極端宇宙天気現象による深宇宙探査機への影響

羽田 裕子¹、 磯部洋明²、浅井歩²、石井貴子¹、 塩田大幸³、今村剛⁴、豊田裕之⁴ 1:京大理附属天文台、2:京大宇宙ユニット、:3 理化学研究所、4:ISAS 極端宇宙天気研究会@東工大 October, 01, 2012

深宇宙探査機への宇宙天気研究

観測データが豊富にある太陽の地球側については、 宇宙天気研究が進んでいる。

しかし・・・

地球から見えない遠い場所を行く深宇宙探査機(あか つき、イカロス、ベビ・コロンボ、はやぶさ2など)は、太 陽の裏側で起きているフレアの影響も受ける。

深宇宙探査機への宇宙天気予報システムに 関する研究はほとんどされていないのが現状。

目的

•金星探査機「あかつき」への太陽フレアによる影響の定量評価とフレア予報(フレア時の重要オペレーション回避)

•地球から見えない太陽面側にいる深宇宙探査機への宇宙天気予報システム構築を目指す。(ベビコロンボ、はやぶさ2、火星ミッション…)

SEP起源の衛星障害の原因を同定する事が出来れば、 衛星運用に有効。



▲2003年10月28日におけるX線とSEPフラックスの時間変化

研究内容

以下の3日間に、地球から見えない太陽の裏側、もしくは、地球 正面で大規模なフレア・CMEが発生。それに伴い、金星探査機 「あかつき」の太陽電池パネルの電圧低下が見られた。

	地球から見た フレア・CME発生場所	観測データの存在する宇宙機 (SEP, X線強度, EUV)	X線強度 (GOESクラス)
2011/06/04	裏側	STEREO/Ahead	
2012/01/23	正面	GOES, SOHO, ACE など	M8.7
2012/01/27	真横(Ahead方向)	STEREO/Ahead, (GOES)	X1.7

それぞれのイベントがあかつきにどんな影響を与えて、 SEPをどれだけ浴びたか評価できるか?

太陽電池パネルとSEPとの関係



図5 典型的な宇宙用3接合太陽電池内への陽子線の最頻侵入長 とエネルギーの関係

STEREOとは?

【正式名】 Solar TErrestrialRElationsObservatory 2006年8月31日打ち上げ 【搭載観測装置】 極端紫外線望遠鏡 (EUVI)、コロナグラフ 【特徴】 2機の衛星を地球の公転軌道に乗せて、 コロナとCMEを観測。





2012年1月23日&2012年1月27日



2012年1月23日と1月27日に起きたフレア・ CME

<mark>あかつき正面(地球正面)</mark>で、 23日はあかつき正面、27日は 真横にフレア・CMEが発生。



発生時のあかつきとSTEREO、位置関係。



2012年1月に発生した電圧低下

- 23日はあかつき正面、27日は真横にCME が発生。
- •フレアの規模は27日の方が大きかったにも 関わらず、23日の方があかつきに影響。

日付	活動領域	フレアの規模
2012/01/23	11402	M8.7
2012/01/27	11402	X1.7



2012年1月に発生した2つのSEPイベント解析



2011年6月4日

2011年6月4日に起きたフレア・CME

地球から見えない太陽の裏側 で、同じ活動領域でフレア2回。 それに伴ってCMEも2回連続し て起きた。





2011年6月4日に発生した電圧低下

•太陽の裏側で起きたイベントなので、フレア X線強度(GOES)とSEPフラックスのデータがない!

 太陽の裏側も観測しているSTEREO衛星の EUVデータのみから、フレアX線強度(GOESク ラス)とSEPフラックスを見積もる事はできる のか?



フレアとSEP、CMEとSEPの相関関係



Gopalswamy et al. 2004, JGR, 109, A12105 Fig 11

6/4のフレアGOESクラスやCME速度が分かれば、SEP フラックスが見積もることができる。 (1)X線強度(GOESクラス)とSEPとの 間には相関がある。

•X線強度(GOESクラス)とEUVの間に は相関がある?

• STEREOのEUVフラックスからSEPフ ラックスを推定できる?



(1) STEREO/EUVデータから フレアX線強度(GOESクラス)とSEPフラックスを推定

STEREOによるフレア発生時のEUV強度からX線強度を推定した。



6/4のフレアは「かなり大きな(X5程度)フレア」であったと推定できる。

(2) CME速度から SEPフラックスを推定

(CME速度とSEPの間に相関がある。



Gopalswamy et al. 2004, JGR, 109, A12105 Fig 11



R (Rs)

(2) CME速度からSEPフラックスを推定



2011/06/04	発生時間	CME速度 [km/s]
CME 1	07:24:00	800
CME 2	22:24:00	2200

CME2の方がCME1よりも圧倒的に速い。 両方ともほぼ等速であれば、あかつき到着 前にCME2がCME1に追いつく。

電圧低下とCME到達のタイミング



Discussion CME速度からSEPフラックスを推定



Summary

- 1. 2012年1月23日と1月27日、地球正面でフレア・CME発生。それに 伴い、金星探査機「あかつき」の太陽電池パネルの電圧低下が見 られた。
 - →太陽電池パネルは低エネルギー側のSEPが効くので、23日の 方が27日よりも低エネルギーなSEPが多かった事が原因。 CME速度から出したSEPフラックスの見積もりと、地上試験の 結果と整合性があるかどうかチェックできる。
- 2.2011年6月4日、太陽の裏側でフレア・CME発生。「あかつき」の太陽電池パネルの電圧低下が見られた。
- 3. STEREOのデータ(EUV全面画像・コロナグラフ)からフレアの規模、 CME速度の見積もり、SEPフラックス量を推定した。
 - → 大フレアの発生、高速CME、また2つの合体したCMEにより大量のSEPが発生。
- 4. 電圧低下の発生は、CMEのあかつき到達時刻と矛盾ない。

→ 電圧低下は、CME衝撃波により発生。