

5.4 結言

地震前後の樹木の活性度を検討することにより、衛星データを用いて地震崩壊危険区域の抽出が可能となった。今後、地質・傾斜角、さらにそれ以外の要因をも検討してそれらの要因の相互関係の検討を行い、より実用に供し得るハザードマップの作成が必要であると考えられる。

6. 活断層の衛星温度観測による地震発生予測の可能性

後藤恵之輔*

6.1 従来の地震予知法について

新世紀を迎えた2001年、大きな地震が国内外で相次いで発生している。1月12日に兵庫県北部でマグニチュード(M)5.4、1月13日に南米エルサルバドルでM7.6、1月26日にはインドのグジャラート州でM7.6(インド西部地震)の地震が起こっている。また最近では、3月24日に中国、四国地方の広い範囲に被害をもたらした芸予地震(M6.4)、4月3日には静岡県中部でM5.1の地震が起きており、地震予知の重要性は極めて高くなっている。

我が国の地震予知への取り組みは1965年から始まり、阪神大震災までに約2千億円がつき込まれてきた。その方法とは前震、地殻変動の異常、地下水の変化などと言った、地殻変動・地震活動等の観測から前兆現象の検出を行うものである。しかし、これら現在の技術では、M8クラスの巨大地震でさえ予知できないと言われているのが現状であり、実質上、予知は実用化に至らなかったと言わざるを得ず、新たな予知法の開発が急務となっている。

6.2 活断層の衛星温度観測による地震発生予測の可能性

著者は阪神大震災後の活断層における温度異常をLANDSATの熱画像から発見し、この温度上

昇は地震による活断層のずれで生じた摩擦熱によるものであるとの仮説を立てた。このことと時期を同じくして、野島断層において草の根が炭化しているのが発見(機械技術研究所・榎本祐嗣)されており、このことから、室内実験によって岩石の破壊実験を行い、実際に岩石に圧力を加えた結果、岩石の破壊時において、岩石の温度が上昇することを確認した。この結果を基に、経時性、周期性、広域性に優れている人工衛星データの熱画像を用いた新たな地震予知について可能性を探ってみた。

6.3 阪神・淡路大震災での画像解析

1995年1月17日に発生した阪神・淡路大震災(M7.2)での震災前後のLANDSAT/TM夜間データの熱赤外データ(バンド6)を解析し、地表面の温度変化を調べた¹⁾。震災後のデータとして地震発生から約3週間後の1995年2月7日のものを用い、これに対する震災前のデータとして1990年2月9日および1994年12月13日のものを用いた。

図6-1に衛星データから解析した、大阪市、神戸市、ポートアイランド、野島断層、須磨断層の各5箇所での平均温度の変化²⁾を示す。この結果、活断層域における温度に異常な変化が起こっていることが分かる。活断層域の温度は震災前では都市域よりも当然低いが、震災直後においては都市域とあまり変わらない温度を示しており、特に野島断層においては震災前の平均気温より約3.0℃ほど上昇し、大阪市とほぼ同じ気温になっている。これは、地震時に起きる活断層の摩擦熱が原因と考えられる。

6.4 岩石破壊実験による温度変化測定

前節で述べたように、衛星データに現れた温度変化が活断層のずれによる摩擦熱が原因であるかを検討するため、岩石の一軸圧縮試験を行い、岩石の破壊に伴う温度変化をサーマルカメラによって測定した^{3),4)}。試験を行った岩石は花崗岩、珪岩、砂岩、玄武岩、黒岩片岩の5種類である。

図6-2は花崗岩の温度変化を示したもので、試

* 長崎大学大学院生産科学研究科

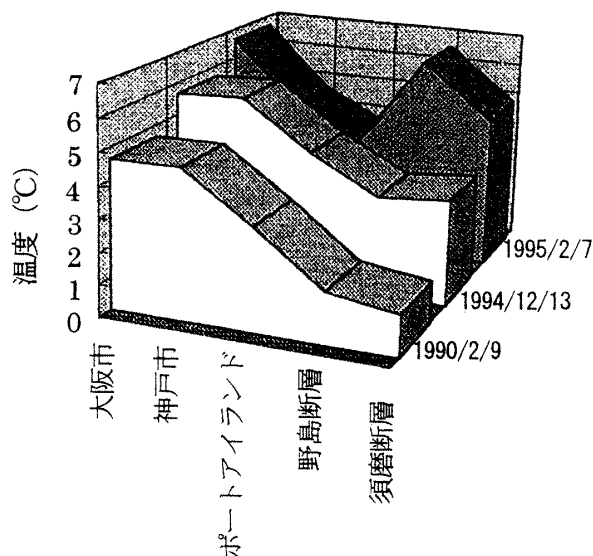


図 6-1 LANDSAT/TM 夜間熱赤外データによって観測された市街地と断層域の温度変化

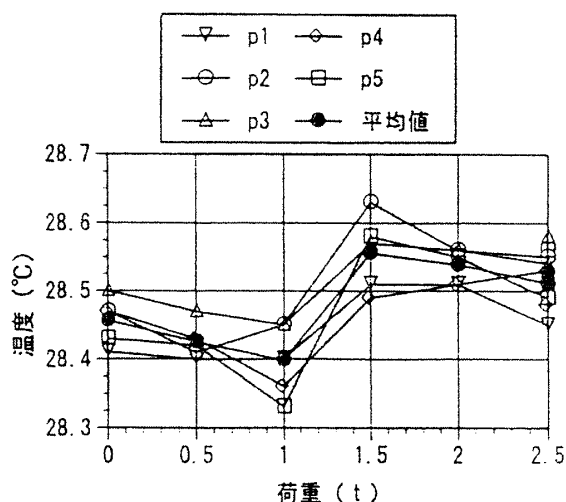


図 6-2 岩石破壊時の温度変化

験片表面の上方からポイント 1 (p1), ポイント 2 (p2) としていき, ポイント 5 (p5) までの 5 箇所, また, これら 5 箇所の平均の温度変化を, 折れ線グラフで表している。この図を見てみれば, 全体的に破壊に伴って温度が上昇しているのが分かる。他の岩石においても温度の上昇率に多少の違いはあるものの, 全体的に温度上昇が見受けられた。これらの結果から, 岩石の破壊に伴い摩擦熱が発生することが判明し, 地震時において岩石の破壊が起こる活断層地域では, 温度が上昇することが

確認できた。このことは活断層の温度観測によって地震の発生予知が可能であることを示している。

6.5 越後平野およびトルコ大地震における活断層の衛星温度観測

口絵 5 は, 歴史地震活動もあり, 現在の微小地震活動レベルの高い越後平野の LANDSAT/TM 夜間データの熱赤外データ画像である。(a) は 1994 年 8 月 10 日, (b) は 1995 年 8 月 29 日のものである。なお, これらの図は他の地域に比べ温度の高い地域の有無を分かりやすく表示しているため, 同色で示された地域は, 必ずしも同温度ではない。

この図を見ると, 市街地である新潟市や上越市付近においては当然温度が高いが, この他に (a) において, 新潟市の右下に温度が高い地域が直線状にあることが分かる。この温度が高い直線状の地域は, (b) においては消えている。この地域は, 新発田-小出構造線もしくはこれに付随する月岡断層の位置と一致しており, この地域での地震活動は, (a) のデータの約 2 ヶ月後の 1994 年 10 月から群発地震が起り始め, 翌年の 1995 年 4 月 1 日には M 5.5 の地震が起きている。また, この地震において地下水の温度調査も行われた⁵⁾が, 特に震央付近での温度上昇が観測されている。以上のことから, 内陸型地震における活断層と地表面温度には, 密接な関係があると考えられる⁶⁾。

さらに, 1999 年 8 月 17 日に起こったトルコ大地震 (M 7.4) を対象とし, 人工衛星 NOAA の AVHRR/2 夜間データから衛星温度観測を行った。解析には 1997 年から 1999 年の地震発生後までの同じ 8 月のデータを用いた。その結果, ここでも, 断層域で地震前に CCT 値が上昇, すなわち温度が上昇し, 地震後に徐々に下降するという変化が認められ, 断層域以外では経年的な変化が認められないという結果を得た。特にイズミット南部の湖では 1999 年 8 月 13 日のデータに突然現れた温度の高い地域が線状に認められ, 地震前後で最大で約 4.7 °C の差が認められた。湖南部の北アナトリア断層地域では最大の温度差は約 3.5 °C であった。

6.6 今後の展望

ここでは、地震時の活断層のずれによる温度変化に着目し、広域かつ定量的な解析が可能である衛星リモートセンシングによる地震発生予知技術について、その開発を試みた。この技術を用いれば、経年的な変化を広域に捉えることができ、容易に温度観測することが可能となる。

最近では、阪神・淡路大震災、トルコ大地震、台湾大地震と、都市域での大地震が世界中で発生しており、その被害は犠牲者の数からも甚大なものである。現在種々の地震予知法が開発され、用いられているが、確実な予知には至っておらず、またその方法を実施するには膨大な資金が必要となっている。しかし、本研究で提言している方法を用いれば、特定の地域の過去から現在までのデータを解析することによって、今後の地震災害を最小限に食い止めることができると考えられる。言うなれば本研究の手法は、宇宙からの地震予知と言っても過言ではない。

衛星データには解像度や周期性の問題があるが、最近の高分解能衛星の出現により、これらの問題も解決され、より詳細なデータで地震予知が可能となる。また既存の方法と組み合わせれば、より確実な予知が期待でき、今後の地震予知の開発に大きく貢献できるものと考えている。さらにはGPS（汎地球測位システム）を用いた地殻変動調査による方法と本研究の手法とを組み合わせれば、地震予知のためのネットワークづくりができ、リアルタイムに避難勧告が出せるなど、災害後の2次被害も大幅に食い止めることができると期待される。

参考文献

- 1) 後藤恵之輔：宇宙からの地震予知，土と基礎，地盤工学会，Vol.44，No.456，pp.25～28，1996。
- 2) 後藤恵之輔・全 炳徳・増喜彰久：阪神大震災被害に関する宇宙と超低空からの熱赤外線リモートセンシング調査，自然災害西部地区部会報・論文集，No.21，pp.59～67，1997。
- 3) 後藤恵之輔・全 炳徳・西川 麗・金 應南：サーマルカメラによる岩石の破壊に伴う温度測定～宇宙からの地表面温度観測による地震予知に向けて

～，自然災害西部地区部会報・論文集，No.20，p p.133～141，1996。

- 4) 後藤恵之輔・西川 麗・柳 浩二・後藤健介：活断層のずれによる温度上昇の実験的検討—岩石の破壊時の温度測定—，土と基礎，地盤工学会，Vol.47，No.2，pp.28～30，1999。
- 5) 大木靖衛・徐 輝竜・河内一男・鈴木幸治・渡部直喜・佐藤 修：新潟県の歴史被害地震と伏在活断層について，(財)産業地質科学研究所，研究年報，No.9，pp.21～39，1998。
- 6) 後藤恵之輔・柳 浩二・佃 為成：越後平野における衛星データからの地盤温度情報について，自然災害西部地区部会報・論文集，No.23，pp.167～170，1999。

7. TRMM/PR による 2000 年モザンビーク洪水の検出

平林由希子*・瀬戸 心太*・沖 大幹*
虫明 功臣*・竹澤 洋**・沖 理子***

7.1 はじめに

熱帯降雨観測衛星 (TRMM) の降雨レーダ (PR) で観測された後方散乱係数は、地表面の粗度、植生量、水分量等によって影響を受ける。この TRMM-PR の後方散乱係数の変化量は土地被覆ごと、入射角ごとに異なるが、この事を利用してグローバルな土地情報が分析され、瀬戸らによって地表面土壌水分量の推定が行われるなどの研究が進められている¹⁾。ここでは、2000年2月から3月にかけてアフリカのモザンビークで起こった大洪水時の降水分布と、この TRMM/PR データから推定される地表面の湿潤度を比較検討した結果を示す。

7.2 モザンビーク大洪水時の降水分布

2000年2月から3月にかけて、アフリカ南部地方で豪雨による深刻な洪水が生じた。この大雨で国内の主要河川であるリンボポ川等が氾濫した

* 東京大学生産技術研究所

** (財)リモート・センシング技術センター

*** 宇宙開発事業団地球観測データ解析研究センター