

2021年8月

博士号取得報告書

Funai Overseas Scholarship
2015年度 奨学生

荒川 智洋

博士号取得のご報告

Purdue UniversityのSchool of Electrical and Computer Engineeringにおいて、2021年5月末に博士論文が受理され、PhDの学位を取得いたしました。Purdueにおいて5年半という長い時間を過ごしたという実感は何故かあまり無いものの、2015年夏の渡米からPhD取得までに携わったプロジェクトを改めて振り返ると、これまでに様々な研究に関わり、そして大学内外を問わず数多くの研究者と知り合うことができたと感じます。

私のPurdueでの研究は、デジタル信号処理および情報通信工学に関するトピックを軸として、大きく以下の三つのプロジェクトに携わりました。

- ・ 無線での情報・電力の同時伝送
- ・ ソフトウェア無線を利用した次世代無線通信方式の開発
- ・ IoTを利用した農業支援プロジェクト

無線での情報・電力の同時伝送の研究は、2015年にPurdueで研究を始めて以来、一貫して携わってきた研究であり、また最終的にこれが私の博士論文のトピックとなりました。この研究は、これまで異なる研究分野として扱われてきた無線通信と無線電力伝送を、一元的に解析するためのモデルを作るとともに、これを用いて情報通信と電力伝送を同時に最適化することを目的としたものです。無線通信・無線電力伝送はともに電磁波を利用してエネルギーを送るという基本的な性質は同じであるものの、最近までは二つの異なる研究分野としてみなされてきました。ただこの考えもここ10年ほどで変わりつつあり、とくに無線通信の研究者の中で、これまでの通信理論を電力伝送の最適化に用いるという考えが広がりつつあります。しかし正確な電力伝送の性能評価（例えば電力伝送効率）およびその最適化を行うためには、回路内における信号の反射やインピーダンス整合といった考え方を取り入れる必要がある一方、従来の信号処理をベースとした通信理論ではこれらを十分に表現することができませんでした。そこで私の研究では、従来の通信理論で用いられてきたモデルをより一般化した形に発展させることで、こういった従来の無線通信のモデルでは無視されてきたパラメータを含めて通信路を表現することができるようにしました。

ソフトウェア無線を利用した次世代無線通信方式の開発は、無線通信において課題となっている周波数スペクトラムの枯渇（Spectrum Scarcity）を解決することを目的としたもので、2016年から3年ほどプロジェクトに携わりました。無線通信を行うためには、一定の無線周波数帯域を使う必要がありますが、5Gを含むセルラー通信やWi-Fi、Bluetoothなどといった様々な無線通信技術の急速な普及により、利用できる周波数スペクトラムが枯渇しつつあるという問題が発生しています。この研究プロジェクトにおいて、無線機器自身が周辺で使用されている周波数帯域を検出し、機器同士でネゴシエーションを行うことによって利用する

周波数帯域を自律的に決定する技術を開発しました。またソフトウェア無線（Software Defined Radio, SDR）と呼ばれる技術を用いて通信プロトコルの実装を行い、これを用いてDARPA Spectrum Collaboration Challengeと呼ばれる、上述のSpectrum Scarcityを解決することを目的としたコンペティションに参加しました。このコンペティションでは残念ながら最終選考まで残ることはできなかったものの、SDRに関する研究に携わることができたことは幸運であり、またこの技術を習得できたことで後述する就職にもつながりました。このプロジェクトの詳細については以前の報告書で詳しく述べていますので、興味のある方はぜひご覧ください。

モノのインターネット（Internet of Things, IoT）を利用した農業支援プロジェクトは、Purdueの農学部のほか、アメリカ国内のいくつかの他大学と共同で行われている研究で、私は2019年から約2年間にわたり携わりました。このプロジェクトは、近年広がりつつあるDigital Agricultureと呼ばれる考え方を、IoT技術を利用して実現することを目的としています。Digital Agricultureは、農地の土壌の状態や気候、また収穫量などの情報を高精度に（例えば1m間隔で）収集し、これをもとに肥料や農薬の量、収穫の最適な時期などをコンピュータを用いて詳細に決定するもので、これにより専門家の手を借りることなく、農薬の削減や、収穫量の向上につなげられることが期待されています。この技術を用いるためには、農地において様々な情報を、地中や地上の農機具等に取り付けられたセンサーから収集し、得られたデータをワイヤレス技術を用いて遠隔地へ送り、これを解析するまでの一連の技術が必要となります。私はこのうち、博士論文のトピックである無線での情報・電力の同時伝送の技術を用いて農地に設置されたセンサーから情報を収集する通信方式の検討を行い、またそれとともに得られた情報を集積するための新たなデータベースの開発にも携わりました。私はすでに大学を離れてしまいましたが、現在もこのプロジェクトは進行中です。

審査会から卒業まで

博士号の審査会（いわゆるdefense）はパンデミックの影響のため、4月の下旬に完全オンラインで行われました。発表は一般公開で行われ、研究成果の発表と質疑応答の時間を合わせて1時間半ほどとなりました。3つの異なるタイムゾーンからコミッティーの教授たちが参加したため（うち1名はヨーロッパから参加）スケジュールの調整に少々困難が伴いましたが、どうにか都合の良い時間を見つけることができました。今回は自宅からオンラインで発表を行なったため、対面での発表であった前回のPreliminary Examに比べると、多少は緊張感が少なかったように感じます（前回と比べると、今回は研究成果がある程度揃っていた、ということもあるかもしれませんが）。そうは言いつつも、やはり審査会は重要な試験の一つですから、本番までに周りのPhDの学生などを集めて発表の練習をし、フィードバックをもらい修正をするということを幾度か繰り返しました。その結果、審査会では研究に関してそれほど大きな問題点を指摘されることもなく、無事コミッティーから合格をもらうことができました。ちなみに対面のDefenseであれば、審査会後に部屋から出てきた教授と握手をする、という場面があるのかなと思いますが、オンラインではそういったこともなく電話越しに合格が伝えられたため、それほど大きな感動というものはあまり無かったように記憶しています。どちらかという一通りの試験が終わり、一息ついた、といった気持ちの方が大きかったと感じます。

審査会に合格すると、慣例的に周りからは“Doctor”と呼んでもらえるようになります。ただし正式に学位を取得するためには、審査会でのフィードバックをもとに博士論文を修正し、コミッティーから改めて

Approvalをもらい、これを大学へ提出し受理されなければなりません。数年前に、審査会に合格したにもかかわらず、求められていた博士論文の修正ができずに学位を取得することができなかったという、少々稀なケースを見ていたために、審査会後もあまり気を抜くことができませんでした。幸いにも、博士論文の修正はそれほど多くはなく2週間ほどで修正版が完成し、その後無事大学に受理されました。

Purdueでは2020年の初めよりオンライン開催となっていたCommencement（卒業式）を、今回からは対面式で再開しました。多くの大学でパンデミックによるキャンパスの閉鎖などが続いていた中、Purdueは2020年の感染の発生から一度も完全なシャットダウンを行うことなく現在に至り、結果として他大学と比べると比較的早く対面式の卒業式が再開されました。UndergraduateとProfessional Degreeの学生は大学の屋外フットボール場で、またPhDについては屋内で短縮版の式典を全員マスク着用で行いました。5月の時点で私を含め多くの学生・職員がワクチン接種を完了していたものの、やはり屋内での開催となると感染の不安がありました。しかしながら、一生に一度しかないであろうHooding Ceremonyに参加できたことは、とても良い思い出となりました。

博士号取得後の進路

5月末にバージニア州へ引っ越し、6月1日よりLynkというスタートアップ企業で働いています。現在私は主に人工衛星の無線通信に使われる、SDRを用いた信号処理技術に関する研究・開発に取り組んでいます。2020年はパンデミックの影響で新規採用を見送る企業が多くあったものの、アメリカにおいて情報通信に関する分野はそれほど大きな影響を受けることはなく、またここ最近では経済活動の再開によって人材不足にもなっている状況です。

学位取得後にアカデミアに残るか、あるいは一般企業などに就職をするかという選択は、PhD取得にあたって下さなければならぬ決断の一つです。私は研究をすることが好きであり、アカデミアに残ることを考えていた時期もありました。ただ大学で研究に携わる中で、やはりどうしても論文を書くということが最終到達点となってしまふことが多く、その後実際に社会で使われる製品を作るためにはどうしても企業の力などを借りなければならぬという状況になることが多くありました。もちろん、大学の研究室が技術の実用化や製品化まで漕ぎ着けるということも最近は多くなりつつありますが、少なくとも私がこれまで携わってきたものは、いずれも技術のシミュレーションでの検証やProof of Concept (PoC) を作った時点で私たち研究者の手を離れてしまい、その次の新たな研究トピックへ移るといったことの繰り返しでした。どうしてもこのような繰り返しの歯痒さを感じていたことから、私はアカデミアを離れ、企業へ就職することを決めました。企業では、製品にならないような技術には力を入れて研究をすることはできないものの、研究成果を論文で発表して終わりという訳では無く、そこから最終的に製品化までつなげることが求められます。PoCの技術から実際に社会で使われる技術を作るという作業は、論文になるような“理論的な面白さ”は無いにしても、新たな技術を必要とされることは多くあります（例えば、製品の小型化や省電力化など）。特にスタートアップのような小さな企業では、最初の段階の研究から製品化まで一貫して携わることとなります。こうした理由から、あえて私はこのような比較的小規模な企業への就職を決めました。

さて、この企業への入社を決めるまでに幾つかの企業との面接はしましたが、いわゆる就職活動というものはありません。現在に至ったように思います。この企業とは、以前同じラボにいた知り合いを通じて約2年ほど前から繋がりがあったため、PhD取得後の就職を検討していた昨年末までにはフルタイムのオ

ファーをすでにもらうことができていました。日本ではいわゆる「コネ入社」に対してあまり良い印象はありませんが、少なくともアメリカにおいては共通する知人などを介したReferral（紹介）による入社はとても一般的に行われており、また職を見つけるにあたって非常に強力な方法です。実際、私の周りでPhDを取得し、その後アメリカで就職した人の多くは、このようなReferralによってオファーを得ています。企業が1ページのResumeを頼りにして選考するよりも、信頼できる人を介して信頼できる人を探すというのは非常に合理的な方法であると思います。

現在私が住むバージニア州のアレクサンドリア市はアーリントン市に接し（有名な墓地があります）ワシントンD.C.からはポトマック川を挟んで車で約20分程度の場所に位置しています。これまで住んでいたインディアナ州ラファイエット市と比べると、高層の建築物も多くあり、都会に出てきたような感覚があります。Amazonで商品を一つ買うにしても、インディアナ州では最短で2日掛かったものが、今は注文した当日に届くので驚きです。もちろん物価は少々高く、私が住んでいるアパートの家賃についてはこれまでの3倍以上払っています。やはり利便性と費用はトレードオフの関係にあるようです。周りには政府系機関や研究施設が多くあるほか、州立公園や湖なども多くあり、自然豊かな地域です。まだこの先もパンデミックの影響は続くかとは思いますが、近くへお越しの際はぜひご連絡ください。

最後に

Purdueで過ごした約5年半の間、私のAdvisorの教授をはじめ、多くの方に指導をしていただき、また同時に良い研究仲間にも恵まれました。そして何より、船井情報科学振興財団の皆様には、博士課程に在籍中のみならず、その以前から多くの惜しみ無い支援をいただきました。とくに私は、高等専門学校から直接アメリカの大学院へ進学したために、留学を始めるにあたって情報が非常に少なく手探りの状態でした。その際に様々なサポートをしていただいたのが船井情報科学振興財団の方々でした。この支援無しに、博士号を取得を取得することは非常に困難であったと思います。あらためて船井情報科学振興財団の方々に感謝を申し上げるとともに、これまでに培った知識と能力を、日本そして世界へ還元できるよう努力をしていきたいと思いをします。

