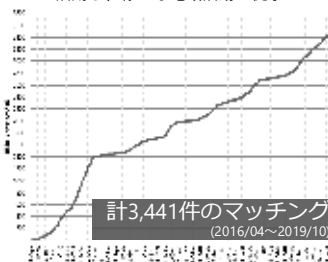
$$S'(w) = \alpha(1 - P'(w)) - P'(w)$$

実証実験の結果概要

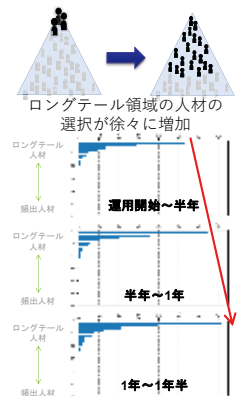
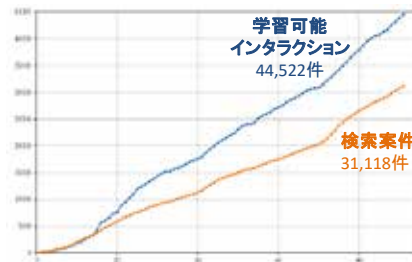


100名以上の高齢者がマッチングツールを活用し、様々な地域活動に従事

興味ベクトルの更新によるマッチング率の改善



実業務での運用を通じたデータの蓄積



出展機関情報（問い合わせ先）

〒113-8656 東京都文京区本郷7-3-1 東京大学 工学部2号館8階82A4号室
 ウェブページ: <http://sc.cyber.t.u-tokyo.ac.jp/>
 Eメール: sc-contact@cyber.t.u-tokyo.ac.jp

【非売品】

書 名： 戦略的イノベーション創出推進プログラム（S-イノベ）
「高齢社会を豊かにする科学・技術・システムの創成」
成果報告フォーラム 予稿集

発行日： 令和2年3月4日

編 集： 国立研究開発法人 科学技術振興機構

発行者： 国立研究開発法人 科学技術振興機構

発行所： 国立研究開発法人 科学技術振興機構
〒102-0076 東京都千代田区五番町7 K's 五番町

印刷所： 株式会社ファルコンプリント

著作権者の許可なく、転載およびコピーを禁じます。

