

実地震データによる地震早期検知・警報システムの検証

神戸大学工学部 正員 高田至郎

神戸大学大学院○学正員 福井真二

1. はじめに M8.0～8.4の規模をもつ東海・東南海地震は、ほぼ100～150年の間隔で南海トラフに沿って発生し、近畿圏にも影響を及ぼしている。現在我々の研究室で開発を進めている地震早期検知・警報システムは、近畿地方の地形的特色を利用して南海道沖地震を対象にその震源域に対し、地震動を発生域最近傍の潮岬で捉え（前線検知）、しかもP波部のみで時系列解析（P波検知）を行うものであり、都市部への地震波到来直前の警報として災害軽減に役立たせることを目的としている¹⁾。

既に完全自動化されたシステムと、地震規模・震央位置を即座に判定するソフトウェアは構築されているものの、実際に地震データをとって推定精度を検証することがなされていなかった。そこで本研究では、システムが正常に作動することを確認した上で、地震規模・震央位置推定精度を改善するため、実地震データの集積に努めた。

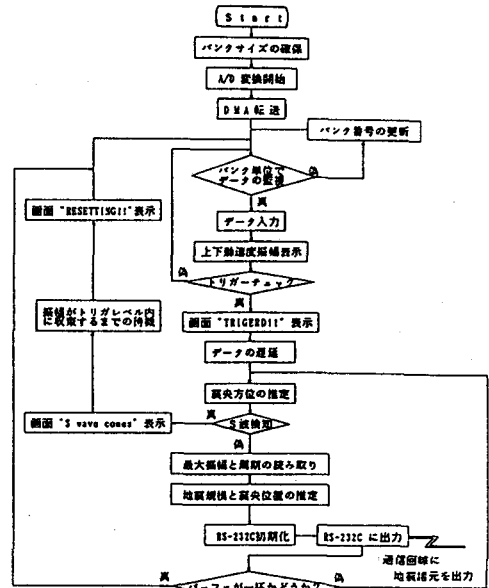


図-1 早期検知システムフローチャート

2. 想定地震シミュレーション 周辺機器を整備し、潮岬測候所に於て人為的に強震計を揺すってみたところ、下記に示す情報が神戸大学耐震工学研究室に伝送された。3行目のCAL[PC]に続く数値は、順に

TERM[0] CAL[ST] DATE[3/11 16:52:44]

STATUS[00000001]

TERM[0] CAL[PC] 1, 6.1, 135, 45, 0, 33, 28, 0, 0.24, 1.903

CAL[PC] 1, 7.8, 135, 43, 0, 32, 39, 0, 0.56, 4.172

CAL[PC] 1, 4.6, 135, 45, 0, 33, 33, 0, 0.08, 1.574

CAL[PC] 1, 2.7, 135, 45, 0, 33, 33, 0, 0.16, 0.085

地震波解析番号 1

推定マグニチュード 6.1

推定震央位置 東経 135°45'0"

北緯 33°28'0"

推定に用いた最大周期 .. 0.24s

〃上下動最大速度振幅 .. 1.903kine

を表し、図-2では震央位置が★印で表されている。上記解析値は次式を満足していることがわかる。

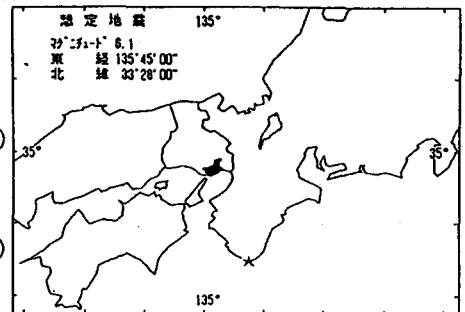
〔推定マグニチュード〕 $M_a = \beta_0 + \beta_1 \cdot \log T_p + \beta_2 \cdot \log V$ 〔推定震央距離〕 $M_a = \alpha_0 + \alpha_1 \cdot \log V + \alpha_2 \cdot \log (\Delta + \Delta_0)$ M_a : 推定マグニチュード $\beta_0, \beta_1, \beta_2$: 偏回帰係数 ($\beta_0 = 7.231, \beta_1 = 2.804, \beta_2 = 2.127$) V : 最大速度振幅 ($V = 1.903$) T_p : 最大周期 ($T_p = 0.24$) $\alpha_0, \alpha_1, \alpha_2$: 偏回帰係数 ($\alpha_0 = 2.450, \alpha_1 = 0.999, \alpha_2 = 2.167$) Δ : 推定震央距離 Δ_0 : 補正值 ($\Delta_0 = -14.0$)

図-2 想定地震シミュレーション

なお今回行った動作確認のためのシミュレーションは意図的に地震計を揺らしており、潮岬が震源地となった。

本プログラムはP波部のみで時系列解析を行うもので、下記の式によって上下動と水平動の相互相関を連続的に計算し、それらの比によって波動の到来方向を時系列的に求めるとともにS波到来の判断も行っている。

$$R_{ud \cdot ns}(i \Delta t) = X_{ud}(i \Delta t) \cdot X_{ns}(i \Delta t) + R_{ud \cdot ns}((i-1) \Delta t) \cdot \alpha$$

$$R_{ud \cdot ew}(i \Delta t) = X_{ud}(i \Delta t) \cdot X_{ew}(i \Delta t) + R_{ud \cdot ew}((i-1) \Delta t) \cdot \alpha$$

$$\theta(i \Delta t) = \tan(R) \quad (R = R_{ud \cdot ns} / R_{ud \cdot ew})$$

θ : 潮岬における波動到来方向

X_{ud}, X_{ns}, X_{ew} : 上下, 南北, 東西方向の振動速度振幅

$R_{ud \cdot ns}, R_{ud \cdot ew}$: 南北, 東西方向方位特性値

したがって、本来P波継続部でトリガレベルを越える毎に解析を行うはずが、P-S時間が短いためにすぐリセットしてしまい、上記の伝送データの4～

6行で示されるような地震波解析番号（第n次警報）が全て1で、しかもばらつきの多い推定地震規模・震央位置となっている。このことは、図-3の波形が示すような人為的シミュレーション波形と、理想的な地震波形との形状の違いによるものと思われる。

3. 考察 2. における0～10秒時の3方向成分波形を図-3に示す。今回のシミュレーションは人為的に強震計を揺らしたものであり、実際の地震波形とは異なるが、本システムの警報としての時間的な有効性について確認することはできた。上記シミュレーションによれば、地震発生後潮岬で地震波を検知してから、解析し、神戸にデータが送られてくるまで、現段階では約2.5秒を要する。この結果は本システムの重要項目となる早期警報に対し、当初計画していた警報余裕時間（20～40秒）から若干オーバーしており、再検討を要するところである。このことは、PC解析時間5秒以内で、地震を検知してから即座に諸元を算定するが、データを伝達するハードウェアに問題があることを意味する。センター局（神戸側）テレメータの反応スピードが、センター局；モデム→テレメータ→パソコンといったデータ伝達経路で、どうしても10～15秒かかってしまい、観測局データ解析プログラムの解析時間短縮の意味がまったくないからである。このことについて今後検討すべき重要課題となろう。

4. 実地震データによる検証 システムの不備を修繕するのに相当時間を費やしたため平成3年1月24日よりデータを集積しているが、現段階（1991.3.16）では残念ながら検証すべき地震データを得るには至っていない。

5. まとめ システムの実用化を目指すために推定精度を高めるには、実地震データによる検証が不可欠である。したがって当面の間は地震データの集積を待ち、その後にシステムの精度向上を計ることを期待される。

参考文献

1) 高田・村上：南海道沖地震を対象とした早期地震検知・警報システム，都市耐震センター研究報告第3号，京都大学防災研究所，1989.4，pp.82-86

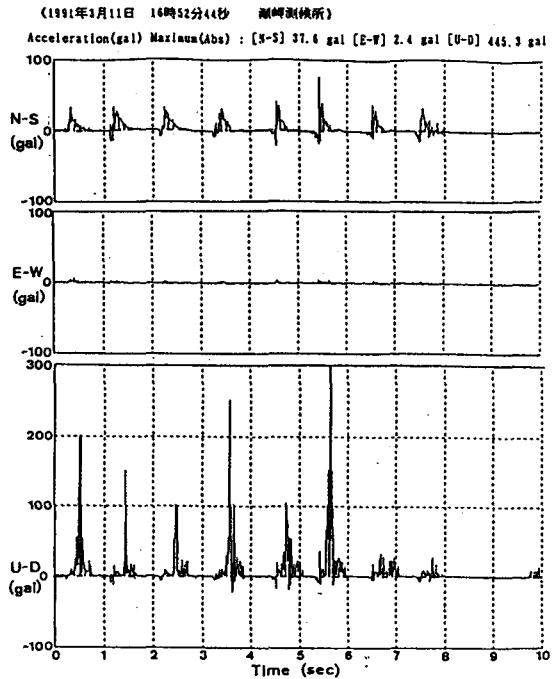


図-3 シミュレーション時波形