

# GMS によって得られた SEM データの有効性と利用動向

## Report on the Utilization of Space Environment Monitor (SEM) Data of the GMS Series Satellite

操野年之\*

Toshiyuki Kurino\*

### Abstract

SEM data obtained by the GMS series satellite have been accumulated through GMS-1, GMS-2 and GMS-3 for about seven years.

In this paper, the continuity and the quality of these data are discussed first and then the availability of SEM data are also shown.

### 1. はじめに

「ひまわり」に搭載されている宇宙環境モニター(Space Environment Monitor; SEM)により観測された SEM データ(プロトン, アルファ粒子, エレクトロンの粒子フラックス値)は, GMS-1 が1978年4月に定常運用に入ってから以来, GMS-2 及び GMS-3 と引き継がれ, 約7年分のデータが累積されつつある (Table 1 参照)。

SEM による太陽粒子の観測は, 太陽活動の監視, 太陽からの高エネルギー粒子線による地球大気への粒子エネルギーの流入及び比較的低エネルギー粒子(1 MeV までのプロトン及び電子)の地球磁気圏内の大規模対流運動に起因する粒子線の加速効果を見ている。

今回, SEM 累積データのファイルフォーマットを統一する作業を終了し, GMS-1 から GMS-3 までのデータを連続的に処理することが容易になった。

ここでは, SEM 累積データの品質と連続性について, 今までの調査を含めて概説し, さらに, GMS-3 の SEM データの取得状況とその利用動向についても簡単に述べてみる。

### 2. GMS-1, 2 及び 3 に搭載された SEM の比較

衛星に搭載されている SEM は, 5 系統の独立した検

Table 1 History of operational satellite used for the SEM data derivation.

operational term (on GMT)	operational satellite
Apr. 6, 1978~Dec. 21, 1981	GMS-1
Dec. 21, 1981~Jan. 21, 1984	GMS-2
Jan. 21, 1984~Jun. 29, 1984	GMS-1
Jun. 29, 1984~Sep. 27, 1984	GMS-2
Sep. 27, 1984~	GMS-3

出器より構成されており, それぞれ荷電粒子のエネルギーを電荷に変換し, そのエネルギーレベルに対応した電気信号を出力する。その性能諸元を Table 2 に示す。

GMS-2 及び 3 の SEM 測器は全く同じものである。GMS-1 との違いは, 構成している 5 個の検出器のうち, D1 及び D2 について, GMS-1 では表面障壁型であったのに対し, GMS-2 及び 3 では経年変化が小さいとみられる PM 接合型の検出器を用いていることである。又, P-7 チャンネルを止めて, Table 2 に見るように P-1 から P-6 チャンネルで低いエネルギーが細かく見られるようにしてある。

SEM の各チャンネルの 1 回のサンプリング時間は 992 ミリ秒, サンプリング同期は約 16 秒である。そして 8 サンプリング周期分のデータが 1 メジャーフレームとして地上に送られている。

なお, SEM についての詳細は木村, 河野 (1980) に述べてある。

\* 気象衛星センターシステム管理課  
Meteorological Satellite Center

Table 2 Observation items of SEM on GMS-1, GMS-2 and GMS-3.

観 測 項 目			GMS-1		GMS-2, GMS-3	
チャンネル名	粒子種類	検出器	エネルギー (MeV)	幾何学的要素 G (cm <sup>2</sup> •st)	エネルギー (MeV)	幾何学的要素 G (cm <sup>2</sup> •st)
P 1	プロトン	D 1	1.4~4	0.0421	0.8~4	0.048
P 2	"	D 1	4~8	0.0421	4~8	0.048
P 3	"	D 2	8~16	0.0421	8~16	0.048
P 4	"	D 3	16~34	0.389	16~30	0.35
P 5	"	D 4	34~80	0.389	30~68	0.35
P 6	"	D 5	80~200	0.389	68~100	0.35
P 7	"	D 5	200~500	0.389	—	—
A 1	アルファ粒子	D 1	9~70	0.0421	8~66	0.048
A 2	"	D 2	30~70	0.0421	32~66	0.048
A 3	"	D 3	65~170	0.389	64~120	0.35
A 4	"	D 4	130~250	0.389	120~240	0.35
A 5	"	D 5	320~370	0.389	270~370	0.35
E	エレクトロン	D 3	≤ 2	0.389	≤ 2	0.35

3. GMS-1 の SEM データの品質について

GMS-1 の SEM データのうち、P 2, P 3, P 4, P 5 チャンネルのデータに、太陽光によると推定されるノイズが含まれている。このノイズは、太陽視赤緯の変化に伴って変動しており、また、その変動幅も相当大きなものになっている。

従って、GMS-1 の SEM データで太陽プロトンの現象を解析するには、太陽光によるノイズ・レベルの変動を分離する必要がある。

このノイズ・レベルを分離した試みとして、河野 et al. (1980) の報告がある。なお、この現象については、GMS-2 以降は SEM の検出器が改良されており、問題はない。

また、GMS-1 では、食中の SEM データに異常が現われることがあった。Fig. 1 の例では、14Z 帯の EL, P 1~P 5 及び A 4 チャンネルに現われている。

さらに、SEM の P 1 チャンネル (検出器 D 1) は、本来測定されるべきプロトンのフラックス以外に、高エネルギーのエレクトロンも合わせてカウントしていることが、GMS-1 と GOES の SEM データの比較により報告されている (長井, 1984)。なお、この現象は GMS-1 から 3 までの、すべての SEM に共通して生じている。

4. GMS-1 と 2 の SEM データの連続性について

GMS-1 から 2 への交代期における SEM データの連続性を Fig. 2 に示す。これは交代期の約 60 日間のデータの 1 時間平均値をプロットしたものである。測定項目のうち、GMS-1 と 2 ではプロトンのチャンネルの測定範囲に差があること、及び GMS-1 の P 2~P 5 チャンネルには太陽光のノイズが入っていることにより、全項目について比較はできないが、変化傾向は一応の連続性がみられる。このことは、GMS-2 のミッションチェック期間中にフレア現象が起こった時の両者のデータの比較 (須田 et al., 1983) でも報告されている。

5. GMS-2 の SEM データの品質について

GMS-2 の SEM の検出器は運用開始当初は問題がなかったが、1982 年 8 月より、検出器 D 3 のエレクトロン、P 4 及び A 3 チャンネルのデータが異常値を示しはじめ、1983 年 5 月より、検出器 D 4 の P 5 及び A 4 チャンネルのデータが異常値を示しはじめた。

従って GMS-2 の SEM データを解析する際には、エレクトロン、P 4, P 5, A 3 及び A 4 チャンネルについては、検出器からのノイズ成分を考慮する必要がある。

なお、食中は GMS-2 は SEM 測器を OFF で運用している。

GMS/SEM TWO-MIN. AVERAGES

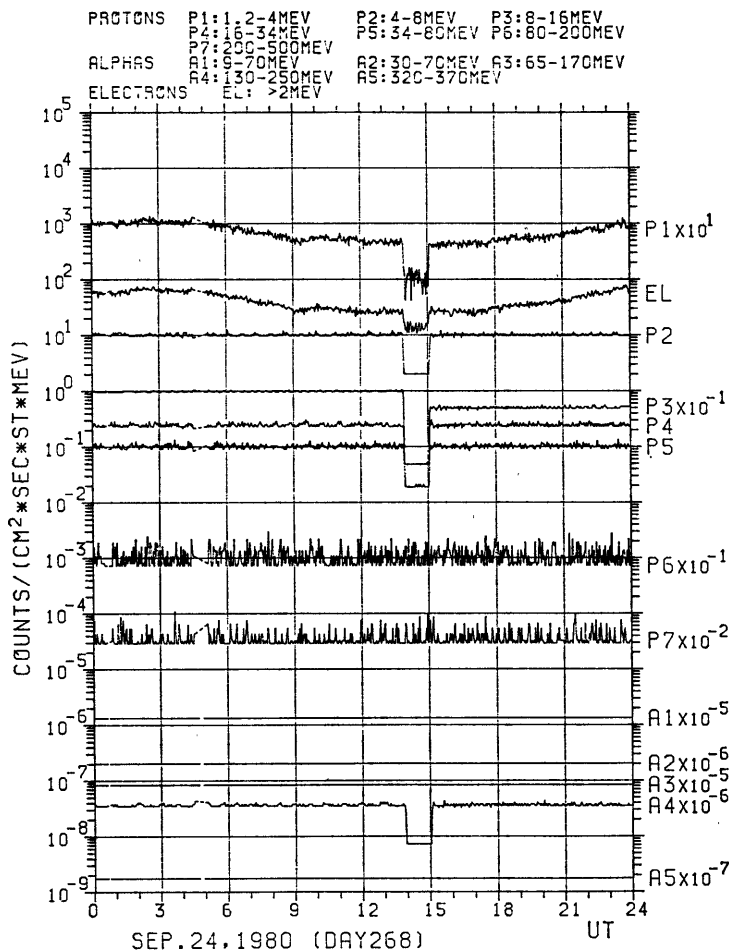


Fig. 1 Diurnal variation of SEM data observed by GMS-1 during the eclipse period.

6. GMS-2の障害に伴う GMS-1の再運用による SEM データの連続性について

GMS-2の VISSR 系の故障に伴い、1984年1月21日から1984年6月29日まで GMS-1を再運用したが、この間のデータについては、3月頃より検出器D3の測定項目である電子、P4、A3及びD4のP5、A4チャンネルのデータが異常値を示し出している。

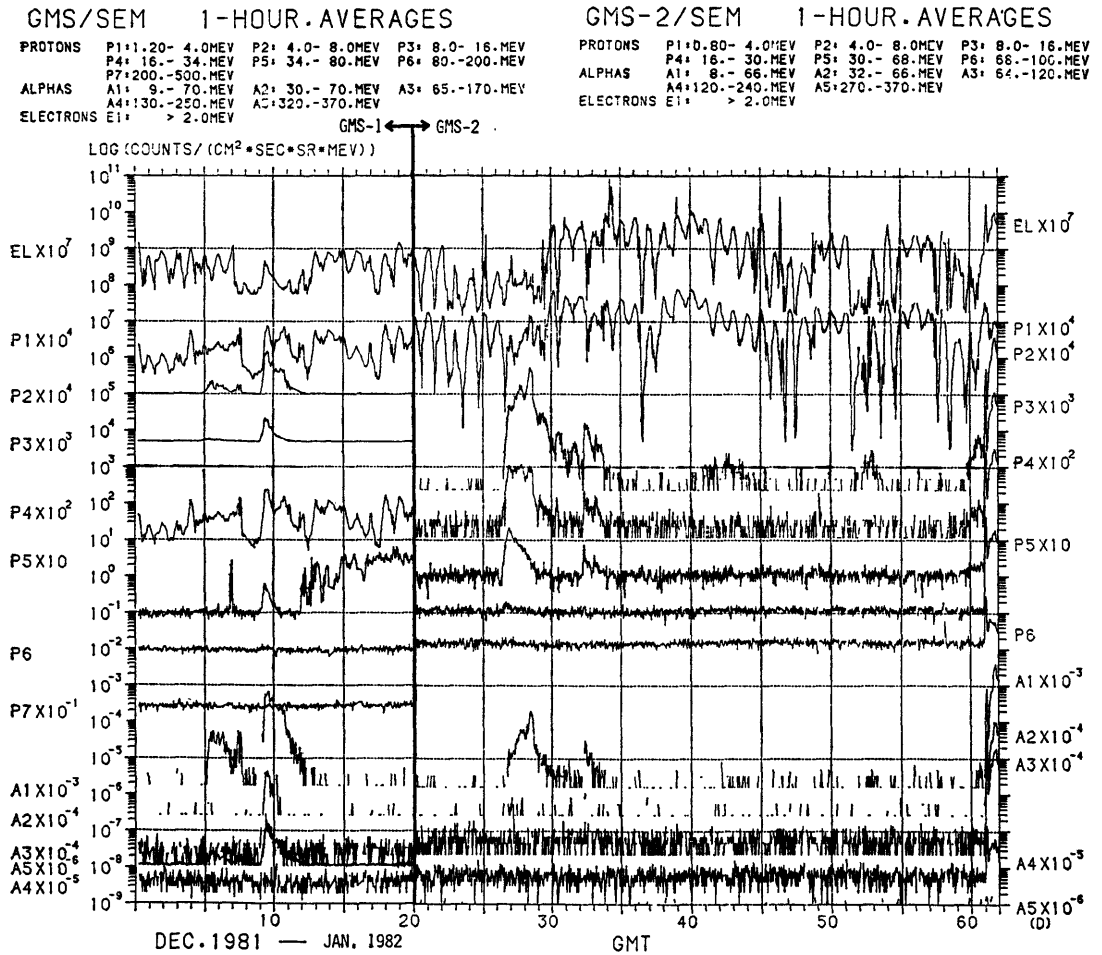
Fig. 3に GMS-2から1への交代期における SEM データの連続性を、また Fig. 4に GMS-1から2への交代期における連続性を示す。GMS-1の SEM データがこの時期に急激に異常を示しはじめたことにより、Fig. 4ではデータの連続性は、ほとんどないと判断できる。

7. GMS-2と3の SEM データの連続性について

1984年9月27日に、運用衛星が GMS-2 から3に交代した時期の SEM データの連続性を Fig. 5に示す。GMS-2で異常のあった電子、P4、P5、A3及びA4のチャンネルのデータについては比較できないが、その他の項目については一応矛盾なく連続していると思われる。

8. GMS-3の SEM データの取得状況と品質について

GMS-3の SEM データは現在まで順調に取得されており、データにも異常は認められない。また、SEM 暗電



**Fig. 2** The continuity and discontinuity of SEM data along the alternation of the operational satellite from GMS-1 to GMS-2 on Dec. 21, 1981.

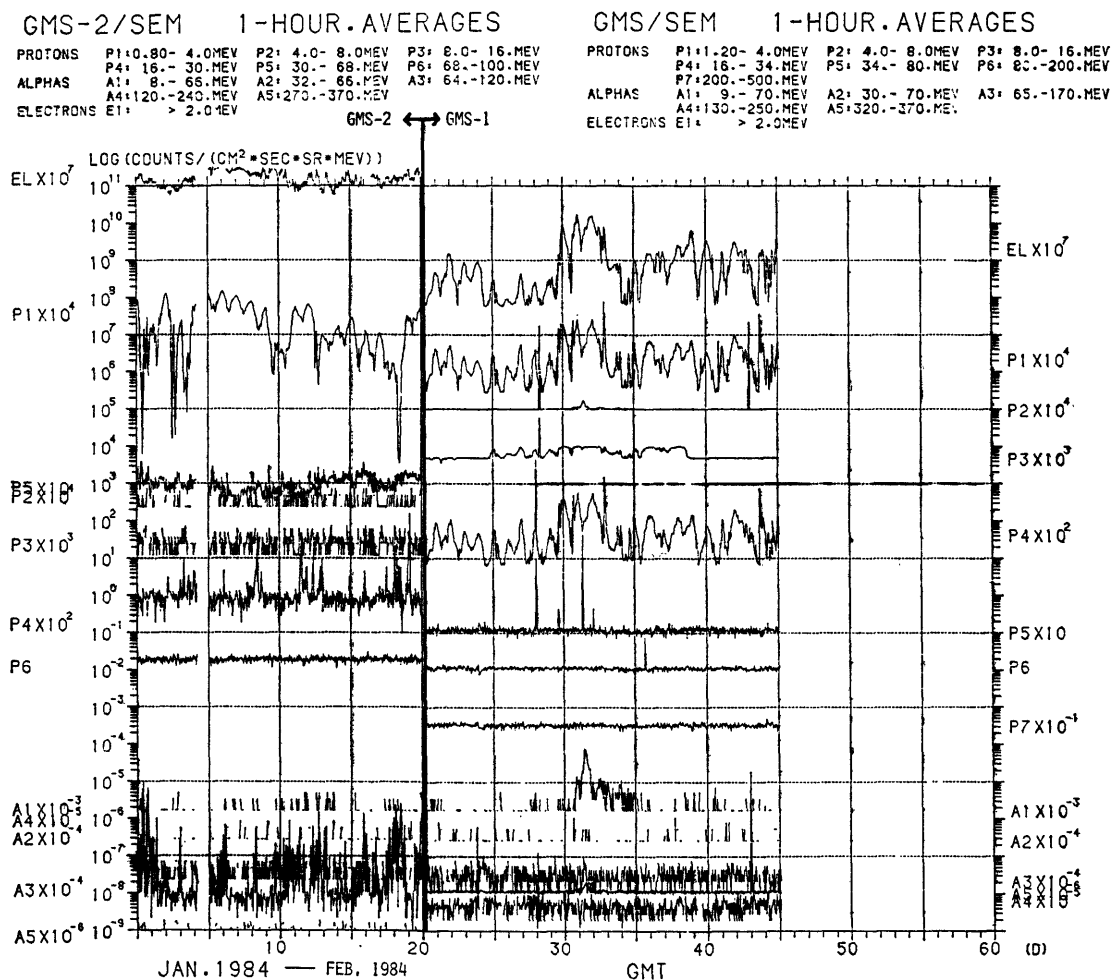


Fig. 3 The continuity and discontinuity of SEM data along the alternation of the operational satellite from GMS-2 to GMS-1 on Jan. 21, 1984.

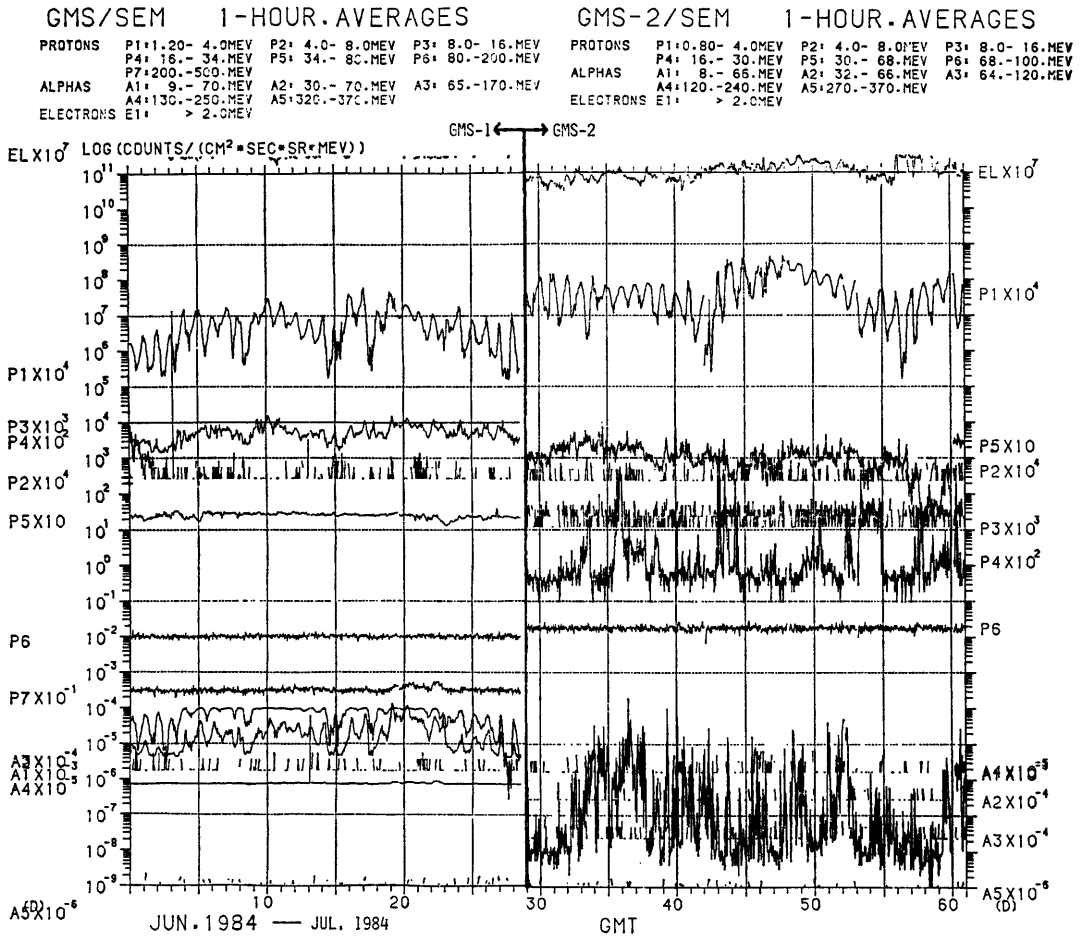


Fig. 4 The continuity and discontinuity of SEM data along the alternation of the operational satellite from GMS-1 to GMS-2 on Jun. 29, 1984.

GMS-2/3/SEM 1-HOUR.AVERAGES

PROTONS P1: 0.80- 4.0MEV P2: 4.0- 8.0MEV P3: 8.0- 16. MEV  
 P4: 16.- 30. MEV P5: 30.- 68. MEV P6: 68.-100. MEV  
 ALPHAS A1: 8.- 66. MEV A2: 32.- 66. MEV A3: 64.-120. MEV  
 ELECTRONS E1: > 2.0MEV  
 A4: 120.-240. MEV A5: 270.-370. MEV

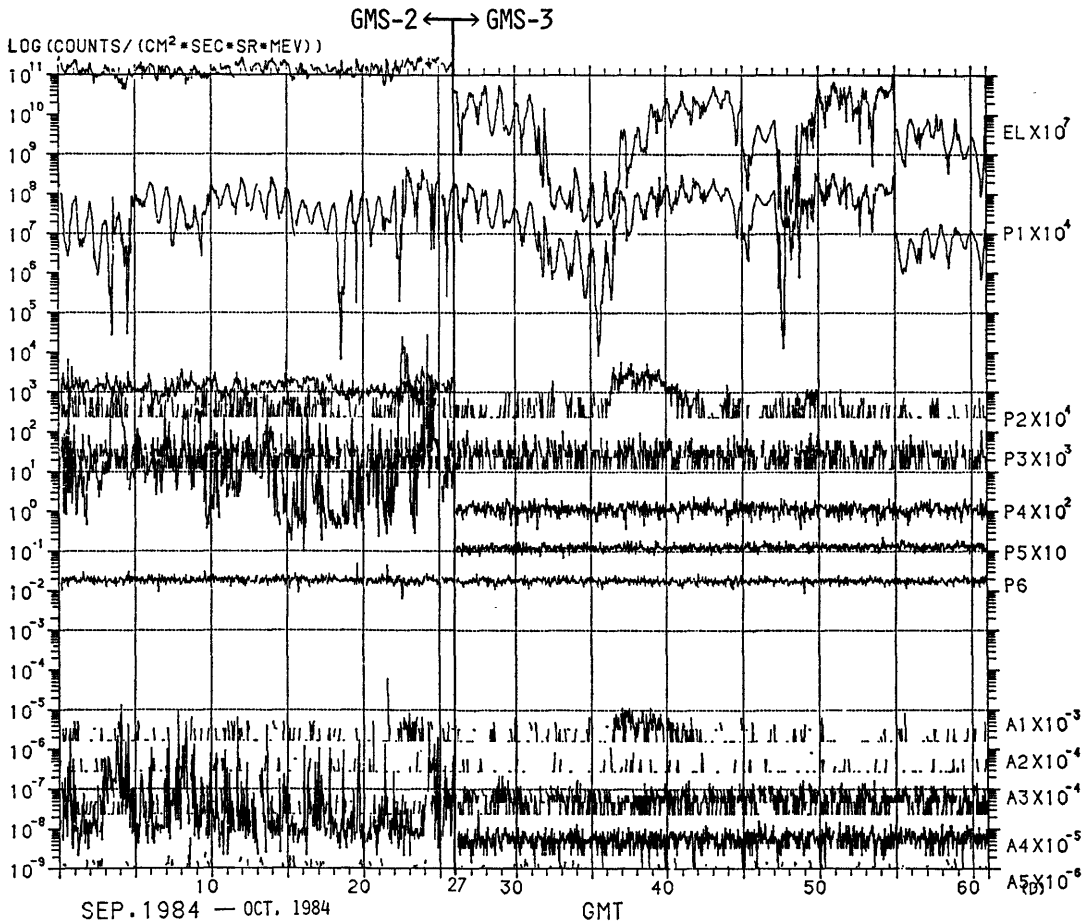


Fig. 5 The continuity and discontinuity of SEM data along the alternation of the operational satellite from GMS-2 to GMS-3 on Sep. 27, 1984.

流値及びキャリブレーション値も安定しており、SEM 検出器本体及び回路部も正常に動作していると考えられる。特に GMS-3 では食中も SEM を ON のまま運用しており、この点でも連続したデータが得られるようになってきている。

GMS-3 の SEM データの一例を Fig. 6 に示す。1985 年 1 月の 1 カ月間のデータの 1 時間平均値をプロットしたものである。21 日に発生した大きな太陽フレア現象に伴い、プロトンチャンネルのデータに、特徴的な増加がみられる。なお、GMS-3 の SEM は GMS-2 のものよりも検出器のノイズレベルが低く、特にエレクトロンチャンネルでは、今までノイズに埋もれていた現象まで解析でき、その有効性が期待されている。

9. GMS-3 の SEM データの利用動向について

(1) 気象研究所での利用

気象研究所では、気象衛星センターの SEM 累積 MT をコピーしたもの、及びプロット図を利用しており、太陽フレア及び地磁気活動に伴う現象の解析を行っている。これらに関連した文献としては、長井 (1984)、Nagai et al. (1979) 等がある。

(2) 郵政省電波研究所での利用

電波研究所平磯支所へは、衛星センターから毎日、前日 1 日分の SEM データ (2 分間平均値のプロット図) を電話ファックスで送付しており、電波予報・警報の参考資料として利用されている。

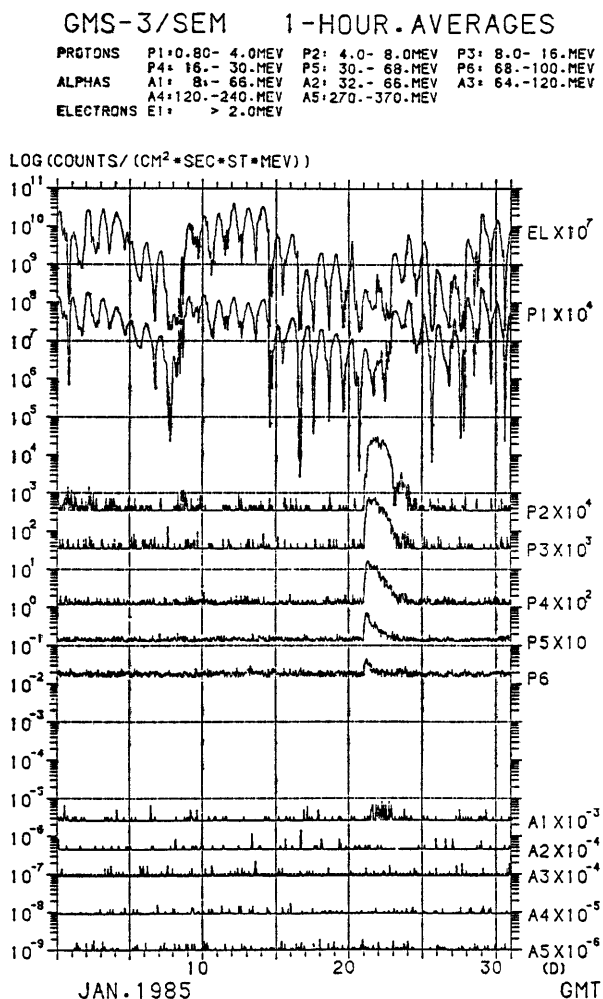


Fig. 6 Remarkable example related to the solar flare appeared in SEM data.



上記の1985年1月21日の太陽フレアに伴って発令された電波予報の内容を Fig. 7に示す。太陽フレアの規模が大きいと、電子以外にプロトンも加速されて惑星間空間を伝搬して地球に飛来する。この高エネルギープロトン（太陽プロトン）の到達時間は、磁気嵐を起こす高速プラズマ流よりはるかに短いので、衛星でいち早く高エネルギープロトンを検出すれば磁気嵐の予知が行えるのである。

(3) 宇宙開発事業団 (NASDA) での利用

NASDAではデータを用いて、衛星の太陽電池が放射線により劣化する状況を推定すると共に、衛星に不具合が生じた際の原因調査のための取得資料の1つとしている。

(4) 通信・放送衛星機構での利用

通信・放送衛星機構津波衛星管制センターでは、SEMデータ等を利用して静止軌道上の宇宙環境を把握し、太陽電池の性能に対するソーラフレアの影響の評価等の解析を行っている。

10. 結 語

今までに観測された SEM データは、気象衛星センターにおいて、磁気テープに累積（2ヵ月分が1本のMTに累積）、保存されると共に、1時間平均値のリストとプロット図が気象衛星センター月報に掲載され、関係機関に配布されている。

これらの SEM データは、その累積期間が長くなるに伴って、太陽活動の気候学的なデータベースとして、そ

太陽地球環境予報		NO. 1/1985	1月22日 発令
		発令時刻	4時 (UT)
<b>太陽活動</b>			
太陽面の3象限 (40W10S) に活動的な黒点群があり、21日23時58分頃に 大きなフレア (X4/2B) が発生し、これに伴って大きな太陽電波バースト (シドニーの報告ではTYPE II)、デリンジャー現象が観測されました。			
<b>地磁気活動</b>			
現在のところは静穏ですが、フレアに伴う地磁気嵐の発生が2~3日後に予測されます。			
また、明日からコロナホールによる地磁気擾乱が予測されます。			
<b>現象報告</b>			
FLARE		SWF	
20/2041 M4/1B		21/0348 Imp. 2	
21/0239 1B		21/0505 Imp. 1+	
21/0455 1B		21/2358 Imp. 3+	
21/2358 X4/2B		SPA	
TENFLARE		20/2046 HAIKU 106°	
22/0000 1100FU		21/0344 REUNION 207°	
22/0058 1100FU		21/0406 REUNION 155°	
		21/2357 HAIKU 247°	

Fig. 7 Example of the solar activity forecast dispatched by the Radio Research Laboratories.

の利用価値が高まって来ている。しかし、データを利用、解析する際には、以上に述べたようにデータの連続性と品質について充分留意せねばならない。

また、次の GMS-4 に搭載される SEM 測器も、GMS-1 と同様のものが予定されているので、当然同じ傾向のデータが得られるはずである。

なお、米国の GOES に搭載されている SEM は、高エネルギー粒子の測定以外に、X線及び磁力線の測定も行っている。そして、太陽活動のモニターだけでなく、衛星本体をとりまく宇宙環境をモニターし、衛星の内部状態の解析にも用いている。衛星搭載機器の高集積化が進むにつれ、半導体デバイスの対放射線性が問題となっており、このようにハウスキーピングのためのテレメトリデータとして SEM データを活用することが注目されている。

#### 謝 辞

電波研究所での SEM データの利用状況につきまして、平磯支所の好意により参考資料の提供を受けました。

#### Reference

- 河野 毅, 須田友重: 「ひまわり」の SEM データ, SEM 研究会報告 (2), 1980年9月。  
須田友重, 河野 毅, 神谷芳和: 「ひまわり」の SEM データ, SEM 研究会報告 (4), 1983年10月。  
長井嗣信: GMS/SEM の P1 データについて, 気象衛星センター技術報告, 第10号, 1984年。  
長井嗣信: GMS/SEM による最近の太陽活動, 気象研究所, 昭和59年度研究発表会予稿集。  
電波研究所電波予警報将来計画検討会編: 電波研究所における電波予報・警報の研究と業務の展望。  
Nagai, T., M. Kuwashima, M. Kawamura, and T. Kohno, 1979: GMS proton flux observation during February 1978. Planet. Space Sci., 27, 1035-1037。  
木村光一, 河野毅: 「GMS 本体」, 気象衛星センター技術報告 (特別号 I-1), 1980年3月。

記録 GMS-3によるSEMデータも1年分が累積されたので、その24時間平均値  
 の1年間プロット図を示します。太陽活動の地球に対する影響を表す指標としては、気  
 象庁の「季節予報資料」に記載されているSUN SPOT INDEXと地磁気活動の  
 K-INDEXがありますが、SEMのプロトンチャンネル(例えばP2)のデータも、  
 太陽から地球への直接の影響を表すINDEXとして、その有効性が期待されています。

### GMS-3/SEM 24-HOUR.AVERAGES

PROTONS	P1: 0.80- 4.0MEV	P2: 4.0- 8.0MEV	P3: 8.0- 16.MEV
	P4: 16.- 30.MEV	P5: 30.- 68.MEV	P6: 68.-100.MEV
ALPHAS	A1: 8.- 66.MEV	A2: 32.- 66.MEV	A3: 64.-120.MEV
	A4: 120.-240.MEV	A5: 270.-370.MEV	
ELECTRONS	E1: > 2.0MEV		

