

2015 年 10 月  
University of California, Berkeley  
Department of Mechanical Engineering  
PhD candidate 畠山大輝

## 留学報告書

早いもので今年の 8 月から留学 4 年目に突入しました。この半年で Qualifying Exam に合格し、有名なジャーナルに論文が載るなど、様々なことができました。本報告書では、過去半年の活動について簡単にまとめたいと思います。

### 1. Qualifying Exam

バークレーの機械工学科の Qual に関しましては、先輩の岩井孝介さんが詳細に説明していますので、そちらの報告書を御覧ください。バークレーには Non residential tuition というカリフォルニア州の州民（要するにアメリカ人）以外の人は払わないといけない授業料があります。そのため、州民の授業料は年間約 17000 ドル、非州民の授業料は約 32000 ドルというように、非州民は州民の倍近い授業料を支払う必要があります。しかし、非州民でも Qual に合格し、PhD candidate になると、Non residential tuition が免除され、授業料がかなり安くなります。学生の授業料と生活費をカバーしている先生としては、学生にできるだけ早く PhD candidate になってほしいと思っている方もいらっしゃるようです。私の指導教官も 2 年生の終わりに Qual を受けるようにおっしゃいましたが、船井財団に授業料の支給を 1 年間延長していただくことで、1 年間の猶予を得ることが出来ました。2 年目の頃はまとまった研究成果もなかったため、十分な研究成果を持って、今年の 8 月に Qual を受けることができました。船井財団には本当に感謝しています。

Qual では 4 人の先生の前で研究と授業の科目の説明をするのですが、その 4 人の先生のスケジュールを合わせるのが大変でした。私が Qual を受けたのは 8 月でまだ夏休みでした。先生が学会などで大学にいないこともあり、全員が出席できる日が秋学期の 1 週間前しかありませんでした。秋学期に入る前に PhD candidate になっておきたかったので、もう少し余裕を持って Qual を受ければよかったと後悔しています。なお、私のメジャーは MEMS & Nano、マイナーは Electrical Engineering と Materials Science & Engineering でした。そのため、committee は機械科から 2 人、電気工学科から 1 人、材料理工学科から 1 人という構成でした。

Qual の発表準備にはおよそ 1 ヶ月の時間を費やしました。まず自分でスライドを作るのに 2 週間程度かかり、スライド作成後に学科の先輩である岩井さんにチェックして頂きました。岩井さんは数年前に Qual をパスしていますし、岩井さんのアドバイザーが私の committee の chair だったこともあり、とても参考になるアドバイスを数多

## Coupled Mode Theory

$$E = A_1(z)E_1 + A_2(z)E_2 \quad A_1: \text{Amplitude of mode in WG 1}$$

$$H = A_1(z)H_1 + A_2(z)H_2 \quad A_2: \text{Amplitude of mode in WG 2}$$

$$\nabla \times E = (\hat{z} \times E_1) \partial_z A_1 + (\hat{z} \times E_2) \partial_z A_2 = 0$$

$$\nabla \times H = (\hat{z} \times H_1) \partial_z A_1 + (\hat{z} \times H_2) \partial_z A_2 - i\omega(\Delta\epsilon_1 A_1 E_1 + \Delta\epsilon_2 A_2 E_2) = 0$$

$$\Rightarrow \frac{d}{dz} \begin{pmatrix} A_1 \\ A_2 \end{pmatrix} = -i \begin{pmatrix} \beta_1 - i\frac{\alpha}{2} & V_{12} \\ V_{21} & \beta_2 - i\frac{\alpha}{2} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} A_1 \\ A_2 \end{pmatrix}$$

$$V_{ij}: \text{Mode coupling coefficient}$$

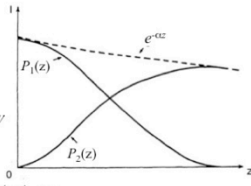
$$\beta: \text{Propagation constant, } 2\pi n^{\text{eff}}/\lambda$$

$$\Rightarrow \text{If two WGs are identical, } \beta_1 = \beta_2 = \beta, V_{12} = V_{21} = V$$

$$\text{Boundary condition: } A_1(0) = 1, A_2(0) = 0$$

$$A_1 = \cos(Vz) e^{-i(\beta - i\alpha/2)z}, A_2 = -\sin(Vz) e^{-i(\beta - i\alpha/2)z}$$

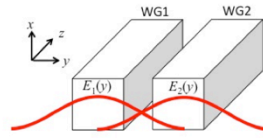
$$P_1 = |A_1|^2 = \cos^2(Vz) e^{-\alpha z}, P_2 = |A_2|^2 = \sin^2(Vz) e^{-\alpha z}$$



Berkeley

Taiki Hatakeyama

## Coupled Mode Theory



$$E = A_1(z)E_1 + A_2(z)E_2$$

$E$ : Electrical field in 2 WGs

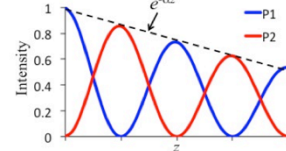
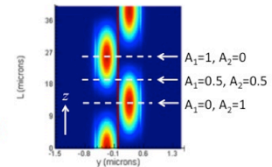
$A_1$ : Amplitude of mode in WG 1

$A_2$ : Amplitude of mode in WG 2

$$\Rightarrow P_1 = |A_1|^2 = \cos^2(Vz) e^{-\alpha z}$$

$$P_2 = |A_2|^2 = \sin^2(Vz) e^{-\alpha z}$$

$V$ : Mode coupling coefficient



Berkeley

Taiki Hatakeyama

10/29

図1 Qualのスライドの例。左が岩井さんのアドバイス前、右がアドバイス後

く頂きました。また、研究室の先輩を集めてリハーサルを2回行いました。スライドを説明しながら先輩にスライドの改善点を指摘していただいたため、合計で5時間ほどかかりました。普段は研究室内の専門家に向けて説明していたので、前提となる理論や実験設備は割愛していたのですが、Qualのcommitteeは全てを理解しているわけではないので、かなりシンプルでわかりやすく説明することを心がけました。数式はひとつひとつ説明していると時間がかかってしまうため、バックアップスライドに回し、質問が来た時のみ説明することにしました。

試験当日は多少の緊張はあったものの、特に大きな問題もなく終わることが出来ました。予想外だったことは、初歩的な質問が答えられなかったことと、研究の説明にかなり時間を要したことでしょうか。先生は完全に私の分野を知っているわけではないので、時折とても基本的な質問をすることがあります。その中には教科書でさえ当たり前で説明を省いているようなこともあり、試験中に上手く答えることが出来ませんでした。そこで、こういう式がありますと説明したのですが、「それは直感的に理解できない」と言われてしまい、返答に困りました。理論の中には直感的に理解しづらく、数式の方が簡潔に説明するには楽なこともあります。しかし、研究のためにその現象を深く理解しないといけないと反省するきっかけになりました。Qualは基本的には研究のプロポーザルを行う場なのですが、私はある程度まとまった結果があったため、実験や結果の考察に関しても時間をかけて説明しました。そのため、発表のスライドは合計30ページ程度になり、全て説明するのに2時間かかってしまいました。その後、一回部屋の外に出ると言われ、数分後にまたドアが開きました。目の前のchairからすぐさまCongratulations!と言われ、私は合格したのだということがわかりました。先生とはひとりひとり固い握手を交わしました。一ヶ月の努力が報われた瞬間です。

晴れて8月18日にQualに合格し、今学期からPhD candidateとなることができました。授業も全て取り終えましたし、より一層研究活動に励みたいと思います。



図2 Qual後に部屋から見た風景

## 2. 研究活動について

前回の報告書では、バークレーで最初の仕事が論文誌にアクセプトされたという報告をしました。その論文は6月に公開されました[1]。研究の内容については前回の報告書かプレスリリース[2]を御覧ください。また、この論文を拡張した研究に関する論文が Nano Letters (ナノテクノロジー系の代表的な論文誌)にアクセプトされ、掲載されました [3]。その他のプロジェクトについては、現在論文執筆中のものがひとつ、実験がもうすぐ終わるものがひとつ、現在実験中のものが多数あります。まだ論文になっていないプロジェクトについて説明することはできないのですが、次の報告書を書く時までには何らかの成果が出ていればと思っております。

研究室で一定の成果を上げると「こいつはこういうことができるのか」と周りに認識されるので、研究室の他のメンバーから「新しいプロジェクトを一緒にやらないか」と誘われるようになります。簡単な手伝いをするだけの場合もありますし、プロジェクトの主要メンバーになることもあります。ただ、既に多くのプロジェクトを抱えているので、断ることもよくあります。他の研究室から共同研究をしないかと誘われることもありました。このように人との繋がりが増えたことは喜ばしいことですし、そこから新しい研究結果をたくさん出していきたいです。

### 参考文献

[1] <http://www.dx.doi.org/10.1038/ncomms8565>

[2] <http://newscenter.lbl.gov/2015/06/26/opening-a-new-route-to-photonics/>

[3] <http://www.dx.doi.org/10.1021/acs.nanolett.5b02790>

### 3. 課外活動について

前回の報告書でも筋力トレーニングについて書かせていただきましたが、現在も継続して行っています。8月はQualの準備で忙しく、ほとんどジムに行くことが出来ませんでした。折角大きくなりかけていた筋肉も6月頃の大きさまでしぼんでしまい、危機感を覚えました。9月からは毎週2,3回ジムに行くようにしています。モチベーションを維持できているのはいつも奨学生の森君と一緒にジムに行くからだと思います。筋肉が付くと基礎代謝量が増えますし、食事制限もしているので、体重が2,3ヶ月前より3-4kg下がっています。今後も筋肉を増やしながらか今の体重を維持していきたいと思っています。UCアーバインの大滝君の筋肉には遠く及びませんが、自分のペースで継続していきたいです。

今年は船井からバークレーに3人の新入生が入ってきたということもあり、バークレーの奨学生を集めて歓迎会を行いました。卒業生の岩井さんを含めるとバークレーの奨学生は7人います。それに加えてバークレーのPhD studentも呼び総勢11名で食事会をしました。7人全員が集まることは殆どないのですが、他の奨学生とは食事をしたり、たまに飲みに行ったりすることもあります。図3はサンフランシスコのMikkeller Barというビールバーで、奨学生とも数回行ったことがあります。常にドラフトで40種類程揃えているので、ビール好きの方はサンフランシスコにお越しの際には是非ともお試しください。



図3 サンフランシスコのMikkeller Bar