

日本天文学会早川幸男基金による渡航報告書

HETDEX Winter 2018 Meeting

氏 名: 小島崇史 (東京大学宇宙線研究所D2
(渡航当時))

渡航先: ドイツ・ミュンヘン

期 間: 2018年3月18日~26日

私は、ドイツのマックス・プランク地球外物理学研究所で行われたHETDEX Winter 2018 Meetingに参加し、口頭による成果報告と今後の研究方針についての意見交換を行いました。

Hobby-Eberly Telescope Dark Energy Experiment (HETDEX) は、米国/マクドナルド観測所にあるホビー・エバリー望遠鏡の可視面分光器VIRUSを用いた宇宙論実験プロジェクトです。420平方度の領域に対して走査的に分光を行い、赤方偏移 $z\sim 2-3$ のライマンアルファ輝線天体(LAE)が約100万個検出する計画です。 $z\sim 2-3$ のLAEの3次元空間分布を得ることにより、「宇宙論パラメータは赤方偏移変化するか?」という宇宙論の問いに答えることがHETDEXの主目的の一つとなっています。VIRUS面分光器による観測は現在進行中で、一部の面分光データについては整約・較正・輝線検出が済んでいます。しかし、輝線検出まで終了したデータを見てみると、宇宙線やノイズが作り出す偽の輝線や、近傍銀河からの[OII]輝線、星の連続光成分中の凸部などが多く混入しています。それらの混入物は、輝線等価幅などを用いて可能な限り除いていますが、想定していたほど除ききれていないことがわかりました。それらの混入物を取り除き、できるだけ純粋なLAEサンプルを構築することが、HETDEXにおける喫緊の課題となっています。

現在、我々東京大学のグループがHETDEXに参画し、ディープラーニング(深層学習)を用いた輝線分類のワーキンググループを牽引していま



ミュンヘン、マックス・ヨーゼフ広場にて。

す。中でも私は、心臓部である輝線分類手法の開発を推進しています。本手法の開発が成功すれば、これまで問題となっていた混入物を効率的に取り除くことが可能になるため、HETDEXの中でも重要な任務として位置づけられています。今回の渡航では、現時点での輝線分類の成果を報告し、今後の方向性を議論しました。

成果報告では、2次元スペクトルを用いた深層学習により、93%のLAEを正しく選択できることなどを報告しました。本手法の開発はほんの初期段階ですが、深層学習の強力を示すことができました。また、宇宙線やノイズが作り出す偽の輝線を取り除く上で、深層学習が特に効果的であることも示しました。中心人物であるKarl Gebhardt氏、小松英一郎氏らから多くの質問を受けるなど、本手法に対する関心の高さを感じました。

本研究会に参加して、(1) HETDEX観測の途中経過と今後の予定について、(2) 整約・較正・輝線検出のパイプラインの開発状況について、(3) 各研究者が検討しているサイエンスゴールについて、の3点を把握することができたことは、



HETDEX チームの懇親会では、和気あいあいと会話を交わしながら、交流を深めることができました。

大きな収穫でした。

例えば、(1) と (2) に関連して、面分光データと測光データのマッチングには、私が想定していたよりも難しい問題が存在することがわかりま

した。この情報は、どのようなデータに基づいて輝線分類を行うべきかを決定する上で重要な情報となりました。それ以外にも、直接顔を合わせて情報交換や意見交換をすることで、複雑で、説明しにくい部分も含めて理解を深めることができたように思います。今後誰がいつまでにどのような作業を行うのかについても、かなり具体的に決定することができ、非常に生産的な時間でした。

また、HETDEXの共同研究者の皆さんとの交流の中で、深層学習を用いた輝線分類が大いに期待されていることもわかりました。その期待に応えられるように今後とも精進して参りたいと思います。

最後に、今回の渡航を援助してくださった、日本天文学会早川幸男基金と関係者の皆様に、厚く御礼申し上げます。

日本天文学会早川幸男基金による渡航報告書 6th Symposium on Neutrinos and Dark Matter in Nuclear Physics 2018 (NDM 2018)

氏 名：佐々木宏和（東京大学／国立天文台理論部D2（渡航当時））

渡航先：韓国・テジョン

期 間：2018年6月28日～7月4日

私は、2018年6月29日から7月4日に韓国のテジョンで開かれた6th Symposium on Neutrinos and Dark Matter in Nuclear Physics 2018 (NDM 2018)に参加しました。会議ではニュートリノやダークマターに関する発表が行われ、ハイパーカミオカンデやKM3NeT, DAMA, KATRIN, COHERENTといった宇宙観測や地上実験の今後の展望が報告されました。

特にニュートリノに関する講演では太陽ニュー

トリノ観測による非標準相互作用のパラメータの制限や、高エネルギーニュートリノ観測によるローレンツ不変性の検証など、素粒子の性質を探る上で天体ニュートリノの観測が有用であることが示されました。また研究会ではダークマターの探索やニュートリノの性質の解明にとどまらず、重力崩壊型超新星の爆発的要素合成過程へのニュートリノの寄与や、サリス統計による宇宙リチウム問題の解決、ニュートリノを放出しない二重ベータ崩壊に対する軸性ベクトルカレントの不定性など原子核物理学に関する話題も広く扱われ、学際的な研究会となりました。

私は「Non-linear neutrino flavor transitions beyond the mean-field approximation」という題

目でポスター発表を行いました。重力崩壊型超新星や連星中性子星合体、初期宇宙といったニュートリノの数密度が大きくなる天体現象ではニュートリノ同士のコヒーレント散乱により非線形なニュートリノ振動が引き起こされ、ニュートリノの多体系において劇的なフレーバーの遷移が生じると考えられています。従来のニュートリノ振動の計算法では、物質やニュートリノ自身との相互作用を表すハミルトニアンに平均場近似が暗に仮定されていましたが、この近似が成り立つ保証はなく定量的な評価もなされていませんでした。

そこで本研究ではBBGKY法に基づいて平均場近似では無視された二粒子相関関数を取り入れ、平均場近似を超えたニュートリノ振動の計算法を理論的に導出し平均場近似が成り立つ条件を調べました。計算の結果、平均場近似を超えた二粒子相関の寄与はニュートリノのボルツマン衝突項に帰着されることが明らかとなり、ニュートリノの不透明度が1より十分小さい領域では平均場近似

が成り立つことが示されました。

ポスターセッションの際、超新星や太陽、初期宇宙でのニュートリノを研究するRasmus S. L. Hansen氏やEdoardo Vitagliano氏、長谷川拓哉氏らから本研究により導出されたニュートリノ輸送法を原始中性子星内部に適用しニュートリノの光度や温度、ニュートリノ球の半径がどの程度従来の計算からずれるのか調べてみると面白いとの提案をいただきました。議論を通じて今後の研究の手がかりを掴むことができました。また、会議の期間中は共同研究者であるMyung-Ki Cheoun教授のグループのメンバーと一緒に過ごし、サイエンスの議論や夕食を楽しむことができました。学部時代に習った韓国語が少し役に立ちました。

最後に、早川幸男基金のご支援により充実した時間を過ごすことができ、有意義な渡航となりました。早川幸男基金とその関係者の方々には深く感謝いたします。

日本天文学会早川幸男基金による渡航報告書 *International Symposium on Nuclei in the Cosmos/Carpathian Summer School of Physics*

氏 名：森寛治（東京大学D1（渡航当時））

渡航先：イタリア共和国・ルーマニア

期 間：2018年6月24日～7月14日

私は今回、日本天文学会早川幸男基金のご支援のもと、ヨーロッパで開催された2件の国際会議に参加した。

イタリア国立グランサッソ研究所（LNGS）で開催された国際会議International Symposium on Nuclei in the Cosmosは、宇宙核物理学分野の最大の国際会議として、世界各地で隔年で開催されている。私はこの会議で“Quantum Mechanical

Constraints on Resonances in Carbon Fusion Reaction and Its Impact on Type Ia Supernovae”と題してポスター発表を行った。この発表のテーマである炭素核融合は、超新星爆発や恒星進化、X線バーストなどに登場し、宇宙で発生する核反応の中でも重要なものの一つとして挙げられる。この反応の断面積は数十年にわたって実験的に測定されてきたが、2018年になって初めて、天体物理学的な低エネルギー断面積の測定が実施された（Tumino et al. 2018）。その結果、低エネルギー領域に多数の共鳴が存在することが明らかになり、従来の反応率の見積もりは小さすぎるものが

指摘された。

この発見を受け、本会議では炭素核融合をテーマとするセッションが開催され、実験的側面から天体への応用まで幅広い議論が行われた。Tuminio et al. ではトロイの木馬法と呼ばれる間接的手法が用いられたが、この手法を利用できる研究グループは世界中でも限られており、追試を行うことが難しい。そのため、彼らの解析の正当性について激しい議論が行われた。

私の発表では、彼らの結果が示す低エネルギー共鳴を Ia 型超新星の double degenerate scenario (白色矮星連星合体シナリオ) に応用し、共鳴の存在を仮定すると Ia 型超新星へと進化するための条件が変化することを明らかにした。また、イタリア国立天体物理学研究所 (INAF) の Oscar Straniero 氏の口頭発表は、新しい反応率を恒星進化論に応用し、炭素燃焼が発生する星質量の閾値の変化を明らかにしたというもので、大変興味深いと感じた。

この会議の終了後、私はルーマニア・シナヤで開催された研究会 Carpathian Summer School of Physics に参加した。この会議は European Network of Nuclear Astrophysics Schools の一つであり、宇宙核物理学の大学院生・若手研究者に向けた学校として長い伝統をもつ。今回の副題は Physics with small accelerators ということもあり、狭義の宇宙核物理学だけではなく、放射性炭素年

代測定法、非線型量子電磁力学、プラズマ物理学、そしてルーマニアが誇る極限光実験施設原子核物理部門 (ELI-NP) に関する講義などが開かれ、分野横断的で興味深い研究会となった。

私はこの研究会で、NIC 会議と同様のタイトルの口頭発表を行った。炭素核融合はホットな話題であることもあり、聴衆の多数を占める実験の専門家の方からも多くの質問をいただいた。また、(超) 新星や X 線バーストの専門家であるカタルーニャ工科大学の Jordi Jose 氏には、新しい炭素核融合反応率の更なる影響について興味深いご意見をいただいた。

本研究会は学生向けのスクールという性質上、大学院生の参加者が多かった。セッション終了後には学生同士でサッカーの世界・カップを鑑賞しつつ夕食を囲むなど、交友を深めることができた。将来の不安など博士課程学生が普遍的にもつ悩みや、各国特有のアカデミア事情についても意見を交換した。日本の学生の多くは給与をもらわずに研究をしていることを話すと、大変驚かれるという一幕もあった。

宇宙核物理学は天文学と原子核物理学の学際分野であり、その研究には双方の専門家の緊密な連携が不可欠である。そのような交流の絶好の機会を与えてくださった早川幸男基金の皆様には感謝を申し上げます。