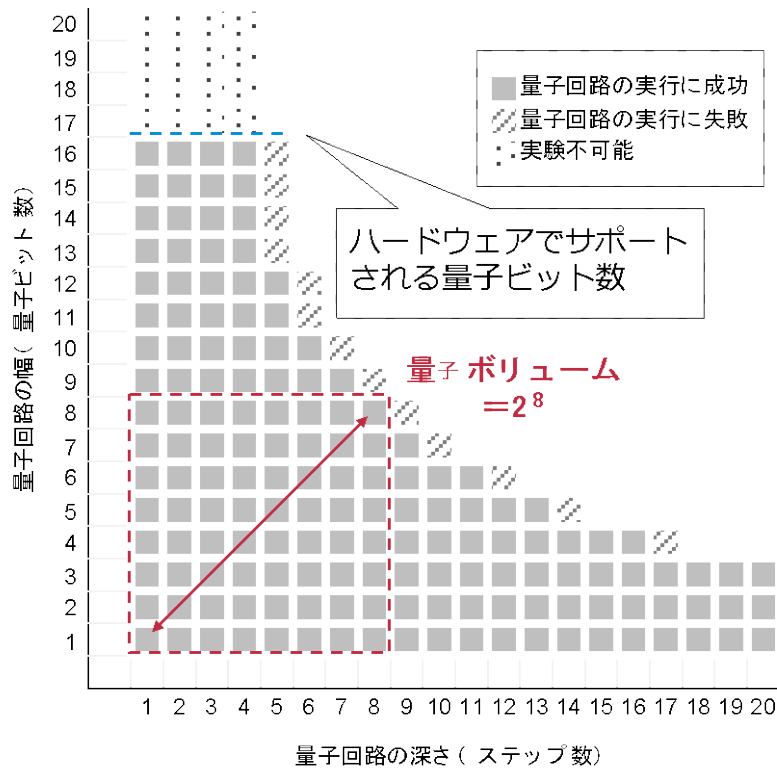


量子コンピュータ性能指標

量子ボリューム (QV)

有効な量子回路の大きさ

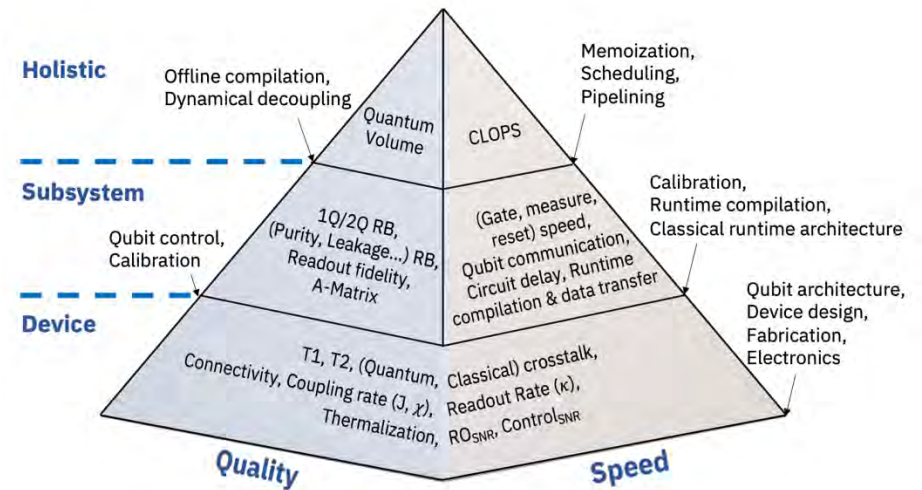
(～アクセス可能な状態空間の大きさ)



CLOPS

Circuit Layer Operations Per Second

QV実験を利用した新しい速度ベンチマーク



Device	Attributes					
	Qubits	QV	Layers	Shots	CLOPS	depth-1 circ per second
ibmq_bogota	5	32	5	100	1419	28355
ibmq_toronto	27	32	5	100	951	18837
ibmq_brooklyn	65	32	5	100	753	15041

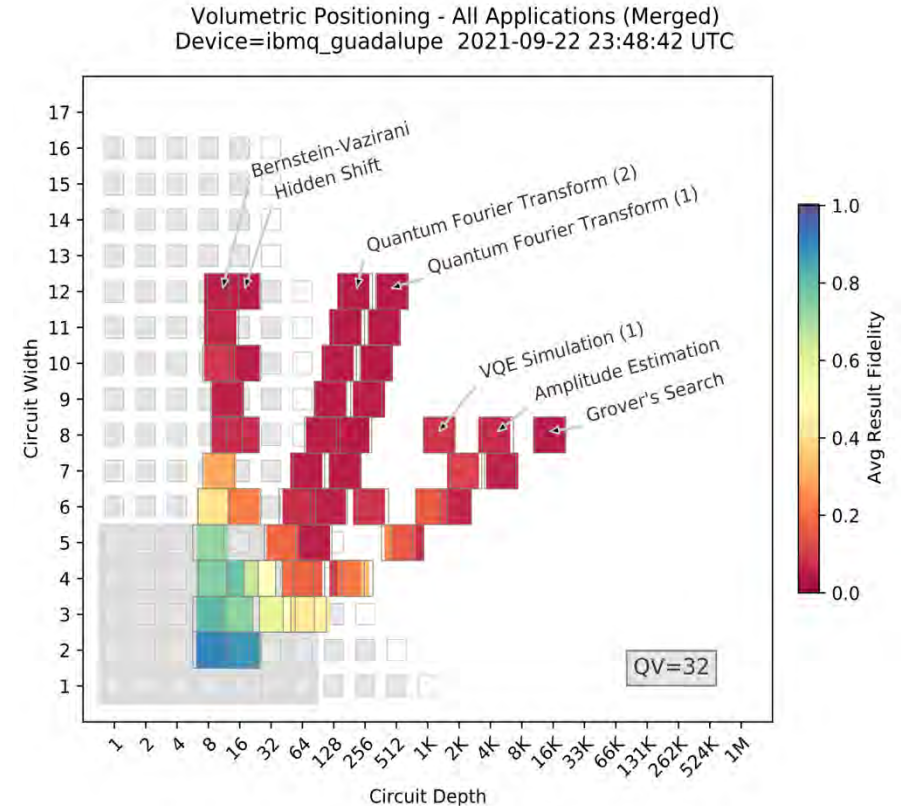
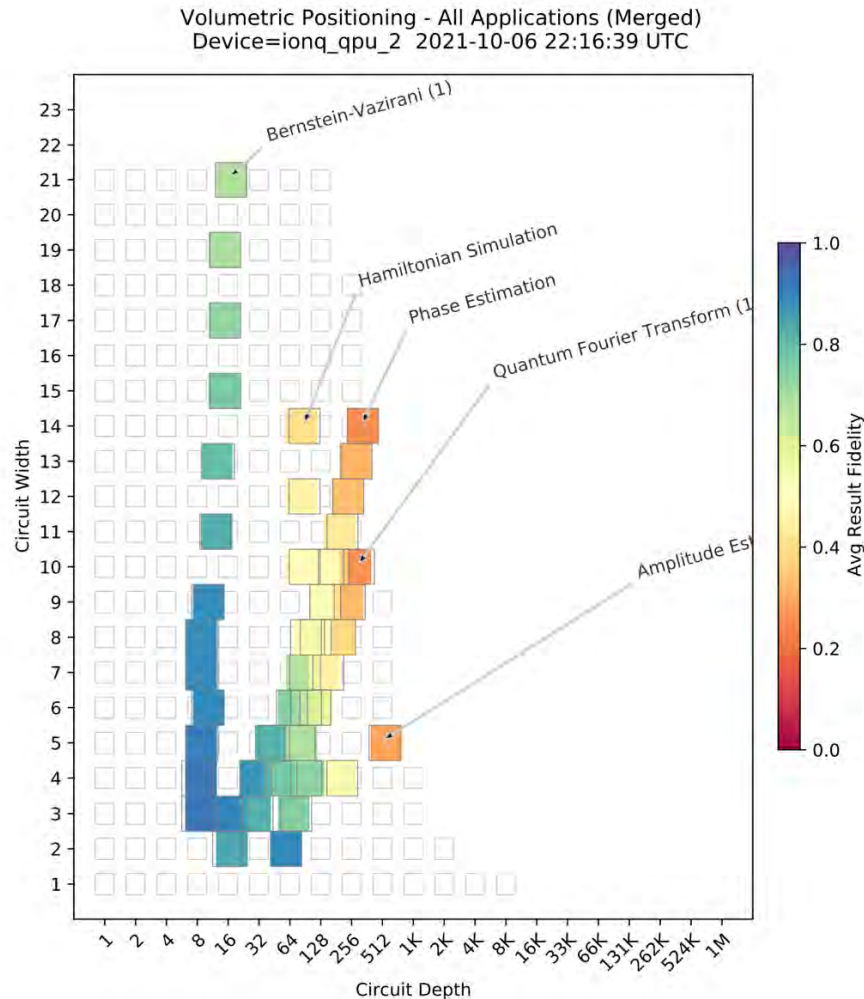
FIG. 6. CLOPS results with depth-1 circuits per second

A. Wack, et al., "Quality, Speed, and Scale: three key attributes to measure the performance of near-term quantum computers", arXiv:2110.14108 (2021).

NISQマシンのベンチマーク

IonQ (Latest, イオントラップ)

IBM (Guadalupe, 超伝導量子ビット)



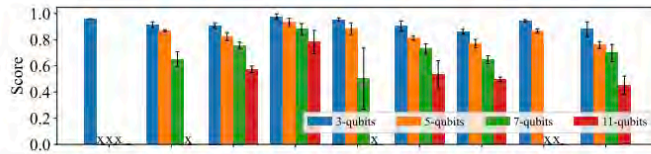
T. Lubinski, et al., "Application-Oriented Performance Benchmarks for Quantum Computing", arXiv:2110.03137 (2021).

NISQマシンのベンチマーク

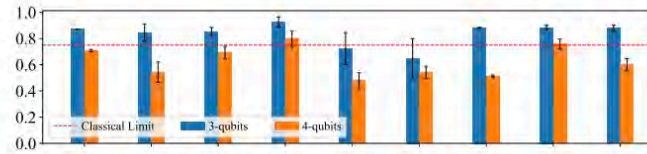


古典ベンチマーク手法を量子に適用 (Super.tech)

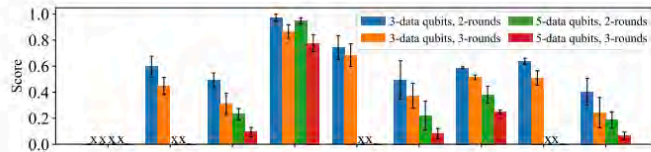
EPIQCプロジェクトからスピノフしたスタートアップ。



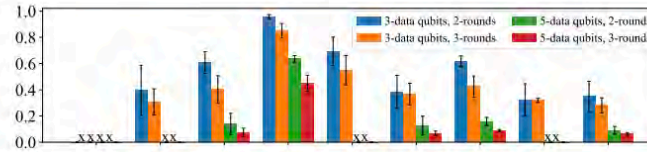
(a) GHZ



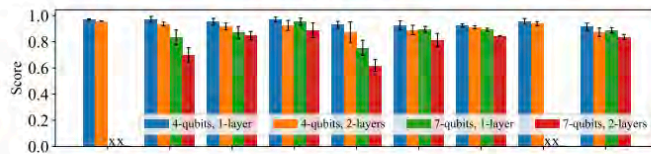
(b) Mermin-Bell



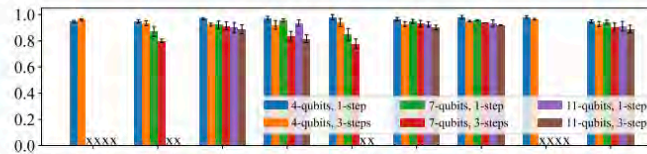
(c) Bit Code



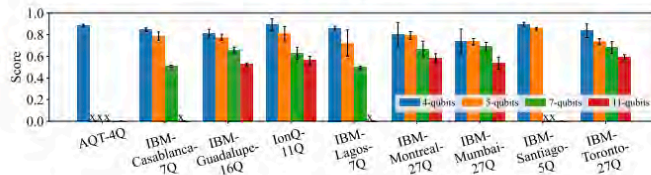
(d) Phase Code



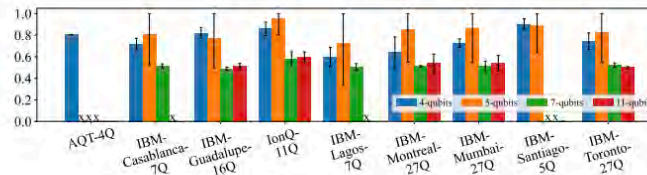
(e) VQE



(f) Hamiltonian Simulation



(g) ZZ-SWAP QAOA



(h) Vanilla QAOA



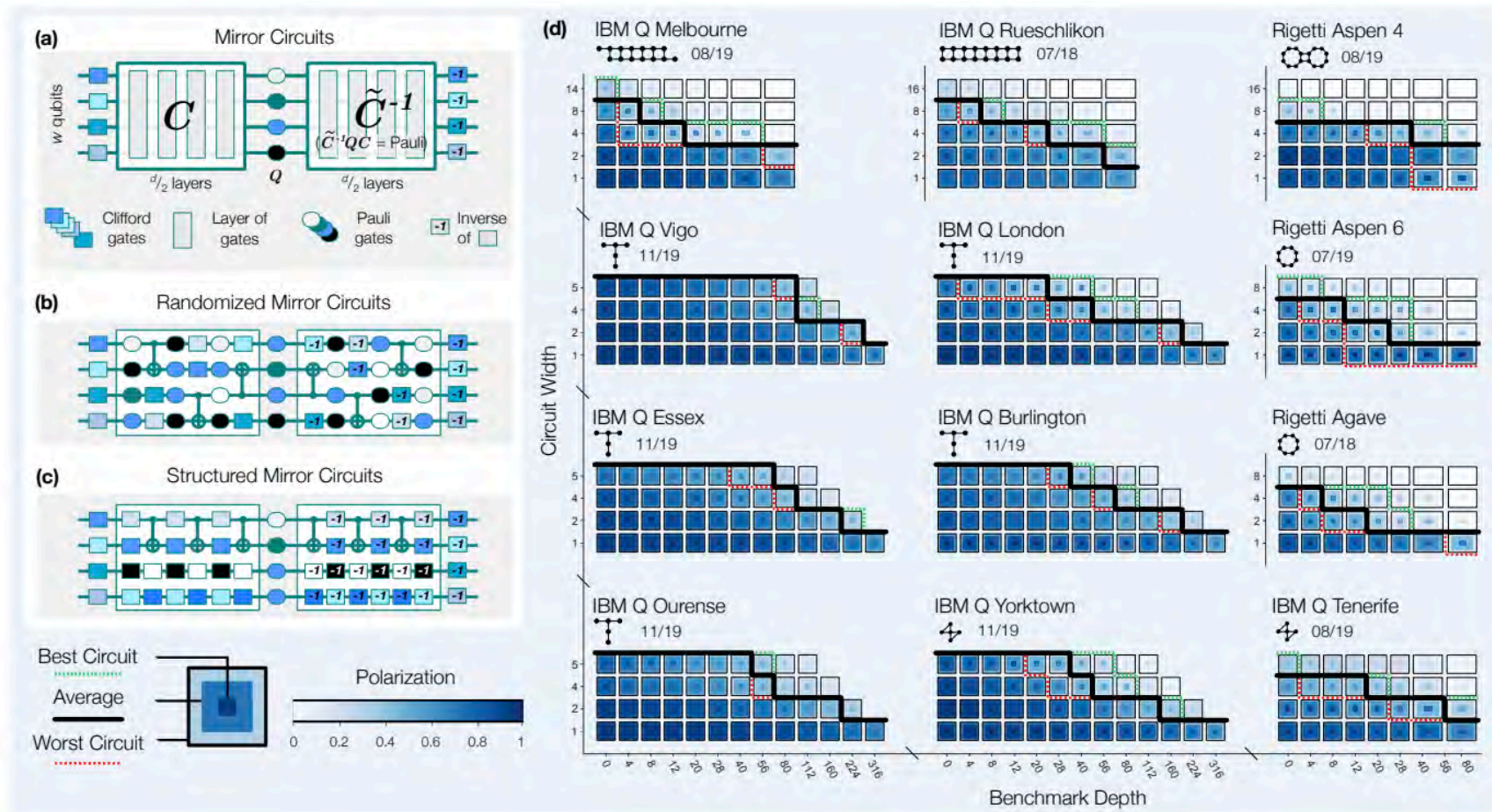
T. Tomesh et al., SupermarQ: A Scalable Quantum Benchmark Suite, HPCA 2022, 587-603 (2022).

<https://www.super.tech/supermarq/>

NISQマシンのベンチマーク

反転構造のある量子回路を実行 (DoE Sandia National Laboratory)

単純なランダム量子回路の結果だけでは性能評価できない



T. Proctor et al., Measuring the capabilities of quantum computers. Nature Physics 18, 75–79 (2022).

イジングマシンのベンチマーク

Sherrington-Kirkpatrick model :
スピングラスを扱う平均場モデル

3-Regular 3-XORSAT問題

小規模問題ではD-wave、大規模はGPU上のSATソルバが高速。富士通DA、東芝SBMはスケールリングはGPU同等だが遅い。

MQLib, NAE 3-SAT, SK model*

MQLibではD-waveのHSS、NAE 3-SATでは富士通DA、SKモデルでは東芝SBMが高速。

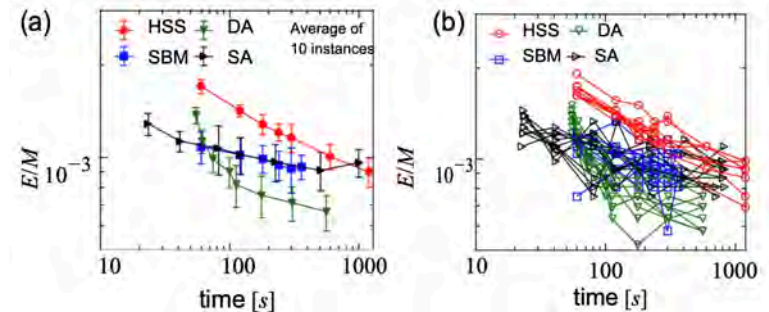
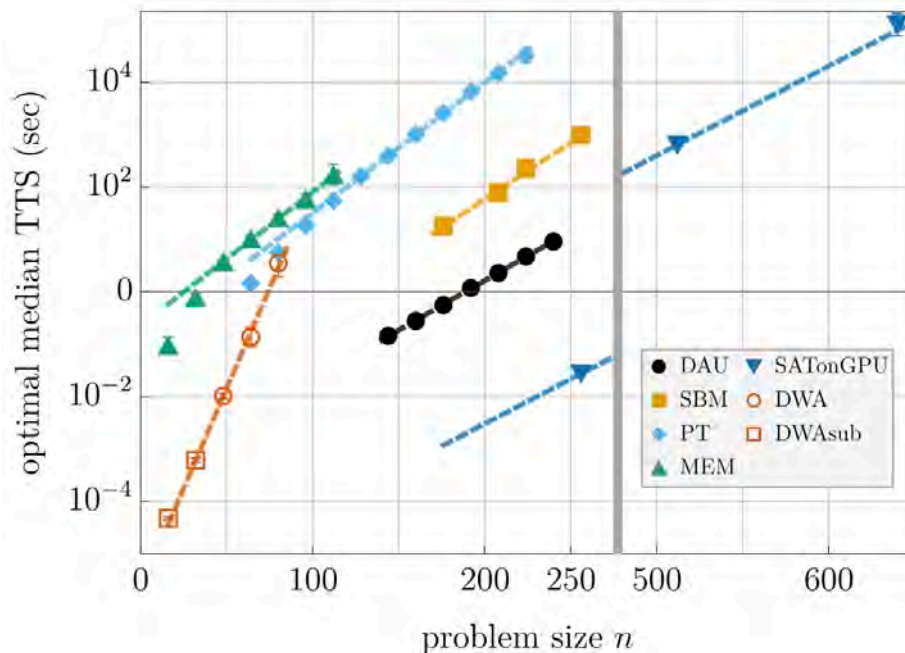


Figure 2. Value of the cost function per clause as a function of the execution time, obtained for NAE 3-SAT with a number of variables $N=8192$ and a number of clauses $M=17,285$, i.e., $M/N = 2.11$. Each data point was obtained from an independent run. See the main text for the time metric of each solver. (a) Average of ten instances. The error bars denote standard deviation. For DA and SA, the execution time was also averaged. (b) Results for ten different instances.

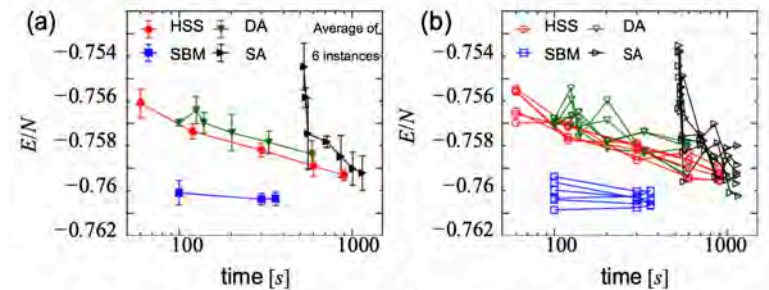


Figure 3. Value of cost function per variable as a function of the execution time, obtained for the SK model with a number of variables $N=8192$ and $J=1$. Each data point was obtained from an independent run. See the main text for the time metric of each solver. (a) Average of ten instances. The error bars denote standard deviation. For DA and SA, the execution time was also averaged. (b) Results for six different instances.

M. Kowalsky et al., 3-regular three-XORSAT planted solutions benchmark of classical and quantum heuristic optimizers, Quantum Science and Technology 7, 025008 (2022).

H. Oshiyama and M. Ohzeki, Benchmark of quantum-inspired heuristic solvers for quadratic unconstrained binary optimization, Scientific Reports 12, 2146 (2022).

4. | グローバル連携・ サプライチェーン

米国 : GAO Technology Assessment

米国政府説明責任局 (Government Accountability Office : GAO) 報告書

政策オプション

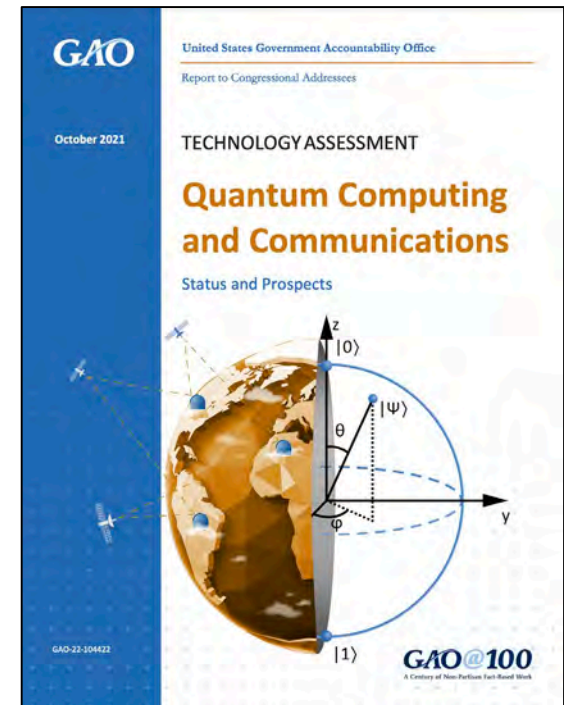
- グローバルサプライチェーンのギャップを特定する取り組みの強化
- リスクのあるサプライチェーンを持つアイテムの製造能力拡大

機会

- 堅牢なサプライチェーンは、必要なコンポーネントや材料へのアクセスを拡大したり、規模の経済を改善したりすることで、進歩を加速。量子技術開発のリスクを軽減するのに役立つ。
- 量子材料製造能力の向上により、量子技術の開発をサポートするための材料の信頼できる供給が確保される可能性がある。
- 量子材料の生産に特化した施設は、量子技術の開発に必要な構成部品のスケーラブルな製造をサポートするのに役立つ可能性がある。

懸念事項

- 現在の量子サプライチェーンはグローバルであり、リスクを伴う。コンポーネントの潜在的な脆弱性を完全に理解することは困難。
- レアアースなどの一部の重要なコンポーネントは、主に米国外で採掘されており、その軽減が困難な場合にはサプライチェーンにリスクをもたらす可能性がある。
- 量子製造施設の開発には長い時間がかかり、コストがかかる可能性がある。

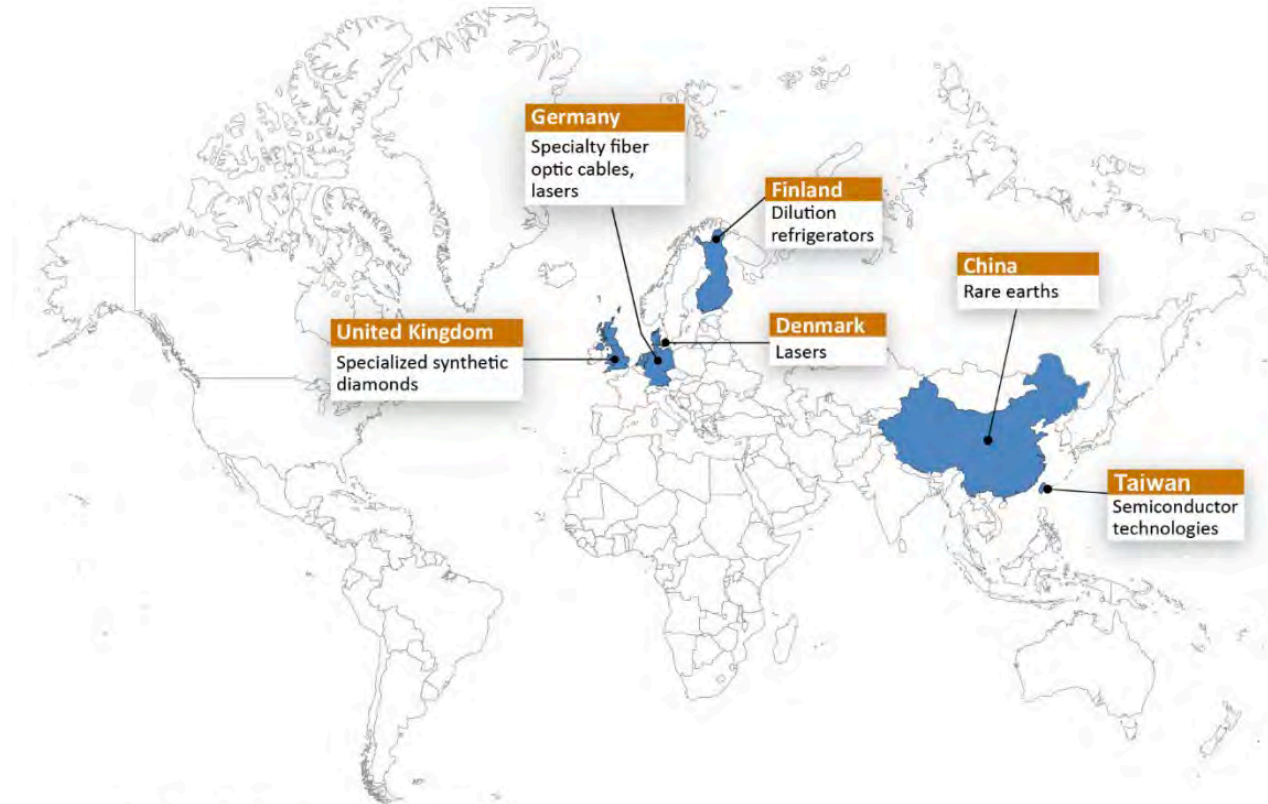


<https://www.gao.gov/products/gao-22-104422>

米国 : GAO Technology Assessment

量子サプライチェーンには潜在的な“単一障害点”があると指摘

特定の技術が利用できない場合、開発を中断せざるを得ない可能性がある（かつ、そのような技術が米国外にある）。例として希釈冷凍機、合成ダイヤモンド、光ファイバー、レーザー、半導体、レアアース、などが挙げられている。



Source: GAO analysis of public information. | GAO-22-104422

米国：サプライチェーンに関するアンケート（QED-C）

現在～今後3年間で生じる可能性が高いQC製造上のチョークポイント

QCサプライチェーン上の現在～今後3年間で生じる可能性が高いチョークポイント上位3つをアンケート調査（N=24）。潜在的QCチョークポイントの範囲は広く、すべてに適切に対処できる単一のソリューションはないと思われる。

	第1 選択	第2 選択	第3 選択	
主要なハードウェア部品	42	16	19	
主要な熟練労働力	4	26	6	
科学・工学・技術の熟練労働力	13	11	13	
主要な製造装置	13	16	6	
主要な加工済み材料	8	5	19	
主要な原材料	13	0	19	
材料・商品の流通経路	4	11	13	
材料・商品の代替流通経路	4	5	6	
計算・設計・テスト機器およびソフトウェア	0	5	0	
重要なIP・特許	0	5	0	単位 [%]

米国：サプライチェーンに関するアンケート（QED-C）

QCサプライチェーンの懸念に対処する政策イニシアティブの評価・期待

QED-Cのメンバー企業からみた米国政府の政策イニシアティブの価値（N=47）。政府からの財政・技術的な支援の増加・強化に関する政策が有益だと見なされている。また、グローバルなエコシステムへの参加を妨げる可能性のある政策には有害であるとの評価が下がっている。

	とても有益	やや有益	やや有害	とても有害	効果なし
量子R&D組織への政府直接投資	68	26	0	0	4
政府主導R&Dプログラムの改善・拡大	60	32	0	2	4
企業R&D費に対するインセンティブ（税控除など）を増加・強化	57	40	0	0	0
国内産業コンソーシアムの投資・支援の増加	47	45	0	2	2
国際協力支援の強化	45	34	6	2	9
大学などにおける政府支援量子R&Dプログラムの改善・拡大	40	49	4	2	4
IP・知的財産保護の強化	34	36	11	0	4
政府調達強化	28	36	6	6	9
標準化・ベンチャーマーケティング活動の強化	27	47	4	0	16
優遇産業（favored industries）政策の強化	21	40	9	4	2
法人税政策の改善	17	40	4	0	17
金融・投資規制の改善	15	26	11	4	20
独占禁止法規制の強化	13	17	15	13	21
商品・サービスの輸出管理政策の強化	4	13	28	21	11
みなし輸出（deemed export）政策の強化	2	17	21	23	4
輸出入関税の引き上げ	0	6	19	43	9

単位
[%]

日本：外為法改正（ロシア向け先端的な物品等の輸出禁止措置）

ロシアへの先端的な物品等の輸出等禁止措置（2022年5月20日施行）

追加対象品目（関連技術を含む）

- 石油精製用の触媒
- **量子計算機その他の量子の特性を利用した装置及びその附属装置並びにこれらの部分品**
- 電子顕微鏡、原子間力顕微鏡その他の顕微鏡及びこれらの顕微鏡とともに使用するよう設計した装置
- 積層造形用の装置（3Dプリンター）並びにこれに用いられる粉末状の金属及び金属合金
- 有機発光ダイオード、有機電界効果トランジスター及び有機太陽電池の製造用の装置
- 微小な電気機械システムの製造用の装置
- 水素（太陽光、風力その他の再生可能エネルギーを利用して製造するものに限る。）を原料とする燃料及び変換効率の高い太陽電池の製造用の装置
- **真空ポンプ及び真空計（量子技術関連）**
- **極低温用に設計した冷却装置及びその附属装置並びにこれらの部分品（量子技術関連）**
- 集積回路から蓋及び封止材料を除去するための装置
- **量子収率の高い光検出器（量子技術関連）**
- 工作機械及びその部分品並びに工作機械用の数値制御装置
- **電磁波による探知を困難にする機能を向上させる材料（メタマテリアル）、ほぼ等しい割合の複数の元素で構成された合金（高エントロピー合金）その他の先端的な材料（一部は量子技術関連）**
- 導電性高分子、半導電性高分子及び電界発光の性質を有する高分子