

AIの弱点を補うのは物理の人材だ

高安秀樹 〈ソニーコンピュータサイエンス研究所、東京工業大学 takayasu@csl.sony.co.jp〉

AI（人工知能）が囲碁の名人を破ったというようなニュースがマスコミで連日のように取り上げられ、近い将来、多くの仕事がAIに奪われるのではないかと騒がれている。確かに、今、企業では、使えるAIは導入が進められており、単純な（つまり、手順を教えればあまり経験がない人でもすぐにできるようなレベルの）知的作業がAIに置き換えられていくトレンドははっきりと見えてきている。しかし、利用が進むにつれて、AIに対する過大な期待は薄れ、その限界も見えてきて、改めて、人間の能力が必要とされる分野が明確になってきている。何がAIにできて何が苦手なのかを理解しておくことは、特に若い世代の人達にとってはこれからの中を生きてゆく上で極めて重要である。

2016年に公開された映画「ドリーム」は、マーキュリー計画を舞台に、コンピュータの発展とそれに伴う職業の変遷を、人種差別や女性蔑視といった社会問題と絡めて表現した秀逸な作品である。実在する主人公3人は、ロケットを飛ばすために必要な数値計算を手作業でする仕事に従事していた。1960年代には、手で正確な計算ができる人間のコンピュータが立派な職業だったのである（“computer”には“計算機”的に、“計算をする人”という意味もある）。そんな中、IBMの開発段階だったコンピュータがNASAに導入される。主人公の1人は、いち早くその将来性に気付き、このままでは自分達の職業がなくなると見通し、独学でプログラミングを学び、コンピュータを使いこなすプログラミングの仕事に就く。もう1人は、それまで使われていた軌道計算の方法自体に欠陥があり、従来の計算方法では宇宙船が地球に戻れないことに気付き、問題点を解決する新たな計算方法を考案し、マーキュリー計画の中で欠くことのできない技術者になっていく。そして、残る1人は、計算ではなく、ロケットの風洞実験など現実の物理現象に関心を持ち、航空宇宙工学の研究者になるというストーリーである。

今は、AIを通して、コンピュータのできることが極めて広範に広がり、職業の変化がもっと大規模に起こりつつあるが、この3人の生き方は大いに参考になる。3人の成功の秘訣は、近い将来コンピュータに駆逐される運命にある職業に見切りをつけて、コンピュータができないことを新たな職業と選択したことにある。それは、コンピュータ自体を操る職業、新たな理論を構築する職業、そして、物質を対象とした研究をする職業、である。

1960年代には人間と競い合う程度の計算能力だったコンピュータは、その能力がいわゆるムーアの法則に従って

指数関数的に進化している。インターネットによって世界中のコンピュータが情報をやりとりするようになって膨大に蓄積された様々な情報にアクセスできるようになり、また、コンピュータが自分で学習して賢くなっていく深層学習などの新しい技術が登場し、事務的な業務を代行し、自動車の自動運転も可能としつつある。さらには、手書き風の絵を描いたり、バッハの特徴に似せたような作曲をしたり、といった芸術関係の知的な作業もできるようになっており、近い将来、人間ができる知的作業は何でもできるようになるのではないかとさえ感じさせる勢いである。

しかし、原理的なことから落ち着いて考えてみると、コンピュータの得意不得手が見えてくる。コンピュータは電子回路から構成されているが、その本質は、デジタル化された数字とその演算規則の集合である。つまり、コンピュータは、数字で表されることしか処理をすることができない。例えば、コンピュータが将棋をやるために、駒の動きなどを数字で表現した上で、玉の囲い方や持ち駒などの要素を定義して数値化し、さらに、局面全体の有利・不利を表す評価関数を数千個の要素からなるベクトル関数として構成しておき、次の一手は、評価関数がより大きな値をとるものを選ぶ、というような方法をとっている。将棋盤上のあらゆる駒の配置は超天文学的な組み合わせの数だけあるが、それを、コンピュータが処理しやすい数千個という要素数の次元空間の中の点として表現したことによって、将棋で勝つ手順を数字の問題に置き換えることができたわけである。さらに、この数年で急に強くなったのは、ある程度強くなったプログラム同士で膨大な数の自己対局を繰り返してデータを増やし、最終的な勝ち負けから要素を自動的に再構成したり、全体の評価関数を修正することができるようになったからである。最近になってようやくある程度実用的なレベルになってきた画像認識も同様である。超高次元の自由度を持つ元の画像データから様々な要素を抽出し、それぞれを数値化することで扱いやすい次元数のベクトル量として表現し、そのベクトル空間の中での距離を定義することで画像の類似度を推定しているのである。

逆に、初めから数字になっている金融市場の時系列データなどは、コンピュータが最も得意とする分野であり、1990年代から人間を超えるパフォーマンスを出すようなコンピュータが既に実用化されていた。例えば、私が経済物理学という新しい分野の研究をしていたこともあって招待されたことがあるヘッジファンドでは、1998年の時点で、当時世界トップクラスのスーパーコンピュータを購入し、詳細なドル円レートのデータを徹底的に分析し、AI

が売買シグナルを出していた。取引実績を見ると、なんと、この一台のコンピュータが年間千億円単位の収益を稼ぎ出していた。

このヘッジファンドが成功した要因は、次の3点である。

1：最も高頻度の詳細な為替市場のデータをリアルタイムで使っていたこと。

2：世界最高性能のスパコンを使っていたこと。

3：理系の大学院生レベルを数十名雇用し、常識にとらわれない発想で予測プログラムを作らせていました。

元になるデータが粗ければそもそも価格変動からランダムウォークからの乖離を検出することができない、計算機の速度が遅ければせっかくチャンスを見つけても計算の速い人に先取りされてしまう、というわけである。これは、最高のデータと最高のコンピュータと理系の知見を総動員すれば、複雑な経済現象でも解明することができるはずだ、という経済物理の理念と合致していた。

経済物理学はその後、大きく成長し、今では金融市場だけでなく、様々な経済現象を物理学の視点から理解して応用する研究に発展しているが、この十数年、私は、そのようなアカデミックな研究と並行して、半導体工場のデータ解析という実務的な研究開発にも取り組んできた。実は、その体験を通して、流行りのビッグデータやAIの弱点を目の当たりにすることができた。

半導体工場では、SFの世界のような究極のモノづくりを実現している。現在の半導体はミクロン単位の立体構造を持っているため、シリコンウェハーから半導体を作るには、薬を塗ったり焼いたり削ったりビームを当てたりといった様々な処理工程を数百回施す必要があり、投入してから出来上がりまで2-3か月かかる。それら全ての処理はコンピュータシステムが自動的に行っており、荒っぽく言えば、クリーンルームの中に入るのは装置のメンテナンスのときだけ、というような状況である。このコンピュータシステムは、数千台の処理装置から出てくる約100万個の変数をリアルタイムでモニターしながら、ひとつひとつのウェハーを精密に管理して、24時間連続してミクロン単位のモノづくりを続けている。人間が作ったシステムで、これほど複雑系やビッグデータというキーワードがふさわしいものはないのではないかと感じている。

そのような半導体工場ではさぞかしAIが活躍しているのだろうと思うかもしれないが、実は、最近流行りのAI技術は期待するほどの成果を挙げていない。半導体工場で最も必要とされるのは、急に不良品の発生比率が高くなつたときに、いかに速やかに原因を見つけ、対策をとるかである。投入してから3か月後に結果が出るので、最終結果で問題が見つかったらすぐにどの工程に問題が発生したのかを明らかにして対処しなければ、最悪その後3か月間不良を出し続けることになり、利益が吹き飛んでしまうからである。結論から言えば、既存のAIが不良発生の原因解明の作業で活躍できない主な理由は、次の通りである。

1. AIを活かすには膨大なデータが必要であるが、現実には不良品が大量に発生しだすと製造を停止するので、解析に使える不良データの数が非常に少ない。
2. 変数の数が100万個もあると通常のAIの計算が終わらないので変数を事前に絞り込む必要があるが、そこは自動的にはやってくれない。
3. データから検出される変数間の相関関係の99%以上がいわゆる疑似相関であり、AIの判断は真の因果関係ではない誤った結論を導くことがしばしばある。
4. データ解析の結果に物理的な意味づけができるないと不良原因の解明や対策につながらないが、AIには意味づけができない。

これらのうち、1から3までに関しては、AI任せにするのではなく、データ解析の方法を丁寧に独自の工夫することで対処することは可能であり、そのようなデータ解析技術の差が、半導体工場の利益率に大きな影響を及ぼしている。例えば、従来は、熟練のエンジニアが手作業のデータ解析で1週間ほどかかって原因を推定していたような事例を、データに特化して改良したデータ解析ツールを使うと、ほんの数分で容疑工程第一位に真の原因を挙げるようなことも実現できている。しかし、そのような解析ツールの改良をする作業自体はAIには無理である。

同じようなことは、半導体に限らず、一般のモノづくりの製造工場にも共通する。AIは、安定的に稼働している製造工場の効率を少し改善したり、制御のための人手を減らす目的では使えるが、大きなトラブルが発生した時の対処には何の役にも立たない。中途半端にAIを導入してコスト削減（従業員を削減）を推進している工場は短期的には利益を上げられるかもしれないが、予期せぬトラブルが起こったときに原因を分析できる人材がおらず再稼働ができない、というリスクを覚悟しておかなければならない。

前世紀初頭、AINシュタインは、数十年間迷宮入りしていたコロイド粒子のランダムウォークに対し、連続体だと広く信じられていた水が離散的な分子から構成されているという仮説を立て、コロイド粒子の複雑な動きから水のアボガドロ数を推定することができることを理論的に示した。その仮説は実験家ペランによって直ぐに検証され、物質が原子・分子から構成されているという科学の歴史上最大ともいえるパラダイムシフトが実現した。このように、既存の知識では説明できない現象に対して大胆な仮説を立てて一気に問題を解決することができる物理学の醍醐味である。物理学を学んだものなら誰もが自然にできる「仮説を論理的に構築する」という知的作業は、数値化して表現することが極めて困難であり、コンピュータにやらせることが現時点では全くできない。その意味において、物理法則を理解した上で仮説構築ができる物理の人材は、モノづくりの現場において非常に貴重であり、これまで以上に社会で求められるようになる、と私は信じている。

(2018年5月15日原稿受付)