

「社会と調和した情報基盤技術の構築」研究領域 領域活動・評価報告書

－2019 年度終了研究課題－

研究総括 安浦 寛人

1. 研究領域の概要

情報技術は、社会の神経系としてあらゆる社会活動の基盤であり、現実の社会において、価値創造や問題解決をするための最も重要な手段となっています。新しい人工物システムは、各社会がこれまでに構築してきた文化や規範と調和ある発展が可能であるとき、その社会に受容され、そのシステムによって社会に変革(イノベーション)が生まれます。

本研究領域では、より良い社会の実現を目的とする情報基盤の要素技術の研究と、それらの技術を対象とする社会と調和させるために必要な制度や運用体制、ビジネスモデルまでも含めた総合的な議論と実践を行う場を提供します。例えば、全世界的な気候変動への対応を目的とするような大規模な情報システムから、特定の地域(国内外)の社会問題を解決するための情報技術まで、社会的に解決すべき新しい課題を研究者自らが設定し、知的情報処理、計算機科学、センサー技術、ネットワーク技術、シミュレーション技術、ロボティクス、知的インタフェースなどあらゆる情報技術分野の要素技術の基礎研究による課題解決の手段の提供とそれを社会に受容させるまでのシナリオの構築を、具体的な現場の実問題と取り組みながら進めていく形でのフィールド型研究を実施します。

研究の推進方法としては、情報技術分野の研究者が自然科学、工学、生命科学、社会科学の研究者と連携すること、または諸分野の研究者が情報技術分野に参入することを重視します。それにより、様々な分野の研究者が相互に影響し合い、異分野横断・融合的な視点で問題解決に取り組むことで、社会と調和した革新的な情報基盤技術を創出することを目指します。さらに、研究のみならず政策立案者や産業界のメンバーとの交流の場を設定する等を通じ、情報技術による社会変革の牽引役となる将来の世界レベルの若手研究リーダーの輩出を目指します。

2. 事後評価対象の研究課題・研究者名

件数： 11 件

※研究課題名、研究者名は別紙一覧表参照

3. 事前評価の選考方針

選考の基本的な考えは下記の通り。

- 1) 選考は、「社会と調和した情報基盤技術の構築」領域に設けた選考委員 10 名の協力を得て、研究総括が行う。
- 2) 選考方法は、書類選考、面接選考及び総合選考とする。
- 3) 選考にあたっては、さきがけ共通の選考基準である「戦略的創造研究推進事業における平成27年度新規研究課題の決定について(第1期)」(URL: <http://www.jst.go.jp/pr/info/info1128/index.html>) の他、以下の点を重視した。

本領域としては、社会と調和した情報基盤技術の構築を目指し、情報技術により社会的課題の解決に挑む研究提案であるか。現在の情報技術分野における科学的・技術的な貢献はもちろんのこと、その研究成果が現在の社会問題に対し、どのように役立つのかという観点で選考を行った。また、研究分野としては、知的情報処理、計算機科学、センサー技術、ネットワーク技術、シミュレーション技術、ロボティクス、知的インタフェースなどあらゆる情報技術分野を対象とし、情報技術分野の研究者からの研究提案だけでなく、自然科学、工学、生命科学、社会科学などの諸分野の研究者の提案も選考の対象とした。

4. 事前評価の選考の経緯

応募課題については、領域アドバイザーが分担して一課題あたり3名にて書類審査を行い、その結果を基に書類選考会議において面接選考の対象者を選考した。続いて、面接選考および総合選考により、採択候補課題を選定した。

選 考	書類選考	面接選考	採択数
対象数	76 件	18 件	11 件

5. 研究実施期間

2016 年 12 月～2020 年 3 月

6. 領域の活動状況

社会的課題の解決に向けた独創的で挑戦的な研究の推移を目指し、領域会議を通して各研究者のレビューを行った。また、本領域独自の「関連省庁との意見交換会」、「海外ショートビジット」など、現場との交流を通して、「社会変革の牽引役となる将来の研究リーダーの育成・排出」観点からの指導にも力を入れた。

(1) 領域会議: 7 回

2016 年度	1 回
2017 年度	2 回
2018 年度	2 回
2019 年度	2 回

(2) 関連省庁担当者との意見交換会: 2 回

政策立案の実務担当者との意見交換・人脈形成

2017 年度	1 回(内閣府、総務省、厚労省、経産省、文科省)
2018 年度	1 回(内閣府、総務省、経産省、文科省)

(3) 海外ショートビジット: 4 回

(a) イノベーションのけん引役となっている投資会社、スタートアップ、大学等との意見交換・人脈形成

(b) オフサイト・ミーティングによる各研究のブラッシュアップ

2017 年度	1 回(シリコンバレー)
2018 年度	1 回(シリコンバレー)
2019 年度	2 回(シリコンバレー、シンガポール)

(4) AIP ネットワークラボ関連研究・イベント企画実施

(a) 共同研究「オープンイノベーションの加速に向けた AI 技術利用プラットフォームと社会実装支援プログラム」参画 : 3 研究者

(b) 同ラボ内さきがけ・ACT-I 合同、海外ショートビジット先の研究者を招へいして、日米ワークショップを東京にて開催(公開イベント): 1 回

(5) 研究終了報告会(兼「さきがけ研究者トーク・イベント」/公開イベント): 1 回

(6) その他

(a) 日本科学未来館サイエンティスト・クエスト参画・講演 (10 名)

7. 事後評価の手続き

研究者の研究報告書を基に、評価会(研究報告会、領域会議等)での発表・質疑応答、領域アドバイザーの意見などを参考に、下記の流れで研究総括が評価を行った。

(事後評価の流れ)

2019年12月	研究終了報告会(公開)実施
2019年11月～12月	研究総括による評価
2020年1月	評価フィードバック

8. 事後評価項目

- (1) 研究課題等の研究目的の達成状況
- (2) 研究実施体制及び研究費執行状況
- (3) 研究成果の科学技術及び社会・経済への波及効果(今後の見込みを含む)
- (4) 将来の研究リーダーとしての本人の主動度等

9. 評価結果

本領域では、それぞれの研究者に自らの情報技術の研究を、1)情報科学の発展の中での位置付け、2)社会の実問題の解決への適用のシナリオ、そして、3)人類の歴史の中での位置付け、を考えながら計画書を作り、研究を推進してもらった。最後に、これら3つの視点から研究成果を見直し、改めて次のステップへの方針を考え、領域内外の研究者との連携や協力を視野に入れて積極的に AIP ラボの追加支援申請もしてもらった。バックグラウンドの異なる個々の研究者間の新しいネットワークづくりには特に留意した。毎年行なった関連省庁担当者との意見交換会やシリコンバレーやシンガポールなどへのショートビジットにおいては、通常の学会による出張では見ることのできない情報技術による社会基盤の変革の現場を見学し、また、行政や産業界の関係者とのディスカッションを行った。

研究者達は、貪欲にこれらの機会から科学技術の新しい方向性を吸収し、当初計画とより大きな飛躍をした者が多かった。視覚や触覚さらには力覚およびそれらの相互作用によって、人間の動作や意思を情報化して新しい VR や AR のあり方の方向性を示す研究が幅広く展開した。カイ氏の視線や頭の動きや中野氏の瞬きに注目した研究および小泉氏の空間への映像表示技術は、視覚に付随する関連情報の利用に新しい道を拓いた。栗田氏の力覚や身体運動全体に関する幅広い研究や松宮氏の心の中の身体動作のイメージと視覚の関係の研究は、人間の心の活動に直接迫る情報科学の新しいアプローチを提示し、江崎氏の理論的な脳科学へのアプローチとともに次世代の社会情報基盤を考えるための方向性の示唆と可能性を与えてくれた。既存の情報技術を実際に応用した中村氏の外科手術や五十嵐氏の手芸および仲谷氏の子育て支援など、実際の人間の活動を支援する研究も、具体的な社会情報基盤の構築に必要な問題点の提示とその解決策の糸口を与えている。また、廣井氏の都市の災害対策の研究や笹原氏のサイバー空間における新しい社会問題への対応の研究は、現代社会で求められている問題解決への解の提示であり、すでに各種メディアにおいても頻繁に取り上げられており、今後のさらなる発展が期待される。以上のように、各研究は、これまでになかった新しい人間と情報空間とのコミュニケーションを行う基本的な技術の開発を進めて、将来の社会情報基盤の方向性に大きな影響を与える成果を挙げた。

(1) 五十嵐 悠紀 研究者

「手芸・工芸のための対話的な形状デザイン手法」

手芸や工芸という分野に、コンピュータグラフィックスの技術を中心とした情報科学の成果を導入し、一般の人たちが気軽に自分の作品を作れる道を拓いたユニークな研究である。作品を作る人の能力に応じて、手法の難易度を考慮した設計を提示するなど、デジタルネイティブ世代に対して、自らの手を動かす手芸や工芸への導入の道を提示したことは、新しい市民文化の構築につながる。種々の手芸の分野に対して、利用される技術の難易度を科学的に評価し個人の技能に応じた指導を可能とする技術と、3次元グラフィックスを用いた製作手順のわかりやすい提示の技術を開発した。数多くの一般市民や子供達に対するワークショップを開催し、開発した技術の評価と改良を行なっている点も評価できる。また、国内外の学会誌論文や多くの学会発表による学術的な成果の公表だけでなく、一般に研究成果を公開する3件の著書の刊行および数多くの公開ワークショップの実施など社会的な貢献も高く評価できる。全てが情報技術を利用して仮想的な世界で行われる環境にあって、自らの手を動かして現実の手芸や工芸の作品を作ることを支援する技術を開発した点は、情報技術を利用して人間中心の社会を切り拓く Society 5.0 の一つの実現形と言える。今後、趣味の世界だけでなく、プロフェッショナルな技術の伝承や向上にも拡張できる可能性を持った研究成果であり、社会情報基盤の新たなあり方を見せてくれた研究である。

(2) 江崎 貴裕 研究者

「ボルツマンマシンを利用した脳の機能障害ダイナミクスの理解」

脳の広域の領域にまたがった連携活動のダイナミクスを物理学と情報科学を利用して解明し、精神疾患などの原理解明などを目指した意欲的な研究である。脳の活動を捉えるエネルギー地形解析の新しいアルゴリズムを開発し、それを ELAT (Energy Landscape Analysis Toolbox) として実装し公開している。他の研究者にも利用されており、本研究の成果として評価できる。高齢化による認知機能の低下が、脳状態の切り替えに起因するという関連しているという新しい知見を得た点も評価できる。この知見をエネルギー地形解析によって理論的に理解する成果もあげている。まだ、最終的な目標である各種の精神疾患の原理解明にまでは距離があるが、着実な研究成果をあげてきた実力は高く評価できる。国際的な雑誌への5本の論文発表および ELAT の公開など学術的貢献は大きなものであった。今後のさらなる研究の発展によって、精神疾患の解明やその対処法の発見につながることを期待する。

(3) カイ クンツェ 研究者

「Collective Open Eyewear- Glasses to Augment the Intelligence of Society」

メガネなどにセンサーをつけて、被験者側に負担をかけない方法で頭や目の動き、あるいは顔(鼻梁や額)の温度変化などを測定することで、被験者の覚醒度や認知負荷を簡易にかつ継続的に測定する手法を開発している。測定用のメガネのフレームに埋め込める微小デバイスおよびスマートフォンなどを介した情報収集のシステムを開発し、各種外部刺激に対する被験者の反応を測定できるようにした成果は、極めて実用的なものである。また、人同士のコミュニケーションや相互インタラクションにおける相互作用を測定する新しいツールキットへの展開も試みている。国際会議に5本の論文を投稿するとともに、デモンストレーションなどを通じて研究成果を公表している。また、稲見先生の ERATO や産業界との連携も幅広く進めており、研究成果の実用化も近いと思われる。極めて安価なセンシング技術で広く普及させることが可能であり、覚醒度や認知負荷を測定して新しい認知科学や心理学の測定基盤を提供する研究として高く評価できる。

(4) 栗田 雄一 研究者

「個性と調和する相適応型人間機械システム設計論の構築」

空気圧を利用した運動アシストスーツの開発を通じて、人の個性に合わせた人間機械システムの設計論を構築しようとする野心的な構想の研究である。人の筋肉の動作や機能を人の身体と物体の接触によって起こる力学的現象としてモデル化し、力知覚モデルと力覚フィードバックの理論的基礎を構築した貢献はユニークかつ大きな成果である。その成果をもとに、シミュレーションモデルを製作し、柔らかなアシストスーツの設計論に結びつけ、実際に電力を使わない歩行アシストスーツや力覚フィードバックスーツを試作した。さらに、これらの成果を一般化し、視覚、聴覚、振動、力覚などを同時にセンシングして、スポーツトレーニングに利用できる VR システムや新しいスポーツへの拡張を提案するなど幅広い成果を挙げている。これらの成果は、多くの論文および招待講演を含む学会で発表しており、特許申請も行うとともに、複数の企業との共同研究も行っている。まさに、人の身体の動きを情報科学的に把握し、力学的なフィードバックを返す新しいウェアラブルシステムの基盤を作った研究であり、今後の展開が大いに期待できる。未来の人類の行動や活動を力学的にサポートする新しい社会情報基盤の基礎を与える研究である。

(5) 小泉 直也 研究者

「環境光採光型空中像による行動誘発型情報提示の公共空間への展開」

公園の銅像のような感じで、空間中に光学系により空中像を表示する手法を着実に検討し、基本的な技術開発を進めてきた研究である。太陽光を光源として明るい空中像を表示する技術、光沢面上に直立する空中像を表示する技術、水面上に空中像を表示する技術などを開発し、将来の実用可能性を示した点は高く評価できる。まだ、表示装置の大きさや像の明るさなど、解決すべき課題は多いが、着実に目標に向けて研究を進めている。また、空中像とそれを見る人とのインタラクションや空中像の設計者へのサポートなど、将来の実用化を見据えた多面的な研究を行っている。プロトタイプを様々な会場で展示し、像を見る人の反応や将来の応用分野に関する貴重なデータを集めた点も評価できる。論文や学会発表とともに3つの特許出願も行い、国際規格への採用も目指しており、着実に研究成果を挙げた。まだ5年以上の時間はかかるであろうが、将来の社会情報基盤の重要な要素となる情報提示の中核的な技術へと育てて欲しい。

(6) 笹原 和俊 研究者

「多様な情報流通と価値創造を支援するソーシャル・ネットワーキング原理の構築と実証」

フェイクニュースや SNS による社会の分断が話題になる中で、極めて時宜を得た研究テーマであった。世界的に注目を浴び始めた計算社会科学の立ち上げに参画するとともに、独自の手法でエコーチェンバー現象の解明とシミュレーションモデルの構築、および社会的分断を緩和する手法の提案を行った。データ科学のアプローチで社会現象を解明し、そこからモデル化を行ってシミュレーションにより様々な条件下での現象を説明した研究結果は、計算科学とデータ科学の組み合わせが社会科学分野にも応用できることを示す大きな成果となった。また、社会の分断現象を緩和するために、弱い紐帯という概念の導入を提唱し、実験フィールドとして独自の SNS を実装した点も評価できる。短期間に多くの論文や学会発表も行うとともに、2つの一般向けの著書も上梓して社会的なインパクトを与えた点も高く評価できる。今後の社会情報基盤のあり方を提示する指導的研究者としての活躍を期待したい。

(7) 仲谷 正史 研究者

「安心感の醸成と孤独感の低減をめざす Emotional Reality 情報技術の確立」

情報化社会の中で急速に進む生活スタイルの変化、特に各種情報通信機器の生活への浸透や男女共同参画社会への移行などにより、子供達の生育環境は大きく変化してきている。本研究では、乳幼児期における視覚と触覚の発達に対し、社会環境の変化がどのような影響を与えるかを科学的に定量化し、あるべき子育て環境の指針を与えることを目指したユニークな研究である。コンピュータビジョンと人工知能を組み合わせ、子供の探索行動を定量的に測定する技術を確立した。また、子供の探索行動と養育者の関係を分析し、実際に子供と養育者が参加する様々なワークショップを開催してデータを集め、新しい知見を得ている。貨幣を含めて、人類が数千年間使ってきた物質ベースの価値基準や社会規範が情報技術によって次々に仮想化される中で、乳幼児の発育がどのような影響を受けるかは、今後の社会のあり方や社会情報基盤を考える上で極めて重要な示唆を与えてくれる。さらに、人工知能などの新しい情報技術を用いた子育て支援のあるべき姿などへの発展を期待できる。専門である触覚に関する研究を、より社会的な研究分野へと発展させる斬新な成果をあげた研究であり、今後の展開に期待したい。

(8) 中野 珠実 研究者

「瞬きを手がかりとした人とロボットの情報共有促進システムの開発」

目の瞬きというこれまであまり注目されてこなかった生理現象を、人の心理を表す現象として捉え、人とロボットあるいは情報システムとの間のインタフェースをスムーズにするために利用しようとするユニークな研究である。瞬きが、目から入る情報の切れ目で起こることに着目し、多くの人の瞬きが同期することを視覚情報の意味的な切れ目を表す指標として利用することの可能性を示し、実験によりその検証を行った。関心事の異なる人の集団により、瞬きの同期時点が異なることを発見し、また、瞬きの同期から情報の切れ目を推定することに成功している。これは、動画などから意味のある「出来事」を抽出することに利用できる。また、人とロボットのコミュニケーションにおいて、ロボットに「自然な瞬き」をさせることで、人の側から見て自然なコミュニケーションを成立させることにも応用できる。研究成果は論文だけでなく2件の特許としても申請しており、今後の実用化にも期待が持てる。瞬きという生理現象を人と情報システムのインタフェースとして双方向で利用することにより、新しい社会情報基盤のより人の心に近いレベルの豊かなコミュニケーションの実現に繋がる成果として高く評価できる。

(9) 中村 亮一 研究者

「解剖・作業情報の計測・分析・提示技術に基づく外科医療の最適化」

急速に技術開発が進んで来た内視鏡を用いた手術においては、情報技術に依存した画像情報や各種センサー情報を参考にしながら、間接的に患部や周囲の状態を把握し、瞬時の判断で手技を行う必要性がある。本研究では、内視鏡手術に関する各種データを収集し、そこから術者やそのチームの習熟度を判定するとともに、習熟度が低い術者に対してはその問題点と解決策を具体的に提示するシステムを構築している。具体的に、内視鏡下鼻副鼻腔手術に対して、大量の実データを収集し、その分析から術者の習熟度や技能レベルの評価を行うシステムを構築し、実際の医療現場でも活用されている。また、初心者に対するトレーニング用のキットにおけるデータ収集と技術向上を支援するシステムも構築し、一部実用に供するまでにしている。さらに、機械学習やロボット手術の技術と組み合わせ、より安全でかつ効率の良い医療機器の開発に活かす研究成果も得ている。実際の医療現場と強力な連携関係を構築し、情報科学の新しい技術を導入しながらより安全で患者への負担が少ない内視鏡手術の開発に大きな貢献をした研究として高く評価できる。ここで得られた様々な知見は、今後の医療工学分野の発展の方向性に大きな示唆を与えるもので、今後の発展にも大きな期待が持てる研究成果である。

(10) 廣井 悠 研究者

「多様な情報から未経験の災害現象を推測する次世代型被害予測技術の開発」

我が国は、災害の多い国であり、近年は特に地震、津波、火山噴火、台風、豪雨、大雪など甚大でかつ広範囲に影響を及ぼす大災害が頻発している。情報通信技術を駆使して、防災および被災後の被害の最小化、そして災害後の復興を支援する技術開発は、Society 5.0 の中でも極めて重要な技術である。本研究は、被災直後の情報が不足する中での被害の全体像のリアルタイムでの把握、および2次的に発生するさらなる被害の可能性の予測を目指した極めて重要な研究である。被災直後の情報が不十分な状況で、開発した理論とデータサイエンスを組み合わせたアプローチで被害の全体像を把握する方法論は、今後ますます重要になる研究分野である。また、過去の被害情報から2次的に発生する被害を予測する災害因果データベースを構築し、地震の後の大規模火災などの可能性を素早く予測する手法も重要な研究成果である。研究は、地震を中心に実データに基づき行っているが、台風などの気象災害にも共通する手法が適用することが期待される。まさに、今回の東日本を襲った台風や豪雨においてこれらの技術の必要性が証明されたと言える。研究は、まだ基礎段階ではあるが、幅広く国民の安全と安心を守る社会情報基盤として、さらなる研究の発展と実用化を期待する。

(11) 松宮 一道 研究者

「視線行動に基づいた心の中の身体の可視化と身体適正化を支援する基盤技術の創成」

実験心理学に情報科学の技術を持ち込んで、種々の仮説に基づき、主に手を中心とした心の中に形成される身体イメージと視覚から入る情報による身体イメージの間の関係を研究し、複数の新しい知見を得ている。具体的には、VRによって提示する視覚情報(CGハンド)と心の中に形成された身体イメージの相違を測定する実験環境を構築し、様々な実験から心の中の身体イメージを可視化に関する重要な情報を得る技術を確認した。義手や義足の一体感の設計やリハビリテーションなどへの応用などが考えられる。また、視線行動(マイクロサッカード)の利用の可能性、身体所有感と身体定位が脳内の異なる処理によって起こる可能性の発見、身体所有感と運動制御の関係、身体形状感覚の歪みなど新しい知見を得ている。これらの成果は、心の中の身体イメージの可視化のためには視覚情報との連携、特に視線情報の利用が有効であることを示しており、今後の運動機能障害の克服や運動機能の向上に役立つ基礎的な成果を得ている。高齢化社会における運動障害を持つ人の支援やリハビリテーション、スポーツにおける運動機能の飛躍的向上など情報科学と心理学および脳科学の融合による新しい社会情報基盤技術の研究開発のベースを確立した優れた成果である。将来のユニバーサルデザインを考える上での重要な知見を与える研究へと発展することを期待する。

10. 評価者

※所属・役職は2019年11月末現在

研究総括:

安浦 寛人 九州大学 理事・副学長

領域アドバイザー(五十音順):

新井 紀子 国立情報学研究所 社会共有知研究センター センター長
／情報社会相関研究系 教授

稲田 修一 早稲田大学 リサーチイノベーションセンター 教授

稲見 昌彦 東京大学 先端科学技術研究センター 教授

木村 康則 科学技術振興機構 研究開発戦略センター 上席フェロー

城山 英明 東京大学 法学部／大学院法学政治学研究科 教授

中小路 久美代 公立はこだて未来大学 システム情報科学部 教授

林 晋 京都大学 大学院文学研究科 名誉教授

丸山 宏 (株)Preferred Networks PFN フェロー

湊 真一 京都大学 大学院情報学研究科 教授

山田 敬嗣 NEC Asia Pacific Pte. Ltd., Regional Head Quarter Senior Vice President

以上

(参考)

件数はいずれも、2019 年 11 月末現在の件数

(1)外部発表件数

	国 内	国 際	計
論 文	19	82	101
口 頭	226	132	358
その他	125	80	205
合 計	370	294	664

(2)特許出願件数

国 内	国 際	計
7	1	8

(3)受賞等

・五十嵐 悠紀

- ① 第 26 回 Visual Computing (VC 2018) VC ポスター賞受賞「クラフトバンド工作のためのデザイン支援システム」(2018 年 6 月)
- ② 情報処理学会 マイクロソフト情報学研究賞「手芸のための対話的な形状デザイン手法」, (2017 年 3 月)
- ③ 第 23 回 連合駿台会学術奨励賞「クラフトを対象としたインタラクティブデザインに関する研究」, (2017 年 1 月)

・栗田 雄一

- ① SI2018 優秀講演賞 2 件 計測自動制御学会システムインテグレーション部門 (2019 年 3 月)
- ② SI2017 優秀講演賞 2 件 計測自動制御学会システムインテグレーション部門 (2017 年 12 月)

・小泉 直也

- ① Best Short Paper-Runner Up, 25th ACM Symposium on Virtual Reality Software and Technology ,12-15 November 2019 (2019 年 11 月)
- ② グッドデザイン賞, 公益財団法人日本デザイン振興会 (2019 年 10 月)
- ③ インタラクティブ発表賞 2 件 情報処理学会 インタラクション 2019(2019 年 3 月)
- ④ 第 18 回アジアデジタルアート大賞展 FUKUOKA 一般/エンタテインメント(産業応用)部門 入賞 2018 アジアデジタルアート大賞展実行委員会 (2018 年 12 月)
- ⑤ インタラクティブ発表賞, 情報処理学会 インタラクション 2018 (2018 年 3 月)

・中村 亮一

- ① 日本コンピュータ外科学会 2018 年度論文賞(工学賞) (2018 年 11 月)
- ② 第 30 回日本内視鏡外科学会総会 Surgical Forum Award(セッション最優秀演題) (2017 年 12 月)

・松宮 一道

- ① 第 13 回(平成 28 年度)日本学術振興会賞(人社系) 受賞 (2017 年 2 月)

(4)招待講演

国際 15 件

国内 64 件

(5)プレスリリース、出版、・報道(TV、新聞などのメディア報道)、アウトリーチ活動等

・五十嵐 悠紀

① 著作物

- 『AI世代のデジタル教育 6歳までにきたえておきたい能力 55』(河出書房新社), ISBN: 978-4309253671, (2017年6月)
- 『スマホに振り回される子 スマホを使いこなす子 (ネット社会の子育て)』(ジアース教育新社) ISBN: 978-4863715103, (2019年9月)

② アウトリーチ

- 明治大学×中野教育委員会「小学生対象理科ワークショップ『コンピュータグラフィックスを使ってオリジナルペン立てを作ろう』」(2019年10月).
- 日立財団 理工系女子応援プロジェクト 2018「未来をつくるリケジョたち!」ワークショップ「コンピュータグラフィックスで“好き”をカタチにーディジタルデザインでオリジナルビーズ作品を作ろう!ー」(2018年8月)
- 日本科学未来館 サイエнтиスト・クエストー
「コンピューターグラフィックスでぬいぐるみが簡単にデザインできる?!」(2017年9月)

・江崎 貴裕

① ソフトウェア公開

- 多次元時系列分析ツール Energy Landscape Analysis Toolbox (ELAT) (2017年7月)
<https://github.com/tkEzaki/energy-landscape-analysis>

・カイ クンツェ

① 報道

- Keio Highlights Press Release: Future tech will read everything in your eyes (2017年6月)

② アウトリーチ

- 日本科学未来館 日本科サイエнтиスト・クエストー
「目は、こころの窓ー最新のスマートなめがねが、私たちのふるまいについて教えてくれること」(2016年8月)

・栗田 雄一

① 著書

- 栗田雄一, 人機一体を実現するためのヒューマンロボットインタラクション技術, 技術総合誌オーム, Vol.104, No.2, pp.25-27 (2017年2月)
- 栗田雄一, 小川和徳, アンブラグド・パワード・スーツ~低圧駆動人工筋を利用した電気エネルギーを用いない運動支援スーツ~, 暦本純一監修, オグメンテッド・ヒューマン~AIと人体科学の融合による人機一体, 究極のIFが創る未来~, 第2編第1章第9節, NTS出版 (2018年1月)

② アウトリーチ

- 日本科学未来館 サイエнтиスト・クエストー
「技術をまもって超人になろう!ー持続的な成長を促す運動アシスト技術ー」(2017年8月)

・小泉 直也

① 著作物

- 小泉直也. マイクロミラーアレイ素子を用いた空中ディスプレイ. 月刊 OPTRONICS, vol 38, No. 6, pp.67-71 (2019年6月)

② アウトリーチ

- FLOWERS BY NAKED 2019 技術協力 (2019年1月)

- Open for the Public, Social Innovation Week Shibuya 出展 (2018 年 9 月)
- JST 戦略的創造研究推進事業 新技術説明会「太陽光を用いた空中像生成技術の紹介.~ ICT・ナノテクノロジー~」(2018 年 3 月)
- 日本科学未来館 サイエнтиスト・クエスト
「空中映像 作りかた・使いかた」(2017 年 10 月)

・笹原 和俊

① 著作物

- 笹原 和俊(共著)「ビッグデータとは何か」『社会と調査』社会調査協会 (2019 年 3 月)
- 笹原 和俊(単著)『フェイクニュースを科学する 拡散するデマ、陰謀論、プロパガンダのしくみ』化学同人 (2018 年 11 月)
- 笹原 和俊(共著)「ソーシャルメディアの集合知とエコーチェンバー現象」Biophilia23 号 (2017 年 10 月)
- 実験用 SNS “Polyphony”「多様な声を聞こう」公開 (2019 年 10 月)
- J-MDF (Japanese Moral Foundations Dictionary) <https://github.com/soramame0518/j-mfd/> (オープンソース) (2019 年 5 月)

② 報道

- Forbes JAPAN 2019 年 11 月号「SNS の貫通力を科学する」(2019 年 11 月)
- 日本テレビ news every.「発信元”を直撃！フェイクニュースを追跡」(2019 年 7 月)
- 日本経済新聞「データの世紀」(2019 年 6 月)
- NHK クローズアップ現代プラス「フェイクニュース”暴走の果てに ~ある外交官の死」(2019 年 3 月)
- 日経サイエンス 2017 年 7 月号特集「トランプ vs 科学」(2017 年 5 月)

③ アウトリーチ

- 岐阜市生涯学習センター 令和元年度ハートフルレクチャー「フェイクニュースを科学する」, (2019 年 9 月)
- 東海高校サタデープログラム「フェイクニュースを科学する」(2019 年 6 月)
- 平成 30 年度名古屋大学公開講座「フェイクニュースの生態系」(2018 年 10 月)
- 夢ナビライブ 2018「なぜ急速に拡散するフェイクニュースの科学」(2018 年 6 月)
- 日本科学未来館サイエнтиスト・クエスト
「ウソがホントになるインターネットの世界~情報との正しいつきあい方とは？」(2017 年 8 月)

仲谷 正史

④ 著作物

- 岡崎太祐, 仲谷正史, 自然を感じ HapticScape(ハプティックスケープ)を描こう, 生き物としての力を取り戻す 50 の自然体験, カンオ計算機株式会社(監修), 株式会社 Surface & Architecture(編集), pp. 49-51, オライリージャパン (2018 年 7 月)

⑤ 報道

- 天声人語, 朝日新聞社 (2019 年 10 月)
- NHK 総合,「若者に人気！？ASMR って何？」, ひるまえほっと (2019 年 9 月)
- 日経 Marketing Journal, 脳に快感 ASMR 動画, 日本経済新聞社 (2019 年 7 月)
- NHK E テレ,「自分でくすぐっても笑わないのはなぜ？」, 又吉直樹のヘウレーカ！ (2019 年 6 月)
- 朝日放送テレビ株式会社,「ASMRの正体とは？」, 真相報道！
中間記者のスクープファイル! エージェント West! (2019 年 4 月).

⑥ アウトリーチ

- 藤沢市・慶應義塾大学 SFC 研究所・小田急電鉄の産官学連携企画 お子さまの健康な身体づくりを助ける保護者参加型子育て支援ワークショップを全4回実施 (2019 年 5 月)
- 日本科学未来館 サイエнтиスト・クエスト

「触感の重要さを眺めよう ～触感でホッとする:日常生活の中でできる触り心地の実践～」
(2017 年 12 月)

・中野 珠実

① 著作物

- 「生理心理学と精神生理学 Ⅲ巻」日本生理心理学会企画
第 8 章 default mode network と瞬き pp.103-108 北大路書房 (2018 年 5 月)

② 報道

- 「まばたき、一瞬の秘密 目を守るだけじゃなかった」毎日新聞 (2019 年 2 月)
- 「人間がなぜ瞬きをするのか -教えて理科シロー博士」読売新聞 (2017 年 10 月)

③ アウトリーチ

- 日本神経科学学会主催 2018 年市民公開講座「脳科学の達人」講師 (2018 年 7 月)
- 日本科学未来館 情熱プレゼン! 脳科学の最前線 (2018 年 6 月)
- 日本科学未来館 サイエнтиスト・クエスト講師—
「瞬き(まばたき)のヒミツを解き明かせ!」(2017 年 12 月)
- IEEE 関西支部 Women in Engineering 主催 キャリアディベロップメント・セミナー 講師
(2018 年 7 月)
- 明治安田こころの健康財団主催 「発達障害」セミナー (2017 年 2 月)

・中村 亮一

① 著作物

- 科学雑誌 Newton 別冊 ゼロからわかる人工知能 仕事編 (2018 年 12 月)
- 手術支援ロボット(第 6 章 ロボット), テクノロジー・ロードマップ 2019-2028 全産業編 p256-259,
日経 BP 社 (2018 年 11 月)
- 術中情報処理による手術工程・技能分析, 視覚の科学, 39(4):98-102, 2018 (2018 年 11 月)
- 中村亮一, 杉野貴明, 内視鏡下手術における手術ナビゲーションを用いた術中情報収集の必要性と技術開発, 「最先端医療機器の病院への普及展望と今後の製品開発」, (株)技術情報協会, p169-177 (2018 年 5 月)
- 術中画像処理, Medical Imaging Technology, Vol. 35 (2017) No. 1 p. 29-34 (2017 年 1 月)

② 報道

- テレビ朝日 2019 年 2 月 26 日放送, 「羽鳥慎一モーニングショー」聞き取り, 「画期的! 町工場が生んだ医療用トレーニング器具—医療界に革新を! 腹腔鏡トレーニング器具を開発」(2019 年 2 月)
- 日経デジタルヘルス 2018 年 11 月 7 日掲載「装着感極めた「歩ける椅子」、医師の疲労を軽減ニット—、医療施設向けにレンタルを開始」(2018 年 11 月)
- コンピュータ外科学で、外科手術をサポートする — 中村亮一・千葉大学フロンティア医工学センター准教授, Top Researchers 2018 年 10 月 23 日掲載 (2018 年 10 月)
- テレビ東京 ゆうがたサテライト 2017 年 12 月 8 日(金) 放送, 特集「模擬臓器 作ったのは? 医療・健康に異業種参入のワケ」(2017 年 12 月)
- BS-TBS 「ヒポクラテスの誓い」 #64, 2017 年 6 月 24 日放送, 「日本初の埋め込み型補助人工心臓開発した医師 心臓血管外科医 山崎健二」「ヒポクラテスの同志 先端医療を支える町工場 エンジニア高山成一郎」(2017 年 6 月)

③ アウトリーチ

- コンピュータ外科学: ロボット・IT 技術による先端医療イノベーション, 千葉市科学館 大人が楽しむ科学教室, 2018 年 7 月 8 日 (2018 年 7 月)
- 手術支援分野における ICT・ロボット工学技術応用の現状と未来, 経営支援 NPO クラブ, 2018 年 2 月 27 日 (2018 年 2 月)

- 日本科学未来館 サイエнтиスト・クエスト—あなたと考えるあたらしい科学とくらし
「情報技術で手術が変わる？」(2017 年 7 月)

・廣井 悠

① 著作物

- 大阪府北部地震と地震火災, 東京消防, 東京消防庁 (2019 年 6 月)
- 地震火災専門委員会(文責:廣井悠):2018 年北海道胆振東部地震に関連して発生した地震火災の状況, 火災誌, 日本火災学 (2019 年 4 月)
- 巨大災害時における人口変動の予測技術, 都市計画, Vol. 337, 日本都市計画学会 (2019 年 3 月)
- 地下街の災害リスクと避難, 消防防災の科学, No. 134, 消防防災科学センター (2018 年 10 月)
- 南海トラフ巨大地震後の疎開シミュレーションと安全・安心な国土の形成, 生活協同組合研究, Vol. 506, 生協総研(2018 年 3 月)

② アウトリーチ

- これからの都市防災[招待講演], 名古屋市北区防災講演会 (2019 年 8 月)
- 帰宅困難者対策の展望と企業を核とした防災まちづくり[招待講演], BOCO 防災フェア (2019 年 8 月)
- 津波火災と避難行動[招待講演], 福井新聞・河北新報むすび塾 (2019 年 6 月)
- 大規模災害時の出勤・帰宅困難問題[招待講演], 自治体総合フェア (2019 年 5 月)
- 日本科学未来館 サイエнтиスト・クエスト—
「大規模災害から逃げやすいまちづくり」(2017 年 8 月)

・松宮 一道

① 著作物

- 眼球運動と視知覚, 「視覚の科学」2018. 39(2), 21-26. (2018 年 6 月)

② 報道(プレスリリース)

- What and where in the processing of body-part information, EurekAlert!, (2019 年 4 月)
- 自分の身体に気づくための二つの処理過程を発見 ～リハビリテーションなど身体認知のメカニズム理解へ～ (2019 年 1 月)

③ アウトリーチ

- 日本科学未来館 サイエнтиスト・クエスト—
「私たちの心と身体の不思議な関係をさぐる！」(2017 年 8 月)
- 仙台市立中学校「夏休み大学探検」(2017 年 8 月 4 日)

別紙

「社会と調和した情報基盤技術の構築」領域 事後評価実施 研究課題名および研究者氏名

研究者氏名 (参加形態)	研究課題名 (研究実施場所)	現職(2020年3月末現在) (応募時所属)	研究費 (百万円)
五十嵐 悠紀 (兼任)	手芸・工芸のための対話的な形状デザイン手法 (明治大学総合数理学部)	明治大学 総合数理学部・専任准教授 (同部・専任講師)	15
江崎 貴裕 (専任)	ボルツマンマシンを利用した 脳の機能障害ダイナミクスの理解 (東京大学 先端科学技術センター)	東京大学 先端科学技術センター 研 究員／科学技術振興機構 さきがけ 研究者 (同上)	38
カイ クンツェ (兼任)	Collective Open Eyewear- Glasses to Augment the Intelligence of Society (慶應義塾大学大学院)	慶應義塾大学 大学院メディアデザイン研究科・教授 (同上・准教授)	39
栗田 雄一 (兼任)	個性と調和する相応型人間機械システム 設計論の構築 (広島大学大学院)	広島大学 大学院工学研究科・教授 (同上・准教授)	43
小泉 直也 (兼任)	環境光採光型空中像による行動誘発型情報 提示の公共空間への展開 (電気通信大学大学院)	電気通信大学 大学院情報理工学研究科・助教 (同上)	37
笹原 和俊 (兼任)	多様な情報流通と価値創造を支援する ソーシャル・ネットワーキング原理の構築と実証 (名古屋大学大学院)	名古屋大学 大学院情報学研究科・講師 (同科・助教)	33
仲谷 正史 (兼任)	安心感の醸成と孤独感の低減をめざす Emotional Reality 情報技術の確立 (慶應義塾大学環境情報学部)	慶應義塾大学 環境情報学部・准教授 (JST・さきがけ研究員)	44
中野 珠実 (兼任)	瞬きを手がかりとした人とロボットの 情報共有促進システムの開発 (大阪大学大学院)	大阪大学 大学院生命機能研究科・准教授 (同上)	40
中村 亮一 (兼任)	解剖・作業情報の計測・分析・提示技術に 基づく外科医療の最適化 (東京医科歯科大学生体材料工学研究所)	東京医科歯科大学 生体材料工学研究所・教授 (千葉大学 フロンティア医工学センター・准教授)	42
廣井 悠 (兼任)	多様な情報から未経験の災害現象を推測する 次世代型被害予測技術の開発 (東京大学大学院)	東京大学 大学院工学系研究科・准教授 (同上)	41
松宮 一道 (兼任)	視線行動に基づいた心の中の身体の可視化と 身体適正化を支援する基盤技術の創成 (東北大学大学院)	東北大学 大学院情報科学研究科・教授 (同大学 電気通信研究所・准教授)	37

研 究 報 告 書

手芸・工芸のための対話的な形状デザイン手法

研究タイプ：通常型

研究期間：2016年12月～2020年3月

研究者：五十嵐 悠紀

1. 研究のねらい

手芸や工芸などのクラフトを対象にした創造的作業の知的支援システムの構築を目指す。手芸・工作の知識を持たない初心者(例：子ども、主婦、お年寄り)でも、簡単に設計をしたり、制作作業をしたりできるような支援技術の研究およびシステムの開発を行う。通常、手芸や工芸といった分野は立体物(3次元)を制作するために、対応する平面(2次元)の「パターン(型紙)」を設計することが必要であり、これは専門家が長年の経験や勘を頼りに試行錯誤をしながら手作業でデザインしていることが多く、「手芸を楽しむ」といった趣味のユーザは専門家によるパターンを利用して作っている。

本研究では、物理シミュレーションを適用しながらのモデリング手法を用いながら手芸作品の設計支援システムを作成した。これらのシステムに裁縫技術がなくて実際には制作できないような複雑なデザインにならないよう、作る人の技術力に応じて設計段階から考慮することを組み込んだ。具体的には、設計段階で制作難易度を表示し、自分の制作技術のレベルに応じたデザインを行えるよう支援した。具体的には制作時間の算出やそれに基づく制作難易度評価、作業工程の複雑さなどの所定の必要な指標を設計(モデリング)時に取り込み、その制約の中で設計することを行った。

2. 研究成果

(1)概要

技術的取り組みとして、これまで行ってきた物理的な制約の下での形状モデリングの枠組みをより多様な応用へと展開していった。具体的には、かごデザイン(クラフトバンドデザイン)、ストリングアート、ポップアップカード、ボンボン手芸、ビーズデザイン、など身の回りの手芸、工芸を対象とした。趣味として楽しむ際に出来合いのデザインではなく、自らが設計したデザインで制作することでより楽しめると考える。対象とした手芸、工芸は現実世界での試行錯誤が難しいもの、組み立てが複雑なもの、コンピュータで支援できる可能性を秘めているものを中心に選択した。また、現状ではどれも手作業でデザインされており、コンピュータを導入することでこれまでにない形状などが現れる可能性を検討した。

(2)詳細

<研究テーマA：制作難易度評価技術>

手芸や工芸作品における制作の難易度はすでに設計完了段階で決定される。設計を終えた状態で難しいものができてしまっているとそれを簡単に作ることは不可能である。これまでのワークショップではボランティアスタッフが設計段階にあまり作りこまないようアドバイスすることで最終的な制作時間を調整していた。そこで、技術がなくて制作できないような複雑なデザインにならない

ように設計段階から制作難易度を考慮し、提示することを行った。

①クラフトバンドを利用した紙工作のためのモデリング手法

クラフトバンド工作を対象として初心者が簡単にデザインできるよう、インターフェースの設計とモデリング手法を提案した(図1)。ユーザはデザインするとリアルタイムにシステムで反映結果を見ることができる。修正したら最終的に必要なクラフトバンドのそれぞれの色および長さが算出され、ユーザに提示する。また、実際の制作過程をCGで支援するインターフェースも構築した(後述)。本プロトタイプシステム BandWeavy は、第26回 Visual Computing 2018 にてポスター発表を行い、ポスター発表賞を受賞した(5項、主な学会発表-1)。また、第26回インタラクティブシステムとソフトウェアに関するワークショップ(WISS2018)でも研究者とディスカッションを重ねて、これらの内容をまとめて国際学術誌 IEEE Computer Graphics and Applications に掲載された(5項、論文発表-1)。

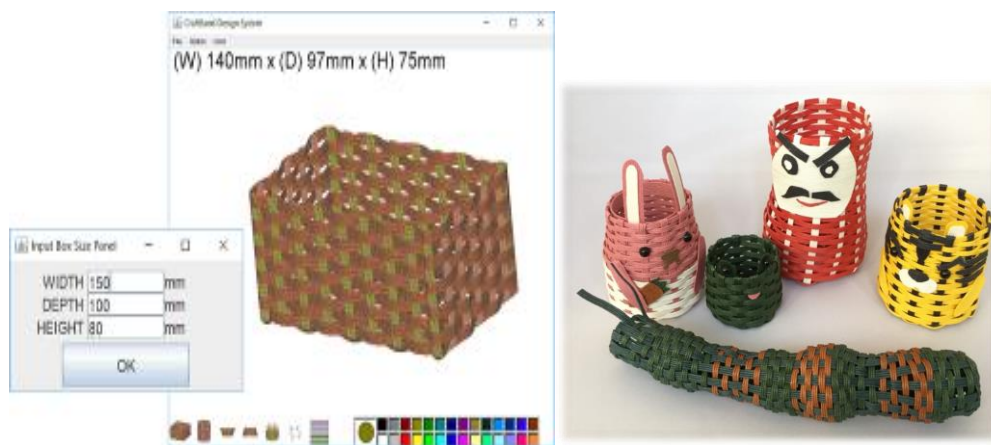


図1:クラフトバンドシステム BandWeavy とデザイン例

②ストリングアートデザインのための支援システム

ストリングアートという釘を打ち付けた板に糸を引っ掛けることで絵を描くアート作品を対象にして支援システムを構築した(図2)。製作するには板に多くの釘を打ち付ける必要があり、実際に糸を掛けて完成させるのに多くの手間と時間がかかる。また、完成させるまで絵としての全貌が見えないで釘の本数、糸をかける回数による完成形を想像するのが困難である。そこで、完成形となる絵を事前に完成形を確認することができ、釘と板を3Dプリンターで出力することによって製作者の負担を減らすことを行った。本システムは第26回インタラクティブシステムとソフトウェアに関するワークショップ(WISS2018)にてデモ発表を行った。



(a)釘の位置、下図の調整

(b)糸を掛けるシミュレーション

(c)3D プリンターで出力

(d)完成品

図2: システムでのデザインの流れ

③球体ポップアップカードのデザイン支援

球体ポップアップカードとは、円盤型の切り絵を格子状に組み立てて作る立体のアート作品であるが、立体の完成形をイメージしながら平面の型紙をデザインすることは初心者には難しい。そこで、好きなデザインを描くと完成図を3次元モデルで表示し、型紙を自動で生成するシステムを提案した(図 3)。ユーザは円盤型の型紙の中に自由に図柄をデザインし、システムは切り絵の制約である1枚に繋がった型紙を自動生成する。カッティングプロッタなどを用いて切断し、組み立てることで、ユーザは好きなデザインの作品を作ることができる。第 26 回インタラクティブシステムとソフトウェアに関するワークショップ (WISS2018)にてデモ発表を行った。



(左)立体完成画面に反映されている様子、 (右)ユーザによるデザイン

図 3: デザイン例

④2次元の木目込みデザインのための制作支援

初心者でも簡単に、オリジナリティのある2次元の木目込み細工を作れるような制作支援システムを提案した(図 4)。ユーザがデザインをするためのペイントツールと、作成したデザインを元に型の3次元モデルを自動生成するスクリプトを開発した。ユーザはこのシステムで生成した3次元モデルを3次元プリントして実際に木目込みを行うことで、自分だけの木目込み細工を作成することができる。木目込みを行なった後の形状をペイントツール内で再現することで、出来上がりを確認しながら修正を行って、初心者でも納得のいくデザインが容易に作れるシステムを目指した。本システムは第 26 回インタラクティブシステムとソフトウェアに関するワークショップ (WISS2018)にてデモ発表を行った。

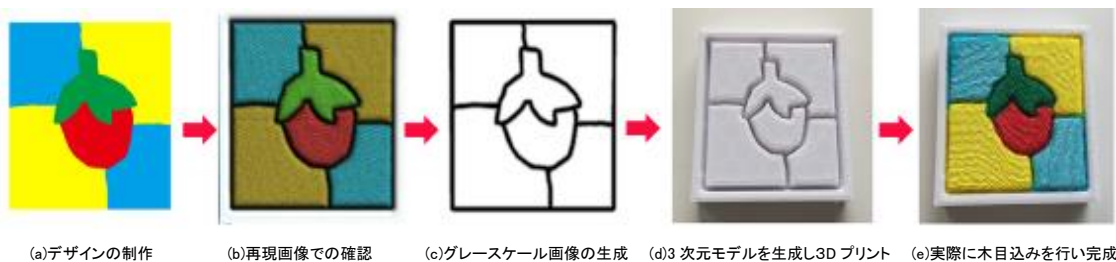


図 4: 木目込みデザイン支援システムの流れ

これに制作時間を算出し、提示したシステムへと発展させたものを、ヒューマンインタフェースシンポジウム 2019 にて発表を行った。また、木目込み細工の立体作品をデザインするためのシステムを WISS2019 にてデモ発表を行った(図 5)。



図 5: 木目込み細工の立体作品
デザインシステム

⑤動物の革細工制作のための設計支援ツール

ヌメ革という革を使った動物の革細工を対象に設計支援ツールを制作した。この革は水で濡らすと柔らかくなり形を変えることができるという性質を持ち、型紙があれば手で形を形成するだけであるため簡単に作ることができる。本支援システムでは一枚の革から立体の形を作るためのデザイン支援を行った。ユーザが作成したい対象の動物の 3 次元サーフェスモデルを本システムに入力してシステム上でデザインすることで、それを革細工で表現するための型紙を得ることができる(図 6)。本内容は第 182 回 ヒューマンコンピュータインタラクション研究会にて発表を行った(5 項、主な学会発表-3)。

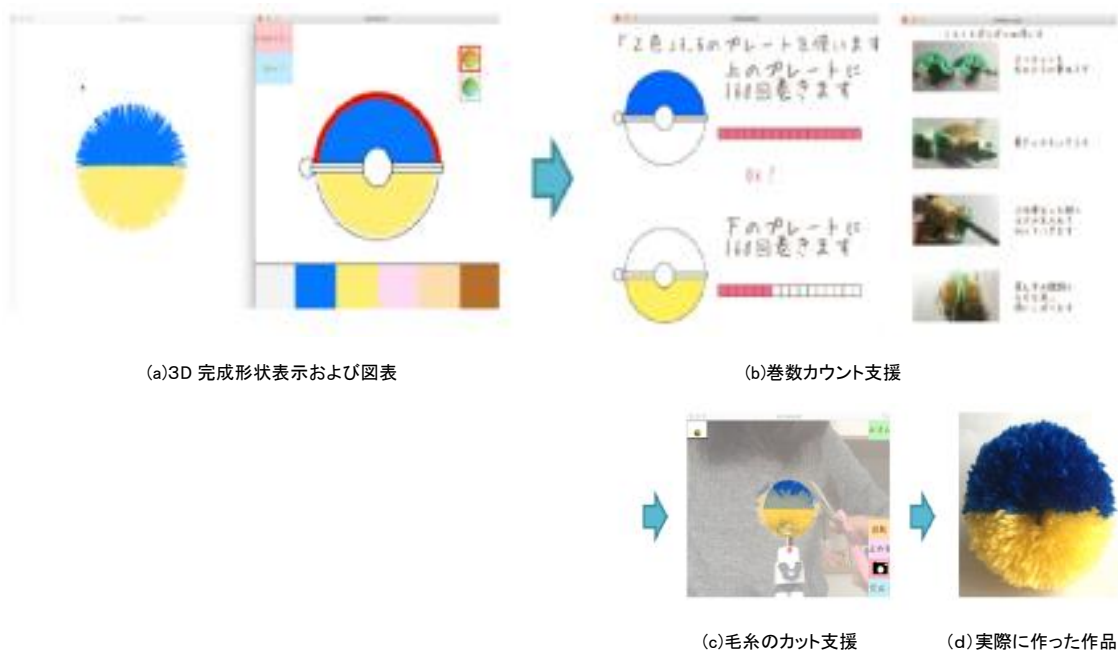


(左) アドオンと3次元モデル入力画面 (中央) システムで制作した型紙 (右) 制作した革細工

図 6: 動物の革細工のためのデザイン支援システム

⑥ボンボン手芸を対象としたデザインおよび制作支援

毛糸を巻いて、好きな形にカットして動物などを作る「ボンボン手芸」を対象にデザインおよび制作を支援するシステムを提案した(図 7)。このシステムを使うことによって、最後まで諦めずに手芸を楽しんでもらうことができる。本システムは第 25 回 インタラクティブシステムとソフトウェアに関するワークショップ (WISS2017)にてデモ発表を行った。



(a) 3D 完成形状表示および図表

(b) 巻数カウント支援

(c) 毛糸のカット支援

(d) 実際に作った作品

図 7: ポンポン手芸の支援システム

⑦ポーチを対象とした型紙デザイン支援及び製作支援システム

ポーチを題材にして、ユーザが製作したいポーチのデザインから、実際に完成させるまでを支援するシステムを提案した(図 8)。ユーザは 3 つのデザインのポーチから 1 つを選択し、大きさを入力する。システムは入力された数値からそれぞれに合った型紙を計算することで必要な材料の調達やパーツの裁断を支援する。また、製作手順を表示することでポーチの製作過程を支援する。さらに自分の使いたい布の柄をデザインし、それを型紙製作支援システムや手順表示システムと組み合わせることもできる。デザインした布の柄を用いた製作支援表示により、より具体的で意欲のわく製作支援が可能になる。本システムは第 25 回インタラクティブシステムとソフトウェアに関するワークショップ (WISS2017)にてデモ発表を行ったあと、デモ発表でもらった意見を元に研究を引き続き進め、ユーザスタディを行った後に、論文誌へ投稿し、画像電子学会論文誌にショートペーパーとして採択された(5 項、主な論文発表-2)。

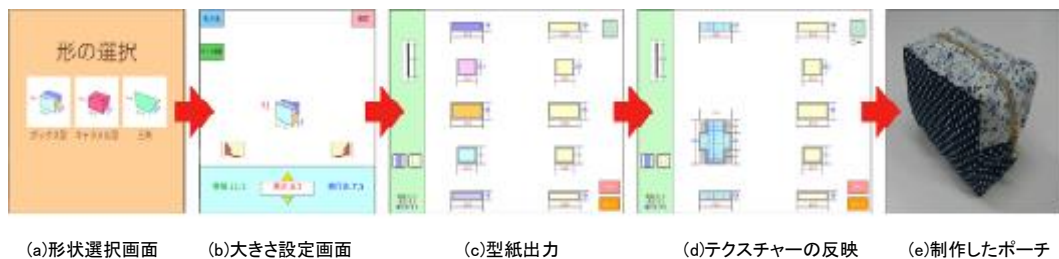


図 8: 提案システムの概要

そのほか、手芸、工芸作品に関して、初心者では難しかった設計をコンピュータグラフィックスや数学・物理学の知識を用いてコンピュータに実装し、ユーザインタフェースの観点から初心者を使いやすいシステムになるよう研究・実装を進めてきた。本研究のテーマである「難易度設計支援」というところまで踏み込んで研究を行っている。

＜研究テーマ B : 3 次元コンピュータグラフィックスを用いた制作手順支援＞

3 次元 CG が普及してきているものの手芸の制作過程を伝達する方法はすべて 2 次元のイラストや写真を紙面上で見ながら行うに留まっている。制作過程の動画をオンライン動画サイトなどにアップしているものもあるが、効率的ではなく、特に撮影した方向からしか見ることができない、すでに制作した部分にオーバーラップしてしまう際には見づらい(もしくは見えない)などといった制約がある。本研究ではインタラクティブなコンピュータグラフィックスを利用することで、ユーザにとってわかりやすい制作手順の提示や構造の可視化を行い、制作過程を支援する。「自分で作らないといけない」ではなく、「自分で作りたくなる」のように興味を持たせることのできる制作支援を目指した。

①クラフトバンドを利用した紙工作のための制作支援

クラフトバンド工作のシステム(5 項、論文発表-1)では 3 次元 CG による制作支援を備えてい

る(図 9)。1 ステップずつコンピュータグラフィックスで提示することで自分がデザインしたオリジナルデザインでの制作提示が可能になり、実物の制作物と一対一対応が取れるため、作りやすくなる。



図 9: 提案システムの概要

②ストリングアートデザインのための製作支援手法

初心者のユーザがストリングアートをデザインすることを支援するため、デザイン過程での支援と自動で制作経路を算出するシステムを提案した(図 10)。算出した制作経路手順を LED ライトで順に提示することで制作過程も支援した。この過程は従来、釘に糸を掛けて制作する際には、釘の番号を逐一数えながら糸を掛けていく必要があり、ミスが起きやすく後戻りも困難なため、製作には多大な時間を要していた。本システムでは釘の位置に LED ライトを設置し、糸を掛ける手順をライトによって提示することで制作を簡略化した。ライトの提示を自動化することにより、制作中に両手が塞がっていても制作が可能となる。また制作に必要な糸の長さや時間をシミュレーションにより計算し提示している。本システムを利用することで、自由にデザインしたストリングアートを簡単に制作することができる。本システムを WISS2019 のデモセッションにて発表を行い、フィードバックを得た。

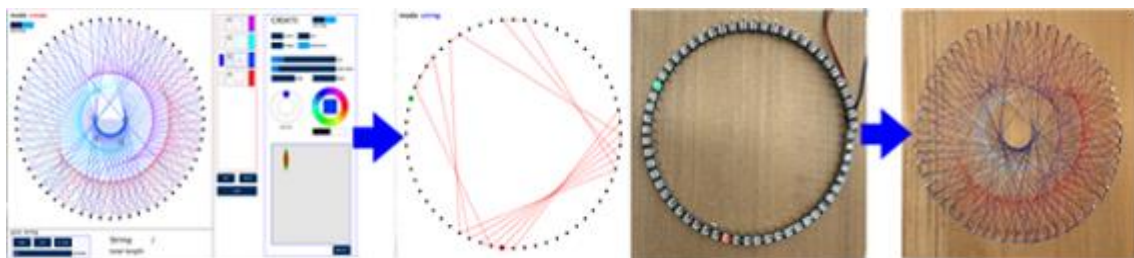


図 10: システムでの設計、および LED ライトを用いた制作支援

③プロジェクションを用いた折り紙の折り方提示手法

実際の折り紙を折りながら、折り紙上に折り図をプロジェクションする制作手順手法を提案した(図 11、図 12)。ユーザにとっては折り紙と折り図を同時に視認することができ、より正確かつ容易に手順を理解することが可能となる可能性を探るため、プロトタイプシステムを構築した。本システムのプロトタイプをヒューマンコンピュータインタラクション研究会で発表しフィードバックを得て、改良したものを WISS2019 のデモセッションにて発表を行い、フィードバックを得た。

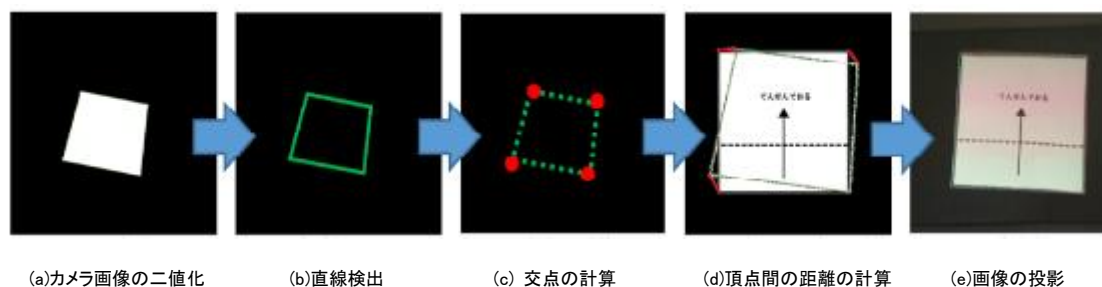


図 11: 折り図の投影処理の流れ

このように、CG を利用することで最後まで作れるように工夫したシステムを提案してきた。システム内での 3 次元 CG 表現による支援だけでなく、プロジェクションマッピングや LED ライトなどを用いた提示により制作をより簡便に支援することを行った。

④羊毛フェルトを用いたマスコット制作支援

更に、羊毛フェルトを対象としてオリジナルな作品を制作するための支援システムの提案を行った。システムの構成図は図 12 のようになっており、提案システムではスマートグラスを用いて完成予想モデルを 2 次元と 3 次元の両方で表示することとした。図 13 にシステムを使った一連の制作支援の流れを示す。制作段階の羊毛フェルトのサイズを取得し、歪みが生じた場合には完成予想モデルの更新を行うことで、ユーザがイメージしたものにより近い作品の制作を目指すための支援を行った。

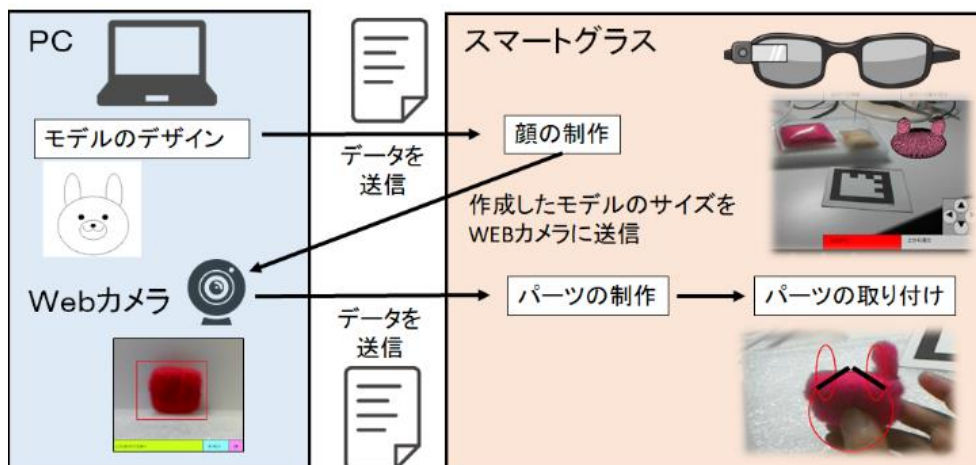


図 12: システムの構成図

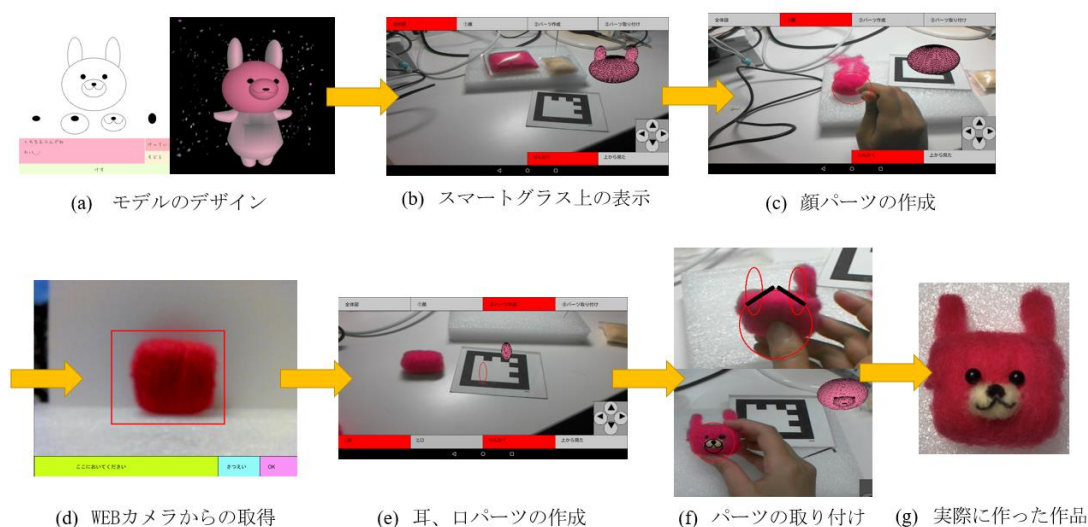


図 13:システムでの制作支援の流れ

<研究テーマ C：支援システムを用いたワークショップ開催などによる知見の収集>

① ビーズデザインシステムを用いた設計・制作ワークショップ

ビーズを対象とした設計・制作支援システム Beady を用いて一般を対象としたワークショップを開催した(図 14)。ビーズデザインシステムを用いたワークショップでは中学生を対象として 20 名が参加し、コンピュータを用いてデザインを行ったあと、コンピュータによる制作支援を用いて実際のビーズ作品を作成するところまで行った。ワークショップで得た知見をもとに研究を進めている。



図 14: ビーズデザインシステム Beady を用いたワークショップの様子と作品例

② クラフトバンドデザインシステムを用いた設計・制作ワークショップ

先に紹介したクラフトバンドシステム BandWeavy を用いて、中野区教育委員会と共催でワーク

ショップを行った(5項、アウトリーチ-1、2019年10月12日開催予定であったが、台風19号の接近により中止となった)。

③ 羊毛フェルトを用いたマスコット制作のユーザスタディ

先に述べた羊毛フェルトを用いたマスコット制作支援システムのユーザスタディを行った。ユーザスタディの様子を図15に、完成したものを図16に示す。左から、ユーザがデザインしたもの、本システムを使用して作成したもの、本システムを使用しないで作成したものである。写真から見られるように本システムを使用した場合がデザインしたものに近いものとなった。また被験者からも、本システムを使用した方がイメージしたものに近いものが完成したとの声があった。このことから本システムでの制作支援技術を用いることで羊毛フェルトでのマスコット作成においてユーザのイメージに近いものを作成できると考えられる。



図 15: ユーザスタディの様子



図 16: ユーザスタディの結果:(左) システム内でのマスコットデザイン、(中央)本システムで制作過程を支援したもの、(右)システムを使わずに制作したもの

④木目込みデザインシステムを用いたユーザスタディ

先に述べた木目込みデザインシステムを用いて、子どもを対象としたユーザスタディを行った(図 17)。システムの使い方は通常のペイントソフトのように使えるためほとんどレクチャーの必要はなく自由に絵を描いていた。マウスで絵を描く子どももいればペンタブレットを用いてペンで描く方を好む子どももいた。デザイン1の制作まで終わったあとに、次のデザインにとりかかるといった手順で実験を行った。制作は3次元プリンターでの出力時間(およそ1つあたり1時間半~2時間)が必要であるため、1日一人1つの制作として全体で数日間にわけて制作を行った。図18に、図17のUser B(デザイン2)のデザイン過程の様子を示す。20分程度の予想時間が表示されると簡単すぎると判断しもう少し複雑なデザインに変更していたが、50分を超えると時間がかかりすぎると判断してもっと簡易的なデザインへと修正を行っていた。その結果、図17のデザイン2のような予想時間40分のデザインを作ることになった様子であった。

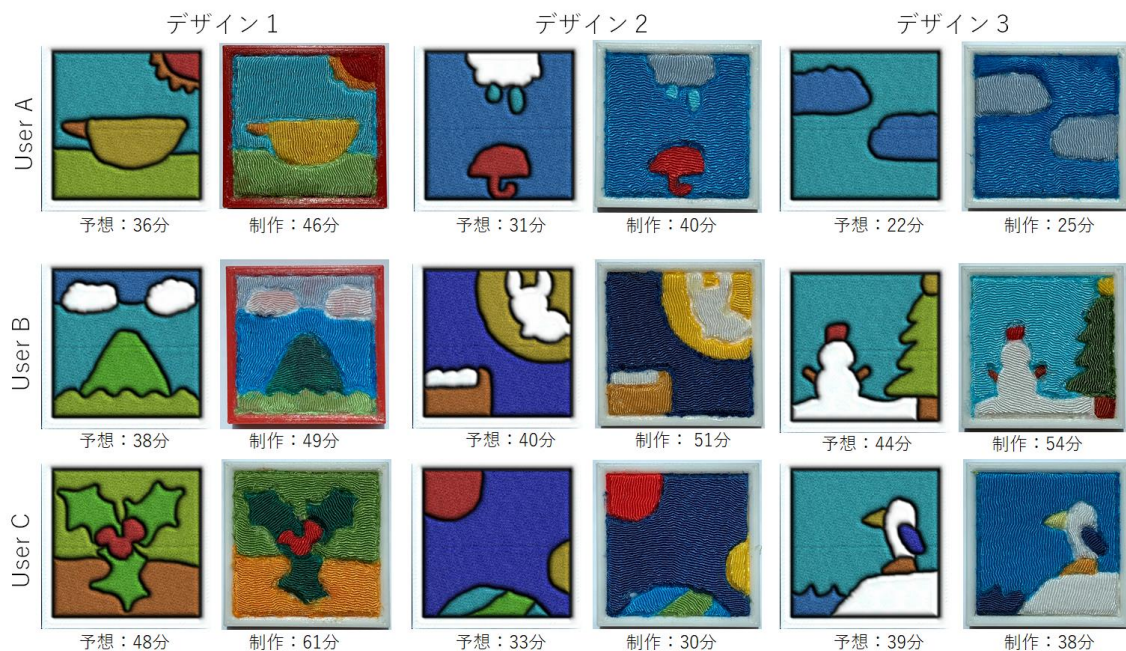


図 17: 木目込み細工を使ったユーザスタディ

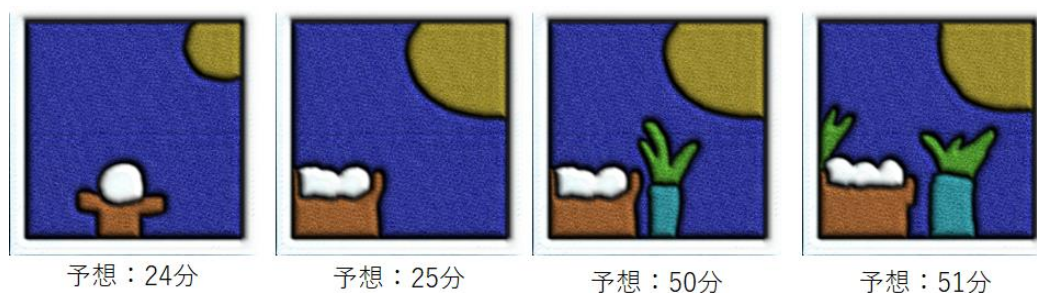


図 18: 制作時間を見ながらデザインの試行錯誤をする例

⑤書籍執筆『AI 世代のデジタル教育 6歳までにきたえておきたい能力 55』

これまでのワークショップの経験を活かして、幼児教育および初等教育に関する専門家に取

材に行き、現場を見たうえで、これからの子どもに必要な力を家庭で取り組める方法を提案する書籍を執筆した(5 項、著書-2)。今の子どもたちのデジタル環境について、親としてどのように整えていくと良いか論じた。情報技術分野の研究者の立場からの議論と、(幼児教育の専門家ではない)一般の母親としての子育ての経験を組み合わせた点がオリジナリティである。

ベネッセ、ひよこクラブ、プレジデント Family などの各誌や育児・教育情報サイトからの取材も非常に多く、反響の大きい書籍となった。また、韓国語版(出版社:Wisdomhouse Mediagroup Inc.)、台湾語版(出版社:先覚出版社(園神出版社))が翻訳され発売となった。

⑥書籍執筆『スマホに振り回される子 スマホを使いこなす子』

スマートフォンやタブレットに関する内容について小中学生の子どもを持つ親を対象にした書籍を執筆した(5 項、著書-1)。SNS やゲームをはじめとした「どのような危険があるか」といった書籍はすでに多々発売されているが、「どのように使いこなせば安全か」「現状の教育現場ではどのように使われているか」「生徒たちはどのように自分の力をスマートフォンやタブレットを使って生み出しているか」といったうまく活用する方法についてはあまり述べられていないことから、これらを中心にスマホを使いこなすとどのようなことができるのかについても触れた書籍となっている。インターネット社会の現在とその対処法も記載されている。

3. 今後の展開

これまでの一連の研究成果のシステムを使用したワークショップを一般の人々を対象として開催し、知見をまとめて国内外の論文誌に投稿することで研究成果としてまとめる。またこのような手芸設計支援の観点からコンピュータグラフィックスや数学に興味をもつ子どもたちが増えるような入口になるためにも、論文としての対外発表だけでなく書籍やインターネット上のコラムなどを通じてわかりやすく知見を広めていき、研究を展開していく予定である。

4. 自己評価

＜研究目的の達成状況＞

当初の研究目的であった、手芸設計支援の設計している段階からの難易度評価について様々な手芸・工芸を対象として行ってきた。実際には制作時の個人差や慣れの問題も大きく制作時間の提示などは目安にしかならないこともわかったが、個々の作品の相対的な目安の提示には十分使え、難しすぎる作品は作らない(自分ができる技量のものを作る)といったところは支援することができた。個々の成果全てに対してワークショップなどで評価したわけではないため、今後一般を対象としたワークショップをするなど還元できることを検討している。また、書籍を通じて、論文読者とは異なる層への研究成果の展開ができたことは社会への大きな還元の一つと考える。

＜研究の進め方(研究実施体制及び研究費施行状況)＞

研究実施体制は主に明治大学総合数理学部五十嵐悠紀研究室の学生と体制を組んだ。専門的な知識や知見が欲しいところではその都度、その分野に詳しい先生を尋ねるなどして進めてきた。研究費施行状況は企業さんとの連携が進みそうになったり止まったりということ

繰り返していた点が心残りである。手芸業界は人力で行っているところが多く、なかなか連携まで進むことが難しかった。

＜研究成果の科学技術及び社会・経済への波及効果(今後の見込みを含む)＞

一般への展示やワークショップ、書籍出版の予定などもあり、今後も本成果を社会へ還元していくことができる見込みである。

5. 主な研究成果リスト

(1)論文(原著論文)発表

- | |
|---|
| 1. Yuki Igarashi. BandWeavy: Interactive Modeling for Craft Band Design IEEE Computer Graphics and Applications, 2019, Volume: 39, Issue: 05, Pages: 96–103. |
| 2. 池田優希, 五十嵐悠紀. 「ポーチを対象とした型紙デザイン支援及び製作支援システム」画像電子学会論文誌 第 48 巻 第 4 号(通巻 250 号)ショートペーパー, 2019. |
| 3. Yuki Igarashi, Takeo Igarashi, Jun Mitani. "Computational Design of Iris Folding Patterns" Computational Visual Media, December 2016, Volume 2, Issue 4, pp 321–327, 2016. |

(2)特許出願

研究期間累積件数:0 件

(3)その他の成果(主要な学会発表, 受賞, 著作物, プレスリリース等)

主な学会発表

1. 五十嵐 悠紀「クラフトバンドを利用した紙工作のためのモデリング手法」第 26 回インタラクティブシステムとソフトウェアに関するワークショップ (WISS2018),(査読あり)
2018 年 9 月 26–28 日.
2. 五十嵐悠紀,「クラフトバンド工作のためのデザイン支援システム」VC2018, 2018 年 6 月 21–23. (ポスター発表賞受賞)
3. 大柏 卓也, 五十嵐悠紀「動物の革細工制作のための設計支援ツール」, 第 182 回 ヒューマンコンピュータインタラクション研究会, 2019 年 3 月 18–19 日.

受賞

1. 情報処理学会 マイクロソフト情報学研究賞「手芸のための対話的な形状デザイン手法」, 2017 年 3 月 16 日.

著書

1. 五十嵐悠紀『スマホに振り回される子 スマホを使いこなす子 (ネット社会の子育て)』(ジアース教育新社) ISBN: 978-4863715103, 2019 年 9 月 6 日発売
2. 五十嵐悠紀『AI 世代のデジタル教育 6 歳までにきたえておきたい能力 55』(河出書房新社), ISBN: 978-4309253671, 2017 年 6 月 23 日.

アウトリーチ

1. 明治大学×中野教育委員会「小学生対象理科ワークショップ『コンピュータグラフィックスを使ってオリジナルペン立てを作ろう』」明治大学中野キャンパス,
2019 年 10 月 12 日.以上

研 究 報 告 書

ボルツマンマシンを利用した脳の機能障害ダイナミクスを理解

研究タイプ：通常型

研究期間：2016年12月～2020年3月

研究者：江崎 貴裕

1. 研究のねらい

人間の思考や行動を司る脳の複雑なメカニズムは依然、深い謎に包まれている。特に、近年では単一のニューロンや脳の局所的な働きでは説明できない、複数の脳領域にまたがった連携が重要な役割を果たしていることが示唆されている。このような複雑な連携を紐解くためには、これらの脳活動の時間変化をひとまとめにして分析する手法が必要である。このために用いられる手法の一つがエネルギー地形解析と呼ばれる、多数の時系列を「エネルギー地形」の上に表現することで、ダイナミクスをとらえやすくする方法である。本プロジェクトでは、これを発展させて脳活動ダイナミクスを効率的に分析し、脳の活動のダイナミクスがどのように人間の脳の機能と関係しているかを明らかにすることを目指す。それにより、精神疾患をはじめとする脳の機能障害を発見し、特徴づける方法論を確立する。特にうつ病や、自閉症、統合失調症といった精神疾患では、こうした理解が正しい診断や処方につながる。現在、精度の高い治療が困難であるこうした疾患に対して、より精緻な理解を可能にすることで将来的な医療応用につなげる。

2. 研究成果

(1) 概要

まず、技術面の成果として、エネルギー地形解析の効率の良いアルゴリズムを確立し、より高速に、より広い問題に対して適用を可能にした。このアルゴリズムを実装したプログラムはソフトウェアとして一般のユーザーでも使いやすいうように整備して公開した。これは現時点で既に広く使用されており、別の研究者がこれを用いた論文も発表されている。

次に、実際にこれを用いて様々な文脈で脳の活動データを分析した。人間の認知機能の低下や、統合失調症、流動性知性、リスクに対する評価など、様々な脳機能の変化がダイナミクスの違いとして理解できることを示した。特に重要な概念として、「脳の状態の自発的な切り替えの速さ」という指標が、様々な脳の機能を良く説明することを発見した。

さらに、このエネルギー地形で表される状態を理論的に分析し、物理学の相転移と関連付けることに成功した。これは今まで知られていた脳の臨界理論とは異なるもので、脳のメカニズム理解に大きく貢献するものと考えられる。

(2) 詳細

エネルギー地形解析の効率化とソフトウェアの公開

エネルギー地形解析は、それを構成する一つ一つの分析に大きい計算量を必要としているため、データが大きくなると適用できない問題があった。本プロジェクトでは、精度の良い近似計算アルゴリズムの実装とダイクストラ法を用いた計算の簡略化により計算量を大幅に減少させた。これにより、手法の応用範囲を大きく広げることに成功した。本成果については原

著論文1. にまとめた。また、MATLAB 上の簡単なボタン操作でこの解析が実施できるソフトウェアを作成し、公開した(その他の成果1.)。このソフトウェアについては既に多くの研究者に広く使用されており、インパクトがあったと考えられる。

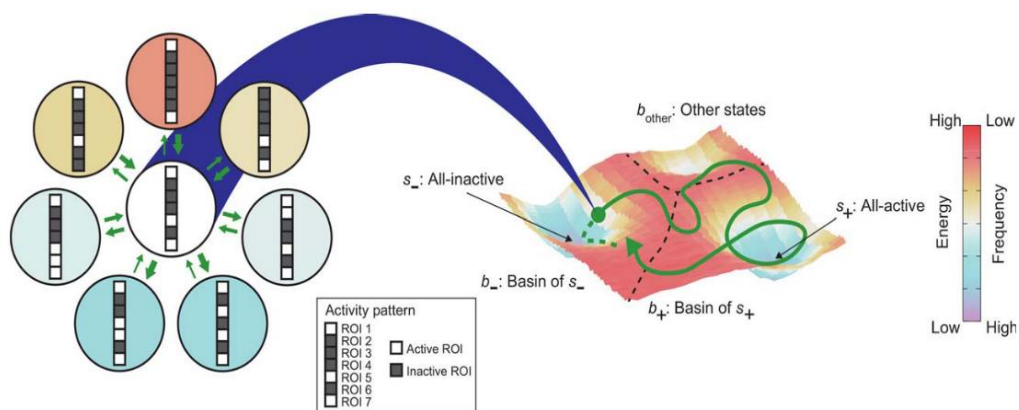


図. エネルギー地形解析の概念図.

脳ダイナミクスの定量化と様々な脳データの分析

まず、人間の認知機能の低下について脳のダイナミクスを分析した(原著論文2.)。これにより、特定の脳のネットワークの状態が切り替わる効率(ease of transition)が認知機能を良く説明していることを発見した。また、この効率を分析することにより、高齢化に伴って脳の機能があるネットワークから別のネットワークにシフトしていることも明らかになった。

さらに、このような「切り替え」は脳のネットワークの機能を良く特徴づけているということが明らかになりつつある。現在投稿準備中の研究では、統合失調症の患者と健常者との間で特定の脳状態の間の切り替えの様子が異なっていることが分かった。また他にも、人間のリスクに対する内部評価が切り替えの頻度で良く説明され、さらにそれが脳内物質と紐づいていることも分かっている。

このように、「脳状態の切り替え」という切り口で様々な脳機能が良くとらえられることが分かった。これは、静的な指標に頼ってきた従来研究とは大きく異なる新しいコンセプトであり、今後の発展が強く期待される。

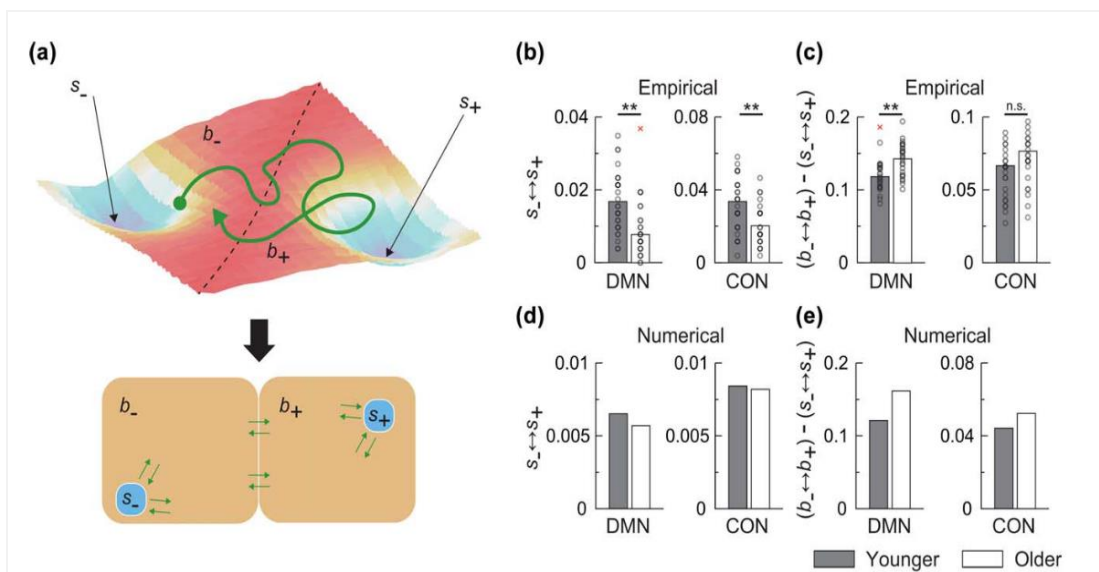


図. 脳の認知機能を良く説明するネットワークダイナミクス.

脳の切り替えにおける理論的な理解

脳状態の切り替えは、それが表現される「エネルギー地形」と強く結びついている。このエネルギー地形について一般的な理解を得るため、物理学の一分野である統計力学の理論を用いた解析を実施した。エネルギー地形解析では、エネルギー地形を最大エントロピーモデルと呼ばれるモデルで表現する。これは統計力学では Ising モデルと呼ばれる磁性体のモデルと本質的に同じものである。脳の状態を一つの Ising モデルで表現される磁性体とみなすと、どのような物理的な性質があるのかを調べた。この磁性体には、常磁性相、強磁性相、スピングラス相と呼ばれる三つの状態が存在することが知られている。本研究では脳の状態が常磁性相とスピングラス相の間に調整されていることがわかった。スピングラス相とはエネルギー地形に多くの谷が出現する状態に対応し、特に相と相の境界でこの谷の深さが極めて深くなる。脳の状態はこのような物理的な性質を利用して、様々な脳活動のパターンを持続させ、かつ適度にフレキシブルな状態を維持していることが示唆される。この研究は原著論文5. としてプレプリントサーバに発表し、現在、査読審査中である。

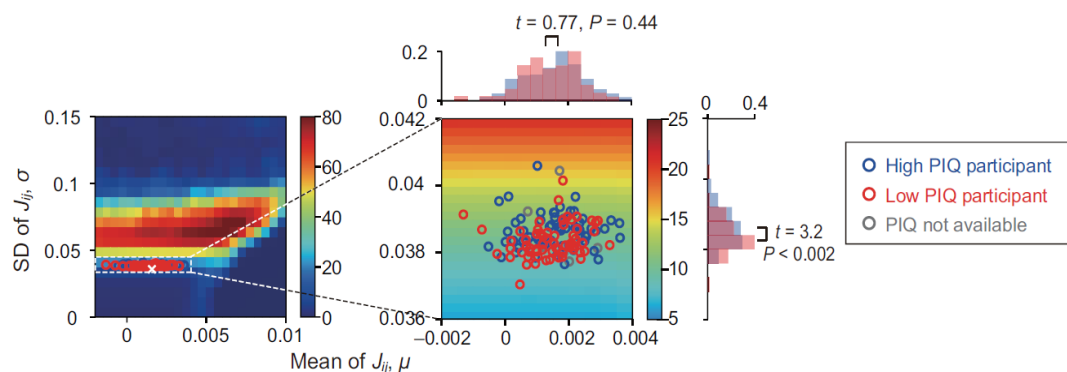


図. Ising モデルとして脳活動を見たときの個人の脳活動の特性.

3. 今後の展開

脳の切り替えによるダイナミクスの定量は様々な任意の脳活動、脳機能の分析に応用が可能である。このようにして様々な脳機能とダイナミクスの間に対応をつけていく。それにより、個々の問題がよりよく分析されるだけでなく、脳活動メカニズムの統一的な理解につながる事が期待される。また、本研究で得られた理論的な枠組みは、それに基づいた新たな分析手法の開発だけでなく、人工知能分野への貢献をもたらすことも期待される。

4. 自己評価

研究目的の達成状況・研究の進め方については、おおむね想定通り推移したと考えている。当初は想定していなかった理論的な展開や脳内物質とダイナミクスの対応関係を見出すことにも成功したことで、深みのある研究ができた。一方、実際の精神疾患データの分析では様々なデータを分析したが、当初想定したよりも個人のばらつきや、測定された施設間のばらつきが大きいケースが多く(特に自閉症患者のデータなどがこれにあたり、近年他の研究でも問題が指摘されている)期待したよりは少ない結果で終わってしまった。それでも、高齢者の認知機能低下、統合失調症、リスクの評価機構、流動性知能など複数の異なる脳機能を「脳ダイナミクスの切り替え」という切り口で説明できたことは収穫であった(投稿準備中、査読審査中含む)。このコンセプトやそれに着想を得て行われる研究が増えることで、脳神経科学分野における今後の波及効果も期待できる。精神疾患の診断や治療などの医療応用はもちろん、昨今著しい発展を見せているブレインマシンインターフェースの実装や応用にも貢献することが期待される。

5. 主な研究成果リスト

(1) 論文(原著論文)発表

1. T Ezaki, K Nishinari, M Samejima, "K Igarashi, "Bridging the micro-macro gap between single-molecular behavior and bulk hydrolysis properties of cellulase", Physical Review Letters 122, 098102, 7 March 2019, DOI: <https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.122.098102>
2. N. Masuda, M. Sakaki, T. Ezaki, T. Watanabe, "Clustering coefficients for correlation networks", Front. Neuroinform. 12:7 (2018)., 15 March 2018 DOI: <https://doi.org/10.3389/fninf.2018.00007>
3. T. Ezaki, M. Sakaki, T. Watanabe, N. Masuda, "Age-related changes in the ease of dynamical transitions in human brain activity", Hum. Brain Map. 39, 2673--2688 (2018)., 09 March 2018, DOI: <https://doi.org/10.1002/hbm.24033>
4. T. Ezaki, T. Watanabe, M. Ohzeki, and N. Masuda, "Energy landscape analysis of neuroimaging data", Phil. Trans. R. Soc. A 375, 20160287 (2017), 15 May 2017, DOI: <https://doi.org/10.1098/rsta.2016.0287>
5. T Ezaki, N Masuda, "Reinforcement learning account of network reciprocity", PloS one 12 (12), e0189220, 8 Dec 2017, DOI: 10.1371/journal.pone.0189220

(2) 特許出願

研究期間累積件数:0 件(公開前の出願件名については件数のみ記載)

(3) その他の成果(主要な学会発表、受賞、著作物、プレスリリース等)

公開ソフトウェア

Energy Landscape Analysis Toolbox (ELAT) 2017 年 10 月

<https://github.com/tkEzaki/energy-landscape-analysis>

学会発表

1. Takahiro Ezaki, Michiko Sakaki, Takamitsu Watanabe, Naoki Masuda, “Energy Landscape Analysis of Age-Related Changes in Human Brain Activity”, Conference on Complex Systems 2018, ギリシャ, 2018 年 9 月
2. T. Ezaki, M. Sakaki, T. Watanabe and N. Masuda, “Energy Landscape Analysis of Age-Related Changes in the Human Brain”, Crossroads in Complex Systems, in Mallorca, Spain 2017/06/05 (Poster), スペイン, 2017 年 6 月

以上

研 究 報 告 書

Collective Open Eyewear – Glasses to Augment the Intelligence of Society

研究タイプ: 通常型

研究期間: 2016 年 12 月 ~ 2020 年 3 月

研 究 者: カイ クンツェ

1. 研究のねらい

Alertness and other cognitive skills are a finite resource and we need tools to manage them better. This project makes the first step towards these goals by providing a way to quantify cognitive tasks (in particular alertness and cognitive load) with an unobtrusive eyewear design (that can also measure facial expressions) in everyday situations. The project presents work to infer alertness (measured over standard psychology tests) in everyday life using only eye and head movements from smart glasses connected to a smart phone. In addition, we developed an algorithm to estimate cognitive load using changes in the distribution of temperature in the user's face. We present the first step to a fitness tracker for the mind.

In the interaction space, we explore also the recognition of social interactions (especially looking into head nod and blink synchrony, a topic of interest in neuroscience and psychology). Additionally, the technology developed in this project made contributions to subtle interactions in public spaces (featured by The Verge and Gizmodo) and evaluating wearability of computing (making devices feel closer connected to the body), as well as large scale datasets (over 3200 hours of data) and open source tools.

2. 研究成果

(1) 概要

The major outcome of this projects is summarized in the following:

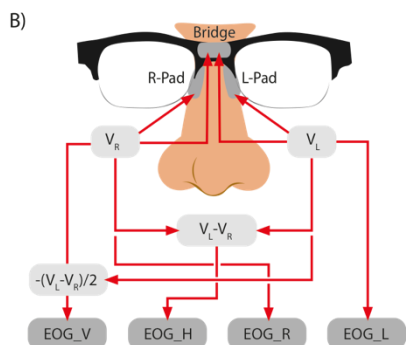
1. We quantify alertness in real life scenarios over recording head/eye movements (blinks etc.) using unobtrusive sensing integrated in everyday devices (specifically eyeglasses)[1]. We also show that cognitive load can be measured in a similar unobtrusive fashion over facial temperature changes[5].
2. Present sensor processing and inference algorithms for alertness and cognitive load quantification, as well an evaluation of several other sensing modalities related to cognitive states (endodermal activity for stress, infrared distance sensors to detect facial expressions) integrated in a smart glasses design [4,5].
3. There are other contributions in the subtle interaction space (unobtrusive interactions over “Itchy Nose”[3]) and in quantifying social interactions, specifically relevant for social neuro science [2] and several large scale public datasets (over 3200 hours of sensor data from over 100 participants) as well as open source and hardware specifications.

This project provides the first glasses that see you. The first smart glasses that give you the

ability to quantify and introspect your cognitive behavior.

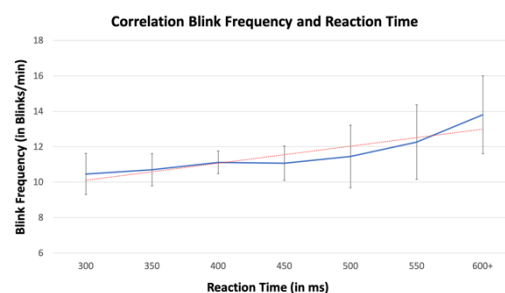
(2) 詳細

研究テーマ A「Alertness Tracking」



Our alertness varies throughout the day. Being aware of these changes can allow computing systems to proactively change interactions or schedule tasks for the user according to their alertness level. Comparing self reporting with psychological measures (specifically the Psychomotor Vigilance Task) also showed us that users are very bad in self reporting their alertness [1]. In contrast to normal alertness assessments usually done in often limited to lab conditions, bulky hardware, or interruptive self-assessments, we base our approach on eye blink frequency. Using electrooculography

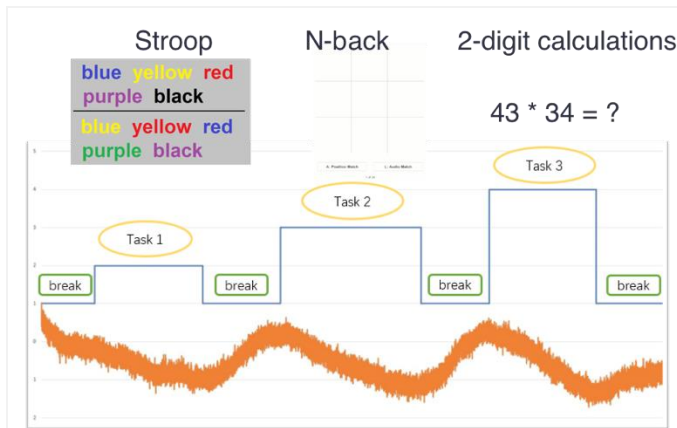
sensors integrated into regular glasses' frames, we obtained and analysed the eye movements of 16 participants over the course of two weeks in-the-wild and built a robust model of diurnal alertness changes. The picture on top shows the EOG signal we used for the analysis, of special relevance EOG_V the vertical component of the eye movement. It contains also information about the blink. There is a significant relation between reaction time over the day (measured by the Psychomotor Vigilance Task) and the blink frequency determined over EOG_V. This let's us estimate the alertness.



研究テーマ B「Cognitive Load Assessment」



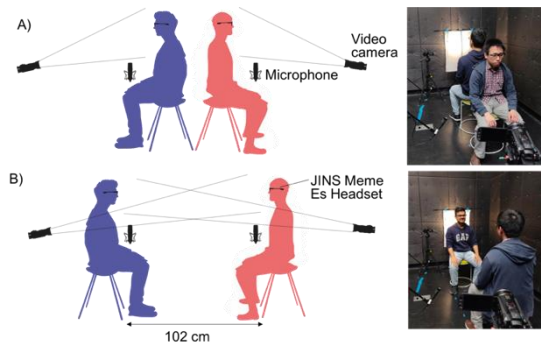
Additionally, we developed an approach to detect and estimate cognitive load by measuring the temperature difference between the forehead and the nose bridge using contactless thermal sensors. The system consists of a pair of glasses with four temperature sensors attached. We have found signs of a correlation between the facial temperature changes and cognitive load using this approach, which makes it possible to develop a wearable device to quantitatively estimate cognitive engagement. The touchless thermal sensors embedded in the glasses are shown on the left.



As seen from the figure on the left, the user has to perform different cognitive load tasks (a stroop test, a memory test called N-back and 2 digit calculations). The bottom part shows the difference in forehead and nose temperature (it goes

down every time a task starts that induces cognitive load) [5].

研究テーマ C「Interaction Design and Social Interactions」



The work presented also contributes to subtle interactions in everyday spaces, introducing new sensing modalities to enable novel HCI approaches [3]. Additionally, we use our eyewear platform as a novel toolset to explore some phenomenon social neuroscience, in particular eye blink and nod synchrony in

dyads (shown in the picture above). We show significant interpersonal synchrony of blink and head nod behavior during conversation (at frequencies of 0.2 to 0.5 Hz).

We also released most of the datasets related to the top level publications and are in the process of providing the rest [1,2,3]. They can be found under <http://eyewear.pro/>

3. 今後の展開

The work presented gives a good start to quantify cognitive activities during everyday life. During the Project we will still improve on the cognitive load algorithm and detection. We also provide an eyewear with both functionalities (alterness and cognitive load tracking) in one. It's only the first step to provide tools on an individual level to better understand and manage alterness and other social/cognitive functions related to our behavior and decision processes. There are several promising directions in relation to learning and learning processes that we will explore.

4. 自己評価

Besides being well published with over 30 publications some at top level venues like CHI2019 (the premier international conference of Human-Computer Interaction) and UbiComp/ISWC 2017/2018/2019, the papers related to this JST Sakigake already accumulated a significant citation count (about 90 citations according to google scholar¹) showing that the work is well

¹ <https://scholar.google.com/citations?hl=en&user=aBBK-psAAAAJ>

received by the research community. In addition, the principle investigator continues working with JINS and received follow-up funding to continue tracking cognitive fluctuations using smart eyewear (Kiban-B “Deep Learning the Human Mind”, Osaka Grand Challenge Society 5.0). Research based on this JST Sakigake work also made it into the media (coverage by Gizmodo and theVerge²). As an additional result, from our JST Sakigake group, we co-organized the SuperhumanSports Design Competition³ together with Prof. Kurita (Hiroshima University). Overall I’m satisfied with the progress made in the project and energized by the many potential continuations and novel research ideas it generated. I’m also looking forward to what other researchers will be able to do with the enabling technologies we built in this project.

5. 主な研究成果リスト

(1) 論文(原著論文)発表

1. Tag, B., Vargo, A.W., Gupta, A., Chernyshov, G., Kunze, K. and Dingler, T., 2019, April. Continuous Alertness Assessments: Using EOG Glasses to Unobtrusively Monitor Fatigue Levels In-The-Wild. In Proceedings of the 2019 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems. 2019 (p. 464–476).
2. Gupta A, Strivens FL, Tag B, Kunze K, Ward JA. Blink as you sync: uncovering eye and nod synchrony in conversation using wearable sensing. In Proceedings of the 23rd International Symposium on Wearable Computers 2019 (pp. 66–71).
3. Lee, J., Yeo, H.S., Dhuliawala, M., Akano, J., Shimizu, J., Starner, T., Quigley, A., Woo, W. and Kunze, K., r. Itchy nose: discreet gesture interaction using EOG sensors in smart eyewear. In Proceedings of the 2017 ACM International Symposium on Wearable Computers 2017 (pp. 94–97).
4. Zheng D, Chernyshov G, Kunze K. Electrodermal activity sensing using smart eyewear. In Proceedings of the ACM International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing 2019 (pp. 653–656)
5. Zhengren F, Chernyshov G, Zheng D, Kunze K. Cognitive load assessment from facial temperature using smart eyewear. In Proceedings of the 2019 ACM International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing. 2019. (pp. 657–660)

(2) 特許出願

研究期間累積件数:0 件

²<https://www.theverge.com/circuitbreaker/2017/9/19/16332268/itchy-nose-smart-glasses-control-research>

³ <https://dl.acm.org/citation.cfm?id=3210299&picked=prox>

(3)その他の成果(主要な学会発表、受賞、著作物、プレスリリース等)

発表

1. Dagstuhl Seminar on Cognitive Augmentation accepted for next year:
<https://www.dagstuhl.de/20342>
2. Dagstuhl Seminars are high ranked seminars on hot topics in informatics. The seminars, which are established after review and approval by the Scientific Directorate, bring together personally invited scientists considered experts in their field.
3. Dagstuhl Seminar on Beyond VR/AR held: <https://www.dagstuhl.de/17062>

報道

Keio Highlights Press Release: <https://research-highlights.keio.ac.jp/2017/06/b.html>

アウトリーチ

日本科学未来館 日本科サイエンティスト・クエストー「目は、こころの窓 ―最新のスマートなめがねが、私たちのふるまいについて教えてくれること」(2016 年 8 月 9 日)

以上

研究報告書

個性と調和する相適応型人間機械システム設計論の構築

研究タイプ: 通常型

研究期間: 2016 年 12 月 ~ 2020 年 3 月

研究者: 栗田 雄一

1. 研究のねらい

人に対して物理的・身体的な支援を行う人間機械システムを、物理的ヒューマンロボットインタラクション (physical human-robot interaction: pHRI) システムと呼ぶ。pHRI で起こる人と機械の物理的接触を適切に制御していない機械システムは、人が自然な感覚で操作するには反力強さと反応遅れのバランスが悪く、人と機械を1つのシステムとみたときの人間機械システムの安定性が損なわれる。私は、個々の人のもつ特性をノイズと捉えて打ち消すばかりではなく、個性として肯定的に捉え、一人の人間と一台の機械がお互い共鳴しあうことで、大きなパフォーマンスを実現できるような人間機械システムを目指したい。これを解決するには、人の感覚運動機能の理解をもとに、機械を纏ったときに人に起こる適応的变化や人が感じる快適性や運動質感を適切に取り扱うことができる相適応型人間機械システム設計論の構築が必要である。以上の課題に対して、本プロジェクトでは、着用型運動アシスト機器をケーススタディの対象として取り組む。身体の不自由な人や高齢者向けの運動支援機器の多くは剛体フレームを介した外骨格型機器であるが、日常生活には不向きなことが多い。本研究では、代表者がもつ感覚運動機能を向上させる身体アシスト技術や低圧駆動人工筋のシーズ技術をベースに、軽量、柔軟な空気圧人工筋を人の身体の体表面に取り付けることで、まるで筋肉を着るような支援力を得ることができる運動アシスト機器を開発し、そのハードウェアやソフトウェアを変更したときの主観的・客観的パフォーマンス評価を通じて、人と機械の相適応性を考慮した人間機械システムにかかる基盤技術に関する知見を得ることをねらいとする。

2. 研究成果

(1) 概要

本プロジェクトでは、大きく次の 4 テーマについて研究を実施した。

研究テーマ 1: 人の機能的性質の理解とモデル化

人と物体の接触によって起こる力学的現象のモデル化とそれを人がどのように感じるかをモデル化するとともにその応用性を探る研究に取り組んだ。具体的には、指と物体の接触面計測による滑りの指標化、力知覚モデルの構築と力覚フィードバックへの応用などの研究を行った。

研究テーマ 2: 人の機能モデルをふまえた制御技術の開発

日常生活を助けるための運動計測手法、ならびに人工筋で人を効果的に支援するための設計方法を、人の身体機能をモデル化したシミュレータをベースに開発した。具体的には、筋ノイズに基づくジェスチャ認識率の改善手法の開発、人工筋の装着部位が支援効果に及ぼす影響の調査などを行った。

研究テーマ3: 運動アシスト機器の開発

共同研究先企業と共同で低圧駆動人工筋の利用シーンを探索し、電力を使わない歩行支援スーツの開発、センサと制御を加えたよりインテリジェントな歩行アシストのできる運動アシストスーツの開発、さらにこれら人工筋スーツの利用シーンを拡張しバーチャル空間のAvatarや遠隔地にいる人の動きを体験できるウェアラブル力覚フィードバックスーツに応用した。具体的には、低圧駆動型空気圧人工筋の開発と電力を使わない歩行支援デバイスへの応用、ウェアラブル力覚フィードバックスーツの開発などに取り組んだ。

研究テーマ4: 相応型人間機械システムの設計論の構築

人工筋スーツによる運動支援技術をベースに、これらが人の客観パフォーマンスならびに主観パフォーマンスに与える影響を調査し、相応型人間機械システムの設計論を議論するとともに、よりアクティブかつダイナミックな日常生活支援のフィールドとしてスポーツに着目し、スポーツ拡張への応用可能性を探った。具体的には、運動アシストと運動主体感の関係性の考察、視覚、聴覚、振動、力覚のモダリティの違いによるタイミング提示への影響の調査とタイミング提示スーツへの応用、スポーツ拡張スーツの開発に取り組んだ。

(2) 詳細

研究テーマ1: 人の機能的性質の理解とモデル化

人と物体の接触によっておこる力学的現象のモデル化とそれを人がどのように感じるかをモデル化するとともにその応用性を探る研究を行った。

指と物体の接触面計測による滑りの指標化

透明疑似指と物体の間との接触面画像を撮影することによって、指先の変形度合いを直接計測し、そこで起こる滑り現象を指標化する手法を提案するとともに、それを触感感度と関連付ける取り組みを行った。また関連技術による特許出願も行った。また企業と連携して3DCADソフト上で使える触感デジタルデザイン支援ツールを開発してウェブ上に無料公開(CADソフトは有料)するとともに、広島大学からプレスリリースを行った(<https://www.hiroshima-u.ac.jp/news/57377>)。

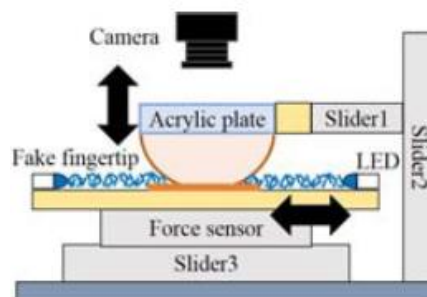
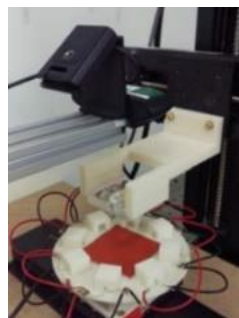




図1 疑似指と物体の間との滑り測定装置、およびプレスリリース

力知覚モデルの構築と力覚フィードバックへの応用

筋骨格モデルを用いて姿勢変化による筋活動の変化パターンを推定し、フェヒナー則に基づく力知覚モデルと組み合わせることで、人が主観的に感じる力感覚を予測する手法を開発した。また技術の社会実装としてマツダ（株）との共同研究を実施し、ステアリング操舵における力覚フィードバックの主観量を予測する技術を開発して国際誌に掲載された(IEEE Trans. On Haptics, 2018)。また名古屋工業大学田中由浩先生との共同研究で、ステアリング操舵時の力覚知覚バイアスが生じる機序を筋活動と Sense of effort を関連づけて説明する試みを実施し、論文掲載された(PLOS ONE、2020)。

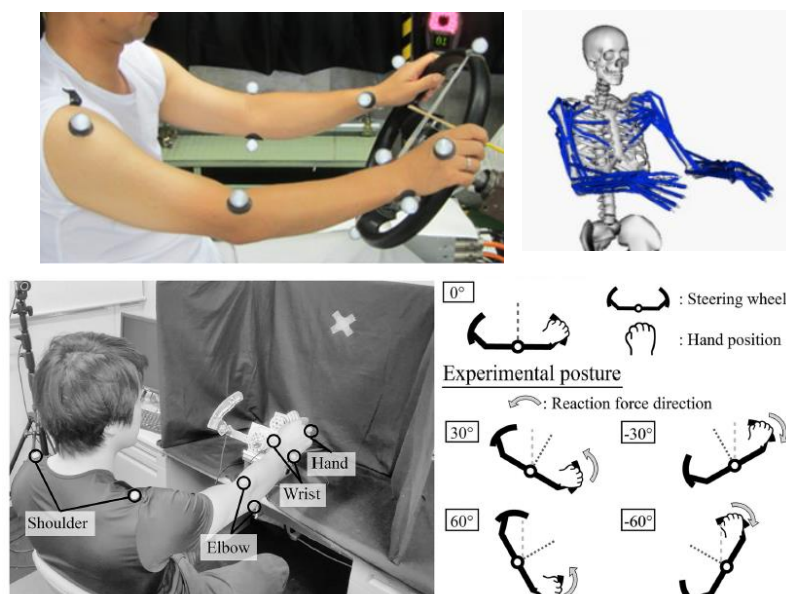


図2 ステアリング操舵における力覚フィードバック実験

研究テーマ 2: 人の機能モデルをふまえた制御技術の開発

日常生活を助けるための運動計測手法、ならびに人工筋で人を効果的に支援するための設計方法を、人の身体機能をモデル化したシミュレータをベースに開発した。

筋ノイズに基づくジェスチャ認識率の改善手法

筋骨格モデルを用いた運動シミュレーションによってジェスチャ動作を計算し、必要な筋活動度を計算した上で、信号強度依存ノイズを付与することで、試行ごとの運動のばらつきの再現を図った。解析結果がジェスチャの識別率に与える影響について考察し、適切なパラメータ選択により、運動ノイズのジェスチャ認識精度への影響を低減できることを確かめた。

人工筋の装着部位が支援効果に及ぼす影響

人工筋は軽量柔軟で人の運動に沿って伸び縮みするため着用感も良いが、取り付ける位置で支援力が大きく変化する問題がある。そこで人工筋モデルと筋骨格モデルに基づく物理シミュレーションにより、人工筋の装着部位が支援効果に及ぼす影響を評価した (Journal of Robotics and Mechatronics, 2018)。

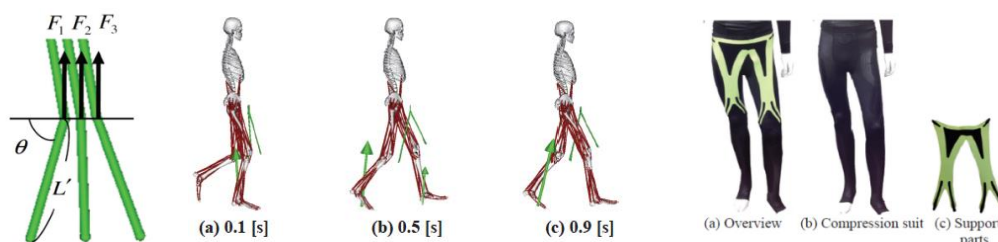


図 3 人工筋モデルと筋骨格モデルによるシミュレーション

研究テーマ 3: 運動アシスト機器の開発

企業と共同で低圧駆動人工筋の利用シーンを探索し、電力を使わない歩行支援スーツの開発、センサと制御を加えたよりインテリジェントな歩行アシストのできる運動アシストスーツの開発、さらにこれら人工筋スーツの利用シーンを拡張しバーチャル空間の-avatarや遠隔地にいる人の動きを体験できるウェアラブル力覚フィードバックスーツに応用した。

低圧駆動型空気圧人工筋の開発と電力を使わない歩行支援デバイスへの応用

ダイヤ工業(株)との共同研究により、低圧で駆動する空気圧人工筋を新たに開発し、これを応用することで電力の外部供給が不要でありながら装着者の動きに合わせてアクティブに支援を行うことが可能な動作支援装置を開発し、国際論文誌に掲載されるとともに、ニュースや解説記事などで取り上げられる成果を得た (Advanced Robotics, 2017)。



図 4 空気圧人工筋による動作支援装置

また、開発した低圧駆動型人工筋の特性評価を行った。今期は静的な性質を評価し、内圧、発揮力、人工筋長さの関係性を計測しモデル化を、国際論文誌に掲載された (IEEE Robotics and Automation Letters, 2018)

ウェアラブル力覚フィードバックスーツ

人工筋スーツを、筋負担軽減に使うだけでなく、着用可能な力覚フィードバックデバイスとして利用するというアイデアを着想し、プロトタイプを製作した (日本ロボット学会学術講演会で発表)。また人工筋を手首に配置し、手首周りの内外転、伸展屈曲動作を支援するグローブ型デバイスを開発して、国際論文誌に掲載された (IEEE Robotics and Automation Letters, 2018)。(図 5)



図 5 カ覚フィードバックを取り入れた人工筋スーツとグローブ型デバイス

研究テーマ 4: 相応型人間機械システムの設計論の構築

人工筋スーツによる運動支援技術をベースに、これらが人の客観パフォーマンスならびに主観パフォーマンスに与える影響を調査し、相応型人間機械システムの設計論を議論するとともに、よりアクティブかつダイナミックな日常生活支援としてスポーツシーンに着目し、スポーツの拡張という新しいフィールドへの応用可能性を探った。

運動アシストと運動主体感の関係性の考察

着用型の運動アシストにおいて、主観パフォーマンスと客観パフォーマンスにずれが生じるのはどのようなときか、またアシストの時間ずれがアシスト感や運動主体感にどのような影響を及ぼすかについて、実験ならびに考察を行い、国内学会で発表した (日本ロボット学会学術講演会、2019)。

視覚、聴覚、振動、力覚のモダリティの違いによるタイミング提示への影響の調査とタイミング提示スーツへの応用

リハビリやスポーツトレーニングにおける運動タイミングの提示は主に指導者により口頭や身振り等で提示されているが、タイミングを正確に伝達するのは困難である。そこで力覚フィードバックによるタイミング提示スーツの開発を行い、野球のバットスイングにおけるタイミング提示を行う VR トレーニングシステムを試作して国際会議で発表した (Worldhaptics, 2019)。

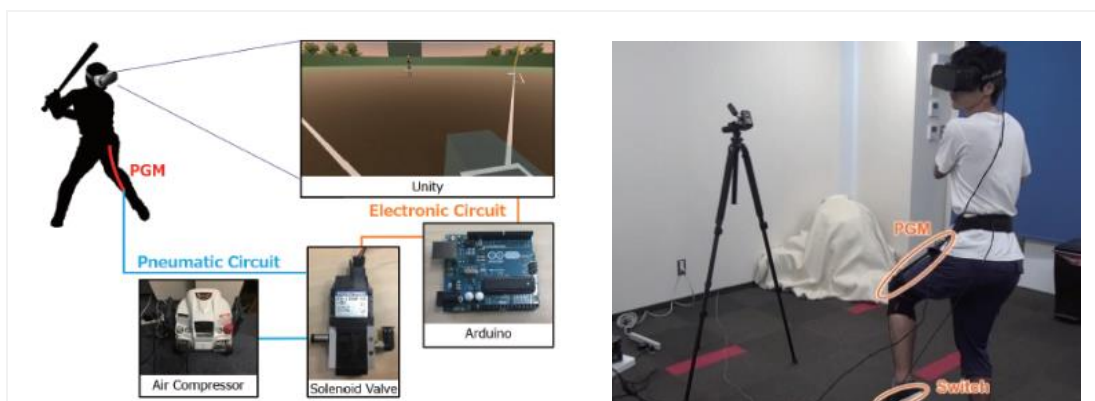


図 6 カ覚フィードバックによるタイミング提示スーツと VR トレーニングシステム

人工筋スーツによる運動スキルトレーニング支援

慶応義塾大学 Kai Kunze 先生との共同研究により、人工筋スーツを着用してカ覚フィードバックを行うことにより、リズム的なドラムたたき動作のトレーニングに有用であることを確認し、国際会議で発表した (Augmented Humans, 2020)。

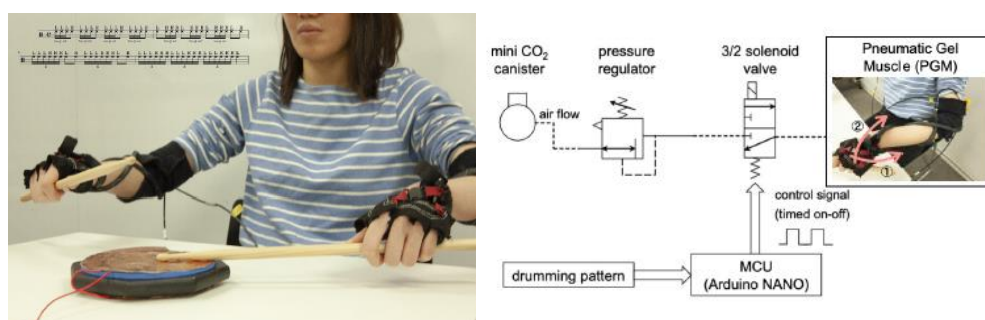


図 7 人工筋スーツによる運動スキルトレーニング支援

スポーツ拡張スーツ

軽量・柔軟・安価という人工筋スーツの利点を最大限活かした応用例として、スポーツ体験の拡張に取り組んだ。カ覚フィードバックスーツの活用により、フィールドを自由に駆け回りながら、他者とのインタラクションを力情報として受け取れる Muscleblazer というシステムと、それをゲームに利用した新しいスポーツを提案した。国際会議で発表ならびにデモを行った結果、日本チーム最高の第三位に表彰された。(図 8) (First International Symposium on Amplifying Capabilities, Competing in Mixed Realities, 2018)

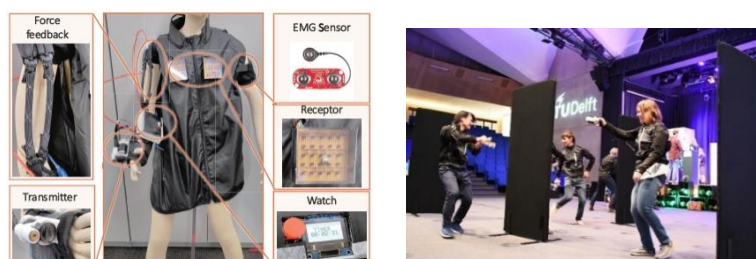


図 8 カ情報を伝達できる Muscleblazer とそれを利用したスポーツゲーム

3. 今後の展開

本研究課題では、①人の機能的性質の理解とモデル化、②人の機能モデルをふまえた制御技術の開発、③運動アシスト機器の開発、④相応型人間機械システムの設計論の構築のテーマを設定し、人と機械の相応インタラクションモデルの構築とその応用に取り組んだ。本プロジェクトで得られた成果は、運動アシストのデザインの重要性を強く示唆するものであった。実験では、動作の客観的なパフォーマンスと支援感などの主観的パフォーマンスで相反するケースが確認されている。アスリートのように記録や順位を競うユーザにとっては客観的パフォーマンスの向上が目的になるだろうが、エンタテインメントとしてスポーツを楽しむライトなユーザにとっては、主観的パフォーマンスの向上が重要視される状況もありうる。本プロジェクトで開発したソフトエグゾスケルトンスーツのような手軽な使い方を目的とする運動拡張機器では、ユーザの主観的感覚を考慮したデザインの重要性が増していくだろう。今後、発達心理や HCI(ヒューマンコンピュータインタフェース)の分野で研究されている運動主体感や身体所有感に関する知見を、運動アシストのデザインにも活用する取り組みの必要性を感じた。メガネは、視力を補正したり保護したりする感覚拡張器具といえるが、同時に装飾やファッションアイテムとしても使われている。本プロジェクトで開発した身体能力を拡張する機器も、はじめは機能面から評価されるだろうが、普及に伴い一般に広く認知され、日用品として利用されるようになれば、単なる性能ではない側面も重要視されるようになるだろう。そのときには、年をとる、という概念も、あいまいになっているかもしれない。多くの人が前向きに長生きしたいと思う世界のために、技術が貢献できることを模索し、実践していきたいと思う。

4. 自己評価

研究目的の達成状況

本プロジェクトでは、①人の機能的性質の理解とモデル化、②人の機能モデルをふまえた制御技術の開発、③運動アシスト機器の開発、④相応型人間機械システムの設計論の構築のテーマを設定し、人と機械の相応インタラクションモデルの構築とその応用に取り組んだ。プロジェクト初期段階でダイヤ工業(株)との共同研究によって低圧駆動型ゴム人工筋を比較的自由に利用させていただけるようになったことをベースに比較的低出力・低機能・安価なソフトエグゾスケルトンに関する着想を得て以降は、その技術の開発と評価、応用フィールドの探索に努め、日常生活やスポーツアクティビティの拡張という新しいフィールドに挑戦することができた。その結果、論文 20 本、国際会議 33 本、解説記事 11 本、招待講演 18 件などの成果を出すことができたことから、当初目標は十分達成できたと考える。しかしながら、人と機械の相応性に関する議論と理論化は道半ばであり、今後は生理学、心理学、情報学などの分野の国内・回外研究者と研究をすすめていきたい。

研究の進め方(研究実施体制及び研究費執行状況)

適切な研究実施体制を組むことができ、また研究費の執行もほぼ計画通りに実施できたと考える。

研究成果の科学技術及び社会・経済への波及効果

本プロジェクトを通じて発信した、人と機械の特性を考慮したマンマシンインタフェースデザイ

ンの重要性は、様々な方の興味をひくことができ、多くの企業との共同研究につながった。今後
もひきつづき基礎研究と応用展開の両輪ですすめて社会実装につなげていきたい。また本プロ
ジェクトを通じて人間拡張(Human Augmentation)という新しい分野の立ち上げに関わっており、
解説記事の執筆依頼や招待講演をさせていただく機会を多くいただけた。人間拡張分野の知
名度は高まっていることを実感しており、エマージングな本分野の国際学術的ネットワークの構
築をすすめるとともに、社会・経済へ成果を波及させていく活動をつづけていく。

5. 主な研究成果リスト

(1) 論文(原著論文)発表

1. Yuichi Kurita, Jumpei Sato, Takayuki Tanaka, Minoru Shinohara, and Toshio Tsuji, Unpowered sensorimotor-enhancing suit reduces muscle activation and improves force perception, IEEE Transactions on Human-Machine Systems, 47(6):1158-1163, December 2017
2. Kazunori Ogawa, Chetan Thakur, Tomohiro Ikeda, Toshio Tsuji, and Yuichi Kurita, Development of a Pneumatic Artificial Muscle Driven by Low Pressure and Its Application to the Unplugged Powered Suit, Advanced Robotics, 31(21):1135-1143, November 2017
3. Yusuke Kishishita, Kazuhiro Takemura, Naoki Yamada, Toshihiro Hara, Atsuhide Kishi, Kazuo Nishikawa, Takahide Nouzawa, Toshio Tsuji, and Yuichi Kurita, Prediction of Perceived Steering Wheel Operation Force by Muscle Activity, IEEE Transactions on Haptics, 11(4):590-598, December 2018
4. Swagata Das, Cassie Lowell, Yusuke Kishishita, Kazunori Ogawa, Toshio Tsuji, and Yuichi Kurita, ForceHand glove: a wearable force-feedback glove with pneumatic artificial muscles (PAMs), IEEE Robotics and Automation Letters, 3(3):2416-2423, July 2018
5. Chetan Thakur, Kazunori Ogawa, Toshio Tsuji, and Yuichi Kurita, Soft Wearable Augmented Walking Suit with Pneumatic Gel Muscles and Stance Phase Detection System to Assist Gait, IEEE Robotics and Automation Letters, 3(4):4257-4264, October 2018

(2) 特許出願

研究期間累積件数: 1 件

(3) その他の成果(主要な学会発表、受賞、著作物、プレスリリース等)

主な学会発表

1. Ryota Sekizuka, Masaru Ito, Seiji Saiki, Yoichiro Yamazaki, and Yuichi Kurita, Evaluation System for Hydraulic Excavator Operation Skill Using Remote Controlled Excavator and Augmented Reality, The 2019 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS 2019), Macau, China, November 4-8, 2019
2. Ai Higuchi, Junichiro Shiraishi, Yuichi Kurita, Evgeniia Shchelkanova, Yosuke Ikeda, Tomohiro Shibata, Gait Evaluation on Parkinson's Disease Patients Using Spontaneous Stimulus Induced by UPS-PD, 2019 IEEE/SICE International Symposium on System Integration (SII2019), pp.412-416, Paris, January 14-16, 2019

受賞

1. 2019.3.5 計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会 SI2018 優秀講演賞（石橋侑也, 辻敏夫, 栗田雄一, 筋骨格モデルと信号強度依存ノイズによるジェスチャ動作における手先加速度の解析, 第 18 回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会（SI2018））

著作物

1. 栗田雄一, 指と物体の接触面計測による滑りの指標化と触感評価への応用, 表面技術, Vol.70, No.3, pp.133-136, 2019.3
2. 栗田雄一, ソフトアシスト技術による感覚・運動能力の拡張, システム制御情報学会誌リハビリと健康維持－工学連携がひらく未来特集号, Vol.63, No.8, pp.346-351, 2019.8

以上

研 究 報 告 書

環境光採光型空中像による行動誘発型情報提示の公共空間への展開

研究タイプ: 通常型

研究期間: 2016 年 12 月 ～ 2020 年 3 月

研 究 者: 小泉 直也

1. 研究のねらい

情報技術の発展に伴い、個々人が情報端末を携帯し、常に情報空間において人々がつながる時代になってきている。一方で情報の入手手段が個別化する中で情報の分断によって新しい問題が生まれている。そこで、公共空間における新しい情報提示手法として、皆が一緒に集まって見る情報技術のかたちを追求する。

本研究では、現実環境に情報空間を融合させる情報提示技術として、環境採光型の空中像光学系技術を提案する。実環境には人やモビリティなど様々な動く物体が存在している。そういった実物と映像情報を合わせて提示するには、映像提示手段と提示される映像とが空間的に離れることが必要となる。これを公共空間において、特殊な機器の装着なしに行うには、空中像提示の技術が適している。空中像とは光学的手法を用いて空間上に光を結像させる手法であり、様々な空中像光学系が提案されている。しかしいずれの手法も、光源からの光を反射し結像する過程で生じる輝度の減衰が課題となっており、実環境との情報環境の共存を実現できていない。そこで、環境の光を効率的に採光し、提示する手法を提案する。そのためには、おもに3つの研究を行う必要がある。第一に光学系の改善による視認性の向上である。第二に空中像の操作手法の開発である。第三に空中像による人の行動への影響の調査である。研究項目を下記に示す。

■ 光学設計

主に採光設計と遮蔽設計を行う。採光設計とは、空中像を適切に表示するために十分に輝度を 高めることである。遮蔽設計とは、空中像光学装置そのものを見えないように適切に装置そのものを遮蔽し、公共空間にふさわしい審美性を目指す設計手法である。

■ インタラクションデザイン

空中像の操作手法を設計する。空中像に対して最適な入力手法を検討する。

■ 行動誘導

空中像を用いた行動誘導の効果を確認する。

2. 研究成果

(1) 概要

本研究では環境に調和した映像提示技術によって、新しい公共空間に調和する情報提示技術の構築として、環境光採光型空中像を提案し、その設計を進めた。

今回の成果として、従来の空中像より明るい像を表示することのできる技術(図1左)を実現した。これは空中像の光源として、太陽光などの環境の光を採光する手法であり、バックライトが不要なため、表示にかかるエネルギーが少なくなることが期待される。太陽光を用い

て最大 355 cd/m^2 の輝度で空中像を表示することができた。

また、空中像を設置しやすくするための研究として、図1(中央)に示す空中像表示光学系を設計した。これは、机や床などの光沢のある平面上に置くだけで、その平面上に直立する裸眼で視認可能な空中像を表示することができる手法である。光源に用いるディスプレイの偏光特性に応じて内部に設置する反射鏡の偏光特性を変えることで、平面上に空中像を表示することができる。

さらに、空中像とのインタラクションに関する研究として、水面の上に空中像を表示しすくい上げるインタラクションを実現する技術(図1左)も実現した。これは、水面などの外部環境の反射素材に空中像を表示し、その外部環境の状態に合わせて空中像の表示位置を調整することで、像の表示箇所の幾何的整合性をとる手法である。



図 1 空中映像表示技術

(左: Sunny Day Display, 太陽光などの外部の明るい光を取り込むことで明るい空中像を表示する技術。中央: PortOn 持ち運び可能で光沢面におくだけでそこに空中映像を表示する技術。右: Scoopirit, 水面の反射を利用して空中映像を表示する技術。)

一方、基礎的な研究としては、空中像視点からのユーザー計測技術を開発した。人が人を観察するように、空中像を見る人の表情などの細かな情報を正面から計測するためには、空中像の視点から映像を得ることが望ましいと考え、空中像の光源ディスプレイと撮影用のカメラを光学的に共役な位置に設置する手法である。装置の設計を図2(左)に示す。さらにこの技術を応用し、空中像視点から2眼カメラでの撮影した映像を Head Mounted

Display(HMD)に送り、ユーザーが空中像になりきって操作することのできるデバイスも実現した(図2(右))。これによって空中像を Wizard Of Oz の方法で操作する仕組みを実現できた。

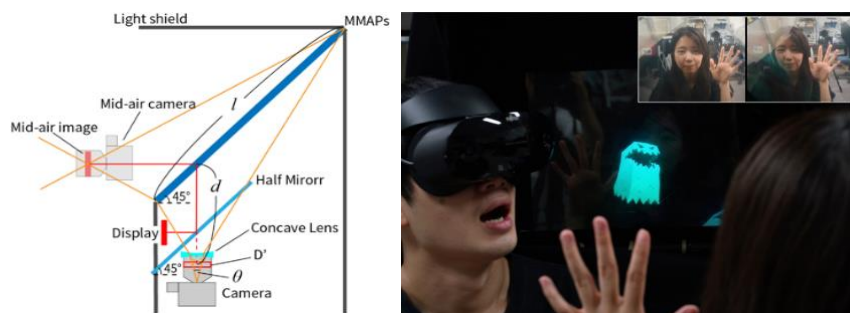


図 2 空中像視点からの撮影技術(左)とその応用例としての空中像操作技術(右)

以上のように、本プロジェクトでは、空中像に関する研究を、低消費エネルギーな高輝度化、設置不便性の解消、環境に適応したインタラクション、撮影技術との融合など、幅広く展開することができた。

(2) 詳細

【光学設計】

明所で視認可能な空中像を実現する手法として環境光採光型空中像の原理を提案し、その性能を計測した。図3にその事例、原理図、試作を示す。試作機を用いて太陽光採光によってできる空中像の輝度を計測したところ、一般の LCD モニターとの最大輝度と同様の輝度 ($300\text{cd}/\text{m}^2$ 程度) の明るさを実現できることを確認できた。

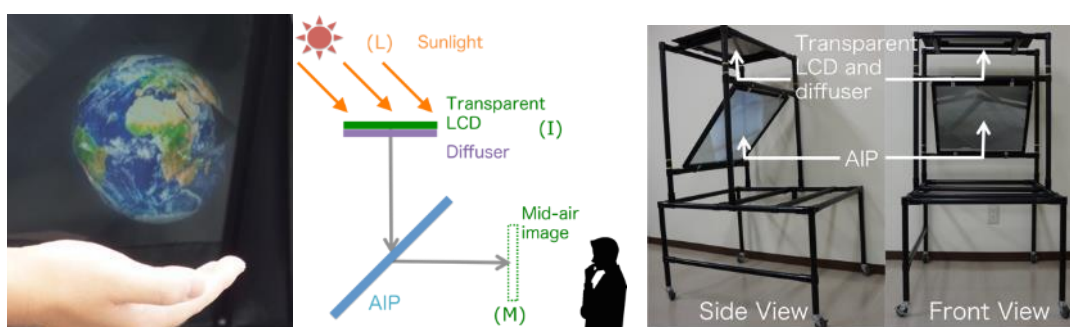


図 3 環境光採光型空中像の実施例(左), 原理(中央), 試作(右)

空中像光学系を環境に調和させる光学設計にも取り組んだ。建築物と空中像光学系の光源を頭部上方に設置し、空中像を結像するための光を壁面素材によって反射させることで、垂直空中像を正面に表示する光学系を提案し、光源 D と反射素材 R の角度を設計し、それに合わせて光源遮蔽のためのルーバフィルム F の選定を行った。設計した光学系における視野範囲は図 4 の青色部分である。反射素材で反射したのちに結像した空中像の輝度・解像度を評価し、提案手法に適した素材の選定を行った。反射素材として 11 種類の素材を評価した。その結果、透明のアクリル板、タイル、タッチディスプレイが提案手法に適した素材であることが分かった。そこでこれらの素材を使用し解像度の評価を行った。透明なアクリル板とタッチディスプレイでは、空中像から 90cm 離れたところから、視力換算 0.1 相当の空中像を結像できることが分かった。この場合、空中像で看板に文字や絵を表示することができると考えている。図 4 右上に、サンタクロースの CG を表示した様子を示す。一方で、タイルは視力換算すると 0.05 相当の解像度の空中像を結像した。この場合、線の太さが 5mm 程度の表示などが可能になる。またエッジ法を用いて Modulation Transfer Function (MTF) を測定することで空中像の解像度を評価した。実験の結果、透明

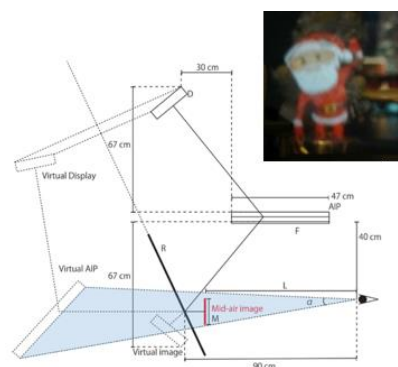


図 4 Deco-Wall の設計

なアクリル板とタッチディスプレイでは、空中像から 90cm 離れたところから、視力換算 0.1 相当の空中像を結像できることが分かった。この場合、空中像で看板に文字や絵を表示することができると考えている。図 4 右上に、サンタクロースの CG を表示した様子を示す。一方で、タイルは視力換算すると 0.05 相当の解像度の空中像を結像した。この場合、線の太さが 5mm 程度の表示などが可能になる。またエッジ法を用いて Modulation Transfer Function (MTF) を測定することで空中像の解像度を評価した。実験の結果、透明

の亚克力板やタッチディスプレイでの反射を経て結像した空中像は解像度の高い空中像を結像することが分かった。また、タイルと白の大理石では解像度の高い空中像を表示することが難しいことが分かった。

さらに空中像を公共空間に調和させるために、床などの水平面に置くだけで空中像を提示でき、かつ余計な光が見えにくくなる持ち運び可能な光学系の設計に取り組んだ。この設計を図5に示す。ディスプレイ(D)、鏡(M)、再帰透過光学素子(MMAPs)、視界制御フィルム(LF)、反射面(R)により構成される。R以外は全て箱(BOX)内にあるため持ち運ぶことが可能である。まずDがMに写り込むことで、D'が生じる。これにより、水平面の中にDがある状態を作り出すことができる。そして、D'からの光がMMAPs、LFを通過し、Rで反射することで水平面上に垂直空中像(Mid-air image)が表示される。しかし、この設計では図1に示す通りDから直接MMAPsに入射する光によって水平面の中に像(Mid-air image')が表示する。そこで、Dの偏光特性を利用して水平面の中の像を除去することとした。この除去方法は光源の偏光特性によって異なり、TN液晶等の斜偏光光源を用いる際は図2(a)のようにMMAPsとLFの間に偏光板(P)を設置する。プロジェクタとスクリーンの組み合わせなどの偏光特性のない光源を用いる場合は、(c)のようにDの前にPを配置し(a)と等しい状況にすることで対応する。縦や横の偏光の場合は、図5(b)のように1/4波長板を内部ミラーの上に貼り付けることで不要光と空中像結像光の偏光特性を切り分けて除去することができた。

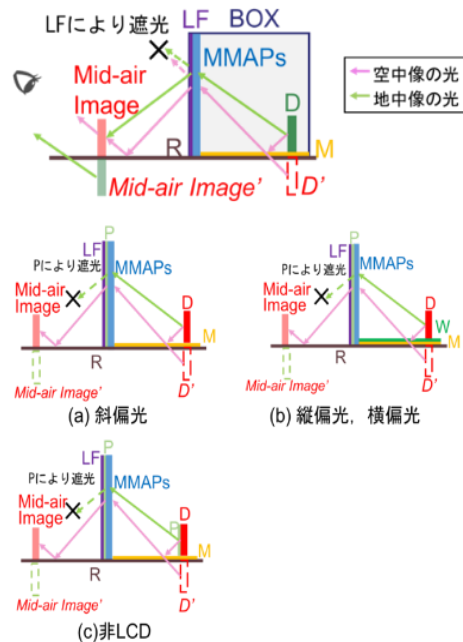


図5 光沢面に置くだけで空中像を表示できる光学系

【インタラクティブデザイン】

環境反射による空中像提示とインタラクティブデザインを組み合わせた手法として、水面反射を用いて空中像を水上および水中に結像する光学系 Scoopirit を提案・実装した(図6)。システムによる輝度減衰を評価し、本手法の有用性を検証し、正面から仰角 10° から 25° の範囲において観察した場合、空中像の輝度がスマートフォンの最低輝度より少し明るい $6.46\text{cd}/\text{m}^2$ の輝度になることがわかった。このとき使用したディスプレイは $315\text{cd}/\text{m}^2$ だったため、おおよそ光源輝度の2%に減衰すると計算できる。さらに、水位の変動に対して超音波センサを用いたトラッキングを行い、空中像を水ごとすくい上げるインタラクティブを実現した。これは、環境に合わせて空中像の表示位置をコントロールすることで幾何学的整合性を保つことによるインタラクティブ手法であり、触覚手がかりのない空中像とのインタラクティブに実体操作を活用する点で独創的となっている。

e

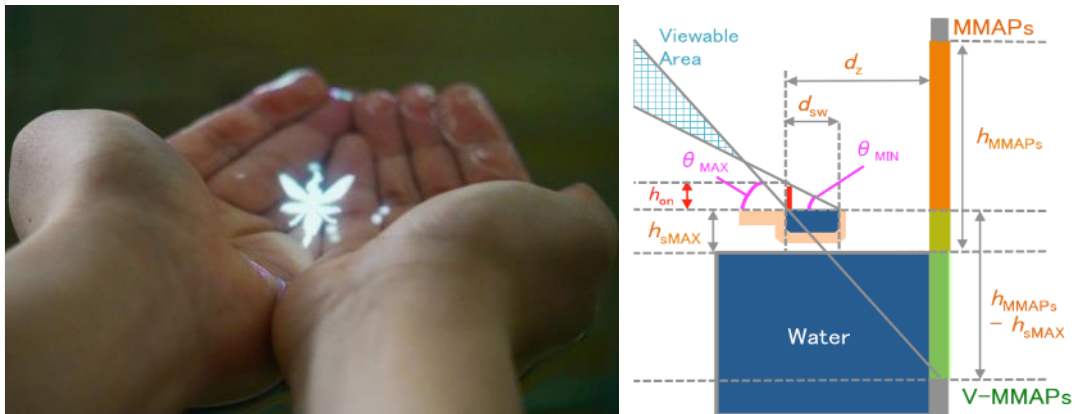


図 6 水面に浮かぶ空中像をすくい上げるインタラクションのデザイン

【行動誘導】

ユーザーの空中像に対する行動を観察するため、様々な場で展示を行った※¹。定性的な観察結果によれば、空中像への働きかけが増えるのは、随意性の有無が重要だと思われる。同じものを表示した際でも、赤外線センサによる人の位置検出に応じた表示の切り替えを行った際のときのほうが、観覧者が空中像に注目する時間が長くなることが観察されている。一方で、手の動きに応じた空中像の動きをデザインしたにも関わらず、観覧者が手を出さなかった場合、最初の入力がないためにインタラクションが生じないことがあった。また空中像のコントラスト比が低いときはユーザーの行動が低い場合が多い点も観察されている。

研究の過程で行動誘発の不確実性の大きさを確認した。空中像として表示するコンテンツの輝度・位置・大きさ・相手など様々な要因で、ユーザーの行動が変わってしまうため、被験者実験をスムーズに実施するためのプラットフォーム装置が必要であることがわかった。

そのため、人間の行動誘発のための研究の基盤技術として、空中像の視点でユーザーを撮影可能な撮影技術を制作した。具体的には、空中像光源と撮像系光学系の2つをハーフミラーに対して共役な位置に配置した、空中像の表示撮像一体型光学系である。図 7 にその設計を示す。

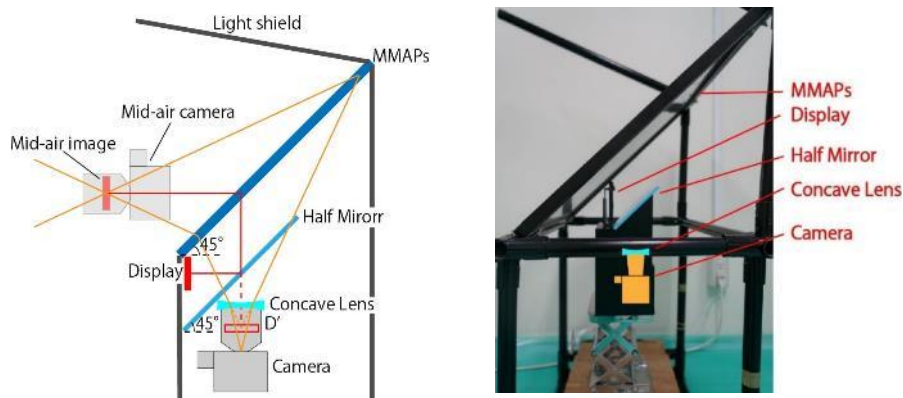


図 7 空中像の視点からの撮影技術

また、行動を誘発するための空中像の高速移動を実現するための新規提示手法の研究も開始した。具体的には、ディスプレイとミラーを回転させることで、空中像の結像位置を前後に移動させることのできる光学系を試作し、その原理を確認した。

さらに空中像視点から被験者を撮影することのできる装置や、その時の視点映像を Head Mounted Display(HMD)に送りユーザーが空中像になりきって操作することのできるデバイスを実験プラットフォームとして製作した。

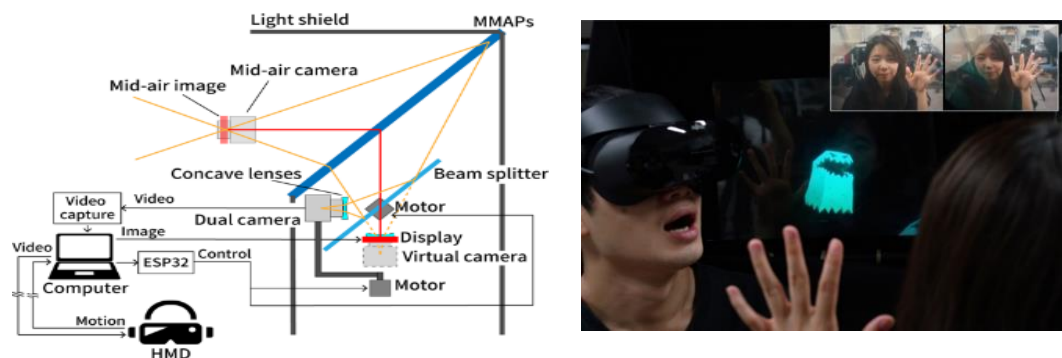


図 8 空中像操作インターフェース

※1 展示実績

1. イノベーション・ジャパン. 東京ビックサイト. 2017.08.31 - 2017.09.01
2. ビジュアルメディア Expo. パシフィコ横浜. 2017.12.06 - 2017.12.08
3. Open for the Public、Social Innovation Week Shibuya. Edgeof. 2018.09.15、16
4. 電通大展 in たづくり. 調布市たづくり. 2018.10.14 - 16.
5. FLOWERS BY NAKED 2019 一東京・日本橋一. 日本橋三井ホール COREDO 室町1・5F. 2019.01.29 - 03.03.(技術協力)
6. JAPAN SHOP 2019. 東京ビックサイト. 2019.03.05 - 2019.03.08

3. 今後の展開

本プロジェクトでは、空中像の表示技術に関して大きな進展があったと考えている。本プロジェクトの目的であった明るい空間で映像を装置から実空間に飛び出たせ、人に働きかける技術を実現できた。今後はこの性能を向上していき、実用化につなげたいと考えている。

一方、本プロジェクトの中で発見した新しい課題は、空中像の装置が大きくて目立ちすぎるため、公共空間への設置にはそぐわないという点であった。これに対して、環境に調和するように光学系の遮蔽設計を進めることができた。今後はこの設計論を洗練させ、実際に設置する際に、どの程度の明るさ・解像度になるのかを、表面素材の像鮮明度(写像性)や光沢度から算出できるようにモデル化を進める。また、光学素子そのもののモデル化も進め、設計者がその見え方をシミュレーションによって再現できるようにする予定である。

さらに、人への働きかけの部分に関して、今の課題は空中像のコンテンツデザインに関する指標が欠けている点であると考えている。何を・どこに・どう表示すれば空中像の魅力を引き立てることができるのか、心理物理実験を通して定量的な評価を進め、行動誘発型情報提示の実現に向けて研究を進めていく。

4. 自己評価

■ 研究目的の達成状況

本研究では、環境光採光型空中像を提案し、空中像研究を進めた。目的は大きく3つに分けられる。第一に光学系の改善による視認性の向上である。第二に空中像の操作手法の開発である。第三に空中像による人の行動への影響の調査である。

第一の目的に関しては、太陽光採光型空中像を実装し、性能を確認することができた。この原理に基づきシステムの改善を進めていくことでさらなる高視認性のシステムが実現できると考えている。

第2の目的に関して、環境に調和する情報提示手法として、水面空中像をテーマに研究を行い、実空間のセンシングとそれに適応した画像源の制御による空中像提示を実現することができた。本研究は Innovative Technologies 2018 に採択されるなど高い評価を得ることができた。

第3の目的に関して、研究の過程で行動誘発の不確実性の大きさを確認した。空中像として表示するコンテンツの輝度・位置・大きさ・相手など様々な要因で、ユーザーの行動が変わってしまう。そこでまずは被験者実験をスムーズに実施するためのプラットフォーム装置が必要であることがわかった。そのため、空中像視点から被験者を撮影することのできる装置や、その時の視点映像を Head Mounted Display(HMD)に送りユーザーが空中像になりきって操作することのできるプラットフォームを開発することができた。また持ち運びが容易で光沢面に置くだけでそこに空中像が表示できる光学系の実現もしており、今後の心理実験等への活用の枠組みを広げることができた。

さらに研究の過程で、空中像装置そのものを覗き込む設計ではなく、空中像を設置する空間の表面素材に反射させることで、環境の中に情報が調和して表示される環境調和型情報提示手法という考えに至り、その実現に向かって設計を進めた。その成果はグッドデザイン賞を受賞するなど、高い評価を得ることができた。

■ 研究成果の科学技術及び社会・経済への波及効果

本研究の遂行によって、環境調和型視覚情報提示の考えに至った。既存の視覚提示技術においては、ディスプレイそのものに関する研究が主であり、それが設置される空間との調和に関する議論が不十分であったと考えている。本研究の遂行の過程で空中像の装置を覗き込むのではなく、環境に調和的に表現されるものとして表示する技術を進め、学術研究としての発表にとどまらず、Innovative Technologies やグッドデザイン賞の受賞に至った。

■ その他領域独自の評価項目

本研究領域では、社会課題に対するシナリオとその解決案としての研究を重視している。本研究の当初の目的はデジタル・デバイドという情報入手の装置や手段の不平等を、公共空間に活用しやすい空中像表現を実現することで、情報提供方法の新しいやり方を提案することであった。

情報の選択可能性が意見の対立を加速する中で、情報の公共的な表示技術が今後更に必要とされることが考えられる。本研究では、現実空間における情報提示技術として空中像研究をし、公共空間に設置可能な光学系などの設計を実現した点で、当初の目的は達成できたと考えている。さらに、「情報の公共的提示」という研究課題の面白さと必要性を意識することで、今後あるべき研究の方向性を見出すことができた。

5. 主な研究成果リスト

(1)論文(原著論文)発表

- | |
|---|
| 1. 佐野 文香, 小泉 直也. Deco-Wall: 光源を頭部上方に設置し垂直空中像を正面に表示する光学系. 日本バーチャルリアリティ学会論文誌. 2019, 24 巻1号, 113-123 |
| 2. 松浦 悠, 小泉 直也. Scoopirit: 水面反射を用いた空中像とのインタラクション. 情報処理学会論文誌, 2019. 60 巻 2 号, 318-327 |

(2)特許出願

研究期間累積件数:3 件

発 明 者: 小泉 直也
発明の名称 : 太陽光採光型空中像光学系
出 願 人: 電気通信大学
出 願 日: 2017/08/25
出 願 番 号 : 特願 2017-162612

(2)その他の成果(主要な学会発表、受賞、著作物、プレスリリース等)

主要な学会発表

1. Ayaka Sano and Naoya Koizumi. 2019. PortOn: Portable mid-air imaging optical system on glossy materials. In Proceedings of SA '19 Emerging Technologies, 2 pages.
2. Yu Matsuura and Naoya Koizumi. 2018. Scoopirit: A Method of Scooping Mid-Air Images on Water Surface. In Proceedings of the 2018 ACM International Conference on Interactive Surfaces and Spaces. 227-235.

受賞

1. Best Short Paper-Runner Up, 25th ACM Symposium on Virtual Reality Software and Technology ,12-15 November 2019
2. グッドデザイン賞, 公益財団法人日本デザイン振興会, 2019.10.02
3. インタラクティブ発表賞 (一般投票)(PC 推薦), 情報処理学会 インタラクション 2019, 2019.03.08

著作物

1. 小泉直也. マイクロミラーアレイ素子を用いた空中ディスプレイ. 月刊 OPTRONICS, vol 38, No. 6, pp.67-71. 2019.

以上

研究報告書

多様な情報流通と価値創造を支援するソーシャル・ネットワーキング原理の構築と実証

研究タイプ: 通常型

研究期間: 2016 年 12 月 ~ 2020 年 3 月

研究者: 笹原 和俊

1. 研究のねらい

本研究の目的は、情報と人々を「つなぐ」はずのソーシャルメディアが、社会的な「分断」や情報の同質化を助長しているという問題を克服し、多様な情報流通を支援する新しいソーシャル・ネットワーキング原理を創出することである。そのためのヒントは、新たな社会問題として顕在化しつつある「エコーチェンバー」などの、情報技術が介在することで悪化する社会的分断のメカニズムの理解にある。換言すると、エコーチェンバー化を緩和する情報技術が実現できれば、ソーシャルメディアがもつ可能性をさらに引き出し、価値創造のための有効なツールとなることが期待できる。その鍵となるアイデアは、情報技術を使って適度に介入し、多様な弱い紐帯が自然に生まれ維持される仕組み(「多次元の弱い紐帯の自生」)を作る、というものである。その目的を達成するために、本研究では、「計算社会科学」(Computational Social Science)の3つのアプローチを用いる。3つのアプローチとはすなわち、現実世界の人間行動の「プロキシ」としてビッグデータを分析するデータ科学、そこから得られた知見と洞察に基づいて計算モデルを構築し探索するシミュレーション科学、オンライン技術を活用して大規模な行動実験を行うバーチャルラボである。本研究では、これらの手法を統合してエコーチェンバー化のメカニズムを解明し、それを改善する条件を導出して、多様な情報流通を促進する新しいソーシャル・ネットワーキング原理を提案する。さらに提案原理を SNS システムに実装し、多様な価値創造を支援する情報技術の基礎を確立する。

2. 研究成果

(1) 概要

本研究の内容を大きく分けると、(A)ビッグデータ分析によるエコーチェンバーの実態調査、(B)エコーチェンバーの計算モデルとシミュレーション、(C)多次元の弱い紐帯の生成に有効な個人属性の調査、(D)提案原理の実装と実験の4つである。研究テーマ(A)では、Twitter のデータを用いてエコーチェンバーの実態を定量的に分析し、意見の極性化と社会的分断と意見を引き起こす要因を解明した。研究テーマ(B)では、(A)で得られた知見に基づいて計算モデルを構築し、様々なパラメータの組み合わせを大規模シミュレーションで探索して、多様な意見・つながりがある状態から、意見の分極と社会分断が生じ、エコーチェンバーに至る条件を明らかにした。また、現在の SNS が持つ仕組みがエコーチェンバー化を加速させることも明らかにした。研究テーマ(C)では、ビッグデータの分析から、「多次元の弱い紐帯」の自生を実現するために、有効な個人属性の候補を調査し、基本属性に加えて、道徳や食の選好性などを機械学習で推定可能であることを示した(論文 1-4)。研究テーマ(D)において、研究テーマ(A)~(C)で得られた知見から導出したソーシャル・ネットワーキング原

理を、独自に開発した SNS システム (Polyphony) に実装し、行動実験を行った(実験は継続中)。この実験からは、提案原理をさらに改善するためのデータが得られることが期待できる。

本さがけの研究により、多様な社会的つながりを促進することで価値創造を支援する方法の一端が明らかになり、今後の社会実装へ向けた基礎を確立することができた。

(2) 詳細

研究テーマ(A): ビッグデータ分析によるエコーチェンバーの実態調査

Twitter のビッグデータを用いて、エコーチェンバーの実態調査を行なった。米国の大統領選挙 2016 および中間選挙 2018 の分析から、オンラインの言説空間がリベラル系と保守系に分離し、典型的なエコーチェンバーの構造をしていることを明らかにした(図 1)。さらに、保守系の方がつながりが密でかつアクティビティが高いことも判明した。この結果は、エコーチェンバーがフェイクニュースの温床になる危険性を示唆している。さらに、食の選好性に関して、オーガニック系を好むユーザ(フード左翼)とファストフード系(フード右翼)を好むユーザの言説空間がエコーチェンバーの構造をもつことがわかった(論文2)。これらの結果から、エコーチェンバーの計算モデルの枠組みや現実的なパラメータの情報が得られた。

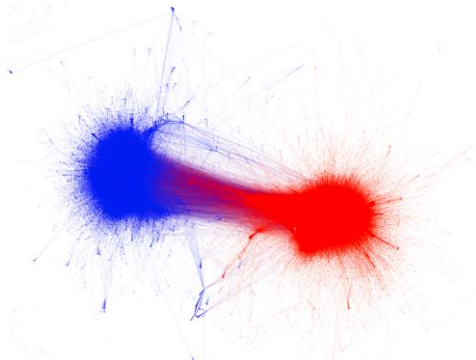


図 1. 米大統領選 2016 におけるエコーチェンバー (点は Twitter ユーザ、線はリツイート、左がリベラル系、右が保守系のユーザのクラスタ)

研究テーマ(B): エコーチェンバーのモデル化とシミュレーション

研究テーマ(A)の知見に基づき、現実のエコーチェンバーの構造特性と統計的性質を再現する計算モデルを構築した(図2)。社会的影響や社会的つながりなどのパラメータを様々に変えて、大規模シミュレーションによってエコーチェンバーが生じる条件を特定した。その条件とは、現実的なパラメータ設定においては、「社会的影響と社会的つながりが両方がある時のみ、意見の分極と社会的分断が同時に生じる」ということである。さらに、この計算モデルの結果が、インディアナ大学がもつエコーチェンバーに関する SNS データの構造的・統計的特徴を再現することも確認できた(Sasahara et al. arXiv:1905.03919)。この計算モデルをテストベッドとして使用して、「多次元の弱い紐帯」を自発的に生成することで、情報環境の分離化と同質化が緩和される条件を大規模シミュレーションによって探索し、新しいソーシャル・ネットワーキング原理に関する知見を得た。

研究テーマ(C): エコーチェンバーのモデル化とシミュレーション

本研究の鍵となるアイデアである、「多次元の弱い紐帯」を技術的に実現するために、ビッグデータから推定できる個人属性の種類を検討した。性別、年齢、職業などの基本属性は、SNS に投稿されたテキストのみから 70%以上の精度で予測することがわかった。さらに、感情や道

徳、価値観としての食、政治的態度への認知などを、投稿データからある程度の精度で予測できることが明らかにした(論文 3)。多様な個人属性の推定のために使用する感情辞書および道徳基盤辞書の翻訳作業を研究補助者の協力を得て行なった(論文 1,4)。これらの知見に基づき、「多次元の弱い紐帯」の自生に寄与する個人属性を検討し、実験用 SNS(後述)の開発のための洞察を得た。

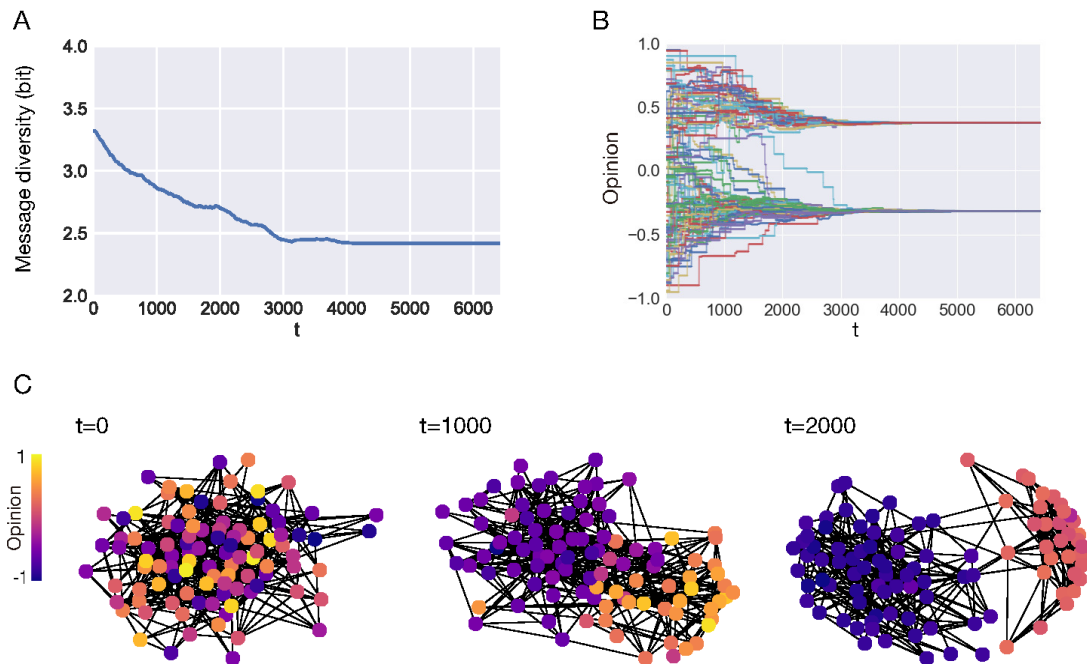


図 2. エコーチェンバーのシミュレーション

時間とともに、(A)SNS 上で見る情報が同質化し、(B)集団の意見が分極して、
(C)社会的ネットワークが分断する。(Sasahara et al. arXiv:1905.03919)

研究テーマ(D):新しい SNS システムの開発と実験

研究テーマ(A)～(C)の知見を整理した上で、研究中に新たに得られた着想も含めて、エコーチェンバー化を緩和するソーシャル・ネットワーキング原理を提案する。

- 人々が確認バイアスのもとに行動し、社会的影響と社会的つながり替えが両方存在する条件では、意見の分極と社会的分断が不可逆的に進行し、エコーチェンバーの状態に至る。
- 社会的影響や社会的つながり替えの頻度が大きいほど、エコーチェンバー化が加速される。
- SNS の投稿データから基本属性(性別や年齢など)だけでなく、多様な属性(感情、道徳、食)が機械学習によって実用的な精度で推定可能であり、多次元の弱い紐帯の実装に有効である可能性がある。
- 従来の SNS 方式は確認バイアス等の影響で友人推薦がうまく機能しない。そこで、人間の本能に近い認知バイアスを使うことが有効である可能性がある(研究期間中に着想)。

【エコーチェンバー化を緩和するソーシャル・ネットワーキング原理】

社会的影響を抑制し、多様な属性に基づく社会的つながり(多次元の弱い紐帯)の生成が促進されるように、認知バイアスに働きかけてナッジする。

以上を踏まえて Polyphony という実験用 SNS を開発し、この提案原理を実装した。Polyphony の開発と運用には Amazon Cloud Service (AWS)を用い、個人属性の推定には IBM Watson の Personality Insights の 22 項目の推定結果を用いている(図 3)。本システムでは、社会的影響を弱化させるために、投稿が共有された回数や「いいね」(ブックマーク)された回数そのものが表示されないようにし、特定の投稿が過度に注目されないようにしている(Facebook も同様方法の導入を検討している(2019 年 10 月現在)。本システムでは、「誰かがいいね/ブックマークしました」とだけ表示する。)。また、「こんな人もいます」機能において、多様な個人属性の類似性に基づく意外なつながりを紹介する(推薦ではない)。ここでは、多様な個人属性に基づき相性を計算し、「相性がいいほど、心地よい音になる」ナッジをしている。Polyphony を用いた実験を 2019 年 10 月に開始し、継続中である。日々蓄積されるデータからは、提案原理の有効性を示す手がかりが得られてきている。

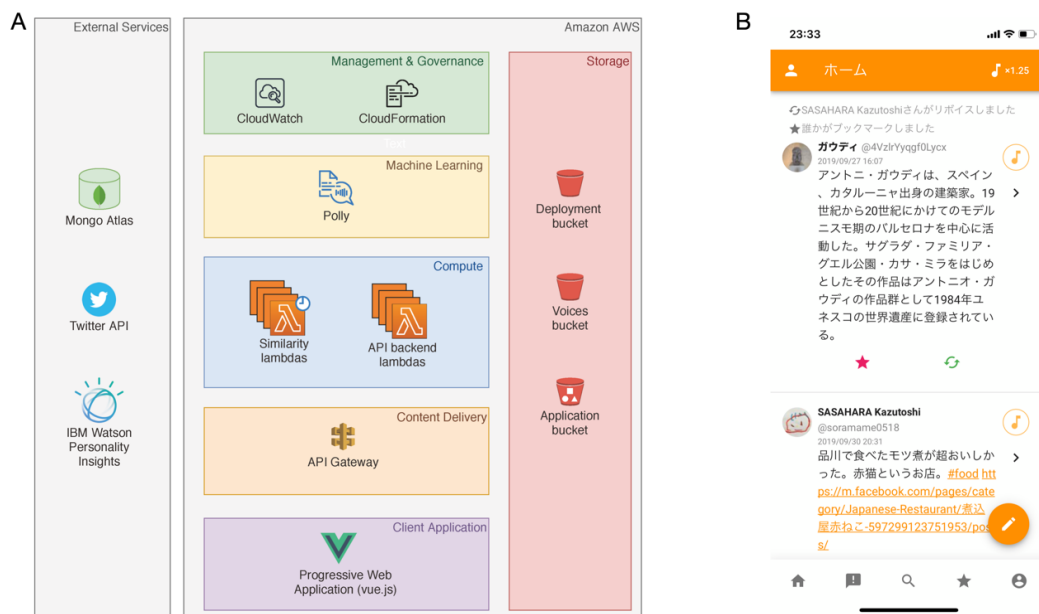


図 3 Polyphony のシステム構成(A)とユーザーインターフェイス(B)

3. 今後の展開

本研究が提案するソーシャル・ネットワーキング原理は、社会的分断と情報の同質化の問題を、「多次元の弱い紐帯」の自生というシンプルなアイデアと実現可能な情報技術によって緩和する。既存の汎用型ソーシャルメディアに加え、地域 SNS やインバンウンド（訪日観光）SNS などの特化型 SNS、MOOC（大規模オープンオンライン講座）の学習コミュニティやシニア・高齢者向けオンライン・コミュニティなど、多種多様な用途のソーシャルメディアが今後ますます社会に浸透し、その重要性がさらに増すことが予想されるため、多様な情報流通を促進して情報環境全体のコミュニケーションを活性化する提案原理の社会的意義は大きい。さらにヒト、モノ、コト（情報）がオンライン（情報環境）とオフライン（現実世界）の垣根なく相互接続する Society 5.0 において、提案原理は多様な価値創造の源泉としてのソーシャル・キャピタルの新たな可能性を切り拓き、人工知能と集合知の共創など幅広い分野への応用展開が見込まれる。そのような展開のためにも、Polyphony 実験で観察された問題点や今後予想される潜在的問題を洗い出し、社会実装に向けて改善策を検討する必要がある。また、情報技術を有

効活用して多様な社会的つながりを促進する1つの方法は、これが唯一のやり方でないことは自明であり、異なる観点の新しいアイデアについても柔軟に取り入れていく必要がある。

4. 自己評価

本さがけの研究によって、「多次元の弱い紐帯」という抽象的なアイデアに理論的・経験的な根拠が与えられ、さらに、領域代表やアドバイザー、他のさがけ研究者との議論から、「認知バイアスを活用する」という着想を含め新しいアイデアが生まれ、Polyphony というシステムに具現化することができた。この点は自己評価できると考える。より具体的には、エコーチェンバーの理論について、計算モデルと大規模シミュレーションによって、エコーチェンバー化する条件や SNS がエコーチェンバー化を加速する理屈を示せたこと (Sasahara et al. arXiv:1905.03919) は学問的意義が大きい。また、社会的分断が深刻化する現代において、このことを知っていることは、デジタル時代の情報リテラシーとして重要であるため、本研究の成果は一般向けの本 (著作物 2) の執筆や誰でもエコーチェンバーを疑似体験できるオンライン・デモ (著作物 4) の公開にもつながり、これらは社会的意義が大きい。さらに、Polyphony の開の副産物として、個人属性を推定する要素技術を確認したり、それに使うための辞書 (著作物 5) を作成・公開したことも評価できる点である。

一方で、Polyphony のシステムの仕様を途中で大きく変更せざるを得なくなったことなど、想定外の開発上のトラブルに見舞われたことも一因ではあるが、研究期間中に実験までを完結させ、提案原理を十分に検証するまでには至らなかった点は、大きな反省点として残る。しかし、Polyphony を用いた実験は今後も継続し、「フェイク」や「ヘイト」に立ち向かうための新たな情報技術を創出するための基礎データとする。

まとめると、「研究目的の達成状況」および「研究の進め方」という点では、それぞれ 8 割は達成できたと自己評価する (残りの 2 割は、Polyphony を用いた実験が完結しなかった点)。「研究成果の科学技術及び社会・経済への波及効果」については、多様な社会的つながりを促進することで価値創造を支援する原理の 1 つを明らかにし、今後の社会実装へ向けた基礎を確認することができたという意味で、7 割程度の達成度だと評価できる (残りの 3 割は、民間企業との共同研究を模索するなどして、Polyphony (の仕組み) を社会実装してスケールする試みが十分でなかった点)。

5. 主な研究成果リスト

(1) 論文 (原著論文) 発表

1. *A. Matsuo, *K. Sasahara, Y. Taguchi, and M. Karasawa, Development and Validation of the Japanese Moral Foundations Dictionary, PLoS ONE 14(3): e0213343, 2019
*Contribute equal
2. K. Sasahara, You are what you eat: A social media study of food identity, Journal of Computational Social Science 2(2), pp.103–117, 2019
3. T. Yo and K. Sasahara, Inference of Personal Attributes from Tweets Using Machine Learning, Proceedings of the 2017 IEEE Big Data, pp. 3086–3092, 2017
4. R. Kaur and K. Sasahara, Quantifying moral foundations from various topics on Twitter conversations, Proceeding of the 2016 IEEE Big Data, pp.2505–2512, 2016

(2) 特許出願

研究期間累積件数:0 件

(3) その他の成果(主要な学会発表、受賞、著作物、プレスリリース等)

学会発表

1. K. Sasahara, You Are What You Eat: A Social Media Study of Personality Traits, The 5th International Conference on Computational Social Science (IC²S²), 2018
2. K. Sasahara, G. L. Ciampaglia, A. Flammini, and F. Menczer, Modeling Echo Chambers on Social Media, The 3rd International Conference on Computational Social Science (IC²S²), 2017

著作物

1. 笹原 和俊(単著)『フェイクニュースを科学する 拡散するデマ、陰謀論、プロパガンダのしくみ』化学同人, 2018
2. Echo Demo <https://osome.iuni.iu.edu/demos/echo/> (オープンソース)

新聞・雑誌

1. Forbes JAPAN 2019 年 11 月号「SNS の貫通力を科学する」

テレビ・ラジオ

1. NHK「クローズアップ現代プラス」, 2019 年 3 月 4 日

アウトリーチ

1. 日本科学未来館サイエンティスト・クエスト「ウソがホントになるインターネットの世界～情報との正しいつきあい方とは?」, 2017 年 8 月 1 日

以上

研 究 報 告 書

安心感の醸成と孤独感の低減をめざす Emotional Reality 情報技術の確立

研究タイプ: 通常型

研究期間: 2016 年 12 月 ~ 2020 年 3 月

研 究 者: 仲谷 正史

1. 研究のねらい

本研究の狙いは、触覚を通じた抗いようもない実感: Emotional Reality の意義を詳らかにし、人工知能によって高度に発達した情報化社会において、人類が不安なく生きてゆくための情報技術の開発である。

現代の情報化社会において、データの自動判別器としての人工知能が広く利用されるようになってきた。一方、人間の感覚で触覚に関するデータについて、人工知能が適用された事例はまだ多くない。この理由は、(1) 情報化することが容易ではないことに加えて(2) 触覚や身体感覚が人間の認知や心理にもたらす意味／意義が十分に理解されていない現状がある。

触覚は、視覚や聴覚が発達していない胎児のころから持っている感覚である。それが故に、子供は目に見えたどんなものにも触り、時に口に入れて確かめる性質を持つ。この性質を使って自己と環境、自己と他者との違いについて学び、認知発達が進んでゆく。やがて、触れなくても見ただけで対象物の性質が推測できるようになると、視聴覚を中心として環境の情報を得るようになると考えられている。この過程の認知発達を理解することは、乳幼児だけでなく、ヒトにおける触感覚そのものの意義を理解することにつながる。

本研究では、触覚を利用した環境の理解が最も行われる時期である乳幼児期を研究対象として選び、子育てにおいて触れること・身体感覚を得ることの効用を明らかにすることをねらいとする。このねらいを実現するために、乳幼児の遊び行動の一つである視触覚による探索行動を取り組む課題として、この行動を定量化する手法を考案することで、触覚行動の有無や多少を測れるようにする。この触覚行動の量をもって、養育者と子供間のコミュニケーション様式を検討する、乳幼児向けワークショップの効果の定量評価をした事例を示す研究を行う。

この研究を遂行することで、人間の五感においてすべての感覚を支える足場の役割をしている触覚がどのような効用を乳幼児にもたらすのかについて検討する。特に、視触覚による探索行動の定量化を最新の機械学習に支えられたパターン認識手法を援用して実現し、これまで人間でしかできなかった認知発達の定量化の自動化をめざし、多様な視点からの研究知見のさらなる取得に貢献する。この知見によって、人工知能全盛期の時代に登場する子育て支援技術を開発し、発達認知科学の基礎知見から応用研究(製品評価)までをカバーできる計測技術とその実践方法の検討を行う。

2. 研究成果

(1) 概要

研究の狙いを達成するために、次の3つの研究を行った。

研究テーマ A : コンピュータビジョンと人工知能を組合わせた乳幼児の探索行動の客観的 定量評価系開発の研究

子供が遊ぶ時にどのような探索行動を行っているかを自動的に判別し、探索行動の種類に応じてその行動を採用している時間の長さを定量化するシステムの構築を行った。視覚探索の検出に OpenFace、触覚探索の検出に OpenPose を利用し、選好注視タスクを援用した実験手法を考案し、適切な動画撮像環境を整えることで、視触覚探索の自動定量化を実現した。

研究テーマ B : 養育者が乳幼児にふれることへの態度の意識調査

アンケート調査を通して、現代の養育者がその子供に触れる／触れられる際に感じている事柄を抽出することで、養育者の乳幼児へ触れることの態度を明らかにした。その結果、親が子供に触れる場合と触れられる場合では、親が触れることに対する解釈が異なることがわかった。親が子供に触れる場合には、子供とのボンディングを感じる場合と、子供の世話をする意図の2つの意味合いを持ちうることがわかった。その一方で、親が子供に触れられる場合に、親は子供が何らかのコミュニケーションを取りたいと解釈することがわかった。

研究テーマ C : 養育者と子供のふれあいを促すワークショップ開発とその実践

現時代に生きる養育者と子供と一緒に体験できる身体ワークショップを企画・実践することを目指した。器械体操の手法に基づく指導法と、からだのつながりを意識させる手法に基づく指導法に基づいた2種類のワークショップを企画・実施をした(総参加者 94 名)。身体を動かすワークショップを通して親子がお互いに触れる／触れられる機会を増やし、参加者の触れることへの理解を促した。

この3つの研究成果は、人工知能による動作自動解析/判別が一般家庭に普及した暁に、養育者と子供のふれあいが促される社会の実装方法と、その実装によって描く未来を予見させる。具体的には、人間同士の物理的なコミュニケーション[＝触覚]の必要性を気づかせ、そのコミュニケーション形態を促し、視聴覚以外の感覚チャネルにも開かれた情報社会の実現に貢献する。これはすなわち、高度に発展した人工知能情報社会において、触覚を通した抗いようもない実感: Emotional Reality の意義に気づき、確認することを促すメタ人工知能を開発する余地と、実体のある人間同士でしか獲得し得ない自己・他者理解の様式を保存する技術の礎を築く。

(2) 詳細

研究テーマ A 「コンピュータビジョンと人工知能を組合わせた乳幼児の探索行動の客観的
定量評価系開発の研究」 研究達成率:100%

子供が遊ぶ時にどのような探索行動を行っているかを自動的に判別し、探索行動の種類に応じてその行動を採用している時間の長さを定量化するシステムの構築を行った。DNN を利用した機械学習モデルを利用して、乳幼児が探索行動を行っている際の視線方向の検出と触探索行動の様子をビデオカメラにて撮影し、撮影データを自動で解析するシステムの構築を行った。このシステムで解析可能にするための実験パラダイムを、発達認知科学で広く使用されている選好注視タスクを援用して構築した。

構築した実験パラダイムと実験で使用する計測システムの妥当性を検証するために、日本科学未来館に設置されている「“おや？”っこひろば」での実験実施を実施した。19 名分の乳幼児データを取得することに成功し、このデータを用いて乳幼児の視触覚探索をデータ解析可能にする自動機械判別機の構築を行った。この研究成果は、2018 年 11 月に韓国にて行われたアジア触覚学会において発表を行った。

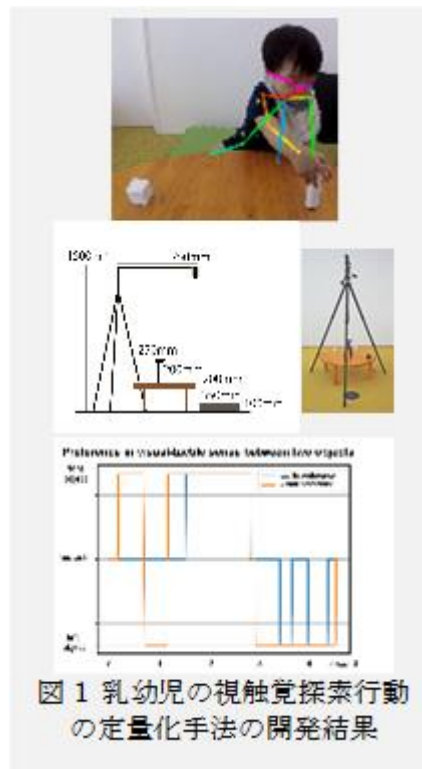


図 1 乳幼児の視触覚探索行動の定量化手法の開発結果

K. Sakurada et al., Baby Touch: quantifying visual-haptic exploratory behaviors in infants of sensory-motor development, In Proc. of AsiaHaptics 2018.

https://doi.org/10.1007/978-981-13-3194-7_55

研究テーマ B「養育者が乳幼児にふれることへの態度の意識調査」 研究達成率:70%

乳幼児に触れることに関する養育者の意識調査を行った。研究のねらいで述べたように、子供の探索行動は、その子の認知発達に影響を与えることが知られている。探索行動は視覚的なものだけでなく、手指や全身を使った触探索行動が含まれる。視覚や触覚の探索行動そのものを調べた先行研究はあるが、養育者の触れることへの態度が乳幼児の探索行動に影響を与えるかの研究は行われていない。

研究テーマ B では、アンケート調査を通して、現代の養育者がその子供に触れる／触れられる際に感じている事柄を抽出することで、養育者の乳幼児へ触れることの態度を明らかにすることを目標とした。8つの質問項目から構成されるアンケートを作成し、0-6 歳の子供を持つ養育者 55 名に回答をしていただいた。

その結果、親が子供に触れる場合と触れられる場合では、親が触れることに対する解釈が異なることがわかった。親が子供に触れる場合には、子供とのボンディングを感じる場合と、子供の世話をする意図の2つの意味合いを持ちうることがわかった。その一方で、親が子供に触れられる場合に、親は子供が何らかのコミュニケーションを取りたいと解釈することがわかった。

この研究知見を受けて、本調査のアンケート項目を作成した。この本調査の項目を持って、日本科学未来館にて 2019 年現在の養育者が子供に触れることへの態度の意識の本調査を実施し、養育者の中でも触れることに積極的な場合と消極的な場合で触れる／触れられることにどのような感情を抱くかについて明らかにする。



緑川真央, 仲谷正史, 子どもに触れることに関する養育者の意識調査法の研究, 第 10 回多感覚研究会, 2018 年 10 月.

研究テーマ C「養育者と子供のふれあいを促すワークショップ開発とその実践」

研究達成率: 60%

人工知能技術が子育て生活の中に入り込んだときに、何に取り組むことが養育者と子供のふれあいを円滑化するかを探索的に検討することが研究テーマ C の目的である。そこで、現時代に生きる養育者と子供と一緒に体験できる身体ワークショップを企画・実践することを目指した。

この研究目標を達成するために、2種類のワークショップを企画・実施をした。1つ目に器械体操に基づく3-6 歳児向けのワークショップを企画した。器械体操を子供に提供するワークショップを企画し、運営した。結果、15 名の子供が参加した。

2つ目に 0-2 歳児にも適用可能な体操ワークショップを実施した。お茶の水女子大学の橋本有子博士に講師を依頼して、からだの動かし方を親子で学ぶワークショップの機会を企画・運営・実施を行った。結果、子供 34 名、大人 32 名が参加した。

身体を動かすワークショップを通して親子がお互いに触れる／触れられる機会を増やすことができ、参加者からも高評価を受けた。このワークショップを通して、どの程度触れることへの意識が変化するのかについては、研究テーマ B で開発した質問紙を利用した調査が必要である。



3. 今後の展開

本研究の成果物を元にして、今後は次の3つの展開を考えている。

- (1) OpenPose/OpenFace を利用した乳幼児の視触覚探索行動の定量化システムについては、教育関連企業との研究連携／共同研究の実施を考えている。例えば、乳幼児向け玩具メーカーとの共同研究を行うことで、新しく開発された玩具が既存の玩具に比べて、視触覚探索行動をより促すのか、そうでないのかを定量化することが可能である。この知見は、玩具商品の出来を評価するだけでなく、玩具が持つ色や形状、大きさが視触覚による探索行動をどのように促進／抑制するかの知見を得ることに貢献する。この内容は産業応用の範疇にとどまらず、開発した玩具の対象年月齢である乳幼児がどのような行動を示すかの科学的な知見をもたらす。
- (2) 身体科学知見に基づくワークショップ提供のフレームワーク開発を実施する。本研究で実施した身体運動を促すワークショップ2種類は、参加者の満足度が高いものであったが、その効果の検証は参加者の感想や目に見える変化を確認した、といった定性的なものにとどまった。今後は、OpenPose などのデータ識別技術を援用した動画解析手法を利用して、体操ワークショップ前後の身体動作の変化（動かす時間／繰り返し位置精度など）を定量化することを試みる。この計測指標によって、ワークショップに参加した効果が計測できるのか、計測できるのであればどの程度の変化をもたらすのかを、効果測定の精度検証とともに検討する。
- (3) 本研究で取得した乳幼児の視触覚探索行動のデータは OpenPose を構成する多層の畳み込みニューラルネットワークにて再学習するための元データになる。OpenPose の原著論文で使用された学習データは成人の身体データも含んでおり、乳幼児の身体スケールのデータセットだけではない。この身体スケールの違いを含む学習データがどの程度、子どもの姿勢計測に計測精度に影響を与えるかについては未検討である。本研究で取得した乳幼児の身体スケールデータを学習データとして利用することで計測精度の向上が図れるのかを検討するとともに、もし計測精度が上がる場合には、学習済みの畳み込みニューラルネットワークのパラメータを他の研究者が利用可能な状態で公開し、発達認知科学研究に取り組む（アカデミア・産業問わず）研究者に計測系の使用方法の解説を含めて技術情報を公開する。

以上の展開に加えて、3D プリンタを利用した視触覚探索行動を促す玩具開発の検討を継続するとともに、親子のふれあい意識調査の結果と、乳幼児の視触覚探索行動のパターンとの関連について検討を行い、情報化社会でますます機会が少なくなっていくと予想される乳幼児の触れ遊びの意義を複数の視点で検討を行う。

4. 自己評価

研究成果は(1)発達認知科学研究の進展に貢献 (2)日本社会の次世代を育てる根幹技術の礎を築く (3)教育産業への波及効果の3点において、意義を見出すことができる。

(1) 本研究はヒトの発達認知科学研究の進展への貢献は、人工知能と、発達認知科学の実験パラダイムを有機的に結びつけることで、人工知能が乳幼児のヒューマン・ネイチャーを理解可能になる未来を示したことにある。いわゆる”人工知能”に基づくデータエンジニアリングの1分野として、機械学習を利用した自動データ解析技術の重要性は研究者だけでなく、社会的に

も広く認知されている。その一方で、一口に自動データ解析技術といっても、その解析技術そのものはデータサイエンス理論に基づくものであり、ヒューマンサイエンス研究に必要とされる具体的な内容については、研究の余地が残されていた。

科学研究の1つの目的として、ヒューマン・ネイチャー(人間の性質、人の自然)を理解することが挙げられる。ヒューマン・ネイチャーを研究することは心理学の領域であるが、人工知能に下支えされた研究手法については発展途上であった。本研究は、心理学と情報科学／情報工学を適切に組み合わせることで人工知能(自動データ識別機)が乳幼児の心の動きを行動データから読み取る一事例を示すことができたと考えている。

本研究が実施した、6-15 月齢児の視触探索行動を自動定量化する研究は、人工知能をヒトの発達状態を理解するために使用した事例である。先行研究が手動で行っていた乳幼児の行動データを短時間で多数人数分、一定の基準を持って等しく解析できるようにしたことは、発達認知科学研究を強力に推進するために欠かせない技術と自負する。

この技術は(2)日本社会の次世代を育てる根幹技術の礎となると考える。本研究のデータ工学に対する貢献は、本来、心理学や認知科学の領域であった乳幼児の発達状態を、誰にでも定量化する手法を考案し、その実証を行ったことにある。日本社会(もしくは全世界を含めた地球市民)に対して、乳幼児の発達状況を数値化して評価する1つの指標を示したことにある。これまで、乳幼児の発達については、専門家がその目で見て、判断を行うことが主に行われていた。すべての乳幼児に対してその発達状況を評価することは、物理的な時間制約を考えると現実的ではない。本研究の社会的意義は、健康診断を行うように、乳幼児の認知発達状況を定量化する1つの方法を示したことである。

本研究の経済的な意義は、既存の教育産業に人工知能を利用した教育効果の計測方法の具体例を示したことである。特に(3)教育産業への波及効果については、市販の玩具や教育ソリューションを提供する企業努力が、確かに子供の行動を変容させるのか、変容させるのであればどの程度まで変化するのかを知ることができる。このようなエビデンスは、これまで専門家が基礎研究に基づいて一般的な理論を適用していたにとどまっていた教育研究成果のアウトリーチを、各個人の発達状態やその日の状態に基づく個別の検討を、高性能な計算機があれば少ない人的リソースで実現しうることを示した。このことは、各企業の努力が妥当な内容であることを自信をもって述べる1つの根拠を与え、さらなる企業努力を促進する力となる。

以上より、本研究の成果は、データ識別が可能になった現代の人工知能によって個々の人間に寄り添い、その能力を最大限に発揮するための教育方法の1つの道を示したと考える。これはすなわち、個々の人間が自信を持って刻一刻と変化してゆく環境を生き延びてゆくために、人に寄り添って未来を創る手助けとなる人工知能の1つの形を示したのが本研究であると自己評価する。

5. 主な研究成果リスト

(1)論文(原著論文)発表

1. Shriniwas Patwardhan, Anzu Kawazoe, David Kerr, Masashi Nakatani, Yon Visell, Dynamics and Perception in the Thermal Grill Illusion, IEEE Transactions on Haptics, 2019, (DOI: 10.1109/TOH.2019.2904226)

2. Kazuki Sakurada, Akari Oka, Ritsuko Kiso, Leina Shimabukuro, Aoba Ueno, Masashi Nakatani, "Baby Touch: quantifying visual-haptic exploratory behaviors in infants of sensory-motor development", Lecture Notes in Electrical Engineering, vol. 535, H. Kajimoto, M. Konyo, K-U. Kyung, S-Y. Kim, & D. Lee (eds), Haptic Interaction - Perception, Devices and Algorithms, Springer Verlag, pp. 241-246 (2018), 2019/5/14.

(2) 特許出願

研究期間累積件数: 0 件

(3) その他の成果(主要な学会発表、受賞、著作物、プレスリリース等)

学会発表

1. Kazuki Sakurada and Masashi Nakatani, Guiding Attention with Tactile Feedback, IEEE World Haptics Conference 2019, Work-in-Progress, WP1P.13.
2. Masashi Nakatani, Masaaki Uesaka, Sayako Mogami, Zixia Zhao, Takamichi Sushida, Hiroyuki Kitahata, Masaharu Nagayama, Both spatial and temporal patterns of sensory afferents activity may explain the geometric perception in the fishbone tactile illusion, Neuroscience 2019, Nanosymposium No. 10569.

著作物

岡崎太祐, 仲谷正史, 自然を感じ HapticScape (ハプティックスケープ) を描こう, 生き物としての力を取り戻す 50 の自然体験, カシオ計算機株式会社 (監修), 株式会社 Surface&Architecture (編集), pp. 49-51, オライリージャパン (2018 年 7 月).

プレスリリース

藤沢市・慶應義塾大学 SFC 研究所・小田急電鉄の産官学連携企画 お子さまの健康な身体づくりを助ける保護者参加型子育て支援ワークショップを全4回実施(2019 年 5 月)

<https://www.kri.sfc.keio.ac.jp/ja/news/odakyufujisawaworkshop/>

メディア報道・協力

1. 天声人語, 朝日新聞社, 2019 年 10 月 5 日.
2. NHK 総合, 「若者に人気! ? ASMR って何?」, ひるまえほっと, 2019 年 9 月 5 日.
3. 朝日放送テレビ, 「ASMRの正体とは?」, 真相報道! 中間記者のスクープファイル!, エージェント West!, 2019 年 4 月 27 日.

以上

研 究 報 告 書

瞬きを手がかりとした人とロボットの情報共有促進システムの開発

研究タイプ: 通常型

研究期間: 2016 年 12 月 ～ 2020 年 3 月

研 究 者: 中野 珠実

1. 研究のねらい

社会の高齢化・核家族化の進展により、ロボットには、高齢者や子供のコミュニケーションパートナーとして、生活の支援だけでなく、話し相手となることが求められている。ロボットが人の良きパートナーとなるためには、人と同じように環境を認識し、そこから抽出した情報の意味や価値を他者と共有する人工知能を持つ必要がある。しかし、我々を取り巻く環境は常に変化しており、そこには始めもなければ終わりもない。人は一体どのようにして情報のまとまりを取り出し、意味づけをして、その情報の価値を評価しているのだろうか。本研究では、人が無意識に行っている「瞬き」を手がかりとして、自然環境下でも人間と同じように情報の分節を認識し、人間の心的状態を推定できる人工知能を開発することで、人とロボットの円滑なコミュニケーションの実現に挑む。

研究代表者のこれまで行った研究により、瞬きは暗黙裡の情報の切れ目で生じており、そのタイミングが人々の間で共通であること、さらに、二者間で瞬きが同期することで情報共有していることが世界で初めて明らかになった。つまり、瞬きの同期現象は情報分節化の大きな手がかりとして、さらに他者との情報共有のツールとしても利用できる。そこで、本研究は、①まず瞬きの発生制御の神経機序を明らかにし、瞬きの同期度から情報に対する人間の関心度を推定するシステムを作る。つぎに、②映像観察時の大勢の人々の瞬きを長時間モニタリングすることで、瞬きの同期度の時系列データセットを作り、その情報をニューラルネットワークに学習させることで、人間と同じように「出来事のまとまり」を認識できる人工知能を開発する。本研究により、人間の情報処理スタイルに合わせた絶妙なタイミングで情報共有できる人工知能システムを開発することで、「空気が読める」ロボットが人間の良き理解者・共感者として活躍する社会を実現する。

2. 研究成果

(1) 概要

本研究は、人々が自然に行っている瞬きに着目し、その同期度の情報を利用することで、人々がどのような情報に注目しているのか等、人間の心的状態を推定し、さらに、人間と同じように情報を分節化する人工知能を開発することで、人間と人工物の間で暗黙裡に情報が共有できるシステムの構築を目指している。

人間が頻回に瞬きをする理由は未だに解明されていないが、瞬きの頻度が心的状態に応じて著しく変化することに着目し、瞬きと自律神経系の活動との関連を調べたところ、瞬きの度に心拍数が一過性に上昇することを発見した。このことから、瞬きが、自律神経系を介した覚醒レベルの制御に関与している可能性が世界で初めて明らかとなった。そこで、人々の間で瞬きの発生タイミングの同期度を調べることで、映像や話題に対する人々の心的状態を推定できるか

を次に調べた。その結果、テレビ番組に対する関心の高さに応じて、瞬きの同期度が高くなること、話者の話が面白いと感じているときにだけ、話者との瞬きの同期度が高くなることを発見した。つまり、瞬きのセンシングは、人々の関心度の推定や関心に応じた情報提供などの幅広い応用が期待できる。

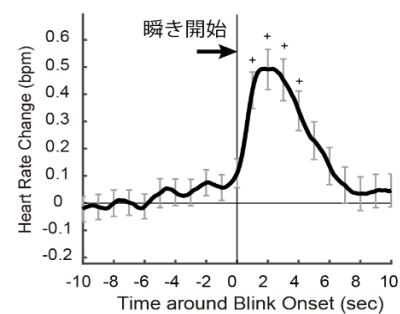
さらに、瞬きの同期度を手がかりとして、人間と同じように情報の中から出来事の分節を見つけられる人工知能の開発に挑んだ。その結果、8割のフィギュアスケートの映像において、それを視聴している人々の瞬き発生確率を推定することに成功した。人間の認知特性に基づいて「出来事のまとまり」を認識できる人工知能の開発は、人の行動や意図を推測する人工知能の開発の大きな前進につながることを期待される。

(2) 詳細

研究テーマ A 「瞬きを用いた人間の内的状態の推定」

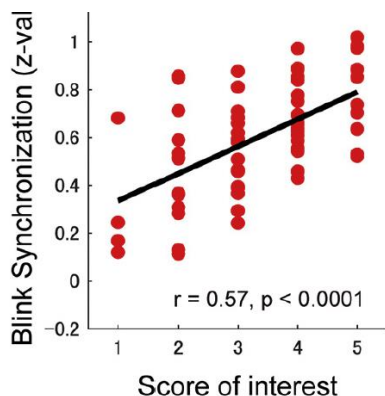
人間はおよそ 3 秒に 1 回の頻度で自発的に瞬きをしているが、目を潤すためには 15 秒に 1 回で十分なことから、何故その 5 倍もの頻度で瞬きをするのか、その機能的な役割は未だに明らかになっていない。そこで、瞬きの頻度が覚醒・情動・ストレスなどで大きく変化することに着目し、映像を視聴しているときの瞬きと自律神経系の生理活動の関係を調べたところ、瞬きの度に、その数秒後に心拍数が一過性に上昇することを発見した(図1参照)。さらに、この心拍数の上昇が、交感神経システムの活動増加によって生じることも同定した。このことから、瞬きは脳幹の自律神経システムを介して脳と身体の覚醒レベルをコントロールしている可能性が世界で初めて示された(5成果リスト(1)ー2 Nakano & Kuriyama 2017)。

図 1 瞬きに伴う心拍数変化

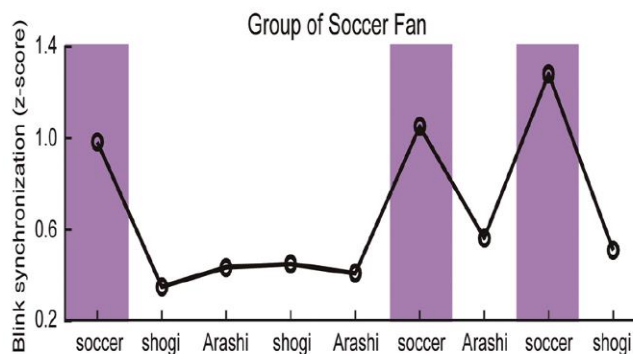


そこで、瞬きによる脳の状態リセットは、映像の意味的な切れ目で人々の間で同期して発生することに着目し(Nakano et al., 2013 PNAS)、映像にどの程度の関心をもって視聴しているかを推定するという「質的な視聴率調査」に応用する取り組みを行った。大学生 69 名にサッカー、将棋、アイドルグループ「嵐」の 3 種類の映像を視聴してもらい、その時の参加者同士の瞬きの発生タイミングの同期度を解析したところ、番組に対する関心度の高さと瞬きの同期度が正の相関を示すことを発見した(図2A)。さらに、サッカーファンの間での瞬きの同期度はサッカーの映像を見ているときだけ高くなり、一方、嵐のファンは嵐の登場する映像を見ているときに瞬きの同期が最も高くなっていた(図2B)。これらの結果から、人々の無意識に行っている瞬きの同期度を計測することで、視聴者は「どの映像の、どの時間帯の情報に関心を持ったか」、さらに、「どのような視聴者が番組に興味を持ったのか」、など、個々の視聴者の関心度を評価・推定することができる(特許出願 2018-055033 瞬きに基づく関心率の測定システム)。このシステムを社会に応用することで、従来の「機械式視聴率調査」にとって代わる「質的な視聴率調査」や、個々人の関心に合わせた情報番組の自動提供が可能になる。

図2 (A) 瞬きの同期度と映像への関心度が正の相関



(B) サッカーファンはサッカーの映像の時だけ(紫)瞬き同期度が上昇



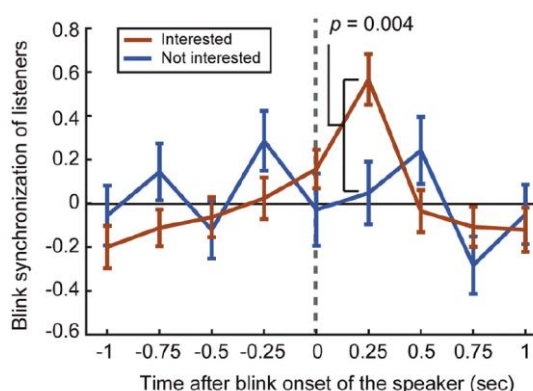
さらに、研究代表者は、これまで話者と聞き手の二者間でも話の切れ目で瞬きが同期することを報告してきた(Nakano & Kitazawa 2010 Exp. Brain Res.)。この二者間の対面会話時の瞬きの同期現象は、人間同士だけでなく、ロボットの話者と人間の聞き手の間でも生じることを発見した(5成果リスト(1)－4 Tatsukawa, Nakano, et al., 2016 Sci. Rep.)。興味深いことに、ロボットの話者が目をそらしながら話をする、この瞬きの同期現象は消失してしまう一方、ロボットの手に自分の手をのせて話を聞くと瞬きの同期現象が強まることがわかった。このことから、二者間の瞬きの同期度はコミュニケーションの状態を鋭敏に表す指標として活用できることが期待できる。

そこで、同じ相手でも、その時に話している内容に対して関心を持って聞いているかどうかを瞬きの同期度で評価できるかを調べた。具体的には、プロの実演販売士にお願いして、4つの商品の説明している映像を作成し(図3A)、それを男女20名ずつ、計40名の大学生にみてもらい、話の内容の面白さや購買意欲を回答させた。その結果、聞き手側が話を面白いと感じている時は、話者と瞬きが同期するのに対し、話がつまらないと感じている時は、話者と瞬きが同期しないことを発見した(図3B, 5成果リスト(1)－1 Nakano & Miyazaki 2018)。この同期度の指標を用いれば、相手の関心度に合わせて、会話内容を変更するロボットを開発することが可能になる(特許出願 2018-055034 瞬き制御によるコミュニケーション促進)。

図3 (A) プロの実演販売士が話している映像



(B) 話題に興味がある時だけ同期



研究テーマB「瞬き同期度を用いて映像の分節点を推定する人工知能の開発」

自然環境下における人間の行動や意図を推定・理解するためには、出来事の始まりと終わりがわかる必要がある。我々人間は連続した情報の中から「出来事のまとまり」を暗黙裡に抽出しているが、人工知能が人間と同じように出来事を理解するためには、まずこの出来事の区切りを学習する必要がある。人工知能の学習には、大量のトレーニングデータが必要であるが、現状では、人間がマニュアルで主観的に情報の分節点を同定している。そこで、本研究では、人々の瞬きが出来事の切れ目で選択的に同期して発生することに着目し、瞬きのタイミング同期度を情報分節の教師信号とすることで、自動的に映像の分節点を推定する人工知能の開発を目指した。具体的には、数分間の連続した演技の中に、ジャンプやスピンなどの様々な技が組み込まれているフィギュアスケートに着目し、演技を視聴している人々の瞬きのタイミングの同期度の時間変化を推定する人工神経回路網の開発を行った。まず、フィギュアスケートの演技の映像を24本用意し、各映像を40名の大学生に視聴してもらい、その時の瞬きの発生タイミングから、映像の各フレームの瞬き発生確率を算出した。次に、スケーターのアクションの切れ目を学習しやすいように、Open Pose という人工知能を用いたソフトウェアにより、映像の各フレームにおいて演技者の体の関節点を同定した(図4A)。その関節位置をコードした画像のシーケンスを入力信号として、CNNとLSTMを組み合わせたConvolutional LSTMからなるニューラルネットワークに入れ、各映像フレームに対する瞬きの発生確率を推定するよう学習させた。その結果、24本のうち20本(83%)のフィギュア映像において、統計的に有意に瞬きの発生確率を推定することに成功した($p < 0.001$ 、図4B)。さらに、ジャンプやスピンなどの各イベント発生前後での瞬きの推定値を解析したところ、ジャンプと同時に瞬きの発生確率が著しく低下し、その直後に回復するというように(図4C:実測値、図4D:推定値)、映像の出来事に応じて瞬き発生確率の推定が変化するように学習ができた。特に、132本のジャンプのうち66本(50%)で、有意な統計確率で瞬きの発生確率を推定することができていた。今後は、瞬きの発生確率の推定の精度をさらに向上させることができるニューラルネットワークの開発を検討している。本研究により、人の認知特性に基づいた「出来事のまとまり」を認識する人工知能が開発できれば、人の行動や意図の推測が計算可能となり、「人の心」がわかる人工知能システムの実現に大きく近づくことが可能となる。

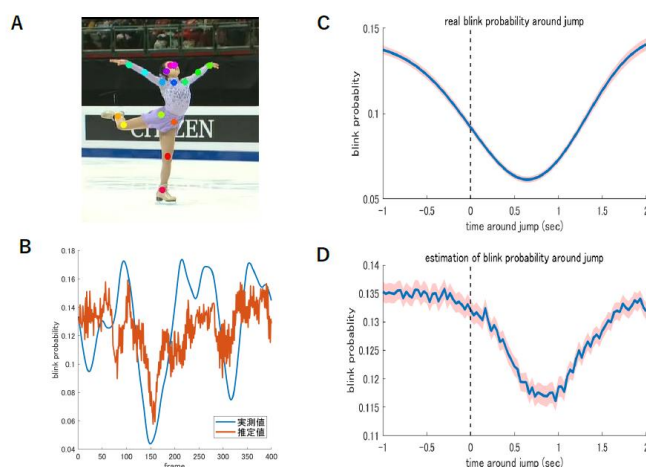


図4 人工知能を用いた瞬き同期確率の推定 (A)OpenPose によるスケーターの関節位置の推定 (B)瞬き同期度の実測値と推定値の比較 (C)ジャンプ発生前後の瞬き同期度の実測値の変化 (D)ジャンプ発生前後の瞬き同期度の推定値の変化

3. 今後の展開

【瞬き同期度を用いた・瞬き同期度を用いた視聴者の心的状態の推定の社会実装】

瞬きは、視線や瞳孔径の計測と異なり、遠方のカメラから視聴者の顔を撮影するだけで、容易にセンシングすることが可能である。そのため、本研究プロジェクトで開発した「瞬きの同期度から視聴者の映像や話題への関心度を推定する」システムは、教室、映画館やスタジアムなど大勢の人々が集まる環境での人々の状態の推定することに利用できる。また、スマートフォンやパソコンに内蔵されたカメラを用いて、個々の視聴状態を撮影・集積することで、大規模な映像コンテンツの評価にも利用できる。今後は、具体的な市場のニーズに合わせて、計測・評価システムを開発することで、社会に役立つセンシングシステムとして幅広く活用されることを目指す。

【人間と同じように世界を認識する人工知能の開発】

本研究は、人工知能を用いて人間の自然な生理活動である瞬きの発生確率を推定することが可能であることに世界に初めて示した。人間の内的な状態を反映して変化する生理・行動指標は、瞬きだけでなく、心拍や呼吸、発汗、表情、体動など複数ある。今後は、マルチモーダルな生理行動指標を組み合わせることで、より高い精度で人間と同じような情報の認知ができる人工知能の開発を進めたい。

【瞬きを介して人との円滑なコミュニケーションを行うロボットの開発】

本研究は、話題への関心度が瞬き同期度に現れることを明らかにした。さらに、人間と同じように情報の切れ目を認識できる人工知能を開発した。これらの技術を組み合わせることで、対面会話時に相手の心的状態を推定し、それに応じて会話内容を変更し、さらに情報の切れ目で瞬きを表出することで、人間との親密感を増強させるようなコミュニケーション・ロボットの開発を進めたい。

4. 自己評価

【研究目的の達成状況】

瞬きの同期度に徹底してこだわり、200 名を超える参加者から実験データを収集することで、人間の心的状態の定量的な推定が可能であること、それが社会実装できるレベルほど簡便なシステムに落とし込めることを実証できた。さらに、最新のニューラルネットワークの技術を導入することで、情報の分節を推定する人工知能を行うことができた。開発した人工知能を実際のロボットに導入して、人とロボットの間のコミュニケーションの促進につながっているかを調べるまでには至らなかったが、当初計画していた研究目標に対しては、おおよそ達成できたと考えている。今後は、開発したシステムが社会で実際に活用されるように、導入促進を今度進めていきたい。

【研究の進め方】

人工知能の開発は未経験であったが、目的達成のために、領域を通じて紹介された大型データサーバーシステムをレンタルすることで最高レベルの人工知能開発環境を整え、さらに情報学部で人工知能開発経験のある学生達を研究補助員に加えたことで、最新の人工知能の技術を盛り込んだニューラルネットワークの開発を進めることができた。

【研究成果の社会への波及効果】

Society5.0 の時代において、人間の心的状態のマルチモーダル・センシングは今後ますます加速すると推測される。本研究により、瞬きの情報の活用方法を明確にすることができたため、脳や身体の情報にくわえて、瞬きの情報解析を組み込んだセンシングに多くの企業や団体が取り組むことが期待される。

【その他】

海外ショートビジット(シンガポール)や科学政策立案に携わる官僚らとの意見交換を通じて、日本の大学の研究者という立場において、今後どのような科学技術戦略を取るべきなのか、産学連携をどのように進めるべきなのか、について深く考える機会を得ることができた。

5. 主な研究成果リスト

(1)論文(原著論文)発表

- | |
|--|
| 1. Nakano T, Miyazaki Y. Blink synchronization is an indicator of interest while viewing videos. International Journal of Psychophysiology. 2019, 135,1-11 |
| 2. Nakano T, Kuriyama C. Transient heart rate acceleration in association with spontaneous eyeblinks. International Journal of Psychophysiology. 2017, 121,56-62 |
| 3. Nakano T. The right angular gyrus controls spontaneous eyeblink rate: a combined structural MRI and TMS study. Cortex. 2017, 88, 186-191 |
| 4. Tatsukawa K, Nakano T, Ishiguro H, Yoshikawa Y. Eyeblink synchrony in multimodal human-android interaction. Scientific Reports. 2016, 6, 39718 |
| 5. Isomura T, Nakano T. Automatic facial mimicry in response to dynamic emotional stimuli in 5-month-old infants. Proceedings of the Royal Society B. 2016 283, 1844 |

(2)特許出願

研究期間累積件数:2 件

1.

発 明 者: 中野 珠実

発明の名称 : 瞬きに基づく関心率の測定システム

出 願 人: 国立研究開発法人科学技術振興機構

出 願 日: 2018/3/22

出 願 番 号 : 2018-055033

2.

発 明 者: 中野 珠実

発明の名称 : 瞬き制御によるコミュニケーション促進

出 願 人: 国立研究開発法人科学技術振興機構

出 願 日: 2018/3/22

出 願 番 号 : 2018-055034

(2) その他の成果(主要な学会発表、受賞、著作物、プレスリリース等)

主要な学会発表

1. Nakano T 「Cognitive and social functions of spontaneous blinks」 The 41st European Conference of Visual Perception, Oral presentation (2018 年 8 月)
2. Nakano T 「Spontaneous eyeblinks and brain network activity in natural environments」 Yamada International Symposium 招待講演 (2017 年 8 月)

著作物

「生理心理学と精神生理学 Ⅲ巻」日本生理心理学会企画

第 8 章 default mode network と瞬き pp.103-108 北大路書房 (2018 年 5 月)

報道

1. 「まばたき、一瞬の秘密 目を守るだけじゃなかった」 毎日新聞 2019 年 2 月 14 日

アウトリーチ

1. 日本科学未来館 情熱プレゼン！脳科学の最前線 講師 (2018 年 6 月)
2. IEEE 関西支部 Women in Engineering 主催 キャリアディベロップメント・セミナー 講師 (2018 年 7 月)

以上

研 究 報 告 書

解剖・作業情報の計測・分析・提示技術に基づく外科医療の最適化

研究タイプ: 通常型

研究期間: 2016 年 12 月 ～ 2020 年 3 月

研 究 者: 中村 亮一

1. 研究のねらい

本研究のねらいは、情報計測・分析・提示技術の導入により、低侵襲外科医療の信頼性向上と最適化を達成し、高いレベルでの標準医療の提供が可能な社会を実現する事である。近年の情報技術の発展は医療の高度化にも大きく貢献しており、診断データの統計的分析に基づく疾病予防研究や、画像処理技術による病変の早期発見・見落としの低減、放射線治療における精密な照射計画と実行、ネットワークを利用した地域連携など、多くのベネフィットを産んでいる。このように診断情報・カルテ情報をベースとした ICT 革命が進む一方、職人的高度技術職能の性格が強い外科の領域では、手術室の前(診断から治療計画)と後(治療予後診断)では進んでいる情報戦略が手術室の中(手術)では十分に活用されていない。昨今取り上げられることの多い内視鏡下手術などでの医療過誤を低減し、国民に信頼される外科治療サービスを提供するためには、手術手技そのものに対して情報技術基盤を用いた高度化・最適化・可視化を達成し信頼性向上をはかる事が求められている。

そこで本研究では、手術における患者解剖(作業対象)と術者手技(作業内容)をデジタルデータとして取得し様々な情報学的手法による分析を応用することにより、個々の術式の工程と術者の技量を評価し課題把握と解決を図るプラットフォームを構築する。このための基盤となる情報技術の基礎研究を実施する。具体的には、手術誘導装置である手術ナビゲーションシステムにより取得が可能な患者解剖情報と術者手技情報の連結情報を用いて高度・精緻な手術工程・技能分析法を開発し、ナビゲーション誘導下での低侵襲手術および手術トレーニングにおける作業工程・技能の分析、評価を行う技術を開発する。

この研究を通じ、外科医療の高度化(技術レベルの向上)、信頼性向上(客観的知見に基づく治療選択とインシデントの回避)、新規医療機器・技術の研究開発促進(客観的評価指標による医療機器レギュラトリーサイエンスの構築)に資する新たな外科医療情報戦略とアプリケーションのための基盤技術を築くことを目標とした。

2. 研究成果

(1) 概要

職人的高度技術職能の性格が強い外科の領域において、信頼される外科治療サービスを提供することを目標として、手術手技そのものに対して情報技術基盤を用いた高度化・最適化・可視化を達成し信頼性向上に挑戦した。(下図に、背景と研究のコンセプトを示す。)

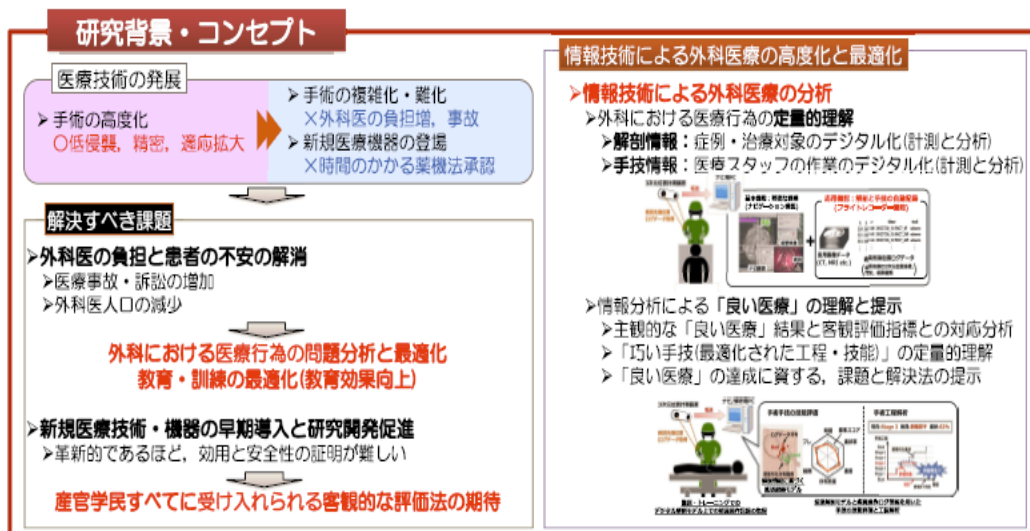


図 1 情報技術による外科医療の信頼性向上に向けた背景とコンセプト

そこで、ナビゲーション誘導下での低侵襲手術および手術トレーニングにおける作業工程・技能の分析、評価を行う技術の開発を行った。

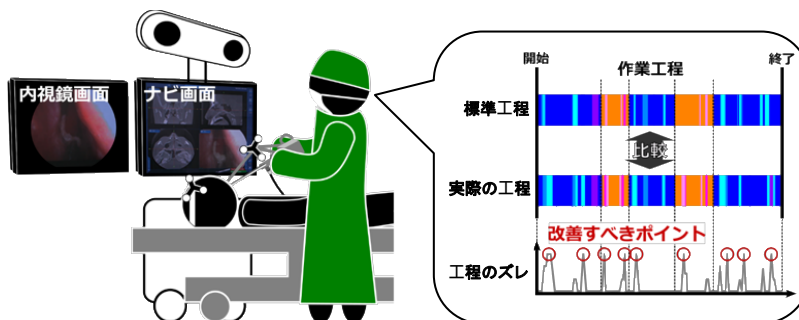


図 2 開発したシステムの概念

(2) 詳細

具体的技術として、①解剖学的臓器モデルを用いた工程・技能分析用拡張臓器モデルの構築、②拡張臓器モデルと術具ナビゲーションログ情報を用いた手術工程分析アルゴリズムの高度化、③トレーニング環境への応用のための動画像処理による術具軌跡計測法と評価法の開発を進め、これらによる④手術環境・治療技術最適化のための術式評価・教育プラットフォームを開発した。

- ① 内視鏡下鼻副鼻腔手術(ESS)を対象に、熟練した外科医の手術工程データベースを作成し、このデータベースから「標準的な正しい手術のやり方」を示す標準手術工程モデルを作成する手法を開発した。

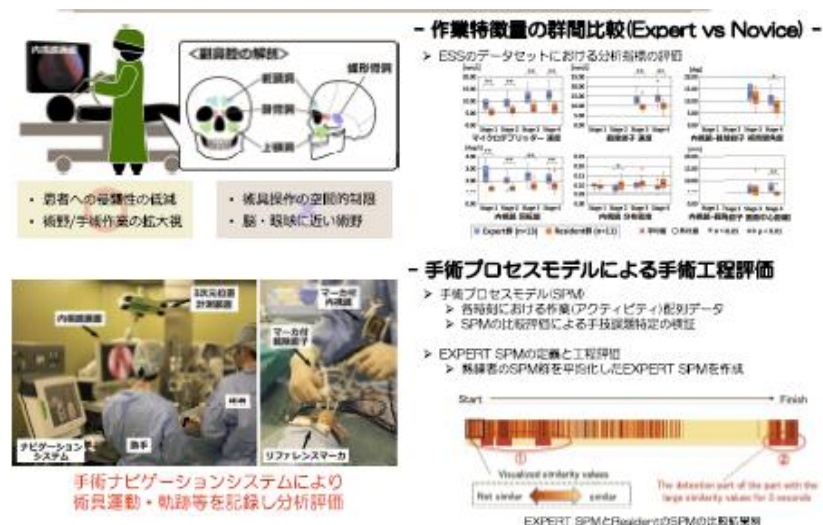


図3 内視鏡下副鼻腔手術(ESS)へのシステム適用

- ② このモデルを用いて個々の手術での問題点(標準工程から外れた操作をしている点)を自動抽出する工程改善・教育システムの基礎技術を開発した。それにより、ESSのトレーニングシステムを開発した。このシステムでは、トレーニング記録映像をコンピュータが自動処理し、手術道具・内視鏡の操作技能を評価する機能を実装した。

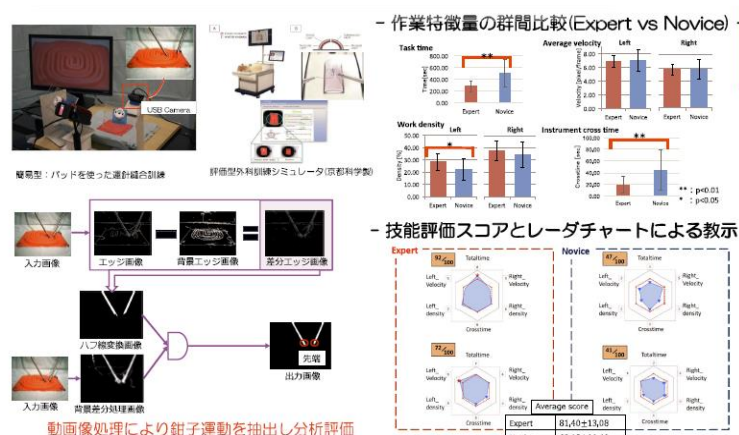


図4 内視鏡下基礎手技トレーニングの概要

3. 今後の展開

開発した情報戦略基盤を臨床・トレーニングのみならず新規医療機器開発研究に応用することで、薬機法承認に資するレベルの新規医療機器評価手法の創成に挑戦する。

4. 自己評価

本研究のねらいは、情報計測・分析・提示技術の導入により、低侵襲外科医療の信頼性向上と最適化を達成し、高いレベルでの標準医療の提供が可能な社会を実現する事である。具体的には、手術ナビゲーションシステムにより取得が可能な患者解剖情報と術者手技情報の連結情報を用いた高度・精緻な手術工程・技能分析法を開発し、ナビゲーション誘導下での低侵襲手術および手術トレーニングにおける作業工程・技能の分析、評価を行う技術の開発することを目標として挑戦した。

結果的には、内視鏡下鼻副鼻腔手術(ESS)を対象にした手術工程分析アルゴリズムの高度化、トレーニング環境への適用では、一定の成果を上げることができたと考える。しかし、開発した情報戦略基盤を臨床応用や新規医療機器の開発までには至らなかった。実用化に向けて医療機関、医療機器メーカー等との連携を進めて、さらに研究を深めていきたい。

5. 主な研究成果リスト

(1)論文(原著論文)発表

1. Takaaki Sugino, Ryoichi Nakamura, Akihito Kuboki, Osamu Honda, Masashi Yamamoto, Nobuyoshi Ohtori, "Comparative analysis of surgical processes for image-guided endoscopic sinus surgery", International Journal of Computer Assisted Radiology and Surgery, 14(1):90-104, 2019,2018/9/8.
DOI:10.1007/s11548-018-1855-y
2. Tomoko Yamaguchi, Ryoichi Nakamura, Laparoscopic training using a quantitative assessment and instructional system International Journal of Computer Assisted Radiology and Surgery, 13(9):1453-1461, 2018 2018/4/28
DOI:10.1007/s11548-018-1771-1
3. Takaaki Sugino, Akihito Kuboki, Nobuyoshi Otori, Osamu Honda, Masashi Yamamoto, Ryoichi Nakamura, Quantitative analysis of a camera operation for endoscopic sinus surgery using a navigation information: clinical study Journal of Japanese Society of Computer Aided Surgery, 19(1)17-25, 2017 2017/3/9
DOI: 10.5759/jscas.19.17
4. Takaaki Sugino, Hiroshi Kawahira, Ryoichi Nakamura, "Comprehensive surgical task analysis on image-guided surgery", Journal of Medical Imaging and Health Informatics, 7(4):780-787, Aug 2017,2017/8/1.
DOI:10.1166/jmihi.2017.2103

(2)特許出願

研究期間累積件数:0 件

(3)その他の成果(主要な学会発表、受賞、著作物、プレスリリース等)

主要な学会発表

1. M. Kontto, R. Nakamura, “Features from non-linear scale space using fast guided filter for navigation system in Water-Filled Laparoendoscopic Surgery (WaFLES)”, The 32nd International Congress on Computer Assisted Radiology and Surgery (CARS2018), ドイツ(招待講演), (2018 年 6 月)
2. T. Yamaguchi, T. Sugino, R. Nakamura, “Laparoscopic training system with quantitative skill assessment and instruction module based on trajectory analysis of surgical instruments”, The 31st International Congress on Computer Assisted Radiology and Surgery (CARS2017), スペイン(招待講演), (2017 年 6 月)

受賞

1. 日本コンピュータ外科学会 2018 年度論文賞, 日本コンピュータ外科学会 (2018 年 11 月)

著作物

1. “手術ロボット・マニピュレータ・デバイスの研究開発動向”, 日本コンピュータ外科学会誌, 20(3):126-128,2018, 2018/11/2, <https://doi.org/10.5759/jscas.20.126> (2018 年 11 月)
2. “ゼロからわかる人工知能 仕事編”, 科学雑誌 Newton 別冊 (2018 年 12 月)

報道

1. テレビ朝日:2019 年 2 月 26 日放送, 「羽鳥慎一モーニングショー」,「聞きトリ」,「画期的! 町工場が生んだ医療用トレーニング器具ー 医療界に革新を! 腹腔鏡トレーニング器具を開発」 (2019 年 2 月))

アウトリーチ

1. 日本科学未来館 サイエンティスト・クエストーあなたと考えるあたらしい科学とくらし 「情報技術で手術が変わる?」 (2017 年 7 月)

以上

研 究 報 告 書

多様な情報から未経験の災害現象を推測する次世代型被害予測技術の開発

研究タイプ: 通常型

研究期間: 2016 年 12 月 ～ 2020 年 3 月

研 究 者: 廣 井 悠

1. 研究のねらい

本研究では、これまでの防災研究の基本スキームを踏襲する従来型の被害想定手法とは全く異なる、将来事象予見型の新しい被害予測技術に関する理論を構築した。これまでわが国では、災害から 2、3 日が経過しても被害の全体像が把握できない、未経験の災害の発生、担当者の経験・教育不足等が原因で災害対応が後手に回るケースが幾度なく繰り返されており、これは従来の防災研究・科学技術の限界となっていた。例えば直近では令和元年台風 15 号のように、災害から 2、3 日経過しても被害の全体像が把握できず、深刻な被害が発生している場所も不明であり、災害対応が後手に回るといった状況が繰り返されてきた。また災害によって当てはまりの良い被害予測式はそれぞれ異なり、さらには理論化に必要な根拠データに乏しい巨大災害や未経験の災害を精緻に予測することは困難であるという特徴も広く知られていた。特に後者は東日本大震災時に大きな犠牲を伴う形で顕在化し、この課題解決は震災から 8 年を経た今もなお残されたまま、学術的にも解決が図られていないという現状があった。

この長年の災害研究・防災研究が有する根本的な課題を解決するためには、従来型の被害想定技術では限界があった。例えば災害発生前の事前対策を評価・意思決定する予防的アプローチとして用いられることが多い従来の被害予測技術は、災害直後に「これから何が起きるのか」といった、実際の災害対応の参考となる情報を与えてくれるものでは必ずしもなかった。また近年では、モバイルデータや SNS データによってリアルタイムに社会の状況を把握しようとする「時系列ビックデータ解析」も、現在のところ防災利用に限っては効果的な災害対応に生かされていない。また、防災科研などによる「SIP」などが行う「即時に被害を予測する技術」の開発は、被害を量的にかつ精緻に予測することを目的としたものであるが、このような「精緻な予測」を目的としたシステムが、効率的な災害対応に必ずしも応用できていないという現状があった。これらの状況を踏まえて担当研究者は、これまでの災害現象から社会現象に至るまでのあらゆる因果や、この対応に関する膨大な経験をデータベース化し、これを根拠にデータサイエンスを用いて災害発生直後に次々と発生する事象を予見する方法論が必要という認識に至った。

2. 研究成果

(1) 概要

本研究では、これまでになかった新しい被害予測手法の構築を目指したものである。ここでは、これまでの被害予測技術の問題点を踏まえ、効果的な災害対応を可能にするためには精緻な被害予測ではなく、データサイエンスを用いて災害発生直後に次々と発生する事象を予見し、最適な対応を示唆する方法論を学術的に確立することが必要であるとの認識に至った。

本研究は下記に示す 2 つの種類の研究に大きく分類される。

①情報空白域の被害を不完全情報から推測する技術

②膨大な因果データベースから将来に発生する事象を定性的に予見しようという技術
この双方の技術を開発することで、将来事象予見型の新しい被害想定技術の道筋をつけることが可能となった。

①については、従来のリアルタイム被害予測研究のスキームに対して、災害から一定時間経過後に得られた一部の被害情報を被害推定に用いることで、災害固有の特徴を踏まえた被害予測が可能であることを示した。ここへは、いくつかの既に知られている予測式を比較することで、一番当てはまりのよい被害予測式を選び、また係数を推定した。また情報の空白域の問題については、階層ベイズモデルとマルコフ連鎖モンテカルロ法による係数推定を行い、精度向上をはかった。

②については、ひとつの事例として阪神・淡路大震災を対象として朝日新聞の記事から、日本語テキストからの因果関係の抽出を行うことで、阪神・淡路大震災に伴って発生した物理現象や社会現象の因果を自動的に抽出し、膨大な因果データベースを作成することができた。

(2) 詳細

【これまでの被害予測技術の問題点】

一般に、災害による被害を予測する方法は下記の3種類に大別される。

- ①建物の揺れや津波などの物理メカニズムを理論化し、実際の都市や建物に応用させることで外力からの被害を予測する理論的アプローチ
- ②人の行動や物のふるまいをモデル化し、計算機などを用いて行うシミュレーション
- ③既往の災害による被害データから統計手法に基づき被害を算出する
帰納的アプローチ

しかしながらこれらの被害予測手法はいずれも、災害発生前の事前対策を評価・意思決定する予防的アプローチとして用いられることが多いため、想定した災害に対する最適解の対応は事前に導き出せるものの、災害直後に「これから何が起きるのか」といった、実際の災害対応の参考となる情報を与えてくれるものでは必ずしもなかった。

他方で近年、災害直後にモバイルデータや SNS データ、センサデータなどを用いることで、リアルタイムに社会の状況を把握しようとする、いわゆる「時系列ビックデータ解析」が精力的に行われている。これらは情報化社会におけるデータ量の飛躍的な増大を背景とし、スマートシティ化の進展もあいまってますます大規模センサネットワークから得られる情報量は増大するものと見られるが、現在のところ防災利用に限っては、学術的にも実用的にも「可視化」と「異常検地」の域を脱しておらず、効果的な災害対応に生かされていない。

一方で、近年では防災科研などによる「SIP」などがその代表例となるが、「即時に被害を予測する技術」の開発は過去よりわが国で継続的に行われてきた。これらの研究はおおむね、災害直後に揺れのデータや地域データ・モバイルデータなどを用い、すでに知られているいくつかの被害予測式とパラメータから被害予測を行う仕組みとなっており、時間経過に伴って最新の観測情報を得て被害予測を更新することで、最終的に被害を量的にかつ精緻に予測することを目的としたものである。しかしながら、このような「精緻な予測」を目的としたシステムが、効率的な災害対応に必ずしも応用できているわけではない。

本研究は、上記に示した従来の各被害予測技術の限界、ひいては経験や勘によらない災害対応科学の不在を学術的背景とし、精緻かつ量的なリアルタイム被害予測手法のみからの脱却を目指すべく、これまでの方法論とは全く異なるアプローチによる被害予測手法を提案する。

【行った研究の内容】

上記の背景を踏まえ、本研究では「巨大災害に対しても先回りで素早い災害対応を可能とする社会」を導き出すべく、災害が発生して即時にこれから起きる事象を次々に予測する、将来事象予見型の新しい被害予測技術に関する理論を構築した。これは事前に災害を想定してその対応を準備する、地域防災計画に代表される決め打ち型災害対応とは一線を画すもので、なおかつ被害を精緻に量的に予測することを一義的な目的にしていた従来の「リアルタイム被害予測」とも全く異なる方法論である。提案手法は、下記に示す 2 種類の内容に大別される。

- ① 多種多様なビックデータと得られた一部の被害情報を数理工学的手法によってデータ同化して被害の全体像を把握する。つまり災害発生直後にリアルタイムで「どこで何が起きているか」を把握する方法論(リアルタイム被害像予測手法)
- ② 過去の経験から、将来にどのような事象が発生するかを定性予測する。つまり災害発生直後にリアルタイムで「これから何が起こるか」を予測する方法論(災害因果データベースによる将来事象予見手法の開発)

特に後者の作業により、わが国がこれまで幾度なく繰り返してきた災害の因果や災害対応の経験が結集される。これは災害因果データベースというビックデータとも言え、経験の浅い担当者はもとより、地域によっては未経験の現象などもふくめ、災害の特徴に合う形で最適な対応が示唆される。この手法は経済学分野で不況等を予見する目的で一部研究が進められているが、防災分野では国内外でいまだ行われておらず、独創性・新規性を有する。また本提案手法の確立はデータサイエンスを用いた効率的な災害対応を実現するものであり、将来的には、行政対応のみならず企業や個人への展開が期待され、あらゆる主体の災害対応行動を抜本的に効率化することを可能とする。本研究は、ケーススタディとして地震を対象とし、建物被害と火災被害に焦点を絞り、上記の基礎的手法を確立した。詳しい内容を下記に示す。

【研究テーマ① リアルタイム「被害像」予測手法の開発】

巨大災害時は、災害直後に被害が甚大なところほど災害情報が得られず、被災の全体像が掴めないという問題が知られている。これは阪神・淡路大震災時より学術的にも「情報の空白域」と呼ばれているが、近年の SNS の普及によって、利用者が被害情報や支援情報を示すことでその解決に繋がるものと期待されていた。しかしながらこの情報は偏りが大きく、また膨大な情報の中からこれらを探索する必要がある、被害情報の収集や支援ニーズを把握するには十分な方法論とは現状でなり得ないことが東北大学佐藤らにより明らかにされている。

本研究の①ではこのような課題も踏まえ、下記の手順で、被害の全体像を即時予測する理論を構築した。

- ① 災害直後、揺れのデータ、モバイル空間データ、センサデータ、建物などの地域データなどを用いて、既知の被害予測式とパラメータから、初期値としての被害予測を行う。
- ② 災害から一定時間経過後、得られた一部の被害情報を被害推定に用いて、一番当てはまりのよい被害予測式の係数を推定する。つまり、逐次的に得られる被害データを用いて新しい被害予測式を即時に構築する。ここでは空間的自己相関も考慮し、階層ベイズモデルとマルコフ連鎖モンテカルロ法による係数推定を行い、精度向上を実現する。
- ③ これらのデータ同化手法などを用いることで、被害データが得られていない被害情報の空白域の被害を推定する。さらにこれらを統合して被害の全体像を抽出する。

限定的な被害情報を精緻に予測するのではなく、被害の種類も幅広く予測しようとする点が従来手法との相違点である。本研究では首都直下地震を対象として、倒壊被害・火災被害について情報空白域の被害予測を行った。具体的には人工的に 100 パターンの首都直下地震を発生させ(下図)、その一部の被害データを隠し、残りの被害量から被害予測式を構築し、隠した被害データとの比較を行った。結果として提案手法では、予測しにくい火災被害であっても市区町村ベースで全体の 25%の被害データが得られれば、 $R^2=0.6$ 程度の精度で残り 75%の市区町村における情報空白域の被害量が推定できることが明らかになった。

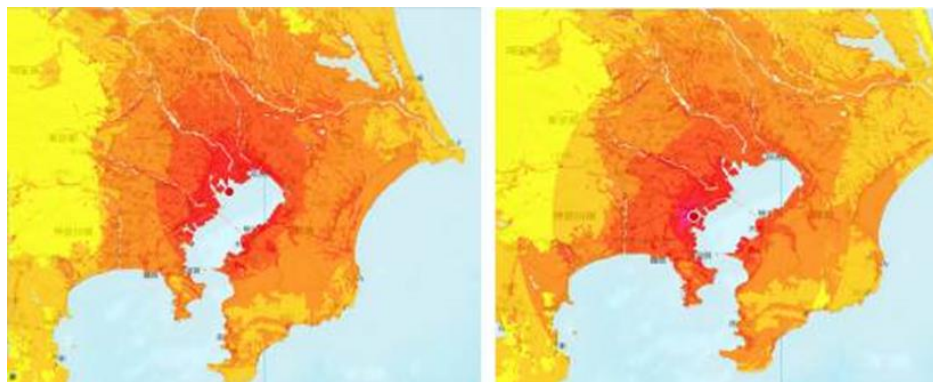


図1 想定した首都直下地震の一部

(左図:東京湾北部東京湾北部 M7.3 10km、右図:横浜直下 M7.3 10km)

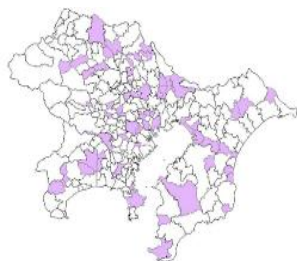


図2 75%欠損の一例(白色)

表 1 未知データ率と決定係数の比較

計算回数	欠損パターン	未知データ率	決定係数 (平均)/建物	決定係数 (平均)/火災
40000回	ランダム	25%	0.96	0.74
160000回	ランダム	25%	0.91	0.64
400000回	ランダム	25%	0.92	0.61
400000回	ランダム	50%	0.76	0.54
400000回	ランダム	75%	0.65	0.59

【研究テーマ② 災害因果データベースによる将来事象予見手法の開発】

災害を契機として次々と発生する事象を把握する試みは、これまで主に災害発生後の検証を目的として行われてきた。例えば下図は、阪神・淡路大震災後に研究者らがワークショップを行い、作成した災害連関図である。これは災害に伴って発生した事象が、どのような事象を生み、更にその事象がどのように連関していくかの「因果」をまとめた図であるが、本研究の②では、このような過去に知られている災害時の現象間の因果をもとにして災害因果データベースというビックデータを構築し、より詳細な災害連関図をリアルタイムで作成する理論を構築した。ここでは作成の一例として、日本語テキストからの因果関係の抽出を対象として研究をすすめた。具体的には、朝日新聞のデータベースを用い、阪神・淡路大震災に関する記事を全て抜き出したのち、災害に伴って発生した物理現象や社会現象の因果を自動的に抽出している。

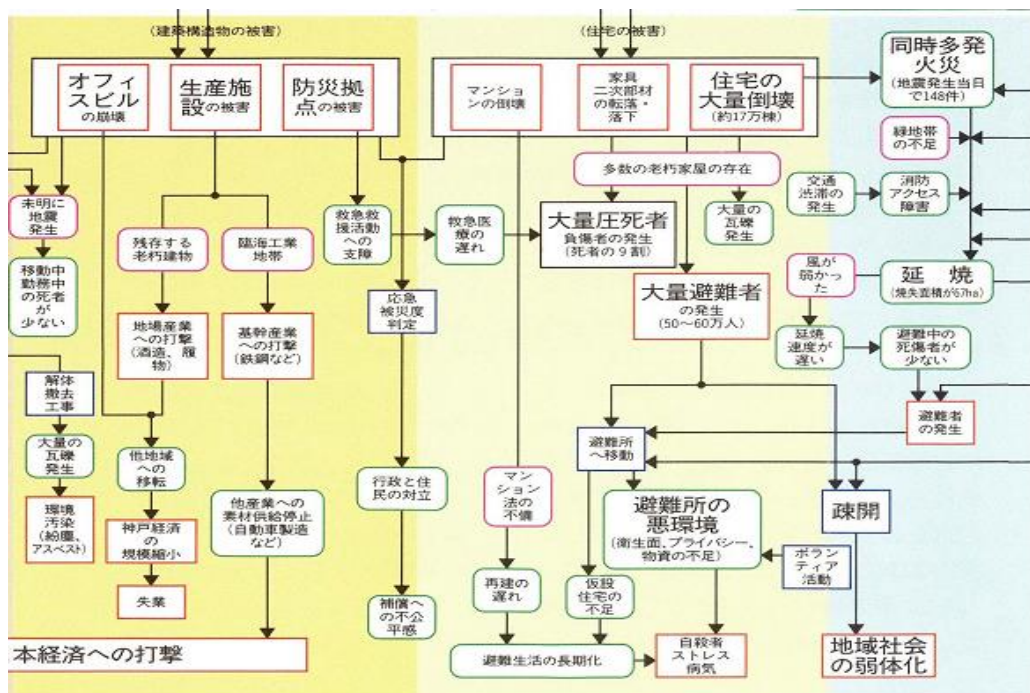


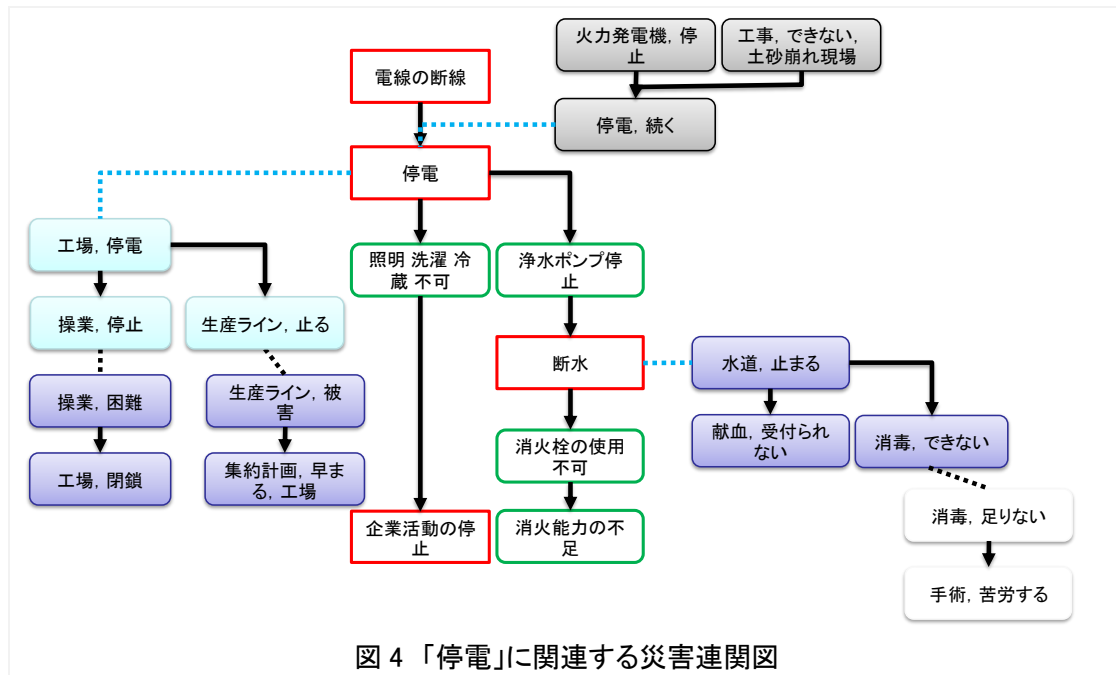
図3 阪神・淡路大震災時の災害連関図(「自然災害科学」より引用)

具体的には、

- ① 新聞記事で災害事象の因果関係がどのような表現で記述されているのかを調べ、
- ② これらを自動抽出ルールとして整理したうえで検証を試み、
- ③ 災害事象の因果データベースを拡充する道筋をつける

という順序で作業を行ったが、これにより、朝日新聞の全ての記事を対象として災害発生後の因果関係をデータベース化し、災害連関図を構築することが可能となった。

一例を示すと、下図は上記の因果データベースを作成したことで得られた「停電」に関連する災害連関図である。このように、防災研究者らによるワークショップなどでは把握できない詳細な因果が、新聞データなどの自動抽出によって膨大に得られた。つまり、この手法を用いることで、災害に関する阪神・淡路大震災時の膨大な因果を示すビックデータが整備できたことになる。



3. 今後の展開

今後は本研究で対象とした建物倒壊と火災被害に加え、津波や液状化、風水害も含め、災害を起因として連関していく物理・社会現象の予見を即時に行う。また、上記②については、既に行った朝日新聞からの因果データベース構築のみならず、放送原稿や他の新聞、災害教訓集、報告書、そして専門家へのヒアリングなどあらゆる素材・あらゆる災害を対象として、より広範かつ詳細な災害事象の因果関係を抽出する。それとともに、ここで作成した災害因果データベースに、発生場所、発生時間、発生条件、行われた災害対応などの付加情報を紐づける。これにより上記①と②が結び付けられ、災害直後に即時予測した被害像をもとに、将来に発生する事象を予見し、いつ、どのような災害対応を行えばよいかを示唆する具体的なシステムを構築することが可能となる。また将来的にこの方法論は、行政の災害対応のみならず、企業別にまた個人別に各人の状況・環境を踏まえて災害後に直面する将来事象を予見する技術へと展開される。また本研究は近い将来、災害多発国であるわが国特有の技術として国外への技術移転が期待されるが、その際は、自然災害のみならずテロやパンデミックを対象とした将来事象の予見を目指す構想を持っている。

4. 自己評価

さがけ研究をすすめる上で、実務者へのヒアリングなどの機会を設けていただき、研究の内容が大きく変わった点は非常に有意義であった。現状で研究成果が社会に有用な技術とはなっていないが、これまでにない新しい被害予測研究の理論構築が出来たものと考えられる。ただし、研究の進捗はやや遅かった。

5. 主な研究成果リスト

(1) 論文(原著論文)発表

1. 廣井悠, 松原龍, 上園智美, 渡辺竜之:糸魚川市大規模火災における住民の避難行動調査, 都市計画論文集, No.54-3, 2019.
2. 廣井悠, 齊藤健太, 福和伸夫:巨大災害時疎開シミュレーションの構築と検証 -南海トラフ巨大地震を対象とした疎開行動の量的検討-, 都市計画論文集, No.53-3, pp.897-904, 2018.
3. 新藤淳, 村上正浩, 廣井悠, 市居嗣之, 宮田桜子, 黒目剛, 虎谷洸:新宿駅周辺地域における帰宅困難者一時滞在施設開支援手法の開発, 地震工学会論文集 2019 年 19 巻 6 号 p. 6_296-6_305.
4. 秦康範, 関谷直也, 廣井悠:2016 年熊本地震における市町村を超える避難行動-人口統計データからの考察-, 災害情報, No.15-2, pp.255-266, 2017.09.

(2)特許出願

研究期間累積件数:0件

(3)その他の成果(主要な学会発表、受賞、著作物、プレスリリース等)

主な発表

1. 廣井悠, 細川直史, 鹿島真弓:多様な情報から被害量を即時予測する手法の提案, 日本災害情報学会予稿集, 2019.
2. 廣井悠:リアルタイム地震出火予測手法の検討, 第8回横幹連合コンファレンス論文集, 特定非営利活動法人横断型基幹科学技術研究団体連合, 2017.
3. 廣井悠, 松原龍, 有友春樹, 渡辺竜之:糸魚川市大規模火災における避難行動調査, 災害情報学会第19回学会大会予稿集, pp.76-77, 災害情報学会, 2017.

著作物

1. 大阪府北部地震と地震火災, 東京消防, 東京消防庁 (2019 年 6 月)
2. 巨大災害時における人口変動の予測技術, 都市計画, Vol. 337, 日本都市計画学会 (2019 年 3 月)

アウトリーチ

1. 帰宅困難者対策の展望と企業を核とした防災まちづくり[招待講演], BOCO 防災フェア, 2019.08.02.
2. 大規模災害時の出勤・帰宅困難問題[招待講演], 自治体総合フェア, 2019.05.24.

以上

研究報告書

視線行動に基づいた心の中の身体の可視化と身体適正化を支援する 基盤技術の創成

研究タイプ: 通常型

研究期間: 2016 年 12 月 ~ 2020 年 3 月

研究者: 松宮 一道

1. 研究のねらい

社会の高齢化に伴う、加齢による運動機能の障害や脳卒中による運動麻痺を有する患者の急増は、現代社会が抱える重要な問題である。しかし、現状のリハビリテーションの方略では、治療的介入により運動機能が向上しても、その向上効果が持続しないことが多く、これが運動機能障害を有する高齢者の社会復帰を阻む要因となっており、運動機能障害を克服する有効な手段を講じることは高齢者の Quality of Life (QOL) を向上させるために緊急に対応すべき重要課題である。運動機能障害を有する患者は、運動能力が単に低下しているだけでなく、心の中で感じている自分の手や足に異常が生じていることが指摘されている。実際に、加齢による転倒の増加は、運動機能の低下に「心の中の身体」がうまく適応していないことを示唆し、逆に手や足の運動能力に障害がなくても「心の中の身体」に異常が生じれば、運動機能障害が起きることが知られている。これらの事実は、自分の身体に対して主観的に経験される「心の中の身体」が適正な状態になっていないと深刻な運動機能障害を引き起こすことを意味している。このことから、「心の中の身体」の回復が運動機能障害を克服する鍵を握っていると考えられる。しかし、運動機能障害を有する患者が訴える「心の中の身体」の異常は患者の主観的印象であるため、その病態は目に見えない。本研究では、この問題の解決に向けて、自分の手などの身体部位の動きと協調する視線の動きを中心とする人の行動特性に着目して、視線行動の観測から「心の中の身体」のメカニズムを解明および「心の中の身体」を可視化し、運動機能障害などのリハビリテーションやスポーツ促進のための身体能力開発などに役立てることを目指す。

2. 研究成果

(1) 概要

「自己身体の気づき(自分の身体認知)」に関して、体性感覚処理と視覚処理で得られた情報が一つの統合的な処理過程で認識されるとする従来の説に対して、今回、目に見える「物理的な身体」ではなく、目に見えない「心の中の身体」を、バーチャルリアリティ技術を用いた実験心理学的手法により解明し、「身体所有感」と「身体定位」の二つの処理過程で認識されていることを新たに発見した(研究成果リスト: 原著論文 1、学会発表 3、4)。本発見は、運動機能障害のリハビリテーションや身体能力開発などの分野において、新しい知見をもたらす画期的な成果である。本研究では、被験者自身の手は見えないようにし、その代わりにコンピュータグラフィックスにより作成された手(CG ハンド)を提示し、CG ハンドに対して身体所有感を制御できる実験環境を構築し、「自己身体の気づき」のメカニズムを解明した。本成果は、二つの乖離した自己身体の気づきの処理過程の存在を初めて明らかにするもので、運動機能回復のためのリハビリテーションに重要な役割を果たしている身体認知のメカニズ

ムを理解する上で重要な発見となった。この発見により、運動機能障害を有する患者の心の中で感じている自分の手や足の異常の度合いや、事故などにより身体の一部を失った患者が装着する義手や義足などの自己身体への帰属の度合いを評価するための指標作成の新たなガイドラインを提供する可能性があり、運動機能回復のリハビリテーションに画期的な効果が期待できる。

(2) 詳細

研究テーマ A「身体と視線行動の関係」

周辺視野に提示された視覚目標に視線を向けるために急速な眼球運動(サッカード)が生じるが、周辺視野に視覚目標が現れる前に注視対象に強く注意を向けているとサッカードが始まる潜時が長くなることが知られている(ギャップ効果)。このギャップ効果を用いることで、主観的に経験される「心の中の身体」に向けられる注意をサッカード潜時から抽出することを試みた。しかし、ギャップ効果により身体に向けられる注意を抽出することはできなかった。その他にも、ギャップ効果と類似した効果として知られるディストラクタ効果に対して、身体注意の影響を抽出できるかどうか試みたが、身体注意の影響を取り出すことはできなかった。これらの結果は、サッカード潜時は身体に向けられる注意の測定には使えないことを示唆する。

次に、サッカード潜時と異なる、別の行動指標を使用して、「心の中の身体」と視線行動の関係を調査した。ここでは、主観的に感じている自己身体的位置に、直接、視線を向けることを行った。このような身体に向けられる視線行動は、行動を行うにあたり、心の中の身体表現にアクセスする必要があるため、身体に向けられた視線行動がどのような行動特性を示すかを詳細に調べることで、心の中の身体表現の特性を明らかにすることができる。具体的な研究結果については公開できる段階にならないため省略するが、本研究結果から、視線行動は意識的な身体表現であるボディ・イメージに、一方、手の行動は無意識的な身体表現であるボディ・スキーマにアクセスしていることが示唆された。これは、運動機能障害を克服する鍵を握る「心の中の身体」を可視化する上で、指差し行動ではなく視線行動の利用が重要であることを示している。

また、視線が同じ場所に向けられているときでも眼は常に動いている。このような微小な眼球運動の中には、高速度の跳躍運動があり、マイクロサッカードと呼ばれる。マイクロサッカードは、視覚的注意によって影響を受けることが報告されている。本研究では、自己身体に向けられる注意によってマイクロサッカードがどのような影響を受けるのかを調べた(学会発表 1)。本研究結果から、手に対して向けられる能動的な注意については、マイクロサッカードが生じることがわかった。この結果は、マイクロサッカードも「心の中の身体」の可視化に利用できることを示唆する。



図1. 自分の身体に向けられる視線行動と指差し行動.

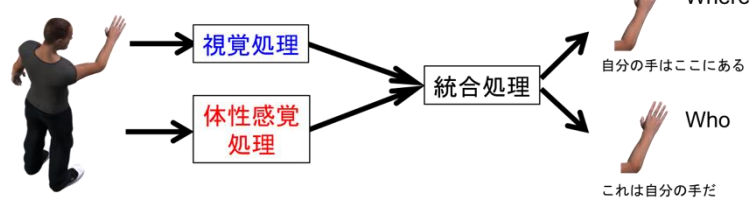
研究テーマ B「自己身体の気づきに関する処理過程の解明」

実験心理学的研究により、「自己身体の気づき」は、脳内において手などの身体部位から得られる視覚情報と体性感覚情報が統合されることで、自分の身体部位を身体の一部であると認識されることが報告されている。自己身体の気づきを評価する際には、「自分の身体であると感じる」(身体所有感)という質問票を使った主観的評価と、「自分の身体があると感じる場所」(身体定位)を知覚的に判断する客観的評価の二つがあり、これらの評価され

た結果は、極めて相関が高いため、同じ処理過程を反映していると仮定されていた。それに対して本研究では、被験者自身の手は見えないようにし、その代わりにコンピュータグラフィックスにより作成された手(CG ハンド)を提示し、CG ハンドに対して身体所有感を制御できる実験環境を構築した(図 3)。さらに異なる感覚情報を統計的に最適な方法で統合する最尤(さいゆう)推定モデルを適用することで「自己身体の気づき」のメカニズムを解明し、一つの統合処理過程とする従来の仮定とは異なり、自分の身体であるという気づきには、「これは自分の手だ(who)」と感じる身体所有感、「自分の手はここにある(where)」と感じる身体定位を認識する二つの処理過程が存在することを発見した(図 2 参照)。

身体所有感の評価値と身体定位の評価値に対して、身体に関する視覚情報のノイズ(身体部位の見えにくさ)の影響を心理物理実験により調べ、このノイズの影響を最尤推定モデルで説明できるかどうかを調べた。感覚情報のノイズによってその感覚情報の重みが系統的に変わることを予想した。もし、身体所有感と身体定位が同じ処理過程を共有しているならば、これらの二つの処理過程におけるノイズの影響は、ともに最尤推定モデルと一致した振る舞いを示すはずである。しかし、本研究

従来の考え方



本研究成果

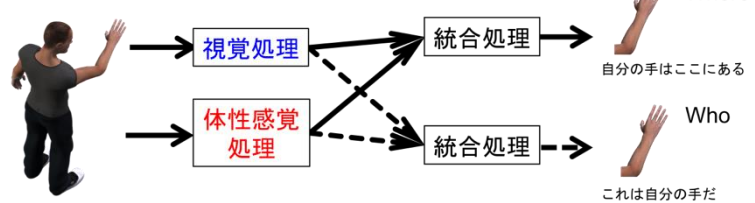


図 2. 「自己身体の気づき」のメカニズム。自分の身体の気づきには、「自分の身体部位はここにある」という空間的位置の知覚(身体定位)と「見えている身体部位は自分の身体だ」という主観的印象(身体所有感)は、同じ処理過程であると仮定されていた。しかし、本研究により、これらの処理過程は乖離した視覚と体性感覚の統合過程であることが明らかになった。

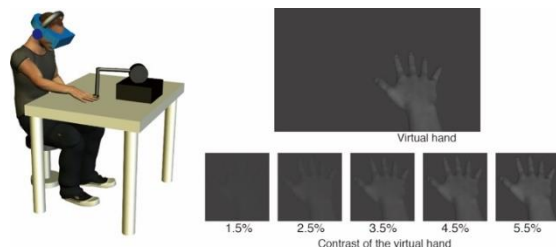


図 3. 実験装置と視覚刺激。

では、身体定位のみ最尤推定モデルの振る舞いと一致し、身体所有感は最尤推定モデルの振る舞いと系統的にずれることを発見した(図 4)。この結果は、身体所有感と身体定位が脳内では乖離した処理過程であることを強く示唆している。

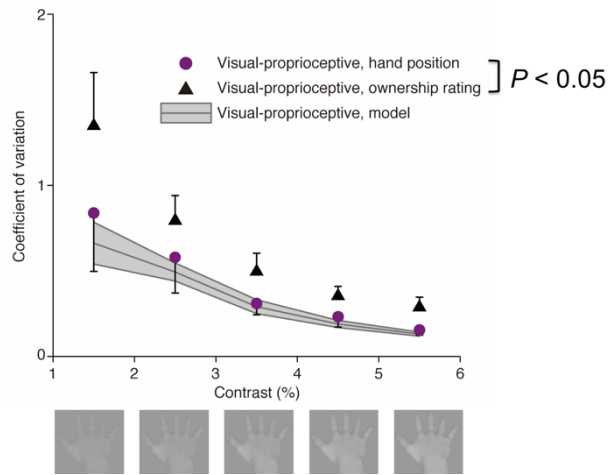


図 4. 視覚情報のノイズの影響が、身体定位は最尤推定モデルの振る舞いと一致するが、身体所有感は一致せず、系統的にずれる。

現状では、患者に「自己身体の気づき」に対する異常は、身体所有感と身体定位を明確に区別していない。例えば、義手に対する自己身体への帰属の度合いを評価するときに、義手を自分の手と感じるかという評価指標(身体所有感)と、自分が動かしたと思った位置に義手があるか(身体定位)という評価指標は、同じ指標であると仮定されている。しかし、本成果により、これら二つの指標は異なる処理過程に基づいていることが示されたため、たとえ義手を自分の手であると感じても、義手をうまく制

御できない可能性があるということになる。従って、本発見により、運動機能障害を有する患者の心の中で感じている自分の手や足の異常の度合いや、事故などにより身体の一部を失った患者が装着する義手や義足などの自己身体への帰属の度合いを評価するための指標作成の新たなガイドラインを提供できる可能性があり、運動機能回復のリハビリテーションなどにおいて画期的な効果が期待される。

研究テーマ C「運動制御における身体所有感の役割」

自分の手を動かすとき、我々はしばしばその手の動きを視線で追跡する。この眼と手の協調運動を行うには、手を動かそうとする能動的な運動意図を通して手の身体状態が予測される必要があると考えられている。眼と手の協調運動を行っている状況では、通常、追跡している手が見えており、その手は自分の手だと感じているはずである。しかしながら、これまで眼と手の協調運動において身体所有感がどのような影響を与えるかは調べられていない。そこで本研究では、CG ハンドを自分の手であると感じるかどうかによって、手の動きを追跡するときの眼球運動の追跡パフォーマンスがどのように影響されるかを調べた。具体的な研究結果については公開できる段階にないため省略するが、本研究結果から、身体所有感は運動制御に影響を与えないことが示された。この発見は、運動機能障害のリハビリテーションにおいて身体所有感の積極的に利用しても運動麻痺を改善できない可能性を示唆しており、重要な発見であると考えられる。



図 5. 眼と手の協調運動。

研究テーマD「身体位置感覚に基づく心の中の身体形状の可視化」

環境の中で自己身体部位の絶対的な位置(身体定位)を知覚するには、身体の姿勢情報に加えて身体の大きさ情報が必要になるが、身体の大きさに関する直接的な感覚信号は存在しない。そのため、環境の中で身体定位を行うには、心の中に保持された身体形状を使って身体の大きさを見積もる必要がある。この心の中の身体形状は、通常は、物理的な身体と等価な形状であると仮定されているが、実際に測定した例はほとんどない。本研究では、身体定位のときに用いられる心の中の身体形状がどのような形状になるのかを調査した。その結果、身体位置感覚に基づく心の中の身体形状は歪んでいることがわかった。さらに、この歪んだ心の中の身体形状は、身体の視覚情報と統合されると正確な身体形状に変化することを見出し、この正確な心の中の身体形状は視線行動でしか抽出できないことも明らかになった。したがって、歪みのない心の中の身体形状を可視化するには、視線行動の利用が必須であることが示唆される。

3. 今後の展開

従来、自己身体の気づきには、見ている身体部位を自分の身体であると感じる身体所有感と、見ている身体部位の位置に自分の身体があると感じる身体定位感は、同じ処理過程であると仮定していた。しかし、本研究成果により、自己身体の気づきにおける、これらの二つ主観的経験は、脳内の異なる処理過程に依存することが明らかとなった。さらに、身体定位感に基づく主観的身体形状は、指差し行動では歪んだ身体形状が現れるが、視線行動では正確な身体形状を観測できることが明らかになった。これらの成果は、本研究のねらいで述べた、心の中の身体を可視化する技術を構築する上で視線行動の利用が有効であることを示している。一方、身体所有感については、運動制御時の感覚フィードバックの予測には重要であるが、運動指令信号に基づく身体位置の予測には関係がないことが示された。

今後の研究展開として、柔軟に変容すると考えられている身体認知の動特性の解明が挙げられる。本研究で提案した視線行動による主観身体形状の可視化技術は、身体自体の可視化に着目していた。しかし、我々は、様々な道具を利用することで、あたかもその道具を自分の身体の一部のように使いこなすことができる。このような道具利用時には、主観身体形状が変容していると考えられるが、道具利用の慣れに応じて、どのように主観身体形状が変容していくのかについてはよくわかっていない。最近では、人工筋肉などを利用して身体の動きをアシストする機器の開発が行われているが、そのような機器を装着して身体行動を行うことで、主観身体形状にどのような長期的影響を与えるのかは定かではない。アシスト機器の利用を繰り返すことによる主観身体形状の変容を可視化できれば、安全に効率よく利用できるようになる。また、様々な技の伝承においても、主観身体形状の変容を可視化できれば、どの程度うまく伝承できたかを定量的に評価できるようになる。本研究成果を身体変容の可視化に展開することで、応用範囲は飛躍的に拡大すると期待できる。

4. 自己評価

研究目的の達成状況

研究提案書で記載していた、健常者を使った研究項目については、当初予定していた実験から大きく方向転換をする必要はあったものの、新しい実験手法へ切り替えたことで、心の中の身体の可視化については予定していた内容をすべて達成できた。しかし、研究期間中に、東北大学医学部関係者の異動により、運動機能障害を有する患者とのアクセスがなくなってしまったため、運動機能障害を有する患者を使った身体適正化に関する研究を達成することができなかった。

研究の進め方

研究実施体制は、完全に個人研究として実施することができた。さきがけの研究費により、個人の研究テーマに特化した高精度な実験装置を設営することができ、本研究の目的を遂行するための環境を入手できたことは研究を進める上で大きなアドバンテージとなった。個人で扱える環境を持てたことで、実験が失敗しても、自分のペースで研究計画を練り直す余裕が生まれたことも今回の成果に繋がったと考えている。研究費の執行については、高精度な眼球運動測定器を備え付けた HMD 等を複数購入できたため、複数の実験を平行して進めることが可能となり、有効に活用できた。

研究成果の科学技術及び社会・経済への波及効果

本研究成果を社会・経済に波及させるため、現在、日立製作所と共同研究を遂行している。さきがけで得られた「心の中の身体」に関する成果は、急速に普及が進んでいるバーチャルリアリティ技術を活用しており、様々な場面での身体拡張技術へと展開できる可能性が非常に高い。本成果は、運動機能回復の支援はもちろんのこと、スポーツのやり方や機械の運転技術を効率よく伝達するための身体能力開発にも貢献することが期待できる。

その他領域独自の評価項目に基づいて、研究者自身の評価

さきがけの研究成果を国際学術誌に原著論文として出版し、その成果がプレスリリースにより海外のメディアに取り上げられ、招待講演 5 件(うち国際発表 1 件)を行った。特に、日本学術振興会賞の受賞は、極めて大きな成果であり、心理学・ヒューマンインターフェース・人工知能・複雑系・バーチャルリアリティの様々な分野の研究コミュニティから招待講演の依頼を受け、注目を浴びた。本さきがけ領域で目標とする社会実装は、日立製作所との共同研究によって、実装には至っていないが着実に前進させたという点で評価できると考える。

今後の見込み

本さきがけ研究領域の研究者との交流および領域代表が企画した様々なイベントへの参加を通して、社会的意思決定を支援する仕組みの創出が重要であることを学んだ。この社会的意思決定の基本は対人相互作用であり、そこには身体を介在した人間の行動理解が不可欠である。今後は、本研究で開発した心理物理学の実験手法を用いて、社会的意思決定のメカニズムを理解し、その科学的理解に基づいて人間の社会的行動の本質を読み解く研究へと発展させたい。

5. 主な研究成果リスト

(1) 論文(原著論文)発表

1.	Matsumiya, K. Separate multisensory integration processes for ownership and localization of body parts. Scientific Reports. 2019, 9:652, 1–9, DOI:10.1038/s41598-018-37375-z
2.	Shioiri, S, Hashimoto, K, Matsumiya, K, Kuriki, I, He, S. Extracting the orientation of rotating objects without object identification: object orientation induction. Journal of Vision. 2018. 18(9), 17:1–12.
3.	Shioiri, S, Kobayashi, M, Matsumiya, K, Kuriki, I. Spatial representations of a viewer's surroundings. Scientific Reports. 2018. 8:7171, DOI:10.1038/s41598-018-25433-5.
4.	Boga, K, Leduc-Primeau, F, Onizawa, N, Matsumiya, K, Hanyu, T, Gross, W. A generalized stochastic implementation of the disparity energy model for depth perception. Journal of Signal Processing Systems. 2018. 90, 709–725.
5.	Gross, W, Onizawa, N, Matsumiya, K, Hanyu, T. Application of Stochastic Computing in Brainware. IEICE Nonlinear Theory and Its Applications. 2018. 9(4), 406–422.

(2) 特許出願

研究期間累積件数:0 件

(3) その他の成果(主要な学会発表、受賞、著作物、プレスリリース等)

主要な学会発表

1. Matsumiya, K. Effects of body ownership on the ocular tracking of self-generated hand movements. International Conference on Predictive Vision, York University, June 10–13, 2019.
2. 松宮一道. 身体意識と視覚. 第 23 回日本バーチャルリアリティ学会大会, 東北大学, 2018 年 9 月 21 日.(招待講演)
3. Matsumiya, K. Bodily awareness and the coding of visual space. RIEC International Symposium, Tohoku University, November 18, 2017. (招待講演)

受賞

1. 松宮一道. 第 13 回(平成 28 年度)日本学術振興会賞・「視知覚と行動の相互作用に関する実験心理学的研究」

著作物

1. 松宮一道, 眼球運動と視知覚, 視覚の科学. 2018. 39(2), 21–26.

プレスリリース

2. What and where in the processing of body-part information, ScienceDaily, 2019 年 4 月 4 日

アウトリーチ

1. 日本科学未来館 サイエнтиスト・クエスト
「私たちの心と身体の不思議な関係をさぐる！」(2017 年 9 月 23 日)

以上

瞬きの同期度で人々の関心度を推定可能に

中野 珠実（大阪大学 大学院生命機能研究科・准教授）

研究課題名：瞬きを手がかりとした人とロボットの情報共有促進システムの開発

研究期間：2016.12～2020.03

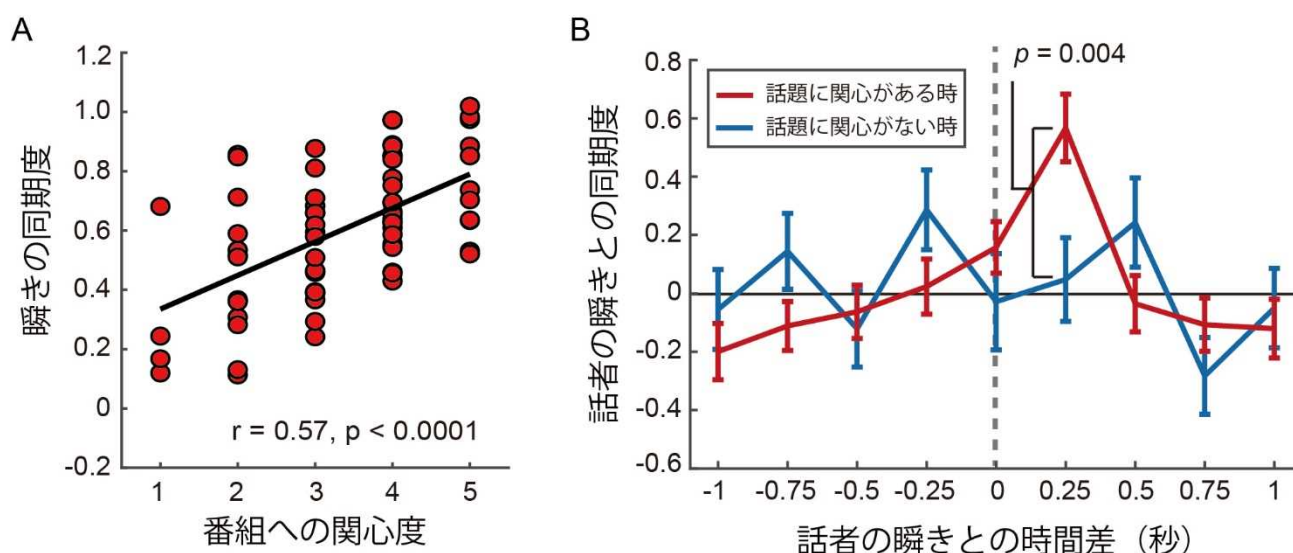


図 人々の関心度の高さと瞬き同期度の関係

(A) サッカー番組を視聴時の人々の瞬きは、番組への関心度が高い人ほど、他者との瞬き同期度が高い。(B) 話の内容に関心がある人は、話者の瞬きに対して0.25秒遅れて瞬きをするが、話に関心がないと、話者の瞬きに対して自分の瞬きを同期させない。

人間は、およそ3秒に1回の頻度で瞬きをしています。この瞬きの発生タイミングは注意の切れ目で人々の間で揃う傾向があります。そこで、映像を視聴時の瞬きと番組への関心度の関係を調べたところ、番組への関心度が高い人ほど、他者と瞬きのタイミングが同期することを発見しました。さらに、対面会話時に、相手の話の内容に関心がある場合は、話者の瞬きに合わせて聞き手も一緒に瞬きを発生させる確率が高まるのに対し、話の内容に関心がないと瞬きのタイミングは同期しませんでした。これらの結果から、人々の無意識に行っている瞬きの同期度を計測することで、視聴者はどのような映像の、どのような時間帯の内容に関心を持っていたか、どのような人が映像や話の内容に関心があるか、など視聴者の内面の関心度を評価・推定することができます。このシステムを社会に応用することで、従来の「機械式視聴率調査」にとって代わる「質的な視聴率調査」や、個々人の関心に合わせた情報番組の自動提供が可能になります。

>>参考情報

論文

1. Nakano T, Miyazaki Y. International Journal of Psychophysiology. 2019, 135, 1-11
2. Tatsukawa K, Nakano T, Ishiguro H, Yoshikawa Y. Eyeblink synchrony in multimodal human-android interaction. Scientific Reports. 2016, 6, 39718

特許出願

1. 瞬きに基づく関心率の測定システム, 2018-055033 (2018)
2. 瞬き制御によるコミュニケーション促進, 2018-055034 (2018)