



The power of innovative research.

# NII SEEDs 2020

情報学によるイノベーション創出と未来価値創成





情報学によるイノベーション創出と未来価値創成  
2020

2020年4月1日 発行

〒101-8430

東京都千代田区一ツ橋2-1-2 学術総合センター

TEL : 03-4212-2000 (代表)

HP <https://www.nii.ac.jp/>

Facebook <https://www.facebook.com/jouhouken>

Twitter <https://twitter.com/jouhouken>

©National Institute of Informatics

# 産業と学術の連携が、 新たなイノベーションを創出し、未来価値を創成します。

『NII SEEDs』は、

国立情報学研究所(NII)の産業応用の可能性がある研究成果をご紹介します、

産業界や官公庁等の皆様に共同研究や技術相談、成果活用等の  
テーマ探しのツールとしてご活用いただくことを目的に発行しています。

各シーズは担当研究者のレポート形式となっています。

ご興味を持たれた企業・自治体等の皆様は、下記に記載いたしましたお問い合わせ先、

国立情報学研究所 研究戦略室までご連絡ください。

研究者との面談や、産官学連携活動プログラムのご紹介等、さらなる情報交換の機会をご提案いたします。

ご相談・お問い合わせ 国立情報学研究所 研究戦略室 Email [ura-staff@nii.ac.jp](mailto:ura-staff@nii.ac.jp)  
NIIが提案する産官学連携活動 HP <https://www.nii.ac.jp/research/iga/>

## Contents

|   |        |   |              |    |
|---|--------|---|--------------|----|
| ■はじめに   | 01     | 研究用データセットの有効活用へ<br>データを核とした産学連携を橋渡し       | 大山 敬三        | 20 |
| Researcher file no.1 金子 めぐみ   | 02     | 機械学習により生成された<br>フェイク動画を自動検知               | 越前 功 / 山岸 順一 | 21 |
| Researcher file no.2 池畑 諭   | 04     | 人間の肉声に近い音声を高速に合成<br>音声合成の新技术「NSF 法」を開発    | ワン シン        | 22 |
| Researcher file no.3 相澤 彰子  | 06     | 顔と音声を同時に別人に変換<br>映画やバーチャル世界に応用            | 房 福明         | 23 |
| ■研究シーズ 2020   |        | 水中の高解像度3D映像を即時出力<br>マルチスペクトル RGB-D カメラを開発 | 鄭 銀強         | 24 |
| 01 ● 情報基礎科学 — 基礎理論の深みを解き明かす<br>未来の IT 産業を支える若き人材を育成<br>—アルゴリズムが世界を変える—    | 河原林 健一 | 09  |              |    |
| より安心・安全な暗号の設計に向け<br>回路最小化問題の計算困難性を解析                                      | 平原 秀一  | 10  |              |    |
| 社会の多様なニーズに応える<br>マッチングアルゴリズムを設計   | 横井 優   | 11  |              |    |
| 02 ● 情報基盤科学 — 理論・実践から情報システムを創り出す<br>クラウド環境を自動構築・再現性確保<br>技術者育成や人手不足の解決めざす | 合田 憲人  | 12  |              |    |
| 無線資源を最大限に活用できる<br>次世代モバイルシステムの設計  | 金子 めぐみ | 13  |              |    |
| コンピュータが2倍速くなる?<br>素子のばらつき克服する設計技術   | 五島 正裕  | 14  |              |    |
| 研究データの共有・管理へ<br>共通基盤を産学連携で活用する  | 込山 悠介  | 15  |              |    |
| 03 ● ソフトウェア科学 — 多様化する知識創成型社会を支える<br>実世界と機械学習の不確かさに挑む<br>ソフトウェアの品質向上と保証    | 石川 冬樹  | 16  |              |    |
| ソフトウェアの挙動を検証<br>安全性と生産性の両立めざす   | 関山 太郎  | 17  |              |    |
| 機械学習の過程や結果を見える化し<br>安全性分析や開発プロセスに生かす                                      | 吉岡 信和  | 18  |              |    |
| 04 ● 情報メディア科学 — メディアの振る舞いを探求する<br>高精度な3次元復元技術を開発<br>実世界への幅広い応用めざす         | 池畑 諭   | 19  |              |    |
| 05 ● 知能システム科学 — 知能システムの実現をめざして<br>言語理解タスクをデザインし<br>人間の知的活動を支援する           | 相澤 彰子  | 27  |              |    |
| 人間の知識を利用する AI<br>多様な情報から知識グラフを自動構築  | 市瀬 龍太郎 | 28  |              |    |
| 生活を支援する知能ロボットの実現<br>クラウド型 VR 空間で対人行動学習                                    | 稲邑 哲也  | 29  |              |    |
| 裁判官や弁護士の推論を<br>シミュレーションするシステム   | 佐藤 健   | 30  |              |    |
| 国際的な経済ビッグデータを解析<br>企業や行政のグローバルリスクを推定                                      | 水野 貴之  | 31  |              |    |
| 感覚・運動情報の予測メカニズムに着目<br>深層学習によるロボットの知能化技術                                   | 村田 真悟  | 32  |              |    |
| 06 ● 情報環境科学 — 情報社会を多角的に捉える<br>ブロックチェーンの応用により<br>経済活動の新たな構造を提唱             | 岡田 仁志  | 33  |              |    |
| ■産官学連携事例  |        |   |              | 34 |
| ■保有特許一覧(国内)   |        |   |              | 36 |
| ■NII が提案する産官学連携   |        |   |              | 37 |



## はじめに

国立情報学研究所 副所長

河原林 健一



国立情報学研究所（以下、NII）では、産業応用の可能性を秘めた情報学の研究最前線をご紹介するため、研究シーズ集『NII SEEDs』を発行しています。本年度も、新たな研究の進捗状況や成果を継続的に発信することで、産業界や官公庁の皆様とNIIとのイノベーションをめざした連携の契機となることを願い、『NII SEEDs 2020～情報学によるイノベーション創出と未来価値創成』を発行いたします。

近年、社会的課題の解決につながる日本発のイノベーション創出の重要性が叫ばれ、大学や学術機関においても社会貢献や産業化につながる研究開発活動が強く期待されています。さらに、「Society 5.0」がめざす超スマート社会の実現に向けて、情報学の研究成果に対して大きな期待が寄せられています。NIIでは、長期的視点に立った基礎研究ばかりでなく、社会的課題の解決をめざした実践的な研究や学術ユーザー向けの情報基盤技術の開発も行っており、新たなイノベーションへのシーズとなる素材も少なくないと考えています。これを踏まえ、研究成果を社会実装や産業応用に結び付ける機会を設けることで、企業の皆様との連携によるイノベーションをめざした活動の活性化等、研究成果の社会への還元に取り組んでいます。

事業や社会のために技術を利用される産業界や官公庁の皆様は、情報学研究者の活動を知っていただき、その研究成果や産業応用の可能性をご理解いただくことが、NIIがイノベーション創出に向けて貢献するための第一歩であると認識しています。『NII SEEDs』に目を留めていただくことで、皆様にNIIの研究活動に興味を持っていただき、共同研究や技術相談等を通じたパートナーシップを作り出すための契機に、あるいは、学術界の方にはNIIとの共同研究のパートナー探しに、役立てていただければ幸いです。これらのパートナーシップを元に、皆様とともにイノベーション創出、社会的課題の解決につなげていきたいと考えています。

アーキテクチャ科学研究系 准教授

金子 めぐみ

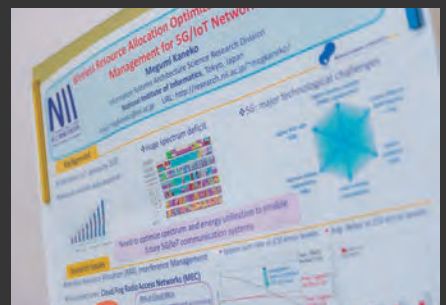
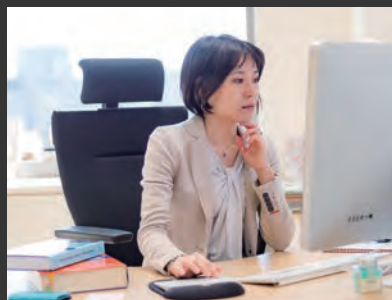
KANEKO Megumi

研究シーズ ▶▶▶ P.13

## 限られた周波数を最大限に活用し 高品質な次世代無線通信の実現をめざす

モバイルフォンやIoTデバイスなどの増加に伴い、近年のモバイルデータ量は激増しており、無線資源(割り当て可能な電波周波数)の不足は、すでに深刻だ。次世代無線通信に向けた新たな技術が必要とされるなか、金子は無線資源割り当てや干渉制御などモバイルシステム全体の特性にかかわる理論構築に取り組んでおり、その研究成果は世界的に注目されている。

幼少時よりフランス・パリで過ごす。2004年フランス・Télécom SudParis(グランゼコールの一つ)とデンマーク・オールボー大学の修士課程を同時修了し、Master of ScienceおよびDiplôme d'Ingénieur (Double Degree)を取得。2007年デンマーク・オールボー大学にて博士号(工学)取得。2008年より京都大学大学院情報学研究科にて日本学術振興会特別研究員-PD、2010年からは同研究科助教を務める。2016年より現職。2017年にParis-Saclay UniversityにてHDR(フランス教授資格)を取得。2019年に文部科学大臣表彰(若手科学者賞)。





## さまざまな要求を同時に実現するには バランスとトレードオフが重要

幼少時からフランス・パリで育った金子は、物理や数学への興味からグランゼコールの一つに進学、修士過程のときにダブルディプロマで留学したデンマークのオールボー大学での経験がきっかけとなり、研究者の道を歩み始める。

「指導教員をはじめ、周囲の学生や研究者たちとディスカッションや意見交換をしながら、自分のアイデアで新しいアルゴリズムや無線通信の方式を生み出すことができる研究生活は楽しく、とても魅力的でした」

オールボー大学は無線通信分野の研究で世界的に有名であり、金子にとって有意義な環境だった。その後オールボー大学の博士課程に進学した金子は、4G（第4世代移動通信システム）の立ち上げプロジェクトに研究員として加わっている。

現在、移動通信システムは4Gから5Gへの移行期を迎え、伝送速度の向上や大容量化が期待できる一方で、遅延、信頼性、接続の高密度化など、さまざまな課題が残っている状況だ。5Gで検討されている周波数帯の一部はミリ波帯（30～300GHz）に含まれ、これまでよりも周波数が高いため、通信品質が劣化しやすく近距離しか届かないなどの問題がある。

金子は、無線資源の割り当て法や干渉制御を中心に、限られた資源を複数のユーザーやシステムに効率的に共有させる方

法を研究している。速度、容量、遅延時間、同時接続できるデバイス数、コスト、エネルギー消費量など、複数の相反する評価指標を同時に達成することは難問であり、現実的なシステム制約に求められる“バランス”と“トレードオフ”を考慮しながら最適解にアプローチできる方法を探すのだという。

## より現実的な条件を取り入れた 理論解析に成功

4Gまでの課題は、伝送速度が主だったが、5G以降は、このような複数の評価指標を同時に実現することが求められる。金子はクラウド（雲）での中央集中的制御に加え、よりエッジ側で制御を行うフォグ（霧）アクセスネットワークと呼ばれる仕組みを使い、システム全体の伝送速度の向上と遅延削減、エネルギー利用効率向上を同時に実現できる方法を提案した。

また、IoTのための無線システムのプロトコル設計も手掛けている。IoTにおける通信では、デバイスの大量接続が求められ、低コストや低消費電力の実現が必須となる。このための新たな通信コンセプトとして、LPWAN（Low Power Wide Area Network）の開発が進められ、いくつかの方式が提案されているが、金子はLoRa方式についてプロトコル設計を行い、電波の割り当て方式や電力消費、遅延について大幅な改善方法を提案、また現実的な厳しい干渉が起こる環境において、達成可能な伝送速度の理論的解析を行った。

さらには機械学習を活用した無線通信ネットワークの高度化も手掛ける。今後はIoTシステムに加え、ドローンネットワークや衛星システムなど、より複雑で新しいシステムも入ってくる。さらに自動運転などモビリティの移動速度の高速化も予想される。このような状況では、無線品質は万分の1秒単位で振動することになり、数理的な最適化問題として解くことは不可能だ。そこで中央集中的な制御ではなく、各モバイル端末に学習機能を持たせて自律させる分散型の制御法を開発している。NTTとの共同研究における成果では、特許の出願も行った。

一般に、理論的に導出した指標値は、理想的な条件を仮定しているため、そのまま現実空間に適用することはできない。金子はこれらの研究において、より現実的な条件を取り入れた理論解析に成功し、応用に向けた性能指標を導出した。その成果は、通信技術系の大規模な世界大会であり、無線通信分野の主なトップカンファレンスIEEE GLOBECOM（IEEE Global Communications Conference）でBest paper awardを受賞するなど、すでに複数の国際会議やジャーナルで高く評価されている。

「理論と応用のギャップを縮めていくことに面白みを感じる」と研究への熱意を語る金子。自身の研究成果が今後のモバイル社会を支えるのみならず、低消費電力の実現などにより、地球の環境危機に少しでも貢献できたらと願っている。



コンテンツ科学研究系 助教

池畑 諭

IKEHATA Satoshi

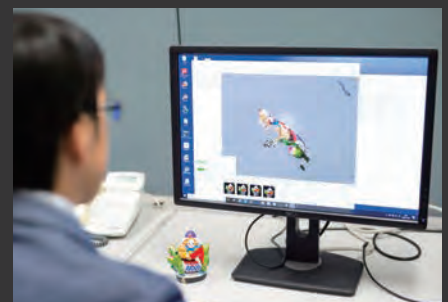


研究シーズ ▶▶▶ P.19

## 2次元画像から3次元情報を復元する コンピュータビジョン研究の源泉は人間への興味

2次元画像からリアルな立体映像をつくり出すことができれば、エンタテインメントはもちろんのこと、さまざまな分野で活用できるだろう。例えば医療画像に写る病巣の形状復元、写真をもとにした製造物の劣化や破損の状態確認など、多様な応用が広がる。池畑は従来法に深層学習を組み合わせた画期的な手法を開発し、基礎と応用研究の両面から3次元復元の道を拓く。

2009年、東京大学文学部行動文化学科心理学専修課程を卒業後、2011年に東京大学大学院学際情報学府、2014年に東京大学大学院情報理工学系研究科にて修士号(学際情報学)、博士号(情報理工学)をそれぞれ取得。2014年から米国ミズーリ州ワシントン大学セントルイス校にてポストドク研究員を経て、2017年より現職。画像や映像から形状や材質などを復元する3次元コンピュータビジョンの研究に従事している。





さまざまな方向から光を当てた写真など、2次元画像から3次元情報を復元するコンピュータビジョン研究に取り組む池畑。意外にも研究の出発点は心理学だった。

「学部2年の終わりに進路を決める際、人間の行動に興味を持ち、心理学を専攻しました。フィールドワークをやりたくて文化人類学と迷ったほどです」

結局、脳科学に近い知覚心理学の研究室に入り、人間の立体視の仕組みを探るなかで、視覚を数理的なモデルでより詳細に表現したいと考えるようになり、人間の知覚をコンピュータで再現するコンピュータビジョン研究へと進んだ。

## 「フォトメトリックステレオ法」に深層学習を導入して精度を上げる

修士論文で手掛けたのは、多視点カメラの2次元情報から立体映像を復元する取り組みだ。結婚式で来場者がそれぞれ、手持ちのスマートフォンなどで撮影する新郎新婦の多数の写真をもとに立体映像をつくりたいと考えた。

「精度を上げるためには複数の視点からの多くの写真が必要で、実際には結婚式での撮影は叶いませんでしたが、たくさんの人がどの場所から撮影してもその人のカメラの位置や姿勢を推定し、それらを組み合わせて物体の3次元形状を復

元する技術を開発しました」

その後、1台のカメラでさまざまな角度から光を当てて対象物を撮影し、対象物の多くの陰影パターンをもとに3次元復元をする「フォトメトリックステレオ法」と出合った。

「この手法の特長は、カメラが1台かつ固定で良いこと。また、露光をさまざまに変えて撮影することで輝度値の階調を大幅に上げられることから、微細な形状の復元が可能になります。しかしそのためには、あらかじめ被写体の材質や光の反射経路を知る必要がある。反射モデルが複雑になるとうまくいきません」

そこで池畑が2018年に発表したのが、反射モデルが定義できない部分について、深層学習の一つである畳み込みニューラルネットワーク(Convolutional Neural Network=CNN)を使う手法だ。フォトメトリックステレオにおいて世界初となる池畑の提案は、通常の深層学習と違って入力する画像の枚数を固定する必要がない。ソースコードをオープンにして発表したところ<sup>[1]</sup>、この技術を発展させるための議論も活発に行われるようになり、実用される日も遠くないだろう、と考えている。

さらに最近、この手法に物理モデルを導入することで、解くべき問題を狭め、従来は100枚程度必要だった画像を10枚程度に減らして、精度よく3次元復元することに成功した。

「対象物の表面の材質や色、反射特性を物理モデルで同時に推定して、入力画像に近づけるように最適化すると、すべての情報が整合性を持つようになる。つまり数学的に保証される。新しい深層学習に従来の物理モデルを組み合わせることで研究がさらに進みました」

## 3次元復元に心理学の知見を活用したい

そのほか応用研究として、3次元復元技術の不動産応用も手掛ける。RGB-D(色と距離)センサーから得られた部屋の2次元データをもとに、壁、天井、床といった各要素とそれぞれの関係性を「構造グラフ」という点(ノード)と辺(エッジ)で表現し、「構造文法」という復元のためのアルゴリズムを用いる独自の手法により、間取りを自動生成する画期的な研究だ。特に最近は、パノラマ画像からの復元に注力する。

一方で、復元映像のARやVRへの展開も探っている。

「人間がリアリティを感じるVRやAR映像をつくるためには、復元された映像を人間がどう感じるのか、という心理的な視点が必要だと感じています。人間がどう感じるかという評価まで入れ込んだ3次元復元技術をつくりたいですね」

池畑のユニークな経歴を生かした、分野にまたがる未開拓な研究領域へのチャレンジは緒に就いたところだ。

[1] <https://github.com/satoshi-ikehata/CNN-PS>





コンテンツ科学研究系 教授

## 相澤 彰子

AIZAWA Akiko

研究シーズ ▶▶▶ P.27

## 人間はどのように言語を理解するのか その探求が、AIの理解力を向上させる

人間が話す言語をコンピュータが理解して、会話をしたり、作業をしたりする。深層学習の発達により、単純な受け答えのレベルではすでに実現されているものの、本格的な応用に向けては、まだ険しい道のりだ。この研究を進めるためには、人間に対する理解が必要だと相澤は考える。

1990年東京大学大学院工学系研究科電気工学専攻博士課程修了。工学博士。1990年から2年間、イリノイ大学アーバナ・シャンペイン校客員研究員。2003年より国立情報学研究所コンテンツ科学研究系教授。2008年より東京大学大学院情報理工学系研究科コンピュータ科学専攻教授(学際理学兼任)。2018年より総合研究大学院大学複合科学研究科情報学専攻教授。



## データを見る目を養うことが重要

大学で通信分野を手掛けていた相澤の転機となったのは、博士号取得後に客員研究員として赴いたアメリカ・イリノイ大学でのことだった。歴史ある大きな図書館で、19世紀の統計学会誌を紐解いてみると、そこには現在にも通じる数々の問題が論じられていた。コンピュータが進化した今、古くから解かれていた統計の問題を、新しい枠組みで解き直してみたら……。相澤はそこに大きな可能性を感じたという。

当時相澤は、正規分布を対象にしたいろいろなモデルをつくっていた。あるとき、それを実際の自然言語(人間が日常使う言語)のデータにあてはめようとして調べてみたところ、それは正規分布とはまったく違う統計的な性質を持っていることに気づく。いわゆる“べき乗則”という急激に減衰する裾野の広い分布(ロングテール)であり、このとき相澤は、データの本質を捉えない限り、単に機械的にモデルをあてはめただけでは、正しい解析はできないことを知った。今でも相澤は、データを処理する前には必ず生データを見るという。

「最近では深層学習を使うようになり、データの扱い方も変わってきてはいますが、何のためにこの処理をやるのか、この処理で何ができるかを理解する重要性は変わりません。データを見る目を養うことは、とても重要なのです」

## 人間の本質を捉えたモデル化に挑戦

現在、相澤の研究室では「人間の言語活動とは何か」を問題設定に掲げて研究を進めている。

「人間がどのように理解しているかを探求しないと、言語現象は理解できません。この本質は、人間の言語活動の難しさにあると感じています」

コンピュータの読解力は一つの大きなテーマだ。NIIが手掛けた「東ロボくん」プロジェクトでは、コンピュータの文章読解力が話題になったし、自然言語処理の分野でも今、コンピュータに文章題を解かせる競争が激しくなっている。



相澤はコンピュータが「どのように解くか」を知ることが必要で、これは問題をつくることと双対の関係にあると考えている。このため相澤らのグループはコンピュータのための読解問題の分析に取り組み、この問題にアプローチしている。文書全体の話の流れを論理的に捉えることも重要であり、英語論文執筆支援などにも応用できるという。

また、対話システムのモデル化にも力を入れている。自然な会話ができるシステムの実用化は非常に難しく、今まで体系的なアプローチがされてこなかった。一問一答式(FAQ形式)ではかなり成功しているが、少し長い対話になると課題が山積みだ。対話システムの研究では近年、深層学習を使うのが一般的だが、過程がブラックボックスになってしまい、研究結果をどう改善したらいいかが分からない。一見それらしい文章を生成するのだが、それをもとに実際のタスク(行動)をさせてみるとできない。それが今の対話システムの限界だ。

対話においては、「それを取ってください」というときの「それ」のように、互いが言葉を共通理解することがまず重要だ。そこで、対話によって共通参照をつくりあげていく(共通)グラウンディング問題にチャレンジしている。何が対話の基本構成要素なのかは未知の世界であり、システムアーキテクチャの設計として取り組むことで、体系的な対話システムの構築をめざしている。

このほか、マイニング技術を活用したPDF文書の読み取りや、表記ゆれ、名寄せの問題にも取り組む。いずれも単なる前処理だと思われてあまり注目されていないが、コンピュータの読み取りという点において、実は本質的に難しく、解決されていない問題がいくつもあるのだという。いずれの問題についても、大きな課題はコンピュータの能力を正しく評価することだ。

「深層学習が非常に賢くなってしまったために、従来の簡単な方法では評価できなくなっています。評価方法の確立も、この分野の大きな研究目標です」

「人間の言語活動の本質的な理解」をめざし、相澤の研究は続いていく。



# 研究シーズ

# 2020

## 研究シーズの見方

この研究の属する分野や関連する分野を記載しています。

担当研究者紹介

6つのカテゴリーを設け、各シーズを分類しています。

研究がスタートした経緯、このシーズの概要が分かるようになっています。

本編は研究の内容と、産業応用の可能性の2項目に分けて説明しています。

主要項目の説明を図説しています。

研究者の発明、プログラム、著作物など

研究者の連絡先

The thumbnail shows a research season page with several sections and annotations. The sections include: 01 クラウド環境を自動構築・再現性確保 技術者育成や人手不足の解決めざす; 02 研究背景・目的; 研究内容; 産業応用の可能性; and a researcher profile for 合田 憲人 (Kenji Katada). Annotations on the left side of the thumbnail point to these sections with the following text: 'この研究の属する分野や関連する分野を記載しています。', '担当研究者紹介', '6つのカテゴリーを設け、各シーズを分類しています。', '研究がスタートした経緯、このシーズの概要が分かるようになっています。', '本編は研究の内容と、産業応用の可能性の2項目に分けて説明しています。', '主要項目の説明を図説しています。', '研究者の発明、プログラム、著作物など', and '研究者の連絡先'. The bottom of the thumbnail shows contact information for Kenji Katada at NII SEEDS.

各シーズの内容、肩書、所属等は、編集時点(2019年12月)において、できる限り最新の情報に基づいて掲載しています。

# 未来のIT産業を支える若き人材を育成 —アルゴリズムが世界を変える—

複雑かつ巨大なネットワークやビッグデータを解析するには、数学的理論に基づいた革新的アルゴリズムの構築と体系化が必要不可欠です。これは国家規模のビジネス創成につながる分野であり、数学理論を熟知した人材育成にも取り組んでいます。

## 研究背景・目的

現代社会には極めて多様で複雑かつ巨大なネットワークが存在し、私たちの生活において重要な役割を果たしています。中でもウェブ構造やFacebook、Twitterなど、私たちの身近にある複雑なネットワークは日々成長を続けており、ネットワークやビッグデータの解析における理論的研究は、近年ますます重要性を増しています。ITビジネスの発展の歴史でも、Microsoft、IBM、Google、Yahoo!、AT&T、Facebook、Amazonなどの巨大IT企業で、著名な理論研究者が斬新なソフト開発を行い、さまざまな問題解決に貢献してきました。私は、上記のようなネットワークに対する理論解析、およびそれを生かした高速アルゴリズムの開発を目的として研究を行っています。

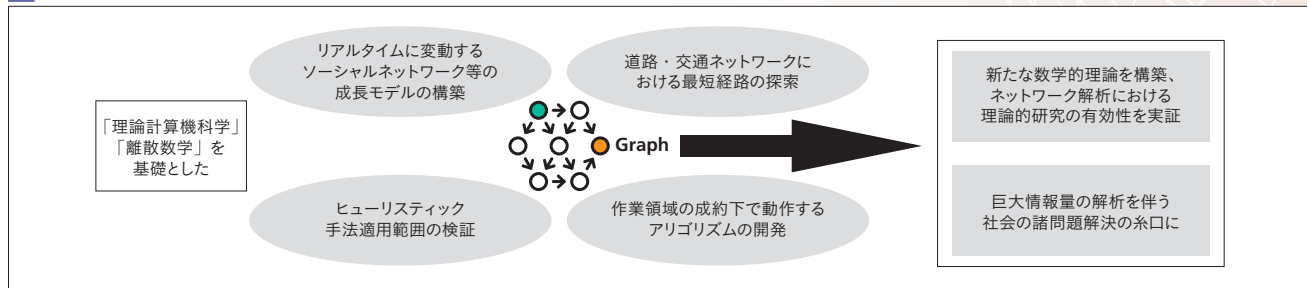
## 研究内容

巨大ネットワーク、ビッグデータ解析の課題はアルゴリズム、機械学習、人工知能、データベース、データマイニング、自然言語等のコンピュータサイエンスの諸分野の問題ですが、多くは問題解決のためのデータ量が巨大であるため、解決が容易でないものばかりです。このような問題を解決するためには、アルゴリズムの革新が必要不可欠であり、計算モデルと数理の探求に基盤をおく革新的アルゴリズム設計技法の構築や体系化が早急に求められています。その解決には理論計算機科学、最適化、離散数学、確率論、統計物理学等を含む深く広い数学的理論を基礎とした研究が必要になります。そこで私は、数理的なアプローチを中心に高速アルゴリズムの開発をめざしています（図）。

## 産業応用の可能性

ページランク、圧縮センシング、差分プライバシーなどの技術は、数学的な理論に基づく基礎研究の応用という形で、IT業界の巨大企業に採用され、現在でもIT業界の主要技術になっています。また、数学的理論に基づくアルゴリズムは、人類の文明の進歩を加速度的に後押ししてきました。特に現在の情報検索、ゲノム情報処理などのアルゴリズム革新は国家規模のビジネス創成につながっています。さらに、このようなイノベーションを推進するためには、巨大IT企業のように、数学理論を熟知した人材が社会問題解決に挑む必要があると考え、私は、科学技術振興機構（JST）の「ERATO河原林巨大グラフプロジェクト」などを通じて、この人材育成にも取り組んできました。

図 巨大なネットワークを解析する高速アルゴリズムの開発をめざす



研究者の  
発明

- ◆特許第5733722号：情報処理装置、日程決定方法及びコンピュータプログラム
- ◆特許第6445246号：情報処理装置及び情報処理方法
- ◆特許第6614030号：観測者検出装置、方法、プログラム、及びコンピュータ読み取り可能な記録媒体



情報学プリンシプル研究系  
教授  
ビッグデータ数理国際研究  
センター長

河原林 健一

KAWARABAYASHI Ken-ichi





# より安心・安全な暗号の設計に向け 回路最小化問題の計算困難性を解析

ウェブページを閲覧する際などに用いられる公開鍵暗号方式は、特定の計算問題の困難性を根拠にしていますが、数学的にはまだ安全性が証明されていません。私は回路最小化問題を用いて計算量を解析し、絶対に安全な暗号の確立に向けた研究を行っています。

## 研究背景・目的

現代の情報通信社会においては、私たちの通信の秘密を守るために多くの暗号技術が用いられています。例えば、普段ウェブページを閲覧する際には、背後で公開鍵暗号方式と呼ばれる技術が用いられており、解読することが困難であるように暗号化しながら通信が行われています。ただし、実は数学的に安全性が証明されている公開鍵暗号方式は現在のところ存在しません。現状では「大きい桁数の素因数分解するのに時間がかかる」といった、特定の計算問題の困難性に関する予想に基づいていますが、その予想は証明されていません。私はそのような計算困難性を解析する計算量理論の研究を行っています。

## 研究内容

安全な暗号の解析で最も重要となるのは「平均時計算量」を解析することです。例えば、「素因数分解の計算に時間がかかる」という予想に基づいて暗号を構成するとき、「ある合成数を素因数分解することに時間がかかる」（最悪時計算量）だけではなく、「多くの合成数において平均的に素因数分解することに時間がかかる」（平均時計算量）という、より強い仮定を置く必要があります。より安全な暗号を構成するには、最悪時計算量と平均時計算量をつなぐことによって多くの入力における計算問題の難しさを理解する必要があります。私は回路最小化問題と呼ばれる、入力として与えられたブール値関数を計算するような小さい論理回路を求める問題（図）について、最悪時計算量と平均時計算量がほとんど同じであることを示しました。

## 産業応用の可能性

ビットコインなどのブロックチェーンの技術においては、プルーフ・オブ・ワークと呼ばれる暗号技術を用いることにより安全性を担保していますが、現在使われているようなプルーフ・オブ・ワークが本当に安全かどうかは（「P対NP問題」よりも難しい）未解決問題です。近年の平均時計算量に関する進展により、より安全性がもっともらしいプルーフ・オブ・ワークをつくる可能性があります。

研究者の  
発明 ◆ 該当無し

図 回路最小化問題: 入力としてブール値関数が与えられたときに、最小のゲート数の論理回路を求める問題

**入力:** 実現したい関数  
 $f: \{0,1\}^n \rightarrow \{0,1\}$   
の真理値表

**入力例**

| $x_1$ | $x_2$ | $x_1 \oplus x_2$ |
|-------|-------|------------------|
| 0     | 0     | 0                |
| 0     | 1     | 1                |
| 1     | 0     | 1                |
| 1     | 1     | 0                |

$f = \left\{ \begin{array}{l} \dots \end{array} \right.$

**出力:** 関数  $f$  を計算するような  
最小の論理回路

**出力例**



情報学プリンシプル研究系  
助教

平原 秀一

HIRAHARA Shuichi



# 社会の多様なニーズに応える マッチングアルゴリズムを設計

学生の進学コースの割り当てや研修医の病院への配属など、マッチングを考える場面は多くありますが、現実社会にはさまざまな制約があります。そこで、マッチング理論の拡張を図り、公平なマッチングを高速に求めるアルゴリズムを設計しています。

## 研究背景・目的

学生の進学コースの割り当てや研修医の病院への配属など、多数の参加者の希望に基づきマッチングを求めたい場面は社会に数多く見受けられます（図1）。その多くに、参加者が提出する希望順位リストを入力データとしてマッチングを計算するコンピュータシステムが用いられています（図2）。私はその計算を支えるアルゴリズムの理論研究を行っています。適切なアルゴリズムを設計することによって、一部の参加者に理不尽な思いをさせたり、虚偽のデータ申告を誘発したりすることのないような公平な仕組みづくりをめざします。社会の変化に伴い現れる多様な問題に対処するための柔軟な理論づくりが求められています。

## 研究内容

マッチングシステムを必要とする個々の問題では、その運営機関の制度や問題意識に由来するさまざまな要望があります。例えば、割り当て先の組織がダイバーシティに関する制約を持っていたり、一定数以上の割り当ての保証を求めている状況が考えられます。そのような多種多様な問題に対処するため、マッチング理論を拡張する研究を行っています。一見似たように見える問題でも、その背後にある数学的構造の違いにより、問題の難しさや然るべきアプローチ方法が大きく異なることがあります。問題の本質的構造を見抜き、組合せ最適化理論などを活用しながら、高速に公平なマッチングを求めるアルゴリズムを設計しています。

## 産業応用の可能性

マッチング理論は、人や組織の間のマッチングを求めるさまざまな場面で役立ちます。中でも、特に大きな貢献を見せる場面として、公共性が高く規模の大きいシステムの開発・改良が挙げられます。制度の透明化やアルゴリズムの公開が求められる公共性の高いシステムにおいては、参加者に納得してシステムを利用してもらうために、計算結果の正当性が理論的に保証されていることが必要不可欠です。加えて、大規模な問題を扱う際には、実用可能な速度で必ず出力が得られることを保証する必要があるため、アルゴリズムの計算量の改善が欠かせません。



情報学プリンシプル研究系  
助教

横井 優

YOKOI Yu



図1 マッチング問題のモデル化

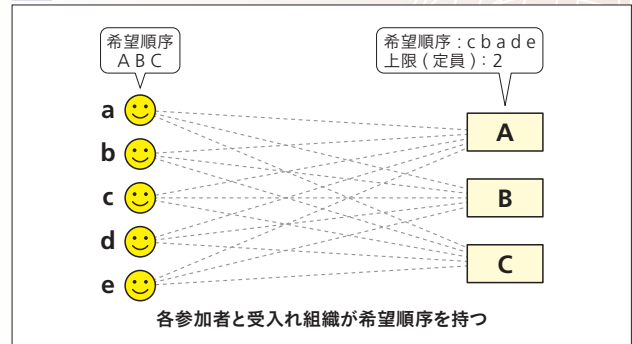
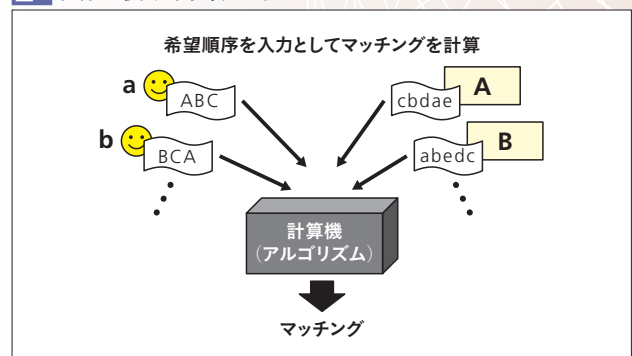


図2 アルゴリズムのイメージ



研究者の  
発明

◆ 該当無し



# クラウド環境を自動構築・再現性確保 技術者育成や人手不足の解決めざす

クラウドを活用した教育研究環境を誰もがすぐに構築できるよう、ソフトウェアのインストールやネットワーク設定の簡素化をはじめ、基盤技術の研究開発に取り組んでいます。研究成果は、NIIのサービスとして大学・研究機関に提供しています。

## 研究背景・目的

クラウドを利用することにより、教員や研究者はサーバやストレージ等の計算資源を自ら設置・運用する必要がなくなり、迅速かつ簡単に利用できるようになりました。しかし、これらの計算資源を活用するためには、自らの教育研究に必要なソフトウェアのインストールや、大学・研究機関とクラウドを安全かつ高速に接続するネットワークの設定が必要です。これらの環境構築は依然として高いスキルと時間を要する作業で、多くの教員や研究者にとってクラウドの活用を難しくする障壁となっていました。私たちの研究グループでは、誰もがすぐにクラウドを活用した教育研究環境を構築できるようにするための基盤技術の研究開発に取り組むとともに、研究成果をNIIのサービスとして大学・研究機関に提供する活動を進めています。

## 研究内容

クラウドの環境構築を容易にするために、ソフトウェアやネットワークの設定が記述されたテンプレートを用いて、自動的に環境を構築するミドルウェアであるVCP (Virtual Cloud Provider) を開発しています (図1)。また、利用するクラウドや環境構築を実施する作業者が異なっても同一の環境を再現して構築するために、LC4RI (Literate Computing for Reproducible Infrastructure) と呼ばれる技術の研究開発を進めています (図2)。LC4RIでは、環境構築に必要なあらゆる手順をJupyter Notebookという形式で文書化し、この文書 (Notebook) を複数の作業員間で共有・改編することを可能としており、VCPのテンプレートもLC4RIを用いて作成されています。

## 産業応用の可能性

クラウドの環境構築を自動化する技術は、教育研究だけでなく、産業利用のためのクラウド環境構築にもそのまま利用可能です。一般に利用するクラウドによって環境構築のためのインタフェースが異なりますが、VCPでは異なるクラウドに対して統一的なインタフェースで環境を構築することが可能であり、ベンダロックインを解消して異なるクラウドに同じ環境を再現する手段としても期待できます。また、LC4RIにより計算機環境の構築手順を共有することは、例えば熟練技術者が作成したNotebookを若手技術者がお手本として利用する等、技術者の育成や人手不足の解決にも役立ちます。



アーキテクチャ科学研究系  
教授

合田 憲人

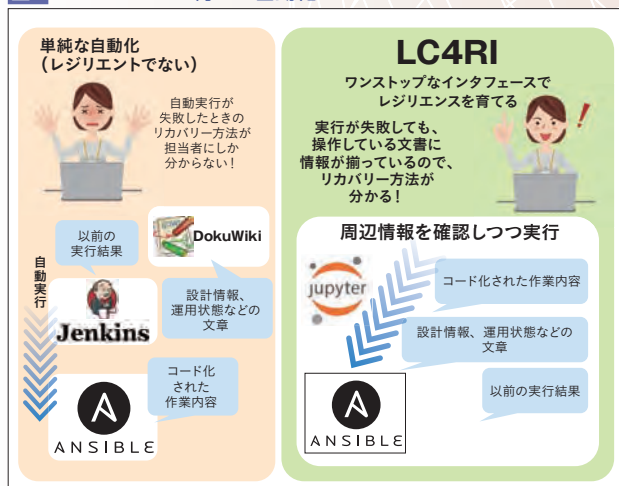
AIDA Kento



図1 VCPを活用した学認クラウドオンデマンド構築サービス



図2 レジリエンスを育てる自動化



研究者の  
発明

◆クラウド基盤研究開発センターの成果 (学認クラウドオンデマンド構築サービス 過去のハンズオン教材)

<https://nii-gakunin-cloud.github.io/>

# 無線資源を最大限に活用できる 次世代モバイルシステムの設計

使用可能な周波数はすでに限界を迎えています。さらに急増する膨大なデータ量に対応するべく性能や無線資源の共有技術を向上させることで、よりスムーズなモバイルアクセスが可能な環境設計に取り組んでいます。

## 研究背景・目的

現在、移動体通信加入者は全世界で60億人を超え、2020年には物と物が直接無線で通信するIoT（Internet of Things）に対応する機器も400億個に達することが予測されており、爆発的なデータ量の増加が予想されています。その一方で、使用可能な無線資源である周波数はすでに限界を迎えており、今後の膨大なデータ通信量に対応しきれない厳しい状況になっています。ようやく開始される5Gにより、伝送速度や大容量化における性能向上が期待できますが、遅延、信頼性、接続の高密度化等に関してはさまざまな研究課題が残っています。この状況で、次世代モバイルネットワークに要求されているのは、多次元な性能要求を高レベルで同時に保証することです。

## 研究内容

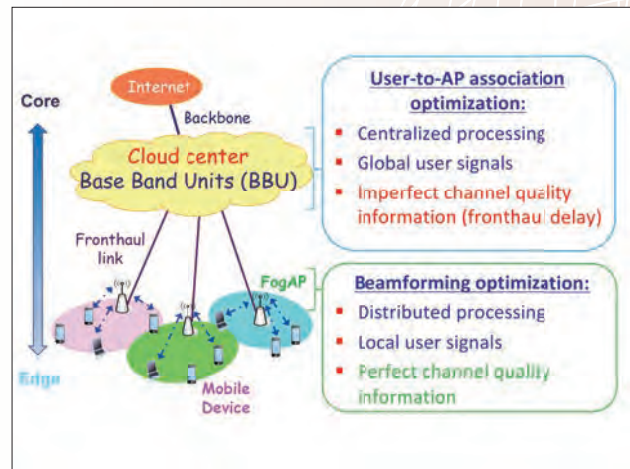
この無線資源が欠如するという問題の解決に向けて、Beyond 5G移動体通信システムや次世代無線アクセスネットワーク（無線LAN・IoT無線センサーネットワーク等）のための無線周波数などの割り当てや干渉を防ぐ方法を主に研究しています。ランダムに変動する無線通信路や干渉状況をうまく活用し、システム全体の性能・各ユーザーの通信品質要求・周波数やエネルギー利用効率等、相反する性能指標を同時に達成できる優れた無線資源の割り当て方法や、クラウドとデバイスの双方のアクセスがスムーズになるような環境設計に取り組んでいます。

例えば、広い通信エリアを細分化して高密度にカバーし、それらをクラウドで連携させてコントロールしようとする「クラウド無線アクセスネットワーク」のための「無線資源割り当て法」や、無線資源の基本要素を複数ユーザーが同時に利用できる、非直交多元接続「NOMA」を活用した「非直交無線資源割り当て法」を考案しました。

## 産業応用の可能性

- 次世代モバイルシステムやIoTシステムのための基本的な要素技術
- 応用に向けた無線通信プロトコル設計の方向性
- 無線資源割り当て・干渉制御法の性能の理論的解析の提供

図 クラウド・フォグ無線通信ネットワークのための提案  
無線資源割り当て法



### 研究者の 発明

- ◆ “Method for transmitting/receiving data in communication system”, US7916688
- ◆ “Apparatus and method for resource allocation considering buffering in relay wireless communication system”, US2008/0205323 他



アーキテクチャ科学研究系  
准教授

金子 めぐみ

KANEKO Megumi





01

情報基礎科学

# コンピュータが2倍速くなる？ 素子のばらつき克服する設計技術

コンピュータチップ内では、半導体の微細化によって素子が原子のサイズに近づいており、性能を上げるためには、回路、ならびにアーキテクチャ・レベルの技術が不可欠です。そこで、二相ラッチとタイミング故障検出を組み合わせた方式を提案しています。

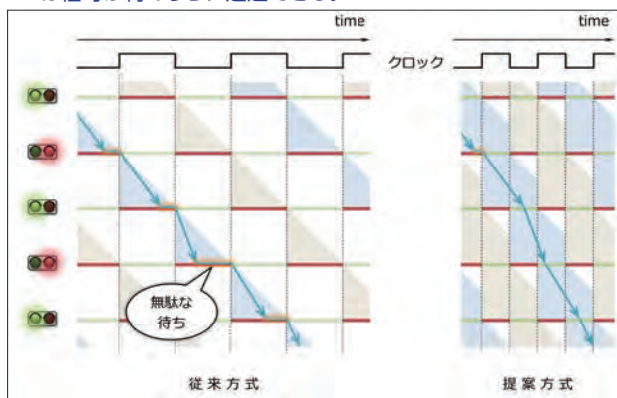
## 研究背景・目的

世の中では、ムーアの法則の終焉が叫ばれていますが、その科学的な根拠であるデナードスケーリング（比例縮小則）は、20年近く前にすでに終焉を迎えています。微細化に応じて電源電圧を下げるができなくなり、消費電力と発熱がチップの性能を制限する主要因となっています。その原因の一つとして、チップ内の素子の性能のランダムなばらつきが挙げられます。これは、半導体の微細化によって素子のサイズが原子のサイズに近づいてきたため、半導体技術によって解決することは困難です。そこで、回路、ならびにアーキテクチャ・レベルの技術が不可欠となります。私たちは、二相ラッチとタイミング故障検出・回復を組み合わせたクロッキング方式の研究を進めています。

## 研究内容

提案は、端的に言えば、二相ラッチとタイミング故障検出を組み合わせたものです。この組み合わせによって、ラッチが開いているときに信号が通過できるようになります。回路中を進むデジタル信号を道路を走る車に喩えると、図のように、目の前の（交通）信号が次々青に変わっていき、赤信号につかまらずに走り続けられる状態と言えます。このとき回路は長大な組み合わせ回路のように動作し、素子のランダムなばらつきは多数の法則によって0に近づきます。動作周波数の上限は、タイミング故障の検出限界で決まり、通常の方式のちょうど2倍となります。このバジェットを電源電圧の低下に振り向けることもできます。

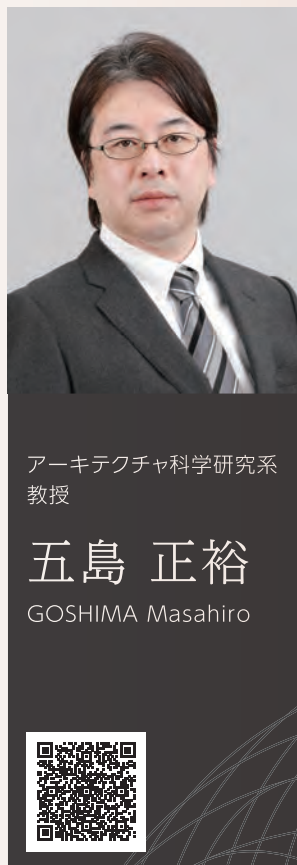
図 回路中を進むデジタル信号を道路を走る車に喩える。従来方式（左）ではすべての信号につかまる。一方、提案方式（右）では信号が青のうちに通過できる。



## 産業応用の可能性

提案のクロッキング自体は、基本的にはクロックを用いるすべてのLSI（Large-scale Integrated Circuit：大規模集積回路）に応用可能です。ただし、タイミング故障から回復するため、プロセッサが例外を起こした命令を再実行するように、何らかのエラーに対して再実行する機能が必要です。

私たちは、フリップ・フロップ（FF）を用いた通常の設計に対して自動的に変換を行うツールを開発しています。現在、RISC-Vアーキテクチャのスカラ・プロセッサ Rocket に対して、提案の方式を適用し、FPGA（製造後に購入者や設計者が構成を設定できる集積回路）上に実装、動作させることで検証を進めています。今後は、スーパースカラ・プロセッサ「らいしょうどう雷上動」に適用し、LSI上に実装する予定です。



アーキテクチャ科学研究系教授

五島 正裕

GOSHIMA Masahiro



研究者の  
発明

◆特許第5589169号：半導体集積回路

◆特許第5181127号：半導体集積回路

02

情報基礎科学

03

ソフトウェア科学

04

情報メディア科学

05

知能システム科学

06

情報環境科学

# 研究データの共有・管理へ 共通基盤を産学連携で活用する

国内の学術機関では、研究データを管理・共有するための基盤の整備が全国的に広がりつつあり、NIIでは汎用的な研究データ管理サービスGakuNin RDMを提供しています。研究データ基盤の整備により、全国の学術機関との共同研究が推進される環境を整えます。

## 研究背景・目的

研究の再現性を高め研究不正を防止し、研究成果を早く出すためのサイクルを効率化するには、論文や特許情報だけでなく、その根拠となる研究データを機関で保存・管理しておく必要があります。また、複雑で分業化している現代の研究課題において、産学がそれぞれの持ち味を活かした共同研究を行うことは必要不可欠です。現在、国内の学術機関では研究データを管理・共有するための基盤の整備が全国的に広がりつつあり、NIIでは汎用的な研究データ管理サービスGakuNin RDMを提供しています。全国の学術機関とすぐに共同研究を開始できる研究データ基盤を整備することで、国内の研究力を高めていくことが目的です。

## 研究内容

GakuNin RDMは、NIIの研究データ基盤NII Research Data Cloud (NII RDC)の検索・公開・管理の3基盤のうち、データ管理を担う基盤で、研究公正と研究推進の両観点から、研究データ管理に必要な機能を搭載したウェブアプリケーションです(図1)。研究者はいつでもどこでも、GakuNin RDMにアクセスし研究データを保存・管理することができ、共同研究者とデータの共有も容易にできます。研究ツールと連動もでき研究活動を支援します。私たちは、全国の学術機関の要件を満たす汎用的なデータ管理基盤を開発し、全国の学術機関にサービスを提供しています(図2)。

## 産業応用の可能性

GakuNin RDMサービスを利用することで、研究者はさまざまな外部クラウドサービスと連動させながら、日々の研究活動から産出されるデータを低コストで管理することができます。保存したファイルは、操作履歴が第三者機関のタイムスタンプとともに刻明に記録されていき研究証跡が残ります。これにより、研究不正を抑止するとともに、正しい研究者の主張を守る証拠としても活用できます。GakuNin RDMは、全国の学術機関で利用されているサービスのため、産学連携の共同研究ですぐにデータ管理や共有を開始できます。

研究者の  
発明

◆ GakuNin RDMはオープンソース・ソフトウェアとしても提供しており、ソースコードは下記のGitHub上で配布。  
<https://github.com/RCOSDP>



コンテンツ科学研究系  
助教

込山 悠介

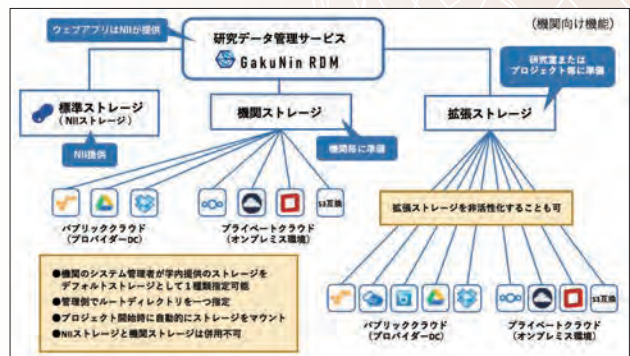
KOMIYAMA Yusuke



図1 研究者に向けたGakuNin RDMの基本的な機能



図2 学術機関の事情に合わせた構成が可能なGakuNin RDMのストレージ





# 実世界と機械学習の不確かさに挑む ソフトウェアの品質向上と保証

ソフトウェアシステムの複雑さは増し続け、従来の方法での品質の向上・保証が難しくなっています。システムの不確かさも踏まえ、人間によるモデリング・分析の支援と、自動での検証・修正の両面から取り組んでいます。

## 研究背景・目的

ソフトウェアシステムが社会で果たす役割はますます大きくなり、その開発・運用において高い品質を効率的に担保することが強く求められています。一方で、機械学習を用いて構築したシステムや自動運転システムなど、複雑さ・不確かさが高いシステムも現れています。このため従来の方法での品質の向上・保証が難しくなっています。これに対し、(1) 不確かさの中での要求や仕様、想定環境に対し「何に注目して、何をすべきか」をエンジニアが議論し、系統的、継続的に確認・改善していくための「道具立て」に取り組んでいます。さらに、複雑なシステムに対しても個々の問題に効率的に切り込むための支援として、(2) 不具合を生じる状況、確認すべき状況の網羅、あるいは不具合の適切な修正などを自動的に「賢く探り出す」技術も追究しています(図)。

## 研究内容

(1) については、対象システムの要求や仕様、想定環境、あるいはその中での障害や事故のリスクに対し、本質をエンジニアがとらえ議論していくための、モデリング(表出化・形式知化)や分析の技法に取り組んでいます。

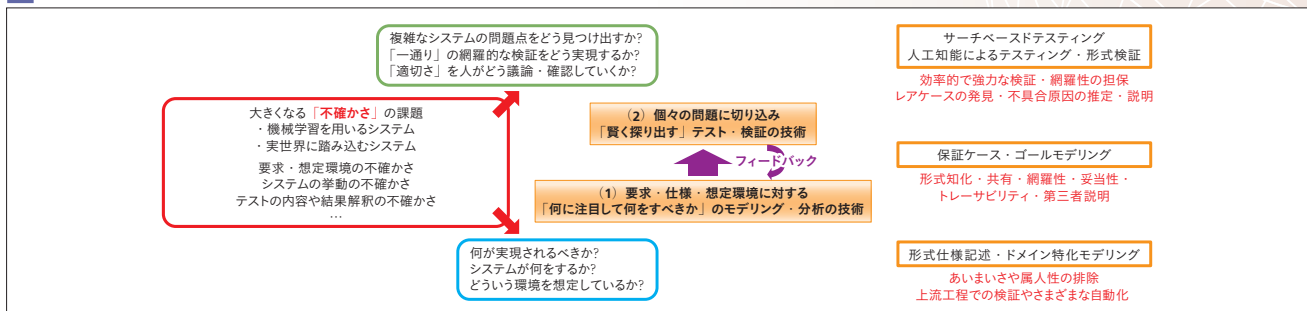
(2) については、形式検証、自動テスト(テスト生成)、人工知能(特に進化計算や機械学習)など非常に強力になった最新技術を深化しつつ適宜組み合わせることで、品質の向上・保証に活用することをめざしています。

いずれにおいても、機械学習を用いて構築したことにより振る舞いが不確かなシステム、自動運転のように実世界に深く踏み込んで動作するシステムに焦点を当てて取り組んでいます。

## 産業応用の可能性

ソフトウェア工学の技術は産業を支えることをめざしたものです。目標の「大きさ」により今すぐ使えるのか5年後に使えるのかの差はあったとしても、研究成果は産業応用に近いものとなります。重要なことは、各企業における悩み・問題の本質(本当にやりたいこと)を議論し尽くすこと、そして使い手となるエンジニアや組織文化、開発プロセスなどを踏まえて「技術」を「道具」に仕立てあげていくことです。これまで100名を超える企業の開発者や研究者とさまざまな議論を行ってきた経験をもとに、企業連携においては効果の高い実践的な提案を創りあげていきたいと考えています。

### 図 研究活動の全体像



研究者の  
発明

◆特許第4392503号: アクティブコンテンツ流通システム及びアクティブコンテンツ流通プログラム



アーキテクチャ科学研究系  
准教授

石川 冬樹

ISHIKAWA Fuyuki



# ソフトウェアの挙動を検証 安全性と生産性の両立めざす

ソフトウェアが誤動作を起こさないことを数学的に保証する方法として「形式手法」が研究されてきましたが、誤りをすべて検出するには多大なコストがかかります。そこで、形式手法を少し「緩める」ことで、現実的な適用をめざしています。

## 研究背景・目的

社会生活の多くの部分が計算機システムによって支えられている今日、計算機を制御するソフトウェアの品質を高め、高い信頼性を保証することは重要な課題になっています。これまでソフトウェアが誤動作を起こさないことを数学的に保証する方法として「形式手法」が研究されてきました。しかし、複雑さが増す今日のソフトウェアに形式手法を厳密に適用するには高い専門性が必要となり、多大なコストがかかることが知られています。本研究では、一般にソフトウェアの誤りをすべて検出することを目的とした形式手法を少し「緩める」ことで、現実的なソフトウェアに適用することをめざします。

## 研究内容

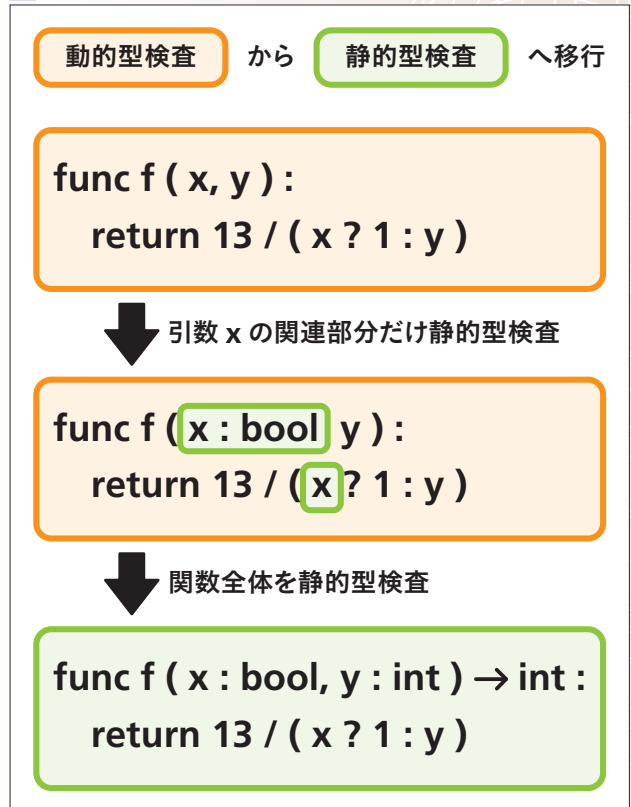
本研究では、特に「静的型システム」と呼ばれる形式手法の一つについて研究を行っています。静的型システムはすでにJava、C++、OCaml、Haskellといった多くのプログラミング言語に採用されており、ソフトウェアを実行することなく誤りを検出することが可能です。しかし、静的型システムが誤りだと判断しても、実際には誤りではなかったという場合があります。このような問題は静的型システムの表現力が豊かになればなるほど、より顕著に現れてきます。本研究では、実行時に検査を行う「動的型システム」を静的型システムと組み合わせることで、必要に応じて検査能力を選択できる型システムの研究に取り組んでいます（図）。

## 産業応用の可能性

ソフトウェアは一般的な計算機システムだけではなく、航空機制御や自動車制御などのミッションクリティカルな部分にも使われています。そういった高信頼なシステムが求められていますが、形式手法などによる厳密な品質保証が困難な場合に、本研究を応用することができます。



図 動的型検査から静的型検査への移行



研究者の  
発明

- ◆ Polymorphic Manifest Contracts, Revised and Resolved. Taro Sekiyama, Atsushi Igarashi, Michael Greenberg ACM Trans. Program. Lang. Syst. 39 (1) : 3:1-3:36 (2017) DOI: 10.1145/2994594
- ◆ On polymorphic gradual typing. Yuu Igarashi, Taro Sekiyama, Atsushi Igarashi PACMPL 1 (ICFP) : 40:1-40:29 (2017) DOI: 10.1145/3110284

Contact Information アーキテクチャ科学研究系 助教 関山 太郎 Email : sekiyama@nii.ac.jp



# 機械学習の過程や結果を見える化し 安全性分析や開発プロセスに生かす

これまでブラックボックスだった深層学習などの機械学習の学習結果やその過程を「見える化」し、機械学習応用システムの安全性分析や開発プロセスを提案します。これをテストや検証に活用し、学習のノウハウや知識を継承できるようにします。

## 研究背景・目的

IoTやセンサーの発展によるビッグデータの広がり、深層学習をはじめとする機械学習技術の発展、ライブラリーの整備により、今やさまざまな製品・サービスに機械学習があたり前のように使われるようになっていきます。しかし、機械学習は、データから自動的に最適な振る舞いを見つけ出すため、システムがどのような振る舞いになるか開発者は予想できないため、その品質を保証することやどこまでシステムの要求として設定してよいか分からないという機械学習特有の課題が生じます。特に深層学習は、自動的に入力データの特徴を把握し、推論するため、開発者は機械がどのような特徴を捉えているのかが分からず、その処理はブラックボックスであると言われてきました。さらに、学習した推論の精度は、通常全体平均しか測定できておらず、特定の状況による推論の間違いが大きな事故につながる可能性があっても、その状況の精度のみ高くするなど細かな精度の調整ができませんでした。加えて、特定の状況でうまく学習できても、それをほかの状況に活用するのが難しく、効率の良い学習のさせかたをチームや組織を超えて再利用させることが困難でした。

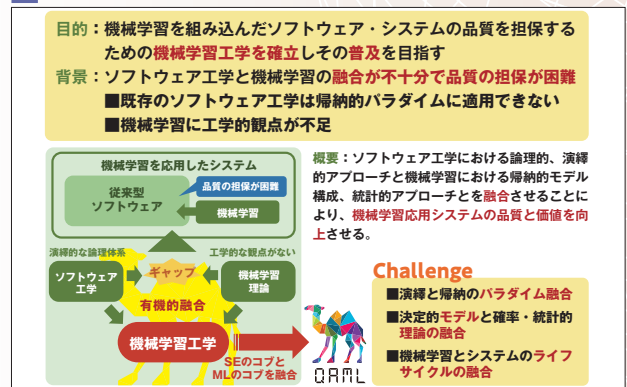
## 研究内容

この研究では、ブラックボックスであった深層学習をはじめとする機械学習の学習結果やその学習過程を「見える化」して、機械学習を含むシステム（機械学習応用システム）全体の振る舞いの安全性を分析したり、適切な要求を開発／運用プロセスを通して抽出したりする方法を提案しています。これにより、これまで難しかった機械学習応用システムのテストや検証に生かすとともに、学習プロセスや結果のノウハウや知識を継承できるようにします。この研究開発は、高信頼な機械学習応用システムの実現するプロジェクト（QAML: Quality assurance of Machine Learning-based Systems）を中心に産学で連携して推進しています（図）。

## 産業応用の可能性

今や機械学習は、ツールやフレームワークが整備され、さまざまな製品、サービスに組み込まれています。機械学習応用システムを製品やサービスとしてリリースしてメンテナンスしていくには、その要求を適切に抽出し、それに合わせて品質を担保するのが、機械学習の産業応用の緊急の課題となっています。特に自動運転や医療、金融など人の生命や社会インフラに支えるソフトウェアに機械学習を活用することが求められており、その品質保証技術は重要な役割を持っています。

### 図 QAMLプロジェクトの概要



アーキテクチャ科学研究系  
准教授

吉岡 信和

YOSHIOKA Nobukazu



研究者の  
発明 ◆ 該当無し

# 高精度な3次元復元技術を開発 実世界への幅広い応用めざす

撮影された被写体の形状や距離等の3次元情報をコンピュータビジョンで復元する研究分野において、私は、陰影の変化を利用して被写体の法線画像を復元する「フォトメトリックステレオ法」および「建築物内部の3次元復元」をテーマに取り組んでいます。

## 研究背景・目的

3次元復元は、撮影された被写体の形状や距離等の3次元情報を復元することを目的としたコンピュータビジョンの研究分野です。例えば、自動運転車が周囲の環境を理解して安全に走行するためには、建物やほかの車までの距離の情報が不可欠です。あるいは3Dプリンターで出力するために被写体の形状をスキャンするといった用途も考えられます。人間がさまざまな手掛かりを利用して奥行きを知覚するのと同様に、復元する対象やアプローチは多岐にわたり、それぞれが独自の研究分野を形成しています。私はこの分野で、陰影の変化を利用して被写体の法線画像を復元する「フォトメトリックステレオ法」および「建築物内部の3次元復元」をテーマに取り組んできました。

## 研究内容

### ・フォトメトリックステレオ法

フォトメトリックステレオ法はさまざまな方向から被写体に光を当てて、陰影の変化から3次元復元を行うアプローチです。数理的には光が被写体に反射してカメラに到達する過程をモデル化し、その逆問題を最適化する過程で被写体の法線画像を復元します。しかし、相互反射のような複雑な物理現象をモデル化することは困難で、既存研究では単純な光学系のみが扱われてきました。そこで私たちは、困難なモデル化をCGデータを用いた機械学習によって代替し、より汎用的な対象に対してこの手法を適用することを実現しました（図1）。

### ・建築物内部の3次元復元

建築物は人間が住みやすいように注意深くデザインされており、「壁は平面で地面に対して垂直である」等の共通ルールが幾つも存在します。そのようなルールをうまく利用することで、高度な3次元情報を復元することが可能になります。これまでに、復元された3次元モデルに対して「部屋」、「壁」、「天井」等の構成要素への階層的構造化手法を実現し、間取り図の生成、ナビゲーションシステム、CAD編集等に应用してきました（図2）。

研究者の  
発明

◆ CNN-PS: 深層学習を利用したフォトメトリックステレオ法  
<https://github.com/satoshi-ikehata/CNN-PS>

## 産業応用の可能性

3次元復元技術は今後以下のような応用が期待されています。

- 重要文化財の形状保存
- 屋内ナビゲーションや家具配置のシミュレーション
- タンパク質の形状復元、人工関節や臓器の生成のための人体測定
- 自動運転技術やロボットの制御
- VR、ARコンテンツの生成

図1 機械学習に基づくフォトメトリックステレオ法のアイデア

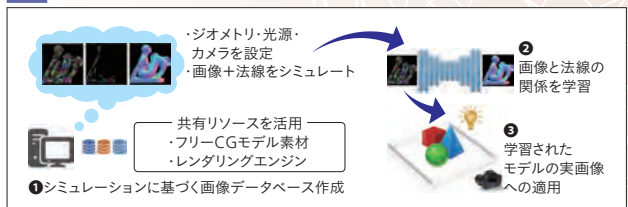
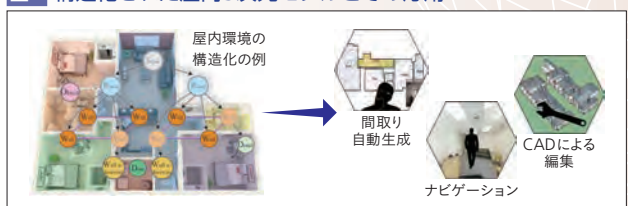


図2 構造化された屋内3次元モデルとその応用



コンテンツ科学研究系  
助教

池畑 諭

IKEHATA Satoshi





# 研究用データセットの有効活用へ データを核とした産学連携を橋渡し

NIIのデータセット共同利用研究開発センターでは、大規模リアルデータの共同利用の推進により、民間企業等と研究者の間を橋渡ししています。知の循環を支援して、データを核とした産学連携の自律的発展を可能とするエコシステムの構築をめざします。

## 研究背景・目的

近年、情報学やその関連研究分野では、テキスト、音声、画像、映像、センサーデータなどのインターネットを通じて集積された大規模リアルデータが、必須の研究資源となっています。しかし、多くの場合は大学等の研究者が個別にこのようなデータを取得することは困難であり、これが研究の深化や拡大の障害となっています。一方、民間企業等では、業務の中で生成された大量のデータを十分に活用できていないという課題があります。そこでNIIのデータセット共同利用研究開発センターでは、このような民間企業等と研究者の間を橋渡しして、データセットの共同利用を推進することによりこれらの問題を解消するとともに、データを核とした産学連携の自律的発展を可能とするエコシステムの構築をめざしています（図）。

## 研究内容

大規模リアルデータには著作権や個人情報保護等に加えて、企業の経営的な観点からの制約もあります。そこで本センターの「情報学研究データリポジトリ」(IDR) 事業では、データ保有者が安心して研究者にデータを提供できるよう、研究利用上のルールや利用契約、利用者管理などの共同利用の枠組みを整備するとともに、運用上もデータ提供者と利用者を仲介する窓口機能を果たしています。

また、データ提供者と利用者の双方がメリットを感じられるよう、データへのDOIの付与や研究成果の収集とフィードバックのためのシステム整備などを行うとともに、関係者が一堂に会するIDRユーザーフォーラムを毎年開催し、リアルな課題や研究成果などを共有する場を設けるといった、コミュニティの形成と発展のための活動を行っています（写真）。

## 産業応用の可能性

民間企業が保有しているデータを提供いただき、学術界で広く研究に利用してもらうことで、自社内では気づけなかったデータの活用や新たな技術開発に加えて、社会貢献や人材養成なども期待できます。また、IDRユーザーフォーラムでの企業セッションへの参加やイベントの企画、評価型ワークショップNTCIRのタスク提案・運営など、研究コミュニティの中に自ら参画することもできます。IDRでは今後さらに、データ提供者と利用者による共同研究のためのマッチングの場を提供するなど、産学連携に根ざした共同利用の深化に取り組んでいきます。



コンテンツ科学研究系  
教授  
データセット共同利用研究  
開発センター長

大山 敬三

OYAMA Keizo



図 IDRを介した産業界と大学等の研究コミュニティのイメージ

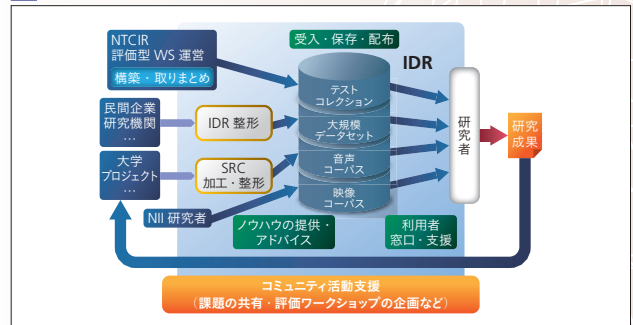


写真 データの提供者と利用者が、直接意見交換することができる  
IDRユーザーフォーラム



# 機械学習により生成された フェイク動画を自動検知

現在、ビデオ投稿サイトには顔の改ざんを行ったフェイクビデオが多数存在し、社会問題となりつつあります。私たちは、「DeepFake」や「Face2Face」のようなアプリでつくられた、リアルなフェイクビデオを自動識別するディープラーニング技術を開発しました。

## 研究背景・目的

現在、機械学習特に深層学習の進展により、非常に自然、そしてそっくりですが、真正でないメディアを生成することが可能になりつつあります。とりわけ、ある特定の人の顔をリアルに生成することが可能となっており、CG技術への応用等が期待される一方で、フェイクニュース等への悪用も懸念されています。実際、「DeepFake」のようにリアルなフェイクビデオを容易に生成するアプリも公開され、ビデオ投稿サイトには実際に顔の改ざんを行ったフェイクビデオが多数存在し、社会問題となりつつあります。

## 研究内容

私たちは、動画上の顔の改ざんを自動的に行う技術で生成された巧妙なフェイクビデオを自動識別するディープラーニング技術を新たに開発しました。本技術は、「DeepFake」や「Face2Face」のようにリアルなフェイクビデオを生成する技術に焦点を当てたものです。フェイクビデオを自動識別するネットワークは主に2段階で構成され、ビデオ内の顔画像から特徴を抽出するVGGモジュールと、抽出された特徴量間の整合性を判断するCapsule Networkで構成されます(図)。

本システムの識別精度は非常に高く、評価実験では、「DeepFake」で99.23%、「Face2Face」で99% (圧縮なし)、81.20% (圧縮あり) の精度を達成しました(写真)。

自動判定結果の動画は、<https://nii-yamagishilab.github.io/Capsule-Forensics/>で見ることが可能です。

## 産業応用の可能性

ウイルスソフトや悪意のあるサイトを検知するソフトのように、悪意を持って改ざんが行われたフェイクビデオを自動でフィルタリングするソフトとして、本技術を活用することが期待できます。



情報社会相関研究系  
教授

越前 功

ECHIZEN Isao



コンテンツ科学研究系  
教授

山岸 順一

YAMAGISHI Junichi



図 提案システムの構成図

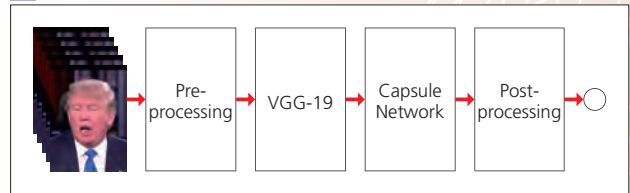
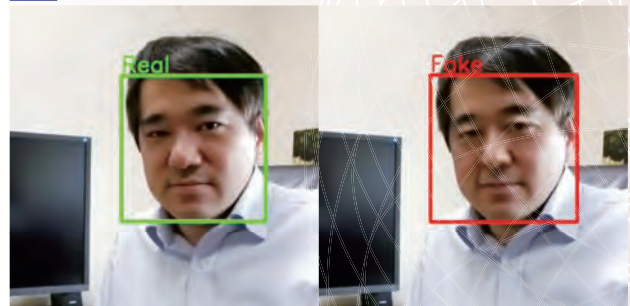


写真 フェイクビデオの自動判定結果



### 研究者の 発明

◆“Capsule-Forensics: Using Capsule Networks to Detect Forged Images and Videos”

Huy H. Nguyen, Junichi Yamagishi, Isao Echizen  
International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing (ICASSP) 2019  
<https://arxiv.org/abs/1810.11215>

◆“Multi-task Learning For Detecting and Segmenting Manipulated Facial Images and Videos”

Huy Nguyen, Fuming Fang, Junichi Yamagishi, Isao Echizen  
The Tenth IEEE International Conference on Biometrics: Theory, Applications, and Systems (BTAS) 2019  
<https://arxiv.org/abs/1906.06876>



# 人間の肉声に近い音声を高速に合成 音声合成の新技术「NSF法」を開発

従来の音声波形を合成する手法にニューラルネットワークを導入し、人間の肉声に近い高品質な音声波形を簡易に生成できる新技术（NSF法）を開発しました。NSF法のソースコードは無償で公開し、広く利用できるようにしています。

## 研究背景・目的

従来、音声波形を合成する手法として、ボコーダ法と呼ばれる手法が提案され、携帯電話等で広く利用されてきました。しかし、合成された音声の品質は、人間の音声より品質が劣るものでした。2016年に海外の有力ICT企業が、深層学習（ディープラーニング）を駆使した音声合成手法 WaveNet法を提案し、人間の肉声に近い高品質な音声波形が生成できることを示しました。しかし、WaveNet法は、非常に複雑な構造のニューラルネットワークのため、機械学習に大量の音声データが必要であること、また、正しい予測結果を得るためにはパラメータ調整などさまざまな試行錯誤を幾度も繰り返さなければならないなどの問題がありました。

## 研究内容

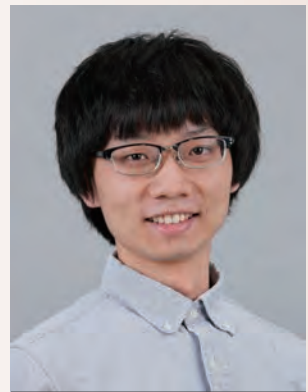
1960年代に発表されたソースフィルター・ボコーダ法は、ボコーダ法の最も有名なモデルとして広く活用されています。NIIの研究チームは、このソースフィルター・ボコーダ法にニューラルネットワークを導入することで、人間の肉声に近い高品質な音声波形を生成する新技术を開発しました。NSF法と名付けたこの手法は、ニューラルネットワークの機械学習のために必要な音声データが1時間程度でよいこと、簡易な構造のニューラルネットワークのため、パラメータ調整をしなくても正しい予測結果を得ることができるなどの特徴があります。また、大規模な検証から WaveNet法によって生成された音声と同等に高品質であることが示されました (図)。

## 産業応用の可能性

NSF法は、海外の有力ICT企業の特許技術とは異なる理論による手法であることから、NSF法を活用することにより音声合成の新たな技術開発が進むことが期待されます。そこで NSF法のソースコードを無償で公開し広く利用できるようにしました。

今回の評価に使った機械学習データのサンプル（ソースコード、学習済みのモデル）と、実際に合成された音声データのサンプル（日本語・英語）は、以下のページで公開しています。

**ソースコード** <https://github.com/nii-yamagishilab/project-CURRENNT-public>



コンテンツ科学研究系  
特任助教

ワン シン

WANG Xin

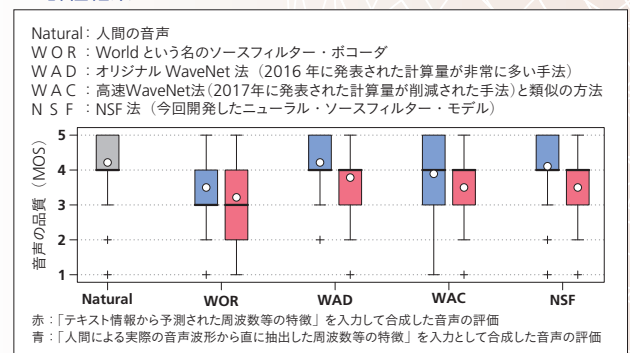


**学習済みのモデル**（これを実行すると英語の音声を生成することができます。） <https://github.com/nii-yamagishilab/project-CURRENNT-scripts>

**音声サンプル**（日本語・英語） <https://nii-yamagishilab.github.io/samples-nsf/index.html>

なお、以下のページで、人間の肉声、ソースフィルター・ボコーダ法を用いた音声、WaveNet法を用いた音声、NSF法を用いた音声を聞き比べていただくことができます。  
[https://youtu.be/yr\\_xMq1gxKY](https://youtu.be/yr_xMq1gxKY)

図 合成された音声のMOS (Mean Opinion Score) 法による評価結果



◆ “Neural Source-filter-based Waveform Model for Statistical Parametric Speech Synthesis”  
Xin Wang, Shinji Takaki, Junichi Yamagishi  
International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing (ICASSP) 2019, pp. 5916-5920  
DOI: 10.1109/ICASSP.2019.8682298

# 顔と音声を同時に別人に変換 映画やバーチャル世界に応用

話者Aが話す顔映像と音声をセンシングして、話者Bの映像として出力する話者変換技術は、映画やバーチャル世界への応用が期待されています。顔映像と音声信号を関連付けて、同時に生成できるニューラルネットワークを開発し、自然な表情の実現に成功しました。

## 研究背景・目的

機械学習の進展により、個々の人間の特徴をデジタルクローン化し、VR空間で再現する技術が実用化しつつあり、さまざまな分野で応用が期待されています。私たちが注目しているのは、話者変換です。話者変換とはある人物の顔と音声を、違う人物の顔と音声に変換する技術です。例えば、その場にはいない演者、一人二役の演者による映画を製作する際等に、この話者変換技術を利用できると期待されます。この話者変換では、細かい表情を捉えるために特別な機材と方法が必要となりますが、既存技術ではある一つのモダリティを再現もしくは変換する研究がほとんどでした。具体的には、顔と音声を個別に変換し統合していたため、変換した顔の動き（特に唇）と音声が不自然になる問題がありました。

## 研究内容

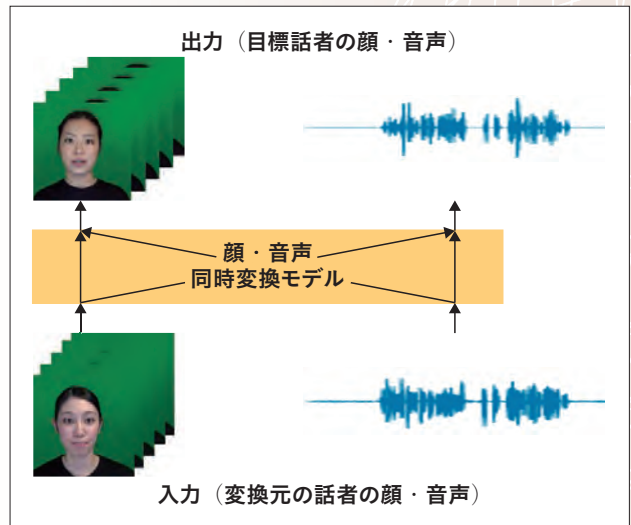
本研究では、ビデオカメラとマイクロフォンで収録した感情豊かな顔映像と音声信号の両方を同時に用い、相互に影響すると考えられる顔と音声の特徴を考慮したうえで話者変換を実行する技術を開発しています。さらに、感情豊かな顔と音声の同時変換を実現することも狙っています（図）。

そこで、顔映像と音声信号から特徴量を抽出し、融合すること、および、融合された特徴量を目標の話者へ変換すること、そして、その変換された特徴から目標となる話者の顔映像と音声信号の両方を同時に生成することを実現するニューラルネットワークを開発しました。この手法では、入力する顔映像と音声信号の相関を捉えることが可能であり、生成された目標となる話者の顔と音声の同期がより自然になります。とりわけ、より豊かな顔・音声の表現を変換する際に、この相互作用が重要です。さらに感情の強度やタイプを制御することも可能で、感情表現の強調といった操作が可能です。

## 産業応用の可能性

- 映画やアニメーション映画などの製作に応用可能と期待されます。
- ユーザーの顔と音声情報によるアバター制御が可能となります。アバターを通じて、バーチャル世界で実世界にいるようなコミュニケーションができると期待されます。
- 無人コンビニや無人レストランのコミュニケーション用インタフェースへの応用も考えられます。

図 提案したマルチモーダル話者変換ニューラルネットワーク。顔映像と音声信号を同時に変換することが可能



研究者の  
発明

◆タイトル: Audiovisual speaker conversion: jointly and simultaneously transforming facial expression and acoustic characteristics  
 著者: 房 福明、ワン シン、山岸 順一、越前 功  
 掲載誌: International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing (ICASSP) 2019

情報社会相関研究系  
特任研究員

**房 福明**  
FANG Fuming



# 水中の高解像度3D映像を即時出力 マルチスペクトルRGB-Dカメラを開発

水中の対象物の3次元形状やRGBの色を正しく測定できるようにするため、水中シーン専用の3Dビデオカメラの研究開発を推進しています。水の影響を除いて高速並列処理をすることにより、高解像度3次元ビデオをリアルタイムで出力することができます。

## 研究背景・目的

地球表面のおよそ70%は海であり、人類の生存と発展のために天然資源や海洋生物の調査が盛んに行われています。海中にあるものの状態を正しく認識するためには、光の三原色であるRed、Green、Blue (RGB) の色と3次元形状、モーションがとても重要です。それらの情報は、3Dビデオの撮影データから取得することができます。現在、商品化している3Dビデオからこれらの情報を取得する方法として、人間の視覚システムを模倣するステレオ (Stereo)、ストライプや格子状のパターンを利用するストラクチャードライト (Structured Light)、光の飛行時間を測定するタイム・オブ・フライト (Time-of-Flight) などがあります。しかし、水中の対象物の3次元形状やRGBの色を正しく測定することはこれまで困難でした。

## 研究内容

水中の対象物の3次元形状やRGBの色を正しく測定できるようにするため、水中シーン専用の「マルチスペクトルRGB-Dカメラ」の研究開発を推進しています (図)。このカメラの最大の特徴は、水の吸収特性に基づく革新的な「Trispectral Depth Sensing」という3次元復元方法です。RGBカラーについても、水の影響を除いて、対象物本来の色に修正することができます。高速並列処理により、3次元形状とRGB色を統一して、高解像度3次元ビデオをリアルタイムで出力することができます。

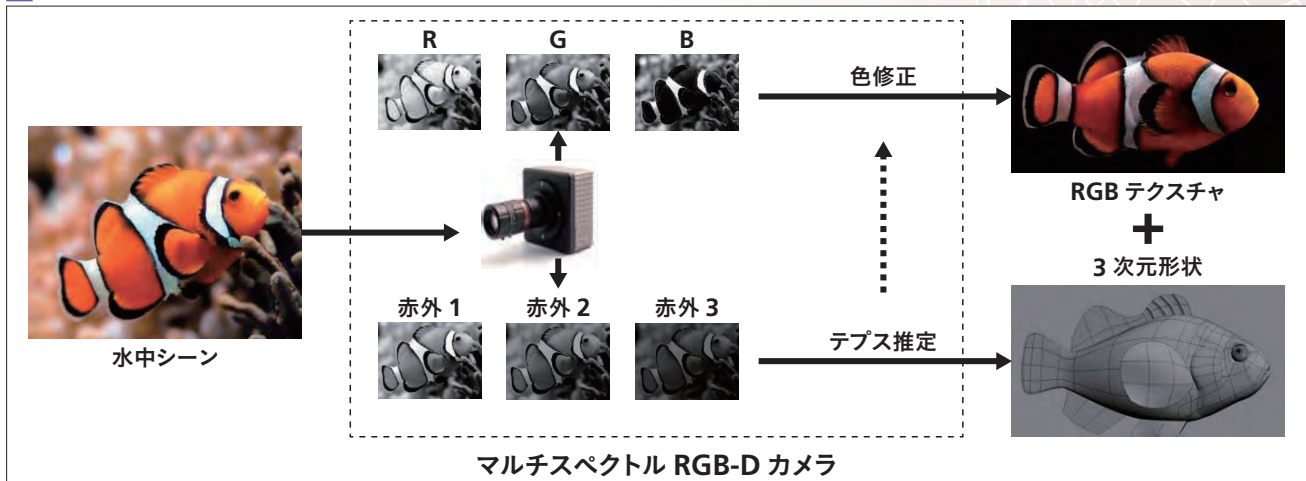
## 産業応用の可能性

マルチスペクトルRGB-Dカメラは、魚の3次元行動軌跡解析による養殖技術の高度化や、水の中に隠れている文化遺産の3次元デジタル化、珊瑚の成長状態の調査など、さまざまな応用分野で役立つことが期待されます。

研究者の  
発明

◆特開2017-106877:「画像処理装置、画像処理方法及びプログラム」

図 水中3次元復元方法を用いた「マルチスペクトルRGB-Dカメラ」



コンテンツ科学研究系  
准教授

鄭 銀強

ZHENG Yinqiang



# 光をデザインして物体の中を見る 非接触・非侵襲のイメージング技術

光をデザインして物体の中を観察・解析するイメージング技術により、通常のカメラと光源で撮像するだけで、光の伝搬過程や色の復元を可能にします。体内の生体組織を非接触・非侵襲で観察できるほか、物品検査など、さまざまな分野の計測分析に汎用できます。

## 研究背景・目的

私たちが普段見ている光は、大変たくさんの情報を含んでいます。光は、現実世界の物体に作用し、反射、屈折、吸収、散乱などの光学的過程を繰り返しながら伝搬します。例えば、散乱体を多く含むような生体組織の顕微鏡観察において、光は散乱粒子に繰り返しぶつかり、そのたびに吸収と散乱を繰り返します。その場合、透過光と散乱光の重ね合わさった情報が観測され、散乱の影響により不鮮明になってしまいます（図1 (a) (b)）。従って、透過光と散乱光を分離できるならば、染色を行わずに、吸収スペクトル等の組成情報を正しく計測できるようになります。また、物体内の光の伝搬の様子を画像として捉えることができれば、物体内部の光が作用している物理的特性等を推定することができ、実世界を理解することに役立ちます。

## 研究内容

光源のパターンとカメラを組み合わせた撮像技術により、物体の組成情報や光の伝搬等の物理的特性を解明する技術を研究しています。高周波照明を投影し、かつ照明とカメラのそれぞれについて、焦点が合っている状態と焦点ぼけが生じている状態の違いを利用することで、透過光と散乱光を分離した顕微鏡観測が可能になります。（図1 (c)）。高周波照明の明暗の変化時における、透過光（合焦）と散乱光（合焦および非合焦）の観測の変化に注目し、厚みのある試料のすべての深さの光が重ね合わさった観測から透過光と散乱光を分離できる仕組みです。また、通常の可視光光源とカメラを用いて、物体表層内の光の拡散や散乱による伝搬過程の可視化も可能にします。物体内の光の伝搬距離に着目し、ある半径のリングライト下と、それより少し大きい半径のリングライト下の画像同士の差分は、光の伝搬距離がある距離区間に限定された画像になることを示しました（図2）。

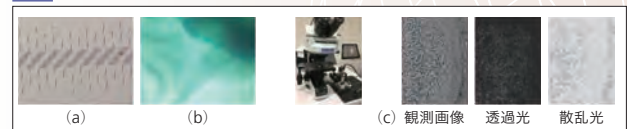
## 産業応用の可能性

生体組織の非接触・非侵襲イメージングによる構造や機能解析が非常に期待されていますが、複雑な構造で複雑な内部散乱を生じることから、観測光成分を詳細に分離す

ることは容易ではありません。本イメージング技術は、染色不要なことから生細胞へのダメージ回避に加え、物品検査など、さまざまな分野の計測分析にも汎用できます。

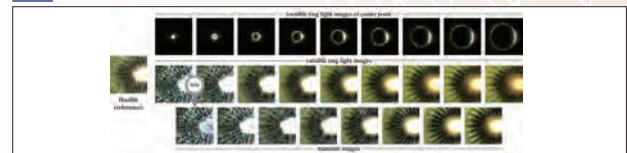
また、本イメージング技術により物体の内部を切らずに、通常のカメラと光源で撮像するだけで、光の伝搬過程や色の復元も可能にします。なお、本手法は現在特許申請中です。

図1 透過光と散乱光の分離観測



例えば、散乱体がなければスケールは鮮明に観測可能（a）だが、散乱体が多いと不鮮明になる（b）。本顕微鏡システムを用いた透過光と散乱光の分離手法により、従来計測が難しかった詳細な生体組織の散乱係数や吸収係数の計測が可能になる（c）。

図2 リングライトによる光の伝搬過程の可視化



リングライトによる光の伝搬過程の可視化（キウイ）。キウイ断面を通常照明で投影した画像（左）、リングライト照射の様子（上段）、キウイ断面に上段の各半径のリングライトを照射し、内部を可視化した画像（中段）、光の伝搬距離ごとに分けられた画像列（下段）。

研究者の  
発明

- ◆特許第4982844号：投影画像補正システム及び投影画像補正プログラム
- ◆特許第6471942号：画像処理装置、画像処理方法及び記録媒体
- ◆特開2018-022287：画像処理装置及び方法、画像処理プログラム、並びに投影装置
- ◆国際公開番号WO2016/121866：デジタルホログラフィ記録装置、デジタルホログラフィ再生装置、デジタルホログラフィ記録方法、およびデジタルホログラフィ再生方法

Contact Information コンテンツ科学研究系 教授 佐藤 いまり Email : imarik@nii.ac.jp



コンテンツ科学研究系  
教授

佐藤 いまり

SATO Imari





# 画像や映像を高速・高精度に検索 放送映像アーカイブから知識発見も

高速・高精度な画像検索の基本となるアルゴリズムを開発しました。通常のPCで100万枚の画像から0.5秒で物体検索ができます。検索者の意図を柔軟にくみ取るシステムや、放送映像アーカイブと視聴率から、視聴者の行動理由を解析するシステムも実現しています。

## 研究背景・目的

テレビ放送やケーブルテレビだけでなく、インターネット上やSNS上などでも視聴しうる画像・映像情報は増加の一途をたどっており、私たちは日々これらから有用な情報を得ています。必要な画像・映像情報を得るためには検索技術が重要な役割を担いますが、その実現のためには、画像・映像の意味内容の解析が必要不可欠です。また、大量の画像・映像から所望の情報を得るためには、効率の良い検索アルゴリズムの検討も重要です。さらに、人の検索の意図をうまくみ取れるような柔軟な画像検索技術も必要となってきます。そして、こうした技術の応用として、大規模な画像・映像アーカイブから知識を発見するような技術の検討も重要です。

## 研究内容

私たちは、高速・高精度の画像検索の基本となる技術を開発し、通常のPCで、100万枚の画像から0.5秒で物体検索が可能なアルゴリズムを実現しています。また、これに基づき、物体間の位置関係を柔軟に扱える画像検索システム、物体間の関係までを含む複雑な検索意図を自然言語の説明文による問い合わせとして扱える技術(図1)、画像データベース中の類似画像の分布度合いに基づく高精度かつ高速の画像検索技術等を実現しています。

また、その応用として、テレビ放送を蓄積し続けている数年規模のテレビ放送アーカイブNII TV-RECSに基づき、視聴率情報を組み合わせて、視聴率の変化の理由を解明するためのマイニングツールを実現しています(ビデオリサーチ社との共同研究による)(図2)。

## 産業応用の可能性

私たちが保有する高速・高精度画像検索技術は、基本的な技術であり、さまざまな局面での産業応用に適用可能なのではないかと考えています。例えば、eコマースサイトの画像データベース中の商品検索、放送映像やSNS映像中に現れる特定商品の検索、監視カメラ映像中の特定人物や特定事物の検索等が考えられます。また、放送映像や画像データベースと、企業保有の統計情報(視聴率は端的な例だが、特定商品の売り上げ情報等が考えられる)との関連性解析のような応用も考えられます。



コンテンツ科学研究系  
教授

佐藤 真一

SATOH Shin'ichi



図1 検索者の意図を柔軟にくみ取れる画像検索システム



図2 放送映像アーカイブと視聴率との統合解析による視聴者行動の理由解析システム



研究者の  
発明

◆ 該当なし

# 言語理解タスクをデザインし 人間の知的活動を支援する

人間とコンピュータが「対話」するためには、与えられたテキストに対する解釈を共有する必要があります。このような解釈共有の仕組みの解明や人間の質問に答えたり、人間と対話してタスクを遂行したりするシステムの実現をめざしています。

## 研究背景・目的

言語は人間の知的な活動の基盤であり、コンピュータによる言語処理は、知能システムの欠かせない構成要素となっています。言語処理により人間の情報収集・発信や意思決定を支援するためには、単にコンピュータでテキストの意味を解析するだけではなく、テキストの読み手・書き手である人間が、どのように言語を処理しているかを想定して、システムを構築する必要があります。本研究では、深層学習を含む機械学習、コーパス分析、アノテーションなどを用いて、コンピュータによるテキストの意味解析と人の言語活動のモデル化、および両者をつなぐ手法の開発に取り組んでいます (図1)。

## 研究内容

最近の研究トピックとして「人間・コンピュータの共通理解基盤の実現に向けた対話タスクデザイン」を紹介します (図2)。人間とコンピュータが言語テキストを介して情報をやりとりするためには、与えられたテキストに対する解釈を共有する必要があります。これは「基盤化」と呼ばれ、言語処理における基本問題です。本研究では、データ収集や評価の方法までを含めた対話タスクの設計や分析に取り組むことで、対話における基盤化の仕組みを解明し、人間の質問に答えたり、人間と対話してタスクを遂行したりするシステムを実現することをめざしています。

ほかのトピックとして、大量の文書を解析してユーザーの質問に答える質問応答システム、定型表現を用いた文章作成支援などの研究も進めています。また、文書のレイアウトや論理構造の解析、専門用語抽出、エンティティリンキング、数式など非言語オブジェクトの意味検索などの基盤技術の研究開発にも取り組んでいます。

## 産業応用の可能性

対話的な意味解析によって、例えば人間がコンピュータに対して一方的に指示を与えるのではなく、実行可能なオプションを尋ねつつ、目的達成に向けて折り合いをつけて指示を明確化することが可能になります。人間とコンピュータがやりとりするためのインタフェース技術として、自然言語の理解は今後、多くの場面での活用が期待されます。



コンテンツ科学研究系  
教授

相澤 彰子

AIZAWA Akiko



図1 テキストを介した人間の言語活動 (研究背景・目的)

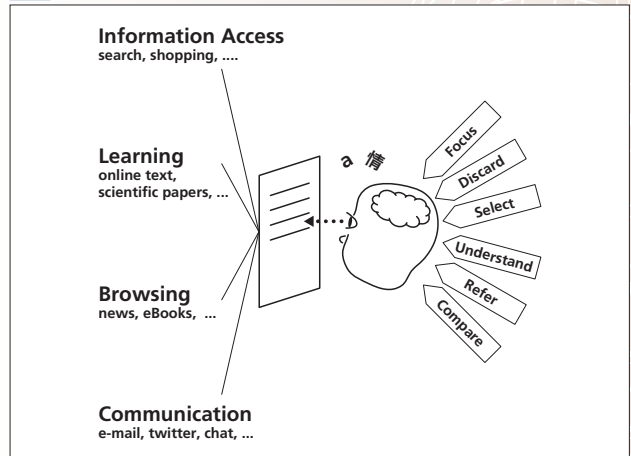
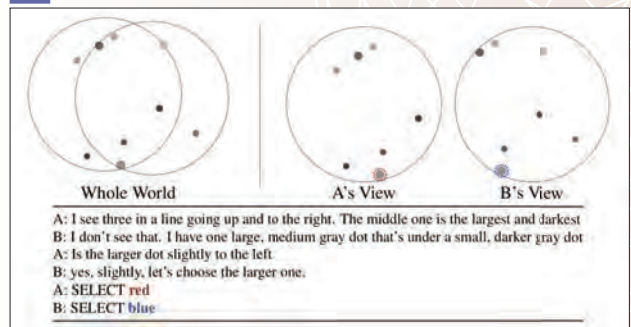


図2 対話タスクの設計 (研究内容)



◆公開リソースとデモシステム  
<http://www-al.nii.ac.jp/ja/resources/>



# 人間の知識を利用するAI 多様な情報から知識グラフを自動構築

人工知能では、人間が持っている知識をうまく活用する必要があります。テキスト、表、半構造データ、データベースなどから、知識グラフと呼ばれる、人工知能システムで広く使われている形式の知識を、自動的に生成する技術を研究しています。

## 研究背景・目的

人工知能で使われるシステムには、人間が持っているような知識が必要となります。例えば、「日本で2番目に人口の多い都市は？」という質問に答えるためには、各都市の人口を知識として持っていなければなりません。また、このような知識があれば、売り上げデータに基づき、次の出店に適した場所を機械学習を使って探す際に、都市の人口データを入れることができ、より精密な意思決定ができます。このように知識は重要な役割を果たすため、テキスト、表、半構造データ、データベースなどから、人工知能システムで広く使われている知識グラフと呼ばれる形式の知識を自動的に生成する技術を研究しています。

## 研究内容

### ・オントロジーマッチング技術

知識のリソースとして、Open Linked Dataや表形式のデータなどのさまざまな半構造データを入手することができます。これらの異なる種類のデータの対応関係を取り、知識グラフに統合するためのオントロジーマッチング技術を研究しています。

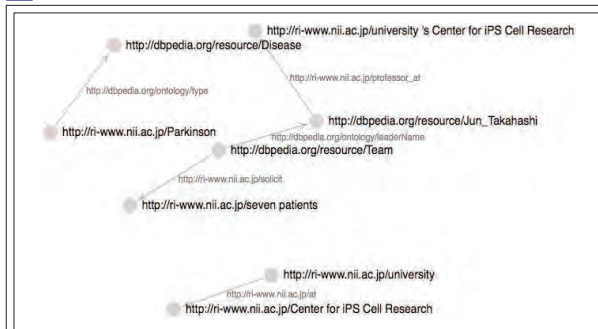
### ・テキストからの知識グラフ生成技術

人間の持つ知識を書いたものとして、さまざまなテキスト文書があります。テキスト文書から知識を抽出し、知識グラフを生成する技術を研究しています（図）。

### ・知識グラフ補完技術

既存の知識グラフの中には、知識が欠損している部分が存在することがあります。そのような知識を自動的に補完する技術を研究しています。

図 テキストから知識グラフを生成



| Subject                                   | Predicate                              | Object   |
|---|--|--|
| http://ri-www.nii.ac.jp/parkinson         | http://dbpedia.org/ontology/type       | http://dbpedia.org/resource/Disease                  |
| http://dbpedia.org/resource/Team          | http://ri-www.nii.ac.jp/role           | http://ri-www.nii.ac.jp/seven_patients               |
| http://ri-www.nii.ac.jp/university        | http://ri-www.nii.ac.jp/center         | http://ri-www.nii.ac.jp/center_for_ips_cell_research |
| http://dbpedia.org/resource/Jun_Takahashi | http://ri-www.nii.ac.jp/professor_at   | http://ri-www.nii.ac.jp/university                   |
| http://dbpedia.org/resource/Team          | http://dbpedia.org/ontology/leaderName | http://dbpedia.org/resource/Jun_Takahashi            |

A Kyoto University research team said Monday it will begin a clinical test this week using induced pluripotent stem cells to treat Parkinson's disease, in what will be the world's first application of iPS technology to the progressive neurological disorder. The team led by Jun Takahashi, a professor at the university's Center for iPS Cell Research and Application, has received ....

The japan timesの記事より



情報学プリンシプル研究系  
准教授

市瀬 龍太郎

ICHISE Ryutaro



## 産業応用の可能性

### ・チャットボット、質疑応答、検索システム

人間の問い合わせに答える際に、必要な知識を構造化した知識グラフを持つことで、的確な応対ができるようになります。

### ・ナレッジの構造化

技術文書、規約、マニュアル、データベースなど、さまざまなデータを知識グラフとして構造化することにより、既存の知識を整理し、製品検査、技術伝承などに利用することができます。

### ・意思決定支援システム

さまざまなデータを統合した知識グラフを背景知識として利用することにより、機械学習システムの精度を向上させたり、判断の可読性を向上させたりすることができるため、高度な意思決定に用いることができます。

研究者の  
発明

◆特許第4734559号：時系列データ分析装置および時系列データ分析プログラム

# 生活を支援する知能ロボットの実現 クラウド型 VR 空間で対人行動学習

生活支援を目的とする知能ロボットの実現には、人に対する適切な行動を機械学習させる必要がありますが、人を使ったデータ収集は大変な作業です。そこでクラウドを介して、VR空間で仮想ロボットに学習させることができるプラットフォームを開発しました。

## 研究背景・目的

日常環境でのユーザーの生活支援を目的とする知能ロボットの実現のためには、さまざまな空間的・身体的な状況に対応する判断能力と適切な対応行動を学習する必要があります。しかし、近年の機械学習の主流となっている深層学習などを直接応用することは困難です。その理由は、学習に必要な大量の経験データを収集するコストが膨大であることです。特に適切な対人行動の経験サンプル採取のためには、実際の人間がロボットと共同作業を長時間行う必要があり、効率的ではありません。そこで、効率的に対人行動経験から適切な行動を学習するために、クラウド型のVRプラットフォームを開発し、ユーザーと対話しながら学習し、生活を支援する知能ロボットの実現をめざしています。

## 研究内容

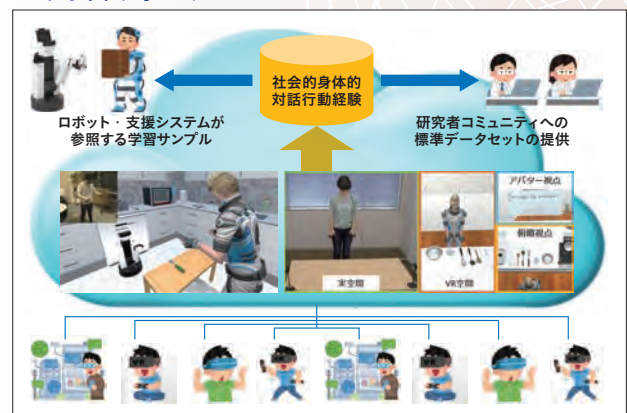
実際のユーザーがVR空間上で、社会的・身体的なインタラクションを仮想の知能ロボットと行うため、知能ロボットのソフトウェア開発のミドルウェアである「ROS」(Robot Operating System)と、VRアプリケーションの開発プラットフォームである「Unity」を統合したソフトウェア基盤「SIGVerse」を開発しました。これにより、ロボット開発者は従来までのロボットソフトウェアを改変することなく、VR空間に知能ロボットシミュレーターを再現し、ユーザーがクラウドを介して仮想ロボットと身振り手振り・ジェスチャー・音声対話などを用いた身体的・社会的な対話を行うことが可能になります。現在は、ユーザーの実演に基づく模倣学習の効率化、日常生活に関わる概念の対話的学習などの研究を展開しています。

## 産業応用の可能性

人と知能ロボットの対話行動だけでなく、人と人の対話行動を蓄積することも可能であるため、例えばスポーツ動作や特殊技能の訓練のための経験コーチングシステムへの応用が考えられます。第一人称視点で自身の運動と理想的な運動の差異をVR上で確認することで、効率的な

訓練を実施することが期待されます。また、片麻痺の患者のためのリハビリシステムとして、視覚映像で実際の身体の動きとは異なる理想的な動作を提示することによって、回復を促すニューロリハビリテーションの基礎研究を科研費の新学術領域研究で進めており、在宅でのVRを活用したリハビリシステムへの応用も期待できます(図)。

図 クラウド型VRによる社会的・身体的対話経験の蓄積と利活用プラットフォーム



クラウド型VRプラットフォームの構成図：ユーザーは任意の場所からクラウド上の知能ロボットとの対話実験システムに参加することが可能です。収集された社会的・身体的な対話経験はオープンなデータベースとして蓄積され、知能ロボットのリアルタイムな学習に用いることが可能で、研究者コミュニティへ提供することも可能です。

研究者の  
発明

◆特許第6381097号：リハビリテーション支援装置及びリハビリテーション支援方法



情報学プリンシプル研究系  
准教授

稲邑 哲也

INAMURA Tetsunari



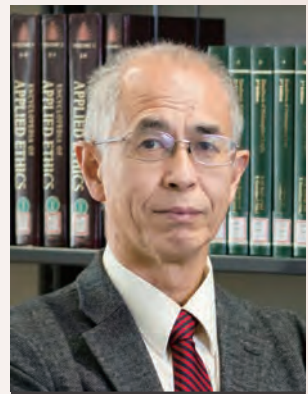


# 01 裁判官や弁護士の推論をシミュレーションするシステム

法的問題の解決を情報学によりサポートすることをめざしています。現在は、裁判官や弁護士が行っている法的推論の一部である「要件事実論」という理論をコンピュータ上に実装しています。これまでに民法条文および最高裁判例から抽出した2500ルールを実装しました。

## 研究背景・目的

社会にインターネットが普及したことにより、電子商取引やSNSでのプライバシー問題など、今までの社会制度とは異なる社会システムが導入され、新たな法的問題が生じています。本研究の究極の目的は、そのような急激な社会変化に対する法的問題の解決を情報学によりサポートすることです。



情報学プリンシプル研究系教授

佐藤 健

SATOH Ken



## 研究内容

その第一歩として、現在、裁判官が行っている法的推論の一部である「要件事実論」と呼ばれる理論のコンピュータ上の実装を行っています。「要件事実論」とは、民事裁判において、判決を決定する主要事実の成立・不成立が証拠から導かれなるときに、その主要事実の成立・不成立のデフォルト値で代用する理論のことです。この理論は、人工知能における「非単調推論」と呼ばれる不完全情報下での合理的推論の定式化と密接に関連しており、その定式化を用いて、「要件事実論」を実装しています（図）。現在、民法条文および最高裁判例からルールを抽出し、2500ルールを実装しています。

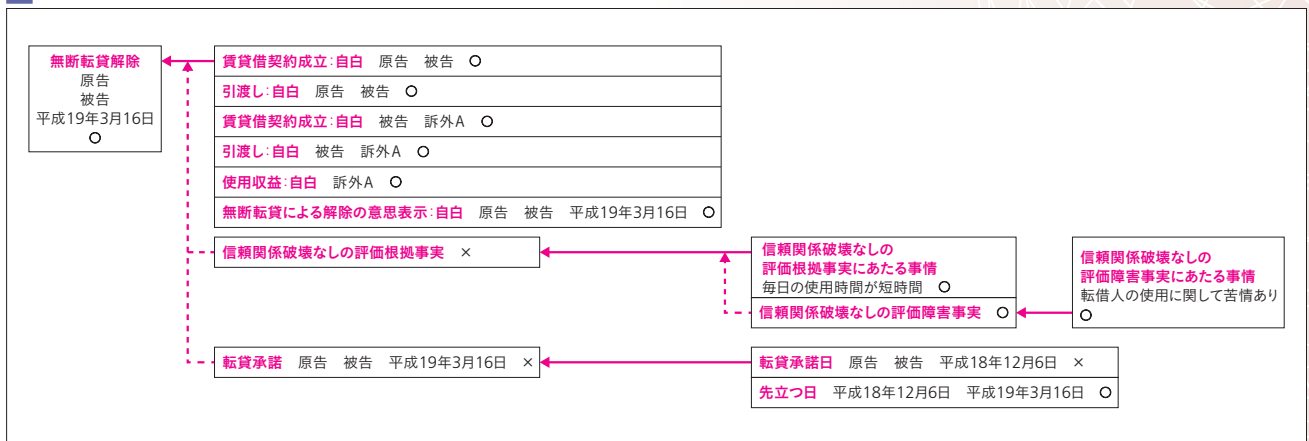
## 産業応用の可能性

「要件事実論」は現在、法科大学院、司法研修所で教えられている理論です。したがって、民事関係の裁判官や弁護士が用いている法的理論といえます。応用としては、「要件事実論」の教育のためのツールおよび実務における訴状の主要事実の欠<sup>けんけつ</sup>のチェック、また、「要件事実論」の法的推論提示システムを用いて当事者間の準備書面、答弁書の提出の効率化を図ることができます。

研究者の  
発明

◆特許第6112542号：法的推論提示方法、法的推論提示システムおよびプログラム

図 法的推論提示システムによる推論過程の可視化



# 国際的な経済ビッグデータを解析 企業や行政のグローバルリスクを推定

経済ネットワークを介して世界がグローバル化した現在、「ブラック企業」との間接的なつながりの検出は、企業リスクの推定において極めて重要です。12万社を超える「ブラック企業」のリストを収集し、データ科学と社会科学の連携による対策を進めています。

## 研究背景・目的

世界は多くの企業や人、政府が連携し、お金や物が流れる複雑で巨大なグローバル経済ネットワークを形成しています(図1)。私は、データ科学(経済ビッグデータ・複雑ネットワーク科学)でグローバル化の構造を解析し、私たちと、地球の裏側にある人権等を無視する「ブラック企業」との経済ネットワークを介した間接的なつながりの検出と対策を進めています。グローバル化した現在、ブラック企業との間接的なつながりは企業リスクの推定において極めて重要です。安易な投資が最終的に爆弾の製造資金になった事例や、安易なM&Aや取引により児童労働問題を抱えた企業を自社の関係先の末端に加えてしまう事例も発生しています。データ科学と社会科学の連携による国際問題の解決を進めています。

## 研究内容

全世界の約5000万社が、決算等で報告する親子関係や取引先情報をつなぎ合わせて、企業と重要人物のグローバル経済ネットワークを構築しています。全世界の約500社以上のメディアやNPO法人から、12万社を超える人権や環境等を無視する「ブラック企業」のリストを収集し、このグローバル経済ネットワークと接続することで、私たちの身近な規範的な企業のすぐそば(数社先)に、地球の裏側の遠く離れた「ブラック企業」がいることがわかります。グローバル経済のネットワーク特性を調べると、「ブラック企業」がクラスター(集合体)を形成し、わずかな企業が私たちとの橋渡しをしていることが分かってきました。橋渡しをする企業を介した物流の監視や援助が持続的でクリーンなグローバル経済を構築していくうえで重要です(図2)。

## 産業応用の可能性

毎年の20カ国・地域(G20)首脳会議において、グローバル経済ネットワークの末端で発生する環境・労働・人権問題に対して、グローバル企業が責任を果たすことが急務(2025年までに児童労働撤廃)であるとの共同声明が出ています。英国では2015年に、「奴隷労働とは末端でもつながってはいけない」という法律が施行されています。欧州を中心に、このような問題は企業リスクであるとの認識が生まれ、問題に取り組んでいる企業への投資(ESG投資)が、2016年時点で全投資の26%(22.9兆円)ま

で急拡大しています。

このうねりは日本企業を巻き込んでおり、複雑化したグローバル経済ネットワークの中でクリーンである証明が必要になっています。私の研究は、「企業がクリーンであることを科学的に証明すること」に応用が可能です。

図1 企業間取引のグローバル経済ネットワーク

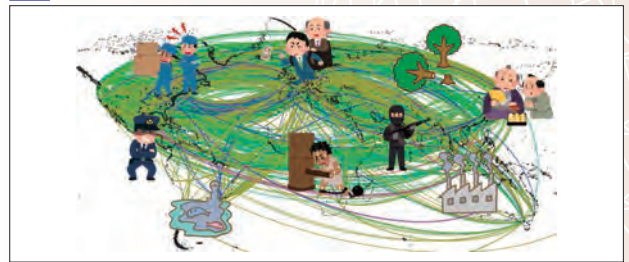
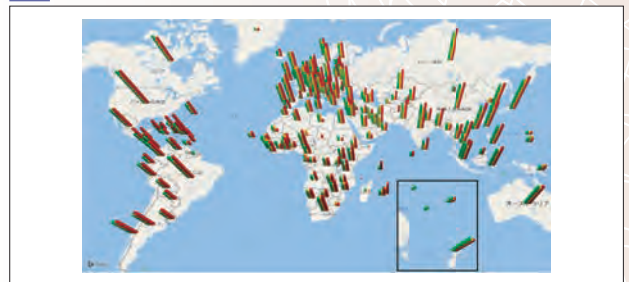


図2 環境・労働・ガバナンス問題について報道がなされた企業数



研究者の  
発明

◆特願2019-119796：影響力評価システム  
水野貴之、土井翔平



情報社会相関研究系  
准教授

水野 貴之

MIZUNO Takayuki



01

情報基礎科学

02

情報基盤科学

03

ソフトウェア科学

04

情報メディア科学

05

知能システム科学

06

情報環境科学



# 感覚・運動情報の予測メカニズムに着目 深層学習によるロボットの知能化技術

人と協働する自律型ロボットには、複雑で柔軟な行動ができたり、不確実な環境下でも適切な判断ができたりする能力が必要です。人間の認知情報処理を参考に、感覚・運動情報の予測メカニズムをモデル化することにより、ロボットの知能化技術を開発しています。

## 研究背景・目的

私たちの生活環境において人と共存し活躍する自律型ロボットの実現が期待されています。しかしながらそのためには、工場内等での単純な繰り返し作業とは異なり、文脈に依存した複雑かつ柔軟な行動生成や不確実な環境下における適応的な判断といった技術的課題を解決する必要があります。起こりうる状況のすべてを事前に想定し、ルールを記述しておくことは現実的に不可能であるため、ロボットが自らの感覚・運動の経験を学習し一般化することで必要な機能を獲得する仕組みが鍵となります。本研究では、特に人間の認知情報処理を参考にし、その実現のために重要であるとされている感覚・運動情報の予測メカニズムに着目し、ロボットの知能化技術を開発しています。

## 研究内容

時系列データを扱うことが可能な再帰型神経回路モデル（Recurrent Neural Network: RNN）をベースとした、ロボットの感覚・運動情報の予測学習を行うための深層生成モデルの構築を行っています。モデルには、時間的階層性が導入されており、複雑な時系列データを要素単位に分解しその組み合わせとして表現することが可能です。また、データに含まれるさまざまなレベルの不確実性を推定することも可能です。構築したモデルをロボットに実装し、模倣学習、人の言語指示による物体操作、状況変化に対する適応的行動生成、人とロボットによる協調組み立て（写真1）、ロボット同士のインタラクション（写真2）等に関する研究を行っています。

## 産業応用の可能性

人との円滑なインタラクションやコミュニケーションを目的とした自律型ロボットへの応用が期待されます。また、産業用ロボットにおいても、事前にルールを記述することが困難な問題に有用であると言えます。例えば、熟練作業において、模倣学習によって熟練者の動きだけではなくそのスキルまでをロボットに獲得させることが例として挙げられます。さらには、提案モデルの応用先として、ロボットの行動生成のみならず、歩行者の行動予測や生体情報の特徴量抽出といった、時間依存性を考慮する必要のある複雑な時系列データを扱う問題全般が挙げられます。

研究者の  
発明

- ◆ “Learning to Reproduce Fluctuating Time Series by Inferring Their Time-Dependent Stochastic Properties: Application in Robot Learning via Tutoring ”  
Shingo Murata, Jun Namikawa, Hiroaki Arie, Shigeki Sugano, and Jun Tani  
IEEE Transactions on Autonomous Mental Development, Vol. 5, Issue 4, pp. 298-310, 2013.  
DOI: 10.1109/TAMD.2013.2258019



情報学プリンシプル研究系  
助教

村田 真悟

MURATA Shingo



写真1 人とロボットによる協調組み立て



写真2 ロボット同士のインタラクション



# ブロックチェーンの応用により 経済活動の新たな構造を提唱

ブロックチェーンの経済活動への応用として、シェアリング・エコノミーに代表される自律分散型の経済プラットフォームが注目されています。経済活動の三層構造モデルを新たに提唱し、経済共同体の再編成における諸問題について、学際的に研究しています。

## 研究背景・目的

ブロックチェーンを経済活動に応用するために、三層構造モデルを提唱しています。第一層では、改ざん困難な仮想通貨のブロックチェーンの性質を利用して、不可逆的な記録を共有します。第二層では、シェアリング・エコノミーの「鍵」など、あらゆる「アセット」が流通します。第一層の「金流」と第二層の「商流」は表裏一体の関係にあります。さらに第三層では、経済活動を規律するレギュレーション装置を実装します。いま、経済活動はかつてないイノベーションを経て、新しい三層構造へと再統合される途上にあります。ブロックチェーンを契機とした経済共同体の再編成における経済と社会の諸問題について、学際的な視点に基づいて探究しています。

## 研究内容

ブロックチェーンの応用可能性として注目されるのが、シェアリング・エコノミーに代表される自律分散型の経済プラットフォームです。中国のような消費大国においては、あらゆる資源よりも人間のニーズが上回る傾向にあり、シェアリング・エコノミーの進展なくして持続的経済の維持はありません。国境を越えて民泊予約や車両予約などのサービスが展開される時代には、特定のサービス主体を信頼する従来の構造から、信頼できる第三者の存在を必要としないブロックチェーン社会への構造転換が不可欠です。迫りくるスマートエコノミー時代の基盤としてのブロックチェーンの可能性について、国内外の共同研究者の協力を得て学際的に研究しています。

## 産業応用の可能性

これまでの経済活動では、産業ごとのプレーヤーが情報の結節点となって、情報の非対称性をコントロールしてきました。ブロックチェーンの時代が到来すると、情報の非対称性は解消され、経済共同体の活動はP2P (Peer to Peer) ネットワークを支えるノード (結節点) によって共有されます。このような変革の時代にあって、経済共同体における意思決定の主導権を掌握するのは、かつて非対称性の中心に位置した企業ではなく、経済活動のプラットフォームとなるブロックチェーンを提供することに成功した企業です。ブロックチェーンを契機とした経済共同体の再編成の方向性について、海外の研究者と連携して多角的に研究しています。



情報社会相関研究系  
准教授

岡田 仁志

OKADA Hitoshi



上海交通大学で開催された国際会議「Global Cities Forum」に Distinguished Guest (来賓) として登壇し、ブロックチェーンを応用したスマート・キーの概念について実演をまじえて講演した。写真は、ラポルトゥール (記録係) による公式報告の様子。NIIの研究者を招待したことなどが紹介された。

研究者の  
発明

◆ 該当なし



NIIでは情報学分野で高いレベルの研究を行っています。NIIが生み出した知を産業や社会に還元し、解決などに活かしていただくことを期待しています。NIIの「知」

## ■ NII × 株式会社日立ハイテクサイエンス

物体の反射光と蛍光を分離して  
可視化観察を実現

### 分光蛍光マイクロSCOPE 「EEM® View」

分光画像とスペクトルデータの同時取得を実現する新技術。NIIの佐藤いまり、鄭銀強が開発した計算アルゴリズムにより、蛍光成分と反射成分の画像の分離表示を可能とした。同社の分光蛍光光度計に組み込むことで、物体のスペクトルデータとCMOSカメラによる蛍光・反射画像を同時取得し、さらに取得した試料画像を25分割した際の、区画ごとの拡大表示や蛍光・反射スペクトルデータも取得することができる。

従来の分光蛍光光度計では、試料全体の平均的なスペクトルデータの取得に留まっていたが、本技術により反射・蛍光スペクトルを可視化し、画像による蛍光発生部位の把握や特定箇所のスペクトルデータの取得が可能となり、より高精度な蛍光物質の測定が実現した。

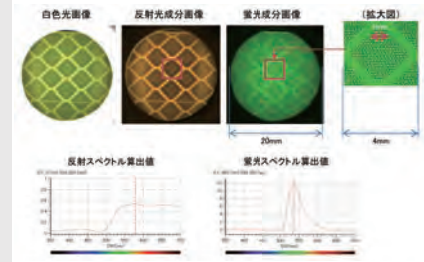
本装置の蛍光分析への活用により、微細測定ニーズが高ま



分光画像とスペクトルデータの同時取得を実現した分光蛍光光度計専用測定システム

※“EEM”は、株式会社日立ハイテクサイエンスの日本における登録商標です。

取得画像の反射光成分画像と蛍光成分画像の分離



画像分離アルゴリズムにより、撮影した画像を反射光成分と蛍光成分に分離した。その結果、反射成分は橙色、蛍光成分は緑色の画像となった。それぞれ反射スペクトルと蛍光スペクトルに相当する分光色と一致している。

るLEDやディスプレイなどの電子材料や工業材料分野をはじめ、食品検査分野やライフサイエンス、バイオテクノロジー分野など、幅広い分野での研究開発や品質管理に活用が期待されている。

研究者  
情報

コンテンツ科学研究系 教授 佐藤 いまり

専門分野：コンピュータビジョン/コンピュータショナルフォトグラフィ/画像解析

コンテンツ科学研究系 准教授 鄭 銀強

専門分野：コンピュータビジョン/水中3次元復元/カメラシステム

## ■ NII × 鯖江市

カメラによる顔検出を防ぎ  
プライバシーを守る

### プライバシーバイザー

スマートフォンのカメラなどへの意図せぬ写り込みによるプライバシー侵害を阻止する眼鏡型デバイス。NIIの越前功が開発した顔検出妨害技術と、「めがねのまち さばえ」を掲げる福井県鯖江市の高度な眼鏡製造技術が結びついて商品化された。

コンピュータは、顔の明暗の特徴を識別することで画像から人の顔を検出する。プライバシーバイザーは光を反射させ、顔の特徴を崩すことで、顔として認識されないようにした。電源や特殊な材料を使用せず、眼鏡のように装着するだけで、自らが意図しない撮影からプライバシーを守ることができる。

ファーストモデル（2016年5月発売）は、プライバシー保護のため通常のメガネに比べて湾曲が大きい独特のフレーム形状となった（写真1）。セカンドモデル（2018年2月発売）は、機能性は保持したままデザイン性にも配慮。見た目はほぼメガ



写真1  
プライバシーバイザー  
ファーストモデル。  
(販売：株式会社ニッセイ)



写真2  
プライバシーバイザー  
セカンドモデル。  
デザインは、丸いオーバーラ  
(左)と四角いスクエア  
(右)の2タイプ。  
(基本設計・デザイン・開発:  
前澤金型)

ネでありながら、普段はサングラスとして、レンズを前方に少し跳ね上げればプライバシーバイザーとして利用することができる（写真2）。

プライバシーバイザーは、公益社団法人発明協会 令和元年度関東地方発明表彰の発明奨励賞を受賞した。

研究者  
情報

情報社会相関研究系 教授

越前 功

専門分野：情報セキュリティ/メディアセキュリティ/プライバシー保護

# 地域活性化に活かす

出す技術、知見、研究力を、企業の競争力強化や地域課題の  
が商品やサービスとして社会実装された事例をご紹介します。

## ■NII × えひめ結婚支援センター

### 地域のお見合いを ITの力で支援

### ビッグデータを活用した 婚活「愛結び」

愛媛県松山市の「えひめ結婚支援センター」は、NIIの宇野毅明が開発したデータ解析アルゴリズムをお見合いサービスに取り入れている。宇野は、申し込みデータやお気に入り登録といったユーザーの行動履歴を、本人の「性格」を表すデータと考えることで、単に条件が合う人をあてる通常のマッチングより質の良いお薦めができると考えた。アイデアはこうだ。まず、行動履歴データが似ている同性のユーザーをグループ化する。グループ内のユーザーは、きっと好みも似ているだろうから、あるユーザーを気に入った異性の人は、きっとグループ内のほかのユーザーも気に入る可能性が高いに違いない。異性を薦めてほしいなと思うユーザーは、条件付けではいい出会いがなかった方々なので、このような性格や好みに近いものからアプローチすればうまくいくのではと考えた。

実際に、このアイデアに基づいたアルゴリズムの導入により、お見合いを申し込んだ際の承諾率は13%から30%に上昇。ITの最新技術で地域課題の解決をめざすこの取り組みは評価され、総務省の地方創生に資する「地域情報化大賞2015」の特別賞にも選ばれた。人と人をつなぐシステムのため、婚活だけではなく転職や仲間づくり、ベビーシッターやBtoBビジネスでの活用なども期待できる。



ビッグデータを活用したシステムを紹介する「えひめ結婚支援センター」のウェブページ

**研究者情報** 情報学プリンシプル研究系 教授  
**宇野 毅明**  
専門分野: ビッグデータ/データ解析/人工知能

## ■産官学連携のモデルケース





# ■ 保有特許一覧 (国内)

| 発明の名称   | NII発明者 | 単独出願 | 登録番号        | 発明の名称   | NII発明者         | 単独出願 | 登録番号        |
|---|--------|------|-------------|---|----------------|------|-------------|
| 画像情報検索表示装置、方法および画像情報検索表示プログラム                                 | 梶山 朋子  | ●    | 特許第4441685号 | 距離測定方法及びレーダー装置  | 橋爪 宏達          | ●    | 特許第6029287号 |
| 量子鍵配送方法および通信装置  | 渡辺 曜大  | ●    | 特許第4231926号 | 光を用いた超伝導量子ビットの状態検出  | 根本 香絵          |      | 特許第6029070号 |
| 時系列データ分析装置および時系列データ分析プログラム                                    | 市瀬 龍太郎 | ●    | 特許第4734559号 | 光パラメトリック発振器とそれを用いたランダム信号発生装置及びイジングモデル計算装置                       | 山本 喜久          |      | 特許第6029072号 |
| 情報共有システム、情報共有サーバ、情報共有方法、及び情報共有プログラム                           | 本位田 真一 |      | 特許第4799001号 | 語順並べ替え装置、翻訳装置、方法、及びプログラム  | 宮尾 祐介          |      | 特許第6040946号 |
| シーケンシャル・コンテンツ配信装置、シーケンシャル・コンテンツ受信装置及びその方法                     | 曾根原 登  | ●    | 特許第4734563号 | 信号処理装置、方法及びプログラム  | 小野 順貴          |      | 特許第6005443号 |
| コンテンツ提示装置、コンテンツ提示方法及びコンテンツ提示プログラム                             | 曾根原 登  | ●    | 特許第4403276号 | 音声言語評価装置、パラメータ推定装置、方法、及びプログラム                                   | 小野 順貴          |      | 特許第6057170号 |
| 文章コンテンツ提示装置、文章コンテンツ提示方法及び文章コンテンツ提示プログラム                       | 曾根原 登  | ●    | 特許第4143628号 | 信号処理装置、信号処理方法及びコンピュータプログラム                                      | 小野 順貴          | ●    | 特許第6099032号 |
| 断片的自己相似過程を用いる通信トラフィックの評価方法及び評価装置                              | 計 宇生   | ●    | 特許第4081552号 | 視線インタフェースを用いた対話的情報探索装置  | 神門 典子          | ●    | 特許第6099342号 |
| 焦点ぼけ構造を用いたイメージング装置及びイメージング方法                                  | 児玉 和也  | ●    | 特許第4437228号 | 顔検出防止具  | 越前 功           | ●    | 特許第6108562号 |
| 情報資源検索装置、情報資源検索方法及び情報資源検索プログラム                                | 神門 典子  | ●    | 特許第4324650号 | 法的推論提示方法、法的推論提示システムおよびプログラム                                     | 佐藤 健           | ●    | 特許第6112542号 |
| アクティブコンテンツ流通システム及びアクティブコンテンツ流通プログラム                           | 本位田 真一 | ●    | 特許第4392503号 | イジングモデルの量子計算装置及びイジングモデルの量子計算方法                                  | 宇都宮 聖子         |      | 特許第6143325号 |
| 渋滞予測情報生成装置、渋滞予測情報生成方法、及び経路探索システム                              | 本位田 真一 |      | 特許第4729411号 | 語順並べ替え装置、翻訳装置、翻訳モデル学習装置、方法、及びプログラム                              | 宮尾 祐介          |      | 特許第6083645号 |
| コンテンツ販売装置及びコンテンツ販売方法  | 曾根原 登  | ●    | 特許第4304278号 | ドップラーイメージング信号送信装置、ドップラーイメージング信号受信装置、ドップラーイメージングシステム及び方法         | 橋爪 宏達          | ●    | 特許第6179940号 |
| 文書インデキシング装置、文書検索装置、文書分類装置、並びにその方法及びプログラム                      | 曾根原 登  | ●    | 特許第4362492号 | 濃淡画像符号化装置及び復号装置   | チョン・ジン         | ●    | 特許第6188005号 |
| 映像提供装置及び映像提供方法  | 相原 健郎  | ●    | 特許第4359685号 | フリップフロップ回路  | 米田 友洋          | ●    | 特許第6210505号 |
| 投影画像補正システム及び投影画像補正プログラム                                       | 佐藤 いまり | ●    | 特許第4982844号 | 超伝導量子ビットの初期化方法  | 根本 香絵          |      | 特許第6230123号 |
| デジタルコンテンツ登録配信装置、システム及び方法                                      | 曾根原 登  | ●    | 特許第4956742号 | 生成モデル作成装置、推定装置、それらの方法およびプログラム                                   | 小野 順貴          |      | 特許第6241790号 |
| 三次元集積電気回路の配線構造及びそのレイアウト方法                                     | 鯉淵 道紘  | ●    | 特許第5024530号 | イジングモデルの量子計算装置、イジングモデルの量子並列計算装置及びイジングモデルの量子計算方法                 | 宇都宮 聖子         |      | 特許第6255087号 |
| 量子鍵配送方法、通信システムおよび通信装置   | 渡辺 曜大  | ●    | 特許第4862159号 | イジングモデルの量子計算装置  | 山本 喜久          |      | 特許第6260896号 |
| 時刻基準点情報伝送システムおよび受信器   | 橋爪 宏達  | ●    | 特許第4621924号 | 適応的測位間隔設定システム、適応的測位間隔設定方法、行動モデル計算装置、及び行動モデル計算プログラム              | 高須 淳宏          |      | 特許第6253022号 |
| 集配経路選択システム  | 佐藤 一郎  | ●    | 特許第4374457号 | 量子鍵配送システムおよび量子鍵配送方法   | 山本 喜久          |      | 特許第6257042号 |
| 学習データ管理装置、学習データ管理方法及び車両用空調装置ならびに機器の制御装置                       | 稲邑 哲也  |      | 特許第5224280号 | 音声信号処理装置及び方法  | 小野 順貴          |      | 特許第6278294号 |
| 車両用空調装置及びその制御方法   | 稲邑 哲也  |      | 特許第5177667号 | 光パラメトリック発振器のネットワークを使用する計算                                       | 宇都宮 聖子         |      | 特許第6300049号 |
| 経路切替方法、サーバ装置、境界ノード装置、経路切替システム及び経路切替プログラム                      | 漆谷 重雄  |      | 特許第5062845号 | 顕著度画像生成装置、方法、及びプログラム  | 杉本 晃宏          |      | 特許第6318451号 |
| ダイレクトバス確立方法、サーバ装置、発信者ネットワークノード装置、ダイレクトバス確立ネットワーク、及び、それらのプログラム | 漆谷 重雄  |      | 特許第4999112号 | 情報処理装置用ネットワークシステム   | 鯉淵 道紘          | ●    | 特許第6325260号 |
| バス管理制御方法、バス管理制御プログラム、バス管理制御装置およびバス管理制御システム                    | 漆谷 重雄  |      | 特許第4806466号 | データキャッシュ方法、ノード装置及びプログラム   | 漆谷 重雄          |      | 特許第6319694号 |
| 排出量取引システム及び排出量取引方法  | 佐藤 一郎  | ●    | 特許第5207195号 | 自然言語推論システム、自然言語推論方法及びプログラム                                      | 宮尾 祐介          | ●    | 特許第6327799号 |
| イジングモデルの量子計算装置及びイジングモデルの量子計算方法                                | 山本 喜久  | ●    | 特許第5354233号 | 仮想状態定義装置、仮想状態定義方法及び仮想状態定義プログラム                                  | 漆谷 重雄          |      | 特許第6332802号 |
| 計測装置、計測システム、および計測方法   | 橋爪 宏達  | ●    | 特許第5593062号 | クーポンシステム  | 相原 健郎          |      | 特許第6347383号 |
| 情報検索表示装置、方法および情報検索表示プログラム                                     | 曾根原 登  | ●    | 特許第5599068号 | 磁気共鳴装置  | 根本 香絵          |      | 特許第6347489号 |
| 情報検索表示装置、方法および情報検索表示プログラム                                     | 曾根原 登  | ●    | 特許第5608950号 | ストリーミング配信システム   | チョン・ジン         |      | 特許第6367030号 |
| 情報検索表示装置、方法および情報検索表示プログラム                                     | 曾根原 登  | ●    | 特許第5608951号 | 光発生装置および光発生方法   | Timothy Byrnes | ●    | 特許第6376697号 |
| 情報提供装置、方法、およびプログラム  | 曾根原 登  |      | 特許第5614655号 | リハビリテーション支援装置及びリハビリテーション支援方法                                    | 稲邑 哲也          | ●    | 特許第6381097号 |
| 制御サーバ、制御方法及び制御プログラム   | 青木 道宏  |      | 特許第5682932号 | イジングモデルの量子計算装置  | 宇都宮 聖子         |      | 特許第6429346号 |
| ドップラーレーダーシステム、ドップラーレーダー送信装置及び送信波最適化方法                         | 橋爪 宏達  | ●    | 特許第5704695号 | 情報処理装置及び情報処理方法  | 河原林 健一         |      | 特許第6445246号 |
| 速度・距離検出システム、速度・距離検出装置、および速度・距離検出方法                            | 橋爪 宏達  | ●    | 特許第5739822号 | 物体領域特定方法、装置、及びプログラム   | 佐藤 真一          |      | 特許第6448036号 |
| 情報処理装置、日程決定方法及びコンピュータプログラム                                    | 河原林 健一 | ●    | 特許第5733722号 | 糖鎖化合物および糖鎖化合物の製造方法  | 佐藤 寛子          |      | 特許第6455857号 |
| 検索木描画装置、検索木描画方法およびプログラム                                       | 計 宇生   |      | 特許第5754676号 | 画像処理装置、画像処理方法及び記録媒体   | 佐藤 いまり         |      | 特許第6471942号 |
| 符号化装置、この方法、プログラム及び記録媒体  | 小野 順貴  |      | 特許第5789816号 | ネットワーク設計装置及びプログラム   | 武田 英明          |      | 特許第6475966号 |
| 語順並べ替え装置、翻訳装置、翻訳モデル学習装置、方法、及びプログラム                            | 宮尾 祐介  |      | 特許第5800206号 | 生体検知装置、生体検知方法及びプログラム  | 山岸 順一          | ●    | 特許第6480124号 |
| 音響信号解析装置、方法、及びプログラム   | 小野 順貴  |      | 特許第5807914号 | ノイズ付加装置及びノイズ付加方法  | 越前 功           |      | 特許第6501228号 |
| データ配送システム及びデータ配送装置及び方法  | 福田 健介  |      | 特許第5818262号 | DNN音声合成の教師無し話者適応を実現するコンピュータシステム、そのコンピュータシステムにおいて実行される方法およびプログラム | 山岸 順一          | ●    | 特許第6505346号 |
| データの分散管理システム及び装置及び方法及びプログラム                                   | 福田 健介  |      | 特許第5818263号 | 仮想通貨管理プログラムおよび方法  | 岡田 仁志          |      | 特許第6544695号 |
| 音響信号解析装置、方法、及びプログラム   | 小野 順貴  |      | 特許第5911101号 | ネットワーク制御装置、ネットワーク制御方法及びネットワーク制御プログラム                            | 栗本 崇           |      | 特許第6550662号 |
| 画像検索装置、方法、及びプログラム   | 佐藤 真一  |      | 特許第5979444号 | 情報抽出装置、情報抽出方法、及び情報抽出プログラム                                       | 坂本 一憲          | ●    | 特許第6562276号 |
| 半導体チップ、半導体チップ接続システム   | 米田 友洋  | ●    | 特許第6029010号 | 単語並べ替え学習装置、単語並べ替え装置、方法、及びプログラム                                  | 宮尾 祐介          |      | 特許第6613666号 |
|   |        |      |             | 観測者検出装置、方法、プログラム、及びコンピュータ読み取り可能な記録媒体                            | 小西 卓哉          |      | 特許第6614030号 |
|   |        |      |             | デジタルホログラフィ記録装置、デジタルホログラフィ再生装置、デジタルホログラフィ記録方法、およびデジタルホログラフィ再生方法  | 佐藤 いまり         |      | 特許第6628103号 |

# NIIが提案する産官学連携

国立情報学研究所(NII)は情報学分野で社会課題の解決をめざした実践的な研究開発に取り組んでいます。

その成果を社会実装に結び付けるためには産官学の連携が不可欠であり、一層の連携強化に向けて企業や自治体の要請に応えるよう、産官学連携を推進しています。

## 企業・自治体等のご期待



先端技術・シーズ発見



ソリューション探索



スキル獲得・人材育成

## NIIの産官学連携活動

### 産官学連携セミナー 産官学連携塾

先進成果情報の提供

社会・企業ニーズの共有

### トップエスイー

トップレベルIT人材育成

### NII公募型共同研究

テーマに応じた  
アカデミーパートナーの探索

### 共同研究部門 包括連携共同研究 共同研究・受託研究

新成果の協働創出

### 学術指導

研究者による助言・提案

## ご相談・お問い合わせ

研究者による学術指導、成果活用(ライセンス)、受託研究・共同研究等のご相談について、ご希望の研究者や、課題目標等をお伺いしコーディネートします。詳しくは以下までお問い合わせください。

国立情報学研究所 研究戦略室

Email [ura-staff@nii.ac.jp](mailto:ura-staff@nii.ac.jp)

NIIが提案する産官学連携活動

HP <https://www.nii.ac.jp/research/iga/>

