

# 環境ベテランズファーム Webセミナー (2023年5月)

## 講演テーマ:

量子コンピュータ技術の現状と社会実装に向けた取り組み  
～期待が膨らむ未来の可能性と既存技術との融合～

講師: 小栗 伸重 様

株式会社フィックスターズ 執行役員マーケティング部長

一般社団法人 量子技術による新産業創出協議会

広報・アウトリーチセクション リーダー

## 講師略歴:

- 1990年代のインターネット黎明期より、コンテンツ制作・Webエンジニア、SE職に従事。シリコンバレーの拠点と連携し、ソフトウェア商品、クラウド事業の商品企画・新規事業立ち上げをグローバル市場で経験
- 2021年7月～ 現職にて、マーケティング・広報・アライアンスを担当
- 2022年12月～ 量子技術による新産業創出協議会(Q-STAR)の広報・アウトリーチ部門のリーダーに就任

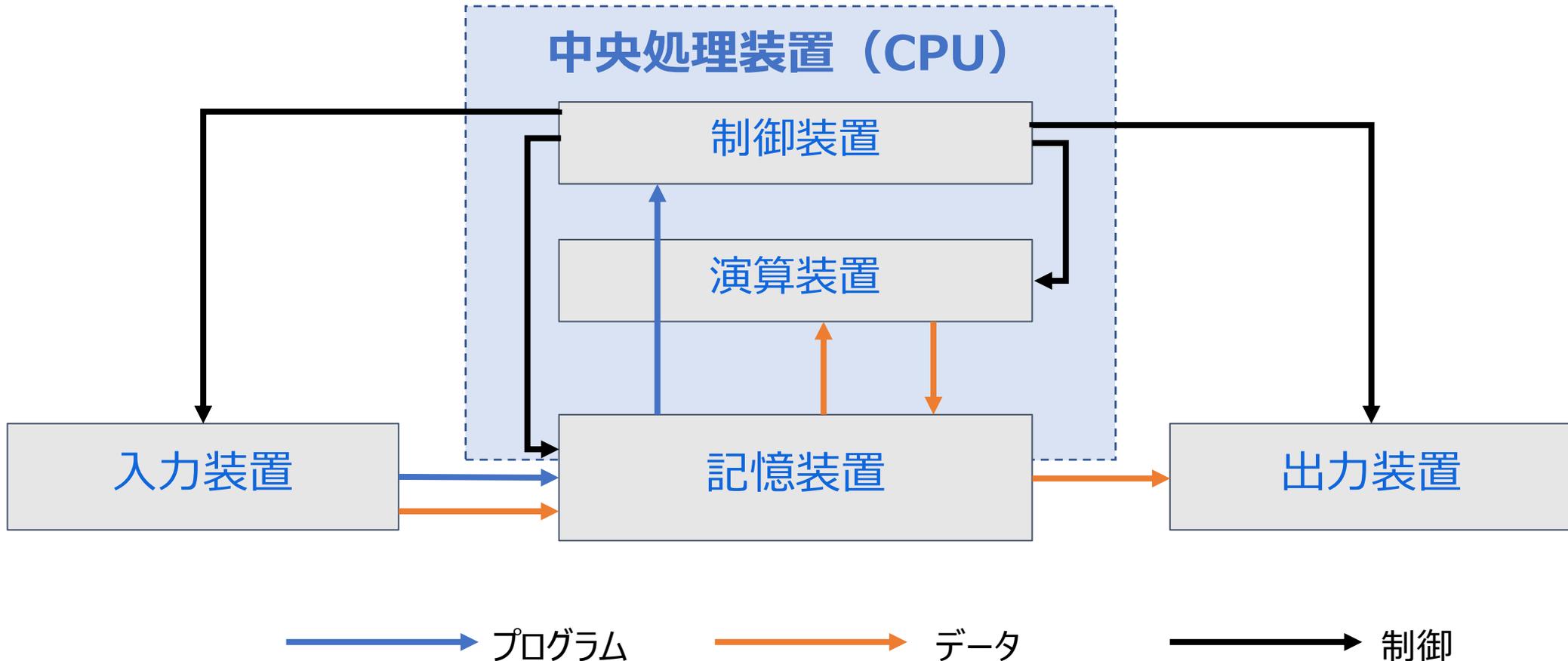
# AGENDA

- **コンピュータの仕組み**
  - 現在使用されているコンピュータの仕組みと量子計算の違い
- **量子技術を取り巻く市場環境と期待**
  - 業界動向と変化点、量子産業を可能にする要素や技術
- **産業界の取り組み：Q-STAR**
  - 日本の産業界がどのような活動や視点で、業界変化をとらえているか
- **事業会社の取り組み：フィックスターズグループ**
  - 個社が既存技術とどのように関連づけて、事業活動を展開しているか

# コンピューターの仕組み

# ノイマン型コンピュータの基本構成と処理の流れ

ジョン・フォン・ノイマンによって提唱されたコンピュータの基本構成。  
現在のコンピュータのほとんどがこの方式を採用



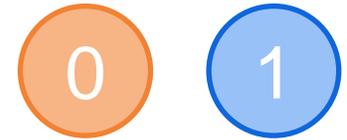
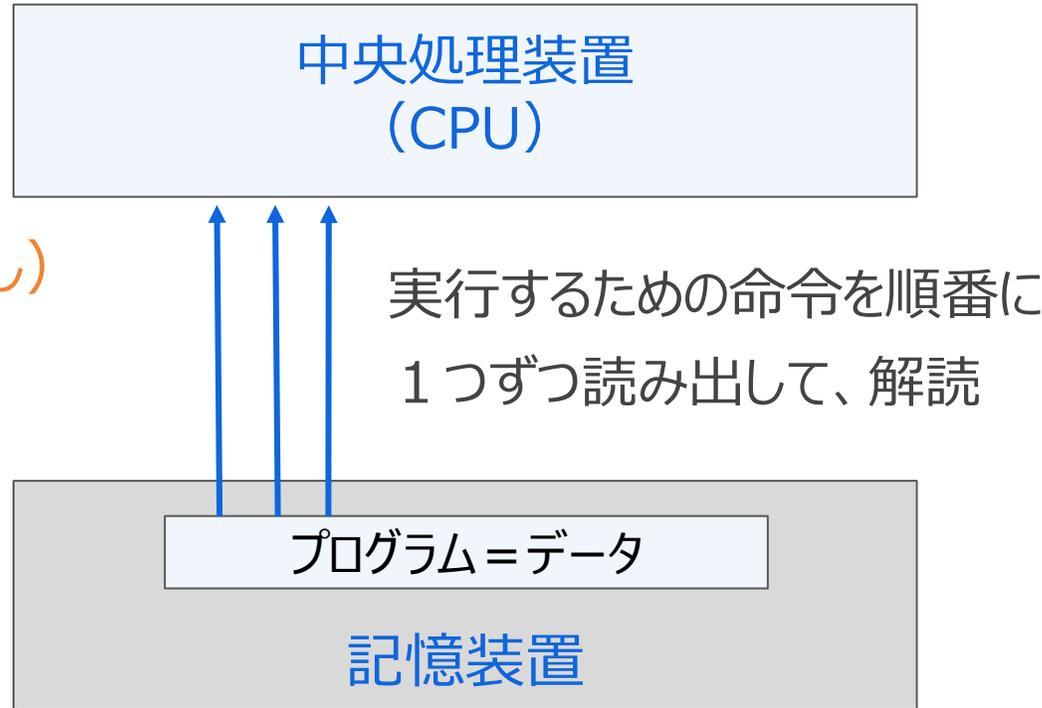
# ノイマン型コンピューターが計算をする手順

プログラム（命令の集まり）をデータとしてメインメモリ（主記憶装置）に格納しておき、CPU（中央処理装置）が順番に読み出して実行（演算）する

## 3. 実行（演算）

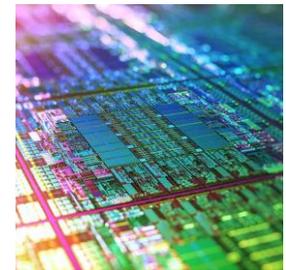
## 1. フェッチ（取り出し）

## 2. デコード（解読）



デジタル回路

半導体



# 非ノイマン型コンピュータ

ノイマン型コンピュータとは異なる基本設計のコンピュータの総称。

ノイマン型コンピュータはプログラムを順番に実行するのに対し、非ノイマン型はデータの流れや神経回路網などをモデルにした方式などを採用

- データフローコンピュータ
- ニューラルコンピュータ（脳神経回路をモデル化）
- 量子コンピュータ（量子力学的な現象を利用）

# 古典コンピュータと量子計算

量子コンピュータは、特定の条件下で、現在のコンピュータよりも高速な計算を行える可能性があるとして期待されている。業界では、現在使われているコンピュータを「古典コンピュータ」と呼び分けることが多い。

情報を扱う最小単位 = ビットの取り扱いが異なり、膨大な数の計算を同時に行える可能性を持つ。

## 古典コンピュータ

デジタル回路：ON/OFF  
0か1の2択



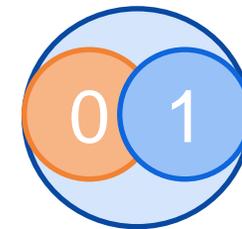
1ビット

ハイブリッド

誤り耐性

## 量子コンピュータ

量子力学：重ね合わせ状態  
0と1両方の状態



量子ビット

# 量子計算の適用が期待される「組合せ最適化問題」

組合せ最適化問題を高速に演算、解くための新しい技術として社会実装が始まっています。

膨大な選択肢から、制約条件を満たし、ベストな選択肢を探索する（組合せ最適化問題）



スケジューリング



配送計画



スマートシティ



集積回路設計



参考: 慶應義塾大学 田中宗 准教授 「量子コンピュータ最前線とイジングマシンの可能性」

# 量子コンピューティングの活用が期待されている分野

- 物流

- 最短で回れる配送ルート of 算出や、人員配置 of 予実管理 of 最適化

- 製造

- 人員配置 of 予実管理 of 最適化

- モビリティ

- 渋滞回避 of ためのルート of 算出

- 通信

- 各基地局 of 帯域 of 重複率を最小限にするパラメータ of 算出

- 産業

- 工場 of スマート化

- 創薬

- 分子類似性検索

- 金融

- 株価予測・為替予測、最適なポートフォリオ of 算出

# 量子技術を取り巻く市場環境と期待

# 量子インターネット時代の到来

## インターネット

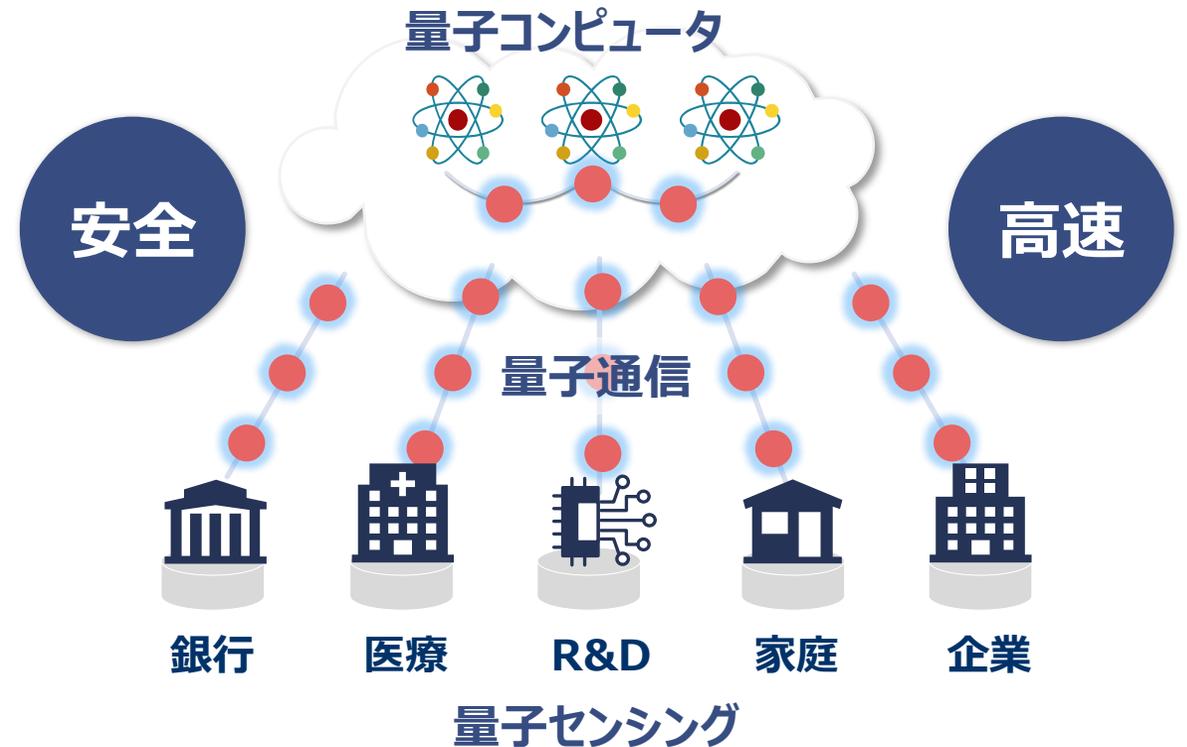
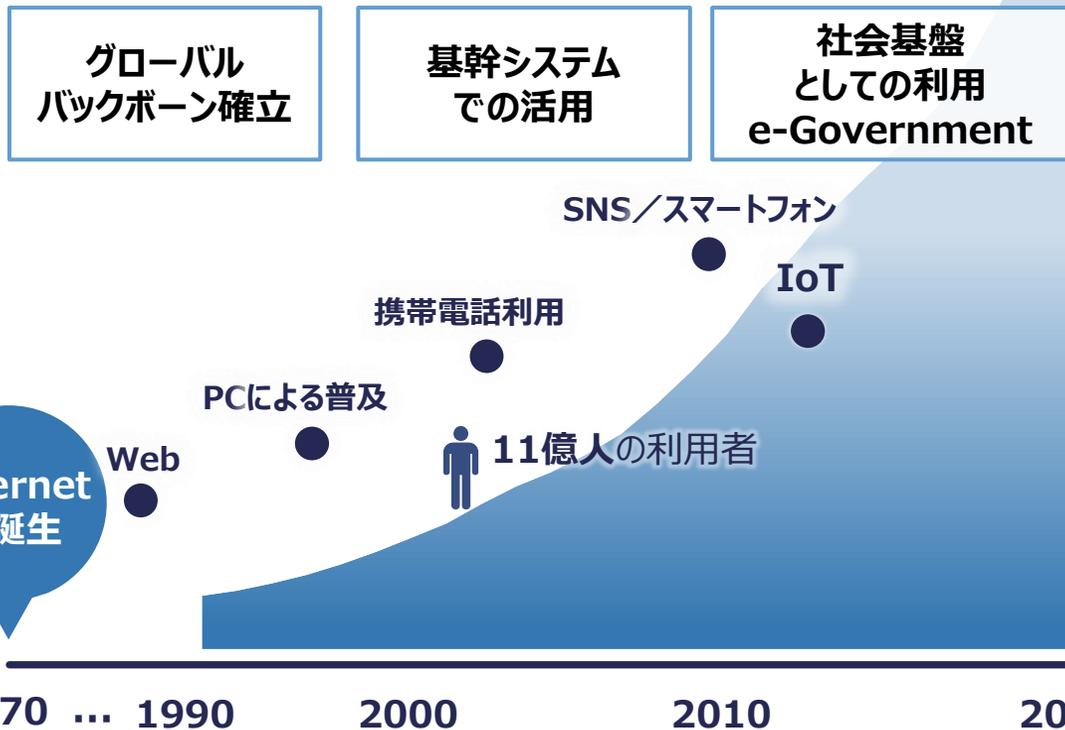
50年で数百兆円の産業を創出

数百兆円  
41億人

次の50年

## 量子インターネット

量子コンピュータ、量子センシング  
量子通信・暗号の融合による、  
安全で高速な情報インフラ



# 量子産業を可能にする重要な項目

量子  
コンピュータ

膨大な  
データ

通信

アプリケーション  
ソフト

# 量子コンピュータの強み

## 静的な問題解決



## 動的な問題解決

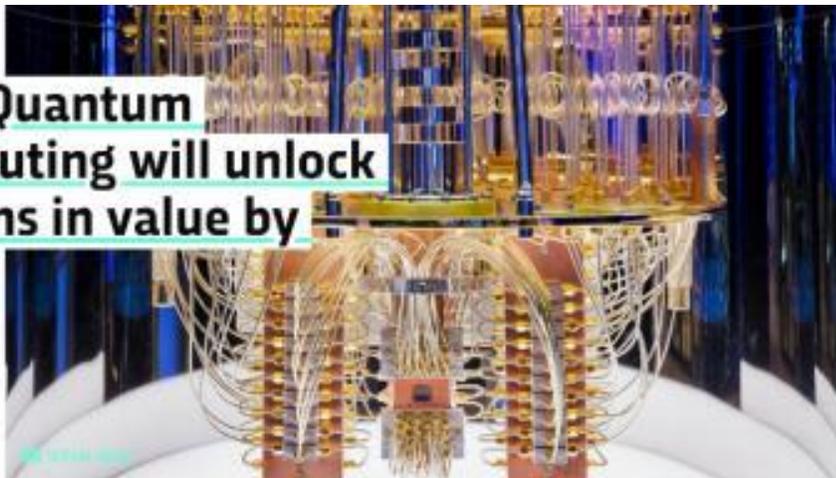


通信

膨大なデータ

# 量子コンピューティングの加速

## IBM: Quantum computing will unlock billions in value by 2030



IBMは量子ロードマップの拡充を発表(22年5月)

<https://techwireasia.com/2021/12/ibm-quantum-computing-billions-2022/>

## Amazon Joins Tech's Great Quantum Computing Race

The company's AWS unit will allow customers to tap quantum machines from three startups. The offering follows a similar service from Microsoft.



Amazonは量子技術活用に向け市場参入を表明(21年12月~)

<https://www.wired.com/story/amazon-joins-quantum-computing-race/>

## Microsoft has developed a whole new kind of qubit to accelerate quantum computing

By Alex Davies-Holmes published 10 days ago

Microsoft says it has made a big leap in the race for quantum computing.



Microsoftは量子コンピュータの開発加速に役立つ、新しい種類の量子ビット作成の実証に成功(22年3月)



<https://www.techradar.com/news/microsoft-has-developed-a-whole-new-kind-of-qubit-to-accelerate-quantum-computing>

## Google wants to build a useful quantum computer by 2029

After claiming quantum supremacy breakthrough in 2019

By Jon Peddie | @JonPeddie | Mar 18, 2021, 5:34am CST



Googleは有益な量子コンピュータを2029年までに開発すると表明(21年5月)

<https://www.theverge.com/2021/5/19/22443453/google-quantum-computer-2029-decade-commercial-useful-qubits-quantum-transistor>

# 国産量子コンピュータの開発

## 理化学研究所 国産量子コンピュータを利用できるクラウドサービスとして稼働開始

国産超電導量子コンピュータ初号機を稼働させ、インターネット上のクラウドサービスで公開  
海外勢が先行していた、量子コンピュータの開発競争に参入



### クラウド公開・運用・利用の方針

2023年3月24日発表時

- 非商用利用とする
- 当面は共同研究契約をベースにした運用とする
- 当面無償利用とする

【出展】理化学研究所Webサイト

[https://www.riken.jp/pr/news/2023/20230328\\_4/index.html](https://www.riken.jp/pr/news/2023/20230328_4/index.html)

[https://www.riken.jp/pr/news/2023/20230324\\_1/index.html](https://www.riken.jp/pr/news/2023/20230324_1/index.html)

# 量子技術推進への動向

## 量子技術推進に向けた大きなモメンタムが生まれつつある

### ➤ 世界的な量子技術への関心の高まり

国内では2020年1月に策定された量子技術イノベーション戦略に基づき様々なアクティビティが推進され、2021年に**Q-STARが発足**。海外で先行する欧州・米国の産業界コンソーシアムとの連携がスタート。



### ➤ 国策として量子技術を推進

岸田政権での「新しい資本主義」の柱として国産量子コンピュータの開発をはじめとした量子技術の研究開発がハイライト。経済安全保障政策として、量子暗号通信技術の研究開発と社会実装の推進も政策の一つに掲げられた。

### ➤ 『量子未来社会ビジョン』策定

未来社会におけるQX(Quantum Transformation)の位置づけを定義し、出口戦略を明確にするため、量子技術イノベーション戦略を見直し

(2021年10月～22年3月)。

見直しWGにQ-STARからも参画し、

量子技術イノベーション戦略と両輪を成す

『量子未来社会ビジョン』として22年4月に発行。

未来社会ビジョンに向けた  
2030年に目指すべき状況

国内の量子技術の利用者を1,000万人に

量子技術による生産額を50兆円規模に

未来市場を切り拓く量子ユニコーンベンチャー企業を創出

量子未来社会ビジョン  
～量子技術により目指すべき未来社会ビジョンとその実現に向けた戦略～

概要

令和4年4月22日  
内閣府 科学技術・イノベーション推進事務局

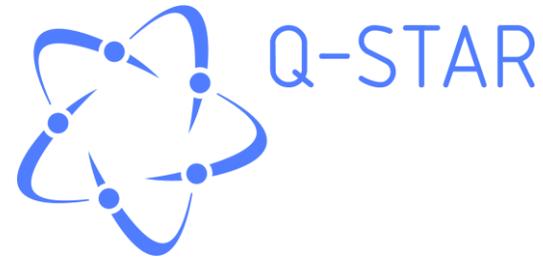
【出典】内閣府統合イノベーション戦略推進会議

<https://www8.cao.go.jp/cstp/tougosenryaku/kaigi.html>



**産業界の取り組み**  
**Q-STAR**  
**(量子技術による新産業創出協議会)**

# 量子技術による新産業創出協議会 (Q-STAR)



Quantum **ST**rategic industry **A**lliance for **R**evolution

設立

2021年9月1日（一般社団法人化：2022年5月）

目的

量子関連の産業・ビジネスの創出

会員数

75（2023年5月1日現在）

# スコープ

産業創出に必要な量子技術及び関連技術に幅広く取り組みます



# Q-STARの歩み

2021  
立上げ時

2021.5  
発起人会設立

11 会員

2021.9  
Q-STAR 発足

24 会員

6WG 4部会

2022  
議論・ユースケース創出

2022.5  
一般社団法人化

65 会員

8 WG 5 部会

2023  
実証ステージへ

2023.1  
海外産業団体とのMOU

75 会員

8 WG 6 部会

▶ 『量子未来社会ビジョン』策定に参画



▶ 50件以上のユースケース議論

Use cases	Anticipated effects	QIAMI	target period	Subcommittee
Data-driven finance	Provide financial engineering (Combinatorial Optimization Problem)	25-30	Applications of quantum wave and quantum probability theory	
Quantum chemistry calculation	Quantum chemistry calculation (Applications of Quantum Superposition)		Applications of Quantum Superposition	
Financial engineering (2 cases)	Provide Financial Information Infrastructure (Quantum Cryptography and Quantum Communications)		Applications of Quantum Cryptography and Quantum Communications	
Logistics	Improve combinatorial optimization		Combinatorial Optimization problem	
Energy (power)	Efficient power supply household		Combinatorial Optimization problem	
Financial information infrastructure	Distributed storage financial customer		Quantum Cryptography and quantum Communications	
Medical information infrastructure/platform	Safe transmission and storage medical information		Quantum Cryptography and Quantum Communications	

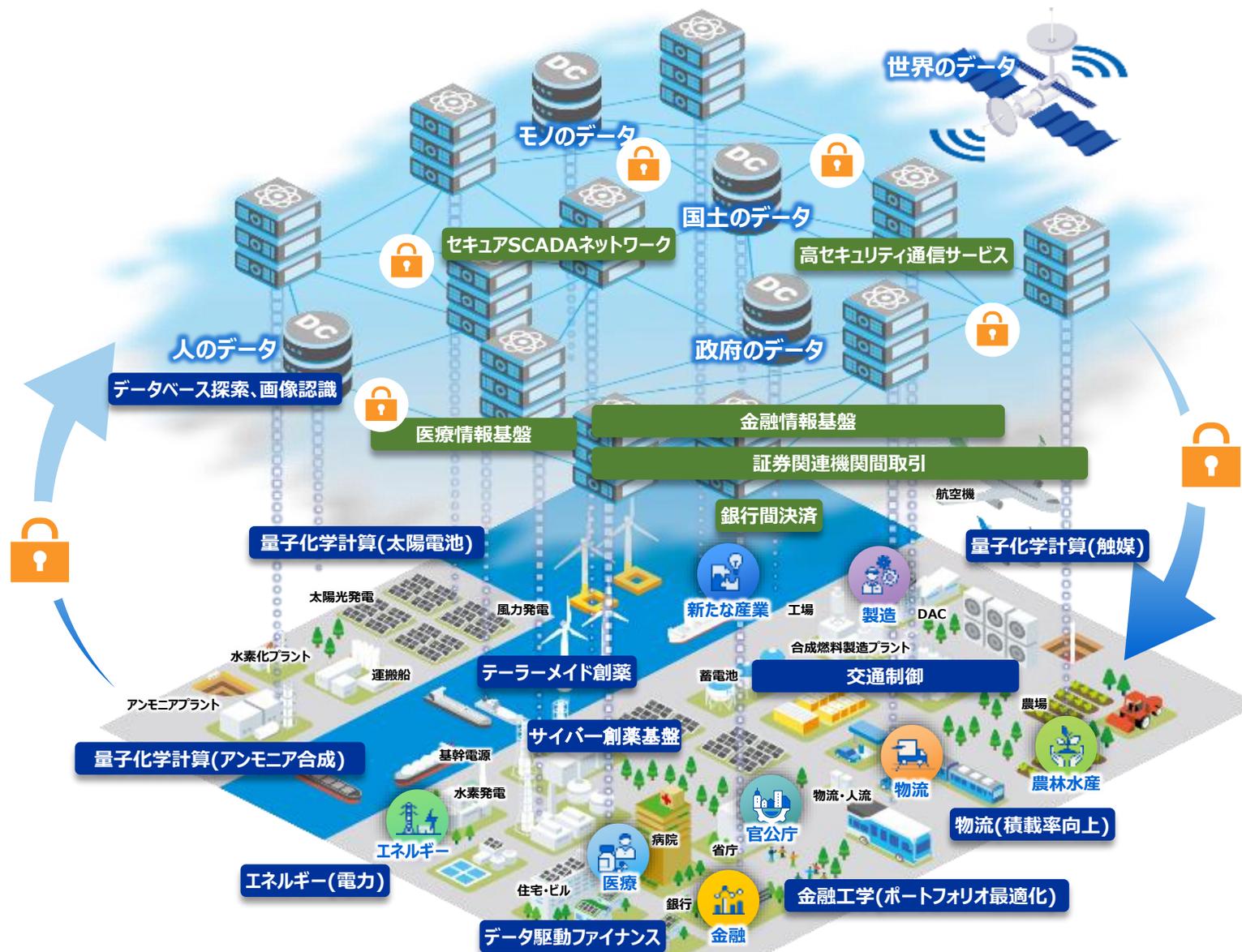
▶ 『量子未来産業創出戦略』策定に参画



▶ うち16件を厳選、産業ロードマップ化



# 量子技術が実現する未来の社会に向けて



量子コンピュータ関連技術

量子暗号・量子通信関連技術

(「カーボンニュートラルの産業イメージ」(経済産業省)([https://www.meti.go.jp/press/2020/12/20201225\\_012/20201225012-4.pdf](https://www.meti.go.jp/press/2020/12/20201225_012/20201225012-4.pdf))を加工して、Q-STARのユースケースを基に作成)

# 量子コンピュータによる産業化 動向

イジング型を活用した組み合わせ最適化を解く問題を中心に取組みが進展  
量子ゲート方式は、まだ実用段階までは時間を要する状況

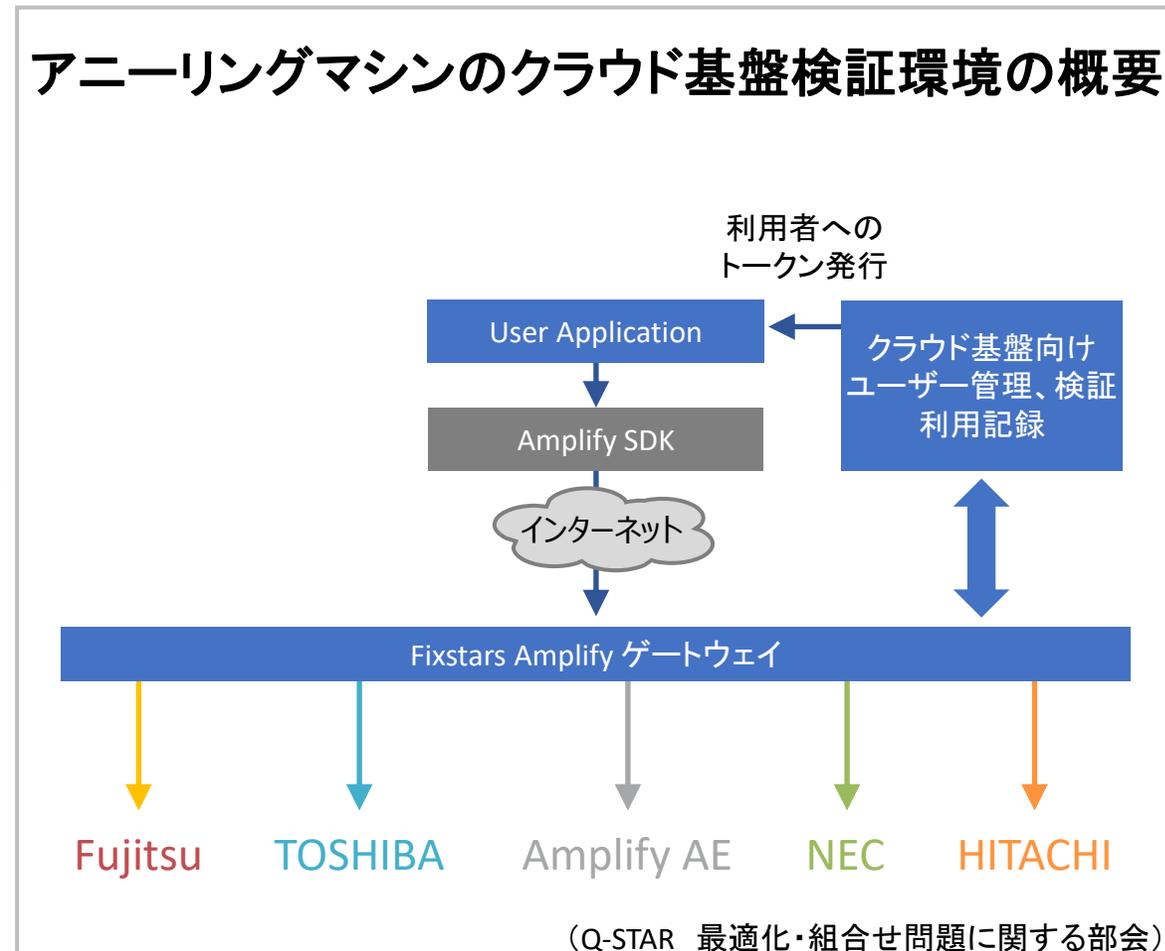


# ソフトウェアプラットフォームの構築

Q-STARとNEDOで連携し、様々なユースケースを実装・検証できる統合的環境を整備

## ユースケース

- 有機分子の結晶構造予測
- 自然災害リスクレポートフォリオ最適化
- 製造業における生産スケジューリング
- 新建材(コンクリート)の材料混合比最適化
- 製造業における人員スケジューリング
- 報酬発生型ルート案内システム



# 量子・AI融合技術ビジネス開発グローバル拠点（産総研）への期待

多様なユースケースを実装・検証できる統合的環境構築とベンチマークや人材の育成

## 1. テストベッドの整備

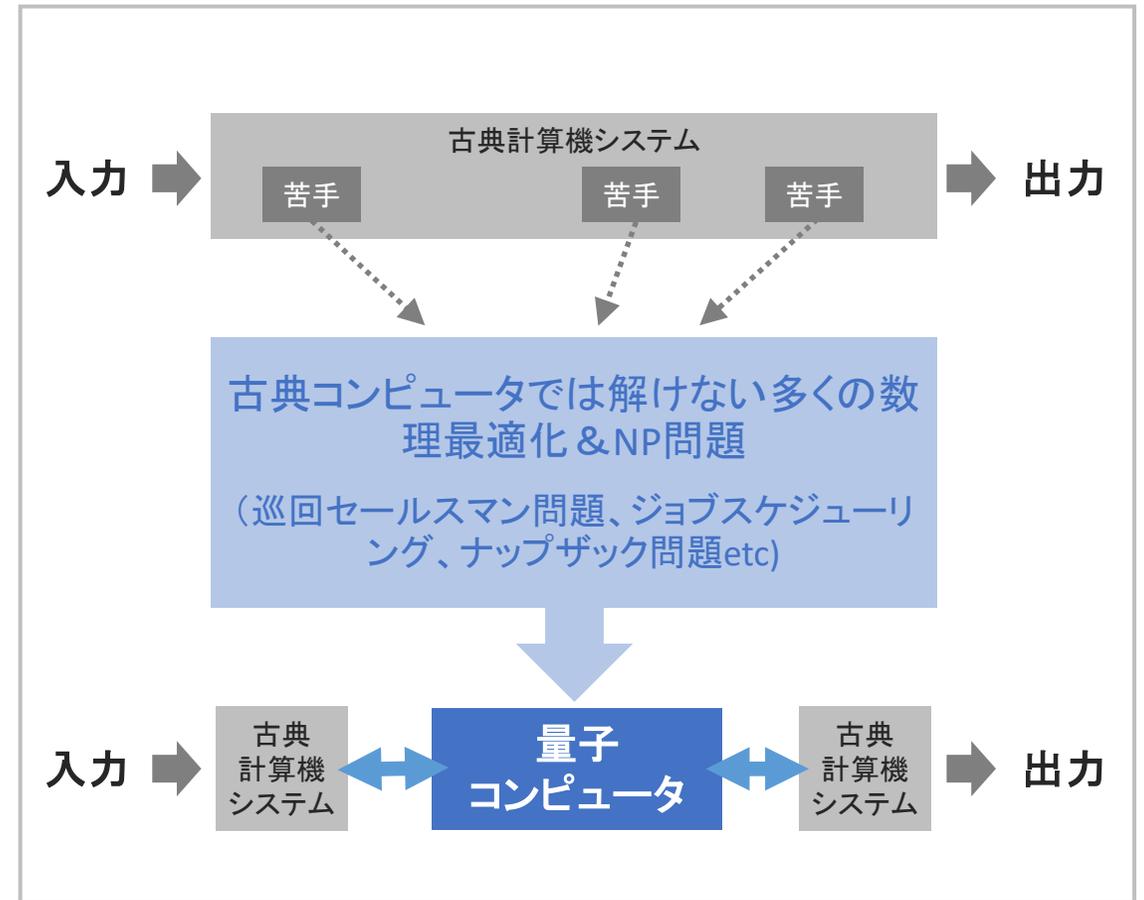
量子コンピュータの優位性確認（量子重ね合わせの効果を検証できるテストベッドの整備）

## 2. ベンチマークの作成とその配布

Q-STAR検討のユースケースをベンチマーク化し世界にも公開

## 3. ABCI、スパコンなどとの連携による古典量子ハイブリッド環境や古典人材への量子技術の導入プログラム

量子産業化のための人材育成や情報発信

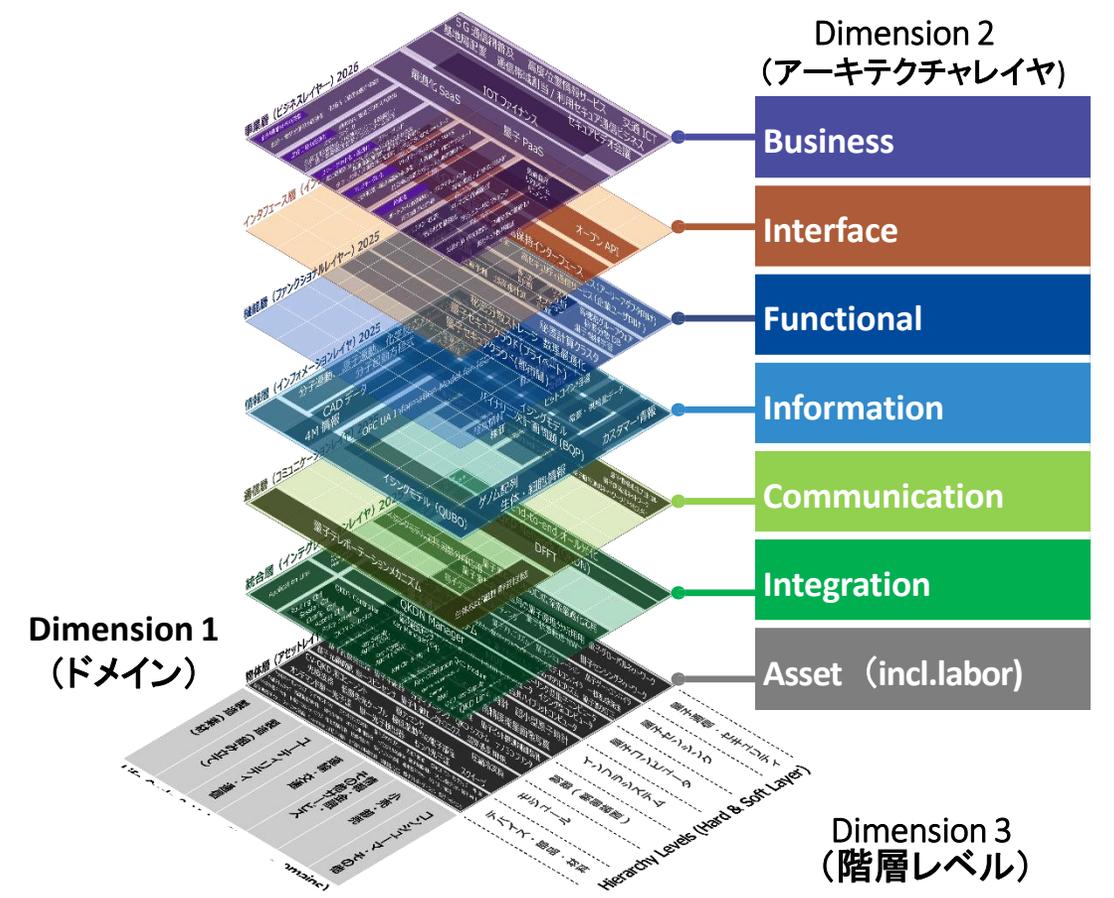


# ユースケース開発手法の普及・標準化

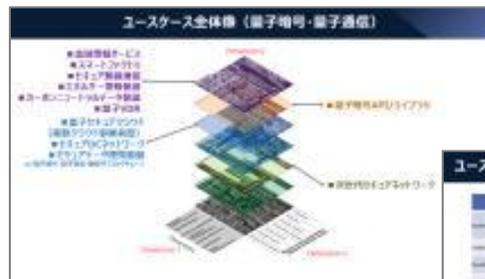
QRAMI\*の導入により、ドメイン、アーキテクチャ、技術の3軸で量子関連領域全体をビジョン化した量子ユースケースの開発が可能に

## QRAMI

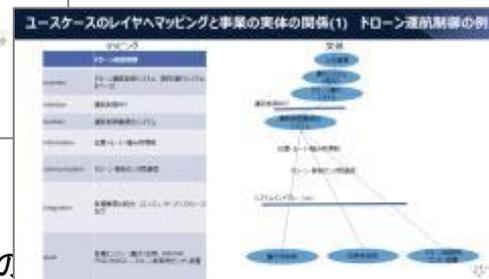
(Quantum Reference Architecture Model for Industrialization)



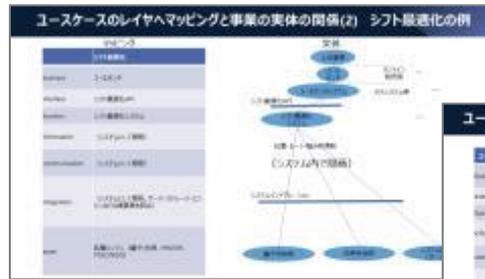
量子暗号・量子通信ユースケースの全体像



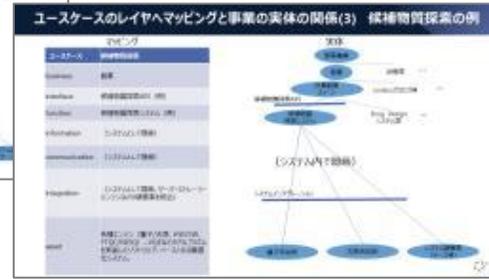
ドローン運航制御のビジネスアーキテクチャ



コールセンターのシフト制御のビジネスアーキテクチャ

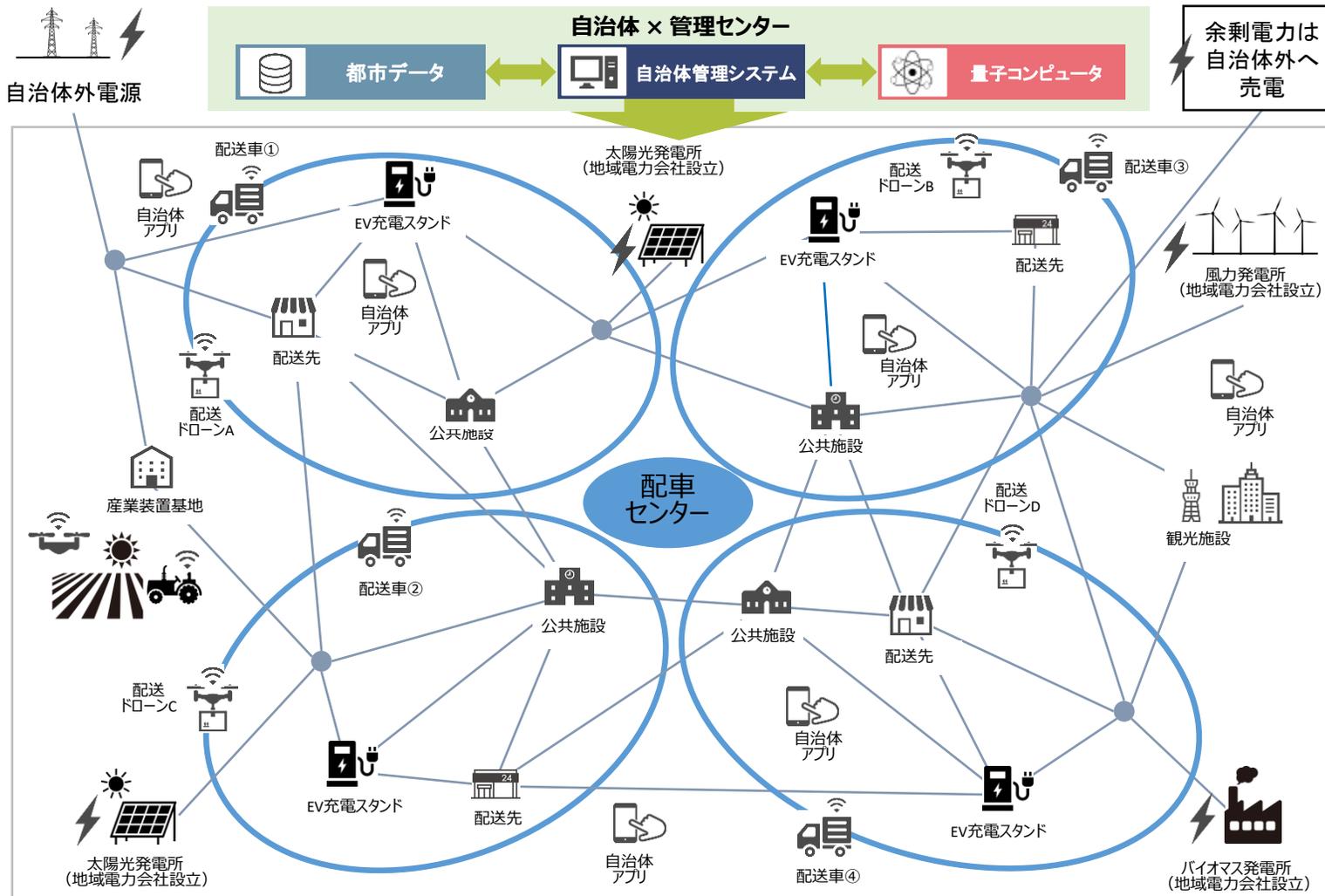


候補物質探索のビジネスアーキテクチャ



# 量子技術で未来の社会を豊かにする ～クオラムシティ構想～

量子技術を活用で全体最適のまちづくりを推進するため、産官学体制構築を



## 量子技術の導入により

- 個別最適だけでなく、「まちレベル」での全体最適化へ
- サイバー空間で示された最適解を住民と行政が話し合うことで双方が納得感を持った未来のまちづくりを実現
- 産官学推進体制構築と、政府によるアーリーアダプタの活用を提案

# 国際連携の強化による産業化の加速

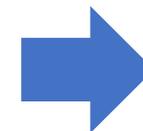
グローバルの量子産業とエコシステムの成長を国を超えて連携し、支援するべく、  
International Council of Quantum Industry Associationsを立ち上げ



2023年1月31日サンフランシスコにてMOU調印

## 現在の参加団体

Quantum Industry Canada (QIC),  
Quantum Economic Development Consortium (QED-C),  
Quantum Strategic Industry Alliance for Revolution (Q-STAR)  
European Quantum Industry Consortium (QuIC)



共通価値を持つ団体  
のさらなる加入を歓迎

# 事業会社の取り組み例 株式会社フィックスターズ

# 株式会社フィックスターズ

会社名	株式会社フィックスターズ
本社所在地	東京都港区芝浦3-1-1 msb Tamachi 田町ステーションタワーN 28階
設立	2002年8月
上場区分	東証プライム（証券コード：3687）
代表取締役社長	三木 聡

資本金	5億5,446万円
社員数（連結）	263名（2022年9月現在）
主なお客様	キオクシア株式会社 ルネサスエレクトロニクス株式会社 トヨタグループ（トヨタ自動車株式会社・豊田通商株式会社・株式会社デンソー） みずほ証券株式会社 キヤノン株式会社

## グループ会社

※グループ会社一覧：<https://www.fixstars.com/ja/company/group>

### Fixstars Solutions, Inc.

完全子会社  
米国での営業及び開発を担当

### (株)Fixstars Autonomous Technologies

株式会社ネクスティ エレクトロニクスとのJV  
自動運转向けソフトウェアを開発

### (株)Fixstars Amplify

2021/10/1 設立

完全子会社  
量子コンピューティングのクラウド事業を運営

### (株)Sider

完全子会社  
開発支援SaaS「Sider」を運営

### (株)Smart Opinion

連結子会社  
乳がんAI画像診断支援事業を運営

### オスカーテクノロジー(株)

連結子会社  
ソフトウェア自動並列化サービスを提供

# 事業領域

コンピュータの性能を引き出す高速化技術を軸に、人類社会の課題解決に貢献しています。



## 組込みシステム等の高速化

フラッシュストレージの高性能化、応用分野の拡大



消費電力削減による環境  
負荷低減



## 自動運転の高性能化・実用化

次世代パーソナルモビリティの研究開発支援



交通事故の低減  
交通弱者への支援



## 医用画像処理、ゲノム解析の高速化

AIによる画像診断支援



より気軽で質の高い診断  
治療へのアクセス



## AI・量子技術を用いたサービス開発

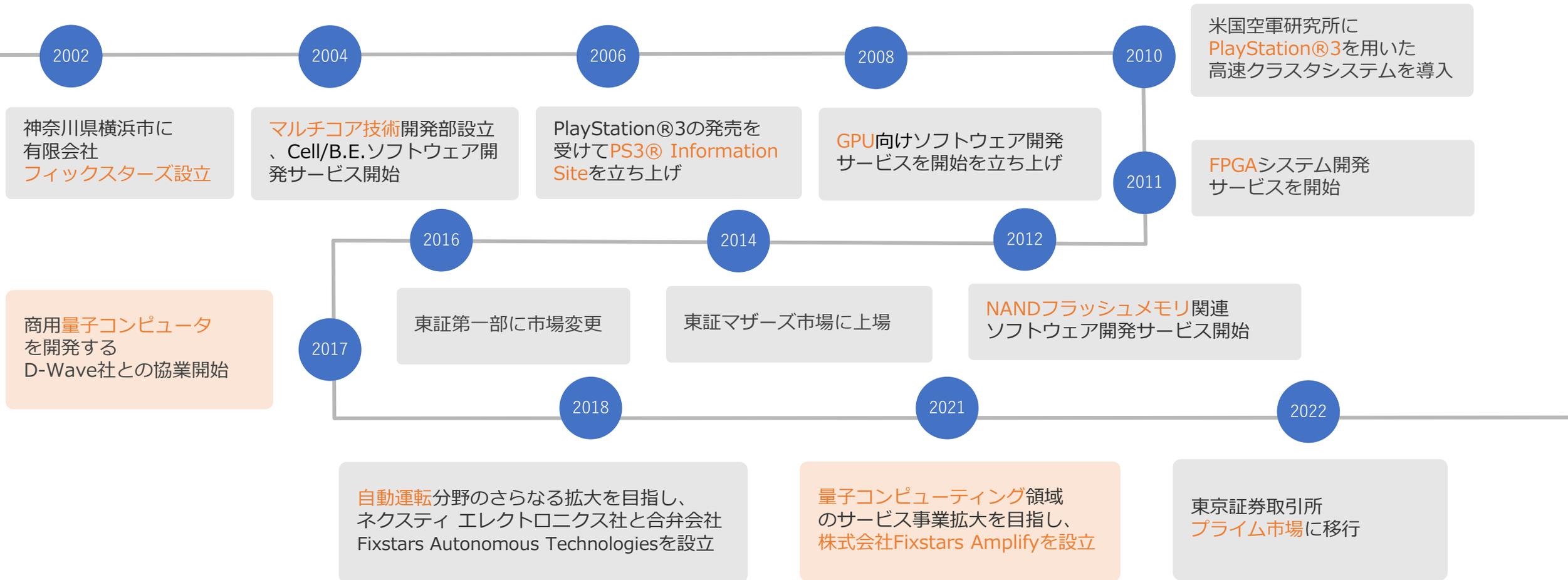
AIチップ、量子コンピュータ向け開発基盤の提供



更なる技術革新への  
土台作り

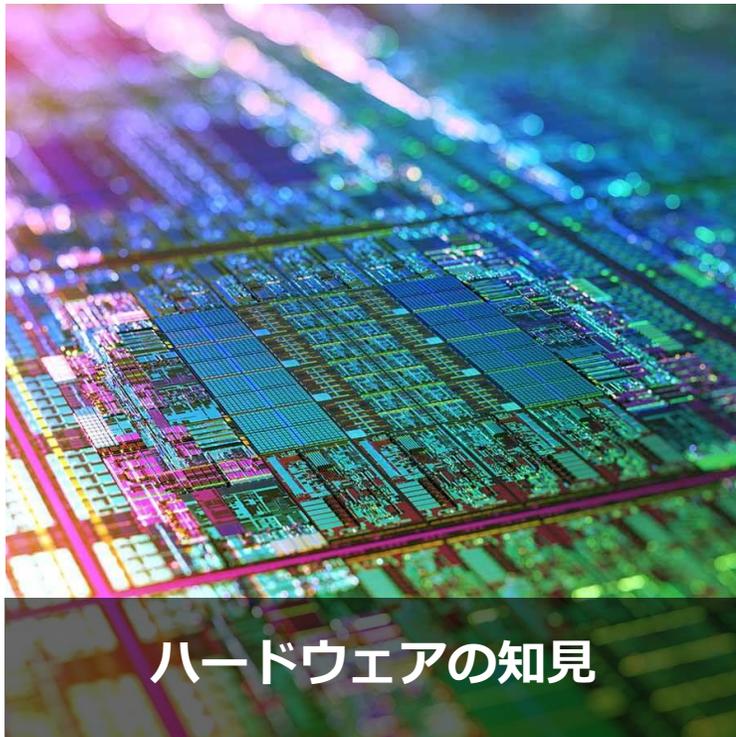
# フィックスターズグループの沿革

ハードウェアの進化にいち早く対応し、演算能力を最大限に引き出すソフトウェア高速化技術とともに成長してきました。



# フィックスターズの強み

コンピュータの性能を最大限に引き出す、ソフトウェア高速化のエキスパート集団



目的の製品に最適なハードウェアを見抜き、その性能をフル活用するソフトウェアを開発します。



ハードウェアの特徴と製品要求仕様に合わせて、アルゴリズムを改良して高速化を実現します。



開発したい製品に使える技術を見抜き、実際に動作する実装までトータルにサポートします。

# サービス提供分野



半導体

- NAND型フラッシュメモリ向けファームウェア開発
- 次世代AIチップの開発環境基盤



自動車

- 自動運転の高性能化、実用化
- 次世代パーソナルモビリティの研究開発



産業機器

- Smart Factory実現への支援
- マシンビジョンシステムの高速度化



生命科学

- ゲノム解析の高速度化
- 医用画像処理の高速度化
- AI画像診断システムの研究開発



金融

- デリバティブシステムの高速度化
- HFT(アルゴリズムトレード)の高速度化

# サービス領域

様々な領域でソフトウェア高速化サービスを提供しています。大量データの高速処理は、お客様の製品競争力の源泉となっています。



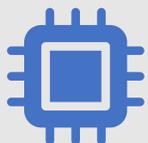
組込み高速化



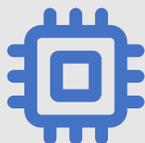
画像処理・アルゴリズム  
開発



分散並列システム開発



GPU向け高速化



FPGAを活用した  
システム開発



量子コンピューティング



AI・深層学習



自動車向け  
ソフトウェア開発



フラッシュメモリ向け  
ファームウェア開発

# 量子コンピューティング活用支援

多様なハードウェアでのソフトウェア高速化サービスに加え、  
量子コンピュータ活用支援とシステム開発を提供しています。

## お客様の課題



量子コンピューティングが課題の解決に役立つか、  
確信が持てない



量子コンピューティングの検討をどう進めていったら  
良いかわからない



作りたいアプリケーションがあるが、開発が難しい

## ご支援内容

### セミナー・トレーニング

量子コンピュータの研究動向や活用事例、実際の利用方法等

### コンサルティング

セットアップ支援、処理の分割や変換等のコンサル

### クラウド実行環境のご提供

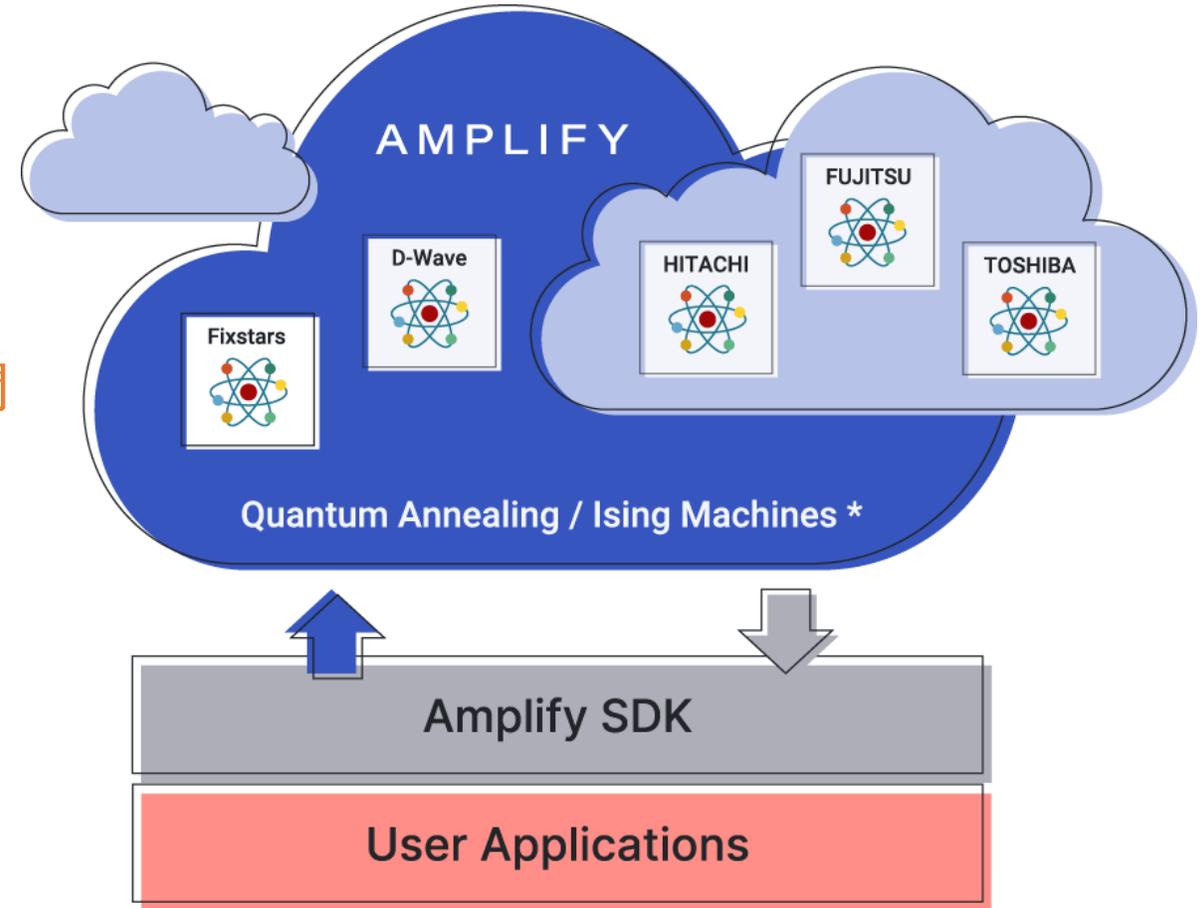
クラウド経由での量子コンピュータ利用サービスを提供

### ソフトウェア高速化・開発支援サービス

量子コンピュータを組み合わせることでシステムの高速化を実現

# Fixstars Amplify (クラウドサービス)

量子コンピューティング技術を簡単に実装活用できる、クラウドプラットフォーム  
D-Wave社の量子コンピュータや独自開発のGPUアニーリングマシンなど、組合せ最適化問題の専用マシンを効率的に実行できる。



1

## 様々なマシンに対応

各社の専用マシンを、同様のソースコードで実行できます

2

## シンプルで効率的なアプリ開発

複雑で専門性の高いプロセスを効率的に自動化しています

3

## PoCから実問題まで対応

独自の専用マシンは大規模な問題の高速計算ができます



製造



物流



創薬



金融



交通

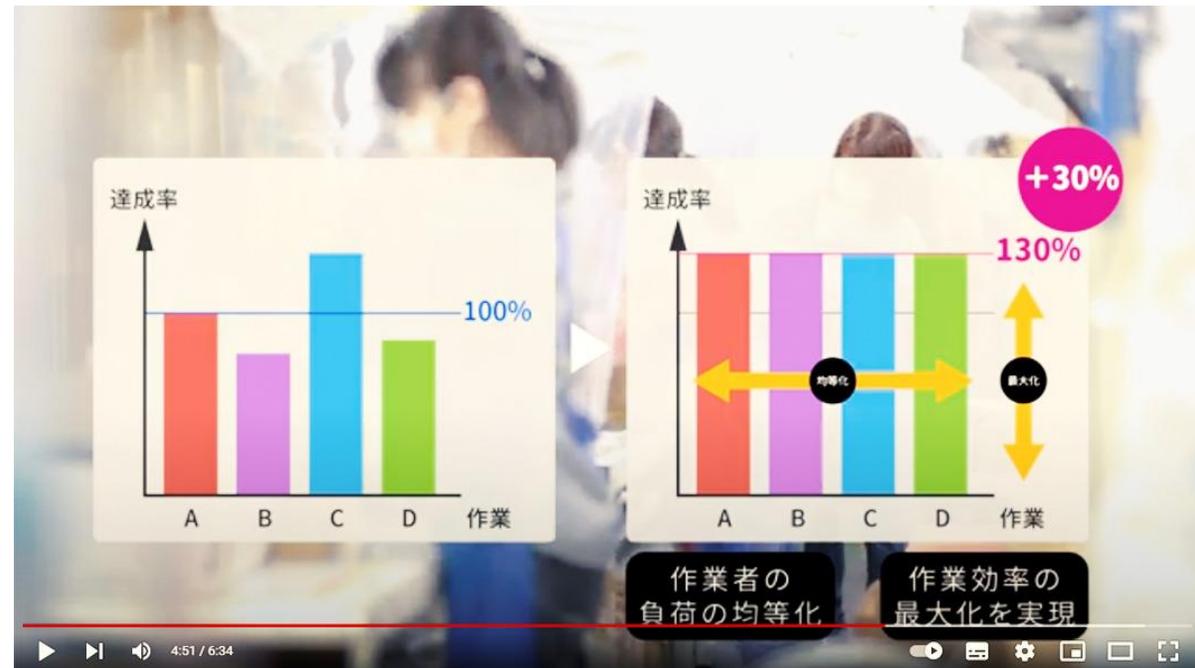
# 物流倉庫における人員配置最適化

住友商事グループ様 物流倉庫での活用事例  
内閣府主催SIP公開シンポジウム2021発表

- 1 通販向け物流倉庫で誰がどの仕事を担当するか割り振る量子コンピューティングシステムを開発
- 2 30分以上かかっていた割り当て作業が1秒未満の計算で実現
- 3 業務負荷の偏りが解消し、全体の作業効率も30%改善する割り当てパターンが計算できた



ベルメゾンロジスコ様のご協力を得て実施



# データセンターの消費電力削減

データセンターの使用機器の増加傾向を鑑み、現在よりも**冷却熱量が30%増加**した場合を前提条件として設定。1時間毎に台数・負荷を計算し、電力消費量が最小となる、**熱源設備の冷凍機の最適な運転計画**を立案。この計画に基づく運転を仮定すると、**最大で10%程度の電力削減が実現可能**と試算できた。



※ 熱需要増(2021年実績+30%)を考慮して、現状の1台→2台運用に変更し、最適化にて出力を適切に動作させることで、春・秋等の極端な気温になりにくい時期において、**将来的に電力消費を10%程度削減可能**なことを確認。

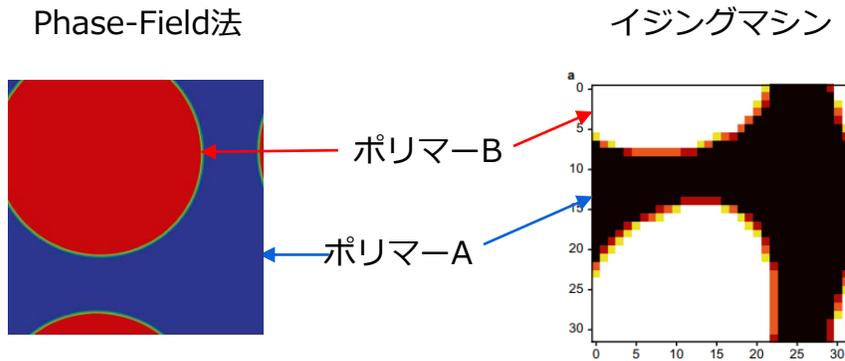
Copyright (C) Nomura Research Institute, Ltd. All rights reserved. **NRI**

出典：株式会社野村総合研究所 > [プレスリリース](#)（2022/12/6発表）

# 共同研究：ポリマーの相分離構造のシミュレーション (慶應義塾大学 村松研究室)

- ポリマーの相分離のシミュレーションには、Phase-Field 法と呼ばれる従来のコンピュータを使った材料内部組織形成を直接計算する手法がよく使われているが、均衡状態になるまでに長い時間がかかる、という課題があった。
- 本論文では、ジブロックポリマーの相分離構造のシミュレーションに用いる Phase-Field 法のモデルをイジングマシンで解けるよう定式化し、実際に解いたところ、従来手法と同様の傾向の解を、高速に (100分 → 数秒) 求めることができることを確認

## 相分離の均衡状態のシミュレーション結果



## エネルギー値と計算時間

