

# UEC 共創進化スマート社会的アプローチに基づく AI と IoT による認知症高齢者問題 (BPSD) への対応

田野 俊一<sup>†</sup> 岡山 義光<sup>†</sup> 横川 慎二<sup>†</sup> 南 泰浩<sup>†</sup>

<sup>†</sup> 電気通信大学 〒182-8585 東京都調布市調布ヶ丘 1-5-1  
E-mail: tano@uec.ac.jp

あらまし 電気通信大学では、人間・社会・自然・システムなどに関する全てのデータと機能をネットワークアクセス可能とし、それらを AI と人間が連携し分析することにより、リアルタイムに進化し続ける社会を「共創進化スマート社会」と名付け、その実現を目指し研究・教育・実現を進めている。本論文では、このアプローチによる認知症高齢者問題 (BPSD) の解決の試みについて説明する。

キーワード 共創進化スマート社会, AI, IoT, BPSD

## Solution of Behavioral and Psychological Symptoms of Dementia Problems (BPSD) by AI and IoT based on UEC Self-evolving Smart Society Approach

Shunichi TANO<sup>†</sup> Yoshimitsu OKAYAMA<sup>†</sup> Shinji YOKOGAWA<sup>†</sup> and Yasuhiro MINAMI<sup>†</sup>

<sup>†</sup> The University of Electro-Communications (UEC) 1-5-1 Chofugaoka, Chofu, Tokyo, 182-8585 Japan  
E-mail: † tano@uec.ac.jp

**Abstract** The University of Electro-Communications has named a society in which all data and functions related to humans, society, nature, and systems are network-accessible, and AI and humans collaborate and analyze them to continue evolving in real time as a "self-evolving smart society." We are conducting research, education, and implementation with the aim of realizing this approach. This paper describes an attempt to solve the problem of dementia in the elderly (BPSD) using this approach.

**Keywords** Self-evolving smart society, AI, IoT, BPSD

### 1. はじめに

社会の高齢化が急速に進み、それに伴い、認知症高齢者が増加している。特に、認知症高齢者において大きな問題となるのが、重度の物忘れなどの認知機能障害、生活障害、介護者が困る症状である BPSD (Behavioral and Psychological Symptoms of Dementia: 暴言や暴力、興奮、徘徊などの行動症状と、抑うつ、幻覚、妄想などの心理症状) である。

認知症高齢者問題 (BPSD) の対応のためには根本的な発想の転換が必要であり、新たなアプローチが求められている状況にある。

そこで本論文では、2017年に着手した科学技術振興機構未来社会創造事業「機械・人間知とサイバー・物

理世界の漸進融合プラットフォーム」の研究成果[1]を元に電通大が提唱している「共創進化スマート社会」構想[2,3]、及び、これらの成果の認知症高齢者問題 (BPSD) への適用を進めている「東京都の大学研究者による事業提案制度: AI と IoT により認知症高齢者問題を多面的に解決する東京アプローチの確立」について、基本的な考え方、解決アプローチ、進捗状況を説明する。

### 2. 認知症高齢者課題 (BPSD) と新アプローチの必要性

#### 2.1. 認知症高齢者対応 (BPSD) の現状

認知症高齢者の増加、それに伴う社会保障費、医療

費の負担額増加などの課題解決が求められている。例えば、都の総人口に占める 65 歳以上の人口は 325 万人と推計されており、4 人に 1 人が高齢者になり以降も増加傾向にある。都の認知症高齢者（認知症高齢者の日常生活自立度 I 以上）は、団塊の世代が給付を受ける 2025 年には約 56 万人（高齢者人口の 17.2%）に達するとされ、最も認知症高齢者の増加が深刻である。

高齢者の増加とともに、今後さらに増える見込みの認知症であるが、認知症高齢者において大きな問題となるのが、重度の物忘れなどの認知機能障害、生活障害、介護者が困る症状である BPSD (Behavioral and Psychological Symptoms of Dementia：暴言や暴力、興奮、徘徊などの行動症状と、抑うつ、幻覚、妄想などの心理症状) である。

認知症の根本治療薬の開発は難航しており、現時点において唯一可能な対症療法においても、認知症に対する薬物の果たす役割は限定的で、とくに BPSD の薬物療法に関しては副作用が大きな問題である。

現在のところ、認知症の治療では、薬剤を用いない対症療法といえる介護の役割がきわめて大きいが十分とは言えず、介護そのものへの支援が重要課題である。

認知症の効果的な治療法が発見されていない現状では、「認知症高齢者対策」は言わば、人間の勘に頼った人海戦術的な対応に陥っている。

## 2.2. AI, IoT 技術の進歩

近年、情報通信技術の進歩が目覚ましく、特に、

- ・ AI (Artificial Intelligence：人工知能)
- ・ IoT (Internet of Things：モノがインターネットで接続)

が注目を浴びている。AI と IoT を応用することにより、現実社会の問題解決において劇的な効果が得られている。

現在においても、認知症高齢者に関する医療・介護データはすでに莫大に集積されているが、人手で分析しているために十分生かされているとは言えない。IoT を用いれば、さらにリアルタイムかつミクロな情報が超大規模なビッグデータとして収集可能となり、それを人手ではなく、AI で分析することにより、現在の認知症高齢者対策を根本から変革できる可能性がある。

## 2.3. 新アプローチの必要性

図 1 に示すように、従来手法としては研究で得られた知見「様々な意味や知識」を活用する「知識中心」のアプローチが典型的であった。しかし図 1①で示すように、近年、意味・知識（前提知識）は使わず、Deep Learning などの機械学習を用いて、ひたすら多量のデ

ータ（数値、画像、音）を使う手法が現れ、ブレークスルーを生んだ。これが現代 AI の主流である。

さらに、図 1②に示すように、社会課題の解決を個別システムとしてはなく、都市のプラットフォーム上で解決するというスマートシティの考え方が海外では主流になりつつある。電通大が推進する「共創進化スマート社会」モデルは上記①と②の特質を併せ持つ。

以下では、次章で「共創進化スマート社会」モデルを説明し、4 章で認知症高齢者課題（BPSD）への適用について述べる。

## 近年のパラダイムシフト

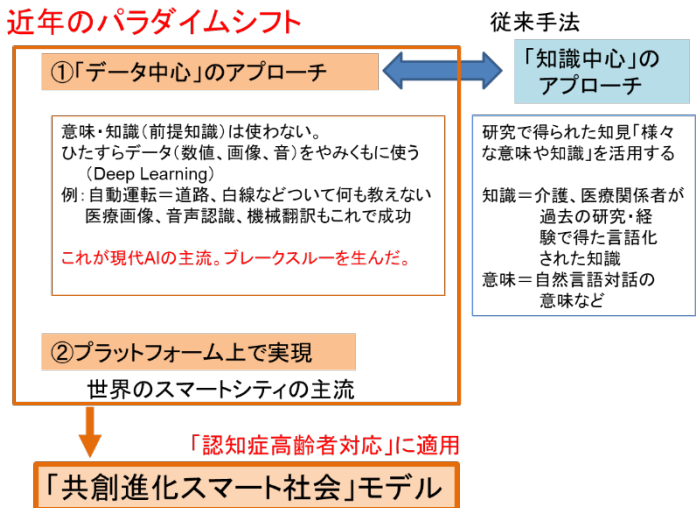


図 1 新アプローチ：データ中心+プラットフォーム

## 3. 電通大が推進する共創進化スマート社会

### 3.1. メタコンセプトとキーとなる3機能

第 5 期科学技術基本計画が 2016 年 1 月に閣議決定され、「Society5.0 (超スマート社会)」という言葉が出現した。しかし、具体的な Society5.0 像は提示されておらず、単に、『IoT (Internet of Things) により様々な知識や情報を共有し、人工知能 (AI) により新たな価値を生み出すことで複雑な課題を解決できる、人を中心とした社会』のような漠然とした定義に留まっている。

そこで、本学の「UEC ビジョン～beyond 2020～」では、本学が思い描く Society5.0 を、人間知・機械知・自然知の融合により新たな価値（進化知）を想像し、様々な課題を自律的に解決しながら発展し続ける「共創進化機能」を内包した未来社会、すなわち「共創進化スマート社会」と定義した。

この「共創進化スマート社会」を構成するキーワードである「共創」「進化」「スマート」は概念が広い。最もメタ的な意味はこの 3 つの単語本来の意味で表現される。もう一段詳細化したレベルでは、「共創」は「AI

も我々の一員だ！メタバースを活用した対話環境も必須だ！、「進化」には「日本の社会システムは数年サイクルでしか更新されない。これからは ICT+AI の特質を生かして日・時・分単位でのリアルタイム進化だ！」、「スマート」には「日本は個別システムの連携のない乱立だ！（日本が弱い）システムの思考によって、社会・組織システムのアーキテクチャから考え直そう！」を意味する。しかしこのレベルでもまだ曖昧である。

そこで、ITC 的に明確に定義しこれ为目标として教育、研究、実現を進めている。即ち、図 2 に示す特徴的な 3 つの機能を社会構造（プラットフォーム）として内包、つまり、社会の基盤となる情報システムとして持つ社会である。これにより、文字通りリアルタイムに発展し続ける社会が出現する。

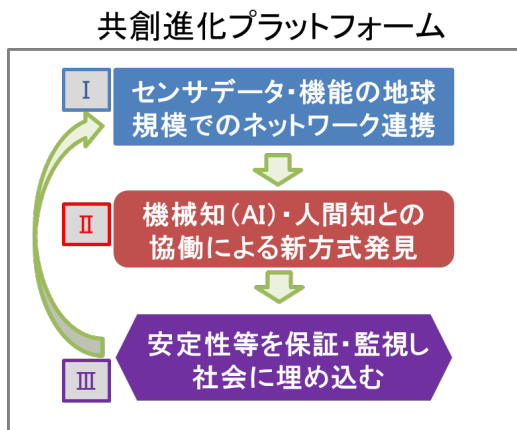


図 2 共創進化スマート社会の機能 I, II, III

### < I : 連携 >

地球上の全てのデータ（センサ（自然、社会）、情報システムが作るデータなど）、機能（機械・機器などの物理的な制御機能、情報システムが提供するサービス機能など）に、インターネット経由で（セキュリティを確保しつつ）アクセス可能とする。

### < II : 分析・発見 >

莫大なデータ、機能に対して、AI の機能を活用しつつ、人間知、機械知が連携して分析することにより、新たな知見（サービス、機器などの制御方法、情報提供方法、診断方法など）を発見する。

### < III : 社会への埋め込み >

発見した知見を安定性（社会、システム、制御などの観点）と監視可能性、制御可能性を検証後、社会に埋め込み、社会を進化させる。

上記の「I ⇒ II ⇒ III ⇒ I ⇒…」が文字通りリアルタ

イムに繰り返され社会が自律的に進化し続ける。

## 3.2. 社会的インパクト

機能 I, II, III が都市の機能として持つ社会が出現した場合の第一のインパクトは、自律的に進化し続ける社会が出現する点にある（図 3）。

現在、設計 1 年、実装 1 年、運用 10 年などのように 10 年程度でしか進歩しない社会である。しかし、共創進化スマート社会であれば、進化の源は地球上のデータ、機能、万人と機械知になり、進化がリアルタイムで進む。また、現在、特定の企業がデータを握って社会進化を担っており、特定の企業の立場での最適化にとどまり、謂わば大企業中心の社会であるが、多数のベンチャーが社会を担う世界へと変化する。

さらに、この仕組みは科学的発見の形態まで変えるかと予想している。現在、科学者個人の努力で、データの収集、分析、発見を行っている。莫大なデータや機能を科学者個人が一生懸命見て、これとこれは関係しているということを発見してきた。

全世界に跨るセンサ網・機能網のデータ・機能を自由自在に活用でき、さらに、この莫大なデータ・機能の活用を手助けし面白い発見に導く機械知（AI）が隣にいる状況が生まれ、科学的発見をも加速する。

### (1) 自律的にリアルタイムに進化し続ける社会の出現

- これまでは、  
「設計 1 年 ⇒ 開発 1 年 ⇒ 運用 10 年」  
のように進化が遅かった
- 新サービスを生み出す

### (2) 大企業中心 ⇒ 多数のベンチャーが社会を担う (Web3.0へ)

- 進化の源が、万人 + 機械知になり、多様な進化が実現  
(多様な幸せ度最適化の方向へ)
- これまでは、特定の企業が社会進化を担っていた  
特定の企業の立場での最適化に留まる

### (3) 科学的発見をも加速する

- 現在、データ共有が欧米で進行中 (Science2.0)
- 我々の取り組みはその次の取り組み (Science2.0 の次)  
データだけでなく、機能も共有  
機械知 (AI) がパートナー

図 3 共創進化スマート社会のインパクト

## 3.3. 適用分野としての認知症高齢者課題 (BPSD)

機能 I, II, III は様々な分野へ適用できる。図 4 の右側に示すように、対象としては交通機関、太陽光発電など特定分野に限らず、ビル、地域、都市が含まれる。これらがすべてリアルタイムに進化し始めることになる。

大学は一種の社会であり、自らを実験の場と捉えることもできる。そこで、「共創進化スマート社会」の実

現に貢献するため、本学自身を進化の対象とし、共創進化プラットフォームを本学に組み込み、共創進化スマート大学とする取り組みを始めた。

例えば、時間と空間に縛られない個人に最適化された教育や、情報と知を共有できるダイナミックな研究環境、および時間の無駄を排しリソースを最大活用できる運営、カーボンゼロを目標にしたエネルギー管理法などがリアルタイムで生み出され、進化し続ける大学となることを目指している。

前章で述べたように、高齢者問題は課題自身が重要な社会問題であり、かつ、家族、介護現場、本人の状況が深刻であるので、病態やバイタルデータ、行動データなどのセンシティブな情報であってもデータを提供して頂ける特殊な状況があり適用を開始した。

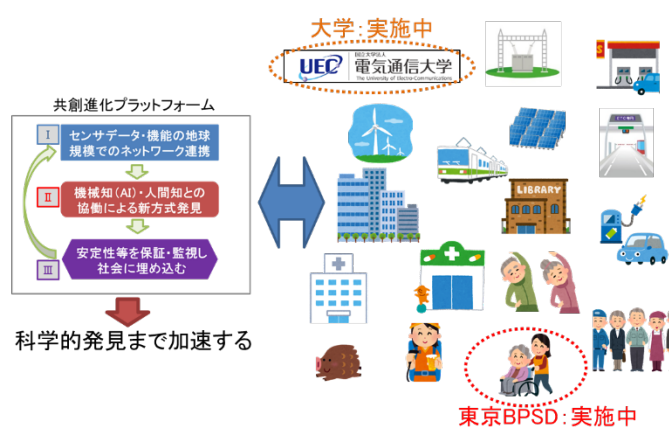


図4 共創進化スマート社会の適用対象

## 4. AI と IoT による認知症高齢者問題(BPSD)への適用：認知症東京アプローチ

### 4.1. 概要

東京都の「大学研究者による事業提案制度」の一事業として、東京都と電気通信大学が連携し「AI と IoT により認知症高齢者問題を多面的に解決する東京アプローチの確立」を 2020 年から 3 年間の予定で実施している。本パイロット事業のイメージを図 5 に示す。

BPSD とは、急に怒り出す、急に徘徊するといった認知症患者の行動・心理症状である。例えば、「お父さんが急に怒り出した、変になってしまった」と感じ家族が疲弊し、「罵声を浴びせられてもう嫌だ」と介護士が辞める原因となっている。BPSD の発症予測と対処は重要な問題となっている。

図 5 に示すように、認知症高齢者、家族、介護者を支援する社会システムを構築する。

BPSD に対しては、従来、医学的知識に基づき「怒り始める時は医学的にこのような状況が現れるはずだ」と解析的に予測ルールを導き出しているが、本事業では図 1 に示すように全く異なるアプローチ、データ中心アプローチを取る。

AI が家庭・介護施設・病院でのリアルタイムかつミクロな生体・行動データから暴言、暴力、徘徊などの予測・対処・治療法を発見し、24 時間、本人、家族、介護者を助ける。

具体的には、患者の介護施設や病院、自宅など、様々な場所に多様なセンサ類を設置し、「今お父さんが怒った」、「今こういう体操をしたら落ち着いた」という介護上のデータも収集し常に AI で分析する。例えば「心臓がばくばくする徐脈が 3 回連続でどれぐらいの時間内に起こると 50 分後に怒り始める」など医学的知識では分からなかった新たな予測ルールが発見され続けることを期待している。

囲碁や将棋の世界で AI は人間と全然違う戦略を編み出しているが、同様に、医学的知識ではなく、莫大なデータを分析して新しい知識を導き出す。得られた仮説を医療・介護専門家が検証し、家庭内のエッジシステムに情報を送り、例えば「30 分後に認知症の障害が出て家を出てしまうよ。注意してね」、「怒りそうだよ。この音楽を聴くと落ち着いたことがあるよ」といった解決策を伝える。

共創進化スマート社会の機能 I、II、III との対応で表現すると、多種多様なセンサーデータを蓄えていき（機能 I）、AI 分析し様々な仮説を生成する。生成した仮説をそのまま家庭に送るのではなく、医療と介護の専門家が検証し（機能 II）、OK が出たものを対処法として各家庭の機器のデータベースに入れ（機能 III）、新たな予測、対処策が家族、本人、介護士に伝えられ始め、さらに、データが収集され、,, が繰り返され、リアルタイムに、延々と進化していく。

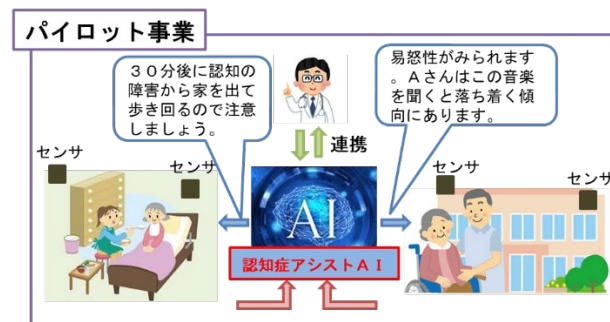


図5 パイロット事業の概要

## 4.2. システム構成(最終目標)

究極の目標は図6のシステムである。このシステムの実現可能性を検証するために、都内の一定規模の家庭・介護施設・病院を対象にパイロット（試行）事業を実施し効果を検証している。

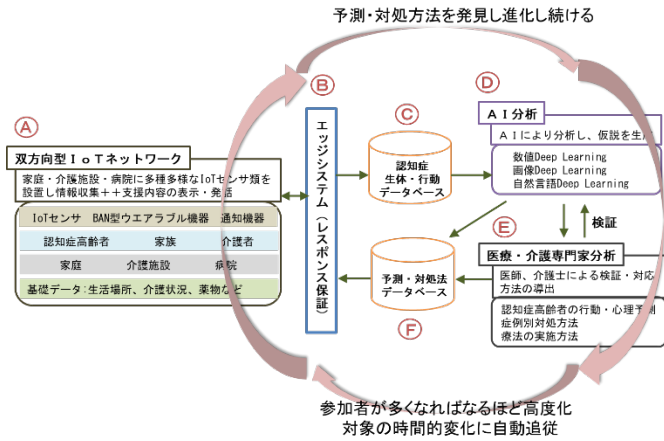


図6 全体システム

以下、構成要素①～⑥の機能を示す。

「①双方向型IoTネットワーク」では、家庭・介護施設・病院に、音源探知、嗅覚特定機能、顔（表情）認識、ビジュアルセンサー、測距機能、バイタルセンサー、環境センサ等のIoTセンサを設置する。

認知症高齢者（含 介護者）は、高度なセンサ搭載のウェアラブルデバイスを装着する。日常でのリアルタイム情報（数値、画像、言語）を、「②エッジシステム」を介して、「③認知症生体・行動データベース」に集約する。認知症高齢者や介護者の生体・行動・治療に関する莫大なビッグデータが蓄えられることになる。

「④AI分析」では、3種（数値、画像、言語）のデータ分析を行い、

- ・認知症の発生・進行プロセス
- ・認知機能障害、BPSDの予兆など
- ・実施した療法（薬物、非薬物）の効果
- ・介護者/認知症高齢者が必要とする支援内容などについて仮説を自動生成する。

「⑤医療・介護専門家分析」では、得られた仮説を専門の医療機関、介護施設で検証し、

- ・認知症の進行プロセスの解明
- ・薬物、非薬物による療法の利用方法の改善策
- ・認知症高齢者の問題行動予測（例：BPSD）による介護者の支援
- ・認知症高齢者自身への認知機能障害、BPSD防止支援

など多面的な解決策を導く。

導かれた支援策は、「⑥予測・対処法データベース」に蓄えられ、認知症高齢者や介護者の現状にマッチした支援策がリアルタイムに認知症高齢者や介護者に伝えられる。

予測・対処方法を発見し進化し続けることになる。参加者が多くなればなるほど高度化し、また、対象の時間的変化に自動追従する。

## 4.3. 開発体制

図6のシステムは究極の目標であるが、パイロット（試行）事業では、実現可能性を検証するために、図7に示すシステムを開発している。図内に示すように6チームに担当を分けシステム開発、介護施設への設置、結果の分析等を進めている。図8にチーム構成をまとめる。

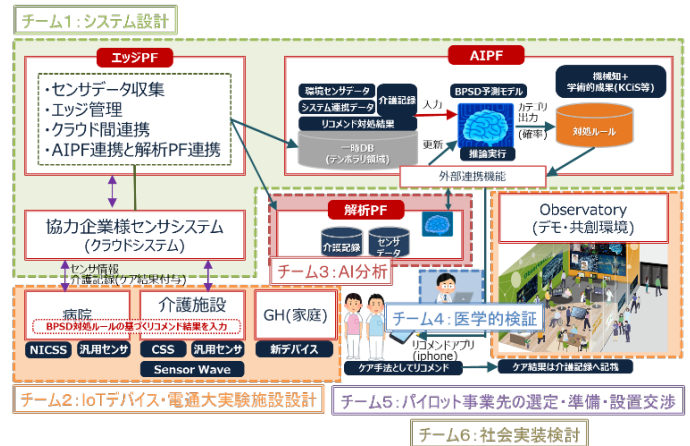


図7 開発中のシステムとチーム分担

名称	リーダー	メンバー
チーム1: システム設計	電気通信大学 岡山 義光	電気通信大学、ケアコム、TIS、認知症高齢者研究所、コニカミノルタ、凸版印刷、NEC、パラレルネットワークス、エルザジャパン
チーム2: IoTデバイス・電通大実験施設設計	電気通信大学 横川 慎二	電気通信大学、認知症高齢者研究所、ケアコム、TIS、コニカミノルタ、凸版印刷、MT-planning
チーム3: AI分析	電気通信大学 南 泰浩	電気通信大学、iD、パラレルネットワークス、エルザジャパン
チーム4: 医学的検証	順天堂大学 本井 ゆみ子	順天堂大学、認知症高齢者研究所、認知症介護研究・研修東京センター、コニカミノルタ
チーム5: パイロット事業先の選定・準備・設置交渉	認知症高齢者研究所 羽田野 政治	認知症高齢者研究所、電気通信大学、ケアコム、コニカミノルタ、凸版印刷、アライフメディアケア、ZEN
チーム6: 社会実装検討	三井住友海上火災保険 松岡 伸輔	三井住友海上火災保険、三井住友海上あいおい生命保険、電気通信大学、認知症高齢者研究所、コニカミノルタ、凸版印刷、MT-planning

図8 チーム構成

## 4.4. 現状と今後の予定

本事業の期間は2020年4月からの3年間である。コロナ禍と軌を一にして進んできたと言える。

当初の目標は被験者1000人であったが、この3年間はコロナ問題、半導体問題への対応に追われた。半

## 謝 辞

導体問題により当初予定したデバイスが入手できずシステム変更を余儀なくされ、また、コロナ問題では施設の立ち入りさえ断られる状況が感染の波ごとに発生し、機器設置が遅延した。

現在、システム（ハード、ソフト）の開発が完了し、数百人の被験者に対し機器を設置し、数十のセンサ情報が24時間収集でき、AI分析を行っている状況である（文献[4]では最新のAI分析状況を報告している）。

多量のデータが集められていないので、本格的にDeep Learningを用いて有効な新ルールを発見するまでには至らず、可能性の検証に留まっている。幸い多くの介護施設からは本事業への協力の同意が得られており、今後1年かけて被験者・データを増やし新ルールの発見事例を積み重ね、システムの実現可能性を実証したい。

今後、パイロット事業の成果に基づき、都全域で実施するためのシステム設計、制度設計を行い「認知症高齢対策東京アプローチ」として提言する。

さらに、本アプローチは単なるビッグデータの活用ではなく、「AIをシステム内に取り入れることにより、進歩した解決策が自動的に生み出され続け、社会が自律的に高度化し続けるSociety5.0」の先端事例を目指している。世界に先駆け超高齢化社会に突入する東京都として、Society5.0的な解決法を世界に発信することも本事業の目的である。

## 5. まとめ

本論文では、認知症高齢者対応（BPSD）の重要性を指摘し、近年のAI、IoT技術の進歩やスマートシティのプラットフォームの考え方が主流となりつつある状況に鑑み、パラダイムシフトと呼べるような新アプローチでの解決が求められていることを指摘した。

新アプローチの一例として電通大が推進する共創進化スマート社会のメタコンセプトとキーとなる3機能を示すとともに、大きな社会的インパクトが生まれることを示した。

共創進化スマート社会モデルを基盤にして、東京都と連携して進めている「AIとIoTにより認知症高齢者問題を多面的に解決する東京アプローチの確立」の目的、構築しているシステム、現状、今後の予定を説明した。

今後は認知症高齢者（BPSD）課題の解決に取り組むとともに、様々な課題に対して自律的に進化し解決し続けるシステムの実現に取り組んでいきたい。

本研究は、大学研究者による事業提案制度「AIとIoTにより認知症高齢者問題を多面的に解決する東京アプローチの確立」を通じて東京都の支援を受けたものです。また、本研究にご協力いただきました、順天堂大学、認知症介護研究・研修東京センター、社団法人 認知症高齢者研究所、TIS株式会社、株式会社 ケアコム、コニカミノルタ株式会社、凸版印刷株式会社、三井住友海上火災保険株式会社、三井住友海上あいおい生命保険株式会社、日本電気株式会社、株式会社 iD、エム・ティ・プランニング株式会社、株式会社 ZEN、株式会社 九州テン、パラレルネットワークス合同会社、エルザジャパン、アライブメディケア、多くのグループホーム、多くの被験者さまに感謝申し上げます。

## 文 献

- [1] 田野俊一，連続的に進化する超スマート社会（Society5.0）とそれを支えるプラットフォームのコンセプト，第9回横幹連合コンファレンス，D-3-1，pp.1-6，doi:10.11487/oukan.2018.0\_D-3-1，2018.
- [2] 田野俊一，共創進化し続ける電通大，電波技術協会報，FORN-2021. 7，No.341，pp.2-3，2021.
- [3] 田野俊一，電気通信大学が目指す 共創進化スマート社会とそのScience2.0への展開，国立情報学研究所 SPARC Japan セミナー2021資料。  
[https://www.nii.ac.jp/sparc/event/2021/pdf/20220222\\_3.pdf](https://www.nii.ac.jp/sparc/event/2021/pdf/20220222_3.pdf)（参照 2023-2-15）  
<https://www.youtube.com/watch?v=4gxLCCcHunl0>（参照 2023-2-15）
- [4] 南 泰浩，常盤直也，柴田純一，鈴木利一，柏木岳彦，田野俊一，環境・バイタルセンサーデータによる認知症における行動・心理症状（BPSD）の予測，電子情報通信学会技術研究報告．LOIS，ライフインテリジェンスとオフィス情報システム研究会，2023.