

GMS/SEM の P1 データについて

On the P1 Data from GMS/SEM

長井 嗣信*

Tsugunobu Nagai

Abstract

The count rate of the lowest energy channel P1 (1.2-4 MeV protons nominal) of Space Environment Monitor on Geostationary Meteorological Satellite is compared with the proton intensity derived from U.S. spacecraft observations. It is found that the channel P1 count rate is almost always abnormally high. It is also found that the channel P1 count rate corresponds feature by feature to the energetic electron intensity derived from channel EL (>2 MeV electrons). This analysis indicates that energetic electrons are a significant contaminant in the proton channel P1.

1. はじめに

気象衛星「ひまわり」(以下 GMS) では、SEM (宇宙環境モニター) により、高エネルギーの陽子、アルファ粒子、電子を、いくつかのエネルギー範囲について、定期的に観測することによって、太陽活動についての気候学的なデータベースを作りつつある。米国の気象衛星 GOES にも、SEM が搭載されている。GMS のデータと GOES 等のデータを比較してみる機会があり、GMS の陽子のエネルギーの一番低いチャンネル P1 については、GMS のフラックスの値が異常に高いことがわかった。以下、データを示すことによってこのことを示し、その原因について、考察してみる。

2. GOES 衛星データとの比較

1978年7月から1980年6月の2年間にわたる期間について、GMS、GOES-2、GOES-3 の P1 と EL のチャンネルのデータについて、比較をおこなう。3つの衛星の情報を Table 1 に示す。GOES のデータは、一日分のデータが一枚の図にプロットされたものが、マイクロフィルムとなっている。地方時の正午前後の±30分間の値を読みとって、正午の一時間値とした(正午は、GOES-

3 については 21 UT, GOES-2 については、17 UT か 19 UT とし、移動中はそのあいだの時刻)。GMS については、生データから2分平均値を作製し、02-03 UT の間について1時間平均値を作り、正午値とした。夜間は地磁気活動による変動が大きいため(たとえば Nagai, 1982)、地磁気活動の影響の最も少ない正午付近の値を使用している。これによって、GOES での食(地球の影にはいる)時間の欠測を、さけることができる。ただし、GMS のデータによれば、正午値と一日平均値の変動のようすは、たいへん良く一致する。Figs. 1a-1h に、半年ごとの結果を示す。

EL の値については、3つの衛星での値が、フラックスの絶対値および変動のようすともに、よく一致することがわかる。2 MeV 以上のエネルギーをもつ電子は、昼間にフラックスが高く、夜間にフラックスが低くなるという日変化を示すことから、静止衛星近傍では、安定に地球磁場に捕縛されていることがわかる。地球のまわりをドリフトする時間は数分のオーダー (Schultz and Lanzerotti, 1974) であるから、衛星の経度が異っても、良く対応した変動を示すことが期待できる。一般に、GOES-3 での値が、GOES-2 での値より高いのは、GOES-3 が磁気的により地球に近い位置にあるためである(高エネルギー電子は、静止衛星近傍の距離では、地球に近いほど、フラックスが高くなる分布を示している)。また、GOES-2、GOES-3 でフラックスが低い値を示す時に、GMS では高い値を示しているのは、GMS

* 気象研究所高層物理研究部 Meteorological Research Institute Upper Atmosphere Physics Division.

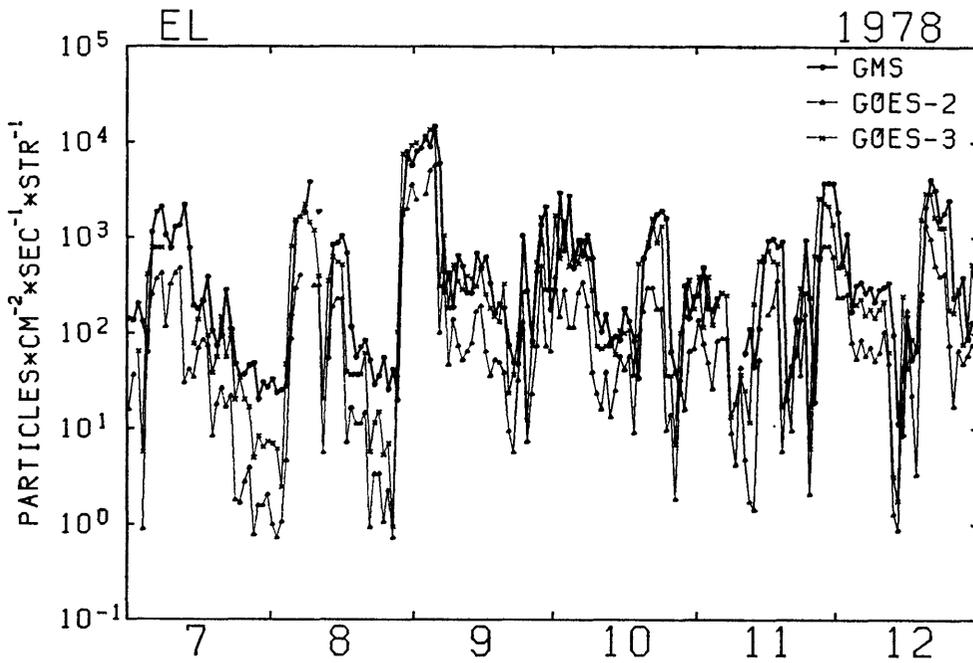


Fig. 1a The channel EL (>2 MeV electrons) count rates by GMS, GOES-2, and GOES-3 during the last 6 months of 1978.

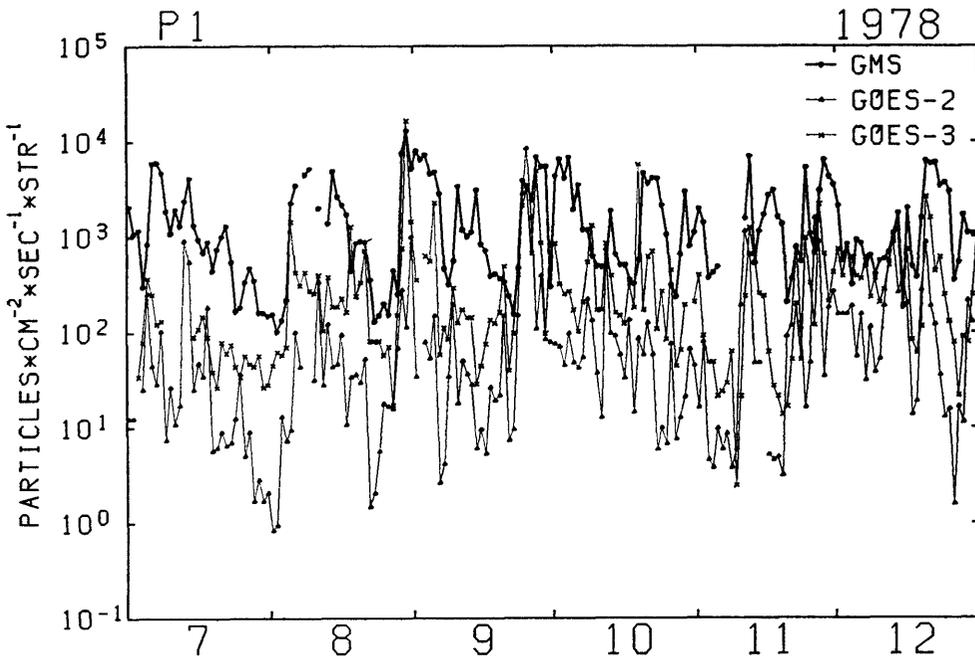


Fig. 1b The count rate of the GMS channel P1 and the 0.8-4 MeV proton intensities by GOES-2 and GOES-3 during the last 6 months of 1978.

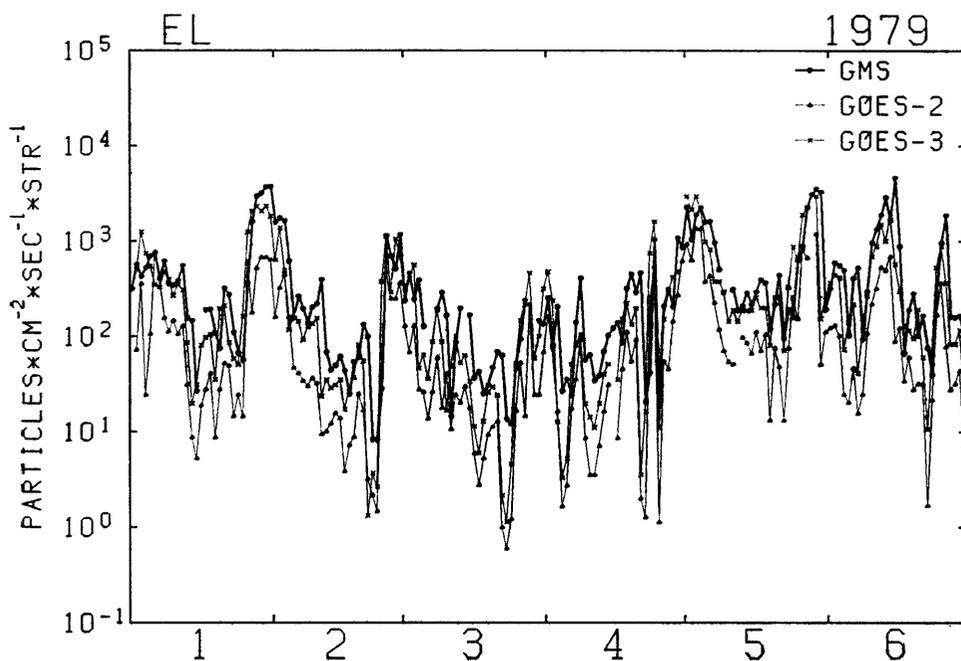


Fig. 1c The channel EL (>2 MeV electrons) count rates by GMS, GOES-2, and GOES-3 during the first 6 months of 1979.

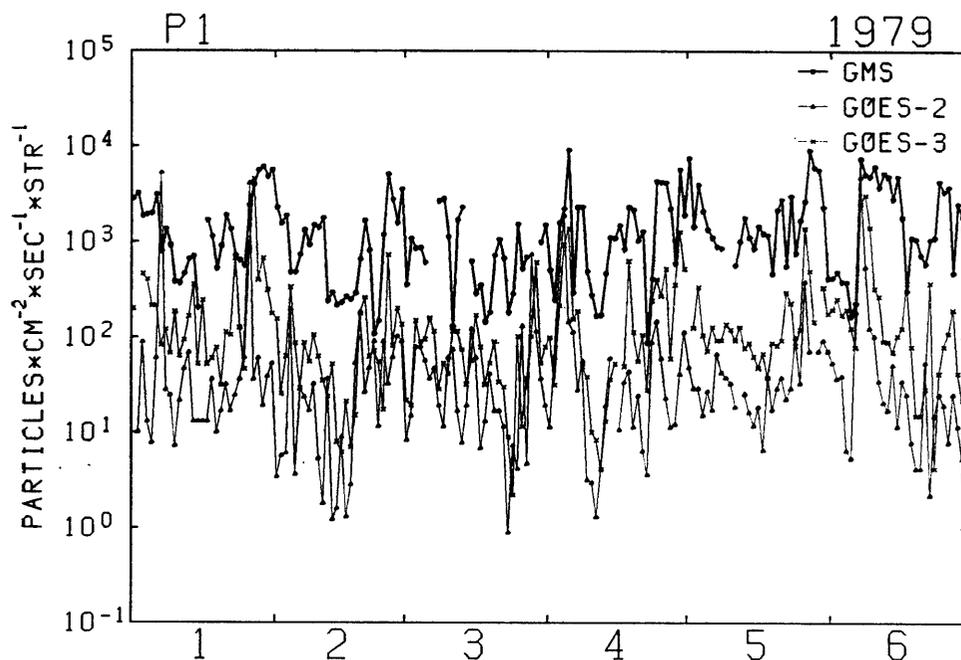


Fig. 1d The count rate of the GMS channel P1 and the 0.8-4 MeV proton intensities by GOES-2 and GOES-3 during the first 6 months of 1979.

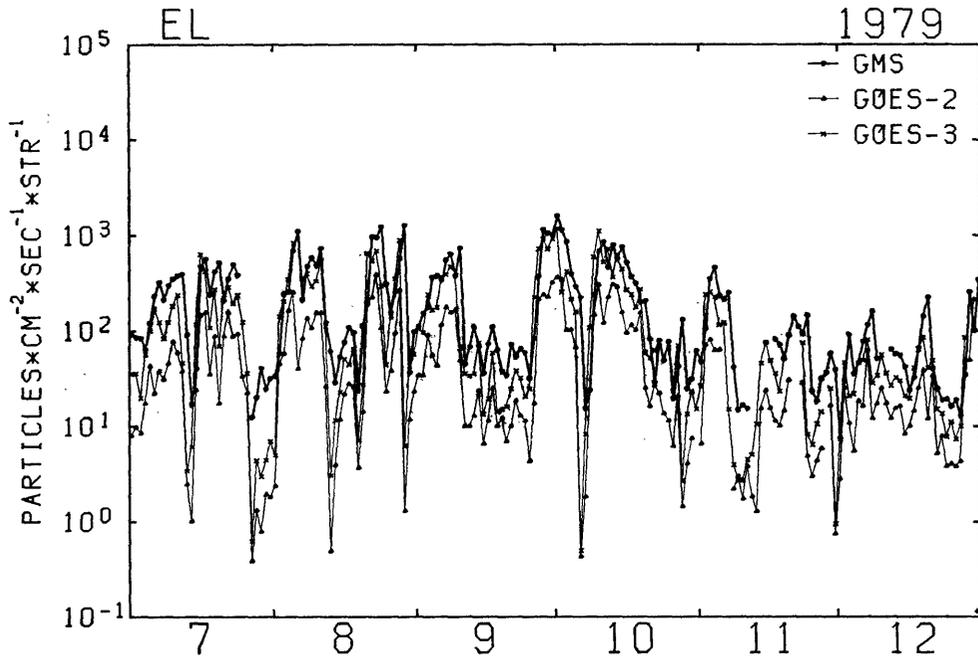


Fig. 1e The channel EL (>2 MeV electrons) count rate by GMS, GOES-2, and GOES-3 during the last 6 months of 1979.

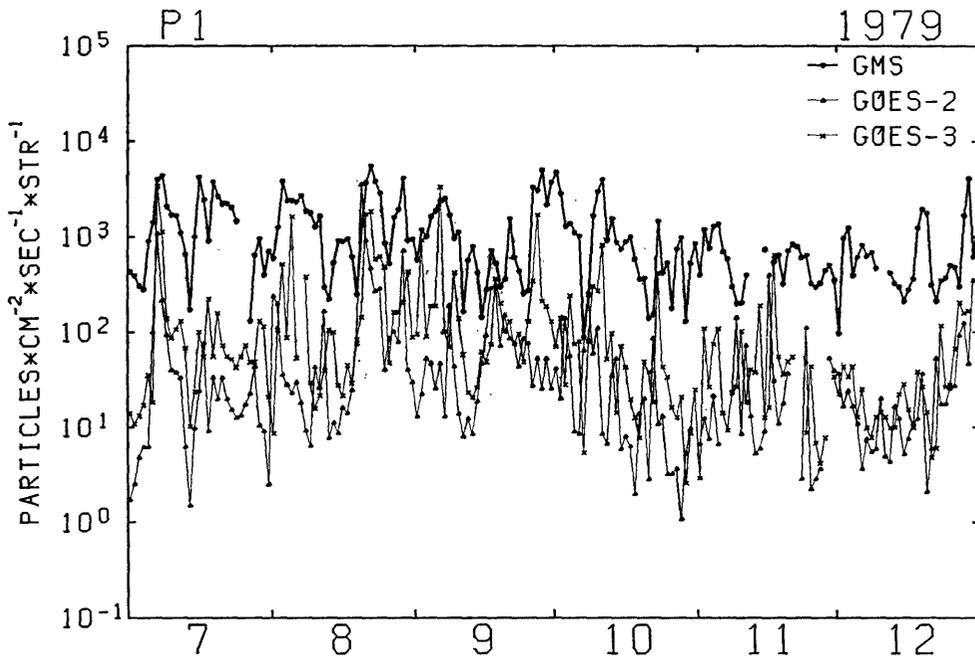


Fig. 1f The count rate of the GMS channel P1 and the 0.8-4 MeV proton intensities by GOES-2 and GOES-3 during the last 6 months of 1979.

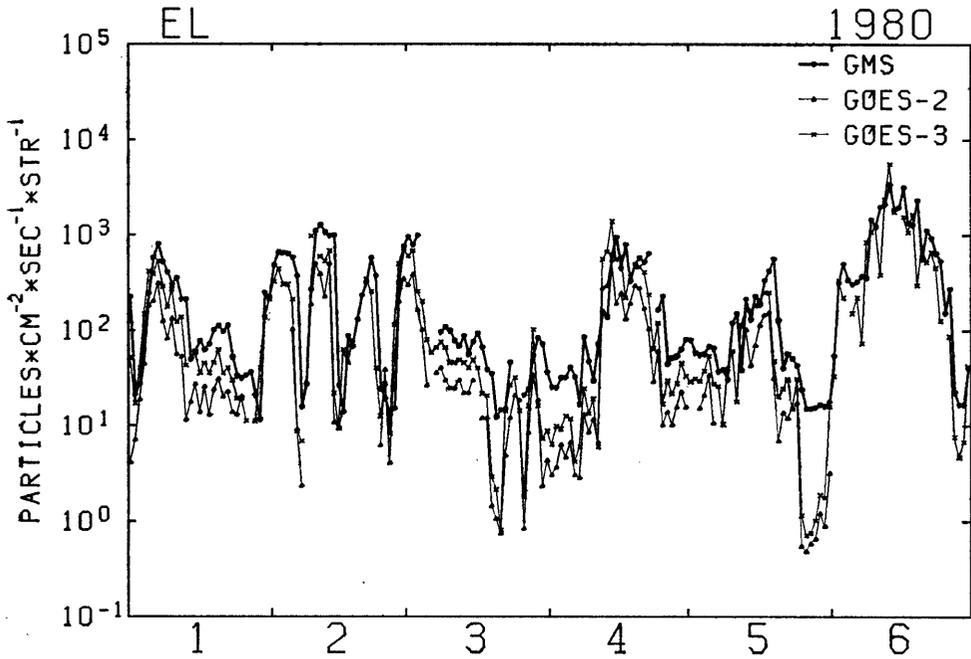


Fig. 1g The channel EL (>2 MeV electrons) count rate by GMS, GOES-2, and GOES-3 during the first 6 months of 1980.

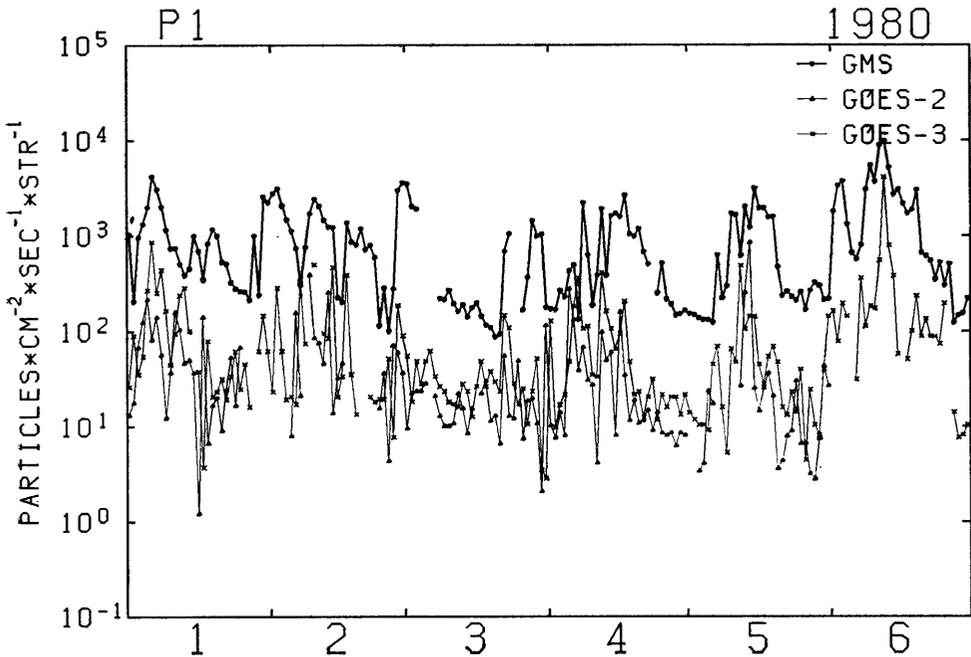


Fig. 1h The count rate of the GMS channel P1 and the 0.8-4 MeV proton intensities by GOES-2 and GOES-3 during the first 6 months of 1980.

Table 1

| | Geographic Long. | Geomagnetic Lat. | P1 | EL |
|--------|------------------|------------------|------------------|-----------------|
| GMS | 140°E | -10° | 1.2-4 MeV proton | >2 MeV electron |
| GOES-3 | 135°W | +5° | 0.8-4 MeV proton | >2 MeV electron |
| GOES-2 | 75°W or 105°W | +10° or +8° | 0.8-4 MeV proton | >2 MeV electron |

のデータが光によるノイズを含んでいるためと考えられる。

P1のデータでは、3つの衛星からのデータの対応は、かならずしも良くない。一番大きな問題点は、GMSの値が、つねにGOES-2、GOES-3の値より高くなっていることである。測定エネルギー範囲は、GMSが高エネルギー側へよっているため (Table 1)、GMSの値は、GOESの値より低くなるはずである。ところが、GMSの値は、GOESの値より1オーダー程度高い値を示している。また、GMSとGOESでは、変動のようすもかなり異なる。GOESの値が増加してGMSの値に近くなることがあるが、GOESではすぐに減少してしまうが、GMSでは、高い値にとどまっている。GOES-3とGOES-2のデータをみると、このエネルギー範囲 (0.8-4 MeV) の陽子は、安定に捕縛されているとはいえず、きれいな

日変化を示さないときが多い。GOES-3とGOES-2でのフラックスのパラッキは、このことによると思われる。GOES-3の値がGOES-2の値よりやや高いのは、地磁気緯度の効果によると考えられる。

GMSのP1の値の異常は、ELの結果から、衛星の緯度、経度の違いによるとはいえない。また、GMSのP1にある光によるノイズによるとはいえないことが、GMS-2のP1でも、同様の異常があることからわかる。ここで、1982年について、GMS-2とGOES-2とのP1についての比較をFig. 2に示す。ここで、GMS-2では、エネルギー範囲をGOES-2と同じ0.8-4 MeVにしてあり、光によるノイズの問題がないにもかかわらず、両者の差が、一層大きくなったことがわかる。

Figs. 1a-1hによると、GMSでは、P1とELのフラックスの振舞が良く似ていることがわかる。この点を

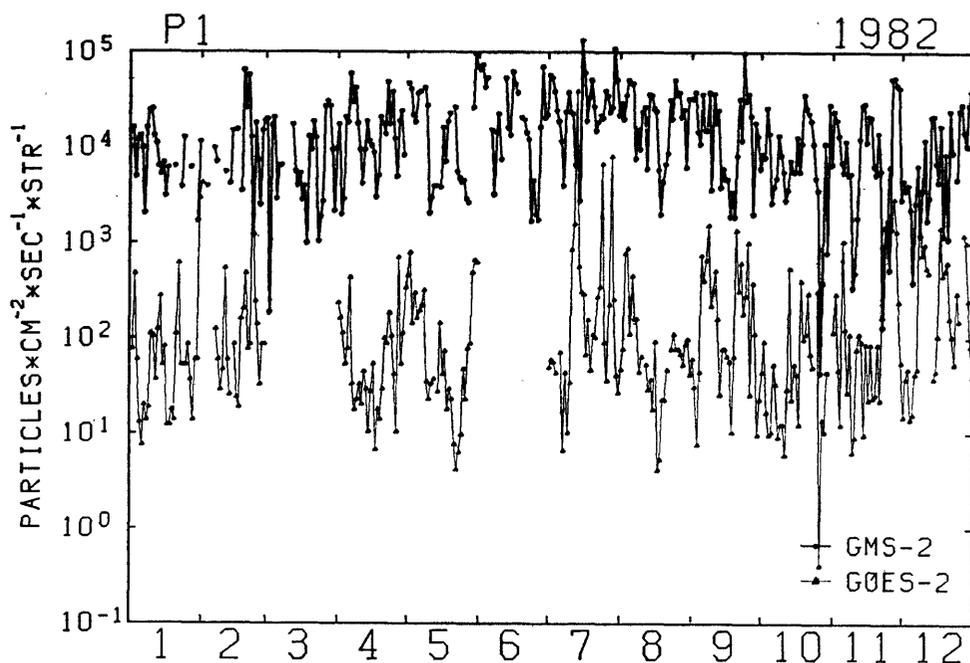


Fig. 2 The count rate of the GMS-2 channel P1 and the 0.8-4 MeV proton intensity by GOES-2 in 1982.

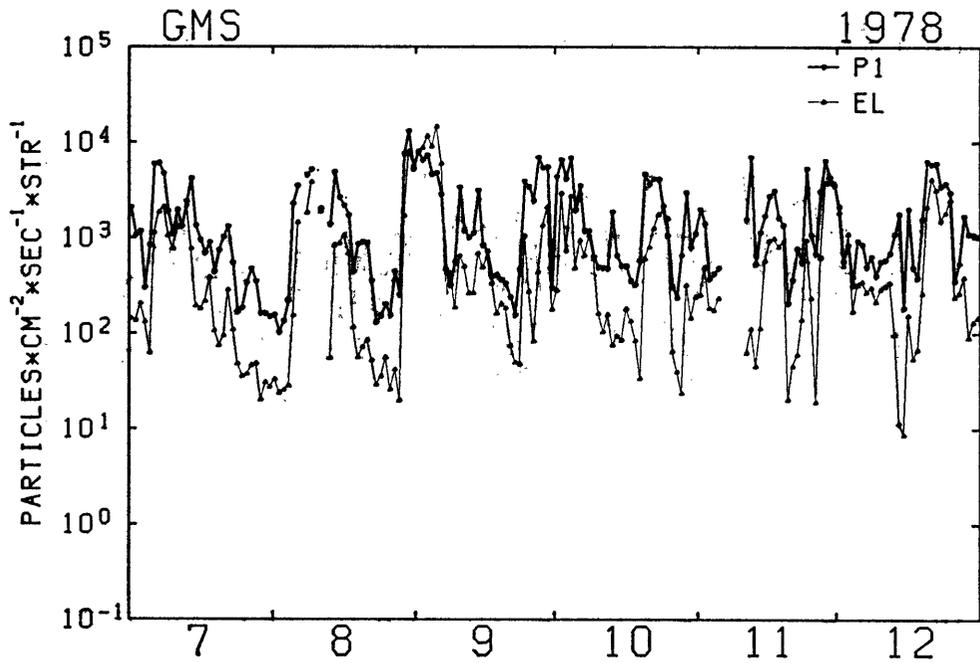


Fig. 3a The count rates of the channels EL (>2 MeV electrons) and P1 from GMS/SEM during the last 6 months of 1978.

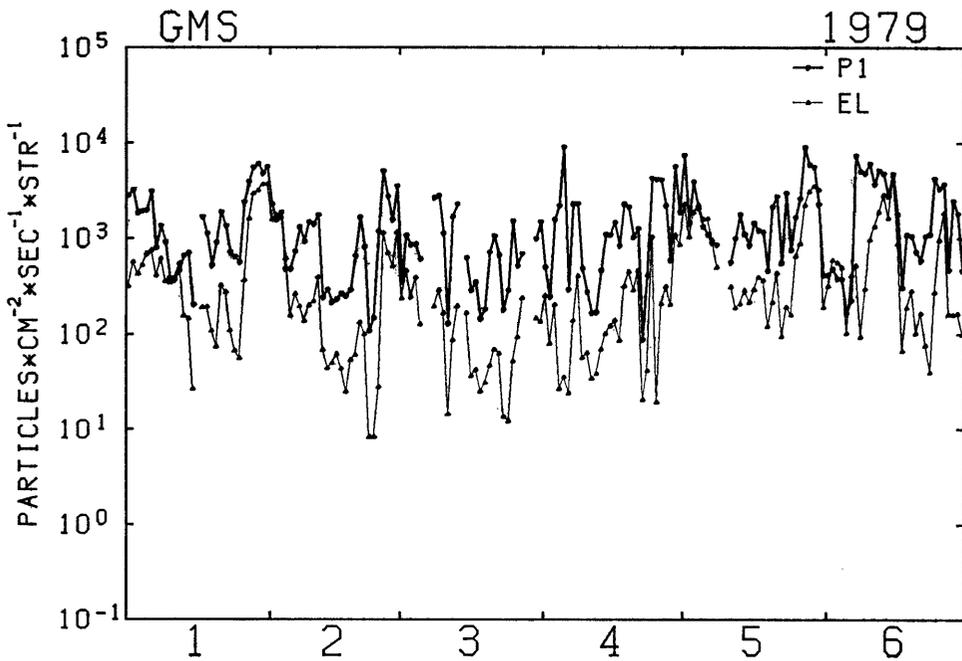


Fig. 3b The count rates of the channels EL (>2 MeV electrons) and P1 from GMS/SEM during the first 6 months of 1979.

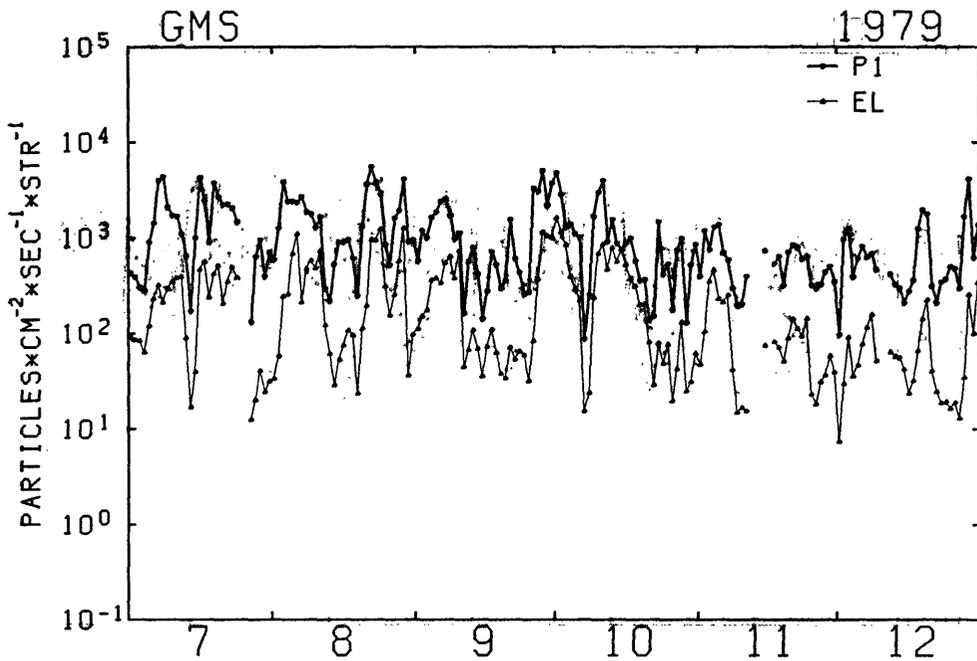


Fig. 3c The count rates of the channels EL (>2 MeV electrons) and PI from GMS/SEM during the last 6 months of 1979.

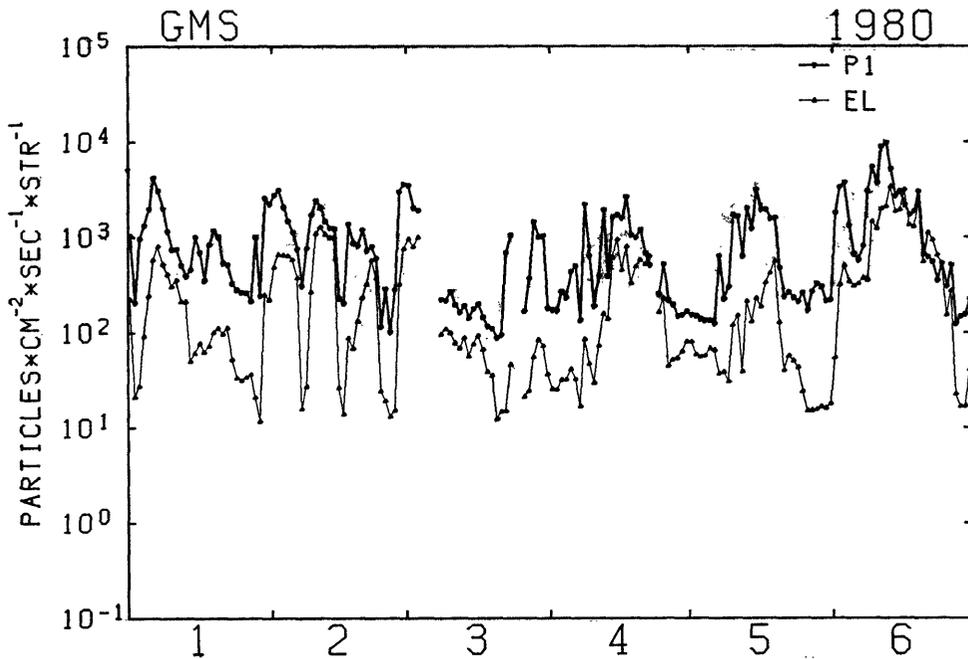


Fig. 3d The count rates of the channels EL (>2 MeV electrons) and PI from GMS/SEM during the first 6 months of 1980.

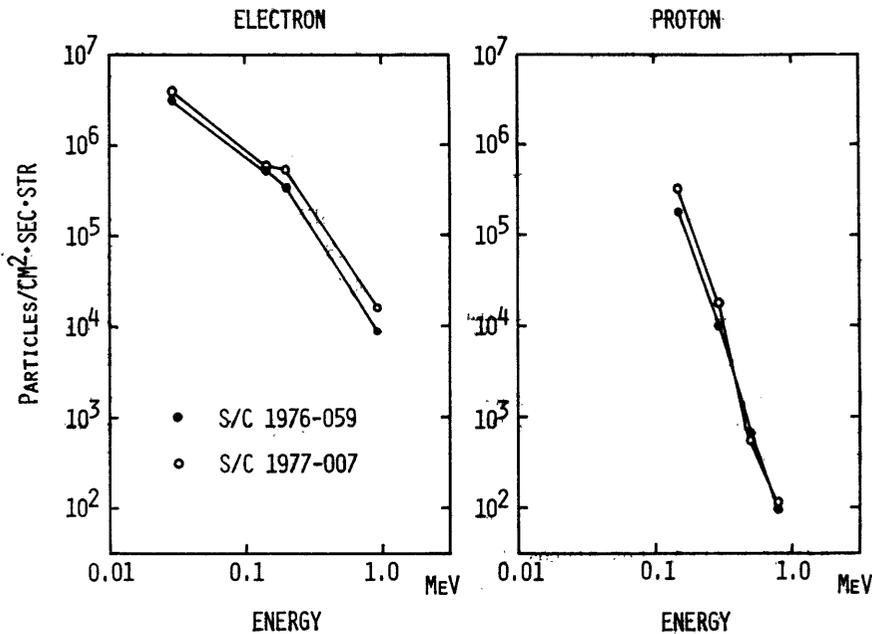


Fig. 4 Energy spectra for electrons (left panel) and protons (right panel) observed by the Los Alamos experiments on the spacecraft S/C 1976-059 and S/C 1977-007.

詳しく調べるために、Figs. 3a-3d に、GMS の P1 と EL の値を、同じ図にプロットした。あきらかに、陽子のチャンネルである P1 が、電子のチャンネルである EL に、良く似ていることがわかる。

3. Los Alamos 衛星データの検討

Los Alamos National Laboratory の粒子測定装置が、静止衛星 S/C 1976-059 (西経 35° か 70°) と S/C 1977-007 (西経 135°) に搭載されている。S/C 1976-059 では、1976年7月から1978年12月まで、S/C 1977-007 では、1977年7月から1978年12月までについて、正午付近の粒子フラックスの平均値が発表されている。これから、陽子と電子について、エネルギースペクトルを作ることができる。結果を Fig. 4 に示してある。2 MeV 以上の電子については測定されていないが、外挿することにより、 $10^9 \text{ cm}^{-2} \cdot \text{sec}^{-1} \cdot \text{str}^{-1}$ 前後の値が得られ、この値は、GMS や GOES の EL の値に近いことがわかる。1 MeV 程度の陽子については、 $10^2 \text{ cm}^{-2} \cdot \text{sec}^{-1} \cdot \text{str}^{-1}$ 以下の値となり、GOES の値との一致が良い。このことから、GMS の P1 の値が、異常であることがわかる。

4. 考察

3種類の衛星からのデータの比較により、NOAA の衛星と Los Alamos の衛星とは、データの良い一致をみるが、GMS の P1 は、それから大きくズレていることがわかった。この原因が、光によるノイズや、緯度、経度の違いによることではないことは、すでにのべた。ここで注目すべきことは、GMS では P1 の値が EL の値と同じような振舞を示すことであり、P1 の検出器が、電子もカウントしている可能性を示唆している。ここで、この点について、考えてみる。

GMS の P1 の検出器は、1.25 μm の Ni の遮蔽板 (Moderator) と 0.33 mm の半導体検出器からなっている。ここで、Ni は厚さが薄い (1.1 mg/cm^2) ので無視して考える。半導体は、79.9 mg/cm^2 の厚さをもつ。Fig. 5 に、陽子と電子に対して、あるエネルギーで入射したとき、どれだけのエネルギーが発生するかを示している ($dE-E$ カーブ)。P1 では、出力が 0.9 MeV 程度以上の信号があると、陽子であると判定する (上限は 4 MeV)。この図からは、電子は 0.25 MeV 以上のエネルギーを出さないから、カウントされないはずとなる。しかし、エネルギーロスについては、電子では平均値からのバラつきが大きく、1 MeV 程度の電子が、検出器

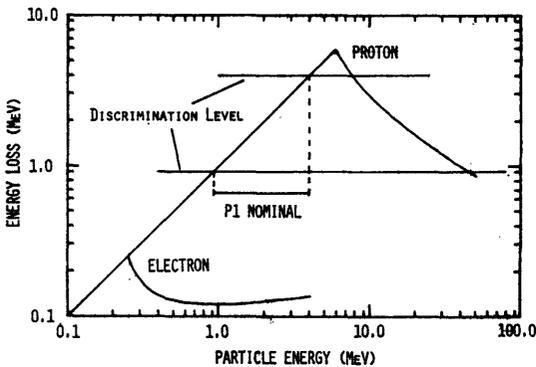


Fig. 5 The nominal incident energy versus deposited energy characteristics for the P1 detector of GMS/SEM.

の中で止まってしまい 1 MeV の出力をだすことが確率的にありうることが知られている。Los Alamos 衛星のデータによれば、静止衛星軌道付近には、1 MeV 程度の電子が $10^4 \text{ cm}^{-2} \cdot \text{sec}^{-1} \cdot \text{str}^{-1}$ 程度あり、仮りに 10% 程度が検出器で止まってしまうと、みかけ上、 $10^8 \text{ cm}^{-2} \cdot \text{sec}^{-1} \cdot \text{str}^{-1}$ 程度の陽子があるとしてしまう。また、半導体自身のノイズレベルが高いと、低エネルギーの電子でも、陽子と判断してしまう。ディスクリレベルを下げた GMS-2 で、GOES-2 との差が大きくなったことは、より電子をかぞえやすくなったと考えれば、説明がつく。1 MeV 程度の電子の振舞が、EL で測定している 2 MeV 以上の電子の振舞と良く似ていることは推測されることであり、加速や流入の効率がエネルギーによって多少違うことが、完全に一致しない原因となるであろう。また、重イオン (He^{++} 以上) が、多量にあるとは考えられない。以上のことから、P1 が電子を含んでいるといえる。

GOES 衛星では、 $50 \mu\text{m}$ と $500 \mu\text{m}$ の 2 つの検出器を使った telescope 型のセンサーを用い (Grubb, 1975)、Los Alamos の衛星では、一段目に $45 \mu\text{m}$ 、二段目以後に $3000 \mu\text{m}$ 等の多段の検出器をもった telescope 型のセンサーを用いている (Baker et al., 1979)。一段目に

薄い半導体を用い、さらに二段目以後との coincidence をとることによって粒子を分別して、電子の混入を除くことが、一般にはおこなわれている。

5. 結 語

GMS/SEM では、P1 のチャンネルによって、1.2-4 (又は 0.8-4) MeV の陽子測ることをめざしているが、静止衛星軌道付近にはたくさんある高エネルギー電子もいっしょにカウントしているために、陽子のフラックスが正確に測定されていない。これは、現在 P1 に使っている測定方法によると考えられ、陽子と電子のエネルギーを正しく測定するには、telescope 型のセンサーを使うことが望ましい。

謝 辞

GOES 衛星のデータは、NOAA/SEL の H. H. Sauer 博士の好意による。一部は、宇宙科学研究所を通じて、入手した。Los Alamos 衛星のデータは、Los Alamos National Laboratory の D. N. Baker 博士の好意による。

References

- Baker, D. N., R. D. Belian, P. R. Higbie and E. W. Hones, Jr.: High-energy magnetospheric protons and their dependence on geomagnetic and interplanetary conditions, *J. Geophys. Res.*, **84**, 7138, 1979.
- Grubb, R. N.: The SMS/GOES space environment monitor subsystem, *Tech. Memo. ERL SEL-42*, NOAA, Boulder, Colo., 1975.
- Nagai, T.: Local time dependence of electron flux changes during substorms derived from multi satellite observation at synchronous orbit, *J. Geophys. Res.*, **87**, 3456, 1982.
- Schulz, M. and L. J. Lanzerotti: *Particle diffusion in the radiation belts*, Springer-Verlag, Berlin. Heidelberg. New York, 1974.

編集委員会コメント

当論文の結語において筆者は P1 のセンサーは現在の型よりも telescope 型を使うことが望ましいと述べている。しかし、telescope 型センサーの開発には技術的困難があった。従って、ここにこの論文を掲載した理由は、GMS/SEM の P1 データには陽子のみでなく高エネルギー電子も含んでいる可能性があることを考慮して利用していただくことにある。なお、その他のチャンネルのデータについては特に問題はないものと思われる。