

横浜市リアルタイム地震防災システムについて

阿部 進¹ 鈴木 誠²

- 1 横浜市総務局災害対策室防災技術課長 (横浜市中区港町1-1)
 2 横浜市総務局災害対策室防災技術課 担当係長 (横浜市中区港町1-1)

横浜市では、平成7年1月に発生した阪神・淡路大震災を貴重な教訓に、地震対策の強化を積極的に進めてきた。なかでも、地震発生直後から災害対策本部の初動体制の確保などを目的に整備した、リアルタイム地震防災システム＝READYは、「高密度強震計ネットワーク」、「地震被害推定・地理情報システム」等のシステムを有機的に結びつけた、総合的な地震防災システムである。

本稿では、平成11年4月から本格稼働した当システムの機能や特徴を紹介するとともに、高密度強震計ネットワークを活用した地下構造調査や地震動の解析・研究など、災害に強い街づくりに向けた取り組みを述べる。

1 はじめに

横浜市の地震防災対策は、大正12年9月に発生した関東大震災を教訓に「災害に強い都市づくり」、「災害に強い人づくり」を念頭に都市構造の改善、消防力の強化、広域避難場所の指定、防災訓練の実施などを計画的に進めてきた。

しかし、平成7年1月17日に発生した阪神・淡路大震災は、本市と同じ国際港湾都市である神戸市が、いわゆる都市直下型地震によって甚大な被害が生じたことから、改めて地震災害の軽減対策について、抜本的に見直す必要性を認識させられた。

そこで、横浜市では、この大震災を貴重な教訓として、本市の全組織を挙げて、①行政即応力の強化、②防災基盤の整備推進、③地域の防災力の強化、等を柱とした実践的な地震防災対策の実施に取り組んできた。

今回報告する「横浜市リアルタイム地震防災システム」は、地震発生直後からの情報空白時の災害対策本部における初動の活動方針の決定を支援（クラインスマネジメント）し、日頃からの地震観測記録の解析・研究の成果を街づくりに応用（リスクスマネジメント）する多目的なコンピュータ支援型の地震防災システムである。

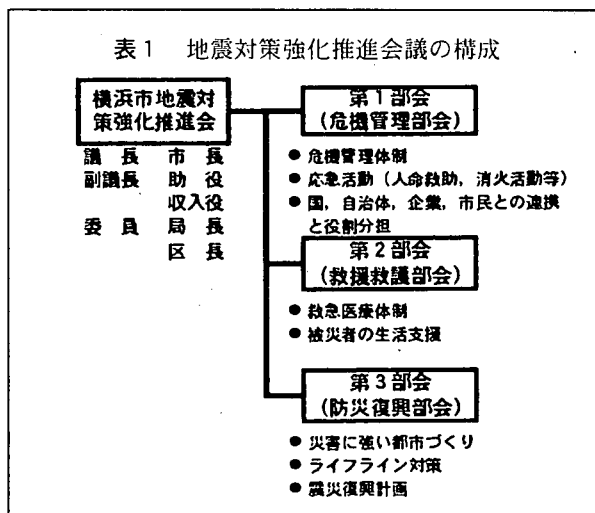
2 横浜市における阪神・淡路大震災以降の地震防災対策の概要

横浜市の阪神・淡路大震災を教訓とした地震防災対策の強化は、平成7年2月3日に設置した「横浜市地震対策強化推進会議」により進行管理された。

この推進会議の特徴は、

- ① 市長を議長とし、助役、全局区長を委員としたトップダウン方式で議論を進めた
- ② 検討課題を短期12項目、中長期24項目の経36項目に整理し、議論の達成目標を明確にするとともに、決定した事項や事業は直ちに実行した

ことにある。(表1)



横浜市リアルタイム地震防災システム READY

◆横浜市リアルタイム地震防災システム(READY: Realtime Assessment of earthquake Disaster in Yokohama)は、我が国初の高密度地震計ネットワーク、被害推定・地理情報システム、被害情報収集・集約システムを有機的に結合した、平常時から「備え」ている総合的な地震防災システムである。

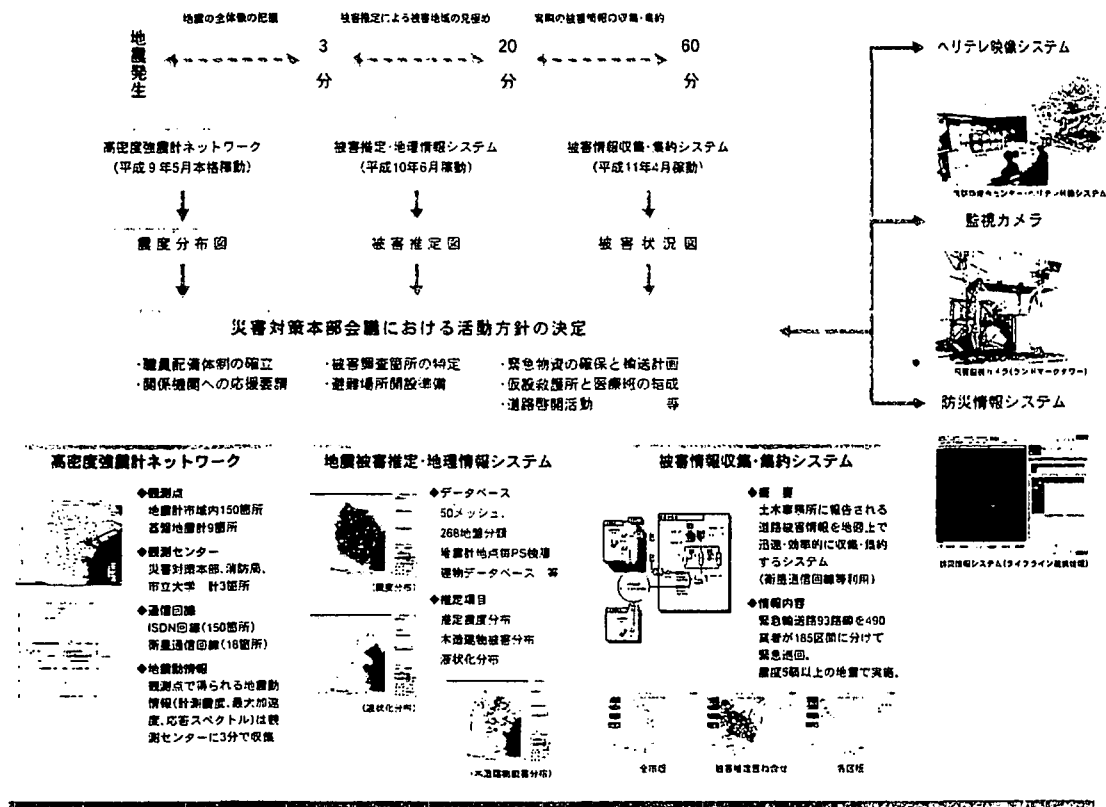


図1 リアルタイム地震防災システムを活用した災害対策の流れ

現在も、「横浜市防災対策推進会議」に発展的に継承し、危機体験が豊かな市長のリーダーシップのもと、市民、企業、防災関係機関と連携し、ハード・ソフト両面にわたる地震防災対策を実践的・戦略的に進めている。

3 横浜市リアルタイム地震防災システム(READY)の概要

3.1 システム開発及び整備経緯

平成7年4月、市長を含めた行政担当者と横浜市立大学理学部の研究者が地震災害軽減対策などの地震防災を考え、かつ実行するための勉強会である「横浜市地震懇話会」を設置した。

横浜市におけるリアルタイム地震防災システムの開発は、懇話会で議論した横浜市域内における直下型地震の発生の可能性や、阪神・淡路大震災の教訓に基づき、提案された。

本市の「リアルタイム地震防災システム」は、

- ① 地震発生直後3分で、平成9年5月から本格稼働している市域内150箇所に強震計を設置し、地域ごとのきめ細かな震度情報を収集し、地震の全体像を把握する「高密度強震計ネットワーク」
 - ② 20分後には、平成10年6月に稼働した地震観測データをもとにした地震動、木造建物被害、液状化の程度などを推定して被害の地域や程度を見極める「地震被害推定・地理情報システム」
 - ③ 60分後には、平成11年4月に稼働した強震計ネットワークの通信手段を活用した実際の道路などの被害情報を災害対策本部室に迅速・効率的に収集・集約する「被害情報収集・集約システム」
- の3つのシステムから構成される。(図1)

表2 リアルタイム地震防災システムを活用した応急対策活動について

時 間	発災直後(3分)	発災後20分	発災後60分
READY 情報	高密度強震計ネットワーク 震度情報	地震被害推定・地理情報システム 被害推定(震度分布, 液状化, 木造建物被害)	地震被害情報収集・集約システム 緊急輸送路の被害状況
実施する活動	<ul style="list-style-type: none"> ◆市長, 助役等の所在確認 ◆災害対策本部の設置(代替施設の検討) ◆地震情報提供(市長等幹部, 防災関係機関等) ◆被害情報収集[災害監視カメラ] ◆区本部の設置状況把握[防災情報システム] ◆広報(市民, マスコミ) ◆市大(研究者)との連携による地震概要把握 	<ul style="list-style-type: none"> ◆被害情報収集[ヘリコプター] ◆現地災害対策本部設置状況 ◆地域防災所点, 医療救護拠点開設準備 ◆動員職員の状況把握[防災情報システム] ◆災害応急対策の状況把握 ◆応援部隊受入場所選定 ◆道路開閉優先活動箇所の選定 ◆本部会議への関係機関の要請 	<ul style="list-style-type: none"> ◆自衛隊等到着状況確認 ◆帰宅困難者対策 ◆地域防災拠点, 医療救護拠点開設
判断を要する 決定事項	<ul style="list-style-type: none"> ◆重点的活動地域の特定 ・消火・救助活動 ・応急救護活動 	<ul style="list-style-type: none"> ◆重点的調査地区の特定 (鉄道, 道路, ライフライン) ◆自衛隊派遣要請 ・他都市等への応援要請 ◆被災地区への部隊投入方針検討 (自衛隊, 他都市応援部隊等) ◆2次災害危険区域特定と避難措置実施 	<ul style="list-style-type: none"> ◆道路開閉優先活動箇所の具体的な検討 ◆応援部隊受入場所の具体的な検討 ◆輸送計画の具体的な検討 (緊急輸送路, ヘリコプター着陸場) ◆防災拠点の支援対策の総合調整

- 高密度(横浜市内の消防署, 出張所等の約150箇所)に高精度強震計を設置しております。…約2km
- 地震発生直後から加速度や震度などの地震情報をセンター(市役所, 消防署, 横浜市立大学)に集約し表示します。
- 150箇所の地震計の通信回線は有線回線(ISDN回線)を基本とするが, 18箇所については衛星通信回線等によるバックアップを行っています。

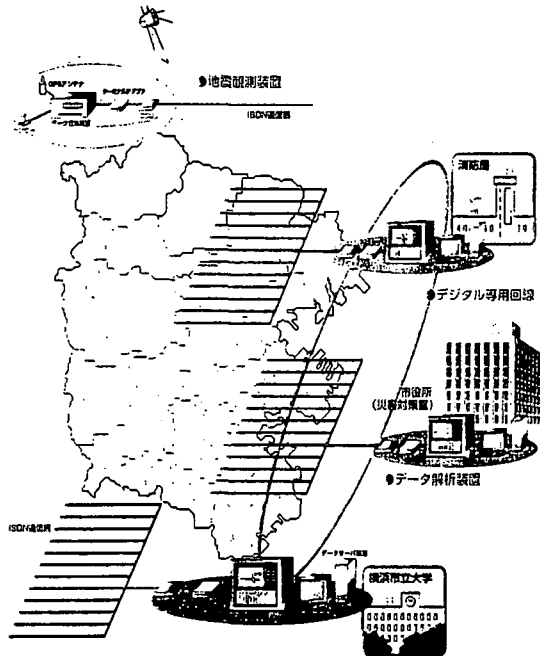


図2 高密度強震計ネットワーク概要図

このシステムは, 災害対策室において, 本市の防災情報システムその他, 消防局が整備した「災害監視カメラ」, 「ヘリコプター映像伝送システム」とともに地震発生直後から応急対策活動の意志決定に具体的に活用することになっている。

(表2)

3.2 高密度強震計ネットワーク

「高密度強震計ネットワーク」は, 市域内約2 km 間隔に強震計を24時間の監視体制である消防署・所を中心とした公共施設150箇所に設置し, 観測されたデータを収集する観測センターを災害対策室, 消防局, 市立大学の3箇所に整備した。

観測点と観測センター間は, NTTのISDN回線で結ぶとともに, 観測センター間は, 専用回線で結び, それぞれをバックアップしている。なお, 各区の土木事務所に設置されている計18箇所の観測点と災害対策室間は, 衛星通信回線により通信のバックアップもしている。

それぞれの観測センターが持つ役割分担としては, ①災害対策室においては, 地震の全体像を把握して, 災害対策本部等の初動体制の確保や, 災害対策活動の適切な判断や, 指揮命令を支援する, ②消防局においては, 災害監視カメラやヘリテレ映像などと併せ, 早期に被害状況を把握し, 消防隊等を集中的に配備する, ③市立大学においては, 日常から地震観測記録をもとにした地震動や地盤特性等の解析・研究を進めることなどである。(図2)

なお, 観測点を約2 km 間隔に150箇所とした理由は, 阪神・淡路大震災により被害の大きかった地域, いわゆる「震災の帯」が幅1~2 kmであったことや, 横浜市域内の複雑な地下構造等を考慮した結果である。

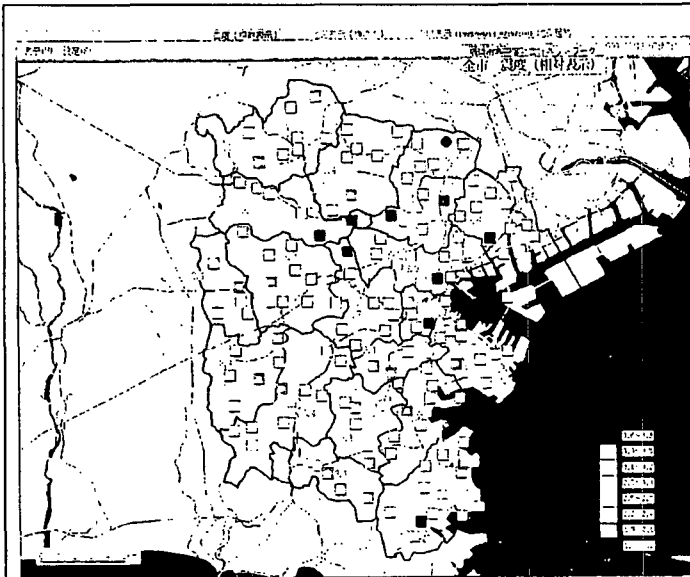


図3 高密度強震計ネットワーク<全市版>
(平成11年9月13日の地震)
(震源…千葉県北西部, M5.1)

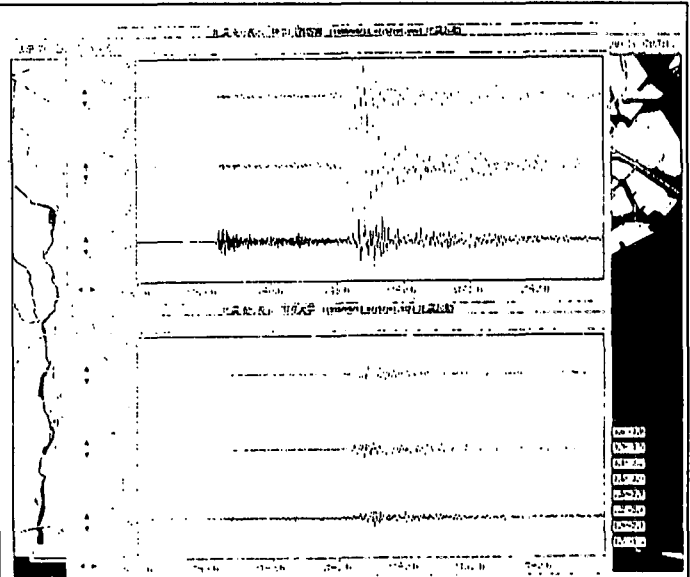


図4 高密度強震計ネットワーク<波形>
(平成11年9月13日の地震)
(加速度: 最大…60.532gal, 最小…10.59gal)

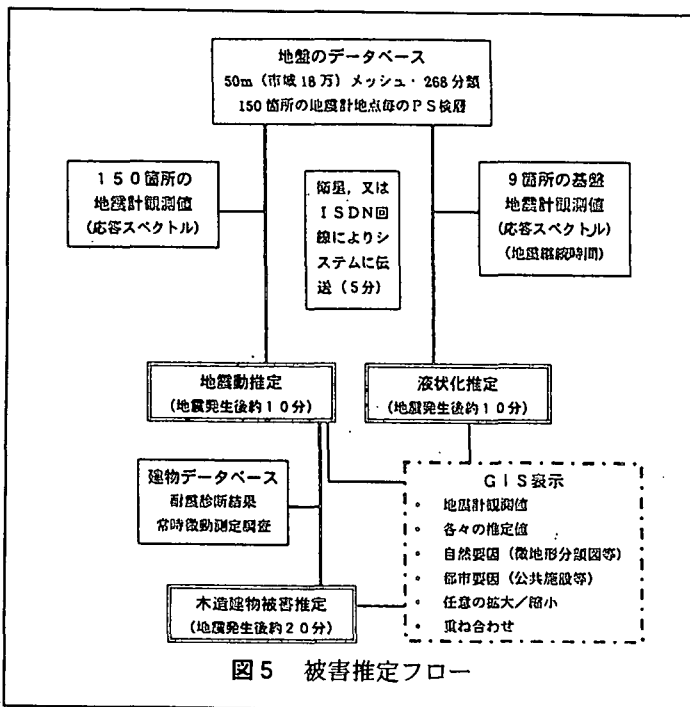
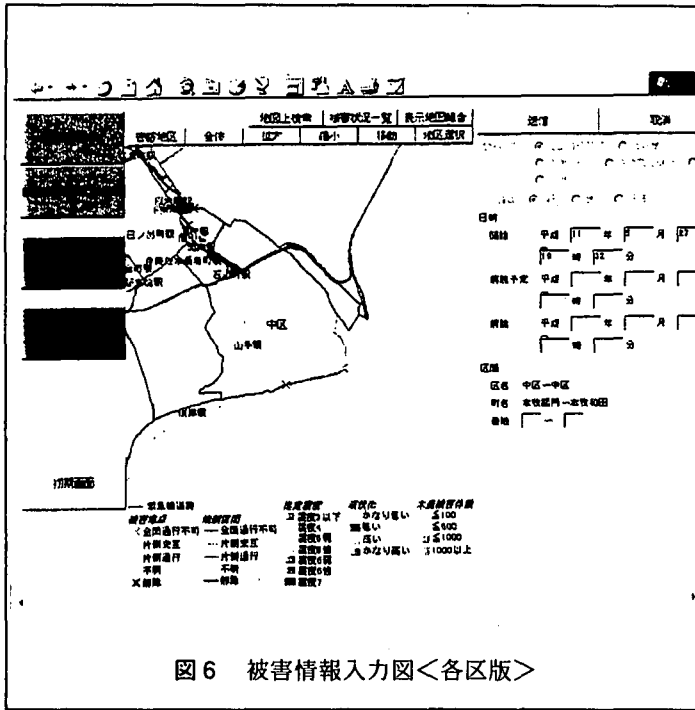


図5 被害推定フロー

地震が発生すると強震計からの地震動情報(計測震度, 最大振幅, 応答スペクトルなど)の第1報が自動的に観測センターに送られ, 地震発生後2~3分で150地点の震度の分布図が得られるとともに, 余震の発生も考慮し最終報としての地震波形記録については, 地震収束後概ね20分から150箇所の東西, 南北, 上下の3成分について, 約90分程度で収集される。(図3, 図4)

3.3 地震被害推定・地理情報システム

「地震被害推定・地理情報システム」の具体的な特徴としては, ①高密度強震計ネットワーク及び沿岸部を中心に設置した9箇所の基盤地震計(深度20~60mの工学的地震基盤面上に設置)で観測される実際の地震情報(震度, 最大速度, 最大加速度, 応答スペクトル等)を活用して推定を行うこと, ②被害推定は, 本市が所有する木造建物, 地盤などのデータベースを使用するとともに地域特性も考慮し, 50mメッシュ毎に評価すること, ③推定された結果は, 地理情報システムを活用し, 各種地図データと重ね合わせることで, より視覚的な情報を災害対策本部に提供できるようにしたこと, などである。(図5)



3.4 被害情報収集・集約システム

「被害情報収集・集約システム」は、①市域の18区にある土木事務所には、「高密度強震計ネットワーク」の地震計が設置されているとともに、衛星通信回線によるバックアップ回線を整備している、②土木事務所は、市内の建設業者等を中心とした490社が、震度5弱以上の地震が発生した場合、予め指定された緊急輸送路93路線を185区間に分けて、道路の点検や道路の陥没・崖崩れ等の被害調査を実施する協定を締結している、ことから、実際の道路などの被害情報を災害対策本部と土木事務所でインターネットの技術を活用することにより、パソコンで効率よく情報の収集・集約ができるように開発したものである。

土木事務所においては、地震発生後60分以内には、被害情報の第1報として、被害地点を指定し、被害の種別や交通規制状況について被害地点1点につき約1分で入力するとともに、市災害対策本部では18区の土木事務所で行われる入力作業を集約した形でみることができ。(図6, 図7)

また、本システムは、被害推定・地理情報システムにより得られる推定震度などの被害推定結果や、データベースとして登録されている小学校や病院などの位置情報など様々な情報を重ね合わせることができ、これらの図によって、被害の生じた地点と同じ震度の地点は、同程度の被害の予測ができるなど、効率的な被害調査や災害対策活動が可能になるものと考えている。(図8)

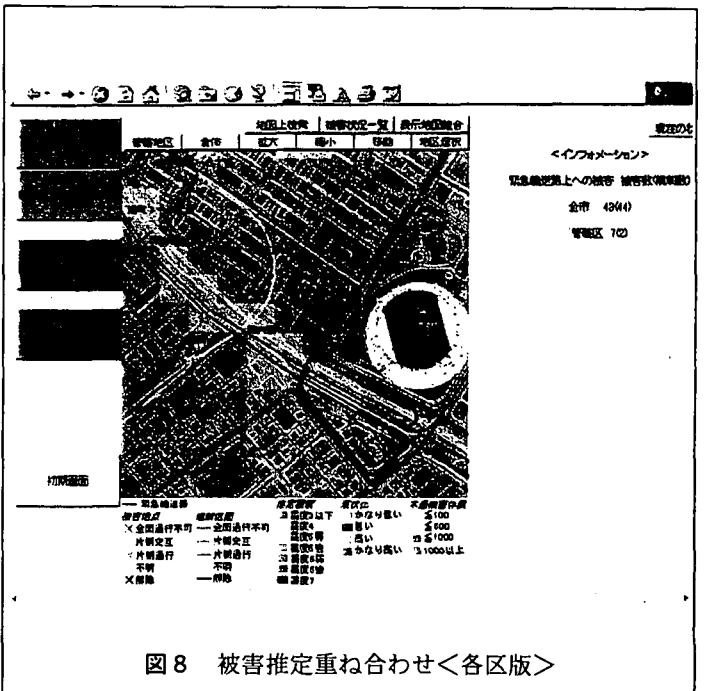
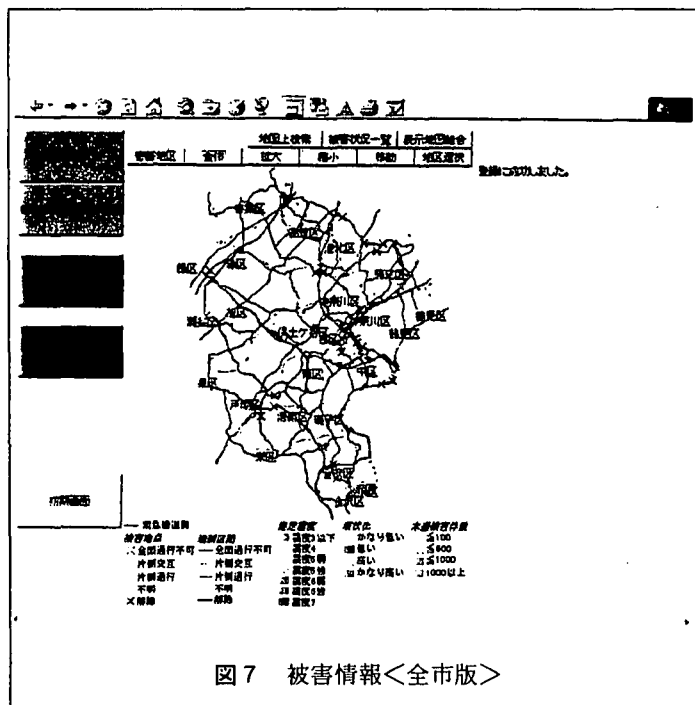
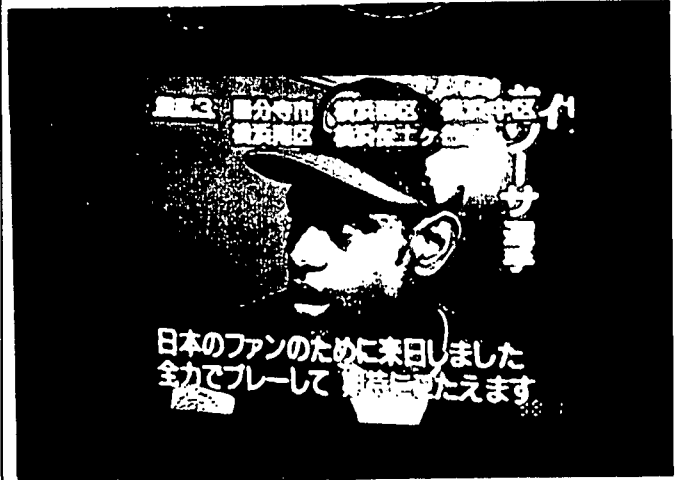


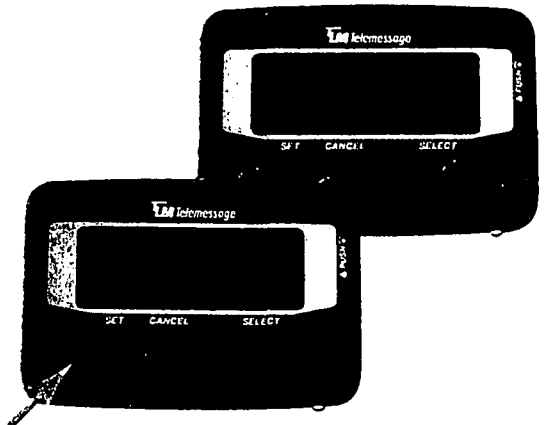
表3 高密度強震計ネットワークによる震度3以上観測データ

地震発生日時	高密度強震計ネットワーク			観測点 動作箇所	備考 気象庁発表震度
	最大計測震度 最小計測震度	計測震度差			
1 平成9年7月9日	港北区 3.4 港南区 1.2	2.2	145箇所	震度3	
2 平成9年8月9日	鶴見区 3.4 金沢区 0.8	2.6	141箇所	震度3	
3 平成9年9月8日	鶴見区 3.0 泉区 1.1	1.9	144箇所	震度3	
4 平成9年12月6日	港北区 2.6 旭区 1.4	1.2	58箇所	震度3	
5 平成10年1月14日	神奈川区 3.0 泉区 1.3	1.7	149箇所	震度3	
6 平成10年1月16日	西区 3.1 泉区 0.8	2.3	147箇所	震度3	
7 平成10年4月22日	西区 2.5 鶴見区 0.5	2.0	70箇所	震度2	
8 平成10年4月26日	保土ヶ谷区 2.8 神奈川区 0.8	2.0	137箇所	震度3	
9 平成10年5月3日	西区 3.3 鶴見区 1.2	2.1	150箇所	震度3	
10 平成10年5月16日	中区 3.4 泉区 1.4	2.0	150箇所	震度3	
11 平成10年6月14日	港北区 2.8 保土ヶ谷区 1.2	1.6	146箇所	震度3	
12 平成10年7月20日	青葉区 2.8 金沢区 0.5	2.3	122箇所	震度1	
13 平成10年8月29日	西区 3.9 南区 2.2	1.7	149箇所	震度4	
14 平成10年11月8日	鶴見区 3.9 金沢区 1.4	2.5	149箇所	震度4	
15 平成10年11月28日	青葉区 3.0 泉区 0.7	2.3	144箇所	震度3	
16 平成11年4月25日	磯子区 2.6 金沢区 0.7	1.9	144箇所	震度2	
17 平成11年5月22日	泉区 3.1 保土ヶ谷区 0.9	2.2	148箇所	震度3	
18 平成11年7月15日	神奈川区 2.5 西区 0.6	1.9	126箇所	震度2	
19 平成11年8月11日	緑区 2.6 中区 0.5	2.1	134箇所	震度2	
20 平成11年9月13日	神奈川区 3.9 金沢区 1.8	2.1	150箇所	震度4	
21 平成12年2月11日	神奈川区 3.2 金沢区 0.7	2.5	149箇所	震度3	

写1 平成10年8月29日の地震発表 (NHK)



写2 ポケットベル発信



4 リアルタイム地震防災システムの運用と活用

4.1 地震観測状況と広報

「高密度強震計ネットワーク」が本格稼働した平成9年5月から平成12年3月までに発生した地震で、震度が3以上の地震は21回観測されており、それぞれの地震について最大計測震度と最小計測震度の差は、概ね2程度であることが確認された。(表3)

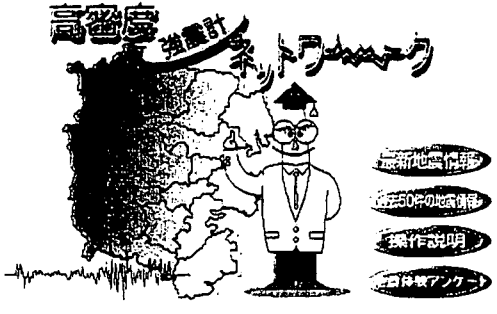
また、「高密度強震計ネットワーク」により得られた地震動情報は、防災関係機関や市民などへ提供している。

① 気象庁への情報配信 (写1)

観測点150箇所のうち、市内18区中、各区2箇所の計36箇所から得られる地震動情報は平成9年11月から気象庁へ情報提供し、区別ごとの震度表示で報道されている。

② ポケットベルによる情報配信 (写2)

市長を含めた本市の防災関係職員を対象とした約200台に、高密度強震計ネットワークと連動したポケットベルへの情報配信を実施している。



—横浜市における地震システムについて—

「高密度強震計ネットワーク」は、地震発生直後に横浜市内の地震動の状態をいち早く把握し、災害対策本部等の初動体制の立ち上げに役立つとともに、被害の推定を20分程度で行い、その後の災害応急対策に役立てることを目的として横浜市が構築したシステムです。
このシステムにより、横浜市における地震動は150箇所の観測所に設置した強震計で即時に把握され、災害対応先通直回線(SDN)遠隔回線を利用し、消防局・消防局、横浜国立大学の3つの観測センターにそれぞれ配信されます。観測センターは相互にバックアップすることになっています。150箇所の強震計の設置場所は、24時間稼働している消防署を中心とした、右に示す公共施設です。

設置地点名	設置数
消防署	18箇所
消防出張所	78箇所
消防その他	3箇所
土木事務所	18箇所
下水道処理場	3箇所
学校	21箇所
港湾施設	4箇所
その他 (市長公舎、公園)	5箇所
計	150箇所

—地産体安アンケート調査に御協力お返しします—

図9 インターネット情報提供

【絵で見る震度階】



図10 アンケート調査

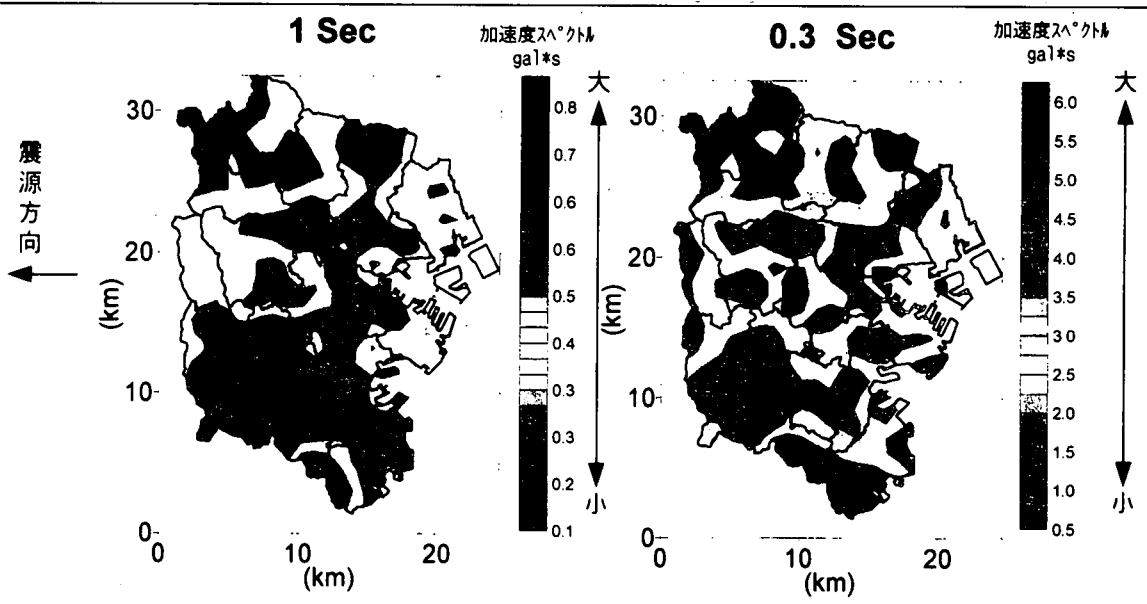


図11 1999/05/22 神奈川県西部の地震

③ CATV及びインターネットへの情報配信 (図9) (図10)

CATV局(7社)及びインターネット(<http://www.city.yokohama.jp>)を活用し、地震観測点150箇所の震度情報を配信するとともに、市民参加型のアンケート調査も実施し、市民の防災意識の高揚に努めている。

4.2 システムを活用した調査・研究

(1) 地震マップの作成

本市では、平成10年度から平成12年度までの3ヶ年の計画で科学技術庁の「地震関係基礎

調査交付金」を活用した地下構造調査を進めており、各種物理探査手法による現地調査の他、「高密度強震計ネットワーク」の強震計データを活用した解析を行っている。

平成11年度の調査において、観測される地震の揺れの大きさと深部地下構造との関係についても検討を行った。この図は、横浜市で震度3を記録した神奈川県西部で発生した地震の揺れを、周期0.3秒付近と1秒付近で見た結果であり、長周期の揺れの分布では、南部と北部にやや揺れの大きな部分が見られ、深部地下構造との関係を示唆する結果となっている。

(図11)

平成12年度には、これらの調査をもとに、地震の規模や震源毎に「市域内のどこがどうように揺れるのか」など科学的な根拠に基づく「強震動予測図（地震マップ）」を作成する。

つまり

- ① 本市に影響を及ぼすと考えられている想定地震（東海地震，南関東地震，神縄・国府津一松田断層帯地震，直下型地震）ごとに，地域ごとの地盤の揺れの程度と液状化の有無や建物の被害予測などを地図上にあらわし
 - ② 市民や防災関係機関に公開して，防災意識の高揚を図る
- など地震防災対策に役立てることとしている。
- 具体的には，

- ① 橋や道路などの土木構造物や建築物の地域ごとの耐震基準の見直し。

- ・地域ごとの震度や応答スペクトル等の採用
- ・長周期成分の地震動分布が現れている地域における，高層建築物や長大構造物の設計基準の指針として用いること

- ② 既存の公共建築物や土木構造物の耐震補強等の優先度の判断資料
 - ③ 都市施設の整備計画の策定
- などに活用していくこととしている。

（2）防災関係機関との共同研究

本市では効率的な防災対策を図るため，東京ガスなど防災関係機関と双方でデータ等を交換し共同で解析・研究を進めている。

東京ガスは，大規模発生時のガス供給停止，継続判断に用いるため，東京ガス供給エリアに設置した331箇所の地震計（S Iセンサー）から構築されるガス導管被害推定システム（シグナル）を運用している。

地震発生時のより詳細な揺れ易さの予測のためのゾーニングを行うため，本市の地震波形データや本市地下構造調査をもとにした地域ごとの揺れの分布などを活用した解析・研究を行っており，シグナルの精度向上が図られるとともに，本市域はもとより，他都市の供給エリアへ解析結果を応用することで，市民に密接なライフラインの防災力の向上につながると考えている。

一方，本市は，東京ガスの揺れ易さゾーニング等の解析結果を本市の地下構造調査へ活用するとともに，東京ガスで整備を進めている新S

Iセンサーで得られる地震情報をもとにした解析を進めることで，より詳細に地域ごとの地震の揺れが把握でき，地震マップ及びリアルタイム地震防災システムの精度向上が図られる。

5 今後の課題

- ① 平成11年度に実施するボーリングデータの流通など具体的な取り組みを通じた，現在のシステムを活用したデータの流通制の確立やネットワーク化。

また，平成12年度に予定している地震マップの公開やその後の情報公開の推進を前提とした，公開する際の法的な整理や公開方法等の検討

- ② 平成11年度に微小地震計システムの関係局間のネットワーク化を実現したが，リアルタイム地震防災システム，微小地震計及び横浜市立大の広帯域地震計を総合した本市独自の地震観測システムの構築と地震監視体制の充実・強化

- ③ 平成11年度のイントラネットGISを使った防災訓練など，リアルタイム地震防災システムの具体的な訓練等への活用やシステムの習熟及びそれを扱う人材の育成

などが挙げられる。

今後も，国・大学などの研究機関・防災関係機関と連携して解析・研究などを推進するとともに，研究の成果が市民の防災意識の高揚や具体的な防災行動に結びつくことや，公共施設等の建築計画の策定など，具体的な街づくりや地震防災の施策などに反映させ，「安全・安心・安定都市よこはま」「防災先進都市よこはま」の実現を図ることとしている。