

公的機関を中心とした強震観測の現状

OBSERVATION OF STRONG GROUND MOTION OPERATED MAINLY BY OFFICIAL ORGANIZATIONS

佐藤吉之*
Yoshiyuki SATO*

Based on the survey conducted by the Kanto region working group of the AIJ subcommittee on strong ground motion and observation, characteristics of observation and availability of observed record have been arranged and reported mainly centered on observation systems by official organizations. After the 1995 Hyogo-ken Nanbu earthquake the number of observation sites have been rapidly increased especially as to ones on ground surface. Also recent development of internet technologies have enable some organizations to offer observed records on their home pages. Such qualitative/quantitative progress of seismic strong ground motion records will contribute to more frequent and easier application not only to research on strong ground motion but also to practical business such as aseismic design of structures.

Key words: Strong ground motion, Observation, Digital record, the Hyogo-ken Nanbu earthquake, Aseismic design

1. はじめに

1995 年兵庫県南部地震では公的機関および民間の強震観測点において震源近傍の記録が得られ^{例え 1)}, その後の強震動生成過程の解明に大きく寄与した。しかし, 「震災の帯」と呼ばれている激甚被害地域内では, 記録が得られず, この地域の地震動の大きさの推定には数値シミュレーション等による計算^{例え 2)}が必要になった。このような背景から, 全国的に強震観測体制を強化する必要性が再認識され, 兵庫県南部地震以降, 大規模な強震観測網が新設されたり, 従来の観測網の再整備が行われた結果, 非常に高密度な強震観測網が実現した。

建築学会構造委員会振動運営委員会の下の強震観測小委員会では, ワーキンググループ(以下 WG)を設置して, 強震観測・強震記録データベースに関する情報の収集・整理に務めてきた。

日本の強震観測は, 官庁・大学・民間の多くの機関によって実施されており, データベースも各機関毎に管理されている。理想的にはこれらのデータベースが一元管理されることが望ましいが, それが困難な現状では, まず強震観測網の特徴と記録の入手法について整理することが必要である。そこで, 本 WG では, 1997 年 4 月からの 2 年間の活動において, 日本と世界の主要な強震観測網とデータベースの現状について調査し, 報告書³⁾にまとめた。本稿は, この報告書のうち, 主として日本の公的機関による強震観測について再整理し, 最近の情報加えて紹介する。本報告が, 今後強震観測記録を利用しようとする方々の一助になれば幸いである。

2. 全国規模の標準的強震観測網

WG で調査した強震観測網の一覧を表-1 に示す。日本の強震観測の歴史と状況については, 日本建築学会⁴⁾, 大谷⁵⁾, 工藤^{6), 7)}に詳しい報告がある。工藤⁷⁾は, 強震観測網を, 図-1 に示すように, 全国的な「標準観測網」と特定の目的を持ったそれ以外の観測網に分類し, 強震観測の枠組みを整理した。本章では, まずこの分類における標準的観測網と考えられる気象庁・科学技術庁の全国観測網について概要をまとめる。それ以外の観測網については, 3 章以降で説明する。

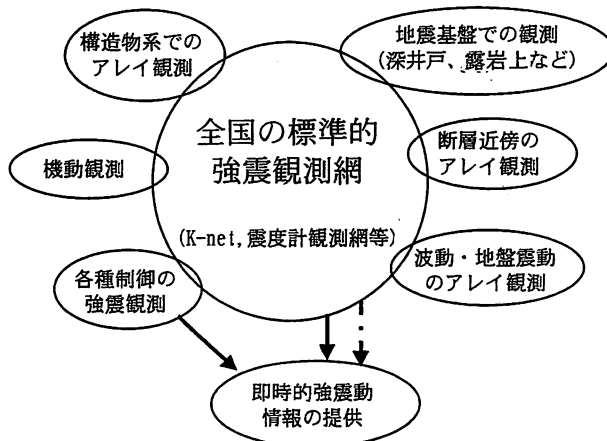


図-1 強震観測の枠組み⁷⁾

2.1 気象庁: 87 型強震計・95 型震度計

気象庁におけるデジタル強震波形観測は, 約 80 箇所の気象官署に設置された 87 型電磁式強震計により,

* (株)竹中工務店 技術研究所

表-1 国内各機関におけるデータベース公開状況一覧表

番号	観測名称 または機関名	公開 状況	データベースの入手方法及び問合せ先
1	気象庁 (87 型強震計, 95 型震度計)	公開	実費で頒布 〒101-0054 千代田区神田錦町 3-17 東ネンビル (財)気象業務支援センター「振興部オフライン・データ担当」 http://www.jmbse.or.jp/ TEL: 03-5281-0440
2	科学技術庁 (K-NET, KiK-NET)	公開	K-NET: インターネットで公開 http://www.k-net.bosai.go.jp/ KiK-NET: インターネットで公開 http://www.kik.bosai.go.jp/kik/
3	震度情報ネットワーク	公開	各市町村の震度データは気象庁を通して発表。波形データに関しては検討中。
4	建設省建築研究所	公開	インターネットで公開 http://iisee.kenken.go.jp/
5	建設省土木研究所	公開	建設省土木研究所 耐震技術研究センター防災技術課 TEL: 0298-64-3245
6	運輸省港湾技術研究所	公開 (空港は 非公開)	〒239-0826 横須賀市長瀬 3-1-1 運輸省港湾技術研究所 地盤震動研究室 TEL: 0468-44-5028
7	横浜市 (高密度 強震計ネットワーク)	公開	ac.jp のアドレスからは下記のサイトからダウンロード可能 http://www.seis.yokohama-cu.ac.jp/~ishihara/intensity/event-list/db-content.html 企業での利用については手続きが必要 〒231-0017 横浜市中区港町 1-1 横浜役所 TEL 045-671-2121 (代表)
8	川崎市 (震災対策支援システム)	公開	ただし、各サイトでの現地収録であるため、波形データ回収に時間を要する。 〒210-8577 川崎市川崎区宮本町 1 川崎市建設局防災対策室 TEL: 044-200-3553
9	東京電力	検討中 (個別実 績あり)	〒230-8510 横浜市鶴見区江ヶ崎 4-1 東京電力(株) 電力技術研究所 耐震グループ TEL: 045-585-8400 (代表)
10	東京ガス (SIGNAL, SUPREME)	公開	SI 値, 最大加速度値等は有償で頒布。波形データについても有償で公開予定 〒105-0022 東京都港区海岸 1-5-20 東京ガス(株) 防災・供給センター TEL: 03-5400-7620 http://www.tokyo-gas.co.jp
11	関西地震観測研究協議会	会員制	データを入手するためには会員になる必要がある。 2 年経過後のデータは、非会員にも有料で公開されている。 〒550-0012 大阪市西区立売堀 4-3-2 (財)地域地盤環境研究所内 関西地震観測研究協議会 TEL: 06-6539-2975
12	東大地震研究所	公開	インターネットで公開: http://kyoshin.eri.u-tokyo.ac.jp/SMAD/ 〒113-0032 文京区弥生 1-1-1 東京大学地震研究所 地震火山災害部門・地震地殻変動観測センター強震観測部 E-mail: kudo@eri.u-tokyo.ac.jp
13	震災予防協会 (強震観測データベース)	公開	〒108-0014 港区芝 5-26-20 (財)震災予防協会 TEL: 03-3457-7453

1988 年に開始された⁸⁾。87 型電磁式強震計は全国の気象官署のうち約 80 箇所に整備され、1997 年 3 月末に運用終了となった。87 型電磁式強震計の諸元は、以下の通りである⁸⁾。

観測成分：NS, EW, UD

測定範囲：±1g (cut off: 0.1Hz, 10 Hz)

サンプリング、分解能：50 Hz, 16 bit

収録基準：トリガ（加速度）

収録時間：不定（トリガ下限値に下がるまで）

波形データは、(財)気象業務支援センターを通じて頒布されている。1995 年分までのデータは MT を媒体にして、1996 年 1 月から 1997 年 3 月までのデータについては、CD-ROM で提供される。

現在の気象庁における強震観測は、95 型震度計によって行われている。震度計は、1996 年 4 月に導入された計測震度を測定するためのものであるが、波形収録機能を有し、強震計の機能を備えている。95 型震度計の諸元は、以下の通りである⁸⁾。

観測成分：NS, EW, UD

測定範囲：±2048 cm/s² (DC~41 Hz)

サンプリング、分解能：100 Hz, 24 bit

収録基準：トリガ（加速度、速度）

計測震度 0.5 以上

収録時間：1 分単位

観測点は、20km を基本とした全国メッシュのうち約 600 箇所（気象官署約 150 箇所、都市部約 130 箇所、郡部約 140 箇所、津波地震早期検知網の観測点約 160 箇所、機動観測点約 20 箇所）に設置されている。暫定的な波形データ収集は 1996 年 10 月に開始し、本格的な収集業務は 1997 年 4 月に開始した。波形データの提供は、(財)気象業務支援センターを通じて行われ、現時点では、1996 年 10 月～1997 年 12 月、1998 年、1999 年、2000 年 1～3 月の各期間の記録を収録した 4 枚の CD-ROM が公開されている。

2.2 科学技術庁 K-NET

K-NET (Kyoshin Net) は、兵庫県南部地震後に科学技術庁防災科学技術研究所により全国 1000 地点に設置された強震計ネットワークである。観測点の分布を図-2 に示す。日本全国に約 25km 間隔で加速度型強震計を設置することにより、従来にない均質な観測が可能になった⁹⁾。強震計の諸元は以下の通りである⁹⁾。

強震計：K-NET95

観測成分：NS, EW, UD

測定範囲：±2000gal

データ：100Hz, 18bit

収録基準：トリガ（2-4gal を基本）

収録時間：最短 120 秒(90 秒)

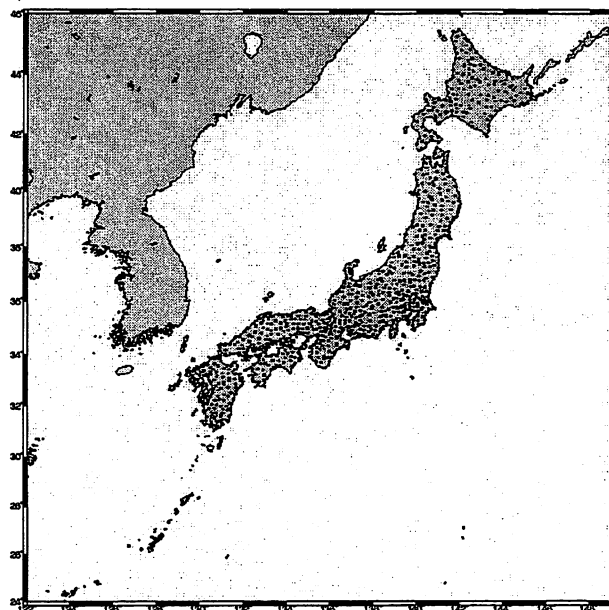


図-2 K-NET 観測点の分布

データ回収は、つくばの防災科学技術研究所で一括して行われ、震度 3 以上を記録した地震に関して、トリガーされた全ての観測点のデータが公開される。デジタル波形データはインターネットを通じてダウンロードが可能で、地震後 2 週間以内にホームページ (<http://www.k-net.bosai.go.jp/>) でデジタル波形データが公開される。全観測点で最高 20m の深さまでボーリング検層が行われており、浅層の構造がホームページ上で公開されている。

2.3 科学技術庁 Kik-NET

防災科学技術研究所は、地震調査研究推進本部のもとに推進されている地震に関する基盤的調査観測（基盤観測）の一部として、全国 500 箇所以上の地点から成る観測網を構築中である。2000 年 10 月現在では、454 点の観測点でデータの収録が行われている（図-3）。"Kik"は「基盤強震観測」を意味する。地表と共に井戸底にも強震計が設置され、表層地盤の特性の影響が少ない記録が得られる。6 チャンネル(ch)の加速度センサのうち、1-3ch のセンサは地中に、4-6ch のセンサは地表に設置されている。このうち、水平成分は、南北方向および東西方向を向くように設置されているが、地中センサーについては設置方位の調整が困難なため、現状では必ずしも正確に南北、東西方向を向いているとは限らない。各観測点での方位のずれは、調査中であり、確認されている各観測点のセンサ設置方位の一覧表は、ホームページ (<http://www.kik.bosai.go.jp/kik/>) からダウンロードできる。地中の水平動記録を用いる際には、この一覧表を参照し、方位を確認する必要がある。

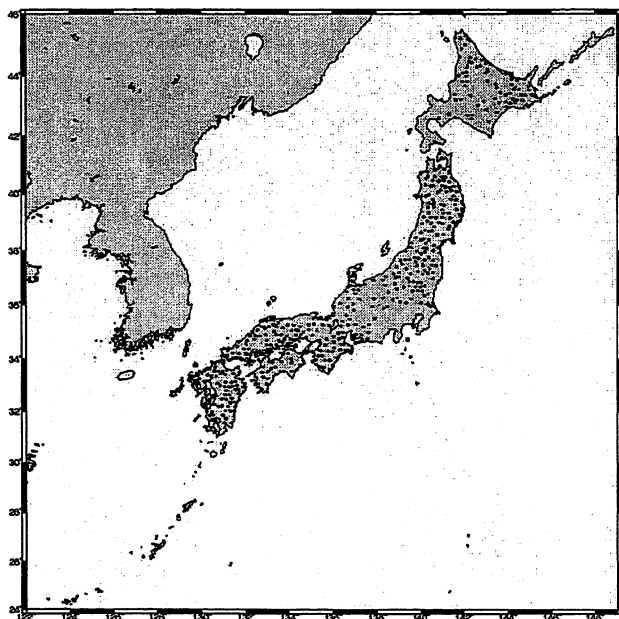


図-3 KiK-NET 観測点の分布

2000 年 1 月からのデジタル波形データがホームページ上で、公開されている。新たに発生した地震の強震データを公開したときに、その旨を電子メールで通知するサービスも行われており、ホームページ上から申し込みができる。

2.4 震度情報ネットワーク

自治省消防庁では、気象庁震度観測点または科技庁 K-NET 観測点が設置されていない市町村に計測震度計を設置し、各市町村最低 1 台の震度計から成る観測網を構築した¹⁰⁾。市町村内の震度情報は都道府県で受信され、被害地震の際に都道府県内での対策体制を立ち上げるための基本情報となる。消防庁では各都道府県を介して送られてきた震度情報を集約し、広域支援体制を確立するための基本情報として用いる。自治省による震度データは、気象庁へも送付され、気象庁からの震度発表に用いられる。各観測点における波形データの流通・利用も検討されている。

3. 構造物の地震時挙動把握のための強震観測

地震時の構造物の挙動を正確に知るためには、実際の現象を観測して分析する事が非常に重要になる。ここでは、主として構造物の震動特性解明に資することを目的に設置された強震観測について紹介する。

3.1 建設省建築研究所

1957 年に全国の主な都市に設置した強震計で観測事業が始められ、現在では 47 地点でデジタル強震計が稼働している¹¹⁾。観測点の分布を図-4 に示す。観測の対象は主に建物であり、建物の上部と下部に測定点を設け

ている。釧路、札幌、函館では地盤上の観測が行われている。全ての観測地点は電話回線で建築研究所と結ばれ、テレメータで集中管理される。強震計は、SMAC-MD または SMAC-MDU が用いられている。SMAC-MD の諸元は以下の通りである。

観測成分：3 成分（建物の短・長辺方向，UD）

測定範囲： $\pm 1000 \text{ cm/s}^2$ (0.02~30Hz)

サンプリング，分解能：100Hz，16bit

収録基準：トリガ

SMAC-MDU の諸元は以下の通りである。

観測成分：3 成分（建物の短・長辺方向，UD）

測定範囲： $\pm 2000 \text{ cm/s}^2$ (DC~30Hz)

サンプリング：100Hz，24bit

収録基準：トリガ

デジタル記録はホームページ (<http://iisee.kenken.go.jp/>) からダウンロードが可能である。ホームページ上では、観測点名、震央の範囲、期間、マグニチュード、最大加速度、震度について条件を課してのデータ検索ができる。被害地震が発生した場合は強震観測速報が刊行され、(社) 建築研究振興協会からデジタル記録が実費頒布されている。

建築研究所ではこの他に、東京を中心とした首都圏に放射状に 20 の観測点を設置し、関東平野規模での地震動特性を把握すると共に、地震発生時における地震動強さの情報を速やかに収集できる体制を目指している¹¹⁾。観測記録の取り扱いについては公開する方向で検討されている。

3.2 建設省土木研究所

建設省土木研究所では 1981 年から 4 ケ年で駿河湾沿

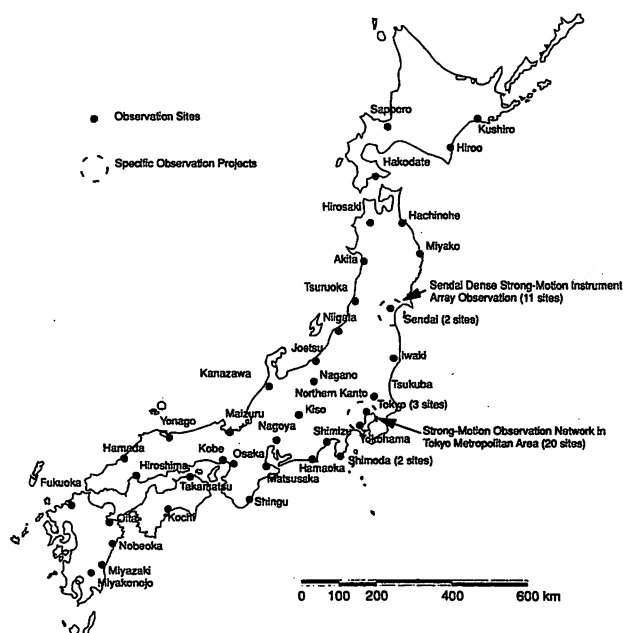


図-4 建築研究所の強震観測点の分布¹¹⁾

岸の相良 (10 地点), 焼津 (12 地点), 沼津 (14 地点) および松崎 (11 地点) の 4 地域で高密度強震観測を開始した。また 1995 年兵庫県南部地震以降に神戸西 (12 地点), 神戸東 (9 地点), 小田原 (11 地点), 幕張本郷・習志野 (11 地点) および館山 (13 地点) の 5 地域を新設し現在 9 地域で高密度強震観測を実施している¹²⁾。観測点の一例を図-5 に示す。

各観測点には観測小屋が設けられ, 地震計・記録装置はその中に設置されている。観測地点毎に地中埋設を原則として 1~6 台の地震計が設置されている。1 台は地 (GL-2m) に設置されている。地震計が地震を感知すると記録を開始し, 記録装置に収録すると共に, 自動的にデータと警報信号を ISDN 回線を通じて土木研究所のワークステーションに送られるシステムが採用されている。強震計の仕様は以下の通りである。

形式: 速度帰還型サーボタイプ加速度計

測定加速度範囲: $\pm 2000 \text{ cm/s}^2$

サンプリング, 分解能: 200Hz, 22bit

観測記録は公開されている。

3.3 運輸省港湾技術研究所

港湾技術研究所では 1962 年より港湾地域における強震観測を実施し, 1998 年現在で図-6 に示す 60 港 96 地点に強震計が設置されている。96 地点のうち, 81 地点にはデジタル強震計 (ERS-F, ERS-G 型) が設置されている¹³⁾。

観測された強震記録のうち, 20 cm/s^2 以上のものについては港湾技研資料「港湾地域強震観測年報」にてオリジナル加速度記録波形を, 50 cm/s^2 以上のものについてはオリジナル加速度記録波形と共に応答スペクトルなどについても報告される。また, 大地震時の強震記録については本震および余震記録に関する港湾技研資料が別途発行される。港湾技研資料に掲載したデジタル波形データについては公開されている。港湾地域以外に, 空港における強震観測も行われているが, 現在のところデータは非公開である。

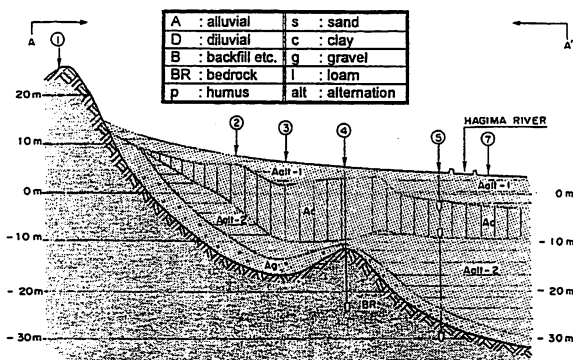


図-5 土木研究所の強震観測の例 (相良地区)¹²⁾

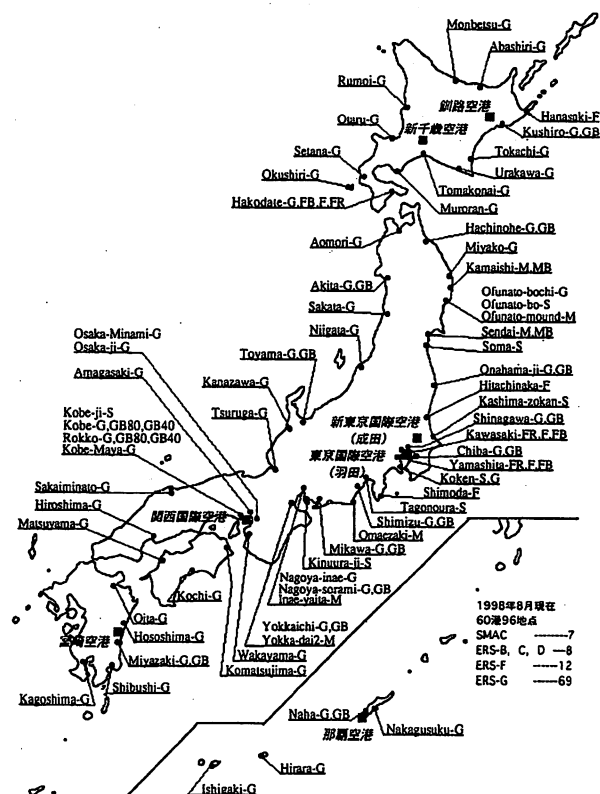


図-6 港湾技術研究所による強震観測点¹³⁾

4. 防災・被害推定のための観測網

4.1 横浜市高密度強震計ネットワーク

横浜市では地震発生時に, 被害地震が否かの迅速な判断を行い, 正確な状況把握と緊急対応の判断材料を得ることを目的として, 市内全域に強震計を設置している¹⁴⁾。

強震計は主に消防署, 出張所等の市の施設に約 150 台設置されている。これは約 2.0km に 1 台の割合という高密度に設置されたものである。基本的には 1 cm/s^2 以上の地震が発生した場合に記録の収録を行い, ISDN 回線を用いダイヤルアップで地震波形, 最大加速度及び震度等の情報をデータセンターに送られる。データセンターは横浜市消防局, 横浜市役所, 横浜市立大学の 3 カ所に設け, 各々にデータの収集および処理能力を持たせることで, どれかがダウンしても対応出来るシステム構成になっていて, センター相互でデータの補完が行える¹⁵⁾。強震計の仕様は以下の通りである。

形式: サーボ型加速時計

測定加速度範囲: $\pm 1960 \text{ cm/s}^2$

サンプリング周波数, 分解能: 200Hz, 18bit 以上
震度情報に関しては, ホームページ (<http://www.city.yokohama.jp/me/bousai/eq/index.html>) で公開されている。デジタル波形データに関しては, 表-1 に示す条件で公開されている。

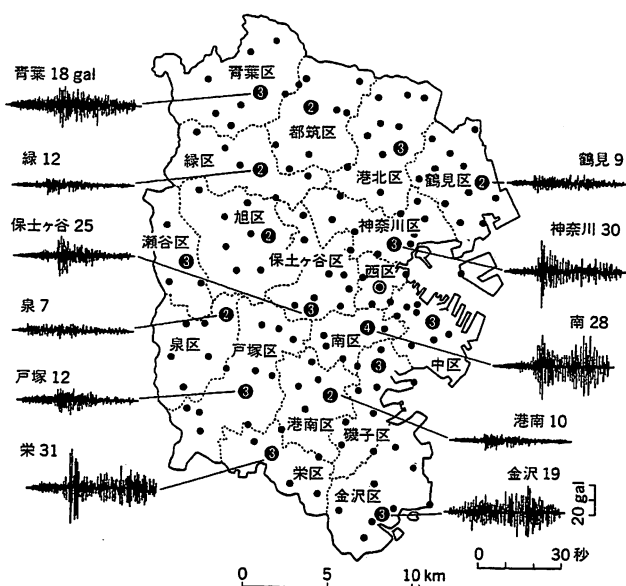


図-7 横浜市強震計ネットワーク¹⁴⁾

4.2 川崎市

川崎市には、地震等の大きな災害が発生した際、災害応急・復旧対策の決定などの総合的な対策活動を実施する中枢的な役割を果たすため、川崎市防災センターが設置されている。地震災害に関しては、1994年に全国に先駆けて開発された震災対策支援システムが設置されており、地震発生直後の被害推定のデータを得るために地震観測が行われている¹⁶⁾。

地震計は川崎市の各区役所（川崎区、幸区、中原区、高津区、宮前区、多摩区および麻生区）の合計7地点に設置され、観測が実施されている。全観測地点とも加速度計が用いられ、建物の1Fもしくは地下に設置されている。地震記録はトリガー方式で記録が開始されるシステムになっており、その最大加速度データは防災無線システムを通じて川崎市防災センターに集約される。この地震観測は震災対策支援システムのデータとして使用されるため、記録時間は地震の大小に関わらず一律60秒になっている。強震計はサーボ型加速度計であり、サンプリング周波数100Hzで記録される。デジタル波形データは公開されているが、波形データは現地収録であるために、回収までに時間を要する。今年度中に新しい強震計を設置する予定であり、その後は波形データも集中管理されるため、波形データの利用がより容易になることが期待される。

4.3 東京電力株式会社

東京電力では、発電所・高圧変電所・本店及び主要な支店、営業所建物など関東を中心に87箇所の地点で地震観測を実施している。最大加速度値が社内防災情報として速報されているが、オンラインで波形データを回収

している地点は少ない。データは原則として年度単位で回収・処理されている。社内のデータ共有化と有効活用を進めるため、電力技術研究所でデータベースを構築している。個別対応として社外へのデータ公開の実績はある。現在、将来的な記録の取り扱いを検討中であるとのことである。

4.4 東京ガス株式会社

東京ガスでは、リアルタイム防災の確立に向けて、積極的に地震観測を推進してきている。現在稼働中の地盤、道路、導管等のGISデータベースを利用したSIGNALというシステムに加えて、1998年1月から高密度リアルタイム防災システム（SUPREME: Super-Dense Realtime Monitoring of Earthquakes）の整備を始めている¹⁷⁾。

SIGNAL（図-8）は、1994年6月より運用されている地震時導管網警報システムである。このシステムは、ガス供給区域内の331ヶ所のSIセンサーと5ヶ所の地下地震計、20ヶ所の液化化センサー等から指令センターへ無線を使ってデータを転送する。また、GISを利用した地盤・導管のデータベースを基に、地域ごとの被害程度を精度良く推定できる。SIGNALは、地震発生後約10分で被害推定計算を行い、地震直後の甚大な被害地域のガス供給停止を短時間に実施でき、地震後の早期復旧に寄与できる。

SUPREMEは、今後の防災レベルをより向上させるために開発され、約3100km²のガス供給区域に対して、約3700基の地震計を設置してモニタリングする高密度リアルタイム防災システムである。この地震計は、マイクロマシンング技術によって作られた非常に小さく軽量の加速度ピックアップを用いた新SIセンサーであり、従来のサーボ型地震計に比べて非常に安価であるという特徴を持つ。その仕様を以下に示す。

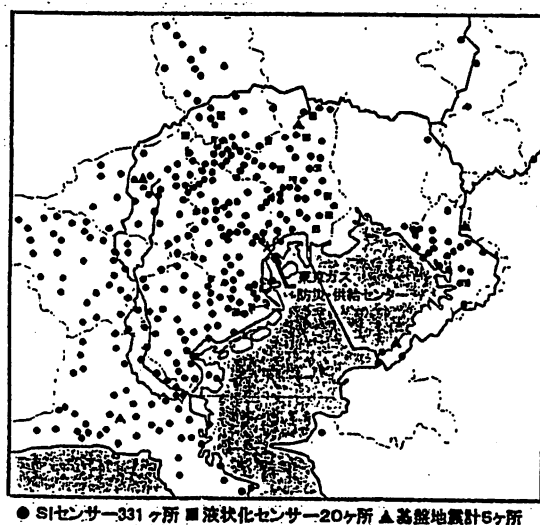


図-8 東京ガス(株)のSIGNALシステム¹⁸⁾

計測範囲：±2000cm/s²

サンプリングタイム，分解能：100Hz，1/8cm/s²

波形記録時間：50 秒

(SI 最大値を中心に±25 秒)

記録内容：加速度波形

計測・検知内容：SI 値，最大加速度，液状化予測

現在，SIGNAL から送られてきた SI 値などについては有償で公開している。SUPREME からのデジタル波形データについても有償での公開を予定している。

5. その他の観測網・強震記録データベース

5.1 関西地震観測研究協議会

関西地震観測研究協議会（以下，関震協）は関西地域における組織的な強震観測体制作りを目指して，1991 年に発足した団体であり，産学官からの会員の会費により運営されている¹⁸⁾。観測は当初 11 地点において 1994 年 4 月より開始された。強震観測システムは速度サーボ型強震計とデジタル収録器で構成される。兵庫県南部地震では，観測波形情報を速やかに公表し，国内外の研究者にはデジタル・データが配布し，強震動生成メカニズム・震源過程の解明に大きく貢献した¹⁾。兵庫県南部地震以後，観測点が増強され，2000 年 7 月現在では，図-9 の 24 地点で強震計が稼働している¹⁹⁾。

観測記録を利用するためには，本協議会の会員になる必要がある。デジタル波形記録は 1 年分毎に CD-ROM に収録され，会員に頒布される。2 年前以前のデータ（現時点では 1997 年以前のデータ）については，会員外にも有償で公開されている。

5.2 東京大学地震研究所

地震研究所では，伊豆・駿河湾周辺，足柄平野などでデジタル強震計による強震観測を実施している²⁰⁾（図-10）。足柄平野と伊東市周辺（図-10 の矩形で囲んだ地域）では高密度の観測が行われている。伊豆・駿河湾地

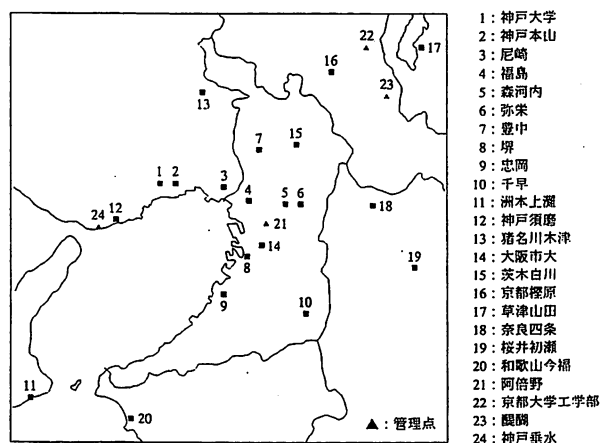


図-9 関西地震観測研究協議会の強震観測点¹⁹⁾

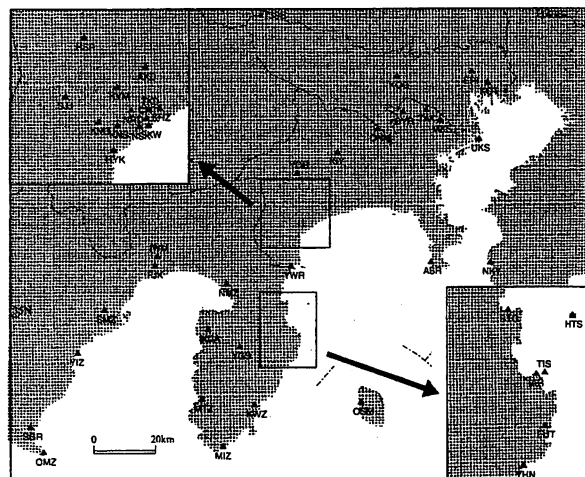


図-10 東大地震研究所による強震観測点²⁰⁾

域の観測点は，基本的に岩盤点に設置され，震源特性をできるだけ観測点特性で乱さないような記録の取得を目的としている。一方，足柄平野の観測は，表層地質が地震動に与える影響の解明を目的としており，基準点となる平野周辺の岩盤上観測点と堆積層上の観測点から構成されている²¹⁾。データ収録には準リアルタイムデータ伝送方式を用いている。これは，トリガがかかった直後に観測点から本局に電話をかけ，各観測点における遅延回路の遅れ時間程度の差のみで，リアルタイムに近い状態でデータを転送するシステムである²²⁾。

デジタル波形データはホームページ(<http://kyoshin.eri.u-tokyo.ac.jp/SMAD/>)で公開されている。

5.3 (財) 震災予防協会強震観測記録データベース

震災予防協会では，これまで多数の機関により蓄積されてきている地震観測記録（主としてアレー観測）のデータベースの構築と運用を行うことを目的として，強震動アレー観測記録データベース推進委員会ならびにデータベース作業部会を 1991 年に発足させている。つまり，地震観測は実施していないが，データの整理を実施していることになる。推進委員会の活動内容については，杉戸による報告²³⁾が詳しいが，これまでに 4 回にわたりデータベースを編集し^{24), 25), 26), 27)}，データおよび検索プログラムを含む CD-ROM および関連する解説資料²⁸⁾が刊行されている。最新のものは，兵庫県南部地震の 16 機関の強震記録 292 成分が含まれている²⁷⁾。

6. まとめ

建築学会の構造委員会振動運営委員会強震観測小委員会の下に設置された関東地区ワーキンググループの活動の一つとして行った強震観測に関する調査のうち，日本の公的機関を中心とした強震観測網について再整理し，

特徴・記録の入手法などについてまとめた。

兵庫県南部地震以後、全国規模の強震観測網が整備され、強震観測点は急激に増加した。また、インターネット技術の急速な発展により、ホームページでデジタル記録を公開する機関も増えており、データの流通に関しても、急速な発展が見られる。多くの観測網が整備され数の上では高密度な強震観測網が実現された現在、複数の機関による観測網を有機的に結び付けて、データの活用をより容易にすることが次の課題と考えられる。この課題については、1997年度に大都市圏の拠点大学に整備された「大都市圏強震動総合観測ネットワークシステム²⁹⁾」で、自治体・自治省消防庁による震度観測網、科学技術庁による強震観測網などのデータ交換体制が確立され、データ流通について取り組み始められている。

以前の構造物中心の観測から、地盤上の観測点が格段に増え、さらに最近では科学技術庁のKiK-NETの設置により表層地盤の影響の少ない地中記録を得ることも容易になった。このように質・量共に大きく変わりつつある強震記録を、地震動研究や設計入力地震動の策定などの実務に、より積極的に活用していくことが望まれる。

謝辞

本稿の基となった関東地区WGの強震観測・データベース調査は、以下の委員(1997年～1998年度)により行われた(敬称略)：青井真(防災科学技術研究所)、天池文男(竹中工務店)、植竹富一(東京電力)、鹿嶋俊英(建築研究所)、片岡俊一(清水建設)、木村正彦(東急建設)、栗田勝実(東京工業大学)、土肥博(NTTファシリティーズ)、長屋雅文(佐藤工業)、畑山健(消防研究所)、堀直人(国土館大学)。本稿の作成に当たっても協力をいただいた上記の各氏および最新の情報を提供いただいた関係機関の方々に感謝の意を表します。参考文献とはしなかったが、各機関のホームページに掲載された情報も適宜参考とした。一部の図の作成には、GMT(Wessel and Smith(1998))を使用した。

参考文献

- 1) Kagawa, T., T. Akasawa, Y.T. Iwasaki, K. Irikura and K. Toki, Contribution of CEORKA to obtain the strong motion records of the 1995 Hyogoken-nambu Earthquake, ESG '98 Symposium, pp. 387-392, 1998.
- 2) 松島信一、川瀬博：1995年兵庫県南部地震の複数アスペリティモデルの提案とそれによる強震動シミュレーション、日本建築学会構造系論文集、第534号、pp.33-40, 2000.
- 3) 日本建築学会強震観測小委員会関東地区WG：強震観測小委員会関東地区WG活動報告、1999.
- 4) The Architectural Institute of Japan : Earthquake Motion and Ground Conditions, pp.191-229, AIJ, 1993.
- 5) 大谷圭一：強震観測事業連絡会議について、強震データの活用に関するシンポジウム、pp.3-6, 1995.
- 6) 工藤一嘉：強震観測－現状と展望－、地震2, 47, pp.225-237,

- 1994.
- 7) 工藤一嘉：強震観測の現状と今後への期待、建築防災, pp.7-11, 1996年12月.
- 8) 川上徹人：気象庁における強震波形観測・収録と提供、日本地震学会ニュースレター, Vol.9, No.6, pp.7-9, 1998.
- 9) 青井真：K-NET, 地震学会ニュースレター, Vol.9, No.5, pp.8-9, 1998.
- 10) 長尾一郎：震度情報ネットワークシステムの整備、地震学会ニュースレター, Vol.10, No.3, pp.16-17, 1998.
- 11) 横井俊明、鹿嶋俊英：建設省建築研究所での強震観測、地震学会ニュースレター, Vol.10, No.2, pp.24-25, 1998.
- 12) 杉田秀樹：公共土木施設の地震観測、地震学会ニュースレター, Vol.10, No.1, pp.12-13, 1998.
- 13) 一井康二：港湾および空港における強震観測、地震学会ニュースレター, Vol.10, No.4, pp.6-7, 1998.
- 14) 菊地正幸：大都市における高密度強震ネットワーク、岩波科学, Vol.66, No.12, pp.841-844, 1996.
- 15) 石原靖：横浜市高密度強震計ネットワーク、地震学会ニュースレター, Vol.11, No.1, pp.17-19, 1999.
- 16) 川崎市：川崎市震災対策支援システム, SEISMO, Vol.1, No.3, pp.4-5, 1997.
- 17) 東京ガス：地震時導管網警報システム SIGNAL, SEISMO, Vol.1, No.6, pp.4-5, 1997.
- 18) 関西地震観測研究協議会、関西地震観測研究協議会による地震観測、日本地震学会講演予稿集, No.2, C44-C45, 1994.
- 19) 入倉孝次郎、香川敬生：関西地震観測研究協議会、地震学会ニュースレター, Vol.11, No.4, pp.28-29, 1999.
- 20) 工藤一嘉、瀬戸一起、高橋正義、坂上実：地震研究所の強震観測、地震学会ニュースレター, Vol.11, No.3, pp.16-19, 1999.
- 21) Kudo, Sakaue and Shima, Digital strong motion accelerograph array in Ashigara Valley-Seismological and engineering prospects of strong motion observation, Proc. of 9WCEE, 8, 119-124.
- 22) 工藤一嘉、坂上、市橋：準リアルタイム強震動モニタリングー強震動情報の即時伝達システムの一環としてー日本地震学会講演予稿集, No.2, C13, 1995.
- 23) 杉戸真太：強震動アレー観測記録データベースについてー(財)震災予防協会のアレー観測記録データベース開発・活動の紹介ー、日本建築学会強震データに関するシンポジウム資料集, 7-12, 1995.
- 24) (財)震災予防協会：強震動アレー観測記録データベース、推進委員会/作業部会1991年度活動報告書, 1992.
- 25) (財)震災予防協会：強震動アレー観測, No.1, 1993.
- 26) (財)震災予防協会：強震動アレー観測, No.2, 1994.
- 27) (財)震災予防協会：強震動アレー観測, No.3, 1998.
- 28) (財)震災予防協会：強震動アレー観測記録データベース：解説資料集, 1992.
- 29) 瀬戸一起：大都市圏強震動総合観測ネットワークシステム、地震学会ニュースレター, Vol.12, No.2, pp.27-28, 2000.