

非線形現象解明に向けた計算機援用解析学の構築

なかお みつひろ
中尾 充宏

(九州大学・大学院数理学研究院・教授)

【研究の概要等】

計算機援用証明あるいは数値的検証法とは、数学上の問題に対する解の存在（およびその一意性）を計算機による数値計算によって証明すること、およびそのための数値計算技法のことである。このような方法は、近年の計算機技術のめざましい発展と相まって、応用解析学や計算理工学に現れる複雑な非線形問題の中で、理論解析が困難な問題に対する数値的証明としてその意義が次第に高まりつつある。研究代表者は、早い時期からその重要性に着目し、主として非線形楕円型偏微分方程式に対する解の存在を計算機により立証する手法について、世界に先駆けた研究を進めてきた。本研究ではそれらの成果の上に、一層広い応用解析学分野への計算機援用証明を実現し、その有効性を実証することを旨とする。特に非線形発展方程式への新しい数値的検証法の開発と適用も含めて、理論解析が困難な非線形現象を数値的に解明し、計算機援用証明を21世紀における解析学研究の一つの方法論として確立することを旨とするものである。また同時に、非線形現象の数値シミュレーションに対する高精度化・高信頼化手法への貢献も本研究の目的の一つとしている。

【当該研究から期待される成果】

数学分野においては、非線形解析（偏微分方程式、力学系）における未解決問題（例えば3次元 Navier-Stokes 方程式の分岐解や複雑なカオス現象等）の数値的解決に貢献できる。また純粋数学を含む新たな数学研究の方法論を創出し定着させることによるインパクトは大きいであろう。他の理工学分野と産業技術においても、例えば有限要素法の新たな a posteriori 誤差評価法の開拓とその実用化・普及により数値シミュレーションの高信頼化を実現できる。そのことによって、これらの分野に対して「証明すること」を通じた数学からの新たな貢献が期待される。

【当該研究課題と関連の深い論文・著書】

- ・ M.T.Nakao, K.Hashimoto, Y.Watanabe, A numerical method to verify the invertibility of linear elliptic operators with applications to nonlinear problems, Computing 75 (2005), 1-14.
- ・ Y.Watanabe, N.Yamamoto, M.T.Nakao, T.Nishida, A numerical verification of nontrivial solutions for the heat convection problem, Journal of Mathematical Fluid Mechanics 6 (2004), 1-20.

【研究期間】 平成20年度－23年度

【研究期間の配分（予定）額】

65,300,000 円（直接経費）

【ホームページアドレス】

<http://www2.math.kyushu-u.ac.jp/~mtnakao/>

非線形偏微分方程式の大域的適切性

こぞの ひでお
小 蘭 英雄

(東北大学・大学院理学研究科・教授)

【研究の概要等】

数理物理学の基礎方程式，数理生物学のモデルである非線形偏微分方程式を広範囲に渡って対象とし，解の存在，一意性，安定性といった“適切性”を研究する．定常方程式については，単に全空間だけでなく，内部境界値問題の場合には，種数など領域の位相不変量が方程式の可解性に与える影響をも対象とする．また外部境界値問題においては，障害物の形状に依存した解の非等方的な振る舞い，あるいは無限遠方における解の挙動の一意性への影響を考察したい．時間発展方程式については，局所適切性にとどまらず，例えば初期データが属する関数空間のノルムの最良定数を求めることにより時間大域的可解性を明らかにする．このように対象とする領域の形状や空間および時間無限大での解の漸近挙動といった“大域的性質”を解析し，非線形偏微分方程式の解の構造に関して統一理論を構築することが本研究の目的である．とりわけ，ナビエ・ストークス方程式に対する大きな初期データに対する時間大域的な古典解の存在は，ミレニアムの数学難問題7題の1つとしてクレイ研究所が懸賞付き（百万ドル）で提唱しており，本研究課題そのものである．

【当該研究から期待される成果】

非圧縮性条件からは各連結成分における流量の“総和がゼロ”というより緩和された条件下での解の存在が大きな未解決問題である．本研究では，領域の境界において法線方向と平行である3次元調和ベクトル場の特徴付けを行う．応用として，与えられた境界値の流量と方程式の可解性の関係を，領域の位相不変量の観点から論じることが期待されよう．また，最近，実関数論の手法を駆使してend point Strichartz's estimate が開発され，線形化方程式に付随する発展作用素の L^p - L^q 評価において，許容指数 p, q が臨界値においてさえも成り立つことが証明されている．従来の零形式に注目した基本解による時間-空間の評価の方法に加えて，非線形偏微分方程式の一般的解法の確立が期待できる．

【当該研究課題と関連の深い論文・著書】

- ・小蘭英雄 Navier-Stokes 方程式 クレイ研究所ミレニアム懸賞問題解説．数学 54巻 (2002) 178--202.
- ・小蘭英雄，小川卓克，三沢正史，これからの非線型偏微分方程式 日本評論社 2007.

【研究期間】 平成20年度－24年度

【研究期間の配分（予定）額】

136,800,000 円（直接経費）

【ホームページアドレス】 <http://www.math.tohoku.ac.jp/researchfields/kozono.html>

第一世代天体から原始銀河に至る宇宙暗黒時代の解明

うめむら まさゆき
梅村 雅之

(筑波大学・大学院数理物質科学研究科・教授)

【研究の概要等】

本研究は、科学研究費補助金 特別推進研究（平成16年度～19年度）により開発・製作した融合型並列計算機“宇宙シミュレータ FIRST”を用い、大規模輻射流体力学計算によって得られた宇宙第一世代天体に関するこれまでの成果を基にして、宇宙第一世代天体形成に引き続いて起こる原始銀河形成までの物理過程を明らかにし、いまだ解明されていない宇宙暗黒時代の宇宙史の物理的解明を目指すものである。この研究では、ダークマター、バリオンガス、星を含めた自己重力系における、流体力学過程、輻射輸送過程、非平衡原子・分子反応過程などの物理過程を忠実に採り入れた大規模シミュレーションを行い、冷たいダークマターが誘起する第一世代星形成、第一世代天体中の超新星爆発による初期重元素汚染、天体形成による宇宙再電離史、電離宇宙における初代銀河形成、紫外線輻射場内の球状星団形成、超新星爆発による初代銀河の進化、を探求する。

【当該研究から期待される成果】

本研究では、第一世代天体の中での星形成史と再電離宇宙における原始銀河形成について、宇宙論的な枠組みで統合的な計算を行い、宇宙暗黒時代の物理的描像を確立する。これにより銀河形成史の未解明の時代を明らかにすることができる。また、赤方偏移6を超えるライマン・アルファ輝線天体が、銀河形成のどのような物理的段階に対応するかという問題の解明につながり、銀河間重元素の起源について第一世代天体から原始銀河までの寄与を明らかにすることができる。さらに、高赤方偏移宇宙におけるガンマー線バーストの発生や球状星団の起源についても重要な知見を与える。

【当該研究課題と関連の深い論文・著書】

- M. Umemura, H. Susa, T. Suwa, D. Sato, and FIRST Project Team, FIRST Project: Formation and Feedback of First Stars, *First Stars III*, 386-389 (2008)
- H. Susa and M. Umemura, Secondary Star Formation in a Population III Object, *Astrophysical Journal Letters*, **645**, L93-L96 (2006)
- M. Mori and M. Umemura, The Evolution of Galaxies from Primeval Irregulars to Present-day Ellipticals, *Nature*, **440**, 644-647 (2006)

【研究期間】 平成20年度－24年度

【研究期間の配分（予定）額】

73,100,000 円（直接経費）

【ホームページアドレス】

作成中

誘導加速方式によるデジタル加速器の実現

たかやま けん
高山 健

(高エネルギー加速器研究機構・加速器研究施設・教授)

【研究の概要等】

これまで建設された全てのサイクロトロンと高周波シンクロトロンでは加速と進行軸方向の粒子閉じこめを高周波電圧で同時に行う機能結合という特徴を持っていた。KEK で原理実証に世界で初めて成功した誘導加速シンクロトロンでは1対1のトランスである誘導加速セルを2種類用意し、そこに発生する誘導ステップ電圧を加速用と閉じ込め用として使用し、二つの機能を分離した。この機能分離によりビームハンドリングの大幅な自由度がもたらされた。誘導加速セルを駆動するスイッチング電源のゲート信号を周回するビームの信号を元に作るのだから原理的には音速程度の入射イオンの加速も可能である。誘導加速シンクロトロンのこれら特徴を小規模の円形加速器に展開すると、RFQ や線形加速器の様な大型の入射器を必要としないシンクロトロンが実現できる。本研究ではKEKの500MeV ブースターシンクロトロンの高周波空洞を誘導加速セルに置き換え、高真空化を図り、主電磁石電源を改造し、200KV 高圧イオン源を導入し、全種イオン加速器：入射器無しの小型誘導加速シンクロトロンを実現する。

【当該研究から期待される成果】

既存高周波加速器におけるイオン種・エネルギーの制限を完全に開放するので、静電加速でのMeV程度の一加速しか方法のなかったG60等のクラスターイオンの繰り返し加速が原理的に可能になる。癌治療重イオン加速器として使えば、20%の省力・低コストの加速器になり、医療ビジネスの採算ベースでの普及が期待される。高速重イオン貫通に伴う電子励起を利用した材料創成、微小空間にイオンエネルギーを集中して実現する高温高密度物性研究の展開が期待される。DNA二重らせん切断に伴う突然変位を利用した植物育種、特に大幅な気候変動に対応できる穀物育種は人類生存上の最重要課題であるが、対象の種のゲノムサイズに合わせたイオントラックの生成が容易になるだろう。一台で各種高速イオンを供給し、それらの広範かつ独創的応用への技術基盤を確立する。

【当該研究課題と関連の深い論文・著書】

- K.Takayama, Y.Arakida, T.Iwashita, Y.Shimosaki, T.Dixit, K.Torikai, "All-ion accelerators: An injector-free synchrotron", *J. of Appl. Phys.* **101**, p063304-7 (2007).
- K.Takayama, K.Torikai, Y.Shimosaki, Y.Arakida, E.Nakamura, H.Sato *et al.*, "Experimental Demonstration of the Induction Synchrotron", *Phys. Rev. Lett.* **98**, p054801 (2007).
- K.Takayama and J.Kishiro, "Induction Synchrotron", *Nucl. Inst. of Meth*, **A451**, p304 (2000).

【研究期間】 平成20年度－22年度

【研究期間の配分（予定）額】

166,700,000 円（直接経費）

【ホームページアドレス】

<http://www-accps.kek.jp/Superbunch/>

ジェット識別測定によるクォーク・グルーオンプラズマ物性の研究

みあけ やすお
三明 康郎

(筑波大学・大学院数理物質科学研究科・教授)

【研究の概要等】

ビッグバン直後の宇宙や超高密度の中性子星の深部など超高温／超高密度状態では、陽子やパイ中間子などの素粒子（ハドロン）も熔融し、その構成要素であるクォークとグルーオンが自由に動き回る状態、即ちクォーク・グルーオンプラズマ（QGP）状態が実現する。この新たな物質相の研究は自然科学の重要な課題である。

QGP状態を実験室で生成し、その性質を研究しようという実験的研究が米国ブルックヘブン国立研究所(BNL)RHIC加速器と欧州共同原子核研究機構(CERN)LHC加速器において進められている。2000年からBNL-RHIC加速器の運転が開始され、我々の研究から、熱的平衡状態の実現、QGP相の流体力学的振る舞い、さらにQGP相からの陽子やパイ中間子が生成される際に特徴的なハドロン生成などが明らかとなり、研究の潮流は、QGPの探索からQGP物性の研究へと新たなフェーズに移りつつある。

QGP物性にはジェットの研究が効果的である。高運動量パートンがQGP中で作る衝撃波の角度から「音速」を測定できる。また高運動量パートンがQGP相を通過する際のエネルギー損失量からグルーオン密度などの情報を得ることが出来る。2008-2010年には、より高エネルギーのLHC加速器の稼働が開始され、QGP研究の新たな幕開けを迎える。

【当該研究から期待される成果】

- ・ ジェット事象のデータ収集に効果的な検出器を新たに開発・製作を行う。
- ・ RHIC-PHENIX実験及びLHC-ALICE実験におけるジェット研究を推進し、衝撃波発生角度のエネルギー依存性など、観測諸量の衝突エネルギー依存性の系統的研究を行う。
- ・ 高エネルギー原子核衝突では高多重度環境及び空間的異方性に起因する方位角異方性からのバックグラウンドのために困難であったジェットのパートン識別に挑む。

【当該研究課題と関連の深い論文・著書】

- ・ Quark-Gluon Plasma. K. Yagi, T. Hatsuda and Yasuo MIAKE, Cambridge Monographs on Particle Physics, Nuclear Physics and Cosmology, Cambridge University Press, 2005
- ・ Formation of dense partonic matter in relativistic nucleus-nucleus collisions at RHIC: Experimental evaluation by the PHENIX collaboration. K. Adcox, T. Chujo, S.Esumi, Y. Miake et al., Nucl.Phys.A757:184-283,2005.

【研究期間】 平成20年度－24年度

【研究期間の配分（予定）額】

65,400,000 円（直接経費）

【ホームページアドレス】

<http://utkhii.px.tsukuba.ac.jp/>

電子正孔系における量子秩序形成の研究

このかみ まこと
五神 真

(東京大学・大学院工学系研究科・教授)

【研究の概要等】

半導体の電子正孔系は強いクーロン相互作用が働く量子多体系であり、多彩な物質相を示す。本研究は、半導体を対象に、精緻なレーザー分光手法を駆使した実験と、電子相関を取り入れた理論研究を密接に連携させ、量子多体系としての電子正孔系および励起子系の物質相とその集団励起および量子秩序形成ダイナミクスを調べることを目的とする。具体的には次の3項目について研究を進める。(1) 準熱平衡電子正孔系の相図解明、(2) 量子縮退した電子正孔系の集団励起とそのコヒーレンスの観測、(3) 電子正孔系の量子秩序形成の動的理論。東京大学の実験グループと大阪大学の理論グループが密接に交流連携する体制を整え、励起子ボース・アインシュタイン凝縮相の実証という懸案解決をはかり、半導体電子正孔系における電子相関の学理を追求し、量子物理学の深化を目指す。さらに、半導体光機能の新しい制御法とその応用の道筋を探る。

【当該研究から期待される成果】

半導体レーザー等の光エレクトロニクス素子の動作解析において、電子正孔系の相互作用を平均場近似で扱う手法が成功を収めてきた。近年、素子の微細化や低次元構造の利用が進む中で、平均場近似を超えた多体相関効果が顕在化し、その理解と活用がもとめられている。また、励起子系のボース・アインシュタイン凝縮(BEC)の問題は長年議論されてきた課題であるが、非平衡開放系であるという難しさに加え、電子正孔間の多体相関として現れる、励起子間相互作用についての知見が欠如しており、実験結果を系統的に理解することが出来ていなかった。本研究によって多体相関効果について、理論と実験の両面から系統的に調べその理解が深まることにより、これらの研究が格段に進むことが期待される。これは、量子物理学の深化に寄与するとともに、ナノ構造を利用した少数キャリア系で電子相関が重要な光素子の応用にも重要な知見を与えると期待される。

【当該研究課題と関連の深い論文・著書】

- ・M. Kuwata-Gonokami, M. Kubouchi, R. Shimano, A. Mysyrowicz, "Time-resolved Excitonic Lyman Spectroscopy of Cu₂O", J. Phys. Soc. Jpn. **73** (4), 1065-1069 (2004).
- ・M. Kuwata-Gonokami, "Dynamics of cold excitons and electron-hole ensembles in direct-gap semiconductors studied by mid-infrared pump and probe spectroscopy", in "Problems of Condensed Matter Physics" Edited by Alexei L. Ivanov and Sergei G. Tikhodeev, Oxford Univ Press, P135-162.

【研究期間】 平成20年度－24年度

【研究期間の配分(予定)額】

115,300,000 円 (直接経費)

【ホームページアドレス】

<http://www.gono.t.u-tokyo.ac.jp>

微小領域二次元光電子分光

だいもん ひろし
大門 寛

(奈良先端科学技術大学院大学・物質創成科学研究科・教授)

【研究の概要等】

携帯電話などが小型で多機能になるに従って、中に入っている素子の大きさが小さくなり、高性能の素子の開発には微小な領域を詳しく分析することが必要になってきています。我々が開発した「二次元光電子分光」は、電子状態と原子構造を立体的に解明できる強力な解析法ですが、試料に照射する光のビーム径が1mm程度であったため、小さな結晶の測定はできませんでした。また、従来の他の顕微鏡では、エネルギーの高い電子に対しては小さな角度範囲しか測定できませんでした。本研究では、新しく発明してJST-CRESTで5年間開発してきた立体光電子顕微鏡StereoPEEMや、その過程で新しく発明された楕円メッシュ二次元分析器を完成して、顕微鏡機能を使って試料の拡大像を観測し、微小領域だけからの二次元光電子分光を行ない、微小領域の電子状態と原子構造を立体的に観測することを目的としています。実験室で実験をする上で必要な収束X線光源も作製します。

【当該研究から期待される成果】

本研究の成果により、微小結晶混合物の中の個々の微結晶に対して二次元光電子分光が初めて高エネルギーまでできるようになります。太陽電池に使われるポリシリコンや強誘電体メモリーなどのような結晶性が重要な微小構造では、個々の単一ドメインの二次元光電子分光が可能になることにより、効率の良い素材の開発が促進されます。微小物質特有の低次元・量子機能が電子状態と原子構造から解明されるようになるため、学問的にも価値の高い成果が期待されます。

【当該研究課題と関連の深い論文・著書】

- Stereo-PEEM for three-dimensional atomic and electronic structures of microscopic materials, H. Daimon, H. Matsuda, L. Toth, F. Matsui, Surface Science, 601(20) 4748-4758, (2007).
- Stereo Photography of atomic arrangement and atomic-orbital analysis by two-dimensional photoelectron spectroscopy, F. Matsui, T. Matsushita, F. Z. Guo, H. Daimon, Surf. Rev. Lett. 14(3) 1-7, (2007).

【研究期間】 平成20年度－24年度

【研究期間の配分（予定）額】

132,200,000 円（直接経費）

【ホームページアドレス】 <http://mswebs.naist.jp/LABs/daimon/index-j.html>

重い電子系化合物の新奇超伝導状態の解明

まつだ ゆうじ
松田 祐司

(京都大学・大学院理学研究科・教授)

【研究の概要等】

f電子を持つCeなどの希土類元素やUなどのアクチノイド元素を含む金属間化合物では、f電子と伝導電子の混成効果のために、電子の有効質量が自由電子の100倍以上重くなったいわゆる「重い電子状態」が実現される。このような系で超伝導電子対が形成されると、強いクーロン斥力のため、通常の超伝導とは異なる対称性を持った異方的な超伝導状態が実現する。重い電子系超伝導体研究は30年以上の長い歴史を持つ。しかしながら上述のエキゾチック超伝導状態のかなりの部分は21世紀になってから発見されたものであり、その超伝導状態の研究は新しい局面を迎えつつある。これらの新しい超伝導相はボーズ・アインシュタイン凝縮や高エネルギー物理学とも密接に関連しており、物理学で最も基本的な問題の一つであるにもかかわらず理解されていないことが多く、その理解は物質の新奇凝縮相の理解の鍵となりうるとも考えられる。本研究では、上述した超伝導状態を解明するために、これまでに前例のない重い電子系の人工超格子を作製して新奇超伝導状態を創出し、さらにこれまで類を見ない新しい実験手法を開発し超伝導状態の研究を行う。

【当該研究から期待される成果】

重い電子系化合物を基本ユニットとした人工超格子を作製することにより、重い電子を2次元に閉じこめた新奇強相関電子系を創り出し、その物性についての研究を行う。また分子線ビームで蒸着する化合物の組み合わせを変え、空間的に不均一な超伝導状態や空間反転対称性の破れたエキゾチックな超伝導状態などを人工的に創り出す。これらの物性を電子輸送現象、磁化測定、光反射、核磁気共鳴、共鳴X線散乱等により系統的に研究することにより重い電子系超伝導体の新奇超伝導状態の理解を格段に進歩させることができる。

【当該研究課題と関連の深い論文・著書】

- ・ Angular Position of Nodes in the Superconducting Gap of Quasi-2D Heavy-Fermion Superconductor CeCoIn₅, K. Izawa, H. Yamaguchi, Yuji Matsuda, H Shishido, R. Settai, and Y. Onuki, Phys. Rev. Lett. 87, 057002 (2001)

【研究期間】 平成20年度－24年度

【研究期間の配分（予定）額】

165,200,000 円（直接経費）

【ホームページアドレス】

<http://kotai2.scphys.kyoto-u.ac.jp/index.php>

価数不安定性をもつアクチノイド化合物に特有の新奇量子状態の研究

さとう のりあき
佐藤 憲昭

(名古屋大学・大学院理学研究科・教授)

【研究の概要等】

磁石や超伝導は固体電子論の興味ある研究テーマである。本研究が対象とするアクチノイド化合物は、遍歴磁性を示す鉄族原子と、局在磁性を示す希土類原子の間にあるといわれるが、その本質は謎に包まれている。これは、アクチノイド元素のもつ放射性が実験を困難なものにしているためである。こうした状況にありながらも、国内外の挑戦的な研究により、アクチノイド化合物の中に、超伝導との共存を示す磁性体の存在することがわかってきた。これまで犬猿の仲と思われてきた超伝導と磁気秩序とくに強磁性との共存の発見は、多くの固体物理学研究者の興味を引き付けている。

本研究の主たる目的は、アクチノイド元素を扱うことのできる施設に単結晶育成装置や試料の評価装置を導入設置することにより、アクチノイド物性研究の拠点を形成することである。研究拠点で育成された単結晶を各大学グループに送付し、それぞれの創意に基づいた研究を推し進めることにより、アクチノイド特有の量子状態（たとえば強磁性と超伝導の共存・競合の状態）を、価数不安定性というキーワードを用いて読み解く。さらに、レドックスフロー電池など、アクチノイドの有効活用法を探る。

【当該研究から期待される成果】

アクチノイド物質の単結晶を安定的に育成・供給できる体制を整えることにより、日本におけるアクチノイド研究を、将来の長い期間にわたって、発展的・持続的に推し進めることができるであろう。また、「磁性と超伝導の共存・競合」は固体電子論の根源的な問題を含み、その解明は他の多くの分野に波及効果をもつと期待される。さらに、レドックスフロー電池などのアクチノイド活用は、使用済み核燃料に含まれる超ウラン元素や、燃料製造時の派生物である劣化ウランの有効利用に道を開くものである。新世紀のエネルギー問題を解決するための一助となるであろう。

【当該研究課題と関連の深い論文・著書】

- ・ Stoner gap in the superconducting ferromagnet UGe_2 ,
N. Aso, N. K. Sato *et al.*, Phys. Rev., B73 (2006) 054512-1-5.
- ・ Strong coupling between local moments and superconducting 'heavy' electrons in UPd_2Al_3 ,
N.K. Sato, F. Steglich, P. Fulde *et al.*, Nature, 410 (2001) 340-343.

【研究期間】 平成20年度－24年度

【研究期間の配分（予定）額】

149,900,000 円（直接経費）

【ホームページアドレス】

<http://mlbp.phys.nagoya-u.ac.jp/>

巨大単結晶と大容量超高压発生技術に基づくマントル深部のレオロジー

かつら ともお
桂 智男

(岡山大学・地球物質科学研究センター・教授)

【研究の概要等】

地球のマントルは固体であるが、地質学的時間スケールではダイナミックに流動している。このマントルの流動（所謂マントル対流）により、地震・火山・造山運動などの各種地球科学的現象が引き起こされる。従って、マントル対流を定量的に理解することは、固体地球科学における最も重要で本質的な課題である。しかし、マントル構成鉱物、特にマントル高压鉱物のレオロジーの知識が不足しているため、マントル対流を定量的に理解することは出来ていない。高压鉱物のレオロジーの知識が不足している理由は、信頼性の高いレオロジーの研究に十分なサイズの良質な単結晶を得ることが出来ないことにある。しかし、我々はマントル高压鉱物の1mmを越す大型単結晶の合成に成功している。この大型単結晶と大容量超高压発生技術を組み合わせて、マントル高压鉱物のレオロジーを明らかにする。具体的には、マントル高压鉱物（ワズレアイト・リングウッドイト・メジャライト・ペロフスカイト・スティショバイト）に対して、①珪素自己拡散係数を温度と圧力との関数として決定する、②転位メカニズムの観察を行い、温度・圧力・差応力条件との関係を決定する、③転位移動度を温度と圧力の関数として決定する、④動的再結晶実験により温度・圧力・差応力と結晶粒径の関係を決定する、と言う4種類の実験を行う。

【当該研究から期待される成果】

鉱物の変形メカニズムには、転位クリープと拡散クリープの2種類が存在する。当該研究における珪素自己拡散係数測定と動的再結晶実験から、拡散クリープ速度を見積もることが出来る。また、温度・圧力・差応力条件と転位メカニズムの関係を決定し、転位移動度と珪素自己拡散係数から、転位クリープの温度圧力依存性を見積もることが出来る。これらの知識から、マントル対流の定量的理解が可能になる。例えば、沈み込むスラブがマントル遷移層に沈積する理由として、上部マントルと下部マントルの粘性コントラストが考えられているが、この仮説が正しいかどうかを検証することが出来る。

【当該研究課題と関連の深い論文・著書】

- Shatskiy A., Fukui H., Matsuzaki T., Shinoda K., Yoneda A., Yamazaki D., Ito E. & Katsura T., Growth of large (1 mm) MgSiO₃ perovskite single crystals: A thermal gradient method at ultrahigh pressure, *American Mineralogists* **92**, 1744-1749, 2007.
- Yamazaki, D., Kato, T., Yurimoto, H., Ohtani, E., Toriumi, M., Silicon self-diffusion in MgSiO₃ perovskite at 25 GPa, *Physics of the Earth and Planetary Interiors* **119**, 299-309, 2000.

【研究期間】 平成20年度－24年度

【研究期間の配分（予定）額】

175,100,000 円（直接経費）

【ホームページアドレス】

<http://www.misasa.okayama-u.ac.jp/~hacto/>

長大測線統合的地震探査による中部日本地殻構造とアクティブテクトニクスの解明

いとう たにお
伊藤 谷生

(千葉大学・大学院理学研究科・教授)

【研究の概要等】

日本列島において最も活断層が密集している中部日本のテクトニクスに関しては、東縁を限る糸魚川静岡構造線（糸静線=ISTL）を北米—ユーラシア・プレート境界としてそこにおける収束運動によって説明する見解（「ISTLプレート境界説」）が支配的であった。しかしながら、最近の地殻構造全体にわたる地質学的、地球物理学的研究の急速な進捗とデータの蓄積は、従来のISTLプレート境界説を明確に退け、中部日本のアクティブ・テクトニクスがフィリピン海プレートの形状と運動に強く支配されていることを示唆している。本研究は、この間、開発・蓄積されてきた各種地震探査の実践を集約統合した“長大測線統合的地震探査”という新手法によって、中部日本の地殻構造とその下位に広がるPHS上面形状を解明し、今後のアクティブ・テクトニクス研究の基礎データを提供することを目的に実行される。具体的には、第1年度に中部日本横断測線（ISTLから中央構造線(MTL)を横切り、跡津川断層に至る）、第2年度に中部日本南縁測線（富士川断層からISTLを通過し、MTLに至る）、敦賀湾伊勢湾構造線(TITL)横断測線における探査を実施、その解析を通じて、目的を達成する。

【当該研究から期待される成果】

◎中部日本下におけるフィリピン海プレートの形状、地殻構造と活断層の関連、地殻構造内の地震波速度構造とその不均一性など、同地域におけるアクティブテクトニクス解明に必須の基礎データが取得され、広く学界に提供される。

◎上記データの解析を通じて、すでに知られている2つの歪蓄積様式、すなわち海溝のようなプレート境界型と日本海沿岸の反転運動型、とは異なった長い地質学的変形過程を有する島弧内陸型の様式についてのモデルを提示する。このモデルは今後の地震活動予測にも貢献すると思われる。

【当該研究課題と関連の深い論文・著書】

- ・ Crustal structure of southwest Japan, revealed by the integrated seismic experiment Southwest Japan 2002 (Ito et al., 2008, in press)
- ・ Active nappe with a high slip rate: seismic and gravity profiling across the southern part of the Itoigawa-Shizuoka Tectonic Line, central Japan (Ikeda, Ito, and others, 2008, in press)
- ・ Gently N-dipping Median Tectonic Line(MTL) revealed by recent seismic reflection studies, southwest Japan (Ito et al., 1996, Tectonophysics, 264, 51-63)

【研究期間】 平成20年度—22年度

【研究期間の配分（予定）額】

147,600,000 円（直接経費）

【ホームページアドレス】

<http://www-es.s.chiba-u.ac.jp/struct/site/struct.html>

大量絶滅の研究：P-T境界事件とV-C境界事件

いそざき ゆきお
磯崎 行雄

(東京大学・大学院総合文化研究科・教授)

【研究の概要等】

顕生代 5.5 億年間において、生物の多様性が短期間に激減する大量絶滅事件が 5 回おきた。汎地球規模環境変動が関連していたと考えられるが、環境変動自体の原因はまだ十分に特定されていない。本計画は、過去の大量絶滅の中でも特に規模が大きかった 2 つの事件、すなわち 2.5 億年前の古生代末 (P-T 境界) 事件および 5.5 億年前の原生代末 (V-C 境界) 事件について、原因およびプロセスの解明を試みる。本研究は、野外地質調査と室内分析からなる。野外調査については、事前の調査に基づき選択した良好な地質セクションにおいて詳細な地質調査を行う。新たに欧州中部、中東そして中国南部地域の P-T 境界層について野外調査およびボーリングによる新鮮な連続岩石試料採取を試みる。採取した岩石試料は研究室で様々な化学組成分析に供する。SEM-EDS による微小領域の化学分析、有機炭素含有量の測定、XRF による主要元素及び微量元素の化学組成測定、XRD による構成鉱物の同定などに加えて、C, O, S の安定同位体比測定、 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 比の測定、古地磁気の測定、ジルコンなどの特定鉱物粒子の U-Pb 年代測定などを行う。

【当該研究から期待される成果】

本研究が順調に進めば、P-T 境界前後の超大陸縁辺また超海洋中央の表層および深層の海水の情報が初めて完全に揃い、日本で発見された上村寒冷化事件が古生代・中生代境界にまたがるグローバル環境変化の開始であったこと、また当時の海洋の構造およびその時間的変遷、例えば超酸素欠乏事件についてもその発達および衰退の具体的な過程の検証が可能となる。また境界に産する凝灰岩の分析から、プルーム関連火山活動によって汎世界的環境変動と大量絶滅がおきたことが証明できれば、より古い過去の事例を検証する際の格好のテンプレートになる。計画後半で進める V-C 境界事件の研究は、その最初の試金石となるものである。

【当該研究課題と関連の深い論文・著書】

Isozaki, Y., 1997. Permo-Triassic boundary Superanoxia and stratified superocean: Records from lost deep-sea. *Science*, **276**, 235-238.

Isozaki, Y., 2007. Plume Winter scenario for biosphere catastrophe: the Permo-Triassic boundary case. In Yuen, D., Maruyama, S., Karato, S. and Windley, B.F. (eds.), *Superplume: beyond plate tectonics*. pp. 409-440, Springer, Dordrecht.

【研究期間】 平成 20 年度 - 24 年度

【研究期間の配分 (予定) 額】

102,900,000 円 (直接経費)

【ホームページアドレス】

<http://ea.c.u-tokyo.ac.jp/earth/Members/Isozaki/>

電子線コンプトン散乱の時間分解反応顕微鏡の開発による 物質内電子移動の可視化

たかはし まさひこ
高橋 正彦

(東北大学・多元物質科学研究所・教授)

【研究の概要等】

本研究は、「電子線コンプトン散乱の時間分解反応顕微鏡」、すなわち化学反応を先導する形で起こる物質内電子の運動の変化ないしは過渡系電子波動関数が運動量空間において時間発展する様をスナップショット的に観察する手法の開発を目的とする。具体的には、ポンプパルスレーザーにより単分子を励起した後、ポンプパルスからの遅延時間の関数として緩和途中の過渡系に極短パルス電子線を照射し、電子線コンプトン散乱で生成した非弾性散乱電子・電離電子・解離イオンの3つの荷電粒子のベクトル（エネルギーと角度）相関から過渡系の物質内電子運動量分布を得る。本研究は、励起エネルギー移動や電子移動、異性化反応など単分子の様々な動的過程に対して、従来技術では観測が困難であった物質内電子の運動の変化そのものを直接的にイメージしようとする点を最大の特色とし、また光吸収・発光とは異なる物理的性質をもつ電子衝撃イオン化をプローブとして動的過程の基礎的理解に迫ろうとする初めての試みと位置づけられる。

【当該研究から期待される成果】

本研究は、当グループが開発した、安定状態にある分子内の電子運動量分布を3次的に与える「電子線コンプトン散乱の反応顕微鏡」に、最新のレーザー技術を活用して“時間分解”という新機軸の導入を図るものである。理論計算を通じてしか波動関数形を窺い知ることのできない現状を考え合わせれば、本研究は、化学結合や化学反応に対する理解に質的变化をもたらすなど、物質科学から生命科学に亘る自然科学の広範な分野に資する新たな計測技術を開拓するものと期待している。

【当該研究課題と関連の深い論文・著書】

- ・ M. Takahashi, N. Watanabe, Y. Khajuria, Y. Udagawa, and J. H. D. Eland, "Observation of a Molecular Frame ($e, 2e$) Cross Section: An ($e, 2e+M$) Triple Coincidence Study on H_2 ", *Phys. Rev. Lett.* **94**, 213202 (2005).
- ・ 高橋正彦, "三重同時計測による配向分子の($e, 2e$)電子運動量分光", 日本物理学会誌 **61**, 90 (2006).

【研究期間】 平成20年度－24年度

【研究期間の配分（予定）額】

118,400,000 円（直接経費）

【ホームページアドレス】 <http://www.tagen.tohoku.ac.jp/labo/takahashi/index-j.html>

不斉自己触媒反応における不斉の発生・増幅と伝播の研究

そあい けんそう
碓合 憲三

(東京理科大学・理学部・教授)

【研究の概要等】

生体物質には、L-アミノ酸に見られるように、右手と左手の関係にある2つの鏡像異性体のうち一方のみに偏っている不斉化合物が多いことが知られている。生体物質は如何にして一方のみの鏡像異性体になったのか、その不斉の起源や増幅過程は、生命の起源にも関連する永年の課題であり、国際的な関心を集めている（「未解決のサイエンス」、ジョン・マドックス著、ニュートンプレス、2000年）。本研究は、碓合らが見出した不斉が増幅する不斉自己触媒反応を用いて不斉の発生や増幅および伝播について研究を行なうものである。この不斉自己触媒反応は、生成物が自己を合成する不斉触媒として作用して不斉化合物が自己増殖しながら、鏡像体過剰率（不斉）が驚異的に増幅するという特色を備えており、現在までに唯一知られている独創的な反応である。不斉が増幅する機構は何か、円偏光や不斉無機結晶およびアキラルな有機化合物の不斉結晶が不斉の発生起源として如何に作用するか、同位体置換や統計的揺らぎが不斉の起源となることは可能か等に関して不斉自己触媒反応を用いて明らかにする。

【当該研究から期待される成果】

不斉自己触媒反応における不斉の増幅機構を明らかにし、さらに同位体置換などの極微小不斉の認識、統計的揺らぎによる自発的絶対不斉合成の具現化、不斉無機結晶、円偏光やアキラルな有機化合物の不斉結晶を不斉の発生起源とする不斉自己触媒反応を行なう。これらの研究により、永年の謎とされ多くの関心を集めてきた問題、すなわち生体物質が一方の鏡像異性体に偏った不斉の起源と増幅過程を解明する手がかりとなる化学的モデルを提供することが成果として期待される。

【当該研究課題と関連の深い論文・著書】

- T. Kawasaki, K. Suzuki, Y. Hakoda, K. Soai, Achiral Nucleobase Cytosine Acts as an Origin of Homochirality of Biomolecules in Conjunction with Asymmetric Autocatalysis. *Angew. Chem. Int. Ed.*, **2008**, 47, 496-499.
- K. Soai, T. Kawasaki, "Asymmetric Autocatalysis with Amplification of Chirality," in "Topics in Current Chemistry: Amplification of Chirality," Ed. by K. Soai, Springer, Berlin, **2008**.
- 碓合憲三, 川崎常臣, 不斉自己触媒反応とホモキラリティーの起源, *触媒*, **2006**, 48, 346-352.

【研究期間】 平成20年度－24年度

【研究期間の配分（予定）額】

159,200,000 円（直接経費）

【ホームページアドレス】

<http://www.rs.kagu.tus.ac.jp/soai/>

超常磁性の外場応答スイッチ機構の創製

やました まさひろ
山下 正廣

(東北大学・大学院理学研究科・教授)

【研究の概要等】

ナノサイズ磁石と量子スピン格子における磁石現象と量子現象の”操作”を目的として、“超常磁性の外場応答スイッチ機構の創製”を進める。具体的には以下の通りである。(1)超常磁性の磁石機能の操作のための分子設計は、①スピントロニクスオーバーおよび光誘起相転移錯体とMn(III)一軸異方性錯体との一次元鎖の設計、②高伝導性単分子磁石の開発、を進める。(2)単分子磁石における量子トンネル効果の操作のための分子設計は、③光感応分子で架橋された単分子ネットワークの開発、を進める。(3)量子スピン一次元格子のスピン状態の操作のための分子設計は、④量子スピン系三角格子の合理的設計、⑤量子スピン二量体と単量体の交互一次元鎖の設計、⑥Mn(III)-Ni(II)古典スピン系フェリ磁性鎖の設計、を進める。これらの合成で得られた化合物群については、in-situにおける光照射磁気測定、直流・交流電気伝導性測定、ホール効果測定、I-V特性評価、パルス磁場によるスピン状態変化の確認を行い、“機能操作”の評価を行い、研究を進める。

【当該研究から期待される成果】

単分子量子磁石や単一次元鎖量子磁石に光、電場、磁場、圧力等の外場を加えると、量子磁石⇄古典磁石間光スイッチング機能や量子巨大磁気抵抗やブロッキング温度の向上などが期待される。

【当該研究課題と関連の深い論文・著書】

- H. Miyasaka, A. Saitoh, M. Yamashita, and R. Clerac, “A $Mn_2^{III}Ni^{II}$ Single-Chain Magnet Separated by a Thick Isolating Network of BPh_4^- Anions”, *J. Chem. Soc., Dalton Trans.*, 2422-2427(2008)
- T. Kajiwara, I. Watanabe, Y. Kaneko, S. Takaishi, N. Kojima, and M. Yamashita, “Direct Observation of the Ground Spin Alignment of Fe(II)-Fe(III) Single-Chain Magnet by Muon Spin Relaxation”, *J. Am. Chem. Soc.*, 129, 12360-12361(2007)
- A. Saitoh, H. Miyasaka, M. Yamashita, and R. Clerac, “Direct Evidence of Exchange Interaction Dependence of Magnetization Relaxation in a Family of Ferromagnetic-Type Single-Chain Magnets”, *J. Mater. Chem.*, 17, 2002-2012(2007)
- H. Hiraga, H. Miyasaka, K. Nakata, T. Kajiwara, S. Takaishi, Y. Ohshima, H. Nojiri, and M. Yamashita, “Hybrid Molecular Materials Exhibiting Single-Molecule Magnet Behavior and Molecular Conductivity”, *Inorg. Chem.*, 46, 9661-9671(2007)

【研究期間】 平成20年度－24年度

【研究期間の配分（予定）額】

164,400,000 円 (直接経費)

【ホームページアドレス】

<http://coord.chem.tohoku.ac.jp/~sakutai/>

【理工系（化学）】

クロス及びマルチカップリング反応の高効率触媒系の構築と高度制御

かんべ のぶあき
神戸 宣明

(大阪大学・大学院工学研究科・教授)

【研究の概要等】

遷移金属触媒を用いる結合生成反応は、有機合成手法における最も重要な方法論の一つであり、近年目覚ましい発展を遂げている。しかしながら、この分野に於いても未解決の課題や、未開拓の研究領域も多い。本研究では、遷移金属触媒反応の反応試剤として利用することが困難と考えられてきた、アルキルハライド、クロロシラン、有機カルコゲン化合物や種々のヘテロ原子化合物を、カップリング反応の一基質として含む新しい触媒反応系の開発を行う。その研究対象としては、クロスカップリング反応のみではなく、不飽和結合への付加を含むマルチ（多成分）カップリング反応も含め、効率的な反応制御による有用な合成反応手法の創出を目指す。また、本研究目的を達成する一つの指針として、様々な遷移金属のアニオン性錯体を創成し、これらを反応活性種とする新規な合成プロセスを開発する。さらに、構造的および電子的に柔軟な配位子を設計・合成し、触媒反応の効率化を目指す。また、反応機構を解明し、各触媒プロセスの制御因子を明らかにし、触媒反応設計の指針となる知見を集積する。

【当該研究から期待される成果】

本研究により、炭素—炭素結合や炭素—ヘテロ原子結合生成の高度制御の新たな手法が創出され、新たな機能を有する様々な新規物質合成の技術に大きな進展が見込まれる。また、触媒設計の分野に於いても、従来は触媒活性種として余り利用されることの無かったアニオン性錯体の合成化学的応用面の開拓や、電子的および構造的にダイナミックに変化する動的機能性配位子の設計と応用等を通して、遷移金属化学や触媒化学の新たな学問分野の進展に大きく寄与すると期待される。

【当該研究課題と関連の深い論文・著書】

- Ni-Catalyzed Alkylative Dimerization of Vinyl Grignard Reagents Using Alkyl Fluorides. Terao, J.; Watabe, H.; Kambe, N. *J. Am. Chem. Soc.*, **2005**, *127*, 3656-3657.
- Palladium-Catalyzed Intramolecular Selenocarbonylation of Alkynes with Carbamoselenoates: Formation of α -Alkylidene- β -lactam Framework. Toyofuku, M.; Fujiwara, S.-i.; Shin-ike, T.; Kuniyasu, H.; Kambe, N. *J. Am. Chem. Soc.*, **2005**, *127*, 9706-9707.
- Cu-Catalyzed Cross-Coupling Reaction of Grignard Reagents with primary-Alkyl Chlorides: Remarkable Effect of 1-Phenylpropyne. Terao, J.; Todo, H.; Begum, S. A.; Kuniyasu, H.; Kambe, N. *Angew. Chem. Int. Ed.* **2007**, *46*, 2086-2089.

【研究期間】 平成20年度—24年度

【研究期間の配分（予定）額】

122,700,000 円（直接経費）

【ホームページアドレス】

<http://www.chem.eng.osaka-u.ac.jp/~catsyn/>

らせん制御可能な液晶場での高次ヘリカル構造をもつ
共役ポリマーの合成とその機能物性

あかぎ かずお
赤木 和夫

(京都大学・大学院工学系研究科・教授)

【研究の概要等】

本研究代表者らは、近年、キラルネマチック液晶(N*-LC)を不斉反応場として、従来にはない階層的らせん構造をもつヘリカルポリアセチレン(H-PA)を合成することに成功した。N*-LCは、ネマチック母液晶にキラル化合物をキラルドーパントとして微量添加することで調製する。このN*-LCを用いた合成法では、キラル化合物の旋光性を選択することで、生成物であるポリマーのらせんの向きを自在に制御できる。また、こうした不斉液晶を反応場とする合成は、H-PAにとどまらず、その他の化学重合や電気化学重合においても適用でき、種々の共役ポリマーにらせん構造を付与することができ、他に類をみない独創的かつ汎用性の高い手法である。

もし温度や光などの外部刺激により、液晶反応場のねじれの向きを制御できれば、一種類の不斉液晶を用いるだけで、生成ポリマーのらせんピッチやらせん方向をより簡便にかつ低コストで制御できると期待される。

本研究では、温度や光などの外部摂動で動的かつ可逆的にらせんの強度や向きが変わるキラル液晶反応場を構築するとともに、そこで得られる高次ヘリカル構造をもつ共役ポリマーの新規な機能物性を明らかにすることを目的とする。

【当該研究から期待される成果】

- (1) 温度あるいは光によってらせんの強度やらせん方向を制御でき、これまでにないキラル液晶反応場が構築できる。
- (2) キラル液晶場において、温度や照射する光の波長を変えるだけで、生成ポリマーのらせんピッチやらせん方向を制御することができる。
- (3) らせん状共役ポリマーが有する高次らせん構造により、増幅された円偏光発光や誘起ソレノイド磁性等の新機能の発現が期待される。
- (4) キラル液晶反応場は、種々の共役ポリマーや汎用性ポリマーに至るまで適用でき、極めて汎用性の高いキラル制御重合法となり得る。
- (5) 外部摂動により動的にらせん制御可能なキラル液晶を化学反応場とする、新しい学際領域が拡大すると期待される。

【当該研究課題と関連の深い論文・著書】

- K. Akagi, G. Piao, S. Kaneko, K. Sakamaki, H. Shirakawa, M. Kyotani, "Helical Polyacetylene Synthesized with a Chiral Nematic Reaction Field", *Science*, **282**, No. 5394, (1998) 1683-1686.
- M. Goh, M. Kyotani, K. Akagi, "Highly Twisted Helical Polyacetylene with Morphology Free From Bundle of Fibrils Synthesized in Chiral Liquid Crystal Reaction Field", *J. Am. Chem. Soc.* **129**, No. 27, (2007) 8519-8527.
- K. Akagi, "Helical Polyacetylene Synthesized in Chiral Nematic Liquid Crystal", Handbook of Conducting Polymers, Third Edition, Conjugated Polymers, Eds. T. A. Skotheim and J. R. Reynolds. CRC Press, New York, 3-3 - 3-14 (2007).

【研究期間】 平成20年度－24年度

【研究期間の配分(予定)額】

151,400,000 円 (直接経費)

【ホームページアドレス】

<http://star.polym.kyoto-u.ac.jp/AkagiGHP/indexA.html>

二重ラセン構造制御を基盤とする新規物性・機能の開拓

やしま えいじ
八島 栄次

(名古屋大学・大学院工学研究科・教授)

【研究の概要等】

DNAの二重ラセン構造やタンパク質の α -ヘリックスに見られるように、生体高分子の多くはラセン構造に代表されるユニークな高次構造を形成し、生命維持に不可欠の高度な機能を発現している。これらの生体高分子と類似のラセンを人工的に構築することを目指した研究は、ここ20年の間に目覚ましい進歩をとげてきた。その結果、多くの分子や超分子、高分子について、一重ラセン構造の制御が可能になりつつある。しかし、二重ラセンを基盤とする化学は、DNAを彷彿させる特徴的なラセン構造の構築と特異な機能の発現が期待されるにも関わらず、合成例自体が極めて少なく、世界的に未開拓の研究分野であると言える。本研究では、研究代表者らが10年来築いてきた独自の研究領域である、人工らせん高分子研究で培った基礎から応用に至るまでの知見を集約し、二重ラセンを含む多重ラセン構造の制御を基盤とする新しい物質群・材料の創製と二重ラセンに由来する新規物性・機能の開拓を目指す。

【当該研究から期待される成果】

二重ラセン構造からなる新たな物質群からは、二重ラセンの特徴を最大限に活用した生命の機能（分子認識能、不斉触媒能、情報機能）の発現、既存の材料の物性・性能をはるかに凌ぐ、革新的材料の創製が可能と期待される。すなわち、情報機能（複製、情報の保存）を有する合成分子の創製、二重ラセンを新たな不斉場とする不斉増幅、分子・キラリ識別やセンシング、不斉触媒能を有する二重ラセン分子・高分子の創製や高分子化による剛直な主鎖構造と二重ラセンのキラリティーに由来する新規なキラリ液晶相や光学分割能を有する材料の開発が期待される。

【当該研究課題と関連の深い論文・著書】

- H. Goto, H. Katagiri, Y. Furusho, and E. Yashima, Oligoresorcinols Fold into Double Helices in Water, *J. Am. Chem. Soc.*, **128**, 7176-7178 (2006).
- M. Ikeda, Y. Tanaka, T. Hasegawa, Y. Furusho, and E. Yashima, Construction of Double-Stranded Metallosupramolecular Polymers with a Controlled Helicity by Combination of Salt Bridges and Metal Coordination, *J. Am. Chem. Soc.*, **128**, 6806-6807 (2006).
- Y. Tanaka, H. Katagiri, Y. Furusho, and E. Yashima, A Modular Strategy to Artificial Double Helices, *Angew. Chem., Int. Ed.*, **44**, 3867-3870 (2005).

【研究期間】 平成20年度－24年度

【研究期間の配分（予定）額】

88,900,000 円（直接経費）

【ホームページアドレス】

<http://helix.mol.nagoya-u.ac.jp/>

**融液中に浮遊させたSi結晶の成長メカニズムの研究と
高品質Si多結晶の成長技術開発**

なかじま かずお
中嶋 一雄

(東北大学・金属材料研究所・教授)

【研究の概要等】

地球温暖化が進みつつあり、持続可能な自然エネルギーである太陽電池の位置づけが急速に大きくなっている。太陽電池を代替エネルギー源として大きく普及させるためには、エネルギー価格を低減できる画期的な技術の開発が必要であり、このためには最も実績のあるSi結晶を中心に、新しい発想に基づいて、高品質で高均質なSi結晶を実現できる独創的な結晶成長技術の研究開発が不可欠である。

結晶成長の研究では、まず現象を正しく観てメカニズムを理解することが基本であるが、Si融液からの結晶成長では、このような研究手法はこれまでほとんど取られてこなかった。本研究では、まず結晶成長という動的条件下で、Si多結晶の粒界、転位、粒方位が変化し形成していく過程を詳細に理解する。次にこれらの結晶成長メカニズムの理解に基づき、高品質で高均質なSi結晶を成長できる革新的技術を開発する。この革新的技術の基本型として、Si融液表面の中央で核形成を起こし、Si多結晶を浮遊した状態で成長させ、ルツボの影響を極力減らして歪みを低減し、低欠陥結晶を実現できる「浮遊キャスト成長法」を提案する。これにより、Si単結晶に匹敵する高い品質を有するSiバルク多結晶の成長技術を開発する。

【当該研究から期待される成果】

- ・ Si融液からのSiバルク多結晶の成長メカニズムの研究を通じて、結晶成長過程の動的条件下で、粒界などの結晶組織の形成過程や転位などの結晶欠陥の形成過程を解明する。
- ・ 浮遊キャスト成長法を基本型として、Si多結晶の組織や欠陥を理想的な形態にするための制御ができる先進的な結晶成長技術を開発する。
- ・ 開発した結晶成長技術を用いて、実用サイズで20%近くの変換効率を有する高効率太陽電池を作製可能な高品質で高均質なSiバルク多結晶を実現させる。

【当該研究課題と関連の深い論文・著書】

- (1) K. Fujiwara, K. Maeda, N. Usami, and K. Nakajima, “Growth mechanism of Si-faceted dendrites”, Phys. Rev. Lett. (in press).
- (2) K. Fujiwara, K. Maeda, N. Usami, G. Sazaki, Y. Nose and K. Nakajima, “Formation mechanism of parallel twins related to Si-faceted dendrite growth” Scripta Materialia **57**, 81-84 (2007).
- (3) K. Kutsukake, N. Usami, K. Fujiwara, Y. Nose, and K. Nakajima, “Influence of structural imperfection of $\Sigma 5$ grain boundaries in bulk multicrystalline Si on their electrical activities”, J. Appl. Phys. **101**, 063509 (2007).

【研究期間】 平成20年度－22年度

【研究期間の配分（予定）額】

114,700,000 円 (直接経費)

【ホームページアドレス】

<http://www.xtalphys.imr.tohoku.ac.jp>

フォトニック結晶の動的制御と新機能の創出

の だ すすむ
野田 進

(京都大学・大学院工学研究科・教授)

【研究の概要等】

光の波長程度の周期的屈折率分布をもつ光ナノ構造体であるフォトニック結晶の特性を動的に制御すること、および、それにより新しい光機能を創出することが本研究の目的である。研究代表者等は、これまで、フォトニック結晶工学の発展を目指し、高 Q 値ナノ共振器の実現を始め、様々な世界をリードする成果を挙げてきた。しかしながら、これまでの研究は、フォトニック結晶自身の性質が時間的に変化しない、すなわち、静的なものを主として取り扱ってきたため、一旦、設計段階で特性が決まると、そのままその特性が決定してしまっていた。ここで、もし、フォトニック結晶自身の性質を動的に、かつ超高速に変化させることが出来ると、様々なブレークスルーが生まれ、光科学分野のさらなる新しい展開が開けるものと期待される。本研究では、キャリアプラズマ効果などの非線形光学効果を導入し、フォトニック結晶光ナノ共振器の Q 値や、フォトニック結晶導波路の性質を動的に変化させることで、光を一瞬の間止めておく、あるいは伝播する光パルスの波長を選択的に変化させるといった新しい機能を創出することを目指す。

【当該研究から期待される成果】

フォトニック結晶光ナノ共振器の Q 値を動的に制御することにより、伝播している光パルスを、ナノ共振器を利用してしばらくの間止めておき、必要とあれば、すばやく放出することが出来るようになるものと期待される。また、フォトニック結晶導波路の性質を動的に変化させると、光パルスそのものの性質や振る舞いをも動的に変化させることが可能となると期待される。以上のように、フォトニック結晶の性質を瞬間的に変化させることが可能になれば、これまでにない全く新しい光機能の創出が可能となり、「フォトニック結晶ダイナミクス」とも命名すべき新しい学術分野の構築ができると期待される。

【当該研究課題と関連の深い論文・著書】

- Y.Tanaka, J.Upham, T.Nagashima, T.Sugiya, T.Asano and S.Noda: "Dynamic control of the Q factor in a photonic crystal nanocavity", *Nature Materials*, Vol.6, pp.862-865 (2007).
- S.Noda, M.Fujita, and T.Asano: "Spontaneous-emission control by photonic crystals and nanocavities", *Nature Photonics*, Vol.1, No.8, pp.449-458 (2007).

【研究期間】 平成20年度－24年度

【研究期間の配分（予定）額】

160,100,000 円（直接経費）

【ホームページアドレス】

<http://www.kuee.kyoto-u.ac.jp/%7Elab05/>

波長チャネル制御を用いる半導体マイクロリングプロセッサの研究

こくぶん やすお
國分 泰雄

(横浜国立大学・大学院工学研究院・教授)

【研究の概要等】

次世代フォトニックネットワークや短距離光クロスコネクタにおける高速でフレキシブルなパス制御には、高速光信号を別の高速光信号によって、しかも波長情報を有効に利用して制御する小型集積化全光演算制御デバイスが必要になる。本研究では、半導体量子井戸を用いた光増幅器 (SOA) 導波路で構成したマイクロリング共振器によって、SOA中での信号光自身の自己位相変調 (SPM) や入力信号光 (ポンプ光) と制御光間の相互利得変調 (XGM) および相互位相変調 (XPM) を共振器によって増強して、単一入力信号に対してはレベルリミッタや高次共振器による波形整形を、また相互位相変調 (XPM) 効果を利用して異なる2波長信号による波長変換に加えて信号間のXORなどの演算も可能にする光-光制御演算デバイスを開発する。さらに本研究の後半では、注入電流をあげてレーザ発振を起こさせ、信号光と制御光を異なる共振波長で入力させて、注入同期による双安定動作 (フリップ-フロップ動作) を1 nsec以下の高速で実現する。そして、これらの光-光制御演算デバイスを集積化した、半導体マイクロリングプロセッサの実現を目指す。

【当該研究から期待される成果】

高速大容量の光信号を自在にパス制御する光クロスコネクタ技術は、長距離伝送や中短距離光ネットワーク、あるいはボード間やチップ間の光配線にまでおよぶ基本技術である。しかしながら、現在のLSIを用いた電子的ルーティングは処理速度と膨大な消費電力のために限界に達しつつあり、光信号を光のままルーティングする光-光制御技術が、今後5~10年以内に不可欠になると予想される。本研究のデバイスが実現すれば、小型集積化デバイスによって低電力で、数10Gbpsの高速光信号を別の高速光信号によって、しかも波長情報を有効に利用して高速に制御することが可能になり、光ルーターなどへの応用が期待される。

【当該研究課題と関連の深い論文・著書】

- ・ Y. Goebuchi, M. Hisada, T. Kato, Y. Kokubun, "Optical cross-connect circuit using hit-less wavelength selective switch", *Optics Express*, vol.16, no.2, pp.535-548, 2008.
- ・ Y. Kokubun, "High index contrast optical waveguides and their applications to microring filter circuit and wavelength selective switch," (Invited), *IEICE Trans. Electronics*, vol.E90-C, no.5, pp.1037-1045, May 2007.

【研究期間】 平成20年度－24年度

【研究期間の配分 (予定) 額】

138,700,000 円 (直接経費)

【ホームページアドレス】

<http://www.dnj.ynu.ac.jp/kokubun-lab/index.html>

等時性電子周回リングを用いた超短パルスコヒーレントテラヘルツ光源の開発研究

はま ひろゆき
濱 広幸

(東北大学・大学院理学研究科・教授)

【研究の概要等】

テラヘルツ光と呼ばれる電磁波は光と電波の中間の領域にあり、波長域は数十 μm から数 mm 程度である。DNA等の高分子の振動や分子間相互作用のエネルギー準位がこの波長域にあり、光生命科学ではたんぱく質のグローバルな構造を調べる新しいプローブ光としても注目を浴びている。物性分野においては物質の格子振動準位がこのエネルギー域にあり、高温超伝導を発端とした物質群で相転移をテラヘルツ光の照射によって引き起こす可能性などが示唆されており、新しい物質機能の創出が期待されている。しかしながらこの帯域の電磁波の発生は容易ではなくテラヘルツギャップとも呼ばれている。

本研究において開発対象となる光源システムは、先端線形加速器からの超短バンチ電子ビームを完全な等時性（アイソクロナス）を持つリングに入射し、これを非破壊的に周回させ強大なコヒーレントなテラヘルツ光をリング全周に渡って発生させ、マルチポートの実験ステーションに光を供給しようとするものである。この光源加速器における2大研究開発要素は100フェムト秒以下の超短パルス電子ビームを生成する入射器と、非線形ビーム光学を駆使して完全な行路長補償を行うことができるアイソクロナスリングの構築である。

【当該研究から期待される成果】

この加速器テラヘルツ光源が実現されれば、現在の放射光施設のようにマルチユーザーに光を供給しこれらの研究を進展させることができる。レーザー光源との併用も相補的に行い、テラヘルツ光の検出測定などの技術を横断的にユーザー間で共有できるため、新たなテラヘルツ科学の進展が期待できる。また、テラヘルツ光を後方トムソン散乱によって3 keV程度のX線に変換することもできることから、両者を同時にプローブ光とする実験も可能になると考えている。

【当該研究課題と関連の深い論文・著書】

- ・ “CONCEPTUAL DESIGN OF AN ISOCHRONOUS RING TO GENERATE COHERENT TERAHERZ SYNCHROTRON RADIATION”, H. Hama, H. Tanaka, N. Kumagai, M. Kawai, F. Hinode, T. Muto, K. Nanbu, T. Tanaka, K. Kasamsook, K. Akiyama, M. Yasuda, New J. of Phys. 8 (2006) 292 – 307.

【研究期間】 平成20年度－24年度

【研究期間の配分（予定）額】

159,300,000 円（直接経費）

【ホームページアドレス】

<http://www.lns.tohoku.ac.jp/~acc/>

塑性物理学の創出

しづたに ようじ
澁谷 陽二

(大阪大学・大学院工学研究科・教授)

【研究の概要等】

本研究では、固体材料の塑性変形の基礎メカニズムである転位を素欠陥とし、その素欠陥と素欠陥の相互作用、および素欠陥と結晶粒界や表面・界面の周囲欠陥との相互作用といったメゾスコピックな塑性物理現象を実験力学および計算力学の両面から解明する。そして、従来より体系化されてきたマクロな塑性現象と論理的に関連付けることにより、ディフェクト・メカニクスを軸にした新たな塑性物理学という学理の創出を目的とするものである。そのために、粒内と粒界近傍の位置を明確に同定したナノインデンテーションを行い、ほぼ無欠陥の理想状態における転位の集団的射出である変位バーストを、いわば粒界と意図的に相互作用させる試行転位群として位置づけ、その変位バーストから引き出される特性を用いて、粒界が転位の堆積する壁になる役割、粒界で転位群が吸収され粒界移動等の生じる役割、粒界自身が転位源となり射出する役割等、結晶学と応力場の観点から実験力学的に解明する。そして、従来より整理されてきた単結晶における変位バーストのメカニズムを参照して、内部で生じている欠陥群の相互作用に関するダイナミクスを計算力学的アプローチにより解明する。

【当該研究から期待される成果】

新規な機能を持つ材料や構造の創成から、それらを安全で安心して使用できる設計環境での創成へとナノテクノロジーの分野でも要求されている。そのためには、負荷環境におけるスケールに応じた欠陥場の理解と制御が不可欠であり、特に非可逆な塑性挙動ではマルチステージな塑性物理現象の体系化が構造信頼性を著しく向上させる。本研究では、半導体に見られる可算な欠陥場から、自動車の塑性加工の精度を律する連続体的な欠陥場に至る統合的な欠陥力学を創出することが期待される。

【当該研究課題と関連の深い論文・著書】

- ・ 澁谷陽二, メゾスケール集団欠陥場の創出・評価, 機械の研究, 59巻8号, 2007, pp. 843-853.
- ・ Y. Shibutani, T. Tsuru and A. Koyama, Nanoplastic deformation of nanoindentation: Crystallographic dependence of displacement bursts, Acta Materialia, Vol. 55, 2007, pp. 1813-1822.

【研究期間】 平成20年度－24年度

【研究期間の配分（予定）額】

89,700,000 円 (直接経費)

【ホームページアドレス】

<http://www-comec.mech.eng.osaka-u.ac.jp/>

**超高速化量子分子動力学法に基づく
マルチレベルトライボロジーシミュレータの開発**

みやもと あきら
宮本 明

(東北大学・未来科学技術共同研究センター・教授)

【研究の概要等】

高信頼性・低環境負荷の自動車・機械装置の開発に向けて、高機能かつ無リン・無硫黄の潤滑添加剤・磨耗防止剤の開発が急務である。それら潤滑添加剤・磨耗防止剤の機能の本質を解明するためには、ナノ摩擦界面における被膜形成過程など化学反応をともなう現象解明が必須であり、トライボケミカル反応を解明可能な手法の確立が強く求められている。申請者はこのような、化学反応を理論的に議論できる「量子論に立脚したトライボロジー研究」に対する産学界からの期待を背景に、「化学反応」と「機械的摩擦現象」の両方を取り扱うトライボケミカル反応シミュレータHybrid-Colorsの開発に成功してきた。一方、最近、従来のTight-Binding量子分子動力学法よりも1000万倍も高速な、超高速量子分子動力学法プログラムの開発に成功した。この計算速度の格段の進歩とこれまで得られている成果を組み合わせることで、量子論に基づいたミクロとメソ、マクロを含む、世界初の「マルチレベルトライボロジーシミュレータ」を開発する。

【当該研究から期待される成果】

本研究では、これまで開発してきた「化学反応」と「機械的摩擦現象」の両方を取り扱うことが可能なトライボケミカル反応シミュレータHybrid-Colorsに、粒子間相互作用ポテンシャル精密決定のための自動化プログラムなどのシミュレータ、および最近予備的に開発した「超高速量子分子動力学法」を融合させることで、ミクロからメソスケールまでのトライボロジー現象を量子論に基づいて解析することができる「マルチレベルトライボロジーシミュレータ」が開発される。また、自動車用エンジンオイル添加剤などの実在系のメカノケミカル反応に適用し、実験結果との比較からその有効性が検証される。

【当該研究課題と関連の深い論文・著書】

- ・ Michihisa Koyama, Jun Hayakawa, Tasuku Onodera, Kosuke Ito, Hideyuki Tsuboi, Akira Endou, Momoji Kubo, Carlos A. Del Carpio, and Akira Miyamoto, “Tribochemical Reaction Dynamics of Phosphoric Ester Lubricant Additive by Using a Hybrid Tight-Binding Quantum Chemical Molecular Dynamics Method”, J. Phys. Chem. B, 110 (2006) 17507-17511.
- ・ Yusuke Morita, Tasuku Onodera, Ai Suzuki, Riadh Sahnoun, Michihisa Koyama, Hideyuki Tsuboi, Nozomu Hatakeyama, Akira Endou, Hiromitsu Takaba, Momoji Kubo, Carlos A. Del Carpio, Takatoshi Shin-yoshi, Noriaki Nishino, Atsushi Suzuki, Akira Miyamoto, “Development of a New Molecular Dynamics Method for Tribochemical Reaction and its application to formation dynamics of MoS₂ tribofilm”, Appl. Surf. Sci., in press.

【研究期間】 平成20年度－24年度

【研究期間の配分（予定）額】

153,600,000 円 (直接経費)

【ホームページアドレス】

<http://www.aki.che.tohoku.ac.jp/index-j.html>

計算力学と折紙工学融合による新しい軽量コア構造の 機能創出と製造法に関する研究

はぎわら いちろう
萩原 一郎

(東京工業大学・大学院理工学研究科・教授)

【研究の概要等】

軽量で高剛性、高強度のコア構造は省資源に役立つ事からますます重要となる。コアの代名詞であるハニカムコアは熱に弱い、曲面化が難しい、せん断力に弱い、高価であるという欠点を有するがハニカムに代わるものは得られていない。研究分担者の野島の、折紙工学と空間充填理論によって得られたダイアコアは「日本の折紙の産業応用への大いなる可能性」として昨年7月にNatureに取り上げられた。この可能性ある折紙工学が確かに産業応用されるためには計算力学援用による安価な成形法の確立、機能の最適化が必要である。野島、萩原の強度・剛性に関する検討からダイアコアはハニカムコアに総合力で優ることが示され、ジャパニジャーナルや新聞紙面で取り上げられた。更に、野島は既存の角柱型のコアモデルとは全く異なる、正多面体、準正多面体の空間充填形や、振れ多面体等の形を持つ数々の独創的なコア構造を創案している。本研究では、計算力学を援用し、ダイアコアの安価な製造法の確立、遮熱、吸音・遮音、光と影の織り成す幾何学模様デザインなどの機能創出を行うとともに、新しい概念に基づくコア構造についても新しい意匠デザイン、機能創出と安価な成形法の開発を目指す。

【当該研究から期待される成果】

面離、切り隅、面の抜取りなどの折り紙操作により安定なダイアコア構造を不安定化し、多面体形、ドーム型、スポンジ型等様々な収縮/展開モデルに拡張するなどこれまでにない形のコアが創出される。計算力学を援用し、コア構造の有す軽量高剛性、収縮展開機能、防音・遮熱機能、デザイン性を最大限に活かす最適な加工法が開発される。これにより、ソーラーセイルなどの宇宙構造物、カテーテルやステント、人工筋肉などの医療製品、ビルや鉄道車両のフロア構造、ビルの遮熱壁、防音壁など多岐に亘る産業応用への基盤研究が進み、日本発の折紙工学が材料減量の環境保全やナノテクノロジーや医療に欠かせないものとして認知される。

【当該研究課題と関連の深い論文・著書】

- (1)Z. Wu, I. Hagiwara and X. Tao, Optimisation of crush characteristics of the cylindrical origami structure, Int. J. Vehicle Design, Vol.43, Nos.1-4(2007), pp66-81.
- (2) Hagiwara Ichiro, From Origami to Origamics, The Japan Journal July 2008 ,Science,pp22-25.

【研究期間】 平成20年度－24年度

【研究期間の配分（予定）額】

151,700,000 円（直接経費）

【ホームページアドレス】

<http://www.mech.titech.ac.jp/~h-souzou/>

実世界ハプティクスに基づく人間支援理工学基盤技術の開発研究

おおにし こうへい
大西 公平

(慶應義塾大学・理工学部・教授)

【研究の概要等】

標準化を図ることのできる産業技術はそれを用いる環境を予め指定できるため、基本的にはモデルに基づく科学技術になる。それに対し、人間支援技術は履歴や身体性などが全く異なる個人を対象としており、モデルに依存しない科学技術となる。少子高齢化社会における人間支援や、安心安全社会における個人支援を考えると、個人の身体性に柔軟に適應する人間支援技術の構築が次世代社会における鍵技術になることは間違いない。これに対し、従来の産業技術のように共通な物理モデルによる一元的価値評価に基づく科学技術では、そのような人間支援への貢献が極めて限定的になる。そのため、人間の「知覚」や「行為」に基づいて広く人間を支援するための革新的な科学技術を創出する必要がある。

本研究課題では個人の身体性に着目した人間支援理工学を提唱している。このときに核となる技術が実世界ハプティクスである。このギリシャ語由来の接触や触覚に関する新しい学問は、各個人の行動や個人対個人、個人対ロボット、ロボット対実世界など未来の日常社会で広く想定される接触行動とそれによる人間支援を行う鍵である。本研究課題はこの実世界ハプティクス技術に基づき、個人により異なる身体機能支援や日常生活支援を行う応用技術、あるいは個人のスキル抽出やロボットへのスキル転写などを実現する人間支援理工学基盤技術の構築を目的とする。

【当該研究から期待される成果】

本研究で開発研究を行う実世界ハプティクスに基づいた人間支援基盤技術は、個人の身体性や行為に基づく人間支援技術、人間の五感情報を統合する知覚情報複合化技術、および環境情報や身体行為を記録しマッピングする身体性データベース技術を新たに構築するだけでなく、それらを統合・体系化することで人間支援理工学という新しい学問を創成することを可能とする。これにより、人間本来の感覚や動作を自由自在に延伸し、拡張・凝縮し、あるいは増幅する知覚ベース、アクションベースによる広範囲での人間支援を初めて実現する。つまり、人間支援理工学は技術のパーソナル化を実現する。

【当該研究課題と関連の深い論文・著書】

- ・ S. Katsura, K. Ohnishi, et. al. "Medical Mechatronics -An Application to Haptic Forceps-," IFAC Annual Reviews in Control, Vol. 29, No. 2, pp. 237-245, November, 2005.
- ・ S. Katsura, K. Ohnishi: "Quarry of Modal Information from Environment for Advanced Motion Control," 電気学会産業応用部門誌, Vol. 126-D, No. 4, pp. 372-378, April, 2006.

【研究期間】 平成20年度－24年度

【研究期間の配分（予定）額】

114,300,000 円（直接経費）

【ホームページアドレス】

<http://www-oml.sum.sd.keio.ac.jp/kaken-s.html>

【理工系（工学I）】

デジタルフォトンクス - 光エレクトロニクスのパラダイムシフト

なかの よしあき
中野 義昭

(東京大学・先端科学技術研究センター・教授)

【研究の概要等】

従来の光デバイスはその殆どがアナログデバイスであって、デジタル処理を行うためには、光を一度電気信号に変換し、電子回路により処理し、再び光信号に戻す必要があった。しかし、超高速・超大容量の光信号をデジタル処理するにあたってその都度、光→電気変換、電気→光変換を行っている現在のやり方では、速度、発熱、サイズおよび、何より消費電力の点で限界があることは明白である。簡単なデジタル処理であれば、デジタル光回路により光のままで超高速・低消費電力に行いたいというのがエレクトロニクスに携わる者の願いである。しかしそれを可能にする光デバイスは従来存在しなかった。さらに電子回路においてはトランジスタが信号の一方方向性を保証するのに対し、光回路では光の相反性によって、反射があるとその信号が上流側に逆伝搬し、順序論理回路の動作を不安定化する。それを防ぐため、光回路においては光アイソレータのような非相反素子が随所で必要になる。しかるに、回路基板上にモノリシックに集積化可能な非相反素子や光アイソレータは存在せず、その実現も同時に大きな課題であった。

本研究では、代表者がこれまで培ってきた半導体モノリシック光集積回路技術に依拠して、低消費電力、小型かつ集積化可能な全光論理ゲート、全光フリップフロップ、非相反光素子を試作開発し、これら異なる素子を単一半導体基板にモノリシック集積するプロセス技術を開拓して、最終的に千素子級の大規模デジタル光集積回路(Large Scale Digital Photonic Integrated Circuit: PLSI)のプロトタイプを世界で初めて試作実現することである。この過程を通じて、エレクトロニクスの世界に、本格的なデジタル光回路技術体系(デジタルフォトンクス)の時代をもたらさんとするものである。

【当該研究から期待される成果】

本研究が成功すれば、超高速光情報ネットワークにおけるフロントエンドの比較的簡単なデジタル処理を、電気信号に変換することなく光のままで行えるようになるので、トラフィックの増加に比例して増加を続ける通信用電力を数桁程度削減することが可能になり、社会に多大に貢献する。

【当該研究課題と関連の深い論文・著書】

- ・ M. Raburn, Y. Nakano et al., "Integrable multimode interference distributed Bragg reflector laser all-optical flip-flops," IEEE Photonics Technology Letters, vol. 18, no. 13, pp. 1421-1423, July 1, 2006.
- ・ H. Shimizu and Y. Nakano, "Monolithic integration of a waveguide optical isolator with a distributed feedback laser diode in the 1.5- μm wavelength range," IEEE Photonics Technology Letters, vol. 19, no. 24, pp. 1973-1975, December 15, 2007.

【研究期間】 平成20年度 - 24年度

【研究期間の配分(予定)額】

122,900,000 円 (直接経費)

【ホームページアドレス】

<http://www.ee.t.u-tokyo.ac.jp/~nakano/lab/>

バイオCMOSテクノロジーの創成による
小型可搬型・遺伝子ベース検査診断システム

なかざと かずお
中里 和郎

(名古屋大学・大学院工学研究科・教授)

【研究の概要等】

半導体集積回路は現在の情報通信社会を支えるものであり、この半世紀に指数関数的に発展し、今後もその発展が続くと考えられている。半導体集積回路の発展に伴い、その小型・低消費電力・システム化のメリットを、情報通信分野のみならず医療や健康・環境の分野に応用することが考えられるようになった。本研究の目的は、半導体集積回路工学とバイオ工学とを融合したバイオCMOSテクノロジーの基礎を築くことにより、半導体集積回路の医療・健康分野への応用の道を拓くことにある。本研究では、特定の塩基配列を持ったDNAや特定の蛋白質・細胞を検出するバイオCMOSチップを実現するため、高分子-溶液-半導体の複合したバイオCMOSテクノロジーを体系化するとともに、センサ・インターフェース回路技術、センサ・システム技術、実装技術の研究を進める。実際にチップを試作し、実装を含めた評価を行い、研究室レベルでのプロトタイプを開発することにより、健康・医療分野への適用に対する見通しを示す。

【当該研究から期待される成果】

高齢化・成熟社会への移行に伴い、健康・医療への比重が高まっている。2010年には「健康に対する不安解消に関する需要【技術革新による新しい医療等の実現】」で10.7兆円の国内市場（産業構造審議会新成長政策部会報告「イノベーションと需要の好循環の形成に向けて」平成13年12月）が予測されている。バイオCMOSチップにより小型可搬型・遺伝子ベース検査診断システムを構築することができ、個々人の体質に応じた医療やケア、感染症やがんの発見、偽装食品の判定を、どこでも誰でも行うことができるようになり、在宅医療や出先での診断、店頭での検査が可能となる。

【当該研究課題と関連の深い論文・著書】

- ・ K. Nakazato, M. Ohura, and S. Uno, "CMOS cascode source-drain follower for monolithically integrated biosensor array," IEICE Trans. Electron., E91-C, No. 9, (Sep. 2008) (in press)
- ・ K. Nakazato, M. Ohura, and S. Uno, "Source-drain follower for monolithically integrated sensor array," Electronics Letters, 43, No.23, pp. 1255-1257, (Nov. 2007)

【研究期間】 平成20年度－24年度

【研究期間の配分（予定）額】

75,700,000 円（直接経費）

【ホームページアドレス】

<http://www.nuee.nagoya-u.ac.jp/labs/nakazatolab/>
<http://biocmos.com/>

**神経細胞記録・刺激・治療用
生体内埋込みマイクロプローブ・チューブアレイチップ**

いしだ まこと
石田 誠

(豊橋技術科学大学・電気電子工学系・教授)

【研究の概要等】

脳・神経科学、先端医療分野で求められる神経細胞（ニューロン）計測デバイスは、生体内における細胞単位（細胞体直径は約十ミクロン～）での電気信号を記録することのみならず、電気刺激や薬剤投与によって細胞の“治療”を可能とするものである。近年、脳活動計測法として脳波（EEG）、磁気共鳴画像（fMRI）などの非侵襲的な方法が用いられているが、侵襲的な微小プローブを生体内に直接刺入する電気生理学的的手法の方が、空間分解能、時間分解能の点で優れている。

これまで米国ミシガン大学等を中心として細胞用電極が開発されてきており、中には商品化されたデバイスもある。しかし、これらの電極直径は数十ミクロン以上であり、脳の神経細胞体と比較すると非常に大きく、測定時の低空間分解能、刺入時の細胞損傷が懸念される。一方、本研究で提案するデバイスは、“選択 Vapor-liquid-solid (VLS) 結晶成長法”というユニークな手法を用いたものであり、これまでの電極の限界を打ち破るものとして期待できる。本研究期間では、これまでのプローブ電極の成果と、新たに薬剤投与用チューブの集積化に着目し、

1. 記録・刺激用の低侵襲マイクロプローブと薬剤投与用チューブ混在アレイ
2. 3次元空間用として高さの異なるプローブ・チューブ構造の実現
3. 増幅器を含む信号処理回路のオンチップ集積化、及びチップ無線化

に取り組んだ完全埋め込み型の神経細胞用デバイスの実現を目指す。

【当該研究から期待される成果】

本研究期間で取り組む課題事項は、低侵襲、高空間分解能、3次元空間用測定、オンチップ信号処理回路の利点を有する神経細胞記録、刺激、薬剤投与用のプローブ・チューブチップを実現するものである。また、本デバイスは上記の脳内の測定応用のみでなく、生体内・外の細胞レベルの測定ツールとしての可能性も有しており、これらより今後の脳・神経科学の分野における貢献が非常に大きいと考える。

【当該研究課題と関連の深い論文・著書】

- ・ M. Ishida, *et.al.*, Int. conf. Transducers' 99, 1999
- ・ T. Kawano, *et.al.*, Int. conf. IEEE-IEDM, 2004
- ・ K. Takei, *et.al.*, Journal of Micromechanics and Microengineering, 18, 3, 501-509, 2008

【研究期間】 平成20年度－24年度

【研究期間の配分（予定）額】

161,900,000 円（直接経費）

【ホームページアドレス】

<http://www.dev.eee.tut.ac.jp/ishidalab>

高密度振動モニタリングによる社会基盤施設の極限性能評価法

ふじの ようぞう
藤野 陽三

(東京大学・大学院工学系研究科・教授)

【研究の概要等】

本研究は、社会基盤施設に関わる災害事故の未然防止、保全の効率化に向け、代表者が開発してきた振動モニタリング法を集大成し、理論を体系化するとともに、これまで対応が困難であった「想定外」事態の未然検出に対しても新たな発想から研究を進めることで、社会基盤施設の終局性能をモニタリングデータから解明する方法を開発する。それにより、飛躍的な安全性向上をもたらす汎用的なモニタリングシステムを提案することを目指す。具体的には、

1. 移動体と連携したヘルスマニタリングシステムの開発
2. 密なデータの一括処理による外乱と構造特性の同時推定法構築
3. 中小事象からの想定外事象の抽出と大事象への外挿法
4. 大規模計測データおよび膨大なモデル仮定知識の情報マネジメント
5. 汎用モニタリングシステム設計の方法論

の各項目について研究を進める。

【当該研究から期待される成果】

本研究は、モニタリングに基づいた性能評価によって、これまで困難であった既存社会基盤施設の極限的な性能を明らかにするとともに、これまで仮説に基づいていた土木構造物の設計、特に崩壊を想定した設計を実測に基づくものに発展させることで、社会基盤全体の安全性・信頼性を大きく向上させることを意図したものである。このように、本研究により、社会基盤施設の設計・施工・メンテナンスの一連の体系をモニタリングを基盤に成立させる道筋をつけることが可能となると考えられ、経験に依存する面の大きかった土木工学のあり方にブレークスルーをもたらし得ると考えている。

【当該研究課題と関連の深い論文・著書】

- ・ 藤野陽三，野口貴文：アーバンストックの持続再生，技報堂，pp.1-356，2007年
- ・ 宮下剛・石井博典・藤野陽三・庄司朋宏・関雅樹：レーザー計測を用いた鋼鉄道橋の高速走行により発生する局部振動の把握と列車速度の影響，土木学会論文集，Vol.63，No.2，pp.277-296，2007年
- ・ D. M. Siringoringo, Yozo Fujino: Observed dynamic performance of the Yokohama- Bay Bridge from system identification using seismic records, J. of Struct. Control and Health Monitoring, **13**, 1, pp 226-244, 2006.
- ・ Nagayama, T., Abe, M., Fujino, Y. and Ikeda, K.: Structural identification of non-proportionally damped system and its application to a full-scale suspension bridge, J. of Structural. Engineering, ASCE, 131, 10, pp. 1536-1545, 2005

【研究期間】 平成20年度－24年度

【研究期間の配分（予定）額】

75,100,000 円（直接経費）

【ホームページアドレス】

<http://www.bridge.t.u-tokyo.ac.jp/>

ギリシア古代都市メッセネおよびフィガリアの建築と都市環境に関する学際的研究

いとう じゅうこう
伊藤 重剛

(熊本大学・大学院自然科学研究科・教授)

【研究の概要等】

1) フィガリアの古代都市の現況と調査内容

ギリシアの古代都市フィガリアは、ペロポネソス半島西側の山間部に位置しており、オリンピアから南に約100kmの位置にある。ほとんど未発掘の遺跡で、都市の範囲はおおよそ東西2.5km、南北1.5kmの広さで、アクロポリスから東西に連なる城壁が約1km残っている。古代の記録によると、市内にはアルテミス神殿、ギムナジオン（体育場）などがあるとされている。2世紀のローマの旅行家パウサニアスによる「ギリシア記」にも、町の様子が記述されている。本研究では、第一次の5カ年の計画で発掘調査を行ない、古代都市フィガリアの地形的特徴、都市全体の概要を明らかにし、一部建築遺構については重点的な研究を行なうものである。

2) メッセネの劇場の建築的研究

メッセネについては、これまで10年間ギリシア隊との共同調査を行なってきた。都市域は3km四方の広さで、城壁をはじめ神殿、アゴラ、劇場、住宅などの建築遺構が出土している。研究代表者は、すでにスタディオン（陸上競技場）付属の家型墓群、アスクレピオス神域、メッセネ神殿を調査した実績がある。劇場の発掘はギリシア隊によりほぼ終了しており、現在は建築調査を待つばかりの状態、今回の調査では劇場遺構の調査と復元、および歴史的位置付けの研究を行なう。

【当該研究から期待される成果】

本研究は発掘調査を伴う、建築史、考古学、美術史等を含めたギリシア古代都市の総合的研究である。特にフィガリアは未発掘の都市遺跡であり、日本隊の研究対象として将来長く継続される可能性をもっている。ギリシア古代遺跡の発掘は、日本の研究チームによる初めての試みで画期的であり、これにより世界の古代ギリシア研究に大きな国際貢献ができる。

発掘調査は考古遺物をはじめ建築遺構の出土をもたらすので、研究は様々な分野に波及し、オリジナルの研究の場と材料を与え、結果として若手研究者を育成に寄与する。また研究者の相互の共同作業や研究交流を促し、国内のみならず国際的にも将来の研究活動の人脈を育てることにもなる。

【当該研究課題と関連の深い論文・著書】

- J. Ito, et al. “New Measurements and Observations of the Treasury of Massaliotes, the Doric Treasury and the Tholos in the Sanctuary of Athena Pronaia at Delphi” 九州大学出版会, 全2巻, 2004年
- J. Ito, “A Concave Conical Roof on the Square Grave Monument I at the Hellenistic Site of Messene” G. Lavas, ed., *Sto Belos tou Xronou*, University Studio Press, Athens, 2005, pp. 307-310
- 林田義伸, 伊藤重剛, 吉武隆一, 「ギリシア古代都市メッセネのアスクレピオス神域の建築及び考古学的国際共同調査」, 日本学術振興会科学研究費補助金報告書, 基盤(A)海外, 課題番号16254005, (研究代表者 伊藤重剛) 全212頁, 2007,

【研究期間】 平成20年度－24年度

【研究期間の配分（予定）額】

92,800,000 円 (直接経費)

【ホームページアドレス】 http://www.arch.kumamoto-u.ac.jp/itobj_lab/home.html

センチメートル級の大型バルク金属ガラスの創製と工業化

いのうえ あきひさ
井上 明久

(東北大学・総長)

【研究の概要等】

本研究では、Zr、Ti、Mg、希土類金属(Ln)、Fe、Co、Ni、Cu、Pt、Au 基の広範な多成分合金系で1cm 以上のガラス形成能臨界直径をもつ大型バルク金属ガラスを創製するための、最適な多成分合金系の探査、センチメートル級の大型バルク金属ガラスの創製に必要なプロセス技術の開発、大型バルク金属ガラスの特異な局所原子配列構造の解明ならびに異常に高いガラス形成能の機構解明、局所原子配列構造および相安定性の計算手法の確立に基づく計算科学による大型ガラス合金生成のための適切組成の予測、開発した大型バルク金属ガラスの諸性質を調べ、今日まで得られていない数cm 以上の臨界直径をもつ新規な大型バルク金属ガラスの創製とそれらの特長の解明ならびに大型形状材に固有の諸問題の把握と解決を目指すと共に、数十cm級の超大型金属ガラスの創出の将来の可能性について基礎的知見を得る。これらの基礎研究に基づいて、新規に開発された大型バルク金属ガラスを用いて応用分野のさらなる拡大を図り、高度に安全・安心でより豊かな人類社会構築のための新基盤材料としての確立を目指すことを目的としている。

【当該研究から期待される成果】

本研究課題は我々のこれまでの独創的な研究成果の蓄積に基づいて着想したものであり、我々のグループのみが立案し、行うことができる独創的且つ斬新なものであることを示している。よって、本研究課題の遂行により、(1) 今後の5年間で数cm 以上の臨界直径をもつバルク金属ガラスを多くの合金系で見出すことが出来、(2) 金属過冷却液体の超安定化とそれを利用した大型バルク金属ガラスの創製ならびに基礎・応用特性の解明を果たし、(3) 研究期間内に他の広範な分野で新工業材料として人類社会に貢献できる基礎を確立できるものと期待している。

【当該研究課題と関連の深い論文・著書】

- ・ A. Inoue: *Stabilization of Metallic Supercooled Liquid and Bulk Amorphous Alloys*, Acta Mater., 48(2000), 279-306
- ・ A. Inoue: *Bulk Glassy and Nonequilibrium Crystalline Alloys by Stabilization of Supercooled Liquid: Fabrication, Functional Properties and Applications (Part 1)*, Proc. Jpn. Acad. Ser. B-Phys. Biol. Sci., 81(2005), 156-171.

【研究期間】 平成20年度－24年度

【研究期間の配分(予定)額】

157,600,000 円 (直接経費)

【ホームページアドレス】

<http://www.wpi-aimr.tohoku.ac.jp/en/index.html>

極限高純度めっきプロセスによるCu配線ナノ構造制御と次世代ナノLSIへの展開

大貫 仁

(茨城大学・工学部・教授)

【研究の概要等】

本研究の目的は、配線幅28nm以細LSIを実現する上で大きな障害と看做されているCu配線抵抗率増大によるLSI性能劣化のブレークスルー技術を開発するものである。

Cu配線の構造は、Cuコア導体部とその側壁に設ける高抵抗率バリアメタルからなる。従来は、主として高抵抗バリアメタルの極薄化による低抵抗率化が検討されているが、Cuそれ自体の抵抗率を低減する試みはほとんど行われていない。

これまでの研究から、市販高純度品より純度を1桁向上させた高純度めっき材料（アノード電極：公称純度9N, 硫酸銅：公称純度6N、いずれも真の化学的純度：4～5N）を用いて幅50nmCu配線を作製し、現状プロセスのそれよりもCu配線の結晶粒径を大きくでき、抵抗率を20%低くできた。すなわち、めっきプロセスの高純度化がCu配線の低抵抗率化のキー技術であることが分かった。

本研究では、めっきプロセスの一層の高純度化を図るため、真の化学的純度が市販高純度品を2桁以上上回る超高純度めっき材料を開発し、不純物の供給源になっている埋め込み特性向上のための添加剤を除去した状態での微細配線溝中へのCu配線形成技術確立する。同時に低誘電率バリア性絶縁膜導入によるバリアメタルフリー化の検討も行い、革新的高導電性Cu多層配線材料システム基盤技術を開発して配線幅28nm以細LSIへの適用を目指す。

【当該研究から期待される成果】

本研究で得られる革新的高導電性Cu配線は、通常のめっき材料を超高純度品に替え、添加剤を除去するのみで得られ、LSIプロセスへの適合性に極めて優れていると考えられる。高導電性を有し、かつ高い信頼性を有するCu配線を開発できれば、日本のLSI製造メーカーの発展に寄与できる。また、地球環境の維持保全に不可欠の低消費電力新電子・情報産業の創生にも寄与できる。

【当該研究課題と関連の深い論文・著書】

- ・ S.Tashiro, K.P.Khoo, T.Nagano, J.Onuki, Y.Chonan, H.Akahoshi, T.Tobita, M.Chiba, K.Ishikawa and N.Ishikawa, "The Development of an Innovative Process of Large-Grained and Low Resistivity CuWires for less than hp45nm ULSI", In Proc.International Interconnect Technology Conference, pp.46-48, June 2007.
- ・ Jae-Won Lim, K.Mimira and M.Isshiki, "Precise impurity analysis of Cu film by GDMS", Appl. Phys.A80, 1105-1107, 2005.

【研究期間】 平成20年度－24年度

【研究期間の配分（予定）額】

161,300,000 円（直接経費）

【ホームページアドレス】

なし

超臨界法による有機無機ハイブリッドナノ粒子合成
・ 化工熱力学と単位操作の確立

あじり ただふみ
阿尻 雅文

(東北大学・原子分子材料科学高等研究機構・教授)

【研究の概要等】

金属酸化物ナノ粒子は、極めて広い分野での応用が期待されている。特に、高分子や抗体、金属など異種材料との複合化により高次機能が創出すると予測されており、幅広い技術開発が進められている。しかし、ナノ粒子は表面エネルギーが極めて高く凝集しやすいにもかかわらず、凝集抑制などのハンドリング技術は全く手付かずの状態であった。また、多岐にわたる材料との複合化には、ナノ粒子表面の界面設計が必須となる。そこで本研究では、有機分子を酸化物ナノ粒子表面に複合化することで、これらの課題を解決すると共に、有機無機複合化ナノ粒子系の熱力学的性質の解明、分離、結晶化、混合など化学工学単位操作を確立することを目標とする。具体的には、既に開発済みの表面修飾金属酸化物ナノ粒子の合成法を利用し、金属酸化物ナノ粒子表面に高分子を複合化することで、ナノ粒子表面化学特性の設計・制御を行う。続いて、溶媒中でのナノ粒子の相挙動を明らかにする事で、熱力学特性の評価を行う。これらの情報をもとに、異種ナノ粒子を自己秩序化させて異種ナノ粒子からなる結晶創製を行うと共に、ナノ粒子系の単位操作を確立する。

【当該研究から期待される成果】

本研究の遂行により、酸化物ナノ粒子のハンドリングが容易となり、異種材料との複合化が可能となる。その結果、現在既に進められている海外を含めた数十の産業技術開発に貢献するだけでなく、新規な化学工学単位操作を介して、新規産業技術基盤を確立するなど、波及効果は極めて高い。また、基礎科学としても、有機無機融合学理や、ナノ粒子系の熱力学、酸化物ナノ粒子を活用した電子デバイス等の新規学術が化学工学から生まれる意義は極めて大きい。

【当該研究課題と関連の深い論文・著書】

- ・ D. Rangappa, T. Naka, A. Kondo, M. Ishii, T. Kobayashi, T. Adschiri, "Transparent CoAl_2O_4 Hybrid Nano Pigment by Organic Ligand-Assisted Supercritical Water," *J. Am. Chem. Soc.* **129**, 11061-11066 (2007).
- ・ J. Zhang, S. Ohara, M. Umetsu, T. Naka, Y. Hatakeyama, T. Adschiri, "Colloidal Ceria Nanocrystals: A Tailor-Made Crystal Morphology in Supercritical Water," *Adv. Mater.* **19**, 203-206 (2007).

【研究期間】 平成20年度－24年度

【研究期間の配分（予定）額】

152,500,000 円（直接経費）

【ホームページアドレス】 <http://www.tagen.tohoku.ac.jp/labo/ajiri/index-j.html>

触媒による非食料バイオマスからの燃料・化学品合成

ふくおか あつし
福岡 淳

(北海道大学・触媒化学研究センター・教授)

【研究の概要等】

地球温暖化対策と原油価格高騰による燃料多様化の必要性から、未利用資源であるバイオマスの利用が大きな関心を集めている。我々は、担持型金属ナノ粒子を触媒に用いて資源・エネルギーの有効利用を図る研究を行ってきた。その研究のなかで、水素化分解条件を用いることにより、セルロースの高選択的な分解に世界で初めて成功した。本研究課題では、規則性ナノ空間をもつメソ多孔体中に金属ナノ粒子や酸点・塩基点を精密合成し、それらを触媒に用いて非食料バイオマスを分解し燃料・化学品を合成することを目的とする。バイオマス変換法としては、これまで酵素法、硫酸法および熱化学法が検討されているが、触媒法ではより高効率・低環境負荷型のプロセス開発が目標となる。研究項目としては、セルロース・ヘミセルロース・グリセリン・ソルビトール変換用触媒の開発と、メソ多孔体中で酸塩基点と金属ナノ粒子を複合させたバイオマス変換用触媒の設計・合成と構造評価を行う。

【当該研究から期待される成果】

不均一系触媒はプロセスの適用範囲が広いという利点があるので、本研究の実施により従来法に比べて高活性・高選択的なバイオマスおよび糖関連化合物の変換プロセスの開発が可能となる。触媒法をもとにして非食料バイオマスの利用による燃料・化学品合成が進展すれば、温暖化対策技術としてきわめて有効な方法となり得る。また、本研究における規則性ナノ空間内での酸塩基／金属ナノ粒子複合触媒の合成は、バイオマス変換用に留まらず広く環境低負荷型グリーン触媒設計の指針となるものと期待される。

【当該研究課題と関連の深い論文・著書】

- ・ A. Fukuoka, J. Kimura, T. Oshio, Y. Sakamoto and M. Ichikawa, "Preferential Oxidation of Carbon Monoxide by Platinum Nanoparticles in Mesoporous Silica", *J. Am. Chem. Soc.*, **129** (33), 10120-10125 (2007).
- ・ A. Fukuoka and P. L. Dhepe, "Catalytic Conversion of Cellulose into Sugar Alcohols", *Angew. Chem. Int. Ed.*, **45** (31), 5161-5163 (2006).

【研究期間】 平成20年度－24年度

【研究期間の配分（予定）額】

143,700,000 円（直接経費）

【ホームページアドレス】

<http://www.cat.hokudai.ac.jp/fukuoka/index.htm>

トロイダルプラズマの運動論的統合シミュレーションコードの開発

ふくやま あつし
福山 淳

(京都大学・大学院工学研究科・教授)

【研究の概要等】

国際熱核融合実験炉（ITER）の建設が始まり、核融合炉の早期実現に向けた幅広い取り組み（BA）の活動も本格化しつつある。核融合反応が持続的に維持される核燃焼プラズマの挙動を正確に予測し、信頼できる制御手法を確立するために、炉心プラズマ統合シミュレーションコードの開発が急務となってきた。核融合反応や外部からのプラズマの加熱と制御は、電子やイオンの速度分布関数をマクスウェル分布から変形させ、加熱や電流駆動の効率を変化させるだけでなく、輸送現象や不安定性にも影響を与える。本研究では、速度分布関数の時間発展に基づいた運動論的統合シミュレーションコードを開発し、非軸対称効果を含めたトロイダルプラズマの時間発展統合解析によって、核燃焼プラズマの性能予測ならびに制御手法開発を行うとともに、ITER 統合モデリングコード開発に向けた国際協力ならびに BA 活動における計算機シミュレーションセンターに向けたシミュレーションコード開発に貢献する。

【当該研究から期待される成果】

トロイダルプラズマの時間発展を記述する統合モデリングコードTASKを整備・拡張し、粒子の速度分布関数の時間発展を含めた運動論的解析、非軸対称効果を取り入れた三次元解析等の物理モデル高度化ならびに高並列度計算に向けたコードの高速化を実現する。そして実験結果との比較による物理モデルの検証を経て、核燃焼プラズマの性能予測・実験シナリオ策定・制御手法開発に利用できる炉心プラズマ統合シミュレーションコードへと発展させる。

【当該研究課題と関連の深い論文・著書】

- ・ 福山 淳, 矢木雅敏: 核燃焼プラズマ統合コード構想とその進展, プラズマ・核融合学会誌, **81** (2005) 747-754.
- ・ M. Honda, A. Fukuyama: Dynamic transport simulation code including plasma rotation and radial electric field, Journal of Computational Physics, **227** (2008) 2808-2844.

【研究期間】 平成20年度－24年度

【研究期間の配分（予定）額】

75,800,000 円（直接経費）

【ホームページアドレス】

<http://bpsu.nucleng.kyoto-u.ac.jp/kisc/>

革新的な核融合炉点火領域を目指した超高密度プラズマの生成と制御

やまだ ひろし
山田 弘司

(核融合科学研究所・大型ヘリカル研究部・教授)

【研究の概要等】

本研究は在来型の高温低密度での制御熱核融合点火のシナリオとは異なった超高密度低温で点火を行う科学的モデルを提示することを目的とする。超高密度低温での炉心プラズマは、深刻な壁熱負荷を軽減させ、核融合反応生成物であるアルファ粒子を含めてプラズマの閉じ込め特性に優れた革新的な運転領域を可能とし、核融合実証炉の実現への要件を緩和しうる。

本研究グループは大型ヘリカル装置をプラットフォームとして利用した固体水素ペレット入射による高効率燃料供給実験研究において、粒子拡散が抑制される運転条件を見出し、プラズマ密度を核融合臨界条件の10倍にもなる1000兆個/ccまで上昇させることに成功した。

この高密度運転領域の定常性を保証する制御法の確立、不純物流入の遮蔽とヘリウム灰排気の両立、プラズマ対向壁でのプラズマの非接触化による熱負荷の低減、将来の核融合反応の熱平衡制御に必要な閉じ込め特性などの要素課題に取り組む。これらの課題に回答を与え、従来の温度2億度、密度150兆個/ccという点火条件の目安に対して、工学的要求を画期的に下げることのできる温度8000万度、密度600兆個/ccという革新的な制御熱核融合点火シナリオの提示を目指す。

【当該研究から期待される成果】

目指すものは、国際熱核融合実験炉(ITER)に代表されるトカマク型では決して実現できない運転領域の確立であり、代替方式であるヘリカル型の特長を基礎学術的な取り組みによって最大限に活かすものとなる。核融合の研究は点火の物理のみを捉えればその実証は指呼の距離にあると言えるが、核融合炉の工学的要件を考えた場合、まだ克服すべき課題が多々ある。本研究の超高密度プラズマはこれらの課題を大きく軽減できる潜在性を有している。本研究によって、これまでの学術的成果に見られる要素をさらに発展させ、この超高密度運転の核融合炉への適用性をアセスメントするに必要な材料を提供できると期待される。

【当該研究課題と関連の深い論文・著書】

- ・ H.Yamada et al., "Characterization and Operational Regime of High Density Plasmas with Internal Diffusion Barrier Observed in the Large Helical Device" Plasma Physics and Controlled Fusion, Vol.49, pp.487-496 (2007)
- ・ R.Sakamoto et al., "Repetitive Pellet Fueling for High-Density/Steady-State Operation on LHD" Nuclear Fusion, Vol.46, pp.884-889 (2006)
- ・ 立花 隆 編「宇宙の核融合・地上の核融合」クバプロ (2008)

【研究期間】 平成20年度－24年度

【研究期間の配分(予定)額】

122,200,000 円 (直接経費)

【ホームページアドレス】

<http://iis.lhd.nifs.ac.jp/>