

太陽惑星系電磁気学分野の現状と将来

町田 忍

(京都大学大学院理学研究科地球惑星科学専攻太陽惑星系電磁気学講座)

京大地球物理学教室における地球電磁気学の研究は長谷川万吉先生より始まる輝かしい歴史を持つ。長谷川先生の業績や当時の時代背景については、昨年6月に行われた第1回国際高等研フェロー研究会において、佐納康治先生から詳しく報告された。さらに、それに続く研究の歴史については、昨年11月に開催された第2回研究会において加藤進先生から整理された形で極めて有益なレビューが行われた。本分野の近代化と地磁気世界資料解析センターの設立とその後の発展に尽力された前田坦先生・杉浦正久先生・荒木徹先生の時代のとりまとめについては、別の機会にゆずることにして、今回の講演では、太陽惑星系講座と地磁気世界資料解析センターの両方で構成される電磁気学グループの研究・教育の現状と将来の展望に焦点をあてて報告を行いたい。

さて、平成22年2月現在、講座には、町田忍(教授)、齊藤昭則(助教)の2名、また、地磁気世界資料解析センターには、家森俊彦(教授)、藤浩明(准教授)、竹田雅彦(助教)、能勢正仁(助教)の4名の教員が在籍している。また、本グループに所属する大学院生は、修士課程10名で、博士後期課程は5名である。また、業務・事務を担当する人員として講座1名、地磁気センターに4名の職員が勤務している。

電磁気学グループのミッションとしては、(1) 学部・大学院生教育、(2) 世界に通用する研究者・専門家・教育者の養成、(3) 専門分野における学術活動・貢献、(4) 地物教室・電磁気学グループの良き伝統の継承、等があると考えているが、次にそれらについて順に述べてゆく。

まず、(1) と (2) について、われわれのグループが関わって行われている学部の講義・演習には次のようなものがある。

- 1 回生授業：ポケットゼミ「太陽・地球・惑星の科学」、プラズマ科学入門
- 2 回生授業：観測地球物理学、観測地球物理学演習 A、地球惑星科学 III、
計算地球物理学演習
- 3 回生授業：電離気体電磁気学、地球電磁気学、地球惑星科学課題演習 DB・DD
- 4 回生授業：太陽地球系物理学、惑星科学基礎論、地球惑星科学課題研究 T1

さらに、大学院講義・ゼミナールについては、
太陽惑星系電磁気学 I・II、多階層地球変動科学特論
太陽惑星系電磁気学ゼミナール I (談話会)、同ゼミナール II (教科書輪講)、同ゼミナール III (雑誌会・MPEWG)
などがあり、これらを実施している。

次に、(3) について電磁気グループで展開している研究について述べる。それらはいずれも、太陽惑星系における電磁気学現象に関する研究であるが、個人あるいは複数の人員で実施されている基礎的な研究から、国内あるいは国外の研究者が協力して行うプロジェクト研究など幅広く分布している。それらをテーマ別に整理すると、

- (i) 地上・海底における磁場観測と地磁気指数の算出
 - (ii) 電離圏および超高層大気の研究
 - (iii) 地球および惑星磁気圏の研究
- に大別することができる。

(i) 地上・海底における磁場観測と地磁気指数の算出

本テーマについては、地磁気世界資料解析センターが中心となっており、峰山・信楽・阿蘇あるいはシルクロードに沿って磁力計を設置したり（家森）、図1に示すように日本海や太平洋の海底に磁力計を設置して（藤）、地磁気の定常観測を実施している。また、地磁気指数（Dst 指数、AE 指数、ASY/SYM 指数）の算出や世界各地約 400 箇所の地磁気観測所からマイクロフィルム、マイクロフィッシュ、データブック、デジタルデータなどの形でデータを収集し、それを整理・保存して WEB などによる公開を行っている。ホームページアクセス統計は年間 800,000 件を超え、また、地磁気指数の利用論文数 (in JGR & GRL) についても、その多さは特筆に値する。

また、個人的な研究については、地磁気および人工衛星による磁場観測データを用いた磁気嵐やサブストームおよび磁気圏電流系の研究・磁気圏を流れる電流系の研究／ASY・SYM 指数の開発およびサブストームと磁気嵐の関係の研究（家森）、図2に示すようなサブストーム研究およびその関連研究に役立てるための低緯度 Pi2 地磁気脈動の振幅に着目した Wp 指数の開発と WWW によるその公開（能勢）などが挙げられる。また、この項目に関わる将来計画としては、地球惑星科学仮想データセンター構想(基盤 A)と超高層科学バーチャル情報拠点構築(大学間連携事業)の推進（家森）がある。

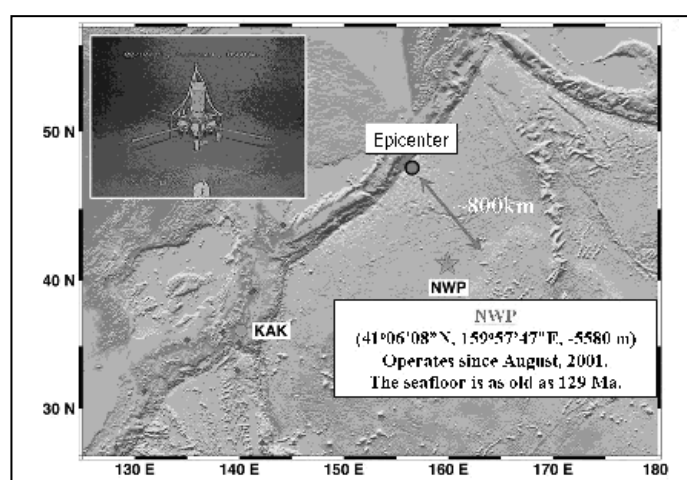


図1：北大西洋における海底長期電磁場観測点 NWP の位置と海底観測装置。

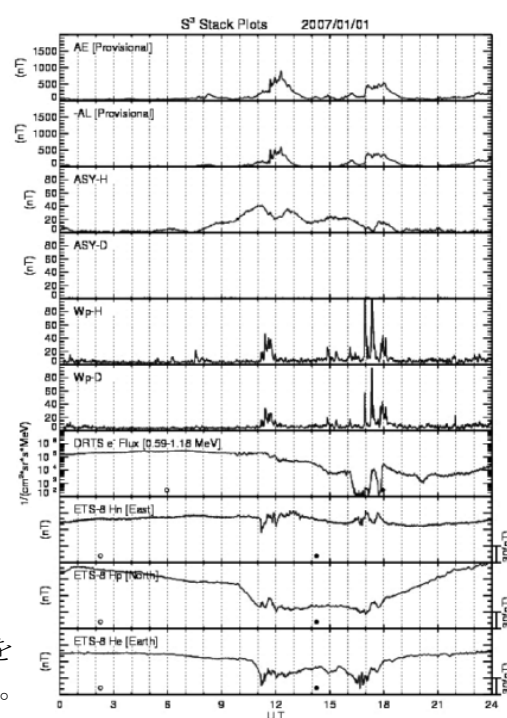


図2：低緯度 Pi2 地磁気脈動にウェーブレット変換を用いて求める Wp 指数（上から 5, 6 番目のパネル）。

(ii) 電離圏および超高層大気の研究

本テーマに関しては、地磁気 Sq 場の季節変化 Sq ダイナモに伴う沿磁力線電流系の研究／地磁気 Sq 場の長期変動と太陽活動の関係の解明（竹田；図3）、GPS 衛星観測データを用いた電離層全電子密度の解析／日本上空のプラズマ擾乱（MSTID など）の研究（齊藤；図4）、地震・津波・火山噴火・台風に伴う下層大気擾乱と地磁気変化の研究（家森・藤；図5）などがある。これと関連した将来計画としては、国際宇宙ステーション「きぼう」を用いた可視光撮像装置(Nadir)と極端紫外光撮像装置(Limb)による観測（齊藤；図6）、また、(i)とも関わっているが、Google Earth を用いた 3 次元可視化ファイルデータベースの構築が進んでいる。（齊藤）

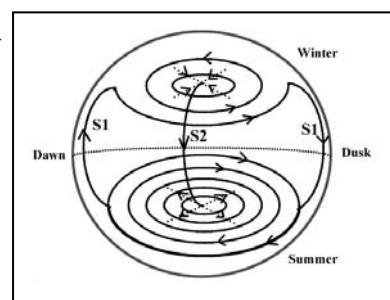


図3：南北の Sq ダイナモ渦の中心を結ぶように流れる沿磁力線電流。

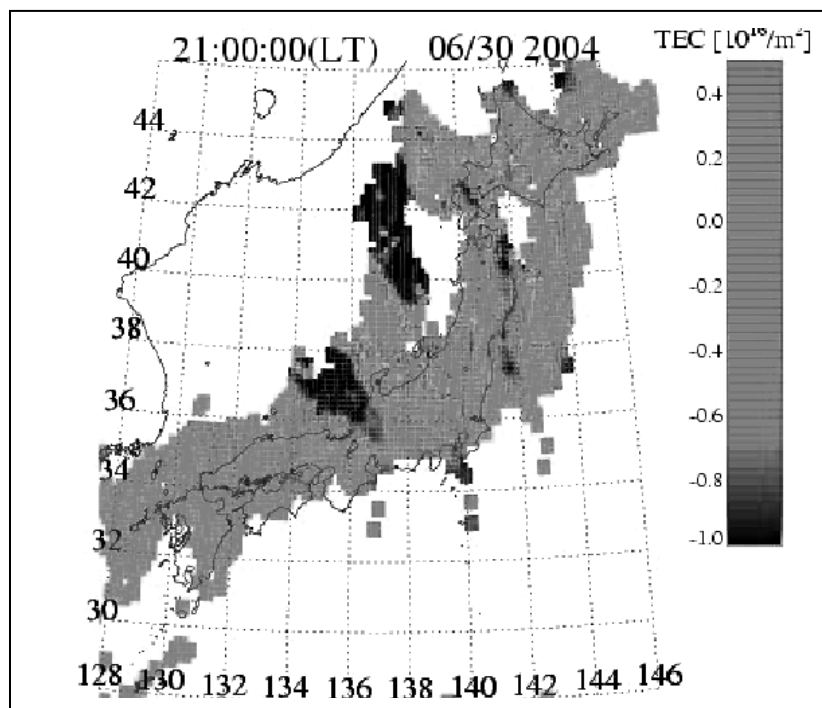


図4：GPS衛星データから求めた日本上空の電離圏密度分布。発達した中規模伝搬性擾乱 MSTID がみられる。

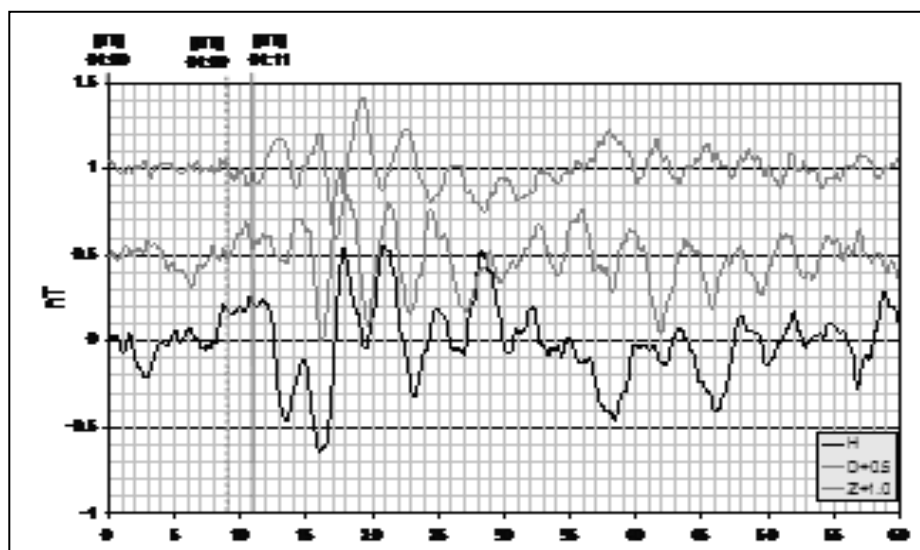


図5：タイ・ピマイでスマトラ地震発生直後に観測された地磁気脈動。

(iii) 地球および惑星磁気圏の研究

本テーマについては、磁気圏における爆発現象・サブストームの物理機構解明・磁気リコネクションの研究（町田）、MDS-1 衛星による直接観測と IMAGE 衛星によるリモート観測によるリングカレント生成メカニズムの解明（能勢）、惑星探査機のデータや数値シミュレーションを用いた惑星電磁気圏の研究（町田）などがある。将来につながる計画としては、日本の SCOPE 計画と欧州の M-Cube 計画を合体させて日欧で実施されることになった図7に示すような地球磁気圏探査計画への参加（町田・家森・能勢）、日欧共同で実施される水星探査ミッション Bepi-Colombo 計画への参加（町田）などがある。

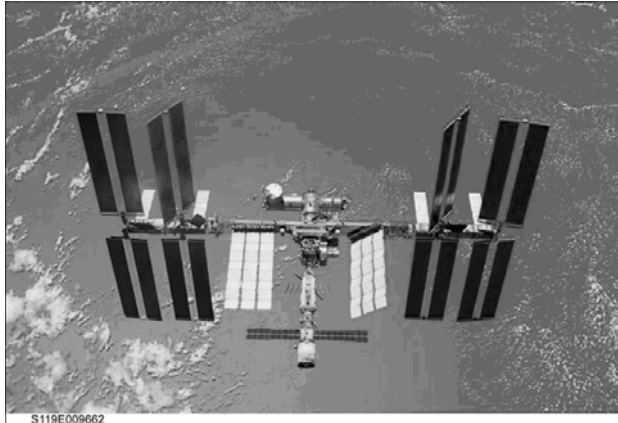


図6：国際宇宙ステーション「きぼう」曝露部第2期ポート共有利用部に超高層大気撮像観測ミッション ISS-IMAP が搭載されて、2011年に観測が開始される予定である。観測は可視光撮像装置(Nadir)と極端紫外光撮像装置(Limb)の2つで実施される。

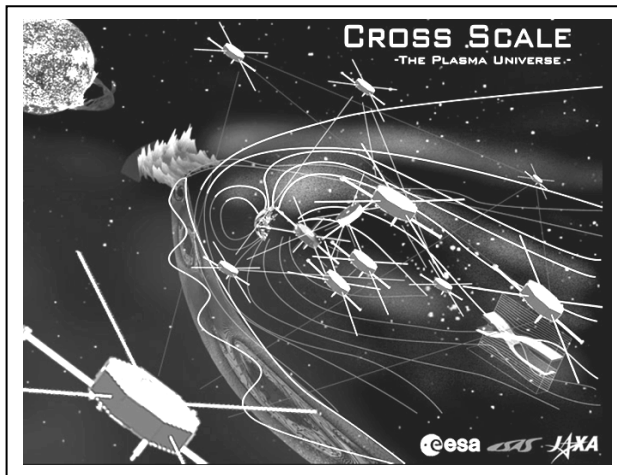


図7：欧州と共同で開発が進められている Cross Scale 衛星計画。わが国は中央部の5機の衛星で構成されるミクロスケールの現象を捉える衛星群を担当し、欧州側は、その周辺のメソ・マクロスケールの現象を捉えるための衛星群の開発・運用を担当する。両者を合わせて、ミクローマクロスケール間結合の物理過程を解明する予定である。

さて、研究基盤もさることながら、教育基盤整備という観点からは、学部演習や課題研究で扱うテーマや使用する教材の改善を常に行っており、また、講義の体系化という点でも配慮している。しかし、さらにそれを進めて、地球惑星科学輻合部で検討されているような地球惑星科学全体で体系立った教材の整備・テキストの作成が有効に思われる。

最後に (4) 地物教室・電磁気学グループの良き伝統の継承については、個人によって、伝統の中身が大きく異なることと思われるが、私個人としては、自由を重んじた学風が、所属グループの伝統と考えている。また、地磁気世界資料解析センターが World Data Center (WDC) と呼ばれる世界的な組織の中で、地磁気データを中心に据えて中核的な役割を果たすという使命を抱えている一方で、講座側は、磁場を発生させる電流を運ぶ電子・イオンで構成されるプラズマを中心に据えて研究を展開している。さらに、将来の太陽惑星系電磁気学分野の発展に貢献することのできる優れた人材の発掘と養成に力を注ぎながら使命を果たしてゆくことを目指し、地磁気世界資料解析センターと相補的に役割分担を行い、両組織がそれぞれの使命を果たしながら発展してゆくことを目指して職責の遂行に取り組んでいる。