



震動台 (E-Defense) 利用のための強震データベースの試作

工藤一嘉¹⁾・成田 章²⁾・本間芳則³⁾

1) 正会員 日本大学 総合科学研究所・生産工学部, 教授 理博

e-mail: k4kudo@cit.nihon-u.ac.jp, kz3_kd@yahoo.co.jp

2) 三菱スペース・ソフトウェア株式会社, つくば事業部第4技術部1グループ専任

e-mail: anarita@mi.mss.co.jp,

3) 三菱スペース・ソフトウェア株式会社, つくば事業部第4技術部3グループ担当 本間芳則

e-mail: honma@tkb.mss.co.jp

要約

強震データベースの作成は, 多方面にわたり要請度の高い課題の一つである. 本報告は防災科学技術研究所兵庫耐震工学研究センターに実現した実大三次元震動破壊実験施設での利用を念頭においた加震のための強震データベースの設計概念と登録作業中を含めた試作の内容を記した. データベースの設計では, データ検索の容易さの実現を基本理念とした.

キーワード: 三次元震動台, 強震データベース, データ検索

1. はじめに

強震計のデータが取得されるようになって70年, わが国では50年を超えるが¹⁾, ここ十数年間のデータ増加には目を見張るものがある. 強震データの活用は, かつてはもっぱら耐震設計の入力地震動や経験的強震動予測モデルの作成のために利用されてきたが, 最近では震源インバージョンやリアルタイム強震情報(震度情報)などに広く利用されるようになった. 多くの強震記録が得られるようになり, かつては有名地震記録が耐震問題の照査用として用いられた限定的な状況から, より広範な異なった特性の記録の利用や, 特定地域の地震入力を策定するなどの需要が増している. 従って, 強震データベースの構築, 特にデータ検索が重要な課題になっていると考える. 本報告は防災科学技術研究所兵庫耐震工学研究センターに実現した実大三次元震動破壊実験施設での利用を念頭においた加震のための強震データベースの設計概念とデータの登録作業中ではあるがそのプロトタイプとしての内容を記したものである.

強震データベースは, 世界規模の地域を対象とした COSMOS (<http://www.cosmos-eq.org/default.html>), PEER (<http://peer.berkeley.edu/smcat/>), ヨーロッパ諸国の ESD (<http://www.isesd.cv.ic.ac.uk/>), メキシコのデータベース (http://serpiente.dgsca.unam.mx/db/english/cont_ing.html) などが知られている. わが国においては K-NET (<http://www.k-net.bosai.go.jp/k-net/>), KiK-net (<http://www.kik.bosai.go.jp/kik/>), 港湾地域強震観測システム (<http://www.eq.ysk.nilim.go.jp/>), 建築研究所 (<http://iisee.kenken.go.jp/smo/>), 首都圏ネットワーク (<http://www.sknet.eri.u-tokyo.ac.jp/>), 横浜市 (http://www.city.yokohama.jp/me/bousai/jisin_data/index.html) などに強震データベースが構築されインターネット上で公開されている. また, CD-ROM などの電子媒体により公開されている場合もある(気象庁²⁾, 財団法人震災予防協議会³⁾, 関西地震観測研究協議会⁴⁾など). しかし, わが国では単独機関のデータベースはあるものの, 多くの機関を含む横断的な強震データベースは大ダム会議, 震災予防

協会などの特定の記録を対象とした小規模のもの以外は実現しておらず、より多くの記録が含まれるデータベース構築に期待が寄せられてきた。

K-NET がインターネット上でデータ提供を開始した 1996 年以降は、わが国の強震データも世界的に利用が可能となり、高い評価が得られている。但し、1996 年以前のデータについては海外からの利用の難しさに改善を求める声も少なからずある。もちろん個々のデータ保有機関毎や個人あるいは少人数の研究グループではデータベースが作成されているものと予想されるが、公開される事は難しい。データ提供を受けた機関または個人が第 2 次ソースとなることを自粛していること（禁じられている場合もある）に依るであろう。また取りまとめ機関（たとえば強震観測事業推進連絡会議）においても、現在のところ公開機関のサイトをリンクしているが（一部準備中）、波形データ提供までは実施されていない。

防災科学技術研究所兵庫耐震工学研究センターの実大三次元震動台（通称 E-Defense）の有効利用のため、大規模大震災特別プロジェクトの一つの課題として、強震動データベース作成のテーマとして進められてきた。このテーマには将来発生が懸念される大地震のシミュレーション波形や人工地震作成手法の検討が組み合わされているが、ここでは観測された強震データの整備について、試作の現状を報告する。三次元震動台のための観測された強震記録の検索機能を充実することに重点を置きデータベースの開発を試み、プロトタイプの実作について報告する。

2. データベースの枠組み

強震データベースに要請される基本的な事柄としては、過去の強震データを必要とする内容に応じて検索し、検索したデータの波形を確認すること、地震動特性値（最大加速度、最大速度、最大変位など）を知ることなどである。現在各機関がインターネット上で公開しているデータベースの大半はこの機能を備えている。しかし、先にも述べたようにわが国では多機関のデータを横断的にデータ検索が可能な公開システムは出来ていない。海外での COSMOS や PEER など同一フォーマットに変換してデータベースが構築されているが、わが国のデータとしては K-NET 以外はほとんど含まれておらず、また利用者はデータの有無について地震発生時などの初期的情報がある程度承知している必要がある。このような現状から、本システムは収集した強震記録を統一フォーマット（K-NET 形式）に変換し、データベースに登録することにより、様々な機関から提供されている強震記録の検索を一斉に行うことができること、少なくともわが国の主要な強震観測データを包含し、かつ海外の利用者を考えて海外の強震データを含むデータベースの構築を計画した。また、昨今では強震データが以前に比べ豊富に利用できるようになり、多くのデータから目的に合致したデータを検索することはかなり負担が大きい。データベースはその労を軽減するものであり、また検索の際に、必ずしも地震およびデータに関する初期的情報を必要としない検索機能にするよう心がけた。さらに、最大加速度、震度、及び予め簡便な手法により計算した最大速度や最大変位をデータベースに登録しておくことにより震動台の加振入力制限を考慮した検索が行えるなどの利便性を考慮する。

システムの基本的な枠組みとして以下のことを考慮した。1) 商用アプリケーションは用いずにオープンソースのアプリケーションでシステムを構築する。このことは、将来的にこのシステムが公開され、少なくとも個人的あるいは研究グループのデータベース作成を期待し、その際にユーザーが市販の特定ソフトを準備しなければならぬ煩雑さを少なくする目的からである。2) 研究グループのユーザーが利用できるようにクライアントサーバーシステムとする。3) クライアント環境になるべく依存しない GUI インタフェース（Web ブラウザ）を用いたシステムとする。4) 波形データはデータベースに直接登録せずにファイル配置場所をデータベースで管理する。5) 波形から得られる強震動特性値を波形ファイルから計算し、半自動的にデータベースに登録する。6) 波形データは統一フォーマット（現在は K-NET 形式としている）で管理し、定義した規約に基づきディレクトリ内に配置する。これらの詳細は 2.2 以降に示している。

クライアントの環境としては Internet Explorer, Netscape, Firefox 等で動作を確認している。現在サーバーのディスク容量は 200GB 程度であるが、ハードディスクを追加して強震記録を登録することは極めて簡便に実現できる。ただし、全ての記録を統一フォーマットに変換しなくてはならないため、ファイルの変換作業は非常に大変である。このため、本システムのツールとして、各機関が公表している強震記録を統一フォーマットに変換

するアプリケーション群を開発した。

今回採用したサーバのハードウェアは、やや性能を高めてはあるが、汎用の PC であり、CPU は Intel (R) Xeon(TM) プロセッサ x 2, 2.4GHz/512KB キャッシュ、メモリーは DDR SDRAM 2GB, HDD は 73GB x 4, データバックアップ用の DAT, PV100T DDS-4 20/40GV シングルドライブを使用している他は極めて標準的な装備である。また、ソフトウェア関係では、OS が CentOS4, WEB サーバーに Apache2.0.55, データベースはフリーソフトである PostgreSQL 8.1.3, 地図は GMT3.4.5 などを採用している。

2.1 データベースに要求される検索

データベースの構成は、基本的に3つのテーブル、地震情報テーブル、強震記録情報テーブル、観測点情報テーブルから構成される。但し、それぞれの情報が用意されるだけではデータ検索は極めて煩雑になる。従って、あらかじめ具備すべき検索機能を考慮しながらテーブル間の関連を検討する必要がある。国内外のデータベースを参考にし、かつ三次元震動台のためのデータ検索には以下のようなケースの検討に基づいている。

- 1) **地震からの検索**：特定の地震を指定して波形(グループ)を検索するケースで、検索項目としては、地震名(気象庁が命名した、あるいは慣用的に命名されている特定の地震)、発生日時、発生位置または地域、マグニチュード、震源深さ、地震のタイプなどである。詳細検索ではこれらの複数条件を要請する場合も当然考えられる。また、将来的には想定地震の地震動シミュレーションのための経験的グリーン関数法等に用いる要素地震の波形を検索するケースも考慮する。従って、小地震・弱震データも含める。
- 2) **強震記録特性値による検索**：入力波の特性値によって所望の波形を検索する。その特性値とは最大加速度、最大速度、最大変位、計測震度、SI 値、継続時間、卓越周期、震源距離/震央距離などである。特性値を予め知ること波三次元震動台の性能限界との関連で特に重要であろう。
- 3) **観測点からの検索**：特定地域や位置(観測点)、特定地盤種別などによる検索も要請される。具体的には、観測点名、観測点位置(地域)、所属機関、地盤種別、設置対象などである。

2.2 データベースの定義

地震情報テーブル：地震テーブルは本来1つであるべきだが日本の中小地震を含み、世界中の地震を詳細に網羅した地震カタログは存在しない。そこで、気象庁の一元化震源をテーブル化し、一元化震源を参照できるものはその参照を維持し、できないものは登録する強震記録のヘッダに記述されている震源要素を用いることとし、新しく登録する地震テーブルを作成した。後者は主として海外の地震であり地震発生時は現地時間を基本とした。

観測点情報テーブル：地震計が設置された位置(緯度、経度、設置標高、設置深度)を管理するテーブルである。観測点に関する情報のうち観測点名称や管理機関名称等を観測点所属情報テーブルへ、観測点に設置されている地震計の情報を地震計情報テーブルへと分離した。同一観測点において複数の地震計を設置している(或いは3チャンネル以上の観測を行っている)状況に対応するために観測点所属情報と観測点情報の組でユニークになるようなリレーションを作成した。

強震記録情報テーブル：統一フォーマットにより記述された強震記録を管理するテーブルであり、必要最小限の強震記録情報のみを持つ。各成分の最大値や記録種類(加速度/速度)、震源距離、震央距離を管理する。各強震記録は、登録時にヘッダ情報から観測点情報テーブルと地震情報テーブルに関連付けられる。

上記テーブルは地震を一意に特定する地震情報 ID(図中 event_id)、観測点を一意に特定する観測点情報 ID(図中 station_id)、強震記録情報を一意に特定する強震記録 ID(図中 smd_id)によりリレーションを作成している。これら基本的な3テーブルの他、補足情報を管理する複数のテーブルを基本的な3テーブルに関連付けることにより、検索機能や管理機能の向上を図っている。全テーブル間の実体関連図(Entity-Relationship Diagram, 以下 ER 図)を図1に示す。基本となる3つのテーブルは赤マークの箱である。各テーブルの概略説明を表1に示す。これらによって、例えば、観測点に関しては同じ観測点名でも移設されたり機器が変更されているケースがあるので、移設情報等も観測点情報テーブル及び観測点所属情報テーブルで管理できる。但し、移設情報はデータ提供機関によって様々な形式であり、現状は手動によるデータベースの更新が必要である。

表1に示した中で、重複もあるが幾つか補足的な説明を以下に加えた。

強震記録特性値テーブル：強震記録の検索時に使用される特性値を管理するテーブルであり、最大加速度/最大速度/最大変位/計測震度/SI 値等を管理する。これら情報は強震記録情報テーブルで管理されている強震記録を用いて必要に応じて数値的な手法により計算を行う。最大速度・最大変位などの特性値に関しては、加速度記

録に含まれるノイズを除去するために自動的な処理を行い簡便に求めている⁵⁾。

強震記録ライセンステーブル：強震記録に関する著作権や使用制限を管理するテーブルであり、ここの強震記録 ID に関して、強震記録ライセンステーブルに登録されているライセンス情報が付加される。現状では再配布可能な記録はないので全データが2次配布禁止となっている。つまり、波形データに関しては、管理者以外にダウンロードできない仕組みとしてある。

地盤コードテーブル：観測点における地盤情報をコード化して管理するためのテーブル。現在は定義のみであるが、記録の属性情報として重要であり、将来データを挿入できるようにした。

観測点地盤情報テーブル：観測点所属テーブルと地盤コードテーブルの対応を管理するテーブルである。（現在は定義のみ）

観測点付加情報テーブル：一般的なテーブル構造化が難しい雑多な情報を電子文書（テキスト/PDF/ワード文書等）として、観測点に関連付け、サーバで文書を管理するためのテーブルである。（現在は定義のみ）

表1 データベースの各テーブルの説明

テーブル名(物理名)	テーブル名(概念名)	説明
event_table	地震情報テーブル	オリジンタイム、震源位置、マグニチュード等を管理するテーブル。対応する地震があれば気象庁地震情報テーブルへの参照を保持する。また、イベント種別テーブルへの参照を保持する。
event_hypo_table	気象庁地震情報テーブル	気象庁地震年報の地震情報を管理するテーブル
event_type_table	イベント種別テーブル	自然地震/シミュレーションを判別するための情報を管理するテーブル
station_table	観測点情報テーブル	観測点に設置された地震計の設置緯度経度、設置深度、地震計の種類等を管理するテーブル。観測点所属情報テーブルへの参照及び観測点機器情報テーブルへの参照を保持する。
station_network_table	観測点所属情報テーブル	観測点が属する国、機関、地震計ネットワーク、観測点コードを管理するテーブル。国名テーブル及びネットワークテーブルへの参照を保持する。
station_equipment_table	観測点機器情報テーブル	地震計の種類を管理するテーブル、強震計の型式を登録
station_reference_table	観測点付加情報テーブル	観測点に関する文書の保存位置、保存形式を管理するテーブル。観測点所属情報テーブル及び観測点付加情報ファイル形式テーブルへの参照を保持する。
station_filetype_table	観測点付加情報ファイル形式テーブル	文書のファイル形式を管理するテーブル
station_ground_table	観測点地盤情報テーブル	観測点の地盤情報を管理するテーブル。地盤コードテーブルから参照する。観測点所属情報テーブルへの参照を保持。現在は項目のみ用意。
ground_condition_table	地盤コードテーブル	地盤コードを管理するテーブル。現在は項目のみ用意。
country_table	国名テーブル	国名を管理するテーブル
organization_table	機関テーブル	機関情報を管理するテーブル
network_table	ネットワークテーブル	地震計ネットワーク情報を管理するテーブル。機関テーブルへの参照を保持。
smd_table	強震記録情報テーブル	強震記録ファイル名及び強震記録の概要を管理するテーブル。地震情報テーブル、観測点情報テーブル、強震記録ライセンステーブル、震度階テーブル、記録種類テーブルへの参照を保持する。
smd_characteristic_table	強震動特性値テーブル	強震記録から計算される特性値を管理するテーブル。強震記録情報テーブルへの参照を保持する。
record_license_table	強震記録ライセンステーブル	強震記録のライセンスを管理するテーブル
record_type_table	記録種類テーブル	強震記録の種類を管理するテーブル
intensity_scale_table	震度階テーブル	震度階を管理するテーブル

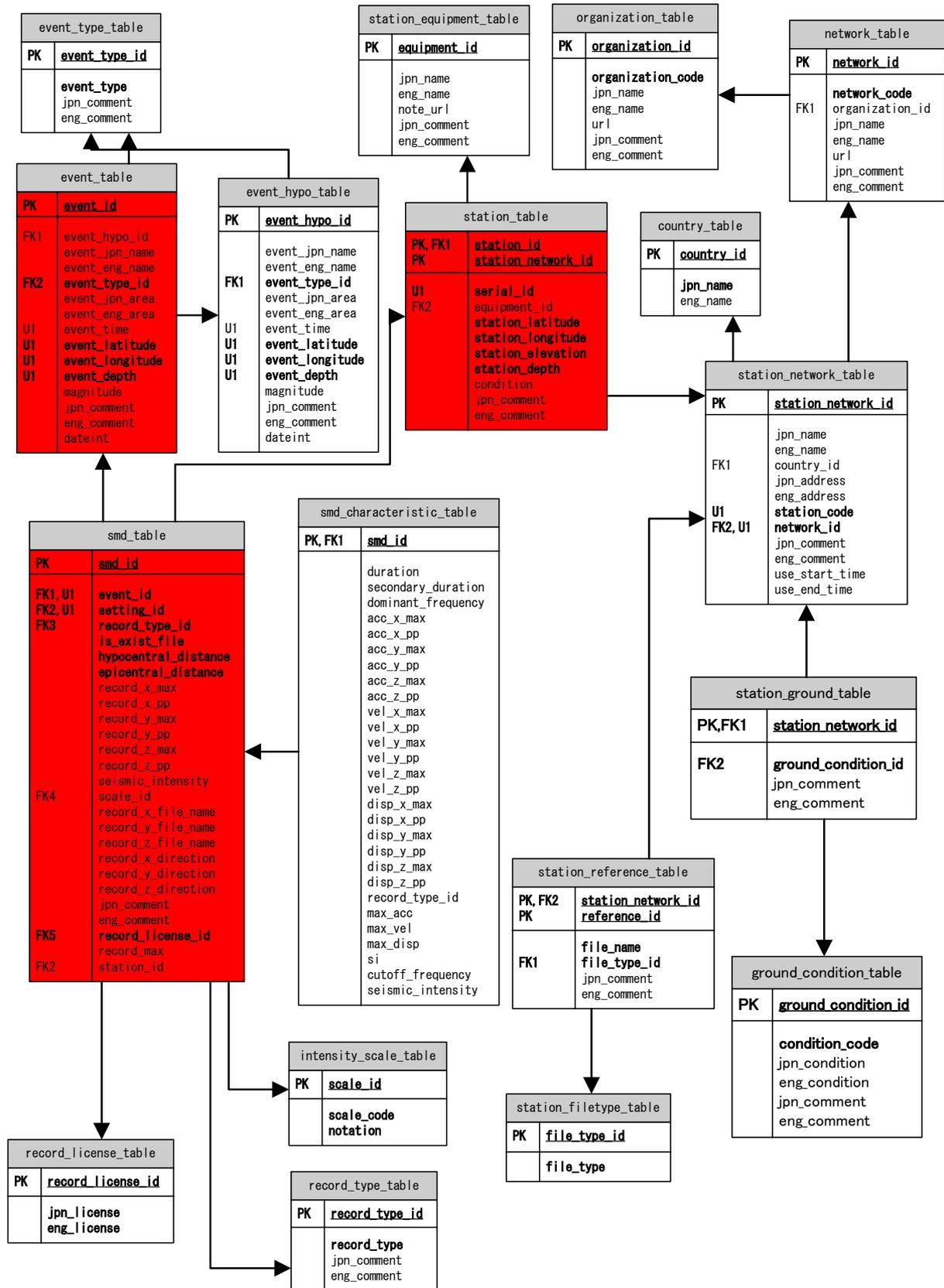


図1 強震データベースの実体関連図

3. 登録データ

強震記録はインターネットで取得できるもの、或いはCD等によるメディアにて取得できるものを登録した。現在までに登録が完了、および登録中のものを表2に示す。

表2 データベースへの登録内訳

機関名	コード	登録した期間
東京大学地震研究所	ERI	1980/06-2005/12*
防災科学技術研究所	K-NET	1996/06-2005/12
	KiK-net	1997/10-2005/12*
気象庁(気象業務支援センター)	JMA87	1989/04-1997/03
	JMA95	1996/10-2004/12
国土技術政策総合研究所 (港湾地域強震観測システム)	NILIM	1963/03-2002/11
震災予防協会(データ提供機関:大林技術政策総合研究所, 鴻池組技術研究所, 前田建設工業技術研究所, 関西電力, 大阪ガス, 国土技術政策総合研究所, 建築研究所, 郵政省, 阪神高速道路公団, 神戸市, 滋賀県, 滋賀県立大学, 京都大学防災研究所地震災害研究部門, 強震動地震学分野, 京都大学防災研究所地震予知研究センター, 京都大学原子炉実験所)	AEDP (OBAYASHI, KONOIKE, MAEDA, KEPCO, OSAKAGAS, NILIM, BRI, JAPANPOST, HEPC, KOBE-CITY, USP, SHIGA-PREF, DPRI-SMS, DPRI-RCEP, KURRI,)	1995/01/17
COSMOS** (コア機関: U.S. Geological Survey, California Geological Survey, U.S. Army Corps of Engineers, U.S. Bureau of Reclamation)	IDEI, MWD, SCE, TPU, USP, CDWR, CIG, SBR, APSC, LAFC, UCLA, LADWP, USGS, UNR, UA, CIT, CSMIP, ANSS, ACOE, SCEC の他, 米国以外の機関を含む)	1933/03-2004/06
メキシコ強震記録(メキシコ自治大学・他)	IDEI, UNAM, UCA, CIG 他	1993/09-1999/12
台湾(集集地震, 台湾中央気象局)	CWD	1999/09/21
トルコ強震記録	KOERI, ERD	1999/08/17, 1999/11/13

* 現在登録作業中の記録

** Consortium of Organizations for Strong Motion Observation System (<http://www.cosmos-eq.org>)

国内の記録はインターネットによりデータの公開を行っている防災科学技術研究所のK-NET及びKiK-net, 国土技術政策総合研究所の記録, CDにより入手可能な気象庁(気象業務支援センター頒布), 震災予防協会による頒布記録, その他として東京大学地震研究所(一部)等を中心に整備を行った。海外のデータについては世界規模の地域を対象としたCOSMOSで公開されている強震記録を中心に, メキシコ, トルコ, 台湾など著名地震の整備を行った。図2から図5はマグニチュード(M)6以上で, 今回登録済みの震央を地域ごとに示した例である。

4. 検索機能

本システムでは検索機能として3種類の検索インタフェースを用意した。

4.1 簡易検索

地震の発生日時が既知の場合, 図6に示すように, 年月日の順に時期を絞り込みスピーディーに目的の地震に関する強震記録に到達することができる。

4.2 詳細検索

詳細検索は2.1章で述べた検索が可能なインタフェースを持つ検索機能である。地震に関する条件と観測点に関する条件、及び記録に関する条件を指定することにより検索を実行する。検索は絞込みを目的としているので全てAND結合をした条件となる。図7は詳細検索の画面を切り出したもので、ここに示した例は、マグニチュード(M)7.0-7.4の範囲、深さ60km以浅、最大速度が50cm/s以上、震源距離100km以内の観測記録を検索し、Mの大きい順に7地震中6地震を表示している。図7上部のチェックマークがついている部分の条件に従いデータが検索される仕組みになっている。2000年鳥取西部地震をターゲットにして観測記録を見ると5記録あることが分かり、その内訳を図8のように見ることが出来、最大速度の大きい順に並べてある。それぞれの記録の所有機関も合わせて知ることが出来る。

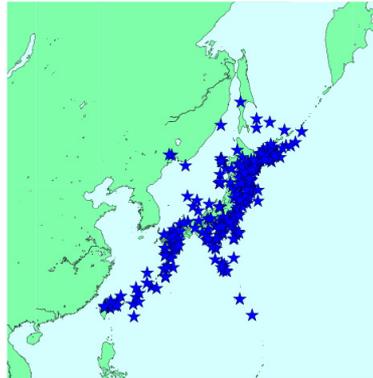


図2 日本付近で発生した M 6 以上の地震

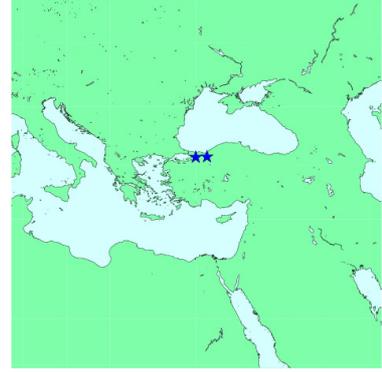


図3 トルコで発生した M6 以上の地震

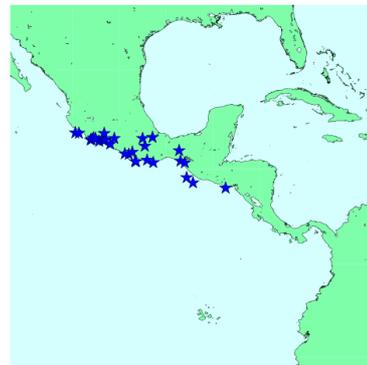


図4 中米で発生した M6 以上の地震



図5 アメリカ西部で発生した M6 以上の地震

4.3 地図検索

地図検索は地震、観測点、強震記録を地図上から地域を指定、あるいは絞り込んでデータを検索するインタフェースである。地図検索では、地域選択後に任意矩形領域の拡大、任意矩形内の地震、観測点、強震記録の検索を行うことができる。また、検索オプションとしてオリジンタイム範囲、マグニチュード範囲の指定を行うことができ、検索結果は地図上に観測点分布、震源分布として表示することが可能である。図9が地図検索の初期画面で、地図検索を行い地域を選択する。日本付近を選んだ場合に図10に示すように矩形の部分のみのデータ検索が出来る。

地震発生年 [発生年の選択]

地震発生日 [2000年] (28318) [発生月の選択]

地震発生日 [2000年10月] (5571) [発生日の選択]

1月 (2)	2日 (7)	3日 (404)
4月 (104)	6日 (1318)	7日 (608)
8日 (516)	9日 (116)	10日 (107)

強震動データベース検索

22個の結果が見つかりました

地震名	震源時	震源緯度	震源経度	震源深さ	M	データ数	地震情報	Net Smda	地図表示	リスト表示
<input type="checkbox"/>	2000-10-06 13:24:30 JST	34.2	135.2	6	3.1	3	詳細	smda	地図	表示
<input type="checkbox"/>	鳥取県西部 2000 10 06 13:30 JST	35.3	133.4	8	7.3	869	詳細	smda	地図	表示

図6 簡易検索の画面の一部

5. 結果の表示

検索した結果は最終的には強震記録となるが、結果をどのような切り口で表示するかを選択することができる。

つまり、検索ボタンは「地震検索」、「観測点検索」、「記録検索」の3種類あり、強震記録検索結果は全て同じものを表すが、グルーピングの行い方が異なる。「地震検索」を行うと地震優先表示、「観測点検索」を行うと観測点優先表示、「記録検索」を行うと記録優先表示で結果が表示される。

5.1 地震優先表示

地震優先表示は検索結果を地震情報（地震名、オリジンタイム、震源位置、マグニチュード、含まれる強震記録数）のリストとして図 11 のように表示を行う。この画面でリスト項目値によりソートすることができる。リストに表示された個々の地震の情報として観測点分布の地図を表示することもできる（図 12）。



図 7 詳細検索

5.2 観測点優先表示

観測点優先表示は検索結果を観測点情報（機関コード、観測点コード、観測点名、観測点位置、設置深度、含まれる強震記録数）のリストとして図 13 のように表示する。ここでもリスト項目値によりソートすることができる。リストに表示された個々の観測点の情報としてその観測点で観測された地震の震央分布の地図を表示することもできる（図 14）。



図 8 詳細検索による記録の抽出

5.3 強震記録優先表示

強震記録優先表示は検索結果を強震記録情報（地震名、オリジンタイム、マグニチュード、震源深さ、観測点コード、最大値）のリストとして図 15 の表示を行う。リスト項目値によりソートすることができる。強震記録の波形は簡便に確認することができるように画像化しており図 16 のように表示することができる。個々の観測点の情報としてその観測点の情報として項目値によりソートすることができる。強震記録の波形は簡便に確認することができるように画像化しており図 16 のように表示することができる。

5.4 強震記録処理アプレット

検索結果の強震記録をクライアントサイドで波形処理 Java アプレットのクライアントツールにより簡便に行えるようになっている。波形の拡大縮小（図 17）、フィルタ処理（図 18）、スペクトル（図 19）など、簡単な解析

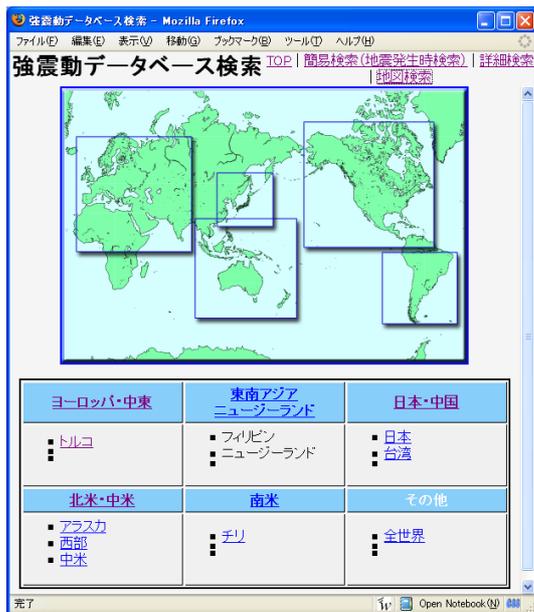


図9 地図検索初期画面(地域の選択)



図10 地図検索(空間範囲選択)

18個の結果が見つかりました

地震名	震源時	震源緯度	震源経度	震源深さ	M	データ数	地震情報	Net Smda	地図表示	リスト表示
伊豆大島近海 1990 02 20 15:53 JST	1990-02-20 15:53:39 JST	34.8	139.2	5	6.5	70	詳細	smda	地図	表示
銚子付近 1990 06 01 10:22 JST	1990-06-01 10:22:09 JST	35.6	140.7	59	6	36	詳細	smda	地図	表示
茨城県東方はるか沖 1995 01 10 03:00 JST	1995-01-10 03:00:18 JST	35.9	141.4	43	6.1	40	詳細	smda	地図	表示

図11 地震優先表示

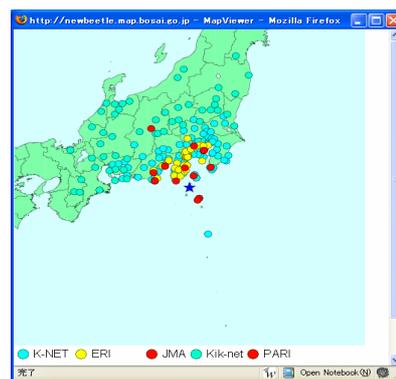


図12 観測点(機関)の表示

1212個の結果が見つかりました

機関コード	観測点コード	観測点名	観測点緯度	観測点経度	高度	深さ	データ数	観測点情報	Net Smda	地図表示	リスト表示
NIED	KSRH04	標茶南	43.2	144.7	30	0	1	詳細	Smda	地図	表示
NIED	KSRH03	標茶北	43.4	144.6	83	107	2	詳細	Smda	地図	表示
NIED	KSRH03	標茶北	43.4	144.6	83	0	2	詳細	Smda	地図	表示
ERI	FJK_A	富士川	35.1	138.6	50	0	1	詳細	Smda	地図	表示
ERI	FJK_B	富士川	35.1	138.6	50	0	7	詳細	Smda	地図	表示

図13 観測点優先表示

4491個の結果が見つかりました

地震名	震源時	震源深さ	M	観測点コード	最大加速度	情報	Net Smda	Download
茨城県東方沖 2000 07 21 03:39 JST	2000-07-21 03:39:18 JST	49	6.4	TAK_A	7	地震 観測点 波形	smda	2.0
茨城県東方沖 2000 07 21 03:39 JST	2000-07-21 03:39:18 JST	49	6.4	SYR_A	5	地震 観測点 波形	smda	2.0
茨城県東方沖 2000 07 21 03:39 JST	2000-07-21 03:39:18 JST	49	6.4	KSG_A	7	地震 観測点 波形	smda	2.0
茨城県東方沖 2000 07 21 03:39 JST	2000-07-21 03:39:18 JST	49	6.4	ABR_C	1	地震 観測点 波形	smda	2.0

図15 強震記録優先表示

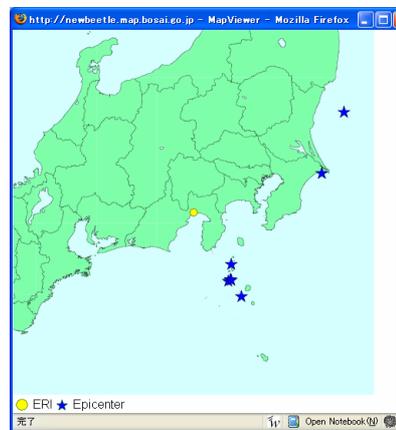


図14 震央分布図

を行い、その結果を画像としてみる事が出来る。但し、K-NET形式のデータをテキストデータとしてhttpによりロードするのでかなり時間がかかる。波形の転送の高速化が今後の課題である。

6. 幾つかの課題

6.1 特性値としての最大速度・最大変位

震動台の加震能力との関係で、最大速度や最大変位は重要な特性値であり、予め加震前に把握しておく必要があり、また、特性値として検索できることは一般的利用を考えた時でも極めて有効であろう。そのため、本データベースの試作においても、2.2で簡単に触れたように、最大速度・最大変位・計測震度などを特性値として使用するよう設計した。問題は、速度・変位を求める際に、記録に含まれる数値誤差のために積分する前に適宜ハイパスフィルターを適用しなければならない。今回採用した手法は、かつてShakal and Ragsdale⁶⁾や太田・他⁷⁾が提案した、応答スペクトルの形状から求める長周期限界（応答スペクトルの長周期側での極小となる周期 T_c ）に準拠して、ハイパスフィルターの遮断周波数を決めている⁵⁾。しかし、記録の質が良いデータは、応答スペクトルの長周期の振幅が単調に減少するものが多々あり、一方で記録途中に僅かではあるがステップ上のノイズが混入している例がある。前者の場合、小さい地震でも長周期まで評価できるから特に問題とする必要はないが、震源破壊経過時間(T_f)の経験的実験式⁸⁾ $\log T_f = 0.5 M - 2.3$ 、あるいはその逆数の震源スペクトルのコーナー周波数を遮断周波数とした場合とそれより低周波（長周期）に遮断周波数を設定した時の最大速度・最大変位を比較したところ、最大速度で10%程度、最大変位で20%程度の差である⁹⁾ことから、 T_c または T_f の小さいほうをとることとした。大量のデータを積分波形が発散することを避け自動的に処理するため、このような簡便法を用いた。なお、フィルタは斉藤¹⁰⁾によるバタワースハイパスフィルタを、積分は線形加速度法を用いた。従って、全体的には最大速度・変位を過小評価している可能性があり、実際の使用にあたっては5.3で示したツールで再調査する必要がある。

6.2 データ登録の不完全性

今回の登録データは、先にも述べたように、全てインターネット上で公開されているかCD-ROMなどで頒布されている場合に限っており、しかも全ての公開データを登録したわけではない。また、著者らが個人利用として提供いただいたデータも、現在のところ登録許可を申請していないので、このプロトタイプには登録

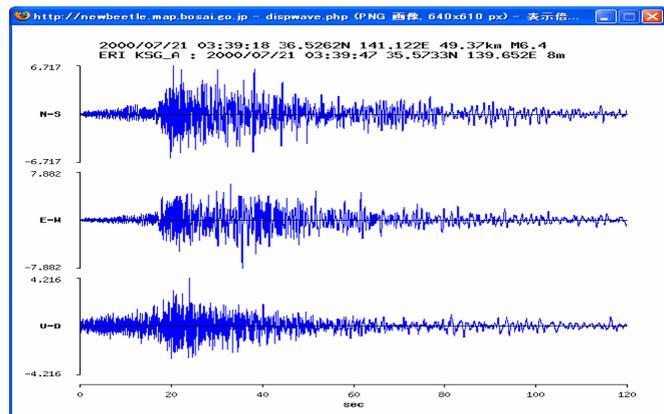


図16 簡易波形表示

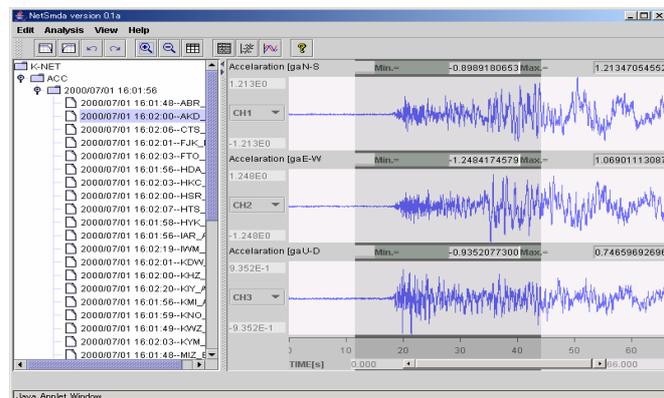


図17 波形の拡大例

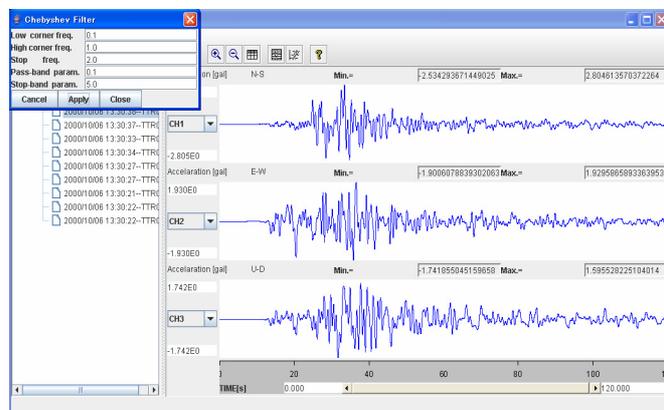


図18 波形のフィルタ処理の一例

していない。今後依頼して許可を得たデータを登録していく所存であるが、基本的には既に登録したデータについても、個人利用の範疇であり、プロトタイプといえども、波形データのダウンロードは管理者以外に出来ない仕組みとしている。また、構造物への設置を重点とした観測網（独立行政法人建築研究所など）やデータ集（世界大ダム会議）のデータ登録方法については、考慮すべき項目が他のデータと異なるため、現在は登録項目の追加や変更の必要性から、登録を見合わせている。従って、相当数の重要な記録は登録されていない状況といわざるを得ないが、今後の経常的に蓄積されるデータの登録の課題と共に検討したい。基本的にはE-Defenseでの使用を限定して、利用許可が得られた機関あるいはデータを正式に登録し利用者の便に供することになろう。

また、波形データ以外にも、強震記録の属性の重要な項目である地盤条件や弾性波探査などのデータはごく限られた観測点のみ試験的に導入しているが、この点はまだ緒についたばかりであると言わざるを得ない。

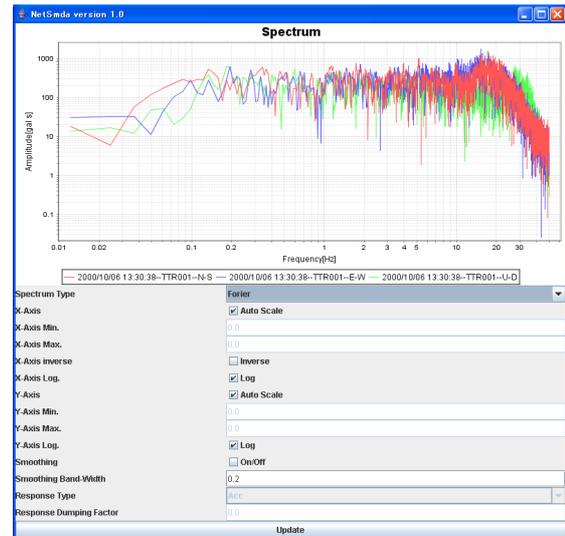


図 19 スペクトル解析例

6.3 データベース公開の課題

現在登録しているデータは、実大三次元震動台の加震データとして利用するためには、防災科学技術研究所兵庫耐震工学研究センターが震動台利用者の代表として、データ所有機関の理解と許可を得る必要がある。現状では、登録したデータの中で使用頻度が高いと考えられる記録に限って施設内での利用が考慮されているが（阿部健一氏、私信）、そのデータ選択は本報告のデータベースから検索している。波形データのダウンロード以外については、本プロジェクト終了後一定期間の後、システムおよび各種テーブルは公開できるように検討中である。

7. まとめ

わが国で強震観測に携わる多くの機関の強震記録を含むデータベースが個人的あるいはグループ内に閉ざされた形では存在するであろうが、一般利用が出来る形では紹介された例がない。そのため、E-Defense 利用の際の加震データの検索を重点に置きつつも、将来的には一般利用も視野に入れ、観測された強震記録のデータベース構築を検討し、そのプロトタイプを作成した。登録データは不完全な状況ではあるが、今後の広範な利用に向けた議論を行えるよう、プロトタイプの構成を中心に報告した。

謝辞

本研究は「大都市大震災軽減化特別プロジェクト」II耐震性の向上（震動台活用による耐震性向上）のサブテーマ、「三次元地震動データベースの構築」の一環で実施されている。データベース関連の共同研究者である入倉孝次郎京都大学名誉教授、香川敬生博士（財団法人地域地盤環境研究所）、佐藤正義博士・阿部健一博士（独立行政法人防災科学技術研究所）からのご意見により多くの改善が得られた。このデータベースには将来懸念される大地震のシミュレーション波形や人工地震（模擬地震）波が組み込まれることになっており、近い将来に全体機能の報告を別途考慮したい。

表 2 に示した機関のデータを中心的に使わせていただきながら作業を進めている。個々の機関のお名前を挙げて御礼申し上げるべきところであるが、表 2 に記載した機関へ総括的に謝意を表わすと共に、強震データを取得・管理あるいは頒布のための整理をされている関係各位に厚く御礼申し上げます。また、査読者の方々の貴重

なご意見に感謝します。

参考文献

- 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—, 防災科技研究資料, 264 号, 2005.
- 2) 気象庁: <http://www.seisvol.kishou.go.jp/eq/kyoshin/index.htm> および <http://www.jmbsec.or.jp> (財団法人気象業務支援センター)
- 3) 財団法人震災予防協会: 強震アレー観測 (No3), 2000. (<http://www.aedp-jp.com/>)
- 4) 関西地震観測研究協議会: 関西の地震記録～関震協観測 10 周年記念 CD-ROM, 2004. (<http://www.ceorka.org/>)
- 5) 湯沢 豊・宮下 茂・植竹富一・工藤一嘉: 強震記録の長周期信頼限界について—K-NET 記録による検討—, B013, 日本地震学会講演予稿集 (2004 年度秋季大会), 2004.
- 6) Shakal A. F. and Ragsdale J. T.: Acceleration, Velocity and Displacement Noise Analysis of the CSMIP Accelerogram Digitization System, Proc. 8th WCEE, Vol. 2, 111-118, 1984.
- 7) 太田外気晴ほか: 地震動加速度記録に含まれるノイズ特性の確認と数値積分時に使用するフィルター周期について, 鹿島建設技術研究所年報 第 33 号, 121-126, 1985.
- 8) 宇津徳治: 地震の事典, 朝倉書店, p283, 2001.
- 9) 文部科学省: 大都市大震災軽減化特別プロジェクト II 震動台活用による構造物の耐震性向上研究 平成 16 年度成果報告書, 2005.
- 10) 斎藤正徳: 漸化式デジタル・フィルターの自動設計, 物理探鉱第 31 巻, 112-135, 1978.

(受理: 2006 年 3 月 28 日)
(掲載決定: 2007 年 1 月 22 日)

Prototype of Strong-Motion Database for the 3-D Full Scale Earthquake Testing Facility (E-Defense)

KUDO Kazuyoshi¹⁾, NARITA Akira²⁾, and HONMA Yoshinori³⁾

1) Member, Professor, College of Industrial Technology, Nihon University, Dr. Sci.

2) Assistant To Manager, Mitsubishi Space Software Co. LTD.

3) Systems Engineer, Mitsubishi Space Software Co. LTD.

ABSTRACT

The strong-motion database is one of the highest priorities to be established in the field of earthquake engineering and engineering seismology. This report describes the design concepts and the data installation for the prototype of strong-motion database that will be used for the shaking table, that is the 3-D Full Scale Earthquake Testing Facility (E-Defense), established by the National Institute for Earth Science and Disaster Prevention. We focused on the scheme of the database which is easy to retrieve the data on demands, such as magnitude range, PGA, PGV, PGD, seismic intensity, distance to a source and so on.