

# オフ・グリッド配電システム

## 再生可能エネルギーからの安定的で効率的な電気供給

### 研究の背景

再生可能エネルギーの将来像には、オープンエネルギーシステム（OES）と呼ばれる汎用性の高いエネルギーの生産・分配システムの運用が見込まれています。OESは、大型発電所による集約型の発電や電力輸送とは異なり、風力や太陽光等の再生可能エネルギー源を用いて戸建て住宅や地域コミュニティ、町村といった小規模事業者による発電・分配を可能にします。OESは、エネルギーの生産・分配をローカル化することにより、再生可能エネルギーの供給安定化を図り、先進国の化石燃料依存からの脱却を後押しすると期待されています。

また、クーラーが生活必需品であるモンスーン気候などの蒸暑地域は、アジア地域に広がっていますが、人口増加が著しく、今後CO<sub>2</sub>排出量が大きく増えることが予想されています。日本においても、産業部門のエネルギー消費量がこの30年間に2割近く減少しているにもかかわらず、住宅部門のエネルギー消費量は2倍になっているため、今後の成長が見込まれる国々においては、住宅部門におけるエネルギー消費には長期的な対策がよりいっそう必要になると考えられます。

### 研究の内容

OISTオープンエネルギーシステムでは、計19戸の住宅の屋根に取り付けられたソーラーパネルで発電し、各家庭にはエネルギーサーバーが配置されています。サーバー間で直接情報をやり取りするため、複数の家庭が電力を融通し合い、使用者の需要に応じて電力が自動的に分配されます。余剰電力は、ソニーが開発したオリビン型リン酸鉄を用いたリチウムイオン電池（Phospho-olivines Lithium Ion battery）に貯蔵され、日射量の少ない日に使用することができます。また、管理者が発電量と消費量をリアルタイムで監視し、分配される電力供給の状況を把握することができます。このようなシステムにより、OISTの教員宿舎には2014年12月から途切れることなく安定したオフグリッドの電力供給が続けられています。

また、OISTはサステナブルリビング実験棟・設備を利用して、ミサワホームと共同研究のもと「サステナブルリビングプロジェクト」を進めています。アジア・アフリカ・中東において、電気や水などのインフラが未だ整備されていない地域においても、快適な暮らしができる住環境を提供することを目的として、実験棟の屋根に設置した88枚の太陽電池で発電された電力（最大出力7kW）と、実験棟の外に設置した2機の風力発電機（各1kW）で発電した電力を直流（DC）のまま蓄電し、直流エアコン、直流家電に使用させるという住宅内直流給電システムを実証していきます。



OISTの教員宿舎に設置された  
直流送電網システム



OISTサステナブルリビング実験棟

## 応用例/今後の発展

「サステナブルリビングプロジェクト」は、アジア・アフリカ・中東において、電気や水などのインフラが未だ整備されていない地域においても、快適な暮らしができる住環境を提供することを目指しています。OIST内で行っているオープンエネルギーシステムズとともに、再生可能エネルギーを最大限に利用した仕組みを島嶼地域や発展途上国のコミュニティへ導入することを目指しています。

## 共同研究・技術移転の可能性

現在、「サステナブルリビングプロジェクト」では、(株)ミサワホーム総合研究所および(株)ピューズとの共同研究を実施しており、また、OISTの教員宿舎に設置された直流送電網システムは、ソニーコンピュータサイエンス研究所と共同で設計しました。今後、OISTをサステナブル研究の主要機関に育て、同研究分野のR&Dクラスターを構築する中で、大学等研究機関や企業との国際的な協力拡大や、スタートアップ企業の設立を目指します。

## 研究ユニット紹介

### 統合オープンシステムユニット

ユニットリーダー：北野宏明 教授（アジャクト）

ヘルスケアとサステナビリティは、現代の地球規模の課題として特に重要な問題です。これらは、生体とエネルギーや交通システムなどの社会システムという高度に統合化されたオープン・システムです。統合オープンシステムユニットでは、これらのオープンな複雑システムに関する基礎的な原理を理解し、その知識を現実世界に応用することを目指しています。これからは、我々の活動である Garuda Alliance や Sustainable Living を通しても国際的に展開されます。



#### <関連する研究テーマ>

- オープンエネルギーシステム
- 交換可能電池を利用した、電気自動車のためのマイクログリッドシステム
- 高温地域における維持可能な生活

研究ユニットホームページ：<https://groups.oist.jp/ja/obu>

# 波力発電機の開発

## 安価でクリーンなエネルギーによる持続可能な未来

### 研究の背景

化石燃料のエネルギー利用は産業革命を後押しし、その後の技術発展に寄与してきました。しかし、その埋蔵量には限りがあり、低炭素社会への転換に向けた取り組みが急務となっています。石油・石炭などのエネルギー資源が底をつく日はもうすぐそこまで来ています。

太陽光および風力発電は、エネルギー革命の旗手と言えますが、世界のエネルギー消費量が増加の一途をたどるなか、必要な電力を全てこの2つのエネルギー源だけで賄うことは不可能だということが分かってきました。

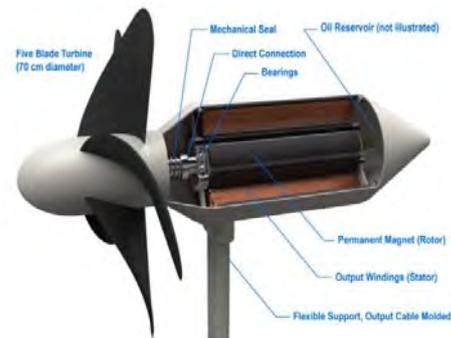
それらの解決策となりうる有効なエネルギー源のひとつが海岸に打ち寄せる波の力である波力です。

### 研究の内容

2013年に開始したThe Wave Energy Converter (WEC = 波力発電機) プロジェクトでは、消波ブロックやサンゴ礁など、海岸線近くの波の起きる場所に、発電タービンを設置します。これらの場所では、発電タービンが理想的な波にさらされ、クリーンで再生可能なエネルギーを産出するのみならず、侵食から海岸を保護することにも一役買うことができます。

発電タービン自体は、激しい波の威力だけでなく台風のような極端な気象にも耐え得るように設計されています。羽根は注意深く計算されたスピードで回転し、羽根の間に生物が巻き込まれても、逃げるように設計されています。

現在、新竹教授と研究チームの研究者たちは、プロジェクトの第1段階を完了し、初の商業実験用として、実寸の半分のサイズの羽根を搭載した直径0.35mのタービンを設置する準備をしています。このプロジェクトでは、2つの波力発電機を設置し、LEDを点灯させる実証実験を行う予定です。



5枚のタービンの羽根は、波を受けて軸を中心に回転する。軸は永久磁石発電機に取り付けられており、波力エネルギーを使用可能な電力に変換するタービンの一部となっている。セラミックスでできたメカニカルシールは、内部の電気部品を塩害から保護する。



並んだ小型の波力発電機は、砕け散る波から生じる渦の流れを利用して発電する。(イメージ図)

## 応用例/今後の発展

日本本土の海岸線の30%は、テトラポッドと防波壁で覆われており、これらを特殊な消波ブロックと防波壁に置き換えれば、海岸を保護すると同時に、消波ブロックに設置した発電タービンで、エネルギーを産出することができます。本土の海岸線のわずか1%を利用するだけで、約10ギガワット（原発10基分に相当）のクリーンで再生可能なエネルギーを産出することが可能です。

## 共同研究・技術移転の可能性

- 当技術の共同研究・ライセンスにご興味のある企業からのお問合せ受付中

### 特許情報

PCT/JP2015/003576 「波エネルギー変換器」（日本：2017-501431）

## 研究ユニット紹介

### 量子波光学顕微鏡ユニット

#### ユニットリーダー：新竹積 教授

量子波光学顕微鏡ユニットが新たに組み立てた低エネルギー電子顕微鏡は、レンズを用いず、DNAおよびウイルスの鮮明なホログラムを作成できます。この新技術により、時間を要する結晶学的な手法を用いる必要がなくなり、1分子の画像をサブナノメートル分解能で得られると期待されています。これとは大きく様相が異なる再生エネルギー発電プロジェクトでは沖縄の地理的条件を生かし、海のエネルギーの電力化について研究しています。

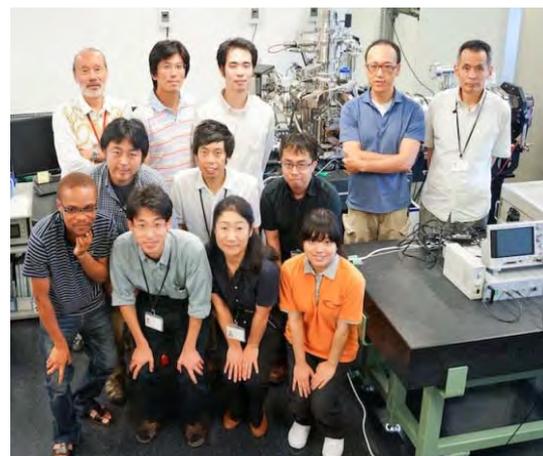
#### <関連する研究テーマ>

##### 1. 生物研究向け、原子分解能の顕微鏡技術の開発

1. 電子のコヒーレント散乱とデジタルホログラフィーを利用する新しい原理の原子分解能の顕微鏡開発
2. 膜タンパクのナノ結晶をFIBにより成形し、低エネルギー電子線回折により解析を行う新しい電子線結晶構造解析の技術開発
3. 全く新しい原理によるX線顕微鏡の技術開発

##### 2. 波力により発電するための技術開発

##### 3. レーザー干渉計による生命活動観測



研究ユニットホームページ：<https://groups.oist.jp/ja/qwmu>

# マイクロ流体、再生可能エネルギー、 航行推進に応用可能な 新しい非接触磁気カップリング

## 非接触磁気ギアの新たな可能性

### 研究の背景

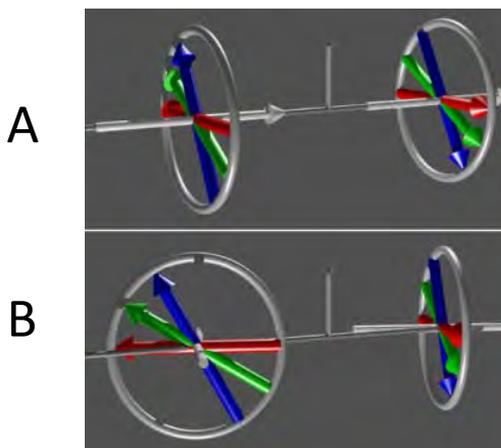
従来の機械式ギアは、歯車と歯車が直接かみ合っただけで動力を伝えます。そのため、振動や騒音、ギアの磨耗による塵の発生といった問題や、定期的に潤滑油を差したり、歯車を交換するなどのメンテナンスが必要といった欠点があります。

### 研究の内容

鉄、ホウ素、ネオジムからなる合金から成る強力な永久磁石を使用することにより非接触型の磁気ギアを構成し、従来型の接触型のギアの欠点を解消します。

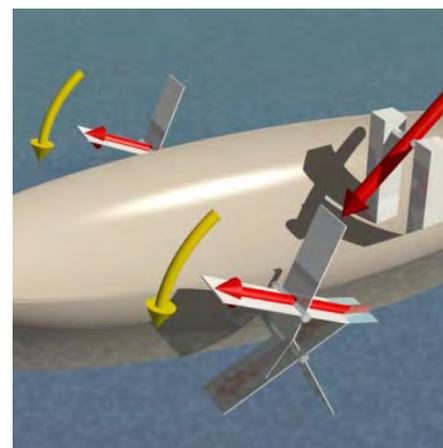
また、入力軸と出力軸の傾斜角度を自由に設定することを可能とし（左図B）、2つの磁石の配置によっては、3つ目の磁石を特定の位置に追加し、滑らかな連結を保つことが可能となります（右図）。

引っかかりなく均一な動作を生み出せる滑らかな磁気結合がもたらす可能性は大きく、ナノ技術、マイクロフルイデクス、ロボット工学などへの応用が期待されます。



A) 従来型の構成：回転する2つの磁石(赤、緑、青色の矢印)がひとつの回転軸(灰色の矢印)を共有。こうした機構が最新式のミルク泡立て器やフードミキサー、化学実験に使用する磁気攪拌器などに使用されています。

B) この研究で得られた構成のひとつ：回転する2つの磁石の回転軸(灰色の矢印)が互いに直角になっています。



相互に作用する3つの磁石(赤色の矢印)で駆動するパドル船のモデル。2つの磁石がパドルに、もう1つが駆動装置に接続されています。駆動装置の磁石の回転に従ってパドルが動きます(黄色の矢印)。

## 応用例/今後の発展

- ナノ技術、マイクロフルイディクス、ロボット工学などへの応用
- 試作品を使った実証試験で理論を検証

## 共同研究・技術移転の可能性

- 当技術の共同研究・ライセンスにご興味のある企業からのお問合せ受付中

### 特許情報

米国：15/846,565

## 研究ユニット紹介

### 数理力学と材料科学ユニット

ユニットリーダー：エリオット・フリード プロフェッサー

ソフトマターは複数の原子や分子で構成されている物質を研究対象とし、急速に進展を遂げている比較的新しい研究分野です。一般的にソフトマターとは、マイクロ-メゾスコピック領域に属する構造単位を持ち、その名の通り、変形しやすい物質の事を指します。数理力学と材料科学ユニットでは統計力学、連続体力学、微分幾何学、漸近解析、分岐理論、および大規模な計算科学処理など、あらゆる手法を統合し、基礎から応用まで幅広く研究しています。現在、円盤状高密度リポタンパク質、穿孔脂質二重膜、自己推進力をもつエージェントであるバクテリアの懸濁液、表面上の液滴の蒸発・凝結状態下における三相境界線ダイナミクスなどを研究内容として活動しています。



### <関連する研究テーマ>

ソフトマターの適用分野の拡大

表面張力、キルヒホッフ・プラトー問題、ソフトな物の安定性、流動パターンなどの分野の「ソフトマター」を広く扱っていきます。

研究ユニットホームページ：<https://groups.oist.jp/ja/mmmu>

# モバイル機器用スマートガスセンシングプラットフォーム

## 均一な鉄ナノキューブの作製方法

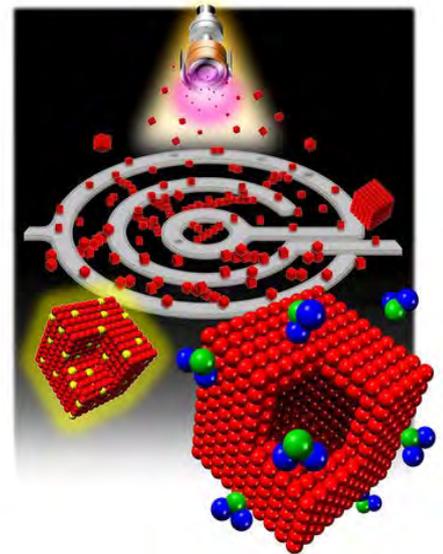
### 研究の背景

古くから科学者たちはナノ粒子について理解しようと試みてきました。その中でもナノキューブの作製は、バイオセンサーやガスセンサーとして応用できる可能性があることから、とりわけ注目されてきました。ナノ粒子は、物理的または化学的手法で作製することができますが、物理的手法の有利な点は、化学的手法で通常見られる有機物質による汚染がない点です。ただ、物理的手法では均一な大きさのナノキューブを必要量作製することは困難という課題がありました。スマートガスセンシングプラットフォーム(SGSP)は、消費者および産業用アプリケーションで一酸化炭素(CO)、酸素(O<sub>2</sub>)、アンモニア、フッ素、窒素酸化物などのガスを監視し、スマートフォンやタブレットとのシームレスな接続を可能にするワイヤレス機能を有するプラットフォームです。均一な鉄ナノキューブが作成可能になれば、二酸化窒素のSGSPとしての電子デバイスが製造可能となります。

### 研究の内容

ガス検知装置の小型化を狙いとしたSGSP用電子デバイスの製造を可能とするために、OIST研究者らは、マグネトロン・スパッタ不活性ガス凝集法を用いて独自の鉄ナノキューブを作製する方法を導き出しました。その方法とは、最初にアルゴンガスを熱し、プラズマイオン化します。そして、今回目的の物質は鉄であるため、鉄のターゲットの後ろに磁石を適切に設置します。これによりプラズマの形状を操作し、アルゴンイオンが確実にターゲット(スパッタの標的)に照射するように定めます。この結果、ターゲットから鉄原子がはじき出され(スパッタが起こる)、アルゴン原子と、また鉄原子同士が互いに衝突することでナノ粒子を形成します。磁場を制御することで、プラズマの精密な操作をし、均一な鉄ナノキューブを作製することを可能にします。

センサーへの応用には、均一であるということが要件となります。ナノキューブの作製段階において、そのサイズ、形状そして数量をコントロールする方法が必須ですが、上記方法により大量生産に応用可能な、物理的手法による均一な鉄ナノキューブを作製することが可能となり、二酸化窒素のSGSPが可能となりました。



マグネトロン・スパッタ不活性ガス凝集法を用いた鉄ナノキューブ作製及び、二酸化窒素センサーにナノキューブを利用する様子を図で表現

## 応用例/今後の発展

鉱業、医療施設、産業プロセスと管理、建築技術と快適性、家庭用NOX検知などへの応用が可能です。

## 共同研究・技術移転の可能性

- ガスセンサーメーカーと共同研究、ライセンス契約可能

### 特許情報

PCT/JP2017/024566「鉄ナノキューブに基づいた超高感度な二酸化窒素ガスセンサー」

## 研究ユニット紹介

### ナノ粒子技術研究ユニット

ユニットリーダー：ムクレス イブラヒム・ソーワン 准教授

数十～数百万個の原子が集まってできるナノメートルのサイズの集合体をナノクラスター／ナノ粒子といいます。ナノメートルサイズにおいて、材料がもつ化学的組成や粒子サイズを制御することにより物理的・化学的性質を、操作することができます。金属のナノクラスターは、触媒反応やナノ電子デバイス、医工学技術への応用が期待され、特に関心を集めています。当研究ユニットでは、1種類または2



種類の金属からなるナノクラスター／ナノ粒子、そしてコア-シェル構造のナノクラスター／ナノ粒子を、マグネトロンスパッタリング法を用いた気相成長によりさまざまな粒径で作成するとともに、それらの構造特性、磁性、電子状態、化学的性質、そして応用技術について研究を行っています。

### <関連する研究テーマ>

ナノクラスターの応用分野の拡張

スーパーハイパワーシリコン電池、リュクルゴス・カップ、COナノセンサー、ナノワイヤーなどへ応用分野を拡大していきます。

研究ユニットホームページ： <https://groups.oist.jp/ja/ndu>

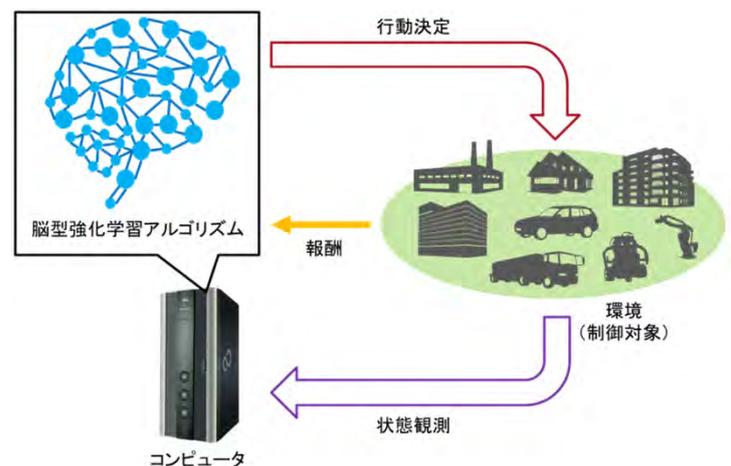
# 知能システムにおける効率の良い 目標推定

## 自律的に調整可能な強化学習アルゴリズムの開発

### 研究の背景

データに基づいて様々なタスクの遂行器を作成する機械学習は、画像認識や音声認識の分野で実用化も進み、現在のAI技術の中心となっています。その中でも、行動に対する報酬をもとに、試行錯誤を通じて環境に適応した行動選択方策を獲得させる強化学習は、昨今、様々な成功事例によって注目を浴びています。

人間の脳は、様々な情報から本質的なものを選んだり、過去の学習を新しい問題の解決に役立てたり、特定の状況に適した行動とより確実に安全な行動を随時切り替えたりすることで、応用力のある学習を実現しています。例えば、人は雑踏の中でも、自分の行きたい方向に応じて注意すべき人や障害物を瞬時に特定して衝突を避けることができます。また、将棋をある程度指せる人はチェスの上達も早いことが一般的であり、将棋の対局中、定跡どおりに指すか深く手を読むか、局面に応じた切り替えが可能です。しかし、従来の強化学習は、注目すべき情報をあらかじめ設計者が指定したり、問題ごとに学習をやり直したりする必要があったといった課題があり、実社会での適用は限られていました。



本共同研究の成果イメージ

### 研究の内容

OISTと富士通研究所では、このような脳の学習方法に着目し、最新の脳科学の知見に基づいてそのメカニズムを取り入れることで、従来の強化学習で人手により調整していた部分もAIが自律的に調整可能となる、より応用力のある強化学習アルゴリズムを開発する共同研究を開始しました。

具体的には、主に、実用化に向けた課題の中でよりニーズの高い以下の3つの分野における新技術を開発しました。

1. 動的に変化する大量データの中から強化学習に適した情報を自動的に抽出する技術
2. 過去の経験を別の問題の行動選択方策へと生かす転移学習技術
3. 複数の方策から状況に応じて行動を選択する協調・並列強化学習技術

OISTの銅谷賢治教授の研究チームは、脳科学の観点から神経計算機構の数理モデル化を行い、強化学習アルゴリズムへ反映し、富士通研究所は、最適化、制御工学の観点からアルゴリズム考案に参加し、同時に、計算資源を最大限活用する実装手法を開発しました。

## 応用例/今後の発展

OISTと富士通研究所は、大量の入力情報への対応と、環境変化へのフレキシブルな対応や保守的な対応など、複数の方策を並列に学習させ行動選択に生かすという課題に取り組みます。また、共同研究の成果を元に、ICTシステム管理、エネルギーマネジメントなどの実社会での応用において、人手による設定・調整なしで、環境に適応した方策をより効率的にコンピュータに獲得させるAIソリューションの開発を目指します。

## 共同研究・技術移転の可能性

- エネルギー・マネージメント・システム関連企業へのライセンス

### 特許情報

PCT/JP2017/004463 「DIRECT INVERSE REINFORCEMENT LEARNING WITH DENSITY RATIO ESTIMATION」 (米国：15/425,924)

日本：2016-066470「ハイブリッド車両システム、ハイブリッド車両システムの制御装置及びハイブリッド車両システムの制御方法」、2016-066572「作業車両」

## 研究ユニット紹介

### 神経計算ユニット

ユニットリーダー：銅谷 賢治 プロフェッサー

神経計算ユニットでは、トップダウン的な理論モデルとボトムアップ的な生物学実験の融合により、人間の心の生物学的基盤を理解することを目的としています。

#### <関連する研究テーマ>

脳と環境の数理モデル化と実証実験

標記研究テーマでは、人間の心の生物学的基盤を、トップダウン的な理論モデルとボトムアップ的な生物学実験の融合により理解することを目的とします。近年の分子生物学の進歩により、統合失調や抑うつなど様々な精神障害と関連する分子や遺伝子が明らかにされつつあります。しかしそれら障害の多くは、複数の分子や遺伝子の環境との複雑な相互作用の結果として引き起こされます。

そのような相互作用を理解するには、脳と環境のダイナミクスを含む数理モデル化と、そのコンピュータシミュレーションやロボット実験が不可欠です。

そこで本研究では、次の3つの主要な課題に取り組みます：

1. 細胞や分子、遺伝子の複雑なネットワークをモデル化するための、新たな数理的手法の開発。
2. ドーパミン、セロトニンなどの神経修飾物質系の機能とダイナミクスの、神経生理実験による検討。
3. 動的な環境下での自己保存、自己複製に必要な適応機構と、その誤動作の可能性のロボット実験による探索。

本研究はこれら理論的・生物学的・工学的なアプローチを組み合わせることにより、動的システムモデルの新たなソフトウェア、人の感情にも似た高度な適応機能をもつロボット、さらに心の障害の治療と予防のための新たなアプローチの開発を目指します。



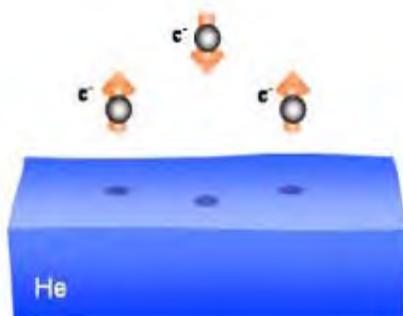
# 量子コンピューティングに向けての 新量子システム

## 液体ヘリウムシステムを用いた同一量子ビットの作成

### 研究の背景

量子コンピュータの将来像については、専門家はもちろん、多くの企業や政府機関の間で注目の話題となっています。従来の二進法の「1」と「0」の「ビット」でデータをトランジスタやメモリ内で演算・保存する代わりに、量子コンピュータの世界では、原子、イオンまたは電子などの系を「量子ビット」として用い、1と0を同時にとる（重ね合わせ）状態も含む無限の組み合わせで演算します。

固体を用いた量子コンピュータの研究での問題の一つに、材料内の欠陥や不純物が個々の量子ビットの機能にランダムに影響を与えるため、完全に同一の量子ビットを作り出すことが非常に困難であることがあります。



液体ヘリウム上の  
電子は自由に移動し  
制御が容易

### 研究の内容

OISTの量子ダイナミクスユニットでは、液体ヘリウム表面に浮かぶ電子の特性を活用した超小型のデバイスを作成し、液体ヘリウム上の電子が量子コンピュータ実現のための新たな候補になることを発見し、量子コンピュータの早期実現の可能性を高めました。液体ヘリウムの系は純粋で欠陥がなく、完全に同一の量子ビットを作り出すことが理論上可能であり、また、他のシステムではほとんど不可能ともいえる電子の移動が、液体ヘリウムを用いた系では可能となるからです。

液体ヘリウム表面上の電子を量子コンピュータに活用するには、ヘリウム表面上の個々の電子を隔離することと、電子の動きやスピンといった量子的自由度をコントロールする必要があります。また、別の場所に電子を動かす必要がある場合もあるため、電子とヘリウム表面の間の相互作用の物理を理解することも重要となります。

液体ヘリウム上の電子は2次元（2D）の結晶を形成することが可能であり、またこの結晶がヘリウム表面に沿って移動する際、電子と表面波の間の相互作用により特有の現象が起きることは、これより前に発見されていました。しかし、OISTの研究者らは、これらの現象が電子結晶の大きさによりどのように影響されるのかを世界で初めて探求し、比較的少数の電子からなる二次元電子結晶をひとつだけ隔離するため、電子トラップが組み込まれた超小型のチャンネルを持つデバイスを作成しました。このデバイスの電極の一つに交流電圧を印加することで、電子結晶を液体ヘリウム表面上で移動させます。この電子の動きが鏡像効果でもう一つの電極に電流を誘起するため、その電流を市販の電流増幅器とロックイン検出器を用いて測定することで検知できます。

## 応用例/今後の発展

- 可動性のある量子ビットを用いたグリーンかつ集積可能な系の実現
- 量子コンピュータ

## 共同研究・技術移転の可能性

- 当技術の共同研究・ライセンスにご興味のある企業からのお問合せ受付中

## 研究ユニット紹介

### 量子ダイナミクスユニット

ユニットリーダー：デニス・コンスタンチノフ 准教授

電子などの粒子が十分に狭い領域に閉じ込められている場合、波動としての性質が顕著になります。その振る舞いを理解するには、量子力学的な説明が必要になります。明確な軌道に沿って移動する古典力学的物体とは異なり、このような粒子は確率密度と不確定性原理により説明されます。量子ダイナミクスでは、古典力学と電磁気学では十分に説明することのできない粒子の運動を扱います。当ユニットでは、興味深い多くの量子現象の基本となる複雑な多粒子系について研究しています。実験により確認された現象を論理的に説明することにより、量子情報処理の実現など、さまざまな用途への応用を目指しています。

#### <関連する研究テーマ>

光磁気輸送およびスピン共鳴による、平衡状態から大きく離れた極低温複雑量子系の研究

極低温原子ガス、固態ナノ構造、ナノ光デバイス、次世代ナノデバイスなどへの展開が可能です。



量子実験に用いた超伝導磁石

研究ユニットホームページ： <https://groups.oist.jp/ja/qdu>

<問合せ先>

内閣府沖縄振興局

TEL:03-5253-2111

〒100-8914 東京都千代田区永田町1-6-1

個別の研究内容についてご質問等のある方は、以下の問合せ先までお願いいたします。

沖縄科学技術大学院大学 技術開発イノベーションセンター

〒904-0495 沖縄県国頭郡恩納村字谷茶1919-1

E-mail : [tls@oist.jp](mailto:tls@oist.jp)

<https://groups.oist.jp/ja/tdic>