

大涌谷地表変動および地温調査

山口 真一・高田 雄次・竹内 篤雄

京都大学防災研究所

中 村 三 郎*

防衛大学校地学教室**

Fluctuations of Land Surface and Underground Temperature in the Owakudani Landslide Area

By Shin'ichi Yamaguchi, Yuji Takada and Atsuo Takeuchi

Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University

and

Saburo Nakamura

Defense Academy, Yokosuka

Abstract

Fluctuation of land surface has been observed by setting the observation poles at distances of 15 to 25 m. Thermal distribution at the 1-m depth under the ground surface has been also measured by thermistors. Their relation and their annual change are considered.

Extension of the land surface is found in the zones marked with X, Y and Z, and there are recognized transferences in the upper (southern) and lateral (western) direction (shown with arrows in figure 12).

Areas of high temperatures over 60°C are distributed in the zones of O, P, Q, Q', R, R' and S (figure 20).

The areas have expanded toward the lower (northern) parts of slopes in the four zones of O, Q, R and S, but the area has enlarged toward the upper (southern) parts.

The underground temperature in these zones has not changed largely, except in the Q zone where it has dropped by about 10°C.

Figure 21 shows the zones where remarkable extension and high temperature are combined, as follows:

- A) the zones of steep slope (xP and xQ zones),
- B) the zones of gentle or almost flat slope (yQ' and yQ zones).

The latter phenomena may be closely related with landslide movement in the area concerned.

1. 地表変動調査

1.1 まえがき

* 本論文についての質疑応答担当者 (The writer responsible for this paper)

** 地質調査所調査員併任

地すべり地斜面表層部の局所的な変動の様相と、形態の概況を把握するため、杭間隔の測定による地表変動調査を実施した。

1.2 観測用木杭の設置

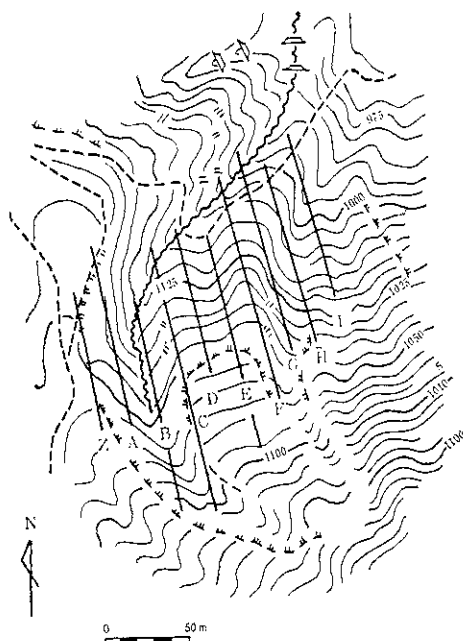
大涌沢右岸地域では、1960年以降既に杭間隔調査を実施しているが、今回の調査は大涌沢右岸の上流地域に限られ、そのための観測用木杭の設定にあたっては既設の

木杭の一部を利用した。調査地は表面の土砂、砂礫の流亡・崩壊現象いちじるしく、観測用木杭の倒壊・流失等によって測定がしばしばさまたげられたが、多数の観測用木杭を設置することによってこれを補った。木杭は図一1に示すようにそれぞれ20~30m間隔で南北方向に測線Z-Iを設け、各測線上に20m内外の間隔で木杭を設置した(図一2、図一3)。木杭の流失、倒壊などによりこれを補充する場合は、なるべく倒壊以前とほぼ同じ位置に設置しなおした。

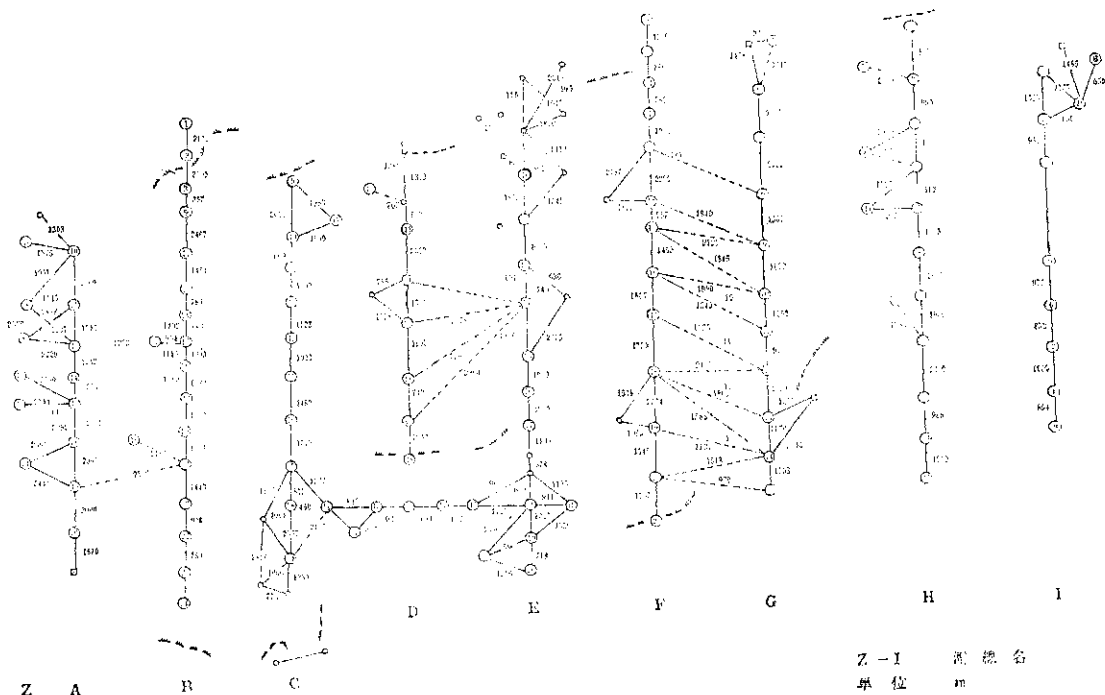
1.3 観測

測定には30mのエスロンテープを用い、調査期間中同一のものを使用した。大涌谷は強風と冬季の積雪等により作業がしばしば阻害された。したがって測定に際してはこのような気象条件による弊害を避けるよう努力した。

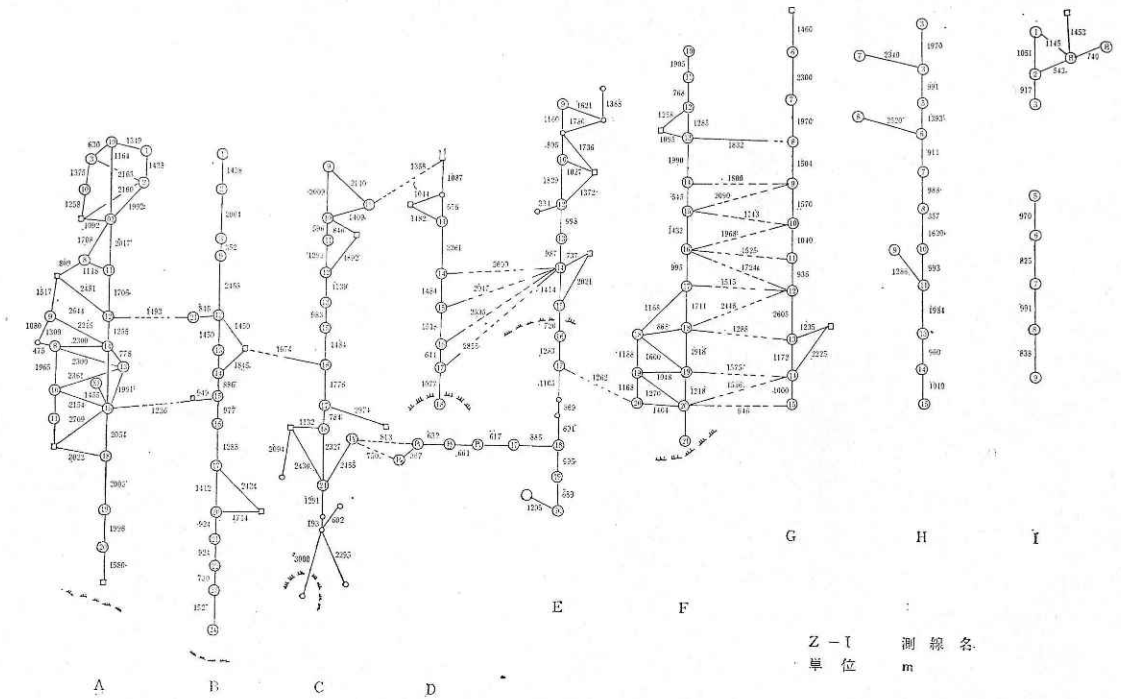
1963年2月および1964年11月以前においては、木杭の倒壊はなほだしく、多数の木杭を再設置したため、前回の測定値との比較に不都合を生じた。そのため、a) 1963年2月、木杭を多数補充設置した直後の測定値およびb) 1964年11月、木杭を多数補充設置した直後の測定値の2回の値をそれぞれ基準距離とした。



図一1 大涌沢調査地略図および測線



図一2 1963年2月観測杭設置位置と杭間隔



図—3 1964年11月観測杭間隔実測値

2か月に1回の割合で測定を実施し、主に南北方向の伸縮について検討した。測線 A・B・C・F・G には、東向きないし西向きの斜面があるため、測線間相互の東西の測点間についても測定をおこなった。

1.4 観測の結果

測定の結果得られた杭相互間の伸縮量について伸びの部分、縮みの部分をそれぞれつぎのような段階にしたがって分け図—4～図—11に示した。

縮小部分	伸張部分
5 cm 以下	5 cm 以下
6~10 cm	6~10 cm
11~30 cm	11~50 cm
31 cm 以上	51 cm 以上

記号を記入してない木杭間は、欠測部分、観測資料不良な部分、木杭間相互の変動量 0 の部分である。また数年の観測経験から、大涌谷においては 5 cm 以下の変動量は、これを測定誤差の範囲内のものとして理解するのが妥当と考える。

1.5 観測結果の考察

図—4～図—11は木杭間相互の歪の状態を示すもので

ある。この図面の南北方向の伸び量が大きな部分のうち、特に伸び量 11 cm 以上の部分を取り出して表にすると表—1 が得られる。3年間連続して変化した部分を見ると、測線 C・D・H・I 以外の測線では、いずれも斜面上半部に相当する部分（表の右寄り）に集中している。このうち A 12~14・15~18~19, C 12~13~15, F 16~17~18・19~20~21 は特に変動がはげしい。

表—1 南北方向の伸びの著しい地帯

測線名	観測杭
Z	0 0 7 8_10_11
A	01 10 11 12 14 15 16 18 20
B	0 1 2 3 9 12 13-14 15 16 17 18 21-22-23
C	9 10-11 12-13 15 16-17 18-24
D	0 0 11 14-15 16 17-18
E	9 10 12-13 14 15 16 17-18 19-20
F	9 10 11 12 13 14-15-16 17-18 19 20 21
G	0 6 9 8-9 10-11 12 13 14 15
H	1 3 5 6-7-8 10 11 12 14 15
I	1 2-3 0 5 6-7-8 9
J	1 2 4 5 6 10 11

凡例
 伸びの地帯
 — 伸張の拡大方向
 — 1965.3~66.2
 - - - 1964.11~65
 ····· 1964.3~11
 ····· 1963.9~11

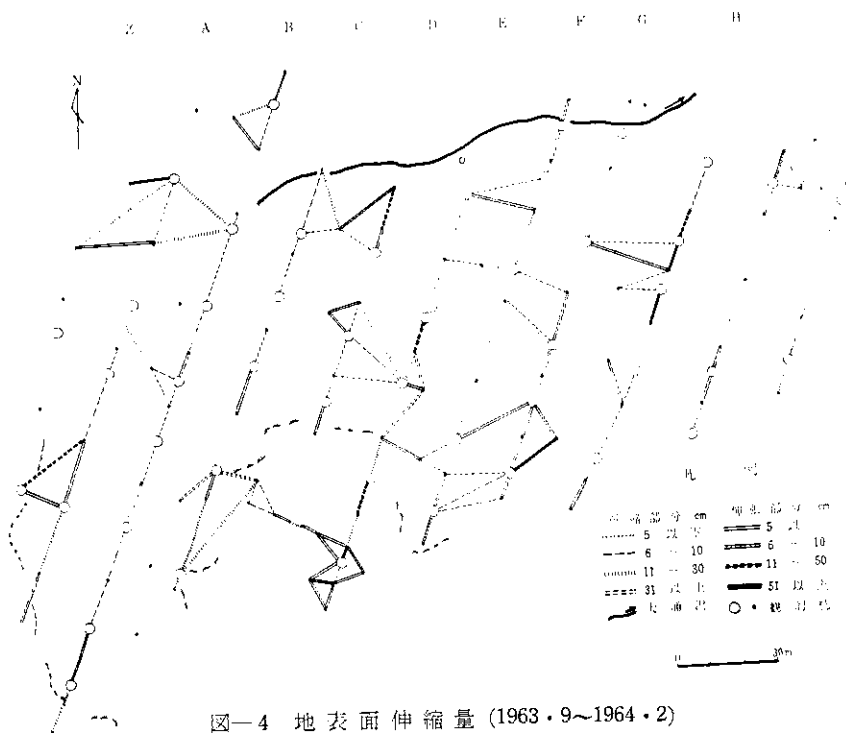


図-4 地表面伸縮量 (1963.9~1964.2)

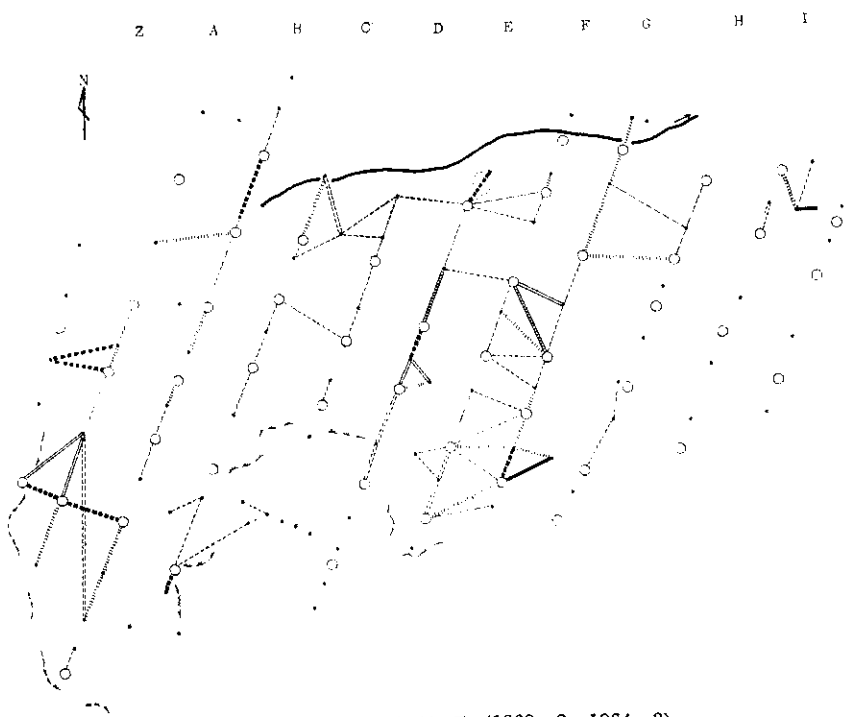
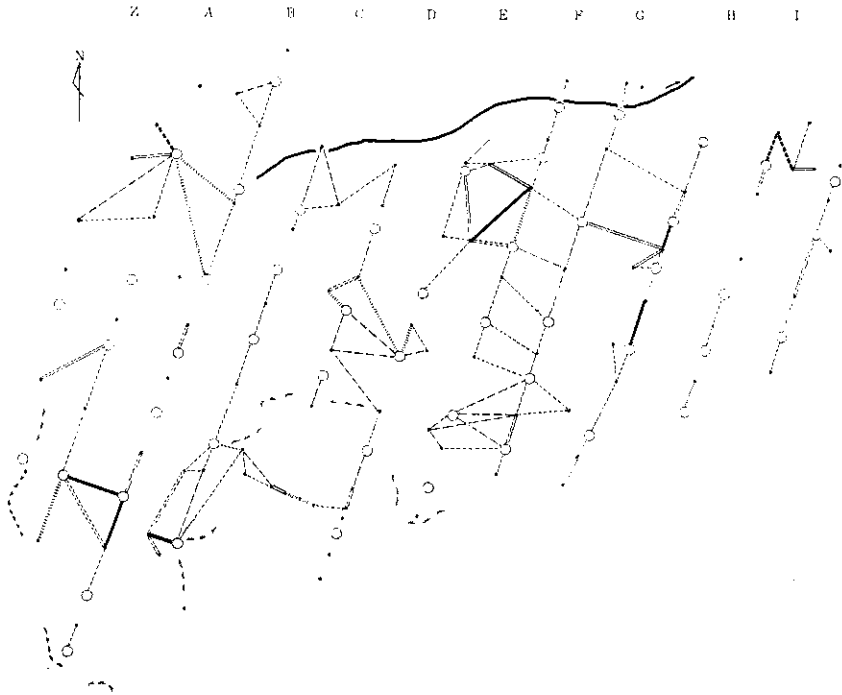


図-5 地表面伸縮量 (1963.9~1964.3)

大涌谷地表変動および地温調査—山口・高田・竹内・中村



図—6 地表面伸縮量 (1963・9~1964・11)



図—7 地表面伸縮量 (1964・3~1964・10)

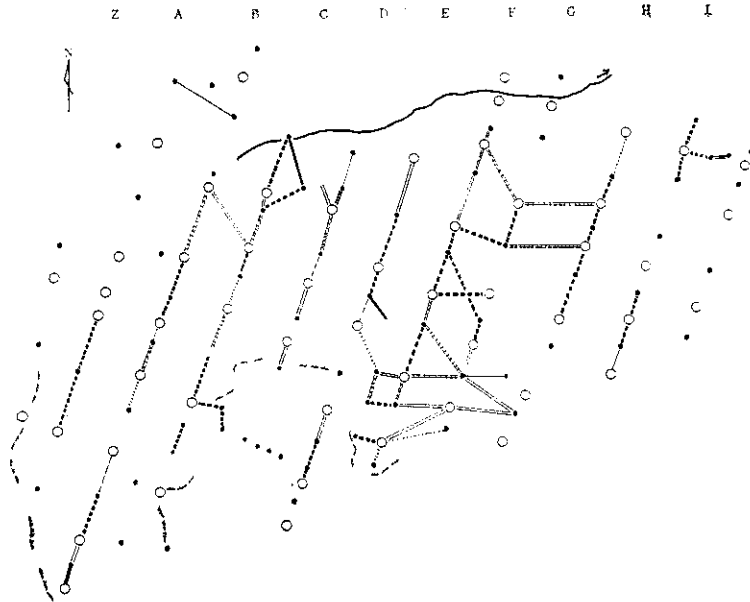


図-8 地表面伸縮量 (1964・3~1964・11)



図-9 地表面伸縮量 (1964・11~1965・3)

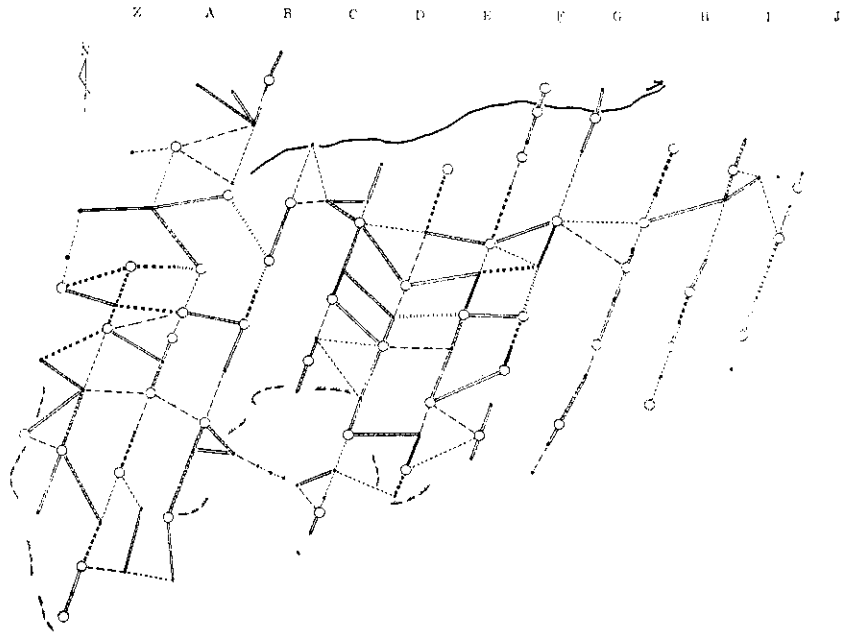


図-10 地表面伸縮量 (1965・3~1965・11)

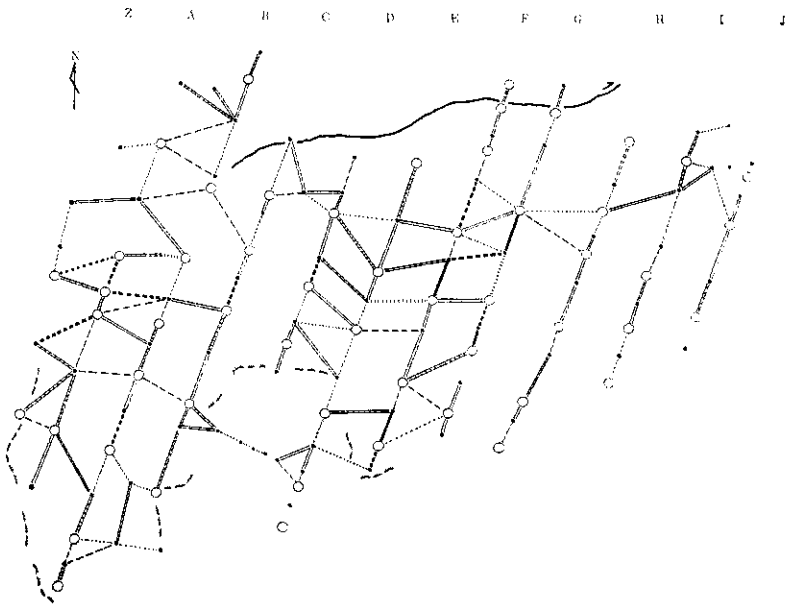


図-11 地表面伸縮量 (1965・3~1965・11)

観測の結果調査地内でみとめられた主なる現象をあげると、

a) 1965年3月測定の結果、前年と比較してB・C測線南部の斜面では40 cm内外の伸びがみとめられた。

b) F測線北部では、1964年10月までは縮小する傾向にあったが、その後伸張して30 cm以上の変化が記録された。

c) A測線12・13・14の西側とZ測線との間に、1963年以降長さ20~40 m、ほぼ南北方向のクラックが発生し次第に拡大しつつある。A・X測線地帯の動きはこのクラック発生の影響によるものと考えられ、1965年3月までに最大50 cmもの伸縮量が記録された。

表一において矢印を付してあるのは、これら表面の変動地帯の移動方向あるいは拡大方向を矢印によって示したものである。この様相を平面図で示したものが図-12である。この調査と、図面では南北方向の伸縮の様相のみが表現されがちなため、図-12では伸びの地帯の分布が一般に南北方向に細長く分布する傾向がみとめられる。しかし実際には東西方向の拡がりも考えられる。

図-12にあらわれた変動のはげしい地帯はつぎの3つの地帯である。

X地帯; 測線 A 14~15~18~19

測線 B 17~18・20~21

測線 C 18~24

Y地帯; 測線 C 10~11~12~13

Z地帯; 測線 F 13~14~15・17~18~19

これら3地帯の変動の経年変化の方向をみると図-12の矢印方向が一応予想され、これによっても伸張部分の転移の様相の一端を知ることができる。

X地帯は、1963年B18周辺にみられた伸びの地帯が、1964年にはA18、さらに翌年A15周辺へと転移した。1964年以降はクラックの発生により、北東方向への伸びがいちじるしく大きくなっている(最大50 cm)。

Y地帯、高温と噴気による風化作用のため、C15の東部が局部的に陥没し、それが周囲に漸移したために伸張地帯が南方向(斜面上方)へ約20 m転移した模様である。この現象は地質構造の調査資料とも対比すると一層興味ある関係がうかがわれよう。

Z地帯、F13~14・17~18・19~20間の小部分が僅かに伸張していたが、いずれの地点も2年後は伸張地帯が東側のG測線寄りに面積を拡大している。F19、G14地点では噴気ますますはげしく、これらの熱作用によって斜

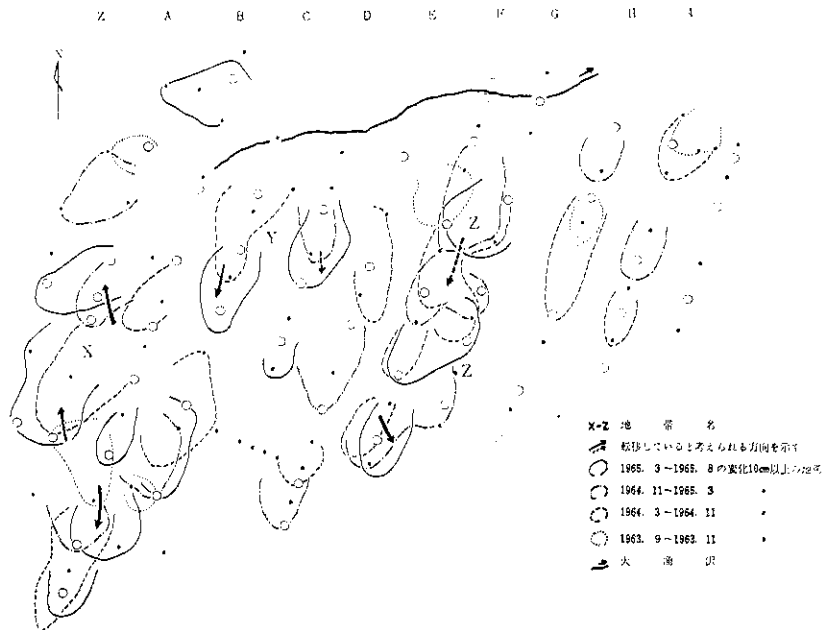


図-12 地表面伸張地帯の転移—伸び10 cm以上の地帯 (1963~1966)

面はますます不安定化し、G14付近の噴気孔北側にはクラックが発生し、地熱によって変質した地塊が崩壊寸前にある。

2. 地温調査

2.1 まえがき

大涌谷にはいちじるしい噴気を伴う高温地帯が各所に分布し、この高温は周囲の土質・岩質を変質させ、斜面を一層不安定な状態にしている。この噴気活動の消長、地中温度の変化、高温帯の移動等は土地崩壊現象と密接な関係にあるものと考え、地すべり研究の一つの目安として地温調査を実施した。

2.2 観測点および測定

観測点は当初図—13に示す76地点について観測した。1965年以降調査地域は大涌谷上流右岸地域に限定されたが、調査をすすめるうえでさらに多数の測点を必要とした。したがって1965年以降は地表変動調査用の測点（各図の○印地点・56点）で測定し、観測する度に地点が変化しないよう注意した。また高温地帯においては適宜測

点を設け、前記56点と補助測点（●印）約65点を加えて観測を実施した。

地温調査は外気の条件に左右されないよう、地表下面約1mの位置で測定した。貫入棒の都合で0.8mの位置で測定した場合もある。測定器はタカラサーミスタ完全互換型温度計（SPD—1型）を用い、貫入棒によってあけた孔の中に特殊MR型感熱部をそう入し、約5分間放置した後測定した。

2.3 観測結果

観測は年4回実施し、10回の測定結果のうち1963年5月、1963年11月、1964年3月、1964年11月、1965年8月、1965年11月の結果を図—14～図—19に示す。

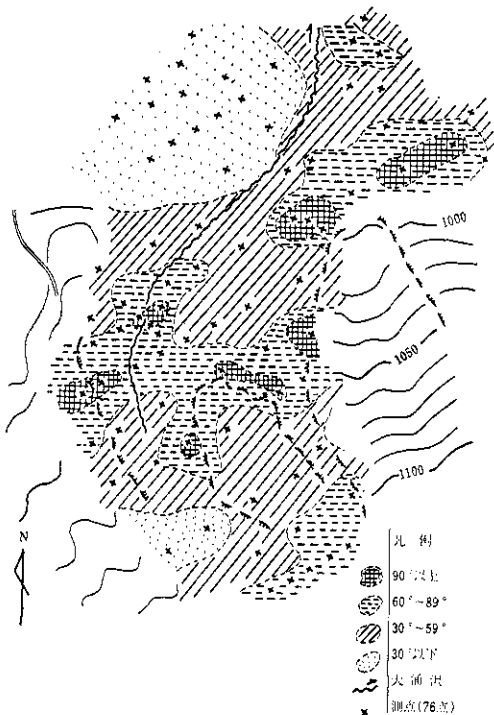
いずれも観測値を90°C以上、60°～89°、30°～59°、30°以下の4段階において図示した。

2.4 考察

図—13～図—19に示す分布図から、特に60°C以上の高温帯の変化についてつぎの2つのタイプをみる事が出来る。

a) 高温帯の区域があまり移動しない地区。図—20のR地区およびS地区南部のごとき場所で、噴気点はほとんど変化せず、温度が周期的に15°内外変化し、噴気点を中心にその面積が僅かに拡大縮小を繰返す性質がある。

b) 高温帯が移動するタイプ。O・P・Q'・Q・R'・S北部のような地区。このうちQ・O・R'・S地区は一般に斜面の下方（北方向）へ移動している。一方P地区の高温帯は斜面下方と横方向（西方向）へ、Q地区は斜面上方（南方向）へ移動し、面積も漸次拡大している模様である。温度そのものについては以上の地区のうち、Q'地区の最高温度が10°内外低下したのみで、他地区では



図—13 地温測点および地温分布
(深度1m 1963・11.5)

表—2 地温60°C以上の地帯の変化

測 線	観 測 点	凡 例
Z	0 0 7 8 10 11	
A	01 10 11 12 14 15 18 19 20	
B	0 1 2 3 9 12 13 14 15 16 17 18 20 21 22 23	
C	9 10 11 12 13 14 15 17 18 24	
D	0 0 12 13 14 15 16 17 18	
E	9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21	
F	9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19	凡 例 (変化の早い地帯)
G	0 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15	← 変化の方向 — 1965・8 --- 1964・3 - - - 1963・5
H	1 3 5 6 7 8 10 11 12 14 15	
I	1 2 3 4 5 6 7 8 9	
J	1 2 4 5 6 7 8 9 10	

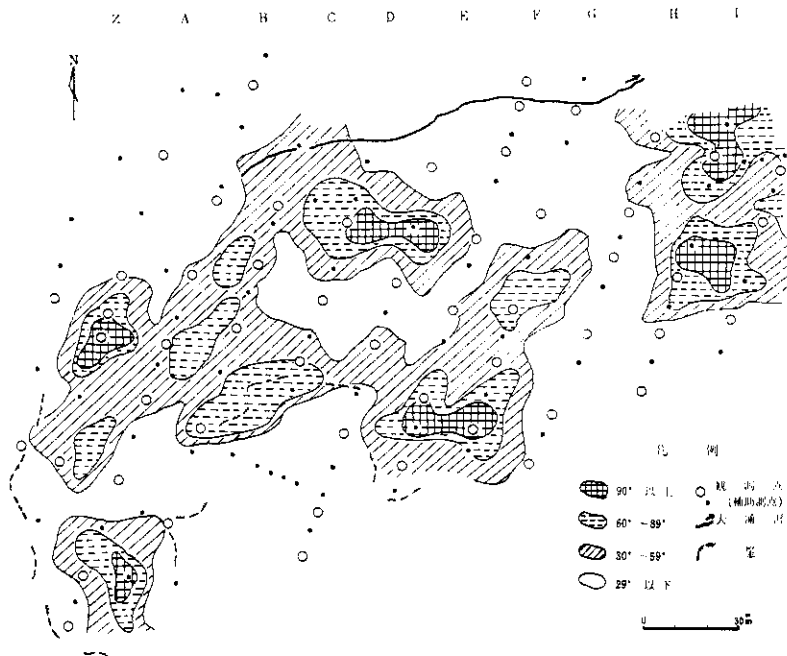


図-14 地下1mの地温分布(1963・5)

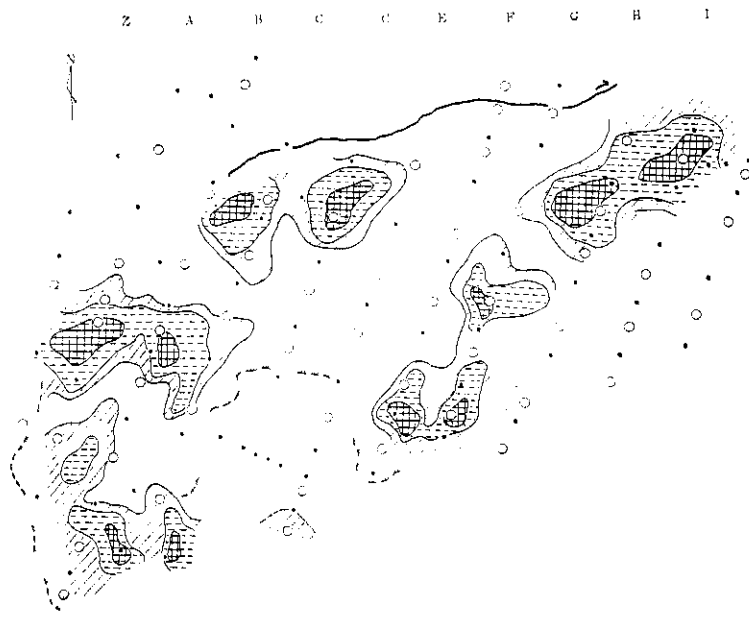
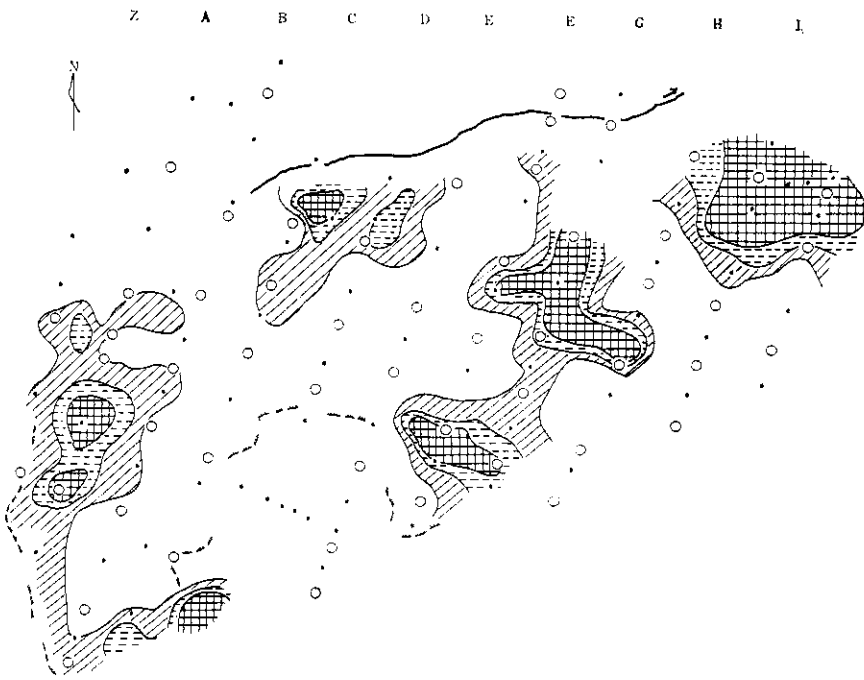


図-15 地下1mの地温分布(1963・11)



図—16 地下 1 m の地温分布 (1964・3)



図—17 地下 1 m の地温分布 (1964・11)

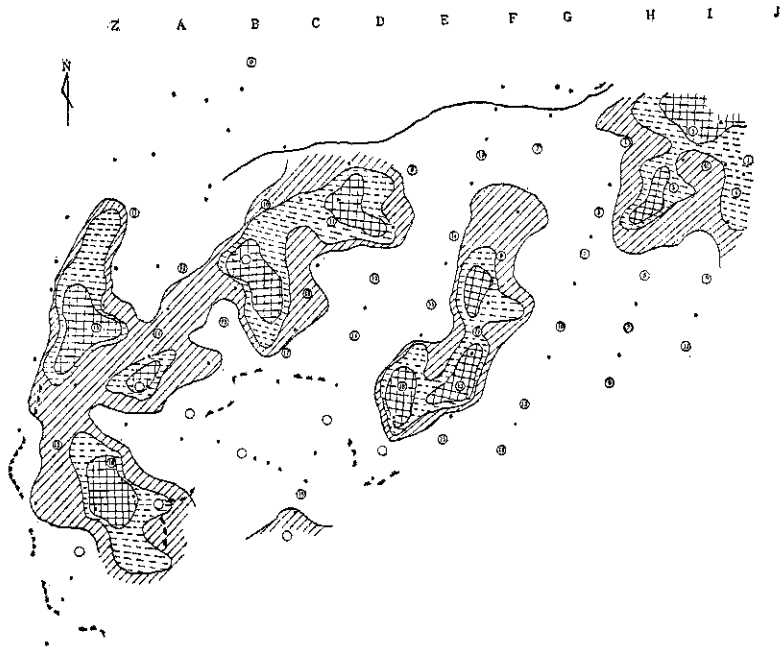


図-18 地下1mの地温分布(1965・8)

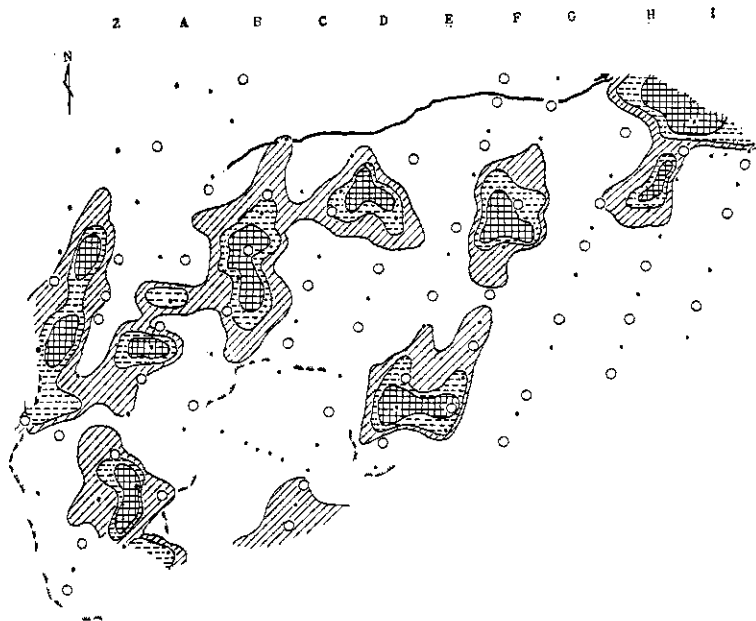
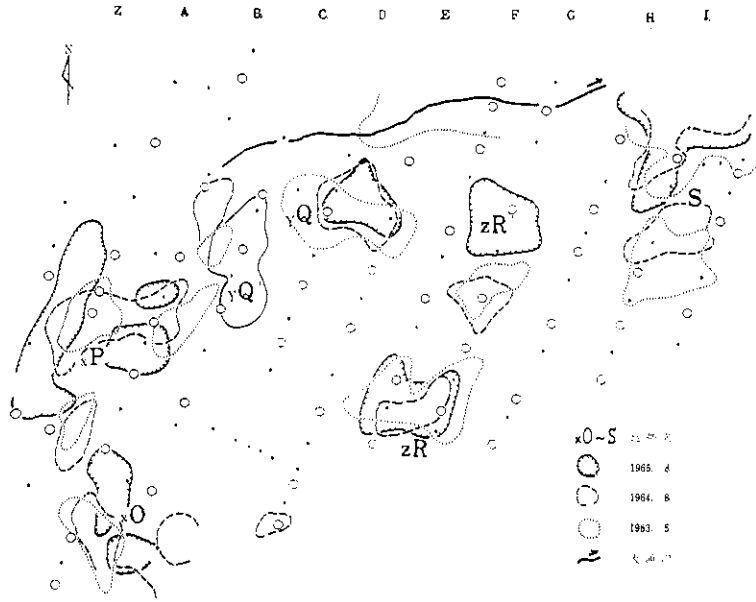
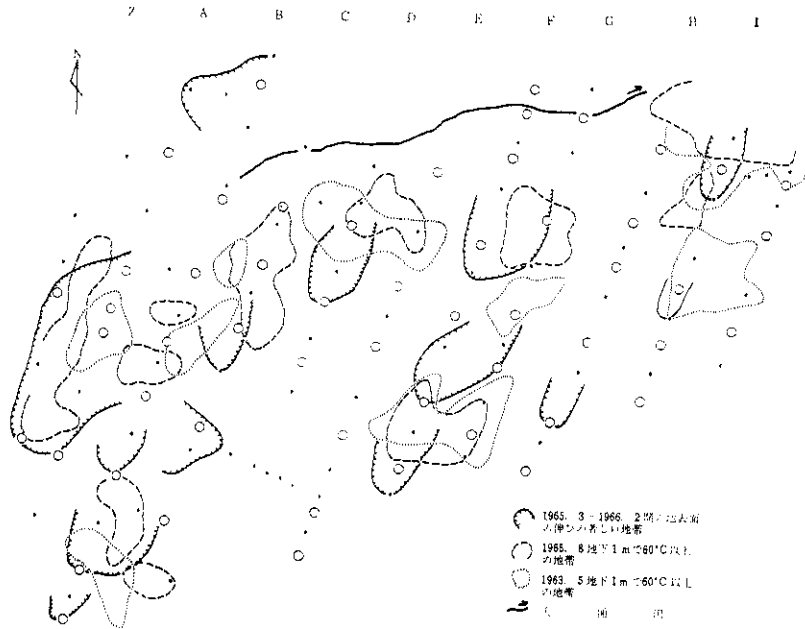


図-19 地下1mの地温分布(1965・11)



図—20 地下1mの60°C以上の地帯の変化(1863~1965)



図—21 地表の伸張地帯と地温との対比

ほとんど変化していない。

以上のような現象がみとめられるが、高温帯の移動についてその原因は判然としない。とにかくR地区とS地区北部以外では高温帯が確かに移動しつつある。水上*は1964年の地中温度調査報告書で、地熱地域が次第に北方向に移動しつつあることを指摘しているが、O・Q・S地区においてあきらかにそのような現象がみとめられる。

2.5 高温地区と伸張地区との対比

図—12において示した伸びの地帯と、図—20に示す高温地帯を対比させると図—21が得られる。地表面の伸びの地帯と高温地帯はいずれも大体よく一致し、これは高温による基盤の変質と地表面の伸縮現象が相互に関係あることを示すものであろう。

伸びのいちじるしい地帯と高温地帯の一致する場所についてみると

a) 急傾斜面で異常に伸張する地帯 (xP・xO地帯)

b) 平坦に近い緩傾斜面で伸張する地帯 (rQ'・rQ地帯)

の2つの場合がみられるが、b)の現象は本調査地の地すべり現象と直接関係ある現象とも考えられる。

(調査担当者)

a. 調査計画・取りまとめ

山口真一 (京都大学防災研究所)

中村三郎 (地質調査所調査員; 防衛大学校
地学教室)

b. 調査・資料整理

高田雄次 (京都大学防災研究所)

竹内篤雄 (")

中村三郎 (防衛大学校地学教室)

小山 明 (防衛大学校土木工学教室)

鯉淵芳伸 (")

* 箱根火山の地震、小涌沢の地中温度並に地形変動の調査、観測報告 昭和39年5月 神奈川県土木部