

第3次南極地域観測隊宇宙線部門船上観測報告

福島 紳*・北村泰一**

REPORT ON RESULTS OF COSMIC-RAY OBSERVATIONS ON M/S "SOYA" DURING THE PERIOD FROM NOVEMBER, 1958 TO APRIL 1959

Shin FUKUSHIMA* and Taiichi KITAMURA**

Abstract

1. Introduction The routine observation of cosmic-ray nucleonic component was carried out on board the "SOYA" during the full voyage of the third Japanese Antarctic Research Expedition (1958-59). It was performed by the same apparatus that we used in the first expedition (1956-57). We intended in this survey to investigate the secular variation of the cosmic-ray latitude effect, i. e. the relation between the cosmic-ray intensity variation and solar activity.

2. Apparatus and observation The apparatus we used this time was the same as that of the first survey. However, it is impossible to compare them with respect to the absolute intensity, because the observation room on the ship was not at the same place in the first and the third surveys (see Fig. 1). In Fig. 2 there is shown the arrangement of the apparatus in the observation room.

The apparatus worked on almost normally throughout the whole voyage, although we unfortunately missed the data a few times on account of disorder of the recording system.

3. Results of observation and reduction of the data The correction of the barometric pressure effect for the third survey was made by using the same coefficient, 0.76%/mb, as that used for the first survey. The correction for the world-wide intensity variations was made by using the nucleonic data observed at Mt. Norikura.

Complete tables of cosmic-ray nucleonic data obtained in this survey were given in Tables I and II after correction for the pressure effect. Daily values obtained after these corrections were plotted in Fig. 3 with the geomagnetic latitude. Figs. 4 and 5 show the detailed aspects near the cosmic-ray equator and latitude knee, respectively.

4. Comparison between results obtained from the first and the third surveys To make clear the dependency of cosmic-ray latitude effect upon the change of solar activity, the solar activity in the periods during which both surveys performed are shown in Fig. 6 (secular variations of the sunspot relative numbers in 1955-59). It is difficult to recognize a significant difference in sunspot numbers between

* 理化学研究所, 第3次南極地域観測隊員, 第4次南極地域観測隊越冬隊員. The Institute of Physical and Chemical Research. Member of the Japanese Antarctic Research Expedition, 1958-59. Member of the Wintering Party, the Japanese Antarctic Research Expedition, 1960-61.

** 京都大学理学部地球物理学教室, 第1次及び第3次南極地域観測隊越冬隊員. Institute of Geophysics, Kyoto University. Member of the Wintering Parties, the Japanese Antarctic Research Expeditions, 1957-58 and 1959-60.

both periods. Under such conditions, several properties of cosmic-ray obtained from two surveys will be reported in the following:

RIGIDITY SPECTRUM It is seen from Fig. 3 that the third latitude curve differs slightly from the first one. The difference in the slope of latitude curves suggests that there are some difference between rigidity spectrums of the first and the third surveys. Assuming a differential spectrum of primary cosmic-ray as $KE^{-\gamma}$, and calculating a numerical value of γ , we obtained the values of 2.5 for the first survey and 2.3 for the third.

COSMIC-RAY EQUATOR Fig. 4 shows that the position of the minimum intensity for the third survey does not differ from that for the first survey, 5°S geomagnetic latitude, 107°E geo-

graphic longitude.

LATITUDE KNEE The position of latitude knee is in the same geomagnetic latitude, 35°S, for both the first and the third surveys (see Fig. 5). It is a remarkable feature that the position of the latitude knee is much lower than that at other longitudes, probably due to the geomagnetic anomaly near Cape Town.

Further, the fact that rigidity spectrum of cosmic-ray varied although the solar activities were nearly the same for the two surveys, suggests that there may exist the "hysteresis effect" of solar cycles upon cosmic-ray variation. In other words, the secular variation of cosmic-ray does not immediately follow that of solar activity, but after some time.

ま え が き

第3次南極地域観測(1958~59)において、宇宙線部門は第1次観測(1956~57)の時と全く同一の装置を用い、宗谷船上で往復及び極地における約5カ月間の全航程にわたつて、船上観測を行なつた。この間の航路も、第1次の場合のものと同様である。ただし第3次観測においては中性子成分の観測のみで、中間子成分の観測は行なつていない。今回の狙いは、宇宙線強度の緯度効果を更に詳しく調べると同時に、その太陽活動度との関係、すなわち緯度効果の経年変化を調べようというものであつた。勿論、僅か二度の観測のみから結論的な結果を述べることはできないが、ここに簡単に観測経過、及び第1次と第3次観測の結果の比較について報告する。

観測装置及び観測経過

中性子成分の観測に用いた装置、すなわちニュートロンパイプ、増幅器、計数器、記録器などは全く第1次観測の時のものと同一のものである。しかし宗谷の改装に伴つて、観測室は第1次の時には上甲板にあつたものが、今回はボートデッキの下に移された(第1図参照)。このために、前回と今回の絶対強度を比較することはできない。すなわち前回に比べて今回は、絶対強度にして約10%程度低くなつてゐる。観測室内の装置の配置を第2図に示す。

船上における器械の保守及びデーターの補正、整理などの作業は、宇宙線観測担当者(福島紳・北村泰一)によつて行なわれた。

全般的に見て、観測装置自体は、概ね良好な動作状態にあつたが、次に挙げるような故障のため、時たま数時間にわたる欠測をみた。

増幅器回路の故障 1回

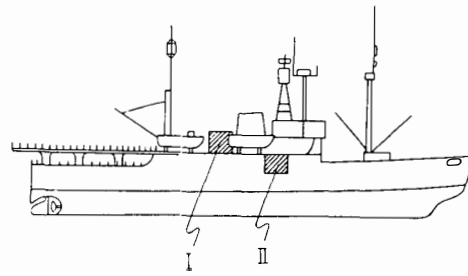
記録器の機械的部分の故障 数回

Time Mark 用時計の接点不良化 1回

BF₃ 計数管の不良化 1回

またこのような装置自体の故障の外に、AC 電源が各観測部門共通であつた

ために、他部門の装置のリレーのスパークなどが disturbance として混入するというような事態も起こり、電源を観測用のものから取るのを中止し、一般用の電源に切り替えてこのような disturbance を避けた。更にまた付属設備である room cooler (これは赤道地帯通過の際、室温上昇に伴つて中性子減速材のパラフィンの軟化を防止するために設置されたものである) の故障とか、またその排水装置が不完全であつたために、観測室内に冷却の際生じた水滴が落ちてくるというような思わぬ事態に悩まされたことも付記しておく。



第1図 宗谷船上観測室の位置

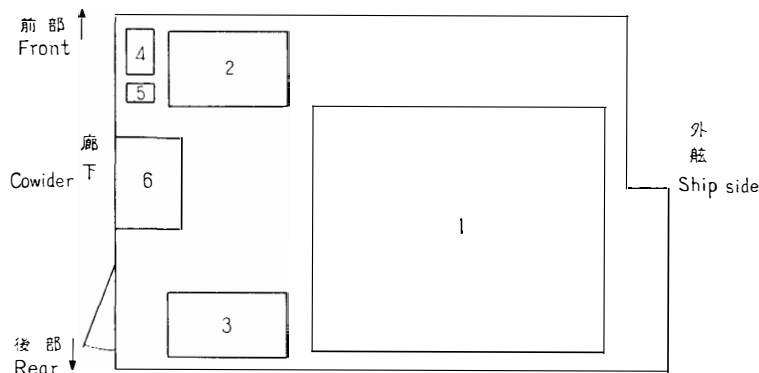
I : 第1次観測時の観測室

II : 第3次観測時の観測室

Fig. 1. Position of the observation room on the ship.

I : observation room in the first survey.

II : observation room in the third survey.



第2図 宇宙線観測室配置図

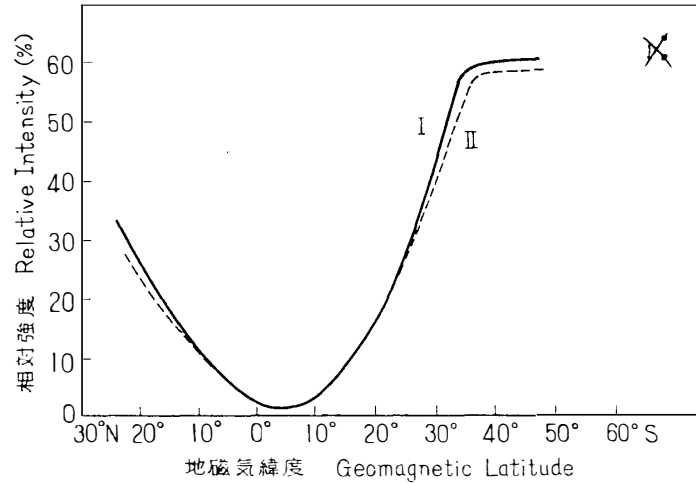
Fig. 2. Arrangement of the Neutron Monitor.

- | | | |
|-------|--------------|----------------------------|
| 1: | ニュートロンパイル | Neutron Pile |
| 2, 3: | ニュートロン強度記録装置 | Neutron Intensity Recorder |
| 4: | 定電圧装置 | A. C. Stabilizer |
| 5: | 電源フィルター | A. C. Filter |
| 6: | 机 | Desk |

観測結果及びデータの補正

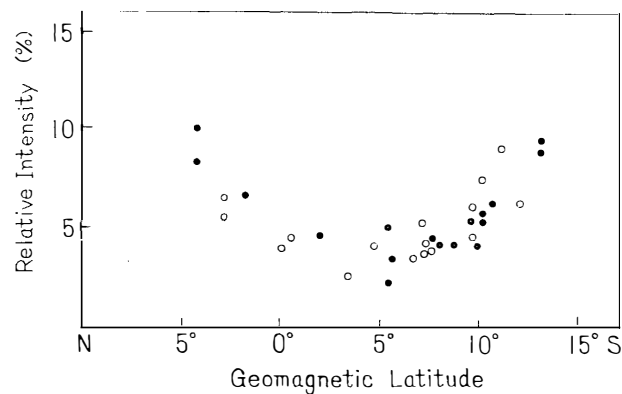
気圧効果の補正は前回に用いた補正係数と同一の値、すなわち 0.76%/mb を用いて行ない、world-wide な強度変化に対する補正は乗鞍観測所の値を用いて施した。また往航時と帰航時

の平均強度が約 6% 食い違った (帰航時の方が往航時より強度が強かった). これも便宜的に **minimum intensity** の点で **normalize** した. この食い違いの原因は目下の所不明で, 更にくわしく検討して見たいと考えている. 斯様な補正を施したデータを第 1, 2 表に示す. 第 1



第 3 図 Sea level における二度の観測から得られた緯度効果曲線
I: 第 1 次観測の時のもの. II: 第 3 次観測の時のもの.
両曲線は強度最小点で **normalize** してある.

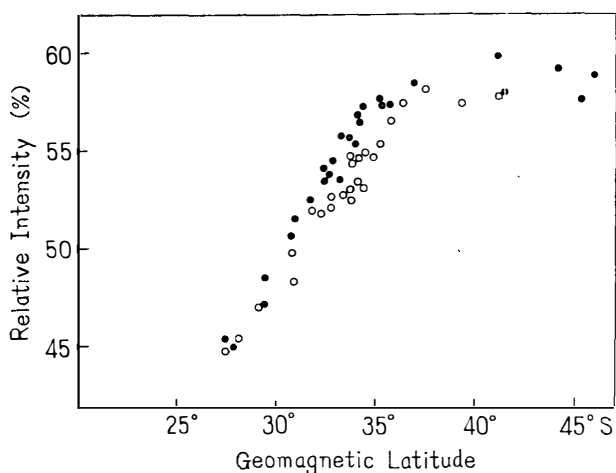
Fig. 3. Latitude curves of cosmic-ray nucleonic component obtained in two latitude surveys at sea level.
I: the first survey's II: the third survey's
Both curves were normalized at a point of the minimum intensity.



第 4 図 宇宙線赤道附近の宇宙線強度の日平均値
・ 第 1 次観測
○ 第 3 次観測

Fig. 4. Daily mean values of cosmic-ray intensity around the cosmic-ray equator.
・ for the first survey
○ for the third survey

表は地磁気緯度 60°S 以北の地域に関するもので, これには船の GMT 12^h00 の位置 (地磁気緯度) を同時に記しておいた. また第 2 表は南極圏において観測された宇宙線中性子強度の 1 月, 2 月の気圧補正值を示す. 第 3 図は 1 回目と 2 回目の観測より得られた **latitude curves**



第5図 Latitude knee 附近の宇宙線強度の日平均値
 ・ 第1次観測 ◦ 第3次観測

Fig. 5. Daily mean values of cosmic-ray intensities around the latitude knee.
 ・ for the first survey ◦ for the third survey

第1表 (a) Table 1. (a)

往 航 South bound

月 日 Date	中性子強度(%) Neutron	地磁気緯度 Geomag. lat	月 日 Date	中性子強度(%) Neutron	地磁気緯度 Geomag. lat
1958. 11. 13	32.4	21.0° N	12. 8	30.0	23.5 S
14	25.8	18.0	9	35.3	25.4
15	24.5	15.2	10	39.9	27.2
16	—	11.8	11	43.8	29.0
17	17.1	8.7	12	47.8	30.5
18	13.6	6.2	13	52.8	32.0
19	12.7	3.1° N	14	54.8	33.2
20	11.5	0.0	15	58.7	34.0
21	10.7	3.4° S	16	59.9	35.0
22	12.3	7.2	17	61.8	35.4
23	12.2	9.5	18	60.0	34.4
24	13.1	シンガポール	19	60.5	33.3
25	12.4	入港中	20	58.9	ケープタウン
26	11.9	at anchor in	21	60.1	入港中
27	11.5	Singapore	22	61.2	at anchor in
28	10.7	9.5	23	60.9	Cape Town
29	9.9	7.2	24	61.9	
30	10.9	5.1	25	64.8	33.5
12. 1	10.9	7.1	26	66.3	37.2
2	11.4	9.4	27	66.0	41.1
3	12.5	12.0	28	65.6	45.1
4	15.3	15.0	29	65.9	48.7
5	19.0	17.1	30	66.7	51.9
6	23.4	19.5	31	66.5	55.2
7	27.3	21.5			

第1表 (b) Table 1. (b)

帰航 North bound

月 Date	日	中性子強度(%) Neutron	地磁気緯度 Geomag. lat	月 Date	日	中性子強度(%) Neutron	地磁気緯度 Geomag. lat
1959.	2. 13	62.7	63.0° S		15	25.9	22.2° S
	14	62.9	59.0		16	23.9	20.7
	15	59.5	55.5		17	21.9	18.9
	16	61.7	52.6		18	19.4	17.1
	17	62.3	49.0		19	18.3	15.8
	18	60.0	45.0		20	—	13.5
	19	60.0	41.2		21	15.1	11.0
	20	62.4	39.0		22	13.2	10.0
	21	63.5	36.0		23	11.1	6.8
	22	69.7	34.0		24	10.1	4.6
	23	65.2	32.8		25	10.2	6.6
	24	59.0	33.3		26	11.9	9.5
	25	60.2	ケープ入港中		27	10.9	シンガポール
	26	61.8			28	12.0	入港中
	27	60.0	at anchor in		29	11.5	at anchor in
	28	60.5	Cape Town		30	12.2	Singapore
3.	1	63.4			31	12.2	
	2	61.5	''	4.	1	12.6	
	3	61.1			2	11.2	6.5
	4	58.7	33.8		3	11.8	4.0
	5	60.1	33.4		4	11.3	0.5° S
	6	59.4	33.4		5	12.7	3.1° N
	7	56.8	33.4		6	13.9	4.2
	8	55.6	32.9		7	15.2	8.9
	9	55.8	32.4		8	16.9	12.3
	10	55.1	31.5		9	20.1	15.5
	11	47.4	30.7		10	24.5	19.5
	12	41.3	27.8		11	27.1	21.3
	13	37.1	24.9		12	29.6	23.5
	14	30.2	23.6				

である。また第 4, 5 図はそれぞれ宇宙線赤道, 及び latitude knee 付近の様子をくわしく示した図である。

第1次と第3次の観測結果の比較

次に2回にわたる観測結果の比較であるが、その前に、宇宙線強度に直接あるいは間接的にかなりの影響を及ぼすと考えられている太陽活動度の様子を調べて見る。第6図は1956年から1959年4月までの太陽黒点数の変化の様子を示したものである。この図からも判る通り、観測の行なわれた I, II の期間は丁度太陽活動度最大の直前と直後に相当し、活動度自体とし

第 2 表 (a)

Table 2. (a)

January, 1959

(100+**, *) %

Day	1 ^h	3 ^h	5 ^h	7 ^h	9 ^h	11 ^h	13 ^h	15 ^h	17 ^h	19 ^h	21 ^h	23 ^h	Mean
1	0.8	1.1	1.2	2.8	-0.2	1.7	2.2	1.8	3.6	1.4	2.0	2.3	1.73
2	2.2	2.3	2.5	2.2	2.7	3.0	3.1	2.4	3.4	2.4	3.0	0.7	2.49
3	3.3	5.0	6.0	9.8	3.9	7.3	3.1	2.9	3.2	2.7	3.3	2.2	4.39
4	5.4	5.0	4.6	4.0	3.3	5.8	2.8	2.9	2.5	2.1	1.0	2.3	3.48
5	-0.2	0.7	-1.3	-1.6	-2.9	-2.0	-0.7	-2.3	-1.8	-3.2	-3.4	-1.4	-1.67
6	-1.7	-3.4	-4.6	-0.4	-1.0	-0.4	—	-2.6	0.4	-0.6	-0.3	1.5	-1.19
7	0.3	0.1	-1.0	-2.1	—	—	—	-0.5	-0.2	0.3	-0.5	-1.7	-0.25
8	-1.0	-2.0	-0.6	-2.2	-2.2	-0.3	-0.9	+0.8	0.7	-3.2	-2.0	-0.8	-1.14
9	-1.1	-0.1	-0.9	-3.4	-0.8	-1.9	-0.9	-0.6	-1.6	0.4	-2.0	-3.0	-1.32
10	-2.7	-2.0	-1.0	-1.7	-2.1	0.4	-0.6	0.4	-0.9	-0.5	0.3	1.2	-0.80
11	1.9	1.5	1.3	1.6	1.6	0.6	-0.5	-0.7	0.4	1.2	1.1	0.2	0.95
12	-0.4	0.2	1.6	0.9	1.8	2.0	0.6	2.7	0.4	1.8	0.3	1.8	1.14
13	2.8	2.3	2.2	3.1	4.1	4.8	3.7	2.8	4.2	2.3	4.1	1.8	3.18
14	1.3	2.8	3.7	2.5	2.1	2.6	3.2	2.2	3.4	2.4	3.1	4.3	2.80
15	1.5	1.1	0.4	3.2	3.9	2.2	3.3	2.2	4.0	1.4	3.9	2.9	2.50
16	4.9	4.2	4.1	3.4	5.7	4.5	2.7	3.6	2.4	3.4	3.1	3.3	3.78
17	2.8	1.7	1.7	1.1	2.4	8.6	3.7	4.4	4.4	3.7	3.4	2.1	3.33
18	—	—	—	5.4	3.6	3.9	4.6	3.2	2.3	6.2	4.0	4.3	4.17
19	3.4	3.8	3.5	4.1	7.0	7.7	4.2	4.2	6.0	5.9	6.8	5.9	5.21
20	5.5	8.1	6.9	5.8	2.6	2.4	3.5	4.9	6.2	6.3	5.9	6.1	5.35
21	7.9	4.7	5.3	4.8	5.7	5.8	7.1	5.8	3.6	2.7	1.3	1.8	4.71
22	2.1	4.7	2.4	4.9	4.7	7.9	3.8	4.6	3.6	7.1	6.3	4.4	4.71
23	7.8	5.7	5.8	6.7	4.9	4.5	7.3	5.8	5.8	5.5	7.0	9.7	6.38
24	—	—	4.9	6.5	4.4	4.5	5.7	4.3	7.0	6.8	5.0	3.9	5.30
25	4.4	3.8	4.9	3.8	3.1	3.2	—	5.6	5.5	4.1	5.3	4.5	4.38
26	7.5	5.5	4.8	3.3	4.8	5.6	5.6	4.7	3.0	6.1	5.7	6.9	5.29
27	4.1	2.6	7.2	8.3	6.8	5.2	2.2	2.0	1.3	1.9	2.6	1.6	3.80
28	3.5	3.1	2.7	1.7	-0.4	0.4	2.0	3.2	3.3	1.9	2.8	4.2	2.35
29	3.9	1.6	5.6	3.7	3.7	5.8	2.4	2.0	3.3	4.3	7.0	0.7	3.67
30	3.9	3.1	1.0	7.6	4.4	5.4	6.6	6.9	5.6	3.7	4.0	4.0	4.68
31	2.9	4.0	2.0	3.3	6.6	4.7	4.9	3.8	4.9	3.8	4.8	4.7	4.20

ては著しい差はないと考えられる。このことを念頭に置いて、以下第1次観測と第3次観測の結果を比較し、どういう点に差異が認められ、またどういう点は同じ結果を与えたか、また更に太陽活動度との関係に関しては、上記の結果が従来考えられていた考え方とどのように結びつくかを極く簡単に検討して見る。

観測結果について差を認めた点：

第3図及び第5図から明らかのように、地磁気緯度 25°S と latitude knee の間で

第 2 表 (b)

Table 2 (b)

February, 1959

(100+**, *) %

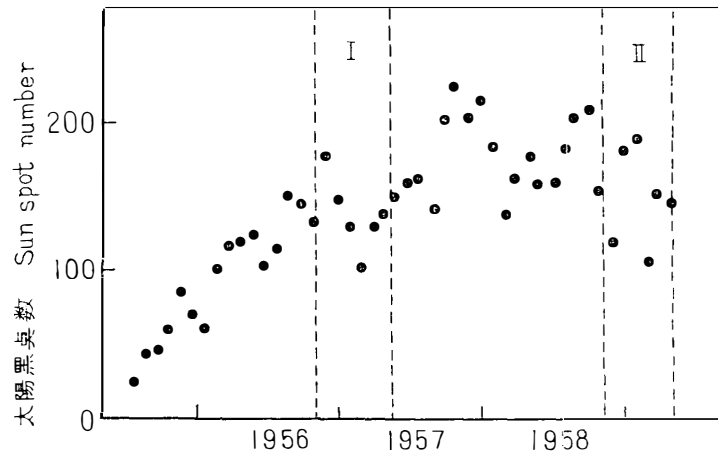
Day	1h	3h	5h	7h	9h	11h	13h	15h	17h	19h	21h	23h	Mean
1	7.1	3.8	4.0	6.5	3.6	3.7	4.4	3.7	4.2	6.7	5.4	5.0	4.84
2	4.3	5.2	4.8	4.1	4.9	5.4	7.9	3.4	9.6	1.5	3.0	2.7	5.57
3	1.6	1.4	2.5	4.2	1.4	2.1	2.2	3.0	3.3	2.7	2.3	3.7	2.53
4	2.3	0.8	1.7	0.8	1.9	2.3	3.0	3.0	2.0	3.9	3.1	3.2	2.38
5	4.1	3.2	3.1	4.9	3.6	5.7	3.4	5.7	5.5	5.4	5.4	2.4	4.37
6	2.9	4.8	5.1	1.6	5.1	2.7	4.4	4.9	4.9	2.2	4.9	5.0	4.00
7	3.2	3.6	3.9	5.1	4.8	4.3	4.3	2.9	5.0	4.6	4.0	3.7	4.12
8	4.6	3.6	4.9	5.5	4.6	5.5	3.8	5.3	4.5	6.6	5.4	5.5	4.98
9	5.3	4.4	4.1	4.7	4.8	5.2	4.8	4.3	4.4	6.2	6.7	5.7	5.05
10	5.4	5.8	5.7	4.5	4.4	5.6	5.4	5.4	5.8	5.6	7.2	6.6	5.62
11	5.6	4.6	3.8	4.3	4.2	2.7	3.3	4.3	4.1	3.2	4.5	1.6	3.85
12	-0.4	1.2	5.3	2.2	3.7	3.6	0.8	1.6	1.9	0.2	8.4	4.8	2.78
13	4.3	2.5	0.2	2.5	-0.1	0.7	2.9	2.6	4.0	3.1	5.2	4.9	2.73
14	3.7	3.8	5.1	4.8	2.6	2.2	3.0	3.0	2.2	1.9	1.4	1.6	2.94
15	1.6	-0.8	-0.2	-1.4	-1.0	-1.0	-0.2	-1.4	-1.5	1.2	-1.6	0.5	-0.50
16	0.4	-0.2	1.7	0.4	1.4	2.0	2.0	2.1	3.7	1.1	2.2	3.1	1.66
17	1.4	2.7	2.1	2.0	2.1	3.6	1.0	2.5	3.6	1.6	3.7	1.2	2.29
18	1.6	0.6	0.3	-0.4	-0.0	-0.9	1.4	-0.3	0.5	-1.3	-0.5	-0.7	0.03
19	-2.0	-1.5	-1.2	-0.5	0.6	1.9	-0.4	0.0	0.9	0.6	0.4	1.4	0.02
20	2.5	1.1	1.9	4.7	2.6	1.2	3.3	1.1	1.7	2.9	3.3	2.5	2.40
21	2.7	1.0	4.8	2.2	2.2	2.6	3.9	3.4	3.7	0.5	2.7	12.8	3.54
22	—	2.3	1.9	0.4	-0.2	0.2	0.1	—	—	1.3	9.2	9.0	2.69
23	17.8	22.4	32.1	-2.4	-0.1	-1.3	-3.8	0.5	0.0	-2.0	-1.8	-0.4	5.15
24	-1.1	0.7	1.8	-1.3	-3.1	-2.0	-2.9	-0.3	-0.3	-1.8	-0.7	-0.5	-0.94
25	-1.6	0.3	-2.0	2.3	1.2	—	0.0	0.4	0.6	0.9	-0.2	0.1	0.18
26	1.0	1.6	1.2	4.3	4.2	-0.3	2.2	2.2	1.0	2.4	1.8	0.5	1.84
27	2.8	-0.2	0.0	1.0	0.6	-1.1	-0.8	-1.1	1.4	1.2	-1.6	-0.7	0.04
28	0.5	0.4	0.6	-2.1	0.6	-0.3	0.6	-0.7	1.4	2.0	1.0	1.6	0.47

latitude curve の勾配が異なっている (第 3 次の時の方がゆるやかである). これは 1 次宇宙線の energy spectrum が, この両期間においてそれぞれ異なっていたことを意味する. すなわち 1 次宇宙線の differential energy spectrum を $KE^{-\gamma}$ と仮定すると, この γ の値が変化したことになる. γ の数値を第 1 回目と 2 回目の観測について計算してみると, 第 1 回目の時は 2.5, 第 2 回目の時は 2.3 という値を得た.

観測結果に差が認められなかつた点:

i) 強度最小点の位置 (宇宙線赤道) は, 前回も今回も同じく地磁気緯度 5°S , 地理学的経度 107°E である.

ii) Latitude knee の位置 (Latitude curve の折れ曲つて水平になる点) はやはり前回と同じく地磁気緯度で 35°S 付近である.



第6図 太陽黒点数の Secular variation.

I, II はそれぞれ観測の行なわれた期間に対応している.

Fig. 6. Secular variations of the sunspot relative numbers.

I and II correspond to the periods during which latitude surveys were carried out.

一方, SIMPSON 等の提唱する所によれば, 一般に1次宇宙線の energy spectrum は, 太陽活動度と密接に結びついていると考えられている. すなわち, 太陽活動が激しい時ほど r の値が小さくなるということが報告されている. 所が現在の結果は, 太陽活動度にはほとんど差異が認められないにも拘らず, r の値は今回の方が小さくなっている. あたかも第3次観測の時期の方が, 太陽活動が激しかつたかのごとき感があるわけである. この事実の解釈には hysteresis effect というような考え方をすると納得できるのではないだろうか. すなわち, 太陽活動度の変化が確かに宇宙線強度の変化に影響を及ぼすことは間違いないであろうが, これが直接影響するのではなく, ある何か媒介となるような機構を伴なつて, 従つてある時間的ずれを伴つて影響を及ぼすと考えるわけである (これを hysteresis effect と呼ぶことにする).

次に latitude knee の位置であるが, この 35°S という緯度は, 他の経度の knee の位置 (約 55°) に比べて著しく低い. これは恐らく Cape Town 付近の geomagnetic anomaly の影響であろうと考えている.

む す び

以上2回の観測からある程度予期された結果を得たと同時に, 予期に反する, いいかえれば従来の考え方では説明に苦しむような結果をも得たわけであるが, ただ2回の観測のみからは, 定量的な議論や更に突込んだ検討をなしうる段階ではない. 将来更にこのような観測を繰り返し行なうことによつて, 以上の結果をより明確なものとし, 詳しい定量的議論を可能なら

しめるものとする。

最後に、この観測を行なうについて、絶えず激励と御指導を賜った南極地域観測隊長の永田武博士、及び観測に協力を頂いた隊員諸氏並びに宗谷気象室の方々に厚く御礼申し上げる次第である。

又、理化学研究所の宮崎友喜雄博士、小玉正弘氏にはその御指導と御助言を多々賜った事に深く感謝の意を表す。

文 献

- 1) 小玉正弘：南極資料，1，29 (1957).
- 2) Simpson et al：Phys. Rev. 102, 1648 (1956).
- 3) Shin Fukushima and Masahiro Kodama：R. I. S. R. J. 13, 2, 112 (1959).