

(128) 首都圏を対象にした 総合地震防災システムの構想

(財) 鉄道総合技術研究所 正員 中村 豊

1. はじめに

ユレダス (UrEDAS: Urgent Earthquake Detection and Alarm System) は、地震初動を検知すると直ちに、マグニチュード M や震央距離 Δ などの地震諸元を即時的に自動推定する機能を持っている。 M と Δ の組み合わせで大まかな被害範囲が推定できることは既に報告した。したがって、ユレダスは警報的的確な発令に貢献できるのみならず、地震後の対応を合理的に行うことも可能にする。そこで、首都圏の JR 鉄道網を主たる対象にして、ユレダス・ネットワークを中心とする総合地震防災システムの構築を計画した。これは、的確で迅速な地震警報システムと、震後復旧支援システムとからなる。後者は前者の情報を受けて、地震後の混乱状態の中での合理的な復旧計画策定を支援するものである。以下、この計画の概要を報告する。

2. 地震警報と地震情報

すべての地震警報が的確なものとは限らず、また的確な警報であってもすべての人々や警報対象施設にとって有益なものとは限らない。したがって、地震終了後の合理的な復旧手順を策定しておかなければ、その施設にとって不必要な警報であった場合でも長い時間無用の混乱に陥ることになる。

通常地震警報装置は、警報を出すだけであり、地震終了後いかに対応すべきかの情報をほとんど持合せていない。JR の場合、警報地震計が感知した地震動加速度の最大値を参考にして運転再開までの手順を定めているが、巡検がしばしば過剰になり再開に手間取ることが少なくなかった。これは最大加速度と被害の関係が単純ではないため、安全側の対応をとらざるを得ず、結果的に過剰な巡検となったためである。

地震予知の技術はまだ確立されていないので、確実でもっとも早い地震警報は地震動が到達した直後に出す警報となる。大きな地震を見逃さず、より早く警報を出そうとすれば、結果的に不必要となる警報も混入する。したがって、発令した警報の可否を迅速に判断できる情報が是非とも必要で、警報発令方法の改善は復旧方法の改善を伴わなければならない。

3. ユレダスの機能とこれを利用した防災システム

ユレダスとは単一観測点における地震初動部分の情報で大まかな地震諸元を推定することができ、主要動到来直後にはかなりの的確な推定値を得ることができるシステムである。従来の警報装置が警報を発する時点は概ね主要動到来以後であるが、この時点ではユレダスはかなりの的確に検知地震の諸元を推定している。

図1は1986年6月から1987年1月までの間に、鉄道総研の宮古地震観測所(岩手県、無人)に設置したユレダスが自動処理し、東京国立の総研地震解析室に公衆回線経由で自動伝送してきた地震諸元を図示したものである。これには気象庁による推定結果も対比して示している。この期間における宮古での有感地震を、地震の規模と宮古観測点からの震央距離の関

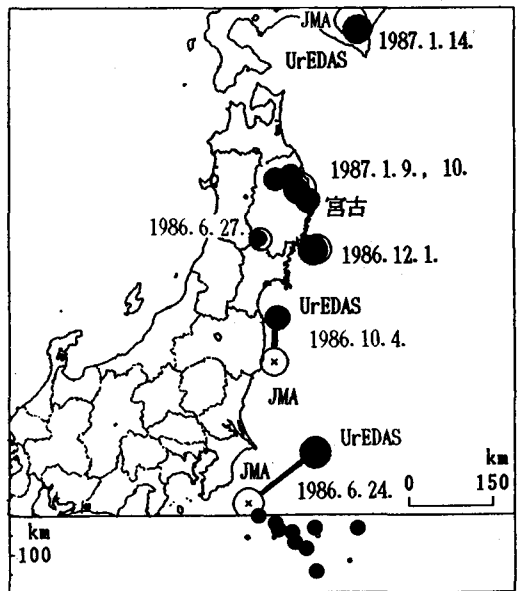


図1 宮古ユレダスと気象庁の処理結果の比較

係 (M-Δ図) で示したものが、図2である。この内黒丸がユレダスが処理した地震であるが、ユレダスはM-Δ図上の破線で示した限界線より内側の領域にある地震を処理するものと推定される。図中の実線は被害地震の限界線¹⁾ (この線より内側の網かけ領域に発生した地震は被害をもたらす可能性があるという線) を示すが、ユレダスは網かけ領域内の地震をかなりの余裕をもって監視できることがわかる。もちろん地震の検知能力は観測点のノイズが許す範囲で自由に設定できる。宮古の場合は、ノイズレベルからするともっと小規模の地震を検知することも可能であるが、地震警報システムとしての有効性を確認するため、この程度

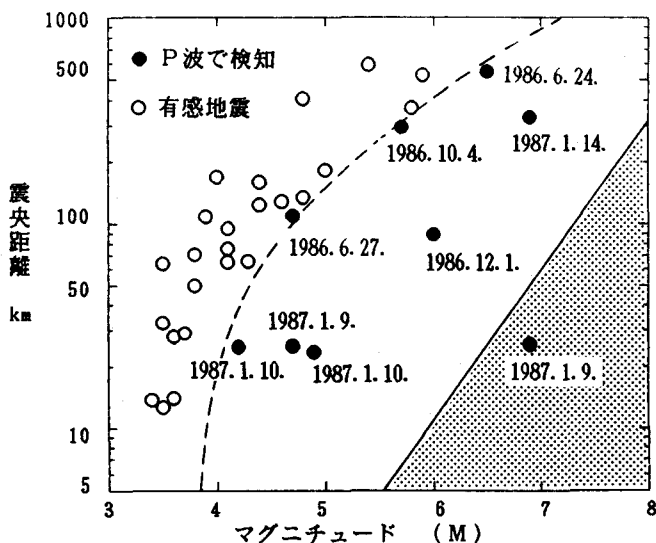


図2 宮古ユレダスの地震検知状況 (1986年6月~1987年1月)

度の検知能力を設定した。なお、図3は1986年1月9日の岩手県中部沿岸地震の波形を示したもので、地震後ユレダスの波形伝送機能を利用して送らせたものである。大きな初動の前に小さな初動が認められるなど、いくつかの地震が重なっているように見える。

また、試行している総研構内でのユレダスによる地震観測結果によると、中央線の電車ノイズ等の影響が大きいかかわりなく、地震計を設置した地点の半径100 km以内の地点で有感となる様な地震はほぼすべて検知できる²⁾。

ただし、軟弱な堆積層上に置かれた地震計の出力を処理しているため、地震諸元の推定精度は良好でない場合がある。

ユレダスは、地震初動を検知した後、数秒にして地震警報を発することができるが、この段階では誤動作もあり得る。なお、誤動作とは、結果的に警報を出す程大きくはなかった地震や至近距離での発破などの地震以外の振動に対して警報を出すことをいう。

新幹線をはじめとする鉄道システムでは、ユレダスによる警報や情報の利用は次のような段階をたどるものと考えられる。

第1段階：(誤警報後の運転再開の迅速化) 警報には用いず、ユレダスによる地震情報で運転再開を判断する。すなわち、在来型警報システムによる警報の後の対応を迅速で的確なものにするのに使われる。具体的には、ユレダスによる推定地震諸元を用いて、M-Δ図などにより地震の加

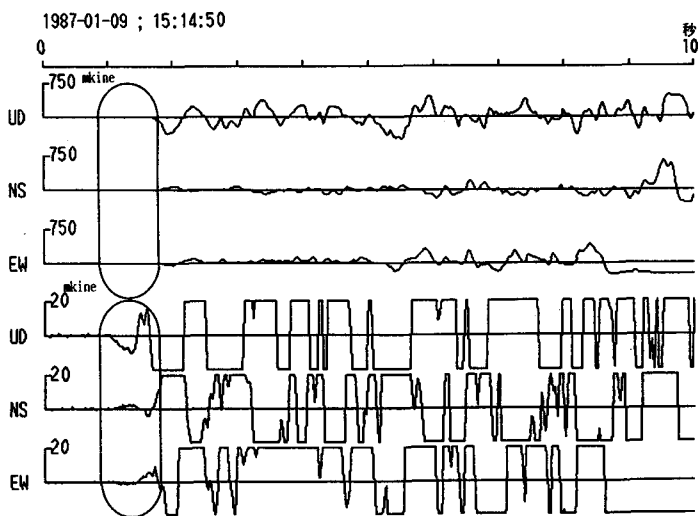


図3 1987年1月9日15時15分頃の地震の宮古での速度地震波形記録

害性を判断する。

第2段階：（より早い警報発令） 初動部分での地震諸元を基に第1次警報を出す。次に、主要動が到来した直後の推定地震諸元を基に第2次警報を出す。これには第1次警報の解除もあり得る。

第3段階：（総合地震防災システムへの発展） 被害地震であった場合の、復旧対策の策定を支援する。具体的には、いくつかのユレダスからの第2次警報情報を統括システムに集約して精度の高い地震諸元を推定し、これを復旧支援システムに渡す。復旧支援システムでは、この情報に基づいて被害の可能性があるJR線沿線の地震動分布の推定や弱点箇所の抽出・表示を行う。

地震諸元を基にして地震動を推定したり、被害の発生が予想される地域での弱点箇所を表示したりするには、あらかじめ対象とする線区の沿線地盤や構造物の地震応答特性を把握するとともに、既往の地震での被害箇所またその原因などを調査分析してデータベース化しておく必要がある。

4. 首都圏を対象にしたユレダス・ネットワーク

首都圏は政治・産業の中心地であり、人口が集中している地域である上、地震の巣がいたるところにあって、地震防災対策がもっとも必要とされるところである。そこで、首都圏を対象にしたユレダスを中核とする防災システムを考える。ユレダスの地震計は硬い岩盤に固定するのが望ましいが、首都圏は関東平野に広がっており、ユレダスの地震計を設置するにはあまり適当ではない。軟弱な堆積層に設置した場合、地震の検知はできるが、地震の規模や方向により地震諸元の推定精度が悪くなる可能性がある。

こうしたユレダスの特性を考慮して、地震検知点をその設置条件によって、メイン、サブの2段階に分類する。原則として、堅固な岩盤上に建設されたメイン検知点からの情報を統合センタで統括システムが集約し、最終的な地震情報として配信する。あまり良好でない地盤に建設されたサブ検知点は、警報を迅速に発令するための副次的なシステムであり、ユーザーの要求に応じて設置するものとする。もちろん、その情報は統合センターの統括システムや復旧支援システムに送られ、有効に利用される。

ユレダス検知点設置の考え方は次のとおりである。

- 地震の誤検知防止のため、首都圏で発生した有感地震は少なくとも2箇所以上のメイン検知点で検知されるようにする。
- メイン検知点の配置は、通常の方法による震源推定（多くの観測点への地震波動の到達時刻などを基に推定）も行えるように考慮する。
- 信頼性の高い推定結果を得るために、メイン検知点は関東平野周辺の岩山に設置する。
- 温度変化や人工的な振動の影響を避けるため、岩山に横坑をうがち、施設を収納する。
- 平野内部については、直下に発生した地震に対してメイン検知点からの警報より早い警報を望むユーザーの近傍にユレダスを設置し、近傍ユーザーに対する警報だけを担当するサブ検知点とする。

こうした考えを基に、図4に示す5箇所のメイン検知点の配置を計画した。図中の○印は1926年から

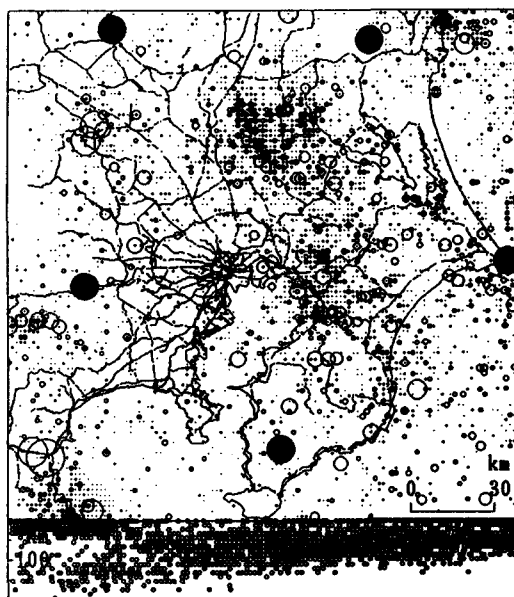


図4 首都圏のユレダス建設予定地と震央分布

1981年までに発生した地震の気象庁による震央分布である。また、地図上の曲線は鉄道路線（JR線以外の私鉄も含む）である。

なお、復旧支援システムの要となる鉄道沿線地盤や構造物の地震応答特性のデータ収集については次のように考えている。表層地盤の地震応答特性は、ボーリング調査（PS検層などを含む）を行うか、既存のボーリング調査資料に基づいて推定するのが一般的であるが、常時微動測定に基づく簡便な調査法³⁾が開発されている。首都圏のJR線は長い歴史を誇るものが多く、地盤の資料は皆無に近いが、全線約1500kmについて新たにボーリング調査を行う訳にはいかないので、後者のような方法で地震応答特性を推定することを計画している。また、構造物の地震応答特性も常時微動測定により推定することができる。

5. おわりに

計画では、総合地震防災システムの動作状況を次表のように想定している。

動作 順序	ユレダス検知点 または、ユレダスセンタ（統括システム、復旧支援システム）の動作	P波到着から の経過時間
1	P波の部分で震源諸元の第一次推定を行い、これまでよりはるかに的確な地震警報を発令する。同時に、この警報情報を統括システムに送信する。	5秒以内
2	S波の到着後、第二次推定を行い、推定情報を統括システムに送信する。	30秒以内
3	統括システムは、各地から送られてきた情報をひとつにまとめて関係箇所に配信する。この段階で比較的正確な津波警報が出せる。これらの情報は復旧支援システムに渡される。復旧支援システムは鉄道沿線の被害発生の可能性のある領域を地図表示する。	60秒以内
4	その後、復旧支援システムは被害が予想される地域を中心に沿線地震動の分布を推定し、弱点箇所とともに地図上に表示する。	300秒以内

このシステムの情報によって、地震の状況、被災の状況などが迅速に推定でき、合理的な復旧対策を策定することができるようになると期待される。また、このシステムの地震情報は鉄道以外の次のようなところでも大いに有効と考えられる。すなわち、原子力発電所・化学コンビナート・精密電子部品工場などの産業施設、道路交通管制・高層建物のエレベータ制御や防災管理・インテリジェントビルの防災などの都市施設、電気・ガス・水道などいわゆるライフラインの防災や震後復旧支援などである。

このシステム構築計画は早期実現に向けて動き出しているが、関係各位のさらなる御支援・御協力を御願い申し上げる次第である。

〈参考文献〉

- 1) 美藤ほか：東海道・山陽新幹線のための地震時ダウンタイム短縮化対策、鉄道技研報告No.1294、1985
- 2) 中村ほか：地震早期検知警報システムUrEDASの開発、第7回日本地震工学シンポジウム、1986
- 3) 中村ほか：地表面震動の上下成分と水平成分を利用した表層地盤特性推定の試み、同上