

### 3.6 三次元地震動データベースの整備

既存地震動を対象としたデータベースの構築を行うとともに、三次元強震動波形推定に関する研究を併せて行い、E-ディフェンスを利用する実験研究に使用する入力地震動の提供を目的として、三次元地震動データベースを整備する。

既存の地震動としては、国内外の記録を対象としてその属性に関する資料を収集、整理しデータベースシステムを構築する。その中から、E-ディフェンスの加震特性に配慮し、これを利用する実験研究用の入力地震動データベースに仕上げる。また、具体的に大都市圏地域の代表的なサイトを対象に将来予測される大地震の三次元強震動波形推定を行い、データベースの中に取り込み、その過程で、三次元強震動波形推定のための手法整備も実施する。最終的には、データベース構築と三次元強震動波形推定で得られるこれらの知見に基づき三次元地震動作成・選定機能を持つデータベースとして仕上げる。

検討項目としては、

- (1) 統計的手法による大地震強震波形の予測及び三次元データベース化に関する研究
- (2) 三次元地震動データベースの構築に関する研究
- (3) 三次元強震動波形推定に関する研究

とし、(2)及び(3)の成果を踏まえ、(1)で E-ディフェンスを利用する実験研究に使用する三次元地震動データベースとしてまとめる。



3.6.1 統計的手法による大地震強震動波形の予測及び三次元地震動データベース化に関する研究

目 次

(1) 業務の内容

- (a) 業務題目
- (b) 担当者
- (c) 業務の目的
- (d) 3ヵ年の年次実施計画
- (e) 平成16年度業務目的

(2) 平成16年度の成果

- (a) 業務の要約
- (b) 業務の実施方法
- (c) 業務の成果
  - 1) 収集強震動記録に基づく位相特性の検討
  - 2) データベース化のためのインターフェイス検討
- (d) 結論ならびに今後の課題
- (e) 引用文献
- (f) 成果の論文発表・口頭発表等
- (g) 特許出願，ソフトウェア開発，仕様・標準等の策定

(3) 平成14～16年度業務のまとめ

## (1) 業務の内容

### (a) 業務題目

統計的手法による大地震強震動波形の予測及び三次元地震動データベース化に関する  
研究

### (b) 担当者

所属機関	役職	氏名	メールアドレス
独立行政法人防災科学技術研究所	特別研究員	阿部健一	ken-abe@bosai.go.jp

### (c) 業務の目的

国内外の既存の地震動記録を対象としてその属性に関する資料を収集、整理し、三次元地震動データベースシステムを構築する。さらに、具体的に大都市圏地域の代表的なサイトを対象に将来予測される大地震の三次元強震動波形推定を行い、データベースの中に取り込み、その過程で、統計的手法も含め三次元強震動波形推定のための手法整備も実施する。これらを踏まえ、三次元地震動作成・選定機能を整備し、併せてE-ディフェンスの加振特性に配慮し、これを利用する実験研究用の入力地震動データベースに仕上げる。

### (d) 3カ年の年次実施計画

#### 1) 平成14年度：

三次元地震動データベース化の全体計画策定を行い、データベースシステムの全体骨子を作成し、内外の既存地震動の収集と属性調査のうえシステム構築を行い、想定大地震動の予測波形も含み、併せて地震動波形予測機能を持つシステムを目指すこととした。予測機能の中には、統計的予測手法も含み、これに関する文献調査を実施した。統計的波形合成法の手法については、各成分間の振幅スペクトルの関係、および振幅スペクトルと位相スペクトルを関係づける Wiener-Lee 変換に関する検討を行った。一例として2000年鳥取県西部地震の10月8日余震記録（水平2成分：美保観測点）を用い、その振幅スペクトルから位相スペクトルを Wiener-Lee 変換により求め、観測記録の再現性に関する検討を行ない、フーリエ振幅スペクトルの情報のみから原波形が十分に再現出来ないことが分かった。これらのことから、本研究では3次元的な振幅スペクトル間の関係とともに位相スペクトルの特性把握が重要な課題であることが分かった。

#### 2) 平成15年度：

統計的手法による大地震強震動波形の予測では、位相特性を考慮した波形合成法構築のため、サイトの位相特性に基づく波形推定法の検討を行い、併せてそのための地震動収集を実施する。また、E-ディフェンスのためのインターフェイスシステム構築のため、加振性能限界の観点からの基準整備のための要件抽出を行う。

#### 3) 平成16年度：

収集地震動記録に基づく統計解析として、位相評価を考慮した強震動波形予測法として仕上げるために、振幅および位相の成分間差異検討をおこなう。さらに、E-ディフェンス用データベースのインターフェイスシステムの骨子構築のため、実験ユーザーサイドからの整理要件と、加振限界性能面から整理された要件に対する基準整備を進める。

## (2) 平成 16 年度の成果

### (a) 業務の要約

#### 1) 収集強震動記録に基づく位相特性の検討

昨年度収集した記録のうち、基盤相当の岩盤露頭を含む観測点をもつ KASSEM 観測網データを対象として、スペクトルインバージョンを実施し、観測サイトのスペクトルを震源特性、伝播特性およびサイト特性の 3 種類のスペクトルに分離した。同時に観測サイトの地震動にウェーブレット変換を行い、得られたウェーブレット係数から求まるウェーブレットスペクトルがパワースペクトルと等価であることを利用して、基盤相当の岩盤露頭の観測記録から位相情報を考慮した伝播特性を求め、位相情報を考慮した地震動予測を可能とした。

#### 2) データベース化のためのインターフェイス検討

実験ユーザーサイドからのデータベース利用上の要件整理として 3.6.2 で完成するプロトタイプ of データベースシステムおよび 3.6.3 の三次元強震動波形の推定に関する研究から得られるシミュレーション波に対して行う。あわせて、加振限界性能面から整理された制約条件を考慮して、プロトタイプ of データベースシステムに対する E ディフェンス用データベースのインターフェイスシステムの骨子を構築した。

### (b) 業務の実施方法

#### 1) 収集強震動記録に基づく位相特性の検討

昨年度収集した記録のうち、基盤相当の岩盤露頭を含む観測点をもつ KASSEM 観測網データを対象として、位相評価を考慮した強震動波形予測法として仕上げるため振幅および位相の成分間差異検討を統計的手法によりおこなう。

#### 2) データベース化のためのインターフェイス検討

E ディフェンス用データベースのインターフェイスシステムの骨子構築を、実験ユーザーサイドからの要件整理として 3.6.2 で完成するプロトタイプ of データベースシステムに基づき行い、あわせて加振限界性能面から整理された要件にたいする基準整備を進める。

### (c) 業務の成果

#### 1) 収集強震動記録に基づく位相特性の検討

昨年度は、KASSEM 観測網データを対象として、4 1 地震によるスペクトルインバージョン解析を実施し、震源特性、伝播特性、サイト特性の分離を行い、基盤相当の岩盤露頭でのサイト増幅率は、地盤調査を実施して解析的に得られる増幅率に概ね一致することを示した。

インバージョン解析は、観測点スペクトル  $O_{ij}$  が震源スペクトル  $S_i$ 、サイト増幅スペクトル  $G_j$  および  $Q$  値に基づく  $\exp$  関数である伝播スペクトルの積で与えられると仮定して、幾何学的距離減衰を考慮して、(1) 式で示される。

$$O_{ij}(f) = S_i(f) \cdot G_j(f) \cdot R_{ij}^{-1} \cdot \exp(-\pi f R_{ij} / Q_s V_s) \quad (1)$$

ここで、 $R_{ij}$  :  $i$  地震による  $j$  サイトでの震源距離 (k m)

$V_s$  : 伝播媒質のせん断波速度 (3.7km/s)

(1) 式を線形化するため、両辺で対数を取り (2) 式のように変形する。

$$\log(O'_{ij}) = -\log(R_{ref}) + \log(S_i) + \log(G_j) - \log e^{(-\pi f R_{ij} / Q_s V_s)} \quad (2)$$

成層地盤を仮定できるサイトの場合は、地盤表面でのサイト増幅率の最小値は、2.0 であることから、(3) 式を拘束条件として与えた。

$$G_j(f) \geq 2.0 \quad (3)$$

また、地形効果の影響を受けると考えられるサイトについては、(3) 式ではなく (4) 式に示す 0.05 を最小値として与えた。

$$G_j(f) \geq 0.05 \quad (4)$$

(1) 式に示される定式化を概念的に表すと図 1 のようになる。

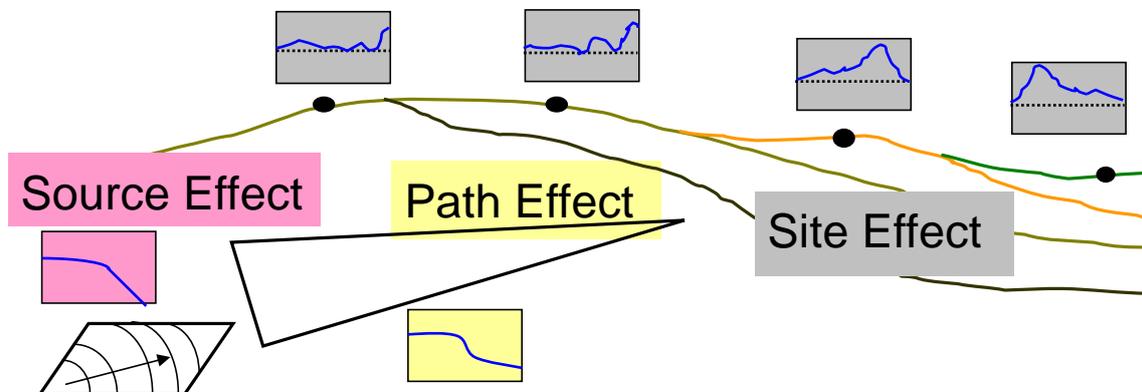


図 1 スペクトルインバージョンの概念

なお、昨年度解析対象とした 41 地震の震央位置と観測点位置は、図 2 に示す。本年度は、このうち、福島県沖に震央位置を持つ 20 地震を対象として再度、スペクトルインバージョン解析を実施した。解析に含めたサイト数は、図 2 に示す S1 から S8 の 8 サイトとし、基盤相当に近い岩盤露頭サイトとしては、S4 サイトと S1 サイトである。

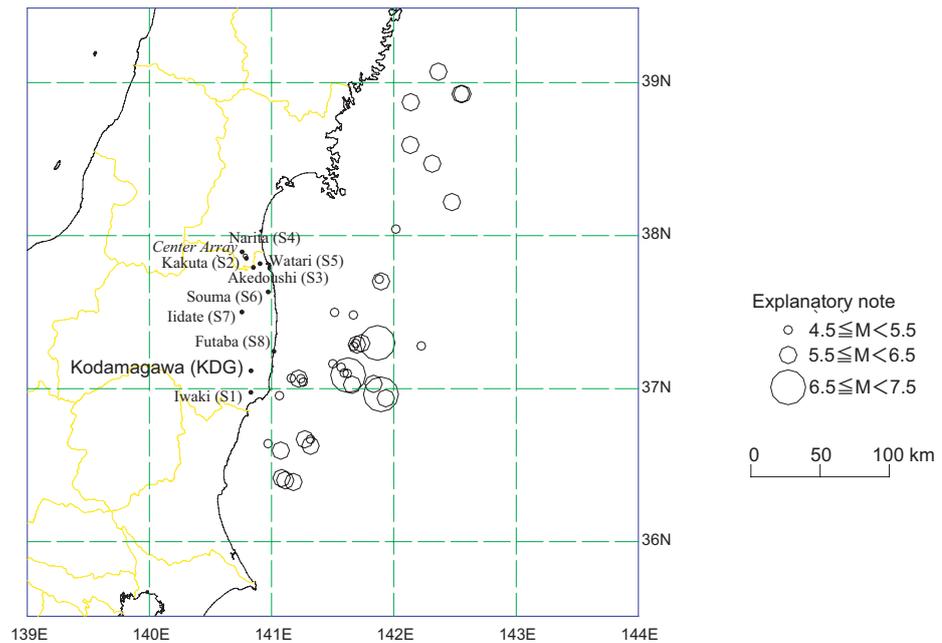


図2 震央位置と観測点位置

スペクトルインバージョン解析においては、当然ながら位相情報を扱うことは出来ないため、昨年度検討したウェーブレット解析<sup>1)</sup>を導入してスペクトルインバージョン解析結果と連動させて位相特性の検討を行う。

ウェーブレット解析は、図3の定式化で示されるように、時系列波形  $f(t)$  を、適当なアナライジングウェーブレット  $\Psi(t)$  を用いて、スケール変換を2のべき乗にとり離散的な平行移動によって得られる  $\Psi_{j,k}(t)$  を介して、ウェーブレット係数  $\alpha_{j,k}$  に展開するものである。

$$f(t) = \sum_j \sum_k \alpha_{j,k} \psi_{j,k}(t)$$

$$\alpha_{j,k} = \int_{-\infty}^{\infty} \psi_{j,k}(t) f(t) dt$$

$$\psi_{j,k}(t) = 2^{j/2} \psi(2^j t - k)$$

離散的な平行移動( $k/2^j$ の形で時刻)  
とスケール変換( $j$ はスケール)

図3 インバージョン解析の定式<sup>3)</sup>

昨年度の検討で示したように Meyer-Yamada のアナライジングウェーブレットを用いると、以下の(5)式で与えられる各  $j$  次のウェーブレットスペクトル振幅値  $E_j$  は、 $j$  次に対

応する周波数のパワースペクトル振幅値に一致することが示された<sup>4)</sup>。

$$E_j = \sum_k |\alpha_{j,k}|^2 \quad (5)$$

ウェーブレット係数  $\alpha_{j,k}$  には、j 次の周波数範囲での位相情報が含まれているため、(5)式により振幅と位相情報を結び付けていることになる。

図4に、一例として S1 サイトにおける観測波のパワースペクトルと各 j 次のウェーブレットスペクトルの比較を示す。

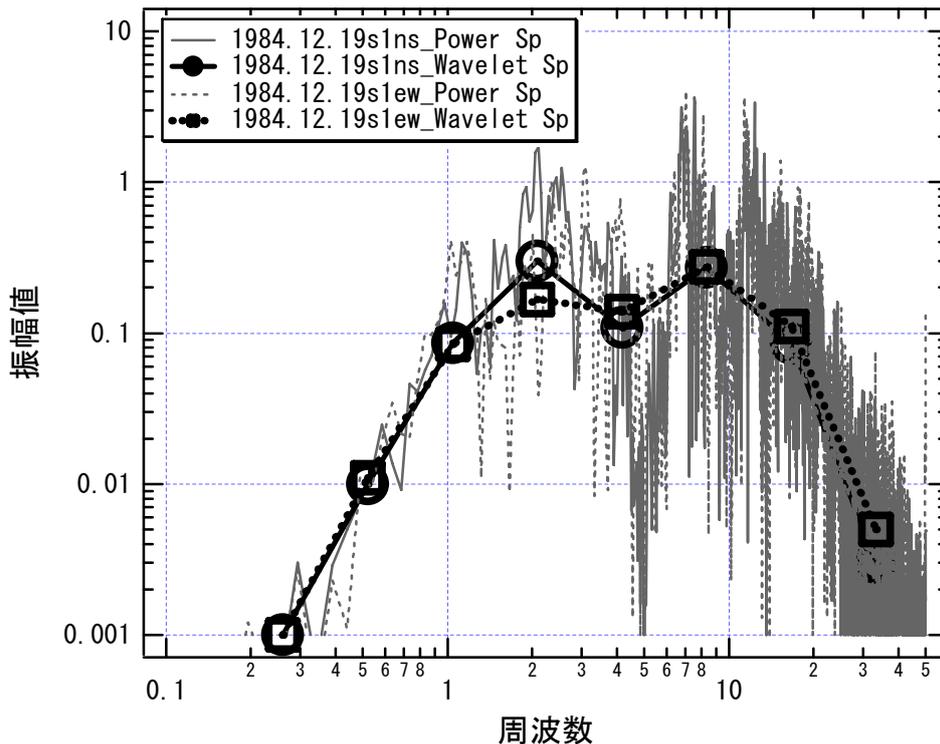


図4 ウェーブレットスペクトルとパワースペクトルの比較

一方、スペクトルインバージョン解析によって観測サイトのスペクトル振幅値は、サイト増幅スペクトル、伝播スペクトルおよび震源スペクトルの積で与えられる。

ここで対象とする観測網は、岩盤サイトを主体とした記録であるためサイトでの増幅効果は、表層付近の風化の影響が主な要因で時間的ズレは少ないと考えられる。また、マグニチュードの小さな地震においては、サイトまでの伝播時刻に比べ断層滑りの時間的ズレは無視できるものとする、スペクトルインバージョン解析とウェーブレット解析は、伝播スペクトルを介して次のように結び付けることが出来る。

すなわち、(1)式のインバージョン解析の定式から伝播スペクトルは、次のようになる。

$$P_{sp}(f) = \exp(-\pi f \cdot R_{ij} / (Q_s \cdot V_s)) = R_{ij} \cdot O_{ij}(f) / (S_i(f) \cdot G_j(f)) \quad (6)$$

また、ウェーブレット解析においては、サイト特性と震源特性の時間的ズレが伝播時間に比べ無視できると仮定すると、(5)式の関係から伝播特性に関するウェーブレット係数は、

以下の(7)式で与えられる。

$$\alpha^p_{j,k,i} = R_i \alpha^0_{j,k,i} / S_{j,i}(f) \cdot G_j(f) \quad (7)$$

スペクトルインバージョン解析は、加速度観測記録の減衰0%の速度応答スペクトルを(加速度フーリエスペクトルを包絡する)周波数刻みで130ポイントについて計算した結果とウェーブレット解析との対比で代表ポイントについて計算した結果の両ケースについて行った。

ウェーブレット解析と対比するために、各次数  $j$  毎にサポートする(8)式の周波数範囲に基づき

$$2^j / 3T_d \leq f_j \leq 2^{j+2} / 3T_d \quad (8)$$

ここで、 $j$  : サポート次数

$f_j$  :  $j$  次のサポート周波数

$T_d$  : 継続時間 (sec)

$2^{j+1} / (3T_d)$  を各  $j$  次ごとの代表周波数とした。(8)式においては、隣り合うサポート区間との間で周波数範囲に重なりがあるため、代表周波数に対する速度応答スペクトル値は、 $(1/8) (2^{j+2} / T_d)$  と  $(1/4) (2^{j+2} / T_d)$  の間にある周波数ポイントのスペクトル値の幾何平均を与えた。

以下に、インバージョン解析結果として得られた  $Q$  値ならびに基盤相当の岩盤露頭である S1 サイトおよび S4 サイトの増幅スペクトルを示す。ここで、全スペクトルポイントとは、周波数刻み 130 ポイントでの結果を示し、代表スペクトルポイントとは、(5)式での区間を代表する周波数として  $2^{j+1} / (3T_d)$  を与えた。得られた結果は、昨年(2011年)の 41 地震によるインバージョン解析結果<sup>2)</sup> とほぼ同一であり、地震の数による差異は小さいといえる。

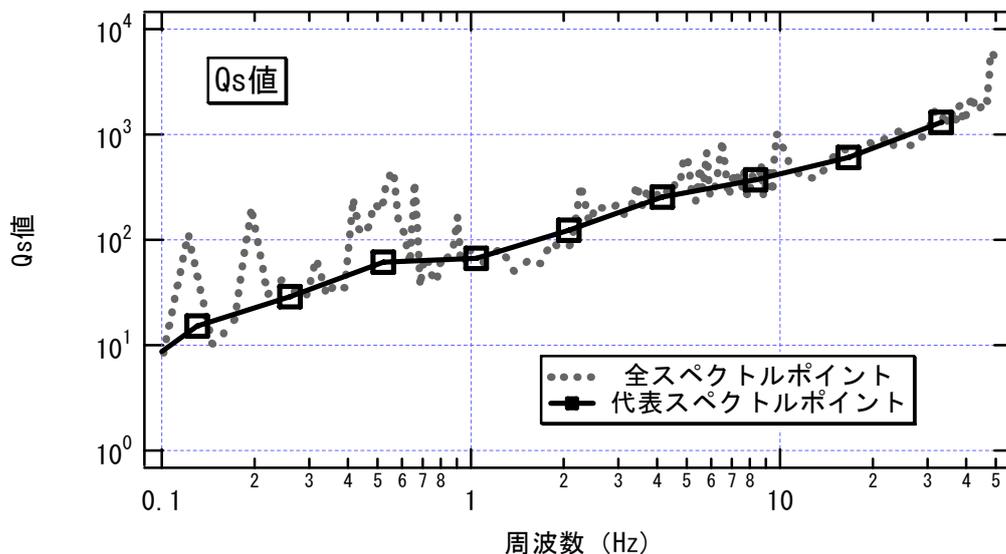


図 5 Q 値

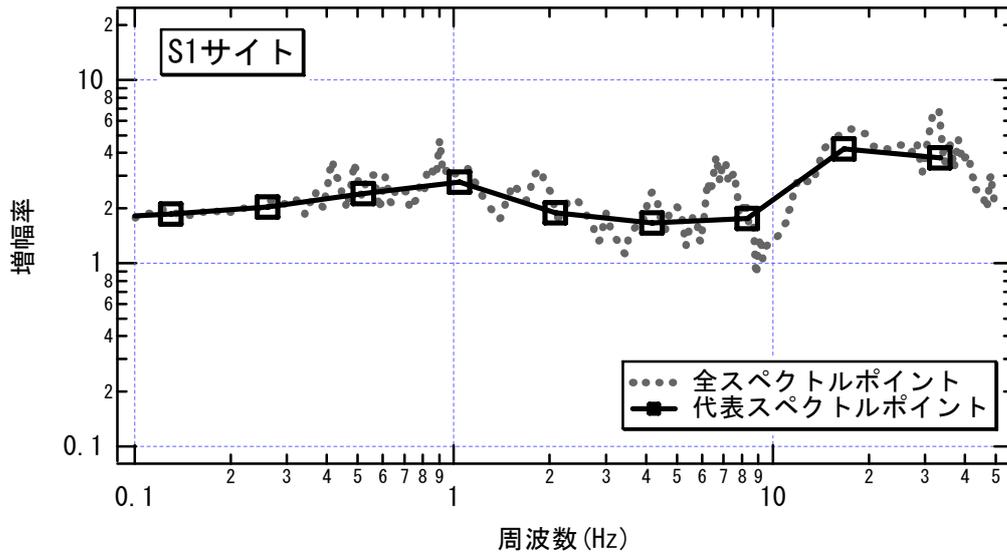


図6 S1 サイト増幅スペクトル

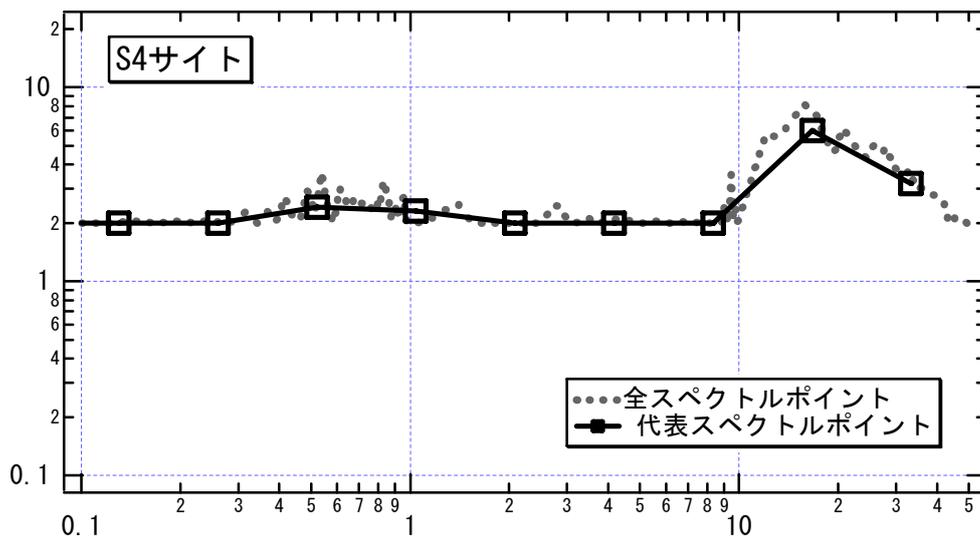


図7 S4 サイト増幅スペクトル

図4に示したようにウェーブレットスペクトル振幅値は、パワースペクトルと整合性があるため、上記の図5から図7に示す結果を使って(7)式で得られる基盤露頭相当のS1およびS4サイトのウェーブレット係数は、伝播スペクトルそのものに位相情報を保持した形で与えていることになる。

## 2) データベース化のためのインターフェイス検討

Eディフェンスにおけるデータベースシステムは、概ね図8に示すように専用PCを装備しInput Motion Data Base(IMDB)として整備していくことが望ましい。

現在、3.6.2 項三次元地震動データベース構築に関する研究から国内外各機関で収集された地震動記録を統一フォーマットで登録して既存地震動に関するプロトタイプデータベースが構築されている。さらに、3.6.3 三次元地震動波形の推定に関する研究から過去に発生した大地震や今後起こると予想される大地震の代表的な地点のシミュレーション波形が加えられ、Strong Motion Data Base(SMDB)としての構築を目指しているが、いずれにせよ国内外各機関の膨大な既存波がその中核をなす。SMDBの構築で三次元地震動データベースの整備の当初の目的は達することになるが、それら、既存波は、データベース上から波形を直接ダウンロードできるものばかりではなく、別途使用許可の必要なものも含まれ、一方震動台の加振性能という観点からは、入力予定の地震波については、事前検証が必要となる。また、膨大なデータのなかからそのつど地震動を選定する必要性がまったくないわけではないが、破壊実験用として相応の強度をもつ地震動、特に有名地震の記録は事前に選定してすぐに使用可能な状況にできることが望ましい。

そうした点から、SMDBのEディフェンスへの専用化という点では、加振性能検証機能を持ち、破壊実験用に適した地震動をユーザーが直ちに利用でき、また、標準的な地震動波形を作成できるようなインターフェイス機能をもつIMDBへの機能拡充の必要がある。本年度は、実験ユーザーサイドからの要件整理を行い、その上で加振限界性能面から制約される条件を組み合わせることでEディフェンス用データベースのインターフェイスシステムの骨子構築を行う。

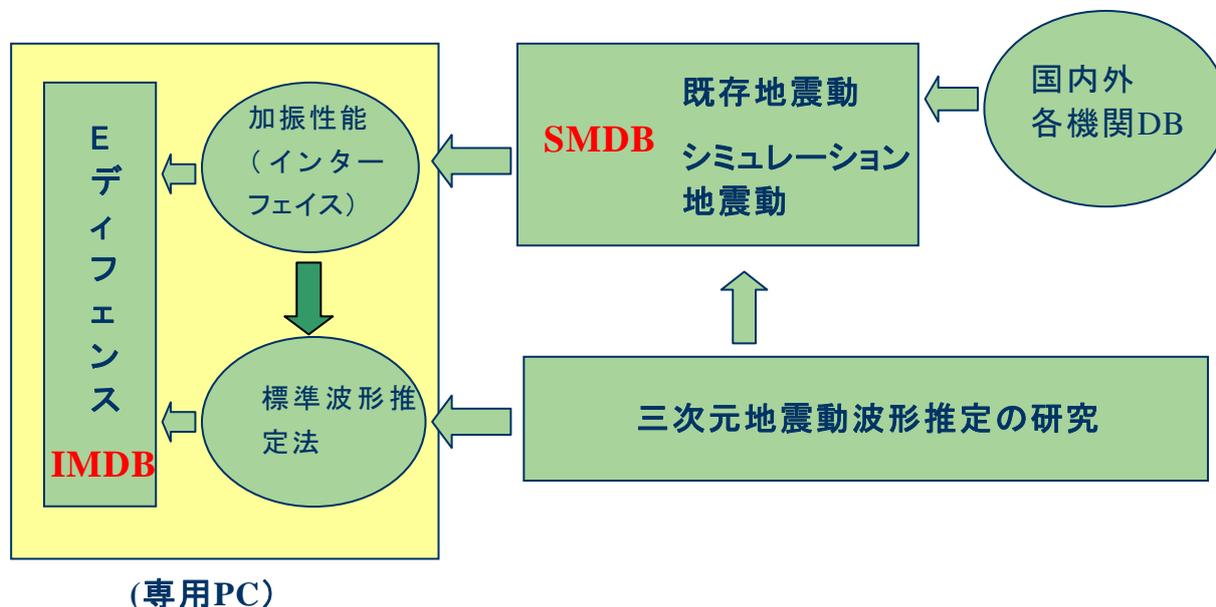


図8 Eディフェンスにおける地震動データベースシステムの概念

実験ユーザサイドからの要件として、以下のものが抽出される。

① 破壊実験用の地震動の抽出

- ・過去の大地震記録：短周期地震動／中周期地震動／長周期地震動  
スペクトル：加速度・速度・変位応答スペクトル  
地震動諸元：最大値・発震日時・震源位置・地震規模・観測点諸元・震源距離・深さ  
サイト特性：地盤種別・地形・地盤構成・PS 検層
- ・シミュレーション地震動：短周期地震動／中周期地震動／長周期地震動  
スペクトル：加速度・速度・変位応答スペクトル  
地震動諸元：最大値・震源位置・地震規模・観測点諸元・震源距離・深さ  
サイト特性：地盤種別・地形・地盤構成・PS 検層  
シミュレーション手法：統計的手法・経験的グリーン関数法・統計的グリーン関数法・ハイブリッド法  
震源断層破壊モデル：基準位置・長さ・幅・走行・傾斜・すべり方向・地震モーメント・アスペリティモデル

② 標準波形推定法のための要素地震動の抽出

- ・対象サイトに対する過去の大地震震源域近傍地震：SMDB からのカテゴリ検索、地図検索

一方、加振限界性能面からの制約条件については、昨年度整理したもの<sup>4)</sup>を列記すると以下のようになる。

- ① 単一正弦波加振での限界性能線に対する判定基準
- ② 入力地震動の長周期信頼限界周期の抽出
- ③ 正弦波での加振可能波数と入力される地震動の継続時間やその主要周期の波数の制限
- ④ 地震動の速度と加速度の軌跡が、加振機及びサーボ弁の加振推力（加速度に等価）と加振速度で描く限界線内である制限
- ⑤ 加振予定の入力地震動に対する消費油量（20000L）の制限

SMDB に対して上記のような基本骨子から構成されるインターフェイス機能を持つ IMDB のシステムの参考イメージを整理すると次のようになる。

①地震動の選択：

既存地震動・シミュレーション地震動・推定標準波形の 3 種類から選択する。既存地震動の場合は、過去の大地震記録を選べるようにし、予め抽出された地震動を直接選択可能とし、実験用地震動としてより適切な要素地震動を選択する場合は、SMDB へ移り検索可能とする。シミュレーション地震動の場合は、これまで推定された波形を上記基準で選択可能とする。ユーザーが、自身で波形推定を実施する場合は、推定標準波形を選択し、標準波形推定法（経験的グリーン関数法や標準的な統計的推定法）による波形推定を可能とする。

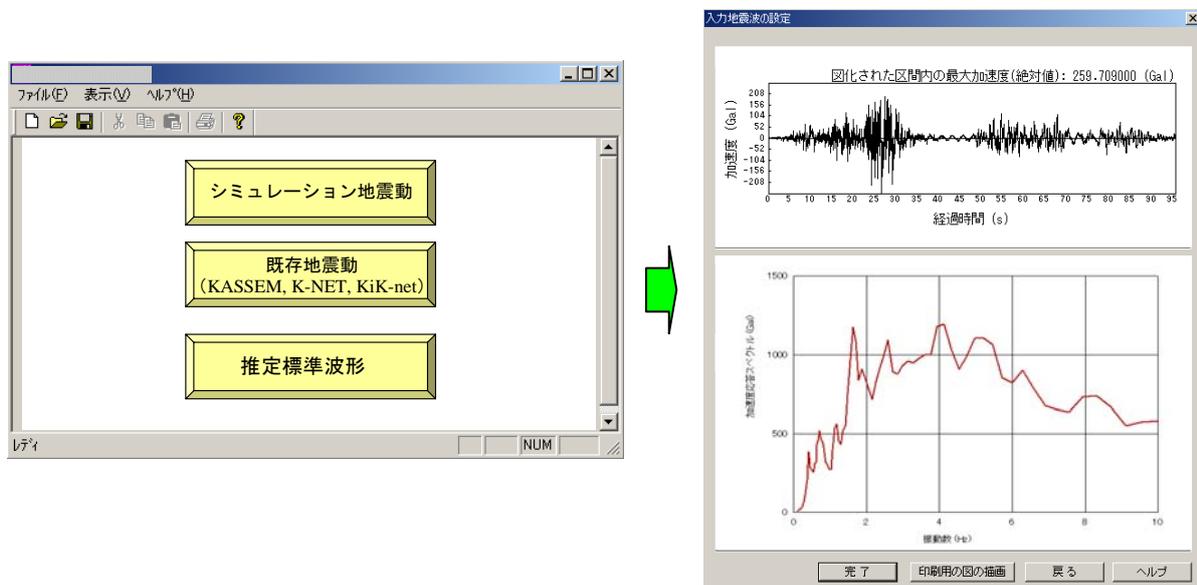


図 9 地震動の選択画面例

②長周期信頼限界周期の算出

加速度より、速度や変位波形を求める場合に問題となる長周期ノイズを除去するために、長周期の信頼限界を把握して、遮断周期を設定する。設定方法の手法はユーザーが選択する。選択画面の例を図 10 に示す。

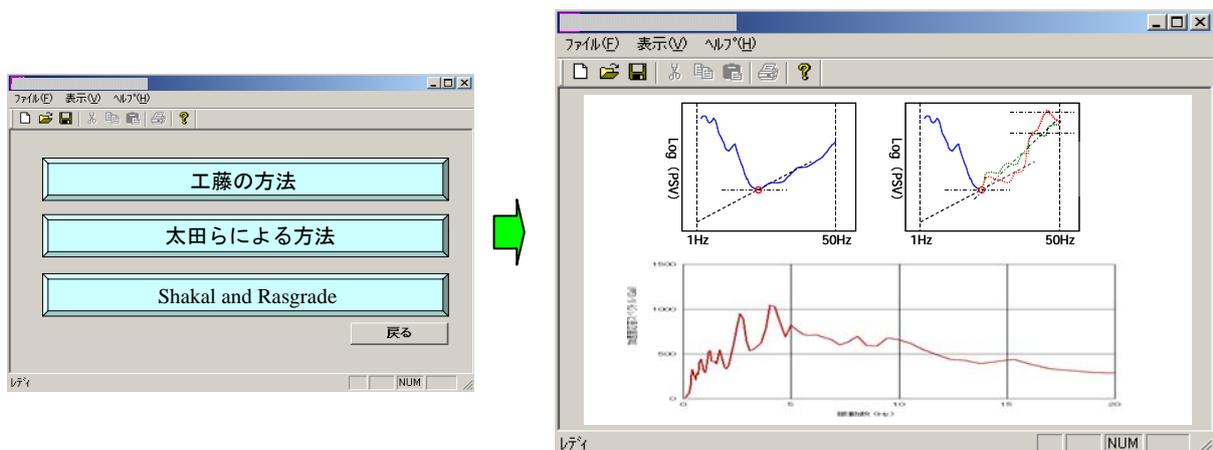


図 10 長周期信頼限界周期の抽出

③ 単一正弦波加振での限界性能線に対する判定基準

加振性能限界を考慮して、入力地震動を設定する。振動台搭載質量を入力し、単一正弦波加振での限界性能の検討を行う。限界性能ラインを超えている場合は、自動修正またはユーザー修正を選択してもらう。

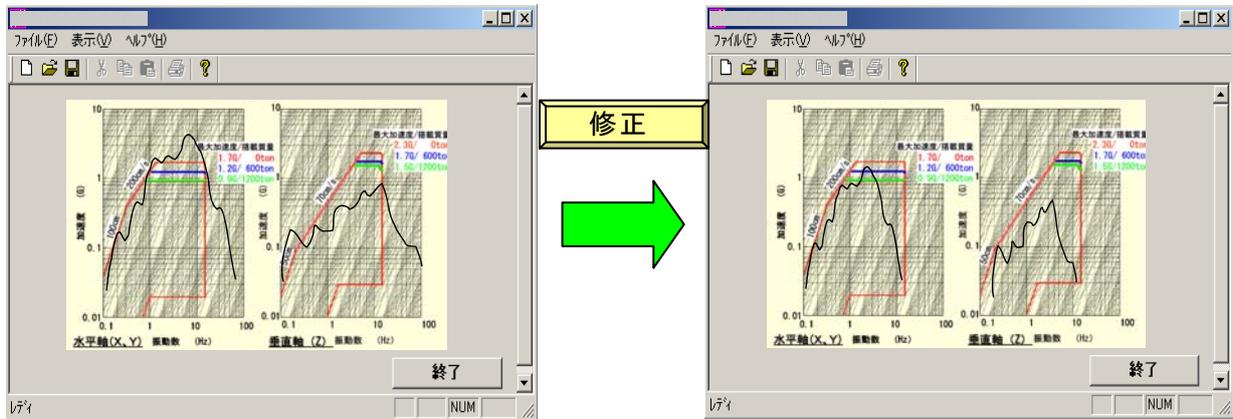


図 1.1 加振性能限界の検討画面表示例

④ 正弦波での加振可能波数と入力される地震動の継続時間やその主要周期の波数の制限

正弦波での加振可能波数と入力される地震動の継続時間やその主要周期の波数との関係の検討を行う。許容される波数、振幅を超えている場合、修正項目（振幅、波数）を選択し、修正する。

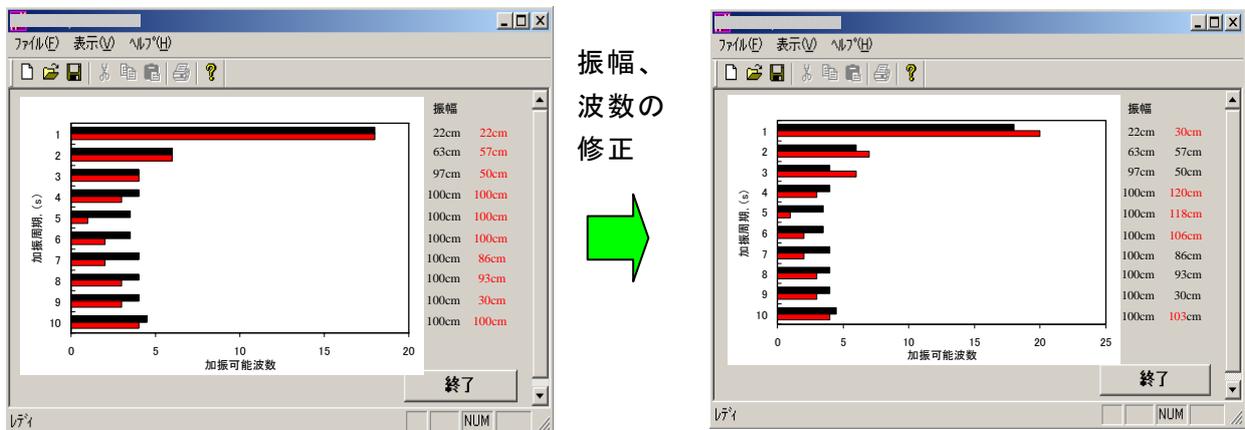


図 1.2 許容される端数、振幅の修正画面表示例

⑤ 地震動の速度と加速度の軌跡が、加振機及びサーボ弁の加振推力（加速度に等価）と加振速度で描く限界線内である制限

地震動の速度と加速度の軌跡が、加振機及びサーボ弁の加振推力（加速度に等価）と加振速度

で描く限界線内にあるか検討する。限界線を越えている場合、入力動の加速度、速度を修正する。

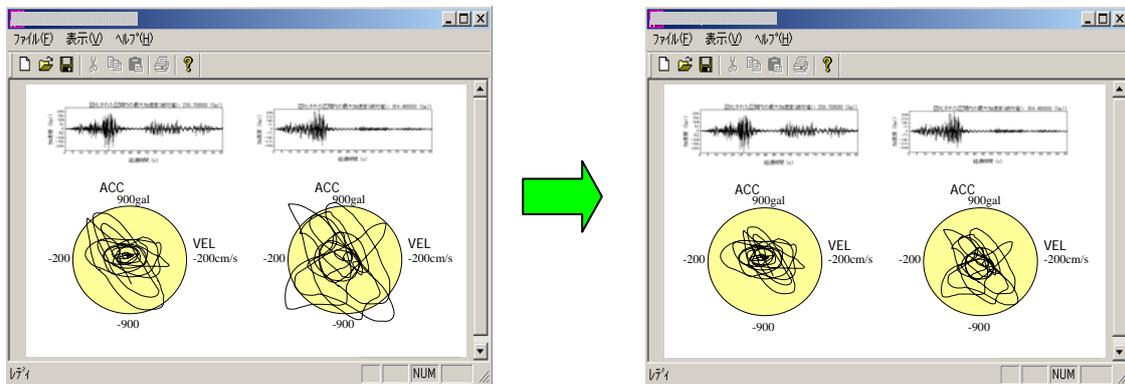


図 1 3 入力地震動の加速度・速度の修正画面表示例

⑥ 加振予定の入力地震動に対する消費油量（20000L）の制限

加振するのに必要油量を算出する。そして、必要油量が制限油量 20000 リットルを超えている場合は、入力動の速度振幅、継続時間を修正する。

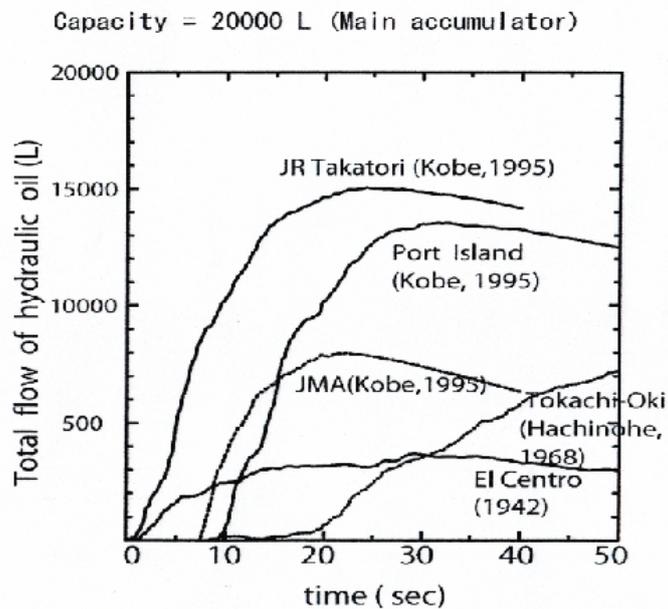


図 1 4 三軸軸同時加振時の各地震波の消費油量<sup>4)</sup>

(d) 結論ならびに今後の課題

1) 収集強震動記録に基づく統計解析

KASSEM 観測網データのスペクトルインバージョン解析により震源特性、伝播特性、サイト特性の分離を行った。同時にウェーブレット解析を実施して得られたウェーブレット係数を震源特性とサイト特性の積で割った係数からウェーブレットスペクトルを計算し、そのスペクトルがスペクトルインバージョンでの伝播特性と一致していることから、位相特性を考慮した伝播特性を求めることが出来た。

この検討から伝播特性によるウェーブレット係数を個別サイトに対して定め、ウェーブレット逆変換によりサイト固有の波形を求める手法構築を可能にした。

2) データベース化のためのインターフェイス検討

E-ディフェンス用データベースのインターフェイスシステムの骨子構築を、実験ユーザーサイドからの要件整理と加振限界性能面から整理された要件にたいする基準整備を行った。

実験ユーザーサイドからの要件整理と加振限界性能面から整理される制約条件を加味し、E-ディフェンス用データベースのインターフェイスシステムの骨子を構築した。

今後の課題としては、開発した Meyer and Yamada のウェーブレット変換逆変換の解析ツールを用い、サンプルサイトデータ群に K-Net 及び Kik-Net のデータを加味し、位相評価を考慮した強震動波形予測法として仕上げる事、及び 3.6.2 と 3.6.3 の成果を取り込み E-ディフェンス用データベースのインターフェイスシステムを構築することである。

(e) 引用文献

- 1) Gulum Birgoren: Strong motion simulation of the 1999 earthquakes in western turkey: Stochastic green' s function technique with characterized source model and phase dependent site response, Kyoto Univ., Doctral thesis, 2004.3
- 2) K. Abe, K Yashiro, M. Mashimo, R. Nakamura, S. Sekiya, and T. Kubo: Evaluation of site amplification factors based on spectral inversion analysis, Paper No.2393, Proc. 13<sup>th</sup> World Conf. Earthq.,2004.
- 3) M. Yamada and K. Ohkitani: Orthonormal wavelet analysis of turbulence, Fluid Dynamics Research 8, pp101-115, 1991.
- 4) 文部科学省研究開発局：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 15 年度）成果報告書 pp711～pp791

(f) 成果の論文発表・口頭発表等

著者	題名	発表先	発表年月日
なし			

(g) 特許出願、ソフトウェア開発、仕様・標準等の策定

1) 特許出願

なし

## 2) ソフトウェア開発

名称	機能
なし	

## 3) 仕様・標準等の策定

なし

### (3) 平成14～16年度業務のまとめ

統計的波形合成法の手法検討では、まず3次元の人工地震波を作成するための文献調査を行い、概要をまとめた。具体的には、各成分間の振幅スペクトルの関係、および振幅スペクトルと位相スペクトルを関係づける Wiener-Lee 変換に関する文献を取り上げた。調査した文献からは、ほぼ 2Hz より低周波数領域における水平加速度フーリエスペクトルは断層破壊伝播の方向性や震源のラディエーション特性を反映していること、Wiener-Lee 変換を適応した 1979Imperial Valley 地震の解析では、本震記録に再現性はないが余震記録は十分再現できることが確認された。次に、特定サイトの強震動予測では、大地震による強震動記録を対象とする解析に先立ち、一例として 2000 年鳥取県西部地震の 10 月 8 日余震記録（水平 2 成分：美保観測点）を用い、その振幅スペクトルから位相スペクトルを Wiener-Lee 変換により求め、観測記録の再現性に関する検討を行なった。その結果、1979Imperial Valley 地震の場合とは異なり、2Hz より低振動数の地震動は、フーリエ振幅スペクトルの情報のみから原波形がよく再現できるが、5～6 Hz より高振動数の地震動はランダム性が強く、フーリエ振幅スペクトルの情報のみから原波形は十分に再現出来ないことが分かった。これらのことから、本研究では3次元的な振幅スペクトル間の関係とともに位相スペクトルの特性把握が重要な課題であることが分かった。

また、位相特性を取り込んだ地震動波形推定法の構築のために、現状の模擬地震動の作成法の評価を実施した。その結果、Bilgolen and Irikura が提案するウェーブレット変換を利用したサイトの位相特性に基づく波形推定法を取り上げ、波形推定法のために Meyer and Yamada のウェーブレット変換逆変換の解析ツールを開発するとともに、サンプルサイトデータ群として将来的に K-NET、KiK-net の補完となりうる電力中央研究所強震観測網及び KASSEM の強震観測データの収集を実施した。また、インターフェイスシステム構築のため、加振性能限界の観点からの基準整備のための要件を抽出した。

さらに、昨年度収集した記録のうち、基盤相当の岩盤露頭を含む観測点をもつ KASSEM 観測網データを対象として、スペクトルインバージョンを実施し、観測サイトのスペクトルを震源特性、伝播特性およびサイト特性の3種類のスペクトルに分離した。同時に観測サイトの地震動にウェーブレット変換を行い、得られたウェーブレット係数から求まるウェーブレットスペクトルがパワースペクトルと等価であることを利用して、基盤相当の岩盤露頭の観測記録から位相情報を考慮した伝播特性を求め、位相情報を考慮した地震動予測を可能とした。

一方、実験ユーザーサイドからのデータベース利用上の要件整理として 3.6.2 で完成するプロトタイプデータベースシステムおよび 3.6.3 の三次元強震動波形の推定に関する

研究から得られるシミュレーション波に対して行う。あわせて、加振限界性能面から整理された制約条件を考慮して、プロトタイプデータベースシステムに対する E ディフェンス用データベースのインターフェイスシステムの骨子を構築した。