

中緯度の地磁気変動から推測される極域電流系の変動

講演日:2004 年 10 月 27 日 水曜日

講演者:中野慎也 (地磁気世界資料解析センター)

報告者:西岡未知 (太陽惑星系電磁気学講座)

中緯度の地磁気データは、沿磁力線電流分布の変動を見る上で有用である。高緯度帯の磁場データも用いることで電流分布のパターンが再現でき、その結果は低高度衛星で観測される電流分布と一致する。本講演ではまず、衛星および地上磁場データから推定されている沿磁力線電流分布について、その結果と問題点が提示された。次に、地上磁場データのみを用いての沿磁力線電流分布を推定する研究が紹介された。これらの話題を順にレポートしていく。

1 沿磁力線電流と衛星の磁場観測

1.1 沿磁力線電流とその観測

地球の磁力線沿いには電流が流れていて、オーロラ帯では極めて強い 2 層構造をしていることが知られている。これらの沿磁力線電流の観測は、通常、低高度極軌道衛星 (エルステッド衛星等) の磁場観測によって調べられてきた。しかし衛星観測データは、100 分 (衛星の周期) ごとの同じローカルタイムのものに限定されてしまう。実際の沿磁力線電流の変動は 10 分程度なので、衛星観測のみでは正しい空間構造を得ることが出来ない。

1.2 地上磁場データから推定される電流系の例

地上磁場は 1 分の時間分解能で常時観測されているので、これを利用して極域の電流系を推定することを考えてみる。沿磁力線電流が中緯度磁場変動に与える効果は、ピオサバルの法則から推定できる (例えば電流が地球から流れ出す時、磁場の東向き成分が増大する)。これを踏まえると、Non-storm の substorm 時の中緯度域の磁場変動 (図 1) は、図 2 のような電流系で説明出来る。

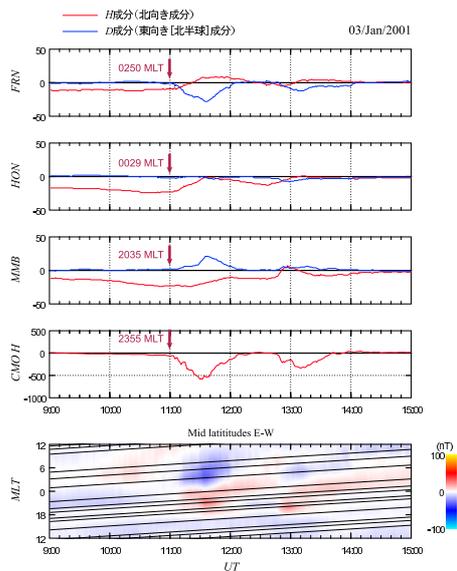


図 1: substorm 時の磁場変動

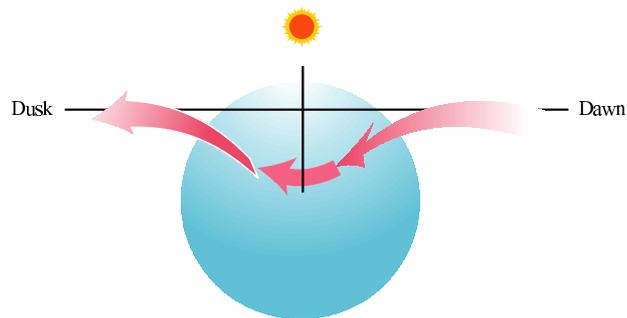


図 2: substorm 時に推定される電流系

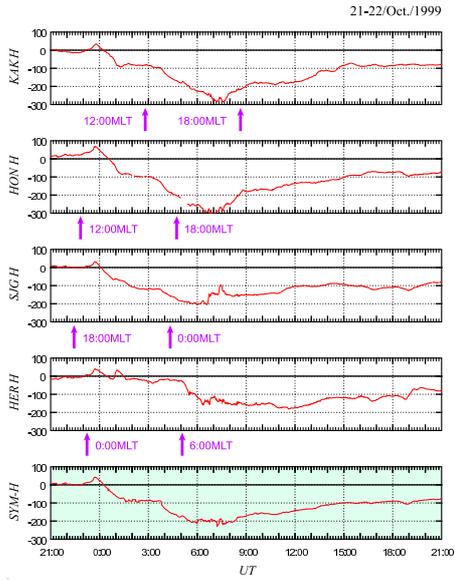


図 3: 磁気嵐時の磁場変動

また磁気嵐時には、中低緯度で磁場の減少が観測される。これは西向きリングカレントの発達によるもので、磁場の減少の割合はローカルタイムに依存する(図3)。朝側ではあまり減少せず、夕方側では大きく減少する。夜側では東向き成分が、昼側では西向き成分が増えることから、夜側の上向き電流と昼側の下向き電流が推定される。この場合の電流系をまとめると、図4のようになる。

1.3 地上磁場データのみを用いる問題点

DE-1 衛星 (低高度極軌道衛星) の磁場観測によると、ローカルタイム 3 時及び 15 時の沿磁力線電流には流出と流入の両方向が推定されるが、9 時では流入のみ、21 時では流出のみが推定される。その結果をまとめると図5のようになるが、この電流系は中緯度の地磁気擾乱時のローカルタイム依存性と一致している。

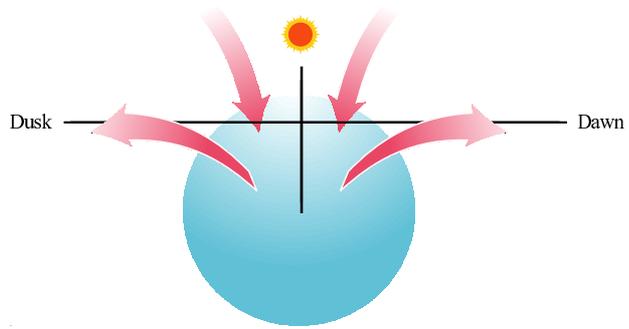


図 4: 磁気嵐時に推定される電流系

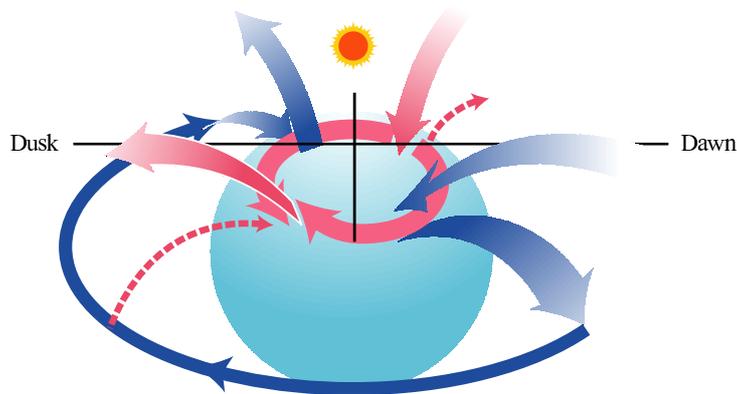


図 5: DE-1 衛星磁場観測による電流系の推定 [Nakano and Iyemori 2003]

図4と図5で結果が異なるのは、図4で中緯度磁場データのみを沿磁力線電流分布の変動の情報源としたことが原因である。緯度方向2層構造の電流分布を中緯度磁場のみで推定した場合、2層構造のそれぞれの層の重ね合わせ(低緯度の層に重みをつけて)を推定してしまうので、図4と図5を区別することが出来ないのである。

2 地上磁場のみを用いた電流分布の推定

2.1 目的と方法

中緯度磁場データのみでは磁場擾乱のローカルタイム依存性が解明できない問題の解決策として、極冠域地磁気水平成分の変動をデータとして利用する。日陰では電離層電流の効果は小さいと考えられるので、中緯度の磁場東西成分に加味することで、2層構造をした沿磁力線電流の変動が復元されることが期待できる。

2.2 推定方法

用いるデータは中緯度15点の地磁気東西成分のデータ及び極冠域3点の地磁気水平2成分のデータである。電離層電流の影響を避けるために、極冠域3点が全て日陰にある時間帯のみを選び出し、同じ月の静穏日の平均値をSq電流として差し引いた。

推定する沿磁力線電流のモデルとしては、apex latitude 54°から74°の間で、地表高度100kmから地球主磁場に沿って流れる電流系(南北対称)を想定した。地球主磁場はIGRF2000を使用、緯度幅・経度幅はそれぞれ2度と15度で計算を行った。モデルでは、

- 1、中緯度・極冠域の磁場擾乱はほとんど磁力線電流の効果であること
- 2、地球内部のinduction currentの効果は外部の効果による磁場の0.5倍であること
- 3、沿磁力線電流はオーロラ帯の中で閉じておりclosure currentの中緯度および極冠域の磁場擾乱への影響は無視できること、を仮定している。

2.3 結果と考察

図3及び図4と同じ日の磁場データから逆問題を解いた結果が図6および図7である。図6では、

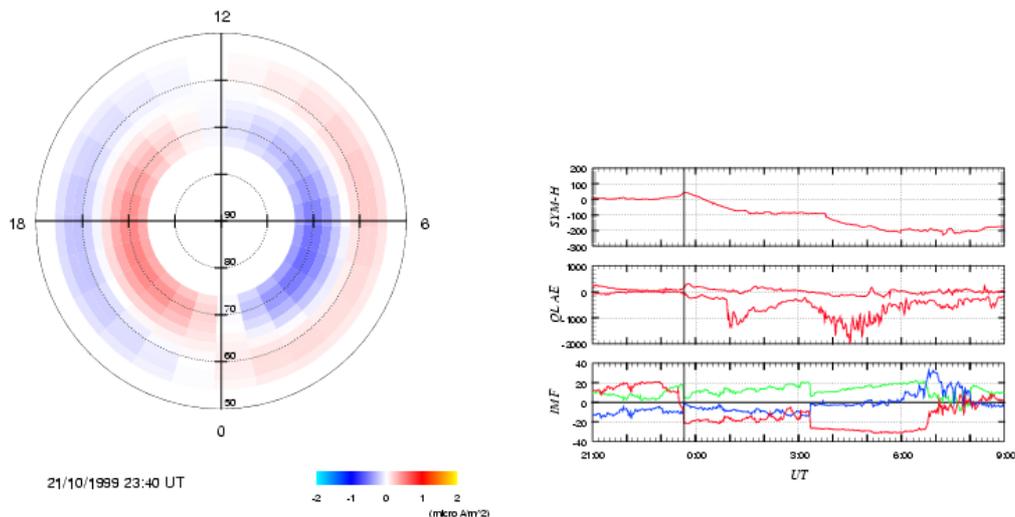


図6: 磁場データから推定された沿磁力線分布

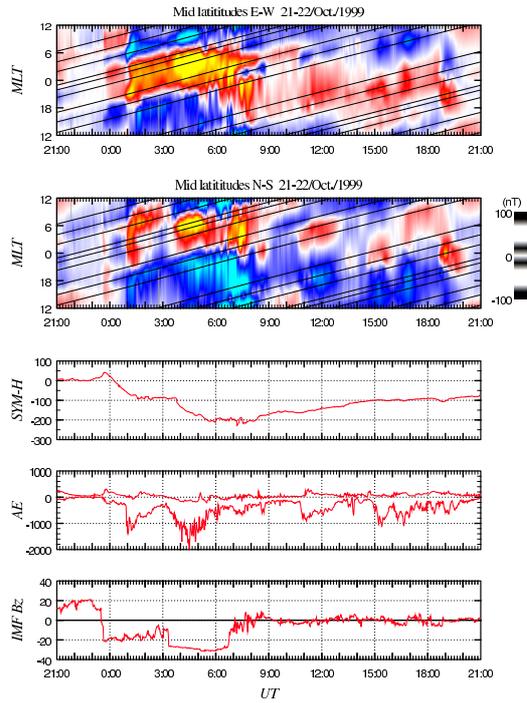


図 7: 各層の MLT 分布の変化

更に各層の MLT 分布の変化 (図 7) からは、substorm 時の中緯度の地磁気変動は夜側 region1 電流と postmidnight の上向き region2 電流の両方の発達によるものと解釈できることがわかる。

3 まとめ

中緯度の地磁気データを用いて、沿磁力線電流の大まかな分布を見ることが出来た。更に極冠域の磁場データを用いると、逆問題を解くことで、低高度衛星観測から得られる結果と同様の電流分布パターンを再現することが出来る。従って、中緯度および極冠域の地磁気データから、沿磁力線電流の流入・流出の変動を、高時間分解能で常時得ることが出来ると考えられる。