

Tohoku University

CROSS OVER

Tohoku University
International Advanced
Research and Education
Organization

東北大学国際高等研究教育機構／東北大学クロスオーバー 01.Oct.2012 No. 15

「修士研究教育院生」志願者のみなさんへ

- ★「修士研究教育院生」として支援を受けることができるのは2年生からです。
- ★博士課程前期課程(修士課程含む)1年生で、本院の「修士研究教育院生」に申請を希望する方は、「本院指定授業科目」を6単位以上修得していなければなりません。
- ★申請には、各研究科教務係へ、申請書、申請者エッセイ、指導教員推薦書を3月上旬(詳細は後日発表)までに提出してください。

研究教育院生評価、カリキュラム検討に関するアンケート実施について

これまで本機構では、運営、研究教育院生の選抜・支援の透明性を図るとともに、運営や若手研究者養成の事業のため改善のために、自己評価(毎年度)、外部評価(平成23年度)の実施はもとより、運営審議会専門委員会内にワーキング・グループを設けて各種の検討及びアンケート調査等を実施し、よりよき運営になるよう努めてきました。平成23年度までの「研究教育院生の選抜・支援の申し合わせ」はそうした専門委員会の作業によって作られていました。文科省の5年間にわたる特別経費の予算措置が切れる平成23年度には「研究教育院生の選抜・支援」の一層の見直しのための検討を行い、「研究教育院生の申請及び選抜に関するマニュアル」を策定し、「年報」及びホームページに公開いたしました。

今回は合同講義・指定授業科目等の改善、教育支援の改善に資するためのアンケートを博士研究教育院生及び指導教員、指定授業科目担当教員、各研究科教務委員長等を対象に実施しました。

博士研究教育院生(73人)には「異分野融合と指定授業科目について」のアンケートをとり、60人から回答(回収率82%)がありました。また、指定授業科目担当教員(115人)には「指定授業科目への取組み方、あり方等」のアンケートをとり60人から回答(回収率52%)があり、研究教育院生の指導教員及び指導教員経験者(149人)には「指導上の問題や課題等」についてアンケートをとり、56人(回収率38%)から回答を得ました。さらに、各研究科等の教務委員長に「国際高等研究教育院が指定する授業科目について」のアンケートとして指定授業科目の成り立ち等についてきき、16件(回収率100%)から回答が得られました。アンケートにご協力頂いた方々にお礼を申し上げます。なお、このアンケートを実施した専門委員会の「研究教育院生評価WG」(略称:座長秋永雄一委員)

及び「指定授業科目カリキュラムWG」(略称:座長福田寛委員)は12月頃までに中間報告、来年2月には最終報告書を提出の予定となっています。

東北大クロスオーバー No.15 CONTENTS

●「修士研究教育院生」志願者のみなさんへ	p.01
●研究教育院生評価、カリキュラム検討に関するアンケート実施について	p.01
●「最先端融合分野の紹介」② 「レーザーを用いた材料創製の新展開」(後藤 孝 金属材料研究所教授・本機構生体・エネルギー・物質材料領域基盤長)	p.02
● Science topics 東北大学 次世代移動体システム研究会の活動(長谷川史彦 未来科学技術共同研究センター教授) / 初のホールを注入したT型鋼酸化物超伝導物質の発見ー高温超伝導のメカニズム解明へ新たな道ー(高松智寿 工学研究科応用物理学専攻・本院博士研究教育院生) / "Cell"に掲載された論文「Fruitless recruits two antagonistic chromatin factors to establish single-neuron sexual dimorphism. (Fruitlessは拮抗する二つのクロマチン制御因子と共同して単一ニューロンレベルの性的二型を作り出す)」(佐藤耕世 生命科学研究所助教) / 超高光速通信に最適な新光バースを発明	pp.03-05
● 受賞 第26回独創性を拓く先端技術大賞「文部科学大臣賞」受賞について(内田健一 金属材料研究所助教・元博士研究教育院生)	p.06
● 旧融合領域研究所元特別研究員の活躍 菅野江里子(岩手大学工学部応用科学・生命工学科助教) / 杉本周作(東北大学理学研究科助教)	p.06
● INFORMATION 地域産業復興調査研究シンポジウム「東北地域の産業・社会の復興と再生への提言」のお知らせ(経済学研究科地域イノベーション研究センター) / GCOE Symposium 開催のお知らせ「地球および地球外物質の同位体比研究の新展開」、GCOE Symposium 2012 "Achievements of G-COE Program for Earth and Planetary Dynamics and the Future Perspective" (「変動地球惑星学の統合教育研究拠点」グローバルCOEプログラム) / 文学研究科「社会階層と不平等教育研究拠点」(CSSI)活動報告:Tohoku-Stanford Summer School 2012(「社会階層と不平等教育研究拠点」グローバルCOEプログラム)	pp.07-08
● 大学院共通科目受講のススメ	p.08
● 平成24年度融合領域研究合同講義	p.08

最先端融合分野の紹介②

レーザーを用いた材料創製の新展開

金属材料研究所教授、

本機構「生体・エネルギー・物質材料領域」基盤長

後藤 孝

レーザーは光と熱の両方の性質を有し、方向性のある特異なエネルギー源です。著者らは、強力なレーザーを化学反応場に照射すると、従来知られていなかった特別な現象が起こることを見出しました。ガスの化学反応を用いた成膜プロセスとしてCVD (Chemical Vapor Deposition) があります。CVDは半導体デバイスの製造や工具材へのコーティングとして広く実用化されています。レーザーをCVDのエネルギー源とするレーザーCVDも、これまで多く研究されてきました。レーザーCVDには、レーザーのエネルギーを熱源として用いる熱化学 (pyrolytic) レーザーCVDと、レーザーを光分解のエネルギーとして用いる光化学 (photolytic) レーザーCVDがあります。光化学レーザーCVDでは、主に数eVの高エネルギーを持つ紫外レーザーを使用し、基板を加熱することなく、レーザーを原料ガス中に通過させるだけで分子の化学結合を直接切断して反応が起こり成膜しますが、同時に大量の分子の結合を切ることはできないことから、厚膜の製造や高速成膜はできません。熱化学レーザーCVDでは、レーザーを集光することにより、化学反応を局部的に極めて高速に進行させることができ、数百 μm から数mmの径の領域では、数百m/h ($\sim 10^5 \mu\text{m/s}$) もの高速で生成物を得ることができます。しかし、実際に成膜できる量(体積)はわずかであり、通常はドット、ナノワイヤー、ウィスカーなどの合成に用いられています。従って、熱化学レーザーCVDも光化学レーザーCVDも工業的な構造部材のコーティングに用いることはできないと考えられていました。一方、著者らは、高出力連続発振のレーザーをCVDの反応場に照射すると、大面積の基板でも、レーザー強度がある閾値以上になると、成膜速度が従来の熱CVDの数百～数千倍に高速化できることを見出しました。原料を替えれば色々な膜を、金属などの耐熱性の低い基材でも極めて高速に成膜できますので、レーザーCVDの広範な工業的応用が期待できます。

図1にY添加ZrO₂ (YSZ) 熱遮蔽コーティングの例を示します。ガスタービンには、主に発電機やジェットエンジンに用いられてい

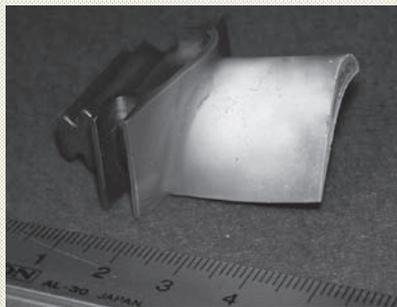


図1 レーザーCVDによるタービンブレードへのYSZ熱遮蔽コーティング

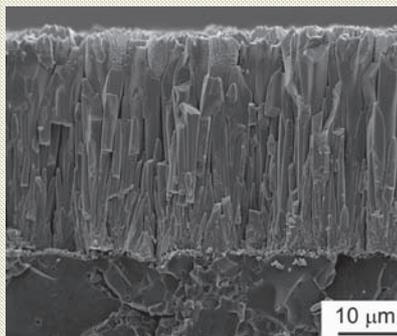


図2 レーザーCVDにより作製したYSZコーティングの断面組織

ますが、年々運転温度が上昇し、現在は燃焼ガスの温度は1500°C以上にも達しています。しかし、Ni基超合金製のタービンブレードでも耐熱温度は1000°C程度です。そこで、タービンブレードの表面に熱遮蔽セラミックスコーティングすることが重要な技術になっています。図2にレーザーCVDによるYSZコーティングの断面の微細組織を示します。実用的には溶射やより高性能の電子ビーム物理蒸着 (EBPVD: Electron Beam Physical Vapor Deposition) が用いられていますが、レーザーCVDを用いれば、実用のEBPVDによるコーティングと同様の柱状組織を、約百分の1以

下の価格の製造装置で作ることができるようになります。

高強度・高靱性の金属や合金の基材に高性能のセラミックスをコーティングする用途は多く、WC-Co超硬合金工具上への α -Al₂O₃コーティングもその好例です。Al₂O₃には、 γ 、 κ 、 θ など多くの多形がありますが、 α -Al₂O₃はルビーやサファイヤと同じ構造を有し、最も機械的性質が優れています。実用されている

工作機械には、多くの研削、切削工具材が使われています。代表的な工具材はWC-Co超硬合金ですが、そのほとんどは、熱CVDにより α -Al₂O₃のコーティングが施されています。工作機械の性能は α -Al₂O₃コーティングによるといっても過言ではありません。特に近年、Wは希少資源であり価格が高騰して、TiCN-Ni工具への代替が研究されていますが、TiCN-NiはWC-Coに比べ酸化されやすく、またNiが拡散して表面が脆化するため、 α -Al₂O₃のコーティングは困難と考えられていました。TiCN-Niへのコーティングのためには、成膜温度の大幅な低下が必要です。図3にレーザーCVDで作製した α -Al₂O₃コーティングの表面組織の一例を示します。 α -Al₂O₃膜の機械的性質はc面が最も優れていますが、レーザーCVDによりc面が配向した α -Al₂O₃膜を従来の熱CVDに比べ約400°C低温で成膜することができ、TiCN-Niにも α -Al₂O₃のコーティングができるようになりました。

結晶面が配向した膜を合成できることはレーザーCVDの大きな特長です。高性能の高温酸化超電導YBa₂Cu₃O_{7- δ} (YBCO) 膜を金属基材上にも成膜することができます。YBCOでは、超電導は結晶のc面に沿って起こるため、c面に配向したYBCO膜を作る必要があります。また、強力な超電導磁石や電力輸送ケーブル用には、金属テープ上に成膜しなくてはなりません。レーザーCVDにより実用Ni基合金 (Hastelloy[®] C-276) テープ上にc面がエピタキシャル成長したYBCO膜を、従来のCVDの数百倍の高速で合成することができます。臨界転移温度 (T_c) は90 K、臨界電流密度 (J_c) は2.5 MAcm⁻²を示し、実用化レベルの性能を有しています。実用的には長さ1000m程度のNi基合金テープ上に連続的に成膜する必要があり、図4に示す巻き取り型のレーザーCVD装置を製作し、超電導工学研究所と共同で実用化に取り組んで

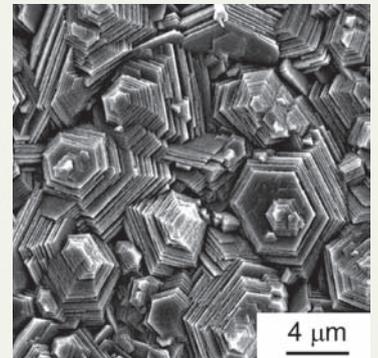


図3 レーザーCVDにより作製したc面配向 α -Al₂O₃コーティングの表面組織



図4 巻き取り型レーザーCVDの外観



「東北大学 次世代移動体システム研究会の活動」

未来科学技術共同研究センター教授 長谷川 史彦

はじめに

本研究会活動は東北大学が保有する様々な要素技術を融合して構成する次世代の移動体を実際にキャンパス内で動かして検証・評価することにより、環境と安全に配慮した次世代の移動体とそのシステムを世の中に提案することを目的としています。

具体的な目標としては、平成27年度に開通する市営地下鉄東西線青葉山駅周辺の新交通システムとして使用する新たなプロダクトとシステムコンセプトを提案しつつ、外部共同研究等を通じて試作・検証・評価する環境を整備することにより、本学の魅力度を向上し、優秀な若手研究者・学生を育成するとともに関連する企業研究組織の地域への集約を目指しています。特に若手研究者の育成に関しては、国際高等研究教育機構先端融合シナジー研究所の統合科学技術プラットフォームとしての機構との連携を進めることを予定しています。

本研究会活動をモデルケースとして、様々な分野融合研究チームが学内で活動するきっかけを作り、本学の持続的発展の基盤として計画中のサイエンスパーク構想の先駆けとなる活動に繋げることも目的の一つとして考えています。



図1 研究会の目的

研究会の取組状況

本研究会は平成20年8月に工学研究科長がリーダーとなり工学研究科内に設置した「電気自動車研究会」を平成22年1月に名称変更したものであり、リーダーは内田龍男教授から内山勝教授に、さらに金井浩教授にと引き継がれています。

本研究会は工学系の研究者10数名を主体に、未来科学技術共同研究センターが企画と活動のまとめ役となり、電気・機械・情報通信・材料等の分野融合による研究活動からスタートしました。平成22年11月には青葉山新キャンパスにおける実証研究の提案が東北大学重点戦略プログラムに採択されたことから、平成23年3月11日には午後1時から250名の聴衆を集め、これまでの2年半の活動成果と今後の5年間の実証研究構想を地域に説明する「第2回次世代移動体システム研究報告会」を市内の江陽グランドホテル4階で行っていました。大震災が発生した午後2時46分におけるこの報告会の様子は当日午後の地域ニュース報道の為に撮影を行っていた放送局により暮れの震災特集番組の中で全国に紹介されています。



図2 実証研究の実施スケジュール

東北ものづくり産業の早期復興へ向けた活動

震災直後に開いた研究会議において、本研究会では「青葉山における実証研究」に先駆けての地域の新しい街づくりに貢献する交通システムの提案を通じた「東北ものづくり産業の早期復興に貢献すること」にも活動を展開することを決議しました。

具体的には、多賀城市で津波によって浸水した「ソニー仙台テクノロジーセンター」の生産・研究開発施設の一部39,000㎡を「みやぎ復興パーク」として整備し、東北地域のものづくり産業の復興活動拠点とする地域構想の中核的グループとしての活動を始めています。

平成24年5月から入居準備を進め、他大学や自動車メーカー、地域企業グループとの協力の下でドライビングシミュレーターを始めとした車両・ロボティクス関連の技術開発に有用な大型先端設備の導入と実証研究が可能な大規模な研究空間の整備を進めています。この間に7月20日から29日に「夢メッセみやぎ」を会場に開催された「とうほく自動車フェスタ」に「スマートモビリティ&スマートタウン」ブースの企画を担当し、本研究会の研究成果を自律走行EV車両や特殊機能を満載したEVバスを中心に展示しました。世界の名車や新型車100台と一緒に展示でしたが、来場者5万6千人の殆どが東北大学ブースを訪れ、学生を含む若い研究者と将来の移動体システムについて活発な意見交換を楽しんでいただけました。

次世代移動体とそのシステムは、東北地域の新しい社会システムと結び付くことにより、自動車産業そのものにも新しい付加価値を生むものと期待しています。



とうほく自動車フェスタ：会場風景

Science topics

初のホールドーブ型T'構造銅酸化物超伝導体の発見



高松 智寿

東北大学大学院工学研究科
応用物理学専攻
博士研究教育院生 3年

ある物質を冷やすと、ある温度(超伝導転移温度 T_c)以下で突然、電気抵抗がゼロになります。この現象を超伝導と呼び、約100年前にHgを4.2K (-269℃)まで冷やした時に初めて発見されました。その後の長い研究を経て、1986年に銅酸化物で、いわゆる高温超伝導が発見され、その T_c は135K (-138℃)まで劇的に上昇しました。しかし、銅酸化物において、なぜ高温超伝導が発現するのかという問題は未だに解決しておらず、現在もこの問題の解明に向けて研究が重ねられています。

一般に、銅酸化物高温超伝導体の母物質は絶縁体です。この母物質を超伝導体にするには、適当な量の電子を注入するか、ホールを注入するかはなくてはなりません。銅酸化物高温超伝導体の母物質の一つである Ln_2CuO_4 (Ln =ランタノイド元素)は、結晶構造が単純なため、高温超伝導の発現メカニズムの解明を目指して、これまで最も精力的に研究されてきました。この Ln_2CuO_4 は2種類の結晶構造をとることが知られ、1つは図1(a)に示す K_2NiF_4 構造(通称 T構造)で、もう1つは図1(b)に示す Nd_2CuO_4 構造(通称 T'構造)です。26年前の銅酸化物における高温超伝導体の発見以来、T構造の Ln_2CuO_4 はホール注入により、T'構造の Ln_2CuO_4 は電子注入により超伝導が出現すると信じられてきました。また、ホールを注入したT構造 Ln_2CuO_4 の方が、電子を注入したT'構造 Ln_2CuO_4 よりも T_c が高いという傾向があります。これらの理由を明らかにすることは、高温超伝導のメカニズムを解明し、室温超伝導体を探索する上でとても重要です。そこで、T'構造 Ln_2CuO_4 へホールを注入した物質で超伝導が出現するかどうか、また、その T_c は電子を注入したときと比べて高くなるかどうかを調べることは非常に興味もたれていました。しかし、この二十数年間、その合成には誰も成功していませんでした。

銅酸化物は、通常、混合した原料粉を約1000℃で加熱して合成します。このような高温では、ホールを注入した Ln_2CuO_4 はT'構造よりもT構造が安定化するため、合成が不可能でした。そこで、本研究では、ホールを注入したT構造の Ln_2CuO_4 を通常の合成法で作製しておき、これをT'構造が安定な低温でT'構造に変化させることを考えました。しかしながら、低温では熱エネルギーを利用できないので、その代わりに還元剤の化学エネルギーを利用しました。本研究では Ln_2CuO_4 における Ln として $La_{1.8}Eu_{0.2}$ を選択し、ホールキャリアの注入のため La^{3+} の一部を Sr^{2+} で置換することにしました。まず、T構造の $La_{1.8}Eu_{0.2}Sr_xCuO_4$ ($x=0.05$) を通常の合成法で約1000℃で作製しました。これと、強力な還元剤 CaH_2 を混ぜて約225℃という低温で反応させて、酸素を大量に欠損させた $La_{1.8}Eu_{0.2}Sr_xCuO_{3.5}$ を作製しました。次に、400℃、酸

素気流中で加熱して、酸素を再導入しました。その結果、T'構造の $La_{1.8}Eu_{0.2}Sr_xCuO_4$ の合成に成功しました。このような低温でも軽い酸素イオンは動くことができ再配列し、低温で安定なT'構造に変化したのです。最後に、ごくわずかながら結晶内に過剰に酸素が存在したため、真空中で加熱することにより取り除き、酸素量を過不足なくしました。このようにして得られた試料の直流磁化率を測定した結果、13 Kで超伝導転移が確認され、ホールを注入したT'構造の $La_{1.8}Eu_{0.2}Sr_xCuO_4$ ($x=0.05$) の超伝導が初めて実現しました(図2)。今回、合成に成功したホール注入型T'構造 $La_{1.8}Eu_{0.2}Sr_xCuO_4$ の $T_c=13$ Kは、同じくホールを注入したT構造の $La_{1.8}Eu_{0.2}Sr_xCuO_4$ より約10 K低いです。今後、ホールの量(Srの量)を変化させて、 T_c の変化を調べるとともに、また、両者の物理的性質を測定し、その T_c の違いの原因を明らかにして行く予定です。これらの研究により高温超伝導発現のメカニズムの解明や、より高い T_c を有する新しい高温超伝導体の作製、そして超伝導の実用化がよりいっそう促進されていくものと期待されます。

本研究成果は、2012年6月に応用物理学会を母体とする英文論文誌「Applied Physics Express」のオンライン版に掲載され、日経産業新聞、日刊工業新聞、科学新聞で紹介されました。

論文名: Undoped and Hole-Doped Superconductors T'- $La_{1.8}Eu_{0.2}Sr_xCuO_4$ ($x = 0, 0.05$) prepared by the solid state reaction

Applied Physics Express vol.5 (2012年) p.073101

オンライン版: 6月26日、冊子版: 7月25日掲載

著者名: 高松智寿(大学院生D3)、加藤雅恒(准教授)、野地尚(助教)、小池洋二(教授)

所属: 東北大学大学院工学研究科応用物理学専攻

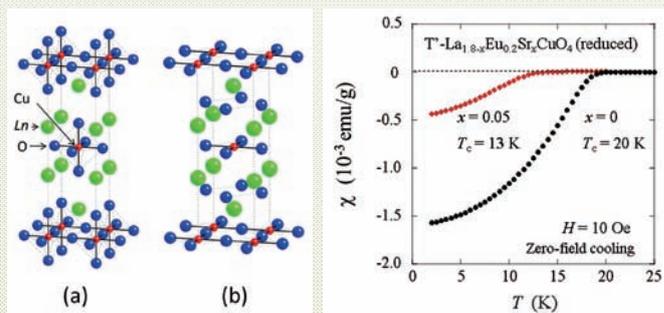


図1. Ln_2CuO_4 の結晶構造。(a) K_2NiF_4 構造(通称 T構造)、(b) Nd_2CuO_4 構造(通称 T'構造) 図2. 真空中で加熱後の $T'-La_{1.8}Eu_{0.2}Sr_xCuO_{4-x}$ の磁化率 χ の温度依存性

「Fruitless recruits two antagonistic chromatin factors to establish single-neuron sexual dimorphism (Fruitless は拮抗する二つのクロマチン制御因子と共同して単一ニューロンレベルの性的二型を作り出す)」

生命科学研究所 助教 佐藤 耕世

動物の脳には、雌と雄でかたちの違うニューロンがあります。今回私は、ニューロンの性差を生み出す遺伝子の仕組みを、生命科学研究所の山元大輔教授、伊藤弘樹研究員らと共に解明しました。ニューロンの違いは行動様式の違いとして出力されると考えられ、なぜ雌雄が違う行動をするのかという疑問にも答える成果と言えます。

有性生殖によって世代交代する動物では、多くの雄は雌を性行動(求愛から交尾にいたる行動)の相手として選び、一方、多くの雌は雄を相手として選びます。しかし実際には、同性を相手とし

て選ぶ個体も少なからず存在します。雄に求愛するのか、それとも雌に求愛するのかという性質を性指向性と言いますが、この性質にかかわる脳の性差はどのように決まるのでしょうか?

私たちが実験材料として用いたキイロショウジョウバエでは、脳の性別は身体の性別とは別に、遺伝子の仕組みによって決まります。実際、脳の性を決める中心的な遺伝子として *fruitless* (*fru*) が我々のグループによって同定されてきました。この遺伝子の産物である Fru タンパク質は雄の脳にだけ産生され、Fru タンパク質を持つニューロンは雄の特徴を発達させます。一方、本来なら

ばこのタンパク質が作られない雌の脳にFruタンパク質が産生された場合、雌は雄を性行動の相手として選ばず、代わりに雌に求愛します。Fruタンパク質は、その有無によって脳の性を雄化するスイッチとして働くものと考えられます。

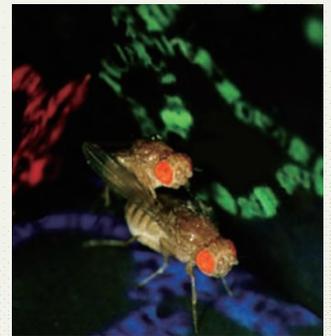
次に焦眉の課題として浮上するのは、Fruタンパク質がどのような仕組みによってニューロンの性を決めるのかという問題です。Fruと共に働くタンパク質を同定することができれば、脳の性を決める遺伝的なフレームワークを解明できます。Fruタンパク質はDNAに結合する転写因子であることから、その分子的な働きはDNA上のプロモーターやエンハンサーと呼ばれる領域に結合し、DNAの情報をRNAに読み取る過程を促進したり、あるいは逆に抑制したりすることだと考えられます。この仕組みによって、使われる遺伝子と使われない遺伝子が決められ、雌と雄で違うかたちのニューロンができるものと考えられます。そして今回、分かったのは、使われる遺伝子と使われない遺伝子にある種の目印をつけるタンパク質が、Fruの働きを助けるということです。

細胞の核に収められているDNAは、ヒストンというタンパク質に巻きついており、使われない時は小さく折りたたまれた状態になっています。一方、遺伝子が使われる状態になると、DNAのヒモがほどかれ、情報の読み出しにかかわるタンパク質が物理的にアプローチすることが可能となります。このようなDNAの高次構造(クロマチン構造)の変化はヒストンにつけられた目印によって制御されており、その目印をつける酵素がヒストン脱アセチル化酵素(HDAC1)であり、構造を変化させるタンパク質がヘテロクロマチンタンパク質(HP1a)です。Fruタンパク質は、DNA上の約100ヶ所にHDAC1あるいはHP1aを動員することによって、使われる遺伝子と使われない遺伝子に目印をつけ、これによって、その周辺のクロマチン構造を変化させ、雌と雄で違

うかたちのニューロンを作り上げます。驚くことに、HDAC1がFruタンパク質のもつ雄化作用を助けるのに対し、HP1aはこれに拮抗して脱雄化をもたらします。さらに、これらの因子を操作した場合、単一ニューロンレベルでは、「雌と雄の中間状態」は現れず、「雄型ニューロン」か「雌型ニューロン」のどちらかに変化します。したがって、Fruタンパク質は、二つの拮抗するクロマチン制御因子を使い分けることによって、単一ニューロンの性を転換するスイッチとして機能すると考えられます。

このようにして、ショウジョウバエの脳の性差がつけられる仕組みの一端が解明されました。果たして、人間の脳の性差もこのような仕組みで生み出されるのでしょうか。その結果として、女性を好きになるか、男性を好きになるかが決まるのでしょうか。それは今後の課題として残されています。少なくとも、男女の脳を違うものへと作り上げる遺伝子の仕組みはヒトにも存在し、それが心の性を生み出して、人生を潤いあるものにしてあげていることは確かでしょう。お互いの違いを知るところから、男女の豊かな交歓は始まるのではないのでしょうか。

Hiroki Ito, Kosei Sato, Masayuki Koganezawa, Manabu Ote, Ken Matsumoto, Chihiro Hama, and Daisuke Yamamoto, Fruitless recruits two antagonistic chromatin factors to establish single-neuron sexual dimorphism. Cell, 149, 1327-1338 (2012).



図は伊藤弘樹博士・小金澤雅之博士より提供

超高速光通信に最適な新光パルスを発明

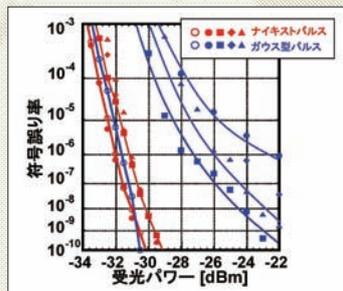
本機構長で電気通信研究所の中沢正隆教授の研究グループは、「光ナイキストパルス」と名付けた新たな光パルスを発明し、超高速光通信の伝送効率を大幅に向上させることに世界で初めて成功しました。

光ナイキストパルスは、従来の光パルスとは異なり、隣り合うパルスどうしを重ねて送っても情報を完全に識別でき、誤りがないことが大きな特徴となっています。

その結果、パルス幅が広くても高速伝送を実現できるため、伝送歪みに対する耐性が大幅に向上しています。実際の伝送実験により毎秒160ギガビット(ギガは10の9乗)の伝送速度で、歪みが従来の半分以下に抑えられることが実証されました。また、その帯域はこれまでより1/2以下に狭くなるため、信号を2倍以上高密度に多重化することが出来、その結果、周波数資源の有効利用が可能となっています。

この成果は、従来のように高速伝送には超短パルスが不可欠という既存概念を覆し、幅の広いパルスを使っても超高速光通信が実現できることを世界で初めて明らかにしたものです。

高精細画像の動画配信をはじめとするブロードバンドサービスの急速な普及に伴い、国内の情報量は年率約40%の勢いで増加を続けています。このような情報量の増加に対応するため、基幹光伝送網の大容量化に向けた取り組みが加速しています。現在実用化されている波長多重(WDM: Wavelength Division Multiplexing)伝送システムにおいては、1波長あたり毎秒10~40ギガビットのビットレートで、40~100波の信号を波長多重す

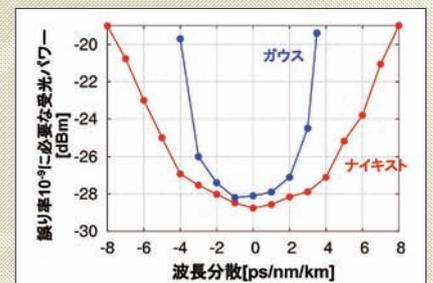


ナイキストパルスならびにガウス型パルスを用いて毎秒160ギガビット信号を伝送させたときの符号誤り率測定結果

ることにより、1テラビットを超える伝送容量が実現されています。今後は1波長あたりのビットレートを毎秒100ギガビット以上に高速化し、且つ限られた帯域の中でできるだけ多くのWDM信号を高密度に収容することにより、伝送容量のさらなる拡大が重要な課題となっています。

ビットレートを高速化する(即ち単位時間に詰め込むパルスの数を増大させる)ためには出来るだけ狭いパルスを用いてパルス間隔を開ける必要があります。例えば、毎秒1テラビットのビットレートを実現するには、300~400フェムト秒(フェムトは10の-15乗)の超短パルスが必要です。このような超短パルス伝送は、光ファイバ伝送中に波形の歪みを受けやすいため、数100kmのような長距離にわたって情報を正確に伝送することが難しい技術です。

今後は次世代の伝送技術と目されている1波長あたり毎秒1テラビットに向けての取り組みが重要な課題です。そこで、光ナイキストパルスを使って、出来るだけ高い効率でこのような高いビットレートを実現することを目指します。また最近では、直交振幅変調(QAM: Quadrature Amplitude Modulation)と呼ばれる多値変調技術が光通信で広く用いられるようになり、デジタルコヒーレント伝送技術として実用化に向けた研究開発が進展しています。この多値コヒーレント技術を光ナイキストパルスに適用することにより、高速かつ周波数利用効率の高い究極的な伝送技術の実現が期待されます。



波長分散に対する信号歪みの耐性

受賞

今年度元研究教育院生の内田さんが「学生部門」の最優秀賞を受賞した「独創性を拓く先端技術大賞」は「科学技術創造立国」の実現に向け、優れた研究開発成果をあげた全国の理工系学生と企業の若手研究者、技術者を表彰する制度で、理工系の学生の研究意欲を高める目的で1987年に日本工業新聞（現題号：フジサンケイビジネスアイ）により、ノーベル化学賞受賞者の福井謙一博士の協力のもと創設されました。この制度は「企業・産学部門」と「学生部門」の2部門からなっています。企業・産学部門には、最優秀賞：経済産業大臣賞 副賞（研究奨励金）、優秀賞：産経新聞社賞、フジサンケイ ビジネスアイ賞、各副賞（研究奨励金）、特別賞：副賞（研究奨励金）があります。学生部門には、最優秀賞：文部科学大臣賞・副賞（研究奨励金）、優秀賞：フジテレビジョン賞、ニッポン放送賞・各副賞（研究奨励金）、主に高等専門学校生を対象とする特別賞：副賞（研究奨励金）がそれぞれあります。

第26回 独創性を拓く 先端技術大賞 「文部科学大臣賞」受賞について

金属材料研究所助教、元博士研究教育院生 内田 健一



受賞した内田健一さん(左)と齊藤英治教授

「独創性を拓く 先端技術大賞」という歴史と栄誉ある賞において最優秀賞である文部科学大臣賞を受賞することができ、大変光栄に存じます。博士課程時の指導教官であり現在の上司でもある齊藤英治教授をはじめ、共同研究者の皆様にご心より感謝申し上げます。

近年、持続可能な社会に向けた環境・エネルギー問題への取り組みが活性化している中で、熱・振動・光・電磁波など身の回りにありふれた小さなエネルギーを“収穫”して利用するエネルギーハーベスティング技術に対する期待が高まっています。今回の受賞につながった研究は、私たちが2008年に発見した新しい物理現象「スピンゼーベック効果」を利用した全く新しいエネルギーハーベスティング技術の基本技術・原理の構築に関するものです。

スピンゼーベック効果はゼーベック効果（熱電効果の一つ）のスピン版の現象であり、この効果を用いることによって磁性体/金属接合構造に温度差を付けるだけで電子スピン角運動量の流れ「スピン流」を生成することが可能になりました（図1）。スピンゼーベック効果は、従来の熱電効果やエレクトロニクス現象とは全く異なる物理原理によって駆動されるものであり、

「独創性を拓く 先端技術大賞」という歴史と栄誉ある賞において最優秀賞である文部科学大臣賞を受賞することができ、大変光栄に存じます。博士課程時の指導教官であり現在の上司でもある齊藤英治教授をはじめ、共同研究者の皆様にご心より感謝申し上げます。

近年、持続可能な社会に向けた環境・エネルギー問題への取り組みが活性化している中で、

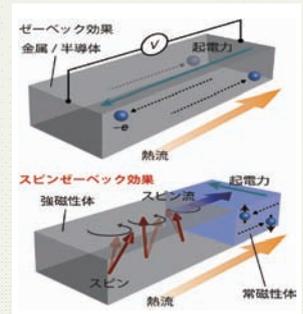
熱・振動・光・電磁波など身の回りにありふれた小さなエネルギーを“収穫”して利用するエネルギーハーベスティング技術に対する期待が高まっています。今回の受賞につながった研究は、私たちが2008年に発見した新しい物理現象「スピンゼーベック効果」を利用した全く新しいエネルギーハーベスティング技術の基本技術・原理の構築に関するものです。

- (1) 従来はエネルギー源として利用できなかった絶縁体中の熱や振動からもスピン流・電流を生成可能
- (2) シンプルな二層構造であるので、大面積化・積層構造化が容易で低コスト
- (3) 熱伝導部と出力電流生成部をそれぞれ磁性体層とそれに取り付けた金属に分離できるため素子の設計自由度が高い

というエネルギーハーベスティングに適した特徴を有しています。スピンゼーベック効果を用いたエネルギーハーベスティング技術を発展させれば、廃熱や振動などのありふれた環境エネルギーによって駆動される小型電源やスピンドバイスとして幅広い用途への応用が期待できます。

スピンゼーベック効果に関する研究はまだまだ始まったばかりであり現在は基礎研究が中心ですが、出力信号の更なる高効率化や将来の応用・実用化を目指して、国内外の大学や企業と連携しながら研究を進めています。今回の受賞を励みに、より一層研究活動に精進し、社会や学問の継続的發展に貢献していきたいと存じます。

※受賞論文は<http://www.fbi-award.jp/sentan/jusyou/index.html>からダウンロードできます



日融合領域研究所元特別研究員の活躍

融合領域研究所での日々



菅野 江里子

岩手大学工学部応用科学・生命工学科助教

私は平成19年10月1日より平成24年3月31日まで4年半、国際高等研究教育機構国際高等融合領域研究所、ライフ・バイオメディカル領域基盤の助教（特別研究員）として、視覚再生研究に取り組んできました。在籍中はご指導並びにご支援を賜り、心より御礼申し上げます。4月から岩手大学工学部、応用化学・生命工学科に異動し、研究を継続しております。

私は融合研究所に所属する前、東北大学医工学研究機構におり、その頃から常に融合研究に取り組むよう努力してきました。融合研究所では常に「融合研究とは何か？」

と問われましたが、自身の医工学研究を発展させる事ができました。しかしながら、未だ分からない事ばかりで、専門家になれているのか自信を持つことができません。そもそも私の専門とは何でしょうか。好きな事を専門と呼んでよいのでしょうか。研究発表する内容全体が専門だとすれば、私は永遠に専門家になれない気がします。それ程に幅広い研究が融合研究なのかも知れません。

私の行っている研究は、失明した患者様の視覚を取り戻そう、という夢のある研究だと自負しております。目は脳の神経細胞と同様、複雑な神経情報伝達系を保持しており、また、一度変性消失するとその機能を完全に戻す事はできません。そのような状況で再度視覚を再建する我々の方法は、融合研究の良い例ではないかと考えます。その

方法1つ目は、人工網膜研究です。東北大学工学研究科小柳光正教授（現NICHE）、東北大学医工学研究科田中徹教授および融合領域研究所富田浩史准教授に指導を仰ぎながら共同研究を進めて参りました。小柳教授の開発した三次元積層化技術を用いて視覚信号を外部から与えるこの方法は、工学、眼科学、生理学の融合による開発例です。そして、方法2つ目は遺伝子治療による視覚再生です。この方法は緑藻類という進化の過程でかなり離れた生物が保持している視機能（光受容能）を応用したものです。進化の過程で不要あるいは変異を起こしたロドプシン類があり、これらが有用な遺伝子治療の候補になる可能性があります。この視覚再建方法の確立では、東北大学 医学系研究科生体システム生理学明元教授、理化学研究所脳科学総合研究センター藤井直敬チームリーダー、富田浩史准教授と共に研究を行ってきました。ここでは、発生学、行動学、脳機能解析、遺伝子工学の融合研究が生まれました。

これら融合領域研究所で行ってきた研究は、東北大学の「研究第一」主義に支えられて成り立っていたものだと痛感させられております。新天地での出発が始めてなので、大学により理想目標がこんなにも違うものかと驚かされました。岩手に赴任して半年程経過してしまいましたが、やっと研究の道筋が見えてきました。協力して話を進めてくださる先生やスタッフに出会える事ができました。私は研究に留まらず、患者様あるいは社会に還元できるよう、そして専門家と胸をはって言えるよう、今後とも研究に励んで行きたいと考えております。

最近、渡辺和子さんの「置かれた場所で咲きなさい」という本を読みました。正に今の私のすべき事と思います。

海から始まる天気予報



杉本 周作

東北大学理学研究科
地球物理学専攻
地球環境物理学講座 助教

私は、2009年4月から2012年3月まで融合領域研究所先端基礎科学領域基盤に所属しておりました。現在は、東北大学大学院理学研究科に属しており、研究・教育活動に勤んでおります。

「融合研究」。文字に起こすとわかりやすい単語です。しかしながら、複数種の研究分野を組み合わせ、新たな学問創出に挑むことは想像以上に困難であり、試行錯誤の毎日でした。そんな中、私が挑戦した融合研究は「大気海洋相互作用学」です。これは、私が専門とする「海洋物理学」と異分野の「大気力学」の融合を目指した学問です。

当時、融合研でセミナーを行うたびに、「大気と海が互いに影響するのは当たり前でしょ？」といった類いのコメントを頂戴することは少なくありませんでした。そこで、この場を借りて、海洋学と気象学の間柄について紹介させていただきます。10年前までは、私たちが暮らす緯度帯の海は、大気(風、日射)の影響を受けるのみで、相互に作用し合うような関係とは考えられていませんでした。これは、海洋学の歩みが、気象学に比べて遅れていたことに起因します。当時、その差は10年程度といわれおり、これは海洋観測の頻度が少なかったためです。旧来、海を知るためには、船に乗り、洋上で観測を行うしかありませんでした。それゆえに、荒天が続く冬に観測を行うことは不可能に等しかったのです。私も、冬の航海に出たことはありますが、波高は10mを超えており、大変な後悔(航海)でした。このような状況に革命をもたらしたのが、2000年代に登場した「人工衛星」と「アル

ゴフロート」です。ご存知のように、人工衛星は宇宙から海を眺めています。しかしながら、「海面」しか測ることができません。そこで、開発されたのが、海面から深海(2000 m)までの水温・塩分を測る自動観測ロボット(アルゴフロート)です。このロボットは、風の日も、時化の日も、毎日観測を行い、地上にいる私たちにデータを送信してくれます。今現在、国際協力のもとに、3000台以上のアルゴフロートが全世界の海を漂っています。つまり、地上にいながらにして、世界中の海をリアルタイムで監視できる時代が到来したのです。その結果、海洋学の理解が飛躍的に進展し、多くの新事実がわかるようになってきました。

東北大学から近い三陸沖で、冬に膨大な熱が放出されていることをご存知でしょうか?この値は $1000\text{W}/\text{m}^2$ に及ぶこともあり、これは世界一の大きさです。私は、融合研在籍時に、この熱放出に着目し、その要因を調べました。その結果、三陸沖に分布する暖水渦(直径200 km程度)が海面水温を決定し、これが対流圏全層の大気場に影響を及ぼすほどの熱を出していることがわかりました。つまり、融合研究を行ったことで、海と大気の新たな関係を抽出することに成功したのです。現在も融合研究を継続しており、その完成を目指す毎日です。本研究の先には、「海から始まる天気予報」の実現可能性が目の前に広がっていると考えています。

3年間の融合研在籍時に、異分野の研究者と話す機会を多く頂戴しました。一連の議論の中で、「自身の研究の意義を伝えること」の難しさと重要性、その双方を学ぶことができ、これは今の私にとって大きな財産となっています。今後も、自身の研究分野だけに固執せず、広い視野のもとで多くの情報を入力し、異分野融合の道を模索しながら研究活動を展開していきたいと思っています。

INFORMATION

経済学研究科地域イノベーション研究センター

地域産業復興調査研究シンポジウム「東北地域の産業・社会の復興と再生への提言」のお知らせ

地域イノベーション研究センターでは、仙台市内の大学研究者を中心に行政機関、自治体、民間組織等と連携して取り組んでいる地域産業復興調査研究プロジェクトの今年度の中間報告として、シンポジウムを開催します。被災地の企業を対象とした大規模アンケート調査及び地域の主要産業や社会生活に関する調査のこれまでの成果を発表する予定です。本シンポジウムは大震災からの復興に向け地域が抱える政策的課題を考える機会にしたいと考えています。皆様のお越しをお

待ちしております。

開催日時: 2012年10月21日(日)13時~17時30分
会場: 東北大学片平キャンパスさくらホール
主催: 経済学研究科地域イノベーション研究センター・震災復興研究センター
共催: 公益財団法人経和会記念財団
問い合わせ先: 地域イノベーション研究センター TEL:022-217-6265

GCOE Symposium 開催のお知らせ「地球および地球外物質の同位体比研究の新展開」

本GCOEプログラムで推進している地球および地球外物質の同位体比研究と融合させたシンポジウムを開催します。地球内外物質の同位体比を集中的に議論するセッションで、この分野を長年リードしてきた研究者に招待講演をお願いし、今後の新展開に向けて議論を重ねます。

日程: 2012年11月21日-2012年11月23日
会場: 秋保温泉「佐勘」
問い合わせ先: 中村 智樹 教授
内線: 6651 E-MAIL: tomoki@mt.hokue.ac.jp

GCOE Symposium 2012 "Achievements of G-COE Program for Earth and Planetary Dynamics and the Future Perspective"



東北大学グローバルCOEプログラム「変動地球惑星学の統合教育研究拠点」は、変動する地球の統合的・融合的研究によりその起源と未来を解明し、学際的な研究開発力を優れた国際的な若手研究者を育成するための教育・研究プログラムとして、2008年度に文部科学省のグローバルCOEプログラムに採択されました。

本シンポジウムでは、本GCOEプログラムに関係する教員および大学院生と諸外国および国内の当該分野における第一級の研究者が一堂に会し、議論を行うことにより、地球および惑星圏の変動現象の物理・化学プロセスの理解及びダイナミクスの解

明の進展とともに、今後の新しい研究分野の開拓を目指しました。2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震(東日本大震災)の発生以降は、地震や津波の発生メカニズム、福島第一原発の事故による放射線汚染の広がりなどに注目し、甚大な被害をもたらした地震の全容を解明するための研究を行ってきました。

本シンポジウム初日である25日午後には、「東日本大震災を知る: わたしたちの安全・安心のために~3.11の教訓と今後の展望~」と題し、本GCOEのメンバーである4名の先生方を講師に迎え、巨大地震の地震発生メカニズム、海底観測から見た巨大地震像、津波被害と教訓、海洋の放射能汚染に関する講演会を一般向けに開催いたしました。

その後は、地球内部構造や地球表面における気象・海洋現象、惑星圏の電磁気現象などについて口頭発表およびポスター発表を行い、最新の研究成果を発表し、議論を行いました。

当日は、多くの大学院生や若手研究者が参加し、積極的に諸外国の研究者との議論を促すことができました。

Global COE Program Symposium 2012

"Achievements of G-COE Program for Earth and Planetary Dynamics and the Future Perspective"

ホームページURL: <http://www.gcoe.es.tohoku.ac.jp/finalsympo/>

「変動地球惑星学の統合教育研究拠点」グローバルCOEプログラム

INFORMATION

「社会階層と不平等教育研究拠点」グローバルCOEプログラム

文学研究科「社会階層と不平等教育研究拠点」(CSSI)活動報告: Tohoku-Stanford Summer School 2012

本拠点は、7月2日から6日にかけて東北大学で、Tohoku-Stanford Summer School 2012を開催しました。このSummer Schoolは、本拠点とスタンフォード大学貧困と不平等研究センターの共催で、優れた博士論文を執筆するために、院生が博士論文プロジェクトに関する報告を行うと共に、参加教員の研究報告を聞くもので、4回目の開催となった今年も、スタンフォード大学から8名の院生と2名の教員が参加しました。連日活発な議論が交わされ、本拠点の院生にとっては、様々な研究を知ると共に、国際的な受信・発信機会を養う機会とな



松島にて

りました。また期間中に、被災地見学ツアーを実施しました[企画:中室敦子(文学研究科助教)・瀧川裕貴(同)・松崎瑠美(同)・松岡亮二(COEフェロー)]。このツアーは、バスで南三陸町、石巻市、松島町を巡り、スタンフォード大学のメンバーに、東日本大震災の被害と被災地の現状、復興の状況を知ってもらおうと企画されたもので、特に南三陸町では、戸倉小学校を訪ねて、小学生との交流や授業の見学のほか、校長先生から震災のお話を伺うなど、参加者にとって貴重な経験となりました。本拠点は今年が最終年度となりますが、Tohoku-Stanford Summer Schoolは、参加した院生たちが今後、国際的な知的ネットワークを構築する1つの契機となることでしょう。



南三陸町立戸倉小学校にて

大学院共通科目や指定授業科目のススメ

大学の大学院生なら誰でも大学院共通科目や指定授業科目を受講できます。大学院共通科目はすでに「融合領域研究合同講義」(2学期)、「離散数学」(1学期)、「確立モデル論」(2学期)、「Frontiers in Science I」(2学期)の4科目が開講されています。今号では10月10日から始まる「融合領域研究合同講義」の内容を紹介します。

平成24年度「融合領域研究合同講義」

【(後期開講) 講義室: 学際科学国際高等研究センター大セミナー室(10月17日を除く)】

Table with 5 columns: 講義日(予定), 講時, 担当者, 所属等, 講義科目(予定). It lists 15 courses with details on topics like '融合領域研究合同講義', 'ファイバ通信の現状と将来展望', '無線通信工学の最新動向', etc.



東北大学国際高等研究教育機構 総合戦略研究教育企画室

〒980-8578 仙台市青葉区荒巻字青葉6-3 TEL. 022-795-5749 FAX. 022-795-5756 http://www.iiare.tohoku.ac.jp/ E-mail. senryaku@iiare.tohoku.ac.jp