

3.3.8 地下構造モデル化の研究（表層地質）

(1) 業務の内容

(a) 業務題目：地下構造モデル化の研究（表層地質）

(b) 担当者

所属機関	役職	氏名	メールアドレス
東京工業大学	教授	翠川三郎	smidorik@enveng.titech.ac.jp
東京大学	教授	額額一起	koketsu@eri.u-tokyo.ac.jp
防災科学技術研究所川崎 ラボラトリー	副チームリーダー	若松加寿江	wakamatsu@kedm.bosai.go.jp
地震防災フロンティア研究センター	チームリーダー	松岡昌志	matsuoka@edm.bosai.go.jp
工学院大学	教授	久田嘉章	hisada@cc.kogakuin.ac.jp
千葉大学	教授	中井正一	nakai@tu.chiba-u.ac.jp

(c) 業務の目的

過去の被害地震で被害の大きさは地盤条件に大きく支配され、地震による危険度を評価する上で、地盤条件が重要であることが認識されてきた。そこで、大地震時の地震動の特性や被害の大きさを評価する上で、深い地盤構造のみならず表層地盤による地震動の増幅特性も正確に把握することが重要となる。

地盤の増幅特性を評価する方法として、地盤モデルを作成して解析的に地盤の増幅特性を計算することが行われている。しかしながら、首都圏などのような広い範囲を対象として地盤の増幅特性の分布を知ろうとした場合には、利用できるデータが限られていたり、膨大な手間がかかることなどから、地盤モデルに基づく解析的な方法を利用することには多大な困難を伴う。そこで、より簡単な情報から得られる地形地盤分類を用いた方法を用いるのが現実的となる。

全国を網羅する地形地盤データベースとして国土数値情報がある。地形地盤分類と地盤の増幅特性との関係を介して、国土数値情報を利用した広域での震度分布予測も既に行われている。しかし、国土数値情報には、1km メッシュという制限があること、地形分類が県毎に異なり統一されていないこと、バグがあること、などの問題点もある。また、地形地盤分類と地盤の増幅特性との関係にも、地域性があることなど、検討すべき課題が残されている。

ここでは、首都圏や近畿圏、中京圏などの都市圏を対象として、より詳細な地形・地盤分類データベースを作成する。また、地形・地盤分類と地盤の増幅特性との関係についても、地震被害データ、常時微動、地震記録、地盤データなどを用いて、検討する。さらに、両者の結果を総合して、強震動予測や地震被害想定に資するための地盤の増幅度マップを作成する。

(d) 5カ年の年次実施計画

1) 地形・地盤分類データベース作成として、首都圏のプロトタイプ版を作成した。2) 地形・地質とサイト特性の関係の検討として、関東地震の被害と表層地盤の関係、常時微動特性と表層地盤の関係、横浜市の地震記録にみられる地盤特性と表層地盤の関係、地盤の平均S波速度の地域性について検討を行った。

2) 平成 15 年度 :

1) 地形・地盤分類データベース作成として、首都圏のものを完成させ、近畿圏、中京圏および東北仙台圏のプロトタイプ版を作成した。2) 地形・地質とサイト特性の関係の検討として、国土数値情報を利用した震度分布予測手法の適用、関東地域の地震記録にみられる地盤特性と表層地盤の関係、長周期地震動と地盤構造の関係について検討を行った。

3) 平成 16 年度 :

1) 地形・地盤分類データベース作成として、近畿圏、中京圏および東北圏のものを完成させ、北海道地域(中国地方南部、四国地方全域、九州地方東部)のプロトタイプ版を作成した。2) 地形・地質とサイト特性の関係の検討として、地形・地盤分類データベースを利用した地盤増幅推定手法の改良、関東地域の地震記録にみられる地盤特性と表層地盤の関係の定量化、などについて検討を行った。

4) 平成 17 年度 :

1) 地形・地盤分類データベース作成として、北海道地域(中国地方南部、四国全域、九州地方東部)のものを完成させ、札幌圏のプロトタイプ版を作成する。2) 地形・地質とサイト特性の関係の検討として、地形・地盤分類データベースを利用した震度分布予測手法の改良、全国の地震記録にみられる地震記録にみられる地盤特性と表層地盤の関係の定量化、などについて検討を行う。

5) 平成 18 年度 :

1) 地形・地盤分類データベース作成として、札幌圏のものを完成させ、web 上で各地域のデータベースを公開する。2) 地形・地質とサイト特性の関係の検討として、全国地盤増幅度マップの作成、これを利用した巨大地震の震度分布予測、などを行う。

(e) 平成 16 年度業務目的

1) 地形・地盤分類 250m メッシュデータベース作成として、平成 15 年度は首都圏を完成させ、近畿圏、中京圏および東北仙台圏のプロトタイプ版を作成した。本年度は、これを修正して、近畿圏、中京圏および東北仙台圏のものを完成させる。また、北海道地域のプロトタイプ版作成を試みる。2) 地形・地質とサイト特性の関係の検討として、平成 15 年度に東北地域および北海道で 3 つの被害地震が発生したことから、これらの観測記録を用いて国土数値情報を利用した震度分布予測手法の適用性を検討する。地震記録にみられる地盤特性と表層地盤の関係については、平成 14 年度は横浜市のみ記録で検討したが、本年度は対象を広げて関東地域全体の地震記録を用いてさらに検討を進める。また、2003 年十勝沖地震で大きな問題となった長周期地震動と地盤構造の関係についても検討を行う。3) 前年度に引き続き、平成 14・15 年度の成果である首都圏の地形・地盤分類データベースと首都圏強震動総合ネットワーク (SK-net) などの強震観測データを活用し、周波数特性を考慮したサイト増幅特性の逆解析を行う。

(2) 平成 16 年度の成果

(2-1) 地形・地盤分類データベースの作成

若松加寿江（地震防災フロンティア研究センター川崎ラボラトリー・東京工業大学）

松岡昌志（地震防災フロンティア研究センター）

(a) 業務の要約

地震時の表層地盤の増幅特性の評価をはじめ広域のハザード評価システム等において地形・地盤参照データベースとして利用されることを前提として、阪神地域を含む近畿圏、名古屋市を含む中京圏、仙台市を含む東北仙台圏を対象に約 250m 四方のメッシュごとの地形・地盤分類 GIS データベースを完成した。また、中国・四国・九州の一部を含む北海道地域の地形・地盤分類 GIS データベースプロトタイプ版を作成した。

(b) 業務の実施方法

大都市圏の地形地盤分類図を縮尺 1/5 万程度で作成し、これを行政管理庁告示第 143 号（昭和 48.7.12）による基準地域メッシュを縦横 4 等分したメッシュ（約 250m 四方）ごとに属性を持たせたデジタルデータベースを構築した。データベースの構築対象地域は、近畿圏、中京圏、東北仙台圏、北海道地域である。

このメッシュマップの特長は、既存の地形分類図において作成者、作成地域によりで不統一であった地形分類基準を全国で統一化したこと、表層の地盤特性を反映した分類であること、さらに、1/5 万程度の大縮尺の地形図等を用いて微地形判読を行っていることから、地形境界等の空間的分類精度が向上している点である。

地形・地盤分類は、若松・松岡¹⁾による地形・地盤分類 250m メッシュマップに用いられている分類基準によった。この分類基準は、純地形学的な分類基準を踏襲しつつ、かつ表層地盤条件の判読という工学的利用用途を考慮している。本データベースは、メッシュサイズが約 250m 四方と細かいため、1km メッシュマップ²⁾には現れない小面積の微地形区分である（表 1）。

表 1 本業務で用いた地形・地盤分類基準¹⁾

No	分類	定義・特徴
1	山地	1kmメッシュにおける起伏量（最高点と最低点の標高差）が概ね200m以上で、先第四系(第三紀以前の岩石)からなる標高の高い土地。
2	山麓地	先第四系山地に接し、土石流堆積物・崖錐堆積物など山地から供給された堆積物等よりなる比較的平滑な緩傾斜地。
3	丘陵	標高が比較的小さく、1kmメッシュにおける起伏量が概ね200m以下の斜面からなる土地。
4	火山地	第四系火山噴出物よりなり、標高・起伏量の大きなもの。
5	火山山麓地	火山地の周縁に分布する緩傾斜地で、火砕流堆積地や溶岩流堆積地、火山体の開析により形成される火山麓扇状地・泥流堆積地などを含む。
6	火山性丘陵	火砕流堆積地のうち侵食が進み平坦面が残っていないもの、または小面積で孤立するもの。
7	岩石台地	河岸段丘または海岸段丘で表層の堆積物が約5m以下のもの、隆起サンゴ礁の石灰岩台地を含む。

8	砂礫質台地	河岸段丘または海岸段丘で表層に約5m以上の段丘堆積物（砂礫層、砂質土層）をもつもの。
9	ローム台地	河岸段丘または海岸段丘で表層が約5m以上のローム層（火山灰質粘性土）からなるもの。
10	谷底低地	山地・火山地・丘陵地・台地に分布する川沿いの幅の狭い沖積低地。表層堆積物は山間地の場合は砂礫が多く、台地・丘陵地・海岸付近では粘性土や泥炭質土のこともある。
11	扇状地	河川が山地から沖積低地に出る所に形成される砂礫よりなる半円錐状の堆積地。勾配は概ね1/1000以上。
12	自然堤防	河川により運搬された土砂のうち粗粒土(主に砂質土)が河道沿いに細長く堆積して形成された微高地。
13	後背湿地	扇状地の下流側または三角州の上流側に分布する沖積低地で自然堤防以外の低湿な平坦地。軟弱な粘性土、泥炭、腐植質土からなる。砂丘・砂州の内陸側や山地・丘陵地・台地等に囲まれたポケット状の低地で粘性土、泥炭、腐植質土が堆積する部分を含む。
14	旧河道	過去の河川の流路で、低地一般面より0.5～1m低い帯状の凹地。
15	三角州・海岸低地	三角州は河川河口部の沖積低地で、低平で主として砂ないし粘性土よりなるもの。海岸低地は汀線付近の堆積物よりなる浅海底が陸化した部分で、砂州や砂丘などの微高地以外の低平なもの。海岸・湖岸の小規模低地を含む。
16	砂州・砂礫州	波や潮流の作用により汀線沿いに形成された中密ないし密な砂または砂礫よりなる微高地。過去の海岸沿いに形成され、現在は内陸部に存在するものも含む。
17	砂丘	風により運搬され堆積した細砂ないし中砂が表層に約5m以上堆積する波状の地形。一般に砂州上に形成されるが、台地上に形成されたものを含む。
18	干拓地	浅海底や湖底部分を沖合の築堤と排水により陸化させたもの。標高は水面よりも低い。
19	埋立地	水面下の部分を盛土により陸化させたもの。標高は水面よりも高い。
20	磯・岩礁	基盤の岩が露出、または岩塊が多い海岸
21	河原	雨や雪などの表流水の流路となる細長い凹地のうち、常時は水流がない(冠水していない)部分
22	河道・水路	雨や雪などの表流水の流路となる細長い凹地で、常時に水流がある部分
23	湖沼	四方陸地に囲まれて、海とは直接連絡のない静止した水域。
24	砂丘・砂州間低地	砂州や砂丘の間の低地。一般に堤間低地と呼ばれるものも含む。表層は風成砂よりなるが、その下位は腐植土や粘性土で構成されることが多い。

1) ファイル形式

デジタルデータの形式は、米国 MapInfo 社製の GIS ソフト “MapInfo” による標準形式である。

2) 測地系

本データベースのメッシュ形式は、行政管理庁告示第 143 号(1973. 7. 12)による緯度方向 30 秒、経度方向 45 秒の基準地域メッシュ（約 1km 四方）である。このメッシュシステムは旧測地系に基づいた標準地域メッシュ（地域メッシュコード N）を採用しており、緯度経度は 10 進法により小数点以下 6 桁の精度により記述されている。2002 年 4 月 1 日から施行された新測地系に基づく標準地域メッシュ（地域メッシュコード）とは境界位置が異なる。

3) 属性情報の説明

“MapInfo”標準形式のファイル群のテーブルファイルには次の属性情報（フィールド）が含まれている。

表2 本業務によるデータベースの属性

フィールド	種類	説明
MESHCODE	10桁文字列	行政管理庁告示第143号（昭和48.7.12）による3次メッシュを縦横4等分したメッシュ（約250m四方）について、3次メッシュコード(8桁)の後に、南西隅のメッシュから北東隅のメッシュにかけて、00～33の数字を付加したもの。
TOP01	2桁の数字	地形分類コード

4) 地形分類コード

Code	Name
0	沿岸海域
1	山地 (M)
2	山麓地 (P)
3	丘陵 (H)
4	火山地 (V)
5	火山山麓地 (VF)
6	火山性丘陵 (VH)
7	岩石台地 (Rt)
8	砂礫質台地 (Gt)
9	ローム台地 (Lt)
10	谷底低地 (VP)
11	扇状地 (F)
12	自然堤防 (NL)
13	後背湿地 (BM)
14	旧河道 (FR)
15	三角州・海岸低地 (D)
16	砂州・砂礫州 (SB)
17	砂丘 (SD)
18	干拓地 (RL)
19	埋立地 (LF)
20	岩礁・磯 (RS)

- 21 河川敷・河原 (RB)
- 22 河道・水路 (RV)
- 23 湖沼 (L)
- 24 砂丘・砂州間低地

(c) 業務の成果

本年度に作成したデータベースの対象地域を図1に示す。メッシュ数は、東北仙台圏約26万メッシュ(約170×150km)、中京圏約33万メッシュ(約180×150km)、近畿圏約32万メッシュ(約180×150km)、南海道地域約75万メッシュ(約270×430km)であり、合計約166万メッシュである。



図1 平成16年度の地形・地盤分類データベースの作成対象地域
(プロトタイプ版を含む)

図 2～6 に、今年度に構築したデータベースを地域ごとに示す。



図-2 図 3～図 6 の共通凡例

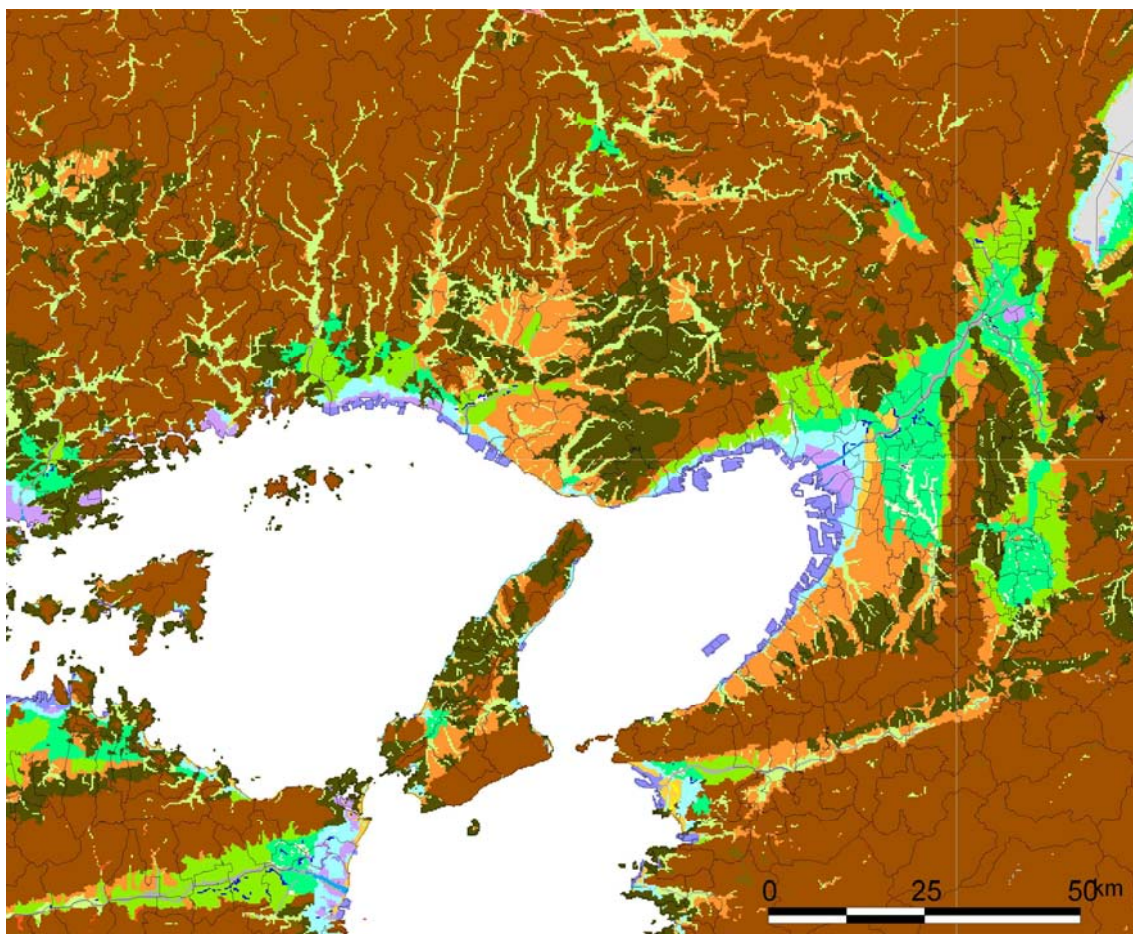


図-3 近畿圏の地形地盤分類データベース (完成版)

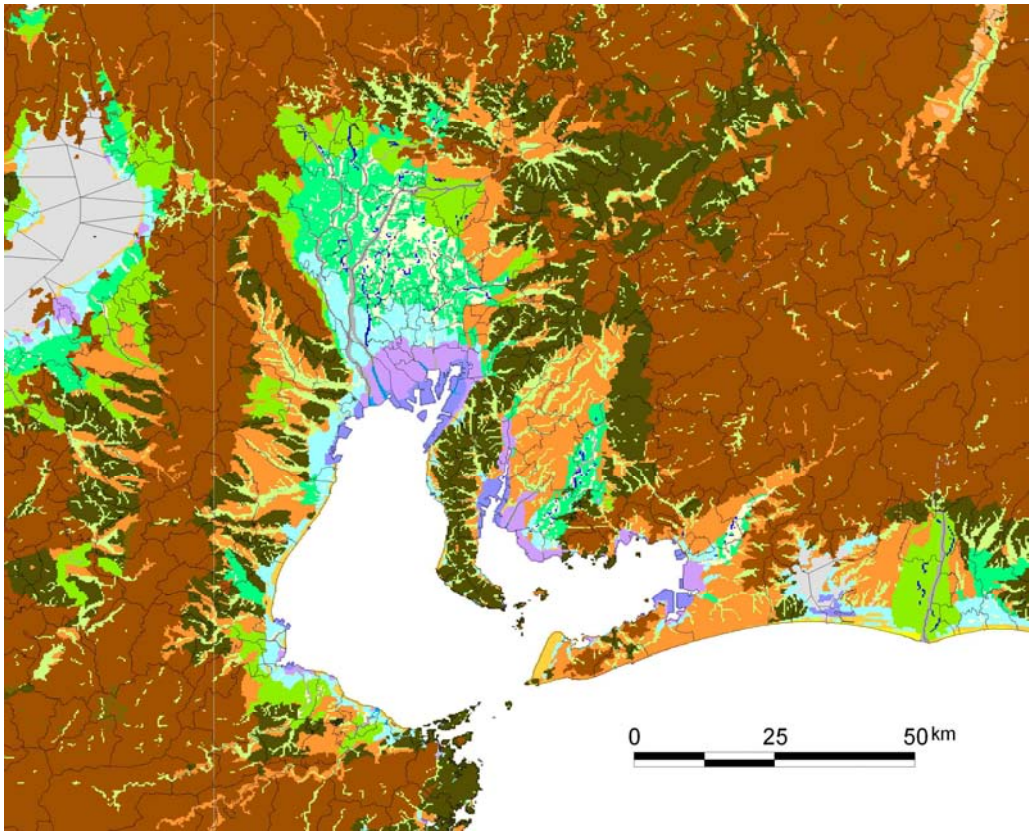


図-4 中京圏の地形地盤分類データベース（完成版）

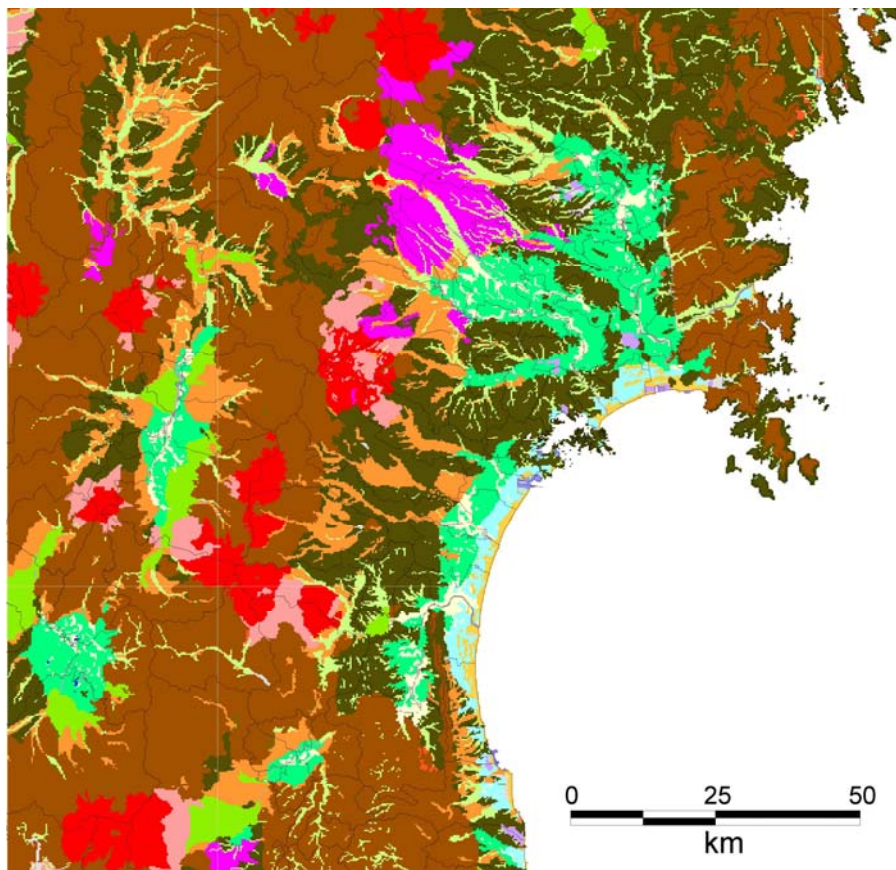


図-5 東北仙台圏の地形地盤分類データベース（完成版）

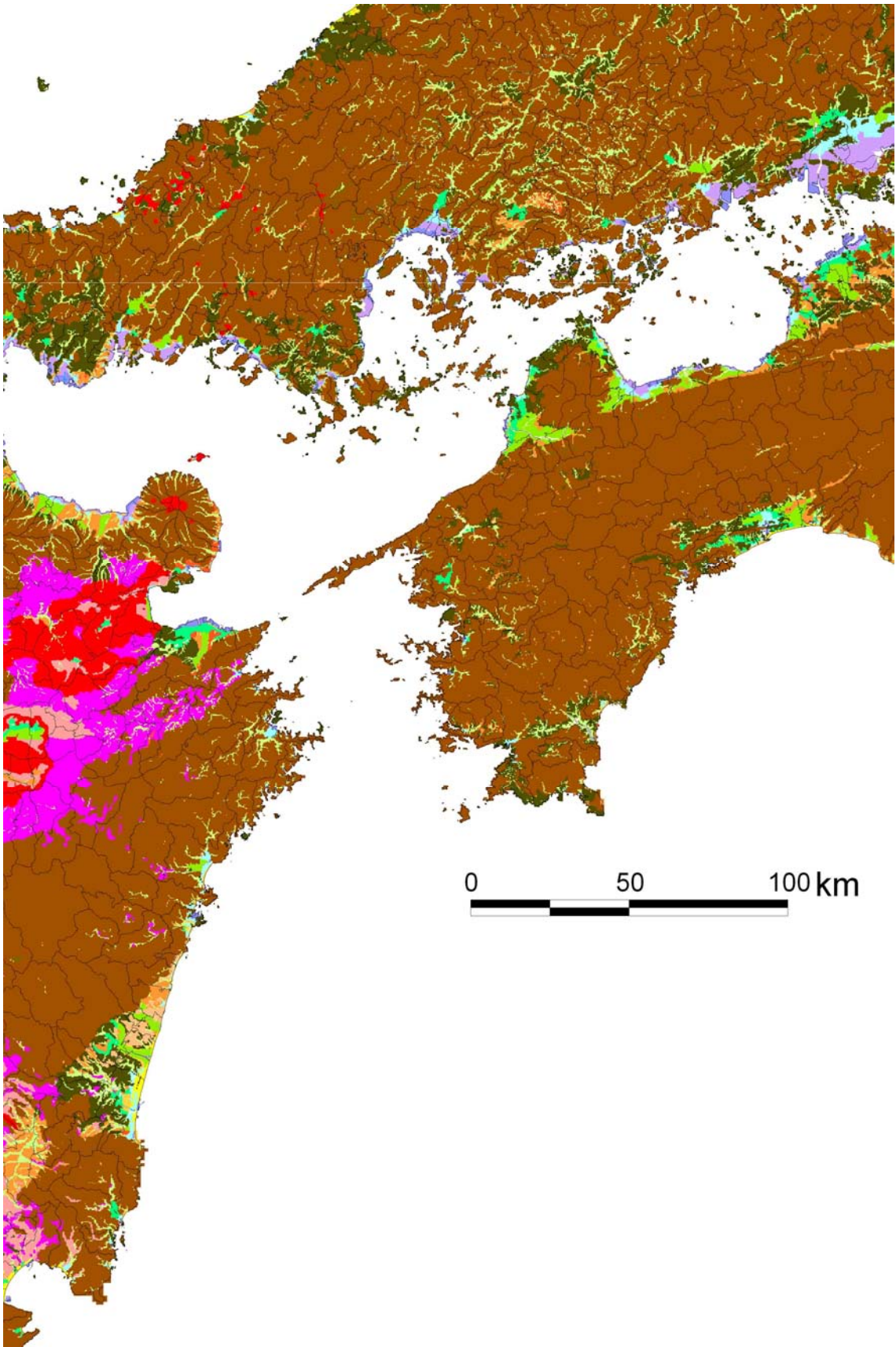


図-6 北海道地域の地形地盤分類データベース (プロトタイプ版)

(d) 結論ならびに今後の課題

地震時の表層地盤の増幅特性の評価など広域ハザード評価のための地形地盤データベースを、近畿圏、中京圏、東北仙台圏および北海道地域を対象として、GISを用いて約250m四方のメッシュ単位で構築した。また、このメッシュマップを用いて増幅特性評価を行うために、メッシュマップの地形・地盤分類と地盤の平均S波速度の関係を検討し、地盤の平均S波速度を推定するための経験式を構築した。今後、地形地盤分類データベースの空間的分類精度の向上を図ると共に、強震動の増幅率マップの作成に向けた地形・地盤分類とサイト特性の関係の検討をさらに進める予定である。

(e) 引用文献

- 1) 若松加寿江、松岡昌志：大都市圏を対象とした地形・地盤分類250mメッシュマップの構築、土木学会地震工学論文集、[27-050]、CD-ROM、(2003)
- 2) 若松加寿江、松岡昌志、久保純子、長谷川浩一、杉浦正美：日本全国地形・地盤分類メッシュマップの構築、土木学会論文集、No. 759/I-67、pp. 213-232、2004.

(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
松岡昌志、若松加寿江、藤本一雄、翠川三郎	日本全国地形・地盤分類メッシュマップによる地盤の平均S波速度の推定	2004年度日本地震工学会大会-2004	平成17年1月12日

(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
なし
- 3) 仕様・標準等の策定
なし

(2) 平成16年度の成果

(2-2) 近接観測点ペアの強震記録に基づく地盤増幅度と地盤の平均S波速度の関係

翠川三郎（東京工業大学）

(a) 業務の要約

地盤の平均S波速度と地盤増幅度の関係を強震観測結果からより精度良く抽出するために、同一地震において近接する岩盤および地盤上の観測点ペアの地震記録のみから直接計算する手法を提案した。本手法を複数の地震での記録に適用し、地盤の平均S波速度から最大速度に対する地盤増幅度を推定する経験式を提案し、これにより各地での地盤増幅度を比較的良好な精度で推定できることを示した。

(b) 業務の成果

1) 目的

広域での地震動強さの分布を計算する際、各地の表層地盤の増幅度については、地形分類・標高データ等から経験的に地盤の平均S波速度を推定し、さらに平均S波速度と地盤増幅度の関係に対する経験式を用いて評価される場合が多い¹⁾。地盤の平均S波速度から地盤増幅度を推定する経験式²⁾は、1987年千葉県東方沖地震での地震記録に基づく第三紀の地盤での距離減衰式の予測値に対する観測値の比を地盤増幅度と定義し、最大加速度および最大速度に対して計算された地盤増幅度と地盤の平均S波速度の関係から求められたものである。片岡・山本³⁾や田村・他⁴⁾も、文献2)と同様の手法で地盤増幅度と平均S波速度の関係式を求めている。

これらの研究での地盤増幅度は、地震動強さの距離減衰式を介して抽出されているが、各地の地震動強さに影響を及ぼす要因として、地震波の方位依存性や伝播経路での減衰構造の違いなどの影響が指摘されている。このため、文献2)では方位依存性の影響について、文献4)では異常震域の影響についてそれぞれ別途検討している。このように距離減衰式を介して抽出される地盤増幅度は、地盤特性以外の要因の影響を含んでいる可能性がある。

ここでは、地盤増幅度と地盤の平均S波速度の関係を、距離減衰式を導出することなく、同一の地震において近接する2つの観測点で得られた記録のみから直接的に求める手法を提案する。本手法を大振幅の記録を含む複数の地震での記録に適用して地盤増幅度と地盤の平均S波速度の関係を求め、地盤の平均S波速度に基づくより信頼性の高い地盤増幅度の推定手法を提案することを目的としている。

2) 解析手法

翠川・他²⁾は1987年千葉県東方沖地震(M_J6.7)での強震記録に基づく第三紀の地盤での距離減衰式からの予測値に対する観測値の比を地盤増幅度(AF)と定義し、これと地表からある深さd(m)までの地盤の平均S波速度AVS(d) (m/s)の関係について検討している。その結果、最大加速度に対する増幅度(AF_{PGA})はAVS(10)の場合に最も相関が良く、最大速度に対する増幅度(AF_{PGV})はAVS(30)の場合に相関が高いと指摘しており、これらの関係に対して以下の回帰式を求めている。

$$\log AF = a + b \cdot \log AVS(d) \quad (1)$$

ここで、 a および b は回帰係数であり、 AF_{PGA} と $AVS(10)$ の関係に対して $a=1.11$ 、 $b=-0.42$ 、 AF_{PGV} と $AVS(30)$ の関係に対して $a=1.98$ 、 $b=-0.71$ が求められている。この距離減衰式を介して抽出された地盤増幅度には、地盤特性だけでなく震源特性や伝播経路特性の影響が含まれていることが予想される。本研究では、観測記録からできる限り地盤特性のみを抽出することを目指して、(1)式の回帰係数に相当する値を、距離減衰式を導出することなく、同一の地震において近接する2つの観測点での記録のみから直接求める手法を提案する。

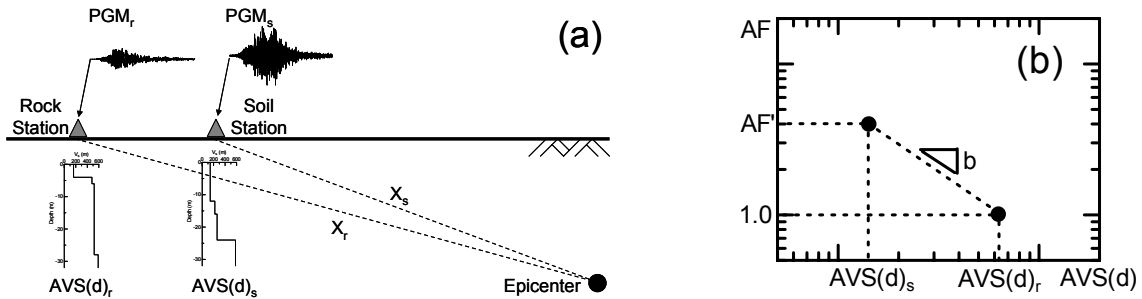


図1 解析手法の概念図

解析手法の概念図を図1に示す。まず、比較的に近接する2つの観測点で同一の地震による記録が得られているとき、より硬質な地盤上の観測点(以下、岩盤観測点)で得られた地震動の最大振幅値を PGM_r 、もう一方の観測点(以下、地盤観測点)での最大振幅値を PGM_s とする(図1a参照)。岩盤観測点および地盤観測点までの震源距離がそれぞれ X_r および X_s のとき、幾何減衰の補正をした岩盤観測点に対する地盤観測点の相対的な地盤増幅度(AF')は(2)式で表される。

$$AF' = (PGM_s / PGM_r) \cdot (X_s / X_r) \quad (2)$$

つぎに、地盤観測点および岩盤観測点での地表から深さ d (m)までの平均S波速度をそれぞれ $AVS(d)_s$ および $AVS(d)_r$ とする(ただし、 $AVS(d)_r > AVS(d)_s$)。既往の研究⁴⁾を参考にして、 AF の対数が $AVS(d)$ の対数とともに単調減少すると仮定し、さらに岩盤観測点での AF を1.0と定義すると(図1b参照)、(1)式の回帰係数 b (勾配)に相当する値は、以下の式から求めることができる。

$$b = -\log AF' / \log(AVS(d)_r / AVS(d)_s) \quad (3)$$

一方、回帰係数 a (切片)に相当する値は、基準とする地盤(AF が1.0)での平均S波速度($AVS(d)_{ref}$)により変化する相対的な値であり、(1)式において $AF=1.0$ 、 $AVS(d)=AVS(d)_{ref}$ を代入することにより求められる。

$$a = -b \cdot \log AVS(d)_{ref} \quad (4)$$

(4)式の切片 a を(1)式に代入し、勾配 b で整理すると以下の式が得られる。

$$\log AF = b \cdot \log(AVS(d)/AVS(d)_{ref}) \quad (5)$$

このように、(1)式で示した地盤の増幅度と平均 S 波速度の関係式は、(5)式に書き換えることができる。つまり、この関係式は、同一の地震において近接する 2 つの観測点(以下、観測点ペア)での相対的な地盤増幅度(AF')と観測点ペアでの地盤の平均 S 波速度(AVS(d)_s および AVS(d)_r)を(3)式に代入し、勾配 b に相当する値を直接求めることにより得ることができる。

3) データおよび結果

K-NET および KiK-net の観測点を対象として、2000 年鳥取県西部地震(M_w6.6)、2001 年芸予地震(M_w 6.8)、2003 年宮城県沖地震(M_w 7.0)、2003 年宮城県北部地震(M_w 6.1)、2003 年十勝沖地震(M_w 7.9)での地震記録を収集した。このうち解析に用いた記録は、観測点ペア間の距離が 30km 以内、震源距離が 300km 以内といった条件を満足し、地盤観測点と岩盤観測点の平均 S 波速度の比が 2 以上の 142 観測点ペアである。さらに、大振幅のデータを補うために、1987 年千葉県東方沖地震(M_j6.7)の記録²⁾、1989 年 Loma Prieta 地震(M_w6.9)の記録⁵⁾、1994 年 Northridge 地震(M_w6.7)の記録⁶⁾、2001 年芸予地震(M_w6.8)の広島市での記録⁷⁾ の計 19 観測点ペアを追加した。地盤増幅度(AF')は最大加速度および最大速度について計算し、水平 2 成分のうち大きい方の値を使用した。

結果を(6)および(7)式に示す。ここでは(5)式の格好だけでなく、翠川・他²⁾の経験式を参考にして、AVS(30)_{ref}に 600m/s を代入し、(1)式のように書き換えた式も示しておく。

$$\log AF_{PGA} = -0.774 \cdot \log(AVS(30)/AVS(30)_{ref}) = 2.150 - 0.774 \cdot \log AVS(30) \pm 0.200 \quad (6)$$

$$\log AF_{PGV} = -0.852 \cdot \log(AVS(30)/AVS(30)_{ref}) = 2.367 - 0.852 \cdot \log AVS(30) \pm 0.166 \quad (7)$$

既往の研究^{2)-4),6),8),9)}と比較すると、本研究による勾配 b はやや大きめであり、既往の結果が地盤増幅率に対する平均 S 波速度依存性をやや過小評価している可能性があることを示唆している。標準偏差は、例えば、最大速度に対する値(0.17)は田村・他⁴⁾の標準偏差(0.22)よりは小さいが、翠川・他²⁾(0.15)や川瀬・松尾⁸⁾(0.15)の標準偏差に比べるとやや大きい。ただし、翠川・他²⁾の標準偏差は、1 地震での記録に基づくものであるために、本研究やその他の研究のように複数の地震での記録から計算されたものに比べて小さめの値となる可能性が高い。また、川瀬・松尾⁸⁾では使用した 1,300 地点での観測記録のうち観測点の地盤構造を精度良く推定できた 404 地点でのデータを用いていることや実測の S 波速度構造でなく地盤増幅率のインバージョンから得られた速度構造を用いていることのために、得られた標準偏差が過小評価の傾向にある可能性も考えられる。これらのことを踏まえると、本研究の経験式は、既往の研究による経験式と同程度の精度を保持しているものと考えられる。

(c) 結論ならびに今後の課題

地盤の平均 S 波速度と地盤増幅度の関係における回帰係数の勾配 b に相当する値を、同

一地震において近接する岩盤および地盤上の観測点ペアの地震記録のみから直接計算する手法を提案した。本手法を大振幅の記録を含む複数の地震での記録に適用して勾配 b を求めたところ、既往の研究に比べてやや大きめの値が得られた。今後は地盤の非線形性の影響についても検討を加え、地盤増幅度の推定手法の高度化を図る必要がある。

(d) 引用文献

- 1) 翠川三郎・松岡昌志：国土数値情報を利用した地震ハザードの総合的評価、物理探査、Vol.48、No.6、1995、pp.519-529.
- 2) 翠川三郎・松岡昌志・作川孝一：1987年千葉県東方沖地震の最大加速度・最大速度にみられる地盤特性の評価、日本建築学会構造系論文報告集、No.442、1992、pp.71-78.
- 3) 片岡俊一・山本博昭：青森県周辺における地震動指標の距離減衰特性とサイト増幅特性、第11回日本地震工学シンポジウム論文集、2002、pp.35-38.
- 4) 田村 勇・山崎文雄・K.T. Shabestari：K-NET地震記録を用いた平均S波速度による地盤増幅度の推定、土木学会第55回年次学術講演会梗概集、I-B357、2000.
- 5) Borchardt, R.D. and G. Glassmoyer: On the characteristics of local geology and their influence on ground motions generated by the Loma Prieta earthquake in the San Francisco Bay region, California, Bull. Seism. Soc. Am., Vol.82, No.2, 1992, pp.603-641.
- 6) Borchardt, R.D.: Empirical evidence for acceleration-dependent amplification factors, Bull. Seism. Soc. Am., Vol.92, No.2, 2002, pp.761-782.
- 7) 藤本一雄・翠川三郎：2001年芸予地震の強震記録に基づく地盤増幅度に対する地盤の非線形性の影響、日本地震工学会論文集、Vol.3、No.1、2003、pp.47-58.
- 8) 川瀬 博・松尾秀典：K-NET、KiK-net、JMA震度計観測網による強震記録から分離したサイト増幅特性とS波速度構造との対応、日本地震工学会論文集、Vol.4、No.4、2004、pp.126-145.
- 9) 川上洋介・瀬瀬一起・久田嘉章：地震観測記録より推定した関東平野におけるサイト特性と地形分類との関係、日本建築学会大会学術講演梗概集、B-2分冊、2004、pp.687-688.

(e) 成果の論文発表・口頭発表等

著者	題名	発表先	発表年月日
藤本一雄, 翠川三郎	岩盤および地盤上の観測点ペアの強震記録に基づく地盤増幅度と地盤の平均S波速度の関係	日本地震学会 2004年秋季大会	平成16年10月11日

(f) 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

なし

3) 仕様・標準等の策定

なし

(2-3) スペクトルインバージョンによる地盤増幅率と表層地質の関係

久田嘉章（工学院大学）、川上洋介（工学院大学、現 篠塚研究所勤務）

瀧澤一（東京大学地震研究所）

(a) 業務の要約

昨年度に引き続き、首都圏の地形・地盤分類データベースと SK-net と K-net、Kik-net の強震観測データを用いて、関東平野の地盤増幅のスペクトルインバージョンを行い、表層地質との対応関係を調べた。主な改良点は、使用した地震数を増大（17 個から 30 個へ）、強震観測データ数を増やしたこと（557 観測点・計 4533 波から 653 観測点・計 6465 点へ）、対象周波数範囲を広げたこと（0.5-10 Hz から 0.3-20 Hz）、地盤の拘束条件の改善（k-net 観測点からより硬質な Kik-net 観測点へ）などであり、精度を向上させた。さらに、得られた地盤増幅率と理論増幅率との比較、地形・地盤分類データベースによる増幅率の分類化を行った。その結果、地震モーメントの値、地震モーメントとコーナー振動数（ f_c ）、及び、高域遮断振動（ f_{max} ）の関係など、は既往の結果に整合することを確認した。またインバージョンから得られた地盤増幅率と地盤構造調査による解析的な地盤増幅率との良く一致することも確認でき、本結果の妥当性を確認した。さらに硬質地盤では低振動数より高振動数の増幅率が大きく、地盤が軟弱になるに従い低振動数の増幅率が増大するなど、地形・地盤分類データ系統的に変化することを確認した。

(b) 業務の成果

首都圏強震動総合ネットワーク (SK-net)、K-net、Kik-net の強震観測データを用いて、関東平野を対象とした地盤増幅のスペクトルインバージョン¹⁾を行い、地形・地盤分類データベースとの対応関係を調べた。図 1 に強震観測点と使用した地震の震央位置を示す。なるべく多くの観測点で同時に観測された地震を選び、最終的には 30 個の地震 (M4.6~6.1、震源深さ 32km~96km) の 653 観測点から計 6465 波 (12930 成分) の記録を使用した。地盤増幅率のインバージョンには岩田・入倉法¹⁾を使用した。この方法は、強震動の S 波部分を震源・伝播・増幅特性に分離し、伝播特性を幾何減衰と Q 値で仮定して、多数の震源・観測記録データを使用し、震源スペクトルと地盤増幅率、及び Q 値を同時にインバージョンする方法である。この手法では震源スペクトルと地盤増幅率にはトレードオフの関係があるため、どちらかを拘束する必要がある。本解析では全観測点の中で最も地盤条件の良いと考えられる Kik-net の TKYH13 の地盤増幅率を求めて、これを拘束条件に用いる。地形分類ではの TKYH13 は山地であり、Kik-net サイトの地盤データでは地質上岩盤で、地下数 m で V_s が 1500 m/s を超えている。TKYH13 の増幅率の評価には鶴来・他²⁾による経験的サイト増幅評価法を用いた。これは震源スペクトルに経験的 ω^2 モデルを用い、内部減衰には予備解析の Q_s 値を仮定して、多数の地震記録から地盤増幅率を計算し、その平均値を用いる方法である。計算の結果、TKYH13 では風化層と考えられる表層地盤の影響により、約 10 Hz で卓越する地盤増幅率が得られた。

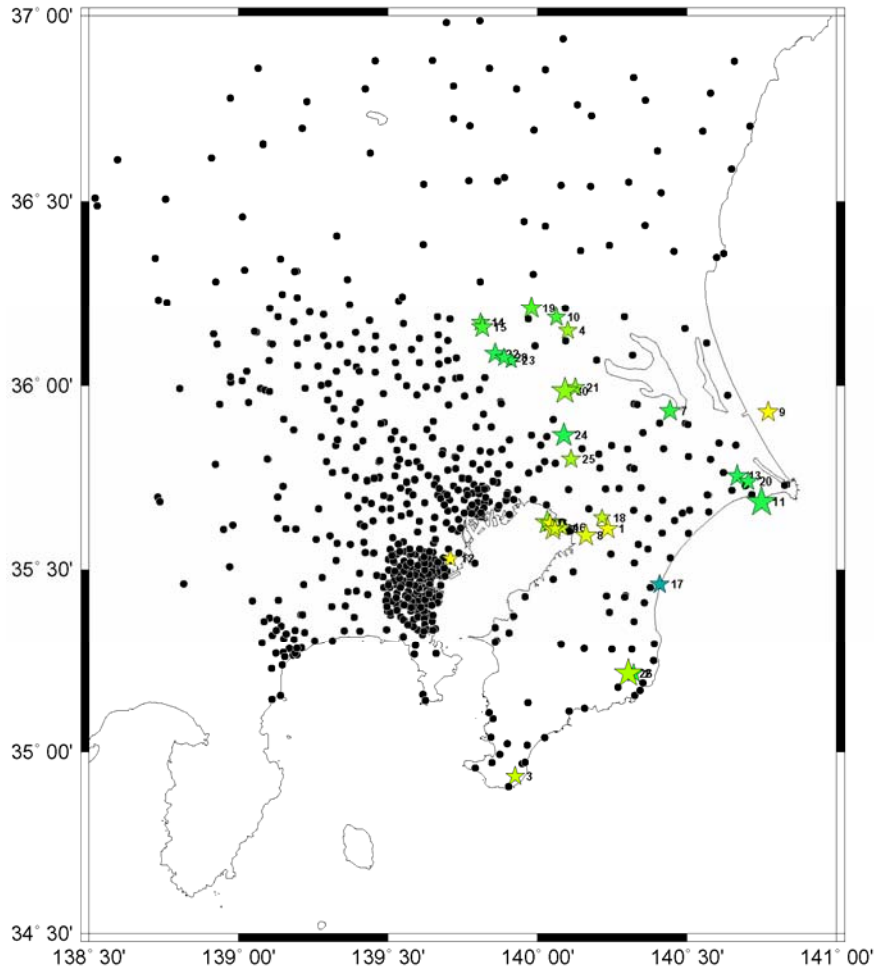


図1 強震観測点と使用した地震の震央位置

この地盤増幅率を拘束条件として、震源・地盤増幅およびQ値のインバージョンを行った。その際、地震の規模が小さいものも含まれており、低振動数側では信頼性が欠けるので解析範囲を0.3~20Hz (0.05~3.3秒)とし、NSとEW成分のベクトル和のスペクトルを使用した。タイムウィンドウはS波の立ち上がりから $M_J < 6$ で10秒、 $M_J > 6$ で20秒とした。

インバージョンの結果、図2に示すように震源スペクトルは経験的震源モデル (ω^2 モデル)と調和した結果が得られた。図3に示されるように、得られた地震モーメントも既往の結果 (F-netによるモーメントテンソル解)に整合している。さらに図4に示されるように地震モーメントとコーナー振動数 (f_c)の関係が得られ、既往の結果³⁾と調和的である。また図5に示されるように地震モーメントと高域遮断振動数 (f_{max})の関係は、地震モーメントが大きくなると低周波数側になる傾向が見られ、既往の研究に整合する。一方、図6はQ値の逆数のスペクトルであるが、既存の結果 (加藤・他⁴⁾、山中・他⁵⁾、Kinoshita⁶⁾)と比較し全体的にやや小さな値 (高減衰)となった。特に低振動数での差異は、本解析で使用した継続時間の長さにも原因があると思われる。

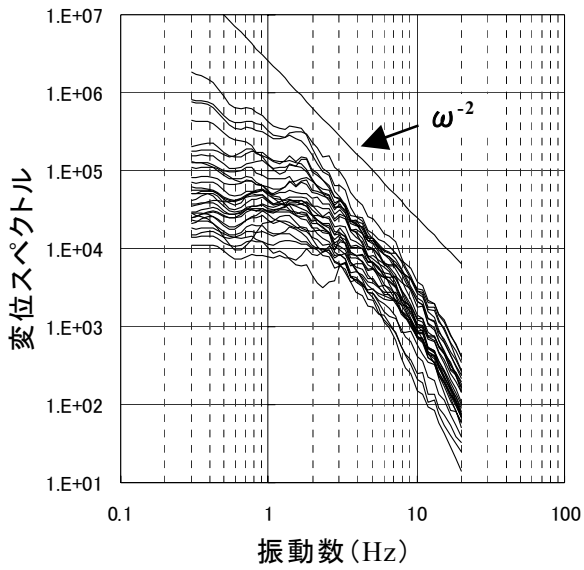


図2 得られた震源スペクトル

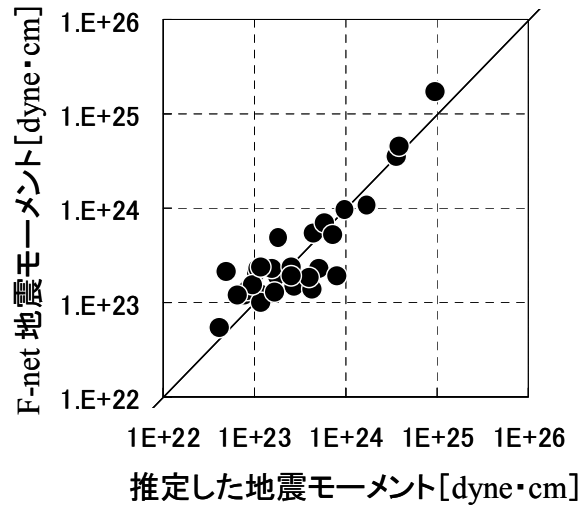


図3 得られた地震モーメントと F-net による地震モーメントの比較

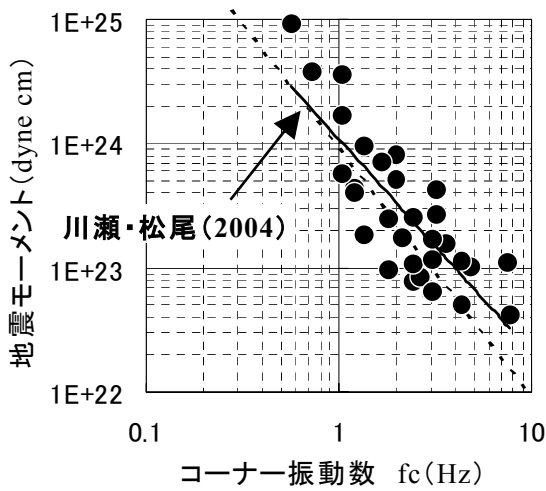


図4 得られたコーナー振動数 f_c

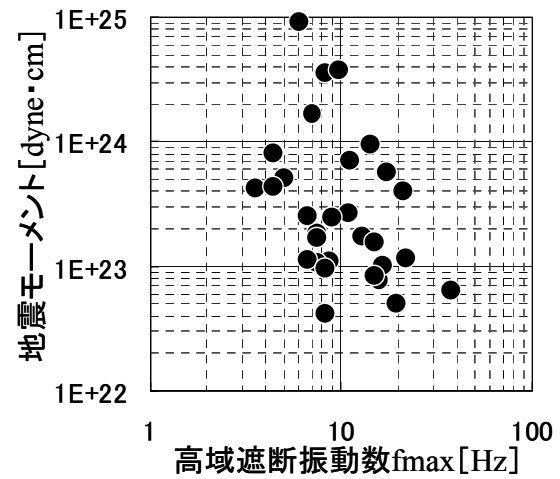


図5 得られた高域遮断振動数 f_{max}

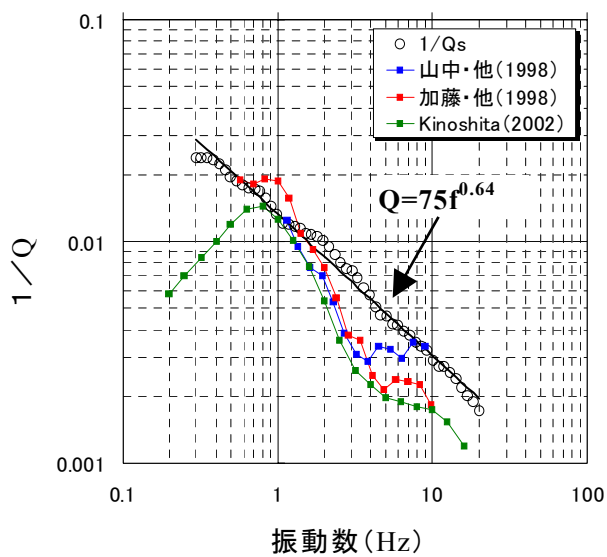


図6 得られた $1/Q$ の値

次に得られたサイト増幅特性の考察を行う。図7にインバージョンで得られたサイト増幅率と既往の地盤構造調査結果⁷⁾⁻⁸⁾による地盤構造を用いて理論計算(1次元ハスケル法)で得られた増幅率の比較例を示す。全体的ややインバージョン結果が大きめの値であるが、スペクトル形状やピーク値は理論結果と良い一致を示しており、本結果の妥当性が確認される。図8は周期別の地盤増幅率を求め、その値のコンターを描いた結果である。参考に山田・山中の地震基盤深度⁹⁾、及び、本プロジェクトの成果である若松・松岡¹⁰⁾による地形分類も載せている。図より山地部に比べ関東平野内部では、長周期では大きな値であるが、短周期になるに連れて逆転し、山地部の増幅率が大きくなっている。これは硬質地盤上の風化層の影響によると思われる。

図9は、得られた地盤増幅率を若松・松岡¹⁰⁾による地形分類ごとに整理し、その平均値と分散を求めた結果である。山地では風化層の影響と思われる表層の影響で5Hz以上の高振動数が卓越し、低振動数は小さな増幅率を示している。一方、丘陵では2~4Hzとより低い振動数で卓越し、扇状地、埋立地と地盤条件が悪くなるにつれて明瞭な卓越振動数が見られず、広い振動数範囲で増幅している。

地形分類と地盤増幅の関係をより定量的に見るため、内山・翠川¹¹⁾などに習い、AVS30(表層30mの平均S波速度)と周期ごとの地盤増幅率の関係を求め、図9に示す。AVS30はK-netと横浜高密度強震計ネットワークの観測点のS波速度データを利用し、S波速度が30mまで求められていない観測点では司・翠川¹²⁾に習い、最下層のVsを30mまで延長して使用している。図より、短周期ではVs30と増幅率には明瞭な対応関係が見られないのに対し、長周期ではVs30が大きくなるに従い増幅率が小さくなる明瞭な関係が見られる。

(c) 結論ならびに今後の課題

首都圏の地形・地盤分類データベースとSK-netとK-net、Kik-netの強震観測データを用いて、関東平野の地盤増幅のスペクトルインバージョンを行い、表層地質やAVs30との対応関係を調べた。その結果、地震モーメントの値、地震モーメントとコーナー振動数(f_c)、及び、高域遮断振動(f_{max})の関係など、は既往の結果に整合することを確認した。またインバージョンから得られた地盤増幅率と地盤構造調査による解析的な地盤増幅率との良く一致することも確認でき、本結果の妥当性を確認した。さらに硬質地盤では低振動数より高振動数の増幅率が大きく、地盤が軟弱になるに従い低振動数の増幅率が増大するなど、地形・地盤分類データ系統的に変化することを確認した。また短周期ではVs30と増幅率には明瞭な対応関係が見られないのに対し、長周期ではVs30が大きくなるに従い増幅率が小さくなる明瞭な関係が見られることを確認した。今後は、関東平野の深い地盤構造の理論的な増幅率と求めた増幅率から分離することで表層地盤による増幅率を求め、地形分類やAVs30とのより定量的な経験的増幅率を求める予定である。

赤: インバージョン結果
 黒: 理論増幅率

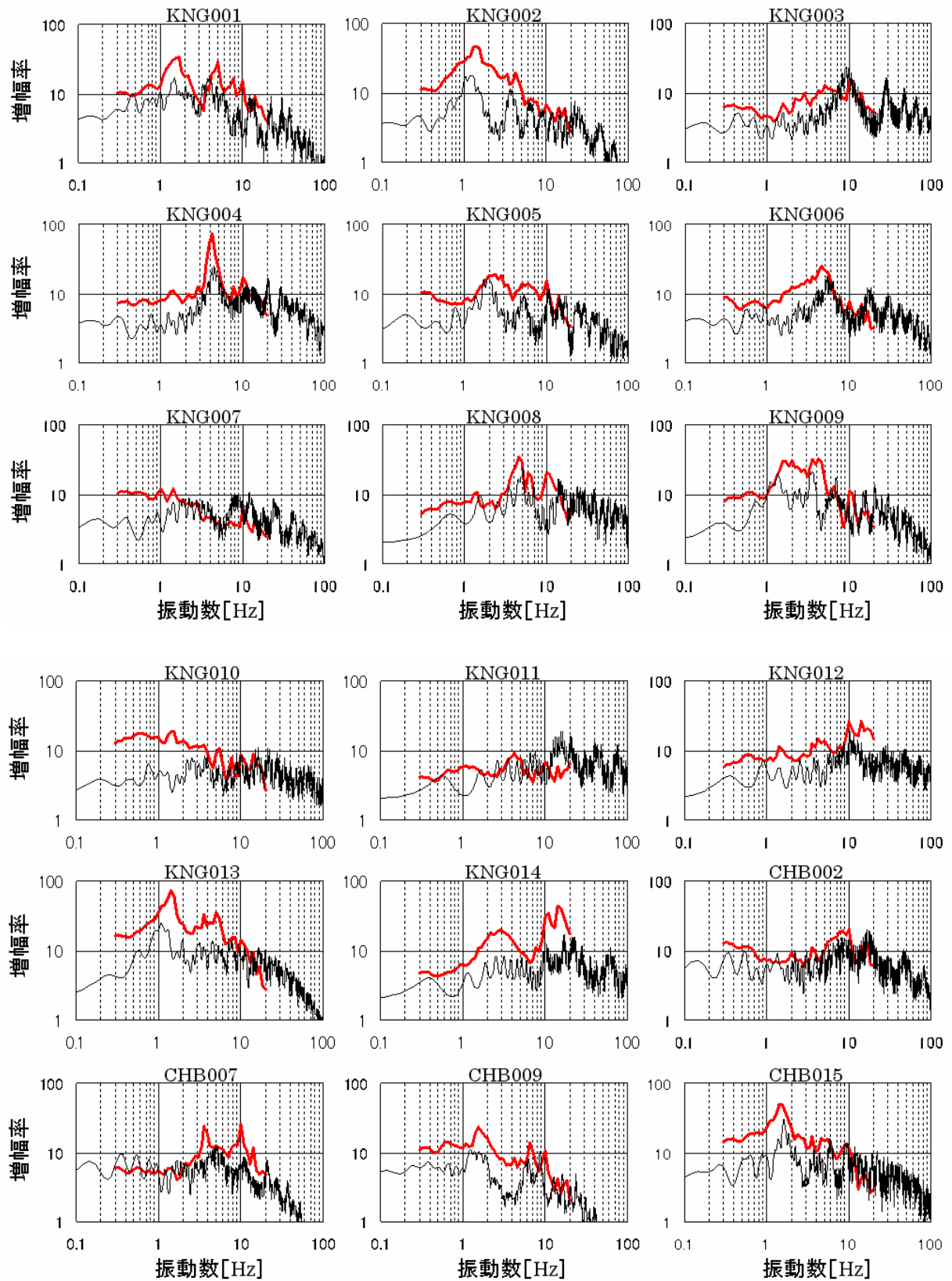
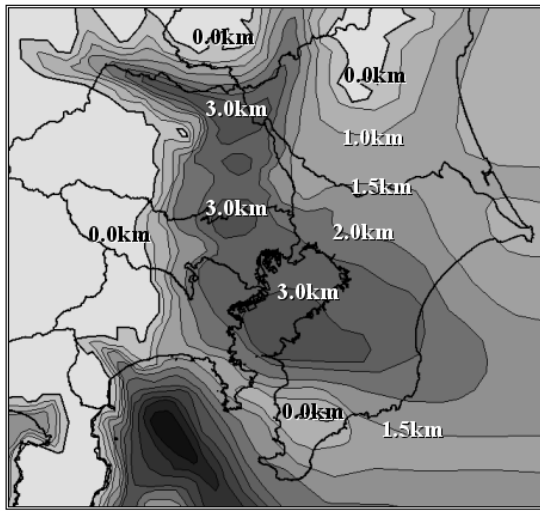
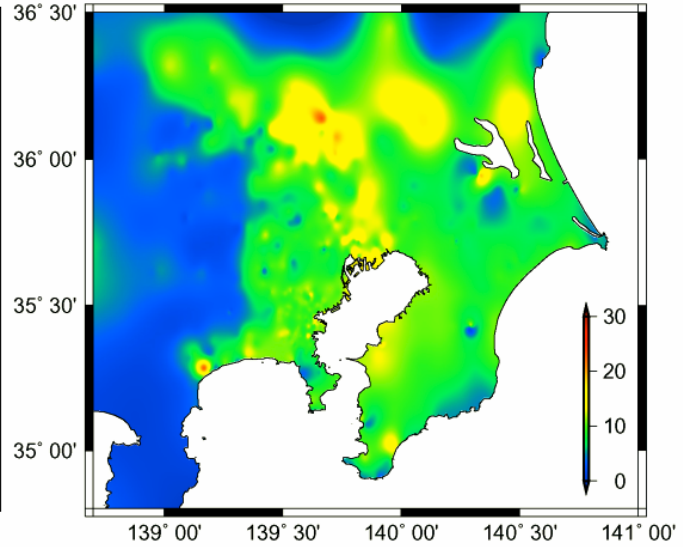


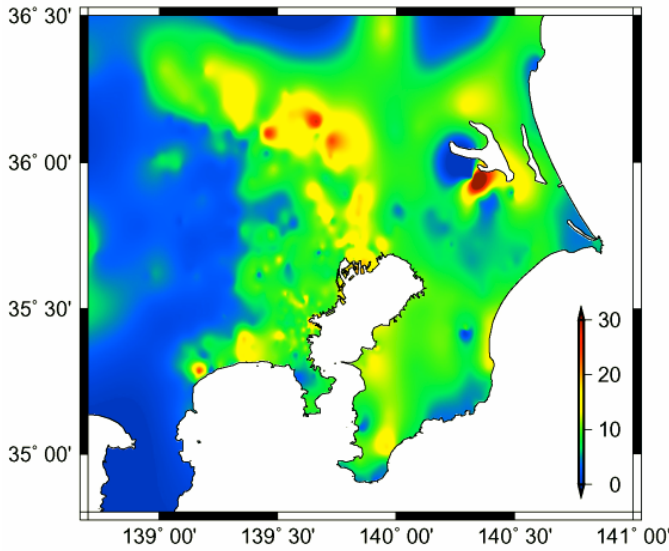
図7 得られたサイト増幅率と地震基盤からの理論増幅率の比較



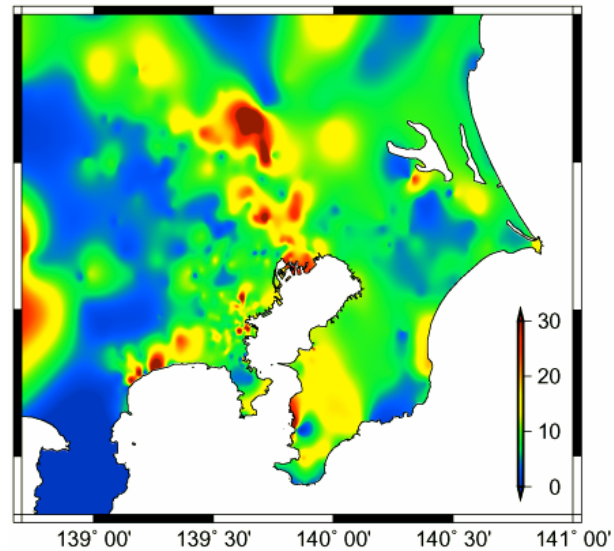
地震基盤上面深度[山中・山田(2002)]



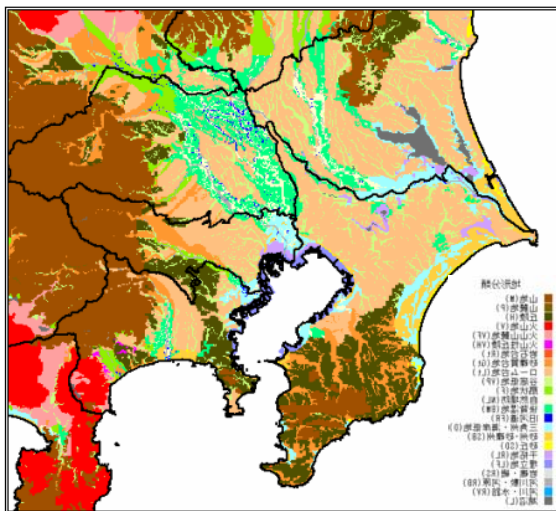
周期**3.0秒**(0.30Hz~0.37Hzの平均値)



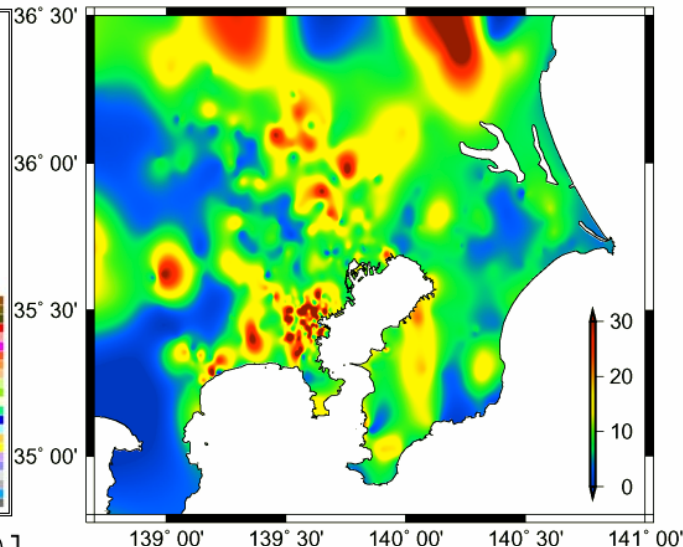
周期**2.0秒**(0.45Hz~0.55Hzの平均値)



周期**1.0秒**(0.90Hz~1.10Hzの平均値)



250mメッシュ地形分類[若松・松岡(2003)]



周期**0.5秒**(1.80Hz~2.20Hzの平均値)

図8 周期別のサイト増幅率の分布

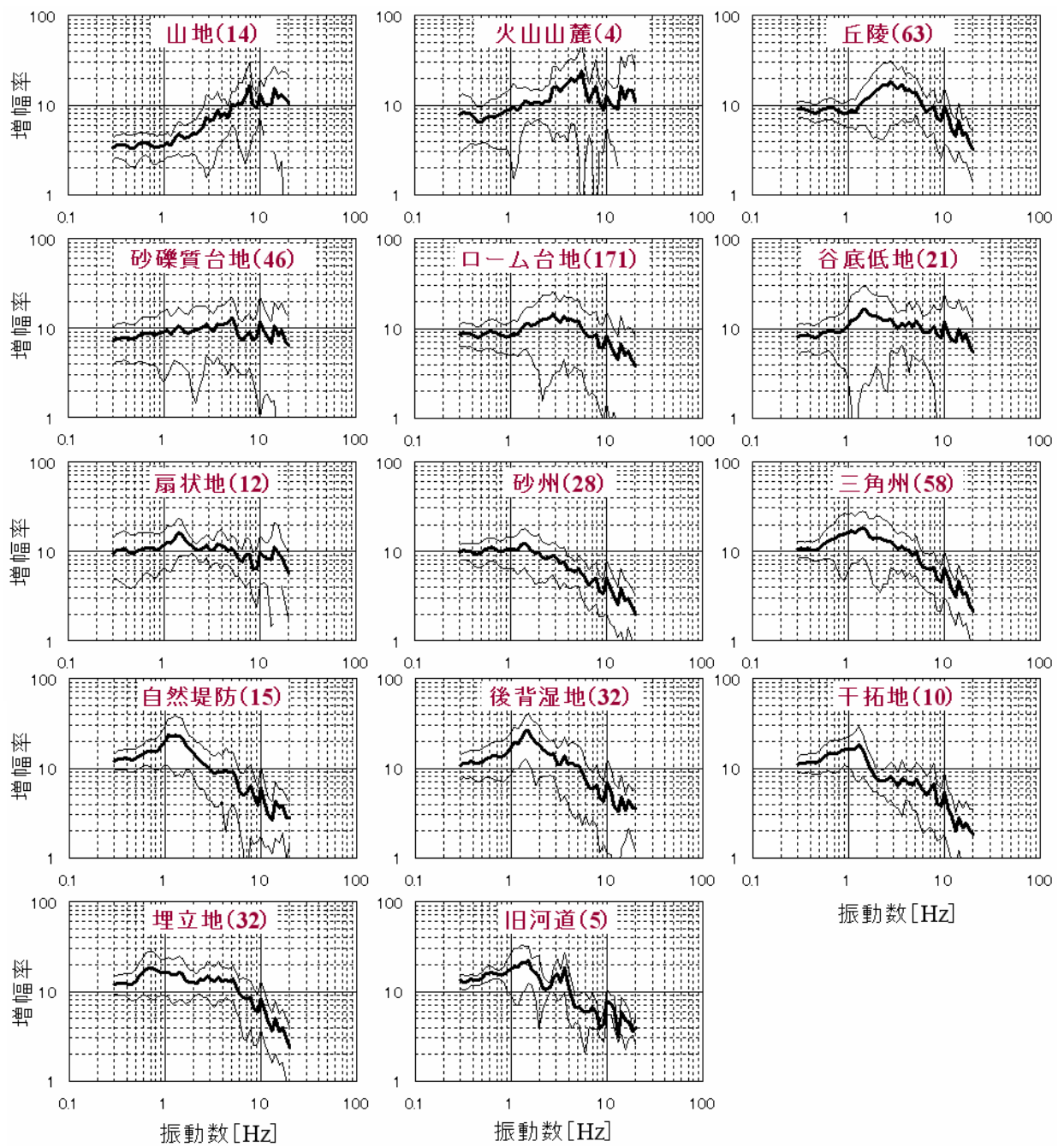


図9 地形分類（若松・松岡、2003）と地盤増幅率の関係（括弧内数値はデータ数）

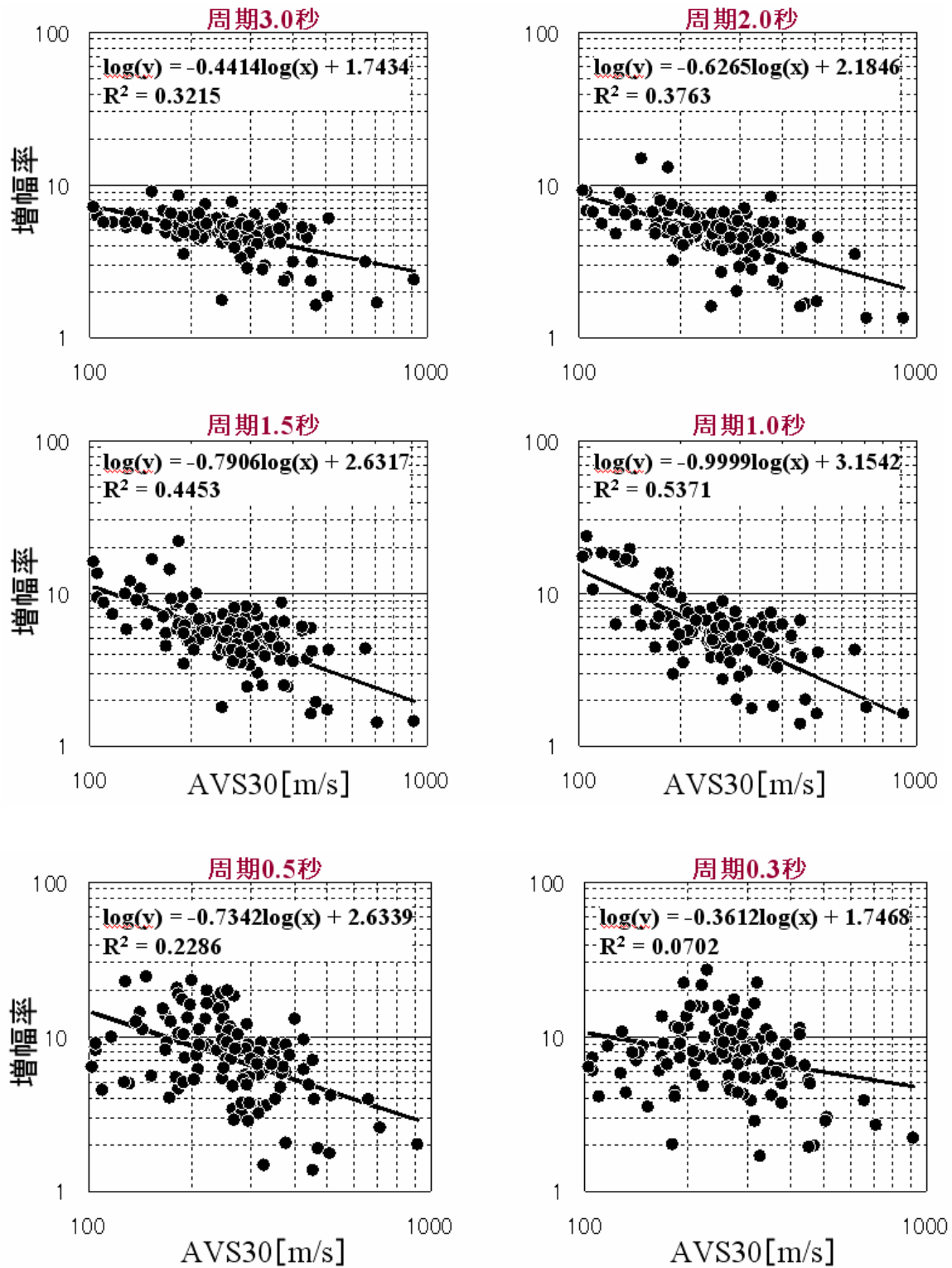


図 10 AVS30 と周期別の地盤増幅率の関係

(d) 引用文献

- 1) 岩田知孝, 入倉孝次郎: 観測された地震波から、震源特性・伝播径路特性及び観測点近傍の地盤特性を分離する試み, 地震 2, 第 39 巻, pp. 579-593, 1986.
- 2) 鶴来雅人, 田居優, 入倉孝次郎, 古和田明: 経験的サイト増幅特性評価手法に関する検討, 地震 2, Vol. 50, pp215-227, 1997.
- 3) 川瀬博・松尾秀典: K-NET, KiK-net, JMA 震度計観測網による強震動波形を用いた震源・パス・サイト各特性の分離解析, 日本地震工学論文集, 第 4 巻, 第 1 号, 33-52, 2004.
- 4) 加藤研一, 武村雅之, 八代和彦: 強震記録から評価した短周期震源スペクトルの地域性, 地震 2, Vol. 50, pp. 123-138, 1998.
- 5) 山中浩明, 中丸明子, 栗田勝実, 瀬尾和大: 表層の地盤特性を拘束条件にした S 波スペクトルのインバージョンによるサイト特性の評価, 地震 2, 第 51 巻, pp193-202, 1998.
- 6) Kinoshita, S. and Ohike, M. : Scaling Relations of Earthquakes that Occurred in the Upper Part of the Philippine Sea Plate beneath the Kanto Region, Japan, Estimated by Means of Borehole Recordings, Bulletin of the Seismological Society of America, Vol.92, No.2, pp.611-624, 2002.
- 7) 神奈川県による地盤構造調査報告書
<http://www.hp1039.jishin.go.jp/kozo/Kanagawa5frm.htm>
<http://www.hp1039.jishin.go.jp/kozo/Kanagawa5/10-3.htm>
- 8) 千葉県による地盤構造調査報告書
<http://www.hp1039.jishin.go.jp/kozo/Chiba4frm.htm>
<http://www.hp1039.jishin.go.jp/kozo/Chiba5frm.htm>
<http://www.hp1039.jishin.go.jp/kozo/Chiba5/3-2-3-1.htm>
<http://www.hp1039.jishin.go.jp/kozo/Chiba6frm.htm>
<http://www.hp1039.jishin.go.jp/kozo/Chiba6/3-2-1.htm>
- 9) 山中浩明・山田伸之: 微動アレイ観測による関東平野の 3 次元 S 波速度構造モデルの構築, 物理探査. 55 (1), pp53-65, 2003
- 10) 若松和寿江, 松岡昌志: 大都市圏を対象とした地形・地盤分類 250m メッシュマップの構築, 土木学会地震工学論文集, CD-ROM, 2003.
- 11) 内山泰生, 翠川三郎: 地震記録および非線形応答解析を用いた地盤分類別の地盤増幅率の評価, 日本建築学会構造系論文集, Vol. 571, pp. 87-93, 2003.
- 12) 司宏俊, 翠川三郎: 断層タイプ及び地盤条件を考慮した最大加速度・最大速度の距離減衰式, 日本建築学会構造系論文集, No. 523, pp63-70, 1999.

(e) 成果の論文発表・口頭発表等

著者	題名	発表先	発表年月日
川上洋介, 久田嘉章	広域地震動評価のための地盤情報	社)物理探査学会 地震防災シンポジウム 地震防災と地盤—強震動予測のための地盤探査の現状と課題	平成16年 1月
川上洋介 瀬瀬一起 久田嘉章	地震観測記録より推定した関東平野におけるサイト特性と地形分類との関係	日本建築学会、学術講演梗概集、構造Ⅱ	平成16年 9月
久保智弘 久田嘉章	国地形分類図による周波数特性を考慮した表層地盤特性について	日本建築学会、学術講演梗概集、構造Ⅱ	平成16年 9月
鄭炳表 久保智弘 久田嘉章 畑山健 座間信作	地震災害予測のための大都市圏強震動シミュレータの開発—50mメッシュ地形分類図と周波数別増幅率マップ—	日本地震工学会大会、2004年梗概集、pp386-387	平成17年 1月13日
川上洋介 金田淳也 久田嘉章	周波数特性を考慮した関東平野におけるサイト増幅特性	首都圏強震動総合ネットワーク (SK-net) 研究集会—震源・地下構造・地震動生成メカニズムの研究—	平成17年 3月22日

(f) 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

なし

3) 仕様・標準等の策定

なし

(2-4) より細かな地形変化の影響を考慮した地震危険度の検討

中井正一（千葉大学）

(a) 業務の要約

地震危険度を与える細かな地形の影響を考慮するため、千葉市を対象に、地形分類ごとの地盤モデルを作成し、表層地盤の振動特性を算出した。次に、この振動特性に基づいて地表最大速度を計算し、建物の被害率曲線から地震被害予測を行った。得られた結果を既往の結果と比較すると、微地形を考慮した地盤モデルを採用することにより、よりきめ細かな被害予測が可能になることが分かった。

(b) 業務の成果

1) 千葉市の地形

千葉市およびその周辺地域で、1975年から1981年にかけて実施された土地分類基本調査¹⁾によって作成された地形分類図のうち、千葉市域についてデジタル化した結果を図1に示す。千葉市の地形を大観すると、西部には埋立地が、内陸には台地が広がっており、台地部には谷底低地が樹枝状に分布している。台地面は関東ローム層で覆われており、台地に入り込んだ谷地では、実際はかなり起伏に富んだ地形となっている。

2) 地盤モデル

千葉県および千葉市より地盤調査結果を入手し、千葉市内に分布するボーリングデータ約2,400本についてデジタル化を行い、各地形ごとに地盤モデルを設定した。原則的には地形ごとにデータベースから代表的な地盤モデルを選定したが、台地、谷底平野、埋立地に関しては以下の基準により細分類した。

- ・台地 I：標高が① 30m以下、② 30m～50m、③ 50m～90m

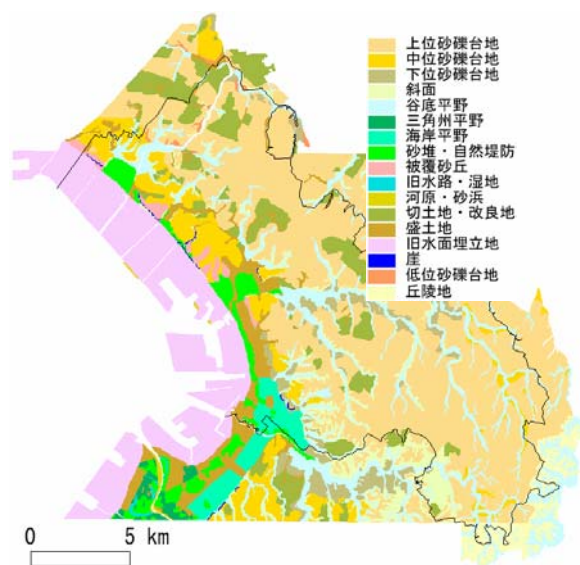


図1 千葉市の地形分類

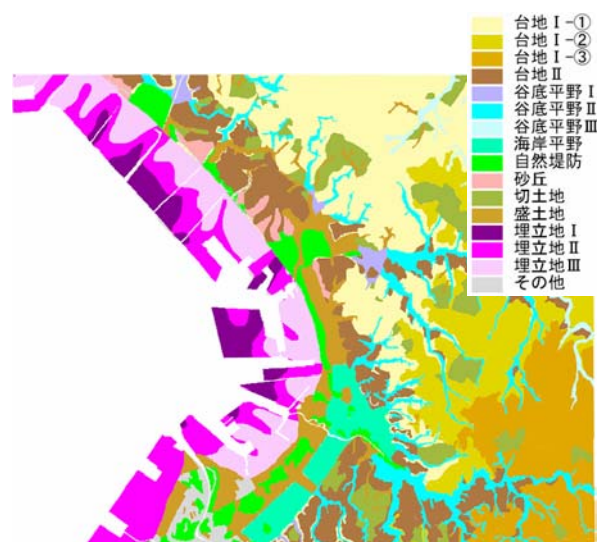


図2 地盤モデルによる地形分類図

- ・ 谷底平野：表層軟弱層がⅠ -15 m 以下、Ⅱ -15m～-5m、Ⅲ -5m～0m
- ・ 埋立地：沖積基底がⅠ -20m 以下、Ⅱ -20m～-10m、Ⅲ -10m～ 0m

また、上位台地を台地Ⅰ、中位台地、下位台地、低位台地をまとめて台地Ⅱと分類した。地盤モデルによる地形分類図を図2に示す。分類は全15分類である。

3) 千葉市の表層地盤構造

工学的基盤の深さ

表層地盤による振動特性を決定づける要因の1つである工学的基盤の深さについては、今回は平成7年から平成12年にかけて千葉市内の小学校53校で、非常用井戸設置の際に実施された地質調査結果をもとに、ボーリングデータの地層構成および電気検層図から工学的基盤を推定したものを適用した²⁾。

地盤増幅特性

一次元波動伝播解析から伝達関数を求め、表層地盤の最大増幅率を算定した。ここでの最大増幅率は、入力地震動の周波数特性を考慮し、0～2までの最大値としている。解析では、以下の仮定を設けている。

- ・ 地震波の入射位置は工学的基盤の深度位置とする。
- ・ 地盤のせん断波速度は以下の式を用いて推定した。

$$V_s = 80 \times N^{1/3} \text{ (m/s)} \quad \text{砂層、} 1 \leq N \leq 50$$

$$V_s = 100 \times N^{1/3} \text{ (m/s)} \quad \text{粘土層、} 1 \leq N \leq 25$$

- ・ 各層の減衰定数は $h = 7.5/V_s$ により推定した。

解析の結果得られた最大増幅率の分布を図3に示す。図3によれば、埋立地や海岸平野などで増幅は大きく、内陸の台地では増幅は小さいことが分かる。また、地形の特性をある程度反映した結果となった。

4) 地震被害想定

地震動推定

本研究では、千葉県の想定震源の一つである、西暦1703年に関東地方で発生した推定マグニチュード8.2の元禄地震を仮想地震として選定し、地震被害シミュレーションを行った。本研究では、地形のより細かな影響まで考慮するため、千葉市を100メッシュで分割することとした。今回の被害想定では、安中らによる距離減衰式³⁾を採用した。式に従って推定した地表最大速度の分布を図4に示す。千葉市内では、谷底平野Ⅰに分類される松ヶ丘町付近(図の×)で最大となった。また、この地震に対しては、千葉市北東部は比較的安全な地域であると予想される。

建物被害

推定した地表最大速度を用い、被害関数による建物の被害予測を行う。地震動による建物被害の算出については、村尾・山崎による阪神淡路大震災の地表最大速度と全壊率の検討結果⁴⁾を用いた。建物被害に関しては、100メッシュの他に、500メッシュでも解析し、メッシュの大きさによる影響を検討した。図5～8に各メッシュごとの構造別建物倒壊数分布を示す。100メッシュでは、木造建物の倒壊数は8,006棟、非木造建物の倒壊数は187棟となった。一方、500メッシュでは、木造建物の倒壊数は8,284棟、非木造建物の倒壊数は347棟となった。この結果より木造建物に関しては、各メッシュにおける被害数

は比較的近い値となり、その分布も大まかに見れば類似したものになった。100 メッシュでの被害分布を見ると、谷底平野 I や海岸平野、盛土地といった地形で被害が大きくなっており、500 メッシュに比べ、細かな地形の影響が反映される結果となった。しかし、非木造建物では 100 メッシュにおいても、さほど細かな地形の影響を受ける結果には至らなかった。

(c) 結論ならびに今後の課題

本研究では、千葉市を対象として地形・地盤情報データベースの構築、表層地盤振動特性の算定および地震被害予測を行った。表層地盤の振動特性の評価では、地形による増幅特性の違いが現れる結果が得られ、千葉市の複雑な地形の影響を反映させることができたと考える。地震被害想定においては、メッシュを 2 種類採用することにより、地形の影響を考慮した被害予測の妥当性を検討した。

謝辞

千葉大学工学部高橋徹助教授から地震被害想定における諸データ⁵⁾のご提供を頂きました。記して謝意を表します。

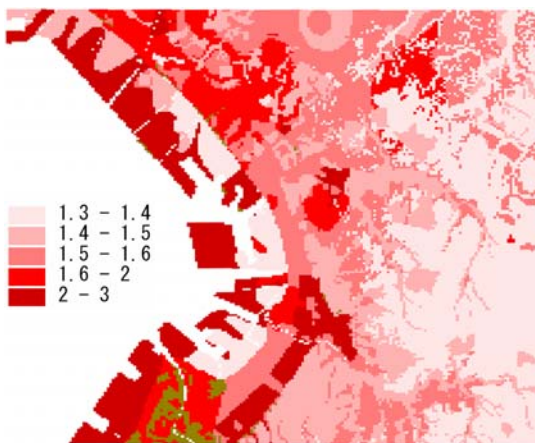


図 3 最大増幅率分布

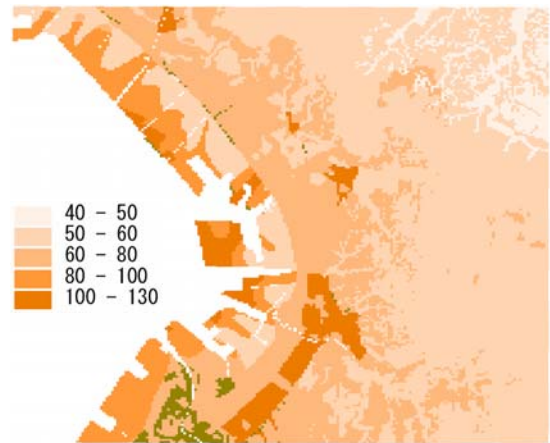


図 4 地表最大速度分布 (cm/s)

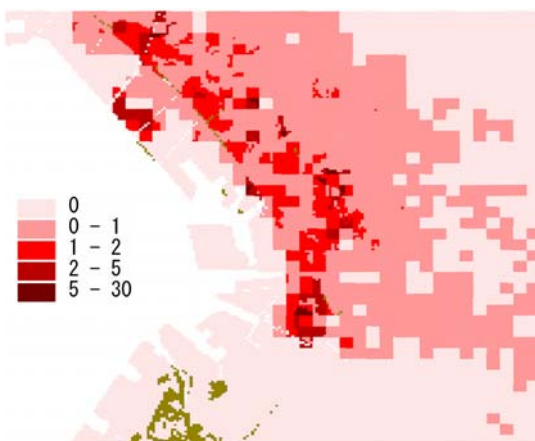


図 5 木造建物倒壊数分布
(100m メッシュ)

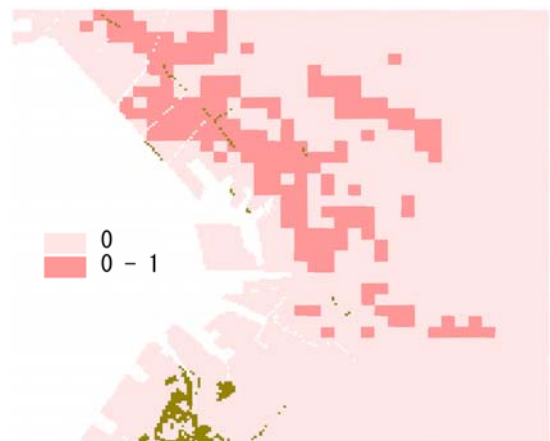


図 6 非木造建物倒壊数分布
(100m メッシュ)

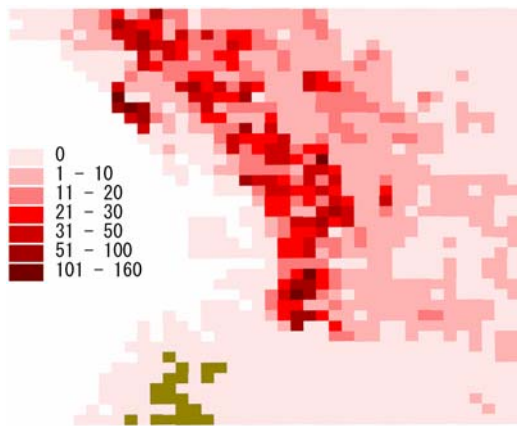


図7 木造建物倒壊数分布
(500m メッシュ)

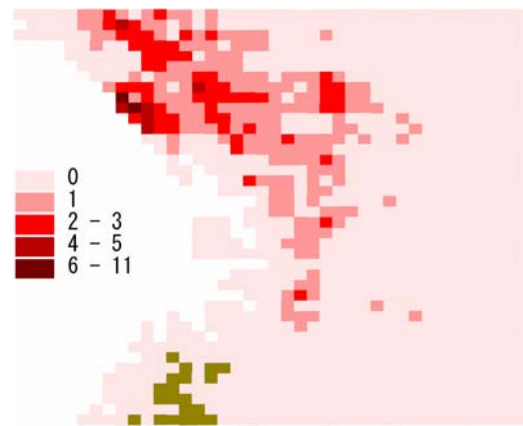


図8 非木造建物倒壊数分布
(500m メッシュ)

(d) 引用文献

- 1) 千葉県企画部企画課：土地分類基本調査千葉、1980；佐倉、1981；東金・木戸、1978；茂原、1975.
- 2) 内海、中井、石田、苑：千葉市の表層地盤構造に関する研究-地形・地盤情報と微動計測結果のデータベース化-、第38回地盤工学会論文集、pp. 163-164、2003.
- 3) 安中正、山崎文雄、片平冬樹：気象庁87型強震計記録を用いた最大地動及び応答スペクトル推定式の提案、第24回地震工学研究発表会講演論文集、pp. 161-164、1997.
- 4) 村尾修、山崎文雄：自治体の被害調査結果に基づく兵庫県南部地震の建物被害関数、日本建築学会構造系論文集、第527号、pp. 189-195、2000.
- 5) 高橋徹、久保大祐：生活時間調査に基づく地震被害予測-千葉市におけるケーススタディー-、日本材料学会論文集、構造物の安全性および信頼性、Vol. 5、pp. 653-658、2003.

(e) 成果の論文発表・口頭発表等

著者	題名	発表先	発表年月日
内海直樹、 中井正一、 石田理永	千葉市の表層地盤構造に関する研究-地形・地盤情報データベースの構築とその応用-	第39回地盤工学研究発表会	平成16年7月7日

(f) 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
なし
- 3) 仕様・標準等の策定
なし

(3) 平成 17 年度業務計画案

1) 地形・地盤分類データベース作成として、本年度作成したプロトタイプ版を修正して、近畿圏、中京圏および東北圏の地形・地盤分類 250m メッシュデータを完成させ、北海道地域(中国地方南部、四国全域、九州地方東部)についてはプロトタイプ版を作成する。対象地域のメッシュ数は、近畿圏で約 32 万メッシュ(約 180×150km)、中京圏で約 33 万メッシュ(約 180×150km)、東北仙台圏で約 26 万メッシュ(約 170×150km)であり、北海道地域で約 70 万メッシュ(約 250×300km)の予定である。

2) 地形・地質とサイト特性の関係の検討として、1)で作成した地形・地盤分類データベースを利用して地形分類と地盤の平均 S 波速度の関係を再検討する。地盤の非線形性の影響も考慮して、地盤の平均 S 波速度から地盤増幅度を推定する手法の改良を図る。また、地震記録に基づいて地盤増幅度に対する深い地盤構造の影響についても検討し、この影響についても取り込めるような工夫を図る。また、平成 15 年度の検討から、地盤の平均 S 波速度が小さいほど計算値は過小評価となる傾向がみられることから、この原因について検討した上で、地盤の平均 S 波速度と地盤増幅度との関係について再検討する。これらを総合して、地形・地盤分類データベースを利用した地盤増幅推定手法の改良を試みる。

3) 地震記録を用いた地盤増幅特性と表層地盤の関係について、平成 17 年度は関東平野の深い地盤構造の理論的な増幅率と、平成 16 年度で得られた観測記録の地盤増幅率とを分離することで表層地盤の増幅率を求め、地形分類や地盤の平均 S 波速度などとの、定量的な経験的増幅率を求める予定である。