

【若手研究(S)】  
理工系(数物系科学)



研究課題名 代数多様体の数論幾何的予想の解決に向けた戦略的研究

慶應義塾大学・理工学部・講師 ばんない けんいち  
坂内 健一

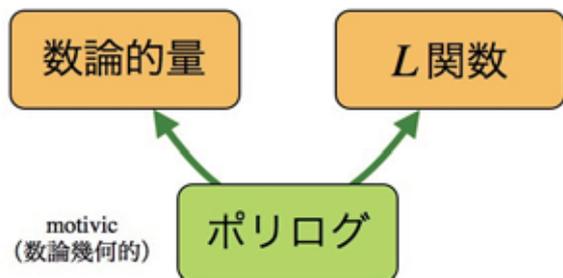
研究分野: 数論、数論幾何学

キーワード: ポリログ関数、テータ関数、 $L$ 関数、 $p$ 進 $L$ 関数

【研究の背景・目的】

整数論では古くから、整数論的に重要な代数的不変量と $L$ 関数の特殊値という解析的な不変量の関係が注目されてきました。代数多様体の類数を、Dedekind ゼータ関数で書き下す「類数公式」などはこの典型的な現れです。この関係は予想として様々な場合に一般化され、最終的には Bloch と加藤和也により、代数多様体の玉河数予想(Bloch-加藤予想とも呼ばれる)として定式化されました。この予想はクレイ研究所が主催しているミレニアム懸賞問題の1つである Birch-Swinnerton Dyer 予想(BSD 予想)をも特別な場合として含むことなどからも分かるように、整数論の中心的なテーマとして位置づけられています。

玉河数予想の難しさは、数論的量と $L$ 関数の特殊値という、異質なものを結びつける必要があることにあります。本研究の目的は、この両者の架け橋となりうる「ポリログ」という motivic (数論幾何的) な対象物を研究することです。



「ポリログ」とは、様々な代数多様体に対して構成されている数論幾何的対象です。射影直線引く3点の場合に Beilinson と Deligne によって初めて定義され、Beilinson と Levin によって楕円曲線の場合、その後、Wildeshaus や Kings によってアーベル多様体の場合などに類似の構成が行われました。非常に簡単な抽象的特徴付けを持つことが強みですが、具体的に書き下すことの難しさが難点でした。

最近、辻雄(東大数理)、小林真一(東北大)との共同研究を通して、楕円曲線の場合のポリログが Poincaré 束に付随するテータ関数を用いて、ポリログを簡単に具体的に書き下すことに成功しました。以上を踏まえて、本研究では次の2つの事柄を目指します。

・楕円曲線のポリログが具体的に記述できたことの数論的帰結を網羅的に研究する。

・アーベル多様体等、他の代数多様体の場合のポリログを具体的に記述することを試みる。

【研究の方法】

本研究では若手研究者3名程度を雇用して、チームで行うプロジェクト型研究として進めていきます。主には、楕円ポリログの具体的記述という成果を踏まえて、その数論的帰結を網羅的に戦略的に研究する予定です。

【期待される成果と意義】

楕円ポリログの具体的記述から、玉河数予想とも関連の深い、虚2次体の Hecke 指標に付随する $p$ 進 Beilinson 予想などを証明できることが期待されます。また、加藤和也氏の楕円曲線の岩沢理論に対する結果を、楕円ポリログの言葉で再解釈することも可能であると思われます。

アーベル多様体の場合にポリログを具体的に記述することは依然として難しい問題だと思われまます。何らか数論的に意味のある形で具体的に書き下すことに成功すれば、この場合の玉河数予想や $p$ 進 Beilinson 予想等に何らか進展をもたらすことが期待されます。

【当該研究課題と関連の深い論文・著書】

- ・ Beilinson and Levin, the elliptic polylogarithm, in: *Motives*, Proc. Symp. Pure Math. **55**, Pt. 2, pp. 123-190 (1994).
- ・ S.Bloch and K.Kato, L-functions and Tamagawa numbers of motives, in: *the Grothendieck Festschrift*, Vol. I, pp. 333-400, Prog. Math. **86**, Birkhauser, Boston MA, 1990.
- ・ K.Bannai, S.Kobayashi and T.Tsuji, On the de Rham and  $p$ -adic realizations of the elliptic polylogarithm for CM elliptic curves, arXiv:0711.1701v2

【研究期間と研究経費】

平成21年度-25年度

71,800千円

ホームページ等

<http://www.math.keio.ac.jp/~bannai/>

## 【若手研究(S)】

### 理工系 (数物系科学)



#### 研究課題名 厳密なカイラル対称性をもつ格子理論による 量子色力学のトポロジカルな真空構造の解明

高エネルギー加速器研究機構・素粒子原子核研究所・准教授 はしもと しょうじ  
橋本 省二

研究分野：数物系科学

キーワード：素粒子 (理論)

#### 【研究の背景・目的】

量子色力学 (QCD) は、強い相互作用の基礎理論としてすでに確立している。しかし、この理論を「解く」、すなわち固有状態を計算して導くことは、低エネルギーでの非摂動的性質のために未だに難しい問題である。その基本となる基底状態 (= 真空) の性質に関して、70年代にはトーフフトやウィッテン、グロスら、代表的な理論物理学者が、準古典近似や  $1/N_c$  展開 ( $N_c$  は色荷の数、 $=3$ ) を用いた解析を行ったが、実際の QCD に対する定量的な計算には至らなかった。ただし、ゲージ理論のトポロジーや量子異常が真空を決めるうえで重要な役割を果たすことが認識されるようになった。

QCD を非摂動的に扱うもっとも有効な手法は、格子ゲージ理論の数値シミュレーションによるもので、これまでにハドロンの質量や行列要素の計算などに威力を発揮してきた。しかし、この手法の大きな問題は、格子化の過程でカイラル対称性を壊してしまう点にあり (ニールセン・二宮の定理)、トポロジーや量子異常といったカイラル対称性が直接関係する性質に関して意味のある結果を得ることは難しかった。この問題を根本的に解決したのが ノイバーガーによるオーバーラップ・フェルミオンの提案(1998)であり、これによって量子異常を正しく反映しながら、厳密なカイラル対称性をもつ格子上のフェルミオンが構築された。

オーバーラップ・フェルミオンを数値シミュレーションにのせることは、その桁違いに大きい計算コストのためにその後にも困難な課題であったが、2006年、高エネルギー加速器研究機構に50テラフロップス級のスーパーコンピュータが設置されてようやく本格的なシミュレーションが可能になった。研究代表者らのグループは、厳密なカイラル対称性をもつ格子 QCD シミュレーションを世界で初めて実現し、物理量の計算に成果をあげつつある。このシミュレーションは、QCD のトポロジー構造を厳密に保つ初めてのもので、素粒子物理において70年代からの謎であった U(1)問題や Strong CP 問題といった QCD の真空構造にかかわる問題に、ようやく第一原理からせまることができるようになった。

本研究計画では、この研究をさらに発展させ、ゲージ場のトポロジカルな励起にともなうクォークゼロモードとカイラル凝縮の関係、フレーバー1重項の物理、QCD における南部ゴールドストーン粒子であるパイ中間子のループ効果の検証、トポロジーに関係する  $\theta$  真空の問題など、QCD 真空の

性質を、シミュレーションを通じて明らかにすることを旨とする。

#### 【研究の方法】

この研究では、大規模シミュレーションによって QCD 真空のデータを集めることが最初の課題となる。これまでに蓄積してきたデータを利用すると同時に、さらに詳細な解析のためにより大規模な格子でのシミュレーションも実行する。そのための計算アルゴリズムの改善も本研究計画の重要な課題である。

集まった QCD 真空のデータのもとでクォークがどのように振る舞うかを計算機上で“測定”する。このデータ解析では、クォーク固有モードの解析や、非連結クォークループの計算など、新しい手法を開発し積極的に取り入れていく。

#### 【期待される成果と意義】

QCD 真空はどうなっているのかという問いは、物質の質量がどうやって生まれたのかという根源的な問いに直結している。この問題に対してシミュレーションを使ってせまることができるようになった意義は大きい。この研究計画を通じて QCD 真空の様子とその帰結を多角的に理解することができる。

#### 【当該研究課題と関連の深い論文・著書】

- H. Fukaya et al. [JLQCD collaboration], “Two-flavor lattice QCD simulation in the epsilon-regime with exact chiral symmetry,” *Physical Review Letters*, 98, 172001 (2007).
- J. Noaki et al. [JLQCD and TWQCD collaborations], “Convergence of the chiral expansion in two-flavor lattice QCD,” *Physical Review Letters*, 101, 202004 (2008).

#### 【研究期間と研究経費】

平成21年度－25年度

50, 800千円

ホームページ等

<http://jlqcd.kek.jp/>

E-mail: shoji.hashimoto@kek.jp

## 【若手研究(S)】

### 理工系 (数物系科学)



#### 研究課題名 コアによる多圏地球気候システム解析

東京大学・海洋研究所・准教授

よこやま ゆうすけ  
横山 祐典

研究分野：地球惑星科学

キーワード：古気候・古海洋

#### 【研究の背景・目的】

気候変動の予測精度の向上のためには、モデルの動作特性の理解が重要である。現在進行中の地球温暖化について、その将来予測は科学的関心のみならず、社会的にも大きな注目を集めている。モデルの精度検証には、過去に起こった気候変動の時空間的情報が極めて有用であり、気候変動に関する政府間パネル(IPCC)でも、その必要性が強調されている。

機器分析の進展と計算機資源の発達によって気候変動予測がされてきたが、依然として将来予測に関しては不確実性が大きい。モデルを制約できる様々な時間断面での高精度気候データの空間的分布が不足していることや、太陽活動や雲の影響、氷床の底面の影響など、地球の気候サブシステム中の個々の細かい変動復元が不足しているためと考えられる。したがって本研究では、高緯度から低緯度までの過去の環境を記録している柱状試料(コア)や地球科学的試料を用いて、古気候・古海洋情報を復元することを目的とする。特に放射性元素を用いた年代決定や汎地球的に起こった環境変動イベント(地磁気エクスカージョンなど)を用いることで、年代決定の精度を高める事が可能となり、同時断面での地球のサブシステムどうしのつながりを明らかにしていきたいと考えている。

#### 【研究の方法】

本研究で明らかにしようとしているのは、磁気圏変動と気候変動の関係の解明および雪氷圏と大気海洋システム中のサブシステムどうしの関連性の理解である。特に近年、氷-年縞湖沼堆積物-木材の年輪-氷期のサンゴといった高品質の試料を手に入れることができつつある、過去15万年間

を研究対象とする。

この時期は高精度年代測定が可能であり、氷期間氷期の移行期といった、気候システム上、大きな変動期を含むことや、少なくとも2回の地磁気エクスカージョンが起こった事が分かっていること、また変質の少ない良質の試料が採取可能であるということが特長である。そのため本研究では、これらの試料を用いて、放射性元素を用いた高精度年代決定や、微量金属および同位体分析による定量的な環境変動を行う。

#### 【期待される成果と意義】

様々な時間断面での高精度データを復元することで、気候モデルの動作特性の理解を飛躍的に促進することが期待される。例えば年輪の放射性炭素とセルロースの同位体比を時系列復元し、データを比較検討することにより太陽活動と降水量変動との関連性を理解することができると考えられる。また氷床コアの宇宙線生成核種を分析する事により、地球磁場と太陽活動の経年変化についての基礎データを提供する事が可能となる。中緯度の堆積物試料を用いる事で、グローバルな気候変動とモンスーンやエルニーニョなどの連動性について解明することができると予想され、サンゴを使った研究により、低緯度環境変動と高緯度との連動性や、海水組成の変化と大気二酸化炭素濃度変化の解明などを行う事ができると期待され、これらの情報は、気候モデルの予測結果を定量的に評価できる事になるだろう。

#### 【当該研究課題と関連の深い論文・著書】

- Yokoyama, Y., Lambeck, K., De Deckker, P., Johnston, P., and Fifield, L.K. (2000). Timing of the Last Glacial Maximum from observed sea-level minima. *Nature*, 406, 713-716.
- Yokoyama, Y., Naruse, T., Ogawa, N.O., Tada, R., Kitazato, H., and Ohkouchi, N. (2006). Dust influx reconstruction during the last 26,000 years inferred from a sedimentary leaf wax record from the Japan Sea. *Global and Planetary Changes*, 54, 239-250.

#### 【研究期間と研究経費】

平成21年度-25年度

81,200千円

ホームページ等

<http://ofgs.ori.u-tokyo.ac.jp/~yokoyama/>





## 研究課題名 タンパク質化学に立脚した革新的生細胞内分子分析法の創製

東京大学・大学院理学系研究科・教授

おざわ たけあき  
小澤 岳昌

研究分野：理工系・化学・複合化学・分析化学

キーワード：生体分析

### 【研究の背景・目的】

生命の素過程を化学的視点から理解する試みは、科学全体の発展の為に極めて重要な課題である。この課題に挑むため、生命現象に学習した新しい化学的基盤技術の創出が強く求められている。我々は独自に初めて見出した現象—プロテインスプライシング反応による緑色蛍光タンパク質(GFP)の再構成—の発見に端緒をなし、生細胞内で分子の素過程を可視化するプローブ開発を展開してきた。本研究では、タンパク質再構成法をさらに発展させ、生細胞中の分子素過程を解明する新たな基盤技術の開発を目的とする。具体的には、

- 1) 生きた細胞内の生体分子の機能を可視化する分子プローブ
- 2) 細胞内シグナル伝達に関与する新規分子種同定法
- 3) 生体分子の機能を時空間制御する機能性分子材料

の開発を目指す。タンパク質化学に関する知見を元に、分子科学と遺伝子工学の最先端技術を利用して、革新的生体分子分析法を創出する。

### 【研究の方法】

タンパク質再構成法の基盤技術(図1)を展開し、3分子間タンパク質相互作用、脂質、Gタンパク質をターゲットとした可視化プローブを開発する。タンパク質の立体構造と機能に関する情報に基づき合理的な設計を行う。遺伝子工学手法ならびに合成化学を利用して、作製する分子の機能評価を、試験管内および細胞内で行う。さらにランダムなアミノ酸の変異導入・削除・挿入を行う「分子進化法」を取り入れ、タンパク質ライブラリーから

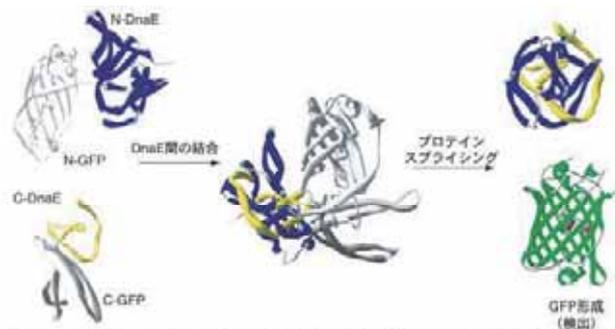


図1. プロテインスプライシング反応による蛍光タンパク質(GFP)の形成。N末とC末のGFP(N-GFP(濃氏)、C-GFP(濃氏))にスプライシングを起こすタンパク質N-DnaE(青)、C-DnaE(黄)を連結する。連結したタンパク質を細胞内で発現するとDnaE間で相互作用しスプライシング反応が起こる。その結果、N-GFPとC-GFPが組み替われば蛍光性のGFP(緑)が形成される。

目的の機能性分子をスクリーニングする。新規分子種同定法では、生理活性物質のスクリーニング法を開発し、遺伝子ライブラリーとケミカルライブラリーから、開発する機能性分子を用いて、目的とする機能性分子を探索する。光制御分子の開発では、光受容タンパク質と機能性分子の融合タンパク質を作製し、生細胞内で酵素活性やRNAの機能を光制御する分子プローブを創出する。

### 【期待される成果と意義】

本研究は、個々の分子反応の素過程を探究する分子科学と、要素還元的に現象の解明を試みる生命科学との中核に位置し、分野横断的な研究領域を開拓する分析法の創出を目的としている。GFPの発見やその開発に高い評価が与えられたように、蛍光や発光を利用した独自の生体分析技術を開拓し、この分野を先導し、そして世界を牽引する意義は極めて大きい。また本研究は、精度・感度・スループット性能の優れた、機能性分子の開発を目指しており、基礎生命科学研究の発展のみならず、創薬や医療のための解析ツール、化学汚染物質のスクリーニング、環境モニタリングなど社会にも大きく貢献することが期待できる。

### 【当該研究課題と関連の深い論文・著書】

- “Imaging Dynamics of Endogenous Mitochondrial RNA in Single Living Cells”, T. Ozawa, Y. Natori, M. Sato and Y. Umezawa, *Nature Methods*, **4**, 413-419 (2007).
- “A genetic Approach to Identifying Mitochondrial Proteins”, T. Ozawa, Y. Sako, M. Sato, T. Kitamura, and Y. Umezawa, *Nature Biotechnol.*, **21**, 287-293 (2003).

### 【研究期間と研究経費】

平成21年度—25年度

82,100千円

ホームページ等

<http://www.chem.s.u-tokyo.ac.jp/users/analyt/index.html>

[ozawa@chem.s.u-tokyo.ac.jp](mailto:ozawa@chem.s.u-tokyo.ac.jp)

## 【若手研究(S)】

### 理工系(化学)



#### 研究課題名 炭素-水素結合変換による統合的合成化学の開拓

名古屋大学・大学院理学研究科・教授 いたみ けんいちろう  
伊丹 健一郎

研究分野：有機合成化学、分子触媒化学、有機材料化学、ナノカーボン化学、天然物化学

キーワード：炭素-水素結合変換、統合的合成化学

#### 【研究の背景・目的】

分子をつなげて価値を生む有機合成化学は物質創製の要であり、合成化学における真に有用な基本的方法論の開拓は、有機物質を扱うあらゆる分野の飛躍的進展につながる。炭素-水素(C-H)結合の直接的化学変換は、理想的な有機合成方法論の最たるもののひとつとして認識されている。有機化合物に最も豊富に存在するC-H結合を直接的に変換して、有機骨格を自在にビルドアップすることができれば、サイエンスとテクノロジーの両面から合成化学の水準と可能性を飛躍的に高めることが可能になる。本研究は、有機合成化学に革新と新たな創造をもたらすべく、炭素-水素結合の直接化学変換を基盤とした統合的合成化学研究を行うものである。創薬化学、天然物化学、高分子化学、構造有機化学、有機材料化学、ナノカーボン化学、触媒化学、有機金属化学にまたがる広範な合成化学研究を、困難だが理想的な「C-H結合直接変換」をキーワードに推進し、実践的な化学合成に新境地を拓くことをめざす。

#### 【研究の方法】



本研究では、「炭素-水素結合の直接化学変換」をキーワードにした分野横断型合成化学研究を行うものであるが、課題としては以下の4つに大別できる。まず、新反応・新触媒という基本的方法

論の開発(課題1)と、ここからの論理的応用展開として、機能性有機材料や医薬農薬関連物質の合成と評価(課題2)を行う。さらに、これら方法論に重点を置く課題に加えて、本研究では魅力ある未踏物質群を標的にした課題にも取り組む。複雑天然物の超効率的全合成(課題3)や太さと長さの決まった純正カーボンナノチューブの世界初の完全化学合成(課題4)を、それぞれC-H結合変換で達成したいと考えている。また、各課題には、非常に優れたチームリーダーを配置し、それぞれのチームが相互に密接に連携・連動する体制で本研究を推進する。国内外の一流研究グループとの共同研究についても積極的に推進する。

#### 【期待される成果と意義】

最も理想的な方法(C-H結合変換)による分野横断型統合的合成化学を本研究で推進することで、最終的には「合成化学はひとつである」という境地に実感をもって達し、合成化学の新パラダイム構築に貢献したいと考えている。本研究を実施することにより、①C-H結合変換の合成化学関連分野における標準ツール化、②新しい有機エレクトロニクス材料の提供、③医薬農薬関連物質の迅速提供、④純正カーボンナノチューブの完全化学合成とナノカーボン科学の分子科学的進展、⑤複雑天然有機化合物の超効率的全合成とケミカルバイオロジー研究の進展、といった成果・波及効果が期待される。

#### 【当該研究課題と関連の深い論文・著書】

- Iridium Catalysis for C-H Bond Arylation of Heteroarenes with Iodoarenes, B. Join, T. Yamamoto, and K. Itami, *Angew. Chem. Int. Ed.*, **48**, 3644-3647 (2009).
- Direct C-H Arylation of (Hetero)arenes with Aryl Iodides via Rhodium Catalysis, S. Yanagisawa, T. Sudo, R. Noyori, and K. Itami, *J. Am. Chem. Soc.*, **128**, 11748-11749 (2006).

#### 【研究期間と研究経費】

平成21年度-25年度

81,300千円

ホームページ等

<http://synth.chem.nagoya-u.ac.jp/>



研究課題名 化学機能を制御する超分子ツールの創製

東北大学・多元物質科学研究所・教授 きんばら 金原 かずし 数

研究分野: 化学

キーワード: 超分子、分子素子、機能触媒

【研究の背景・目的】

本研究課題では、刺激に応答して機能を発揮する生体分子の機能をモチーフとして、「物質変換」および「エネルギー変換」などの化学的な機能を超分子化学的にコントロールする、新しい概念の分子ツールの開発を目指します。

物理的、あるいは化学的刺激に応答して物性が変化する刺激応答性分子は、分子センサー、分子メモリ等の分子デバイスの根幹を成す極めて重要な合成分子です。申請者らはこのような刺激応答性分子の中で、刺激により機械的な構造変化を起こす「分子機械」に注目し、既存の刺激応答性分子では実現できない新機能の発現を目指して、プログラムされた複雑な動きを実現する分子設計の基礎的な方法論を開拓してきました。一方、分子生物学の発展に伴い、生体系では物質生産、エネルギー変換、シグナル伝達、物質移動などの多くの化学的機能が、タンパク質を中心とした巨大分子の高度にプログラムされた機械的な動きを通してコントロールされていることが明らかになってきました。本研究課題では、生体系で実現されている機能のうち、「物質変換」および「エネルギー変換」に着目し、これらを人工環境下で実現する合成/半合成分子機械の構築を目指します。

【研究の方法】

本研究の鍵となるコンセプトは、「分子の歪みの可逆制御」です。人工触媒あるいは酵素反応において、反応活性中心部の立体環境が反応速度、選択性に大きな影響を与えることはよく知られています。このような触媒活性を有する分子に外部から分子機械を作用させて、これを物理的に歪ませ、さらに可逆的に戻すことができれば、反応活性、反応選択性を可逆的に変化させることができます。この原理は単純であるが故、様々な化学反応の制御に適用できる普遍性があります。また、歪んだ分子構造を生成することができれば、入力に用いる物理的なエネルギーとは異なる形の化学エネルギーとしてこれを貯蔵あるいは取り出すことにもつながります。そこで本研究課題では、まず第1に、有機金属触媒および酵素の2つをターゲットとし、これらに超分子化学的に作用し、機械的な構造変化を通じて活性の制御を行うことのできる超分子機械の開発を目指します。さらに、もう一つの重要な柱として、分子機械の「分子スイッチからの脱却」を目指します。例えば、物質の能動輸送を考えた場合、分子機械が2つの構造の間で変化する限り、機械的な動きを通じて物質を運ん

でも、逆の動きを起こす過程で物質を逆に輸送してしまうことになり、実質的な「仕事」を生み出すことは困難です。これに対し、生体系中のATP加水分解酵素などでは、ATPの結合、加水分解、ADPの解離という多段階を経ているため、この加水分解のエネルギーを利用して各種イオンの輸送という「仕事」をさせることができる。このような、「化学反応を利用した多段階の機械的動きの創製」にチャレンジします。

【期待される成果と意義】

石油をはじめとする資源逼迫が年々大きな課題となる中、既存の概念を越えた新しい機能物質の開発が将来的に必要不可欠な状況にある。生体中で起こっている様々な化学現象は、そのエネルギー変換効率の高さ、永続性の観点から、そのような機能物質の開発において、様々なヒントを与えてくれる。「分子機械」はこれまで、分子エレクトロニクスなど電子デバイス的な観点から着目されてきたが、生命を維持仕組みのなかでこれらを巧みに利用していることを考えると、電気以外のエネルギー源により動作する新しい機能物質の基盤として考えるのに適当であると期待される。分子の機械的な動きによって、化学反応の制御やエネルギー変換、エネルギー貯蔵などが実現できれば、既存の刺激応答性分子とは一線を画した、機能性マテリアルの新潮流を創出することが期待できる。

【当該研究課題と関連の深い論文・著書】

- Mechanical Twisting of a Guest by a Photoresponsive Host, Takahiro Muraoka, Kazushi Kinbara, and Takuzo Aida, *Nature* **2006**, *440*, 512–515.
- Chaperonin-Mediated Stabilization and ATP-Triggered Release of Semiconductor Nanoparticles, Daisuke Ishii, Kazushi Kinbara, Yasuhiro Ishida, Noriyuki Ishii, Mina Okochi, Masafumi Yohda, and Takuzo Aida, *Nature* **2003**, *423*, 628–632.

【研究期間と研究経費】

平成21年度–25年度

69,400千円

ホームページ等

<http://www.tagen.tohoku.ac.jp/labo/kinbara/index-j.html>

## 【若手研究(S)】

### 理工系(工学I)



#### 研究課題名 強相関酸化ナノエレクトロニクス構築に関する研究

大阪大学・産業科学研究所・教授

たなか ひでかず  
田中 秀和

研究分野: 工学

キーワード: 新機能材料、強相関系、ヘテロ構造、ナノ構造形成・制御、スピントロニクス

#### 【研究の背景・目的】

遷移金属酸化物は強い電子相関により電子スピンの強く結合している強相関電子系であり、非常に高温で強磁性、超巨大磁気抵抗、超伝導などを発現し、僅かな磁場、圧力、温度、キャリア濃度変化で大きく物性が変化します。この優れた、しかし扱い難い物質群を半導体デバイスのように制御できれば魅力的な新規エレクトロニクスが出現すると期待されます。本研究では、異なる機能を持つ酸化物を組み合わせる「ヘテロ構造」、格段に小さな「ナノヘテロ構造」により、バイアス電圧・光によるキャリア制御を通じ物性発現の源である電子相関を制御します。それにより、強相関物性のスイッチングを実現する、『強相関酸化ナノエレクトロニクス』の構築を目指します。

#### 強相関エレクトロニクスデバイス

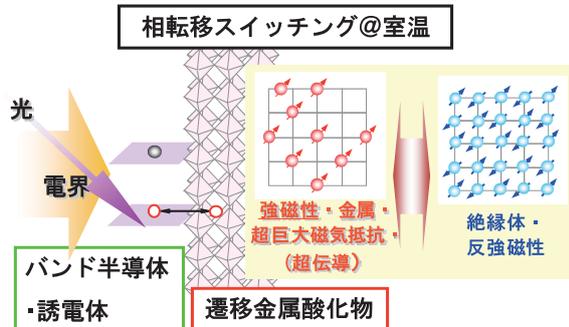


図1 ヘテロ構造による動的物性制御

#### 【研究の方法】

対象物質系には、最も強い電子相関を有し非常に高温まで強磁性を示すFe酸化物、室温付近で非常に巨大な金属-絶縁体転移を示すV酸化物など多彩な物質が存在します。これらに対し、(1)レーザー分子線エピタキシー法を用いた原子レベル制御界面を有する遷移金属酸化物ヘテロ構造デバイス(電界効果トランジスタ、ダイオード)の作製とその強相関物性の電界・光での制御。(2)高輝度放射光施設を用いた電子・スピン分光測定による動作メカニズムの解明と学理構築(3)独自の極限ナノ構造形成技術を用いたナノスケールデバイス(ナノヘテロ構造)構築によるバルクを超えた新原理超巨大外場応答の創出以上の手法により目的にアプローチします。

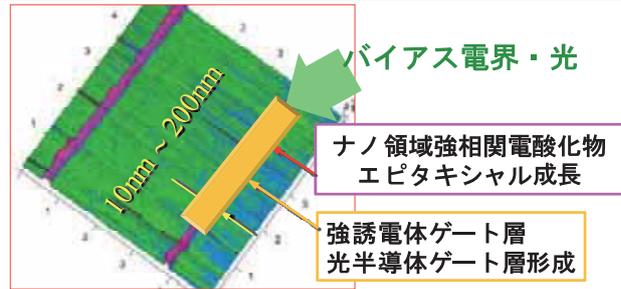


図2 超微細加工融合エピタキシャル薄膜成長によるナノスケールデバイス

#### 【期待される成果と意義】

対象物質群は、強磁性、誘電性、抵抗性など各種の次世代不揮発性メモリや、様々な情報を検知するセンサなど、我々の生活に密接に関連した情報検出・データストレージ材料として非常に有力な候補です。その半導体デバイス手法による物性制御の実現は、多方面に渡る新しいエレクトロニクス用途を創出し、ICT社会や安全安心社会に大きな寄与をもたらすと期待されます。

#### 【当該研究課題と関連の深い論文・著書】

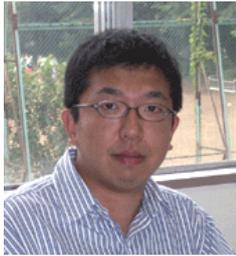
- “Epitaxial transition metal oxide nanostructures fabricated by a combination of AFM lithography and molybdenum lift-off”, H. Tanaka *et al*, *Adv. Mater.*, **20** (2008) 909-913
- “Electronic structures of  $Fe_{3-x}M_xO_4$  ( $M=Mn, Zn$ ) spinel oxide thin films investigated by X-ray photoemission spectroscopy and X-ray magnetic circular dichroism”, H. Tanaka *et al*, *Phys. Rev. B*, **76** (2007) 205108
- “Giant Electric Field Modulation of Double Exchange Ferromagnetism at Room Temperature in The Perovskite Manganite/Titanate p-n Junction” H. Tanaka *et al*, *Phys. Rev. Lett.*, **88** (2002) 027204,

#### 【研究期間と研究経費】

平成21年度-25年度  
75,800千円

ホームページ等

<http://www.sanken.osaka-u.ac.jp/labs/bis/h-tanaka@sanken.osaka-u.ac.jp>



## 研究課題名 細胞ビルドアップ型ウエットナノロボティクスの構築と機能創発に関する研究

東京農工大学・大学院共生科学技術研究院・准教授 **もりしま けいすけ**  
**森島 圭祐**

研究分野：マイクロマシン、バイオアクチュエータ、知能機械システム、バイオ MEMS

キーワード：バイオアクチュエータ、ウエットロボティクス、昆虫細胞

### 【研究の背景・目的】

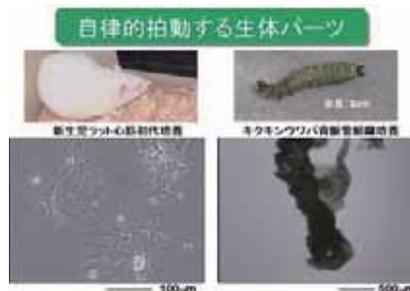
これまでバイオ MEMS 技術と生体組織工学を組み合わせ、マイクロ空間において細胞の生命を維持するバイオプロセスを集積化した生命機械システムを目指し、バイオ MEMS 技術によるバイオプロセスを集積化したマイクロバイオ化学システムの開発とバイオアクチュエータの基礎研究を行ってきた。しかしながら、これまで実証してきた哺乳類の筋細胞を用いたバイオアクチュエータは、心筋細胞の自発的収縮に依存しており、さらに、心筋細胞の自発的拍動を維持するためには、環境(温度、湿度、pH)の厳密な管理が不可欠である。ラットのような哺乳類の細胞を用いる場合、人為的に制御することが困難で、さらに、使用可能環境が 37℃と pH が中性付近と限られており、CO<sub>2</sub>がない環境、室温での動作は非常に困難であるため、将来的に、屋内外で用いるシステムに組み込まれるデバイスや自律駆動型機械システムとして実用化が難しい。

そこで、本研究では、世界初の細胞レベルで生体を用いた「室温で制御可能なバイオアクチュエータ」による細胞ビルドアップ型ウエットナノロボティクスを構築する。外部環境に対してロバストで室温での動作が可能な昆虫細胞に着目し、自由自在に形を再構成できる、化学エネルギー駆動型の自己再生能力をもつ機能創発ウエット&ソフトナノロボティクスの分野を新たに開拓し、異分野融合による新たなバイオロボティクス分野を創製することを目的とする。

### 【研究の方法】

細胞培養が確立されたラットの

ような実験動物を用いるのではなく、ロバストな耐環境性がある昆虫の筋細胞を駆動源として用いることで、駆動環境が広がり、将来的に室温で動作するシステムを構築でき、革新的なシステムが期待できる。細胞の自己修復・自己複製・分化能力を制御する構造体を作製し、室温で動作実験を行う。これらの条件を検討し、最終的に昆虫の筋細胞の駆動力で動作する構造体を構築し、さらに自己再生可能な生命機械システムの例として、細胞ビルドアップ型ウエットナノマイクロロボットの制御の基礎実験を行う。



### 【期待される成果と意義】

本研究では、昆虫の生理学及び生化学の分野とマイクロナノロボティクス・メカトロニクスの分野を融合した全く新しい学問分野である、細胞ビルドアップ型ウエットナノロボティクスの創出を目指し、基盤技術の構築と新たな人工筋肉を用いたウエットナノロボット分野の開拓を目指す。今後、様々な細胞培養プラント製造技術により、今回提案する昆虫の筋細胞を利用した生命機械システムも、現在の人工的なアクチュエータと同等レベルに大量生産でき、遺伝子操作等のバイオテクノロジーの発展によって、高機能化も見込める。将来的には、医療機器市場における生体組織の再生医療技術と融合することによって、生体をパーツとして用いる細胞を用いたものづくりが創出され、生命機械システムの定量化、筋細胞を用いた柔らかい生命機械システム設計論の構築が可能となり、これまで機械的なデバイスに頼っていた駆動システムを生体材料で製造するといった常識を覆す新たな学問分野及び産業を創出する可能性がある。医療分野やエネルギー・環境分野、また次世代ロボットシステム・ナノテクノロジー分野に広く社会に貢献できるものと期待され、応用面においても極めて重要な研究であると考えられる。

### 【当該研究課題と関連の深い論文・著書】

- “Long-term and room temperature operable bio-actuator powered by insect dorsal vessel tissue”, Y. Akiyama, K. Iwabuchi, Y. Furukawa, and K. Morishima, *Lab on a Chip*, Vol. 9, Issue 1, 140–144, (2009)
- “昆虫背脈管を用いた長期間室温で駆動するバイオアクチュエータの創製”, 秋山佳丈, 寺田玲子, 岩淵喜久男, 古川勇二, 森島圭祐, *日本ロボット学会誌*, Vol.26, No.6, pp667–673 (2008)
- “Culture of Insect Cells Contracting Spontaneously toward an Environmentally Robust Hybrid Robotic System”, Y. Akiyama, K. Iwabuchi, Y. Furukawa, and K. Morishima, *Journal of Biotechnology*, 133, 261–266, (2008).

### 【研究期間と研究経費】

平成21年度－25年度

86,700千円

ホームページ等

<http://www.tuat.ac.jp/~biomems/>



研究課題名 超高速光パラボラパルスの発生と光伝送・信号処理への応用

東北大学・電気通信研究所・准教授 ひろおか としひこ  
 廣岡 俊彦

研究分野: 通信・ネットワーク工学

キーワード: 通信方式(無線、有線、衛星、光、移動)・信号処理

【研究の背景・目的】

ブロードバンド回線の普及と多種多様なアプリケーションによる情報量の急激な増加に伴い、光ネットワークの高速化とノード処理の高機能化が喫緊の課題となっている。このため超短光パルスを光領域で時間多重する OTDM (Optical Time Division Multiplexing) 伝送技術、ならびに光で光を制御する全光信号処理技術が精力的に研究されている。本研究では、形状が  $t^2$  に比例する光パラボラパルスと呼ばれる高速光パルスを発生させ、これを用いた新たな超高速光伝送および光信号処理技術を開発することを目的とする。光パラボラパルスを発生させることができれば、これを全光信号処理の制御光パルスとして用いることにより、信号光にパラボラ位相変調、すなわち完全な線形チャープを印加することが出来る。その結果、時間と周波数を変換する「時間領域光フーリエ変換(OFT)」をはじめとして、従来は難しかった光信号処理が実現可能になる。

【研究の方法】

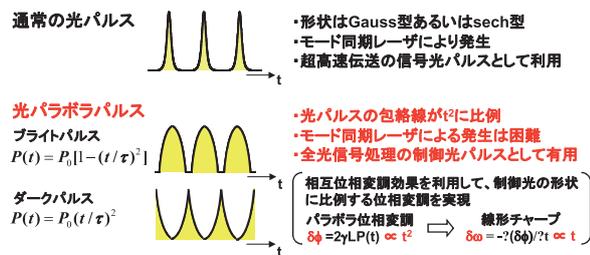


図1 光パラボラパルスとその重要性

光パラボラパルスとその重要性を図1に示す。通常の Gauss 型や Sech 型の光パルスとは異なり、パラボラパルスをモード同期レーザーから発生させることは困難であるため、本研究ではまず通常の光パルスをパラボラの形状に整形するための技術を構築する。具体的には、光フィルタを用いてスペクトルを整形し、アレイ導波路回折格子を用いて各縦モードの振幅と位相を正確に制御することにより、ピークから裾野に至るまで精度よくパラボラの形状に近づける。次に、このパルスを制御光として用いて、相互位相変調効果を用いてパラボラ位相変調を全光で実現する。この技術を用いて理想的な全光フーリエ変換回路を構築し、これ

を 160 Gbit/s OTDM 伝送システムに適用して、OFT 伝送(波形無歪み伝送)を全光で実現する。さらに、完全な線形チャープにより時間と周波数を 1:1 に結び付けるという視点から、図2に示すようにこの技術を光パルス圧縮、波長変換、CW光のパルス化などの信号処理に応用する。

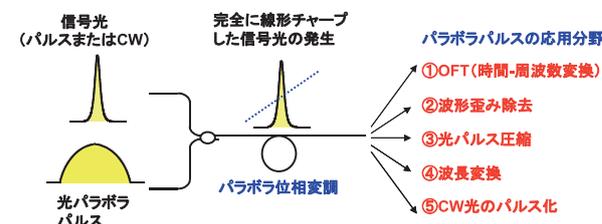


図2 光パラボラパルスの全光信号処理への応用

【期待される成果と意義】

本研究は高繰り返し光パラボラパルスを用いて完全に線形なチャープを実現し、これにもとづき新たな超高速光伝送・信号処理技術を提案・実証するものである。本技術により初めて時間と周波数を 1:1 に結び付けることが可能になり、その結果光通信ではこれまであまり注意を払ってこなかったパルスのスペクトルを縦横に使いこなす新しい光分野の開拓が期待できる。さらに本技術は次世代の大容量情報通信インフラとしても重要な役割を果たすと期待される。

【当該研究課題と関連の深い論文・著書】

- ・ T. Hirooka and M. Nakazawa, "Optical adaptive equalization of high-speed signals using time-domain optical Fourier transformation," J. Lightwave Technol., vol. 24, pp. 2530-2540 (2006).
- ・ T. Hirooka, M. Nakazawa, and K. Okamoto, "Bright and dark 40 GHz parabolic pulse generation using a picosecond optical pulse train and an arrayed waveguide grating," Opt. Lett., vol. 33, pp. 1102-1104 (2008).

【研究期間と研究経費】

平成21年度-25年度  
 76,900千円

ホームページ等

<http://www.nakazawa.riec.tohoku.ac.jp>



## 研究課題名 途上国に適用可能な硫黄サイクル微生物機能活性化・次世代水資源循環技術の創成

長岡技術科学大学・工学部・准教授

やまぐち たかし  
山口 隆司

研究分野：土木

キーワード：用排水システム

### 【研究の背景・目的】

途上国では、下水の90%以上が未処理で河川等に垂れ流しの状態であり、特に都市部では人口集中による水環境の劣悪化が進んでいる。水環境の悪化は、飲料水源の汚染、消化器系疾病の発生などの問題につながり、実に途上国では水関係の疾病による死亡が全死亡率の約8割にまで及んでいると報告されている(WHO)。

熱帯・亜熱帯地域における主たる都市下水処理法は嫌気性生物処理法となっているが、温帯や高地等において下水温度が低下する条件に適合した下水処理技術の研究開発は少ない。

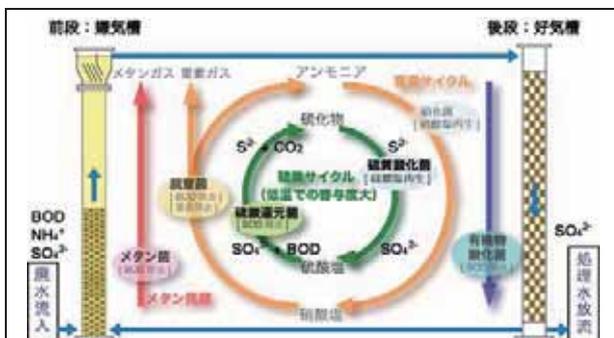
本技術は、硫黄サイクル微生物に着目することにより、冬季に下水温が10℃以下にまで低下する温帯や高地の低温下水でも稼働可能な特徴を有する。また、これまで未知である嫌氣的硫黄酸化現象の反応メカニズムの解明を試みる。

本研究の目的は、途上国に適用可能な新規下水処理技術の開発と、反応に関わる微生物生態の解明を行うことで、本邦発の環境技術を世界に発信し、途上国の水環境健全化・水資源確保に貢献することにある。

### 【研究の方法】

本研究は、次の3点の事項を中心に行う。

- ラボスケール下水処理装置を用いて、低温条件下でも稼働可能な省エネルギー・下水処理の運転操作因子の最適化を図る。BOD及び窒素除去の高速化と安定化。硫黄サイクル微生物の活性化。



下水処理システム概要図(システムは、嫌気生成物反応槽と好気性生物反応槽で構成する。有機物は、メタン生成古細菌、脱窒細菌、硫酸塩還元細菌及び好気性有機物酸化菌によって分解される)

- パイロット装置を途上国に設置し実証試験を行い、低温運転も含めたガイドラインの作成を行う。実用化の検討を行う。
- 嫌氣的硫黄酸化反応の解明および下水処理システムの微生物生態評価をおこなう。

### 【期待される成果と意義】

本技術開発により、曝気電力を必要とする「標準活性汚泥法」と比較して最終処理水質が同程度で、省エネルギー、低汚泥排出、低CO2排出(いずれも活性汚泥法と比べて2/3程度削減)である特性を有することから、電力供給状態の悪い途上国に実装可能な水資源循環技術を提案可能である。嫌氣的硫黄酸化反応の解明を試みることにより、嫌気性排水処理技術の深化、および、地球上の硫黄循環の動態解明などへ貢献できると考えられる。また、微生物探索・生態解明のための技術開発及び基礎的知見の蓄積により、環境微生物分野の進展にも貢献できる。

### 【当該研究課題と関連の深い論文・著書】

- H. Sumino, M. Takahashi, T. Yamaguchi, K. Abe, N. Araki, S. Yamazaki, S. Shimozaki, A. Nagano, N. Nishio, Feasibility study of a pilot-scale sewage treatment system combining an up-flow anaerobic sludge blanket (UASB) and an aerated fixed-bed (AFB) reactor at ambient temperature, *Bioresource Technology*, 98, 177-182, 2007.
- T. Yamaguchi, Y. Bungo, M. Takahashi, H. Sumino, A. Nagano, N. Araki, S. Yamazaki and H. Harada, Low strength wastewater treatment under low temperature conditions by a novel sulfur redox action process, *Water Science and Technology*, 50, 6, 99-105, 2006.

### 【研究期間と研究経費】

平成21年度－25年度

81,000千円

ホームページ等

<http://ecolab.nagaokaut.ac.jp/>

[ecoya@vos.nagaokaut.ac.jp](mailto:ecoya@vos.nagaokaut.ac.jp)



**研究課題名** 公衆衛生工学手法による気中分散粒子系汚染物質の  
人体曝露経路予測と制御

九州大学・大学院総合理工学研究院・准教授

いとう かずひで  
伊藤 一秀

研究分野：工学・建築学

キーワード：空気環境・環境設計

**【研究の背景・目的】**

室内空間にて九割以上の時間を過ごすといわれる現代社会において、建築により形成される室内空間の良否が QOL に与える影響は甚大である。重量比に換算した体内摂取物質量は定常的な呼吸による室内空気成分が支配要素となるため室内空気環境の制御は特に重要な課題である。室内空気環境に関する問題は、様々な汚染物質が相互に影響し合う複合的な環境問題であるが、近年では気中分散粒子系汚染物質による空気汚染問題が顕在化しており、呼吸器疾患を始めとする各種のアレルギー症状を誘発する要因物質として対策が求められている。室内空気環境の改善のためには正確な濃度分布予測と濃度制御に関する対策技術の確立が急務である。

本研究では不均一濃度分布予測を可能とする工学的なミクロマクロ評価と疫学的調査をベースとする公衆衛生学分野の健康リスク評価を結合させた統合予測手法の開発を目指す。

**【研究の方法】**

本研究では以下の3つの具体的課題を遂行する。

(1) 気中分散粒子系汚染物質による室内空気汚染問題に対する工学的予測手法の確立

気相化学反応に起因する二次生成エアロゾルと微生物由来のバイオエアロゾルに着目し、人体呼吸器系への沈着作用等を詳細に調査すると共に、基礎実験データを基に粒径別数理モデル(気相化学反応モデル、生成モデル、沈着モデル、帯電凝集モデル、微生物増殖に伴うバイオエアロゾル放散モデル)を開発する。開発した各種数理モデルを計算流体力学(CFD)、数値人体モデル(Virtual Manikin)と連成させることで、非定常・不均一濃度分布の解析に加え、人体曝露経路の解明が可能な予測モデルを構築する。

(2) 気中分散粒子系汚染物質による室内空気汚染問題に対する公衆衛生学的詳細調査

長期滞在型の建築空間である住宅と短期滞在型の建築空間である空港ロビーやイベントホール等に分類し、気中分散粒子系汚染物質の季節変動を含む時間変動や空間分布の情報をデータベース化する。住宅等の長期滞在スペースでは、疫学的統計手法を併用することで気中分散粒子系汚染物質と健康影響の関係を解明する。最終的に、実態調

査結果と既往文献データを基に気中分散粒子系汚染物質の有害性検討を行うと共に、曝露量測定評価を基にした用量-作用関係と健康リスク評価モデルを作成する。

(3) 工学-公衆衛生学を統合した健康リスク評価と Public Health Engineering 分野の開拓

気中分散粒子系汚染物質による室内空気汚染問題の解明と対策技術確立のため、工学手法と公衆衛生学手法を統合し、空間の不均一濃度分布の詳細予測を基にした高精度の人体吸気濃度予測から個人曝露・集団曝露による健康リスク評価までを統合したフレームで扱う予測・評価手法を確立する。更にインフルエンザウィルス感染対策や生物剤・化学剤によるNBCテロ対策への活用も視野に入れ、高精度で汎用的な人体曝露経路予測手法を開発する。

**【期待される成果と意義】**

気中分散粒子系汚染物質に関する工学課題(詳細な不均一濃度分布予測手法の開発)と公衆衛生学課題(量-作用モデルと健康リスク評価手法の開発)の両者を包括的に統合し、一つのフレームにて研究を推進することで、濃度予測精度・範囲の飛躍的向上が期待される。最終的に工学-公衆衛生学の両者を繋ぐ新たな研究領域「Public Health Engineering」の礎を開拓し、安全・健康な社会実現に貢献する学問分野としての発展を目指す。

**【当該研究課題と関連の深い論文・著書】**

- Kazuhide Ito, Numerical Morphological Analysis of Fungal Growth based on a Reaction - Diffusion Model, *Biocontrol Science*, Vol.14, No.1, 21-30, 2009
- Kazuhide Ito, Fundamental Chamber Experiment on Indoor Secondary Organic Aerosol Derived from Ozone / VOC reactions, *Journal of Asian Architecture & Building Engineering*, vol. 7, no.2, 419-425, 2008

**【研究期間と研究経費】**

平成21年度-25年度

48,600千円

ホームページ等

<http://www.eee.kyushu-u.ac.jp/hlabo/>

## 【若手研究(S)】

### 理工系 (工学Ⅱ)



#### 研究課題名 異方性の材料科学に基づく骨配向化誘導

大阪大学・大学院工学研究科・教授

なかの たかよし  
中野 貴由

研究分野：材料工学

キーワード：異方性、骨質、骨再生、骨系細胞、構造材料

#### 【研究の背景・目的】

骨は部位に応じた微細構造の異方性を持つことで、初めて正常な力学機能を発揮する(図1)。しかし、現状、最先端の骨再生手法を駆使しても、正常な骨異方性(骨配向性)は再現できない。そこで、骨組織の「質的な解析」とともに、疾患・再生骨での「骨配向性を取り戻すための手法の確立」が急務である。本研究では、骨が本質的には異方性微細構造を持ち、その起源が骨系細胞の働きであることに着目し、材料工学ならではの手法を駆使し、骨配向化を人為的に誘導可能とする新規概念・新規技術の確立を目指す。具体的には、材料/細胞間での相互作用を利用し、配向化のための最適環境を与えるための手法を提案する。

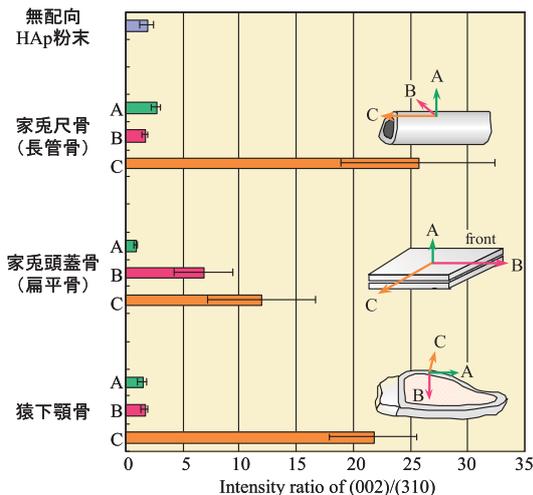


図1 様々な骨部位におけるユニークなアパタイトのc軸優先配向性 (T. Nakano et al., Bone, (2002))

#### 【研究の方法】

「骨配向化誘導」をキーワードに、(A) 新規足場材料開発、(B) 材料工学的手法適用、に分割し以下に注目し、研究を推進する。

(A) 骨系細胞を人為的に制御し、骨配向化を促すための新規足場材料の開発(新規足場材料開発)

(1) 形状設計：異方性孔・溝導入による骨芽細胞遊走方向制御・骨配向化組織誘導

(2) 材質制御：ゼブラ型バイオメタルによる骨系細胞誘導と配列化(図2参照)

(3) 結晶方位制御：単結晶を用いた結晶学的特徴を活かした骨系細胞増殖・分化誘導

(B) 材料工学的手法による強制的骨配向化誘導法の開発(材料工学的手法適用)

(4) 核形成・成長制御：微量金属元素によるコラーゲンホールゾーンでの骨配向化制御

(5) 外場制御：一方向性ひずみ場負荷による骨系細胞の分化・配列・石灰化制御

以上の新足場材料の開発/材料学的手法の投入により、これまで試みられることのなかった、異方性の材料科学とも言うべき概念に基づく骨配向化制御手法の確立を目指す。

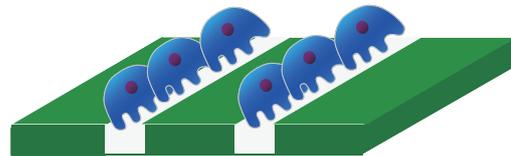


図2 ゼブラメタル上での細胞配向・アパタイト配向のイメージ図

#### 【期待される結果と意義】

バイオマテリアルの設計と材料工学手法の最先端を融合することで、骨配向化の制御が可能となるものと期待され、学術的な価値はいうまでもなく、将来の骨質を考慮した骨疾患・骨欠損の修復医療にも強く貢献できる。さらに最終的には代表者が目指す「異方性の材料科学」の構築の根幹をなす知見が得られる。

#### 【当該研究課題と関連の深い論文・著書】

・ T. Nakano, K. Kaibara, Y. Tabata, N. Nagata, S. Enomoto, E. Marukawa and Y. Umakoshi  
Unique alignment and texture of biological apatite crystallites in typical calcified tissues analyzed by micro-beam X-ray diffractometer system, Bone, 31[4] (2002), pp.479-487.

・ T. Nakano, T. Ishimoto, J.-W. Lee and Y. Umakoshi  
Preferential orientation of biological apatite crystallite in original, regenerated and diseased cortical bones, Journal of the Ceramic Society of Japan, 116 (2008), pp.313-315.

#### 【研究期間と研究経費】

平成21年度～25年度

81,000千円

ホームページ等

<http://www.mat.eng.osaka-u.ac.jp/msp6/MSP6-HomeJ.htm>

E-mail: nakano@mat.eng.osaka-u.ac.jp



## 研究課題名 き裂成長履歴推定に基づく大型溶接構造物の疲労寿命推定の高精度化

九州大学・大学院工学研究院・准教授 **後藤 浩二**

研究分野：工学(総合工学)

キーワード：疲労, 材料・構造力学, 維持・管理, 鋼構造

### 【研究の背景・目的】

船舶・海洋構造物, 橋梁, 鉄道車両, 高層ビル, 海上空港等, 多くの大型溶接構造物が社会インフラとして活用されているが, これら構造物では現在も多く疲労損傷が報告されている。社会インフラの疲労損傷を防止することは, 豊かかつ安全な社会活動を営むために, 極めて重要な課題である。



図 鋼構造物に生じた疲労き裂の例  
(写真提供：首都高速道路株式会社)

疲労損傷事故発生の原因は, 設計・製造者の不注意だけではなく, 現在主に適用されている疲労強度評価手法(S-N曲線の利用)が十分ではない事にも理由がある。S-N曲線の手法では, 疲労破壊が起きたか否かという二択的な判定しかできず, 構造物の健全性判定に必要な, き裂成長量の定量的推定は行えないという問題がある。またS-N曲線の手法は, 過去に何らかの疲労損傷を経験した構造に対する耐疲労検討には有用性があるものの, 新構造様式に対する疲労強度検討には弱い側面がある。

現状における, 唯一の確実な疲労寿命延命化法は, 「試行錯誤的に」作用応力を低減させることであるが, 応力低減の度合いを「論理的かつ定量的に」提示する手法は, 未だ確立されていない。

研究代表者のグループでは, 疲労寿命評価法に関する現状について, S-N曲線の手法では疲労寿命推定精度の飛躍的向上は望めないと考え, 疲労き裂成長曲線を定量的に予測し, これを指標とする寿命予測を行う立場で研究に取り組んでいる。

本研究では, 過去に培ってきた知見をベースに, 板厚貫通き裂に加えて, 実構造物への適用の観点から重要な問題である, 表面き裂(平面状の欠陥)の定量的な成長予測と, 多軸荷重条件下における疲労き裂成長予測問題に取り組む。

### 【研究の方法】

試験室レベルの疲労試験に加えて, 実働構造物

に近い大型試験体を用いた疲労試験を実施し, 表面き裂の成長履歴や多軸応力下での疲労き裂成長履歴の測定を行う。大型疲労試験は, 研究目的に対処可能な機器を有する, (独)海上技術安全研究所の協力を得ながら進める。

疲労き裂の定量的な成長予測には, 疲労き裂に特有の「き裂開閉口挙動」を定量的に考慮した解析が必要であるため, 現有手法を, より実用的なものに改良する。数値解析結果と実験結果を比較し, 比較結果を解析理論にフィードバックすることで, き裂成長履歴推定精度の向上を図る。

### 【期待される成果と意義】

き裂成長量の定量的推定に基づいた疲労寿命評価が一段と発展することが期待される。S-N曲線の手法には, 実験室で用いている小型試験片と実構造物の疲労破壊を定量的に結びつける手法が無いという問題が, 疲労研究の黎明期である1890年頃から指摘されているが, 本研究により, この懸案の解消に大きく近づくと考えられる。

既設構造物の残余寿命評価精度の大幅な向上に寄与できることから, 「予防保全的管理」手法の発展に資することができる。このことは, 既設社会インフラの安全性担保に直結している。

また, 新設計段階から高精度での疲労寿命評価が可能となるため, 過剰な補強部材を削減した構造設計につながり, この結果として重量削減が達成できるため, 構造物による環境への負荷が低減されることにつながる。

### 【当該研究課題と関連の深い論文・著書】

- ・ Toyosada, M., Gotoh, K., Niwa, T., Int. J. Fatigue, Vol.26, No.9, 2004, pp.983-992
- ・ Gotoh, K. et al., Proc. ISOPE 2007, Vol.4, 2007, pp.3343-3347
- ・ Nagata, Y., Gotoh, K., Toyosada, M., J. Marin Sci. and Tech., Vol.14, No.1, 2009, pp. 104-114

### 【研究期間と研究経費】

平成21年度～25年度

80,600千円

ホームページ(以下URLの下に開設予定)

<http://www.nams.kyushu-u.ac.jp/common/production/>