

2021年度 研究助成 対象者

国内 Japan (21件)

基礎分野 Fundamental fields



沖縄科学技術大学院大学 生物複雑性ユニット
准教授 ピゴロッティ シモーネ

【研究テーマ】
分子機械による情報処理の解析

(21-01)

Okinawa Institute of Science and Technology
Graduate University
Associate Professor

Simone Pigolotti

Analysis of Information Processing by Molecular
Machines

P.10

通信・インターネット分野 Communications / Internet



公立千歳科学技術大学 理工学部
准教授 高野 泰洋

【研究テーマ】
IoTネットワークにおける物理層セキュリティ
実現に向けた予備実験

(21-02)

Chitose Institute of Science and Technology
Associate Professor

Yasuhiro Takano

A Preliminary Experiment for Implementing
Physical Layer Security in IoT Networks

P.12



電気通信大学 大学院 情報理工学研究科
准教授 村松 大陸

【研究テーマ】
環境電磁波利用型フルパッシブ人体通信

(21-03)

The University of Electro-Communications
Associate Professor

Dairoku Muramatsu

Full-Passive Human Body Communication
Using Ambient Electromagnetic Waves

P.14

コンピュータシステム分野 Computer system



慶應義塾大学 大学院 理工学研究科
特任講師 和 遠

【研究テーマ】
電力効率の高いオンチップネットワークを目指した
インメモリ・ルーティングについての研究

(21-04)

Keio University
Project Lecturer

Yuan He

A Study on In-Memory Routing for Energy-
Efficient On-Chip Networks

P.16

人工知能分野 Artificial intelligence



東京都立大学 大学院 システムデザイン研究科
特別先導教授 石川 博

【研究テーマ】
ビッグデータを用いた仮説生成過程を考慮した
説明機能の研究

(21-05)

Tokyo Metropolitan University
Distinguished Leading Professor

Hiroshi Ishikawa

A Research on Explanation Based on Hypothesis
Building with Big Data

P.18

バイオ分野 Bioinformatics



九州工業大学 大学院 情報工学研究院
助教 濱野 桃子

【研究テーマ】
安価で安全な再生医療を拓く情報技術基盤の
構築

(21-06)

Kyushu Institute of Technology
Assistant Professor

Momoko Hamano

Construction of Information Technologies for
Low-Cost and Safe Regenerative Medicine

P.20

応用分野 (A) Applications (A)



横浜国立大学 大学院 工学研究院
准教授 島 圭介

【研究テーマ】
超高速・高精度な動作推定機能を有する筋電義
手の開発

(21-07)

Yokohama National University
Associate Professor

Keisuke Shima

Development of a New Prosthetic Hand with
Ultrafast Motion Estimation

P.22



筑波大学 システム情報系
准教授 鈴木 大三

【研究テーマ】
スタイル変換を用いた顔画像知覚暗号化システ
ムの開発

(21-08)

University of Tsukuba
Associate Professor

Taizo Suzuki

Development of Face Image Perceptual
Encryption System with Style Transfer

P.24



九州大学 先導物質化学研究所
教授 柳田 剛

【研究テーマ】
匂い分子情報のサイバーフィジカルシステム展
開

(21-09)

Kyushu University
Professor

Takeshi Yanagida

Cyber-Physical System of Smell Molecular
Information

P.26

応用分野 (B) Applications (B)



東京医科歯科大学 生体材料工学研究所
助教 飯谷 健太

【研究テーマ】
多視点ビデオグラメトリによる三次元経皮バイ
オセンシング法の開発

(21-10)

Tokyo Medical and Dental University
Assistant Professor

Kenta Iitani

Development of Three Dimensional Transdermal
Biosensing Method Based on Multi-Angle
Videogrammetry

P.28



旭川医科大学 先進医工学研究センター
准教授 井上 雄介

【研究テーマ】
心拍検知に電力を必要としない脈爪変位バイタ
ルセンサをサイバー空間へと導くための無線通
信機能開発

(21-11)

Asahikawa Medical University
Associate Professor

Yusuke Inoue

Development of Power Generation Type Vital
Sensor Using Nail Deformation Synchronized
with Heartbeat

P.30

応用分野 (B) Applications (B)



旭川医科大学 医学部
教授 木下 学

【研究テーマ】
定量MRIと機械学習による脳腫瘍の分子診断と可視化技術の開発

(21-12)

Asahikawa Medical University
Professor

Manabu Kinoshita

Molecular Diagnosis and Visualization of Glioma Using Next Generation Quantitative MRI Technology and Machine Learning

P.32



愛知工科大学 工学部
教授 田川 和義

【研究テーマ】
手術手技の能動的な視力覚教示手法の開発と低侵襲VR手術訓練への応用

(21-13)

Aichi University of Technology
Professor

Kazuyoshi Tagawa

A Study of Visuo-Haptic Active Guidance Approach and Its Application to Minimally Invasive VR Surgery Training System

P.34



産業技術総合研究所 人間情報インタラクション部門
上級主任研究員 長谷川 良平

【研究テーマ】
重度運動機能障害者によるインターネット経由の意思伝達を支援する脳波BMIの開発

(21-14)

National Institute of Advanced Industrial Science and Technology
Senior Principal Researcher

Ryohei P. Hasegawa

Development of an EEG-Based BMI That Supports Communication of People with Severe Motor Deficits via Internet

P.36



帝京大学 医学部
講師 安井 洋一

【研究テーマ】
Virtual Realityを用いた心肺蘇生法に対する新規学修法の基盤の確立

(21-15)

Teikyo University
Lecturer

Youichi Yasui

Development of Novel Learning Modality for Cardiopulmonary Resuscitation Using Virtual Reality

P.38

人文・社会分野 Humanities and social sciences



京都府立医科大学 大学院 医学研究科
博士課程 阿形 亜子

【研究テーマ】
リモートワークにおけるサイバーローフィンゲリーモートワークの効果性評価を目的として

(21-16)

Kyoto Prefectural University of Medicine
Ph. D Student

Ako Agata

Cyber Loafing at Working Remotely at Home: Assessing the Effectiveness of Remotework

P.40



東京大学 大学院 工学系研究科
特任講師 浅谷 公威

【研究テーマ】
大量の書誌情報に基づく日本の学術トレンドの世界からの遅れとその原因の解明

(21-17)

The University of Tokyo
Project Lecturer

Kimitaka Asatani

Quantifying and Investigating the Delay of Japanese Research Topics Using Large Bibliometrics Dataset

P.42

人文・社会分野 Humanities and social sciences



筑波大学 ビジネスサイエンス系
准教授 礪波 亜希

【研究テーマ】
ソーシャル・メディアを通じた女性ユーザーにおける政治意識の研究

(21-18)

University of Tsukuba
Associate Professor

Aki Tonami

Women's Political Expression on Social Media in Japan

P.44



湘南工科大学 工学部
准教授 中茂 睦裕

【研究テーマ】
特別支援教育におけるコミュニティ活動への遠隔参画に関する研究

(21-19)

Shonan Institute of Technology
Associate Professor

Mutsuhiro Nagashige

Remote Participation in Community Activities for Special Support Education

P.46



神戸大学 大学院 経営学研究科
教授 藤原 賢哉

【研究テーマ】
新型コロナウイルス下における外出自粛要請と消費者心理、消費支出、人流変化の時間依存性に関する研究

(21-20)

Kobe University
Professor

Kenya Fujiwara

A Study on the Time Dependence Effect of Voluntary Restraint by Government on Consumer Psychology, Expenditure, and Mobility under the COVID19

P.48



地方自治総合研究所
常任研究員 宮尾 亮甫

【研究テーマ】
ドイツ及びEU法における個人情報保護法制と団体訴訟—プライバシーの社会公共的側面に着目した研究

(21-21)

The Japan Research Institute for Local Government
Research Fellow

Ryosuke Miyao

A Research on Data Protection Law and Class Action in Germany and EU - Focusing on the Public Nature of Privacy

P.50

美国 USA (7件)



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

Nilah Ioannidis

Genome-Scale Learning of Molecular Phenotypes for Personal Genome Interpretation

P.52



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

Sergey Levine

Offline Reinforcement Learning: Robust and Reliable Decisions from Data

P.53



Stanford University
Department of Computer Science & Electrical Engineering
Associate Professor

Dorsa Sadigh

Adaptive Human-Robot Interaction

P.54



University of California, Los Angeles
Computer Science Department
Associate Professor

Cho-Jui Hsieh

Machine Learning for Optimization

P.55



University of Southern California
Department of Computer Science
Assistant Professor

Heather Culbertson

Haptic Devices for Long-Distance Social Touch to Reduce Isolation

P.56



California Institute of Technology
Division of Engineering and Applied Science
Assistant Professor

Mohammad Mirhosseini

Developing Optical Interconnects for Microwave Quantum Processors

P.57



Carnegie Mellon University
School of Computer Science
Assistant Professor

Zhiwei Steven Wu

Enabling the Next Generation of Privacy-Preserving Machine Learning

P.58

中国 China (5件)



Peking University(北京大学)
School of Electronics Engineering and Computer Science
Assistant Professor

Boxin Shi (施柏鑫)

Camera Intelligence via Unconventional Visual Perception and Intelligent Visual Computing

P.59



Tsinghua University(清华大学)
Department of Computer Science and Technology
Professor

Jia Jia (贾珈)

Social Affective Computing through Internet Multimedia Data

P.60



Tsinghua University(清华大学)
Department of Electronic Engineering
Associate Professor

Lu Fang (方璐)

Gigapixel 3D Videography

P.61



Fudan University(复旦大学)
School of Information Science and Technology
Professor

Xiao Liu (刘骁)

High-Efficiency Intra-Body Network of Implantable Devices for Neuroprostheses

P.62



Shanghai Jiao Tong University(上海交通大学)
Department of Electronic Engineering
Associate Professor

Xin Zhao (赵昕)

Exploring the Limits of Vertical-Nanowire Tunnel FETs in the Nanoscale

P.63

韓国 Korea (3件)



Seoul National University (ソウル大学)
Department of Computer Science and Engineering
Professor

Taekyoung Kwon (權泰境)

PAVE: A Privacy-Preserving Advertising Framework

P.64



Korea University (高麗大学)
Department of Computer Science and Engineering
Professor

Jaehoon Lee (李在勳)

Design of Reconfigurable Microwave Components Based on Novel Resonators

P.65



Yonsei University (延世大学)
Department of Artificial Intelligence
Associate Professor

Noseong Park (朴魯城)

Deep Learning-Based Tabular Data Synthesis for Privacy Protection and Data Augmentation

P.66

分子機械による情報処理の解析

ピゴロッティ シモーネ

沖縄科学技術大学院大学 生物複雑性ユニット 准教授

本研究は、情報処理酵素の最適性能の解明と、実験家との共同研究による PCR への応用を目指したものです。以下に述べるように、この2つの目的は達成されました。

情報処理酵素のパフォーマンス最適化

処理速度と精度を最大化し、同時に散逸を最小化できる化学反応ネットワークを決定するコンピュータアルゴリズムを開発しました。この問題に対する最適解の集合を、最適化理論ではパレートフロントと呼びます。我々はこのアルゴリズムを用いて、エラー訂正に関する化学反応ネットワークの様々な例について、このフロントを計算しました。その結果、ステップ数の増加によって特徴づけられる反応ネットワークの複雑性の増加に対して、速度と精度が向上することを発見しました。また、速度、精度、散逸のパレートフロント上でのスケールリングを研究しました。その結果、これらの量は自明でない新しいスケールリング則によって特徴づけられることがわかりました。この結果に基づく論文は arXiv (arXiv/2208.09381) に掲載されており、現在査読付き雑誌で審査中です。

PCR の動力学的誤差の抑制

私たちが開発した精度と速度に関する理論は、実

世界の例、特にポリメラーゼ連鎖反応 (PCR) に適用することができます。東北大学の実験協力者 (鳥谷部グループ) と共に、私たちの理論を使って PCR の新しい動作領域を見いだせるかどうかを探りました。その結果、理論と実験を組み合わせることで、高速かつ高精度で動作する新しい PCR プロトコルを設計することができ、アニーリング温度の実行可能範囲を大幅に拡張できることを発見しました。この結果は、特に Covid-19 テストへの重要な応用が期待されます。本成果に基づく論文は、bioRxiv (Doi: <https://doi.org/10.1101/2022.06.02.494611>) に掲載されており、現在、査読付き雑誌で審査中です。

ワークショップの開催と普及

我々の研究を宣伝し、成果を普及させるために、OIST にて「細胞、エネルギー、情報：非平衡系の新しい視点」というタイトルでワークショップを開催した (2022 年 6 月 6 日~10 日)。このワークショップは、助成金によって支援されました。また、最近、APCTP の "3rd workshop on stochasticity and fluctuations in small systems" で成果を発表しました。

Analysis of Information Processing by Molecular Machines

Pigolotti Simone

Associate Professor, Okinawa Institute of Science and Technology

Our proposal aimed at understanding the optimal performance of information-processing enzymes, with an application to PCR in collaboration with experimentalists. Both objectives were successful, as described below.

Optimal performance of information-processing enzymes. We developed a computer algorithm to determine chemical reaction networks that can maximize processing speed, accuracy, and at the same time minimize dissipation. The set of optimal solution for this problem is called Pareto front in optimization theory. We used our algorithm to calculate this front for different examples of error-correcting chemical reaction networks. We found that speed and accuracy improve for complex reaction networks characterized by increasing number of steps. We also studied the scaling of speed, accuracy, and dissipation on the Pareto front. We found that these quantities are characterized by novel, nontrivial scaling laws. The manuscript based on our result is available on the arXiv (arXiv/2208.09381) and it is currently under review in a peer-reviewed journal.

Kinetic error suppression of PCR. The theory for

accuracy and speed that we developed can be applied to real-world examples, most notably the Polymerase Chain Reaction (PCR). Together with experimental collaborators at the Tohoku University (Toyabe group), we explored whether we can use our theory to find novel operating regimes of PCR. We found that, combining theory and experiments, it is possible to design new PCR protocols that operate at high speed and accuracy, and considerably extend the viable range of annealing temperatures. Our results can have important application, most notably for Covid-19 tests. The manuscript based on our result is available on bioRxiv (Doi: <https://doi.org/10.1101/2022.06.02.494611>) and is currently under review in a peer-reviewed journal.

Workshop organization and dissemination. To advertise our research and disseminate our result, we organized a workshop at OIST with title "Cells, Energetics, Information: new perspective on non-equilibrium systems", 6-10 June 2022. The workshop was sponsored by the grant. We also recently presented our results at the "3rd workshop on stochasticity and fluctuations in small systems" in APCTP.

IoT ネットワークにおける 物理層セキュリティ実現に向けた予備実験

高野 泰洋

公立千歳科学技術大学 情報システム工学科 准教授

1. 研究背景

IoT ネットワークの発展に伴い、軽量かつ安全な無線通信システムが注目されている。その有望な選択肢の一つである物理層セキュリティの原理を概説する：正規の受信者と傍聴者の通信容量をそれぞれ C_B, C_E [bps/Hz] とする。(非負の)通信容量差 $C_S = C_B - C_E$ が有意となる帯域 B_W の通信路において、 $C_E < R/B_W < C_B$ を満たすレート R [bps] で情報伝送することで正規の受信者のみへ秘密を正しく届けることができる[1]。シャノン理論によれば、傍聴者は人工知能等いかなる計算手段を駆使しても漏洩情報から秘密を特定できない。この情報理論的安全性を達成しうる伝送法は、チャンネル推定[2,3]、空間プリコーディング、Artificial Noise (AN) 伝送、適応レート伝送[1]といった要素技術を統合して実現されることが期待されている。

2. 研究成果 1：セキュア伝送系の試作開発

本研究では、これまで理論的に検討してきたセキュア伝送アルゴリズムの実検証を目指し、ソフトウェア無線機を用いた予備実験に取り組んだ。具体的には、2台の USRP B210 により構成された 2x2 MIMO 伝送系において、1 [Kbps] のスループットではあるがセキュア伝送に成功した。

しかし、実デバイスでの試作開発を通じ、無線信号の同期、SDR 装置とホスト PC 間の I/F データの同期、および、限られた H/W リソース上でリアルタイム処理を実現するための計算量の問題、といった高速伝送を実装する上での新たな課題が明らかになった。

3. 研究成果 2：IoT 系でのセキュア伝送を想定した軽量アルゴリズムの提案[1]

セキュア伝送を高精度に実現するためには、上記の研究背景にて概説したとおり、AN 伝送の電力比と通信容量に応じた伝送レートを適切に調整

する必要がある。これは、[1]で述べたとおり、秘匿容量 C_S と最大送信電力により制約された凸最適化問題として形式化される。一般的に、制約付き凸最適化問題はバリア法により解くことができる。しかし、H/W リソースが制限された IoT 機器においては、数値微分を多用したバリア法が必ずしも実行できるとは限らない。

そこで、本研究は、当該最適化問題の演算量削減にも取り組んだ。具体的には、キャッシュ付き 2 分法による高速アルゴリズムを提案した。提案法は、適応レート選択問題における最適解の探索時に解近傍での再計算回数を抑え、全 SNR 領域に渡って一定の演算量で最適なスループットでのセキュア伝送が実現できる。

4. 今後の展望

今後は、予備実験により構築した実験系の I/F データ同期の問題を改善し、伝送レートの向上を図る。また、[1]で示した計算機シミュレーション結果をもとに適応変調を利用するなど、更に安全性を高めた物理層セキュリティ技術を実検証していく予定である。

発表論文

[1] Y. Takano, H.-J. Su, Y. Shiraishi and M. Morii, "A Cache-Aided Power Optimization Technique for Adaptive Secure Transmission Systems," IEEE PIMRC 2022, pp. 1122-1127.

[2] Y.-T. Hou, H.-J. Su and Y. Takano, "Blind Channel Estimation for Millimeter Wave Uplink Systems with Unknown Number of Users," IEEE PIMRC 2022, pp. 445-450

[3] Y.-C. Jiu, H.-J. Su and Y. Takano, "Enhanced Multiple Angles-of-Arrival Detection Using Non-uniform Sub-connection in Hybrid Beamforming Systems," IEEE Globecom '22 Workshop-6GComm.

A Preliminary Experiment for Implementing Physical Layer Security in IoT Networks

Yasuhiro Takano

Associate Professor, Chitose Institute of Science and Technology

1. Introduction:

With the growth of IoT networks, lightweight and secure wireless communication systems are in the limelight. Physical layer security, one of the most promising options for the lightweight solution, can be summarized as follows: let C_B and C_E [bps/Hz] be channel capacities for legitimate and eavesdropping receivers, respectively. A transmitter can deliver secrets to the legitimate receiver with a rate R [bps] satisfying $C_E < R/B_W < C_B$ [1] in channels that achieve a positive residual $C_S = C_B - C_E$ over the bandwidth B_W . According to Shannon theory, eavesdropper cannot obtain the secret correctly from the leaked information even by using AI nor any powerful computing methods. The interested methods being able to achieve information theoretic security is composed by integrating channel estimation [2,3], spatial precoding, artificial noise (AN) transmission and adaptive transmission techniques.

2. A Prototype Development of Secure Tx System:

In this subproject, under the aim at real verifications for theoretically studied algorithms, we have conducted preliminary experiments of secure Tx by using software defined radios (SDRs). Specifically, we have been succeeded to perform secure Tx with a throughput of 1 [Kbps] in a 2x2 MIMO system composed of two USRP B210, However, some new problems are arose such as synchronization of radio signals, synchronization between an SDR device and the host PC, and complexity problems needed to overcome to implement the real-time processing.

3. A New Light Weight Secure Tx for IoT systems:

As mentioned above, the optimization problem to determine AN power ratio and Tx rate is a key to

successfully perform secure Tx. It can be formulated as a convex optimization problem [1] regularized with secrecy capacity C_S and the maximum power constraint. In general, such the regularized convex optimization problem may be solved by using the barrier method. However, the method heavily using numerical differential cannot always performed in IoT devices with limited H/W resources. Hence, we have proposed a new lightweight algorithm using the bisection aided with cache buffers. The proposed algorithm can, in the entire SNR regimes, perform secure Tx achieving the optimal throughput even with a constant computational complexity by decreasing re-computations in the neighbors around the optimums.

4. Future Works:

It is planned to further verify theoretically studied algorithms while improving the prototype SDR systems in terms of synchronization issues.

Published Papers:

[1] Y. Takano, H.-J. Su, Y. Shiraishi and M. Morii, "A Cache-Aided Power Optimization Technique for Adaptive Secure Transmission Systems," IEEE PIMRC 2022.

[2] Y.-T. Hou, H.-J. Su and Y. Takano, "Blind Channel Estimation for Millimeter Wave Uplink Systems with Unknown Number of Users," IEEE PIMRC 2022.

[3] Y.-C. Jiu, H.-J. Su and Y. Takano, "Enhanced Multiple Angles-of-Arrival Detection Using Non-uniform Sub-connection in Hybrid Beamforming Systems," IEEE Globecom '22 Workshop-6GComm.

環境電磁波利用型フルパッシブ人体通信

村松 大陸

電気通信大学 大学院 情報理工学研究科 准教授

例えば日常のヘルスケアでは、生体信号センサ等のウェアラブル機器を常に装着し、スマートフォン等へ取得した情報を適宜送信することが重要である。このため、機器の常時動作や充電回数の低減が利便性に直結する。一方、ウェアラブル機器は小型軽量が望ましく、搭載可能なバッテリー容量が限定されるジレンマが生じる。この問題を解決するために、環境に存在する光や熱、振動といった各種エネルギー源から電力を取り出して省電力なセンサ類の電源として利用するエナジーハーベ스팅が注目されている。我々が特に注目しているのは、環境に存在する様々な電磁波をアンテナにより回収し整流することでエネルギー源とする方式である。しかし、小型なウェアラブル機器に搭載できるアンテナでは、限られた周波数帯域において微弱な電力しか回収できないことが大きな課題となっている。本研究の目的は、導電性誘電体である人体をアンテナ素子とみなし、環境電磁波による発電量を最大化し、フルパッシブ、すなわち完全バッテリーレスの人体通信システムを実現することである。通常ウェアラブル機器に搭載可能なアンテナの利用周波数帯は、形状寸法の制約によりGHz帯付近である。一方で、環境電磁波の中でも電力密度が大きいのは数百MHz以下の帯域だが、これらを小型アンテナで効率よく受信することは一般には困難である。本研究では、アンテナの入力特性が人体近接・接触時に大きく変化することを利用し、MHz帯で共振可能なウェアラブルアンテナの試作を目指す。また、アンテナ試作に先駆けて、発電量増大に必要不可欠となるアンテナの入力インピーダンス特性について、実験と電磁界解析を併用して検討した。

まず、手首に装着したウェアラブルアンテナの

入力インピーダンスをFDTD法による電磁界解析により計算し、性別(で異なる組織構造)の影響および皮膚の水分状態の影響を1~100MHzの範囲で見積もった。さらに同一条件で被験者実験を行い、ユーザ個人差が入力インピーダンスに与える影響を同様の周波数範囲で見積もった。本結果を用い、ウェアラブルアンテナの入力インピーダンス特性モデル化をすすめている。さらに得られた特性に基づき、個人差に起因する入力インピーダンスの変動について、一例として電圧定在波比率(VSWR)を用いて評価した。VSWRは入力インピーダンス変動による信号反射量を評価する指標であり、0(反射なし=最良状態)~ ∞ (全反射=最悪状態)の値をとる。一般的なアンテナシステムではVSWR \leq 3が望ましいとされる。得られた入力特性からVSWRの周波数特性を算出した結果、個人差によって劣化するVSWRの最悪値は、1MHzにおいて男性被験者グループで2.87、女性被験者グループで2.03となった。また、5MHz以上の周波数では全被験者でVSWR \leq 2となった。この結果は、5MHzを超える周波数帯において、個人差を低減し入力インピーダンスを安定させることが可能であることを示している。以上の結果から、回収する空間電磁界の周波数を考慮することにより、ユーザ個人差に対してロバストな電力再生技術を実現可能と考えられる。この結果を受け、一例としてウェアラブルアンテナを試作した。本電極はフレキシブル基板と導体箔で構成され折り曲げが可能で、人体の様々な部位に密着して配置でき、さらに繰り返し使用も可能である。本アンテナの特性は今後さらに詳細に検討をすすめる予定である。

Full-Passive Human Body Communication Using Ambient Electromagnetic Waves

Dairoku Muramatsu

Associate Professor, The University of Electro-Communications

We are particularly interested in a method that uses electromagnetic waves in the environment as an energy source by collecting and rectifying them with an antenna. However, a significant challenge is that antennas mounted on small wearable devices can only collect weak power in a limited frequency band. This research aims to realize a full-passive, or battery-free, human body communication system by maximizing the amount of power generated by environmental electromagnetic waves, using the human body, which is a conductive dielectric, as an antenna element. In this research, we aim to develop a prototype wearable antenna that can resonate in the MHz band by taking advantage of the fact that the input characteristics of an antenna change significantly when it is close to or in contact with the human body. Prior to the fabrication of the prototype antenna, the input impedance characteristics of the antenna, which are essential for increasing the power generation, were investigated using a combination of experiments and electromagnetic field analysis.

The input impedance of the wearable antenna worn on the wrist was calculated by electromagnetic field analysis, and the effects of gender and skin moisture condition were estimated in the range of 1 to 100 MHz. Furthermore, we conducted subject experiments under the same conditions to estimate the effects of individual user differences on the input impedance in the same frequency range. Using these results, we are developing a model of the input impedance characteristics of the wearable antenna. Based on the obtained characteristics, we

evaluated the input impedance variation caused by individual differences using the voltage standing wave ratio (VSWR), which is an index to evaluate the amount of signal reflection caused by input impedance variation and takes values ranging from 0 (no reflection) to ∞ (total reflection). VSWR is an index that evaluates the amount of signal reflection due to input impedance variation. For general antenna systems, VSWR \leq 3 is desirable. The frequency response of VSWR was calculated from the obtained input characteristics, and the worst value of VSWR degraded by individual differences was 2.87 for the male subject group and 2.03 for the female subject group at 1 MHz. At frequencies above 5 MHz, VSWR \leq 2 was obtained for all subjects. These results indicate that it is possible to reduce individual differences and stabilize the input impedance in the frequency band above 5 MHz. These results suggest that it is possible to realize power regeneration technology that is robust to individual user differences by considering the frequency of the environmental electromagnetic field. Based on these results, a prototype wearable antenna was fabricated. This electrode consists of a flexible substrate and a conductive foil, which can be bent and placed in close contact with various parts of the human body, and can be used repeatedly.

電力効率の高いオンチップネットワークを目指した インメモリ・ルーティングについての研究

和 遠

慶應義塾大学 大学院 理工学研究科 特任講師

背景と目的

ムーアの法則の徐々に鈍化と消費電力の制限により、チップ上の部品の電力効率は、将来のコンピュータシステムにとって非常に重要な指標である。電力効率を追求するためには、データの移動などのオーバーヘッドに電力を費やすよりも、実際の作業（計算）を行うために電力を費やしたほうがよい。ただし、インターコネクットの消費電力は、計算の消費電力に比べて、半導体製造技術によるスケールリングが非常に緩やかである。トランジスタ数が増えると、オンチップネットワークの複雑さや規模が飛躍的に増大し、通信のオーバーヘッドや消費電力の増大につながり、電力効率や有用な仕事の量を悪化させてしまう。

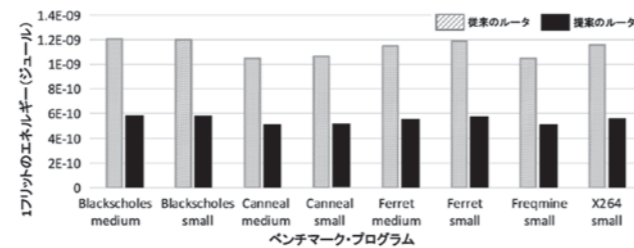
上記の問題に対処するためには、従来のルータの設計を見直す必要がある。電力効率が高いオンチップネットワークを実現するために、オンチップルータ内のクロスバスイッチ、アービトラータ、バッファなどのコンポーネントをメモリデバイスに置き換えることで、ルーティングではなく、ルータにトラフィックを保存と転送するという新しい概念を実現し、この概念を「インメモリ・ルーティング」と名付けることにした。

研究方法

以上の目的を達成するために、アーキテクチャシミュレーションによる性能検証を行った。具体的な方法は、シミュレータ (gem5・McPAT・CACTI) を用いて、提案のルータのサイクル精度な動作を評価し、電力と面積も推定した。上記のアプローチによる結果を従来のルータと比較し、インメモリ・ルーティングの利点を明らかにした。

結果と今後の展望

本提案では、アドレス指定可能なメモリブロックにより、アービトレーションやスイッチングに関連する多くの部品をルータから取り除くことができるため、従来のルータと比較して、消費電力を半分に削減することができた（下図をご参照ください）。これにより、汎用のマルチコアプロセッサでのデータの移動や、その上で動作するアプリケーションの電力効率にメリットをもたらした。



また、提案のインメモリ・ルータは、ほとんどがメモリデバイスに依存しているため、インメモリ処理に基づくアクセラレータで使用するのに非常に適しており、インメモリ・ルータを搭載したインメモリ処理に基づくアクセラレータの設計と実装が容易になる。従いまして、アクセラレータ内をより少ない消費電力でデータが移動し、多くの人工知能アプリケーションの電力効率の向上に貢献できると考えられる。

A Study on In-Memory Routing for Energy-Efficient On-Chip Networks

Yuan He

Specially Appointed Lecturer, Keio University

Background and Objectives

With the diminishing return from the Moore's Law and the limitation of power consumption, energy efficiency of components on a chip is a very important metric for future computer systems. In its pursuit, spending more power to perform the actual work (computation) is the key. However, the energy efficiency of interconnect is improved at a much slower pace in semiconductor manufacturing than the improvement of energy efficiency in computation. Therefore, as the number of transistors increases, the complexity and size of the on-chip network increase dramatically, leading to larger communication overhead, which exacerbates the energy efficiency and limits the amount of useful work done.

To address the above issues, the design of conventional on-chip routers needs to be re-considered. In order to achieve energy-efficient on-chip networks, components such as crossbar switches, arbitrators, and buffers in on-chip routers should be replaced with memory devices for simplicity, thus enabling a new concept of storing and forwarding traffic at the router, rather than routing it, and we therefore name it "in-memory routing".

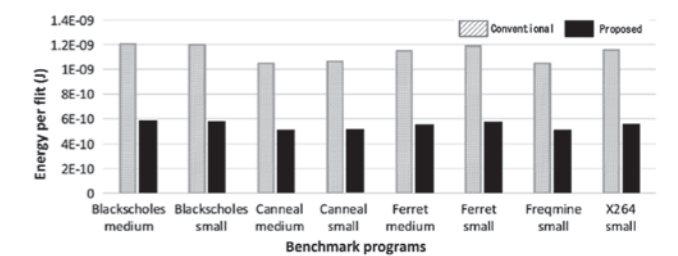
Research Methodology

To achieve the above objectives, performance evaluations through architectural simulation are conducted. Specifically, we evaluate cycle-accurate operations of the proposed router using simulators such as gem5, McPAT, and CACTI. We also estimate the power and area of this new router

design. The results from the above approaches are compared with conventional routers to identify the advantages of in-memory routing.

Results and Future Outlook

The proposed router design reduces energy since the addressable memory block allows many components related to arbitration and switching to be removed from the router. Specifically, energy consumption can be cut in half compared to the conventional router (see the figure below). This improves the energy efficiency of data movement in general-purpose multi-core processors and the applications that run on them.



In addition, the proposed in-memory router is very suitable for accelerators based on in-memory processing because it also relies mostly on memory devices. Thus, data can move through the accelerators with less power consumption, contributing to the energy efficiency of many artificial intelligence applications.

ビッグデータを用いた仮説生成過程を考慮した説明機能の研究

石川 博

東京都立大学 システムデザイン研究科 特別先導教授

仮説の解釈と説明の必要性

そもそもなぜ仮説の解釈が必要なのであろうか。一言でいえば、データ分析応用の当事者であるユーザ（ステークホルダ）に仮説を受容してもらうためである。繰り返しになるが、データ分析応用の当事者は分析者及び分野専門家、エンドユーザを含む。

つまり分析者や専門家は、仮説が中心的な役割を果たす分析応用全体（すなわちビッグデータ応用システム）が純粋に技術的に信頼に足るものかどうか判断する必要がある。さらに、サービスの提供者はそのような応用をサービスの享受者に理解させて、利用してもらうためにその説明責任を果たす必要がある。言い換えればサービスの享受者は、サービスの個別の決定を含む応用全般に関して説明を受ける権利（right to explanation）を有する。そのためには基本として仮説を解釈することが必須となる。

解釈のための手段

仮説を解釈するためには仮説を説明することが必要になる。基本的に説明の構造は、説明の対象と説明の行為からなる。ここではまず説明の対象に焦点を当てた解釈説明のアプローチについて述べる。

解釈説明の構成要素

説明の対象が以下のような基本的な構成要素から構成されることを明らかにした。

- ・ データの作成 (How to generate Data, how_d)
- ・ 仮説の作成 (How to generate Hypothesis, how_h)
- ・ 仮説の特徴 (What features of Hypothesis, what_h)
- ・ 仮説結果の理由 (Why for Hypothesis decision, why_h)
- ・ 生成方法の実行計画 How to Execute data/hypothesis, how_e)

説明機能は以下のように抽象度のレベルの違いで3つに大別できる。

- ・ 巨視的説明: 全体的説明で how_d how_h を含む。
- ・ 微視的説明: 仮説の詳細説明であり個別的説明であり, what_h why_h を含む。

- ・ 物理的説明: データ・仮説の生成に係る how_e を含む。これは開発のためのフレームワークであり, プログラミング言語 (PL) か SQL が提供される。

個別の仮説説明技術としては以下を対象とした。

- ・ モデル（仮説）から独立した解釈方法 LIME, SHAP, Partial Dependence Plot, Permutated Feature Importance, 反事実的 (counterfactual) 説明, その他

- ・ モデルに依存する解釈方法 Zscore 変換後の偏回帰係数 (重回帰), ハイパーパラメータの決定 (k-means), 非類似度に基づくクラスタのマージ (HAC のデンドログラム), 怠惰学習による判別の根拠 (knn), その他

- ・ その他の解釈方法 (可視化) 差分による仮説生成, 散布図 (回帰), その他

仮説の生成と解釈の道具としての SQL

さまざまな開発用フレームワークで提供される SQL-like な言語によってデータ操作を一度に記述できる場合が多い。基本的にデータ操作とは以下のようなものからなる。

- ・ 変換 (関数) データの変形
- ・ 条件 (検索) データに対するフィルタ

手続き的なプログラミング言語に対して, SQL 言語は非手続き的, あるいは宣言的と呼ばれ, どのようなデータが欲しいかを指定する。

- ・ SQL を利用できる場合の解釈は以下ようになる。
- ・ SQL コマンドそのものを説明の対象とする。
- ・ 中間テーブルを作り説明を分かりやすくする。つまりプログラミング言語に比べて, SQL 言語は分かりやすく, 仮説の生成と解釈の手段としてふさわしいと言える。

上記の解釈方法 (LIME, SHAP を除く) について SQL を用いた実装を行い, 説明構造を用いたアプローチの妥当性を確認できた。研究成果の一部は Springer Nature より単著として 2023 年出版予定である (仮題 *Hypothesis Generation and Interpretation*) 。

A Research on Explanation Based on Hypothesis Building with Big Data

Hiroshi Ishikawa

Distinguished Leading Professor, Tokyo Metropolitan University

Hypothesis Interpretation and Need for Explanation

Why is it necessary to interpret hypotheses in the first place? In a nutshell, this is to get users (stakeholders) involved in data analysis applications to accept the hypotheses. Participants in data analysis applications include analysts, domain experts, and end users.

In other words, analysts and experts need to judge whether the whole analytical application (that is, the big data application system) in which hypotheses play a central role is purely technically credible. In addition, service providers need to be accountable for service recipients to understand and use such applications. In other words, the recipient of the service has the right to explanation regarding the application as a whole, including the individual decision of the service. Therefore, it is essential to interpret the hypotheses as a basis.

Means of interpretation

In order to interpret a hypothesis, it is necessary to explain the hypothesis. Basically, the structure of explanation consists of the object of explanation and the act of explanation. Here, we first describe an approach to interpretive explanation that focuses on the object of explanation.

Components of Interpretation

We clarified that the subject of the explanation consists of the following basic components.

- ・ How to generate Data (how_d)
- ・ How to generate Hypothesis (how_h)
- ・ What features of Hypothesis (what_h)
- ・ Why for Hypothesis decision (why_h)
- ・ How to Execute data/hypothesis (how_e)

Explanation functions can be broadly classified into three categories according to the level of abstraction as follows.

- ・ Macroscopic explanation: including how_d and how_h in the overall explanation.
- ・ Microscopic explanation: A detailed and individual explanation of the hypothesis, including what_h and why_h.
- ・ Physical description: how_e related to data/hypothesis

generation. It is a framework for development and offers a programming language (PL) or SQL.

The following are targeted as individual hypothesis explanation techniques.

- ・ Method of interpretation independent of the model (hypothesis): LIME, SHAP, Partial Dependence Plot, Permutated Feature Importance, counterfactual explanation, etc.
- ・ Model-dependent interpretation methods: Partial regression coefficients after Z score transformation (multiple regression), determination of hyperparameters (k-means), cluster merging based on dissimilarity (HAC dendrogram), basis for discrimination by lazy learning (knn), etc.
- ・ Other interpretation methods (visualization): Hypothesis generation by difference, scatter plot (regression), etc.

SQL as a Tool for Hypothesis Generation and Interpretation

In many cases, data manipulation can be described all at once using SQL-like languages provided by various development frameworks. Data manipulation basically consists of:

- ・ Conversion (function) Data transformation
- ・ Conditions (search) Data filters

In contrast to *procedural* programming languages, the SQL language is called *nonprocedural*, or *declarative*, where you specify what kind of data you want.

If you can use SQL, the interpretation is as follows.

- ・ The SQL command itself is the subject of the explanation.
- ・ Created intermediate tables make the explanation easier to understand.

In other words, compared to programming languages, the SQL language is easy to understand and suitable as a means of generating and interpreting hypotheses. The above interpretation methods (excluding LIME and SHAP) were implemented using SQL, and the validity of the approach using the explanatory structures was confirmed. Part of the research results will be published by Springer Nature as a single-author book in 2023 (tentative title: Hypothesis Generation and Interpretation).

安価で安全な再生医療を拓く情報技術基盤の構築

濱野 桃子

九州工業大学 大学院情報工学研究院 助教

本研究では、iPS細胞のような未分化細胞を介さずに、すでに分化した細胞を別の種類の細胞へと直接変換するダイレクトリプログラミング(図1)を誘導する低分子化合物を予測する計算手法を開発した。

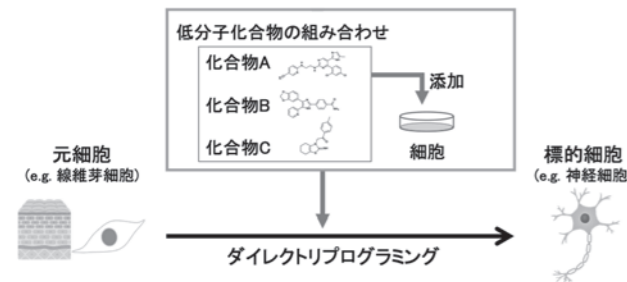


図1 低分子化合物を用いて細胞を別の種類の細胞へと直接変換するダイレクトリプログラミング

ダイレクトリプログラミングを誘導する低分子化合物の組み合わせを実験的に同定するのは、時間や実験コストの面から非常に困難なため、情報科学的な予測手法が切望されている。そこで、本提案手法では、ダイレクトリプログラミングを誘導する低分子化合物を予測する *in silico* 手法を開発した。まず、細胞が変換する分子メカニズムに着目し、変換する過程で重要な生物学的パスウェイを明らかにした。次いで、変換する過程で重要な生物学的パスウェイを制御する低分子化合物の最適な組み合わせを探索する最適化アルゴリズムを適用することで、ダイレクトリプログラミングを誘導する低分子化合物の新たな組み合わせを予測した。

提案手法を用いて、線維芽細胞から神経細胞や心筋細胞への直接変換を誘導する低分子化合物の組み合わせを予測した。その結果、神経細胞を誘導することが実験的に証明されている既知の4つの化合物の組み合わせに代わる低分子化合物として2つの化合物からなる新たな組み合わせが予測された。また、心筋細胞を誘導することが証明されている7つの既知の化合物の組み合わせに代わる低

分子化合物として4つの化合物からなる新たな組み合わせが予測された(図2)。予測のために用いた既知の化合物と新規に予測された化合物の間で化学的構造類似性は見られず、標的タンパク質も共通していなかった。このことから、提案手法は化学構造の類似性や標的タンパク質の共通性に依存しない新規な低分子化合物の組み合わせを予測できることが明らかになった。

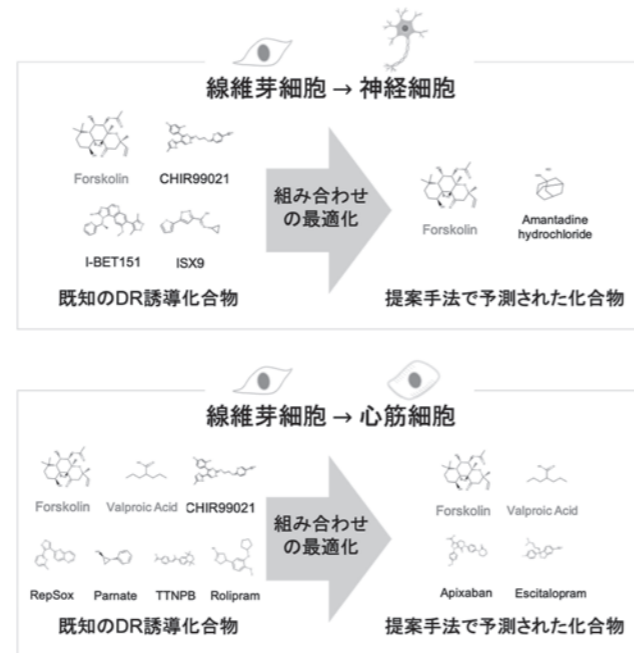


図2 提案手法を用いて予測された化合物の組み合わせの一例

提案手法により、ダイレクトリプログラミングを誘導する低分子化合物の新たな組み合わせを簡単に予測することができるようになった。また、ダイレクトリプログラミングを誘導する方法が転写因子のみしか報告されていない細胞種に対しても適用することができ、ダイレクトリプログラミングに必要な転写因子に代わる化合物を予測する応用も可能であり、今後の再生医療分野における細胞作製法の開発を促進することが期待される。

Construction of Information Technologies for Low-Cost and Safe Regenerative Medicine

Momoko Hamano

Assistant Professor, Kyushu Institute of Technology

This study proposed a computational method to predict the combination of small compounds that induce direct reprogramming, which directly converts from differentiated somatic cells into another type of cells, without bypassing induced pluripotent stem (iPS) cells.

Experimental identification of candidate compounds that induce direct reprogramming involves exhaustive screening, and it is costly and time-consuming. Therefore, the development of *in silico* prediction method to predict candidate compounds that induce direct reprogramming is needed. In this study, we developed an *in silico* method to predict the combination of small compounds that induce direct reprogramming. First, we focused on the molecular mechanisms of direct reprogramming, and identify the significant biological pathways in the process of direct reprogramming. By applying optimization algorithm to explore the best combination of small compounds that regulate the biological pathways in the process of direct reprogramming, we searched for the new candidate combinations of small compounds that induce direct reprogramming.

The proposed method predicted the combinations of small compounds that induce direct reprogramming from fibroblasts into neurons and cardiomyocytes. As a result, a new combination consisting of two small compounds was predicted as an alternative to the combination of four small compounds that were experimentally proven to induce neurons. In addition, a new combination consisting of four small compounds was predicted to replace the combination

of seven small compounds that were experimentally proven to induce cardiomyocytes. Chemical structural similarities and common target proteins were not detected between the experimentally proven small compounds and the predicted small compounds. This suggests that the proposed method can predict novel small compound combinations without depending on chemical structural similarity and target proteins. The proposed method enables prediction of novel combinations of small compounds that induce direct reprogramming. The proposed method can also be applied to various cell types for which direct reprogramming has been reported with only transcription factors. The method can help to replace transcription factors by small compounds for direct reprogramming. It is expected to facilitate the development of cell therapy in the field of regenerative medicine.

超高速・高精度な動作推定機能を有する筋電義手の開発

島 圭介

横浜国立大学 大学院 環境情報研究院 准教授

1. 研究背景・目的

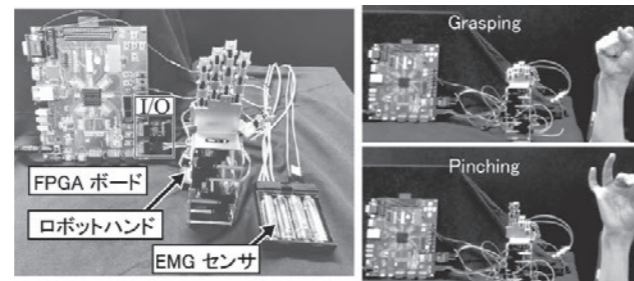
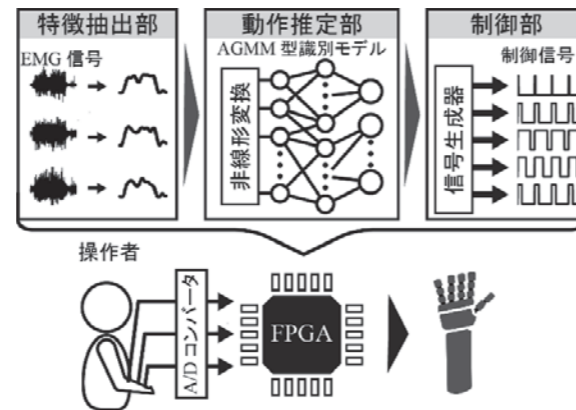
筋電義手やブレインマシンインターフェース等、障害者や高齢者の生活を支援するためのインタフェースシステムが様々研究開発されている。また近年では PC の性能向上に伴って産業分野をはじめ様々な分野に人工知能の活用がなされている。しかしながら、義手やロボット、家電機器などのハードウェアに人工知能技術を導入する際には、装置の制約（使用できる回路の制約や実時間内で計算処理を終える必要があるなどの時間的制約）から比較的簡単な学習モデルや近似モデルを用いるしかなく、理論的に構築された高性能な識別技術を十分に適用することができないという根本的な問題が存在する。そこで本計画では、**①生体信号を高精度に識別する人工知能モデル**と、モデルに基づく**②小型・高速な人工知能チップの実現**、ならびに**③それを搭載した組み込みシステム**の開発を目指して研究を実施した。

2. 開発したシステム

図に開発したロボットハンド制御システムの概略図を示す。システム全体は FPGA（Field Programmable Gate Array）上に実装しており、小型機器等に組み込み可能である。

提案法では、 D 対の電極より取得した EMG 信号から各チャンネルの特徴を抽出する。取得した EMG 信号を A/D 変換し、全波整流を行った後、ローパスフィルタで平滑化を行う。そして全チャンネルの和が 1 となるように正規化したものを特徴ベクトルとし、確率ニューラルネットに入力する。

動作推定には、新たに考案した近似混合正規分布モデル（AGMM）を内包する確率ニューラルネットを用いる。AGMM は GMM を構成するガウス分布を、2 のべき乗展開とテイラー展開によって多分割関数近似を行ったものである。AGMM における近似ガウス分布 N_{app} は次式で表す。



$$\alpha_{c,m} = \text{floor}(Kz_{c,m}), \beta = Kz_{c,m} - \alpha_{c,m}$$

$$N_{app}(\mathbf{x}; \boldsymbol{\mu}_{c,m}, \boldsymbol{\Sigma}_{c,m}) \approx A_{c,m} \frac{2^{\alpha_{c,m}} (\beta_{c,m} + 1)}{(2\pi)^{\frac{D}{2}} |\boldsymbol{\Sigma}_{c,m}|^{\frac{1}{2}}}$$

近似 GMM によるベイズ推定に基づき、あらかじめ学習させたクラス c に対する事後確率を求め、複雑なガウス分布に基づく演算をビットシフトと四則演算という極めて単純な演算で高速に実現することが可能である。

システムを FPGA に実装し、前腕の動作識別を行っている様子が図下部の写真である。このシステムでは、PC 上で実現する場合に比べて約 760 倍高速に動作し、前腕の動作を 99% を超える精度で識別できることが示された。なお、開発したハンドは切断者の断端部に取り付けることで筋電義手としての活用が期待される。今後は前腕切断者への適用を進める予定である。

発表文献

柏木, 迎田, 小宮山, 西原, 島: “FPGA 実装を指向した混合ガウス型識別モデルに基づく人間支援インタフェースの EMG 制御”, 第 40 回日本ロボット学会学術講演会予稿集, RSJ2022AC2H2-06, 2022

Development of a new Prosthetic hand with Ultrafast Motion Estimation

Keisuke Shima

Associate Professor, Yokohama National University

1. Introduction

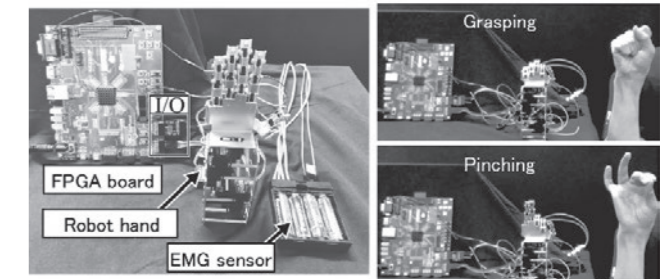
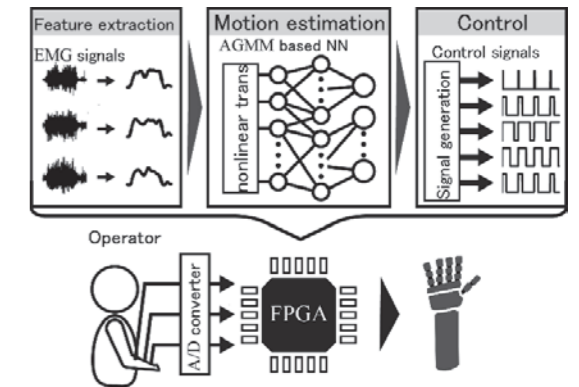
Various interface systems, such as myoelectric prosthetic hands and brain-machine interfaces, have been researched and developed to support the daily lives for people with physical disabilities. In recent years, artificial intelligence has been utilized in various hardware systems such as prosthetic hands and robots, and home appliances. However, since there are device limitations (limitations on the circuits that can be used and time constraints such as the need to complete calculations in realtime), there is no choice but to use a relatively simple learning model or approximate model.

This project therefore was carried out with aim of (1) propose an artificial intelligence model that can accurate classify the biosignals, (2) realize a new AI chip with smallsize and high-speed calculation abilities, and (3) develop an embedded system equipped based on the proposed AI chip.

2. Developed System

A schematic diagram of the developed robot hand control system is shown in the Figure. The proposed system is implemented on FPGA (field programmable gate array) and can be embedded in small devices. In the proposed method, the features of EMG signals measured via each channel of electrodes. EMG signals are A/D converted, full-wave rectified, and then smoothed via a low-pass filter. The feature vector is normalized so that the sum of all channels is 1, and is input to the probabilistic neural network.

For motion estimation, a novel probabilistic neural network including the approximate mixed normal distribution model (AGMM) is used. In AGMM, the Gaussian distribution is approximated by power of 2 expansion and Taylor expansion. Approximate Gaussian distribution N_{app} in AGMM is expressed by the following equation.



$$\alpha_{c,m} = \text{floor}(Kz_{c,m}), \beta = Kz_{c,m} - \alpha_{c,m}$$

$$N_{app}(\mathbf{x}; \boldsymbol{\mu}_{c,m}, \boldsymbol{\Sigma}_{c,m}) \approx A_{c,m} \frac{2^{\alpha_{c,m}} (\beta_{c,m} + 1)}{(2\pi)^{\frac{D}{2}} |\boldsymbol{\Sigma}_{c,m}|^{\frac{1}{2}}}$$

Based on Bayesian estimation by AGMM, the proposed neural network can estimate the posteriori probabilities for pretrained classes (i.e., hand motions such as hand grasping and opening) with extremely simple operations (bit shift and four arithmetic operations).

The figure also shows the system implemented on an FPGA and the scenes of motion estimation via FPGA. It was shown that this system operates about 760 times faster than the calculation by PC, and can discriminate forearm motions with an accuracy of over 99%. The developed robot hand is expected to be used as a prosthetic hand for the amputee. In the future, we plan to apply it to forearm amputees.

References

R. Kashiwagi, T. Mukaeda et al, “Human support interface based on the Approximated Gaussian Mixture Model for FPGA implementation”, RSJ2022, RSJ2022AC2H2-06, 2022

スタイル変換を用いた顔画像知覚暗号化システムの開発

鈴木 大三

筑波大学 システム情報系 准教授

1. 提案法

本研究では、SNS やテレビ通話での顔出しの際、第三者に自然な偽の顔画像を表示しながらも、当事者間では真の顔画像を共有できる顔画像知覚暗号化システムを開発する。一般的な暗号化では、モザイクやノイズで不自然な画像を表示することしかできない。提案法の概要は以下である (図 1):

- 1) 送信者: 暗号鍵を用いたスタイル変換で、真の顔画像から偽の顔画像を生成して送信する。
- 2) 受信者: 平文鍵を用いた逆変換で、受信した顔画像から真の顔画像へと復元する。
- 3) 第三者: 平文鍵のない場合は 1) の偽の顔画像、または異なる平文鍵を持つ場合は 1) や 2) と異なる偽の顔画像を生成する。

“スタイル変換”とは、敵対的生成ネットワーク (GAN) の生成器を用いて、2枚の画像のそれぞれの潜在変数を入れ替えることで、両方の特徴をもつ新たな画像を生成する技術である。また、より高精度な (近似) 画像生成のための潜在変数を推定する GAN 反転という技術があり、これも利用する。

2. 実験

本研究では、スタイル変換の代表的な手法として StyleGAN2 を選び、また GAN 反転の代表的な手法として pixel2Style2pixel (pSp) や HyperStyle を利用した。StyleGAN2 では事前学習済みモデルを使用し、pSp や HyperStyle では FFHQ データセットから IndexNet で前景と背景を分離 (マッティング) した 7 万枚の顔画像を用いて学習した。実際のスタイル変換の実験では、著者らが撮影した実画像を、アラインメント (目と口の位置を画像間で揃える) 処理を施してから使用した。平文鍵画像には同一人物の別の表情の画像を用いた。

実験より、暗号化画像は真の画像から劣化、また平文化画像は劣化があるもののある程度復元し、

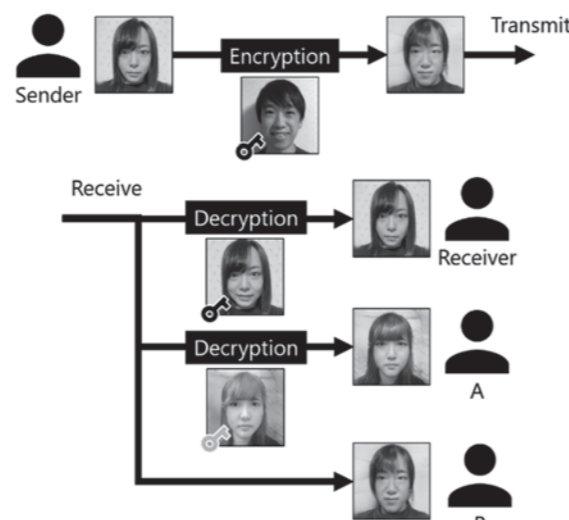


図 1. 提案法: (上) 送信側, (下) 受信側.

提案法による知覚劣化 (暗号化) および再構成 (平文化) を確認できた。平文化の性能は平文鍵画像によるところも大きい。また提案法では、真の画像から潜在変数空間への変換を一度経由する必要がある、その変換が非可逆であるが故の問題を抱えている。潜在変数空間を経由しない画像を実世界画像、潜在変数から生成した画像を近似画像と名付けるとすると、たとえ最終的な平文化画像を近似画像まで復元できたとしても、その画像を真の画像を実世界画像に復元することは、現状の技術では完全とはいえない。

3. まとめ

本研究では、第三者に自然な偽の顔画像を表示しながらも当事者間では真の顔画像を共有できる顔画像知覚暗号化システムを提案した。スタイル変換技術に GAN 反転技術を組み込むことで、より高精度な近似画像の復元を実証した。しかしながら、平文化や近似の精度向上が技術課題として残る。また、より実用的なシステムを考慮して、高速化や映像への対応なども必要である。

Development of Face Image Perceptual Encryption System with Style Transfer

Taizo Suzuki

Associate Professor, University of Tsukuba

1. Proposed Method

This study develops a face image perceptual encryption system that can view a natural fake face image for a third party when showing a face in an SNS or a TV chat, while the true face image can be shared between the parties concerned. The outline of the proposed method is as follows (Figure 1):

- 1) Sender: Generates a fake face image using a style transfer with an encryption key from a true face image and transmits it.
- 2) Receiver: Recovers the true face image using an inverse transfer with a plaintext key from the received fake face image.
- 3) Third party: Directly views the fake face image in 1) if the third party does not have the plaintext key, or generates a different fake face image if the third party has a different plaintext key.

“Style transfer” is a technique that uses generators of adversarial generative networks (GANs) to generate new images with both features by swapping the latent variables in each of the two images. We also use a technique called GAN inversion to estimate latent variables for more accurate (approximate) image generation.

2. Experiments

We chose StyleGAN2 as a representative style transformation method and pixel2Style2pixel (pSp) and HyperStyle as representative GAN inversion methods. We used a pre-trained StyleGAN2. The pSp and HyperStyle were trained on 70,000 face images from the FFHQ dataset that were separated to the foreground and background using IndexNet. In the actual style transfer experiments, we used the real images taken by us, which were aligned the position of the eyes and mouth between images. We used an image of the same person with a different facial expression as the plaintext key. Experimental results show that the encrypted images were degraded from the true image, and the plaintext images were degraded but recovered to some extent, confirming the perceptual degradation

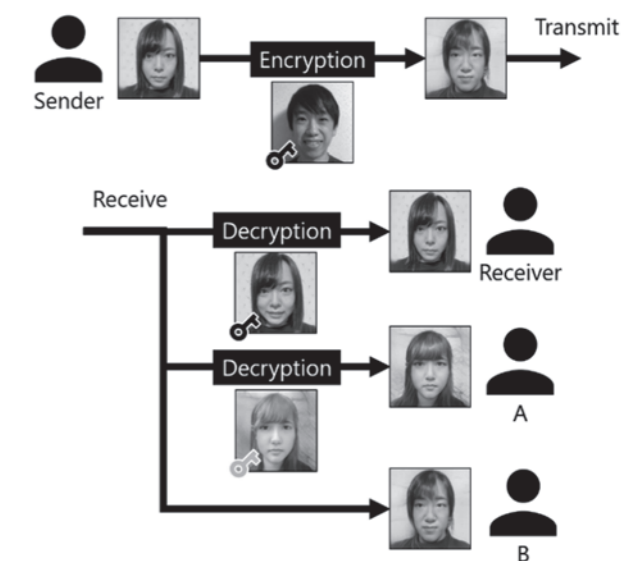


Figure 1. Proposed method: (top) sender and (bottom) receiver.

(encryption) and reconstruction (decryption) by the proposed method. In addition, although the proposed method requires a one-time transform from the true image to latent variable space, the transform is problematic because it is irreversible. Assuming that the image without going through the latent variable space is called the real-world image and the image generated from the latent variables is called the approximate image, even if the final plaintext image can be restored to the approximate image, the restoration of the true image to the real-world image is not perfect with current technology.

3. Conclusion

In this study, we proposed a face image perceptual encryption system that views a natural fake face image to a third party but allows the parties concerned to share a true face image. By incorporating the GAN inversion into the style transfer, we demonstrated that the system could recover the approximate images with higher accuracy. However, technical issues remain to improve the accuracies of decryption and approximation. In addition, higher speed and support for video images are also needed to make the system more practical.

匂い分子情報のサイバーフィジカルシステム展開

柳田 剛

九州大学 先端物質化学研究所 教授

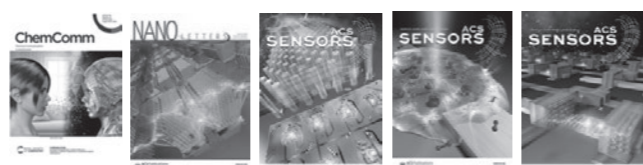
本研究では、現状のサイバーフィジカルシステム (CPS) で主流である物理情報 (音「聴覚」、画像「視覚」等) と本来は相補的な情報となるべき「匂い分子」「嗅覚」の化学情報をサイバーフィジカルシステムに展開させるための学術基盤を構築することを目的とする。CPS において、聴覚情報、視覚情報に比べて化学的な嗅覚情報が大きく立ち遅れている本質的な要因として、自然の嗅覚機能がセンシングしている匂い分子の情報が多成分 (少なくとも数万種類) がかつ希薄 (ppt-ppm) であることが挙げられる。センシングされた時系列データをフーリエ変換により周波数データへと変換することでほぼ全ての情報を網羅的に把握できる聴覚 (音波)・視覚 (光波) 情報との大きな違いである。本研究調査では、次節で説明する手法を用いて本課題の解決の糸口となる学術基盤を構築することを目的とする。

既存の人工嗅覚センサの物理的・化学的な脆弱性は、その適用環境、信頼性や連続計測を介したインフォマティクス応用を著しく制限している本質的な問題である。匂いを構成する分子群の多様性 (分子情報の多様性) の起源を紐解けば、酸化還元に基づく検出が可能である極性官能基の種類のみならず、化学的に不活性な非極性 CH 骨格の構造異性体の数や分子量がその多様性の本質であることは明白である。例えば、匂いの代表的な C₆-1₂ 化合物では、構造異性体/官能基の種類比は 2700 程度にまで達する。本研究では、この人工嗅覚デバイスのボトルネック課題に対して、空間選択的な結晶成長技術に基づいて、熱的・化学的に堅牢であるが、分子骨格 (構造異性体) や分子量 (炭素 1 個) を精密に認識する新しいナノ酸化物界面材料を創製し、それらの新しい分子認識材料を集積化センサへと展開するアプローチを試みた。一連の検討から、従来はその相互作用が小さく無視できると考えられてきた分子骨格中の非極

性部位 (メチル基、メチレン基) とナノ固体材料表面の空間的な多点相互作用が、堅牢な分子認識機能を設計する上で極めて重要な役割を果たすことが実験的・理論的に明らかになってきた。これは、極めて高い分子認識能を有する嗅覚受容体を実現している空間的な多点相互作用を介した生体機能を固い材料系で部分的に模倣したことに相当する。この新しい分子認識材料界面を更に精微に設計するには、表面における揮発性分子群の複雑な挙動・化学反応を分子レベルで計測・理解する必要がある。GCMS、QCM、p-MAIRS 等の分析と更にマイクロな描像を与える量子化学計算・分子動力学計算を駆使した統合的な解析が材料設計には必要不可欠である。更に、測定対象の実過酷環境下で、どのような分子種がどのような濃度で混合分子群として匂いを形成しているかを GCMS で予め計測・解析し、それらのデータ特徴量の機械学習解析に基づいて分子認識界面材料を設計することが可能になる。極めて希薄な揮発性分子群に対する感度を担保するために、全ての機能をセンサ材料に要求するのではなく、分子選択的な分子補足・濃縮部と電流検出部位をデバイス内で空間分離することにより、センサ感度と堅牢性を両立する材料設計が可能になる。

関連発表論文

1. *Chemical Communications*, **58**, 6377 (2022). **Selected as Cover**
2. *Nano Letters*, **22**, 2569 (2022). **Selected as Cover**
3. *ACS Sensors*, **7**, 534 (2022). **Selected as Cover**
4. *ACS Sensors*, **7**, 2, 460-468 (2022). **Selected as Cover**
5. *ACS Sensors*, **7**, 151 (2022). **Selected as Cover**



Cyber-Physical System of Smell Molecular Information

Takeshi Yanagida

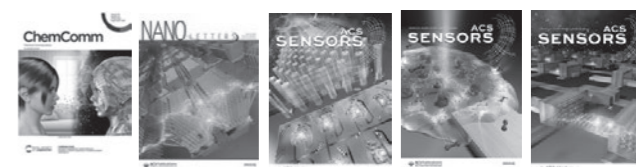
Professor, Kyushu University

In this research, "chemical information of odor molecules "sense of smell", which should be complementary information to the physical information (sound "auditory", image "visual", etc.) that is the mainstream in the current cyber-physical system (CPS). The physical and chemical fragility of existing artificial olfactory sensors is an essential problem that significantly limits their application environment, reliability, and informatics applications through continuous measurement. If we unravel the origin of the polymorphism of the molecular groups that make up odors (diversity of molecular information), we can find not only the types of polar functional groups that can be detected based on oxidation-reduction, but also chemically inert non-polar CH. It is clear that the number and molecular weight of structural isomers of the skeleton are the essence of the diversity. For example, in typical C₆-1₂ compounds of odors, the structural isomer/functional group type ratio reaches up to about 2,700. In this research, to solve the bottleneck problem of this artificial olfactory device, based on the spatially selective crystal growth technology, although it is thermally and chemically robust, the molecular skeleton (structural isomer) and molecular weight (carbon 1 We have created new nano-oxide interfacial materials that precisely recognize individual, and attempted an approach to develop these new molecular recognition materials into integrated sensors. Through a series of studies, it was found that spatial multi-point interactions between non-polar sites (methyl groups, methylene groups) in the molecular skeleton and the surface of nanosolid materials, which were previously thought to be small and negligible, are robust. It has been experimentally and theoretically clarified that it plays an extremely important role in designing molecular recognition functions. This is equivalent to partially

mimicking biological functions mediated by spatial multipoint interactions realized by olfactory receptors, which have extremely high molecular recognition ability, in a rigid material system. In order to design this new molecular recognition material interface more precisely, it is necessary to measure and understand the complex behavior and chemical reactions of volatile molecule groups on the surface at the molecular level. Integrated analysis using quantum chemical calculations and molecular dynamics calculations that give a more microscopic picture is essential for material design. In addition, under the actual harsh environment of the measurement target, what kind of molecular species and at what concentration form the odor as a mixed molecule group is measured and analyzed in advance by GCMS, and machine learning analysis is performed on the data feature values. It becomes possible to design a molecular recognition interface material based on In order to ensure sensitivity to extremely dilute volatile molecule groups, instead of requiring all functions in the sensor material, by spatially separating the molecule-selective molecule capture/enrichment part and the current detection part in the device, material design that achieves both sensor sensitivity and robustness becomes possible.

Publications

1. *Chemical Communications*, **58**, 6377 (2022). **Cover**
2. *Nano Letters*, **22**, 2569 (2022). **Selected as Cover**
3. *ACS Sensors*, **7**, 534 (2022). **Selected as Cover**
4. *ACS Sensors*, **7**, 2, 460-468 (2022). **Selected as Cover**
5. *ACS Sensors*, **7**, 151 (2022). **Selected as Cover**



多視点ビデオグラメトリを用いた 三次元経皮バイオセンシング法の開発

飯谷 健太

東京医科歯科大学 生体材料工学研究所 助教

当該期間に多視点撮像するカメラの映像を用いて身体のような三次元物体の表面における化学物質分布を測定するため、三次元表面に対して展開可能なバイオセンサ繊維を開発した。

生体計測ではセンサの選択性が重要であり、基質特異性の高い酵素などが分子認識素子として用いられる。これらのタンパク質は溶液中で用い、乾燥状態では機能低下する。他方、本研究が対象とする cm~m スケール観察領域のバイオセンシングでは対象範囲に均一・迅速にセンサ分子を展開する手法が必要であった。ここで課題となっている「バイオセンシング用のタンパク質の液相外での利用」および「センサ分子の広範囲への均一、迅速な展開」を解決する手段として高分子溶液を高電圧により微細繊維化する「エレクトロスピンニング（電界紡糸）」に着目した。

研究では原理実証にアルコール脱水素酵素および補酵素ニコチンアミドアデニンジヌクレオチド (NAD) に基づくエタノールガス検出系を用いた。本系では図 1A に示すようにエタノールを基質として、アセトアルデヒドと還元型 NAD(NADH) が生成される。この NADH は波長 340 nm の紫外光による励起により波長 460~490 nm の蛍光を生じる。すなわち、高分子溶液中に分散させた ADH および酸化型 NAD(NAD⁺) を電界紡糸法により繊維化することで、エタノールガス計測が可能である。電界紡糸では高分子溶液の射出過程で溶媒が揮発し、ポリマーおよび内容物が繊維状に成形されるため、作製された繊維は見かけ上乾燥している状態である(図 1B)。本研究では、材料に水溶性のポリビニルアルコールを用いることで繊維作製後に水を含ませるなどの操作なしに、内包した酵素活性を維持し、バイオセンサ繊維として利用できることを見出した。図 1C に示す実験系にてセンサ繊維を堆積させたメ

ッシュ材にエタノールガスを負荷するとエタノール量に応じて蛍光強度が変化した。電界紡糸に基づく本手法では電極の形状に依存せず、センサ繊維を任意の表面に密着させるように展開し、センサ面とすることが可能である。これを多視点ビデオグラメトリにて撮影することでバイオセンシングの新たな手法を提供できる。なお、ヒトを対象とする経皮バイオセンシングの前段階として、果物が発酵した際、果皮を介して放出するエタノールを計測した結果を論文誌に投稿中である。今後、本技術を基盤し、医療への応用研究を進めていく。

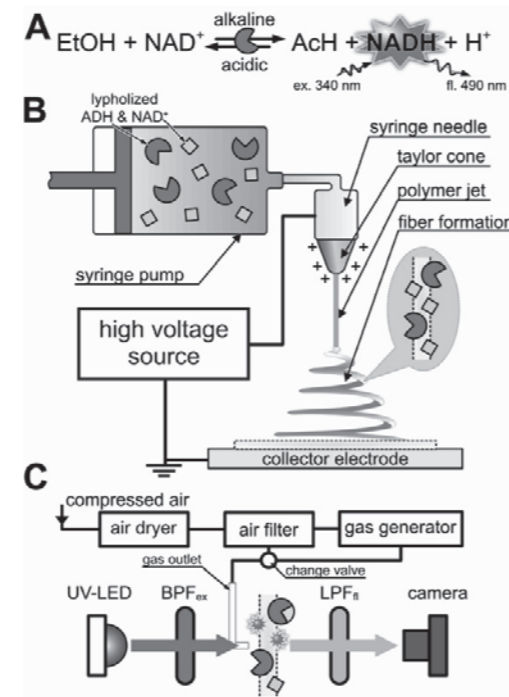


図 1 (A)エタノール反応系、(B)電界紡糸によるセンサ繊維作製系、(C)エタノールガス検出光学系 (Biosensors and Bioelectronics, Elsevier の許諾を得て一部改変して掲載) 1

参考文献

1. K. Iitani et al., *Biosens. Bioelectron.* **213**, 114453, 2022.

Development of Three Dimensional Transdermal Biosensing Method Based on Multi-Angle Videogrammetry

Kenta Iitani

Assistant professor, Tokyo Medical and Dental University

In this project, biosensing fibers that can be deployed on three-dimensional (3D) surfaces have been developed to measure the distribution of molecules on the surface of objects, such as the human body. By combining biosensing fiber mesh deployed surface and multi-angle imaging system, real-time 3D mapping of human-derived molecules would be possible.

Since the biological sample contains thousands of different molecules, the sensor's selectivity is critical. Enzymes with high substrate specificity are promising to develop sensors for biological measurements. Enzymes are usually used in the liquid phase, and their functions are reduced in the dried state. On the other hand, sensor molecules should be deployed uniformly and rapidly into the cm- to m-scale of an observation area for this study. Electrospinning in which a polymer solution is converted into fibers by high voltage was used in this study addressing those challenges.

For the proof of concept, the biofluorometric principle of ethanol was used as shown in Fig. 1A. In this reaction, NADH that has fluorescence (ex. 340 nm, em. 490 nm) was generated by alcohol dehydrogenase (ADH) with ethanol and NAD⁺. Therefore, ethanol gas measurement can be performed by forming ADH and NAD⁺ dispersed in polymer solution into fibers by the electrospinning method. Note that the biosensing fibers were dry after preparation because the solvent was volatilized during the electrospinning fiber formation (Fig. 1B). After investigation, enzyme activity can be maintained and used as biosensing fiber without any pretreatment such as adding water after fiber fabrication by using

water-soluble polyvinyl alcohol as the base material.

The change in fluorescence intensity was observed by applying gaseous ethanol to mesh formed with biosensing fibers in the experimental system shown in Fig. 1C. The electrospun biosensing fibers can be deployed on any surface, independent of the shape of the electrode, to form a sensor surface. This can be captured by multi-angle videogrammetry to provide a new way of biosensing.

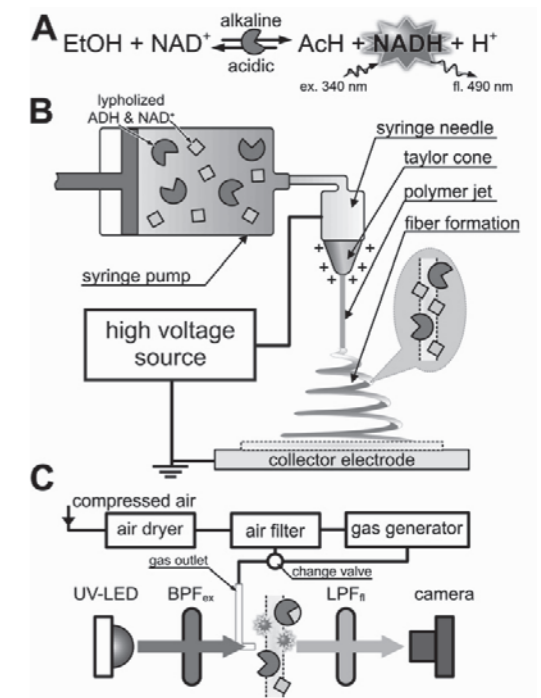


Fig. 1. (A) Detection principle of ethanol, (B) Fabrication setup for electrospun biosensing fibers (C) Experimental setup for gaseous ethanol imaging (Images are adapted with permission from Biosensors and Bioelectronics, Elsevier)

Reference

1. K. Iitani et al., *Biosens. Bioelectron.* **213**, 114453, 2022.

心拍検知に電力を必要としない脈爪変位バイタルセンサを サイバー空間へと導くための無線通信機能開発

井上 雄介

旭川医科大学 先進医工学研究センター 准教授

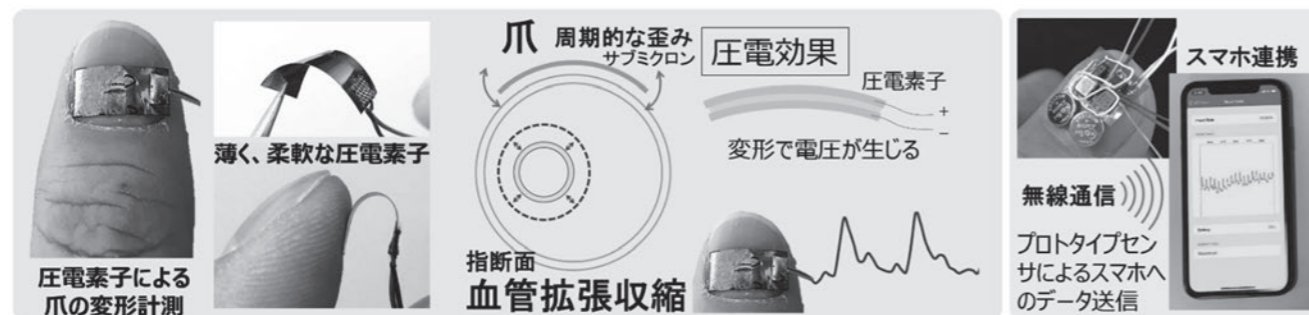
【背景】医療センサをサイバー空間へ接続するためには無線化と超低消費電力化は必須の課題である。これまで知られていなかった脈拍による爪変形という生理現象を基本原理として、その検知センサの開発と、有効性を無線通信によって取得して評価する研究であることにある。本提案デバイスを上市するためには、無線化・長寿命化に加え、個人差の定量と評価が必須の課題ではあるが、本提案デバイスは省電力性と生理学的発見において優れた優位性を有していると認識しており、上市して社会還元することが必須の課題であると考えている。

【目的】我々は爪の微小変形から心拍検知を可能にするセンサを開発している。市販の脈波センサはLED光を利用しており、消費電力が大きい。我々のセンサは血流による爪の微小変形を圧電素子によって検知することで、検知に電力を必要としないセンサとなる。また、爪は汗腺や神経がなくセンサを貼り付けても炎症や障害が起きることはない上に、装着感がなく常時センサを設置するのに最適な部位である。本研究では、これらの特徴があるセンサを上市するために、患者の命を守るためのデータを常に送信し続けることが可能な無線機能と、サイバー空間へと送信するシステムの構築を目的として行う。

【無線化】実証試験は有線で情報を取得してきた

が、実用化のためには無線化が必須である。心拍数と酸素飽和度の2系統を通信することとした。通信サンプリングレートをあげるほど、リアルタイムの情報を外部に伝達することが可能となるが、多くの電力を消費することとなる。爪上に配置可能な電力は少なく、背反条件となるが、バイタルの波形が最低限確認可能な10Hzでデータを送信することとした。下図右に示すように爪型センサからスマートフォンに心拍データを通信することに成功した。

【今後の展開】爪への固定に着目したウェアラブルセンサはこれまでに例がなく、本センサは装着感の無い心拍モニタリングデバイスを実現できる。在宅医療用モニタリングシステムのみならず、アスリートのためのトレーニングデバイスや一般向けの健康増進器具への応用が期待される。終末期の療養場所について60%以上の国民が自宅を希望している。この様な将来を見据え、在宅療養患者の急変にいち早く気づくことのできる遠隔モニタリングシステムの重要性は大きい。充電や交換が頻繁に行わなければならないセンサは、装着失敗や脱落のリスクがつきまとう。来年度はクラウドへのデータ転送を実施する予定で有り、センシングデバイス上市のための新たなアイデアに挑戦する。モニタリング端末への外部通信を含む通信機能を開発し、本システムの実現可能性を具体的に模索する。



Development of Power Generation Type Vital Sensor using Nail Deformation Synchronized with Heartbeat

Yusuke Inoue

Associate Professor, Asahikawa Medical University

【Background】Wireless technology and ultra-low power consumption are essential issues for connecting medical sensors to cyberspace. Based on the previously unknown physiological phenomenon of nail deformation due to pulse, the development of detection sensors and research to obtain and evaluate effectiveness through wireless communication. In order to bring the proposed device to market, it is essential to quantify and evaluate individual differences, in addition to making it wireless and extending its lifespan. We believe that it is essential to bring it to the market and give back to society. Commercially available pulse wave sensors use LED light and consume a large amount of power, but our sensor uses piezoelectric elements to detect minute deformation of the nail due to blood flow, so it does not require power for detection. In order to market sensors with these characteristics, we aim to build a wireless function that can continuously transmit data to protect the patient's life and a system that transmits it to cyberspace.

【Wireless】In the demonstration test, information was acquired by wire, but wireless is essential for practical use. We decided to communicate two systems, heart rate and oxygen saturation. As the communication sampling rate increases, real-time information can be transmitted to the outside, but

more power is consumed. The amount of power that can be placed on the nail is small, which is a contradictory condition, but we decided to transmit data at 10 Hz, which is the minimum at which the waveform of the vital signs can be confirmed. As shown in the right figure below, we succeeded in transmitting heartbeat data from the false nail sensor to the smartphone.

【Conclusion】There is no example of a wearable sensor that focuses on fixing to the nail, and this sensor can realize a heart rate monitoring device without feeling of wearing. It is expected to be applied not only to home medical monitoring systems, but also to training devices for athletes and general health promotion equipment. More than 60% of the people want to stay at home as a place of terminal illness. In anticipation of such a future, the importance of a remote monitoring system that can quickly notice sudden changes in home care patients is significant. Sensors that must be recharged and replaced frequently run the risk of mounting failures and falling off. Next fiscal year, we plan to transfer data to the cloud, and we will challenge new ideas to bring processing devices to market. We will develop a communication function including external communication to the monitoring terminal and specifically explore the feasibility of this system.



定量 MRI と機械学習による脳腫瘍の分子診断と可視化技術の開発

木下 学

旭川医科大学 脳神経外科学講座 教授

はじめに

本提案研究は、脳組織の画像化技術として世界で最も普及している MRI で、神経膠腫の分子遺伝学的情報と腫瘍組織の脳内での空間的分布を可視化することを目的とした。定量的 MRI (quantitative MRI: qMRI) は従来の MRI と異なり、直接組織内の T1 緩和時間と T2 緩和時間を測定し画像化する新しい技術であり、申請者がこれまでに培ってきた Radiomics という画像解析における深層学習技術を qMRI に応用することで、MRI から高精度に神経膠腫の脳内での空間的分布を可視化し分子遺伝学的異常を診断することを目的としていた。

研究方法

【神経膠腫の脳内空間的分布の可視化】

34 例の T1 ならびに T2 強調画像が撮像されている膠芽腫を研究対象とした。対象症例のうち 34 例全てにおいて qMRI とメチオニン PET を撮像した。T1 ならびに T2 強調画像から T1/T2 比画像という新規計算画像を再構成し、qMRI との相関性を検討した。メチオニン PET で可視化されるメチオニンの脳内集積度と腫瘍細胞密度は正相関するため、メチオニン集積度をサロゲートとして、腫瘍細胞密度と qMRI から得られる T1・T2 緩和時間ならびに T1/T2 比の相関関係を求め、機械学習の手法を用いて、T1・T2 緩和時間ならびに T1/T2 比から腫瘍細胞密度を逆算するアルゴリズムの開発を試みた。

【神経膠腫の IDH 遺伝子変異の診断】

155 例の T1 ならびに T2 強調画像が撮像されている画像上低悪性度が疑われる神経膠腫症例を研

究対象とした。総 155 例のうち、25 例は旭川医科大学で、29 例は大阪国際がんセンターで治療された症例で、101 例はデータベースが公開されている TCIA/TCGA の症例だった。155 例のうち 8 例で qMRI を撮像した。T1 ならびに T2 強調画像から T1/T2 比画像を再構成し、低悪性度神経膠腫における T1・T2 緩和時間と T1/T2 比の関係を求めた。次に T1/T2 比と腫瘍の IDH 遺伝子変異状態の関係を上記の 3 つのコホートで検証し、IDH 遺伝子変異を T1/T2 比から予測するアルゴリズムの構築を試みた。最後に、T1・T2 強調画像ならびに T1/T2 比画像の radiomics 解析を行い、機械学習による多変量解析手法の一つである t-SNE 解析で各コホート間での画像特徴量の差異を明らかにした。

結果

まず、神経膠腫の脳内空間的分布の可視化に関する検討では、qMRI で得られる T1・T2 緩和時間と T1/T2 比は膠芽腫の MRI 非造影部で良好な相関関係を示した。T1/T2 比画像から AUC=0.56 の精度で膠芽腫の MRI での非造影領域における腫瘍細胞高密度部と低密度部の弁別が可能であった。次に、神経膠腫の IDH 遺伝子変異の診断についての検討では、T1・T2 緩和時間と T1/T2 比は低悪性度神経膠腫でも良好な相関関係を示した。腫瘍部の T1/T2 比の平均値閾値を 0.666 として旭川医科大学と大阪国際がんセンターのコホートで IDH 遺伝子変異をそれぞれ感度 58.8%・特異度 87.5% ならびに感度 56.3%・特異度 69.2% で識別することができたが、TCGA/TCIA のコホートはこの診断精度を満たさなかった。Radiomics と t-SNE 解析の結果から、TCGA/TCIA コホートは他の 2 つのコホートと比較して、撮像されている MRI の画像特徴量が大きく異なることが明らかとなった。

Molecular Diagnosis and Visualization of Glioma Using Next-Generation Quantitative MRI Technology and Machine Learning

Manabu Kinoshita

Professor, Asahikawa Medical University

Introduction

The proposed study aimed to diagnose molecular characteristics and visualize the spatial distribution of glioma by MRI. Quantitative MRI (qMRI) is an MRI-driven method that allows direct measurement and visualization of the T1- and T2-relaxation time of the tissue in interest. We hypothesized that we could perform molecular diagnosis and tumor distribution visualization of gliomas by combining radiomics and qMRI.

Materials and Methods

a. Visualization of the spatial glioma distribution

Thirty-four glioblastoma patients whose T1- and T2 weighted image (WI), qMRI, and ¹¹C-methionine PET were available were included for analysis. T1WI/T2WI ratio map (rT1/T2 map), a novel image reconstruction method, was created by T1- and T2WI, followed by elucidating the correlation between the rT1/T2 map and qMRI. As the accumulation of ¹¹C-methionine positively correlates with glioma tumor cell density, the magnitude of ¹¹C-methionine was used as a surrogate marker to evaluate the reliability of rT1/T2 as a tumor infiltration marker. The correlation between ¹¹C-methionine accumulation and rT1/T2 was determined by using a machine-learning algorithm.

b. MRI-driven molecular diagnosis of glioma

One hundred and fifty-five radiologically suspected lower-grade gliomas whose T1- and

T2WI were available were included for analysis. Among the 155 cases analyzed, 25 were from Asahikawa Medical University Hospital (AMUH), 29 were from Osaka International Cancer Institute (OICI), and 101 were from the TCIA/TCGA dataset. qMRI was available in eight cases. The rT1/T2 map was reconstructed by T1- and T2WI, followed by an evaluation of the correlation between rT1/T2 values and IDH mutation status for lower-grade gliomas. A cut-off value of rT1/T2 to discriminate IDH mutation status was determined using the AMUH cohort, followed by validation using the OICI and TCIA/TCGA cohorts. Finally, the difference in image characteristics between T1WI, T2WI, and rT1/T2 map was evaluated using t-SNE, one of the machine learning algorithms for multivariate comparison.

Results

T1- and T2-relaxation time showed a good correlation with rT1/T2 value at glioblastoma's non-enhancing lesions. Tumor burden could be estimated by rT1/T2 map with an accuracy of AUC=0.56. Next, the cut-off value to discriminate IDH-wildtype from IDH-mutant tumors was determined to be 0.666, which was validated by the OICI cohort (sensitivity 58.8%, 56.3% and specificity 87.5%, 69.2%, respectively). The TCIA/TCGA cohort did not validate this. T-SNE analysis by radiomic features revealed that TCIA/TCGA cohort inherited a different image characteristic from the other two cohorts.

手術手技の能動的な視覚教示手法の開発と 低侵襲 VR 手術訓練への応用

田川 和義

愛知工科大学 工学部 教授

1. はじめに

仮想の熟練者があたかもその場に居て直接指導するかのよう VR 手術シミュレータの実現が求められている。本研究の目的は、熟練者の視覚的な暗黙知を効率良く伝承するための能動的な教示手法を開発し、低侵襲 VR 手術シミュレータに応用することである。ここで能動的訓練法とは、学習者が熟練者の付き添いのもと、ある程度は自由に動作できるような環境を再現した訓練法であり、熟練者の動きと大きく離れた場合のみ介入する手法を指す。

2. 提案手法

2.1 手の動きの能動的な教示法

我々は、力覚提示装置 PHANToM を使用した外装型力覚提示部を学習者の手の甲に装着し、熟練者の手の動きに近づくように能動的な教示を行う方法を提案している。本手法において学習者は、トレーニング開始からの経過時間における熟練者の手術器具先端位置を基準に、前後 d 秒における熟練者の手術器具先端位置からの距離が γ の空間内に限り、手術器具を自由に移動させることができる。もし、学習者の操作が上述の自由に動くことが可能な範囲内を越えると、範囲内に留ませようとする教示力を提示する。この手法を学習者の両手に適用し、低侵襲手術のいくつかの手技の教示に適用する。なお、次章の実験では、 $\gamma=10$ mm、 $d=0.5$ s と設定した。

2.2 視覚（視線）の能動的な教示法

自動車の運転に例えると、ドライバーは前方の車両や信号だけでなく、左右からの歩行者の飛び出し等にも注意を払う必要がある。同様に手術においても Calot 三角内だけでなく、周辺の臓器からの出血等にも注意を払う必要がある。このとき熟

練者は、視線をあえてあまり周りに動かさずに、周辺視にて効率良く周辺臓器の状態を確認している可能性があり、既に我々は予備実験によりその傾向を確認している。

そこで我々は、文字または音声を用いて学習者の視線傾向を熟練者の視線傾向に近づける手法を提案している。具体的には、視線計測装置から得られる学習者の注視点の深度が α 以下の状態が β 秒間以上継続した場合に学習者へ教示を行う。文字を利用した教示では、周囲への注意を促すメッセージ（時々遠目で周りを確認して下さい）を画面右下に表示する。音声を利用した教示では、周囲への注意を促す音声メッセージ（上と同様）を再生する。

3. 実験

提案手法の有効性を確認するため、提案手法を我々が開発中の低侵襲 VR 手術シミュレータに実装し、腹腔鏡下胆嚢摘出術の一部の工程の手技（胆嚢挙上と胆嚢管剥離、胆嚢管剥離時の手の動きの教示においては Sweeping method や Flipping method と呼ばれる両手手技も含む）の教示実験を行った。その結果、手の動きの教示においては、受動的教示よりも能動的教示の方が術具操作時のポインティング精度が高いことがわかった。視覚（視線）の教示においては、特に音声教示後において熟練者と同様に注視点の深度が深くなっており、その優位性が明らかとなった。

4. まとめ

本研究では、腹腔鏡下手術手技の訓練を支援するための 2 種類の教示法の提案と検証を行った。能動的な教示は、従来の自主的な繰り返し訓練と学習方法が近く、長期的な訓練効果の定着についても期待できると考えられる。今後は両手法の長期的な学習の定着性についても検証していきたい。

A Study of Visuo-Haptic Active Guidance Approach and its Application to Minimally Invasive VR Surgery Training System

Kazuyoshi Tagawa

Professor, Aichi University of Technology

1. Introduction

It is necessary to realize a virtual reality (VR) surgery simulator in which a virtual expert can directly instruct a novice. The purpose of this study is to develop active teaching methods for efficiently transferring the “knack” of the expert surgeon and apply it to a minimally invasive VR surgery simulator. Here active training method is used, where an environment where the novice can move with a certain degree of freedom reproduced, while being escorted by the expert surgeon who intervenes only when the movement deviates significantly from that of the expert surgeons.

2. Proposed Method

2.1 Active teaching method for hand movement

We propose a method in which a force feedback device, PHANToM, is attached to the back of the novice's hand and actively teaches the novice to use similar hand movements as those of the expert surgeon. In this method, the novice can freely move their surgical instrument only within the space γ from the tip position of the surgical instrument of the expert surgeon in the d s before and after the time passed since starting training. If the novice's operations exceed the range of free movement described above, a teaching force is applied to keep the novice within the range. We apply this technique to both of the novice's hands and to the teaching of several minimally invasive surgical procedures. In the experiments in the next section, we consider $\gamma = 10$ mm and $d = 0.5$ s.

2.2 Active teaching method for vision (gaze)

When driving a car, the driver needs to pay attention not only to the vehicle in front of him/her and to traffic signals, but also to the pedestrians jumping out from the left or right. Similarly, in surgery, it is necessary to pay attention not only to

bleeding in the Calot triangle but also to bleeding from surrounding organs. In this case, the expert surgeon may be able to check the condition of surrounding organs efficiently using peripheral vision without moving their eyes around too much, and this tendency has already been confirmed in our preliminary experiments.

Therefore, we propose a method to make the novice's gaze tendency closer to that of the expert using text or voice messages. Specifically, we provide instruction to the novice when the depth of the novice's gazing point obtained from the eye tracking device remains below α for more than β seconds. In the case of the text-based instruction, a message encouraging the novice to pay attention to his/her surroundings is displayed in the lower right corner of the screen. For the audio instruction, an audio message, similar to the above mentioned one, is played to remind the learner to be aware of his/her surroundings.

3. Experiment

To confirm the effectiveness of the proposed method, we implemented the proposed method into the minimally invasive VR surgery simulator, and conducted teaching experiments of some procedures involving laparoscopic cholecystectomy. The results showed that the pointing accuracy of the active hand movements was higher than that of the passive hand movements. In the visual (gaze) teaching, the depth of gazing point was deeper after voice teaching, similar to that of expert surgeons.

4. Summary

In this study, we proposed two types of teaching methods and confirmed the effectiveness of both methods. In the future, we would like to test the long-term retention of learning using both methods.

重度運動機能障害者による インターネット経由の意思伝達を支援する脳波 BMI の開発

長谷川 良平

産業技術総合研究所 人間情報インタラクション研究部門 上級主任研究員

【社会背景】

進行性の神経難病や脳血管障害などが原因で運動機能に重度な障害を呈する患者は、たとえ感覚機能や認知機能が正常であったとしても運動機能が極度に低下しまったために書字や発話などによる意思伝達が困難な場合がある。

このような患者のコミュニケーションを支援するため、本研究の代表者は脳波による意思伝達装置「ニューロコミュニケーター®」の実用化開発に取り組んできた(長谷川、電子情報通信学会論文誌 2012)。この装置は、簡便性の高いヘッドギアを装着した対象ユーザー(運動機能障がい者)が脳波をスイッチとして用い、ハンズフリーでメッセージ(介護の要望等を示した絵カード)を選択し、CG アバターの子役として表出できるシステムである。ただし、これまでの試作機による意思伝達の対象者は、システム制御用の PC に接続されたサブモニターを見られる同室の人々(家族やヘルパー)に限定されており、離れた相手と日常的なコミュニケーションができないことが課題となっていた。

そこで本研究では、重度障がい者でもインターネットを介して離れた相手と様々なメッセージのやり取りができるような高度化開発を実施した。

【開発内容】

本研究では以下に述べる3つのサブテーマに取り組んだ。

■サブテーマ①「汎用的メッセージデータベース(DB)の構築」・・・想定ユーザーが離れて生活する家族や友人とも一般的な「会話」ができるように、日常生活場面で使用頻度の高い様々な2階層64種類のメッセージDBを構築した。

■サブテーマ②「階層的メッセージ選択システム

の開発」・・・①で収集したメッセージを2階層で選択できるシステムを開発する(8カテゴリ→具体的な8つの選択肢を設ける)。その際、入力には障がい者用の脳波入力だけでなく、健常者用のタッチパネル式入力にも対応できるようにし、双方で同じシステム/DBを共有できるようにした。

■サブテーマ③「インターネットを介したメッセージ送受信環境の整備」・・・①と②で試作したDBとシステムを用い、二者間でのコミュニケーションをインターネット経由で行えるように固定IPアドレスを取得した2者間でのUDP通信によってメッセージを伝達できるようにした(図1)。



図1 インターネットを介した脳波による意思伝達

【今後の計画】

本研究の成果は、一般の人々にも普及しているSNSと同様、重度の患者さんが使って離れた相手に、かつ日常的な会話内容に関するコミュニケーションを行うことができる可能性を示すものである。もちろん、身の回りで必要な介護の要望などに関する意思伝達の支援も引き続きつつも、本システムで選択可能なメッセージのDBを拡張し、様々な社会的活動にも参加しやすくすることで、患者さんたちが自分たちの存在や生活の大変さを自分自身で情報発信したり、同じ境遇の患者さんや支援者とのネットワークを構築したりすることも容易となる。

Development of an EEG-Based BMI that Supports Communication of People with Severe Motor Deficits via Internet

Ryohei P. Hasegawa

Senior Principal Researcher, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

【Social Background】

Patients with severe impairment in motor function due to progressive neurological diseases or stroke may have difficulty speaking or writing, even if their sensory and cognitive functions are normal because their motor function has decreased significantly. In order to support their communication, the PI of this research has been working on the practical development of the Neurocommunicator®, a brainwaves/electroencephalography (EEG)-based communication device (Hasegawa, 2012). With this device, assumed users (people with motor impairment) who wear a highly convenient headgear utilize an EEG signal as a switch to select a message (picture card showing nursing care needs, etc.) hands-free, and the dialogue of a CG avatar is displayed. However, until now, the target audience for communication with prototypes has been limited to people in the same room (family members and helpers) who can see the sub-monitor connected to the system control PC. Therefore, this current prototype did not allow daily communication with remote partners. In this research, we carried out advanced development so that even people with severe disabilities can exchange various messages with remote partners via the Internet.

【Outcome】

In this research, we worked on the following three sub-themes.

■ Sub-theme 1. "Construction of a general-purpose message database (DB)": Various frequently used daily life situations will be created so that the assumed user can have a general "conversation" with family and friends who live far away. A 2-level message database with 64 types was constructed.

■ Sub-theme 2. "Development of a hierarchical message selection system": Develop a system that can select the messages collected in ① in two layers (8 categories → 8 specific options). At that time, the input is not only for the brain wave input for the disabled, but also for the touch panel input for the able-bodied, so that both can share the same system/DB.

■ Sub-theme 3. "Developing an environment for sending and receiving messages via the Internet": Using the DB and system prototyped in 1 and 2, a fixed IP address was obtained so that communication between the two could be carried out via the Internet. Messages can be transmitted by UDP communication between users (Fig. 1).



Fig. 1 EEG-based communication via the Internet

【Future Plan】

The results of this study indicate the possibility that severely ill patients can use SNS to communicate with people who are far away, and about the contents of daily conversations, just like SNS, which is popular among the general public. Of course, we will continue to support the communication of personal care needs, etc., while expanding the database of selectable messages in this system and making it easier for patients to participate in various social activities. It also makes it easier for patients to disseminate information about their existence and the difficulties of their lives, and to build networks with patients and supporters who are in the same situation.

Virtual Reality を用いた心肺蘇生法に対する 新規学修法の基盤の確立

安井 洋一

帝京大学 医学部 整形外科学講座 講師

【背景】

急変患者が常に発生し得る医療現場では職種を問わず質の高い心肺蘇生技術が求められる。しかし、永続的な知識・技術の維持は不可能であるため、定期的な研修が必要不可欠である。¹⁾

これまで心肺蘇生法の研修は、対面式で長時間おこなうことが標準的だったが、COVID-19 パンデミック下において従来の研修方法が実施し難く、有用な代替手段が求められている。

近年、Virtual reality (VR) を用いた心肺蘇生法研修の有用性が海外で報告され、対面式研修に劣らない効果があると報告されている。^{2,3)} しかし、本邦において臨床的に実用性のある心肺蘇生法 VR 研修ツールはない上、中長期的な研修効果に関しても明らかになっていなかった。

【目的】

本研究の目的は、実臨床に有用な心肺蘇生法 VR 研修ツールを開発すること、そしてその有用性を既存の対面式研修と比較する介入研究によって明らかにすることである。

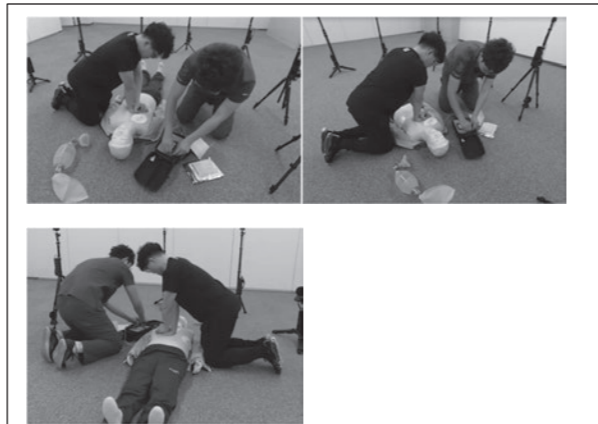
【方法】

<心肺蘇生法 VR 研修ツールの開発>

本学の医療スタッフ、学生だけでなく国内外の医療機関で幅広く利用できるよう、American Heart Association (AHA) の心肺蘇生法ガイドラインに沿った内容でシナリオを策定し、動画撮影、ナレーション収録をおこない VR 研修ツールを開発した。

<開発した心肺蘇生法 VR のコンテンツ一覧>

- ・ 院内における一次救命処置 (Basic Life Support: BLS)
- ・ 急変患者遭遇時の初期対応、アセスメント
- ・ 胸骨圧迫
- ・ AED の使用法
- ・ バッグバルブマスクを用いた人工呼吸 (一人法)
- ・ バッグバルブマスクを用いた人工呼吸 (二人法)



院内における一次救命処置 (Basic Life Support(BLS))

※現在 VR 動画は未公開のため、著作権の関係上配布資料に掲載できない。今後一般公開する予定である。

<介入研究>

試験デザインは、無作為化オープンラベル比較試験 (CONSORT2010 に準拠) とし、参加者は本学附属病院に所属する医師、看護師とする。

研究参加者を

- ① 対面式研修 (当日+1 か月後実技評価)
- ② 対面式研修 (当日+3 か月後実技評価)
- ③ VR 研修 (当日+1 か月後実技評価)
- ④ VR 研修 (当日+3 か月後実技評価)

の 4 群にランダムに分けて研修と実技評価をおこない、その評価点数から『心肺蘇生技術がいつまで定着しているのか?』を明らかにする。

【進捗状況】

COVID-19 の流行状況により本学内での介入研究が実施し難い状況が続いた。研究期間を延長しデータ収集をおこなう予定である。

<参考文献>

- 1 Anderson GS. *Scand J Trauma Resusc and Emer Med*. 2011
- 2 Hubail D. *AnnMed Surg(Lond)*. 2022
- 3 Nas J. *JAMA Cardiol*. 2020

Development of Novel Learning Modality for Cardiopulmonary Resuscitation Using Virtual Reality

Youichi Yasui

Senior Lecturer, Teikyo University School of Medicine

【Background】

Cardiopulmonary resuscitation (CPR) is a life-saving skill. In the hospital, any staff must have high-quality CPR skills, as sudden cardiac arrest in patients may occur at any time. Although CPR skills is a basic technique, it is impossible to maintain permanent knowledge and skills, so regular training is recommended.¹⁾ Traditionally, the standard training method of CPR has been a face-to-face, lengthy session; however, the COVID-19 pandemic has been disturbing the conventional training methods, which suggests the necessity of the alternative training method.

Recently, the usefulness of training in CPR using virtual reality (VR) has been reported overseas, and several studies have shown equivalent effectiveness as instructor-led face-to-face training.^{2,3)} However, there is no clinically practical VR training tool for CPR in Japan, and the medium- to the long-term effectiveness of training has not been clarified.

【Objective】

To develop a clinically useful VR training tool for CPR, and to determine its usefulness through an intervention study comparing it to existing face-to-face training.

【Methods】

<Development of a VR training tool for CPR>

A scenario was developed based on the American Heart Association (AHA) CPR guidelines, and video recording and narration were conducted to develop a VR training tool.

<The contents of the developed CPR VR>

- ・ Basic Life Support (BLS): Primary life support in the hospital
- ・ Initial response and assessment when encountering a patient with sudden cardiac arrest
- ・ Chest compressions
- ・ How to use an AED

- ・ Artificial respiration using a bag-valve mask (one-person method)
- ・ Artificial respiration using a bag-valve mask (two-person method)



<Randomized open-label trial>

The study design will be a randomized, open-label, controlled trial (in compliance with CONSORT 2010), and participants will be doctors and nurses working at the University Hospital.

Participants will be randomly divided into the following four groups for training and practical skill tests to determine the retention of CPR skills based on their scores.

- (1) Face-to-face training (on the day of the training and 1 months later)
- (2) Face-to-face training (on the day of the training and 3 months later)
- (3) VR training (on the day of the training and 1 months later)
- (4) VR training (on the day of the training and 3 months later)

【Progress】

The COVID-19 outbreak continued to make it difficult to conduct intervention research within our university hospital. We plan to extend the research period and collect data.

<References>

1. Anderson GS. *Scand J Trauma Resusc and Emer Med*. 2011
2. Hubail D. *AnnMed Surg (Lond)*. 2022
3. Nas J. *JAMA Cardiol*. 2020

リモートワークにおけるサイバーローフィング —リモートワークの効果性評価を目的として—

阿形 亜子

京都府立医科大学大学院 医学研究科 博士課程 4年

ここ 15 年程でインターネットの普及により、パソコンによる職務の遂行が一般的になった。またスマートフォンにより、手軽に個人がインターネットへのアクセスすることが可能である。それ以前の職務時間中のサボり行動は、席を離れるといった行動を伴っていたが、現代では他人の目に触れにくいインターネットを使ったサイバーローフィング（就業時間内に、私的なメールのやりとりやサイト閲覧するというような、インターネットの私的利用）という新しい形が出現した。サイバーローフィング（以下 CL）は企業にとって大きな損失をもたらす一方、手軽におこなうことが可能である。そして 2020 年のコロナウイルス流行発生以降、リモートワークにより自宅で単独で職務に従事する人が増加した。従来の社会的な手抜き（集団でのやる気の低下）研究によれば、自分の作業を評価する他者が周囲にいない環境は、モチベーションの低下や社会的逸脱行動の増加をもたらすことが明らかになっている。このことから、リモートワークは CL を行いやすい状況と考えられる。またコロナ禍の社会においてリモートワークの重要性が叫ばれていながら、より良いリモートワークに関して、どのような対策を取れば良いのか不透明な現状がある。本研究では CL の実態調査を通して、リモートワークの効果性についての知見を示すことを目的とした。

調査の結果、まず職場勤務での CL について行った阿形・釘原(2013)と比較すると、リモートワーク下では、出会い系サイトをみる、ブログを書く、アダルトサイトをみる、オンラインゲームをするといった周囲や企業にとって悪影響の大きいと思われるシビア CL の経験頻度が、対面に比べてリモートワーク下では約 10% も高いことが明らかとなった。

CL 項目を因子分析し、メール、SNS、情報・購買、シビア CL、サイバー外ローフィング（家事をする、子育てをする、飲酒といったインターネットを介しない職務怠慢行動）の 5 類型に分類し、分析を進めた。

ワークモチベーションは 5 因子いずれにおいても関連がなく、ヤストレス、職場の人間関係と関連があったのは、シビア CL のみであり、メール、SNS、サイバー外ローフィングでは関連はみられなかった。ストレスが高いほどシビア CL をおこなうこと、職場の人間関係に不満がある人ほどシビア CL をおこなうことが示された。これらの結果により、メールや SNS などのよく経験され、大多数が行いがちな CL が、職務怠慢行動との自覚がなく、息抜きとして捉えられている可能性が示唆される。また家事や子育てといった行動も同様である。これら経験頻度の多いローフィング行動は、ワークモチベーションの低下が原因ではないため、企業側がリモートワーク下での CL や家事・育児といった行動に従業員に控えて欲しいならば、禁止事項を明確にしルール化する必要があるといえる。そしてパーソナリティ項目(BigFive)において、誠実性が高いほどシビア CL を行わないことが示された。興味深いことに、リモートワークにより通勤時間が減少した人ほど CL・サイバー外ローフィングともに行いにくく、仕事の成果が上がったと認識していることも明らかとなった。これはリモートワークの意義を労働者自身がどのように捉えているかが、リモートワークでの生産性に大きく影響することを示している。

Cyber Loafing at Working Remotely at Home: Assessing the Effectiveness of Remotework

Ako Agata

Graduate Student, Kyoto Prefectural University of Medicine

Deviant behavior in the workplace has changed since the beginning of using computer for work. Before, workplace deviant behavior was more visible such as leaving the office. Nowadays, workers invisibly engage in it by internet. Companies suffer from this new type of the new type of workplace deviant behavior: cyberloafing – the use of the Internet by employees to access and send emails for non-workrelated purposes during work hours. Common use of cellphone made workers engage in cyberloafing more than before.

The COVID-19 pandemic has affected the way to work. Workplace changed from office to home. Remote work is getting common after the pandemic, however, it is still unknown that remote work is more effective than office work. Apparently, workers are likely to engage in cyberloafing than office because co-workers and supervisors are absent at remote work. Here, we explored the effectiveness of remote work by focusing on cyberloafing during remote work.

Our research revealed that severe cyberloafing such as using a dating app, managing a blog, and browsing pornographic website, increased by 10 percent at remote work, compared with at office work. Next, we categorized 30 cyberloafing

behaviors into 5 factors – Mail, SNS, information and shopping, severe cyberloafing, non-cyberloafing behavior (drinking alcohol, engaging in house work, caring kids).

Work motivation was not related to any factors. Stress, interpersonal relationships at work positively predicted only severe cyberloafing not mail, SNS, information and shopping, and non-cyberloafing behavior. Workers with stress or bad relationships with people at work were likely to engage in severe cyberloafing. The result suggests that common experienced cyberloafing such as mail, SNS, information and shopping, and non-cyberloafing behavior is not perceived as deviant behavior for remote workers. In Personality trait (Big Five), conscientiousness predicted severe cyberloafing as workers with conscientiousness are less likely to engage in severe cyberloafing, shown in the study of social loafing.

Interestingly, workers whose commute time decreased by the start of remote work reported that they got better work at remote work than office work and less likely to engage in cyberloafing. The result suggests that personal cognitive schema for remote work would affect the work effectiveness at remote work.

大量の書誌情報に基づく日本の学術トレンドの 世界からの遅れとその原因の解明

浅谷 公威

東京大学 大学院 工学系研究科 特任講師

科学のグローバル化と投資は、発表論文数だけでなく、高被引用度論文数においても国家間の格差を縮めている。中国はここ数十年、科学研究において大きな前進を遂げており、論文数やトップ論文数でもアメリカを上回りつつある。しかし、各分野の個別に見ると最先端と言える論文は特定の国に偏っていることが多く、各分野の最先端のトピックが国家間で均等になりつつあるとは言い難い。研究トピックの先進性は国家の研究戦略の重要なフォーカスであるものの、それを直接測る指標は存在しなかった。

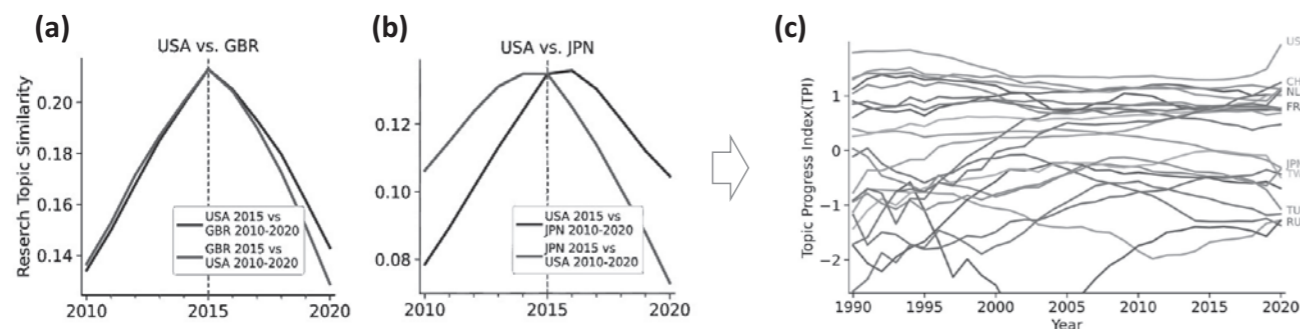
本研究では、論文の参考文献の時系列比較を用いて、国の研究テーマの進捗を定量的に評価した。ある国の論文における参考文献リストの集約はその研究テーマへの関与の全体像を表すと想定した。Scopus の 7100 万件の研究論文を用いて、国家間のペアの研究トピックに先行・後続の関係があることを確認した。例えば、日本は、米国と英国が過去に取り組んだ研究テーマと類似した研究テーマに取り組む傾向がある。図(a,b)はアメリカとイギリス/日本の研究トピックを 2015 年を基軸として時系列に比較したものである。アメリカとイギリスでは時間的な差異は観測されないが、日本の 2016 年以降の研究はアメリカの 2015 年の研究と

の類似度が高くなる傾向が分かる。

さらに、このような二国間比較を積み上げて Topic Progress Index (TPI) と定義した。この定量化により、欧米諸国とアジアの都市国家が、他国（日本や中国など）を研究トピックでリードしている傾向が長期にわたり継続していることを明らかにした（図 c）。

また、情報中心性が高い科学者（共著ネットワークにおける固有ベクトル中心性の高い科学者）が、研究テーマの進展の舵取りに重要な役割を果たすことを示した。情報中心性の高い研究者は、他の研究者が追随するような新しい研究テーマに取り組み、より頻繁に引用される可能性のあることが分かった。これらの情報中心性が高い科学者は欧米に多く、多くの国で情報中心性が高い科学者の割合が研究テーマの進展と相関していることが示された。これらの結果は、グローバル共著を促進する国家研究戦略、トップ科学者の採用、科学者の海外渡航と帰国を奨励する国家研究戦略を支持する。また、情報公開時代においても科学者の関係が科学の発展に寄与し続け、国家の科学への投資の失敗や成功を説明するものであることを示している。

本研究の成果は海外の学術誌で査読中である。



Quantifying and Investigating the Delay of Japanese Research Topics Using Large Bibliometrics Dataset

Kimitaka Asatani

Project Lecturer, The University of Tokyo

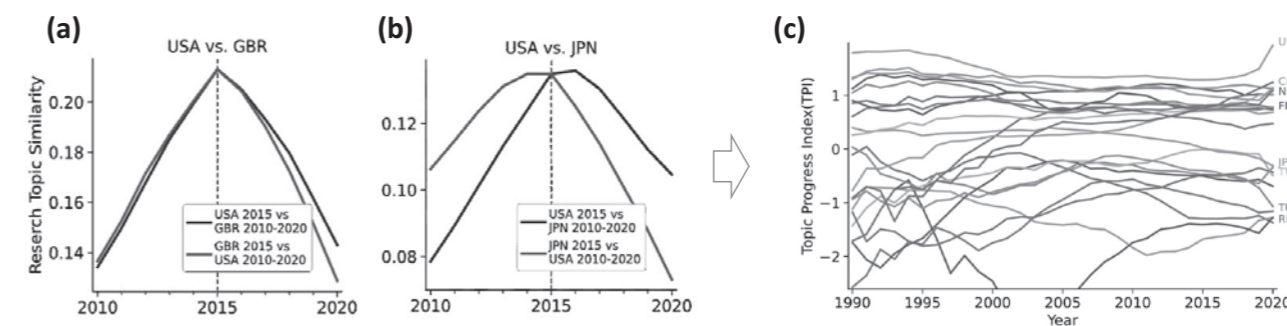
Globalization and investment in science are narrowing the gap between countries not only in the number of published papers, but also in the number of high-impact papers. Moreover, disparity in investment in science between countries are diminished. Conversely, in each field, cutting-edge topics are often biased toward certain countries. However, these microscopic analysis requires extensive effort and has not yet been generalized across all fields.

In this study, we quantify national research topic progress using time-series comparisons of the references in published papers. The comparison identifies the microscopic difference between the research topics of nations. Assuming that the aggregate reference list in a country's papers represents the overall picture of its involvement in that research topic, and the 71 million research papers in Scopus were used to identify prior and subsequent relationships in the research topics of pairs of countries. For example, Japan tends to engage in research topics similar to those previously engaged in by the United States (Figure a,b). Figures show time-series comparisons of research topics between the U.S. and the U.K./Japan, with 2015 as the base year. While no time differences are observed between the U.S. and the U.K.

Moreover, the accumulation of two-nation comparisons, which we define as the Topic Progress Index (TPI), reveals a long-term leading-following relationship between Western nations and Asian city-states, on the one hand, and other nations. (Figure c).

We also showed that scientists with high information centrality (i.e., scientists with high eigenvector centrality in the coauthorship network) play an important role in steering the progress of their research topics. These highly information-centric scientists are more likely to be found in the U.S. and Europe, indicating that the percentage of highly information-centric scientists in many countries is correlated with the progress of their research topics. These results support national research strategies that promote global coauthorship, recruit top scientists, and encourage scientists to travel abroad and return home. They also show that scientist relationships continue to contribute to scientific development in the era of disclosure and explain the failures and successes of national investments in science.

This study are under review in a journal.



ソーシャルメディアを通じた 女性ユーザーにおける政治意識の研究

礪波 亜希

筑波大学 ビジネスサイエンス系 准教授

1. 問題と目的

近年、日本の女性国会議員比率が世界 193 カ国中 165 位と低いことを踏まえ「政治分野における男女共同参画推進法」（候補者男女均等法）が施行された。また日本のジェンダーギャップ指数のランキングで日本は 153 カ国中 121 位であり、とりわけ政治、経済の指数が低い。多様な利害や問題意識を政治へと反映させるにあたり、女性の政治参加を推進することは喫緊の課題であるものの、日本においては性別や性差をめぐる科学的議論への対応が遅れていることもあり、女性の政治に対する利害や問題意識についてのデータや統計が不十分となっている。

政治的主張に関しては、インターネットやソーシャルメディアを通じて意見表明を行う人々の研究は数多く見られ、インターネット上での社会運動も活発化している。しかし日本に関する先行研究では、前述のとおり性別データが取得されていないなど、とりわけ女性に関する研究が少ない。これは必ずしも女性のインターネット利用や政治的参加意欲が低いからではなく、多くのソーシャルメディア研究が、Twitter や Facebook といった、男性ユーザーの発言が顕著なメディア空間を取り上げていることも関係している。男性の言説が多数を占める場で女性の発言が控えられるという現象もすでに指摘されている。また、日本の女性の政治的意欲は低いわけではないが、福祉や環境保護といった（男性とは異なる）政治的課題に関心が集まると言われる。すなわち、女性に政治的関心がないのではなく、インターネット上での女性の政治的言説が不可視化されているのが現状である。

2. 方法

先行研究より、日本においてはソーシャルメディ

ア全般の使用率が3割前後と米国、英国、ドイツ等の先進諸国に比して低いこと、また投票以外の政治参加の経験率も総じて高くないことが判明している。そこで、まずは全国の有権者を対象にオンラインでアンケート調査を実施し、インターネットやソーシャルメディア上における政治意識の表明の実態を把握することにした。具体的には、2022年9月末、楽天インサイト社に依頼し、「ソーシャルメディアと政治意識に関するアンケート」を行った。対象者は全国18～69歳の男女、質問数37問で行い、1500件のサンプル数を収集した。

3. 結果と考察

アンケート調査のデータについては、今後更に詳細な分析を行う予定であり、以下は暫定的な結果であるが、まず、政治意識の表明の有無については、男女間に顕著な違いはなかった。ソーシャルメディアのうち、ヤフー株式会社によって提供されるYahoo!ニュースのコメント欄（通称ヤフコメ、広義のスレッド型掲示板として捉えられる。匿名で発信が可能。）における政治的意識の表明が最も多く、日本語のソーシャルメディア環境と政治参加の特徴が明らかになった。また、インターネット上で接触する情報のうち、女性に関する情報については男女差が見られ、とりわけ結婚、離婚、子育て、家事については、男性よりも、より多くの女性が目にしていることが判明した。今後本調査によるデータを基に、ユーザーの属性（階層、職業、学歴、収入、年齢、性別、支持政党など）と政治意識の表明や政治関連の情報への接触について包括的な分析を行い、論文を執筆し、2023年度のInternational Studies Associationの研究大会での発表や、Asian Surveyなど国際学術誌への投稿を行う予定である。

Women's Political Expression on Social Media in Japan*

Aki Tonami

Associate Professor, University of Tsukuba

Japan ranks 121st out of 153 countries in the Gender Gap Index, with particularly low scores in politics and economy. While the promotion of women's political participation is urgently needed to reflect the diverse interests of society in politics, data and statistics on women's interests and awareness of political issues are insufficient in Japan. This is partly because the country has been slow to respond to global scientific discussions on gender and sex differences.

Regarding political participation, there are several studies on voters' political expression via the Internet or social media. As mentioned, however, there are few such studies on Japan, especially those on women. This is not because women are less willing to use the Internet or participate in politics, but rather, most social media studies focus on media spaces such as Twitter and Facebook, where male users are assumed to be more vocal and prominent. In addition, the research has shown men and women exhibit different interests in political issues; for example, women are more interested in welfare and environmental protection than men. In other words, it is not that women lack political interest, but that research on Japanese women's political expression on the Internet is largely absent.

Against this background, the first step was to conduct an online survey of voters nationwide to grasp the actual level of political expression on the Internet and social media. This is partly because, according to existing research, we know that the overall use of social media in Japan is lower compared to other developed countries such as the

U.S., U.K., and Germany, at around 30% of the population. In addition, experience of political participation other than voting is generally not very high in Japan. At the end of September 2022, we commissioned Rakuten Insight to conduct an online survey on social media and political awareness. The survey's target population was men and women aged 18-69 nationwide, who were provided with 37 questions. We collected a sample size of 1,500.

The following are tentative results. Firstly, there was no significant difference between men and women regarding their experience of political expression on the Internet or social media. In terms of medium, however, the comment section of Yahoo! Japan's 'Yahoo! News', which can be categorized as a bulletin board, seemed to be the most popular venue for political expression. This result is likely very different from similar research based on data from North America or Europe. Regarding information related to gender that voters come across on the Internet, we observed that there was a difference between men and women. For instance, more women than men accessed information about marriage, divorce, child rearing, and housework, among others. We will conduct a further analysis of the obtained data, such as the relations of user attributes (class, occupation, education, income, age, gender, political party support, etc.) and political expression. We intend to write articles based on the analysis, which will be submitted to conferences such as the International Studies Association or journals like the Asian Survey.

* Research Theme at the time of grant presentation: A Study of Political Attitudes Among Female Users of Social Media

特別支援教育におけるコミュニティ活動への遠隔参画に関する研究

中茂 睦裕

湘南工科大学 工学部 准教授

概要

身体的な障害を持つ児童生徒が遠隔からコミュニティ活動へ参画する機会を提供し、教育の質を向上することを目的に取り組んだ。児童生徒が持つ障害の種類と程度に合わせたUIでロボット掃除機を制御するシステムを開発し、特別支援学校で受容性評価の実験をおこなったので報告する。

教育現場でのニーズ調査

学校でのコミュニティ活動として清掃に注目し、教室内の児童生徒は清掃用具を使い、自宅にいる児童生徒は遠隔地から視線入力でロボット掃除機を操るタスクを想定した。

まず、タブレット端末に表示されたボタンでロボット掃除機を無線制御するシステムを開発し、特別支援学校へ持ち込んで試用してもらった。操作の様子を観察した結果、一部の児童生徒はスムーズに操作ができるものの、多くの児童生徒は知的障害があり、ボタンとロボット掃除機の動きを関連付けること自体が困難であった。また、視線入力による操作経験がある児童生徒は2名であった。

操作 UI のデザイン

現場調査の結果から、因果関係の学習ニーズが高いことが分かった。そこで、障害の種類と程度に合わせて図1に示す4種のUIを開発した。それぞれ、視線入力、タブレット端末、ジョイスティック、1ボタンであり、後者になるほど知的障害が重い児童生徒を対象とする。

1ボタンは、押下ごとに一定時間だけロボット掃除機がランダムな動作をする。それ以外のUIでは前後左右の移動と、掃除ブラシのオンオフ制御ができる。また、視線入力およびタブレット端末の操作画面には図2に示すARゲームを組み込んだ。

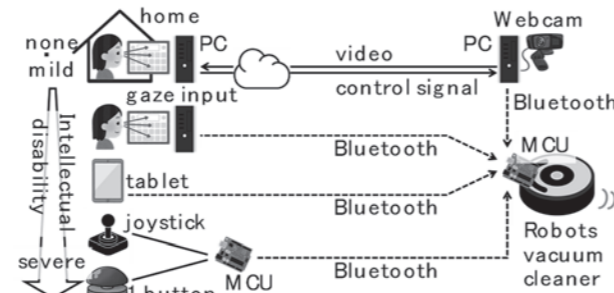


図1 障害に合わせたUIとシステム構成

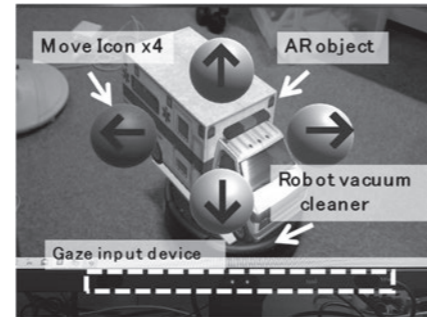


図2 視線入力UIとARゲーム画面

フィールド実験

開発したシステムの受容性を評価するため、特別支援学校でフィールド実験を開始した。障害の種類と程度に合わせて4種類のUIを用意したため、どの児童生徒もスムーズにシステムを利用できた。操作の様子を観察すると、児童生徒は熱心に活動へ取り組んでおり、笑顔が見られた。また、教諭へのインタビューでは、児童生徒が通常の活動よりも生き生きとしていたとの回答が得られ、一定の効果を確認できた。

おわりに

特別支援教育の現場でコミュニティ活動へ遠隔からの参画を実現するシステムを開発した。今後、教育現場での利用を継続し、より詳細な効果測定を実施する。なお、本研究テーマに関連して国際会議1件、国内研究会2件の口頭発表を実施した。

Remote Participation in Community Activities for Special Support Education

Mutsuhiro Nakashige

Associate Professor, Shonan Institute of Technology

Overview

The purpose of this study was to improve the quality of education for students with physical disabilities by providing them with opportunities to participate in community activities at a distance. We developed a system to control a robot vacuum cleaner with a UI that matches the type of disability that students have, and conducted an evaluation experiment at a special-needs school.

Needs survey at an educational site

We focused on cleaning as a community activity at school, and assumed that students in the classroom would use a cleaning tool, while students at home would operate a robot vacuum cleaner from a distance by gaze input.

First, we developed a system to control a robot vacuum cleaner wirelessly using buttons displayed on a tablet device, and brought it to a special needs school for trial use. We observed that some students were able to operate the system smoothly, but others had difficulty in understanding the connection between the buttons and the movements of the robot vacuum cleaner due to their intellectual disabilities. In addition, two students had experience operating the robot by gaze input.

Design of Operation UI

Based on the results of the field survey, there was a high need for causal learning. Therefore, we developed four types of UIs, shown in Figure 1, according to the type of disability. The latter is

intended for students with more severe intellectual disabilities.

In the one-button UI, each press of the button causes the robot vacuum cleaner to perform a random action over a fixed period of time. The other UIs allow back and forth movement and on/off control of the cleaning brush. In addition, the AR game shown in Figure 2 was built into the gaze input and tablet device operation screens.

Field Experiment

To evaluate the acceptability of the developed system, a field experiment was started at a special-needs school. All students were able to use the system smoothly, due to the four types of UIs that were prepared according to the type of disability. Observation of the operation of the system showed that the students were concentrating on the activities and smiling. In an interview with the teachers, they answered that the students were more lively than in normal activities, confirming a certain level of effectiveness of the system.

Conclusion

We have developed a system that enables remote participation in community activities in the field of special needs education. We will continue to use the system in educational settings and measure its effectiveness in more detail. In addition, we made one oral presentation at an international conference and two oral presentations at domestic research meetings related to this research theme.

新型コロナウイルス下における外出自粛要請と消費者心理、消費支出、人流変化の時間依存性に関する研究

藤原 賢哉

神戸大学 大学院 経営学研究科 教授

本研究の目的と意義

本研究では、消費者購買データを中心に、新型コロナウイルス発生以前のデータを用いながら、消費者行動にどのような変化（一時的、不可逆的）が生じているのかについて明らかにする。消費者行動の変化については、社会科学の分野で様々な研究が行われているが、新型コロナ発生後の特定時期に焦点を当てたものが多い。本研究では、新型コロナ発生以前の期間も含めたパネルデータに基づいており、従来の研究よりも包括的である。

データと分析方法

本研究では、マクロミル社が提供する消費者購買パネルデータ（購買日時、店舗、決済手段、購買品目（点数、価格）、購買者の属性（性別、年代、職業、所得等）を含む）をベースに、消費者心理やインフレ期待などについて追加アンケート調査を実施している。データのサンプル期間は、2019年7月～2022年5月（月次集計データ）であり、モニターは首都圏在住の1178名である。

以下の図1は、2020年春の緊急事態宣言前後の消費者の購買店舗の位置をプロットしたもの（赤は3月、黒は4月）である。また、図2は、購買時間帯の変化をグラフ化したもので、購買時間帯が短期化・夜間減少）していることがわかる。

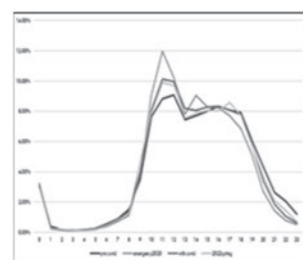
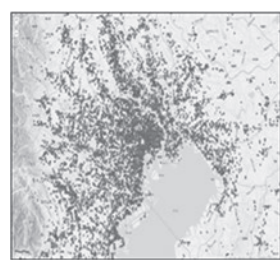


図1 緊急事態宣言

図2 購買時間帯変化

本研究の主な分析方法は、購買パネルデータを用いた回帰分析（ランダム効果）であり、被説明変

数として、1)消費支出全体、2)外食・旅行支出、3)オンライン消費支出、4)キャッシュレス決済比率、5)購買時間帯(平均)の5つを用いている。また、説明変数として、1)消費者の属性(年齢、性別、家計所得、職業分類、世帯家族数)、2)各種政策(キャッシュレスポイント還元事業、10万円特別給付、GoToキャンペーン)、3)新型コロナ感染状況(2020年緊急事態宣言、感染者数(新規、重症)、4)消費税引上げ(2019年10月)、5)新型コロナ感染流行以降の時間経過、を用いている。各種の政策イベントについては、対象期間をダミー変数として用いている。

分析結果と今後の課題

消費全体では、新型コロナ以前の水準に戻っているものの、消費税引上げ、緊急事態宣言(2020年春)、新型コロナによる重症者数が有意に負の影響を及ぼしており、特別給付金については、所得の低い層(400万円以下)については正の効果が観察された。外食・旅行支出については、GoToキャンペーンが一時的に有意に正の影響をもたらしている。オンライン消費については、感染者数よりも、外出制限の影響が大きいこと、消費税増税前の駆け込み需要の手段として用いられたことが観察された。キャッシュレス決済については、ポイント還元還元事業終了後も有意に正の効果をもたらしており不可逆的な変化と理解できる。購買時間帯については、緊急事態宣言、感染者数(新規、重症者)が有意に負の影響(購買時間帯の早期化)をもたらしており、特にシニア世代ではその傾向が強い。

GoToキャンペーンに関しては、現在、第2弾が実施されている。また、本研究では、賃金や雇用の変化については考慮しておらず、これらについては、今後の検討課題としたい。

A Study on the Time Dependence Effect of Voluntary Restraint by Government on Consumer Psychology, Expenditure, and Mobility under the Covid19

Kenya Fujiwara

Professor, Kobe University

Aims of this study

In this study, I empirically examine changes in consumer behavior since the outbreak of the covid-19 in Japan. I use consumer purchasing panel data including the sentiment and foot traffic and examine whether changes are temporary or not and the government policies during the covid-19 (e.g., Emergency declaration, Cashless point reward project, Special monetary transfer, and the GoTo campaigns) influenced these changes. This study is based on long-term panel data from before and after the Covid 19 outbreak, which is more comprehensive and unique compared to previous studies focusing on specific time periods or policies.

Data and Methods

The study is based on consumer purchasing panel data provided by Macromill Inc., including purchasing time, shop, means of payment, and monitor's attributes (gender, age, occupation, income, etc.), with additional questionnaire surveys on sentiment as well as foot traffic. The sample period is from July 2019 to May 2022 and the monitors are 1178 in the Tokyo metropolitan area. Figure 1 plots the location of consumers' purchasing shops before and after the 2020 emergency declaration and Figure 2 also shows the distribution of expenditure in a day.

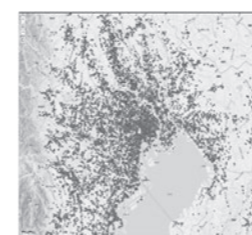


Figure 1

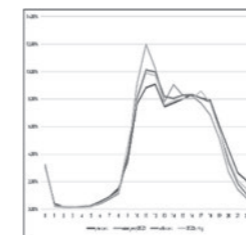


Figure 2

The method in this study is a panel regression analysis (random effects model), with the following explained variables: 1) overall consumption expenditure, 2) eating out & travel expenditure, 3) online consumption expenditure, 4) cashless payment ratio and 5) purchasing time (weighed average). And for explanatory variables, 1) consumer attributes, 2) policy dummies variable (period of the policy implemented), 3) the number of covid-19 infections (new and injured), 4) consumption tax increase dummy and 5) time elapsed since the Covid-19 outbreak, were used.

Results and Conclusions

For overall consumption, the consumption tax raise, the declaration of emergency in 2020 and the number of injured had significant negative effects, As for special monetary transfer, a positive effect was observed for the lower income group. For dinning out & travel expenditure, the GoTo campaign had a significant but temporarily positive impact. For online shopping, the impact of the restrictions of going out is more significant than the number of people infected. For cashless payments, there was a significant increase in cashless payment even after the end of the point reward project, For the purchasing time in a day, the declaration of emergency in 2020 and the number of infected people have had a significant negative impact which is particularly the case for senior consumers.

The GoTo campaign has been repeatedly implemented and this study does not adequately take into account changes in consumer wages and employment These are issues for future research.

ドイツ及び EU 法における個人情報保護法制と団体訴訟 —プライバシーの社会公共的側面に着目した研究—

宮尾 亮甫

地方自治総合研究所 常任研究員

本研究は、個人情報保護法制において、本人（データ主体）の権利行使が困難である状況があることに鑑みて、本人の権利行使を支援または本人に代わって、（行政機関または事業者による）個人情報の収集等を監視する法的手段や法制度の設計を考察するものである。

この研究の問題意識は以下の点にある。現在の個人情報保護法は、本人が自己の個人情報をコントロールする法的手段を与えている（訂正請求権など）。こうした権利は、裁判を通じて実現され、その結果として個人情報保護法における事業者や行政機関の義務が実現される。しかし、実際には、本人がかかる権利を行使することは困難である。個人情報の収集などは GAF A に代表される巨大グローバル企業により大量的に行われる。また、警察や国家の諜報機関による情報収集も大量的かつ秘密裏に行われる。こうした状況において、本人は、個人情報の違法な収集や利用を認識することは難しい。その結果、裁判的救済も困難となり、ひいては個人情報保護法そのものが十分に遵守されない事態さえ引き起こされ得る。

そこで、個人情報保護法におけるこうした本人の権利救済の欠缺を埋める法的救済制度の設計可能性を検討する必要性が生じた。本研究は、EU 及びドイツの個人情報保護制度に着目して、こうした問題に対してどのような制度的対処がなされているのか（あるいは、なされていないのか）について検討を行った。本研究の着目点は、EU 及びドイツの個人情報保護団体訴訟制度とドイツの諜報機関（連邦情報局）による（G10 法に基づく）情報収集活動である。これらの法制度の検討の結果、以下の研究成果が得られた。

第 1 に、EU の一般データ保護規則（GDPR）や

ドイツ（差止訴訟法）では、個人情報保護法違反に対する団体訴訟が認められていることを明らかにした。この制度創設の背景には、監督官庁による監視の限界や、個人情報保護法違反が消費者被害の如く大規模かつ拡散的なものであり、本人の権利行使が困難であるという事情があることが明らかになった。また、制度設計に関して、団体に、本人の委任なくして損害賠償請求権を認めるかどうか（GDPR では、監督機関や司法への異議申立権については本人の委任は不要であるが、損害賠償請求については本人の委任を前提とする）、濫用規制、行政機関との協働のあり方（ドイツの場合、裁判所が監督官庁の意見聴取手続がある）などに留意する必要があることも明らかとなった。

第 2 に、諜報機関により秘密裏かつ大規模に行われる情報収集活動においては、本人が権利侵害を認知しにくい、または、権利侵害に至らない状況が多く、司法的救済が困難であるため、団体訴訟や司法以外の監督機関による統制が必要であるという主張がなされていることを明らかにした。

以上の 2 つの素材を検討した結果、個人情報保護法の領域では、①情報収集が大規模または秘密裏に行われるため、従来の個人の権利保護（主観的権利保護）を前提とする司法的救済が困難であり、②そのため、団体訴訟や事前・事後の監督機関による客観的なコントロール手段を検討する必要があるということが明らかとなった。他方で、司法的救済とそれ以外のコントロール手段をどのように組み合わせるかや、どのような違反に対してどのような救済方法（損害賠償か事前の差止かなど）が適当であるかについては、今後の検討課題である。

A Research on Data Protection Law and Class Action in Germany and EU-Focusing on the Public Nature of Privacy-

Ryosuke Miyao

Researcher, The Japan Research Institute for Local Government

In the light of the fact that it is difficult for the individual to exercise their rights under the Act on the Protection of Personal Information, this research aims to support the exercise of the individual's rights or to provide personal information (by administrative agencies or Business Operator) on behalf of the individual. It considers the design of remedies and legal systems to supervise handling information.

The problem awareness of this research lies in the following points. Current Acts give individuals legal means to control their personal information (such as the right to request correction). These rights are realized through court proceedings, and as a result, the obligations of business operators and administrative agencies under the Personal Information Protection Act are realized. In practice, however, it is difficult for individuals to exercise such rights. A large amount of personal information is handed by global companies represented by GAF A. Information handling by police and national intelligence agencies is also extensive and covert. Under these circumstances, it is difficult for the individual to recognize the illegal handling and use of personal information. As a result, judicial remedies become difficult, and even the Personal Information Protection Act itself may not be fully observed.

It became necessary to consider the possibility of designing a legal remedy system that fills the gap in the personal information protection Act. This research focused on the systems of EU and Germany, and examined what kind of institutional measures were (or were not) taken to deal with these problems. The focus of this study is the EU and

German personal data protection class action system and the information gathering activities (based on the G 10 Act) of the German intelligence agency. Through this research, we have obtained the following results.

(1) GDPR and German's law allow class action lawsuits against violations of the Personal Information Protection Act. In the background of this system, there are limits of supervision by the authorities, and the fact that the violation of the law are large-scale and widespread, making it difficult for the individuals to exercise their rights. Designing system, we must consider some problems: nongovernment organization should be allowed to claim damages without individual's delegation or not, abuse regulations and how to cooperate with administrative agencies. (2) it is difficult for individuals to recognize that their rights have been infringed, because information gathering activities by intelligence agencies is in the secret and large scale and this makes judicial remedies difficult. Therefore, it is argued that it is need to establish class action or non-judicial remedies.

Conclusion: ① Because Personal information is collected on a large scale or secretly, judicial remedies by individuals are difficult. ② It is necessary to consider objective control means(class action and pre-and post facto supervisory bodies). On the other hand, how to combine judicial remedies with other means of control, and what kind of remedies are appropriate for what kinds of violations, is a subject for the future study.

Genome-Scale Learning of Molecular Phenotypes for Personal Genome Interpretation

Nilah Ioannidis

Assistant Professor, University of California, Berkeley

Genomic deep learning models can predict genome-wide epigenetic features and gene expression levels directly from DNA sequence. While current models perform well at predicting gene expression levels across genes in different cell types from the reference genome, their ability to explain expression variation between individuals due to cis-regulatory genetic variants remains largely unexplored. Here we evaluate four state-of-the-art models—Enformer, Basenji2, ExPecto, and Xpresso—on paired personal genome and transcriptome data and find limited performance when explaining variation in expression across individuals. When the models do pick up on regulatory variation, for a limited set of genes, they often fail to capture the correct direction of effect of such variation on expression. In particular, we find a number of genes with strong negative correlations between predicted and observed expression levels, for which the models

have likely identified causal variant(s) but incorrectly predicted their direction of effect. In addition, our cross-model analysis reveals the intriguing result that models often strongly disagree with one another on the predicted direction of genetic effects on expression, and that agreement between models on the magnitude of cross-individual correlation is greater than their agreement on the direction of correlation, further supporting the conclusion that current deep learning models recognize the presence of important regulatory variation but struggle with understanding the direction of effect of such variation. Our work highlights shortcomings of current deep learning models of gene expression when applied to personal genome interpretation and suggests avenues for improving model architectures and training strategies to enhance their learning of the effects of genetic variation.

Offline Reinforcement Learning: Robust and Reliable Decisions from Data

Sergey Levine

Associate Professor, University of California, Berkeley

Over the past year, our research on offline reinforcement learning algorithms resulted in a range of new methods that both deepened our understanding of offline reinforcement learning methods, and enabled new and exciting applications. Among these, we've developed algorithms for offline RL that enable enforcing supporting constraints, which provides a more favorable tradeoff between conservatism (avoiding actions with unknown outcomes) and performance,

we developed a more principled algorithmic framework for online RL finetuning from initializations learned via offline RL, and we designed algorithms that make it possible to utilize diverse sources of data for offline RL pretraining. We've also investigated the applications of these methods to image-based robotic control in the large data regime, and ways to utilize offline RL methods to train more capable large language models.

Adaptive Human-Robot Interaction

Dorsa Sadigh

Assistant Professor, Stanford University

Machine learning has made significant advances in developing autonomous and intelligent robots; however, most algorithms are still designed for agents acting in isolation. In practice, interaction with humans and other learning agents is inevitable; examples includes autonomous vehicles that interact with human-driven vehicles or pedestrians, service robots collaborating with their users at homes, or assistive robots helping patients with disabilities. Such interactions present a number of key challenges: the other agents will update their behavior in response to the robot, continually changing the learning environment of the robot. In this report, we discuss how we address some of these key challenges: effective partner modeling in multi-agent coordination, incorporating intuitive modalities such as natural

language for coordination between humans and robots, and more effectively learning from humans in a few-shot manner or by guiding them to provide useful data. Specifically, we will discuss the following works to address these challenges:

1. Partner-Aware Algorithms in Decentralized Cooperative Bandit Teams
2. Conditional Imitation Learning for Multi-Agent Games
3. Online Language Corrections for Robotic Manipulation via Shared Autonomy
4. Few-Shot Preference Learning for Human-in-the-Loop RL
5. Eliciting Compatible Demonstrations for Multi-Human Imitation Learning

Machine Learning for Optimization

Cho-Jui Hsieh

Associate Professor, University of California, Los Angeles

Optimization has been widely used for training machine learning models. However, can machine learning helps optimization? In this project, we propose a paradigm shift from “optimization for machine learning” to “machine learning for optimization”. We introduce a series of approaches that utilize machine learning algorithms to design or enhance optimizers. By bringing this novel concept, we expect to improve the efficiency and tunability of optimizers and discover new problem-dependent optimization rules based on AI.

The first part of our project presents a new symbolic optimizer search framework, enabling the automatic discovery of new optimizers for specific tasks. We demonstrate that an optimizer can be represented as a directed acyclic graph, where a sequence of computations based on the input (gradient) results in the final parameter update. Our framework treats the optimizer search space as a super-tree and employs a Monte Carlo tree search algorithm to conduct efficient exploration.

Remarkably, with just 128 evaluations, our proposed framework outperforms both human-designed counterparts and previous optimizer search methods across five important ML tasks. The results of this research have been published in NeurIPS 2022.

In the second part of our project, we investigate the utilization of machine learning algorithms to automatically adjust the learning rate and other hyperparameters in online learning algorithms, also known as bandit algorithms. Given that the optimal choice of these parameters is non-static, finding an online and dynamic scheduling is crucial. To address this, we develop a novel Syndicated Bandit framework that employs the exp3 bandit algorithm to dynamically tune the hyperparameters of a learning algorithm. Furthermore, we derive the regret bounds of our proposed Syndicated Bandits framework, demonstrating its ability to exponentially reduce regret dependence on the number of hyperparameters to be tuned. This research has also been published in NeurIPS 2022.

Haptic Devices for Long-Distance Social Touch to Reduce Isolation

Heather Culbertson

Assistant Professor, University of Southern California

Through this project, we completed three different social touch systems, focusing on different modalities of feedback and user input. The first system is capable of real-time mediated social touch and consists of two arm sleeves, one of which includes an array of pressure sensors and the other includes an array of actuators. We then designed algorithms for mapping the data recorded from the sensors to the array of actuators so that the virtual touch was realistic and recognizable as the same gesture as the original touch (i.e., a stroke or poke). We then conducted a study to determine the effects of the gesture's speed on the perceived emotions of the virtual touch. The results of this study were submitted to the journal *Frontiers in Computer Science*.

The second system is a vibration armband that extracts the emotional content from vocal expressions and conveys it as vibration. We ask the user to express an emotion by singing or humming, and a microphone records the audio. This signal

then gets processed into the musical octaves before being displayed to their partner through the eight vibration actuators in the armband. We conducted a human subject study with pairs of romantic partners and strangers to evaluate how emotion is conveyed through singing and to determine if the similar features can be used to convey emotion through virtual touch. This paper has been submitted to IEEE World Haptics Conference.

The third system we created was an armband with an array of electrotactile actuators with the goal of creating the pleasant and continuous tactile sensations. We explored this mode of feedback to create a lightweight and flexible wearable device that is appropriate for social touch. We conducted a human subject study with this device to determine individual and spatial differences in perception so that a social touch device could be appropriately calibrated. This paper has been submitted as a joint submission to IEEE Transactions on Haptics and IEEE World Haptic Conference.

Developing Optical Interconnects for Microwave Quantum Processors

Mohammad Mirhosseini

Assistant Professor, California Institute of Technology

Background and Goals

In this project, the PI and his team aim to convert microwave-frequency radiation to light at the single quantum level. This technology is pursued as a critical component required for achieving the larger goal of creating distributed networks of quantum processors. Currently, the leading platforms for quantum computation rely on superconducting qubits, which operate at 4-8 GHz frequencies and are limited to cryogenic environments due to their extreme sensitivity to thermal noise. Interfacing these qubits with telecommunication-band optical photons enables the long-distance transfer of quantum states synthesized by superconducting quantum machines over km-scale distances via fiber links. The combination of state preparation, gate operation, and long-range connectivity in these envisioned *hybrid quantum networks* is likely to enable a range of applications in distributed computing, secure communications, global timekeeping, and remote sensing. Our approach for realizing such microwave-optical quantum interconnects is to combine two nonlinear optical processes of cavity optomechanics and electromechanics in a single device. More specifically, we aim to create integrated electro-optomechanical devices exclusively based on crystalline silicon. This choice of material is motivated by the need for scalable fabrication (e.g., via foundry services) and integration with state-of-the-art superconducting qubits made on silicon substrates.

Realized Objectives

During the past year, Mirhosseini's group has demonstrated a new mechanism for capacitive coupling of microwave photons to GHz-frequency acoustic vibrations in a silicon-on-insulator platform. In this approach, we actuate mechanical motion by applying an electrostatic bias to phononic crystal mechanical resonators embedded into the electrode of a vacuum gap capacitor. We have verified this approach's validity by experimentally testing it on fabricated devices in cryogenic settings (*Nature Physics*, *accepted*¹). Additionally, we have devised a way of combining this newly developed electromechanical process with optomechanical cavities via on-chip routing of acoustic waves in a phononic waveguide. The grant from the Okawa foundation has supported our efforts in fabricating these combined electro-optomechanical devices. Performing preliminary tests, we have demonstrated a microwave-optical photon conversion efficiency of 1.8×10^{-7} in a 3.3 MHz bandwidth at room temperature and atmospheric pressure. Using these results, we anticipate achieving a photon conversion efficiency approaching 50% when operating in cryogenic temperatures, an experiment currently undergoing in our lab. These findings have been compiled into a draft currently under review at the journal *Optica*².

¹ <https://arxiv.org/abs/2207.10972>

² <https://arxiv.org/abs/2210.13549>

Enabling the Next Generation of Privacy-Preserving Machine Learning

Zhiwei Steven Wu

Assistant Professor, Carnegie Mellon University

As many large-scale machine learning (ML) systems heavily rely on detailed personal data, ML algorithms raise risks to personal privacy. By now, there have been many well-documented incidents and research studies showing that ML models can reveal sensitive information about individuals in the training data in a variety of ways. For example, large language models can memorize specific strings of sensitive text such as bank account numbers that can be extracted via the model's interface, and high-dimensional models also allow membership-inference attacks that reveal the presence of individuals in the training data.

The de-facto standard to privacy-preserving ML is differential privacy (DP). DP is a rigorous, quantitative algorithmic notion that ensures formal privacy guarantees for each individual data contributor. After over 15 years of intense research, DP is now deployed in many organizations, including Google, Microsoft, Apple, LinkedIn, and the US Census Bureau. Despite the recent successes in transforming theoretical work into practical deployment, DP is still far from reaching its full potential. For many sophisticated ML tasks such as training large-scale language models, current algorithms for differentially private ML offer

significantly lower accuracy than state-of-the-art non-private algorithms, even with relatively permissive quantitative privacy guarantees. Moreover, in many practical scenarios, the data scientists who would like to train ML models may not have the expertise in DP to use these sophisticated differentially private ML algorithms or to manage the trade-offs between privacy and accuracy.

For the past year, we are working on building new differentially private algorithms that support the next generation of privacy-preserving ML systems. Our long-term goal is to answer the question: *What would it take to make differentially private ML a truly viable technology—not just for a small set of specialized tasks, but broadly usable for a wide range of applications?* Most immediately, we are pushing the underlying algorithms further, in order to train orders-of-magnitude larger and more complex models with stronger quantitative privacy guarantees. In the long run, we will ensure that these technologies can be adopted in many organizations besides national statistical agencies and major tech companies. Thus, we will also build privacy-preserving algorithms that are usable even for ML researchers without DP expertise.

Camera Intelligence via Unconventional Visual Perception and Intelligent Visual Computing

Boxin Shi

Assistant Professor, Peking University

Abstract

This research summary briefly introduces the research works of the Okawa Research Grant recipient during the past year, based on the research proposal with the same title. The recipient's research focuses on the intersection of **computational photography and computer vision**. By developing novel camera prototypes for capturing visual information beyond an ordinary RGB image, which is further processed with intelligent algorithms integrated in the image formation pipeline, the goal is to capture and process visual data with **stronger performance, higher dimensionality, less distortion** and to realize intelligentized imaging that are unclear, inaccurate, or even invisible to conventional cameras.

During the past year, the recipient and the team achieve some research results to answer questions raised in the recipient's proposal: 1) How to **significantly improve the performance** or even to break the limits of ordinary cameras by utilizing novel types of imaging sensors, based on guided event filtering for improving the quality of neuromorphic visual signals [4], super resolving images via events with EvIntSR-Net [10], undistorting RS images with EvUnroll [5], and computing optical flows from spikes [8]. 2) How to **physically expand dimensions** of a conventional image through a more comprehensive decomposition of inverse rendering pipeline, for multispectral photometric stereo [2], shape and albedo recovery [3], and benchmarking photometric stereo methods with the largest real-world dataset using CAD based ground truth shapes [6]. 3) How to **distinctively remove distortions** while maintaining recognition accuracy for different vision tasks, by proposing physic-guided reflection removal [1], haze removal [9] using polarization cues and conducting conditional repainting of images with latest generative techniques [7]. The following part of this research summary will introduce the conducted research from three aspects above.

Acknowledgement

The recipient sincerely thanks the generous support from the Okawa foundation, and look forward to

visiting Japan in the near future and continuing collaboration with Japanese professors.

Selected publications during the past 1 year (08/01/2021 – 07/31/2022)

Joint first authors; *corresponding author

- [1] Youwei Lyu#, Zhaopeng Cui#, Si Li, Marc Pollefeys, and **Boxin Shi***, "Physics-guided reflection separation from a pair of unpolarized and polarized images", In IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence (TPAMI), 2022. (Early access)
- [2] Heng Guo, Fumio Okura, **Boxin Shi**, Takuya Funatomi, Yasuhiro Mukaigawa, and Yasuyuki Matsushita, "Multispectral photometric stereo for spatially-varying spectral reflectances", In International Journal of Computer Vision (IJCV), Volume 130, Pages 2166-2183, 2022.
- [3] Xu Cao, Michael Waechter, **Boxin Shi**, Ye Gao, Bo Zheng, Fumio Okura, and Yasuyuki Matsushita, "Shape and albedo recovery by your phone using stereoscopic flash and No-flash photography", In International Journal of Computer Vision (IJCV), Volume 130, Pages 1403-1415, 2022.
- [4] Peiqi Duan#, Zihao W. Wang#, **Boxin Shi***, Oliver Cossairt, Tiejun Huang, and Aggelos Katsaggelos, "Guided event filtering: Synergy between intensity images and neuromorphic events for high performance imaging", In IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence (TPAMI), 2021. (Early access)
- [5] Xinyu Zhou#, Peiqi Duan#, Yi Ma, and **Boxin Shi***, "EvUnroll: Neuromorphic events based rolling shutter image correction", In Proc. IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), New Orleans, LA, USA, Jun. 2022.
- [6] Jieji Ren, Feishi Wang, Jiahao Zhang, Qian Zheng, Mingjun Ren#, and **Boxin Shi***, "DILiGenT102: A photometric stereo benchmark dataset with controlled shape and material variation", In Proc. IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), New Orleans, LA, USA, Jun. 2022.
- [7] Jimeng Sun#, Shuchen Weng#, Zheng Chang, Si Li*, and **Boxin Shi**, "UniCoRN: A unified conditional image repainting network", In Proc. IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), New Orleans, LA, USA, Jun. 2022.
- [8] Liwen Hu#, Rui Zhao#, Ziluo Ding, Lei Ma*, **Boxin Shi**, Ruiqin Xiong, and Tiejun Huang, "Optical flow estimation for spiking camera", In Proc. IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), New Orleans, LA, USA, Jun. 2022.
- [9] Chu Zhou, Minggui Teng, Yufei Han, Chao Xu, and **Boxin Shi***, "Learning to dehaze with polarization", In Proc. Thirty-fifth Conference on Neural Information Processing Systems (NeurIPS), Virtual (online), Dec. 2021.
- [10] Jin Han, Yixin Yang, Chu Zhou, Chao Xu, and **Boxin Shi***, "EvIntSR-Net: Event guided multiple latent frames reconstruction and super-resolution", In Proc. International Conference on Computer Vision (ICCV), Virtual (online), Oct. 2021.

Social Affective Computing through Internet Multimedia Data

Jia Jia

Professor, Tsinghua University

Social affective computing through internet multimedia data has become an important topic of deep integration between social sciences and computer science. However, it still faces challenges in the study of quantitative describing of emotions, modeling of social attribute characteristics, and human-centered applications. To address these problems, we proposed novel solutions to emotion quantization, affective modeling, and interactive applications, as follows:

- (1) Inspired by the contrast between the large scale internet voice data from smart Voice Dialogue Application (VDAs) and the acted emotional voice dataset, we propose a novel semi-supervised multimodal curriculum augmentation deep learning framework. We successfully leverage the traditional acted voice dataset to enhance the emotion inferring results from the largescale internet voice data in VDAs. The proposed curriculum learning based epoch-wise training strategy can well integrate the strong and clear emotion expressions with the users' diversity. To utilize large-scale unlabeled data to augment few labeled data, we propose a Multi-path Mixmatch multimodal deep learning method (MMMD). This semisupervised framework enables us to learn effective feature representations for multiple modalities (acoustic, textual and social information) and promote the generalisation and robustness for emotion inferring in VDAs. Relevant research was published on AAAI 2021.
- (2) For multi-mode personalized human computer interaction, we creatively propose the concept of style imitation for audiodriven talking face

synthesis. To imitate arbitrary talking styles, we firstly formulate the style codes of each talking video as several interpretable statistics of 3DMM parameters. Afterwards, we devise a latent style fusion (LSF) model to synthesize stylized talking faces according to the style codes and driven audio. The incorporation of style imitation not only circumvents the annotation for talking style during the training phase, but also endows the capacity of arbitrary style synthesis and new talking style generation. The experiment shows that the synthesized video has achieved significant improvement in style expressiveness and the natural degree of facial movements. Relevant research was published on ACM Multimedia 2021.

- (3) In human-computer interaction applications, we propose a novel problem called Music-driven Multi-Dancer Group Dance Synthesis, which aims to synthesize group dance according to the given music and the choreography preference of multiple dancers. Two main challenges below make this task tough to be accomplished: datasets shortage and lack of choreography. To address these issues, we construct a rich-annotated 3D Multi-Dancer Choreography dataset (MDC), which for the first time, contains both individual and collaborated music-dance pairs. With the above dataset, we imitate the human choreography procedure and devise a novel three-stage framework GroupDancer to produce multidancer group dance with style collaboration from given music. Relevant research was published on ACM Multimedia 2022.

Gigapixel 3D Videography

Lu Fang

Associate Professor, Tsinghua University

The light field is a multi-dimensional and multi-scale representation of light. 3D Imaging systems aim to record and recover the high dimensional information of light field, which serves as a fundamental technique for applications such as scientific observation, mobile robots, VR/AR interactions, etc. 3D Imaging, consisting of light field sensation and light field reconstruction, faces dual challenges of high-resolution and high-efficiency requirements. To deal with that, the recent developments in computational imaging/photography have led to a new definition of a camera, i.e., a device that calculates images, by combining physical camera design with computational processing to improve estimation of the physical scene. Inspired by the merit of deep learning in extracting complex abstractions and discovering intricate structures for the data, we capitalize this property in computational imaging for joint designing of optics and computational reconstruction towards multi-dimensional computational imaging.

For the light field sensation module of gigapixel 3D

videography, we construct a multiscale unstructured array camera system for high-quality gigapixel 3D panoramic videography to create the six-degree-of-freedom multiscale interactive VR content. The camera array samples the 3D information by several global stereo cameras, stitched to cover 360-degree FoV, and unstructured local monocular cameras, adapted to the global camera for flexible high-resolution video streaming arrangement. Our system can efficiently capture high-throughput multiscale gigapixel video sequences of 3D scenes. For the light field reconstruction module of gigapixel 3D videography, we build a primitive-aware surface representation model, recovering the scene by gradually 'embossing' the primitives with the local surface information, including geometry, texture, and visibility. These attributes are mapped to the continuous representation, which is sparse, efficient, and scalable. It realizes high-resolution light field 3D reconstruction of large-scale dynamic scenes and lay the foundation for the theory and application of sparse light field reconstruction.

High-Efficiency Intra-Body Network of Implantable Devices for Neuroprostheses

Xiao Liu

Professor, Fudan University

Neural stimulation has been proved to be an effective therapeutic method for treating patients with neurological disorders. More stimulation channels typically offer better therapeutic outcomes. As the number of stimulation channels increases from a few to several hundreds, the surface area of high-density stimulating electrodes shrinks from tens of mm^2 to tens of μm^2 . As a result, the microelectrode impedance is typically in the range of tens of kilo ohms to several hundred kilohms, but can go up to a few mega ohms. Hence the inter-electrode voltage during the stimulation can exceed 10 V. The integration of the stimulation unit requires a CMOS process that supports high-voltage (HV) transistors. However, co-integration of a low-voltage (LV recording front-end and DSP unit with an HV stimulation back-end in a HV process tends not to be economical, as HV transistors are much bigger than LV transistors and are more expensive to fabricate. Therefore, it is desirable to co-integrate the LV amplifiers with HV stimulators using only LV transistors for reducing the cost, power consumption and chip area. We have designed a novel stimulator ASIC which has been realized using only low-voltage transistors in a $0.18\text{-}\mu\text{m}$ 3.3V CMOS process. The stimulator offers a 11.4V voltage compliance under a 12V supply voltage and occupies 0.08mm^2 silicon area.

Exploring the Limits of Vertical-Nanowire Tunnel FETs in the Nanoscale

Xin Zhao

Associate Professor, Shanghai Jiao Tong University

We present the first experimental demonstration of sub-10-nm diameter GaSb/InAs vertical nanowire (VNW) Esaki diodes. Our devices exhibit excellent current scaling behavior over nearly two decades of diameter. An average Esaki peak current density of 1 MA/cm^2 is obtained, among the best when projecting from the state-of-the-art at our nominal doping level. An average current density of 4 MA/cm^2 is demonstrated at $V_{ds} = 0.3\text{ V}$, which is promising for future ultra-low power VNW tunnel FET applications based on this material system. NEGF quantum transport simulations are carried out. Inelastic tunneling due to phonon emission is found to suppress tunneling current in the positive V_{ds} branch and to widen the Esaki peak in the negative V_{ds} branch, which has long been underestimated.

PAVE: A Privacy-Preserving Advertising Framework

Taekyoung Kwon

Professor, Seoul National University

In online advertising, cross-site tracking enables advertisers to target potential customers by profiling their online behaviors. However, such practice raises privacy concerns because of the sensitivity of the collected user data. To address this issue, there have been proposals for privacy-preserving advertising. However, they allow ad companies to protect user privacy only by sacrificing the utility of the advertising. In this paper, we present a privacy-preserving advertising framework, Pave, which allows ad companies to sustain the utility and current advertising mechanisms. Pave provides an arbitrary ad program with an isolated execution environment equipped with a blackbox monitor, called a PaveBox, inspired by Secure Multi-Execution (SME). The PaveBox intercepts every data flow from the ad program and disallows any data flow that may explicitly or implicitly leak the user data. As the PaveBox is built on top of Intel SGX, its integrity can be remotely attested. We carry out the quantitative analysis with prototype-based experiments to show its feasibility in commercial services.

Design of Reconfigurable Microwave Components Based on Novel Resonators

Jaehoon Lee

Professor, Korea University

This project aims to develop design methods for reconfigurable microwave components based on vertical split-ring resonators (VSRRs). The vertically inserted split-ring resonator in microstrip lines shows the good electromagnetic resonant properties and is applied to various microwave components. Since the top and bottom layers of the resonator are electrically connected by using via holes and it has a 3-D shape, it occupies a small electrical size. In addition, it can provide a wider range variation of bandwidth than conventional planar SRRs and the resonant frequency and the bandwidth can be adjusted by its length and width, respectively.

In this project, various novel design methods for reconfigurable microwave components based on VSRRs were proposed. In order to study the properties of VSRRs as the basic elements, the VSRRs were applied to microwave bandpass filters with coupling paths between coupled VSRRs. The coupling paths between the top and bottom layers of the VSRRs lead to magnetic and electric coupling effects and the amount of coupling effects determines the properties of microwave components. For theoretical analyses, we presented the equivalent circuit models of the coupled VSRRs. We demonstrated that the dominant coupling modes for the top and bottom layers of the VSRRs are magnetic and electric, respectively, and that magnetic-dominant coupling is required for high-selectivity bandpass filters (BPFs). BPFs with narrow and wide bandwidths were designed and validated, and we verified that the proposed BPFs have high selectivity with a small circuit footprint. Based on the VSRRs, we will devise the advanced resonator structures with frequency reconfiguration and apply these resonators to reconfigurable microwave components.

Deep Learning-Based Tabular Data Synthesis for Privacy Protection and Data Augmentation

Noseong Park

Associate Professor, Yonsei University

Tabular data synthesis is a long-standing research topic in machine learning. Many different methods have been proposed over the past decades, ranging from statistical methods to deep generative methods. However, it has not always been successful due to the complicated nature of real-world tabular data. In this paper, we present a new model named Score-based Tabular data Synthesis (STaSy) and its training strategy based on the paradigm of score-based generative modeling. Despite the fact that score-based generative models have resolved many issues in generative models, there still exists room for improvement in tabular data synthesis. Our proposed training strategy includes a self-paced learning technique and a fine-tuning strategy, which further increases the sampling quality and diversity by stabilizing the denoising score matching training. Furthermore, we also conduct rigorous experimental studies in terms of the generative task trilemma: sampling quality, diversity, and time. In our experiments with 15 benchmark tabular datasets and 7 baselines, our method outperforms existing methods in terms of task-dependent evaluations and diversity.

We note that this research is under review in ICLR2023, a top-tier AI conference (see the link below).
https://openreview.net/forum?id=1mNssCWt_v