

宗谷船上における宇宙線観測結果

小 玉 正 弘*

RESULTS OF COSMIC-RAYS MEASUREMENTS ON M/S "SOYA"

Masahiro KODAMA*

Measurements of cosmic-ray nucleon and meson components were carried out on the ice-breaker "SŌYA" throughout the full voyage.

Latitude effects of 60% for the nucleon component and 12% for the meson component were obtained.

The knee of the latitude curve was found at about the same geomagnetic latitude 35°S for both components. North-south asymmetry can be explained by assuming the cosmic-ray coordinates shifted westward by 45° from the centre dipole field.

A typical cosmic-ray storm and the diurnal variation at 69°S geomagnetic latitude were studied, the latter having some features difficult to be interpreted, compared with the results at other latitudes.

Apparatus In order to observe two components of cosmic-rays, that is, the neutron and meson components, a neutron monitor and a Neher-type ionization chamber were installed in an observation hut, specially built on the upper deck of the SŌYA. The neutron monitor consisted of a paraffin-lead pile which contained five B^{10}F_3 counters, and two pieces of electric equipment. The counting rate at high latitudes above the latitude knee was about 8,500 counts per hour for five counters. The absolute intensities observed

on the southbound voyage were almost the same as those obtained on the northbound trip.

Corrections and Results The data obtained were corrected for the atmospheric pressure and the world-wide variations of cosmic-ray intensities. A pressure effect coefficient was calculated using the present data at latitudes above the knee, that is for the months of January and February 1957, and a value of $-0.77\%/mb$ was found for the neutron component. It was not easy to deduce the pressure effect coefficient for the meson component because of the atmospheric temperature effect. So, the present data were corrected by the value so far used for the data observed in Japan, *i. e.*, $-0.13\%/mb$. Daily values corrected for the atmospheric pressure variation using the above mentioned coefficients were plotted in Fig. 1.

The correction for the world-wide intensity variations were made using the data obtained at Huancay, Mexico City, Mt. Norikura and Chicago for the neutron, and data observed at Tokyo for the meson. Further, meson component data were corrected for the atmospheric temperature effect using the temperatures at 300 mb layer averaged over a period of several years.

Daily values obtained after these correc-

* 科学研究所, 第1次及び第2次南極地域観測隊員. Scientific Research Institute. Member of Japanese Antarctic Research Expeditions, 1956—57 and 1957—58.

tions were plotted in Fig. 2 against the geomagnetic latitude. A complete table of cosmic-ray data corrected for the pressure effect were given in Table I.

Discussions on Latitude Effects As clearly shown by the final latitude curves in Fig. 2, the position of the minimum intensity is situated at 5°S geomagnetic latitude, 107°E geographical longitude for both components. This position was just in agreement with the cosmic-ray equator proposed by SIMPSON.

The knee of the latitude curves were found at about the same geomagnetic latitude of 35°S for both components.

Latitude effects, *i.e.*, the differences of the intensities between the higher latitudes and the cosmic-ray equator were 60% and 12% for the neutron and meson, respectively.

Ratio of the latitude effect between the two components is 5.0, nearly the same as SIMPSON's results (5.1) of 1954-55. This suggests that the ratio is constant over a few years.

The results in Fig. 2 were reproduced by the full line in Fig. 3 using the geomagnetic cut-off rigidity calculated from the eccentric dipole magnetic field. It is clearly recognized that there exist a considerable asymmetry between the data of north and south hemisphere. The interpretation for this phenomenon can be made as follows. From that

fact that the cosmic-ray equator does not coincide with the geomagnetic equator, it has been assumed that the outer magnetic field which gives the influence on cosmic-ray particles should be shifted westward from the surface geomagnetic field by 45°. Extending this assumption to the higher latitude, the rigidity spectrum becomes as the dotted line shown in Fig. 3, where the asymmetry becomes smaller.

Time Variations in the Antarctic In higher latitudes above the knee, it is possible to study the time variations of cosmic-ray intensities. A typical cosmic-ray storm was observed on January 21, 1957, the bi-hourly values of cosmic-ray intensities during this storm are plotted in Fig. 4. This was an isolated storm, so it is proper to study the various characters.

The diurnal variations of cosmic-rays averaged over the periods of January and February are shown in Fig. 5 together with the results obtained at Mt. Norikura in the same periods. As is clear from the figure, the diurnal variations in the Antarctic are more remarkable than those in Norikura. This fact is completely unexpected and so the problem is left for the future. Bi-hourly values corrected for the pressure effect are given in Table II.

は し が き

予備観測において、宇宙線部門が一番狙いとしたのは、宇宙線の緯度効果、すなわち、地球上の各緯度で、宇宙線の強さが如何に変化してゆくか、を精密に測る事であつた。むろん本観測には基地で越冬する以上、そのための小手調べというか、極地方特有の何等かの性質を掴んでくるということはいうまでもない事であつた。約6ヶ月の船上観測に得られた結果には、予期通りのものもあり、また予想外のものもあつた。此処に極めて簡単ながら、とりまとめ報告する。

観測器械の準備経過

1. 中間子強度の観測 使用された器械はネヤー型電離函である。

- 昭和 31 年 7 月 25 日 電離函内部のエレクトロメーターの水晶ファイバーが事故のため切断していたので、修理に出す。
- ” 8 月 29 日 同上の修理なり、直ちにアルゴンガス充填、電源装置の製作等にかかる。
- ” 10 月 11~13 日 静岡県焼津トンネル内において、電離函内の残留放射能の測定など、種々のテストを行う。
- ” 10 月 15 日 宗谷船上観測室に据付。直ちに正常の観測に入る。

2. 中性子強度の観測 鉛、パラフィン、各約 1 トンよりなる中性子パイルと、5 本の中性子用計数管、独立に記録できる二台の記録装置等よりなる。

- 昭和 31 年 5 月 15 日 パイル用パラフィンの硬度試験等開始。
- ” 5 月 30 日 記録装置の設計を終り、発注。
- ” 8 月 20 日 パイル用の鉛ができて、パイルは完成。
- ” 9 月 12 日 中性子用計数管の耐寒テスト。結果は良好。
- ” 9 月 14 日 増巾器、記録器等の調整開始。
- ” 9 月 28 日 宗谷船上観測室に据付。以後出発まで 1 ヶ月余、毎日整備調整にあたる。

船 上 観 測

宗谷のヘリコプター格納庫の上に、特別に造られた観測室に、上記二種類の観測装置がセットされた。この観測室は、パラフィンの軟化を防ぐため、壁、天井には断熱材を使用し、更に冷房器がとりつけられた。このおかげで、赤道地方でも摂氏 30 度を超えることはなかつた。

中性子観測は、東京からシンガポールまでは調子悪く、遂にデータが採れなかつた。しかしその後は記録計に多少の難点のあつた事を除けば、相当の船の動揺、振動にも拘らず、よく動作し、往路の強度と帰路の強度とは、殆んど同じ値を示した。

中間子の方は器械が簡単なだけに、殆んどさしたる問題は起らなかつた。ただ途中、操作上のミスから、赤道附近で四日間程欠測になつたのみである。

基 地 観 測

中性子は基地に下すことなく、そのまま船上で観測を続けたが、中間子の電離函は、昭和 32 年 2 月 14 日 8 時で船上での観測を打ち切り、直ちに昭和基地に輸送して、無電棟の一隅に設置。同日 21 時より観測を再開した。そして以後の観測は、越冬隊の北村隊員に託した。

Table I

Date 月日	Meson 中間子強 度 (%)	Neutron 中性子強 度 (%)	Date 月日	Meson 中間子強 度 (%)	Neutron 中性子強 度 (%)	Date 月日	Meson 中間子強 度 (%)	Neutron 中性子強 度 (%)	Date 月日	Meson 中間子強 度 (%)	Neutron 中性子強 度 (%)
11 8	12.7	—	12 20	16.5	66.0	1 31	23.4	62.6	3 14		59.8
9	12.0	—	21	15.9	59.7	2 1	23.7	64.0	15		62.2
10	10.4	—	22	14.9	58.2	2	23.0	65.2	16		62.1
11	8.7	—	23	16.0	57.1	3	22.8	64.7	17		61.0
12	6.1	—	24	13.8	61.1	4	23.2	64.6	18		59.7
13	6.0	—	25	16.5	57.6	5	23.7	64.7	19		58.1
14	5.8	—	26	—	55.8	6	24.1	64.3	20		54.3
15	5.6	—	27	—	56.7	7	24.4	64.7	21		52.6
16	5.2	—	28	—	55.3	8	以後の記 録は昭和	64.4	22		50.3
17	—	—	29	14.2	57.2	9	基地	64.7	23		44.7
18	—	—	30	14.5	—	10		64.7	24		37.9
19	—	—	31	15.8	64.2	11		64.8	25		34.8
20	—	—	1 1	17.9	63.3	12		64.7	26		28.8
21	—	—	2	20.0	60.4	13		65.2	27		22.7
22	5.2	—	3	20.5	61.6	14		61.8	28		19.4
23	3.9	—	4	23.8	57.6	15		63.5	29		15.9
24	4.1	—	5	24.1	53.5	16		63.8	30		11.4
25	5.4	6.8	6	23.8	62.5	17		64.6	31		9.3
26	5.1	4.4	7	23.1	65.4	18		63.7	4 1		6.5
27	4.6	6.1	8	—	64.5	19		61.2	2		5.6
28	5.1	6.1	9	21.4	64.8	20		60.9	3		4.2
29	4.0	5.9	10	21.3	66.7	21		58.3	4		4.9
30	4.1	6.6	11	22.8	68.7	22		62.1	5		4.9
12 1	5.0	7.5	12	23.2	69.3	23		61.6	6		5.3
2	5.8	10.0	13	24.1	69.7	24		57.2	7		6.1
3	5.9	11.4	14	24.2	70.0	25		57.0	8		5.6
4	7.1	15.8	15	25.0	70.6	26		55.8	9		5.7
5	7.8	18.0	16	24.9	69.3	27		55.7	10		5.9
6	8.5	21.9	17	25.0	70.0	28		55.8	11		6.4
7	10.2	26.3	18	25.0	68.6	3 1		61.2	12		5.9
8	11.7	31.8	19	—	68.6	2		62.4	13		5.0
9	12.5	37.9	20	24.4	68.9	3		62.1	14		5.1
10	13.0	41.7	21	23.8	67.7	4		62.5	15		4.4
11	14.9	48.7	22	21.7	57.6	5		62.1	16		5.3
12	16.2	54.5	23	21.4	57.4	6		65.0	17		7.8
13	17.0	60.0	24	24.3	61.5	7		64.1	18		8.6
14	16.8	67.0	25	25.5	62.2	8		64.9	19		13.2
15	17.1	63.3	26	23.7	64.6	9		58.7	20		16.5
16	17.4	63.1	27	24.8	64.3	10		55.8	21		26.0
17	17.9	65.8	28	23.5	65.0	11		55.3	22		29.8
18	17.1	62.4	29	22.4	63.9	12		58.4	23		33.9
19	18.1	60.7	30	22.8	62.9	13		60.7			

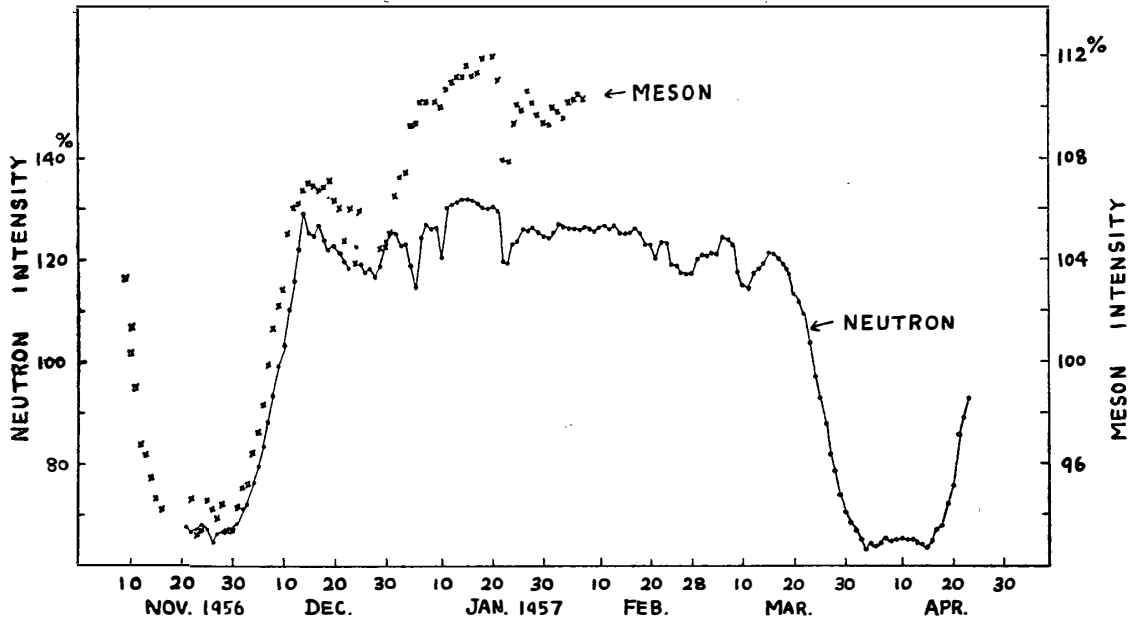


Fig. 1. Day-to-day variations of cosmic-ray intensities corrected for the barometric pressure throughout the voyage.

観測結果

1. 出発から帰国までの両成分の一日平均値（気圧補正值）を第Ⅰ表に示す。
2. 南極圏において観測された宇宙線中性子強度の1月、2月の気圧補正值を第Ⅱ表に示す。

Table II (A)

January, 1957													(100+**.*)%
	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	3.0	8.6	8.9	6.1	5.3	2.7	2.8	1.0	-1.8	0.5	0.7	1.9	3.3
2	3.7	0.9	2.2	-1.5	5.5	5.1	2.7	-0.4	-1.5	-2.7	-3.7	-5.8	0.4
3	-0.8	3.0	2.5	0.4	1.0	5.9	6.8	0.9	-0.4	-1.4	-1.4	2.1	1.6
4	5.6	-2.3		-0.1	-3.2	-5.3	-2.3	-15.4	-0.9	2.3			-2.4
5				-4.3	-3.3	-9.6	-4.3	-7.5	-9.3	-8.8	-6.0	-5.1	-6.5
6	-2.7	0.1	2.3	-6.3	0.5	5.2	6.1	4.8	5.9	6.9	2.2	4.7	2.5
7	6.1	3.8	6.5	5.7	6.2	7.4	5.2	3.0	5.7	4.0	5.0	6.0	5.4
8	5.5	2.8	5.3	5.8	7.0	5.9			6.3	4.2	0.4	1.3	4.5
9	0.1	-3.9	1.9	8.2	6.9	8.6	6.5	5.5	6.1	4.6	6.7	6.8	4.8
10	5.4	4.9	4.8	5.3	4.3	5.6	8.5	9.6	6.7	9.1	8.8	8.0	6.8
11	7.5	7.8	8.2	7.2	8.6	10.7	10.5	9.5	9.2	9.2	7.6	8.8	8.7
12	7.2	8.6	8.6	8.6	9.6	9.1	9.4	10.7	10.3	10.2	9.1	10.0	9.3
13	9.7	9.1	7.6	10.4	10.2	10.6	9.8	10.5	9.1	10.8	8.3	9.9	9.7
14	10.4	10.1	8.8	9.1	9.3	10.6			10.4	10.4	11.0	9.7	10.0

Table II (A)

	1h	3h	5h	7h	9h	11h	13h	15h	17h	19h	21h	23h	Mean
15	9.1	8.8	9.6	11.4	14.0	11.8	10.3	11.6	10.2	11.4	10.3	8.8	10.6
16	10.6	9.6	8.8	9.1	11.0	10.0	10.6	9.5	10.2	11.3	11.1		9.3
17						11.8	9.7	9.4	8.6	10.6	8.6	11.1	10.0
18	8.8	8.9	7.8	9.5	8.7	7.6	8.7	8.0	8.0	9.3	8.9	9.4	8.6
19	7.5	7.6	9.0	9.0	9.3	9.0	7.2	8.9	9.7	8.2	8.7	9.0	8.6
20	8.5	9.3	8.3	8.4	8.6	8.4	8.2	10.3	9.8	9.8	7.8	9.8	8.9
21	9.0	8.9	8.0	8.3	10.7	10.9	8.8	10.5	9.8	5.8	0.5	1.0	7.7
22	-0.4	-2.9	-1.6	-2.7	-2.7	-5.1	-5.2	-3.3	-0.9	1.6	-1.1	-4.7	-2.4
23	-7.6	-4.3	-5.5	-2.3	-4.5	-2.1	-1.2	-2.3	-0.5	-0.1	-0.7	-0.4	-2.6
24	-2.7	-0.2	-0.9	3.1	2.0	1.3	3.6	2.3	2.0	2.0	4.1	1.0	1.5
25	0.5	0.4	2.9	2.4	3.0	3.5	3.1	0.8	1.2	4.1	2.1	2.5	2.2
26	3.2	2.2	2.7	4.3	4.8	4.4	4.4	5.3	5.6	5.4	6.5	5.9	4.6
27	3.8	4.0	4.1	5.2	3.1	3.6	4.3	4.4	4.1	5.7	4.7	4.8	4.3
28	5.0	4.3	7.1	3.6	5.6	6.7	5.1	5.1	5.3	4.3	4.3	3.9	5.0
29	4.7	4.5	5.9	4.1	4.6	5.3	6.5	4.5	2.6	3.9	2.3	-1.7	3.9
30	2.0	1.9	3.2	1.6	1.0	3.2	4.3	2.2	4.1	4.2	4.5	2.9	2.9
31	3.1	2.4	2.1	1.9	2.3	4.0	2.0	2.2	1.6	4.0	2.6	2.4	2.6

February, 1957

Table II (B)

(100+**.*)%

	1h	3h	5h	7h	9h	11h	13h	15h	17h	19h	21h	23h	Mean
1	2.5	2.5	2.7	3.7	4.5	3.3	3.3	5.6	3.6	6.2	4.6	5.0	4.0
2	3.6	3.8	3.7	5.5	5.5	6.0	7.4	5.7	6.4	5.3	5.2	4.5	5.2
3	4.4	6.3	4.9	4.2	3.4	4.5	5.5	4.1	4.6	5.1	4.1	5.6	4.7
4	2.6	5.7	4.0	4.6	5.5	4.6	4.8	3.7	4.5	5.8	5.1	4.0	4.6
5	3.9	5.3	4.5	5.7	3.9	3.7	4.6	5.8	3.5	5.1	5.2	5.3	4.7
6	2.3	3.4	2.7	3.4	4.2	4.5	6.8	4.2	5.2	4.9	4.5	5.7	4.3
7	3.8	4.0	6.3	4.3	4.6	5.3	6.0	5.7	2.9	4.7	5.4	3.7	4.7
8	4.2	4.5	3.5	2.4	4.5	6.2	4.9	4.5	6.2	6.1	3.9	1.6	4.4
9	4.0	4.1	4.0	4.3	4.9	4.3	4.1	5.7	4.3	6.6	5.8	4.6	4.7
10	4.9	2.0	4.3	3.5	5.0	6.4	4.9	5.1	5.1	5.8	5.2	3.9	4.7
11	2.3	2.8	3.0	3.4	4.8	5.8	5.1	6.2	8.1	4.8	5.6	5.3	4.8
12	4.0	3.4	3.9	4.3	4.4	5.0	4.6	6.0	4.8	5.8	6.5	3.8	4.7
13	3.6	3.2	3.6	4.4	4.5	6.2	7.4	7.3	5.3	4.7	6.6	5.1	5.2
14					2.1	0.0	3.0	2.3	1.6	2.5	2.4	0.6	1.8
15	-0.3	0.3	2.5	3.5	4.5	4.8	6.3	5.4	3.8	4.3	4.1	2.1	3.5
16	1.9	2.1	2.4	1.5	2.7	4.3	4.1	6.5	5.2	5.5	4.5	5.1	3.8
17	3.4	3.6	3.8	4.3	6.6	4.1	6.0	6.4	5.8	2.1	5.4	4.2	4.6
18	2.2	3.3	4.3	5.4	3.8	3.7	5.0	4.3	3.7	4.5	3.1	1.3	3.7
19	0.6	2.7	0.5	2.5	2.7	1.7	3.7	-0.3	1.3	1.6	-1.7	-0.9	1.2
20	1.2	1.4	1.0	2.1	1.8	1.5	1.1	1.6	-0.1	-0.3	0.9	-2.0	0.9
21	-0.5	-0.9	-4.5	-1.2	-5.7	-10.3	-7.4	0.1	0.4	3.3	4.4	1.8	-1.7
22	0.9	4.2	3.7	0.7	2.4	1.4	3.3	2.1	2.3	2.4	1.3	0.3	2.1
23	0.5	1.9	-0.2	2.3	2.3	2.8	2.9	3.1	2.0	2.6	-1.9	0.6	1.6
24	-1.9	-0.8	-1.8	-6.7	-4.8	-2.6	-2.3	-1.1	-1.7	-0.6	-2.7	-8.0	-2.8
25	-11.2	-18.0	-13.7	-0.3	1.6	1.6	0.8	0.7	2.4	0.2	-2.4	-1.9	-3.0
26	-4.1	-3.6	-5.0	-3.7	-6.2	-8.4	-5.1	0.1	-3.6	-7.2	-4.1	-0.1	-4.2
27	-7.8	-7.5	-7.8	-6.5	1.4	2.1	-4.1		-0.9	-5.4	-2.6	-4.6	-4.3
28	-10.2	-5.4	-3.6	0.3							-8.3	-6.9	-4.2

結果の検討

1. **緯度効果** 緯度効果の大きさ、すなわち赤道と高緯度との強度差は、中性子で 60%、中間子で 12% が観測された (第 2 図)。両成分の値の比は 5.0 で、この値は他の人の測定による異なる年の値と比べて、殆んど同じで、年により変化のないことが分つた。

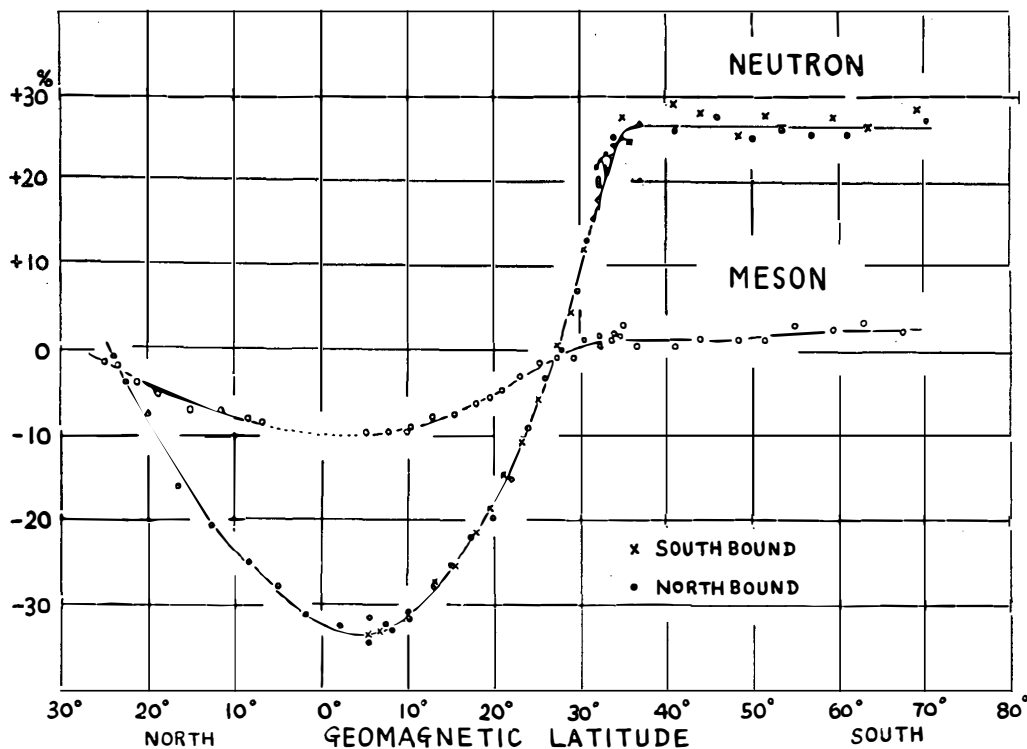


Fig. 2. Latitude curves—variations of cosmic-ray intensity as the function of the geomagnetic latitude.

いわゆる *latitude knee* の緯度は、両成分とも 35 度である。ともに同緯度であること、並びに低緯度であることの二点は、太陽活動度と密接な関係があり、定性的には、ともに説明可能である。

また、南北両半球で、著しい差が観測されたが (第 3 図)、これは地球が偏心双極子磁場と仮定して、それがそのまま宇宙線に効くとしたのでは、説明ができない。ところで宇宙線強度の極小点、すなわち宇宙線赤道の位置は、今回の測定では、地磁気緯度 5°S、地理経度 107°E であつたが、この点は Simpson が前に提唱した双極子赤道を 45° 西へ廻した宇宙線赤道と完全に一致している。そこで、同じようにこの考えを高緯度まで押し広めてゆくと、南北非対称は殆んどなくなってくる。この事は、地球上での宇宙線の強度分布が地磁気だけでは説明できないとする考え方を、更に support するものといえよう。

2. **南極での時間的变化** 1 月 21 日に起つた磁気嵐は、宇宙線に大きな嵐を引き起した (第 4 図)。この時の強度減少の割合は、ほぼ予想通りのものであつた。しかし、これに伴う日

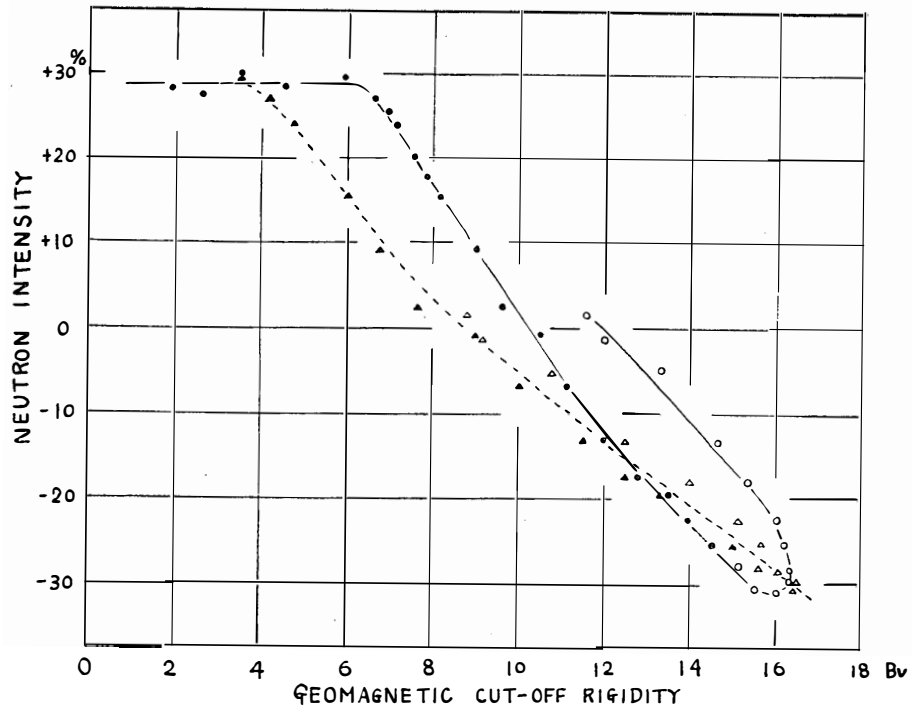


Fig. 3. Variations of neutron component against the geomagnetic cut-off rigidity. Circles are for the case of ordinary dipole field and triangles for the case of the shifted magnetic field.

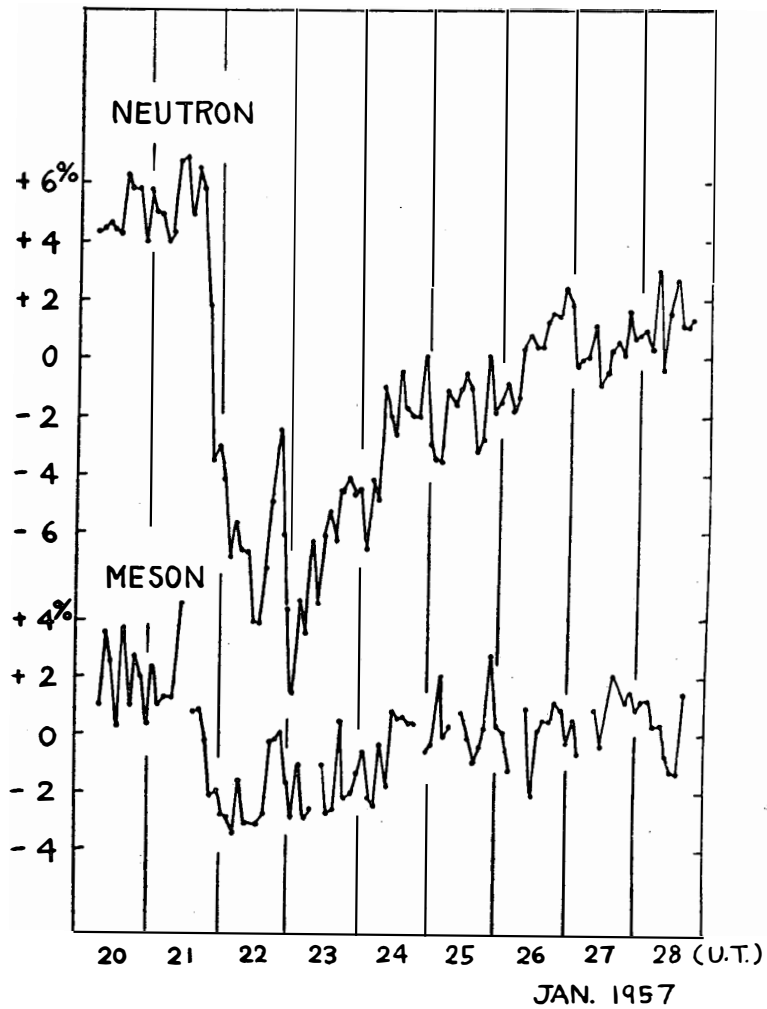


Fig. 4. Variations of cosmic-ray intensities associated with the geomagnetic storm on January 21, 1957.

変化の変動は今までの知識とは全く相反するもので、極大時刻は嵐後でむしろ後退している。これは、静穏日における日変化が低緯度より大きい(第5図)という不可解な現象とともに、

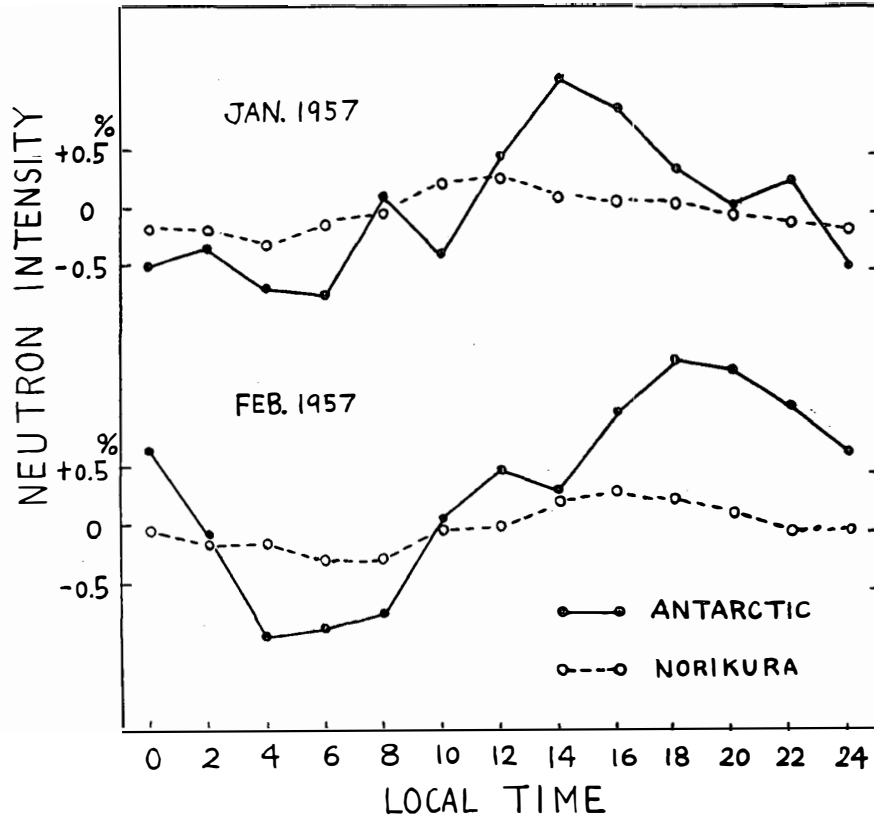


Fig. 5. Diurnal variations of cosmic-ray neutron component observed in the Antarctic and on Mt. Norikura.

将来十分調べらるべき性質のものである。これによつて本観測での越冬観測に、大きな期待が持てる事になった。

参考文献

- Meyer, P. and Simpson, J. A.: Phys. Rev., **99**, (1955) 1517.
- Simpson, J. A., Fonger, W., and Treiman, S. B.: Phys. Rev., **90**, (1953) 934.
- Rose, D. C., Fenton, K. B., Katzman, J., and Simpson, J. A.: Canadian J. Phys., **34**, (1956) 968.
- Simpson, J. A., Fenton, K. B., Katzman, J., and Rose, D. C.: Phys. Rev., **102**, (1956) 1648.