

防災問題における資料解析研究（11）

高田 理夫・後町 幸雄・松村 一男

1. は し が き

昭和58年度より本防災科学資料センターのセンター長は高田理夫教授が、主任には角屋睦教授がその任に当たっている。

58年度に本防災科学資料センターにおいて収集した資料は、文部省科学研究費、自然災害特別研究(1)、災害科学研究資料の収集とその解析による自然災害事象の研究（研究代表者 石原安雄）の補助を受けて発行した「関西地区災害科学研究資料文献・資料目録（XIII）」¹⁾に挙げた。

本センターでは、本防災研究所の各研究部門および各施設と協力し、防災問題に関するいくつかのプロジェクトを設定して資料の解析研究を行っているが、57年度より次の6つのプロジェクトについて研究が行われている。

1. 自然災害科学データベースの構築
2. 微小地震分布の微細構造と活断層の活動特性に関する研究
3. 災害史料を利用した崩壊災害の復元的研究
4. 水害の変遷に関する研究
5. 火山におけるデータ解析の方法とアルゴリズムに関する研究
6. 大地震の地盤の震動性状の統計的解析手法の研究

これらのプロジェクトのうち、58年に行われた研究成果の概要を以下に述べる。

2. 自然災害科学データベースの構築^{*2)}

本防災科学資料センターでは上記のプロジェクトにそって、またその他の各種災害に関する研究資料を約450点収集し、それらの資料目録を発行したことは上述の通りであるが、その情報は、昨年度京都大学大型計算機センター共用データベースとして公開された自然災害科学文献資料情報データベース「SAIGAIX」にも追加される予定である。

このデータベースに当初資料センターに保管されている空中写真に関する情報もデータベース化し、収納することにしていたが、写真を撮影コース別に分類していたために、（5万分の1地形図の）図幅（地域）名で検索した場合、選別資料件数が多過ぎるという欠点が判明したので、写真を以下に述べるように図幅名を基本としたファイルに再構成して、適切な検索を可能にした。再構成した空中写真は約40,000枚、ファイルを単位とした件数は約550件で同様に「SAIGAIX」に追加する予定である。その場合項目の内容は、基本的には、資料の題名に「空中写真」の他、図幅名（同一図幅名で異ったファイルがある場合には、図幅名の後に1, 2…と番号を付ける）、撮影年、および作業名あるいは山番号などを、副題には地区名およびコース番号を入れ、さらに地域名には5万分の1の地形図の図幅名の他にそれが所属する20万分の1図幅名も加えた。

同データベース「SAIGAIX」を約1年運用してみた結果、若干の不都合が生じることが判明したので、次のような改良を行った。著者名で論文などを検索する場合、特に著者が日本人の場合に、論文が和文か欧文かによって、検索項目がカナ表記、アルファベット表記とそれぞれ異っていたため、同じ著者でありなが

* 主として高田理夫、角屋 睦、後町幸雄、佐藤忠信、松村一男が担当

ら、カナおよびアルファベット双方で検索しないと目的とするものが得られなかった。この不便を解消するため、論文が欧文の場合にも、日本人の場合は、カナ表記による著者名を追加し、カナによる検索だけで、目的とする論文が得られるようにした。将来的にはアルファベット表記の著者名も加える必要があるが、そのための作業を現在行っている。さらに INDEX 項目の中で長いものが目立つ所属 (AD) および地域名 (PR) については、適正な単位たとえば所属であれば、大学名、省庁名、会社名、部局名、課名等に分け、地域名であれば、国名、都道府県名、市町村名等で区切って登録し、検索の能率化を図った。また欧文論文等での所属のアルファベット表記だけのものについても著者名同様できるかぎりカナ表記のものを追加した。これらの改良により検索作業がかなり改善される筈である。

データベースの構築では、そのための資料作成、特に日本語資料の作成にかなりの手数がかかるのが難点であったが、日本語ワードプロセッサの導入とともに、それを用いた資料作成を最近可能にしたので、今後の資料作成の能率向上が期待される。

さらに上記のプロジェクト研究において収集された数値的資料で、データベース化しようとしているものがあるが、京大大型計算機センターにおいて最近利用できるようになったソフトウェア AIM/RDB で運用することを予定しており、現在準備中である。そのための具体的なテストケースとして、昭和58年7月 (山陰) 豪雨災害をとり挙げることにし、気象資料、水文資料、各種被災資料の整理・表現方法を検討している。

上のテストの結果にもとづき、豪雨災害資料、高潮災害資料^{3),4)}、および地盤特性資料^{5),6)}などのデータベース化を進める予定である。

3. 微小地震分布の微細構造と活断層の活動特性*

57年度は、鳥取微小地震観測所の震源データのうちテレメータ観測以降 (1976年4月24日以降) のデータについて、日付などのデータ・チェックを施したのちデータベース化した。また、北陸微小地震観測所のデータについては、いく通りかのデータ・ファイルが存在するので、統合について議論した。上宝地殻変動観測所の震源データについては、跡津川断層付近の地震について1977年6月～1979年4月までの震源表の特性を検討した。以上のデータに基づき、鳥取県鹿野・吉岡断層、兵庫県山崎断層、岐阜県跡津川断層上に発生する微小地震分布の微細構造の概要が捉えられた。

58年度は、鳥取観測所のデータベースの拡充及び1983年10月31日鳥取県中部に発生した地震 (M6.2) と余震群に関するデータの整理を行った。

鳥取観測所のデータのうちテレメータ化以前の分については、尾池編集による震源データ (1965年6月～1978年12月) を採用し、データベース化した。但し、テレメータ以後のデータとは、地震検知能力、読取り法、震源決定法が若干異なるため、当面は統合しないで2本立てで使用することにした。

鳥取県中部地震関係の地震は1600個を越え、内陸に発生したM6クラスの地震の研究の貴重な資料である。この地震の波形については、多チャンネル高感度短周期波形をはじめ、気象庁などのデータも収集した。

微小地震の震源データ利用の際には、砕石発破を区別するため、確認されている砕石場をリストアップし、さらに検索プログラムにおいて指定により発破を除けるようにした。

18年間にわたる鳥取微小地震観測所の震源データを用いて、山崎断層付近の微小地震の活動特性を求めた。約5年毎の期間に分けると、第1期は断層の東半分が活動が集中し、第2期では西半分に移動、第3期には断層全体で活動が活発であった特徴がよく把握される。活動域の大きさは、第2期が最も小さく直径15 kmの円の内部、次が第1期で直径30 km、第3期は断層全体に伸び全長60 kmである。活動域が大きいほどb値が大きい。また、震源の集中度は、上述の活動域の周縁部で高く、山崎断層本体よりもそれを囲む領域の活動が顕著であった。以上の活動特性は、活断層の長期的活動のうちの、あるステージを示しているものと

* 岸本兆方・尾池和夫・見野和夫・渡辺邦彦・松村一男・竹内文朗・佃 為成

考えられるが、今後の活動特性を追跡して行くことによって、解明されるであろう。

鳥取県中部の地震の余震分布は、次の点で特徴的である。

- (1) 鹿野・吉岡断層系の西方約10 km に位置し破壊面の走向は、これにほぼ直交し、全体として共役な断層系を形成している。
- (2) 震央分布は、割り算記号型のパターンを示している。同じような例は、1968年 BORREGO MOUNTAIN 地震（M6.4）などが知られているが、震源の集中度の意味で、今回の例は最も典型的である。
- (3) 垂直分布はいわゆる「もみの木」型であって、深度が深くなるほど震源分布が広がり、深さ12 km で分布の一応の下限をなす。一部「もみの木」の幹に相当する部分が13 km の深さに存在する。
- (4) 期間によって、分布が水平に広がったり、垂直に広がったり、先端部に集中する現象が見い出される。

以上の特性をもつ地震群のデータは、地殻内の破壊過程を研究する上で重要な資料となる。

4. 災害史料を利用した崩壊災害の復元的研究

1889年8月豪雨による十津川災害の再検討^{*1)}

1889年8月の豪雨による十津川災害は近畿地方では、記録に残されているもので最大規模を持ち、その被害は、死者245人、流失家屋364戸、全壊家屋193戸であった。なお、これらの記録のある当時の全域の人口は21792人、戸数は4558戸であった。

またこの災害は、その1年半後に、非常に優れた記録である「吉野郡水災誌」（全11巻）が発行されたことでも有名である。今日でもこの資料をもとにしてなされた復元的研究が少なくない。本研究も、この資料を基本とし、その後の調査研究をふまえ、さらには現地踏査によって欠けた点を補ないつつ、現在の災害科学の立場から、この災害を再検討したものである。

この大災害をもたらした豪雨は、一部の関係を除き、一般には、同水災誌に記された風の状態から、熱帯低気圧もしくは台風であろうと推測されていたが、実はすでに中央气象台で印刷された天気図のあることが分り、それが台風であることが確認された。台風は8月18日にゆっくりと四国に接近し、19日朝から20日朝にかけ、時速約15 km でやはりゆっくり北上し日本海に出ている。中心の最低気圧は978 mb で、中心付近の風速はそれ程強くなく、弱い台風であったが、19日の和歌山県の沿岸部にある田辺および湯浅の日雨量は、それぞれ900および500 mm を越えた。当時奈良県にはまだ雨量観測所はなかったので、記録のある、大正年代からの台風による紀伊半島の雨量分布と台風の進路を調べ、その進路が、1889年のこの台風の進路に近い場合をいくつか選び出し、その雨量分布の特徴を抽出した。その結果は、雨量の最大値は、1889年の田辺の値の約半分程度ではあるが、いずれの場合でも和歌山県の沿岸部よりも、その東部の山地、あるいは奈良県での雨量が多かった。以上のことからこの8月19日の十津川流域における日雨量の最大値は約1000mm ないしはそれ以上あったのではないかと推定される。

同水災誌には、また崩壊地の縦（長さ）及び横（幅）が間数で記され、発生時刻も主なものについて記録されている。その記録を分析することによって、この崩壊現象の一般特性を知ることができる。たとえば崩壊地の面積 A (m²) と出現頻度 n のあいだには、旧南十津川村の記録によれば、関係

$$\log_{10} n = 3.75 - 0.64 \log_{10} A$$

がなりたつことが見出された。また、崩壊の深さ（最大値）については水災誌全11巻中に12例の記録があり、それにもとづくと、深さ D (m) と面積 A (m²) のあいだには

$$\log_{10} D = -0.033 + 0.31 \log_{10} A$$

の関係がなりたつことが分った。さらにこれをもとに崩壊地の土量を推定することが可能で、信頼できる崩壊の最大規模は、およそ $A = 1.43 \times 10^6$ 程度で、 $D = 72$ m となり、土量は優に1000万 m³ をこえる。崩壊地

* 奥田節夫、後町幸雄、平野昌繁、諏訪 浩、石井孝行、藤田 崇

の形状についても記録があり、大規模なものでは、それがかなり正方形に近いかたちをしている。

特にまたこの際の大規模崩壊は足下の河川をせきとめ、天然ダムと新湖を形成し、その決潰によって下流に2次の災害をもたらしたことで有名であるが、それらの多くは北向または北西向き斜面で生じている。今回、そのうちの小川古屋山、河原樋、火ノ瀬山、高津中山、天川村塩野向山、山手・殿井、重里について現地調査を行った結果、これらは地質構造との関係からみていずれも流れ盤斜面で発生していることがわかった。

このように、中生代層に代表される固結度の高い中程度 ($30^{\circ}\sim 40^{\circ}$) に傾斜した成層岩の分布地において発生する初生的な大崩壊は、地質構造の規制を強くうけていることが明らかとなった。このような状況は、十津川流域にかぎらず、昭和28年災害時に大規模崩壊が多発した有田川流域でも同様に認められる。有田川流域の場合には、災害発生前と発生後の空中写真があるので、前後の地形の比較が可能で、大規模崩壊を起した流れ盤斜面は崩壊前には従順長大斜面を形成していたことがわかる。この事実は西南日本外帯における崩壊危険斜面の場所的予測にとって今後重要だと思われる。

5. 水 害 の 変 遷

西日本における豪雨による土砂災害の地域性^(*),⁽⁹⁾

最近数十年間における山腹崩壊や土石流等による土砂災害についてみると、これらによる災害は近畿以西の西日本に集中していることがわかる。これには、災害の誘因である降雨等の気象要因ばかりでなく、外力に対する場の抵抗力ならびに都市および集落の構造に何らかの弱点があって、そのために土砂害を受けやすい必然性があることが推察される。この調査・解析研究は、最近数十年間の資料をもとに、このような必然性が何に起因しているのか、また、それに地域性がどんな形で介在しているのかを明らかにし、将来の防災対策に関する科学的な指針を得ることを目的として進めているものである。

土砂災害の地域性を調べる上では、上述のように、気象要因と外力に対する場の抵抗力ならびに都市の構造を総合的に評価していくことが重要であるが、これについては次の機会に議論するものとし、ここでは場の抵抗力に関する地域性について、これまでの資料解析を通して得られた知見を示す。まず、各地域における土砂害発生の降雨条件を連続雨量と降雨強度の平面上に示し、この条件と各地域における崩壊個数密度の大小とを比較した結果、崩壊個数密度は、土砂害外力の発生に対する場の抵抗力を表わす重要な指標であることが示された。このことは、降雨特性値として連続雨量と降雨強度を選び、これが等しい条件で崩壊個数密度の大小を比較するか、あるいは、崩壊個数密度の等しい地域間で降雨特性値を比較すれば、土砂害外力に対する場の抵抗特性が判定できることを意味するものである。

以上の結果をもとに、最近の著名な土砂災害事象における崩壊個数密度と降雨特性量を調べた結果、つぎのようなことが明らかになった。土砂災害に対する場の抵抗力は、島根県三隅町のような砂質・泥質片岩地帯で最も弱く、小豆島、三重県、六甲、呉など全国的に広く分布する風化花こう岩地帯はこれについて弱いことが示された。さらに注目すべき点として、高知や長崎は、西日本においては、比較的強い地域に属していることが推察される。事実、高知、徳島は多雨地帯として知られているところであり、これまでの解析結果によれば、規模の大きい降雨特性値の発生頻度は著しく高いにかかわらず、多数の人命の損傷を伴うような災害の発生は相対的に少いことが判明している。

6. 大地震時の地盤の強震動の統計的解析方法の研究

地震波の加速度スペクトルのスケーリング則^(**)10),11),12)

大地震時の強震動による災害は、一般的な建築・土木構造物の場合、おもに1 Hz 以上の高周波地震動に起因する。超高層建築、長大橋梁、石油タンクなどの大型構造物の場合、1 Hz 以下の低周波地震動も構造物破壊に重要な役割を果たす。構造物の耐震設計のためには、0.05 Hz 程度の低周波数から数10 Hz の高周

* 江頭進治

** 入倉孝次郎, 吉川宗治

波数までの広周波数域の地震動の予測が必要となる。近年、地震の震源として、断層モデルを考え、ディスロケーション理論に基く理論地震記象の計算方法が発達してきた。しかしながら、これまで数多く試みられてきた決定論的な震源モデルに基く理論波形は 1 Hz 以下の低周波数成分については観測波形に比較的良好に一致するが、1 Hz 以上の高周波数成分については過小評価となることがわかってきた。その原因の一つは、従来の断層モデルでは震源域内部の媒質の物理的性質の不均質性を無視しているために、高周波震動を十分に予測できないことにある。このことは耐震設計用入力地震動の推定には、想定する震源域に応じて地殻の不均質性の情報を必要とすることを意味している。

本研究は、大地震時の強震動、特に地震動災害対策上重要な加速度波形の予測を目的として、実観測データの解析により、加速度スペクトルのスケールリング則について、理論的および実験的検討を行なった。観測データとして、1983年日本海中部地震の本震 ($M=7.7$) および余震 ($M=7.1 \sim M=2$ クラス) について、震源近傍地域である秋田市、青森県深浦町、弘前市で強震速度計および加速度計により得られたものを用いた。

観測された地震波の解析により、次の性質が明らかになった。

(1) 地震波の加速度スペクトルは、2つの corner frequency f_b と f_{max} を有し、この間の周波数帯域ではほぼ平坦な振巾特性をもつ。 f_b は加速度スペクトルの低周波数側の遮断周波数で、変位スペクトルの corner frequency f_0 とは必ずしも一致しない。 f_b と f_0 の関係は地震により異なるが、一般に大きな地震でその差が大きく、小地震になると一致してくる。 f_{max} は f_b と比例関係が認められる。

(2) 上に述べた加速度スペクトルの性質、特に f_0 , f_b および f_{max} の関係を説明できるモデルとして、大きな地震の震源断層を小断層 (subfault) の集合体であるとする、マルチクラックモデルを考え、理論地震動の計算を行った。このモデルに基くと、小断層の半径は f_b に関係するとともに、変位スペクトルのフラットレベル Ω_0 と加速度スペクトルのフラットレベル G_0 の比を用いて見積ることができる。観測された加速度スペクトルの f_b と Ω_0/G_0 より求められた小断層の半径 r_0 はコヘラントな破壊伝播を考えたクラックモデルで予想される関係にあることがわかる。

(3) 以上(1)および(2)で示した観測された地震波スペクトルとマルチクラックモデルの理論地震動計算結果に基付き、震源パラメーターと地震波スペクトルの次の関係が示される。 f_0 は断層全体の大きさに関係。 f_b は断層を構成する小断層の大きさ、いわゆるバリエイタブルに関係。変位スペクトルのフラットレベルより地震モーメント M_0 が評価される。 f_0 , f_b および M_0 より、local stress drop $\Delta\sigma$ が評価できる。逆に云えば、地震波の加速度スペクトルは断層全体の大きさ、小断層の大きさの数および local stress drop $\Delta\sigma$ により決定される。

関 連 文 献

- 1) 災害資料の収集とその解析による自然災害事象の研究、関西地区班：関西地区災害科学研究資料文献・資料目録 (XIII), 1984, 3。
- 2) 京都大学防災研究所附属防災科学資料センター：自然災害科学データベース—関西地区の場合— (SAIGAICS), 災害科学研究通信, No. 20, 自然災害科学総合研究班, 1983, 7, pp17-26.
- 3) 土屋義人・河田恵昭：大阪湾における高潮災害の歴史的変遷, 災害資料の収集とその解析による自然災害事象の研究, 研究成果報告, 科研費自然災害(1), 1984, pp.60-70.
- 4) Tsuchiya, Y. and Y. Kawata: Risk to life, warning systems, and protective construction against past storm surges in Osaka bay, Jour. Natural Disaster Science, Vol. 3, No. 1, 1981, pp. 33-56.
- 5) 土岐憲三, 柴田 徹: PS 換層のデータベースとそれによる震動予測, 災害資料の収集とその解析による自然災害事象の研究, 研究成果報告, 科研費自然災害(1), 1984, pp. 60-65.
- 6) 土岐憲三・戸早孝幸: 数量化理論による大阪地盤の震動予測, 京都大学防災研究所年報, 第26号, B-2, 1983, pp. 1-13.

- 7) 平野昌繁・諏訪浩・石井孝行・藤田崇・後町幸雄：1889年8月豪雨による十津川災害の再検討一とくに大規模崩壊の地質構造規制について，京都大学防災研究所年報，第27号，B-1，1984.
- 8) 江頭進治：昭和57年7月豪雨による土砂災害について，京都大学防災研究所年報，26号A，1983，pp. 1-17.
- 9) 芦田和男・高橋 保・江頭進治・澤井健二：山腹崩壊と崩土の流出，昭和58年7月山陰豪雨災害の調査研究，科研費，自然災害特別研究突発災害研究成果，No. B-58-3，1984，pp. 24-32.
- 10) 入倉孝次郎・村松郁栄，1983年日本海中部地震本震の再現，地震学会講演予稿集，1983，No. 2，pp. 198.
- 11) 横井俊明・入倉孝次郎，加速度スペクトルの Cut-off frequency (その3)，地震学会講演予稿集，1983，No. 2，pp. 199.
- 12) 入倉孝次郎・横井俊明，地震波の加速度スペクトルのスケーリング則，地震学会講演予稿集，1983，No. 2，pp. 200.

INFORMATION ANALYSIS IN THE FIELD OF NATURAL DISASTER SCIENCES (11)

By *Michio* TAKADA, *Yukio* GOCHO and *Kazuo* MATSUMURA

Synopsis

The following projects have been carried out since 1982 in collaboration with the research staff of Disaster Prevention Research Institute:

- (1) Construction of the data base of natural disaster science.
- (2) Precise structure of microseismicity and characteristics of active faults.
- (3) Study on past collapse hazard utilizing historical records of natural disaster.
- (4) History of flood disaster.
- (5) Methods and algorithms for interpretation of volcanic activity.
- (6) Statistical analysis method of earthquake ground motions.

The research results of five projects of these performed in 1983 are outlined.