

今からでも遅くない！
各産業のゲームチェンジャーとなりえる
量子技術の導入・R&D投資は
最新萌芽技術の選択が決め手
(全8回)
～世界の研究開発動向と有望技術解説～

第6回 量子通信のこれまでとこれからのプレイヤー

2020年8月21日

第 6 回 量子通信のこれまでとこれからのプレイヤー

< 目次 >

- 量子通信・量子暗号・量子中継・量子ネットワークによる暗号通信の技術動向と活用
 - 世界の量子通信関連技術研究の開発動向
 - ー技術領域別 Grant 額（推計）の年推移
 - ー技術領域別世界研究費推計国別ランキング
 - ー量子通信・量子暗号・量子中継・量子ネットワーク全体の Grant 資金流入額機関 世界上位 5 大学
 - ー日本国内の Grant 資金流入額上位 5 研究
 - 量子通信・量子暗号・量子中継・量子ネットワーク技術分野別研究開発動向
 - (1) 地上通信技術
 - (2) 衛星通信技術
 - (3) 量子通信技術
 - 出願済み特許に見る各国の技術動向
-

量子通信・量子暗号・量子中継・量子ネットワークによる暗号通信の技術動向と活用

量子暗号の安全性の根拠は量子力学という物理法則によるところであり、量子力学に反する事象が発生しない限りは保持される物理学的に堅牢な構造を有しています。量子暗号とは鍵（乱数）を安全に送信し共有する仕組みですが、その際、この鍵を運ぶための媒体が量子であることに定義されます。この量子とはすなわち極端に弱めた光（光子）で、それをランダムに変調して光ファイバーのような通信伝送路を通して送受信します。従っておおよその量子通信は光通信と近似した構成によりなされますが、光子が途中で盗聴・傍受された場合、量子の性質に変化が起これ、その変化を観測することで盗聴・傍受を瞬時に検出することができ、盗聴・傍受には堅牢性が高いとされます。

量子暗号が実装された世界初のプロトコルは 1984 年に提案された Bennett-Brassard 1984 (BB84) 方式です。理論研究は、当初は IBM や Oxford 大学等で進められ、一方国内では NTT が早くから研究に着手し、その後 NEC や三菱電機、通信総合研究所（現 情報通信研究機構（NICT））などで研究開発が進められました。実験・実装については、IBM、ロスアラモス国立研究所、John Hopkins 大学、ブリティッシュテレコム（BT）、Geneva 大学、Oxford 大学な

ど、国内では産業技術総合研究所、三菱電機、NEC、学習院大学、北海道大学などでデータ処理も含めた量子暗号のシステム化も含めて研究開発が進められています。

一方で、量子通信のもう一つの特徴は、「量子シャノン理論」を実装する通信技術であり、これは情報理論におけるシャノン理論を量子確率論に拡張したものです。つまり、従来の通信におけるデータ圧縮を考えると、0と1という2つの状態をデジタル情報として送信しますが、量子通信では量子を用いるため、0と1の重ね合わせ状態を形成し、その重ね合わせ（複素数の位相）を壊さずに情報を圧縮して転送する技術となり、大容量のデータ送信技術としても注目されています。この特徴技術は上記の量子暗号技術と一見無関係のように見えますが、実はこの理論は量子暗号や量子計算の理論的な基礎になっています。

世界の量子通信関連技術の研究開発動向

量子ネットワーク分野の研究開発については、特に近年に世界各国で大きな進展が見られています。まず量子情報技術の中でも量子ネットワークに注力して集中的な研究開発投資を行っている中国では、近年、地上・宇宙両面での通信インフラで存在感が大きくなっています。2016年までに上海・合肥・洛南・北京の4都市間全長2000kmのネットワークを構築し、2017年には世界初の衛星地上間での量子鍵配送実験（距離1200km、1kbps）に成功したことが報告され、世界中の研究者を驚かせました。また2018年3月には、世界最大の量子暗号ネットワークを構築したことが報道され、新華社通信、中国工商銀行、国家电网公司などが利用していると言われていています。

これに対し、欧州では量子情報技術全般について大きな研究開発投資を進めている状況にあり、特に量子暗号・通信分野については、大手通信キャリアを中心にして実用化に向けた動きが加速しています。英国 British Telecom が同国初の量子暗号通信網を Cambridge-Ipswich 間に構築し、テレフォニカ／ファーウェイ／マドリード工科大学が既存商用光通信網での運用実証試験を開始し、またドイツテレコムの実証通信網に SK Telecom/IDQ がシステムを提供して2019年商用網へ拡張するなど実証検討の報告が相次いでいます。

量子情報技術の中で量子コンピュータに多くの予算を投入する米国は、量子ネットワークの分野では中国・欧州に比較して存在感が小さいと言われていますが、2018年、Quantum Xchange が同国初の量子暗号サービスを発表し、トランプ政権下で研究投資も急速に増加させています。また隣国の韓国では、実用化を視野に国主導で通信キャリアが実証試験を進めており、SK Telecom が、2018

年にスイスの id Quantique 社へ \$65M を投資して自社 R&D 部門と統合し、量子暗号システムの研究開発を推進しています。

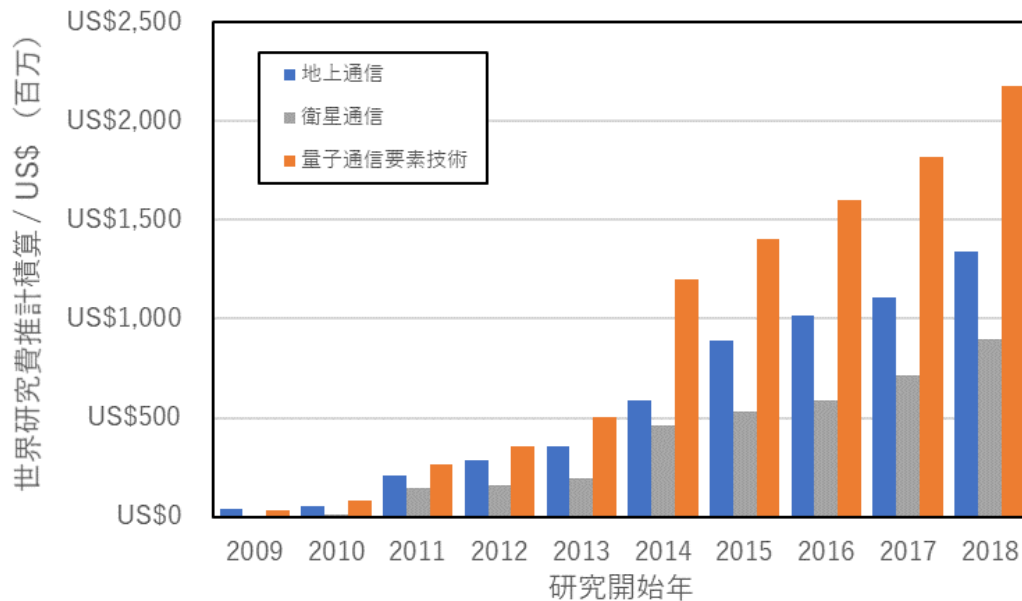
一方、我が国においては、2010 年から NICT を中心に量子暗号ネットワークテストベッドの構築に関する研究開発が実施され、次いで ImPACT「量子セキュアネットワークプロジェクト」にて、都市圏 QKD ネットワークが実証されました。2018 年度からは内閣府の戦略的イノベーション創造プログラム (SIP)「光・量子を活用した Society5.0 実現化技術」において、量子暗号と秘密分散を統合した社会実装に取り組んでいます。

世界の量子通信・量子暗号・量子中継・量子ネットワークに関連する研究投資（グラント）は、2009 年以降の積算値で順調に伸びています。量子ネットワークにおける研究領域は、大きく「地上通信」「衛星通信」「要素技術」の 3 分野に大別されます。「地上通信」については、現状「実用化」が主要テーマであると言えます。例えば英国で「Quantum Communications Hub」を牽引する York 大学のプロジェクトにおけるミッションには、「政府や商業から消費者や家庭に至るまで、広く利用され、採用されることを可能にする新しい量子通信技術を開発すること」とあり、「実用化」がキーテーマであることが伺えます。また中国においても量子中継技術の開発により 500 km を超える長距離量子通信を目指した研究開発が中国科技大を中心に進められています。

「衛星通信」については、2017 年に中国が世界に先駆けて人工衛星「墨子号」による大規模量子暗号通信の実証実験に成功して以来、米国でも研究開発投資が一気に拡充され現在では、最も大きな研究資金を投入しています。日本でも同年に NICT（情報通信研究機構）が低軌道衛星と地上局間での実証実験に成功し、2030 年を目途に、衛星網と地上網を統合、および量子セキュリティインフラのグローバル化へ向けた研究開発が進められています。

「要素技術」については、量子ネットワーク技術の社会実装において根幹となる量子中継技術（量子メモリ・量子もつれ等）に関して、長距離伝送の実証や多重化・集積化・大規模化等が課題として設定され、長期的視点での研究開発が進行しています。

技術領域別 Grant 額（推計）の年推移
 (2009-2018：USD 換算で 2009 年からの積算値推計)



技術領域別世界研究費推計国別ランキング
 : US\$ 5.0Bil (2009-2018 年積算推計)

順位	国	量子通信・ネットワーク全体 (Mil-US\$)	地上通信 (Mil-US\$)	衛星通信 (Mil-US\$)	量子通信要素技術 (Mil-US\$)
1	英国	700	300	300	500
2	中国	580	130	170	360
3	米国	380	130	60	270
4	豪州	140	100	5	5
5	日本	100	60	10	50

光量子生成とセンシングおよび効率的な中継器技術の進展が技術領域のキー

世界の研究資金（Grant）において、量子通信・量子暗号・量子中継・量子ネットワーク全体 1230 テーマでは、まず技術領域別 Grant 額については 3 つの研究領域全てにおいて増加傾向にあります。特に 2014 年以降は増加傾向がより大きくなっています。

技術領域別世界研究費推計ランキングについては英国が 1 位の座にあります。Grant 資金流入額機関世界上位 5 大学においても、同国からは 5 大学中 2 つを占めています。York 大学がけん引する量子ネットワークに関する

「Quantum Communications Hub」においては、特に「量子暗号鍵配送（QKD）」、「小型・低コストデバイス開発、チップスケール統合」、「モバイルバンキングなどが最初の応用ターゲット」、「量子ネットワークテストベッド構築」を主要な研究テーマと位置付けられています。世界研究費推計ランキング2位は中国であり、同国の研究の中心は中国科学技術大学です。同大学は、済南量子技術研究院、中国科学院上海マイクロシステム・情報技術研究所との共同研究において、延長50キロメートルの光ファイバーで繋げた2台の量子記憶措置の間で量子もつれを実現し、量子中継によって量子ネットワークを築くための基礎研究を実施したと報告されています。ランキング3以下は米国、オーストラリア、日本と続きます。

日本の研究250テーマを対象にした科研費の上位については、大阪大学が2件を占め、他、北海道大学、名古屋大学、埼玉大学が名を連ねています。研究分野としては、理論や実証的研究と併せ、量子中継への応用が見込まれる冷却原子量子メモリや量子もつれに関する研究が見られます。大阪大学産業科学研究所の大岩顕教授の研究グループは、量子暗号や量子ネットワークをファイバー網で実現するため、量子通信を長距離化する量子中継技術の研究開発を推進しています。

量子通信・量子ネットワーク全体のグラント資金流入額機関
世界上位5大学（グローバル（1230研究テーマ））

順位	研究課題	代表研究者
1	UK Quantum Technology Hub for Quantum Communications Technologies (2014-2019)	Brian D Gerardot (UNIVERSITY OF YORK (GB))
	量子通信技術のハブ。量子通信技術を開発し、政府や商業から消費者や家庭に至るまで、幅広い使用と採用を可能にすることをビジョンとする。量子物理学に基づいた安全な通信により、自然の法則に基づくセキュリティを備えたシステムの提供を目的とする。	
2	The EPSRC Quantum Communications Hub (2019-2024)	Ke Guo (UNIVERSITY OF YORK (GB))
	Quantum Communications Hubに関するグラント。ハブはすでに英国初の量子ネットワークであるUKQNの拡張と強化、機能と機能の追加、新しいQKD技術の導入を行う。また、衛星QKDリンクを開発する新しいプログラムを遂行する。	
3	ARC Centre of Excellence for Quantum Computation and Communication Technology (2015-2025)	Michelle Simmons (THE UNIVERSITY OF NEW SOUTH WALES (AU))
	エラー訂正アルゴリズムを実行し、絶対的なセキュリティを備えたネットワーク間で情報を転送できる量子プロセッサを実装する。また個々の原子と光子のレベルで物質と光を操作するための技術を開発する。	
4	Institute for Quantum Information and Matter (IQIM) (2011-2016)	H. Kimble (CALIFORNIA INSTITUTE OF TECHNOLOGY (US))
	量子情報物質研究所 (IQIM) のグラント。量子情報科学と基礎物理学の側面との関連性を含め、量子もつれの性質に関する洞察を量子多体系や量子相転移の研究に応用し、量子情報理論を応用して強い量子ゆらぎを受ける時空の中で情報がどのように符号化されているか、に関する研究をリードする。	
5	多機能固态量子存储器 (2014-2018)	郭光灿 (中国科学技術大学 (CN))
	量子ストレージに基づく量子中継技術の開発により、伝送距離に伴う光子の指数関数的損失の問題を克服して、500 kmを超える長距離量子通信を実現する。また量子ストレージに基づく分散量子コンピューティングネットワークにより、さまざまな場所での量子プロセッサの並列操作を実現する。	

日本国内のグラント資金流入額上位研究
(科研費：2009-2020年(155研究テーマ))

順位	研究課題	代表研究者
1	百年以上の超長期秘匿性を保証する情報通信ネットワーク基盤技術 (2018-2023)	富田 章久 (北海道大学)
	長期間にわたって安全に情報を保存するために、秘密分散と量子鍵配送(QKD)を組み合わせた量子暗号ネットワークの研究開発を実施。量子暗号ネットワークの実現へ向けて、長距離量子鍵配送、高速量子鍵配送、秘密分散ネットワーク、安全性理論の4つの研究項目に高度化を推進	
2	光を基軸とした多キュビット量子制御 (2009-2014)	山本 俊 (大阪大学)
	様々な物質系の量子情報を、通信用光ファイバーを用いて遠くへ伝送する際に重要となる技術として、光の量子的な特性や、その光に載せた量子情報を保存したまま光子の波長を変える量子インターフェースを開発。	
3	量子ドットを使った光子-スピン間の量子状態転写と非局所もつれ生成の研究 (2013-2017)	大岩 顕 (大阪大学)
	量子通信で不可欠な量子中継の基盤技術を、電気制御性に優れた量子ドット中の電子スピンを使って確立することを目指す。単一光子が生成する単一電子スピンの検出を達成し、単一円偏光光子と光生成単一電子スピンの間で量子状態転写の実現可能性を示す角運動量転写を実証。電気制御量子ドットとして初めて、量子中継で重要な遠隔地点へのもつれ配信へつながる重要な成果を得た。	
4	マルチユーザ型量子ネットワーク (2011-2016)	林 正人 (名古屋大学)
	秘匿性増強において、先行研究では1つの符号の長さの有限性を考慮した安全性評価は不十分であったため、それを明らかにした。さらに、秘匿依頼計算についても情報理論的安全性の枠組みで研究し、測定型量子計算の枠組みで具体的な手法を提案し、その計算結果の正しさを保証する枠組みを与えた。	
5	量子プロトコル理論の深化 (2012-2016)	小柴 健史 (埼玉大学)
	量子対話型証明の一般化モデルを提案し完全問題の存在や Babai の崩壊定理の量子版などの計算量的構造を明らかにした。半環上の行列積およびグラフ上の三角形発見問題に対して高速量子アルゴリズムを構築し解析方法を発展させ量子分散プロトコルを構築した。	

量子通信・量子ネットワーク技術分野別研究開発動向

量子通信・量子ネットワーク技術領域の主要3領域である、(1)地上通信技術、(2)衛星通信技術、(3)量子通信要素技術についてのグローバルでの投資額上位の研究課題を示しています。既に、上記の研究センター・研究ハブの設置の中には、網羅的にこれらの課題を包括しているものがおおく、上位としてリストアップされているものについては課題の内容は割愛しているが、これらから各領域における規模の大きな研究領域が把握できます。

(1)「地上通信技術」グラント資金流入上位5研究内容
(グローバル350研究テーマ)

順位	研究課題	代表研究者
1	UK Quantum Technology Hub for Quantum Communications Technologies (2014-2019)	Brian D Gerardot (UNIVERSITY OF YORK (GB))
2	The EPSRC Quantum Communications Hub (2019-2024)	Ke Guo (UNIVERSITY OF YORK (GB))

3	ARC Centre of Excellence for Quantum Computation and Communication Technology (2015-2025)	Michelle Simmons (THE UNIVERSITY OF NEW SOUTH WALES (AU))
4	多機能固态量子存储器 (2014-2018)	郭光灿 (中国科学技术大学 (CN))
5	Engineering Photonic Quantum Technologies (2014-2019)	Jeremy Lloyd O'Brien (University of Bristol (GB))
	非常に低い光損失導波路を開発し、超伝導および半導体の単一光子検出器システムと単一光子源と統合し、光源+回路+検出器機能を開発。結果として、マルチノード量子鍵配送 (QKD) ネットワーク、無制限の距離を拡張できるリピーターを備えた高ビットレート QKD システムを開発する。	

日本では、地上通信において NICT と国内メーカーは欧州電気通信標準化機構 (ETSI) や国際電気通信連合 (ITU) において標準化活動を推進して世界を先導しており、また量子通信の長距離化を目的とした量子中継技術についても原理実証を進めており、この技術領域で世界を先導する技術力を有し、中心的技術になりうる可能性があり、日本の光通信関連機器プレイヤーも幅広く貢献できる可能性があります。

(2) 「衛星通信技術」 グラント資金流入上位 5 研究内容
(グローバル 210 研究テーマ)

順位	研究課題	代表研究者
1	The EPSRC Quantum Communications Hub (2019-2024)	Ke Guo (UNIVERSITY OF YORK (GB))
	Quantum Communications Hub に関するグラント。ハブはすでに英国初の量子ネットワークである UKQN の拡張と強化、機能と機能の追加、新しい QKD 技術の導入を行う。また、衛星 QKD リンクを開発する新しいプログラムを遂行する。	
2	RAISE-EQuIP: A Chip-integrated Platform for Photon-Efficient Quantum Communications (2011-2017)	Yuping Huang (Stevens Institute of Technology (US))
	自由空間での全天候型の量子通信用の革新的な中赤外チャネルにより、通信速度と到達距離を倍増するだけでなく、さらなる開発を通じて量子衛星アプリケーションに信頼性の高い高速地上空間リンクを提供する。また、重複する時間周波数モードを使用した超光子効率の高い量子鍵配送で、鍵のレートを大幅に高めながら、チャネルのセキュリティを強化する。	
3	Quantum satellites: safeguarding space-based communication networks. (2017)	Chunle Xiong (The Australian National University (AU))
	宇宙での量子通信技術の開発の基本的な課題に対処することを目的としており、量子技術の宇宙認定を行い、宇宙アプリケーション用の量子鍵配送プロトコルを最適化する。	
4	Solid State Quantum Networks (SSQN) (2011-2014)	Ruth Oulton (University of Bristol (GB))
	「量子もつれ」を使用してこの通信距離を拡張する理論的なスキームスワッピングおよび「テレポーテーション」を確立することで、量子暗号や量子テレポーテーションなどの量子通信アプリケーションを数千キロの距離まで拡張を目指す。1000km 以上の単一光子状態のテレポーテーションを可能にする量子ネットワークのコンポーネントを実証し、ファイバーベースの地上システムと地上衛星間の量子通信を実証する。	
5	QUEST - Quantum Entangled Source (2017-2018)	Cara Campbell (Optocap Limited (GB))
	このプロジェクトでは、衛星に展開できる必要な光の量子状態を生成するための商用製品の実現可能性を評価する。また、衛星量子通信のためのエンタングルされた光子源の最初の商業化に向けたルートを定義することを目指す。	

日本では総務省プロジェクト「衛星通信における量子暗号技術の研究開発」において、2018年より衛星量子通信を利用した大陸間量子暗号通信の実証が進められており、NESTRA、SONY コンピュータサイエンス研究所、スカパーJSAT、NICT、東大が参画しており、広く衛星通信技術を含め今後の社会実装や産業への貢献が期待されます。

(3) 「量子通信要素技術」 グラント資金流入上位 5 研究内容
(グローバル 660 研究テーマ)

順位	研究課題	代表研究者
1	University of Sheffield - Equipment Account (2011-2021) 量子ビットとして III-V 材料の光学特性を利用して量子ビットとして光子と電子スピンを使用することで、回路のすべての要素を単一のマイクロチップに配置できるようになる。結果、大規模で安全な量子通信ネットワークを可能にする量子リピーターを構築することが可能となる。	Richard Jones (University of Sheffield (GB))
2	Institute for Quantum Information and Matter (IQIM) (2011-2016)	H. Kimble (CALIFORNIA INSTITUTE OF TECHNOLOGY (US))
3	Engineering Photonic Quantum Technologies (2014-2019) 非常に低い光損失導波路を開発し、超伝導および半導体の単一光子検出器システムと単一光子源と統合し、光源+回路+検出器機能を開発。結果として、マルチノード量子鍵配送 (QKD) ネットワーク、無制限の距離を拡張できるリピーターを備えた高ビットレート QKD システムを開発する。	Jeremy Lloyd O'Brien (University of Bristol (GB))
4	Quantum Technology Capital: Epitaxy Cluster Tool to Enable Next-Generation Quantum Dots for Quantum Technology Applications (2016-2019) III-V 半導体量子ドットをベースにして、安全な量子暗号のソース、量子通信の量子リレー、量子暗号とセンシングの統合された絡み合ったソース、メモリとスピンチェーンの長期的な機会など、Quantum Technologies の新しいアプリケーションを有効にする。	Jon Heffernan (University of Sheffield (GB))
5	Quantum Technology Capital: UKQNetel - Bringing the Telecoms Industry to the UK Quantum Network (2016-2019) UKQNetel は、BT Research と、マートルシャムの Adastral Park にある主要な ICT および電気通信クラスターを、Quantum Communications Hub によって構築されている UK Quantum Network (UKQN) に接続し、電気通信セクターの企業の大規模なクラスターに QKD と試験的な量子暗号化データサービスを提供する。	Tim Spiller (University of York (GB))

日本においても東京大樽茶教授、松尾助教らの研究グループでは、量子通信の中継器への応用も見込まれる、光子対の量子もつれ相関を光子と電子スピンの対への転写を実証する研究に取り組んでいるなど、世界的にも先進的な研究事例も見られ、元来つよいオプティクス領域のプレイヤーは今後世界を牽引する研究成果に貢献することが期待されます。

出願済み特許に見る各国の技術動向

以下に「量子センシング・量子センサー全体」の特許出願動向について、関連特許 56 か国、WO、EP での出願特許、2140 件より集計した結果を、出願数上位の国および機関（グローバル）について示しました。

出願人・譲受人の国としては、中国からの出願が圧倒的に多い状況にあり、特に 2016 年からの増加が著しい状況にあります。これは、同国における科学技術基本政策「国家中長期科学技術発展計画綱要 2006～2020 年」にて重大科学研究 4 項目の一つとして「量子制御」が位置づけられ、また「科学技術イノベーション第 13 次五カ年計画（2016 年）」の重点分野として量子通信と量子コンピュータを重大科学技術プロジェクトとして位置付けられたことに起因すると推察されます。一方、我が国の件数は 2 位で、3 位の米国を凌駕しており善戦していると言えます。我が国においては、2000 年辺りから量子暗号通信の研究が継続的に取り組まれ、現在においても NICT を中心として東芝、NEC、三菱電機といった電機メーカーと密な連携に基づく研究開発が進められている状況が奏功していると推察されます。結果として、量子コンピュータ分野で米国に大きく水をあけられている現状においても、量子暗号通信分野においては中国・米国・欧州諸国と遜色ない位置にあると言えます。

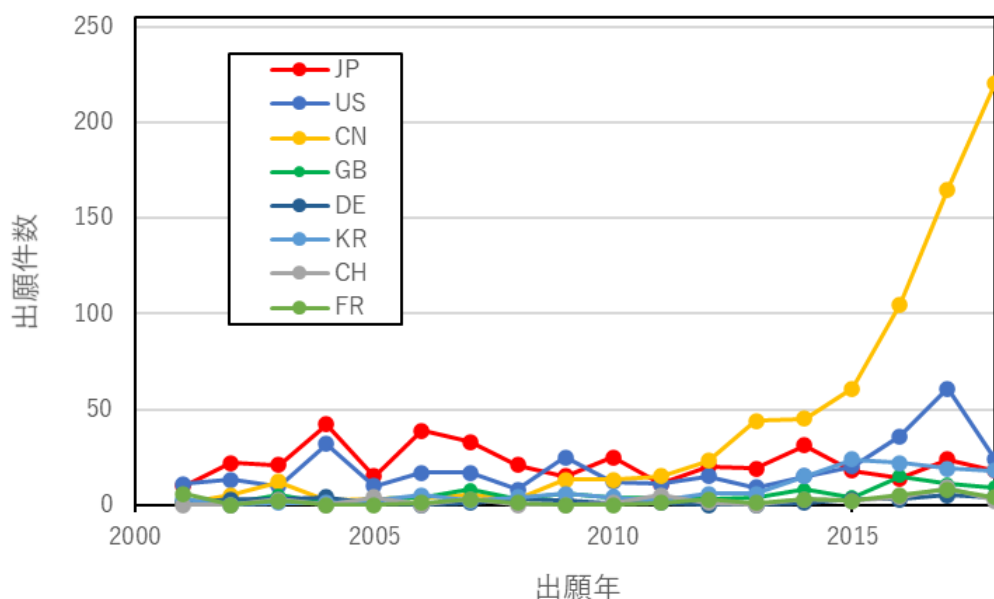
出願先国については、量子コンピュータ分野同様に、中国は自国出願、他の国は自国と共に、米国他他国出願が多いという傾向にあります。

世界の特許出願状況

(56 か国、WO、EP 出願公報 (2140 件) 対象出願年：2001-2020)

順位	出願人所 在国	件数	出願先	件数出願 (自国出願)
1	CN	914	CN	955 (854)
2	JP	404	US	379 (179)
3	US	366	JP	286 (234)
4	KR	146	WO	213 (-)
5	GB	96	KR	124 (89)
6	FR	44	EP	101 (-)
7	CA	43	GB	62 (36)
8	CH	39	CA	25 (7)
9	DE	37	DE	20 (7)
10	IT	10	AU	19 (0)

世界の特許出願動向（譲受人国別/出願年：2001-2018）



特許件数においても、日本企業は非常に健闘している状況であり、全体上位4社を東芝、NEC、三菱電機、NTTが占めており、大学・研究所ランキングとしてもJSTが1位の座にあります。東芝に関しては、量子暗号鍵配布通信システムに関する特許を中心としており、信号パルス強度制御、エンコード・デコード処理、光子検出器等システム全体の実装に係る特許が出願されている。NECも東芝同様に量子鍵配送システムの実装全般に関する出願が多数を占め、併せて、銀行間取引等のアプリケーション層を含めた出願特許も見られます。三菱電機の出願は光子検出装置、光パルス制御等含めた量子暗号装置関連が中心となっています。また同社は量子暗号の理論解析にも強みを持っており、誤り訂正符号／アルゴリズムに関する特許も出願されています。IBMは量子コンピュータの要素技術を中心として量子暗号通信でも活用される超電導チップ・超電導回路等の出願特許が中心となっています。

「量子通信・量子暗号・量子中継・量子ネットワーク全体」特許出願上位（JP/US/EP/WO 公報より集計）

順位	全体ランキング	件数	大学・研究所ランキング	件数
1	Toshiba	83	Japan Science and Technology Agency	16
2	NEC	54	Los Alamos National Security	14
3	Mitsubishi Electric	49	Korea Research Institute of Standards and Science	13
4	Nippon Telegraph & Telephone corp.	49	National Institute of Information and Communications Technology	13
5	IBM	46	Electronics and Telecommunications Research Institute	12

6	Huawei Technologies	34	Hokkaido Univ.	11
7	D-wave Systems	31	Univ. of London	8
8	SK Telecom	26	Inst. Mines-Telecom	8
9	Corning	20	United States Navy	8
9	HP	20	—	—

また、そのうちの主要出願である、日本、米国、欧州（EP）、WO（PCT）、での特許公報 979 件を対象に、特許の被引用履歴に基づいたアスタミューゼ独自のスコアリングを行い、上位特許を保有する企業・大学・研究機関のランキングを示しました。この領域では、Chunghwa telecom 社が最上位スコアの特許を保有しており、量子暗号サービスネットワークにおけるイーサネット・インタフェース、ユニバーサル同期バスインタフェースと RS232 インタフェースを備えたキーチャンネルの暗号化に関する内容となっています。Global foundries 社は、量子コンピューティングでの基盤技術となる超伝導体に関するスコア上位の特許を保有しており、当該特許は量子中継器に活用されるものであり、今後の量子暗号通信の基盤を成す中核特許を保有していると言えます。また Triad nat security 社はスコア上位の 13 件の特許を保有しており、内容もモバイルデバイスのための量子通信デバイス、量子通信認証のためのユーザデバイス、自由空間光通信のための量子通信システムなど多岐にわたり、将来の中心的プレイヤーになる可能性が高いと考えられます。量子計算機で有名な D-wave 社は、超電導量子プロセッサ等の量子コンピューティング関連技術を保有しており、量子中継器にて展開できる可能性から量子ネットワーク分野でも同社の今後の動向は注目すべきです。

量子通信・量子暗号・量子中継・量子ネットワークの分野においては、主要な研究開発プロジェクトは英国や中国を中心とした機関によって先導されています。一方で国内においても、量子メモリ・量子もつれ等要素技術に関する研究や、衛星-地上間量子通信に関する実証実験など、先進的なプロジェクトが進行し、特に NICT のリーダーシップの下、各電機メーカーが連携して研究に当たっており、欧州電気通信標準化機構（ETSI）や国際電気通信連合（ITU）においても標準化活動を推進し世界を先導しています。今後我が国の量子暗号・量子通信研究としては、長距離化に必須である量子中継、特に量子もつれスワッピング、量子メモリ、ダイヤモンド NV センタ等の要素技術分野での更なる研究開発力強化を図ると共に、量子通信・量子暗号の技術体系だけを深めるのみならず、情報理論・フォトニックネットワーク技術・ワイヤレスネットワーク技術等の周辺分野との融合を進めていくことにより、新たな通信技術体系を構築・構想していくことが重要になると考えます。

（アスタミューゼ(株)テクノロジーインテリジェンス部 川口伸明、米谷真人、*千葉英利）

■アスタミューゼについて

世界の新事業、新製品/サービス、新技術/研究の情報に併せて 80 か国の特許情報などを、独自に定義した 136 の”成長領域”と SDGs に対応した今後人類が解決すべき 105 の“社会課題”で分類・分析。2 億件を超える世界最大のイノベーションキャピタル（イノベーションの源泉となる資産）のデータベースを構築、活用し、未来創造、社会課題解決のための新規事業提案や M&A のコンサルティング、先端企業/技術、専門人材の紹介、SaaS での情報/人材提供事業を行う。

<https://www.astamuse.co.jp/>

【ご注意】本資料は、アスタミューゼ株式会社（以下「アスタミューゼ」）が、世界各国の特許庁・および企業情報プロバイダーより提供されるデータによって編集したものです。本資料は、投資活動を勧誘又は誘引するものではなく、有価証券の「買い」または「売り」のオファーとして使用されてはならず、税金、投資又はその他のいかなる助言も提供するものではありません。本資料の情報は、一般的な信頼性があるものとされる情報源から得られた情報ですが、アスタミューゼもその情報提供者ならびに本資料を読者に提供する如何なる当事者も、本資料の正確性又は完全性について保証するものではなく、また、情報提供中のエラー・欠損又は通信の中断・遅延及び本資料の使用から生じる一切の結果について、なんらの表明や保証を行うものでもありません。