

日本天文学会早川幸男基金渡航報告書

2009年09月10日採択

申請者氏名	西塚直人 (会員番号 4801)
連絡先住所	〒607-8471 京都市山科区北花山大峰町
所属機関	京都大学大学院理学研究科附属天文台
職あるいは学年	D3
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	Reconnection in the Chromosphere observed with Hinode and associated Alfvén Wave Propagation
渡航先 (期間)	アメリカ合衆国ウィスコンシン州マディソン市ウィスコンシン大学 (2009年10月4日～10月9日)

私は2009年10月4日～7日の4日間、アメリカ合衆国ウィスコンシン州マディソン市で開催された国際会議“2009 US-Japan Workshop on Magnetic Reconnection (MR2009)”に参加、発表してきました。この会議には太陽・天体プラズマの研究者だけでなく、実験室や地球磁気圏プラズマの研究者も集まり、実験・観測家から理論・シミュレーション家まで様々な研究者が集まります。今や磁気リコネクションは実験室や地球磁気圏だけでなく、太陽や天体プラズマ現象にいたるまで、あらゆるところで起きているということが観測的に明らかになってきました。そうした中で、様々な状況下で起こる磁気リコネクションの共通の理解を深めようというのが、本研究会の目的です。毎年日本とアメリカとで交互に開催され、今年はウィスコンシン大学のEllen Zweibel教授らの主催により開催されました。5月のインフルエンザによる会議延期のため若干会議の規模が小さくなったものの、実験・観測家から理論・シミュレーション家まで様々な分野から約50名が参加しました。また最終日には翌日から同会場で開催される“CMSO (Center for Magnetic Self-Organization in Laboratory and Astrophysical Plasmas) General Meeting”の参加者も加わりました。私は「Reconnection in the chromosphere observed with Hinode and associated Alfvén wave propagation (ひので衛星によって発見された彩層における磁気リコネクションとそれに伴うアルフヴェン波の伝播)」というタイトルでポスター発表をしました。昨年Astrophysical Journal Letterで出版された論文と、さらに発展させた現在執筆中の論文の内容を発表しました。自分の研究成果を報告だけでなく、知見を広げ、他分野の研究者との情報交換と共同研究への足がかりをつくることを目的とし、本研究会に参加を申し込みました。

私の発表内容は、ひので衛星で新たに発見された彩層中でのジェット現象を、同時に行った磁気流体シミュレーションとの比較により物理的に理解しようとするものです(研究業績1、2、参考資料参照)。この彩層中でのジェット現象は、その形状や時間空間スケールから彩層中でも“速い”磁気リコネクションが起きていることを示唆しています。しかしながら太陽彩層は弱電離状態で粒子間衝突も無視できず、こうした現象は従来の完全電離無衝突プラズマの理論では予期されなかった初めての発見でした。私は何が磁気リコネ

クシヨンのエネルギー解放の速さを決定しているのかを解明するために、浮上磁場—磁気リコネクションモデルに基づいた2次元磁気流体シミュレーションを行い、観測と定量的に比較しました。このシミュレーションは Yokoyama & Shibata (1995) を改良したもので、計算技法の改良によってより現実的な初期条件での計算が可能となり、定量的な比較が世界で初めて可能になりました。その結果シミュレーションによる電流シート付近に、観測でも良く似た構造が観測されることが初めて示されました。さらに、アルフヴェン波が磁気リコネクションに伴って発生し伝播していることが初めて観測され、その現象も磁気流体シミュレーションによってみごとに再現されました。

本会議には、日本から私を含め「太陽ひので」関連で4人が参加しました。「ひので」の打ち上げから3年が経ち、様々なリコネクションの新しい観測結果がでる一方で、理論的にもそれらの研究が進みつつあることが紹介されました。なかでも地球磁気圏・実験室プラズマ研究者にとって、従来「速い」リコネクションはミクロな物理機構によって起こるものだと考えられていたため、弱電離状態でかつ粒子間衝突の無視できない太陽彩層中で「速い」リコネクションが観測されることは全く予期されていないことでした。聞いたところでは、粒子間衝突のあるプラズマ実験で「速い」リコネクションが観測された例はないそうです。そのために、私の発表や日本の太陽ひので研究グループの発表は、従来の「何がエネルギー解放の速さを決定しているのか」という問題を改めて問い直すきっかけとなり、多くのプラズマ物理学者から関心を集めました。

幸いなことに私のポスターにも何人もの方が見に来てくださり、有意義な議論をすることができました。写真は主催者である Ellen Zweibel さんにポスター発表を聞いて頂いている様子です。後で論文を書く際に気がついたことですが、彼女は星間空間における磁気プラズマを研究している理論家です。(研究会中はLOCで忙しく発表がなかったため、何を研究されているのかよくわかっていませんでした。) 星間空間も太陽彩層と同様に弱電離プラズマであり、実は星間空間と太陽彩層の物理は似ているのかも知れないということに初めて気がつきました。次回からの天文学会では太陽セッションだけでなく、星間物理のセッションにも是非参加してみようと思います。また、本研究会は世界を代表するリコネクションの専門家と話せる絶好の機会だったので、できるだけ多くの方に話しかけ、あわよくば議論に挑戦してみようと思いました。Battacharjee や Drake、Daughton や Utzdensky といったリコネクション理論で有名な研究者も参加されており、若手から大先生にいたるまで身近に接する機会に巡り合えたことは、とても刺激的で大きな収穫になりました。

自分の話をきいてもらうことで、問題点も少しずつはつきりとしてきました。特に本研究会で感じたことは、リコネクション研究はだんだんとミクロな物理からプラズモイドや乱流といったダイナミクスの研究にシフトしてきているということです。つまり観測や実験、数値計算の技術の向上に伴ってそれらの研究は可能となり、「エネルギー解放の速さ」を決定するものとしてミクロ物理だけでなくマクロなダイナミクスの重要性も非常に関心を集めています。「ひので」による彩層リコネクションの発見もこのことと関連しており、関心を集めたのだと思われます。私の博士課程における研究テーマは「太陽大気における磁気リコネクションのフラクタル性と粒子加速の理論的・観測的研究」でしたが、今多くの米国のプラズマ物理学者はミクロとマクロな物理を結合する“フラクタルリコネクション”(Shibata & Tanuma 2001) に最も注目しており、何度も研究会で引用されて

いたのが印象的で、わくわくと興奮しました。

あとは余談ですが、研究会と一緒にウィスコンシン大学のプラズマ実験室ツアーも企画されました。ウィスコンシン大学の院生や若手研究員の方が説明して下さいました。普段太陽の観測データで研究をしている自分にとって実験設備を見せてもらう機会はほとんどなく、装置の大きさに圧倒されました。さらに驚いたことは、街全体が大学といった雰囲気だったことです。南北を湖に囲まれ、緑の芝生と木々の合い間合い間に新旧様々な建築様式の大きな建物が建ち並び、小高い丘の上に小さな天文台もありました。いろんな国籍の学生がキャンパスでは行き交い、食堂での料理は大盛りで、これが米国の大学かと留学気分も楽しむことができました。宿泊はB&B(Bed & Breakfast) に泊まり、ハウスキーパーの老夫婦には大変お世話になりました。

このように私は、今回の渡航で多くの充実した貴重な体験をすることができました。来年は奈良で“MR2010”が開催されることが決まり、自分もLOCとして参加させて戴くことになりました。今回の経験を活かし、さらに研究者として成長できるように頑張りたいと思います。最後になりましたが、このような貴重な経験をする機会を与えて下さった早川基金の皆様から心から感謝申し上げます。



図 1: MR 2009 の研究会場と研究会の様子 (主催者の Ellen Zweibel 氏と)