

| | |
|--------------|---|
| Title | アジア・太平洋6カ国・地域の量子技術動向 |
| Author(s) | 斎藤, 至; 小松, 義隆; 小林, 義英; PHAM, Thi Nu; 松田, 侑奈; 川崎, 幹史; 北場, 林 |
| Citation | 年次学術大会講演要旨集, 37: 788-791 |
| Issue Date | 2022-10-29 |
| Type | Conference Paper |
| Text version | publisher |
| URL | http://hdl.handle.net/10119/18582 |
| Rights | 本著作物は研究・イノベーション学会の許可のもとに掲載するものです。This material is posted here with permission of the Japan Society for Research Policy and Innovation Management. |
| Description | 一般講演要旨 |

アジア・太平洋 6 カ国・地域の量子技術動向

○斎藤 至, 小松義隆, 小林義英, PHAM Thi Nu, 松田侑奈, 川崎幹史, 北場 林 (JST)

itaru.saito@jst.go.jp

1. 国際競争の激化とアジア・太平洋地域への注目

量子技術の研究開発で近年、アジア・太平洋地域が成長し存在感を増している。量子技術分野の論文数の平均伸び率トップはインドであり、2 位中国を台湾、韓国、シンガポールが追いかけている。量子論文の地域別シェアは欧州が最大であり 4 割を占めるが、現在 3 割を占めるアジア・太平洋地域が急激に追いかけている。この量的な伸びと相まって、政府やファンディング機関による大規模投資を受けた卓越研究拠点や国家的イニシアチブの新設も盛んである。

科学技術振興機構 (JST) は、CRDS (2022) で、国際競争の激化する量子技術の世界動向を俯瞰した。次いで APRC (2022) で、その研究開発がアジア・太平洋主要国・地域でどう展開しているか、を把握するため、中国、インド、オーストラリア、韓国、シンガポール、台湾の動向を公開情報から調査した。

本報告では、APRC (2022) から特に重要な事実を国際比較の視点で整理しつつ、アジア・太平洋地域の重要性を提起したい。順に、(1) 政策の「起点」と「重点化」、(2) 研究開発を推し進める人材、(3) 企業活動と産学官の連携状況である。

2. 政策の「起点」と「重点化」

政策当局は相次いで量子技術振興の取り組みを強化している。本調査では、量子技術に関する政策文書・戦略文書で初めて言及された時期を「起点」、卓越研究拠点 (CoE) などのファンディングプログラム実施による研究拠点の設置を「重点化」と捉えた。この時期と内容で比較すると、大半の国・地域は 2017 年から 2019 年までの近過去 3~5 年を起点とする共通性がある。ただし、そののち重点化へ至る道および研究開発の水準は、国・地域ごとに多様である。

中国は「起点」とした 1990 年代後半から大きく伸び、他国が量子技術に取り組み始めた 2014~2017 年の時点では、既に量子科学実験衛星「墨子号」の打ち上げ (2016 年) や、量子コンピュータ「九章」「祖冲之号」による量子超越性の実験実証に取り組んでいた。またオーストラリアの場合、2014 年以後の CoE 設置により重点化は進展したが、もともと基礎研究の蓄積と水準は欧米諸国並みに高かった。1990 年代初頭からオーストラリア国立大学、ニューサウスウェールズ大学などで量子光学や物性物理学の研究が進み、第 2 世代量子技術をリードしてきた歴史もある。

シンガポールは「スマート・ネイション」構想 (2018 年) の一環として本格化し、起点は決して早くない。しかし 2007 年にシンガポール大学へ量子技術センター (CQT) が設置され、研究開発が組織化

されており、研究者コミュニティにおける蓄積は厚い。

他方、取組を掲げながら進展の捗々しくない地域も見られる。インドは、研究開発投資額（2020年）でEU、ロシアなどと並んで世界6位に位置し（ASPI 2021）、先述の通り、論文数の平均伸び率でも現在トップに位置する。しかし5年間で800ルピー（約1,300億円）の予算を投じるとした「量子技術とその応用に関する国家ミッション（NMQTA）」は、新型コロナ禍の長期化により具体化の目途が立っていない。韓国は量子通信分野に重点化しており、2014年を起点にその推進戦略を策定したものの、重点化にいたる立法過程は、2カ年にわたる予備妥当性調査の却下を経て、2019年の開発事業推進計画策定や、2021年「量子技術開発戦略」公表まで長期間を要した。

3. 研究開発を推し進める人材

研究開発グループの重層性

アジア・太平洋地域でも、量子技術の個別分野で世界レベルの業績を上げる研究者が現れている。重点化の顕著な国・地域では、彼ら・彼女らが複数機関・拠点の研究グループを様々な立場で束ね、重層的に研究開発を推進している。この人材確保・育成で先行するのは、中国と並びシンガポールと言える。

中国では、通信・暗号で「中国量子の父」潘建偉（中国科学技術大学教授）や、その門下生である陸朝陽や張強（ともに中国科学院）らが、量子材料で俞大鹏（南方科技大学教授）が、また量子コンピューティングでは姚期智（清華大学教授）が、それぞれ研究開発を主導し次世代育成に努めている。シンガポールでは、各研究分野のリーダーに欧州のトップ人材を引き抜き、若手世代の自国育成を図りつつ、欧州の研究者コミュニティとの連携を推進している。2次元材料でA.H.カストロ＝ネットが、情報科学でA.K. エッカート（A.K. Ekert）が、基盤技術（計測）でV. ヴェドラル（Vlatko Vedral）が研究開発グループを主導している（いずれもシンガポール国立大学教授）。

早期教育も導入、量子技術人材育成

量子技術分野は現在、大学院博士前期課程で教育される場合が多いが、学部教育への導入もみられる。中国の清華大学では2021年、チューリング賞受賞者である姚期智を主任に、量子情報に関する学部生向けのコースが正式に設立された。またシンガポールでも、米イェール大学とのダブルディグリープログラム「Yale-NUS College」で量子科学の導入課程が教えられ始めている。

4. 企業活動とアカデミア・行政との密接性

量子技術分野で先進する国・地域の企業活動は、しばしば、顕著な業績を上げる大学研究者が活発にリードしている。特にオーストラリアでこの傾向が顕著で、M. ビアック（シドニー大学教授）はQ-CTRLの創業者、M. シモンズ（CQC²Tディレクター）はシリコン・クオンタム・コンピューティング社の創業者兼CEOをも務めるなど、研究開発と事業化の親和性が高い。また中国でも、代表的な企業の一つである合肥本源量子計算科技有限公司（Origin Quantum）において、郭光灿（中国科学院量子重点实验室室長・教授）や郭国平（中国科学院教授）が株主を務め、安徽問天量子科技株式会社では、郭が研究開発チーム長を務めるなど、研究機関のイニシアチブと企業経営の体制は密接である。

追随する国・地域でも、政府が産学官を広範に包含するコンソーシアムやフォーラムを形成し、連携を促す傾向がみられる。例えば韓国では、科学技術情報通信部が「未来量子融合フォーラム」を2021年に立ち上げ、台湾では2022年3月、行政院が中央研究院、經濟部、MOSTと連携し、量子技術研究拠点「台湾ナショナルチーム」が結成されている。

5. アジア・太平洋地域における量子技術振興の将来性

進行中の国家的振興策のうち、シンガポールの量子工学プログラム（第2期）は、第1期（2018～2022年）で蓄積した成果が高く、更なる成長が期待できる。またオーストラリアも高水準の基礎研究が産業と密に連携しているため、国家量子戦略の策定で再び世界レベルの研究開発が期待できる。

今後、量子コンピューティングやその超高速計算を実現する新材料開発を中心に、世界の量子技術競争は更に鎬を削るものと推測される。アジア・太平洋地域も、上述した特徴を生かしつつ、欧米諸国に伍しイノベーションを促すことが期待される。

主要参考文献

Angelakis, D. et al. (eds) [Quantum Technologies in Singapore: Preparing for the Future](#), Singapore: QuantumSG (2019).

AVASANT, NASSCOM [The Quantum Revolution in India Betting Big on Quantum Supremacy](#), (2022).

Brennen, G., Devitt, S., Roberson, T. and Rohde, P. [An Australian Strategy for the Quantum Revolution](#), Policy Brief Report No. 43, Canberra: Australian Strategic Policy Institute (2021).

Canada Institute For Advanced Research (CIFAR) [A Quantum Revolution - Report on Global Policies for Quantum Technology](#), (2021).

科学技術振興機構 アジア・太平洋総合研究センター（APRC）, アジア・太平洋主要国・地域の量子技術動向, APRC-FY2022-RR-01, 150p. (2022).

科学技術振興機構 研究開発戦略センター（CRDS）, [論文・特許マップで見る量子技術の国際動向](#), CRDS-FY2021-RR-08, 97p. (2022).

韓国科学技術情報研究院（KISTI）「[量子コンピュータの研究開発政策——現状と展望](#)（양자컴퓨터 R&D 정책 : 현황과 전망）」(2019).

Zhang, Q., Xu, F., Li, L., Liu, N. and Pan, J. [Quantum information research in China](#). [Quantum Science and Technology](#), 4(4), (2019) 040503.

APRC (2022) の調査結果概要

| | 中国 | インド | オーストラリア | 韓国 | シンガポール | 台湾 |
|--------------------|---|--|--|---|---|--|
| 量子論文数 1990-2021 | 27987 | 5956 | 4223 | 3443 | 2399 | 2116 |
| 量子政策 の起点 | 国家ハイテク研究 開発計画(1986)、 国家重点基礎研究 開発計画(1997) | 量子応用情報科学 技術プログラム (2017) | 量子研究CoE採択 (2014) | 量子情報通信中長 期推進戦略 (2014) | スマート・ネイ ション構想の敷衍 (2018) | 量子コンピュー タ・プロジェクト (2018) |
| 主要政策 | 国家科学技術イノ ベーション計画 (2016)、第14次5 カ年計画(2021) | 量子技術とその応 用に関する国家 ミッション (NMQTA) | CSIRO量子技術産 業化ロードマップ (2020)、重要技 術青写真 (2021) | 量子コンピュー ティング技術開発 推進計画 (2019) | 量子工学プログラ ム(QEP)、工学のた めの量子技術(QTE) | 量子研究拠点建 設、産学官連携17 研究チーム結成 |
| 量子戦略 文書 | なし | なし | 国家量子戦略 (作成中) | 「量子技術開発投 資戦略」 (2021) | なし | なし |
| 予算・投資 | 量子都市ネット ワーク構築4000億 円、科技部量子予 算26億円 (2020) | NMQTAに5年間約 1400億円 | 9つの重要技術の1 つとして商用化促 進に94億円、ハブ 設立に60億円 | 量子コア技術開発 に5年45億円、量子 R&D予算60.3億円 (2022) | 国立大学(NUS)の2 拠点形成に4年間 240億円、2年間50 億円 | 全体像不明。台南 の拠点形成に5年間 350億円。 |
| 重点研究 開発分野 | 量子通信、量子コ ンピューティング | 量子コンピュー ティング、量子材 料、量子通信、量 子センサ | 量子コンピュー ティング | 量子通信、量子コ ンピューティング | 2次元材料、イオン トラップ型コン ピューティング、 広域通信 | シリコンベースの 量子コンピュー ティングサブシ ステム開発 |
| 人材育成 | 清華大学に学部新 設。深圳量子研究 院と深圳市格致中 学に協力枠組み | 量子関連学生から 研究者・技術者含 め25000名を育成 | 若手研究者支援の 枠組み「シドニー 量子アカデミー」 を中心に注力 | STI人材育成 (量子 情報科学)、情報 通信放送人材育成 | A*STAR、NUSな ど主要拠点を中心 に注力 | 大学、研究拠点で の教育に重点 |
| 主な研究 拠点 | 安徽省合肥と北京 に集積 | NMQTAにおいて量 子技術開発セン ターを建設 | 商用化ハブ設置 中、CSIROに商用 化促進プラットフォーム 設置 | 未来量子融合 フォーラム | 特になし | 台南市に量子研究 基地を建設中 |
| 代表的 研究機関 | 中国科学技術大 学、中国科学院 | インド科学教育研 究大学ブネ校I-Hub 量子技術財団、イ ンド理科大学院 | ニューサウス ウェールズ大学、 ANU、メルボルン 大学 | 韓国科学技術研究 院、韓国情報通信 研究院、ソウル 大、KAIST | NUS量子技術C・ NUS2次元高度材料 グラフェン研究C | 中央研究院、台湾 大学IBM Qハブ、 清華大学量子技術 センター |
| 代表的企業 | 国盾量子、本源量 子、山東量子科学 技術研究院など | QNu Labs、QpiAI などのスタート アップ | Q-CTRL、 Quantum Brillianceなどのス タートアップ | サムスン、大手通 信3社 | SpeQtral、 Horizon Quantum Computingなどの スタートアップ | 鴻海研究院量子コ ンピューティング センター、TSMC |
| 代表的 研究者 | 潘建偉、郭光灿 (ともに中国科学 技術大) | Urbasi Sinha (ラマン研究所) | A.S. Dzurak (ニューサウス ウェールズ大) L. Hollenberg (メルボルン大) | チョン・ヒョンソ ク (ソウル大) チョ・ミンヘン (IBS) | V. Vedral A.K. Ekert A.H. Castro-Neto (全てNUS) | 果尚志(清華大) 張慶瑞(台湾大) 張文豪(陽明交通 大) |
| 注目の(若 手)研究者 | 陆朝阳, 张强, 陈宇 翱, 王志俊(全員が 中国科学院) | Rajamani Vijayaraghavan (タタ基礎研究 所) | M.J. Biercuk (シドニー大) S.J. Devitt (シドニー工科大) | キム・セグオン (KAIST) | 高微博 (南洋理工大) | 林新(中央研究院) 張泰榕(成功大) 謝明修(鴻海研究院) |
| 海外連携 事例 | ウィーン大学との 量子テレポーテー ションや、中韓量 子情報WS開催 | イスラエル・豪・ BRICSと政府間研 究協力。仏とは量 子教育支援に合意 | 米英を中心に政府 連携、安全保障枠 組でもパートナー シップ | 米韓共同研究推 進、米英と大学間 研究協力 | 英国とは広域通信 で政府連携、仏・ 豪とも大学間で研 究協力 | スロバキアを通じ た欧州連携を模索 |