

# リアルタイム地震防災システム

長 島 一 郎

大成建設では、工事作業所における作業員の地震時安全確保のため、工事の進捗に応じて日々変化する危険作業エリアへの警報配信を実現するため、特定小電力無線を利用した可搬型無線警報システムを開発した。試験と改良を重ねて、2007年1月から建築工事作業所で運用を開始している。本システムでは多重同報通信と呼ぶ通信方式により、作業エリア内への自由な警報機配置を実現するとともに、警報配信のスピードと冗長性を確保している。本報告では、本システムの概要と建築工事作業所への適用例紹介と合わせて、大成建設のリアルタイム地震防災システムと展開状況を紹介する。

キーワード：工事作業所、緊急地震速報、無線警報システム、特定小電力無線、多重同報通信、防災

## 1. はじめに

リアルタイム地震防災システムは、地震発生時に気象庁の緊急地震速報を受信し、その地震速報を利用して、地震の大きな揺れが到達する前に、揺れの大きさと到達時刻を予測・配信するシステムである。大成建設技術センターでは、2005年3月から本システムの試験運用を開始し、現在まで多くの実証データを取得するとともに、様々なノウハウを蓄積している。

2006年5月からは霞ヶ関合同庁舎7号館建築工事作業所で、10月からは新日本石油仙台製油所土木工事作業所で作業員の安全避難のための試験運用を開始した。また、2006年10月から工場での従業員の安全避難に資するため、高知カシオ(株)殿と共同で実証試験を継続している。

本報告では、大成建設で開発したリアルタイム地震防災システムの概要、効果の検証事例、本システムの展開状況、工事作業所における警報配信のために開発した可搬型無線警報システムとその運用方法について紹介する。

## 2. リアルタイム地震防災システム<sup>1)</sup>

気象庁では、震源近くの地震計が地震の縦揺れ（P波）を検知すると、直ちに地震の起きた場所と規模を推定し、その情報を緊急地震速報として配信するシステムを整備し、2004年2月から試験運用を開始している。2006年8月からは、特定利用者向けの本運用

が始まっており、2007年の10月1日からは一般利用者向けの本運用が開始される予定である<sup>2)</sup>。

大成リアルタイム地震防災システムは、地震発生時に気象庁の緊急地震速報を受信し、その地震速報を利用して、地震の大きな揺れが到達する前に、揺れの大きさと到達時刻を予測・配信するシステムである。図-1に示す通り、パソコン表示システム、携帯メール配信システム、警告灯点灯システム、電光掲示板表示システム、緊急館内放送システム、工事作業所に新たに開発した可搬型無線警報システムなどのメニュー

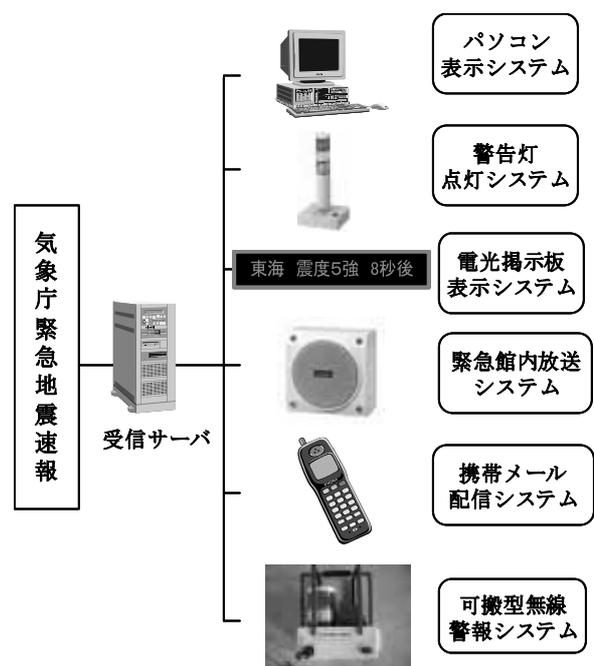


図-1 大成リアルタイム地震防災システムの構成

ーにより構成している。

本システムの特徴は、気象庁からの緊急地震速報を基に、全国一律の評価ではなく、想定地点における地盤のデータや過去の地震観測記録を分析し、揺れの予測精度を高めている点にある。更に、今後発生が懸念される、東海地震や東南海地震、南海地震等の大地震については、あらかじめ震源位置やマグニチュードのデータベースを構築しておき、どの地震が発生したかを瞬時に推定表示するシナリオ地震判定機能も有している。

オフィス等のパソコンを常時使う環境では、パソコン表示システムが有用であり、平常時はパソコンを通常業務に使用し、警報を受信した場合のみ、図-2に示す通り警告が画面上にポップアップ表示される。表示内容は、日本地図上にプロットした地震発生場所、想定地点における震度、地震動が到達するまでの余裕時間である。余裕時間は、カウントダウン表示される。想定地点としては、システム設置場所の他に、全国の支店や事業所等の複数地点が設定可能で、これらの地点の震度情報も表示される。



図-2 パソコン表示システム

工事作業所や工場で作業員の安全避難や危険作業中止に使う場合は、警告灯点灯システムや、電光掲示板表示システム、緊急館内放送システムなどが有用である。警告灯点灯システムは、推定震度に応じて点灯色を変えることが可能である。緊急館内放送システムの場合は、音声による警報であり、広い範囲に一度に警報配信出来るが、他の警報システムに比べて情報伝達に時間を要するため、簡潔な音声表現を工夫する必要がある。

携帯メール配信システムは、警報配信の速さの点で

は他の表示システムに劣るが、地震時に離れた場所にいる関係者へも連絡して緊急集合を促す等、初動体制の早期確立に有用と考えられる。

工事作業所など危険作業エリアが工事の進捗と共に変化する環境では、ケーブル敷設が不要で設置場所を自由に変更可能な無線警報システムが有効である。可搬型無線警報システムは、このようなニーズを元に開発したシステムである。

### 3. 効果の検証

当社技術センターでは、2005年3月から本システムの試験運用を開始している。本館オフィスでは社員全員にパソコン表示システムを導入し、同時に構造実験棟や化学実験室など研究・実験施設には警告灯点灯システムを設置し、現在まで多くの実証データを取得するとともに、様々なノウハウを蓄積している。

当社では、1996年から大成地震観測ネットワークを構築し、技術センターと全国の支店を中心に地震計を設置して地震観測を行っており、これらの地震観測記録とリアルタイム地震防災システムの警報配信記録を比較することで、地震動到達までの余裕時間や推定震度を検証している。

システム運用中の2005年7月23日に千葉県北西部で発生した地震の震源と観測点の位置を図-3に、各地の地震動到達までの余裕時間を比較して図-4に示す。緊急地震速報では、地震規模や発生位置の推定値が、ある範囲以上更新される毎に情報が配信されるが、本事例では速報性と推定精度を勘案して、第3報受信時に警報配信を行った。

新宿観測点までの震央距離は83.9 km、余裕時間は約8秒、技術センターのある戸塚までの震央距離は

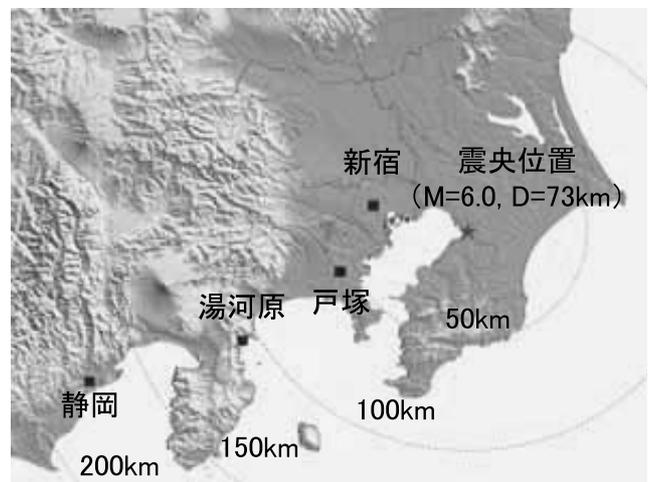
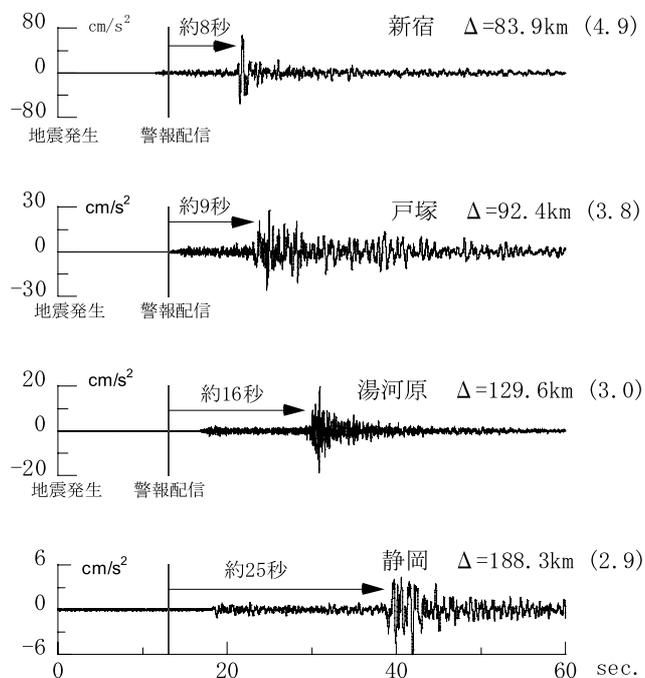


図-3 震源と観測点の位置



Δ：震央距離，（）内は計測震度

図一 各観測点の余裕時間と震度

92.4 km, 余裕時間は約 9 秒であった。湯河原と静岡では、それぞれ約 16 秒と約 25 秒の余裕時間が得られた。ただし、実際の地震のマグニチュードは 6.0, 震源深さは 73 km であったが、第 3 報受信時のマグニチュードと震源深さの推定値は 5.0 と 64 km であったため、各地の震度の推定値は実際よりも 1 程度小さく評価された。

#### 4. リアルタイム地震防災システムの展開

2007 年 2 月の技術センターリニューアル工事に合わせて、警告灯点灯システムを合計 70 台まで増設し、本館オフィスと殆ど全ての研究・実験施設において警報灯を目視確認出来るようにシステムを増強した。

霞ヶ関合同庁舎 7 号館建築工事作業所では、2006 年 5 月から作業員の安全避難と監督社員の地震時初動体制の早期確立を図るため試験運用を開始した。事務所では、社員全員の 58 台のパソコンにパソコン表示システムを導入し、警告灯点灯システムを 2 台設置した。作業エリアへは当初無線 LAN により警告灯点灯システムへ警報配信を行ったが、作業の進捗に応じて壁、柱、床等の障害物が増えるため、無線 LAN で接続を確保するのは容易ではないことが判明したため、作業所での試験と改良を重ねて、後述する特定小電力

無線を利用した無線警報システムを開発し、作業エリアへ 4 台設置した。

新日本石油仙台製油所土木工事作業所では、2006 年 10 月からクレーン作業の安全性向上と監督社員の地震時初動体制の早期確立を図るため試験運用を開始した。事務所では、社員全員の 13 台のパソコンにパソコン表示システムを導入し、警告灯点灯システムを 1 台設置した。作業エリアでは現場クレーンに警告灯点灯システムを 1 台設置した。現場クレーンは比較的良好の見通しの良い場所にあるため、200 m 程度離れた事務所とクレーンの間に中継局を設けて無線 LAN により警報配信している。

2006 年 10 月から工場での従業員の安全避難に資するため、高知カシオ(株)殿と共同で実証試験を継続している。工場棟 3 棟と事務所棟に警告灯点灯システムを 19 台設置し、館内放送でも警報を伝達する。特に、近い将来発生が懸念されている南海地震に対する従業員の避難安全性向上が最大の目的である。実証試験で実証データと利用ノウハウを蓄積し、将来的には機器制御への展開も視野に入れている。

#### 5. 可搬型無線警報システムの開発

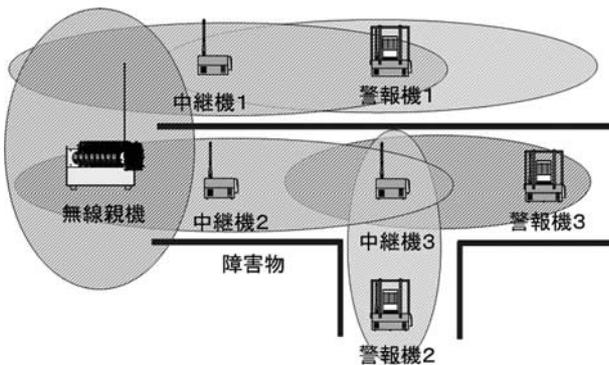
工事作業所では、工事の進捗に応じて危険作業エリアが日々変化する点が大きな特徴である。そのため、有線 LAN を敷設するのは合理的では無く、設置場所を自由に変えられる無線警報システムが有効である。ただし、建築工事作業所は、柱、壁、床等の障害物が多い設置環境のため、高周波数の 2.3 GHz 帯の無線 LAN は電波の直進性が強く、障害物で電波が遮られてしまう問題が発生する。その点、低周波数の 400 MHz 帯の特定小電力無線は、電波の波長が長く障害物を回り込んで伝わる性質があるため、障害物の多い設置環境でも有効である。本システムの特徴は、下記の通りである。

- ・特定小電力無線を利用（免許不要）。
- ・ノイズレベルの小さな周波数帯を自動選定。また、クレーン等で使用しているトランシーバの周波数帯を外して設定することが可能。
- ・親機、中継機、警報機から構成。親機は警報配信サーバのパソコンと RS232C で接続し、親機～中継機～警報機は無線で通信する。
- ・中継機は警報機能を持たず、障害物を迂回して警報機へ警報配信するために設置する。
- ・各中継機と警報機が全て同一チャンネルで同報通信（多重同報通信）を行う。これにより、警報配信の

スピードと配信ルートの冗長性を向上。

- ・同一チャンネルでの通信のため、通信ルートを固定する必要がない。自由に中継機、警報機の移動が可能。
- ・現場で中継機や警報機を移動させながら、無線の接続状況確認が可能。
- ・中継機、警報機周辺のノイズレベルや受信状態を警報配信サーバのパソコン側から定期的に自動確認し、警報配信の信頼性を向上（ステータス確認と呼ぶ）。
- ・バッテリーにより、電源をバックアップ。停電でも2日間程度は使用可能。

図一5は、多重同報通信と呼ぶ警報配信方法のイメージ図である。中継器を利用した通信では、予め中継ルートを決めて、中継器の受信と送信のチャンネルを変えて通信が行われることが多いが、本システムでは各中継器が全て同一チャンネルでタイミングをずらせて送信と受信を行う。これにより、予め配信ルートを固定する必要がなくなり、中継機と警報機を電波が届く範囲に適当に配置することにより、自動的に配信ルートを確立することが可能で、また配信ルートの冗長性も向上させることが出来る。

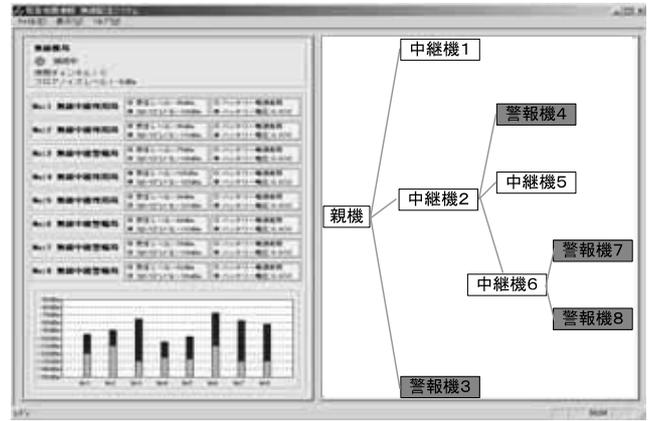


図一5 多重同報通信のイメージ

警報配信とは別に、受信レベルが一定以上の通信ルートが、親機から警報機まで確保されている事を、ステータス確認として1日に数回程度、警報配信サーバのパソコン側から自動的にチェックする。これにより警報配信の信頼性を向上させている。図一6に通信ルート確認の表示例を示す。配信ルート、受信レベル、ノイズレベル及びバッテリー電源の状態が確認できる。

## 6. 工事作業所での運用

図一7に霞ヶ関合同庁舎7号館建築工事作業所に



図一6 ステータス確認の例

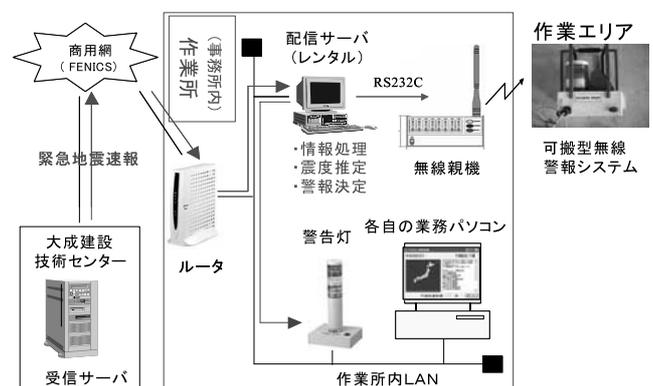
導入した大成リアルタイム地震防災システムの構成を示す。工事作業所では、気象庁の緊急地震速報を、技術センター経由で商用網を利用して受信し、工事事務所に設置した警報配信サーバで震度や到達時刻の推定計算を行い、社員のパソコンや警告灯点灯システム及び可搬型無線警報システムへ警報配信している。

可搬型無線警報システムは、2007年1月から導入し、実証試験を継続している。現在の警報機の配置は、親機を事務所に設置し、警報機を外部の講堂棟屋上に1台、2ヶ所ある朝礼広場に各1台、職長室に1台、合計4台設置している。これらの警報機へ警報配信するため中継器を2台作業エリアへ設置している。無線警報システムの機器を写真一1に、設置状況例を写真一2に示す。

### (1) 工事作業所への展開基本方針

工事作業所におけるリアルタイム地震防災システムの展開は、以下のような基本方針に沿って進めている。

- ・モデルとなる工事作業所で試験運用し、システム運用のノウハウを構築し、他の作業所への展開を図る。
- ・工事工程中の不安定要因が多い期間（山留工事、鉄



図一7 大成リアルタイム地震防災システムの構成（作業所）



写真一 無線警報システム



写真二 警報機の設置状況

骨建て方工事、外部足場工事)を中心に展開を進める。

- ・地震時の危険度が高い工事(耐震補強工事, 免震レトロフィット工事, 解体工事等)を中心に展開を進める。

## (2) 運用方法

リアルタイム地震防災システムの運用は、以下のような原則的な考え方に基づいて進めている。

- ・作業員の身の安全を守る事を第一の目的とする。
- ・一定以上の震度が予測された場合に、警告灯と警報音で知らせる。
- ・新規入場者教育時に、全作業員に大成リアルタイム地震防災システムの機能と利用方法について説明を行い、周知徹底する。
- ・本システムを有効に活用するため、事前訓練が重要である。日々の朝礼及び月に一回の安全大会の機会等を利用して、対処法を周知する。
- ・警報機は作業所で就業する全員の目に入りやすい位置に設置する。
- ・地震発生時の危険度が高い場所(クレーンによる吊り荷作業, 鉄骨建て方作業, ホール天井工事, 大規模足場上作業等の高所危険作業を行う場所)へ、無

線利用によりスポット的に設置する。

工事作業所では、多くの作業員が一定工期で入替わるため、警報作動時の行動指針は、出来るだけ単純化してわかりやすく伝達する必要がある。警報配信は、震度4以上の揺れが推定される場合に限り、一般作業員、火気使用者、高所作業員に対して、必要最低限の行動を示した指針を作成し、人の目に付きやすい所に表示し、周知徹底を図っている。行動指針の例を図-8に示す。

## 大成リアルタイム地震防災システム

中央合同庁舎7号館整備等事業 建築工事作業所

### ○大成リアルタイム地震防災システム

地震による大きな揺れを事前に、警告灯と警報音で知らせるシステムです。

### ○警報が出たときの行動指針

警報作動時の 行 動 指 針	
震度 4 以上	点灯・警報
	① 高所作業員は → 安全帯を確認して足元を確保する。 → 構造体につかまり、揺れに備える。 ② 火気使用者は → 火気を消火ノスイッチをOFFにする。 ③ 一般作業員は → 落下倒壊危険物から離れる。 → 足元の不安定な場所から退避する。

○地震が来るまでの時間は、数秒～10秒程度です。

○平常時から、警報作動時の心構えと退避行動ができるよう訓練すること。

○余震に注意し、危険物を避けて行動すること。

### ○利用上の注意

- (1) 警報は間に合わない場合があります。(近くで地震が起きた場合)
- (2) 誤報が発信される可能性があります。
- (3) 警報を、訓練を受けた関係者以外へ知らせてはいけません。
- (4) 警告灯を移動させる場合は、監督者に申し出て許可を取ること。

図-8 警報作動時の行動指針

## 7. まとめ

大成建設では、オフィスや学校などの防災と安全な避難、工事作業所や電子・デバイス工場等での危険作業の停止、病院での手術時の安全確保等への活用を目指し、避難安全性を高め、事業継続性を確保するための有効な技術として、リアルタイム地震防災システムを開発し、検証と展開を進めている。今回、工事作業所における作業員の地震時安全確保のため、日々変化する危険作業エリアへの警報配信を実現するため、可搬型無線警報システムを開発した。本報告では、本システムを中心に、大成建設でのリアルタイム地震防災システム開発と展開状況を紹介した。

今後は、平成19年度内を目途に実証試験結果に基づいて更なる改良と製品版の開発を予定しており、工事作業所以外の工場等への展開も進める予定である。

### 謝辞

本報告で紹介した、可搬型無線警報システムは大成建設株と(株)サンコーシヤ(本社・東京都品川区)が共同開発したものです。関係各位に謝意を表します。

JCMA

### 《参考文献》

- 1) 長島一郎他：大成リアルタイム地震防災システム - システム開発と展開 -, 大成建設技術センター報, 第39号(2006.6)
- 2) 気象庁ホームページ：緊急地震速報について,  
<http://www.seisvol.kishou.go.jp/eq/EEW/kaisetsu/index.html>
- 3) 坂下克之他：緊急地震速報の建設工事現場への適用とその課題, 土木学会地震工学論文集, 2007年8月(投稿中)

### 【筆者紹介】

長島 一郎 (ながしま いちろう)  
大成建設株技術センター  
建築技術研究所防災研究室 耐震チーム  
チームリーダー



## 建設の機械化／建設の施工企画 2004年バックナンバー

平成16年1月号(第647号)～平成16年12月号(第658号)

1月号(第647号) ロボット技術特集	5月号(第651号) リサイクル特集	9月号(第655号) 維持管理特集	■体裁 A4判 ■定価 各1部840円 (本体800円)
2月号(第648号) 地震防災特集	6月号(第652号) 海外の建設施工特集	10月号(第656号) 環境対策特集	■送料 100円
3月号(第649号) 地下空間特集	7月号(第653号) 安全対策特集	11月号(第657号) 除雪技術特集	
4月号(第650号) 行政特集	8月号(第654号) 情報化施工特集	12月号(第658号) 新技術・新工法特集	

### 社団法人 日本建設機械化協会

〒105-0011 東京都港区芝公園3-5-8 (機械振興会館)

Tel. 03(3433)1501 Fax. 03(3432)0289 <http://www.jcmanet.or.jp>