# Nakatani RIES 2026 最終報告書


## 黒木勇人　早稲田大学情報理工学科２年

ホストラボ： The Exoskeleton and Prosthetic Intelligent Controls (EPIC) Lab, Georgia Institute of Technology
**PI**： Dr. Aaron Young
**Mentor**： Hangyeol Song


## １．ジョージア工科大学での研究活動

2026 年 8 月から 9 月にかけて、Nakatani RIES プログラムを通じて、米国ジョージア工科大学の EPIC Lab（Exoskeleton and Prosthetic Intelligent Controls Lab）で研究に取り組みました。EPIC Lab は Aaron Young 先生が PI を務める研究室で、主にロボット工学、機械学習、生体工学などを組み合わせ、高度な自動制御機能を備えたロボット外骨格の開発や、それを歩行支援に応用する研究に取り組んでいます。



図 1: EPIC Lab が入っている建物

私の指導メンターは Hangyeol Song でした。私は早稲田大学で情報工学を学んでおり、これまでの研究経験も主に人工知能分野に集中していたため、ラボで扱われている研究テーマの中でも、できるだけ機械学習に近いものに取り組みたいとメンターに伝え、研究プロジェクトについて相談しました。その結果、脳卒中患者の歩行支援を目的とした時系列深層学習モデルの研究に取り組むことになりました。現在、共同論文の投稿を予定しているため、研究内容の詳細な説明は控え、以下ではその概要をご紹介します。

研究背景として、脳卒中の後遺症により歩行に左右差が生じたり、足関節を十分に動かせなくなったりすると、効率的に歩くことが難しくなります。そこで注目されているのが、歩行状態をリアルタイムで測定し、その情報を患者にフィードバック

することで、歩き方の調整を促す「バイオフィードバック」という歩行支援技術です。バイオフィードバックでは、下肢後傾角（TLA）や前方床反力（AGRF）などの歩行指標が用いられます。しかし、これらの指標を正確に測定するには、通常、大型のモーションキャプチャシステムや床反力計が必要であり、利用できる場所が専門的な研究室などに限られていました。

私の研究では、この制約を克服するため、靴の中に装着するインソールセンサや、身体に取り付ける小型の慣性センサから得られる情報を用いて、TLA や AGRF を推定する時系列深層学習モデルを開発しました。これにより、将来的にはバイオフィードバック技術を研究室の外でも利用できるようにし、脳卒中患者の日常生活における歩行支援へと応用することを目指しました。

まず、センサ情報を入力とし、過去の動きの変化を捉えられる TCN（時系列畳み込みネットワーク）を構築しました。その上で、モデルの構造や規模について複数の実験を行い、最適な構成を検討しました。また、実機を用いた検証実験も行い、ウェアラブルセンサを活用したフィードバックが歩行の改善につながることを確認しました。

さらに、脳卒中患者のデータセットでは、患者ごとに歩行の特徴が大きく異なることに着目し、モデル全体を学習し直すことなく、少量のデータで一人ひとりに適応できる軽量な仕組みを提案しました。具体的には、モデル内部の特徴量を個別に調整する既存の手法に着想を得て、今回の TCN に適した適用方法を考案しました。これは、私自身が課題を発見し、アイデアをメンターに提案した上で、実験計画の立案から検証まで主体的に取り組んだものであり、今回の研究で最も自信を持っている部分です。その結果、脳卒中患者のデータを用いた評価では、計算負荷をほとんど増やすことなく、個人適応前と比較して TLA と AGRF の推定誤差を大幅に削減することができました。

6 週間という限られた期間で成果を出せた理由の一つとして、深層学習モデルの学習・評価プロセスを効率的に自動化できたことが挙げられます。データの前処理、学習ジョブの構築、GPU 利用の最適化、学習ループの実行、結果の評価までを一連のパイプラインとして整備し、複数の実験を自動で順次実行できるようにしました。これにより、私が就寝している夜間や、週末の自由時間中にも、ラボの機械学習用 PC で自動的に実験が進み、結果が記録・評価される仕組みを構築できたため、短期間で多くの検証を進めることができました。

毎朝、自分の Mac からラボの PC に接続し、前日に開始した実験の結果を確認することが日課になっていました。結果を見るのが楽しみで、朝起きることにワクワクした日も多く、これも機械学習研究の醍醐味の一つだと感じています。

また、EPIC Lab の大きな魅力の一つは、実際にロボット外骨格を装着する機会があることでした。EPIC Lab では、私やメンターが取り組む研究だけでなく、他の研究者のプロジェクトでも人を対象とした実証実験が必要となるため、私も被験者として実験に協力しました。ロボット外骨格のモータが自分の身体の動きに合わせて作動したり、自分の歩行動作がリアルタイムで再構築・分析されたりする様子を目の

当たりにしたことは、非常に興味深い経験でした。一方で、実験の準備には少し苦労もありました。身体に密着する専用のスーツを着用し、そこにモータやセンサの配線を通す必要があったのですが、この作業が非常にくすぐったく、じっと耐えるのが大変でした（他の人は全く気にしていないようで、もしかしたら私だけかもしれません）。そのときはなかなかつらい思いをしましたが、今となっては、最先端のロボット技術を自らの身体で体験できた、忘れられない思い出です。



図 2：機械学習システムの動作確認のためにロボット外骨格を着用した様子

最終的には、研究成果をプログラムのシンポジウムにおいて発表し、Best Poster Presentation Award を受賞することができました。帰国後もメンターと連絡を取りながら、共同論文の投稿に向けて準備を進めています。

## ２．研究活動における日米の違い

私はまだ学部 2 年生であり、日本で研究室に所属した経験がないため、日米の研究環境を直接比較することは難しいのですが、今回の研究留学で特に印象に残ったのは、異なる分野の研究者が密接に協力しながら研究を進める環境です。

日本では、それぞれの学科の専門分野に特化した研究室が多い印象がありますが、EPIC Lab には、機械工学、生体工学、ロボット工学、機械学習など、多様な分野を専門とする学生が世界中から集まっていました。それぞれの専門知識を持ち寄り、協力することで、高度に自動化されたロボット外骨格のような、難易度が高く新規性のある技術の研究を実現できているのだと感じました。

さらに、EPIC Lab は同じ建物内の他の研究室とも協力しており、合同でラボミーティングを開催することもありました。米国では、中谷財団が支援する Biomedical Engineering をはじめ、異なる専門分野を融合させる研究が盛んであり、ヘルスケアや環境問題などの重要な社会課題に取り組む上で、このような研究環境は非常に魅力的だと感じました。

また、研究設備の充実度にも大きな刺激を受けました。今回の研究で成果を上げられたのも、深層学習モデルの学習に必要なデータを収集するための大型測定機器が整備された研究室だったからこそだと感じています。様々な高価なセンサやロボットの部品、機械学習用の計算機などが揃っており、モデルを開発するだけでなく、実際のロボットを使用し、実験参加者の協力を得ながら、その性能や有効性を検証できる環境が整っていました。

また、ワークライフバランスの良さも印象に残っています。私は主に午前 10 時から午後 6 時までラボで研究していましたが、午後 5~6 時頃には多くの博士課程の学生が既に帰宅しており、夜遅くまで研究室に残る人はとても少ない印象でした。私自身も、単に長時間研究するのではなく、限られた時間の中で集中して成果を出すことを意識するようになりました。

さらに、研究室には厳格な時間管理がなく、非常に自由な環境でした。私は研究のアイデアを考えるために、研究室近くにあるハンモックを頻繁に利用していました。実は、今回の研究で最も独自性のある成果だと考えているモデルの個人適応手法も、このハンモックでアイデアを整理していたときに生まれたものです。この経験から、自由に休憩を取ったり、散歩をしたりしながら思考を深められる環境の魅力を強く感じました。



図 3：頻繁に利用していたハンモック

## ３．米国の文化・生活面の発見・苦労等

研究室の外でも、アトランタでの生活は新しい刺激に満ちていました。特に、アメリカンフットボールやサッカーの試合を観戦したり、アトランタの有名な水族館を訪れたりしたことは、とても良い思い出となりました。



図 4: アメリカンフットボール観戦


図 5：ジョージア水族館

また、渡米前はアメリカでは健康的な食事を取ることが難しいというイメージを持っていましたが、実際には一度も体調を崩すことなく、健康的に過ごすことができました。平日に研究室に行く日は、昼食を毎日 Student Center の Chick-fil-A で取り、いつも同じメニューのサンドイッチ、ポテト、そしてサラダまたはフルーツカップを食べていました。夕食は、スーパーで購入した食材を使って自炊していました。

こうした食生活を通じて、アメリカでも炊飯器があれば、韓国系スーパーで購入したお米を炊くことができ、野菜やフルーツの種類も豊富でおいしく、工夫次第で十分に健康的な食生活を送れることが分かりました。さらに、日本食を楽しめるレストランも近くにあり、よく利用していました。


図 6：Chick-fil-A の昼ごはん


図 7：ある日の夕飯

大げさに感じられるかもしれませんが、私は普段から健康にとても気を遣っているため、海外の大学院への進学を考える上で、食生活への不安が心理的な障壁の一つになっていました。今回の滞在を通じて、その不安を解消し、海外でも健康的に生活できるという自信を得られたことは、私にとって大きな収穫でした。また、滞在先のホテルにあったジムやプールも頻繁に利用できたため、健康維持に役立ったと思います。

一方で、治安の面では、日本とは異なる注意が必要だと感じる場面もありました。街中ではホームレスの方を多く見かけました。また、週末にジョージア州内を旅行した際には、長距離バスに乗るため、早朝のまだ暗い時間帯に治安に不安を感じる通りを歩かなければならないことがありました。日本のように、夜間でも比較的安心して歩ける環境とは異なり、場所や時間帯に応じて十分に注意する必要があると実感しました。

人間関係については、私が接したアメリカの人々には、日本で出会ってきた人々と比べて、自分の意見をはっきりと伝え、細かな計画にこだわりすぎず、柔軟に行動する傾向があるように感じました。こうした特徴は、研究に取り組む姿勢にも表れていると思います。個人的には、このようなコミュニケーションスタイルに心理的な抵抗は少なく、むしろ自分に合っていると感じました。今回の滞在を通じて、現地の研究者と良好な関係を築けたことで、将来は海外の大学院や研究機関でも挑戦したいという思いが一層強くなりました。

## ４．本プログラムに参加した成果・意義

このプログラムで得た最大の成果は、研究者として自分が進みたい方向が以前よりも明確になり、海外大学院への進学を目指す決意を固められたことです。

私はもともとAIや情報科学に関心を持っていましたが、今回の研究を通じて、深層学習モデルの精度を改善することが、その先にいる患者の移動能力や生活の質を高める可能性につながることを実感しました。単にモデルの性能を向上させるだけでなく、その成果が実際の社会課題の解決につながることに、研究の大きな意義を感じました。特に、医療分野の課題をAIの研究課題として捉え直すことで、新しい解決策を生み出せるという自信と、人工知能分野の研究をヘルスケアに応用する姿勢は、今後の研究活動における重要な軸になると考えています。

技術面でも、時系列データの解析、深層学習モデルの開発と評価、個人適応、実機での推論など、多くの実践的な経験を積むことができました。さらに、自ら課題を発見し、改善案を考え、実験を通じて検証し、その成果を発表するという一連の研究活動を経験したことで、自分自身のアイデアを研究成果として形にできるという自信を得ました。

さらに、本プログラムでは、素晴らしいメンターや仲間にも恵まれました。メンターのHangyeolとは、頻繁に一緒に食事をしたり、お互いに好きな音楽を聴いたりするなど、さまざまな活動を通して楽しい思い出を多く作ることができました。また、彼との交流を通じて、アメリカの博士課程で学ぶ学生としてのロールモデルに出会えたと感じています。博士課程での研究や日常生活についてもさまざまなことを教えていただき、それまで知らなかった良い面だけでなく、大変な面についても理解を深めることができました。この経験を通じて、海外大学院への進学をより現実的かつ具体的に考えられるようになりました。

また、RIES2026を通じて、日本各地の大学で学ぶ、同じような志を持つ仲間たちと出会うことができました。今後、海外大学院への進学や研究活動に挑戦していくう

えで、このようなコミュニティの一員になれたことは、私にとって大きな収穫であり、モチベーションにもなっています。プログラム終了後も、このつながりを大切にし、互いに刺激し合いながら目標に向かって成長していきたいと考えています。



図 8: メンターと、お互いに EPIC Lab のロゴを描いたマグカップを贈り合いました

## ５．今後の目標

今回の経験を通じて、海外の大学院に進学し、研究者として成長していきたいという目標がより明確になりました。

短期的には、AI とヘルスケアを融合させた研究分野で優れた成果を上げ、専門性を深めることを目指しています。そのために、今後特に強化したいと考えているのが、自ら研究課題を設定し、研究成果を論文発表までつなげる力です。

これまでは、優秀な先輩方が設定した研究テーマに対して、実験や新しいアイデアを提案し、結果を分析しながら改善を重ねることが中心でした。しかし、今後はその枠を超え、研究の方向性そのものを自ら考えられる研究者になりたいと考えています。

具体的には、多くの先行研究を読み込み、既存研究の限界や未解決の問題を見つけることで、ゼロから新しい研究課題を設定する力を身につけたいです。また、得られた研究成果を整理し、学術論文として発表するところまで、自ら主体的に進められるようになりたいと考えています。つまり、研究の最初の段階である「問題設定」と、最後の段階である「論文発表」の両方を強化することが、今後、博士課程で研究を進めるための重要な成長目標だと考えています。

ありがたいことに、本報告書を執筆する約 1 週間前には、2027 年春に中谷財団の ARIP プログラムを通じて、ドイツ人工知能研究センター（DFKI）で研究に取り組む機会をいただくことが決まりました。大規模言語モデル、情報検索、マルチモーダル学習などの専門性を深めるとともに、自ら研究課題を設定し、実験を設計・実行できる研究者へと成長することを目標に、今回の研究留学で得た経験を生かしながら、全力で挑戦してまいります。

長期的には、米国または欧州の大学院で博士号を取得し、国際的な環境で最先端のAI研究に携わりたいと考えています。国や専門分野の垣根を越えて研究者と協力し、医療をはじめとする社会課題の解決に貢献することで、一人ひとりの人生の可能性を広げる技術を生み出したいです。

## ６．おわりに

最後に、このような貴重な機会を与えてくださった中谷財団の皆様に、心より感謝申し上げます。特に、小川様には、渡航や滞在に関する様々な面で大変お世話になりました。

手厚いご支援のおかげで、世界水準の研究環境で大きく成長する機会を得るとともに、志を同じくする仲間と出会うことができました。このような貴重な経験を、学部2年生という早い段階で積むことができたことは、今後の研究人生における大きな財産になると確信しています。

また、温かく迎え入れてくださったEPIC Labの Aaron Young先生、日々の研究をご指導くださったHangyeol Song、研究室の皆様、そしてSoojung Lee先生にも深く感謝申し上げます。

今回得た学びとご縁を今後の研究につなげ、将来は人工知能分野の研究を通じて、いただいたご支援を社会に還元できるよう、引き続き励んでまいります。