

## 論文の内容の要旨

論文題目 Global Structure of Magnetic Flux Ropes Based on Energetic Particle Measurements onboard NOZOMI

(のぞみ探査機搭載高エネルギー粒子検出器による磁気フラックスロープの大規模構造の研究)

氏名 井原 亜紀史

太陽フレアやコロナ質量放出現象に伴って惑星間空間では **magnetic cloud** が観測される。**Magnetic cloud** は地球で起こる磁気嵐の原因の 1 つとして挙げられており、従来からその空間構造を解明する試みがなされてきた。しかし、そのほとんどは衛星の 1 点観測から類推するものであり、**magnetic cloud** の大規模な空間構造については明らかにされていない。私はのぞみ探査機が観測した、太陽フレアに起因する高エネルギー粒子、惑星間空間磁場、及び ACE 衛星が観測した磁場のデータや WIND 衛星や ULYSSES 衛星が観測した電波のデータを解析し、**magnetic cloud** の空間構造について研究を行った。その結果、経度方向 120 度に広がった大規模なロープ状の **magnetic cloud** がその根元を太陽表面に接続したまま、惑星間空間を伝播している様子が明らかになった。

**Magnetic cloud** の磁力線の構造を研究するには磁場だけでなく、太陽起源の高エネルギー粒子を計測することが効果的である。我々のはのぞみ探査機搭載高エネルギー粒子検出器 **Electron and Ion Spectrometer (EIS)** を開発した。打ち上げ前に様々な地上試験を行い、性能評価、エネルギー補正を行った。また打ち上げ時の振動や音響に耐えうる **EIS** 用部品の開発を行った。

太陽面爆発現象（太陽フレア）に伴って惑星間空間では高エネルギー粒子が検出される。私はのぞみ探査機搭載 **EIS** が 1999 年 11 月から 2002 年 4 月までの間に惑星間空間で観測した太陽フレアに伴う高エネルギー粒子のデータを統計的に解析した。その結果、太陽から 1~1.5 天文単位離れたのぞみ探査機から見て、太陽の裏側で発生した太陽フレアであっても、のぞみ探査機に高エネルギー粒子が飛来しているという事実をつきとめた。これは太陽フレアに起因する高エネルギー粒子が磁力線を横方向に伝播し惑星間空間を広範囲に伝播していることを示唆する結果となった。

## Electron and Ion Spectrometer (EIS) の開発

のぞみ探査機に搭載した高エネルギー粒子検出器 EIS は数十 keV～数 MeV の粒子線を弁別測定する装置であり、電子及び陽子を観測対象とする  $\Delta E$ - $E$  検出部と重イオンを観測対象とする TOF- $E$  検出部で構成されている(図 1)。15 G を超える打ち上げ時の振動レベルや 140 dB を超える音響環境に無事に耐え抜き、宇宙空間で粒子の弁別やそのエネルギー測定を正確に行えるように、我々は打ち上げ前に様々な地上試験を行った。TOF- $E$  検出部は TOF $\times E$  法という粒子弁別法を採用しているが、それに用いる

2 次電子放出用の炭素膜が 60nm と非常に薄い。この薄膜の防音・振動対策や粒子の弁別能力の向上、各種パラメータの決定について力を入れて地上実験を行った。

本研究では magnetic cloud と同時に EIS が観測した 100keV 以上の電子の pitch angle 異方性を利用し、magnetic cloud の空間構造を明らかにした。

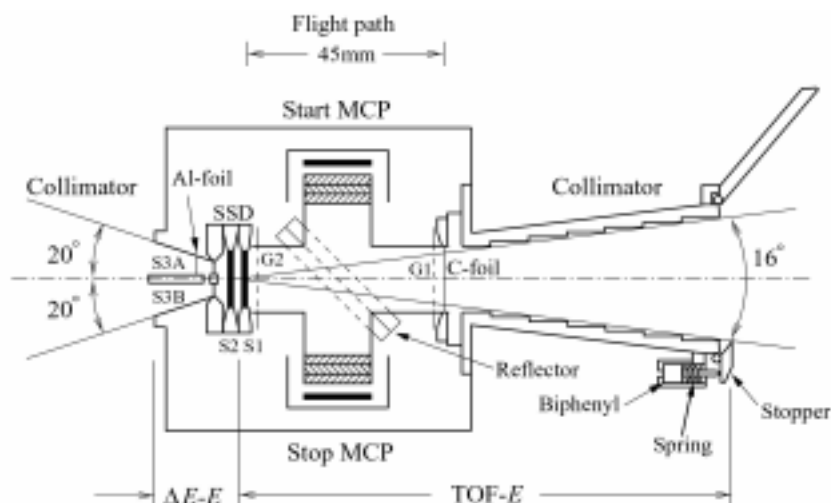


図 1. Electron and Ion Spectrometer (EIS)の概略図

## のぞみが観測した太陽起源高エネルギー粒子の統計解析

のぞみ探査機搭載 EIS が 1999 年 11 月から 2002 年 4 月までの間に惑星間空間で観測した太陽フレアに伴う高エネルギー粒子のデータ (図 2) を統計的に解析した。その結果、太陽の裏側で発生した太陽フレアであっても、太陽の前面向かって高エネルギー粒子が飛来しているという事実をつきとめた。これは太陽フレアに起因する高エネルギー粒子が磁力線を横方向に伝播し惑星間空間を広範囲に伝播していることを示唆している。

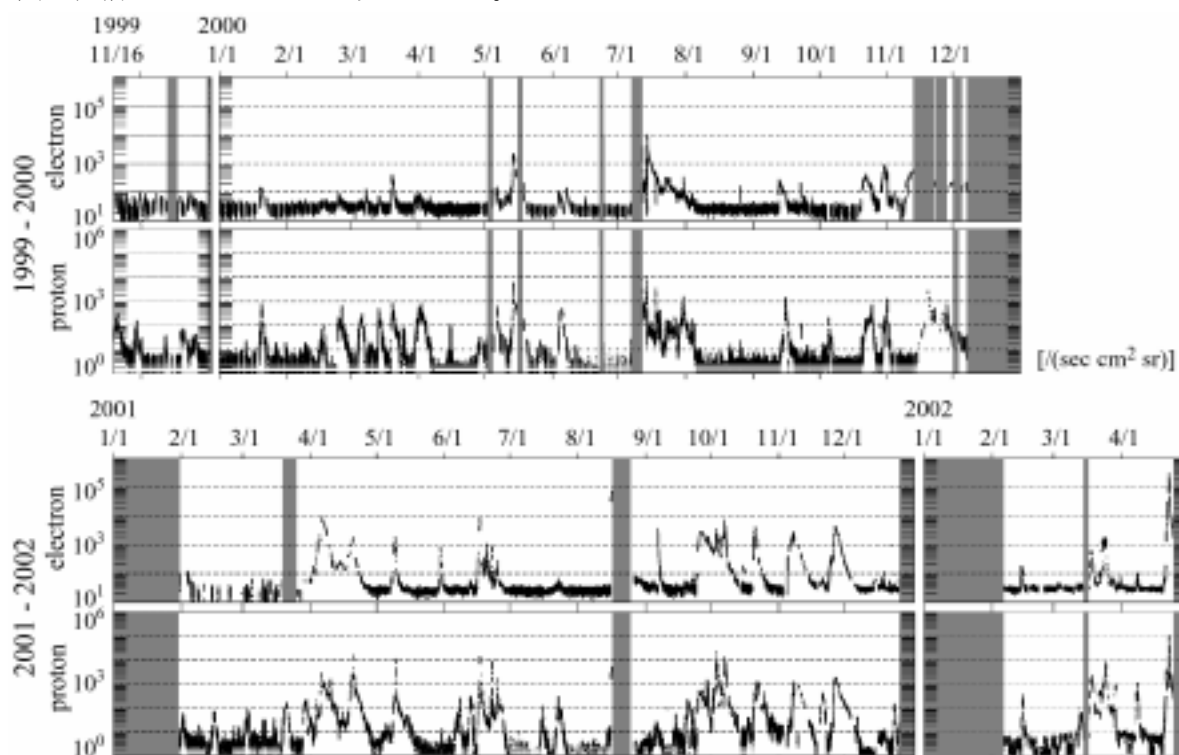


図 2. EIS が 1999 年 11 月から 2002 年 4 月までに惑星間空間で観測した電子及び陽子のフラックス

### Magnetic cloud の大規模構造 (のぞみ探査機及び ACE 衛星を用いた 2 点観測結果)

2000 年 7 月 12 日にコロナ質量放出現象を伴う太陽フレアが発生した。その 2 日後に太陽から 1 天文単位離れたのぞみ探査機及び ACE 衛星は magnetic cloud を観測した(図 3)。

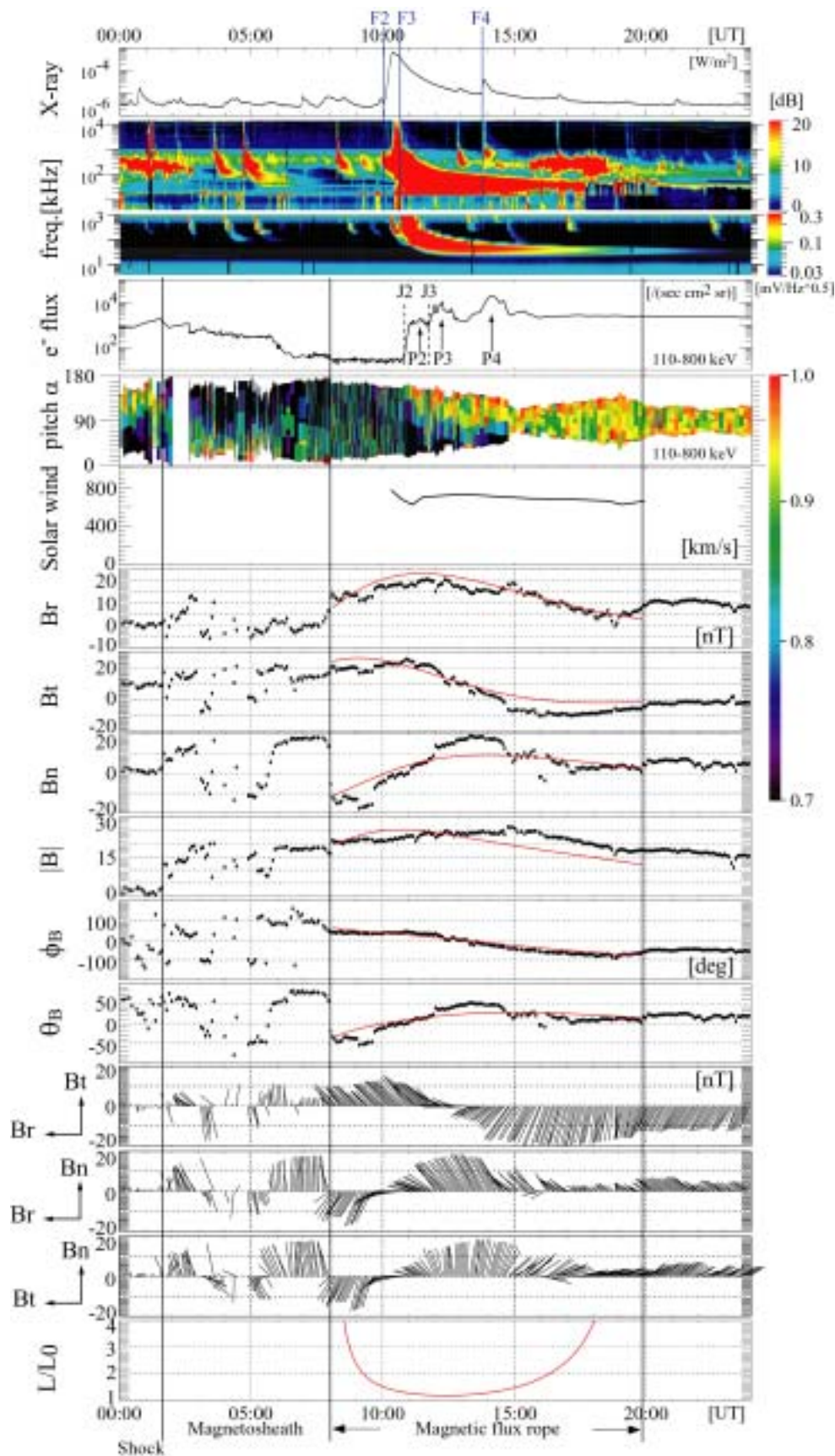


図 3. のぞみが観測した magnetic cloud 及び WIND 衛星、ULYSSES 衛星が観測した電波(7/14/2000)

この日、別の太陽フレアが同じ活動領域で発生し、EIS はそのフレアによって加速された高エネルギー電子(>100keV)を観測した。観測された電子の pitch angle 分布から magnetic cloud がその根元を太陽表面に接続している様子が明らかになった。また、のぞみ及び ACE 衛星が観測した magnetic cloud の磁場を model fit した結果、ロープ構造をした大規模な magnetic cloud が惑星間空間を伝播している様子が明らかになった(図 4)。このように惑星間空間を経度方向（太陽からみて 120 度の範囲に）に広く分布した magnetic cloud を観測から確かめた例は過去に無く、観測史上初で初めてである。

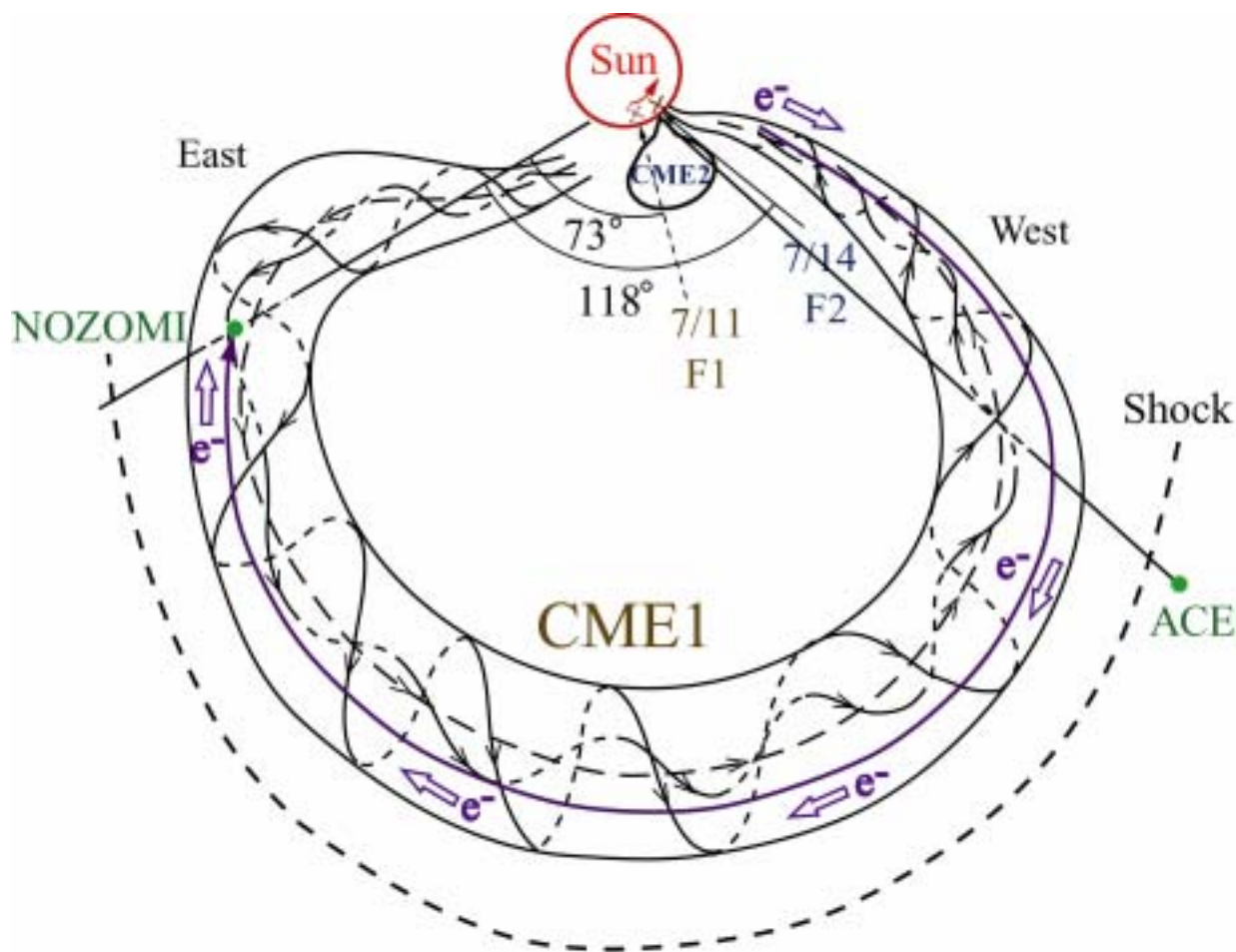


図 4. 2 点観測の結果から示される惑星間空間に広く分布する magnetic cloud の大規模なロープ構造