



報告

# 2020 年度論文賞の 受賞論文紹介

## ● 選定にあたって ●

下條真司 論文賞委員会委員長／大阪大学

本論文賞は、本会論文誌各誌に掲載された論文の中から、約 50 編に 1 編を目安に特に優秀な論文を選定し、その著者に対して授与するものである。

2020 年度論文賞選考の対象となったのは、論文誌 ジャーナル, Journal of Information Processing (JIP), 論文誌 トランザクション 10 誌 (論文誌 プログラミング, 論文誌 数理モデル化と応用, 論文誌 データベース, 論文誌 コンピューティングシステム, 論文誌 コンシューマ・デバイス & システム, 論文誌 デジタルコンテンツ, 論文誌 教育とコンピュータ, Transactions on Bioinformatics, Transactions on System LSI Design Methodology, Transactions on Computer Vision and Applications) に掲載された計 544 編の論文である。これらの中で、実際に選定を行ったのは論文誌 ジャーナル, JIP, 論文誌 数理モデル化と応用, 論文誌 データベースの 4 誌であり、これらに掲載された 393 編の論文が実質的な選定対象となった。残りの 8 誌については、対象論文が 50 編に満たなかったため、表彰規程第 11 条に基づき、2020 年度の対象論文を 2021 年度以降の論文賞の対象論文として持ち越すこととなった。

選定にあたっては、表彰規程および論文賞受賞候補者選定手続に基づき、論文賞委員会による厳正な審査が行われた。具体的には、学会論文誌運営委員会委員長が委員長を兼ねた論文賞委員会のもとに、

論文誌ごとのワーキンググループが組織され、優秀な論文を選定する体制によって審査が行われた。その結果、7 編の受賞候補論文が選定され、理事会の承認を得て最終的に受賞が決定した。

受賞論文の著者には、表彰状、賞牌および賞金が授与されることとなった。

受賞対象となった論文は、基礎から応用、アルゴリズムや機械学習の手法から生体情報信号処理、あるいはエンタテインメントや分散処理の応用、すぐに実応用に供することができそうなものまで非常に幅広い分野をカバーしていることに驚かされる。情報処理に関する幅の広い分野をカバーしているところが本会の特徴であることを改めて実感した。本会としては、インパクトファクター取得が大きな課題であるが、このような幅広い分野の優れた研究をうまく海外の方々に知っていただくことが、その第一歩であると認識した。コロナ禍で研究遂行にも多くの困難があったかと思われるが、大きな成果をあげられた著者の皆様の努力に敬意を表す。また、受賞者のコメントを拝見すると多くの方々が最初の着想からいかに時間と労力をかけて大切に研究を育てていたかが伺われるものとなっている。ぜひ、紹介記事をお楽しみいただき、そこから論文からは伺い知れない著者の思いを汲み取っていただき、さらに論文を楽しんでいただければ幸いである。

(2021 年 5 月 24 日)



# 屋内位置認識システムの普及に向けて

村上弘晃 東京大学大学院工学系研究科電気系工学専攻

〔受賞論文〕

鏡像スピーカを用いたスマートフォン高精度3次元測位手法

村上弘晃, 中村将成(北海道大学大学院情報科学研究科), 橋爪宏達(国立情報学研究所), 杉本雅則(北海道大学大学院情報科学研究科)

情報処理学会論文誌 Vol.60, No.12, pp.2314-2324 (2019)

本論文では、スピーカ2台から送信される音響信号の直接波と反射波を用いたスマートフォンのための高精度3次元測位手法を提案しています。音響信号は、インフラとして普及するスピーカから送信し、スマートフォンに搭載されたマイクロフォンで受信可能なため、追加のコストがかからないといった利点があります。一方で、3次元測位に必要なスピーカ数は4台と多いの対し、屋内において4台のスピーカが隣接する環境は多くありません。そこで、実環境で受信可能なスピーカ数で利用できる測位手法の開発に着手しました。

本研究は、よりスピーカ数が制限される廊下での測位実験から始まりました。元来は廊下に直線的に配置された2台のスピーカからの直接波に加えて、別のセンシング手法を併用した位置推定手法を提案しておりました。その際に得られた計測データにおいて、壁や床からの反射波が定常的に発生していることに着目したことが本論文の発端になります。反射波はマルチパスと呼ばれ測位誤差の要因となることが知られています。この反射波を壁と床に対して鏡像の位置にあるスピーカからの信号(図-1)と捉えることで、仮想的にスピーカ数をかき増しします。

複数到来する反射波はいずれも同じ信号であり、

どの反射波がどの鏡像スピーカからの信号かを特定することは難しく、スマートフォンに搭載された2つのマイクロフォンのみでこれを実現することが最も苦勞した点です。現在、この手法は拡張され、単一スピーカを用いたスマートフォンの5自由度推定手法として、IEEEの学術論文誌に掲載されています。また、鏡像スピーカの概念をスマートフォンとスピーカ間の時刻同期やスマートフォン間の測距手法へ応用し新たな研究へと昇華しています。

未曾有の社会的経済的被害をもたらしている新型コロナウイルスですが、屋内位置認識システムの必要性を示した良い契機となった側面もあります。私は現在、東京大学の構成員がキャンパス内の移動履歴や感染者との接触歴を把握することができる「MOCHA」の研究・開発に参画しています。MOCHAでは、withコロナだけではなく、ポストコロナを見据えた屋内位置認識システムの提案や応用が検討されています。GNSS(Global Navigation Satellite System)とは異なり屋内の位置認識システムが普及していない現代ですが、屋内位置認識がもたらす便利な世界を社会に実装することが私の現在の目標です。今回の受賞を励みとし、この目標を1日も早く達成できるよう、より一層研究に精進して参ります。

(2021年5月18日受付)

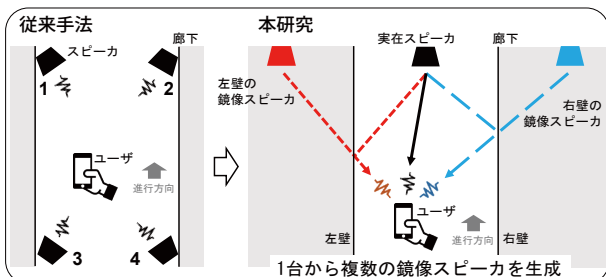


図-1 鏡像スピーカの概要



村上弘晃 (正会員)

[murakami@akg.t.u-tokyo.ac.jp](mailto:murakami@akg.t.u-tokyo.ac.jp)

2021年北海道大学大学院情報科学研究科博士課程修了。博士(情報科学)。同年より東京大学大学院工学系研究科特任研究員。主に、ユビキタスコンピューティングやモバイルコンピューティングに関する研究に従事。



# 情報処理学会論文賞を受賞して

加藤慎也 (株) NTT データ

〔受賞論文〕

多次元ストリーミング時系列データの効率的なモチーフモニタリングアルゴリズム  
加藤慎也((株) NTT データ), 天方大地, 原 隆浩(大阪大学大学院情報科学研究科)  
情報処理学会論文誌 Vol.61, No.9, pp.1567-1576 (2020)

本論文は、第 27 回マルチメディア通信と分散処理ワークショップで発表した論文を改良したものであり、本ワークショップで優秀論文賞を受賞するだけでなく、本会論文賞も受賞でき非常に光栄に思う。

本論文の構想は、2019 年 7 月に著者が書いた「ストリーミング時系列データに対するモチーフモニタリング」という論文に端を発する。以前の論文では、1 次元の時系列データにおいて最も多く現れるサブシーケンスであるモチーフを効率的にモニタリングする問題に取り組んでいた。しかし現実には、多次元の時系列データ（たとえば、加速度センサやジャイロセンサは 3 方向に対する値を観測しているため多次元時系列データである）が生成されることが多く、その問題に対応すべく、本論文を書くに至った。

当時、多次元時系列データのモチーフモニタリングに取り組んでいる論文はなく、問題設定から非常に苦労した。以前の論文では、ある一定期間の時系列データをモニタリングしており、古い値は削除されるという問題設定であった。しかし、本論文では多次元時系列データを扱い、問題が複雑になってしまうという理由で、古い値は削除されず、値が追加されるのみの問題設定とした。本問題を解くアルゴリズムとして、サブシーケンスをクラスタに分割し、三角不等式を用いることで不必要な距離計算の回数を削減する手法を提案した (図-1)。評価実験も問題なく終了し、論文執筆に取り組むこととなった。

第 27 回マルチメディア通信と分散処理ワークショップおよび本会論文誌において、著者の思う以上の評価が得られ、非常に嬉しく感じている。この分野に取り組んでいる国内の研究者が少ないので、これをきっかけに増えたらと思う。これからも、国内外の多くの優秀な研究者と競って本分野の発展に寄与できれば望外の幸せである。

(2021 年 5 月 7 日受付)

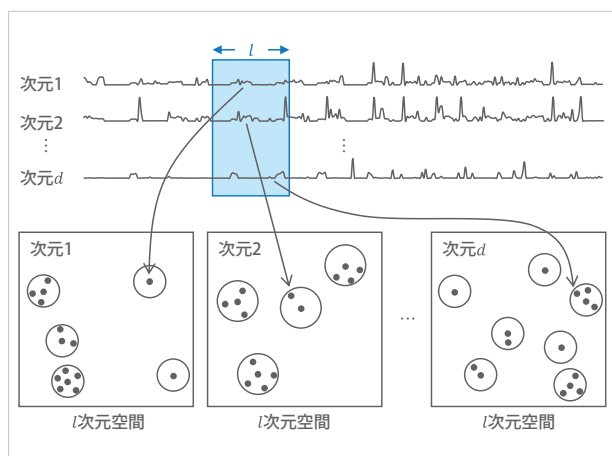


図-1 提案アルゴリズム



加藤慎也 (正会員) Shinya11.Kato@nttdata.com  
2018 年大阪大学工学部電子情報工学科卒業。  
2020 年同大学大学院情報科学研究科博士前期課程修了。同年 4 月 (株) NTT データに入社。現在、オープンソースの関係データベース管理システムである PostgreSQL の開発業務に従事。



# 心をどのように動かすのかを 正面から論じる

金子翔麻 (株) リクルート

〔受賞論文〕

Facelot：顔検出と顔属性をエントリとしたアドホックな抽選システム

金子翔麻, 渡邊恵太(明治大学)

情報処理学会論文誌 Vol.60, No.11, pp.1953-1960 (2019)

本論文は、写真を撮るだけで顔検出でエントリでき、笑顔度といった顔属性を効果的に用いることで場全体の雰囲気を盛り上げる抽選システム、Facelotを提案するものである(図-1)。どのようにして場を盛り上げるのかを抽選演出の効果と表情がもたらす心理的効果の2つの軸で整理している。

本論文の構想は私が博士前期課程に入ったばかりのころに遡る。当番決めや順番決めといった決め事を行うシステムに興味があり、プロトタイプをいくつか試していた。その1つに顔検出でエントリするというアイデアがあり、表情推定と組み合わせたときの面白さを見つけていた。しかし、当初はエンタテインメント性に焦点を当てた場合、どう評価実験してまとめるか算段がついておらず、別の方向でまとめることを考えていた。

転機となったのはEC2018のデモ発表である。この年からエンタテインメント性に関する主張の実効性を、学会主催者側が認定して担保する

Qualification 制度が始まった。タイミング良くEC2018の直前に、結婚式二次会の抽選会でFacelotを使う機会があり、エンタテインメント性を高める演出の設計、実装を行っていた。そして実際に盛り上がった様子をビデオに残していたため、場全体が盛り上がるシステムとして主張に足る材料が揃っていた。結果、認定を受けることができたため、エンタテインメント性を主張する論文としてまとめ、EC特集号へ投稿することを決めた。

Qualificationの前例はなく不安になりながらも、Qualificationで提出したエンタテインメントの枠組みの説明(EDA)を軸に、提案システムがどのようにして心を動かすのかという仕組みや工夫を入念に論じた。結果、幸いにも採録となり、特選論文に選定していただいた上に、論文賞までいただけて身に余る思いである。

本論文をまとめることができたのは、Qualification制度があつてこそであり、関係者の皆さまに心より感謝を申し上げる。本論文が心をどのように動かすのかを正面から論じる研究の参考になれば幸いである。

(2021年5月1日受付)



図-1 Facelot：顔検出と顔属性をエントリとしたアドホックな抽選システム



金子翔麻 kaneko.shm@gmail.com

2018年明治大学総合数理学部先端メディアサイエンス学科卒業。2020年同大学大学院先端数理科学研究科博士前期課程修了。同年、(株)リクルートに入社。在学中、インタラクショナル研究に従事。



# 初めての論文投稿

大社綾乃 (株) 豊田中央研究所

〔受賞論文〕

相乗りのための将来需要を考慮した経路最適化

大社綾乃, 大滝啓介, 小出智士, 西 智樹((株)豊田中央研究所)

情報処理学会論文誌 Vol.60, No.10, pp.1653-1661 (2019)

このたびは名誉ある論文賞を賜り、大変光栄に思っております。査読や選考に携わった方々をはじめとして、本会の皆様には心より感謝申し上げます。本論文をきっかけに相乗り最適化に興味を持っていたければ、また、本論文を踏み台として相乗り最適化の研究に取り組まれる研究者が一人でも増えれば、研究者冥利に尽きます。

本論文は、現所属である豊田中央研究所に入社して初めて投稿した論文であったため、大変思い出深いです。修士課程とは異なる分野の研究チームに配属となり、不安半分ワクワク半分で過ごしていたことを今でも覚えています。あるときチームミーティングで先輩が面白そうだと紹介してくれたのが、本論文の土台となったタクシーの相乗り最適化（顧客と車両の割当および経路生成）に関する論文でした。私もその論文を読み、直感で面白そうだと感じ、キャッチアップしたのが本研究の始まりでした。

まずは従来手法の相乗り最適化を実装し、ニューヨーク市マンハッタン島のタクシーのオープンデータを可視化することから始まりました。マンハッタン島では非常に多くのタクシー需要があるため効率

良く配車が可能でしたが、需要がそこまで多くない都市部では同様にうまくいくだろうか？ 将来需要を考慮して移動すれば、より相乗り率が上がるのではないだろうか？という疑問が芽生え、本論文の執筆へと至りました。

本研究の着想において、データを可視化し考察することが大変効果的だったと思っております。図-1のような車両の軌跡と乗降車の様子や、エリアの需要の変化の様子などを眺めたりしているうちに、従来手法では需要の少ないエリアを通して移動している場合があることに気づきました。もっと単純に、「距離がほとんど変わらないのであれば、人気のない道より繁華街のような需要が高いと思われる道を通る方が、相乗り率が上がるのでは？」と考え、提案手法の開発へと繋がりました。

本論文の執筆にあたり、共著者の方々からは、論文の構成や効果的な書き方、心構え、推敲の仕方など非常に多くのことを学ばせていただきました。この場をお借りして感謝申し上げます。

今後も皆様のお力を借りながら、より一層研究活動に邁進してまいりたいと思います。

(2021年5月14日受付)

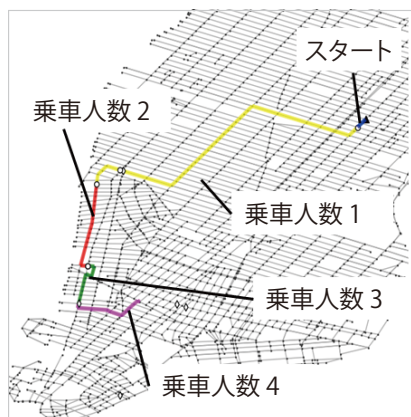
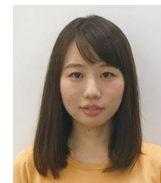


図-1 ある車両の軌跡と相乗りの様子



大社綾乃 okoso@mosk.tytlabs.co.jp

2015年大阪府立大学工学部知能情報工学科卒業。2017年同大学大学院修士課程修了。同年(株)豊田中央研究所入社。意思決定や経路の最適化に関する研究に従事。



# 脳波を用いた生体認証に取り組んで

山下正人 (株) NTT ドコモ

〔受賞論文〕

Examination and It's Evaluation of Preprocessing Method for Individual Identification in EEG

Masato Yamashita, Minoru Nakazawa, Yukinobu Nishikawa, Noriyuki Abe (Kanazawa Institute of Technology)

Journal of Information Processing Vol.28, pp.239-246 (2020)

標記の論文は私が学部4年次の卒業論文のテーマとして取り組んだ研究であった。修士課程進学後には、違う研究テーマをメインとして取り組んでいたが、並行して取り組んでいた研究でもあったので、学生時代の3年間の成果が報われた思いである。

この研究テーマに取り組んだ、きっかけは2点ある。

1点目は、生体認証での問題点である。現在普及している認証手法では、IDやパスワードを用いた認証システムが主流である。他の認証手法として生体情報（指紋、顔）を利用した生体認証も利用が増加している。これらの生体情報による認証は、常に外部に露出している情報であるため、カメラによる盗難が可能となってしまう問題点があり、一度盗難されてしまうと、自分の意図で変更することができないのが現状である。

2点目は、身近での脳波測定の問題があった点である。私が所属していた研究室では、脳波を用いたロボットハンド制御、車椅子制御を行う研究をしていた。その研究の際に、汎用的な制御用の学習モデルを作成しようとしていたが、人によって脳波が異なるため、汎用的な学習モデルの構築は困難である状態であった。

そこで着目したのは脳波を用いた生体認証に関する研究であった。脳波は身体の内部情報であり、専用のデバイスを装着しなければ測定できない点から、認証に必要な情報が盗難されてしまう可能性はきわ

めて低い。また、脳波は外部からの刺激によって変化するため、万が一に盗難されてしまっても外部からの刺激内容を変更することによって認証に使用する情報を変更することが可能であるという利点もある。

脳波を用いた認証システムにおける前処理（デジタルフィルタ、アーチファクト対策、エポック）の方法を検証するために、認証精度の変化を評価した。その結果、提案した前処理を行うことで、認証精度が向上することが分かった。これらの結果から、前処理によって認証精度が向上し、ユーザの利便性が向上することが示唆された。被験者が実験日に脳波計を外していない制限などはあるため、まだまだ日常的に使用するには、越えなければならない課題が多くある。

今回の名誉ある賞を受賞については、ご指導賜った先生方および脳波の測定に協力していただいた方々のおかげでもある。この場をお借りして感謝の言葉を述べさせていただく。

(2021年5月13日受付)



山下正人 masato.yamashita.hw@nttdocomo.com

2018年金沢工業大学工学部情報工学科卒業。  
2020年同大学院工学研究科情報工学専攻博士前期課程修了。同年(株)NTTドコモに入社。



# Deep Neural Networkの説明可能性向上に向けた識別根拠可視化技術の研究

柿下容弓 (株) 日立製作所 研究開発グループ  
服部英春 (株) 日立製作所 研究開発グループ

〔受賞論文〕

Deep Neural Network のモデル逆解析による識別根拠可視化技術  
柿下容弓, 服部英春 (株) 日立製作所 研究開発グループ  
情報処理学会論文誌 数理モデル化と応用 Vol.12, No.2, pp.20-33 (2019)

Deep Neural Network (DNN) は画像、音声、自然言語などのメディア処理技術の分野において、従来手法の精度を大幅に更新するなど、著しい成果を上げている。DNN は従来手法とは異なり、識別に必要な特徴量まで自動的に学習するという利点がある。しかし、その一方で、自動学習した特徴量や導き出された識別結果の根拠の解釈が難しいという課題がある。これは説明可能性の不足という、DNN における大きな課題の1つとして認知されている。

我々も機械学習を用いた画像処理・認識技術の研究を進める中で、この説明可能性の課題に突き当たった。たとえば識別精度向上のために誤識別対策を行う際、誤識別原因が分からないため試行錯誤を繰り返すほかなく、多大な労力を要していた。そこで、より効率的に誤識別原因を解析するため、識別根拠可視化手法の検討を開始した。従来手法としてさまざまな識別根拠可視化手法が提案されているが、ネットワーク構成に制限がある、識別根拠の解像度が低いなどの課題があった。これらの課題を解決し、誤識別原因を詳細に分析するためには、あらゆるネットワーク構成に対応し、高解像度に識別根拠を表示する必要があると考えた。

これらの要件を満たす識別根拠可視化手法を実現するために、我々はネットワークの中で生成される信号の流

れに着目した。DNN 中の無数にあるノードの1つに着目すると、そのノードの出力値は各入力値に基づいて決定されている。この各入力値の出力値に対する寄与を定量化することで、出力の根拠となった入力を特定できるのではないかというアイデアが提案手法の発端となった。これを多層化したネットワークに発展させることで、識別結果の根拠となる入力画像内の領域を可視化する手法を考案した。提案手法は DNN で使用されるさまざまな種類の層に応じて寄与を算出することで、さまざまなネットワーク構成に適用可能である。また、出力層から入力層に向かって寄与を逆伝播することで識別根拠の高解像度化を実現した。本論文では提案手法の有効性を示すべくさまざまな評価を行い、従来手法よりも詳細な識別根拠可視化を実現していることを示した。現在、我々は提案手法を活用してさまざまな識別器の高精度化を推進している。

本論文賞の受賞を励みに、今後も当分野の発展に貢献すべく、一層研究に邁進する所存である。

(2021年5月14日受付)

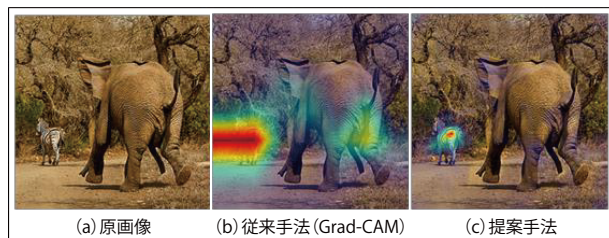


図-1 提案手法と従来手法によるシマウマの識別根拠可視化の例



柿下容弓 (正会員)

yasuki.kakishita.rw@hitachi.com  
2008年電気通信大学大学院情報通信工学専攻修士課程修了。同年、(株)日立製作所に入社。現在、(株)日立製作所研究開発グループ・研究員。画像認識、機械学習の研究に従事。



服部英春

hideharu.hattori.hs@hitachi.com  
1994年東京電機大学大学院理工学研究科情報科学専攻修士課程修了。同年、(株)日立製作所に入社。現在、(株)日立製作所研究開発グループ・主任研究員。画像認識、画像処理、機械学習の研究に従事。



# データベースと機械学習のはざままで

小山田昌史 日本電気 (株)

〔受賞論文〕

Compressed Vector Set: A Fast and Space-Efficient Data Mining Framework

Masafumi Oyamada (NEC Corporation / University of Tsukuba), Jianquan Liu, Shinji Ito, Kazuyo Narita, Takuya Araki (NEC Corp.), Hiroyuki Kitagawa (University of Tsukuba)

Journal of Information Processing Vol.26, pp.416-426 (2018)

情報処理学会論文誌 データベース Vol.11, No.1 (preprint 掲載)

本論文は、データ圧縮技術の活用により機械学習やデータ工学などに頻出する「ベクトル演算」を高速かつ省メモリに実施する枠組みを提案した。ベクトルは、欠落 (=0) が頻出する疎ベクトルと、大半の要素が埋まった密ベクトルとに大別できる。疎ベクトルについては疎ベクトル表現という古典的技法で計算量とメモリ使用量を削減できるが、密ベクトルについてはそのような技法が存在しない。そこで、我々はデータ圧縮における古典的技術である「連長符号化」によって密ベクトルをコンパクトに表現し、種々のベクトル演算を「符号化を解かず」実施する技法を考案した。また、ベクトルの次元の順序を入れ替えてもベクトル演算の結果が不変である特性を利用し、「符号化の圧縮率が最大になるような次元の順序」を求解するような最適化問題を定め、これが NP 完全問題であることから近似アルゴリズムを考案した。実験では、ロジスティック回帰、近傍法、カーネル法でのグラム行列計算など種々のタスクで既存技術と処理時間、メモリ使用量を比較し、有効性を確認している。

この研究の着想を得たのは、筆者が新人社員であった 2013 年に遡る。元々、学生時代にトランザクション処理など DBMS (Database Management System) コア技法に関心を持っていた筆者は、当該分野の技法を機械学習など他分野に輸出できれば研究領域を作れるのではないかと考えていた。そん

な中、Factorization Machines という、当時推薦システム分野を席卷していた方式を調べていると、明言されていないものの、その方式が実は DBMS における「非正規化リレーション」を対象にしていることに気づいた。非正規化リレーションには同一の値が何度も繰り返し出現する。この繰り返し部分は直感的にサボれそうだと考え、上述の手法の考案に至った。

DBMS 技法で機械学習を改善せんとする研究分野は今では DB for ML と呼ばれ、データベース分野の流行の 1 つとなっている。VLDB 2016 ではベストペーパーの 1 つが我々の研究と着眼点をほぼ同じくしている。我々の仕事は発表先がマイナー国際会議ということもあってか残念ながら引用されていない。初出 2013 年という時期を考えれば多少はその分野に先鞭をつけていたかもしれないと負け惜しみを言いつつ、前を向いて、今後もさまざまな分野を駆け回りながら新分野を生み出す気概を持って研究活動に邁進してゆきたい。

(2021 年 5 月 19 日受付)



小山田昌史 (正会員) oyamada@nec.com

2018 年筑波大学大学院博士後期課程修了。博士 (工学)。データ統合、確率モデル、情報抽出などの研究に従事。現在、日本電気 (株) データサイエンス研究所主任研究員。