

日本天文学会 早川幸男基金による渡航報告書

ISSAC 2013 Star & Planet Formation

渡航先—アメリカ

期 間—2013年7月21日-8月10日

私はカリフォルニア大学サンタクルーズ校 (UCSC) にて行われた“UC-HiPACC’s International Summer School on AstroComputing Presents: ISSAC 2013 Star & Planet Formation” (以下“ISSAC”) に参加し、口頭発表を行いました。ISSACは毎年この時期に行われている国際サマースクールで、毎回異なる研究テーマを設定し、関連する最新の数値計算コードについて実践的に学ぶ形式をとっています。今回は星・惑星形成の数値シミュレーションに携わる若手研究者・学生が一同に介する機会であり、博士課程後半の研究生活に弾みをつける絶好の機会と思い参加しました。

本サマースクールは公開されている数値計算コード開発者を講師として招き、それぞれのコードの最新状況について1週間かけて講義してもらうという形式になっていました。午前は数値計算の基礎的な知識から最新の実装内容までをカバーするレビュー講義、午後は講師と相談しながら公開コードを動かす演習に割り当てられており、毎週二つの数値計算コードを使えるようになることを目標としています。最終的に、三つの格子法コード (Ramses, Athena, FLASH) と二つの粒子法コード (ChaNGa, Seren), それと輻射輸送計算コードについて、それぞれの特徴を実際に計算して体験することになりました。レビュー講演では私自身の研究についても紹介され、多少なりとも貢献できていることが確認できて安心しました。

3週間もの間、数値計算のレビューを聞き続けるのはなかなかたいへんでしたが、おかげで数値計算コードについての知識を整理することができ

ました。今回は複数の公開コードの長所・短所・適した問題設定などを比較するまたとない機会であり、演習として実際に計算してみることでどのコードが使いやすいかを確認できました。また将来の開発予定も紹介されており、数値計算研究が今後どのような方向に進むのかも勉強になりました。今回、修士課程学生からの参加も見受けられましたが、今後の研究でどの数値計算コードを使えばいいか迷っている場合、ISSACに参加して見極めるといのは十分意義のある選択だと思います。また、私自身の今後の研究において必要となるコード実装を進めるため、コード開発者と直接意見を交わせたのは幸いでした。彼らの助言を受けながら、今回紹介された計算コードの一つである Seren コードに近年実装された NewSink 法を、私が用いている計算コード Gadget に実装することができました。NewSink 法は旧来の sink particle 法では解いていなかった降着半径内の時間進化・力学相互作用を取り扱うことを可能とする手法で、降着半径周辺の時間発展をより精度よく計算できるようになると期待されています。これはわれわれの今後の研究 (原始星への質量降着期の時間推進、次世代の星形成など) を進めるうえで必要となる部分であり、本サマースクール中に集中的に実装できたのは僥倖でした。今後、テスト計算を通じて適切な設定を求め、実際に計算・研究に利用していきたいと思います。

私自身は“One Hundred First Stars: Protostellar Evolution & Stellar Mass” というタイトルで口頭発表を行いました。これは初代星形成時の典型的な初期質量を求めるため、始原的星形成ガス雲を多数取得し、それぞれの原始星の降着進化を輻射流体シミュレーションで調べたものです。宇宙論的シミュレーションより第一原理的に計算した100

例以上の始原的星形成ガス雲は、収縮過程の熱進化がそれぞれ大きく異なっていました。降着率は温度に依存して大きくなるため、高温のガス雲ほど大きな降着率をもち、原始星への質量降着はより激しくなります。その結果、輻射フィードバックによって質量降着が終了したときの初代星質量は数十から数百太陽質量と幅広く分布しました。これは星形成ガス雲の性質が初代星質量を強く左右することを意味しています。またガス雲の物理量と初期質量には一定の相関が確認され、われわれは降着進化を特徴付けるパラメーターを「ガス雲の質量」と「回転強度」と特定しました。初期質量はこれら二つのパラメーターによって決まるため、星形成ガス雲が形成した段階で、以降の降着進化を解かず初代星質量を見積もることができます。これは初代銀河や第2世代星形成など、初代星の影響を受ける天体について調べる際に有

用なモデルを与えると考えています。

3週間という長期にわたる海外の若手・同年代の研究者との交流は非常に刺激的でした。講師の方々からは今後の研究を進めるうえでの有益な情報を数多く受け取りました。星・惑星の理論研究に携わる学生が50人近く集まるというのは初めての経験で、彼らとの議論そして雑談から大いにエネルギーをもらいました。今後、どこかの研究会で再開できることを楽しみにしたいと思います。

以上のように、今回の滞在は今後の研究においても重要となる進展がいくつもあり、極めて充実した経験となりました。このような機会を与えて下さった早川幸男基金、日本天文学会の方々からの感謝を示して、筆を置きたいと思ひます。ありがとうございました。

平野信吾（東京大学D2）

日本天文学会 早川幸男基金による渡航報告書 PACIFIC 2013

渡航先—南太平洋フランス領ポリネシア
期 間—2013年9月2日-7日

私は南太平洋フランス領ポリネシア諸島タヒチのモーレアにて行われたA University of California, Los Angeles, Symposium on Particle Astrophysics and Cosmology Including Fundamental Interactions (以下、PACIFIC 2013)にて招待講演を行いました。PACIFIC 2013は、自然に囲まれた中で素粒子物理学、宇宙論、天文学の分野を横断する濃密な議論を目的とした招待のみの会議でした。

私は、“Extragalactic Background Light up to the Epoch of Cosmic Reionization”という題目で

宇宙可視赤外背景放射に関する近年の観測の進展や理論モデルに関する招待講演を行いました。私の講演の前後にはAlexander Kusenko氏 (UCLA) が高エネルギー宇宙線由来の二次ガンマ線に関する講演を、Marco Ajello氏 (UC Berkeley) がガンマ線観測による宇宙可視赤外背景放射への制限に関する最新の研究成果について講演をされていました。

宇宙可視赤外背景放射は、宇宙における星・銀河の進化史をひも解くうえで重要な観測情報です。観測的には直接観測や銀河カウントにより制限されています。また、観測技術の進展により、ブレーザーのガンマ線観測も宇宙可視赤外背景放射を理解するうえで重要な鍵となっています。ガ

ンマ線観測による結果は銀河カウントやPioneer 10/11により報告された可視域の背景放射強度とは無矛盾である一方、IRTSやAKARIにより報告された近赤外域に見られる背景放射強度とは矛盾しており大きな問題となっています。

直接観測には太陽系内の黄道光の混入という不定性がある一方で、ガンマ線観測はブレーザーの吸収前スペクトルの仮定に不定性があります。これまで、ブレーザーのガンマ線放射を考える際はジェットからの放射のみが考慮されていました。この仮定に従い、背景放射モデルを用いて観測データからブレーザーの吸収前スペクトルを再構築すると、単純なブレーザーの放射モデルでは説明できない成分が見られることが知られています。しかし、Alexander Kusenko氏らにより、ジェットにより生成された高エネルギー宇宙線が宇宙空間を伝播する際に、背景光子場と相互作用することで生成される二次ガンマ線の寄与が無視できない可能性が近年指摘されました。二次ガンマ線理論が正しければ、現在のガンマ線からの制限は大幅な修正が必要になります。現状では、二次ガンマ線理論は銀河間磁場等の理論的不定性があり、今後の検証が課題です。会議では、二次ガンマ線理論の検証と二次ガンマ線も考慮したガン

マ線からの背景放射への制限方法の必要性に関し重点的に議論されました。

二次的ガンマ線理論の検証方法として、私はKusenko氏らとの共同研究で次世代ガンマ線望遠鏡Chrenkov Telescope Array (CTA) による無バイアスサーベイ観測が決定的な証拠をもたらすことを明らかにしており、会議でも報告させていただきました。加えて、近赤外背景放射の直接観測を目指したCIBERロケット実験の結果が今後、最も重要な情報をもたらすと期待しています。

非常に小さな研究会でしたが、参加者全員同じ場所に宿泊していたこともあり、朝昼晩とさまざまな議論ができ、たいへん充実した1週間でした。特に今年から本格稼働を始めたTeV領域における次世代ガンマ線観測装置であるHAWCのSpokespersonであるBrenda Dingus氏と、われわれのブレーザー検出数予測やTeVガンマ線サイエンスについてさまざまな議論ができました。今後お互いに情報を交換していく予定です。

以上のように今回の滞在は非常に充実したものとなりました。これもひとえにご支援をいただいた日本天文学会の皆様と早川幸男基金のおかげです。最後になりましたが、心よりお礼申し上げます。

井上芳幸 (KIPAC/SLAC/Stanford 大学)