

## 量子コンピュータ産業の課題や今後の産業振興方策

---

# 日立の量子コンピュータ研究開発戦略

2022年12月6日

株式会社 日立製作所  
執行役常務 CTO 兼 研究開発グループ長  
鈴木 教洋

## CMOSアニーリング開発を先行し、次にシリコン量子コンピュータ開発を加速中

型式	アニーリング型		ゲート型	
名称	量子インスパイア型 (量子効果は未使用)	量子アニーリング	NISQ* (量子誤りは使う側で対応)	汎用量子コンピュータ (量子誤りをシステムで訂正)
用途	最適化問題		多目的 (化学、金融、AIなど)	汎用
代表例	CMOSアニーリング (日立) デジタルアニーラ (富士通) シミュレーテッド分岐マシン (東芝)	量子アニーリングマシン (D-Wave、NEC)	超伝導量子コンピュータ (IBM、Google等) イオントラップ量子コンピュータ (Honeywell等) シリコン量子コンピュータ (日立、Intel)	
日立 開発の 歩み	<ul style="list-style-type: none"> <li>研究スタート ['13]</li> <li>20kb CMOSアニーリングチップ ['15]</li> <li>NEDO IoT推進のための横断技術開発 ['16]</li> <li>FPGA実装 ['16]</li> <li>プログラミングコンテスト開始 ['17]</li> <li>Annealing Cloud Web公開 ['18]</li> <li>GPU実装 ['19]</li> <li>ソリューション提供開始 ['20]</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>日立ケンブリッジラボ創設 ['90]</li> <li>単電子トランジスタ ['93]</li> <li>シリコン量子ビット読み出し回路 ['15]</li> <li>2次元量子ドットアレイ ['20]</li> <li>JST ムーンショット型研究開発事業参加 ['20]</li> <li>CMOS回路混載2次元量子ドットアレイ形成 ['21]</li> <li>単一電子ポンピングによる量子ビット初期化 ['22]</li> <li>システム動作 ['25目標]</li> </ul>	

\*NISQ : Noisy Intermediate-Scale Quantum Computer

大規模な「組合せ最適化問題」を常温で高速に解く計算技術。それを具現化したもの

	Hitachi		A社	B社	C社	D社
実現手段	GPU	ASIC/ FPGA	GPU	GPU	Laser + FPGA	SQUID
スピン間結合	全結合	疎結合	全結合	全結合	全結合	疎結合
スピン数	100,000	2,350,000	100,000	100,000	2,000	2,000

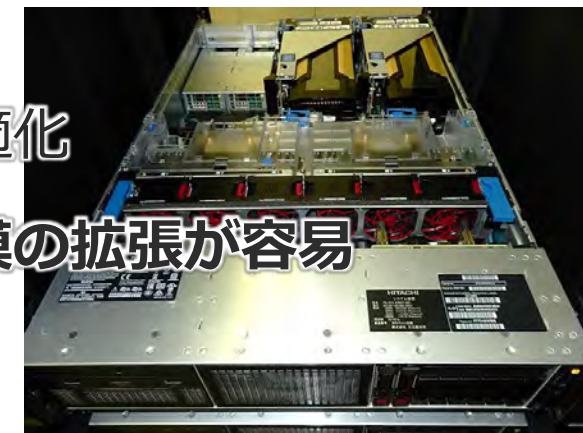
解ける問題の規模に相当する**スピン数は最大**。目的に応じた使分け・開発ができることが日立の強み

全結合

全ての変数間に繋がりがある。  
好適な問題例：ポートフォリオ最適化、シフト最適化

疎結合

一部の变数間にのみ、繋がりがある。さらなる規模の拡張が容易  
好適な問題例：交通渋滞削減



## 損保ジャパン, 日立で共同リリース (2022.03.29)

**HITACHI**  
Inspire the Next

企業情報 ニュースリリース

日立トップ 企業情報 ニュースリリース  
ニュースリリース

印刷される方はこちらをご覧ください (PDF形式、253kバイト)

このニュースリリース記載の情報(製品価格、製品仕様、サービスの内容、発売日、お問い合わせ先、URL等)は、発表日現在の情報です。予告なしに変更され、検索日と情報が異なる可能性もありますので、あらかじめご了承ください。なお、最新のお問い合わせ先は、[お問い合わせ一覧](#)をご覧ください。

2022年3月29日  
SOMPOホールディングス株式会社  
損害保険ジャパン株式会社  
SOMPOリスクマネジメント株式会社  
株式会社日立製作所

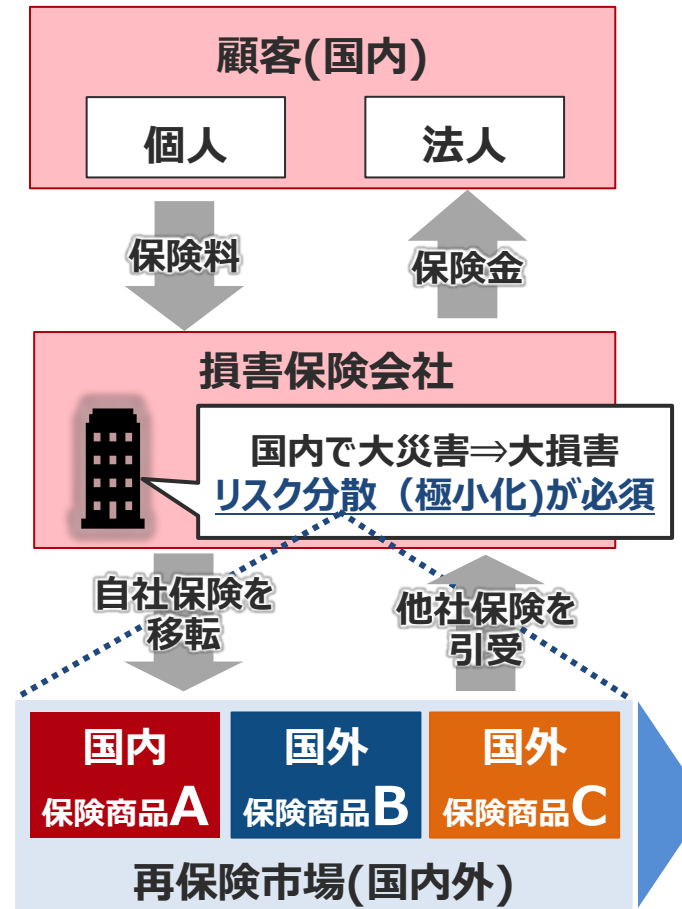
**損保ジャパン、保険引受業務における擬似量子コンピュータの実務利用を開始**

SOMPOホールディングス株式会社(グループCEO執行役社長:櫻田 謙悟、以下「SOMPOホールディングス」)と損害保険ジャパン株式会社(取締役社長:西澤 敬二、以下「損保ジャパン」)、SOMPOリスクマネジメント株式会社(取締役社長:桜井 淳一、以下「SOMPOリスク」)、株式会社日立製作所(執行役社長兼COO:小島 啓二、以下「日立」)は、このたび、損保ジャパンの損害保険業務において、日立が開発した量子コンピュータを疑似的に再現するCMOSアニーリング<sup>\*1</sup>の実務利用を開始することに合意しました。保険会社の基幹業務で擬似量子コンピュータを本番適用する初のケースとなります<sup>\*2</sup>。

今後、4社は、CMOSアニーリングを活用した損害保険業務のデジタルトランスフォーメーションを推進するとともに、各社の保有する多種多様なデータと技術の連携により、新たな社会価値を創造する協創活動を加速させていきます。

<https://www.hitachi.co.jp/New/cnews/month/2022/03/0329d.html>

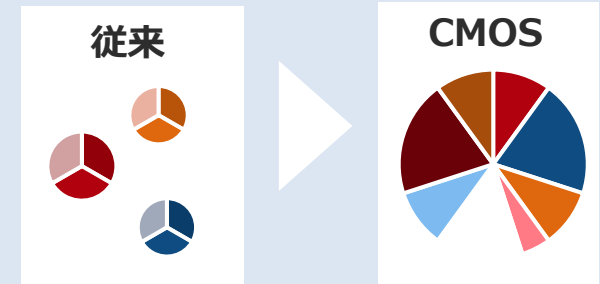
## 再保険市場における、大規模な損害保険ポートフォリオの最適化



## 損害保険ポートフォリオ最適化

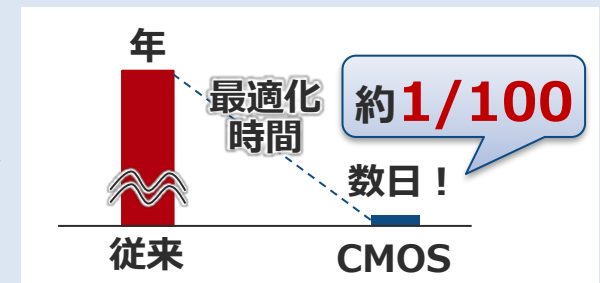
### ① CMOS効果

従来は小規模に分割していたが大規模問題を一度で最適化可能に



### ② CMOS効果

大規模問題の最適化時間を短縮



## 20年度よりムーンショット型研究開発事業にて開発推進

2050 大規模化を達成し、誤り耐性型汎用量子コンピュータの実現

2040 分散処理型NISQ量子コンピュータの実証 量子誤り訂正下での有用タスク計算

2030 一定規模のNISQ量子コンピュータの開発と量子誤り訂正の有効性実証

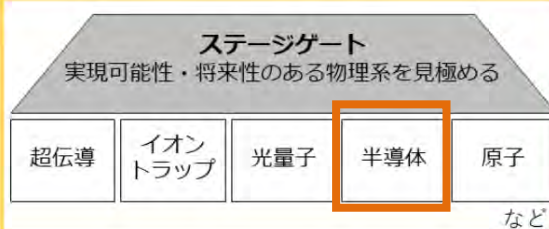
### <ネットワーク>

量子メモリの開発、光子と量子メモリ間の量子インターフェイス技術の確立や量子中継器・量子通信システム・テストベッド構築など

- 光源や検出器
- 量子メモリ
- 量子インターフェイス技術
- 量子中継器
- 量子通信システム
- テストベッド構築

### <ハードウェア>

量子誤り訂正システムの設計・実装、量子ビット・量子ゲート基盤の確立など



### <ソフトウェア>

- 理論・ソフトウェア
- 誤り訂正システム

低オーバーヘッド量子誤り訂正符号や量子アルゴリズム、誤り訂正システムの開発など

- 量子誤り訂正理論
- ミドルウェア、コンパイラ
- アルゴリズム、アプリケーション
- 誤り訂正システム

<https://www8.cao.go.jp/cstp/moonshot/concept6.pdf>

メンバ: 日立、神戸大(永田真教授)、東工大(小寺哲夫教授)  
理研(中島峻上級研究員)

Grant#: JPMJMS2065



日立の国分寺の基礎研究センターを中心に開発中



Volume 601 Issue 7893,  
20 January 2022

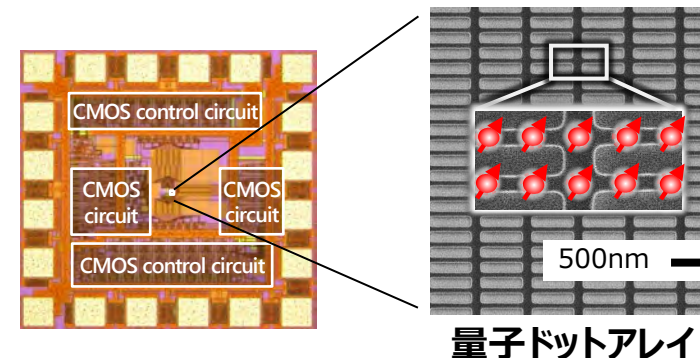
## Silicon qubits get closer to achieving error correction

Ada Warren & Sophia E. Economou

A silicon-based quantum-computing platform has met key standards for reducing error – setting the stage for quantum devices that could benefit from established semiconductor microchip technologies. See p.338, p.343 & p.348

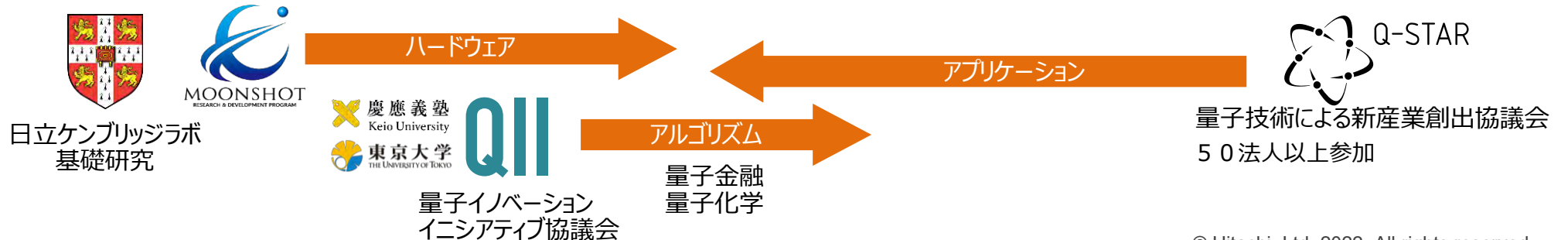
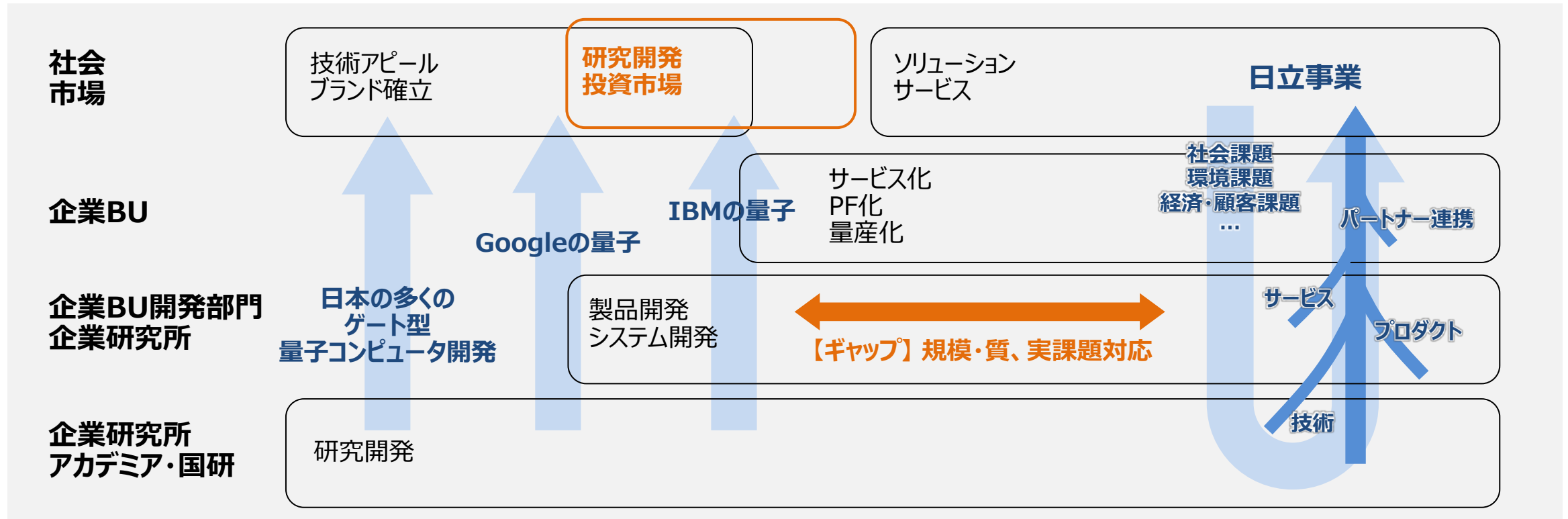
The results of all three groups move silicon-based quantum-information processing a step closer to offering a viable quantum-computing platform – a status so far held by only a few other systems, including superconducting qubits<sup>9</sup> and trapped ions<sup>10</sup>. However, there are still challenges to be overcome if the groups' devices are to become scalable. A key issue is that a lot of the qubits' calibration, benchmarking and achieved fidelities will be negatively affected when the system size is increased – even by a single qubit. The next experimental milestone for this system would therefore be to build a larger array of quantum dots hosting two-qubit gates with fidelities as high as those demonstrated by Xue *et al.* and Noiri *et al.*, despite the presence of more qubits. A further breakthrough for such a system would be the demonstration of quantum error correction.

- これまで量子情報処理は、超伝導量子ビットやトラップイオンなど、ごく限られたシステムでしか実現されていなかったが、今回の3グループの成果により、シリコンベースの量子コンピュータがそれらに一步近づいた。
- しかし、今回の研究グループのデバイスを拡張可能なものにするには、克服すべき課題がある。
- 重要な問題は、システムのサイズが1ビットでも大きくなると、量子ビットの校正、ベンチマーク、達成された忠実度の多くが悪影響を受けることである。
- よって次のマイルストーンは、**今回実証したような高い忠実度を持つ2量子ビットゲートを、より大きな量子ドットアレイ上で実現することである。**



# ゲート型量子コンピュータの事業化シナリオ

ハード開発に加えて、量子アルゴリズム開発やアプリケーション創出をユーザ企業と協創



金融企業やIT・商社など全21社が参画 (2022/11時点)

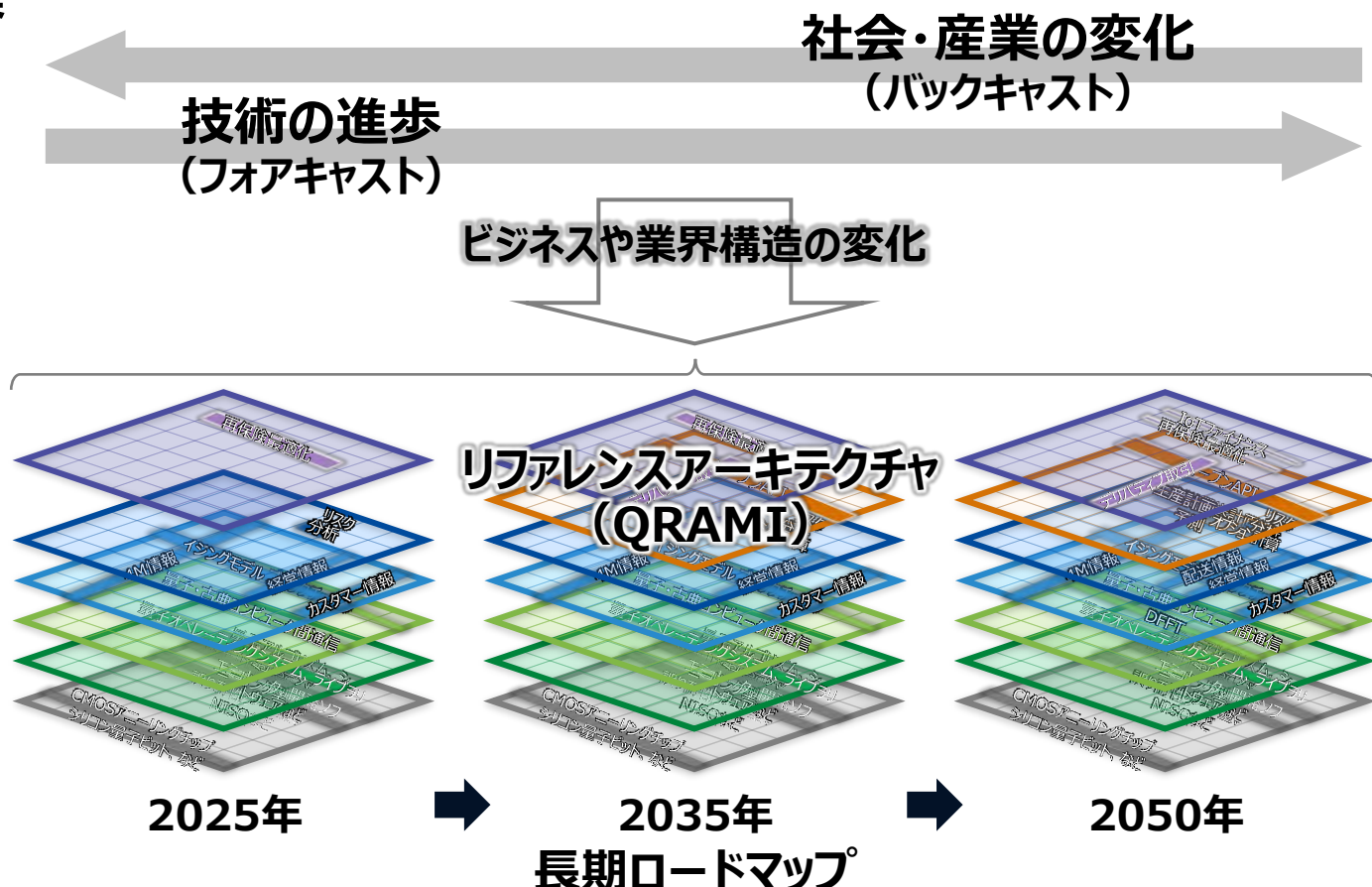
量子技術が普及する未来社会でのビジネスや産業構造の変化を長期ロードマップの形で表現

- 「将来の社会のあるべき姿/ありえる姿」からのバックキャストと、「技術の進歩」のフォアキャストを併用

現在の社会・産業



将来の社会の  
あるべき姿/ありえる姿



内閣府 Society 5.0 HPより  
([https://www8.cao.go.jp/cstp/society5\\_0/](https://www8.cao.go.jp/cstp/society5_0/))





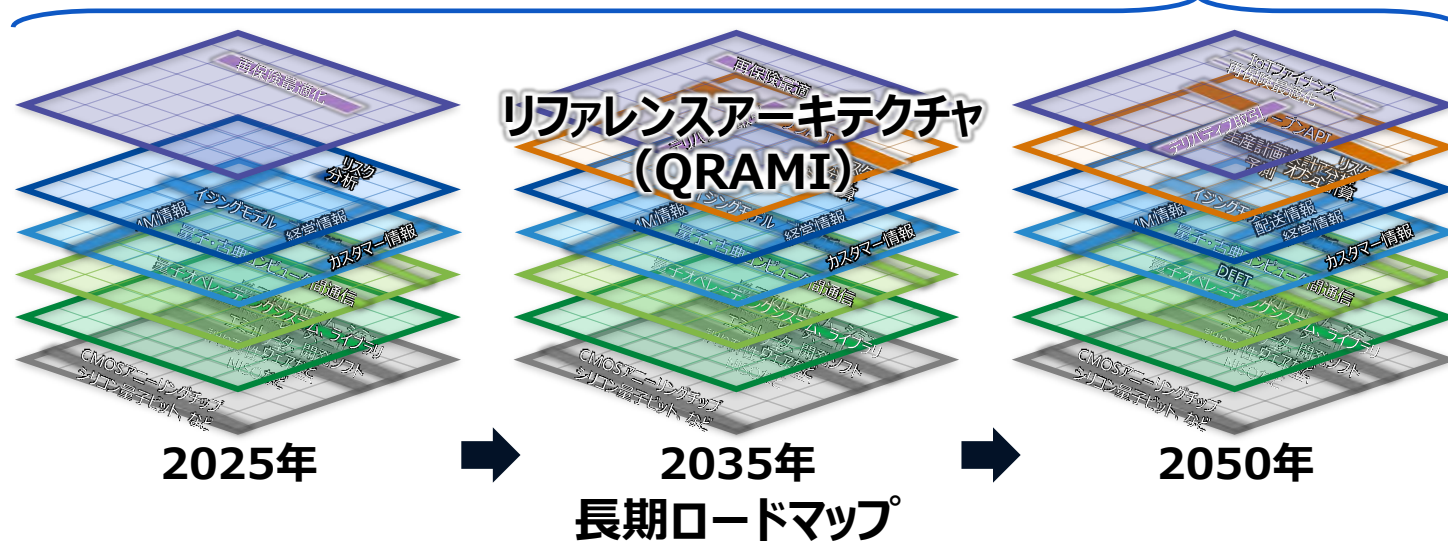
## 【22年度】新サービスや事業機会のアイデアをバックキャストして長期ロードマップ化

#	テーマとサービス案 (新産業案)	いままで	2022年度	2023年度	2024年度	2025年度～2029年度	2030年度～2034年度	2035年度～2050年度
<b>【1】長寿社会を見据えた社会保障及び生活インフラの政策立案</b>								
政策面	1.1 PHR利活用の促進				PHR利活用の促進			
	1.2 生活インフラの政策立案、法律整備		ドローン運用にかかわる法案整備			個人の行動データの所有権に関する法律の制定		
				運転免許の刷新		法整備(事故時の責任所在等)		

### グループ活動

2～3社で特定テーマを掘り下げて  
具体的な事業応用をめざす

### 部会活動



未来社会における新サービス  
事業機会のアイデア

## ■ 協調領域（非競争領域）での期待

### ① 量子ハード・ソフト開発（研究→試作→製品化・量産にシームレスに繋がる仕組み）

A) 実験・評価環境（テストベッド、設計・シミュレーション環境）

B) 半導体試作ラインの整備

✓ 設備整備だけでなく、それらの設備・装置が継続して効率よく利用され続けるような運用体制の構築（サービス体制構築、継続的な設備投資、ユーザフィードバックの仕組み）も重要

C) 周辺ハード・サプライチェーンの整備

D) ベンチマーキング手法の整備・標準化

### ② アプリケーション開発（ユースケースの発掘）

A) フォーカスすべき領域の選定（日本の課題先進性・高齢化など、Society5.0の具体化）

B) 実験・評価環境の整備（効果検証向け特区）

### ③ 人材確保

A) 流動性確保（国内外を含めた企業・ベンチャー・アカデミア間の人材交流）



Hitachi Social Innovation is  
**POWERING GOOD**