

船井情報科学振興財団 留学報告書

Long Pham
Carnegie Mellon University

December 20, 2022

2019年9月より Carnegie Mellon University (CMU) で Computer Science の博士課程に取り組んでいるファムです。今回の報告書では 2022 年後半を振り返ります。

1 研究

2022 年夏から現在にかけて 2 つの研究プロジェクトに取り組んでいます。一つ目は型システムにベイズ推論を組み込むプロジェクトです。前学期取り組んでいたゲーム理論を型システムに組み込むプロジェクトでは現実的な応用例がなかなか見つからず困っていました。そこでひとまずこのプロジェクトを中断し、代わりに指導教授が提案した型システムにベイズ推論を組み込むという研究トピックに取り組むことにしました。プログラムの型 (type) というのはそのプログラムを関数と見たとき、どんなデータをインプットし、どんなデータをアウトプットするかを表現します。例えば、自然数 n をインプットし、 n 個目の素数を計算するプログラムがあったとします。この場合、このプログラムは自然数をインプットし、自然数をアウトプットする (全ての素数は自然数であるため) ので、型は $\mathbb{N} \rightarrow \mathbb{N}$ となります (\mathbb{N} は自然数のシンボル)。

通常、プログラムの型はあらゆるインプットに対して、合っていることが求められます。 $\mathbb{N} \rightarrow \mathbb{N}$ という型を持つ上記のプログラムでいうと、あらゆる自然数のインプットに対し、アウトプットが自然数でないといけません。しかし、実際には 100% であっても 99% の確率でアウトプットが自然数であるという保証で十分な場合があります。そのため、型システムに統計学的手法を取り入れることで、確率論的な型システムを作ろうというのがこの研究プロジェクトの目標です。最大のメリットは従来の型システムの弱点である不完全性 (i.e. 一部のプログラムに対して型を推論するのが不可能) を解消できる点です。

当初の研究アイデアは漠然としたものであり、より具体的なものに練り上げるために、まずは文献調査から始めました。文献調査を始めてみると具体的な研究テーマは多少違えど、根本的な共通点のある論文が予想以上に多いのには驚きました。最近の例でいうと、プログラムの型推論に機械学習 (特に深層学習) を取り入れた論文がいくつかあります。理論的な枠組みは構築し終わり、現在プロトタイプを実装中です。

二つ目のプロジェクトは probabilistic programming の型システムです。当初は研究目標が (少なくとも私にとって) 漠然とした中で研究していましたが、次第にはっきりしてきました。理論の枠組みはもうすぐ完成で、終わり次第、プロトタイプの実装に取り組む予定です。

2 生活

2.1 ニューヨークへの旅行

2022年8月上旬に1週間の休暇を取り、ニューヨークのマンハッタンで5泊6日の旅行をしました。アメリカには既に3年間在住していましたが、コロナのこともあり本格的な観光はまだでした。そのため、コロナの感染が落ち着いた夏にアメリカを代表する大都市（かつピッツバーグに比較的近い）ニューヨークを訪れることにしました。加えて、今年の夏はインターンシップをせずにピッツバーグに残る予定だったので、気分転換のためにも旅行することに決めました。ニューヨークを訪れるのは今回が2回目であり、前は2021年5月にパスポート更新のために訪れました。しかし、その際は Museum of Modern Art (MoMA) と Central Park を訪れるだけであり、本格的な観光は今回が初めてです。

友人が薦めてくれた Go City という観光用パスが便利でした。まずネットで Go City パスを購入する際に、このパスを使って行ける観光名所やツアーのリストを確認し、その数を指定します。パスの値段はこの数によって決まりますが、具体的な観光名所・ツアーはパス購入の時点では指定する必要はありません。一部の観光名所・ツアーはパス購入後に日程と時間を指定して予約する必要がありますが、それ以外の観光名所は当日に Go City のスマホアプリに表示される QR コードをチケットとして提示するだけで入場できます。各観光名所のチケットを個別に購入するよりも、Go City パスを使った方が費用がお得になります。ただし、幾つかの観光名所（e.g. the Metropolitan 美術館）は Go City パスと連携していないので、個別にチケット購入する必要があります。

写真を Figure 1 に添付しました。

ニューヨークの感想・考察は以下の通りです。

- 文化的豊かさ：ブロードウェイでのミュージカルや、The Metropolitan を筆頭とするいくつもの美術館、そして食文化の多様性など、ニューヨークの文化的豊かさには目を見張ります。世界の首都（ラテン語で Caput Mundi）とも呼ばれるニューヨークには経済的豊さだけでなく一流の文化資本もあるのだなと感心しました。
- 超高層ビル群の高さと集積度が成す壮観：遠くから眺めるとコンクリートのジャングルに見えますし、近くから上を見上げると高すぎ、首を痛めます。これらすべての超高層ビルを建築するだけの金銭力がニューヨークにはあったと考えるとその富が凄いなと感じます。
- 9/11 の悲劇を風化させない努力と復興を成し遂げられるだけの強靭さ：9/11 のミュージアムに行きました。2千人以上の命が一日で亡くなった現場であり、いろいろ考えさせられる場所です。ミュージアムの屋外には、2つのタワーの跡地に滝形式のメモリアルがあり、奥深い意味の込められているデザインになっています。そのメモリアルの隣には、新しい世界貿易センターがそびえ立っており、悲劇から立ち直れるニューヨークの強靭さを象徴しているように思えました。

- 人々に希望を与えてくれるアイコンの存在：ニューヨークには歴史的価値の深いアイコンが幾つかあります。移民の貢献が大きかったエンパイアステートビルは世界恐慌に見舞われたニューヨークの人々に希望を与えましたし、自由の女神像は第二次世界大戦中のホロコーストから逃れるために、家族とバラバラになって一文無しでニューヨークに来た子供たちを出迎えました。9/11 メモリアルは亡くなった人たちへの弔いであり、その横の新しい世界貿易センターはニューヨークの力強さの象徴です。このように人々の心に刻まれるアイコンを多く有するニューヨークは純粋に凄いです。
- ニューヨークの夜景：夜のニューヨークを照らすビル群の一つ一つの照明の下でまだ働いている人がいると考えると、自分も頑張ろうとエネルギーをくれます。

2.2 ピッツバーグでの交流・文化体験

夏と秋学期には CMU の船井奨学生で二度集い、一緒にランチを楽しみました。秋の感謝祭にはピッツバーグのダウンタウンでレミゼラブルのミュージカルを鑑賞し、冬には同じオフィスの友人とダウンタウンでマジックショーを鑑賞しました。写真を Figure 2 に添付します。



(a) ロックフェラーセンターの正面。



(b) エンパイアステートビル。



(c) ロックフェラーセンター展望デッキからの北側の眺め。



(d) 現在再開発されているハドソンヤード地区のビル群。



(e) ニューヨークで研究インターンシップをしていた CMU の友人とチャイナタウンでの昼食。



(f) 川沿いのクルージングツアーでのニューヨークの夜景。

Figure 1: ニューヨークでの写真



(a) 同じく CMU 所属船井財団奨学生である長谷川さん（中央）と大谷さん（右）とのランチ。



(b) ピッツバーグダウンタウンにあるマジックショー専用劇場前での CMU のオフィスメイトとの記念写真。



(c) 長谷川さん（右）と大谷さん（中央）とのランチ。

Figure 2: ピッツバーグでの写真