

NII Today

84
June, 2019

National Institute of Informatics News

光をデザインして、見たい世界を覗く
目的に合わせて光を選択、食品検査や医療に応用

佐藤いまり [コンテンツ科学研究系 教授]

人はなぜ見える、なぜ認識できる
数理モデルを設計、追究していく

杉本晃宏 [コンテンツ科学研究系 教授]

人間の目では見えないものを
機械の目であぶり出す

鄭 銀強 [コンテンツ科学研究系 准教授]

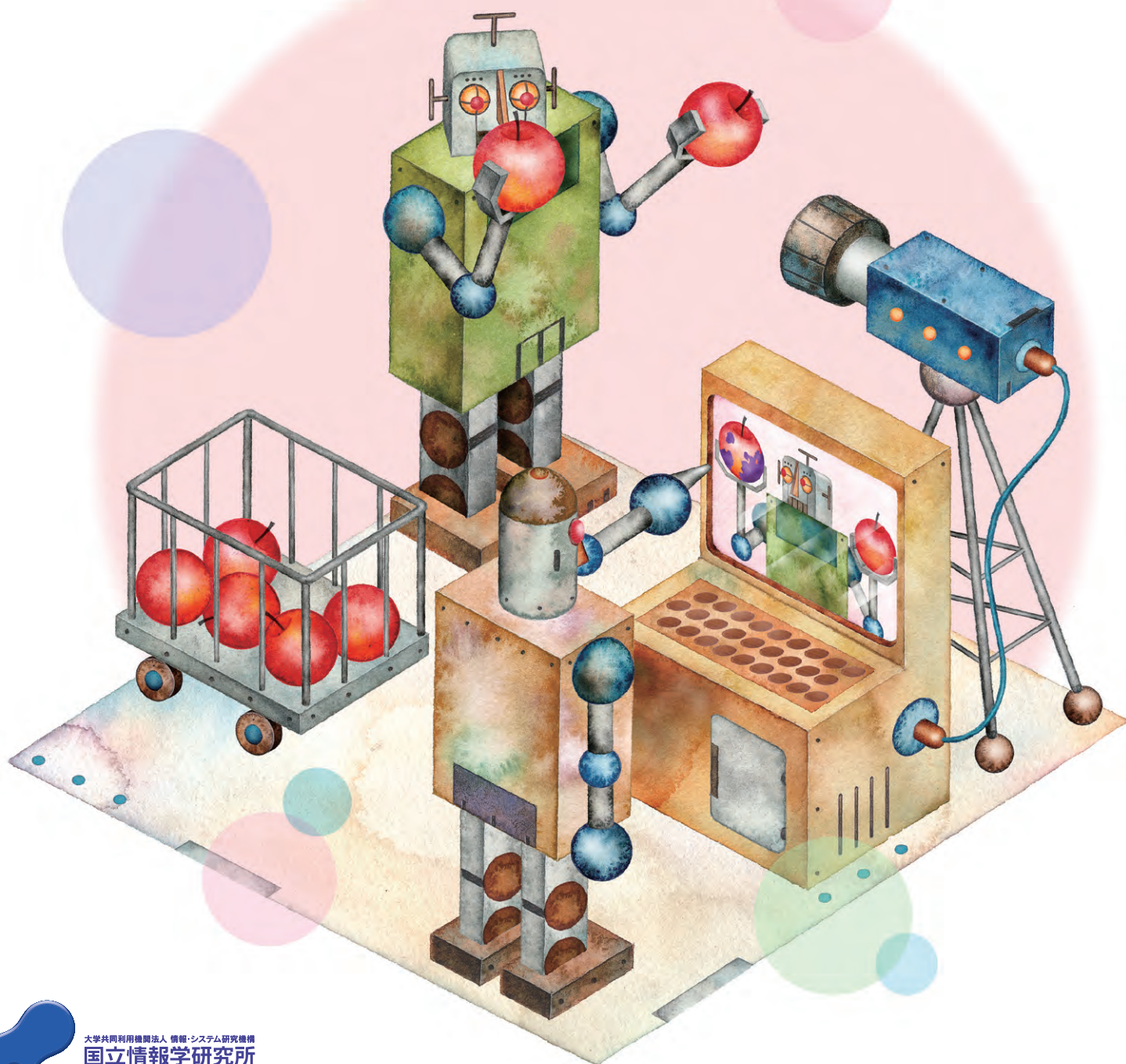
高精度な3次元復元技術の実用化をめざす

池畑 諭 [コンテンツ科学研究系 助教]

Feature

コンピュータビジョン 研究の最前線

見えないものを捉える“機械の目”



光をデザインして、見たい世界を覗く^{のぞ}

目的に合わせて光を選択、食品検査や医療に応用

佐藤 いまり Imari Sato

国立情報学研究所 コンテンツ科学研究系 教授／総合研究大学院大学 複合科学研究科 教授

聞き手: 滝田 恭子氏 Kyoko Takita

読売新聞東京本社 編集局次長

人間の目には見えないものを画像から解析したり、バーチャル空間に現実の世界を再現したりするコンピュータビジョンの技術は、デジタルカメラの顔認識や映画のコンピュータグラフィックス（CG）、3D 地図などで身近な存在だ。最近では機械学習による人工知能（AI）を使い、応用範囲を品質検査や医療診断などへ広げつつある。コンピュータの賢い目は私たちの生活をどのように変えるのか。研究の最前線を担う NII の佐藤いまり教授に聞いた。

滝田 コンピュータビジョンの研究はどのように進んできたのでしょうか。

佐藤 最初は、ロボットに人間の目を持たせたい、というところから始まりました。私たち人間は、視覚の情報を通して実世界を理解しています。花がどこにあるのか、どんな色をしているのか、私が会っている人は誰か。目で見て理解するプロセスを、ロボットのカメラを通して実現するのがコンピュータビジョンの目的です。

私は 1990 年代前半、人工知能の先駆的な研究を進めていた

米国カーネギーメロン大学で 1 年間の留学生活を送り、その後、訪問奨学生として学ぶ機会を得ました。その時、世界初のロボット工学研究所の所長である金出武雄教授のアシスタントを務め、研究所で進められていた自動運転、探査ロボット、ステレオカメラを使った距離計測など、コンピュータビジョンの技術に興味を持ちました。

ゲームや映画の CG にもコンピュータビジョンによる実世界解析技術が用いられていて、登場人物や物の質感は実物計測に基づくモデル化技術の発展により昔に比べて格段に向上しました。これは光がこの窓から差しきたら物はこう見えるという「実世界での豊かな見えの違い」を、コンピュータで再現できるようにモデル化しているからです。近年では、物体の表層での光の伝搬解析・モデル化技術を取り入れることで、人肌など、リアルな質感が再現できるようになっています。

コンピュータビジョンの研究は、人間の目の模倣からコンピュータ上での現実世界の再現へと広がってきましたが、今、私は人間の目で見えないものもコンピュータの目を通して解析しようとしています。

滝田 人の目で見えないものをどのように見るのでしょうか。

佐藤 太陽の光を物体が反射する。その反射光の中で、人間がセンシングできるのは可視域の光だけです。その中でさらに、視細胞により、赤、緑、青の三原色の色として世界を知覚することが知られています。でも、昆虫は紫外線を感じできたり、蛇は赤外線を検知できる感覚系を持っていることが知られています。例えば蝶の雌雄は人間の目では区別が付きませんが、オスは紫外光を吸収するので蝶の目には黒く見えます。メスは反射するので白い。人間には透明に見える水も、近赤外の光を通して観察すると、水が光を吸収し、深さに応じて明るさに変化します。

滝田 光を操ると、新しい世界が見えそうですね。



佐藤いまり

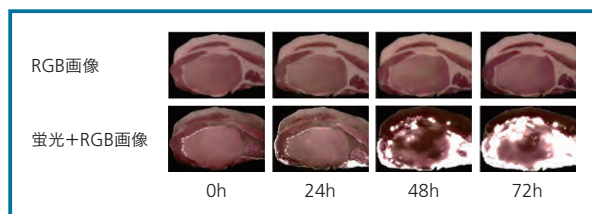


写真1 | バクテリアの吸収波長を用いた、肉の腐敗度合いの可視化 (下)。白っぽく見える箇所に、バクテリアが増殖している。

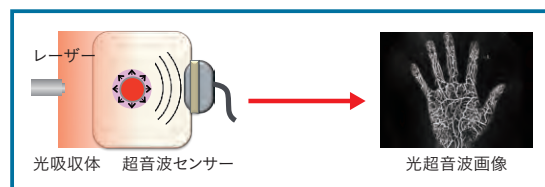


図1 | 光超音波イメージング。毛細血管まで鮮明に見ることができる。

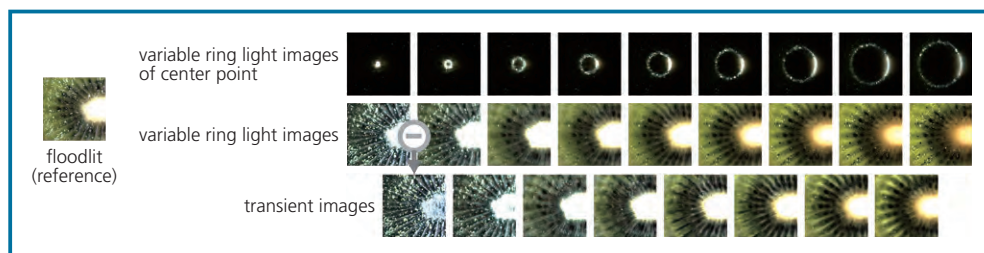


写真2 | リングライトによる光の伝搬過程の可視化 (キウイ)。キウイ断面を通常照明で投影した画像 (左)、リングライト照射の様子 (上段)、キウイ断面に上段の各半径のリングライトを照射し、内部を可視化した画像 (中段)、光の伝搬距離ごとに分けられた画像列 (下段)。左の画像ほど、光の伝搬距離が短く (表面に近く)、右に行くほど長い (奥の様子がわかる)。



写真3 | 光の伝搬過程の可視化例 (ゆで卵)。左から右に行くにつれて、表面の皮、白身、黄身と見えてくる。

佐藤 食品の検査にも役立ちます。メロンの甘さを調べるには、ほかの波長をブロックするフィルターを置き、可視光の中でも、糖度と相関がある 676nm の光を観察することで糖度の可視化も可能です。最初はいろいろな波長で反射・吸収の様子を計測し、その中で糖度と相関の高い波長がわかれば、次からはその波長だけで見ればいいわけです。

どの光を使えば、一番知りたい情報を得られるのかということに興味を持って研究を進めています。センシングと解析を一致させた画像処理をしたいと思っています。

光を吸収して自ら発光する「蛍光」にも着目しています。例えば、オリーブオイルに緑色の光を当てるとオレンジ色に変わります。でも、サンフラワーオイルでは緑色のままです。見た目は同じような色をしていますが、緑色のレーザーポインターがあれば、すぐに区別が付きまします。スコッチ・ウィスキーとそれ以外のウィスキーも蛍光発光の色が異なります。バクテリアがよく吸収する波長を使って、肉の腐敗の度合いを調べることもできます (写真1)。生物や物質によって吸収する波長や発光の色が異なるので、大量の画像データを機械学習で解いて、識別に最適な照射光の波長分布を決めるアルゴリズムを発表しています。

滝田 食べ物を切ったり、割ったりしなくても、中の状態を調べられますか？

佐藤 リングライト (環状の光) を使って、中まで見ようという研究を進めています (写真2)。ゆで卵に小さなリングライトを当てると、表面の反射だけの画像が撮れますが、大きなリングにしていくと中の黄身の塊の反射を含んだ画像が見えてきます (写真3)。そして大きなリングの画像と小さなリングの画像の差分を集めると、物体の層構造がわかります。CT スキャンのように見えるんです。でも、メロンのように皮が厚いと、光が表面で吸収されてしまって中が見えません。いかに光を奥深くまで届かせるのが課題です。

滝田 医療への応用も期待できそうですね。

佐藤 内閣府の ImPACT プログラムにも参加し、光超音波画像解析を進め、機械学習技術による医療診断サポートにも取り組んでいます。そしてこの技術をかんだ診断に使おうとしています。これは、近赤外の光を生体に照射すると、光を吸収して、血管が膨張し、超音波が発生する仕組みを使っています (図1)。がん細胞の周囲の血管は長さや太さに特徴があるので、乳がんを対象に血管の画像を解析して検証を進めています。生体への影響が少ない波長の光なので、エックス線検査のような被ばくのリスクもありません。次世代の医療機器になれば素晴らしいと期待しています。

滝田 コンピュータビジョン研究の将来について聞かせてください。

佐藤 研究室での解析を屋外で可能とするポータブルデバイスの開発に取り組み、医療分野では非侵襲診断に使えるようにしたい。スマホのような身近なデバイスを使って、スーパーの食品の鮮度や味が見えるようになるかもしれません。

(写真=佐藤祐介)

インタビューからのひとこと

天文学の世界では、可視光以外の波長で観測した新たな宇宙の姿が知のフロンティアを広げてきた。目に見えない光を操れば、私たちに身近なキッチンや冷蔵庫の中にも別の世界が現れてきそう。高齢化が進む日本、「昔は見えていたものが見えなくなった」という悩みの解決にも役立ってほしい。

滝田恭子

読売新聞東京本社 編集局次長
1989 年、上智大学外国語学部卒業、読売新聞社入社。2000 年、カリフォルニア大学バークレー校ジャーナリズム大学院修了。2002 年より科学部で科学技術政策、IT、宇宙開発、環境、災害などを担当。論説委員、科学部長を経て 2018 年より現職。



人はなぜ見える、なぜ認識できる 数理モデルを設計、追究していく

いよいよ画像、文章、音声をもとめて扱える

杉本晃宏 Akihiro Sugimoto

国立情報学研究所 コンテンツ科学研究系 教授／総合研究大学院大学 複合科学研究科 教授

描きたい光景を説明する文章を入力すれば機械（コンピュータ）が絵を出力する。画像に隠されている人間が判別しにくいカモフラージュ物体を機械が見つけ出す。NIIの杉本晃宏教授が取り組む研究はどれも楽しい。研究の動機は一貫している。「ものを見るということはどういうことか。なぜ人は見たものが何かを判別できるのか?」。この疑問を解くために、人が認識する仕組みを推測し、数理モデルを設計、機械で動かし、検証を繰り返している。

できなかったことができるように

“Sheep by sheep, eating grass with a mountain behind tree, another sheep eating grass, the sky has a cloud.” この文章を入力すると、羊が草原にいる絵を機械が描いてくれます。意味に基づいて画像をつくる「テキストからの画像生成」と呼ばれる研究テーマの実践例です。

音声認識の技術と組み合わせれば、人がしゃべっている内容をそのまま絵にすることもできます。逆に既存の絵や写真を機械に認識させて、どういう画像なのか説明をする文章を出力することも可能になるでしょう。すなわち画像、文章、音声を組

み合わせて扱えるというわけです。このことはかつて「マルチメディア処理」と呼ばれましたが、ようやく現実の技術になってきたと言えます。画像認識は画像認識、音声認識は音声認識とそれぞれ個別に発展してきた技術をまさに融合できる段階になったのです。

羊たちの絵をきちんと描くために、文章に出てくるいろいろな物体同士の関係からそれぞれの物体の適切な配置、つまりレイアウトを導き出す手法を開発しました。この手法を使うと、羊たちが空に浮かんだりせず、草原にいるように描けます。レイアウトの推定には深層学習ネットワークを使っています。

まず、入力する文章とその通りに描かれた絵、すなわち正解データを用意します。絵に描かれているいろいろな物体を認識して切り出す技術を使うと、物体と物体の配置に関する正解データを得ることができ、それをネットワークに学習させます。このネットワークと、文章から言葉を抽出して「シーングラフ」と呼ばれる言葉同士の関係を導く既存手法を組み合わせると、シーングラフからレイアウトをつくり出すことができるというわけです（図1）。

深層学習を使った画像生成では他のテーマにも取り組んでいます。花が写り込んだ画像と「白い花だけを黄色にする」という指示を文章で与え、複数ある花のうち該当するものだけを機械に描き替えさせるのです。この場合、画像の前景と背景を別々に把握する必要があり、識別のための深層学習ネットワークを二通り用意しています。こうしておけば前景となる白い花だけを描き直し、背景をそのまま残しておけるわけです。逆に背景だけを描き替えることもできます。



杉本晃宏

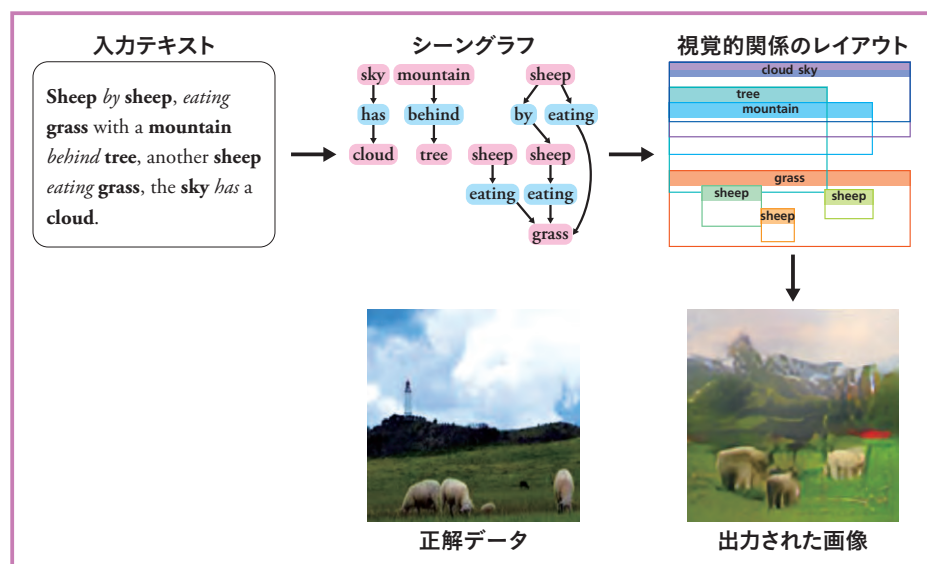


図 1 | テキストからの画像生成の事例。深層学習ネットワークにより、画像に写り込んだモノの適切なレイアウトを学習し、入力されたテキストから絵を描き出す。

「画風変換」にも取り組みました。もしゴッホや北斎が生きていたとしたら、今ある風景をどう描いたでしょうか。そこで、風景の写真や絵、動画と画風を機械に読み込ませて、ゴッホ風あるいは北斎風に変換できるようにしてみました。

画風変換にはこれまでいろいろな取り組みがありましたが、私が工夫したのは風景などのコンテンツの特徴を認識する深層学習ネットワークと、ゴッホの絵から画風、つまりスタイルの特徴を学ぶネットワークを別々に用意したことです。風景の認識と画風の習得では役割が違うからです。

二つのネットワークを組み合わせることでバランスの良い画風変換ができるだけでなく、画風を強調したり元の絵を強調したりといった調整もできます。一つのネットワークだけにゴッホや北斎の絵を大量に読み込ませても画風変換はできますが、そのやり方ではでき上がった絵を調整する機能がありません。

現象の本質をとらえる、それが醍醐味

画像生成や画風変換の例からおわかりのように、機械に何かをさせる場合、どんな機能が必要でそれらをどう組み合わせればよいかを考え、設計する必要があります。それを数式で記述したものを数理モデルと呼びます。

いろいろな現象の本質をとらえ、数理モデルで表現する。このモデル化こそが数理工学の醍醐味です。知恵を絞ってモデルをつくる。それさえできれば、後はモデルをどう動かすかという話になりますが、そこは誰がやってもいいのです。

画像を見て、それを認識するモデルを設計する時には、人間ならばどうしているかと考えます。例えば、人間でもすぐには認識できないカモフラージュ画像を機械に認識させるにはどうすればいいか。人間の場合、説明なしにカモフラージュ画像を見ても隠されている物体になかなか気付けませんが、あらかじめ「ここに何かいます」と言われると、比較的短時間でそれを発見できます。

そこで画像から重要な物体を切り出す学習ネットワークに、

「物体がある、ないを判断する機能」を付け加えると、カモフラージュ画像の中に隠されている物体を機械が読み取れるようになりました。

私たちは、静止画あるいは動画から、人の視線を引きつける物体を切り出す学習ネットワークも開発しています。これなら物体が重なっていても重なりを認識して切り出すことができます。各々の物体の目立ち方には差があるので、それを利用して、目立つものから順に切り出していくのです。

見る、わかるは奥深い研究テーマ

以上の一連の研究に取り組んだ機械は、「見るとはどういうことなのだろう

うか。そして見たものが何であるか、どうして人はわかるのだろうか」という好奇心からでした。このような思いを抱いたのはまだ幼い時で、それ以来、同じ好奇心を持ち続けています。

人間はものをこういうふうに見て、こんなふうに認識しているのではないかと推測し、それをモデルにして機械で動かす。成果が出れば、少しずつですが、人が見る、人がものを認識するための仕組みに迫ることができるはずです。

モデル化することで、実験結果を積み重ねてモデルを改善していくことができます。それが科学というものでしょう。大量の画像とそれらに対する人間の認識結果を正解データとして用意し、深層学習ネットワークに読み込ませると、人間の認識率を上回るような結果を出せるようになってきましたから、これを使わない手はない。とはいえ、設計思想を持たずやみくもにモデルを改善するだけでは、たとえ性能が向上しても何の知見も得られず、お金をかけてコンピュータパワーを大きくし、大量のデータを用意するという単純な競争になりかねません。

いろいろな研究を続けてきましたが、「なぜ見たものを人は認識できるのか」という疑問は実に奥が深く、わからないことのほうが多いのです。幼い頃の好奇心を忘れず、興味の赴くまま、研究を続けています。（取材・文＝谷島宣之 写真＝佐藤祐介）

インタビュアーからのひとこと

子どものような好奇心と冷静な科学者あるいは技術者の態度、その二つが研究者には求められる。子どもの頃の好奇心は大人になるとなくなりがちだが、杉本教授はそれを持ち続けている。その一方、必ず設計思想をもって数理モデルを構築し、結果を検証してモデルを改善する、科学者の姿勢を保っている。コンピュータパワーに物を言わせ、正解率さえ上がればそれでよいとする単なる子どもっぽさとは無縁である。

谷島宣之 Nobuyuki Yajima

日経 BP 社 日経 BP 総研 上席研究員

1960 年生まれ。大学で数学を学び、コンピュータのエンジニアをめざしたが、1985 年日経マグロウヒル社（現・日経 BP 社）に入社、『日経コンピュータ』誌の記者になる。2009 年から『日経コンピュータ』編集長。2016 年から現職。

人間の目では見えないものを 機械の目であぶり出す

特殊で高価なカメラの性能を汎用シリコンカメラで実現するソフトウェアの開発

鄭 銀強 Zheng Yinqiang

国立情報学研究所 コンテンツ科学研究系 准教授／総合研究大学院大学 複合科学研究科 准教授

近年、画像認識技術が急速な進化を遂げ、また AI の世界における機械学習や深層学習（ディープラーニング）という言葉が一般にも広く浸透してきたことを受け、コンピュータビジョン（機械の目）での情報センシング技術に対する関心が産業界からも高まっている。そして人々にとってもっとも汎用的な“機械の目”であるシリコンカメラの精度をソフトウェアによってさらに高めようと研究しているのが NII の鄭 銀強准教授だ。現在の“機械の目”では何が見えるのか、そして今後どう発展していくのか。鄭准教授に聞いた。

一般的なカメラで暗闇での鮮明な動画撮影を可能に

——最近はどんな研究をされているのでしょうか。

鄭 可視光しか捉えられない人間の視力は「情報をセンシングする」という点からいえば不十分なものです。とくに暗闇や水中といった場所で人間の目に見えるものはほんのわずかしかなかった。しかし“機械の目”、例えば、電子増倍機能が搭載されている EMCCD カメラなどを使えば、暗闇の中でもさまざまな情報を画像として浮かび上がらせることが可能です。

しかし、EMCCD カメラは 1 台数百万円と非常に高価で、一般の企業や人々が手軽に使うことは難しい。そこで私たちは、スマートフォンに内蔵されているような一般的なシリコンカメラでも、夜間や暗い場所で鮮明な画像を得るための増倍機能をソフトウェアで実現する研究に取り組んでいます。一般的なカメラの能力を暗闇の中でも最大化できるソフトウェアを作ること、これが大きな目標です。

——どういった方法で研究をされているのでしょうか。

鄭 まず 2 台のカメラを用意し、同じ場所、同じタイミングで動画像（RGB^[1] フォーマット）を撮影します。これは同じ時間・同じ場所で撮影した画像を「明るい画像」と「暗い画像」のペアで出力するためで、動画である点が重要です（図 1）。それぞれのカメラのセンサーに光が届く前に、リレーレンズから

ビームスプリッターを介して一つのソースを分光して撮影するようにしています。なお、「暗い画像」を撮影するカメラには ND（Neutral Density）フィルターを装着し、カメラに入る光量を少なくしています。動画のフレームレート（コマ数）は 30fps、撮影時間は 5 時間ほどで、1 回の撮影で得られるデータ量は 200 ギガバイト程度になります。

そして、このペアのデータセットを使って深層学習を重ねていきます。深層学習を行う環境として、私たちは「U-Net」というセグメンテーション（分割）のためのニューラルネットワークを採用しており、暗い画像（フレーム）を入力し、明るい画像を出力できるようになるまでのモデルを生成しています。こうして得られたアルゴリズムを実装することで、一般的なシリコンカメラでも高解像度のきれいな画像が得られるようになります。なお、深層学習のフレームワークとして、オープンソースの「PyTorch」を使っています。

——どういった分野での応用が期待されるのでしょうか。

鄭 大きく三つあります。一つめは、監視カメラです。夜間でも撮影できる監視カメラとしては近赤外線を使った IR カメラなどがありますが、産業用であり一般向けではありません。暗い場所でも撮影可能な機能を実装することで、普通のカメラを監視カメラとして運用することが可能になります。現状ではズームイン／ズームアウトも可能になっているので、実用化へ

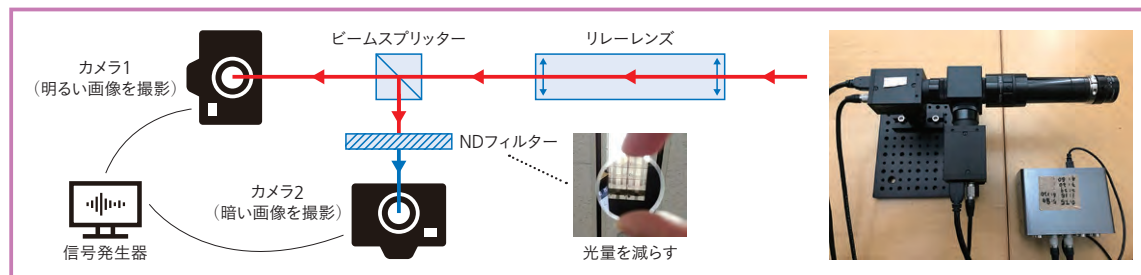


図 1 | 同じ時間・同じ場所で「明るい画像」と「暗い画像」を撮影するカメラシステム（右写真）と、その光路（左図）。

の期待は高いですね。

二つめは、一般的なスマートフォンへの搭載です。現在、世界中の人々が毎日、ソーシャルネットワークに大量の画像をアップしており、暗い場所でもきれいな写真を撮りたいというニーズは大きくなるばかりです。このソフトウェア増倍機能は、そういったニーズを手軽にかつ安価に満たすことができるでしょう。もっともスマートフォンの場合は、撮影後すぐに画像が出力されないとユーザーの不満が募るので、リアルタイムに利用できることも実用化に向けての課題の一つです。

三つめは、ドローンや自動運転車などIoTへの応用です。夜間にドローンを飛ばしたり自動運転車を走らせるには明るいライトが必要になります。強いランプを搭載すると電力が足りなくなってしまうおそれがありますが、私たちの最新技術があれば消費電力を大幅に削減することが可能です。

課題としてはもう一つ、センサーの階調が現状では8ビット(256階調)なので、もう少し上げていきたいですね。また、CMY^[2] フィルターを使って感度を上げていくことも検討しています。そうすればアルゴリズムの精度も上がり、より鮮明な画像を得られる可能性が高くなるので、「カメラの能力を最大化する」という目標にさらに近づけるとしています。

ファイเบอร์ケーブルや太陽光パネルの検査に應用

——同じような実験を静止画でもできるのでしょうか。

鄭 ももちろんやっています。ここまで話してきたのは暗い場所で鮮明な画像を得るための研究ですが、シリコンカメラをSWIR イメージング (Short-wave infrared: 短波近赤外光) を実現する InGaAs カメラ (インジウム・ガリウム・ヒ素センサーを搭載したカメラ) の性能に近づける研究もしており、それに静止画を使っています。実験の手法はほぼ同じですが、RGB をブロッキングするフィルターを使うのです。

—— RGB 画像は InGaAs カメラの性能に近づけるには不要ということでしょうか。

鄭 そうです。人間の目には見えないものを見えるようにするためには、逆に RGB の情報は除去したほうがいい。意図的に RGB を除去すると、可視光では見えないものが浮かび上がるようになります。

——この研究はどういった分野で使われるようになるのでしょうか。

鄭 いちばん期待されているのは海底に敷設されているファイเบอร์ケーブルの検査などでしょうか。一般的なシリコンカメラは 400 ~ 1000nm の波長を捉えるように設計されていますが、ファイเบอร์ケーブルの損傷などをチェックするには 1200nm 前後の波長が使われています。実験ではこのフィルターを適用することでケーブルの状況を確認できたのですが、やはりまだ画像としては不十分です。もう少しトレーニングを重ねて精度を上げていく必要があります。

ほかには、太陽光パネルのチェックなどにも応用できると思っています。太陽光パネルやファイเบอร์ケーブルのように、人間が近寄ってチェックすることができない部分をスキャンするのに必要なのは RGB ではなく、InGaAs カメラ並みの性能を持ったセンサーなので、既存の高価なカメラにとって代わるくらいの性能をめざしたいですね。

「機械の目」と「人間の目」の役割はそれぞれ

——水中のビデオ撮影に適した 3D カメラの開発にも関わったことがあると伺っています。「機械の目」は人間の目を越えたと思われませんか。

鄭 明確に「越えた」と思っています。最初にも申し上げましたが、人間の視力は非常に限定的です。情報のセンシングという面では明らかにコンピュータビジョンのほうが優れています。

しかし、だからといって人間が機械に劣るということではありません。人間の目はセンシングするだけでなく、脳にそれを伝え、視覚として捉えた情報を「理解する」という作業を一瞬で行います。これは機械がまったくかなわない分野です。機械が得意なことは機械に任せ、人間はそれぞれが得意な分野に集中したほうがいいのではないのでしょうか。

——こうした研究を続けているモチベーションは？

東京工業大学で3次元復元を専攻し、企業に入ってからコンピュータビジョンとアルゴリズムの研究をするうちに、「見えないものを見るようにするために、最高のカメラを使いたい、それには自分で開発するしかない」と思うようになりました。特殊で高価なカメラやフィルターではなく、誰もが使えるごく普通のカメラを使ってきれいな画像を得ること。課題は少なくないですが、データドリブンな時代になった現在だからこそ、実現に近づけていきたいですね。

(取材・文=五味明子 写真=古末拓也)

注

[1] 光の三原色、R: Red、G: Green、B: Blue。

[2] 光の反射・吸収で表現した三原色、C: Cyan、M: Magenta、Y: Yellow

鄭 銀強



高精度な3次元復元技術の実用化をめざす

蓄積された知見と深層学習を組み合わせ、不動産や医療分野へ応用

池畑 諭 Satoshi Ikehata

国立情報学研究所 コンテンツ科学研究系 助教／総合研究大学院大学 複合科学研究科 助教

人は網膜像から3次元の世界を脳内で構成し、奥行きを知覚する。それはどのような数学的モデルで表現できるのか。コンピュータビジョンの研究者であるNIIの池畑 諭助教は、その点に興味を持ち、近年は陰影を用いて3次元復元を行う「フォトメトリックステレオ」と呼ばれる手法で3次元復元に挑んでいる。現在は深層学習（ディープラーニング）も用いていて、多様な分野での実用化もめざす。どんな可能性があるのかを聞いた。

2次元の画像から3次元情報を復元する

池畑助教は、大学院修士課程では複数のカメラ画像の「対応点」（物理的に同一の箇所）を用いてモデルを構築する「多視点ステレオ」法を使って建造物の3次元モデル作成に取り組んでいた。静的な建造物だけでなく動く対象、例えば結婚式の新郎新婦を多くの写真から3次元復元したいと考えていたという。

博士課程になるとテーマを「フォトメトリック（照度差）ステレオ」法に変えた。多視点ステレオとは異なり、フォトメ

トリックステレオはカメラを1台しか使わない。その代わり、光をさまざまな方向から当てて何枚も画像を撮影し、多数の陰影パターンをもとに3次元形状の復元を行う。

復元に用いる反射モデルのうち最もシンプルなモデルが、ざらざらした拡散反射表面を扱うランバート反射だ。例えば、石膏像の表面はランバート反射で近似できる。しかし磨かれたテーブルやプラスチック、金属の表面などで見られる鏡面反射を扱うのは難しい。

そこで池畑助教は、複雑な材質に適応するための画期的な方法を提案した。まず2012年には、画像上の限られた領域でのみ観測される（これをスパース性という）鏡面反射を外れ値として扱い、影響を除外する手法を提案した。実装が容易で効果が高いことから今でもこの手法は用いられている。

だが、木のように広く鏡面反射を行う物質に対してはスパース性を仮定することができない。その場合、鏡面反射を表現する正確な物理モデルが必要となる。しかし、その場合は一般的に非線形の非凸問題^[1]を扱う必要があり、これは解くのが非常に難しい。しかし、これも対象とする空間を制限するような条件を設けると問題を簡単にできる。池畑助教は2014年に自然界の物質の多くは等方反射^[2]だと仮定を置くことで、より簡単な問題に置き換えが可能なことを発見し、この手法（凸最適化）で理論上はどんな材質でも扱えることを示した。

こうして扱える対象は段階的に増えてきたが、まだ課題がある。影だ。フォトメトリックステレオでは陰影のうち、「陰（Shade）」の強弱を用いる。だが、「影（Shadow）」は、光線が障害物に遮られて、光が届かなくなった表面に生じる領域のため、そもそも情報がない。特にボウル形状だと光が遮られてしまう。

そこで2018年には、深層学習を用いて非凸形状の物体に対してフォトメトリックステレオを使うことを世界で初めて提案した。深層学習においては、一般的に固定数の入力画像を与える



池畑 諭

必要があるが、フォトメトリックステレオにおいてはあらかじめその数が固定されていない。そこで、入力データには独自のアイデアを用いた。入力をいったん、光がどう観測されたかを示す1枚の画像である「オブザベーションマップ」にすべて投影してしまう。光の情報を圧縮してエンコードしたそのマップを学習させてフォトメトリックステレオを行うというアイデアだ。

フォトメトリックステレオは3D スキャナーよりも厳密に正確な形状を表現できる。今後は多視点で撮影した画像から表面のディテールを描き出すことにも挑戦したいという。

「人間は1枚の画像から正確な形状を復元できる。それは『光は上方からくる』といった仮定を置いているからです。計算機にも、推定するための知識を深層学習で学習させることができるはず。それと多視点の方法を組み合わせたいと考えています」

不動産にも応用が可能

現在、池畑助教が注目しているのが3次元復元技術の不動産応用だ。池畑助教は米国でのポストク時代から不動産の3次元復元を手がけ始めた。米国の不動産業界ではIT化が進む一方で古い物件が多く、間取り図が蓄積されていないため、モデル化のニーズが高いのだ。

屋内を市販のレーザースキャナーで撮影すると3次元点群が得られる。しかし点群だけでは、建物の間取りや天井までの高さといった詳細な構造はわからない。池畑助教は点群から3次元モデルを作るだけでなく、それに意味的情報を与え、CAD (Computer Aided Design) との連携も可能な物件情報を作ることになった^[3]。

ポイントは二つある。一つは池畑助教が提案する新たな3次元情報表現である「構造グラフ」だ。「部屋」や「壁」、「天井」といった建物の構成要素をノードとし、それぞれの包含・接続関係をエッジとするグラフ表現で、それぞれのノードには3次元復元をするために必要なジオメトリやトポロジー (空間の位置や接続の関係性) の情報などがすべて詰まっている。そのため、構造グラフから、平面同士の隙間はなく、壁同士の接続関係も保たれた3次元モデルが出現することが保証されているのだ。

もう一つ、構造グラフの復元に用いる「構造文法」を提案した。建物は人間が住みやすくデザインしたものなので、その設計には人間の意図が介入している。その意図に基づき、「部屋を壁や床に分解する」というようなアルゴリズムの集合である「構造文法」を適用すると、3次元点群が自動で建物内の構成要素に分けられて復元されていくというわけだ (図1)。

構造グラフ表現の最大の利点は、その自由度の高さにある。例えばグラフから天井のノードだけを消すと、天井がないモデルを一瞬で作ることができる。部屋を一つ減らす、壁を付け加えるといったことも自在だ。深層学習と組み合わせれば、どの部屋が何の部屋なのかを分類することもできる。フロアプランも自動作成できるほか、最短の避難経路も自動算出できる。

できあがった3次元モデルを簡単に編集できる「インバースCAD」という機能も持っている。ノードごとに3次元情報

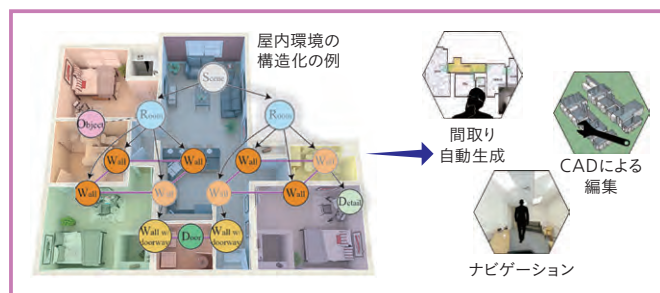


図1 | 構造化された屋内3次元モデルとその応用

を持つグラフ構造によって初めて実現できた機能だ。このような3次元復元はこれまではなかった。

人と機械の橋渡しを

スマートフォンによるパノラマ撮影から3次元情報を復元する取り組みも行っている。1枚のパノラマ撮影からの3次元復元は不定性のある困難な問題だが、すでに多くの研究者が取り組んでいるので、「おそらく1年以内には復元できてしまうのではないか」と池畑助教。

そのほか、顕微鏡画像や放射線撮影画像などからの3次元復元など、医療系の応用も進められている。特に3次元復元への深層学習の応用に期待が高まっている。「従来の手法では3次元復元が難しいけれど、人間なら容易にできる分野は深層学習が使えると思います」

各手法には得意・不得意がある。「問題に応じた使い分けが重要です。そこが面白い」と語る池畑助教は、独立して発展してきた各手法を組み合わせる時代にきていると考えている。

「人間も奥行き知覚にはテクスチャーや両眼視差、運動視差、陰影情報などいろいろな情報を使っています。コンピュータビジョンもそれぞれ異なる手法があります。深層学習の応用によってその境界が曖昧になりつつありますが、特に物理的に蓄積された知見と深層学習を組み合わせるのが面白い。単なる入力出力の対応関係だけではなく物理の知識を使うことで解を絞ることができるからです」

技術的にはさまざまなことができるようになってきたが、不足しているのは実用面だという。実際に応用されることで技術もまた大きく伸びると予想される。

もともと知覚心理学を専攻していたこともあり、人間の見方と計算機の見方の違いにも興味を持っている。例えば騙し絵は人間にしか見えない。それを突き詰めていくと、人間が世界をどう見ているかという研究にもつながる。複数の解釈ができてしまう問題は3次元復元にもある。

「人間を見ることでコンピュータビジョンに足りない部分を埋められるでしょう。人間的な部分と情報処理の橋渡し研究ができるかもしれません」 (取材・文=森山和道 写真=古末拓也)

注

[1] 二次関数のように下に凸を示す凸関数は、最小値を求めることが比較的楽だが、凸ではない非凸関数については解を求めることが難しい。

[2] 対象物を回転させても、光の反射の明るさが変化しない反射のこと。

[3] <https://www.youtube.com/watch?v=RZU8w3uvenU>

「NIIウィーク」を開催、NIIの研究や取り組みを一挙に紹介

国立情報学研究所 (NII) は、5月27日から6月1日までの1週間を「NIIウィーク」と位置づけ、学術総合センター (東京都千代田区) を会場に、さまざまな学術関連イベントを開催しました。

■ Japan Open Science Summit 2019 (JOSS2019)

5月27日、28日には、日本や世界のオープンサイエンスの最新動向を発信する「Japan Open Science Summit 2019 (JOSS 2019)」を開催しました。科学技術振興機構 (JST)、物質・材料研究機構 (NIMS)、科学技術・学術政策研究所 (NISTEP)、情報通信研究機構 (NICT)、学術資源リポジトリ協議会 (Re*poN) との共催。



JOSS2019でのディスカッションの様子

オープンサイエンスとは、論文だけでなく、研究データやソフトウェアなどを社会一般に広く公開・共有して進める「新しい研究の進め方と方法」です。近年は、特に研究データの管理と共有に関する議論が活発になってきており、オープンサイエンスが学術界として実現していくべき枠組みであるとの認識が広まってきています。NII は、2017 年 4 月に「オープンサイエンス基盤研究センター (RCOS)」（センター長：NII コンテンツ科学研究系 山地一禎 教授）を設置し、大学や研究機関におけるオープンサイエンスの活動を支えるための学術基盤の構築と運用を進めています。

JOSS2019 では、大学から民間企業までを含めた幅広い分野の研究者、大学図書館員やリサーチ・アドミニストレーター (URA) といった研究支援者、IT 基盤の研究開発者に加え、ポリシーメーカーや企業・NPO 関係者、さらに市民科学者などのさまざまな関係者が参加し、「市民科学」「政策・ポリシー」「図書館・大学のデータ管理」などをテーマに、熱気あふれるセッションを展開しました。

■ 学術情報基盤オープンフォーラム 2019

5月29日、30日には、「学術情報基盤オープンフォーラム 2019」を開催しました。このフォーラムは、NII が構築・運用する学術情報ネットワーク「SINET5」が実現する大学・研究機関における教育研究環境の具体的なイメージをいち早く関係者と共有し、学術情報基盤を利用者とともに発展させることが目的です。



基調講演を行う漆谷重雄 NII 副所長・学術基盤推進部長

2 日間にわたるプログラムでは、「クラウドトラック」「SINET トラック」「認証トラック」などに分かれてセッションを行い、それぞれの会場で、学術情報基盤の未来に向けて、講演や活発な議論が続きました。

初日のプレナリートラックでは、漆谷重雄 NII 副所長・学術基盤推進部長が「2020 年から始まる NII のサービス展開について」と題して基調講演を行い、SINET や NII リサーチデータクラウドを基盤とした次世代学術情報プラットフォームのイメージを説明しました。続いて、「共考共創の学術情報基盤を目指して」をテーマに、NII 研究者と参加者がディスカッションを行いました。参加者からは「高校生などの若い世代が利用できるサービスを開発してほしい」「研究データ管理について研究者に理解してもらうにはどうしたらよいか」など、さまざまな意見や質問が寄せられました。

金子めぐみ准教授、「学術認証フェデレーション開発グループ」が平成31年度科学技術分野の文部科学大臣表彰を受賞

文部科学省が科学技術に関する研究開発、理解増進等において顕著な成果を収めた者を顕彰する「平成31年度 科学技術分野の文部科学大臣表彰」の表彰式が4月17日、文部科学省講堂で行われ、受賞者に表彰状が授与されました。

NII からは、アーキテクチャ科学研究系金子めぐみ准教授がモバイルシステムの無線資源の利用効率を高める研究業績により若手科学者賞を受賞。また、大学間連携の

ための学術認証フェデレーションの開発業績により、岡部寿男 京都大学教授／NII 客員教授、西村 健 NII 特任研究員、佐藤周行 東京大学准教授、後藤英昭 東北大学准教授／NII 客員准教授、曽根原 登 津田塾大学教授／NII 客員教授・名誉教授によるグループが科学技術賞（開発部門）を受賞しました。

表彰状を授与された金子准教授らは晴れやかな表情を見せ、さらなる研究の発展に向けて決意を新たにしました。



100万個のCPUを効率的に接続するグラフの発見者求む！

未来のスパコンのネットワーク構成を発見するコンペ開催

NII は、スーパーコンピュータ (スパコン) などで使われている複雑なネットワーク構成を簡単なグラフにおきかえ、CPU チップ内および CPU チップ間のネットワークの効率的な設計につながるような単純な構成

のグラフの発見を競うコンペティション「グラフ ゴルフ 2019」を開催しています。

今年度は100万の頂点数を持つ「巨大グラフ」を新たに出題し、10月14日まで、専用ウェブサイト (<http://research.nii.ac.jp/graphgolf>) で応募を受け付けています。優れたグラフの発見者は、11月に長崎市で開催されるコンピュータシステムとネットワーク技術に関する国際シンポジウム「CANDAR2019」で表彰します。

■ オープンハウス 2019

NII の研究成果や事業内容を広く一般の方々に知っていただくためのイベント「オープンハウス 2019（研究成果発表・一般公開）」を 5 月 31 日、6 月 1 日の 2 日間の日程で開催しました。

1 日目は、データベース研究の世界的権威であるジェフリー・D・ウルマン スタンフォード大学名誉教授を招き、「Computing an Enormous Join of Relations（膨大な量のリレーション結合を計算する）」と題した特別講演を行いました。続く開会式では、喜連川 優 NII 所長が活動報告を行い、NII の両輪である「研究」と「事業」の主な取り組みを紹介。基調講演は 2 本行われ、まず経済界から櫻田謙悟氏（経済同友会代表幹事／SOMPO ホールディングス（株）グループ CEO）が、SOMPO グループにおけるデジタル（トランスフォーメーション）戦略等について講演しました。また、NII からは、佐藤 健教授が「AI の法律分野への応用：現状と将来の課題」と題して話をしました。

2 日目は、コンピュータを使わずに、プログラミング的な考え方を学ぶ「NII Computer Science Park」に多くの親子連れが集まり、数遊びを通してモノの動かし方を学んだり、実際にロボットを動かしたりと、参加者は楽しみながらプログラミ



「NII Computer Science Park」の様子

ングや情報学に触れました。

また、NII の研究者 10 名が、一人 10 件、合計 100 件の研究成果を発表する人気企画「NII 研究 100 連発」は、今年で終幕を迎えるということもあり、たいへん盛り上がりを見せました。今年も MC として、タレント／エンジニアの池澤あやかさんが登場し、NII の武田英明教授、大向一輝准教授とともに、イベントをより一層盛り上げてくれました。

NII の研究者が取り組む研究内容を紹介するポスター展示やデモ・体験コーナーでは、終日、研究者がポスターの前で来場者からの質問に答えました。また、NII の研究者らがガイド役となり、ポスターやデモ・体験コーナーを案内して回るツアーガイドも人気を集めました。



〔左〕特別講演を行うウルマン教授
〔右〕基調講演を行う櫻田氏



NII 研究 100 連発のフィナーレ

■ 総研大情報学専攻 説明会

オープンハウスに合わせて、国立大学法人総合研究大学院大学（総研大）複合科学研究科 情報学専攻の説明会も開催しました。国立情報学研究所は総研大に参画し、複合科学研究科内に情報学専攻を設置。5 年一貫制博士課程および 3 年次編入博士課程の大学院教育を実施しています。

説明会では、情報学専攻の概要、出願方法などを説明したほか、情報学専攻に在籍している学生が、自身の学生生活や研究内容、情報学専攻の特徴などを話しました。

予定 2019 年度 市民講座「情報学最前線」7 月スタート

国立情報学研究所の研究者らが「情報学」に関連したさまざまなテーマについて、一般向けにその最前線を解説する、市民講座「情報学最前線」の 2019 年度の日程、プログラムが決まりました。詳細、お申し込みは、NII 公式サイト以下のページをご覧ください。

<https://www.nii.ac.jp/event/shimin/>

第1回 2019年7月2日（火）

講師：横井 優（情報学プリンシプル研究系 助教）
テーマ：みんな Happy!? マッチングの数理と計算
—かしこい割り当ての決め方—

第2回 9月10日（火）

講師：池畑 諭（コンテンツ科学研究系 助教）
テーマ：驚き！3D センシング
—進化するコンピュータの眼—

第3回 11月7日（木）

講師：蓮尾 一郎（アーキテクチャ科学研究系 准教授／システム設計数理国際研究センター長）
テーマ：理論計算機科学入門 有限と無限のあいだ
—数学的理論から、AI・自動運転—

第4回 2020年1月21日（火）

講師：岩本 敏（東京大学先端科学技術研究センター 教授／新学術領域「ハイブリッド量子科学」研究メンバー）
テーマ：トポロジックで光を操る
—光はボールとドーナツを見分けるか—

SNS

「これいいね！」Facebook、Twitter アカウントの最も注目を集めた記事（2019年3月～2019年5月）

*記事の本文は一部編集・省略しています。



国立情報学研究所 NII（公式） Facebook
www.facebook.com/jouhouken/

オープンハウス 2 日目「NII 研究 100 連発」の MC は、武田英明教授、大向一輝准教授、池澤あやかさんだびっと。NII の研究者 10 名が、一人 10 件、合計 100 件の研究を発表するこの企画、今年でファイナルだびっとー！！（2019/5/17）



国立情報学研究所 NII（公式） Twitter
[@jouhouken](https://twitter.com/jouhouken)

「NII コンピュータサイエンスパーク」
「DIGI-COMPII で学ぶ計算機の仕組み」
ビー玉を使ってコンピュータの四則演算を実行できる木製のコンピュータ教育教材キットです。コンピュータの情報表現や計算の仕組みを楽しみながら理解しましょう。（2019/5/5）



つぶやくビット君 Twitter
[@NII_Bit](https://twitter.com/NII_Bit)

オープンハウス 2 日目「NII 研究 100 連発」の MC は、武田英明教授（@takechan2000）、大向一輝准教授（@i2k）、池澤あやかさん（@ikeay）。NII の研究者 10 名が、一人 10 件、合計 100 件の研究を発表するこの企画、今年でファイナルだびっとー！！（2019/5/16）

「研究100連発」と研究への思い

武田 英明

Hideaki Takeda

国立情報学研究所
情報学プリンシプル研究系 教授
総合研究大学院大学
複合科学研究科 教授



「研究100連発」で司会をする武田教授。脳波で動く「猫耳」と白衣スタイルで登場＝2019年6月

NII オープンハウスでは、2015年から2019年まで5年にわたって「研究100連発」という企画を実施してきた。NII 研究100連発では、10人の NII の研究者が自身の研究10個ずつを紹介するというものである。10人×10個で計100個というわけだ。「そんな100個も研究発表を聞いてられないよ」、と思われるかもしれない。この企画には重要なルールがある。それは、一人当たりの発表時間は7分30秒ということである。つまり1研究あたり45秒しかない計算になる。普通、そんな短時間で発表はできない。その普通じゃない状況で発表してもらおうというのがこの企画の真の意図なのである。

だいたい、研究者に研究のことを語らせたら一晩中でも喋ってしまう。10個の研究を7分半で、というのは喋りたい気持ちと時間の制約が絶妙に組み合わさって研究者にフラストレーションが溜まる。そのため、研究者の本音だったり性格だったりが見え隠れしてしまう。

この研究100連発を5年続けたので計50人が登壇したことになる。この間、私は司会あるいは登壇者として参加してきた。私も NII の研究者50人（うち一人は私自身だが）の500個の研究を聞いたわけだ。NII は一研究所としては小さいが、それでも多様な研究者が在籍している。私は比較的スコープの広い研究者であるが（Twitter アカウントでは雑食系研究者と自称している）、それでも知らない、もっといえば興味のない研究がたくさんある。それでも100連発の超高速プレゼン

だからこそ垣間見える研究への思いがわかると、素直に感動してしまう。研究というのは、研究者の研究への思いで成り立っているのが実感できるのが素晴らしい。

ちなみにこの研究100連発というのはオリジナルではなく、ニコニコ学会βという活動で作られたプレゼンスタイルである。ニコニコ学会βは、ニコニコ動画にインスパイアされ、江渡浩一郎氏が始めた既存の学術の枠を超えた広義の“研究”が集まる場である。私は縁あって（この縁だって不思議な縁だったけど）、初期の頃から参画してきた。ニコニコ学会βへの参加も私にとっては素晴らしい経験であって、ふだん絶対に出会うことのない研究の世界に出会うことができた（普通に研究をしていたら、情報の研究者が“う〇こ”を研究する医師や、市井のキノコ研究家に出会うことがあるだろうか）。それは自分の研究に直接間接に役立っている。自分自身が持っている研究の枠を壊すことができたと思っている。情報は世界に普遍的に存在し、その意味では世界の全ては情報学の研究対象である。

戯言はここまでとしよう。もし読者の皆さんの興味が湧いたならば、ぜひ NII 研究100連発、あるいはその元となったニコニコ学会βの動画を見て欲しい。YouTube^[1]あるいはニコニコ動画^[2]に全て残されている。

注

[1] <https://www.youtube.com/user/jyouhougaku>

[2] <https://ch.nicovideo.jp/jouhouken>

今後の予定

7月2日 | 市民講座「情報学最前線」第1回「みんな Happy!? マッチングの数理と計算—かしこい割り当ての決め方—」（講師：情報学プリンシプル研究系 横井 優 助教）
＝お申し込みは<https://www.nii.ac.jp/event/shimin/>

7月13日 | 軽井沢土曜懇話会 第2回「宇宙の起源と星の誕生」（講師：村山 斉 東京大学国際高等研究所 カブリ数物連携宇宙

研究機構 前機構長、カリフォルニア大学バークレー校 教授）

8月7日～8日 | 「こども霞が関見学デー」（出展）＝お申し込みは
<https://www.nii.ac.jp/event/2019/0807.html>

9月10日 | 市民講座「情報学最前線」第2回「驚き！3Dセンシング—進化するコンピュータの眼—」（講師：コンテツ科学研究系 池畑 諭 助教）

表紙の言葉

ロボットが手に持つリンゴに注目。一見、きれいに見えますが、コンピュータの目（画面）で見ると、向かって左のリンゴは傷んでいます。最新のコンピュータビジョンは、人の目を真似るだけでなく、光や深層学習を活用して、目には見えない世界を明らかにしつつあります。

情報から知を紡ぎだす。

国立情報学研究所ニュース [NII Today] 第84号 令和元年6月

発行 | 大学共同利用機関法人 情報・システム研究機構 国立情報学研究所
〒101-8430 東京都千代田区一ツ橋2丁目1番2号 学術総合センター

発行人 | 喜連川 優 編集長 | 佐藤 一郎

表紙画 | 城谷俊也 編集 | 田井中麻都佳

制作 | 株式会社マツダオフィス / サイテック・コミュニケーションズ

本誌についてのお問い合わせ | 総務部企画課 広報チーム

TEL | 03-4212-2028 FAX | 03-4212-2150 e-mail | kouhou@nii.ac.jp

<https://www.nii.ac.jp/about/publication/today/>

「NII Today」で
検索！



情報犬ビット
(NII キャラクター)