

電磁擾乱の電離層高緯度側から低緯度側へ の penetration について

九州大学大学院理学府 地球惑星科学専攻

太陽惑星系科学講座 宇宙地球電磁気研究分野

修士1年 大西祥人

地球磁気圏で生じる様々な電磁気擾乱は、主に沿磁力線電流によって電離層に伝搬し、電離圏の局所的な応答や、地球全体を覆うようなグローバルな応答を引き起こすことが観測的研究によって良く知られている。しかしながら、これら電離圏応答についての詳細な物理、特にグローバルな電離圏の応答についてはその基本メカニズムさえ明らかにされていない状況にある。この電離圏応答問題の難しさは基本的に対象になる系が、電磁流体で満たされた磁気圏、電離気体と中性大気が混合した電離圏、電氣的に中性な大気圏、及び有限な伝導度をもった固体地球の陸及び海洋の領域が電磁力学的に結合した複合系であることに起因する。

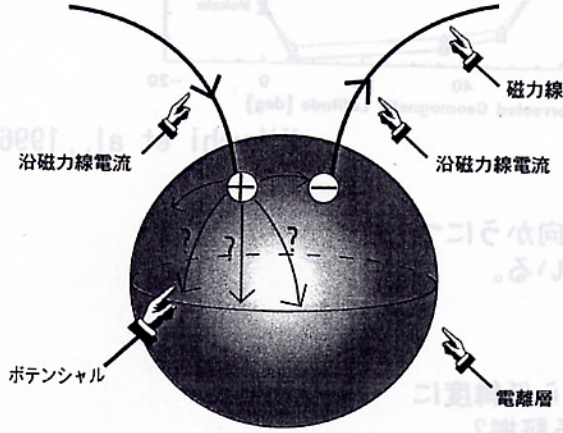
このような複合系において、磁気圏中のソース領域から電磁エネルギーがどのように伝搬し、グローバルな電流システムがどのように形成していくかを明らかにするためには、各領域の電磁氣的性質をうまく取り込んだ複合モデルを作成し、数値実験の結果と実際の現象を対比させながら研究を進めることが不可欠である。

自分の研究の目標はモデルを構築し、数値実験をしてその伝播の物理を解明することである。今回は[Kikuchi et al., 1996]で提案されている伝播モデルについて紹介する。

参考論文

- ・ Koba et al., 2000 , Electrodynamic coupling of high and low latitudes: Observations on May 27, 1993
JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH, 22979-22989, OCTOBER 1, 2000
- ・ Kikuchi et al., 1996 , Direct penetration of the polar electric field to the equator during a DP 2 event as detected by the auroral and equatorial magnetometer chains and EISCAT radar
JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH, 17161-17173, AUGUST 1, 1996

沿磁力線電流の入射によって、投影された電荷によるポテンシャルが伝搬していく様子を示したイメージ図。



地球磁気圏で生じる様々な電磁擾乱は、主に沿磁力線電流によって電離層に投影され、電離層の局所的な応答や、地球全体を覆うようなグローバルな応答を引き起こしている。

沿磁力線電流が流入してくるところに“+” 流出するところに“-”が mappingされたとする。

3次元球面上での伝播現象の物理解明が研究目標 (図中の“?”の部分のメカニズム)

figure. 1

スカンジナビア半島のmagnetic networkで観測された地磁気変動のX成分

1993年5月26日に観測されたSSCのデータ

図中の点線

- A : on set
- B : main phaseの始まり
- C : recovery phase

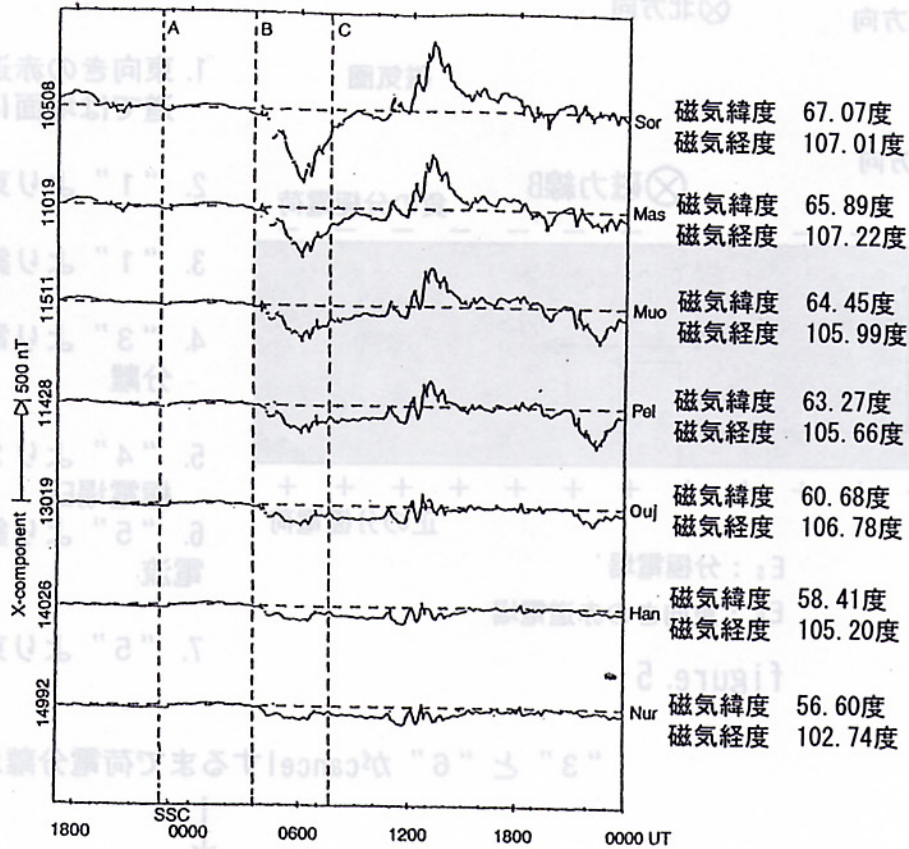


figure. 2

Koba et al., 2000

1993年5月27日にIMAGE stationを含む磁気経度65° から125° までのstationで観測されたSSCによる変動の振幅の経度profile

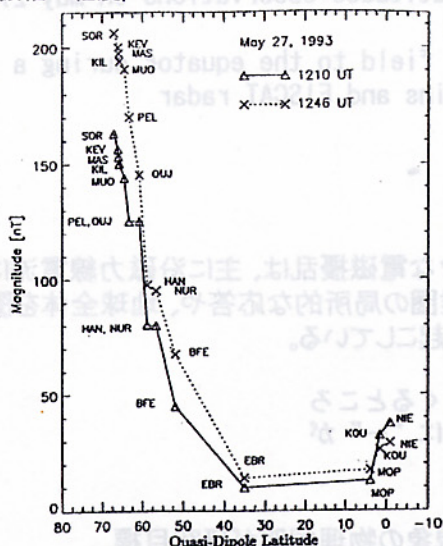


figure. 3
Kobea et al., 2000

1993年4月20日にIMAGE station, European station, Afirican chain stationで観測されたDP 2変動の振幅の緯度profile

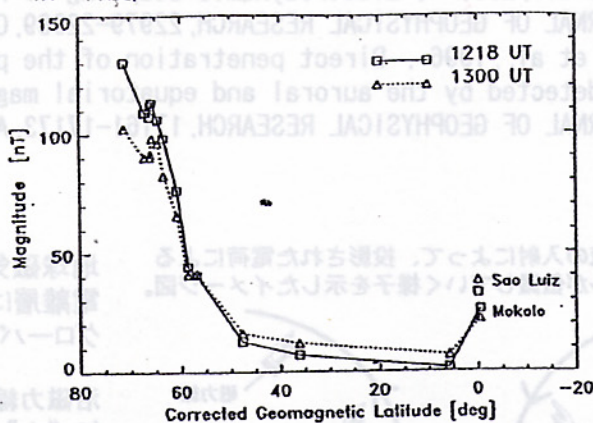


figure. 4

Kikuchi et al., 1996

高緯度から低緯度に向かうにつれて振幅が減少している。

電磁擾乱が高緯度から低緯度に penetration している証拠?
ただし、赤道域ではcowling効果によってenhanceされている。

Cowling効果について

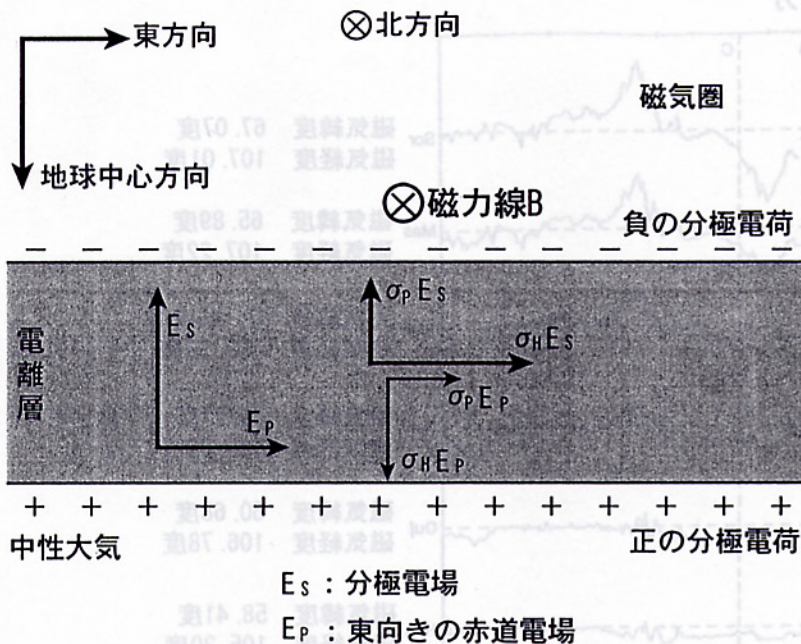


figure. 5

1. 東向きの赤道電場 E_p 、磁力線 B は赤道では地面に平行で北向き
2. “1”より東向きのpedersen電流
3. “1”より鉛直下向きのHall電流
4. “3”より電離層の上下端で荷電分離
5. “4”より2次的な鉛直上向き分極電場 E_s
6. “5”より鉛直上向きのpedersen電流
7. “5”より東向きのHall電流

“3”と“6”がcancelするまで荷電分離が続く

結果として、非常に強い赤道ジェット電流が生じる

[Kikuchi et al., 1996] で提案された、電磁擾乱の高緯度域から低緯度域への penetration のモデル

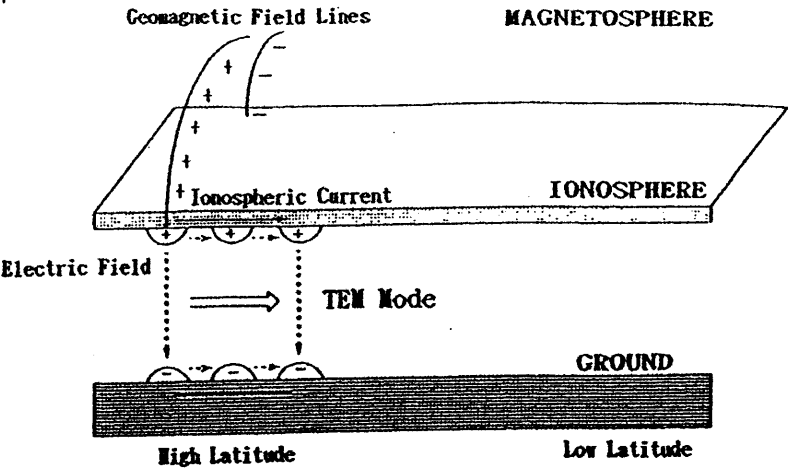


figure. 6

一般的なTEMモードによる電磁波の伝播

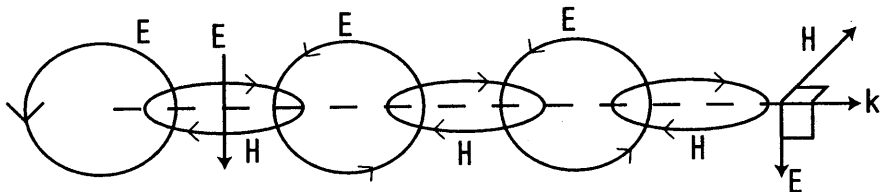


figure. 7

ファラデーの電磁誘導の法則と拡張されたアンペールの法則によって、電場、磁場が互いに原因となり結果となって空間を伝わっていく様子
 ※ただし、これは系の大きさに対して波長が小さくならない
 系の大きさ : L 、penetrationする電磁波の波長 : λ
 $L \gg \lambda$

まとめ

電離圏応答の詳細な物理

特にグローバルな電離圏の応答について

→ その基本メカニズムさえ明らかにされていない

電離圏応答問題の難しさ

- ・電磁流体で満たされた磁気圏
- ・電離気体と中性気体が混合した電離圏
- ・電氣的に中性な大気圏
- ・有限な伝道度を持った固体地球の陸および海洋

以上の系が電磁力学的に結合した複合系であることに起因する

このような複合系において、磁気圏中のソース領域から電磁エネルギーがどのように伝播し、グローバルな電流システムがどのように形成していくか明らかにするためには、各領域の電磁氣的性質をうまく取り込んだ複合モデルを作成し、数値実験の結果と実際の現象を対比させながら研究を進める必要がある。