

日本天文学会早川幸男基金渡航報告書

2024年1月11日採択

申請者氏名	岩崎大希 (会員番号 8418)
連絡先住所	〒464-8602 愛知県名古屋市千種区不老町 ES 総合館
所属機関	名古屋大学
職あるいは学年	M2
任期 (再任昇格条件)	
渡航目的	研究集会でのポスター発表
講演・観測・研究題目	Extracting an Informative Latent Representation of High-Dimensional Galaxy Spectra
渡航先 (期間)	アメリカ (2023年12月9日~12月20日)

今回、アメリカ・ルイジアナ州ニューオーリンズで開催された「Machine Learning and the Physical Sciences, NeurIPS 2023」に現地参加し、ポスター発表を行いましたことを報告いたします。

銀河は、星、ガス、ダスト、そして暗黒物質で構成される複雑な系である。銀河はそのスペクトルエネルギー分布 (SED) によって特徴付けることができる。SED は、様々な波長にわたって放出される累積フラックスの包括的な情報を提供し、その内部プロセスについての重要な性質を明らかにする。SED の恒星成分は星形成史を推定し、ガスの成分は星間物質の物理的状態を示す。私たちは多くの方法を用いて SED を研究を行ってきた。代表的な手法では、SED から物理的特性を抽出するために、色-等級図や BPT 図などを用いてきた。これらは SED にバンドのフィルターを適用したり、特定の輝線だけを用いており、SED が内在的に持つすべての情報を使用していない。このような高次元大規模データを解析し、有益な情報を抽出するのは容易ではない。本研究では銀河進化における基本的な変数を導き出すために、近傍銀河の観測された SED に対して、生成モデルの一種である Variational Autoencoder (VAE) を適用した。VAE は入力された SED を一度圧縮し、その圧縮されたデータから SED を再構築する。VAE はその入力値と再構築が一致するように訓練される。その結果 VAE は SED を再構築するための重要な性質を自己教師ありで学習する。特に、VAE は表現学習として優れている手法であり、私はこの VAE を用い高次元 SED の潜在表現を研究した。本研究では SDSS で観測された 32 万個 \times 4000 次元の銀河の SED に対して VAE を適用することで、**銀河の SED に関する次の三つの問いに対する解答を提示した。1. 銀河の SED を適切な表現に必要な変数の数 2. 観測された銀河のスペクトル範囲に関連する物理量 3. 最も情報量が豊富なスペクトル範囲。**本論文が特に評価された点は 4000 次元の銀河の SED を表す 4 つの潜在変数を発見し、また、AI の決定や予測を理解しやすく説明することを目的とした技術である XAI 手法を用い潜在変数に物理的解釈を与えたことである。この 4 つの変数で銀河の SED を高精度で表現し、この潜在空間は銀河の物理的性質や形態といった重要な物理量を抽出している。従来の低次元表現と違いこの潜在空間は SED を再構築し、銀河の性質と形態の情報を提示する有益な銀河の潜在的表現なのである。こういった生成モデルや機械学習モデルは銀河の

高次元データを効率よく表現できるが、その複雑さのため、物理的解釈が困難である。私は XAI を用いることでこの問題を克服した。私は、この 4 つの潜在変数が銀河の星質量、星形成率、[O III] に対する [O II]、 $H\alpha$ の比、 $H\alpha$ に対する [O III]、[O II] の比に関連するものであることを発見した。

NeurIPS2023 の世界最高峰の AI 学会である。NeurIPS には 1 万人以上の参加者が出席し、天文学のみならず、幅広い専門家との豊富な交流の機会を提供している。まず、学会に参加し、驚いたことは通常の天文学の学会と違う「熱気」である。1 万人以上が参加する NeurIPS ではその巨大な convention center も人で埋め尽くされ、朝の 8 時から夜の 10 時ごろまで、10 以上の会場で多くのセッションが同時並行的に開催されている。ポスター会場は毎日 100 以上のポスターで埋め尽くされている。また、NeurIPS は job hunting の場所としても活用され、Google、Microsoft、Open AI などの企業の出展も数多くある。その尋常ならざる、「熱気」と普段の天文の学会とスケールの違いにただただ圧倒され、自分がいかに狭い世界に住んでいるのかを実感した。普段の研究発表では生成モデルなどの研究は少なく、よく自分が機械学習の専門家のように質問を受ける場面も多いが、NeurIPS では全くの逆であり、自分が能力的には一番低い人材であり、世界の広さを痛感した。NeurIPS では専用アプリで自分の好きなコミュニティを作ることができ、様々な活動を行うことができる。自分は日本人と天文学者のためのコミュニティを作成した。そこには予想を超えて、数多くの人に参加してくださった。そこで知り合った人々と一緒に食事をし、活発に議論をした。日本では生成モデルを使用した研究自体が少なく、機械学習の議論や潜在表現の活用を議論できる機会はほぼ皆無である。だが、NeurIPS であった研究者は絶えず、いかに我々の持つ物理的問題を機械学習を用いて解決するかを考え続けている人々であり、潜在表現を活用した研究も多く、多くのことを学び、とても有意義な議論をすることができた。主な学会の他に、NeurIPS では 30 以上の workshop が開催されており、自分は主に、Machine Learning and the Physical Science, Machine Learning for Science, XAI in Action: Past, Present, and Future Applications, Learning-Based Solutions for Inverse Problems に参加した。XAI に特化した話を聞く機会など日本ではなく、多くのことを学ぶことができた。また、私たちが日々遭遇する Inverse Problem を如何に機械学習を用いて解決するかは自分が特に興味がある分野であり、さまざまな新しいアイデアを得ることができた。

研究室の予算がなく、私の渡航が早川基金の採択前だったので、サイトで調べた最安値の飛行便をとった。日本→韓国→Seattle→New Orleans→Los Angeles→Hawaii→日本の合計 70 時間の旅は疲れたが、この旅は私を様々なところに連れて行ってくれた。小さなリュックサック一つで旅をした初めてのアメリカは全てが新鮮で、刺激的な旅であった。また、NeurIPS で自分の知る世界がいかに小さく自分がいかに能力が低いかを実感した旅であったが、世界最高峰の学会に修士ながら参加し、議論をし、発表をしたこの経験は自分の人生において誇れることであり、今なお自分に大きな自信を与えている。雄大なミシシッピ川にカラフルで美しい街並み、美味しい海鮮が溢れ、絶えず Jazz が響きわたるニューオーリンズで過ごした一週間は生涯忘れることない経験です。私の渡航が早川基金の採択前だったが、母はただ「ええで」と渡航の費用を出してくれた。絶えず支えてくれた家族と研究室の仲間、そして海外渡航援助をしてくださった早川幸男基金および関係者の皆様に深く感謝いたします。ありがとうございました。