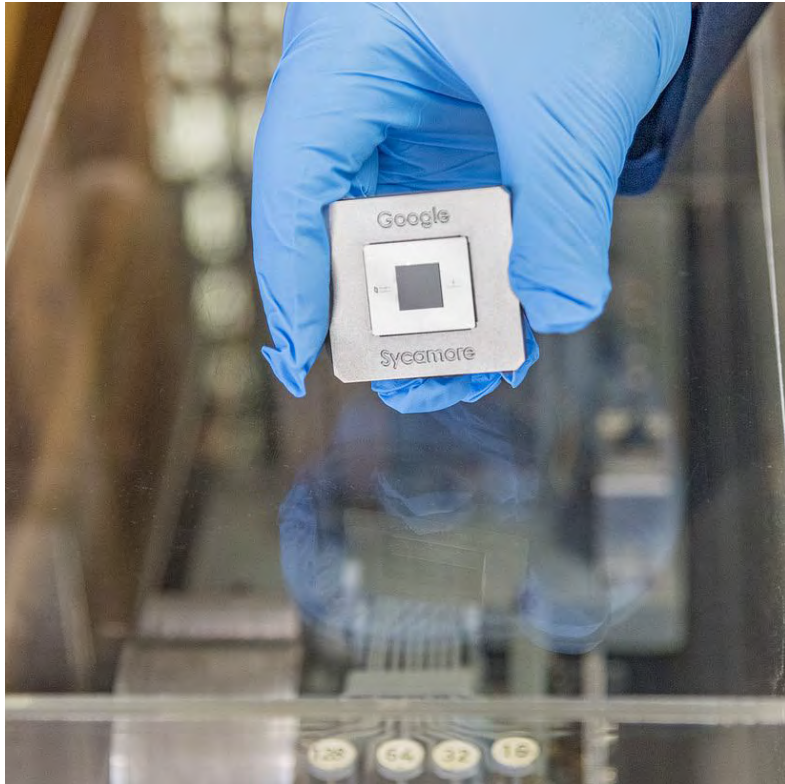


ドイツ博物館

GoogleのSycamoreチップの収蔵



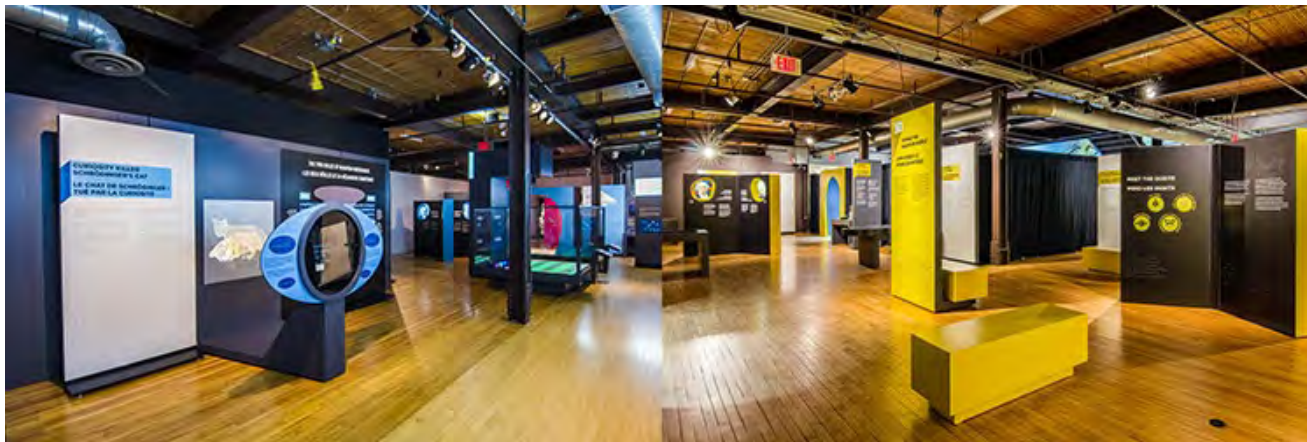
<https://www.deutsches-museum.de/museum/presse/meldung/ein-meilenstein-auf-fuenf-quadratcentimetern>

Quantum: The Exhibition

Waterloo IQC開発の量子技術に関する貸し出し展示

展示全体で4000 ft² (巡回版は300 ft²)

過去にオンタリオ科学館で展示 (2018~19)

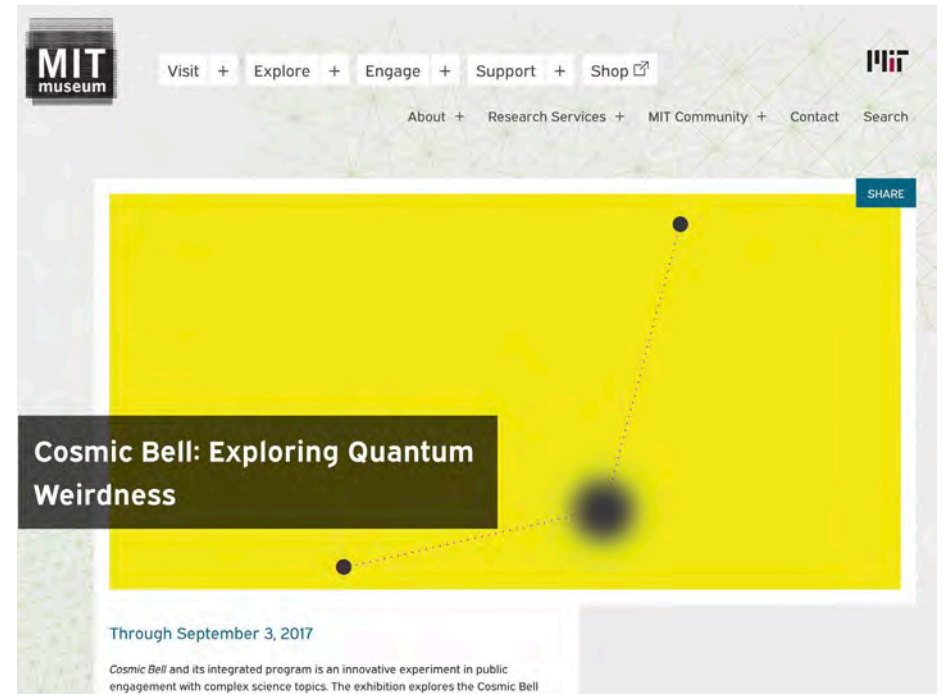


MIT博物館「Cosmic Bell」

MIT開発の量子もつれに関する展示とイベント

MIT博物館で展示（2017）

現在はイベント動画アーカイブのみ



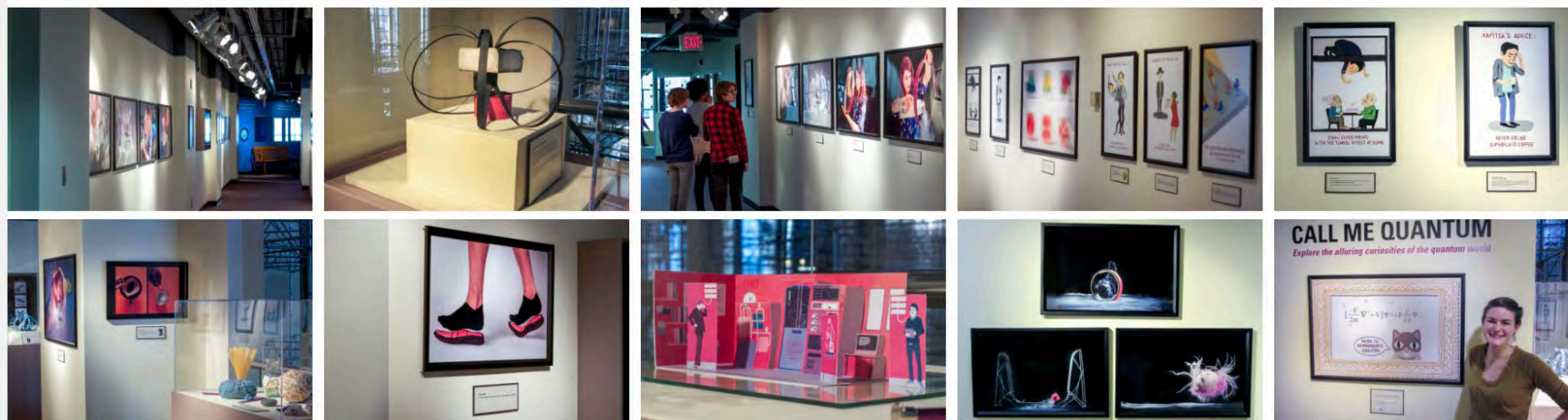
<https://mitmuseum.mit.edu/exhibition/cosmic-bell-exploring-quantum-weirdness>

バージニア科学博物館「Call Me Quantum」

バージニア大学の学生が中心となって開発した展示

バージニア科学館で展示（2015）

現在は写真アーカイブのみ



https://hebergement.universite-paris-saclay.fr/supraconductivite/exposmv_en.html

日本科学未来館 「技術革新と未来」

量子コンピューターに関する常設展示 (2009～16) 現在は別の展示になっている

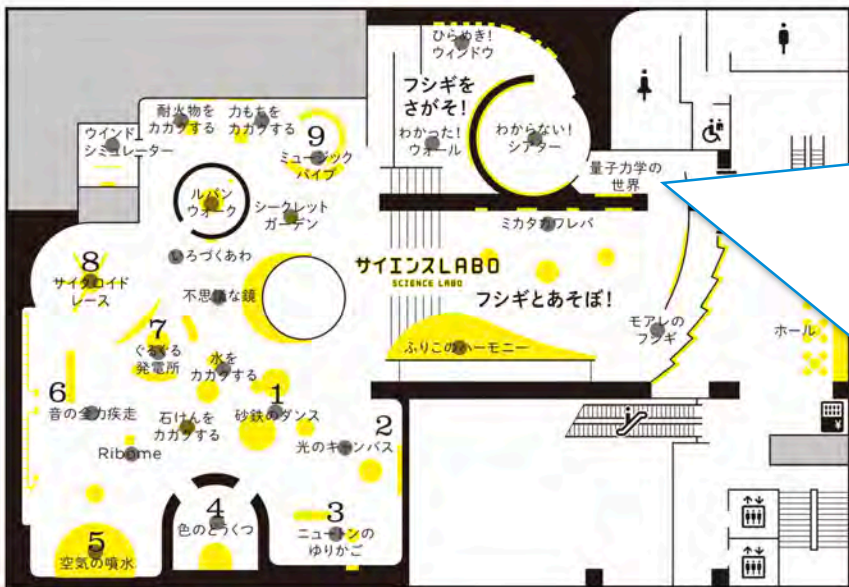


想像力の川「むすびつける」

量子の物理的性質と計算機を「むすびつける」ことで生まれる、「量子コンピュータ」が研究されています。量子コンピュータの不思議な世界を体感できる「あなたの顔探し」で、従来のコンピュータとの違いにびっくり？

北九州市科学館「スペースLABO」

量子力学の世界



量子力

The world of qu

3 量子力学の応用

量子コンピューター！
今のパソコンの
何百万倍の
速度で計算できる

わたしたちが使うパソコンの内部では、あらゆる情報は「0」か「1」のどちらかで表現されます。量子コンピューターは「0」と「1」の重ね合わせ状態を利用でき、現在最速のスーパーコンピュータにも難しい計算を、短時間で処理できるようになると期待されています。

ミクロの世界をすり抜

【トンネル効果】
日常の世界では、投げたボールは本来通り投げられない波のかたちですり抜ける「トンネル効果」とよびます

量子力学が役立っている！
パソコンだってスマートフォンだって

スマートフォンからインターネットまで、ありとあらゆるIT機器は量子技術のかたまりです。無数の電子が量子力学に従って規則正しく動き、ゲームや動画などの複雑な情報処理を行っています。LED、レーザー、光通信なども量子力学の応用です。

身体の中にも、量子力学！
量子力学を応用したMRI（磁気共鳴画像診断装置）

体内の検査に使われるMRI装置（磁気共鳴画像診断装置）も量子力学の応用です。人間の体に水として含まれている水素原子は、「スピン」という量子力学的な性質を持っています。MRI装置は電波を使ってスピンを調べ、体の中の様子を撮影するのです。

2019	2017	1999	1994	1993	1985
量子コンピューターの高速性を実証検証 Googleの研究者ら	量子通信衛星「量子号」の実験成功 パン・ジエンウェイ	超伝導量子ビットの発明 ヤチ藤原ら	量子数分離 量子アルゴリズムの発見 ピーター・ショア	量子テレポーテーション チャールズ・ベネットら	量子コンピューターの原理 デイヴィッド・ボーム

2. | 量子スタートアップ

スタートアップ支援施策を持つ国

	政策オプション			
	イノベーション拠点	競争的資金	特別PJ	スタートアップ投資
オーストラリア	●	●	●	●
オーストリア	●			●
カナダ	●	●	●	●
中国	●		●	●
デンマーク	●		●	
EU		●	●	
フィンランド	●		●	●
フランス	●	●	●	●
ドイツ	●	●	●	
ハンガリー	●			
インド	●		●	
アイルランド			●	
イスラエル	●		●	
日本	●		●	●
オランダ	●	●	●	●
ニュージーランド	●			
ノルウェー	●			
ロシア	●		●	●
シンガポール	●	●	●	●
韓国			●	
スイス	●			
台湾	●	●	●	
UAE	●		●	●
イギリス	●	●	●	●
アメリカ	●	●	●	●

CIFAR "A QUANTUM REVOLUTION: Report on Global Policies for Quantum Technology" (2021年4月)

量子スタートアップ数

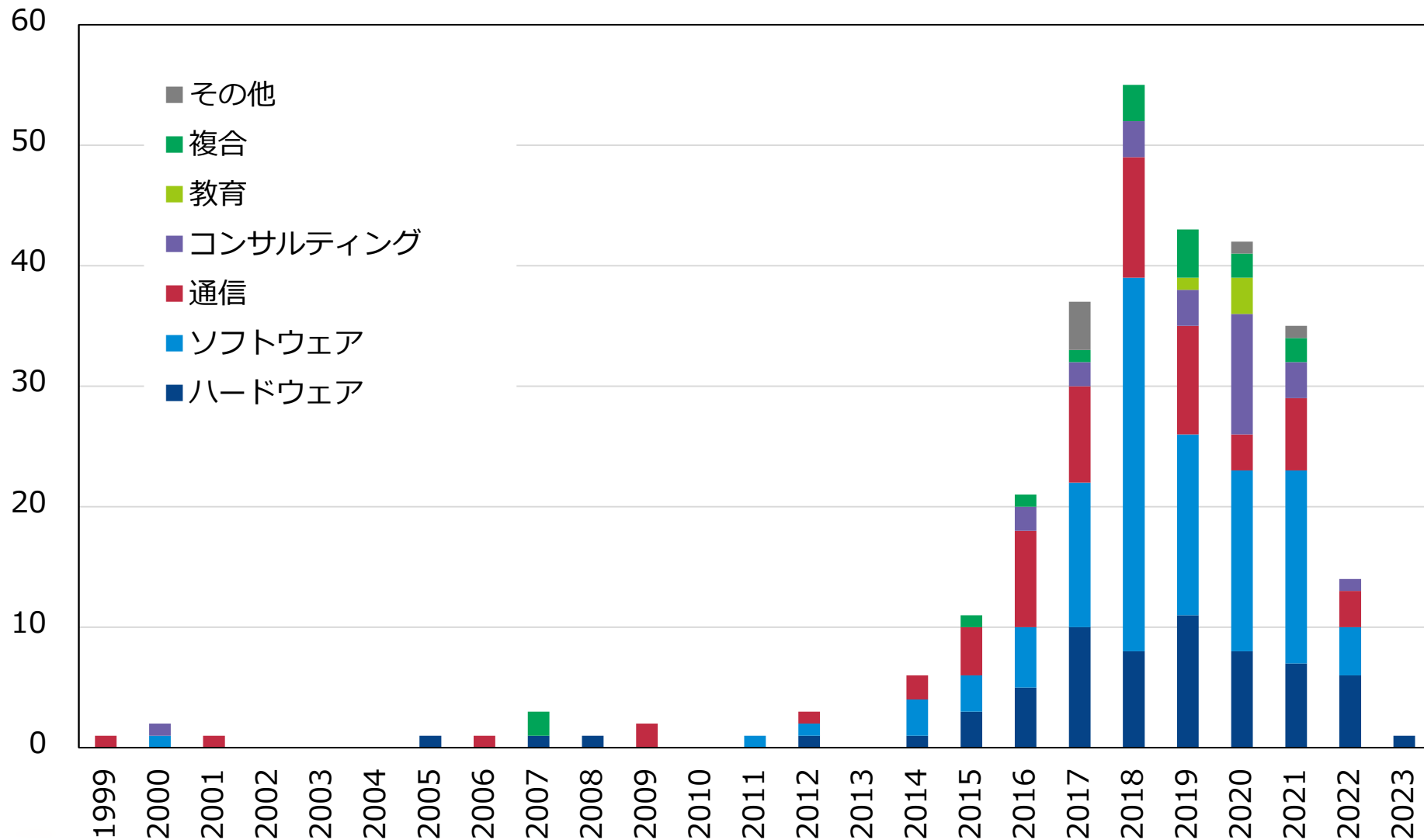
	国	ハードウェア	ソフトウェア	通信	コンサルティング	教育	複合	その他	総計
1	アメリカ	16	24	15	5	2	1	1	64
2	カナダ	4	19	6				1	30
3	イギリス	9	6	11	4				30
4	ドイツ	6	8	3			1	1	19
5	フランス	6	3	3	3				15
6	日本	1	9		2				12
7	スペイン	1	6	2	1		1		11
8	オランダ	5	1	2	2				10
9	中国	3		2	1		2	1	9
10	インド	1	3	2		1	2		9
11	オーストラリア	3	2	1	1				7
12	フィンランド	2	2		2	1			7
13	ポーランド		3	3			1		7
14	スイス	2		2			2		6
15	イスラエル	1	2	1			1		5
16	シンガポール		2	1				1	4
17	韓国		2	2					4
18	デンマーク	1	1		1				3
19	イタリア	1	2						3
20	スウェーデン	2						1	3

2023年2月CRDS調べ

Source: Quantum Computing Report

<https://quantumcomputingreport.com/privatestartup/>

量子スタートアップ設立年



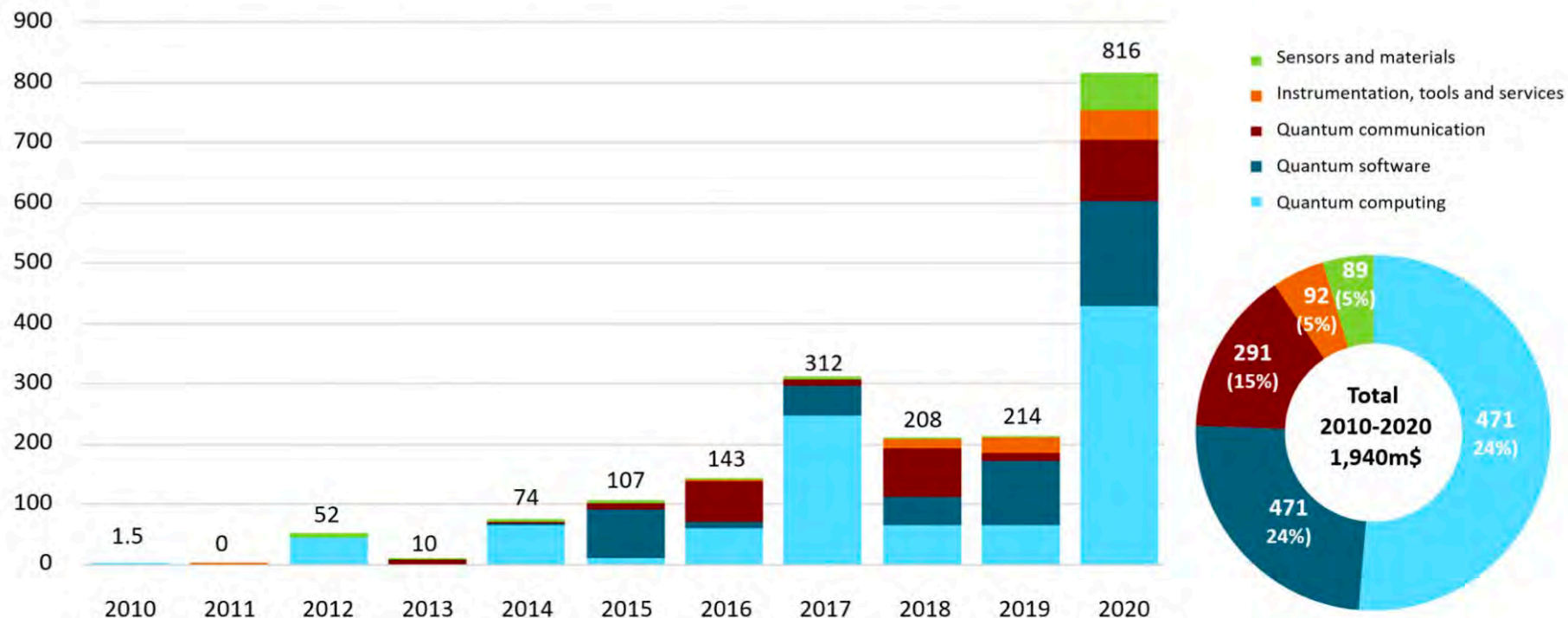
2023年2月CRDS調べ

Source: Quantum Computing Report

<https://quantumcomputingreport.com/privatestartup/>

量子スタートアップVC投資額

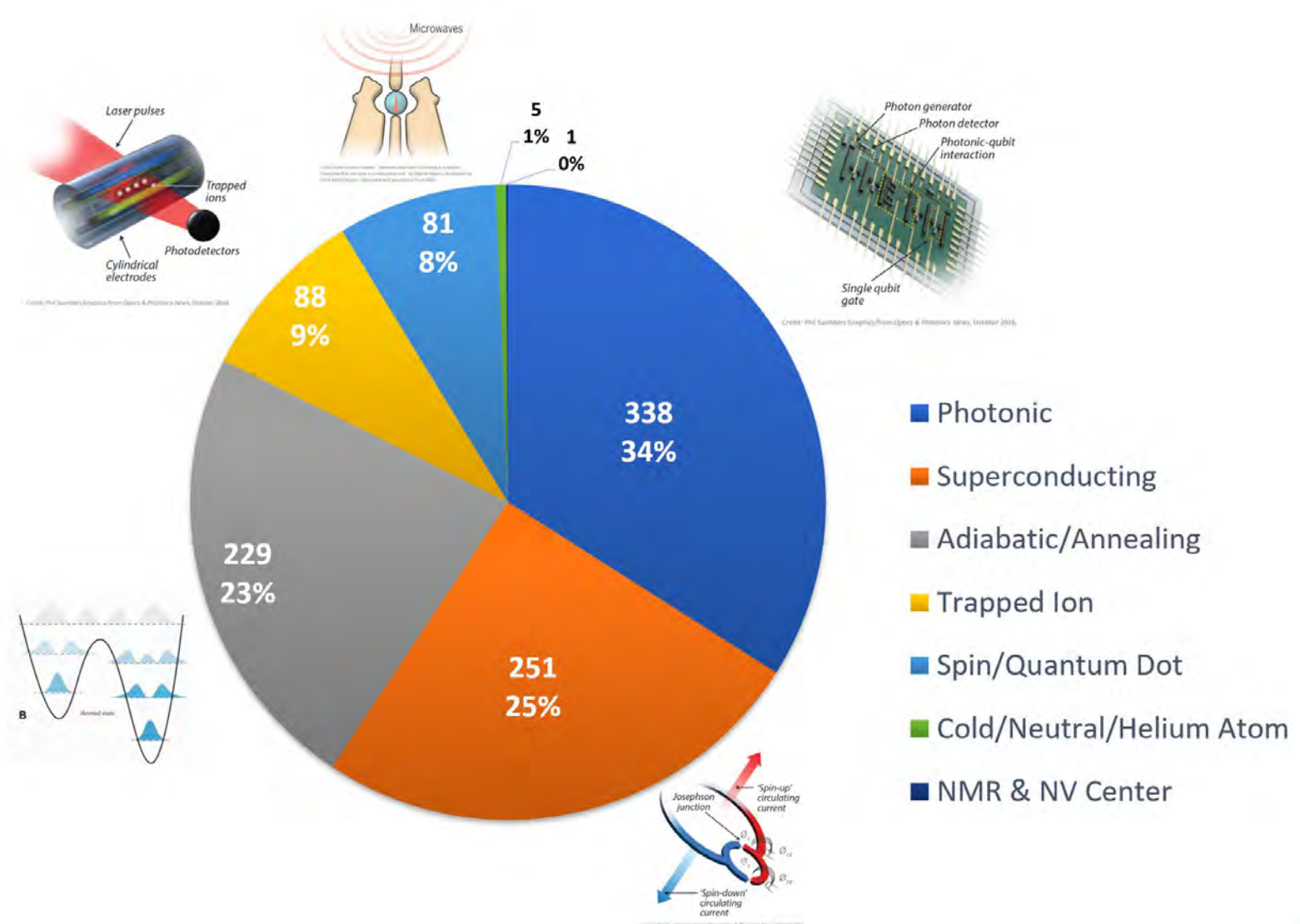
量子技術へのVCからの投資は2010-2020で\$ 1.9B以上



Source: Michel Kurek at Le Lab Quantique

Le Lab Quantique (フランスの調査会社) 調べ
<https://sifted.eu/articles/investors-quantum-as-a-service/>

量子スタートアップVC投資額 (HW方式別)



SpeQtral (シンガポール)

実験用人工衛星「SpooQy-1」の打ち上げ成功

PIのA. リンはNUS准教授、量子通信が専門

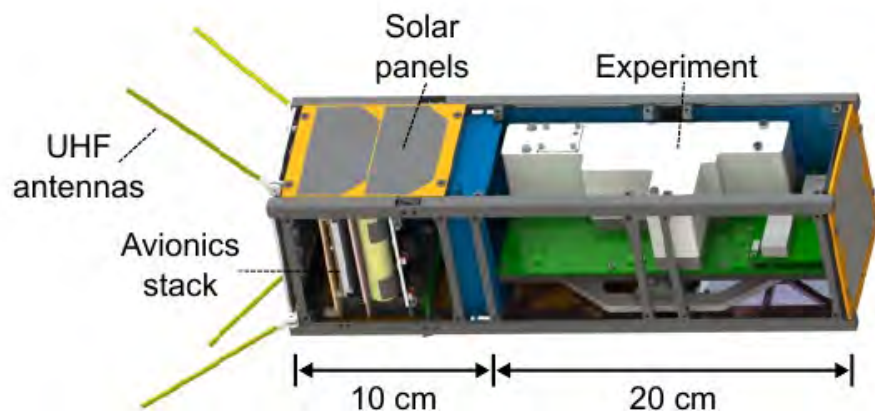
- 国内アカデミア連合「QuantumSG」主導者の一人
- QEPのプログラム・ディレクターも務める



A. リン
(Alexander Ling)

リン研究室発の量子技術ベンチャー「SpeQtral」

- 英RALスペースとも協力し「SpooQy-1」を開発・打ち上げ
- 宇宙空間で偏光もつれ光子対の生成と検出（ベルテスト）に成功（2016）
- 東芝デジタルソリューションズと共同で、QKDを政府機関や企業に導入するソリューション提供を発表（2021）



<https://speqtral.space/>



Credit: NASA

The Quantum Terminal (オーストラリア)

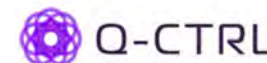
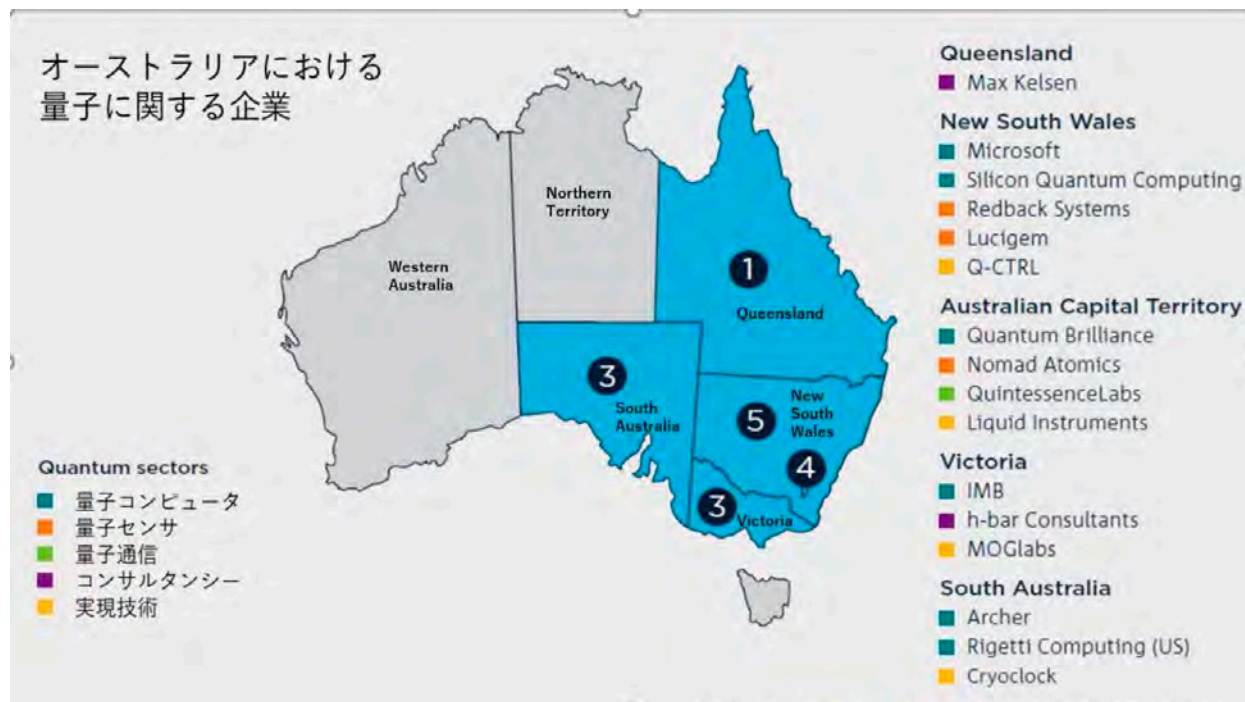
ハブとなる機関が仲介となり研究者が起業。経営も活発に牽引

M. Biercuk (シドニー大学教授) → Q-CTRLの創業者

- 量子コンピュータのエラー要因をAIで特定 (2021)

M. Simmons (CQC2Tディレクター) → SQCの創業者兼CEO

- 10量子ビット量子集積回路プロトタイプを開発中



出典：CSIROロードマップ, p.10の図をAPRC翻訳

注：●内の数字は州内に存在する企業数を表す
JSTアジア太平洋総合研究センター
『アジア・太平洋主要国・地域の量子技術動向』
APRC-FY2022-RR-01 (発行準備中)



米国：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

米国：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

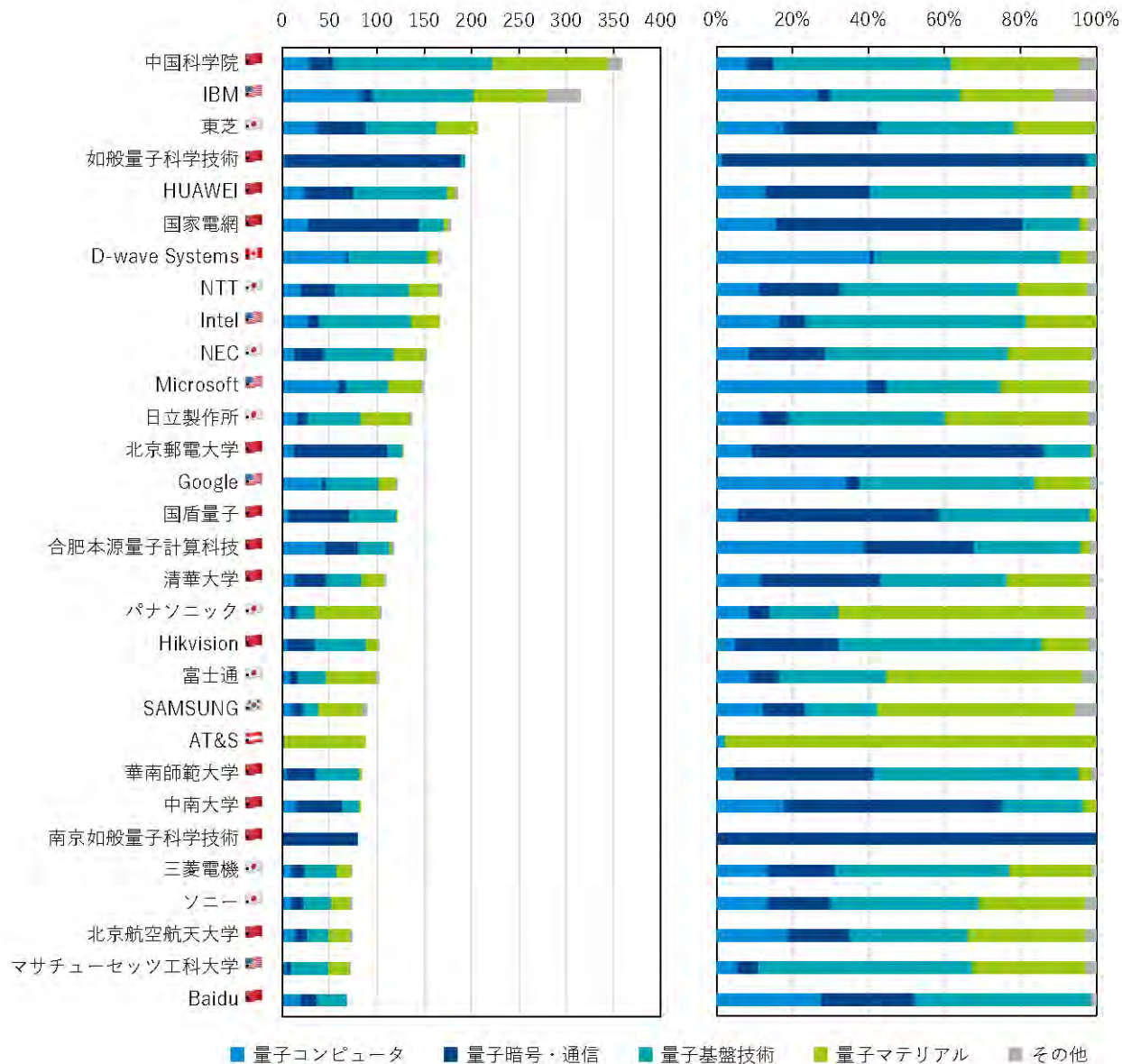
Pre-TraQtionプログラム

- 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）



3. | 知財・標準化・ベンチマーク

特許数トップ30機関



CRDS報告書「論文・特許
俯瞰マップで見る量子技
術の国際動向」CRDS-
FY2021-RR-08 (2022)

QKDの国際標準化（デジタル標準）

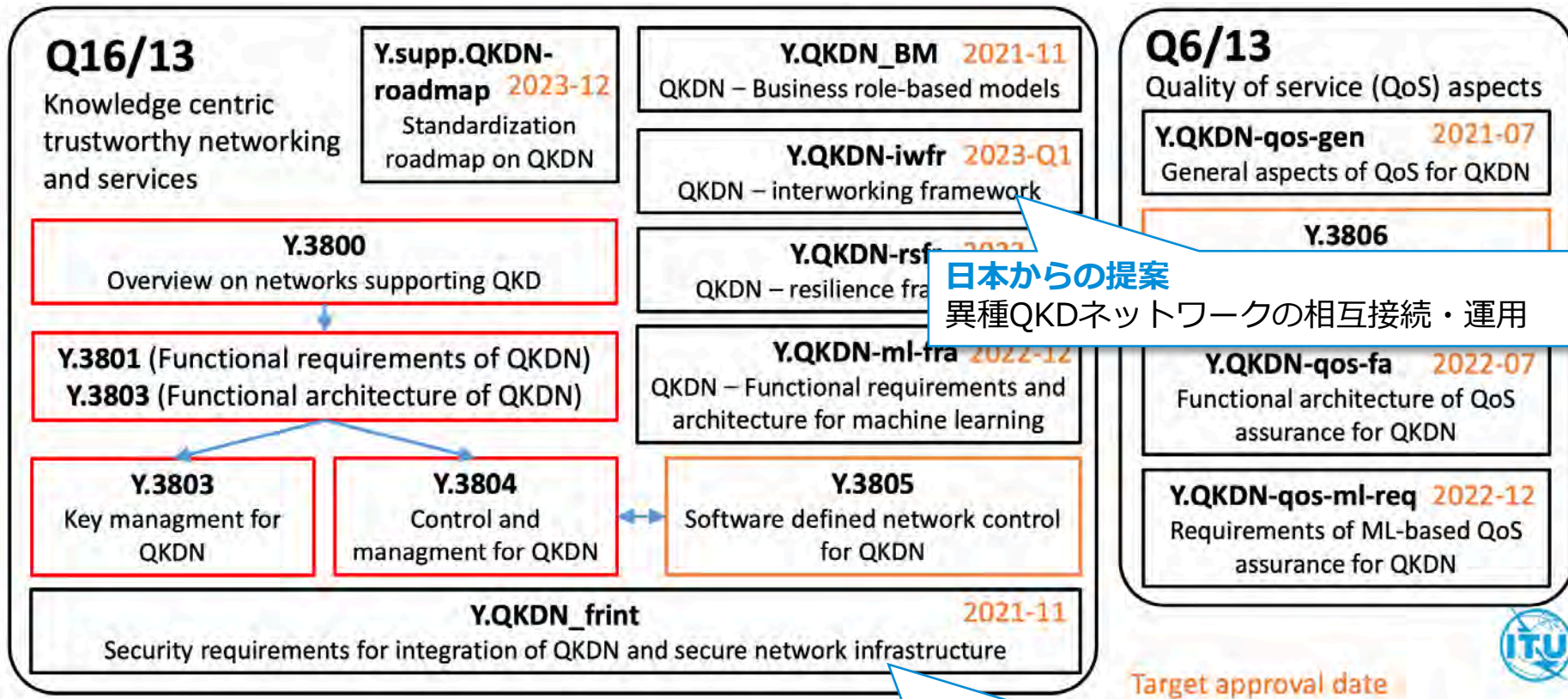
公的機関	内容
国際電気通信連合-電気通信標準化部門(ITU-T)	
SG13	ネットワークアーキテクチャ：QKDネットワークの概要、機能要求条件、鍵管理、制御・管理、SDN、ビジネスモデル、QoSなど。 (参加：日、中、韓、瑞、英、加、独、米など)
SG17	ネットワーク・セキュリティ：セキュリティ要求条件、鍵管理、乱数源、暗号機能など。(参加：日、中、韓、瑞、独、米、露など)
SG11	QKDネットワーク・プロトコル：インタフェースプロトコル仕様(参加：日、中、韓など)
欧州電気通信標準化機構 (ETSI)	
Industry Specification Group on QKD	部品、モジュール、インタフェースの標準化。実装の安全性に関する白書を発表(2018年7月)。東芝が鍵供給のインタフェース標準化(2019年2月)。
国際標準化機構-国際電気標準会議	
ISO/IEC JTC 1/SC 27	QKD装置の安全性評価手法(参加：日、中、加、英など)

国内の関連フォーラム

- 一般社団法人 情報通信技術委員会 (TTC)
- 量子ICTフォーラム 量子鍵配送技術推進委員会

ITU-T SG13 ネットワークアーキテクチャ

日本のQKD技術開発をベースとする基本勧告体系

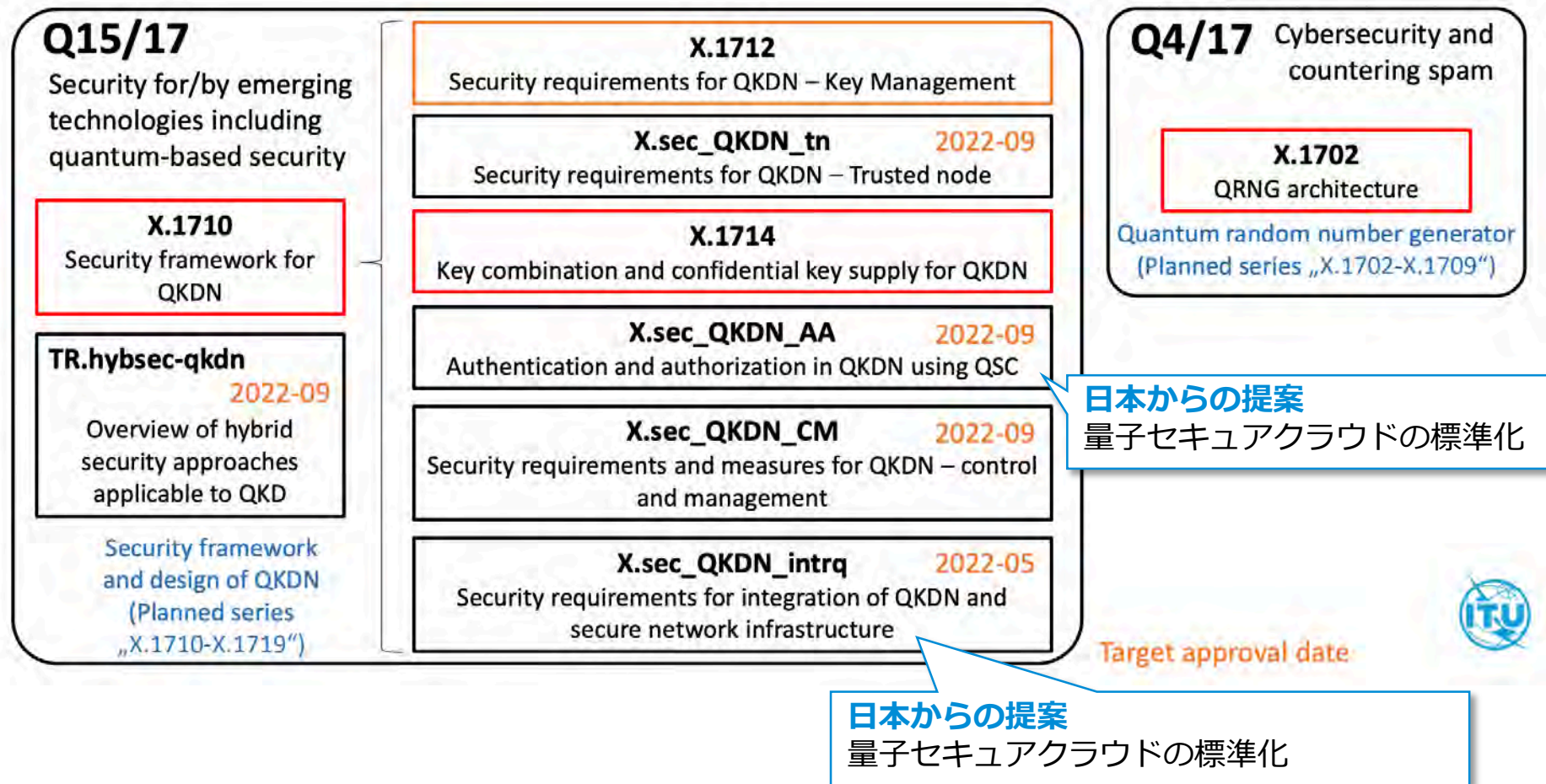


Helmut Griesser, "QKD related work at ITU-T", Workshop on Standardization and Certification of QKD Systems and QKD Networks (2021.11.28)

https://openqkd.eu/wp-content/uploads/2021/10/2021-09-28_1030_HelmutGriesser_QKD-related-work-at-ITU-T.pdf

ITU-T SG17 サイバーセキュリティ

日本のQKD技術開発をベースとする基本勧告体系



Helmut Griesser, "QKD related work at ITU-T", Workshop on Standardization and Certification of QKD Systems and QKD Networks (2021.11.28)

https://openqkd.eu/wp-content/uploads/2021/10/2021-09-28_1030_HelmutGriesser_QKD-related-work-at-ITU-T.pdf

ITU-T Y.3809

A role-based model in quantum key distribution networks deployment

QKDネットワーク上のセキュリティアプリケーションサービスをサポートする、既存のユーザーネットワーク内での役割、役割ベースのモデル、サービスシナリオを記述。役割の観点からQKDネットワークを適用するガイドラインとして利用することが想定されている。

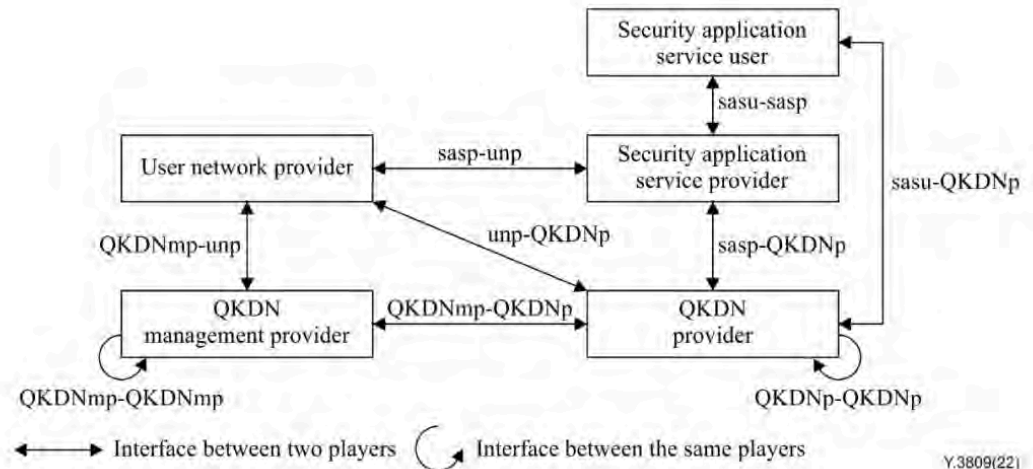
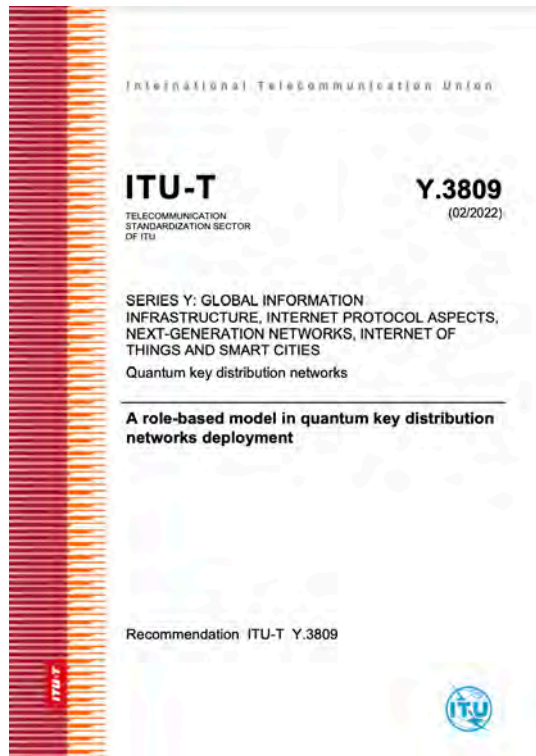


Figure 6-1 – The players of roles in QKD deployment

ITU-T Y.3809, "A role-based model in quantum key distribution networks deployment," Feb. 2022 (Approval).

量子コンピュータ性能指標

さまざまなものが提案されている

量子回路
実行性能



システム
性能

ベンチマーク	提案者	評価基準の概要
SupermarQ	Super.tech	一般的な量子アルゴリズムを実行したときの忠実度
App-oriented benchmark	QED-C	一般的な量子アルゴリズムの実行したときの忠実度
Q-Score	Atos	最適化問題で扱える変数の最大数
Mirror Circuits	Sandia National Lab.	反転構造のある量子回路の実行したときの忠実度
Circuit Layer Ops / sec (CLOPS)	IBM	1秒間に実行できる量子回路の数
Quantum Volume	IBM	実行可能な最大の正方形の量子回路の大きさ