



研究領域名 生命分子システムにおける動的秩序形成と高次機能発現

自然科学研究機構・岡崎統合バイオサイエンスセンター・教授

かとう こういち  
加藤 晃一

【本領域の目的】

生命現象の特質は、システムを構成する多数の分子素子がダイナミックな離合集散を通じて秩序構造を形成し、外的環境との相互作用を行いつつ、自律的に時間発展していくことにある。前世紀末期に勃興したオミクスアプローチは生命体を構成する分子素子に関する情報の網羅的集積を実現した。しかしながら、それらの生命素子が自律的に柔軟かつロバストな高次秩序を形成するメカニズムを理解することは、これからの生命科学の重要な課題である。

本領域は、化学・物理学・生物学の分野横断的な連携を通じて、内的複雑性を秘めた生命分子素子が動的な秩序を形成して高次機能を発現する仕組みを分子科学の観点から解き明かすことを目指す。

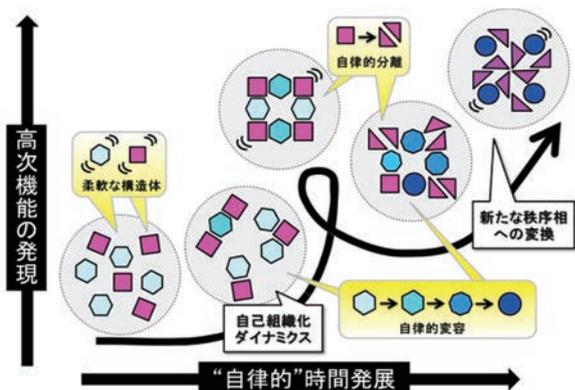


図1. 生命分子システムにおける動的秩序形成の概念図

【本領域の内容】

本領域では、分子が自律的に集合するプロセスについて精密に探査することを可能とする実験と理論の融合研究を実施する（研究項目 A01「動的秩序の探査」）。また、生命分子科学と超分子化学のアプローチを統合することを通じて、生命分子システムの特質を具現化した動的秩序系を人工構築する（研究項目 A02「動的秩序の創生」）。さらに、生命分子の自己組織化系のデザインルールを明らかにするとともに、外的摂動に対するシステムの不安定性とロバストネスを解明することを通じて、高次機能発現に至る時空間的展開の原理を理解する（研究項目 A03「動的秩序の展開」）。



図2. 本領域の概要

【期待される成果と意義】

本研究領域は、生命分子科学と超分子化学の融合により、生命現象の諸相にみられる分子の秩序形成の原理を統合的に理解するとともに、その人工構築を目指すものである。その成果は、創薬をはじめとする産業応用の進展に資するとともに、生命科学一般の深化と分子科学におけるパラダイムシフトをもたらし、人工的な生命システムを設計・創生するための指導原理を導き出すことが期待される。

【キーワード】

生命分子システムの動的秩序：生命体を構成する分子素子は個々に複雑な柔構造を持っており、それらが弱い相互作用を介して自己組織化することにより独自の運動性と非対称性を有する超分子集合体を形成する。形成された集合体は、自律的に、あるいは外部の環境変動やエネルギー代謝に依存して離散・変容を遂げていく。こうした過程を通じて生命分子集団の高次機能が発現される。

【研究期間と研究経費】

平成25年度－29年度  
1,150,400千円

【ホームページ等】

<http://seimei.ims.ac.jp/>  
[kkatonmr@ims.ac.jp](mailto:kkatonmr@ims.ac.jp)

（新学術領域研究）  
研究領域提案型



研究領域名 **ゆらぎと構造の協奏：非平衡系における普遍法則の確立**

東京大学・大学院理学系研究科・教授 **さの まさき 佐野 雅己**

【本領域の目的】

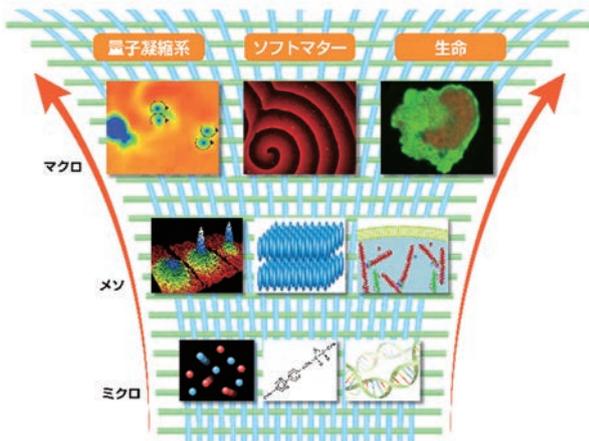
物質の平衡状態の研究は熱統計力学という確立した方法論に立脚しているのに対して、非平衡状態を扱う科学は、まだ発展段階にある。非平衡系を記述する一般的な法則を見だし、それをもとに、自然現象を理解・制御することは現代科学の大きな未解決課題である。

本領域の目的は、これまで独立に進められてきた「非平衡ゆらぎ」と「時空間構造」という非平衡科学の二つの大きな流れを、それぞれメソスケールの領域にまで押し進めて発展させ、両者を統合する新しい研究の潮流を生み出すことである。実際、近年興った「非平衡ゆらぎ」の普遍法則の発見や、メソスケール系での実験技術の進展により「ゆらぎ」と「構造」を統一的に扱うための環境は整っており、統合による非平衡科学の飛躍的発展の機は熟している。本領域では、量子凝縮系、固体物理、ソフトマター、非平衡統計力学などの分野の実験家と理論家の密接な連携により、個々の対象を越えた普遍的で応用性に富む知見を切り拓くことを目指す。マイクロとマクロをつなぐ統計力学の手法を縦糸とすれば、異なる対象を統一的に扱う非線形物理の手法は横糸である。従来の2つのアプローチが交差するメソスケール系において、ゆらぎを伴う時空間構造を研究対象とし、最新の理論とゆらぎの精密測定・制御技術を融合させ、非平衡科学の新しいパラダイムを創成することが本領域の目的である。

【本領域の内容】

上記の目的を達成するため、本領域では、「基礎班」、「時空班」、「機能班」の3班を設け、以下の研究項目を実施する。

(1)非平衡ゆらぎの普遍的な法則の探求



(2)ゆらぎと構造が相関する非平衡現象の解明

(3)非平衡ダイナミクスから生命機能の展開

研究項目(1)では、量子凝縮系、ソフトマター、バイオマターなどの系において、非平衡ゆらぎの普遍性を手掛かりとして、マイクロとマクロをつなぐ非平衡系の普遍法則の確立を目指す。(2)では、マクロとメソ構造の間にフィードバック相互作用があり、ゆらぎと構造が強く相関する現象の解明を目指す。(3)では、物質の創発的な非平衡構造に即して、単なる物質の集合が自己生産、自己駆動、情報の伝播など生命の基本特性を発現するための物理機構を解明し、生命現象の物理的理解に挑む。



【期待される成果と意義】

現在、多くの分野で非平衡系に対する関心が高まっており、今ほど非平衡系に関する指導原理が求められている時はない。本研究領域の発展により、次のような波及効果が期待できる。(1)非平衡法則の発見と深化は、物質科学における非平衡現象の本質的理解につながり、諸分野の基盤的知識と成り得る。(2)フィードバック操作や情報の概念を取り入れた非平衡統計力学の発展は、メソ系やナノシステムの制御と関連が深く、革新的技術の開発につながる可能性がある。(3)人工細胞モデルの実現は、生物物理や化学工学の発展に寄与するものと期待される。

【キーワード】

ゆらぎの普遍法則、自己組織化、非平衡統計力学

【研究期間と研究経費】

平成 25 年度－29 年度  
918,700 千円

【ホームページ等】

<http://sfs-dynamics.jp>  
[sfs@issp.u-tokyo.ac.jp](mailto:sfs@issp.u-tokyo.ac.jp)



研究領域名 理論と実験の協奏による柔らかな分子系の機能の科学

理化学研究所・田原分子分光研究室  
主任研究員

たはら たへい  
田原 太平

【本領域の目的】

物質は単一の分子から細胞に至る階層構造を成しますが、この中で現在の化学のフロンティアは複雑系の機能の解明と創出にあると言えます。生体分子系に代表される高い機能を有する複雑系の本質は、大きい内部自由度を持ち、系が状況に応じて柔軟に変化して最適な機能を発現する、という点にあります。このような特質をもつ複雑分子系を「柔らかな分子系」と定義し、その機能の理解と制御に向けて、分子科学、生物物理学、合成化学、理論・計算科学を統合した研究を行います。具体的には生体分子、超分子、分子集合体、界面等に代表される柔らかな分子系とその要素過程に対して、理論計算、先端計測、機能創成の3つアプローチを融合した研究を行い、複雑系に対する新しい「分子の科学」の学術領域を創成します。

【本領域の内容】

「柔らかな分子系」の研究は、多体問題である複雑な現実系をどのように分子の立場で取り扱うかという問題です。また、フェムト秒での局所的な刺激がどのようにミリ秒～秒の分子応答を引き起こすのか、あるいは数個の原子団の量子状態の変化がいかに巨大分子の機能発現につながるのかを研究することです。これを行うためには、広い時間・空間スケールを俯瞰する総合的な新しい視点で研究を行わなければなりません。そこで本領域では以下の3つの研究項目を設け、理論計算、計測先端、機能創成が三つ巴になって「柔らかな分子系の科学」を推進します。

(1) A01 項目（解析）：分子系が柔らかさを活かして機能を発現する機構を、超高速計算機の開発を背景にした革新的な分子理論による理解と予測によって明らかにします。さらに A02 項目の実験結果を元に理論計算の検証・改良を行って定量的の高い計算を実現し、A03 項目と連携して機能・構造の予測と分子設計を行います。

(2) A02 項目（計測）：柔らかな分子系のもつ多様な準安定状態とダイナミクスを時間分解分光や単分子計測などの最先端計測によって観測・解明します。また柔らかさに基づく現象の観測のための新しい手法を開発します。観測された分子の動的性質と機能との関係を A01 項目および A03 項目と連携して解明します。

(3) A03 項目（創成）：合成化学・遺伝子工学を駆使して、超分子やタンパク質など柔らかさを有する分子系の新規な機能を創成します。A01 項目の理論計算、A02 項目の先端計測と連携することによ

って、戦略的、独創的な機能創成を実現します。

【期待される成果と意義】

本領域では、これまで別々に発展してきた理論計算、先端計測、機能創成を統合し、新しい複雑分子系の機能の予測、解明、創出を行う新しい学問領域を確立します。例えば、新しい光受容タンパク質や新奇な超分子の機能を先端計測で観測し、それを理論的に解析することで機能発現の機構が理解できれば、それに基づいて戦略的に新たなタンパク質や超分子の機能創出が行えるようになる期待できます。また、膜のような柔らかな界面の性質を新しい計測と理論で解明することによって、界面を利用した新物性創出ができるようになります。物質科学に新しい知的基盤を与えるとともに、生物科学や医用工学などの周辺分野に新しいツールを提供し、さらに物質の階層的理解を深める新たな物質観を作り出すことを目指します。



柔らかな分子系研究の推進体制

【キーワード】

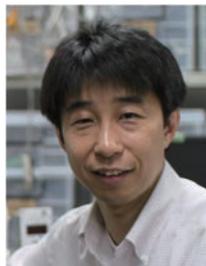
分子系：複数の分子が組合わさったものです。  
生体分子：生体を構成する分子で、タンパク質、核酸、脂質、情報伝達物質などを指します。  
準安定状態：反応の途中などに一定時間現れる状態です。最も安定な状態ではないものを指します。

【研究期間と研究経費】

平成 25 年度－29 年度  
1,111,000 千円

【ホームページ等】

<http://www.yawaraka.org/>



研究領域名 ニュートリノフロンティアの融合と進化

京都大学・大学院理学研究科・教授

なかや つよし  
中家 剛

【本領域の目的】

本領域の主目的は、(1)素粒子“ニュートリノ”の未知の性質の究明、(2)ニュートリノを通じた新しい自然像の確立、(3)そしてニュートリノを軸として素粒子・宇宙・時空の起源に迫ること、です。

(1) ニュートリノについて、「質量」、ニュートリノ同士が混じり合う「ニュートリノ混合」、そして「粒子と反粒子の違い」、がよく分かっていません。日本が誇る先端科学技術を使った実験研究、ニュートリノによる自然観測、そして理論研究を通して、ニュートリノの性質の究明を目指します。

(2) ニュートリノは、宇宙の中では光に次いで多い素粒子で、自然界の至る所に存在します。太陽はニュートリノで輝いていますし、小柴氏のノーベル賞につながった超新星ニュートリノも有名です。これら自然界に存在するニュートリノを観測し、新しい自然像を描いていきます。

(3) 素粒子・宇宙・時空の起源という大きなテーマに向かって、ニュートリノを軸とした新しい研究を展開していきます。

【本領域の内容】

本領域では、最先端の実験・計測技術を駆使してニュートリノの性質を測る実験、自然界に存在するニュートリノの観測、最先端の素粒子実験技術の開発、そしてニュートリノを軸とした理論研究を進めていきます。実験研究では、(a)世界最高性能の加速器J-PARCを使ってニュートリノビームを生成し、岐阜県飛騨市にあるスーパーカミオカンデで、ニュートリノ振動を測定します。図1に示すスーパーカミオカンデは日本が誇る高性能ニュートリノ測定器です。(b)原子炉で発生するニュートリノを測定し、やはりニュートリノ振動を研究します。さらに、その技術を応用して外部から原子炉をモニターする技術確立します。(c)大気から降り注ぐニュートリノを観測します。

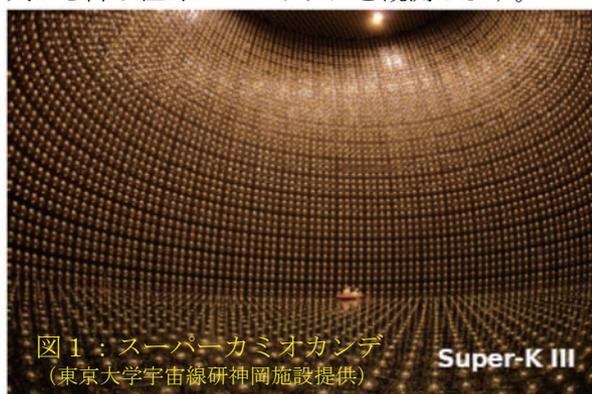


図1：スーパーカミオカンデ  
(東京大学宇宙線研究所提供)

Super-K III

また、次世代の核子崩壊・ニュートリノ検出器「ハイパーカミオカンデ」の開発研究を進めます。(d)宇宙起源の高エネルギーニュートリノを観測することで、これまで見えなかった宇宙の深部を探ります。以上のニュートリノ実験と観測を支える最先端技術として、「3次元イメージング」、「超高解像度」、「超高エネルギー分解能」の測定器の開発を進めていきます。また、ニュートリノを軸にした理論研究では、「ニュートリノが関係する現象を説明する」理論、「ニュートリノで観る原子核構造」理論、「ニュートリノを軸とした」宇宙論および「素粒子の究極」理論を研究していきます。

【期待される成果と意義】

加速器ニュートリノビームと原子炉ニュートリノを使った実験では、世界最高精度でニュートリノ振動のパラメータを決定します。その結果、世界で初めてニュートリノにおける「粒子と反粒子の違い」を調べることが可能となります。宇宙ニュートリノ測定では、これまで観測されなかった超高エネルギーのニュートリノの観測を成功させ、新しい宇宙像を描きます。大気からのニュートリノを精密に観測することで、ニュートリノと地球内部の物質との反応が分かります。最先端の素粒子実験装置の開発では、原子炉の保障措置技術の進展、放射線イメージング技術向上、応用分野への波及効果が期待できます。理論研究では、素粒子・原子核・宇宙にまたがった分野横断的な研究がニュートリノを軸に展開していきます。

以上の基礎研究の進展により、「我々はどうやって生まれてきたのか？」という宇宙創生の謎、「時空とは何か？」という根源的な謎に迫ります。

【キーワード】

ニュートリノ：素粒子の一種で、電荷を持たない電子の仲間である。3つのタイプが存在する。物質との反応が極端に弱く、幽霊粒子と呼ばれたりもする。質量を持つことが、スーパーカミオカンデで発見された。3つのタイプ間で存在が入れ替わる現象「ニュートリノ振動」が発見されており、その性質の解明が進んでいる。

【研究期間と研究経費】

平成25年度～29年度  
1,116,100千円

【ホームページ等】

<http://www-he.scphys.kyoto-u.ac.jp/nufrontier/>

# 【新学術領域研究（研究領域提案型）】 理工系



## 研究領域名 ナノ構造情報のフロンティア開拓－材料科学の新展開

京都大学・大学院工学研究科・教授 田中 功

### 【本領域の目的】

結晶の表面、界面、点欠陥等に局在した特徴的な原子配列や電子状態＝ナノ構造が、材料特性に決定的な役割を担う例は極めて多い。近年ナノ構造における個々の原子を直接観察し、その定量的情報を直接的に得るための実験および理論計算に格段の進歩があった。本領域では、ナノ材料科学のフロンティア開拓にさらなる弾みを付けるとともに、獲得されるナノ構造情報を具体的な材料設計・創出に活かすべく、情報の統合化を強力に進める。そして、材料科学、応用物理、固体化学、触媒化学など様々な分野のメンバーが一体となって研究を進め、新しい材料科学の奔流を創り出す。

### 【本領域の内容】

本領域は、次の2つの研究戦略に基づく。  
①ナノ材料科学の未踏フロンティアを世界最高水準で開拓する。そのために、ナノビルトイン実験、ナノ計測実験と高精度第一原理計算を密接に連携させた研究を進め、これまで未知であったナノ構造情報を系統的に獲得する。  
②獲得される新たなナノ構造情報を、具体的な材料設計・創出に活かすべく、情報の統合化を、理論計算と実験の連携によって進め、この手法の有用性を実証するとともに、新しい学術領域として確立させる。



領域研究の骨子

本領域の研究項目および計画研究を以下に示す。とくに実験と理論計算の研究者が一体となって活動できるよう工夫し、各計画研究班長が実験と理論の融合研究に責任を持つ体制を構築した。これに領域全体を統括する総括班と公募研究を加えた体制により、有機的な連携研究を推進する。

### A01 ナノ材料科学のフロンティア開拓

- (ア) ナノ構造解析のフロンティア開拓
- (イ) ナノ機能元素解析のフロンティア開拓
- (ウ) ナノ電子状態解析のフロンティア開拓

### A02 ナノ構造情報シンセシスによる機能設計・探索

- (エ) ナノ構造情報に基づいた機能探索
- (オ) 高圧・高温プロセスを利用した新しい構造－機能関連の探求
- (カ) 原子層制御による新しい材料機能探索

### A03 ナノ構造デザインに基づく新しい材料創製

- (キ) 耐環境性セラミックス材料のナノ構造制御と材料創製
- (ク) ナノ構造情報に基づいた新しい固体イオックス材料の創出
- (ケ) 規整ナノ反応場の構築と新しい触媒機能の創出

本領域研究によりナノ材料科学を深化させ、その応用の方途を確立し、各研究者が専門分野の境界を超えて共同研究できる共通概念・基盤を創出する。そしてこれを継承する若手人材を育成するとともに、学会活動などを通して、国内・外の多くの研究者と学問的基盤を共有できる仕組みを作る。

### 【期待される成果と意義】

科学の進歩と技術の進歩は、ニーズとシーズが糾える縄のごとく一体となって進んできた。現代社会は、エネルギー問題、安心・安全の確保、環境保全、情報通信などの各分野において、革新的な材料開発の新しい概念や発展が待望されている状況にある。本領域で構築を目指すナノ構造情報に立脚した新材料・機能の創出という潮流が定着すれば、材料科学が材料技術に対して多くのシーズを提供できることになり、格段の進歩を産み出すと期待される。

### 【キーワード】

ナノ構造情報：材料のナノ構造と機能の関連性についての定量的知見

### 【研究期間と研究経費】

平成25年度－29年度  
1,028,300千円

### 【ホームページ等】

<http://nanoinfo.mtl.kyoto-u.ac.jp>

# 【新学術領域研究（研究領域提案型）】 理工系



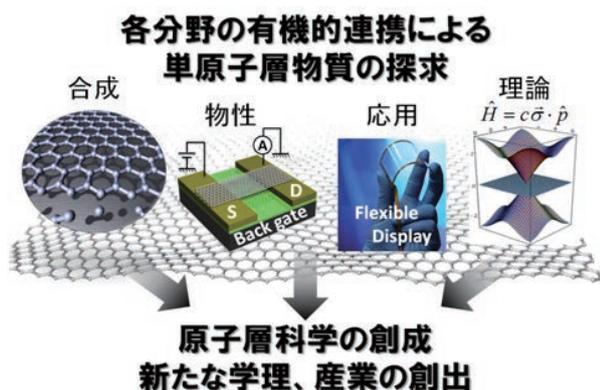
## 研究領域名 原子層科学

東北大学・大学院理学研究科・教授

さいとう りいちろう  
齋藤 理一郎

### 【本領域の目的】

本領域の目的は、グラフェン（グラファイトの1原子層）を中心として、「**原子層が創る科学**」を探索する新しい研究領域「**原子層科学**」の創成である。初の「**単原子層の物質**」であるグラフェンは、従来の半導体物質を凌駕する著しい性質をもつ。各国で大きなプロジェクトが始動するなど、原子層科学の有用性は世界の認めるところである。本物質群に関して我が国の学術水準を向上・強化することは、**炭素科学**において長年世界をリードしてきた日本にとって**急務**の課題である。



**研究目標**は、(1)原子層の**合成法**の探索(化学、工学)、(2)原子層固有の**物性**の探索(物理、工学)、(3)原子層**デバイス**への**応用**(工学、物理)、(4)原子層電子状態の**理論の構築**(物理、化学)、の**4つ**の分野を有機的に連携させ、他の原子層(h-BN, MoS など)との複合層を含め**原子層物質の探索**を行うことである。本申請では、**原子層科学を創成し、新たな学理と産業の創出**を目指す。

### 【本領域の内容】

本研究領域は4つの計画研究で構成する。各計画研究の目標を以下に示す。2年目、4年目に公募研究(各2年間、計264,000千円)を採択する。

- (1) **A01 合成**: 原子層複合系の新規合成手法(複数)を確立し、用途に合わせた原子層を作製する。特に大面積化、高品質化、複合原子層の合成法を実用レベルまで高める。
- (2) **A02 物性**: 原子層構造の新規物性探索。特に、原子層の加工・制御法を確立し、本物質の特異な電子(質量が0の電子)状態がもたらす

新規物性を探索・解明する。

- (3) **A03 応用**: 原子層デバイスのプロセス技術を開発・展開する。六方晶窒化ホウ素原子層との複合原子層の作製技術を用いて積層構造の制御と高性能デバイスを実現する。
- (4) **A04 理論**: 原子層系の接合構造・層端構造の理論設計、第一原理計算による電子状態評価を行い、新規物性の提案を行う。原子層物理における理論体系を構築する。

### 【期待される成果と意義】

本研究領域において期待される成果と意義は以下のとおりである。

- (1) 本研究領域は、物理学、化学、工学などの既存の学問分野の枠を超えた融合領域の創成を目指すものである。**異分野間の研究の連携が期待できる。**
- (2) 本研究領域のメンバーは、各分野を代表する研究者から構成されている。このような精通した研究者間の共同研究を通じて、**【本領域の内容】**で示した新たな大きな発展が期待できる。
- (3) グラフェンを中心とした基礎研究が、新規原子層物質を含む原子層科学に大きく展開することが期待できる。その帰結として新たな産業を生み社会に還元が可能である。
- (4) 諸外国、EUなどがグラフェン研究に対し、日本のグラフェンを中心として研究基盤ができるので、対外的な競争に十分対抗できる。

### 【キーワード】

グラフェン、h-BN、MoS<sub>2</sub>、複合原子層、試料合成、電子デバイス

### 【研究期間と研究経費】

平成25年度～29年度  
1,048,700千円

### 【ホームページ等】

<http://flex.phys.tohoku.ac.jp/gensisou/>  
FACEBOOK 原子層科学  
rsaito@flex.phys.tohoku.ac.jp



研究領域名 宇宙における分子進化：星間雲から原始惑星系へ

北海道大学・低温科学研究所・教授 こううち あきら  
香内 晃

【本領域の目的】

これまでの惑星系の形成および進化の研究は、力学的な手法による「構造形成」の研究が主であり、天体を構成する「分子進化」の研究は断片的なものにとどまっていた。両者の研究はいわば「車の両輪」であり、両者の研究なくして、惑星系の進化を理解することはできない。

本領域では、宇宙で最も大量に存在する元素（H, O, C, N）からなる固体物質（氷および有機物）の形成・進化に着目し、実験・観測、理論・分析等の多様な手法で、分子進化の全体像を描き、これらを通して、化学的視点に立脚した惑星系形成論を新たに構築する（図1）。特に、分子生成の実験・理論的研究成果から、惑星系形成に至る化学進化の法則性を物理化学の基盤の上に構築することを主な目的とする。

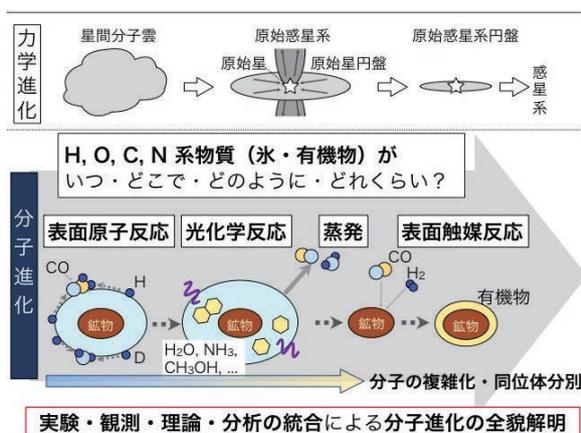


図1 惑星系の進化にともなう分子進化

【本領域の内容】

◆分子雲から原始惑星系に至る分子進化の物理化学的手法による解明（図1）

1) 分子雲での星間塵表面における原子反応および光化学反応の反応速度定数を測定する。また、反応機構による同位体濃集の官能基依存性を明らかにし、分子雲中存在する分子の官能基ごとの同位体濃集度と比較することで、分子進化を紐解いていく。

2) 原始惑星系における(a)氷・分子雲有機物の加熱による組成変化および蒸発ガスの化学組成、(b)表面触媒反応の生成物、反応速度定数を測定する。また、加熱・触媒反応による官能基別同位体濃集度の変化も測定し、原始惑星系中存在する分子の官能基別同位体濃集度を、原始惑星系での化学反応の寄与を見積もるトレーサーとする。

3) 電波望遠鏡（ALMA, ASTE 等）を用いて、

有機分子の進化とその多様性を系統的に観測する。また、異なる進化段階の天体において同位体濃集した分子の観測を行い、官能基別同位体濃集度を決定する。

◆分子進化シナリオの作成

4) 1) - 3) で得られる実験・観測データを用い、分子雲から原始惑星系に至るまでの氷・有機物の起源・進化（分子進化）のシナリオを構築する。特に、分子進化の多様性を生む原因となる物理条件と主な化学反応の解明に重点を置く。

5) 隕石や彗星塵中の有機分子の化学・同位体組成の分析から、分子雲や原始太陽系起源の有機物を見出し、その特徴を明らかにし、1) - 4) と合わせ、太陽系でおきた分子進化を明らかにする。

【期待される成果と意義】

分子進化シナリオの作成に必須な項目（反応素過程の解明、分子進化の条件依存性の決定）に関して、初めて系統的なデータが得られると同時に、観測・分析による検証・解釈がなされる。これによって、分子雲から原始惑星系に至る分子進化の統一的理解が初めて可能になるだけでなく、力学的な研究と相まって、惑星系の形成および進化の研究が格段に発展するであろう。

また、本領域に参加する特に若手研究者は、手法の境界線なく研究を推進することが可能となり、新学術領域の本質である新しい研究の創造を体現する次世代人材育成につながる。本領域は、日本発の新規研究領域の立ち上げであり、研究成果を国際誌の特集号で出版することにより、国際的な認知度が格段に高まることが期待される。

【キーワード】

分子進化：分子雲の初期に気相にあった原子（H, O, C, N）から、単純な固相分子をへて、隕石等に存在する複雑な有機物が生成される過程  
官能基別同位体濃集度：H, O, C, N の同位体（水素の場合 H, D）が分子のどの部分にどれくらい集まっているかを示す指標

【研究期間と研究経費】

平成 25 年度 - 29 年度  
891,300 千円

【ホームページ等】

<http://www.astromolecules.org>  
admin@astromolecules.org

# 【新学術領域研究（研究領域提案型）】 理工系



## 研究領域名 3次元半導体検出器で切り拓く新たな量子イメージングの展開

高エネルギー加速器研究機構・素粒子原子核研究所・教授

あらい やすお  
新井 康夫

### 【本領域の目的】

目に見えない X 線・赤外線・荷電粒子線等の放射線は波としての性質と同時に、個々に量子としての性質を持っている。これを超微細画素の 3 次元半導体センサにより捕え、新たな構造の発見や知見を得る事を目指すのが本領域の目的である。

これを実現する為に、本領域では半導体技術者と宇宙・素粒子・物質構造等さまざまな分野の研究者等が一体となり（図 1）、産業界の技術を活用しながら、研究開発を進めて行く。



図 1 本新学術領域の目指すもの

### 【本領域の内容】

二種類のシリコン層を張り合わせたシリコン基板技術（SOI: Silicon-On-Insulator）をベースに、高感度量子イメージセンサと集積回路とを 3 次元的に一体化させた検出器技術を開発する（図 2）。

SOI イメージング検出器では、センサ構造と回路とをそれぞれ最適化しながら、一体として半導体微細加工技術で製造することが出来る。また 2 つのシリコン活性層を利用することで、極低ノイズで単一量子の検出を行うなど、従来型デバイスでは実現できなかった新たな機能の実現を目指す。

さらに SOI は極低温でも動作する特性をもち、これを活かした遠赤外線の測定や、超伝導素子と組み合わせた検出器も実現する。

このように開発した検出器は、実際の実験に用いる事で評価を行い、さらに次世代の実験へ繋げて行く。

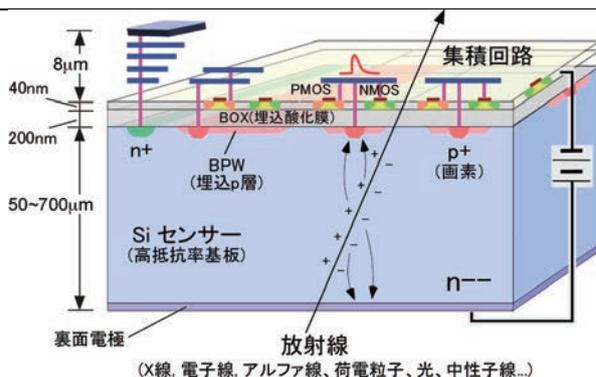


図 2 SOI 量子イメージングセンサ構造

### 【期待される成果と意義】

科学の大きな飛躍の際には、しばしば新たな測定技術が端緒となる事がある。我が国の研究では、海外から輸入した測定器に頼る事も多いが、SOI 検出器では先端実験に臨む研究者自らが検出器開発に携わり、様々なアイデアを実現する事が出来る。

このようにして日本発の新たな検出器の創出と測定手法を開拓する事で、各分野において世界をリードする事が可能となる。

また、小型・高性能な検出器として、従来から行われているような測定に於いても、SOI 検出器を用いる事で、画期的な性能向上を得る事も可能となる。

### 【キーワード】

**Silicon-On-Insulator:** 集積回路の性能向上を目的に開発された技術で、2 枚のシリコン結晶ウェハーを絶縁膜を介して張り合わせる。従来の 1 枚結晶に比べて、高速・低消費電力となる。本領域では、これを高機能センサ向けに活用している。

### 【研究期間と研究経費】

平成 25 年度 - 29 年度  
1,063,200 千円

### 【ホームページ等】

<http://rd.kek.jp/project/soi/shingaku>  
[yasuo.arai@kek.jp](mailto:yasuo.arai@kek.jp)



研究領域名 分子アーキテククス：  
単一分子の組織化と新機能創成

大阪大学・大学院基礎工学研究科・教授 多田 ひろかず 博一

【本領域の目的】

単一分子の電気伝導度計測に関する研究は、単分子層薄膜を対象とした擬似的な計測（2000年頃まで：第1ステージ）を経て、ブレイクジャンクション法の確立によって、定量的な議論が可能になり（2012年頃まで：第2ステージ）、分子の持つ短所である熱的不安定性やゆらぎを克服し、個々の分子の損傷や誤動作を集団としてカバーする分子の組織化と協働現象による機能の発現に挑戦すべき第3ステージに入っている。

本領域では、精密な分子設計と電極表面構造設計を基本とし、光・電場・磁場によるスイッチング機能を創出するとともに、そうした機能を持つ単一分子素子をやみくもに集積するのではなく、電流信号のゆらぎやバラツキを積極的に利用するための組織化を行い、多数の分子の協働機能による信号処理の実現を目指す。

「分子アーキテククス」には、分子を柱や梁にみたとて建築物のように組み立て、調和のとれた（orchestration）電子・光・情報処理機能を発現させる意味をこめている。

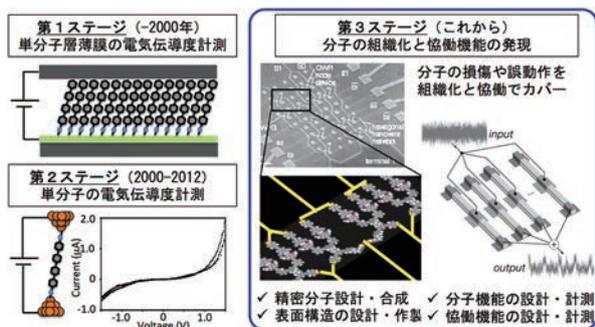


図1. 本領域のめざすところ

【本領域の内容】

研究者は、いわば「分子アーキテクト」（分子建築士）として、「設計」と「ものづくり」に参加し、柱（分子）を土台（表面）のどの位置に、どのような様式で接続し、柱と梁をどのように組み合わせるかを緻密に設計し、組織体を作り上げることをめざす。

基本的な戦略は、「設計図」および「設計思想」（アーキテクト）を創ることからはじまる。「土台」となる表面の設計と精査・改質（研究項目 A02）、「柱や梁」となる分子の設計と吟味・改良（研究項目 A01）、表面と分子（土台と柱）、分子と分子（柱と梁）の接続の設計と検査・改造（研究項目

A03）が極めて重要となる。さらに、「建物」が、調和して地震に耐えるように、分子の持つ短所であった熱的不安定生や構造ゆらぎを積極的に信号処理に取り入れ、協働して機能を発現するための新しい方法論と構造設計指針を導出する（研究項目 A04）。

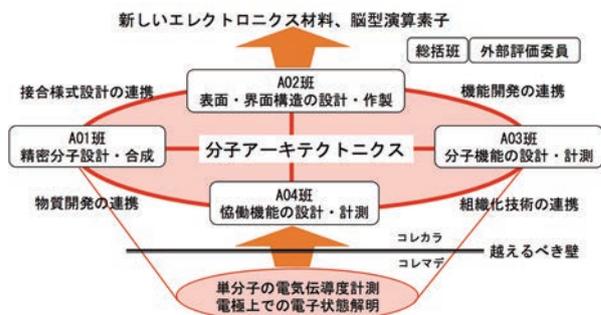


図2. 本領域の研究体制

【期待される成果と意義】

負性微分抵抗素子を用いた確率共鳴型の論理回路や、積分型閾値素子・積分型発火素子を用いた神経回路の実現など、エレクトロニクスの進展に分子が主役となるブレイクスルーをもたらすとともに分野横断的で全体を俯瞰する能力を持つ研究者を養成する。

【キーワード】

確率共鳴：信号に最適な強度のノイズを加えると、信号が明瞭になり観測可能となる現象。  
閾値素子：ある素子への入力信号の総和が、ある一定値（閾値）を越えなければ出力が得られず、越えると出力が得られる素子。ニューロンの動作がこれに相当する。こうした、多入力ー出力の非線形素子を分子および分子組織体によって実現することが、本領域の目標のひとつである。

【研究期間と研究経費】

平成 25 年度～29 年度  
1,119,300 千円

【ホームページ等】

<http://www.molarch.jp>

（新学術領域研究）  
研究領域提案型