

名大STE研研究集会 2010/09/06-08

## IUGONET観測データに基づく赤道帯における 磁気急始(SC)の日変化の季節依存性 -熱圏-中間圏における中性大気風との関連性-

新堀淳樹 (京大RISH)、辻 裕司、菊池 崇、荒木 徹、林 寛生、 津田敏隆、池田昭大、魚住禎司、R. E. S. Otadoy、歌田久司、 B. M. Shevtsov、S. I. Solovyev、長妻 努、湯元清文、 IUGONETプロジェクトチーム

I.1 磁気急始(Geomagnetic Sudden Commencement: SC)







#### 〇孤立現象

開始時刻や発生要因を見極め易い

- 〇磁気圏-電離圏におけるプラズマ・電
  磁環境の急変に伴う状態遷移過程の
  理解に欠かせない
  - Ex.太陽フレア、地震、サブストーム、 成層圏突然昇温

#### SCの磁場振幅の持つ情報

磁気圏電流→太陽風の変動(動圧・惑星間磁場)

電離圏電流→電離圏の変動(地球側の変動)

電離圏の状態に関する季節変化・太陽活動依存性

(太陽紫外線、中性大気との相互作用)

I.3 SCの電流系と磁場振幅の磁気地方時依存性



#### I.4 SCの磁場振幅の季節依存性



※統計に用いているイベント数が少ない

#### I.5 これまでの問題点と本発表の目的

#### 問題点

- 多量の観測点、データを用いていないため、各磁気地方時と磁気緯度に対する SC振幅の季節依存性が不明瞭である。
- 〇観測データの在処や使い方が不明
- 〇容易に多量の時系列プロットを行うことが困難な環境
- O各機関の保有するデータセット同士の壁

#### 目的

◎IUGONETプロジェクトの検索システム・解析ソフトの助けを借りて、1996/01-2010/09の12年間という長期間にわたる地磁気(京大、九大、NICT)、熱圏風 (京大)データを解析することで、(1) SC振幅の日変化の季節とその緯度依存 性、(2) 赤道帯における熱圏風がSC振幅の季節変化に与える影響を明らか にする

## II. 観測データと解析手法

#### II.1 使用した地上観測点

International Geomagnetic Reference Field Model -- Epoch 2005 Main Field Total Intensity (F)



http://www.ngdc.noaa.gov/wist/magfield.jsp

Map Date : 2005 Units (Total Intensity) : nanoTesla Contour Interval : 1000 nanoTesla Map Projection : Mercator

## II. 観測データと解析手法

#### II.2 地磁気観測点、解析期間、SCイベント数

	Geographic latitude [deg]	Magnetic latitude [deg]	Period	SC events	Data site
CHD	70.62	64.66	96/01-02/05	2113	CPMN(Kyushu)
ZYK	65.75	59.74	96/01-07/06	2502	CPMN(Kyushu)
KSM	58.68	58.09	01/11-07/07	1452	NSWM(NICT)
MGD	59.97	53.62	96/01-07/07	3005	CPMN(Kyushu)
STC			07/07-08/10		NSWM(NICT)
РТК	52.94	45.58	97/10-08/09	2256	CPMN(Kyushu)
					NSWM(NICT)
MMB	43.90	35.16	96/01-08/09	3116	WDC(Kyoto)
KAK	36.23	27.12	96/01-08/12	3163	WDC(Kyoto)
OKI	24.75	16.54	96/04-08/10	2028	NSWM(NICT)
GAM	13.58	5.32	96/08-06/12	2721	WDC(Kyoto)
					NSWM(NICT)
CEB	10.35	0.85	98/08-05/06	1599	CPMN(Kyushu)
YAP	9.30	0.38	98/09-08/08	1442	NSWM(NICT)
PON	7.00	0.27	97/03-04/05	1631	CPMN(Kyushu)

## II. 観測データと解析手法

II.3 解析手法

#### [2001年10月21日16:47 (UT)のSCイベント](夜側)



#### III.1 中緯度・赤道域における季節変動



#### III.2 季節依存性の緯度変化



#### III.3 太陽天頂角依存性



中緯度域と赤道域とは逆の傾向にある
 →中緯度:太陽天頂角の増加とともに振幅が減少
 赤道域:太陽天頂角の増加とともに振幅が増加



#### IV.1 電離圏伝導度と中緯度でのSC振幅の比較



夏季の電気伝導度とSC振幅の季節変動の傾向が一致



#### IV.2 電離圏伝導度と赤道域でのSC振幅の比較



夏季の電気伝導度とSC振幅の季節変動の傾向が一致しない

#### IV.3 赤道域におけるSCとSq振幅の季節変動の類似性

IV. 考察



IV. 考察

#### IV.4 電離圏電流と電場の関係

(1) SC振幅⇒磁気圏電場による電流

 $\mathbf{J} = \underline{\sum} \cdot \mathbf{E}$ 

(2) Sq振幅⇒電離圏ダイナモ 電場による電流

 $\mathbf{J} = \underline{\sum} \cdot (\mathbf{U} \times \mathbf{B})$ 

季節変動の類似性⇒電離圏電気伝導度の季節変動を反映

〇太陽天頂角に依存しない成分が存在する

(冬季と夏季における非対称性)

〇中間圏·熱圏領域における中性大気風に伴う電離圏電子 密度構造の変化



#### IV.2 中間圏·熱圏風の使用観測点











#### IV.6 熱圏風と低緯度・赤道でのSC振幅の比較



熱圏領域における南北風が北風となる時期にSC振幅が減少 →熱圏風が電離圏電子密度の分布を変化させている可能性を示唆





V. 結論

- (1)サブオーロラ帯・中緯度における昼間側SCの磁場振幅の日変化に は、電離圏の電気伝導度が大きい夏季に時期において最大になる という明瞭な季節依存性が存在する。
  - その大きさは、冬季のものと比べて約1.5-1.8倍になる。
  - 一方、夜側での振幅の季節変化は、中緯度では夏季に振幅が大き くなり、オーロラ帯では、逆の傾向にある
  - →西向きのジェット電流の強度が冬季に大きいことを示唆
- (2)低緯度以南領域の昼間側におけるSCの磁場振幅は、サブオーロラ 帯・中緯度のものと異なり、夏季よりも冬季において最大となる。
  - この傾向は、地磁気日変化の季節変動とも類似する。
  - このことは、伏角緯度の低い赤道電離圏での中性大気風の輸送に 伴う電離圏プラズマ密度構造の変化による電気伝導度の変化を示 唆する。

## V. 結論

- (3)異なる分野間のデータ(今回の場合:地磁気、伝導度モデル、 熱圏風)の統合解析、比較、検討を容易に行える環境(TDASソ フト)によって、これまでわからなかった物理プロセスの解明へ の糸口をつかむことができた
- ⇒ IUGONETのメタデータデータベース・統合解析ツールが各個 人の研究推進の手助けになり、副産物的な別のサイエンスを 生む



#### IV.0 電離圏伝導度と電流

電離圏電流と電場の関係式(オームの法則)

$$\mathbf{J}_{\perp} = \sum_{P} \mathbf{E}_{\perp} - \sum_{H} \frac{\mathbf{E}_{\perp} \times \mathbf{B}}{B}$$

$$\Sigma_P = \int \left( \frac{v_{en}}{v_{en}^2 + \omega_{ge}^2} + \frac{m_e}{m_i} \frac{v_{in}}{v_{in}^2 + \omega_{gi}^2} \right) \frac{n_e e^2}{m_e} dz = \int k_P n_e dz$$
$$\Sigma_H = -\int \left( \frac{\omega_{ge}}{v_{en}^2 + \omega_{ge}^2} + \frac{m_e}{m_i} \frac{\omega_{gi}}{v_{in}^2 + \omega_{gi}^2} \right) \frac{n_e e^2}{m_e} dz = \int k_H n_e dz$$

電離圏電子(プラズマ)密度に比例 ⇒太陽EUV放射、電離圏電子密度構造(熱圏風に依存)

 $v_{in} = 2.6 \times 10^{-15} (n_n + n_i) \sqrt{M_n}$ 

 $V_{en} = 5.4 \times 10^{-10} n_n \sqrt{T_{e}}$ 

 $\omega_{gi} = \frac{q_i B}{m_i}$ 

## <パムンプクにおける熱圏・中間圏東西風速の長期変動> Annual variation of zonal wind at PAM



中間圏のQBO:

#### Burrage et al. (JGR, 1996)



## <パムンプクにおける熱圏・中間圏南北風速の長期変動> Annual variation of meridional wind at PAM



#### <東西成分の平均風速の長期変動>



#### <南北成分の平均風速の長期変動>



#### <成層圏準2年周期変動と東西方向の風速変動との比較>



#### <成層圏準2年周期変動と南北方向の風速変動との比較>

Long-term variation of thermospheric wind (1992/11/15-2010/07/31) 88 km



#### <3観測点における風速の長期変動のまとめ>

(1) 東西成分

Oスルポン: 1993、1995、1997年の2年ごとに1-3月においてシャープな西向 きの変動が出現する

→成層圏準2年周期変動(QBO)との対応?

〇他2点:半年周期で東風と西風が入れ替わる

冬季、夏季:東風

春分点、秋分点:西風

パムンプクで、2008年と2009年の1-3月にシャープな西向きの変 動が出現する

(2) 南北成分

〇スルポンのみに-10 m/sの平均場のオフセットが存在

→観測器の問題?

それとも自然現象(同じ測器のコトタバンでは見えない)

〇他2点に明瞭な季節変動が存在

夏季:北→南、冬季:南→北(北半球側から見て)



(1) ズリヤンカ (59.74度)

# III.1 サブオーロラ帯域における季節変動

#### 夏季においてSCの振幅の日変化が最大





#### III.1 サブオーロラ帯域における季節変動

(2) キングサーモン (58.09度) 夏季においてSCの振幅の日変化が最大



#### III.2 中緯度における季節変動

## (1) マガダン (53.62度) 夏季においてSCの振幅の日変化が最大



#### III.2 中緯度における季節変動

#### (2) パラツンカ (45.78度) 夏季においてSCの振幅の日変化が最大



#### III.2 中緯度における季節変動

#### (3) 女満別 (35.16度)

#### 夏季においてSCの振幅の日変化が最大



#### III.3 低緯度における季節変動

(1) 柿岡 (27.12度)





#### III.3 低緯度における季節変動

(2) 沖縄 (16.54度)





## III.4 赤道域における季節変動

## (1) グアム (5.32度)

#### 夏季において昼間側のSC振幅が減少傾向



## III.4 赤道域における季節変動

## (2) ヤップ (0.38度)





## III.4 赤道域における季節変動

#### (3) ポンペイ (0.27度)





## III.4 赤道域における季節変動

(4) セブ (0.27度)

#### 夏季において昼間側のSC振幅が減少傾向





# III.1 サブオーロラ帯域における季節変動 (1) ズリヤンカ (59.74度) 夏季においてSCの振幅の日変化が最大





#### III.1 サブオーロラ帯域における季節変動

(2) キングサーモン (58.09度) 夏季においてSCの振幅の日変化が最大



#### III.2 中緯度における季節変動

(1) マガダン (53.62度)夏季においてSCの振幅の日変化が最大



#### III.2 中緯度における季節変動

(2) パラツンカ (45.78度) 夏季においてSCの振幅の日変化が最大



#### III.2 中緯度における季節変動

(3) **女満別** (35.16度) 夏季においてSCの振幅の日変化が最大



III.3 低緯度における季節変動

(1) 柿岡 (27.12度)

夏季において昼間側のSC振幅がやや減少



#### III.3 低緯度における季節変動

(2) 沖縄 (16.54度)

夏季において昼間側のSC振幅がやや減少



#### III.4 赤道域における季節変動

(2) ヤップ (0.38度) 夏季において昼間側のSC振幅が減少傾向





#### III.4 赤道域における季節変動

(3) ポンペイ (0.27度) 夏季において昼間側のSC振幅が減少傾向



#### III.4 赤道域における季節変動

(4) セブ (0.27度)

夏季において昼間側のSC振幅が減少傾向



#### III.5 磁気緯度分布の季節変動



IV. 考察

#### IV.1 中緯度の日変化からわかること-1

中緯度における振幅の日変化は夏季の時期に最大になる





#### IV.2 中緯度の日変化からわかること-2



<mark>電離圏の抵抗</mark>の 大きさでFACの強 度が決定



- 明瞭な季節変動が存在
- →夏季:大、冬季:小

電離圏の電気伝導度を素直に 反映 ② r>>Rの場合



<mark>ダイナモの内部抵</mark> 抗の大きさでFAC の強度が決定

▶ 電流源

季節変動は不明瞭

→夏季、冬季ともに不変化

電離圏の電気伝導度を素直に反映しにくい

IV. 考察

#### IV.3 中緯度の日変化からわかること-3





#### IV.4 太陽活動依存性について

