

量子コンピューティング ～IEC/ISO JTC 3における国際標準化～

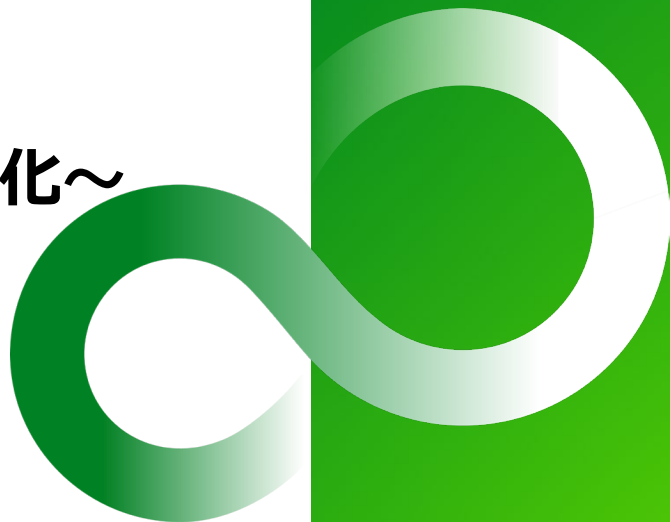
2025年12月18日

富士通株式会社

ビジネス法務・知財本部

知財グローバルヘッドオフィス 知的財産戦略室

Standards Director 長谷川 一知



1. 量子技術の全体像と量子コンピューティング
2. 量子コンピューティングの国際標準化の目的
3. IEC/ISO JTC 3設立に至る経緯とJTC 3への対応
4. IEC/ISO JTC 3量子技術標準化の状況
5. IEC/ISO JTC 3における日本のリーダーシップ
6. 量子コンピューティングの標準化における課題 / 今後の展望

量子技術の全体像と量子コンピューティング

1. サイバーセキュリティの脅威増大

- 1994年発表のショアのアルゴリズム（素因数分解）が、公開鍵暗号を基礎とした現在のIT社会の安全性を脅かすおそれがあるとの認識拡大

2. 従来型コンピュータ（古典コンピュータ）では解決困難な問題（新素材開発、組合せ最適化問題等）の存在

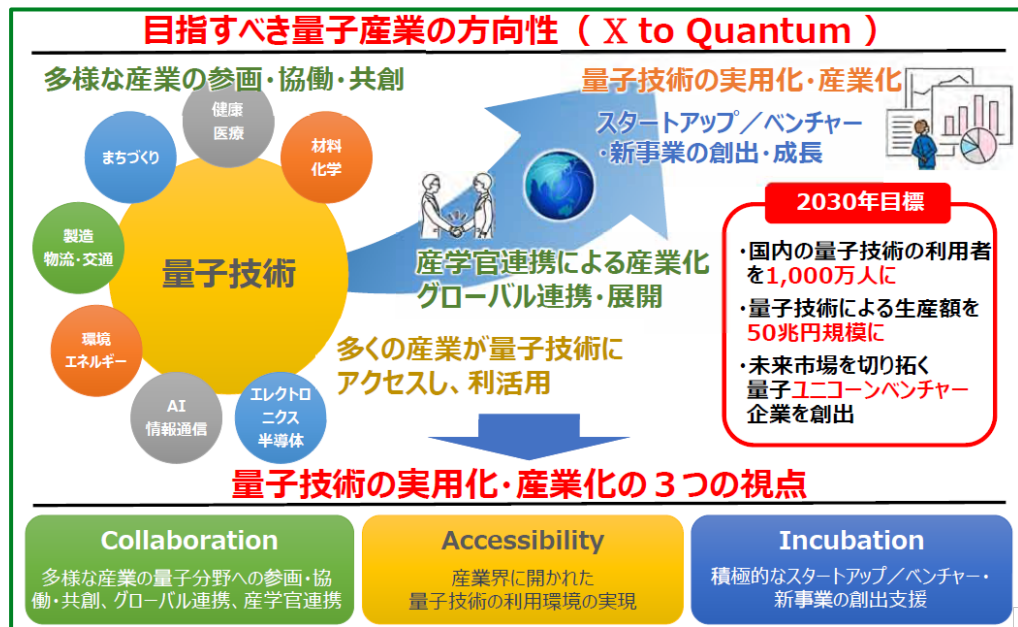
3. 量子技術の進展

- 2014年頃より超伝導量子ビットの性能が大きく向上
- 2019年にGoogleが「量子超越性」を実証

4. 戦略的重要性の高まり

- 量子技術の「産業化」と「世界的な主導権獲得」を巡る競争フェーズに突入
- 経済安全保障上、極めて重要な技術としての認識

- 政府は「量子未来産業創出戦略」を2023年に公表
- 2030年目標に向けた、実用化・産業化のための取組を定めている



実用化・産業化のための取組の一例

【標準化・知財化・ベンチマーク設定等】

- ✓ 産学官が一体となった強力かつ戦略的な標準化推進
- ✓ 経営視点・技術視点での効果・性能（既存技術に対する量子の優位性も含む）に関するベンチマーク指標（性能、コスト、利便性、低炭素化等）の検討・設定・提供
- ✓ 量子技術イノベーション拠点等における戦略的な知財化

【量子技術イノベーション拠点の強化等】※

- 「量子・AI融合技術ビジネス開発グローバル拠点」（産総研）（強化）
- 「量子コンピューテーション開拓拠点」（理研）（強化）
- 「量子技術基盤拠点・量子生命拠点」（量研機構）（強化）
- 「量子フロンティア産業創出拠点」（東海国立大学機構）（追加候補）

※拠点名称は仮称

出典 量子未来産業創出戦略概要

https://www8.cao.go.jp/cstp/ryoshigijutsu/230414_mirai_gaiyo.pdf

量子技術は下記の領域に分類される（参考：量子未来産業創出戦略）

● 量子コンピュータ

- 量子力学の原理を計算に活用し、古典コンピュータでは膨大な時間を要する特定の課題を高速に解くことを目指す

● 量子セキュリティ・ネットワーク

- 原理的に安全な鍵配送（量子鍵配送）など、安全を保証する量子通信を可能にする

● 量子計測・センシング

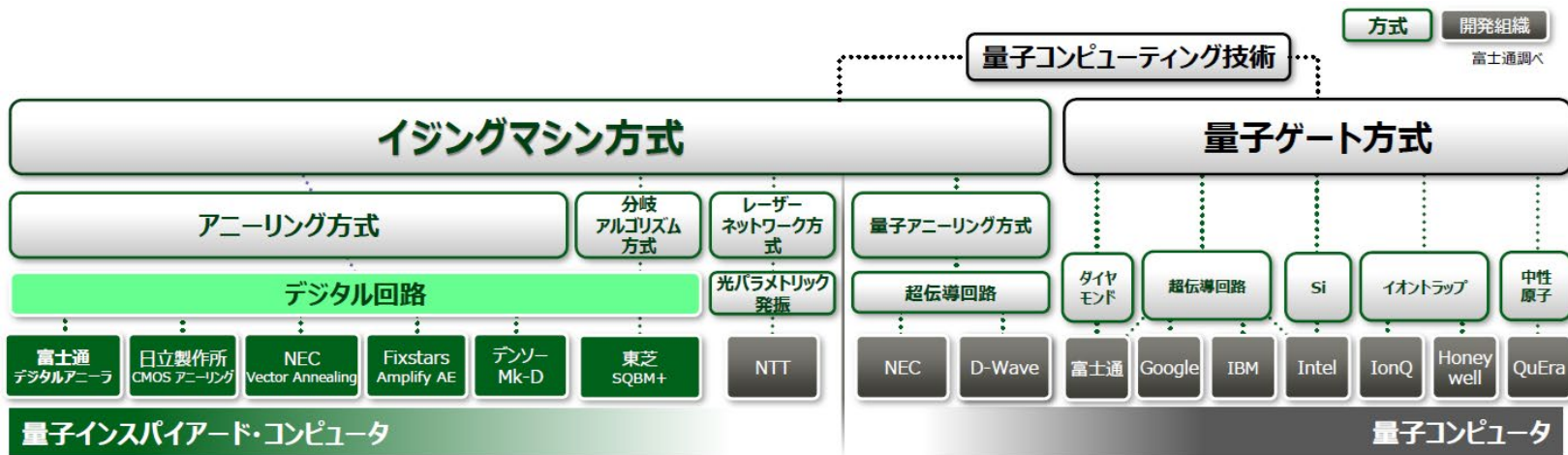
- 量子の極めて敏感な応答性を利用し、量子慣性センサや、超高精度の時計など、既存の技術では不可能な高感度な計測やセンシングを実現する

● 量子マテリアル

- 量子的な振る舞いを最大限に引き出すように物質の構造を設計・制御することでこれまでにない機能を持つ革新的な材料を生み出す

NTT 寒川 哲臣氏の解説を一部に引用
https://www.rd.ntt/research/JN202304_21549.html

- 量子コンピュータは、イジングマシン方式と量子ゲート方式に分類される
 - **イジングマシン方式**：組合せ最適化問題を解決するために設計された計算方式
 - **量子インスパイアード技術**：量子の概念を古典コンピュータ上で模倣し、組合せ最適化問題を解く（日本が先行）
 - **量子ゲート方式**：量子ビットに対し、量子ゲート操作を順次適用することで計算を実行する方式であり、各社開発途上段階にある



量子コンピュータの活用例（ユースケース）

- 量子ゲート方式：現在のコンピュータでは原理的に実現が困難な、高精度かつ高速な、量子化学計算や複雑系の計算などへの期待
- イジングマシン方式（量子インスパイアード技術）：すでに実用化され、組合せ最適化問題を解くことで、社会課題の解決に活用されている

新しい材料や医薬の発見



量子ゲート方式の活用見込例

金融や経済の動向予測

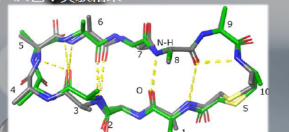


不可能であった中分子創薬の計算を高精度で実現！

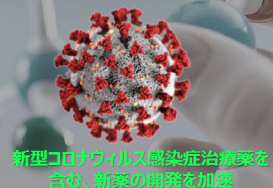
- ✓ 驚異的な精度(RMSD 0.73 Å)で実験構造と計算構造を一致させることに成功。一晩で高精度に計算。中分子医薬候補探索の飛躍的効率化を実現。
- ✓ ペプチドリームから高評価。「高精度を維持し、探索時間の短縮化に挑戦しながら、革新的な新薬創出がこれまで以上に加速していくものと考えている」。
- ✓ 新型コロナ感染症治療薬に特化した合併会社、**ペプチエイド株式会社**を2020.11に設立。新薬開発を加速。治療薬の開発候補化合物の臨床研究を2022.3に開始。

イジングマシン方式（量子インスパイアード技術）を活用した事例

緑色：計算結果
灰色：実験結果



環状ペプチドの実験構造と計算構造の比較
RMSD：0.73Åの驚異的な精度で
実験構造と計算構造が一致
RMSD(Root Mean Square Deviation)：平均二乗偏差



新型コロナウィルス感染症治療薬を含む、新薬の開発を加速

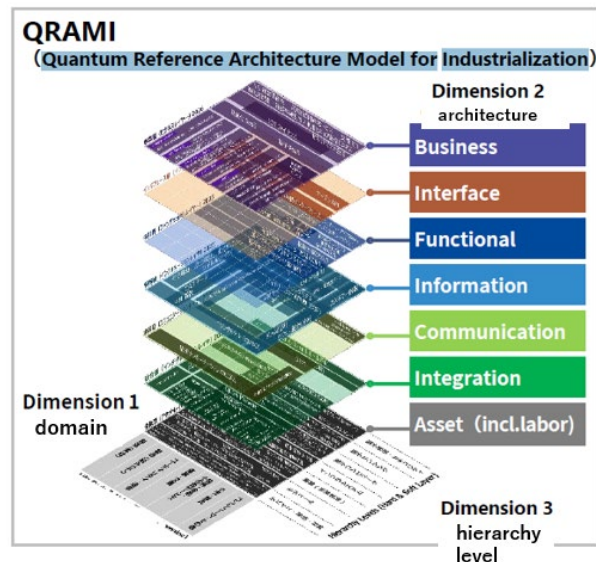
量子コンピューティングの国際標準化の目的

※ 本セクションに記載の内容は、富士通株式会社の公式な見解を示すものではありません

ユースケースの社会実装と量子技術の発展の促進

IEC/ISO JTC 3への日本からの提案

- 社会実装や研究開発促進の手段として、標準化・ベンチマークの活用を提案
- 手順
 1. 社会実装のターゲットとするユースケースを特定
 2. QRAMI※を用いて、ユースケースを実現するための技術やアプリケーションを特定
 3. step by stepでベンチマークを設定して開発を促進
 4. ベンチマークの見直しを含み、PDCAを回す



※ QRAMI : 「RAMI4.0」を参考に、Q-STARで独自に構成されたリファレンスアーキテクチャ

- Q-STAR※では、国際標準化・グローバルサプライチェーンにおける日本のリーダーシップ確立のため、3つの戦略を推進中

※ 一般社団法人 量子技術による新産業創出協議会

Use Cases

Vendor and user companies collaborate to discuss and validate use cases.

A wide range of use case discussions

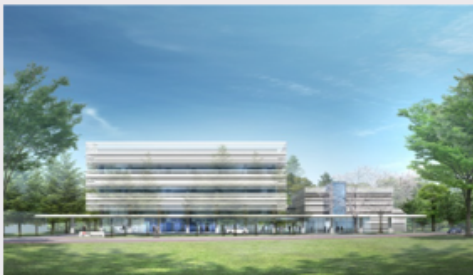


Selected use cases from the discussions were incorporated into the industry roadmap.



Test Beds

Working toward early social implementation by demonstrating use cases in a real-world environment through collaboration on a testbed with G-QuAT.



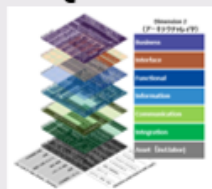
Source: <https://unit.aist.go.jp/g-quat/index.html>

Standardization

Frameworks that connect technology to business.

- Overview of the entire pathway toward social implementation
- Shared understanding among stakeholders

QRAMI



Software Stack Diagram



- Exploring quantum solutions to societal challenges
- Identifying potential use cases

- 量子コンピューティングの社会実装にはユースケースが鍵であり、Q-STARはハードウェアとアプリケーションを橋渡しするミドルウェアの活用を提唱
 - ハードウェアに依存せず、アプリケーションとユースケースの開発で社会実装を加速
 - ミドルウェア仕様の標準化に向けた検討も実施中



出典 Q-STARホームページ
ソフトウェアプラットフォーム
整備による社会実装の加速 の図を加工

エコシステム形成の促進

- 様々な技術を組み合わせることで量子エコシステムを拡大させ、ニッチ分野で活動する企業の技術も柔軟に取入れることで、革新的な技術開発の促進を目指す
 - 異なるハードウェアやソフトウェア間のスムーズな連携（相互運用性）を確保
 - サプライチェーンの各要素の仕様明確化による開発効率の向上
- 信頼性の高い技術標準を通じて、量子コンピューティング技術に対する社会の信頼を高め、企業リスク（技術開発投資・サービス調達等）の軽減を目指す

出典 Q-STAR・G-QuAT共同シンポジウム2024 における
Q-STAR標準化連携/提案ワーキンググループ資料

自社の競争優位性の確立

- 具体的な手段の例：
 - 標準化を軸として、エコシステムの主導
 - オープン&クローズ戦略による自社技術のデファクト標準化
 - ベンチマーク標準による自社技術のプロモーションとして顧客訴求
 - 標準必須特許の創出によるライセンス収入獲得

協調領域での活動の中に、競争優位性を確立させるための仕組みを埋め込むことが重要！

IEC/ISO JTC 3設立に至る経緯とJTC 3への対応

IEC/ISO JTC 3設立に至る経緯

- 量子暗号通信に関する標準化はITU（国際電気通信連合）等が先行
- IEC：MSB（市場戦略評議会）がホワイトペーパープロジェクトを主導
 - 韓国がリードして「Quantum information technology」として発行（2021年10月）
- 量子技術分野における標準化の可能性を探るためIEC/SEG 14を設立（2022年6月）
- 英国による新JTC設立提案
 - IECとISOが連携して、量子分野の包括的で一貫性のある標準作成を目指すべき
- 日本を含む多数の加盟国の賛成投票を経て、IEC/ISO JTC 3が設立（2024年1月）

	2018-19	2020-21	2022	2023	2024
日本		▲ Q-STAR設立		▲ 国産超伝導量子コンピュータ 政府 量子未来産業創出戦略	
世界	▲ ITU-T量子鍵配送ネットワーク 関連勧告	▲ JTC1/WG14設立	▲ IEC/SEG14設立	→ 移管 →	▲ JTC 3設立

● IECとISOによる合同専門委員会として設置（2024年1月）

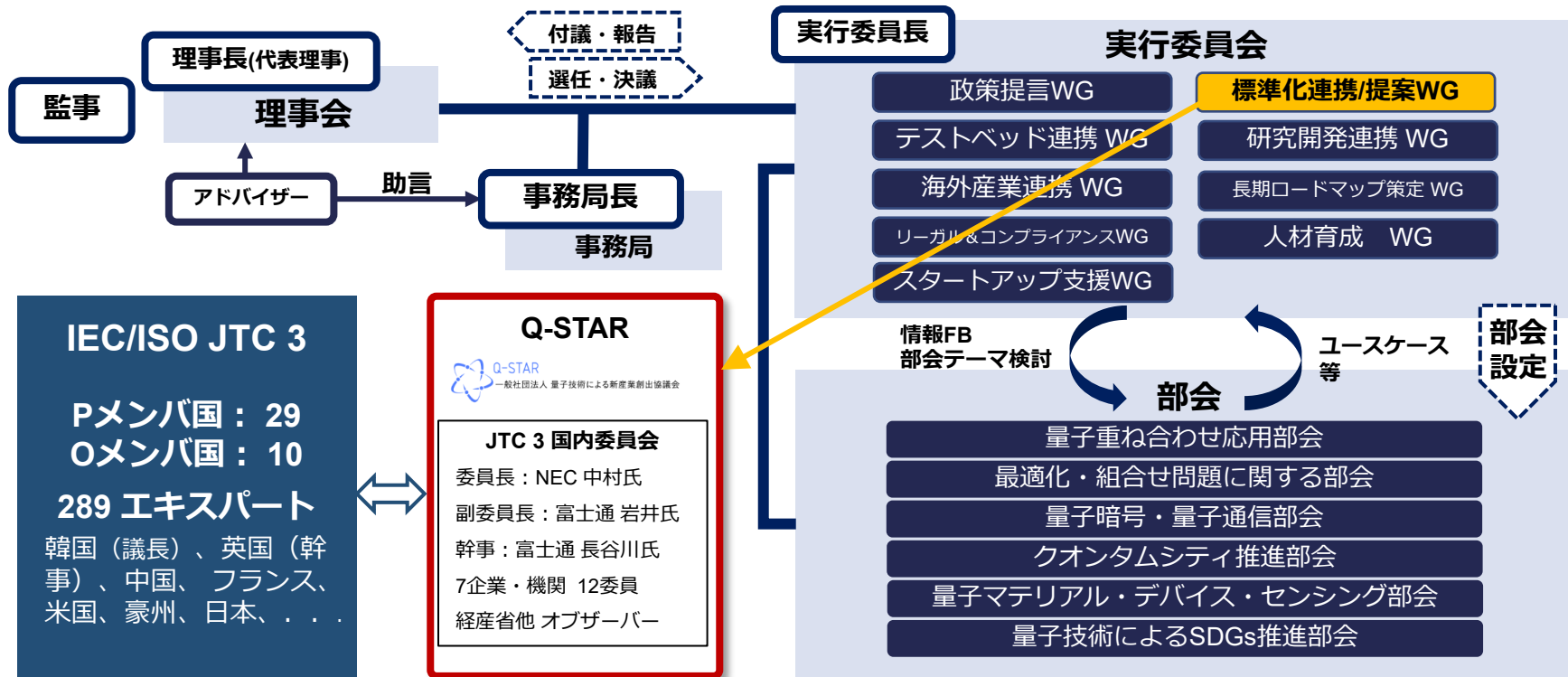
- タイトル： Standardization in the field of quantum technologies
- スコープ： 量子技術分野における標準化
 - 量子情報技術（量子コンピューティングおよび量子シミュレーション）、量子計測、量子源、量子検出器、量子通信、基本量子技術を含む
 - 対象外： 情報技術（JTC 1）、ナノテクノロジー（IEC TC 113とISO TC 229）、光ファイバー（IEC TC 86）、超低温容器（ISO TC 220）、半導体（IEC TC 47）

● メンバーシップ（2025年9月時点）

- 議長： 韓国 Haeseong Lee教授
- 幹事国： 英国（BSI：英国規格協会）
- Pメンバ国（投票権あり）： 29
- Oメンバ国（投票権なし）： 10
- 登録数※： 289（中国 68、韓国 27、英国 27、フランス 26、日本 19、オーストラリア 17、米国 17、カナダ 16、ドイツ 13、デンマーク 12、．．．）

※ JTC 3文書へのアクセス権を付与されている人数

- JTC 3の国内審議団体として、Q-STARにて国内委員会を運用中（2025年1月～）



- 経済産業省 令和7年度エネルギー需給構造高度化基準認証推進事業を活用
 - 国内委員会の枠を越えての活動も実施
 - Q-STARが開発した社会実装に資するユースケースの技術実証から得られるデータを用いて、国際標準化の仕様検討を実施
 - 技術調査活動
 - 有識者へのヒアリング、海外でのシンポジウム参加
 - ロビー活動
 - 国際標準化案件（NP※計画案件）への賛同国を増やす
- ※ NP : New Work Item Proposal

■ 国内委員会について

- 7企業・機関 12委員 / オブザーバー 15名
 - 委員長：NEC 中村氏
 - 副委員長：富士通 岩井氏
 - 幹事：富士通 長谷川
- 経済産業省 / 事務局



ご参考 | 韓国GISCでの講演
https://www.gisc.or.kr/theme/grape/mobile/sub02_03.php

IEC/ISO JTC 3量子技術標準化の状況

● JTC 3会合における日本の実績

- 初回Plenary会合から今日に至るまで、JTC 3の主要メンバ国としての活動
- JTC 3 東京会合をQ-STAR/産業総合技術研究所にて共催し、成功させた



第3回会合（東京）

- 日時：2025年5月26日~29日
- 場所：産総研臨海副都心センター、G-QuAT※視察

- 主催：Q-STAR、産業総合技術研究所(共催)
- 後援：日本規格協会
- 協力：経済産業省

※ 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

- 初回ソウル会合にて6つのahGが設置され、各分野における標準化の進め方を議論
- 第2回エディンバラ会合にて、状況報告、およびrecommendations等の審議

アドホックグループ		コンビーナ
ahG 2	Quantum terminology and metrics	Clare Allocca (米)
ahG 3	Quantum Sensors	Joon-Shik Park (韓)
ahG 4	Quantum Secure Communication	Seong Su Park (韓)
ahG 5	Quantum Computing and simulation	Michael Egan (豪) Florent STALEY (仏)
ahG 6	Quantum Random Number Generator	Minghan Li (中)
ahG 7	Quantum enabling technologies	David Balslev-Harder (デ)

ワーキンググループ (WG) | 東京会合以降

- 東京、コペンハーゲンの両会合にて、アドホックグループのアウトプットとして各ワーキンググループ (WG) の設置が決定※
※ 2つのプロジェクトチームも運用中
- WG 12 (Quantum computing benchmarking) : G-QuAT堀部氏がコンビナーに就任

アドホックグループ		ワーキンググループ	コンビナー	
ahG 2	Quantum terminology and metrics	WG 9	Terminology and quantities	John Devaney (英国)
ahG 3	Quantum Sensors	WG 10	Quantum sensors	Joon-Shik Park (韓国)
ahG 4	Quantum Secure Communication	WG 11	Quantum computing supply chain	Austin Lin (米国)
ahG 5	Quantum Computing and simulation	WG 12	Quantum computing benchmarking	堀部 雅弘氏 (日本)
ahG 6	Quantum Random Number Generator	WG 13	Quantum random number generators	Minghan Li (中国)
ahG 7	Quantum enabling technologies	WG 14	Quantum enabling technology	未定
		WG 15	Quantum computing terminology and quantities	未定
		WG 16	Quantum communication	未定

● 7つのプロジェクトが設置済み

★ 量子コンピューティングに関するプロジェクト

プロジェクト		段階	グループ	PL (リーダー)
IEC/ISO TR 18157 ★	Information technology — Introduction to quantum computing	CD	PT 18157	Jingjing Wang (中国)
IEC/ISO 63607	Quantum technologies – Terminology and quantities – General quantities	WD	WG 9	Jeongwan Jin (カナダ)
IEC/ISO 63622	Quantum Photonics Vocabulary	WD	PT 63622	Joshua Bienfang (米国)
IEC/ISO 63655	Quantum technologies – Terminology and quantities – General vocabulary	WD	WG 9	Jacquiline Romero (豪州)
IEC TS 63687	Quantum technologies - Cross-cutting and enabling devices and technologies: Hanbury-Brown-Twiss interferometry for the characterization of photonic quantum sources	WD	WG 14	Hyojung Kim (韓国)
IEC 63692	Quantum technologies - Performance evaluation and test methods for absolute quantum gravimeters based on free-falling cold atoms	WD	WG 10	Vincent Menoret (フランス)
IEC 63712 ★	Quantum technologies – Quantum computing – Hardware benchmarking	WD	WG 12	Yuval Sanders (豪州)

● IEC/ISO TR 18157

- ISO/IEC JTC 1/WG 14プロジェクトの移管
- タイトル： Introduction to quantum computing
- 現在の状況
 - エディンバラ会合にて、CD（Committee Draft）段階に進むことが合意
 - CDレビューにて、各国からのコメントを受け、現在、コメント対処中
 - 2026年1月頃に、2回目のCD投票を見込む

● IEC 63712

- タイトル： Quantum computing – Hardware benchmarking
- 現在の状況
 - 2026年2月よりプロジェクトが開始される見込み
 - QPU※等のハードウェア性能ベンチマーキングのための測定およびテスト方法の規定

※ QPU : Quantum Processing Unit

IEC/ISO JTC 3における日本のリーダーシップ

- **社会実装促進のため、産業ユースケースレベルでのベンチマークの実施**
 - ユースケースの社会実装における効果の評価
- **日本企業の強みを生かすためのミドルウェアインタフェースの標準化（検討中）**
 - ハードウェアとして量子インスパイアードマシンを用い、ユースケースの社会実装を先行実施

社会実装に向けた5つの成熟度レベル（指標）	
TRL (Technology Readiness Level) 技術成熟度レベル - 必要な技術はどれくらい発展しているのか -	「ある技術」が、社会の技術要求水準に達するまでの段階を示す指標
BRL (Business Readiness Level) ビジネス成熟度レベル - ビジネスとしての継続可能性はどうか -	「創出財」を利用した事業」が、安定した事業として成り立つ水準までの段階を示す指標。
GRL (Governance Readiness Level) ガバナンス成熟度レベル - 制度や規制は整っているか -	「創出財」が社会に普及するために必要な制度、規制が完備（改善）するまでの段階を示す指標。
S(C)R (Social (Communal) Readiness Level) 社会（コミュニティ）成熟度レベル - 受容しよと思えるか -	「ある技術」そのもの、或いは「ある技術」によって生み出された「創出財」の社会（コミュニティ）受容性を高め、社会実装し、一定の普及水準に達する段階を示す指標。
HRL (Human Resources Readiness Level) 人材成熟度レベル - 実装に必要な人材は揃っているか -	「ある技術」を利用した事業が社会に普及するために必要な人的資源の涵養と活用の手順を示す指標。

† 創出財：SIPを起点として将来創出される新しい技術や財・サービスの総称

戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）の成果を活用



Q-STARが開発したソフトウェアスタック図を活用

出典 Q-STAR資料「量子分野 国際標準化の状況」

ユースケースの社会実装には技術成熟度だけでは不十分であり、他の観点、例えば、ビジネスモデルや投資収益率（ROI）についても考慮が必要

社会実装に向けた5つの成熟度レベル（指標）

TRL (Technology Readiness Level) 技術成熟度レベル - 必要な技術はどれくらい発展しているか -	「ある技術」が、社会の技術要求水準に達するまでの段階を示す指標
BRL (Business Readiness Level) ビジネス成熟度レベル - ビジネスとしての継続可能性はどうか -	「創出財↑を利用した事業」が、安定した事業として成り立つ水準までの段階を示す指標。
GRL (Governance Readiness Level) ガバナンス成熟度レベル - 制度や規制は整っているか -	「創出財」が社会に普及するために必要な制度、規制が完備（改善）するまでの段階を示す指標。
S(C)RL (Social (Communal) Readiness Level) 社会（コミュニティ）成熟度レベル - 受容しよと思えるか -	「ある技術」そのもの、或いは「ある技術」によって生み出された「創出財」の社会（コミュニティ）受容性を高め、社会実装し、一定の普及水準に達する段階を示す指標。
HRL (Human Resources Readiness Level) 人材成熟度レベル - 実装に必要な人材は揃っているか -	「ある技術」を利用した事業が社会に普及するために必要な人的資源の涵養と活用手順を示す指標。

↑ 創出財：SIPを起点として将来創出される新しい技術や財・サービスの総称

TRL（技術成熟度レベル）が研究開発において重要である一方、ユースケースの社会実装にはより多くの成熟度指標が求められる

- **BRL（ビジネス成熟度レベル）**
：事業としての可能性
- **SRL（社会成熟度レベル）**
：社会的受容性

出典：G-QuAT 堀部 雅弘氏資料

戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）

- 量子インスパイアードマシンなどを用いることで、アプリケーション開発およびユースケースの社会実装を早期に実施し、その成果や知見をゲート方式量子コンピュータに活用でき得る

成果や知見をゲート方式量子コンピュータへ移行させる上で、ミドルウェアの標準化が、鍵となり得ることへの期待（検討中）



Q-STARが開発したソフトウェアスタック図

JTC 3全体

- 初回Plenary会合から今日に至るまで、JTC 3の主要メンバ国としての活動
 - 特には、フランス、オーストラリア、米国と連携した活動
- JTC 3 東京会合をQ-STAR/産業総合技術研究所にて共催し、成功させた

量子コンピューティングに関して

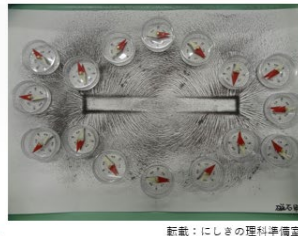
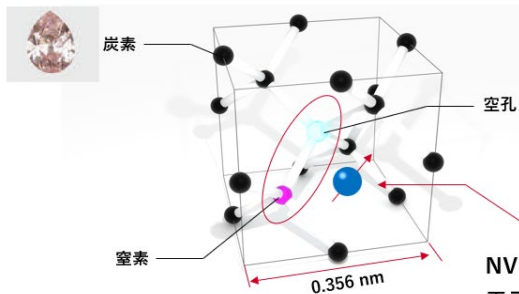
- G-QuAT 堀部氏が、他国の候補者との争いを制し、WG 12コンビーナに任命
- 産業ユースケースレベルでのベンチマークの必要性を提案
 - ⇒ ユースケースの社会実装を促進
- Q-STARで開発したソフトウェアスタック図を提案
 - ⇒ ミドルウェアの標準化（検討中）を通じて、アプリケーション開発、およびユースケースの社会実装の成果をゲート方式量子コンピュータに活用

■ ダイヤモンドNVC (Nitrogen-Vacancy Center) の物性評価法

- 日本 (G-QuAT他) 主導にて、韓国・カナダを巻き込み、技術レポート策定に向けた検討が、JTC 3にて進められている

ピンクダイヤモンドは磁場センサーになる

ダイヤモンド中には、微小な欠陥があります。特に、窒素 (Nitrogen) と空孔 (原子が抜けた穴: Vacancy) で構成された欠陥は、磁場センサーになる特殊な性質があり、NV中心 (Nitrogen - Vacancy center) と呼ばれています。



NV中心には孤立した電子が存在します。電子はスピンと呼ばれる量子力学的な性質を持っており、これによって磁石 (方位磁針) のような振る舞いを示します。

出典 G-QuAT作成資料

量子コンピューティング分野での標準化における課題 / 今後の展望

※ 本セクションに記載の内容は、富士通株式会社の公式な見解を示すものではありません

- **ユースケースの社会実装と量子技術の発展の促進に資する標準化**
 - Step by stepでベンチマークを設定して開発を促進する標準化の実現性のある活用方法の検討
 - ミドルウェア向けのOSSと標準化との間における相乗効果の最大化
 - その上で、標準化すべき具体的な技術仕様の特定
- **国際的な主導権争いを生き抜く**
 - 各国が量子技術の戦略的重要性を認識し、標準化におけるリーダーシップを狙っている中での、人的リソースの確保を含む日本の対応
- **自社の競争優位性の確立**
 - 標準化活動の中に、競争優位性を確立させるための仕組みを埋め込む
 - 標準化を活用することで、世界の中で優位に立つ道筋を描く

● 日本の強みを活かした戦略的な標準化推進

- 日本がコンビーナを獲得したWG 12（量子コンピューティングベンチマーキング）を生かした取り組み
 - 産業ユースケースレベルでのベンチマークの設定
 - ソフトウェアスタックを活用するミドルウェアインタフェース（検討中）などの標準化

● 標準化の推進・活用による量子社会実現への貢献

- 日本企業の強みである量子インスパイアードマシンを用いてユースケースの社会実装を先行実施し、成果をゲート方式量子コンピュータへ移行させる
- エコシステム形成の促進も通じて、量子技術が当たり前前に活用される社会の実現に貢献していく

Thank you

IEC / ISO JTC 3における量子コンピューティングに関する国際標準化は経済産業省 令和7年度エネルギー需給構造高度化基準認証推進事業を活用して行われています。