

早期警報用地震計の試作

（財）鉄道総合技術研究所

○正会員 佐藤新二 正会員 芦谷公稔

正会員 他谷周一 非会員 小高俊一 非会員 東田進也

1. はじめに

現在鉄道総研では気象庁と共同で新しい早期地震防災システムの研究開発を行っている。その一環として、地震計と地震波の検知・処理を行うシステムよりなる新たな地震計を設計試作したので報告する。

本システムは初期微動（P 波）による早期地震検知の他、従来の地震警報に用いられてきた各種の地震動指標にも対応できるように設計されている。更に電磁波など地震波以外のノイズによる誤作動を防ぐための様々な対策を施している。

2. 早期地震検知方法について

本地震計は地震動の初期微動（P 波）の数秒以内に地震諸元（震央位置およびマグニチュード）を推定し、警報の必要な個所を判断し、警報を出す機能を有している。地震諸元の推定方法は、図 1 に示したように、地震波の初動部分の振幅（絶対値）のエンベロップに着目し、その形状 $V(t)$ を下式によりフィッティングすることで定量化し、得られたパラメータ A 、 B および振幅値から震央距離やマグニチュードを推定するものである¹⁾。

$$V(t) = Bt \cdot \exp(-At) \cdots \cdots (1)$$

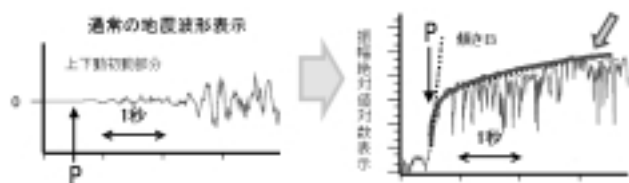


図 1 エンベロップ法による地震諸元推定法

ここで、パラメータ B は震央距離 Δ と比較的よい相関があり、 B から Δ を推定することができる。マグニチュードは震央距離 Δ と振幅値もしくはパラメータ A を用いて推定することができる。

3. システム構成について

本地震計には組み込み型 PC を用いているため、鉄道分野で使われている同様の早期検知地震計に比較して、同等の性能を持ちながら大幅な小型化を実現している。

また OS にはリアルタイム OS (RTOS) を使用し並列処理を行うことにより動作の安定化を図っている。

4. ノイズ対策について

鉄道における地震警報用地震計には、沿線用地（駅または変電所など）に設置された通常の警報用地震計と、早期警報用に線路から離れた場所に設置された地震計とがある。

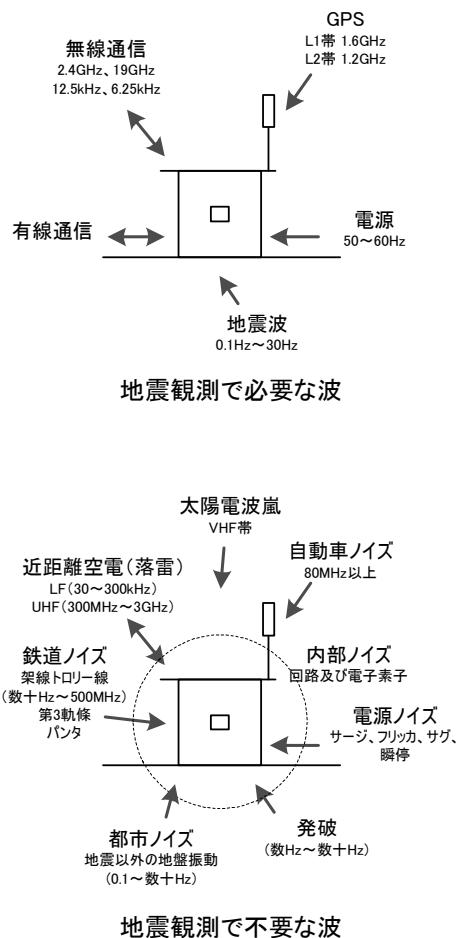


図 2 地震計を取り巻く様々な波

キーワード 早期検知、地震計、地震防災

連絡先 〒185-0034 東京都分寺市光町 2-8-38 (財) 鉄道総合技術研究所 TEL 042-573-7273

これらの場所に設置する場合、ノイズ対策が必要不可欠である。ここでは想定されるノイズを周波数に着目して整理してみる。

図 2 は、地震波以外に本システムに混入する可能性のあるノイズとその周波数を整理した図である。この図を見ると、地震観測に必要な波と不必要な波を比べてみると、両者を周波数によって区別するのは困難であることがわかる。よって、単純なフィルターなどではノイズ対策は難しく、その他のノイズ対策が必要である。このノイズ対策は、ハードウェアによる対策と、ソフトウェアによる対策の 2 つに分けられる。

4.1. ハードウェアによるノイズ対策

ハードウェアによるノイズ対策はデータ伝送方法による対策と回路上の対策、更には付帯設備による対策の 3 つに分けられる。



図 3 試作機（本体はモニタの下）

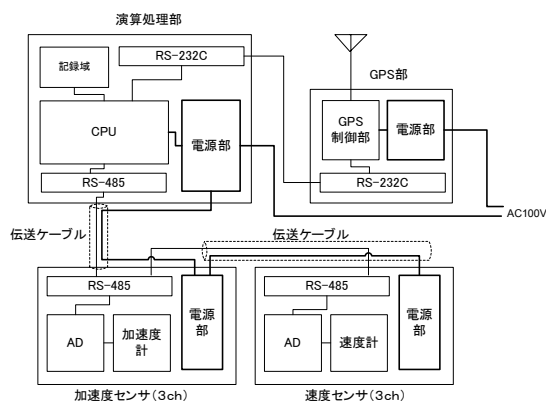


図 4 試作機のブロック構成図

まずデータ伝送方法による対策について説明する。

図 3 および図 4 に示したとおり、本体にセンサを直列

に接続することにより、ケーブル長を並列接続より大幅に短くしている。これは強い電磁波にさらされる状況下でケーブルにノイズが乗ることを出来る限り防ぐためである。また、地震計に AD ユニット(24 ビット)を内蔵することにより、デジタル伝送によりノイズが混入しにくい構造にしている。

回路構成による対策は、デジタル部とアナログ部を分離することにより、耐ノイズ性能を高める工夫を施している。

山間部に地震計を設置した場合、落雷の影響を受け、GPS アンテナ部、通信ケーブル、電源系統に故障が発生することがある。落雷などエネルギーの大きいノイズに対しては地震計以外の付帯設備によって対策を行うことも考える必要がある。

4.2. ソフトウェアによるノイズ対策

前述したように、本地震計で採用している地震諸元のアルゴリズムは地震波のエンベロープ形状を関数フィッティングにより定量化するものである（エンベロープ法）。関数フィッティングには一種の波形フィルター効果があるため、ある程度の地動ノイズが混入しても影響が小さいという特徴がある。また、本アルゴリズムは、地震波形の特徴を暗に想定しているため、地震波と著しく異なる波形のノイズは、得られたパラメータ A、B によって識別できる可能性がある。この点については、現在過去の観測データ（速度・加速度データ）によって検証を行っている。

5. おわりに

本報告では鉄道分野における新しい早期地震警報用地震計の概要を報告した。従来の地震計に比べて、ノイズ除去技術や新しい地震諸元推定法などを導入している。今後は試作機より得られるデータを解析しノイズ除去技術や新しい地震諸元推定法の精度向上を図り実機に反映したいと考えている。

参考文献

- 1) 小高他；地球惑星科学関連学会 2001 年合同大会予稿集，Sp-010，2001 年 6 月。