



## 考える楽しみ、わかる喜び



佐々木 一夫

むかしから親と教師は苦手だった。いまでもそうだ。小・中学校時代には、将来は学校の先生になりたいと語る同級生が異星人に見えた。そんな私が教師をやっているのだから、人生とは不思議

なもの。人生にかぎらず、この世には不思議なことがたくさんあります。

「ふしぎだと思うこと／これが科学の芽です／よく観察して たしかめ／そして考えること／これが科学の茎です／そして最後になぞがとける／これが科学の花です」

ノーベル物理学賞を受賞した朝永振一郎先生のこの言葉(これは色紙に書かれたもので、引用文のスラッシュは改行の箇所を表す)は科学の本質をうまくとらえていると思います。これをまねて「こんなことができたらいいなと思うこと／これが工学の芽です」というのはいかがでしょう。科学と工学では、出発点の発想(芽)は違いかもかもしれませんが、「考えること」が「茎」の主要な成分である点では共通しているといえます。そして、問題解決のためにあれこれ考える過程——考えてはやってみて、考え直してはまたやってみる、の繰り返し——が「楽しい」のです。自分が考えぬいたやり方で、誰にもできなかったことができる、誰にもわからなかったことがわかる、そんなことがたまにあると、それが些細なことであっても嬉しいものです。そういう楽しみや喜びが科学(もっと一般的に学問)を発展させる原動力になっているのではないのでしょうか。

なにものにも妨げられずに(とまではいきませんが)、考える楽しみやわかる喜びを学生時代に味わうことができたこと、そして大学に残ればそういう楽しみを継続できそうだと理由で、私は大学で物理を教える道を選びました。教師になって気づいたことですが、研究上の問題を考えるだけでなく、授業のやり方をどうすれば学生が理解しやすくなるだろうかと考えることもまた楽しいものです。学生の反応がいいと気分もよくなります。

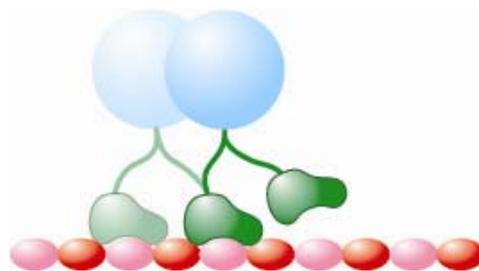
ところで、物理は自然科学の根幹をなす学問分野であり、いくつかの法則に基づいてさまざまな現象を論理的に説明できるという事実に私は魅了されます。宇宙で起こるすべての現象は基本的には物理法則で説明できると、物理学者たちは(そして私も)考えています。生命現象でさえ例外ではありません。

私たちの身体の中では無数のタンパク質が生命維持に必要な活動をしています。なかでも、工学との関係で興味深いのは、動くタンパク質です。たとえば、神経細胞の中で、細胞核の近くから細長い細胞の末端まで神経伝達物質を「運ぶ」キネシンというタンパク質があります。キネシンはレールの役割をする繊維状のタンパク質の上を、人間が二本足で歩くように移動します。「足」の長さはわずか10ナノメートルほどです。こんな小さなものが二足歩行様式で動くことを検証できるとは、おどろきです。

このほかにも、筋肉を動かすタンパク質、のどや気管に侵入した異物を排出するために繊毛を動かすタンパク質、遺伝子の情報を読み取るためにDNAの上を滑走するタンパク質などがあります。これらの動くタンパク質は生体分子モーターやモーター・タンパク質などと呼ばれます。いずれも10ナノメートルから数十ナノメートルの大きさです。

分子モーターのほとんどは、化学反応のエネルギーを利用して動いているのですが、そのしくみはまだ完全には解明されていません。自動車のガソリンエンジンは燃焼(爆発?)という化学反応を利用して、気体の膨張により回転運動を生み出しますが、騒音や有害物質を出します。分子モーターは騒音も有害物質も出しません。人類が創り出してきたどんな機械よりも小さく、いかなる機械とも異なるメカニズムで動く分子モーターのからくりを物理法則に基づいて説明できれば素晴らしいと思います。そうすれば、何十年後かには、身体の中に這入って治療をおこない、しかも身体にやさしい装置を創り出すことができるのではないかと想像しています。

私は、分子モーターのからくりを説明する理論モデルを考えては計算するというのを楽しんでいます。からくりについてはほんの少しわかったかな、という程度で、それに伴う喜びもいまのところ微々たるものです。できるならば、「自然」という名の女神ともう少しお近づきになって、ヴェールのむこうの素顔をのぞいてみたい。そのためにも、物理をたしなみ生体分子機械について語りあえる仲間が増えることを願っています。



図：レールの上を歩きながら荷物(水色)を運ぶ分子モーター(緑色)のイメージ

# 渡邊和雄教授、産学官連携功労者表彰文部科学大臣賞を受賞



2009年6月、金属材料研究所強磁場超伝導材料研究センターの渡邊和雄教授と住友重機械工業(株)の櫻庭順二主席研究員が、「無冷媒強磁場超伝導マグネット装置の開発」により、第7回内閣府産学官連携功労者表彰「文部科学大臣賞」を受賞されました。この賞は、大学・公的研究機関・企業等の産学官連携の優れた活動を表彰するものです。

今回、表彰の対象となった「無冷媒強磁場超伝導マグネット装置の開発」の経過について、渡邊先生からいただいた資料を基に、簡単にご紹介します。従来、無冷媒超伝導マグネットの実用化において、0.5Wの冷凍能力しかない小型冷凍機で銅製の電流リードからの熱侵入を克服するためには、40Aの運転電流が限界だったそうです。1989年、東北大学金属材料研究所において、高温超伝導体が従来型の超伝導体と比較しても遜色ない臨界電流特性を持つことが強磁場中で確認されました。また、高温超伝導バルク材の熱伝導が、金属としては最も熱伝導の小さいステンレス鋼並みであることが着目されました。Bi-2223系バルク高温超伝導電流リードを用いることにより、超伝導マグネットへの電流リードからの熱侵入をこれまでの1/10にまで小さくできることが分かり、渡邊先生はこれを実証する計画を住友重機械工業(株)に提案し、産学連携の研究が始まったそうです。そして、1992年に、0.5Wの冷凍能力の小型GM冷凍機を用いて500Aの電流容量まで通電できる世界で初めての実用的な無冷媒超伝導マグネットの開発に成功し、1ヶ月間磁場保持の連続運転が実証されました。この成功を発端として、無冷媒超伝導マグネットは産業化され、大きく発展したそうです。渡邊先生達は、

さらに、コンパクトな超伝導マグネットを実現するために、その後10年ほどに渡って無冷媒超伝導マグネットに最適な高強度Nb<sub>3</sub>Sn線材の開発研究を行い、強磁場用の無冷媒超伝導マグネットに適用されました。そして2005年に、世界唯一の水冷マグネットと組み合わせた27.5テスラ無冷媒ハイブリッドマグネットの開発に成功しました。

この「無冷媒強磁場超伝導マグネット装置の開発」の社会的意義は非常に大きいものがあります。超伝導マグネットは、ジュール熱の損失がゼロである点において省エネルギーであると言えます。しかしながら、通常の超伝導マグネットは液体ヘリウムで冷却して運転するため、運転には大量の液体ヘリウムが必要です。さらに、世界の戦略物資であるヘリウムは、石油の埋蔵と類似しており、20～30年後には枯渇するとの予測もあります。したがって、ヘリウムを使用しない無冷媒超伝導マグネットの技術は、省エネルギー、省資源という世界が直面している重要課題に沿った技術として大変意義あるものであると言えます。

また、無冷媒超伝導マグネットは、通常の超伝導マグネットに比べて安全で取り扱いが容易です。そのため、様々な分野の研究者に使われるようになり、例えば、常磁性体や反磁性体の磁場効果を研究する磁気科学と呼ばれる研究領域が生まれたことも特筆に値します。また、強磁場印加型シリコン単結晶製造装置への波及など、新技術や市場への貢献も顕著になっており、今後益々の応用が期待されています。

このような素晴らしい技術を開発され、受賞された渡邊先生に、心よりお祝い申し上げます。(足立匡)



**【無冷媒27.5テスラハイブリッド・マグネット】**  
ハイブリッドマグネットは、外側の超伝導マグネットと内側の水冷銅マグネットの組み合わせ方式により定常強磁場を発生できる。外側の無冷媒超伝導マグネットは、単独で360mm室温ボア中心に9.5テスラまで発生できるが、ハイブリッドマグネットでは、8.5テスラのバックアップとして7.2MWで19テスラ発生時の水冷銅マグネットに加算して32mm室温実験ボア中心に27.5テスラを発生させている。

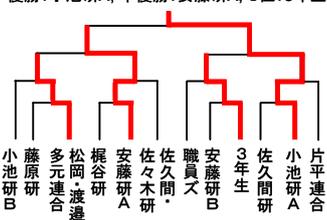
## 応物秋季ソフトボール大会報告

平成21年度応物研究室対抗秋季ソフトボール大会が10月24日(土)に開催されました。結果は、小池研Aチームが優勝を飾り、準優勝が安藤研Aチーム、三位は3年生チーム、敗者復活優勝は梶谷研チームでした。個人賞は、ホームラン王に3年生の大野真澄君、奪三振王には渡邊研修士1年の池原佑基君、MVPには小池研修士2年の上坂正憲君が輝きました。(正井博和)

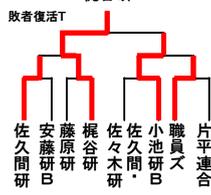
**【MVP:上坂正憲君(写真後列右より3人目)の談話】**

まさか自分がMVPに選ばれるとは！！ソフトボール大会の打ち上げでMVPが発表されたとき、自分は実験中で、会場から「MVPおめでとう！」と携帯に連絡を受けたのですが、またいつもの冗談だと思っていました。正直、自分より活躍していた方々には申し訳ないです(笑)。来年からマスコットの私はいなくなりますが、2010年度も盛り上がることを期待しております。

優勝:小池研A, 準優勝:安藤研A, 3位:3年生



敗者復活優勝:梶谷研





永沼 博（安藤研）

スピントロニクス分野・安藤研究室では、電子の電荷およびスピンの両方の性質を利用した“スピントロニクス技術”により現在のエレクトロニクス素子を飛躍的に超える高機能素子の創製に挑戦しています。スピントロニクス分野を支えている基盤技術の一つにトンネル磁気抵抗効果\*<sup>1</sup>があります。トンネル磁気抵抗素子は既に民生用のハードディスクドライブに利用されていますが、その基本原理は不揮発性集積回路、スピントランジスタ、磁性発振(検波)素子、半導体へのスピン注入等、多くの環境調和エレクトロニクスデバイスへ貢献することが期待されています。このようなデバイスを実現するためには、多くの要素技術を開発する必要がありますが、そのなかでも、高い「磁気抵抗比\*<sup>2</sup>」を得ることは共通して重要な課題となっています。

そのような状況の中、安藤研究室では、博士課程3年のL. Jiangさんと私が中心となって、室温における世界最高値の磁気抵抗比を二重トンネル磁気抵抗素子において実現することに成功しました(Appl. Phys. Exp. 2 (2009) 083002)。従来のトンネル磁気抵抗素子は絶縁層1枚を磁性膜2枚で挟んだ構造でしたが、今回、我々が開発した二重トンネル磁気抵抗素子はその名のとおり、絶縁層2枚を磁性層3枚で挟み込んだ構造となっています。数ナノメートルという非常に薄い膜厚の絶縁層が2枚になることで、素子の作製が技術的に非常に困難になりますが、材料・素子構造の創意工夫によって、高品質の素子を得ることに成功

【用語の説明】

\*<sup>1</sup> **トンネル磁気抵抗効果**: 厚さ数nm (nmは10億分の1メートル) 以下の薄い絶縁体を2枚の強磁性体で挟んだ構造において、2枚の磁性層の磁化の方向が平行( $R_p$ )のとき、2枚の電極間の抵抗が小さくなり、反平行( $R_{AP}$ )のときには抵抗が高くなる現象である。

\*<sup>2</sup> **磁気抵抗比**: 二つの状態での抵抗の差 $R_{AP}-R_p$ を平行状態での抵抗値 $R_p$ で割った値であり、その差が大きい程、磁気抵抗比は高くなる。

安藤研究室 HP: <http://www.apph.tohoku.ac.jp/spin/>

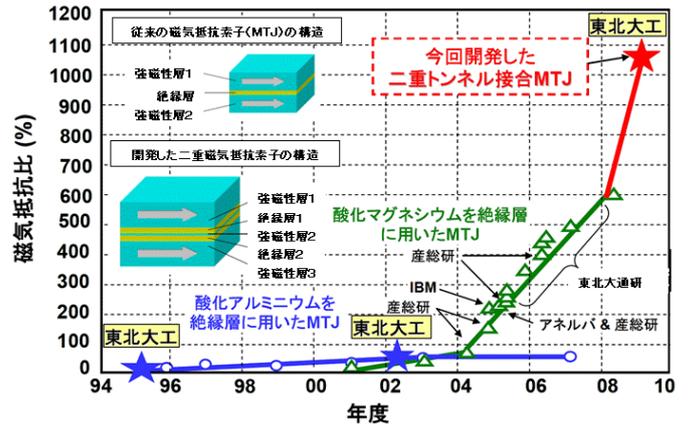


図: 磁気抵抗比の年次推移

しました。上図の磁気抵抗比の年次推移にあるように、我々が開発した二重トンネル磁気抵抗素子で得られた磁気抵抗比1056%は、年次推移の傾向を飛躍的に進歩させており、まさにブレークスルーといえます。この高い磁気抵抗比をもつ二重トンネル接合素子の開発により、不揮発性集積回路を動作する際の消費電力を格段に低減させることが可能となりました。これは、消費電力を極限まで低減させた環境対応型電子デバイスの実現に向けた大きな一歩であり、さらに将来的には、この素子の大きな出力変化をスイッチ動作として利用する、いわゆるスピントランジスタの実現も夢ではなくなりました。現在、半導体による集積回路およびトランジスタは産業界から家庭、さらには個人の携帯電話の中にまで幅広く使われてきていますが、その電力が大きな環境負荷の原因となってきています。不揮発性のデバイスがこのような全ての電子機器に搭載されれば、その省電力化、ひいてはCO<sub>2</sub>の排出量削減に大きく寄与するものと期待されます。

【研究に携わった L. Jiang さんの談話】

I had many difficulties in the experiment such as photo-lithography processes as well as measuring magneto-transport properties. However, finally, very exciting results were successfully observed in double barrier tunnel junctions. This result is obtained with many supports from Ando Lab's member.

Here, I would like to express thanks to all member who create a good atmosphere in Ando Lab.



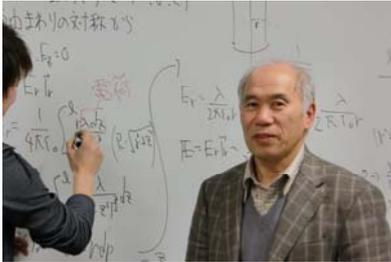
応物テニス大会報告

6月22日、研究室対抗の応物テニス大会が始まりました。ダブルス5試合の結果で勝敗を決め、総当たり戦を行います。応物テニスコート一面だけで全試合を消化する上、梅雨、出張による選手の不在など様々な要因により大会は例年長期にわたりますが、今年はとりわけ長く、最終試合が行われたのは11月28日、応物駅伝大会のゴール数時間後のことでした。結果は小池研が5勝1敗の成績で2連覇を果たし、準優勝はその小池研に唯一の黒星をつけた3年生チーム(4勝2敗)でした。

不定期に、むしろ忘れた頃にやってくる試合日程にも関わらず、毎回メンバーを確保して参加し、しかも大健闘をみせてくれた3年生チームの皆さんには感謝いたします。来年度の大会で

も、配属先の研究室の新戦力として再び活躍を見せてくれるのが楽しみです。(土浦宏紀)

	小池研	3年生	佐久間研	梶谷研	安藤研	藤原研	佐々木研
小池研	●	○	○	○	○	○	○
3年生	○	●	○	○	●	●	○
佐久間研	●	●	●	○	○	○	●
梶谷研	●	●	●	●	○	○	○
安藤研	●	○	●	●	●	○	○
藤原研	●	○	●	●	●	●	○
佐々木研	●	●	○	●	●	●	●



ナノサイエンスコースには、普通の授業や演習で分からない所を気軽に相談できる場として学習相談室があります。今日は学習相談室の松原史卓先生にお話を伺いました。

—何故そのような方法を取っていますか？

わからなくなる学生は理屈を考え込むことが多く、その箇所は学生によって様々です。しかし、そこを乗り越えれば後は順調に伸びていきます。そのため、学生個々の疑問に柔軟に対応できる寺子屋方式が一番良いと考えたからです。

—ナノサイエンスコースは他のコースに比べて大変だと考えている学生も少なくないようです。この点に関して、先生はどのように思われますか？

ナノサイエンスコースでは、積み上げ式の体系的な教育を行っています。また、教員は教育を高いレベルに保とうとしています。これらは大学教育のあるべき姿だと思いますが、積み上げ式の教育は基礎のところでの躓きが後まで響くので、その点で学生は苦勞をしていると思います。しかし、一度の失敗が後まで尾を引くのは問題です。そのため、コースでも、多くの基礎科目に演習を付けて学生の理解を助けるなどの工夫をしています。学習相談室の開室もその一環です。

—最後に、学生へのメッセージをお願いします。

どの学問もキープポイントは単純で、そこが分かれば面白くなり、後は順調に進みます。ハードルを乗り越えるよう頑張りましょう。もし行き詰ったら、遠慮なく学習相談室に来て下さい。

(聞き手:佐々木志剛)

—今日は御時間を取って頂き、どうもありがとうございます。最初に、ナノサイエンスコースに学習相談室ができたのは先生の御提案と聞いています。どのような経緯だったのでしょうか？

前々から学生が躓いた時に気楽に相談できる、小中高にある保健室のような場所があれば良いと思っておりました。そこで、コースの理解と要望もあり、定年を機にこの仕事を始めています。

—学習相談室ではどのような相談を受けていますか？

授業や演習で生じた様々な疑問や質問を受けていますが、今のところ基礎科目(電磁気、量子力学等)の補習が主です。

—補習を受けた学生は良い成績で単位を取得しているようですが、補習はどのような形で行われていますか？

教科ごとに問題を用意し、一人ずつ都合の良い時に来てもらい、解答してもらっています。一つ終わったら次の問題に取り組んでもらう、いわば寺子屋方式です。

## 応物駅伝大会報告

第41回応物駅伝大会が11月28日に開催されました。西は青葉台から東は川内キャンパスまで、起伏の激しいコースを学生と職員の7人でたすきをつなぐ研究室の総力戦です。今年は小池研Aチームの8連覇がかかった大会でしたが、安藤研Aチームが4区間で区間賞を獲得し、最終区で小池研Aチームを抜いて優勝するという劇的な結末となりました。安藤研では博士課程3年の窪田崇秀君を中心に、2ヶ月前から青葉山周辺を走って練習していたそうです。トップでゴールを駆け抜けた窪田君のガッツポーズが印象的でした。

大会終了後の懇親会では、参加した全11チームの走者をねぎらい、大会幹事の梶谷研の学生達が作った、ごぼうとしめじの本格的な豚汁が振る舞われました。(林慶)



優勝: 安藤研A 37' 26"  
準優勝: 小池研A 38' 19"  
3位: 藤原研 40' 11"

## 人事異動 (2009年4月16日～12月31日)

2009年12月31日 小山佳一  
金属材料研究所強磁場超伝導材料研究センター辞職  
鹿児島大学大学院理工学研究科教授へ

## 受賞 <AWARD>

2009年9月1日～12月31日

- 三井好古 (博士1年) 日本磁気学会学術奨励賞(内山賞)「強磁場・高温X線回折測定用試料電気炉の性能評価」2009年9月
- 高橋儀宏 日本セラミックス協会第29回エレクトロセラミックス研究討論会研究奨励賞「Ba<sub>2</sub>TiGe<sub>2</sub>O<sub>8</sub>ガラスの加熱過程における低波数非弾性光散乱」2009年10月
- 松岡隆志 CREST「新機能創成に向けた光・光量子科学技術」研究領域第二回公開シンポジウムポスター賞「温度安定性に優れた光通信用InN半導体レーザの研究」2009年11月
- 三井好古 (博士1年) KINKEN-WAKATE2009 Best Poster Award  
「Development of X-ray diffraction camera in high magnetic fields」2009年12月

受賞年月日順に掲載

## 編集後記

2010年もはやひと月が過ぎ、より多くの方に「応用物理学専攻」を知っていただくために創刊した Newsletter “おうぶつ”も昨年6月発行以来本号で3号となりました。これまでに少なからぬ反響をいただき応物のことを多少なりとも知ってもらえることができたかと思っています。秋以降新型インフルエンザが大流行し、その対策として学生実験では実験中全員マスク着用というかつてない光景が出現しました。しかしその甲斐あつたか大きな影響を受けることなく無事終了することができました。年度末に向け、まだ多忙な日々が続きますが、健康に十分配慮してこの時期を乗り切ってください。(佐藤文隆)