

近地球磁気圏 ($X > -6.6 R_E$) におけるサブストームカレントウェッジの形成 — 1997年5月27日 磁気嵐中のサブストーム —

九大・理 M1 白石哲也

1 イントロダクション

サブストームの最中、磁気圏夜側 $6.6 < |X| < 10 R_E$ の領域には図1のようなサブストームカレントウェッジが形成されている。このサブストームカレントウェッジの作る磁場変動が、サブストーム中に静止軌道でよく観測される。

図2はサブストーム中に静止軌道で観測される磁場 H (北向き)、D (東向き) 成分の変動の様子を表している。サブストームの growth phase では tail current が強まることによりプラズマシートはより薄く tail-like になる (thinning)。これは H 成分の減少として観測される。その後 expansion phase では tail current が突然弱まることで磁場はもとに dipole の形状に戻ろうとする (dipolarization)。これは H 成分の急激な増加として観測される。この dipolarization はまず真夜中付近から始まり (dipolarization onset)、それが経度方向に拡大していく。

これに対し、D 成分は衛星の位置によって異なる変動を示す。衛星が A、B の位置にいた場合、D 成分は dipolarization onset 後増加するが、C、D の位置にいた場合は減少する。これは、サブストームカレントウェッジの作る磁場変動がその左右では逆センスであるからである。つまり、サブストームカレントウェッジの中心より西側に衛星がいた場合 (図2の A、B)、上向き沿磁力線電流が作る磁場変動は東向きで、東側に衛星がいた場合 (図2の C、D)、下向き沿磁力線電流が作る磁場変動は西向きであるから、衛星の位置によって D 成分は異なるセンスの変動を示すわけである。

以上の結果は、サブストームカレントウェッジが静止軌道よりも外側に形成されていることを示している。

ところが、1997年5月27日に起こった磁気嵐中のサブストームではこれとは違った非常に興味深い磁場変動が静止軌道衛星 GOES 8 で観測された。今回はこのイベントについて紹介する。

2 データ

今回使用したデータは以下のとおりである。

- GOES 8/磁場 Hp、Hn 成分の 1 分値 (CDAWeb)
- CANOPUS/磁場 X、Z 成分の 5 秒値 (Canadian Space Agency)
- Polar/UVI によるオーロラ画像 (Polar 衛星ホームページ)

3 1997年5月27日のイベント

このイベントは、1997年5月27日の磁気嵐 ($Dst = -73 nT$) の最中、0500 UT 付近で起こったサブストームである。

図3にこのイベントにおける Polar/UVI によるオーロラ画像を示す。画像の左半分が LBHL (160–180 nm) の発光、右半分が LBHS (140–160 nm) の発光である。これを見ると、非常に低緯度に下がったオーバ

ル中で、050157 UT にオーロラのブレイクアップが起こっている。その位置は、 60° Mlat. 以下、2130–2230 MLT である。

図 4 は、このサブストーム中に CANOPUS (~ 2230 MLT) で観測された磁場 X (北向き)、Z (鉛直下向き) 成分の変動である。オーロラのブレイクアップの後、全ステーションで X 成分は減少し、Z 成分は増加している。これは、これらのステーションよりも低緯度で auroral electrojet が発達していたことを示している。

図 5 はこのとき GOES 8 (~ 2400 MLT) で観測された磁場 H_p (~ 北向き)、 H_n (~ 東向き) 成分の変動の様子である。このイベントではオーロラのブレイクアップは 2130–2230 MLT で起こっているので、このとき GOES 8 はサブストームカレントウェッジの中心より東側に位置していたと考えられる。そうすると Nagai [1982] (図 2) によれば、dipolarization onset の後、 H_n 成分は減少するはずである。ところがこのイベントでは H_n 成分は増加していた。

4 考察

まず、図 3、図 4 より、このサブストームではオーロラのブレイクアップ、auroral electrojet の発達が非常に低緯度で起こっている。これは磁気圏側で考えると、サブストームカレントウェッジが非常に地球に近い領域に形成されていたことを示唆する。さらに注目すべきは、GOES 8 で観測された磁場 H_n 成分の変動である。オーロラのブレイクアップが 050157 UT に 2130–2230 MLT で起こったとき、GOES 8 は ~2400 MLT に位置していた。つまり、GOES 8 はサブストームカレントウェッジの中心より東側に位置していたと考えられる。その場合、Nagai [1982] (図 2) によれば、 H_n 成分は減少するはずである。ところがこのイベントでは H_n 成分は増加していた。

今、GOES 8 で観測された H_n 成分の変動がサブストームカレントウェッジの作る磁場変動だけによるものであるとすると、これは図 6 のように解釈することができる。それは、まず最初にサブストームカレントウェッジが静止軌道よりも内側で形成されたというものである。そうすると、サブストームカレントウェッジの中心より東側に位置していた GOES 8 は下向き沿磁力線電流による東向きの磁場変動を観測する。これが GOES 8 の観測した H_n 成分の増加であると考えることができる。その後サブストームカレントウェッジが静止軌道よりも外側まで拡大していくのに伴い、今度は静止軌道より外側の沿磁力線電流による西向きの磁場変動が生まれる。しかし、この場合はトータルとして静止軌道よりも内側の電流系の方が強かったために、 H_n 成分は増加したままであったと考えられる。

静止軌道よりも内側の地球に非常に近い領域にサブストームカレントウェッジが形成された理由としては、磁気嵐中のサブストームであるという事情が挙げられる。磁気嵐中はコンベクション電場が非常に強くなり、プラズマシートの内側境界も地球に近くなる。(磁気嵐中にオーロラオーバルが低緯度に下がるのはこのためである。) それに伴いサブストームカレントウェッジも静止軌道よりも内側の地球に非常に近い領域に形成されていたと考えられる。

5 まとめ

1997 年 5 月 27 日に発生した磁気嵐中のサブストームについて、Polar のオーロラ画像、CANOPUS の磁場、GOES 8 の磁場データからサブストームカレントウェッジの形成場所について調べた。その結果、このサブストームでは静止軌道よりも内側の地球に非常に近い領域にサブストームカレントウェッジが形成されていた可能性があることが示唆された。これは、磁気嵐中でコンベクション電場が非常に強まったため、サブストームカレントウェッジも地球に非常に近い位置に形成されたものであると考えられる。

6 参考文献

McPherron, R. L., C. T. Russell, and M. P. Aubry, Satellite studies of magnetospheric substorms on 15, 1968, 9, Phenomenological model for substorms, *J. Geophys. Res.*, **78**, 3131–3149, 1973.

Nagai, T., Observed magnetic substorm signatures at synchronous altitude, *J. Geophys. Res.*, **87**, 4405–4417, 1982.

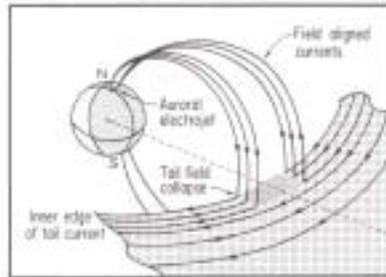


図 1: サブストームカレントウェッジ (*McPherron et al.*, [1973])。

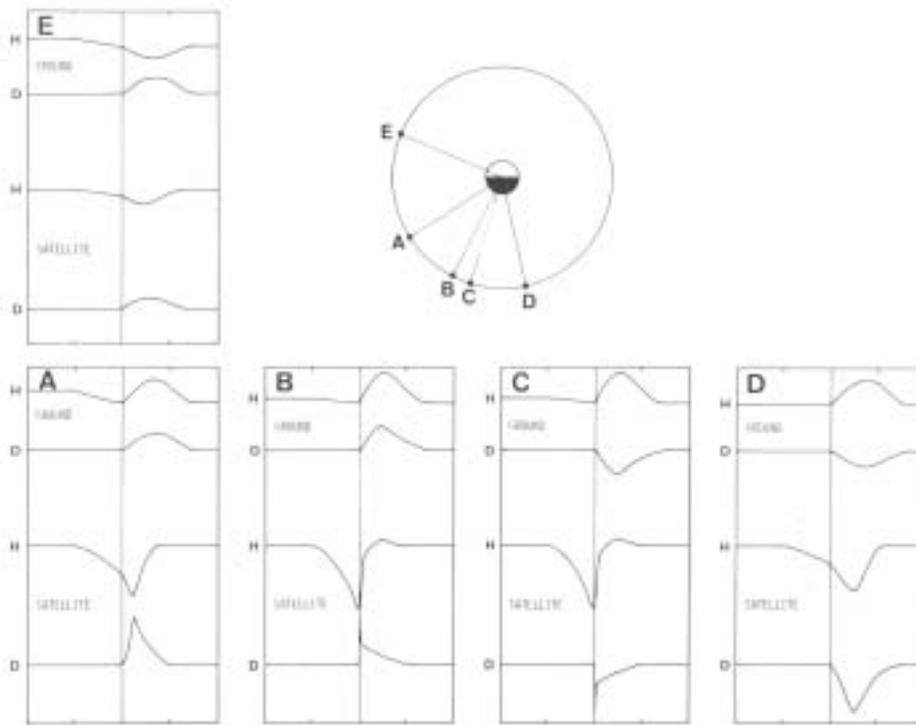


図 2: サブストーム中に地上中緯度 (GROUND) および 静止軌道 (SATELLITE) で観測される磁場変動 (*Nagai*, [1982])。

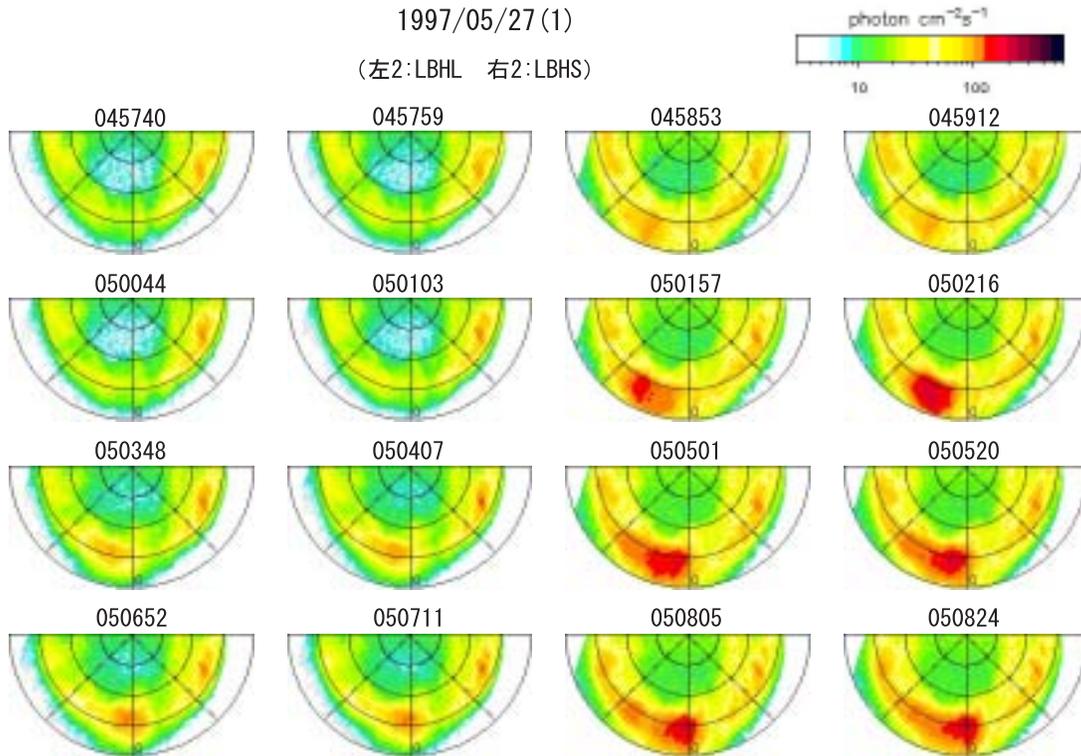


図 3: 1997 年 5 月 27 日のサブストーム中に Polar/UVI により撮られたオーロラ画像。図中の黒い半円は、外側から 50°、60°、70°、80°、90° MLat. の線を表す。波長は左半分が LBHL、右半分が LBHS である。

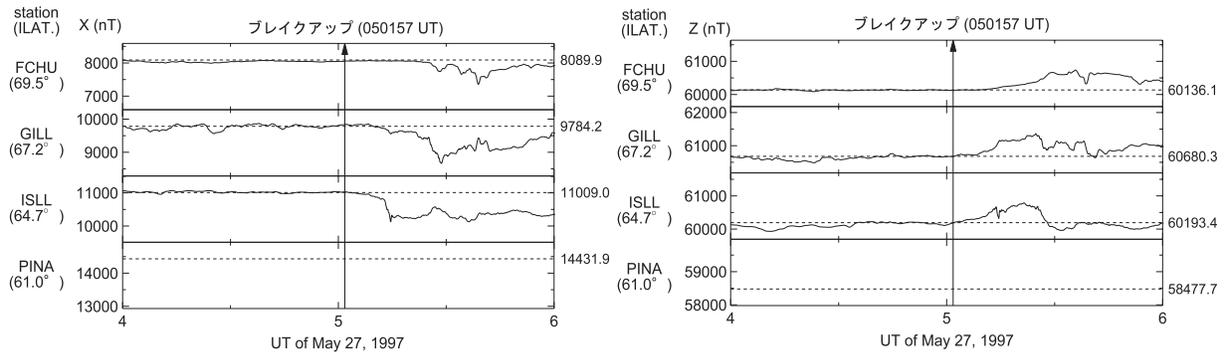


図 4: 1997 年 5 月 27 日のサブストーム中、0400–0600 UT に CANOPUS で観測された磁場変動。上が X 成分、下が Z 成分である。図中の矢印の時間にオーロラのブレイクアップが起こっている。

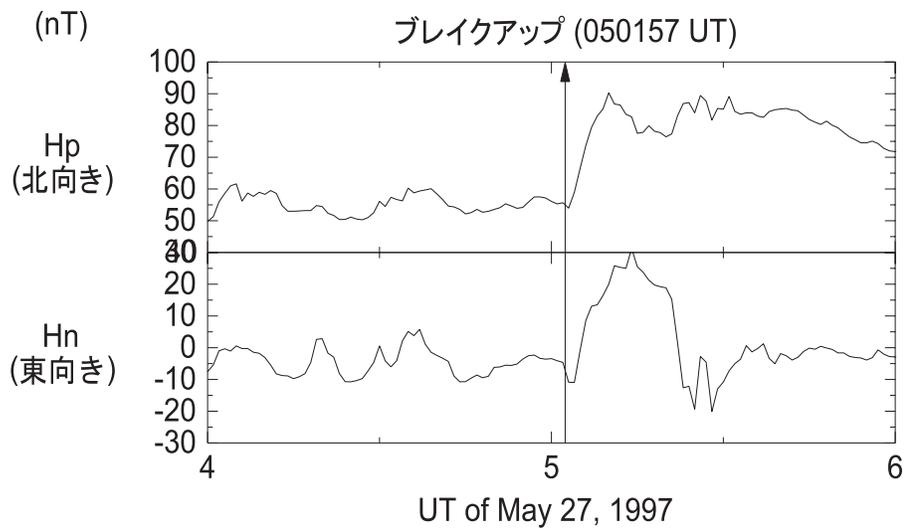


図 5: 1997 年 5 月 27 日のサブストーム中、0400–0600 UT に GOES 8 で観測された磁場 Hp、Hn 成分の変動。

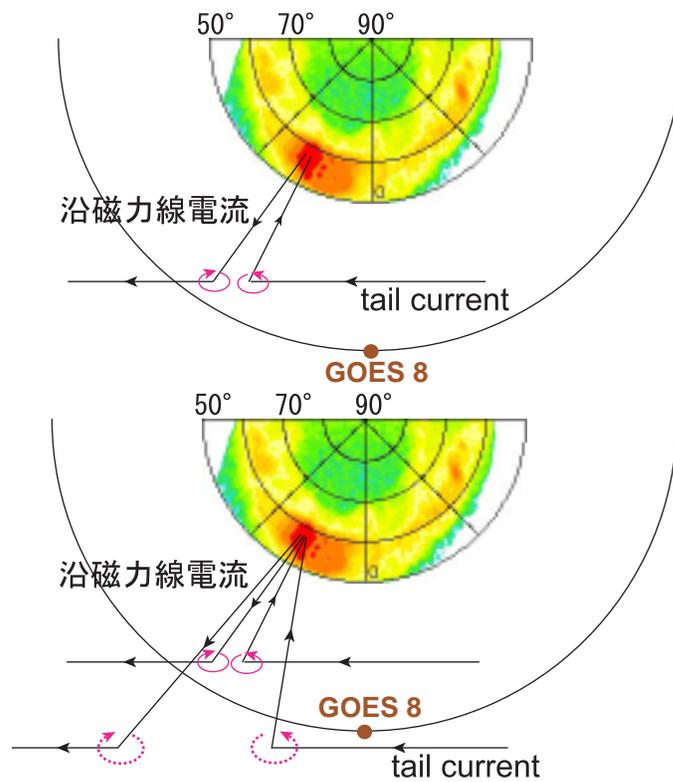


図 6: 1997 年 5 月 27 日のサブストームにおけるサブストームカレントウェッジと GOES 8 の位置関係。上がサブストームカレントウェッジが形成された瞬間、下がサブストームカレントウェッジが静止軌道よりも外側まで拡大したときを表す。