

研究領域「人間と情報環境の共生インタラクション基盤技術の創出と展開」 事後評価（課題評価）結果

1. 研究領域の概要

人工知能技術・ビッグデータ解析技術等が発展しIoT技術が社会に浸透するなか、現実社会へのサイバー空間の融合が高度にかつ急速に実現されつつあります。そこで、インタラクションの研究分野をより広く”ネットワークにつながれた環境全体とのインタラクション”として捉えることが重要になってきています。特に情報環境の知能化や人間拡張技術の進展により、環境知能と拡張された人間が共存する新しい共生社会のインタラクション（共生インタラクション）をデザインすることが急務となっています。本研究領域では、人間・機械・情報環境からなる共生社会におけるインタラクションに関する理解を深め、人間同士から環境全体まで多様な形態でのインタラクションを高度に支援する情報基盤技術の創出と展開を目指します。

具体的には、情報科学技術を中心に認知科学、社会科学、脳科学等の学問分野と連携し、人間理解・社会デザイン・構成論的アプローチの共創をねらい、以下の研究開発に社会の叡智を結集して取り組みます。

- 1) インタラクションを支援するための、インターフェースや人間能力の拡張に関する技術開発
- 2) インタラクションを理解するための、原理や機構の解明とそれに資する情報の収集・分析に関する技術開発
- 3) インタラクション技術の活用により、社会構造や人間行動の最適化を促すような環境をデザインする技術開発

これらの研究開発により、急速に進展している人工知能技術等の恩恵を誰もが最大限享受することができ、全体として最適化された共生社会の実現に貢献していきます。

2. 事後評価の概要

2-1. 評価の目的、方法、評価項目及び基準

戦略的創造研究推進事業・CRESTにおける事後評価の目的、方法、評価項目及び基準に沿って実施した。

2-2. 評価対象研究代表者及び研究課題

2018年度採択研究課題

- (1) 塩見 昌裕 ((株) 国際電気通信基礎技術研究所深層インタラクション総合研究所・インタラクション科学研究所 室長)
ソーシャルタッチの計算論的解明とロボットへの応用
- (2) 篠田 裕之 (東京大学大学院新領域創成科学研究科 教授)
実体化映像による多次元インタラクション
- (3) 寺田 努 (神戸大学大学院工学研究科 教授)
提示系心理情報学に基づくインタラクション基盤確立
- (4) 開 一夫 (東京大学大学院総合文化研究科 教授)
随伴性に基づくペダゴジカル情報基盤の創成
- (5) 柳澤 琢史 (大阪大学高等共創研究院 教授)
脳表現空間インタラクション技術の創出

- (6) 山岸 順一 (情報・システム研究機構国立情報学研究所 教授)
VoicePersonae: 声のアイデンティティクローニングと保護

2017年度採択研究課題 (1年追加支援課題)

- (1) 小池 英樹 (東京工業大学情報理工学院 教授)
技能獲得メカニズムの原理解明および獲得支援システムへの展開
- (2) 津田 一郎 (中部大学創発学術院 教授)
脳領域/個体/集団間のインタラクション創発原理の解明と適用
- (3) 中澤 篤志 (岡山大学学術研究院 教授)
「優しい介護」インタラクションの計算的・脳科学的解明

2-3. 事後評価会の実施時期

2023年12月9日 (土曜日)

2024年1月 各研究者からの研究報告書に基づき研究総括による事後評価(1年追加支援課題)

2-4. 評価者

研究総括

間瀬 健二 名古屋大学 名誉教授/数理・データ科学教育研究センター 特任教授

領域アドバイザー

石黒 浩 大阪大学大学院基礎工学研究科 教授 (名誉教授) /
(株)国際電気通信基礎技術研究所 (ATR) 石黒特別研究所 客員所長

江渡 浩一郎 産業技術総合研究所人間拡張研究センター 主任研究員

栗原 聡 慶應義塾大学理工学部管理工学科/大学院理工学研究科 教授

小林 正啓 花水木法律事務所 所長・弁護士

中野 有紀子 成蹊大学理工学部 教授

前田 英作 東京電機大学システムデザイン工学部 教授

宮地 充子 大阪大学大学院工学研究科 教授/
北陸先端科学技術大学院大学先端科学技術研究科 教授

茂木 強 科学技術振興機構研究開発戦略センター フェロー

森島 繁生 早稲田大学先進理工学部 教授

外部評価者

伊佐 正 京都大学大学院医学研究科 教授

武田 浩一 名古屋大学大学院情報学研究科附属価値創造研究センター 教授・
センター長

南澤 孝太 慶應義塾大学メディアデザイン研究科 教授

国際アドバイザー

Anind Dey Dean and Professor, University of Washington Information School

Trevor Darrell Professor, Department of Electrical Engineering and Computer Sciences, University of California, Berkeley

研究課題別事後評価結果

1. 研究課題名： ソーシャルタッチの計算論的解明とロボットへの応用

2. 研究代表者名及び主たる共同研究者名

研究代表者

塩見 昌裕 ((株) 国際電気通信基礎技術研究所インタラクシヨ科学研究所 室長)

主たる共同研究者

中江 文 ((株) 国際電気通信基礎技術研究所 深層インタラクシヨ総合研究所 主任調査員)

3. 事後評価結果

○評点：

A 優れている

○総合評価コメント：

社会的関係性を備えた人同士の親しみある触れ合いに伴う時空間近傍での相互作用を解明し、それらをアルゴリズムレベルで計算・再現し計算論的に捉え分野を開拓することに成功した。「ソーシャルタッチ」のテーマは新規性が高く今後重要な課題であり優れた着眼点であった。センサ技術からインタラクシヨ実証実験までユニークで多岐にわたる取組を行い、論文発表等の成果も順調に挙げた。

顕著な成果としては、まず、ソーシャルタッチにおける視聴覚刺激を定量的に変化させて、クロスモーダル刺激の影響を調べ、ストレス耐性向上効果を検証した。また、ロボットからの褒めの動作において、物理的接触が相乗効果を示すことを明らかにした。人を抱擁できる大型ロボットや赤ちゃん型ロボットなど様々な形態の触れるロボットを開発し、高齢者施設における実証実験では長期受け入れが歓迎され、介護者の心理的負担を軽減するなど社会的な注目を浴びた。脳関連活動や生理的指標(血中ホルモン等)を用いたアプローチで、ソーシャルタッチの効果を生理学的観点から評価する取り組みは、今後痛みの理解につながる可能性がある。

査読有り論文 71 件(うち 51 件が英語論文誌)、42 件の招待講演を含む 142 件の発表、プレスリリース 7 件(報道 66 件)など、優れた対外発表成果があった。海外との共同研究においては開発したロボットを提供するなど積極的で、領域内の他チームとの共同研究も相乗効果があった。国内特許 9 件出願など知的財産権確保も積極的に行われ、企業との共同研究開発も活発に行われ新産業の創出に貢献した。

今後は、開拓したソーシャルタッチ分野を確立させるべく、検証・実証した多方面の知見を総合した科学的な基盤の構築にさらに努力されることを期待する。

研究課題別事後評価結果

1. 研究課題名： 実体化映像による多次元インタラクション

2. 研究代表者名及び主たる共同研究者名

研究代表者

篠田 裕之（東京大学大学院 新領域創成科学研究科 教授）

主たる共同研究者

掛谷 英紀（筑波大学 システム情報系 准教授）

杉山 将（東京大学 大学院新領域創成科学研究科 教授）

藤原 正浩（南山大学 理工学部 講師）

3. 事後評価結果

○評点：

A+ 非常に優れている

○総合評価コメント：

そこに実体があるかのような触感を伴う 3D コンピュータ映像「実体化映像」を、超音波の三次元音場と空中映像の重畳で実現し POC を達成した。優れた機械学習のグループを擁し、曖昧な感性情報の定量化技術や、触感設計補助ツールを開発した。超音波を使った触覚提示技術は代表者のオリジナルな発想をもとに開発された技術で、表示系と組合せることで、マルチモーダル VR の最先端研究の成果が得られた。

空中超音波を用いた非接触での触覚提示において、圧覚や温冷覚を含む多様な触感再現が可能であることを世界に先駆けて実証した。超音波触覚提示技術について、基本的なパフォーマンス（強度、空間解像度、領域範囲）について大幅な改善を達成した。発生可能な出力最大値に制約のある超音波フェーズドアレイを連携させ、所定の放射圧分布を生成し、表面テクスチャなどの触感提示技術を確立している。とくに圧覚を提示する皮膚面上の温度変化を手がかりに加圧分布を計測する技術を見いだしたことは、官能評価と別系の計測機構を獲得した点で特記に値する。3次元視覚ディスプレイは時分割パララックスバリア式立体表示と入り合い構造のフレネルレンズによる粗インテグラルボリューム表示に取り組み、立体映像観察時における目の疲労の原因となる輻輳調節矛盾を解消する技術を実証した。機械学習においては、予測に使われる変数の分布変化に応じて予測器を適応させる共変量シフト適応など全く新しい適応学習法を開発するなど、その基礎理論において顕著に進展した。

査読有り論文 115 件（全て英語論文誌）、63 件の招待講演、19 件受賞など顕著な対外発表成果があった。国内特許 4 件出願など知的財産権確保も積極的に行われ、企業との共同研究開発体制も整備され今後のデバイス開発の端緒を築いた。

世界的に優れた水準の成果を各研究者が個別に創出するとともに、3つのグループの有機的な結合が試みられ、分野横断の研究チームが構成できた。今後も触覚の機能解明という科学的にも根本的な課題解決と実体化映像の実用化に向けた協働を展開することを期待する。

研究課題別事後評価結果

1. 研究課題名： 提示系心理情報学に基づくインタラクション基盤確立

2. 研究代表者名及び主たる共同研究者名

研究代表者

寺田 努（神戸大学大学院 工学研究科 教授）

主たる共同研究者

細田 千尋（東北大学 大学院情報科学研究科 准教授）

柳沢 豊（m plus plus（株） 開発部 CTO）

3. 事後評価結果

○評点：

A 優れている

○総合評価コメント：

認知バイアス等の心理効果を活用した効果的なインタラクション技術を基盤とする「提示系心理情報学」の確立をめざし、それらの心理効果に対する受容性はユーザ毎に大きく異なるという受容性極性があることを明らかにした。

認知バイアスを活用したインタフェースには人により受容性の極性があり、効果の度合いの違いや場合によっては想定と逆効果(逆極性)になる場合があるという斬新な仮説を提唱し数事例で検証したことは独自性の高い成果であった。情報提示による介入が人をどうWellbeingにするのか、あるいはどのようなリスクが起りうるのかを実践的に探求するという目標設定に対して、混雑防止や健康モチベーションの維持、運動練習効果の向上など多くの事例について分析し有用性を示した。また、子の遂行能力(目標達成を可能にする行動の継続)の発達には、親自身の遂行機能の強さが重要であることに加え、親の養育態度として、子供に対して統制的すぎてはいけないことを明らかにした。さらに、ステージエンタテインメント現場でのLED電飾衣装・電飾バナー技術の開発・実用化を通して、電飾技術におけるシステム故障を観客に認知させないデザインのガイドラインを公開した。原著論文116件（うち71件英語論文誌）、73件の招待講演、30件受賞、80件強のメディア報道など、多くの対外発表成果があった。

情報提示による心理的介入に関して、いくつかの有用性の高い顕著な具体的事例を達成しているものの、これらを体系化して説明できる提示系心理情報学の設計論を示すには至らなかった。受容性極性の仮説に基づくスクリーニング技術について、さらなる洗練を期待する。

研究課題別事後評価結果

1. 研究課題名： 随伴性に基づくペダゴジカル情報基盤の創成

2. 研究代表者名及び主たる共同研究者名

研究代表者

開 一夫（東京大学大学院 総合文化研究科 教授）

主たる共同研究者

河本 満 （産業技術総合研究所 人間拡張研究センター 主任研究員）

橋田 浩一（東京大学 大学院情報理工学系研究科 教授）

加茂 登志子（（一社）日本 PCIT 研修センター センター長）（2020 年度まで）

3. 事後評価結果

○評点：

B やや劣っている

○総合評価コメント：

認知科学と情報科学を有機的に結びつけ、詳細かつ厳密な実験室実験からの知見を、現実世界での「学び」場面へと繋ぐためのペダゴジカル情報基盤の構築を目指した。課題の核である「随伴性」に関連して2つの新しい知見を得た。学びのインタラクションについて計測・蓄積・活用の3項目からアプローチしている。

インタラクション活用の観点では、乳児を対象とした社会的認知に関する研究において、乳児でも視線(Eye-Gaze)とその結果に関する随伴的な事象を認知している(視線随伴性)ことを明らかにした。蓄積の観点では、分散型認知実験プラットフォーム(Go-E-MON: GOod Environment for Mankind ONline)を開発し、オンラインで参加可能な認知実験環境と分散 Personal Data Store (PDS)とを連携させた。学習者の単語学習アプリ接触時刻と活動量計(ウェアラブルセンサ)のデータを紐づけた研究により、英単語学習時刻と入眠時刻に関して従来の認知科学的知見を覆す新しい結果を得た。

個々には興味深い成果が出ているが、少数の事例で随伴性の効果について示した段階で、研究課題への掘り下げが不十分であった。全体として、幼児の随伴行動の確認や、その他の学習者の状態計測技術などが有効に組合せられておらず、個別の研究成果にとどまっている。計測・蓄積・活用の連携もエンジニアリングの段階にとどまり、ペダゴジカル情報基盤の科学に至らなかったことは残念である。

研究課題別事後評価結果

1. 研究課題名： 脳表現空間インタラクション技術の創出

2. 研究代表者名及び主たる共同研究者名

研究代表者

柳澤 琢史（大阪大学高等共創研究院 教授）

主たる共同研究者

神谷 之康（（株）国際電気通信基礎技術研究所 脳情報研究所 客員室長）

貴島 晴彦（大阪大学 医学系研究科 教授）

菅野 秀宣（順天堂大学 脳神経外科 非常勤講師）

田村 健太郎（奈良県立医科大学 脳神経外科学講座 講師）

西本 伸志（大阪大学 大学院生命機能研究科 教授）

3. 事後評価結果

○評点：

A+ 非常に優れている

○総合評価コメント：

脳と表現空間との新しいインタラクション技術である rBCI 技術として、脳と AI の潜在空間を融合することで、人が想起することで潜在空間内のベクトルを制御できることを示し、かつ、その神経基盤を明らかにするという独創的で新規性の高い成果を得た。てんかん治療の目的に脳内に留置する電極から得られる皮質脳波 (ECoG) や fMRI 信号、脳磁図 (MEG) 信号を元に得られる脳活動から、ヒトが日常生活において経験する多様な認知・情動・想起・知覚内容についての表現空間を定量化する方法を開発した。

特記すべき成果としては、103 種類の大規模な認知課題群を実施する際の脳活動を fMRI で測定し、認知機能と脳活動の関係を説明する脳内情報表現空間及びその全脳分布を示す情報表現マップを作成できた。また、皮質脳波から視覚認知内容を推定し、被験者が想起した画像を画面に提示する rBCI を開発している。さらに、ヒトの脳活動から再構成される視覚像をトップダウンの注意により制御できることを示した。画像生成 AI (Stable Diffusion; SD) と脳の潜在情報表現間の定量的な関係性を解析し、SD の各コンポーネントと脳内における映像・意味表現に特異的な対応があること、脳活動を入力として SD を介した知覚体験の解読が出来ることなどを示した。生成 AI を用いて fMRI から精緻な画像を生成できることを示した世界初の成果であり、一般市民からも多くの注目を集めた。さらに脳磁図を用いて幻肢運動の脳情報解読を行い、幻肢の脳内表現を変え、幻肢痛を治療できることを示した。

査読有り論文 132 件（うち 114 件英語論文誌）、166 件の招待講演、19 件受賞、メディア報道 70 件など顕著で優れた対外発表成果があった。国内特許 5 件出願など知的財産権確保も積極的に行われた。多数のヒト脳活動データセットを保有し公開している点も当該分野の基盤として研究コミュニティに強く貢献している。

トップクラスのジャーナル等での成果発表も多く、すぐれた成果を出している。ECoG などの埋め込み電極を用いた BMI の最先端を切り拓くものであり、脳表現の理解という科学的な基礎研究としての先進性と、ALS 患者支援など医学応用への社会貢献のインパクトがいずれも極めて高い。急速に進む AI 研究にタイムリーに追従して脳の表現空間で押さえるべき課題に取組み、分野を開拓したことは特筆すべきである。

研究課題別事後評価結果

1. 研究課題名： VoicePersonae: 声のアイデンティティクロニングと保護

2. 研究代表者名及び主たる共同研究者名

研究代表者

山岸 順一 (情報・システム研究機構 国立情報学研究所 教授)

3. 事後評価結果

○評点：

A+ 非常に優れている

○総合評価コメント：

本研究課題は日仏共同提案の最初の採択課題である。声の個人性に関して、i) 音声合成を始めとする声のアイデンティティに関する生成モデリング技術、ii) 音声による生体認証と偽音声の検知による安全性と頑健性の確保、iii) プライバシー保護、iv) 他のモダリティ情報へ拡張、という相反する課題を分担し相互に敵対的に技術を高め合うという独創的なアプローチで、4分野を同時に確立するという挑戦的なテーマを達成した。

音声合成については、信号処理と深層学習を密に融合させた、全く新しいニューラルボコーダ手法「ニューラルソースフィルタモデル」を提案して高速で高品質の音声合成を実現した。この手法は微分可能デジタル信号処理 (DDSP) という分野を確立させた。また、人間発声か機械合成を判定するライブネス検出用大規模音声データベースの構築を行い (60 万回ダウンロード)、ASVspoof 国際研究チャレンジを先導し、関連する多くの大学、企業の研究機関を巻き込み国際的なレベルで研究コミュニティを牽引した。さらに、ディープフェイク顔映像検知技術に関し顕著な成果を複数あげた。ディープフェイク顔映像検知技術、真贋判定と改ざんされたピクセル領域特定を同時に行う技術も発表し、IEEE Biometrics Council の 5-Year Highest Impact Award を受賞した。社会実装にも取り組み、音声明瞭性強調技術「iMetricGAN」を提案し、駅のアナウンスの明瞭性強調技術として実用化された。

査読有り論文 145 件 (うち、40 回以上の被引用数を持つ論文 30 件)、48 件の招待講演、13 件受賞、メディア報道 149 件など抜群に優れた対外発表成果があった。データベース 15 件公開を始め、オープンソースでの技術公開も積極的に行われ研究コミュニティに強く貢献している。研究成果は、歌声合成ソフトへの応用、JR 東海道新幹線構内放送、フェイク顔映像を自動判定するプログラムの実用化など社会実装に展開され、ライセンス収入も上げるなど実質的な貢献があった。

所属組織の国立情報学研究所でもシンセティックメディア国際研究センターが結成され、新しい研究分野立ち上げと牽引の世界レベルでの中心的役割を果たしている。科学的・技術的なインパクトのある、レベルの極めて高い成果を多く創出している。また、成果の社会還元も積極的で実積がある。更なる高みへの挑戦に期待する。

研究課題別事後評価結果

1. 研究課題名： 技能獲得メカニズムの原理解明および獲得支援システムへの展開

2. 研究代表者名及び主たる共同研究者名（研究機関名・職名は研究参加期間終了時点）

研究代表者

小池 英樹（東京工業大学情報理工学院 教授）

主たる共同研究者

牛場 潤一（慶應義塾大学理工学部 教授）

古屋 晋一（(株) ソニーコンピュータサイエンス研究所リサーチラボラトリー 研究員）

暦本 純一（東京大学大学院情報学環 教授）

3. 事後評価結果

○評点（2022 年度事後評価時）：

A+ 非常に優れている

○総合評価コメント：

（以下、2022年度課題事後評価時のコメント）

本研究の目的は、高度画像処理技術、拡張現実感技術、ソフトロボティクス技術、人工知能技術を駆使し、高度な技能を人から獲得し伝承する技能獲得支援システムの技術基盤を開発することである。これまでに、トップアスリート、熟練音楽演奏家、障害者という特殊技能を持つ人々に着目し、(1)技能獲得メカニズムの原理解明、(2)技能獲得支援システムの開発を行った。

効果的なスキル獲得に重要な共通要素として、脳と身体の動作原理を解明しつつ、様々な場面で使える動作解析システムの開発と共有などに取り組み、優れた成果をあげた。具体的には、単眼カメラからの高精度な3次元姿勢認識手法による技能計測技術を開発し、スポーツ、楽器演奏の動作計測を実現しチーム全体で活用した。また、深層学習による技能分析手法により、多次元データを低次元空間に写像して比較するという、従来の関節座標の比較とは異なる差分提示を実現した。さらに、学習効果の持続性についての分析や、実時間フィードバックシステムは、VR/AR及びロボティクス技術を用いることで、実時間で視聴触力覚によって学習者に教示を行うことを実現した。いずれもオリジナルな発想を基にしており、難関国際会議での受賞など高い独自性と国際レベルの研究水準にある。

スポーツ、音楽などにおける技能獲得と伝承は、高い社会貢献が期待されるとともに、技の獲得の原理解明など科学的なイノベーションへの期待も高い。特にピアノ演奏技能獲得において、プロジェクト全体で開発された技術を統合する形で実用的技能獲得支援システムを実現し、さらに社会実装としてピアノアカデミーを開講し、履修者が健全に高い成果を挙げていることは特記すべきである。また、国立スポーツ科学センターと連携し、競技スキーを対象とした国内トップアスリートのために開発された技能獲得支援システムを構築した。

CMU、St Andrews大学、DFKI、ハノーファー音楽演劇メディア大、ハノーファー音大、ロンドン大学ゴールドスミス校など海外機関との交流、共同研究も盛んに行われている。独自性の強いco-PIが主導する各グループのテーマ遂行に加え、グループ間での連携も非常に活発であり、高い相乗効果が生まれた。現在まで、査読有り論文・主要国際会議等125件、招待講演が国内外44件、特許出願16件（うち国際特許2件）、受賞22件、メディア報道32件などの抜群の成果を上げた。

今後、技の本質、獲得、伝達についてさらに深掘りして技の理解と情報学的普及に貢献することを強く期待する。

（2024年2月追記）

技能獲得支援システムの完成度を高めるために、1年間研究期間を延長し、大規模なデータセットを半自動的に生成可能な手法の開発とデータセット拡充、拡張現実感（AR）を用いたピアノ訓練シス

テムの開発、拡張現実感を用いたスキー訓練システムの開発、拡張現実感を用いた外科医訓練システムの開発等を行なった。

その結果、ピアノ練習におけるARを用いた教師と学習者の差分提示などによる訓練システムの有効性を検証するなど、多くの成果をまとめた。

研究課題別事後評価結果

1. 研究課題名： 脳領域／個体／集団間のインタラクション創発原理の解明と適用
2. 研究代表者名及び主たる共同研究者名（研究機関名・職名は研究参加期間終了時点）

研究代表者

津田 一郎（中部大学創発学術院 教授）

主たる共同研究者

池田 尊司（金沢大学子どもこのころの発達研究センター 准教授）

亀田 達也（東京大学大学院人文社会系研究科 教授）

河合 祐司（大阪大学先導的学際研究機構附属共生知能研究センター 准教授）

松田 一希（中部大学創発学術院 准教授）

3. 事後評価結果

○評点（2022 年度事後評価時）：

A 優れている

○総合評価コメント：

（以下、2022年度課題事後評価時のコメント）

本研究は、機能分化することで複雑な環境に即時適応する、創発インタラクション原理を明らかにし、その数理モデルを提案し、さらに脳領域・個体レベルから、社会的行動規範の生成という社会レベル、さらに進化レベルの機能分化という、幅広の事象を統一原理でモデル化し説明しようとする野心的な取り組みである。具体的には、①複雑な環境と相互作用し素早く機能分化することで環境に即時適応するエージェントの原理を数理的に解明し、②この原理を搭載したエージェントを数理モデルとして構築し、③それを実現する共生ロボットとして提案し、個別医療へも展開することを目標とした。

①は基本原理（動的拘束条件下での変分原理）を早期に確立してチームの指針とした。②は進化型リザバーコンピューター（ERC）を一つの実効的なモデルとして提案し、また進化的、社会科学的な拘束条件としての新たな集合知条件を複数提案した。さらに、ERC の汎用能力、自律能力を高めるための新たな学習則として相互情報量学習の導入をはかった。リザバーコンピューターの内部ネットワークを多数の小規模ネットワークモジュールからなるネットワークに置き換えることで、即時適応に適した長時間記憶容量と複雑時系列の高精度予測を達成した。これを reBASICS と名付けて当該エージェントモデルとした。このエージェントモデルは従来のリザバーコンピューターの性能を格段に高めるブレークスルーであり、ERC とともに③を実現する科学的インパクトとなる期待が高い。個々の研究は素晴らしい成果を挙げ、コンセプトレベルでの共有が新たな発想をもたらしたが、全ての事象を統一原理で説明するという仮説の検証はまだ端緒についたばかりと言える。

これらは、主要ジャーナルを含む査読付論文・国際会議等の発表121件、招待講演162件、受賞35件、報道52件など、突出した業績を挙げている。今後、reBASICSを発展させるなどして、ロボットが身体や環境の変化に対して即時適応するシステムなど、工学的な応用への発展を期待する。また、個人に適応するロボット等の人工エージェントが介在するASDケアシステム、オーダーメイド医療の構築、コミュニティ間の情報伝達が自己組織的に分化する社会のデザインなどを目指すことを期待する。

（2024年2月追記）

1年間研究期間を延長し、環境に応じて機能分化し即時適応するエージェントの実現と創発インタラクションにより個体を越えたハイパーコンシャスの存在を明らかにすることを目標として、数理モデルの深化、ロボット実現、親子脳波ハイパー解析を実施した。

その結果、reBASICSにおいて二層のリザーバーモデルを提案し、学習性能を飛躍的に向上させる手法や、相互情報量推定器の深層学習において大偏差原理について数理構造を明らかにし、数理モデルに寄与するなど、多くの成果があった。

研究課題別事後評価結果

1. 研究課題名： 「優しい介護」インタラクションの計算的・脳科学的解明
2. 研究代表者名及び主たる共同研究者名（研究機関名・職名は研究参加期間終了時点）

研究代表者

中澤 篤志（岡山大学学術研究院 教授）

主たる共同研究者

石川 翔吾（静岡大学学術院情報学領域 助教）

倉爪 亮（九州大学大学院システム情報科学研究院 教授）

佐藤 弥（理化学研究所情報統合本部 チームリーダー）

本田 美和子（国立病院機構東京医療センター医療経営情報・高齢者ケア研究室 室長）

高松 淳（奈良先端科学技術大学院大学先端科学技術研究科 准教授）（2021年度まで）

3. 事後評価結果

○評点（2022年度事後評価時）：

A 優れている

○総合評価コメント：

（以下、2022年度課題事後評価時のコメント）

本研究は、「優しい介護」ユマニチュードのケア技術を、ウェアラブルセンサー、環境センサなどで取得・定量化し、統計的解析などを用いて優しいケアスキルがどのような要素から構成されるのかを計算論的に解析し、ケア学習システムの開発を進めた。また、優しい介護スキルがどうして認知症の人に有効に働くかについて、認知/脳科学的な原理解明に取り組んだ。優しい介護技術を医学・介護専門職および家族介護者に教育し、その前後の介護負担感や認知症周辺症状（BPSD）が減少することを明らかにした。これにより、「優しい介護」が主観的な効果のみでなく、臨床的に有効であることが示された。

「優しい介護」における「見る・話す・触れる・立たせる」の4つの重要スキルの科学的解明に取り組み、とくに「見つめる」と「触れる」スキルについて、多様なセンサで計測解析し、介護熟練者と初心者の違いを定量的評価により明らかにし、科学的な効果の説明を行った。その他、高齢者及び認知症における表情知覚の脳科学的解析、優しい介護技術の教育システムの開発と評価、ASD児への「優しい介護」スキルの適用効果の検証など、臨床、支援者育成、他領域への展開など、社会的に重要な成果があった。介護者に要求されるスキルレベルを科学的に分析している点は顕著な成果であり、認知症患者とのコミュニケーション原理の理解に大いに貢献し、科学技術上、社会貢献上のインパクトはそれぞれ極めて高い。そのためのロボットハンドの開発、AR教育用アプリの開発も進展があり、認知症高齢者のみならず、多方面へのコミュニケーション支援分野への応用が期待できる。

ケアスキルの学習システムの開発を進めて、看護師・介護師のみならず、救急隊員、家族介護者・歯科医師・歯科衛生士へのユマニチュード教育介入とその効果を検証し、優しい介護スキルの教育プログラムの実証実績を上げている。

社会的ニーズに直接応答する本プロジェクトは、60件の招待講演と35件の報道発表の実績があり、社会からの注目度は非常に高い。学術・政策提言にも引用されるなど注目を浴びており、科学技術イノベーションへの大きな寄与が期待できる。コロナ禍にあって臨床実験の困難がありながら、むしろ情報技術を活用した介護技術の新しいパラダイムを拓きつつある。優しい介護技術の底辺を広げて、高齢社会における介護現場の問題解決にさらに貢献するとともに、究極の介護技術の研究開発とその現場への実践的適用に今後も期待する。

（2024年2月追記）

本研究で開発された教育システムの有効性効果や普及、また脳科学的観点からの新たな研究展開を目

標として、1年間研究期間を延長し、研究を実施した。

その結果、拡張現実(AR)による「見る」スキルトレーニングの大規模実験による有効性の確認、「優しく触れる」ことの物理的特性を様々なセンサや知見により解明し定量化に成功、ユマニチュード熟練者の脳機能・構造に関する発見など多くの成果を挙げた。