

早期警報用地震計の開発

Development of a new real-time seismograph for early warning

中村 洋光[1], 東田 進也[1], 他谷 周一[1], 佐藤 新二[1], 芦谷 公稔[1]
Hiromitsu Nakamura[1], Shin'ya Tsukada[2], Shuichi Taya[2], Shinji Sato[2], Kimitoshi Ashiya[2]

[1] 鉄道総研
[1] R.T.R.I., [2] RTRI

http://www.rtri.or.jp/rd/openpublic/rd46/rd4640/erthq_index.html

はじめに：鉄道総研は、これまで鉄道独自の早期地震検知警報システムとしてユレダスを開発してきた。そのユレダスが実用化されてから約 10 年になるが、その間に地震学における新たな知見が蓄積されつつある。また、1995 年の兵庫県南部地震以後、公的機関による地震観測網が整備された。現在この高密度の観測網を利用して、即時地震情報を配信する計画が進められている。そこで、鉄道総研ではこうした先端技術を取り入れた新しい早期地震警報システムの開発を気象庁と共同で行っている（芦谷・他, 2002; 横田・他, 2002）。本講演では、地震動の P 波初動データから地震諸元（震央位置やマグニチュード）を推定する新しい手法を用いた早期警報用地震計の開発について発表する。

早期検知の方法：P 波初動による地震諸元推定方法については、東田・他（2002）や Odaka et al. (2003) の手法を用いている。東田・他（2002）は、P 波初動のエンベロープ形状に注目し、そのエンベロープに関数 $Bt \cdot \exp(-At)$ （但し、 t は時間）をフィッティングすることによって係数 A 、 B と地震諸元の関係について考察を行なった。その結果、P 波初動の平均的な傾きに対応する係数 B が震央距離（ R ）と明瞭な負の相関を持ち、それはマグニチュードによらないことが分かった。また、この $B-R$ の関係の周波数依存性を調べたところ、高周波数になるほど震央距離に対する係数 B の変化が大きくなり、かつ震央距離ごとの係数 B のバラツキが小さくなる傾向にあることが分かってきた。この結果は、解析対象とする周波数帯を選択することによって係数 B による震央距離の推定精度が向上する可能性があることを示すものである。本システムは、この $B-R$ の関係を用いて、はじめに震央距離を推定し、その後最大振幅を時々刻々モニタすることにより、マグニチュードを推定する。

地震の早期検知の精度を高めるためには、地震の自動検知および地震波の識別（P 波、S 波、ノイズ等の識別）の精度向上も重要である。今回の地震計開発にあたって地震動の初動を検知する方法と、P 波と S 波を識別する（PS 識別）方法の検討を行なった。その結果、地震検知については主に上下動の振幅を監視し、ノイズレベルの数倍に設定したトリガーレベルを超えた場合に地震動を検知するものとした。PS の識別は、上下動（ V ）と水平動 2 成分合成値（ H ）の比（ V/H ）を用い、地震波到達直後 1 秒間の V/H の平均がある値を超えた場合に P 波であると判断することとした。

システムの構成：新しい地震計システムの開発にあたり、以下の 3 点を基本的な開発コンセプトとした。

- ・地震波以外のノイズによる悪影響を出来る限り抑える。
- ・これまでのシステムトラブルの主な要因であったハードディスクなどの稼働部品を見直し、システム故障の要因を減らす。
- ・地震の早期検知における複雑な処理を的確に管理する。

ノイズ対策として、本システムのハードウェア上の構成は、加速度計と速度計の合計 6 成分（最大 9 成分）を直列に接続できるものとし、A-D 変換器をセンサ側に組み込み、センサと処理装置本体間のデータの送受信をデジタル化することによってケーブルからのノイズ混入を抑えた構成にした。システムトラブルの対策として、処理装置については、データや OS などのソフトウェアは内臓のメモ리카ードに収めることによって稼働部品を減らし、大幅な小型化も図った。警報用地震計は、地震観測以外にデータ解析や通信等の多くの処理を短時間に行なう必要があり、そのため複数の処理を同時に行なわなければならない場合がある。このような厳しい動作条件を満たすため、システムの OS には処理の並列化が可能であり、処理の重要度に応じて処理の順番を割り当てることが出来るリアルタイム OS を採用した。

おわりに：今回開発した早期警報用地震計は、現在鉄道総研内の観測点において設置され、稼働試験中である。本発表までには、その試験の結果についても報告したいと考えている。

参考文献：芦谷・他, 2002, 物理探査, 第 55 号, 6 号, 485-494.; 横田・他, 2002, 地震ジャーナル, 第 34 号, 41-49.; 東田・他, 2002, 鉄道総研報告, 第 18 巻, 8 号, 1-6.; Odaka et al., 2003, B.S.S.A., in press.