



2007/08/27 - 08/29

地球電磁気・地球惑星圏関連

Summer school 2007

予稿集

A b s t r a c t s

セッション1 8/27 15:00 - 17:30 (LT)

惑星探査・観測技術セッション

座長	三宅洋平（京大 RISH・D2）
セッション参加者 （発表順）	内田大祐・青山聡・原田昌明・三宅洋平・小野淳也・村田巧・ 橋本明・豊田丈典
セッション概要	本セッションでは、近年大きな進歩を遂げつつある、宇宙空間、（地球を含む）惑星近傍の観測技術の現状について報告と議論を行う。発表においては各人が研究を進めている新しい観測手法・技術の内容に加え、それがいかなる物理現象の解明に寄与するのか、もしくはその新技術開発の背景として実際に観測データ解析を行う上でのどのようなニーズがあるのか、等についてもまとめていただく。これにより各人がどのような意識で観測手法の提案または技術の開発に取り組んでいるか理解しあう場所としたい。
セッション注意事項	発表用に Windows PC(MSPowerPoint) 一台を用意します。 (PC 環境に依存する発表をする方等は各自の PC で発表していただくこともできます。) 発表時間は 2 通りです。 ・ 15 分（発表 12 分、議論 3 分） ・ 20 分（発表 15 分、議論 5 分）

☆☆☆タイムテーブル☆☆☆

15:00-15:15 内部磁気圏探査小型衛星 ERG ミッションについて

内田 大祐（宇宙科学研究所・斉藤義文研・M1）

○ 要旨

内部磁気圏($\sim 10R_E$)では、6桁以上もエネルギーの異なるプラズマの共存する領域であり、相対論的高エネルギー($\sim \text{MeV}$)をもった粒子が誕生するダイナミックな変動を伴う領域であるが、それら的高エネルギープラズマの生成メカニズムは分かっていない。これまで高エネルギーの高かった粒子が断熱的に加熱されたと考えられていたが、最近では「場」と「粒子」の相互作用による運動量の輸送が重要であると言われている。これらの生成メカニズムの解明には特に加速の種となる中エネルギー粒子と加速の現場である赤道面での観測が重要である。しかしながらこれまで赤道面で全エネルギー粒子が観測されたことはない。これらの点からERGでは広エネルギー範囲の粒子、電磁場、波動の総合観測が求めら

れるという過去、類を見ない計画となっている。また観測技術という面ではERGミッションは強放射線下でのプラズマ計測技術の開発という目的も持っている。

我々のグループではERGに搭載する低エネルギー質量分析器を担当する予定であり、私はその機器の基礎的な部分の設計を考えています。

今回はERG計画の概要と、自分の研究と絡めて紹介します。

15:15—15:30 中エネルギー（10keV～100keV）粒子観測装置の開発

青山 聡（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・M1

○ 要旨

中エネルギー帯の粒子はあまり計測されたことはなかったが、MIDOLI-IIの失敗の原因として注目された。しかしトップハット型ESA・ISAなどでは計測は困難である。（計測器のサイズや電極印加電圧を大きくすれば可能だが、現実的でない。また検出部も現在使用しているMCPでは測定出来ない。）

そこで解決策として、円筒電極に粒子を斜め入射させることで粒子の速度を2成分に分解し、その一方を計測する方法を用いる。この手法により従来の電極印加電圧で中エネルギー粒子を測定することが可能になった。具体的には入射する角度を α とすると、 $1/\cos^2\alpha$ 倍のエネルギーの粒子を計測できるようになる。

この秋には試作機を用いて α の最適化を行う。さらには視野を広げるための改良や紫外線への対策を行う予定である。

15:30—15:45 ICI-2 ロケットによるカusp領域における電子の観測

原田 昌朋（宇宙科学研究所・斉藤義文研・M1）

○要旨

地球磁場の領域は太陽風の為に或る領域に押し留められている（磁気圏）。太陽側の磁気圏の外側境界面の磁力線に沿って地表の方に辿っていくと、だんだんと細く束ねられて、地表では極近く狭い領域になる。磁気圏境界面と磁気的につながっている領域をカusp領域と呼ぶ。地上からのHFレーダーの観測によると、カusp領域でHF帯の電波の反射（HF-cusp backscatter）が起こることが知られているが、未だにそのメカニズムについては詳しく解明されていない。*Moen et al [2002]*.

2008年冬にノルウェーのロケット射場より観測ロケットICI-2を打ち上げる計画が現在進められており、我々は低エネルギー粒子計測器（LEP）の開発を担当している。本研究ではICI-2に搭載する計測器を設計/製作し、2008年の打上までに機器の性能試験等を進めていく。また観測によって上述のメカニズムの解明へと繋げていきたい。

15:45—16:05 計算機実験による科学衛星搭載波動観測用電界アンテナの特性評価

三宅 洋平（京都大学・生存圏研究所・D2

○ 要旨

電界アンテナは宇宙プラズマ波動観測、またはプラズマ診断のためにほとんどの科学衛星ミッションで採用されている基本的な測器であるが、まだ問題も残されている。アンテナによって観測された電界データを精確に校正するためにはアンテナ自身の諸特性（インピーダンス、実効長）を正確に知る必要があるが、アンテナ特性は周辺のプラズマ環境の影響により変化することが知られている。特に波形観測において（強度はもちろんのこと）位相まわりを正確に測定するためには、その影響を無視することはできず、定量評価が必要であ

る。アンテナ周辺のプラズマは光電子やプラズマシースによって著しく非一様となっており、理論的には一般的に取り扱いにくい。我々はプラズマの運動論的効果をセルフコンシステントに解析できる粒子(Particle-In-Cell)シミュレーションの手法に着目し、これをアンテナ特性解析に応用することに成功した。

講演においてはプラズマ中のアンテナ特性やその解析手法の基礎、またそうした解析評価の科学衛星ミッションにおける重要性について説明する予定である。

16:05－16:20 休憩

16:20－16:40 水星ナトリウム大気光カメラ MSASI の開発と地上観測

小野 淳也 (東京大学大学院・理学系研究科・地球惑星科学専攻・M2)

○ 要旨

1985年に行われた水星の地上観測により希薄なナトリウム大気が発見された。その後水星ナトリウム大気の成因を探る観測、理論計算が行われてきた。その結果ナトリウム大気は表層の岩石から(1)太陽光による光脱離、(2)太陽風イオンスパッタリング、(3)熱脱離、(4)微小隕石の衝突による気化などの物理過程により生成されると考えられているが、支配的な物理過程を解明するために必要な観測結果は得られていない。

そこで2006年11月9日の水星日面通過時に飛騨天文台のドームレス太陽望遠鏡で、ナトリウム大気の吸収線を水星の朝夕同時に観測した。また、2007年5月の日中にハワイのハレアカラ観測所にて、ナトリウム大気光の連続観測を行い、ナトリウムの密度の空間分布と時間変動を捉えることが出来た。

BepiColombo 国際水星探査計画の磁気圏探査機(MMO)の打ち上げが2013年に予定されている。MMOにナトリウム大気の変動を捉えるカメラMSASIが搭載される。本発表では、今回得られた地上観測の結果とMSASIの開発状況について報告する。

16:40－17:00 赤外分光観測による大気微量成分の高度分布導出手法

村田 功 (東北大学大学院・環境科学研究科・准教授)

○ 要旨

筆者は大学院生の頃から赤外分光法を用いた大気微量成分の観測を行っているが、ここ10年ほどはフーリエ変換型分光計やレーザーヘテロダイン分光計の高分解能を生かして地上観測からオゾンなどの高度分布をインバージョン法を使って求める手法の開発を行っている。吸収線の線幅は圧力によって変化するが、地球(惑星も)大気の大気圧は高度と共に指数関数的に変化するため、気圧の高い地表付近では線幅が大きく広がり、気圧の低い成層圏など上空では非常に細くなる。太陽を光源として地上で観測すればこれらを重ね合わせた吸収線が観測されるため、吸収線1本1本の広がりや判別できる程度の高波数分解能(例えば 0.005 cm^{-1})で観測すれば、吸収線のすその形状からその成分の高度分布を推定できる。分光手法は地球に限らず惑星の大気成分やオーロラ発光・風速などの観測に利用されるが、講演では基本的な分光観測の仕組みおよび高分解能分光器を用いた観測や解析の手法について解説する。

17:00－17:15 赤外レーザーヘテロダイン赤外分光計の原理

橋本 明 (東北大学大学院・理学研究科・地球物理学専攻・惑星大気物理学分野・M1)

○ 要旨

赤外の周波数領域には気体分子の振動や回転による光の吸収が多くみられる。このような気体分子の吸収スペクトルは実験室で分析され、吸収波長や強度などのデータベースがつけられている。観測によって得たスペクトルとこの吸収スペクトルのデータベースとを比較することでどのような気体か特定できる。しかし、ごく微量にしか存在しない気体や光の吸収が弱い気体の特定、また、ドップラー効果による周波数のずれを利用する惑星の風速観測を行うには高周波数分解能をもつ分光計が必要となる。高分解能の赤外分光計には光の干渉を利用するフーリエ変換型の分光計(分解能 $10^4\sim 10^5$)などがあるが、中でも最も高い周波数分解能をもつ赤外分光計は赤外レーザーヘテロダイン分光計でその分解能は $10^6\sim 10^7$ である。この 10^7 の分解能があれば風速を観測できる。ここでは、高周波数分解能をもつ赤外レーザーヘテロダイン分光計の原理について述べる。

17:15－17:30 小型衛星搭載に向けた Mg/SiC 多層膜反射鏡の開発

豊田 丈典 (東京大学大学院 地球惑星科学専攻 吉川研究室・M1)

○ 要旨

我々は超高層大気撮像観測小型衛星 (Ionosphere-Mesosphere-upper Atmosphere-Plasmasphere mapping Satellite: IMAP衛星) に極端紫外光撮像装置 (Extreme UltraViolet Imager: EUVI) を搭載しプラズマ圏の観測を行う。プラズマ圏を構成する主なイオンのうち He^+ と O^+ はそれぞれ波長 30.4nm と 83.4nm において共鳴散乱を起こすため、これら両者の波長の光を撮像することでプラズマ圏におけるプラズマ密度分布と電子の総量を見積もることができる。

EUVI は一枚の反射鏡とバンドパスフィルタ、2次元検出器で構成される直焦点反射型望遠鏡である。これまで波長 30.4nm の光を撮像するための光学系には Mo/Si の多層膜反射鏡が主に用いられてきた。しかし、EUVI の小型衛星搭載を実現するためには多層膜鏡の反射率を向上させ、装置全体の小型・軽量化を図る必要がある。そこで今回我々は新たに Mg と SiC の層を組み合わせた多層膜鏡を開発し、波長 30.4nm における反射率を測定した。その結果、入射角 27deg において 34% という従来の多層膜鏡よりもはるかに高い反射率を達成していることを確認した。また、大気中および真空中における Mg/SiC 多層膜反射鏡の安定性を調べ、大気中に保管することで反射率が変化する可能性があることがわかった。

熱圏・電離圏

座長	岡本 俊太 (京大・地物・M2)
セッション参加者 (発表順)	松村充・岩田陽介・村上尚美・豊永雅美・岡本俊太・林秀和・橋亮匡・平野隆
セッション概要	主に電離圏についての大気粒子とプラズマ現象などを理解するために、どのような研究が行われているのかを紹介する。また、熱圏と電離圏との電磁気的なつながりを考察した研究も紹介する。
セッション注意事項	ノート PC は京大の地物で予備として使われているものを持っていくことが出来ますが、性能があまりよくありませんので、可能な方は各自ノート PC を用意していただくと嬉しいです。

☆☆☆タイムテーブル☆☆☆

15:00－15:15 微気圧変動と地磁気脈動の相関関係

松村 充 (京大・M1)

○ 要旨

大規模な地震や火山噴火の際には下層大気起源と見られる地磁気脈動が観測されているが、下層大気の擾乱が一般的に地磁気脈動を引き起こしているかどうかは明らかではない。地表と熱圏との間での音波共鳴によって電離層にダイナモ電流が流れ、地磁気の脈動が起こるというメカニズムを想定している。地表と熱圏下部との間での音波の共鳴周期は190~200秒・210~230秒・260~270秒であることが過去の研究から知られている。下層大気の擾乱と地磁気脈動の関係を調べるために、昨年より京都、宇治、信楽、阿蘇に気圧計を設置して微気圧変動の観測を開始した。気圧計センサーの分解能は公称約1.6Paであるが、0.4Pa・490HzでA/D変換し毎秒平均値を記録している。また、日本気象協会より提供された千葉県夷隅の微気圧データも利用している。

微気圧変動の振幅が昼に大きくなることは既に知られており、電離層の電気伝導度は昼に高くなることから、下層大気起源の地磁気脈動は昼に起こりやすいことが予想できる。

そこで台風接近時で地磁気静穏日の昼間を調べたところ、微気圧変動と磁場変動のパワースペクトルのピークが4分付近の周期で一致する場合があった。その場合に160~300秒の周期の時系列を比較すると、数分の時間差で良い相関が得られた。

さらに、数ヶ月にわたって地磁気の擾乱が小さい場合に160~300秒の周期の気圧変動と磁場変動の相互相関関数を調べたところ、昼間の方が相関が良いことがわかった。

15:15－15:30 EISCAT レーダーの紹介

岩田陽介 名古屋大学大学院理学研究科素粒子宇宙物理専攻 修士1年

○ 要旨

我々の研究グループでは主に、ノルウェーに設置されているEISCATレーダー(欧州非干渉散乱レーダー)を用いて極域電離圏を観測し、磁気圏-電離圏-熱圏結合に関連する研究を行っている。EISCATレーダーから得られたデータからは、オーロラ、中性大気の運動、イオン流出現象などの研究が行われている。電離圏と磁気圏は磁力線によってつながっており、電流、電場、粒子などにより互いに影響し合っている。特に、極域での磁気圏-電離圏結合において重要な役割を持つ、沿磁力線電流の特性を知るためには、三次元電流系を理解することが重要である。その領域で起こっているオーロラ、イオン流出、中性風などの自然現象が現在注目され、研究がなされている。EISCATレーダーを用いて観測をすることで、それらの研究に必要なデータを得ることができ、磁気圏-電離圏結合に対する、さらなる理解が期待される。

今回の発表では、このEISCATレーダーについての紹介と、観測可能な物理量と、基本的な原理について説明をし、それを利用した研究について紹介を行う。

15:30－15:45 観測ロケット S-310-37 号機搭載固定バイアスプローブによる電離圏 Sq 電流系中心付近の電子密度擾乱の観測 (S-310-37 号機で観測された昼側電離圏 Sq 電流系中心付近の電子密度擾乱)

村上 尚美 (京大 M2)

○ 要旨

観測ロケット S-310-37 号機は、2007 年 1 月 16 日午前 11 時 20 分に、鹿児島県内之浦宇

宙空間観測所(31.15N,131.05E)から Sq 電流系中心に向けて打ち上げられた。このロケット実験の目的は、Sq 電流系中心付近の高電子温度層生成メカニズムを解明することにある。

過去の観測報告によると、午前 11 時頃に日本で打ち上げられた 13 機の観測ロケットのうち、冬季の観測 9 例で、95km～115km の高度範囲内において数 km の厚さを持つ高電子温度層が観測されている。電子温度は背景に対して 200～1000K ほど上昇しており、観測位置が Sq 電流系中心に近いほど温度の上昇幅が大きいという特徴を持っていた。

S-310-37 号機ロケット実験では、搭載機器は高度約 67km から観測を開始し、ロケットの最高到達高度は 138km であった。搭載された電子温度測定器の観測結果から、ロケット上昇時高度 97～101km 付近で電子温度が背景に対して 500～600K 上昇していたことが明らかになった。下降時にはこのような高電子温度層は観測されなかった。

ロケットに搭載された固定バイアスプローブは、+5V の固定電圧を印加した球状電極であり、流入電流の変化から周囲のプラズマ中の電子密度変動を高い空間分解能で観測する。固定バイアスプローブはロケット上昇時高度約 95km から、電子密度の擾乱成分の急激な増大を観測した。擾乱は下降時まで継続的に観測されたが、そのパワーは上昇時に比べて圧倒的に小さいものであった。擾乱はロケットスピンに同期した変化パターンを持っており、ロケットラム方向で顕著であるが、ウェイク方向では振幅が急激に小さくなっていた。スペクトル解析を行った結果、この電子密度擾乱は特定の周波数に卓越した成分を持たず、スペクトルは 100～800Hz の周波数帯にわたって広がりを持っていた。

激しい擾乱が観測されたロケット上昇時では、背景密度に対して最低でも 7%以上の変動が見られており、ロケット進行方向に沿った擾乱の空間スケールは、2～10m に相当していた。

発表ではこれらの観測結果を報告するとともに、観測ロケットに関する基礎知識を説明する予定である。

15:45—16:00 イメージングリオメータによる CAN 観測

豊永雅美 (総研大・M1)

○ 要旨

リオメータは、銀河から放射されている電波雑音の地上における受信強度が伝搬路の一部である電離層の状態により変化することを利用して、電離層の状態から間接的に高エネルギー粒子の降り込みを観測する装置である。荷電粒子の降り込みによる電離層の電子密度上昇によって銀河雑音が電離層を通過する際の吸収量(CNA)が増加する。これを、銀河雑音を地上で定常的に受信することで、受信値の低下としてとらえる。リオメータでは 20-50MHz の周波数域が利用され、主に電離層 D 領域の状態を観測する。また、多周波で観測を行うことにより、吸収領域の空間構造を調べられると期待されている。今回は昭和基地に設置された、30MHz、38.2MHz の 2 周波、8×8 ビームのアレーアンテナにより電離層での吸収を画像としてとらえるイメージングリオメータでの観測結果について述べる。

16:00—16:10 休憩

16:10—16:25 GPS 受信機網と SuperDARN の同時観測による電離圏電子密度擾乱のスケール依存性の解明

岡本 俊太 (京大 M2)

○ 要旨

GPS 受信機網による全電子数観測と SuperDARN による電離圏不規則構造の同時観測から電離圏電子密度擾乱のスケール依存性を解明する。GPS 衛星電波の電離圏内での遅れか

ら、全電子数(Total Electron Content 以下 TEC)を求めることができる。GPS 受信機網による TEC 観測では、水平方向のスケールの数十 km から数千 km の電離圏電子密度擾乱構造の観測が可能である。SuperDARN は極域電離圏における対流電場と電離圏不規則構造を調べるため、南北両半球に設置された大型短波レーダーのネットワークである。電離圏 F 領域における磁力線に沿った電子密度不規則構造(Field Arranged Irregularity)の視線方向速度や速度分布の広がり、擾乱の程度がわかる。電子密度不規則構造はそのスケールの 2 倍の波長の電波を反射する性質を持っており、SuperDARN では 8 ~ 20 MHz の電波を用いているので観測できる擾乱構造のスケールは、15 ~ 35 m 程度である。レーダーの反射波のモーメントと、SuperDARN の視野内における南北両半球緯度 60 度以上の約 20 基の GPS 受信機の TEC の変動を比較した。さらに AE 指数がほとんど変化しなかった 2004 年 1 月 6 日と、約 1000 nT 変化した 2004 年 1 月 7 日 ~ 11 日について高緯度における TEC の周期変動の性質を調べるために、GPS の受信機から得られた TEC データに周波数解析を行った。

16:25-16:40 2006年12月15日に北海道-陸別HFレーダーとGEONETで観測された大規模伝搬性電離圏擾乱

名古屋大学 STE 研 M1 林秀和

○ 要旨

2006年11月、名古屋大学太陽地球環境研究所は北海道の陸別町において、SuperDARN(Super Dual Auroral Radar Network)レーダーを設置し、観測を始めた。これは世界で二番目の中緯度SuperDARNレーダーかつ、極東アジア領域では初のSuperDARNレーダーであり、今後の電離圏、熱圏、上部中間圏ダイナミクスの研究のために多大なる力を発揮することが期待されている。

観測開始後間もない2006年12月15日に、磁気嵐に伴う比較的大きな電離圏擾乱が、SuperDARNとGPSの全電子数(TEC : total electron content)で得られたデータから観測された。上記のデータから南方向へ伝搬する変動が2つ、北方向へ伝搬する変動が1つあることが確認され、GPSのデータから伝搬速度はそれぞれ南方向600-650 m/sと900-950 m/s、北方向は600-650 m/sで、周期は、南方向が約45minと約30min、北方向は約76minであった。これらは大規模伝搬性電離圏擾乱(LSTID)に相当するものと考えられるが、北方向へ伝搬する変動はSuperDARNでは確認できなかった。また、SuperDARNの1 Beamのデータから、返ってくるエコーを標準的なsea scatterと仮定して計算すると、南方向へ伝搬する変動の伝搬速度は300-350 m/s と200-250 m/sであった。LSTIDはTsugawa et al.(2002,2003)他数多くの論文で紹介されているが、高緯度方向へ伝搬するLSTIDはあまり注目されておらず、今回のデータは、極域から中緯度まで同時に密にカバーすることによって、従来にない新しい情報を提供することによりLSTIDに関する新しい知見を与えてくれることが期待される。本発表では、LSTIDの特性、地磁気活動との関連、等について報告する予定である。

16:40-16:55 GPS観測データを用いた電離圏全電子数における5分以下短周期変動の解析

橘 亮匡 (京都大学大学院理学研究科地球惑星科学専攻 博士課程1年)

○ 要旨

30秒値及び1秒値GPS(GPS: Global Positioning System)受信機における観測データを用いて、全電子数(TEC: total electron content)の5分以下の短周期変動の特性を調べた。TECの変動は、内部重力波モード、音波モードなどによって伝わる大気波動で電離大気が揺すられることと、プラズマ不安定性による変動によって生じると考えられている。重力波

によって伝わる大気波動は、周期は 10 分ほどのプラント・バイサラ周期であるが、変動周期が 4 分以下の大気波動は、音波モードによって伝わるインフラソニック波であると考えられる。インフラソニック波は、様々な自然現象、火山爆発や地震、海面運動などによって引き起こされると考えられているが、5 分以下の周期の変動が上記のような特殊な現象時に限られているのかは、十分にわかっていない。

2004 年 2005 年の 2 年間の京都上空での短周期変動を調べた結果、ノイズレベルではないと考えられる TEC 短周期変動は、夏の夜間に多く発生し、80 例ほど観測された。これは、波長 100-500km 程度の TEC 変動である中規模移動性電離圏擾乱 (Medium Scale Traveling Ionospheric Disturbance:MSTID) の特徴と一致している。このことから、MSTID と TEC 短周期変動の速度と波面の比較を行った。MSTID の振幅と TEC 短周期変動の振幅が強く、また 1 秒値の解析が可能であった 2004 年 6 月 20 日の TEC 短周期変動の解析をおこなったところ、この日における MSTID と TEC 短周期変動は伝播速度も似ており、波面も同じ向きを向いていることがわかった。ここから、MSTID という大きなスケールの波の中にもっとスケールの小さく周期の短い変動が存在し、それが MSTID と共に伝播しているということが考えられる。しかし、MSTID と TEC 短周期変動の統計解析を行った結果、MSTID が観測されている時に、必ずしも大きな短周期の変動が現れているというわけではなく、その発生は不規則であった。中には、MSTID が発生しているが、波面や伝搬方向が異なる TEC 短周期変動も見つかった。その一例として 2005 年 8 月 1 日の TEC 短周期変動を示した。この伝搬方向の違いは、MSTID と 5 分以下の短周期変動の伝搬の物理過程が異なっていることを示唆している。NICT の稚内・国分寺・山川・沖縄のイオノゾンのデータと比較した結果から、E 層には 5 分以下の TEC 変動を引き起こしうる電子数が存在する日が多いことから、この 5 分以下の TEC 周期変動は E 層で起こっているとも考えられる。

本研究では、MSTID と 5 分以下の TEC 短周期変動との比較について詳しい解析結果を報告し、その発生原因についての考察を行う。

16:55-17:10 CHAMP 衛星による経験モデルと観測データによる熱圏大気密度構造の検証 平野隆 (九州大学 宇宙地球電磁気学研究室 D1)

○ 要旨

ドイツ GFZ ポツダム研究所の CHAMP 衛星は 2000 年 7 月に打ち上げられ、高度約 400km の熱圏大気粒子密度を測定している。

CHAMP 衛星の初期結果の一つとして、昼側の磁気赤道～中緯度領域での大気中性粒子とプラズマの相互作用を示唆するような特殊構造が明白に示された[H.Liu et al, 2005]. しかし、この構造成立のメカニズムは未だに十分理解されていない。本研究の最終目的は、限られた観測データによってこのメカニズムの理解を深めることである。

我々はこれまで 2002 年の大気密度全データを用いて、大気粒子の特殊構造を再現するための経験モデルを作成してきた。結果として中性大気粒子の特殊構造が再現できる新モデルが完成した。因みに、従来の大気モデル MSIS ではこの特殊構造は再現されない。また、モデルの作成において大気粒子の季節変化や地理経度への依存についても調査した。

今回の発表では、新経験モデルと観測データをもとに、大気粒子の分布構造における傾向についてまとめたものを発表する予定である。

磁気圏 I セッション

座長	江沢 福紘
セッション参加者	池田貴博・山崎洋介・石倉 啓太・前田直哉・江沢福紘
セッション概要	<p>磁気圏は太陽地球系システムの中で非常に重要な役割を担っている領域でありながら、未だ解明されていない事象も多い。本セッションではそんな地球磁気圏研究の将来を担う学生達が地球磁気圏の各領域（プラズマ圏・プラズマシート等）における様々な物理構造についての発表・議論を行う。</p> <p>本セッションの目的は磁気圏における幅広く豊かな知識の醸成と、活発に議論を行い意見を述べることのできる人間を育むこと。とにかく意見を交換だ！</p>
セッション注意事項	<ul style="list-style-type: none"> ・発表 15 分、質疑応答 5 分を予定。 ・発表用のパソコンは各自でご用意下さい ・活発な雰囲気での発表・質問を目指します。皆さん、リラックスしてご協力ください。

☆☆☆タイムテーブル☆☆☆

15:00–15:20 プラズマ圏の統計的沿磁力線プラズマ密度分布

池田貴博（東北大小野研・M2）

○ 要旨

地球近傍の内部磁気圏領域には、密度が数 1000/cc 程度のプラズマから構成されるプラズマ圏が存在する。その密度分布に関しては昔から数多くの研究が成されており、古典的な考えではプラズマポーズの内側では拡散平衡分布[Angerami and Thomas, 1964]に、外側では無衝突モデル[Eviatar et al., 1964]に従うものと考えられてきた。過去のプラズマ圏の研究において、赤道電子密度分布に関しては既に多くのデータが得られており大体の描像が得られているが、磁力線に沿った密度分布の様子というのはあまりよく分かっていない。一方地磁気擾乱時におけるプラズマ圏の密度変動に関しては Whistler 電波による観測でも捉えられており、シミュレーションによる Refilling の研究も過去に多くなされてきた [Singh et al., 1986; Rasmussen and Schunk, 1988; Wilson et al, 1992; Singh and Horwitz, 1992]が、観測データに基づいた磁力線全体での密度の変化の様子はやはりこれまで明らかにされていない。沿磁力線密度分布を調べることは、磁力線に沿って運動する電子を支配するダイナミクスが何であるのかを解明するという意味で重要である。発表では、あけぼの衛星 (EXOS-D) 観測から得られた長期のデータベースより作成した、静穏時、地磁気擾乱時それぞれの場合の $L=3$ 以内のプラズマ圏の統計的な沿磁力線密度プロファイルを示し、理論との比較・議論を行う。

15:20–15:40 FLR 理論のレビュー

山崎洋介（九州大学 M1）

○ 要旨

高緯度地域における Pc4-5 地磁気脈動は磁力線の固有振動と考えることができる。また、これらの脈動励起機構は Southwood(1974)で理論的に示され、Field Line Resonance として知られている。本発表では Southwood(1974)をレビューし FLR 理論を簡単に紹介する。

15:40-16:00 磁気圏尾部の current sheet の構造解析

石倉 啓太 (東京工業大学大学院 理工学研究科 地球惑星科学専攻・M1)

○ 要旨

磁気圏尾部を流れる電流の構造について、Cluster衛星から得られた磁場とプラズマのデータを用いて統計的な解析を行った。磁場の勾配から電流密度を算出し、Harrisの電流モデルによるフィッティングを行った。その結果、 $-20 < X_{\text{gsm}} < -10 \text{ Re}$ でのcurrent sheetの中心における電流密度は平均して 2 nA/m^2 程度であることが分かった。また、current sheetの厚さはmidnight領域 ($|Y_{\text{gsm}}| < 5 \text{ Re}$) では 2 Re 程度であるのに対して、dawn,dusk領域 ($|Y_{\text{gsm}}| > 5 \text{ Re}$) では 4 Re 程度まで大きくなることが分かった。本研究ではさらに詳細な電流構造について議論する。

16:00-16:20 休憩

16:20-16:40 CPMN地上磁力計と Cluster 衛星によるプラズマ密度同時観測の Case study

前田直哉 (九州大・理・地球惑星 M2)

○ 要旨

磁気圏セッション(1)のみなさん、こんにちは！九州大学の前田直哉です。M2です。さて、地球磁気圏内の磁力線共鳴(FLR)周波数は地上観測磁場から推定することができます。この FLR 周波数は磁気圏のプラズマ質量密度や磁力線の長さに依存しておりまして、つまりは地上から磁気圏の時間的・空間的変動を知ることができます。

本研究は、CPMN 地上磁場観測網の中の Tixie (TIK: 磁気緯度 65.81° , 磁気経度 197.23°)と Chokurdakh (CHD: 磁気緯度 64.81° , 磁気経度 212.53°)の二観測点から推定したプラズマ質量密度と Cluster 衛星 (2000年打ち上げ) 搭載の観測装置 WHIPER (Waves of High frequency Sounder for Probing the Electron density by Relaxation) によるプラズマ電子数密度を同時観測し、比較したものであります。

本講演ではその中から数例の Case study を紹介したいと思います。ふつつかではあります。どうぞ宜しくお願い致します。

16:40-17:00 グローバルイメージが明らかにしたプラズマ圏における Refilling 現象

東京大学大学院 理学系研究科 地球惑星科学専攻 吉川研 M1 江沢福紘

○ 要旨

IMAGE は、2003年3月に打ち上げられた地球周辺のプラズマの撮影を目的とした衛星である。搭載された観測器の一つである極端紫外撮像器 (EUV) は、時間分解能 10分、空間分解能 0.1 Re で、He+の共鳴散乱光を検出することにより、プラズマ圏のグローバルな撮像を可能にした。我々は、EUVの画像データから、プラズマ Refilling 現象の追究を試みた。過去に、人工衛星による In-situ 観測が多く行われてきたが、磁力管の動きと人工衛星の軌道が同期しないため、プラズマ Refilling について定量的に議論することが出来なかった。本研究では、2000~2001年に起こったプラズマ Refilling の全イベン

トを解析し、磁力管密度の統計的な時間変化を調べた。このことは、プラズマ Refilling を物理的に解明する上で、重要な手がかりとなるであろう。

磁気圏電離圏結合 I

座長	鈴木 一成 (宇宙科学研究本部 齋藤義文研 M2)
セッション参加者 (発表順)	井筒 智彦・野村 麗子・鈴木 一成・カルディナル マリア グラシタ・池本 聡一郎
セッション概要	磁気圏－電離圏の相互作用の結果生じる様々な現象の理解、および、色々な観点から地球電離圏磁気圏を捉えなおし、幅広い視野を育むことを目的とする。具体的には、磁気圏尾部のプラズマ流や電離圏磁気圏におけるオーロラの構造、地磁気脈動や電離圏の観測と磁気圏プラズマの関連性、地震発生に伴う磁場の変動などの研究発表を行う。
セッション注意事項	<ul style="list-style-type: none"> ・ 座長もパソコン (WindowsXP) を持参しますが、発表する方で可能な方はパソコンをご準備ください。 ・ 一部英語の発表もあります。ご承知おきください。

☆☆☆タイムテーブル☆☆☆

15:00-15:20 地球磁気圏近尾部の電流層のダイナミクス

井筒 智彦 (宇宙科学研究本部 藤本正樹研究室 M1)

○ 要旨

【研究テーマ】地球磁気圏近尾部 (XGSM~-20RE) の電流層のダイナミクス

【背景】磁気圏尾部のプラズマシートでは、しばしば高速のプラズマ流が観測される。これらのプラズマ流は、尾部に蓄えられたエネルギーの輸送において重要な役割を担っている。このようなプラズマ流発生の候補として磁気リコネクションが有力であると考えられている。磁気リコネクションの発生には『電流層の厚さ』が重要な鍵になっていることが数多くの数値計算や観測から示唆されている。

【研究手法】

- ①多点同時観測衛星 Cluster のデータ解析 →時間・空間変化を分離して『電流層の厚さ』とプラズマ流の関係を調べる
- ②2D粒子シミュレーション →イオン温度非等方性を入れてどの程度の『電流層の厚さ』で磁気リコネクションがトリガーするかを調べる

【裏・研究テーマ】月にうさぎはいるか？

【裏・背景】日本では古くから月にうさぎがいると信じられているが、その存在はまだ確かめられていない。

【裏・研究手法】かぐや (SELENE) の空間分解能 10m の地形カメラを見まくって探しまくる。

15:20-15:40 GRACE 衛星および地上 GPS 受信機網データによるプラズマ圏の電子密度変動の解析

五井 紫 (京都大学 M2)

○ 要旨

プラズマ圏における電子密度の変動を低軌道衛星によって観測された Total Electron Content(TEC)データを用いて解析する。高度約 500km を周回する GRACE 衛星 (Gravity Recovery And Climate Experiment) は、衛星位置を決定するために二周波 GPS 受信機を搭載しているので、GRACE 衛星と GPS 衛星の間の TEC データを測定する事が可能である。

GRACE 衛星によって観測された TEC データはプラズマ圏と電離圏上部の電子密度の積分量であり、電離圏ピークと電離圏下部の電子密度の寄与を含まない。ゆえに、プラズマ圏の電子密度の変動を調べるのに適している。

例えば、2000 年 1 月 15 日 LT09:00、緯度 30 度における、高度 0km から 500km の TEC が 8.0TEC unit、高度 500km から 20,000km の TEC が 0.6TEC unit とモデルから推測される。地上 GPS 受信機で観測された 8.6TEC unit のうちプラズマ圏によるものが 0.6TEC unit であると推定するのは困難である。つまり、地上 GPS 受信機の観測結果から、TEC の変動がプラズマ圏に起因するか、電離圏に起因するかを特定する事は出来ない。しかし、GRACE 衛星の TEC データには電離圏の寄与が少ないため、プラズマ圏の電子密度の変動を測定する事が可能である。

15:40-16:00 中緯度からサブオーロラ帯における Pc 1 地磁気脈動の地上多点観測のための誘導磁力計の校正と初期観測結果

野村 麗子 (名古屋大学 STE 研 M1)

○ 要旨

地上多点観測により、Pc 1 地磁気脈動は電離圏中をダクト伝搬し、高緯度と中緯度で相関が見られることがわかっている。また、高緯度の Pc 1 の波源の位置を決定するために、3 地点以上の地上観測を用いた偏波解析による三角法が有効であることが知られている。しかしながら Pc 1 の発生源や発生のタイミングなどはまだ不明な点が多く存在し、さらなる研究が求められている。本研究では、インダクションコイルを用いた 4 台の誘導磁力計を開発、校正し、それぞれ Magadan (MGD, 59.7N, 151.0E, magnetic latitude (MLAT): 50.6N), Paratunka (PTK, 53.0N, 158.2E, MLAT: 45.8N), 母子里 (MSR, 44.4N, 142.3E, MLAT: 35.7N) と鹿児島 (KAG, 31.5N, 130.7E, MLAT: 22.0N) に設置する。2007 年 4-6 月に MGD, PTK と KAG の 3 台の誘導磁力計について校正実験を行い、各々の磁力計の感度を求めることができた。MGD, PTK と MSR の磁力計の共振周波数は 1.6-1.9Hz であり、KAG に設置したものは 0.4-0.7Hz であった。KAG では 2007 年 6 月 18 日から、MSR では 2007 年 7 月 5 日から 64Hz サンプルでのデータ取得が開始されており、MGD と PTK においては 2007 年度中に観測を開始する予定である。これらの多点観測によって、Pc 1 の偏波特性から伝搬方向を決めることができると共に、北海道に新たに設置された大型 HF レーダーや、MGD と PTK に同時に設置される予定の高感度全天カメラのデータと組み合わせると、Pc 1 地磁気脈動の波源や伝搬特性について解析を進めることができる。

16:00-16:10 休憩

16:10-16:30 Cluster 衛星によって観測された高緯度磁気圏の粒子フラックス増加領域と \ominus オーロラの関係

鈴木 一成 (宇宙科学研究本部 齋藤義文研究室 M2)

○ 要旨

\ominus オーロラとは、極冠にまれに現れる太陽方向のオーロラで、1980年代に DE-1 衛星によって初めてその全体像が明らかになり、その後 Polar 衛星などによって観測・研究が続けられ、電離圏で \ominus オーロラがどのように振る舞うのかについては理解されつつある。一方 \ominus オーロラの生成に関しては、IMF By の符号が反転し、それに伴う P S の傾きの変化により P S がローブ領域に侵入する、いわゆる bifurcated plasma sheet によって生成されるというモデルが提唱されている。しかしながら、高緯度磁気圏で \ominus オーロラの源となる粒子フラックス増加に対しての研究は今まで十分に行われておらず、どのような空間構造・時間変化しているのかを同時多点観測で調べた例は一度もない。本研究では高緯度磁気圏の粒子フラックス増加領域と \ominus オーロラの対応関係を調べ、以下のような結果を得た。なお、粒子フラックス増加領域の観測には Cluster-CIS, PEACE を、 \ominus オーロラの撮像には Polar-UVI, IMAGE-FUV/WIC, TIMED-GUVI を用いた。(1) Cluster 衛星の4点観測から、粒子フラックス増加領域がどのような空間構造・時間発展をしているのかを調べたところ、電離圏高度にして朝夕方向に移動しており、その温度と密度は、P S での値に近かった。(2) 粒子フラックス増加領域と \ominus オーロラの移動方向・速度を比較した結果、ほぼ一致し、形状も似ていた。(3) 粒子フラックス増加領域の移動速度から粒子フラックス増加領域の出現時刻を求め、出現時刻前後の IMF を調べたところ、IMF By に符号の変化があり、上で述べたモデルと矛盾しない結果であった。これらの結果は、高緯度磁気圏の粒子フラックス増加領域と \ominus オーロラは対応関係を持ち、粒子フラックス増加領域は IMF By の符号が反転することによって出現することを示している。

16:30-16:50 Polarization Characteristics of Geomagnetic Pulsations Before and After an Earthquake

カルディナル マリア グラシタ (九州大学 M1)

○ 要旨

Philippine is an earthquake-prone country. Several earthquakes have greatly affected lives and the economic condition of the country. Thus making it imperative to develop a method to "forecast" earthquakes.

Recently, a new research on ULF waves has been considered to be a promising tool. A precursory signature has been observed in the polarization analysis of magnetic data. So far, three models have been developed to explain this phenomena, namely, microfracturing, electro-kinetic and changing geo-electric conductivity. In this study, some spectral analysis of ULF data (Muntinlupa station) associated with a Philippine Earthquake were performed. However, the results were not conclusive.

16:50-17:10 大規模な地震に関係する ULF 帯磁場変動の研究

池本聡一郎 (九州大学 宇宙地球電磁気学研究室 M2)

○ 要旨

近年、地震発生に伴った電磁気現象について多くの報告がなされている。この電磁気現象は幅広い周波数帯で発生しており、その中でも ULF 帯の磁場観測が最も信頼できる観測方法だと言われている。しかし、地上観測された ULF 帯磁場変動は、太陽風を起源とし、その伝播過程において磁気圏・電離圏などの様々な影響を受けている。そのため、地震前後に生じた磁場変動が真に地震に関係しているかどうか判断しなければならない。そこで、宇宙起源の情報と地球内部起源の情報を分離するための解析方法の確立が重要である。

本研究では、大規模な地震($M>6.0$)発生前後において、CPMN(the Circum-panPacific Magnetometer Network)観測点で観測された地上磁場データについて、いくつかの解析方法を適用し、地震に伴う先駆的な磁場変動が存在しているかどうか調べている。

今回の発表では、過去の研究結果とともに、従来使用されている解析方法と本研究で使用している解析方法の紹介をする。

セッション2 8/28 09:30 - 11:30 (LT)

シミュレーションズ・ブート・キャンプ

座長	湯村 翼 (東大 / 宇宙研 M2)
セッション参加者 (発表順)	湯村翼・白野博敬・今里康二郎・小路真史・関谷裕孝・森口忠紀
セッション概要	宇宙プラズマ研究の発展において、シミュレーションによる理論的研究はとても重要な役割を担ってきた。しかしその一方で、理論・シミュレーションセッションと言えば、「マニアック」「オタク」「アキバ系」「女の子がいない」「バレーボールが弱い」という一部誇張をも含むネガティブなイメージが付きまとうことも否定できない。本セッションでは日頃の研究成果や計算手法に関する知識を存分に発揮してこれらのネガティブなイメージを払拭することを目標とする。またシミュレーションがまれにシュミレーションと誤記されることに対しては厳しく接していきたい。
セッション注意事項	

☆☆☆タイムテーブル☆☆☆

09:30-09:50 つぶつぶ 100%

湯村 翼 (東大 / 宇宙研 M2)

○ 要旨

プラズマのシミュレーションはプラズマをどろどろの流体として扱うか、つぶつぶの粒子として扱うかで大きく分けられ、プラズマを流体として扱う

MHD(Magnetohydrodynamics)シミュレーション、イオンを粒子、電子を流体として扱うハイブリッドシミュレーション、イオンと電子をともに粒子として扱うフルパーティクルシミュレーションに分けられる。プラズマを粒子として扱うには、PIC(Particle-In-Cell)法という手法が用いられる。PIC法ではいくつかのプラズマ粒子を纏めて超粒子という仮想粒子を考え、超粒子を多数用いることによりプラズマ環境を再現する。本発表ではPIC法の概要を解説し、磁気リコネクションの2次元フルパーティクルシミュレーションの結果を紹介する。

09:50-10:10 垂直衝撃波上流において反射電子によって励起されるリングービーム不安定性

白野 博敬 (九州大学 総合理工学府 M1)

○ 要旨

無衝突衝撃波における電子のダイナミクスは、衝撃波の微細構造や近傍での高周波波動の励起に大きな影響を与える。一方で、電子のダイナミクスはより大規模な衝撃波の全体構造に支配されており、高マッハ数域では衝撃波再形成過程の影響を受けるはずである。近年、人工衛星によるその場観測データを用いた衝撃波再形成過程の実証研究が本格化しつつあるが、その試みの一つとして、上流における電子スケール波動の特性の変化を捉えようというものがある。

衝撃波面でミラー反射された一部の電子は磁力線に沿って上流側に背走するが、一般にミラー射された粒子はロスコーン分布に代表されるように磁力線垂直方向の自由エネルギーを持つ。このような電子分布関数によって励起される波動は電子フォアショックなどで古くから観測されており、これを衝撃波の比較的近傍でモニターしようというものである。ところが、励起される波動の特性（波動の強度や周波数と反射電子の分布関数の相関など）の理解が不十分であるため、これまでのところ衝撃波再形成過程の測度としては十分に活用しきれていないのが現状である。今回の発表では、磁力線垂直方向の自由エネルギーを持つ反射電子の分布関数としてリングービーム分布を仮定し、これが励起する波動の特性を線形解析によって詳細に調べる。また、周期境界条件を用いた1次元フル粒子シミュレーションを行い、線形解析と比較した結果と、計算に用いた1次元フル粒子コードについての紹介を行う。

10:10-10:30 3次元プラズマ粒子シミュレーションによる極軌道衛星の帯電解析とその緩和手法の検討

今里康二郎（京都大学 生存圏研究所 修士2回生）

○ 要旨

我々は従来のプラズマ粒子シミュレーションを応用して、宇宙機とプラズマ環境との相互作用について研究を行っており、宇宙機の表面帯電を扱うため、静電粒子モデルシミュレーションを行っている。宇宙機表面は一般に金属や誘電体からなり、この表面帯電を定量的に解くためにCapacity Matrix法を用いている。我々は宇宙機帯電の中でも特に極軌道衛星帯電に着目し、衛星表面の金属-誘電体間に生じる部分帯電の解析、およびその緩和手法の検討を行っている。極軌道衛星は極域を通過する際、オーロラ電子によりKeVオーダーにまで帯電することがあり、この帯電によって衛星表面で放電が起り、機器が損傷する事故が起きている。帯電緩和の方法としてはプラズマコンタクターと呼ばれる装置を用い衛星から人工的にプラズマを放出し、放出した人工プラズマによって宇宙プラズマによる帯電を緩和させるという方法があり、この方法を用いた帯電緩和過程の定量解析を進めている。得られる結果は、地球観測衛星に代表されるような極軌道衛星搭載用のプラズマコンタクターとして求められる性能や設置場所、個数を検討する上での基礎資料となる。

10:30-10:50 マグネトシースにおけるLモードEMIC不安定性とミラー不安定性の競合関係に関する研究

小路 真史（京都大学生存圏研究所・M1）

○ 要旨

マグネトシース内においてミラー不安定性は、それよりも線形成長率の高いLモード電磁イオンサイクロトロン(EMIC)不安定性を上回って支配的に存在する。これらの不安定性

の競合関係を調べるために、ハイブリッドシミュレーションによってそれぞれの不安定性が励起する波動のエネルギーを求め、比較を行った。その結果、三次元シミュレーションでは、波動が励起される段階でミラーモード波がLモードEMIC波よりも多くの自由エネルギーを消費していることがわかった。対照的に、二次元シミュレーションではLモードEMIC波が、その線形成長率の高さから、より多くの自由エネルギーを用いて成長している。この違いは三次元シミュレーションの場合、二次元シミュレーションと比較して背景磁場に垂直な方向の自由度がひとつ増えたために起こる。ミラーモード波は背景磁場に対して斜め方向に励起されるため、三次元空間内ではより多くの波動が励起され、結果としてこれらがエネルギーを奪っていくことがわかった。さらに、ミラーモード波の非線形段階での発展の様子についても検討を行った。

10:50-11:10 電子慣性を考慮した二流体シミュレーションとその応用

関谷 裕孝 (東京工業大学・M2)

○ 要旨

宇宙空間の大部分では、プラズマは一流体として振る舞い、また磁場凍結の原理が成り立ち磁力線と共に運動している。しかし小さなスケールで局所的に、電子とイオンが異なる運動をしたり、磁場凍結の原理が破れたりすることが、MHDスケールの大きな現象を誘発することも知られている。このような現象を研究する際の有効な手段の一つに電子慣性を考慮した二流体シミュレーションがある。この手法は一般化されたオームの法則において電子慣性項を残すことで電子の運動を陰に解き、磁場凍結の原理が破れる様子も自然に再現できる。本講演では、電子慣性を考慮した二流体シミュレーションが用いる方程式系やコードの概要に加え、この手法を用いた研究成果の例を紹介する

11:10-11:30 磁気圏と電離圏の境界条件について

森口忠紀 (九州大学 M2)

○ 要旨

磁気圏・電離圏シミュレーションの話をしてします。焦点をあてるのは、内部境界条件についてです。磁気圏=MHD、電離圏=衝突など、スケールや方程式の異なる領域の値を如何に結びつけるか、そのスキームについて簡単に紹介します。また、僕の境界条件とともにいくつか計算結果を示します。

磁気圏電離圏結合 2

座長	池田昭大 (九州大学)
セッション参加者 (発表順)	岡部勝臣・沼田有司・住田翔星・藤本晶子・池田昭大・ 新堀淳樹

セッション概要	<p>本セッションでは、あらゆる磁気圏現象を通して結合した領域である地球磁気圏・電離圏の結合過程や各領域の現象に対する応答に焦点を当てる。講演では、多くの磁気圏現象のソースと考えられる太陽風（惑星間空間）から磁気圏、電離圏までの幅広い領域を研究の対象として扱い、衛星観測、電離圏レーダー観測、地上磁場観測から得られたデータの解析結果が提示される予定である。これらの解析結果を基に、セッション参加者と共に多くの意見交換を行い、これらの領域の理解を深めることを目的とする。セッション参加者には活発な議論を期待する。</p>
セッション注意事項	<p>一人20分で発表を行う。質疑応答の時間を特別に設けないため、発表中は随時質問を行ってよい。発表者は、自分が研究対象とする領域において、他分野の人との理解を共有できるよう、基本的な事項や現象を分かりやすく説明することが望ましい。基本事項の例としては、磁気圏尾部の構造、地磁気脈動の発生と特徴、電離圏-磁気圏電場各自が使用している観測データの特徴など。</p>

☆☆☆タイムテーブル☆☆☆

09:30-09:50 地球磁気圏尾部の slow shock の構造

岡部勝臣 (JAXA M1)

○ 要旨

Hot and high speed plasmas often observed in the magnetotail, are considered to be produced by the slow shock waves formed at the boundary between the lobe and the plasma sheet. In fact, the existence of the slow shock has been carefully analyzed using a full set of plasma observation data of the GEOTAIL. In the previous slow shock analysis, however, an isotropic temperature has been assumed. It is known that the plasma often shows an anisotropic temperature in the magnetotail, with parallel temperature often larger than the perpendicular temperature. In this presentation, we investigate the slow shock structure with the effect of temperature anisotropy taken into account. We first reexamined the Rankine-Hugoniot relations by taking into account temperature anisotropy. Due to the anisotropy in the downstream, the shock downstream magnetic field increases, while the plasma density, velocity and total temperature decrease compared with the isotropic Rankine-Hugoniot relations. We found that this correction helps us identify successfully more slow shocks than in the previous studies. Then, we classified slow shocks into two types. Type1 slow shocks have isotropic downstream temperature and Type2 slow shocks have anisotropic downstream temperature. In our analysis, 47% of slow shocks were classified as Type2 slow shocks, which, if at all, could only ambiguously be identified in the previous analysis. We also found that Type2 slow shocks have higher shock speed, lower upstream β and shock angles that are more parallel.

09:50—10:10 大気圏-磁気圏-太陽風成分の結合性と独立性の解明

沼田有司 (九州大学 M1)

○ 要旨

九州大学宙空環境研究センターが世界に展開しているMAGDAS・CPMNネットワークのうち、磁気赤道沿いの観測点データを用い地球磁気圏の周期的な磁場成分を調べる。

さらに、アメリカの航空宇宙局(NASA)が1997年8月25日に打ち上げたACE衛星により得られた太陽風パラメータの周期成分を調べ、それらを長期的な視点で比較することによって太陽風・地球磁気圏・大気圏でのそれぞれの成分の結合性と独立性について研究を行う。

研究を行うにあたり宇宙地球電磁気学分野の基礎知識を勉強するとともに、研究分野に関連する論文について調べてきた。

今回の発表では今まで勉強した内容と、関連論文の紹介、また自身の解析結果についてまとめたものを発表する予定である。

10:10—10:30 地球磁気圏尾部ローブ領域の密度と太陽風の関係

住田翔星 (東京工業大学 M2)

○ 要旨

プラズマシートの南北にローブと呼ばれる低温低密度の領域があることが知られている。ローブのプラズマは主にマンツルのプラズマであると考えられている。マンツルのプラズマはシースプラズマと電離層プラズマの混合と考えられているが、まだ解明の余地がある。ローブのプラズマの密度と太陽風の間を明らかにすることは、太陽起源のプラズマの磁気圏への流入過程を考える上で有用である。

今回、関係する論文の紹介と行っている研究について発表したい。論文はローブにおける電子のBidirectional FluxやPolar Rainについてのもを取り上げる。研究については、GEOTAIL衛星(磁気圏)とACE衛星(太陽風)のデータを使つての統計解析や、イベントスタディの結果を発表する。

10:30—10:50 磁気嵐回復相における静止軌道高エネルギー電子増加と地上観測 ULF の関係

藤本晶子 (九州大学 D1)

○ 要旨

1958年にVan Allenによって発見された放射線帯は地球磁気圏において最もエネルギーの高い粒子が存在する領域である。太陽表面の大規模な爆発現象(太陽フレア、コロナ質量放出:CME)や回帰性コロナホール由来の回帰性相互作用領域(CIR)に起因する磁気嵐発生時に、この放射線帯の電子フラックスが異常変動することが観測的に知られている。人工衛星、宇宙ステーションなど人類の大気圏外への活動の進展に伴い、今日では放射線帯電子ダイナミクス研究はただ単に地球近傍の興味深い物理現象してだけでなく、“宇宙天気”研究において主要な課題と位置づけられている。

磁気嵐主相では放射線帯外帯高エネルギー電子の消失が起こり、主相に続く磁気嵐回復相では一度は消失した放射線帯外帯が再形成され、時には磁気嵐発生以前のレベルを上回って異常増加する。特に磁気回復相における外帯電子の再出現は、特に高速太陽風と地球磁場活動と強い関係にあることが指摘されている[Paulikas and Blake, 1979]。しかしながら、太陽風が放射線帯外帯電子に直接接触できないことから、磁気圏内部の媒体が電子にエネルギーを直接供給していると考えられている。

本講演では、このエネルギー供給媒体の1つと考えられているULF(地磁気脈動)に関する先行研究及び最近の研究結果について紹介する。

10:50-11:10 短波レーダーによる電離圏電場観測(磁気圏電離圏結合)

池田昭大 (九州大学 D1)

○ 要旨

地球磁気圏・電離圏の理解は昨今の宇宙開発にとって非常に重要な課題である。これらの領域は様々な電磁・プラズマ環境変動が非均一空間を非定常に伝播しているため、複雑な様相を呈している。近年では地上磁場観測によるグローバルな観測や、衛星観測によって、これらの領域の理解は進んでいるものの、電離圏電場の観測については、その影響が地上磁場に投影されにくい時間帯がある事や、衛星での観測が困難な高度にあるため、理解があまり進んでいない。

九州大学では、福岡県篠栗町(磁気緯度: 24.1° 磁気経度: 200.2° L=1.2)に短波レーダーの観測システムを立ち上げ、定常的な電離圏電場観測を行っている。短波レーダーでは電離圏のドップラー観測を行い、観測されるドップラー周波数から電離圏の東西電場を特定することができる。プラズマで構成される電離圏F層では磁場凍結原理 ($E=-V \times B$) が成り立ち、東西電場Eが電離圏に侵入すると、北向きの地球固有の磁場Bにより、電離圏F層は鉛直方向の速度を持つ。この速度がドップラー周波数として観測される。

講演では、磁気圏現象(磁気嵐急始及びPi2)が電離圏レーダーではどのように観測されるのかを示し、地上磁場と合わせた観測結果から考えられる磁気圏現象の新たな解釈に触れる予定である。

11:10-11:30 磁気嵐における電離圏-磁気圏結合研究の時代背景と新展開

新堀淳樹 (名古屋大学 PD)

○ 要旨

地球周辺の宇宙空間は、0.1eVから10MeV以上にわたる幅広いエネルギーを持った磁化プラズマで満たされており、磁気嵐などの磁気擾乱現象に伴う背景電磁場の変動に依存して、その分布構造は劇的に変化することが知られている。1957-58年に実地されたIGY事業を契機として1960年代から1970年代前半までに数多くの科学衛星が打ち上げられ、地球磁気圏の電磁場分布、並びに環電流・プラズマ圏・電離圏といったプラズマ構造の全球的な描像が得られるようになった。しかし、この時代に確立された磁気圏構造とダイナミクスは、準定常にある磁気圏状態を仮定したプラズマ構造の理解について重点が置かれているために、磁気嵐などの非定常現象についての磁気圏プラズマのダイナミクスを理解することが困難であるという問題点が残されてきた。また、当時の衛星観測技術の限界や低L値領域における電磁場、プラズマ現象の観測がほとんど為されていないため、磁気圏内のエネルギーや物質の輸送を介した領域間結合の全体像の解明が未解決問題として現在まで残されている。

本講演では、磁気嵐時における磁気嵐における電離圏-磁気圏結合に関する今までの時代背景の整理と現時点における最新の研究の話題について重点をおき、そして今後、領域間結合の研究に対して我々が研究すべきポイントについて発表する予定である。

磁気圏IIセッション

座長	村上 豪 (東大・M2)
セッション参加者	辻裕司・北村成寿・上野民記・村上豪 (発表順)

セッション概要	<p>本セッションでは主に磁気嵐、サブストームといったエネルギー開放現象に注目する。プラズマ圏、放射線帯、オーロラなどの衛星観測、地上観測データを用いて磁気圏で発生する現象の基礎を広い視野から学習し、その物理を議論する。</p> <p>本セッションでは発表者が4人と少ないが、その分参加者同士の活発な議論が期待される。夏の学校らしく、参加者全員が一丸となった楽しくかつ深い意見交換を行う。</p>
セッション注意事項	<ul style="list-style-type: none"> ・発表 20 分、質疑応答 5 分の予定です ・発表用のパソコンは各自でご用意下さい ・発表人数が少ないですが、その分積極的に質疑応答や議論に参加して下さい ・皆さん一致団結してセッションを盛り上げましょう！

☆☆☆タイムテーブル☆☆☆

09:30—09:55 磁気嵐における電離圏電流の緯度・地方時依存性

辻裕司（名大・M2）

○ 要旨

磁気嵐における電離圏電流の磁気緯度 (MLAT) ・磁気地方時 (MLT) 分布を明らかにするために、2002 年 9 月 7 日に発生した磁気嵐 (最小 SYM-H = -168 nT) について、赤道から中緯度にわたる地上多点観測データを用いて、各観測点における静穏時からの水平 (H) 成分磁場変動を調べた。その結果、磁気嵐主相において、磁場の減少量が、朝側 (3-7 h MLT) で最小であり、夕方側 (18-20h MLT) で最大となる、朝夕非対称な磁場変動が見受けられた。これは、環電流の発達に伴う低緯度特有の磁場変動である。一方、昼側 (8-15 h MLT) の中緯度では、磁場減少が、午前側 (8-12 h MLT) で大きく、午後側 (12-15 h MLT) で小さいという、低緯度における磁場変動とは異なる非対称を示した。また、昼側磁気赤道では、東向き電離圏電流に対応する磁場増加が観測された。これらの変化は対流電場の侵入に伴う DP2 型の電離圏電流の効果であると考えられる。ところが、惑星間空間磁場が北を向き、回復相が始まると、低緯度では主相と同様の非対称な磁場変動が観測されたものの、昼側の赤道・中緯度では、ともに主相時とは逆向きの変化を示した。この傾向は、対流電場が急減したことによって、遮蔽電場が卓越 (過遮蔽) したことを表している。そして、回復相後半では、赤道から中緯度まで、磁場減少に対する MLT 依存性は消失した。このことは、環電流が対称化したことを示唆している。

09:55—10:20 磁気嵐に伴う極域電離圏上部におけるプラズマ密度構造の変動について

北村成寿（東北大・M1）

○ 要旨

プラズマの流出現象は、磁気圏内へのプラズマの供給や極域電離圏上部におけるプラズマ密度構造を支配しているだけでなく、近年の衛星観測から磁気嵐中の環電流粒子組成の激変やオーロラ加速領域の形成過程へ多大な影響を及ぼすことが明らかになってきている。

本研究では、磁気嵐時の極域電離圏上部におけるプラズマ密度構造の時空間変化を明らかにし、その物理機構を理解するために、高度 300~10500 km にわたる広範な領域をカバーして継続的な観測を行っているあけぼの衛星の観測から得られた電子密度データを解析した。

本解析では、あけぼの衛星搭載のプラズマ波動観測器 (PWS) によって観測されているプラズマ波動の分散関係から衛星の軌道上の電子密度を導出した。今回は 1989 年 3 月から 1990 年 7 月までのデータを用いた。

1989 年 6 月 6~8 日、9 日の磁気嵐時のイベント解析から、プラズマ密度の増加は磁気嵐の主相時とよく対応し、最大で冬静穏時の平均の 100 倍に達し、極域全域でほぼ同時にみられるということが明らかになった。

次に静穏時の各季節の平均的密度分布を用いて規格化した磁気嵐主相時の密度の分布を求めた。この結果、磁気嵐主相時には ILAT 65~70° から高緯度側の高度 3000~10500 km で夏は 3 倍、冬は 10 倍程度の密度増加がみられた。

この密度増加はクレフト領域からの ion upwelling が磁気嵐時の強い極域電離圏対流によって極冠内に流入することによって説明できる可能性があり、この事は、磁気嵐主相時には極冠域全域にわたって極域電離圏から磁気圏内へ多量のプラズマが輸送されていることを示している。

10:20-10:45 磁気赤道沿い MAGDAS データを用いた EE-Index の導出とその利用

上野民記 (九大・M1)

○ 要旨

九州大学宇宙環境研究センター (SERC) では、MAGDAS による地磁気観測ネットワークを世界中に展開している。このうち、磁気赤道沿いに展開している観測点で得られたデータを用いて算出した EE-Index という新しい指標を SERC では提案している。EE-Index は、EDst, EU, EL という 3 つの Index から構成される。EDst は主としてリングカレント成分、EU は赤道エレクトロジェットによる成分、EL はカウンターエレクトロジェットによる成分を表していると考えられる。

EDst は、夜側磁気赤道沿い観測点の H 成分の値を平均して算出される。EDst は、現在リングカレントの強さを表す指標として広く使われている Dst の代わりとして用いることができるのではないかとされている。EDst と Dst では、導出に用いる観測点 (特に緯度) や計算過程が異なるため、磁気嵐の主相最大時などには若干の相違がみられる。磁気赤道沿いの観測点で得られたデータから得た指標であるため、磁気赤道に特有な成分が乗っている可能性もある。具体的にどのような成分が乗っているのかを調べるのが、課題の一つである。

EU と EL は、各観測点の H 成分から EDst、すなわち磁気圏を流れるリングカレント成分を差し引くことによって得られる。磁気赤道沿いの地磁気データには、電離層のカウリング効果による赤道エンハンスの影響が強くみられる。EU, EL と太陽風との関係などを探りながら、赤道ジェット電流の変動を調べることがもう一つの課題である。

10:45-11:10 グローバルイメージが明らかにするプラズマ圏の変動

村上豪 (東大・M2)

○ 要旨

地球近傍にはプラズマ圏と呼ばれる高密度の冷たいプラズマで満たされた領域が存在する。プラズマ圏の形成は地球のもつ固有磁場と太陽風によって運ばれる惑星間空間磁場との間の相互作用によって説明することができる。プラズマ圏を構成する主なイオンのうち He⁺ と O⁺ はそれぞれ波長 30.4nm と 83.4nm において共鳴散乱を起こすので、この光の撮像に

よってプラズマ圏の大局的な構造を理解しようという技術（リモートセンシング）が1990年代後半から急速に発展した。そして1998年、日本の「のぞみ」衛星が地球を周回した際に初めてHe⁺共鳴散乱光（30.4nm）によるプラズマ圏の撮像に成功し、プラズマ圏撮像技術が確立した。また2000年にNASAが打ち上げたIMAGE衛星EUV撮像器からの観測により、プラズマ圏の様々な大局的・局所的構造や変動の様子などが明らかになった。さらに今後のプラズマ圏観測として、いよいよ打ち上げ間近となった月周回衛星「かぐや（SELENE）」からの撮像がある。SELENE衛星に搭載するプラズマ圏撮像器はこれまで観測されてきたHe⁺共鳴散乱光だけでなくO⁺共鳴散乱光（83.4nm）も対象としており、これは世界初の試みである。

私はこうして得られるプラズマ圏の画像データを用いて、プラズマポーズの太陽風に対する応答やその運動メカニズムについて研究を行っている。本発表では、プラズマ圏の撮像から得られる科学について観測器の開発に関する紹介を含め懇切丁寧に説明する。

11:10－11:30 議論

セッション3 8/28 12:30 - 14:30 (LT)

太陽圏セッション

座長	亀井 聡美(九大・STP・M2)
セッション参加者	岩井一正・亀井聡美・伊藤大晃・小川恵美子・神代天・成行泰裕
セッション概要	太陽、太陽圏、太陽風、惑星間空間に関する理論、観測、モデル、シミュレーション等、太陽・太陽風に関する様々なトピックをテーマにしたセッション。 毎日照り続ける太陽に関することならば何でもアリのセッション。
セッション注意事項	発表形式は自由。 PC 持込も自由。 こちらで準備する PC を利用する場合は、USB メモリ等でデータ持参のこと。(※Office 2007 未対応)

☆☆☆タイムテーブル☆☆☆

12:30-12:45 太陽電波 I 型ノイズストームのスペクトル観測

岩井 一正 (東北大学・M1)

○ 要旨

太陽表面現象は全ての STP 現象の発端となるとしても過言ではなく、そのメカニズムの解明は太陽圏内における多くの物理現象を考える上で極めて重要な問題である。なかでも我々はフレアに代表されるような大規模なエネルギー解放過程(プラズマの加速・加熱過程)と比較すると小規模でかつ継続的なエネルギーの解放メカニズムに注目している。加速されたプラズマを地上から観測する手段として電波観測が上げられる。加速を受けた非熱的電子はラングミュア波を起こし、それが電波に変換されたものが電波バーストとして観測される。

我々の観測対象である I 型ノイズストームは、III 型に代表されるフレア起因のバーストと比較して小規模で継続時間の長い現象である。しかしこのような現象の原因となる電子の加速メカニズムは未だ明らかになっていない。

我々が福島県内に所有する STP 現象観測専用の電波望遠鏡(IPRT)は開口面積 1000 m²以上を有する大型望遠鏡で、それを用いた高感度観測から微細、微弱なスペクトルの構造を議論出来るデータが得られ始めた。

本発表では観測において得られたスペクトルデータを示し、その周波数、時間方向の構造から放射過程に迫る議論を展開していきたい。

12:45-13:00 太陽圏構造の 3 次元 MHD シミュレーション

亀井 聡美 (九大 STP・M2)

○ 要旨

太陽表面で発生した擾乱の影響は、惑星間空間に広がった後に、地球に到達し、地球磁気圏の擾乱の主な要因となりうる。特に、近年のような太陽活動極小期においては、太陽表面の構造が地球磁気圏に CIR を通して影響を及ぼすことが知られている。本研究では、そのような太陽表面の構造が惑星間空間をどのように広がって地球に影響を与えるかを、太陽表面—地球軌道間の構造を 3 次元 MHD シミュレーションを用いて再現する。本モデルには、太陽が回転する効果を考慮しているため、運動方程式には重力の他に、コリオリ力、遠心力を加え、太陽風加速の問題をエネルギー方程式に磁場構造を反映した加熱項と磁力線に平行な熱伝導項を加えることで取り扱っている。本発表では、計算手法とともに、このようにして開発したシミュレーションの結果を紹介する。

13:00—13:15 地上・衛星観測を用いた太陽風加速機構に関する研究と SW 研究室紹介

伊藤 大晃(名古屋大学 STE 研・D1)

○ 要旨

太陽は我々の住んでいる地球から最も近い恒星であり、地球から過去よりずっと観測を続けていながらもまだ謎は多い。特に我々の研究対象であり、常時太陽から吹き出している太陽風に関しても、何が加速に寄与し、どのように加速されているかなど解明されていない物理現象は多く、研究が続けられている。

我々のグループでは、太陽風の加速機構を解明するために、コロナホールから吹き出す太陽風の速度を決めるパラメータについて研究を行ってきた。その結果、光球面磁場強度(B_p)と磁束管拡大率(f)の2つのパラメータ比 B_p/f と太陽風速度(V)とは相関が極めてよいことがわかった。本発表では、今までの研究結果と今行っている研究について報告する。加えて、本研究グループがどのような研究を行っていてどういう研究室なのか、軽く紹介をする。

13:15—13:30 休憩

13:30—13:45 月と太陽風の相互作用

小川 恵美子(京大・M1)

○ 要旨

月にはこれまでに何度も探査機が送られているが、月周辺のプラズマ環境についての詳細な研究はあまりたくさんはされていない。今までの研究では、太陽風は月表面に吸着し、月の裏側にはプラズマが非常に少ない部分があることなどが報告されている。また、月には全球的な磁場はないが、磁気異常帯というものがあり、磁気異常帯と太陽風が相互作用を起こすことにより **miniature bow shock** ができると推定されている。

この夏打ち上げ予定(8月打ち上げ予定だったが延期された)の月探査衛星かぐや

(SELENE)には、月磁場観測装置(LMAG)とプラズマ観測装置(PACE)という装置が搭載されている。これらの装置による観測によって、いままで明らかにされていなかった月と太陽風の相互作用についての研究が進むと思われる。現在、かぐやのデータを使った研究を行うための準備を進めている。

本発表では、月探査衛星かぐやについて簡単に紹介し、これまでに行われてきた月と太陽風の相互作用についての研究をいくつか紹介する。

13:45—14:00 有限振幅磁気流体波動のブラソフシミュレーション

神代 天 (九大総合理工・M1)

○ 要旨

ブラソフシミュレーションは、マクスウェル方程式とともにブラソフ方程式の位相空間内での時間発展を直接解くことによりプラズマの振る舞いを求める、比較的新しいシミュレーション手法です。私は宇宙プラズマ中の磁気流体波動の非線形発展における運動論的効果を精度よく解析することを目的に、ブラソフシミュレーションの研究を始めました。本研究ではまず、太陽風中の長波長アルフヴェン波ではサイクロトロン減衰は小さいことをふまえ、縦方向の発展のみをブラソフ方程式で解き、横方向は MHD 近似で解くコードを開発しました。また、イオンスケールの現象を見るためにイオンについてのブラソフ方程式系を解く一方、電子の熱速度は十分に大きくその質量は無視できるとして電子は流体的に扱っています。このような条件での計算の結果、イオン音波、Alfven 波の伝播を確認し、これらが線形分散関係を満足することを確認しました。今回の発表は、基礎方程式系や作成したブラソフコードの中身・解析手法などの内容を中心に行いたいと思います。

14:00-14:15 多点衛星観測データを用いた太陽風中のプラズマ波動・局所構造の解析

成行 泰裕 (九大総理工・D2)

○ 要旨

人工衛星を用いた宇宙空間プラズマの「その場」観測は、近年になって単機衛星による一点観測から複数衛星の編隊飛行による多点観測を用いたものにその位相が移りつつある。特に 2000 年に ESA によって Cluster 衛星 4 機が打ち上げられてからは、地球近傍の宇宙空間においては多点衛星観測で得られたデータを扱うことが可能になり、各研究分野に大きな刺激を与えた。しかし一方で、Cluster 衛星による観測結果を用いた研究の多くは過去の研究結果を高精度化したものであり、4 機衛星による多点観測が実現して初めて得られた 3 次元空間分解能を十分に活用したものは少ないという批判もある。その理由としては、4 点観測が 3 次元空間分解能を得るための最小単位であるために高精度の分解能を得ることがやや難しいこと、一点観測で行われてきた手法がそのまま踏襲されやすいこと、などが考えられる。ここでは、Wave-telescope や k-filtering と呼ばれるアレー解析の手法を応用した解析法や timing-method と呼ばれる波束に着目する手法などを用いた波動解析研究の現状、太陽風中の不連続面の解釈にまつわる最近の議論、非定常衝撃波に関する進展等について紹介し、今後の多点衛星観測データ解析の可能性を議論したいと思う。

14:15-14:30 議論

惑星セッション

座長	大島 亮 (宇宙研・D1)
セッション参加者	空華智子・神山徹・三津山和朗・森希・深澤宏仁・伊藤裕子・大島亮

セッション概要	<p>太陽系には様々な惑星が存在し、それぞれの惑星でそれぞれに特徴的な現象が起こっています。この多様性に富んだ惑星の世界をまとめて扱うのがこの惑星セッションです。</p> <p>前半では地球の兄弟星、金星の大気についての3つの発表があります。金星最大の謎であるスーパーローテーションを中心にした議論が期待されます。休憩を挟み、後半では磁場を生み出すダイナモの理論の紹介、水星のナトリウム大気最新の観測成果、火星大気に関する2つのデータ解析の合計4つの発表があります。</p>
セッション注意事項	<p>発表用の Windows マシンと Macintosh マシン、レーザーポインタはこちらで用意しますが、持参して下さっても構いません。</p> <p>時間は1人15分（発表12分・質疑3分）でお願いいたします。</p>

☆☆☆タイムテーブル☆☆☆

12:30－12:45 Galileo 探査衛星に搭載された近赤外分光撮像装置/NIMS による金星大気解明について

空華 智子（宇宙研・M1）

○ 要旨

金星は大きさや密度は地球とほぼ同じだが、その環境は地球とは大きく異なっている。例えば、大気の主成分は二酸化炭素（96.5%）で地表面の気圧は90気圧もある。金星は惑星全体が濃硫酸の雲で覆われているため、雲より内部の大気や地表面を外部からみることは容易ではない。そのため、金星は今なお多くの謎に包まれている。

しかし、現在までに送り込んだ金星探査機によりとても興味深い観測結果が得られている。

今回は、金星大気未解明の問題点を紹介すると共に、Galileo 探査衛星に搭載された近赤外分光撮像装置/NIMS のデータを解析した論文“Galileo Infrared Imaging Spectroscopy Measurements at Venus” (R.W. Carlson et al, 1991, SCIENCE, VOL. 253, 1541-1548) を紹介する。

12:45－13:00 金星雲の動きを使って風速を求める

神山 徹（宇宙研・M2）

○ 要旨

金星の大気循環の特徴と知られるスーパーローテーションは、その角運動量の維持機構が謎に包まれている。過去に行なわれた理論研究や数値計算によれば、子午面循環と大気粘性による角運動量攪拌、雲層から伝搬する熱潮汐波や下層大気で励起された重力波による角運動量輸送がその候補として挙げられている。一方同様の解析は1974年のマリナー10号での観測から雲の明暗パターンを追跡しその移動速度から風速を推定し角運動量を見積もる手法が使われてきた。しかし従来の手法には追跡の計算に多大な時間がかかること、誤差評価法に改善の余地がある等改善すべき問題点があり、大量データに対してこの手法を適応し定量的に議論することは困難であった。

本研究ではこれらの問題点を解決したアルゴリズムを開発し、Galileo 探査機による紫外波長での金星雲画像、金星探査衛星 VenusExpress/VIRTIS で得られた多波長にわたる雲画像に適応することで、金星大気中の角運動量輸送を統計的、定量的に議論することを目標にする。この解析の結果、風速分布には定常的にローカルタイムに固定された熱潮汐波による半日潮の構造が同定された。また赤道域には振幅秒速 15 メートルの赤道ケルビン波と思われる風速の時間変動が認められた。太陽光加熱によって励起される熱潮汐波は、自転と逆方向の角運動量を雲層から輸送し雲層大気を自転方向に加速する。重力波の一種である赤道ケルビン波は、下層大気から角運動量を上層大気へ運び、上層大気で碎波し自転方向に大気を加速する。このことから本研究で得られた波動構造がスーパーローテーションの維持に寄与していることが考えられる。本発表では上記解析結果を紹介すると共に、半日潮構造や、赤道ケルビン波による角運動量の輸送量と攪拌を定量的に見積もり、波動構造のスーパーローテーションへの寄与率を議論する。

13:00－13:15 地上観測による金星雲頂高度での大気運動の研究

三津山 和朗 (宇宙研・D1)

○ 要旨

金星には、大気が地面の回転速度の数十倍もの速さで惑星を循環する超回転と呼ばれる現象が存在する。この超回転の生成・維持のメカニズムには諸説あるが、その決着をつけるためには運動量輸送の鍵となる風速最大の雲頂付近の大気運動の情報が不可欠である。

我々の研究グループでは、中間赤外線を用いて金星雲頂付近の大気変動を観測的に導出する研究を行っている。2005年12月に、ハワイにあるすばる望遠鏡を用いて行った観測の結果によると、雲頂高度に水平スケール 300km 程度、高度変動 200m 程度の様々な微細な雲構造が発見された。この構造は雲頂付近に存在する大気変動に関連があると考えられるが、時系列データの不足からその時間的性質は議論できていない。

そこで我々は 2007年7月に、日中にも観測が行え金星の長時間観測に適したハワイにある赤外天文望遠鏡 IRTF を用いて、微細構造の時間変動導出を目的とした観測を行った。本発表では、取得データの初期解析の結果の紹介を行う。

13:15－13:30 休憩

13:30－13:45 宇宙における磁場生成機構

森 希 (お茶の水大・M1)

○ 要旨

宇宙には様々な形で磁場が存在している。たとえば、地球には双極子磁場が恒常的に存在し、ランダムに反転を繰り返す。太陽は地球のような卓越した磁場の成分は持たないが、磁場極性を 22 年で元に戻す。これらの星はなんらかの磁場生成機構を持ち、自ら磁場をつくり出している。

惑星、恒星、銀河などの磁場構造の多様性はどこからくるのか、あるいは普遍的なものなのか。磁場生成のメカニズムはどうなっているのだろうか。また、惑星形成における磁場の役割にも興味がある。

ダイナモの理論を Tajima, T. & Shibata, K. "Plasma Astrophysics", Section 3.1.1 "Introduction to Dynamo Theory" をもとに紹介したい。

13:45－14:00 水星ナトリウムテールの観測

深澤 宏仁 (東北大・M1)

○ 要旨

水星の希薄なナトリウム外圏大気は 1985 年の地上分光観測による発見以来、多くの先行研究があるが、本研究では太陽光圧により水星から反太陽方向に伸ばされたナトリウムテールに着目する。

水星ディスク上での発光に比べてテールでのナトリウム発光は極めて弱いために現在までのナトリウムテール観測の成功例は Potter et al. [2002] および Kameda et al. [2006] の 2 例のみである。これらの結果から、ナトリウムテールは南北・東西方向共に 40,000km の広範囲に存在していることがわかっている。さらにテール中のナトリウム原子の速度分布、電離ライフタイム、水星表面からの初速度なども導出されている。

我々は 2007 年 6 月にハワイ・ハレアカラ観測所において 40cm 望遠鏡と高分散エシエル分光器を用いた水星ナトリウムテール観測を行った。この観測でナトリウムテールは水星から 250,000km まで伸びていることが確認された。世界で 3 例目となる我々の観測からは 40,000km より遠方の領域でのナトリウム原子の振る舞いについての知見を得ることが可能であり、本講演では観測の詳細な解析結果を紹介する。

14:00—14:15 火星大気中のダスト分布の変動

伊藤 裕子 (宇宙研・M2)

○ 要旨

ダストは火星大気中に常時存在しており、大気の構造と密接に関係していると考えられている。また、火星大気中において、地球と同様に全球的な南北の温度差による擾乱が発達することが知られており、大気擾乱によって物質が輸送されると考えられている。そこで火星大気中のダスト分布の時間変動に着目し、大気中の波動に伴いダストが輸送される様子をとらえることで、ダストの輸送と大気擾乱の関連を明らかにしたいと考えた。

本研究では火星探査機 Mars Global Surveyor に搭載されている、赤外分光計 Thermal Emission Spectrometer から得られたダストの光学的厚さと温度のデータを約 3 火星年 (1999 年 2 月～2004 年 4 月) 解析した。各緯度帯における東西の帯状平均からの差分を求め、時系列に並べたホフメラー図を作成し、ダストと温度分布の時間変動について調べた。

その結果、夏の南緯 70～80 度の緯度帯では、3 火星年全てにおいてダスト分布が波数 1～2 で準周期的に変動することが明らかになった。この準周期的な変動においては、東経 270° 付近でダストが繰り返し増加し、続いてそれらが西向きに約 3m/s で移動する。ホフメラー図において、経度に固定された構造はダストと温度で似た傾向がある。しかし、時間変化する準周期的な構造は温度分布では見られるとは限らない。

本発表ではこれらの現象についての考察を行い、ダストと温度構造の関係について議論する。

14:15—14:30 火星大気の温度擾乱の時空間変動特性

大島 亮 (宇宙研・D1)

○ 要旨

火星は数ある惑星の中でも特に地球に似た惑星である。とりわけ、固体表面の上に(地面が見える程度に)希薄な大気を持つこと、自転周期が地球とほぼ同じであることから、火星大気の運動は基本的には地球大気と同じ方程式で表せると考えられる。一方で、火星には海が無いこと、大気の主成分が二酸化炭素であること、常に大量のダストが浮遊していること、成層圏が存在しないことなど、地球と大きく異なる側面も持ち合わせている。

このような特徴を持つ火星でどのような大気現象が起こっているのか。本研究ではその理解の一端を目指し、火星探査機 Mars Global Surveyor に搭載された赤外分光計 Thermal Emission Spectrometer の観測した大気温度の時間・空間分布の解析を行っている。

これまで私が研究してきた季節毎の温度擾乱の空間分布の解析から、北半球の冬季高緯度で擾乱が大きなエネルギーを持つことがわかり、そのエネルギー源は傾圧不安定波と強制プラネタリー波であることが示唆された。

今回の研究では1日毎の火星大気の大気温度の空間分布の解析から、実際に傾圧不安定波や強制プラネタリー波のような波動が励起され伝播しているのかどうかを明らかにしたいと考えている。しかし現状ではそこまで解析が進んでいないため、今回の発表では1日毎の温度の空間分布と以前求めた温度擾乱の空間分布を比較し議論していきたい。

磁気圏Ⅲ

座長	寺本 万里子 (京大・太陽惑星系電磁気学講座・D1)
セッション参加者	徳永旭将・平山有紀・寺本万里子・伊藤祐毅・塩川和夫 (発表順)
セッション概要	磁気圏でのエネルギー解放現象であるSubstormが起きると、高緯度ではオーロラ発光・オーロラ粒子の振り込み、低緯度ではPi2地磁気脈動など、様々な領域で様々な現象が観測される。古くからSubstormの研究は成されてきたが、観測的に証明されていないことが未だ多数存在する。Substormの発生メカニズムを知る為には、より詳細に個々の現象を理解していく必要がある。 本セッションでは、Substorm時に観測される様々な現象に焦点を当て、講演者各自の研究内容の紹介や、過去の研究のレビューなどを行う。
セッション注意事項	*講演 15分・質疑応答 5分 (あくまで目安) *本セッションでは講演者・聴講者共に質問しやすい雰囲気を目指そうと思っています。

☆☆☆タイムテーブル☆☆☆

12:30-12:50 地上観測されるPi 2型地磁気脈動への独立成分分析の応用

徳永 旭将 (九大・M2)

○ 要旨

Pi 2型地磁気脈動は、shear Alfvén mode wave や compressional mode wave の伝搬、磁力線やプラズマ圏における共鳴現象、サブストーム電流系の振動および高緯度電離層から低緯度電離への侵入電場などを反映した、いくつかの成分の混合信号として地上で観測される [e.g., Yumoto et al., 2001]。過去の研究では、異なる緯度に対して異なる伝搬モデルが提案さ

れて来たが[e.g., Olson, 1999]、それらが異なる緯度においてどのように分布し、また磁気圏および電離圏においてどのように結合しているのかは未だよく分かっていない。

我々は CPMN（環太平洋地磁気観測網）にて観測された Pi 2 型地磁気脈動に対し、独立成分分析(Independent Component Analysis: ICA)を応用することにより、地上観測される Pi 2 型地磁気脈動の数学的分離・分類を試みる研究を進めて来た。ICA とは多変量解析の一種であり、原信号の情報論的相互独立性に基づき、混合信号である観測値のみから原信号を復元することを目的とした手法である。講演では、地上で観測された Pi 2 型地磁気脈動が統計的に独立な信号の重ね合わせであると仮定の上で、CPMN（環太平洋地磁気観測網）にて多点観測された Pi 2 型地磁気脈動に ICA を適用した結果について紹介する。

12:50—13:10 MAGDAS で観測された磁気赤道 Pi2 の波動特性

平山 有紀（九州大学 宇宙地球電磁気学研究室 修士1年）

○ 要旨

Pi 2 地磁気脈動は40~150秒程度の周期を持つ減衰振動型の地磁気脈動で、サブストーム開始時にグローバルに観測されることが知られている。Pi 2の研究は長い歴史を持っており、その発生・伝播メカニズムについては多くのモデルが提唱されているが、いまだ結論には至っていない。また、磁気赤道域で観測されるPi 2地磁気脈動の解析例は少なく、これまで行なわれてきた研究は、ある子午面についての解析のみであった。

そこで、本研究では、九州大学宙空環境研究センターが有するMAGDASネットワークの磁気赤道沿いの7つの観測点、AAB (Dip Lat = 0.57, M. LONG = 110.47), LKW (-1.88, 171.29), CEB (2.74, 195.06), DAV (-0.65, 196.54), YAP(1.70, 209.06), ANC (0.74, 354.33), EUS (-7.03, 34.21)のデータを用いて、グローバルな磁気赤道Pi 2の特性について解析を行った。

解析結果、各観測点の8LT~16LTにおいて磁気赤道Pi2の振幅のエンハンスメントがみられ、また、磁気赤道に近い観測点ほど磁気赤道Pi2の振幅が大きくなるという傾向がみられた。

13:10—13:30 極域で見られる ULF 波動の review

寺本 万里子（京大・D1）

○ 要旨

地球の磁場には様々な擾乱が見られる。特に周期の短い変動を ULF(Ultra Low Frequency)波動と呼ぶ。これらはその周期と性質からさらに細かく分類される。

講演者は ULF 波動の中でも、特にサブストーム開始時に見られる Pi2 地磁気脈動に着目し、低緯度地上観測所と極軌道衛星 DE-1 を用いて解析を行ってきた。DE-1 のデータ解析で新たに判ったことは、極付近に衛星が位置している場合でも、低緯度地上観測所で観測される Pi2 と相関の高いイベントが存在するという点であった。これらのイベントは圧縮波成分にみられ、振幅は地上で見られる Pi2 に比べて非常に小さく、逆位相の関係になっている。極域で見られるこのような Pi2 の報告は過去に例がない。

本講演では、講演者が観測した Pi2 の特異性を改めて理解するために、過去に極域で観測された ULF 波動の解析結果についてまとめる。

13:30—13:50 オーロラの微細構造：れいめい観測

伊藤 祐毅（宇宙科学研究本部・M1）

○ 要旨

れいめい衛星は2005年8月23日の打ち上げから2年近く経過したが、その間、オーロラの微細構造観測とプラズマ粒子の同時観測の両立を実現し、観測を続けてきた。れいめい衛星の理学的観測目的は地球極域で起こるオーロラ現象の微細構造の解明であり、これまでに、れいめい衛星の観測によって様々なオーロラ発光構造とオーロラ粒子分布との相関が明らかにされてきている。本研究では高時間・空間分解能を有している多波長分光カメラ(MAC)とオーロラ粒子観測器(ESA/ISA)から観測された画像・粒子データとを比較する。特に、オーロラ発光・粒子同時観測モード(Mode-S)のデータから、Inverted-V構造が存在する際に、その構造の低エネルギー側に Alfvén wave の signature である Electron energy-time dispersion がしばしば観測されている。これらのデータ解析を行った結果、この Alfvén wave の signature のある領域とオーロラアークの flow との対応がみられることがわかった。本講演では Alfvén wave によって加速された電子の降り込みの結果でできることが示唆される数 km のオーロラ発光微細構造との対応について報告する。

13:50-14:10 サブストーム開始メカニズムに関する議論

塩川和夫 (名古屋大学太陽地球環境研究所・准教授)

○ 要旨

2007年2月17日に米国THEMIS衛星が打ち上がり、今後数年間にわたって、サブストーム開始メカニズムに関する研究が大きく進展することが期待される。この講演では、これまで提案されてきた、磁気圏尾部でのサブストーム開始メカニズムのモデルをレビューし、観測データとの一致点、矛盾点を議論する。

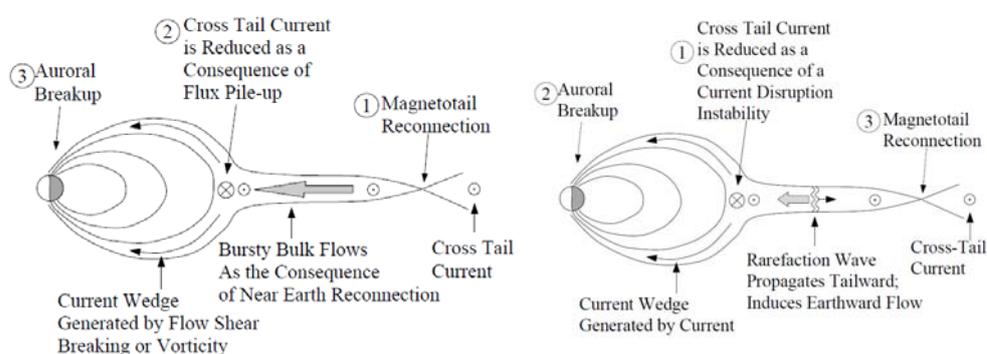


図1. 代表的な2つのサブストーム発生モデル。丸印のついた番号は、現象の起こる順番を表す。

■ ポスター発表 (8/15時点で投稿されているもの)

※ポスターは8/27の懇親会の時間(18-20時)に懇親会会場(松の間)に貼り出します。

新堀淳樹 (名古屋大学太陽地球環境研究所・PD)

電離圏-磁気圏結合過程の本質を打ち明かす磁気急始(SC)現象

太陽風中に含まれる衝撃波や不連続面と地球磁気圏との会合によって昼間側の磁気圏が急激に圧縮され、その圧縮されたという情報が磁気圏界面で発生した磁気音波として磁気圏・プラズマ圏ならびに電離圏へと伝搬していく。その情報が電離圏または地上にたどり着くと中・低緯度における地磁気の水平成分が数分から数十分かけて急激に増加する。この現象が磁気急始(Sudden Commencement: SC)と呼ばれている。そして、SCは、サブストームや磁気嵐といった複雑な物理過程から構成されている現象と比べて、はっきりとした磁場波形を持つために、その開始時刻やその磁場変動の起源などを見極めやすい。このため、SCは、太陽風の過渡的変動に対する磁気圏や電離圏内の電場や電流の形成過程を理解するのに最適な現象であり、電離圏-磁気圏結合過程の本質を我々に打ち明かしてくれる現象といえる。

ここでは、1983年から現在までの約24年という長期間、継続的に観測を続けている柿岡地磁気観測所で得られた磁場データを詳細に解析することによって、SC時に発生する電離圏電流や沿磁力線電流の分布について明らかにする。また、太陽風磁場の南北成分の極性に対する低緯度におけるSCの磁場振幅の磁気地方時と季節依存性についても詳細に調べる予定である。本発表では、これらの事項についてわかりやすく解説するつもりである。

塩川和夫 (名古屋大学太陽地球環境研究所・准教授)

光学観測機器による超高層大気グローバル観測

高さ80-300kmの超高層大気で夜間に発光している大気光(中低緯度)やオーロラ(高緯度)を高感度分光機器で観測することにより、この領域(中間圏、熱圏、電離圏)で起きている変動をイメージしたり、風速や温度を求めたりすることができる。このポスターでは、名古屋大学太陽地球環境研究所が日本、カナダ、インドネシア、オーストラリア、ロシアに展開している超高層大気グローバル観測網の現状とその将来計画を紹介する。

西村 由紀夫 (東北大学・M1)

地上電波観測による太陽電波III型バースト発生機構の研究について

太陽電波III型バーストは、主に太陽フレアの発生にともない、UHF帯からLF帯の広帯域に亘り高速の周波数ドリフトを伴って発生する電波放射現象である。この放射源は太陽コロナおよび惑星間空間中を高速で移動する電子ビームであると考えられており、放射メカニズムについては電子ビームにより発生したラングミュア波の非線型モード変換によるものとする考え方が広く受け入れられている。しかし、高周波帯(数100MHz程度以上)での放射については、十分解明されているとは言えない状況である。

この高周波帯でのIII型バーストの放射メカニズムに迫る事を目的とし、現在東北大学惑星圏蔵王観測所において太陽電波観測システムを構築中である。今回は現在予定している観測内容について紹介する。

神代 天 (九州大学 総合理工学府 M1)

有限振幅磁気流体波動のブラソフシミュレーション

ブラソフシミュレーションは、マクスウェル方程式とともにブラソフ方程式の位相空間内での時間発展を直接解くことによりプラズマの振る舞いを求める、比較的新しいシミュレーション手法です。私は宇宙プラズマ中の磁気流体波動の非線形発展における運動論的効果を精度よく解析することを目的に、ブラソフシミュレーションの研究を始めました。本研究ではまず、太陽風中の長波長アルフヴェン波ではサイクロトロン減衰は小さいことをふまえ、縦方向の発展のみをブラソフ方程式で解き、横方向は MHD 近似で解くコードを開発しました。また、イオンスケールの現象を見るためにイオンについてのブラソフ方程式系を解く一方、電子の熱速度は十分に大きくその質量は無視できるとして電子は流体的に扱っています。このような条件下での計算の結果、イオン音波、Alfvén 波の伝播を確認し、これらが線形分散関係を満足することを確認しました。ポスターではブラソフコードの中身について詳しく解説するとともにその計算手法の紹介を行いたいと思います。

池田 昭大 (九州大学 D1)

Preliminary Results Obtained from MAGDAS Project

The Space Environment Research Center (SERC), Kyushu University will install the MAGnetic Data Acquisition System (MAGDAS) at 50 stations in the Circum-pan Pacific Magnetometer Network (CPMN) region, and several FM-CW radars along the 210°magnetic meridian. The MAGDAS project has the potential to contribute greatly to IHY (International Heliophysical Year) by supporting ground-based magnetometer array for worldwide studies, and by demonstrating the beauty, importance, and relevance of space science to the world. Nearly 20 and 10 MAGDAS units were installed in collaborations with 30 organizations in the world, respectively, along the 210° magnetic meridian in 2005 and along the magnetic dip equator in 2006. In the year 2007, 20 MAGDAS units will be deployed in places such as South Africa, India, Italy, Mexico, Alaska, Siberia, and Antarctica. The goal of MAGDAS is to become the most comprehensive ground-based monitoring system of the earth's magnetic field. It does not compete with space-based observation. Rather, this ground-based network complements observation from space. To properly study solar-terrestrial events, data from both are required.

MAGDAS/CPMN are roughly divided into two portions. MAGDAS-A system is a new magnetometer system installed at the CPMN stations, while MAGDAS-B is data acquisition and monitoring system installed at SERC. The new magnetometer system consists of 3-axial ring-core sensors, tilt-meters and thermometer in sensor unit, fluxgate-type magnetometer, data logging/transferring units, and power unit. The total weight of the MAGDAS-A is less than 15 kg. The data transferring unit transfers the 1-sec averaged data ($H+\delta H$, $D+\delta D$, $Z+\delta Z$, $F+\delta F$) in real time from the overseas stations to the SERC, Japan, by using three possible ways: Internet, Telephone line or Satellite phone line.

In this paper, we will present preliminary results obtained from the MAGDAS project.

藤本 晶子 (九州大学・D1)

オーロラ帯磁化プラズマ観測衛星 QSAT 科学ミッション用磁力計の開発

現在、九州大学・九州工業大学・福岡工業大学では、「オーロラ帯磁化プラズマ観測衛星 QSAT」の設計・開発を学生中心で行っている。QSAT衛星のミッション目的は、平成15年10月故障した「みどり2号」に代表される宇宙機災害の要因となる衛星帯電現象をより深く理解することであり、特に衛星が帯電しやすいオーロラ帯に着目し、低高度(約700km)極軌道において沿磁力線電流領域の変動磁場と衛星電位の同時観測を行う。

小型衛星搭載の磁気センサーによる磁場変動観測から極域の沿磁力線電流領域・電流密度を推定し、同時に電位計測プローブによる衛星電位を同時観測することによって、オーロラ降下粒子フラックスと衛星帯電の関係を明らかにする。

更には、小型衛星によって観測された沿磁力線電流と地上磁場観測網(MAGDAS/環太平洋地磁気ネットワーク観測網(CPMN))で観測された変動磁場データを比較し、両者の関係を究明及び確立することによって、地上磁場ネットワーク観測から極域の沿磁力線電流のリモートセンシング技術の確立を目指す。

九州大学宙空環境研究センターは、本衛星の科学ミッションである沿磁力線電流による磁場変動観測のための磁力計開発に携わっている。また衛星バス機器の持つ残留磁気・磁場変動が磁場測定に与える影響を最小限に抑えるために、残留測定機器を設計・開発し、バス機器ユニットの残留磁場測定を本センターで実施している。

本講演では、QSATの概要、科学ミッションに関する研究背景およびミッション計画、衛星開発段階における問題等について紹介します。