

—研究論文—  
*Scientific Papers*

## 昭和基地における宇宙線シンチレーションの研究 (I)

北村正壺\*・池上比呂志\*・小玉正弘\*\*

Studies of Cosmic-Ray Scintillations Observed at Syowa Station, Antarctica (I)

Masatoshi KITAMURA\*, Hiroshi Ikegami\* and Masahiro KODAMA\*\*

**Abstract:** Using 5-minute data of cosmic-ray neutron and meson intensities observed at Syowa Station, Antarctica in July and December 1970, short term variations covering the periods from 10 to 120 minutes have been investigated by a tool of sonagraph-type analyzer, in terms of enhancements in spectral power density as a function of time. Dynamic spectra thereby deduced show that there occurred, for the neutron component alone, seven times the enhanced cosmic-ray scintillations (called ECS) which exhibit the period of a few ten minutes with the persistent time from a few hours to one day. It is also shown that ECS events are not related to solar-terrestrial phenomena but to atmospheric pressure and wind velocity disturbances in the upper atmosphere. The presently observed ECS events are not of the extra-terrestrial origin but of the atmospheric origin.

### 1. 序

最近, 宇宙線強度測定技術の発達に伴って, 観測精度が向上し, 周期数分ないし数十分までの宇宙線短周期変化についての解析が可能となり, それに伴う議論がなされるようになってきた (例えば, DHANJU and SARABHAI, 1967; LANZEROTTI *et al.*, 1973; ATTOLINI *et al.*, 1974).

これらは宇宙線シンチレーションと呼ばれ (JOKIPII and OWENS, 1972), そのパワースペクトル及びそのゆらぎの起源は当面の中心的問題であり, 現在これに関して惑星間空間起源と地球起源の両面から検討が進められている. JOKIPII and OWENS (1972, 1973) は宇宙線パワー

\* 気象研究所. Meteorological Research Institute, Koenji-kita, Suginami-ku, Tokyo 166.

\*\* 理化学研究所. Institute of Physical and Chemical Research, 7-13, Kaga 1-chome, Itabashi-ku, Tokyo 173.

スペクトルと惑星間空間磁場の変化との関係を議論し、宇宙線シンチレーションは宇宙線の非等方的流れと太陽風のゆらぎとの相互作用によって生ずるものであり、宇宙空間磁場の微細構造に関する新しい情報を伝えるであろうことを指摘している。

一方、周期数十分程度の宇宙線短周期変化は地球大気の構造の変化によって誘起されることも考えられる。即ち気象じょう乱に伴い大気内に誘起される微小な気圧変化、例えば内部重力波の振幅は 1 mb 前後である（荒川，1973）ので、高精度宇宙線観測器を用いれば、宇宙線短周期変化としてこれを検出することができるはずである。

一般に現用の気圧計は、原理的に風による測定の流れをさけることができず、特に気象じょう乱時における微気圧測定は困難である。これに対して宇宙線測定では、気圧との良い相関から逆に風の影響を受けない気圧を与えることができる。それだけでなく、内部重力波は超高層の熱構造に重要な役割をもつと考えられ（HINES, 1965）、大気物理学、特に超高層と下層大気との相互作用に大きな意味をもっている。現在高層の大気波動の観測には、ライダーを用いた対流圏の波動の観測（COLLIS *et al.*, 1968; 内藤他, 1970）、電波による電離層波動の観測（TSUTSUI and OGAWA, 1973）、夜光による夜光層大気波動の解析（奥田, 1975）等が試みられているが、宇宙線による微気圧測定が可能となれば、これらの分野に対する宇宙線のいま一つの新しい寄与が期待されることになる。

宇宙線シンチレーションの研究目的には以上の 2 つの面がある。前者のためには、なるべく宇宙空間への指向性の鋭い測定による方が、その現象を捕え易いことになる。同時に又、より低いエネルギー領域ほど、より顕著なシンチレーションが期待される。後者のためには、異なる大気効果を示す宇宙線成分例えば中性子、中間子両成分の相互比較が、大気に帰因したシンチレーションの影響を調べる上では最も直接的な手段となる。

南極昭和基地では、宇宙線の asymptotic direction の経度方向への広がりが小さく、わずか  $30^{\circ}\sim 40^{\circ}$ （HATTON and CARSWELL, 1963）に過ぎないし、地磁気 cutoff も 0.42 GV と低い。ここでは 1970 年以來、中性子、中間子両成分の高精度同時観測が行われ、それらの 5 分値記録が得られている。このような地理的および観測上の条件は上に述べたシンチレーションの研究目的にとって大変好都合である。本稿（第 1 報）においては、宇宙線短周期変化のパワースペクトルの時間的変化を知るために、まず 1970 年 7 月（冬季）と、12 月（夏季）の 2 カ月間について、サウンドスペクトログラフによるダイナミックスペクトル解析を行い、それによって明らかにされたいくつかの事実について報告する。第 2 報において、1 年分の資料による解析結果について報告する予定である。

## 2. 観測資料と解析方法

南極昭和基地における宇宙線観測は、中性子および中間子両成分について行われ、そのうち中性子成分については、それぞれ独立な1号機および2号機の2基、中間子成分については1基の測定器によって連続的に行われている。しかも1970年より、いずれも5分毎の観測値が得られるようになった(楠瀬・小玉, 1973)。ここでは、その中1970年7月(冬期)と12月(夏期)の2カ月間につき、中性子計第2号機および中間子計による5分値を用いて解析を行った。それぞれの平均カウント数および気圧効果係数を表1に示す。この表に示した中性子に関する数値は、何れも2号機1基についてのものである。

表1 宇宙線中性子および中間子成分のカウント数および気圧効果係数  
Table 1. Mean counting rates and pressure coefficients for the cosmic-ray neutron and meson components.

成分	カウント数	$1/\sqrt{N}$	気圧効果係数
中性子	$\sim 2.5 \times 10^4$ count/5 min*	0.63%*	-0.74%/mb
中間子	$\sim 5.5 \times 10^4$ count/5 min	0.43%	-0.16%/mb

\* 2号機のみ値。

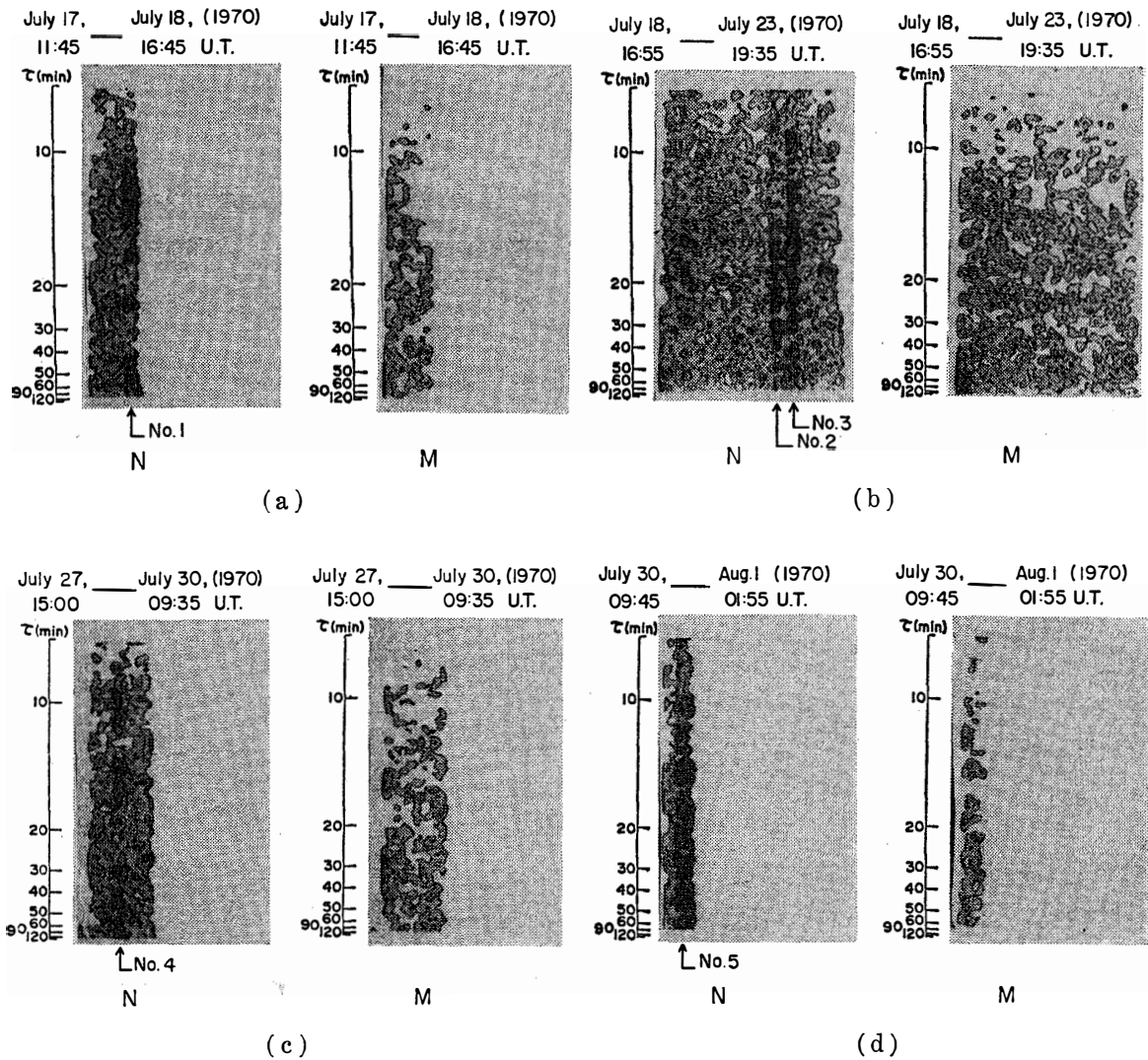
解析方法としては、紙テープ上に得られた観測値をD/A変換したのち、サウンドスペクトログラフによってダイナミックスペクトルを画く方式をとった。この方式によると数日分の資料が数分間で処理され、周波数成分の時間的変動が濃淡を持つ等レベル線表示で記録紙上に示され、その濃淡によってスペクトル密度の大小が分り、短時間に現象の有無と、その特徴を知ることができる便利さをもっている。但しその反面、パワースペクトルの定量的な表現が得られない不便さはある。ここでは比較的効率良く、特定周期のシンチレーションを探查する手段としてこの方法が採用された。

時間間隔  $\Delta t$  の時系列データの場合、そのパワースペクトルの上限周波数は  $2/\Delta t$  であるから (BLACKMAN and TUKEY, 1958)、5分値を用いて分析した場合、最小10分までの周期分析が有意であり、一方下限周波数はデータ数に依存して小さくなり、従って時間分解能は悪くなってダイナミックスペクトルとしての精度は落ちる。ここで用いた分析機においては、5分を  $10^{-3}$  秒単位に変換したのち周波数範囲 30~625 Hz を採用したので、記録紙上では周期10分~120分前後までの記録が可能である。又、用いた機種最大の許容入力量は1500語で、これは約5日分のデータ数に相当し、従って得られるスペクトル図は最大5日分までである。この様な事情から本稿では周期10分~120分間の短周期変化の特徴について報告することにする。

## 3. 解析結果

図1は横軸が時間、縦軸が周期で表わされる、いわゆるダイナミックスペクトルで、Nは中性子成分、Mは中間子成分を表わす\*。この解析から、図1のNに示す様に数時間ないし約1日間にわたり、周期数10分の附近においてスペクトル密度の増加する現象が認められた。この現象をここでは仮にECS (Enhanced cosmic-ray scintillation) と呼ぶ。以下、ECSのもつ2,3の特徴について述べる。

(1) この期間中に見出されたECS現象の全てを図1(a)~(f)に示す。図中NおよびMの記号はそれぞれ中性子成分および中間子成分を表わす。これらの図から分るように、ECSは



\* ここでは周期10分以下の部分まで示されているが、これは機械の性質によるもので、前にも述べたようにこの場合の上限周波数は10分であるので、これより短い部分は意味がない。

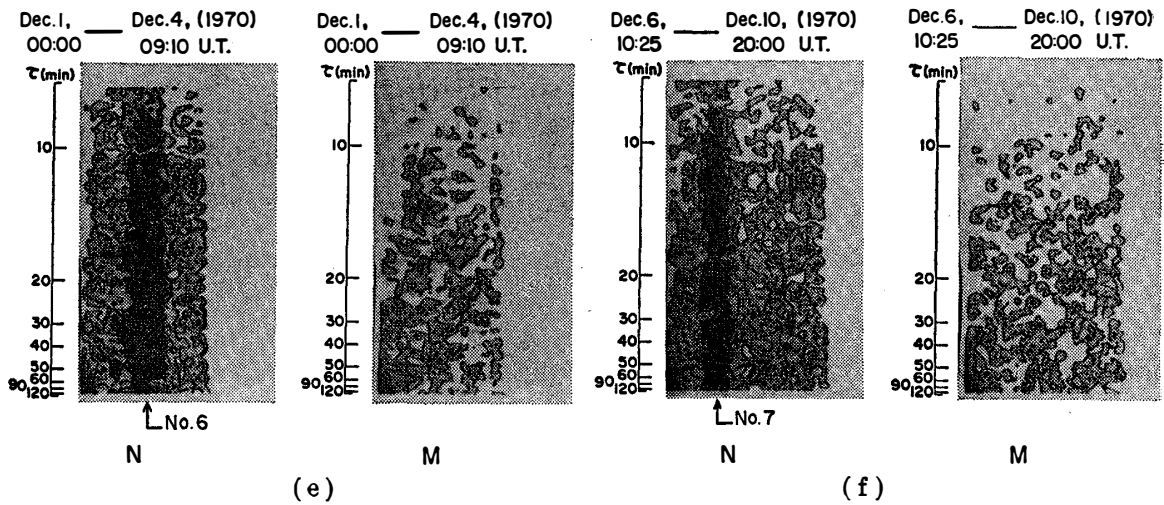


図 1 (a~f) 周期 10 分~120 分の宇宙線短周期変動のダイナミックスペクトル。スペクトル密度は等高線で表示してある。N は中性子成分, M は中間子成分。矢印で示した濃いパターン部が ECS と見られる。上部に示した時刻は使用データの最初と最後の時刻。

Fig. 1 (a~f). Contour maps of dynamic spectral densities of cosmic-ray fluctuations observed at Syowa Station. Labels N and M are for neutron and meson components, respectively. The period from which cosmic-ray data were analyzed is shown in upper portion of the diagram.

中性子成分には出現するが中間子成分には明らかでない。逆に中間子成分のみ出現する例は 1 例もなく、又両成分とも出現する例も今回の期間にはなかった。図 1 に示した No. は表 2 の No. に対応する。

同様の方法で長周期領域の現象を記録することも出来る。その場合既知の 1 日変化や半日変化に対応する現象は、中性子、中間子両成分ともに記録された。このことから ECS はこ

図 2 周期約 1 時間から 24 時間の宇宙線周期変動のダイナミックスペクトルの 1 例。N は中性子成分, M は中間子成分。半日変化および 1 日変化が N, M 両成分ともに見られる。この例は図 1 (e) と同期間のデータによる。

Fig. 2. Contour maps of dynamic spectral densities of cosmic-ray fluctuations observed at Syowa Station. Data used here are the same with that in Fig. 1 (e), but the frequency range analyzed is lower than in Fig. 1. Labels N and M are for neutron and meson components, respectively.

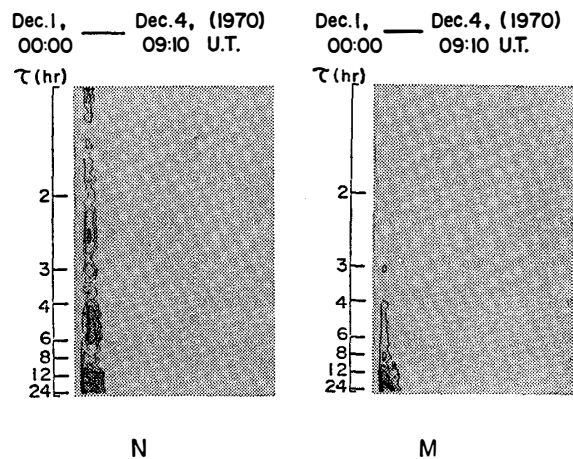


表 2 観測された ECS 現象

Table 2. Examples of the enhanced cosmic-ray scintillations observed at Syowa Station.

No.	ECS の中心時刻 (U.T.)		型	気圧変動との対応
1	1970 July	18 15.1 h	S	有
2		22 0.0	N	無
3		22 10.4	N	無
4		28 10.7	S	無
5		30 19.7	S	有
6	1970 December	2 16.7	N	無
7		7 19.5	N	無

れら既知の現象とは異質のものと考えられる。周期 1~24 時間範囲の長周期変化のソナグラフの 1 例 (図 1 (e) と同期間に対応) を図 2 に示す。

(2) ECS の出現回数は 1970 年 7 月と 12 月の 2 カ月間に計 7 回で、うち 7 月に 5 回、12 月に 2 回となっている。これらは表 2 にまとめられる。継続時間は数時間程度のもの (7 回の ECS 中 5 回) と、約 1 日間にわたるもの (7 回中 2 回) とがある。後者は 12 月に、他は 7 月に出現し、一見夏冬の差があるようであるが、統計例が少なく有意ではない。

(3) ECS には大別して 2 つの型が認められる。図 1 に見られるように、i) 周期数十分程度の特定周期をもつものと、ii) 広い周波数領域にまたがる白色雑音的現象とである。ここでは i) を S 型 (Simple), ii) を N 型 (Noise) と呼ぶことにする。個々の ECS の分類は同じく表 2 に示した。これから分るように、7 例中 S 型は 3 例、N 型は 4 例となっている。S 型はいずれも冬季 (7 月) に出現し、夏季 (12 月) は 2 回とも N 型である。

(4) ECS 現象には、次章で述べるように、地上気圧の微振動を伴うものと伴わないものがある。

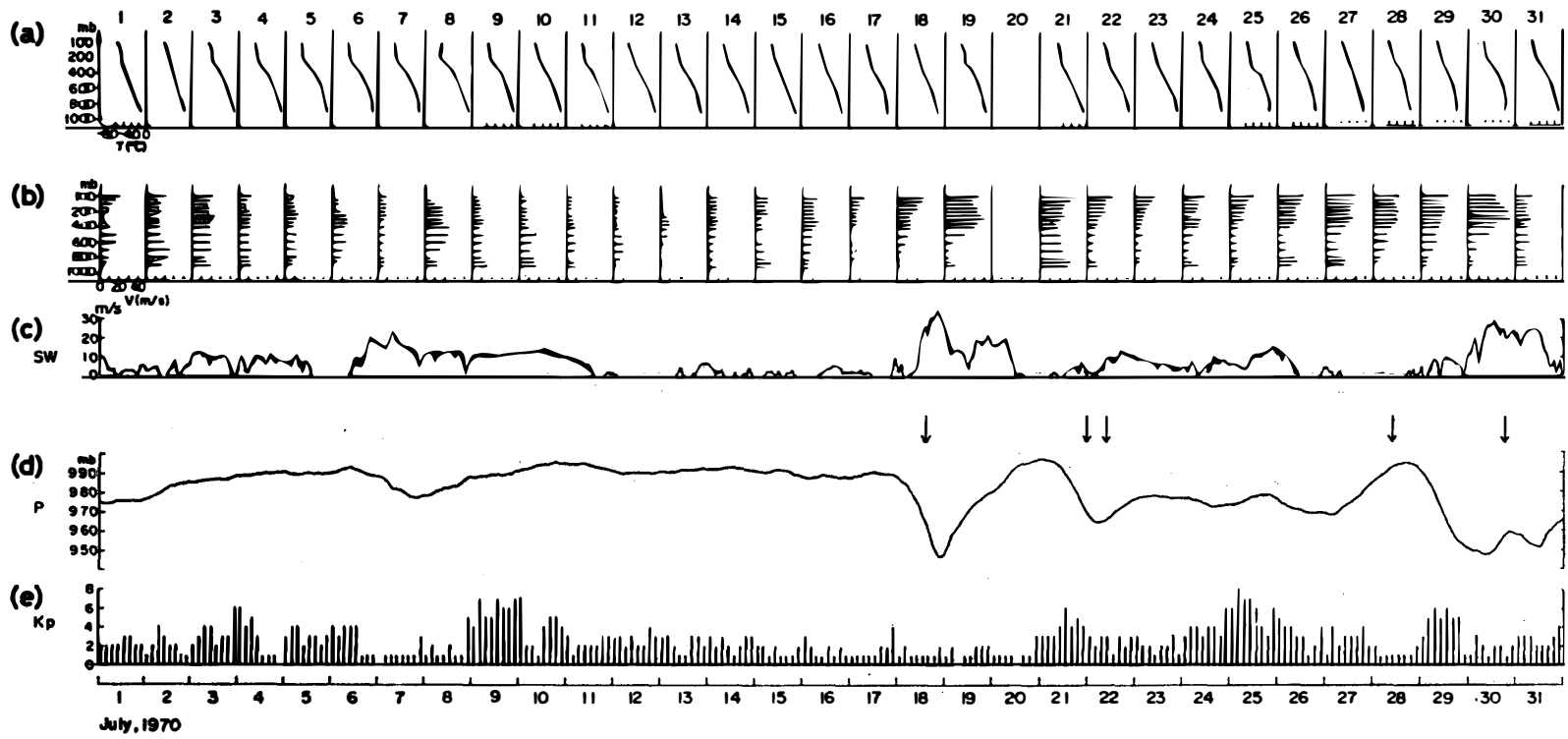
#### 4. ECS と他現象との関係

ECS と地球大気内現象および惑星間空間起源の現象等他現象との関係について調べた。

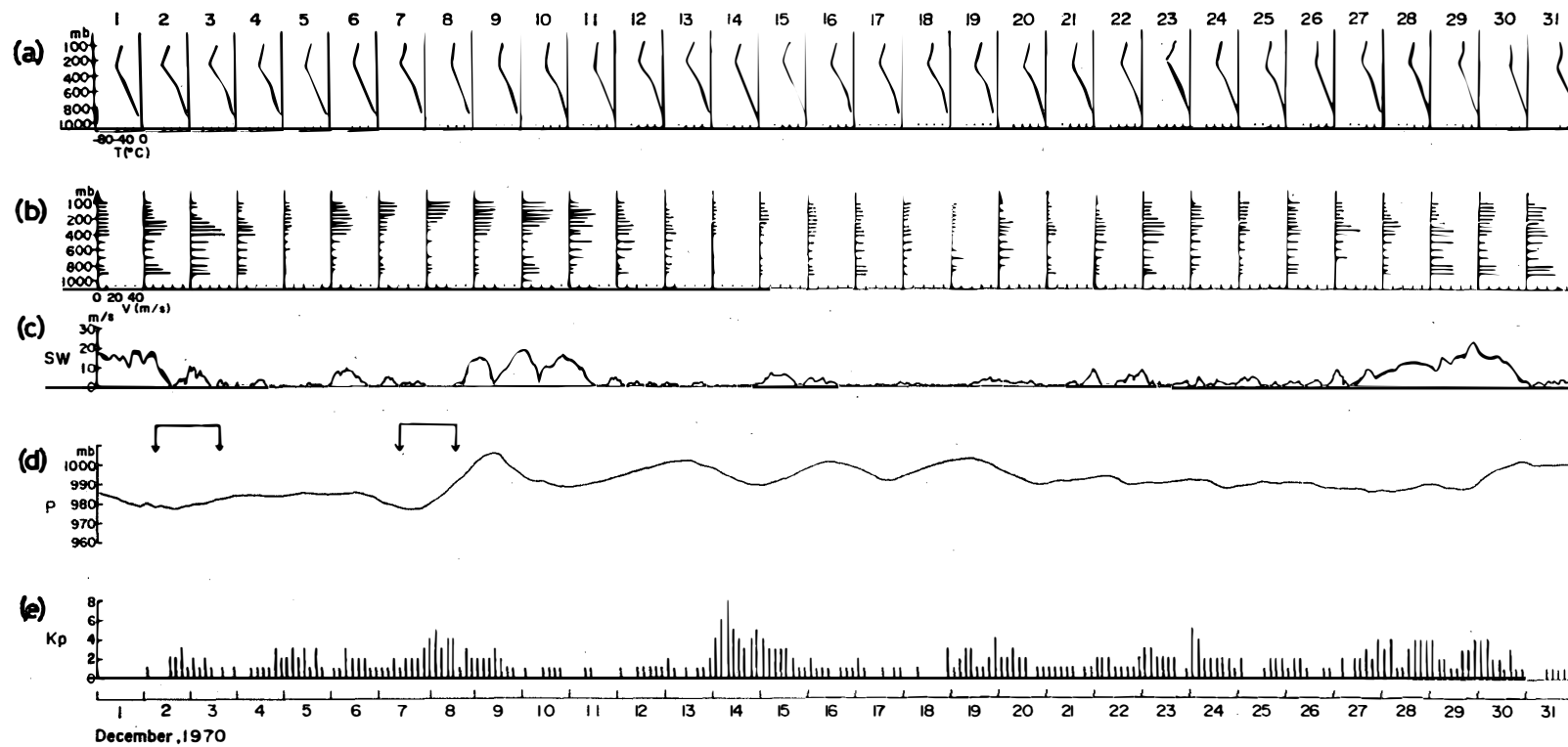
##### 4.1. 地球大気内現象との関係

ECS と南極昭和基地で観測した気象資料とを比較した結果、以下に示す様に ECS は地球大気内現象と密接な関係をもつことが分った。

(1) 図 3 は高層気温、高層風速、地上風速、地上気圧、および地磁気  $K_p$  指数と ECS 出



(a)



(b)

図3(a, b) ECS と他現象との比較. ECS は矢印を中心とした数時間, または ↓ ↓ で示した範囲に出現している. (a): 高層気温, (b): 高層風速, (c): 地上風速, (d): 地上気圧, (e): 地磁気  $Kp$  指数. 1970年7月図3(a)と12月図3(b)の例.

Fig. 3. Comparisons of ECS events with other related phenomena. The occurrences of the events are indicated by an arrow or a pair of arrows. (a) Atmospheric temperature in upper layer, (b) wind velocity in upper layer, (c) wind velocity on surface, (d) barometric pressure on surface and (e) geomagnetic index  $Kp$ .



現との関係を示したもので、ECS は矢印を中心とした前後数時間、又は 2 重の矢印で示した期間において出現している。図 3 (a) は 1970 年 7 月、(b) は 12 月のものである。

この図から分るように、ECS は地上気圧が相対的に低い値を示した場合に出現することが多い。

(2) ECS は地上風速の大きい場合に出現することが多いが、必ずしも 1 対 1 の対応ではない。このことは図 3 において見られる。

(3) ECS に対応して上空に強風が吹いている。図 4 は、100, 150, 400 mb 各等圧面高度における風速をプロットしたもので、矢印は ECS の出現を示す。(a) は 1970 年 7 月、(b) は 12 月におけるものである。この図から分るように、ECS の出現時には、上述のいずれかの層の風速が 20~30 m/s, , 又はそれ以上に達している。

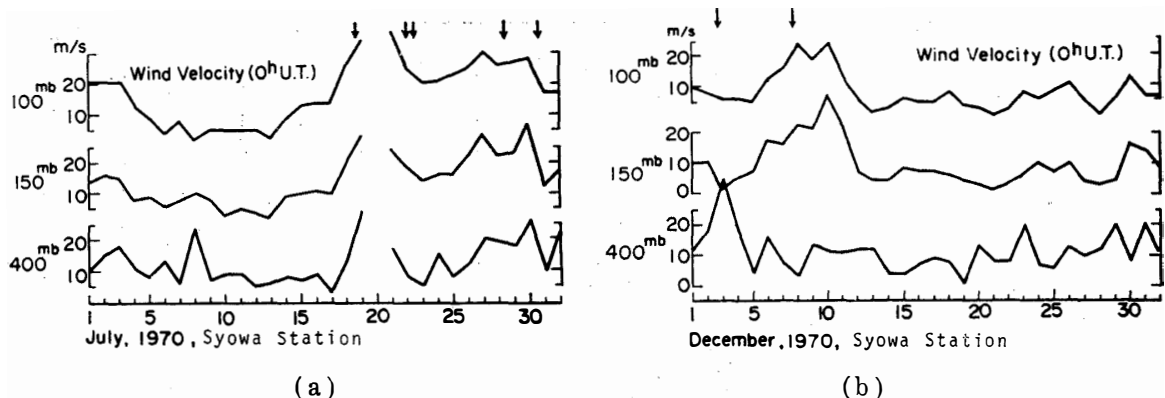


図 4 (a, b) 高層における風速. 矢印は ECS の出現を示す。

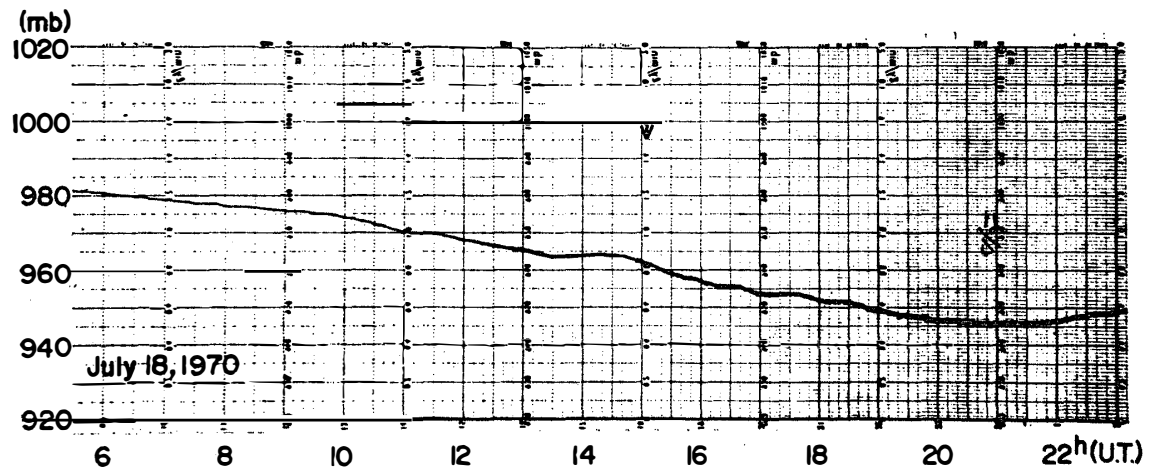
Fig. 4 (a, b). Wind velocities in upper isobar levels at Syowa Station. The occurrences of ECS events are indicated by arrows.

(4) 前節 (4) 項において述べたように、ECS には地上気圧の変化に対応するものと、対応しないものがある。このことは図 5 の気圧記録から判定される。図 5 は ECS 現象の出現したときの地上気圧自記紙で、図中矢印は ECS の中心時刻を現わす。この図の中、S 型に属する No. 1 (1970 年 7 月 18 日) と No. 5 (7 月 30 日) とは、現象の中心時刻の前後数時間 (ECS が出現した期間) の間約 1 mb 程度の微気圧変化が記録されているが、他の場合には、これらに対応する顕著な微気圧変化は自記紙上からは見られない。

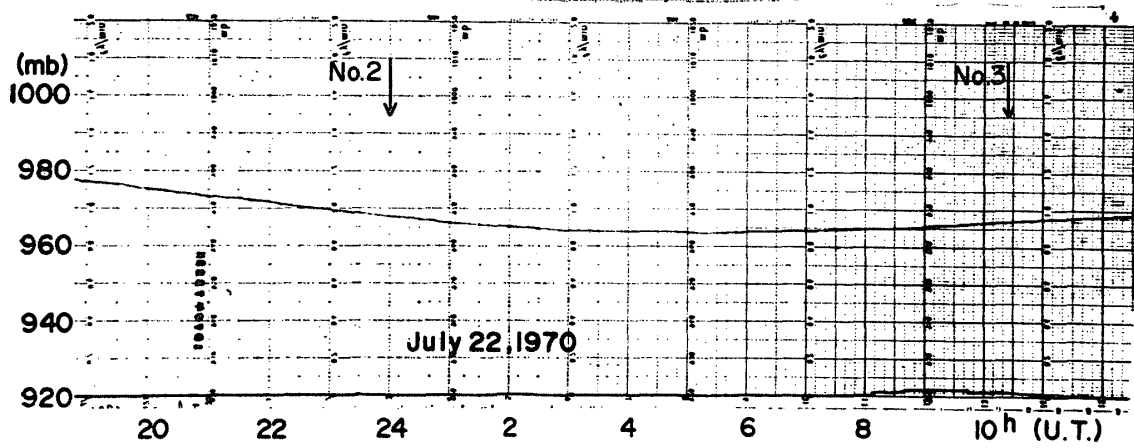
いずれの場合でも共通なのは、上空で 20~30 m/s 程度の強風が吹いていることである。

#### 4.2. 惑星間空間起源の現象との関係

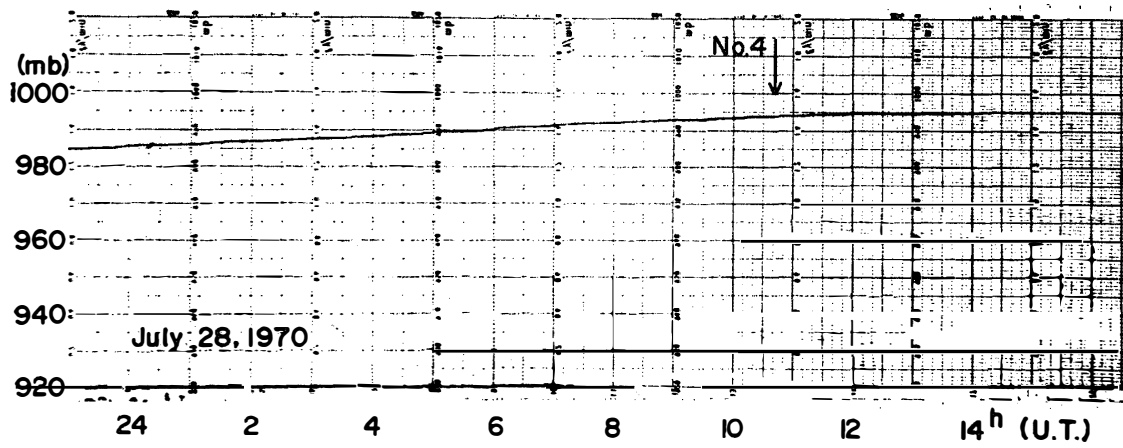
ECS と惑星間空間起源の現象との間には、以下に述べるように明瞭な関係は見られない。



(a)



(b)



(c)

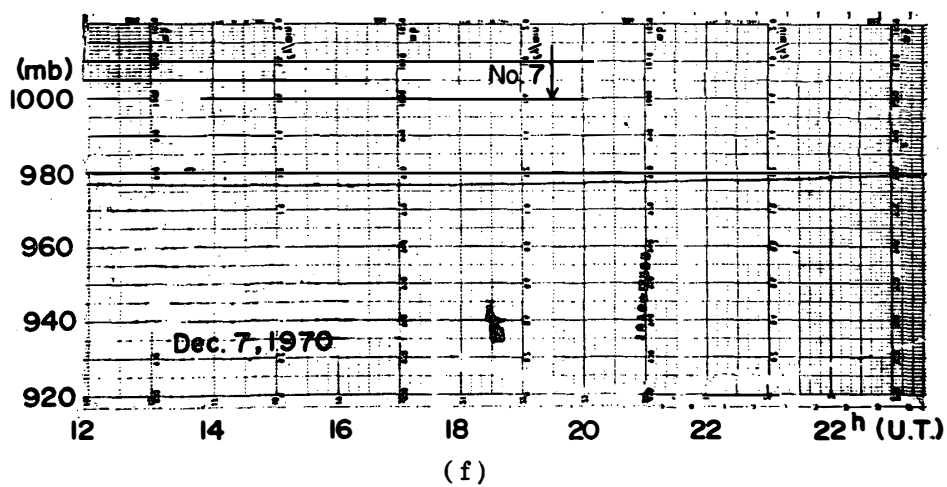
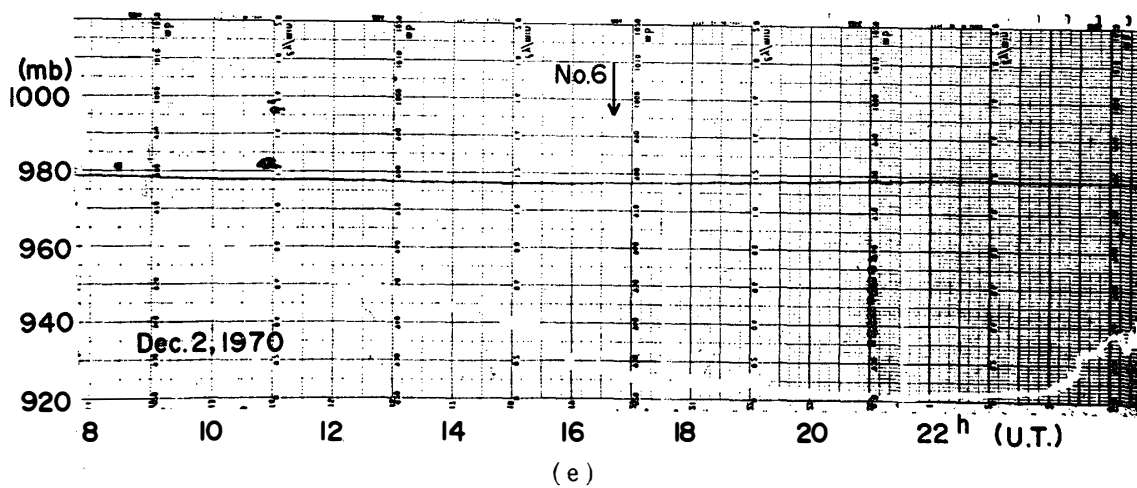
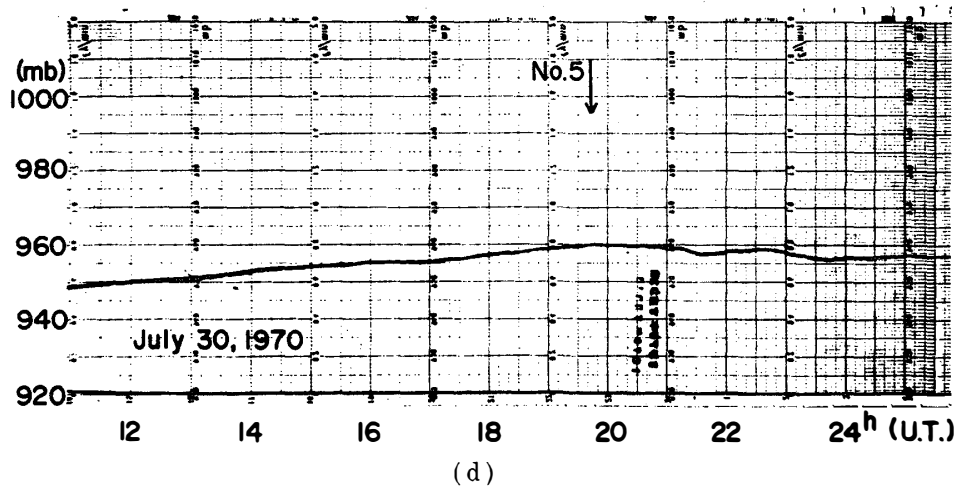


図 5 (a~f) 地上気圧の記録例. 矢印は ECS の中心時刻を示す. No. は図 1 および表 2 に示した ECS 現象の番号. No. 1 および No. 5 では, 数 10 分周期の波形変化と濃いペン跡とから, 気圧の微小振動が推定される.

Fig. 5 (a~f). Some examples of pen-writing charts of barometric pressures at Syowa Station. Event No. of ECS corresponds to those in Fig. 1 and Table 2.

(1) 図 3 (a), (b) において矢印は ECS 現象の出現を表わし, その図の最下段に地磁気  $Kp$  指数を示してあるが, この図から分るように ECS と  $Kp$  指数との間にはほとんど関係は見られない.

(2) ECS と宇宙線強度レベルおよび ionogram 等との間にも明瞭な関係はない.

(3) ECS と太陽プロトン ( $>60$  MeV,  $>30$  MeV,  $>10$  MeV) 現象との間にも関連性は見出せない.

以上述べたように, ECS は惑星間空間起源の現象との関連性は明らかでなく, 大気内現象との関係が密接である. とくに上層の風速との関係は密接で, ECS の出現時には必ず上空で  $20\sim 30$  m/s 程度の風速が観測されていることは特徴的である.

## 5. 考 察

前節までに ECS の特徴および他現象との関係について述べたが, ECS が地球外起源の現象か, それとも地球大気内起源のものであるか, それは興味ある問題である. ここでは宇宙線気圧効果係数, 現象の周期および他現象との関係等から, ECS 現象発生機構について考察を行う.

### 5.1. 宇宙線中性子および中間子成分の大気効果

表 1 から分るように, 宇宙線中性子および中間子成分の気圧効果係数は, それぞれ  $-0.74\%/mb$  および  $-0.16\%/mb$  であり,  $1/\sqrt{N}$  はそれぞれ  $0.63\%$  および  $0.43\%$  である. 従って, もし  $1\sim 2mb$  程度の微気圧変化があった場合, 中性子成分では気圧による変化が検出できるが, 中間子成分では検出されない. ここで微気圧変化の原因のひとつとして内部重力波を考えてみよう.

今, 図 6 のように 2 つの層があり, その水平境界面の上下において,  $x$  方向に風がある場合, 一般に摂動方程式は次のようになる (ここでは非圧縮性流体として取扱う).

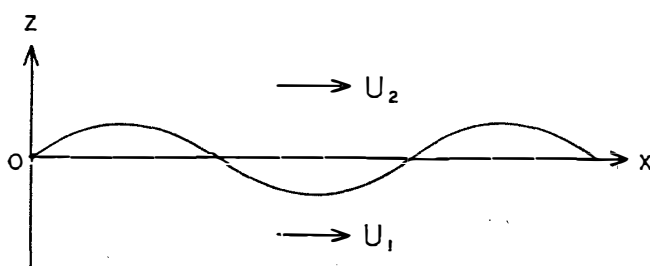


図 6 風のシヤーによる波の発生  
Fig. 6. Generation of atmospheric waves due to wind shear.

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{\partial u'}{\partial t} + U \frac{\partial u'}{\partial x} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p'}{\partial x} \quad (1) \\ \frac{\partial w'}{\partial t} + U \frac{\partial w'}{\partial x} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p'}{\partial x} \quad (2) \\ \frac{\partial u'}{\partial x} + \frac{\partial w'}{\partial x} = 0 \quad (3) \end{array} \right.$$

ここで  $u'$ ,  $w'$  はそれぞれ風速の  $x$  成分,  $z$  成分の摂動部分,  $p'$  は気圧の摂動部分,  $\rho$  は密度を表わす. 2つの層の境界面を  $z=0$  とし, 下層および上層の風速をそれぞれ  $U_1$  および  $U_2$ , 密度を  $\rho_1$  および  $\rho_2$  とすれば, 摂動方程式の解は次の形となる.

すなわち, 下層において

$$\left\{ \begin{array}{l} u_1' = C_1 e^{kz} \cos k(x-ct) \quad (4) \\ w_1' = C_1 e^{kz} \sin k(x-ct) \quad (5) \\ p_1' = C_1 \rho_1 (c - U_1) e^{kz} \cos k(x-ct) \quad (6) \end{array} \right.$$

上層において

$$\left\{ \begin{array}{l} u_2' = C_2 e^{-kz} \cos k(x-ct) \quad (4)' \\ w_2' = C_2 e^{-kz} \sin k(x-ct) \quad (5)' \\ p_2' = C_2 \rho_2 (c - U_2) e^{-kz} \cos k(x-ct) \quad (6)' \end{array} \right.$$

ここで  $c$  は波の伝はん速度. これはいわゆる内部重力波であるが, (6) 式から分るようにこの時気圧の波が伝はんする. その振幅は 1~2 mb であるので, これに起因すると考えられる ECS は, 中性子成分には現われても, 昭和基地の中間子成分では検出不可能である.

一方, 中間子成分は等圧面高度の変化による気温効果を受ける. 従って, もし等圧面高度が大気振動によって周期的に上下動すれば, 中間子強度は増減するはずである. 例えば 250 mb (~10 km 高度) あたりの等圧面高度が ~200 m 変化すると, 中間子成分の部分気温効果係数から判断して, 地上の中間子強度変化は 1~2% になることが期待される. しかし今回の ECS は, 中間子成分には検出されなかったことから, 結局気圧変動に起因したものと判断される.

## 5.2. 周期

前項で述べた微気圧変化が振動であるか, あるいは波動であるかは, ここでは決定的なこととは言えないが(それを決定するには多点観測が必要である), 今かりに内部重力波に伴う気圧の波が伝はんするとすれば, 気圧の高低に対応して, 地上の宇宙線強度に弱い部分と強い部分が観測されることになる. 今気圧波の波長を  $L_0$ , 水平伝はん速度を  $V_0$  とすれば, それ

による宇宙線変化の周期  $\tau_a$  は,

$$\tau_a \sim L_a / V_a$$

となる. ここで  $L_a \sim 10^6$  cm,  $V_a \sim 10^3$  cm/s (内部重力波に相当) とすれば, (COLLIS *et al.*, 1968; 荒川, 1973; 正野, 1960),  $\tau_a \sim 10^3$  s となり, 周期数十分程度の ECS 現象が, これによって観測されることが期待される. すなわち周期の点から考えても, ECS はこのような微気圧変化によって生じた宇宙線強度変化と思われる.

一方, 周期の点だけで考えれば, 他に異なったモデルが考えられない訳ではない. 例えば惑星間空間磁場のゆらぎの規模を  $L_s$  とし, その移動速度を  $V_s$  とするとき, それが宇宙線異方性を過ぎるために宇宙線シンチレーションが生じ,

$$\tau_s \sim L_s / V_s$$

なる周期が卓越することが期待される. ここで例えば,  $L_s \sim 10^{10}$  cm,  $V_s \sim 10^7$  cm/s (太陽風速度のオーダー) とすれば,

$$\tau_s \sim 10^3 \text{ s}$$

という値にはなるが, それが直ちに本稿で提起した ECS に対応するとは考え難い. 何となれば, 4 節で述べたように, ECS は太陽地球間空間起源の現象よりは, むしろ大気内現象と密接に関係しているからである.

### 5.3. 他現象との比較

4 節 2 項および 5 節 2 項において述べたように, ECS は惑星間空間起源の現象とは考えにくく, むしろ地球大気内起源の現象と考えられる. すなわち 4 節 1 項で述べたように, ECS は気象じょう乱の際に発生し, 特に上空の風速の大きい場合に対応していることが明らかである. このことから, 5 節 1 項で考察したように, 気象じょう乱に伴い, 上空の強風に誘起されて 1~2 mb 程度の気圧変化が起り, それによる気圧効果として宇宙線中性子成分に変化が検出され, 中間子成分には前述の理由により変化が現われないものと考えられる. われわれが見出した ECS 現象はこれであると判断される.

表 2 および 4 節で述べたように, ECS は S 型, N 型の 2 種類に分類される. 図 5 から分るように, S 型の 2 例 (No. 1 と No. 5) は明らかに地上の微気圧変化に対応しているが, 他には少なくとも地上の気圧自記紙上では, 対応するような気圧変化は認められない. しかしいずれの場合でも共通して言えることは, ECS は対応して上空の風速——高度に多少の差はあるが——が増大している点である.

以上のことから前者の場合には、上層での強風に誘起された微気圧変化が地上まで到達したものと考えられる。他の場合では、上層での気圧変化が下層に行くに従って減衰するか、または、上下層における波が逆位相になって打消しあい、ために地上まで変化が到達しないと考えられる。しかしこの場合でも、宇宙線は上空で受けた微気圧変化の影響を地上に伝えているものと推定される。ただしこの場合、気圧効果係数の高度依存性を考慮する必要があるかもしれない。例えば、cutoff 2 GV の地点では 200 mb 高度での係数は 600 mb でのそれよりも約 10% 小さい (CARMICHAEL and BERCOVITCH, 1969)。従って微気圧変化の発生高度によって ECS の大いさは変化するだろう。逆に言えば、もし宇宙線の測定精度がさらに向上し、また 2 カ所以上の異なる高度での観測があれば、これらから大気波動の発生高度を推定できる可能性がある。

以上、この節での考察をまとめると、今回の ECS 現象は惑星間空間起源のものとするよりは、地球大気内起源の現象と判断される。しかもそれは、気象じょう乱に伴い上空の強風に誘起された微気圧変化の影響を受けた宇宙線強度変化であることを結論することが出来る。ECS が中性子成分にのみ出現して、中間子成分に出現しないのは、気圧変化が 1~2 mb 程度で、中間子成分は中性子成分に比して気圧効果係数が小さいためであり、また ECS に対応して地上気圧の変化が認められるか否かは、上空で発生した微気圧変化（例えば内部重力波）の減衰と位相に関わるものと判断される。

## 6. 結 語

1970 年南極昭和基地において観測した、宇宙線中性子成分および中間子成分 5 分値を用いてダイナミックスペクトル解析を行った結果、中性子成分において時折、周期数十分程度の変化が数時間ないし約 1 日間出現することを見出した。この現象を ECS と呼び、現象の特徴および他現象との関係を調べた結果、ECS と惑星間空間起源の現象との関係は認められず、大気内現象と密接な関係があることがわかった。

特に ECS は上層での強風現象に対応していることから、強風に誘起された振幅 1~2 mb 程度の微気圧変動の影響によって発生した現象であると思われる。さらに ECS は S 型と N 型の 2 種に分類され、その中のあるものはそれに対応するような地上気圧の微小変動が観測された。しかしそれに対応するような気圧変動が少なくとも記録紙上では認められない例もある。前者は上層で発生した気圧変化が地上まで到達するが、後者では減衰や波の位相の関係から気圧変化が地上まで到達しなかったものと考えられる。

ECS に対応した微気圧変動は、たとえば内部重力波による変動と考えられる。しかしそれを確かめるには現象の横方向への伝はん性を調べる必要があり、それには多地点同時観測の手段によらねばなるまい。またこの問題の発展として、大気物理学への応用が考えられるが、それらはいずれも将来の課題である。

本報告における結論は、わずか2カ月間の観測資料に基づくもので序報の域を出ない。さらに中性子計1号機のデータも含め、長期間の資料に基づいた解析結果は第2報以降にまとめられる予定である。

### 謝 辞

終りに臨み、本研究で用いたダイナミックスペクトル作成に際し、東京大学宇宙航空研究所・宇宙放射線資料処理装置の使用に関して、いろいろご便宜を与えられた小田稔・宮本重徳両氏を始め小田研究室の方々に厚くお礼申しあげます。宇宙線資料整理に関しては、理化学研究所・宇宙線研究室の井上葵氏に、また南極気象資料の使用には、気象庁南極事務室の方々にお世話になった。記して謝辞とする。

### 文 献

- ATTOLINI, M. R., S. CECCHINI, I. GUIDI and M. GALLI (1974) : Power spectrum analysis of cosmic-ray fluctuations. *Nuovo Cimento*, **11**, 377-399.
- 荒川正一 (1973) : 対流圏内の重力波. *天気*, **20**, 571-583.
- BLACKMAN, R. B. and J. W. TUKEY (1958) : The measurement of power spectra. Dover Publ., Inc., New York, 159 pp.
- CARMICHAEL, H. and M. BERCOVITCH (1969) : Analysis of IQSY cosmic-ray survey measurements. *Canadian J. Phys.*, **47**, 2073-2093.
- COLLIS, R. T. H., F. G. FERNALD and J. E. ALDER (1968) : Lidar observations of sierra-wave conditions. *J. Appl. Meteorol.*, **7**, 227-233.
- DHANJU, M. S. and V. A. SARABHAI (1967) : Short-period variations of cosmic-ray intensity. *Phys. Rev. Letters*, **19**, 252-254.
- HINES, C. O. (1965) : Dynamical heating of the upper atmosphere. *J. Geophys. Res.*, **70**, 177-183.
- 楠瀬昌彦・小玉正弘 (1973) : 第11次南極地域観測隊宇宙線部門報告. *南極資料*, **47**, 12-38.
- LANZEROTTI, L. J., M. F. ROBBINS and D. VENKATESAN (1973) : Spectral analysis of galactic cosmic-ray intensities at different altitudes. *Proc. Intern. Cosmic Ray Conf., Denver*, **2**, 789-794.
- 内藤恵吉・田端 功・横田良夫 (1970) : 私信. 5月.
- 奥田光直 (1975) : 私信. 5月.
- OWENS, A. J. and J. R. JOKIPIII (1972) : Cosmic-ray scintillations. 1. Inside the magnetosphere. *J. Geophys. Res.*, **77**, 6639-6655.



[OWENS, A. J. and J. R. JOKIPII (1973) : A relation between cosmic-ray fluctuations, gradient, and diffusion. Proc. Intern. Cosmic Ray Conf., Denver, **2**, 777-782.

正野重方 (1960) : 気象力学. 岩波全書 246, 岩波書店, 284 pp.

TSUTSUI, M. and T. OGAWA (1973) : HF doppler observation of ionospheric effects due to typhoons. Rep. Ionos. Space Res. Japan, **27**, 121-123.

(1975年8月30日受理)