量子コンピューティング ユースケース集

極限環境シミュレーション



Q-STAR
量子技術によるSDGs推進部会
©2026　Q-STAR, Quantum STrategic industry Alliance for Revolution

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）

極限環境シミュレーション
Extreme environment simulation



ユースケース概要 **Use Case Overview**	宇宙空間、他惑星における居住設備や空調・水システムの設計シミュレーション Design simulation of living facilities, air conditioning, and water systems in outer space and on other planets.
解決できる課題と効果 **Issues to be addressed and their effects**	宇宙への移住が可能となり、地球での資源使用量が減少 Migration to space has become possible, leading to a decrease in resource usage on Earth.
量子技術の貢献 **Contributions of quantum technology**	極限環境が人や物質に与える中長期的影響をシミュレーション Simulating the medium to long-term effects of extreme environments on people and materials.

実現予想時期 **Expected realization period**	(Year)2035～2040
産業分類 **Industry classification**	ユーティリティ・通信 Utilities・Communications
関連するQRAMI階層 **Related QRAMI layers**	事業層 Business layer
関連する量子技術 **Related quantum technologies**	量子コンピュータ(FTQC) Quantum Computer(FTQC)

新規性 **Novelty**	大きな革新 Significant innovation
達成難易度 **Difficulty of achievement**	非常に困難 Very Difficult
社会貢献度 **Social contribution level**	社会全体に貢献 Contributions to society as a whole
市場規模 **Market size**	見積困難 Difficult to estimate

詳細

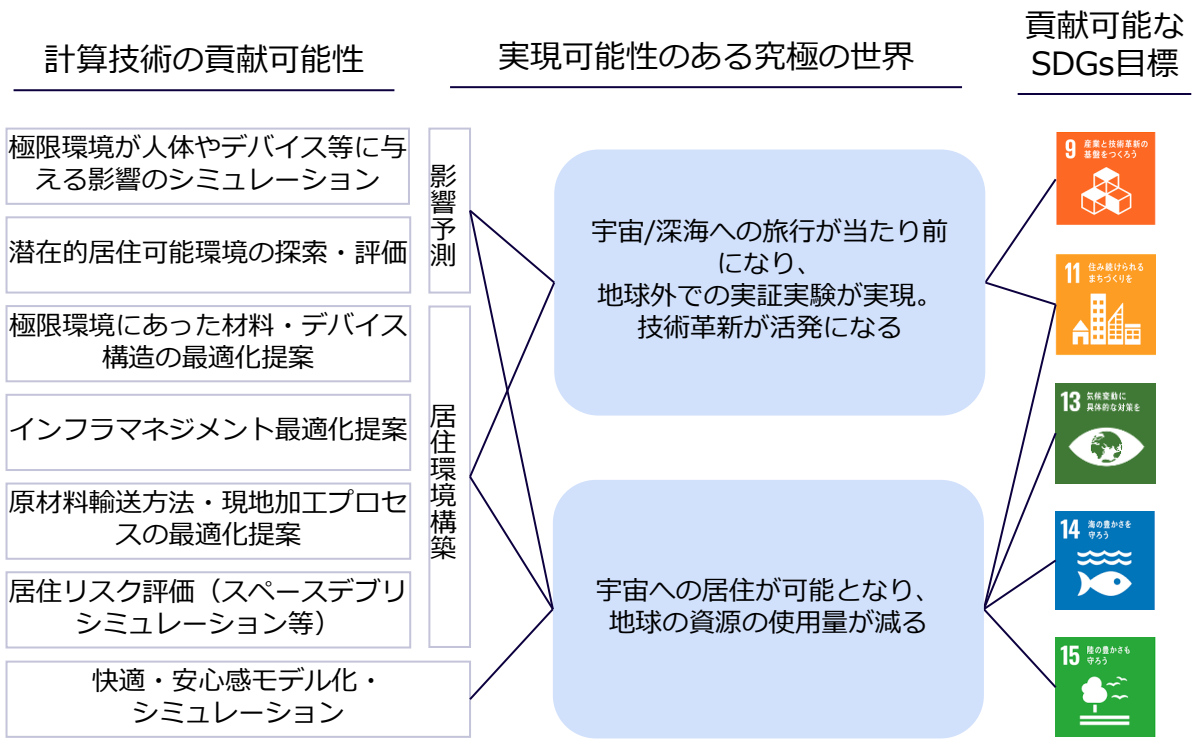
極限環境シミュレーション

- 極限環境シミュレーションや快適や安心感のサイエンスが進むことで、深海や宇宙も人間にとって快適な居住空間となる。

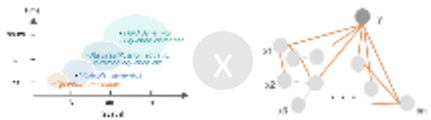
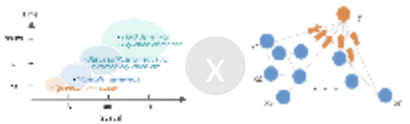
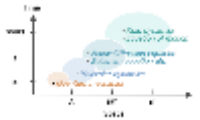


5,417万人
宇宙に居住可能な人口

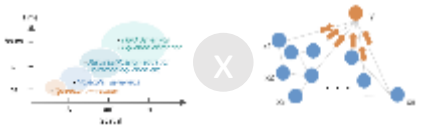
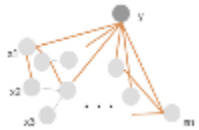
現状の技術では、宇宙空間や他惑星における居住設備や空調/水システムの、食糧輸送/自給自足等の方法が技術的に 未確立であるが、極限環境でのシミュレーションやそれ向けの材料設計が可能になることで一定の資本力があれば居住が可能に



極限環境シミュレーション

プロセス(1/2)		必要な研究開発・事業開発	量子コンピューターの貢献余地と今後の開発課題	
極限環境シミュレーションが可能になる	環境モデルの確立・選定	■ 極限環境のモデル構築（環境の時系列変化、単一環境だけではなく全環境システム内の相互作用、高解像度のパラメータ等によりモデル精緻化。大規模なデータ処理が必要と想定） →量子化学計算や分子動力学計算を組み合わせることで、相互作用を精緻に定式化	理論モデルと因果分析を組み合わせて精緻なモデルを構築 	■ 量子化学計算の加速化 ■ MD計算を速く解くアルゴリズムの開発 ■ 線形回帰分析始めとする統計分析への量子コンピュータ適用余地拡大（現存アルゴリズムよりもさらに適用範囲が広がるような手法開発）
	各極限環境における既定データの取得	■ 人の到達が困難な各極限環境における既定パラメータデータの取得技術（探査機・観測技術等） ■ 高解像度のデータ取得技術（微生物種別や水のかき混ぜ効果等）	-	■ 特になし
	計算技術の確立	■ 極限環境が人や物質に与える影響(中長期的含む)をシミュレーションできるデジタルツイン確立(物質やデバイスのへの影響、人の身体健康への影響(放射線・低重力等)、既存居住地への環境影響等含む) ■ 潜在的居住可能な環境探索(新惑星等)のためのシミュレーション確立(現状スパコンでも数年程度の計算が必要)	理論モデルと因果モデルの掛け合わせを解く 	■ 各モデル個別に解くのではなく、理論モデル x 因果モデル組み合わせとして、一体としてアプローチできる手法
極限環境における居住環境構築	極限環境に最適な物質・システムの開発	■ 紫外線やオゾンに耐える材料(建築用)、デバイス構造(発電デバイス、蓄電池、通信・医療デバイス等) ■ インフラマネジメントシステムの最適化(空気・水・エネルギー等の資源生成・管理システム、農業・医療のシステム最適化) →量子化学計算や流体計算により最適材料や合成・製造プロセスの計算を高速化		■ 量子化学計算の加速化 ■ MD計算を速く解くアルゴリズムの開発 ■ 非線形方程式（ナビエーストークス方程式等）を速く解くアルゴリズムの開発
	極限環境に居住環境構築作業実施	■ 極限環境に耐える・遠隔無人作業が可能なAIロボット等の開発 ■ 物質輸送コスト削減すべく輸送アプローチの確立(ex. 宇宙エレベータの素材・構造最適化設計、宇宙3Dプリンターによる地産地消化)	-	■ 特になし

極限環境シミュレーション

プロセス(2/2)		必要な研究開発・事業開発	量子コンピューターの貢献余地と今後の開発課題	
極限環境における居住環境構築	極限環境居住リスク確認	■ シミュレーションにより、安全な居住地であることを証明 例：スペースデブリの軌道解析(スパコン利用事例あり) ■ 極限環境居住による人への身体・心理上影響の長期的シミュレーションにより、長期的リスクは不在/回避可能なことを証明（放射線や低重力による健康への影響、極限環境にて子育てする影響を社会的観点より検討等）	理論モデルと因果モデルの掛け合わせを解く 	■ 軌道解析計算の精緻化・高速化 ■ 各モデル個別に解くのではなく、理論モデル x 因果モデル組み合わせとして、一体としてアプローチできる手法
快適や安心感のサイエンスが進む	快適や安心モデルの確立・選定	■ 快適性のモデリングは既に世の中的に事例あり。極限環境での人の居住をアシストするためには、さらなるモデルの精緻化や、快適以外の情緒的な感覚のモデル化が必要か →より多くのパラメータ数抽出と、大規模の人数のデータセットを線形分析して関数を最適化		■ 線形回帰分析の裾野拡大（現存アルゴリズムよりもさらに適用範囲が広がるような手法開発）
	計算を使った開発環境の整備	■ 上の例に近いが、人がある状況でどのように感じるかを完全にコンピュータ上でシミュレーションできるデジタルツインを確立するイメージ（実験は最後の１回だけ、的な）	因果モデルの順問題を解く 	■ 当該モデルの中で、古典アプローチで解くのが難しい計算タスクの同定 ■ 上記タスクを効率的に解くためのアルゴリズムの開発
	極限環境居住を後押しする経済・社会的動機付け	■ UAEのような国の後押しやインセンティブ設計 ■ 宇宙の土地や資源は誰のものか、等の宇宙倫理学の観点の検討		■ 特になし

極限環境シミュレーション

プロセス(1/2)		必要なステップ（量子コンピューターに関連する項目）	24年	25-30年	30-40年	40年以降
極限環境シミュレーションが可能になる	環境モデルの確立・選定	■ モデル関数同定の可能性、事業性検証				
		■ 量子化学計算の加速化				
		■ MD計算を速く解くアルゴリズムの開発				
		■ 線形回帰分析始めとする統計分析への量子コンピュータ適用余地拡大				
		■ 量子化学計算に基づいて、極限環境が人体・デバイスに与える影響を定式化				
		■ 高解像度のデータ取得につれ、モデルの精緻化				
	各極限環境における既定データの取得	■ 現状既存の開発・実測データ収集・分析				
		■ 人の到達が困難な各極限環境におけるデータ取得技術の確立（探査機・観測技術等）				
		■ 細かい解像度のデータ取得技術の確立（微生物の種別や水のかき混ぜ効果等）				
極限環境における居住環境構築	計算技術の確立	■ 量子コンピューター活用による計算加速化可能性・事業性の検証				
		■ 理論モデル x 因果モデル組み合わせとして、一体としてアプローチできる手法確立				
		■ 極限環境が人やデバイスにもたらす影響の予測アルゴリズム x 量子計算のソリューションを確立				
		■ 潜在的居住可能な環境探索(新惑星等)を高速化するシミュレーションを確立				
	極限環境に最適な物質・システムの開発	■ 量子化学計算の加速化				
		■ MD計算を速く解くアルゴリズムの開発				
		■ 非線形方程式（ナビエーストークス方程式等）を速く解くアルゴリズムの開発				
		■ 環境関数に基づいた、極限環境に耐える材料・デバイス構造最適化アルゴリズムの構築				
		■ 環境及びインフラモデル(ストーリ⑤⑥)より最適化(空気/水/エネルギー/農業等）アルゴリズムの構築				
	極限環境に居住環境構築作業実施	■ 極限環境に耐える・遠隔無人作業が可能なAIロボット等の開発				
		■ 物質輸送コスト削減アプローチの確立(ex. 宇宙エレベータ、宇宙3Dプリンター等)				

極限環境シミュレーション

プロセス(2/2)

必要なステップ

量子コンピューターに関連する項目

			24年	25-30年	30-40年	40年以降
極限環境における居住環境構築	極限環境居住リスク確認	■ スペースデブリ観測の高精度化技術の確立				
		■ 軌道解析計算の精緻化・高速化				
		■ 理論モデル x 因果モデル組み合わせとして、一体としてアプローチできる手法確立				
		■ 量子計算を用いた、スペースデブリ軌道予測モデルの確立				
		■ 衝突リスクを評価するアルゴリズムの開発				
快適や安心感のサイエンスが進む	快適や安心モデルの確立・選定	■ 快適・安心感の評価基準設定				
		■ 可能パラメータ要素を分析し、モデル基盤を整備				
		■ 実験及びセンサー着装等により感情評価のデータを収集				
		■ 線形回帰分析の裾野拡大（現存アルゴリズムよりもさらに適用範囲が広がるような手法開発）				
		■ 量子の線形回帰分析により快適・安心モデルを開発				
	計算を使った開発環境の整備	■ 当該モデルの中で、古典アプローチで解くのが難しい計算タスクの同定				
		■ 人間の感情を予測できるアルゴリズム x 量子計算のソリューション確立				
	極限環境居住を後押しする経済・社会的動機付け	■ 宇宙の土地や資源の所有権等宇宙倫理学の観点の検討				
		■ 移住インセンティブ付け仕組みの設計				

WEBサイトにて、その他の事例も公開しています。ぜひご覧ください。
https://www.quantum-computing-use-cases.nedo.go.jp

他の事例を見る

国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）
AI・ロボット部（e-mail：quantum_ai@ml.nedo.go.jp）

本ユースケース集は、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術開発機構（NEDO）の委託業務「量子・古典ハイブリッド技術のサイバー・フィジカル開発事業／量子技術に関するユースケース事例調査」および「ポスト５Ｇ情報通信システム基盤強化研究開発事業（量子産業化）／量子コンピュータの産業化促進に向けた包括的調査」の成果として、得られたものです。