

地温異常を写真にとらえる

長谷 敏和・松野 久也

1963年 1月末から2月半ばにかけて 空中から遠隔操作によって 火山活動に伴う地温異常の強弱と広がり を 映像-写真像-の形で記録する実験が 軍事目的で開発された装置を用いて 合衆地質調査所 ミシガン大学赤外線放射研究所およびフィラデルフィアのエアロサーピスコーポレーションの協同のもとに ハワイで行なわれた。この実験結果は 沿岸の海底湧泉の探知という付録までついて非常な成功をおさめた。そしてこの種の装置が地質学ならびに地球物理学の目的のため地表の温度分布のマッピングに利用できることが実証されたのである。これについて詳細は 翌1964年11月“Science”の vol. 146, no. 3645 に発表された。

この論文は かねてこの方法に興味をもっていた筆者らに明るい見通しと 強い刺激を与えたことは否定できない。以来 われわれは当所の物理探査部および日本電気株式会社中央研究所と情報を交換しつつ 空中赤外線映像装置について 積極的に検討を加えてきた。そして赤外線のいろいろな特性 赤外線放射温度計 赤外線撮影装置 空中赤外線映像装置ならびにその応用について 本誌133号に小文を載せたところ いろいろな方面から 意外に反響があったことは 未だ筆者らの記憶に新しいところである。

こうして 空中赤外線映像装置の開発について検討を進める一方 本誌133号の中で赤外線映像装置として紹介した 日本電気中央研究所の試作になる 『赤外線撮影装置、(Infravision)』を用いて 地質 ならびに地温異常を対象とする 撮像実験を 那須火山および箱根大涌谷において実施した。この試みは 地質・地温を対象とするものとしては わが国で始めてのものであったが 装置の性能テストと 空中用の赤外線映像装置開発のための諸資料を得るといふ点では きわめて意義深いものであった。

実験の概要

実験地の選定 計画の遂行は地質調査所が 赤外線映像撮影は日本電気株式会社中央研究所が担当した(第1表)

実験地として 第1表の地点を選定したのは 日本電気中央研究所ならびに地質調査所のある川崎市から 比較的近距离にあることと 付属機器を含めて300kg.を超

える装置を搬入するため交通の便のよい所というのが第1条件であった。以上のほか

(1) 那須火山 は山麓いたるところに地熱の徴候地があること とくに殺生石では かなり広い範囲にわたって温泉やけがみられ 100~200mの距離で露頭に対して 装置をほぼ正対できるような位置に設置できることさらに 現在表面に多くの噴気のみられる茶臼山溶岩ドームがあり これを対象に選べば 遠望 近接自由に装置を移動できる道路網を備えていること。

(2) 箱根町大涌谷 は火山性の地すべり地で 植物被覆がまったくなく 地質学的にも地球化学的にも地質調査所の防災グループによって いろいろな研究が進められている。とくに地温測定が実施され 微弱的な異常から高温の湧泉 さらに100°Cをこえる蒸気が存在すること また変質帯地質図ができており これと温度分布との対比が可能なこと があげられる。

実験に用いた装置

前述のとおり実験に用いた装置は 赤外線撮影装置 (Infravision)である。第1図および第2図はその原理図と実験地における配置の様子を示すが この検出器にはAu を dope したP型のGe が用いられており 物体から放射される赤外線を光として探知し 電子レベルの変化によって生じる信号電圧を増幅して表示する。検出効果を高めるために 作動中は液体窒素(77°K)で冷却されている。検出する最小入力の大さき N. E. P. は $8 \times 10^{-11} \text{W}$ である。瞬間視野は0.05度 全視野は 20×14 度 走査本数は400本 全走査時間は16秒と短い。表示はブラウン管を用いており ブラウン管上に映った映像の残像を 35mmカメラで撮影するのである(詳細は 昭和40年電気四学会連合大会 論2167に発表されている)。

(第1表)

番号	場 所	日 時	使用装置	担 当 者
I	栃木県那須火山周縁	1966年 2月23~26日	NEC Infravision	松野・長谷・西村(地調)
II	神奈川県箱根町大涌谷	1966年 3月7~10日	''	伊藤・佐竹・大野(日電)

実験結果

次に 両2回の実験で得られた映像結果のいくつかを示す(第3図~第5図)。

那須火山周縁

茶臼岳は安山岩質の溶岩ドーム状をなし 下部中部および上部溶岩からなっている。このうちもっとも新しい上部溶岩はまだかなり高い温度異常を示している(第3図)。噴火に際して 最初凝灰角礫岩~集塊岩の放出があり つづいて溶岩の流出があった。火山放出物の部分は一般に間隙が多く 上位の溶岩がちょうど熱をおさえるキャップロックの役目を果たし 地下深所からの熱がこの間隙を通して空中に放射されるものと考えられ 図中bはそうした異常を示すものであろう。なお 噴煙dは時々刻々その形を変えている。

殺生石付近はいわゆる温泉やけを示し 変質した露岩地帯である。第4図cから分るように 装置据付位置から対岸撮影地点までの距離は 約110mから180mにわたっている。装置は崖面にはほぼ正対しているが放射エネルギーは距離の二乗に反比例するので 相対的な温度の高低も明らかではない。ただ 温度異常の映像が 線状にあらわれる事実は 断層 あるいは破砕線に沿う異常と考えられる(第4図(a))。

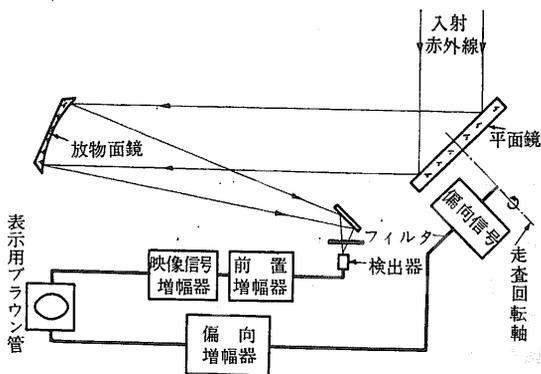
箱根大涌谷

那須に引き続いて行なわれた大涌谷での実験では 測定対象を限定し 時間および入力をかえてさらに細かい実験がおこなわれる予定であった。前にも述べたように大涌谷に関しては既存の基礎資料も豊富であり 実験地としては恵まれた条件にあった。そして正確な位置確認のため標識に豆電球を用いたのであるが 折からの濃霧に実験をはばまれ映像撮影の機会が非常に少なかったことと 豆電球による標識が小さすぎて瞬間視野の中に入らなかったことなどのために 最初期待された結果は得られなかったが 今後の問題点解決のために幾つかの資料が得られた。

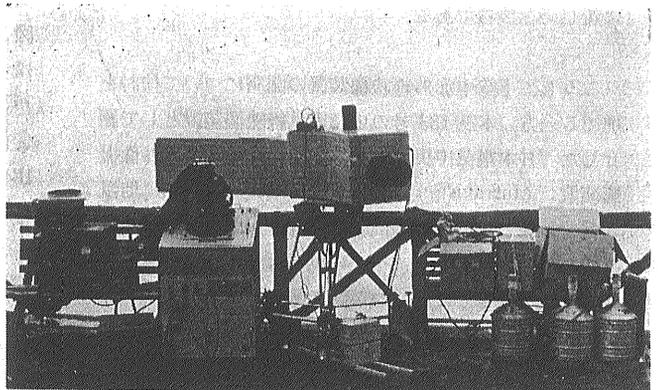
二葉の映像撮影結果(第5図(a)(c))から入力の調節によって温度異常部のうちとくに温度の高い部分(第5図(c)中e)が検知され 地表調査の結果 温泉湧出部であることが確認された。ボーリング孔からは過熱蒸気が噴出し 管口で 106°C 管口より70cmの部分で 73°C あるが 散乱による減衰が大きいものと考えられ映像には明るく出てこない(第5図(a)中)。変質帯との対応は非常に明確で昇華硫黄帯は其中でもとくに高温である。

むすび

2回の実験を通じて 機器の故障 時間的制約 積雪による交通障害 などのほか 降雪 降雨 濃霧など 気象上の悪条件が重なって実験は計画通り遂行できなかったが とくに 日中から日没を経て日没後さらに早朝にいたる連続実験ができなかったことは 適当な撮影時



第1図 赤外線撮影装置(Infravision)原理図



第2図 赤外線撮影装置図(箱根大涌谷ロープウェイ停留所前)

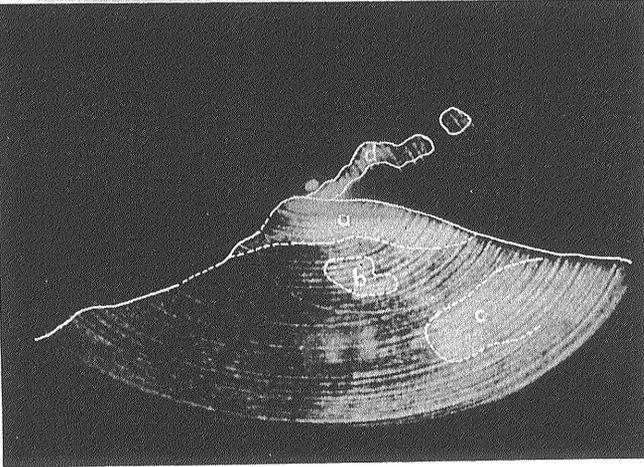


第4図a-1 殺生石における温度異常の映像 このように線状にあらわれる事実は 断層あるいは破砕帯に沿う異常と考えられる この右側延長上には那須湯本温泉がある

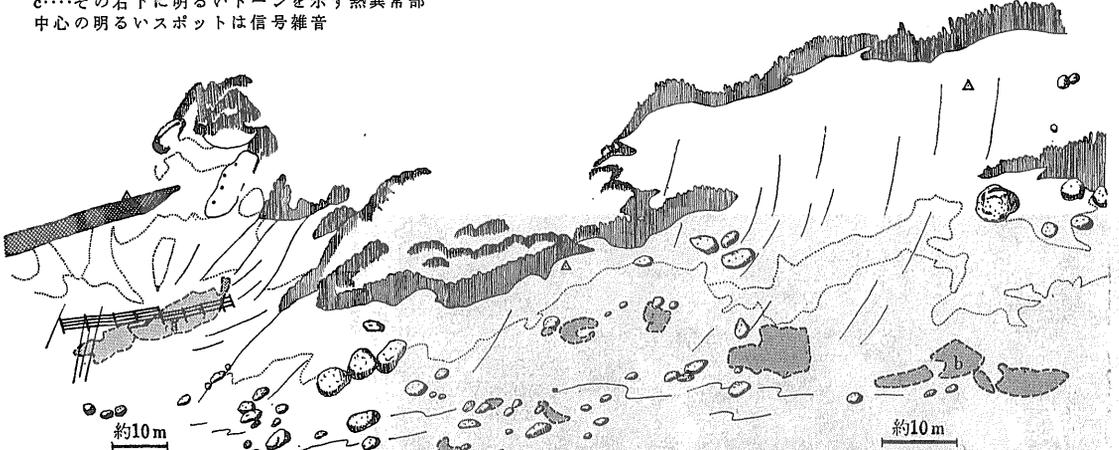
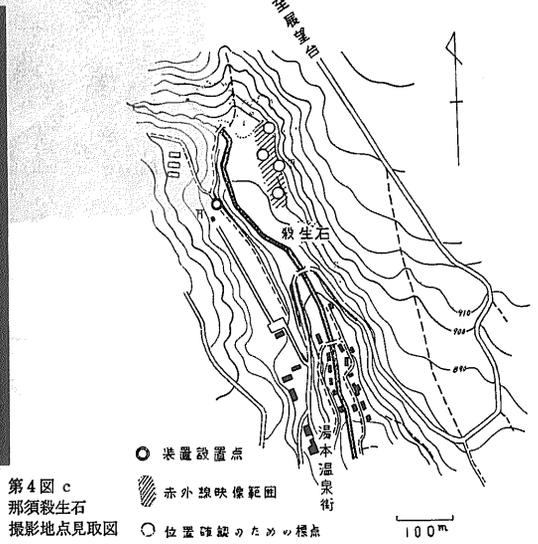
刻に関する基礎資料を欠くことになり、さらに時間的制約により、遠望近接撮影による有効撮影距離に関する検討が加えられなかったことと合わせて非常に残念であった。その反面、湿度上昇によって水蒸気が冷却されている検出器の受光面に霜となって凝結し、信号雑音増加の一因となることや、局所的な微気象条件に対する考慮が必要なことなどの資料を得るというプラスの面もあった。映像の撮影はブラウン管に表示された残像を普通カメラで記録するのである温度差以上になるとブラウン管の輝度が高いためにハレーションをおこし、また中間調を得がたいなど難点がある。

像の中心部と外縁部では最大16秒という時間的ずれがあるために、残像撮影の場合、中心部は外縁部に比べて早く消え始める。この点、印画紙に焼付の際ある程度の補正を行なってはいるものの正確さを欠いている。したがって、光変調管によって信号出力を光に変換して直接感光材料に記録させる方がよいものと考えられる。那須茶臼山を展望台からねらった結果は、直距

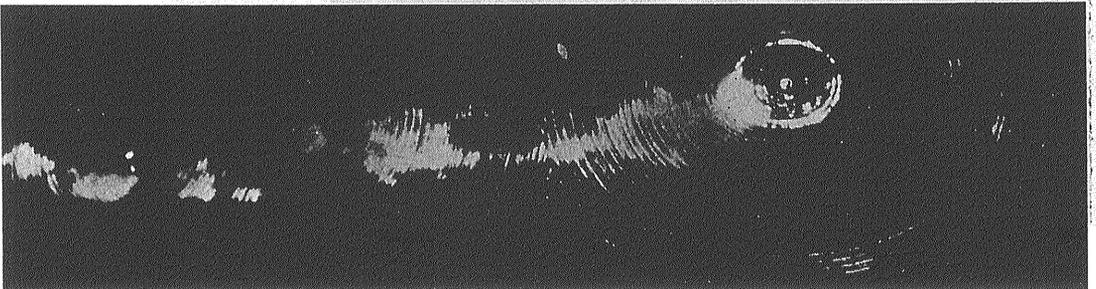
ウン管の輝度が高いためにハレーションをおこし、また中間調を得がたいなど難点がある。像の中心部と外縁部では最大16秒という時間的ずれがあるために、残像撮影の場合、中心部は外縁部に比べて早く消え始める。この点、印画紙に焼付の際ある程度の補正を行なってはいるものの正確さを欠いている。したがって、光変調管によって信号出力を光に変換して直接感光材料に記録させる方がよいものと考えられる。那須茶臼山を展望台からねらった結果は、直距



第3図 那須ホテル前展望台より茶臼岳の映像
(撮影地点より茶臼岳頂上まで約3,600m)
a...茶臼上部溶岩(ドーム) b...中部溶岩中の変質帯
c...その右下に明るいトーンを示す熱異常部
中心の明るいスポットは信号雑音

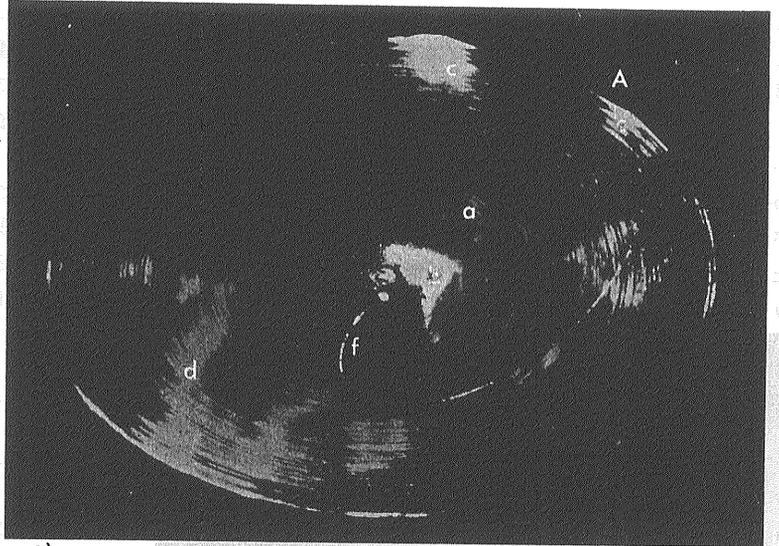


〔第4図a〕の左半分から右半分の左端までの範囲]
点線は 地質区分境界 地質区分は省略 網地は探知された温度異常の範囲を示す a 点付近の最高温度 96°C b 点付近の最高温度 35.2°C
(測定: 1966年2月25日曇り 午後5時15分~40分の間)



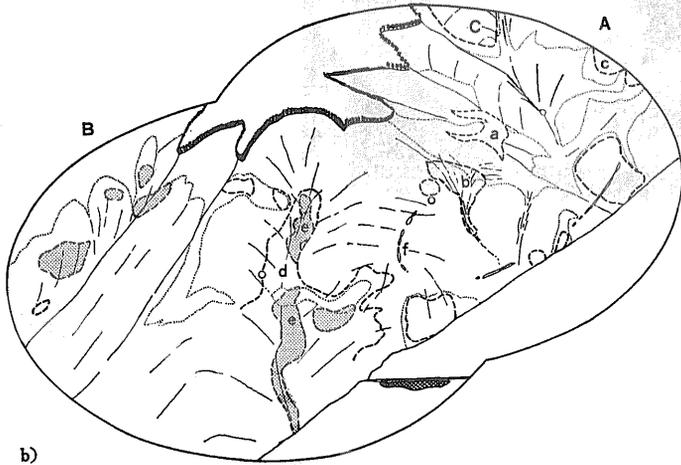
第4図 a-2

第5図 箱根大涌谷赤
外線映像写真
とスケッチ
(1966年3月9日午後5時30分撮影)



- a) ボーリング孔からの噴気(管口106°C)
- b) 温泉湧出地 (65°C)
- c) 昇華硫黄帯
- d) 沢の中にみられる温度異常地域
- f) 信号雑音

a)



- b) 実験対象地のスケッチ
大涌谷ロープウェイ停留所前広場からの展望で二葉の映像写真 A, B. は一部重複して撮影されていることがわかる
点線は変質帯の境界
破線は温度異常の範囲

b)



- c) 午後9時30分撮影
eはとくに温度の高い部分

c)

離で 3600mあり空中用の装置の適用について明るい見通しを与えた。また 大涌谷の実験で得られたように入力を調節することによって温度差の大きいところだけを抽出記録することができるので 広い異常域中 温度の高い部分—ここでは湧泉の出口—が判明する。ただボーリング孔からの噴気の場合 106°Cと管口では非常に高温であるが 映像には弱い異常としてしかあらわれない。以上 地温異常の相対的な強弱とその広がりを目に見える形で表現できることは いままでの方法では不可能なことである。わが国が世界でも有数の火山国であるため 経済 産業上ばかりでなく 防災 学問上この新しい方法が適用され効力を発揮する場合は非常に多く存在するといえよう。その適用には大きく分けて

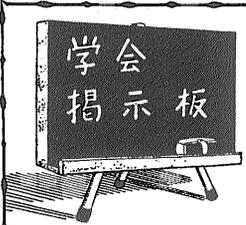
1. 地上の固定点に設置して狭い対象を定期的に観測し その時間的な変化を調べること。
2. 空中から広い範囲を走査して 温度異常の相対的な強弱とその平面的な広がりをマッピングすること

の2つが考えられる。

地上の固定点に設置する装置は地温ばかりでなく い

ろいろな対象に応用されるであろうが 地質学 地球物理学の分野では その応用に限界がある。こと大地に関する問題である以上 測地学的な位置づけが必要であるが 水平 あるいは斜め方向からの映像の正しい平面位置を地図上にプロットし 映像の詳細な解析をおこなうことは非常に困難である。この点空中からの映像が望ましい。地上用の装置を 野外で夜間に使用する場合 装置を水平に設置し これを基準として水平方向の回転角度ならびに 俯仰角をコントロールできる装置が必要である。

今回の二度にわたる実験で 近い将来開発される地質学的 地球物理学的目的のための赤外線装置についていくつかの問題点が明らかにされた。厳しい自然条件と複雑な 微気象 地形 植性 土性 岩石物性などの要素から内因的な情報を明確にし 解釈を行なうまでにはまだ多くの問題点がある。しかし 最近 アメリカで 鉱化帯の酸化熱を対象に 探鉱調査に応用した例が報告されており 積極的な開発と応用化が進められているようである。 (筆者は応用地質部)



・日本地下水学会

1. 昭和41年5月20日
2. 昭和41年度総会および春季講演会
3. 川崎市久本135 地質調査所会議室
4. 日本地下水学会

5. 川崎市久本135 地質調査所応用地質部水資源課
日本地下水学会事務局 (Tel 044-83-3171)

・地下水技術協会

1. 昭和41年5月13日~14日
2. 講演会ならびに研修会
3. 東京都新宿区市ヶ谷船河原町11
外濠前「家の光会館」7階講堂
4. 地下水技術協会
5. 東京都千代田区神田錦町1-23 登坂ビル
社団法人 地下水技術協会 (Tel 03-291-0388)

・日本温泉科学会

1. 昭和41年7月8日(金)~7月11日(月)
2. 第19回日本温泉科学会大会
3. 別府市
4. 日本温泉科学会
5. 東京都世田谷区深沢町1の950
東京都立大学理学部無機化学教室
日本温泉科学会 野口 喜三雄 (Tel 03-717-0111)

・日本応用地質学会

1. 昭和41年7月4日
2. 講演会 中性子水分計の試用に関する話題
地調 渡辺和衛他
国鉄 頸城トンネルに関する話題 国鉄 池田

4. 日本応用地質学会

5. (事務)東京都中央区銀座東6-1 (Tel 03-542-3072)
国立防災科学技術センター内 日本応用地質学会
(行事) 川崎市久本135 地質調査所応用地質部
環境地質課 安藤 武 (Tel 044-83-3171)

・日本地学教育学会

- A. 1. 昭和41年5月28日(土)
2. 講演 欧米の自然と地学教育
東京都主事 鈴木 康司
3. 東京都立教育研究所
4. 日本地学教育学会
5. 東京都立 武蔵丘高等学校 加藤 定男
(Tel 03-992-2308)
- B. 1. 昭和41年7月25日~8月24日(31日間)
2. 海外地学巡検(団長 西尾敏夫)
3. ヨーロッパおよびアメリカ
4. 日本地学教育学会
5. 日本海外旅行(株) 五艘和雄
(Tel 03-265-5921)
- C. 1. 昭和41年11月26日~27日
2. 第20回 全国大会(大会委教長 米山芳成)
3. 東京都立教育研究所(予定)
4. 日本地学教育学会 5. 東京都立 立川高等学校 高田 七五三雄 (Tel 04252-8195)

[注]

- | | | |
|----------|--------|-------|
| 1: 開催年月日 | 2: 会合名 | 3: 会場 |
| 4: 主催者 | 5: 連絡先 | |

なお 掲載順位は 原稿到着順