



報告

2019 年度論文賞の 受賞論文紹介

● 選定にあたって ●

湊 真一

論文賞委員会委員長／京都大学

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。

2019 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 数値モデル化と応用, 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 563 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 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, Transactions on Computer Vision and Applications の 5 誌であり、これらに掲載された 387 編の論文が実質的な選定対象となった。残りの 7 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、2019 年度の対象論文を 2020 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、6 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、2020 年度定時総会（新型コロナウイルスの影響によりオンライン開催）において、その栄誉を讃えられるとともに、表彰状、賞牌および賞金が授与されることが紹介されることとなった。

今回の選定結果を見ると、本会の論文誌各誌が、現代の情報化社会に深くかかわる重要な研究課題を広くカバーしていることを改めて感じさせるものとなっている。6 編の受賞論文のうち 3 編は、近年、注目が高まっている深層機械学習の基礎的技法から実応用までをカバーする論文が選ばれている。近年、この分野に優秀な研究者が多く集まって研究の質が向上するとともに、研究者の集団としての厚みも増してきていることがうかがわれる。ほかの 3 編については、情報通信ネットワークのインフラを支える技術や、情報システムと人間とをつなぐ技術に関する論文が選ばれている。情報処理技術は今後も社会基盤として利用され続けていくことになるが、その要素技術は毎年着実に研究開発が進んでおり、その一端が今回の論文賞にも表れたものと考えている。

なお、この原稿を執筆している時点においても、新型コロナウイルスの感染拡大により、国内外で未曾有の社会的経済的な影響が広がっており、その行く末は依然として見通せない状況にある。学会や論文誌の運営にも大きな影響が出ているが、今後の情報処理分野の研究開発においても、これまでの延長線にはなかった新しい視点が入ってくるのが予想される。今回の受賞論文は、そのような大きな社会変容の前に出版されたものであるが、今後、投稿・掲載される論文には、新しい時代の研究動向が反映されてくるものと思われる。そのような変化も注視していく必要がある。

以降のページでは、2019 年度論文賞受賞論文の著者による紹介記事を掲載する。ぜひご一読いただき、論文には記載されない著者の想いや苦労も推し量っていただきたい。その上で、受賞論文もぜひご一読いただきたいと思う次第である。

(2020 年 5 月 26 日)



トランスポート層とアプリケーション層の連携についての研究

武田和也 広島市立大学大学院情報科学研究科修了 舟阪淳一 広島市立大学大学院情報科学研究科

〔受賞論文〕

PR-SCTP を用いた分割ダウンロード方式における所要時間とブロック到達順序を考慮した要求方式
武田和也, 舟阪淳一(広島市立大学大学院情報科学研究科)
情報処理学会論文誌 Vol.60, No.2, pp.469-478 (2019)

我々はファイルを分割してダウンロードする技術について開発と評価を進めていたが、SCTP (Stream Control Transmission Protocol) に Partial Reliability 拡張 (PR-SCTP) があることを知り、分割ダウンロードに応用できないかと考えたのが本研究の発端である。パケットロスに対応するため、タイムアウト制御をトランスポート層に残しながらアプリケーション層で再送制御できないか考えたところが独自のアプローチであった。図-1 (a) のように到達性も順序も保証する場合は待ち時間が長くなることがあるが、順序を重視しないアプリケーションでは、図-1 (b) のように到達性を別途保証することでトランスポート層での待ち時間を制限することができる。

到達順序に制約のない分割ダウンロードから、順序がある程度要求されるプログレッシブダウンロードに応用範囲を広げ、第一著者の武田に在学中の研究として取り組んでもらった。学部4年生から博士前期課程2年生までの3年間で、トランスポート層におけるタイムアウト時間の上限値 TTL と、アプ

リケーション層における再送間隔である Tr を主要パラメータとして、ダウンロード所要時間の短縮と到達順序保証のトレードオフを調整する方式を提案し、実機を用いて評価してきた。

第一著者の武田はアルバイトで学費を確保しながら研究に打ち込んできた。振り返ると多忙な研究生生活ではあったが、研究の成果を専門家の前で発表したい、また研究の方向性を整理する場としたいという思いから学外への発表を積極的に行った。その結果、学会の研究会で3件の発表を行うことができた。また国際会議にも2件採択され、発表することができた。これら研究会、および国際会議での発表から多くのアイデアや助言をいただき方式や評価方法の改良に繋げていった。

さらに他学会の論文誌にも投稿したが二度の不採択となった。不採択になったものの、ご指摘いただいた問題点について認識し、改訂の機会が得られたので、査読いただいた方には感謝したい。武田は卒業後であったが、在学中の成果はぜひ、世に出したいと思い、舟阪が主な改訂を進めた上で本会論文誌に投稿した。採録されただけでもうれしいことであつたが、このたびは論文賞もいただくことになり望外のよこびである。本論文を高く評価してくださった方々に感謝する。

(2020年5月15日受付)

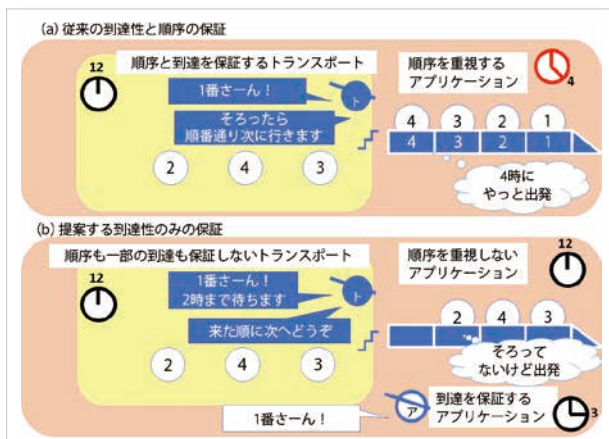


図-1 到達性と順序の保証

武田和也 kazuya@takeda.sh

2015年広島市立大学情報科学学部卒業。2017年同大学院情報科学研究科博士前期課程修了。PR-SCTPを用いた分割ダウンロード方式に関する研究に興味を持つ。

舟阪淳一 (正会員) funa@hiroshima-cu.ac.jp

広島市立大学大学院情報科学研究科准教授。博士(工学)。情報科学部助手、情報科学研究科講師を経て、2009年より現職。インターネットにおける効率的なデータ交換方式の研究に従事。



入社して初めての研究

笹川真奈 日本電信電話（株） NTT サービスエボリューション研究所

〔受賞論文〕

ジャミング転移による硬さおよび形状の提示が可能な食感提示システムの提案

笹川真奈, 新島有信, 青木良輔, 渡部智樹, 山田智広(日本電信電話(株) NTT サービスエボリューション研究所)
情報処理学会論文誌 Vol.60, No.2, pp.376-384 (2019)

このたび、表記の論文で本会論文賞をいただくこととなりました。このような素晴らしい賞を受賞するのは初めてのことで、大変嬉しく思っております。

賞をいただいた論文では、ジャミング転移を活用し、口内にさまざまな硬さおよび形状を提示することで食感を表現するシステムを提案しています。ジャミング転移とは、密度によって粉粒体が異なる振舞いをする物理現象のことです。本研究ではまず、空気圧によりジャミング転移を発生させるプロトタイプを実装し、ユーザ実験を行いました。ユーザ実験では、プロトタイプを用いて提示可能な硬さの範囲および分解能について調査しました。結果、範囲としては、マシュマロ程度の柔らかさからシャーベット程度の硬さまで、分解能としては、最大4種類の異なる硬さを口内に提示が可能ということが確認できました。

本研究の発端は、入社当初に先輩とプレストをしている最中に生まれたアイデアでした。興味のある分野を広くサーベイしつつ、アイデアを発案してはボツになる繰り返しという困難な数カ月を経て、食品を摂取せずにリッチな食感を表現する本技術を考案しました。当時、食品の食感を変える技術はありましたが、ダイエットなどで食品をあまり摂取したくない場合には不向きでした。一方で、口に何も含まずとも食感を表現する技術もありましたが、何かを口に入れないと食べた感が減ってしまうと考えました。また、口内で機械を咀嚼することで食感を提示する技術もあり

ましたが、口の中に機械を入れることに個人的には心理的な抵抗がありました。そこで、口に入れても心理的な抵抗が少なく、かつ、存外強いヒトの咀嚼力に耐え得る物として、食品であるコーヒーの粉と食品を包む用途としても使われる風船を口に含んでもらい、その硬さや形状をプログラマブルに変えることで、食品を摂取せずにリッチな食感を提示する本技術を実現しました。

また本研究は、著者がNTTに入社して1年目に初めて遂行した思い出深い研究です。大学の修士課程を終えたばかりで、研究者としてまだまだ未熟な自分を、先輩方が丁寧に的確に最後までご指導してくださいました。今回、本会論文賞という素晴らしい賞をいただけたのは、ひとえに先輩方のおかげだと思っております。この場を借りて改めてお礼申し上げたいと思います。

私自身、まだまだ研究者として発展途上の身でございますので、本受賞の喜びを心にとどめ、今後も、情報処理の分野に寄与できるような研究者を目指し、精進したいと思います。

(2020年5月15日受付)

笹川真奈 mana.sasagawa.ka@hco.ntt.co.jp

2017年お茶の水女子大学大学院人間文化創成科学研究科博士前期課程修了。同年、日本電信電話（株）入社。主に、ユビキタスコンピューティングに関する研究に従事。現在NTT サービスエボリューション研究所研究員。



1. 粉粒体の入った袋 (コーヒー粉入り風船)

2. 柔らかい状態で好きな形状に変える

3. 空気を抜いて硬くし形状を固定する

4. 袋内の気圧を調整しさまざまな硬さに変える

図-1 提案システムの使用法



形の「目利き」AIが3次元形状を精度良く比べる

古屋貴彦 山梨大学工学部コンピュータ理工学科

〔受賞論文〕



敵対的生成ネットワークを用いた3次元点群形状特徴量の教師なし学習

上西和樹, 古屋貴彦, 大淵竜太郎(山梨大学)

情報処理学会論文誌 Vol.60, No.7, pp.1315-1324 (2019)

このたび、幸運にも本会2019年度論文賞をいただくことができ、大変光栄に感じています。本研究の実装・評価実験・論文執筆を一手に担ってくれた上西和樹さん、俯瞰した視点から研究の舵取りを行ってくれた大淵竜太郎先生、本論文の査読、および賞の選定にかかわってくださった皆様へ心よりお礼申し上げます。

私が取り組んでいる3次元(3D)形状データの形状類似性に基づく検索・分類の研究では、高精度な3D形状特徴量の獲得が中心的な課題です。特に、3D形状特徴量の教師なし学習、つまり、ラベルを持たない3D形状を用いて、それらの解析に有用な特徴量をデータ駆動で獲得することが、日々大量に生成される形状データの管理に利すると考えています。しかしながら、ラベル分類を学ばばよい教師あり学習と異なり、教師なし学習では何を深層ニューラルネットワーク(DNN)に学習させればよいのか、当初は見当が付きませんでした。そのような折、本物そっくりの2次元(2D)画像を生成することで注目を集めた敵対的生成ネットワーク(GAN)が、高精度な視覚特徴量の獲得にも有効であることを示す研究が発表されました。「なるほどデータの真贋判別、つまり目利きを学習したDNNならばデータの特徴を上手に捉えるだろう」と思い、GANを3D点群データに拡張する研究を上西さんに着手してもらいました。入力データの前処理やネットワーク構造の設計などは2D画像向けGANのノウハウを利用できないため、ほとんどゼロからのスタートでした。

本研究は試行錯誤の連続でした。3D点群の生成DNNと判別DNNを構築し敵対的学習を行ったのですが、-1中央に示す通り、本物らしい形状が生成されませんでした。また、生成される形状が大きく偏る、いわゆるモード崩壊にも悩まされました。これでは多様な形状の目利きを判別DNNが学習してくれません。本研究と並行して2D画像向けGANの効果的な学習法が数多く考案されました。しかし、これら学習法が3D点群向けGANにも有効であるとは限りません。このような状況下、上西さんは研究に真剣に取り組み、多くの学習法やDNN構造を実装し評価しました。その結果、-1右に示すようなある程度本物らしい形状が生成できるようになり、従来の教師なし3D形状特徴量の形状比較精度を上回る特徴量の獲得に成功しました。上西さんにとって、方向が定まらない中を手探りで研究したことは大きな苦勞だっただろうと思います。今後も、未開の分野に対する挑戦心を持ち続けてほしいと思います。

今回の賞をいただいた理由は、技術的な困難を乗り越えて良い研究結果を得たことだけでなく、論文中にまとめた上記の研究プロセスを評価してもらえたことにもあると考えます。本研究には未解明の点も多くあります。たとえば、本論文の技術がどのような形状データの比較に活用できる／できないのか、形状データの幾何変形や種々のノイズに対してどの程度頑強なのか、などです。さらには、本研究よりも効果的な3D形状特徴量の教師なし学習手法を考案することも重要です。今回の受賞を励みとし、今後も研究により一層邁進して参ります。

(2020年5月8日受付)

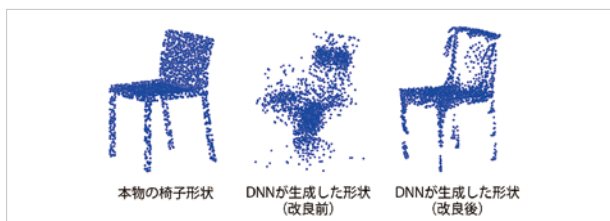


図-1 本物の椅子形状と、DNNが生成した形状の例

古屋貴彦(正会員) takahikof@yamanashi.ac.jp

2015年山梨大学大学院医学工学総合教育部博士課程修了。博士(工学)。同年より山梨大学工学部コンピュータ理工学科助教。3次元形状や2次元画像等のマルチメディア情報検索、機械学習に関する研究に従事。



2019年度 IPSJ Outstanding Paper Award を受賞して

池松泰彦 九州大学マス・フォア・インダストリ研究所

〔受賞論文〕

Chosen Message Attack on Multivariate Signature ELSA at Asiacrypt 2017

Yasufumi Hashimoto (Univ. of the Ryukyus), Yasuhiko Ikematsu and Tsuyoshi Takagi (Univ. of Tokyo)

Journal of Information Processing Vol.27, pp.517-524 (2019)

このたびは、このような栄誉ある賞をいただき、大変光栄に存じます。この場をお借りして本論文の議論、執筆にご協力いただいた皆様に心よりお礼申し上げます。

本論文のテーマは、量子計算機でも解読が困難とされる暗号（耐量子暗号）の安全性解析です。よく知られていますように、Shor の量子アルゴリズムを大規模量子コンピュータに実装することで、現行の暗号は解読されてしまいます。量子コンピュータの規模は年々大きくなっているため、耐量子暗号の開発は喫緊の課題となっています。

この耐量子暗号の候補には、さまざまな数学理論が使われています。主なものに、格子理論、符号理論、楕円曲線理論、そして多変数多項式理論があります。我々の論文では、この多変数多項式理論をベースにした多変数多項式暗号（MPKC）を扱っています。これは、有限体上の多変数二次方程式系の解の探索困難性を利用した暗号理論であり、1980年代に松本・今井両氏によってそのアイデアが提案された日本発の暗号理論となっています。これまでさまざまな暗号が提案されてきましたが、その中でも Rainbow と呼ばれる暗号は、実用的な署名方式とされており、米国標準技術研究所（NIST）が2016年から始めた耐量子暗号の標準化計画（NIST PQC standardization）でも有力な候補とされています。

我々の論文のタイトルにあります ELSA とは、その Rainbow の効率性を改良した方式であり、2017年開催の国際会議 Asiacrypt で発表され、注目を集めていました。ELSA では、署名生成時に使用される乱数を部分的に固定することで署名生成の効率性を高めていました。しかし本当に安全性を損なわずに効率性を高めることができているかは、より深い研究が必要とされていました。今回の我々の研究によって、この種の効率化には脆弱性があり、得られる署名を解析することで秘密鍵が多項式時間で復元できることが分かりました。Rainbow の効率化は、耐量子暗号の標準化計画でも重要な研究テーマとなっております。ここで得られた研究を糧に、Rainbow の効率化の実現、ひいては耐量子暗号の研究開発に深くかかわっていければと思います。

最後に、本論文賞をいただいたことを励みにより一層研究に邁進する所存です。今後ともよろしくお願ひ申し上げます。

(2020年5月14日受付)

池松泰彦（正会員） ikematsu@imi.kyushu-u.ac.jp

2010年九州大学大学院数理学府修士課程修了。2016年九州大学大学院数理学府博士後期課程修了。2019年より九州大学マス・フォア・インダストリ研究所先進暗号数理デザイン室 助教として暗号理論の研究に従事。



本物を追い求めて

奥村明俊 (独) 情報処理推進機構 IPA

〔受賞論文〕

ノンストップ顔認証システムによる大規模イベントのチケット本人確認の性能改善

奥村明俊, 星野隆道, 半田 享, 西山雄吾, 田淵仁浩(NEC ソリューションイノベータ(株))

情報処理学会論文誌コンシューマ・デバイス&システム Vol.8, No.1, pp.27-38 (2018)

昭和の終わりのころ、大学の研究室には古びたテレビがあり、昼間から時代劇が再放送されていた。時代劇では主要人物が本物であると示すアイテムが登場する。水戸黄門では葵の紋所の印籠、遠山の金さんでは桜吹雪の入れ墨、忠臣蔵の吉良上野介は額の刀傷が本人の証である。いずれも芝居の演出だろうが、それで本人と決めてよいのか疑問だった。研究室には『頭の体操』(多湖輝著)という本があり、脳移植をした人の身体は誰のものかという問題があった。身体は脳のものというのが答えである。脳にこそ本人たる根本があるのかと感心した。そのころ、英国の遺伝学者 Alec Jeffreys が、ヒトの DNA 型で個人が特定できると発表した。DNA には顔や手など身体の形状や色など設計情報が含まれているらしく大変驚いた。また、米国の生化学者 Kary Banks Mullis がポリメラーゼ連鎖反応 (PCR) 法によって DNA の増幅と検出を実現しノーベル化学賞を受賞した。これらを総合して DNA を脳から採取すれば根本的な本人の証になると思った。

平成の終わりのころ、チケット不正転売禁止法が公布され、入場者の本人確認がイベント興行主の努力義務とされた。本人確認は、厳密かつ効率的に行わねばならない。厳密には入場者の脳から DNA を採取したいが、安全性と効率性を考慮して顔認証を用いた本人確認システムを開発した。このシステムは多数のイベントなどで普及しつつある。アンケートによると満足度も高く、確認時間の短縮が普及を促進すると分かった。そこで、入場者を立ち止まらせることなく歩行中に顔認証を行う技術開発に取り組んだ。課題は歩行状況での認証精度向上である。精度向上は PCR でも必要な課題である。PCR は、DNA ポリメラーゼを用いてわずかなターゲット核酸から DNA を増幅する技術であ

る。DNA の数が少ないと検出困難なので、その数を増やして精度向上を図る。数が多いほうが好都合なのは顔認証も同様である。ただし同一の顔写真を増やしても手掛かりは増えないので、異なる角度とタイミングで顔写真を撮影し種類を増やすこととした。効率性と精度の観点から最適と思われる角度とタイミングを探索し提案システムを実現した。このシステムを実際のコンサートに活用し歩行中の高精度な顔認証と確認時間短縮を確認した。入場者の多くは顔認証に気づかずに入場していた。最も喜んでくれたのは会場の係員である。入場者への説明や対応は精神的に辛いことが多いらしく、システムのおかげでストレスが大幅に軽減されたとのことである。開発者として入場者が気づいてくれないのはやや寂しいが、係員に感謝されることは嬉しかった。しかし、いずれ係員にとって当たり前ものとなる。本当に役立つ本物の技術は水や空気のように当たり前ものとなり、また当たり前と思えないことから本物の技術が創出されるだろう。今後の顔認証では、形や色など形態情報と DNA との対応(フェノタイピング)が興味深い。顔に関する後天的な形成要因と DNA をビッグデータ化できれば、顔の 3 次元モデルが生成され、また顔の 3 次元情報から DNA の一部が分析可能となるかもしれない。

令和の初めに本会論文賞をいただくことになった。関係者に感謝するとともに今後も本物を追い求めていきたい。

(2020 年 4 月 27 日受付)

奥村明俊 (正会員) ak-okumu@ipa.go.jp

1986 年京都大学工学研究科修士課程修了。同年 NEC 入社。中央研究所にて自然言語処理、音声翻訳、人工知能、価値創造基盤などの研究開発に従事。現在、(独)情報処理推進機構 IPA 理事。本会フェロー、工学博士。



クラウドなしでのハイパパラメータ最適化計算実験

尾崎嘉彦 グリー（株）／産業技術総合研究所人工知能研究センター
 矢野正基 （株）ディー・エヌ・エー
 大西正輝 産業技術総合研究所人工知能研究センター

〔受賞論文〕
 Effective Hyperparameter Optimization Using Nelder-Mead Method in Deep Learning
 Yoshihiko Ozaki, Masaki Yano and Masaki Onishi (Artificial Intelligence Research Center, AIST / University of Tsukuba)
 IPSJ Transactions on Computer Vision and Applications 9, 20 (2017)

このたび、標記の論文で本会論文賞をいただくことになりました。掲載から3年が経過してからの受賞連絡を受け、非常に驚きました。研究成果を高く評価していただいたことを大変光栄に思います。

本研究の動機は、深層学習におけるハイパパラメータ最適化に対する局所探索の有効性の検証であった。一般に、最適化手法は大域探索と局所探索に大別できる。前者は収束は遅いが悪質な局所解に陥りにくく、後者は収束は速いが局所解に陥る可能性が高い。従来、深層学習におけるハイパパラメータ最適化では、目的関数の形状は複雑であると考えられており、ベイズ最適化のような大域探索手法を用いることが常識とされているため、局所探索手法の適用報告は見られなかった。本論文では、半世紀以上にわたって実績のある局所探索手法であるNelder-Mead法を深層学習におけるハイパパラメータ最適化に適用し、複数の実験設定において同手法が優れた性能を示すことを明らかにした。この結果は、探索空間に複数の良質な局所解が存在することを示唆している。

本論文の執筆にまつわる苦労話といえば、実験当時はクラウド計算環境なしでハイパパラメータ最適化計算実験をしていたことである。産総研には、今でこそAI橋渡しクラウド(ABCI)が整備され、いとも簡単に多数のGPUを利用して大規模な計算

実験を行うことができる。しかし、本論文を執筆していた当時はABCIは存在せず、本実験では20台ほどの自作のGPU計算機を組み立て、床下の配線を行い、実験中はGPUの発熱に伴う猛烈な部屋の暑さやファンによる轟音に耐えた。周囲の研究者から文句を言われながら、さらには研究用の大容量ブレーカを落とす寸前になるなどのトラブルにも見舞われながら、大変な思いをして実験データを取得した。

ハイパパラメータ最適化をはじめとする機械学習の自動化を実現する研究分野はAutomated Machine Learning (AutoML)と呼ばれており、今日に至るまで著しい発展を続けている。今後も本分野の発展に寄与できれば望外の幸せである。

(2020年4月20日受付)

尾崎嘉彦 ozaki-y@aist.go.jp
 2017年筑波大学大学院システム情報工学研究科博士前期課程修了。同年グリー（株）入社。2018年より産業技術総合研究所人工知能研究センター特定集中研究専門員（兼務）。

矢野正基 masaki.yano@dena.jp
 2018年筑波大学理工学群社会学類卒業。2019年より（株）ディー・エヌ・エーにデータサイエンティストとして入社し、オートモティブ事業などのさまざまな事業のデータ分析に従事。

大西正輝（正会員） onishi@ni.aist.go.jp
 2002年大阪府立大学大学院博士後期課程修了。理化学研究所研究員を経て、産業技術総合研究所人工知能研究センター社会知能研究チーム長。博士（工学）。