

# リアルタイム地震情報による防災

— 企業における活用に関する考察 —

高橋 郁夫

(技術研究所)

南部 世紀夫

(技術研究所)

## Disaster Mitigation Using Real Time Earthquake Information

— A Study of Practical Applications in Private Enterprise —

by Ikuo Takahashi and Sekio Nambu

### abstract

Currently under development, the Nowcast Earthquake Information System will be able to provide information about the hypocenters or seismic intensities of big earthquakes before the main shocks arrive. Practical uses for this information are now developed. The information can mitigate the loss of human life and the damage to facilities when a big earthquake occurs.

Through the concrete examples and tests, this paper describes the practical uses of this information, mainly from the viewpoint of earthquake disaster mitigation in private enterprises. The points and the subjects of the practical use of this information are also discussed.

### 概 要

地震の震源や震度に関する情報を主要動が到達する前に知らせる「ナウキャスト地震情報」の開発が進められ、実用化に向けた取り組みが行われている。この地震情報を活用することによって、大地震発生時には、これまでの防災対策に加え、今まででは不可能であった新たな防災への道が開かれることとなった。

本報では、主として企業における地震防災の観点から、ナウキャスト地震情報の活用法について具体的な検討例や実用化試験を紹介する。また、この地震情報を活用する際の要点や課題について考える。

### § 1. はじめに

昨年は北海道、東北地方において連続的に大きな地震が発生した。また、近い将来における東海、東南海、南海地震の発生が危惧されている。世界有数の地震国である日本では、いつどこで大きな地震に見舞われてもおかしくない切迫した状況にあり、地震に対する防災対策を急ぐ必要がある。

気象庁では、地震発生時に、主要動が到達する前に、その震源や震度に関する即時的な情報「ナウキャスト地震情報」\*を周辺地域に対して発信するシステムを開発中である。またそれと並行して、この情報を使った防災対策の実用化に向けた検討も進行中である。これまで、大地震に備えるため、建物・構造物の耐震性能の向上、防災訓練の実施や防災マニュアルの作成等の対策が講じられてきた。今後はこれらの対策に加え、地震の発生直後に震源や震度に関する情報が得られることによって、今までは不

可能と思われてきた主要動到達前の対策への道が開かれることとなった(図-1)。

本報では、主に企業における地震防災の観点から、ナウキャスト地震情報を活用した具体的な防災対策の検討例や実用化試験を紹介し、さらにこの地震情報を活用する際の要点や課題について考える。

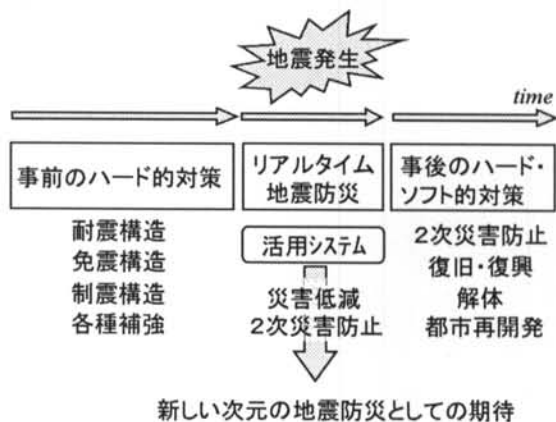


図-1 リアルタイム地震防災の位置付け

\* 地震時に即時発信される情報は一般に「リアルタイム地震情報」と呼ばれ、「ナウキャスト地震情報」は気象庁から発信される地震情報の固有名称である。2004年2月に「緊急地震速報」の名称に変更されたが、本報では「ナウキャスト地震情報」の名称を用いる。

## § 2. リアルタイム地震情報の概要

日本におけるリアルタイム地震情報の実用化システムとしては、新幹線の安全運行に応用されているJRのUrEDAS<sup>1)</sup>やガスの供給をコントロールする東京ガスのSUPREME<sup>2)</sup>などがある。いずれも自前の地震観測ネットワークで得られるリアルタイム地震情報を企業固有のニーズに対応させたシステムである。

公共の地震観測ネットワークを使ったリアルタイム地震情報に関する研究開発は気象庁や(独)防災科学技術研究所を中心に進められてきた。今後は、気象庁から「ナウキャスト地震情報」<sup>3),4)</sup>として情報発信されることとなり、試験的な配信が始まっている。2003年は東海地域に設置した5つの観測点を使ったシステムから出発したが、その後、関東～東海～近畿～中国～九州地方に至る80点のナウキャスト地震情報対応型の地震計が設置され(図-2)、2004年から本格的な情報提供が行われている。将来的には北海道・東北地方もカバーした全国的な観測ネットワークになるものと思われる。一方、(独)防災科学技術研究所<sup>5)</sup>では、気象庁と連携して更に技術開発を進め、またNPOリアルタイム地震情報利用協議会<sup>6)</sup>の協力の下に、情報の利活用に関する実用化システムの開発を行っている。

ナウキャスト地震情報のシステムでは、地震発生時に震源に近い観測点で得られたデータに基づき、震源位置、発生時刻、マグニチュード等を素早く計算し、その情報を発信する。震源情報の決定はP波によってなされるため、主要動であるS波が各地に到達する数秒から数十秒前にその情報が各地に伝達されるという仕組みであり、ここで生じる猶予時間を防災の準備に当てることが可能となる。また、予想される各地の震度や主要動の到達時刻も情報の中に含まれる。地震波が周辺に伝播するにつれて観測



図-2 ナウキャスト地震情報対応型地震計配置図

点からの情報が増え、それによって情報の精度を高めて順次送信する仕組みが可能である(図-3)。

## § 3. ナウキャスト地震情報の活用

### 3.1 ナウキャスト地震情報の特徴

ナウキャスト地震情報はその仕組みから以下のような特徴をもっている。

#### 1) 地震発生情報

ナウキャスト地震情報は、地震が発生し、地震波が観測された事実に基づく情報であるため、ノイズの混入等がない限り、地震発生の確かな情報である。この点が地震の予知と大きく異なる点である。

#### 2) 震源の推定精度と情報の早さ

ナウキャスト地震情報の第一報は最初の地震観測点に到達したP波の情報に基づくものである。この時の情報は即時性という点からは非常に貴重なものであるが、観測情報が少ないだけに必ずしも高い精度とは限らない。少し時間が経過した段階では、数点の観測結果から再計算された精度の高い情報が得られる可能性が大きくなるが、この場合には主要動がある程度その時間分だけ伝播しており、それだけ主要動の到達までの時間差を稼げなくなる。つまり、ナウキャスト地震情報の精度と即時性は多くの場合には両立しにくい関係にある。

#### 3) 震源位置と猶予時間

一般的には震源に近い地域ほど大きな揺れが発生し、兵庫県南部地震に代表されるような都市直下で発生する地震は大きな被害をもたらす。こうした場合にはナウキャスト地震情報が届けられてから主要動発生までの時間差はかなり短いものとなり、場合によっては情報が伝達される前に大地震が都市を襲ってしまうこともあり得る。

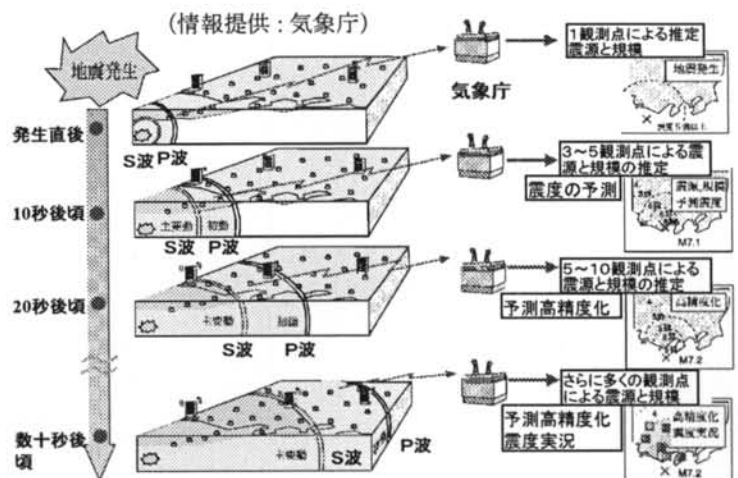


図-3 地震波の伝播とナウキャスト地震情報

#### 4) 即時情報と直後情報

地震の主要動が到達する前に配信される情報は地震ごとの震源位置によってその精度や猶予時間に差が生じるため、活用法に関してはその点に十分な配慮しなければならない。しかしながら、推定される震源情報等と一緒に伝えられる実観測情報（各地の震度など）は地震の揺れが一通り収まった後の災害対応に十分に活用できる貴重な情報である。

### 3. 2 過去の地震被害に見る可能性

ナウキャスト地震情報は開発途上であるが、もし、過去の大地震発生時にナウキャスト地震情報システムが既に実用化されていたとしたら、どの程度、減災に寄与できたかを考察するのは興味深い。

図-4は1978年宮城県沖地震<sup>7)</sup>、1993年北海道南西沖地震<sup>8)</sup>、1995年兵庫県南部地震<sup>9)</sup>で亡くなって人の死因別の割合を示したグラフである。兵庫県南部地震に関しては神戸市内の犠牲者を示した。

宮城県沖地震の犠牲者の特徴は、死者13人のうち9人が倒れてきたブロック塀等の下敷きになって亡くなったことである。この地震は夕方に発生しており、人々の活動時間帯であった。震源が海域であったことを考えると、ナウキャスト地震情報を受信する手段を持ち合わせていたとしたら数秒から十数秒程度前に地震発生を知ることができ、犠牲者を減らすことはできたと推測される。

北海道南西沖地震では多くの人が津波の犠牲となった。津波の犠牲となった人は避難できなかったか、もしくは避難が遅れたことによるものと推察される。少しでも早く地震の情報を得て、津波発生の可能性や大きさを知ることができたら、津波の犠牲者をかなり減らせたのではないかと考えられる。

兵庫県南部地震において神戸市内で亡くなった人の原因のうち、建物等の倒壊による窒息や圧死が多数を占める。パルス的な地震動によって一瞬のうちに住居が倒壊してその下敷きになってしまったか、もしくは家具やピアノ等の下敷きになってしまった

ものと推測される。震源が非常に近かったため、恐らくナウキャスト地震情報が発信されたとしても、その情報が届く前に主要動が到達したと推測される。また、まだ多くの人々が就寝中であった早朝にこの地震は発生しており、わずかに数秒前に地震発生情報が何らかの方法で伝えられたとしても、多くの人命を救うには至らなかったと考えられる。

以上のように、ナウキャスト地震情報はすべての場合に有効というわけではないが、うまく活用すれば人命を救えるチャンスがあることがわかる。ただし、その場合にも情報を得た瞬間に如何に機転を利かせることができるか、すなわち、日頃の訓練や防災意識で大きく効果が変わってくる。

気象庁では、過去に発生した地震に関して、ナウキャスト地震情報の精度と有効性の検証のために、シミュレーションを実施している。平成15年に発生した十勝沖地震では、地震動や津波の発生への対応に十分な活用可能性があったと報告されている<sup>4)</sup>。

### 3. 3 企業の地震防災とナウキャスト地震情報

災害時に企業が果たす役割として、国の防災基本計画<sup>10)</sup>では以下の点を挙げている。

- 1) 従業員と顧客の安全の確保
- 2) 事業活動の維持と社会経済の安定
- 3) 地域防災活動への貢献

また、(社)日本経済団体連合会においても2003年度事業計画<sup>11)</sup>の中に、企業の防災・危機管理体制や地域の防災体制における企業の役割等に関する検討が挙げられており、企業防災の推進を図る活動が行われている。

図-5には企業の災害時の役割とその企業や地域との関係を示す。従業員や顧客の安全の確保なくして、事業活動の維持はあり得ない。また、企業が窮地に陥ってしまった場合は地域防災活動への貢献は難しい。自らの企業を災害から守ることは結果的に地域防災への貢献に繋がり、また、地域の安全や早期復興はその後の企業活動の安定へと繋がっていく。



図-4 過去の地震における犠牲者の死因の割合

### 3. 3. 1 ナウキャスト地震情報の活用例

ここでは企業でのナウキャスト地震情報に関する2, 3の活用例を紹介する。

#### 1) 工場・作業所の安全確保 (図-6)

工場や作業所では、危険な場所で作業を行ったり、転倒や火災などの危険性のある機器を扱う場合も多い。また、人体に有害であったり、可燃性・爆発性の高い薬品や油脂等が保管されている場合もある。このような事業所では、高所などの危険な場所からの退避や危険作業の中断、また機器の安全停止等、人命保護と工場や作業所の安全性の確保は重要な問題である。ナウキャスト地震情報が作業者に伝えられれば、主要動到達前にその対応を行うことが可能になる。作業の中断・停止や退避といった行動は比較的短時間に行えるし、安全を優先すれば、あまり地震の大小に神経質になることなく実行に移してもよい。万が一、誤報が発生した場合でも、経済的な損失は殆ど生じない。ただし、生産ラインなどは一度停止すると経済的な損失が発生する場合もあり得るので、この場合には地震規模や主要動到達時間等の情報の精度と、安全性との兼ね合いを考慮した上での活用が必要である。即時性を活かすには自動制御が望ましいが、場合によっては、情報に基づいて人手を介した対応も考えられる。

#### 2) 従業員の安否確認

従業員が一つのオフィスに集まっている場合には、建物が倒壊したりしない限り従業員の安否確認は比較的容易である。しかし、企業によっては他の施設(工場や作業所)等に分散して多様な業務に従事していることがあり、この場合の確認は容易でない。例えば、このような場所での従業員の安全対策として以下のような方法が考えられる。すなわち、従業員は業務と防災に兼用できる携帯情報端末を所持し、企業の防災センターなどがナウキャスト地震

情報を受けた場合、即座に地震発生の情報(または行動の指示)を従業員の携帯情報端末に発信する。このとき同時に安否の連絡を地震が収まった後に通信するように指示を行う。従業員はこの連絡を受け、地震の揺れに備えると共に、揺れが収まった直後に携帯情報端末を通して安否情報を発信する。防災センターでは送られてきた安否情報を自動的に集計し、対応に当たる。一般の携帯電話でも可能であるが、所内連絡用の専用携帯端末ならば通信に要する時間はより短縮されると考えられる。ここでの利用のポイントは、安否報告の指示と地震発生に備えた準備の喚起を同時に行うことと、地震による通信の輻輳やトラブルの回避にある。場合によっては施設内の被害情報等を従業員が防災拠点センターに送信し、集約することできる。

#### 3) 企業内のアナウンス

地震発生情報を従業員に伝達する場合、携帯端末や所内放送などが考えられるが、ナウキャスト地震情報の内容や伝達する場所に依りて、伝達内容を使い分けることができると適切な指示を行うことができる。主要動到達までに時間的な余裕がある場合には、より安全な場所に短い距離を移動した方がよい場合もあるし、余裕がなければその場で危険回避の行動をとる方がよい場合もある。また、場所によってもそこから離れた方がよい場合もあるし、そこに留まった方が安全を確保できる場合もある。予め地震情報に基づいて自動的に指示が選択されれば時間的なロスが少なく、確実に指示が出せる。この場合には、時間・場所・機会を考慮して情報提供システムを構築することが重要であり、また、指示の内容はできるだけ具体的にし、あまり個々人の判断を必要としないものである方が効果的である。以上のような情報伝達システムは、企業内だけでなく一般の集客施設の防災対策としても有効である。

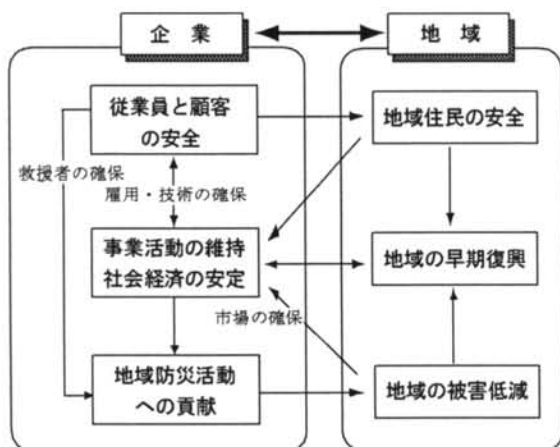


図-5 企業防災と地域防災

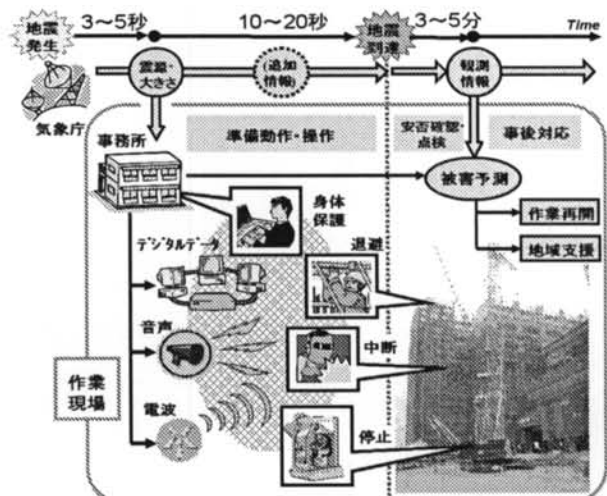


図-6 作業現場におけるリアルタイム地震情報の活用

### 3. 3. 2 ナウキャスト地震情報を使った試験

当社の技術研究所ではナウキャスト地震情報を使って、実際に機器を動作させたり、従業員の地震時の所在を確認したりする試験に取り組んでいる。

#### 1) 免震装置の挙動の動画撮影

2003年10月に竣工した技術研究所の本館は、写真-1に示すように、1階ピロティの6本の柱上部に設置された免震装置に支えられた免震構造となっている。また、写真-2のように、一台の免震装置の横には地震時の装置の挙動をモニターするためのビデオカメラが備えられている。このビデオカメラでの撮影をナウキャスト情報に基づいて主要動到達の数秒前から開始する信号を送って制御する試験を行っている。もともとビデオカメラは別途研究所に設置された地震計と連動し、常時保存している動画の少し前に遡って、ある時間分だけ保存部分を切り出す機能があるので、ナウキャスト地震情報で制御するまでもないが、両者の併用が可能であり、バックアップ機能として働く。

#### 2) 従業員の所在の確認

技術研究所では社内外の連絡用に従業員一人一人が敷地内で利用可能な構内PHSを携帯している。従業員はこれを常時携帯し、入社時に電源を入れ、退社時には電源を切って机の上に置くことになっている。このPHSは電話としての通信機能のほかに、従業員一人一人の所在を定期的にモニタリングし、空調・照明などの制御に役立てている。ナウキャスト地震情報を受けた場合に信号を送って、地震発生時の数秒前にこのモニタリングシステムを作動させ、従業員の所在の確認を行う試験を計画している。地震が発生した直後には電氣的な、あるいは機械的な思わぬトラブルの発生や誤動作が生じる可能性があり、主要動到達前にモニタリングすることにより確実性が増す。図-7には実際に、ある階にいる従業

員の所在を表示したものである。前述のように、技術研究所の本館は免震構造となっており、十分な耐震性を有するが、敷地内には多くの実験施設や作業場所があり、従業員の所在を瞬時に確認できるこのシステムは地震対策としても有効である。

#### 3. 3. 3 ナウキャスト地震情報の活用の要点

3. 3. 1~2の中で、ナウキャスト地震情報の活用の例を示したが、現状での活用法の要点として以下の点を挙げるができる。

##### 1) 情報の精度に大きく依存しない活用

ナウキャスト地震情報の特徴で述べたように、現状では第一報の精度に過大に依存した対策を講じるのは得策ではない。それよりは地震が発生したという情報、それがどの地域で発生したかといった基本的な情報の活用が第一歩と考えられる。

##### 2) 経済的な損失が生じにくい活用

これも情報の精度に関係したことであるが、たとえば機器の停止や始動により経済的な負担が発生する可能性がある場合、経済性と地震時の安全性を天秤にかけることになり、難しい選択となる。震源位置や規模の推定に多少の誤差があったとしても、大きな損失に至らない対策を考える方がよい。

##### 3) 時間的な余裕が見込める活用

直下型の地震に代表されるように、震源が当該地点に近い場合には、情報の受信から主要動が到達するまでの時間的余裕は非常に短く、講じることのできる対策やその効果は限定される。しかしながら、遠方で発生した地震では十分な時間的な余裕が生まれ、後からやってくる長周期の地震動がもたらす可能性のある現象（たとえば塔状構造物や超高層ビルの揺れ）への対策には有効であると考えられる。

##### 4) 地震後の通信の輻輳を避けた活用

兵庫県南部地震で経験したように、地震発生直後には電話が集中し、通信の輻輳が発生し易い。ナウ

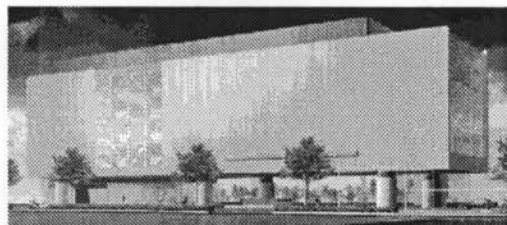


写真-1 技術研究所の概観

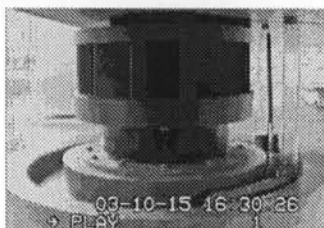


写真-2 撮影用ビデオカメラの映像

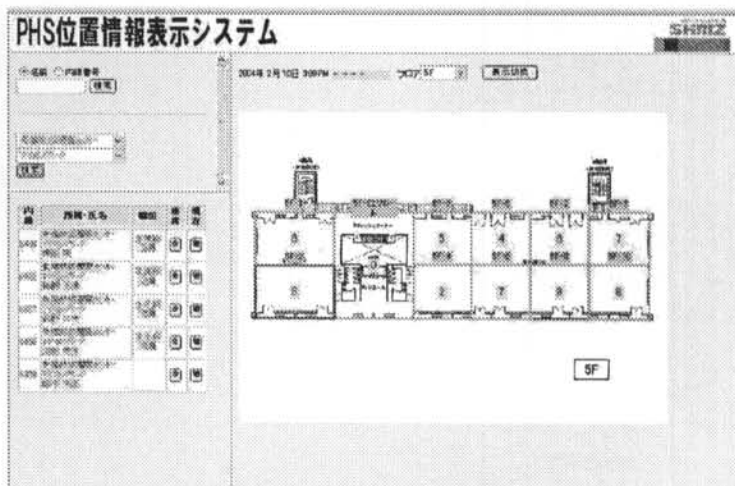


図-7 従業員の所在確認の例

キャスト地震情報は地震発生前に発信されるため、これを使った対策は地震後の輻輳には有効である。

#### 5) 地震対策の多重化としての活用

ナウキャスト地震情報に過大に依存した対策よりは、地震時に他の方法の相互補完として、ナウキャスト地震情報を使って対策の多重化を図ることができる。技術研究所での前述の試験例で示した他の対策との併用もその一つである。

### § 4. 活用の課題

今後、ナウキャスト地震情報が世の中に普及し、広く地震防災に役立つ情報となるために考えなければならぬ課題を整理してみる。

#### 1) 企業ニーズの発掘

ナウキャスト地震情報の活用に関しては、どのような場面で活用できるかまだ未知な部分が多い。ナウキャスト地震情報の特性をよく理解した上で、ニーズを発掘し、活用システムを構築していくことがこれからの一番大きな課題である。

#### 2) 精度の見極め

ナウキャスト地震情報の精度の検証や改善は今後も引き続き気象庁等での研究課題となると考えられるが、ユーザー側もナウキャスト地震情報の特性をよく理解し、精度の見極めを行った上で活用システムでの使い方を考えていくことが重要である。

#### 3) 通信手段

現在の配信試験は専用回線で行われているが、世の中への普及を考えた場合にはまだ高価である。将来的には「経済的に」「早く」「確実に」情報伝達される手段の開発が望まれる。

#### 4) 情報伝達内容

地震情報を従業員や顧客に伝える場合、内容の表現によっては、理解し行動するのに時間を要した

り、混乱やパニックを引き起こす可能性がある。人間心理も考えた伝達内容に洗練する必要がある。

#### 5) 日常的な利用と訓練

日頃から慣れ親しんだ通信手段によって、地震の情報を受けるほうが操作もし易く、混乱が少ないと考えられる。非常時の地震情報を日常の情報伝達手段の中で送受信できるような仕組み作りが大切である。また、ナウキャスト地震情報を有効に活用するために、防災マニュアルにもきちんと位置付け、防災訓練で繰り返し習熟することが重要である。

#### 6) 通信の輻輳への対応

ナウキャスト地震情報は地震発生直後から配信されるが、実観測情報は揺れが収まったあとも引き続き配信される。地震発生直後は通信の輻輳が懸念されるが、輻輳を事前に評価したり、シミュレーションするのは難しい。ナウキャスト地震情報を有効に活用するためには情報の受配信のシステムを多重化するなどの対策が必要である。

1)、2)の情報精度に関しては、気象庁や(独)防災科学技術研究所で引き続き検討を行っているところであり<sup>4)、6)</sup>、今後の改善が期待できるので、その時々で活用に関して再考する余地があろう。

### § 5. おわりに

人命の安全性の確保や経済損失の最小化の観点からは、建物の耐震性の確保が最重点課題であるが、ナウキャスト地震情報はその活用によって人命を救うことは可能であるし、地震後の災害の波及や2次災害の発生の防止にも多に役立つ利用価値の高い情報である。懸念されているような大地震が現実発生する前にナウキャスト地震情報の実用化が進み、有効な対策が講じられるように、当社でも引き続き研究開発を進めていく予定である。

#### <参考文献>

- 1) 中村豊：“世界最初の実用P波警報システム「ユレダス」の現状と将来”，第2回土木学会リアルタイム地震防災シンポジウム，2000.5
- 2) 清水善之，小金丸健一，中山涉，山崎文雄：“都市ガス施設における超高密度地震防災システム（SUPREME）”，第1回日本地震工学研究発表・討論会梗概集，p255,2001.11.
- 3) 上垣内修，東田進也，森本雅彦，長谷部大輔：“気象庁ナウキャスト地震情報の開発”，土と基礎，pp.19～21,2004.1.
- 4) 宇平幸一：“気象庁のナウキャスト地震情報について”，第3回国土セイフティネットシンポジウム資料，pp.1～3,2004.2.
- 5) 藤縄幸雄：“リアルタイム地震情報の利・活用に向けて”，第3回国土セイフティネットシンポジウム資料，pp.21～25,2004.2.
- 6) 堀内茂木：“リアルタイム地震情報の高度化に向けて”，第3回国土セイフティネットシンポジウム資料，pp.15～20,2004.2.
- 7) 日本建築学会：“1978年宮城県沖地震災害調査報告”，1980.2.
- 8) 日本建築学会：“1993年釧路沖地震災害調査報告・1993年北海道南西沖地震災害調査報告”，1995.8.
- 9) 阪神・淡路大震災調査報告編集委員会：“阪神・淡路大震災調査報告（共通編-1、総集編）”，2000.3.
- 10) 内閣府防災担当 HP:<http://www.bousai.go.jp>
- 11) (社)日本経済団体連合会 HP:<http://www.keidanren.or.jp>