

緊急地震速報等を活用した建築物の安全性向上の
技術開発研究に関する報告書

平成 25 年 3 月

建築研究開発コンソーシアム

第1章 はじめに	1- 1
第2章 緊急地震速報等の概要	2- 1
2.1 緊急地震速報の概要	2- 1
2.1.1 高度利用と一般利用	2- 1
2.1.2 緊急地震速報、地震、津波情報	2- 3
2.1.3 緊急地震速報の改良	2- 6
2.2 オンサイト地震情報の概要	2-11
2.2.1 建物固有のオンサイト地震情報	2-11
2.2.2 地盤の強震観測情報	2-12
2.2.3 緊急地震速報とオンサイト情報の利活用	2-13
第3章 アンケート・ヒアリング調査	3- 1
3.1 アンケート結果	3- 1
3.2 ヒアリング結果	3- 7
第4章 技術テーマ設定	4- 1
4.1 緊急地震速報等を活用した建築物の安全性向上の体系図	4- 2
4.2 技術テーマの詳細	4- 3
第5章 まとめ	5- 1

第1章 はじめに

本報告書は、平成23年度に建築研究開発コンソーシアムが（株）日本建築住宅センターから受託した「建築・住宅分野における減災・防災に関する調査研究業務（同分野における「高度利用者向け緊急地震速報」の利活用事例と、新たな利活用方策の検討）」の継続調査である。

平成23年度調査において、委員会を設置し、建築・住宅分野での高度利用者向け緊急地震速報の有効な利活用事例の収集・整理、及び新たな利活用方策の提案が行われ、「高度利用者向け緊急地震速報の新たな利活用方策」として、「配信・観測情報の利用」、「予測情報等の提示」、「建築物・設備機器等の制御」、「導入・運用（周知・訓練等）」の4分野について幾つかのアイデアが提案された。

平成24年度の業務は、平成23年度調査の成果を踏まえ、「予測情報等の提示」、「建築物・設備機器等の制御」の2分野に焦点を当て建築物の安全性を向上させる技術開発に向けて、以下の検討を行った。

- 1) 具体的な技術テーマの設定
- 2) 技術開発の目標・方法の検討
- 3) その実用化・事業化方策についての提案

検討にあたっては、建築研究開発コンソーシアムに「緊急地震速報等を活用した建築物の安全性向上の技術開発研究会」（主査：久田嘉章 工学院大学建築学部教授）、ワーキンググループ（リーダー：久保智弘 工学院大学建築学部特任助教）を設置して実施した。

研究会、ワーキンググループは次ページ以降に示す体制で検討を行った。

緊急地震速報等を活用した建築物の安全性向上の技術開発研究会

(敬称等略、研究員五十音順。平成 25 年 3 月現在。)

主 査	久田 嘉章	工学院大学 建築学部 教授
研究員	青井 真	独立行政法人 防災科学技術研究所 観測・予測研究領域 地震・火山防災研究ユニット 地震・火山観測データセンター長
〃	大保 直人	特定非営利活動法人 リアルタイム地震情報利用協議会 専務理事
〃	久保 智弘	工学院大学 建築学部 特任助教
〃	恒川 裕史	株式会社 竹中工務店 技術研究所 地震工学部門 主任研究員
〃	登内 道彦	緊急地震速報利用者協議会 事務局
〃	中村 正博	株式会社 ANET 取締役
〃	南部 世紀夫	清水建設株式会社 技術研究所 安全安心技術センター 主任研究員
〃	保井 美敏	戸田建設株式会社 技術研究所 地盤震動チーム 主管
〃	山内 泰之	建築研究開発コンソーシアム 学会会員
オブザーバー	村主 英明	株式会社日本建築住宅センター 研究開発部長
事務局	中村 修三	建築研究開発コンソーシアム 事務局長
〃	槌本 俊典	建築研究開発コンソーシアム 事務局 部長

ワーキンググループ

(敬称等略、委員五十音順)

リーダー	久保 智弘	工学院大学 建築学部 特任助教
委 員	大保 直人	特定非営利活動法人 リアルタイム地震情報利用協議会 専務理事
〃	中村 正博	株式会社 ANET 取締役
〃	保井 美敏	戸田建設株式会社 技術研究所 地盤震動チーム 主管
事務局	中村 修三	建築研究開発コンソーシアム 事務局長
〃	槌本 俊典	建築研究開発コンソーシアム 事務局 部長

第2章 緊急地震速報等の概要

本章では、緊急地震速報とオンサイト地震情報の概要について述べる。

2.1 緊急地震速報の概要

2.1.1 高度利用と一般利用

ある地点の地震計で観測される地震波を使って、その遠方での地震の揺れについて報知するというアイデアは、既に1868年のアメリカにおいて見られるとのことである¹⁾。日本では1972年に伯野が“地震警戒システム”についてアイデアを発表しており、その中で、地震の発生が予想される地域一帯に地震計を密に配置し、発生した地震の記録をセンターに送り被害発生を判断するシステムが示されており²⁾、現在の緊急地震速報の祖形と言える。

現在実用化されている緊急地震速報は、気象庁と鉄道総研による「ナウキャスト地震情報」と防災科学技術研究所による「リアルタイム地震情報」から始まっている。2004年からの実証実験期間を経て、2006年8月から先行的に開始された「高度利用者向け緊急地震速報」が現在の「緊急地震速報（予報）」につながり、2007年10月から開始された「一般向け緊急地震速報」が現在の「緊急地震速報（警報）」につながっている（図-2.1.1）。

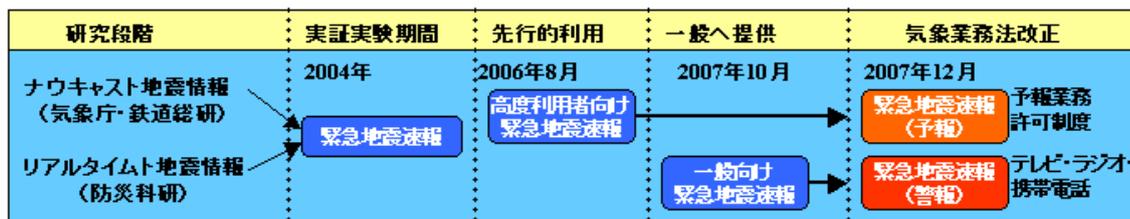


図-2.1.1 緊急地震速報の経緯

気象庁は緊急地震速報や気象情報などに関する予報及び警報を発表するが、予報及び警報については気象業務法の第13条～第24条で定めており、第13条では、気象庁が地象（地震にあっては、地震動に限る。）についての一般の利用に適合する予報及び警報を行う義務を負うこと、第23条では、気象庁以外の者が地震動の警報をしてはならないことを定めている。

緊急地震速報には2種類の情報があるが、これらは、気象庁の資料では一般に「緊急地震速報（警報）」と「緊急地震速報（予報）」と記載される（例えば「緊急地震速報を適切に利用するために必要な受信端末の機能及び配信能力に関するガイドライン」

<http://www.seisvol.kishou.go.jp/eq/EEW/kaisetsu/guideline.pdf>）。

緊急地震速報（警報）は気象庁のみが発表できる情報であり、かつ、気象庁が一般の利用に供する義務を負い、東京都23区などある程度の広さをもった範囲に発表されるのに対し、緊急地震速報（予報）は気象庁が発表する予報を元に地震動の予報業務許可事業者が利用者の要望に合わせた情報を発表することができる。

本報告書では主に緊急地震速報の利用方法を検討することから「緊急地震速報（予報）」、「緊急地震速報（警報）」の代わりに、「高度利用者向け緊急地震速報」、「一般向け緊急地震速報」と表記することとする。なお、高度利用者向け緊急地震速報と一般向け緊急地震速報の特徴を表-2.1.1に示す。

表-2.1.1 高度利用者向け緊急地震速報と一般向け緊急地震速報の特徴

種類 項目	高度利用者向け緊急地震速報 緊急地震速報（予報）	一般向け緊急地震速報 緊急地震速報（警報）
利用目的	特定の場所での予想震度、猶予時間を求めることができ、安全の確保や各種制御に使用できる。	広く一般へお知らせする情報で、テレビ、ラジオ、携帯電話で利用。
対象範囲	ピンポイントの場所	全国を約200に分割した範囲 (都道府県を3～4に分割した広い範囲)
発表タイミング	地震検出後4秒から6秒程度	緊急地震速報（予報）の第1報から数秒後
発表条件	<ul style="list-style-type: none"> ・1つの地震計でも強い揺れを検出したとき ・全国の震度観測点（約1,000）のいずれかで震度3以上の揺れが予想されたとき ・地震の規模がマグニチュード3.5以上のとき 	全国の震度観測点（約1,000）のいずれかで震度5弱以上の揺れが予想されたとき、震度4以上の揺れが予想される地域に発表。
利用地震観測点数	1観測点でも揺れを観測したとき	2観測点以上で揺れを検出したとき
発表通数	数通～20通程度	原則1通
情報内容	<ul style="list-style-type: none"> ・地震発生日時刻（年月日時分秒） ・地震識別番号 ・震央地名 ・震央の緯度経度（1/10単位） ・震源の深さ（km単位） ・地震の規模（マグニチュード） ・最大予想震度 ・データの確からしさ（震央位置、深さ、規模） ・地震の発生場所（海、陸） ・最大予想震度の変化 ・警報の判別、最大予想震度と主要動到達予想時刻（地域コード、階級震度、時分秒、到達予想状況） 	<ul style="list-style-type: none"> ・地震発生日時刻（年月日時分秒） ・地震識別番号 ・震央地名 ・強い揺れが推定される地域名（地方単位、都道府県単位、地域単位（全国を約200に分割した地域名））。あらかじめ気象庁で計算した結果で、予想度4及び5弱以上の地域名が発表される。
情報の発信者	地震動に関する予報業務許可事業者 (気象庁が発表する緊急地震速報（予報）を用いて、ピンポイントの予測震度等を発表)	気象庁
入手先	地震動に関する予報業務許可事業者 (気象庁→気象業務支援センター→ 配信事業者→予報許可事業者)	ラジオ、テレビ、携帯電話、防災行政無線など
利点・欠点	<p>利点</p> <ul style="list-style-type: none"> ・特定の場所での震度・揺れの到達までの猶予時間を知ることができる ・任意の震度で報知可能 ・緊急地震速報（警報）より早く報知可能 ・各種制御等が可能（病院のドア、生産ライン等） ・端末機器を使用した訓練が可能 <p>欠点</p> <ul style="list-style-type: none"> ・常時接続型の回線が必要 ・受信端末機器が高価 ・配信事業者と契約が必要（配送料が必要） 	<p>利点</p> <ul style="list-style-type: none"> ・情報受信の経費が発生しない。 ・専用ラジオなど安価な機材が多い <p>欠点</p> <ul style="list-style-type: none"> ・特定の場所の震度を示すものでなく、比較的広い範囲を対象とした情報 ・緊急地震速報（予報）より遅い ・揺れの到達までの猶予時間は報知されない ・ラジオ、テレビでは全国放送のものがあり放送の内容を確認しないと対象範囲が判断できない ・ラジオ、テレビでは夜間等電波が停波しているときは放送されない ・機器の制御等は困難 ・ラジオ、テレビ、携帯電話を使用した訓練は不可能

参考（気象業務法抜粋）

（予報及び警報）

第 13 条 気象庁は、政令の定めるところにより、気象、地象（地震にあつては、地震動に限る。第 16 条を除き、以下この章において同じ。）、津波、高潮、波浪及び洪水についての一般の利用に適合する予報及び警報をしなければならない。

（警報の制限）

第 23 条 気象庁以外の者は、気象、地震動、火山現象、津波、高潮、波浪及び洪水の警報をしてはならない。ただし、政令で定める場合は、この限りでない。

2.1.2 緊急地震速報、地震、津波情報

(1) 緊急地震速報の仕組み

地震が発生すると初期微動の P 波（縦波：約 7km/s）と主要動の S 波（横波：約 4km/s）が同時に発生するが、速度の速い P 波はより早く伝わるので、震源に近い地震計で捉えた P 波の観測データをすぐに解析し、震源の位置や地震の規模（マグニチュード）を推定し、これに基づいて各地での主要動の到達時刻や震度を推定し、大きな揺れを伴う主要動が到達する前に、地震の発生を知らせる情報が緊急地震速報である。地震の規模や位置を観測するために使われている地震観測点は全国に約 1000 箇所あり、このうち約 220 点は気象庁の多機能型地震計で、他の約 800 点は（独）防災科学技術研究所 Hi-net の観測点である。これらの観測点で観測された地震データは常時気象庁本庁（千代田区大手町）の地震活動等総合監視システム（EPOS）と大阪管区气象台（大阪府中央区大手前）の EPOS へ伝送され監視される。通常は気象庁本庁 EPOS で作成された緊急地震速報が提供されるが、何らかの原因で気象庁本庁から提供できないときは大阪管区气象台 EPOS で作成された緊急地震速報が提供される（図-2.1.2）。

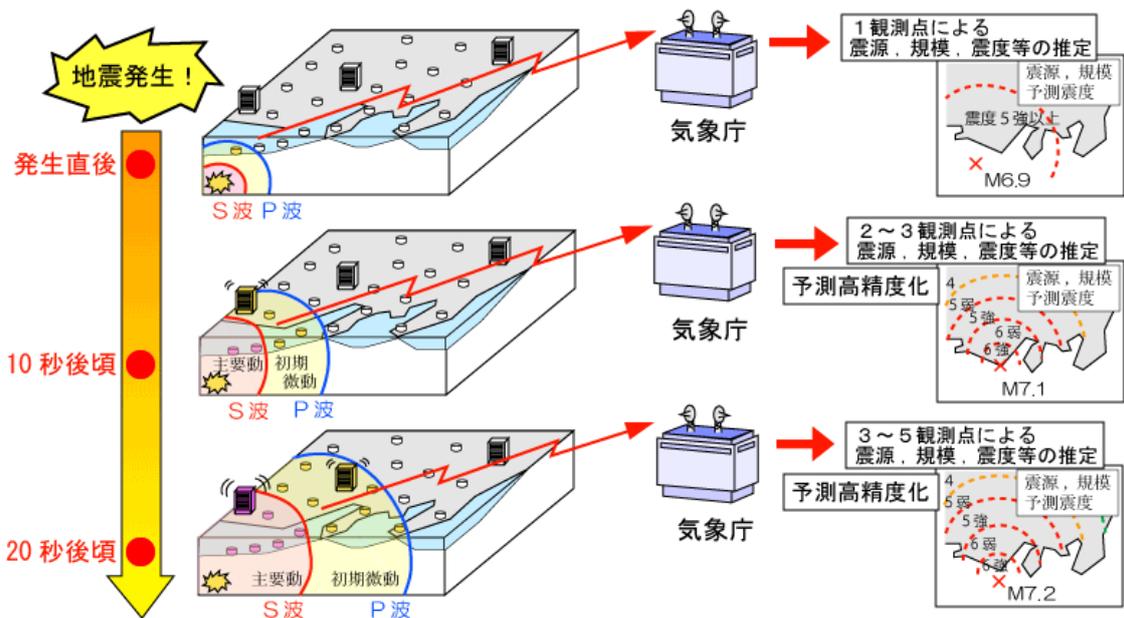


図-2.1.2 地震発生からの時間経過・地震波の伝搬・緊急地震速報の発表(気象庁提供)

地震波の伝搬と共により多くの地震観測点の地震計で次々と地震を感知し、これらの観測されたデータを用いて解析し、緊急地震速報(予報)は更新され発表される。最初の地震波の検出からある程度の時間が経過し、ほぼ精度が安定したと考えられるタイミングで最終報として、その時点での最新の処理結果が発表され、一つの地震に対する一連の緊急地震速報の発表が終了する(図-2.1.3、表-2.1.2)。

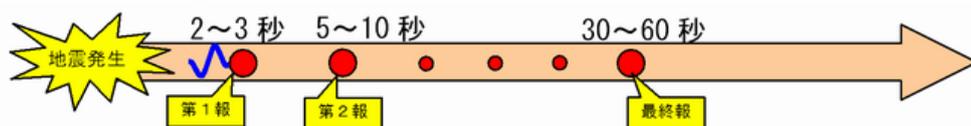


図-2.1.3 複数の情報から構成される緊急地震速報(予報)の時系列(気象庁提供)

表-2.1.2 緊急地震速報(予報)の更新条件

要素	地震の発生域	
	内陸	内陸
震源の位置	緯度経度で0.2度以上の変化	緯度経度で0.4度以上の変化
深さ	20km以上の変化	40km以上の変化
地震の規模	マグニチュードが+0.5以上または-1.0以上変化したとき	マグニチュードが+0.5以上または-1.0以上変化したとき
最大予測震度	+0.5または-1.0以上変化したとき	+0.5または-1.0以上変化したとき

(2) 気象庁が発表する地震・津波情報

地震が発生すると気象庁は観測情報等を解析し、震度情報や震源に関する情報、また、津波の情報等を発表する。

地震発生後、最初に発表される情報は緊急地震速報（予報）で、その後、緊急地震速報（警報）、震度速報と続く。津波のおそれがあり、被害が予想されるときは、津波の到達予想時刻等が、津波警報、津波注意報、津波予報として発表される。実際に津波が観測された時はその高さが津波情報で発表される。これらの情報の発表タイミングの概略を、図-2.1.4に示す。

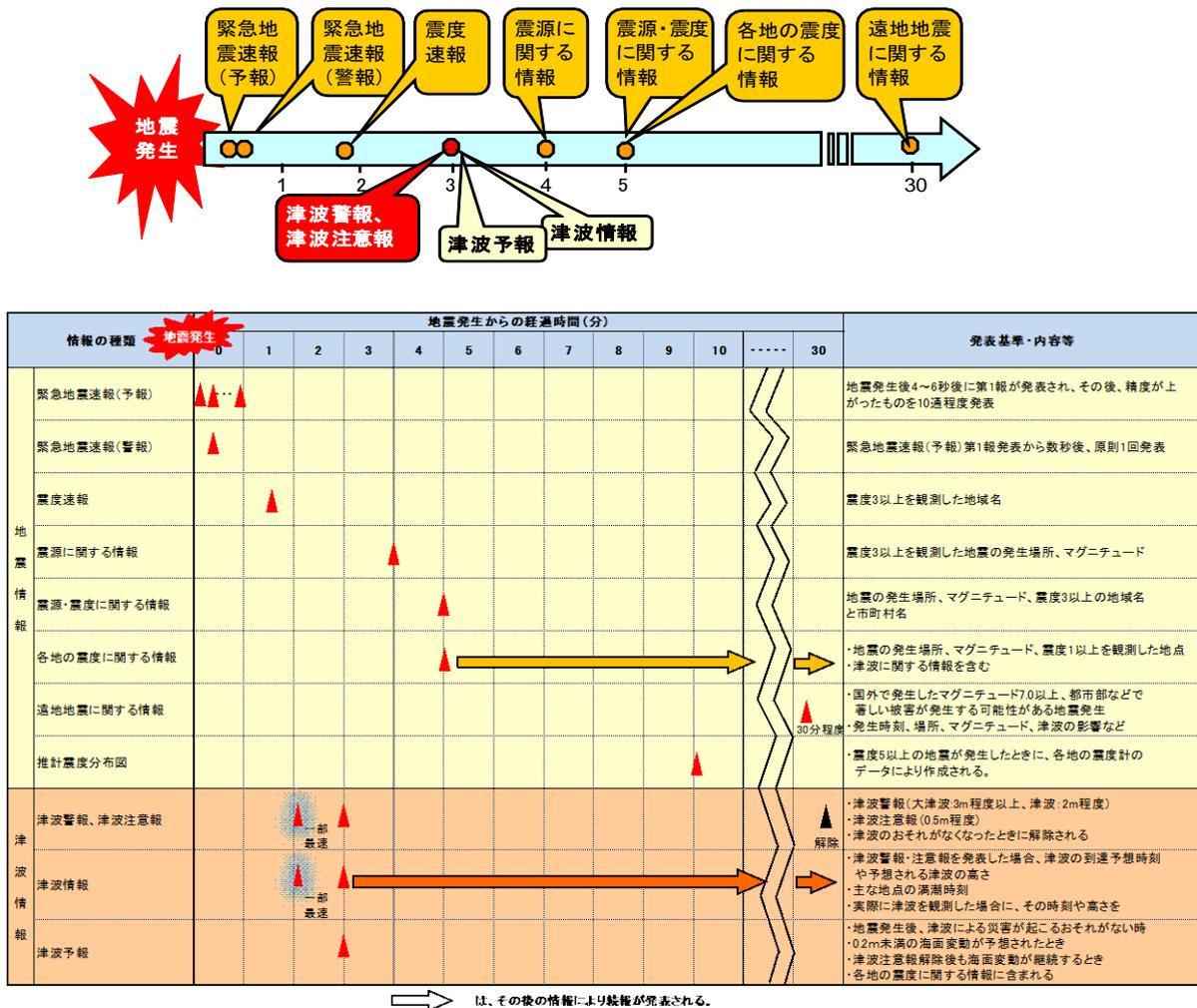


図-2.1.4 地震・津波に関する情報の発表タイミング

(3) 緊急地震速報の課題

現段階においては、緊急地震速報には次のような技術的限界があり、この限界を十分理解して利用する必要がある。

- ・地震の発生に伴うP波とS波の伝搬時間差を利用した情報の提供のため、震源との距離が近い震源直上(直下型地震)やその周辺では情報の提供から主要動到達までの時間が短く、間に合わないことがある。
- ・限られたデータで地震の位置や規模等を推定するため、地震観測網から遠く離れた場所(100km程度以遠)で発生した地震では規模や震度の推定の誤差が大きくなる可能性がある。
- ・マグニチュード7を超えるような大規模地震では、地震の規模のマグニチュードを短時間で推定することが困難なため、予想震度が小さく推定される場合がある。また、マグニチュード8以上の巨大地震では、破壊の過程に時間(数十秒から1分程度)がかかることから短時間で処理することは困難となる。
- ・深発地震では震源直上より離れた場所で揺れが大きくなる現象が発生することがあり(異常震域)、このような地震では正確な震度の推定が困難。
- ・複数の地震が時間的、空間的に近接して発生した場合は、それぞれの地震を一つの地震として認識し、的確な情報の提供ができない場合がある。
- ・統計的な距離減衰式による予想震度の精度や表層地盤における地震動の増幅の予想に限界があり、計算した結果の予想震度に震度階級で±1程度の誤差が生じる。

2.1.3 緊急地震速報の改良

平成23年3月11日の東北地方太平洋沖地震に対して、気象庁は、緊急地震速報(警報)を最初の地震の検知から8.6秒後に発表し、緊急地震速報(警報)を発表したすべての地域に対し主要動の到達する前に緊急地震速報を発表することができた。しかし、マグニチュードの推定式が巨大地震の断層面の広がり(震源断層は約450kmに及んだ)を正しく評価できず、マグニチュードの推定値が小さく、多くの地点で震度予測が過小となった。また、地震活動が活発になったことにより、異なる場所でほぼ同時に発生した地震で過大な震度を予測したなどの問題点が明らかになった。

これらに対し気象庁では精度の向上を図っており、第4回緊急地震速報評価・改善検討会技術部会(平成24年10月1日)、長周期地震動に関する情報のあり方検討会第1回(平成24年10月22日)等の公開資料を元に、現時点での緊急地震速報改良に向けた取り組みを示す(本項で用いる図表等は前述の検討会の公表資料による)。より詳しい内容は以下の公開情報を参照頂きたい。

第4回緊急地震速報評価・改善検討会技術部会

http://www.seisvol.kishou.go.jp/eq/EEW/Meeting_HYOUKA/t04/index.html

長周期地震動に関する情報のあり方検討会第1回・第2回

<http://www.jma.go.jp/jma/press/1111/07a/choshukikento201111.html>

<http://www.jma.go.jp/jma/press/1112/14a/tyoshukikento201112.html>

(1) 同時多発地震により大きな震度を予測する事例への対策

平成 23 年 3 月 11 日の東北地方太平洋沖地震以降の活発な地震活動に伴い、異なる場所でほぼ同時に発生した複数の地震を分離して処理できずにひとつの地震として処理することで、過大な警報発表の事例が多発した。これらに対応するため(i) (ii)の対応がなされた。

(i) 同一地震判定を行う観測点範囲の変更

緊急地震速報の処理では、複数の観測点から入電する地震について、同一の地震か否かの判定を行っており、従来は震源から半径 350km 以内の観測点を対象としてデータ解析を行っていたが、対象範囲を 150km 以内に絞り込むことで同時多発地震による過大な震度予測の改善を図った（平成 23 年 3 月 16 日に実施）。

(ii) 小規模地震の除外

緊急地震速報の対象とならないような小規模な地震を震源取り込みから外し、複数の地震を結びつける頻度を減らし改善を図った（平成 23 年 8 月 11 日に実施）。

また、処理を迅速に行うために、①気象庁の多機能型地震観測点の現地処理結果を利用する「多機能震源処理」に加え、より精度のよい震源推定値が得られた場合には、②（独）防災科学技術研究所 Hi-net 観測データを用いた「着未着法処理」による震源、③複数地点の観測データを用いた自動震源決定手法「EPOS 震源処理」の震源のデータを取り込み、精度向上を行っている（図-2.1.5）。

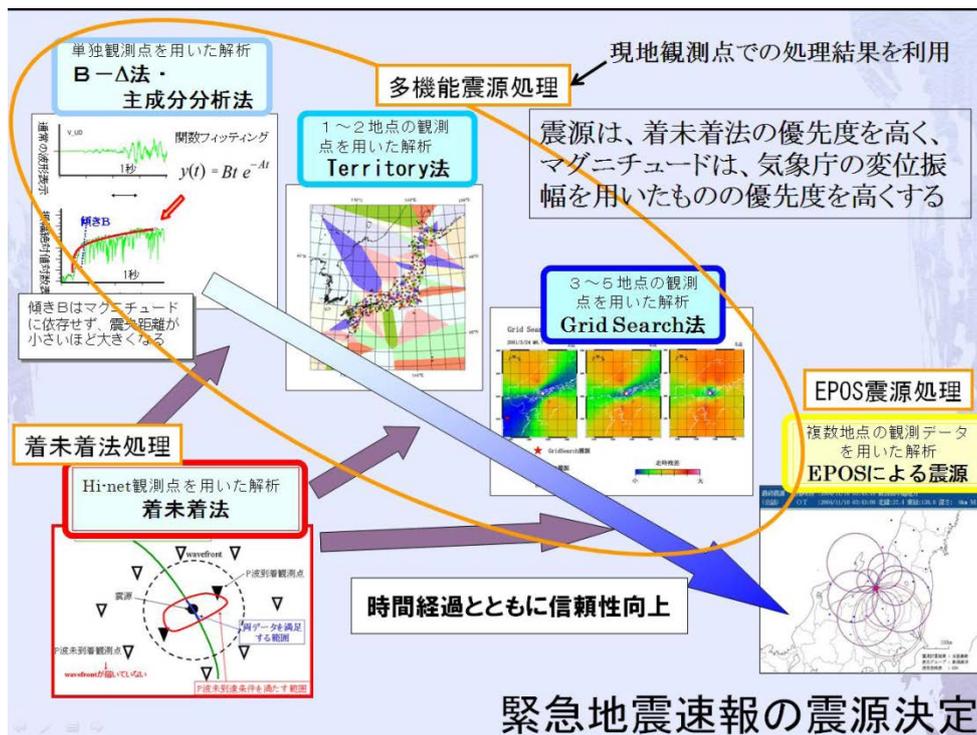


図-2.1.5 緊急地震速報の震源決定方法の概略

(2) 単独観測点処理の高度化、リアルタイム震度の利用

(i) 連続した揺れ情報の利用

地震検知後に地震処理と電文の送信を開始する従来の「トリガモード」に加え、常に観測点でデータ処理を行いデータを送信する「連続送信モード」とすることで、連続的な揺れを監視し、同時に発生した地震の分離や推定震源の評価に活用する。

(ii) リアルタイム震度の導入

観測点で得られる加速度データに時間領域での漸化式フィルタ処理を施すことで、逐次、計測震度に相当するリアルタイム震度を計算することが可能となっており³⁾、このリアルタイム震度を用いて、①強震動域の広がり監視、②リアルタイム震度の震度予測への適用、③リアルタイム震度の機能を持たない地震計への機能追加が検討されている。

具体的には(独)防災科学技術研究所のKiK-Net(約800地点)、気象庁の多機能型地震計(約220地点)のリアルタイム震度を用いて、各震度観測点の近く(図-2.1.6では30km)の観測点における最大リアルタイム震度を、地盤増幅度や観測点増幅度を考慮して、その地点の予測震度に反映させることを検討している。

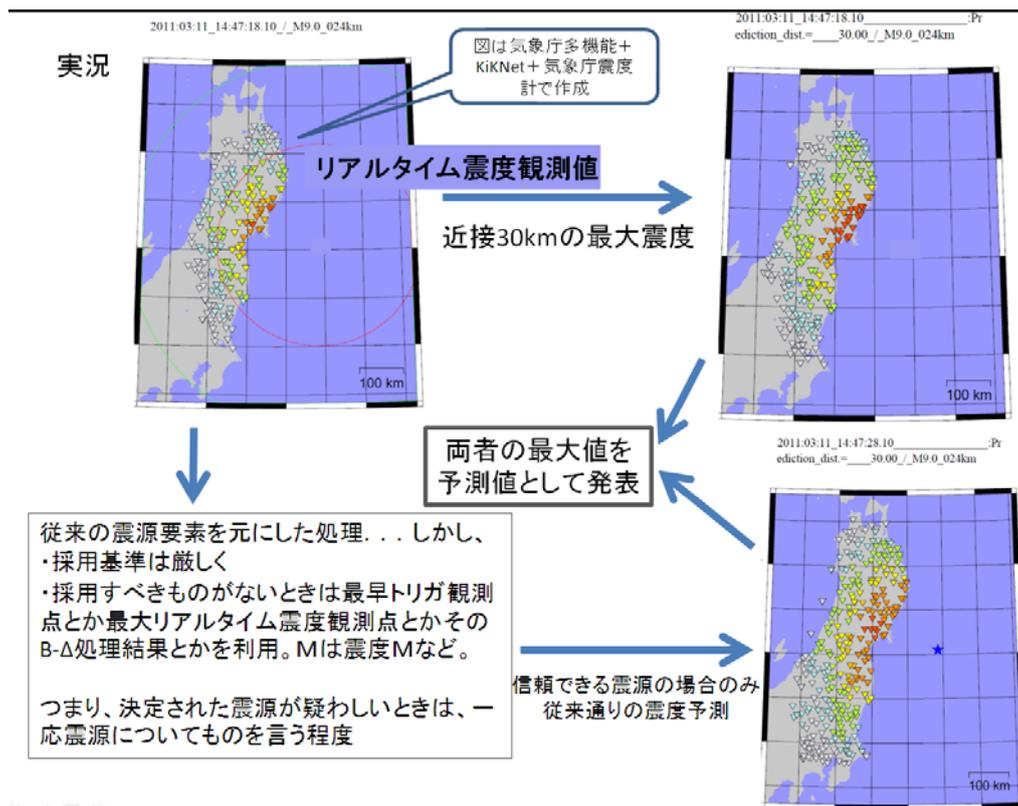


図-2.1.6 リアルタイム震度を用いた緊急地震速報の改良

(3) 大深度地震計、DONET 観測点データの活用について

緊急地震速報は地震波を観測することで主要動が到達する前に地震の震度、到達時刻を推定するが、東南海地震の想定震源域には、DONET と呼ばれる (独) 海洋研究開発機構 (JAMSTEC) により熊野灘に設置された海底地震・津波観測システムがある (約 20 地点の観測点を展開)。

また、(独) 防災科学技術研究所は、平成 23 年度に、北海道沖から房総沖までの日本海溝・千島海溝沿いに 154 地点 (予定) から成る観測点の整備を始めており、今後、房総沖・三陸北部や海溝軸外側 (アウターライズ) に観測点を整備する予定である (図-2.1.7)。

東南海沖及び日本海溝付近の観測データを緊急地震速報に活用し、より早く緊急地震速報を発表できるよう検討が進んでいる。

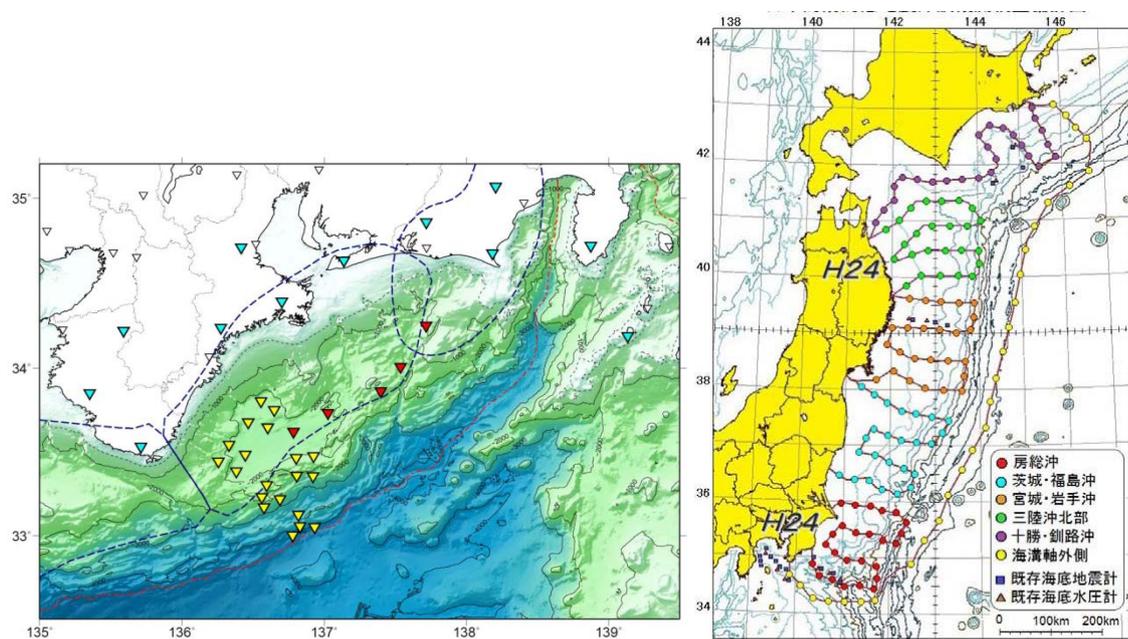


図-2.1.7 DONET 観測点 (JAMSTEC)、日本海溝沿い観測点 (防災科学技術研究所)

(4) 長周期地震動に関する情報提供

平成 23 年 3 月 11 日の東北地方太平洋沖地震では、東北・関東のみでなく近畿圏においても高層ビルにおいて大きな揺れが観測されており、通常地震の揺れだけでなく長周期地震動による揺れを評価する方法の検討が必要になってきている。気象庁では、「長周期地震動に関する情報のあり方検討会」を設け、長周期地震動による揺れに対する情報の提供を検討している。

現段階では、長周期地震動による揺れが発生していることを伝え、行動判断など利用者の初動対応に役立つことを目標として検討が進められており、高層ビル（おおむね 14・15 階建以上）を対象として、1・2 秒～7・8 秒の周期の地震動の情報を発表し利用すること、石油タンク事業者や長大橋の管理者にも活用できる情報の提供を目標としている。

情報の提供については、長周期地震動が発生していることをお知らせする「Push 型」（利用者に直接情報を届ける）の情報発表と、利用者の判断で活用できる「Pull 型」（利用者が情報を取りに行く）の情報発表を並行して検討している（図-2.1.8）。

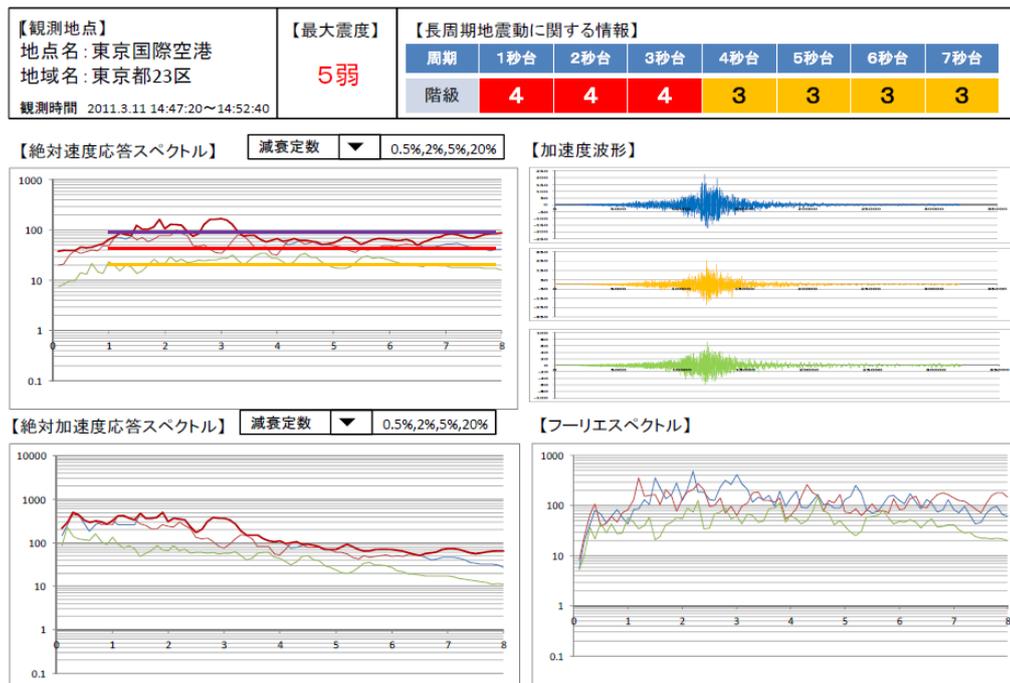


図-2.1.8 pull 型情報のサンプル

【参考・引用文献】

- 1) 福和伸夫、新井伸夫：緊急地震速報の本運用にあたって，予防時報 231，2007 年，pp.21-27
- 2) 伯野元彦：地震の防災対策について，土と基礎，1973 年 6 月，pp.23-25
- 3) 功刀卓、青井真、中村洋光、藤原広行、森川信之、震度のリアルタイム演算法、地震第 2 輯 第 60 巻、pp.243-252、2008

2.2 オンサイト地震情報の概要

ここでは、オンサイト地震情報の概要について説明する。オンサイト地震情報として利用されている強震計は、国産の強震計が開発されてから半世紀以上の歴史があり、これら強震計は、建物の強震観測として利用されているものと地表や地中に設置して地盤の強震観測として利用されているものがある¹⁾。こういった建物や地盤での観測情報は、耐震設計技術の向上や強震動予測の発展に貢献してきた²⁾。本節では、これら建物の強震観測情報と地盤の強震観測情報の利活用について、建築物での防災・減災対策での利用を中心に述べる。

2.2.1 建物固有のオンサイト地震情報

建物の強震観測は、(独)建築研究所や大学などの研究機関、建物所有者の意向などによって実施されており、研究機関によるものは、観測結果が一般利用できるように公開されているが、建物所有者によって実施されている強震観測は、所有権や利用目的などにより公開されない事が多い。研究機関による強震観測は、一般に公開して広く利用されたり、建築構造技術の発展に寄与してきた。一方、建物所有者による強震観測は、必ずしも建物応答波形が記録されるものばかりではなく、単に震度を計算して表示するだけのものや、工場などでは機器を制御するだけに利用されることなどもある。また、強震計の設置は、義務づけられていないため、超高層建物や高層建物に必ずしも強震計が設置されているとは限らない。

建物に設置されている強震計(地震計)は、上述したように建物の震度を計測して、防災センターに表示するもの(写真-2.2.1)や地震時の建物の健全性を把握するために設置されているものなどがある。また設置方法についても前者のように震度を把握するためだけに建物頂部のみや建物頂部と地上階に設置されている場合(写真-2.2.2)や、後者のように健全性を把握するため、建物の振動特性を考慮して、複数階に設置している場合もある(図 2.2.1)。強震観測記録の表示方法についても震度を表示するものは準リアルタイムで震度を表示するものが多いが、建物健全性を把握する為に設置されている強震計は、リアルタイムで建物の健全性を把握して表示するものと、リアルタイムではなく後日、観測記録を建築構造の専門家や研究所などの研究者が別途持ち帰り、分析を行い、健全性の把握や耐震性能を確認するものなどがある。



写真-2.2.1：防災センターに設置された震度表示モニタ



写真-2.2.2：建物頂部に設置された地震計

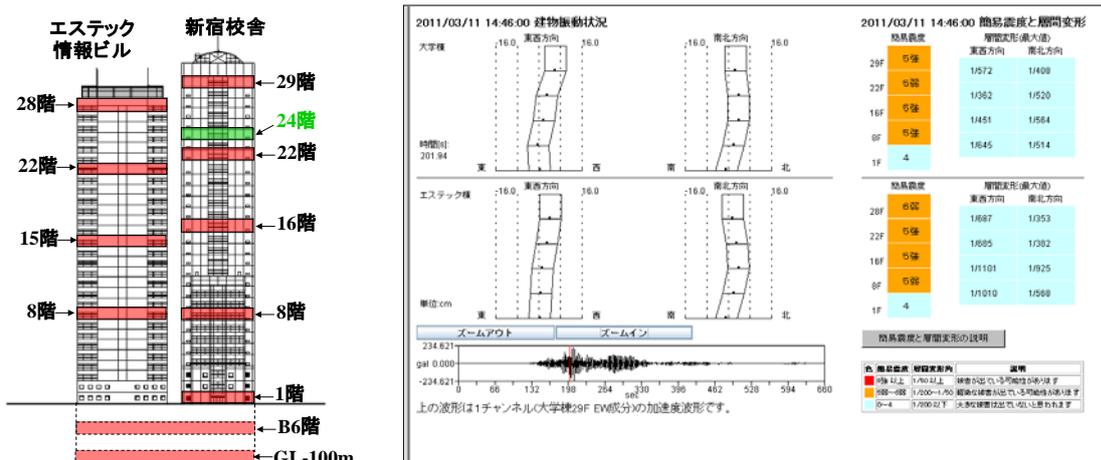


図-2.2.1:工学院大学新宿キャンパスにおける地震計設置階(赤及び緑)とそれら地震計を利用した建物被害状況のWEB画面(東日本大震災時)

2.2.2 地盤の強震観測情報

阪神・淡路大震災で、震度7の揺れや「震災の帯」と呼ばれる建物被害が集中した地域に強震計がなかったため、建物被害と地震動の対応関係の把握や地震発生直後に震度を把握することができず、情報の空白域などができてしまった。そこで、情報の空白域をなくすために消防庁や防災科学技術研究所などの公共の機関により全国数千カ所の世界で例をみない高密度な地震観測網が構築された。例えば消防庁の自治体計測震度計は全国の市町村に設置されており、防災科学技術研究所のK-NET及びKiK-netは全国に約20km間隔で設置されている(図-2.2.2、2.2.3)^{1,3)}。これら強震観測網は、リアルタイムで常に揺れを伝えるものや準リアルタイムで情報を伝送するもの、観測記録の収集のために現地に赴かなくてはならないものなどある。また、リアルタイムで情報を伝送するものについては、波形情報を送信するものと最大加速度や最大速度、震度といった計算結果のみを送るものなどがある。

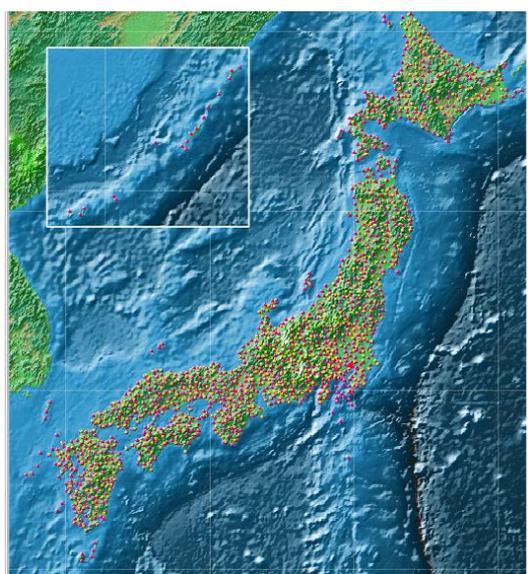


図-2.2.2: K-NET及びKiK-netの観測地点図³⁾

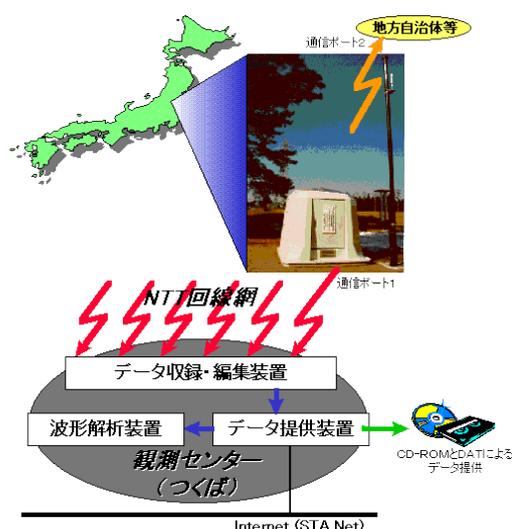


図-2.2.3: K-NETの概要図

(http://www.kyoshin.bosai.go.jp/kyoshin/docs/kyoshin_index.html)

2.2.3 緊急地震速報とオンサイト情報の利活用

ここでは、緊急地震速報と上述した建物と地盤のオンサイト情報を利用した防災・減災対策について、述べる。

工場や建物でのオンサイト情報を利用した利活用について、緊急地震速報（高度利用者向け緊急地震速報と一般向け緊急地震速報）のみでは、直下で起こる地震の場合、P波とS波がほぼ同時に伝わってくるため、震源近傍においては有効に利用できないといった問題がある。そこで、Fujinawa et al.(2008)⁴⁾は、緊急地震速報に加えて、直下で起こる地震対策として、オンサイトの地震計を組み合わせ、オンサイトでP波を感知し、自動的に製造機械を制御できる仕組みを構築した。同様に糸井他(2010)⁵⁾は、製造施設を対象として、緊急地震速報とオンサイト地震情報を組み合わせ、対象サイトに対して推定精度の向上と緊急地震速報の間に合わない直下の地震への適用を検討している。このように、高度利用者向け緊急地震速報のみでは対応できない場合に、オンサイト地震情報と組み合わせることで、工場や建物での防災・減災対策に利用している。

また、オンサイト地震情報を利用した建物地震応答予測への適用としては、源栄他(2008)⁶⁾では、構造ヘルスマモニタリングシステムと連動させて、観測記録や応答記録を表示、計算し迅速に被害を把握するシステムを構築している。高橋他(2008)⁷⁾と木原他(2008)⁸⁾は高層ビルを対象として、高度利用者向け緊急地震速報とヘルスマモニタリングを利用して、リアルタイム地震防災システムを構築し、緊急地震速報による館内アナウンスやヘルスマモニタリングシステムにより、建物の被害状況を把握して、防災センターに情報を集約するシステムを導入している。地震計や観測機器メーカーによっても同様に建物に地震計を設置して、建物の被災度を判定するシステムを構築・販売している。例えば、白山工業では、計測地震防災システム⁹⁾として、緊急地震速報と建物内に設置した地震計を利用した被災度判定システムを構築し、首都圏に約100棟の建物に導入しており、東日本大震災でも有効に活用された¹⁰⁾。

一方、Kubo et al(2010)¹¹⁾では、超高層建築物を対象とすることから、高度利用者向け緊急地震速報を基に超高層建築物に影響を与える長周期地震動を推定し¹²⁾、さらにオンサイト地震情報を組み合わせ、防災センターや事務所階に設置したPCにその情報を知らせるシステムを構築している。さらにこのシステムを毎年実施される超高層建築全体での防災訓練で利用して、継続的な運用が行えるように努めている。(図-2.2.4、2.2.5及び写真-2.2.3、2.2.4)

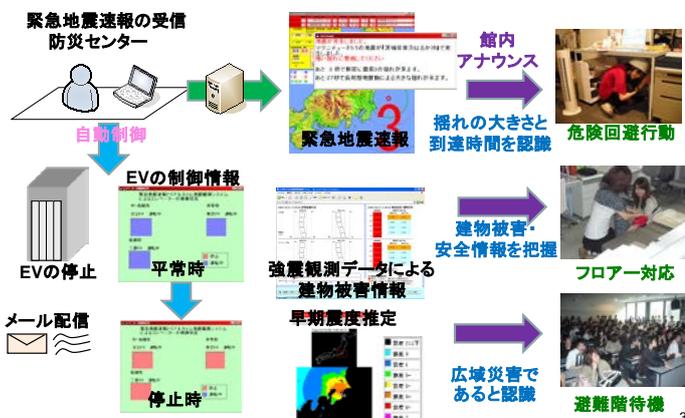


図-2.2.4：緊急地震速報とオンサイト地震情報を利用した初動対応のフロー図（工学院大学）

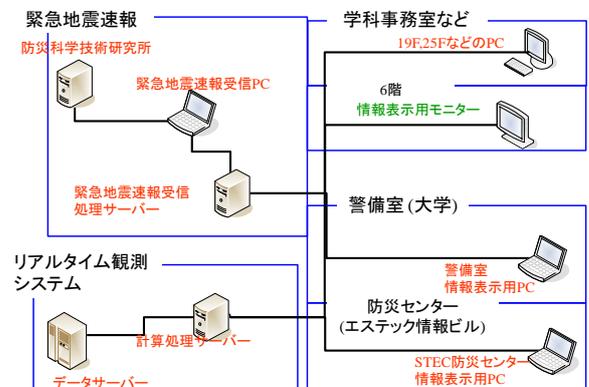


図-2.2.5：超高層建築物内の緊急地震速報とオンサイト地震情報のネットワーク図(工学院大学)



写真-2.2.3：防災訓練での緊急地震速報の活用例
(工学院大学)

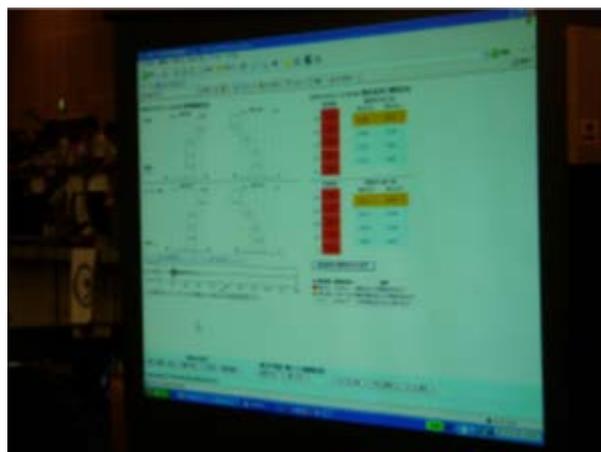


写真-2.2.4:防災訓練での建物の健全性情報の活用例
(工学院大学)

こういった高度利用者向け緊急地震速報と建物内に設置されたオンサイト地震計を組み合わせたシステムにより、高度利用者向け緊急地震速報によって少しでも早く初動対応や危険回避行動をとることができ、さらにオンサイト情報を組み合わせることで実際の揺れやその揺れから被害の程度を推計することができ、建物の健全性を早急に把握することができる。このため、建物の在館者に危険回避行動を促すことで、けが人を減らすことができ、さらに建物の健全性を早期に把握することで在館者へその情報を伝えることができ、在館者が建物内に待機できるか？また建物から退避すべきか？といった判断につなげることができる。

次に、地盤の観測情報を利用した例として、防災科学技術研究所では、KiK-net 及び一部の K-NET がリアルタイムで接続されていることを利用して、リアルタイムで地盤の揺れを知ることができる強震モニタを公開している(図 2.2.6)¹³⁾。この強震モニタは、KiK-net 及び一部の K-NET の観測地点で計算された最大加速度や最大速度、リアルタイム震度^{14, 15)}をリアルタイムで防災科学技術研究所に送信する仕組みを利用して、WEB を使ってリアルタイムでの地盤の揺れを表示するようにしている。また、試験的な取り組みとして、この強震モニタと高度利用者向け緊急地震速報を利用して、地震発生時に高度利用者向け緊急地震速報による面的な推定震度分布と KiK-net 及び一部の K-NET の観測地点での実際の揺れ（最大加速度と最大速度、リアルタイム震度など）を同時に表示する仕組みを公開し、実験参加希望者を対象に公開を行っていた（図-2.2.7、2012年9月3日から2013年2月28日まで）¹⁶⁾。この高度利用者向け緊急地震速報と強震モニタを組み合わせることで、東日本大震災のように大規模な地震が発生した場合、高度利用者向け緊急地震速報により地震の発生を知るだけではなく、高度利用者向け緊急地震速報による推定震度が強震モニタによる観測したリアルタイム震度との差を知ることができ、推定震度よりも観測したリアルタイム震度が大きい場合、自身の建物に到達する揺れも高度利用者向け緊急地震速報によるものよりも大きくなる可能性があることを把握でき、より有効な防災・減災対応をとることができると思われる。

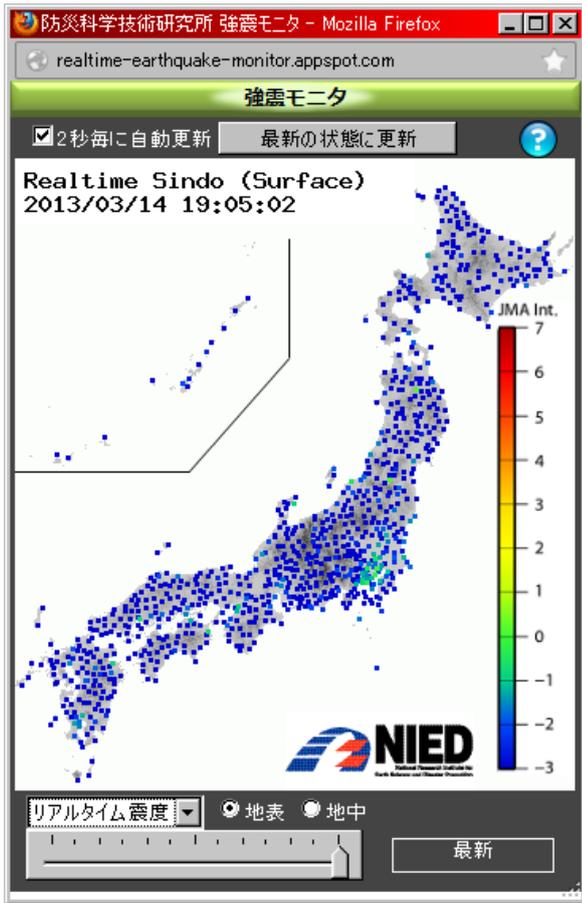


図-2.2.6：防災科学技術研究所の強震モニタ

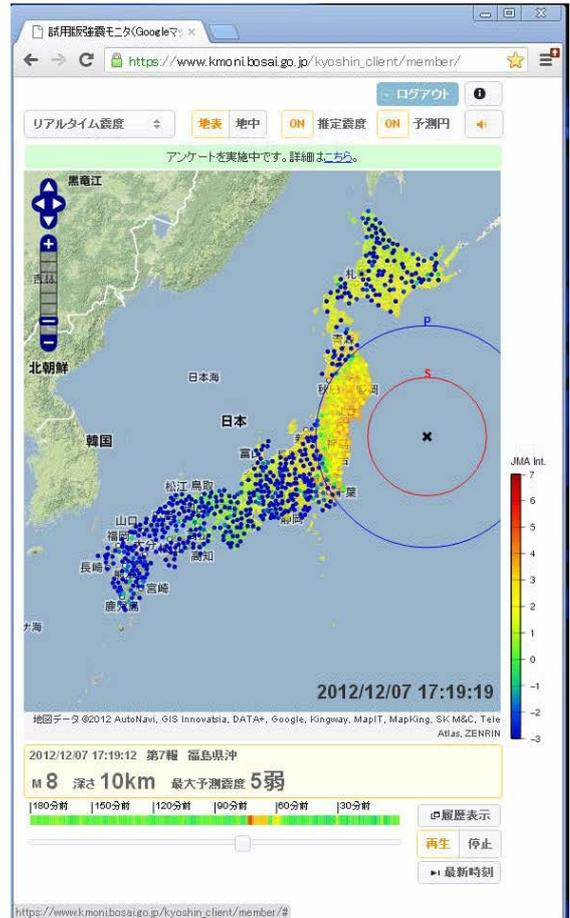


図-2.2.7：防災科学技術研究所の試作版強震モニタ (2012年12月17日の例)

以上のように、高度利用者向け緊急地震速報のデメリットを補う形でオンサイト地震情報を活用することでより効果的な防災・減災対策を構築することができる。

【参考・引用文献】

- 1) 防災科学技術研究所、記念シンポジウム「日本の強震観測 50 年」-歴史と展望-、防災科学技術研究所、第 264 号、2005
- 2) 飛田潤、東日本大震災における地盤・建物の強震観測状況、強震観測とモニタリング技術が災害時に果たすべき役割、日本建築学会 構造委員会 振動運営委員会、2012 年 9 月
- 3) 防災科学技術研究所、強震観測網 K-NET、KiK-net、<http://www.kyoshin.bosai.go.jp/kyoshin/>
- 4) Fujinawa, Y., Y. Rokugo, Y. Noda, Y. Mizui, M. Kobayashi and E. Mizutani, Efforts of Earthquake Disaster Mitigation using Earthquake Early Warning in Japan, The 14th World Conference on Earthquake Engineering, S05-05-014, 2008
- 5) 糸井達哉、内山泰生、高木政美、末田隆敏、長島一郎、緊急地震速報と現地地震計の初期微動情報を併用した地震防災システムの開発と性能評価、日本建築学会技術報告集、第 16 巻、第 32 号、pp827-832、2010

- 6) 源栄正人、本間誠、セルダル クユク、フランシスコ アレシス、構造ヘルスマニタリングと緊急地震速報の連動による早期地震情報統合システムの開発、日本建築学会技術報告集、第 14 巻、第 28 号、pp675-680、2008
- 7) 高橋元一、萩原一、那須正、内村裕、リアルタイム防災システムの高層ビルへの適用：（その 1）複合機能を有する大型高層ビル、日本建築学会大会学術講演梗概集、B-2、pp785-786、2008
- 8) 木原勇信、高橋元一、那須正、内村裕、リアルタイム防災システムの高層ビルへの適用：（その 2）IP 統合ネットワークを利用したオフィスビル、日本建築学会大会学術講演梗概集、B-2、pp787-788、2008
- 9) 白山工業、計測地震防災システム VissQ、<http://www.hakusan.co.jp/>
- 10) 久田嘉章、モニタリングを活用した高層建物・都市の災害対応、強震観測とモニタリング技術が災害時に果たすべき役割、日本建築学会 構造委員会 振動運営委員会、2012 年 9 月
- 11) Tomohiro KUBO, Yoshiaki HISADA, Masahiro MURAKAMI, Fusako KOSUGE and Kohei HAMANO: Application of an Earthquake Early Warning System and a Real-time Strong Motion Monitoring System in Emergency Response in a High-rise Building, Soil Dynamics and Earthquake Engineering, Volume 31, Issue 2, p231-239, 2011
- 12) 久保智弘、久田嘉章、堀内茂木、山本俊六：緊急地震速報を活用した長周期地震動予測と超高層ビルのエレベータ制御への適用、日本地震工学会、日本地震工学会論文集 第 9 巻、第 2 号（特集号）、P31-50、2009
- 13) 青井真、中村洋光、功刀卓、鈴木亘、藤原広行、強震観測に基づくリアルタイム災害情報の現状と将来展望、強震観測とモニタリング技術が災害時に果たすべき役割、日本建築学会 構造委員会 振動運営委員会、2012 年 9 月
- 14) 功刀卓、青井真、中村洋光、藤原広行、森川信之、震度のリアルタイム演算法、地震第 2 輯 第 60 巻、pp.243-252、2008
- 15) 功刀卓、青井真、中村洋光、藤原広行、森川信之、震度のリアルタイム演算に用いられる近似フィルタの改良、地震第 2 輯 第 65 巻、pp.223-230、2013
- 16) 防災科学技術研究所、新しい「強震モニタ」の提供実験のページ、
<http://www.kmoniexp.bosai.go.jp/>

第3章 アンケート・ヒアリング調査

本研究では「予測情報等の提示」と「建築物・設備機器等の制御」について、具体的な技術テーマを設定し、その技術開発の目標・方法を検討し、実用化・事業化方策について提案を行うこととなった。そのため、技術テーマを設定するために、緊急地震速報等の予測情報の提示方法と緊急地震速報等を活用した建築物・設備機器等について、現状の問題点や課題を把握し、さらに利用者側のニーズを把握するために、本研究会の委員及び緊急地震速報関係の機器メーカーを対象にアンケートの実施と緊急地震速報を利活用している関係団体、企業、機器メーカーにヒアリングを実施した。3.1にアンケート結果をまとめたものを示し、3.2にヒアリングを要約したものを示す。

3.1 アンケート結果

ここでは、本研究会の委員及び緊急地震速報関係の機器メーカーに対して、次にあげる3つの項目について、それぞれの「問題点・課題」、「問題点・課題の解決方法」、「問題点や課題が解決した場合、どのような展開が望めるか、考えられるか」について、アンケートを行った。

- (1) 緊急地震速報とオンサイト地震情報の提示
- (2) 建築物・設備機器等の制御
- (3) 緊急地震速報、オンサイト地震情報の提示と建築物・設備機器等の制御の組合せ

アンケート結果を次の4つの視点に基づいてまとめた結果を以下の表に示す。

- (1) 「緊急地震速報、オンサイト地震情報の提示方法」
- (2) 「緊急地震速報、オンサイト地震情報の相互利用」
- (3) 「緊急地震速報、オンサイト地震情報を活用した建築物・設備機器等の制御」
- (4) 「緊急地震速報、オンサイト地震情報を活用したその他の利活用」

(1) 緊急地震速報、オンサイト地震情報の提示方法

問題点・課題	問題点、課題の解決方法	問題点や課題が解決した場合、どのような展開が望めるか、考えられるか。
<p>気象庁発表の観測震度との比較で、震度が合わず、自局観測の結果で、個別にサイト特性を補正することなど、柔軟な運用が規制されている。</p>	<p>予報事業者は、演算・推定方法について独自方法の説明資料を気象庁に提出することと、ユーザへの説明と開示を前提に許可する仕組みを確立する。</p>	<p>事業者の市場競争により予測精度向上が期待できる。</p>
<p>警報については発表状況が気象庁HPで開示されているが予報の発表状況が開示されておらず、予報を利用しているユーザは結果の真偽が判らず不信感を抱く。</p>	<p>気象庁は予報の発表状況や精度評価整理も行き HP 等を開示する。</p>	<p>予報についての信頼度が向上し利用拡大が期待できる。</p>
<p>報知音が統一されていない。</p>	<p>法的に報知音を統一規制する。NHK音が望ましい。</p>	<p>誰もが震度4以上の緊急地震速報を判るので混乱を防止できる。</p>
<p>予想震度が低い時でも、同じ報知音が使われることが多いので不安を与えてしまう。</p>	<p>予想が震度3以下の時にはNHK音の使用を禁じる。</p>	<p>不要な不安を与えることが無くなる。</p>
<p>J-ALERTで警報が提供されているが、民間に開放されておらず、また警報のみで予報の利用ができない。</p>	<p>衛星利用のJ-ALERTを民間にも開放し、警報だけでなく予報についてもJ-ALERTで配信する。登録制度が望ましい。</p>	<p>配信費用のかからない受信が実現し利用シーンが拡大する。信頼性を求められる利用法では、ランニングコストのかかる配信事業者も差別化価値がある。</p>
<p>視聴覚障害者のための情報提示方法に統一基準がない。</p>	<p>検討会組織を立ちあげて統一基準を作る。</p>	<p>視聴覚障害者向けの利用促進</p>
<p>3. 1.1以降 精度の低下が悪評となっており、信頼性改善が十分アピールできておらず利用者に不信感がある。</p>	<p>予報事業者及び配信事業者等を通じ、改善点やその結果と信頼性をアピールする。</p>	<p>予報利用の促進</p>
<p>警報のみを提示する端末について、規制がなく性能的に問題があっても放置されている。</p>	<p>FM電波等で警報のみを提示する端末については、技術基準を設け粗悪品を排除できるようにする。</p>	<p>市場原理による高度化促進が期待される。</p>

<p>推定震度5弱以上を不特定多数に知らせることとしているが、頻度が少なく導入効果を実感できない。</p>	<p>警報が4以上の地域に出ることから、推定震度4以上は警報同様のNHK音による報知とし3以下はピンポンなど別の音で安心を与える情報としても日常的に活用する。</p>	<p>震度3以下での、動作機会が増え端末機器の正常性が確認でき、動作確認の安心情報として提供できる。</p>
<p>地震計を含む機器の耐久年数と保守、点検及び維持費</p>	<p>監視・管理を行う要員配置や、地震計の情報を集め、配信側で監視、再配信</p>	<p>24時間365日の監視・管理とともに、保守、点検及び維持費のコストダウン</p>
<p>緊急地震速報の警報と予報の区別はじめ、地震関連情報に関する普及定着</p>	<p>業種にあったBCPを作成し、それによる訓練等を定期的に行うこと</p>	<p>人命はじめ資産の保全にも有効</p>
<p>視聴覚障害者や外国人のための情報提示方法はじめ諸々の性能認定基準</p>	<p>検討会組織または第三者認定機関を立ちあげて統一基準を作成</p>	<p>視聴覚障害者や海外向けの利用促進はじめ社会への普及定着</p>
<p>緊急地震速報は、地震がくるまでの余裕時間と震度をいかに効率的に提示できるかと考えられる。緊急地震とオンサイト情報を組み合わせた提示の場合、情報をどのように修正するかを決めておく必要がある。</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 音であれば、音色、強さ等の組み合わせ 2. 振動であれば、振動数、強さの組み合わせ 3. 光であれば、色、強さの組み合わせ 4. 緊急地震から推定する、余裕時間、震度をオンサイト情報を用いてオンラインで補正できるシステムとする。 	<p>1～3に、さらに避難方法を組み合わせることも可能（強い光であれば、避難する等） オンサイト情報をさらに建物の応答予測に使用し、避難に結びつける。</p>
<p>建物内の様々な人々にどんな情報をどのように提示するか。自社ビル、テナント、来客、その他の一般人。上階にいる人、下階にいる人それぞれで状況が変わる。館内放送・案内板などで自動的に流すべき情報、ビル管理者の判断を待って流す情報、ビル管理者の判断を促すために与える情報は何か、またそれをどのような手段でどのような表現で流すべきなのか。</p>	<p>建物及び内容物の応答予測 心理学的アプローチ</p>	<p>適切な情報を適切な表現で流すことができれば、在館者に混乱を与えることなく被害を軽減することができる。また、ビル管理者に地震の揺れによる被害状況や在館者の状況を推量できる情報を与えることができれば、地震直後に適切な対応をとれるようになり、減災効果を高めることにもつながる。</p>
<p>予測・実測含め、震度や余裕時間等の複数の評価結果を、どのように提示するかが、課題となる。特に聴覚的に提示する場合には、時間短縮が課題となる。</p>	<p>代表値のみを提示、複数を並列に提示、等の方法が考えられる。代表値を求めるには、時系列や信頼性・精度も考慮しつつ、最悪、平均、等の様々な方法が考えられる。</p>	<p>用途に応じた適切な代表値を用いることで、認知を早め、素早い対応行動が可能となる。</p>

(2) 緊急地震速報、オンサイト地震情報の相互利用

問題点・課題	問題点、課題の解決方法	問題点や課題が解決した場合、どのような展開が望めるか、考えられるか。
推定震源情報から利用地点の震度推定をする方式が使われているので、気象庁はじめオンサイト震度観測情報が揺れ予測に有効活用されていない。	画一的な予報情報の利用に限らず、オンサイト地震計情報をオープン化して、柔軟な利用方法の導入を促進するべく規制を緩和する。	推定方法の多様化が図られ、活用方法も柔軟化して利用シーンの拡大が期待できる。
気象庁から提供される地盤増幅率情報が必ずしも正しいとは限らないので、推定誤差が大きい場所がある。	オンサイト地震計の観測情報を利用して補正する方法について気象庁が行う基本方法を提示するとともに、効果及び活用事例を紹介していく。	市場原理による競争拡大と性能向上、利用促進が図られる。
緊急地震速報時に多くのオンサイト情報が利用できるシステムが必要。	現状ある、K-NET や鉄道、東京ガス等が持っている地震計測システムをオンラインで使用できるシステムを構築。	M が大きい地震や長周期、直下等緊急地震が得意な分野を補完できるので、安心・安全システムとなりうる。
震度や余裕時間等の複数の評価結果の組合せで判断することが考えられるが、最適な判断ロジックを構築することが課題となる。	複数の評価結果の AND、OR 等のロジックが考えられる。時系列や信頼性・精度の考慮も考えられる。	用途に応じた適切なロジックを構築することで、より精度の良い判断が可能となる。

(3) 緊急地震速報、オンサイト地震情報を活用した建築物・設備機器等の制御

問題点・課題	問題点、課題の解決方法	問題点や課題が解決した場合、どのような展開が望めるか、考えられるか。
エレベータを停止するなど活用が進んでいるが、その効果・効能の実証例が埋もれているためにアピールが足りない。	効果・効能について、調査するとともに定量的に情報を開示していく。	機器制御の事例が拡大する。
制御を受ける側とのインターフェースが統一されていない。	インターフェース標準を作成し公表する。	機器制御の応用が増える。

<p>制御を行うための接続に工事費用が大きい。</p>	<p>最低限の作業量で接続確認ができるよう標準手順書など整備していく。</p>	<p>利用促進</p>
<p>制御するのに最低必要な時間、制御の方法（スイッチのオンオフのみか、他に実施しなくては行けないか）を課題別にまとめる必要がある。</p>	<p>時間、制御方法により、使用する情報を分類する。（制御にはなるべく正確な情報が必要なので、どこまでの情報で判定するかをシステム化する。）</p>	<p>緊急地震速報だけでなく、オンサイト情報を用いた制御が可能になれば、精度があがるので、利用範囲は大きく広がる。 また、直下地震対応や長周期地震対応も可能となる。 緊急地震速報だけでは、建物内にいる人への震度予測等は不十分なので、オンサイトにより、建物への利便性は大きくなります。</p>
<p>誤報，過大評価による機器制御で生じた損失をどう説明するか。生産ラインでの不良発生，客からのクレーム・訴訟リスクなど。</p>		
<p>早い段階の緊急地震速報、オンサイト地震情報は相対的に精度が低いことが問題である。</p>	<p>S波到達までの余裕時間が、設備機器等の作動（または停止）に要する時間になるまで待つて、作動（または停止）の判断を行う。</p>	<p>早い段階での過大評価による誤動作（空振り）を、ある程度避けることが可能となる。</p>
<p>東日本大震災を契機に、企業における業務継続計画、職員の安否確認と災害復旧に対する取り組みが多くなされている。 トリガーは気象庁の震度情報としている例がほとんどだが、オンサイト地震情報、あるいは、緊急地震速報をトリガーとすることで、大規模地震後の通信回線の輻輳を避けることも可能。</p>	<p>安否確認情報は一刻一秒を争うことはないが、現在の建築物では、さまざまな情報が観測されており、これらの情報とクラウド情報のリンクによる情報利用は、さまざまな応用の可能性が考えられる。</p>	<p>同左</p>

(4) 緊急地震速報、オンサイト地震情報を活用したその他の利活用

問題点・課題	問題点、課題の解決方法	問題点や課題が解決した場合、どのような展開が望めるか、考えられるか。
日本固有の技術として海外への展開ができていない。	産官学の連携が不十分なことが原因でありここを強化する。官側の意識変革を求めていく。	海外展開
オンサイト地震計の性能評価について、基準がなく単なる上下動センサーを P 波検知器というごまかしが多い。ノイズ判別の仕組みについての評価基準がなく、利用者に誤解を与えやすい。	オンサイト地震計の性能評価基準検討のための組織を立ちあげ評価基準を作成する。	オンサイト地震計が正しく評価されることで、防災力向上に貢献する。
建物の予測（震度、継続性、長周期）が必要。地震後の損傷評価ができれば安全も確保できるので利便性は大きく膨らむ。	一定の精度をもつローコストな地震観測システムの作成。地震継続中の安全情報の発信を行う。	緊急地震速報だけでなく、オンサイト情報を用いた制御が可能になれば、精度があがるので、利用範囲は大きく広がる。 また、直下地震対応や長周期地震対応も可能となる。 緊急地震速報だけでは、建物内にいる人への震度予測等は不十分なので、オンサイトにより、建物への利便性は大きくなる。
自施設ローカルのオンサイト地震情報の補完。	自施設の周囲の、複数の他施設のオンサイト地震情報を相互利用する。	オンサイト地震情報の精度や早さの向上が可能となる。
海外においても、緊急地震速報に対する関心は高まっており、メキシコ方式（地震の発生源と都市の間に地震計を設置して地震速報を出す方式）、フランス(?)方式（地震計の中の計算で震源を計算し情報をだす方式：日本の高度地震計に近い？）が動いている。	緊急地震速報自体を、すぐに海外で展開するのは難しいが、建築物のセンサー情報を利用した情報発信などはパッケージ化して海外へ展開することも可能。また、メキシコ型の地震速報は早期に実現される可能性もあり、これらの速報とのパッケージとして展開することも可能。	どのようなパッケージであれば日本の独自性があるか？ JICAの技術支援（地元カウンターパート）との連携

本研究会で実施したアンケート結果から、現状の問題点・課題についてまとめると以下の項目が挙げられる。

- 緊急地震速報の精度(震源精度、サイト特性の補正)
- 情報の表示方法の標準化・伝達方法
- インターフェースの標準化
- 建物の揺れの予測及び、オンサイト地震情報との連携

緊急地震速報の震源情報の精度については、東日本大震災以降から気象庁や気象研究所、関係機関により検討が進められており、本研究会として、検討する項目ではないことから、今後より精度の高いものとなることを期待したい。サイト特性の補正については、対象地点で事前に地盤の微動観測情報やオンサイト地震情報を利用することで改善が行えるが、上記のアンケート結果にもあったように、改善したサイト特性を使った予測震度の推定については、気象業務法によって手続きに障害があるため、今後関係機関に改善を求めていく必要がある。また、情報の表示方法やインターフェースの標準化についても同様に、関係機関や製造機器メーカー、関係省庁などと共に標準化の作成に向けて、働きかけていく必要がある。しかし上述した内容については、本研究会の対象範囲ではないため、ここでは上述の問題点があり、関係機関が協力して改善に向けて検討をする必要があることを提案することとする。

次に緊急地震速報の伝達方法や建物の揺れの予測及び、オンサイト地震情報との連携については、本研究会で検討する「緊急地震速報等の予測情報の提示方法」と「緊急地震速報等を活用した建築物・設備機器等」に直接関係することから、ここで得られた問題点・課題やその解決方法などを参考に、次章で述べる「緊急地震速報等を利用した建築物の安全性向上の体系図」の作成及び、技術テーマ設定シートに反映させることとする。

3.2 ヒアリング結果

次に、WGメンバーを中心にアンケート結果を受けて、緊急地震速報等の利活用についての問題点・課題を調査するためにヒアリングを行うこととした。ヒアリングを実施するにあたり、本研究会で対象とする建築物は不特定多数の人が出入りする建物とされていることから、WGメンバーで話し合いを行い、不特定多数の人が出入りする百貨店とオフィスビルを対象にヒアリングを実施することとした。さらに、百貨店やオフィスビルで使用されている緊急地震速報やオンサイト地震情報システムなどを構築している機器メーカーや情報通信会社にもヒアリングを実施した。ヒアリングを行った企業及び団体を下記に示す。

- (1) 日本百貨店協会
- (2) 首都圏に本店を置く百貨店
- (3) 一般社団法人 不動産協会
- (4) 端末機器メーカー 2 社
- (5) IT 企業

次にヒアリングを行った内容を示す。

(1) 日本百貨店協会からのヒアリング

- ・ 平成 19 年に出された利用ガイドラインも参考にしたヒアリングを実施。
- ・ 東北地方太平洋沖地震（以降「3.11」と記す。）の時はどうだったか。仙台では3店舗（揺れの方が早かったと聞いている。）
- ・ 緊急地震速報は放送設備と直結して、受信し次第放送される。
- ・ 緊急地震速報が流れた段階で、周辺が安全な場所へ誘導。
- ・ 避難誘導は館内放送が中心。
- ・ 緊急地震速報予測と実際の震度のギャップはどうしたか？→店内放送では震度は放送していない。
- ・ 耐震性がしっかりしているので安心して行動して下さい等の放送内容。
- ・ フロアーによっては揺れが違う。事例として上の人は揺れが大きいので下に避難したが、下の人は上に上がって、中間階でぶつかった。
- ・ ガイドライン作成時に一番心配していたのは受信時にパニックになること。しかし、放送しないのでは、一般利用のお客が知った時にまずいので、放送することにした。
- ・ 館内放送に流れるのは震度で判断し、自動的につながるようにしている（たとえば震度 5 弱以上）。
- ・ 余裕時間については放送では考慮していない。
- ・ 3.11 の誤報で困ったことはないか？→特に聞いていない。
- ・ 周辺の状況の情報は流したか？→テレビを 1F に設置して情報を流した。
- ・ とどめるかどうかのルールは？→安全性がわからないので、基本的には外へ出す。東京では安全性が確保されていたので状況に応じて 1F にとどめた。
- ・ 建物の安全に対する確認は？→たとえばゼネコンと協力等している。
- ・ 避難等に対するルールは？→基本的に避難する。
- ・ 消防法等の流れも含め避難訓練しているので、日ごろもこれを取り入れて避難・誘導を行っている。
- ・ 什器等の固定が百貨店の特性上できない場合もあるので、避難・誘導には配慮している。
- ・ 緊急地震速報の利用は部署別の特徴は特にない。ガスは P 波で止まるので、火についても特にない。
- ・ 非常放送にのせられないので、館内の種々の場所に放送を周知徹底させるにはコストがかかる場合もある。
- ・ 次の進み方としては個別百貨店の対応だが、共通の課題に対しては、業界として一体に対応する。
- ・ これまでに、行政からの法的メッセージ検討も含め業界として議論し、まとめている（H19 のガイドラインもそのような動きからまとめた）。今年度は BCP を行っている。
- ・ 通常の営業の中で、緊急地震速報を備えていることを館内放送している。
- ・ 今回の震災では緊急地震速報によるパニックはなかった。
- ・ 一番有効なのは、販売員が落ちついて声をかけることだったので、今後も販売員への訓練が重要。

- ・ 訓練は大中小あり、一番大きいのは年一回、また月ごとにテーマを決めた訓練等を実施している（ex. 7Fで火災想定等）。
- ・ 店舗の耐震化については以前から実施しており、都内店舗はほぼ耐震化している。
- ・ 地震計設置はしていないと思う。
- ・ 館内放送だと、耳の聞こえない人には伝達が難しいが、従業員が意識して対応している。高齢者等の弱者に対しても同様。
- ・ 1Fに伝言用ボード等用意して活用している。
- ・ 緊急地震速報で改善点は？→地震発生後、早く情報がほしい。また、精度が良くなってほしい。
- ・ 現在の装備状況がコストパフォーマンスも含め適切かも知りたい。
- ・ 余裕時間・震度との余裕時間を考慮して意思決定するというような対応は今のところない。
- ・ 現状はかがみこむことを第一というようなわかり易い対応。
- ・ 新しいところは、エスカレーターも徐々にとめるようになっている。
- ・ 海外事例はきかない。
- ・ 放送設備の他に必要な設備は、百貨店としては思いつかない。
- ・ 緊急地震速報システム（高度利用）を導入後に中止したものはない。3.11前で既に95%以上緊急地震速報システム（高度利用）を導入している。
- ・ 早く情報を流すような改善は各社とも実施している。
- ・ 津波については地域が限定されるので、百貨店全体としての検討は今のところない。また、情報としてNHK放送との連動等が考えられる。津波に対しては建物としての心配はあまりしていない。
- ・ 音以外の伝達として、TVモニタがある。また、ホワイトボードの活用もある。

(2) 首都圏に本店を置く百貨店

- ・ 緊急地震速報は入っており、全館放送している。
- ・ 1日2回、時間を決めて緊急地震速報を備えていることを館内放送している。
- ・ マニュアルとして心構えをまとめた。
- ・ 緊急地震以外も含めた業務に必要なことを一冊にまとめた、ポケットマニュアルを作成し従業員に配布している。
- ・ 総務の事務所には余裕時間も含めて地震伝播の様子がわかるよう画面設定にしている（地震の伝達様子が図で表示される。）。
- ・ 訓練は年2回最低行っており、お店によっては、月2回等実施している。
- ・ 内線による情報伝達、防災センターへの連絡で訓練を実施している。
- ・ 放送震度は4とか3くらい。
- ・ 建物の上階と下で揺れが違うので、店舗によっては揺れの確認が必要になる。
- ・ 3.11時仙台では、建物被害としてスプリンクラー（配管）がエキスパンションでこわれ、いくつかの場所は水浸しになった。
- ・ 3.11時仙台では、展示物の落下等により、怪我をしたお客様がいた。
- ・ 3.11以前の地震でも店により連絡通路が盛りあがったりすることがあった。

- ・ 避難は揺れが納まった後が基本、地震については訓練しているので緊急地震速報がなくても避難誘導は実施している。
- ・ 地震計は各店（下層階が多い）においてあり、地震後に震度等を放送する。
- ・ まずしゃがんで頭を押さえ、揺れが納まった後で避難するようにしている。
- ・ 安全な場所は従業員が理解している。
- ・ 免震構造の建物（日本橋三越本館）では3.11時揺れが少なく、地震後は通常どおり買い物をしていた。
- ・ 余震の続く間、ある店舗のエレベータは動いたり、止まったりしていた。
- ・ 緊急地震速報ではエレベータは制御していない。
- ・ エスカレータは強い揺れで止まるようになっている。
- ・ 高齢者は従業員が付き添う形で対応。情報伝達手段として放送以外はなかなか難しい。緊急時、自販機を使用し、情報伝達するような仕組みが考えられないか。
- ・ 緊急地震速報でエスカレータがゆるやかにとまるなどはあればいい。
- ・ 停電については非常電源があり、非常灯などで避難はできるようになっている。エレベータの閉じ込め防止も含め手順が決められている。
- ・ 緊急地震速報が来て揺れが来ない誤報は許容できる。
- ・ 店舗では余裕時間は特に考慮していない。緊急地震速報発報→とどまる→安全確認→避難
- ・ 耐震性がある建物では中にいる方が安全なのでむやみに出さないことも必要（火災が発生しない場合）。建物安全確認→建物内にとどめる
- ・ 情報は本部で集約（訓練もしている。内線、外線、無線機を伝達手段として使用している。）。

(3) 一般社団法人 不動産協会

- ・ 地震来襲以降の対応に傾注し、防災センターも発災以降の対応に傾注。緊急地震速報による建物・設備等の制御の利用としては、エレベータを止める対応程度。
- ・ BCPガイドラインが古く、エレベータの復旧、携帯が鳴ると館内放送も起動していることを確認する。
- ・ 制震関連で、大きく揺れるモノは制御方法を変えたとの説明。
- ・ 緊急地震速報の利用で、自家発電には時間的余裕ができる。エレベータ会社では1日で復帰の対応。ガスは緊急遮断。
- ・ 超高層マンションでは長周期が問題。ガスも使用。免震マンションなど、免震の方が一般には周知されている。緊急地震速報については、インターホンに装備の場合もある。
- ・ 被災度判定、その建物が安全か、帰宅困難者対策、停電など、首都直下地震に備え対応。
- ・ 住宅関連では、管理組合で対応。
- ・ 建築基準法、消防法などに準拠。電気がまず復旧を前提にしてきた。
- ・ ガス、重油と軽油など、デュアル・フュエルの発電機も考慮。備蓄、帰宅困難者対策が現状の課題。
- ・ 緊急地震速報適用の前と後で、不動産分野で良かったと言う点はどこか？
→緊急地震速報により机の下に入るなどの心構えはできるが、特段良かったという感じはない。

*事務局注)「机の下に入るなどの心構え」が小さなメリットか、大きなメリットかの判断が残る。

- ・ 群集のコントロール、開いているキャビネを閉めるなどの対応等が現状。

(4)-1 端末機器メーカー A 社

1. 質問事項に対して、導入されたシステム概要の説明

- ・ 大型複合商業施設に装置を使い、閾値震度を超えた場合に全館放送（全テナント、住民）を実施している。
- ・ 余裕時間、予測震度 4 以上を音声、表示で伝達している。
- ・ 震度情報は日本語、英語を 3 回繰り返し放送している。
- ・ 防災センターには震度 2 以上を表示⇒高層での揺れが大きく、問い合わせ対応のため防災センターではこの震度を表示している。
- ・ 年 2 回防災訓練を実施（1 月、5 月）している。
- ・ 残された課題としては、震度情報などは伝えるが避難指示の伝達は実施していない。
- ・ 防災センターはマネジメント会社が運営している。
- ・ 東日本大震災では避難指示は出なかったようだ。
- ・ 避難指示を出すタイミング等を明確にする必要がある。
- ・ エスカレータとの連動は無い。

2. オンサイト地震計の利用とその他企業での導入例

- ・ 鉄鋼メーカー:地震観測装置と製品を導入しているが、オンサイトとしては利用していない。
- ・ 半導体工場:設置されて 3 つの装置のうち 2 つが閾値震度以上で装置を制御している。
- ・ オンサイト地震計の設置は、緊急地震速報の付加価値情報として有効である。
- ・ 低価格のオンサイト地震計で有れば利用が拡大する可能性がある。

3. 東日本大震災での稼働に関して

- ・ 代理店からの依頼で装置設置のため実態は不明である。
- ・ 緊急地震速報の予測震度と実際の震度が異なることの問い合わせ対応で資料を作成し、問い合わせ先に配布した。
- ・ 高度利用と一般利用の違いの説明対応を実施している。

4. その他の利用

- ・ 工場では地震計設置、更新時に製品を提案。
- ・ 工場での緊急地震速報を利用して装置制御利用はない。

(4)-2 端末機器メーカー B 社

- ・ 緊急地震速報については、端末でいえば多数の導入実績がある。
- ・ 緊急地震速報を導入するに当たり、緊急地震速報の情報(高度利用者向け)や使い方については、マニュアルを用意して周知している。
- ・ あるビルのケースでは、緊急地震速報の画面が防災センターの真ん中にあり、3.11 の時は、その震度 3 のエリアが大きくなることによって、担当者が異常と感じ、初動対応を行った。また、被災度判定システムも導入されており、うまくシステムが利用された。

- ・ 緊急地震速報を情報として流通させることはよいが、業務用として使用するのであればしっかりとしくみやメンテナンスを行う必要がある。
- ・ 現在の緊急地震速報の精度(震源)は更に向上させる必要があると考えている。(現在は5割程度)。9割まで上がると世の中にもっと広まっていくと思う。
- ・ 震災直後、緊急地震速報の精度の課題がマスコミに取り上げられたことがあった。
- ・ 仙台市内などでも、トリガーのレベルが5弱以上の所では緊急地震速報を活用できなかった。トリガーレベルを震度4とか低く設定していたところでは、有効に利用できた例もある。
- ・ 被災度判定システムは、超高層建物を中心に100棟近く導入されている。
- ・ 被災度判定システムは主としてS造建物を対象としている。
- ・ RC造(SRC造)の被災度判定システムは、建築時の施工状況の差があるなどの問題から未だ着手していない。
- ・ 被災度判定システムの販売は、まだマンション向けには実施していない。
- ・ 防災科学技術研究所の強震モニタは実際の揺れも分かる仕組みになって防災への利用と言う視点では非常に有効なしくみだと思う。
- ・ 防災科研の強震モニタがNHK等のテレビで表示されるようになるとより良い。緊急地震速報はTVのスイッチを入れるトリガーとして利用し、TV画面に強震モニタが映るといったしくみが防災、特に初動体制の立上には有効だと考える。
- ・ オンサイト地震計は、エレベータ制御に使用していることもある。
- ・ オンサイト地震計があると地震後に建物の被災状況の解析、設備の被害との相関、設備制御の閾値の妥当性の検証が行える。
- ・ 被災度判定システムでは、建物構造の被害を見ている。室内被害については設置基準を明確にし、ほかの方法で確認する必要がある。

(5) IT企業

- ・ 提供している製品は、緊急地震情報に加えて気象情報を配信するサービスで、簡単に開設でき、簡単に閉じられることから、建築、橋梁、メーカーなどで利活用されている。
- ・ 共同溝での工事中に、大雨での災害があったが、提供している製品を用いれば、雨、風、地震に対して、登録した場所での状況に応じて、自動で鳴動し、トランシーバーに知らせる。したがって、建築などの高所作業にも利活用され、東京タワーの付け替え現場でも利活用された。
- ・ 提供している製品は、緊急地震速報に比べ、時間的余裕のある津波情報も配信するが、現場に応じたBCPとの連携が必要である。
- ・ 今後予想される大災害に対して、鉄道分野では既に導入済みの地震計による早期地震防災システムや緊急地震速報、そして提供している製品、さらにBCP、コンサルティングなどに加えて、クラウドビジネスによる大きな観点でのセキュリティの確保に努めたい。
- ・ 企業のBCPなどを含め、消防法で言うところのマル適マークのように、導入されている事が当然の時代を目指したい。
- ・ 経営層の理解・認知度の向上が必要である。

- ・ 緊急地震速報の導入効果が分かりやすい鉄道分野に対して、建築・住宅分野では、コスト、精度、さらに言えばラインなどを止めた場合のリスクなどが課題になっている。
- ・ 一方、大地震発生時には、社員の安全は重要である。
- ・ 建築・住宅分野では、建物の倒壊が生じる場合は緊急地震速報の導入効果は大きいですが、大きく揺れるだけの場合には導入効果に課題が残る。

以上のヒアリング結果から、以下のように整理した。

(1) 緊急地震速報の精度と周知について

百貨店のように不特定多数が常に出入りする建築物では、災害情報などをお客様に情報提供し、災害時には従業員が誘導を行うため、誤報であっても訓練のように活用することから特に問題がないという声があった。一方、オフィスビルでは、常時出入りする人がある程度決まっていることから、誤報によってその都度対応することになるため、できる限り誤報は減らしてほしいといった意見が見られた。また、端末機器メーカーや IT 企業へのヒアリングによると、3.1 でも述べたようにオンサイトの情報を利用してサイト特性を補正して精度を向上させる際には、気象業務法の手続きがあることが挙げられた。

次に周知については、緊急地震速報は、第 2 章で述べたように予報(高度利用者向け緊急地震速報)と警報(一般向け緊急地震速報)がある。しかし、利用者には、この 2 つの違いや予測震度の推定方法などが十分に周知されていないため、機器メーカーによっては、東日本大震災直後に利用者からの要求に応じて説明資料の作成をした。このため、緊急地震速報を利用したシステムを導入する場合には、利活用方法のみならず、その仕組みも含め十分に周知する必要がある。

(2) 情報の提示方法と機器制御について

百貨店のような不特定多数が出入りする建築物では、主に従業員が身の安全確保の呼びかけや避難誘導を行う。このため、高齢者や障害者への対応も従業員が行うため、特に災害弱者を対象とした情報の提示方法を必要としていないことが分かった。一方、オフィスビルでは、在館者がほぼ特定されるため、館内放送によって身の安全確保を呼びかけることができるといった意見があった。しかし、緊急地震速報を使って身の安全を確保することに加えて、何か他にも災害対応(非常用設備機器との連動)につながるがあるとよいという意見があった。このため、在館者への情報の提示方法について、既存の方法以外に求められていないことが分かった。

次に端末機器メーカーや IT 企業へのヒアリングでは、情報提供する対象が防災センターの職員や建物管理者といった特定の対象者となるため、建物の揺れに関する情報(震度や長周期地震動など)や地震以外の気象に関する情報提供なども利用者から求められていることが分かった。

(3) 帰宅困難者対策条例や規格化について

2013 年 4 月から東京都では帰宅困難者対策条例が施行される。そのため、オフィスビルなどでは、震災直後に建物にとどまることができるかどうかをいち早く把握して、在館者に伝える必要がある。このため、オンサイト地震情報の活用として、被災度判定システムのように揺れにより建物が健全かどうかを把握できる仕組みがほしいとの意見があった。

また、端末機器メーカーや IT 企業へのヒアリングからは、緊急地震速報受信機器や被災度判定システムの信頼性を示すような規格もしくは、マル適マークのような認証が必要とされていることが分かった。

第4章 技術テーマ設定

ここでは、第3章のアンケート結果及び、ヒアリングを基に4.1に示す「緊急地震速報等を活用した建築物の安全性向上の体系図」を作成し、その体系図を基に技術テーマを設定した。各技術テーマの詳細については、4.2に示す。また、この体系図及び技術テーマでは、既存の建築物の耐震性能について、既存不適格のように十分な耐震性を有していないものについては、優先的に耐震補強を行う必要があることから対象とはせず、耐震診断によって、現行の建築基準法が求める耐震性能を有している建物を対象とした内容とする。

4.1 緊急地震速報等を活用した建築物の安全性向上の体系図

区分		技術テーマ	NO	
0. 建築物の安全性確保	建物周辺			
	建物自体			
	内装材			
	設備			
	什器			
	陳列物			
	シェルタールーム			
1. 正確な地震情報の獲得	共通	緊急地震速報を用いた早期地震防災システム	101	
	震度関連情報			震度
				加速度等
	余裕時間			
2. 地震関連情報提供の判断	共通	緊急地震速報を利用した情報提供意思決定システムの開発	201	
	関係者 ・従業員 ・警備要員等	地震予測情報		
		現況情報	現況情報のモニタリング方法	202
		避難情報		
	客	地震予測情報		
		現況情報	現況情報のモニタリング方法	202
		避難情報		
	建物周辺の人		免震構造物周辺の安全対策装置	203
	建物等制御用			

3. 地震 関連情報 の提供	共通			
	関係者	地震予測情報	上層階への地震波の影響予測	301
		現況情報		
		避難情報		
	客	地震予測情報		
		現況情報		
		避難情報		
	建物周辺の人		免震構造物周辺の安全対策装置	302
	地域		緊急地震速報と各種モニタリング技術を活用したエリア防災マネジメント支援システム	303
建物自体及び関係者		緊急地震速報と長周期地震動の観測情報を活用した超高層建築の震災対策支援システム	304	
建物等制御用				
4. 建物 等制御	建物周辺		免震構造物周辺の安全対策装置	401
	建物自体		緊急地震速報を利用した建築物の構造特性の制御による長周期地震、巨大地震などによる地震被害の軽減に関する技術	402
	内装材			
	設備(非常用に稼働させる設備も含まれる)			
	什器			
	陳列物			
	シェルタールーム			
5. 安全 確保行動	移動 ・建物外 ・建物内移動	誘導情報提供	地震時の危険回避情報等の自動提供システム	501
		誘導	緊急地震速報を利用した避難誘導技術	502
	待機 ・フロア内 ・建物内	待機情報提供		

4.2 技術テーマの詳細

ここでは、4.1 に示した「緊急地震速報等を活用した建築物の安全性向上の体系図」の各技術テーマについて、詳細を述べる。

項目		内容
技術テーマ	テーマ名称	緊急地震速報を用いた早期地震防災システム
	概要 (現状の状況についても記載する)	<p>緊急地震速報は大きな揺れが到達するまでに必要な行動や制御を行うための情報で、この情報を有効に機能させるためには、できるだけ迅速な発表がなされなければならない。このため高度利用者向け緊急地震速報は震源に近い一つの観測点で地震波をとらえた直後から、震源の場所、地震の規模（マグニチュード）や震度の推定のための処理を開始し、高度利用者向け緊急地震速報の発表条件に合致したときに発表される。2007年10月から2012年1月に発表された一般向け緊急地震速報と高度利用者向け緊急地震速報のデータ整理から、高度利用者向け緊急地震速報は78%が5秒以内に発表されているのに対し、一般向け緊急地震速報は20%にとどまり、予報が警報より平均8秒早く発表されている。一方、直下型地震の場合には、当該地点の地震計が最も早く地震波を観測するので、余裕時間の観点からも、新幹線で実用の早期検知用地震計を用いた早期地震防災システムなどを他分野へ活用することを提案する。早期検知用地震計は、P波検知後数秒間のデータから地震諸元（マグニチュードと震央位置）を推定するもので、現状、自機や外部の地震諸元情報から、列車の運転規制範囲の判断を行っており、基準値を超過した時に運転規制情報を出力する他、運転再開判断にも活用することが可能である。また、相互に情報の送受信を行うことができ、ネットワークを通じて、遠隔操作することにより、保守性を向上させている。</p>
技術開発の 目標・方法	目標	大きな揺れの来る前に、機器、システムの自動制御、避難行動、地震後の対応・準備
	方法	<p>高度利用者向け緊急地震速報と、新幹線で実用の早期検知用地震計を用いた早期地震防災システムなどの建築・住宅分野への利活用を行う。対象となる建築・住宅について、その直下型地震が発生した場合、当該地点に設置された早期検知用地震計が、最も早く「いつ、どこで、どの程度の大きさの地震が発生した」かを推定できる。対象となる建築・住宅から離れた場所で発生した巨大地震の場合、その震源に近い地震計が最も早く検知することになる。したがって、高度利用者向け緊急地震速報と、新幹線で実用の早期検知用地震計を用いた早期地震防災システムなどを併用した、建築・住宅分野への利活用を提案する。</p>

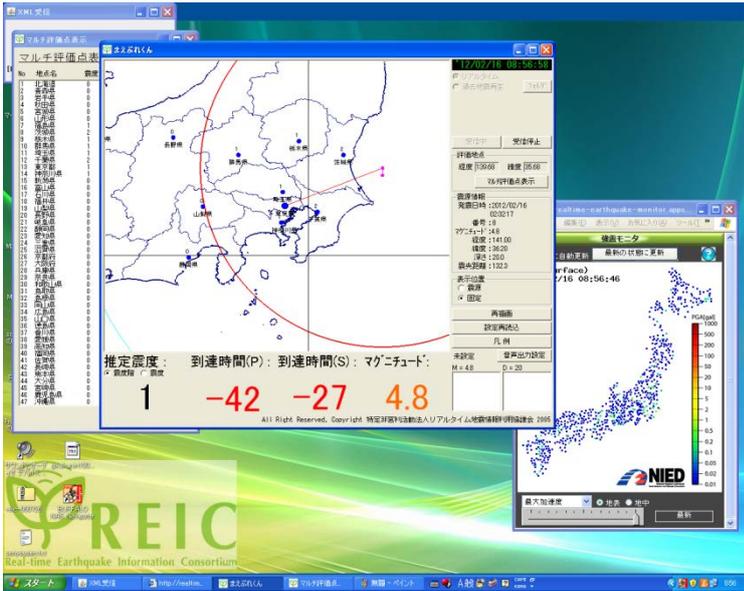
<p>実用化・事業化方策</p>	<p>2011年3月11日の東北地方太平洋沖地震では、高度利用者向け緊急地震速報が発表されてから実際の揺れが到達するまでの時間は、宮城県の栗原市で震度7の揺れが約21秒後に、震度6弱から6強の石巻市で約11秒、仙台市で約19秒であった。震度5弱から5強を観測した関東地方などには、推定したマグニチュードが小さかったことから、一般向け緊急地震速報は発表されなかったが、高度利用者向け緊急地震速報によれば、マグニチュード7.6と推定されてから主要動到達までは51秒の余裕時間があり、この情報の利活用が実用化・事業化に向けても重要な課題である。加えて、新幹線で実用の早期検知用地震計を用いた早期地震防災システムなどを併用した早期地震防災システムを構築し、建築・住宅分野への利活用を実用化する。</p>
<p>実現に向けての課題</p>	<p>高度利用者向け緊急地震速報と、新幹線で実用の早期検知用地震計を用いた早期地震防災システムなどの連携</p>
<p>その他</p>	<p>鉄道における早期地震防災システム http://www.rtri.or.jp/events/forum/2011/pdf/forum2011-01-01.pdf 緊急地震速報を用いた早期地震防災システムの実用化 http://www.rtri.or.jp/rd/division/rd46/rd4640/rd46400102.html</p>

項目		内容
技術テーマ	テーマ名称	緊急地震速報を利用した情報提供意思決定システムの開発
	概要 (現状の状況についても記載する)	<p>建物管理者は、自身の管理する建物について、震災時に消防法や地域の条例などを遵守して在館者の安全を確保しなくてはならない。しかし、地震発生直後は自身の管理する建物の火災情報や被害情報を把握し、在館者を安全な場所に避難させる必要がある、また、同時に周辺の情報や関係情報を収集する必要があるが、同様に情報収集する人が増えるため、輻輳する事により容易に情報を収集する事ができない。</p> <p>建物管理者は必ずしも災害に関する専門家ではないため、災害時に意思決定を支援するシステムが必要となる¹⁾。また、建物内の被害情報や負傷者に関する情報を建物内の共助体制で集約する仕組みを構築する事で、効率的に情報を収集する事ができる。さらに共助体制によって得られた情報²⁾を基に建物の被災度を把握し、状況に応じた意思決定を提供し、建物管理者を支援するシステムを構築する事で、適切で迅速な災害対応を行う事ができると考えられる。</p>
技術開発の 目標・方法	目標	商業施設やオフィスビルを対象に緊急地震速報と連動した地震関連情報による情報提供意思決定システムを開発する。
	方法	<p>災害時に必要な情報（交通機関、周辺震度、ライフライン情報など）について、緊急地震速報並びにインターネットやTVから情報を集約し、建物管理者が集約した情報を入力することで、情報を一元管理し、在館者に情報を提供する。さらに、地震による津波災害やその他水害などマルチハザードや複合災害も考慮した情報収集を行い、災害の専門知識を持たない建物管理者へも適切な意思決定ができるように支援する。また、消防法や帰宅困難者対策条例など関連法規に沿った意思決定を建物管理者が行えるようにシステムにより支援する。</p> <p>このシステムを構築するにあたり、施設管理者や建物管理会社とともに災害時に意思決定に必要な情報を整理し、その情報を収集・分析、意思決定に必要な情報を提供するシステムをIT企業とともに構築する。</p>
実用化・事業化方策		建物の利用形態によって意思決定が異なってくるため、不動産協会やオフィスビル協会、百貨店協会などの関連団体と連携をはかり、システムのフレームワークをフリーで提供する事により、ユーザーからの声を集め、システムを更新していき、システムの利便性を高めて、簡易に導入できるようにする。

<p>実現に向けての課題</p>	<p>既存の防災システムとの連携や消防計画との整合性、緊急地震速報をトリガーとして、意思決定などを行うため、緊急地震速報の精度が課題となる。また、対象施設の構造種類によって建物のゆれ方が異なるため、建物の揺れや震度の推定や補正について、気象業務法との整合性をはかる必要がある。</p>
<p>その他</p>	

【引用文献】

- 1) Nishimura S., 2002, Development of Virtual Emergency Response Network and Application, International Conference on Advances and New Challenges in Earthquake Engineering Research, pp183-186
- 2) 村上正浩、地域防災拠点を核とした防災街区の形成と都市機能継続モデルの構築に関する研究、工学院大学 総合研究所 平成 24 年度 研究報告書

項目	内容
<p>技術テーマ</p> <p>概要 (現状の状況についても記載する)</p>	<p>テーマ名称 現況情報のモニタリング方法</p> <p>地震が発生した時に、任意の地点が実際にどれくらい揺れているか、またどれくらいの被害を被ったかをある程度正確に把握することが現況情報のモニタリングである。</p> <p>現状では、モニタリングの方法として、下記がある。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ オンサイト地震計 ・ 各所モニター ・ 機器のセンサー ・ 人 (携帯による写真、動画及びコメント) <p>これらは、実運用されれば非常に有用であると考えられるが、実際の運用例はさほど多くない。防災センターで、モニタリングの情報が集約・利活用できるようになると、非常に効果的であると思われる。この辺りが課題になると考えられる。</p> <p>下図は、現在独立行政法人防災科学技術研究所で公開している強震モニタ (各地の地震の揺れを大きさを表示する) と緊急地震速報でのS波の到達時間と予測震度を同時にモニターした画面表示を示す。強震モニタは防災科研が管理している強震計で観測された地震動波形を用いて求めた計測震度相当値を web で提供している。</p> <p>この表示と建物に設置されている地震計で得られた震度を利用することでより正確な情報が得られ、防災への利活用が期待できる。今後は緊急地震速報とオンサイト地震情報をを用いて利用者の安否確認を含め利用価値が高くなることが考えられる。</p>  <p>緊急地震速報と強震モニタ表示画面例</p>

技術開発の 目標・方法	目標	<p>現況情報のモニタリングを広く一般的なものにする。</p> <p>その情報を、防災センターで有効に利活用する。</p> <p>それによって、2次災害等を防ぐ。</p>
	方法	<p>本テーマについて、モニターとして協力して頂ける組織・人を募集する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・オンサイト地震計（高層オフィスビル、百貨店、病院など） ・各所モニター（各種公共施設の防犯カメラなど） ・機器のセンサー（工場など） ・人（Twitter や SNS などを利用して協力を仰ぐ）
実用化・事業化方策		<p>現況情報のモニタリング方法が確立されると、ある建物から避難すべきか留まるべきかの判断ができ、避難指示が適切に出せるようになる。これは、非常に大きなメリットなので、この点を特にアピールして実用化、事業展開を計る。</p>
実現に向けての課題		<ul style="list-style-type: none"> ・モニター段階での協力者の募集。 ・モニターに掛かる費用の負担。 ・実運用に向けての課題の整理。 ・運用段階へのビジネスモデルの構築。
その他		

項目		内容
技術テーマ	テーマ名称	免震構造物周辺の安全対策装置
	概要 (現状の状況についても記載する)	<p>免震構造物は免震装置により周期を長くしていることから、地震動の周期と大きさに応じて建物と外周ピットの間で変位が生じてしまう。ダンパーにより変位量は小さくしているが、設計時の大地震時では40 cmから50 cm程度は想定しているのが現状と考えられる。大地震時でなくても建物と外周ピット間での変位が周辺にいる人への情報発信がなく生じることは、建物とぶつかったり、心理的な驚き等により危険や不安を生じさせる。</p> <p>このようなことを回避するため、</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. たとえば、震度4を閾値として、震度4以上では地震が発生したことを速やかに知らせる。(緊急地震速報の活用) 2. 外部ピット周辺(建物と相対的に変位が生じる場所すべて)で、表示装置、放送設備、安全装置(手すりなどをあらかじめ設置、あるいは地震発生後機械的なしくみで、手すりなどが現れる、光を発する)等を用いて周辺の人々に注意を呼びかけ、安全を確保する。 <p>これらの装置は、景観上やデザイン上に影響を与えないものとするのが重要となる。</p>
技術開発の 目標・方法	目標	地震時に確実に建物外部ピット周辺の人々に地震情報を伝え、安全確保が自動に実施できるシステムの開発
	方法	<ol style="list-style-type: none"> 1. 緊急地震速報の受信 2. 緊急地震速報の伝達(放送等) 3. 安全の確保(装置の設置) <p>装置については、ローコストで景観上、デザイン上を考慮したものとする。 (1)手すり+スピーカー、(2)表示装置+信号(パトライトイメージ)、(3)信号のみで配信方法で工夫等が考えられる。具体的なものはデザイン等も考慮して決定する。</p>
実用化・事業化方策		<ol style="list-style-type: none"> 1. 緊急地震速報と組み合わせる装置の検討(表示装置、光による警報、手すり、放送設備等で効率、デザイン、コストから決める) 2. 選択した装置の具体化・開発 3. 緊急地震速報と連動させるためのシステム化の検討(配線・信号の処理、安全システムの構築) 4. システムの開発 5. 全体の安全システム体制の整理と活用方法の検討 6. オンサイト地震情報を考慮する場合、これを上記にどのように結び付けられるかを検討

<p>実現に向けての課題</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. ローコストで景観やデザインを満たすものができるかをFSする必要がある。 2. 手すり以外の方法も考える。 3. ピット内に収納できるコンパクトなものとする。 4. 緊急地震、オンサイト地震計との連動するものとする。
<p>その他</p>	<p>今後免震構造の普及に伴い、狭小な場所に設置する場合も増え、地震時の周辺と免震建物の動き及び利用者の安全対策について検討することは重要となってくる。今後看板による周知だけでなくローコストで確実な安全対策と安全装置が必要になってくると考えられる。</p>

No.203. 地震関連情報提供の判断（免震建物の周辺への影響対応）

(1). 現状

免震建物の建物応答変位は周辺とのクリアランスを考慮して設計時に設定され、極くまれに生じる大地震時には、基礎（地盤）と建物間に大きいもので50cm程度の建物応答変位が生じる可能性がある。そのため、場所によっては、免震構造であり、建物が地震時に動くことを看板等で周知させておく必要がある。写真-4.2.1～写真-4.2.3¹⁾は免震建物が動くこと及び設計時最大値等を記載した看板の例である。特に建物が動いた時に人間がぶつかる可能性がある場合や建物が動く範囲に人間がいる場合は、危険性等を考えと周知徹底が必要になる。このように、建物に応答変位がある程度予想される地震が生じた時には速やかに周辺の利用者へ情報提供が行われるようにする必要がある。



写真-4.2.1 免震表示例 1

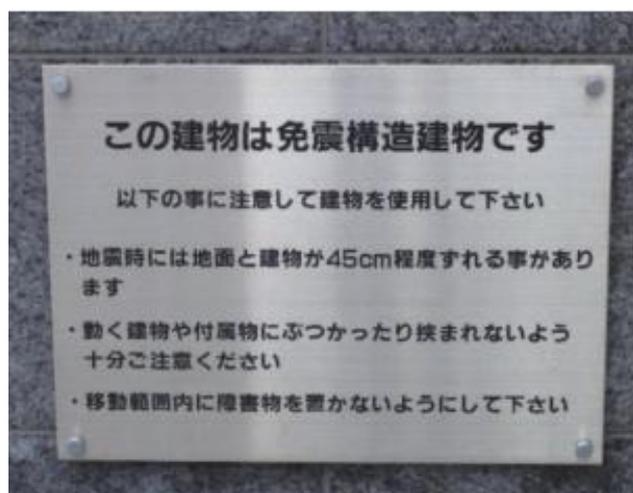


写真-4.2.2 免震表示例 2



写真-4.2.3 免震表示例 3

【参考・引用文献】

- 1) 国土技術政策総合研究所資料(2002)：平成 23 年(2011 年)東北地方太平洋沖地震被害調査報告，第 674 号

(2). 緊急地震速報の利用案と閾値の設定

現状の看板だけでは見落とすこともあるので、利用者が、建物と周辺構造物に挟まれてけがをしないようにすることが非常に大切である。安全を確保するためには、一定の大きさ以上の応答変位が想定される時には速やかに周辺の利用者に地震発生を知らせることが必要になる。

免震建物では設計時に時刻歴解析を行い設計用入力地震動に対する応答特性を詳細に検討する機会が多い。設計用入力地震動に対し建物の応答変位が1F等対象とする地点でどの程度になるかを調査しておき、その設計用入力地震動が計測震度になるとどの程度かを解析的に求めることができる。オンサイト地震計も設置する場合であれば、通常オンサイト地震計は免震層を挟んだ上下と最上階や中間階と最上階などに配置されると考えられるので、解析計算時に免震層下の応答加速度を求めその値を建物相当計測震度（応答加速度を気象庁と同様な方法で求めた計測震度）に換算するなどすれば、緊急地震速報とオンサイト地震計の併用が可能となり、それぞれの方法で地震発生に対する安全対策を実施できる。ただし、両者を併用する場合には、緊急地震速報に誤報があってもオンサイト地震計をより優先させるなど、安全側を担保する判断を用いた方が良く考えられ、使用上のルールを決めておく必要がある。警報震度*1および警報建物相当震度*2の設定例に関するフローを図-4.2.1に示す。

*1:ここでの警報震度は、設定震度以上になると地震発生を知らせる（情報伝達する）震度

*2:ここでの警報建物相当震度は、設定建物想定震度以上になると地震発生を知らせる（情報伝達する）建物相当震度

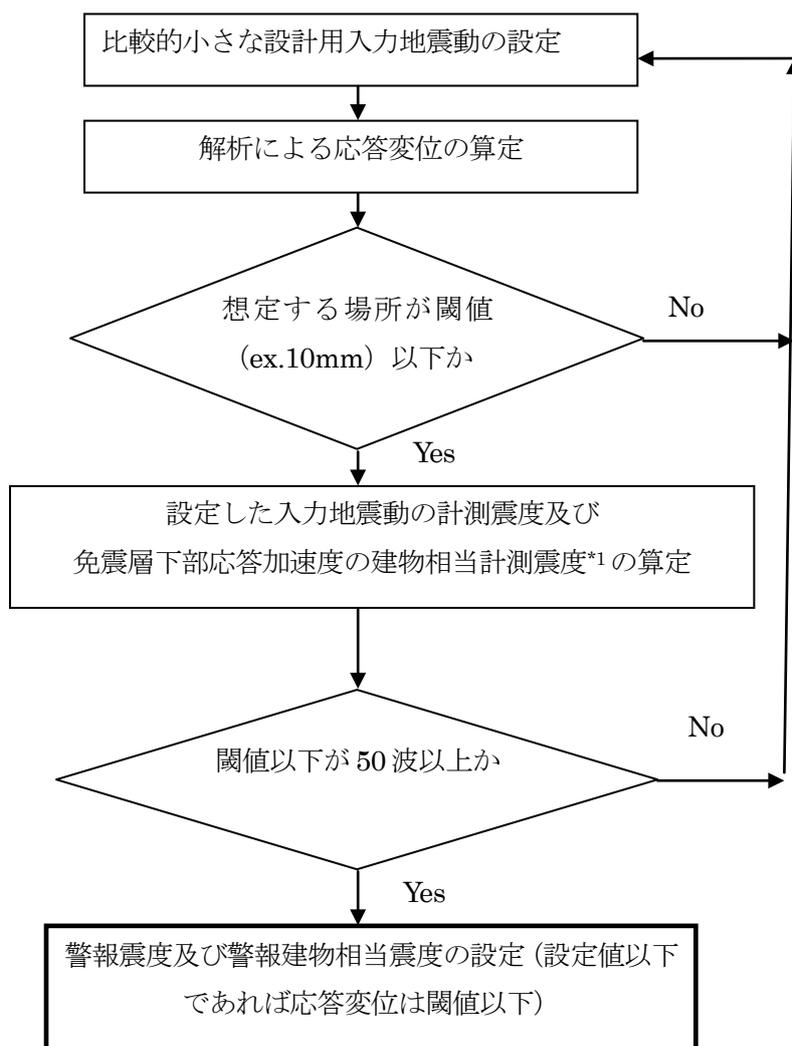


図-4.2.1 緊急地震速報及びオンサイト地震計による閾値設定例に関するフロー

No.302 地震関連情報の提供（免震建物の周辺への影響対応）

No.203 地震関連情報提供の判断（免震建物の周辺への影響対応）の現状にあるとおり免震建物は地震時に建物応答変位が生じ、周辺に利用者がいる場合は安全対策が必要になるが、現状は看板で表示するにとどまっている。このようなことから、地震関連情報の提供として、看板による方法に追加し確実に安全対策ができるように、閾値を超える地震に対し機器や器具を用いて地震情報を提供する、安全対策を考える。

ここでは、

- a.緊急地震速報を用いた安全対策
- b.緊急地震速報とオンサイト地震計を併用した安全対策

について詳細検討する（a.bの概要は技術テーマ設定シート No.203-302-401 を参照）。

a.緊急地震速報を用いた安全対策

緊急地震速報を用いた安全対策フロー例を図-4.2.2 に示す。緊急地震速報を受信後、閾値を超える速報については安全装置を作動させる。残留変位の修正が可能な量以下であることを確認し、安全装置を解除し通常に戻す。修正が必要な大きな残留変位が残るのは大きな地震と考えられるので、震度3や4の地震では安全装置をそのまま解除しても特に問題はないと考えられる。

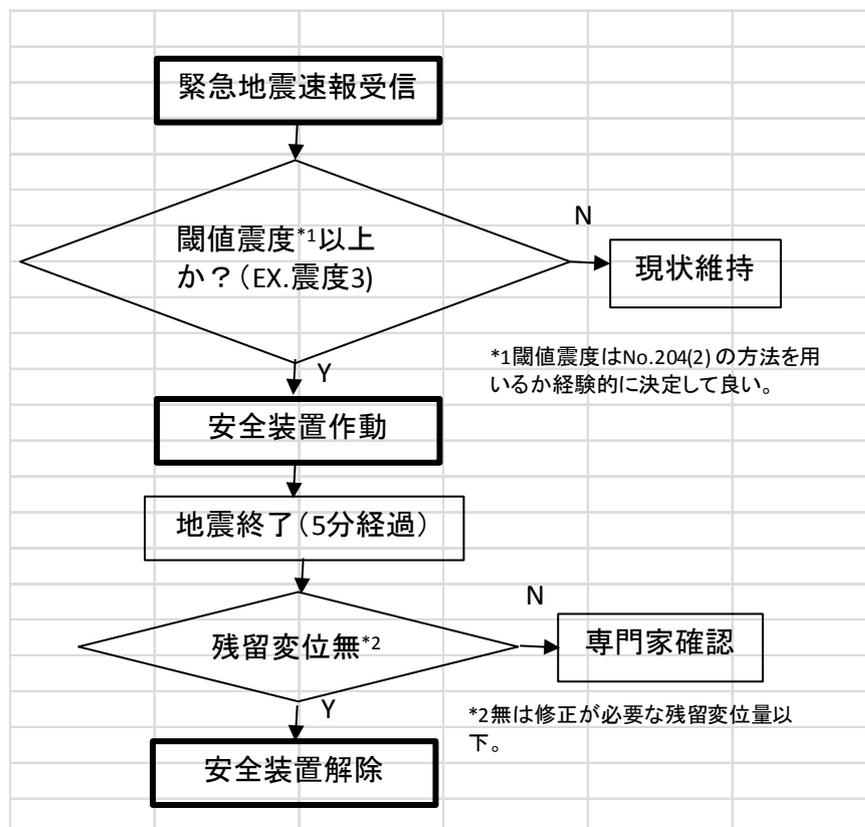


図-4.2.2 緊急地震速報を用いた安全対策フロー例

b.緊急地震速報とオンサイト地震計を併用した安全対策

緊急速報システムとオンサイト地震計を併用した安全対策フロー例を図-4.2.3に示す。緊急地震速報を受信後、閾値を超える速報については安全装置を作動させる。これに追加して、直下地震ではオンサイト地震計から緊急地震速報より早く地震についての情報が得られるので、下記フローではその記録を用いて安全装置を作動させるシステムとなっている。どちらを優先するかは、No.203(2)に述べたとおり、精度と周辺状況によって決めて良い。人が多く集まる場所では、緊急地震速報がたとえ誤報でも安全を優先し、とにかく早く届いた情報により安全装置を作動させることが肝要と考えられる。また、オンサイト地震計を併用すればその記録から緊急地震速報の精度（サイト特性等）や建物特性を以降の予測に生かすことができる。さらに入力加速度や応答変位を用いて直接あるいは応答解析を併用して建物の損傷推定ができる点、オンサイト地震計を用いるメリットは大きい。残留変位の確認については a 緊急地震速報と同じである。

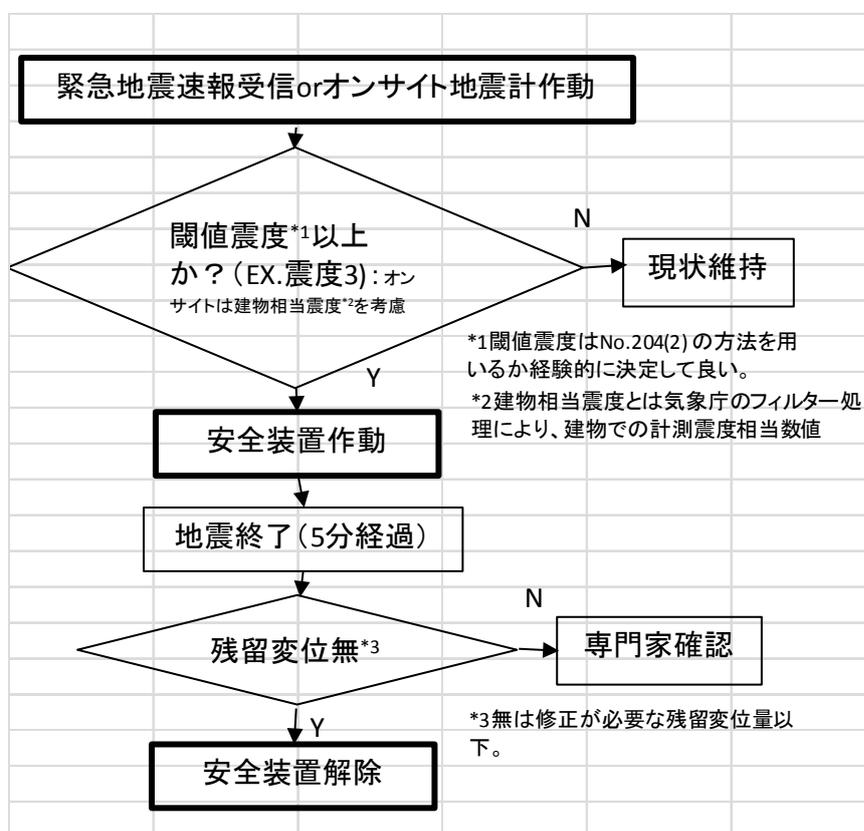


図-4.2.3 緊急地震速報とオンサイト地震計を併用した安全対策フロー例

No.401 建物等制御（免震建物の周辺への影響対応）

作動させる安全装置について現状の例を示す。例以外にももっとローコストで安全に寄与する装置はたくさん想定されるので、ここでは一例として取り上げる。

安全装置の考え方の一例は以下のとおりである。

- a. 現状の看板を利用
- b. 現状の看板+安全装置
- c. 機械・器具による安全装置

a. 現状の看板を利用

写真-4.2.4 に追記したように現状の看板が緊急地震速報受信時に光を発するようにし、地震時の利用者の注意を看板に引きつけるようにする。

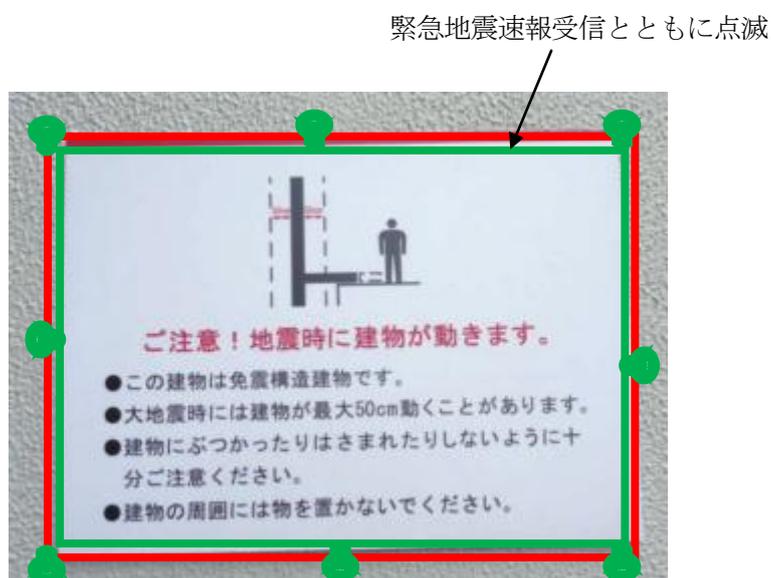


写真-4.2.4 看板を工夫する例（光を与え注意を引くように）

b. 現状の看板+安全装置

図-4.2.4 に追記したように現状の看板にプラスして緊急地震速報受信時に放送をし、利用者に促す。

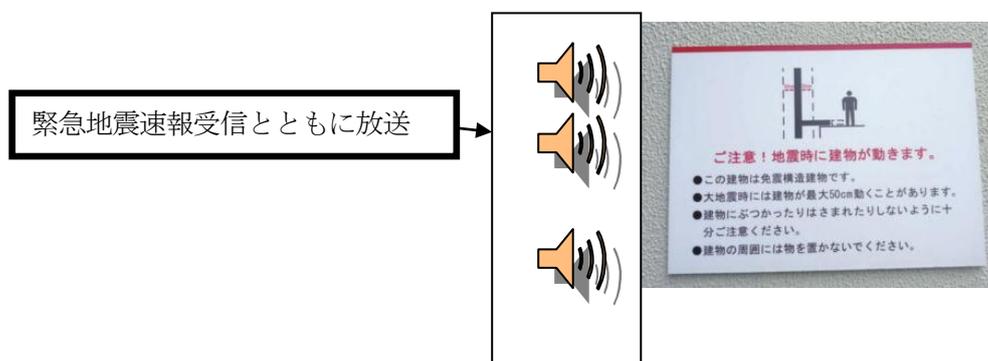


図-4.2.4 看板に安全装置（放送設備）を追加する例

c 機械・器具による安全装置

機械や器具による安全装置は、b で述べた放送設備を有効に使用方法が最も効果的と考えられる。その他として

c-1 確実に安全を保持するには、手すり等をあまり気にならないような低い位置に設置し、緊急地震速報を受信し閾値を超えた場合、手すりが伸びて、利用者が落ちたり、隙間に挟み込まれないようにする。

c-2 境界の足元にブロックを敷き、緊急地震速報を受信し閾値を超えた場合、光・振動を発生し利用者が境界から離れるように促す。補助手段として放送設備も用いる。

これらのイメージを図-4.2.5 に示す。

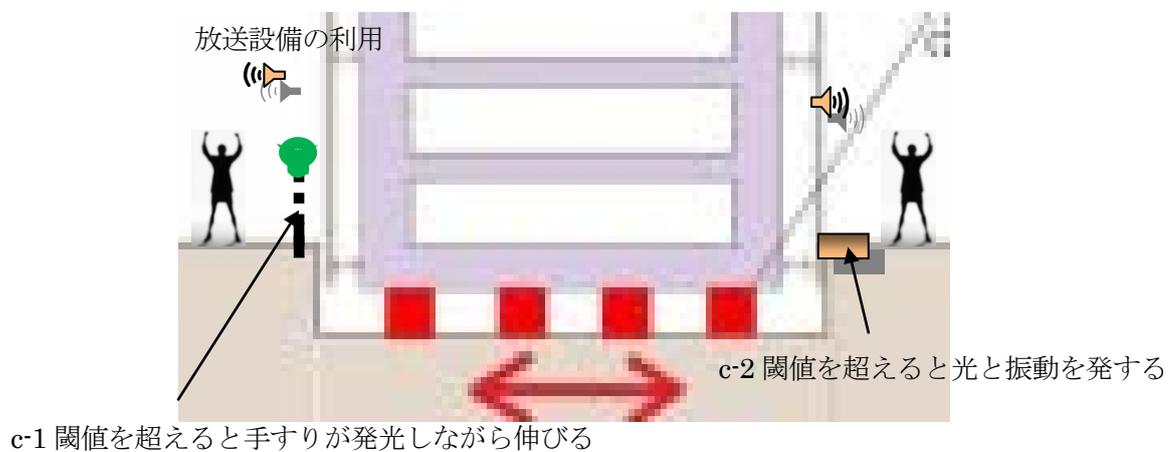


図-4.2.5 免震建物での機械・器具による安全装置イメージ例

項目		内容
技術テーマ	テーマ名称	上層階への地震波の影響予測
	概要 (現状の状況についても記載する)	<p>地震発生時にビルの管理室が地震波の影響を予測できれば、事前及び事後の対応にとって大きなプラスになる。管理室は多くの場合1階や地階に位置しているため、特に上層階の状況を把握するのは難しい。</p> <p>上層階の状況（たとえば什器の移動・転倒、不快感）を把握するには上層階の地震応答を推定する必要がある。緊急地震速報により気象庁の予測手法を用いて予測できるのは地表面の震度であり、建物応答は別途推定する必要がある。建物の特性を考慮して応答倍率を決め、床応答震度を推定することなどが行われており、低層建物の場合にはある程度の適用性がある。しかし、高層建物では地震動の周期特性により床応答が大きく異なるため、緊急地震速報から地震動の周期特性を含む指標を推定する必要がある。また、推定した上層階の応答から上層階の状況を推定する手法も検討する必要がある。</p>
技術開発の 目標・方法	目標	上層階への地震波の影響を表す指標を決め、緊急地震速報から当該指標を予測する手法を開発する。
	方法	影響を受ける対象（什器の移動・転倒、不快感など）を決め、実験やアンケートを通して当該対象への影響の大きさを表す床応答の要素（周期特性、経時特性など）を決める。例えば速度応答スペクトルの特定の周期間の平均値など。次に緊急地震速報からそれらの要素を推定する手法を開発する。
実用化・事業化方策		
実現に向けての課題		不快感など人間の感覚に関する指標はいくつか提案されているが、個人差もあり、一般的に定量化が難しい。
その他		

緊急地震速報から高層ビルの上階の床応答を精度良く予測するためには地表面最大加速度や地表面最大速度ではなく地震動の周期特性を考慮した応答スペクトルを予測する必要がある。荒川ら¹⁾は我国の地盤上で得られた197組のSMAC型強震計記録をもとに加速度応答スペクトルの距離減衰式を開発した。内山ら²⁾は1968年十勝沖地震から2003年十勝沖地震までの $M_w \geq 5.5$ の52地震の3198記録から工学的基盤における応答スペクトルの距離減衰式を作成した。小林³⁾は関西地震観測研究協議会、K-NETの95のデータを用い、堆積層の1次固有周期付近の擬似速度応答値の平均値の距離減衰式を構築した。安中ら⁴⁾は地震記録の他に想定南関東地震と関東平野北西縁断層帯で発生する地震に対する三次元数値シミュレーションによる計算波形を使用して擬似速度応答スペクトルの距離減衰式を構築した。片岡ら⁵⁾は海溝性地震14個2374記録、内陸地震11個1880記録から長周期地震動を考慮した加速度応答スペクトルの距離減衰式を作成した。佐藤ら⁶⁾は長周期を含む加速度応答スペクトルと群遅延時間の距離減衰式と、それらを用いた長周期時速歴波形の作成法を開発した。緊急地震速報で得られるのは震央位置とマグニチュードであるが、断層からの最短距離に基づく手法が多く、これらを参考に緊急地震速報から推定可能な手法を開発する必要がある。

藤本ら^{7) 8)}は強風時の長周期水平振動が居住者に与える不安感や不快感を明らかにするために、振動台実験により、長周期水平振動に対する立位での知覚域(感覚が生ずるか否かの境目の刺激値)を検討し、知覚閾は $Jerk(a\omega^3)$ 、 a :片振幅 ω :円振動数)と関係が深いとしている。神田ら^{9) 10) 11)}は超高層住宅などの強風時における使用限界状態の条件設定を目的としてバネ振り子振動シミュレータを試作した。濱川ら¹²⁾は、兵庫県南部地震で東大阪市全域において約600名を対象に行った恐怖感、驚き方などのアンケート調査と地震観測記録との関係を調査し、人体感覚と地震観測記録とが整合することを確認している。小堀ら¹³⁾は、兵庫県南部地震時に大阪市此花区の超高層RC住宅に対して住宅・都市整備公団関西支社が行った地震時の揺れの状況に対する居住者の感覚の程度や、家具などの店頭及び破損状況を把握するためのアンケート調査を分析し、長い周期でゆらゆら揺れたこと、地震の前と後で不安だった人10%から不安である人35%に増加したとしている。宮下ら^{14) 15) 16)}は水平・鉛直方向の振動を対象とした振動実験を行い、不安感、恐怖感などのアンケート調査、心拍数、唾液アミラーゼなどの生理現象測定及び心理テストを行い、振動体験直後にストレスが上昇すること、高齢者層は生理的な変化が振動体験後に現れ、若年者は心理的な変化が生じやすい傾向があるとしている。斉藤ら¹⁷⁾は東北地方太平洋沖地震後に東京都中央区の超高層集合住宅6棟の管理組合に聞き取り調査を行い、エレベータ、ガスの停止、揺れの程度などを調べた。酒井ら¹⁸⁾は振動台実験で、周囲の環境として明るさ、広さ、人数差が人間の感度、不安度、行動不可能度に及ぼす影響を検討し、停電で暗い時には今まで予測されているものより不安が大きくなり、思うように身動きが取れない可能性があることを示した。高橋ら¹⁹⁾は、振動台実験により長周期地震動まで含めた強震時の避難行動限界を示す評価曲線を提案した。

【引用文献】

- 1) 荒川直士, 川島一彦, 相沢興, 高橋和之: 最大地震動及び地震応答スペクトルの推定法(その3), 最大加速度、変位及び加速度応答スペクトルの距離減衰式, 土木研究所資料, No. 1864, 1982. 11
- 2) 内山泰生, 翠川三郎: 震源深さの影響を考慮した工学的基盤における応答スペクトルの距離減衰式, 日本建築学会構造系論文集, No. 606, pp. 81-88, 2006. 8
- 3) 小林喜久二: 長周期地震動の距離減衰式に関する検討, 日本建築学会大会学術講演梗概集, Vol. B-2, pp. 371-372, 2007
- 4) 安中正, 原田光男, 権守英樹, 東貞成, 佐藤浩章: 関東地域における長周期地震動の確率論的地震ハザード解析, 土木学会地震工学論文集, pp. 1035-1045, 2007. 8
- 5) 片岡正次郎, 松本俊輔, 日下部毅明, 遠山信彦: やや長周期地震動の距離減衰式と全国の地点補正係率, 土木学会論文集A, Vol. 64, No. 4, pp. 721-738, 2008. 11
- 6) 佐藤智美, 大川出, 西川孝夫, 佐藤俊明, 税関松太郎: 応答スペクトルと位相スペクトルの経験式に基づく想定地震に対する長周期時刻歴波形の作成, 日本建築学会構造系論文集, Vol. 75, No. 649, pp. 521 - 530, 2010. 3
- 7) 藤本盛久, 大熊武司, 天野輝久, 高野雅夫: 長周期水平振動を受ける居住者の振動感覚に関する研究: 実験装置及び立位の場合の基礎実験, 日本建築学会大会学術講演梗概集, Vol. 構造系, pp. 851-852, 1978. 8
- 8) 藤本盛久, 大熊武司, 天野輝久, 高野雅夫: 長周期水平振動を受ける居住者の振動感覚に関する研究: その2. 知覚閾, 日本建築学会大会学術講演梗概集, Vol. 構造系, pp. 677-678, 1979. 9
- 9) 神田順, 田村幸雄, 藤井邦雄: 長周期振動感覚実験用シミュレータの製作, 日本建築学会大会学術講演梗概集, Vol. B, pp. 937-938, 1987. 8
- 10) 神田順, 田村幸雄, 藤井邦雄, 大築民夫, 田村哲郎, 佐野行雄, H: 超高層住宅の長周期振動に対する振動感覚の調査研究 I, 住宅建築研究所報, No. 14, pp. 90, 381-391, 1988. 3
- 11) 超高層住宅振動限度委員会: 超高層住宅の長周期振動に対する振動感覚の調査研究(その2). 丸善出版; 1992.
- 12) 濱川尚子, 大場新太郎: アンケート調査に基づく人体感覚と地震観測記録との関係について, 日本建築学会大会学術講演梗概集, Vol. B-2, pp. 105-106, 1995. 7
- 13) 小堀隆治, 田中幹夫, 沢井布兆, 松谷輝雄, 横山浩明, 高尾洋史: 兵庫県南部地震における高見フローラル超高層RC造集合住宅の検証: (5) 居住者の地震揺れ感覚-ヒアリング調査結果, 日本建築学会大会学術講演梗概集, Vol. B-2, pp. 437-438, 1995. 7
- 14) 宮下邦義, 建部謙治: 地震動による人の心理・生理学的影響に関する研究, 日本建築学会大会学術講演梗概集, Vol. E-1, pp. 1023-1024, 2010. 7
- 15) 建部謙治, 宮下邦義: 地震動による人の心理学的・生理学的影響に関する研究: その1 実験の概要と生理学的変化, 日本建築学会大会学術講演梗概集, Vol. E-1, pp. 745-746, 2011. 7
- 16) 宮下邦義, 建部謙治: 地震動による人の心理学的・生理学的影響に関する研究: その2 年齢別、性別比較, 日本建築学会大会学術講演梗概集, Vol. E-1, pp. 747-748, 2011. 7
- 17) 斉藤大樹, 石川孝重, 高橋徹: 巨大地震に対する超高層集合住宅の人・生活を守る技術の開発: その1 2011年東北地方太平洋沖地震による超高層集合住宅の揺れ, 日本建築学会大会学術講演梗概集, Vol. B-2, pp. 945-946, 2011. 7
- 18) 酒井麻衣, 高橋徹, 斉藤大樹: 巨大地震に対する超高層集合住宅の人・生活を守る技術の開発: その2 周辺環境が揺れ感覚に与える影響, 日本建築学会大会学術講演梗概集, Vol. B-2, pp. 947-948, 2011. 7
- 19) 高橋徹, 貞弘雅晴, 斉藤大樹, 小豆畑達哉, 森田高市, 野口和也, 箕輪親宏: 長周期地震動を考慮した人間の避難行動限界評価曲線の提案, 日本建築学会大会学術講演梗概集, Vol. B-2, pp. 497-498, 2007. 7

項目		内容
技術テーマ	テーマ名称	緊急地震速報（高度利用者向け）と各種モニタリング技術を活用したエリア防災マネジメント支援システム
	概要 （現状の状況についても記載する）	<p>現状：2011年東日本大震災の際、首都東京は震度5であり、大きな地震被害は無かったが、公共交通機関が停止し、帰宅困難者が溢れ、幹線道路は大渋滞となり、首都機能は大混乱となった。大都市の中心市街地には超高層建築など膨大な人口が集中しており、高い利便性（ハイリターン）と引き換えに高い危険性（ハイリスク）があることを改めて認識した。超高層建築や集客施設、地下街などには多くの防災センターが存在するが、殆んど連携されていない。例として新宿駅周辺地域には、防災訓練など地震防災活動を行うための協議会があり、震災時には現地本部を立ち上げ、地域情報を共有する計画であったが、東日本大震災では誰も参集せず、地域情報の共有は行われなかった。そのため、駅周辺の地下街や都庁などには大勢の帰宅困難者が溢れる一方で、帰宅困難者の受入れ準備を行っていた建物には殆んど誰も来ない、という状況が生じた。</p> <p>概要：エリア内の施設（超高層建築や地下街など）の防災センター間の情報連絡・共有、エリア内の各種モニタリング（地震計、防犯・監視カメラなど）情報を集約するエリア防災センター（統合防災センター、エリアマネジメントセンターなど）の設置が望ましく、そのための支援システムを開発する必要がある。システムの構成は対象により異なるが、例えば当センターでは平常時にはエリアの巡回、エリア情報（土地や建物・施設の履歴、建築技術者や医療従事者・ボランティアなど人材情報など）のデータベース化、備蓄品の管理、防災教育や訓練の実施、エリアモニタリングシステムの維持管理などを行い、非常時には緊急地震速報（高度利用者向け）と各種モニタリング技術を活用してエリアの状況把握を行い、危機管理の指導的な立場で調整を行う。対象エリアが都市再生緊急整備地域であれば、都市安全確保促進事業（エリア防災促進事業、内閣・都市再生本部（2012））を活用することが可能である。</p>
技術開発の 目標・方法	目標	エリア防災センターを支援するシステム
	方法	エリア内モニタリング（強震計、防犯・監視カメラなど）、非常用通信（無線LANや専用ケーブル）、WebGISによるエリア情報システム
実用化・事業化方策		インセンティブとして都市安全確保促進事業（エリア防災促進事業、内閣・都市再生本部（2012））などの活用
実現に向けての課題		エリア防災センターの事例として海外にはあるが（フランス・パリのデファンス地区整備公社など）、国内ではまだ存在しない（但し、街区単位あるいは単一の事業者の場合、複数の施設をまとめた統括防災センターは存在す）。エリア防災センターには専任職員やスペース・資機材が必須であり、その予算の分担にエリアの理解を得る必要がある。センターの存在が、エリアの資産価値向上にもつながるなどの事例や費用対効果のシミュレーションなど地道な努力が必要である。
その他		

エリア防災センターのイメージとして、写真-4.2.5（左）は2012年度新宿駅周辺地域防災訓練において工学院大学に設置した西口現地本部における地域情報の共有訓練の様子である。写真-4.2.5（右）の新宿区防災センターと図-4.2.6のWebGISなどにより地域の被害状況や帰宅困難者の発生状況、受入れ可能な施設などの情報共有の訓練を行っている様子である。



写真-4.2.5 2012年度新宿駅周辺地域防災訓練における西口現地本部（左：工学院大学）と新宿区防災センター（右）における情報共有訓練の様子（防災無線と長距離無線LANを活用）



図-4.2.6 WebGISによる新宿駅周辺地域における震災時情報共有（2012年度新宿駅周辺地域の防災訓練資料）

都市安全確保促進事業（エリア防災促進事業）：内閣・都市再生本部はでは都市再生特別措置法を改正し（2012年7月1日）、全国の都市再生緊急整備地域（大都市の中心市街地・臨海地域）を対象として都市安全確保促進事業（エリア防災促進事業）を創設した。具体的には地域で協議会等を設置、防災計画等を申請し、備蓄倉庫・退避施設・情報共有施設の設置などの安全確保策強化や、訓練実施や地域ルールの方策などに予算支援が行われる。

フランス・デファンス地区における安全管理：軍事関係など民間企業の誘致推進には地区全体の安全管理が不可欠であり、地区全体の安全管理を統括する中央本部（24時間・危機管理専門家が4人が常駐）が設置されている。平常時には、各ビルの火災・犯罪・事故予防と、地区全体のテロ予防を行っている。中央本部は、各ビルのフロア単位に任命された安全管理担当チームと担当者に対する研修及び指導（防火・防犯対策、避難誘導方法、消防用設備等の操作、防災訓練の実施など）。緊急時には、中央本部は各超高層ビルの防災センター、さらには公的機関と連携して速やかな応急対応活動を実施する体制となっている。

【引用文献】

内閣・都市再生本部、都市再生安全確保計画制度（エリア防災計画）について、2012
<http://www.toshisaisei.go.jp/yuushikisya/ankenkakuho/index.html>

項目		内容
技術テーマ	テーマ名称	緊急地震速報（高度利用者向け）と長周期地震動の観測情報を活用した超高層建築の震災対策支援システム
	概要 （現状の状況についても記載する）	<p>現状：2011年東北地方太平洋沖地震では、各地で長周期地震動が観測され、超高層建築が大きく揺れて様々な室内被害が観測された。気象庁が発表する緊急地震速報や震度情報には長周期地震動が反映されていないため、地震計を設置していない超高層建築の防災センターでは高層階の状況が全く把握できず、初動対応が大幅に遅れた（例：大阪府咲洲庁舎など）。一方、東京では短周期から長周期まで卓越する地震動が観測され、超高層建築は1次モードだけでなく、2次モード以上が励起された。このため室内被害は高層階だけでなく、中層階でも生じていた。また東京内陸部に比べ、湾岸地域では広い周期帯域で地震動が増幅しており、高層マンションなどの室内被害もより広範囲に生じており、地盤特性の重要性が改めて認識された。上記の背景から、気象庁では2013年度に長周期地震動の観測情報の提供を予定している。この情報は、気象庁のホームページから各地の周期1.5秒から8秒程度までの応答スペクトルや、4つの階級による長周期地震動階級（仮称）などのデータが提供される予定である（自分で情報を取りに行くPull型の情報提供）。大都市圏における気象庁の地震計サイトの数は多くないが、超高層建物が多地域には今後、順次増設することを検討している。</p> <p>概要：緊急地震速報（高度利用者向け）の震源情報（M、位置、深さ）を用いて経験式より長周期地震動を利用するシステム（例えば、久保ほか（2009））は既に存在するが、それに加えて長周期地震動の観測情報を用いてより精度の高い長周期地震動を推定することが可能である。特に強震計が設置されていない超高層建物（高層マンションなど）などに有効であり、下記のような使用法が考えられる。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 管理会社などの災害対策本部の立ち上げや自衛消防組織の参集への基準値：現在の震度（例：震度5強以上）に加え、長周期地震動階級（例：階級3以上）が目安になる ・ 建物の揺れの推定：応答スペクトル法から3次モードまでの応答値の重ね合わせから、対象建物の最大応答値の高さ方向分布が推定できる。 ・ 建物の被害の推定：上記の最大応答値の高さ方向分布（加速度・速度・変位）から、建物の躯体や室内被害を推定する。 ・ 初動の対策支援：上記の被害推定より、全館避難の必要性の有無や、特に被害が集中しそうな階などが推定され、速やかな初動を支援する。
技術開発の 目標・方法	目標	<ol style="list-style-type: none"> 1. 気象庁の観測点と超高層建築の地盤特性の違いによるサイト補正 2. 超高層建築の固有周期・刺激関数と被害関数
	方法	<ol style="list-style-type: none"> 1. 簡易的には公開されている深層地盤構造により1次元増幅理論などから増幅特性の違いを推定する 2. 簡易的には平均的な超高層建物の刺激関数の値を用いるが、できれば構造計算書からモード計算を行い、微動観測などから確認を行う。
実用化・事業化方策		手法や方法論は良く知られている
実現に向けての課題		震災直後における気象庁HPでのデータ入手法。地盤増幅のサイト補正法。大振幅時の建物の非線形特性（周期や減衰特性）。室内被害の推定法など
その他		気象庁の推定情報に加え、超高層建物のような多数在館者を抱える重要構造物には強震計を設置し、被災度判定システムを導入することが望まれる。

- 緊急地震速報（高度利用者向け）を用いた長周期地震動の予測と活用：久保ほか（2009）など
- 2011年東北地方太平洋沖地震による大阪府・咲洲庁舎の揺れや被害について：大阪（2011）など
- 東京沿岸部と沿岸部以外の観測点における応答スペクトルの差異：図-4.2.7を参照（日本建築学会（2012））

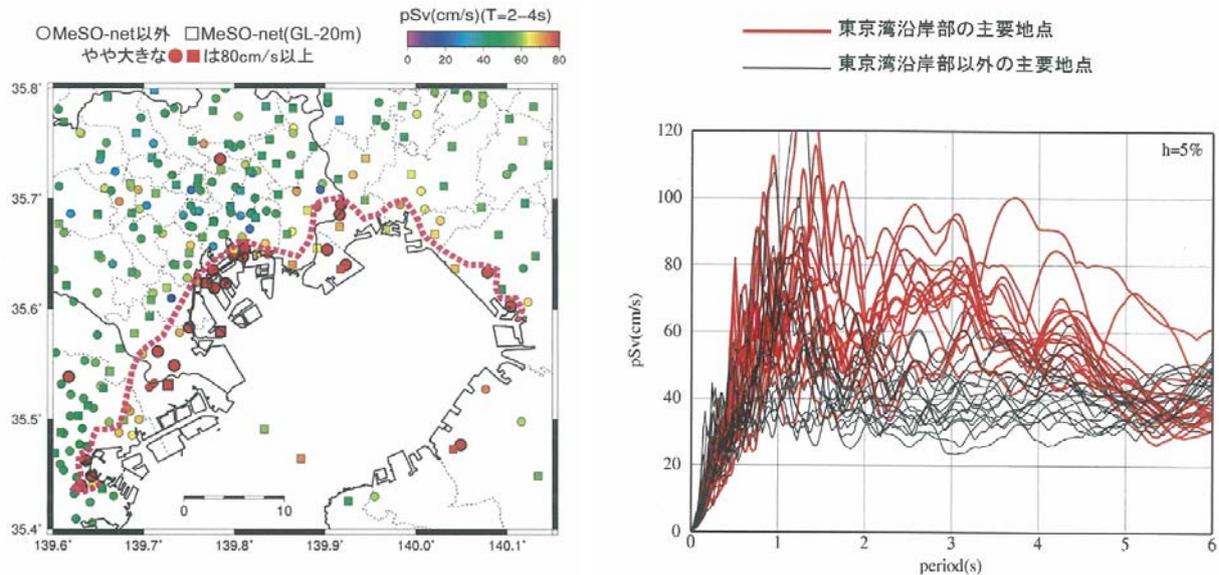


図-4.2.7 東京沿岸部と沿岸部以外の強震観測点（左図）における 2011年東北地方太平洋沖地震で観測された強震記録による速度応答スペクトルの比較（右図：日本建築学会「長周期地震動対策に関する公開研究集会（2012）」）

○応答スペクトル法：建物の固有周期（1～3次モード程度）に該当する応答スペクトルの値を読み取り、対応するモードの刺激関数を乗じ、対象階の2乗平方和よりその階における最大応答値の推計値を得る方法である。注意すべき点は、

- ・与えられた応答スペクトルと対象建物の減衰定数の違いによる補正。
- ・絶対応答値と相対応答値の使い分け。通常、速度応答スペクトルでは相対速度値が用いるが、室内被害の推定には、絶対加速度や絶対速度の応答スペクトル値を用いるべきである。一方、建物の躯体の被害推定には、相対変位や速度値を用いる。
- ・建物の周期や減衰の振幅依存性。一般に微小振幅時では、建物の周期は雑壁などの影響で設計周期よりも短く、減衰も小さい。また暑い沖積層があり、長い杭基礎などを用いている場合は地盤との相互作用により長周期化する傾向があることが知られている。

【引用文献】

大阪府・総務部、咲洲庁舎の安全性等についての検証結果、平成23年5月

http://www.pref.osaka.jp/hodo/attach/hodo-06971_4.pdf

気象庁地震火山部、長周期地震動に関する情報のあり方報告書、周期地震動に関する情報のあり方検討会、

平成24年3月、http://www.seisvol.kishou.go.jp/eq/tyoshuki_kentokai/hokoku/siryou.pdf

国土交通省、「超高層建築物等における長周期地震動への対策試案について」に関するご意見募集について、

平成22年12月、http://www.mlit.go.jp/report/press/house05_hh_000218.html

久保智弘、久田嘉章、堀内茂木、山本俊六、緊急地震速報を活用した長周期地震動予測と超高層ビルのエレベータ制御への適用、日本地震工学会論文集 第9巻2号、pp. 31-50, 2009年2月

日本建築学会、長周期地震動対策に関する公開研究集会、2012

横田ほか、長周期地震動の距離減衰及び増幅特性、日本地震工学会論文集、第11巻、第1号、pp. 81-101、

2011、http://www.jae.gr.jp/stack/submit-j/v11n01/hon/110106_Paper.pdf

技術開発の 目標・方法	目標	緊急地震速報を利用した建築物の構造特性を制御し、地震被害の軽減を達成するためのハード・ソフト技術を開発する。
	方法	<p>本テーマについて、技術開発チームを構成し</p> <p>1) 本テーマに関する既往の研究・技術を調べる、特に磁気粘性体について過去の開発経緯、到達点、実績、知財権などについて。</p> <p>2) 上記の調査を基に、緊急地震速報の利用による構造特性の制御の全体システムや地震時のフェールセーフシステム（停電時の蓄電池など）を検討する。</p> <p>3) 上記に対する個別要素技術の評価と不足部分の検討と開発を実施する。</p> <p>4) 必要な実験、実建築物による検証を行う。</p> <p>5) 上記1) から4) に対し、タイムスケジュール、必要資金など全体計画を作成する。</p>
実用化・事業化方策		<p>1) 本提案に対する具体の実施体制の構築（どこが主体となるか、どういう組織で実施するかなど）。</p> <p>2) 磁気粘性体のメーカーの探索（米国など海外を含め）。</p> <p>3) 本提案を事業化するためのビジネスモデルとリスク回避の検討。</p> <p>4) 参画事業者の募集、または探索。</p>
実現に向けての課題		<p>1) ハード・ソフト面での協力または共同事業者の発掘。</p> <p>2) 研究開発資金の調達（下記とも関連）。</p> <p>3) 実用化・事業化に対しての賛同・参画者の発掘。</p>
その他		

MR ダンパー

(1)磁気粘性流体 (Magnetorheological Fluid (MRF))

MR 流体は、磁場の作用によって、みかけの粘度が上昇する流体で、最初に Rabinow によってクラッチに適用され¹⁾、その後ショックアブソーバー、エンジンマウント等への適用研究が進んだ。MR ダンパー (図-4.2.8)²⁾の外、シートサスペンション (図-4.2.9)³⁾、ショックアブソーバー (図-4.2.10)⁴⁾や、医療器具 (図-4.2.11)⁵⁾やトレーニングマシン (図-4.2.12)⁶⁾への適用が進んだ。MR 流体と類似のものとして磁性流体⁷⁾があるが、これは MR 流体とは異なり、今のところ構造物制御に使用できかどうか不明である。

MR 流体は、いくつかのメーカーによって製造されているが、商品化され製品として容易に入手できるものには、LORD 社のもの (図-4.2.13)⁸⁾がある。これ以外には、BASF 社のもの⁹⁾がある。国内でも、(株)シグマハイケミカル¹⁰⁾や(株)栗本鐵工所¹¹⁾などがMR 流体の開発を進めている。



図-4.2.8 MR ダンパー

図 4.2.9 シートサスペンション

図-4.2.10 ショックアブソーバー



開発中の短下肢装具



MRブレーキ組込下肢装具システム

図-4.2.11 医療機器の例

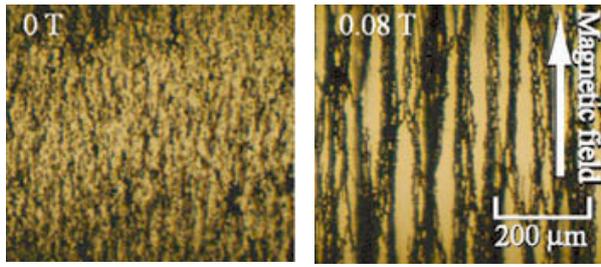


図-4.2.12 トレーニングマシン



図-4.2.13 市販品の例

MR 流体は、強磁性金属粒子を油中に分散させたものである。金属粒子には直径 1~数 μm の鉄が使われることが多い。MR 流体は、図-4.2.14 に示す顕微鏡写真に見られるように、磁場が作用していないときは油中に粒子が混ざっている状態であるが、磁場が作用 (紙面上下方向) すると、粒子がクラスターを形成し、抵抗力を発生する。概念的には、図-4.2.15 に示すように、磁場が作用していないときは、せん断速度とせん断応力は、ほぼ比例の関係になり、ニュートン流体の特性を示す。それに対して磁場が印加されたときは、降伏応力度を持つビンガム流体の特性を持つ。この降伏応力度の大きさが、作用している磁場に依存する。



(a) 磁場の作用なし (b)磁場が作用

図-4.2.14 MR流体の顕微鏡写真¹²⁾

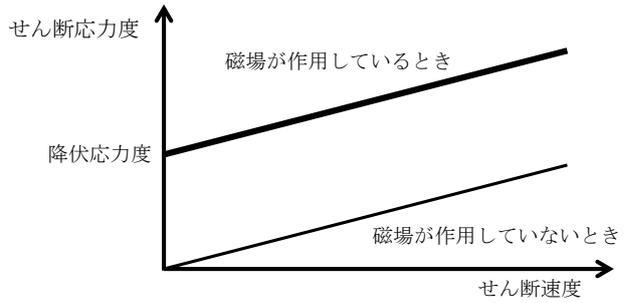


図-4.2.15 せん断速度とせん断応力度の関係

(2) MR ダンパーの原理と機構¹³⁾

MR ダンパーは、シリンダとピストンからなるダンパーで、作動流体に MR 流体を封入している。ピストンの移動に伴う MR 流体の流れに対して、磁場を印加するための電磁石が付加されている。大きく分けて MR ダンパーは、電磁石の配置の構造から次の2つに分類することができる。

- ① 単筒式 MR ダンパー : ピストン部に電磁石を設置した構造 (図-4.2.16)
- ② バイパス式 MR ダンパー : バイパス部に電磁石を設置した構造 (図-4.2.17)

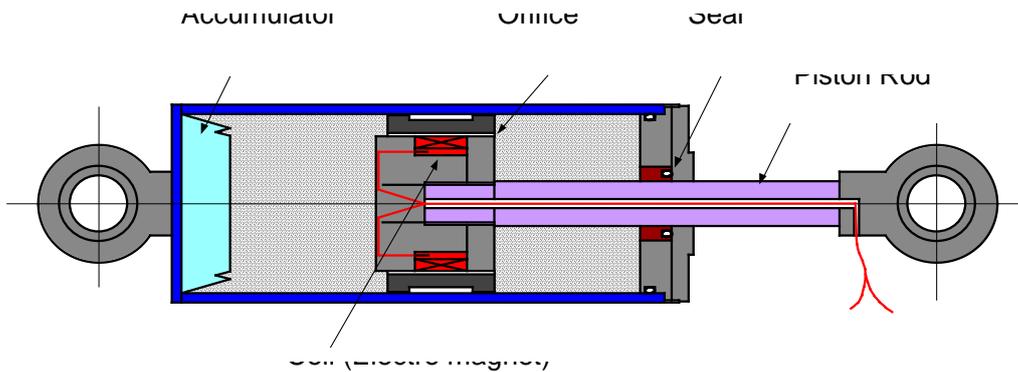


図-4.2.16 単筒式 MR ダンパーの構造 (LORD Corp. RD-1005)

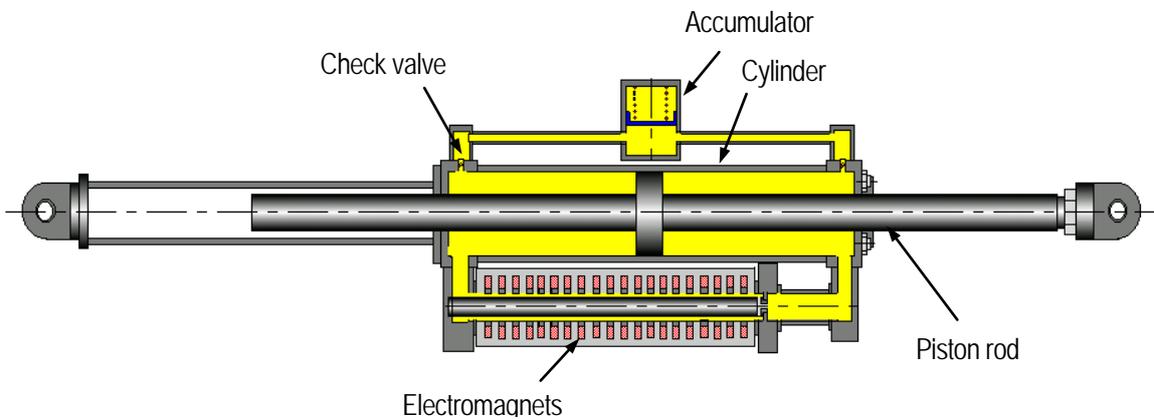
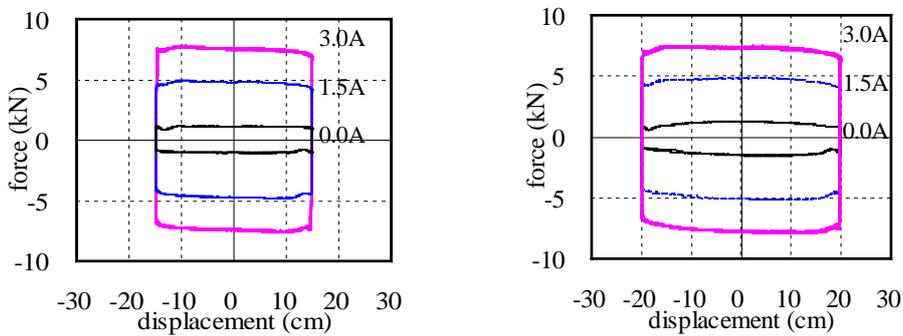


図-4.2.17 バイパス式 MR ダンパーの構造

(3)MR ダンパーの力学特性とモデル化¹³⁾

MR ダンパーを正弦波加振したときの荷重-変形関係を図-4.2.18 に示す。正弦波加振しているのに、最大変位付近ではピストン速度が低下しているが、荷重の低下が少なく、オイルダンパーとは大きく異なった特性を示している。これは、MR ダンパーの全出力のうち、MR 流体の降伏応力による抵抗力が支配的であることにより、速度依存性が少ないことを示している。同様のことは図の(a)と(b)の比較でも明らかで、ピストンの最大速度が約2倍異なるにも関わらず、最大出力はほぼ同じである。

MR ダンパーをモデル化するとき最も簡便なのが、図-4.2.19 に示すビンガム・プラスチックモデルである。MR ダンパーが持っている基本的な特性である、降伏応力度による出力をクーロン摩擦で表現し、粘性抵抗による出力をダッシュポットで表現している。図-4.2.20 に、実験結果とビンガム・プラスチックモデルによる荷重変形関係を比較する。おおむね妥当な評価結果となっているが、ビンガム・プラスチックモデルでは、ダンパーの剛性が表現されていない。



(a) 0.33Hz, 15cm, 31.1cm/s

(b) 0.5Hz, 20cm, 62.8cm/s

図-4.2.18 正弦波加振実験結果

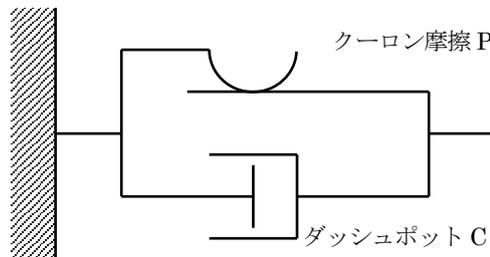
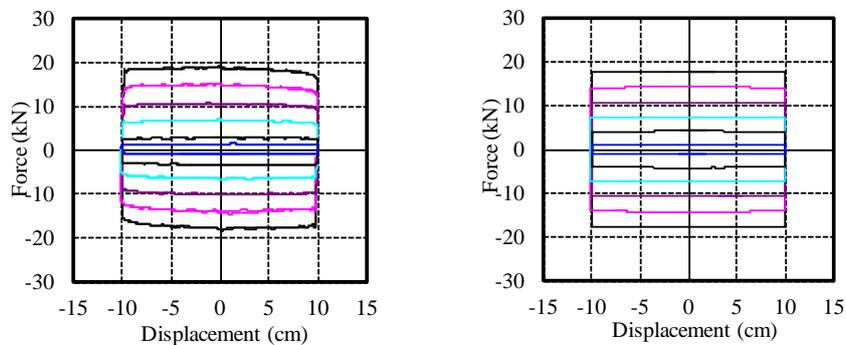


図-4.2.19 ビンガム・プラスチックモデル



(a) 実験結果によるループ

(b) モデル化によるループ

図-4.2.20 実験結果とモデル化の比較 (0.1Hz 正弦波加振)

【引用文献】

- 1) J. Rabinow : The Magnetic Fluid Clutch, *AIEE Transaction* 67, 1948, pp.1308-1315.
- 2)[http://www.lord.com/products-and-solutions/magneto-rheological-\(mr\)/product.xml/1652](http://www.lord.com/products-and-solutions/magneto-rheological-(mr)/product.xml/1652)
- 3)[http://www.lord.com/products-and-solutions/magneto-rheological-\(mr\)/seat-suspension.xml](http://www.lord.com/products-and-solutions/magneto-rheological-(mr)/seat-suspension.xml)
- 4)<http://www.autoevolution.com/news/how-magnetorheological-suspension-works-8947.html>
- 5) <http://kansai-robot.net/2008project/015.html>
- 6) <http://www.takei-si.co.jp/productinfo/detail/255.html>
- 7) 日本機械学会：機能性流体・知能流体、コロナ社、2000.
- 8)[http://www.lord.com/products-and-solutions/magneto-rheological-\(mr\)/mr-products.xml](http://www.lord.com/products-and-solutions/magneto-rheological-(mr)/mr-products.xml)
- 9) <http://www.basf.com/group/corporate/en/brand/BASONETIC>
- 10)<http://www.sigma-hc.co.jp/MSDS/E-600.PDF>
- 11) <http://www.kurimoto.co.jp/company/pdf/20091109.pdf>
- 12) 白石俊彦、森下信：MR 流体の利用形態を考慮した基本特性の測定とその MR 流体機器設計への応用(機械力学,計測,自動制御)、日本機械学会論文集, C 編 70(696),2308-2314, 2004-08-25
- 13) 日米共同構造実験研究「高知能建築構造システムの開発」技術調整委員会、エフェクター部会：エフェクターに関する利用ガイドライン、建築研究報告 No.143、独立行政法人建築研究所、2004 年 3 月
- 14) B.F. Spencer Jr., S.J. Dyke, M.K. Sain and J.D. Carlson, Phenomenological Model of a Magnetorheological Damper, *Journal of Engineering Mechanics*, ASCE, 122.pp.179-186, 1997

項目		内容
技術テーマ	テーマ名称	地震時の危険回避情報等の自動提供システム
	概要 (現状の状況についても記載する)	緊急地震速報による自動館内放送等のセリフは、システムによっては予想震度でセリフを変える、余裕時間をカウントダウンする等の仕組みはあるものの、画一的な内容が少なくない。短い余裕時間に落ち着いて適切な行動をとるためには、状況に応じた具体的な指示を即座に出すことが有効と考えられる。本システムは、緊急地震速報により予想される当該地の震度・余裕時間、その他近傍の観測点からリアルタイムに得られる地震関係情報等に基づき、施設内の各場所に応じた具体的な指示をアナウンスするものである。
技術開発の 目標・方法	目標	予想震度、余裕時間、場所の特性等に応じた具体的な指示を自動的にアナウンスする。
	方法	一般的な館内放送設備は、放送エリア区分が大まかで、かつエリアによって異なる放送を同時に流せるようになっていない。館内放送網をデジタル化し、音声パケットをマルチキャストすることで、施設内の場所に応じて異なるセリフを流せるのではないかと考える。そのようなことが可能な機器の開発、規格統一、低廉化が必要である。
実用化・事業化方策		機器の開発に加えて、施設の種類、施設内の場所、地震動の強さ、時間帯・曜日・季節、在館者数、余裕時間等の条件を考慮しつつ最適なセリフを決める点が重要であり、ある程度は規格化、マニュアル化することを検討する。
実現に向けての課題		指示に従っても人的被害が発生する恐れはあり、指示が具体的であるほど、責任問題につながる恐れがあるため、法制度等で責任分界点を明確にすることが必要である。
その他		

(1)従来技術とその問題点

緊急地震速報を震災軽減に活用する手段の一つとして、自動構内アナウンスが有る。これは、当該地で一定規模以上の地震動が予想されることを人の手を介さず自動的かつ速やかにアナウンスすることで、人々が少しでも早く危険回避行動を取ることを期待するものである。

地震発生の際には、閉じ込め防止のために玄関を開ける、建物の外に出る／中に留まる、身を守るために机の下に入る／大きな家具・什器から離れる、余裕があれば火気器具の火を消す／余裕が無ければ火気器具から離れる、等の行動を取るよう啓蒙・訓練が行われている。しかし現実には地震の頻度はそれほど多くないため、状況に応じて瞬時に適切な行動の優先順位を付け取捨選択することはかなり困難であるという問題がある。

また大規模な集客施設においては、敷地内・施設内に不案内な不特定多数の来場者がおり、来場者個々人が上記の問題に直面するだけでなく、周囲の人々が互いに適切な行動を阻害し合う可能性もあり、最悪な場合にはパニックに繋がる恐れもある。

短い余裕時間に人々が落ち着いて適切な行動をとるためには、“状況に応じた具体的な指示”を即座にアナウンスすることが有効と考えられる。

一般向け緊急地震速報では大まかな地域単位の震度しかわからないため、状況に応じた具体的な指示をアナウンスするには情報が不十分である。高度利用者向け緊急地震速報を用いると、当該地での地震動強さと余裕時間をよりきめ細かく予想出来るため、状況に応じた具体的な指示の使い分けが出来る可能性が有る。高度利用者向け緊急地震速報による一般的な自動アナウンス等のセリフは、予想震度を告げた後に余裕時間をカウントダウンする等の仕組みはあるものの、画一的な内容が少なくない。しかし市販のシステムの中には、予想震度と余裕時間の組合せによってアナウンスのセリフを選択できるものも有る。

(2)具体的な内容

まず、施設の種類、施設内の具体的な場所、その場所での地震動の強さ、地震が来るまでの余裕時間、地震が起きる時間帯、もし在留者数をリアルタイムに知ることができればその人数などに応じて、その場所、あるいはそこに居るスタッフや管理者に、どのようなアナウンスを流すかを予め決めておく。

施設の種類としては、不特定多数の人の有無によりアナウンスの内容が異なる。施設内の具体的な場所としては、居室、廊下、地下、アトリウム等の天井の高いところ、火気器具使用場所、危険物保管場所、免震層の可動部などがある。このほか、室内、施設内、構内の移動・運搬等に使われる各種の車両等も含まれる。地震動の強さは地盤の状況、建物の構造や階数により異なる。時間帯によって在留者数や行われている活動がある程度予想できる。当該施設の条件に照らし合わせてきめ細かく場合分けをして、最適なアナウンス内容を決めておく(表-4.2.1)。

アナウンスの内容としては、身を守る姿勢を取る、機器を操作する、避難する、周囲の人々に指示をする、などが考えられる。例としては、「○秒後に地震が来ます」、「予測震度○○です」、「頭を覆ってしゃがんで下さい」、「机の下に入って下さい」、「大きな物から離れて下さい」、「広いところに移動して下さい」、「火を消して下さい」、「間もなく地震が来ますが、揺れは大きくないのであわてないで下さい」、など、あるいはそれらの組み合わせが考えられる(表-4.2.2)。

上記アナウンスを制御するコンピュータを用意し、また館内アナウンス設備、構内 PHS、トランシーバ等に接続する。館内アナウンス設備は、全館一斉放送だけでなく、場所に応じて個別にアナウンスを流せるようなものとする。発表された高度利用者向け緊急地震速報をもとに、施設での震度と主要動到達までの余裕時間を予測するプログラムを用意しておく。また必要であれば、施設内各所の床レベルの地震動強さを予測するプログラムも用意しておく。そして高度利用者向け緊急地震速報を受信した際に、上記コンピュータは決められたプログラムに従いアナウンスを流す。また緊急地震速報以外にも、外部機関がオンライン配信するリアルタイム震度等の情報や当該地に設置された加速度計等の情報も活用し、精度の向上した最新情報を逐次的にアナウンスすることも考えられる。

なお、一般的な館内放送設備は、放送エリア区分が大まかで、かつエリアによって異なる放送を同時に流せるようになっていない場合が少なくない。そのため本システムのように施設内の場所に応じて異なるセリフをアナウンスすることは、設備的には容易ではない。館内放送網をデジタル化し、音声パケットをマルチキャストすることで、施設内の場所に応じて異なるセリフを流せるのではないかと考える。そのようなことが可能な機器の開発、規格統一、低廉化が必要である。

(3)想定される効果

周囲の状況、地震の強さや余裕時間に応じて最適な行動が具体的に指示されるので、慌ててパニックになったり、必要な行動を取れなかったり、逆に誤った行動を取ったりすることを防止することができる。このことにより、火気器具の転倒による出火、家具等の転倒による負傷、重要機器の破損などを未然に防ぐことができる。

また緊急地震速報以降の精度の向上した最新情報をアナウンスすることにより、来場者やスタッフは、施設周辺、自宅周辺とそこまでの経路、その他関係する場所の被災状況をある程度予想することができ、次の行動、例えば、しばらくそこに留まる、安否確認をする、帰宅するなどのための判断材料となる。

(4)実用化・事業方策

施設の種類、施設内の場所、地震動の強さ、時間帯・曜日・季節、在館者数、余裕時間等の条件を考慮しつつ最適なセリフを決める点が重要であり、施設の設計者、システムの設計者、施設管理者、施設ユーザーの意見を取り入れながら進めることが望ましいが、場合分けを細かくし指示を具体的に示すほど手間のかかるものとなる。本システムの開発と併せて、典型的な施設・場所におけるアナウンスの一般的な例を作成しておくとうまいであろう。また特殊な状況に対するアナウンスの作成方法があるとなお良い。このようにある程度は規格化、マニュアル化することで、本システムを実際に導入する際のコストを下げる事が出来るかと考える。

(5)実現に向けての課題

現実の地震では、たとえ指示に従ったとしてもなお人的被害が発生する恐れはある。仮に人的被害が発生した場合、周囲の物的被害が大きかったため指示に従っても人的被害を避けられなかった状況かどうか、あるいは指示が適切であったかどうかが問題となることが想定される。特に指示が具体的であるほど、責任問題につながる恐れがある。したがって本システムが実用に供される際には、法制度等で責任分界点を明確にすることが必要である。

表-4.2.1 アナウンスを決める際に考慮する条件の例

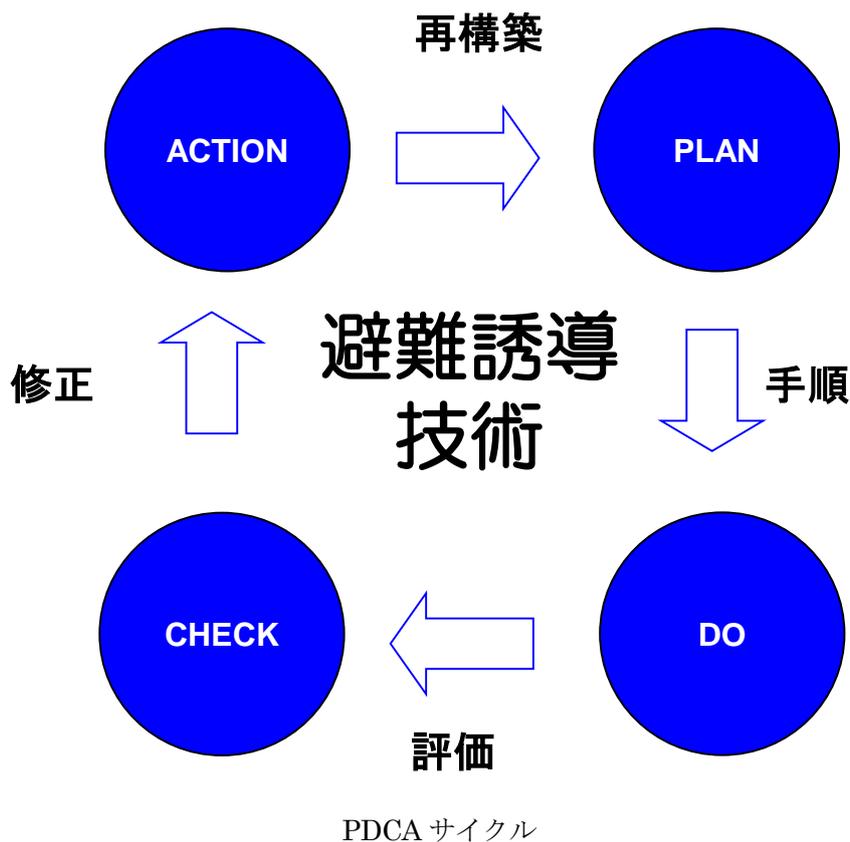
条件項目	具体例・場合分け
施設の種類	大規模小売店、事務所ビル、飲食店、病院、遊園地、ホール、スタジアム、 駅ターミナル等
施設内の場所	居室、アトリウム等の天井の高いところ、廊下、トイレ、屋上、地下、火気 器具使用場所、危険物保管場所、免震層の可動部、等
(移動中)	エレベータ、エスカレータ、カート、遊具、車両、ベルトコンベア等
地震動の強さ	震度、床レベルでの最大速度・加速度等
時刻	時間帯別、曜日別、季節別等
在留者数	予測または実測の人数による場合分け
余裕時間	予測値による場合分け
等	

表-4.2.2 アナウンスの場合分けの具体例

一般的な作業場の例		床レベルでの予測計測震度		
		3.5 未満	4~5.5	5.5 以上
余裕時間	5 秒未満	地震が来ますが、揺れは大きくありません。あわてず落ち着いて下さい。	地震が来ます。身構えて下さい。	地震が来ます。しっかりした物につかまって下さい。
	5~15 秒	あと〇〇秒で地震が来ますが、揺れは大きくありません。あわてず落ち着いて下さい。	あと〇〇秒で地震が来ます。しっかりした所につかまって下さい。予想震度は〇〇です。	あと〇〇秒で地震が来ます。頭を保護して、しっかりした物につかまって下さい。予想震度は〇〇です。
	15 秒以上	あと〇〇秒で地震が来ますが、予想震度は〇〇です。あわてず落ち着いて下さい。	あと〇〇秒で地震が来ます。広い所に移動するか、しっかりした所につかまって下さい。予想震度は〇〇です。	あと〇〇秒で地震が来ます。重い物から離れて、頭を保護して、しっかりした所につかまって下さい。予想震度は〇〇です。

項目		内容
技術テーマ	テーマ名称	緊急地震速報を利用した避難誘導技術
	概要 (現状の状況についても記載する)	<p>現在百貨店協会では、緊急地震速報を利用した避難誘導や安全確保について、業界のガイドラインを作成している^{1,2)}。</p> <p>百貨店や複合商業施設において、緊急地震速報を利用して避難する場合は、従業員が館内アナウンスに基づき、お客様へ危険回避行動を呼びかけるとともに、安全な場所へと避難誘導を行う。この際、お客様がパニックにならないように注意する必要がある。しかし、百貨店や複合商業施設では、従業員数よりもお客様の数の方が多いため、効率的かつ安全で的確に情報を伝える必要がある。また、百貨店や複合商業施設において、不特定多数の人が集まるため、こういった人々はどこが安全か、どこに避難すべきかが分からない。さらに災害弱者への対応を行う必要があるため、こういった災害弱者へは従業員が携わって避難誘導する必要がある。</p> <p>そこで、緊急地震速報と連動して、自動的に安全な場所（シェルタールーム）を周知する事ができ、安全にお客様が避難して安全確保する仕組みが必要となる。さらに自動的に安全な場所が緊急時に光や音などで知らせる事で、不特定多数の人が自分で避難する事ができ、従業員は災害弱者の誘導に専念する事ができると考えられる。</p>
技術開発の 目標・方法	目標	緊急地震速報と連動した避難誘導方法について、百貨店や複合施設において、各建物施設の利用方法に応じた避難誘導の方法や安全な場所（シェルタールーム）の周知方法をマニュアル化する。また、緊急地震速報と連動した避難場所周知の仕組みを検討する。
	方法	実際に緊急地震速報を利用している百貨店や複合商業施設の関係者、緊急地震速報の端末メーカー、人間行動の研究者などとともに危機時における人間行動の問題点や地震災害や火災時における誘導についての問題点を把握し、安心・安全情報を的確・迅速・精神的なプレッシャーを与えずに情報伝達する方法を検討する。さらに、どこが安全な場所（シェルタールーム）かを緊急地震速報と連動させる形で在館者に伝え、誘導する方法を検討し、マニュアル化をはかる。また、ユーザーからの声や情報更新などに対応するため、PDCA サイクルで適宜更新をはかれるようにする。
実用化・事業化方策		作成したマニュアル化を業界団体や関連施設建設時に建設会社から提供できるような形にして、普及を図る。マニュアルや手法を利用する場合は、注意事項や情報更新の連絡等があるため、開発に携わったメンバーや業界団体などに登録する事を義務づける。広く利用してもらいかつ、ユーザーからの声を得て更新していくために、現在の社会環境と合わせてフリーで提供する。

<p>実現に向けての課題</p>	<p>携帯電話によって一般向け緊急地震速報を得たお客様がいる事で、館内放送とで情報が輻輳する可能性があるため、そのような情報の輻輳・混乱を避けて、いかに的確かつ迅速に情報を伝え、パニックを回避し、かつ災害弱者を安全な場所に誘導するかが課題となる。</p>
<p>その他</p>	



【引用文献】

- 1) 日本百貨店協会、百貨店 緊急地震速報 利用ガイドライン、平成 19 年
- 2) 日本百貨店協会、百貨店における導入状況、緊急地震速報評価・改善検討会、第 2 回、気象庁、平成 21 年

第5章 まとめ

本技術開発研究に関する検討は、高度利用者向け緊急地震速報等の新たな活用方策として、「予測情報等の提示」、「建築物・設備機器等の制御」の2分野に焦点を当て建築物の安全性を向上させる技術開発に向けて、以下の作業を行った。

- 1) 具体的な技術テーマの設定
- 2) 技術開発の目標・方法の検討
- 3) その実用化・事業化方策についての提案

1)の具体的な技術テーマの設定については、「緊急地震速報等を活用した建築物の安全性向上の体系図」を作成し、その体系図を基に「技術テーマ設定シート」にテーマを設定した。

2) 及び3) については、「技術テーマ設定シート」に整理しまとめを行なった。

これらの中には、技術テーマNo.2 0 3・3 0 2・4 0 1 「免震構造物周辺の安全対策装置」、No.4 0 2 「緊急地震速報を利用した建築物の構造特性の制御による長周期地震、巨大地震などによる地震被害の軽減に関する技術」、No.5 0 1 「地震時の危険回避情報等の自動提供システム」のように、建築研究開発コンソーシアムにおいて会員の参加する研究会等のテーマにふさわしいものもあり、今後の展開について検討していきたい。

緊急地震速報等を活用した建築物の安全性向上の
技術開発研究に関する報告書

発行
編集・発行

平成 25 年 3 月
建築研究開発コンソーシアム
〒104-6204 東京都中央区晴海 1-8-12
トリトンスクエア オフィスタワー Z 4 階
Tel 03-6219-7127 メール conso@conso.jp

本書の複写、複製、転載については、事務局までお問合せください。

