

米国の量子情報科学に関する戦略

2018年10月11日
NEDO ワシントン事務所

ホワイトハウスの科学技術政策局 (OSTP) 及び国家技術科学会議 (National Science and Technology Council = NSTC) 科学委員会の量子情報科学小委員会 (Subcommittee on Quantum Information Science = SCQIS) は 2018 年 9 月 24 日、国内の量子情報科学 (Quantum Information Science = QIS) 研究開発促進を協議する QIS ホワイトハウスサミットを開催した。

同サミットには、政府高官、技術専門家、大学指導者、研究者、産業界¹の代表者ら 100 名余が参加。「サイエンスファースト」量子戦略の策定、量子に精通する労働力の確保、QIS 技術コミュニティとの協働について議論を行った。

同サミットに合わせ、エネルギー省 (DOE)、及び、全米科学財団 (NSF) が QIS 研究開発プロジェクトへの資金提供²を発表したほか、SCQIS が『国家量子情報科学戦略の展望 ([National Strategic Overview for Quantum Information Science](#))』と題する報告書を発表。

SCQIS 発表の『**国家量子情報科学戦略の展望**』では、QIS が米国経済及び国家安全保障に及ぼし得る影響の考察、QIS 研究開発に伴う課題の指摘、米国が目指すべき QIS 政策目標及び提言を概説している。同報告書の概要は以下の通り。

【米国の量子情報科学研究】

1. 米国の現状

- 米国政府の資金提供機関による基礎・応用研究への持続的投資の結果、米国には活気に満ちた量子情報技術 (QIS) コミュニティが存在。大学・企業・国立研究所の世界トップレベルの研究グループが QIS の多くの重要分野 (量子コンピューティング、量子センシング、量子ネットワーク、その他用途) で研究開発を促進。
- IT 大手、ベンチャーキャピタル、及び、スタートアップが過去 5 年間、QIS、特に量子コンピューティング分野に取り組み、商業化を目指す団体及び会社を結成。
- 米国における QIS 分野の進歩の一因は、他諸国との協力、競合、及び、これら諸国からの優秀人材のリクルート。

2. 量子情報科学小委員会 (SCQIS) に参加する省庁

¹ Alphabet, IBM, JPMorgan Chase, Honeywell International, ロッキードマーティン, AT&T, インテル, ゴールドマンサックス, ノースロップ等

² DOE は、85 件のプロジェクトに 2 億 1,800 万ドル、NSF は Transformational Advances in Quantum Systems (RAISE-TAQS) で 25 件のプロジェクトに計 2,500 万ドル、Engineering Quantum Integrated Platforms for Quantum Communication (RAISE-EQUIP) で 8 件のプロジェクトに計 600 万ドルを提供。

DOE、国立標準規格技術局 (NIST)、NSF、OSTP、米航空宇宙局 (NASA)、国家情報長官室 (ODNI)、国土安全保障省 (DHS)、国家安全保障局 (NSA)、国務省、農務省、国防省、内務省、国立衛生研究所 (NIH)、及び、行政管理予算局 (OMB)

3. 全米ポートフォリオ査定のために使用された QIS の 7 分野³

S1 量子センシング

支援・実施省庁：国防省、DOE、DHS、内務省、NIST、NSF、及び ODNI

S2 量子コンピューティング

支援・実施省庁：国防省、DOE、NASA、NIST、NSF、NSA、及び ODNI

S3 量子ネットワーク

支援・実施省庁：国防省、NASA、NIST、及び NSF

S4 量子デバイス及び量子理論の進歩により可能となる科学進歩

支援・実施省庁：DOE、NIST、及び NSF

T1 支援技術 … 基礎科学分野を支える、アナログ、デジタル、電気、機械、光学、計算、及び、極低温のシステム及び技術

支援・実施省庁：国防省、NASA、NIST、NSF、NSA、及び ODNI

T2 将来用途 … オペレーションズ・リサーチ、最適化、機械学習、創薬等

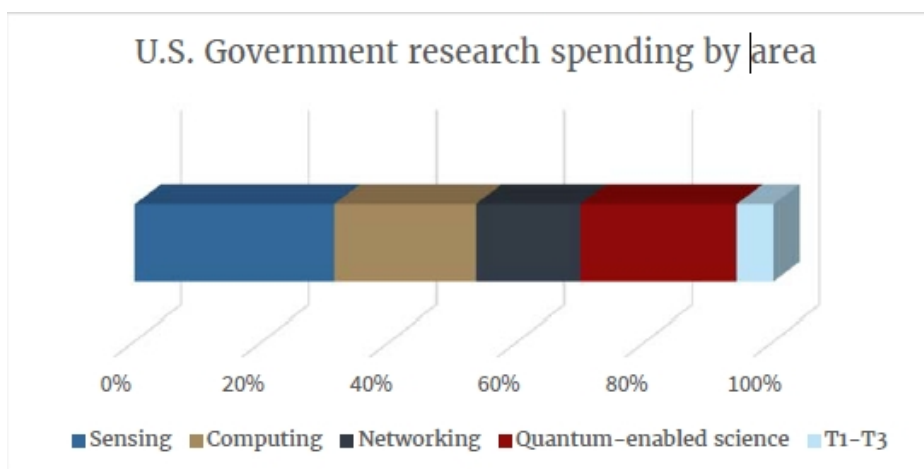
支援・実施省庁：SCQIS 参加全省庁

T3 リスク緩和 … 耐量子暗号システム (quantum-resistant cryptosystem)、その他の耐量子アプリ、等

支援・実施省庁：DHS、NIST、及び NSA

4. 連邦政府による QIS 投資

連邦政府の QIS 基礎・応用研究に対する年間投資は約 2~2.5 億ドル。現時点での連邦政府 QIS 投資の重点は、基礎科学 4 分野 (上記 S1-S4)



(出典：『国家量子情報科学戦略の展望』の P.15)

³ 基礎科学 4 分野と技術開発 3 分野

【QIS 分野の課題】

QIS 技術開発実現のために、米国が QIS 分野で取り組まなければならない重要課題：

1. 連邦政府省庁間における協調の向上及び促進。及び、官民協力体制における協調の向上及び促進
2. 研究開発中の QIS 技術を適用・利用できる「量子に精通した (quantum-smart)」労働者の育成
3. 多領域の専門知識を必要とする QIS 研究開発に必須となる、分野（物理学、コンピューターサイエンス、エンジニアリング他）を越えた協力の推進
4. 基礎研究の継続、及び、QIS のケイパビリティの発見

【重要政策目標及び提言】

1. QIS に対するサイエンスファースト・アプローチ

政府は QIS 分野で、トランスフォーマティブな研究及び基礎科学研究、つまり、QIS 研究開発に向けた「サイエンスファースト」政策を促進すべきである。

- 米国政府は、トランスフォーマティブな影響をもたらし得る「グランドチャレンジ」の推進によって QIS 科学研究を促進すべきである。
- 産官学は、QIS のグランドチャレンジ・テーマの確認と優先づけ、進捗状況の監視、及び、科学・技術オポチュニティの再評価で協力すべきである。
- QIS ポテンシャルの実現、及び、グランドチャレンジへの貢献に役立つ、センターやコンソーシアムを新たに設立すべきである。
- グランドチャレンジの問題を解決するために、産官学の独自のスキル・独特な視点を活用し得る協力モデルを採用し、多分野の研究者・科学技術者間の対話を創出・持続すべきである。
- NSTC の SCQIS などの、正式な調整機関を設置及び活用すべきである。
- 量子科学の進歩を紹介・共有し、量子研究コミュニティの成長を推進するため、専門科学技術者協会の参画、科学誌による情報普及といったメカニズムだけでなく、SCQIS の調整能力も活用すべきである。
- グランドチャレンジの問題解決には、最低 10 年間の継続投資が必要である。

2. 量子に精通した (quantum-smart) 労働力の確保

政府及び産業界は、QIS 分野で多部門・多分野から成る労働力を確保するために学术界と提携すべきである。

- QIS に対応可能な労働者を増やすため、国防省の Quantum Science and Engineering 計画、エネルギー省 (DOE) の Computational Science Graduate

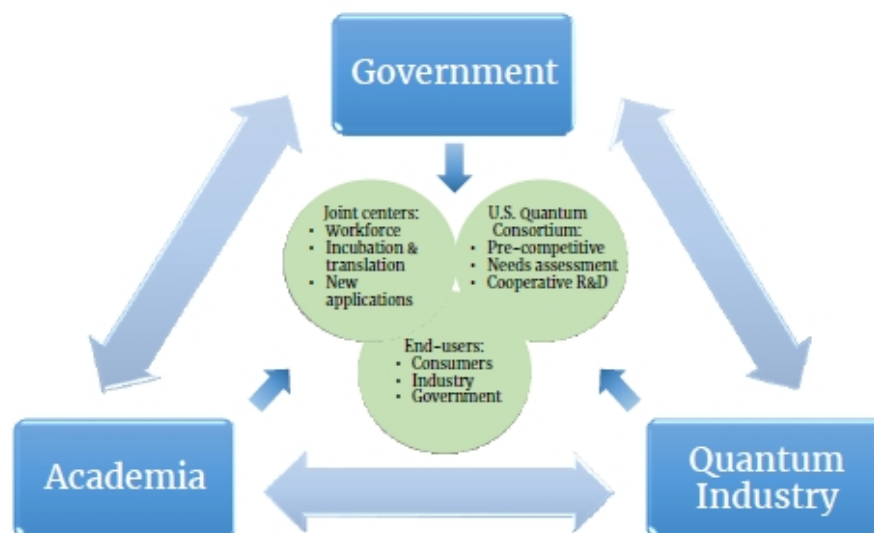
Fellowship 計画、全米科学財団 (NSF) の Accelerating Discovery 計画といった連邦政府の既存の労働者育成プログラムを強化、改正、拡大すべきである。

- 米国政府は、量子科学分野のプログラムを初等教育レベルから導入することを推進すべきである。
- 大学は、量子科学工学を独自の学科として確立し、QIS に関連する学部または卒業論文テーマを新設すべきである。
- 量子技術産業の将来の労働力ニーズを定期的に査定評価すべきである。

3. 量子産業との関係強化

大企業だけでなく様々なスターアップや小企業が、量子センシング、量子ネットワーク、量子コンピューティング、及び支援技術に多額の投資を行っており、幾つかの企業は次世代量子センサー、小規模ネットワーク上での量子エンタングルメント配送 (entanglement distribution)、及び、50 量子ビットの量子プロセッサを既に実現、または近々公表する段階となっている。経済・国家安全保障における QIS の重要性を考慮し、政府は米国産業界との連携方法を策定すべきである。

- QIS のニーズや障壁に関するコンセンサスの形成、基礎研究の調整、知的財産問題の対応、及び、技術移転メカニズムの合理化をはかるため、政府は、産官学の代表者から成る「米国量子コンソーシアム (U.S. Quantum Consortium)」の形成を促進すべきである。
- 基礎研究段階の量子研究開発を促進し、政府支援研究所から小企業への技術移転を推進するため、産官学パートナーシップによる「量子技術合同研究センター (joint quantum technology research centers)」への投資を拡大すべきである。



(出典：『国家量子情報科学戦略の展望』の P.9)

4. 重要インフラストラクチャーの提供

連邦政府は、量子技術産業の発展を促進するため、技術及び材料面のインフラストラクチャーを提供すべきである。

- QIS 業界の現行ニーズ：
 - 標準的な (classical) ハードウェア・コンポーネント
 - 材料解析・加工施設
 - Critical minerals
 - 様々なエンドユーザーツール、プラットフォーム、及び、テストベッド
- 連邦政府は、専門家、利害関係者、産業界、及び学术界と協力して、インフラストラクチャーの現状を把握し、重要インフラストラクチャーを特定すべきである。
- 連邦政府は、QIS 研究開発推進のために、国立研究所を介して、エンドユーザー・テストベッド施設、研修の機会、情報交換文化の確立等を促進すべきである。
- 量子技術開発の急速な進展のため、既存インフラストラクチャーにテコ入れ（製造施設の別用途利用、及び、製造施設の拡張等）すべきである。

5. 国家安全保障と経済成長の維持

QIS 研究開発の進展は、創薬力の向上、耐食性材料強化のための化学反応モデリング、物流管理の最適化といったベネフィットをもたらし得る一方で、公開鍵暗号方式 (public-key cryptography) の暗号破りといった新たなリスクをもたらす可能性もあるため、連邦政府は、QIS 新技術が経済及び国家安全保障にもたらし得る影響を常に把握しておくべきである。

- 軍事的観点からは、公的鍵暗号破りに量子技術が悪用されることが大きな懸念事項であるため、米国は「耐量子」暗号方式の開発に重点的に取り組むべきである。
- 防衛コミュニティは、輸出管理規則 (Export Administration Regulations)、国際兵器輸送規則 (International Traffic in Arms Regulation) といった輸出管理制度の中で QIS 技術を監視し続ける必要がある。
- 米国政府は、QIS 研究から生まれる知的財産権及び経済的利益を守り、QIS の国家安全保障に関連する用途を推進し、軍事目的で開発された QIS の dual-use 性を理解するべきである。
- QIS 技術がもたらす経済成長の恩恵と QIS 技術によって生じる新リスクとのバランスを保つため、SCQIS 等のメカニズムを促進すべきである。

6. 国際協力

米国は、QIS 分野で米国のリーダーシップ及び競争力を維持するために、国内投資及び研究戦略を促進しつつも、国際パートナーと協力する必要がある。QIS 目標の進展のために、米国政府は 3 つの戦略的な国際努力を重視すべきである。

- QIS の世界的な科学技術動向の調査、QIS 科学技術のギャップ及び好機の特定、及び、進化する QIS の国際展望の把握のために、国際的な協力活動及びパートナーシップを定期的に見直すべきである。
- 米国政府は、最優秀の人材を今後も引き続き獲得・維持し、QIS 分野における国際技術・研究施設及び専門知識へのアクセスを持ち続けられるよう、戦略的な二国間連携を特定し、これに優先順位をつけるべきである。
- 米国政府は、メリットに基づくトランスペアレントな基礎研究イノベーションシステム、及び、QIS 研究から生じる公衆データへのオープンアクセスを促進すると同時に、QIS の影響を受けた新技術の導入を可能にする国際基準の策定も推進すべきである。

【次のステップ】

1. SCQIS への連邦政府参加各省庁は、2019 年 3 月 31 日までに、又は OSTP 及び SCQIS と取り決めた 3 月 31 日以降の日までに、本レポートに記された政策目標の実施プランを提出。
2. 連邦政府各省庁は、OSTP 及び SCQIS と協力して、QIS の多様なサブ領域⁴でグランドチャレンジを特定。

⁴ 量子緻密センサー (quantum accurate sensor)、量子センシング技術、量子ネットワークの用途、耐量子暗号基準及びシステムの開発、NISQ 量子デバイスのビジネスチャンス、量子作動のハイファイ限界、QIS から生まれる基礎的な新科学、等。