

AFSA ニュースレター 研究紹介

今回は、NTTコミュニケーション科学基礎研究所の西野正彬さんと、兵庫県立大学の玉置卓さんが登場します。西野さんはAI技術と組み合わせて使うアルゴリズム技術の開発を進めています。また、玉置さんは「総当たり探索」や「グローバ探索」でしか解けないと思われる問題のもっと賢い解き方に挑戦しています。コラムでは、中央大学の松崎雄一郎さんが、クラウド上の量子コンピュータ実機の使い方を提案します。

interview 01



AI技術の安心を保証する 『検証器』の開発を目指して

実用フェーズに入り、急速に利用が増大しているAI技術。その“予測誤り”が問題になっています。西野さんは、この問題をアルゴリズム技術で解決したいと考え、「検証器」という新しい仕組みを提案しています。将来的に検証器を設計することを見据えて、「AI技術と検証器を組み合わせた場合にうまく動作するかどうか」を理論的に研究しているのです。

A02 班研究分担者

西野 正彬 (にしの まさあき)

NTTコミュニケーション科学基礎研究所
協創情報研究部 特別研究員

「研究では座っていることが多く、運動不足になりがち」と話す西野さん。10年ほど前から、時間を見つけて走るようにしています。最近、走ることに本格的に取り組みたいと思い、2024年12月には、地元の奈良マラソンに参加しました。10月の取材では、「坂もある難コースで素人向きではないみたいです」と弱気でしたが、42.195キロをついに完走しました!!

AI技術の誤りはゼロにできない

最近、機械学習などの人工知能(AI)技術の実用化が急速に進んでいます。研究フェーズでは、AI技術の正答率を上げることが注目されてきましたが、実用フェーズに入って、AI技術が引き起こす「誤り」が世界的に問題になっています。そこで私たちのチームでは、このAI技術の弱点をアルゴリズム技術で補えないかと考え、「AI技術と組み合わせて使うアルゴリズム技術」の開発を進めています。

機械学習では、データを機械に学習させて、出来上がったモデルを使って

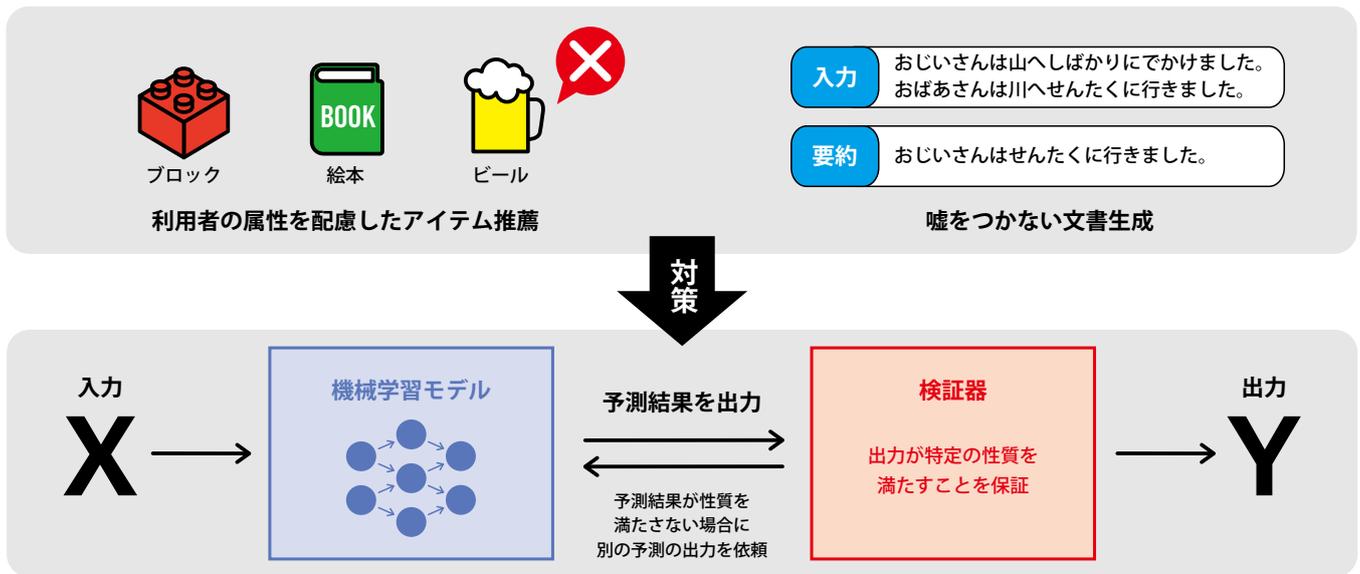
さまざまな“予測”を行います。例えば、誰かが好きなものを学ばせて、その人が好きそうなものを“予測”して薦めたり、文章の構造を学習させて、新しく与えられた文章の要約を“予測”したりします。しかし、「データを学習して予測する」という機械学習の特質から、誤りを犯すことは避けられないのです。

ところが、子供に不適切なものを薦めてしまったり、要約した内容が間違っていたりというように、出力を検証すれば、簡単に見つけられる誤りもあります(図上)。このような誤りが出力されることを防ぎ、なおかつ「こういう誤りは犯さない」と保証できたら、

AI技術をさらに多くの人々が安心して使えるようになるでしょう。

AI技術の誤りを防ぐ検証器とは

私たちは、AI技術に誤りを起こさせないために、できた機械学習モデルをチェックする「検証器」を設置することを提案しています(図下)。検証器とは、機械学習モデルの出力が仕様を満たしているかどうかを検証する機能をもち、検証結果を機械学習モデルにフィードバックして誤りを防ぎます。ただ、このような検証器を用いる際に心配されるのが、フィードバックを受けた機械学習モデルがうまく働かなくなったり、



図：機械学習モデルの誤りの例(上)とそれを防ぐ「検証器」(下)
 明らかに誤りだとわかるものについては、検証器によって出力を防ぐ。

予測精度が下がったりしないかという点です。そこで私たちは、具体的な検証器を設計する前段階として、検証器を取り付けた機械学習モデルの動作について理論的に研究しています。

その結果、「機械学習モデルがうまく学習していれば、検証器を取り付けてもその予測精度は下がらない」といった知見が得られつつあります。今後は、どのようにフィードバックすればいい結果が得られるかなど、検証器に関する知見を蓄積して、実際に検証

器のアルゴリズムの設計に生かしていきたいと考えています。

このように実際の検証器をつくらずに一般化した研究を行うのは、今後、さまざまな機械学習モデルの仕様に対応した検証器を組み合わせることを想定しているからです。AI技術はすでに、私たちの暮らしの多くの場面で使われており、その重要性はこれからもますます大きくなっていくでしょう。そのため私たちの研究はAI技術の安全・安心に関わる重要なものだと考えて取り

組んでいます。

AFSAには、私と似た研究をされている方はいらっしゃいません。それだけさまざまな面白い研究をされている方々がいらっしゃるのです。一緒に仕事をしたり、議論させていただいたり、非常にエキサイティングな時間を過ごしており、これからもさらにこの研究を続けさせていただきたいと思っています。

(取材・執筆／池田 亜希子)

column

クラウド上の量子コンピュータ実機で何をする？



B03班 公募研究者
松崎 雄一郎
 Yuichiro Matsuzaki
 中央大学 理工学部 准教授

近年、量子コンピュータのクラウド実機の利用が大きな話題となっています。例えば、超伝導量子ビット、イオントラップ、中性原子、光などで実現した量子コンピュータが、対価を支払うことでクラウド利用することができます。ただ現状では、古典のパソコンを超える速度で、商用に意義のある計算を、クラウドの量子コンピュータで解くことは難しいと思われま

す。一方で、量子コンピュータのクラウド利用は、量子的な物質の性質を解明することに用いることができます。クラウド量子コンピュータを、ある種の量子シミュレーターとして活用するのです。私は修士

課程の学生の頃から、量子多体エンタングルメント(多体の量子もつれ)が、ノイズの影響下でどのように振る舞うかについて興味を持っていました。量子コンピュータのクラウド利用は、そのような多体エンタングルメントのデコヒーレンス(「量子力学的重ね合わせ」が壊れた状態)下での振る舞いを調べるのに、うってつけの舞台を提供してくれます。理論だけでは解析するのが難しかった複雑な振る舞いも、実験と理論の両面から調べることで理解が深まっています。

実際に我々の研究で、「エンタングルメントの状態であるにもかかわらず、セパラブル(分離可能な)状態よりも長寿命になる例」なども見つけており、興味深い成果が出ています。もちろん、このような基礎的な研究はすぐに商用に役立つとは限りませんが、クラウドの量子コンピュータは使い方によっては、学術的に面白く、かつては手の届かなかった知見を与えてくれる可能性を秘めているのです。



「総当たり探索でしか解けそうにない問題をもっと賢く解く」

世の中には、無数にある解の候補をしらみつぶしに調べないと答えが見つからない問題が多くあります。しかし、この方法は効率が悪く、非常に多くの計算量が必要になります。もしかしたら、しらみつぶしに調べるより、もっと賢く問題を解く方法があるかもしれません。「限界と思われていることを突破するのが研究の醍醐味」という玉置さんは、より速く問題を解く方法を探求し、計算機科学の未踏の記録に挑んでいます。

B04 班研究分担者
玉置 卓 (たまき すぐる)
 兵庫県立大学大学院
 情報科学研究科 教授

旅行が趣味という玉置さん。これまで世界 48 か国を旅しており、国内では最近延伸された北陸新幹線を除いて、JR の全路線を乗車したそうです。旅の目的は、非日常感を味わうことのほかに、もう1つ「移動時間は考え事をするのに最適なのです。自分を強制的に1人の世界に閉じ込められるので、研究室にいるより研究がはかどることもありますね」と玉置さん。電車の中でインパクトのある研究成果が生み出されているとは!?

「しらみつぶしに調べる」しか方法はないのか

数学の有名な未解決問題に「P対NP問題」があります。解を簡単に見つけられる問題をP問題といい、候補となる解を簡単に検証できる問題をNP問題といいます。「P=NP」であれば、すべてのNP問題には簡単に解を見つける方法があることを意味します。しかし、多くの数学者は「P≠NP」と予想しており、解の候補をしらみつぶしに調べないと答えを見つけれない問題があると考えています。

解の候補をしらみつぶしに調べる方法を「総当たり探索」といいます。現在、総当たり探索でしか解けない問題は、世の中に数多く存在します。しかし、本当に総当たり探索でしか解けないのかどうかは数学的に証明されていませ

ん。総当たり探索は効率が悪く、非常に多くの計算量を必要とします。総当たり探索よりも少ない計算量で問題を解く方法が見つかれば、学术界だけでなく社会にも大きなインパクトを与えられます。私はさまざまな計算問題について、総当たり探索でしか解けないのか、あるいはもっと効率的に解く方法があるのかを探求しています。

量子計算分野の限界にも挑戦

研究では、理論計算科学において重要かつ基本的な「充足可能性問題」というテーマを扱っています。充足可能性問題は、現時点では簡単に解く方法は見つかっておらず、もっとも難しい場合では総当たり探索でしか解けません。私は充足可能性問題について、総当たり探索よりも効率的に解く方法があるのではないかと探っています。

また、最近では、量子計算の研究にも取り組んでいます。普通のコンピュータで総当たり探索をする場合、解の候補がN個であれば、N個の解をすべて調べる必要があります。それに対して、量子コンピュータでは、総当たり探索に相当する「グローバ探索」というアルゴリズムを用いると、解の候補がN個のとき、 \sqrt{N} 回だけ調べればすべての解の候補を検証できます。私は、「局所ハミルトニアン問題」という量子コンピュータが力を発揮すると期待される量子化学計算で扱う問題をテーマとして、グローバ探索よりも効率的に解く方法を探っています。実際に、局所ハミルトニアン問題について、グローバ探索よりも速くほぼ最適な近似解を求める方法があることをB03班のLe Gallさんらと数学的に証明しています。

「総当たり探索」や「グローバ探索」でしか解けないと思われている問題について、もっと効率的に解く方法を見いだすことは容易ではありません。しかし、そこに限界を突破する楽しさがあり、実現すれば社会に大きなインパクトを与えることができます。そうした成果をいち早く出したいと考えています。

x	f(x)
00100001110111000101	false
11011100110110010000	false
00111000010011110010	false
10011101011000000001	?
11011011101000000011	?
.....	...
.....	...
.....	...
10010101100100000111	true
00100110100010110101	?
01111011000110001001	?
01111011000110001001	?
10000000111111011100	?



図：総当たり探索のイメージ

(取材・執筆／秦千里)

information

2024年度第2回領域集會を開催

「2024年度第2回領域集會」が2024年11月29～30日に東京・TKP 神田ビジネスセンターにおいて現地とオンラインのハイブリッド形式で開催され、82名の参加がありました。初日は領域全体および各計画班の近況報告や研究紹介が行われ、2日目には公募研究者や若手研究者によるポスターセッションが行われました。

2日目の招待講演では、国立情報学研究所(NII)の杉山磨人准教授が「『記号推論に接続する機械学習』への幾何学的アプローチ」、東京大学の小島武仁教授が「マーケットデザインとは何か?～ERATO小島マーケットデザインプロジェクト紹介」と題して講演されました。秋晴れの東京で2日間にわたって活発なディスカッションが行われ、盛会のうちに閉幕しました。



至る所で議論の輪が見られた。

お知らせ

・AFSAプロジェクト最終報告会を開催予定

本プロジェクトの最終報告会を、2025年3月13日(木)12時半より情報処理学会全国大会(立命館大学大阪いばらきキャンパス)のイベント企画として開催します。詳細はAFSAホームページでお知らせします。

・AFSA共催「触媒コンペ」表彰式を開催予定

AFSA共催「触媒コンペ」表彰式・報告会を、2025年3月13日(木)の午前に、上記の最終報告会と同じく情報処理学会全国大会のイベント企画として開催する予定です。

「第2回グラフ数え上げ国際競技会」表彰式・報告会を開催

2024年3月からA02班が主催していた、グラフ数え上げに関する競技会 "International Competition on Graph Counting Algorithms 2024" が成功裏に終了し、12月21日に結果報告会と表彰式が行われました。

2度目の開催となる今回の競技会へは4カ国6チームからソルバが提出されました。報告会は、人工知能学会との合同研究会である人工知能基本問題研究会内で行われ、各チームからの手法発表、優勝チームおよびアイデア賞受賞チームの講演があり、活発な質疑が行われました。

競技会の概要と結果はこちらから:

<https://afsa.jp/icgca2024/>



右の写真は、優勝チームのメンバーであるウィーン工科大学の Rafael Kiesel さん

AFSAメンバーの 新規プロジェクトが続々と採択

本プロジェクトは最終年度を迎えていますが、AFSAメンバーを中心とする新規プロジェクトが続々と採択されています。

以前にお知らせしたJST ASPIRE (B02河原林教授)をはじめ、科研 基盤(S) (B03ルガル教授)、科研 基盤(A) (B01上原教授)、JST CREST (B02岩田教授)、JST CREST (B03山下教授)、JST CRONOS (B02泉准教授)などが立ち上がっており、領域全体として今後の発展が期待されます。

AFSAメンバーの異動について

B01班公募研究者(第1期)の九州工業大学 斎藤寿樹 准教授が2024年12月より教授に昇任されました。

おめでとうございます。



AFSA News Letter No.13

(2025年1月発行)

発行者 AFSA プロジェクト事務局
所在地 〒606-8501 京都市左京区吉田本町
京都大学大学院情報学研究科コンピュータアルゴリズム研究室内
編集協力 サイトテック・コミュニケーションズ
デザイン 八十島博明、石川幸彦 (GRID)



<https://afsa.jp>

本領域に興味をお持ちの方は AFSA 事務局 (afsa-contact@algo.cce.i.kyoto-u.ac.jp) までお問い合わせください。