

【新学術領域研究（研究領域提案型）】

理工系



研究領域名 量子液晶の物性科学

東京大学・大学院新領域創成科学研究科・教授

しばうち たかさだ
芝内 孝禎

研究課題番号：19H05822 研究者番号：00251356

【本研究領域の目的】

棒状や円盤状の分子系では、気体・液体・固体の三態のほかに、液晶と呼ばれる状態が現れますが、近年、様々な固体物質において液晶に類似した電子状態が次々と観測され始めています。このような電子状態は、スピン系・強相関金属・超伝導の各分野で独立に研究されてきましたが、本研究領域では、これらを「スピン液晶」・「電荷液晶」・「電子対液晶」と整理し、いずれも量子多体効果によって現れる点に着目し、「量子液晶」という新概念によって統一的に取り扱います。

既存の分野を超えた新しい連携により、量子液晶の物性を解明すること、またその制御を可能にすることを目的としています。特に、量子液晶の基底状態を解明するとともに、様々な量子液晶に現れる普遍性と多様性の基礎学理を探究します。また、先端技術を駆使して量子液晶の素励起の解明と制御を可能にし、柔軟に変化する液晶の特性と量子性による高速かつ巨大な応答を利用した将来の新技术への基礎を築くことを目指しています。

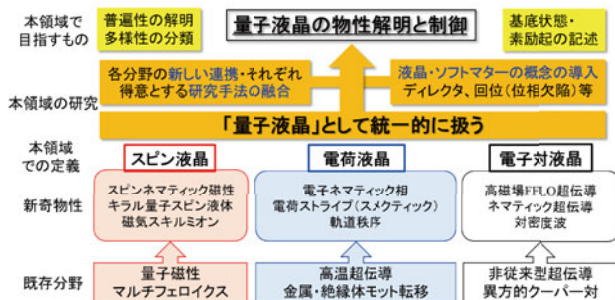


図1 本研究の概略

【本研究領域の内容】

本研究領域では、研究の方法論により以下の四つの研究項目に分類・組織化し、異なる物質を主な対象としてきた研究者を各項目に配置することで、新しい融合研究を促進します。

- 研究項目 A01 量子液晶物質の開発
固体化学の様々な合成手法を駆使して、量子液晶状態の舞台となる新物質の開発を行います。
- 研究項目 B01 量子液晶の精密計測
各種先端精密物性計測技術を用いるとともに、異なる技術を組み合わせた新しい測定手法を開発し、量子液晶電子状態の実験的解明を行います。
- 研究項目 C01 量子液晶の理論構築
様々な理論的方法を駆使して、種々の量子液晶電子状態の秩序パラメータの定式化、その量子揺らぎが他の物性に与える影響を研究し、物質及び機能の設計を行います。

・研究項目 D01 量子液晶の制御と機能

微細加工技術を用いた量子液晶のナノサイエンス、及び最近急速に発展してきた超高速光技術による状態制御と機能開拓を行います。

これらの連携研究により、開発した物質を精密計測し、理解した上で制御し、機能開拓への道筋を総合的に探究する舞台を提供することで、量子液晶の物性科学の基礎学理の構築を目指します。

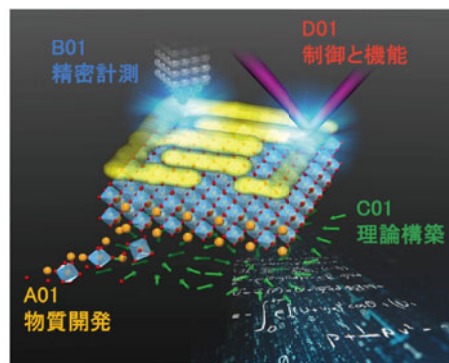


図2 各研究項目による融合研究のイメージ

【期待される成果と意義】

歴史的には、物質の三態を超えた「液晶・ソフトマター」の科学が発展し、様々な新しい応用が開かれました。本研究領域はその量子版と位置付けられ、例えば「流体力学」から「量子流体（液体）」の物理学の展開では超伝導や量子ホール効果などの新たな概念が現れたように、「量子液晶」の科学の展開においても新しい学術の創成が期待されます。

また、基底状態を解明し素励起を制御することは、新しい量子液晶テクノロジーへの基礎を築くものであり、電子状態そのものを変化させることで高速かつ巨大な応答が期待されるため、量子情報技術などに役立つ新機能の開拓が可能となると考えられます。

【キーワード】

量子液晶：量子力学的な効果により物質中に現れる液晶に類似した電子状態の新たな総称。液晶では分子自体が方向性を持つが、量子液晶では量子力学的自由度により方向性が発現し、特異な物性を示す。

【研究期間と研究経費】

令和元年度～令和5年度
1,134,000 千円

【ホームページ等】

<http://qlc.jp>
office@qlc.jp

新学術領域研究
（研究領域提案型）



研究領域名 変わりゆく気候系における中緯度大気海洋相互作用 hotspot

国立研究開発法人海洋研究開発機構・アプリケーションラボ・グループリーダー

のなか まさみ
野中 正見

研究課題番号：19H05695 研究者番号：90358771

【本研究領域の目的】

昨年も豪雨が西日本を襲い、甚大な被害をもたらした。最近、豪雨や豪雪が毎年のように日本列島を襲い、人々の生命・財産を脅かしている。

従来、このような異常気象・異常天候は長期的な温暖化に加え、エルニーニョ現象等の熱帯域の海洋・大気変動が遠隔的に影響したものであり、中緯度域の海洋は大気変動にただ受動的に反応するだけと考えられてきた。今日でも気候の季節予測はこうした気候学的な「常識」の下で行われている。

ところが、近年の高分解能な海洋・大気データの解析により、中緯度域の海洋も大気への構造・変動に影響することが明らかとなってきた。我々は中緯度域の海洋から大気への影響の鍵となる黒潮やメキシコ湾流等の強い暖流域とそれに伴い水温が水平方向に急に変わる海域を“気候系の hotspot”と捉え、そこで海洋と大気が相互に作用するメカニズムの多角的な研究から、従来の「常識」を覆し、「中緯度海洋の気候学的能動性」という新パラダイムを確立した。

このような研究の進展から、その知見を豪雨・豪雪や気候変動の数値的「予測」にどう反映させるかという更に新しい重要課題が浮上した。そこで、

I) 先端的な観測技術と数値モデリングとの融合研究により、中緯度大気海洋相互作用に特有の多階層的な過程とその間の相互作用の理解を更に深めると同時に、それを基盤として、

II) 台風や爆弾低気圧等の極端気象現象や異常天候をもたらす持続的な大気循環異常などの大気・海洋現象の予測の可能性や、地球温暖化に伴う気候系の将来予測、それらの中での中緯度海洋の能動的役割を明らかにする。このように、先に確立した新パラダイムを更に深め、その科学的・社会的な重要性・有用性を提示することが本研究領域の目的である。

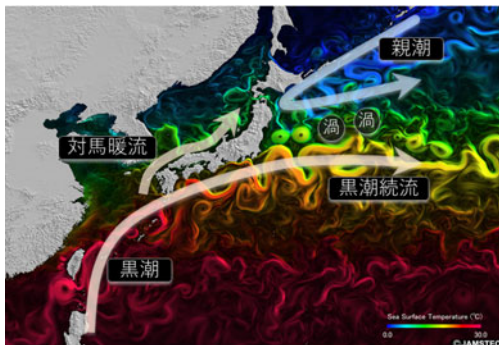


図1 日本付近の海流と水温分布

【本研究領域の内容】

上記 I) においては、本州のすぐ風上側に位置し、日本の天候への直接的影響も大きい気候系 hotspot である対馬暖流において先端的な観測機器も駆使した

大気・海洋同時集中観測を展開する。さらに、大気と海洋の相互作用を、物質を介したものと広く捉え、大気海洋間の微粒子（エアロゾル）と熱の交換が中緯度海域の下層雲形成や海洋表層の生態系へ与える影響等へと研究を拡張させる。

II) においては海洋からの能動的影響が異常気象や災害をもたらす大気循環異常や豪雨・豪雪などの予測の改善、あるいは不確実性拡大に与える寄与の評価にまで研究対象を拡張する。また、温暖化した気候下における気候系 hotspot の役割や将来気候の予測にもたらし得る不確実性について包括的知見を得ることを目指す。

【期待される成果と意義】

大別して三つの成果が期待される。①気候系 hotspot に特有の多階層にわたる大気と海洋の相互作用とそのメカニズムの理解が格段に深まることが期待される。②気候系 hotspot での大気海洋相互作用、特に海洋からの能動的影響が、災害をもたらす豪雨・豪雪等の極端現象や台風・爆弾低気圧などの顕著な大気擾乱、異常気象をもたらす持続的な大気循環変動の予測の可能性の向上にどれほど寄与し得るかの評価、さらには水温変動をもたらす海流の流速・流路や海洋渦の予測の可能性に関する評価も得られることが期待される。③従来看過されてきた温暖化していく気候における中緯度大気海洋相互作用の役割に関する基本的・包括的な知見を得ることが期待される。これにより中緯度大気海洋相互作用の気候モデル内での再現性が気候の将来予測にどのような不確実性をもたらすかが初めて評価される。このような、「予測の可能性」と「地球温暖化」の分野に及ぶ発展から、高い社会的波及効果が期待される。

【キーワード】

中緯度大気海洋相互作用（海流の変動と大気の循環が互いに影響し合い平均的な構造や変動を作る現象）
異常気象・異常天候（数日規模の豪雨や豪雪等や、冷夏や暖冬等の季節規模の大気の異常な状態）

【研究期間と研究経費】

令和元年度～令和5年度
1,138,000 千円

【ホームページ等】

<http://www.jamstec.go.jp/apl/hotspot2/>
nona@jamstec.go.jp

【新学術領域研究（研究領域提案型）】

理工系

研究領域名 機能コアの材料科学



名古屋大学・大学院工学研究科・教授

まつなが かつゆき
松永 克志

研究課題番号：19H05785 研究者番号：20334310

【本研究領域の目的】

本研究領域では、粒界や界面、転位などの結晶欠陥特有の電子状態が作り出す場（＝量子場）を、材料機能発現の源である「機能コア」とみなし、理論計算とナノ計測、多様な材料分野における材料創製研究者が一体となり連携研究を行う。

従来の材料機能研究では、材料内部のバルク領域の平均的構造と巨視的特性を主たる対象としていた。一方、近年のナノ計測技術や計算科学の発展は著しく、結晶欠陥の電子・原子レベル構造に関する情報が定量的に得られるようになってきている。その結果、多くの先進材料において、材料内部に存在する点欠陥や粒界、界面、転位などの結晶欠陥が、材料特性発現の起源であることが明らかとなってきた。したがって、結晶欠陥の電子・原子レベル構造と材料機能の関係についての系統的理解が、今後の新材料開発の重要指針となり得る。また、そうした結晶欠陥の機能を積極的に利用した材料開発も行われつつある。そこで本研究領域では、熱や電場、磁場、光、力などの外部刺激の下で発現する、結晶欠陥の「機能コア」としての素性を解明し、それに基づく新しい材料科学の学理構築と、機能コアに基づいた新材料機能創出及び萌芽的材料創製を目指す。

【本研究領域の内容】

機能コアという共通概念の下、材料科学の新学理構築と新材料機能創出を目指すため、以下のような研究項目を置く。

- ・研究項目 A01 機能コアの理論解析
- ・研究項目 A02 機能コアのナノ計測
- ・研究項目 A03 機能コアに基づく新材料機能創出

本研究領域では、機能コアの局所構造と局所機能の相関に関する定量的で包括的な理解を得ることが必要不可欠である。そこで A01 と A02 では、粒界や界面、転位などの機能コアの構造—機能に関する基礎学理を構築するため、世界最高水準の電子状態計算、情報科学的解析及びナノ計測により研究推進する。また、基礎学理的な研究にとどまらず、機能コアを最大限に活用した材料機能を創出するためには、機能コアを実材料にビルトインするプロセス技術も欠かせない。そこで A03 では、高機能コアを用いた材料の高機能化を実証する。そのため、A03 は、高圧や高温合成、その他特殊な物理場を利用した合成プロセス、原子層単位での薄膜合成など、単にバラエティに富むだけでなく、国際的にも学術的優位性を有するプロセス技術を有する研究者で構成されている。



図 1. 研究組織

【期待される成果と意義】

結晶欠陥を活用・制御した、新規な材料機能創出を行うための基礎学理構築が、第1に期待される成果である。機能コアの学理を駆使し、計画研究に挙げた各材料分野での材料の高機能化若しくは新材料創出の指針確立が第2に期待される成果である。さらに本研究領域を通じ、計算解析、評価・計測、材料合成など、各要素技術の高度化や飛躍的発展が、期待される第3の成果である。

機能コアという新概念の下に、粒界や界面、転位などの結晶欠陥を利用した材料機能向上及び新材料機能創出が達成できれば、学術的に大きなインパクトを与える。従来、結晶欠陥は材料機能における「悪玉」であった。これを「善玉」として活用するという発想の転換が期待される。

【キーワード】

結晶欠陥：結晶性材料において、原子配列の規則性が乱れることで形成される格子非整合領域
機能コア：材料内部に存在する結晶欠陥特有の電子状態が作り出す場

【研究期間と研究経費】

令和元年度—令和5年度
1,098,000 千円

【ホームページ等】

<http://www.core.mp.pse.nagoya-u.ac.jp>
kmatsunaga@nagoya-u.jp

【新学術領域研究（研究領域提案型）】

理工系



研究領域名 **水圏機能材料：環境に調和・応答するマテリアル構築学の創成**

東京大学・大学院工学系研究科・教授

かとう たかし
加藤 隆史

研究課題番号：19H05714 研究者番号：70214377

【本研究領域の目的】

本研究領域では、「水」の存在下において環境・生体と調和・相互作用しながら機能を発現する材料を「水圏機能材料」と定義する。「材料の構築学」と「水の基礎科学」の融合により、世界に先駆けて物質・材料学における新しい学術体系「水圏機能材料構築学」を創成し、革新的材料を創製することを目的とする。人類の持続的発展のために水は必須であり、国連のSDGs6において水は重要な対象である。水と調和できる水圏機能材料の創出は、環境・エネルギー・医療・農業など幅広い分野において重要であり、喫緊の課題である。

【本研究領域の内容】

本研究領域においては、「水」と「材料」の相互作用を分子レベル・ナノ集合レベルで捉え、水と物質の構造・機能相関の基礎学理に基づいて、「水圏機能材料」を創製することを特徴とする。有機化学・高分子化学、物理学、先端計測及び計算科学、工学を含めた広い視点を取り入れて研究を行う。

我々生命体や地球環境は、水の存在なしでは機能しない。本研究領域では、材料科学の立場から、水の分子としての振る舞いに焦点を当てる。「水圏」を水分子の存在する場、すなわち、地球上の環境や、生活・産業の場、及び生体内とする。これらには、水分子と他の分子・材料との相互作用が重要な役割を果たすという共通点があるからである。

「水環境（水圏）」で自在に高機能を発揮する材料開発のためには新しい材料設計原理が求められる。水と物質の構造・機能の相関に立脚した統合的な材料構築学を確立する必要がある。従来の水の基礎科学では、水単独での物性・構造の研究が中心であった。また、従来の材料、電子材料・高分子材料などの開発では、非水圏での使用を意識したものが主で

あった。すなわち別々に発展してきた水の学理と、材料の科学を統合・展開させ、水圏機能材料構築学の創成を目指す。

【期待される成果と意義】



図2. 本研究領域の研究展開図

1. 水圏で機能する革新的材料の創製

水の存在下において高機能を発揮する材料開発が期待できる。これらは、従来材料開発において、十分でなかった水環境（水圏）における材料の高機能の発現を実現する。具体的には、界面の接続により機能を発現する水圏電子・イオン機能材料、材料と水が分子レベルで融合する水圏バイオ・環境機能材料、水中における合成で得られ優れた機械的性質を示す水圏メカノ機能材料などの創製が期待できる。

2. 「水圏機能材料構築学」の創成

水単独の構造・動態を解明する従来の学問に、更に材料間との相互作用を加えて、水・材料双方の構造と機能の相関評価を行うことにより、これらの融合分野における学問を発展させる。また、これらの知見を統合させ、「水圏」で自在に高機能を発現する材料の設計原理の確立が期待される。

【キーワード】

水圏機能材料：本研究領域では、地球上の水が占めている海や川などの部分のみならず、水が存在する生活・産業の場や生体内などにおいて働く材料を水圏機能材料として定義する。水を分子として捉え、その振る舞いや、材料との相互作用などを考えるときに、共通の材料科学の問題として捉えることができるためである。

【研究期間と研究経費】

令和元年度～令和5年度
1,185,200 千円

【ホームページ等】

<http://www.aquatic-functional-materials.org/>
kato@chiral.t.u-tokyo.ac.jp

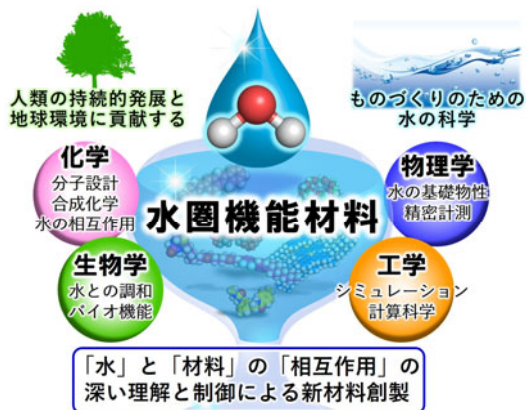


図1. 本研究領域の研究推進のための学問の融合



研究領域名 地下から解き明かす宇宙の歴史と物質の進化

東北大学・ニュートリノ科学研究センター・教授 井上 邦雄

い の う え くに お
井 上 邦 雄

研究課題番号：19H05802 研究者番号：10242166

【本研究領域の目的】

ニュートリノを伴わない二重ベータ崩壊 ($0\nu2\beta$)・暗黒物質・超新星ニュートリノ・地球ニュートリノといった地下宇宙素粒子研究の総力を結集し、各時代・各重要過程の理解を系統的に紡ぐことで、「物質はどこから来たのか?」、「星・銀河はどのように作られたのか?」、「元素はどのように作られたのか?」、「どのように地球に行き着いたのか?」という一連の宇宙の歴史と物質の進化を解き明かす。「神岡」地下の強固な連携を国際共同に拡張し、各課題を更に深化する低温技術・核行列要素・暗黒物質分布、一連の宇宙の歴史と物質の進化の解明を系統的に展開する超新星爆発理論・物質進化を領域に取り込み、シナジー効果を増大させる。それによって、個々の研究の飛躍的な発展とともに、分野での高い競争力を長期間維持し、人材育成も含めた長期的な視野で研究戦略を立てることで、世界をリードして宇宙の歴史と物質の進化を解明する研究を展開する。

【本研究領域の内容】

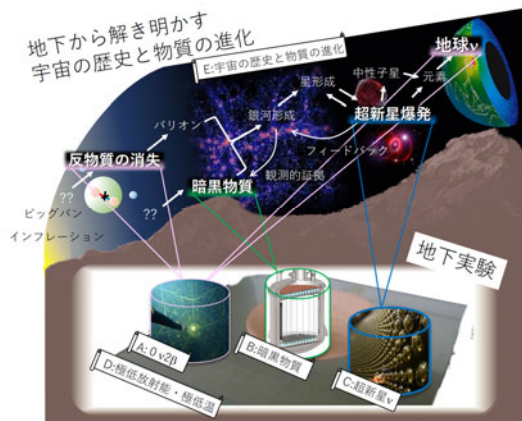


図1 研究項目と重要課題の関わり

$0\nu2\beta$ の探索では、カムランド禅が世界を大きくリードしている。暗黒物質探索では、XENON 実験が世界をリードしており、XENONnT に発展する。超新星ニュートリノ観測ではスーパーカミオカンデが世界トップの感度を有しており、更に感度が高まるSK-Gd に発展する。地球ニュートリノ観測は、パイオニアであるカムランドが世界をリードしている。本研究領域は、各課題のトップランナーであるこれらの旗艦プロジェクトと将来展開を見据えた挑戦的な研究が、共通の基盤技術の下に連携し相乗的に発展する。将来を見据えた研究では、他核種を使った $0\nu2\beta$ 実験が、同位体濃縮や極低温蛍光熱量計技術を取り込み、究極の感度技術を開拓する。また、暗黒

物質探索では、ニュートリノバックグラウンドの限界を突破する方向有感探索を国際協働で推進する。地下宇宙素粒子研究で基盤となる極低放射能技術では、世界最高性能を追求して展開するとともに、国際連携のデータベース発信により分野全体の技術レベルを底上げする。また、エネルギー分解能向上や低閾値を実現する革新技術として低温検出器技術を取り込み、長期にわたって世界をリードしていく。さらに、理論的な枠組みとなる素粒子的宇宙像と宇宙の化学進化描像のシームレスな統合を目指すことで、各研究の相乗効果・波及効果を大幅に高める。

【期待される成果と意義】

宇宙素粒子研究の最重要課題である $0\nu2\beta$ 探索や暗黒物質の直接探索、さらに宇宙の化学進化を解明する上で重要な情報をもたらす超新星背景ニュートリノ観測・地球ニュートリノ観測のそれぞれで世界をリードした研究を推進することで、各課題それぞれで世界初の大発見を目指す。共通基盤・革新技術の発展や宇宙の歴史を貫く理論の構築は、周辺分野へも波及し、長期にわたって地下宇宙素粒子研究分野における世界的な中核として貢献する。本研究領域が実現する活発な国際協働環境は、世界で活躍する優秀な若手人材育成にも大きく貢献する。

【キーワード】

地下宇宙素粒子研究：宇宙線の少ない地下空間の極低放射能環境でのまれな現象観測によって、宇宙・素粒子の課題に取り組む研究。

ニュートリノを伴わない二重ベータ崩壊 ($0\nu2\beta$)：宇宙物質優勢の鍵であるニュートリノ・反ニュートリノ同一性を検証できる唯一現実的な現象で、特定の原子核内の2回同時のベータ崩壊で、二つのニュートリノが消失する現象。

暗黒物質：宇宙の構造形成に不可欠な未知の素粒子で、銀河ハローを形成し地球周辺にも $0.3\text{GeV}/\text{cm}^3$ 程度存在する。

超新星背景ニュートリノ：遠方から次々到来する過去の超新星爆発ニュートリノで、星形成史や超新星爆発機構・化学進化の情報をもたらす。

【研究期間と研究経費】

令和元年度～令和5年度
1,129,500 千円

【ホームページ等】

<http://www.lowbg.org/ugap/>
inoue@awa.tohoku.ac.jp

新学術領域研究
(研究領域提案型)

【新学術領域研究（研究領域提案型）】

理工系

研究領域名 ハイパーマテリアル：補空間が創る新物質科学



東京理科大学・基礎工学部材料工学科・教授

たむら りゅうじ
田村 隆治

研究課題番号：19H05817 研究者番号：50307708

【本研究領域の目的】

3次元周期結晶では不可能な高対称性を有する準結晶の発見は、結晶学にパラダイムシフトをもたらし、人類が数百年にわたり慣れ親しんできた結晶の定義を根底から覆した。準結晶は高次元周期結晶の断面構造であり、その構造を記述するには「補空間」とよばれる別の余分な空間が必要となる。本研究領域は、既存の物質概念の一段上の新たな物質概念「ハイパーマテリアル」を提唱し、ハイパーマテリアルを取り込む新しい学理を創出することを目的とする。

本研究領域では、補空間にデータ科学を適用することで、半導体・セラミックス・ポリマーハイパーマテリアル、また、磁性・量子臨界・超伝導ハイパーマテリアルなどの合成に挑戦し、これまでなかった物質群の創製を目指す。また、異常高温比熱や異常熱伝導をはじめとする、従来結晶では不可能な、高次元や高対称と密接に関連する諸物性を追求する。さらに、実空間では複雑怪奇なハイパーマテリアルの原子的挙動、磁気・電子・フォノン状態等を補空間で明快に記述することで、複雑な秩序に潜む隠れた法則性を高次元空間において見だし、分野横断して英知を結集し、新たな物質科学を創出することを目指す。

【本研究領域の内容】

本研究領域の目的を達成するために、次の四つの研究項目を立てる（図1）。

- ①研究項目 A01 ハイパーマテリアルの合成
- ②研究項目 A02 ハイパーマテリアルの構造
- ③研究項目 A03 ハイパーマテリアルのインフォマティクスと hidden order の探索
- ④研究項目 A04 ハイパーマテリアルの物性と hidden order の探索

研究項目 A01 では、研究項目 A03 で予測した物質組成も基に、金属系・半導体系・セラミックス系・ポリマー系の新たなハイパーマテリアルの合成に挑戦する。研究項目 A02 では、X線・中性子線等により新規ハイパーマテリアルの静的・動的構造を詳細に調べる。研究項目 A03 では、ハイパーマテリアルのデータベースを構築し、ハイパーマテリアル安定化に関わる記述子を突き止める。また、補空間を含めてハイパーマテリアルの構造と物性に関わる記述子を探索し、ハイパーマテリアルの組成予測及び物性予測を行う。研究項目 A04 では、新規ハイパーマテリアルの物性測定を行い、電子・スピン・フォノン等の状態を詳しく調べる。また、研究項目 A02 と協働して物理量を補空間にマッピングし、隠れた秩序を明らかにするとともに、その解釈を与える。本

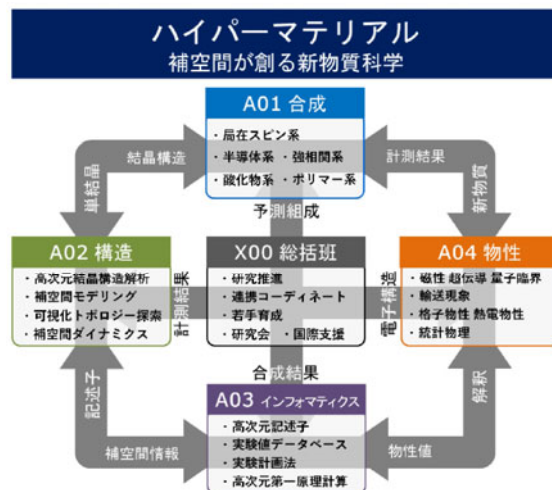


図1 本研究領域の研究・連携体

研究領域では、これら四つの研究項目にまたがる共同研究を通して、従来結晶では得られない新規物性の発掘、新現象の創出に挑むとともに、補空間物質科学の学理構築に取り組む。

【期待される成果と意義】

- ① ハイパーマテリアルが示す複雑な秩序の背後に隠れた法則性が明らかとなり、また、その法則性を説明するための新たな学理が構築される。
- ② ハイパーマテリアルは既存の周期結晶を包含する一段上の物質概念であり、周期結晶だけを対象とする限り思いもよらない補空間の構造情報に我々の目を向け、新たな物質観が創出される。
- ③ ハイパーマテリアルが、金属のみならず、半導体、セラミックス、ポリマー分野などに拡大し、それぞれの分野が対象とする物質群が拡張する。

【キーワード】

ハイパーマテリアル：「ハイパースペース（高次元空間）」の「マテリアル」の略。準結晶や近似結晶は、高次元周期結晶の断面構造として記述することができる。ハイパーマテリアルとは、高次元空間で統一的に記述される物質群を指し、実空間だけでなく「補空間」にも構造情報を有することが特徴である。

【研究期間と研究経費】

令和元年度～令和5年度
791,200千円

【ホームページ等】

<http://www.rs.tus.ac.jp/hypermaterials/html>



研究領域名 蓄電固体デバイスの創成に向けた界面イオンダイナミクスの科学

名古屋大学・工学研究科・教授 いらやま やすとし
入山 恭寿

研究課題番号：19H05812 研究者番号：30335195

【本研究領域の目的】

固体と固体が接合すると、その界面近傍で固体本来（バルク）の性質とは異なる全く新しい機能が生じる。本研究領域の目的は、固体内において電子・ホール以外にイオン (M^+) が電荷キャリアに含まれる材料 (=蓄電固体材料) のヘテロ・ホモ接合界面で発現する特異なイオンダイナミクスの機構を解明し、イオンを自在に高速輸送・高濃度蓄積し得る界面構築のための指導原理を確立することである。

【本研究領域の内容】

蓄電固体材料には、①電子・ホールが M^+ より高速に伝導し、バルク内の M^+ 濃度を電位で自在かつ顕著に制御できる材料（インサージョン電極材料：電極）② M^+ が電子・ホールより高速に伝導する材料（固体電解質：電解質）の2種類がある。2種類の蓄電固体材料が接合する (=蓄電固体界面) と、界面近傍では電子やホールに加えて M^+ の移動も起こることで平衡状態が形成され、全てのキャリアの電気化学ポテンシャルが一定となる。この結果、蓄電固体界面では空間電荷層の形成に加えて、 M^+ の濃度・活量変化と、 M^+ の伝導を担う骨格構造の力学緩和（歪み分布）等がもたらされ（図1）、バルクと異なる特異なイオンダイナミクスが発現する。蓄電固体界面におけるこのような物理化学状態の変調がイオンダイナミクスに及ぼす影響を明らかにし、既存の概念に捉われない新機能を発現させる。この目的達成に向けて、四つの研究項目の下、化学・物理・計測・情報・材料の異分野研究を融合し、新たな固体界面科学の学理を構築する（図2）。

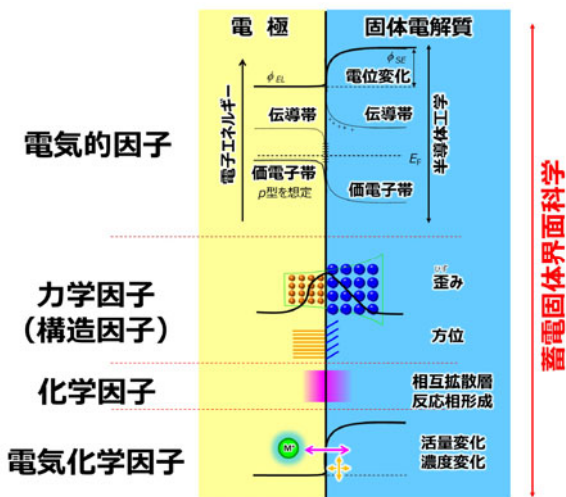


図1 蓄電固体界面のイオンダイナミクスに及ぼす因子の概略図

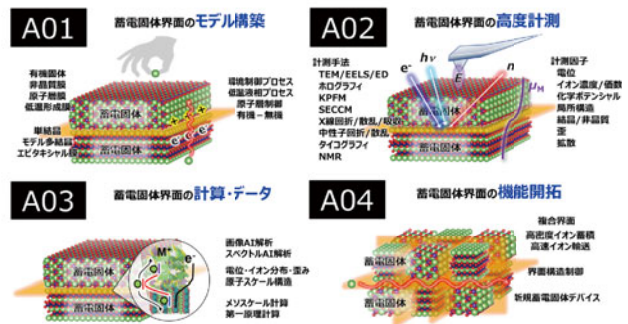


図2 研究項目の概要

研究項目 A01 では、単結晶・薄膜形成技術を活用し蓄電固体材料の構造規定モデル界面を構築し、その界面イオンダイナミクスの基礎特性を電気化学的手法などにより調べる。研究項目 A02 では、蓄電固体界面近傍における電位、イオン濃度、化学ポテンシャル、局所構造などの変調・分布を、高度計測手法を駆使することで多角的に評価する。研究項目 A03 では、蓄電固体界面近傍のイオン及び電子の分布・ダイナミクス機構を、多階層スケール計算やインフォマティクス解析を組み合わせた理論的アプローチにより解明する。研究項目 A04 では、結晶・非晶質材料において、界面構造の異なる蓄電固体材料や格子欠陥や格子歪みを有する準安定相材料などを活用した新機能の発現を目指す。

【期待される成果と意義】

本学理構築により、大容量・高出入力が可能な全固体電池の界面・新材料設計指針が明確となり、加速的な高性能化が期待される。また、全固体キャパシタ、超伝導・トランジスタ、アクチュエータ、振動発電素子など、既存の概念に捉われない新世代イオンデバイスの創成にもつながる。

【キーワード】

蓄電固体デバイス：全固体電池や全固体キャパシタ等の蓄電固体材料を用いるデバイス。
界面イオンダイナミクス：固体内でイオンが動く材料の界面近傍で発現するバルクと異なるイオン移動。

【研究期間と研究経費】

令和元年度～令和5年度
1,127,800 千円

【ホームページ等】

<https://www.interface-ionics.jp/>

新学術領域研究
（研究領域提案型）