

防災問題における資料解析研究 (6)

中島暢太郎・後町 幸雄・松村 一男

1. は し が き

防災科学資料センターでは、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。昭和53年度は52年度に引続き次の4つのプロジェクトについて研究が行われた。以下にそれらの研究成果の概要を述べる。

2. 豪雨による災害形態の予測と避難

豪雨の *DAD* 特性と地域別洪水比流量曲線に関する研究^{*1)2)}

ダム等河川構造物の安全設計や水害対策の立案上、そこに起こりうる洪水の最大規模を予知することができれば好都合であるが、不幸にもわが国ではこの種の研究は十分ではない。これに対する便宜的な統計的手法として、大災害をもたらすような記録的な出水を、洪水比流量の形で気象条件の類似する地域ごとに整理し、その包絡線を関数表示する方法がある。この種のものに、米国では Creager 曲線と呼ばれる著名な式があるが、単なる経験式であって理論的根拠に乏しく、事実わが国諸河川の観測最大値に準用すると、全般的に適合性が悪く、とくに中小河川では考えも及ばぬきわめて過大な値を与える欠点がある。もとより洪水比流量曲線を合理的に定めることは容易ではないが、われわれは、「洪水ピーク流量はそれより上流域における豪雨の時空間的特性と、その流域の流出特性の総合的相乗効果にほかならない」との観点に立ち、豪雨の *DAD* 式と洪水到達時間式の組合せにより、洪水比流量曲線へアプローチすることを試みた。

これまで *DAD* 式として Fletcher 式があるが、これは *DA* 式と Sherman 型 *DD* 式の結合形である。われわれは一つの表現法として、次式を提案した。

$$P = at \{b + t^c + kt^d(A - A_0)^f\}^{-1} \quad (1)$$

ここに、 P : 面積 A 、継続時間 t に対する流域平均最大雨量; A_0 : 点最大値 P_0 に等しい P をとる最小面積; a, b, c, d, k, γ : 定数。

DD 式としては、これまで10種ほどの式があるが、実用的一般式として田中・角屋の提案する次式が好適である。

$$i = a(b + t^c)^{-1} \quad (2)$$

この式は(1)式で、 $A = A_0$, $i = P/t$ として得られるもので、わが国で市街地排水計画で主用される Tallbot 式は $c=1$ 、久野式は $c=0.5$ 、Sherman 式は $b=0$ の特別な場合に相当する。

DA 式としては、Horton 式その他9種ほどの提案式が考えられるが、べき級数に展開して性状を吟味すると、ほとんど次の Horton 型修正式を基本としてよさそうなのが判明した。

$$P/P_0 = \exp\{-a(A - A_0)^b\} \quad (3)$$

次に洪水到達時間式としては、Rutiha その他の経験式もあるが、次の角屋・福島の半理論式が最良である。

$$t = c_p A^{0.22} r_p^{-0.35} \quad (4)$$

ここに、 t : 洪水到達時間、 A : 流域面積、 r_p : 有効降雨強度、 c_p : 土地利用状態で定まる定数。

いまとりあえず有効降雨強度 r_p は、ピーク流出係数 f を用いて推定できるとし、実用上 $A_0=0$, $b=0$ とおけるものとして、(2)~(4)式を組み合わせて洪水比流量式を誘導すると次式が得られる。

$$q = KA^{-\epsilon} \exp(-\delta A^{\delta}) \quad (5)$$

ここに、 q : 洪水比流量 ($m^3/sec/km^2$)、 A : 流域面積 (km^2)、 K, ϵ, δ は定数で次の意味を持つ。 $K=3.6^{-1} (f a$

* 角屋睦・永井明博

$$c_F^{-c})^u, \varepsilon = 0.22 cu, \delta = au, u = (1 - 0.35 c)^{-1}.$$

さて、以上の理論的考察の結果得られた(5)式を各地方ごとに設定するに際し、広大な面積を対象として、そこに起こりうる最大面積雨量を想定、もしくは計測することは容易ではない。そこでいくつかの河川流域を対象として豪雨の *DAD* 特性を吟味して(5)式を試定した後、それをそれぞれの地域に拡大適用する方法をとることにした。

まず、近畿地方桂川支流小畑川上流域 (24 km²) の昭和44—51年の8年間の年最大級降雨資料に基づき、等雨量線図法により面積雨量を推定した。その最大1, 2位の *P/P₀* の平均値について *DAD* 式を定めたところ、定数 α が時間に依存する結果を得た。そこで図解的に解を求めて(5)式を試定し、これを近畿地方観測最大値が包絡できるように平行移動させた結果、次式を得た。

$$q = 45A^{-0.17} \exp(-0.10A^{0.24}) \quad (6)$$

また南紀十津川上流部 (718 km²) の昭和29—52年の豪雨資料に基づいて、Thiesen 法等雨量線図法により、各継続時間別流域平均雨量を推定し、その最大値について *DAD* 特性を調べた結果、きわめて簡単な式を得た。そこで(5)式を解析的に定め、南紀諸河川観測最大値包絡曲線を求めた結果は次式である。

$$q = 54A^{-0.06} \exp(-0.07A^{0.39}) \quad (7)$$

この式の適合性は申し分なく、そのまま四国南部・九州南部域に転用しても、きわめて良好な適合性を示した。

さらに中部地方揖斐川上流 (1142 km²) の昭和34—51年の間の豪雨資料に基づき、同様の方法で、中部河川洪水比流量曲線を試定した結果は次のとおりである。

$$q = 32A^{-0.08} \exp(-0.05A^{-0.38}) \quad (8)$$

以上のように、各地域ごとに試定された洪水比流量曲線は、いずれも適合性は良好で、少くとも Creager 曲線に比べて申し分のない結果を得たといえる。しかしながら、特定の河川流域を抽出していること、かつ資料数も十分でないこともあって、式に含まれる定数には整合性がみられない。そこで洪水比流量研究グループの協力を得て、全国各地域で試定した曲線式を再吟味し、全国的に整合性のある表現式に修正することを試みた。その結果次式が得られた。

$$q = KA^{-0.06} \exp(-0.04A^{0.45}) \quad (9)$$

ここに、 K は地域定数で、北海道： $K=15$ 、東北・山陰・瀬戸内： $K=26$ 、福島・長野： $K=20$ 、北陸： $K=28$ 、関東・中部・近畿： $K=32$ 、瀬戸内特別域： $K=40$ 、紀伊南部・四国南部・九州： $K=49$ 、を得ている。

上述の研究は、今後なお検討されるべきいくつかの問題を残してはいるが、水害予防上有用な基礎資料を提供したものとえよう。

3. 西南日本の地震活動特性*

これまで数回にわたって、このプロジェクト研究について報告してきた^{3), 4), 5)}。今回はこのプロジェクト研究の最終報告として、現在までになされた研究結果について簡単に述べると共に、今後の研究の便宜のため、防災科学資料センターに整備された資料のファイルを示しておく。

このプロジェクト研究は、防災科学資料センターを中心として、研究部門・施設が協力して行うものであるから、その望ましい研究方法の一つとして、観測資料を土台とし、それを種々に駆使するものが考えられよう。地震活動の研究では、どのような方法をとるにせよ膨大な資料に基づく種々の統計的断面を見ることになるのであるが、そのためには、前にも述べたように⁴⁾、電子計算機による処理に最も便利のように資料ファイルを作成する必要がある。そして我々は、このようなものを有用な資料の一形式と考える。

Table. 1 に示すように、資料ファイルとしては、鳥取および北陸両微小地震観測所の地震観測結果が最も多い。鳥取については、1965年以来約15年に及ぶ資料が蓄積されているが、これらは同じ観測による均質データであって、微小地震に関してこのような長期間にわたる均質なデータは他に類を見ない。従って鳥取観測網

* 岸本兆方・尾池和夫・松村一男・渡辺邦彦・佃 為成

Table 1 File list.

(1979年3月現在)

種 類	期 間	形 式	内 容
(イ) 一般			
(1) JMA プレティン	1972～1977	磁気テープ	JMA 観震表
(2) JMA 震源表	1926～1977	磁気テープ	月別震源表
(3) NOAA 震源表	1900～1973	磁気テープ	期間別震源表
		磁気ディスク	地域別 //
(4) ISC プレティン	1964～1975	磁気テープ	年別 ISC 観震表
(5) ISC 震源表	1904～1975	磁気テープ	期間別震源表
(6) DEGITAL MAP	—	磁気テープ	世界地図、日本地図
		磁気ディスク	
(ロ) 鳥取微小地震観測所資料			
(1) 読取表	1968～1973.3*	磁気テープ ラインプリンター表	観測点別(MZT, OYT, IZT, HMT, CZT, FOT)
(2) 観震表	1965.4～1979.3	磁気テープ ラインプリンター表	MZT, OYT, IZT 3点の観震表
(3) 震源表	1965.6～1979.3	磁気テープ ラインプリンター表	MZT, OYT, IZT 3点で決められた震源表
(ハ) 北陸微小地震観測所資料			
(1) 観震表	1976.5～1978.6	磁気テープ	7 観測点 (FKJ, KMJ, KAJ, HKJ, IMJ, AZJ, MHJ) の観震表
(2) 震源表	1976.5～1978.12	磁気テープ	上記7点で決められた震源表
(ニ) 地殻変動資料 山崎断層伸縮データ	1975.11～1979.3	磁気テープ デジタルカセットテープ ラインプリンター表	に成分、毎時値。
(ホ) プロトン磁力計	1978.9～1979.3	デジタルカセットテープ 磁気テープ	鳥取。全磁力毎分値。

*観測点により期間の違いあり。

の存在する近畿北部と中国東部に関しては、地震発生の特徴は、少なくとも現象論的には解明されたといつてよい。震央分布と活構造——特に活断層——との関係、発震機構、各活動域における地震活動の時系列とそれらの相互関係などが明らかにされている。これらの問題について次のステップは、より詳細な種々の微細構造を明らかにすること、およびその物理的意義を研究することにあるであろう。そしてそのためには、1976年度からのテレメーター化された微小地震資料が、その高精度の故に役立つことと思われる。

北陸地域に関しては、1976年のテレメーター化以後の資料が主として整備されている。北陸に関しても、鳥取観測網地域と同じような諸結果が既に得られているが、北陸地域を含む中部地方北西部から近畿北部・中国東部にわたる地域は、典型的な東西主圧力による横ずれ断層地域であり、北陸・鳥取の結果を総合すれば、西南日本内帯の地震およびテクトニクス特性はほぼ解明されるであろう。

地震以外に現在急速に資料整備が進められているのは、山崎断層におけるテストフィールド総合観測である。現在では、伸縮計観測結果がMTに集録されているが、山崎断層における種々の観測は、1979年度からテレメーターによって直接防災研究所に集録されることになった。観測の種類は、伸縮・傾斜・地下水位・放射能・地磁気・地電流などであるが、これらの集録が進められ、別にテレメーターで送られている地震のデータと即

時的に比較・検討が行われるようになれば、西南日本内帯の地震発生の特徴は更にはっきりして行くものと考えられる。

4. 火山におけるデータ処理システムに関する研究*6)~12)

桜島火山をとり囲む中域火山観測網によるデータ集録装置が整備される過程で、昭和53年度にはデータ解析処理装置が導入される見通しのもとに、上記の課題の研究を進めて来た。即ち昭和51年度には、

- (1) 火山性地震および微動の自動解析システムの作成
- (2) 火山性地震の震源決定のための基礎的研究

昭和52年度には、

- (1) 火山性A型地震の処理システムについて
- (2) 検潮儀データの処理システムについて

昭和53年度には、

- (1) 火山性地震および微動の自動解析システムの作成
- (2) 火山における地殻変動データの解析システムの作成

の副課題について作業を進めて来た。昭和53年度には、同時にこれらの結果を再検しながら次に述べるような、データ解析処理システムを導入することとなった。

このシステムの hardware は、CPU(128 kw), DISK (32MB×2台), MT(1600 BPI×3台), CET, PTR, CR, LP, GD(19吋, strage type), X-Y plotter, X-Y digitizer, Analog Tape Search Control および PIO(入力 108 ch, 出力 40 ch) の機器から構成されている。

大規模火山活動の推移を反映する火山性地震活動の解析に主眼をおき、soft ware system では Magnitude が約2以上の火山性A型地震あるいは有感地震を対象として、Fig. 1 (a)に示すような手順でリアルタイム処理とした。一方、火山性B型地震や火山性微動、前記のリアルタイム処理で震源の求まらない地震あるいは臨時観測等によって得られた地震データの off line 処理については、Fig. 1 (b)に示すバッチ処理を準備している。後者の場合、今後リアルタイム処理に移行させるための基礎的研究を目的として、波動論的解析に重点をおいたものである。このシステムではリアルタイム処理とバッチ処理の同時平行処理が可能である。また、地殻変動データの処理については、システムの能率的利用を考慮してすべて off line 処理とした。

なお、当初計画した火山の熱的研究に関連した赤外線映像の画像処理については、今回システムに組み込むことができなかった。後日再検討したい。

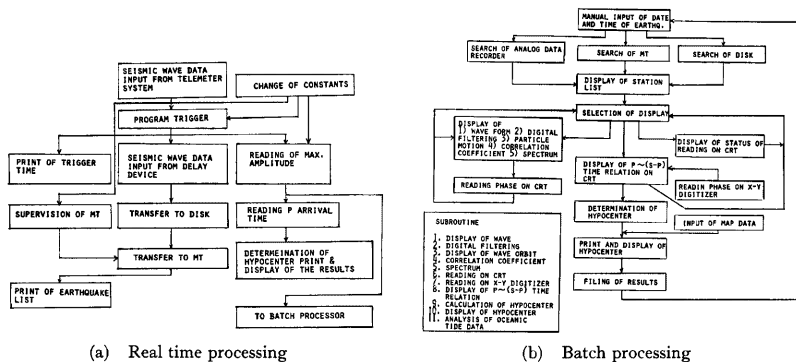


Fig. 1. The software system for the volcanic seismic data processing.

* 加茂幸介・西 潔・石原和弘・古沢 保・赤松純平

5. 地震データの統計的解析方法の研究

不規則構造地盤地域における震動特性の解析^{*13)}

地震動災害の軽減対策を考える上で、地震時に震動が異常に高くなる地域の予測、およびそこでの地盤震動性状の推定が重要視されている。震災経験の少ない地域で大地震が起る以前にこれらの問題を考えるために、比較的頻度多く得られる中小地震による震動およびいつでも観測できる雑微動のデータより有効な情報を得る解析方法を検討する。

地震時の被害の集中域の1つとして、地盤構造が水平方向に急変する地域が震害調査でしばしば報告されている。昨年度はこのような地域の調査方法について雑微動観測およびそのデータ解析の方法を検討した。今年度はデータの解析精度を上げるために雑微動のアレイ観測データを用い、このような地域での雑微動の波動としての性質を検討した。雑微動の位相の空間分布を調べると、地下構造の水平変化の小さい地域では、その位相速度が明瞭な分散性を示し、表面波としての性質を有していることがわかる。地下構造の急変する地域では、雑微動の波長と表層の厚さの変化量の大小関係で、振巾および位相特性が変化する。すなわち、波長の長い微動成分は表層の厚い側の伝播速度を示すが、その表層の厚さより短い波長成分は空間的に急激に振巾・位相変化を示す。これらの現象を解明するために、雑微動を伝播性の表面波と考え、地下の垂直な不連続断面での表面波の反射および屈折係数の数値評価を行い、観測結果と比較したところ、雑微動特性の空間変化がこのモデルでよく説明できることがわかった。このことは地盤構造の急変する地域の推定に雑微動データの利用の有効性を示している。

次にこのような地域の地震時の震動性状を解明するために地震動データの解析を行なった。地震動の特徴として、表層が急激に厚くなる地域では、表層の薄い地域に比してその振巾が急速に増大している。S波部分の震動特性は、表層の厚い側の地盤構造で重複反射により励起される周波数成分が卓越するのみでなく、表層の薄い側の影響も受けることがわかる。地震動データの解析は未だ不十分で詳細はさらに検討中である。

以上述べた地盤構造の水平変化地域の簡便な推定、およびそこでの地震時の震動特性の予測のデータ解析方法は、地震時の被害予測および軽減対策のためのサイスミックマイクロゾーニングの基礎資料を得るために有効と考えられる。

関 連 文 献

- 1) 角屋 睦・永井明博：豪雨のDAD解析と洪水量極値推定への応用，自然災害科学資料解析研究，第6巻，自然災害科学資料収集解析総合研究班，1979，pp.10-14.
- 2) 角屋 睦・永井明博：洪水比流量曲線へのアプローチ，京都大学防災研究所年報，第22号B-2，1979，pp.195-208.
- 3) 石原安雄・後町幸雄・松村一男：防災問題における資料解析研究（4），京都大学防災研究所年報第20号A，1977，pp.49-52.
- 4) 岸本兆方・尾池和夫・松村一男・渡辺邦彦・佃 為成：西日本の地震特性，自然災害科学資料解析研究，第4巻，自然災害科学資料収集解析総合研究班，1977，pp.74-84.
- 5) 中島暢太郎・後町幸雄・松村一男：防災研究問題における資料解析研究（5），京都大学防災研究所年報第21号A，1978，pp.43-46.
- 6) Furuzawa, T.: Some Problems of Seismic Data Processing Part 2. Data Processing Techniques for the Detection and Analysis of P and S Waves of Local Earthquakes, Bull. Disast. Prev. Res. Inst., Kyoto Univ. Vol. 24, 1974, pp. 127-145.
- 7) 古沢 保・赤松純平：桜島の火山性地震の particle motion について，桜島火山の総合調査報告，1975，pp.10-13.

* 吉川宗治・入倉孝次郎・小林芳正

- 8) 石原和弘：桜島火山の地殻変動について (I)，京都大学防災研究所年報，第19号B-1，1976，pp. 75-80.
- 9) 加茂幸介・古沢 保・赤松純平：桜島の火山性微動の性質について，火山，第22巻，1977，pp. 41-58.
- 10) 加茂幸介：桜島に発生する土石流による土地震動の特性，文部省自然災害特別研究報告書 (昭和51年6月豪雨による鹿児島県の土砂および土石流災害に関する調査研究報告)，昭和52年3月，pp. 119-120.
- 11) 加茂幸介：桜島における噴火の前駆現象と予知，火山，第23巻，1978，pp. 53-64.
- 12) 西 潔：桜島火山に発生するやや深い地震の発震機構，京都大学防災研究所年報，第21号B，1978，pp. 145-152.
- 13) Irikura, K. and T. Kawanaka: Characteristics of Microtremors in a Ground with Steeply Varying Structure, Proc. 5th Japan Earthq. Engin. Symp. 1978, pp. 297-304.

INFORMATION ANALYSIS IN THE FIELD OF NATURAL DISASTER SCIENCES

By *Chotaro* NAKAJIMA, *Yukio* GOCHO and *Kazuo* MATSUMURA

Synopsis

The research results of four projects performed in 1978 in the Information Processing Center for Disaster Prevention Studies with the research sections of the Disaster Prevention Research Institute are outlined. The contents of the projects are as follows:

- (1) Prediction and refuge for the disaster due to heavy rainfall,
- (2) Characteristics of seismic activity in southwest Japan,
- (3) Processing system for geophysical data of volcano,
- (4) Statistical analysis of seismic data.