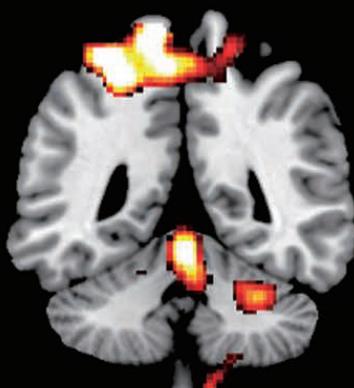


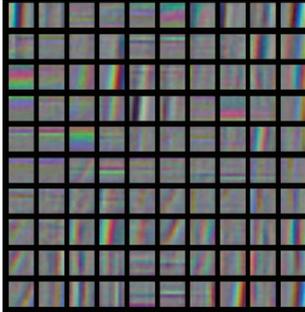
FEATURE

## 新次元へのオープンイノベーション

—IoT、ビッグデータ、AI 関連R&D特集(2)—



## CONTENTS



### FEATURE

#### 新次元へのオープンイノベーション

—IoT、ビッグデータ、AI関連R&D特集(2)—

- 1 AI研究の特集にあたって  
理事 益子 信郎
- 2 データ駆動知能システム研究センター (DIRECT)  
鳥澤 健太郎
- 4 2020年に向けた音声技術の社会実装と  
その後の世界を切り拓く基礎技術の研究  
河井 恒
- 6 AIに基づく自動翻訳技術の研究・開発 (2020年までと2021年以降)  
隅田 英一郎
- 8 脳のように学ぶ次世代AIのための「半教師あり学習」  
篠崎 隆志
- 10 脳の機能に学び知能を理解・創造するアプローチ  
次世代AI技術の実現に向けて  
岩爪 道昭

### TOPICS

- 12 NICTの知的財産②  
色収差補正方法  
—生きたままの細胞内構造を観察する—
- 13 次世代人体筋骨格モデル『Def Muscle』の開発と技術移転  
デフ マッスル

### INFORMATION

- 14 平成30年度 研究職員及びパーマネント研究技術職員採用情報  
NICT 展示施設 Information ① — 本部 (小金井)

#### 表紙写真

各正方形の画像は、脳に学んだニューラルネットワークで獲得した、動画中の「動き」の検出を可能とする基本部品（脳情報通信融合研究センター (CiNet) で開発）を表しています。本表紙は、上記基本部品の配列上に、CiNetで測定したfMRI画像（機能的磁気共鳴イメージング画像：黄色～赤色の部分が脳活動の様子を示している）を重ねてデザイン化したものです。

# FEATURE

Open Innovation toward New Paradigm  
-NICT's R&D activities on IoT, Big Data, and AI- (Part 2)

## 新時代へのオープンイノベーション

—IoT、ビッグデータ、AI関連R&D特集(2)—

## AI研究の特集にあたって

理事 益子 信郎

昨年3月の囲碁界におけるAlphaGoの登場は、イノベーションを目的とする関係者に衝撃を与えました。囲碁棋士を打ち破った人工知能(AI)の登場は、AI分野の研究開発が世界的に加速しているそのスピード感を眼前に突き付けた出来事だったからです。

AIの研究開発の速度は、2年というサイクルで新技術が登場し、その新しい技術を即実用化するというこれまでにないスピードです。さらに、この技術の特徴は、元々得意としていた対象分野のデータを解析や効率化して知識として蓄えることのみならず、本来、我々人間が得意としていた感性で磨き上げる分野、すなわち芸術や文化などの領域にまで適用が及ぶ点です。つまり、AIの研究開発分野で出遅れることは、国における産業やセキュリティの側面で危機的状況に陥る可能性を高めると言えるのです。

これらの理由から国の政策として内閣府を中心に人工知能技術戦略会議を立ち上げ、効率的な研究計画を推進しようとしています。情報通信研究機構(NICT)、理化学研究所、産業技術総合研究所の3つの研究機関が連携し、元々研究者の少ないこの領域で、研究方向や重点分野を洗い出し、効果的な研究計画を創り出そうとしています。NICT

は情報通信分野の研究機関として、早くから重要と考えられていたこの分野をいち早く立ち上げ、様々な領域で研究開発しており、他の研究機関に比べて既に高い実績を持っています。具体的には、音声多言語翻訳技術、社会知解析技術、脳情報処理技術、ネットワーク制御、サイバーセキュリティ技術、IoT関連技術などの分野で取り組んでいます。いずれの研究もNICTの研究成果に着目した企業や大学との間で融合的な研究体制を作り、研究拠点化しています。

今回の特集号では、新時代へのオープンイノベーション～IoT、ビッグデータ、AI関連R&D特集～の第2回目として、けいはんな学研都市のユニバーサルコミュニケーション研究所で研究開発を進めている音声多言語翻訳技術と社会知解析技術、大阪府吹田市の脳情報通信融合研究センターで研究開発を進めている脳情報処理技術について、その一端を紹介します。これらはNICTが現在遂行している、昨年4月に始まった第4期中長期計画での「価値を創る」重点研究分野に属し、健康、医療、交通、生活環境における効率化、最適化の実現を目標としています。

引き続き、皆様のご理解、ご支援ご協力をお願いいたします。



益子 信郎(ましこ しんろう)

NICT理事

1989年4月 郵政省通信総合研究所(現NICT)入所。総合企画部長、執行役を経て2013年4月から現職。工学博士。

## データ駆動知能システム研究センター(DIRECT)



**鳥澤 健太郎** (とりさわ けんたろう)  
データ駆動知能システム研究センター  
センター長

大学院中退。東京大学大学院助手、北陸先端科学技術大学院大学准教授を経て、2008年にNICT入所。自然言語処理の研究に従事。日本学術振興会賞等受賞。博士(理学)。

**デ**ータ駆動知能システム研究センター(略称DIRECT)は2016年4月に、情報分析研究室を発展させて設立された新しい研究センターです。そのミッションは日本語などの自然言語を使いこなせる知的なシステム、つまり、自然言語処理システムの研究開発です。

### ■ 自然言語処理研究の状況

1950年代から人工知能(AI)技術の一種として研究が始まった自然言語処理技術は、2010年代に入って実用化が加速しています。それにはいくつか理由がありますが、その1つめは機械学習と呼ばれる技術の成熟であり、2つめは大量のテキストデータがWeb等で取得可能になったことです。機械学習技術が成熟する以前、言語の意味を分析するためには、人がそのためのプログラムを書くしか方法がありませんでしたが、そもそも膨大な単語からなり、また、例外だらけの構造を持つ自然言語を分析できるプログラムを書くのは極めて困難でした。

一方で、テキストと、その意味的な解釈のような分析結果の具体例を「学習データ」と呼ばれる形で用意して、機械学習技術を適用すると、計算機がそこから分析の方法を自動的に学習します。つまり、言語を自動的に分析するプログラムを計算機に作らせることが可能になるわけです。とは言っても、学習データさえ用意すれば、あとはボタンひとつでプログラムが自動的にできあがるというわけではありません。一言で機械学習技術といっても、非常に多様なものが可能であり、また、その適用方法も無数にあるため、実現したい分析に適した機械学習技術やその適用方法を考え出すのは、往々にして非常に難しい問題になります。この状況は、昨今、話題となっている深層学習と呼ばれる機械学習技術を使う場合でも、基本的に変わりません。また、学習データの構築は、人間が分析結果の具体例をテキストに書き込んでいくという手間のかかる作業であり、その効率化も大きな課題となります。近年の自然言語処理研究では、こうした問題を解決することに主

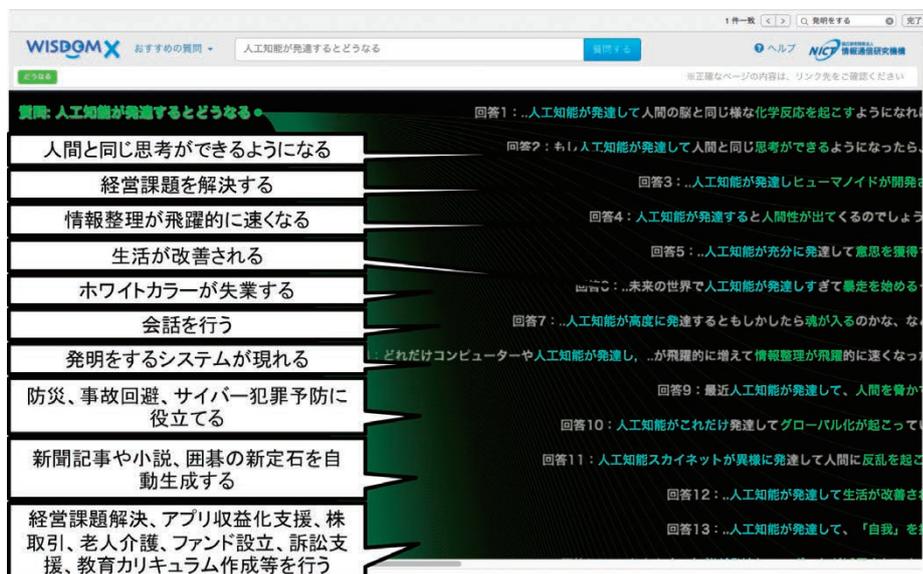


図1 質問「人工知能が発達するとどうなる」に対するWISDOM Xの回答



図2 熊本地震発災後1時間のTwitter情報をD-SUMMで要約した結果

眼が置かれています。

また、Web等で数十億件の文書が取得可能な現在では、計算機にそれらを分析させることで、一個人では到底把握できない量の知識を自動的に得ることができ、日常からビジネスまで様々な活動で有用な知識を人に提供することが可能です。これはつまり、非常に多様な自然言語処理のアプリケーションが実現可能になることを意味しますが、一方で、人にとって真に有用な情報、知識とは何か、また、そうした有用な知識を効率よく、分かりやすく提供するにはどうしたらよいか、といった根本的な問題が解決されたわけではなく、研究課題として大きくクローズアップされてきています。

### ■これまでの成果

DIRECTとその前身である情報分析研究室ではすでに、Web等にある大量のテキストデータを出発点として、多様かつ膨大な学習データや様々な機械学習技術、さらには人手のチェックと機械学習を併用

することで構築した巨大知識ベースや辞書を利用する自然言語処理技術を開発してきました。それらの成果は、現在Web上で一般公開している大規模Web情報分析システム WISDOM X (<http://wisdom-nict.jp/>)、対災害SNS情報分析システム DISAANA (<http://disaana.jp/>)、災害状況要約システム D-SUMM (<http://disaana.jp/d-summ/>) に結実しています。

**WISDOM X** (ウィズダム エックス)：40億件のWebページという巨大な情報源を基にして様々な日本語の質問に回答するほか、元のWebページには書かれていない仮説を提示したり、回答可能な質問を提案したりするといった、世界的に見ても例のない機能も持つ質問応答システムです(図1)。

**DISAANA** (ディサーナ)：災害時にTwitter上で発信される災害関連情報に関して質問に回答するシステムで、2016年4月の熊本地震では政府内閣官房で被災地のニーズを分析するために活用されました。

**D-SUMM** (ディーサム)：2016年10月に公開されたシステムで、指定された自治体内

で発信されるTwitter上の災害関連情報を自動的に要約、提示が可能で、被災の全体像を短時間で効率よく把握するのに有用だと期待されます(図2)。

また、これらの3つのシステムを数百台規模の計算機クラスターで効率的かつ容易に稼働させるミドルウェア RaSC (<https://alaginrc.nict.go.jp/rasc/ja/>にて一般公開中)などの基盤技術も開発しています。

### ■今後の展望

今後は、民間企業との人材交流を含めた各種の連携を通して、以上で述べた技術の社会実装を進めるほか、深層学習の活用を進めるなど、更なる改良、拡張を行います。また、WISDOM X等で得られる知識を自然言語での会話を介してユーザに分かりやすく提供できる対話システムや、入力されたテキストにはないが、有用である可能性が高い様々な仮説を推論する技術等の高度化を目標として、研究開発を推進していきます。

## 2020年に向けた音声技術の社会実装と その後の世界を切り拓く基礎技術の研究



**河井 恒** (かわい ひさし)

先進的音声翻訳研究開発推進センター  
先進的音声技術研究室 室長

大学院博士課程修了後、1989年よりKDD研究所（現KDDI総合研究所）に勤務、音声合成・音声認識の研究開発に従事。その間、2000年から2004年までATRに出向し、音声合成の研究開発に従事。2009年4月から2012年3月及び2015年10月以降NICTに出向し、音声翻訳技術の研究開発に従事。博士（工学）。

**先** 進的音声技術研究室では、人間にとって自然で普遍的な媒体である音声によるコミュニケーションを支援し、人と機械の情報交換を高度化することを目指して、音声技術の研究を行っています。中期的な視点では、東京2020オリンピック・パラリンピック競技大会で多言語音声翻訳技術を社会実装するために必要となる、日、英、中、韓、タイ、インドネシア、ベトナム、ミャンマー、スペイン、フランス語からなる10言語の実用的な音声認識・合成技術の研究開発に取り組んでいます。

音声認識・合成技術は、近年、人工知能（AI）技術により飛躍的な発展を遂げています。ここでは、多言語音声翻訳技術の社会実装に向けた我々の音声認識技術研究の取組を紹介します。また、2021年以降を見据えた課題として研究を進めている、世界のあらゆる音声コンテンツをテキスト化する現場音声認識技術と、周囲の状況と文脈を踏まえた効率的な対話を可能にする状況依存音声対話技術についても述べます。

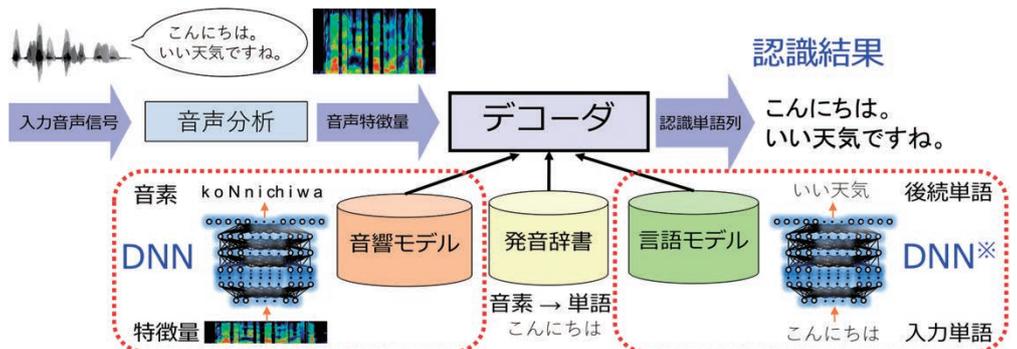
### ■ AI技術による音声認識

近年のAI技術研究において、深い階層構造をもつニューラルネットワーク（Deep

Neural Network: DNN）の効率的な学習技術である深層学習が大いに注目されています。音声認識技術においても、このDNNと深層学習技術を用いることで、大幅な性能改善が得られています。

音声認識は、図1に示すように、一般に音響モデル、発音辞書、言語モデルから成り立っています。これらのうち、音声特徴量を音素（音声学における最小単位）に変換する音響モデル、現在の単語から後続単語を予測して文に変換する言語モデルにDNNが適用されています。

このようなDNNを用いた音声認識において、我々は、高精度なDNN音響モデルの構築に特に注力して研究を実施しています。具体的には、双方向再帰型ネットワークによる時系列解析や、Connectionist temporal classificationと呼ばれる、シンプルかつ高精度な特徴量と音素のマッピング手法を取り込むことで、低演算量でありながら高精度で実用レベルの音声認識を実現しています。また、音声認識で培った音響モデルの学習技術は、音声合成研究にも適用することが可能です。音声認識・合成、それぞれが互いに補い合いながら、AI技術による音声技術の研究を実施し、多言語音声翻訳技術の社会実装に向けて各技術



※正確には再帰型ネットワーク(Recurrent Neural Network: RNN)

図1 深い階層構造を持つニューラルネットワーク（DNN）を用いた音声認識

を深化しています。

### ■現場音声認識技術

前述のとおり、深層学習の発展により音声認識技術は飛躍的な性能改善を遂げ、一部研究機関からは、人間による書き起こしと同等か、それ以上の性能が得られたとの報道発表がされています。しかし、このような音声認識性能は、雑音環境や発話様式等がコントロールされた状況下での結果であり、実際に利用される場合には、このようなコントロール下にないため、音声認識の性能が著しく低下します。我々は、このような状況で発話される音声を「現場音声」と定義して、その現場音声を高精度に認識できる技術の研究開発を実施しています。図2は、主な現場音声の種類と音声認識の困難さを示しています。例えばTVの現場報道、インタビュー等では、背景雑音や遠隔発話（残響）の影響を強く受け、発話様式も明瞭な発声や文法によるものではなく、曖昧な発声、くだけた口調等に様式が変化し、音声認識が困難になります。

このような背景の下、我々は世界のあらゆる音声コンテンツをテキスト化することを課題とし、通常では困難な、コントロールされていない音声を高精度に認識する、現場音声認識の研究を行っています。課題の解決に当たり、深層学習による音響モデルの高度化という基礎的な改善のみでなく、音声以外の様々な音情報を識別して音声が発話された状況を理解し、状況に応じた処理を行う状況理解音声認識の研究等も視野に入れています。

### ■状況依存音声対話技術

より発展的な音声技術として、我々は今後の社会変化を見据えた研究開発を実施しています。今後の社会課題のひとつとし

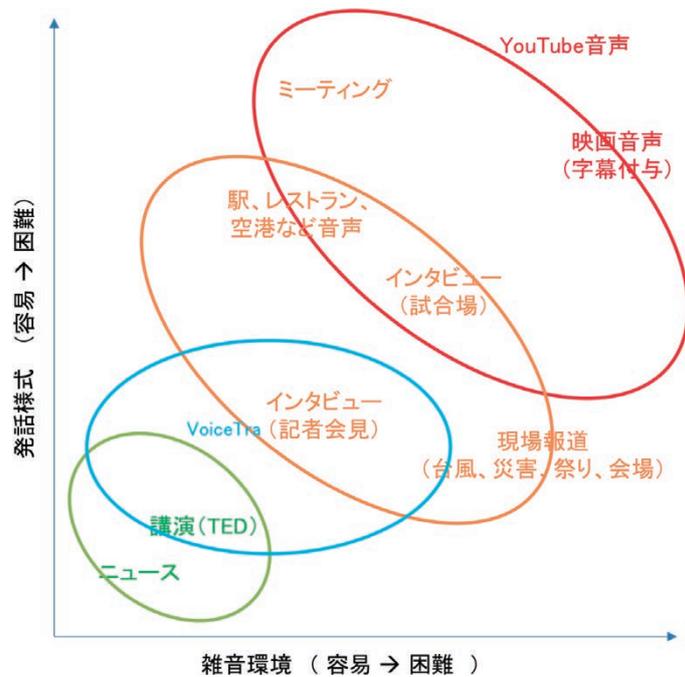


図2 主な現場音声の種類と音声認識の困難さ

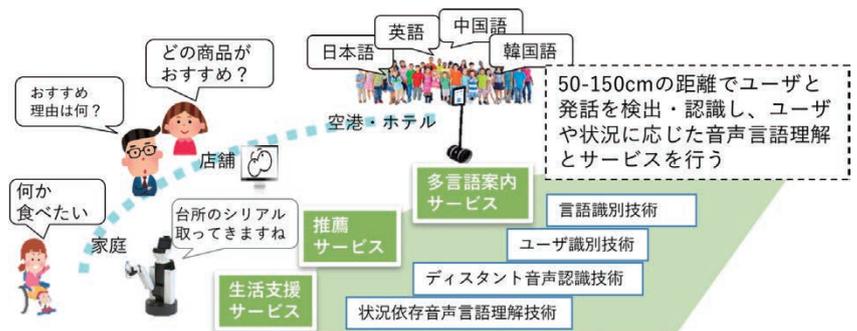


図3 状況依存音声対話技術の応用サービスと背景技術

て、少子高齢化社会における生活支援ニーズの増加と人手不足が挙げられます。現在、介助犬がこの課題の一部を担っていますが、ユーザによる介助犬の世話や育成コスト等、根本的に解決が難しい問題があります。一方、近年、音声対話ロボットが出現しましたが、現状では決まったストーリー以外ではユーザの発話を理解することができず、生活支援等を行うには実用性が不十分です。

このような背景から、介助犬相当の支援が可能な音声対話ロボットは、生活支援ニーズと人手不足に対する解となり得ると考えられます。音声対話ロボット実現に向けて、我々は、高度な音声認識・合成技術等をはじめとする音声対話の強固な研究基盤を構築してきました。特に、これまで我々が開発・公開した音声対話クラウドロ

ボティクス基盤 rospeex は、様々な音声対話タスクにおいて4万ユニークユーザに利用されています。今後はこれを発展させ、図3に示すような応用サービスに必要な技術として、多人数会話における話者位置や役割推定を含む状況理解技術及び話者や実世界状況に依存した音声言語理解、推薦対話（ユーザ嗜好推定）を行う状況依存音声対話技術を構築する研究を実施していきます。

### ■今後の展望

当研究室では、2020年の社会実装に向けた音声技術の開発に注力しつつも、2021年以降の世界を見据えた長期的な研究の種をしっかりと育てていきます。

## AIに基づく自動翻訳技術の研究・開発（2020年までと2021年以降）



**隅田 英一郎** (すみた えいいちろう)  
 NICTフェロー  
 先進的音声翻訳研究開発推進センター  
 (ASTREC) 副センター長/同センター  
 先進的翻訳技術研究室 室長

1982年修士課程修了。NICT着任前はATR  
 とIBMに勤務。自動翻訳とe-Learningの  
 研究に従事。博士（工学）。

**先** 進的翻訳技術研究室では、外国人とのコミュニケーションを妨げる日本語の壁を破壊することを目指して、AIに基づく自動翻訳技術の研究・開発を行っています。本稿では、(1) 2020年までの社会実装をスコープとした研究開発を紹介し、より長期のテーマである、(2) 対訳データ蓄積のエコシステム及び(3) 同時通訳技術の基礎研究を紹介します。

### ■ AI技術による自動翻訳技術の2020年までの社会実装

AI技術による自動翻訳技術は、ビッグデータが喧伝される以前の1990年代に、ビッグな「対訳データ」\*1を活用する手法に大きくパラダイムをシフトしました。1980年代までは、規則に基づく方式、意味を保存しつつ2言語間の語彙や構造の相違を変換する規則に基づく方式（以下、「規則翻訳」）でした。この方式は、規則間の相互作用の制御が困難になるという限界に阻まれ行き詰まりました。

1988年に対訳データから帰納する方式（以下、「統計翻訳」）が提案され、段階的に発展を遂げてきました。基盤となる対訳データの蓄積が進み、翻訳精度も著しく向上してきました。

ここ数年AIで多用される深い階層構造を持つニューラルネットワーク（Deep Neural Network: DNN）が単語を実数の高次元ベクトルとして表現する分散表現の復活を経て、自動翻訳にも応用され始めました（以下、「ニューラル翻訳」）。

統計翻訳もニューラル翻訳も、対訳データを用意すると自動的に翻訳システムが構築でき、多言語化に好適です。本研究室は先進的音声技術研究室と連携して、2020年までに多言語音声翻訳技術の社会実装を目指すグローバルコミュニケーション計画\*2を遂行しています。このため、10言語\*3間の高精度の自動翻訳は統計翻訳やニューラル翻訳で実装しており、VoiceTra\*4というスマホ・アプリで公開し改良を進めています。また、医療をはじめとする他分野への適応の研究も進めています。

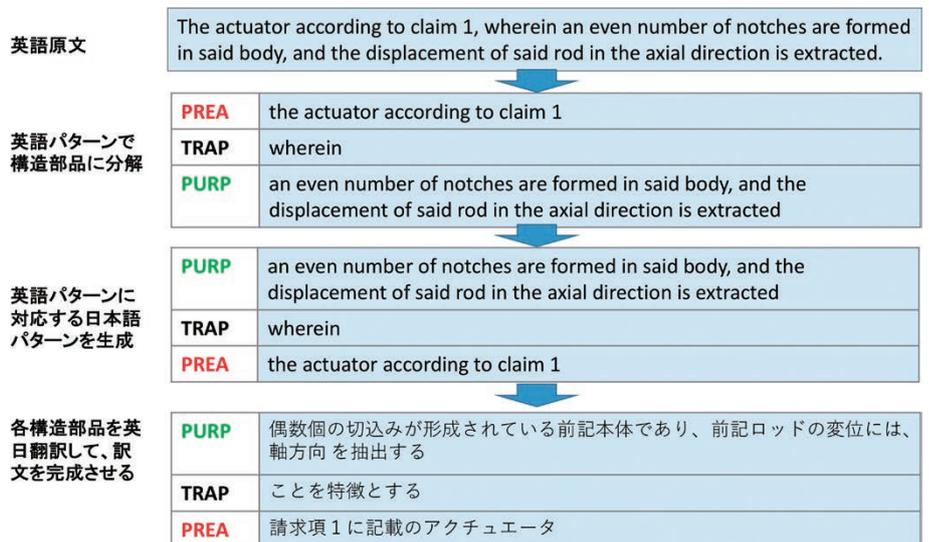


図1 特許請求項のための規則翻訳

\*1 コーパスと呼ぶこともある。  
 \*2 [http://www.soumu.go.jp/main\\_content/000285578.pdf](http://www.soumu.go.jp/main_content/000285578.pdf)  
 \*3 日、英、中、韓、タイ、インドネシア、ベトナム、ミャンマー、スペイン、フランス語  
 \*4 <http://voicetra.nict.go.jp/>

ます。

ただ、これにはメリット・デメリットが混在しています。例えば、統計翻訳では類語に対する訳の不安定性が強かったのですが、ニューラル翻訳では抑制されており、統計翻訳は普通のCPUで構築可能ですが、ニューラル翻訳はGPUという特別なハードウェアが不可欠です。本研究室では2方式のハイブリッドを有望と考え、注力しています。

特許文書の中で最も重要な請求項は1文が非常に長く、統計翻訳でもニューラル翻訳でもうまく翻訳できません。しかしながら、規則方式と組み合わせると高精度翻訳が実現できます。図1のように表層に着目して、「wherein」の前のPREA、「wherein」そのもののTRAP、「wherein」の後のPURPに3つに分割します。次に、日本語での順序PURP、TRAP、PREA、に並べ替えます。各部分を自動翻訳システムで翻訳して結合すると、請求項の日本語訳が得られます。このシステム<sup>\*5</sup>は公開されており、広く民間企業に移転されています。

## ■ 対訳データのエコシステム

統計翻訳やニューラル翻訳では、対訳データ増量に呼応して自動的に性能が上がることから、対訳データの効率的な収集が重要になります。当研究室では特許庁提供の特許データから大規模対訳（日英は20年分3.5億文）を構築して高精度自動翻訳を実現しました。

翻訳データは、様々な組織に散在していますが、全部を公的機関であるNICTに集めて翻訳システムを構築すると高精度化が可能になり（以下、「翻訳バンク」）、図2に例示したように、自動車産業用、通信産業用、行政事務用等の各分野向けの高精度翻訳システムが実現できるでしょう。

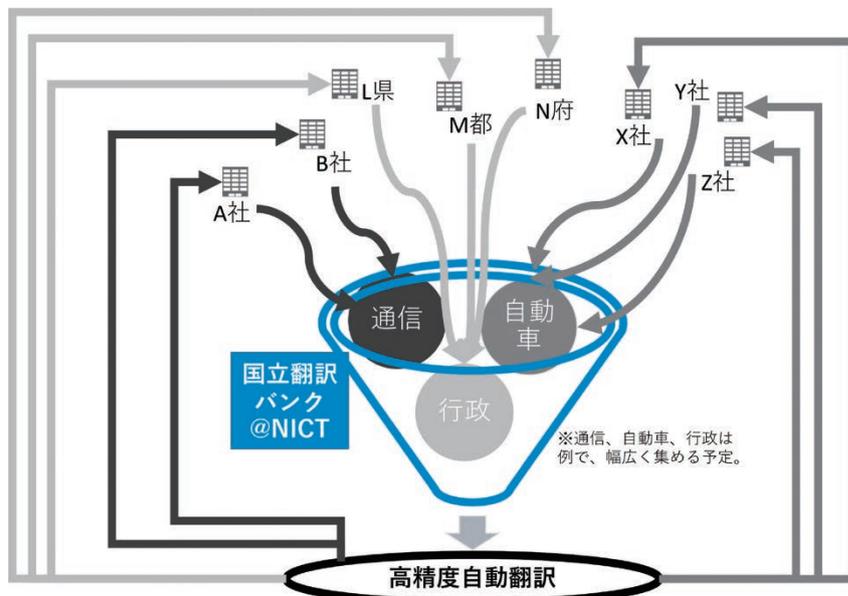


図2 翻訳バンクのイメージ



図3 同時通訳の試作画面

高精度な自動翻訳が実現すると翻訳コストが下がるので翻訳量が増大し、更に翻訳バンクに投入されるという正の循環が生まれ、翻訳精度の向上が持続します。

## ■ 同時通訳という究極ゴール

今の音声翻訳技術は、全部聞き取ってから処理するので、長い入力では利用者に音声が届くのが遅延します。これを避けるためには、同時通訳者のように、文末が来る前に途中から通訳する必要があります。

特に日本語から英語の同時通訳が困難です。日本語の基本語順はS（主語）O（目的語）V（動詞）で、重要なVが最後です。英語の基本語順はSVOでVが主語の次です。英語のVを出力するためには日本語の文末のVまで待つ必要があるわけです。最後まで聞かないと翻訳できないのですが、

同時通訳者は話し手の発話の内容を予想して訳を決めています。

本研究室ではこの課題に挑戦し、途切れなく入ってくる入力ストリームの分割点を発見して、自動翻訳を起動するプロトタイプを作成しました。図3はその画面キャプチャーで、上部に認識した英語の単語（赤字）が表示され、下部に、分割点までの英語の単語列（赤字）とその自動翻訳結果である日本語単語列（背景が黄色）が表示されています。初歩的なものですが、**同時通訳技術**が確立されたときの意義がはっきりと認識できます。

以上のように、当研究室では中長期にわたり、自動翻訳技術の進歩に注力しています。

\*5 <https://mt-auto-minhon-mlt.ucrj.jgn-x.jp/>

## 脳のように学ぶ次世代AIのための「半教師あり学習」



**篠崎 隆志** (しのざき たかし)

脳情報通信融合研究センター  
脳情報通信融合研究室  
研究員

大学院修了後、理化学研究所基礎科学特別研究員、ニューヨーク大学研究員を経て、2010年NICTに入所。計算論的神経科学、脳波及び脳磁図計測、AIなどの研究に従事。博士(科学)。

**AI** の革新の根幹をなす技術としてディープラーニングと呼ばれる脳型情報処理の一手法が近年急速に発展してきており、従来は人間にしかできなかった分野での応用が可能となりつつあります。一方で現在のディープラーニングは、脳とは異なり、学習に極めて大量の正解付きのデータが必要のため、このことが医療応用などへの障壁となっています。脳情報通信融合研究センター(CiNet)ではこの問題を解決するため、より脳に近い学習を実現するための研究を行っています。

### ■背景

ディープラーニングとは、人間の視覚における情報処理を模した超多層ニューラルネットワークによる機械学習の手法で、これまでのAIの手法を圧倒的に上回る性能から、近年様々な分野での応用が急速に進んでいます。スマートフォンにおける音声検索システムをはじめとして、クラウド上にアップロードした写真のキーワードによる検索、さらには多言語翻訳まで、多方面への応用がまさに私たちの生活に新しいICTの革新をもたらしつつあります。

現在のディープラーニングは主に機械学習の分野で言う「教師あり学習(Supervised Learning)」という手法が使われていて、これは例えばリンゴの画像に対して「リンゴ」という正解の情報がラベルとして付与された「ラベルありデータ」と呼ばれるデータから、その対応関係を学習します。ところが、この「教師あり学習」には極めて大量のデータを必要とするという問題があり、例えば一般的な画像認識の学習には100万枚を優に超える「ラベルありデータ」が使われています。しかしながら、全ての分野でこのような大量の学習データが使えとは限らず、特に医療データなど、データ数をあまり増やすことのできない分野での応

用を非常に難しいものとしています。

### ■脳の柔軟な学習

これに対して脳ではどのように学習しているのでしょうか？ 私たちは目で見たものが何であるかを分かるようになるために、100万枚を超える画像について1枚ずつ、それが何であるかを確認しながら学習したりはしません(しかもディープラーニングではそれを数十回も繰り返さなくてはならないのです!)。脳における学習ではそのような正解を利用することはまれであり、ほとんどの場合は「ただ見るだけ」によって学習します。このような手法を機械学習の分野では「教師なし学習(Unsupervised Learning)」と呼びます。これはデータ解析におけるクラスタリングに相当し、正解などは考えず、データの統計的な性質に基づいて分類を行うものになります。このような統計的解析手法では、例えば、独立成分分析(Independent Component Analysis: ICA)と呼ばれるものなどが広く応用されていますが、その分類を必ずしも自由にコントロールできるわけではないという問題がありました。これに対して脳の学習では、このような「教師なし学習」に、最小限の「教師あり学習」を組み合わせることによって様々なデータの分類を巧みにコントロールしつつ、効率的な学習を実現します。これは、基本的なことは主に環境から自動的に学習して、最小限の質問をすることで全てを把握してしまうような、「一を聞いて十を知る」ような状況に相当します(図)。

### ■半教師あり学習

このような「教師なし学習」と「教師あり学習」を組み合わせた学習法は、機械学習の分野では「半教師あり学習(Semi-

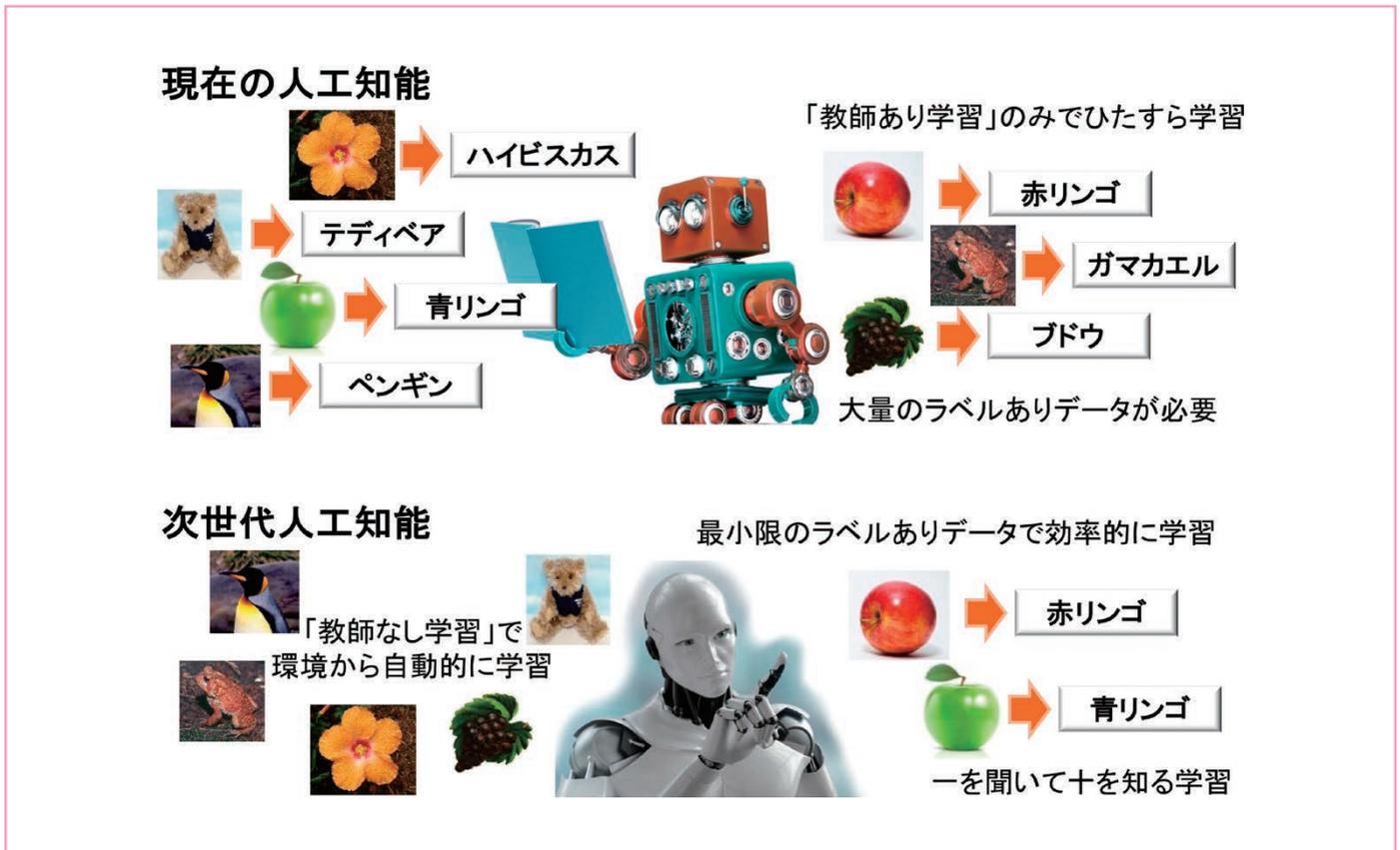


図 現在の人工知能と次世代人工知能の違い

supervised Learning)』と呼ばれ、古くから様々な研究がなされ、もちろんディープラーニングの分野での研究も世界中でまきに行われています。しかしながら、多くの研究では「教師なし学習」と「教師あり学習」とが完全に分離した学習プロセスとして実装されており、知識を積み上げ、修正しつつ学習していくという脳のような学び方を実現することが困難でした。これに対して我々は、全く同一のネットワークに対して「教師なし学習」と「教師あり学習」をシームレスに適用可能な新しい手法を開発しました。この開発した手法を、畳み込みニューラルネット (Convolutional Neural Network: CNN) と呼ばれる、現在

最も普及しているディープラーニングのネットワークに実装し、MNISTデータセット\* と呼ばれる手書き数字画像についての認識課題を行ったところ、従来の4分の1程度のラベルありデータで同等の学習を実現することができるようになりました。

### ■今後の展望

開発した手法は、現状ではまだ限られたデータセットでしか検証されていないことから、今後、自然画像や他の一般データへの適用について検証を行っていく予定です。これによって今まで適用が困難であった医療データやIoTのデータなどについて

もディープラーニングを用いることが可能となり、様々な応用が見込まれます。一方で、本手法で実現した「半教師あり学習」は、まだ脳の学習機能の一部を実現できずにすぎず、引き続きCiNetの最新の脳科学の知見を生かしつつ、元大阪大学教授の福島邦彦先生のネオコグニトロンで用いられている強力な自己組織化力をもつ競合学習などを統合することによって、より脳に近い学習が可能な次世代AIを開発していく予定です。

\* <http://yann.lecun.com/exdb/mnist/>

## 脳の機能に学び知能を理解・創造するアプローチ 次世代AI技術の実現に向けて



**岩爪 道昭** (いわづめ みちあき)

脳情報通信融合研究センター 研究統括 / オープンイノベーション推進本部 ソーシャルイノベーションユニット 戦略プログラムオフィス 統合的AI 準備室 室長

大学院修了後、日本学術振興会特別研究員、近畿大学理工学部助手、理化学研究所脳科学総合研究センター研究員を経て、2005年 NICT 入所。内閣府出向等を経て、2016年から現職。知識ベースシステム、Web 情報処理などの研究に従事。博士(工学)。

**近**年、AI 技術に対する社会の関心、期待が高まっており、第3次AIブームと言われています。この直接的な要因は、機械学習技術のひとつである深層学習と呼ばれる、人間の脳の構造を模した多層のニューラルネットワークの学習法が開発されたことにあります。深層学習は、画像・音声認識等の課題において既存の機械学習技術より飛躍的性能を示し、囲碁においては、あと10年はかかるだろうとの専門家の予測に反して世界トップクラスの棋士に勝利するなど、社会的な反響を呼びました。

また、間接的な要因としては、GPGPU に代表されるハイパフォーマンスコンピューティング技術の向上により、スマートフォンだけでなく、ネットワークに接続されたセンサー・機器群からリアルタイムにビッグデータが生成・処理できるIoT環境が整ったことも挙げられます。

このような背景の下、我が国でも政府に人工知能技術戦略会議が設置され、総務省・文部科学省・経済産業省が連携を図ることで、AI技術の研究開発と社会実装の加速を目指しています。脳情報通信融合研究センター(CiNet)は、ユニバーサルコミュ

ニケーション研究所及び同研究所データ駆動型知能システム研究センター、先進的音声翻訳技術研究開発推進センターと共に、政府のこの取り組みに参画し、主に脳から学ぶ次世代のAI技術の創出に期待が寄せられています。

### ■ 既存のAI技術の限界と 脳に学ぶアプローチ

深層学習が現在のAIブームの牽引役になっているのは前述のとおりですが、決して万能な技術ではなく、大量かつ品質の良い教師データ(人間があらかじめ正解事例としてラベルを付与したデータ)があることが前提となっています。このようなデータは人的に付与する必要があるため、すべての応用分野において整備することはコストの面で現実的ではありません。また、深層学習による学習済みモデルを実用的な時間内で実行処理するためには、潤沢なコンピューティング資源やそれを支えるデータセンター、電力等のインフラも大規模になり、応用範囲が限られています。

一方、人は数少ない経験からも学ぶこと

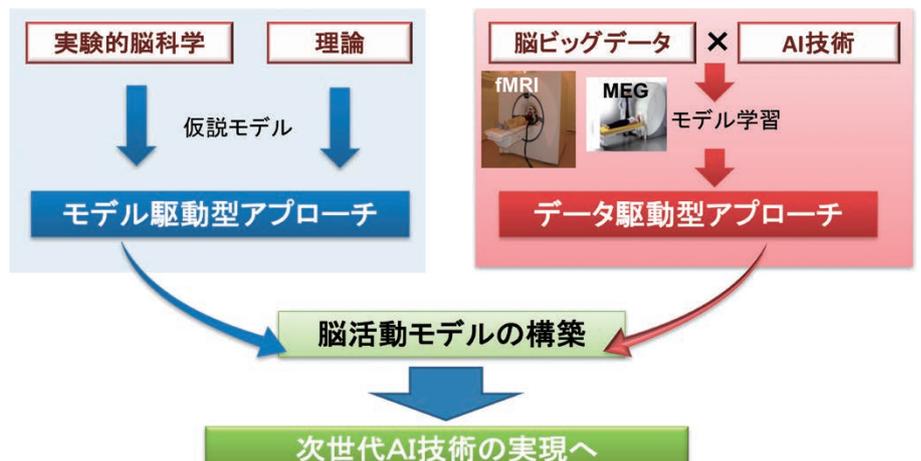


図1 モデル駆動型及びデータ駆動型アプローチの相補的な研究展開

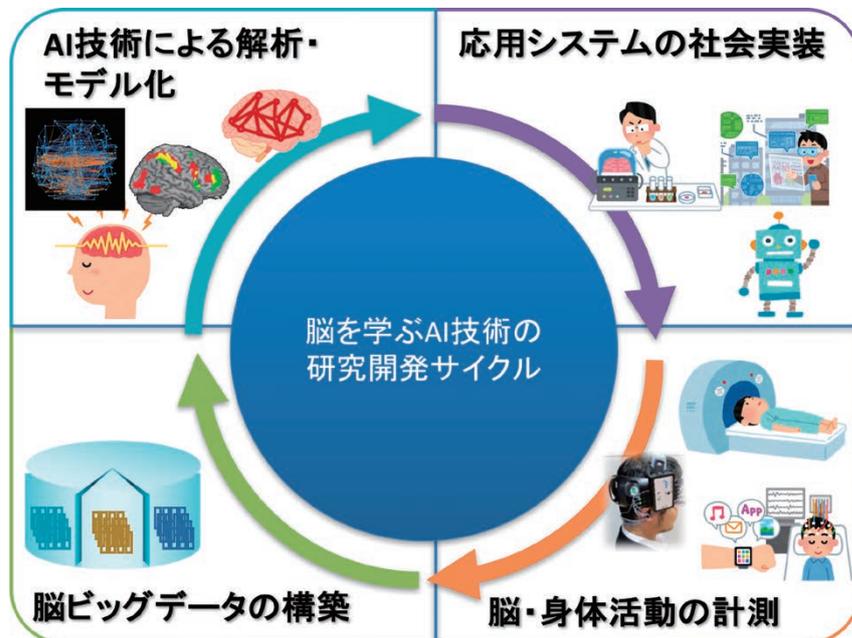


図2 脳に学ぶAI技術の研究開発サイクル

ができ、明示的に教えられなくても言語などの知識を獲得可能です。また、ある分野の知識を他の分野に応用することもできます。しかも、脳は低消費電力なコンピューティング資源でもあります。こうした高度で柔軟性の高い知性は、機械学習技術をはじめ既存のAI技術で実現することはいまだ困難です。CiNetでは、このような知性の唯一の実現形態である人間の脳に学ぶアプローチで、より高度なAI技術の実現を目指しています。

### ■ AI技術で脳を読み解く

脳に学ぶためには、大量の脳活動データからその機能を読み解き、工学的に再現可能なモデルを作り計算機上で再現し、その特性を解析する必要があります。このようなデータ駆動型の研究開発を進めるためには、脳活動に関する大規模なデータベースの構築が不可欠です(図1)。では、fMRI(機能的磁気共鳴画像装置)、MEG(脳磁界計測装置)等の脳活動計測設備さえあれば、次世代AI研究に役立つ脳ビッグデータがすぐに構築可能でしょうか? 答えは否です。これまでCiNetだけではなく、世界中の研究機関でも脳活動データが計測、蓄積されていますが、データ次元数、計測時間、サンプル数に偏りがあり、実験条件、被験者の年齢・性別などを含めた属性情報もバラバラで情報が欠損している場合も少なくありませんでした。

先ほど、現在のAI技術の問題点を指摘したことと逆説的ですが、非常に複雑な脳活動データを読み解くためのツールとして、AI技術、特に機械学習技術は有効であると考えています。そのためには、超高次元かつ不均質(異なるデータ属性、データ属性の欠損)なデータに対して、脳活動データと映像などの刺激データや運動データ等

～2020	～2030	～2040
脳ビッグデータ構築		
【第1フェーズ】脳を学ぶAI: AI技術による脳情報解析	【第2フェーズ】脳に学ぶAI: 脳内ネットワークモデルによる高次脳機能型情報処理の研究開発	【第3フェーズ】脳を真似るAI: 全脳モデルによる次世代AI(汎用AI)システムの研究開発
【期待される成果】 ・脳情報計測によるデコーディング技術高度化とビジネス応用 ・脳/バイオマーカーの開発 ・BMI技術 等	【期待される成果】 ・革新的な機械学習技術(ポスト深層学習技術) ・ニューロモルフィック回路の実現 ・エッジコンピューティングのAI化 等	【期待される成果】 ・全脳レベルのニューロモルフィックシステムの実現 ・自動車、ロボット、ドローン等あらゆる機器、ICTインフラの浸透

図3 研究開発ロードマップイメージ

との対応関係を導き出しモデル化するための手法が不可欠となります。

このような機械学習技術は、異なる多くの医療施設、撮像条件、被験者について計測・蓄積された精神・神経疾患に関するデータを結び付けて推定し、疾患の早期発見や最適な治療法選択の支援等、次世代AI技術の研究開発以外にも幅広い分野に提供できると考えています。

以上のように、脳・身体活動の計測、脳ビッグデータの蓄積、AI技術による解析・モデル化、応用システムの開発及び社会実装の研究開発サイクルを回すことが、脳に学ぶAI技術の研究開発の深化・発展に不可欠です(図2)。

### ■ 今後の展望

IoTの普及に伴い、今後はクラウド側による集中処理から、ユーザに近いネットワークのエッジ(末端)側で処理を実行するエッ

ジコンピューティングの重要性が増していくと予測されています(図3)。エッジコンピューティングはネットワークの通信コストを抑え、ICTサービスレスポンスのリアルタイム性を高められるなどのメリットがある一方で、コンピューティング資源や電力などの観点から中央処理よりも制約が大きく、ユーザとの親和性・柔軟性も求められます。このような要求条件に対して低消費電力かつ柔軟性の高い知的処理が可能な次世代の脳型AI技術は、非常に親和性が高いと言えます。将来は、ロボットや自動走行車だけでなく、様々なアクチュエーション(作動)を伴うデバイス機器等やサービスに組み込まれ、日本のモノづくりの強みを活かしたAI技術によるイノベーション創出が期待されています。このような大局観に立ちながら、地道にデータに基づく脳の知見を積み重ねていくことが、脳に学ぶ次世代AIの研究開発に不可欠と考えています。



## 色収差補正方法

—生きたままの細胞内構造を観察する—

顕微鏡の性能向上によって、多色に染め分けられた細胞を生かしたまま観察することを目指して開発された技術がこの「色収差補正方法」の発明です。具体的には、光学顕微鏡から得られた画像データの色収差を独自の技術で補正することによって、高分解能を実現します。細胞内構造の相対位置情報を正確に取得できれば、幅広い分野の研究推進に貢献し、偉大な発見があるかも知れません。

### ■技術の概要・適用分野等

カメラで撮影した画像には、たくさんの色(波長)が含まれていますが、厳密にいうとこの色の違いによってピント(焦点)がずれています。これを色収差といい、この色の違いによるピントをそれぞれ画像処理によって調整し、精細な画像を得ることがこの技術開発の目的です。そのためには、各色の漏れ光を利用して同じ観察対象を観察した参照画像を撮影し、この画像から各軸の位置ずれ量、回転角度、各軸の倍率といった複数の変数に対して最適解を求めます。超解像顕微鏡の分解能は、30~120nm(ナノメートル)程度ですが、これらの処理によって、三次元的に撮像した画像の色収差を数nmで補正することができます。なお、電子顕微鏡を使えば倍率は確保できますが、被測定物を真空状態にさらさなければならぬため、細胞が死んでしまい生きたままの観察はできません。

### ■利用・応用・連携先の探索

細胞を生かしたまま自在に観察できる顕微鏡ができれば、生命科学の広い分野で偉大な発見や新たな研究推進に貢献することが考えられます。連携先の企業としては顕微鏡メーカーがありますが、まずは、最もこの顕微鏡を使って研究等を実施したいユーザを意識して、実用化を推進することが肝要です。そのため、想定されるユーザとなる大学等も共同研究にご参画いただくことも必要になってきます。この技術の優位性を活かせる(必要とされる)シーンがどのような分野でどんな目的があるのか、これらが見えてくれば、研究連携先やライセンス先候補も明らかになってきます。知財活用推進室では研究者と二人三脚で研究成果の実用化を進めてまいり所存です。本技術に興味をお持ちの企業等がありましたら、下記連絡先までお問い合わせください。ソフトウェアの貸出しも可能です。

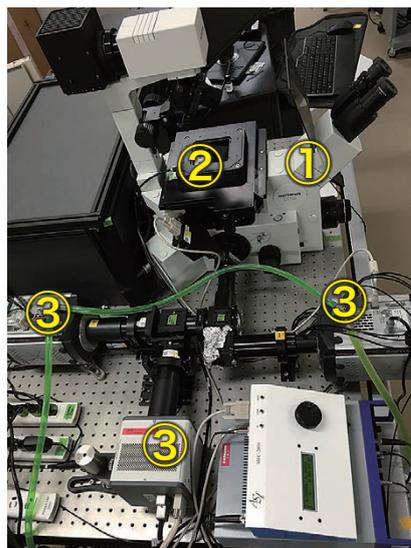
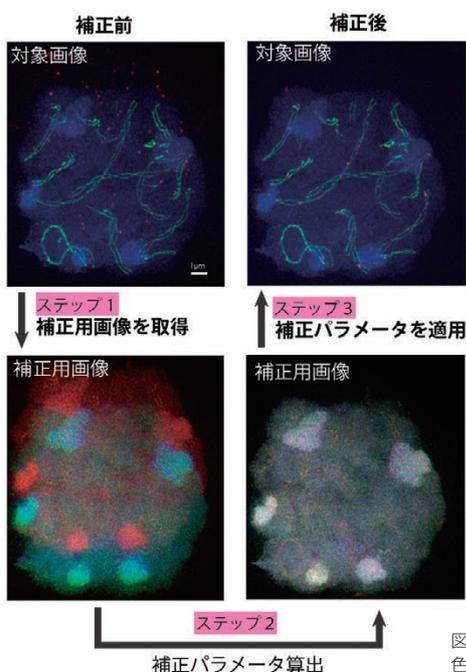


図1  
色収差補正用にセットアップした顕微鏡  
①顕微鏡、②試料、③カメラ



補正前の画像では、緑のラインと赤の点の位置がずれているが、これが補正されている。

図2  
色収差補正ステップ

### 〈特許情報〉

公開番号：特開2015-216495  
発明の名称：色収差補正方法

### 〈連絡先(問合せ等)〉

イノベーション推進部門 知財活用推進室  
E-mail: ippo@ml.nict.go.jp  
TEL: 042-327-6950 FAX: 042-327-6659

# 次世代人体筋骨格モデル『Def Muscle』の開発と技術移転

脳情報通信融合研究センター 脳情報通信融合研究室  
主任研究員 平島 雅也

## PCで動作する汎用性が高い筋骨格モデルを開発

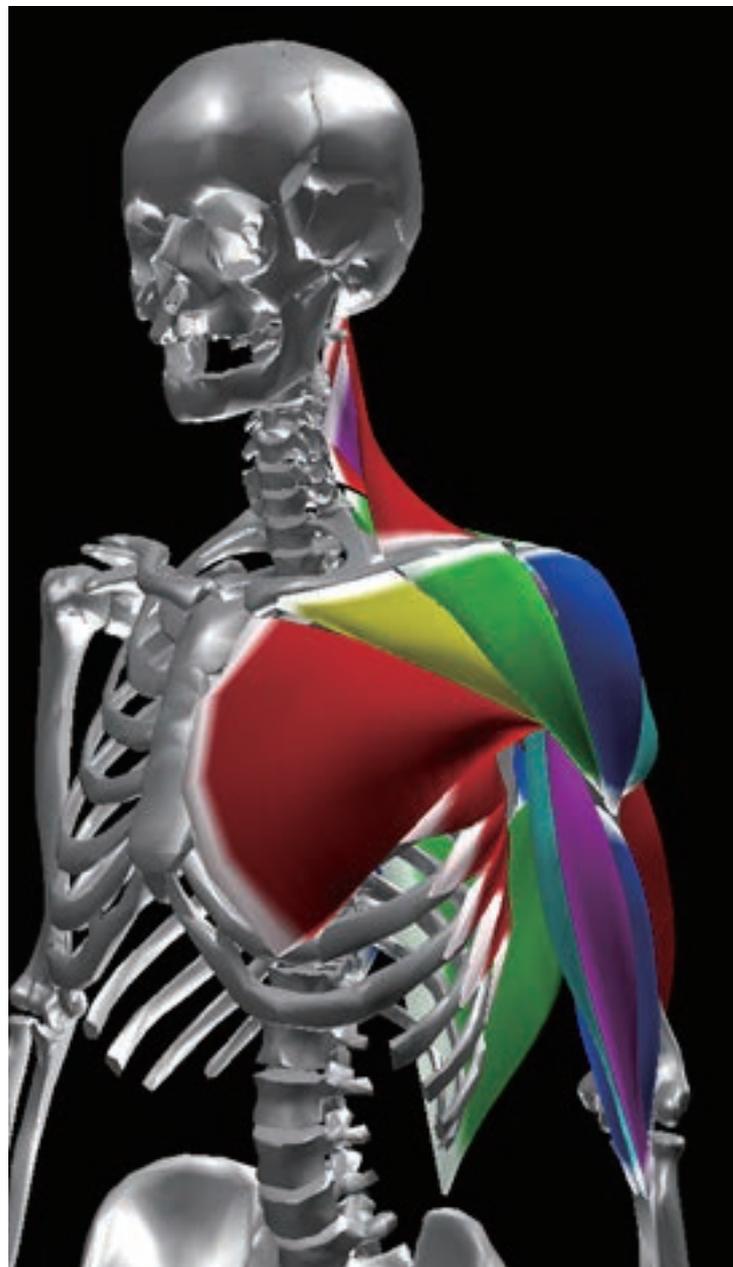
我々の身体には何百という数の筋肉が存在し、脳はそれをうまくコントロールしています。脳が身体を動かす仕組みを明らかにするためには、これらの多数の筋肉がどういう位置関係で動いているのかを知る必要があります。しかし、筋肉の位置を正確に表現できる人体モデルはいまだ存在しません。従来の人体モデルでは、筋肉をボリュームのない直線や折れ線として単純化してしまっているため、筋肉が骨の中に埋まったり、本来表層にあるべき筋肉が深層の筋肉の内部に埋まったりといった不自然な状況が起きてしまう場合があり、ヒトの運動を扱うすべての分野で大きな障壁となってきました。

私は、この問題を根本的に解決するため、筋肉のボリューム（大きさ・形状）と干渉（ぶつかり合い）による変形を考慮した新しいタイプの筋骨格モデルの開発に取り組んできました。ボリュームの変形の計算には多大なコストがかかりますが、近年急速に発展したGPU並列プログラミング手法を取り入れて解決を図りました。その結果、従来モデルでは表現しきれなかった肩周辺の筋骨格モデルをスーパーコンピュータではなく、パーソナルコンピュータ（GPU搭載が必要）で動作させることに成功しました（図）。

今回開発したGPUベースの計算基盤は、人体運動のシミュレーション、運動負荷解析、アニメーション等の用途に利用できる汎用性の高い基盤技術です。現時点では肩周辺のみですが、筋肉の形状さえ用意できれば下肢や体幹、ひいては他の動物の運動を扱うことも可能です。

応用分野は、脳科学だけでなく、整形外科・リハビリ・スポーツなどのバイオメカニクス分野、さらには教育やエンターテインメントまで幅広く及びます。本技術は、知財活用推進室の協力により、3DCGを専門に扱う（株）スリーディーに技術移転され、「次世代筋骨格モデル開発ツールDef Muscle」として販売されることになりました。

2016年9月のNICTプレスリリースをきっかけに自動車メーカーや整形外科専門病院等から問い合わせがあり、（株）スリーディー担当者とともに本モデルの説明に向くなどの活動が増えました。学会等では、2016年中にMotor Control研究会、計測自動制御学会システムインテグレーション（SI）部門で展示が行われ、2017年3月にはITビジネスの展示会としては世界最大規模のCeBIT2017（3月20～24日、ハノーバー／ドイツ）においても展示を行う予定です。今後は、展示会等で得られたユーザーの声を参考にしながら性能向上に努め、この分野のスタンダードな存在になれるよう努力していきたいと考えています。



図：Def Muscleによって作成された肩周辺モデル

Def Muscleは筋肉の3次元形状変化をシミュレーションするための関数ライブラリ群です。シミュレーションの基になる筋肉の基本形状データは、ユーザーが各自で用意する必要があります。本図は、BodyParts3D\*で提供されている人体形状データを基にしてDef Muscleでシミュレーションした結果です。このように作成した筋骨格モデルは、脳から筋肉へ送られる運動指令からどのような骨格運動が生じるのかをシミュレーションする用途（順ダイナミクス計算）や、モーションキャプチャで計測した骨格運動データから、その時の筋形状・発揮筋力を推定する用途（逆ダイナミクス計算）に利用することができます。

\* <http://lifesciencedb.jp/bp3d/info/>

平島 雅也（ひらしま まさや）

大学院博士課程修了後、東京大学大学院教育学研究科助教を経て、2014年にNICTに入所。運動制御・運動学習、バイオメカニクスなどの研究に従事。博士（学術）。

# 平成30年度 採用情報

<http://www.nict.go.jp/employment/>

## 研究職員(パーマネント研究職員またはテニュアトラック研究員)及びパーマネント研究技術職員

当機構は、将来のICTに関する研究開発を担う人材を公募します。観る(センシング)、繋ぐ(ネットワーク)、創る(データ活用)、守る(サイバーセキュリティ)、拓く(フロンティア)の各分野と、それに加えて異分野融合・分野横断型の新たな情報通信イノベーションへの取組にも期待します。年齢を問わず、国内はもとより外国籍の方、また性別を問わず男性・女性とも優秀で意欲のある研究者を積極的に採用いたします。



情報通信研究機構では日本の標準時を供給しています(平成29年1月1日うるう秒挿入の瞬間)

### 募集要項

採用時期	平成30年4月1日(原則)
募集分野	(1) センシング基盤分野 (2) 先端的ネットワーク分野 (3) 情報解析・利活用分野 (4) ICTセキュリティ分野 (5) ICTフロンティア分野 (6) 情報通信に関する多様でイノベティブな技術開発推進
募集人員	研究職員(パーマネント研究職員またはテニュアトラック研究員)及びパーマネント研究技術職員を合わせて十数名程度
応募締切日	平成29年4月14日(金) 17:00必着(厳守)
問合せ先	電話:042-327-7304 E-mail: jinjig@ml.nict.go.jp
	※詳細は、当機構ホームページの採用情報をご覧ください <a href="http://www.nict.go.jp/employment/">http://www.nict.go.jp/employment/</a>

## NICT 展示施設 Information ①

## 情報通信研究機構本部 (小金井)

<http://www.nict.go.jp/publicity/exhibition/>



NICTで研究開発を推進している5つの研究分野「センシング基盤分野」「統合ICT基盤分野」「データ利活用基盤分野」「サイバーセキュリティ分野」「フロンティア研究分野」の研究内容とその成果について、映像や実物、体験装置などにより紹介しています。

- 開館時間…9:30~17:00(受付16:30まで)
- 見学ツアー(要予約)…毎週水曜日(13:30~15:00)
- 休館日…土・日・祝日及び年末年始
- 場所…NICT本部(東京都小金井市)
- 連絡先…042-327-5322
- 入場料…無料

### サイバーセキュリティ分野



NICTER(ニクター: Network Incident analysis Center for Tactical Emergency Response)。ネットワーク上でインシデントを誘発する様々な攻撃への迅速な対応を目指したサイバー攻撃観測・分析・対策システム。

### 3カ国語同時音声翻訳システム



マイクに向かって話すと、英語、中国語、韓国語に翻訳して表示し、同時に、音声合成してスピーカーから再生するシステム。

### 多感覚インタラクションシステム



実際の物体の立体形状、画像、接触音を計算機内に仮想モデルとして作成することで、あたかもそこに物体があるかのように、見たり、触れたり、音が聞こえたりするシステム。

### TYK式無線電話機



百年あまり前にNICT等の前身に当たる組織(逓信省電気試験所)が世界で初めて開発した実用無線電話機の精巧なレプリカと、開発者の一人で後のNICT平磯太陽観測施設の初代所長を務めた北村政治郎技手のご子息、英治氏から寄せられた直筆メッセージを展示。

※ NICT展示施設4か所をシリーズでご案内します



NICT NEWS No.462 MAR 2017

編集発行  
国立研究開発法人情報通信研究機構 広報部  
NICT NEWS 掲載 URL <http://www.nict.go.jp/data/nict-news/>

〒184-8795 東京都小金井市貴井北町4-2-1  
TEL: 042-327-5392 FAX: 042-327-7587  
E-mail: [publicity@nict.go.jp](mailto:publicity@nict.go.jp)  
URL: <http://www.nict.go.jp/>  
Twitter: @NICT\_Publicity

ISSN 1349-3531 (Print)  
ISSN 2187-4042 (Online)

(再生紙を使用)

