

UEC 共創進化スマート社会モデルによる 認知症高齢者問題解法の概要・得られた知見・今後の展望

田野 俊一[†] 岡山 義光[†] 横川 慎二[†] 南 泰浩[†]

[†] 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 本稿では、新たな社会問題解決アプローチの基盤的な考え方である電気通信大学の「共創進化スマート社会」について説明し、次にこのコンセプトを認知症高齢者問題（BPSD）へ適用した「東京都 BPSD プロジェクト」の概要を説明し、最後に現在得られている知見と今後の展望について報告する。

キーワード 共創進化スマート社会, AI, IoT, BPSD

Overview and Insights of Dementia Elderly Problem (BPSD) Solutions Using UEC Self-evolving Smart Society Model

Shunichi TANO[†] Yoshimitsu OKAYAMA[†] Shinji YOKOGAWA[†] and Yasuhiro MINAMI[‡]

[†] The University of Electro-Communications (UEC) 1-5-1 Chofugaoka, Chofu, Tokyo, 182-8585 Japan

E-mail: [†] tano@uec.ac.jp

Abstract This paper explains the foundational concept of the “Self-evolving Smart Society” of the University of Electro-Communications as a new approach to solving social issues. It then describes the outline of the “Tokyo BPSD Project” which applies this concept to the issue of elderly individuals with dementia (BPSD), and finally reports on the current findings and future prospects.

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

1. はじめに

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であり、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。

本稿では、第 2 章で高齢課題の深刻さと新アプローチの必要性を指摘し、第 3 章で新たな解決アプローチとして電気通信大学が提唱している「共創進化スマート社会」の仕組みやその社会的インパクトについて説明する。第 4 章以降では、「共創進化スマート社会」のコンセプトを認知症高齢者問題（BPSD）へ適用した「東

京都 BPSD プロジェクト」の概要に加え、具体的な進捗状況、得られた知見と今後の展望について報告する。

2. 認知症高齢者課題（BPSD）の深刻さと新アプローチの必要性

社会の高齢化が急速に進んでいる。例えば、都の総人口に占める 65 歳以上の人口は 311 万人と推計されており、4 人に 1 人が高齢者になる。それに伴い、認知症高齢者が増加している。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、2025 年には約 54 万人（高齢者人口の 16.6%）に達するとされ、認知症高齢者の増加が深刻である [1]。

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。

3. 電通大が提唱する「共創進化スマート社会」

3.1. 基本的な考え方と3つの機能

電気通信大学の「UEC ビジョン～beyond 2020～」では, 電気通信大学が思い描く 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) を創造し, 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。

さらに, 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1の左に示す特徴的な3つの基本機能 (機能 I, II, III と呼ぶ) 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 [3, 4]。

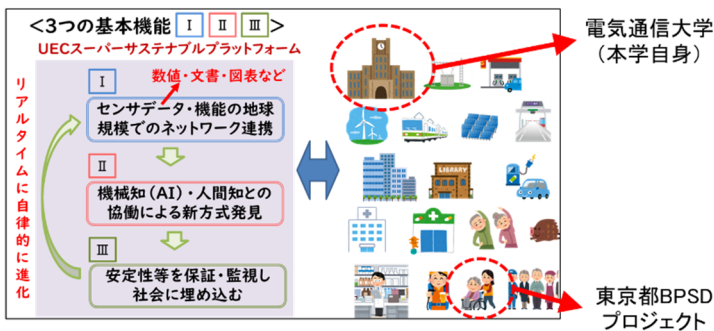


図1 3つの機能で実現される「共創進化スマート社会」と適用先

機能 I, II, III を以下に説明する。

< 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。現代の先端 AI である生成 AI は文章や図表も処理可能となっており, データには数値だけでなく, 文書や図表も含む。

< 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。AI としては数値や画像を対象とした Deep Learning に加え, 自然言語を対象とした Deep Learning である生成 AI も活用する。

< 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, 正確性を検証後, 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2)。

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をも加速すると予想している。

(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2 共創進化スマート社会のインパクト

4. 東京 BPSD プロジェクトの概要 : 認知症高齢者問題 (BPSD) への適用

4.1. 共創進化スマート社会的アプローチによる解法

図1の左に示した社会の基本機能 I, II, III は様々

な分野へ適用できる。図1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。

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3に示すように、出発点は本学が実施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」であり[2]、それを元にして、「共創進化スマート社会」構想が生まれ、以下の章で説明する東京 BPSD プロジェクトに繋がった。

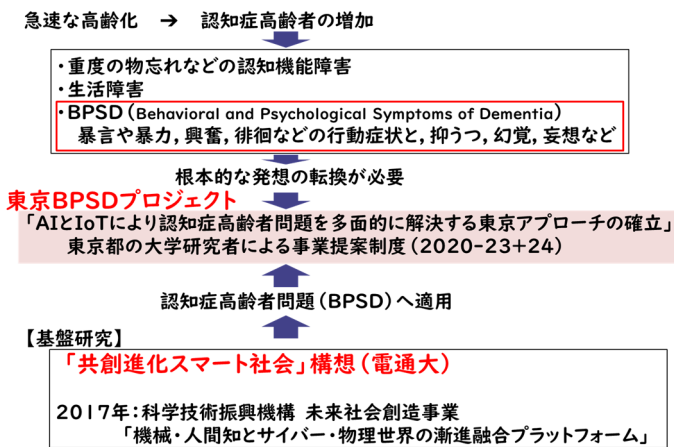


図3 認知症高齢者問題の深刻さと解決のアプローチ

4.2. 認知症高齢者問題 (BPSD) への適用イメージ [6]

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年に開始した。本パイロット事業の当初のイメージを図4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」と介護士が離職す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4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の構築が目標である。

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「心臓がバクバクする徐脈が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。

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。

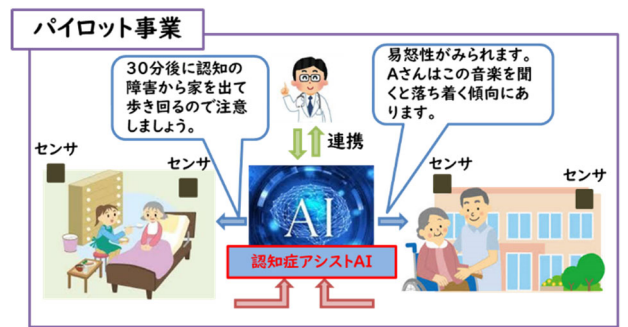


図4 認知症高齢者課題への適用

5. 東京 BPSD プロジェクトの進捗状況

東京 BPSD プロジェクトは、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」での3年間(2020~2022年度)で開始し、その後、データ収集と社会実装を目的とした「認知症高齢者東京アプローチ社会実装事業」での1年間(2023年度)の計4年間実施している。

図5に大まかな進捗状況をまとめる。

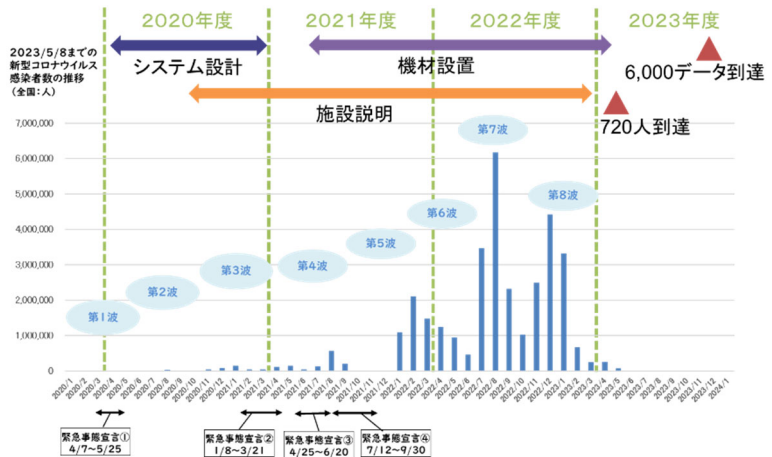


図5 4年間のプロジェクト進捗状況

事業開始は2020年4月であり、まさに第一回目の緊急事態宣言と同時にスタートした。初年度の2020年度はシステム設計のため順調に進展したが、協力して頂ける施設や被験者への説明や機材設置、実験開始を予定していた2021年初夏時点からその後の2022年、2023年にかけて繰り返しコロナの流行が発生し、施設の出入りができない状況が繰り返され困難を極めたが、2023年になり被験者数が720人に到達し、後述するように分析に利用可能な発症データ6,000を越え目的を達成した。

以下、プロジェクトのステップ毎に説明する。

(1) システム設計・体制構築

本事業で構築するシステムと体制を図6にまとめる。被験者の状態は、ベッドセンサ、天井センサ、環境センサ、ウェアラブルセンサなどのエッジシステムにより計測され、エッジプラットフォームを経由して、解析プラットフォームに送られる。

BPSDの発症情報(タグ情報)は介護記録入力端末から収集され、同じく解析プラットフォームに送られる。

解析プラットフォームではAIが分析しBPSDの予測等の仮説を生成し、その仮説は医療専門家と介護専門家により評価・分析される。

BPSD予測モデルに従った予測結果は予測通知として、介護記録入力端末に送られる。

本事業の主目的は、センサから得られる情報を多量に集めBPSD発症の特質を知り、予測が可能かを検証することにある。

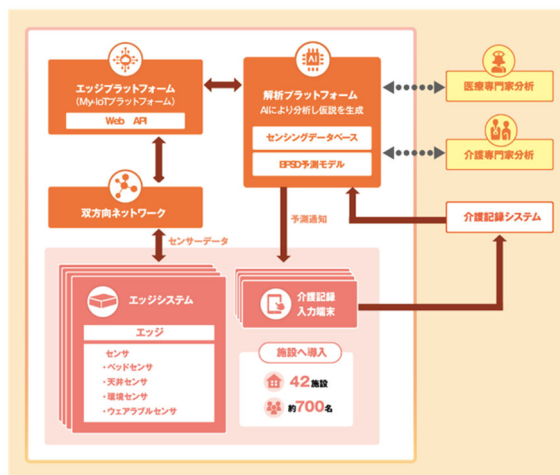


図6 本事業のシステムと体制

(2) 協力事業者・被験者の確保

本事業を実施するためには、実験に協力して頂ける施設をまず獲得すること、次には、施設の居住者に協力して頂くことが重要になる。施設においてはネットワーク機器、センサ機器の設置をお願いするとともに、

BPSD発症のタグ付けのために看護・介護職員の協力が重要になる。

図7に示すように、パンフレット、ホームページ、動画を作成し、丁寧な説明を行い協力して頂ける施設や居住者を集めた。

その結果、2022年1月31日時点で介護付き有料老人ホーム3施設60人、2023年5月31日時点でグループホーム39施設660人の協力が得られた。

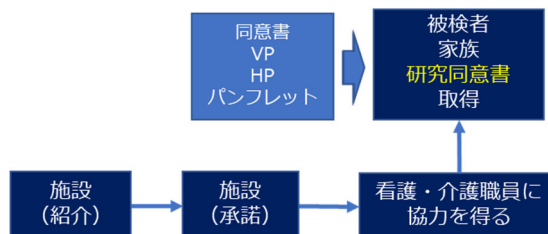


図7 協力事業者・被験者の確保フロー

(3) センサ等の設置

協力施設には図8に示すセンサを設置した。センサには大きくわけて環境の状態を計測するセンサ(環境センサ)、各個人の状態を計測するセンサ(バイタルセンサ)を設置している。バイタルセンサには非接触型とウェアラブル型がある。施設の特性に応じて設置した。

センサ	製造元	測定機能
vivosmart 4 vivosmart 5	Garmin	デイリー・睡眠・ストレス
SensingWave	TOPPAN	バイタル・離入床
HitomeQ	コニカミノルタ	行動軌跡・呼吸・行動統計
環境センサ(USB型) 2JCIE-BU	オムロン	温度、湿度、照度、気圧、騒音、3軸加速度、eTVOC
Pocket CO2 Sensor Lite	ヤグチ電子工業	CO ₂ 濃度

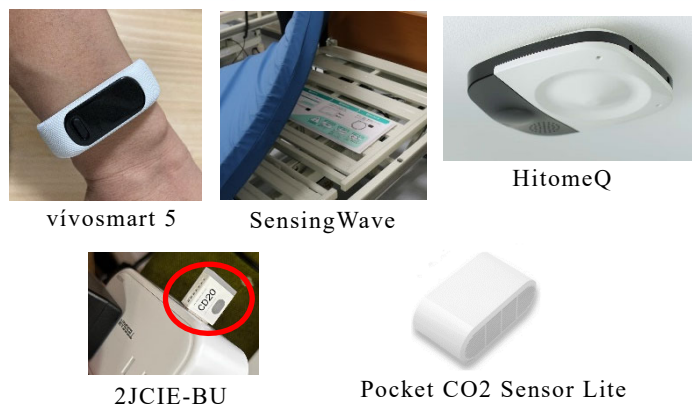


図8 使用センサ一覧

SensingWaveを用いた離入床のデータ取得の一例を図9に示す。図9上部は3時間毎の時系列の変化グラフ、図9下部は1つの生データである。

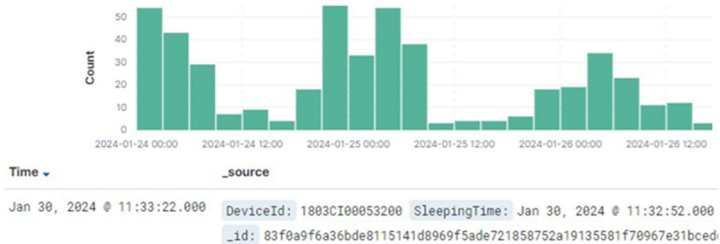


図9 データ取得の一例

(4) 介護士の入力例

被験者の環境やバイタルデータはセンサにより入手可能であるが、発症した BPSD の種類、時刻は介護士に入力して頂く必要がある。図 10 (a) に示す選択式の UI により簡単に BPSD の種類を入力することができる。図 10 (b) は実際の BPSD 発症時刻と内容例、図 10 (c) は現在試作中の発症予測結果の例を示す。



(a)BPSD 種類の選択による入力



(b)BPSD 発症時刻と内容の実例



(c) 介護士への発症予測の出力例

図 10 介護士が操作する入出力画面

(5) データ収集状況

現在 43 施設の被験者 700 名程度のデータが 24 時間 365 日ペースで収集されており、そのデータ量は莫大である。

BPSD の発症予測に最も重要なデータは、介護士が BPSD 発症を入力し、かつ、この発症前の一定期間において環境データとバイタルデータが整っているデータ群である。なお、発症前データを利用して環境センサおよびバイタルデータを補完したものも含んでいる。このひと揃いを 1 データとカウントした場合の収集データの経過を図 11 に示す。ようやく 2023 年の後半になり目標とした 6,000 データに到達した。

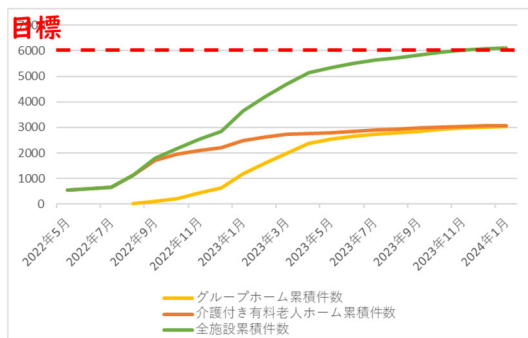


図 11 BPSD 発症タグの収集状況

6. 得られた知見と今後の展開

大規模なデータの AI 分析等によって、例えば BPSD のトリガーとなる因子としては、環境センサで得られる「環境因子」、バイタルセンサなどから得られる「行動因子」であることがデータから読み取れ、前者に関係する要因として、照度、総揮発性有機酸濃度(TVOC)、相対湿度、不快指数(70-75)、熱中症危険度(≥ 25)、二酸化炭素濃度相当値が、後者に関係する要因として、歩行速度、ふらつき度、呼吸数、心拍数、短時間立ち止まり回数、行動範囲面積、ストレス値が強く関連しているなどの知見が得られている[9, 11]。

このような個々の医学的、介護的な知見、AI 予想等については専門家の分析[5, 7, 8, 10]に委ねることにし、本章では「BPSD 被験者に関する多量なデータをリアルタイムに取得し続け、常に分析することにより、BPSD への対応を常に改善していく」という「東京 BPSD プロジェクトシステムモデル」と呼べる手法に関して大局的な知見と今後の展開をまとめる。

6.1. 得られた知見

(1) 東京 BPSD プロジェクトシステムモデルの実現可能性と有効性の実証

第 5 章に示したように 700 人以上の被験者の情報をリアルタイムに収集・分析・改善し続けるシステムを実現できることを実証した。

個々の医学的、介護的な知見、AI 予想等の知見だけでなく、下記の(2)(3)で述べるように予想外の知見が多数、多面的に得られており、想定以上の成果が得られた。

(2) 東京 BPSD プロジェクトシステムモデルの実施上の知見の獲得

実施において想定外の知見が得られた。例えば、ウェアラブルの装着率を上げるには、装着を習慣化(朝夕のルーチン化)するなど施設・介護士の協力も重要である、機器の動作状態の LED 点滅であっても高齢者にとって不安感を抱かせるので避けるべきなど、多種多様な知見が得られた。

(3) 東京 BPSD プロジェクトシステムモデルの実施過程で得られる想定外の副次効果の発見

東京 BPSD プロジェクトシステムの実施においては、介護士が正しく BPSD を認識シタグ付けすることが重要である。そのため介護士に対して導入教育やフォローアップ教育を実施している。これにより介護士のタグ付けの精度が上がるが、実は副次的に、BPSD 患者対応の学習にも寄与しており、BPSD 発症率の低下や介護士の疲労度の低下も得られている。このような副次効果が判明するのも、「BPSD 被験者に関する多量なデータをリアルタイムに取得し続け、常に分析する」というシステムモデルが寄与している。

6.2. 今後の展開

前節でまとめたように東京 BPSD プロジェクトシステムモデルは BPSD 対応を常に向上させる有効な手法である。基盤的なシステムは構築済であるので、今後はこれをさらに発展させていく。現時点では企業による社会実装と、大学（電通大）による AI 分析強化と共創進化の推進を行う予定である。

(1) 企業による社会実装

構築したシステム基盤（センサ機器や分析システム）を企業が引継ぎ、これをベースに BPSD 支援サービスを提供するなど社会実装を進める。

(2) 大学による AI 分析強化と共創進化の推進

電通大には共創進化スマート社会実現機構があり、構築したシステムで得られるデータをこの機構にリアルタイムに接続し、今後も継続的に分析する。本機構には他分野のデータも収集されており、異なる分野のデータを活用した共創進化の推進も計画する。

令和 5 年度末には、得られたデータ・知見を 3 月 28 日開催の認知症高齢者東京アプローチ最終シンポジウムで発表するとともに、東京 BPSD プロジェクトのホームページ[12]でも公開するので参照されたい。

謝 辞

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」と「認知症高齢者東京アプローチ社会実装事業」を通じて東京都の支援を受けたものです。また、本研究にご協力頂きました、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)、(株) ケアコム、コニカミノルタ (株)、TOPPAN (株)、三井住友海上火災保険 (株)、三井住友海上あいおい生命保険 (株)、日本電気 (株)、(株) iD、エム・ティ・プランニング (株)、(株) ZEN、(株) 九州テン、パラレルネットワークス合同会社、

(株) エルザジャパン、ヘルスセンシング (株)、(株) 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] 令和 4 年度認知症高齢者数等の分布調査。
<https://www.fukushi.metro.tokyo.lg.jp/kourei/shisaku/koureisuyakeikaku/09keikaku0608/R4ninchisyou.files/R4chousa.pdf> (参照 2024-2-5)
- [2] 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.
- [3] 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.
- [4] 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 (参照 2023-2-15)
<https://www.youtube.com/watch?v=4gxLCcHun10> (参照 2023-2-15)
- [5] 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, pp.23-28, March 2023.
- [6] 田野俊一, 岡山義光, 横川慎二, 南泰浩, “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,” 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, pp.29-34, March 2023.
- [7] 中島円, 本井ゆみ子, 他, “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,” 第 42 回日本認知症学会学術集会, Nov. 2023.
- [8] Hyuta Onuma, Naoya Tokiwa, Junichi Shibata, Toshikazu Suzuki, Takehiko Kashiwagi, Tatsuya Moe, Kaito Kamura, Tatsunoshin Shinmi, Shunichi Tano, and Yasuhiro Minami, “Prediction of BPSD using environmental and vital sensor data,” 2024 IEEE First International Conference on Artificial Intelligence for Medicine, Health and Care (AIMHC), Laguna Hills, USA, Feb.2024.
- [9] 田野俊一, “AI と IoT を用いて BPSD の発症予測をリアルタイムで実現,” コミュニティケア, March 2024.
- [10] 新見龍之慎, 常盤直也, 柴田純一, 鈴木利一, 柏木岳彦, 馬上竜也, 嘉村魁人, 大沼飛宇多, 田野俊一, 南泰浩, “環境・バイタルセンサーデータにより BPSD 予測性能向上のための BPSD 発症時期分析,” 電子情報通信学会技術研究報告. MICT, ヘルスケア・医療情報通信技術研究会, March 2024.
- [11] 田野俊一, “電気通信大学が推進する共創進化スマート社会と認知症高齢者問題 (BPSD) への適用,” 第 94 回日本衛生学会学術総会, シンポジウム 4 「Society 5.0 と衛生学の関わり」, March 2024.
- [12] 認知症高齢者東京アプローチ。
<http://www.tokyo-approach.uec.ac.jp/> (参照 2024-2-5)