Venus ionospheric "clouds": Relationship to the magnetosheath field geometry, by Ong et al. [JGR, pp.11133-11144, 1991]

Mars Global Surveyor observations of high altitude ionospheric clouds, by Crider et al. [AGU spring meeting, 2004]

の紹介 寺田直樹(東北大) 2010年11月30日

- 太陽風による金星電離大気の剥ぎ取り過程
 - イオンピックアップ
 - 高数密度(100-1000 cm⁻³)のクラウド [Brace et al., 1982]
 - 電離圏プラズマがイオノポーズから 千切れて、プラズマの塊として宇宙 空間に流出(<7×10²⁶ ions/s)
 - PVOのLangmuir probe (LP←OETP) 観測によると、イオノポーズ~約
 2500 km高度の間に分布
 - 大部分は明暗境界線付近、もしく はその下流側に分布。
 太陽直下点付近にはごく少数



PVO LPによる初期600軌道における クラウド観測 [Brace et al., 1982]²

- "Detached" and "attached" clouds [Brace et al., 1982]
 - "Detached" cloudsの定義
 - ・電子密度の時系列データにおいて
 「背景レベル」の区間を挟む
 難点:実際はattachedかもしれない
 - "Attached" cloudsの定義
 - 「背景レベル」の区間を挟まない
 難点: イオノポーズの移動や局所構造と
 区別困難
 - 本論文では、detached clouds
 のみ取り扱う



- Cloud signatures [Russell et al., 1982]
 - 電子密度で判定したクラウドの うち幾つかは、以下の特徴も併 せ持つ
 - ・局所磁場の反転(太陽方向⇒反太 陽方向)
 - 100 or 730 Hzのプラズマ電場波動 強度の増加

* 判定基準(閾値等)は明確に記されて いない



"Cloud"

- クラウド放出機構の案
 - Russell et al. [1982], Wolff et al. [1980]
 - 磁気シースで電離圏に巻き付くIMF がクラウドを生成し、流出を引き起こ す??
 - この機構は「磁気極」で効果的な筈



図3. Draping IMFの磁気張力に よる「磁気パチンコ」機構



(参考)K-H不安定によるクラウド 放出の想像図 [Wolff et al., 1980]5

- Cloud signatures
 - 本研究で調べたところ、
 - 磁場反転やプラズマ波動増加のみ 見られる(電子密度の増加は見られ無い: LPの観測限界以下n_e<10²cm⁻³)
 - ・ プラズマ波動と電子密度増加のみ 見られる(図4a)
 - 磁場反転と電子密度増加のみ見られる(図4b)

という例もしばしば見られた

- ちなみにイオノポーズでは、プラ ズマ波動増加が通常見られ、磁 場反転はしばしば見られる



- Cloud signatures
 - 本研究で調べたところ、
 - 磁場反転やプラズマ波動増加のみ 見られる(電子密度の増加は見られ無い: LPの観測限界以下n_e<10²cm⁻³)
 - ・プラズマ波動と電子密度増加のみ 見られる(図4a)
 - 磁場反転と電子密度増加のみ見られる(図4b)

という例もしばしば見られた

- ちなみにイオノポーズでは、プラ ズマ波動増加が通常見られ、磁 場反転はしばしば見られる



- 本研究でのクラウド同定方法
 - 電子密度増加を第一の判定基準とした
 - 磁場反転、プラズマ波動増加も併用 (これら3つを組み合わせて同定)







- ・本研究の目的
 - Detached cloudsの特徴を、IMF方向(及びその変化の度 合い)でソートして調査
 - 特に、図3のアイデアを検証すべく、draping IMFとクラウド の位置関係を調査する

Method of Analysis

- PVO軌道

 24時間軌道
 軌道傾斜角105度
 本論文ではorbits 1-700のデー タを使用(1978年12月5日~ 1980年11月3日)。Tail raysの観 測を除くため
 - 近金点高度143.2~358.2 km (北緯17度)
 - 遠金点~12R_v



Method of Analysis

- クラウド同定に用いたデータ
 - Langmuir probe (LP)の12秒平均データ
 - 磁力計データ
 - プラズマ波動データ
- 座標系決定に用いたデータ
 - バウショックの外側における磁力計10分平均データ

 \Rightarrow

- +x: 太陽方向
- +y: IMF transverse componentの方向
- +z: 右手系を成す方向
- IMF clock angle = $\arctan(B_z/B_v)$

- Detached cloudsの観測位置
 - 図6. 定常ケース
 - バウショックinboundとoutbound
 の間でIMF clock angleの変化が
 30度以下

磁気極に偏在していない(scattered in yz plane)。 明暗境界線の周辺とその夜側に多く分布。



Detached Clouds

Results

- Detached cloudsの観測位置
 - 図6. 定常ケース
 - 図7. 全ケース
 - IMFの変化が大きい場合も含む
 - Btransの方向はクラウドが観測された側の軌道のIMFで定義

磁気極に偏在していない(scattered in yz plane)。 明暗境界線の周辺とその夜側に多く分布。低SZAにも分布。 IMFの変化が大きい場合の方がクラウドの観測数が多い。



図7. IMFの変化が大きい場合 も含む以外は図6と同様₁₂

- 磁場反転と波動増加のみを 示す(電子密度増加は示さない) detached cloudsの観測位置
 - 図8. 定常ケース
 - 図9. 全ケース



- 磁場反転と波動増加のみを 示す(電子密度増加は示さない) detached cloudsの観測位置
 - 図8. 定常ケース
 - 図9. 全ケース

電子密度増加が見えないのは、LPの観測限界以下 (n_e<10²cm⁻³)の為、もしくはクラウドの根元から離れて いる為だろう。

クラウド分布は電子密度増加を含む場合(図6,7)と同様の傾向。動径方向に若干広がる



- IMF回転の効果
 - 全期間のIMF回転角 (inboundとoutbound の間の回転角)の平均 は29度
 - クラウド観測時のIMF 回転角の平均は59度
 - クラウド観測時はIMF
 回転角が大きい傾向
 がある

IMF Rotation of Cloud Orbits



図11. 斜線はクラウドが観測された時(図7) におけるinboundとoutboundのIMF clock angleの変化。

黒色は全期間(クラウドが観測されない場合 も含む)におけるIMF clock angleの変化。

ORBIT 114

- Gasdynamicモデル(Spreiter and Stahara, 1980)との比較
 - 入力IMF(図13c)を変化さ せて無理矢理gasdynamic モデルと一致するか比較し た
 - PVOのシース磁場観測はよく再現されたが、入力IMFのB_xが非現実的に大きくなってしまった
 - ⇒恐らくクラウド周辺で磁場が pileupする効果を入れてい ない為だろう



Discussion and Conclusions

- Detached cloudsの分布は磁気極に偏る傾向は無い
 - ⇒ 図3のモデルは不適当 (かと言って、適当なモデルは提唱されていない)
 - Detached clouds観測時はIMF clock angleの変化 が大きい傾向がある
- Detached cloudsの観測確率:
 - - 電子密度増加のみで同定した場合は 76 orbits/699
 orbits(全体の約11%)
 - その内、3つの特徴を併せ持つのは 16 orbits/76
 orbits(全体の約2%)
 - 76 orbitsの内の約40%が、プラズマ波動増加を示す
 - 76 orbitsの内の約<40%が、磁場反転を示す

火星周辺でのプラズマクラウド観測

- 火星では:
 - Crider et al. [AGU spring meeting, 2004] (未出版なので取り扱い注意)
 - MGS観測
 - 電子スペクトル(~500eVのオージェ電子*)で判定
 - 空間スケールは金星のものより若干小さい
 - 10s~100s km
 - Detached cloudsの観測確率は金星よりも高い
 - 75/278 (約27%)
 - 地殻起源磁場の影響
 - *オージェ電子:外核から電子が空いた内核へと遷移することにより放出されるエネル ギーが他の軌道電子に与えられ、エネルギーをもらった電子が原子の外に飛び出す。 そのエネルギーはオージェ電子<特性X線となる