

留学報告書

1. 留学して 1 年間で何を得たか

2012 年 7 月に日本を発ってから 1 年と 4 ヶ月が経ちました。留学当初はアメリカ生活や授業に慣れることで精一杯で、自分が成長できているのかわからなくなり非常に苦しみました。アメリカ生活に余裕が感じられるようになったのは、1 年程経ってからだったのではないかと思います。

英語力やキャリアパスの多様化は留学のメリットの典型例ではありますが、英語に関しては学位留学せずとも語学学校に通えば済む話です。ここでは学位留学、PhD 取得のための留学をすることで何を達成することができるのかを再考し、現在学位留学を考えている方の参考になればと思います。

私がアメリカで PhD を取得することを志した理由のひとつは、アメリカが学際領域の研究を得意としているからです。日本の機械工学科は世界トップレベルだと思いますが、伝統的な機械工学に偏っており、マイクロ・ナノといった新しい分野の研究をあまり積極的にやらない印象があります。アメリカでは機械工学科でもナノサイエンスに取り組んでいる研究室がいくつもあります。ひとつの研究室に様々な学科の学生が在籍することができ、学際的な研究がやりやすいのも日本と異なる点だと思います。

私の研究室は機械工学科に属していますが、メンバーのバックグラウンドは機械、電気、化学、物理と様々です。ひとつのプロジェクトに異なるバックグラウンドの人が集まることで、大きな目的を達成するのが私の研究室のポリシーで、色々な人と協力しながら新しいコンセプトの研究テーマを行うのは非常に刺激的で満足しています。また、後述しますが、ナノラボと呼ばれる素晴らしい施設で実験ができるのもバークレーに来て良かったと思った点です。あのような施設・環境は日本では実現が難しいのではないかと思います。

アメリカには私が期待した以上の素晴らしい環境がありました。現時点では今の学科、研究室に来ることができ、良かったと思っています。残された 4 年間で現在の環境を十分に生かすことが出来るようにするのが当面の目標です。具体的には現在の自分の強みであるナノファブリケーションなどの専門分野の強化と、新しい分野の勉強を積極的に行っていきたいと思っています。コラボレーターは電磁気や固体物理に関する知識が豊富であり、理解が及ばないことが度々ありました。今後半年は非線形光学やプラズモニクスの知識をもう少し学んでディスカッションをより生産的にしていきたいと思っています。

2. Preliminary Exam

今年の8月に preliminary exam を受けました。機械工学科は preliminary exam を口頭試問ではなく筆記試験で行っており、8科目中自分の好きな科目を選び3科目合格することが求められます。尚、私が合格した科目は heat transfer, materials, design です。UC バークレー機械工学専攻の preliminary exam に関しましては、同学科の先輩である岩井孝介さんの報告書に詳細が書かれていますので、興味のある方は是非参照してください。

実は今年の1月にも preliminary exam を受験しているのですが、残念ながら合格することはできませんでした。今年の8月の試験は2度目の挑戦だったため、再度不合格になると博士課程に残れない可能性が高かったため、合格できて本当に良かったです。バークレーは5月末から8月末まで夏休みですが、私の研究室は夏休み程研究に集中できる時間はないというポリシーを持っているので、研究の合間に試験勉強しているような状況でした。8月も preliminary exam より研究の方で頭がいっぱいだったように思います。博士課程を終えるには Qualifying exam にも合格しなければなりません(来年か再来年受験予定)、ひとまず博士課程に残ることができほっとしています。

3. バークレーのクリーンルームについて

1年目の途中から授業よりも研究主体の生活を送っており、プロジェクト数件に関わっています。现阶段では成果が論文にまとまっていないため、詳しい話はできません。そのため、今回は私が利用している共用実験施設(クリーンルーム)について紹介させていただきます。

クリーンルームとは、空気中の粒子、ちりの数を極限まで減らすように管理された部屋のことで、食品工場などの綺麗な環境が必要になる場で用いられます。ICチップなどの半導体デバイスは非常に小さいため、小さいほこりひとつでも性能に大きく影響します。そのため、マイクロ・ナノスケールの構造を作る時は、ほぼ必ずクリーンルームが必要になります。通常、クリーンルームは半導体製造工場にあるものですが、大学でも半導体の研究を行う場合クリーンルームが必要になります。大きな大学では必ずクリーンルームが存在しますが、その中でも UC バークレーは世界で初めてクリーンルームを大学に作ったことで有名です。



図1 ナノラボ内の様子 (<http://nanolab.berkeley.edu/>より引用)

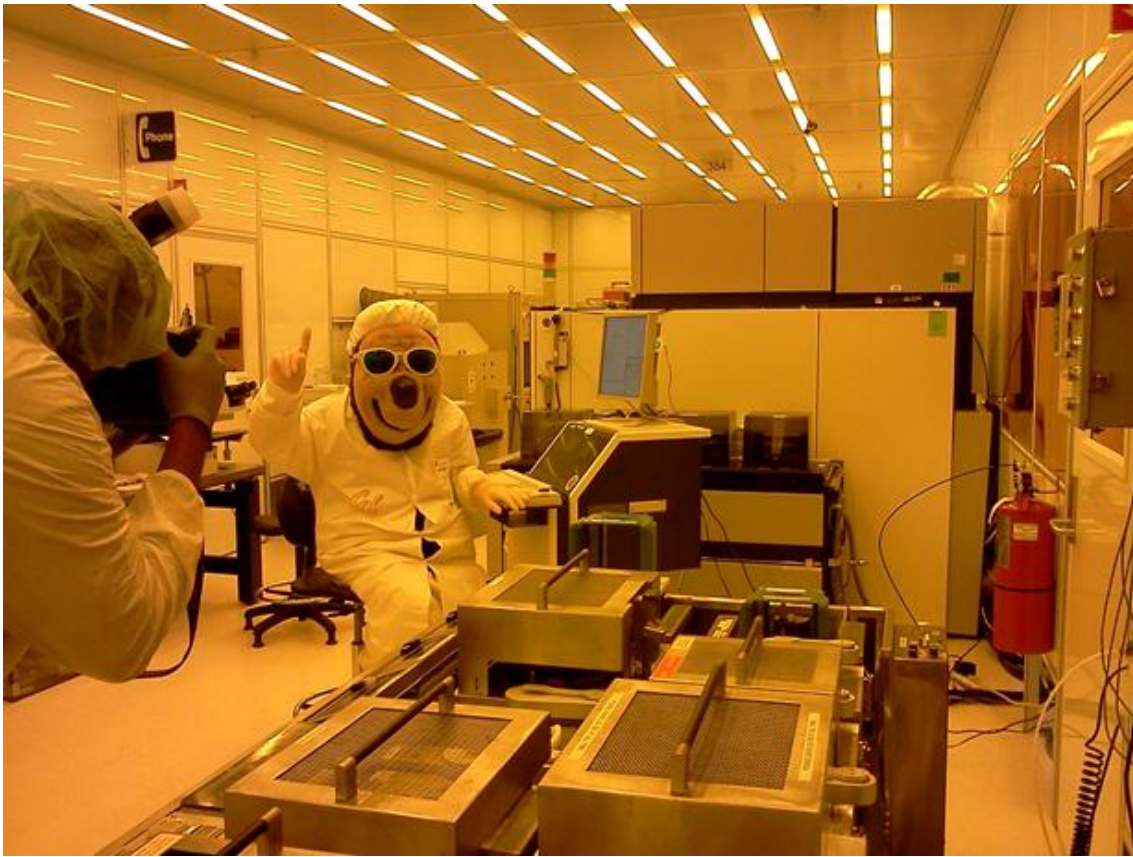


図2 ステッパーを操作中のマスコット Osaki the Bear。ステッパーの最小線幅は 250 nm。
(<http://nanolabpictureoftheday.wordpress.com/>より引用)

バークレーのクリーンルームはマイクロラボと呼ばれ、1982年から2010年まで稼働していました。現在はマイクロラボの後継であるナノラボが設立され、バークレーのマイクロ・ナノ領域の研究を支えています。

ナノラボの良さは主に3つあります。まず、装置が充実している点です。ナノラボには180を超える装置が設置されており、お金を払えばすべての装置を使用することが出来ます。私が東京大学に在籍していた際は浅野キャンパスのクリーンルームを使用していました。そのクリーンルームは共用装置を置くというよりは各研究室が装置をクリーンルームに設置するという方針で、ほとんどの装置は共有されていませんでした。共用装置は限られており、私の場合、全てのプロセスをクリーンルーム内で行うことは殆どできませんでした。ナノラボはほぼ全ての装置が共用装置であり、研究室所有の装置はありませんでした。そのため、成膜、リソグラフィ、エッチング、洗浄、観察などのプロセスが全てナノラボ内で行うことが出来ます。例えばシリコンのドライエッチングだけでも ICP-RIE、Deep RIE、XeF₂系などがありますし、他にも SiO₂のエッチング装置が数台、メタル用、III-V 族用、多目的用など様々なドライエッチング装置があります。装置を使用する際はナノラボのシステムにログインして装置を利用可能状態にするとその時間だけお金を払う仕組みになっ

ています。装置の利用料金は通常\$0.63/min、高い装置だと\$2/min、顕微鏡の様な安い装置だとお金はかかりません。日本の大学ですと、研究室内で自前の装置を揃えてしまいがちですが、アメリカでは装置共有の文化が根付いている様に思います。これは日本に比べてルームシェアのように何かを共有することに慣れているからかもしれません。

ナノラボはスタッフが多いことも特徴のひとつです。ナノラボには数多くの装置があり利用者が 300 人を超えるので管理にはそれなりの数のスタッフが必要になります。そのため 20 人程度のスタッフがシステム、備品、装置の管理を日々行っていますし、装置の講習会を不定期に開催し、装置の利用方法の指導も行っています。例えばスタッフの勤務時間に装置が止まってしまった際は、周辺を歩いているスタッフに声をかけて対処してもらうこともよくあります。大抵の場合すぐ直るのですが、部品交換が必要な場合はスタッフが部品を注文して交換しています。先日も PECVD 装置のプラズマが不安定ということでスタッフが毎日修理していました。どうやら圧力が下がらずガス漏れが起きているということでガスが漏れている部分を探すためヘリウムを流して漏れている部分を調べていました。修理するのに一週間程度かかりましたが、業者に頼んでいればもっと時間がかかったかもしれません。装置がダウンしている時はスタッフがメールで装置の情報をユーザーに伝えるので、装置利用者はいつになれば装置が復旧するのかわかりますし、毎日情報が更新されるのでスタッフが如何に熱心に取り組んでいるかが分かります。バークレーにはローレンスバークレー国立研究所のクリーンルームもありますが、そちらはスタッフの数が少なく中々このようなきめ細やかな対応が出来ていません。国立研究所も素晴らしい研究施設なのでそれに関しましては別の機会に報告したいと思います。

最後に、ナノラボの最大の利点ですが、横の繋がりが緊密であることが挙げられます。ナノラボの装置は全て共用なので、ひとつの装置を様々な研究室の学生・ポスドク（または企業の研究者）が利用しています。同じ装置を利用する人は自分と同じようなテーマを持っており、自分と同じようなプロセスの悩みを持っていることがよくあります。他の装置利用者に自分の悩みを伝えたら色々アドバイスしてもらったことはよくありますし、逆に自分のプロセス条件を他の人に教える時もあります。研究分野が近ければ研究のディスカッションもできますし、仲が良くなれば「今度君の研究室の装置使わせてよ」と言いやすくなるという利点もあります。私の在籍する機械工学科でナノの研究を行っている人はあまりいないので、共通の研究分野の友人を作るのは中々難しいです。しかし、ナノラボには自分と同じような分野を研究する他学科の学生が数多くいるので、電気や材料、物理学科出身の友人は大抵ナノラボで知り合うことが出来ました。

日本で研究活動を行っていた時は、あまり横の繋がりという意識を持ったことがありませんでした。授業は学科内のものしか受けず、授業中に他人との交流もあまりなく、他の学科の学生との交流はほとんどありませんでした。そもそも研究活動で色々な人と協力するという意識が欠けていました。アメリカに来て研究活動というのはこんなに人と交流するものなのだと知ることが出来ました。この点はアメリカ留学の思わぬ収穫でした。

4. アメリカの食事について

アメリカの生活にも少しずつ慣れてきました。今年の 8 月からアメリカ人のラボメイトとルームシェアしています。アメリカ人ということでそれまで敬遠していたアメリカ文化にも少しずつ近づくようになってきました。例えばルームメイトが勧めるハンバーガーは日本のハンバーガーより圧倒的においしかったです。日本だとスピードや低価格を重視するあまり味が劣ってしまうのかもしれませんが。アメリカのハンバーガー屋さんは肉もパンも 10 分程度かけてじっくり焼くのでパンの表面はカリカリで肉もしっかり厚みがあり食べごたえあります。ホットドッグに関しても同じことが言えます。ホットドッグのパンをカリカリに焼いて食べると、これほどまでに美味しいのかと感動した経験があります。ハンバーガーの一件があってからというもの、アメリカの料理の質が高いとは言えませんがルームメイトが旨いと言ったものは信用するようにしようと思に至りました。

次にルームメイトと一緒にいったのはアメリカンピザの店でした。日本人はピザといえはイタリアンピザを考えるとと思います。私はニューヨークスタイルの油っこくてサラミの乗った大きいピザを食べてからアメリカのピザに対してあまり良いイメージがありませんでした。しかし、ルームメイトの勧めるピザは肉を使わないチーズがメインのピザでした。図 3 はブルーチーズとモッツァレラチーズ、洋なしを使ったピザで、チーズのコクと洋なしの甘み、ハラペーニョソースの辛さが絶妙なバランスを保っていて、衝撃を覚えました。私は米とラーメンが好きな日本人ではありますが、クオリティの低いジャパニーズを食べるのであればクオリティの高いアメリカンを食べた方がいいと改心するようになりました。

最後に、日本よりアメリカの方が確実に優れている食品を紹介したいと思います。それはビールです。アメリカはビール好きにはたまらないビール天国だと思います。日本の大手ビールメーカーが製造するビールの殆どはピルスナーもしくはラガーと呼ばれる種類で、メーカーごとの味の違いはさほど大きくありません。アメリカの場合ピルスナーがメインということはなく、ラガー、ペールエール、インディアペールエール (IPA)、白ビール、黒ビール等、幅広い種類のビールが大抵のスーパーマーケット、バーに揃っています。



図 3 バークレーのピザ



図4 近所のマーケットのプライベートブランド商品。4種類のビール計12本。10ドル。

アメリカには数多くのビール会社が存在しており、また地ビールも盛んに製造されています。自分のお気に入りのビールを探すのも楽しいと思います。ちなみに私の好きなビールは隣町オークランドの地ビールとチェコの **pilsner urquell** です。前者は香りの芳醇な黒ビール（ラガー）で、後者は複雑な味を楽しめるピルスナーです。アメリカはおそらくビールに対する税金、関税が安いいためか、安いものでは1本1ドルのビールもありますし、海外のビールでも国内のビールと同程度の価格で販売されています。日本で **pilsner urquell** を購入する場合はアメリカでの価格の倍程度支払わないといけません。アメリカは海外のビールを楽しむという意味でも日本よりも環境が整っていると思います。

アメリカのビールは素晴らしいのですが、ひとつだけ懸念があります。それは痛風になるリスクです。ビールは尿酸が体内に残りやすい食品と言われています。私が足先に感じる違和感は痛風の予兆であるような気がしなくもありません。ビールの飲み過ぎには注意して、少しずつビールを楽しめたらと考えております。もし痛風になった時は、ウイスキーや焼酎といった蒸留酒に趣向を変えていきたいと思います。