Magnetic Reconnection in the Solar Corona and Terrestrial Magnetosphere

(太陽コロナおよび地球磁気圏における磁気リコネクション)

計画の概要 １０行　ｘ　５０字　（ ２０ｘ２５ ）

近年、わが国の太陽Ｘ線観測衛星「ようこう」と磁気圏観測衛星「ジオテイル」は、磁気リコネクションが太陽フレアや磁気圏サブストームにおいてエネルギー解放の中心的役割を果たしていることを、ほぼ疑いないものにした。しかし、リコネクションの基礎物理や、エネルギー解放の物理全体については、いくつかの基本問題が未解決のまま残されていた。例えば、リコネクションに至るグローバル不安定性の正体、さらには粒子加速機構や抵抗の起源などの基本問題が未解決である。本研究では、太陽コロナと地球磁気圏の観測データ解析と、粒子および磁気流体シミュレーションを同時進行させ、両者の比較により、以上の基本問題の解明を目指す。また、2004 年打ち上げ予定の Solar B 衛星による磁気リコネクション観測についても理論的検討を行なう。

共同研究の目的及び期待される成果　２６行　ｘ　５０字 (何をどこまで明らかにしようとするか，日米における従来の研究状況も含む)

概要の最初に述べたように、太陽と地球磁気圏という異なる分野で、ほぼ同時に同じ物理機構 (磁気リコネクション) の観測的証拠が飛躍的に増えたというのは大変興味深い。観測データと理論シミュレーションとの詳細な比較、太陽と地球磁気圏の現象の詳細な比較、というのは、今こそがチャンスであり重要な時期であると言って良いだろう。それをねらうの本研究の主目的である。

これまで日本側参加者は、「ようこう」太陽Ｘ線観測によるコロナ活動現象 (フレアやジェット) の研究、太陽フレアやジェットの磁気リコネクションモデルに基づく磁気流体シミュレーション、「ジオテイル」磁気圏尾部観測による磁気圏サブストームの研究、などの研究に成果を挙げてきた。一方、米国参加者は、地球磁気圏構造の粒子シミュレーション、磁気リコネクションの基礎プラズマ理論、SOHO 太陽観測衛星によるコロナ活動現象の研究、などに成果を挙げてきた。

さらに、日米の太陽研究者はともに、2004 年打ち上げ予定の、 Solar B 衛星プロジェクト (日米英国際共同研究) の主要メンバーである。本研究では、Solar B 打ち上げ前に、理論の立場から　Solar B で観測されると予想される物理過程を明らかにすることも、重要な目的の一つとしている。

そこで本研究では、次のように具体的課題を設定する。

１．太陽コロナと地球磁気圏の磁気リコネクションを、観測理論の両面より、基礎物理 (抵抗の起源など) も含めて詳しく比較検討する。

２．磁気リコネクションにおいて出現すると期待されているＭＨＤ衝撃波を、磁気流体コード、粒子コードを用いて詳しく調べ比較する。同時に粒子加速への応用を検討する。

３．太陽コロナにおける磁気リコネクションにともなうプラズマ流の磁気流体シミュレーションを行い、「ようこう」、SOHO のデータと比較するとともに、Solar B 衛星で観測されるであろうＸ線像や輝線プロファイルのモデルをつくる。

共同研究の実施計画（年度別，日米の研究者相互の協力分担の仕方について具体的に）　２６ｘ５０

米国側参加者の来日に関しては別途、米国 NSF に申請をおこなうものであるが、協力分担を明らかにするため以下ではまとめて示す。来日する米国側担当者名は現在調整中であるため、可能性を示した。また、米国滞在の日本側担当者は担当分野・実施時期・研究の進展状況に応じて決定するため、以下の担当者名も変更の可能性がある。

平成１２年度

磁気リコネクションにおいて出現すると期待されているＭＨＤ衝撃波を、磁気流体コードと粒子コードを用いて詳しく調べ比較するために、米国側より担当者１名(Nishikawa)が来日し、日本側研究グループとの共同研究を行なう。その結果をふまえ、日本側での検討を経た後、担当者１名（町田）が米国に滞在する。

太陽コロナの磁気リコネクションにともなうプラズマ流の磁気流体シミュレーションを行い、「ようこう」や SOHO のデータと比較し、さらに Solar B 衛星で観測されるであろうＸ線像や輝線プロファイルのモデルをつくるために、担当者１名（横山）が米国に滞在する。

平成１３年度

太陽コロナと地球磁気圏の磁気リコネクションを、観測理論の両面より、詳しく比較検討するために、担当者２名(柴田、小出)が米国に滞在する。さらに、磁気リコネクションの基礎物理（抵抗の起源など）を調べるために、米国側１名 (Horton) が来日する。

「ようこう」と SOHO によって観測された磁気リコネクション現象の比較、磁気流体シミュレーションとの比較、Solar B への応用、などの研究を推進するために米国側１名（ Dere) が来日する。

米国側より担当者１名 (Nishikawa) が来日し日本側研究グループとの討論を通じて本研究計画全体のとりまとめを行なう。

日米の研究者間の交渉経過　　１６ｘ５０

米国側代表者の Nishikawa 博士は、かねてより、しばしば日本側代表者の柴田の所属していた国立天文台を訪問し、磁気リコネクションの粒子シミュレーションについて柴田と研究交流を深めてきた。(Nishikawa 博士は故 Buneman 博士のグループが開発した粒子コードを用い、粒子シミュレーションの分野で国際的に活躍している。) また本研究計画共同研究予定者の小出博士も、Nishikawa 博士と磁気リコネクションや宇宙ジェットのシミュレーション研究などのテーマで共同研究を続けてきた。一方、柴田はしばしばテキサス大学を訪問し、米国側共同研究予定者の Horton 教授と、磁気リコネクションの基礎物理に関して議論をかわしてきており、Dere 博士とは SOHO 衛星で観測されたコロナ質量放出にともなう磁気リコネクションのデータ解析に関して共同研究を進めつつある。本研究計画は、これまでの個人ベースの共同研究を、日米の研究グループ間の共同研究として拡張し、磁気リコネクションの基礎物理 (抵抗の起源など)、粒子加速機構、リコネクションのトリガー機構などの基本問題の解明、さらには、太陽コロナと地球磁気圏における磁気リコネクションの統一的解明などに寄与しようとするものである。

本研究に係わる連絡はすべて電子メールを通じて行なわれ、Nishikawa 博士以下米国側メンバーの参加意志は確認済みである。

この研究に関連する国内及び外国における研究の状況　　１０ｘ５０

概要でも述べたように、国内では、「ようこう」チームが太陽フレアにおけるリコネクションの重要性を決定づける画期的成果をあげた。一方、「ジオテイル」チームも同様に磁気圏リコネクションの観測的証拠に関してブレークスルーと言える成果をあげた。外国では、太陽コロナにおけるリコネクションについて、SOHO 衛星や TRACE 衛星などを用いて観測的研究が進みつつある。太陽コロナと地球磁気圏の磁気リコネクションの比較、とくに、それを念頭に置いた上でのリコネクションの粒子シミュレーションと磁気流体シミュレーションの比較というのはまだあまり例がない。強いてあげれば、日本側代表者である柴田が数年前に参加した日独協力事業共同研究（日本学術振興会）「無衝突プラズマ中の磁力線再結合過程の研究」（代表：寺沢敏夫東大教授）が思い浮かぶくらいである。柴田は寺沢博士らとともに、この共同研究に基づいて、現在、「太陽フレアと磁気圏サブストームの比較研究」と題する論文を執筆中である。

日本側研究者

柴田一成 (しばた かずなり) 教授　京大理・天文台　理博　太陽宇宙プラズマ物理学
横山央明 (よこやま たかあき) 助手 国立天文台 理博 太陽物理学
町田 忍 (まちだ しのぶ) 助教授 京大理・地球物理 磁気圏物理学
小出真路 (こいで しんじ) 助教授 富山大工 理博 天体物理学

米国側研究者

Kenichi Nishikawa (ケンイチ・ニシカワ) 講師 ラトガース大
Wendel Horton (ウエンデル・ホートン) 教授 テキサス大
Ken Dere (ケン・デイア) 主任研究員 NRL 研究所