

AFSA ニュースレター B03 班紹介号

AFSAでは、将来、量子計算機が普及するのを見据えて計算基盤づくりを進めています。
プロジェクト内で唯一、量子計算の研究を担うB03班をご紹介します。

interview

山下 茂 B03 班代表者に、班の目的やプロジェクトに期待することを伺いました。

得意・不得意を知って、 量子計算機が実用化する未来に役立つ 計算基盤をつくりたい

——プロジェクト内で唯一、量子計算機の研究をされていますが、何をめざしているのでしょうか。

山下 量子計算機とは、「重ね合わせ」や「量子もつれ」という量子力学特有の性質を利用して計算を行う次世代計算機です。IBMやGoogleなどの実機が知られていますが、いずれもまだ小規模で、皆さんが使えるという意味での実用化には至っていません。しかし最近、日本を含め世界中で研究を後押しする動きが見られ、開発競争は激しさを増し「2050年には実現する」などと言われます。

量子計算は、実機が登場する前の2000年頃から、万能量子計算モデル（量子計算が理論的にできることは全てできるとするモデル）で行われてきました。一方で、2010年代に入り実機が登場すると、逆に量子計算が必要

なのかという理論的な裏付けがないままに量子計算機の利用が進みました。そのために現在、理論と実践の間に大きな隔たりが生じています。この隔たりを埋め、将来、量子計算機を使いこなすための「計算基盤」をつくらうというのがB03班の目標です。特に、計算理論と実践の両面から、量子計算を研究するグループは私の知る限りではほかにないので、これは大きな挑戦になると思っています。

——具体的には、どういった計算基盤をつくるのでしょうか。

山下 量子計算機に対して、現在、私たちが普通に使っているコンピュータを便宜的に古典計算機と呼んでいます。量子計算機が注目されているのは、古典計算機では計算に1万年かかるとされる問題を1時間で解いてしまったり



B03 班代表者

山下 茂 (やました しげる)

立命館大学 情報理工学部 教授

するからです。しかし興味深いことに、短時間で解ける問題は限られているのです。そのため、将来、量子計算機が使われるとしても、古典計算機が得意な部分を切り分けて、古典計算機と量子計算機を協調させることになるでしょう。それにもかかわらず、現状で量子計算機の優位性が明確になっているのは、素因数分解の計算くらいです。そこで、さまざまある量子計算モデルの個々の問題について得意、不得意を明らかにし、その知見を計算基盤として蓄積します。この知見があれば、将

「世界レベルの研究者集団で、量子計算の理論と実践の融合に挑む」

量子計算機が実現した時に、それを有効に使いこなすための計算基盤の構築に取り組む

「理想的な量子計算機における理論的な研究」と「非理想的な現実の量子計算機を理論の裏付けなしに利用する実践的な研究」の両者の間に、現在、大きなギャップがある。



量子計算の様々なモデルからの理論的な研究と実践的な研究を有機的に行うことで、理論と実践のギャップを埋め、最終的には古典計算と量子計算を協調利用する計算基盤の創出を目指す。

最終目標：量子アルゴリズムの理論と実装を接続する革新的基盤の創出

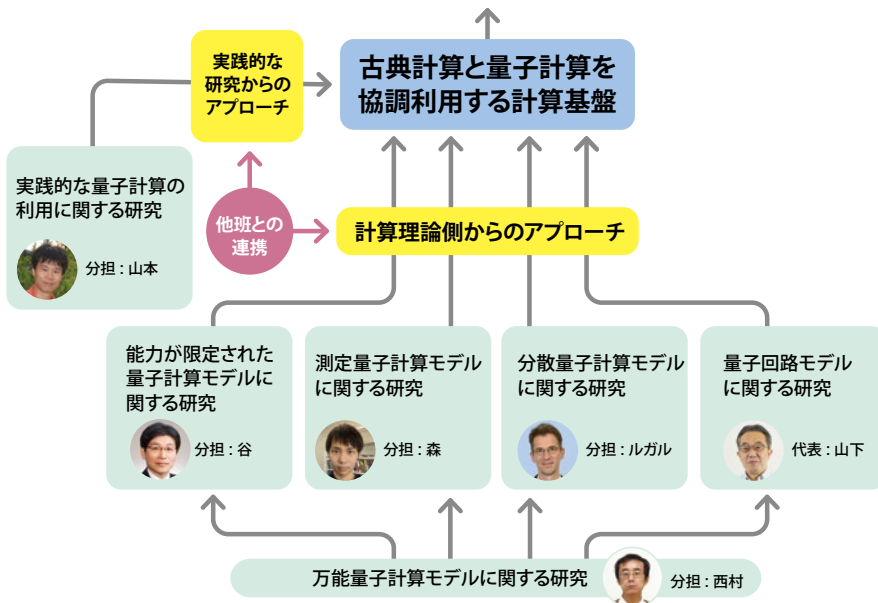


図1 B03班「量子アルゴリズムの革新的基盤創出」の目標と研究の進め方

来、量子計算機が実用化した際に十分にその強みを発揮できるようになるはずですが。

しかし、実際に得意・不得意を見極めるのは簡単ではありません。そこで量子計算モデルの理論解析を行うメンバーには、長年にわたって研究を続けている世界トップレベルの人たちに集まってもらいました。この体制で、もっとも一般的な「量子回路モデル」から少し特殊な「測定量子計算モデル」まですべての計算モデルの理論研究を行います。一方、現在ある量子計算機を利用する実践に精通したメンバーとして、分子の基底状態計算などを行っている山本直樹先生に加わってもらいました。もともとは理論研究者の私も、

実践的な研究に軸足を移し、グループ内の理論と実践をつなぐ役割を果たしています。

——現時点で、量子計算機の得意・不得意を見極める糸口はあるのでしょうか。

山下 実は、計算量が同じ場合、量子計算機は古典計算機より遅いことが知られています。原因は、量子計算機では計算の1ステップに多くの時間を要するからです。ところが、問題によりますが、データ数を n とした場合、古典計算機で計算量が 2^n のところ、量子計算機では n^3 になるようなことが起こります。そうすると n が大きくなるにつれて量子計算機の計算量が古典

計算機よりも圧倒的に少なくなり、1ステップの時間の長さが問題にならなくなります。つまり、計算量が少ないという点で古典計算機を凌駕できれば、量子計算機が力を発揮できるのです。しかし、これ以上のことがほとんどわかっていないので、理論チームにはたくさん具体的な問題について古典計算機を用いるべきか量子計算機を用いるべきかを解析してもらいます。

——B03班がプロジェクトに参加する意義をどう感じておいでですか。

山下 “量子計算機が実用化していない”という点で、B03班が置かれている状況はほかの研究班とだいぶ違います。しかし将来的には、古典計算機と量子計算機を協調的に動かすことになるので、プロジェクト内で研究する意義は大きいのです。例えば、私は、量子回路の設計でコストを下げるのに、B01班の堀山先生の「数え上げ」や、A02班の安田さんの「SAT（充足可能性判定）問題」のテクニックが有効ではないかと考え、2人の先生と議論を重ねています。このように古典計算機との共通点が多いので、私たちのセミナーには、ほかの研究班の方にも参加してもらって議論の場にしたいと思っています。

量子計算機は未知の部分が多く将来が読めない分野なのです。実用化は2050年と言われていますが、それは現在の技術の延長上の予測で、新たな技術の登場によって、突然、実現する可能性も十分にあります。また、徐々にではありますが、人工知能や化学における分子の基底状態の計算で、量子計算機と古典計算機の協調設計が力を発揮しそうだとわかってきました。高性能な量子計算機が普及する時のために、現在、真に実用的な計算基盤をつくらうと、B03班のメンバー全員で研究を進めています。

(取材・執筆／池田 亜希子)

B03 班 紹介

■ 専門分野 ● 研究のメソドロジーや哲学 ★ AFSA (B03 班) での抱負

B03 班のメンバーを紹介します。全メンバーは AFSA ウェブサイト (メンバー) にてご確認ください。



山下 茂
Shigeru Yamashita
立命館大学
■ 量子回路設計

研究代表者



西村 治道
Harumichi Nishimura
名古屋大学 / B03 班補佐
■ 量子計算量理論

研究分担者



山本 直樹
Naoki Yamamoto
慶應義塾大学
■ 量子計算、量子制御、
量子情報

研究分担者



谷 誠一郎
Seiichiro Tani
NTT CS 基礎研
■ 量子アルゴリズム、
量子計算の複雑さ、
量子情報処理

研究分担者



森 立平
Ryuhei Mori
名古屋大学
■ 量子情報、量子非局所性、
測定型量子計算

研究分担者



ルガル フランソワ
François Le Gall
名古屋大学
■ 量子アルゴリズム、
量子計算量理論、
量子分散計算

研究分担者



川口 英明
Hideaki Kawaguchi
慶應義塾大学
■ 応用情報学・健康医療情報、量子コンピューティング、量子コンピューティングアルゴリズムの医学応用
● 実問題に適したアルゴリズムの開発
★ 量子コンピューティングを活用したアルゴリズム開発を行い、医学分野の問題に取り組みたい

博士研究員



ロスマニス アンシス
Rosmanis Ansis
名古屋大学
■ Quantum algorithms, query complexity
● I believe that quantum computers, once built, will be powerful tools for scientific advancement, and I hope that my work can accelerate their arrival.
★ I want to better understand the capabilities of quantum computers, and explore how can they better interact with classical computers.

博士研究員

column

異分野による 学際研究に必要なこと

B03 班 博士研究員
川口 英明
Hideaki Kawaguchi
慶應義塾大学

昨今、アカデミアに限らず、新興技術を中心とした融合分野が注目されています。例えば、医工連携を目的とした、東京工業大学と東京医科歯科大学の統合は、記憶に新しいでしょう。しかし、私の経験として、医療情報と量子コンピューティングなどの各専門家を集めただけでは、お互いに共通概念の粒^{りゅうど}度・使用言語が異なるため、議論が進まないという課題がありました。同様の課題は、医工連携に限らず、異分野における学際研究には不可避であると感じます。

そのため、異分野の専門知識を橋渡しできる横串の専門家が今後は重要になると考えます。例えば、医工連携においては、医学の問題を抽象化し、アルゴリズムを適用できる形に変換しないと、工学側に協調を求めることは難しいことだと想定されます。

私は、もともと医師であり、医療情報学という情報寄りの出身とはいえ、異色の背景を有していますので、このキャリアを活かして学際研究の発展に寄与したいと考えています。

column

My Research Journey in Japan

B03 班 博士研究員
ロスマニス アンシス
Rosmanis Ansis
名古屋大学

I arrived in Japan and started my research work here in mid-2019. After working for three months in Kyoto University, in the autumn of that year I moved to Nagoya University, where I continued my close collaboration with Prof. François Le Gall. Then, about two years later, I joined the AFSA-project in June 2021 and became a member of Group B03, working on quantum algorithms.

During my research career, I have worked in various areas of quantum computing and quantum information: query and circuit complexity, cryptography, optimization, algorithms design, and distributed computing. The subject of quantum distributed computing has been

especially interesting to me lately because it combines aspects of multiple research fields and because I want us to better understand the capabilities of quantum devices in a networked setting. Being a part of the AFSA-project has enabled me to interact more closely with people who are experts in classical distributed computing and fostered collaborations on the design of distributed algorithms.

In the future, I am looking forward to even more collaborations with researchers in the AFSA-project, and I hope that we can bring together and combine expertise from various fields to come up with new and innovative research ideas.

information

電子情報通信学会総合大会で COMP-AFSA 学生シンポジウムを開催

2023年3月10日、電子情報通信学会総合大会において「COMP-AFSA 学生シンポジウム」がコンピューテーション研究会 (COMP) との共催で開催されました。計5件の研究発表があり、活発な議論が行われました。最優秀論文賞には吉渡叶さん(名古屋大学)による「辺ケイレスに対する必勝判定アルゴリズムの計算量解析」(B04班 土中哲准教授・小野廣隆教授らとの共著)が選ばれました。



COMP-AFSA 学生シンポジウムの様子



第6回 AFSA コロキウムを開催

2022年12月9日に「第6回 AFSA コロキウム」を開催しました。A02班 研究分担者の鍋島英知准教授が「最近の逐次・並列 SAT ソルバーを構成する技術」について講演し、2020年に登場した Kissat がもたらした大きな性能向上を中心に技術を紹介しました。オンラインも含め22名が参加し講演後には2時間以上の議論が行われました。



第6回 AFSA コロキウム 寺町ラボ会場の様子



第5回 B01班 短期滞在集中セミナーを開催

B01班が主催する5回目のSSSS(短期滞在集中セミナーシリーズ)を2022年12月25～27日に島根県松江市で開催しました。今回はB01班メンバーを中心に研究協力者を加えて総勢19名が参加し「グラフ列挙ツール Graphillion の拡張について」「レプタイル問題の解列挙」「SAT ソルバによる最小公倍図形の探索」など、のべ17件の研究発表に対して活発な技術討論が行われました。今後も、同様の集中セミナーを定期的に開催していく予定です。

今年度第1回 領域集会の開催予定

2023年5月19、20日に2023年度第1回領域集会を開催します。対面とオンラインのハイブリッド形式を予定しており、会場は東京(または東京近郊)の予定です。最新情報はAFSAウェブサイト(お知らせ)でご確認ください。

研究分担者の逝去について (および後任のお知らせ)

B01班 研究分担者で九州大学の竹田 正幸(たけだ・まさゆき)先生が2022年12月28日に58歳で逝去されました。

竹田先生はこれまで、文字列の圧縮や検索に関する超高速処理アルゴリズムを中心として数多くの重要な研究業績を上げられ、九州大学の情報科学を牽引する立場で教育研究に真摯に取り組んで来られました。ご闘病かなわらず志半ばでご逝去されたこと誠に残念です。ここに、AFSA関係者一同、謹んでご冥福をお祈り申し上げます。

なお、竹田先生の後任として、同じ九州大学の稲永俊介准教授がB01班研究分担者に加わることとなりましたので併せてお知らせいたします。

研究分担者の異動について

A01班 研究分担者の瀧川一学氏が2023年2月1日付で京都大学国際高等教育院附属データ科学イノベーション教育研究センターの特任教授に就任しました。今後も京大の本務オフィスと京都寺町ラボを活動拠点として、AFSAプロジェクトに参加される予定です。



AFSA News Letter No.6

(2023年4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所コンピュータアルゴリズム研究室内
編集協力 サイテック・コミュニケーションズ
写真 大島拓也
デザイン 八十島博明、石川幸彦 (GRID)



<https://afsa.jp>