

おうぶつ

Newsletter by Department of Applied Physics, Tohoku University

東北大学 大学院工学研究科 応用物理学専攻
工学部電気情報理工学科 応用物理学コース



「新材料」と「光」と「スピントロニクス」

水上 成美



自己紹介 生まれも育ちも宮城県です。2001年に応用物理学専攻の博士課程を修了し、その後日本大学に7年間勤務しました。2008年に現在の原子分子材料科学高等研究機構(AIMR)の助教に着任し、2014年11月付で教授になりました。AIMR は片平キャンパス

の北門近くに位置しており、理学から工学まで幅広い研究分野の研究者が集まって、世界トップレベルの「科学」と「技術」を異分野横断的に研究しています。外国人研究者の割合が多いこと、「数学」と「材料科学」の融合を目指すところが特徴です。

研究室の紹介 量子力学を習うと、電子などの素粒子は「スピン」という妙なものをもっている、ということを教えられます。「スピン」は様々な形で身の回りの物質の性質の中に現れ、その典型例が磁石です。そういった「スピン」の関わる基本的な物性物理を理解し、うまく応用することで、社会の役に立つ新しい原理のデバイスを開発するのがスピントロニクス分野です。私の研究室では、情報通信機器等への応用を目指したスピントロニクスデバイスとそのための材料の研究を行っております。詳しい研究内容は、難しいところもあるのでここでは述べませんが、「新材料」と「光」がキーワードとなっており、大容量磁気抵抗不揮発性メモリといったかなり産業に近いところにある研究を一つの課題として行っております。他方、スピンを用いた素子のテラヘルツ波帯応用や、スピンの波を用いた論理演算デバイスなど、まだ物理原理や性能を検討する段階の応用研究、そのための基礎物性研究や評価装置の開発も同時に進めております。それらの研究は、新聞にも掲載されるなど、成果を収めつつあります。また、応用物理学専攻をはじめ、東北大学には世界をリードする優れたスピントロニクスの研究室がたくさんあり、それら学内の研究室や国内外のスピントロニクス分野の研究者との連携研究も精力的に行っております。

学生へのメッセージ 研究室には、私、研究員4名、支援者3名、合計8名(現時点)の職員が所属し、民間企業からの研究員ら数名と一丸となって、研究を進めています。今年度からは応用物理学専攻の協力講座となり、博士、修士、学部4年生が各々1名在籍し、研究のイロハを勉強しつつ、大学生活を満喫している(?)ようです。若い力が研究室の雰囲気

い意味で変えてきてうれしい限りで、「学生さん絶賛募集中」です。他方、自分が学生だった頃は、…と、気づけば当時の指導教官と同じことをしていることに気づき、自分では若いと思っけていても、だいぶ年をとったのだな、とも思うようになりました。学生時代、当時の指導教官から自分の研究課題に関係する論文を全部読むようにいわれたことを思い出します。白黒のブラウン管で文献検索を行い、学内の図書室を我武者羅に回って、千報以上の論文を読んだ記憶があります。その知識が、当時の研究成果、そして今の研究の基礎になったと思います。そのようないい意味での我武者羅さ、集中力は、学生や若い時だけだな、とつくづく思います。学生時代という、人生で最も「自由」な時間をどのように使うかは人それぞれですが、人生の糧になるよう大事にしてほしい…と学生時代にはよく言われましたが、確かにその通りだと思います。

抱負 以前に、ある博士学生が挑戦的な研究課題を提案してきました。高いレベルの目標に学生が挑むことをサポートし、結果的によい成果を得た時には、教員を続けてきてよかったなとつくづく思いました。また、学生と仕事をする中で、新しい課題に挑戦するという研究意欲も高まります。昨日も、ある学生が挑戦的な研究課題を提案してきました。今度の課題はかなり難しそうですが、やりがいのある研究になると思います。今後も、研究室の職員とともに、社会に貢献する研究成果を得るのは無論のこと、高い理念をもって学生と共に研究と(時には飲み会に…)邁進したいと思います。



(水上研究室のメンバー)

土浦先生(全学教育貢献賞受賞)を囲んで「全学教育科目」を考える座談会

土浦宏紀准教授が平成27年度全学教育貢献賞を受賞されたのにあたり、特別企画として、「全学教育科目を考える」という壮大なテーマで座談会を開催いたしました。現在、物理Aの講義を担当されている土浦先生、昨年、数学物理学演習を担当されていた林慶准教授と3人の学生の間で、全学教育科目の講義に関して遠慮のない意見の交換を行いました。(川股隆行)

学生の皆様は、テスト期間中にお集まり頂き、本当にありがとうございます。まず、自己紹介の方をお願いします。

伊藤:工学部1年の伊藤豪祐です。私は、医工学コースを希望しています。人の役に立つこととして、一番イメージしやすかったのは、医学と工学の融合だからです。特に、理論とかよりも、イメージしやすい実験とか臨床とかを考えています。でも、これから学んでいけば、理論に転ぶかもしれない。よろしくをお願いします。



金垣:工学部1年の金垣葵です。私は、電子コースが希望で、ディスプレイの研究をしたいと考えています。目が悪いので、目に関する研究をしたいと思っています。特に、ディスプレイを見続けることによって、目が悪くなるのを防ぎたいと思っています。情報コースのプログラミングや電気コースのプラズマロケットエンジンにも興味があります。そういう意識で、今年はオープンキャンパスを見学しまして、おもしろそうなのがたくさんあったので、



工学部に来て、良かったなと思っています。

菊池:工学部2年の菊池なつみです。私は、もうコースが決まっているのですが、情報工学に進みます。もともと、数学とか物理とか、自分でこつこつやるのが好きなので、理論と迷いました。今は、人工知能とかがいろいろかあると思っていて情報コースを選びました。でも、1年生のときは、医工学の方にも興味がありました。



早速、座談会の方を始めたいと思います。全学教育科目、特に、理系の講義を受けてどのように感じましたか？ 難しかったですか？



土浦:まず、両極端の意見を紹介すると、片方は、高レベルな数学物理を期待して来たけど、レベルの低さにやる気を無くしてしまった人。もう片方は、大学の講義は初めて聞くことばかりで、すごく楽しいと感じた人。両極端な人たちがいました。みなさんとしては、どちらでしたか？

伊藤:私は、どちらかという後者の方ですね。でも、物理Aだと4、5月は、高校の応用という感じの運動方程式の話だったので、ちょっと拍子抜けしました。でも、6、7月から急に分からなくなった。「角運動量ってなに？」となる。最初は簡単に油断した瞬間、大学側が急に本気を出してきた(笑)という感じで戸惑いました。

金垣:言いたいことを言われてしまった(笑)

【講義時間】

伊藤:あと、大学では講義時間が90分であることです。私の高校では45分授業でした。だから、最初の30分間は集中して講義を聞けるのですが、残りの時間は集中できなくて、頭に入らない。加えて、先生によっては、講義の最初ゆっくりなんだけど、時間が足らなくなって、最後の方に内容を詰め込んでくる。そうすると、集中力が切れたところに、大量の情報が出て、やっぱり、内容が頭に入らない。

土浦:そうすると、僕は席を外した方がいいかな(笑)

伊藤:物理Aに限った話ではないです(笑)

土浦:こういった話をどんどん言ってもらえればと思います(笑)

金垣:集中力が90分間続かないというのは、僕も一緒でした。講義開始して20分経つと寝てしまい、最後の10分前に起きるということが続くことがありました。講義を受けようと思う気持ちは、確かにあったはずなのに、気付いたら寝ていました。個人的に悔しかったです。

【時間の使い方】

伊藤:やりたいことが多すぎたのが問題だったと思います。1セメに講義をたくさん詰め込んでしまう。そうなると、レポートをやる、授業も多い、大学生になったのでバイトもやりたい、さらに、サークル活動もしたいとなってしまう。その結果、すべて中途半端になってしまう。

金垣:そうそう、1週間に24単位の制限があるけど、逆に、24単位まで詰め

られると思ってしまう。時間割を決めるとき、それが失敗だったと思う。もっと講義の数を減らして良かったと思う。結局、授業ごとに優先順位を決めてしまって、課題やレポートがある演習や実験が優先になる。本当は、物理Aとか自分で掘り進めて勉強をしたかった。

伊藤、菊池:すぐわかる。

【復習】

伊藤:結局、そういう勉強時間が確保できなかったことは、こっちの責任なのですが、時間を取りたくても取れない学生がいると思います。その点、物理Aは、講義の初めに先週の復習してくれる点がすごく良かった。

金垣:そうそう、予習復習の時間がない学生にとって、本当にありがたかった。

伊藤:講義を受けたとき、「先週にやった知識が身につけていれば、今日の内容が分かるのに！」と思うことが多くなかった？

金垣:多かった多かった。だから、課題に時間が取られて、予習や復習などの勉強ができなかった。それが、残念でならない。

土浦:講義の初めに復習することは、ジーベルという先生のマネをしているだけなのですが、毎年、多くの学生が喜んでくれています。

菊池:自分で教科書を読むよりも、先生が分かりやすく説明した方が、効率よく理解できます。

伊藤:でも、時間が取れないと言っても、本当は10分ぐらいなら取れるはず。だから、授業の最後に、憶えて欲しい復習して欲しい内容を何個か言って欲しい。そうすれば、学生は復習できると思います。

【予習】

林:予習はしましたか？ やっぱり、時間がなかった？

菊池:好きな授業はしました。時間が無いときは、教科書をちょっと見るだけになりましたが。

金垣:時間はないですが、数物演習の予習はしていました。

伊藤:強制でも、やる方がいいかな。時間がないと言っても、本当はあるんですよ、どっかに(笑)

金垣:やっぱり、大学生になって、やりたいことが多すぎる。学友会をやめても忙しいと感じる。

伊藤:受験勉強のときに、予習、授業、復習のサイクルの大切さに気付くんですよ。でも、大学ではそれができない。教科書とかノートを見るだけでもやっておけばと思う。ただ、どこを予習したらいいかわからないというのはあります。全体を見てわからない所を見つけることが予習の理想だと思う。でも、それには時間がかかる。だから、次の講義ですること、予習のポイントを言って頂けると助かります。

金垣:そういう先生は1人いる。授業の終わりに、次回やるところの教科書のページを書いてくれる。ただ、時間が取れなかったので、予習はできませんでした(笑)

林:自分が学生のころと違うなと思って。

土浦:僕らのころは、基本、勉強は自分でするもので、役に立つかもしれないから、講義を受けるというスタンスだったかな。

伊藤:でも、今は講義や課題が多くて、そういう勉強ができない。

土浦:そう、できないね。だから、講義が中心になっちゃう。

金垣:そういう意味では、授業中心の高校と変わらない。

伊藤:自分で勉強をして、そのプラスαとして講義を使うのが、本当の勉強だと思う。自分でゼロから作り出す作業をする。大学の勉強の目指すべきところは、そこだと自分は思う。

金垣:それにしても、必修科目が多いと思う。

土浦:そのせいで、大学生になっても習うという感覚を捨てきれない学生さんが多い。だから、研究室に入って、研究を始めるときに、大変ななっています。

【講義中の先生】

金垣:●●●の先生は、教科書を読んでいるだけで、教える気が感じられなかった。独りよがりの話をして帰る。講義に出る意味が感じられなかった。

菊池:でも、そういう先生は1対1で話すの良い先生だと聞きますね。「聞きたいことはこれです」と質問すると、それに対して丁寧に答えてくれる。講義で教えることと質問に答えることは違うみたい。

伊藤:教科書を読んで、その内容が理解できるなら、講義に出る意味はないかなと思います。フリートークとか教科書以外の部分があるから、講義は楽しくなる。それを聞きに出席している部分はある。

金垣:土浦先生は、結構、フリートークしてくれますし(笑)

土浦:まじめに、授業をしていますよ(笑)



金垣: ノートを取っている間に、フリートークしてくれるのがありがたい。

土浦: 黒板が狭いから、そういう時間があるんだよね。

【黒板・パワーポイントを使った講義】

伊藤: 黒板は、本当に狭いと思います。

土浦: そうだね。パワーポイントでやる先生もいるようだけど……

金垣: 個人的にはパワーポイントの授業は、好きじゃない。普通の教室でスライドの一番下まで使って、全然、見えない講義もありました。●●●の講義ですが。しかも、パワーポイントを使うと黒板に書かないので、講義のスピードが速くなったりして、ノートがとれなかったりする。パワーポイントを使う講義は、それだけで抵抗があります。

伊藤: そうそう、黒板だと先生も書いているから、学生がノートに写し終わる時間がわかる。でも、パワーポイントだと、それがわからない。だから、黒板がいい。

金垣: まあ、スライドの内容の配付資料があれば、まだ許せるかな。

菊池: 確かに、パワーポイントを使った講義の評判はよくないですね。1年生の後期にも、全学教育について話しあう機会があって、そのとき、ある講義が、パワーポイントの内容を読むだけだったというのを聞きました。式もパワーポイントで表示するだけ。

土浦: 式は、学生の目の前で解いてくるところを見せるということが一番大切だと思っている。

金垣: そうですよ。過程ありきで成り立っているものなので、必要だと思います。考え方を読み取れる気がします。そういう意味でも、黒板を使ってほしいです。

【数学物理学演習】

林: 数物演習は分野が広いので、たくさんの本を読まないで理解できない。でも、本を読む時間は取れないと思う。

菊池: そうですね。私が演習を受けたときの先生もそう仰っていました。それが大変なので、お助けとしてSLA²⁾にたくさん人が行くことになります。でも、SLAの数学と物理の担当の人たちが、大変になっています。でも、使う人は同じ人らしいです。

金垣: たしかに、認知はされているけど、使うのに戸惑う人が多いかな。

伊藤: 教科書を読んでも分からない。そういうときに、聞きに行く、理解をスムーズにしてくれる、そういう点でSLAはすごいと思う。僕は、予習として数物演習の問題を解くときに利用しています。本当は、図書館に行き、文献を読んで、その中から必要な情報を探して、問題を解くということがベストだと思う。でも、そんな時間はないので、SLAに行って教わっている。

金垣: そんなに数物演習の教科書は分かりにくい？

伊藤: 分かりにくいよ(笑)

菊池: 問題を解くだけだったらいいかもしれない。でも、理解しようとする足りないと。教科書自体の主旨が、内容の紹介だと思う。全部を理解しようすると、時間的に厳しくなる。

金垣: とりあえず、公式が使えて問題が解けるようになることを目標にすればいいのかな。

菊池: これからの講義でも、「これは数物に出てきた内容だ」となるから、苦手意識なく新しい講義を受けることはできる。2年生の講義で、ようやく、「数物演習で習った解き方がここに！」となる。

伊藤: まあ、数物演習は、勉強の一番おもしろくないところを凝縮した感じですね(笑)

金垣: そう、「つまんねえな」と思いながらやっている(笑)。でも、本当は、その先がおもしろい。

菊池: 解かされているだけの気分になる。

伊藤: 問題を何度も解いて、公式の意味を少しずつ理解していく。その理解していく過程がおもしろい。でも、そこに到達すること無く、次回、全く別なことをやる。だから理解できず、面白さがわからない。

【クラス間の格差】

菊池: 去年、林先生の数物演習のクラスでは、毎回、プリントを配布していましたよね。別クラスの私は、それがすごくうらやましかった。

林: 教科書を噛み砕いて、書き直したプリントを配っていた。

伊藤、金垣: それいいですね。

土浦: クラス格差出そうですね。

伊藤: 私の数物演習では、教科書の問題に加えて3問ぐらい演習中に解きます。でも、別のクラスでは、教科書の問題だけの週がある。そのときは予習していれば、すぐに帰れる。それがうらやましかった。

金垣: でも、別のクラスの方がしっかりやるという面ではいいと思う。どっちが良いかは別として、クラス格差があるのはよくないと思う。でも、先生によって違いが出ることはしょうがないと思う。格差をなくすことは無理だと分かっているけど、ぼやきはでてしまう。「◆◆◆と●●●が、はずれだったなあ」とか(笑)

伊藤: はずれ言うな(笑)

菊池: でも、自分が外れだと思っても、おもしろいと思う人もいる。やっぱり、好みには個人差があるし、自分と先生の相性みたいなものもある。

【新しい内容への理解】

林: 授業に対して、「こんな風になって欲しい」というのはありますか？

伊藤: 物理Aの最初は、高校で習った運動方程式の応用だったので、理解しやすかった。でも、後半、高校でやっていない新しい内容だったので理解に時間がかかった。大学と高校の内容にギャップがあるときは、解説とかもっと豊富にして欲しいというのがあります。

林: 高校と大学の内容に繋がりがあるように説明するのがいいのかな。

伊藤: そうして頂けると理解するのが楽になりますね。ギャップを感じさせないように、高校の内容の延長だと言って頂ければ、楽になると思います。

金垣: 私も同意見ですが、高校の延長の内容は軽めにして、大学に入ってから習うものに、重点を置いて教えてほしいかなと思う。

土浦: 全学教育科目だと1クラスに約80人います。高校と大学の内容をなめらかに接続しようとするのは、とても難しいですね。同じ内容でも、難しいと感じる人もいます、簡単に感じる人もいます。

金垣: 80人もいればそうなりますよね。確かに、どのレベルに合わせるかというのは、難しい。

土浦: 講義の内容に付いて来られず挫折して、学生が大学に来なくなることがないようにしたい。でも、講義を簡単にすると、後で、学生が困るわけです。研究したり、大学院の講義を受けたりするには、到達しなきゃいけないレベルがある。これは下げることができない。今、講義のレベルを下げた方がいいと言う先生の方が多い。でも、それはしちゃいけないと思う。

【講義へのモチベーション】

菊池: 私の解析学の先生は、「大学に入ったのだから、新しいこと学びたいよね」という方針だったので、新しいことを重点的に学べました。希望に沿った先生の講義を取れたのですごくよかったです。新しい知識を講義で聞けると、本当に楽しくなると思います。

伊藤: 講義に魅力を感じられれば、内容に付いて行けると思います。講義の最後に、今回の内容を理解できたという実感があれば、講義を楽しく感じられると思う。例えば、講義の最後5分に、確認テストとか。

金垣: でも、生徒側にも問題があるかなって思う。東北大は、最高峰の学校じゃないですか。やっぱり、レベルが高くてしかるべきだと思う。どういうモチベーションで入ったのか分からないけど、別にそれなら東北大じゃなくてもいいよねという人はいる。

伊藤: 東北大に入ることが、ゴールになっている人が多いね。

金垣: そうそう。ここがスタートじゃん。もう、終わっている人がいる。

土浦: このコメントを太字で印刷して、大学院生に配りたい(笑)

金垣: わりと本気でこれは言いたいです。普通の大学に行っても楽しく他のことに打ち込んだ方が幸せじゃないの？という人がいる。何のために、東北大に来て勉強するのかって思います。

林: そうすると、高レベルな講義があっても良いのかな。その方が、むしろ勉強するかもしれない。

金垣: 確かに、レベルが高かったら、勉強しないと付いて行けないから。それこそ、数物演習ですよ(笑)

菊池: 私は、授業がどうだろうと、結局は、自分のモチベーションが一番大切だと思います。どんなに、先生が良い授業してくれたとしても、聞かなかったら何かを得ることは出来ませんし。

話が非常に盛り上がっているところもし分けないのですが、時間になりましたので、この辺で座談会の方をお開きにしたいと思います。どうも、ありがとうございました。

土浦: なんか、学生に無理矢理良いこと言わせてるんじゃないかって思う座談会でしたね(笑)

- 1) **全学教育貢献賞:** 全学教育における授業及びその支援、教育方法及びその支援等について優れた業績を挙げた者や創意工夫に溢れる取り組みにより大きな教育上の成果を挙げた職員へ贈られる賞。
- 2) **SLA:** Student Learning Adviser の略。学生の学習を先輩の学生が支援する制度。



(左から、伊藤君、金垣君、土浦准教授、菊池さん、川股助教(司会)、林准教授)

イギリス・リヴァプール大学での長期派遣を終えて

高松 智寿 (宮崎研)



私は昨年5月から今年4月末までの1年間、工学研究科若手教員長期海外派遣制度を利用してイギリスのリヴァプール大学で研究してきました。この長期派遣制度は、工学研究科の42歳以下の若手教員を対象に留学の機会を与える独自の制度であり、派遣者本人の将来、そして工学研究科の更なる発展のために作られた制度です。

私が派遣先に選んだリヴァプール大学理学部化学科のM. J. Rosseinsky教授は無機材料化学を専門としており、様々な機能性材料の発見で多くの業績を挙げている世界的に有名な研究者です。Rosseinsky教授は熱電材料の専門家ではありませんが、より優れた熱電材料の創製という目的の達成のために、無機材料化学を基礎とした新しい合成方法やその評価方法をしっかりと学びたいと考え、そして、異分野に飛び込むからこそ得られる新しい知識や経験を習得したいと思い、Rosseinsky教授のグループを選びました。派遣決定前は、Rosseinsky教授との面識はありませんでしたので、メールで直接連絡を取り自分の熱意を伝えたところ、長期海外派遣制度に合格したのであれば来ていいよとお返事を頂くことができました。書類審査と面接を経て2014年12月に長期海外派遣制度の第2期生としての派遣が決まってからは不安よりも期待やワクワク感の方が大きく、イギリスでの生活がとても楽しみでした。2015年5月からの渡英に向けて、ビザの申請など様々な手続きや準備を終えて、5月3日にリヴァプールに向けて出発しました。出発直前になると一抹の寂しさはありましたが、出国する際、家族と親戚が見送りに来てくれたことがとても心強く、新生活に向けての決意を新たにすることができました。マンチェスター空港に到着し、無事に入国審査を終えて初めてイギリスの地を踏みしめるとこれから始まる新しい生活への期待で胸が高鳴りました。リヴァプールはマンチェスター空港から車で1時間弱の隣町です。無事に大学の宿舎に到着してからは、シャワーを浴びて長旅の疲れを癒やし、翌日から始まるリヴァプール大学での新しい生活に向けて少し緊張しながらも早めに就寝したことをはつきりと覚えています。

渡英してからの5月中は、まずイギリスの生活や研究室のリズムに慣れることで精いっぱいでした。例えば、渡英後に宿泊した宿舎は3週間だけしか借りることができないため、その間に自力でアパートを探さなければなりません。電話で内覧予約をし、その後は見学と交渉を繰り返してなんとか希望のアpartを借りることができました。その他、身分証の作成や研究室のルールや実験装置の利用方法を教えてもらいながら一歩ずつ取り組んでいきました。単身でイギリスに来たために助けてくれる人もいないので、独力でなんとか生活していけるように頑張りました。その中でインターネットを利用した情報収集は本当に便利でいつも助けられました。また、メールや電話での家族や友人との連絡は心細い環境の中で大きな心の支えとなりました。インターネットが無い時代のことを思うと本当に恐ろしくなります。

これまで海外へは国際学会や旅行、長くても2週間程度のサマースクールへの参加といった経験しかありませんでしたので1年間という長期におよぶ海外での生活はとても不安も多かったです。上述のように住む家も現地で探す必要があったので尚更です。しかし、イギリスへの留学経験がある宮崎先生や清水先生にご経験や体験談を聞き、どうやって生活をすればよいかなど様々なアドバイスを頂くことができたことは大変心強くありました。また、イギリスの食事は美味しくないので有名です。まさにその通りで金額に見合う味には出会えませんでした。しかし、その中でもフィッシュ&チップスは予想に反して美味しかったです。旅をした先々で色々食べ比べをしてみましたがとても美味しいお店も数多くありました。また、外食は高すぎるので自炊を頑張りました。中華マーケットでお米や食材を購入し、鍋で炊いたご飯と持ってきたレトルトのお味噌汁が基本的な主食でした。日本人としてお米を食べないとやっぱり元氣

ができません。その他、借りたアパートはシャワーが頻繁に壊れたり、コンロの排気口が外に繋がってなかったり、電子レンジがなかったりと色々な問題はありましたが、住めば都と言うように慣れればそれなりに生活はできるものでした。

イギリスに来てから1ヶ月が過ぎ、6月に入ると生活も軌道に乗り、研究により力を入れることができるようになりました。Rosseinsky教授の下で私が取り組んだ研究は、酸化系での新しい熱電材料の探索です。宮崎研究室ではケイ化物に着目して研究を行っていましたが、新しい酸化熱電材料の研究開発はとても魅力的でわくわくしました。なぜなら、今まで自分では思いつかなかったようなアイデアが数多く提案され、Rosseinsky教授やスタッフの方々の研究における知識やセンスというものに驚きました。このグループには、世界中から学生やポスドクが集まっており、総勢40名を超える規模のグループです。実験や研究室での生活を通して一緒に切磋琢磨し、友人になれたことは貴重な財産となっています。また、ゼミやミーティングを通して、このグループの研究の質の高さも知ることができました。これまでは日本の中から論文を読むことでは海外のグループの研究内容を知ることができなかったのですが、多くの一流学術誌に投稿しているRosseinsky教授のグループの研究立案や研究進捗ミーティングを通して「研究のいろは」というものを改めて学ぶことができたことは、現在の私の研究活動において非常に有益な経験となっています。

長期派遣中は、研究はもちろんのこと週末や連休を利用してイギリス各地への旅行にも行ってきました。イギリスはグレートブリテン島にあるイングランドとスコットランド、ウェールズ、そして海を挟んだ北アイルランドから構成される連合王国です。1つの国ではありませんが、歴史的にも成り立ちが異なるので独自の文化だけでなく紙幣も異なり、行く先々で魅力的な人と出会い、素晴らしい思い出をつくることができました。また、世界史でも習ったように、イギリスは大英帝国として世界の海の覇権を握り、様々な国から多くの文化や芸術品を集めた国です。よって、日本では見ることができない優れた芸術品を数多く見ることができました。有名なロゼッタストーンを展示している大英博物館に代表されるように、多くの博物館や美術館において超一流の芸術品が展示されており、それらを直接見ることができたことは自身の教養をより深めることができただけでなく、その歴史的背景にも興味を抱かせるものであり、イギリスや世界の歴史をこれまで以上に勉強する機会ともなりました。また、芸術だけでなく、スポーツにおいてもテニスのウィンブルドンや全英ゴルフ、ラグビーW杯(2015年は運良くイギリスで開催)、そしてサッカーのプレミアリーグなどが開催されるため、世界の一流のスポーツ選手を間近に見ることができます。このように、イギリスには科学や芸術、スポーツなど様々な分野での超一流が世界中から集まっており、この1年間は研究だけでなく様々な面において自分自身のスキルや感性、教養などを幅広く深化させることができました。これらの経験を今後の研究や日常生活に還元し、今まで以上にすべての面で努力していきたいと思えます。

イギリスで生活した1年間は私の人生の中で、かけがえのない貴重な経験や思い出をつくることのできた幸せな瞬間であり、この経験が将来にわたって私の礎になるものと思っています。このような素晴らしい経験させていただいた工学研究科と応用物理学専攻の皆様へ、そして、快く送り出して頂いた宮崎先生をはじめとする宮崎研究室の皆様はこの場を借りて厚く御礼を申し上げます。



研究トピックス ～ATP 存在下における回転分子モーターの diffusion enhancement～



品川 遼太 (佐々木研 修士2年)

生体内には膨大な量のタンパク質が存在し、活発に動くことにより生命活動を維持しています。その中には環境からエネルギーを得て、歩行や回転を行う分子モーターが存在します。佐々木研究室の研究テーマの1つは、分子モーターの動くメカニズムの解明であり、理論と実験の両面から研究しています。

分子モーターのサイズは10nm程度であり、このような微小な物体の運動は、ニュートンの運動方程式では記述できません。物体は周りの流体分子(例えば水分子)と絶えず衝突しており、流体分子の衝突する方向と個数が確率的に決まるため、微小な物体の運動が不規則になるからです。微小な物体1つ1つの運動は不規則ですが、統計的性質を調べると、微小な物体の位置は正規分布に従い、時間の経過と共にその分布が広がっていきます。これを拡散現象と言います。分布の広がりは、拡散係数を用いて特徴付けられます。

流体中の微小な物体は力を加えなくとも拡散します(自由拡散)。しかしある条件において、拡散係数が自由拡散の場合よりも大きくなる“diffusion enhancement”という現象を海外の研究グループが理論的に発見し、2001年に報告しました。我々はこの現象が自律的に運動する分子モーターでも見られることを理論的に明らかにしました。

まず、この現象を微小な物体の集団を用いて説明します。微小な物体の集団を周期ポテンシャルによって束縛すると、物体はポテンシャル

をなかなか越えることができず、分布の幅は狭く、自由拡散の場合よりも拡散係数は当然小さくなります。しかし、外力を加えると、外力が周期ポテンシャルの最大の傾きに近いき、拡散係数が自由拡散の場合よりも大きくなります。これが“diffusion enhancement”です。この起源ですが、外力が大きすぎると、ポテンシャルによる束

縛はほとんど起こらず、拡散係数は自由拡散の場合と同じになります。しかし、外力がポテンシャルの最大の傾きに近い時は、物体が外力によって周期ポテンシャルを越えるか越えないかが確率的に決まり、分布が自由拡散の場合より広がります。こうして拡散係数が大きくなり、diffusion enhancementが起こります。この現象はコロイド粒子系において実験的に証明され、回転する生体分子モーターF₁-ATPase(以下F₁)の機能の研究にも応用されました。

F₁は直径10nmほどの生体分子モーターで、回転運動を行う回転子とそれを囲む固定子で構成されます(図の模式図参照)。F₁はアデノシン三リン酸(ATP)を加水分解することによって得られる化学エネルギーを利用して回転します。回転子は水分子による衝突で勝手に回転しないように固定子との間の相互作用ポテンシャルで束縛されています。2015年、佐々木研究室の林久美子助教らは、回転電場系によって外部トルクを印加する実験を行い、回転子の回転拡散係数を測定することにより、F₁におけるdiffusion enhancementの観測に成功しました。この結果を利用して相互作用ポテンシャルの推定を行いました。

ATPを添加すると、化学反応による固定子の構造変化によってポテンシャルが切り替わり、F₁の回転子は自発的に回転します。我々はポテンシャルの切り替えを考慮したモデルを用いて、ATPを添加した場合における回転拡散係数を理論的に計算しました。計算の結果、ATPを添加した場合でもdiffusion enhancementが起こる事が分かりました(図)。またATP濃度に大きく依存することも分かりました。これがATP存在下でのdiffusion enhancementの特徴です。さらに、その発生機構はATP非存在下とは異なる事、今回の結果からポテンシャル等の推定が出来る事も分かりました。

条件次第で自由拡散の場合よりも拡散係数が大きくなるという現象は興味深く、また拡散係数から分子モーターの動作機構に関する知見が得られる可能性はとても魅力的です。今後も将来的な人工分子モーターの開発に役立てるような、ミクロスケールにおける物体の動作機構に関して研究していきたいです。

本研究成果は、J. Phys. Soc. Jpn., 85, 064004 (2016)にて発表し、同雑誌のPapers of Editors' Choiceに選ばれました。また、2016年6月9日に日刊工業新聞に掲載されました。

佐々木研究室 <http://www.apph.tohoku.ac.jp/mathphys/>

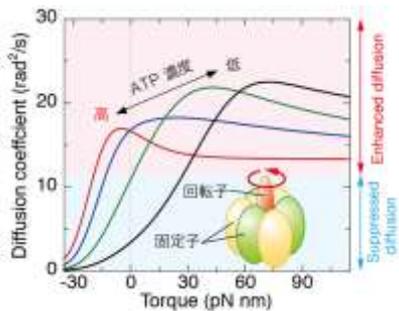


図. ATP存在下におけるF₁のdiffusion enhancement. 挿入図はF₁の模式図。

応物スポーツ教育講座：正しい走り方 ～駅伝大会に備えて～



松岡 隆志

勉強などによって同じ姿勢を保つことによって生じる肩凝りをほぐすために、学生の頃から毎週ゆっくりジョギングをしていました。来る11月5日(土)には、恒例の研究室対抗駅伝大会が予定されていますので、私の経験に基づくランニング方法について、お話しさせていただきます。

ランニングは、“歩く”および“急ぎ足”の延長にあります。つまり、正しい歩き方が基本になります。その基本は、“まっすぐ立てること”にあります。そのためには、腹筋、背筋、および、首を支えるための僧帽筋(背中から首の後ろに繋がる筋肉)が大事です。僧帽筋が弱くなると、耳が肩の線より前に出てしまいます。肩の線より首が前に出ている30代以上の方をよく見かけるのではないのでしょうか。腹筋と背筋が弱いと腰が落ちます。腰が落ちた状態では、効率良く身体を動かすことができません。前屈みの原因にもなります。次に、手足と腰の連動が大事になります。足の動きは、足を前に振り出し、踵の外側から着地して、地面を蹴り

ながら、親指を最後にして地面から離れます。この動作のためには、足首を引き寄せる(すねの筋肉=前頭骨筋)、足を曲げる(ふくらはぎの筋肉=腓腹筋)、膝を持ち上げる(大腿四頭筋)、膝を後ろに蹴る筋肉(ハムストリング)、腰を捻る(外腹斜筋と内腹斜筋)、および、太腿を身体の後方方向に動かす(大臀筋)などの筋肉が必要です。ハイヒールを履いている女性の中には腰が落ちている方を時々見かけますが、下半身の筋肉不足です。また、腕を振るための筋肉としては、胸筋、上腕二頭筋および上腕三頭筋があります。長い時間走る場合には、呼吸のための腹横筋も重要です。この筋肉が弱いと、長時間運動した次の日などにお腹周りが痛くなる場合があります。

速く走るためには、ピッチ(足の回転数)を速くして、ストライド(歩幅)を広げる必要があります。ピッチとストライドの兼ね合いは、種目によって異なります。例えば、100mの世界記録保持者ウサイン・ボルト選手は、41歩で100mを駆け抜けます。ちなみに、ロンドンオリンピックの4×100mリレーの日本のアンカー朝原宣治選手は、48歩でした。一方、フルマラソンでは、100mに較べて、ストライドはかなり狭くなります。長距離では、人それぞれにあった最も省エネのピッチとストライドの組み合わせとなります。視線を置く位置も大事です。5~10mほど前方を見ると、しっかりしたフォー

ムを維持しながらの走行ができます。遠くを見すぎるとあごが上がり、近くを見すぎると頭が下がり、背中が丸くなります。呼吸にも問題が生じます。遠くを見ると上体に力が入り、呼吸しづらくなります。背中が丸くなると、肺がつぶれてしまいます。長距離走における呼吸法としては、苦しくなってきたときには、息を吐き出すことに心がけます。吐き出し終わると、自動的に空気が肺に入ります。これによって、肺の奥から呼気ははき出され、新鮮な空気が肺の奥に届くことになります。

以上、ジョギングの一般的な理論を書きましたが、ここからは駅伝について私の経験をお話します。駅伝大会では、当然のことながら、激しい競争となります。フルマラソンのような長距離走では、呼吸が苦しくなることはありませんが、駅伝などでは筋肉の負担ばかりではなく、呼吸も苦しくなります。競って前を走る走者に追いつくためには、目線を相手の腰に置きます。目線を足に置くと、リズムが同じになり、追いつくのが難しくなります。追い越すときには、徐々にではなく一気に抜き去ります。そうすることによって、相手に精神的なダメージを与えることができます。精神的にも肉体的もぎりぎりのところで走っているのです、このダメージは有効です。

練習環境も良くなってきました。8月5日には、評定河原の運動場が全天候型への改修が竣工しました。以前同様、日本陸上連盟公認のトラックになっているはずですが、東北大は、七帝戦で昨年末までに3連覇しています。出雲駅伝や全日本学生駅伝の東北代表として活躍しておりますし、短距離についてもインターハイ3位で、今回のオリンピックの100m代表の桐生君と同級生の学生もおります。学生たちは、グラウンド整備が楽になり、さぞ喜んでいてと想像しています。彼らの練習風景を見るだけでも楽しいので、一度訪ねてみては如何でしょうか？

年齢を重ねると、知らず知らずのうちに筋力が衰えてきます。私は、

工明会の運動会でのミックスリレーのためのために、本番一月前から評定河原で練習しています。毎年のことではありますが、練習当初は16秒あまりかかりますが、本番前には14秒台に入ります。ハーフマラソンについては、ここ数年挑戦していますが、1時間41分がベストです。50才の時には1時間32分でしたので、現状の練習環境では、このあたりがスピードの限界かもしれません。そこで、持久力のテストという意味で、昨年13年ぶりにフルマラソンを走ってみました。約50分遅くなっていました。今年は8月28日に北海道マラソンに参加し、フルマラソンを走ってきました。タイムは4時間39分でした。昨年より8分あまり早くなりました。さらに、レース後のダメージは少ないように思いました。1月からフルマラソンまでの練習の走行距離としては、今年は昨年より短かったのですが、一回の練習において25km程度の走行を数回行ったことと、レース約一月前に30km走を行ったことが有効だったと考えております。良く業界で言われるのですが、エネルギーを消費し続けることと、エネルギーが枯渇してきた状態での行動に、身体の生理が慣れていたのでと考えられます。長距離も短距離も練習することによって、ある程度の体力の維持は可能です。最後に骨密度について一言。骨に振動を与えると、カルシウムの吸収が良くなります。私の骨密度は、同年代平均の133%であり、20代の103%です。私は乳糖不耐症であるため、牛乳などの乳製品を摂取することはできませんが、ジョギングのおかげと理解しております。

身体の生理や機能を理解しながら、日々運動を継続し、動くことのできる身体を維持しましょう。体力がなくなると気力が萎え、研究開発などという気力を必要とする仕事ができなくなります。80才ぐらいまではばりばり仕事をしたいと思っておりますので、ジョギングを継続しております。是非、運動を継続されて下さい。それでは、駅伝大会で。

受賞 <AWARD> 2016年5月1日~2016年8月31日 (受賞者の身分は受賞当時のもの)

- ・土浦宏紀 平成27年度全学教育貢献賞 2016年1月
- ・渡邊和雄 未踏科学技術協会超伝導科学技術研究会第20回超伝導科学技術賞特別賞「超伝導材料の高性能化に関する研究および無冷媒超伝導マグネットの開発」2016年4月
- ・井村周平 Summit of Materials Science 2016, Young Scientist Poster Presentation Award 「High Field Thermal Expansion and Magnetostriction Measurements of the Perovskite-type Co Oxide $Sr_{1-x}Y_xCoO_{3-\delta}$ 」 2016年5月
- ・野々田亮平 Summit of Materials Science 2016, Young Scientist Poster Presentation Award 「Group-III Source Ratio Dependence on Photoluminescence Properties of N-polar (0001) InGaN Grown by Metalorganic Vapor Phase Epitaxy」 2016年5月
- ・品川遼太(修士2年), 佐々木一夫 JPSJ Papers of Editors' Choice 「Enhanced Diffusion of Molecular Motors in the Presence of Adenosine Triphosphate and External Force」 J. Phys. Soc. Jpn. **85**, 064004 (2016). 2016年6月
- ・谷川智之 第35回電子材料シンポジウムEMS賞 2016年7月
- ・加藤雅恒 日本学術振興会平成27年度特別研究員等審査会専門委員(書面担当)及び国際事業委員会書面審査委員の表彰 2016年7月
- ・松岡隆志 日本結晶成長学会第11回業績賞および赤崎勇賞 2016年8月

平成28年度 行事予定(後期)

10/3(月)~2/3(金)	授業(冬季休業:12/25(日)~1/4(水))
10月	テニス大会
10/13(木)・14(金)	学部2年生川渡合宿セミナー
10/18(火)	秋季ソフトボール大会(予備日:10/25(火))
10/19(水)~21(金)	集中講義(対象:学部4年生および大学院生)
10/22(土)	月曜日の補講または授業
10/28(金)~30(日)	大学祭
10/28(金)	大学祭に伴う休講
11/5(土)	駅伝大会(予備日:11/6(日))
11月下旬~12月上旬	学部3年生研究室見学
11/26(土)	火曜日の補講または授業

応用物理学コース・応用物理学専攻

12/24(土)	木曜日の補講または授業
1/5(木)	月曜日の補講または授業
1/26(木)・27(金)	博士論文審査会
1/28(土)	水曜日の補講または授業
1/31(火)	金曜日の補講または授業
2/9(木)・10(金)	修士論文審査会
2/15(水)・16(木)	学部4年生卒業研修発表会
3/1(水)・2(木)	大学院入学試験
3/6(月)~9(木)	工場見学
3/23(木)	卒業祝賀会・謝恩会
3/24(金)	学位記授与式

編集後記

リオオリンピックの期間中では、連日、様々な熱い闘いがテレビで放映され、アーティスト達の生み出すドラマに感動した人もいたかと思えます。一方、今年の応物では、工明会運動会と春のソフトボールが雨で中止になってしまい、残念ながら熱い闘いは生まれませんでした。しかし、応物の秋のスポーツ大会では、この反動として、応物の学生達によって、熱い闘いが繰り広げられ、数々の感動のドラマが生まれることでしょう。(川股隆行)

おうぶつ 第23号 2016年10月1日発行

発行者 東北大学大学院工学研究科応用物理学専攻 Newsletter 編集委員会

(大兼幹彦、川股隆行、小池洋二、佐藤文隆、高橋儀宏、土浦宏紀、中村修一、林慶、吉留崇)

〒980-8579 宮城県仙台市青葉区荒巻字青葉6-6-05 TEL 022-795-7980 FAX 022-795-7203 URL <http://www.apph.tohoku.ac.jp/>