

量子情報・量子生命研究センターと量子ソフトウェア研究拠点



夢はバラ色

北川 勝浩*

Center for Quantum Information and Quantum Biology
and Quantum Software Research Hub

Key Words : Quantum Information, Quantum Computer, Quantum Biology

はじめに

2020年是大阪大学の量子情報研究者にとって大躍進の年になりました。公募された国の3つの大型研究プログラム、文部科学省 光・量子飛躍フラッグシッププログラム (Q-LEAP)、ムーンショット、JST 共創の場形成支援プログラムに立て続けに採択され、今後十年間の研究活動とその後も持続的に発展する拠点形成への足場を築くことができました。本稿では、2021年4月1日に大阪大学に設置された量子情報・量子生命研究センターと国の量子技術イノベーション戦略に基づいて設置された量子ソフトウェア研究拠点について紹介します。

研究拠点をめぐる世の中と大学の動き

大きな研究拠点としてはいわゆる国研があり、理化学研究所 (Riken)、産業技術総合研究所 (AIST)、物質・材料研究機構 (NIMS)、情報通信研究機構 (NICT)、宇宙航空研究開発機構 (JAXA)、量子科

学技術研究開発機構 (QST)、高エネルギー加速器研究機構 (KEK) など、正に国の拠点です。新しく重要な分野が現れた場合、その分野にフォーカスした拠点を作って、リソースを集中することは研究力強化に非常に効果的です。新拠点の設置を国に提言する機能は日本学術会議が果たしていましたが、今世紀に入ってから科学技術政策の立案は内閣府の総合科学技術・イノベーション会議 (CSTI) が担うようになりました。国研は新設よりも統合が目立ちます。

大学の研究所も事情は同じです。大阪大学にも附置研究所として微生物病研究所、産業科学研究所、蛋白質研究所、社会経済研究所、接合科学研究所、レーザー科学研究所、全国共同利用施設として核物理研究センターなどの拠点があります。小規模な附置研究所は部局に再統合される方向で、新設は非常に困難です。大阪大学での研究センター新設は、まず先導的学際研究機構に研究部門を設置し、それをセンターに昇格し、さらに非常に高いハードルをクリアしたものを独立部局として世界最先端研究機構に設置するのがひとつの道筋になっています。世界最先端研究機構の拠点は2007年WPIに採択された免疫学フロンティア研究センターだけでしたが、2021年4月1日に量子情報・量子生命研究センターが2番目の拠点として設置されました。



* Masahiro KITAGAWA

1958年9月生まれ
1983年 大阪大学大学院 工学研究科
電子工学専攻博士前期課程修了
同年 日本電信電話公社武蔵野電気通信
研究所 研究員、1991年 NTT基礎研究
所 主任研究員を経て、1993年 大阪大学
基礎工学部 助手。1994年 博士(理学)。
講師、助教授を経て、2003年より大阪大
学 大学院基礎工学研究科 システム創
成専攻 教授。2021年4月より大阪大学
量子情報・量子生命研究センター長。
現在、ムーンショット目標6 構想ディレ
クター、内閣府量子技術イノベーション
戦略会議構成員、JST共創の場形成支援
プログラム (COI-NEXT) 量子ソフトウェ
ア研究拠点プロジェクトリーダー
TEL : 06-6850-8412
FAX : 06-6850-6321
E-mail : kitagawa@qiqb.osaka-u.ac.jp
Web : <https://qiqb.osaka-u.ac.jp/>

量子情報・量子生命研究センターができるまで

量子情報というのは量子物理学と情報科学・計算機科学の学際融合分野です。図1に大阪大学の量子情報研究者数の推移を示します。1993年の最初の一人が私で、25年後の2018年に24名と、ほぼリニアに増えています。その年の7月に先導的学際研究機構に量子情報・量子生命研究部門を設置しました。

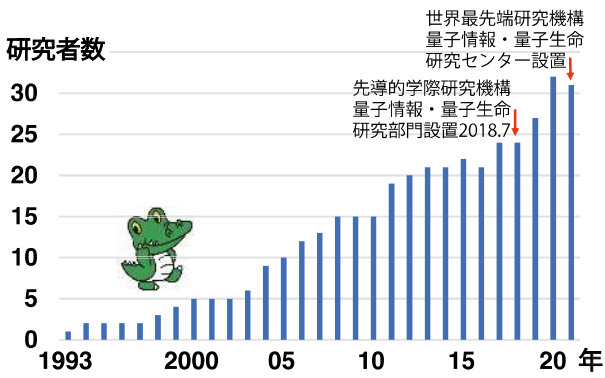


図1 大阪大学の量子情報研究者数の推移

その9月には、NISQ (Noisy Intermediate-Scale Quantum device) と呼ばれる誤りのある量子コンピュータで機械学習を行う最初のアルゴリズムとなる量子回路学習の論文 [1] が出版されました。これは、Google などの量子コンピュータ用のライブラリに標準メソッドとして採用され、今ではトップ1%論文になっています。また、この年の2月には量子ソフトウェアベンチャー企業 株式会社 QunaSys を創業しています。さらに、Q-LEAP 基礎基盤研究に、豊田健二教授（当時、基礎工学研究科・助教）の冷却イオン量子シミュレータが採択されました。2019年1月には、量子インターネットの実現へとつながる全光量子中継実験の論文 [2] が出版されました。この部門の設置と成果は国からも注目され、この年の4月には内閣府の CSTI と量子技術イノベーション会議に藤井啓祐教授と私が呼ばれて、ヒアリングを受けました [3]。この年は、Google が 53 量子ビットの超伝導量子コンピュータで量子超越性を達成したという論文を Nature に発表し、NISQ でもスーパーコンピュータでシミュレートが困難な領域に到達したことを示し、世界的に量子コンピュータへの注目がさらに高まりました [4]。内閣府では量子技術イノベーション戦略が策定され、2020年1月に統合イノベーション戦略推進会議が「量子技術イノベーション戦略」最終報告 [5] (量子戦略) を取りまとめて、次々に施策が実施されます。これとは別に、ムーンショットでは目標6「2050年までに、経済・産業・安全保障を飛躍的に発展させる誤り耐性型汎用量子コンピュータを実現」 [6] が採用され、2月に私が構想ディレクター (PD) に指名され、公募が開始されました。大阪大学も 2019年にOUビジョン2021を改訂して、世界トップ拠点を

目指す重点3領域の一つに量子情報・量子生命を選び、2020年3月には先導的学際研究機構の量子情報・量子生命研究部門は研究センターに発展的に改組されました。

Q-LEAPの公募では、量子AIフラッグシップに藤井教授が代表者として採択され、量子生命フラッグシップに根来誠准教授がグループリーダーとして参画するQSTが採択されました。ムーンショットでは、山本俊教授が量子通信ネットワークのプロジェクトマネージャーとして採択された他、当センターから課題推進者として7つのプロジェクトのうち4つに参画しています。

量子戦略に基づく量子技術イノベーション拠点は、JST共創の場形成支援プログラムの政策重点分野(量子技術)として公募され、大阪大学が16社の企業とともに応募した「量子ソフトウェア研究拠点」と東工大の「量子慣性センサ研究拠点」が採択されました。2021年2月に図2のように8つの拠点からなる量子技術イノベーション拠点が発足しました [7]。最初に述べた事情により、新たな国研の創設ではなく、既存の国研と大学で研究分野を分担する形となりました。



図2 我が国の量子技術イノベーション拠点

このように、Q-LEAP、ムーンショット、量子ソフトウェア研究拠点の3つの大型プロジェクトを獲得したことで、大阪大学はこの分野で大きな足掛かりを築くことができました。世界トップレベルの拠点形成を目指して、2021年4月に量子情報・量子生命研究センターは、世界最先端研究機構の独立部門として発展的に改組されました。現在、センターには量子情報の研究者30名と量子物理学、量子化学、生命科学、数理ファイナンス、計算機科学、ソフトウェア工学など関連分野の研究者30名が在籍し、量子コンピューティング、量子情報融合、量子情報デバイス、量子通信・セキュリティ、量子計測・センシング、量子生命科学の研究を行っています。

量子ソフトウェア研究拠点

私たちは拠点ビジョンとして「量子ソフトウェア共創プラットフォームが拓く持続可能な未来社会の実現」を掲げています。これは、量子コンピュータによる窒素固定や光合成の解明とその人工的模倣によって食料問題 (SDG2)、エネルギー問題 (SDG7)、地球温暖化問題 (SDG13) を解決し、持続可能な未来社会を実現するとともに、量子科学技術に基づく産業と技術革新の基盤確立 (SDG9) を目指すものです。そこからバックキャストして、量子ソフトウェアによる社会課題解決基盤の構築、量子ソフトウェアの社会実装と普及、量子ソフトウェア開発プラットフォームの構築を3つのターゲットとしています。それに基づいて7つの研究開発課題を設定し、量子ソフトウェアコンソーシアムとしてオープンプラットフォーム型の産学共創拠点形成を推進しています。コンソーシアムは、量子ソフトウェア勉強会のみエントリー会員、研究開発課題に参加する本会員、それ以外の研究開発を行う特別会員などを随時募集していますので、ご興味がある企業は、是非お問い合わせ下さい。

<https://qiqb.osaka-u.ac.jp/coi-next/>

おわりに

最後に、センター名の量子生命 [8] について少し触れます。窒素固定や光合成など複雑な量子状態が絡んだ酵素反応の量子化学計算はスパコンでも困難なため、量子コンピュータに大きな期待がかかっています。また、量子計測・センシングの分野では、超高感度 MRI やダイヤモンド NV センサの重要なターゲットが医療や生命科学です。嗅覚など生命現象の量子レベルの解明も期待されます。これらについては、別の機会に紹介したいと思います。

本センターは、量子情報科学と諸科学の融合により量子生命科学に代表される量子フロンティアを開拓するとともに、量子コンピューティング、量子通信、量子センシングをはじめとする量子技術イノベーションの推進と社会実装を目指しています。ムーンショット目標6「誤り耐性型汎用量子コンピュータ」の恩恵を最初に受けるのは科学や工学です。本センターは、科学技術の量子フロンティアを切り拓

く文字通り前線基地として、さまざまな分野からの参戦をお待ちしています。

参考文献

- 1) M. Mitarai, M. Negoro, M. Kitagawa, K. Fujii, “Quantum Circuit Learning,” Phys. Rev. A98, 032309 (2018)
<https://journals.aps.org/pr/abstract/10.1103/PhysRevA.98.032309>
- 2) Y. Hasegawa, R. Ikuta, N. Matsuda, K. Tamaki, H.-K. Lo, T. Yamamoto, K. Azuma, N. Imoto, “Experimental time-reversed adaptive Bell measurement towards all-photon quantum repeaters,” Nature Comm. 10, 378 (2019)
<https://www.nature.com/articles/s41467-018-08099-5>
- 3) 第2回 イノベーション政策強化推進のための有識者会議「量子技術イノベーション」
https://www.kantei.go.jp/jp/singi/ryoshigijutsu_innovation/dai2/gijisidai.html
- 4) 藤井啓祐、驚異の量子コンピュータ、岩波科学ライブラリー 289、岩波書店
- 5) 統合イノベーション戦略推進会議：量子技術イノベーション戦略 (最終報告)、令和2年1月21日
<https://www.kantei.go.jp/jp/singi/tougou-innovation/pdf/ryoushisenryaku2020.pdf>
- 6) ムーンショット目標6「2050年までに、経済・産業・安全保障を飛躍的に発展させる誤り耐性型汎用量子コンピュータを実現」
<https://www.jst.go.jp/moonshot/program/goal6/index.html>
- 7) 文部科学省 第23回量子科学技術委員会：量子技術イノベーション拠点について、令和3年2月12日
https://www.mext.go.jp/content/20210305-mxt_kibanken02-000013216_2.pdf
- 8) ジム・アル＝カリリー、ジョンジョー・マクファデン、水谷淳訳、量子力学で生命の謎を解く、SBクリエイティブ