

1980年2月6日におけるBradfield彗星の尾の屈曲に関する 惑星間擾乱*

渡辺 勇**・柿沼 隆清**・小島 正宣**

(1986年6月20日受理)

An Interplanetary Disturbance Relevant to the Tail-Turning of Comet Bradfield (1979 I) on 1980 February 6

By

Takashi WATANABE, Takakiyo KAKIMUMA and Masayoshi KOJIMA

Abstract: Solar wind data obtained with spacecraft and IPS (interplanetary scintillation) observations in early February 1980 are examined in order to determine large-scale propagation properties of a proposed interplanetary disturbance relevant to a very rapid 10° turning of the plasma tail axis of comet Bradfield (1979I) on 6 February 1980. It is shown that a solarflare-associated interplanetary disturbance having an oblate configuration was responsible for the tail event.

概 要

1980年2月6日に観測されたBradfield彗星(1979 I)の尾の屈曲をもたらした太陽-惑星間現象を人工天体やシンチレーション観測による太陽風データを用いて調べた。それによると問題の現象は1980年2月3日、~13時28分に生じた1Bフレア(S 15 E 15)による、南北につぶれた偏球状をした惑星間擾乱によるものであることがわかった。

重要語：彗星、太陽フレア、惑星間擾乱、シンチレーション観測

* 宇宙研特別事業費による研究論文

** 名古屋大学空電研究所

I. Introduction

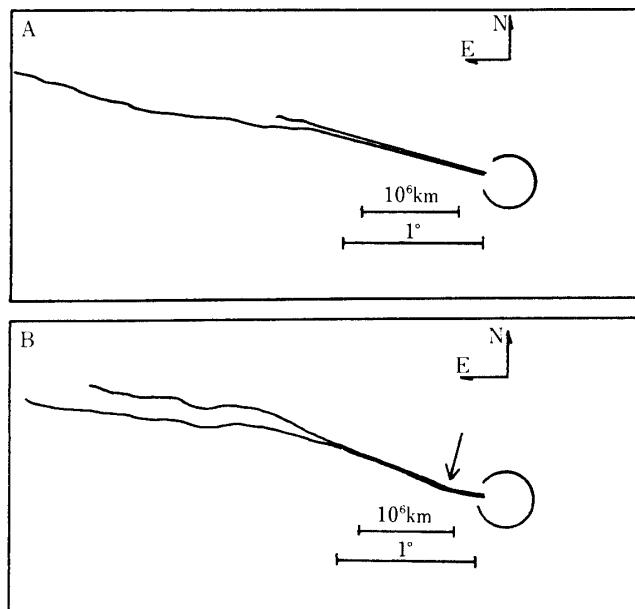
彗星のI型テイル（プラズマテイル）の核に対する位置角は彗星の軌道運動ベクトルと太陽風の流れのベクトルとの合成により決定されるが、太陽風の状態（流速、流れの方向）の変化に伴い尾の屈曲が観測されることがある。その原因については例えば1974年1月20日に生じたKouhouteck彗星の尾の屈曲のように高速ストリームによる場合の他に、本稿で述べるような、太陽フレアに伴う惑星間擾乱によって生ずる場合がある。ここでは1980年2月6日に観測されたBradfield彗星（1979 I）のプラズマテイルの屈曲を起した惑星間擾乱の三次元的性質を、人工天体やシンチレーション観測による太陽風データを基に論ずる。なお詳細は[1]にある。

II 1980年2月6日におけるBradfield彗星の尾の屈曲

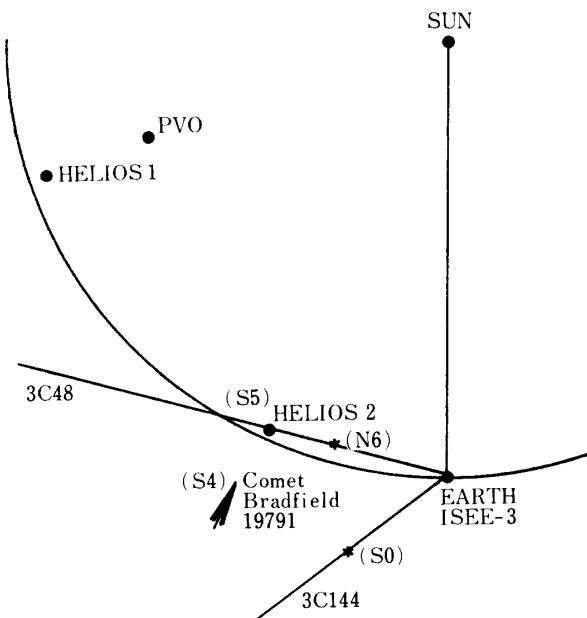
この彗星のテイルイベントの光学的観測データはBrandt et al. [2]にある。第1図に屈曲の生ずる前と後における写真的スケッチを示す。屈曲は1980年2月6日のUT 2時30分と3時0分の間に生じたもので、この屈曲をもたらすためには、太陽風のベクトルの南北成分が約30 km/s北向きから20 km/s南向きへと変化する必要がある。

II 太陽風観測

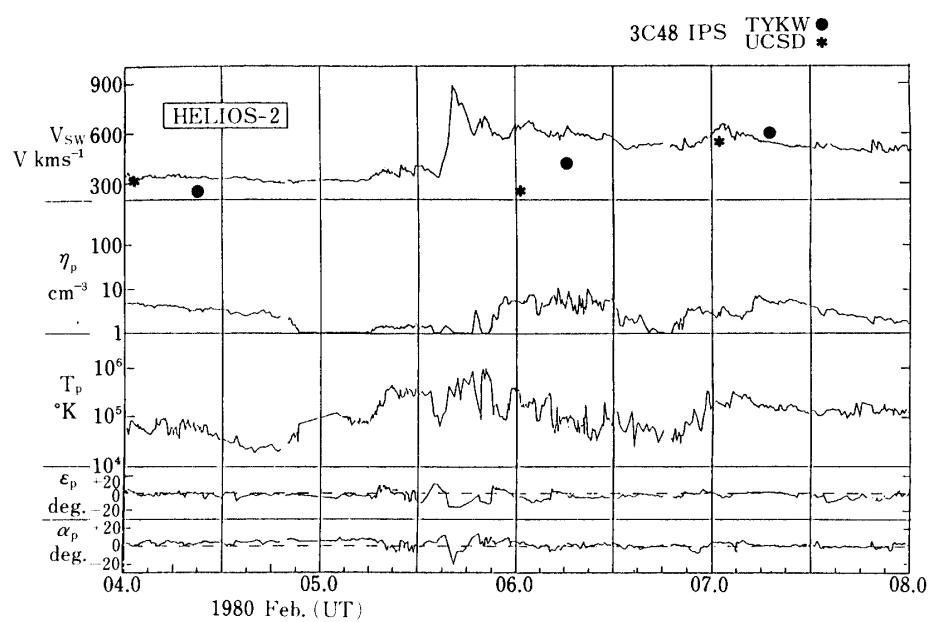
1980年2月6日における人工天体、Bradfield（彗星、シンチレーション電波源）の視線の位置関係を第2図に示す。注目すべき点はHELIOS-2が彗星の上流約0.15 AUに位置し



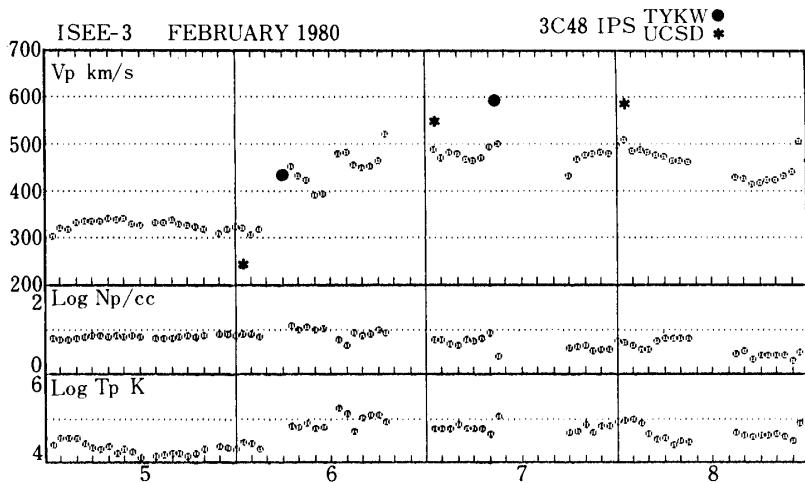
第1図



第2図



第3図



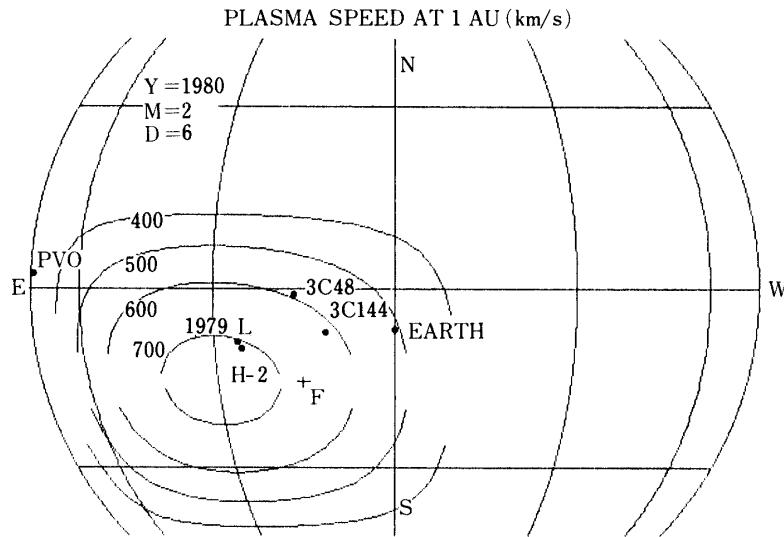
第4図

ており、彗星と太陽風との相互作用を調べる上で大変好都合であったことである。HELIOS-2とISEE-3とによって得られた太陽風のデータと、3C48のIPS観測による太陽風速度のデータを第3、4図に示す。先ずHELIOS-2のデータ(第3図)を見ると、彗星の尾の曲りの生じた約12時間前の、2月5日16h30m頃、太陽風の速度が350km/sから880km/sに増大しており、惑星間衝撃波の存在が示唆される。これに対応して太陽風速度ベクトルが北から南へ約20度回転しており、Le Borgne[3]やNiedner et al.[4]はこれをBradfield彗星の尾の曲りと関係付けている。一方ISEE-3の方では、SSCの生じた2月6日3h21mの前後にデータギャップがあるものの、前後の様子から惑星間衝撃波の存在が示唆される。従って2月6日に観測されたBradfield彗星の尾の曲りは共回転太陽風ストリームによるものではなく惑星間衝撃波によるものであることが推定される。ここでは、人工天体とIPSによる太陽風データを基にBradfield彗星の尾の曲りをもたらした惑星間擾乱がこのような三次元的性質を持っていたかを調べることとする。

III IPS観測の解釈

第3、4図に示した3C48のIPS観測による太陽風の速度は2月6日において300km/sから約430km/sに増大しているのが見られ、やはりIPS観測によても惑星間擾乱が観測されていることが分る。問題はその速度で、同時刻のデータで比較するとHELIOS-2における速度よりもかなり低く、ISEE-3で観測された速度に近いものとなっている。これは、3C48の視線の位置を考えると(第2図)非等方的な惑星間擾乱を考えないと説明できない。そこで人工天体、IPS観測によって得られた太陽風の速度を再現できるモデルを決定することとする。

IPS観測の特性として視線方向での積分効果があり、観測の解釈に当っては常にこれを念頭に置く必要がある。惑星間擾乱が視線上に存在するとき、視線上での速度と電子密度



第5図

のゆらぎとを仮定して観測されるべき速度を計算して観測と比較することにより惑星間擾乱のモデルを決定することが出来る。簡単のため擾乱のプラズマ速度、密度のゆらぎ、擾乱の厚さ等の角度依存性を表現するために次のような「指向性」を導入する。

$$D(L, B) = \cos a(L - L_0) \cos b(B - B_0) \quad (1)$$

ここで L_0, B_0 は各々最大指向性の方向の経度と緯度であり、 a, b は適当な係数である。従つて例えば擾乱の速度分布は

$$V(L, B) = V_n(L, B) + D(L, B) V_{\max} \quad (2)$$

のようにあらわれる。ここで $V_n(L, B)$ は擾乱が来る以前の太陽風速度の分布を表わし、 V_{\max} は擾乱のプラズマ速度の最大値を示す。実際の擾乱は不均質な太陽風の中を伝播するため指向性は(1)で与えられるような単純な形はしていないことは言うまでもないが、IPS 観測では細かい構造は積分効果のためにならされてしまうので、実用上はこのような簡単なモデルでも差支えあるまい。もちろん物によってはもっと複雑なモデルを考えないといけないものもあるし、共回転ストリームを入れないとうまく行かないイベントもあるが、ここで論じている事例の場合は単純に(1)を仮定して a, b, V_{\max}, L_0, B_0 を求めることとする。更に簡単のため $V_n(L, B)$ は方向によらない一定値とする。以上のような手順によりパラメータを色々変えて観測されるべき速度を計算してそれを観測値と比較することにより観測を最も良く再現できるパラメータを決定する。もう一つ重要なことは擾乱のどの速度についてモデルを作るか、という点である。第3図の HELIOS-2 のデータにある 2 月 5 日に観測された 900 km/s 近いピークはプラズマ密度が $1/\text{cm}^3$ 以下らしいことや径方向の厚さが薄いこと等から余り IPS には寄与しないと思われる。今までの色々なイベント

についての解析から、IPSに寄与するのはショックフロント直後のプラズマよりもむしろショックフロントから一定の距離を置いて出現する高密度のプラズマ(ショックドライバ?)であることが予想されるので、ここで行うモデリングは例えばHELIOS-2のデータにおいて2月5日UT21時頃から現われた $N_p \sim 10/\text{cm}^3$ の領域(T_p も下っているのでいわゆるショックドライバーと思われる)の速度の三次元モデルを観測的に決定する、ということになる。こうして得られた、1980年2月6日におけるBradfield彗星の尾の屈曲をもたらした惑星間擾乱のショックドライバーの速度分布は

$$V(L,B) = 330 + \cos 2(L+30^\circ) \cos 3(B+15^\circ) \quad \text{km/s} \quad (3)$$

となる。このモデルを半径1AUの球面上に投影したものが第5図に示してある。即ち擾乱の中心は地球の東側30度、太陽赤道面の南側15度にあり、全体の形状は南北につぶれた偏球状であることがわかる。この擾乱の原因となった太陽面現象は[3]、[4]にあるように2月3日～13時28分にS15°E15°に生じた1Bフレア(IV型バーストあり)であることが第5図から示唆される(フレアノーマルの位置を“F”で表示)。

III. 結 論

彗星の尾に現われる種々の変化と太陽や太陽風における現象との結びつきはまだはっきりしていないが、このような事例を数多く集めて詳しく解析することが、現象を理解する上で重要であると思われる。1980年2月6日におけるBradfield彗星の尾の曲りの場合、原因が太陽フレアに伴う惑星間擾乱であることがほぼ確認されたが、この例は太陽-惑星間現象と彗星の尾における現象との結びつきが詳しく調べられた最初の事例である。

参 考 文 献

- [1] Watanabe, T., T. Kakinuma, and M. Kojima : Proc. Res. Inst. Atmospherics, Nagoya Univ. 33 (1986), 19.
- [2] Brandt, J. C., J. D. Hawley, and M. B. Nieder, Jr. : Astrophys. J. 241 (1980), L 51.
- [3] Le Borgne, J. F. : Astron. Astrophys. 123 (1983), 25.
- [4] Niedner, Jr., M. B., J. C. Brandt, R. D. Zwickl, and S. J. Bame : in *Solar Wind Five*, NASA SP-2280 (1983), 737.