

# AIが切り開く 科学研究のイメージングの新時代

コンスタンティン・カッペル

今日の光学顕微鏡に大変革をもたらすのは、お決まりの技術ではない。

顕微鏡法の歴史を通じて、徐々に現れていたイノベーションは、劇的な変化においてではなく、着実な向上においてである。技術の発達により生命科学者の研究が根本的にどう変わるかということを見る機会はありませんが、科学研究のイメージングにおいてある程度の変化が起きているのは確かだ。ブレークスルーとなる発見の前兆だけでない進展が現在起きており、学術研究に対する考え方や取り組み方を永久に変えるかもしれない。この転換を触媒するものは人工知能 (AI) だ。特にディープラーニングの性能により、大量の研究画像を包括的に処理し、人間のチームが必要とする時間をまったくかけずに人間を超えた精度をもつようになる (図1)。

接続して自発的に協働するスマートイメージング技術と組み合わせることで、AIは研究者最大のボトルネックのいくつかを取り除き、発生生物学やがん研究、神経科学、免疫学などの分野で指数関数的な進展を加速させるであろう新時代を先駆けている。

## 次のフロンティア

わずか数年前、高性能の顕微鏡ですらほとんどは、優れた画像を作成できるツールとして切り離されており、それ自体で答えをもたらすことはできなかった。科学者にできることは、次元を追加するのみだった。しかし現在、多くの他分野と同様に、AIによって

顕微鏡のような装置は、これまで不可能だったソリューションが容易になっている。人間の介入は徐々に減少している。

そのような機能化は、イメージング品質を向上させるソフトウェア性能向上とともに始まる。例えば、独ライカ社 (Leica) が近年発売 Thunder イメー

ジャーシリーズは、Computational Clearing とよばれる手法を用いて、カメラベースの蛍光顕微鏡を使うときの焦点外ブラーを除去する。このようなアプローチにより、厚い3Dサンプルを迅速かつ高品質にイメージングすることが可能になる。

ディープラーニング技術は、自己改

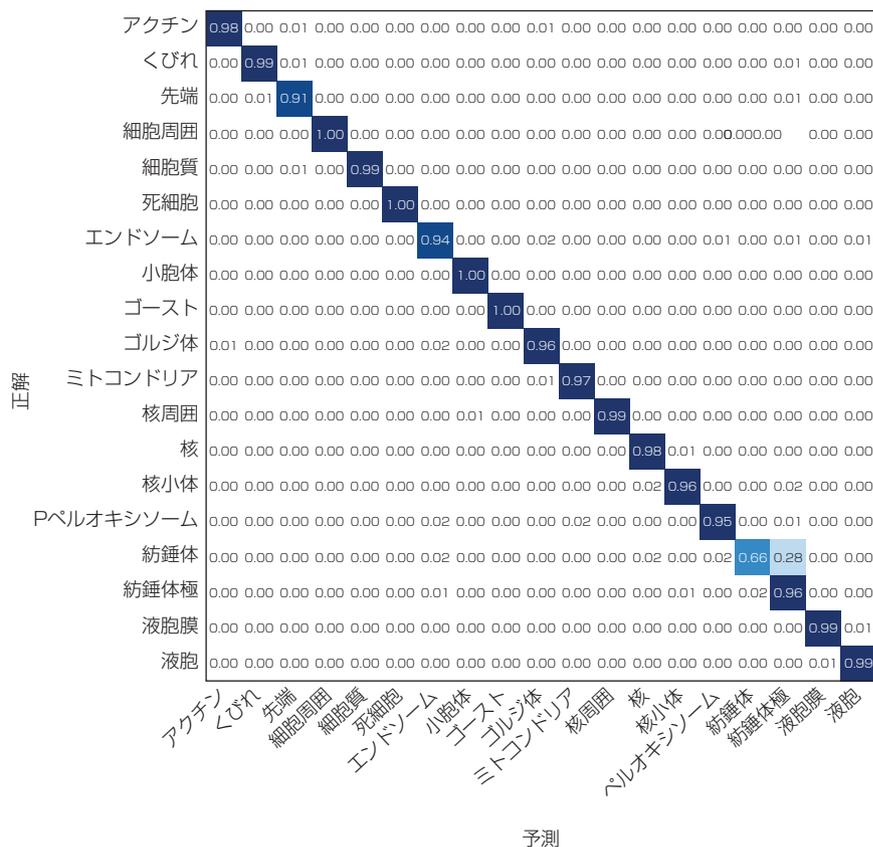
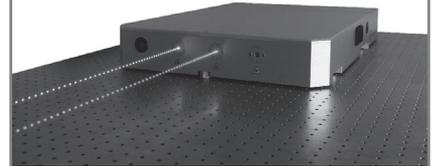


図1 過去2年間だけで、機械学習は生命科学向けの応用において著しい進展を遂げている。この複雑なマトリックスはAI開発で用いられるツールであり、この進展を証明するものは、生物学の試料における19の細胞小器官を同定するために学習したアルゴリズムの予測精度の報告だ。1つの例を除き、ここにあるすべての対象物を予測でき、ほぼ100%の精度である。

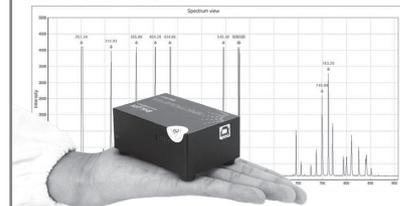
# 創業50年 日本最大級の レーザー専門商社



レーザー光源



光計測器・測定器



光学関連部品・光周辺機器



検査装置・イメージング機器



加工装置



光技術に関するご相談は

<https://www.japanlaser.co.jp/>

E-mail: [jlc@japanlaser.co.jp](mailto:jlc@japanlaser.co.jp)



本社 〒169-0051 東京都新宿区西早稲田2-14-1

TEL: 03-5285-0861

大阪支店 TEL: 06-6323-7286

名古屋支店 TEL: 052-205-9711

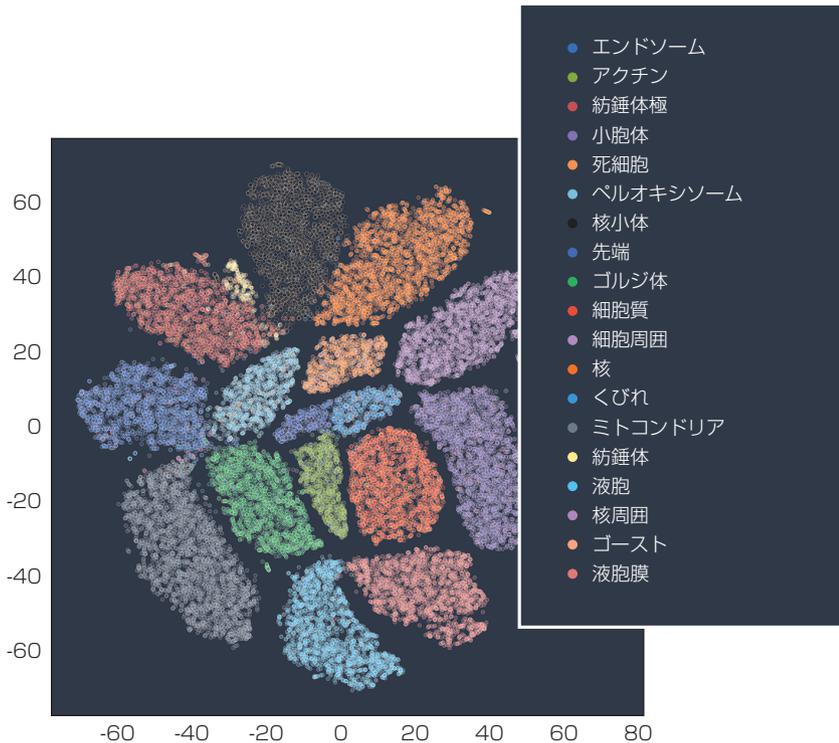


図2 図1で示したような学習済みアルゴリズムによって生成された予測により、明確に同定されたクラスターが理想的に形成されるだろう。次元縮小法であるt分布型確率的近傍埋め込み法 (TSNE)を用いて検証されたこのプロットから明らかである。

善できるインテリジェントなシステムを可能にする。正しいマッピングを理解できるようニューラルネットワークに”学習”データを人間が提供する必要はまだあるが、一度学習すればアルゴリズムは独自に動作できる(図2)。近い将来、情報を自動で収集または複雑な環境を自身でナビゲートする方法を機械が学習するにつれて、人間の監督はより簡単になるかもしれない。

タスクを自動化できるところまで技術が成熟すれば、現在は退屈なタスクに時間を取られていると感じる研究者は劇的に解放されるだろう。ライカ社のPAULAは世界初のパーソナル自動化ラボアシスタントであり、サンプルの連続モニタリングから得られた画像を解析し、変化が生じたときに自動で応答できるデバイスとして開発されている。

## 科学において扉が開く

重要なこととして、AIは膨大なデータから学習することで知見をもたらす。そのため、裏付けが乏しいのではなく、分析が客観的になる。

単一の情報源(例えば個々の顕微鏡や、単一の研究室からの一連のイメージングシステム)から得られる膨大なデータプールを迅速に分析することに加え、モノのインターネット(IoT)の接続性により、公に利用できるデータを統合してネットワークにつながった顕微鏡や他の研究室のデバイスからの情報にAIはアクセスできるだろう。顕微鏡はクラウドに接続され、クラウドを介して別のデバイスや学術出版のようなオープンソースのデータベースにも接続できるだろう。ホストデバイスからのデータと、オンラインソースの数百万からのデータを相互参照する

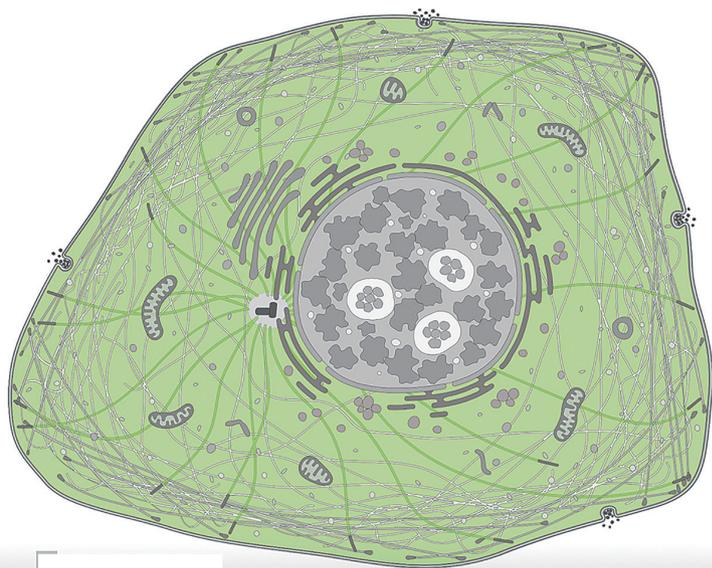


図1 セル・アトラスの図により相互作用に関する研究が可能になる。これは、個々の遺伝子やタンパク質の詳細を研究するため、さらにより広いコンテキストにおいてトランスクリプトームやプロテオームを体系的に分析するためのデータベースによって裏付けされたものだ。

ことで、これまでの生命科学で不可能だったタイプの協働がかつてない速さで生まれるだろう。

歴史的に、がん細胞の特定の変化を研究するために1000の異なるタンパク質を見る必要があるという。これは、1000人の異なる学生による1000の異なるPhD論文を意味するものであり、各論文は数千の画像を見ている。AIはこれらの分析すべてを一日以内で完了でき、タンパク質を単独で見ている学生には手の届かない相互作用パターンも同定できる。

## 必要条件

しかし、自動化された接続性に至るまでに、デジタルインフラに関わる課題を克服する必要がある。主なハードルは、顕微鏡の異なる機種で現在使われている数々のファイルフォーマットであり、機械学習アルゴリズムが失敗する恐れがある。

AIと機械学習技術が生命科学に完全なポテンシャルをもたらすために、技能開発を含めた主要分野において投

資が必要だ。従来の科学の領域が、計算科学、数学、統計モデル、ロボティクスなど大きく異なる分野に隣接していることが明らかな時代に我々は今やいる。保守派はこれらのアプローチの融合を利用することに気乗りしないているが、科学を次のレベルに押し上げるためには必要だ。

こうした投資の顕著な例をすでに目撃している。例えば、スウェーデン王立工科大(KTH Royal Institute of Technology)のエマ・ランドバーク准教授(Emma Lundberg)が率いるセル・アトラスだ。このプロジェクトは10年分の研究を含有しており、脊椎動物の細胞の全タンパク質をバーチャルに染色する。どこに存在するかを描写するために顕微鏡を用いている。

現在、ディープラーニング技術を使って解析できる画像を大量に有しており、細胞内にあるタンパク質の時空間的分布のパターンを決定できる(図3)。

独ライカ・マイクロシステムズ社(Leica Microsystems)は近年、異なる細胞小器官を示す28のクラスに画像を

分類するアルゴリズム作成のKaggleのコンペのスポンサーになった。世界から約2200のデータサイエンティストチームが、画像のみを手掛かりに細胞内のタンパク質の局在を予測する課題に取りかかった。このような課題はトリッキーで、なぜならいくつかのタンパク質は同時に複数の場所に存在し、パターンの中には非常に稀なものもある。成功に向けて、コンペのデータを補完するために独立したデータを検索し、数百万の写真を事前に学習したモデルを用いて顕微鏡の画像を認識できるよう調整するか、顔認証で使われる技術を利用する必要があった。このような努力により、個々の細胞レベルで健常者と患者におけるタンパク質の機能を理解できるようになるだろう。

セル・アトラスが開拓しているようなAIイノベーションがさらに必要だ。Kaggleのコンペが証明したように、こうしたプロジェクトは他者に刺激を与え、AIの可能性を信じて投資するようになる。これが従来の分野の終わりを意味すると恐れている人々は、このような進歩は人間の努力を置き換えるものではなく、人間がより高みに到達したり効率よく研究を行ったりするためのパワフルなツールとして努力を補うものであると気づくべきだ。

1つの研究プロジェクトには顕微鏡画像が数十万枚以上含まれており、人間が評価するには多すぎる。そのため、顕微鏡は従来から現象学の分野であった。現在は人間を超えたAIの時代であり、イノベーションの新時代を見据えている。

## 著者紹介

コンスタンティン・カッペル博士はライカ・マイクロシステムズの共焦点顕微鏡のプロダクトマネージャー。e-mail: constantin.kappel@leica-microsystems.com

URL: www.leica-microsystems.com

LPWJ