

# 将来の社会課題と破壊的イノベーション

## 1 大規模集積に適したシリコン量子ビット制御技術

量子コンピュータは、従来のコンピュータで不可能な超高速の計算を可能にし、材料開発、創薬、金融などの幅広い産業分野での活躍が期待される。一方、そのような実用的な計算を行うためには、100万量子ビット以上の規模の量子コンピュータが必要となる。

日立は、シリコンの集積性を生かしたシリコン量子コンピュータの開発を進めている。シリコン量子コンピュータでは、シリコン素子中に形成した「量子ドット」と呼ばれる微細構造の中に一つの電子を閉じ込め、電子の持つスピンを制御して「量子ビット」として使い、演算を行う。

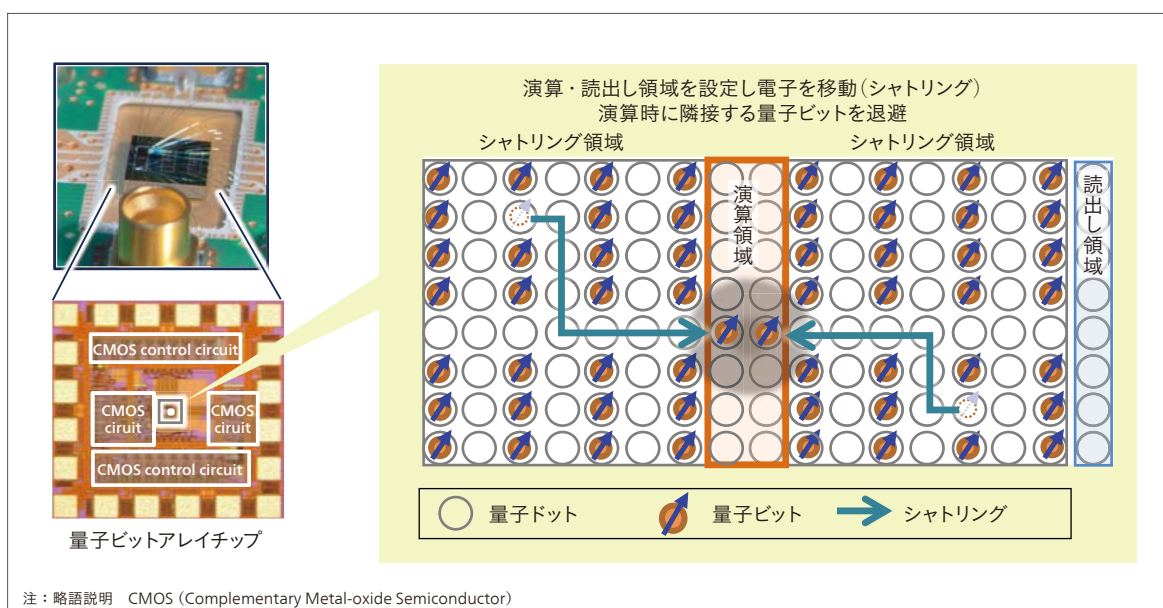
今回、大規模に集積した量子ビットを効率よく制御可能な「シャトリング量子ビット方式」を提案し、その効果を確認した。提案方式では、量子演算を行う領域をあらかじめ設定し、量子状態を維持したまま電子を自由に移動させ（シャトリング）、演算・読出しなどの処理を行う。隣接する量子ビットを退避させながら処理を行うことで、大規模集積化を阻む要因となっていた隣接する量子ビットの間で発生するクロストーク

(エラー)を抑制することが可能となる。この効果を取り入れたシミュレータを構築したところ、大規模な量子演算において、本提案方式が従来型（量子ビットを固定した方式）に比べて高い量子計算精度を維持できることを確認した。JST (Japan Science and Technology Agency：国立研究開発法人科学技術振興機構) ムーンショット型研究開発事業をはじめとするオープンイノベーションを通じ、大規模集積化に向けた研究を加速し、量子コンピュータの早期実用化をめざす。

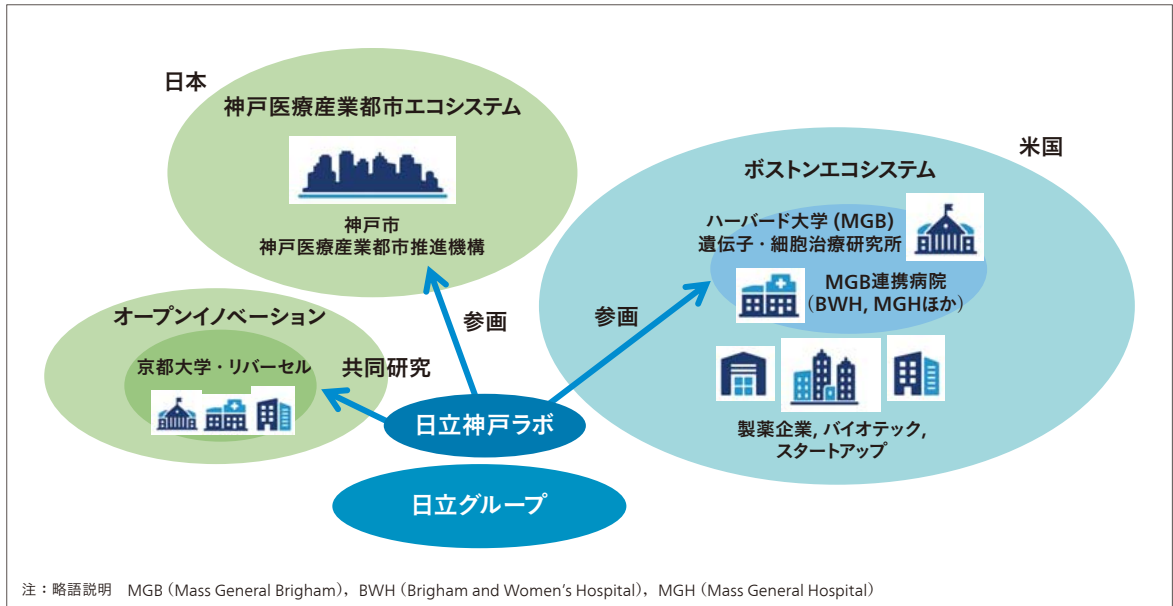
本研究は、JST「ムーンショット型研究開発事業」グラント番号「JPM.JMS2065」の支援を受けたものである。

## 2 日立神戸ラボ：細胞創薬・製薬に向けたエコシステム構築

再生医療、細胞・遺伝子治療は、これまで根治が難しいとされてきた疾患に対する新たな治療手段（モダリティ）として期待されている。多様なモダリティの中でも、遺伝子改変により治療につながる機能を付加した細胞（デザイン細胞）を用いた ex vivo 遺伝子治療は、高い治療効果が認められている。



1 量子ビットを効率よく制御可能な「シャトリング量子ビット方式」



2 日本・米国におけるエコシステム構築

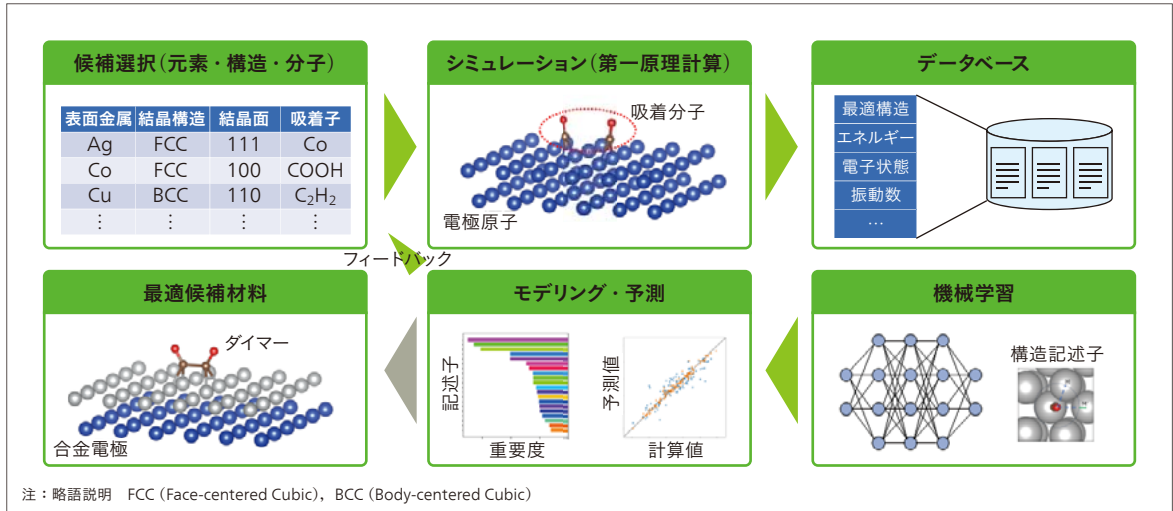
日立神戸ラボは2050PJ<sup>※</sup>において、デザイン細胞の開発や製造コスト低減などの課題解決に向けた創薬・製薬プロセスをシームレスに効率化することをめざし、日立事業とシナジーを有する複数のパートナーとの協創によりエコシステム構築を進めている。海外では、北米におけるエコシステム構築に向け、ハーバード大学が2022年12月に新設した遺伝子細胞治療研究所に参画し、現地研究者との協創による基礎研究から応用への課題解決に向けた取り組みやネットワーク構築を進めている。また日本国内では、京都大学・リバーセル株式会社との共同研究を開始し、オープンイノベーションでiPS (Induced Pluripotent Stem) 細胞由来他家T細胞の培養自動化を推進している。

※) 2050年からのバックキャストに基づくイノベーション創生をめざした日立の研究戦略。

### 3 CO<sub>2</sub>資源化に向けた表面反応機械学習システム

気候変動や地球温暖化の要因となるCO<sub>2</sub>を資源として、有用物質へ直接変換を可能にする技術の開発を行っている。電気化学に基づく反応プロセスはCO<sub>2</sub>を回収し有用化学原料へと変換する有望技術である。電気化学的なCO<sub>2</sub>還元反応は、電極材料の原子種や構造によっても変化し、CO<sub>2</sub>から変換される有用物質の種類も多様であるため、選択的に有用物質を生成するためには、適切な電極材料設計が必要となる。

日立は、CO<sub>2</sub>をエチレンやエタノールのような有用な物質へ選択的に変換可能な電極材料開発を加速するため、機械学習モデルを利用している。今回、さまざまな分子が吸着した電極表面モデルでのシミュレ



3 表面反応データベースと機械学習システム

研究開発

将来の社会課題と破壊的イノベーション

ションを行い、表面原子構造の特徴を記述子として用いることにより、表面反応の予測精度を向上させた機械学習モデルを開発した。

将来的には、CO<sub>2</sub>還元だけでなく、多様な有用物質を環境負荷ゼロで資源化する技術開発にも取り組み、技術を通して社会課題の解決をめざす。

## 4 環境分野向け 化学反応場計測技術

環境中立社会の実現に向け水素・炭素循環システムの高効率化・安定稼働技術が求められている。一方で、触媒や反応電極における化学反応の性能要因や劣化要因がまだ十分に解明されていないことが、開発のボトルネックとなっている。化学反応の性能因子を解明し、触媒改質や不良解析・制御技術へのフィードバックを実現するため、ガスや液中での化学反応場（電場）を電子顕微鏡により原子レベルで可視化する反応場計測技術を開発している。

電子線ホログラフィーは電場や磁場を計測することができ、真空中で触媒のもつ微弱な電場を計測することが可能である。一方、電子顕微鏡中で反応環境となるガスや液体環境を構築するためには、ガスや液体を試料と一緒に封じ込めるための隔膜が必要になるが、観察時に隔膜の情報が透過像に重畳し反応場に必要な計測精度が得られないという課題があった。この課題

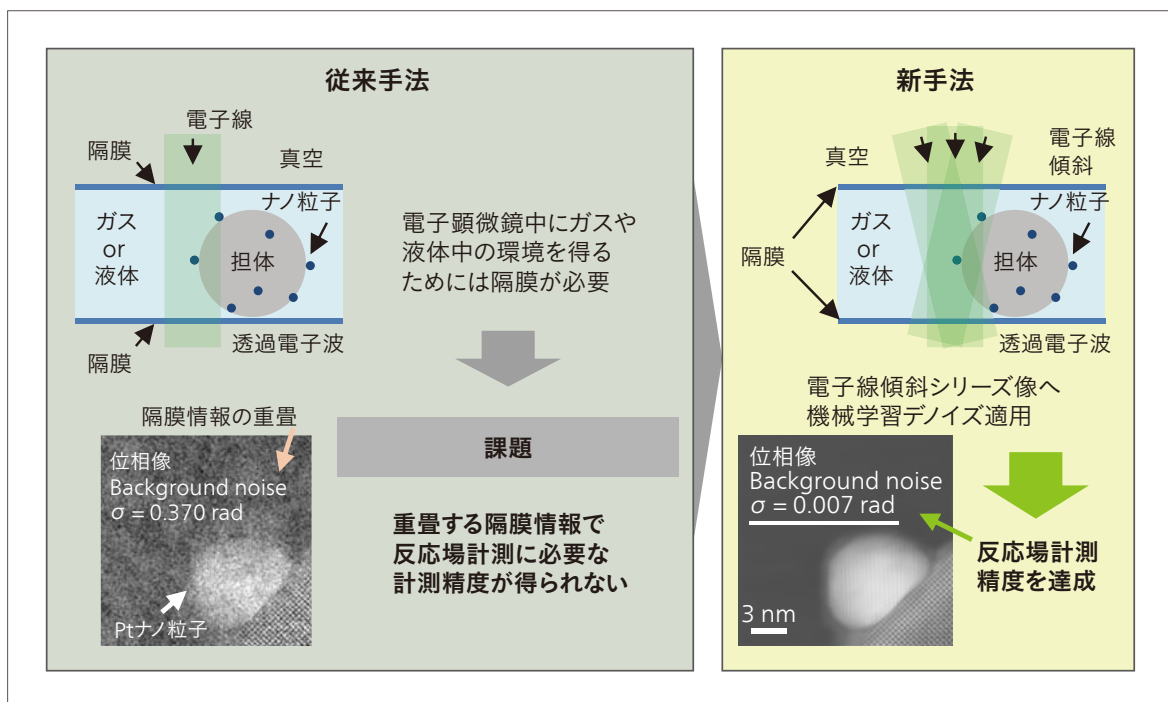
を解決するため、電子線を傾斜させながら電子線ホログラフィー計測を行い、取得した電子線傾斜シリーズ像へ機械学習デノイズを適用することで、ガスや液中での反応場計測を可能とする高精度計測技術を開発した<sup>※)</sup>。

※) 本研究は、防衛装備庁が実施する安全保障技術研究推進制度 JPJ004596の支援を受けたものである。

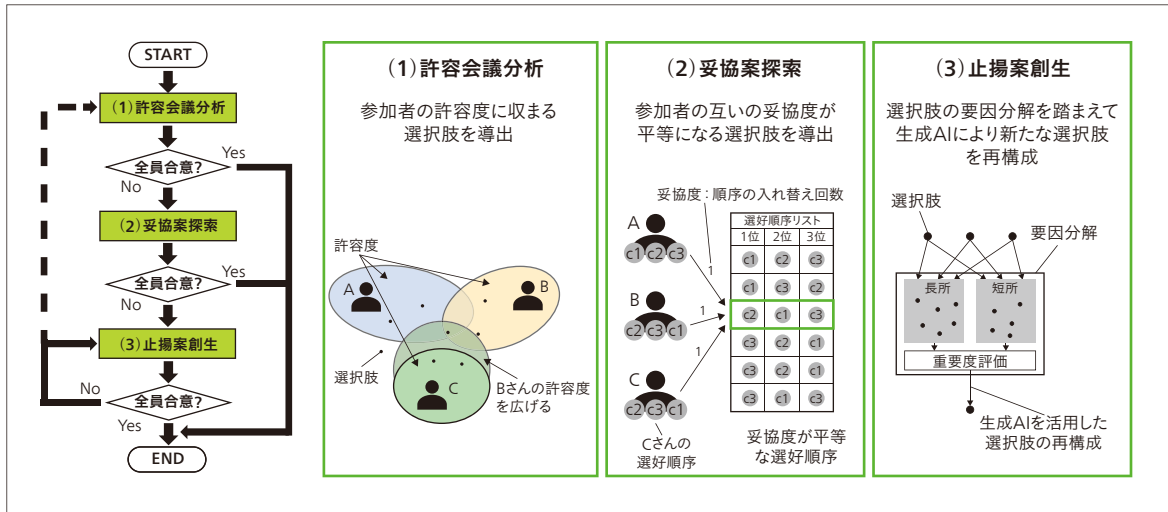
## 5 日立京大ラボ:意見対立を解消するための合意形成支援技術

社会課題では多様なステークホルダーの意見対立が深く関わっており、この問題を解決するための合意形成手法が求められている。日立京大ラボでは、投票のように少数派が不満を抱く方法ではなく、議論による全員合意（誰もが拒むほどではない同意可能な妥協と総合による合意）をめざし、集団意見の数理モデル化と合意可能案の導出を組み合わせた新たな複合的プロセスを開発している。

本プロセスは、複数の選択肢に対する参加者の選好順序に基づいて、(1) 参加者の許容度に収まる選択肢を導出する許容会議分析、(2) 参加者の互いの妥協度が平等になる選択肢を導出する妥協案探索、(3) 選択肢の要因分解を踏まえて生成AI (Artificial Intelligence) により新たな選択肢を再構成する止揚案創出の三つの機能から成り、これらのフローを回す



4 隔膜を用いたガスや液中電子顕微鏡観察の課題と開発した反応場計測技術



5 複合的合意形成プロセスの概要

ことで全員の合意形成を支援する<sup>※1), ※2)</sup>。

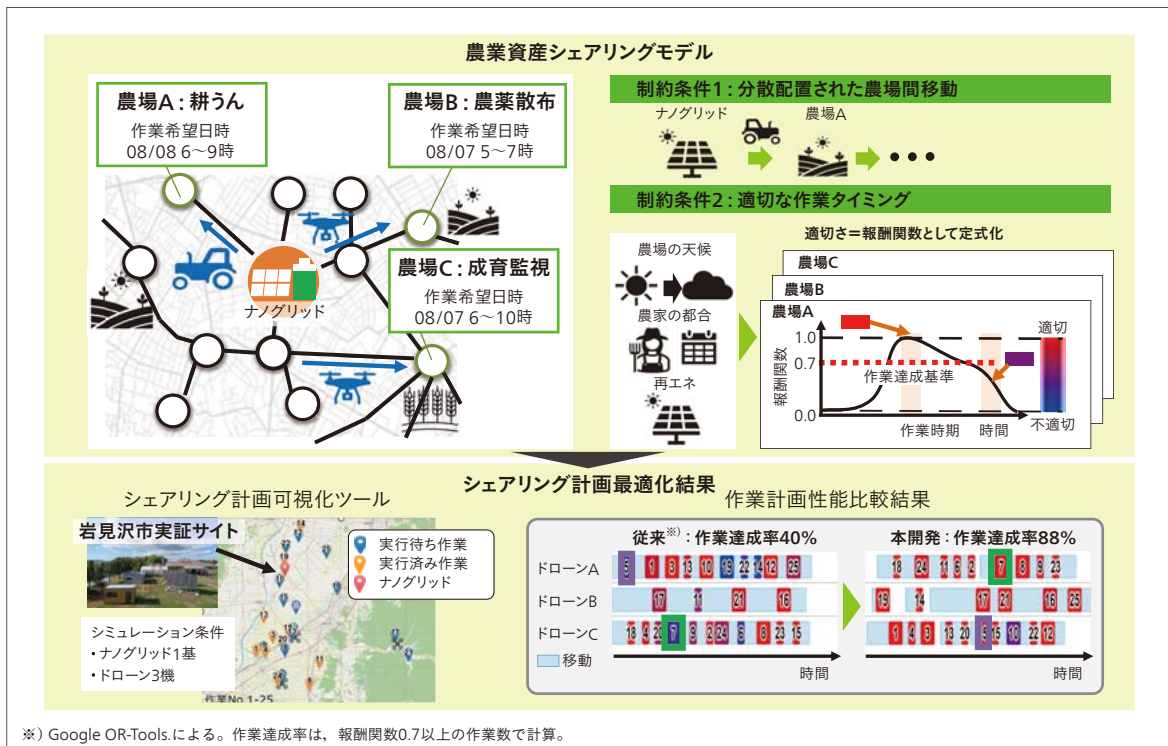
本プロセスの実用化に向け、東京工業大学猪原健弘教授との共同研究、スタートアップとの技術連携(株式会社Liquitous, AGREEBIT株式会社)およびフィールドでの実証実験(福井県越前市, 埼玉県横瀬町・福島県磐梯町広域共創ネットワーク)を推進している。

※1) Asa, Y., Kato, T., Mine, R.: Composite Consensus-Building Process: Permissible Meeting Analysis and Compromise Choice Exploration. 23rd International Conference on Group Decision and Negotiation, GDN 2023, Proceedings, 97-112 (2023)

※2) 人工知能学会と電子情報通信学会の併催研究会にてベストペーパー受賞。

## 6 日立北大ラボ：地産地消エネルギーを活用した農機シェアリング技術の開発

日立北大ラボでは、農業効率化と地産地消エネルギー活用によるCO<sub>2</sub>排出量削減の両立をめざし、電力や農機の共有を促進する農業資産シェアリングシステムの開発を推進している。本システムは、岩見沢市に構築した自立型ナノグリッドとドローンなどの電動農機を連携することで、動力源を含めた生活基盤も強化する仕組みを作り、高齢・大規模化が進む農家の負担を低減する支援サービスを提供する。



※) Google OR-Toolsによる。作業達成率は、報酬関数0.7以上の作業数で計算。

6 農業資産シェアリング計画最適化技術の概要と性能評価結果

本システム実現に向けて、天候、ナノグリッドの発電状況などの、各作業に対する時間軸上の影響を報酬関数として定式化することで、農場間の移動も考慮しながら、適切なタイミングで作業を実施するためのシェアリング計画最適化技術を開発した。岩見沢市の地理情報を用いてシミュレーションした結果、従来技術に比べて、40%以上の作業達成率の改善を確認した。

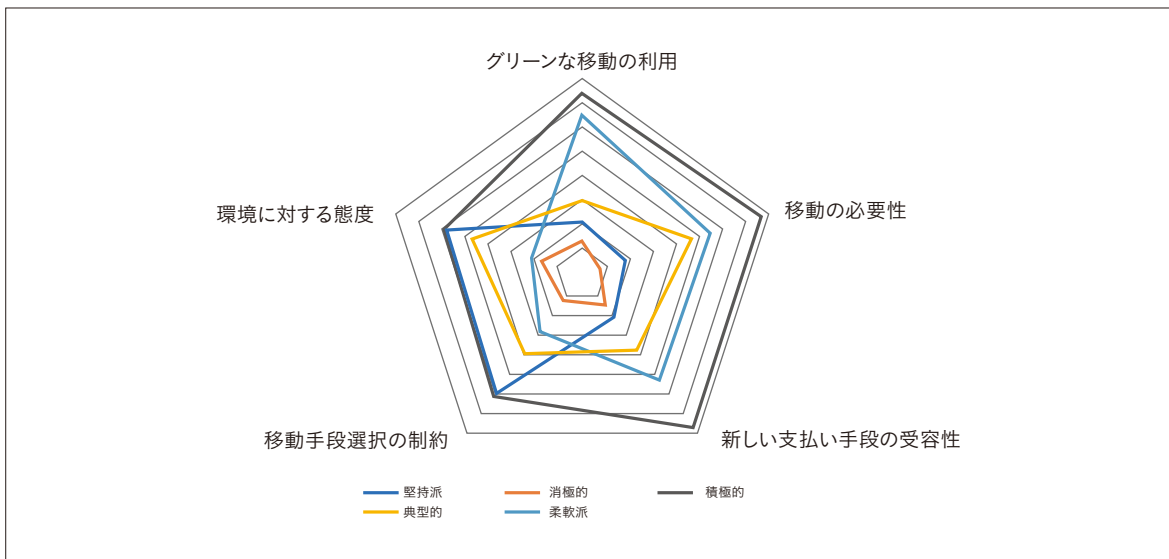
今後、パートナーと共に、地産地消エネルギーを活用した地域産業の維持・発展に寄与するシェアリングモデルの構築をめざす。

るため、交通当局が市民の行動変容に向けて行動科学を利用することが増えている。

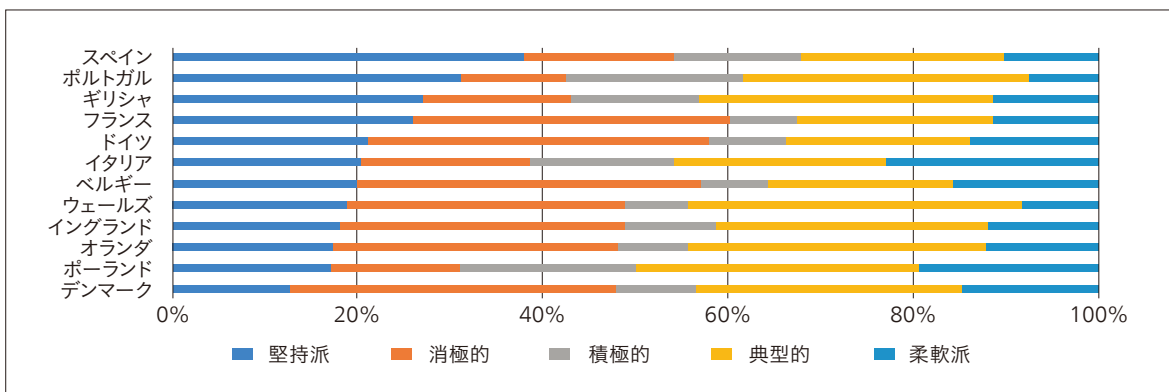
意思決定を促す要因は人によって異なるため、全市民を対象とした一般的なナッジでは効果が限られる。そこで、日立はロンドン大学ゴールドスミス校と共同で、人々の態度に基づいて行動変容を促すためのセグメンテーションを行った。イタリアの成人2,000人を対象とした行動の動機に関する調査とその因子分析により、五つの主要な影響要因が見つかった。グリーンな移動の利用（内燃エンジン自家用車を除く移動）、移動の必要性、新しい支払い手段の受容性、移動手段選択の制約、環境に対する態度である。統計的クラスタリングにより、サービス、コミュニケーション、行動変容への介入を定めるための五つのセグメントが明らかになった。さらに4万6,000件の調査回答を分析したところ、セグメントの分布は欧州の国や都市ごとに異なることが分かり、地域ごとにカスタマイズしたアプローチの必要性が明らかになった。この手法は欧州以外の地域でも再現可能と考えられ、より持続可能な

## 7 行動科学が支援する持続可能なモビリティ選択

地球規模のCO<sub>2</sub>削減目標を達成するには、内燃エンジン車に代わって公共交通機関の利用を広く推進していくことが重要である。市民の移動手段の選択にはインフラ整備、価格、信頼性が大きく影響する一方で、選択行動にはその人の習慣、態度、社会規範も影響す



7-1 欧州成人の因子ごとのセグメンテーション



7-2 国・地域別のセグメント分布



\*は「他社登録商標など」(136ページ)を参照  
kepler.glはUber社が開発しているオープンソースのWebGIS(地理情報システム)である。

### 8 サプライチェーンリスク可視化(紛争鉱物例)

モビリティ選択の長期的な実現に貢献する。  
(日立ヨーロッパ社)

データの関係性の動的なひも付けや抽出を通じたリスクのインタラクティブな可視化に取り組んでいる。2023年度は、紛争鉱物を題材に、資源算出地や流通経路などでの紛争などによるリスク影響の推定・可視化に関する実証を完了予定である。

今後、東京大学をハブとしたエコシステム形成、検証したインサイトやデータ処理技術を活用し、電子商取引サービスTWX-21でのサプライチェーンプラットフォーム事業に貢献していく。

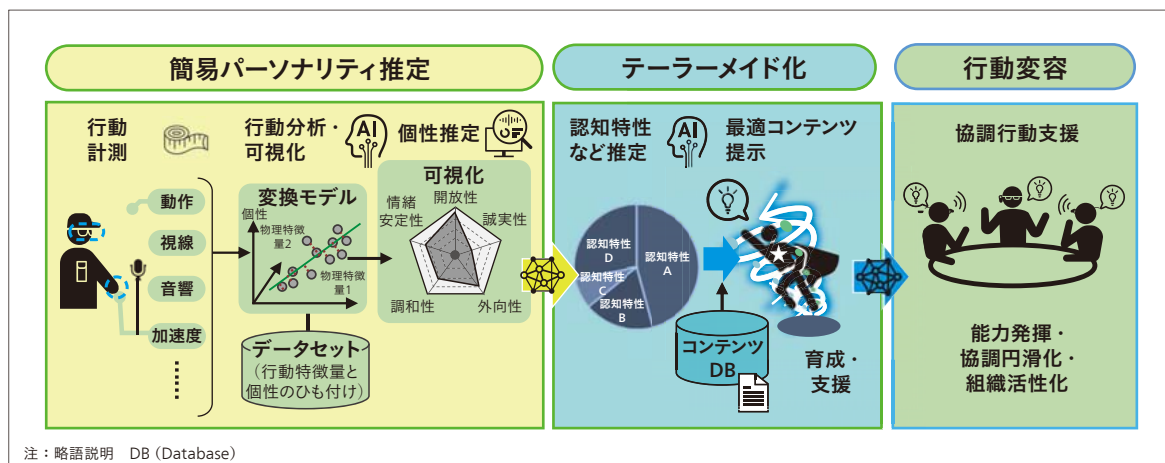
## 8 デジタルオブザーバトリ研究推進機構:レジリエントな社会の実現に向けたデジタルオブザーバトリ

近年、社会・経済活動は気候変動や地政学リスクなどの多様なリスクに直面している。日立は、2050年のレジリエントな社会の実現に向けて、東京大学に研究推進機構を設立し、社会・経済活動のデータ観測とその利活用による潜在的な社会リスクの把握・予兆発見・回避に関する共同研究を推進している。

社会・経済活動を支えるサプライチェーンを題材に、個別企業で対応困難な15分野のリスクに対して、東京大学8部局を跨る文理融合によるインサイトを基に、

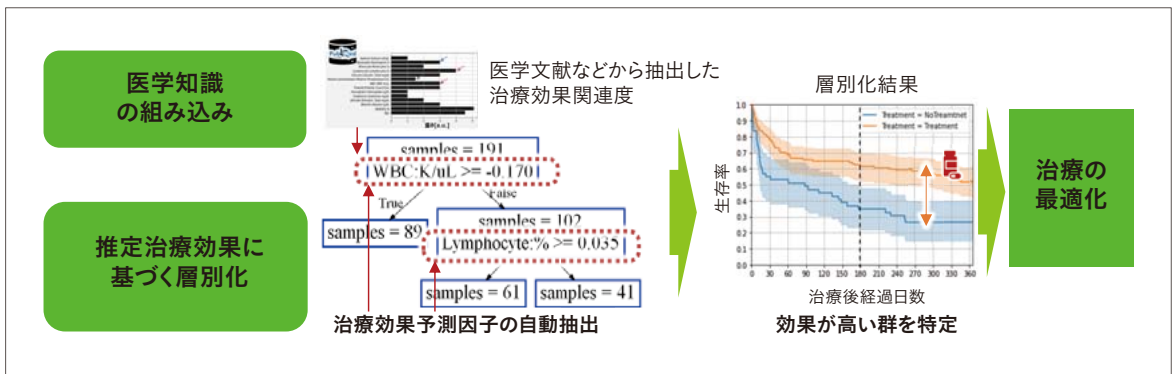
## 9 行動計測・分析を用いたパーソナリティ推定により迅速に人の個性を理解する技術

一人ひとりが生き生きと働き人財組織が活性化されるデジタルソリューションの実現に向けて、人間の心



注：略語説明 DB(Database)

### 9 パーソナリティ簡易推定による業務・生活支援のテーラーメイド化



10 患者層別化AI概要

理・内面を理解したうえで、一人ひとりの業務や生活を支援し、一人ひとりが存分に能力を発揮したり、組織内の協調を円滑化したり、組織を活性化したりするための研究開発に取り組んでいる。

そのうち、一人ひとりの行動の計測および分析により、行動データから人物特性（パーソナリティ）を推定するための方式とその精度向上の検討に取り組んでいる。倫理的な観点に配慮したうえで、特別なセンサーを必要とせず、ユースケースに応じて取得可能な行動データに合わせて個性を推定可能な変換モデルを構築することで、本人や周囲の負荷が小さく、簡易かつ迅速に一人ひとりの個性を理解できるような技術の開発をめざしている。

る。そこで、診療歴やゲノム情報などの高次元な実世界データを活用した治療の最適化をめざし、治療奏功群と予測因子を抽出可能な患者層別化AI技術を開発した。

本技術は、因果推論と機械学習を掛け合わせ、患者特性に応じた治療効果を推定するため、治療効果が異なる患者群を直接的かつ解釈が可能な状態で層別化して抽出可能である。また、層別化に用いる患者特性の選択において、事前に医学文献などから抽出した患者特性と治療効果の関連度を用いることで、治療効果の予測因子を効率的に抽出可能である。

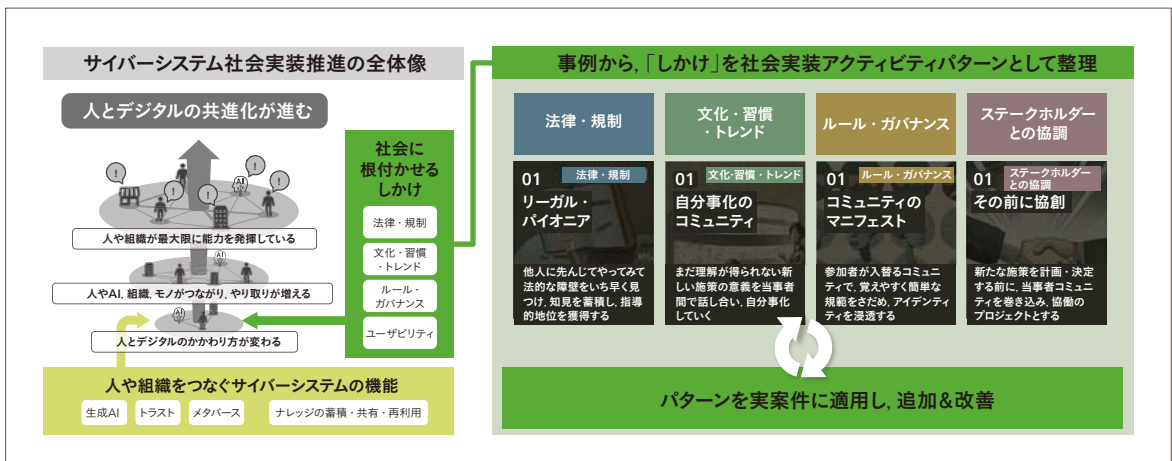
引き続き、本技術を発展させ、患者のQoL (Quality of Life) と医療費適正化の両立を実現するソリューション創生に貢献する。

## 10 治療奏功群と予測因子を抽出可能な患者層別化AI

医療技術の進歩により、がんの治療成績は改善しているものの、いまだ患者によって奏功・非奏功の差が大きい。また、医療費の増加は世界的な社会課題であり、特にがん領域においては治療の高額化が顕著であ

## 11 サイバーシステムの社会実装に向けた「しかけ」の設計と導入

生成AIやWeb3、メタバースなどのサイバーシステムによって、人や組織がその能力を最大限に発揮できる社会が求められている。しかし近年、特にスマート



11 サイバーシステム社会実装推進の全体像と社会に根付く「しかけ」

シティのプロジェクトにおいて、デジタルソリューションがエンドユーザーや当局からの支持を得られずに社会実装に至らない事例が散見される。

そこで日立製作所研究開発グループでは2023年4月に「サイバーシステム社会実装プロジェクト」を発足し、サイバーシステムが社会に根付くためのしかけの構築に関する検討を開始した。具体的には、技術以外の側面、すなわち「法律・規制」、「文化・習慣・トレンド」、「ルール・ガバナンス」、「ステークホルダーとの協調」の四つの観点に着目し、社会との対話やコミュニティ形成を促進するナレッジを構築し、協創活動のあらゆる場面でイノベータが活用できるよう整備する。その端緒として、これまで研究開発グループが推進してきた「顧客協創」で獲得した知見を中心に、パターン・ランゲージ<sup>※)</sup>の形でまとめた。

今後、交通、エネルギー、金融などの分野での協創案件にこの社会実装ナレッジを適用し、その有効性を検証するとともに、ナレッジのプラットフォーム化に向けた検討を推進していく。

※) 1977年に建築家Christopher Alexander氏が住民参加のまちづくりのために提唱した知識記述方法。

向けて、沿岸域の炭素(CO<sub>2</sub>,有機物など)計測と炭素収支モデルによりCO<sub>2</sub>吸収量を定量/クレジット化する海域モニタリング技術と、これまで培った下水水質制御を活用した沿岸域への栄養塩類の供給制御技術を開発中であり、海水中の対象物質計測の基礎原理を検証・確認した。

この取り組みを進めるにはステークホルダーとの協力が不可欠のため、国内ブルーカーボンクレジット(J-ブルークレジット\*)認証機関のJBE(Japan Blue Economy association)傘下の研究会で産官学プロジェクト立ち上げを提案し、2023年3月から産官学12機関で社会実装に向けた検討を開始した。

今後、プロジェクトを通して国交省および環境省など関係省庁や自治体との連携、開発技術の実用検証を推進していく計画で、海洋環境と生物多様性の回復に寄与するとともに2050年の脱炭素社会の達成に貢献していく。

\*は「他社登録商標など」(136ページ)を参照

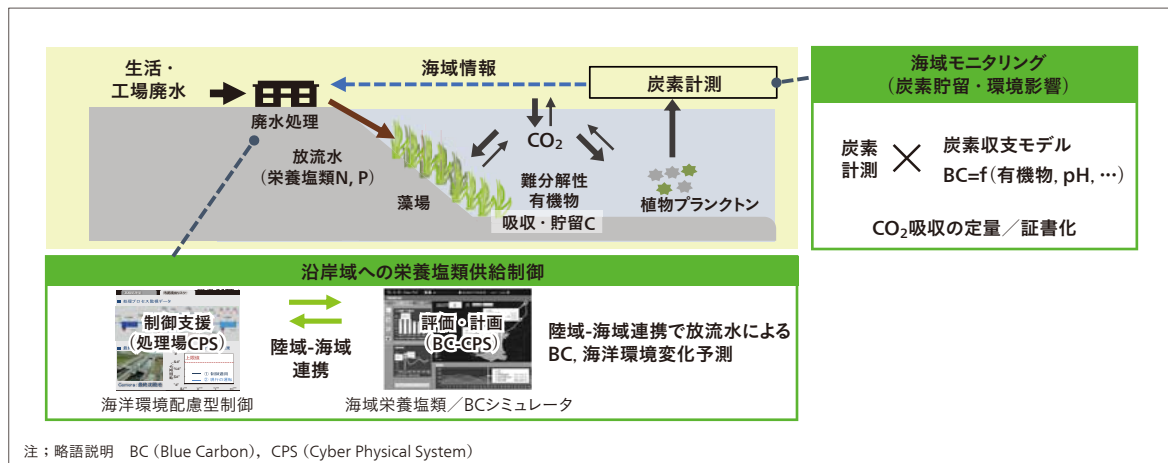
## 12 ブルーカーボン生態系を活用した Enhanced Bio-DAC事業創生に向けた取り組み

CO<sub>2</sub>吸収ポテンシャルが高い海洋に着目し、廃水に含まれる窒素やリンといった栄養塩類とブルーカーボン生態系を活用することで、藻場のCO<sub>2</sub>吸収力拡大[Enhanced Bio-DAC(Direct Air Capture)]に資するソリューション事業創生に取り組んでいる。実現に

## 13 水素社会を実現する 水素輸送技術の開発

地球温暖化問題を背景として、温室効果ガスの削減が全世界的に求められており、水素活用の期待が高まっている。水素社会実現のためには、水素製造エリアと消費エリアが離れていることによる需給の地理的ミスマッチの解消が必要であり、欧州、豪州では既存の天然ガスグリッド内に水素ガスを混合してブレンドガスとして輸送する計画である。

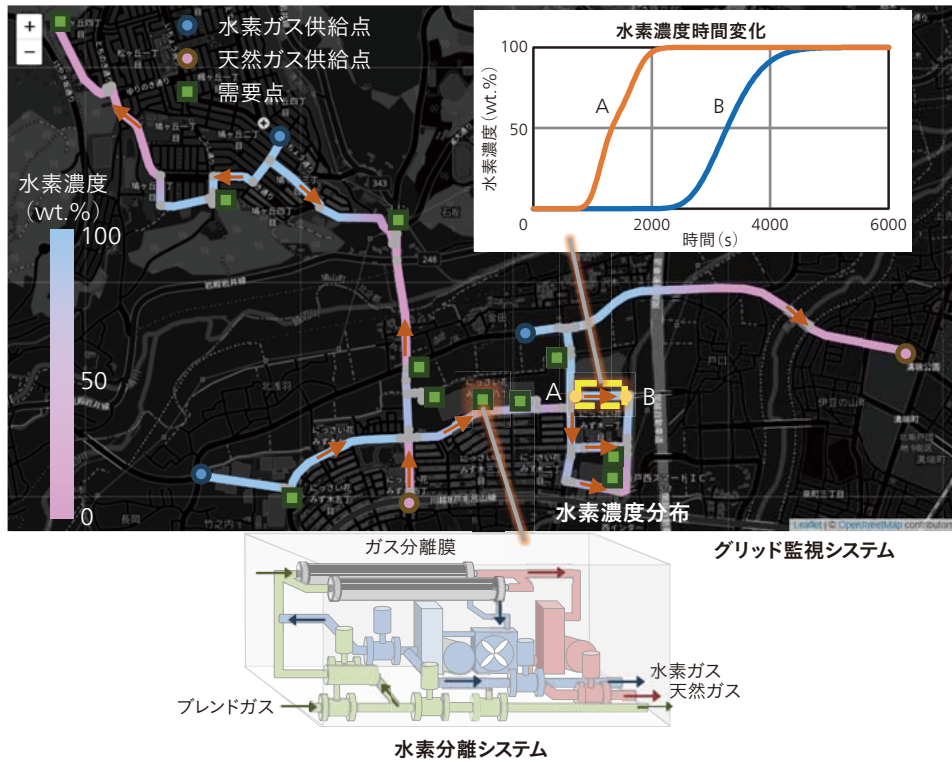
日立は、低コストな水素輸送実現のため、(1)グリッド内のガス流れを一次元圧縮性流れにてモデル化し、



注：略語説明 BC (Blue Carbon), CPS (Cyber Physical System)

12 Enhanced Bio-DACソリューションの概要





※図の記載内容は、公開されているガス配管情報を基に仮想的に水素を注入した場合の水素濃度を評価したものであり、実際には水素注入の計画はない。

#### 13 水素輸送技術

陰解法によりガス流れを高速に計算することで、ガスグリッド内の濃度・流量の空間分布、時間変化を可視化し、水素ガスの注入量や位置を決定するグリッド監視システム、(2) ガス分離膜にてブレンドガスを水素ガスと天然ガスに分離し、流入するブレンドガスの水素濃度条件に基づき需要家のニーズに合わせた濃度・流量のガスを提供する水素分離システムを開発している。

今後、開発技術の実用検証を推進し、水素社会への円滑な移行に貢献する。

の拡大への課題と解決策などについて議論を深めている。また、まちづくりの検討を進めるハビタットイノベーションプロジェクトでは、Urban Well-being by Digital and Design Togetherを掲げ、大都市居住における24時間の価値最大化に対する具現化に取り組む。

今後、フォーラムの開催やスマートシティの展示会出展などを通じて、成果や提言を継続的に発信する予定である。

## 14 日立東大ラボフェーズ3始動

日立東大ラボでは、2023年4月よりフェーズ3となる東京大学との協創活動を開始した。エネルギープロジェクトにおいては、同年5月に東京大学とImperial College Londonが締結したクリーンテックおよびエネルギー研究における連携強化に基づき、日立東大ラボと日立Imperial College London共同研究センター間での交流を開始した。エネルギーシステムにおいて先進的なルール形成を進めてきた英国の取り組みについて知見を深めるとともに、再生可能エネルギー



14 東京大学とImperial College Londonとのクリーンテック連携強化の調印式

国内外の政府レポート、専門家の意見・提言・発表からPEST分析により、注目すべきトピック、将来の方向性、課題を整理

- |                               |                                   |
|-------------------------------|-----------------------------------|
| 1 経済・資源・環境の一体化、デカップリング        | 7 環境配慮設計、エコデザイン                   |
| 2 共通のルール形成、制度・標準化、ソフトロー       | 8 廃棄物の輸出と国際貿易の変遷<br>(希少素材など)、越境問題 |
| 3 消費者の行動変容、意識醸成、<br>ライフスタイル変化 | 9 静脈系企業・人財の育成                     |
| 4 企業の役割、ビジネスモデルの変容            | 10 サプライチェーンの情報開示と高度管理             |
| 5 循環性指標<br>(環境の時間軸、流れのスムーズさ)  | 11 廃棄物の高効率回収                      |
| 6 ESG投資、金融施策                  | 12 地域特性への対応                       |

注：略語説明 PEST (Politics, Economy, Society, Technology), ESG (Environment, Social, Governance)

### 15 循環経済社会を取り巻く12のホットトピック

## 15 日立産総研ラボ：将来の循環型経済社会に向けたグランドデザインの構築

日立・産総研サーキュラーエコノミー連携研究ラボでは、国立研究開発法人産業技術総合研究所（以下、「産総研」と記す。）と日立製作所が循環経済に関する連携ラボを立ち上げ、めざす循環経済社会の姿とその道筋の具体化する「グランドデザインの構築」を推進している。

本活動では、「将来、国内外において循環経済社会がどのように構築されるか」を将来シナリオとして描き、その社会に向けた移行において不可欠な仲間づくり、さらに、最終的に国への政策提言や国際標準化の策定をめざす。これまでに文献調査を基にした現状の整理から、循環経済社会を取り巻く12種の注目すべきホットトピックを導出し、11名の外部有識者によるインタビューから将来シナリオにおける具体的なテーマ検討を行った。今後はシナリオプランニングにより、起こりうる将来の可能性を導出して、グランドデザインへの落とし込みを実施予定である。

## 16 インペリアルカレッジロンドン共同研究センター：日立東大ラボとの合同ワークショップ開催

2022年より Imperial College London と脱炭素化および自然気候ソリューション（自然を活用した気候変動対策）の研究開発を目的とする共同研究センターを設立し、2023年より本格的に活動を開始した。2023年5月に東京大学と Imperial College London が締結したクリーンテックおよびエネルギー研究における連携強化に基づき、日立東大ラボと日立 Imperial College London 共同研究センターとの間で国際ワークショップを開催した。このワークショップでは、脱炭素という世界共通の課題に対して、今後の再生可能エネルギーの導入拡大を背景とした日本と英国それぞれの立場や、技術的な対策などについて議論を交わした。

今後、ワークショップの成果を踏まえて、レポートやホワイトペーパーを作成するとともに、次世代の科学者や技術者の育成にも貢献していく。



16 日立東大ラボとの合同ワークショップ開催