

量子技術分野の特許情報から見たオープン・クローズ戦略の動向と今後の展望

—量子エコシステム形成における知財戦略の役割—

Patent-Based Analysis of Open–Close Strategies for Building Quantum Innovation Ecosystems



東京科学大学 執行役・副学長（イノベーション担当）／産学共創機構 機構長・教授

大嶋 洋一

平成3年から令和元年まで特許庁にて主に半導体関係の審査、審判業務に従事。東北大学国際集積エレクトロニクス研究開発センター教授、NEDO IoT推進部への出向を経て、令和元年7月より東京工業大学オープンイノベーション機構統括クリエイティブマネージャ、教授。令和4年5月に学長特別補佐。令和5年2月より東京工業大学副学長（産学官連携担当）に就任。令和7年10月より、統合後の東京科学大学の副学長に就任。令和8年4月より同大学執行役・副学長（イノベーション担当）に就任し、現在に至る。

✉ oshima-yoichi@cim.isct.ac.jp

1 はじめに

量子技術は、AI、半導体と並ぶ次世代の戦略技術として世界的な注目を集めている。量子コンピュータ、量子通信、量子センシングを中心とする量子技術は、創薬、材料開発、金融、物流最適化など幅広い分野への応用が期待されており、その技術的優位性が将来の産業競争力や国家安全保障に大きな影響を与えていると考えられている。

こうした背景から、主要国は量子技術への投資を加速している。米国では、IBM、Google、Microsoftなどの民間企業が研究開発を主導し、量子コンピュータの実用化に向けた競争が進展している。一方、中国は墨子号衛星（Micius）および北京－上海量子通信幹線網（Beijing–Shanghai Quantum Communication Backbone）の整備を通じて、量子通信の社会実装において世界をリードしている。欧州では、Horizon EuropeやQuantum Flagshipに代表されるように、大学・企業・政府機関が国境を越えて連携する国際共同研究が推進されている。また、European Open Science Cloud（EOSC）による研究データ共有基盤の整備や、imecに代表される共創型研究拠点の形成を通じて、オープンサイエンスを基盤としたイノベーションエコシステムの構築が進められている。日本においても、東京大学、理化学研究所、産業技術総合研究所などを中心に世界トップレベルの量子研究が進められている。近年は、G-QuATやQ-STARに代表される産学官

連携の枠組みを通じて、大学・研究機関に加え、製造業、情報通信、金融など幅広い産業界が参画し、量子技術の社会実装に向けた取り組みが加速している。

量子技術を巡る競争は、単なる技術開発競争ではなく、研究者、人材、知識、標準化、知的財産を含むエコシステム全体の競争へと発展している。また、量子コンピュータによる暗号解読の可能性や量子通信の安全保障上の重要性から、量子技術は経済安全保障政策とも密接に結びつきつつある。

このような状況の下では、技術情報を公開して研究開発を加速する「オープン戦略」と、知的財産として保護し競争優位を確保する「クローズ戦略」のバランスが極めて重要となる。特に量子技術分野では、論文による知識共有と特許による権利化が並行して進められており、その実態を把握する上で特許情報分析は有効な手段となる。本稿では、量子技術分野の特許情報を用いて、主要プレイヤーのオープン・クローズ戦略の動向を分析し、今後の展望について考察する。

2 量子技術分野の特許出願動向

（1）世界全体及び主要国の推移

図1に量子技術分野の特許出願動向を示す。この図から、量子関連の特許出願数は着実に増加傾向にあることがわかる。また、米国の特許出願数が圧倒的に多いことが特徴的である。IBM、Google、Microsoftなど世界

的な量子技術企業が研究開発を主導していることが、その一因と考えられる。2025 年度の国際特許出願件数を全分野で見ると、中国が 73,683 件で第 1 位、米国が 52,269 件で第 2 位、日本が 47,930 件で第 3 位となっている。多くの技術領域で中国の出願が多数を占める中、量子技術は、米国が主導的な地位を維持している数少ない技術領域の一つであることが分かる。そのほか米国を追う形で中国、欧州が増加傾向にあるが、日本の特許出願が世界に与える影響は極めて限定的である。このことは、日本が量子エコシステム形成において、研究成果の知財化や産業界との連携を一層強化する必要性を示唆している。

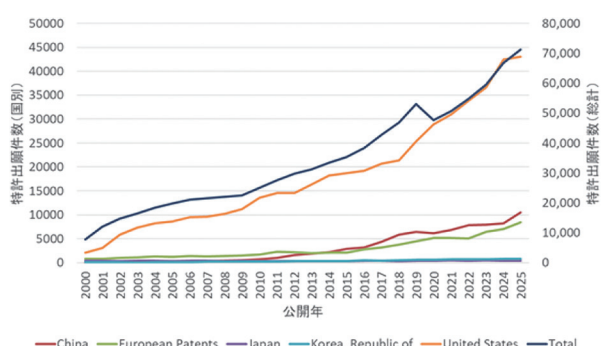


図1 量子関連特許出願推移

(2) 各分野別の特許出願動向

量子分野の中でも代表的な領域である Quantum Computing、Quantum Communication、Quantum Sensing について特許出願動向を分析した。これら 3 分野は量子技術を代表する主要技術領域であり、各国・各企業の戦略の違いが最も明確に表れるためである。

① Quantum Computing

図2に Quantum Computing に関する特許出願動向を地域別に示す。

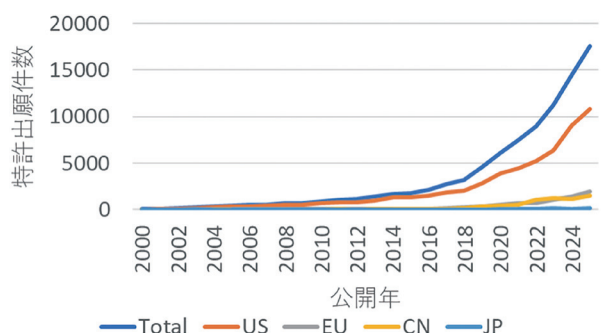


図2 Quantum Computing 特許出願動向（地域別）

米国の特許出願数は群を抜いており、量子コンピューティングが同国の量子技術開発における重点領域であることがうかがえる。また、その急速な伸びは、同分野が現在の量子技術競争の中心に位置していることを物語っている。

図3に、Quantum Communication に関する特許出願動向を示す。この分野の特許出願数は Quantum Computing に関する特許と比較して相対的に少ない。地域別では、近年こそ、米国の特許出願件数が多いが、2020 年前後までは中国の特許出願が多いのが際立つ。量子通信では社会実装を重視した戦略が反映されている可能性がある。

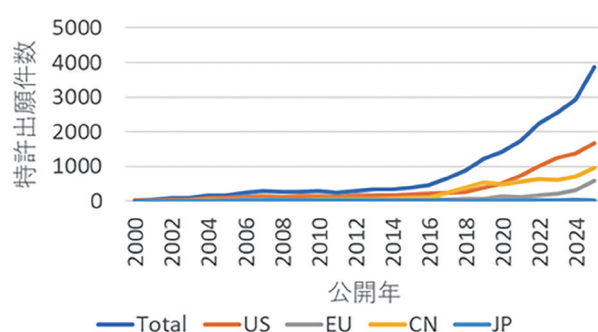


図3 Quantum Communication 特許出願動向（地域別）

図4に Quantum Sensing に関する特許出願動向を示す。まず、この分野の特許出願件数は Quantum Computing に比較して 1/10 程度であり特許出願件数そのものが少ない。

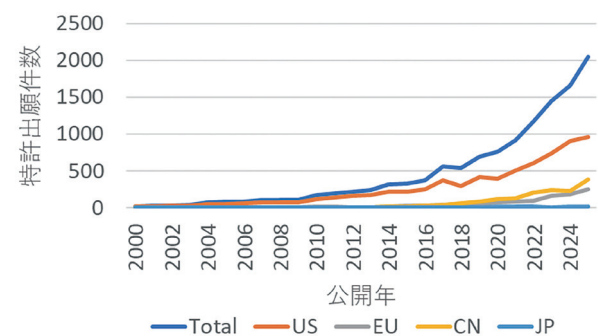


図4 Quantum Sensing 特許出願動向（地域別）

総括すると、Quantum Computing では米国企業による技術開発が先行しているのに対し、Quantum Communication では中国が早期から社会実装を進めてきたことがわかる。また Quantum Sensing は市場規模こそ小さいものの近年急速に成長しており、新たな応用分野として注目されている。特許出願件数から見ると日本は劣勢な状況下との認識が必要となる。このよう

に、量子技術は技術領域ごとに競争構造が異なり、各国・各企業はそれぞれ異なる強みを活かした知財戦略を展開している。

(3) IBM、Google、Microsoft の特許出願動向分析

特に量子分野で注目される IBM、Google、Microsoft の動向について特許出願動向を分析する。

① IBM

図5に IBM の特許出願動向、表1に IBM の特許出願技術分野別分布を示す。

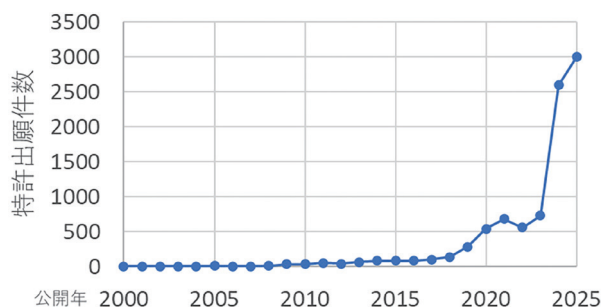


図5 IBM の特許出願動向

表1 IBM の特許出願技術分野別分布

No.	CPC	件数	技術内容
1	G06N10/40	1519	Quantum processor architecture (量子プロセッサ構造)
2	G06N10/20	841	Quantum computing models (量子計算モデル)
3	G06N20/00	834	Machine learning (機械学習・AI)
4	H10N60/12	830	Quantum devices based on superconducting elements (超伝導量子デバイス)
5	H10N69/00	807	Quantum information processing devices (量子情報処理デバイス)
6	B82Y10/00	782	Nanotechnology / Quantum effects (ナノテクノロジー / 量子効果)
7	H10N60/805	703	Superconducting qubits (超伝導量子ビット)
8	H10N60/0912	661	Quantum devices (量子デバイス)
9	G06N10/00	593	Quantum computing general (量子コンピューティング全般)
10	G06N10/60	476	Quantum algorithms (量子アルゴリズム)

上位10分類を見ると、

- ・ハードウェア (H10N60/12, H10N60/805, H10N60/0912)
- ・アーキテクチャ (G06N10/40)
- ・計算モデル (G06N10/20)
- ・アルゴリズム (G06N10/60)

がすべて入っている。つまり、デバイスからアルゴリズムまで、量子コンピュータの技術スタック全体を特許でカバーしている。

また、一番多いのは G06N10/40 (Quantum

processor architecture) 1519 件である。さらに H10N60/12、H10N60/805、H10N60/0912 はいずれも超伝導量子ビット関連である。つまり、IBM は量子アルゴリズム企業ではなく、量子プロセッサを中核技術と位置付けた企業である。

また、H10N60 系列だけで Quantum devices、Superconducting elements、Superconducting qubits が上位を占めている。これは IBM が長年採用してきた Superconducting Qubit 戦略をそのまま反映している。

注目すべきは、G06N20/00 (Machine Learning) が第3位に入っている点である。これは、IBM が AI による量子制御や量子回路の最適化、さらには AI と量子計算の融合までを知財戦略の対象としていることを意味し、Quantum × AI が同社の重要な戦略領域であることを裏付けている。

以上を総括すると、IBM の特許ポートフォリオは、量子コンピュータの個別要素技術ではなく、デバイス、プロセッサアーキテクチャ、計算モデル、アルゴリズムに至る技術スタック全体を網羅している点に特徴がある。これは、IBM が個別技術ではなく、量子コンピューティング全体のプラットフォームを主導しようとする戦略を反映していると考えられる。特に超伝導量子ビットを中心とした物理実装に重点を置きながら、AI やナノテクノロジーとの融合も進めており、量子コンピューティングの基盤技術全体を押さえる知財戦略を展開していることがうかがえる。

② Google

図6に Google の特許出願動向、表2に特許出願技術分野別分布を示す。特に、IBM との比較という観点から分析する。

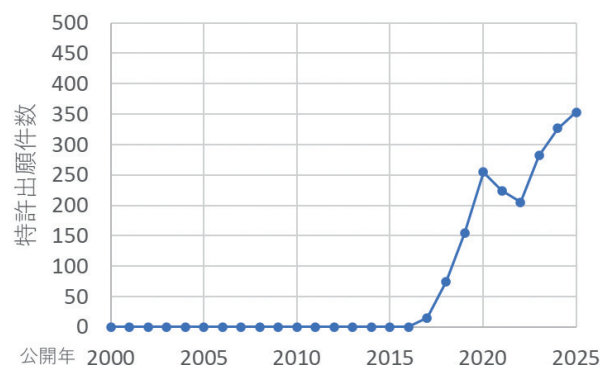


図6 Google の特許出願動向

表2 Googleの特許出願技術分野別分布

No.	CPC	件数	技術内容
1	G06N10/40	1281	Quantum processor architecture (量子プロセッサ構造)
2	G06N10/20	938	Quantum computing models (量子計算モデル)
3	G06N10/70	732	Quantum error correction (量子誤り訂正)
4	G06N10/60	656	Quantum algorithms (量子アルゴリズム)
5	G06N10/00	485	Quantum computing (量子コンピューティング全般)
6	B82Y10/00	351	Nanotechnology involving quantum effects (量子効果を利用したナノテクノロジー)
7	H10N69/00	236	Quantum information processing devices (量子情報処理デバイス)
8	G06N20/00	215	Machine learning (機械学習・AI)
9	H10N60/12	159	Superconducting quantum devices (超伝導量子デバイス)
10	H10N60/805	137	Superconducting qubits (超伝導量子ビット)

上位5分類はすべてG06N10系列である。

- Quantum processor architecture
- Quantum computing models
- Quantum error correction
- Quantum algorithms
- Quantum computing

つまり、Googleは量子コンピュータを動かすための計算理論・アルゴリズム・システム設計を幅広く知財化している。

特徴的なのはG06N10/70 (Quantum error correction) 732件が第3位に入っていることである。量子コンピュータでは誤り訂正が実用化の最大の課題であり、Googleは近年、論文でも誤り訂正技術を積極的に発表している。

この結果からも、Googleは実用的なフォールトトレラント量子コンピュータの実現を重視した知財戦略を採用していると考えられる。

Googleの特許ポートフォリオは、量子プロセッサ構造に加え、量子計算モデル、量子誤り訂正、量子アルゴリズムなど、量子コンピューティングを支えるソフトウェア・システム技術に重点を置いている点が特徴である。特に量子誤り訂正技術の比重が高く、実用的なフォールトトレラント量子コンピュータの実現を見据えた知財戦略を展開していることがうかがえる。また、機械学習関連技術も上位に含まれており、AIと量子コンピューティングの融合を視野に入れた研究開発を進めていることが示唆される。これは、Googleが量子ハードウェアそのものよりも、実用化に必要なソフトウェア・システム技術を競争優位の源泉と位置付けているためと考えられる。

IBMは物理実装まで含めた「フルスタック型」の色彩が強いのにに対し、Googleは計算モデル・誤り訂正・アルゴリズムといった実用化に直結するソフトウェア・システム技術への重点が相対的に強い、という対比が読み取れる。

③ Microsoft

図7にMicrosoftの特許出願動向、表3に特許出願技術分野別分布を示す。

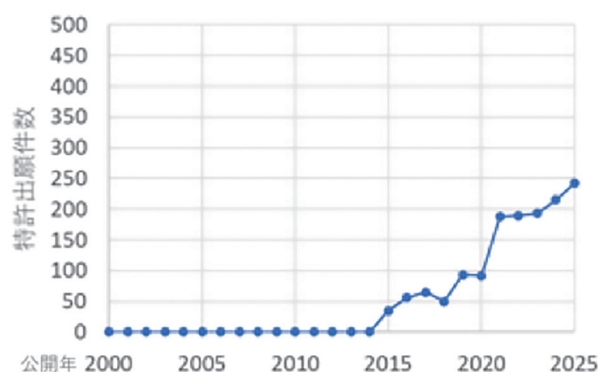


図7 Microsoftの特許出願動向

表3 Microsoftの特許出願技術分野別分布

No.	CPC	件数	技術内容
1	G06N10/20	462	Quantum computing models (量子プロセッサ構造)
2	G06N10/40	351	Quantum processor architecture (量子プロセッサ構造)
3	B82Y10/00	323	Nanotechnology involving quantum effects (量子効果を利用したナノテクノロジー)
4	G06N10/70	312	Quantum error correction (量子誤り訂正)
5	H10N60/01	212	Quantum devices (量子デバイス一般)
6	G06N10/60	209	Quantum algorithms (量子アルゴリズム)
7	G06N10/00	182	Quantum computing (量子コンピューティング全般)
8	H10N60/128	171	Superconducting quantum devices (超伝導量子デバイス)
9	H10N69/00	153	Quantum information processing devices (量子情報処理デバイス)
10	G06N5/01	117	Knowledge-based systems / symbolic reasoning (知識処理・推論システム)

Microsoftの特許で最も多い分類は、G06N10/20 (Quantum computing models) の462件である。この結果には、量子コンピュータの計算モデルやソフトウェア基盤を重視するMicrosoftの戦略が表れており、Azure Quantumなどの量子アルゴリズム・ソフトウェア開発環境を展開する同社の事業戦略とも整合する。

上位には

- Quantum processor architecture
- Quantum devices
- Superconducting quantum devices
- Quantum information processing devices

も含まれている。

一方で、Google や IBM ほど超伝導デバイスへの集中度は高くない。このことから、特定のハードウェア方式に依存せず、将来の技術進展に対応できるよう幅広い基盤技術を確保する知財戦略が読み取れる。

3 IBM, Google, Microsoft の知財戦略分析

ここまでは各社を個別に分析したが、以下では三社を同一指標で比較し、Open・Close 戦略の違いを考察する。表4は、IBM、Google、Microsoft の量子コンピューティング関連特許について、特許件数、被引用件数および非特許文献 (NPL) 引用状況を比較したものである。三社の比較から、Open・Close 戦略には明確な違いが認められた。

特許件数を見ると、IBM は 9,115 件と Google (1,890 件)、Microsoft (1,419 件) を大きく上回り、量子コンピューティング分野において最大規模の知財ポートフォリオを構築していることが分かる。また、被引用特許数および総引用件数においても IBM が最も高い値を示しており、量的な優位性と技術的蓄積の大きさが確認できる。

一方、特許 1 件当たりの非特許文献引用数 (NPL Citations / Patent Records) を見ると、Microsoft が 6.57、Google が 4.74、IBM が 2.94 となっている。これは Microsoft および Google が大学や研究機関の研究成果を積極的に活用しながら技術開発を進めていることを示唆している。特に Microsoft は特許件数では IBM を大きく下回るものの、特許 1 件当たりの学術知識利用度が最も高く、外部知識への依存度が高い研究開発戦略を採用していると考えられる。

また、被引用率 (Cited By Patents / Patent Records) は、Microsoft が 0.457 で最も高く、IBM が 0.439、Google が 0.357 であった。この結果から、Microsoft の特許は件数こそ限られているものの、相対的に高い技術的影響力を有すると推察される。一方、IBM は大規模な特許ポートフォリオを通じて広範な技術領域をカバーし、量子コンピューティング分野における知財基盤を形成していると解釈できる。

オープン・クローズ戦略の観点から見ると、IBM は大規模な特許ポートフォリオを基盤とした価値獲得 (Close) を重視する戦略を採用しているのに対し、Google および Microsoft は学術研究との結び付きが強く、外部知識の獲得 (Open) を積極的に行いながら、その成果を量

子コンピューティングの中核技術として知財化する戦略を採用していることが示唆される。特に Google は量子誤り訂正や量子アルゴリズムなどのコア技術への集中投資が見られ、Microsoft は学術知識への依存度が最も高いことから、両社は異なる形で Open to Learn, Close to Capture 型の戦略を展開していると考えられる。

表 4 IBM, Google, Microsoft の比較表

指標	説明	IBM	Google	Microsoft
Patent Records	特許件数 (量子コンピューティング関連特許の総数)	9,115	1,890	1,419
Cited By Patents	被引用特許数 (他の特許から引用された特許の数)	4,006	674	649
Patent Citations	被引用総回数 (他の特許から引用された累積回数)	28,490	4,064	6,046
Cites NPL	非特許文献引用特許数 (論文等を引用している特許の数)	3,897	1,012	856
NPL Citations	非特許文献引用回数 (論文・学会等への総引用回数)	26,787	8,961	9,326
Resolved NPL Citations	特定可能な学術論文への引用回数	10,577	3,532	3,802
Cited By / Patent	被引用率 (特許 1 件当たりの被引用特許数)	0.439	0.357	0.457
NPL / Patent	外部知識活用度 (特許 1 件当たりの NPL 引用回数)	2.94	4.74	6.57
Resolved NPL / Patent	学術論文活用度 (特許 1 件当たりの学術論文引用回数)	1.16	1.87	2.68

4 量子エコシステム形成における知財戦略の役割と今後の展望

本稿では、量子技術分野における特許出願動向を分析するとともに、IBM、Google、Microsoft の特許ポートフォリオを比較することにより、それぞれが異なる知財戦略を採用していることを明らかにした。本稿で取り上げた三社の分析から浮かび上がるのは、特定企業による市場支配ではなく、量子技術が多様な主体の役割分担によって発展するエコシステム型産業であるという構図である。IBM は量子プロセッサや超伝導量子ビットを中心とした基盤技術を幅広く保有し、量子コンピューティング全体を支えるフルスタック型の知財戦略を展開している。一方、Google は量子誤り訂正や量子アルゴリズムなど実用化に直結する技術への投資を進めており、Microsoft は量子計算モデルやソフトウェア基盤を中心としながら、将来の量子デバイスを見据えた基盤技術の確保を進めている。

三社はいずれも量子コンピューティング分野をリードする企業であるが、その知財ポートフォリオの重点領域は大きく異なっていた。IBM が重点を置く量子プロセッサや超伝導量子ビット、Google が注力する量子誤り訂正、Microsoft が強みを有する量子計算モデルやソフトウェア基盤は、それぞれ量子コンピューティングを構成する異なる技術レイヤーに対応している。すなわち、

各社は同一技術を巡って競争しているというよりも、それぞれ異なる強みを活かしながら量子技術全体を支える技術基盤を形成していることが分かる。

こうした知財ポートフォリオの違いは、量子技術が単一企業で完結する産業ではなく、多様な主体による価値共創を前提とする産業であることを裏付けている。この産業構造を踏まえると、量子技術を巡る競争は、個々の企業間の競争から、大学、企業、研究機関、スタートアップ、政府機関などが、それぞれの強みを持ち寄って価値を創出するエコシステム間の競争へと移行しつつある。一つの企業だけで量子技術のすべてを担うことは現実的ではなく、それぞれの主体が異なる技術領域で競争優位を確立し、それらを組み合わせることによって初めて量子技術の社会実装が実現される。この意味において、量子技術の競争力は、個々の企業の技術力だけでなく、多様な主体が連携しながらイノベーションを創出できるエコシステムの形成能力によって決まると言える。

こうしたエコシステムでは、知的財産は単に技術を保護するための手段ではない。すべての知識を公開すれば競争優位を維持することはできず、逆にすべてを囲い込めば共同研究や技術普及は進まない。したがって、知財は「オープン」と「クローズ」を切り替える境界条件 (Boundary Condition)、すなわち、どこまで知識を共有し、どこから競争優位として保護するかを決定する戦略的な境界として機能する。知財は、自社の競争優位を維持するとともに、他者との協調領域を明確化し、共同研究や技術連携を促進する共通基盤として、量子エコシステムの形成を支える重要な役割を担っている。

今後の量子技術分野では、優れた技術を創出することだけでは競争優位を維持することはできない。どの技術を公開し、どの技術を知的財産として保護し、誰と連携しながら価値を創出するのかという知財マネジメント能力が、企業のみならずエコシステム全体の競争力を左右する重要な要素になると考えられる。

量子技術における競争の本質は、個々の企業が保有する特許件数を競うことではなく、多様な主体がそれぞれの知的財産を適切にオープン化・クローズ化しながら価値を共創できるエコシステムをいかに形成するかにある。知財戦略は、競争優位を確保するための手段にとどまらず、多様な主体の関係を構築し、量子エコシステムを設計・発展させるための戦略基盤である。

5 分析方法

本稿の特許分析は、The Lens Patent Database および Japio-GPG/FX を用いて検索・データ抽出を行い、図表は解析結果に基づき筆者が作成した。

参考文献

- ① IBM Corporation, *IBM Quantum*.
<https://www.ibm.com/quantum>
- ② Google LLC, *Google Quantum AI*.
<https://quantumai.google/>
- ③ Microsoft Corporation, *Azure Quantum*.
<https://azure.microsoft.com/products/quantum>
- ④ Quantum Flagship, *Quantum Flagship*. European Commission.
<https://qt.eu/>
- ⑤ European Open Science Cloud (EOSC), *European Open Science Cloud*. EOSC Association.
<https://eosc.eu/>
- ⑥内閣府、『量子未来社会ビジョン』, 2022.
- ⑦国立研究開発法人産業技術総合研究所, *G-QuAT (量子・AI 融合技術ビジネス開発グローバル研究センター) <https://g-quat.aist.go.jp/>
- ⑧一般社団法人量子技術による新産業創出協議会 (Q-STAR), *Q-STAR*.
<https://qstar.jp/>
- ⑨ Chesbrough, H. W., *Open Innovation: The New Imperative for Creating and Profiting from Technology*. Harvard Business School Press, 2003.
- ⑩ Oshima, Y., Boundary-Driven Innovation: Knowledge Diffusion between Automotive and Artificial Intelligence Technologies. ISPIIM Conference 2026.