

北海道開発局の地震情報伝達システムの被害推定 に関する現状と課題

小林 将¹・中井 健司²・島田 武³・佐藤 昌志⁴

¹正会員 北海道開発局 開発土木研究所 (〒062 北海道札幌市豊平区平岸1条3丁目)

²正会員 北海道開発局 開発土木研究所 (〒062 北海道札幌市豊平区平岸1条3丁目)

³正会員 北海道開発局 開発土木研究所 (〒062 北海道札幌市豊平区平岸1条3丁目)

⁴正会員 北海道開発局 開発土木研究所 (〒062 北海道札幌市豊平区平岸1条3丁目)

北海道は1993年1月の北海道釧路沖地震を始めとして、北海道南西沖地震、北海道東方沖地震とマグニチュード8クラスの地震を連続して受けてきた。この三大地震の発生に対して、北海道開発局では釧路沖地震以降、地震時の情報ネットワークの重要性を認識し、オンラインデジタル情報地震計の開発を行うとともに、地震情報伝達システム(WISE)の構築を行ってきた。さらに、1995年1月の兵庫県南部地震により、全国的に地震災害情報ネットワークの重要性が認識されてきている。本論文は、現在試験研究中の地震情報伝達システムと、その被害推定に関する現状と課題について報告するものである。

Key Words : WISE(Warning Information System of Earthquake), Strong Motion, Digital online, failsafe

1. はじめに

北海道は、1993年1月の北海道釧路沖地震、同年7月の北海道南西沖地震、更に翌年10月の北海道東方沖地震と、マグニチュード8クラスの地震を連続して受けてきた。この三大地震に際して、北海道開発局では、釧路沖地震をきっかけとしてオンラインデジタル強震計の開発を行い、東方沖地震に対する対応により、その有用性と必要性、情報ネットワークの重要度を認識してきた。また、1995年1月の兵庫県南部地震により全国的に地震災害対応と、その予測に対する重要性が再認識されてきている。

当北海道開発局開発土木研究所では、現在試験研究中の地震情報伝達システム(WISE)の開発と、防災活動の一指標とするための確率被害予測の手法を検討してきた。本論文はこれを報告するものである。

2. 地震情報伝達システムの概要

2.1 システムの基本理念

地震情報伝達システム(以下 WISE)の構築に当たっては、北海道の三大地震で得られた教訓である、被害の把

握、情報連絡網の保持を主眼としている。本システムは、地震時当初の防災システムをサポートするものであり、橋梁や河川堤体、ダム管理事務所等に設置している既設強震計や、新設強震計をオンラインで結合し、従来よりも迅速かつ確かな情報を得ることにより、道路構造物、河川堤体等の被害を予測し、現場での指示および対応を可能とするものである。

主な特徴としては、

- 1) 加速度、速度、変位、地震エネルギー等の統計解析結果を基に総合的な被害予測を行う。
 - 2) 地震感知直後に維持事務所(事業所)、建設部、本局間に一般電話回線を確保する。
 - 3) 感知直後に携帯電話、ポケットベル等に自動的に緊急連絡を行う。
- 等があげられる。

2.2 システムの構成

システムの流れとしては、地震が発生すると各地に設置してある速度型地震計(情報地震計)が地震動を感知、直ちにその時点での最大加速度・速度・SI値・震度(強震情報)を計算し、道路・河川施設を管理している事務所、維持事業所(以下事務所等と呼ぶ)に送信、感知後約4分間、30秒毎に強震情報を更新し、逐次送信する。事務

所等は各情報地震計から送られてきた強震情報を通信運用端末(事務所端末)に表示し、即時に管内建設部、開発土木研究所に送信する。建設部では事務所等と同様に通信運用端末(建設部端末)に強震情報を表示すると共に、北海道開発局本局に送信する。本局では、その強震情報を基に表示板に表示する。一方研究所では、最初に送られてきた強震情報から2分後までの強震情報一つの地震として、各観測点での最大値であると見なし、被害予測(一次被害予測)を計算する。算出された一次被害予測結果は、各事務所等、建設部、本局に送信され、それぞれの端末に表示、印刷する。また、気象衛星「ひまわり」から、震源位置、マグニチュード(地震情報)を取り込み、再度被害予測(二次被害予測)を計算し、再び各端末に二次被害予測として送信する。なお、これらの解析はすべて自動で行われる。その後、各情報地震計に収録された地震波形データを回収し、スペクトル解析を行う。システムの概要を、図-1に示す。

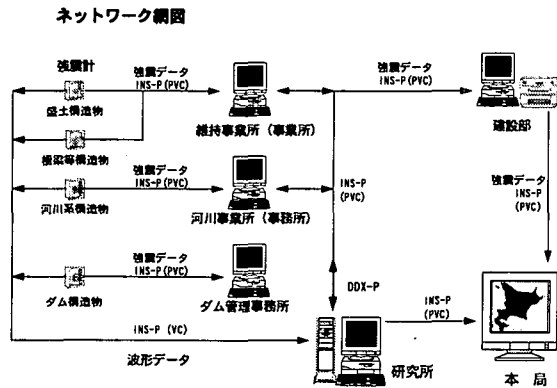


図-1 システム概要図

2.3 災害予測の概要

被害予測は、強震情報の最大加速度値によって被害の規模別発生確率を平面図上の範囲で示すものである。まず、地震発生約2分後、集められた強震情報を基に、震源地、地震規模(マグニチュード)を推測する。予測した震源地と地震情報を基に、距離減衰の回帰式により求める(減衰式1)。また、予測した震源地とマグニチュードを用い、北海道における地震記録の統計で求めた距離減衰式を使って距離減衰式を求める(減衰式2)。減衰式1と減衰式2を重ね、より加速度値の大きい方をその地点での予測加速度値とする。三大地震(釧路沖地震、南西沖地震、東方沖地震)のデータより求めた最大加速度値による被害の規模別発生確率に基づきその範囲を決定する。

3. 被害推定

最大地震動の距離減衰特性に関してはさまざまな検討が行われており、これらの結果から距離減衰式として次

式が実測値と最も対応が良いとされている。

$$X(M, \Delta, GC_i) = a(GC_i) \times 10^{b(GC_i)M} \times (\Delta + \Delta_0)^{c(GC_i)}$$

X; 最大地震動(最大加速度, 最大速度, 最大変位)

M; 気象庁マグニチュード

Δ ; 距離の指標

Δ_0 ; Δ が小さい範囲のXを調整する定数

GC_i ; 地盤種別($i=1, 2, 3$)

$a(GC_i), b(GC_i), c(GC_i)$; 地盤条件ごとに定める係数

当研究室においては、川島らの研究を基に上記式を重回帰することとした。また、 Δ_0 については、当研究室が対象とする構造物も土木構造物であることから、建設省土木研究所と同じ $\Delta_0=30\text{km}$ とする。¹⁾しかし、川島らにより算出されている推定式¹⁾では、地盤種別により減衰式を個々に算出しているが、当研究室で得られた記録では、地盤による加速度の差が大きくないと思われるため、地盤種別ごとの式は算出しない。以下に帰着させる式を示す。²⁾³⁾

$$\alpha = a \times 10^{bM} \times (\Delta + 30)^c$$

以上の方法により求めた回帰式を以下の表-1に示す。この表-1に示すように、分析した回帰式は実測値との相関係数が約0.8であり、統計的におおむね有効な回帰式であると考えられる。

表-1 重回帰による推定式

水平動			
	加速度	相関係数	誤差の標準偏差
推定式	$\alpha = 7.505 \times 10^{0.567M} \times (\Delta + 30)^{-1.446}$	0.78	0.34
示方書I種	$\alpha = 987.4 \times 10^{0.216M} \times (\Delta + 30)^{-1.218}$	0.52	0.50
示方書II種	$\alpha = 232.5 \times 10^{0.313M} \times (\Delta + 30)^{-1.218}$	0.73	0.38
示方書III種	$\alpha = 403.8 \times 10^{0.265M} \times (\Delta + 30)^{-1.218}$	0.67	0.36

上下動			
	加速度	相関係数	誤差の標準偏差
推定式	$\alpha = 3.809 \times 10^{0.566M} \times (\Delta + 30)^{-1.474}$	0.79	0.35
示方書I種	$\alpha = 117.0 \times 10^{0.268M} \times (\Delta + 30)^{-1.190}$	0.54	0.40
示方書II種	$\alpha = 88.2 \times 10^{0.297M} \times (\Delta + 30)^{-1.190}$	0.74	0.41
示方書III種	$\alpha = 13.5 \times 10^{0.402M} \times (\Delta + 30)^{-1.190}$	0.71	0.37

表-2 推定式の誤差値(推定有効確率50%)

推定値	誤差比	
	水平動	上下動
加速度	$10^{(\pm 0.674 \times 0.343)}$	$10^{(\pm 0.674 \times 0.347)}$

また、表-2 に示している誤差比とは、推定値に対する実測値の誤差が正規分布していると仮定し、誤差の標準偏差から求めているもので、推定式の確率的有効範囲といえる。表中に示している誤差比は、実測値に対して推

定値が 50%程度の有効な確率で推定される範囲を示している。これにより、測定箇所に対する地域別の固有の誤差が確率的に含まれると思われることから、推定式にこの値を示すことは、有意であると考えられる。

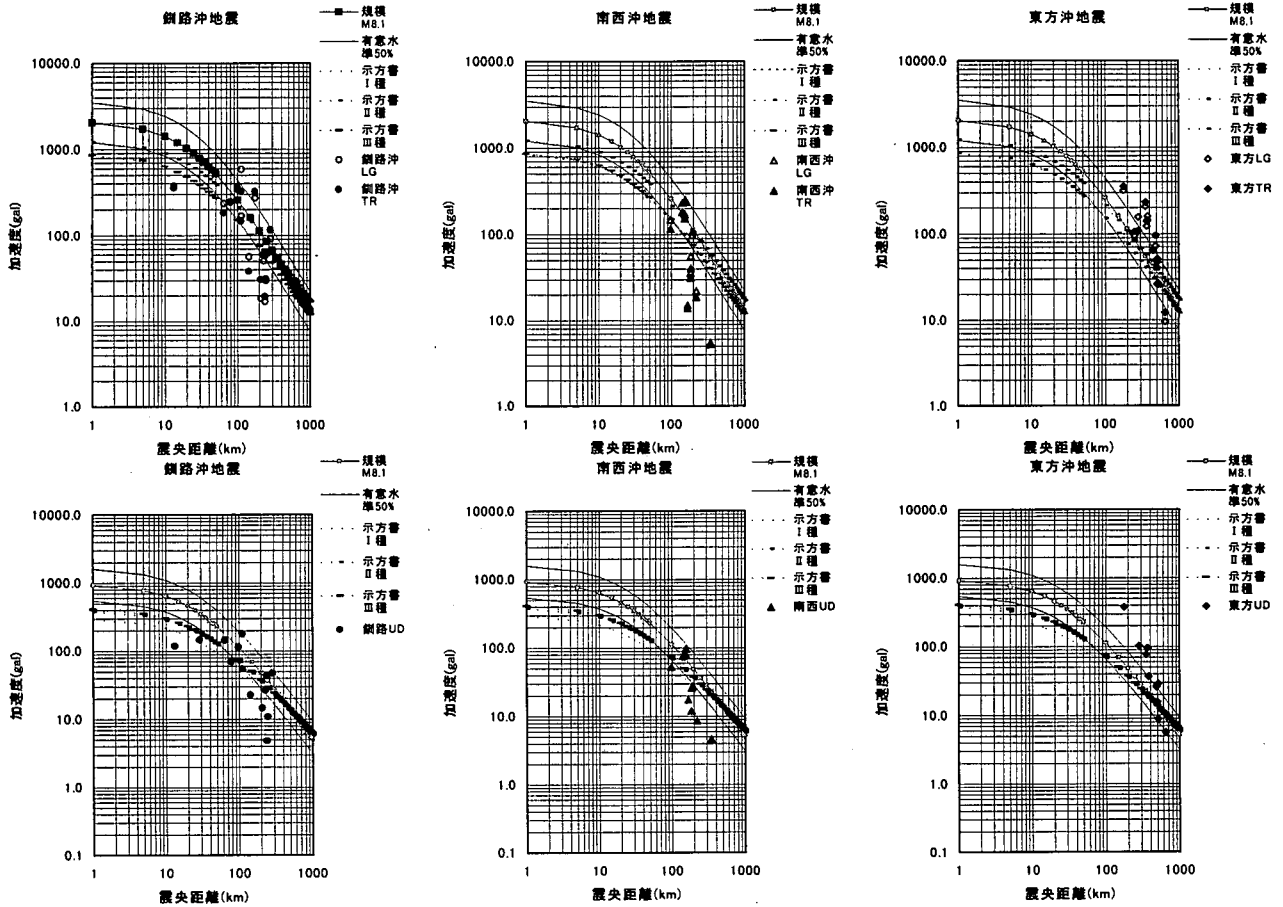


図-2 加速度距離減衰

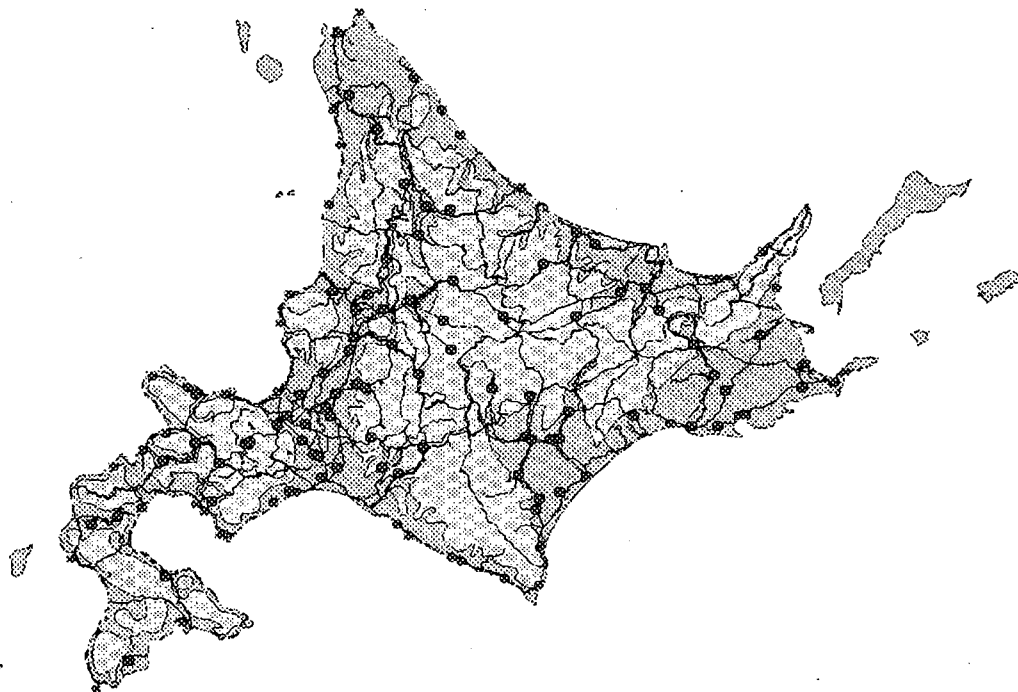


図-3 情報地震計設置位置

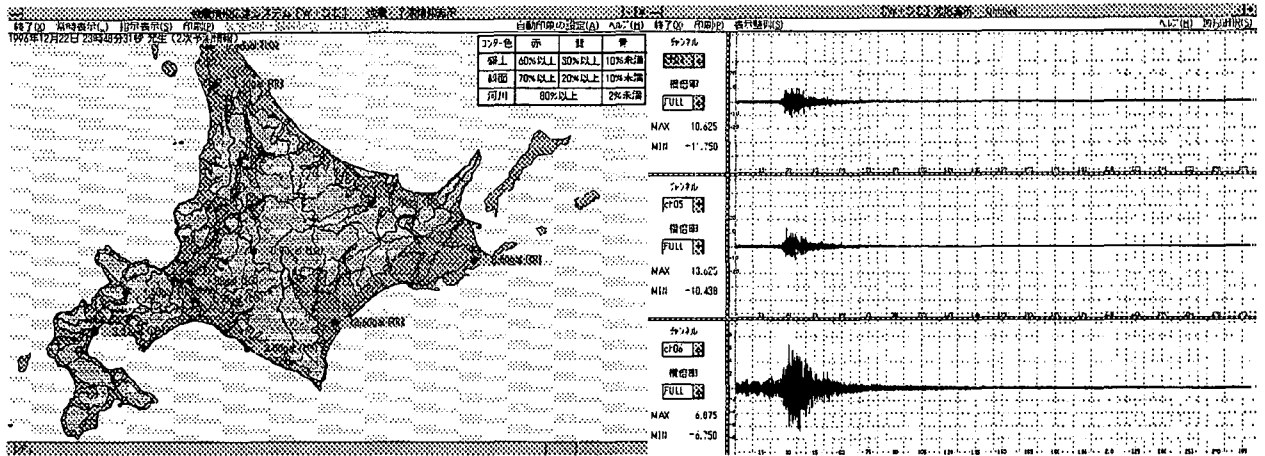


図-4 97年12月22日の稼働記録と大樹町生花で収録された速度波形

4. ネットワークの試験運用

4.1 現在の展開状況

平成8年度末時点で、情報地震計121箇所、端末101箇所を設置している。8年末時点での情報地震計の設置位置を図-3に示す。設置以後、何度か地震を経験しているが、その中で1997年12月22日の稼働記録と大樹町生花で収録された速度波形を図-4に示す。現在までに震度3以上を記録する地震が発生していないため、全道の端末に対して被害予測の送信を行うまでには至っていない。

4.2 システムの課題

試験研究で現在までに判明した運用上の課題としては、

- 1) 波形データの収集にパケット通信を使用しているため、データ収集に時間がかかる。
- 2) 収録した波形データについては、その強震情報の大小にかかわらず全て自動収集の対象となるため交通振動等のデータも収集してしまう。

等があげられる。本システムは緊急時の迅速な情報提供を行うサポートシステムであり、これらの点は運用レベルでのシステム稼働を行うまでに解決しなければならないと考えている。

研究上の課題としては、

- 1) 実際の地震に対しての被害予測手法の妥当性について検証できない。
- 2) 情報地震計や被害予測箇所の地盤条件について考慮されていない。
- 3) 盛土の被害は気象の影響が大きいですが、被害予測に気象情報は考慮されていない。

以上の3点が主な項目としてあげられる。これらの点は、被害予測情報をより高精度にするために解決する必要がある課題である。しかし、現時点においては十分なデータが無いため、今後、システムの稼働に伴い蓄積されるデータにより研究の進歩がなされると考えている。

5. システムの今後の展開

今後の展開としては、運用上の問題解決と、研究を行う上でのデータベース等環境の充実を進めていきたいと考えている。現時点では、

- 1) システムを二重化し、緊急時の動作トラブルを防ぐと共に、システムの改良テストや改良後のシステム移行をシステムを止めることなく行えるようにする。
- 2) データ通信方法を2系統とし、不通の危険を防ぐと共に、他方の回線を使い通信系プログラムについてもオンラインメンテナンスを行えるようにする。
- 3) データ蓄積部を WISE の主機器から切り離し単独機とし、データベースの充実をはかり、地震被害推定の関わる基礎研究を行える環境を整える。
- 4) 波形収集の確実化、迅速化を図ると共に、維持コストを低減できるようにする。
- 5) 他の地震観測ネットワークと連携し、強震情報の共有化を行えるようにする。

以上の5点を考えている。

6. おわりに

本システムは、地震時災害を軽減するためのサポートを主目的としており、システム稼働の安定性と、情報の速時性、確実性、そして運用を行う上での操作性の向上を図ることが必要である。現在試験研究の段階であるが、今回報告した内容も含め WISE の充実をはかり、運用開始時には震後活動に貢献できるようにしていきたいと考えている。

参考文献

- 1) 川島一彦, 相沢 興, 高橋和之: 最大地震動および地震応答スペクトルの距離減衰式, 土木研究所報告第166号
- 2) 佐藤 京, 吉田統一, 島田 武, 佐藤昌志: 北海道で収集した実加速度記録の確率距離減衰特性について, 土木学会北海道支部論文報告集第52号(A), pp238-243