

高速かつ正確に関係性を理解するための グラフ分析技術

佐々木 勇和
SASAKI Yuya

大阪大学大学院情報科学研究科 助教

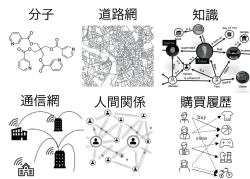
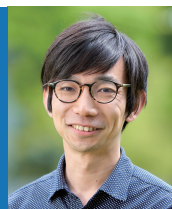


図1 多様なグラフデータ

コミュニティ検出 & リンク予測



図2 グラフデータからの知識発見

グラフは節点と枝からなるデータ構造です（棒グラフや円グラフのような図ではありません）。人間関係や、購買履歴、分子、道路網、知識（図1）など様々なモノとそれらの関係性をグラフで表現可能であり、様々な分野で活用されています。例えば、新たな触媒探索のような物質開発やウェブショッピングにおける商品推薦などが実用的に使われています。

私は多様なグラフデータに対して、(1)効率的な管理と高速な検索を可能にするデータベース技術、(2)新たな知見を発見するデータマイニング技術、(3)正確な予測を行う深層学習技術を研究しています（図2）。例えば、グラフデータベースにおける問合せの1000倍以上の高速化や時間変化するグラフの将来予測精度の2倍以上の高精度化を達成しました。さらに、基礎開発だけではなく、物質探索や医療AIなどの応用分野への適用も行い、他分野の研究者との共同研究も進めています。



キーワード

ビッグデータ、グラフ分析、深層学習、データマイニング、データベース

応用分野

SNS分析、物質開発、医療AI、商品推薦、都市計画、就職支援

【研究の先に見据えるビジョン】 関係性理解による幸せな世界の実現

人間関係や、人と職、国家間の協定など、我々の生活には様々な関係性が密接しており、自身がどのくらい幸せなのかに大きく影響しています。身近な例では、SNSや友人関係によって、現在の「楽しい」や「辛い」といった気分に影響しますし、辛かった関係性が将来的な幸せにつながるということもあるかと思います。現在だけではなく将来的な影響も含めて関係性を分析することで、社会全体や個々人の状況や、性質、問題点を把握し、どのような行動をとれば幸せになることができるのか、他人を幸せにすることができるのかの判断の一助になると考えています。過去/現在/未来における大規模かつ多種多様な関係性を高速かつ高精度に分析できる技術の開発を進め、より幸せな世界の実現に貢献していきます。

画像・映像をより深く理解する人工知能

「視覚」と「言語」による創発

中島 悠太

NAKASHIMA Yuta

大阪大学データビリティフロンティア機構

准教授



画像・映像を入力とする人工知能（AI）で、バイアス（例えば、特定の社会的グループの人が不利になるような識別結果を出力するなど）が大きな問題となっています。結果をどのように導き出したかのプロセスを人間が理解可能な「説明可能なAI」は一つの対策となりますが、抜本的な解決には、「データの本質を見る」モデルを創り出す必要があります。しかし、それは人には簡単でも、現在のAIには難しい作業です。

AIと人の大きな違いとして、人には言語があります。人は推論プロセスを説明して、間違いがあれば他の人から指摘してもらえます。我々の研究では、現在のAIで広く利用されている単一のベクトルによる意味の記述（図1左）ではなく、独自の言語を学習によってAIに獲得させることで、人と同じように画像・映像を理解できるのではないかという仮説の下、新しいAIの可能性を模索しています（図1右）。この研究は、これからの画像・映像に関わる多くの研究や、その応用の基盤となる技術としての展開が期待されます。

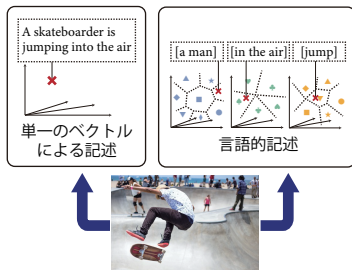


図1 従来のAIによる画像のベクトル表現（左）と今回の研究で提案する言語的表現（右）

キーワード

コンピュータビジョン、パターン認識、深層学習、画像・映像の理解、言語、表現学習

応用分野

画像・映像の利活用を加速するコンテンツに基づく検索



【研究の先に見据えるビジョン】フレーム問題を超えて知識を集約する社会基盤へ

画像・映像に関わる多くのアプリケーションはもちろろん、ロボットやエージェントが活躍する未来の社会では、視覚から様々なもの・ことを認識するAIが社会基盤としての役割を担うと予想します。この研究では、学習で獲得した言語によって、フレーム問題（現実起こりうる問題すべてに対処することができないこと）を超えて映像・画像などから知識を自動的に集約し、その知識を広く活用する新しいAIの創出を目指します（図2）。

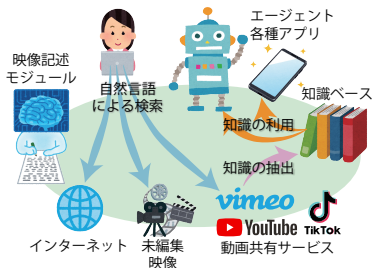


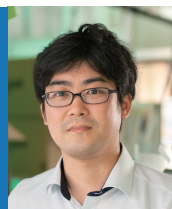
図2 社会基盤としての視覚AI

光符号化と情報科学を駆使した 光イメージングの革新

中村 友哉

NAKAMURA Tomoya

大阪大学産業科学研究所 准教授



ビッグデータを基盤とする高度視覚情報技術が目覚ましい発展を遂げています。この恩恵を最大化するためには、実世界の光ビッグデータを効率的に取り込むイメージング系の性能向上が重要です。計算機の進展を背景に開拓されている新しい光イメージング技術「コンピューショナルイメージング」は、光符号化と画像再構成を組み合わせることにより、結像を基礎とした従来型イメージング手法の物理限界を打ち破るものとして期待されています。私は特に、圧縮センシング、超解像イメージング、レンズレスイメージング、ホログラフィなどの研究テーマに取り組んでいます。図1は、レンズレスイメージングの実験系です。レンズレス撮像系（図中白枠は拡大写真）を用いて撮影を行うと、対象物の符号化画像が得られます（計測データ）。この画像を入力として計算機内で逆問題を解くことで、視認可能な画像（再構成データ）を得ることができます。

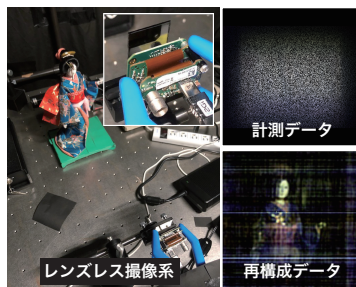


図1 光符号化と画像再構成処理による
レンズレスイメージング



キーワード

コンピューショナルイメージング、圧縮センシング、符号化撮像、画像再構成

応用分野

医療、生命科学、環境計測、セキュリティ、エンターテインメント

【研究の先に見据えるビジョン】 ビッグデータ時代に向けた次の光技術を創る

情報科学は、既存の光学の問題に対して補助的な付加価値を提供するに留まらず、効果的な利用の下では、その限界問題の解決に貢献し得る可能性を有しています。ビッグデータ時代の光入力・出力装置はこれまでのデザインと根本的に異なる最適設計が求められるはずであり、光技術に蓄積のある我が国が世界に先駆けてその技術を実現化することは、今後の科学及び産業の国際競争を考える上で重要です。コンピューショナルイメージングは光学と情報科学の融合設計を考える技術領域であり、このような「ビッグデータ時代に向けた次の光技術」の実現に直接的に貢献します。

学習する機械の性能をどう測るか

マシュー・ホーランド 大阪大学産業科学研究所 助教

Matthew J. Holland



新しい技術の信頼性を考える際、その性能と挙動がユーザーの期待や予想と一致しているかどうかが重要な側面です。しかし、現在の機械学習技術では「期待通りか否か」以前の問題として、性能としてそもそも何を期待するか、さらにはその性能をどう測定するかが判然としておらず、人工知能 (AI) の本質的な信頼性をめぐる議論はまだ始まっていない状況です。

本研究では、「AI の性能を如何にして測るか」を起点に、性能保証とユーザーの意思決定支援メカニズムを統合する方法論の確立を目指します (図1)。機械学習の現状は、いわば「平均重視」(学習後の性能が平均的に良ければ、十分だという考え) ですが、それでは表現できない「価値観」もあります。私は、たとえば、男女間のパフォーマンスの差を是正することや、外れ値を含むデータのロバストな処理を行うこと等、「平均」から逸脱した価値観を取り扱うことのできる機械学習の基盤創成に取り組んでいます。

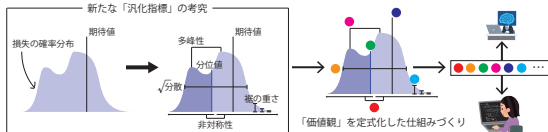


図1 汎化能力 (未知のテストデータに対する識別能力) の測り方から学習則の保証とユーザーの意思決定まで体系化

キーワード

機械学習、統計的学習理論、確率的最適化

応用分野

学習する大規模情報システムの安全かつ透明な基盤



[研究の先に見据えるビジョン] 信頼に基づく機械学習と人間の共創

本研究では、性能保証を諦めることなく、機械学習の性能の測り方とフィードバック形成の刷新に取り組んでいます。この新しい技術が普及すれば、機械学習技術を活用する「AI の応用現場」のワークフローがより透明で、より確かなものになっていくことが期待されます。何より、利用者の意思が忠実に反映される学習過程を実現することで、パフォーマンスの予測と改善策をめぐる意思決定が明確になります (図2)。その上で、成功例が蓄積していけば、いつしか電卓やエレベータのように誰もが信頼する技術へと昇華します。

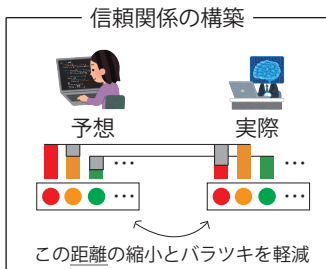


図2 予想と実際の挙動が一致してこそ信頼

筋肉・受容器・神経デバイスの超分散化で 切り拓く無脳ロボティクス

増田 容一
MASUDA Yoichi

大阪大学大学院工学研究科 助教

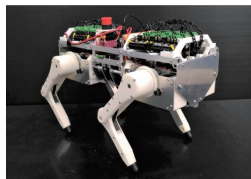


図1 動物の反射系を再現するロボット。シンプルな歩行メカニズムの解明と応用へ。

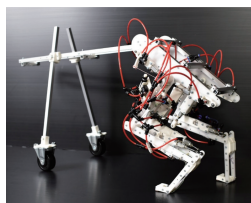


図2 ネコ後脚の筋骨格を再現したロボット。反射によってしなやかに走る。

動物にあって現在のロボットにないもの、それは予測不能な環境変化に瞬時に対応する能力です。動物は、脳の計算能力がなくとも筋肉と運動神経、身体ダイナミクスの相互作用のみで瞬時の適応を実現できます。これに対し現在のロボットは、制御の複雑化に伴う計算速度の壁という呪縛にとらわれ、環境変化に即応できないという問題を抱えています。今後訪れるロボット大進出時代のためには、頭脳中心型の制御戦略を脱する必要があります。

我々は、機械式の筋肉・受容器・神経デバイスを全身に埋め込み、上位脳のわずかな調整により統御する新ロボティクスを目指しています。これまで、ごくシンプルな制御原理から、環境適応的な運動が発現する現象を世界に先駆けて発見しました(図1)。現在は解剖学や神経生理学など、動物の真の構造を理解して再現する研究を進めることで、動物の能力に比肩するロボット実現を探索しています(図2)。

キーワード

無脳ロボティクス、生工融合

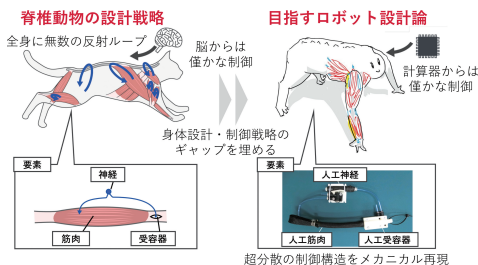
応用分野

巧みに・効率的に動く自律移動ロボット、生体理解に基づくりハビリや身体拡張



【研究の先に見据えるビジョン】生工融合で目指すロボットの真の動物化

産業機械から受け継がれたロボットの伝統的な設計法は、複雑な実環境を前にして限界を迎えつつあります。この研究は、動物に備わる「計算なき運動知能」をありのままに再現するため、ロボットの設計・制御戦略を刷新します。動物-ロボット間の構造的なギャップを埋める「生工」融合の新たな領域を創出することで、「ロボットの真なる動物化」を目指します。



全身に「計算なき運動知能」を埋め込むロボットの新しいつくりかた

「信頼されるAIシステム」を実現する 幾何学的深層学習の構築

松原 崇

MATSUBARA Takashi

大阪大学大学院基礎工学研究科 准教授

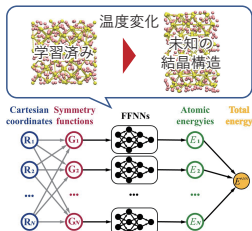


図1 物理法則を保证する人工知能は未知の結晶構造を予測できる

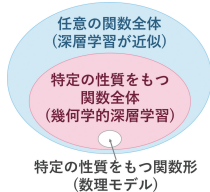


図2 帰納的な深層学習と演繹的な数理モデルを融合した「幾何学的深層学習」

AI技術を用いたシステムやサービスが社会に広がりつつありますが、現在のAI技術には説明性や安全性などに関して様々な限界があります。私はデータの持つ性質を設計段階で保証できる「幾何学的深層学習」という技術的基盤を確立し、こうした限界を克服します。

例えば、AI技術で物質の性質を高速に予測することを考えます。しかし従来のAI技術では、分子の向きや位置が変わると別の分子として扱われ、結果が一貫しません。そこで、回転や移動が結果に影響しない幾何学的対称性を深層学習に組み込みます。すると、対称性に関係する様々な物理法則が保証され、限られたデータから未知の現象を高精度に予測することが可能になります（図1）。これはAI技術と数理モデルの長所を両立させるアプローチ（図2）であり、創薬・気象予報・設計・機械制御など様々な領域で、AIシステムの高信頼化・高性能化を実現します。

キーワード

幾何学的深層学習、ベイズの深層学習、数理モデル化、非線形システム論

応用分野

物理シミュレーション、気象予報、自動化、医療データ解析、不良品検査

【研究の先に見据えるビジョン】人間の知識や要求を満たすAIとの創造的な協業

数理モデルを構成する方程式は、常に多くのトライ・アンド・エラーで構成されてきました。しかし、そのような手続きは機械学習の方が得意であり、自動化することが可能です。幾何学的深層学習の技術的基盤が確立された暁には、「対象がどのような数式で記述されるか」という具体的な部分はAI技術によって抽象化され、「対象がどのような性質を持つか」という抽象的な部分だけが大きな意味を持ちます。これによって量的な精度の追及は機械学習に任せ、人間は対象の本質を明らかにするという、人間にしかできない創造的な仕事に集中することができるようになります。