



Kavli
IPMUものしり
新聞

第 19 号

March 2025

2025年3月30日発行
発行所 東京大学国際高等研究所
カブリ数物連携宇宙研究機構 (Kavli IPMU)
〒277-8583
千葉県柏市柏の葉5-1-5
電話 04-7136-4940
FAX 04-7136-4941
https://www.ipmu.jp/ja



天

文学や物理学の分野では、さまざまな観測プロジェクトが進行・計画中で、今後、従来より桁違いに膨大なデータが取得されるようになると思われる。そんな時代に対応するために Kavli IPMU が 2023 年に設立したのがデータ駆動型探索センター (CD3) だ。CD3 では、膨大なデータを機械学習、AI を活用しつつ解析、研究を進めている。

たとえば物理学の研究には大きく二つの方法がある。一つはアインシュタインの相対性理論のように、基本法則から出発して理論を構築していく方法。もう一つは観測や実験のデータに基づいて理論を作っていく方法だ。「データ駆動型研究」とは、後者のアプローチによる研究のことをいう。

望遠鏡などの観測データへは食材のようなもので、多くの場合、そのままでは研究に使うことはできない。研究に使えるデータにするためには、食材を調理するように、生のデータを何段階も解析することが必要だ。CD3 は、さまざまな大学・研究機関と協力しながら、データ解析の取りまとめ役も担っている。

研究には、望遠鏡による宇宙の観測データや、素粒子実験によって得られるデータなどが使われる。たとえば、すばる望遠鏡の新装置 PFS (超広視野多天体分光器) や、ニュートリノの観測装置ハイパーカミオカンデのデータなどだ。PFS は一度に最大約 2400 天体を分光観測できる装置で、従来の分光装置と比べて 1000 倍以上の効率でデータを得られる。またハイパーカミオカンデは、現行のスーパーカミオカンデの 100 年分のデータを 10 年で得られる。そのほかさまざまな観測や実験によって得られる膨大なデータが利用される。

ジアさんとリアンダさんは CD3 を運営する研究者で、ジアさんはセンター長も務めている。リアンダさんは、すばる望遠鏡の HSC (超広視野主焦点カメラ) など得られた宇宙の観測データに、機械学習を適用する研究を進めている。一方ジアさんの関心は、コンピュータの中で宇宙を再現することだ。たとえばシミュレーションを数千回行つて、実際の観測データと整合性のある宇宙を探索するような研究を行っている。その際、機械学習の手法を組み合わせることで、これまでとは違う形で新しい情報を引き出せるという。

AI とともに 宇宙を探る

「宇宙論だけではなく、素粒子実験についても貢献していきたい」とジアさんは語る。CD3 では、ニュートリノという素粒子についても調べる予定だ。宇宙観測や素粒子実験のデータを組み合わせると、ニュートリノ振動の物理や質量がわかる。それらから正体不明のダークエネルギーや消えた反物質の謎、宇宙に存在する力の統一理論など、宇宙や物理のさまざまな問題に迫ることができるのだ。

得られた大量のデータや物理理論をもとに、宇宙を再現するための計算をコンピューターで行う。さまざまな値を仮定しながら計算を進め、現実の宇宙と同じような姿になるものを探していくのだ。現実の宇宙と同じ結果が出れば、仮定した値が正しいと考える。素粒子実験でも同様に、データや理論をもとに素粒子がどのような反応をするのかをコンピューターで計算して再現し、実際の実験データと比べていく。

AI、機械学習

2024 年のノーベル物理学賞は物理学のツールを利用して機械学習の基礎を築いた研究者に、同じく化学賞はタンパク質の構造などを予測する AI を開発した研究者に贈られた。機械学習は AI の技術の一つで、コンピューターが読み込んだ大量のデータからそこに潜むルールや関係性を自ら学習する技術のことだ。近年ではさまざまな研究分野で AI や機械学習の活用が進んでおり、天文学や物理学の研究も例外ではない。たとえば天文観測や素粒子実験では近年、装置の進歩も相まって大量のデータが得られるようになってきた。今後はさらに桁違いのデータが得られる予定だ。それらは人の手で解析できる量ではなく、機械学習の活用が必要になってくる。

共同研究

AI や機械学習の分野の進歩のスピードは速く、教科書を読むような勉強の仕方では追いつけない。CD3 では共同コーディングセッション (ハッカソン) などを開催し、他の研究者とつながりつつ新たなアイデアをつねに追求している。

宇宙

インフレーション

ニュートリノ振動

ダークエネルギー

宇宙には普通の物質は全体の約 5% しかないと考えられている。残りは今のところ正体不明のダークマターやダークエネルギーだ。ダークエネルギーは後期宇宙の加速膨張を引き起こしている謎のエネルギーだ。

宇宙の誕生は約 138 億年前といわれている。宇宙は、誕生直後「インフレーション」と呼ばれる急激な加速膨張を経て、超高温・超高密度の「熱い火の玉宇宙」になったと考えられている。

ニュートリノが飛んでいる途中で別の種類のニュートリノに入れ替わる現象を「ニュートリノ振動」という。ニュートリノ振動の研究は、宇宙には反物質より物質の方が多いのはなぜか、という謎の解明につながる可能性がある。