

氏名：横川 隆司

所属専攻・職名：マイクロエンジニアリング専攻・准教授

派遣国：アメリカ合衆国

派遣先(研究機関名)：ミシガン大学

受入研究者(職・氏名)：Professor Shuichi Takayama

派遣期間：2011年6月26日～2012年7月28日(381日間) ※平成23年度、24年度の2期分連続派遣

派遣先での研究テーマ：多層構造のPDMSを用いた流体周期振動送液技術とその応用

(Multi-layer PDMS device for microfluidic oscillation and its applications)

【研究実施概要】

熱硬化性ポリマー材料であるPDMSのソフトリソグラフィ技術を用いて、微小流体オシレータの作製と応用について研究を推進した。具体的な研究内容は以下の通り。

・これまでに、40 μm 程度のPDMS薄膜を上下のPDMS構造によりサンドイッチした三層からなるオシレータを製作する技術が確立していた。そこで、その一定流量印加型のオシレータの設計を改良して、duty cycleの異なる出力を有するオシレータを製作した(*Anal. Chem.*, vol. 84, pp. 1152-1156, 2011)。

・オシレータ内に細胞培養チャンバを新たに設計・作製し、周期的にMouse myoblast cell (C2C12)の核の蛍光染色、脱色をおこなうことに成功した(*Anal. Chem.*, vol. 84, pp. 1152-1156, 2011)。

・一定流量印加型のオシレータの等価回路による解析と、それによる新たなデバイス設計に取り組んだ。従来、マイクロバルブは、トランジスタ特性に見られるようにゲート開閉時には同じ圧力を要すると考えられてきた。しかし、この従来の考え方を覆し、マイクロバルブでは開閉時に要する圧力が異なり、これに伴い外部のキャパシタ容量を変更することで振動周期を0.3秒から4.1時間まで変化させることに成功した(Submitted, 2012)。

・新たな駆動原理(一定圧力印加型)のオシレータを設計し、同次かつ並列に最大12個の細胞培養チャンバに対して異なる流速で試薬を投与するシステムを開発した。また、これを用いてHUVECのせん断力に対応した細胞の形状変化などを測定した(In preparation, 2012)。

・微小流体デバイスに対して、外部からの駆動や制御機能を極力排除した自律的な流体デバイスの提案と、これまでの当該分野の発表論文を俯瞰するレビュー論文を執筆した(*Small*, published online, 2012)。

上記に加え、日米間の研究者の研究環境(研究費獲得・配分の仕組み、特に若手研究者・教員の位置付けや学内での役割)について研究した。具体的には、米国の京大レベルの大学に在籍する若手教員(Michiganに加えUCLA, UT Austin, U Pitt, Penn State, Columbia等の教員)と直接会って、日米の問題点について議論した。

【研究成果概要】

これまでの専門は、マイクロ・ナノ流体デバイスと生体分子の融合であったが、今回の派遣でデバイス製作技術をベースにその応用先を細胞レベルまで展開できたことが非常に大きな収穫である。新たな細胞機能計測のためのデバイス開発には、単にデバイス設計論や技術を有するだけではなく、新たな領域に勇気をもって飛び込み、理解した上で融合することが重要であることを体得した。今回の場合は、細胞応答の中でも、特に内皮細胞や筋芽細胞の周期的刺激やせん断力に対する細胞応答に着目して研究を推進した。今後の細胞評価に向けたデバイス開発に対するアプローチ手法として参考になると考えられる。

また、大学教員としての立場から、日米間での研究や教育のシステムの違いについても理解することを本派遣での目標としていた。大学(あるいは社会)システム上、様々な点で日米双方に一長一短あり、読者の立場によって受け取り方は違っていると予想されるが、米国(特に上記のような京大と同程度の研究実績を有する大学)において下記の点が特徴的であることを再認識できたことが成果である。私見は排除し、客観的事実について以下に述べる。

・Assistant/Associate/Full Professor(助教、准教授、教授)は研究上では対等かつシステム上独立。このため、若手教員であっても独立して、他の研究者と共同研究をして、研究費を獲得して、ポスドクや学生を雇用して研究を推進すると

いう PI としての仕事ができ、そのため
のトレーニングを受けることができるシ
ステム。

・若手教員は研究と教育のみに専念で
きる環境。教務、入試、経理、試薬管
理などはすべて大学職員の仕事。

・教員の教務・校務関連の会議
(Faculty meeting)は年に数回。学内委
員を担当する年配の教員の場合は多
少増えるが、研究活動が主体の教員
は 1~2 委員会程度の負担。したがっ
て 1~2 か月に一回程度の会議参加。

・大学院生 = 博士課程の学生という考
え方が定着。修士課程という概念は
なく、修士号は社会において何の意
味も持たない。企業側も大学院生を
雇用すること = 博士号取得者と認識
しており、学士号との待遇差は歴然。

・学術論文を 3~5 報執筆しないと学位
取得ができないという危機感が教員
と学生に常にあり、ただし、教員は
あくまで「アドバイザー」であり、
研究を推進する上での「指導者」
ではない。

・大学院生は RA として教員の研究費
から学費、生活費を支給される。一
方、ポスドクの給与は日本より少な
く、教員 (PI) との差が大きい。

・研究費の採択率は 10% 程度と大変
低く、教員は申請書を書くことに必
死である。共同研究先を見つけたり、
新たなテーマを立ち上げ提案して
いくことが講義以外では日々の教員
の仕事のほぼすべてであり、年間
10 件程度の申請書を書いている。

上記は一般に知られたことではあるが、
実際にその環境に身を置いてシステム
の違いを実感できたことは大きな収
穫であった。小職の専門とする複合
新領域では、必要とする知識範囲が
広く修士課程の二年間だけでは研究
成果に結びつかないことが多い。近
年、日本以外のアジア諸国がアメリカ
型の大学院システムで博士課程の学
生と息の長い研究をして成果を挙げ
る体制を築いている。よって、京大
機械系の修士課程主体の研究体制で
は今後(既に?)アジア諸国の後塵を
拝する状況になるとの危惧を強く持
つようになった。

【外国語のスキルアップ・コミュニケーション能力の向上、海外におけるネットワークづくり】

語学については、特に、専門分野外
の研究者に対して自身の研究を説明
し理解してもらう、あるいは彼らの
説明を理解するということが難しい
と感じた。つまり、同じ分野の研究
者同士であれば、つたない英語でも
十分コミュニケーションが取れるが、
グローバルに学際領域の研究をしよ
うとすると異分野の研究者との交
流が欠かせない。このトレーニング
をするという意味において、日本に
はほとんど存在しない Biomedical
Engineering という学部に所属でき
たことは、研究者としてのコミュニ
ケーション能力の向上につながった
と考えられる。

研究者としてのネットワーク作りにつ
いては、いわゆる学際融合領域の若
手研究者との交流を多く持つことが
できた。これまで交流のあった MEMS
あるいは MicroTAS 分野の研究者
に加え、分野が近いものの学会発表
よりも学術論文での成果発表を重
視しているためこれまで会うことの
なかった研究者などに会うことが
できた。そのなかで、彼らが所属学
部や専攻の枠あるいは自身の出身学
部や学科にとらわれず、自由な発
想で研究対象を見つけて研究者の
ネットワークを構築する姿勢を学ぶ
ことができた。つまり、日本人が頼
りがちな国内・国際学会ベースの
研究者ネットワーク形成では、異
分野の研究者との交流が十分では
ないことが分かった。



研究員、大学院生の居室。イスと机は与えられますが、PC、プリンタ、文房具などは各自が準備します。冷蔵庫と電子レンジは学生が置いて行ったものです。日本では、学生に何でも与えすぎかもしれません。



Lab picnic. 研究室のメンバーとその家族（彼女や彼氏も）が集まりました。写真をとってもどれがPIか分からないくらい人間関係がフラットです。

【派遣の感想】

約一年間にわたり、本プログラムにおいてサポート頂きミシガン大学に滞在できたことに深く感謝する。海外経験の少ない日本人研究者にとって、また十分サバティカル制度の確立していない京都大学において、このようなプログラムは大変意義深いものである。以下、派遣を終えてのコメントを述べる。

- ・大学院生の派遣であれば、制度を整える必要はあるが単位交換や先方の大学への編入といったことも可能であれば魅力的であろう。国際交流センター(大学間交流協定)との連携を図ると良いかもしれない。
- ・本プログラムは、派遣というよりは若手研究者の短期の出張資金という性格が強い。したがって、滞在先による必要資金の違い、研究者の家族構成などは配慮されていない。結果的に、提供頂いた資金で行けるところということになる。研究ベースで滞在先を自由に選択できると良い。
- ・滞在期間が短い派遣はその意義が十分にあるものに限るべき。通常、最低一年は滞在しないと、派遣先の環境に慣れるのに精一杯で、研究成果には結びつかないと考えられるし、ましてやコミュニケーション能力の向上や文化理解には結びつかない。中には一年未満の滞在では受け入れを拒否するPIもいる。
- ・若手研究者が自分の意志で滞在先や期間を決められるよう配慮すべき。何につけても「研究室の長」の承認がいるのでは、「あの先生の所には行くな」「卒論の時期には帰ってこい」といった制約が生じていると聞く。
- ・滞在中に学会参加が可能であるが、学会参加と研究室に所属して研究するのは全く別と考える。本プログラムに限らず学生の学会旅費をサポートする資金が多いが、ただでさえ研究時間の少ない日本の修士学生の海外出張をサポートするのは有効とは思えない。国際会議に参加するのは欧米では博士課程の学生であるので、せめて博士課程の学生以上に限る方が良いと考える。
- ・京都大学でサバティカル制度が定着するまでは、このようなプログラムが年齢や職位にとらわれず全研究者に利用可能であると良い。