互恵的関係性を構築するための対面状況での情緒的コミュニケーション支援メディアに関する研究

情報処理学会・学会誌「情報処理」
2023年8月15日 09:40

2022年度研究会推薦博士論文速報

[ヒューマンコンピュータインタラクション研究会]

© 2023 Information Processing Society of Japan

岩本 拓也

（（株）サイバーエージェント AI Lab 研究員／大阪大学 招聘研究員）

■キーワード

互恵的関係／対面コミュニケーション支援／情緒的コミュニケーション

【背景】対面コミュニケーションは，良好な人間関係を構築するために重要な役割を果たす

【問題】対面コミュニケーションは，高いスキルが求められる難しい行為であるにもかかわらず，支援の必要性や支援手段がほとんど検討されてこなかった

【貢献】特に対面での情緒的なコミュニケーションを対象として，互恵的関係性の

© 2023 Information Processing Society of Japan

構築を支援する支援メディアを実現した

我々は友人，家族，店員，同僚などさまざまな人と関係を築いて社会生活を営んでいる．社会生活の質は人間関係によって左右され，人間関係がうまくいかないと，マイナスの影響が出ることがある．一方で良好な人間関係が築ければ，幸福感が得られ，仕事の生産性が向上するなど良い影響が期待できる．

良好な人間関係を築くには，双方に報酬を与える互恵的な関係が望ましいと言われている．この報酬には金銭などの物質的な報酬だけでなく，安心感，楽しさ，幸福感などの情緒的な報酬も含まれる．このような互恵的な関係を築くためには，雑談や冗談，愛着行動などの情緒的なコミュニケーションが重要である

本研究では，人々が互恵的な関係性を構築しようとしている状況における対面での情緒的コミュニケーションを支援するためのメディアを実現することを目的としている．情緒的コミュニケーションはすべての相手に同様に行えるものではなく，相手との関係性や立場などにより意味合いや振る舞い方を変える必要がある．それゆえ互恵的関係を構築するために情緒的コミュニケーションを行う関係性を分類し，メディアによる支援が網羅的に行き届くように支援対象を「交際」「婚活」「店舗での接客」に選定した．

「交際」では，目の前にいる交際相手とは対話せず，それぞれに無言でスマート

© 2023 Information Processing Society of Japan

フォン（スマホ）を使用し続ける「ファビング」と呼ばれる状況を解決するための支援メディアを構築した．本メディアを使用すると，目の前の交際相手が使用しているスマホの画面上に遠隔操作で落書きを行える．これにより，スマホに向けられている注意を，落書きを描いている目の前の相手へと移行させ，そこから対面での直接対話へと誘導しファビング状況から脱却させうることを実験で確認した．

「婚活」では，初対面の人々との短時間の対面対話で，年収や結婚歴などの聞きにくいことを相手の気分を害さぬように聞きださなければならず，非常に高度な情緒的コミュニケーションスキルを求められる．そこで人は一切話さず，必要な情報のやり取りをすべてロボットに代行させ，人はロボット同士の会話を聞くだけという「ロボット婚活パーティ」を考案した．ロボット婚活パーティを2度開催したところ，通常の婚活パーティと同等のマッチング率を達成し，さらにマッチングが成立した参加者同士による対面対話にロボットの会話が良い情緒的影響を与えることが確認された．

「店舗での接客」では，自己推薦ロボットを店頭での接客における対面情緒的コミュニケーション支援メディアとして成立させるためのデザイン指針を検討した．店頭での接客に一般的な人型のコミュニケーションロボットを用いると，表情や身振りによる情緒的コミュニケーションを行いやすいが，来客の注意が商品よりロボットに惹きつけられてしまう．一方，商品自体をロボット化する自己推薦ロボットを用いた場合，商品に来客の意識が向きやすくなる反面，顔や手足がないため感情

© 2023 Information Processing Society of Japan

表現手段が大きく制約され，狙い通りの情緒的コミュニケーションを行わせることが難しい．そこで自己推薦ロボットが表出可能な音声表情・身振り・発話内容のどれがどの程度感情表現に影響を与えるかを調査した．その結果，音声表情が最も強く影響し，次いで身振り，発話内容の順となることが明らかとなり，自己推薦ロボットによる情緒的コミュニケーションをデザインするための基礎的な知見が得られた．

人間の代わりにロボットが話をする婚活パーティ実験

■Webサイト／動画／アプリなどのURL

https://takuyaiwamoto.com/

■動画URL（YouTubeチャンネル用）

© 2023 Information Processing Society of Japan

人間の代わりにロボットが話をする婚活パーティ実験

https://youtu.be/kh63Q-HR5hs

自己推薦ロボットを使った販促実験

https://youtu.be/iAm_OuTMce0

（2023年6月1日受付）

（2023年8月15日note公開）

ー ー ー ー ー ー ー ー ー ー ー ー ー ー ー ー ー ー ー

取得年月日：2023年3月

学位種別：博士（知識科学）

大学：北陸先端科学技術大学院大学

正会員

ー ー ー ー ー ー ー ー ー ー ー ー ー ー ー ー ー ー ー

推薦文［情報環境領域］ヒューマンコンピュータインタラクション研究会

本論文は，対面対話における話者同士の良好な関係の構築を支援する，新たなメディアを述べたものである．このメディアの現実的有用性は，店頭での来客との対話や，親密な男女間の対話などを対象とした社会実験を通じて実証されている．な

© 2023 Information Processing Society of Japan

お，複数の学会賞を受賞するなど，本研究は学術的にも高く評価されている．

研究生活　遠隔地を対象としたコミュニケーションは，さまざまな制約を取り払うことに成功しましたが，対面のコミュニケーションを支援するメディアは少なく，円滑なコミュニケーションが行えるかは当人たちの能力に大きく依存します．博士研究ではこの課題に向き合い，非常に楽しい時間を過ごすことができました．

私は企業に勤め研究を業務としていますが，仕事と博士研究の両立は難しかったです．仕事に費やす時間が多くなる時期では博士研究に使える時間の確保が難しくなり，何度も心が折れそうなことがありました．しかし多くの方々のご支援があり，無事に学位を取得できとても嬉しく思っています．

博士論文を書き上げられたことで，研究の大変さと楽しさを改めて実感することができました．そして指導教員である西本一志教授と研究ができたことで，メディアの理解や興味を深めることができました．この場を借りてお礼を申し上げます．

© 2023 Information Processing Society of Japan

ウェアラブルデバイスのための人体スケールの無線給電・読み取り

情報処理学会・学会誌「情報処理」
2023年8月15日 09:41

2022年度研究会推薦博士論文速報

[ヒューマンコンピュータインタラクション研究会]

© 2023 Information Processing Society of Japan

高橋　亮

（東京大学 特任助教）

■キーワード

ウェアラブルデバイス／無線給電／無線センシング

【背景】ウェアラブルデバイスの普及

【問題】ウェアラブルデバイスのバッテリ問題

【貢献】人体上のウェアラブルデバイスへの安全で高効率な無線給電・読み取り

© 2023 Information Processing Society of Japan

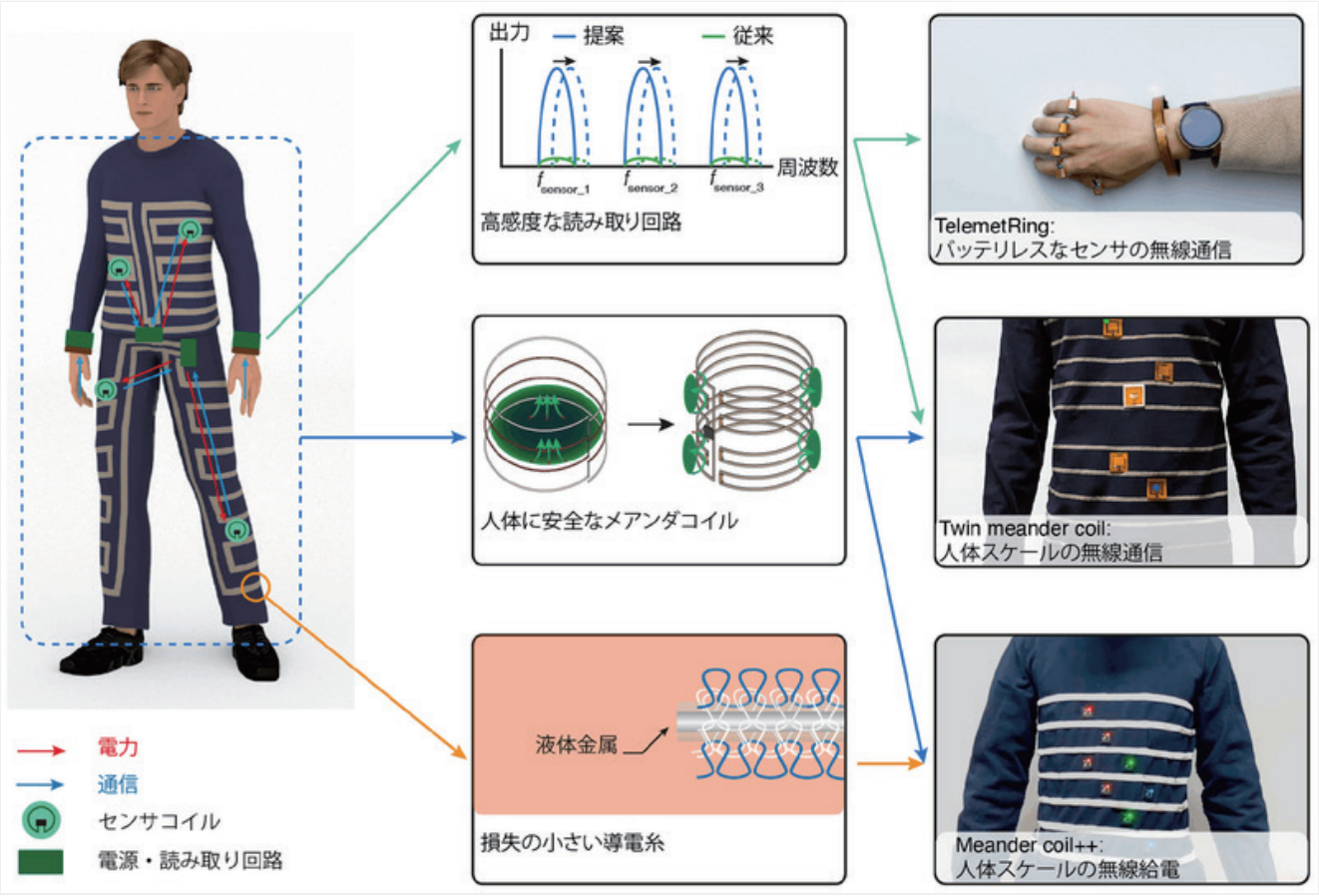
人の体に身につけられるほどの小型で軽量なウェアラブルデバイスは，日常生活の中で自然とARやVRなどのデジタル空間と人をつながる役割を果たすことができます．半導体技術の進歩により，スマートウォッチなど，小型なセンサ，ディスプレイ，アクチュエータが実現でき，これらを身体に装着することが現実味をおびています．しかし，ウェアラブルデバイスが身体，衣服，アクセサリへ内蔵されるためには，これらのデバイスが人の体で動いている際に，同時に給電や通信を行う環境が重要になります．特にデバイスへ直接ケーブルを接続しなくても，無線で電力を送り，さらに通信も行う無線給電・通信技術は，ユーザの動作の妨げにならず自然とウェアラブルデバイスを人体上で駆動できるため，相性が良いです．そこで，体全面を覆うようにこれまでの無線給電・通信技術で用いられるコイルを服へ内蔵し，ウェアラブルデバイスを体のどこにおいても，コイルを用いて無線給電・通信技術を行うことを目指しました．しかし，渦巻状のコイルでは，大きくすればするほど人体との電磁気的干渉が強くなるため，安全ではなくなり，給電・通信時の電力の損失も大きくなる課題があります．

私の論文では，新たにメアンダコイルとよばれる，衣類全面に巻いても人体との電磁的干渉を回避し，衣類近傍のみに強い電磁界を閉じ込めるコイル構造を提案しました．さらに，ニットマシンでこのメアンダコイルを服に編み込むことができるようにしました．これにより，衣類一体型のメアンダコイルを実現し，世界で初めて，人体上のデバイスへの安全で高効率な無線給電・通信を行うことができる電子服を実現しました．この電子服を身につければ，従来のコイルと比べ，約100倍以

© 2023 Information Processing Society of Japan

上の数W電力を無線で安全に送ることができるため，たとえばポケットの中に入れたスマートフォンやスマートウオッチ，温度・心拍などの生体情報を測る医療用センサ，10個以上のLEDなどさまざまなデバイスを衣類の近くで安全に充電できます．さらには，高感度な無線通信もできるため，デバイスからバッテリをなくしても，衣類型リーダなどを通して，デバイスの情報を読み取ることができるバッテリレスな無線通信も可能となりました．一般的なデバイスは，BluetoothやWi-Fiなどを通してデータを送信するためのバッテリを搭載し，ユーザが定期的に充電することが当たり前です．しかし，小型軽量である一方で，機能としては1つ程度しかないウェアラブルデバイスでは，ユーザは毎日充電してまで積極的に使うことは滅多にありません．ユーザが充電作業を意識せずとも，ウェアラブルデバイスを身につけるだけで勝手に充電され，電力をほぼ消費しない低消費な通信も行うことができる私の研究は，バッテリレスで超小型・軽量なウェアラブルデバイスも実現可能です．さらには，異なる機能を持つ多数のウェアラブルデバイスを装着すれば，デバイスを意識せずともデジタル空間と繋がる，「ウェアラブルコンピュータ」の実現が期待されます．

© 2023 Information Processing Society of Japan



■Webサイト／動画／アプリなどのURL

ryotakahashi.me

https://ryotakahashi.me/

■動画URL（YouTubeチャンネル用）

https://www.youtube.com/watch?v=0pefaNkhduA

© 2023 Information Processing Society of Japan

https://www.youtube.com/watch?v=1u3vBoVZhGk&t=41s

https://www.youtube.com/watch?v=S7sJQAP5a7A&t=4s

（2023年6月1日受付）

（2023年8月15日note公開）

ー ー ー ー ー ー ー ー ー ー ー ー ー ー ー ー ー ー ー

取得年月：2023年3月

学位種別：博士（工学）

大学：東京大学

学生会員

ー ー ー ー ー ー ー ー ー ー ー ー ー ー ー ー ー ー ー

推薦文［情報環境領域］ヒューマンコンピュータインタラクション研究会

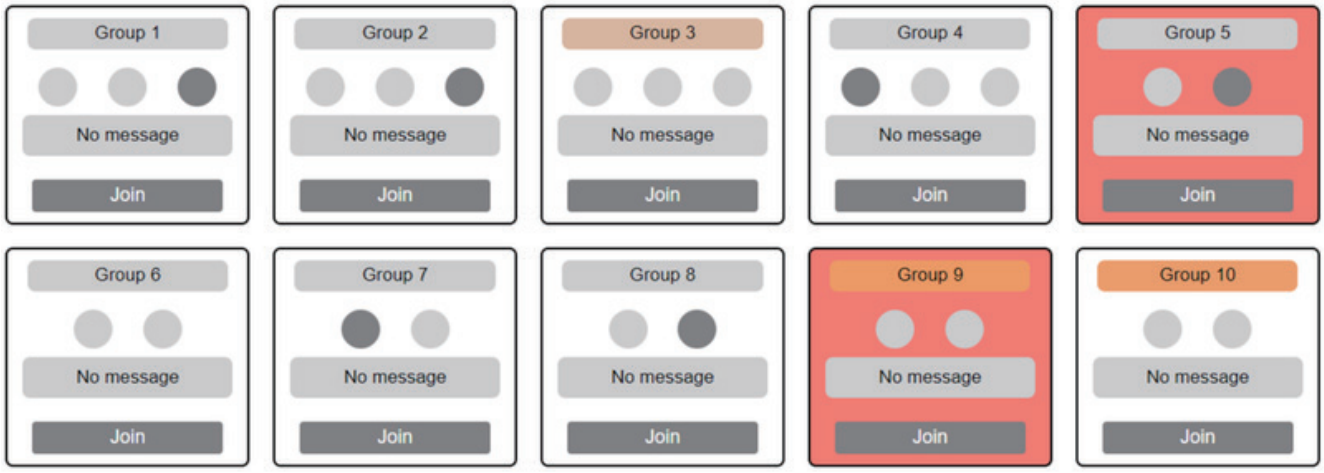
本博士研究では，ニットマシンで編み込むことが可能な衣類一体型のコイルを通じて，人体上のデバイスへの安全で高効率な無線給電・読み取りを実現しました．これにより，ユーザはウェアラブルデバイスを自然な形態で利用しながら，継続的に動作させられるようになりました．

研究生活　初めは，ポケットのスマートフォンを無線給電できる服が作れたら面

© 2023 Information Processing Society of Japan

白いと始めた研究ですが，ニットマシンやコイルの面白さに触れるにつれ，従来のデバイスの価値観を覆すようなさまざまな研究成果を生み出すことができ，大変満足のいく博士生活でした.

© 2023 Information Processing Society of Japan



A Visualization System for Overviewing and Managing Parallel Group Discussions in an Online Classroom

1

情報処理学会・学会誌「情報処理」
2023年8月15日 09:43

2022年度研究会推薦博士論文速報

© 2023 Information Processing Society of Japan

［ヒューマンコンピュータインタラクション研究会］

佐藤 安理紗 ジエンジエラ

邦訳：オンライン授業内の複数同時進行グループワークの状況把握と介入を支援する可視化システム

■キーワード

グループワークの可視化／オンライン授業／データ視覚化

【背景】オンライン授業において，教員と学生の間に「デジタルの壁」が存在し得る

【問題】オンライン授業では，教員が学生のグループを俯瞰するのが難しい

【貢献】グループの可視化が教員にどのように役立つかを調査した

オンライン授業は，ソーシャルディスタンスを保ちながら，学生に教育へのアクセスを提供する．オンライン授業には，教員と学生がお互いに遠隔で学習できるなどのユニークな利点がある．しかし，オンライン授業には，「デジタルの壁」[1)]と呼ばれる，教員と学生が効果的にコミュニケーションできないといったデメリットもある．グループディスカッションのような授業は，教員が話のバックグラウン

© 2023 Information Processing Society of Japan

ドを聞いたり，学生のやりとりを見たりする力が限られているため，学生と効果的に交流することが困難になる[2)]．

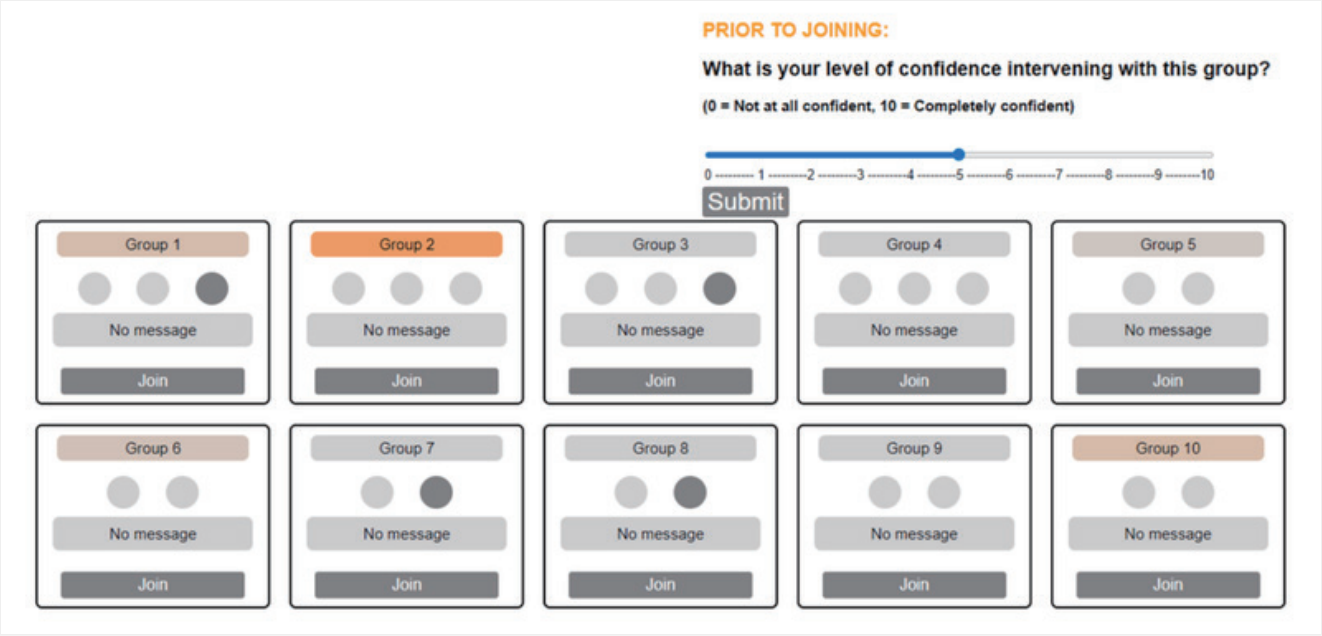
そこで，オンライン授業で学生のグループディスカッションを指導する教員を支援するため，教員が学生のやりとりを知るのに役立つ情報は何か，その情報をどのように可視化するのがいいのか，について教員にインタビューをした．教員からは，「学生がいつ話しているか，黙っているか」「演習が終わったかどうか」「学生のグループから直接メッセージを受け取りたい」などの情報を知りたいという意見が出された．その中でも，教員は過度に詳細な情報ではなく，学生の状況を確認できることの重要性を強調した．

これらの教員とのディスカッションをもとに，教員がどのグループがサポートが必要かを特定するために，各グループの発言時間やディスカッション状況を可視化するシステム，Groupnamicsを設計した．さらに，Groupnamicsのデザインが授業運営にどのような影響を与えるかを理解するために，教員を対象に，Groupnamicsと現在使われているツールを代表するベースラインシステムを使用してもらい，両システムの使用感についてフィードバックするユーザ調査を実施した．

ユーザ調査により，教員はGroupnamicsをベースラインシステムよりも有用であると認識した．Groupnamicsによって，グループ内での会話の様子や，グルー

© 2023 Information Processing Society of Japan

プでの話しやすさ，親しみやすさを把握し，次に参加するグループを選択することに繋がるからである．私たちの研究は，今後の研究課題として，個々の生徒をどの程度詳細に可視化すべきか，また，共同執筆などの他の授業活動への応用を検討すべきことを示唆している．



■動画URL（YouTubeチャンネル用）

https://youtu.be/4p2JrOmJXjs

（2023年6月1日受付）
（2023年8月15日note公開）

ー ー ー ー ー ー ー ー ー ー ー ー ー ー ー ー ー ー

© 2023 Information Processing Society of Japan

取得年月：2023年3月

学位種別：博士（工学）

大学：東京大学

ー ー ー ー ー ー ー ー ー ー ー ー ー ー ー ー ー ー ー ー

推薦文［情報環境領域］ヒューマンコンピュータインタラクション研究会

本論文は，オンライン授業において複数グループに分かれてグループワークなど行う際，授業担当者が全グループの様子を同時に確認できるシステムを提案するものです．このシステムで授業担当者はどのグループに介入するべきかをより自信を持って判断できることが確認され，オンライン授業のより円滑な運営が期待されます．

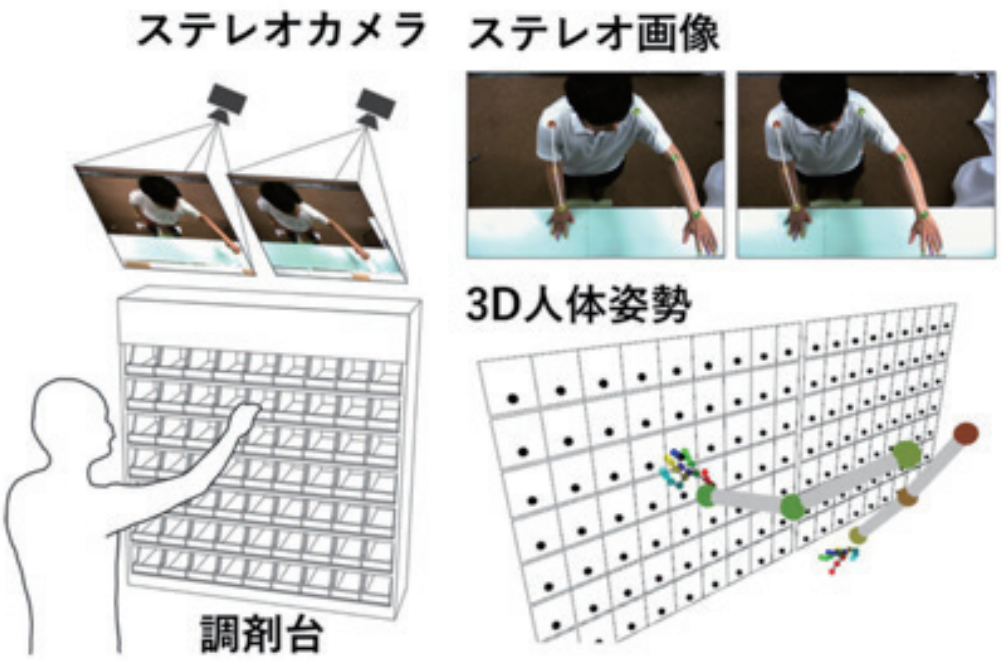
研究生活　この研究は，誰もいないオンラインルームで学生の議論が終わるのを待ったり，別のコミュニケーションプラットフォームでメッセージを送って学生の様子を見たりした経験から着想を得ています．この経験から，従来の対面授業では，議論がどのように進んでいるのかを周囲状況から把握するために，背景について話を聞くなどのニュアンス的なやりとりが重要であることを実感しました．教員へのインタビューでは，対面授業とオンライン授業のギャップを埋めるための教員の修復力，柔軟性，献身的な姿勢を示すユニークな対策を学びました．

© 2023 Information Processing Society of Japan

最後に，長く困難な3年間の間，この論文を完成に導き，絶え間ないサポートと洞察に満ちた議論をしていただいた指導教員と研究室のメンバ，私が前へ進むことを励ましてくれた家族や友人に感謝いたします.

● ● ●

© 2023 Information Processing Society of Japan



ビジョンカメラを用いたマーカーレス3次元人体姿勢推定手法の開発に関する研究

情報処理学会・学会誌「情報処理」
2023年8月15日 09:44

2022年度研究会推薦博士論文速報

[ヒューマンコンピュータインタラクション研究会]

© 2023 Information Processing Society of Japan

大野 祐汰

（株）フレクト

■キーワード

3次元人体姿勢推定／マーカーレスモーションキャプチャ／オクルージョン

【背景】深層学習によるマーカーレス3次元人体姿勢推定の発展

【問題】マーカーレスに起因する実環境上での推定精度の低下

【貢献】実環境での3次元人体姿勢推定手法の推定精度の改善と応用

マーカーレス3次元人体姿勢推定は，3次元空間上における人体の位置や姿勢を推定する技術であり，マーカーを用いた姿勢推定と比べ，煩雑なセッティングをすることなく， 3次元人体姿勢を容易に推定できる．そのため，幅広い分野での応用が期待されている．

マーカーレスで3次元人体姿勢を推定する手法は，可視光カメラ方式とデプスカメラ方式に大別される．可視光カメラ方式はRGB画像から3次元人体姿勢を推定するもので，さらにモデルベースとステレオビジョンベースに分けられる．モデルベースは，人体のRGB画像とそれに対応する2次元と3次元人体姿勢の対からなる大規模データセットを用いて，深層学習に基づいて3次元人体姿勢を推定する手法で

© 2023 Information Processing Society of Japan

ある．しかし，この手法では体全体の姿勢が映ることが前提であり，体の一部にオクルージョンが生じる（手前の物体の陰に隠れる）と推定精度が低下する可能性がある．一方，ステレオビジョンベースは複数視点のRGB画像における人体の姿勢とカメラの位置との関係をもとに3次元人体姿勢を推定する．この手法では三角測量の原理に基づいて各RGB画像上で推定した2次元人体姿勢から実空間上の3次元人体姿勢を推定できるが，ステレオ画像間での2次元人体姿勢の対応点を正確に推定することは困難である．デプスカメラ方式は，デプスカメラで計測される奥行き情報から3次元人体姿勢を推定する手法である．Azure Kinectは奥行き情報に3次元人体モデルをフィッティングすることで，3次元人体姿勢や3次元手姿勢を推定できるが，指先にオクルージョンが生じると3次元手姿勢を正確に推定できない場合がある．このような課題を解決しなければ，前述の手法を実環境に適用した場合，推定精度が低下する可能性がある．

本研究の目的は各手法の課題を解決するとともに，実環境におけるマーカーレス3次元人体姿勢推定の精度とその応用可能性を明らかにすることである．まず，モデルベースの課題に対しては，計測可能な関節地点に対して部分的3次元人体姿勢推定モデル[1)]を用いて，異なるオクルージョン条件下での推定精度を評価した．その結果，当該モデルは正面から計測された3次元人体姿勢をより正確に推定できることが分かったが，俯瞰視点からの計測では改善が必要であることが分かった．次に，ステレオビジョンベースの課題では，テンプレートマッチングを用いてRGB画像間の2次元人体姿勢の対応点を改善し，異なる画角や計測方向からの推定精度

© 2023 Information Processing Society of Japan

を検証した結果，精度の改善を確認することができた．そして，Azure Kinectの課題では，Azure Kinectとモデルベースでの手の姿勢推定手法を組み合わせ，オクルージョン下においても詳細な3次元手姿勢推定が可能であることを確認した．最終的には，マーカーレス3次元人体姿勢推定が実環境上での応用可能性を検証するために，ステレオビジョンベースまたはAzure Kinectを用いた各手法を薬剤ピッキング作業のモニタリングへ応用し，当該作業の判別が可能であることを明らかにした．

本研究で得られた成果が，マーカーレス3次元人体姿勢推定の実利用に向けた今後の研究の発展に貢献できることを期待したい．

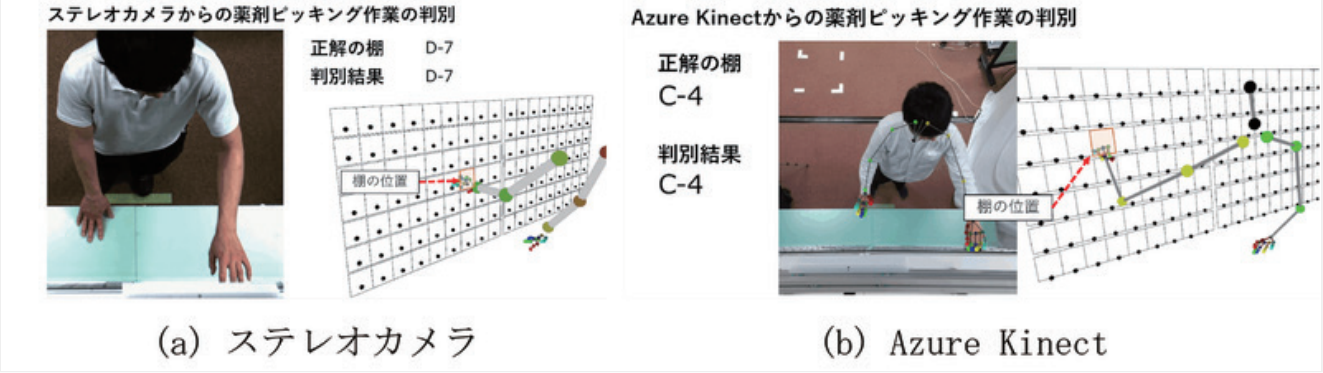


図　ビジョンカメラからの薬剤ピッキングの作業判別例

参考文献

1）Ono, Y. , Prima, O. D. A. and Hosogoe, K. : Evaluations and Applications of Partial Body Joint Model in 3D Human Pose Estimation from Single Image,

© 2023 Information Processing Society of Japan

International Journal on Advances in Life Sciences, Vol.13, No.1 and 2, pp.114-123 (2021).

（2023年6月1日受付）
（2023年8月15日note公開）

ー ー ー ー ー ー ー ー ー ー ー ー ー ー ー ー ー ー ー

取得年月：2023年3月

学位種別：博士（ソフトウェア情報学）

大学：岩手県立大学

ー ー ー ー ー ー ー ー ー ー ー ー ー ー ー ー ー ー ー

推薦文［情報環境領域］ヒューマンコンピュータインタラクション研究会

本論文は人体非接触での3次元空間人体部位の位置・姿勢推定手法におけるオクルージョンおよび計測誤差問題の改善手法を提案し，その効果を検証した．また，実用例として薬剤ピッキングのモニタリングに提案手法が適用可能であることを示した．本研究はマーカーレス姿勢推定の実用化に貢献するものであり推薦する．

研究生活　学部生のとき，所属研究室の演習でビジョンカメラを用いた人間の動きの観測を経験し人間の行動解析に興味を持ったことをきっかけに，マーカーレス

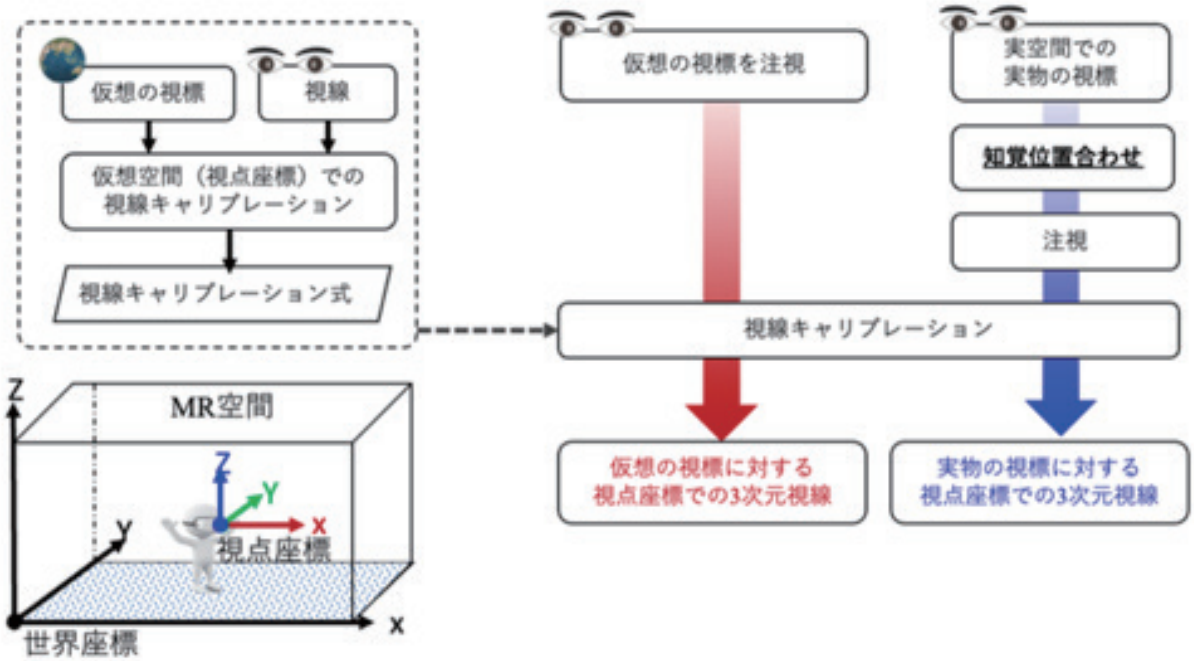
© 2023 Information Processing Society of Japan

3次元人体姿勢推定に関する研究に取り組み始めた．卒業研究で初めて研究活動を体験したが，それまでの勉強とは異なる“答えのない問題を追及すること”に悪戦苦闘しながら修士課程修了までの3年間をかけて研究のいろはを学べたことは，今思えば非常に貴重な経験だと感じている．

博士課程は，修士課程までに培ってきた“深く思考し自分なりの答えを導き出す力”をもとに研究に取り組み成果を生み出す絶好のフィールドであると考える．当然思うように研究が進まず苦心することも多かったが，その過程は逆境を乗り越える力を養うための糧となっていると感じる．最終的には，博士号取得という良い結果を出せたのは，学部生のころから長きにわたり熱心にご指導くださったPrima Oky Dicky Ardiansyah教授をはじめ，副指導の先生方，研究室のメンバ，そして研究生活を支えてくれた両親のおかげであり，ここに感謝の意を示す．

● ● ●

© 2023 Information Processing Society of Japan



複合現実環境における輻輳眼球運動に基づく3次元視線情報の分析

1

情報処理学会・学会誌「情報処理」
2023年8月15日 09:45

2022年度研究会推薦博士論文速報

[ヒューマンコンピュータインタラクション研究会]

© 2023 Information Processing Society of Japan

加藤 健太

（フューチャー（株）Strategic AI Group コンサルタント）

■キーワード

3次元視線計測／複合現実 （Mixed Reality）／ 奥行き知覚

【背景】実空間と仮想空間が融合したMR空間技術が一般向けに普及

【問題】仮想物体の計算上の位置と利用者の知覚位置とにずれが発生

【貢献】MR空間における物体の知覚位置と3次元注視点との分布特徴の分析を実現

メタバースという言葉に代表されるように，仮想空間を利用するための装置や活用するためのサービスが盛んに開発され，一般向けに普及が進んでいる．仮想空間技術は，主に左右の目に対応した2つのディスプレイや，自己位置を計測するセンサを搭載したHead-Mounted Display （HMD） と呼ばれるゴーグルやメガネのような装置を介して実現されている．映像が立体的に見えるのは，両眼が水平方向に離れているために生じる見え方の差を反映した映像を，左右の目に対応するディスプレイに投影することで実現している．このとき，奥行き方向に配置が異なる物体を注視するには，輻輳眼球運動（寄り目のときに生じる目の動き）によって視野の中心に物体を捉える必要がある．特に実空間と仮想空間が融合した複合現実

© 2023 Information Processing Society of Japan

（Mixed Reality; MR） 空間では，実際に再現するのが難しいモノや状況をより容易に作り出せるため，スポーツや産業での新しいトレーニング方法，プロダクトデザイン等で活用されている．

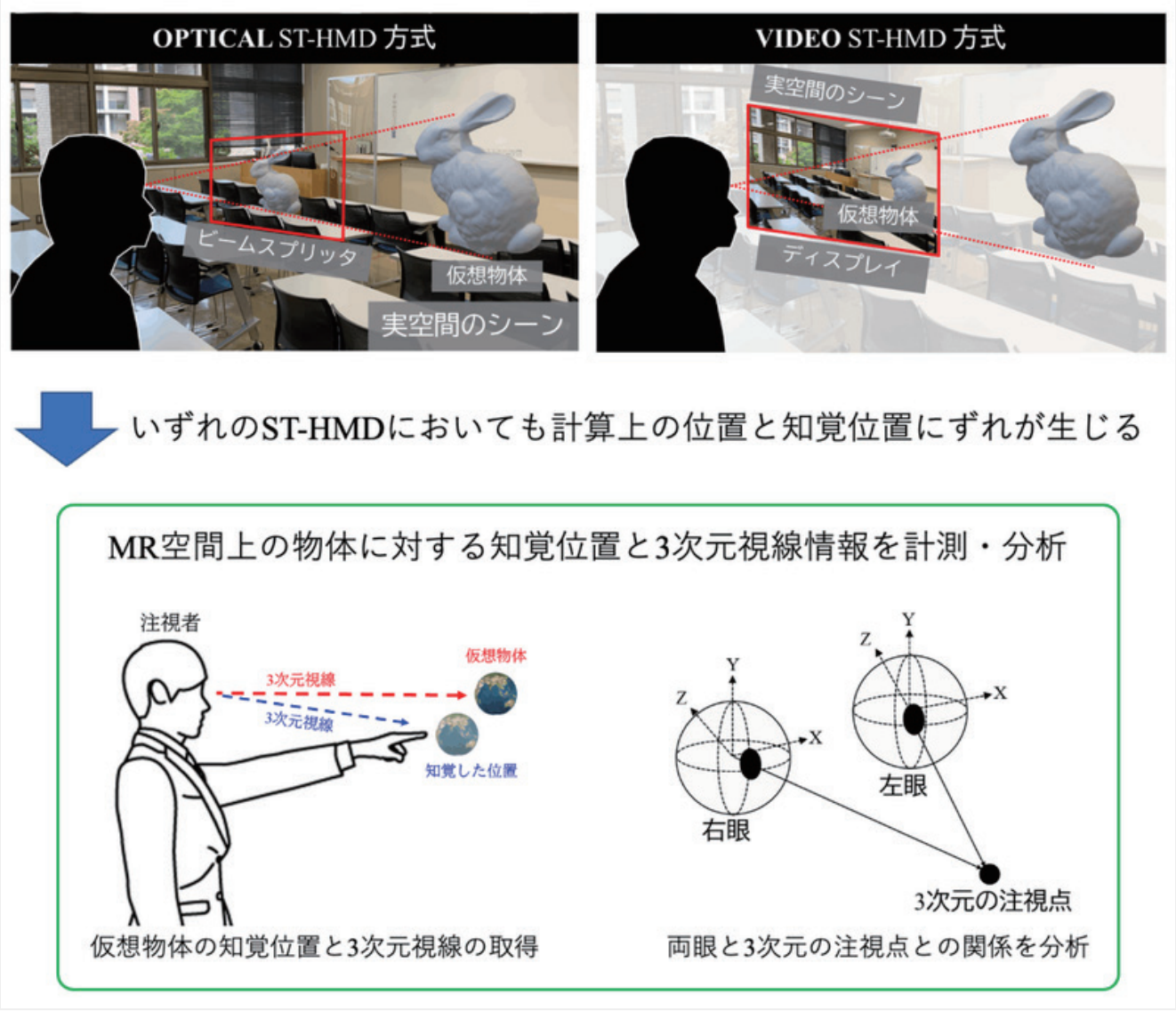
MR空間を実現する装置はOptical See-Through HMD（OST-HMD）とVideo See-Through HMD（VST-HMD）の2つが利用されている．前者は，実空間に対してビームスプリッタという光学部品越しに仮想物体を間接的に配置するため，目の疲労感を覚えにくいが，仮想物体が半透明に見えるため，実物体との前後関係を正確に表現できない．後者は，実空間を撮影したカメラ映像に仮想物体を直接描画してディスプレイに投影するため，仮想物体と実物体の前後関係を正確に表現できるが，映像が視野の大部分を覆っているために目の疲労を感じやすい．

このような装置は，200年近い歴史の中で研究開発が行われてきたが，依然として，実空間上に配置した仮想物体の計算上の位置と，実際に利用者が知覚する位置とにずれが生じる実用上の課題がある．この問題が生じる原因は，実空間や仮想物体を視聴するまでにいくつかのレンズを介しているために屈折が生じること，映像が視野全体を完全に覆っていないことなどが挙げられる．3次元の情報を持つMR空間を適切に評価するためには，当該空間上の物体を注視したときに，輻輳眼球運動によって変化する注視点の計測に基づいた分析をする必要がある．しかしながら，ST-HMDで構築されたMR空間で，3次元の注視点の座標を適切に計測する方法は十分に議論されていない．

© 2023 Information Processing Society of Japan

本研究では，MR空間を構築可能なST-HMD型デバイスにおける仮想と実空間の知覚位置を定量的に評価するために，ST-HMDでの輻輳眼球運動に基づいた3次元視線の計測装置を構築し，仮想と実物の物体に対する3次元視線の分布特徴について分析した．OST-HMDでは，ビームスプリッタ越しに仮想空間を実空間へ投影するため，周辺環境の違いや仮想のオブジェクトのサイズ変化による奥行き手がかりの違いが3次元視線に与える影響を評価した[1)]．VST-HMDでは，2次元の視線計測の精度が保証された市販製品を利用して3次元視線の推定を試み，注視点の3次元分布の空間特徴を分析した[2)]．これらの結果から，各装置や計測手法での特徴を明らかにし，より高精度に3次元視線の計測を実現するための補正手法を確立した．最終的にOST-HMDとVST-HMDとで，同等の仮想の視覚刺激を構築し，当該刺激に対する3次元視線の空間分布に基づいてその特徴を分析した．その結果，被験者から注視物体までの距離とそれを知覚した距離の差と同様に，注視物体までの距離と3次元視線の距離にも差が生じる傾向にあることを明らかにした．

© 2023 Information Processing Society of Japan



参考文献

1）Kato, K. and Prima, O. D. A. : 3D Gaze on Stationary and Moving Visual Targets in Mixed Reality Environments, International Journal on Advances in Life Sciences, 13 (1&2), pp.104-113 (2021).

© 2023 Information Processing Society of Japan

2）Kato, K. and Prima, O. D. A. : Relationship between 3D Eye-Gaze and the TrueDepth Measured by Vive Pro Eye, The The Fifteenth International Conference on Advances in Computer-Human Interactions (ACHI 2022), pp.30-34 (2022).

（2023年5月30日受付）
（2023年8月15日note公開）

ー ー ー ー ー ー ー ー ー ー ー ー ー ー ー ー ー ー ー

取得年月：2023年3月
学位種別：博士（ソフトウェア情報学）
大学：岩手県立大学大学院
正会員

ー ー ー ー ー ー ー ー ー ー ー ー ー ー ー ー ー ー ー

推薦文［情報環境領域］ヒューマンコンピュータインタラクション研究会

複合現実空間での物体知覚について，没入感や臨場感の観点から主観的な分析が多く行われているが，3D物体知覚の両眼視や動体視に基づく客観的な分析は発展途上である．本論文では，眼球運動による客観的分析実現のための3D視線計測システムを開発し，3D視線情報の解析を試みた貴重な論文であり推薦する．

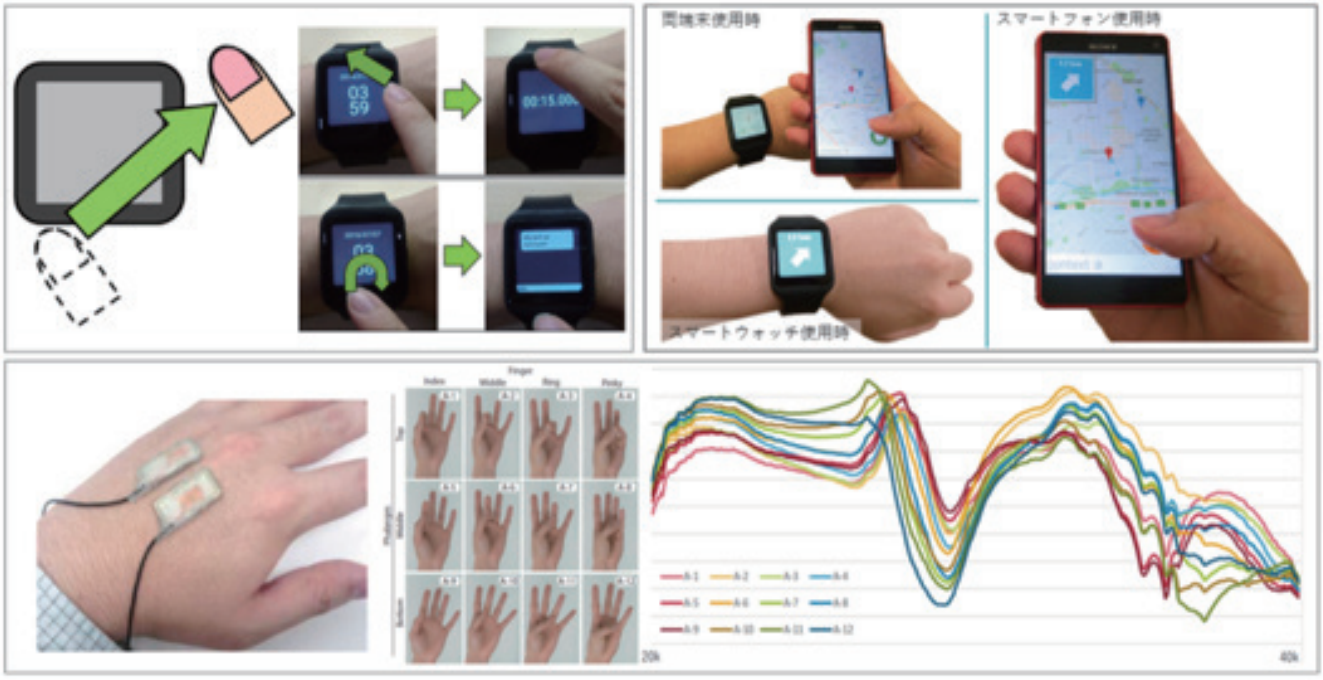
© 2023 Information Processing Society of Japan

研究生活　研究テーマを決めたきっかけは，学部生のとき研究室の先輩が取り組んでいた，Webカメラで視線による文字入力を可能にする研究に衝撃を受けたことでした．視線計測によってできること，分かることについて知っていくうちにこの分野で研究がしたいという思いが強くなりました．結果的には博士号の取得に至るとともに，就職先からは博士課程での経験を評価していただき，これまでの知見を活かせる仕事に従事することもできており，進学してよかったと思います．

博士進学に対して，インターネットではネガティブな意見も散見されます．私自身も苦労する場面もありましたが，周囲のサポートもありつつ，一度きりの人生の過ごし方として，悔いのないようにとの思いでここまでこられました．同様に博士進学が皆さんにとっての悔いのない選択になることを願っております．

最後に学部の卒業論文から博士論文まで，ご指導いただいたPrima Oky Dicky Ardiansyah教授，学位審査会を通じて貴重なご意見をくださいました先生方，本論文速報への推薦をしていただいた小倉加奈代講師には心より感謝申し上げます．

© 2023 Information Processing Society of Japan



操作・姿勢推定に基づく静かなウェアラブル端末インタラクション

情報処理学会・学会誌「情報処理」
2023年8月15日 09:47

2022年度研究会推薦博士論文速報

[ヒューマンコンピュータインタラクション研究会]

© 2023 Information Processing Society of Japan

久保 勇貴

（日本電信電話（株）人間情報研究所 研究員）

■キーワード

入力インタフェース／センシング／ウェアラブル

【背景】体に身に着け利用する小型なコンピュータの普及

【問題】操作回数，動作量，操作端末数の増加

【貢献】操作・姿勢推定活用による操作回数，動作量の軽減

スマートウォッチやワイヤレスイヤホンといったウェアラブル端末と呼ばれる，自身の体に身に着け利用するコンピュータの利用が進んでいます．これらのウェアラブル端末は，体に身に着け利用する形態であるためにスマートフォンよりも小型であり，また複数の端末を身に着け利用することもあります．これらの特徴から，小型であるウェアラブル端末の操作は，私たちが普段用いている手に持って操作するスマートフォンと比べて煩雑なものとなっています．具体的には，ウェアラブル端末の操作について，操作の回数や動作量，操作する端末数が多くなっています．よって，操作を行うために必要な行動量が増加し，ウェアラブル端末の操作はユーザにとって忙しなく，疲れやすいものとなっています．そのため，操作動作の回数や動作量が少なく済むような，ウェアラブル端末の形態に適した操作方法を検討す

© 2023 Information Processing Society of Japan

ることが重要となっています．

本研究では，操作回数，操作動作量が多く，操作が忙しなく騒がしくなっているウェアラブル端末インタラクションについて，これらすべてが少なく済み，加えて，ウェアラブル端末の形態に適する形を考慮した，静かなウェアラブル端末インタラクション（Calm Wearable Interaction）を検討しました．これは，操作回数，動作量が少なくすることによって，操作に伴う忙しなさや周囲からの目立ちやすさを軽減するウェアラブル端末インタラクションのことを指します．本研究を実現するために，ウェアラブル端末インタラクションを3つの主な要素に分け検討を行いました．主な要素は，タッチ操作などの端末に直接触れて行う操作である直接操作，ジェスチャ操作などの端末に触れず行う操作である間接操作，操作する端末を切り替える端末切替操作の3つからなります．これら主なウェアラブル端末インタラクションの各要素において，操作推定および姿勢推定手法を活用し新たなインタラクション手法を確立し，ウェアラブル端末インタラクションにおけるショートカット操作および自動化を可能とすることによって，静かなウェアラブル端末インタラクションの実現を目指しました．

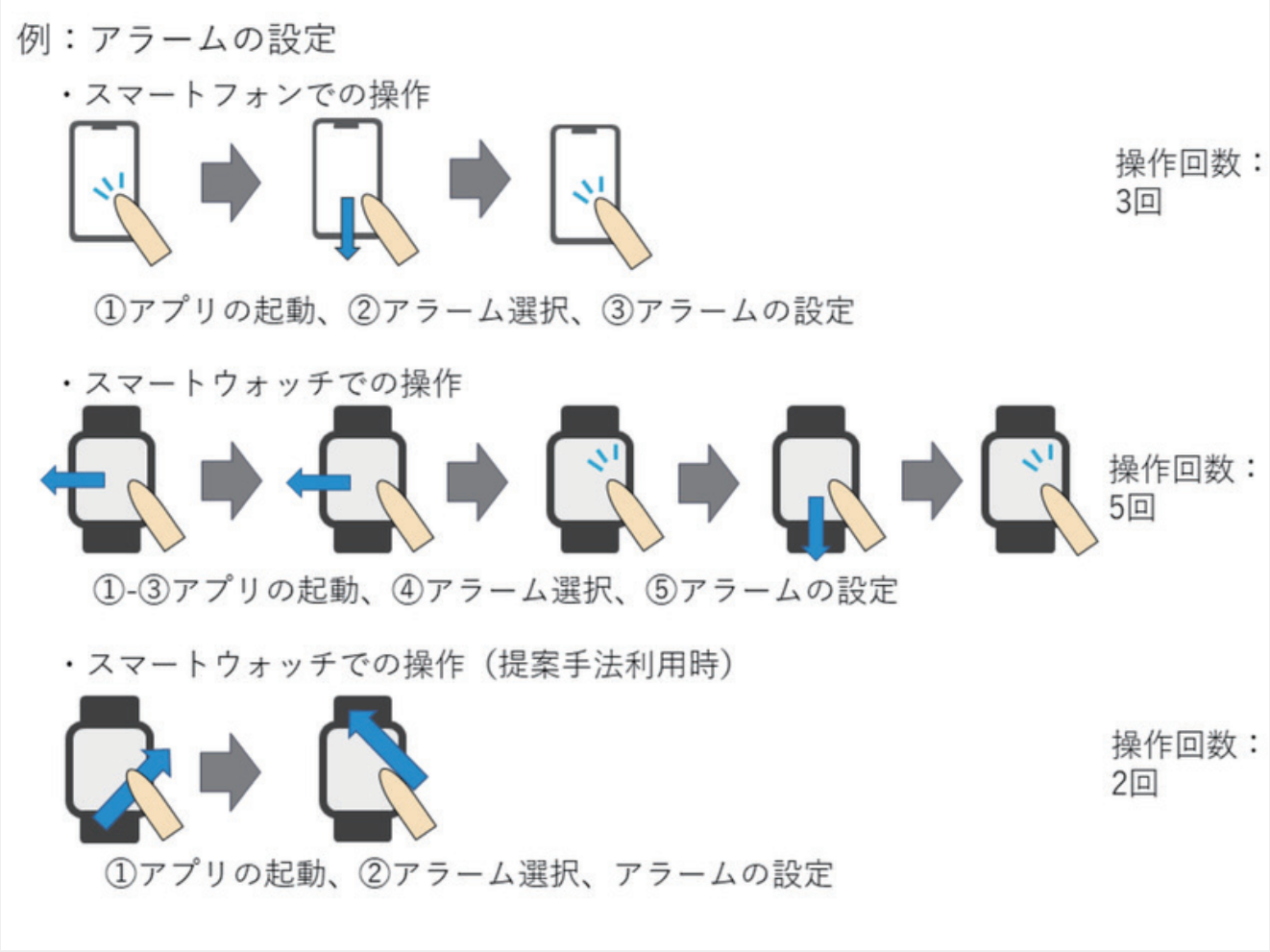
以下の各研究テーマにおいて，本研究によってウェアラブル端末インタラクションの操作回数および操作動作量を軽減できることをアプリケーション例による具体例を用いて示しました．たとえば，提案手法であるベゼル（画面縁）からベゼルへのスワイプジェスチャであるB2B-Swipeをスマートウォッチ上においてアプリケ

© 2023 Information Processing Society of Japan

ーションの呼び出しや機能の設定に用いることによって，操作回数や操作に伴う動作量を軽減しつつ操作を行うことができます．

- B2B-Swipe：ベゼルからベゼルへの1本指によるスワイプジェスチャ
  直接操作における新たなタッチ操作推定に基づく操作回数，動作量の軽減
- AudioTouch：アクティブ音響センシングを用いたマイクロジェスチャ認識手法
  間接操作における手形状推定手法に基づく操作回数，動作量の軽減
- SynCro：状況に応じたスマートウォッチ・スマートフォン併用時の情報提示・操作手法
  端末切替操作における操作姿勢推定に基づく操作回数，動作量の軽減

© 2023 Information Processing Society of Japan



■Webサイト／動画／アプリなどのURL

https://youtu.be/LAc4bu7Pm5M

https://youtu.be/U8Lk4DFJqSo

https://youtu.be/Yx095_8ETEw

参考文献

1）Kubo, Y., Shizuki, B. and Tanaka, J. : B2B-Swipe: Swipe Gesture for

© 2023 Information Processing Society of Japan

Rectangular Smartwatches from a Bezel to a Bezel. In Proc. of the 34th SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI'16 Note), pp.3852-3856 (2016), https://doi.org/10.1145/2858036.2858216

2）Kubo, Y., Koguchi, Y., Shizuki, B., Takahashi, S. and Hilliges, O. : AudioTouch: Minimally Invasive Sensing of Micro-Gestures via Active Bio-Acoustic Sensing, In Proc. of the 21st International Conference on Human-Computer Interaction with Mobile Devices and Services (MobileHCI '19), pp.36:1-36:13 (2019), https://doi.org/10.1145/3338286.3340147

3）Kubo, Y., Takada, R., Shizuki, B. and Takahashi, S. : Exploring Context-Aware User Interfaces for Smartphone-Smartwatch Cross-Device Interaction, Proc. of the ACM on Interactive, Mobile, Wearable and Ubiquitous Technologies (IMWUT), ACM, Vol.1, No.3, pp.69:1-69:21 (2017), https://doi.org/10.1145/3130934

（2023年6月1日受付）

（2023年8月15日note公開）

— — — — — — — — — — — — — — — — — —

取得年月：2023年3月

学位種別：博士（工学）

大学：筑波大学

© 2023 Information Processing Society of Japan

正会員

推薦文［情報環境領域領域］ヒューマンコンピュータインタラクション研究会

ウェアラブル端末とは身に着けて利用される小さなコンピュータのことです．本論文は，ユーザの操作や姿勢（どのように端末を持っているのか）を推定すれば，がちゃがちゃ操作せずともウェアラブル端末を操作できること，すなわち「静かなウェアラブル端末インタラクション」が実現される，というアイディアを示しています．

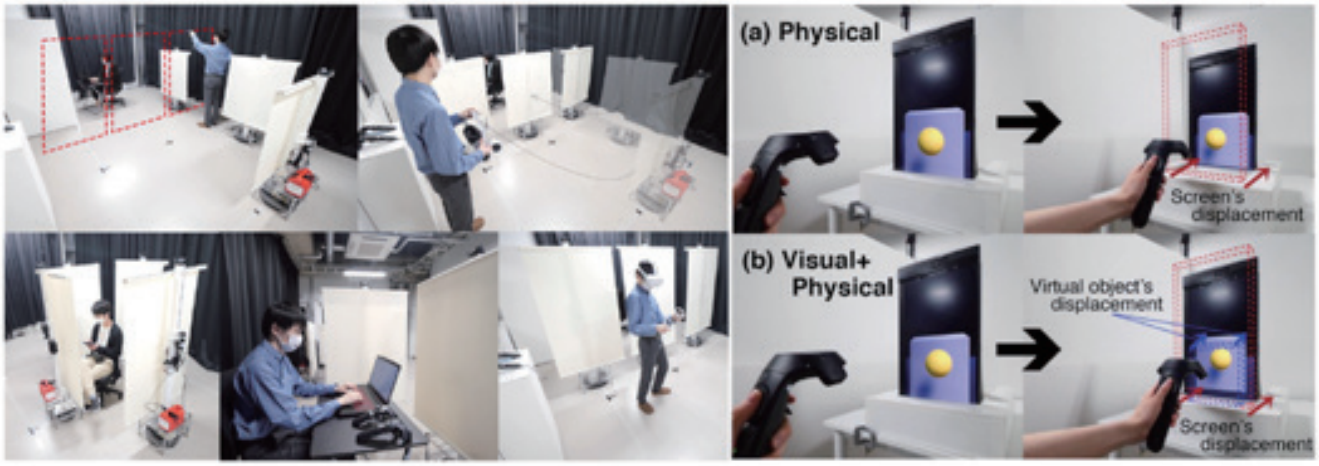
研究生活　博士後期課程について，私は会社で働きながら取得しました．会社では他分野のプロフェッショナルが連携し成果を創出していくことが多いことに対し，研究室は同分野の同じ背景や知識を持つ同僚，後輩，またプロフェッショナルである先生方と交流しながら成果を作り上げていく点が異なると思っています．研究室のようなコミュニティの一員となって活動する経験はなかなか得難い経験になるので，もし，自身の考えと一致するような研究室があれば，研究室というコミュニティをフル活用できると，とても楽しく充実した時間を過ごせると思います．私自身，先輩や先生の指導のおかげでいくつかの成果を上げることができ，そのほかにも，自身での競争的資金の獲得やその研究プロジェクトの計画や遂行，海外での研究室に滞在しながらの研究活動など，なかなか得難い経験をさせていただくこと

© 2023 Information Processing Society of Japan

ができました．これらの経験は会社での研究活動にも活かすことができています．研究に興味がある方には，ぜひ自身に合うと思う研究室を見つけて，そのコミュニティを活用しながら楽しく活動いただけると嬉しく思います．

● ● ●

© 2023 Information Processing Society of Japan



Actuated Walls as Media Connecting and Dividing Physical/Virtual Spaces

情報処理学会・学会誌「情報処理」
2023年8月15日 09:48

2022年度研究会推薦博士論文速報

[ヒューマンコンピュータインタラクション研究会]

© 2023 Information Processing Society of Japan

大西 悠貴

（シンガポールマネジメント大学 博士研究員／

東北大学電気通信研究所 学術研究員）

邦訳：物理／バーチャル空間の接続と分離を媒介する可動壁に関する研究

■キーワード

Human-Computer Interaction／空間インタフェース／ロボットディスプレイ

【背景】空間を分け隔てる身近な壁の機能を考える

【問題】壁の静的な性質が用途や機能を限定している

【貢献】自律移動機能を導入した可動壁メディアの実現

© 2023 Information Processing Society of Japan

「壁」は私たちがいる生活空間を形成している身近な物体である．建物の外壁のように外の世界と室内を隔てるだけでなく，たとえば，私たちは日常的にパーティション等によって空間を複数に分割して個別の室内空間を作ったり，逆に，それらを取り除いて1つの大きな結合空間を作るなどしている．このとき，パーティションは個別の物理空間の境界となっている．また一方で，テレビやパソコンなどのディスプレイを通してバーチャル空間の映像を見る機会もある．このとき，ディスプレイは私たちがいる物理空間と画面の中のバーチャル空間との境界となり窓のように情報を媒介している．これらをまとめると，パーティションやディスプレイをはじめとした「壁」は，人間の活動を支援するものとして使われ，さらには物理空間同士または物理空間とバーチャル空間といった複数の空間を媒介するメディアとしての役割を担っていると言える．

本研究では，これらのように空間を分け隔てる機能を持つものを広く「壁」として捉えた上で，空間に偏在している壁の機能と人間の活動の関係性に着目した．これまでの一般的な壁は，通常静止した状態で配置・使用されるため，絶えず変化する人間の活動に柔軟に適応することは難しい．そのため，個々の壁の用途や機能はごく限定的にならざるを得なかった．

そこで，新たに自律移動機能を導入して可動壁とすることで，壁の性質を拡張して人間の活動に合わせて柔軟に適応することを可能とし，物理空間同士または物理

© 2023 Information Processing Society of Japan

空間とバーチャル空間とを接続・分離するメディアとしての機能を強化できると考えた．この考えに基づき，本研究では可動壁メディアという新たなコンセプトを提案し，その有効性を確かめるべく，物理空間と物理空間，および物理空間とバーチャル空間を繋ぐ以下の2つの可動壁メディアの実例を検討した．

1. 高さを自在に変更可能な自走式パーティション型ロボット群を用いたインタラクティブな作業空間構築インタフェース[1)，2)]
2. バーチャルコンテンツの情報をより豊かにユーザに提示するための擬似触覚提示ロボットディスプレイ[3)]

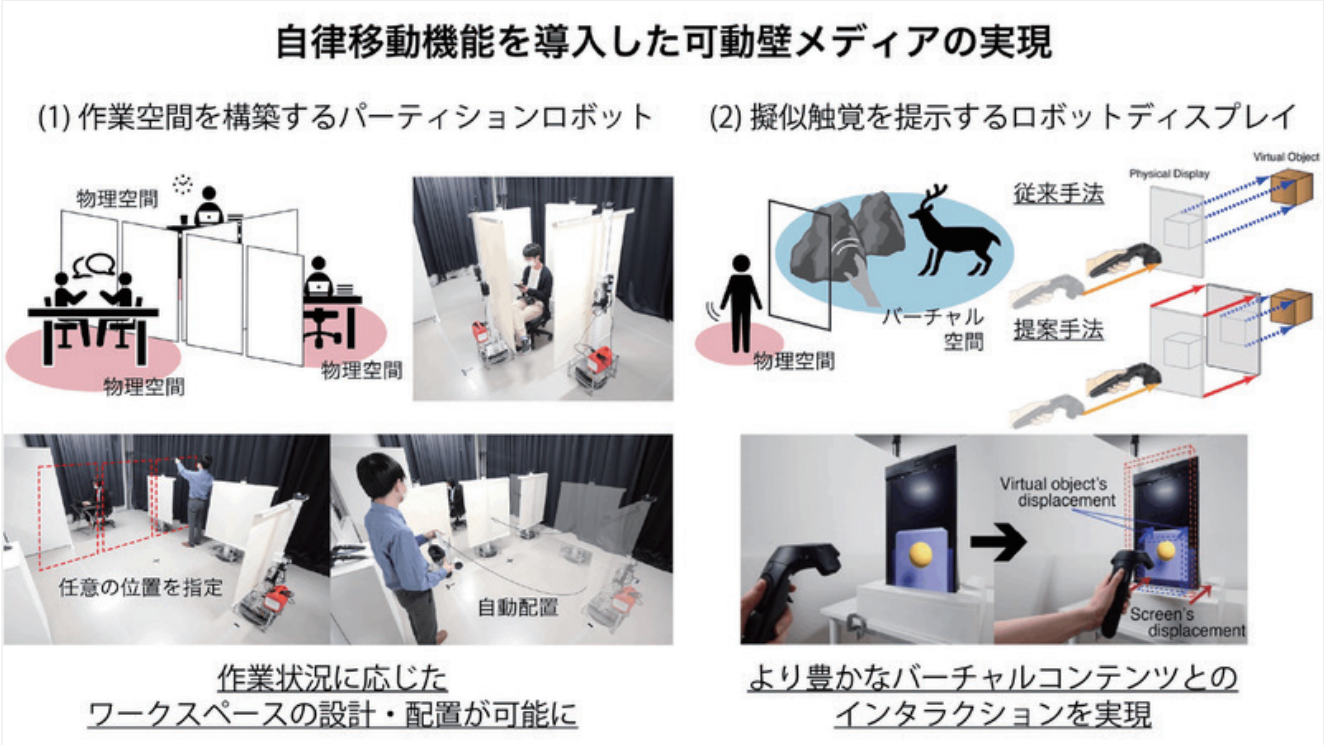
1つ目の研究では，ロールスクリーンを用いたパーティションにアクチュエータを導入し，自走・伸縮機能を持つパーティション型ロボットを実装した．また，それらを複数台同時に連携制御するアルゴリズムや操作手法を実装することで，ユーザの作業状況に応じて，空間内で所望するパーティションのレイアウトを簡易的かつ迅速に設計し，自動構築することを可能にした．

2つ目の研究では，ディスプレイ内のバーチャルコンテンツとインタラクションする際の擬似触覚を，ディスプレイの自走機能により強化することを試みた．視覚的なコンテンツの変化量の不一致を利用した従来の擬似触覚提示（Pseudo-haptics）を拡張し，コンテンツを表示しているディスプレイの奥行方向の移動量を操作することでユーザにリアリティの高い擬似触覚を提示することを可能とし

© 2023 Information Processing Society of Japan

た.

以上の提案手法は，共通して「壁」の性質をより動的なものへと拡張し，動的に変化し得る人間の活動に応じた，空間の接続・分離を可能とした．可動壁メディアのコンセプトは，ユビキタスコンピューティングのビジョンとも親和性が高く，今後さらに人と空間のインタラクションを設計する上での基礎的な考え方になると思われる.



■動画URL（YouTubeチャンネル用）

https://youtu.be/LCCvpnw1tEw

© 2023 Information Processing Society of Japan

https://youtu.be/fDWvzDFSZds

参考文献

1）Onishi, Y., Takashima, K., Higashiyama, S., Fujita, K. and Kitamura, Y. : WaddleWalls: Room-scale Interactive Partitioning System using a Swarm of Robotic Partitions. In Proceedings of the 35th Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology (UIST '22). ACM, New York, NY, USA, Article 29, pp.1–15 (2022).

2）Onishi, Y., Takashima, K., Fujita, K. and Kitamura Y. : Self-actuated Stretchable Partitions for Dynamically Creating Secure Workplaces. In Extended Abstracts of the 2021 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI EA '21). ACM, New York, NY, USA, Article 294, pp.1–6 (2021).

3）Onishi, Y., Takashima, K., Fujita, K. and Kitamura Y. : BouncyScreen: Physical Enhancement of Pseudo-Force Feedback. 2021 IEEE Virtual Reality and 3D User Interfaces (IEEE VR'21). Lisboa, Portugal, pp.363-372 (2021).

（2023年6月6日受付）

（2023年8月15日note公開）

— — — — — — — — — — — — — — — — — —

© 2023 Information Processing Society of Japan

取得年月：2023年3月

学位種別：博士（情報科学）

大学：東北大学

ー ー ー ー ー ー ー ー ー ー ー ー ー ー ー ー ー ー ー ー

推薦文［情報環境領域］ヒューマンコンピュータインタラクション研究会

壁や壁面ディスプレイは，我々の生活の中で空間を作ったり写したりするさまざまな役割や機能を持っています．本論文では，その壁に自走機能を導入して，空間を好きなように仕切ることができるロボットパーティションや手で触らずとも力を感じることができるロボットディスプレイなど，興味深い成果が報告されています．

研究生活　高校生のときに人間とコンピュータの共生に興味を持ったことがきっかけでHCIに携わることを決め，コンサート演出やサイネージに大きなディスプレイが使われていることに関心があったことから本研究テーマへと繋がりました．研究を始めてからの数年間では，本当に多くの経験を得ることができたと思います．特に，国内・国際学会での研究発表を始め，海外大学の先生との共同研究や国際学会での運営ボランティアなど，研究室内外で得られる学生や研究者の方々と繋がる機会は，日々研究を推進させる大きなモチベーションになっていました．自身の経験を振り返ると，博士課程修了までの6年間で，研究テーマはもちろん，自分自身ともじっくり向き合うことができ，かけがえのない時間となりました．これまでご

© 2023 Information Processing Society of Japan

指導いただいた先生方，ならびに携わってくださった皆さまに深く感謝しています.

● ● ●

© 2023 Information Processing Society of Japan

A Study on Listener-centered Communication Support in the 1vN Environment

♡ 1

情報処理学会・学会誌「情報処理」
2023年8月15日 09:50

2022年度研究会推薦博士論文速報

© 2023 Information Processing Society of Japan

［コラボレーションとネットワークサービス研究会］

越後 宏紀

（ソフトバンク（株））

邦訳：1vN環境での聴き手を主体としたコミュニケーション支援の研究

■キーワード

コミュニケーション／オンラインプレゼン／ICT教育

【背景】1vN（1人対多数）環境のコミュニケーションは複雑

【問題】聴き手が語り手にフィードバックしづらいという問題

© 2023 Information Processing Society of Japan

【貢献】ICT機器を使用した聴き手が主体となる1vN環境の実現

僕は授業中に手を挙げて発言するのが苦手でした．それは緊張や不安，間違えたときの恥ずかしさといったネガティブな感情を持っていたからです．

なぜ先生は教室にいる児童生徒に手を挙げさせて，意見を求めるのでしょうか．その理由の1つとして，先生が一方的に教えるのではなく，児童生徒が自分自身で意見を持ち，その考えた意見を他の児童生徒と共有し，教室全体で授業を展開していきたいという意図があると考えます．

プレゼンテーション（以下，プレゼンとします）も教室の授業と共通点があります．プレゼンは発表者が多数の聴講者に対して一方的に話していますが，聴講者が理解してもらえるように話さないと意味がありません．聴講者がうなずいていることを確認したり，聴講者と目があったりすることで，発表者は自身のプレゼンが聴講者に届いているかどうかを確認するのです．

このように，授業やプレゼンのような環境（「1vN環境」と呼びます）において，児童生徒やプレゼンの聴講者のような「聴き手」を主体としたコミュニケーションについて僕は研究してきました．

まず，オンラインの1vN環境では，そもそも語り手と聴き手のやりとりが起きる

© 2023 Information Processing Society of Japan

前に，「なかなか聴き手側が集中して聞くことが難しい」という問題がありました．YouTubeを代表とする動画配信サイトを視聴することに慣れている聴き手にとっては，語り手が単調で淡々と話す授業や発表は集中して聞くこと自体が難しいのです．そこで，オンラインであることを有効活用したプレゼンスタイルを提案しました．提案したプレゼンスタイルは，発表者の目線やジェスチャー，表情が聴講者に伝わりやすく，印象の良い発表であることを実現しました．

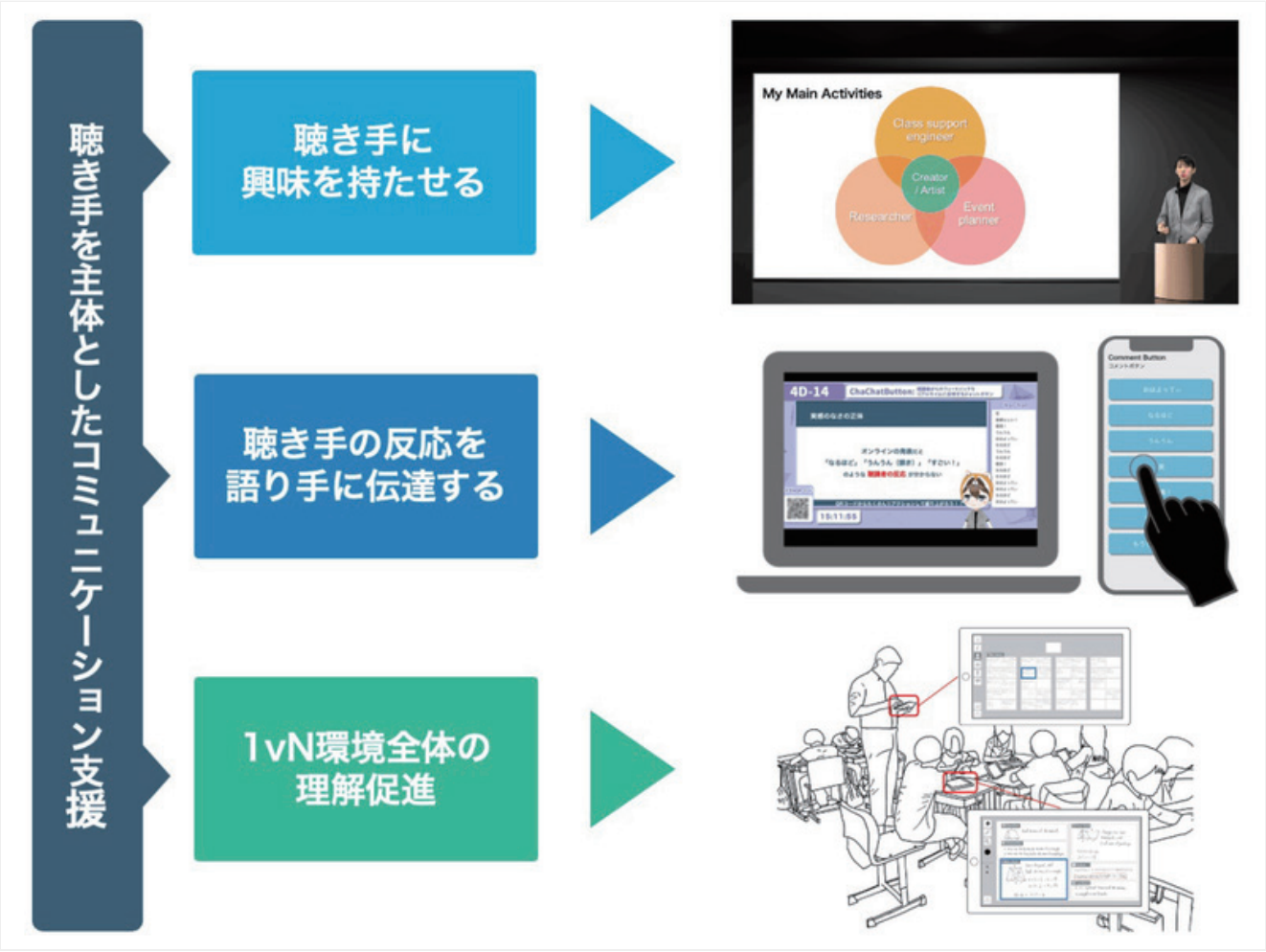
次に，オンラインと対面のどちらの状況でも挙がっていた問題が，「聴き手の反応が語り手に伝わらない」ということでした．授業やプレゼンでは，聴き手のあいづちやうなずき，感嘆，笑い声といったフィードバックを語り手が把握しづらいという問題がありました．そこで，デジタル機器を利用して「うんうん」や「すごい！」といったボタンを押すことでリアルタイムにフィードバックができるシステムを開発しました．このシステムを使うことで，聴き手は簡単にフィードバックでき，自分の意見を伝えるハードルを下げることが可能となりました．

3つ目として，小中学校の授業を対象として，「手を挙げて発言する以外に教室全体で意見を共有して理解を促進することが難しい」という問題がありました．手を挙げる以外の解決として，僕はiPadを代表としたデジタル機器を活用し，これまでの授業形態をいかしたままリアルタイムに共有することを可能としたデジタルノートを開発しました．このシステムを利用することで，児童生徒がデジタルノートに書いていた意見をリアルタイムに先生と共有し，先生はその意見をもとに授業を

© 2023 Information Processing Society of Japan

展開することが可能となりました.

これら大きく3つに分け，人間のみでは解決することができなかった1vN環境のコミュニケーションの課題について，デジタル機器を活用したシステムを利用することで解決するための方向性を示しました.



■Webサイト／動画／アプリなどのURL

© 2023 Information Processing Society of Japan

個人HP：https://www.hiroetty.com/

（2023年5月17日受付）
（2023年8月15日note公開）

ー ー ー ー ー ー ー ー ー ー ー ー ー ー ー ー ー ー ー

取得年月日：2023年3月

学位種別：博士（理学）

大学：明治大学

正会員

ー ー ー ー ー ー ー ー ー ー ー ー ー ー ー ー ー ー ー

推薦文［情報環境領域］コラボレーションとネットワークサービス研究会

学会発表や教育現場の授業，オンラインのライブ配信のような，1人の語り手に対して聴き手が複数人いる環境のことを「1vN 環境」と定義し，語り手と聴き手のコミュニケーションの課題に着目してコミュニケーション支援について論じた論文であり，GN・HCI分野および教育環境の改善・発展に大きく寄与する論文である.

研究生活

© 2023 Information Processing Society of Japan

「俺はドラマ・マンガの主人公だ」

これは僕の人生のマインドです．

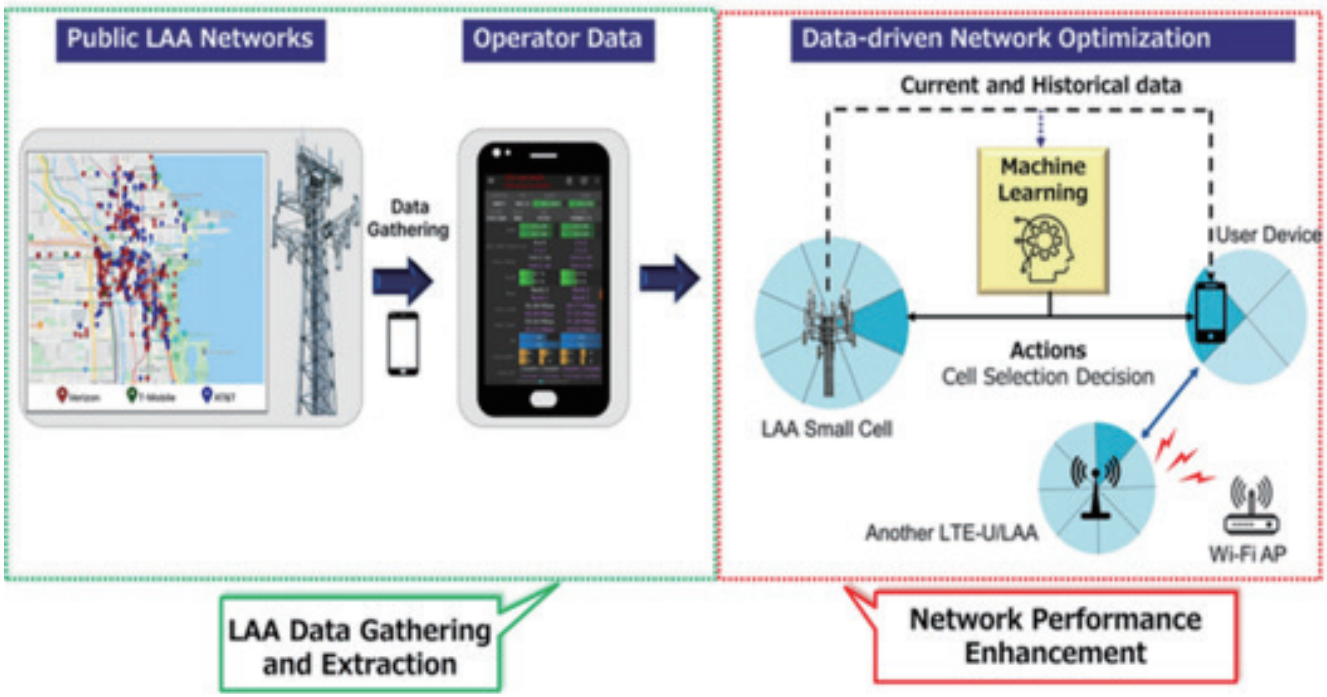
いや，自意識過剰かよ．自己主張すごいな．と思うかもしれませんが，そういうことではないです．「なにかトラブルが起きたとしても，それは作者（神）が面白い展開にするために入れた課題である」「全然関係なさそうな事象でも，たまに振り返ると伏線になる」といった思考をすることで，ネガティブなことも前向きに捉えることにしている，ということです．

実際に博士課程での研究生活では，トラブルがたくさんありました．新型コロナウイルス感染症（COVID-19）の影響で研究がすべて白紙になるし，研究も思うように進まないし，論文を書いても書いても不採択だし，諸々の都合で所属研究室が変わるし…….

もちろん，トラブルが起きたときは落ち込むこともありますが，「この展開を俺はどう解決する？　どうしたら面白い？」といった思考に切り替えることで，乗り越えてきました．

皆さんも，一人ひとりが主人公です．これからどのようなストーリーを描きますか？

© 2023 Information Processing Society of Japan



Cellular Operator Data Driven Solutions for Public Unlicensed Networks

情報処理学会・学会誌「情報処理」
2023年8月15日 09:51

2022年度研究会推薦博士論文速報

［モバイルコンピューティングと新社会システム研究会］

© 2023 Information Processing Society of Japan

Manas Kala

（大阪大学 特任助教）

邦訳：公衆無認可ネットワーク向けの携帯電話事業者のデータ駆動型ソリューション

■キーワード

Cellular network／Machine learning／5G NR-U

【背景】モバイルデータ需要に対応するため，アンライセンスバンドでのセルラーネットワークが必要とされている

© 2023 Information Processing Society of Japan

【問題】Wi-Fiやレーダなどの既存技術とセルラーネットワークが共存することでネットワーク性能に悪影響がある

【貢献】アンライセンスセルラーネットワークの解析と性能最適化

NTTモバイルやソフトバンクモバイルなどの携帯電話網は，通信に電波を必要とします．この電波は，**図-1**に示すように，免許制と非免許制の帯域に分けることができます．免許制の帯域では，携帯電話事業者が独占的に営業する権利を有します．スマートフォン1台あたりの世界月間平均使用量は，2023年で約19GB，2028年末には46GBに達すると予想されています．モバイルデータの消費量が増加の一途をたどっているため，ライセンスバンドでは足りなくなっているのです．しかし，つい最近まで，モバイルネットワークではライセンスバンドのみが使用されていました．セルラー技術の進歩に伴い，現在では携帯電話ネットワークに電波スペクトルの非ライセンス帯を利用することが可能になりました．その結果，5Gや6Gのモバイルネットワークでは，免許不要の帯域が重要な役割を果たすことになります．

© 2023 Information Processing Society of Japan

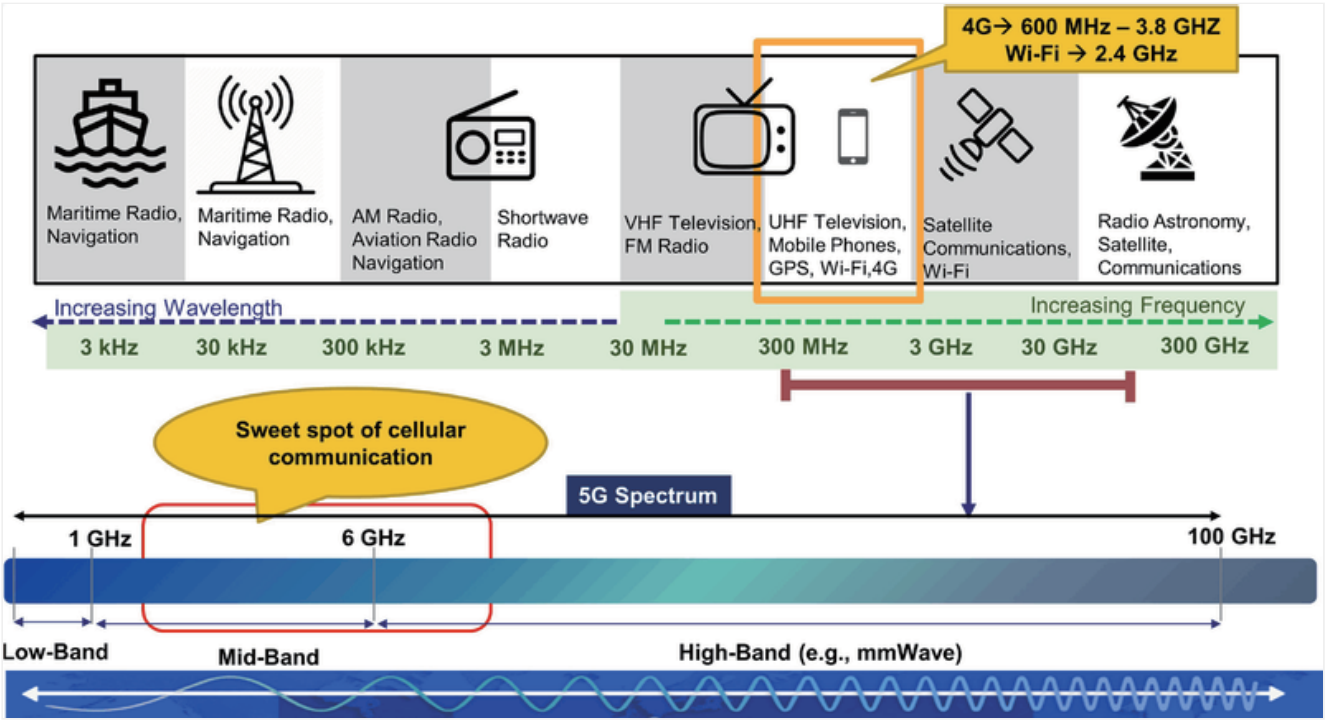


図-1　Radio Spectrum for Cellular Communication

Wi-Fi，Bluetooth，レーダ，放送サービスなど，すでに存在するいくつかの無線技術は，免許不要の帯域で動作しています．このため，セルラーネットワークにとって，無線環境は複雑で予測不可能なものとなっています．たとえば，セルラー機器とWi-Fi機器からの送信が衝突することがあります．その結果，両方のネットワークのユーザのサービス品質が悪くなります．

アンライセンスバンドにおけるセルラーネットワークの新たな課題は，データ駆動型のアプローチである機械学習によって最適に解決されます．機械学習は，ネットワーク性能の分析・予測に利用できます．また，ボトルネックの発見やネットワーク性能の向上にも役立ちます．

© 2023 Information Processing Society of Japan

5Gおよび6Gセルラーネットワークの機械学習ベースのソリューションを見つけるには，既存のアンライセンスネットワークのデータを収集し，抽出することが非常に重要です．結局のところ，機械学習モデルは，それが供給されるデータと同じくらい信頼できるものでしかありません．しかし，ネットワーク監視アプリケーションのコストが高く，新しいネットワークの地理的な存在も限られているため，セルラーネットワークデータへのアクセスは限られています．さらに，収集した免許不要のセルラーネットワークデータを分析するために，機械学習に基づく新しい方法論を構築する必要があります．**図-2**に示すように，これらの方法論は，モバイルユーザがより良い経験をできるように，ネットワークのパフォーマンスを改善するのに役立ちます．

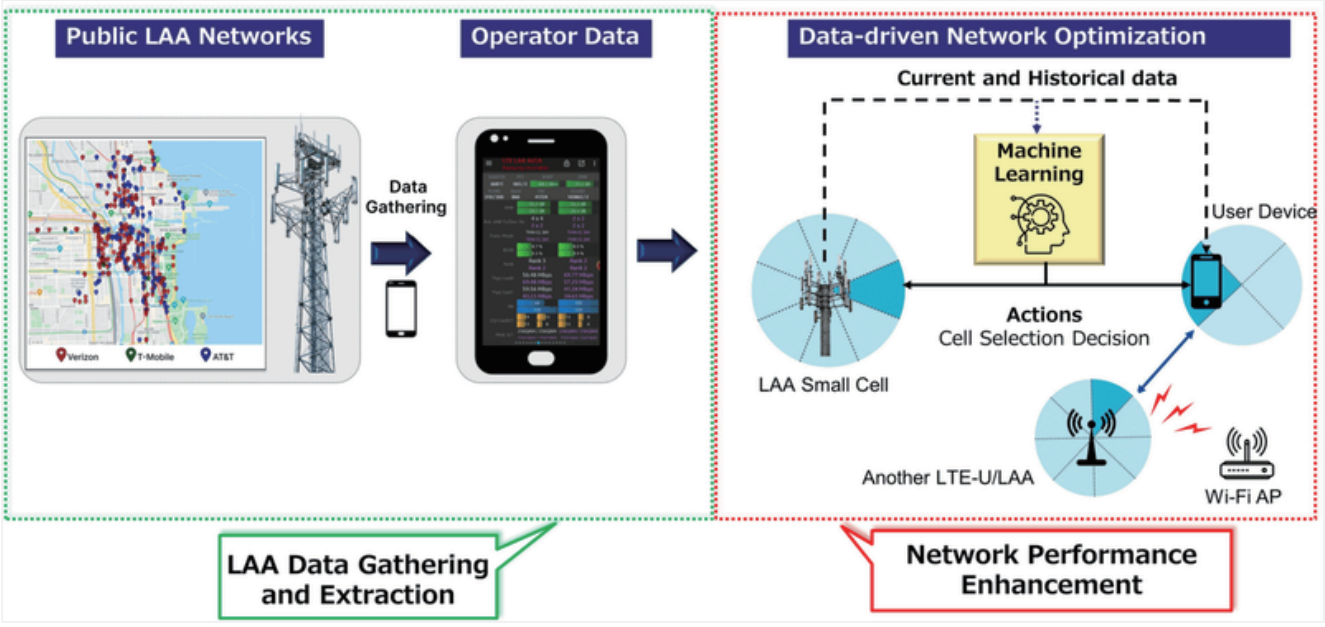


図-2　Radio Spectrum for Cellular Communication

© 2023 Information Processing Society of Japan

私はこれらの課題に取り組み，ハイレベルな解決策を図-2に示しました．シカゴの大手携帯電話会社であるAT&T，T-Mobile，Verizonの3社のアンライセンスセルラーネットワークからデータを収集しました．また，コンピュータビジョンと光学式文字認識を用いてデータ抽出システムを設計しました．機械学習により免許不要のネットワーク性能を分析・最適化する方法論を提案しました．たとえば，モバイル機器によるセル選択が，エンドユーザが享受するネットワーク帯域幅に与える影響について研究しました．また，機械学習により，モバイル機器が免許不要の携帯電話ネットワークに接続するのにかかる時間を短縮できることを示しました．これらの貢献により，携帯電話会社は現在および将来の免許不要帯域の可能性を引き出すことができます．

■Webサイト／動画／アプリなどのURL

Cellular Dataset: https://ieee-dataport.org/documents/unlicensed-cellular-operator-dataset-public-laa-networks

参考文献

研究成果として，以下の論文や会議資料が発表されました．

1）Kala, S. M., Sathya, V., Dahiya, K., Higashino, T. and Yamaguchi, H. : Mitigating Trade-off in Unlicensed Network Optimization through Machine Learning and Context Awareness, *IEEE Access* , Vol.11, pp.7873-7891 (2023), DOI: https://doi.org/10.1109/ACCESS.2023.3235882

© 2023 Information Processing Society of Japan

2）Kala, S. M., Sathya, V., Dahiya, K., Higashino, T. and Yamaguchi, H. : Identification and Analysis of a Unique Cell Selection Phenomenon in Public Unlicensed Cellular Networks Through Machine Learning, *IEEE Access* , Volume 10, 87282-87301 (2022).
DOI: https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3199409
3）Kala, S. M., Dahiya, K., Sathya, V., Higashino, T. and Yamaguchi, H. : LTE-LAA Cell Selection through Operator Data Learning and Numerosity Reduction, *Pervasive and Mobile Computing* , volume 83, 101586 (2022).
DOI: https://doi.org/10.1016/j.pmcj.2022.101586
Srikant Manas Kala, Vanlin Sathya, Kunal Dahiya, Teruo Higashino, Hirozumi
4）Kala, S., M., Sathya, V., Dahiya, K., Higashino, T. and Yamaguchi, H. : Optimizing Unlicensed Coexistence Network Performance Through Data Learning, in *Proceedings of the Mobile and Ubiquitous Systems : Computing, Networking and Services (MobiQuitous 2021)* , Vol.419, pp.128–149 (Jan. 2022),
DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-94822-1_8
5）Kala, S. M., Sathya, V., Yamatsuta, E., Yamaguchi, H. and Higashino, T. : Operator Data Driven Cell-Selection in LTE-LAA Coexistence Networks, in *Proceedings of the International Conference on Distributed Computing and Networking (ICDCN 2021)* , pp.206–214 (June 2021).
DOI: https://doi.org/10.1145/3427796.3427818

© 2023 Information Processing Society of Japan

6）Kala, S. M., Sathya, V., Seah, W. KG, Yamaguchi, H. and Higashino, T. : Evaluation of Theoretical Interference Estimation Metrics for Dense Wi-Fi Networks, in *Proceedings of International Conference on COMmunication Systems & NETworkS (COMSNETS* 2021) , pp.351–359 (June 2021).
DOI:https://doi.org/10.1109/COMSNETS51098.2021.9352925

（2023年6月5日受付）
（2023年8月15日note公開）

ー ー ー ー ー ー ー ー ー ー ー ー ー ー ー ー ー ー ー

取得年月：2023年3月

学位種別：博士（工学）

大学：大阪大学

ー ー ー ー ー ー ー ー ー ー ー ー ー ー ー ー ー ー ー

推薦文［情報環境領域］モバイルコンピューティングと新社会システム研究会

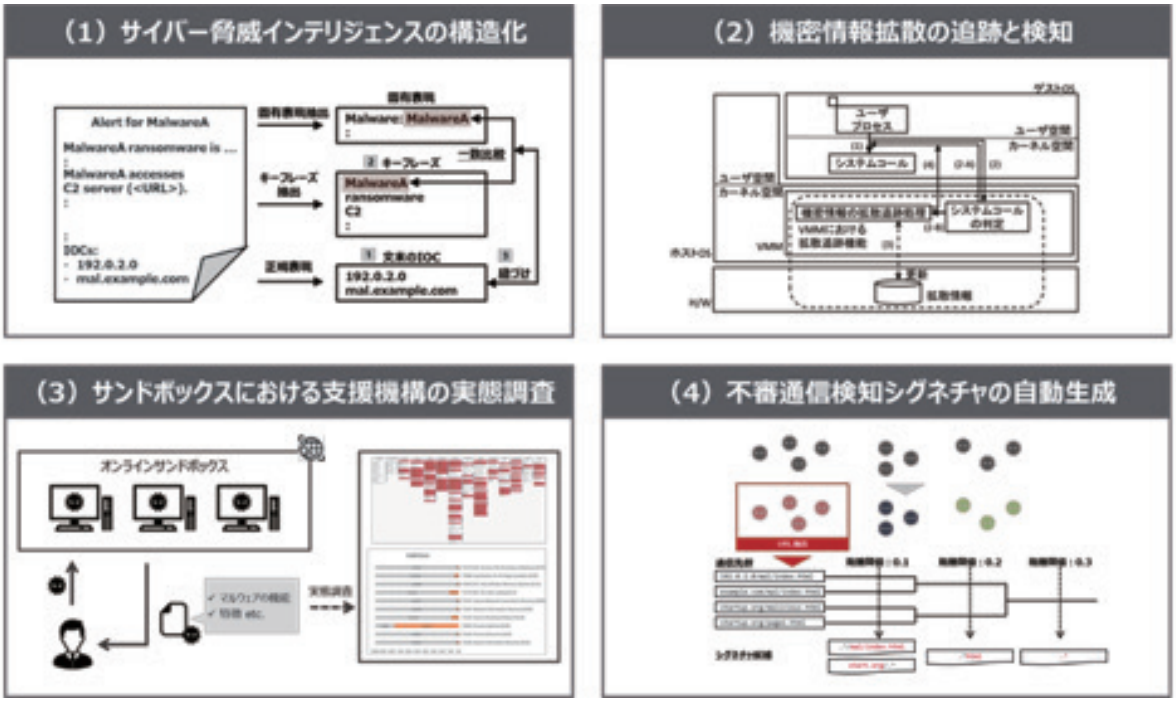
本取り組みは，免許不要帯のネットワークに対し，実世界でのネットワークデータを収集し，これらを分析することで，今後のネットワークの状況を予測し，ネットワークを最適化する新しい手法を提案しています．また，テストベッドを開発する

© 2023 Information Processing Society of Japan

だけでなく，他の研究者の参考となるような，ネットワークのデータセットを公開しています．

研究生活　博士課程の学生にとって最も重要なのは，（a）適切な研究分野，（b）心強い指導教官，の2点です．修士課程では，Wi-Fiに関する研究をしていました．博士課程では，拡張現実，ライダー，ディープラーニングなど，新しい技術を追求したいと思いました．欧米の大学でもチャンスはあったのですが，Wi-Fiに限定されていました．新しい分野の研究を指導してくれるのは，指導教官の山口先生と共同指導教官の東野先生だけでした．当然，迷うことなく大阪大学の山口研究室に所属することになり，これは大正解でした．残念ながら，私の博士課程はCOVIDパンデミックから始まったので，研究テーマを免許不要の携帯電話ネットワークに変更しなければなりませんでした．指導教官である山口教授やシカゴ大学，インディアナ大学，IITデリーの共同研究者のおかげで，興味深い研究成果を上げることができました．博士課程ではほかにもいくつかの困難がありましたが，指導教官や研究室のメンバ，友人からのサポートがあったため，何とか乗り越えることができました．技術研究は充実した経験になるので，若い学生には技術研究をするよう勧めています．

© 2023 Information Processing Society of Japan



Research on Sophistication and Improving Efficiency of Practical Security Operations

1

情報処理学会・学会誌「情報処理」
2023年8月15日 09:52

2022年度研究会推薦博士論文速報

[コンピュータセキュリティ研究会]

© 2023 Information Processing Society of Japan

藤井 翔太

（（株）日立製作所 研究開発グループ 研究員）

邦訳：実践的なセキュリティオペレーションの高度化と効率化に関する研究

■キーワード

セキュリティオペレーション／業務効率化／SOC/CSIRT

【背景】サイバー攻撃への対応（セキュリティオペレーション）の需要増加

【問題】セキュリティオペレーションを実施する人員の不足

【貢献】オペレーションごとの課題整理と高度化・効率化手法の実現

サイバー攻撃が年々増加している．2018年から2021年にかけて1年間に観測されたサイバー攻撃関連の通信数が2.4倍になったという報告があり，現在もその数は増加傾向にある．また，攻撃は増加するだけでなく高度化している．具体的には，攻撃目的が情報窃取やテロのような明確に悪意を持ったものに変遷しており，また，無差別な攻撃だけでなく，特定の組織を狙った標的型攻撃が登場し，より検知が困難になっている．こうした状況から，各組織はSecurity Operation Center（SOC）やComputer Security Incident Response Team（CSIRT）と呼ばれる組織を設置し，サイバー攻撃の検知や対応を図っている．他方で，SOC/CSIRTに

© 2023 Information Processing Society of Japan

おいては人手不足が叫ばれており，効率化が必要である．

そこで，本研究では，SOC/CSIRTの業務を整理するとともに，高度化／効率化を阻害し得る課題を導出した後，各課題を緩和する手法を提案した．具体的には，（課題1）サイバー脅威セキュリティインテリジェンス（CTI）の人手での活用が高コスト，（課題2）機密情報の追跡と漏洩検知が困難，（課題3）マルウェアの解析に係る支援機構の実態が不明瞭，（課題4）悪性通信を検知するためのシグネチャの作成が高コスト，という課題を導出した．また，上記（課題1）～（課題4）を緩和することによるSOC/CSIRTに関する業務の高度化および効率化を目的とし，以下の研究を実施した．

1. 脅威情報について記載されたCTIを活用することにより，最新の脅威が把握でき，事前対処や有事の対応の効率化が可能となる．しかし，CTIは非構造の文章として公開されることが多く，その数が大量であることからすべてを人手で確認することは非現実的である．そこで，本研究では自然言語処理技術と機械学習を用いて文章からマルウェア名等を抽出し，構造化することによって，読解コストの低減や機械処理による分析効率化を可能とした．
2. 機密情報はファイルコピー等で計算機内を拡散することから正確な所在の把握が難しく，誤操作や管理ミスでの情報漏洩事例が多発している．そこで，外部から利用者の計算機内で実行される処理を監視し，機密情報の拡散を追跡すると共に外部への情報漏洩を検知することで，利用者の損失を抑制する機構を実

© 2023 Information Processing Society of Japan

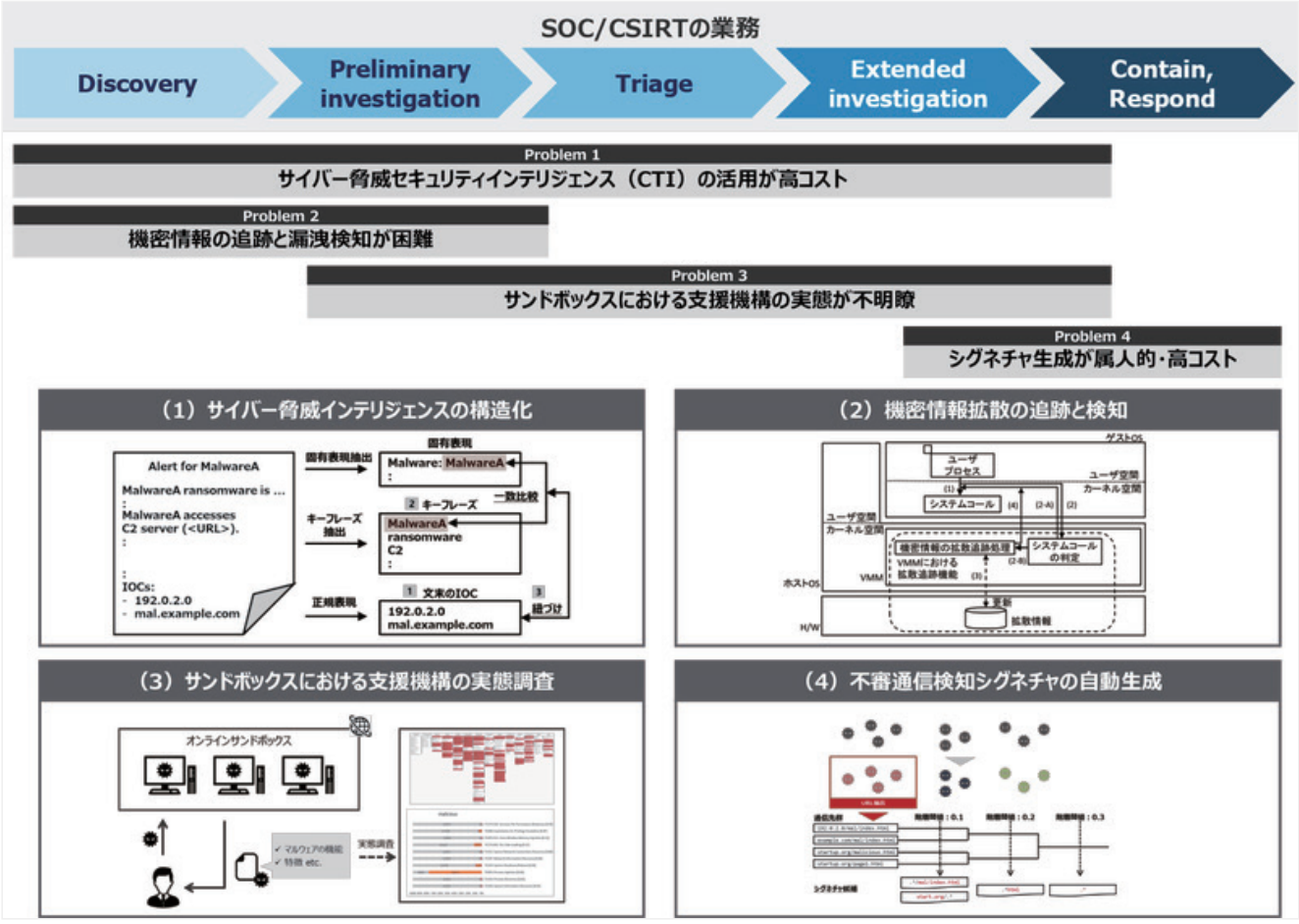
現した.

3. マルウェアを伴うサイバー攻撃を検知した際，サンドボックスと呼ばれる実行環境でマルウェアを動作させ，その挙動を把握して対策に活用する．この際，マルウェアの機能や特徴を自動で判定する支援機構が存在し，解析の効率化に寄与している．他方で，各サンドボックスにおける支援機構はブラックボックスとなっており，その実態が不明瞭なことから，実業務への適用が難しい面もある．そこで，各支援機構について調査を行い，実態把握やベストプラクティスの導出を行った.

4. 脅威への対処完了後，同様の攻撃を自動で検知できるようにするため，攻撃を検知するシグネチャを作成する．しかし，シグネチャの作成には高い専門性が必要性で属人性が高い．そこで，検知した脅威の共通部分を抽出し，シグネチャを自動で作成する機構を実現した.

以上の研究について，プロトタイプの実装や各種評価を通してSOC/CSIRTへの適用性や実用性を実証し，業務の高度化および効率化の目途を得た.

© 2023 Information Processing Society of Japan



（2023年5月23日受付）

（2023年8月15日note公開）

取得年月：2023年3月

学位種別：博士（工学）

大学：岡山大学

© 2023 Information Processing Society of Japan

正会員

ー ー ー ー ー ー ー ー ー ー ー ー ー ー ー ー ー ー ー ー

推薦文［情報環境領域］コンピュータセキュリティ研究会

本博士論文は，セキュリティオペレーションを支援するために，SOC/CSIRTにおける課題を解決する4つの手法を提案している．提案手法により，サイバー脅威セキュリティインテリジェンスの効率的な分析支援手法を実現するなど，これまで人手に頼ってきたオペレーションを自動化する有用な手法を実現している．

研究生活　現職の企業研究所には修士課程を修了して就職しましたが，社内外の博士の方々と仕事を進める中で自身の知見を広げたいと考え，社会人博士としての進学を決意しました．本研究は，主に入社後に実務を行っている方々からお聞きした課題の緩和を試みるものであり，社会人かつ博士課程という立場ならではの大変有意義な研究活動を経験することができました．普段の仕事と学業の両立は充実していながらも予想以上に大変でしたが，その分得られたものも大きかったように思います．万人に手放しでお勧めできるものではないかもしれませんが，博士への興味がある方は，社会人博士も選択肢としてご検討いただくのもよいかと思います．

最後になりましたが，社会人博士以前よりご指導を賜りました指導教員の山内利宏先生をはじめ，先生方，研究室の皆様，同僚の皆様，および家族に，この場を借り

© 2023 Information Processing Society of Japan

て感謝申し上げます.

© 2023 Information Processing Society of Japan

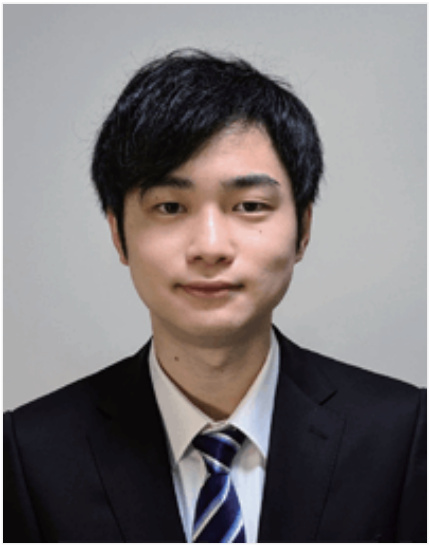
Analog Signal Security: Security Threats Caused by Physical Phenomena and Their Countermeasures

情報処理学会・学会誌「情報処理」
2023年8月15日 09:53

2022年度研究会推薦博士論文速報

© 2023 Information Processing Society of Japan

[コンピュータセキュリティ研究会]



飯島　涼

（産業技術総合研究所 研究員）

■キーワード

音信号／IoTセキュリティ／センサセキュリティ

【背景】アナログ信号を用いたセンサ周辺のセキュリティ脅威が増加

【問題】従来のセキュリティ技術は主にデジタルデータに対して限定

【貢献】アナログ信号を用いたセキュリティ脅威に対する対策技術を考案

コンピュータの高性能化，小型化により，スマートスピーカ，スマート家電，ウ

© 2023 Information Processing Society of Japan

ェアラブルデバイスなど，さまざまな種類のIoTデバイスが普及するようになっている．IoT機器の普及に伴い，IoT機器が搭載されたセンサに対する攻撃が多数発見されるようになってきている．センサに対する攻撃は，音・光などのアナログ信号が用いられ，センサに誤った値を入力させる，センサの計測を妨害するなどの被害が生じる可能性がある．これに対して，従来のセキュリティ研究では，デジタル信号に変換された後の信号についての技術開発がメインであり，アナログ信号によって生じるセキュリティ脅威を防ぐことができないケースが増えている．

そこで，本研究では，1. アナログ信号によって生じるセキュリティ攻撃の評価，2. アナログ信号によって生じるセキュリティ攻撃の対策を目的とした．

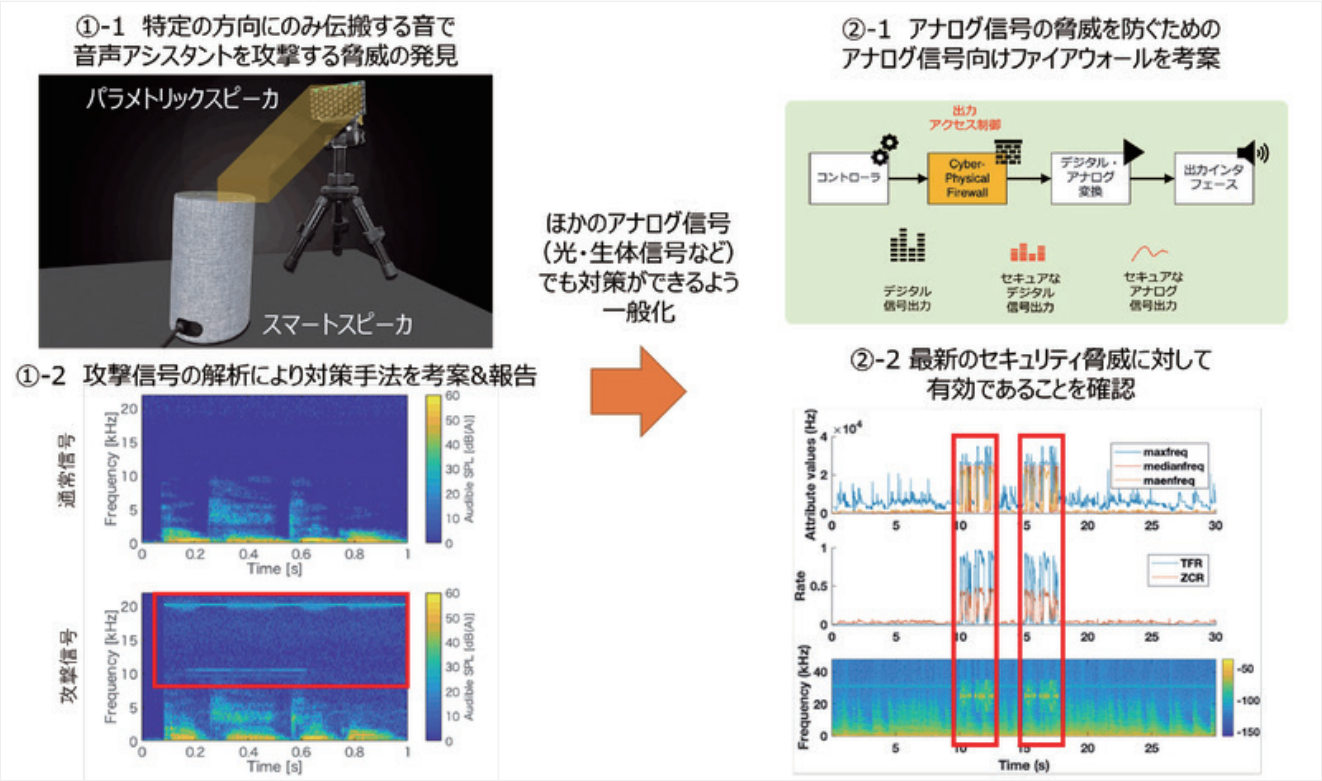
1. 「アナログ信号によって生じるセキュリティ攻撃の評価」では，アナログ信号のうち，音信号に着目し，音によって生じ得るセキュリティ脅威を明らかにし，その性質を調査する研究を実施した．その結果，指向性のある音を用いてスマートスピーカや音声アシスタントに対して，周りの人に気づかれずに音を入力できることを発見した．スマートスピーカなどの発声を限りなく小さくするコマンドを最初に利用することで，周りの人に気づかれず，任意の命令を音声アシスタント上で実行できる脅威となり得る．指向性のある音にのみ生じる音の特徴を検知するシステムを開発し，対策手法を含めて実装した．対策手法はGoogle・LINE社に報告の上，論文発表，NHK・IEEE Spectrumにて報道発表による注意喚起を行った．

© 2023 Information Processing Society of Japan

2.「アナログ信号によって生じるセキュリティ攻撃の対策」では，（1）の研究で得たアナログ信号解析の知見をもとに，音・光など，アナログ信号の種類によらず，1つのシステムで対策を可能にするフレームワークの考案・開発を実施した．従来研究では，各セキュリティ脅威に対して1つの対策が実装されており，すべての脅威に対して実装を行うことは現実的に不可能とされていた．セキュリティ脅威となり得るアナログ信号に共通する特徴を取り出す抽出機能・検知機能をフレームワークとして実装し，その実用性を評価した．その結果，現在対策が実装されていない新たなセキュリティ脅威に対しても本フレームワークによる対策が有効であることを確認した．

本研究の今後の展望として，ウェアラブルデバイス上で取得可能な生体信号に対するセキュリティ・プライバシー対策として本研究を適用すること，量子コンピュータのハードウェア（制御装置）から生じる電磁波に対して本手法を適用することなどが考えられる．本研究につながる研究事例として，現在，眼電位を用いた認証システムとそのセキュリティ・プライバシー対策についての研究を実施中である．博士後期課程在学中に開拓したアナログ信号のセキュリティについて，今後も研究開発を推進する．

© 2023 Information Processing Society of Japan



（2023年5月31日受付）

（2023年8月15日note公開）

ー ー ー ー ー ー ー ー ー ー ー ー ー ー ー ー ー ー ー ー

取得年月：2022年9月

学位種別：博士（工学）

大学：早稲田大学

正会員

© 2023 Information Processing Society of Japan

推薦文［情報環境領域］コンピュータセキュリティ研究会

本論文は，AIスピーカなどのサイバー空間と物理空間の両方で動作するシステム（サイバーフィジカルシステム）のセキュリティに関して，実践的アプローチで取り組んだ研究です．難易度が高い論文誌や国際会議での採録に加え，テレビや新聞などのメディアやIEEE Spectrumでも取り上げられ，社会に高いインパクトを与えました．

研究生活　もともと音信号の加工や合成などに興味があり，当時セキュリティ分野ではあまり話題になっていなかったことから，新しい研究ができるのではないかと感じ，このテーマでの研究を始めました．あまり前例がない研究で，新規性はあるが意義がない研究に打ち込んでしまったり，論文構想をよく考えずに研究を始め，論文にならない実験をしてしまったりと遠回りしましたが，自分で考えて進める力を身につけるための良い経験になったと思っています．論文を投稿する中で，今後何度もリジェクトされることになるので，何があっても（協力してくれる人が興味を失ってしまったかも，何度もリジェクトされて無能だと思われているのではないか，などの感情的な部分で問題が生じたとしても）自分の研究に対する信念を捨てない気持ちを持って博士後期課程に進むのがいいと思います．今後は，自分の専門や過去の研究成果にこだわりすぎず，常に広く視野を持って新しい技術や知識

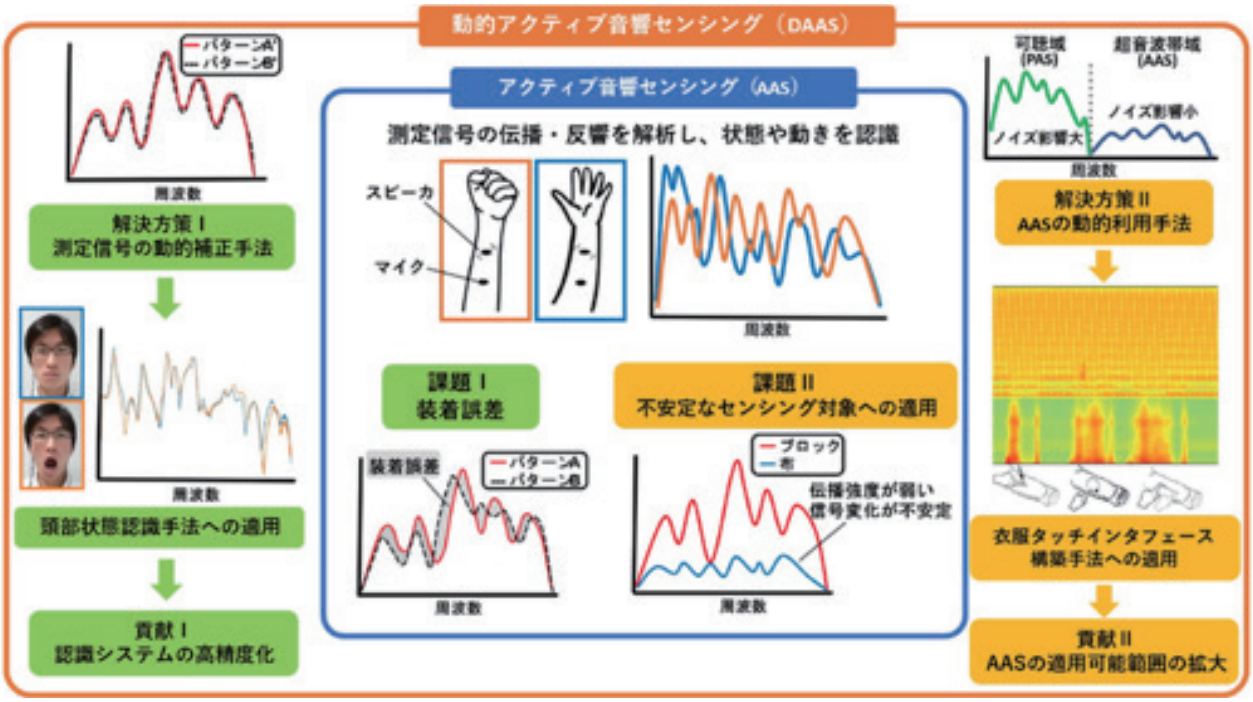
© 2023 Information Processing Society of Japan

を学び，研究を続けていきたいと思っています．

最後に，研究室配属当初から，博士号取得まで熱心にご指導くださった森達哉教授に深く感謝申し上げます．

● ● ●

© 2023 Information Processing Society of Japan



ジェスチャ認識のための動的アクティブ音響センシング手法の確立

♡ 1

情報処理学会・学会誌「情報処理」
2023年8月15日 09:55

2022年度研究会推薦博士論文速報

[ユビキタスコンピューティングシステム研究会]

© 2023 Information Processing Society of Japan

雨坂 宇宙

（慶応義塾大学訪問研究員（日本学術振興会 特別研究員PD））

■キーワード

ウェアラブルコンピューティング／アクティブ音響センシング／機械学習

【背景】アクティブ音響センシングを用いたジェスチャ認識システムの改善

【問題】装着誤差による不安定な信号変化と信号減衰が大きなセンシング対象

【貢献】信号補正手法の適用とパッシブ音響センシングの利用

ユーザの身体にデバイスを装着し，ユーザの行動記録や情報の提示，その他の情報端末を操作（情報入力）することが可能なデバイスをウェアラブルデバイスと呼

© 2023 Information Processing Society of Japan

びます．近年はスマートウォッチの普及が進んでいますが，ユーザの好みや目的に合わせて，これからさらに多くのウェアラブルデバイスが開発され，普及していくと考えられています．ウェアラブルデバイスを用いて情報入力を実現するために，ユーザの手ぶりや身振りを利用する手法（ジェスチャ認識手法）があります．ユーザのジェスチャを認識するためには，ユーザの動きをセンシングする仕組みが必要です．さまざまなセンシング手法がありますが，人体や物体に超音波信号を伝播させ，ジェスチャ時の信号変化を取得・解析することでジェスチャを推定する技術をアクティブ音響センシング（AAS: Active Acoustic Sensing）と呼びます．

AASは，スピーカとマイクを利用しますが，これらの素子は音楽や通話などにも利用できる点で，ウェアラブルデバイスとの相性が良いといえます．一方で，既存のAASにはいくつかの課題がありました．本論文では2つの課題に注目し，それらの課題を解決した動的AASという手法を提案しました．解決する課題の1つ目が，デバイスを装着する度に信号の伝播特性が変化（装着誤差）してしまうという問題です．伝播特性が不安定な場合，同じジェスチャを行ったとしても得られる信号が変化するためシステムが誤認識を起こしてしまいます．2つ目の課題が，衣服などの不安定なセンシング対象は超音波信号の減衰が大きく，信号変化が不安定である（不安定なセンシング対象へのAASの適用）という問題です．この問題も同様にジェスチャ認識を困難にさせるという問題があります．本研究ではこれらの課題に対して，信号補正処理とパッシブ音響センシングの併用という解決方策をそれぞれに取り入れました．

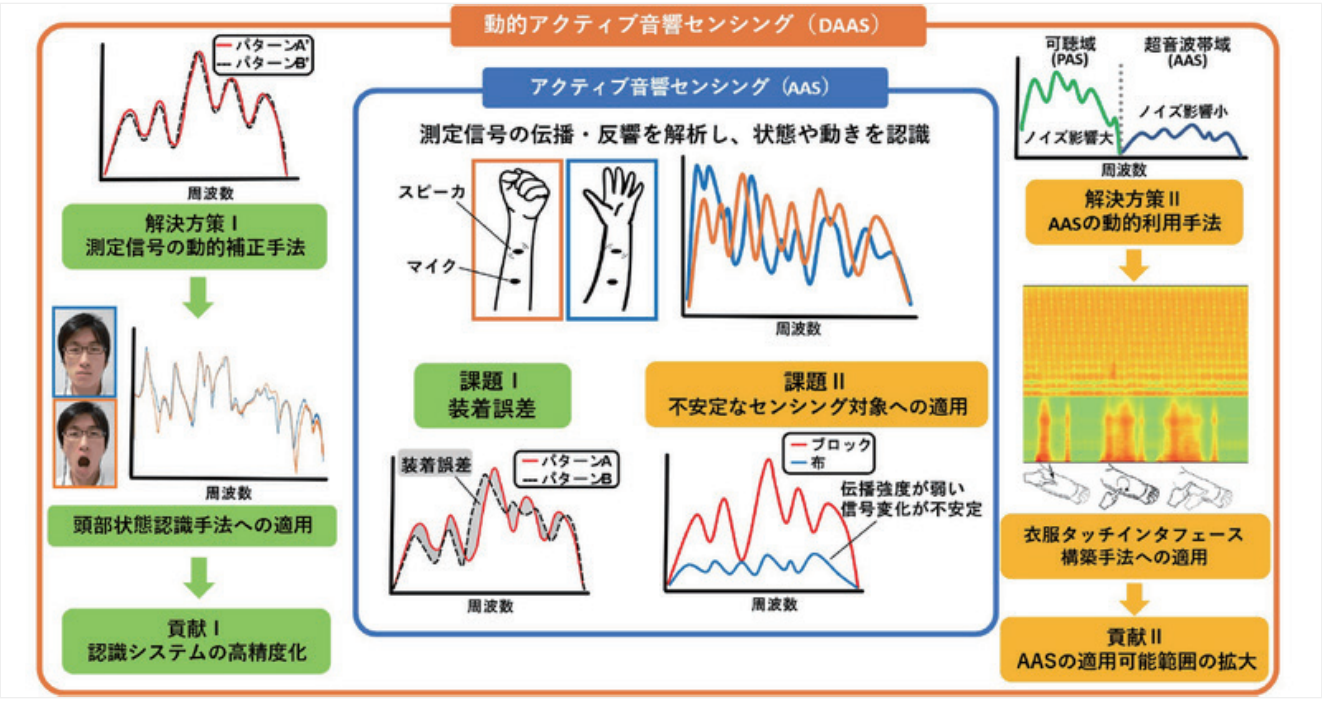
© 2023 Information Processing Society of Japan

信号補正手法では，システムが再生する超音波信号を動的に修正することで，装着誤差を低減させ，ジェスチャ時の信号変化が一定になるようにAASを改善しました．この信号補正手法を，イヤホン型デバイスを用いて表情や頭部の向きを認識する手法に適用し，有効性を確認しました．

続いて，パッシブ音響センシングの併用手法とは，AAS単体では困難であった不安定なセンシング対象に対して，ジェスチャ時に自然発生する音を解析するパッシブ音響センシング技術を併用することで認識率を向上させるという手法です．また，AASも利用することでAASの強みであるノイズへの頑健性を取り込むことができます．この手法を，衣服ジェスチャ認識システムに適用し，有効性を確認しました．

これまでの説明のように，AASを核技術として，これまで実現されていなかったウェアラブルデバイスへの情報入力手法を模索する研究を行っています．

© 2023 Information Processing Society of Japan



（2023年5月30日受付）

（2023年8月15日note公開）

— — — — — — — — — — — — — — — — — — —

取得年月：2023年3月

学位種別：博士（工学）

大学：筑波大学

正会員

— — — — — — — — — — — — — — — — — — —

© 2023 Information Processing Society of Japan

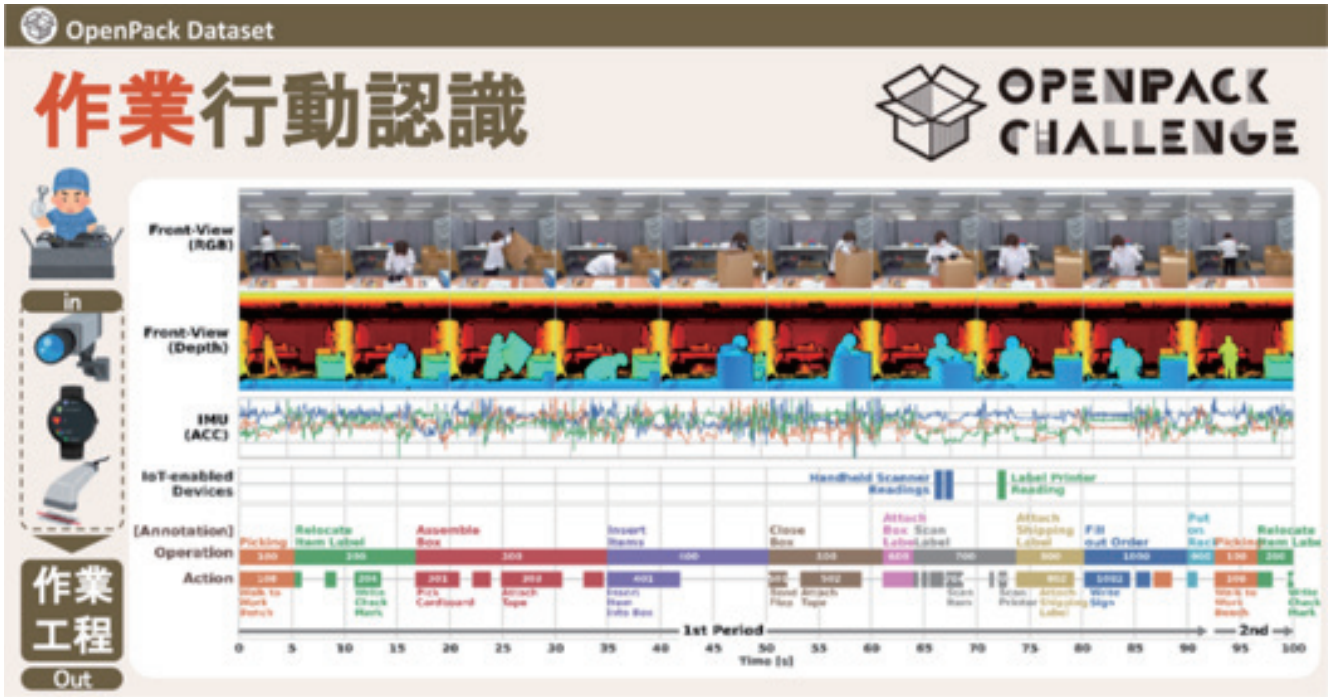
推薦文［情報環境領域］ユビキタスコンピューティングシステム研究会

本論文は，頭や顎の動きをイヤホンを使って検出したり，シャツ等の衣服をタッチパネルのように操作できるようにする新技術が示されています．これらは，身につけて使う音楽プレーヤやランニングウォッチ等のウェアラブル機器を身振りで操作できるようにするので，将来の機器の操作法を劇的に変える可能性を秘めています．

研究生活　研究テーマは指導教員の先生とともに，AASとイヤホンを使った研究テーマを模索している中でアイディアが浮かび，そのままAASに関する研究を進めていきました．私は博士後期課程の進学時に，北海道大学から筑波大学に研究室を変えたのですが，まさかのCovid-19の大流行と重なってしまいました．新しい環境と慣れないパンデミック生活が重なり，人にお願いする実験もまったくできない日々が続いた時期は苦労しました．ですが，今となっては貴重な体験になったと思います．

博士課程の3年間は自由度が高く，どんなことにでも挑戦できます．ただ，何も考えなければあっという間に時が過ぎてしまうのも博士課程です．何かを突き詰めて新たな道を拓きたいと少しでも考えている方はぜひ博士課程に進学してみてください．

© 2023 Information Processing Society of Japan



Research on Complex Activity Recognition in Industrial Domains

情報処理学会・学会誌「情報処理」
2023年8月15日 09:56

2022年度研究会推薦博士論文速報

[ユビキタスコンピューティングシステム研究会]

© 2023 Information Processing Society of Japan

吉村 直也

（大阪大学 情報科学研究科）

邦訳：産業ドメインにおける複雑行動認識に関する研究

■キーワード

行動認識／ウェアラブルデバイス／機械学習

【背景】生産効率を向上させるため，工場や物流センタへのセンサ・IoT機器の導入が加速している

【問題】収集できるセンサデータ自体は作業者の作業状態を表現するものとは異なる

【貢献】センサデータから作業者の作業状態を認識する作業行動認識技術に関する課題を解決した

現在多くの工場が大量にセンサやIoT機器を導入し，収集したデータを解析して作業プロセスの改善に活用している．しかし工場では，梱包作業や組立て作業など，人間の作業者に依存している工程も数多く残されている．作業者にスマートウォッチなどのウェアラブルセンサを装着することで，データを収集することはできるが，生データからは作業者の作業状態を知ることは容易ではない．そこで，セン

© 2023 Information Processing Society of Japan

サデータを「ネジの取り付け」や「バーコードの読み取り」などの作業工程の情報に変換する「作業行動認識技術」の開発が求められている.

作業工程を認識することで，各時刻の各作業者の作業状態やその所要時間の把握が可能となり，機械だけでなく人間の作業者を考慮した，作業手順や工場全体の最適化を目指すことができる．しかし，作業行動は多くの既存研究が対象とする行動とは大きく異なる．本研究では，作業行動認識に関する3つの課題の解決を目指した.

（1） 少量ラベル付きデータでの作業行動の認識手法の開発

走るなどの日常生活の行動と異なり，作業工程は複雑動作であるため認識が難しい．さらに．各作業員は割り当てられた別々の作業を行うため，ある作業員から収集したラベル付き学習データを別の作業者に使うことが難しい．したがって，その作業員から収集した限られたデータで認識モデルを構築することが必要である.

そこで，順序がある繰り返し行動に対する新しい行動認識モデルLight-weight Ordered-work Segmentation Network（LOS-Net）を提案した．LOS-Netは，（i）作業工程の前後関係など長期的なコンテキストとそれらの境界を効率的に抽出するデコーダ，（ii）作業工程の順序といった事前知識を活用する手法を導入することで，既存モデルに対して平均10%程度認識精度を向上した.

© 2023 Information Processing Society of Japan

（2） 大規模作業行動認識データセットの開発

工場や物流センタには，様々なIoT機器が設置されている．たとえば作業者がバーコードをスキャンした使用ログはその作業者のその時刻の行動を表現するように，IoT機器の使用履歴はその時刻のユーザの行動と強い関係がある．しかし，センサとIoT機器のデータの両方を含む作業行動データセットは公開されておらず，IoT機器のデータと他のセンサデータの組み合わせた認識手法は十分に検討されていない．

そこで，梱包作業における大規模マルチモーダルデータセット「OpenPack Dataset」を構築した．またこのデータセットを活用し，センサデータとIoT機器のデータを効率的に組み合わせるモデルを提案した．

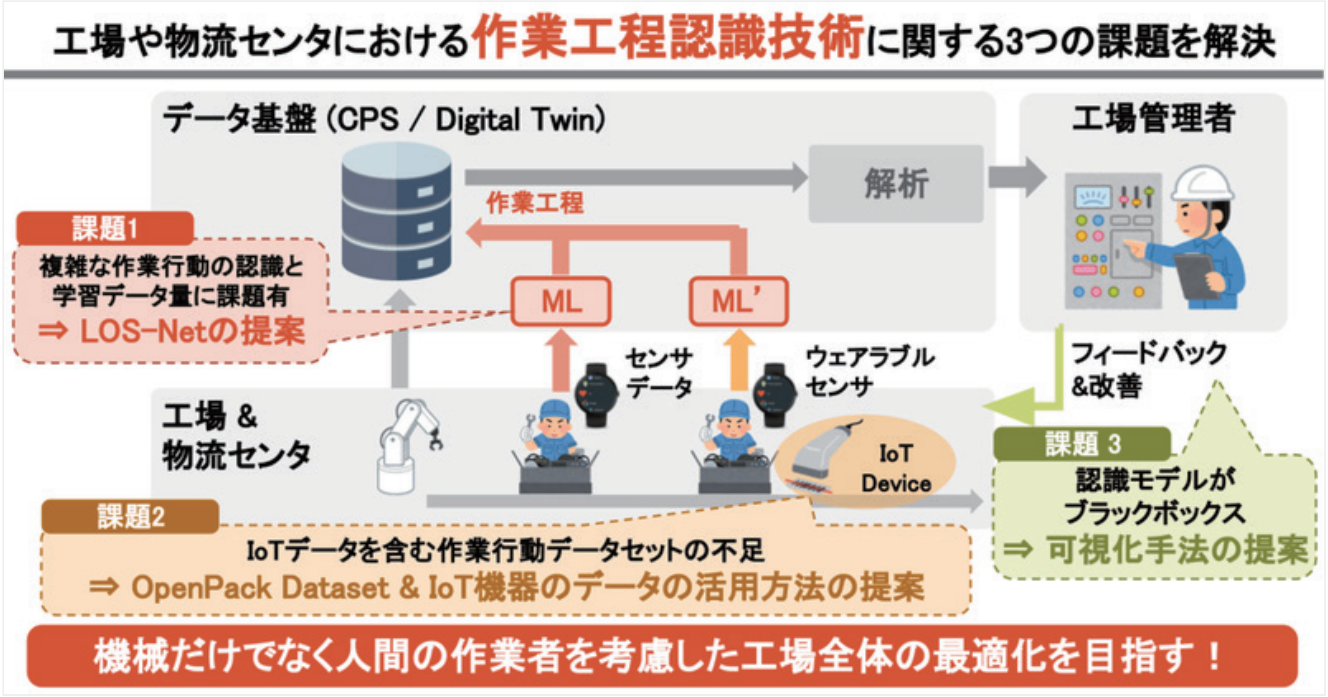
（3） 行動認識モデルに対する可視化技術の開発

作業行動認識技術はニューラルネットワークをベースしているが，認識プロセスはブラックボックスである．現在これらの技術に精通している工場の管理者は少なく，信頼性できないアルゴリズムの出力に基づいて重要な意思決定をすることは難しい．

そこで，ブラックボックスを理解するため，可視化手法であるActivation Maximizationを行動認識ニューラルネットワークに適用し，ユニットの出力値を活用した正則化手法を2つ提案した．公開データセットを用いて検証し，提案手法

© 2023 Information Processing Society of Japan

が学習データに出現する信号に近い信号を生成できることを確認した.



■Webサイト／動画／アプリなどのURL

OpenPack Dataset

https://open-pack.github.io/

■動画URL（YouTubeチャンネル用）

OpenPack Dataset - YouTube

https://www.youtube.com/channel/UC-AzuKxoJcyOtFi7B3CS4rA

参考文献

© 2023 Information Processing Society of Japan

1）Yoshimura, N., Morales, J., Maekawa, T. and Hara, T. : OpenPack: A Large-scale Dataset for Recognizing Packaging Works in IoT-enabled Logistic Environments <https://arxiv.org/abs/2212.11152>. CoRRabs/2212.11152 (2022).

2）Yoshimura, N., Maekawa, T., Hara, T., Wada, A. and Namioka, Y. : Acceleration-based Activity Recognition of Repetitive Works with Lightweight Ordered-work Segmentation Network <https://dl.acm.org/doi/10.1145/3534572>, Proceedings of the ACM on Interactive, Mobile, Wearable and Ubiquitous Technologies (IMWUT), Vol.6, No.2, pp.86 (June 2022).

3）Yoshimura, N., Maekawa, T. and Hara, T. : Toward Understanding Acceleration-based Activity Recognition Neural Networks with Activation Maximization <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/9533888>, Proceedings of International Joint Conference on Neural Networks (IJCNN), pp.1-8 (July 2021).

（2023年5月30日受付）
（2023年8月15日note公開）

ー ー ー ー ー ー ー ー ー ー ー ー ー ー ー ー ー ー

取得年月日：2023年3月

© 2023 Information Processing Society of Japan

学位種別：博士（情報科学）

大学：大阪大学

正会員

ー ー ー ー ー ー ー ー ー ー ー ー ー ー ー ー ー ー ー ー

推薦文［情報環境領域領域］ユビキタスコンピューティングシステム研究会

本研究は，人間の行動情報を取り込んだ知的な産業を目指すものである．工場の製作機械の稼働状況などのデジタル化は進んでいるが，工場内の工員の作業のデジタル化は進んでいない．本論文は，ウェアラブルセンサを用いた産業分野における行動認識のための技術群を提案しており，将来の産業のための重要な研究として推薦する．

研究生活　私が博士進学を決意したのは比較的遅いM2の5月頃であり，それまでは就活も進めながら，どの道に進むべきか迷っていました．しかし今博士課程を終えて，こちらの道を選択してよかったと心から感じています．もちろん博士課程は大変でしたが，自分の研究トピックを自分の意思で追求する時間を持ち，自分の強みを磨くことができました，また，研究プロジェクトへの参加などを通して，尊敬できる刺激的な人々と数多く出会い，より高いレベルの目標を描くことができました．この3年間で得た精神力・経験・人脈は，今後の大きな糧になると感じています．指導教官の前川卓也先生をはじめ，博士課程に進むことを推してくださった皆

© 2023 Information Processing Society of Japan

様，さまざまな形で研究を支えてくださった皆様に，心より感謝します．

● ● ●

© 2023 Information Processing Society of Japan