

量子ベンチャー企業の 動向

JST CRDS

量子チーム（赤木、嶋田、眞子）

2022.1.12

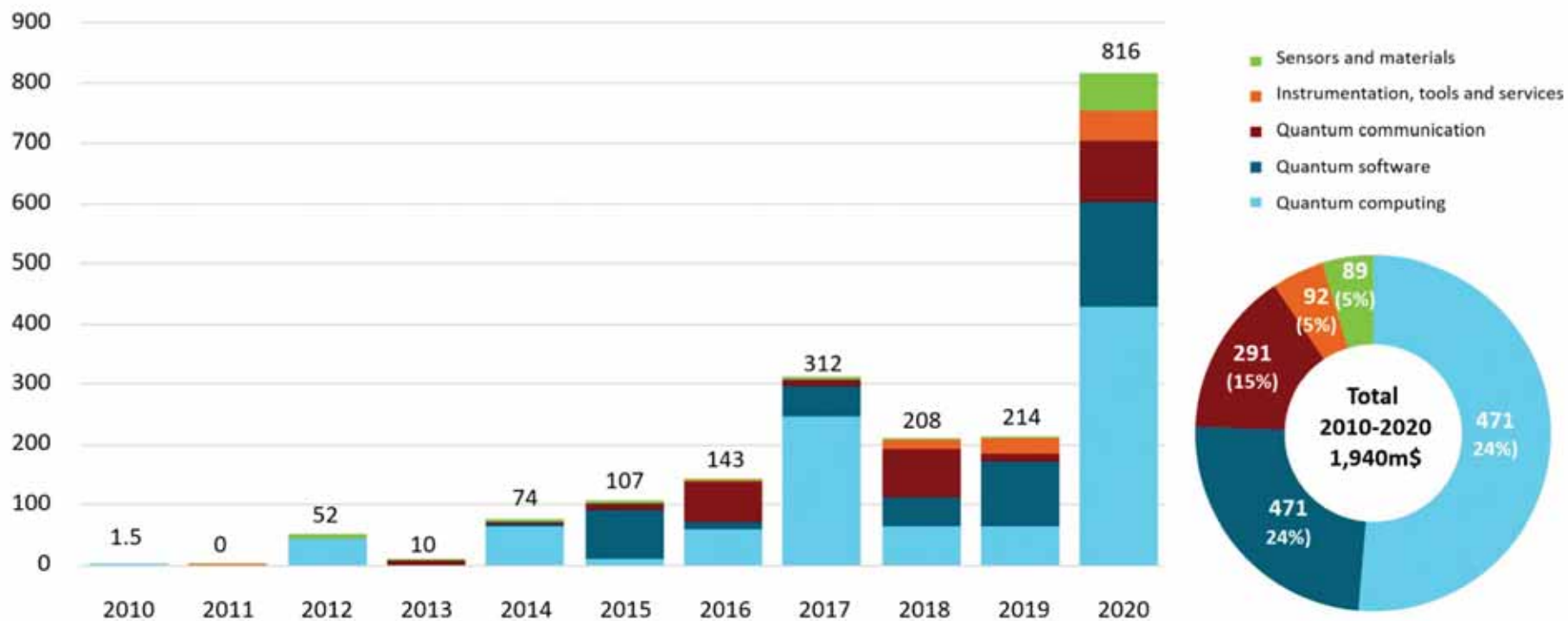
量子技術イノベーション戦略見直し検討WG

1.

国内外ベンチャー企業の 状況・国際比較

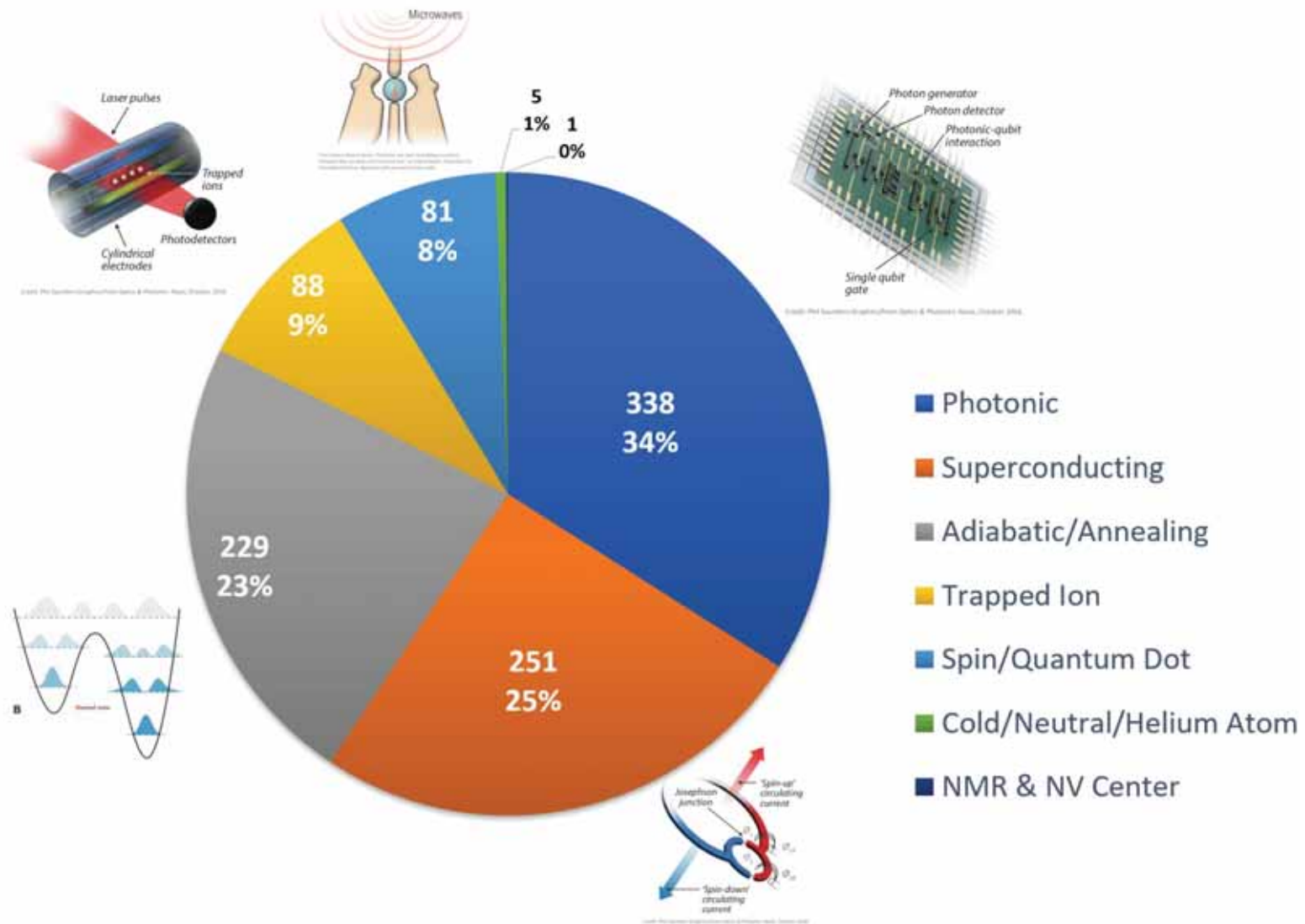
量子技術VC投資額（量子技術別）

量子技術へのVCからの投資は2010-2020で\$ 1.9B以上



Source: Michel Kurek at Le Lab Quantique

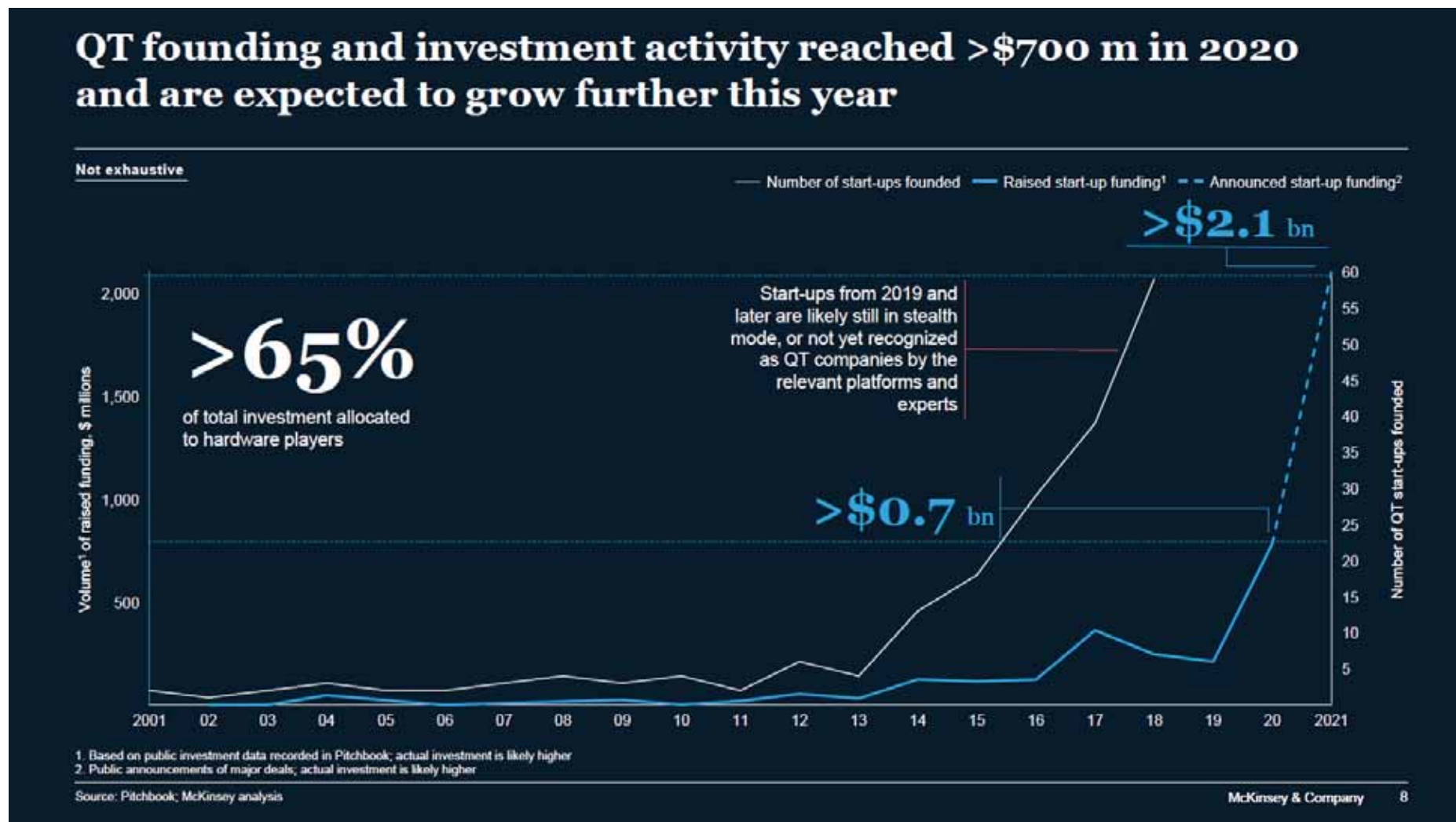
量子技術VC投資額（ハードウェア方式別）



1. 国内外ベンチャー企業の状況・国際比較

量子企業への投資額

投資額：\$2.1 B以上（2019年以降）



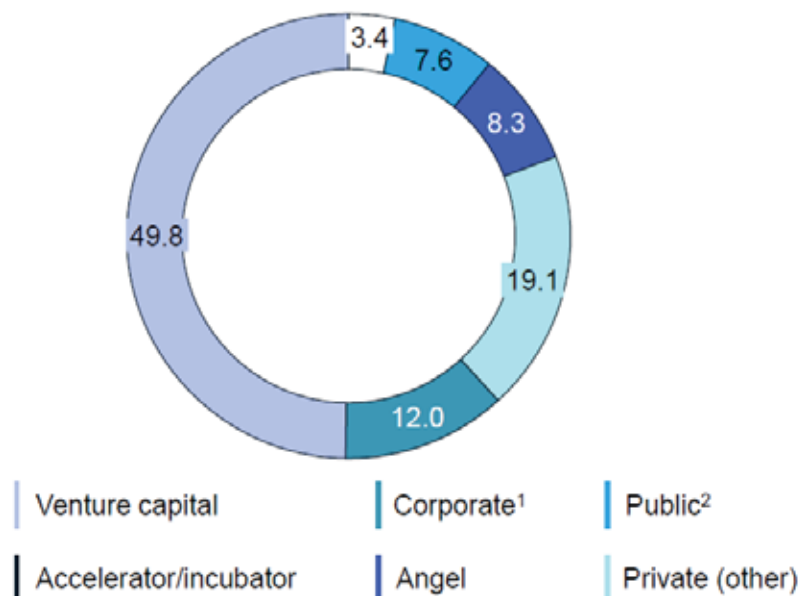
量子企業への投資傾向

ベンチャーキャピタルが量子技術への投資額の半分以上を占める

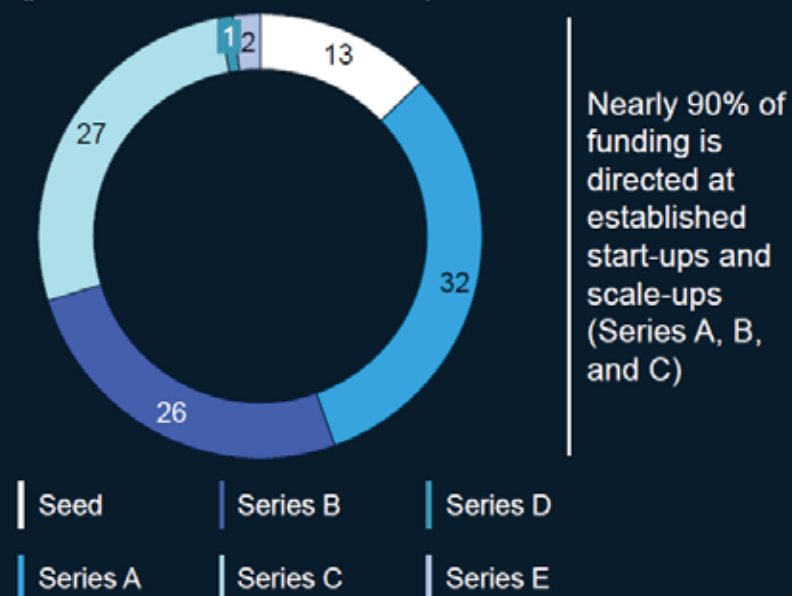
資金提供先：主にスタートアップ企業やスケールアップ企業

Venture capital accounts for more than half of QT investments, primarily funding start-ups and scale-ups

Split of investments 2001-21, by investor type
(percent of total value)



Split of VC investments, by deal type, 2001-21
(percent of total investment value)



各国・地域の量子企業への投資傾向

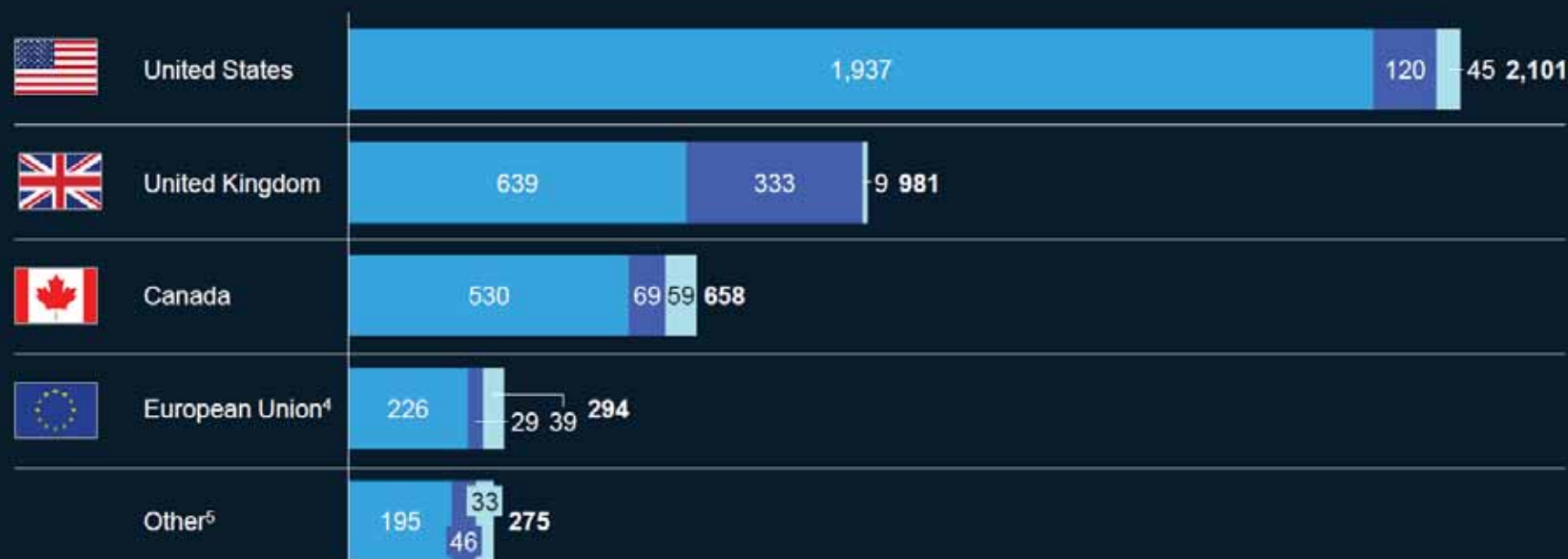
米国企業への投資が最大であり、個人投資家の投資がけん引している

Majority of investments are in US companies, followed by the United Kingdom and Canada, driven primarily by private investors

Size of deals in QTs by primary investor type, 2001–21, \$ millions¹

Not exhaustive

Private Corporate² Public³



1. Based on Pitchbook data; includes announced deals for IonQ, Arqit, Cambridge Quantum Computing, and PsiQuantum. Actual investment volume in QTs is likely higher.

2. Includes investments from corporations and corporate venture capital in external start-ups. Excludes corporate investments in internal QT programs.

3. Includes investments by governments, sovereign wealth funds and universities.

4. Includes European Union, Switzerland and Norway.

5. Data availability on start-up funding in China is limited. The overview includes all publicly available data on China. While actual investment is likely higher, we think that at this stage most funding awarded by China is to research institutions.

Source: PitchBook; McKinsey analysis

McKinsey & Company 11

国別の量子スタートアップ企業数

	量子コンピューティング		量子通信						
	ハード	ソフト	QKD,PQC	コンサル	複合	教育	その他	総計	
アメリカ	17	20	12	5	1	1	1	57	
カナダ	5	18	5		1			29	
イギリス	7	5	11	4	1			28	
ドイツ	4	5	3		1			13	
フランス	5	2	2	2				11	
日本		8		2				10	
オランダ	5	1	1	2				9	
中国	2		2	1	2		1	8	
スペイン	2	4		1	1			8	
インド	1	2	1		2	1		7	
オーストラリア	2	2	1	1				6	
ポーランド		3	1		1			5	
スイス	2		1		2			5	
イスラエル		2	1		1			4	
シンガポール		2	1				1	4	
総計	52	74	42	18	13	2	3	204	

国別の量子スタートアップ企業数：量子コンピューティング

量子コンピューティングでは米国、カナダが最もアクティブ

The United States and Canada are most active in QC

Number of QCplayers, by country

Not exhaustive

Geographic details on next slide

Number of QC players, by country		Start-ups	Incumbent companies	Public/ government organizations	Academic groups
Top 7	 United States	59	9	18	63
	 Canada	23	0	2	9
	 United Kingdom	19	1	2	13
	 Japan	12	1	0	7
	 France	8	1	3	9
	 Germany	7	2	1	7
	 ¹ China	7	2	12	11
... and elsewhere ¹		61	1	19	50
Σ		196	17	57	169

¹. There is limited transparency on commercial activity in China and to a lesser extent for Japan. We think Chinese activity in QTs is primarily through government-funded research institutions

Source: Press and web research, McKinsey analysis

McKinsey & Company 13

クラウド利用NISQ量子コンピュータ (青字がスタートアップ)

			IBM	GCP	Azure	AWS
ソフトウェア 開発プラットフォーム (SDK)	Qiskit (by IBM)		●	●		
	Cirq+TFQ (by Google)			●		
	Braket (by Amazon)					●
	PennyLane (by Xanadu)			●		
	Tket (by CQC)			●		
	Q# (by Microsoft)				●	
ハードウェア (QPU)	超伝導	IBM	●			
		Google		●		
		Rigetti				●
		qci			●	
	イオン トラップ	IonQ	●	●	●	●
		Honeywell			●	
	QAマシン	D-wave				●

量子コンピュータHW開発企業（青字がスタートアップ）

	方式	開発企業
ゲート型 量子 コンピュータ	超伝導	(米) IBM, Google, Rigetti, qci (中) Alibaba, 本源量子 (Origin Quantum) (日) 富士通 (加) D-wave ?
	イオン トラップ	(米) IonQ , Honeywell (中) 盾科量子 (Qudoor) (澳) AQT (Alpine Quantum Technology)
	半導体	(米) Intel (日) 日立製作所
	光	(米) Xanadu, PsiQuantum
	NMR	(中) 量旋科技 (SpinQ)
	マヨラナ	(米) Microsoft
イジング マシン	超伝導	(加) D-wave ※磁束量子ビット (日) NEC ※超伝導パラメトロン
	CMOS	(日) 日立製作所、富士通、東芝
	光	(日) NTT ※コヒーレントイジングマシン (中) 玻色量子 (Bose Quantum) ※コヒーレントイジングマシン

ソフトベンダー対応表 (青字がスタートアップ)

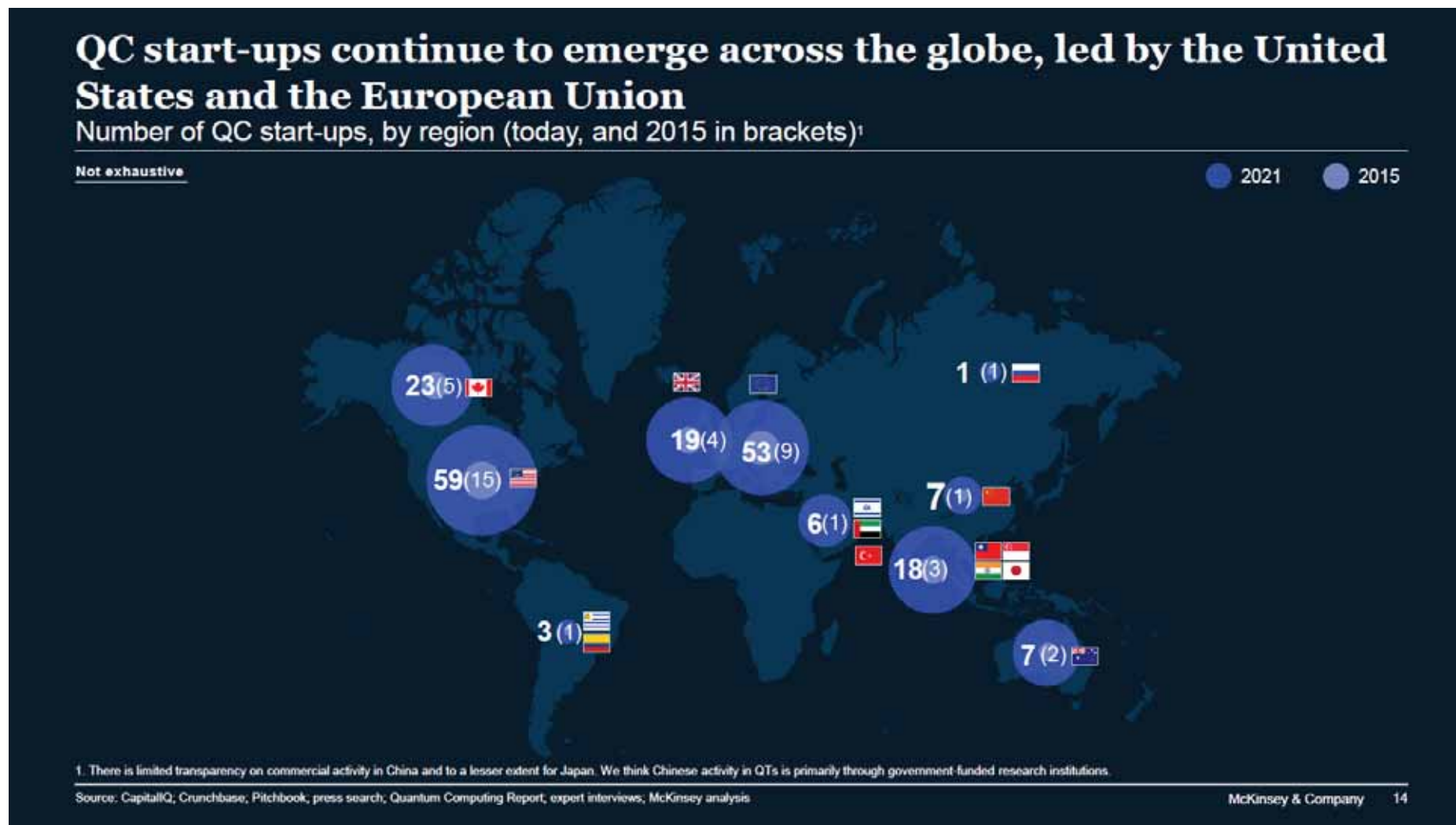
		ゲート型 量子コンピュータ	イジングマシン
国内	blueqat	●	
	Jij	●	●
	NTTデータ		●
	QunaSys	●	
	グルーヴノーツ		●
	フィックスターズ	●	●
	シグマアイ		●
海外	Amazon Web Service	●	●
	Cambridge Quantum Computing	●	
	Microsoft Azure	●	●
	QC Ware	●	●
	QuantiFi		
	Zapata Computing	●	●

量子スタートアップ（国内）

	設立	事業概要	従業員数	資金調達額 [百万円]	主な出資者
フィックス タース	2002/8	マルチコアプロセッ サ関連事業から量子 に参入	101～300	127	東芝、三菱UFJ 銀行、他
blueqat	2008/12	量子コンピュータ向 けSDK提供	～10	252	SBIインベスト メント
Jij	2018/11	アニーリングマシン のソフトウェア開発	～10	244	ディープコア、 みらい創造機構、 ANRI
QunaSys	2018/2	量子コンピュータの ソフトウェア開発	11～20	306	グローバル・ブ レイン、新生企 業投資、ANRI
Quemix	2019/6	量子コンピュータの ソフトウェア開発	～10	300	JIC-VGI
シグマアイ	2019/4	量子アニーリング技 術指導・共同研究・ コンサル	～10	500	スパークス・グ ループ

国別の量子スタートアップ企業数：量子コンピューティング

量子コンピューティングのスタートアップ企業が世界各国で現れている



量子コンピュータカオスマップ^o (要アップデート)



中国の量子コンピュータスタートアップ



https://d-maps.com/carte.php?num_car=11576

量旋科技 SpinQ

www.spinq.cn

深圳量旋科技有限公司。2018年8月設立。本社：深圳。
教育・研究用のデスクトップ量子コンピュータを開発。約1テスラの永久磁石を用いたNMR方式。2量子ビットを備えた第一世代製品「SpinQ Gemini」(70×40×80cm、55kg)を5万ドルで販売し、中国、台湾、カナダの機関に出荷済みと報じられている[4]。今後5000ドル未満の新型機を販売する計画も発表されている。

<https://www.discovermagazine.com/technology/a-desktop-quantum-computer-for-just-usd5-000>

启科量子 Qudoor / Qike Quantum

<http://www.qudoor.cn/>

国启科量子技术有限公司。2016年4月設立。本社：北京。
中関村ハイテクパークを拠点とする量子通信企業。量子暗号鍵配送や量子乱数発生などのコア技術を有する。2020年に、分散型イオントラップ量子コンピュータの研究開発を開始、プログラミング言語やクラウドプラットフォームまで含めたフルスタック開発に注力。中国初のイオントラップ量子コンピュータAbaQ-1を2021年に発売予定。

<https://mmxx.news/ja/science/10a688451a3c62757e0b4f92649e03b1.html>

本源量子 Origin Quantum

<https://qcloud.originqc.com.cn/>

合肥本源量子计算科技有限责任公司。2017年9月設立。本社：合肥。

中国で初となる量子コンピューター企業。中国科学院量子情報研究所（中科院量子信息重点实验室）からのスピンオフ。量子コンピュータのフルスタック開発とクラウドプラットフォーム運用事業を展開。超伝導量子ビットを用いた量子プロセッサを10種類以上発表しており、クラウド利用する企業は100社超と報じられている[3]。

<https://36kr.jp/114294/>

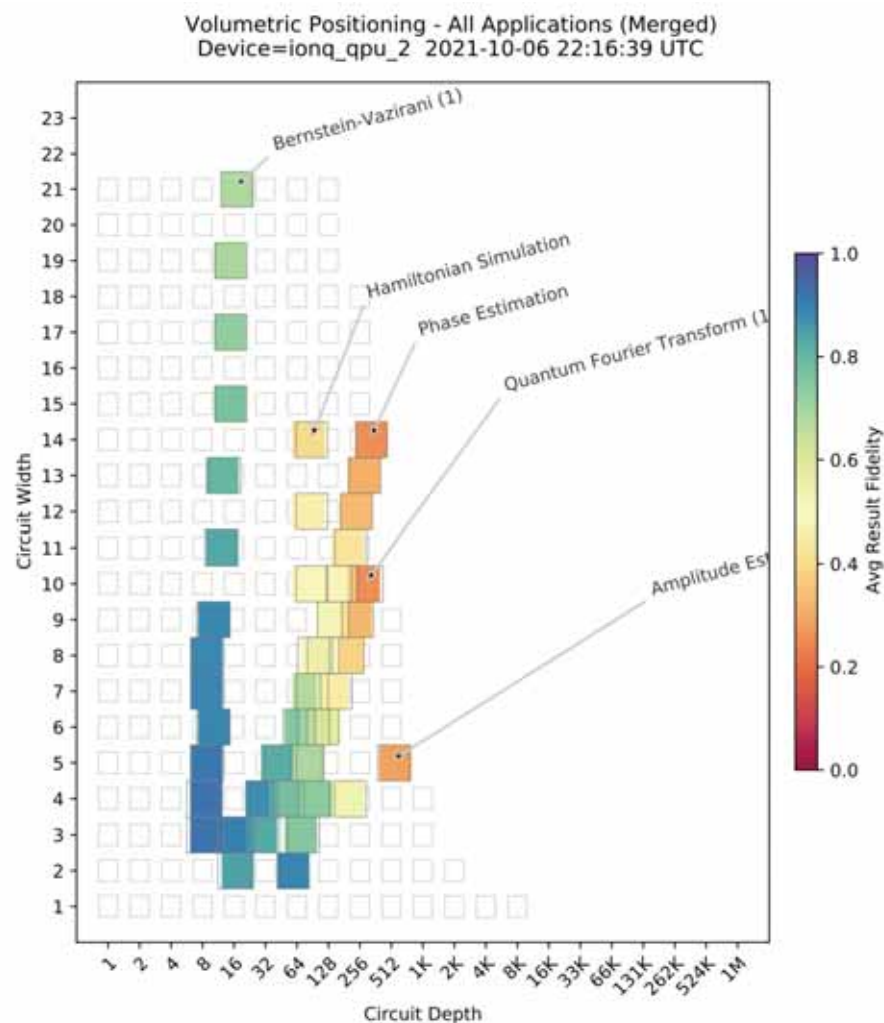
云韬量子 Yuntao Quantum

深圳市云韬量子科技有限公司。2018年4月設立。本社：深圳。
量子計算の商用アプリケーション開発[5]。2018年に「Bayesforge量子AI開発環境」をリリースし、研究・教育機関との戦略的協力を進めている。量子古典ハイブリッド計算による化学薬品開発と財務リスク最適化を主なターゲットとする。創業者の殷涛(Tao Yin)はフランクフルト大で博士号取得。カナダの「量子機械学習」起業家PJ選出。

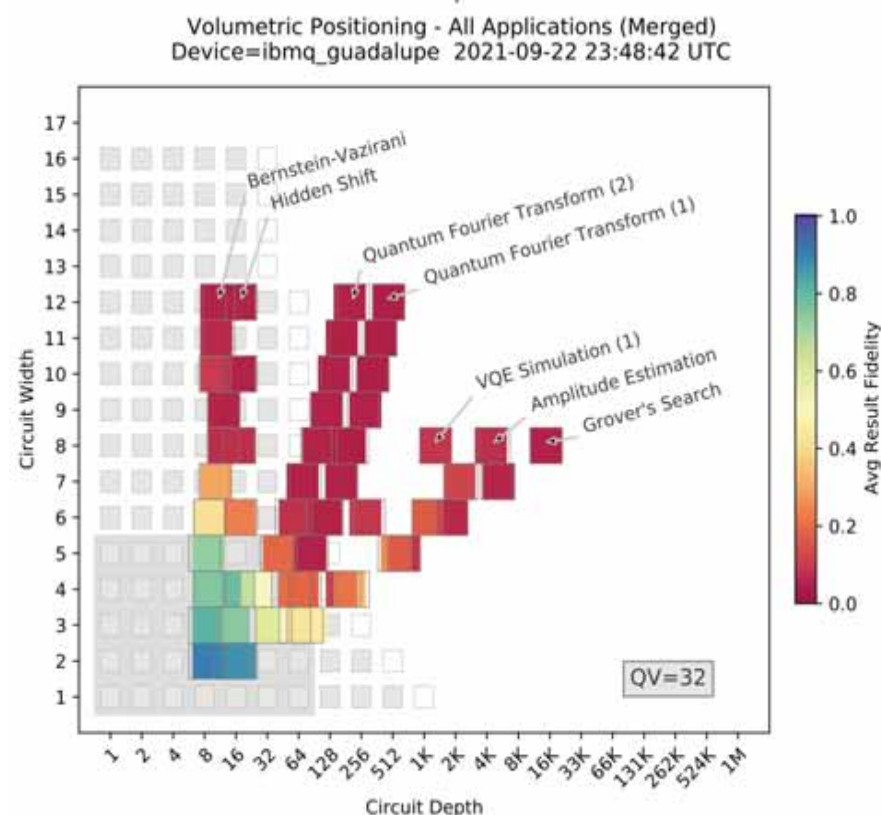
<https://www.qtumist.com/post/9842>

NISQ実機の性能ベンチマーキング

IonQ (Latest, イオントラップ)



IBM (Guadalupe, 超伝導量子ビット)

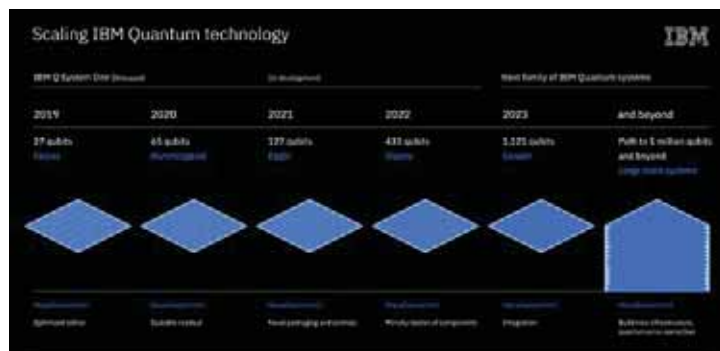


1. 国内外ベンチャー企業の状況・国際比較

量子コンピューターメーカー各社の開発ロードマップ

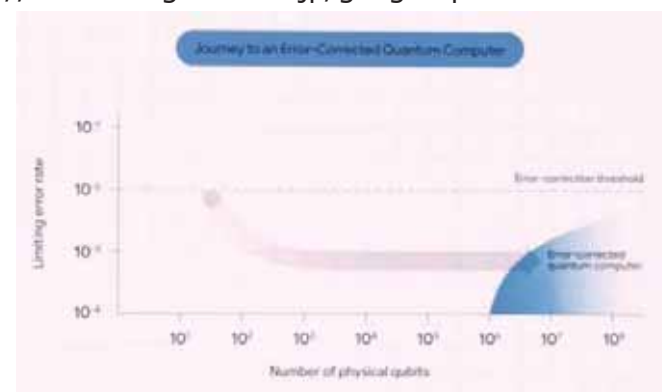
- **IBM** : 2023年に1,121物理量子ビット (2020年9月)

<https://www.ibm.com/blogs/think/jp-ja/ibm-quantum-roadmap/>



- **Google** : 2029年に1,000,000物理量子ビット (2021年5月)

<https://www.imagine.co.jp/google-quantum202105/>

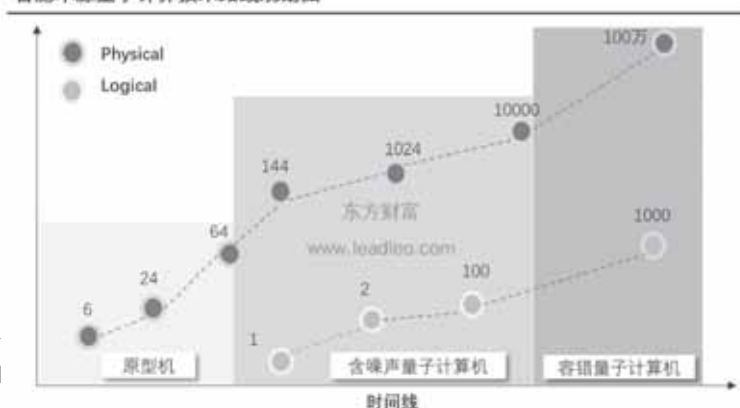


- **Origin Quantum (本源量子)** : 2025年に1,024物理量子ビット (2021年9月)

中国情報通信技術学会技術基準研究所 (CAICT)
「量子云计算发展态势研究报告 (2021年)」より

<http://www.caict.ac.cn/kxyj/qwfb/ztbg/202110/P020211009505258802679.pdf>

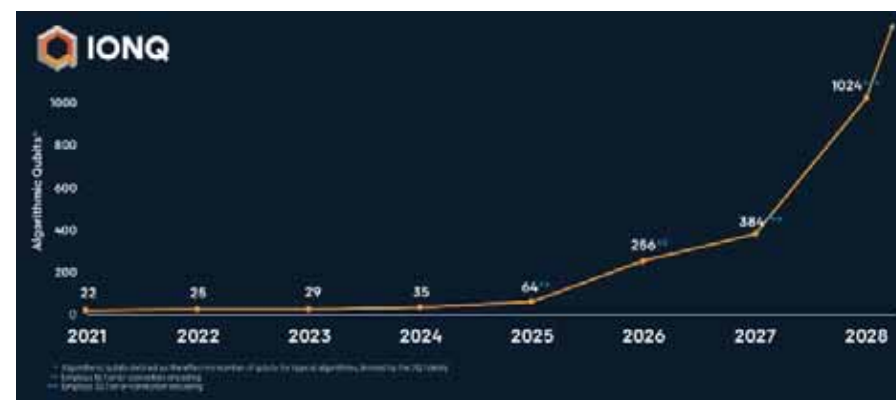
合肥本源量子计算技术路线规划图



- **IonQ** : 2028年に1,024アルゴリズムミック量子ビット* (2020年12月)

*高忠実度を実現するための誤り訂正オーバーヘッドは32:1で見積もりと発表 (= 32,768物理量子ビットの意味か?)

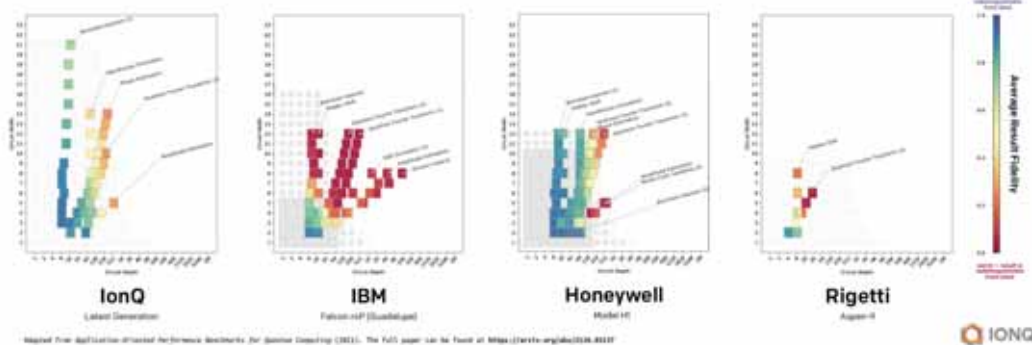
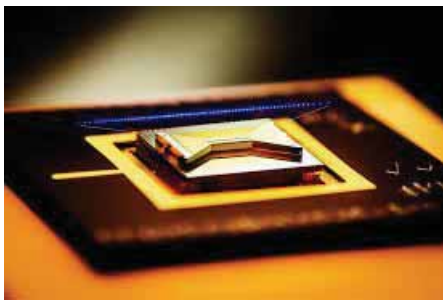
<https://techcrunch.com/2020/12/09/ionq-plans-to-launch-a-rack-mounted-quantum-computer-for-data-centers-in-2023/>



イオントラップ・冷却原子HWの躍進

米国 IonQ

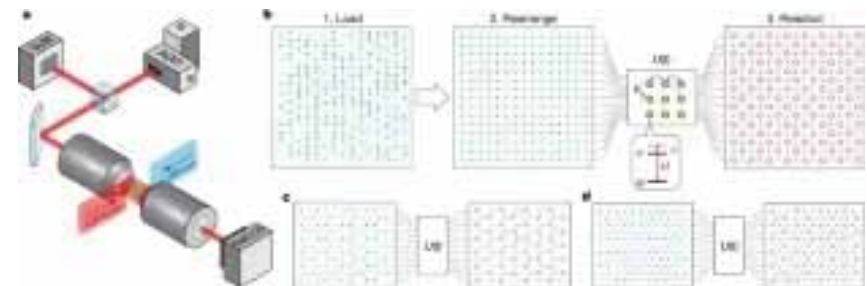
メリーランド大・デューク大発のスタートアップ。2021年10月に上場（SPAC, NY証券取引所）



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

米国 QuEra

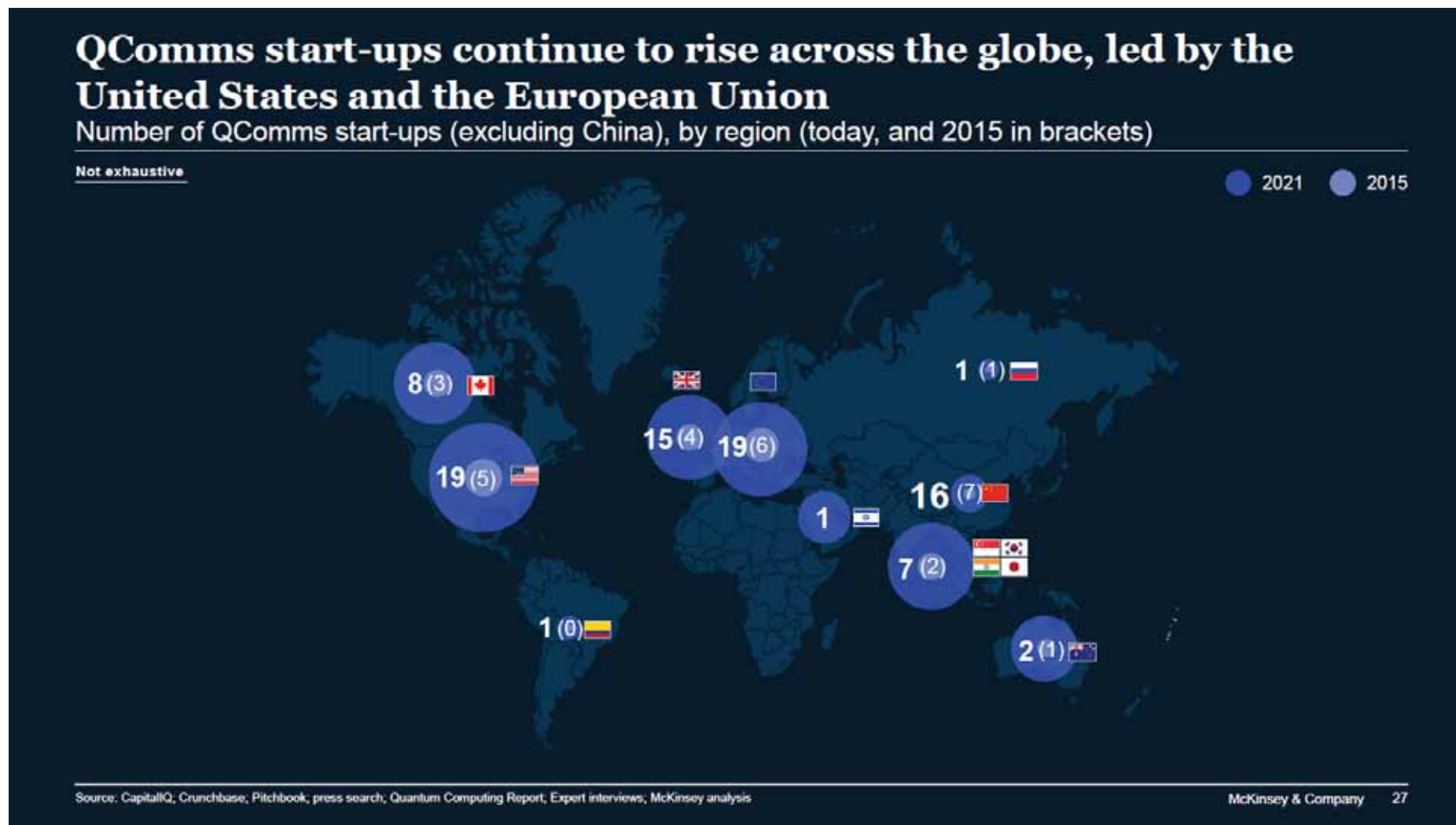
ハーバード大・MIT発のスタートアップ。2021年11月に1700万ドルの資金調達



S. Ebadi et. al., "Quantum phases of matter on a 256-atom programmable quantum simulator", Nature volume 595, pages227-232 (2021)

国別の量子スタートアップ企業数：量子暗号・通信

量子暗号・通信のスタートアップ企業が世界各国で現れている



QKD・PQCカオスマップ^o (鋭意調査中)



^S : 人工衛星を用いたQKDビジネスを展開

国別の量子スタートアップ企業数：量子計測・センシング

量子計測・センシングのスタートアップ企業が過去5年間で2倍に



量子計測・センシング技術（青字がスタートアップ）

*主流の方式における
サンプル作成時の環境

	ダイヤモンド NV中心	量子慣性センサ	光格子時計	量子もつれ光	超偏極MRI
計測物性	温度、磁場など	加速度、角加速度	時間	(3次元)空間位置	(3次元)空間位置
量子系	ダイヤモンドNV中心	冷却原子	冷却原子	もつれ光子対	偏極核スピン
環境	常温/常圧	極低温/超高真空	極低温/超高真空	常温/常圧	極低温/超高真空*
主な応用先	医療、バイオ、デバイスモニタ	測位、計測標準、資源探査、地震計測	時間標準	化学分析、バイオ、医療	医療
海外	Nvision Imaging(独), Quantum Diamond Tech(米), SQUTEC(独), QNA MI(スイス), QZabre(スイス), Quantum Flagship(EU)	Muquans(仏), AOSense(米)	Muquans(仏), Quantum Flagship(EU)	Rochester大(米), Auckland大(ニュージーランド), Monterrey工科大(メキシコ), イスラエル工科大など多数	GE(米), Nvision Imaging(独), Quantum Flagship(EU)
国内	Q-LEAP(東工大, 東, NIMS, 産総研, QST, 生理研, 京大), CREST[量子技術](NTT)(筑波大)	Q-LEAP(電通大), JST未来・大(東工大)	ERATO(理研, 東大), 未来・大(理研, 東大)	Q-LEAP(京大, 電通大), CREST[量子技術](京大)	Q-LEAP(阪大, QST), CREST[量子技術](阪大), AMED(北大, 日本レドックス)

スタートアップ関連の最近の動き（2021年～）

IonQ（米）躍進

- IBM Qiskitをサポート（2021年4月）→ 全PFのクラウドサービスで使用可能に
- IonQがSPAC（特別買収目的会社）上場。時価総額が約20億ドル（2021年3月）。Softbankが出資（2021年6月）。
- 量子ボリューム400万（世界最大）の量子コンピューター（32量子ビット）を発表（2020年10月）。

<https://ionq.com/news/march-08-2021-ionq-to-become-first-public-quantum-computer-company> ;
<https://jp.wsj.com/articles/softbank-and-ionq-in-strategic-pact-on-quantum-computing-11623211563>

Cambridge Quantum Computing（英）と Honeywell（米）が量子コンピューターの合併会社設立

- Honeywellの量子コンピューター製造子会社Honeywell Quantum SolutionsとCambridge Quantum Computingが経営統合し、持ち株会社を設立することを発表（2021年6月）。

<https://www.honeywell.com/us/en/press/2021/06/honeywell-quantum-solutions-and-cambridge-quantum-computing-will-combine-to-form-worlds-largest-most-advanced-quantum-business>

Honeywellの量子コンピューター、512量子ボリュームを達成

- Honeywellのイオン量子ビット（10量子ビット）を利用した量子コンピューター Model H1で、512量子ボリュームを達成したと発表（2021年3月）。
- 商用の量子コンピューターとしては最大
- 6か月間で4倍の量子ボリュームに。シングル量子ビットフィデリティは99.991(8)%。

<https://www.honeywell.com/us/en/news/2021/03/honeywell-sets-new-record-for-quantum-computing-performance>

2. | ベンチャー企業振興政策

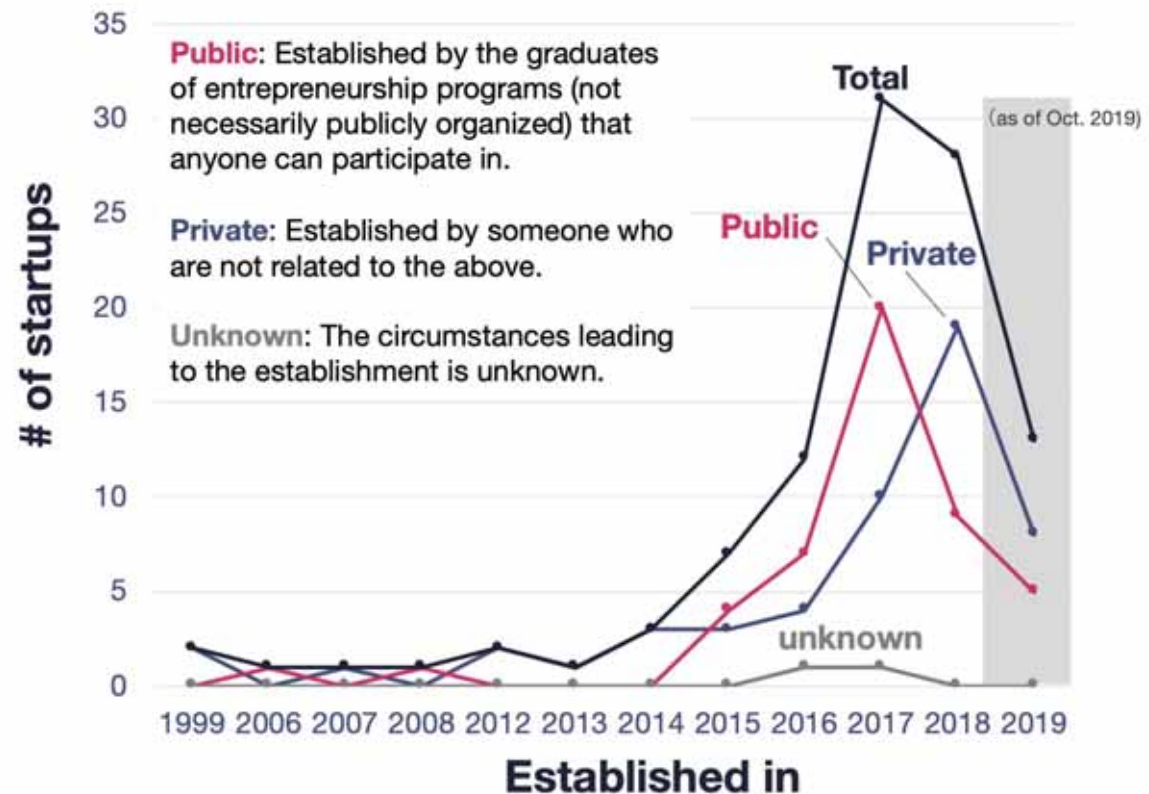
量子産業の創出にむけた動き

公的資金による“呼び水効果”

- 北米を中心に起業・投資が拡大している（2017-18で約4800億円*）
- 量子コンピューティングでは大手クラウドベンダ各社とともにエコシステム形成
- 起業数はピークを超えた気配



*E. Gibney, "Quantum gold rush: the private funding pouring into quantum start-ups", Nature 574, 22-24 (2019).



量子スタートアップ企業への各国の公的投資

量子スタートアップへの公的投資は基本の戦略

日本 →

COUNTRY (INCLUDING THE EUROPEAN UNION)	CENTRES OF EXCELLENCE, APPLIED R&D CENTRES, INNOVATION HUBS	TARGETED CALLS FOR PROPOSALS OR COMPETITIONS	DIRECT FUNDING FOR SPECIAL PROJECTS	GOVERNMENT INVESTMENT OR VENTURE CAPITAL FOR STARTUPS
Australia	●	●	●	●
Austria	●			●
Canada	●	●	●	●
China	●		●	●
Denmark	●		●	
European Union*		●	●	
Finland	●		●	●
France	●	●	●	●
Germany	●	●	●	
Hungary	●			
India	●		●	
Ireland			●	
Israel	●		●	
Japan	●		●	●
Netherlands	●		●	
New Zealand	●			
Norway	●			
Russia	●		●	●
Singapore	●	●	●	●
South Korea			●	
Switzerland	●			
Taiwan	●	●	●	
United Arab Emirates	●		●	●
United Kingdom	●	●	●	●
United States	●	●	●	●

シカゴ大学Duality Accelerator

量子スタートアップ支援に特化

12か月のアクセラレータプログラムを提供

- 50,000ドルの資金提供（用途の制限なし）
- ビジネススクールによる起業教育・ビジネストレーニング
- 55人を超える一流のビジネス専門家、投資家、起業家からのメンターシップ
- 世界的に有名な量子科学者や技術会社からの技術的専門知識
- 業界の露出と企業リーダーへのアクセス
- オフィススペースと最先端の施設へのアクセス（要承認）
- シカゴの急速に発展している量子スタートアップコミュニティへの没頭



技術諮問委員会

Jean-Francois Bobier : Boston Consulting Groupのパートナー

Michael Brett : AWSの量子コンピューティング事業開発担当

Dan Caruso : ColdQuantaの元エグゼクティブチェアマン

Monisha Ghosh : シカゴ大学プリツカー分子工学スクールの研究教授

Celia Merzbacher : QED-Cのエグゼクティブディレクター

Mark Saffman : ウィスコンシン大学マディソン校の物理学教授

Rafael R.Salmi : Richardson RFPD のグローバルプレジデント

Ray Sharma : Extreme Venture Partnersの創業者で最高経営責任者

メリーランド大学Quantum Startup Foundry

量子技術関係の起業家・スタートアップ支援のリソースまとめ

TraQtionプログラム

- 大企業やパートナーと協力してアーリーステージの企業を支援
- スタートアップをパートナーや顧客と結びつけ、市場のフィードバックを提供
- 製品の市場適合性、技術の準備状況を確認
- 顧客の要件・ニーズを満たす量子独自の価値提案を固める
- 有望なスタートアップのパイプラインアクセスをパートナーに提供

Pre-TraQtionプログラム

- NSF I-Corpsプログラムによる顧客発見の促進
- 潜在的な研究およびサポートパートナーとのマッチメイキング
- SBIR応募のセットアップと提案書作成支援
- SBIR / STTRなどの政府助成金のバックオフィス支援
- オフィススペース（追加料金、アワードを条件とすることも可）
- 3Dプリント、クリーンルームなどの大学施設利用（要追加料金）

