

松川地熱地帯丸森丘陵の地すべり起源を示す微地形

角 清愛* 橋本知昌** 池田一雄***

SUMI, K., HASHIMOTO, T. and IKEDA, K. (1988) Micro-topography showing the landslide-origin of the Marumori Hill, Matsukawa geothermal field, Iwate Prefecture, Japan. *Bull. Geol. Surv. Japan*, vol. 39 (7), p. 435-445.

Abstract: The Marumori Hill in the Matsukawa geothermal field has been previously considered to be a central cone or a lava dome in a caldera, because the hill is surrounded by a semi-circular scarp similar to caldera wall in the north. Airphotogeological study, however, suggests that the hill is a landslide block in origin. Fifty six topographic linearments trending NE-SW direction distributed parallelly were detected on the top area and northern flank of the hill. The linearments are 100 to 1,000 m long and the interval between adjoining linearments is 50 to 100 m in distance. This linearment swarm is composed of the alternated small ranges and valleys with asymmetric profiles similar to Cuesta topography. The NW-SE trending small valleys, many small mounds and numerous small depressions like doline are also distributed. These topographic features were formed under the tensional stress field trending NW-SE direction. The hill is not a lava dome but a landslide block which slid down from the steep scarp, north and west of the hill. The age of the landslide is dated back to be older than 2,400 years B.P. according to ^{14}C age of the humic strata covering the hill.

1. はじめに

岩手県松川地熱地帯の北方には丸森(標高 1,151 m)を最高点として, 西方を丸森川上流, 北方をグングリ沢にそれぞれ境された緩傾斜の丘陵(高度 850-1,150 m, 東西 2 km, 南北約 1 km)がある(第1図). この丘陵を本稿では丸森丘陵とよぶこととする. 丸森丘陵の成因について, 中村・角(1961)はカルデラ内に噴出した中央円頂丘と考えた. しかしその後のボーリングのデータから“カルデラ”の内部が逆に隆起していることがわかり(中村, 1967), 陥没カルデラの存在には疑問が生じた. また丸森丘陵の形成過程については1968年に久野久教授から地すべりの可能性について指摘されたので, 1972年に角と橋本が地すべり説の検証のために経常研究として丸森丘陵の山頂部の地形・地質学的調査を行なったが, 厚い植生に阻まれて地すべりの確認を得られなかった. 1979年には鈴木隆介教授にも, この地形の成

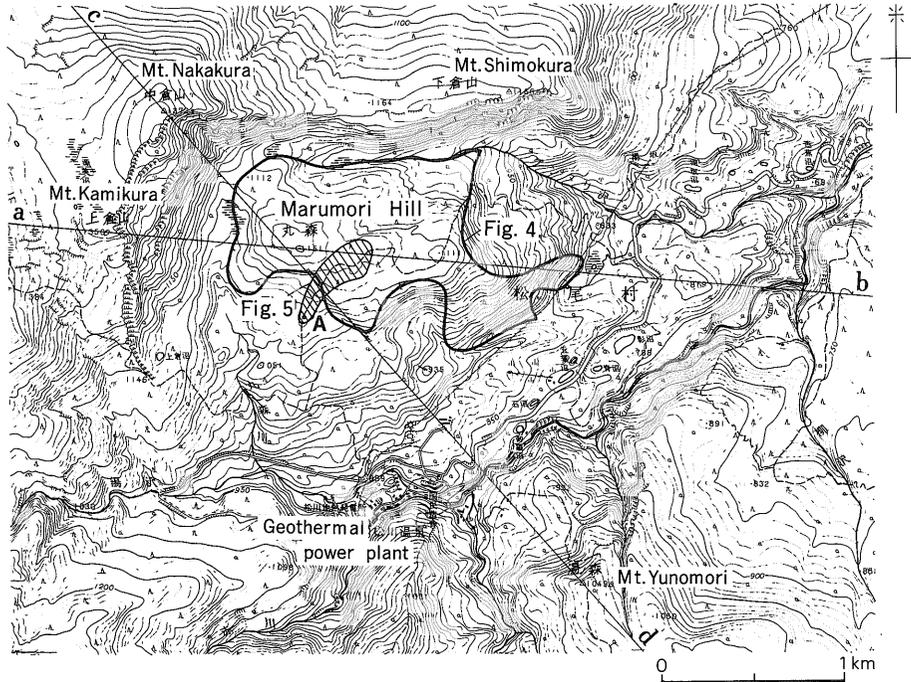
因として地すべりの可能性の高いことを指摘された. このような問題意識を背景に, 1980-1981年にはサンシャイン計画の一環としてアジア航測(株)のチームが松川地熱地帯を含む仙岩地熱地域およびその周辺地域(面積 1,500 km²)について, 地すべり地形の空中写真判読を行なった. その結果, 丸森丘陵は全体として現世の地すべりモデルに適合する微地形を持つことから, 丘陵全体が地すべり地塊である可能性が高いことが明らかになった(角ほか, 1987). 今回はこれと, 1972年の調査結果とを総合して, 丸森丘陵が地すべり地塊であることを論証する.

1972年の現地調査では岩手営林署および日本重化学工業(株)に御便宜をいただいた. 学習院大学木越邦彦教授には ^{14}C 年代測定をしていただいた. また1980年の研究にはアジア航測(株)の諸氏の御協力をいただいた. 地殻熱部の須藤茂技官には内容について御討論をいただいた. 中央大学の鈴木隆介教授には終始御指導いただき, 特に本稿の御校閲をいただいた. 以上の方がたに厚く御礼申し上げます.

* 元地殻熱部(現日本重化学工業株式会社)

** 技術部

*** アジア航測株式会社



第1図 位置図 国土地理院発行2.5万分の1地形図「松川温泉」を使用。

Fig. 1 Location map.

A: 地形測量基準点 Reference point for topographic survey.

2. 地質概説

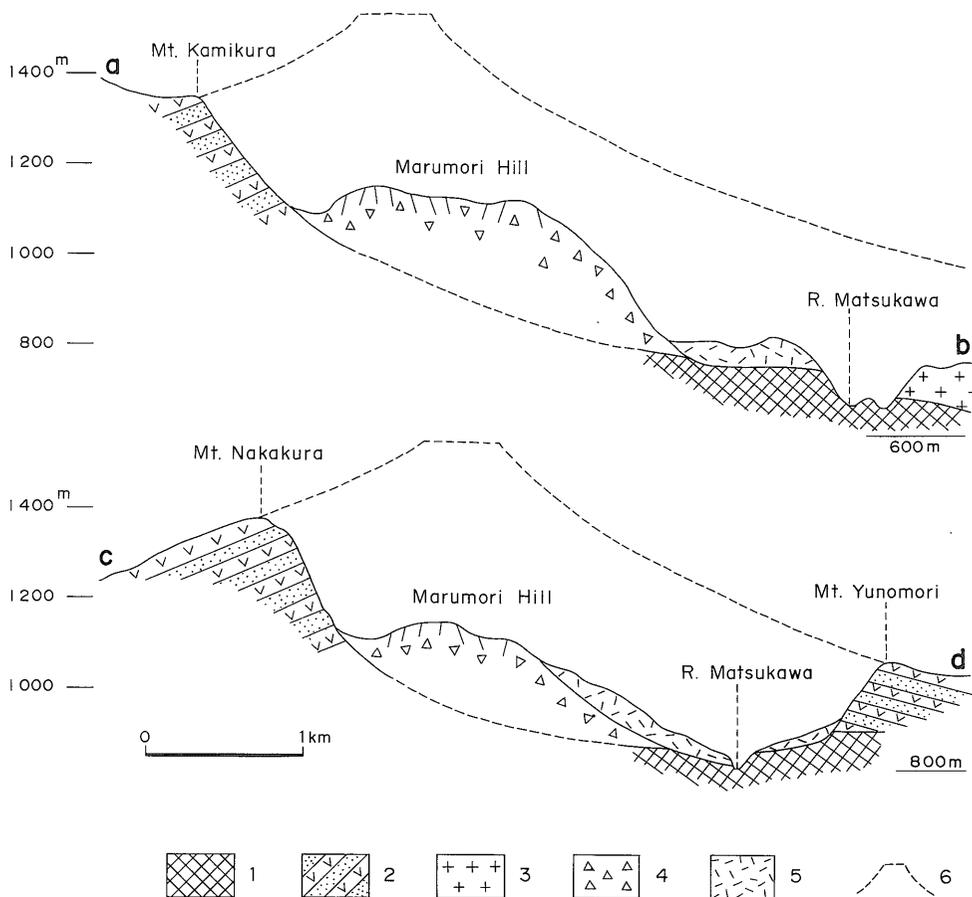
松川地熱地帯の地質は中村・角(1961)によって下位の松川安山岩とこれをおおう丸森火山噴出物に分けられ、丸森火山噴出物は“外輪山”、“中央円頂丘”および“火山岩屑”に分けられた。松川安山岩は松川の河谷底に分布し、輝石安山岩溶岩から成り、火山砕屑物を伴わない。“丸森火山外輪山”は北方の上倉山、中倉山および下倉山の半環状の山陵を指し、かんらん石輝石安山岩の溶岩およびその火山砕屑岩の互層から成る成層火山である。南方の湯ノ森は松川の河谷によって北方の半環状山陵から分離されているものの、地形および地質の類似から丸森火山の南東部を構成するものと考えられる。この考えに立てば丸森火山は松川地熱地帯をとりかこむ直径約3kmの環状山陵を持つこととなる。“中央円頂丘”は北方の半環状山陵の南に位置する丸森丘陵を構成するもので、かんらん石輝石安山岩の径数mに達する岩塊の集合体である。火山岩屑は丸森丘陵と松川に挟まれた低い台地(自動車道のある)を構成するものであり、安山岩塊と変質粘土の混合した不淘汰の泥流堆積物と黒色粘土質の湿地堆積物との互層である。角(1971)はこの互層を湯坂層と命名した。

これらの地層の噴出・堆積時期については、松川安山岩は地磁気の松山反転期に含まれ、鮮新世後期ないし更新世前期である。また丸森火山“外輪山”噴出物は更新世前期と推定されている(須藤, 1985)。湯坂層中の炭質物からは2,700-4,900年の¹⁴C年代が得られている(角, 1971)。

松川地域のE-WおよびNW-SEの2方向の地形・地質断面を第2図に示す。環状山陵の外側斜面の勾配を外挿して得られる丸森火山の推定原形も第2図に併記してある。

3. 丸森丘陵の微地形の空中写真判読

松川地熱地帯を含む仙岩広域地熱地域における空中写真判読によって、丸森丘陵は地すべり地塊に特徴的な地形を示すことがすでに判明している(角ほか, 1987)。今回はさらに縮尺1,000分の1の地形測量結果と対比させる為に特別に精密な空中写真判読を行なった。すなわち、広域判読は25,000分の1地形図を基図として行なったが、精密判読は5,000分の1地形図を新たに作製して、これを基図とした。精密判読区域は上倉山、中倉山、下倉山、湯ノ森などから成る環状山陵および、その内部の丸森丘陵を含む約12km²の地域である。



第2図 丸森丘陵の地形および地質断面図

Fig. 2 Topographic and geologic sections of the Marumori Hill.

- 1: 松川安山岩 Matsukawa andesite.
- 2: 丸森火山の溶岩および火山砕屑岩 Lavas and pyroclastic rocks of the Marumori Volcano.
- 3: 岩手火山の溶岩 Lavas of the Iwate Volcano.
- 4: 一次地すべり堆積物 Debris of primary landslides.
- 5: 二次地すべり堆積物 Debris of secondary landslides.
- 6: 丸森火山の推定原地形 Possible skyline before erosion of the Marumori Volcano.

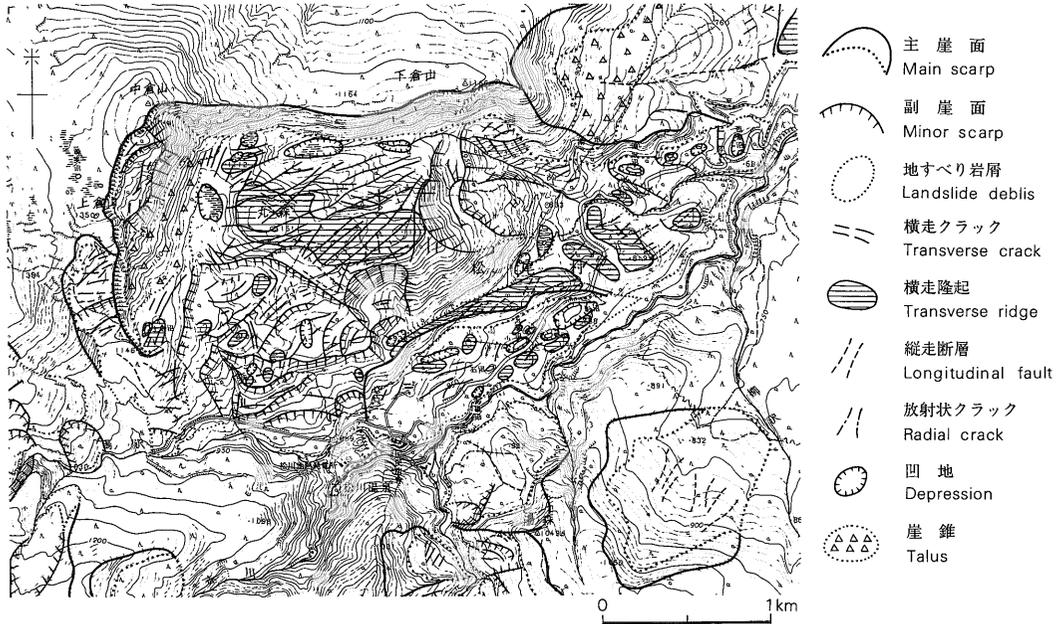
Locations of the sections are shown in fig. 1.

精密判読の結果を簡略化して 25,000 分の 1 地形図に転写したものを第 3 図に示す。この図にみられるように丸森丘陵およびその周辺地域は上倉山から下倉山に至る半環状の急崖を主滑落崖とする一つの地すべり地域とみなされ、丸森丘陵はその地すべり地塊に相当する。そして丸森丘陵上には地すべり地塊に特有の横走および放射状クラック (VARNES, 1958; 1972) が多数観察される。また丘陵の東部および南西部には二次地すべりの地形がみられる。

丸森丘陵のうち二次地すべり地域を除いた残りの地域

すなわち一次地すべり地塊に相当する部分の面積は約 1.2 km² である。この部分の 5,000 分の 1 の地形および空中写真判読図を第 4 図に示す。

第 4 図に示す一次地すべり地塊は地形的に北側緩斜面 (傾斜約 20°), 山頂部および南東急斜面 (傾斜約 45°) に 3 区分される。山頂部は WNW-ESE 方向に馬の背状に延びており、その尾根は西から東へ、1118.6 m 丘、1151.7 m 丘、1128.4 m 丘および 1112.8 m 丘の 4 丘に細分される。この 4 丘それぞれの伸長方向は ENE-WSW で、山頂部全体の伸びとはやや斜交する。



第3図 丸森丘陵およびその周辺の地すべり地形の分布 国土地理院発行2.5万分の1地形図「松川温泉」を使用。
Fig. 3 Distribution of landslide landforms in the Marumori Hill and its environs.

一次地すべり地塊の北側緩斜面と山頂部には、多数のENE-WSW系のリニアメントおよびこれと直交するいくつかのNW-SE系のリニアメントが分布する。前者は横走クラック、後者は放射状クラックとそれぞれ考えられる。しかし南東急斜面にはリニアメントは稀で、短い(延長100m)5本のENE-WSW系リニアメントがみられるにすぎない。横走クラックとみられるリニアメントはENE-WSW系とEW系とがあり、それぞれの本数は、41本および15本、計56本が認められる。リニアメントの長さは100-1,000mで、間隔は50-100mである。放射状クラックとみられるNW系リニアメントは14本認められ、長さは100-250mである。このほかに西北端の118.6m丘付近に12本のNS系のリニアメントがみられる。これの長さは100-250mである。

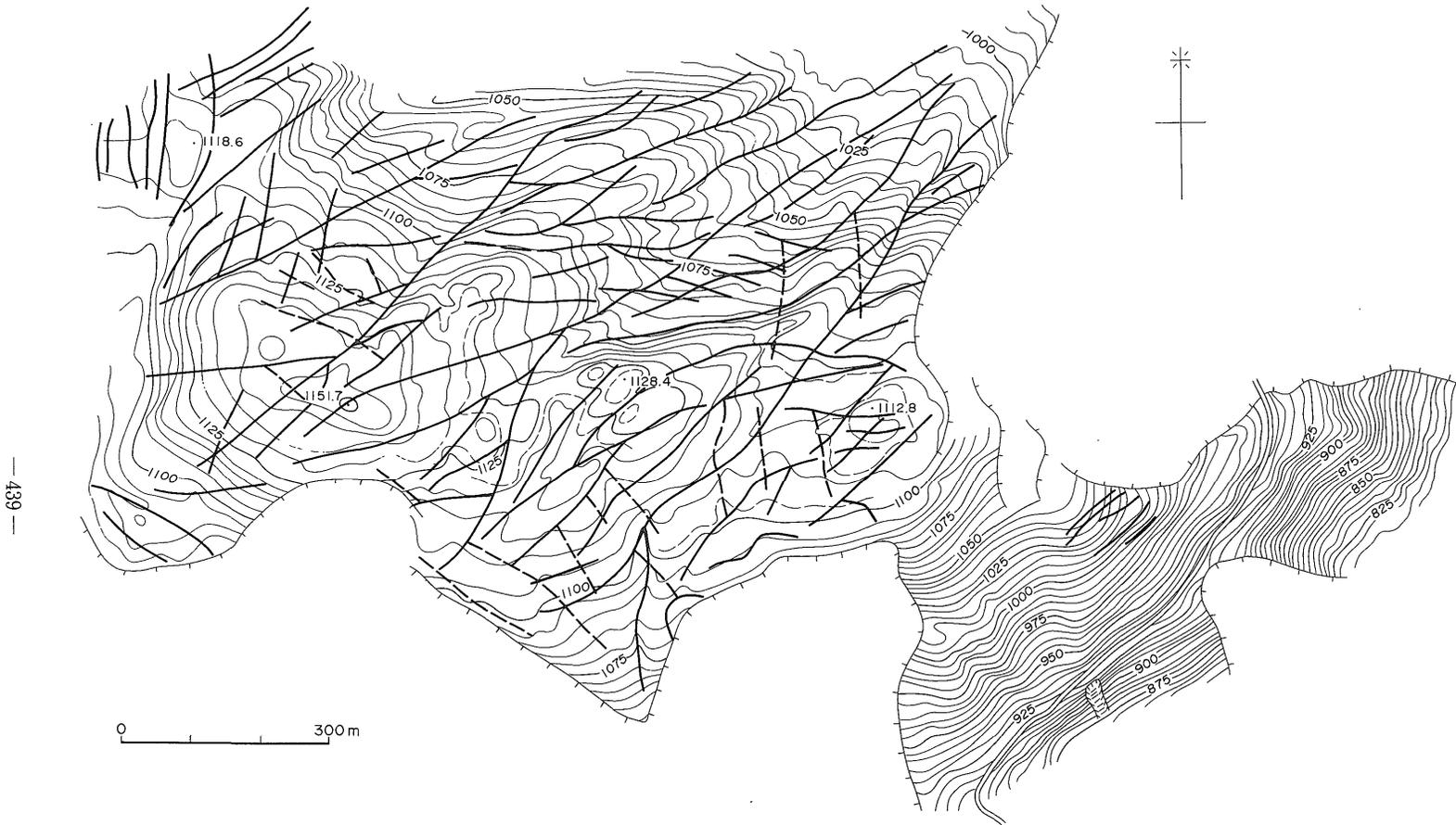
4. 一次地すべり地塊の微地形測量

空中写真から判読されるリニアメントを地上で検証するために、現地地形測量を行なった。丸森丘陵の山頂部は灌木が密生しているため、これらを伐採し、縮尺1,000分の1で平板測量を行なった。伐採の便宜上、山林巡視用歩道の入口付近で、歩道に近接した部分を、伐採・測量した。なお丸森丘陵の南東斜面の二次地すべり地域で上記地域と隣接する地域が、地震探鉱用測線として伐採

されていたので、参考のために、この地域も測量した。結局、幅60-80m、延長約600m、面積0.032km²の区域を測量した。標高は南西端のA点を1,082.0mと仮定した。測量区域およびA点の位置は第1図に記入してある。測量の結果を第5図に示す。

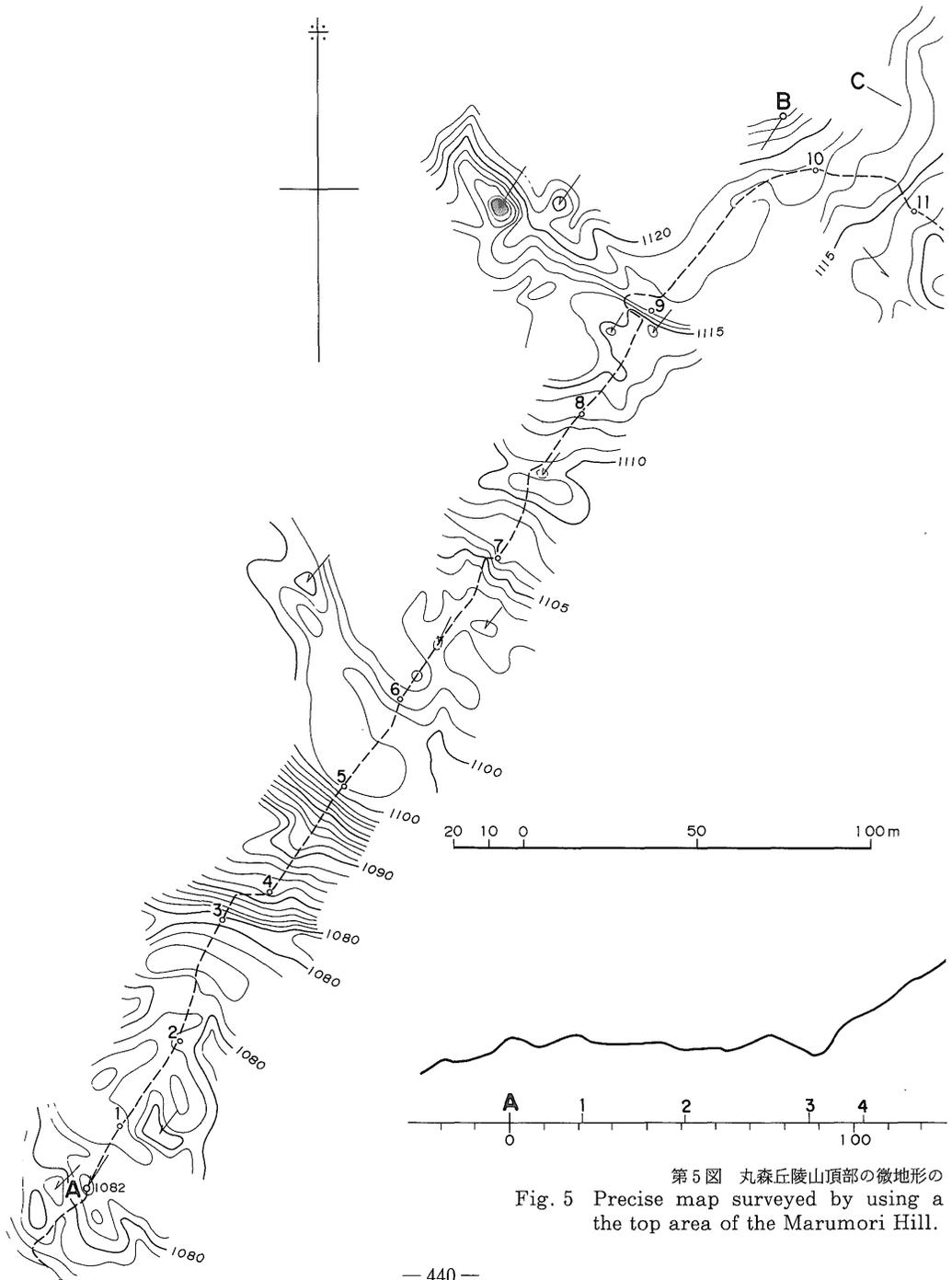
第5図のように、測量区域は小突起、凹地、谷中分水界等の異常地形に富んでいる。凹地は23箇所へのぼり、それらのうち水をたえているのは2箇所、他はすべて吸込み穴となっている。山頂部のNE-SW系の2本の谷および1本のNW-SE系の谷は、深さは一般的に2-3mであるが、局所的には10mに達する深さの所もある。特徴的なことは、谷の両側面の地形勾配が異なる、すなわち、谷の断面形が非対称であることである。NE-SW系のものはSE側がNW側より急傾斜であり、NW-SE系のものはSW側がNE側より急傾斜である。NE-SW系の谷はそれぞれ一個所づつの谷中分水界を持ち、NW-SE系のものは谷中分水界とウインドギャップを持っている。

上述の非対称谷を階段状の正断層谷と仮定すると、40mの間隔で併走するNW落ちのNE-SW系の2本の断層とNE落ちのNW-SE系の1本の断層が想定される(第6図)。前者は後者を切っているようにみえる。これら3本の断層線を5,000分の1地形図に記入したのが第6図の下の図である。この図によれば2本のNE-SW



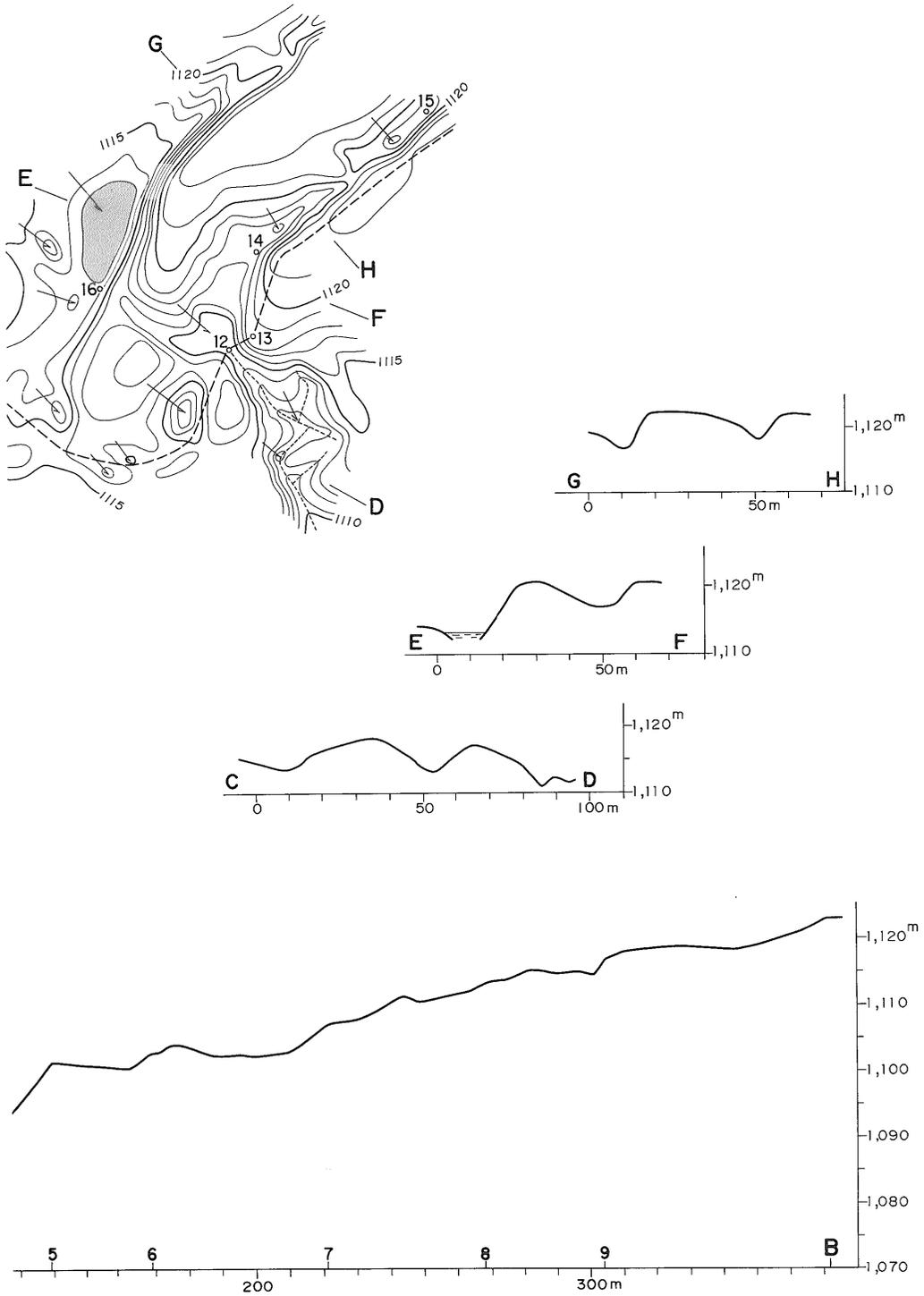
第4図 丸森丘陵の一次地すべり地塊上の横走および放射状クラックを示す地形的リニアメントの分布 実線は横走、破線は放射状クラック、地形コンターの間隔は5m.

Fig. 4 Distribution of topographical linearments representing transverse and radial cracks on the primary landslide block in the Marumori Hill. Heavy solid and dashed lines are transverse and radial cracks, respectively. Contour interval is 5 meters.

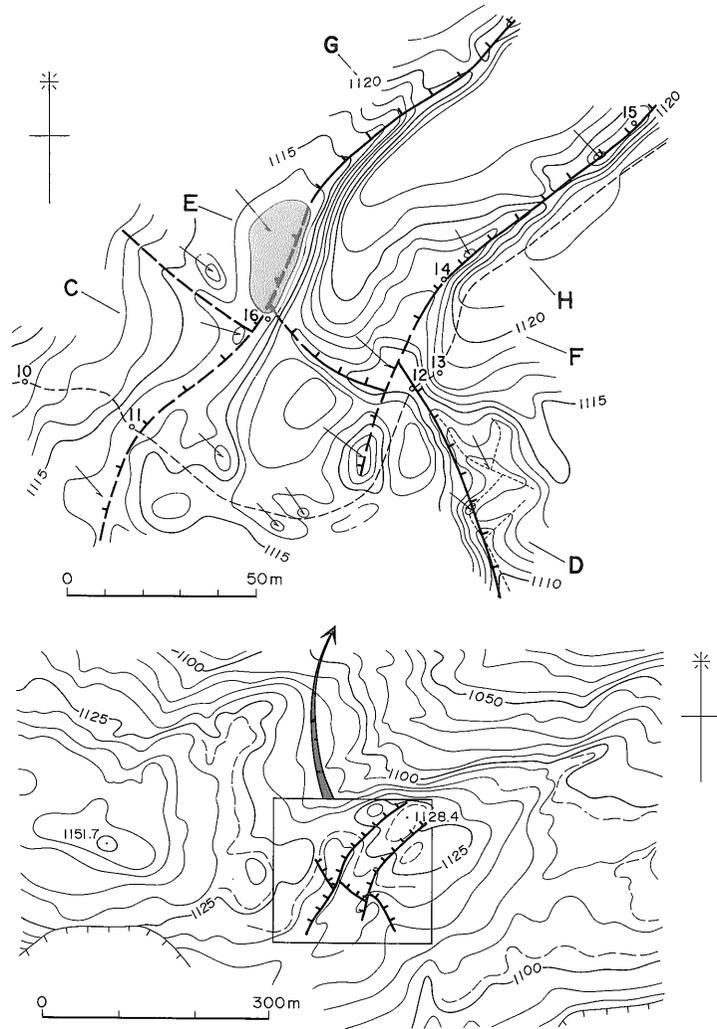


第5図 丸森丘陵山頂部の微地形の
Fig. 5 Precise map surveyed by using a
the top area of the Marumori Hill.

松川地熱地帯丸森丘陵の地すべり起源を示す微地形 (角 ほか)



平板測量による実測図および地形断面
plane table, and sections of micro-topography of



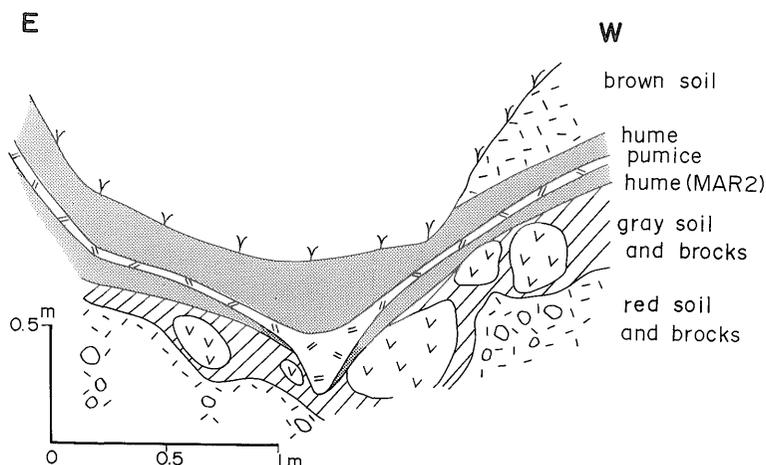
第6図 丸森丘陵山頂部の微地形から推定される断層分布
 Fig. 6 Distribution of the faults inferred from micro-topography in the Marumori Hill.

系断層は、第4図に示された空中写真判読によって認定されたリニアメントとほぼ一致している。1本のNW-SE系断層は測量域の南東延長部で判読されているNW-SE系のリニアメントの北西延長とみられる。

5. トレンチ調査

微地形、とくに断層線と思われる線状の谷地形について、その横断方向の地質断面を知るために、トレンチ調査を行なった。場所は巡視道が谷地形を横切るno.12地点(第5図参照)で行なった。トレンチは谷地形を横断するようにN70°Eの方向に行なった。その結果得

られた横断面を第7図に示す。地質は図のように下位から上位に向かって、巨礫・土壌層、黒色腐食土層および褐色土層に分けられる。巨礫・土壌層は下部は赤褐色、上部は灰色で、境界部には褐鉄鉱に富むと思われる赤褐色層がある。黒色腐食土層は厚さ15-20cmで、中に黄色軽石層が挟まれる。他の地点での小規模トレンチの結果によれば、この層層は今回の調査域全域にひろがっているようである。ここではこの谷地形形成にあずかった断層は確認できなかったが、少なくとも黒色土壌層は微地形に平行に堆積し、かつ断層で切られていないので、本層が微地形形成時期より新しいことは明らかである。



第7図 丸森丘陵山頂部 no. 12 地点 (第5および6図) の推定断層谷の表層地質断面のスケッチ
 Fig. 7 Geological sketch of the section of the estimated fault valley at the point 12 shown in figs. 5 and 6 on the top area of the Marumori Hill.

第1表 松川地熱地帯丸森丘陵の現世堆積物の¹⁴C年代

Table 1 ¹⁴C Ages of recent deposits in the Marumori Hill, Matsukawa geothermal field

Sample No.	Code No.	Sample	Formation	Age, B.P. (years before 1950)
MAR 2	GaK-4297	Peat	Landslide debris	2,390±90 (440 B. C.)

測定は学習院大学木越邦彦教授。

¹⁴Cの半減期として5,570年(Libbyの値)を用い、誤差はβ線計数の際の標準偏差から算出してある。

The calculation of ages is based on the Libby's half life of ¹⁴C, 5,570 years, and indicated ± errors are the years corresponding to the standard deviations of beta rays counting statistical errors.

6. ¹⁴C年代測定

丸森丘陵の生成年代を推定する目的で、地すべり微地形をおおう地層から採取した試料(MAR 2)について¹⁴C年代測定を行ない、2,390±90年B.P.の年代を得た(第1表)。

この試料は、前章に述べたno. 12地点のトレンチ調査断面(第7図)の黒色腐食土層最下部から採取した。したがって、微地形はこの年代以前に形成されたことになり、丸森丘陵の主形成期もこの年代以前と考えられる。

7. 考察

7.1 丸森丘陵の成因

丸森丘陵が溶岩円頂丘であるか地すべり地塊であるかの問題について今回得られた微地形の計測結果の持つ意義を考察する。

丸森丘陵の山頂部には56本のENE-WSW系のリニアメントが全域にほぼ均等に分布している。このリニア

メントがクラックとすれば、このパターンは溶岩円頂丘のような上下方向の主応力をもたらし現象に起因したという可能性は小さい。なぜならば溶岩円頂丘の山頂微地形は不規則な凹凸によって特徴づけられるが(守屋, 1978)、そのような地形は溶岩の上昇と、地下への逆もどりの複合的な要因によって生じると考えられている(谷口, 1984)。また溶岩円頂丘の頂部に丸森丘陵にみられるような併走亀裂が存在している例は報告されていない。ただし溶岩円頂丘に、別のマグマの押し上げによる引っ張り応力が働いて、正断層群が生ずる例が有珠火山の大有珠溶岩円頂丘について報告されている(守屋, 1984)。しかし大有珠の場合には、亀裂が溶岩円頂丘の外の火口原やカルデラ壁まで伸びている。一方丸森丘陵の併走亀裂群は丘陵の外側にまで伸張していない。

以上のことから丸森丘陵上の併走亀裂(リニアメント)は丘陵自体の成因と関係する水平方向の応力(たとえば地すべり運動)によって生成したものと考えられる。

丸森丘陵上のENE-WSW系のリニアメントの一部

は現地測量によって北落ちのケスタ状の非対称谷であることが実証された。しかしこの地形的非対称性に調和するような地質的不均質性および非対称性は認められないので、これは北落ちの正断層の断層崖そのものとみられる。立岩(1981)が地すべりにおけるテクトニクスの説明のために引用した米国カリフォルニア州の Gilroy 地すべり(1939年発生)の記載によれば、地すべり地塊の大部分は地すべり運動の方向と直角の方向に無数の正断層と共に地壘・地溝が発生し、そこが張力テクトニクス下にあったことを示している。Gilroy 地すべりの正断層群と丸森丘陵のリニアメントとは分布パターンの点で非常によく類似している。実測したリニアメントは北落ちの正断層らしいが、これは一つの小地溝の南斜面と考えることもできるので、丸森丘陵上には多くの地壘と地溝が併走していると考えられることもできる。ゆえに、丸森丘陵山頂部の併走亀裂群はそれらと直角方向のNW-SE方向の張力テクトニクス下で形成されたものと推測される。つまり、その方向は地すべりの運動方向(NW-SE)を示すものであろう。

また丸森丘陵上の微地形測量で発見された多数の小突起、吸込穴、谷中分水界、ウインドギャップ等も地すべり地形の諸特徴(鈴木, 1982)と解され、丸森丘陵の地すべり成因説を支持するのである。

なお1975-1976年に本地域を含む広域的な重力調査が行われたが、その結果(安達, 1978)によれば、いわゆる“カルデラ”内のブーゲー異常等重力線は西から東へ傾斜する単斜構造を示しており、YOKOYAMA(1963)が示したような陥没カルデラの存在を示唆するパターンはみられない。このことも丸森丘陵のカルデラ内中央火口丘説に調和しないデータである。

7.2 丸森丘陵の形成年代

丸森丘陵が地すべり地塊であるとすれば、これによっておおわれる地層から最大年代*が、これをおおう地層から最小年代が求められる。今回は後者について微地形をおおうという間接的なデータではあるが¹⁴C年代として2,390年B.P.が得られた。

丸森丘陵の南側に分布する湯坂層からは2,690-4,850年B.P.が得られている(角, 1971)ので、丸森丘陵の形成は湯坂層と同時期かあるいはこれより古いことになる。今後湯坂層そのものの地形学的再解析およびそれと丸森地塊との層序学的関係の解明が必要である。

8. ま と め

予察的空中写真判読によって地すべり地塊と推定され

* 例えば中倉山の更新世前期(須藤, 1985)

た松川地熱地帯の丸森丘陵の地形について、空中写真精密判読、現地測量および年代学的研究を行なった。

空中写真精密判読は丸森丘陵とその周辺12km²について行ない、丸森丘陵のうち二次地すべりで変形していない原地形残存地域1.2km²を抽出した。原地形残存地域は北側緩斜面、山頂部および南東急斜面に3区分される。前2者にはENE-WSWまたはE-W方向のリニアメントが56本認められる。その長さは100-1,000mで、間隔は50-100mである。

現地地形測量は丸森山頂部を中心とする0.032km²の地域について平板法で行なった。空中写真判読で認められるENE-WSW系のリニアメント群は2-10mの落差をもつケスタ状の地形断面を持っている。またこれに直交する谷、小突起、小凹地、谷中分水界等の異常地形を多く伴っている。

トレンチ調査によると、地質的には巨礫・土壌層を黒色腐食土層がおおっており、腐食土層基底部の¹⁴C年代は2,390年B.P.であった。

以上のデータから丸森丘陵の微地形の多くは地すべり地塊表面のNW-SE方向の張力テクトニクス下で生成した可能性が高い。よって丸森丘陵は陥没カルデラ内に生成した溶岩円頂丘でなく、これまでカルデラ壁と考えられていた急崖を主崖面とする地すべりによって生成した地すべり地塊であろう。この地すべりは、地すべり地塊をおおう地層の¹⁴C年代から、少なくとも約2,400年以前に起こったものである。

文 献

- 安達幸夫(1978) 広域熱構造調査法の研究開発について(昭和50, 51年度). 地熱技術, no. 9, p. 28-49.
- 守屋以智雄(1978) 空中写真による火山の地形判読. 火山, ser. 2, vol. 3, p. 199-214.
- (1984) 有珠火山1977年噴火直後の火口原および1979年の火口原. 日本火山学会編「空中写真による日本の火山地形」, 東京大学出版会, p. 166-169.
- 中村久由・角 清愛(1961) 岩手県松川地熱地帯の温泉地質学的研究. 地調月報, vol. 12, p. 73-84.
- 中村久由(1967) 松川地熱地域の地下構造—松川における探査・開発の歴史. 地熱, no. 10, p. 13-34.
- 角 清愛(1971) 松川地熱地帯の現世堆積物とその¹⁴C年代. 地調月報, vol. 22, p. 607-614.

- 角 清愛・池田一雄・斎藤敬三・須藤 茂(1987) 仙岩地熱地域およびその周辺における地すべり地形の分布. 地調報告, no. 266, p.159-198.
- 須藤 茂(1985) 仙岩地熱地域南部の鮮新世—更新世火山活動について—安山岩火山の古地磁気とK-Ar年代. 地調月報, vol. 38, p. 513-533.
- 鈴木隆介(1982) 現場技術者のための地形図読図入門 集団移動地形. 測量, 1982年5月号, p. 51-59, 8月号, p. 51-60, 9月号, p. 43-52 および10月号, p. 44-53.
- 立岩 巖(1981) 東亜の構造発達史にみられる圧力テクニクスと張力テクニクス. 地球科学, vol. 35, no. 2, p. 59-70.
- 谷口宏充(1984) 伊豆神津島火山の天上山溶岩円頂丘. 日本火山学会編「空中写真による日本の火山地形」, 東京大学出版会, p. 46-47.
- VARNES, D.J. (1958) Landslide type and process. in ECHEL, E.B., ed., *Landslides and Engineering Practice*: Natl. Research Council, Highway Research Board, Spec. Rept., 29, p. 20-47.
- (1972) A classification on landslides. 地すべりと対策に関する研究討論会概要, 地すべり学会, p. 65-79.
- YOKOYAMA, I. (1963) Structure of caldera and gravity anomaly. *Bull. Volcanol.*, vol. 26, p. 67-72.

(受付: 1987年7月14日; 受理: 1988年2月29日)