



日立の量子コンピュータ戦略と産業応用

2022年3月7日

株式会社 日立製作所
研究開発グループ 基礎研究センタ
水野 弘之

社会イノベーション事業を推進し持続的な成長と収益を確保

人々のQoLの向上
顧客企業の価値の向上

社会価値

環境価値

経済価値

3つの領域に注力し、社会の課題と企業経営の課題を解決

環境

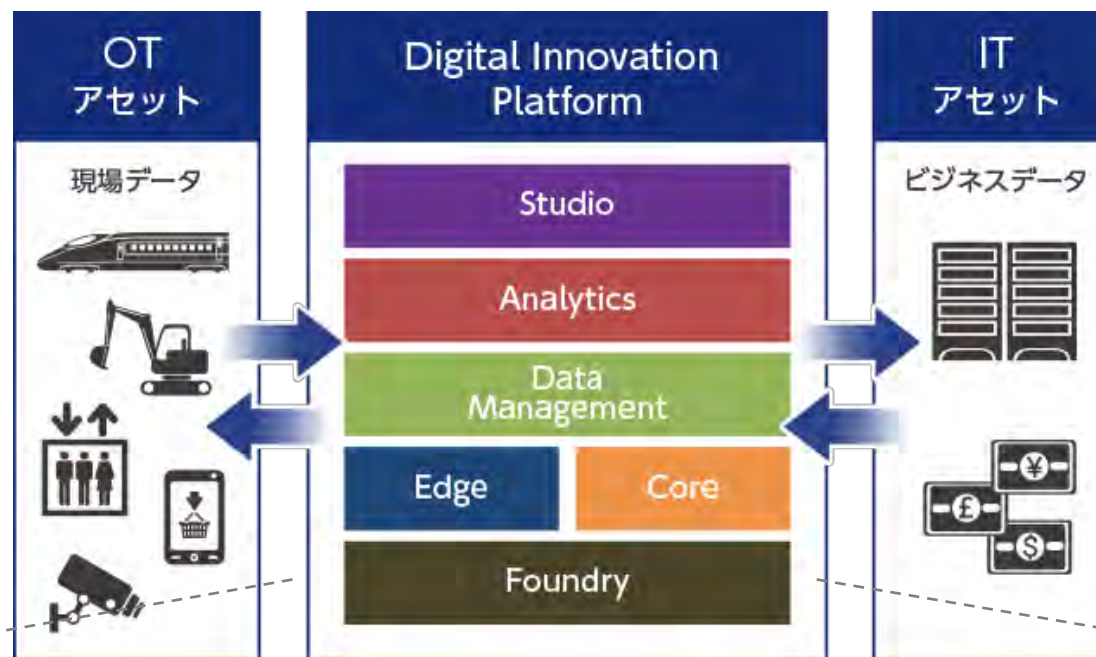
レジリエンス

安心・安全

OT×IT×プロダクトをパッケージで提供

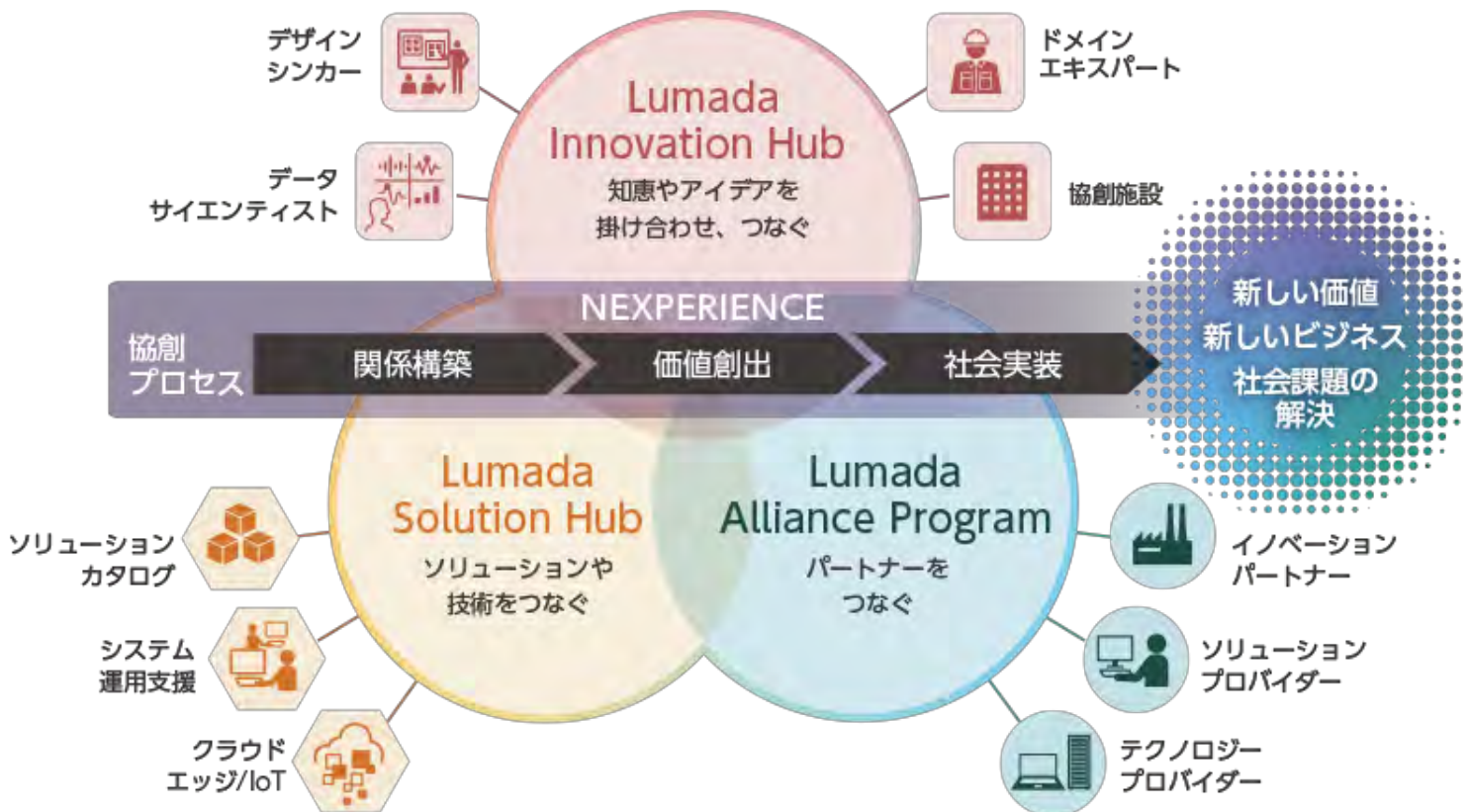


CyberとPhysicalを結ぶデータ分析・加工やアセット管理など、様々なPlatform機能を提供



Studio	結果を可視化する	Edge	機器データをIoTシステムへ中継する
Analytics	AIやアナリティクス技術でデータを分析する	Core	データレイクを備え、データを蓄積する
Data Management	データを集めて加工する	Foundry	サーバーやネットワークなど、IoTシステムのインフラを提供する

Lumadaでのお客さま・パートナーとの協創



<https://www.hitachi.co.jp/products/it/lumada/about/index.html>

HITACHI Inspire the Next

特設ページ

Lumada Solution Hubのソリューションご紹介

パートナーに活用いただくポータルサイトでは、さまざまなソリューションをご紹介します。本特設ページでは、ポータルサイトからその一部をピックアップしてご紹介いたします。パートナーになると、さらに多くのソリューションの情報をより詳しくご覧いただけます。

2021年6月10日現在 (先行登録済みの日立グループのソリューションを掲載)

	日立人材データ分析ソリューション	社員の生産性や配置配属などに対する意識をデータとして見える化し、人事施策の高度化を支援します。
	HRテクノロジー・コンサルティング	デジタル技術を活用し、人材のパフォーマンス向上、人事関連業務の高度化・効率化を支援します。
	人事総合ソリューション リシデア	人事への深い知見と高度なデータの統合・分析により、働く一人ひとりの多様性に寄り添いながら、その一人ひとりが自分の価値を最大限に発揮し、輝くことができる組織の実現をサポートします。
	Twx-21 Web-EDI Globalサービス	日本のみならず海外における企業とのグローバルな電子商取引を実現します。英語/中国語対応や、インボイス、パッキングリストなど海外取引特有の業務をWebで行うことができます。
	画像AIアプリケーションプラットフォーム Hitachi Visual Inspection Application	Hitachi Visual Inspection Applicationは、AIを活用した目視検査工程の本番システム構築や運用管理を低コストかつスムーズに行えるように設計されたアプリケーションプラットフォームです。
	IoTコンパス - 生産現場デジタルツイン化ソリューション	複数の生産現場に点在する生産設備の稼働状況や品質情報などのOTデータと生産計画や在庫管理などのITデータからデジタル空間に生産ラインを再現し、生産業務の全体最適化を支援します。
	JPI for IoT - デバイス管理	IoTデバイスの設置から運用、交換・廃棄といったライフサイクルを通じて、セキュリティ対策やIoTシステムの安定稼働を支援します。
	Lumada Manufacturing Insights	製造現場の見える化により生産性が向上します。 ※日立グループ会社、日立以外のパートナー場経由での販売となります。
	Twx-21 グローバルPSI見える化サービス	各拠点のP（生産）S（販売）I（在庫）情報を見える化し共有することにより、計画の立案が統一化され、在庫の適正化を促進できます。
	IoTデバイスによるMarketingへの活用 - 動線追跡	動線データを高精度にリアルタイムで取得・プライバシー保護に適したデータを取得します。

Overview of Strategic Direction

2021年6月8日

株式会社日立製作所
執行役員副社長 ライフ事業統括本部長
[2021年6月23日付で執行役社長 兼 COO に就任予定]

小島 啓二

© Hitachi, Ltd. 2021

5. イノベーション力の強化

現在のR&Dに加え、「2050年からのバックキャストに基づくオープンイノベーション」に投資

2050年の産業予測例

1. 脱炭素化とサーキュラーエコノミーの進展

- 水素燃料モビリティ ●エネルギー貯蔵 ●Zero Pollution ●水・炭素資源循環

2. 電動化技術の進歩による経済活動空間の拡大

- 空飛ぶクルマ ●摩擦レス高速移動 ●空中倉庫とドローン宅配 ●宇宙送電

3. バイオテクノロジーの進歩による細胞産業の勃興

- 再生医療 ●人工食料 ●バイオ燃料 ●自己増殖・修復材料

4. 量子コンピュータによる技術開発サイクルの加速

- 最適解の並列探索 ●材料・新薬開発 ●物理実験や生体治験のサイバー化

5. トラスト構築による公正なデータ流通産業の拡大

- 生体認証共通基盤 ●グローバルDFFT ●テクノロジーガバナンス

日立の研究開発例



iPS細胞大量自動培養*
iPS細胞を用いたパーキンソン病医師主導治験に適用
(細胞製造：大日本住友製薬、治験：京都大学)
(2021年1月発表)



2次元シリコン量子ビットアレイ構造
(2020年4月27日発表)

DFFT: Data Free Flow with Trust、*AMED(国立研究開発法人日本医療研究開発機構)の支援を受けて、大日本住友製薬ならびに京都大学と共同で細胞大量自動培養技術を開発しました (UP18be0104016) © Hitachi, Ltd. 2021. All rights reserved. 5

CMOSアニーリングマシン開発を先行し、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	大規模問題が扱え、 早期実用化が可能 最適化問題		多目的 (化学、金融、AIなど)	汎用
代表例	CMOSアニーリングマシン (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"> 研究スタート ('13) 20kb CMOSアニーリングチップ ('15) FPGA実装 ('18) Annealing Cloud Web公開 ('18) GPU実装 ('19) プログラミングコンテスト開始 ('19) ソリューション提供開始 ('20) 複数チップ接続マシン ('21) 		<ul style="list-style-type: none"> 日立ケンブリッジラボ創設 ('90) 単電子トランジスタ ('93) シリコン量子ビット読み出し回路 ('15) 2次元量子ドットアレイ ('20) ムーンショット型研究開発事業開始 ('20) CMOS回路混載2次元量子ドットアレイ ('21) 	

*NISQ : Noisy Intermediate-Scale Quantum Computer

大規模な「組み合わせ最適化問題」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	FPGA	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	8,192	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

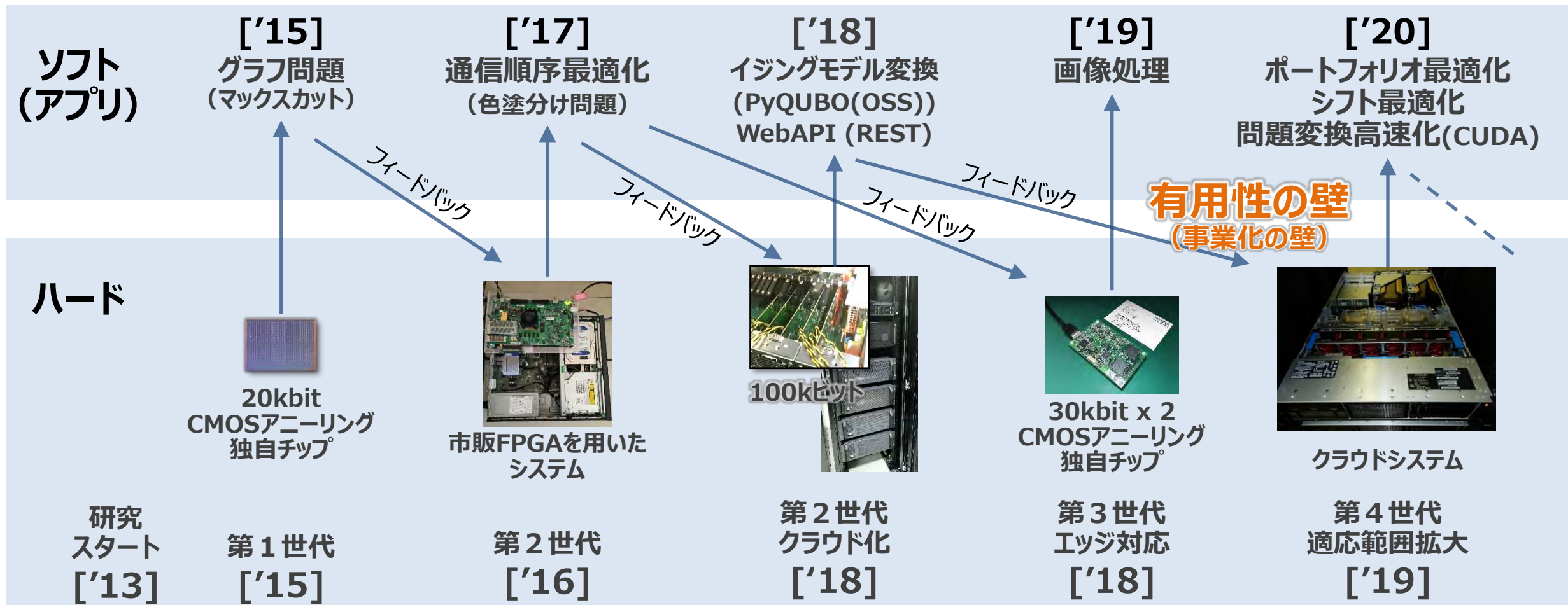
疎結合

一部の変数間にのみ、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

ハードとソフトのコーデザインで新ソリューションを創出 (チクタク開発)

CMOSアニーリングマシンの例





2020年1月8日
 損害保険ジャパン日本興亜株式会社
 SOMPOリスクマネジメント株式会社
 株式会社日立製作所

半導体ベースの新型コンピュータを活用した 損害保険ポートフォリオ最適化に関する実証実験を開始

損害保険ジャパン日本興亜株式会社(本社:東京都新宿区、社長:西澤 敬二、以下「損保ジャパン日本興亜」とSOMPOリスクマネジメント株式会社(本社:東京都新宿区、社長:布施 康、以下「SOMPOリスク」)、株式会社日立製作所(本社:東京都千代田区、執行役社長兼CEO:東原敏昭、以下「日立」)は、このたび、日立が開発した半導体ベースの新型コンピュータであるCMOSアニーリング^{*1}の損害保険ポートフォリオ最適化^{*2}への適用検討に合意し、本格的に実証実験を開始します。

3社は、本実証実験により、損害保険分野のビジネス課題である損害保険の保有リスクに関するポートフォリオの最適化に対するCMOSアニーリングの適用を検討し、インシュアテック^{*3}(保険とITの融合)によるリスクコントロールの高度化を目指します。

再保険市場における損害保険ポートフォリオ最適化

- 対象契約数200~1万で、従来精度を保ったままでの高速化を検証
- 契約対象数10万の場合、従来手法で2.6年要するところを5.5日で終わらせる見込み

News Release



2020年10月19日
 株式会社日立製作所

数十人、数百人規模の最適な勤務シフトを作成するソリューションを提供開始

量子コンピュータを模した日立独自の計算技術 CMOS アニーリングにより、複雑な勤務希望に対応したシフト作成を短時間かつ手軽に実現

株式会社日立製作所(執行役社長兼 CEO:東原 敏昭/以下、日立)は、このたび、日立独自の計算技術 CMOS アニーリング^{*1}を活用し、数十人や数百人規模の勤務シフトを作成する「勤務シフト最適化ソリューション」(以下、本ソリューション)を、10月19日から提供開始します。

本ソリューションは、量子コンピュータを疑似的に再現^{*2}し、大規模で複雑な組合せ最適化問題を高速に解くことができる日立の CMOS アニーリングを活用して、時間ごとの必要人数やタスク(職務)、休暇希望、勤務頻度、通勤時間などの複雑な条件に対応した勤務シフトの作成を可能にするものです。サービスセンターやコールセンターなどの大規模な勤務シフトにおいて、画一的なローテーションによるシフト組みではなく、細かな制約を複合的に考慮した最適な要員配置を実現します。

なお、本ソリューションの提供開始に先立ち、三井住友フィナンシャルグループのコールセンター数カ所³で活用し、共同で実務上の評価観点を検討・実証したところ、人手で作成する従来の勤務シフトと比較して余剰配置の発生を約80%削減するなど、要員配置の適正化に対する高い有効性が確認できました。

ターなどでは対応受付ま
 のメリットが期待できます。
 りと、将来の業務量とそ
 担当者の経験知ではなく、

スタマイズして追加し、各
 の使い勝手や実際の運
 されるため、シフト作成に
 ります。シフト作成者は、
 務希望などを入力します。
 算自体は数十分程度で完
 た場合にも、即時に再作
 希望を柔軟に取り入れる

■「勤務シフト最適化ソリューション」の価格および提供開始時期

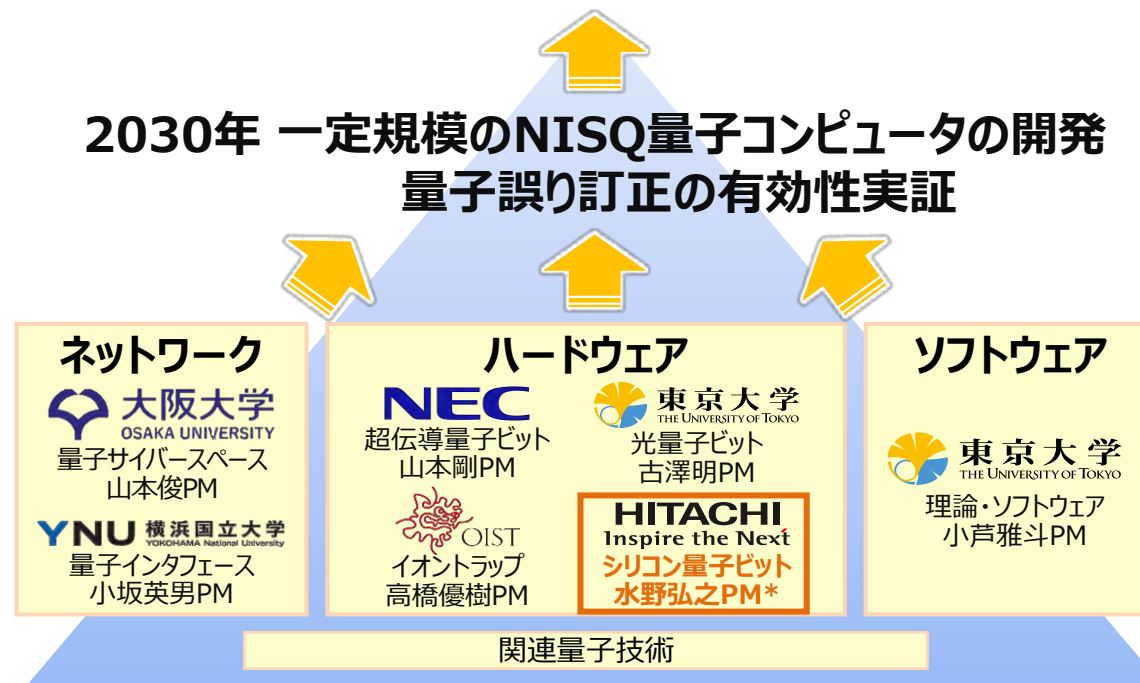
名称	価格	提供開始日
「勤務シフト最適化ソリューション」	個別見積	10月19日

ムーンショット型研究開発事業にて開発推進



2050年 誤り耐性型汎用量子コンピュータの実現

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



ムーンショット目標6 全体構成 (7プログラム)

*日立、神戸大(永田真)、東工大(小寺哲夫)、理研(中島峻)
Grant#: JPMJMS2065

<https://www.jst.go.jp/moonshot/program/goal6/index.html>

下記をもとに弊社で作成

https://www.jst.go.jp/moonshot/news/pdf/00_20210311_kitagawa.pdf



Volume 601 Issue 7893,
20 January 2022

Silicon qubits get closer to achieving error correction

Ada Warren & Sophia E. Economou

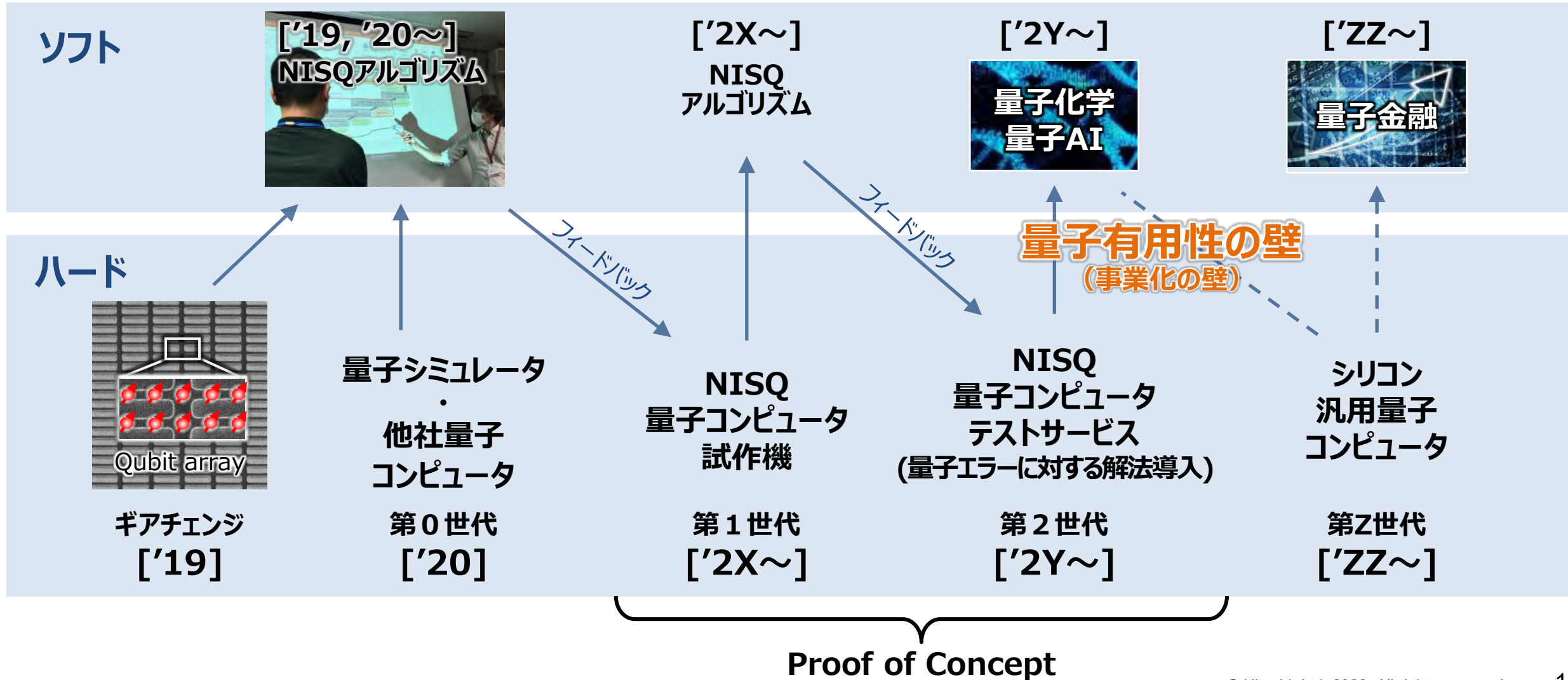
A silicon-based quantum-computing platform has met key standards for reducing error – setting the stage for quantum devices that could benefit from established semiconductor microchip technologies. See p.338, p.343 & p.348

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 qubits⁹ and trapped ions¹⁰. 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.

シリコンベースの量子情報処理は、これまで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、量子コンピュータのプラットフォームに一歩近づいた。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。

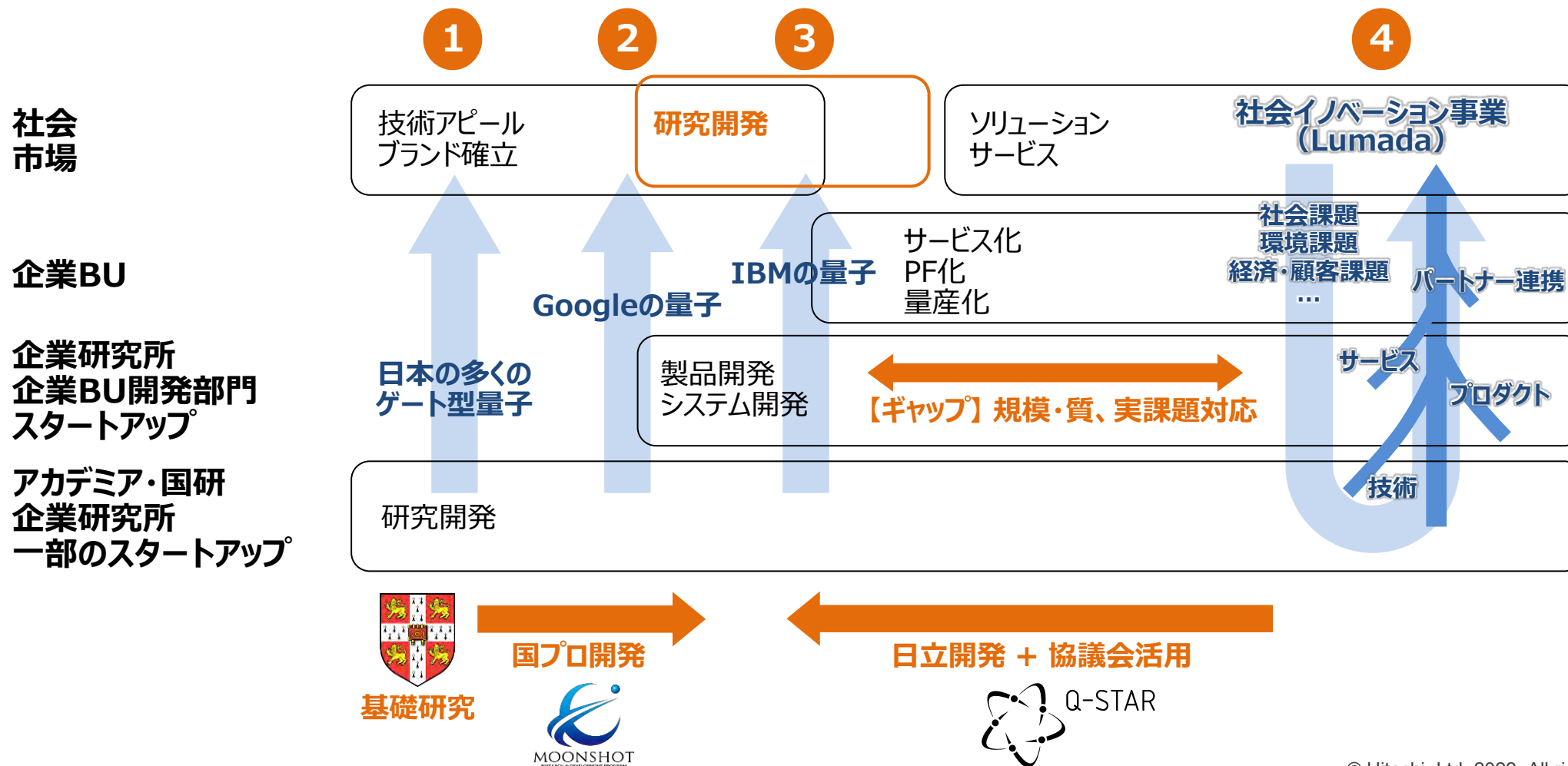
重要な問題は、システムのサイズが1ビットでも大きくなると、量子ビットの校正、ベンチマーク、達成された忠実度の多くが悪影響を受けることである。したがって、このシステムの次の実験的マイルストーンは、**より多くの量子ビットが存在するにもかかわらず、XueらやNoiriらが実証したような高い忠実度を持つ2量子ビットゲートをホストする、より大きな量子ドットアレイを構築することである。**このようなシステムのさらなるブレークスルーは、量子エラー訂正の実証である。

ゲート型量子コンピュータの開発でもハード・ソフトのコデザインが必要



ゲート型量子コンピュータの事業化シナリオ

- 日立ケンブリッジラボでの基礎研究をベースに、ムーンショットも活用し開発強化中
- アプリケーション創出は、量子関係の各種協議会を利用してユーザ企業と共に開拓



ハード開発

アルゴリズム開発

3. **アーキテクチャ**

3.1 要求事項

3.2 **アーキテクチャ**

3.3 社会実装に向けた施策

3.3.1 施策X (運行管理 etc...)

3.3.1.1 概要

3.3.1.2 課題

3.3.1.3 **国内外の動向**

3.3.1.4 取組の方向性

3.4 **ロードマップ**

3.5 課題一覧

アプリケーション開発 (≒ ユースケース)

2. **ビジョン**

2.1 **コンセプト**

2.2 ユースケース

2.2.1 分野X (防災etc...)

2.2.1.1 **課題分析**

2.2.1.2 TO-BEユースケース

2.2.1.2.1 全体像

2.2.1.2.2 **ユーザーエクスペリエンス**

2.2.1.2.3 **ビジネスモデル**

2.2.1.2.4 机上検証

2.2.1.3 先進事例

2.3 **経済性分析**

コラボレーション

自然科学、工学が中心

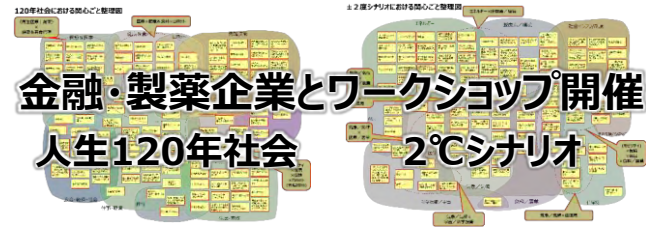
(開発環境：シミュレーション、テストベット)

人文科学、社会科学も重要

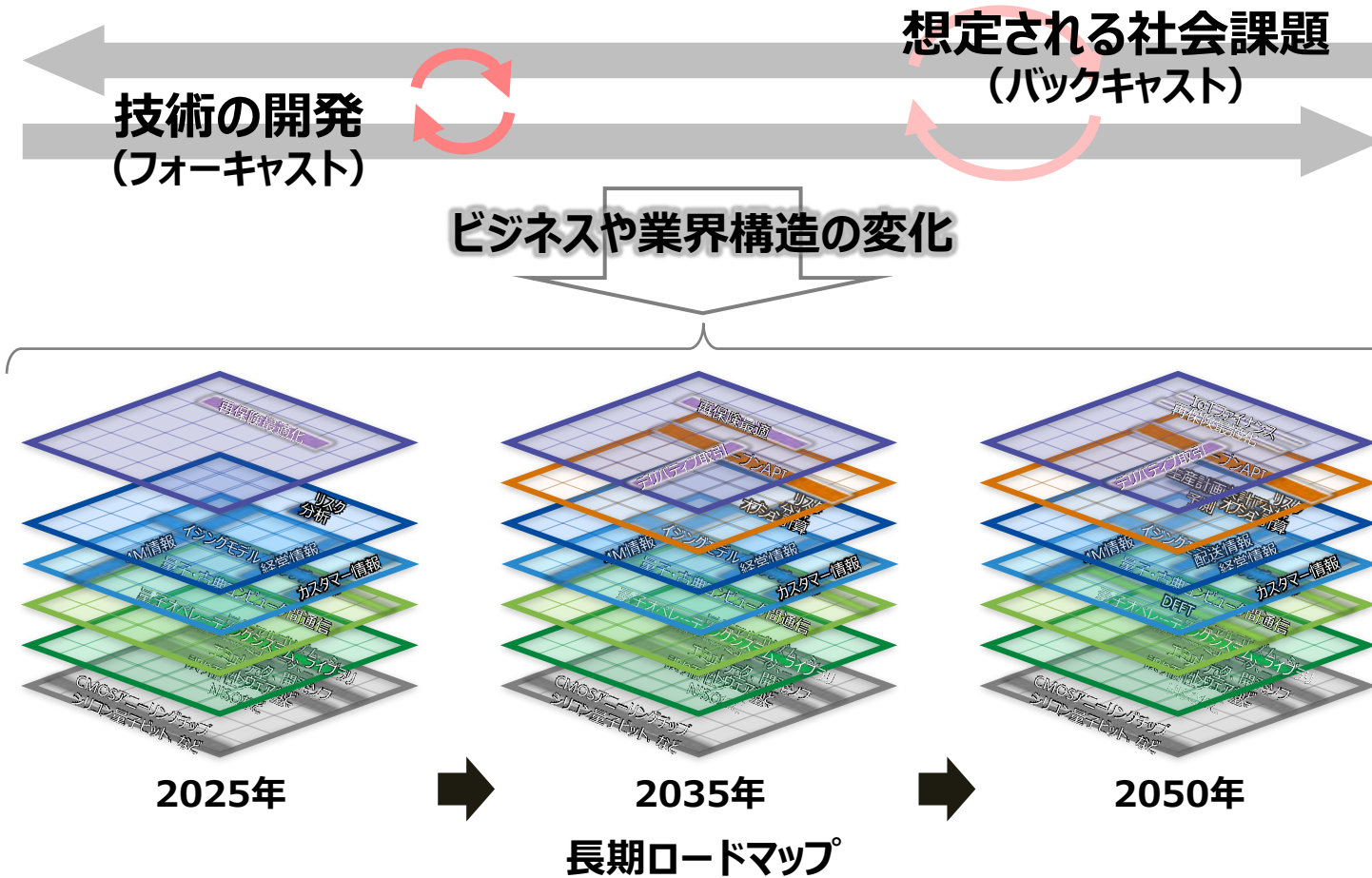
(開発環境：社会シミュレーション)

Q-STAR (量子波動・量子確率論応用部会) でのアプローチ

現在の社会・産業



2030年の社会のあるべき姿 (Society 5.0)



内閣府 Society 5.0 HPより
(https://www8.cao.go.jp/cstp/society5_0/)

■ 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の構築）
 - 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) 周辺ハード・サプライチェーン、半導体試作ラインの整備
 - C) 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) 日本が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（効果検証・特区、社会シミュレーション）
- ③ **人材確保**
 - A) 人材DBの構築・共有
 - B) 流動性確保（企業・アカデミア、国内外、ジョブ型雇用の活用）
 - C) アウトリーチ活動

Hitachi Social Innovation is

POWERING GOOD

世界を輝かせよう。