

# ケープタウン付近における宇宙線異常について

小 玉 正 弘\*

## ON THE COSMIC RAY LATITUDE KNEE AROUND CAPE TOWN ANOMALY

Masahiro KODAMA\*

### *Abstract*

Investigations of results obtained from the five cosmic ray measurements aboard SOYA during 1956-62 show a double 'knee' in latitude dependence around Cape Town anomaly. The first 'knee' is always found near  $40^\circ$  geomagnetic latitude taking account of the longitude effect in cosmic rays throughout the whole surveys. The position of the

second 'knee' varies from about  $40^\circ$  to near  $50^\circ$  with year. The former is attributed to the atmospheric cut-off which is more effective upon the low energy cosmic rays such as incoming to Cape Town anomaly. The latter is most likely identified with the normal one found in several other longitudes, or, due to the cut-off in the primary spectrum of cosmic rays.

### 1. 序

ケープタウン付近の地磁気の水平分力は極めて弱く ( $0.13$  エルステッド), 地球上の, これとほぼ同緯度の場所の値の半分位しかない. 地球上に到来する宇宙線は地球磁場の影響を大きく受けるが, このうち水平分力の効き方が最も **effective** である. 従ってケープタウン付近では, 他地域には見られないような異常が, 宇宙線の上にも当然起こってよいと期待される.

われわれは, 第1次南極観測以来, 第6次までの間に, 計5回の宇宙線観測を「宗谷」船上で行ってきた<sup>1)</sup>. これによると, 宇宙線の 'knee' と呼ばれる地点がケープタウンの南方に発見されるが, その緯度は極めて低く, 5回の観測を通じて常に地磁気緯度  $35^\circ$  付近であった. これは, 従来からの他地域での 'knee' に関する測定結果の  $50^\circ$  前後という値と比べると極めて低緯度であって, たぶん上に述べた地磁気異常がその原因であろうと解釈した.

ところが, 最近飛行機を利用して上空での宇宙線強度分布を測る実験がケープタウンの周辺で行なわれた<sup>2)</sup>. これによると, われわれが発見した  $35^\circ$  'knee' は認められず,  $40^\circ$  まで一定の割合で強度が増加している. 海上と, 飛行高度 ( $640 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-2}$ ) 程度の高度差で, たとえ地磁気異常を考慮したとしても, このような 'knee' の違いが起こってよいものかどうか, もう

\* 理化学研究所. 第1次, 第2次及び第6次南極地域観測隊員. The Institute of Physical and Chemical Research. Member of the Japanese Antarctic Research Expeditions, 1956-57, 1957-58 and 1961-62.

一度詳しくわれわれのデータを検討し直してみる必要に迫られた。以下はその結果についての報告である。

## 2. 'knee' の経年変化

Fig. 1 は、第1次南極観測から第6次までの、「宗谷」船上で得られた宇宙線の緯度効果を示す。気圧変化及び1次宇宙線変化\*の補正を施した中性子成分の12時間平均値\*\*が、地磁気緯度に対してplotしてある。同時に、 $20^{\circ}$  から  $35^{\circ}$  までの各点に fit させた直線 AA' と、船が  $50^{\circ}$  以上の地点にあった間の平均の宇宙線強度を示す直線 AA'' とが、それぞれ記入してある。両直線の交点 A が、普通言われている 'knee' の地点に相当する。測定の (1) から (5) までを通じて、A 点の緯度は  $35^{\circ} \sim 37^{\circ}$  の範囲に収まっており、ほぼ一定と言ってもよい。しかしこれらの緯度効果をよく見ると、'knee' の形が年と共に緩やかになっているのがわかる。その程度を示す為、図には BC なる直線が入れてある。これによれば B 点 (又は A 点) は全く一定緯度だが、C 点は次第に高緯度へずれてゆく。(1) から (5) へと、太陽活動は順次静かになってゆくから、'knee' が高緯度にずれてゆくことは当然期待される。だとすれば、C 点の方が普通の意味、すなわち1次宇宙線スペクトルの折れ曲がりという意味での 'knee' であって、A 点は見掛け上のものではないかと想像される。

## 3. ケープタウンでの宇宙線強度

上に述べたことをはっきりさせる為、ケープタウンでの宇宙線強度について触れよう。ここでの観測値を Fig. 1 に plot すると、直線 AA' からひどくはずれ、だいたい5%上にとび出る。こ

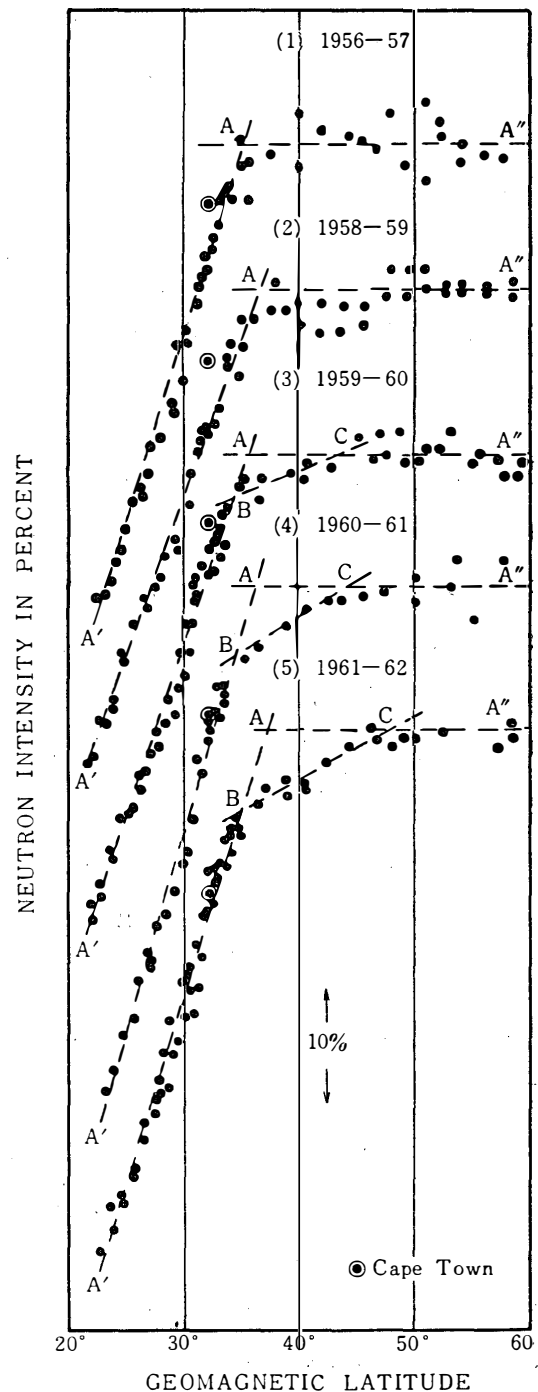


Fig. 1.

\* Mt. Norikura の中性子強度に、ある係数をかけたものを代用した。

\*\* (4) のみ 24 時間平均値。

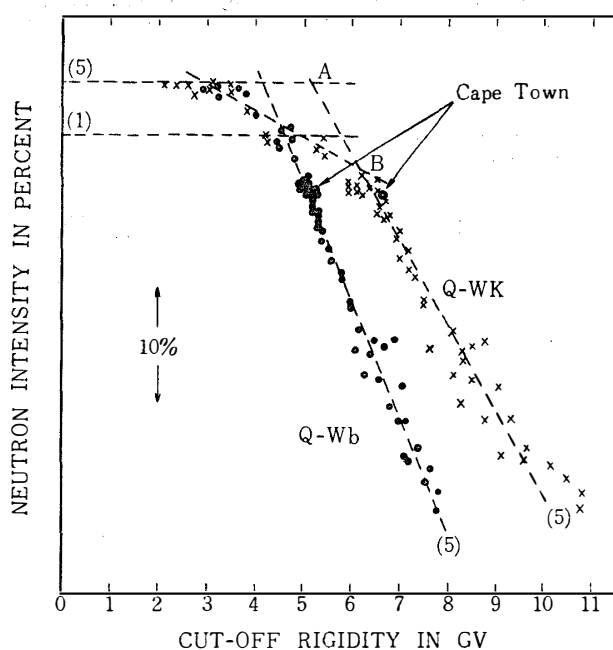


Fig. 2.

これは(1)から(5)までの全てについて言える。このはずれの原因は、「宗谷」のコースが一定の経度に沿っていない為に起こる、宇宙線の経度効果のせいではないかと考えられる。マダガスカル島の南からケープタウンまでは、地磁気緯度では $3^\circ$ 位の変化に対し、経度では約 $20^\circ$ も変化するコースをとっているからである。このような経度効果を除くには、宇宙線強度を地磁気緯度に対してではなく、cut-off rigidity に対して plot すればよい。Fig. 2 がそれで、宇宙線は(5)の値を、rigidity としては QUENBY-WEBBER<sup>3)</sup> の値と、QUENBY-WENK<sup>4)</sup> の値とを用いた。両者の何れを用いても、ケープタウンの点は他の諸点からはずれておらず、Fig. 1 で見られる異常は経度効果のせいであることがわかる。従って‘knee’という言葉は経度が一定でない限り地磁気緯度に対しては無意味で、cut-off rigidity に対して言わなければならない。

地磁気緯度 $20^\circ \sim 35^\circ$ 間の観測値は、地理経度 $70^\circ \text{E} \sim 19^\circ \text{E}$ の間で得られたものであるから、この間での経度効果( $40^\circ \text{E} \rightarrow 19^\circ \text{E}$ で約5%増加)を考慮すれば、AA'の傾斜はより緩やかになる筈である。これの正確な補正は現在では不可能に近いが、だいたいA点又はB点を $40^\circ$ 付近までずらせることになる。

#### 4. 討論及び結語

Fig. 1 でケープタウンでの値とB点(又はA点)との強度差は、各測定を通じてほとんど一定であるが、BC間の強度差は0%から7%まで増えている。これは、太陽活動が静かになると共に宇宙線の低エネルギー粒子が入射し易くなるが、その増加はB点以上の高緯度に限られることを意味する。かくて1次宇宙線スペクトルの cut-off はC点に現われ、B点は地磁気異常によって作られた‘knee’と考えることができる。モデル化した緯度効果の変化を示せば Fig. 3 となる。Fig. 2 において、QUENBY-WENK よりも、QUENBY-WEBBER の rigidity を用いた方が‘knee’ではより低い cut-off を与え、且つ観測点の散らばりも少ない。これは後者の rigidity が地磁気異常をより強く反映した値であるから、ケープタウン周辺の cut-off rigidity として better なものと言ってよい。

更に第1章に述べた高空での結果との比較であるが、ケープタウン anomaly に入射した宇

これは(1)から(5)までの全てについて言える。このはずれの原因は、「宗谷」のコースが一定の経度に沿っていない為に起こる、宇宙線の経度効果のせいではないかと考えられる。マダガスカル島の南からケープタウンまでは、地磁気緯度では $3^\circ$ 位の変化に対し、経度では約 $20^\circ$ も変化するコースをとっているからである。このような経度効果を除くには、宇宙線強度を地磁気緯度に対してではなく、cut-off rigidity に対して plot すればよい。Fig. 2 がそれで、宇宙線は(5)の値を、rigidity としては QUENBY-

宇宙線はかなり低エネルギーのものであるから、大気中での吸収も激しい。従って C 点の 'knee' は地磁気異常が原因の, **atmospheric cut-off** と解することができる。第 3 章で述べたように, C 点は経度効果の補正をした場合,  $40^\circ$  近くまで高くなる傾向にあるから, 飛行機による観測結果と本質的に矛盾するわけではない。

以上をまとめると

- 1) ケープタウンの南, 地磁気緯度  $40^\circ$  あたりに, **atmospheric cut-off** による第 1 の 'knee' が存在する。
- 2) 第 1 の 'knee' の成因には異常地球磁場が関係していると考えられ, 太陽活動度とは無関係に, 常に一定の場所に見られる。
- 3)  $50^\circ$  付近に第 2 の 'knee' が存在する。これは 1 次宇宙線スペクトルの **cut-off** によるもので, 他地域に見られる 'knee' と同じ性質のものである。

となるが, これらは定性的な議論であって, 定量的に海上データと上空でのデータとの食い違いが説明できたというわけではない。これを解決するには, バルーンによって各高度での緯度効果を実測することが必要である。その際,  $20\sim 30$  mb あたりの高度まで測定すれば, **atmospheric cut-off** 及びそれに与える異常地磁気の影響の研究に大いに役立つであろう。進行する船上から連続的にバルーンを打ち上げることはさして難事ではない。南極観測再開の折にはぜひともこの計画を実行に移したいと考えている。

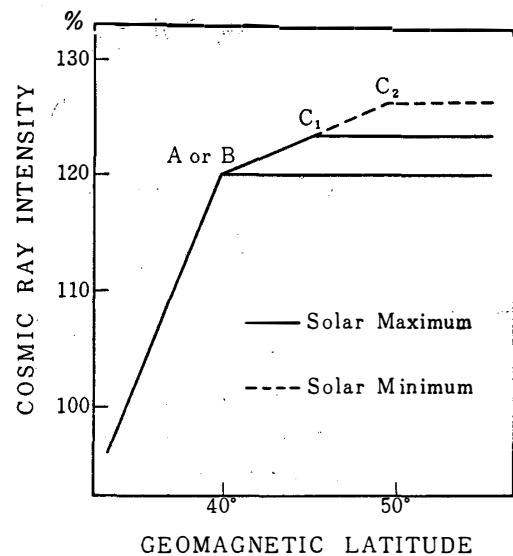


Fig. 3.

## 文 献

- 1) Kodama, M.: Sci. Papers I. P. C. R., 54, 20 (1960).  
福島 紳・北村泰一: 南極資料, No. 10, 669 (1960).  
Fukushima, S. and Kokama, M.: Sci. Papers I. P. C. R., 55, 37 (1961).  
福島 紳・中村 強: 南極資料, No. 11, 885 (1961).  
牧野忠男: 南極資料, No. 14, 1131 (1961).  
Kodama, M., Fukushima, S. and Makino, T.: J. Phys. Soc. Suppl. A-11, 441 (1962).
- 2) Plooy, N. F. du, Kühn, G. J., Maree, J. P., Stoker, P. H. and Walt, A. J. van der: reprint (1962).
- 3) Quenby, J. J. and Webber, W. R.: Phil. Mag., 4, 90 (1959).
- 4) Quenby, J. J. and Wenk, G. J.: Phil. Mag., 7, 1457 (1962).

(1962 年 12 月 27 日受理)