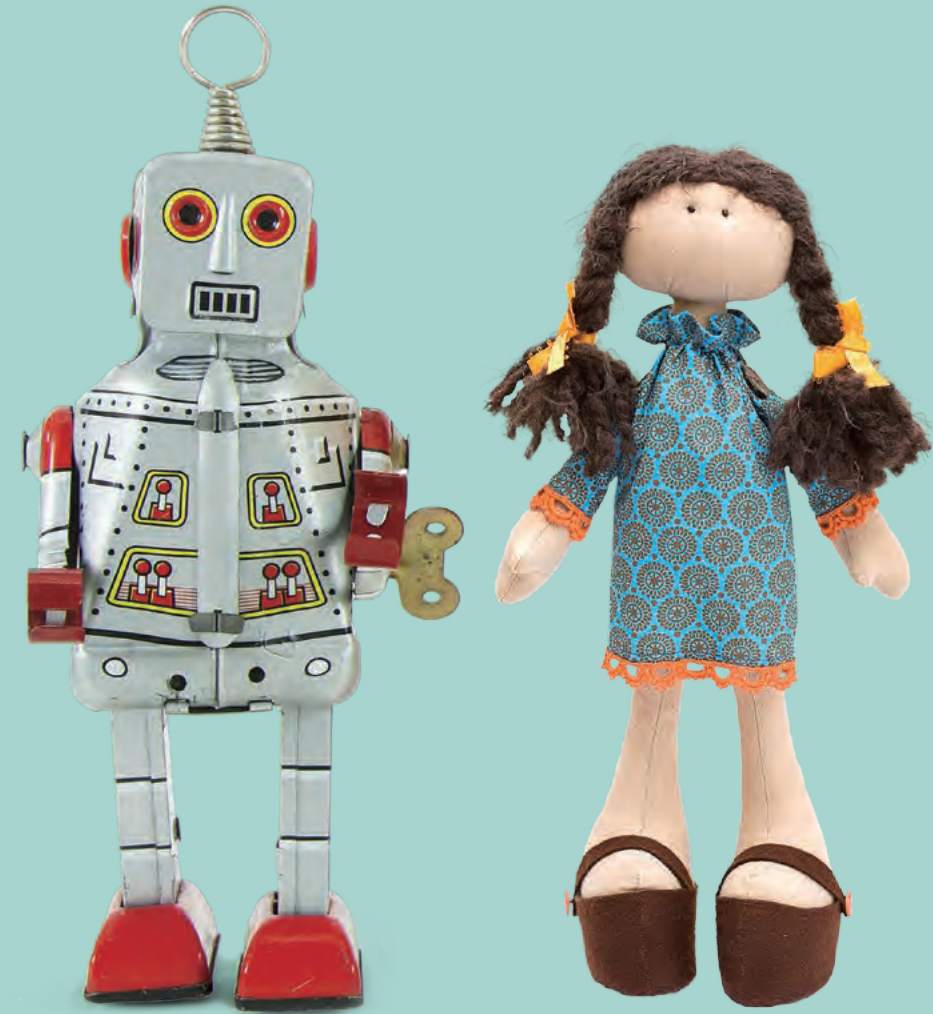


# RADIANT

RITSUMEIKAN  
UNIVERSITY

立命館大学研究活動報  
Ritsumeikan University Research Report



# RADIANT

立命館大学 研究部

<http://www.ritsumei.ac.jp/research/>



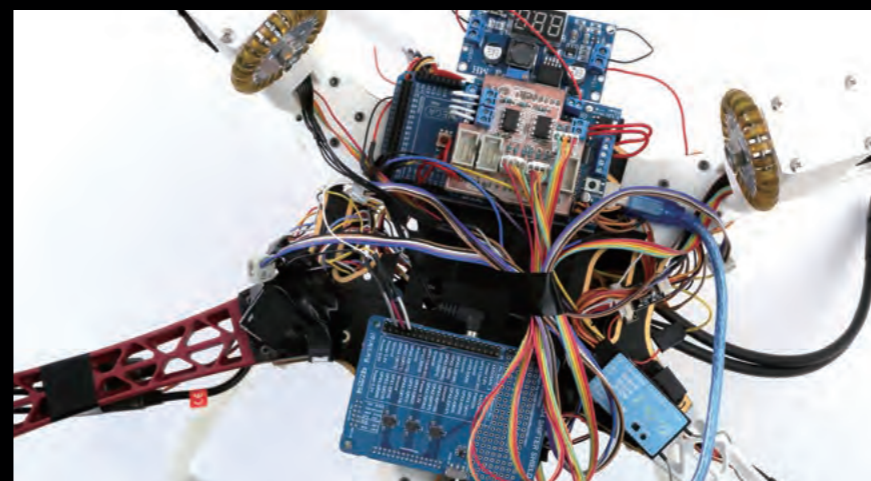
ひかり輝く未来  
立命館の研究が世界を照らす

[特集]  
機械と人の未来

ISSUE 6  
July 2017

# ロボット×AIの未来

機械はその機能の高度化・高質化によって、人間のさまざまな活動における生産性・利便性の向上、高負荷・重労働からの解放に大きく貢献してきました。一方で、人が機械に使われる、といった現象も見られるように。今、社会に求められているのは、人に優しい機械、人と共存できる機械。今後、機械が果たすべき機能は何か、人との関係性はどうかあるべきか。立命館大学では、分野を越えたさまざまな角度から多くの研究に取り組んでいます。



現在、最も注目されている研究分野であるロボティクスと人工知能(AI)。立命館大学の先端ロボティクス研究センター長を務める工学部教授の川村貞夫と、新たな切り口からAIの研究開発に挑戦する情報理工学部教授の谷口忠大に、今後のロボティクスとAIについての研究とその関わりについて、熱き想いを語ってもらいました。

## 技術革新がもたらした ロボットブーム、人工知能ブーム

最初にお二方の研究の立ち位置を知るために自己紹介をお願いします。

**川村** 私は生物工学科出身で、機械工学に専門を移してロボットの研究を始めたのは修士課程からです。立命館大学に赴任した1987年頃からは機構と制御の両方の技術を組み合わせ、ロボット開発を続けてきまし

た。水中ロボットの開発もその一つです。さらに最近は「柔らかい」材料を使った「ソフトロボティクス」の研究にも取り組んでいます。

**谷口** 川村先生とは反対に私はまず機械系分野を専攻し、博士号を取得してから情報系に飛び込みました。当時は1980年代の第2次人工知能(AI)ブームを過ぎ、コンピュータの計算処理能力に依拠したAIの限界が指摘されていました。それに対して私たちが着目していたのは「身体」の重要性です。人間は周囲とのコミュニケーションや社会との関わりといった身体的な経験からボトムアップに認知を形成していきます。既存のAIの限界を超えるには、そうした人間の認知発達と同じプロセスで言語や

概念を獲得していくAIが必要だと考えたのです。そこで外部と関わるための「身体」を持った計算機としてロボットを定義し、「記号創発ロボティクス」という新たなアプローチを見出し、研究してきました。

第2次AIブームから30年余り、今またロボットブーム、第3次AIブームが到来しているといわれています。なぜ今、再びロボットやAIが注目を集めているのでしょうか。

**川村** ロボットブームの理由の一つは、技術の発達です。ロボットを構成するセンサやアクチュエータ、コンピュータといった要素技術とともにそれらを統合する技術が飛躍的に進歩したことが挙げられます。

### Table of Contents

- 02 巻頭対談  
ロボット×AIの未来  
川村 貞夫 (工学部 教授)  
谷口 忠大 (情報理工学部 教授)

---

- 06 STORY #1  
琵琶湖の環境を守る番人は  
水中ロボット。  
川村 貞夫 (工学部 教授)

---

- 08 STORY #2  
おかずをつまんで弁当箱に詰める  
「柔らかい」ロボット  
平井 慎一 (工学部 教授)  
王 忠奎 (工学部 助教)

---

- 10 STORY #3  
眠っている人の映像だけで  
睡眠状態を計測する  
岡田 志麻 (工学部 准教授)

---

- 12 STORY #4  
飛行ロボットに革新をもたらす  
機械の「眼」  
下ノ村 和弘 (工学部 准教授)

---

- 14 STORY #5  
人に代わって自ら走行・作業する  
知的ビークルの可能性  
深尾 隆則 (工学部 教授)

---

- 16 STORY #6  
ビジネスを変えるクラウド、AI  
依田 祐一 (経営学部 准教授)

---

- 18 STORY #7  
人工知能が「想像力」で  
デザインした椅子  
西川 郁子 (情報理工学部 教授)

---

- 20 STORY #8  
ビデオゲームの進化に  
人間の感性の本質を探る  
吉田 寛 (先端総合学術研究科 教授)

---

- 22 STORY #9  
人と機械の調和が実現する  
「快適」な自動車運転とは？  
和田 隆広 (情報理工学部 教授)

---

- 24 STORY #10  
人間の子どものように  
言葉や概念を獲得していく人工知能。  
谷口 忠大 (情報理工学部 教授)  
萩原 良信 (情報理工学部 助教)

---

- 26 研究TOPICS / EVENT GUIDE / 刊行情報
- 30 COLUMN / 土曜講座



加えて社会的ニーズの高まりもあります。先進国を中心とした少子高齢化による労働人口の減少に加え、製造業が国内回帰する傾向が加速する中で、ロボットによる自動化なしには早晚ものづくり産業が立ち行かなくなることは目に見えています。経済産業省の「ロボット新戦略」でロボット市場の拡大が打ち出されるなど、ロボット開発はいまや国を挙げて取り組むべき重要課題となっています。

その後塵を拝しているのが現状。まずは先鋒をキャッチアップし、「次」を見据えて革新的なAIを生み出していく必要があります。

## 既存のイメージを覆す ロボット・AIを開発する

自動車がロボット化しているといわれるように、一般の人々の想像を超えた多様な形や機能を持ったロボットが次々に登場していますね。

**川村** 私はかねてから「ロボット」の定義が極めてあいまいであることに危惧を抱いていました。ロボットの形や機能はその目的によって決定づけられるべきもので、「ロボットとはこういうものだ」という根拠のない思い込みはロボット開発を妨げることになりかねません。例えば「ロボットはヒューマノイド(人型ロボット)であるべきだ」とすれば、「お掃除ロボット」も人型にするために本来の機能に不必要な部品を数多くつけなければならなくなり、工学的にもコスト面でも実現不可能になってしまいます。

川村先生が研究する「柔らかないロボット」も既存のロボットのイメージを覆すものですね。

**川村** 今社会で活躍しているロボットのほとんどは硬く、重い金属材料で作られた剛体です。それに対して私は金属に代わってプラスチックやゴムといった高分子材料を使った「柔らかない」ロボットを作ろうとしています。ソフトな材料を使うことによって軽量化やコストダウンが可能になります。また単に素材が柔らかないだけでなく、人間のような柔軟でスムーズな動作も実現できるようになり、応用可能性が大きく広がります。

とはいえ材料を変えるのは口で言うほど簡単ではありません。それまで金属を基準に考えられてきたロボットの力学や制御の理論のほとんどが使えなくなるため、「ソフトロボティクス」のための理論を一から構築していく必要があります。こうした民間企業にはできない理論構築を担うのも大学の役割だと考えています。

**谷口** 「ソフトロボティクス」はAI技術の発展にも深い関わりがあります。第3次AIブーム以前のAIは、画一的な方法でしか学習できない、いわば「ハード」なAIでした。一方今私たちが焦点を当てる機械学習は、より雑多であいまいなものから知識を獲得していくことができる、柔軟性の高い「ソフトなソフトウェア」ということができます。

ロボットもAIも「人間」に近づいていくことが進歩の道筋なのでしょうが。

**谷口** 私が目指すのは、人間の赤ん坊が環境を理解していくのと同じプロセスでボトムアップに知識を獲得していくAI。「記号創発ロボティクス」はまさに人間の知能の「リバースエンジニアリング」です。「ソフトロボティクス」も同じ文脈で捉えることができます。現在の人間の姿は自然淘汰による進化を経て地球環境に適應してきた結果です。人間はもちろん地球上のほとんどの生物が「ソフト」な形態を持っていることを考えると、「ソフトロボット」こそ理にかなっているといえるのではないのでしょうか。

## ソフトとハードをむすぶ システムインテグレーターが必要

**谷口** しかしどれほど優秀な機械学習を実現しても、それだけでは万能ではありません。ハードウェアであるロボットの身体と協動的に、相乗効果的に機能する必要があります。人間環境でうまく機能するロボットを作るためには、ハードウェアの進歩に柔軟に対応するソフトウェアである必要があります。今後AI開発がさらに実用に近い企業で進められることを想定した時、ロボットというハードウェアとAIというソフトウェアを統合して技術開発を進めることがますます重要になっていくと考えています。

**川村** まったく同感です。私の研究においてもハードウェアにあたる機構とソフトウェアにあたる制御のどちらか片方だけではうまく機能するロボットを作ることはできません。求められるのは、目的に沿って機構と制御の両方を統合する「システムインテグレーション」の技術。さらにはそれを実現してみせるだけでなく、基盤となる理論を構築することも我々大学が果たすべき役割だと考えています。

機械工学と情報系という分野の壁を超えてハードとソフトをつなぐことのできる「システムインテグレーター」の育成も大学に期待されています。

**川村** それは難しい課題です。立命館大学では1996年、システムインテグレーターとなり得る人材の育成を目指して理工学部にもロボティクス学科を設立しました。現在も試行錯誤しながらソフトとハードをつなぐことのできる人材の育成に尽力しています。

**谷口** 異なる複数の学問分野を統合できる人材の育成は急務ですが、その際に危惧されるのは、結局どの学問も中途半端にしか修めていない「ゼロ専門性」の人材を生み出してしまわないかということです。まずは基盤となる高い専門性を身につけてから、異なる分野への展開は博士課程で行うべきだと私は考えています。立命館大学は日本でもトップクラスの産学連携数を誇り、数多くの産業人材を輩出してきました。こうした産業界とのつながりはシステムインテグレーターの育成において強みとなるはずです。

**川村** 私も谷口先生も専門分野を横断してきた経歴を持っています。しかし今は専門分野が細分化し、異分野を学ぶ人が少なくなっているように感じています。博士課程でそうした教育を実践できればすばらしいですね。

## 異分野連携で実現する 次世代ロボット・AIの創出

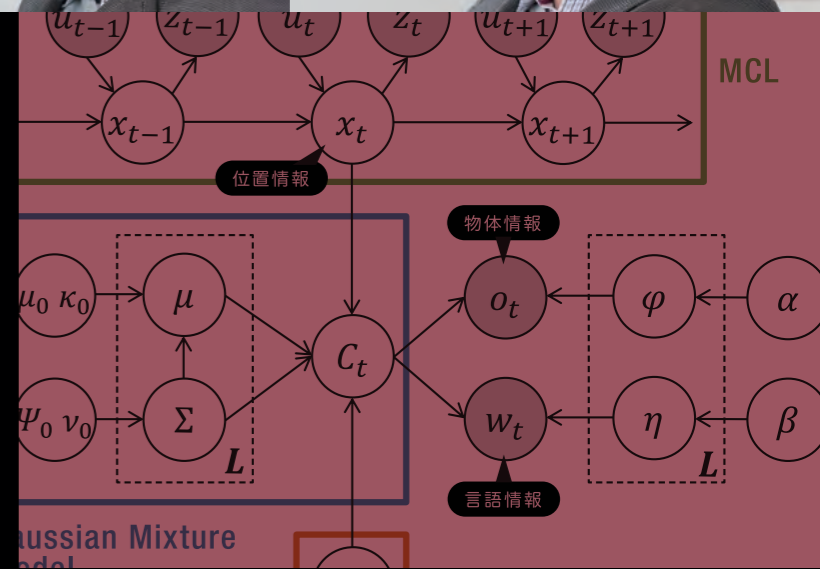
お二人はいずれも現在、立命館グローバル・イノベーション研究機構(R-GIRO)に採択され、学問領域を横断した拠点形成型で研究プロジェクトに取り組んでいます。異分野連携を含めたお二人のロボット・AI研究の今後について展望をお聞かせください。

**谷口** 今後も人間の言語の獲得や進化に至るダイナミズムに焦点を置いた「記号創発ロボティクス」の視点からAI研究、さらにそのアウトカムとしてのロボットの社会実装に力を注いでいきます。人間の知能のダイナミズムを理解するためには真の意味での学際融合による基礎研究が必要です。いずれR-GIROの拠点をその中核に育てたいと考えています。

**川村** 私も引き続き先端材料を使ったソフトロボティクスの開発

## 谷口 忠大 情報理工学部 教授

1978年京都市生まれ。2006年京都大学工学研究科博士課程修了。博士(工学・京都大学)。立命館大学情報理工学部助教、同准教授を経て2017年より現職。2015～2016年Imperial College London客員准教授。2017年からバナソニック客員総括主幹技師としてAI研究開発に携わる(国内初の大学から企業へのクロスアポイントメント事例)。ピブリオバトルの発案者としても知られる。著書『コミュニケーションするロボットは創れるか』(NTT出版)、『記号創発ロボティクス』(講談社)他多数。



を進めていきます。システムインテグレーションを声高に叫ぶまでもなく、もはやロボット開発においてソフトとハードを切り離すことはできません。「ソフトロボット」の開発においても先に谷口先生のおっしゃった「ソフトなソフトウェア」の助けが欠かせないものとなるでしょう。今後の我々の挑戦において機械系と情報系の連携はますます重要になるはずです。



# 琵琶湖の環境を守る番人は 水中ロボット。

日本最大の湖・琵琶湖。約400万年前から同じ姿を留める古湖であり、今なお豊かな生態系を維持する世界でも稀有な湖の環境保全や調査に今、水中ロボットが活躍している。川村貞夫らが開発した「湖虎（ココ）」は2本のアームで水中の物をつかむことのできる水中ロボットだ。重さ55kgの小型・軽量のボディで50mの深さに潜り、カメラや加速度センサで水中を撮影・計測しながらゴミ拾いなどを行う。廃タイヤを湖底から引き上げた実績もある。

水圧や浮力、水流などの影響を受ける水中でロボットを動かすのは、陸上とは比べものにならないほど難しい。ロボットアームなどの自由度の高い付属物を搭載すると制御はさらに複雑になる。浮遊状態の水中ロボットではロボッ

トアームを適切な位置に持つことも困難な上、足場のない水中で物を持つとその重量でバランスを崩し、ロボットもろとも沈んでしまう。川村は世界にも例のない独立型の浮心移動機構を開発し、そうした課題を解決してみせた。2つの発泡ウレタンのフロート（浮き）とスクリューでロボット本体の姿勢を保持しながら、ピッチ角とロール角を制御する仕組みで水中の物体にうまく姿勢を合わせることに成功した。

コンピュータによる制御技術とメカニカルな機構開発の両方に秀でているところが川村の強みだ。「ロボットはセンサやアクチュエータ、コンピュータなどシステムとしての統合体です。システム統合の視点で考えなければ高い性能は望めません」と川村は言う。とはいえ水環境の影響は予測不可能でコンピュータによるシ

ミュレーションも十分ではなく、機構と制御を統合させるのは簡単ではない。それを可能にすることで川村は従来にはない小型で高性能な水中ロボットを次々と実現してきた。

「水中ロボットそのものの性能に加えて重視しているのは、操縦のしやすさです」と続けた川村。訓練を積んだ専門家しか使えなければ、どんなに高性能な水中ロボットも宝の持ち腐れになってしまう。複雑な制御機構を持つロボットアームの操作もジョイスティック一つでコントロールできるよう川村は最初からハンドリングを考慮に入れてシステム設計を行っている。

ココの進化形である「有手海（アルテミ）」はさらに軽量の30kg。ココより数段機敏に動けるようになった上、先端に取り付けたアームで物をつかんだり、組み立てることもできる。カ

メラと150mの長さのケーブルによる通信で水上の操縦者に水中の様子を伝えることで、水中で細長いパイプを差し込むといった複雑な作業も可能になった。

ハンドリング可能な水中ロボットはそれまで深海探査などで用いられる大がかりなものがほとんどだった。「水深3000m以上まで潜るためにロボットの重さは数百kgから1トン単位。開発には数百億円かかる場合もあり、1回調査に赴くだけで、数千円から億単位の費用がかかります。これでは到底身近な環境保全や調査に簡単に使うことはできません」

川村が徹底して小型化と軽量化、使いやすさを追求するのは、ニーズの高さに比べてそうし

た水中ロボットがあまりに少ないからだ。「開発が難しく研究開発者が少ないため、技術の発展も人材の育成も進まない。そんな悪循環を断ち切りたい」と敢えて険しい道を行く覚悟を語る。

ココやアルテミといった環境保全に役立つ水中ロボットの他に、川村は琵琶湖の環境や考古学の調査に用いるロボットの開発を進めている。湖底に1m程度の細長いシリンダーを突き刺し、数百年単位で積もった泥層を採取するための水中ロボットが「海剣（ミツルギ）」だ。水流の影響を最小限に抑え、効率的に方向転換や移動を行うために、可変形状機構やスラスト（プロペラ）配置に工夫を凝らしている。

また「海観（ミカン）」は琵琶湖底に眠る葛籠尾崎（つづらおぎ）湖底遺跡を調査するため

に開発された。GPSの届かない水深70mまで潜り、3次元で物体を捉えるハイビジョンカメラと超音波信号で湖底の土器を探索する。水の流れの激しい場所を進めるよう8個のスラストが取り付けられ、また砂に埋もれた土器を傷つけないよう水流で表土を吹き飛ばす機能も搭載されている。

川村の開発した水中ロボットが今後琵琶湖の環境保全の一翼を担うだけでなく、地球や人類の足跡を明らかにする歴史的な発見を後押しするかもしれない。



## 水中でロボットを自在に動かすには 制御と機構の統合が欠かせない。

柱状採泥  
水中ロボット  
**海剣**  
MITSURUGI

海湖底の泥の  
柱状サンプル可能

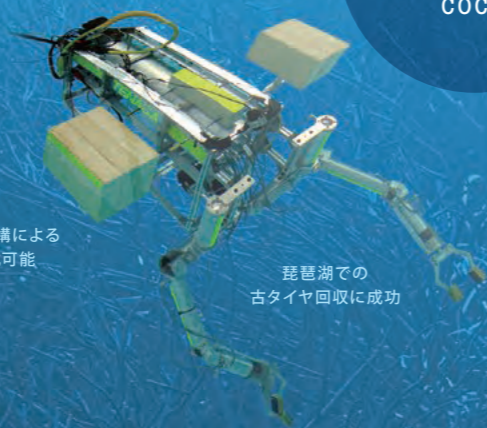


琵琶湖大橋付近において  
GPS目標位置での  
採泥に成功

水面でのGPS誘導と  
本体姿勢変化による  
自律採泥可能

1人の操縦者による  
ロボットの  
運動制御可能

双腕操縦型  
水中ロボット  
**湖虎**  
COCO



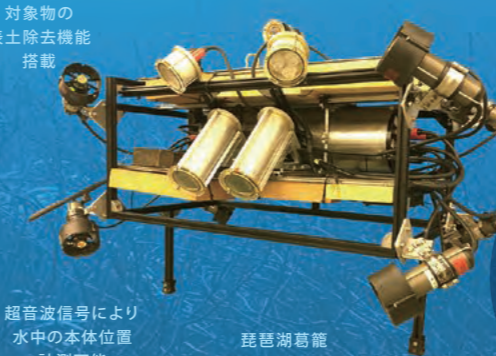
浮心移動機構による  
姿勢変化可能

琵琶湖での  
古タイヤ回収に成功

対象物の  
表土除去機能  
搭載

流れのある水中での  
考古学調査可能

ステレオ  
ハイビジョン  
カメラ搭載



超音波信号により  
水中の本体位置  
計測可能

琵琶湖葛籠  
尾崎湖底遺跡の  
調査実施中

画像鮮明化  
機能搭載

浮心移動機構による  
ピッチ制御安定化

水中グリッパ  
ロボット  
**有手海**  
ARTEMI



6自由度グリッパ

片手操縦装置開発



水中考古学  
ロボット  
**海観**  
MIKAN

川村 貞夫

理工学部 教授

研究テーマ：水中作業を目的としたロボット開発、ソフトロボットの設計と製作、次世代産業用ロボット開発

専門分野：知能機械学・機械システム



# おかずをつまんで弁当 「柔らかい」ロボット

# 箱に詰める

**硬**い金属の鋼でカクカクとぎこちなく動く。そんなロボットのイメージを覆す「柔らかな」ロボットの開発が近年目覚ましい勢いで進んでいる。

そんな「ソフトロボティクス」研究の先駆者の一人・平井慎一は、柔らかい材料を積極的に用いることで従来とは異なるロボットの機能を探究してきた。中でも注力するのは、柔らかく、変形しやすい物体を掴むことのできる「柔軟物ハンドリング」ロボットの開発だ。把持の対象として想定するのは食品。いずれは食品加工工場でパッキング作業に用いることを目標に据えている。「コンビニエンスストアで売られている弁当は一日に200万～300万食。製造工場でのパッキングは今もすべて人による手作業で行われています。ものづくり現場ではロボットによる自動化が進んでいますが、形や大きさ、柔らかさの異なる惣菜ごとに力加減を調整し、パッキングするといった繊細な作業を人に代わって担えるロボットはいまだありません。その一方で人手不足が深刻な業界で食品のパッキング作業の自動化を望む声はますます大きくなっています」。平井は開発に尽力する理由をこう語る。

まず平井が考え出したのは、物体の周囲を弾性のある糸で囲み、その糸を絞ることで物体を把持する方法だ。指に見立てた4本の支柱の先に弾性糸を張り巡らせ、その囲いの中に物体を置く。次に指を閉じて糸を絞り、物体をつまみ上げる仕組みだ。弾性糸には物体が近づいたり触れたりすると電位が変化する感圧導電糸を使用。物体の硬さに応じて把持力を調整し、物体の変形を最小限に抑えながらつまみ上げられるよう工夫している。

平井はおかずを小分けするパイレックス容器にゼリービーンズを入れ、このバインディングハンドで中身をこぼすことなく容器を持ち上げてみせた。さらに把持力を高めるために弾性糸を二重に張るバインディングハンドを開発。卵を弾性糸で持ち上げることも成功している。

**柔**軟系によるバインディングハンドの発展形として目下平井とその下で研究する王忠奎が開発を進めているのが、空気圧で駆動する柔軟指だ。ゴムなどの柔らかい素材で作った把持部は片方の面に蛇腹状に切り込みを入れたような形状で、内部に空気を流入すると関節部分が膨張し、指のように折れ曲がる。この柔軟指3本を空気圧制御シ



3Dプリンタの登場で、さまざまなデザインのロボットハンドを作ることが可能になった。切り込みの形状と材料特性によって曲がり方をコントロールすることができる。

になりました」と王。

加えて材料を積層しながら成形していくという3Dプリンタの特性を生かし、剛性の異なる複数の材料を使って柔軟指を作ることも可能にした。まず硬くて曲がりにくい材料で指の根本部分を積層し、次にやや柔らかい材料を積層するよう複数の異なる材料を使って柔軟指を成形。これによって異なる形の物体を掴むことができるようになった。「このロボットハンドを使って食品の把持実験を行ったところ、鶏の唐揚げや生卵、焼鮭の切り身、空き缶といった形や形状、重さ、柔らかさの異なる物体を、あまり変形したり、潰したりすることなく持ち上げることができました」

次の課題は、工場のパッキングラインを想定して食品のパラツキに対応すること。同じ唐揚げでも形や大きさは多様で、しかも生産ラインでは同じ位置に置かれているとは限らない。「そのパラツキをセンシングし、ロボットハンドの動作や把持力の制御につなげる必要がある。そのために画像センシングなど他分野

の技術との連携も考えています」と言う。「縮んだり、膨張したりといった変形を利用して動くロボットを最初に作った時にはソフトロボティクスに対する批判的な声が大半だった」と振り返った平井。それから20年近くが過ぎた2014年、アメリカでソフトロボティクスの専門誌「Soft Robotics」が創刊され、ソフトロボティクスに関する研究が世界中で進んでいる。「誰も気づいていないところに目を向け、他に先駆けて新しいことを見出すのがおもしろい」と笑う顔は実に楽しげだ。

柔らかい材料を使ったロボットが  
これまでにない機能を実現する。

## 平井 慎一 (写真左)

理工学部 教授

研究テーマ：ソフトハンド、柔軟物ハンドリング、触覚センサ、生体組織モデリング、空中マニピュレーション、マイクロ空気圧弁

専門分野：知能機械学・機械システム、機械力学・制御、システム工学

## 王 忠奎 (写真右)

理工学部 助教

研究テーマ：空気圧駆動ソフトロボットグリップの開発と基本原理の確立、生体臓器や組織などの有限要素モデリングと力学パラメータ推定、高齢者口腔ケア訓練と評価システムの構築

専門分野：知能ロボティクス、知能機械学・機械システム、生体工学・生体材料学



**健康**状態を把握するための検査機器から医療機関で病気の発見に使われる診断機器まで人を計測する機器は数多くある。こうしたセンシング技術の開発において、近年被験者に配慮する視点から「何を計測するか」はもとより、「どのように計測するか」が重要になっているといわれる。そんな中、「睡眠の計測」に焦点を当ててセンシング技術を研究している岡田志麻は、人の体動のみから睡眠を計測する無拘束・非接触のセンシング手法を開発し、専門家らを驚かせた。

「睡眠は人の健康に大きく関係しており、その質や量から健康状態や心理状態、さらにはさまざまな疾病の有無など多くのことを推量できます」と解説した岡田。現在の睡眠計測の主流は睡眠ポリグラフ検査と呼ばれるもので、身体にいくつかのセンサを取り付け、脳波や心電図、眼球運動、筋電図、血中酸素飽和度などを連続的に記録する。体のあちこちにセンサを取り付けての計測は被験者に負担をかける上、計測するには検査設備を備えた専門機関にわざわざ出向かなければならない。

一方岡田のアイデアは、就寝中の被験者をカメラで撮影し、画像情報のみから睡眠深度や健康状態を推定しようというものだ。「人間の脳は24時間常に稼働しており、外界からの刺激に反応して必ず身体を動かしています。睡眠時はそれが端的に表れます」と岡田。人は眠りの浅いレム睡眠とより深い眠りであるノンレム睡眠を繰り返しながら徐々に眠りを深めていく。深度が深くなるほど体の動く回数や時間が減っていき、やがてほとんど動かなくなる。この眠りの深度と体動との関係に目をつけたのが岡田の睡眠深度推定法だ。

まず就寝中の被験者を赤外線機能を備えたウェブカメラで撮影し、映像から体動を計測する。岡田はそのデータから体動量、体動連続時間、静止持続時間といったパラメータを算出し、差分処理によって「レム睡眠」「軽い睡眠」「深い睡眠」「覚醒」の4段階で睡眠深度を推定するアルゴリズムを構築した。実際に睡眠深度を推定する実験でも正答率は約80～90%に達し、既存の睡眠ポリグラフと比べても遜色ない性能を実証してみせた。

**睡眠**状態の計測技術は、疾病や発達障がいへの早期診断にも役立てられる。その一つとして岡田は大阪大学附属病院（小児科）と共同でADHD（注意欠陥・多動性障がい）を早期に見出すための診断補助手法の開発に取り組んでいる。「ADHDのお子さんが睡眠障がいや睡眠時無呼吸症候群を併発しやすいことは以前から知られていました。さらに詳しく調べたところ、ADHDのお子さんには本来体動抑制が働いていないはずの深い眠りの時にも体動の頻度が極めて高いことがわかりました」。そこで岡田は睡眠時の映像から抽出した体動の頻度を計測し、ADHDの特徴を定量的に抽出するシステムを開発。テスト段階ではあるが性能の有意性も確かめている。

「幼い男児の場合は特に元気が良いだけなのか、それともADHDの症状が表れているのかを

診断するのは医師にも難しいといわれます。ましてや親御さんがADHDを疑って専門機関を受診するのに二の足を踏むのは当然です。もし家でビデオカメラを回すだけでADHDの徴候を発見できれば、もっと気軽に検査を受けてもらえるようになる。早期診断がその後の治療や育児に役立つことはいうまでもありません」

さらに今岡田が注力しているのが、未熟児の成長スピードを睡眠から計ろうという新たな試みだ。早産児は自分で呼吸したり、乳を飲むようになるまでNICU（Neonatal Intensive Care Unit：新生児特定集中治療室）でクベース（保育器）に入れられ、24時間体制でケアされる。「経験豊富な看護師は、赤ん坊の心電図などのラインに僅かに重畳する体動ノイズや装着された呼吸器の音から赤ん坊がよく寝て正常に発達しているか否かを判断できる」といいます。

そうした看護師の『眼』の代わりとしてカメラを保育器に取り付け、早産児の体動から発達度合いを推定する手法を構築しようとしています」と岡田は説明する。

岡田のもとには医療関係者からの連携依頼が後を絶たない。パーキンソン病やハンチントン病などの神経系疾患に特徴的な症状である不随意運動をビデオカメラで撮影し、症状の有無や程度を判断するシステムや、身体のふらつきや足の引きずりといった微妙な変化を加速度センサで計測し、高齢者の疾病や認知症の予兆を早い段階で見つけ出すシステム、さらに顔の表情のセンシングからうつ病や認知症の兆候を探るシステムなどを開発中だ。一日も早い実用化が待たれる。



岡田 志麻

理工学部 准教授

研究テーマ：小児のための動画像を用いた無拘束、非接触な睡眠検査法の開発、医療従事者を対象とした無人タイムスタディ法の開発、寝具内温度の変化による睡眠時の生理機能の解明

専門分野：医用システム、応用健康科学、知覚情報処理・知能ロボティクス、感性情報学・ソフトコンピューティング

拘束せず、触らずに  
センシングし、  
病気の予兆を  
いち早く発見する。

眠っている人の映像だけ

で睡眠状態を計測する

自律飛行する知的ヘリコプター「ドローン」が一般に登場したのは数年前。以来マルチローター方式のヘリコプターをベースにした飛行ロボットは急激な勢いで普及している。用途も空撮から物資の運搬へと拡大し、最新の開発は土木・建設現場など高所で作業を行う飛行ロボットへと移行しつつある。すでに機体にロボットアームやロボットハンドを搭載し、飛行しながら物体に接触・操作する研究が報告されているが、実用化にはまだ多くの課題を残している。下ノ村和弘もそうした課題克服に挑む一人だ。下ノ村はロボットビジョン、すなわちロボットの「視覚」に焦点を当て、飛行しながら作業を行う「空中マニピュレーション」ロボットの開発に取り組んでいる。

既存の「作業する飛行ロボット」の多くは、機体の姿勢の安定を保つために機体の下方部分が作業域に想定されている。それに対して下ノ村は機体の上部にロボットハンドを搭載し、ハンドを上へ伸ばして作業するロボットを作ろうとしている。「実現すれば、トンネルや屋内の天井、橋梁の裏側の作業や調査など飛行ロボットの作業領域を大きく広げることができます」と可能性の大きさを語る。

飛行ロボット開発の難しいところは、重量や消費電力の制約が非常に大きいことにある。飛行しながら作業を行うには、ロボットハンドの他にカメラなどのセンシング機器、取得したデータを処理してロボットハンドや飛行ロボットを制御するためのコンピュータや制御機器、

一定時間の作業を可能にするバッテリーなどが必要だが、そのすべてを搭載すれば重量オーバーになってしまう。いかに小型かつ軽量で高い性能を実現するか。そこに下ノ村のアイデアが光る。

「まず空中に浮いて不安定に揺れている状態で対象物を検出し、さらにロボットハンドの位置を制御して的確な場所に手先を動かすまでのプロセスを統合するビジョンシステムを構築。またFPGAと呼ばれる書き換え可能な組み込みプロセッサを用いてデバイスを作成するなどソフト、ハードの両面から技術開発を進めています」と下ノ村。実際に飛行ロボットの上部にロボットハンドを設置し、空中で棒状の物体を把持したり、電球をねじってソケットから取り外したりできることを実証している。

またロボットハンドで物体をつかむのに欠かせないセンサの一つに接触（触覚）センサがある。下ノ村はこの「触覚」をも「視覚センサ」で捉えるという画期的な研究に取り組んでいる。ロボットハンドで対象物を把持するプロセスは、対象物を「探索」し、それに「接近」し「把持」という3つで

構成される。探索にはカメラなどの視覚センサ、接近には距離センサや近接センサ、さらに把持には触覚センサや圧力センサが必要で、かつセンサ間でのデータの同期も欠かせない。しかし先述の通り制限の大きい飛行ロボットにこれらすべてを搭載するのは難しい。そこで下ノ村が開発したのが、複眼カメラを用いた光学式接触近接複合センサだ。複眼カメラで接触センシングと近接センシングを同時に行い、高分解能の接触情報を取得することでロボットハンドの把持制御を実現しようというものだ。

「カメラなどの視覚センサは計測点が極めて多いのが特長。これほど高性能な触覚センサはないともいえます」と下ノ村。これまでは画像処理にかかる計算量が膨大で、計算スピードやコンピュータの容量に課題があったが、下ノ村は最適な制御アルゴリズムの構築、組み込みFPGAの活用などによってこの問題を解決。実証実験で複合センサのみを使ったロボットハンドでゴムや木、金属など異なる材質の対象物を把持することも確かめている。いずれは食品などさらに柔軟な物体の把持も可能にするという。

さらに高性能の「視覚」技術を獲得するために、下ノ村はロボットヘッドの研究も進めてい

## 視覚センサを駆使し、空中で作業する飛行ロボットを開発する。

る。「人は頭部を上下に揺らしながら歩いていても対象物をはっきり捉えることができます。こうした人の首や目の動きを模倣してロボットの視線の安定化を制御しようと考えています」と語る。下ノ村は「眼」の役割を果たす2台のカメラで得た画像情報と、慣性センサ（ジャイロセンサ）で測定した頭部角速度情報を用いて両目（カメラ）と頭部を回転させ、視標を常に保持する運動制御を実現した。こうした技術は飛行ロボットに搭載するカメラにも活かされることになる。

「最終目標は作業用飛行ロボットの完全自動

化。それにどれだけ近づけるか。挑戦がいのあるテーマです」と下ノ村は意欲を見せた。

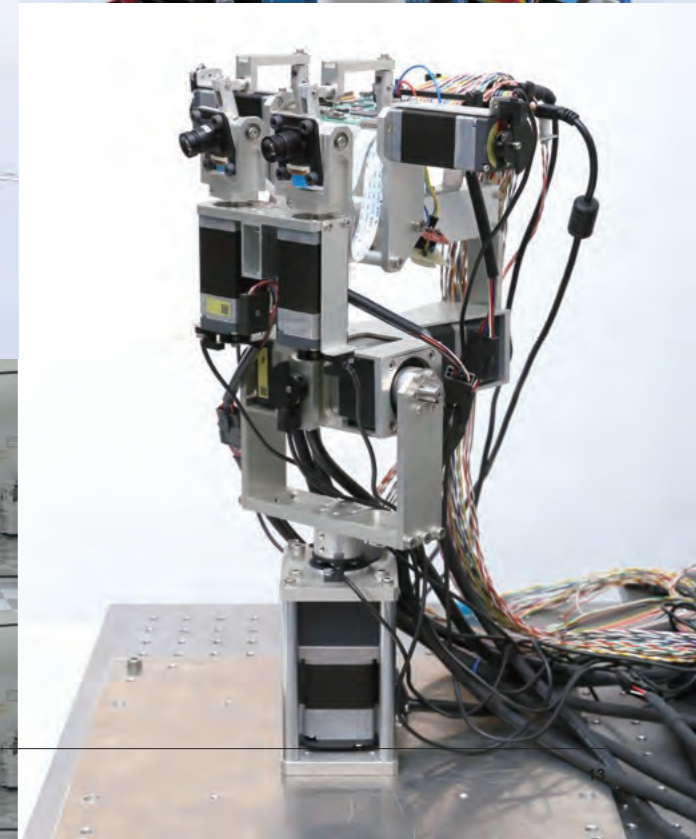
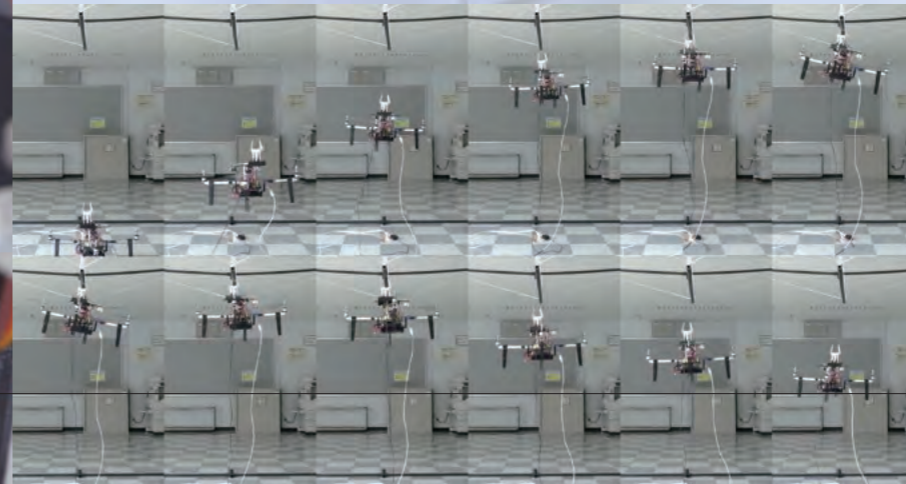
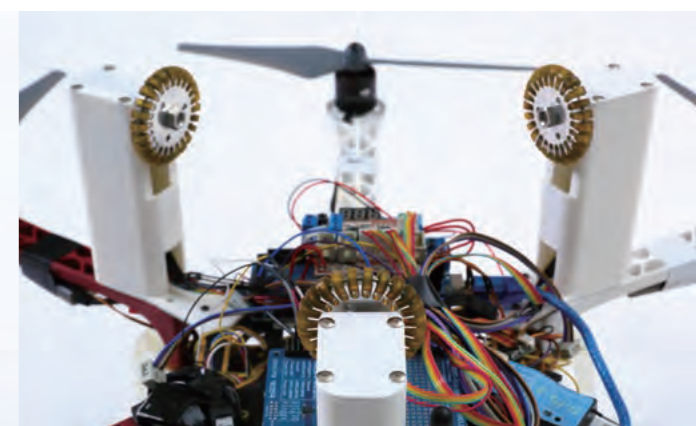
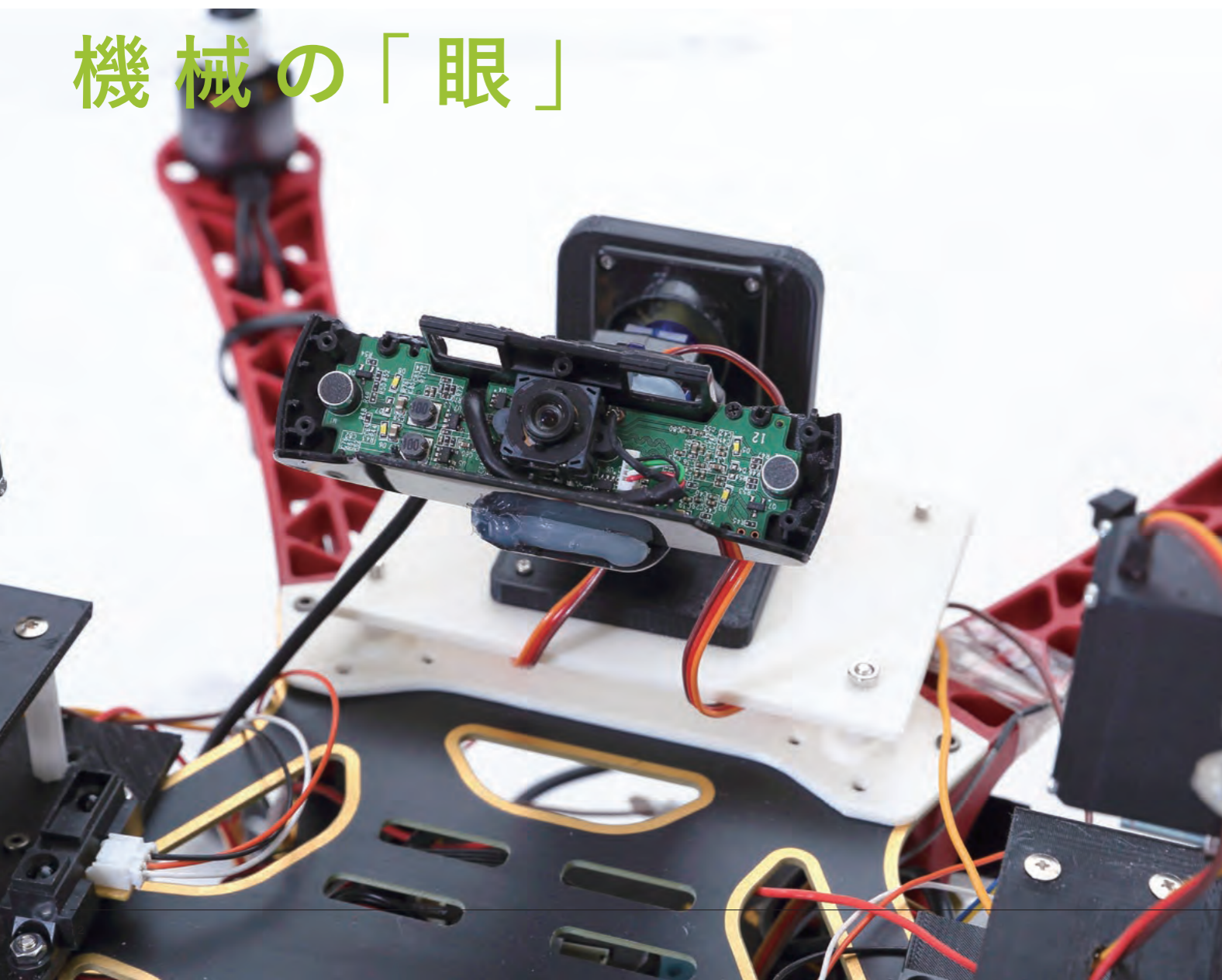
### 下ノ村 和弘

理工学部 准教授

研究テーマ：ビジョンを中心としたセンシング技術とロボット知能化技術  
専門分野：知覚情報処理、知能ロボティクス、電子デバイス・電子機器



# 飛行ロボットに革新をもたらす機械の「眼」



- |   |   |   |
|---|---|---|
| 1 | 2 | 4 |
|   | 3 | 5 |
- 1\_飛行ロボットに搭載したバン・チルト機構付き視覚センサ
  - 2\_棒状の物体を把持し作業する飛行ロボット
  - 3\_天井のパイプを把持する様子
  - 4\_車輪を天井に押し付けて移動することで高精度な位置決めが可能な飛行ロボット
  - 5\_ロボットヘッド

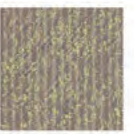
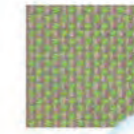
# 人に代わって自ら走行・作業

# する知的ビークルの可能性

接近が難しい災害現場に空からアプローチし、ステレオカメラを使って3Dモデル(写真右下)を生成する。現場の状況を迅速に把握、情報提供することで、災害発生から72時間以内の救助をサポートする。



センサで何を見るか、取得したデータでいかに制御するか、ノウハウと技術の蓄積で時速80km・車間距離4mの隊列走行を実現した。



## AIによる認知からメカの制御までトータルに考え、革新を生む。

人が運転しなくてもクルマが自ら安全、かつ快適に道路を走行し、人を目的地まで運んでくれる。人工知能(AI)技術の進化によってそんなクルマの自動運転が現実のものになろうとしている。技術開発競争は激しく、世界中の名だたる自動車メーカーがしのぎを削っているが、完全自動化にはもう一歩、ブレークスルーが必要だ。

「AI技術を追求めるだけでは限界がある。認知・判断に関わるAI技術から周辺環境のセンシング、自動車のメカニカルな部分である運動制御やアクチュエータ、動力の制御までをトータルに考えなければ、イノベーションを生み出すことはできません」。そう語る深尾隆則は、自動運転自動車から飛行船ロボット、自動農業機械までさまざまな知的ビークルシステムを研究している。専門の細分化が進む最先端の研究領域にあって、人工知能、コンピュータビ

ジョン、機械制御、システムインテグレーションといった学問領域を異にする多様な知識・技術に精通し、それらを統合して課題を解決するところに深尾の強みがある。

その成果の一つが自動運転での隊列走行技術の開発だ。自動車の自動運転技術で世界をリードするドイツでこれまでに車間距離10mの隊列走行を可能にした例があるが、深尾は国や企業との共同開発プロジェクトにおいて、時速80kmで自動運転するトラックで、車間距離わずか4mの隊列走行を実現した。

「ロボティクスと車両ダイナミクスの両方を生かすアルゴリズムを構築し、制御設計することで高精度かつ安定的に車間距離を保つことに成功しました。また人間の『眼』と『運転』のメカニズムを数式モデル化し、自動車の計測と制御を融合した他、センシングのための車載カメラの設置位置や計測箇所も検討しました」と深尾。認

知モデルから機械やアクチュエータといった動的モデルまでを組み合わせることで、安全・正確、かつ人間に近いスムーズな自動操舵・隊列走行に近づいた。すでに公道での走行試験、強風や雨天などの悪環境での走行実験も終え、現在は自動車メーカーで実用化が進められている。

また深尾は飛行船ロボットに関する研究でも数々の成果をあげている。その一つ、災害監視無人システムの開発においては、上空を自動飛行しながら回転するカメラで地上を撮影して3次元情報を取得し、人工衛星による撮影では把握できない緻密な3次元地図を作成する技術を生み出した。

次に深尾が目に向けたのが農業車両のロボット化だ。「農業従事者の減少と高齢化による人手不足は近年ますます深刻になっています。若い人が農業に集

まらない理由は過酷な労働に反して『儲からない』からです」と深尾。こうした課題を解決する一手が、農業用ロボットだという。すでに大型トラクターの自動化は進んでおり、海外の大規模農場では無人のトラクターが農業の省力化・効率化に役立っているが、これらの自動トラクターは大型、かつ高価格で日本の農業に導入するのは難しい。そこで深尾は、トラクターが自らの位置を同定するための超小型で高精度な専用センサを企業と共同開発し、大幅なコストダウンを可能にした。

現在注力しているのは、収穫や運搬用車両ロボットの開発だ。目下キャベツや玉ねぎなどの野菜の自動収穫機の開発に苦心している。「難しいのは『人間の熟練技』を機械で実現すること。人が収穫機を操縦する場合は、指先の微妙な感覚を頼りにキャベツの根本部分を捉え、繊細な操作でキャベツを刈り取っていきます。

この経験と感覚による緻密な操作を機械で行うためには、どこをセンシングし、その情報を制御機構にどのように伝えるか、認知から動作までの作業プロセスを連続的な値として捉え、操舵につなげる必要があります。センシングや制御、駆動をどう組み合わせる最適なシステムを構築するか。その『解』を見つけるのがおもしろい」と深尾は言う。

さらに最近では果樹園を自在に動き回り、草刈りや農業散布、収穫までを完全無人で行う自動作業用機械の開発も進めている。ここでもデコボコの地面、果樹が林立する中を倒れたりぶつかったりせずに移動する操舵技術や、果実をスムーズ、かつスピーディにもぎ取る「人間技」を機械で実現するという難題に挑んでいる。「5年計画で実用化を目指します」と深尾。人に代わって農業を知的ロボットが担う未来はもうすぐそこまで来ている。

### 深尾 隆則

理工学部 教授

研究テーマ：自動車の自動運転・隊列走行・自動駐車、飛行船ロボットやマルチロータ機の飛行制御、農業車両の自動運転、アクティブサスペンションなどのアクティブ制御、モーションステレオやステレオカメラを用いた3次元モデル生成

専門分野：知覚情報処理、知能ロボティクス、機械力学・制御、知能機械学・機械システム、制御・システム工学、航空宇宙工学、農業環境・情報工学





# ビジネスを変える クラウド、AI

コンピューティング資源をネットワーク上で共有するクラウドコンピューティング(クラウド)や人工知能(AI)の登場によって今、ビジネスの在り方が根底から変わってきています

そう指摘する依田祐一は、こうした情報技術革新が企業のマーケティング実践や情報システム開発に与える影響を研究している。「現在主流を占めるAIは、得られたデータから隠れたパターンや規則性を見つけ出す機械学習に加え、データをもとに自ら「特徴量」を作り出すことのできる新たな機械学習の手法・深層学習(ディープラーニング)によって、人間には扱うことが困難な膨大なデータから新しい認識を獲得していくことができます」と説明した依田。今日のAIはコンピュータの処理能力とスピードの向上、そしてクラウドによって膨大なデータを蓄積・処理できるようになったことが可能にしたものだ。

依田によると、AIによって企業のマーケティング実践とそれに基づく顧客価値創造のプロセスは、以前とはまったく異なるものになる可能性があるという。

「伝統的なマーケティングリサーチでは、消費者アンケートや実験などを通じて消費者のニーズを事前に探り、なぜそれが求められているのかといった『理由』に基づいて顧客ニーズを探してきました」

一方、ネットビジネスなどの商用環境でAIが顧客ニーズを探り当てるプロセスは、それとは大きく異なる。例えば、インターネットビジネスサイトのマーケティングに導入されているAIは、先述のように「理由」から顧客ニーズを探るのではなく、「商品を開覧した、購入した」という「結果」に着目する。ここに結果としての大量データから学習する機械学習の特質がある。一例がAmazon.comの提供する「レコメンド機能(商品の推薦)」である。「2011年の

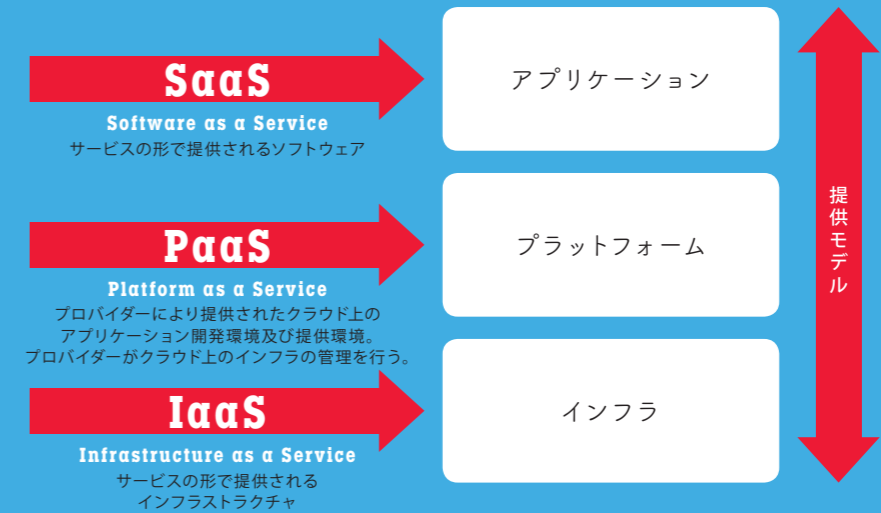
Amazon.comの売上の約30%はこの推薦システムによる『おすすめ商品』から生み出された」といわれる。

またGoogleでは、既に20を超える実サービスに、ディープラーニングが適用されている。同社の主要サービスの検索や検索連動広告にも適用されており、検索結果の順位づけを導く主要なシグナル(要素)の1つとして、ディープラーニングによる“Rank Brain”を導入している。特に比較的新しい検索クエリーにRankBrainの導入効果が見えつつあり、ブラックボックス化されるディープラーニングの特質から、GoogleはAIが実際に何を行っているかを理解しようとしている、という(依田他、2016)。

依田は「顧客がまさに利用しているダイナミックな実の商用環境において得られた結果に基づいて、試行を重ねながら顧客ニーズに適應する実践方法の有効性が見出される」と言う。

## クラウドサービスの提供モデル

クラウドコンピューティングを活用したサービスは、3種類に大別される\*。



\*米国立標準技術研究所(NIST: National Institute of Standards and Technology)のサービス提供モデルを参照

## PaaSの有効性

顧客価値の創出に直結するアプリ開発に資源を集中できる

| 情報システム構築の主なタスク                 | 従来のソフトウェア開発 | PaaS活用 |
|--------------------------------|-------------|--------|
| 環境調達・構築(ハードウェア、ミドルウェア、ネットワーク)  | ●           | 省力     |
| リリース管理(管理、リリース適用)              | ●           | 省力     |
| システム環境保守(バックアップ、セキュリティ、ハードウェア) | ●           | 省力     |
| キャパシティ管理(性能、容量追加)              | ●           | 省力     |
| ソフトウェア保守(バージョンアップ、セキュリティ)      | ●           | 省力     |
| 開発環境準備(ハード、ミドル、ネットワーク、開発ツール)   | ●           | 省力     |
| アプリケーション開発(機能開発)               | ●           | ◎      |

## ビジネスにおける人とAIの役割を 根本的に問い直す

方で、クラウドやAIは情報システムを利用する企業のみならず、それを「提供する側」にもパラダイムシフトを起こしていると依田は指摘する。クラウドサービスの一つである“PaaS(Platform as a Service)”の活用もその一つだ。「“PaaS”はクラウド上のアプリケーション開発環境及び提供環境として、サービスプロバイダーが提供するサービスです」と依田。

かつては多くの企業において自社でサーバなどのインフラを備え、必要なアプリケーションを開発し、各社オリジナルの情報システムを構築していた。しかし“PaaS”を活用すれば、情報システムを構築する企業は“PaaS”で提供される洗練されたソフトウェアの「標準部品」を活用しつつ、目的やニーズに合わせてアプリケーションの開発に集中することができる。情報システムの維持・管理をクラウドサービス

プロバイダーが担うため、SE(システムエンジニア)が維持・保守する必要もなくなり、大幅にコストを削減できる。

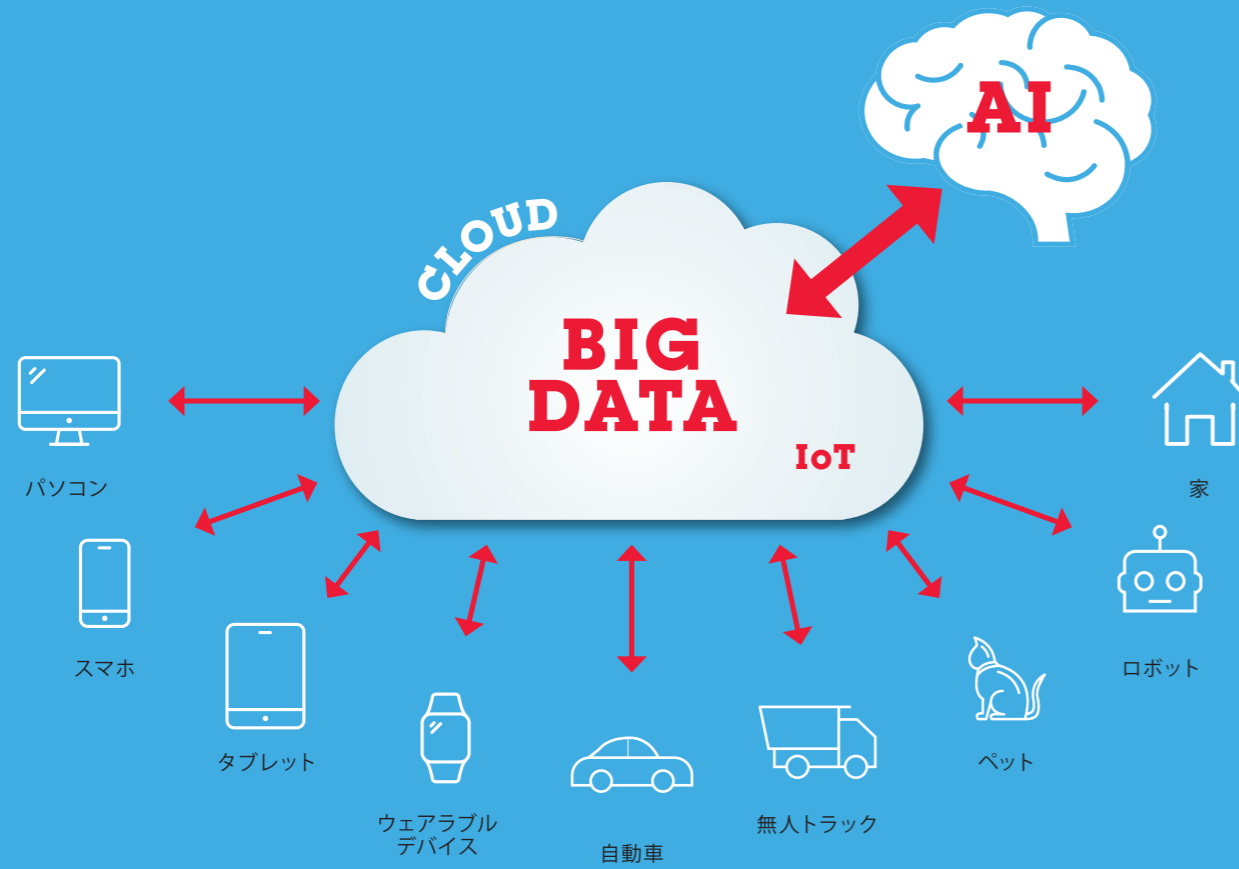
さらに最近になってBI(Business Intelligence)ツールといったデータ分析のサービスに加えて、機械学習、ディープラーニングも“PaaS”に実装されるようになってきている。この結果、従来よりはるかに高性能なサービスをユーザー企業自ら適用できるようになり、これまで情報システムの開発・維持・保守のサービス提供をビジネスとしてきた企業や、ITコンサルタント、SEの役割も見直されるかもしれない。例えば「AIの有効性を最大限に発揮するための問題設定やデータ蓄積の設計など、人にしかできない役割を担うことが求められるだろう」と依田。「少ない経験データから推量する力、社会的、文化的な経験に裏づけられた文脈を理解する力や洞察力、問いを設定する力、

美的な感覚や感情を理解する力など、AIには未だ困難な人間ならではの力にフォーカスすることで、人間とAI双方が補い合うことができるはずだ」と言う。今後ビジネスの世界でも人とAIとの関係が問われることになる。

### 依田 祐一



経営学部 准教授  
 研究テーマ: クラウドサービス(クラウドAIを含む)活用における企業情報システムのソーシング戦略への影響に係る研究、顧客価値を創造するビジネスシステムとそれを支える情報システムのマネジメントに係る研究。  
 専門分野: 経営学、情報学フロンティア(ウェブ情報学・サービス情報学)



どんな写真や絵もゴッホやピカソが描いたような名画風に変換してみせるアルゴリズムが発表され、話題を呼んだのは2015年のことだ。これを使ったアプリケーションは今スマホでも体験できる。

機械学習や最適化について研究する西川郁子もこの「画風転写」に興味をもつ一人だ。中でも西川は、企業やデザイナーと連携して「画風転写」技術を実用へ展開することに力点を置いている。

そもそもニューラルネットワークとは人間の脳の神経回路網を模した計算モデルを指す。コ

ンピュータの処理能力、容量が飛躍的に高まったことに加え、インターネットの普及によって膨大なデータを入手できるようになったことが、この計算モデルの進化を加速させた。膨大なデータ処理に依拠するディープ（深層）ニューラルネットワークがディープラーニング（深層学習）で獲得するスキルは、いまや人工知能（AI）に欠かせないものとなっている。

西川の説明によると、その学習の仕組みは次のようになる。ニューラルネットワークは、与えられた画像データ群を、例えば、所望のクラス分け（分類）ができるまで構造を変え続ける

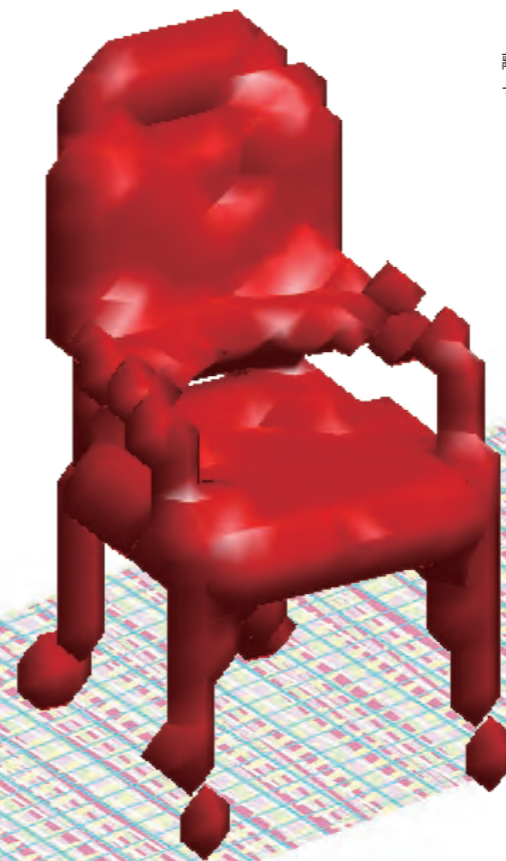
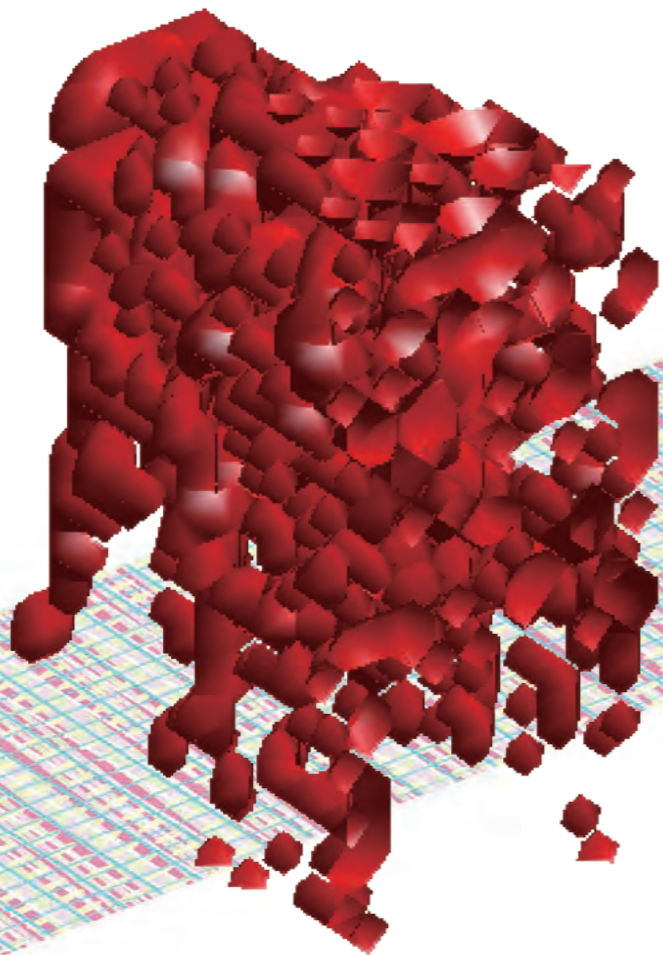
よう設計されている。画像にある「猫」を認識させるには、大量のデータを見せ、そこに「猫」があるときだけ、そう答えるよう求める。答えを間違えたと、ネットワークを少し修正し、次に同じ画像を見たときには間違えないことを目指す。ただただ、これを繰り返すだけ。「猫」にどのような特徴がある、といったヒントは一切与えない。同時に「猫」以外のものに対しても、同様に繰り返す。ネットワークは、初めは出鱈目に答えるしかない。出鱈目に答えつつ、正解か否かだけを手掛かりに、正解するためのヒントを画像の中に探し始める。試行錯誤を繰り返すうちに、やがて「猫」などの各クラスに分類するための部品として、ある「形」や「色」の有無などのヒントを見つけ正解率を上げていく。「形」なら、まず一番単純な部品として「線分」から。次に単純な部品を組み合わせて、少し複雑な図形や色合いなどを。層を成すネットワークでは、部品を抜き出す（畳み込み）作業が各層で繰り返され、さらにそれらを組み合わせることで段階的に抽象度の高い顔や毛並などを抜き出していき、最終的には「猫」の特徴を備えているかを抜き出して答えに繋げる。

返すうちに、やがて「猫」などの各クラスに分類するための部品として、ある「形」や「色」の有無などのヒントを見つけ正解率を上げていく。「形」なら、まず一番単純な部品として「線分」から。次に単純な部品を組み合わせて、少し複雑な図形や色合いなどを。層を成すネットワークでは、部品を抜き出す（畳み込み）作業が各層で繰り返され、さらにそれらを組み合わせることで段階的に抽象度の高い顔や毛並などを抜き出していき、最終的には「猫」の特徴を備えているかを抜き出して答えに繋げる。

『画風転写』と呼ばれるのは、写真や画家の作品から『スタイル』と『コンテンツ』の特徴群を機械的に分離し、他の画像にその『スタイル』を写すことです」と西川。「コンテンツ」とは、画像にある物

## 人工知能が「想像力」でデザインした椅子

多様な形の椅子の立体データをディープニューラルネットワークに与え、「椅子とはどのようなものか」を機械学習させると、ネットワークは内部表現として椅子のデータ分布を獲得する。それができると、データとして与えなかった椅子も椅子と認識し、さらに、椅子だとの認識を基に、一部データの欠損部分があっても、その部分を補完して椅子の3Dモデルを生成する。椅子の背面部分のみのデータから、認識と生成を何回も繰り返すことで徐々に椅子全体らしきものが形成され、15回目には自ら生成した椅子を修正せずに椅子と認識して、背面部分と整合する椅子として出力した。左ページが1回目、右ページ左が15回目の生成結果。人工知能が「想像力」で作出力した椅子である。



## AIはビッグデータで「スタイル」を学習する

壁といった特定の領域に「スタイル」を転写できるので、部屋全体はもちろん、家具・インテリア、床材などの建具ごとに視覚的なイメージを提案できる。住宅メーカーの細かい要望に応じてブラッシュアップを進め、「ユーザ自身も初めは思い付かなかったイメージを自由に創造できるようになれば」と西川は話す。

また西川はディープニューラルネットワークを使って3次元物体を補完するアルゴリズムの構築にも取り組んでいる。「人が椅子を背後から見た時、たとえ腰掛けや脚などが見えなくても過去の経験から頭で補完し、椅子の全体像を想像できますが、これも機械学習で実現できます」と西川。まず椅子のデータをネットワークへ大量に与え、ネットワークに「椅子（とされる）形とは何か」を機械学習させる。それができると、データとして与えていなかった椅子でも、データの欠損部分があっても、椅子だと認識することで、欠損部

分も補完し生成してしまう。「この生成機能を、例えば設計に用いれば、部分案から残りを自動生成したり、不具合の自動修正も可能になります」

ディープニューラルネットワークは人工知能の開発などで活用が進んでいるが、多様な分野で使えそうだ。こうした先進システムを企業のビジネスなどに役立つようブレークスルーできる西川のような存在は、今後ますます重要になるだろう。

### 西川 郁子

情報理工学部 教授

研究テーマ：(1) 機械学習：ニューラルネットワーク、パターン認識など、(2) システム最適化：物流、電力取引、構造設計、VLSI設計など、(3) バイオインフォマティクス：ヒトタンパク質の翻訳後修飾部位の予測、脳活動データの分類、昆虫脳の回路モデルとシミュレーションなど

専門分野：知能情報学、機械学習、最適化、生命情報学





# ビデオゲームの進化に人間の感性の本質を探る

ボットはどこまで、人間と同じように世界を知覚し、思考し、行動することができるのか。「そうした人工知能(AI)技術にとって究極的な課題を解くヒントが、身近な娯楽であるビデオゲームのなかにあるかもしれない」と斬新な視点を投げかけるのは吉田寛。「1980年代に登場し、瞬間に世界中に浸透したビデオゲームが人々に引き起こした知覚や感覚の変容が、現代のコンピュータ社会の基盤となっているのではないかと語る吉田は、「感性学」という視座から、AI技術の進展に新たな光を当てる。

吉田によると、「感性学」とは人間の感覚や知覚の働きを分析する学問分野である。英語の「エスティックス」はこれまで日本語で「美学」と訳され、主に芸術や美を研究対象としてきた。しかし吉田は本来の意味である「あらゆる種類の知覚を主題とする学」として感性学を再定義し、「その研究対象に最もふさわしいものの一つ」としてビデオゲームを研究している。感覚的で直感的な思考や判断のロジックを解明する感性学と、プレイヤーの知覚や認知、思考や判断、行為を通じたインタラクション(相互作用)を解明するゲーム研究とは、重なるところが多いという。

「感性学の観点に立つと、ビデオゲームをプレイする経験は、知覚の『二重化』として定義できる」と吉田。「ビデオゲームをプレイすると

き、われわれは、スクリーン上にドットの正方形群として描かれる『アイコン』を、人物や物体を指し示す記号として視覚的に認知します。しかしそのアイコンは、同時に、プログラムによ



て記述され、機械的に処理される『オブジェクト』でもあります。ビデオゲームのプレイヤーは、例えばマリオのようなキャラクターを、『アイコン』として知覚すると同時に、『オブジェク

ト』としても知覚しているのです。記号学の用語を借りていえば、知覚における意味論的次元と統語論的次元の二重化が常に生じていることになります。この知覚の二重化こそ、ビデオゲームのプレイ体験の本質です」と説明する。

また吉田は、感性学からアプローチすることで、技術的にはまだ稚拙であった1980年代以前のビデオゲームを、人間の知覚の特性(錯覚など)を効果的に利用したものとして再発見する。「そこに最新のコンピュータ技術やVRの進化の鍵があるのではないかと吉田は提起する。例えばビデオゲームの最も基本的な構成原理である「スクロール」もその一つだ。

スクロールとは、モニター(テレビ)の画面を上下左右に動かすことで運動の感覚や、画面の外側にも空間が連続しているような錯覚をもたらす技術である。「今ではゲームのみならず、多くのコンピュータソフトウェアにも組み込まれているこのスクロールの技術は、1970年代後半に自動車レースのゲームのなかで生み出されました」。吉田の解説によると、『モナコGP』(1979年)は、他の車や道路などの背景を画面の上から下へと流すことで、プレイヤーが操作する車が前進していくような感覚を生み出した初期のゲームである。また『ナイトドライバー』(1976年)は、真っ暗な背景をバックに幾つか

の白いオブジェクトを動かすだけで、自分が運転する車が前方に進んでいるような運動感覚を生み出している。「現代のゲームに比べてシンプルな昔のビデオゲームだからこそ、人間の知覚の特性やイリュージョン(錯覚)をフルに利用して空間や運動を表現していました。そこには驚くべき知恵と工夫が見てとれます」と吉田はいう。

また吉田は、三次元コンピュータグラフィックス技術(ポリゴンなど)がビデオゲームに導入される以前の、いわゆる「疑似3D」のゲームの視覚的表現技法にも注目してきた。そのなかでも、視差による奥行き錯覚を生み出す「パララックス効果」の研究は、とりわけ興味深い。「パララックス効果を最初に導入したビデオゲームの『ムーンパトロール』(1982年)では、空間が茶色(地面)、緑(丘陵)、青(山岳)という色の異なる三つのレイヤーで構成されていて、それら三つのレイヤーがそれぞれ異なる速度でスクロールするために、プレイヤーの目にはゲームの空間に奥行きがあるように見えます」。そ

して、この技法は、ディズニーのアニメ映画からビデオゲームに持ち込まれた可能性がある、と吉田はいう。技術的には現在の精細な3D画像とは比べるべくもないが、人間の認知の仕組みを的確に理解して、三次元を表現するという目的を過不足なく実現している。こうした技術が、スーパーファミコン(1990年)やプレイステーション(1994年)が登場する以前の1980年代までにほとんどすべてが出そろっていたというから驚きだ。

「機械技術の進歩を、そのままゲームの進歩と見なしてよいのか。技術の進歩は、むしろ人

間の想像力を覆い隠したり、退化させたりすることがあるのではないかと問いつける吉田。「昔のビデオゲームの一つひとつに詰め込まれた『知恵』と『工夫』を読解することで新たなAIをデザインする道筋が見えてきたらおもしろい」と目を輝かせる。



1980年代以降のビデオゲームがもたらした「感覚変容」が、

今日のコンピュータ社会の基盤となった。

吉田 寛

\*\*\*\*\*

先端総合学術研究科 教授  
研究テーマ: 感覚と感性の哲学、遊びとゲーム  
専門分野: 美学・感性学・ゲーム研究



# 人と機械の調和が実現する「快適」な自動車運転とは？

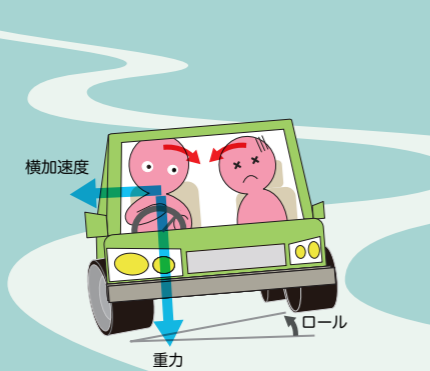
**障**害物を検知して自動でブレーキをかけ、衝突を回避するいわゆる「ぶつからないクルマ」などの運転支援システムの登場によって、自動車運転の安全性は飛躍的に向上しつつある。こうした人間と物理的にインタラクションを行う知能機械システムは「ヒューマンマシンシステム」といわれる。和田隆広はこの人と機械システムとが協調するところに注目し、快適で使いやすい機械システムを探究している。

「例えば快適な自動車運転を実現したいと考えた時、念頭に浮かんだのはそもそも『快適』とは何だろうか？という疑問でした」と言う和田は、人が感じる快適性を数式で表そうと試みている。その一つとして構築したのが、「車酔い」の程度を推定する数理モデルだ。

の数理モデルを使って推定した嘔吐確率は、近い値を示しました」とこの数理モデルの有効性を確認した。

**さ**らに和田はこの数理モデルを自動車の快適性を評価する指標として活用し、車酔いを防ぐ方法を考えることにも踏み込んでいる。

「助手席に座っている人は酔いやすく、ドライバーは酔いにくいとよくいわれます。調べてみるとドライバーと助手席の人はカーブを曲がる際などに頭部の傾く向きが逆であることが判りました」と和田。カーブを曲がる時、ドラ



カーブを曲がる際のドライバーの頭の動き。頭をカーブの旋回方向に傾ける自然な動きが車酔いを抑える。

イバーは頭をカーブの旋回方向に傾けるのに対し、助手席の人はカーブによって生じる遠心力に引張られるように旋回とは逆方向に頭を傾ける。「この頭部の動きを制御すれば、乗り物酔いを軽減できるのではないか」と仮説を立てた和田は、スラローム運転をした時のドライバーと助手席の人の頭部運動を計測し、先の数理モデルに入力。ドライバーの頭部運動の方が車酔いを抑えられるという結果を導き出した。

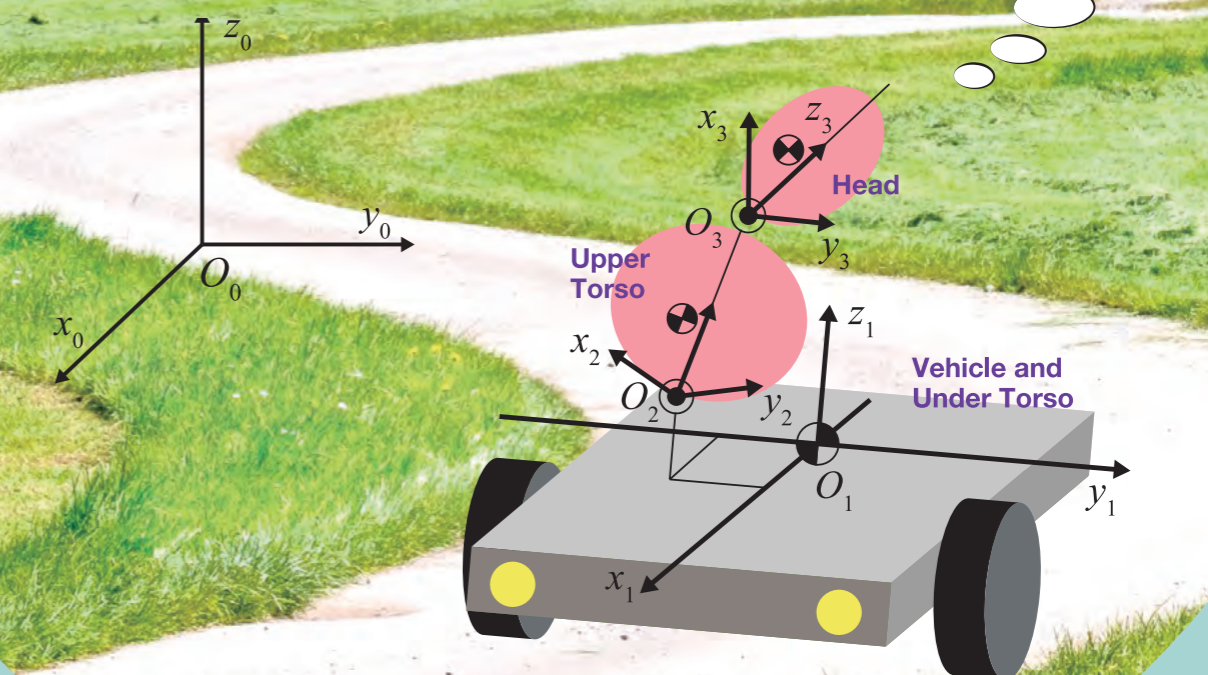
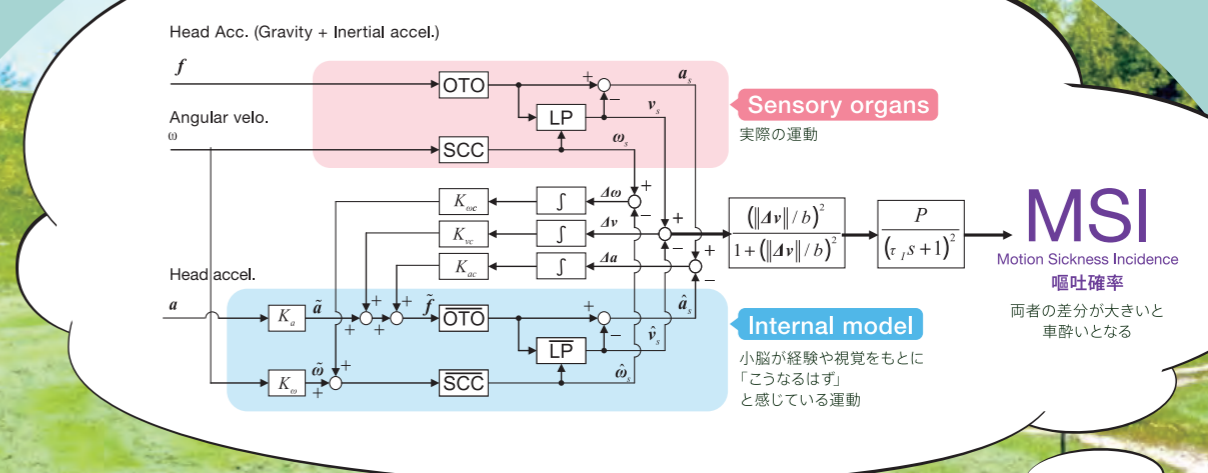
この推定に基づきカートコースで実験を

施。最大20周、ドライバーと同じように頭部を旋回方向に傾けて運転する場合と、逆に助手席の人の頭部運動をまねた場合の2パターンで走行実験を行った結果、数理モデルの推定と同様ドライバーと同じ頭部運動によって車酔いを軽減できることが確かめられた。

こうしたヒューマンモデリングの結果を、ロボットやヒューマンマシンシステムの開発に活かすのが次のステップだ。車酔いの数理モデルを応用して、例えば酔いが少ない運転が可能な道を選択して目的地までナビゲートするナビゲーションシステムや、酔いの少ない自動運転システムの開発への応用も検討している。また車酔いの数理モデルは、人間が自分自身の身体運動をどのように捉えているかを推定することが可能なパーツを含んでいる。この自己運動感覚は酔いより微妙な機械操作の快適性に利用可能と考え、研究を進めているという。

さらに和田の関心は、自動車運転だけでなく、リハビリテーションロボットや義足システムなど多様なヒューマンマシンシステムにも向けられている。「慣性」を利用した快適な歩行モデルの数式化もその一つだ。人はひとたび歩き始めると慣性が働き、急に立ち止まることはできない反面、この慣性をうまく利用すれば、最小限の力で楽に足を運ぶことができる。和田はこの慣性を利用してより歩きやすい義足制御を試みている。

自動車運転支援システムを筆頭にヒューマンマシンシステムの開発においては、これまで安全性／信頼性の追求に注目が集まっていた。それらの性能が十分に達成されつつある今、ますます人間の「快適性」が重要になってくる。これまで困難であった快適性を定量的に評価する数理モデルの構築に和田は先駆的に取り組んできた。ここからいづれ快適で使いやすい革新的なヒューマンマシンシステムが生まれるかもしれない。



乗り物酔いは、数理モデルとして表現できる。実験での嘔吐確率もこのモデルに沿った値を示した。



和田 隆広

情報理工学部 教授

研究テーマ：操縦系のロボット/機械システムにおける操縦快適性の解明とそのシステム設計・制御への応用手法の確立を目指す。感覚運動系のモデリングと機械システムの運動制御への応用、自動車等の操縦型機械システムにおける操縦快適性の数理モデリングと機械システム、自動運転におけるヒューマンファクタ、ロボット制御  
専門分野：知能機械学・機械システム、ヒューマンマシンシステム、ロボティクス

快適な運動の数理モデルを構築し  
ヒューマンマシンシステムに活かす。

「コップを取ってきて」。家で誰かにそう頼まれたら、たいていの人は迷わずキッチンへ行って戸棚を開け、仮に母親の頼みであれば彼女が普段使うコップを選んで持って行くことができる。細かに説明されなくてもたった一言でそれだけのことができるのが人間だ。ではロボットに同じことができるだろうか？

谷口忠大は「記号創発ロボティクス」という他とは一線を画するアプローチでその実現に迫ろうとしている。現在萩原良信とともに人間との

コミュニケーションを通じて自ら知識を拡張していくことのできる家庭用ロボットの開発に取り組んでいる。

「家庭にはそれぞれ『ローカルルール』や『ローカル言語』があり、例えば同じ『キッチン』を指してもその場所や置かれている物、あるいはそれらの呼び方も家庭によって異なります。私たちはこうしたローカルなルールや言語を各家庭においてボトムアップに学習し、個別の状況に応じて生活を支援することのできる家庭用ロボットを作ろうとしています」と萩原は語る。

開発するのは、複数のセンシング機器を搭載してマルチモーダルに外界を知覚し、それらの情報から物を置くべき「場所」を学習していくロボット。まず人や外部環境とつながる「感覚器」として、視覚情報を得るためのカメラ、音声認識のためのマイク、位置を把握するための距離センサをロボットに搭載。これらを使って得た物体の画像、人の発する言語、ロボット自身の位置情報の生成過程をモデル化し、ギブスサンプリングなどの手法を用いて「場所」のパラメータを推論、反復によって「場所の概念」を獲得

し、ボトムアップで概念を形成する。まるで人間の子どもの言語や環境を一つひとつ理解していくようなプロセスで知能を獲得していける次世代人工知能を作りたい」と語る。その学問的なベースとなっているのが、谷口が10年以上前から取り組む「記号創発システム論」である。

「人間が生まれ落ち、周囲の他者を介して初めて『言語』すなわち『記号』に触れ、他者とのコミュニケーションや環境との相互作用を通じて概念や言語の意味、文化や慣習などを含めたローカルな文脈、あいまいな表現を理解してい

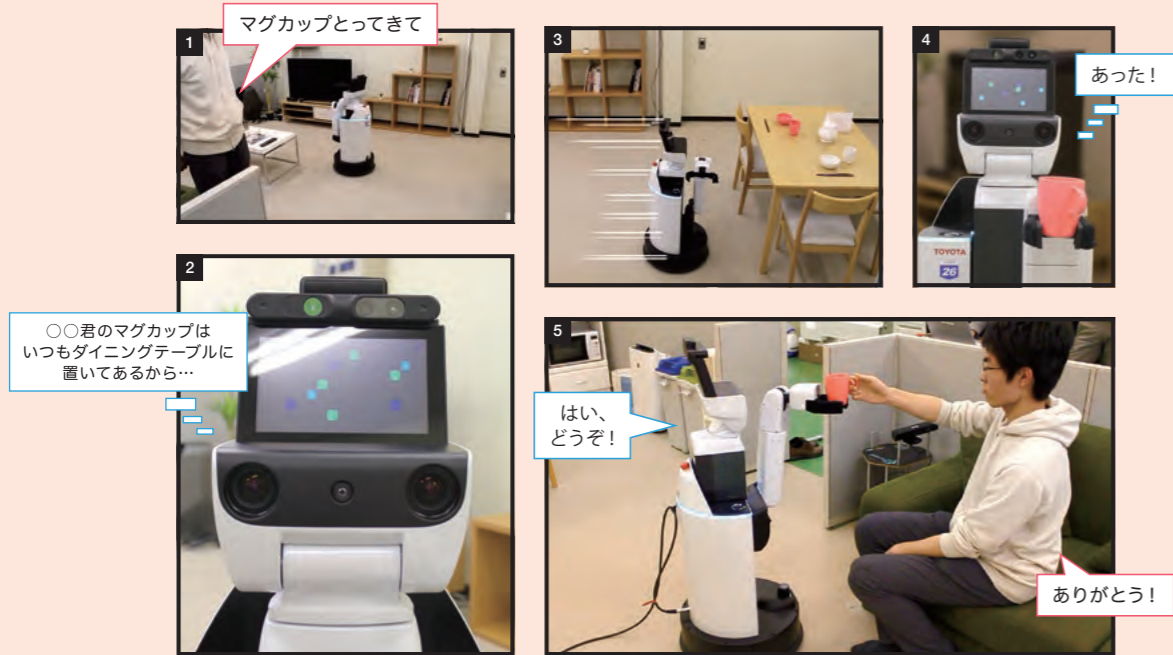
く。そうした概念・言語獲得のダイナミックなプロセスに着目するのが、記号創発システムのポイントです」と谷口。人間の「記号創発システム」を支える知能の「設計図」、コンピュータでいうところの「計算原理」を手に入れることができれば、既存のものはまったく異なる人工知能を生み出すことが可能になる。

そのために欠かせないのが外界と接して多くの経験を積むための「身体」である。知能の計算論的表現としてのプログラムを構築するだけでなく、人間の感覚器にあたるセンサ、運動器

にあたるアクチュエータを持ち、実世界とつながる「ロボットを作ってみる」。「記号創発ロボティクス」の真骨頂はそこにある。

「いずれは人工のロボットから逆的に人間に対する理解を深めることができるようになるかもしれない」と谷口。「記号創発システム」研究を通じてロボットから人間の本質に迫ることに意欲を燃やす。

# 人間の子どものように 言葉や概念を 獲得していく人工知能。



\*場所概念を応用した生活支援のイメージ

していく手法を構築した。

萩原らは実際にロボットを使った実証実験も行っている。リビングダイニングキッチンに立てた実験用家庭空間に冷蔵庫、キャビネット、レンジラック、本棚、テレビ、テーブル、ソファなどさまざまな家具を配置し、「テーブル前」「ダイニング前」など11の場所を表す語彙と「コップ」などの物体の観測(画像)情報を移動しながらロボットに学習させる。それを繰り返した結果、やがてロボットは70%を超える高い確率で

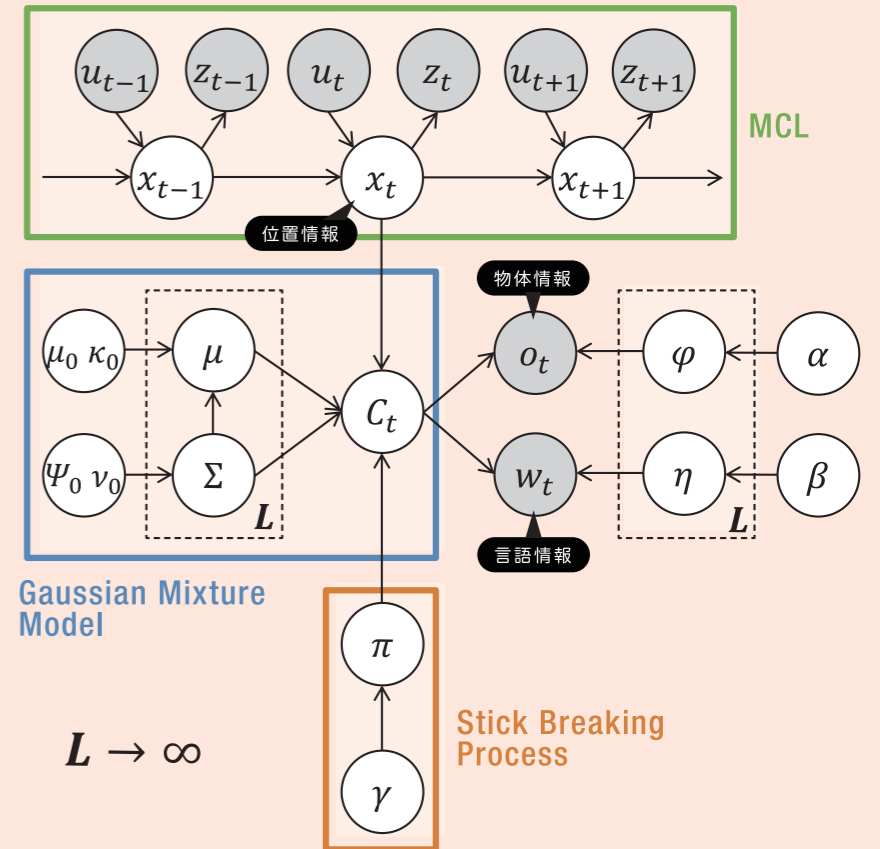
語彙から正しい場所を予測し、物を運べるようになった。「例えば一般名称では同じ『コップ』『テーブル』でも、黄色いコップはダイニング前のテーブルに置く、白いコップはミーティングテーブルにというように、各家庭における外界との相互作用と反復によって獲得された『場所概念』により、家庭毎の『ローカルルール』に基づいてふさわしい場所に各コップを運ぶことができるようになりました」

『第3次人工知能ブーム』といわれる現在の人工知能の隆盛は、膨大なデータを計算できるコンピュータの処理能力に依拠し、ディープラーニングをはじめとした機械学習が可能にしてみました」と解説した谷口。しかしどれほど大量のデータを集めても、先に挙げたような「ローカルな知識」の獲得にはたどり着けない。それに対して谷口は「人や環境とのコミュニケーションや相互作用から得たマルチモーダルな知覚情報を統合

## 場所概念学習の グラフィカルモデル

位置情報、物体情報、言語情報から  
パラメータを推論

|                                  |                          |
|----------------------------------|--------------------------|
| $x_t$                            | ロボットの自己位置情報              |
| $z_t$                            | 距離センサの観測情報               |
| $u_t$                            | モータの制御情報                 |
| $o_t$                            | 観測画像から得られる物体情報           |
| $w_t$                            | 語彙情報                     |
| $C_t$                            | 場所カテゴリのindex             |
| $\mu, \Sigma$                    | ガウス分布のパラメータ              |
| $\varphi, \eta$                  | 多項分布のパラメータ               |
| $\pi$                            | 場所カテゴリのindexの多項分布        |
| $\mu_0, \kappa_0, \psi_0, \nu_0$ | ガウス-ウィシャート事前分布のハイパーパラメータ |
| $\alpha, \beta$                  | ディリクレ事前分布のハイパーパラメータ      |
| $\gamma$                         | $\pi$ のハイパーパラメータ         |



## 「記号創発ロボティクス」で目指す 次世代人工知能。

谷口 忠大 (写真左)

情報理工学部 教授

研究テーマ：人を含んだ創発システムの構成論的理解と工学的応用

専門分野：統計科学、認知科学、ヒューマンインターフェース・インタラクション、知能情報学、ソフトコンピューティング、知能ロボティクス、感性情報学、知能機械学・機械システム

萩原 良信 (写真右)

情報理工学部 助教

研究テーマ：マルチモーダル情報に基づく場所概念学習と生活支援ロボットへの応用  
専門分野：ヒューマンインターフェース・インタラクション、知能情報学、知能ロボティクス、計測工学



# 研究TOPICS

## 大学から企業へのクロスアポイントメント制度を国内で初めて適用



立命館大学は、パナソニック株式会社（以下、パナソニック）と共同で、2017年度より、産学官連携の高度化を実現するため、機関を越えた人材交流を目的とするクロスアポイントメント制度\*1を導入しました。この制度を活用して、大学教員が民間企業に勤務するのは日本で初めて\*2となります。

2017年4月1日より谷口忠大・情報理工学部教授が、大学に在籍したままパナソニックのビジネスインベーション

本部に客員総括主幹技師として勤務を開始しました。勤務形態としてはパナソニックへの従事比率を20%としています。

本制度を通して、成長と注目が目覚ましい人工知能(AI)・ロボティクス分野において、谷口教授は新規技術に関する知識提供を行うとともに、同分野における新規事業の創出にむけた技術戦略の策定に協力します。また、パナソニックが重点をおくIoT/ロボティクス分野での共創活動を行うと共に、立命館大学や学会関係者を中心としたコミュニティ作りへの支援や、関連テーマの研究会活動を通じた人材育成にも取り組みます。

\*1-クロスアポイントメント制度：他大学、公的研究機関、企業等の他機関との組織間の取り決めに基づき、大学教員が大学内で従事する教育、研究、社会貢献等その他の業務のうち、研究に関する一部業務を他機関での研究活動に充て、大学と他機関の双方で研究活動を行う在籍外向型の制度。

\*2-2017年3月31日現在、立命館大学、パナソニック調べ。

## アート・リサーチセンターが

### 文部科学省 共同利用・共同研究拠点

#### 「特色ある共同研究拠点の整備の推進事業

#### ～機能強化支援～」拠点に採択

2014年度に「特色ある共同研究拠点の整備の推進事業～機能強化支援～」の採択を受けた本学アートリサーチセンターが、2017年4月、改めて同事業に採択されました。

この事業は、これまでの3年間の研究基盤整備のもと、人文学研究者の研究活動をそのままポーンデジタル化\*、オンライン上にナレッジ・アーカイブを構築していく「日本文化リサーチ・スペース構想」の実現を目的としています。この構想では、いくつもの資料データベースや、論文等の内容データベース（ナレッジ・データベース）を意味論的に連動させ、人文学研究者の研究テーマ全体を分類不可能なほど分野横断型とし、ダイナミックに知を循環させることを目指すものです。

共同利用・共同研究拠点は、我が国全体の学術研究の更なる発展のため、国公私立大学を問わず大学の研究ポテンシャルを活用し、研究者が共同で研究を行う体制を整備することを目的にしており、全国で105の研究拠点が認定（平成29年4月1日現在、共同利用・共同研究拠点として53大学（28国立大学、25公私立大学））されています。今年度の同事業には全国で2件が採択され、アート・リサーチセンターはその内の1件です。

\*ポーンデジタルとは、作成・発生当初からデジタル形式で記録され、印刷されたメディアを持たず、電子メディアによってのみ作成され流通する情報のこと。

## 研究支援員制度を新設

### ～ライフイベント期の研究を支援

立命館大学では、「リサーチライフサポート室」を2016年12月に開設し、特に女性研究者支援のための様々な取組みを行っています。2017年4月、出産・育児・介護等で十分な研究時間が確保できないライフイベントの期間、学部生・大学院生等を研究支援員として配置することにより研究活動の継続を支援するため、研究支援員制度を新設しました。男女を問わずライフイベント期の研究活動を支援しながら、ダイバーシティ研究環境の実現を目指します。



立命館大学リサーチライフサポート室  
http://www.ritsumeikan.ac.jp/research/rsupport/

## R-GIRO 研究拠点成果報告シンポジウム

### 「グローバル社会における特色ある研究拠点の創成を目指して」を開催



2月24日、立命館グローバル・イノベーション研究機構(R-GIRO)の成果報告シンポジウムが開催され、学内外から約150名が参加しました。今回のシンポジウムは、2013年度半ばから3年間余り取

り組んできた第2期拠点形成型R-GIRO研究プログラム「地球の自然回帰を目指した自然共生型社会モデルの構築」の4つの研究拠点（「環境」「スポーツ・健康」「平和・ガバナンス」「日本研究・地域研究」）の研究成果報告を中心に開催したものです。

シンポジウムでは、第一部で、「健康維持は死ぬまで自転車操業一タンバク質は壊されないと生きられない」と題して木南英紀・順天堂大学学長特別補佐による基調講演が行われました。また、R-GIROの各拠点リーダーより、プロジェクト概要、ロードマップを用いた進捗状況、および研究成果など活動概要の報告がありました。第二部では、各拠点が分科会に分かれ、招待講演を交えたより詳細な研究成果の発表や若手研究者を中心としたパネルディスカッションを行いました。

## 「第6回 ソフト/ハード材料の機能化と

### 応用に関する国際シンポジウム」を開催

1月20日から22日、びわこ・くさつキャンパスにて、ソフト・ハード融合機能材料研究センターの主催により「第6回ソフト/ハード材料の機能化と応用に関する国際シンポジウム(Soft/Hard2017)」が開催されました。

ソフト・ハード融合機能材料研究センターは、平成24年度文部科学省「私立大学戦略的研究基盤形成支援事業」の採択を受け、「階層的構造制御」というユニークな思想に基づき、「高性能」で「高強度」という相反する要素を両立させる機能材料や階層的構造制御により単一分子では発現しない全く新しい機能・性能が創発する材料の研究開発を行ってきました。ソフト材料（応用化学系）の研究者とハード材料（機械工学系）の研

究者らが学部・学科を超えて取り組んできたことが特徴です。

今回のシンポジウムでは、これまでの活動の集大成として海外からも気鋭の研究者を多く招き、110名を超える研究者や学生が最新の研究成果に関する情報交換・成果発信を行いました。また、文部科学省産業連携・地域支援課 課長の坂本修一博士、東芝マテリアル(株)代表取締役社長の小林薫平氏、本学R-GIRO機構長代理の村上正紀教授を交えた「自然科学系高度人材育成に向けた取り組み」と題したパネルディスカッションを行い、研究拠点形成と高度人材育成の両立を行うにはどうすべきか、それぞれの見地から熱い議論が交わされました。



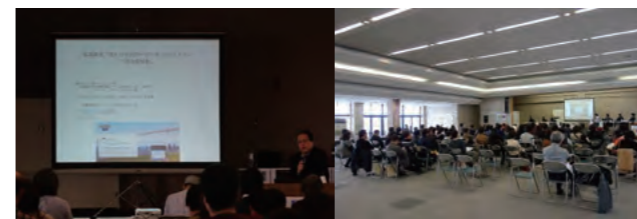
## 「位置情報ゲーム×まちみらい

### ～天保山GO!フォーラム～」を開催

3月25日、天保山客船ターミナルで「位置情報ゲーム×まちみらい～天保山GO!フォーラム～」が開催されました。このフォーラムは、築港・天保山エリアが「ゲームマナーの向上」と「ゲームを活用した魅力的なにぎわい・まちづくり」が共存するゲーム環境創造のためモデルエリアになることをめざし、大阪市港区役所と（一財）大阪市コミュニティ協会が、本学ゲーム研究センター（衣笠総合研究機構）およびNiantic, Inc.との協力で企画したものです。

フォーラムでは、細井浩一・映像学部教授（アート・リサーチセンター長）が、「旅と日々の間～ポケモンGOとメディア誘発型移動」と題して基調講演を行い、後半では、「位置情報ゲームが地域社会にもたらしたものと今後の可能性」についてパネルディスカッションが行われました。パネリストからは位置情報ゲームがもたらした地域での課題やゲームを活用した地域活性化などについて意見が出されました。

フォーラムの最後に田端港区長が「天保山宣言」を読み上げ、「ゲームマナーの向上」と「ゲームを活用した魅力的なにぎわい・まちづくり」が共存するゲーム環境創造のための「モデルエリア・築港・天保山」を産学官共同でめざすことを確認しました。



## 第11回立命館白川静記念

### 東洋文字文化賞表彰式を開催

4月22日（土）、第11回「立命館白川静記念東洋文字文化賞」（以下「本賞」）の表彰式を開催しました。

本賞は、立命館大学白川静記念東洋文字文化研究所が、故・白川静立命館大学名誉教授の功績を顕彰するとともに、東洋文字文化（漢字など）

の分野における有為な人材を奨励支援するために、功績のある個人または団体の業績を表彰することを目的としたものです。第11回となる本賞では、優秀賞は笹原宏之・早稲田大学社会科学総合学術院教授、奨励賞は成田健太郎・東京大学附属図書館アジア研究図書館上廣倫理財団寄附研究部門特任研究員が受賞し、杉橋隆夫・白川静記念東洋文字文化研究所所長より、賞状および副賞が授与されました。受賞を受け、笹原氏は「今後も終わりのない漢字研究を続け、東洋文字文化の発展と、ひとつでも多くの漢字の真実を解き明かしたい」と受賞の喜びを述べ、成田氏は「原典を徹底的に読み込む白川先生の研究姿勢にこれからも学び、先生の名に恥じない研究を続けたい」と今後の研究への抱負を述べました。

表彰式後には、研究成果・教育活動・地域活動など研究所の取り組みについての報告・紹介が行われました。



## 科学技術振興機構 COI プログラム

### 「アクティブ・フォー・オール」拠点が

#### 日本科学未来館で研究成果を展示

科学技術振興機構センター・オブ・イノベーション(COI)プログラム「運動の生活カルチャー化により活力ある未来をつくるアクティブ・フォー・オール」拠点の研究成果が、日本科学未来館の常設展示会場内メディアラボコーナーにて『第18期「アクティブでいこう! ものぐさ」アスリート化計画』として6月22日から展示されています。



出展代表者は伊坂忠夫・スポーツ健康科学部教授で、会場のコンセプトは、暮らしの中に自然と運動を始めたいくなるようなテクノロジーが仕組まれた「運動の生活カルチャー化」が実現した未来の社会です。スマートウェアが身体情報を測定する様子を実演形式で見ることができ、音が聞こえるエリアを自由に設定するスピーカや、自分の筋力情報から絵を描く「おえかきんでん」を体験することができます。

公開初日には、メディア関係者向けの内覧会と勉強会が開催され、西浦敬信・情報理工学部教授が展示の内容や関連する研究について説明を行いました。

この展示は、11月22日まで行われます。



日本科学未来館  
https://www.miraiikan.jst.go.jp/

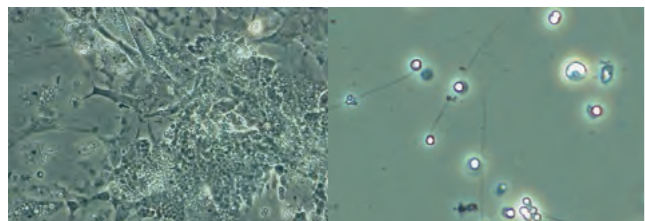
## 絶滅危惧種・琵琶湖固有種ホンモロコを絶滅から守る

### ～絶滅後でも実験室で精子形成が可能に～

薬学部細胞工学研究室の高田達之教授と榎垣彰吾助教らのグループは、国立遺伝学研究所、滋賀医科大学及び琵琶湖博物館と共同で、絶滅危惧IA類に指定されている琵琶湖固有種ホンモロコの精原細胞（精子のもととなる細胞）のin vitro培養により、受精能をもつ精子の作製方法を開発し、親魚を必要としない精子分化を可能にしました。この成果は、「Scientific Reports」(オンライン版)で発表されました。



哺乳類等では、種の保存方法として配偶子（精子、卵子）の凍結保存が一般的ですが、小型固有魚は短い繁殖期に少量の精子しか得られず、配偶子の有効な保存方法は確立されていませんでした。本研究では、稚魚の精巣に存在する精原細胞を凍結保存し、非繁殖期や必要時にin vitroで分化させて精子を形成する方法を開発すると共に、魚の精巣のかわりに実験室のインキュベーター内で作られた精子が受精能を有し、生まれた個体が正常に発生することを確認しました。また、in vitro分化で作られたホンモロコ精子の受精能を調べるために、ゼブラフィッシュの卵子が利用できることも見いだしました。



精原細胞のin vitro培養

培養で形成された精子

## 陸上競技短距離走ではスタート合図のタイミングはスプリンターの多関節反応時間に影響を与えることを発見

大塚光雄・スポーツ健康科学部助教は、陸上短距離走において、「セット」の掛け声からピストル音までの時間が長ければ、その後の反応時間が短くなることを明らかにし、この成果を「Frontiers in Psychology」(オンライン版)で発表しました。

実験では、国際大会(世界陸上競技選手権大会やユニバーシアード大会等)出場経験者7名を含む男子短距離走選手20名を被験者としてしました。

陸上短距離走では、「セット」の掛け声の後のピストル音に反応してスタートをすることが決まっています。しかし現在のルールでは、ピストル音のタイミングは最終的にスターターの主観により決定されています。その



ため、レースによっては選手にとって反応時間が長くなる可能性があり、現在のルールでは公平性が保てない場合があることが示唆されました。

現在、日本の選手で100m走の9秒台入りが期待されています。選手が良いタイムを出すためには、選手がフライングしてしまわない程度に、スターターがピストル音のタイミングを長くするとよいと考えられます。

## 上村 雅之・衣笠総合研究機構招聘研究教授が聖シリル&メトディウス大学(スロバキア)より名誉博士号授与

上村雅之・衣笠総合研究機構教授(立命館大学ゲーム研究センターセンター長)が、聖シリル&メトディウス大学(スロバキア)より名誉博士号を授与されました。これは、上村教授がかつて任天堂在職中に新しいメディアとしてのファミリーコンピュータを発明したこと、また、2011年からは本学ゲーム研究センターの所長として総合的なゲーム学の発展に大きく貢献したことが高く評価された結果です。



聖シリル&メトディウス大学(スロバキア)は130年の歴史を持つスロバキアでも有数の大学で、人文社会科学から理学・生命科学分野にいたるまで、学部から大学院までを持つ総合大学です。特にマスメディアやマーケティングコミュニケーションが有名であり、本学とは約1年前よりゲーム研究に関わり交流が行われています。

4月25日に同大学にて開催された学会、「Megatrends and Media 2017」において、上村教授の「日本人とビデオゲーム」と題する招待講演、および名誉博士号の授与式が行われました。授与式後は現地メディアの取材も行われ、関心の高さがうかがわれました。

## 長瀬 修・衣笠総合研究機構特別招聘研究教授が台湾の障害者権利条約の国際審査委員長に選出

衣笠総合研究機構の長瀬修特別招聘研究教授が、台湾の障害者権利条約の国際審査委員長に選出されました。

国連加盟国ではない台湾は、障害者権利条約に加盟できませんが、2014年8月に同条約を国内法化して「障害者権利条約施行法」(身心障害者権利公約施行法)を制定して同年12月から同法を施行しています。それに基づいて同条約の国際審査が行われています。本年2月、陳建仁副総統の委嘱により台湾の人権専門家や市民社会の推薦を受けた5名の国際専門家からなる国際審査委員会(International Review Committee)が組織されました。同月、アメリカ、カナダ、スウェーデン、デンマーク、日本からそれぞれ1名ずつ委嘱された5名の委員の互選によって、長瀬教授が審査委員長に就任しました。国際審査委員会は本年10月30日から5日間、台北において同条約の実施について初めての審査と勧告を行なう予定です。なお、台湾の人権条約の独自の審査で日本人が委員長を務めるのは今回が初めてです。

## 北 泰行・総合科学技術研究機構教授がE.C.Taylorシニア国際賞を受賞

北泰行・総合科学技術研究機構教授(大阪大学名誉教授)が、E.C.Taylorシニア国際賞を受賞しました。日本人としては、14年ぶり3人目の受賞となります。

同賞は、国際複素環化学会議が傑出した複素環化学者に対して授与するもので、北教授は、複素環を含有し複雑な構造を有するディスコハブディンCおよびA、フレデリカマイシンA、γ-ルプロマイシン等の生物活性天然物の全合成を最初に達成した業績が認められました。

炭素と炭素を結合させる根岸及び鈴木クロスカップリング反応はノーベル賞の受賞により一躍世に知られるようになりましたが、同反応には、反応させる化合物に金属やハロゲン、レアメタル触媒が必要です。北教授の研究成果では、ヨウ素反応剤を用いることでこれらが不要となります。また、通常の炭素と炭素の結合だけでなく、従来法では難しかった窒素、酸素、硫黄を含む複素環化合物の結合も可能な画期的なクロスカップリング反応として世界の注目を集めています。さらに、レアメタルや重金属を用いないため、安全で持続可能なグリーンケミストリーとしても高く評価されています。

| EVENT GUIDE   | アクティブ・フォー・オール拠点  | 立命館大学   |
|---|--|---|
| <b>フードシステム・食品安全研究会</b><br><b>[公開研究会]</b><br><b>日本、フランスのガストロノミの再検討</b><br>一庶民はいつ、どのようにしてそれを手にしたかー<br>◎ 2017年7月22日(土) 14:00～17:00<br>立命館大学びわこ・くさつキャンパス<br>エポック立命21 エポックホール                                | <b>『挑戦したい』を応援する</b><br><b>運動フェスティバル2017</b><br>◎ 2017年10月1日(日) 10:00～16:00(予定)<br>立命館大学びわこ・くさつキャンパス<br>スポーツ健康 commons、スポーツ健康 commons 前広場、<br>クインズスタジアム   | <b>第14回立命館大学学生ベンチャーコンテスト</b><br><b>2017(最終審査会)</b><br>◎ 2017年11月4日(土) 14:00～18:30(予定)<br>立命館大学大阪いばらきキャンパス<br>立命館いばらきフューチャープラザ<br>カンファレンスホール |
| 日常の庶民の食文化はどのようにして生まれたのか。フランスでは貴族から伝わり、日本では江戸時代に開花したといわれます。その成り立ちを日本とフランスの社会学者、歴史学者をお招きして語っていただきます。<br>*申込・参加費:事前申込不要、参加費無料<br>*お問い合わせ:新山陽子<br>E-mail: foodsystem.culture@gmail.com<br>Tel: 077-561-4894 | 科学技術振興機構COI「アクティブ・フォー・オール」拠点で研究開発を進めるテクノロジーを活用した運動プログラムを地域に提供し、産・官・学・地による運動を通じた多世代交流の場の実現を目指すイベントです。ウォーキングレッスンやコンパクトエクササイズ、ピラティス体験、立命館大学と産学連携で開発されたヘルシーフードを楽しむことができます。<br>*申込・参加費:事前申込不要、参加費無料 | 大学発ベンチャーの創出と企業家育成を目的とした、学生を対象とするビジネスプランコンテストの最終審査会です。学生が持つ技術やビジネスシーズ・アイデアをもとにした多数のプランの中から、最終審査まで勝ち抜いたプランが最優秀賞を競います。<br>*申込・参加費:事前申込不要、参加費無料 |
|   |  | http://ritsstartuprunway.wixsite.com/rits-venture-2017  |

| 刊行情報   |  |   |  |
|--|--|---|--|
| 安田 喜恵 著<br><b>森の日本文明史</b><br>古今書院                            |  | 由井 秀樹 編著<br><b>少子化社会と妊娠・出産・子育て</b><br>一テーマでひらく学びの扉<br>北樹出版                  |  |
| 富永 京子 著<br><b>社会運動と若者：日常と出来事を往還する政治</b><br>ナカニシヤ出版           |  | 立命館大学<br>生存学研究中心 監修<br>渡辺 克典 編<br><b>知のフロンティア</b><br>一生存をめぐる研究の現場<br>ハーベスト社 |  |
| 中川 毅 著<br><b>人類と気候の10万年史</b><br>過去に何が起きたのか、これから何が起るのか<br>講談社 |  | 金子 勝、松尾 匡 著<br>立命館大学社会システム研究所 編<br><b>ポスト「アベノミクス」の経済学</b><br>かもがわ出版         |  |
|  |  | サトウタツヤ、鈴木 直人 編<br><b>心理調査の基礎：心理学方法論を社会で活用するために</b><br>有斐閣                   |  |
|  |  | 千葉 雅也 著<br><b>勉強の哲学</b><br>来たるべきバカのために<br>文藝春秋                              |  |
|  |  | 久保 幹 著<br><b>土壌づくりのサイエンス</b><br>世界初!微生物量のみえる土壌診断SOFIXによる有機農法ガイド<br>誠文堂新光社   |  |

COLUMN #1 白川文字学の世界

白川文字学の中核 興

杉橋 隆夫

第一回目に取り上げた「𠂔(サイ)」と並び、白川文字学において重視されるのが「興」です。「𠂔」が白川学の原点だとすれば、白川先生の半世紀に及ぶ『詩経』研究の中核に位置するのが「興(キョウ)」の究明であり、著作『興の研究』(1960年)により、京都大学から文学博士の号を授与されました。

『常用字解』では「興」の音を「コウ・キョウ」とし、酒杯である同を上下から両手を添えて注ぎ、地霊を呼び起こす儀礼。(要約)と述べ、ここから「おこす」「はじまる」「さかんになる」「おもむき」等の意味となった、と説明されています。

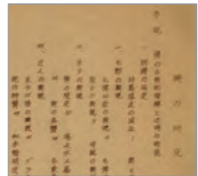
『興の研究』が説くところは大略以下の通りです。すなわち従来の詩経学では、「興」がたんなる修辞の一つにすぎないとされてきたのに対し、白川博士は「興的発想」に呪術的・予祝的性格を認め、古代の豊かな民俗や自然の息吹を感得したのです。かくして「興」はまた、古代歌謡の本質を穿つ鍵であり、『詩経』と『万葉集』という、彼我遙かに時空を隔てた二つの歌謡集に、極めて近接した要素を析出することとなりました。

ここに日中両書の比較文学的研究が始まり、白川学において『詩経』と並ぶもう一つの柱『万葉集』の研究は、『初期万葉論』(1979年)『後期万葉論』(1995年)に結実しました。しかも『万葉』の研究の方が先生の「素願の一つ」であり、「はじめに中国の古代文学に志した」のは、「その…準備」のためだった(『初期万葉論』「あとがき」)、というから驚かされます。



白川静著 『興の研究』

『興の研究』は大学院の授業教材として、『通論篇』『解釈篇』とともに、1960年に一気に刊行されました。各A5版で360ページ、670ページ、450ページに及ぶ大著で、著者みずから鉄筆を握って油性原紙を刻み、謄写印刷に付したものです(『回思九十年』参照)。並外れた能力と労力が看取されます。



『興の研究』目次(部分)

謄写版・ガリ版あるいは油印版(中国語)といったところで、近時、多くの人びとには馴染みの薄いことでしょう。下の写真は、立命館大学で使われていた謄写印刷用具です。



(写真上)立命館大学図書館「白川文庫」所蔵  
(写真下)資料提供：立命館 史資料センター

杉橋 隆夫 白川静記念東洋文字文化研究所所長/立命館大学特任教授・名誉教授。

COLUMN #2 赤外線で見える世界

見えないものを見る

木股 雅章

人は視覚、聴覚、臭覚、味覚、触覚という五つの感覚で外界から情報を得ているが、視覚から得ている情報量は圧倒的であり、全体の90%程度あると言われている。これは、視覚で得られるものが2次元情報であり、色彩情報も含むからである。しかし、人の目で見ることは、画像として認識できる電磁波の中の可視光と呼ばれるごく狭い波長域であり、可視光の中でも特定の条件を満たしたもののしか認識することができない。人は長い歴史のなかで、視覚を拡張するために見ることでできないいろいろな電磁波の可視化を試みてきた。

「見ることができないものを見る」という試みは、人の興味を満足させるためだけのものではなく、実用意味のあるものである。例えば、高速現象を見る技術、透かして見る技術、遠くのものを見る技術、小さなものを見る技術などは、非常に有用な情報をわれわれに与えてくれる。人の目は、1秒30コマ程度の早さの変化では1コマずつ識別することができないが、半導体技術は1秒100万コマを超える速さの高速撮像を可能にしてくれる。X線による透視技術は、健康診断や空港保安に広く活用されている。また、巨大な天文観測用望遠鏡は宇宙の果てを、透過電子顕微鏡は物質内の原子の配列を見せてくれる。

私も、人の目が検知することができない赤外線画像として捕らえる赤外線イメージセンサの研究開発を37年間続けてきた。下の図は、立命館大学びわこ・くさつキャンパスのアクロスウイングあたりを赤外線カメラで見た状況を示している。この赤外線画像は、建物反射している光ではなく、建物自体が放っている光を検出して得られたものである。カメラが受光している光は、物質が放射している光であることから、赤外線イメージセンサを使うことで、真っ暗闇であっても図のような画像を得ること(暗視)ができる。また、放射される光量が物質の温度に依存するため、赤外線イメージセンサは非接触で2次元温度分布を計測することにも利用されている。

赤外線イメージセンサの有用性は認められつつあり、研究者の一人として喜んでいるが、実は、37年間モチベーションを維持できたのは、「見えないものを見る」ことが面白いと思えたからで、以外と単純なことでは夢中になれるものである。



赤外線で見たびわこ・くさつキャンパス

木股 雅章 理工学部 特任教授/1992年博士学位(工学)取得(大阪大学)。1976年より三菱電機株式会社勤務、赤外線イメージセンサの研究開発に従事した後、2004年より立命館大学理工学部教授。2017年より現職。1992年近畿地方発明表彰特許庁長官賞、1993年全国発明表彰内閣総理大臣発明賞などを受賞。2009年より独立行政法人宇宙航空研究開発機構招聘職員。

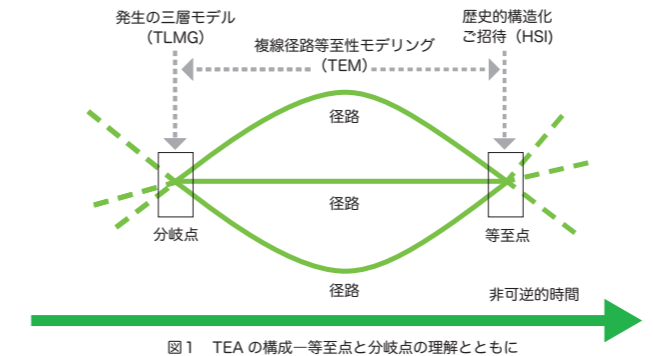
COLUMN #3 総合心理学部リレーコラム

複線径路等至性アプローチ  
—社会と未来に生かす質的研究法

安田 裕子

複線径路等至性アプローチ(Trajectory Equifinality Approach: TEA)という質的研究法をご存じでしょうか。TEAは、アメリカ生まれ、日本育ちの質的研究の方法論です。人間の発達や人生の径路の複線性・多様性を描き出す手法、複線径路等至性モデリング(Trajectory Equifinality Modeling: TEM)を中心に、対象選定の理論(歴史的構造化招待: HSI)と変容を理解・記述するための理論(発生の三層モデル: TLMG)とともに、TEAは構成されています。

TEAの根幹をなすTEMは、等至性(Equifinality)の概念を発達の・文化的事象に関する心理学的研究に組み込んだヤーン・ヴァルシナーの創案に基づき開発されました。等至性の概念では、人間は開放システムと捉えられ、時間経過のなかで歴史的・文化的・社会的な影響を受けながら、多様な軌跡を辿りながらもある定常状態に等しく(Equi)到達する(final)存在とされます。等至性の具体的な顕在型は等至点(Equifinality Point: EFP)と概念化されています。研究では、何らかの行動や選択が等至点として焦点化され、その等至点を経験した人びとを研究対象として(HSI)、等至点へとつながる径路を描き出します。径路の多様性・複線性を捉えるうえで、分岐点もまた重要な概念です。分岐点は、径路がわかれゆくポイントとして概念化されました。分岐点でどのような変容が起こっているのかという観点からは、TLMGが有用です(図1参照)。



TEAは、過程と変容を捉え、多様性理解に関心が注がれる研究実践に、さまざまに用いられています。ライフストーリーにおける語りデータはもとより、子どもの遊びの展開などの行動観察データもまた分析対象となります。臨床や発達や文化などの心理学分野をはじめ、保育学、看護学、言語学、社会学、経営学など、幅広い学問領域で活用されています。KJ法やナラティブ・アプローチや対話的自己理論といった他の質的研究法との接合可能性など、人のライフ(いのち、生活、人生)にいかにか接近できるかについて、多面的に検討されてきています。ここ数年は、自動車メーカー・マツダ株式会社との共同研究(代表:総合心理学部 サトウタツヤ教授)を実現することができました。このことは、商品開発に人のライフへの視点が欠かせないことを物語りていよう。このように、学術における発展はもとより、産学連携に役立つ研究法としての展開もあり、社会実装への適用可能性の検討をさまざまに進めてきています。

TEAのものの見方に通底する人間観はあたたかく、私自身、研究をするなかで支えられてきました。決して一本道ではない人のライフに、潜在性や可能性を含めて接近していくTEA。TEAの今後にどうぞご期待ください。

安田 裕子 総合心理学部 准教授/2010年京都大学大学院教育学研究科にて、博士(教育学)取得。2015年より現職。2013年、日本学術振興会 日本学術振興会平成24年度特別研究員等審査会専門委員(書面担当)表彰。著書に、『ワードマップTEA 理論編』『ワードマップTEA 実践編』(共著、新曜社)。

立命館土曜講座

8月 緊張高まる国際社会の行方を探る

8月5日 No.3212

戦争と社会正義  
—昨今の軍事的緊張・難民・人権問題に法はどのように対応するのか?経済社会協力による平和達成への道のり  
立命館大学法学部・教授 吾郷 真一

8月26日 No.3213

「マンガ」と「平和」を展示する  
マンガミュージアム・平和ミュージアムそれぞれの展示経緯をふまえ、戦争マンガや平和に関する展示について、実感や課題を語り合う  
京都精華大学国際マンガ研究センター教授・副学長 吉村 和真  
立命館大学文学部・教授、国際平和ミュージアム副館長 田中 聡

9月 白川学の展望と未来

9月2日 No.3214

白川文字学の今後の展望  
立命館大学衣笠総合研究機構・招聘研究教員 大形 徹  
白川静記念東洋文字文化研究所・客員協力研究員 佐藤 信弥

9月9日 No.3215

コンピュータによる文字処理の歴史と展望  
立命館大学情報理工学部・教授 前田 亮

9月16日 No.3216

白川文字学に基づいた漢字教育の可能性  
白川静記念東洋文字文化研究所・研究員  
立命館大学大学院教職研究科・准教授 後藤 文男

9月30日 No.3217

古代中国における文字の誕生・継承・伝播の過程を跡づける  
—白川文字学第二世代としての展開  
白川静記念東洋文字文化研究所・客員協力研究員 高島 敬夫

立命館土曜講座ホームページ  
http://www.ritsumei.ac.jp/acd/re/k-rsc/kikou/doyokozakikoh.htm

聴講無料・事前申込不要 立命館大学衣笠キャンパス 末川記念会館講義室

Contact Us

研究活動に関する最新情報  
立命館大学 研究・産学官連携 HP  
http://www.ritsumei.ac.jp/research/

研究活動報「RADIANT」に関するお問い合わせ

立命館大学 研究部 TEL: 075-813-8199 FAX: 075-813-8202  
研究企画課 Mail: res-plan@st.ritsumei.ac.jp