

2023年2月10日
量子科学技術委員会

量子コンピュータの開発状況、利用方針等について

国立研究開発法人理化学研究所 量子コンピュータ研究センター
副センター長 萬 伸一

量子コンピュータへの期待

情報処理の革新的な性能向上へ向け期待が高まる。世界の主要国で大型投資が続く。

- DX時代が本格化、今後も高性能コンピュータへの強い要求
 - 桁違いの性能が期待される量子コンピュータは有力な候補
- 量子コンピュータの急激な技術進展
 - 量子ビット数の増大 (2ビット@2000 ⇒ 127ビット@2022)
 - 古典コンピュータを越える量子超越性実証の報告 (Google@2019)
 - 実機(NISQ)のクラウド運用によるソフトウェア技術と応用開拓がはじまる
 - 量子化学計算 (物性シミュレーション (材料開発)、化学反応予測 (創薬))
 - 最適化問題 (物流コスト削減、金融の相場予想、高速マーケティング分析) などの社会・経済的な課題への適用
 - 政府戦略「量子未来社会ビジョン」にて、「海外に比肩する国産量子コンピュータの研究開発の抜本的な強化」を提唱

未来社会における量子技術によって創出される価値 (量子技術活用イメージ)

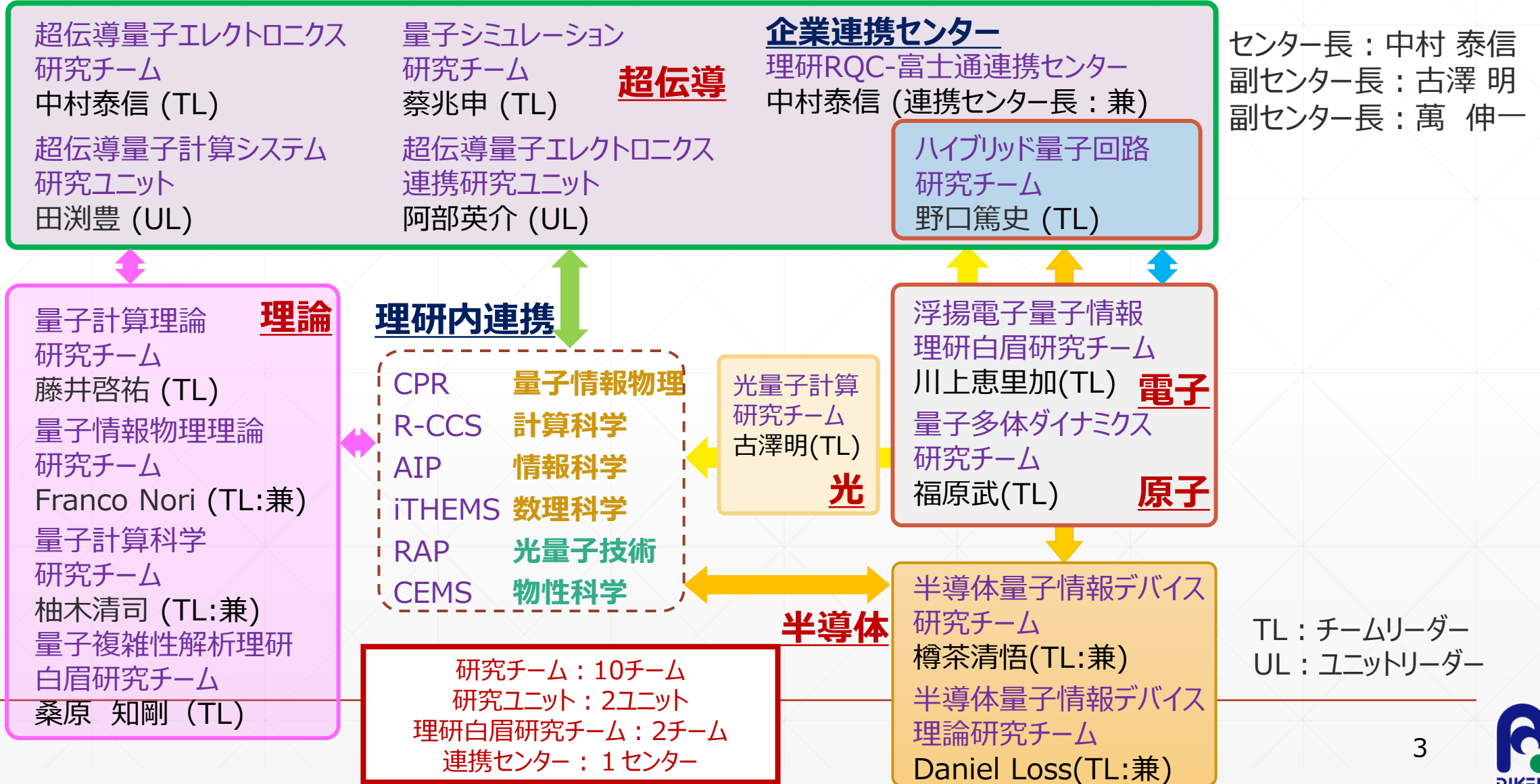


内閣府「量子未来社会ビジョン」より

NISQ: Noisy Intermediate-Scale Quantum computer
直近の開発目標である、量子誤り訂正を持たない小・中規模量子コンピュータ (~数百ビット)

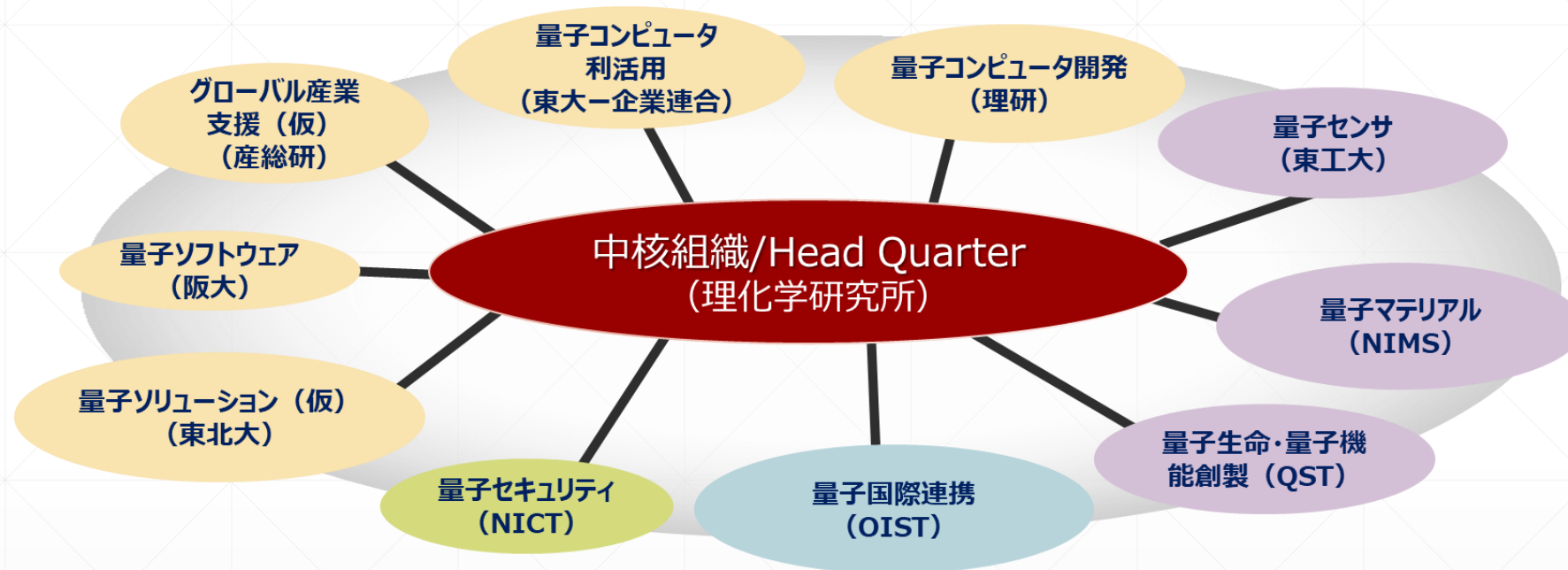
理研量子コンピュータ研究センター

様々なプラットフォームの量子コンピュータ研究開発を基礎科学と実用化の両面で進めていく



量子技術イノベーション拠点活動

10の研究機関の中核機関として21世紀の主要技術となる量子技術を統合し加速



- Head Quarterの下、一体となって横断的な取り組みを強化
 - 国際連携：国際連携ハブとしての役割
 - 人材育成：量子技術の発展を担う若手研究者・研究リーダーのための環境整備
 - 産学連携：国内外の機関、企業等との連携開発の場の構築、人材交流。開発成果の試行的実用化等の先駆的なイノベーション創出
 - 知財・標準化：社会実装に重要となる知財・国際標準化のオープンクローズド戦略等の情報共有

量子時代の競争力強化には、フルスタックの量子コンピュータ研究開発を国策として進めることが重要

- 量子コンピュータを製造し動作させる一連の技術を保有
 - 量子ビットの研究と量子計算アルゴリズムだけではなく、両者をつなぐ、制御、ミドルウェアなどの技術が無ければ実機の動作は不可能。量子技術の将来性を鑑みればフルで技術を保有しておくべき
- 統合的な利用技術の開拓への貢献
 - ハードウェアとソフトウェア、古典計算機との組み合わせなど融合的な研究のためには内容を熟知し制約なしに手を入れられる実機が必要
- 全体を理解し俯瞰できる人材の育成
 - ハードウェアやミドルウェアなどをチューニング可能な実機により、開発課題を俯瞰的に把握して研究開発を高いレベルで遂行できる人材育成に貢献
- 先端技術領域のテクノロジドライバ
 - 半導体、光・高周波などの先端技術をシステムとして統合するテクノロジドライバとして先端技術全体に貢献

国産量子コンピュータ実機開発

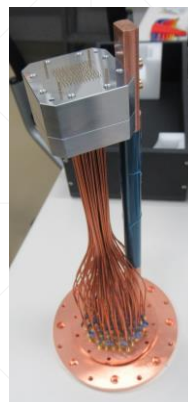
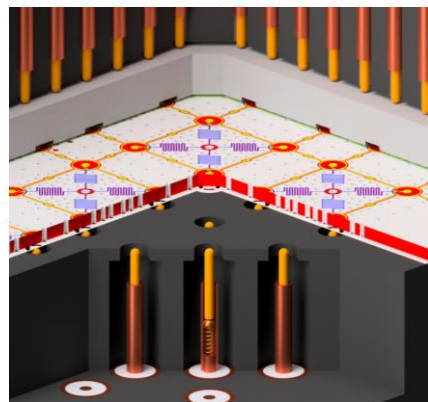
国内唯一のフルスタック量子コンピュータ開発拠点として国産第1号機の実現を目指す

64ビット量子コンピュータを開発中（Q-LEAPフラグシップPjによる推進）

ソフトウェア

計算プログラム

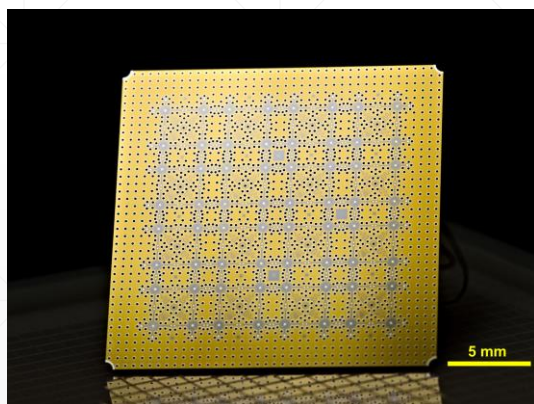
システム制御
(コンパイラ・ミドルウェア)



ハードウェア

量子プロセッサ制御
・入力信号生成
・読み出し信号処理

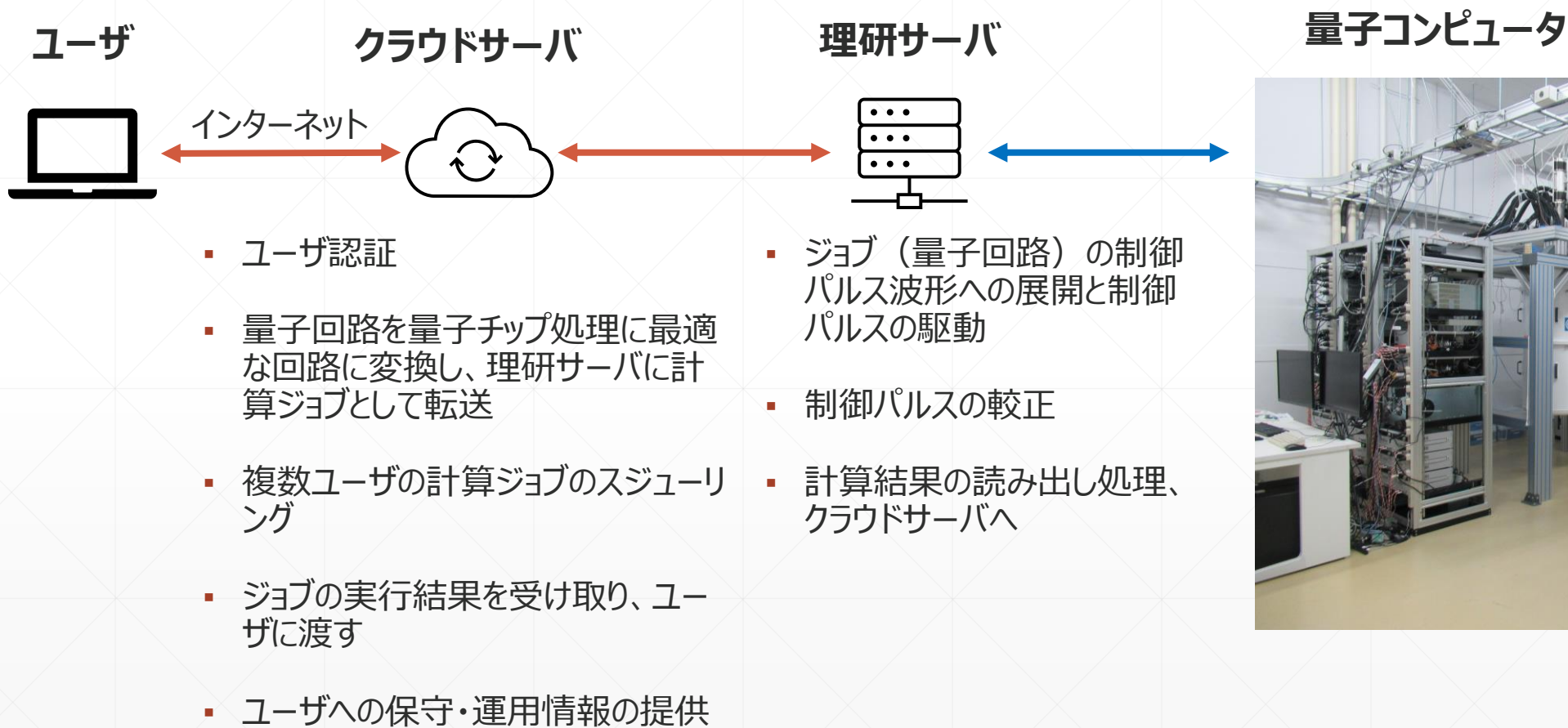
量子プロセッサ
・チップ設計・作成技術
・チップパッケージング技術



- 量子プロセッサ
 - 拡張性の高い量子ビット回路
 - スケーラビリティを重視した独自の垂直配線パッケージ
- スケーラブルな制御装置開発
- プロセッサの物理的操作を行う制御ソフトウェア
- 大規模化に向けた研究
 - 次世代機（100ビット以上）の開発を並行継続
 - プロセッサ集積・3次元実装技術

開発中のクラウドサービスシステム

阪大ソフトウェア拠点と連携したサービスプラットフォームの構築中



産官学連携による研究推進 (Q-LEAP研究体制)



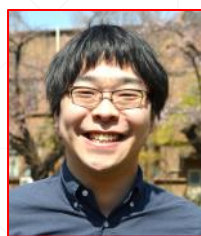
K. Matsuura



S. Sato



T. Sugiyama



S. Tamate



Y. Tabuchi



Y. Nakamura



K. Kusuyama



K. Kikuchi



K. Koshino



Y. Tokunaga



Y. Suzuki



J.S. Tsai



F. Nori



S. Yorozu



E. Abe



T. Yamashita



H. Terai



K. Makino



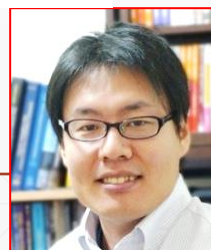
H. Goto



T. Yamamoto



M. Negoro



K. Fujii



T. Yan



K. Mitarai

実機運用の狙い

科学技術研究の推進と発展に資することを目的とし、“非商用”として運用

- Q-LEAPの開発成果を社会へ
 - 初の国産実機、利用に関する期待も高い。広く門戸を開放することが求められる。
- 公開の考え方
 - 対象となる実機は公的利用に限られる理研所有機。
 - 理研量子コンピュータ初号機（64qubit）R4年度未完成後、利用プラットフォーム化。
 - 理研量子コンピュータ2号機（>100qubit）R7年度中完成後、利用プラットフォーム化。
 - 量子コンピューティングのコア研究者から、企業での応用開拓、ミドルウェア・ハードウェアのベンダー候補等の技術者まで利用拡大し広く科学技術の発展に貢献。
 - テーマ募集の公平な仕組みを検討中。利用者とは共同研究契約を結ぶ。
- 量子システムエンジニアの育成
 - 利用拡大のカギとなるプラットフォーム化を行うシステムエンジニアが現状では圧倒的に不足。理研の実機研究開発で培った技術（量子ビット回路の設計・製造・評価、テストベッド構築、ソフトウェア開発）を活用し、理研と産業界の間で量子人材循環のエコシステムを構築する。

まとめ

- 量子コンピュータへの期待が高まる
- 理研量子コンピュータ研究センター
 - 多様なプラットフォーム研究、理論、基礎をバランスよく遂行
 - 量子技術イノベーション拠点中核組織としてのイノベーション創出
- 研究開発中の超伝導量子コンピュータ
 - Q-LEAPフラグシッププロジェクトによる64量子ビット実機
 - R4年度中の公開を目指す
 - 幅広い層へ非商用の公的利用を図る