

山崎断層付近における γ 線の測定について（その1）

竹内 文朗・見野 和夫・貞広 太郎

ON THE γ -RAY MEASUREMENT AROUND THE YAMASAKI FAULT

By *Fumiaki TAKEUCHI, Kazuo MINO and Taro SADAHIRO*

Synopsis

A γ -ray survey was carried out around the Yamasaki fault. The results were not so clearly interpreted as were made around the Ohbaku fault.

An earthquake of magnitude about 4 occurred near the fault on Sept. 30, 1977. On 27 points among the survey lines above mentioned, time variation of γ -ray intensity was examined by 4 times of measurements, one of which was before the earthquake and the rest after it. The pattern of the variation is similar to that of Chloride ion contents (*Yoshioka* (7)) in a spring near the fault. This suggests us that the continuous observation might have caught some precursory change of the earthquake occurrence. From the middle of Nov. continuous observation was started in the observation tunnel of crustal movements at Yasutomi. It seems that high values of γ -ray intensity arise about 4 days after the peaks of the numbers of the microearthquakes and explosions near the region.

1. は じ め に

山崎断層付近に、1977年9月30日にM $\approx$ 4の地震が発生した。^{1),2)}これに先だつ前兆的現象については、山崎断層研究グループによって報告されている。³⁾筆者らは、77年春頃より、同年は山崎断層付近の地震活動の活発な年になるとの長期的予想のもとに、 γ 線の測定を始めたが、はからずもその予感が的中する形となった。ここでは、この地震の前後数回の γ 線の測定結果をまとめて報告し、また、11月より始められた γ 線の連続記録についてもふれるものとする。

2. 目 的

筆者らの二人は、先に行なわれた黄檗断層付近での測定によって、 γ 線の探査が、断層の位置や走向を知る上で有効な手段であることを確めた。⁴⁾今回の測定の目的の一つは、黄檗断層でと同様に、山崎断層周辺で γ 線の強度が、どういう分布を示すかを知ることである。またもう一つの目的は、断層周辺に何点かの固定的な測点を設け、 γ 線の値を期間をおいて何回もくり返し測定し、その間に起こる地震との関係を調べることである。

3. 断層周辺の γ 線の強度の分布

3.1 測定方法

断層周辺の γ 線強度の分布を調べるために、次のような選定の目標を定め、77年の春から、二度の下見を行なった。目標とは、①断層を横切る測線をとること。②測線はできる限り長くとり、裾野まで確認すること。③測定値の凹凸をならして見ることができるよう測定を密にとること。④大きな川の流域は、のぞくこと。⑤測定が楽にできるように、足の便のよい所を選ぶこと。などである。このうち、①、②、③は、

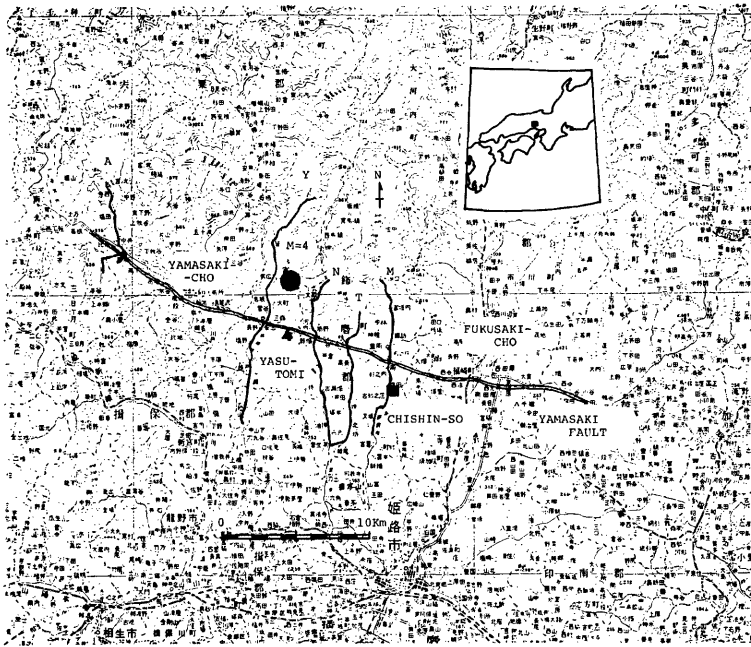


Fig. 1. Locations of survey lines. (Solid lines) Point numbers are put down from the north end to southward in each line. --- is Chugoku express way which represents the main part of the Yamasaki fault. ● is the epicenter of the earthquake ($M=4$) occurred on Sept. 30, 1977. ▲ is the location of observation tunnel of crustal movements at Yasutomi. ■ is the spring where the Chloride ion contents is examined by Yoshioka.⁽⁷⁾

ほぼ満たされたが、④と⑤は矛盾する要素をもち、必ずしも満足されなかった。結局、Fig. 1 に示された道路沿いの 5 測線が選ばれた。図で中央の、ほぼ東西に走る線は、中国自動車道であるが、これは地質図⁵⁾などから判断して、山崎断層そのものの位置を表わしていると考えてもよい。測点は、測線上に約 100m おきにとり、道路わきの舗装されていない、比較的自然的な土を選んで測定した。Fig. 1 には明記されていないが、測点番号は、測線内で北から順に付してあり、例えば Y 測線では、最北端が、Y-01 で、最南端が Y-161 である。また M 測線だけは、測点間隔が約 1km と広がっている。測器は、Aloka 製の Scintillation Survey Meter を使い、10 秒ごとの 12 回の読みをとり値の上下 2 値を捨て、残り 10 回の半均値をもって、その値とした。用いた計器と測定年月日を、Table 1 にまとめて掲げる。各計器について、毎日の測定の出発時と終了時、および測定中の適当時に、標準線源を head に密着させて、読みとりが行われた。この読みとり値の時間的な変化は、計器のドリフトによるものと考えられるが、概してその変化量は小さく、ふつうは 2～3% 程度の値で、まれに 10% に達する事があった程度である。この他にも、計器相互では、メーターの読みに、若干の系統的な差がみられることがわかったので、後日、複数の計器で、これらの測点を改測した時の値から関係式を導き、それによって補正が可能となった。本節では、この方法によって、すべての値を、66R786 での測定値に合わせてある。

3.2 結 果

測定結果を Fig. 2 にまとめて示した。横軸には、断層からの距離をとった。断層は、中央の破線で表わされている。値は、その点を中心に、前後7点の値の三角形重みつき平均値を用いてプロットした。黄槩断層では、各

測線でのピークが、ほぼ直線上にならんだが、山崎の場合は、一見してそのような傾向は見あたらない。Y, N, T, M 測線では、大きく見れば、北側が高く、南にゆくに従って、徐々に低くなっているが、これは、地表の高度とだいたい対応する傾向である。中央の断層部分は、特に値が高いとは言えない。Y, T, M 測線の南方に、破線で示した高い値は、山崎町の中心部と、T 測線の南端を結ぶ方向の断層と位置的に一致しており、あるいは、それが γ 線に反映されたものかも知れないが、測定の端でもあり、断定はできない。A 測線は Fig. 2 には、ならべて表示されているが、山崎断層が、山崎町の中心部で、ゆるく折れ曲っているその西方に位置しており、地形的にも東方の4測線とは趣を異にする。それを証するかのように断層の南方で値が高く、北方に低くなっており、他の測線とは逆の傾向にある。以上は、Fig. 2 の特徴を述べたにと

Table 1. Observation days and the instruments used for the survey.

LINE NAME	OBSERVATION DAYS	INSTRUMENT NO.
A	from AUG. 31 to SEP. 2	66R786
Y	"	66R801
N	"	46R074
T	"	36R124
M	APR. 25 and 26	66R786

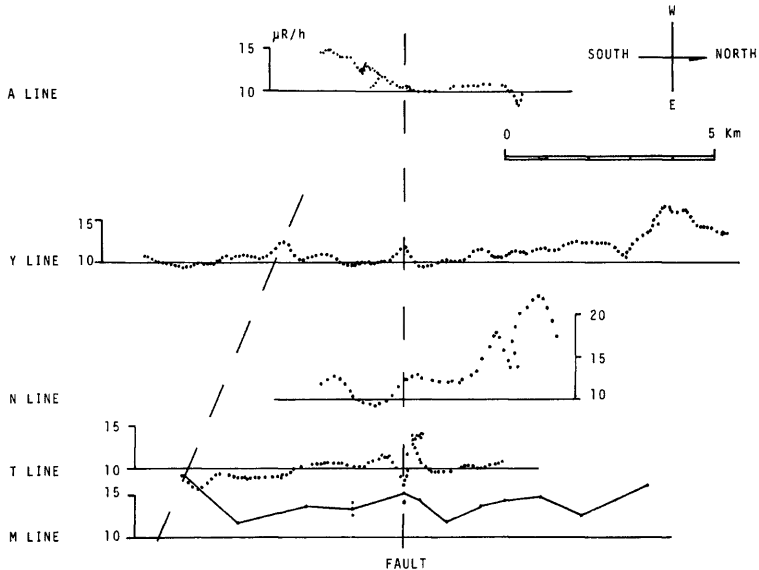


Fig. 2. Results of the present survey. Axis of abscissa is the distance from the fault. Broken line in the center shows the fault line. Dots are the mean values, $\bar{x}_i$, calculated by the next equation. $\bar{x}_i = 1/16 \times (x_{i-3} + 2x_{i-2} + 3x_{i-1} + 4x_i + 3x_{i+1} + 2x_{i+2} + x_{i+3})$, where x_i 's are the mean values of 10 data at each point.

どまり、何らかの結論を導くには至らない。

4. 地震前後の測定側の変化

Fig. 3 に、地震前後のくり返し測定の結果を示す。これらの測点は、Y と T の測点のうち、約10点おき

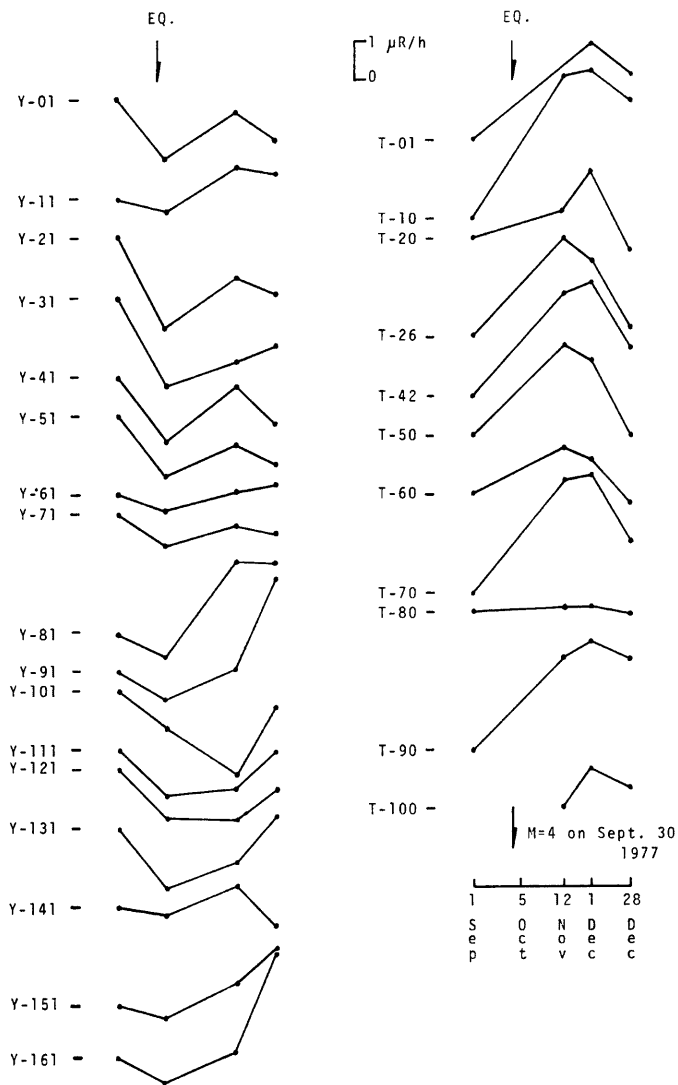


Fig. 3. Time variation of γ -ray intensity. The range of error in each plot may be $\pm 0.5 \mu R/h$.

（約 1km おき）にとられたものである。測点には、杭を打って目印とし、くわしい野帖によって、毎回の測定が、同じ位置で行なわれるように留意した。二、三の点は、道路のつけ替え工事などのために、やむなく場所を移して測定したが、おおむね、測定の再現状況は良好であったと考えられる。測定は、Table 2 に示されたように、多くの計器を用いて行なわれているが、前節で述べられた方法により、計器間の補正を行なって、36R124 の測定に合わされている。Y 測線での値は、総じて、 $M \div 4$ の地震直後の10月5日（および6日）の測定で、地震前よりも低くなり、その後、上昇して

いるようである。T 測線では、地震直後の測定がないが、11月12日には、例外なく、地震前よりも高い値を示しており、その後2回の測定値は、最初の値に近づいてゆくようである。各回の測定には、気温や気圧の変化が伴っており、その影響については、現在のところ考慮されていないが、いろいろな誤差を合わせても、 $\pm 0.5 \mu R/h$ の精度はあると思われるので、それ以上の変化量は、何らかの物理的な意味をもつのであろう。

5. 1時間ごとのサンプリングによる連続観測

11月中旬からは、メーターを改造して、1時間に1度のサンプリングで、連続的に γ 線を観測することを始めた。場所は Fig. 1 の▲印の点で、安富町にある、地震変動観測用のトンネル内である。上期の測定に用いた、66R786 のメーター部及び、これに直列な抵抗素子にかかる電圧を、1時間に1度ずつ、A-D 変換し、そのプリント出力を得ている。出力電圧は、約 20mV であるが、これに、予め計られた計数 $1.55mV/(1\mu R/h)$

Table 2. Observation days and the instruments used for the present study of tome variation.

	Y	T
from AUG. 31 to SEP. 2	66R801	36R124
OCT. 5 and 6	66R801 66R786 46R074	—
NOV. 12	—	36R124 66R786
DEC. 1	36R124	36R124
DEC. 28	36R124	36R124

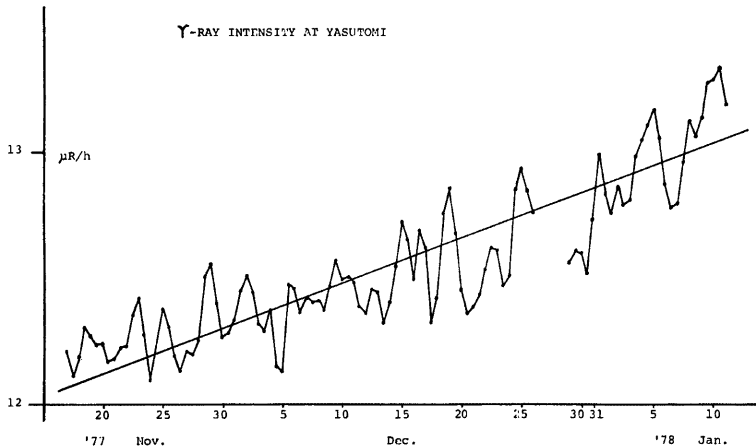


Fig. 4. Time variation of γ -ray intensity in the Tunnel at Yasutomi. Averaged values, $\bar{x}_i$'s, are plotted, where $\bar{x}_i = 1/4 \times (x_{i-1} + 2x_i + x_{i+1})$, and x_i 's are the mean values of data over 12 hours. A straight line is calculated to fit the variation curve.

を掛けて、 γ 線強度に直すことができる。得られたデータは、12時間ごとにまとめて平均値を求め、その隣り合う3値の1対2対1の重みつき平均値を計算し、Fig. 4 にプロットした。2カ月の間に、約 $1\mu\text{R/h}$ の増加傾向が見られるが、これがシグナルであるか、電源の長期変動などのノイズであるか、検討中である。今は、とりあえず、この傾向を直線で近似して、それからの差を Fig. 5 の下段に示した。値は、 $1\mu\text{R/h}$ 程度の範囲に、大きくばらついている。おのおのの値の信頼巾は、だいたい $\pm 0.5\mu\text{R/h}$ であるので、ここ2カ月間の値は、すべて誤差の範囲内の変動とも見える。しかし、隣り合う二、三の値が連続して高いピークについては、同様の谷に対して有意に高い値であると思われる。Fig. 5 中段は、鳥取微小地震観測所の泉観測室で観測された S-P 時間 5 秒以内の地震および発破の数の 12 時間ごとの合計に、 γ 線の場合と同じ移動平均を施したものである。 γ 線の有意なピークと、地震数のピークは、図の破線のように、約 4 日地震が先行して形で対応が見られる。これは、地震などの振動によって、地中のラドンが上昇しやすくなるとの考え⁶⁾と、定性的に一致する。しかし、ピークの有意性や、泉観測室とトンネルの間が、約 25km 離れていることを考慮すれば、もう少しデータの集積を待って、結論することが望まれる。

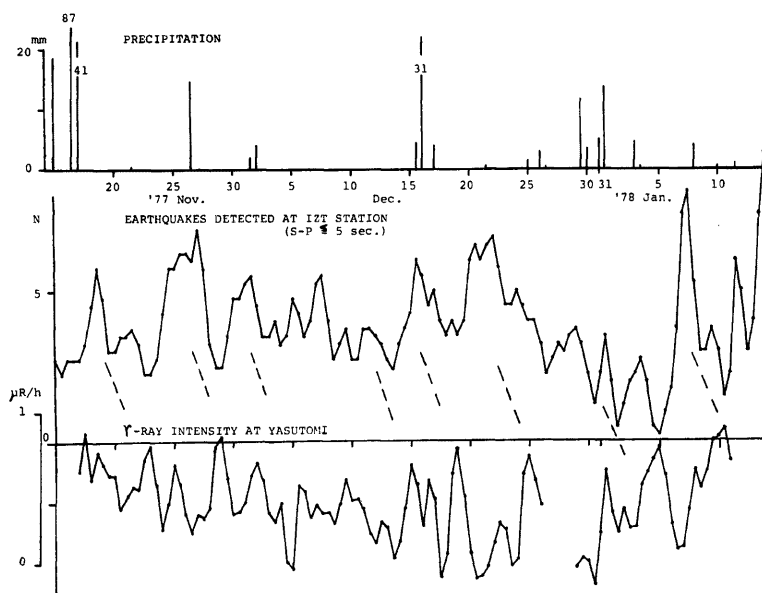


Fig. 5. Top ; Precipitation at Yasutomi.

Middle; Averaged value of numbers of earthquakes and explosions at IZT station taken up by the condition that S-P time is less or equal to 5 seconds. The formula to calculate average values is the same as used in Fig. 4.

Bottom; Deviation of γ -ray intensity from the straight line in Fig. 4. Error of each value is about $\pm 0.5\mu\text{R/h}$, but the peaks consisting of successive high values are somehow significant. And those peaks seem to follow the peaks of the numbers of the earthquakes and explosions (middle figure), after about 4 days. This relation is shown by the broken lines.

6. 考察とまとめ

第5節に記されたように、地震等による振動のために γ 線強度の変化が現われるとすれば、地震前の地殻の前兆的な変動に対しても、作らかの変化が、 γ 線の測定によって、とらえられることも期待される。そのような観点から、Fig. 3を見直すこともできる。Fig. 6の上段は、吉岡⁷⁾による $M=4$ の前後の Cl^- の濃度変化を表わしたものである。この観測は、Fig. 1の↓で表わされた地点で、毎日1回のサンプリングで行なわれているものである。筆者らの γ 線のくり返し測定は、これに比べて、非常に荒いサンプリングであるが、Fig. 6の中段と下段に示されるように、両者はパターンとして似ている。図には、 $M=4$ の震央付近の

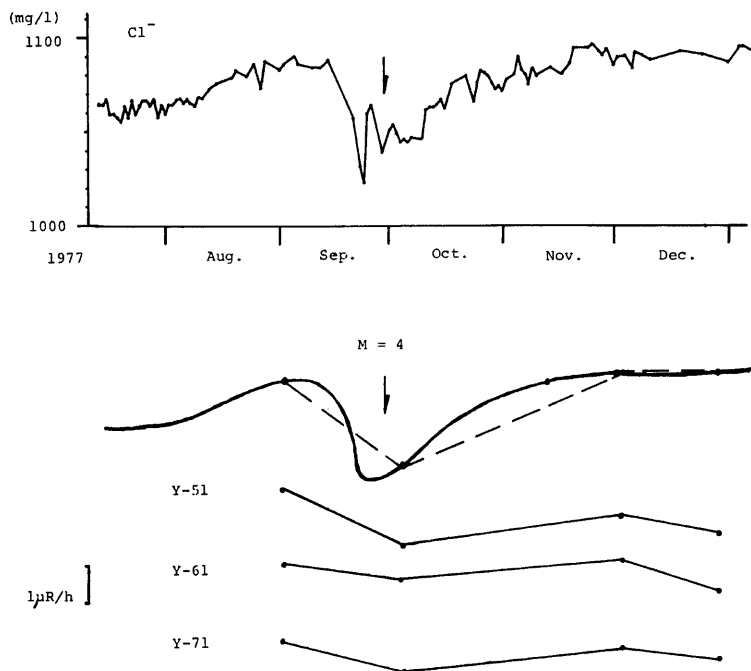


Fig. 6. Top ; A part of the time variation curve of Chloride ion contents in the spring at Chishin-so near the fault. (after Yoshioka⁽⁷⁾)

Middle; Smoothed pattern of the top figure.

Bottom; Time variation of γ -ray intensity at the points very near the epicenter of the earthquake.

The pattern of the bottom figure is similar to that of the top one. This suggests us that the continuous observation might have caught some precursory change of the earthquake.

測点である Y-51, Y-61, Y-71 の場合だけを示したが、Y 測線の点は、大部分が、このパターンをとる。また T 測線の点は、Y 測線の点と、パターンが全く異なるように見えるが、仮りに、地震直後に測定が行なわれていたとし、その値が低かったとすれば、やはり、Y 測線と同じようなパターンと見られたと思われる。もし Cl^- の濃度が、この地震の前兆として変化したものであれば、 γ 線の値の変化にも、同じ前兆としての

資格があったのかも知れない。しかし一方、10月5日のT測線の低い値は、地震が起こったための影響が表われたものであって、地震前には、何らの前兆的な変化もなかったという考え方もできよう。この場合、第5節では、振動によって、約4日遅れて γ 線の高い値が現われるとしたのに対し、逆センスの動きとなる。しかしこれも、第5節のトンネル内では、振動によって上昇してきたラドンは、トンネル内に留るのに対し、地表での測定では、上昇したラドンは空中に散逸し、地中の浅いところのラドンが減少し、その回復に日数がかかるというメカニズムを仮定すれば、あり得ることとして理解されよう。いずれにせよ、地震前後の密な測定のない限り、本節の議論は、想像の域を出ない。今後は、連続観測の結果をまとめて、この問題を考えてゆきたい。第3節の断層周辺の γ 線の分布は、断層の姿を浮き彫りにしたとは言い難いものであった。測点数は約400と、かなりの多数であるとはいえ、まだ断層の規模に比べれば不十分であることも、このような結果の一因であろう。しかし、今後は、 γ 線のエネルギー別の強さを測るなど、測定方法自体を、もう少し高度なものに替えてゆくことも必要であると思われる。

謝 辞

一連の測定に協力して頂いた、次の諸氏にお礼申し上げます。京都大学教養部助教授西村進博士、助手玉田攻氏、理学部大学院の里村幹夫、福田洋一の両氏、学生の西岡淳一氏、防災研究所技官松尾成光氏、神戸大学理学部大学院生加藤誠夫氏、日本福祉大学経済学部学生貞広明氏、また、これらの観測を支援して下さった防災研究所微小地震部門の皆様に感謝します。

参 考 文 献

- 1) 尾池和夫：山崎断層における地震活動の予測結果について、昭和52年度地震学会秋季大会講演予稿集、1977, p. 8.
- 2) 佃 為成：山崎断層の地震(1977年9月30日, M3.7)の震源付近の V_F/T_S 異常、京都大学防災研究所年報、第21号B-1, 1978, pp. 47-56.
- 3) 岸本兆方(山崎断層研究グループ代表)：1977年9月30日の山崎断層の小地震に伴った諸観測量の異常変化について、京都大学防災研究所年報、第21号B-1, 1978, pp. 1-9.
- 4) 見野和夫・竹内文朗：黄葉断層付近の γ 線測定、京都大学防災研究所年報、第20号B-1, 1977, pp. 29-33.
- 5) 藤田和夫編：第四紀地殻変動図 近畿、地質調査所、1974.
- 6) Nishimura, S: On Some Relation between Underground-Water and Radioactivity in Kyoto City, 東山高校研究紀要, 1960, pp. 63-71.
- 7) 吉岡龍馬：山崎断層・塩田温泉の塩素濃度と地震現象との関連、京都大学防災研究所年報、第21号B-1, 1978, pp. 37-41.