

## 垣根を越えて



若 者

渡 部 誠 也\*

Beyond a discipline, country and —

Key Words : Interdisciplinarity, Internationality

### はじめに

これまで色々な分野や国境をまたいで研究に取り組み、様々な人々と出会ってきた。大学の研究室配属の時より10年間、トライボロジー（摩擦・摩耗・潤滑）という融合領域的色合いの濃い分野で研究をしてきた。そこでは、表面で生じる動的な物理化学現象を解明すべく、分光分析手法や各種表面分析手法を用い、時には現象を制御・予測すべく、電気化学計測や深層学習を用い、様々な研究課題に取り組んできた。そして、今年の2月より、ニューロモルフィックという新しい分野へ飛び込んだ。俯瞰すると、いろいろな分野の間を揺蕩っているかのように思える。そんな自分の現在地を確認するためにも、この執筆の機会に、これまでの道のりを振り返ってみたい。

### 摩擦の研究

摩擦と言われると、高校科目の物理のイメージがあるかもしれない。産業上の実課題としては機械部品同士の摺動特性の向上を取り扱う場合が多く、機械工学の学問の一つに分類される。しかしながら、機械工学の知識のみでは解決できない問題が多い。例えば、潤滑という現象を考えると、潤滑油に含まれる添加剤分子の表面への吸着、あるいは表面との化学反応を応用して摩擦・摩耗特性を改善しており、

化学の知見が必須である。このように、摩擦は機械工学の学問の一つであるが、その実、物理、化学を始めとした様々な分野との融合領域である。

そのような融合領域で、多種多様な研究がある中、私が研究テーマとして選んだのは、摩擦表面の和周波発生(SFG)分光分析によるその場観察であった。SFG分光分析は、二次の非線形の振動分光分析手法で、端的に言えば、表面・界面に存在する分子の分子振動情報を選択的に計測することができる分光分析である。

摩擦の研究では、1920年頃に表面の分子吸着膜が摩擦を下げるということが報告されて以来、その吸着構造と摩擦低減効果の関係について調査がされてきた。一方で、摩擦は動く二つの表面の間で生じる現象であり、実現象を捉えるためには、その動的状態での観察が重要とされてきた。潤滑モデルにおける分子吸着膜は単分子層で描かれることも多く、いかにして擦りながら数ナノメートル厚さの膜表面の分子挙動を観察するかということが大きな課題であった。その一つの解決策として期待をされていたのが、表面の分子を選択的に測定可能なSFG分光であった。当時、潤滑メカニズム解明に真剣に取り組んでいた研究者の中には、SFG分光による摩擦界面のその場観察の構想はあったようだが、当該手法の専門性の高さから実現には至っていなかった。成果に追われず、時間を好きに使える学生だからこそできた研究だったのだと思う。学部の授業では、流体・材料・機械・熱の4力学と機械設計・製図を学び、分光分析に関する授業などは一切受けたことがなかったため、赤外吸収分光やラマン分光の入門書を読むことから始まった研究であった。

そんな初学者ながら研究を進めて来られたのは、研究を指導・支援してくれた周りの人たちに恵まれていたからだと思う。私の研究は、つくばの産業技



\* Seiya WATANABE

1990年1月生まれ  
東京理科大学大学院 工学研究科 機械  
工学専攻博士後期課程 (2017年)  
現在、大阪大学大学院 理学研究科  
化学専攻 助教 博士(工学)  
TEL : 06-6850-5791  
E-mail : s-watanabe.sci@osaka-u.ac.jp

術総合研究所 (AIST) との共同研究で、表面機能デザイン研究グループの三宅晃司グループ長の指導の下で行った。分光分析や物理化学を学び始めて間もなかった私は、今思えば突拍子もないアイデアを良く発案していたように思う。三宅グループ長は、そんなアイデアについて真剣に議論をしてくれた。今の教員の立場になって、その大変さが良くわかる。そして、いつも最後には、「試しにやってみれば?」と言ってきて、いろいろと挑戦させてもらった。うまくいかない実験も多かったが、実際に挑戦して、失敗して、考えて、また挑戦するの繰り返しを通じて、“答え”を教えてもらうよりも多くのことを学ばせてもらった。その中で発見や気づきがあったときの嬉しさは何にも代えがたいもので、そのような研究の楽しさが博士後期課程への一步を後押ししたと思う。三宅グループ長を始め、AISTの研究者の方々から、物理化学、表面科学の多くの知識と研究に向き合う姿勢を学ばせてもらって今の自分がいると感じる。一方、大学の所属研究室は、基礎研究と企業との共同研究などの応用研究の両方に取り組むところであった。恩師の佐々木信也先生は、応用研究では実課題に対する対処療法的な内容も多い中、いつでも学理に基づいた原理・原則の重要性を強調し、その見地からの的確な解決策を導きだす人だった。そんな基礎研究を重んじる先生であったがゆえ、応用には程遠い私の研究にも良く理解を示してくれた。佐々木先生は驚くほど広範な研究分野の知見をお持ちで、鋭いコメントとアドバイスで、研究の奥深さを教えてくれた。

そのような周りの支援もあって、博士後期課程修了までに、SFG 分光による潤滑状態のその場観察を達成し、これまでに報告されたことのない摩擦界面近傍分子の挙動を捉えることに成功することができた。

## スウェーデンへ

後期博士課程修了後は、スウェーデンで2年間のポスドクを経験した。そのポジションは、ある学会の最中、突然に決まったものだった。当時、後期博士課程3年生だった私は、5月にオーストラリアシドニーで開催されたイオン液体に関する学会に参加していた。そこで発表したのは、摩擦面におけるイオン液体を SFG 分光で計測し、その分子配向が

摩擦へ及ぼす影響を議論するというものだった。その発表を一番前、私の目の前で聴いていたのが、スウェーデン王立工科大学 (KTH) の Mark Rutland 先生だった。初対面であった Rutland 先生が私の研究に感銘を受けて、円満にポスドクの話が進んだ、というわけではなかった。実際は、Rutland 先生が質疑応答でパッと手を挙げ、開口一番に言った「This isn't so much a question, it's more of a brutal attack.」という辛辣な言葉から始まった。Rutland 先生のジョーク好きな性格とアットホームな雰囲気の学会であったということを知った今思えば、挨拶のようなものだったのかもしれない。しかし、当時は対抗意識を燃やして、白熱した議論を展開し、質疑応答の時間を終えた後の休憩時間まで話し続けた。Rutland 先生は、SFG 分光にも、(摩擦の) 動的な物理化学現象にも造詣が深く、とても有意義な議論であった。そして、その後の何気なく Rutland 先生が「修了後はどうするのか? まだ決まっていなければ、うちに来なよ。」と言った。その一言でスウェーデン行きが決まったのだった。

KTH での所属は化学科の表面科学を専門とする研究グループで、ILEAP という『イオン液体を潤滑剤として実用すること』を目的としたプロジェクト付ポスドクのポジションであった。Rutland 先生のグループは、同じ ILEAP プロジェクト付のポスドクが他に4名、博士後期課程の学生が1名で構成されていた。私はそこで、SFG 分光を用いたイオン液体の計測を主として行っていた。ILEAP のメンバーは、KTH 機械工学科の Sergei Glavatskih 先生のトライボロジーグループ、ルレオ大学やストックホルム大学のグループも含めると総勢で20名近くであった。世界各国から異なる分野のバックグラウンドを持つ研究者が集まった多様性に富んだグループで、それゆえに、定期報告会では、様々な意見が飛び交い、白熱することもしばしばで、時間通りに終わることはあまりなかった。しかし、ある種混沌としたこのグループの中で様々な議論を交わした経験は、自分の視野を広げるために役立っていると感じる。

スウェーデンには Fika と呼ばれる文化がある。みんなで集まって、お菓子を食べて、コーヒーを飲みながら雑談をするというもので、所属部署では金曜日の 14:30 に始まる。強制参加というわけではない

のだが、普段忙しくしている教授達も Fika には必ず参加していた。そこでは、教授も学生もポストクも分け隔てなく、日常会話から研究の話までラフに話をしていた。そのためか、KTH では教員と学生の距離がとても近い雰囲気であった。

2年間という短い期間の中、様々なことを経験し、大変だが楽しくもある、とても濃厚な時間を過ごした。

## テニスについて

学部4年生で研究室に配属され、AISTでの研究を始めて数か月、同じ部署の研究者の方に誘われて硬式テニスを始めることになった。テニスは考えが行き詰まったときに、頭をリフレッシュする良い機会であった。また、普段関わらない分野の研究者や事務職の人たちも多く、貴重な交流の機会でもあった。そこでは、春と秋に TOSS リーグという、つくば市内の企業・研究所対抗の団体戦があることもあって、テニスにも真剣に取り組んでいた。各々が研究や業務で忙しい中、大会に向けて一丸となって準備していくのは、奇妙な連帯感があり楽しかった。

スウェーデンでもテニスは続けた。自己紹介をするときは必ず趣味はテニスだと言って回った。そんなある日、「collaborative momentum and hairy particle project meeting」という件名のメールが Rutland 先生から届いた。全く身に覚えのないプロジェクトで、何のことかと尋ねると、他ならぬテニスのお誘いだった。そんな茶目っ気のある先生だが、テニスは上手で、その後も幾度となくテニスに誘ってもらった。

最初は息抜きの機会として始めたものであったが、テニスを通じて様々な人たちとの繋がりができ、多くの刺激ももらった。また、お互いに研究や仕事以外の一面を見せあうことができる、大切な機会であったと思う。一向に上達はしないものの、今後もテニスを続けていきたい。

## ニューロモルフィックの世界へ

KTHでの2年間のポストクを終えた後は、出身研究室の助教としてトライボロジーの研究に携わった。

潤滑剤の開発は、ある程度の理論に基づいてはいるものの、理論から摩擦状態、摩耗状態を完全に予

測して潤滑油の添加剤を処方するという事は難しいのが現状である。そのため、“潤滑油添加剤の処方”は、経験則に基づいている”。その解決のために潤滑メカニズム解明の研究をしてきた訳だが、潤滑現象は、時々刻々と変化する表面状態と、真実接触面における局所的な高温・高圧によって非常に複雑なものとなっており、解明への道のりは遠く険しい。そんな中、ふと、経験則という言葉に引っ掛かった。経験則ということは、潤滑剤開発に長く携わってきた人が、理論とまでは言えないまでの何かしらの事由を感じ取り、それによって、ある程度、摩擦現象は予測可能なのだ。つまり、人間の脳のような処理ができるシステムに、摩擦現象に関するありとあらゆる情報を入れてやれば、汎用的な添加剤処方システムができるのではないかと、そんな考えに至った。そんな経緯で、初学者ながら勉強を始めたのが深層学習だった。

勉強を進めていく中で、機械学習は摩擦研究の世界のみならず、もっと広範な様々な分野で活用されていることを知り、その技術の進歩に興味を持ち始めた。そして、もっと学び、より発展的な研究に携わりたいと思った。しかし、それまで実験系の研究をしており、情報科学を主とした研究を行ってこなかったため、アプローチの仕方がわからなかった。自分のこれまでの表面に関する研究経験を活かしつつも、機械学習の研究に携わることのできる場所はないかと探していた。そんな矢先に、大阪大学の赤井恵先生の研究室の公募が目飛び込んだ。その研究内容には、ニューロモルフィック（脳神経細胞の働きを模倣した）機能を発現する分子やナノ材料の機能や反応を表面科学的手法とデバイス手法を用いて探索すること、および、その現象の基礎的な物理化学反応を明らかにすることなどが記載されていた。ニューロモルフィックという言葉はその時初めて知ったが、これまでの表面科学の知見を活かせようであることと、何より予てより興味を持っていた世界に飛び込むチャンスだと思い、気づけば赤井先生に研究内容の詳細を問い合わせるメールを送っていた。そして、縁あって、現在の赤井研究室へと移ることとなった。

大規模な研究分野の転換で、新しく学ぶべきことは多いが、それゆえに楽しい。楽しんでばかりもいられないので、自分の知見を活用する道筋を探しな

がらも、いち早くニューロモルフィック分野の研究に貢献できるよう、一意専心していきたい。

### おわりに

随筆を書くのは苦手です、実のところ、筆を執る手は重かった。しかし、書き始めてみると、思いのほか筆が乗り、エピソードの取捨選択に困るほどであった。それは、これまでの道のり中で、多くの幸運な出会いがあり、その中で今の自分が形作られてきたからだと思う。今後、今立っている道を邁進して

いくと同時に、自分も誰かにそう思われる存在になれるよう努めていきたい。

このたび、貴重な執筆のご機会を与えてくださった大阪大学 松本卓也先生、ならびに、「生産と技術」の関係の皆さまに、厚く御礼申し上げます。また、産業技術総合研究所 三宅晃司様、東京理科大学 佐々木信也先生、スウェーデン王立工科大学 Mark Rutland 先生、Sergei Glavatskih 先生、そして、新たな道への一歩を踏み出させてくださった大阪大学 赤井恵先生、加藤浩之先生に感謝申し上げます。

