

ヒューマン・マシン・データ共生科学研究センター 研究報告

奥田 次郎、赤崎 孝文、伊藤 浩之、加藤えみか、河合由起子、
田中 宏喜、中島 伸介、Felix B. Dollack、Huaze Xie
京都産業大学 ヒューマン・マシン・データ共生科学研究センター

要 旨

ヒューマン・マシン・データ共生科学研究センターは、我が国が目指すべき新しい未来社会の姿として提唱されている Society 5.0（各種情報技術と人間行動を統合した人間中心の社会）を視野に、人間と情報環境との調和的な共生の実現に向けた基盤研究を推進することを目的とする。特に、神経科学、データ工学、スポーツ科学の研究手法を基盤とした分野横断的な共同研究を組織し、脳生体信号を情報環境に活用するブレイン・マシン・インタフェース（Brain-Machine Interface; BMI）のための基盤研究と、人間の運動や健康データの人工知能（Artificial Intelligence; AI）分析をソーシャルネットワーク上で応用する研究を、並行して進める。具体的な研究テーマとして、1) 脳活動および各種生体信号に基づく情報環境の実現に向けた基盤研究、2) Health・Social データの AI 分析および社会的応用に関する研究、に取り組む。本稿では、令和4年度の研究成果をテーマごとにまとめて報告する。

キーワード：Society 5.0、ブレイン・マシン・インタフェース、スポーツトレーニング、拡張現実ランニング支援、ソーシャルビッグデータ・人工知能分析

はじめに

ヒューマン・マシン・データ共生科学研究センターは、近年の情報化社会の先に我が国が目指すべき新しい未来社会の姿として提唱されている Society 5.0（Internet of Things、人工知能技術、ビッグデータ分析、クラウドサービス、ソーシャルネットワークなどの各種情報技術と人間行動とを統合した人間中心の社会）の到来に向けて、人間（ヒューマン）、情報機器（マシン）とデータとの間の調和的な共生環境の実現に向けた基盤研究とその応用技術の開拓を目的とする。この目的のため、神経科学、データ工学、スポーツ科学を専門とする研究者の連携により、脳生体信号を情報環境に活用するブレイン・マシン・インタフェース（Brain-Machine Interface; BMI）のための基盤研究と、人間の運動や健康データの人工知能（Artificial Intelligence; AI）技術による分析をソーシャルネットワーク上で応用する研究を、並行して進める。

近年の情報機器および情報技術の目覚ましい発展は、私たちの生活環境を大きく変えつつある。身のまわりの様々な情報がインターネットを介して集約され、膨大な情報が瞬時に分析されて、いつでもどこでも利用可能となるような環境が急速に整備されつつある。特に、深層学習の成功により、その実用性と波及効果が社会的に注目されている AI 技術は、労働環境を始めとする社会環境を大きく変革する可能性があり、インターネットの出現にも増して私たちの生活様式に影響をもたらすと考えられている。このような技術革新を踏まえて我が国が目指すべき未来社会の姿として内閣府が推進する科学技術政策では、狩猟社会 (Society 1.0)、農耕社会 (Society 2.0)、工業社会 (Society 3.0)、情報社会 (Society 4.0) に続く新たな社会として、モノのインターネット (Internet of Things; IoT)、AI、データサイエンス、クラウドサービスなどがソーシャルネットワーク上で統合されて人間の生活を様々に支援する社会である Society 5.0 の実現が提唱されている。

このような社会の実現においては、一方で、人間 (ヒューマン)、情報機器 (マシン) と、それを取り持つデータとの間の調和的な共生環境のデザインの検討が求められている。急速に拡大する新たな情報環境の出現により、私たち人間は、判断や行動のための情報を瞬時に得ることが出来るメリットを得た一方、自身にとって適切で有用な情報を検索したり、判断したりするために、多くの時間を割く必要にも迫られている。関連して、自己と情報環境との間の適切な関係や距離を築くことに支障をきたしてしまう、ネット依存症などの社会問題も指摘されている。企業の商業的な製品開発や行政などの公的な情報サービスにおいても、近年では、製品やサービスにユーザである人間が適応することだけを考えるのではなく、ユーザ側の人間個人の特性や状況に適応的に対応できる、「人に優しい」情報機器の開発に、大きな関心が向けられている。

来たるべき Society 5.0 において望まれる、「人間とより良く共生する情報環境のデザイン」のためには、第一に、人間自身の行動および知的活動に関する科学的分析が必要である。ここでは、知的活動を担う脳活動を始めとする多様な生体信号の計測を通じて、ユーザが現在置かれている環境や心身状態、感情、モチベーションなどを含めた複合的な情報を抽出して分析する研究が1つの大きな鍵となる。そして、この「人間」の特性を踏まえながら、機械や情報環境と人間との間の相互作用の様相を正しく把握し、適切な情報システムや情報分析の有り方を実証的に模索してゆくことが求められる。このような問題に対して、本研究では、神経科学、データ工学、スポーツ科学の研究アプローチを基盤として、実験動物の神経活動から人間の日常生活行動までの多様な研究対象を取り上げて生体信号データの計測と解析を行い、人間と情報環境とが相互作用する状況での実践的な研究に繋げることで、人間と情報機器、データとの間の調和的な共生の実現に向けた研究に取り組む。

具体的には、本研究センターでは、次の2つの大きなテーマに関する研究を、並行して進める。

テーマ1. 脳活動および各種生体信号に基づく情報環境の実現に向けた基盤研究

テーマ2. Health・Social データの AI 分析および社会的応用に関する研究

以降に、これらテーマごとの研究概要と、令和4年度の主な研究成果をまとめる。

テーマ 1. 脳活動および各種生体信号に基づく情報環境の実現に向けた基盤研究

(赤崎、伊藤、奥田、加藤、田中)

1. 研究概要

主に以下の(1)~(4)の研究に分けて取り組んでいる。これらの研究により、動物からヒトまでの幅広い対象に対して、生体と様々な外界環境情報との間の閉回路ループに関する神経科学的小および情報科学的検討を、多元的に進める。

(1) ブレイン・マシン・インタフェースにおける脳活動の適応的変化の神経基盤

(伊藤、森*)

人間と情報機器とのより良いインタラクションのデザインの構築のためには、人間の知的活動を生み出している脳（ブレイン）と情報機器（マシン）との間の双方向的なインタラクションにおける脳の適応現象の理解が必要である。ここでは、実験動物の脳から記録した神経細胞活動を用いたブレイン・マシン・インタフェース（BMI）の神経生理実験のための準備的研究を進めている。具体的には、以下の3つの研究を実施している。

- a) 覚醒下ネコの方位マッチング弁別課題の訓練
- b) 皮質脳波（Electrocorticography; ECoG）電極による局所脳波記録と刺激情報の復号化
- c) 視覚皮質の複数細胞活動からの刺激方位推定の機械学習

BMIにおける細胞活動の適応的変化の神経基盤を神経生理実験で解明するためには、覚醒行動中の実験動物（マウス、ネコ）の大脳皮質から慢性的に複数の細胞活動を記録し、環境との閉ループフィードバックを課したときに、個々の細胞活動がどのように適応的に変化するかを調べる必要がある。細胞活動の同期現象と機能との関係を調べる BMI・ニューロンオペラントコンディショニング（Neuron Operant Conditioning; NOC）実験の準備として、ネコの方位マッチング課題の訓練を継続している。ECoG電極を用いたマウス皮質局所脳波（Local Field Potential; LFP）の慢性記録を大学院生の山田と行い、複数の電極から記録される LFP の時空間活動からの刺激判別を深層学習により行っている。BMI・NOC 実験では、同時記録した複数細胞の活動データから情報の復号化（デコーディング）を行い、環境変数（報酬量や外部デバイスの制御変数）の制御を行う。本年度は、単一試行データからの復号化モデルの能力の統計解析を行い、復号化精度の高いモデルの検討を行った。

*客員研究員

- (2) 脳波測定および脳刺激を用いた知的情報処理の研究およびスポーツトレーニングへの応用
(伊藤、加藤、奥田)

ヒトの生体信号の計測データを用いて文脈情報の抽出や環境とのインタラクションを構築するためには、動物を用いた侵襲的記録実験とは異なり、非侵襲的な計測法の適用が不可欠である。本研究では、ヒトの脳活動の非侵襲記録で最も一般的な方法である脳波計測を用いて、知的情報処理と脳活動との関係を研究する計画である。本年度は、以下の3つの研究を実施している。

- a) 光トポグラフィーを用いた脳活動解析
- b) 筋電図計測による反応速度解析
- c) 脳波ニューロフィードバックを応用した脳認知モデルの因果的検証の試み

非侵襲脳活動計測方法の1つである光トポグラフィー (functional Near Infra-Red Spectroscopy; fNIRS) を用いて、利き手と非利き手、およびひらがなと漢字の書字での脳活動を記録し、その差異の統計解析を行っている。ここでは特に、fNIRS データの解析ツールである Open POTATO での解析を行う。また、過去に経頭蓋直流電気刺激 (transcranial Direct Current Stimulation; tDCS) による脳電気刺激や、筋肉電気刺激 (Electrical Muscle Stimulation; EMS) によるスポーツトレーニング効果の実験を行ったが、客観的な効果の検証のためには実際に筋電図の計測が必要であると考え、前腕の筋電計測による反応時間の計測実験を行う。

また、脳波を用いたニューロフィードバック法の新しい応用方法として、知的機能の脳情報処理モデルの仮説を脳波ニューロフィードバックによって因果的に検証する新しい試みを考案し、開拓する。すなわち、脳モデルの仮説に基づいて、モデルが仮定する脳波状態を繰り返し生起させるフィードバック訓練を実施した際に、モデルと一致する認知的変化が表れるかを調べることで、対象とする脳認知モデルを因果的に検証することができるかを新たに検討する。

- (3) 筋電を含む各種生体信号の測定とマルチモーダルデータ統合による文脈の抽出
(赤崎、加藤)

脳の運動指令である運動神経活動により、各部の筋肉が動く。付随して、筋活動電位が発生する。この過程の中において、筋肉の活動に伴う筋電位計測を定量的に行い、信号源推定や機械学習のデータとして活用する。その基礎データとして、同一条件による計測を

複数回実施し、筋活動推定の基準となる筋電波形テンプレートの抽出を行う。意識的に体を動かす随意運動の筋活動は動きの種類・運動程度により様々なパターンを示すため、非定常性が常に問題となる。このために、2つの方向から筋活動の定量化を試みた。①電気刺激により安定的に筋活動を誘発したときの筋電波形を計測し、電気刺激のタイミングを基準として加算平均することで、疑似的な神経活動を基準としたときの筋電波形のテンプレートを得る。②一方、随意運動時の体の動きと筋電波形の関係を調べるために、筋肉の動作開始点を基準とする筋電波形のテンプレートを得る。①②の双方に共通する要因である筋電活動の開始点に基づいて、随意運動時の運動神経活動と動きの関係性に注目する。

(4) 視覚情報処理の最適化のための初期視覚野メカニズム (田中)

脳は、周囲の環境に合わせて、情報処理をダイナミックに最適化していると考えられるが、その仕組みには不明な点が多い。本研究では、画像情報伝達に必須の脳領域である第一次視覚野に焦点を当てて、その神経情報処理メカニズムの解明を目指す。第一次視覚野において、個々の細胞は、狭い範囲の方位、幅（空間周波数）にチューニングし、そのチューニングは視覚環境に最適になるように変化する。しかし、どのような神経回路メカニズムがこれに関与しているかは十分明らかでない。昨年度、刺激提示後の空間周波数チューニングカーブの時間変化を詳細に解析した結果、チューニングは、刺激コントラストに依存して、100 ミリ秒以内に素早く最適化されていることを報告した。チューニングの時間変化の特性には細胞による多様性があることもわかっていたが、本年度の研究では、細胞の他の特性と組み合わせて詳細に解析することで、空間周波数チューニング最適化には、皮質由来の2つの異なる神経メカニズムが関与していることが示唆された。さらに、方位チューニングがコントラスト依存的に調節される仕組みについての解析も行い、ここでも皮質回路の関与により、チューニングが短時間で最適化されていることが示唆された。

2. 本年度の研究成果

以下に、研究概要に挙げた(1)~(4)の各研究の主な成果についてまとめる。

(1) ブレイン・マシン・インタフェースにおける脳活動の適応的変化の神経基盤 (伊藤、森)

a) 覚醒下ネコの方位マッチング弁別課題の訓練

2匹のネコの方位マッチング課題の訓練を継続した。眼前のモニターの中心に表示される注視点を一定期間に渡り注視し、上下に表示される2つの格子パターン（水平または垂直）が同じ方位の場合は、注視期間後に右のターゲットに視線を動かし、2つの格子パターンが異なる方位の場合には、左のターゲットにサッケードを行う。1匹は正答率90%程度まで訓練が完成した。2匹目の訓練を開始したが、注視課題を学習した段階

でヘッドポストチェンバーの脱離の兆候が見られたため、訓練を中止した。3匹目のネコの訓練を開始し、チェンバーの頭骨への親和性を高めるために、ハイドロキシアパタイトのコーティングを試みた。神経活動記録の安定性をマウス皮質からの慢性記録実験で確認した後に、ネコ皮質活動の記録を開始する計画である。

b) 皮質脳波 (ECoG) 電極による局所脳波記録と刺激情報の復号化

マウスの視覚皮質に IC コネクタで自作した ECoG 電極 (4つまたは6つの記録点) を慢性的に埋め込み、局所脳波 (LFP) の記録を行った。麻酔下のマウスの眼前のモニターで、上部、中部、下部の3ヵ所のいずれかに提示された白い横長長方形刺激、および無刺激条件下において記録された LFP の時空間活動と、4つの刺激ラベルとの対応を、深層学習 (Convolutional Neural Network; CNN) を用いて学習し、交差検定により刺激判別能力を調べた。時間変化の粗視化、全結合層細胞数、ドロップアウト率などのハイパーパラメタの組み合わせによる判別能力の変化を調べ、最適なパラメタを選定した。マウスの視覚皮質細胞は受容野が大きく、かつ局所脳波という空間分解能が低い活動データにもかかわらず、40% 程度 (チャンスレベルは 25%) の判別能力があることが示された。この結果は、比較的侵襲性が低く、長期間安定して記録が可能である ECoG 電極でも情報復号化が可能であることを示唆しており、今後の BMI・NOC 実験での指針となる。

c) 視覚皮質の複数細胞活動からの刺激方位推定の機械学習

視覚刺激提示下での視覚皮質から同時記録された複数の細胞活動の単一試行データから、提示された刺激の特徴を判別する、情報復号化 (デコーディング) の研究をまとめた。複数細胞の発火数ベクトルを特徴変数とするサポートベクターマシンを適用し、交差検定により正答率を計算した。同一の刺激を複数回提示しても、細胞の活動度には統計的な変動が生じることが知られている (試行間変動性)。研究では、発火数相関をゼロとする Bootstrap サンプル、発火数相関の試行変動性を無くす Bootstrap サンプルをそれぞれ考案し、有限の発火数相関および発火数相関の刺激依存性が、個々の発火数が持つ情報とは独立に、付加的な情報を提供することを発見した。この成果は、日本神経科学会および北米神経科学会で論文発表を行い、後者では口頭発表に選出された。学術論文の投稿を準備中である。

(2) 脳波測定および脳刺激を用いた知的情報処理の研究およびスポーツトレーニングへの応用

(伊藤、加藤、奥田)

a) 光トポグラフィーを用いた脳活動解析

京都産業大学に設置の BMI 実験室で所有する光トポグラフィー (fNIRS) 装置を用いて、卒業研究生の何璽中が、書字中の被験者の前頭部の脳活動を 16 チャンネルで記録した。利き手と非利き手、およびひらがなと漢字の書字での脳活動を記録し、その差異の

統計解析を行った。光トポグラフィーは、頭皮上から入力する赤外光の脳組織による吸収・反射を定量化するが、ノイズが大きく、かつ光経路長が各計測プローブで異なるため、プローブ間での脳活動強度の比較が出来ないという問題点が存在する。準備的な解析では、利き手での書字中よりも非利き手での書字中の方が、対側半球の脳活動が大きいという結果が得られた。fNIRS データの解析ツールである Open POTATO を使用しての解析を行ったが、開発者によるマニュアルでの情報が不足しており、統計解析による有意性検定を行うことができなかった。

b) 筋電図計測による反応速度解析

伊藤の研究室で所有する BioSemi 社の筋電図記録システムを用いて、卒業研究生のシン・キカンが、視覚反応課題中の被験者の前腕の筋電図を計測した。情報理工学部の実験授業で奥田と田中が実施している Cogent Toolbox を用いた視覚反応実験（モニターに数字が提示されたら、即座に手でキーを打鍵する）を応用し、コンピュータで計測した反応時間と、前腕に貼り付けた皮膚表面電極で計測される筋電図から求めた反応時間との比較を行った。安静時での筋電波形の振幅から一定の閾値を設定して、筋電波形の振幅がこの閾値を最初に越えた時点を求めることで、反応時間を算出した。予想通り、コンピュータでの打鍵検出時間よりわずかに前の時点で筋電波形が閾値を越えており、筋電図での反応時間計測が正確に実施できることを確認した。過去に行った tDCS による脳電気刺激や、EMS の筋肉電気刺激によるスポーツパフォーマンスの向上を、筋電図計測によって定量化する研究につなげていく予定である。

c) 脳波ニューロフィードバックを応用した脳認知モデルの因果的検証の試み

近年の脳研究では、人の脳活動の計測データから解読した認知状態の指標をその人に視覚的にフィードバックして、脳活動のある特定の認知状態に近づけるように繰り返し訓練することで、訓練した脳活動に対応する認知機能そのものが因果的に向上する効果が示されている。本研究では、この脳活動フィードバック訓練の効果を応用して、ある認知機能の仮説的な脳モデルの妥当性を、脳モデルの仮説に沿ったフィードバック訓練の認知効果を調べることで因果的に検証する新しい方法論を提案し、その有効性を検討した。ここでは特に、脳活動の計測情報として頭表から計測する脳波を利用し、言語とコミュニケーションに関する脳認知モデルを検証対象として実験を行った。

以前に行っていた脳波実験の結果から、言語文字列の階層的な構造（例えば、「最新日本語辞典」における、「最新の、日本語辞典」と「最新日本語の、辞典」の2種類の階層構造）によって異なる意図を表現する際に特有に、前頭部から頭頂部、後頭部にかけての 10Hz 前後の脳波パワーが有意に抑制されることが示されていた。従って、10Hz 付近の脳波活動が、言語の階層構造と意図表現とを結びつける役割を果たすという脳モデルが示唆される。そこで、10Hz の脳波抑制フィードバック訓練を実施した際に、言語の階

層構造の処理能力や、意図表現・意図理解の能力に、どの程度変化が見られるかを調べることで、この脳モデルの因果的な検証を行えるか試みた。

左前頭部、左右頭頂部、左右後頭部の計5つの脳波計測部位の10Hzパワーの減少度をそれぞれ視覚的に提示して、よりパワーが低い状態を出現させるようなフィードバック訓練を、1日1時間半、計4日間続けたところ、1名の被験者で、2日目の後半から安定して脳波パワー抑制を実現できるようになった。このパワー抑制は、左右頭頂部と左右後頭部で特に強く実現できており、左前頭部の抑制度合は比較的弱かった。この被験者の、脳波抑制訓練前後での階層構造能力テスト（無意味記号列の階層構造の違いを異なる意味に使い分けるテスト）の成績は向上しなかったが、意図理解テスト（絵に表した情景内の登場人物の隠れた意図を読み取るテスト）の成績が大きく向上した。この結果から、脳波訓練に成功した頭頂部と後頭部は成績が向上した意図処理能力により強く働き、それほど訓練できなかった前頭部は成績向上が見られなかった階層構造処理能力に必要とされるという、脳領域ごとに異なる機能との因果関係の存在が考えられた。

このように、今回の実験では、脳活動フィードバック訓練を脳認知モデルの因果的な検証に応用し得ることを示す実例を見いだすことができた。一方で、上記に示した1名の被験者以外では、脳波訓練そのものにあまり成功しなかったり、訓練前の認知機能テストで既に好成績を示しているために訓練の効果を適切に測れなかったりといった、様々な問題が生じ得ることも改めて分かった。また、今回は10Hzの脳波パワーという比較的単純な脳情報のフィードバック訓練を行ったが、機械学習等を用いてより高度に脳状態を分類解読した情報を用いた訓練や、モデルに反する脳状態を訓練した場合の逆の効果の確認など、多くの課題が残る。今後の研究で、これら課題に取り組み、方法論の確立と適用可能範囲の検討を続けてゆく必要がある。

(3) 筋電を含む各種生体信号の測定とマルチモーダルデータ統合による文脈の抽出

(赤崎、加藤)

①脚の膝裏付近を走行する腓骨神経（図1）を電気刺激して腓腹筋を収縮させたときの、腓腹筋筋電図を計測した（図2）。計測の結果、刺激ののち約0.02（秒）、すなわち20（ミリ秒）程度の潜時で筋収縮が始まっていることが、誘発筋電図より確認できた。神経の興奮伝導時間と神経筋接合部の神経伝達物質放出時間を考慮しても、妥当な時間と考えられる。

②随意運動に付随する筋電図を計測する際に基準となるのは脚の「動き」であるが、神経から筋への情報伝達の時間スケールから考えると、カメラによる観察（精度30ミリ秒程度）では時間解像度が悪い。脚の動きの開始点を時間的に精密に測定するために、歪みゲージ（図3）を用いて高時間分解能で動きの計測を行う測定系を構築した。この測定系の時



図1 脚の筋肉および神経走行と電極配置。刺激条件：間隔1Hz、強度15mA、パルス幅0.05msのパルス波。

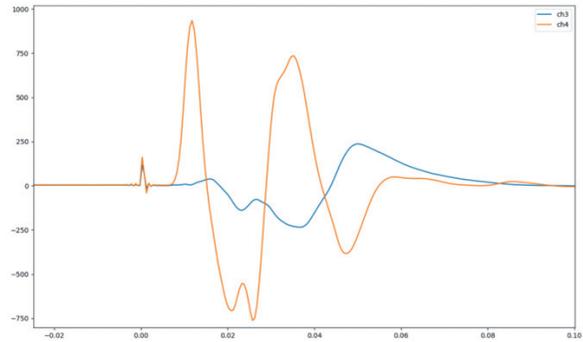


図2 腓腹筋表面筋電図。腓腹筋(青:Ch.3)と長指伸筋(橙:Ch.4)の活動。横軸は刺激からの潜時(秒)、縦軸は観測筋電位(μV)



図3 測定部位位置検出に用いた歪みゲージ

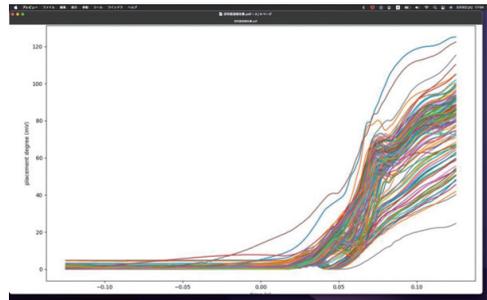


図4 歪みゲージ偏位測定結果(139回分のトレース)

間精度は、動きに伴う歪みによる抵抗変化をデジタイズして計測できるため、計測装置の時間分解能限界での計測が可能である(今回は4kHz、0.25ミリ秒)。図4は、歪みゲージの変異をデジタイズして計測した139回の偏位データを、重ね書きしたものである。

今回の報告では、随意運動中の筋電位同時計測を行っているものの、解析には至っていない。次年度に、動きを起点とした筋電位解析のテンプレートの作成を行う。これらの情報を統合し、動き=筋電図=神経活動の時間関係性を調べる。

(4) 視覚情報処理の最適化のための初期視覚野メカニズム(田中)

a) 空間周波数チューニング最適化の神経メカニズム

昨年度に引き続いて、V1野細胞の空間周波数チューニングを最適化する神経メカニズムの解析を進めた。昨年度の解析で、低コントラストでは細胞がチューンするピーク空間周波数はあまり時間変化しないのに対して、高コントラストでは急激に高くなること、さらに、チューニングのバンド幅の時間変化を加えた解析から、チューニング時間変化には、大きなピーク周波数シフトを引き起こすメカニズムと、大きなバンド幅変化を引

き起こすメカニズムの2つの機構が関与していることを明らかにした。本年度は、これらの機構が、すでに知られている V1 野の細胞区分とどのように対応するのかを解析し、大きなピーク空間周波数シフトを示す細胞は、(i) 単純・複雑型細胞の区分に関して、複雑型細胞が多いこと、(ii) 皮質6層構造に関しては、出力層である5層で多いことを見出した。(iii) また、チューニングカーブ抑制成分の詳細な解析も行った。以上の結果から、大きなピーク周波数シフトを引き起こすメカニズムは、皮質内部の興奮抑制回路(特に引き算抑制メカニズム)が関与し、大きなバンド幅変化を形成するメカニズムは、4層から始まる皮質引き算抑制メカニズムが関与することが示唆された。いずれのメカニズムも、コントラストが強いほど抑制が強く働き大きな作用をもたらすことにより、コントラスト依存の空間周波数チューニングの最適化をもたらしている。以上の研究成果の大部分をまとめた論文を国際雑誌 *Journal of Neuroscience* 誌に発表した。また、その内容を、視覚科学フォーラムで口演発表した。

b) 方位チューニング最適化の神経メカニズム

空間周波数チューニングと同様、方位チューニングもコントラスト依存的に調節されていることが知られているが、この調節はフィードフォワード回路で十分説明できるのか、皮質内部回路が関与しているかについて議論が続いている。今回、逆相関法を用いて、方位チューニングが形成される時間変化がどのようにコントラストに依存するかを解析した。その結果、高コントラストでは、皮質由来であることが示唆される遅い抑制入力により、方位選択性が強まっていくのに対し、低コントラストでは、方位非選択的な興奮入力により、方位選択性が弱くなっていくことを見出した。その結果、応答開始直後の早い時間帯では、高コントラストのほうが方位選択性が低いにもかかわらず、最終的には高コントラストのほうが方位選択性がより強くなる。空間周波数伝達と同様、方位情報伝達においても、皮質回路の関与により、高コントラストでは詳細な方位情報の伝達を優先し、低コントラストでは、方位選択性を弱めて、頑強な刺激信号伝達を優先していることが示唆された。以上の成果は、2023年度の日本神経科学学会で発表を行う。

c) 今後の展開

以上の研究から、従来考えられていたよりも、V1野内部回路がチューニング形成に強く関与しており、特に視覚環境に依存したチューニングの最適化に重要な役割を果たしていることが示唆された。しかしながら、その神経回路の実体について、十分同定ができたわけではない。例えば、皮質抑制回路にはさまざまな細胞種が存在するが、どのような細胞種が、空間周波数シフトに関与しているのだろうか？ 今後は、神経回路に直接介入する光遺伝学などの新しい手法を用いて、この問題を検証していく予定である。

論文・著書

伊藤浩之, 特定課題研究「セルアセンブリー活動の適応的変化の数理基盤の構築と BMI への応用」研究成果報告書, 京都産業大学総合学術研究所所報 第 17 号, 109-113 (2023) 【査読無】

川上瑛之, 伊藤浩之, 自然言語処理手法を用いたクックパッドデータの構造解析, 情報処理学会研究報告, Vol.2023-IFAT-149, No.1, 1-6 (2023) 【査読無】

Jiro Okuda, Hiroki Kataoka, Masayuki Fujiwara, Takashi Hashimoto, Neurofeedback training as a method for evaluation of brain systems for language, The Evolution of Language- Proceedings of the Joint Conference on Language Evolution (JCoLE), 566-568 (2022) 【査読有】

Kohei Yamamoto, Jiro Okuda, Factors affecting joining others' conversation, The Program and Abstract Booklet of CCC in JCoLE - Workshop on Constructive approaches to co-creative communication in Joint Conference on Language Evolution, 15-18 (2022) 【査読有】

奥田次郎, 赤崎孝文, 伊藤浩之, 加藤えみか, 河合由起子, 末松尚史, 田中宏喜, 中島伸介, 栗達, ヒューマン・マシン・データ共生科学研究センター 研究報告, 京都産業大学 先端科学技術研究所所報 第 21 号, 31-57 (2022) 【査読無】

Hiroki Tanaka, Ryohei Sawada, Dynamics and mechanisms of contrast-dependent modulation of spatial-frequency tuning in the early visual cortex, Journal of Neuroscience, 42(37) 7047-7059 (2022) 【査読有】

加藤えみか, 身体の力学的特性, In: アスレティックトレーナー専門基礎科目テキスト (山本利春, 広瀬統一編), 第 2 章 バイオメカニクス, 文光堂 (東京) (印刷中)

田中宏喜, 21 章「視覚情報処理の創造的な性質」(翻訳), In: カンデル神経科学 第 2 版 (宮下保司監修), (原著 Eric R. Kandel, John D. Koester, Sarah H. Mack, Steven A. Siegelbaum, Principles of Neural Science, 6th Ed., McGraw-Hill), メディカルサイエンスインターナショナル (東京) (2022)

学会発表

Hiroyuki Ito, Yui Tabata, Reo Kohno, Yoshiko Maruyama, Yoshiya Mori, Contribution of stimulus dependent spike count correlations to decoding of stimulus directions from neuron populations in cat visual cortex, 45th Annual Meeting of Japan Society of Neuroscience, 2P-226, July 1 (2022), Naha, Japan

田畑由惟, 幸野怜歩, 圓山由子, 森理也, 伊藤浩之, 視覚皮質の細胞集団を用いた刺激方向復号化における発火数相関の刺激依存性の貢献, 視覚科学フォーラム 2022 第 25 回研究会, 2022 年 9 月 21 日, 生理学研究所, 岡崎

Hiroyuki Ito, Yui Tabata, Reo Kohno, Yoshiko Maruyama, Yoshiya Mori, Stimulus dependent variations of spike count correlation improve decoding of stimulus directions from neuron populations in visual cortex, Society for Neuroscience 2022 Annual Meeting, oral presentation at Nanosymposium “Neural Computation of Visual Cortex”, November 16 (2022), San Diego, USA 【査読有】

川上瑛之, 伊藤浩之, 自然言語処理手法を用いたクックパッドデータの構造解析, 情報処理学会第 149 回情報基礎とアクセス技術研究会, 2023 年 2 月 27 日, オンライン

Jiro Okuda, Hiroki Kataoka, Masayuki Fujiwara, Takashi Hashimoto, Neurofeedback training as a method for evaluation of brain systems for language, Joint Conference on Language Evolution, September 5–8 (2022), Kanazawa, Japan 【査読有】

Kohei Yamamoto, Jiro Okuda, Factors affecting joining others' conversation, Workshop on Constructive approaches to co-creative communication in Joint Conference on Language Evolution, September 5 (2022), Kanazawa, Japan 【査読有】

田中宏喜, 澤田凌平, コントラスト依存の空間周波数チューニングダイナミクスとその信号伝達の最適化, 視覚科学フォーラム 2022 第 25 回研究会, 2022 年 9 月 21 日, 生理学研究所, 岡崎

その他

奥田次郎, 東進 TV, 2022 年 6 月 3 日, <https://www.youtube.com/watch?v=Chp9KR89aU8> 【研究紹介】

奥田次郎, 赤崎孝文, 河合由起子, 田中宏喜, 中島伸介, 談議所孝汰, 福岡凜, 藤田彰人, 山口琉太, 京都産業大学情報理工学部オープンキャンパス, 2022 年 6 月 5 日, 京都 【研究紹介】

奥田次郎, 赤崎孝文, 伊藤浩之, 河合由起子, 羽倉輝, 福岡凜, 山本昂平, 山田将太郎, 京都産業大学情報理工学部オープンキャンパス, 2022 年 7 月 24 日, 京都 【研究紹介】

奥田次郎, 河合由起子, 田中宏喜, 中島伸介, 林伸宇, 藤田彰人, 山口史弥, 山本昂平, 京都産業大学情報理工学部オープンキャンパス, 2022 年 8 月 6 日, 京都 【研究紹介】

奥田次郎, 河合由起子, 田中宏喜, 中島伸介, 須山瑠万, 羽倉輝, 山本昂平, 京都産業大学情報理工学部オープンキャンパス, 2022 年 8 月 7 日, 京都 【研究紹介】

赤崎孝文, 伊藤浩之, 河合由起子, 中島伸介, 大塚智貴, 羽倉輝, 福岡凜, 京都産業大学情報理工学部オープンキャンパス, 2022 年 9 月 4 日, 京都 【研究紹介】

奥田次郎, 人間の情報を理解し、活用する社会—人間と情報環境の調和的な共生を目指して、北海道進学フェスタ, 2022 年 9 月 25 日, オンライン 【研究紹介】

奥田次郎, 人間と情報環境が共生する社会へ, 京都府立菟道高等学校, 2023 年 1 月 26 日, 京都 【研究紹介】

奥田次郎, 田中宏喜, 山本昂平, 京都産業大学情報理工学部オープンキャンパス, 2023年3月25日, 京都【研究紹介】

奥田次郎, データサイエンス百景, 2023年4月26日, <https://ds100.jp/university/kyoto-su/>【研究紹介】

田中宏喜, 京都産業大学ホームページニュース記事「コントラストに合わせて信号伝達する特徴の細かさを瞬時に調節し, 脳内の画像情報伝達を最適化する仕組みを解明」, 2022年9月28日, https://www.kyoto-su.ac.jp/news/2022_ise/20220928_196_kenkyu.html【研究紹介】

テーマ2. Health・Social データの AI 分析および社会的応用に関する研究

(河合、中島、Dollack、Xie)

1. 研究概要

近年、健康改善や体力向上を目的としたランニング人口が増加しているが、ランニングを継続することは容易ではない。そのため、ランニング支援システムを開発する意義は大きいと考えている。我々は、先行研究において、音響型拡張現実空間内にて過去に記録した走行データを用いて作成した仮想ランナーとの伴走を可能にするランニング支援システムと、それを用いたアプリを開発した。しかし、このシステムでは過去の自分か知人の走行記録との競走しか行えないことや、1回分の走行記録のみとの競走しか行えないという課題があった。そのため、不特定多数のユーザとの競走が可能であり、競走する際の走行距離や回数をユーザが任意に選択できる、大規模な競走が可能なシステムの開発が必要であると考えた。そこで、大規模なオンラインでの競走が可能なオンラインマラソンシステムの提案および、対戦人数の違いによるユーザのモチベーションへの影響の検証を行った。

2. 本年度の研究成果

(1) 音響型 AR を用いたランニング支援システム

a) 提案手法の概要

本稿で提案するシステム概要を図5に示す。ユーザは、拡張現実 (Augmented Reality; AR) 空間内で生成された仮想ランナーと音響型 AR を用いて、競走や伴走が可能である。仮想ランナーとは、過去の自分の記録、ライバルとなるユーザの記録、リアルタイムで繋がっているユーザ等の GPS 等の情報を基に作成された、拡張現実空間内でランニングを行う相手を指す。

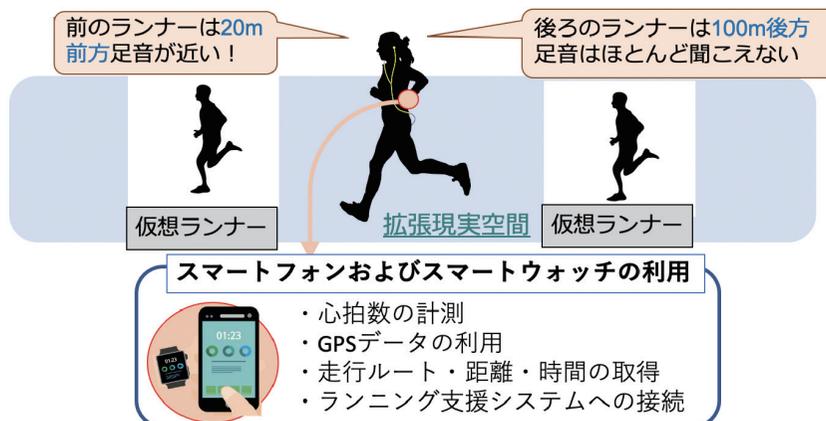


図5 音響型 AR ランニング支援システムのイメージ

b) 取得する情報および取得方法

GPS は、ユーザのランニング時の速度と距離を算出するために用いる。ここでは、「FUJITSU arrows M4 Android smartphone」のGPS機能を使用し、GPSの取得する時間の間隔は1秒で行う。

GPSで取得した各緯度経度の座標の距離は、Haversine式を用いることで算出する。また、ランニングで行ったスタートからゴールまでの距離は、それらの総和とした。

本稿で提案するランニング支援システムでは、仮想ランナーとユーザの速度の算出方法は異なる。ユーザの競走時の速度は、仮想ランナーと競走を行うため、リアルタイムで算出する必要がある。そのため、ランニング時に取得した側近同士の緯度経度の差分の距離を元に速度を算出する。それに対して、仮想ランナーの速度は、過去にランニングを行った際の距離とかかった時間から算出した平均速度を用いる。

なお、心拍数を取得することで、音響型ARランニング支援システムが身体的負荷をどの程度与えるのか検証する。今回の検証では、Garmin ForeAthlete 235Jを用いて、心拍数を取得した。

仮想ランナーとの競走の際は、仮想ランナーの存在を、足音や呼吸の音、現状の勝ち負けや進行状況を伝達するナビゲータの音声を装着したイヤホンを通して聞くことで、知ることが可能である。足音や呼吸の音は、HRTFアルゴリズムを利用した3D立体音響により生成し、臨場感や没入感のある競走を作り出している。

c) プロトタイプ

本研究では、音響型ARを用いたランニング支援システムを活用したプロトタイプアプリを開発した。開発したプロトタイプアプリの画面を図6に示す。主な機能として、

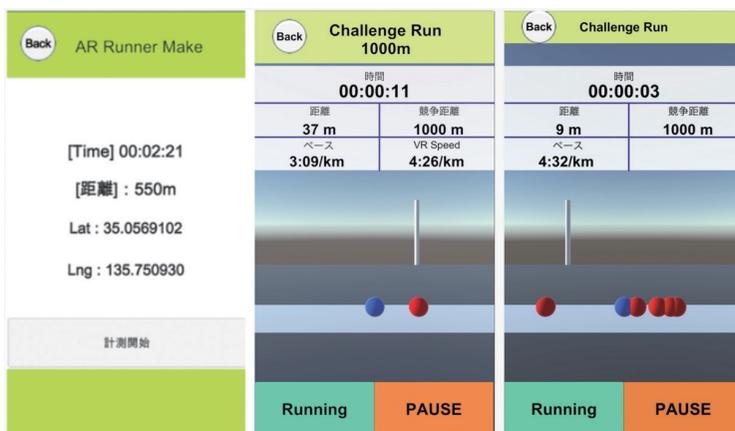


図6 プロトタイプアプリのメイン画面：仮想ランナー作成のための計測モード（左）、仮想ランナーとの1対1での競走（中央）、仮想ランナー複数人との競走（右）

ユーザの走行データを取得し、仮想ランナーを作成する測定モードと、ユーザが作成された仮想ランナーと競走を行う競走モードがある。

計測モードでは、仮想ランナーの作成を行うための GPS の測定を行う。ユーザがランニングを開始するときには、「計測開始」ボタンを押すことにより、計測が開始される。また、ランニングを終了する際には、「計測終了」ボタンを押すことにより、計測を終了する。

競走モードでは、計測モードで記録した GPS を基に作成した仮想ランナーとの音響型 AR を使用した 1 対 1 の競走が可能な「SINGLE」と、複数人での競走が可能な「MULTI」がある。実際に使用する際は、イヤホンを装着して、仮想ランナーの足音や呼吸音、位置関係についてのアナウンスを聞きながら走行を行う。競走モードでは、仮想ランナーと競走を開始する前に、ユーザはランニングを行う「距離」を選択する。距離の選択は、ユーザの任意で距離を入力することで、自由に距離の選択が可能である。ユーザが仮想ランナーと競走を開始する場合、「Start Run」ボタンを押すと 3 秒のカウントの後、ランニングが開始される。競走が開始されると、図 6 のように、「Running」と表示が変化する。また、ユーザが競走中に危険を伴う場合を考慮し、「PAUSE」ボタンを押すことで、ランニングを一時停止することができる。再度途中から競走を行う際は、もう一度「PAUSE」ボタンを押すことで、再開できる。ユーザまたは仮想ランナーが選択した距離を走り終わると、勝ち負けを判定する音声の流れ、競走が終了する。

(2) オンラインマラソンアプリの提案

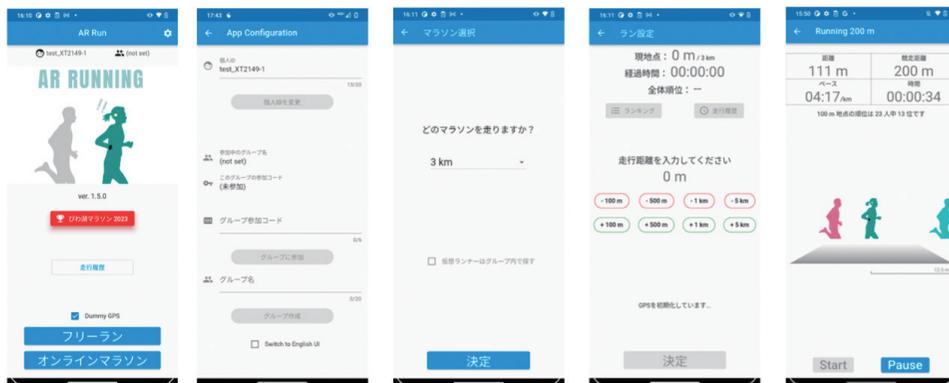
a) 概要

先行研究で開発したプロトタイプアプリの機能をさらに拡張することで、ユーザが競走する際の競走距離や走行回数を選択を自由に行え、不特定多数のユーザとの競走を可能とする、音響型 AR ランニング支援システムを活用したオンラインマラソンシステムを提案する。オンラインマラソンとは、スマートフォンやスマートウォッチを活用して、期限内に走った総距離で目標距離を目指す形式のマラソンである。

b) オンラインマラソンアプリの詳細

本研究で開発したオンラインマラソンアプリの画面を図 7 に示す。

機能としては、プロトタイプアプリの「MULTI」と同様の、あらかじめ定めた複数人の仮想ランナーとの競走が可能なフリーランモードと、サーバから他ユーザの走行データを取得して作成した仮想ランナーとの競走が可能なオンラインマラソンモードの二種類がある（図 7a）。本節では、オンラインマラソンモードの機能について紹介する。オンラインマラソンモードで走行を行う際は、マラソン選択画面で参加するマラソンの種類を選択する（図 7c）。選択可能なマラソンについては、以下の通りである。



(a) ホーム画面 (b) 設定画面 (c) マラソン選択画面 (d) ラン設定画面 (e) 走行画面

図7 オンラインマラソンアプリ

- ・3km マラソン
- ・5km マラソン
- ・10km マラソン
- ・20km マラソン
- ・ハーフマラソン (21.098km)
- ・30km マラソン
- ・フルマラソン (42.195km)
- ・50km マラソン
- ・ウルトラマラソン (100km)

マラソン選択画面の中央にある「仮想ランナーはグループ内で探す」のチェックを入れると、同じマラソンに参加している且つ設定画面(図7b)にて作成、参加したグループに所属しているユーザ間でのみの競走が可能となる。マラソンの種類を選択した後、ユーザはランニングを行う距離を選択する(図7d)。距離の選択は、100m刻みでの自由な選択が可能である。その後、走行画面(図7e)にて「Start Run」ボタンを押すと、3秒のカウントの後、ランニングが開始される。

c) サーバとの連携

オンラインマラソンモードでは、走行を行うごとにサーバに走行データが保存される。サーバが保管する情報は、個人ID、マラソンID、グループID、緯度・経度および算出した走行距離、走行時間である。ユーザが仮想ランナーとの競走を行う際は、サーバに記録された他ユーザの走行データから、推薦を行う。

d) 仮想ランナーの推薦方式

仮想ランナーは、マラソン選択画面にて選択したマラソンに参加している他のユーザの記録タイムと総走行距離をもとに算出した、ラップタイムの近い上位5名を推薦する

(図8)。また、マラソンという長距離の競走では、仮想ランナーと距離が離れすぎて足音や息遣いの音声が聞こえずに、競走感を失ってしまう恐れがあるため、100mごとに、その時点でラップタイムが近い5名へと更新を行う。



図8 仮想ランナーの推薦方法

(3) 評価実験

a) 実験概要

先行研究で行った予備実験より、複数人での競走において、ユーザのランニングに対する優越感が高まり、ポジティブな影響があることが確認でき、身体的影響では、複数人で行う方が運動負荷が高まることが確認できた。そのため、本研究では、開発したオンラインマラソンアプリを使用して、アプリのユーザビリティの評価、ユーザへの身体的影響および心理的影響についての評価、アプリ使用時に提示される仮想ランナーの適切な人数に関する調査を目的とした、対戦する仮想ランナーの人数の違いによるユーザのモチベーションへの影響を検証する評価実験を行った。

先行研究での予備実験で行った複数人の仮想ランナーの条件である、5人との競走の他に、対戦中に出現する仮想ランナーが4人の場合、3人の場合の条件との比較実験を、本学に所属する大学生8名を対象に実施した。

- (1) 走行中に出現する仮想ランナー5人での走行 (5人)
- (2) 走行中に出現する仮想ランナー4人での走行 (4人)
- (3) 走行中に出現する仮想ランナー3人での走行 (3人)

b) 実験手順

実験実施期間は3週間で行い、各条件とも、1日目に設定された人数の仮想ランナーとの200mでの競走を実施、2~6日目に最低100mでの競走を実施、7日目に200mでの競走を実施した。毎回の走行後には、実施した日時と天気、走行距離、心拍数のアン

ケートを回答してもらい、7日目にはそれに加えて GEQ アンケート、UEQ アンケート、ユーザビリティの数値的な評価が可能である System Usability Scale (SUS) を実施した。

c) 評価方法

本評価実験では、システムのユーザビリティおよびランニングに対するモチベーション、身体的影響を調べるために、以下のアンケートおよびデータの収集を行うこととした。

- ・ Game Experience Questionnaire (GEQ)
- ・ User Experience Questionnaire (UEQ)
- ・ System Usability Scale (SUS)
- ・ 初日および最終日の、心拍数および速度の計測
- ・ 位置関係に関する理解度アンケート

Game Experience Questionnaire (GEQ)

ランニングに対するモチベーションの評価は、ゲームの経験を評価する GEQ アンケートを実施した。GEQ アンケートとは、Ijsselstein が開発した、ゲームプレイ後のユーザ体験を測定するアンケートである。7つの「Competence (有能感)」、「Sensory and Imaginative Immersion (感覚的没入感)」、「Flow (没頭)」、「Tension (緊張感)」、「Challenge (挑戦感)」、「Negative Affect (ネガティブ感情)」、「Positive Affect (ポジティブ感情)」などのゲーム経験に対応するアンケート項目を、5段階のリッカート尺度を用いて評価する。

User Experience Questionnaire (UEQ)

システムのユーザビリティに関する評価は、UEQ アンケートを実施した。UEQ は、Laugwitz によって制作された、ユーザビリティの側面 (効率、目立ちやすさ、信頼性) とユーザエクスペリエンス (独創性、刺激) の側面の両方を測定可能な評価指標である。日本語を含む 30 以上の言語で使用でき、「楽しいー楽しくない」、「わかりやすいーわかりにくい」等の計 26 の項目のそれぞれに、1 から 7 のリッカート尺度を用いて評価を行う。

System Usability Scale (SUS)

システムのユーザビリティに関する評価として UEQ とは別に、SUS アンケートを実施した。SUS は、John Brooke が開発した、システムのユーザビリティの数値的な評価が可能な評価尺度である。100 点を基準とした最終スコアとなり、平均点の 68 点より低

いか高いかによって評価を行う。本評価実験では、独自に日本語に訳した質問文を用いて評価を行った。

心拍数および速度の計測

心拍数および走行速度は、Garmin ForeAthlete 235J を用いて取得した。事前評価セッション実施時と事後評価セッション実施時の心拍数差および速度差を求め、2つの条件を比較することで身体的影響を調べた。

位置関係に関する理解度アンケート

このアプリでは、仮想ランナーの位置を、足音や息遣いの音声を聞くことで認識しながら競走を行う。走行中に認識しやすい仮想ランナーの人数を把握するために、「競走中に仮想ランナーは認識しやすかったか」と「100m ごとの仮想ランナー更新時の演出は認識しやすかったか」の独自に作成した2つのアンケートを用意し、1から5のリッカート尺度を用いて評価を行った。また、その他アプリに関する感想を、自由記述で記入してもらった。

d) 結果

GEQ の結果 (評価実験)

GEQ における各条件 (5 人、4 人、3 人) の各コンポーネントの平均値を図 9 に示す。全体的に大きな差は生じなかったが、5 人の条件が、「緊張感」、「ネガティブ感情」、および「没入感」以外の項目で、評価が高い結果となった。「緊張感」と「ネガティブ感情」に関しては、中間条件である 4 人が最も低い値となり、「没入感」に関しては、全条件で同じ結果となった。また、緊張感の項目においては、どの条件においても低い結果となった。

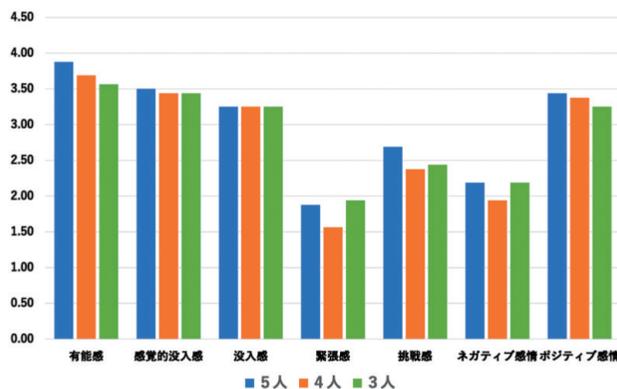


図 9 GEQ の結果 (評価実験)

UEQ の結果（評価実験）

UEQ における各条件（5人、4人、3人）の各コンポーネントの評価値を図 10 に示す。人数が少ない条件になるにつれて「明快さ」が増加し、逆に、「刺激」に関しては、人数が多い条件になるにつれて増加していた。他の項目については、中間条件である 4 人が最も低い値となった。「ノベルティ」に関しては、5 人の条件が高い結果となった。

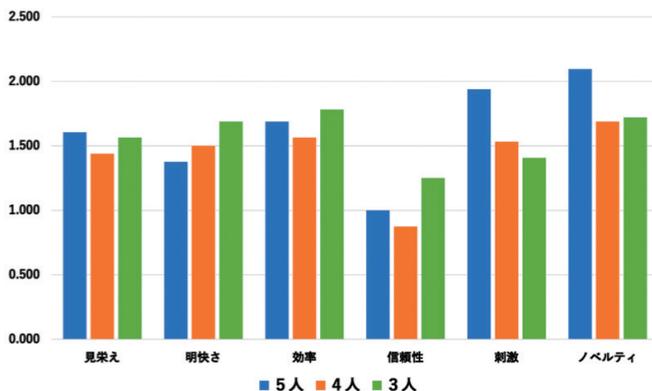


図 10 UEQ の結果（評価実験）

SUS の結果（評価実験）

SUS における被験者ごとの各条件の評価値を図 11 に示す。ユーザビリティを数値的に測る SUS アンケートでは、3つの条件での被験者間平均値は、仮想ランナーの人数が 5 人の条件で 77.2、4 人の条件で 80.3、3 人の条件で 79.4 となり、いずれの条件も基準値である 68 点を上回った結果となった。

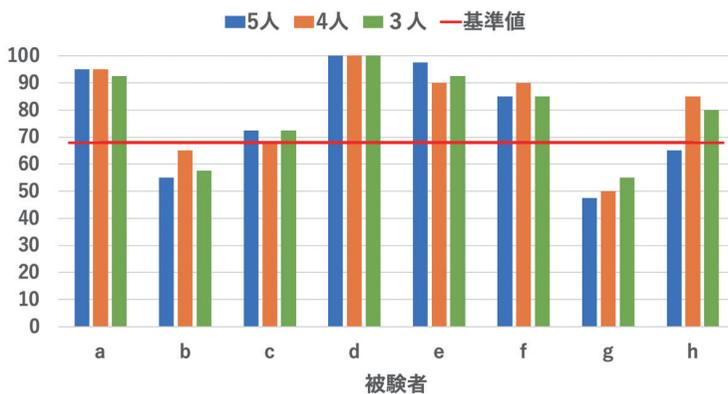


図 11 SUS の結果（評価実験）

初日および最終日の、心拍数差および速度差の結果（評価実験）

図 12 に、初日と最終日に実施した 200m ランニングでの速度差を示す。仮想ランナーの人数が 5 人の条件での速度差の平均は 0.29 (m/s)、標準偏差は 0.85 (m/s) となり、4 人の条件での速度差の平均は -0.51 (m/s)、標準偏差は 1.24 (m/s)、3 人の条件での速度差の平均は -0.91 (m/s)、標準偏差は 0.89 (m/s) となった。

図 13 に、初日と最終日に実施した 200m ランニングでの心拍数差を示す。仮想ランナーの人数が 5 人の条件での心拍数差の平均は 3.13 (bpm)、標準偏差は 26.34 (bpm) となり、4 人の条件での心拍数差の平均は 7.13 (bpm)、標準偏差は 24.95 (bpm)、3 人の条件での心拍数差の平均は 16.38 (bpm)、標準偏差は 22.79 (bpm) となった。

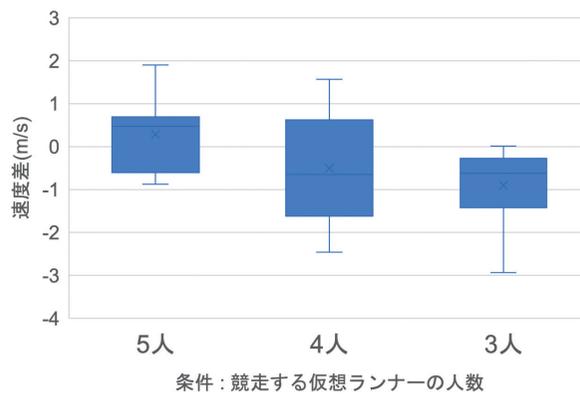


図 12 初日および最終日の速度差の結果（評価実験）

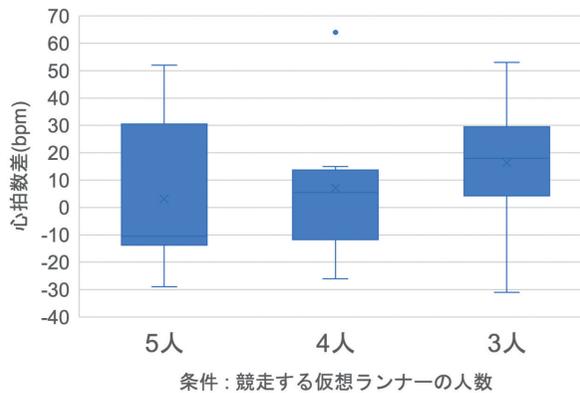


図 13 初日および最終日の心拍数差の結果（評価実験）

位置関係に関する理解度アンケートの結果（評価実験）

独自に用意した、仮想ランナーとの位置関係に関する理解度の評価アンケートについて、「競走中に仮想ランナーは認識しやすかったか」の質問に対しては、仮想ランナーの

人数が5人の条件で2.75、4人の条件で2.75、3人の条件で2.88となった。

「100m ごとの仮想ランナー更新時の演出は認識しやすかったか」の質問に対しては、5人の条件で2.75、4人の条件で2.88、3人の条件で3.25となった。また、自由記述では、人数の違いに関わらず、「わかりにくい」や「足音以外の音声がほしい」などが挙げられた。

e) 考察

GEQ アンケートの結果より、概ね5人の時の結果が良いと言えるが、緊張感の項目では、3つの条件（5人、4人、3人）のどの条件においても低い値となった。また、没入感に関しては、全ての条件で同じ値となった。このことより、没入感に影響する要因が人数の違いではないことや、緊張感を持った競走を行うためには、人数の違いのみでなく、他の仮想ランナーの認識に影響する要因である音声の種類や演出面についても考慮する必要があると考えられる。

UEQ アンケートの結果と SUS アンケートの結果から、どの条件でも高い値が多く見られたため、ユーザビリティの高いシステムが実現できたと考えられる。独自に行った位置関係に関する理解度アンケートの結果より、人数が減るごとに認識のしやすさとわかりやすさが向上していることが確認できる。これは UEQ の結果にも現れており、人数が少なくなるにつれて、把握しなければならない足音の数が減ることが影響し、「明快さ」が増加、「刺激」や「ノベルティ」が低下しているのだと考えられる。

初日と最終日の速度差と心拍数差については、人数が減るにつれて速度差が上昇、心拍数差が低下していることが確認できた。この結果については、4人での条件で行った週と3人での条件で行った週の温度がかなり低下したことが影響してしまったのではないかと考えられる。

(4) まとめ

本研究では、先行研究で開発したアプリの機能をさらに拡張することで、ユーザが競走する際の走行距離や走行回数を選択を自由に行え、過去の自分や知人の記録だけでなく、不特定多数のユーザとの競走が可能な音響型 AR を用いたオンラインマラソンシステムの開発を行った上で、アプリのユーザビリティ評価およびユーザへの身体的影響についての評価実験を行った。評価実験の結果として、開発したオンラインマラソンアプリは概ねユーザビリティの高いシステムと言え、ゲーム体験に関しては、仮想ランナーの人数が5人の条件が評価が高くなったことが確認できた。一方、より緊張感を持った競走を実現するためには、出現する仮想ランナーの人数の違いのみでなく、音声や演出などの認識率に影響する要因についても考慮する必要があると考えられた。

今後は、仮想ランナーの認識率向上に向けた検討およびシステムの改良と、今回は実験

参加者が8名と小規模だったため、より大人数での実証実験の実施を考えている。

論文・著書

Panote Siriaraya, Takumi Kiri, Wan Jou She, Mohit Mittal, Yukiko Kawai, Shinsuke Nakajima, Investigating the use of Spatialized Audio Augmented Reality to enhance the outdoor running experience, Entertainment Computing, Vol.44, 100534, ISSN 1875-9521 (2023) 【査読有】

Huaze Xie, Da Li, Yuanyuan Wang, Yukiko Kawai, A graph neural network-based map tiles extraction method considering POIs priority visualization on web map zoom dimension, IEEE Access, Vol.10, 64072-64084 (2022) 【査読有】

Wan Jou She, Chee Siang Ang, Robert A. Neimeyer, Laurie A. Burke, Yihong Zhang, Adam Jatowt, Yukiko Kawai, Jun Hu, Matthias Rauterberg, Holly G. Prigerson, Panote Siriaraya, Investigation of a web-based explainable AI screening for Prolonged Grief Disorder, IEEE Access, Vol.10, 41164-41185 (2022) 【査読有】

Da Li, Yuanyuan Wang, Rikuya Yamamoto, Yukiko Kawai, Kazutoshi Sumiya, A low-cost high-performance semantic and physical distance calculation method based on ZIP Code, The Institute of Electronics, Information and Communication Engineers, IEICE Transactions on Information and Systems, Vol.E105-D, No.5, 920-927 (2022) 【査読有】

王元元, 河合由起子, 角谷和俊, 料理レシピデータの特性分析とその推薦への応用, 日本画像学会誌, Vol.62, No.2, 146-158 (2023) 【査読有】

学会発表

Wan Jou She, Kota Dangisho, Panote Siriaraya, Felix B. Dollack, Shinsuke Nakajima, Matchmaking for mental well-being: Development of a peer-based support system (Peer2S) for students during COVID lockdown, The 28th International Conference on Intelligent User Interfaces (IUI2023), pp.119-122, March 27-31 (2023), Sydney, USA, <ACM IUI 2023 Best Poster Award> を受賞 【査読有】

Ruman Suyama, Da Li, Yukiko Kawai, Shinsuke Nakajima, A Personalized scoring method for rental property search considering the surrounding environment, The 11th International Conference on Building and Exploring Web Based Environments (WEB2023), pp.3-4, March 13-17 (2023), Barcelona, Spain 【査読有】

Takuya Yamanaka, Da Li, Shinsuke Nakajima, Preliminary analysis of dietary management support method for improving the symptoms in Irritable Bowel Syndrome, IEEE International Conference on Computing, Networking and Communications (ICNC2023),

- pp.536-540, February 20-22 (2023), Honolulu, USA 【査読有】
- Takanobu Omura, Felix B. Dollack, Panote Siriaraya, Da Li, Katsumi Tanaka, Yukiko Kawai, Shinsuke Nakajima, Verification of a method for latent interest estimation based on user behavior analysis and POI attributes, International Conference on Computing, Networking and Communications (ICNC2023), pp.529-535, February 20-22 (2023), Honolulu, USA 【査読有】
- Yuki Konishi, Shinsuke Nakajima, Yukiko Kawai, Panote Siriaraya, Da Li, Felix B. Dollack, Katsumi Tanaka, Verification of the influence of multiple virtual runners on rival recommendation for acoustic AR running assistance system, IEEE 41st International Conference on Consumer Electronics (ICCE2023), January 6-8 (2023), Las Vegas, USA 【査読有】
- Fumiya Yamaguchi, Felix B. Dollack, Mayumi Ueda, Shinsuke Nakajima, Feature relevance analysis of product reviews to support online shopping, The 24th International Conference on Information Integration and Web-based Applications & Services (iiWAS2022), pp.441-446, November 28-30 (2022), Online 【査読有】
- Panote Siriaraya, Kenta Suzuki, Wan Jou She, Ryotaro Tanaka, Da Li, Jin Narumoto, Noriaki Kuwahara, Kazutoshi Sumiya, Shinsuke Nakajima, Palm happiness: A location-based application to promote awareness of everyday happy moments, The ACM International Conference on Mobile Human-Computer Interaction (ACM MobileHCI 2022), Article No.9, pp.1-4, September 28-October 1 (2022), Vancouver, Canada 【査読有】
- Mayumi Ueda, Sayaka Yabe, Da Li, Shinsuke Nakajima, Cosmetic differences visualization system for beauty recommendation using the scores of various evaluation items, The Joint Workshop on Interfaces and Human Decision Making for Recommender Systems co-located with ACM RecSys 2022, pp.137-150, September 22 (2022), Seattle, USA 【査読有】
- Katsuyuki Yamauchi, Panote Siriaraya, Da Li, Felix B. Dollack, Yukiko Kawai, Shinsuke Nakajima, Validation of a neighborhood spot evaluation method for walking route recommendation, The 2022 World Congress in Computer Science, Computer Engineering, and Applied Computing (CSCE'22), July 25 (2022), Las Vegas, USA 【査読有】
- 小西侑樹, Felix B. Dollack, Panote Siriaraya, 栗達, 田中克己, 河合由起子, 中島伸介, 音響型 AR を用いたオンラインマラソンシステムの開発, 第 15 回データ工学と情報マネジメントに関するフォーラム (DEIM2023), 5a-9, 2023 年 3 月 7 日, 長良川国際会議場, 岐阜, **〈DEIM2023 優秀インタラクティブ賞〉および〈DEIM2023 学生プレゼンテーション賞〉を受賞**
- 山口史弥, 上田真由美, 中島伸介, レビュー動画内における商品特徴量分析手法の開発, 第 15

- 回データ工学と情報マネジメントに関するフォーラム (DEIM2023), 1b-1-3, 2023年3月5日, 長良川国際会議場, 岐阜, **〈DEIM2023 学生プレゼンテーション賞〉を受賞**
- 笹原彰斗, 山口史弥, 上田真由美, 中島伸介, 直観的動画検索システムにおける評価項目別スコアリングの精度向上, 第15回データ工学と情報マネジメントに関するフォーラム (DEIM2023), 1b-1-4, 2023年3月5日, 長良川国際会議場, 岐阜
- 松岡天音, 山口史弥, 上田真由美, 中島伸介, コスメアイテム推薦のための肌特徴や肌悩みを考慮した類似ユーザ判定手法の提案, 第15回データ工学と情報マネジメントに関するフォーラム (DEIM2023), 3b-2-5, 2023年3月5日, 長良川国際会議場, 岐阜
- 山中拓哉, 栗 達, 中島伸介, 食事記録に基づく過敏性腸症候群の発症予測モデルの構築, 第15回データ工学と情報マネジメントに関するフォーラム (DEIM2023), 5a-4-2, 2023年3月6日, 長良川国際会議場, 岐阜
- 田中涼太郎, Panote Siriaraya, 栗 達, 中島伸介, HappyButton: ユーザ幸福度向上を目的としたインタラクティブな記録補助システムの開発, 第15回データ工学と情報マネジメントに関するフォーラム (DEIM2023), 4b-5-2, 2023年3月6日, 長良川国際会議場, 岐阜
- 福嶋亮太郎, 中島伸介, レビューの評価項目別自動スコアリングに基づくお出かけスポット推薦システムの提案, 第15回データ工学と情報マネジメントに関するフォーラム (DEIM2023), 3a-7-5, 2023年3月7日, 長良川国際会議場, 岐阜
- 横山皓祐, Panote Siriaraya, 中島伸介, 視覚障がい者のソーシャルインタラク션을可能にする仮想現実空間の提案, 第15回データ工学と情報マネジメントに関するフォーラム (DEIM2023), 4b-9-1, 2023年3月7日, 長良川国際会議場, 岐阜
- 大塚智貴, Panote Siriaraya, 中島伸介, 立体音響 AR に基づくリラクゼーション支援システムにおける音源設置手法の検討, 第15回データ工学と情報マネジメントに関するフォーラム (DEIM2023), 5a-9-3, 2023年3月7日, 長良川国際会議場, 岐阜
- 高島友貴, Panote Siriaraya, 中島伸介, 認知症ケアを目的とした VR 活用型回想法の検証, 第15回データ工学と情報マネジメントに関するフォーラム (DEIM2023), 5a-9-4, 2023年3月7日, 長良川国際会議場, 岐阜
- 須山瑠万, 栗 達, 河合由起子, 中島伸介, 周辺状況およびスポット情報を考慮した Personalized Scoring による賃貸物件推薦手法, 第15回データ工学と情報マネジメントに関するフォーラム (DEIM2023), 3b-2, 2023年3月5日, 長良川国際会議場, 岐阜
- 林裕次郎, 河合由起子, 中島伸介, レビュー投稿者の不満を解消するホテル推薦システムの提案, 第15回データ工学と情報マネジメントに関するフォーラム (DEIM2023), 3b-2, 2023年3月5日, 長良川国際会議場, 岐阜
- 大村貴信, Panote Siriaraya, 栗 達, 田中克己, 河合由起子, 中島伸介, ユーザ行動分析のエリアサイズが訪問確率予測精度に与える影響, 第15回データ工学と情報マネジメントに関する

- るフォーラム (DEIM2023), 5c-4, 2023年3月6日, 長良川国際会議場, 岐阜
- 山内克之, Panote Siriaraya, 栗 達, 河合由起子, 中島伸介, 周辺スポットを考慮したウォーキング経路推薦手法の評価, 第15回データ工学と情報マネジメントに関するフォーラム (DEIM2023), 5c-7, 2023年3月7日, 長良川国際会議場, 岐阜
- Nobutaka Hayashi, Yuanyuan Wang, Kazutoshi Sumiya, Yukiko Kawai, Song recommendation system on mobility based on geotagged tweets and user preferences, The Eleventh International Conference on Building and Exploring Web Based Environments (WEB2023), March 13-17 (2023), Barcelona, Spain 【査読有】
- Keisuke Murashige, Yoshiyuki Kido, Shinji Shimojo, Hideto Yano, Tomoki Yoshihisa, Yukiko Kawai, Ryuta Yamaguchi, Implementation, measurement, and analysis of cycling environment for a bicycle navigation application, IEEE 41st International Conference on Consumer Electronics (ICCE2023), January 6-8 (2023), Las Vegas, USA 【査読有】
- Ryuta Yamaguchi, Felix B. Dollack, Panote Siriaraya, Tomoki Yoshihisa, Shinji Shimojo, Yukiko Kawai, Comfortable maps generation system based on analysis of cyclists' facial expressions using a bike-mounted smartphone, IEEE 41st International Conference on Consumer Electronics (ICCE2023), January 6 (2023), Las Vegas, USA 【査読有】
- Da Li, Siriaraya Panote, Yuanyuan Wang, Yukiko Kawai, A user-POI-guide cost optimization method for tourism planning considering social distance and user preferences, Hawaii International Conference on System Sciences 2023 (HICSS2023), January 4 (2023), Honolulu, USA 【査読有】
- Huaze Xie, Da Li, Yuanyuan Wang, Yukiko Kawai, Visualization of POI category on the dynamic rasterized map tiles from geo-tagged social media (Twitter) with SZ-GAT, Hawaii International Conference on System Sciences 2023 (HICSS2023), January 5 (2023), Honolulu, USA 【査読有】
- Saki Inoue, Yuanyuan Wang, Yukiko Kawai, Kazutoshi Sumiya, Question support method to promote critical thinking using lecture slide structure in on-demand courses, Proceedings of the 24th International Conference on Asia-Pacific Digital Libraries (ICADL2022), pp.509-515, November 30-December 2 (2022), Hanoi, Vietnam 【査読有】
- Felix B. Dollack, Ryuta Yamaguchi, Panote Siriaraya, Tomoki Yoshikawa, Shinji Shimojo, Yukiko Kawai, Detecting changes in user emotions during bicycle riding by sampling facial images, The ACM Symposium on User Interface Software and Technology (UIST2022), pp.24:1-24:3, October 31-November 2 (2022), Bend, USA 【査読有】
- Felix B. Dollack, Da Li, Ryuta Yamaguchi, Tomoki Yoshihisa, Shinji Shimojo, Yukiko Kawai, Driver experience sampling in the wild: A memory-aware sentiment strength extraction

- method, The Affective Computing and Intelligent Interaction 2022 Conference (ACII2022), October 17 (2022), Online 【査読有】
- Hideto Yano, Tomoki Yoshihisa, Shinji Shimojo, Nao Takizaki, Yoshiyuki Kido, Yukiko Kawai, Ryuta Yamaguchi, A MaaS system architecture for inducing users to solve social issues, IEEE 11th Global Conference on Consumer Electronics (GCCE2022), pp.87-88, October 18 (2022), Osaka, Japan 【査読有】
- Takuya Yonezawa, Yuanyuan Wang, Kazutoshi Sumiya, Yukiko Kawai, A recommendation system for short recipe videos with supplementary cooking operation, The 2022 World Congress in Computer Science, Computer Engineering, and Applied Computing (CSCE'22), July 25 (2022), Las Vegas, USA 【査読有】
- Da Li, Riko Yasuda, Tadahiko Kumamoto, Yukiko Kawai, Cosmetic products recommendation methods for different occasions using consumer reviews and geotagged tweets, The 24th International Conference on Human-Computer Interaction (HCI2022), pp.504-510, June 26-July 1 (2022), Online 【査読有】
- 松石侑樹, Panote Siriaraya, 河合由起子, 羽倉輝, 山口琉太, 店舗情報と Tweet の影響を考慮した時間帯別路上 GSV 生成手法の提案, 第 15 回データ工学と情報マネジメントに関するフォーラム (DEIM2023), 4a-1, 2023 年 3 月 5 日, 長良川国際会議場, 岐阜
- 佐野逸稀, 王元元, 河合由起子, 角谷和俊, 講義資料作成支援のための説明度合いを用いたスライド評価手法, 第 15 回データ工学と情報マネジメントに関するフォーラム (DEIM2023), 5a-1, 2023 年 3 月 5 日, 長良川国際会議場, 岐阜
- 井上沙紀, 王元元, 河合由起子, 角谷和俊, 講義スライドに対する質問キーワードの変化に基づく質問サジェスト方式の提案, 第 15 回データ工学と情報マネジメントに関するフォーラム (DEIM2023), 5a-6, 2023 年 3 月 6 日, 長良川国際会議場, 岐阜
- 米澤拓也, 王元元, 角谷和俊, 河合由起子, レシピおよび視聴操作に基づくショート料理動画の難易度抽出手法の検証, 第 15 回データ工学と情報マネジメントに関するフォーラム (DEIM2023), 5b-8, 2023 年 3 月 7 日, 長良川国際会議場, 岐阜
- 羽倉輝, 山口琉太, 義久智樹, 下條真司, 河合由起子, 自転車搭載スマホによる安全で効率の良い路上環境情報取得・分析手法の検討, 第 15 回データ工学と情報マネジメントに関するフォーラム (DEIM2023), 5c-8, 2023 年 3 月 7 日, 長良川国際会議場, 岐阜
- 林伸宇, 王元元, 角谷和俊, 河合由起子, ジオタグツイートとユーザ嗜好に基づく移動中の楽曲推薦手法の検証, 情報処理学会第 85 回全国大会, 6N-08, 2023 年 3 月 2 日 - 2023 年 3 月 4 日, 電気通信大学, 東京, **〈学生奨励賞〉を受賞**
- 杉橋真輝, 栗 達, 熊本忠彦, 河合由起子, Web と SNS と Map の検索特性に基づくサジェスト生成による検索システムの検討, 情報処理学会第 85 回全国大会, 4P-05, 2023 年 3 月 2 日

－2023年3月4日，電気通信大学，東京，〈**学生奨励賞**〉を受賞

森田陸斗，河合由起子，ハッシュタグ分析による番組の地域性判定と可視化システムの検討，情報処理学会第85回全国大会，5N-07，2023年3月2日－2023年3月4日，電気通信大学，東京

濱口滋久，王元元，河合由起子，ユーザのアクティビティを考慮したLINEボットによる会議調整システムの提案，情報処理学会第85回全国大会，2U-06，2023年3月2日－2023年3月4日，電気通信大学，東京

中辻佑弥，田中克己，中島伸介，河合由起子，短歌・俳句翻訳のための異文化特性に基づく代替名詞抽出手法の検討，情報処理学会第85回全国大会，7V-02，2023年3月2日－2023年3月4日，電気通信大学，東京

宮柱太一，羽倉輝，栗 達，河合由起子，小野晋太郎，車載カメラ画像からカーブミラーを検出する深層学習モデルの性能比較，情報処理学会第85回全国大会，7ZA-03，2023年3月2日－2023年3月4日，電気通信大学，東京

井上沙紀，王元元，河合由起子，角谷和俊，スライドの階層構造を用いた学生の批判的思考を促す質問思考サポートの提案，IDR ユーザフォーラム 2022，2022年12月6日，オンライン，〈**企業賞**〉を受賞

武富妃里，王元元，河合由起子，角谷和俊，視覚情報と聴覚情報を用いたレシピ特徴の差異表現によるレシピ検索手法の提案，IDR ユーザフォーラム 2022，2022年12月6日，オンライン

豊崎祐衣，王元元，河合由起子，角谷和俊，講義動画のシーン選択履歴を用いた生徒の理解度に基づく補助資料提示，情報処理学会関西支部 支部大会，G-16，2022年9月18日，オンライン

澤武芽由，王元元，河合由起子，角谷和俊，番組映像のシーンに付与されたキーワードの選択操作による情報推薦，情報処理学会関西支部 支部大会，G-58，2022年9月18日，オンライン

武富妃里，角谷和俊，王元元，河合由起子，視覚情報と聴覚情報を用いた料理レシピ特徴の差異表現によるレシピ 選択支援，情報処理学会関西支部 支部大会，G-59，2022年9月18日，オンライン

林伸宇，河合由起子，歌詞とジオタグツイートによるスポットに対するアーティスト抽出および嗜好に基づく楽曲推薦手法の提案，情報処理学会関西支部 支部大会，G-60，2022年9月18日，オンライン

佐野逸稀，井上沙紀，河合由起子，王元元，角谷和俊，オンライン授業映像と講義スライドを用いた学生の理解促進のための課題生成方式の提案，第21回情報科学技術フォーラム (FIT2022)，D-002，2022年9月13日，慶應義塾大学，神奈川，〈**奨励賞**〉を受賞【査読有】

- 羽倉輝, 山口琉太, 義久智樹, 下條真司, 河合由起子, 地域美化活動支援のための安全で効率の良い路上環境情報取得・分析による可視化システムの提案, 第21回情報科学技術フォーラム (FIT2022), D-006, 慶應義塾大学, 神奈川, 2022年9月14日【査読有】
- 杉橋真輝, 河合由起子, 栗 達, 熊本忠彦, 複数メディアの意味・空間距離の検索特性に基づく携帯端末向け検索手法の提案, 第21回情報科学技術フォーラム (FIT2022), D-009, 慶應義塾大学, 神奈川, 2022年9月14日【査読有】
- 中辻佑弥, 中島伸介, 田中克己, 河合由起子, 他文化における共感を伴う詩翻訳手法の提案, 第175回DBS・第148回IFAT合同研究発表会, (25)A4-1, 2022年9月10日, 富山県民会館, 富山
- 村重圭亮, 木戸善之, 下條真司, 矢野英人, 義久智樹, 河合由起子, 山口琉太, 自転車用ナビゲーションアプリのための走行環境データ収集・分析機構の実装, DICOMO 2022 シンポジウム, 5F-3, 2022年7月14日, オンライン, <ヤングリサーチャー賞>を受賞
- 山口琉太, 栗 達, 義久智樹, Panote Siriaraya, 下條真司, 河合由起子, 自転車走行中の表情に基づく地点に対する潜在的快適性分析システムの検討, DICOMO 2022 シンポジウム, 5F-4, 2022年7月14日, オンライン

その他

- 中島伸介, 時空を超えたライバルとの競走—AR ランニング支援システム—, 第12回おた研究・開発フェア, 2022年10月20-21日, コングレスクエア羽田, 東京【展示会出展】
- 中島伸介, 時空を超えたライバルと走る AR ランニング支援システム, 新技術説明会 (関西9私大～環境・エネルギー, ライフサイエンス～), 2023年3月2日, オンライン, https://shingi.jst.go.jp/list/list_2022/2022_10kansai.html#20230302X-008【講演・公開展示デモ】
- Shinsuke Nakajima, Felix B. Dollack, The 28th International Conference on Intelligent User Interfaces (IUI2023), ACM IUI 2023 Best Poster Award, “Matchmaking for Mental Well-being: Development of a Peer-based Support System (Peer2S) for Students during COVID Lockdown”【受賞】
- 中島伸介, 河合由起子, 第15回データ工学と情報マネジメントに関するフォーラム (DEIM2023), 優秀インタラクティブ賞受賞, 論文名: 音響型 AR を用いたオンラインマラソンシステムの開発【受賞】
- 中島伸介, 河合由起子, 第15回データ工学と情報マネジメントに関するフォーラム (DEIM2023), 学生プレゼンテーション賞受賞 (指導学生), 論文名: 音響型 AR を用いたオンラインマラソンシステムの開発【受賞】
- 中島伸介, 第15回データ工学と情報マネジメントに関するフォーラム (DEIM2023), 学生プレゼンテーション賞受賞 (指導学生), 論文名: レビュー動画内における商品特徴量分析手法

の開発【受賞】

河合由起子, 角谷和俊, 情報処理学会第 85 回全国大会, 学生奨励賞受賞 (指導学生), 論文名:

ジオタグツイートとユーザ嗜好に基づく移動中の楽曲推薦手法の検証【受賞】

河合由起子, 情報処理学会第 85 回全国大会, 学生奨励賞受賞 (指導学生), 論文名: Web と

SNS と Map の検索特性に基づくサジェスト生成による検索システムの検討【受賞】

河合由起子, 角谷和俊, IDR ユーザフォーラム 2022, 企業賞受賞, 論文名: スライドの階層構

造を用いた学生の批判的思考を促す質問思考サポートの提案【受賞】

河合由起子, 角谷和俊, 第 21 回情報科学技術フォーラム (FIT2022), 奨励賞受賞, 論文名:

オンライン授業映像と講義スライドを用いた学生の理解促進のための課題生成方式の提案【受賞】

河合由起子, DICOMO 2022 シンポジウム, ヤングリサーチャー賞受賞, 論文名: 自転車用ナ

ビゲーションアプリのための走行環境データ収集・分析機構の実装【受賞】

Performance Report for the Center for Sciences towards Symbiosis among Human, Machine, and Data

Jiro OKUDA, Takafumi AKASAKI, Hiroyuki ITO, Emika KATO,
Yukiko KAWAI, Hiroki TANAKA, Shinsuke NAKAJIMA,
Felix B. DOLLACK, Huaze XIE

Abstract

The Center for Sciences towards Symbiosis among Human, Machine, and Data aims to promote basic studies aimed at realizing harmonious interactions between humans and information environments. To this end, the center organizes interdisciplinary research projects pertaining to neuroscience, data engineering, and sports science. Through a collaborative methodology integrating these approaches, the center performs basic studies on brain-machine interface (BMI), which involves direct interactions across information systems and biological signals including brain activity. Furthermore, the center conducts advanced studies pertaining to the development of human-oriented information systems that utilize big data analyses of human health and social activities based on information collected from social media. In this report, we summarize the progress of this research as well as the outcomes achieved in 2022.

Keywords: Society 5.0, brain-machine interface, sports training, augmented reality running aid system, social big data and artificial intelligence

