

2005 年千葉県北西部地震を対象とした 強震動予測に基づく表層地盤増幅特性の推定

東野 晋也¹・丸山 喜久²・猪股 渉³

¹学生会員 千葉大学博士前期課程 大学院工学研究科 (〒263-8522 千葉県千葉市稲毛区弥生町1-33)

E-mail: adda0118@chiba-u.jp

²正会員 千葉大学准教授 大学院工学研究科 (〒263-8522 千葉県千葉市稲毛区弥生町1-33)

E-mail: ymaruyam@tu.chiba-u.jp

³正会員 東京ガス株式会社 防災・供給部 (〒105-851 東京都港区海岸1-5-20)

E-mail: inomataw@tokyo-gas.co.jp

本研究では、2005 年千葉県北西部地震の際に東京ガスのリアルタイム地震防災システム SUPREME が高密度に観測した地表面地震記録と、強震動予測により求めた露頭工学的基盤波を用いて、表層地盤の増幅特性を推定し、SUPREME が搭載している広域地盤データと比較した。この結果、広域地盤データから推定される地盤増幅特性は、供給エリアの広範で概ね適切であるものと評価された。さらに、2011 年東北地方太平洋沖地震を対象に増幅特性を推定した既往研究と比較しても、その整合性が確認された。

Key Words : *site amplification, Fourier spectrum ratio, transfer function, strong ground motion prediction*

1. はじめに

我が国では今後 30 年間に 70%の確率で首都直下地震や南海トラフを震源とする地震の発生が危惧され、それらによる甚大な被害が懸念されている^{1,2)}。また、近年観測された特徴的な観測強震動として、1995 年兵庫県南部地震による指向性パルスや、2011 年東北地方太平洋沖地震の際の遠方観測地点における長周期地震動などが挙げられる。これらを踏まえ、発生が懸念される地震の際の地震動を適切に評価することが求められている。

地震動に影響を及ぼす要因の一つである表層地盤の増幅特性は、広域に整備された地盤モデルを用いて表されることもある。東京ガスでは、2001 年から SUPREME (Super-Dense Real-time Monitoring of Earthquake) と呼ばれるリアルタイム地震防災を導入している。高密度に配備された地震計 (SI センサー) により観測された地震記録を基に、被害の大きい地区の都市ガス供給を局所的に停止する仕組みを構築し、現在では供給区域内の地区ガバナ (整圧器) 約 4000 箇所に、SI センサーを設置している^{3,4)}。SUPREME による地震観測密度は極めて高いが、センサーのない地域については地震動強さの補間を行い、地震動強さの空間分布を把握する機能を有してい

る。地震動の補間の際には、約 6 万本のボーリングデータと地質分類図をもとにして作成された 50m メッシュの広域な表層地盤データが用いられている⁵⁾。

SUPREME が搭載している広域地盤データでは、50m メッシュ単位で地形区分、深さ 20m までの平均 S 波速度 (AVS20)、地盤増幅度 N 値 50 相当の工学的基盤までの深度が整備されている。なお、地盤増幅度は AVS20 をパラメータとして推定されている⁶⁾。SUPREME の地盤増幅度は、若松・松岡が整備した全国を均一な精度で評価できる微地形区分⁷⁾から推定される地盤増幅度⁸⁾よりも小さなメッシュサイズで細かく評価できる利点を有するため、東京都の地震被害推定にも活用されている^{9,10)}。

猪股ら¹¹⁾は、2011 年東北地方太平洋沖地震の際に SUPREME が観測した地表面での地震動記録と、首都圏地震観測網 (MeSO-net)¹²⁾が観測した地下 20m の地中地震記録を用いて、表層地盤の増幅特性を推定し、SUPREME が搭載する広域地盤モデルから計算される 1 次元伝達関数と比較を行った。東北地方太平洋沖地震の際に東京都で観測された地震動に関しては、SUPREME の広域地盤モデルから推定される増幅特性とよく一致していた。

そこで、本研究では、東北地方太平洋沖地震と異なる地震を対象に、SUPREME が搭載する広域地盤モデルの評価を行うことを目的とする。SUPREME が観測した主な地震は文献¹³⁾の通りであるが、その中でも比較的大きな地震動が記録された 2005 年千葉県北西部地震（モーメントマグニチュード $M_w5.8$ ）¹⁴⁾を対象とする。この地震の際には MeSO-net は未配備であったため、強震動予測による計算結果を比較対象に用いる。具体的には、久田の手法^{15, 16)}を用いて、東京ガス供給エリア内の K-NET 観測点および SUPREME 観測点の強震動を予測する。地表面観測記録と比較し強震動予測の精度を評価するとともに、強震動予測によって工学的基盤における強震動を推定し、表層地盤の増幅特性に関する検討を行う。

2. 強震動予測手法の概要と K-NET 観測点を対象とした精度の確認

本研究では、東北地方太平洋沖地震と異なり、震源が首都圏に存在する 2005 年千葉県北西部地震を対象に分析を行う。強震動予測に用いた震源パラメータを表-1に示す。また、本章で強震動予測計算の精度を確認する際の計算地点と震源の位置を図-1に示す。強震動予測に用いた地盤データは、表層地盤は分析対象とした K-NET 観測点のボーリングデータ¹⁷⁾を、工学的基盤以深の地盤モデルについては地震調査研究推進本部による長周期地震動予測地図 2009 年度試作版（表-2）を用いた¹⁸⁾。これらはすべてベンチマークテストを参考に、その基本モデルに準拠している¹⁶⁾。

強震動予測は、久田の手法^{15, 16)}を用いる。計算を行う上では、地震動の短周期成分、長周期成分を別々の手法で計算し、最終的にそれら双方の結果を足し合わせるハイブリッド合成により行う¹⁹⁾。短周期成分の計算に関し

表-1 千葉県北西部地震の震源パラメータ¹⁴⁾

北緯[°]	35.582
東経[°]	140.138
深さ[km]	70
走向角(Strike)[°]	25.5
傾斜角(Dip)[°]	63.1
すべり角(Rake)[°]	67.8
地震モーメント[Nm]	5.8×10^{17}

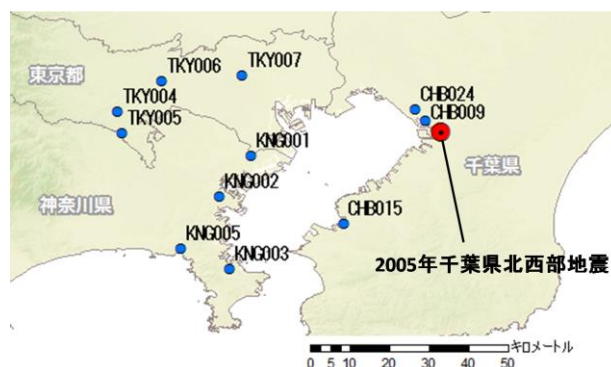


図-1 計算対象の K-NET 観測点と震源位置

ては、統計的震源モデルを用いた統計的グリーン関数法により行う。長周期成分の計算に関しては、運動力学的モデルにより平行成層地盤を仮定した理論グリーン関数を計算する理論的手法により行う。式(1)に運動力学的モデルの基礎式となる表現定理を示す。

$$U_k(Y; \omega) = \int_{\Sigma} \{ \mu D(e_i n_j + e_j n_i) U_{ik,j}(X, Y; \omega) e^{i\alpha r} \} d\Sigma \quad (1)$$

$$(k = x, y, z)$$

ここで、 k, i, j は直交座標系の x, y または z 成分を

表-2 長周期地震動予測地図 2009 年度版の物性値を基にした強震動予測で用いる深部地盤データ¹⁸⁾

層No.	密度 ρ [t/m^3]	P波速度 V_p [m/s]	S波速度 V_s [m/s]	Q値 [f/fref]	備考
1	1.8	1700	350	70	
2	1.95	1800	500	100	
3	2	2000	600	120	
4	2.05	2100	700	140	
5	2.07	2200	800	160	
6	2.1	2300	900	180	
7	2.15	2400	1000	200	
8	2.2	2700	1300	260	
9	2.25	3000	1500	300	
10	2.3	3200	1700	340	
11	2.35	3500	2000	400	
12	2.45	4200	2400	400	
13	2.6	5000	2900	400	付加体
14	2.65	5500	3200	400	地震基盤 (近畿圏)
15	2.7	6000	3530	400	地震基盤 上部地殻
16	2.8	6700	3940	400	上部地殻
17	3.2	7800	4600	500	下部地殻
18	2.4	5000	2900	300	マントル
19	2.9	6800	4000	200	海洋性地殻耐2層(上層と同一)
20	3.2	8000	4700	500	海洋性地殻耐3層(17層目がある場合は上層と同一)
					海洋性マントル

表し、「j」はj方向の偏微分を意味する。また、 ω は円振動数、指数関数のiは虚数単位、 X は断層面上の点、 Y は観測点、 D は X 点における断層すべり、 Σ は断層面積、 μ はせん断剛性、 m_{ij} はモーメント密度テンソル、 t_r は破壊開始時間を表し、 U_k がグリーン関数と呼ばれる¹⁹⁾。

統計的グリーン関数法は、一般にランダム位相を用いるため、主として短周期の強震動に適した手法であり、S波の遠方近似解(式(2))と震源モデルに統計的震源モデル(ω^2 モデル)を用いる。この手法では、一般に地震基盤での地震動を求め、1次元重複反射理論による増幅率を用いて工学的基盤までの地震動を計算する。

$$U_k^s(Y; \omega) = \frac{F_s \cdot R_k^s}{4\pi\rho \cdot rV_s^3} M(\omega) \cdot \exp\left(i\omega \frac{r}{V_s}\right) \quad (2)$$

ここで、 r は震源処理、 ρ は密度、 R_k^s はS波の放射特性、 V_s はS波速度、 F_s は観測点の条件で決まる係数で、地盤内部であれば1、自由表面上であれば2となる¹⁹⁾。

また、図-2に示すようにハイブリッド合成を行い、不要な振動数帯域を取り除く。短周期成分の計算においては1.0Hz以下の不要な低振動数帯域をローカットフィルターによって除去する。長周期成分の計算においては

ハイカットフィルターにより1.5Hz以上の不要な高振動数帯域を取り除く。

本研究の強震動計算の精度を評価するために、加速度波形と減衰定数5%の加速度応答スペクトルを用いて、観測波形と計算結果との比較を行った。図-3に計算地点全11地点のうちの3点(TKY006, KNG002, CHB009)における加速度波形と減衰定数5%の加速度応答スペクトル(水平2成分の合成値)を示す。これらより、観測波形に比ベシミュレーション結果は、とくにNS成分がやや過小であるが、加速度応答スペクトルの比較では、全体的な周期特性は捉えられており、推定精度は概ね良好と判断した。NS成分の計算結果が過小となった原因の一つとしては、震源モデルにおける走向角の向きが影

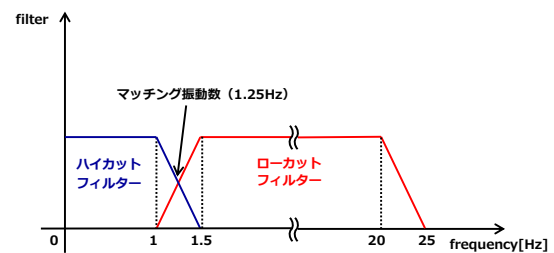


図-2 バンドパスフィルター

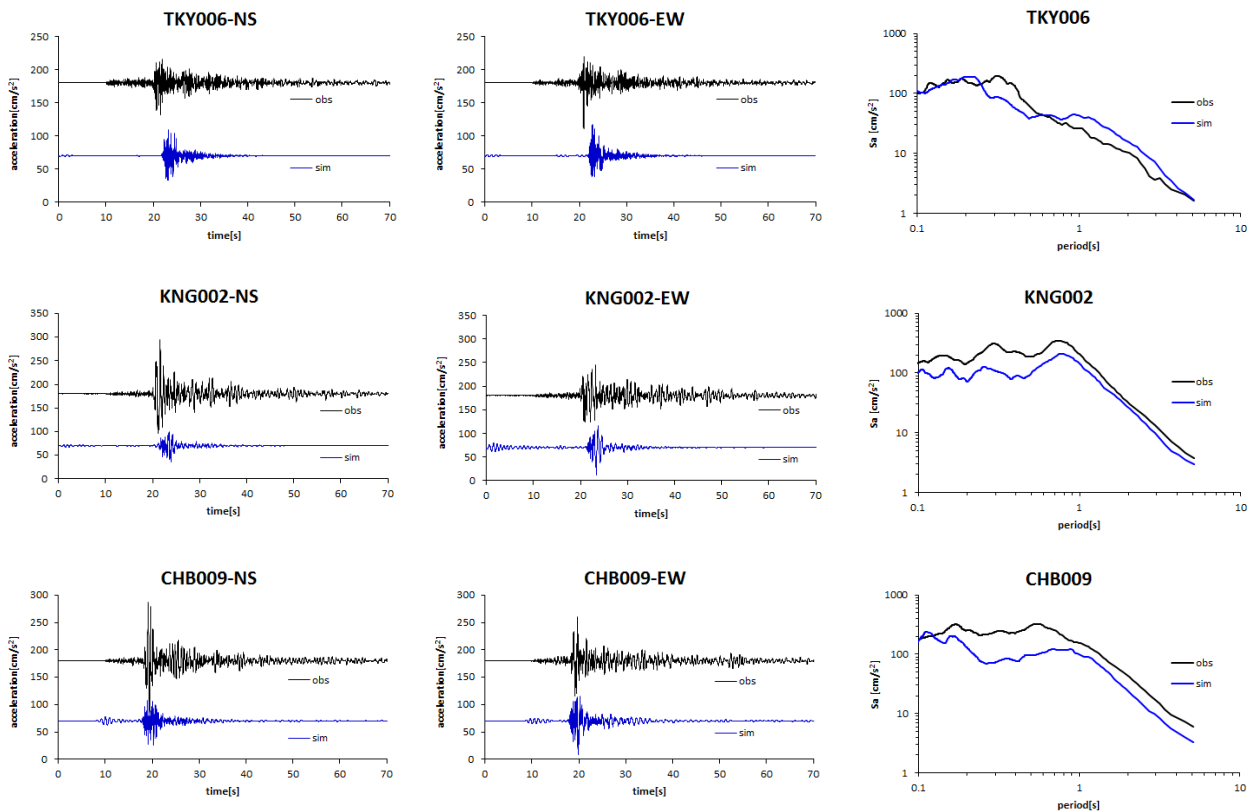


図-3 K-NET観測点を対象とした加速度波形と加速度応答スペクトル(減衰定数5%)の比較(黒線:観測波形, 青線:計算結果)

響していることが挙げられる。震源断層において、断層の破壊が生じ地震波が放射される際、P波の放射特性は断層面とその直交面で振幅が0となり、断層面に対し斜め45度の面で最大振幅となる。一方で、S波の放射特性は、断層面とその直交面で振幅が最大となり、断層面に対し斜め45度の面で0となる¹⁹⁾。このことから、断層の向きを示すパラメータである走向角の向きが地震動の各成分の振幅に与える影響は大きいと考えられる。

3. SUPREME 観測記録と強震動予測結果を用いた地盤震動特性の評価

(1) フーリエ振幅比を用いた増幅特性の推定

本研究はSUPREMEが搭載する広域地盤データの評価を目的としている。そこで、SUPREMEの地震観測点に

点について、強震動予測によって千葉県北西部地震の際の工学的基盤における地震動（露頭波）を推定し、これとSUPREMEにより観測された地表面地震観測記録を比較することで、表層地盤の増幅特性を評価する。

SUPREME の地表面観測記録と強震動予測によって得られた工学的基盤における加速度記録を用いて、バンド幅 0.2Hz の Parzen ウィンドウ²⁰⁾で平滑化したフーリエスペクトル（水平2成分の合成値）を算出し、その振幅比を計算した。ここで、強震動予測の際の工学的基盤は、S波速度が500m/sの層とした（表-2 参照）。

強震動予測の対象とする SUPREME 観測点は、猪股ら¹⁴⁾を参考に、それと同じまたは近い位置の東京都内の SUPREME 観測点を選定した。また、前章で対象とした東京都内の K-NET 観測点（TKY004, TKY005, TKY006, TKY007）についてもフーリエ振幅比を算出することと

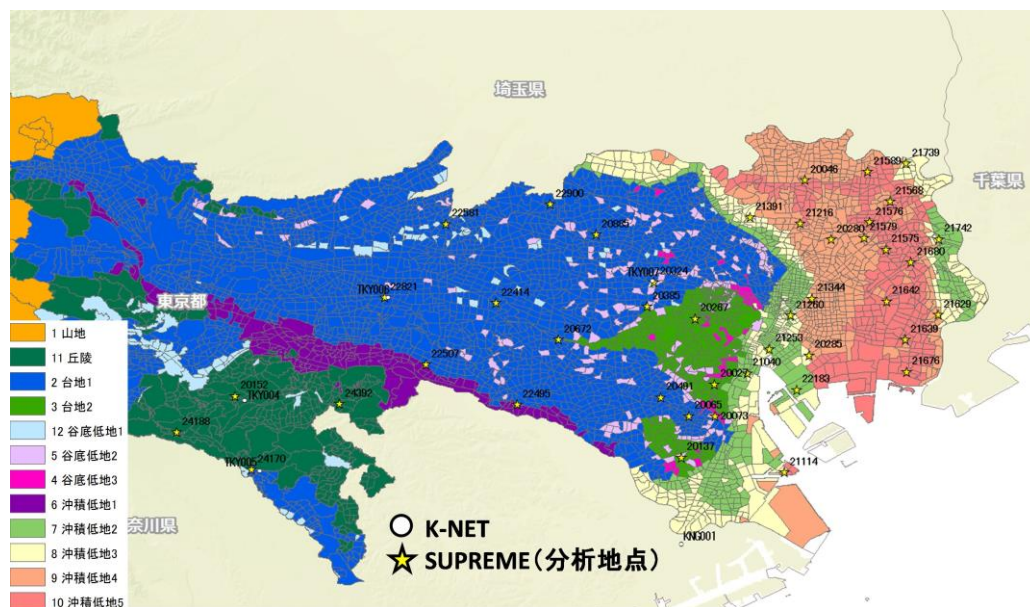


図-4 強震動予測の対象とした SUPREME 観測点と東京都による地盤分類²¹⁾

表-2 分析対象とした地表面地震観測点と東京都による地盤分類および地盤増幅率

地盤分類	増幅率	地震観測点	地盤分類	増幅率	地震観測点	地盤分類	増幅率	地震観測点
丘陵	1.4	20152	台地1	1.6	TKY006	沖積低地4	2.9	20280
		24188			TKY007			20285
		24392	台地2	1.7	20027			21216
		TKY004			20267			21344
台地1	1.6	TKY005	谷底低地1	1.5	20324			21568
		20065	谷底低地2	1.8	20073			21579
		20491			20137			21589
		20672	沖積低地1	1.5	20385			21629
		20885			22495	沖積低地5	2.9	20046
		22414	沖積低地2	2.3	21040			21114
		22507			21253			21575
		22581			21260			21576
		22821			21742			21639
		22900			22183			21642
		24170	沖積低地3	2.6	21391			21676
					21739			21680

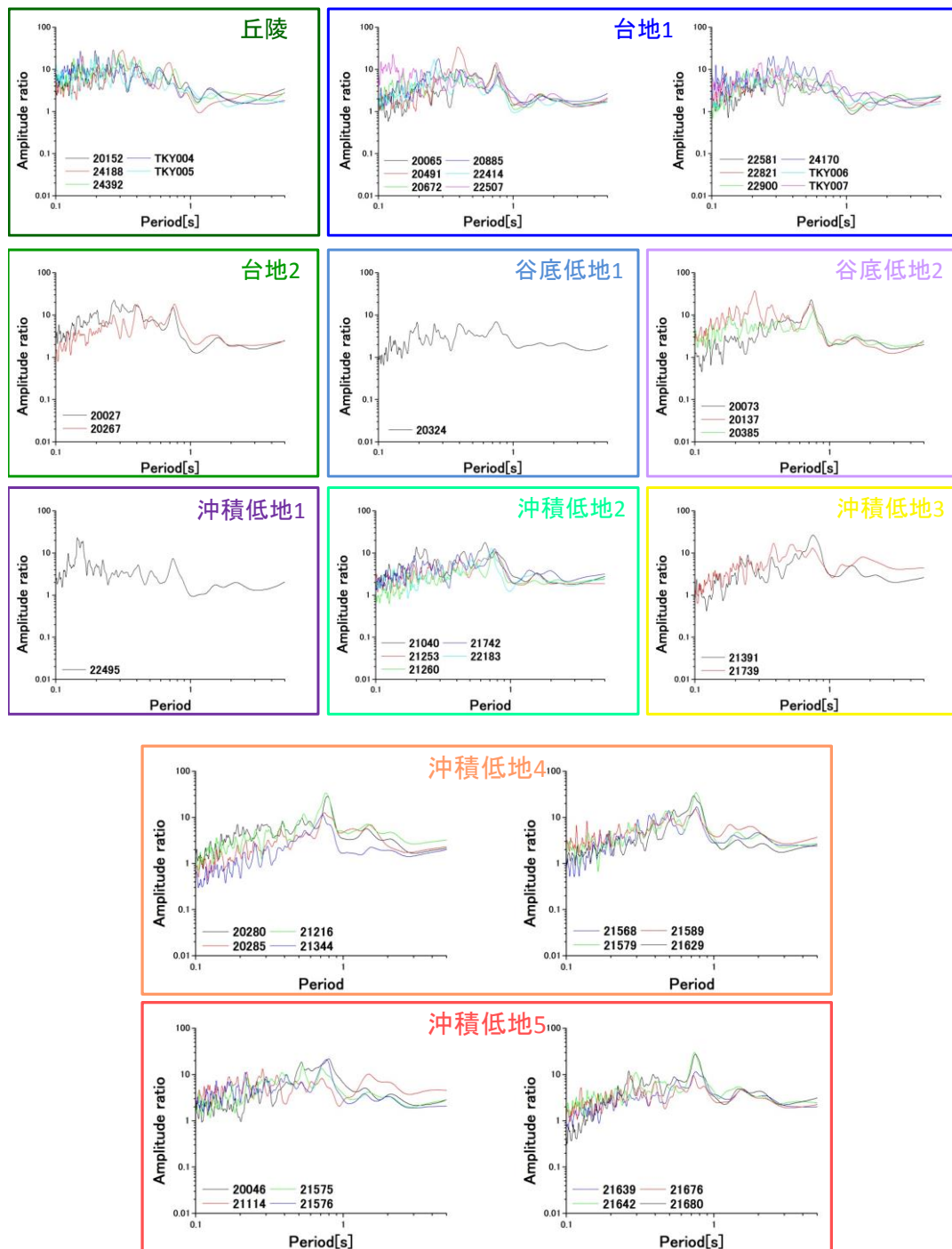


図-5 地表面観測記録と工学的基盤における推定地震動（露頭波）のフーリエ振幅比

した。図-4 に、本研究で分析の対象とした SUPREME 観測点と東京都地域危険度測定調査で用いられている地盤種別を併せて示す。東京都では、東京都震災対策条例に基づき地域危険度測定調査²⁾をおおむね5年ごとに行っており、その際にこの地盤種別が用いられている。本研究は、SUPREME 観測点の増幅特性を推定することを目的としており、地盤分類ごとの増幅特性を把握することは目的としていないが、ここでは系統立てて結果を整理するために参考とした。また、表-2 に分析地点とした SUPREME 観測点、K-NET 観測地点、東京都の定める

地盤種別および地盤増幅率²⁾をまとめる。

図-5 に算出したフーリエ振幅比（地表／露頭基盤）を示す。丘陵と台地、谷底低地1では、約0.3～0.4sの周期成分が増幅されている。沖積低地2～5の観測点では、約0.7～0.8sの周期成分が増幅されている。

(2) 1次元地盤震動解析を用いた増幅特性の検討

SUPREME の地表観測記録と強震動計算により推定された工学的基盤における加速度波形のフーリエ振幅比を、表層地盤モデルをもとに算出される1次元伝達関数と比

較する．SUPREME が搭載する広域地盤データでは、50m メッシュ単位で AVS20，AVS20 から推定される増幅度，N 値 50 相当の工学的基盤までの深度 (H_{Tg}) および工学的基盤に対する表層地盤の特性値 (Tg) が整備されている (図-5，図-6)．なお，これらのデータは約 6 万本のボーリングデータの N 値および換算した S 波速度 (Vs) から構成されている．

本研究では，これらのデータを用いて SUPREME 観測点の 1 次元地盤モデルを仮定し，地盤震動解析を行い S 波伝達関数を推定した．仮定した地盤モデルの模式図¹⁾を図-7 に示す．図中の各層の S 波速度は次のように仮定した．まず，工学的基盤までの深さ (H_{Tg}) が 20m よりも深い場合 (パターン 1) は，1 層目の S 波速度を式 (3) のように，深さ 20m の平均 S 波速度 (AVS20) とする．

$$Vs1 = AVS20 \quad (3)$$

2 層目の S 波速度には，深さ H_{Tg} までの地盤の特性値が Tg と一致するように，式 (4) を満足する $Vs2$ を仮定する．

$$Tg = \frac{4 \times 20}{AVS20} + \frac{4(H_{Tg} - 20)}{Vs2} \quad (4)$$

H_{Tg} が 20m よりも浅い場合は，式 (5) のように，1 層目の S 波速度 $Vs3$ を仮定する．

$$Vs3 = \frac{4 \times H_{Tg}}{Tg} \quad (5)$$

なお，両パターンとも，強震動予測の地盤モデルと整合するように，工学的基盤以深の地盤は S 波速度 500m/s とした．

S 波伝達関数と図-5 に示したフーリエ振幅比を比較する．1 次元地盤震動解析によって推定する S 波伝達関数は，露頭工学的基盤に対する地表の応答とする．また，フーリエ振幅比と S 波伝達関数の振幅比の大きさをある程度一致させるために，減衰定数を國生らの方法²⁾に従って変化させ，S 波伝達関数の振幅比の大きさを補正した．

図-8 に結果の一部を示す．前章で述べたように，強震動計算により求められる地表面地震動は観測波形よりもやや過小である．このため，地表観測波と強震動計算により求めた工学的基盤波 (露頭) のフーリエ振幅比は，伝達関数と比べやや大きな値を示している．丘陵，台地

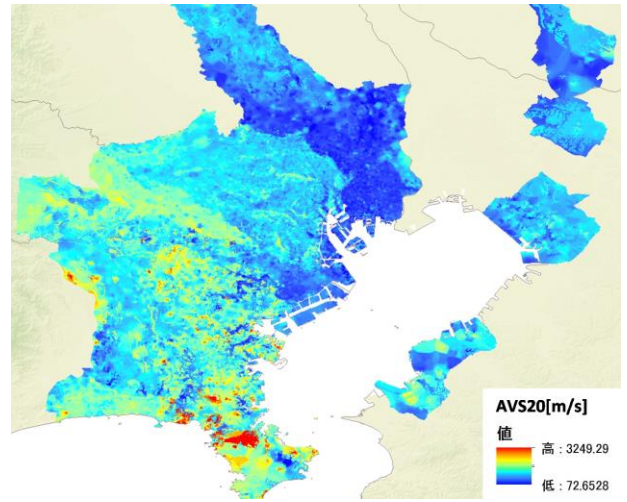


図-5 SUPREME 広域地盤データの AVS20 分布

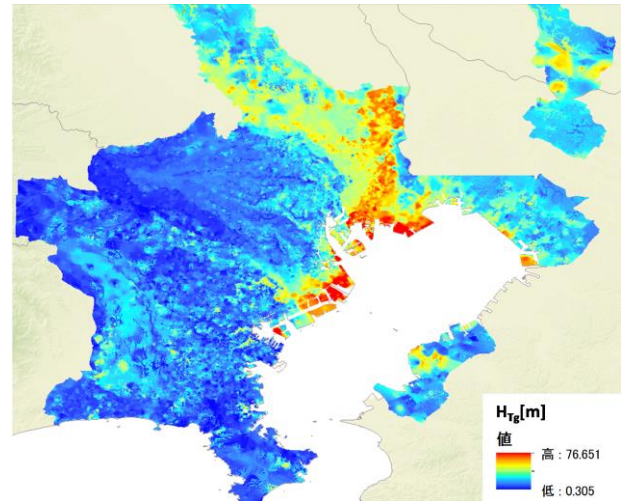


図-6 SUPREME 広域地盤データの N 値 50 相当の工学的基盤までの深度 (H_{Tg})

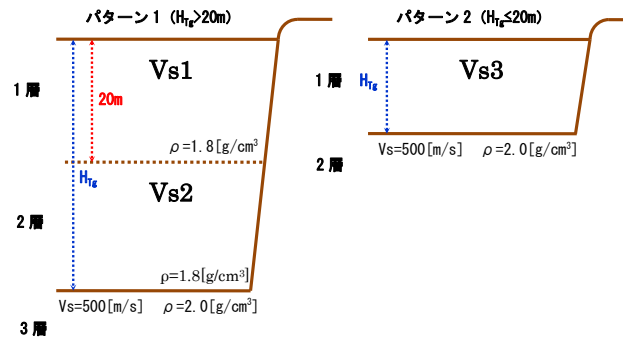


図-7 仮定した 1 次元地盤モデル

1, 2, 谷底低地 1, 2, 沖積低地 1 については H_{Tg} が 20m 未満であるため，パターン 2 の地盤モデルで伝達関数を計算している．フーリエ振幅比と S 波伝達関数は周期に対して似た振幅形状を示しており，卓越周期もほぼ一致

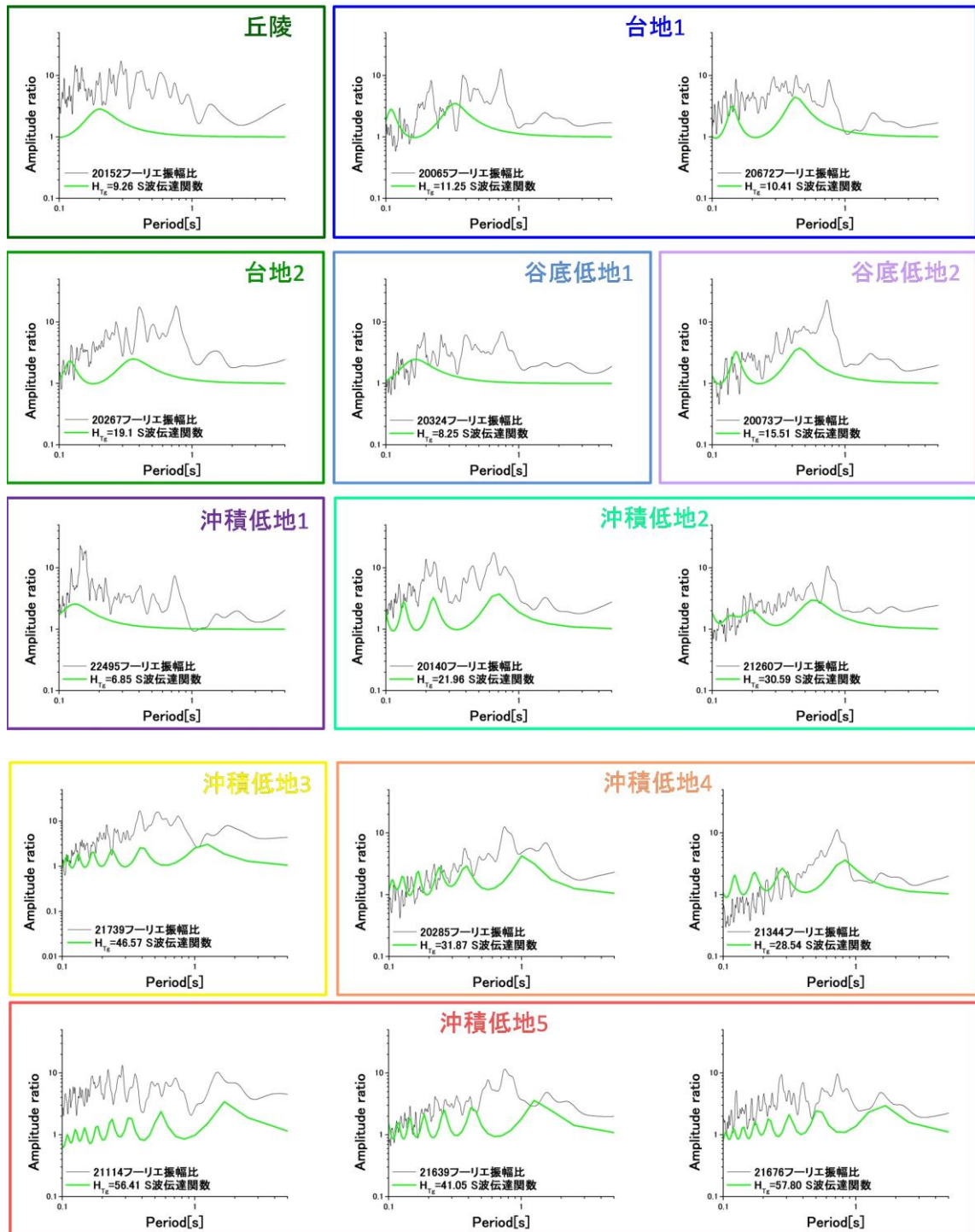


図-8 1次元地盤震動解析による S 波伝達関数と SUPREME 観測点において強震動計算より求めた露頭基盤波によるフーリエ振幅比の比較

している。

一方で、 H_{Tg} が 20m 以上である沖積低地 2～5 については、周期 1 秒程度の増幅特性は一致しているが、 H_{Tg} が深い所ほど周期約 0.6s 以下の短周期帯域において S 波伝達関数とフーリエ振幅比に違いが見られる。これは、図-7 に示す通り、1 層目の S 波速度に深さ 20m までの平均値である AVS20 を仮定しているため、高次モードの増幅特性が再現できないことが影響していると考えられる。

(3) 既往研究との比較

首都圏で発生する大地震の詳細を明らかにすることを目的とし、首都直下地震防災・減災特別プロジェクト²³⁾では、首都圏に新たな中感度地震観測点の配備を進めてきた。首都圏地震観測網 (MeSO-net)¹²⁾は 2007 年度より構築が始まり、観測点では深さ 20m 程度の観測井の孔底に 3 成分の加速度計が設置されている。2011 年東北地方太平洋沖地震では、248 観測点の地下 20m での観測記

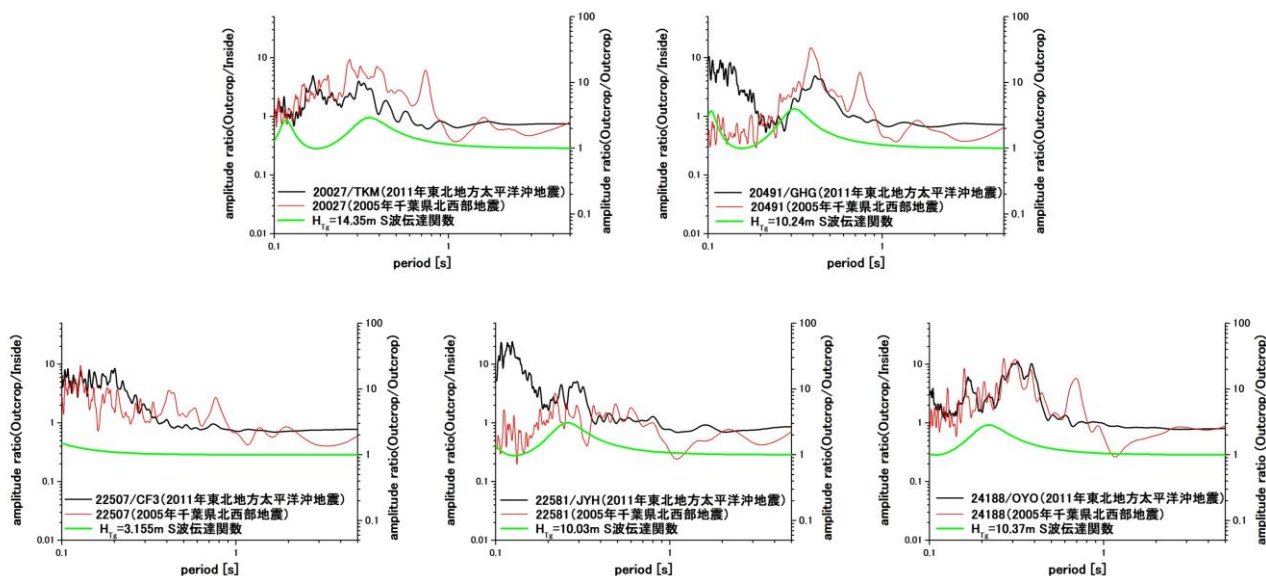


図-9 丘陵、台地 1, 2 に属する東北地方太平洋沖地震時のフーリエ振幅比¹¹⁾と千葉県北西部地震時のフーリエ振幅比、工学的基盤を基準とする S 波伝達関数の比較

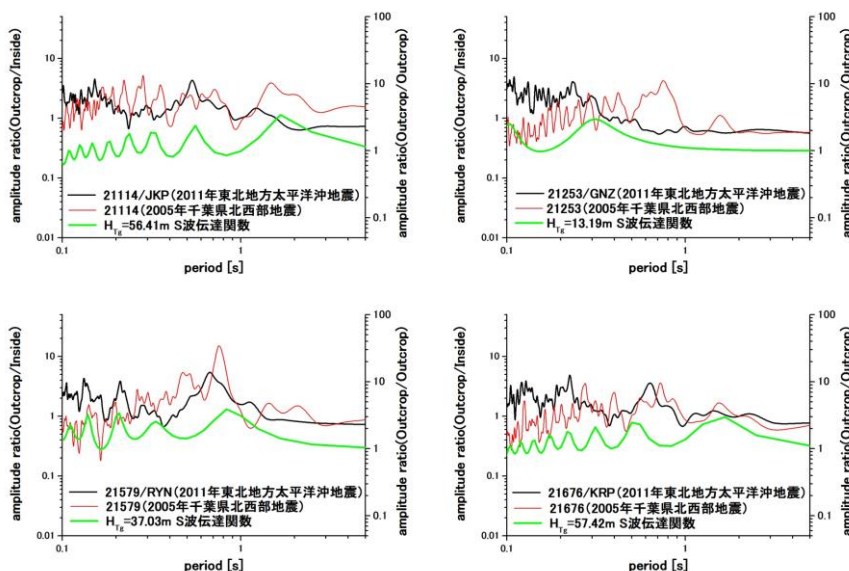


図-10 沖積低地 4, 5 に属する東北地方太平洋沖地震時のフーリエ振幅比¹¹⁾と千葉県北西部地震時のフーリエ振幅比、工学的基盤を基準とする S 波伝達関数の比較

録が得られた。猪股ら¹¹⁾は MeSO-net で得られた地中観測記録と SUPREME の地表面地震記録を比較し、MeSO-net 観測点とその近傍の SUPREME 観測点を対として、東北地方太平洋沖地震における表層 20m の地盤の増幅特性を推定している。そこで、本研究で推定した千葉県北西部地震における地盤増幅特性と猪股らの結果¹¹⁾を比較し、地震による地盤増幅特性の違いに関する検討を行う。

猪股ら¹¹⁾は、フーリエ振幅比や S 波伝達関数の基準に地中観測波を用いている。一方、本研究では工学的基盤の露頭波を基準に用いている。地中で観測された地震波は、上昇波と地表面で反射した下降波が打ち消し合うた

め、露頭を基準とした場合と比べて、フーリエ振幅比は大きくなる²⁴⁾。このため、ここではフーリエ振幅比の周期特性にのみ着目することとし、縦軸を 2 軸表記で比較することとする。

図-9、図-10 に本研究で求めた千葉県北西部地震におけるフーリエ振幅比 (赤線) と猪股ら¹¹⁾が求めた東北地方太平洋沖地震におけるフーリエ振幅比 (黒線)、露頭工学的基盤を基準とする S 波伝達関数 (緑線) について比較する。まず、図-9 の丘陵、台地 1, 2 に属する SUPREME 観測地点について、これら工学的基盤までの深度が浅い観測点では、S 波伝達関数と各フーリエ振幅比は周期特性が良く一致していることがわかる。また、

図-10 に示す沖積低地 4, 5 に属する SUPREME 観測地点については、工学的基盤までの深度が 30~50m を示しているため、深さ 20m の位置にある MeSO-net の観測記録を基準とする猪股ら¹¹⁾の結果と本研究の結果は厳密に比較することはできないが、比較的近い周期特性を示している。例えば、SUPREME 観測点 21114 ($H_{Tg} = 56.41$ m) については、工学的基盤を基準とする伝達関数（緑線）には周期 1-2 秒での増幅が確認される。これは、工学的基盤を基準とする千葉県北西部地震のフーリエ振幅比（赤線）の周期に対する振幅特性と一致している。一方、深さ 20m を基準とする東北地方太平洋沖地震の際のフーリエ振幅比（黒線）では、周期 0.5-0.6 秒での増幅が見られるが、この周期帯は伝達関数の 2 次ピークの周期帯とほぼ一致している。このような工学的基盤までの深度が 50m 程度以上の場合、AVS20 のような深さ 20m までの S 波速度に依存する物性値ではなく、工学的基盤までの地盤特性を反映するようなパラメータで地盤増幅特性を表すことが必要と考えられる。

4. 結論

本研究は、SUPREME が搭載する広域地盤データの妥当性を評価することを目的に、千葉県北西部地震を対象として強震動予測結果と首都圏で高密度に観測された地震記録を用いて表層地盤の増幅特性に関する検討を行った。まず、K-NET 観測点を対象に強震動予測結果の精度を確認したところ、概ね良好な精度が確認できた。

地表観測記録と強震動計算より求めた露頭基盤波のフーリエスペクトル比と、1 次元地盤震動解析によって算出した S 波伝達関数を比較し、SUPREME の広域地盤モデルの妥当性について検討した。その結果、フーリエスペクトル比と S 波伝達関数は、周期に対して似た振幅形状を示し、卓越周期がほぼ一致する結果となった。一方で、沖積低地 4, 5 など工学的基盤までの深度が 20m を大きく上回る地点については、短周期帯域においてフーリエ振幅比と S 波伝達関数に違いが見られた。これは、SUPREME の広域地盤モデルでは、深さ 20m までの S 波速度に平均的な値である AVS20 を仮定せざるを得ないためと考えられる。

これらの結果から、SUPREME が搭載する広域地盤データは十分な精度を有すると考えられる。場所によっては、高次モードの周期が一致しないことがあり得るが、広域の地盤データによってマクロに震動特性を把握するには有用なデータであると考えられる。

謝辞：本研究では、工学院大学の久田嘉章教授の強震動計算プログラム、地震調査研究推進本部の深部地盤データ、防災科学技術研究所の K-NET の地震観測記録なら

びにボーリングデータを使用させて頂いた。記して感謝を表する。

参考文献

- 1) 内閣府 中央防災会議南海トラフ巨大地震対策検討ワーキンググループ：南海トラフ巨大地震対策について（最終報告），2013
- 2) 内閣府 中央防災会議首都直下地震対策検討ワーキンググループ：首都直下地震の被害想定と対策について（最終報告），2013
- 3) Shimizu, Y., Yamazaki, F., Yasuda, S., Towhata, I., Suzuki, T., Isoyama, R., Ishida, E., Suetomi, I., Koganemaru, K., and Nakayama, W.: Development of real-time control system for urban gas supply network, Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, ASCE, Vol. 132, No. 2, pp. 237-249, 2006.
- 4) 猪股渉, 乗藤雄基, 石田栄介, 塚本博之, 山崎文雄：東日本大震災における東京ガスの設備被害の概況と超高密度観測情報に基づく低圧ガス導管被害推定の精度検証, 日本地震工学会論文集, Vol. 13, No. 2, pp. 37-44, 2013.
- 5) 中山渉, 清水善久, 末富岩雄, 山崎文雄, 石田栄介：超高密度地震観測に基づく地点の揺れ易さ評価, 第 11 回日本地震工学シンポジウム論文集, pp. 407-412, 2002.
- 6) 田村勇, 山崎文雄, Shabestari, K.T.：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, pp. 714-715, 2000.
- 7) 若松加寿江, 松岡昌志：地形・地盤分類 250m メッシュマップ全国版の構築, 日本地震工学会大会-2008 梗概集, pp. 222-223, 2008.
- 8) 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を利用した地盤の平均 S 波速度分布の推定, 土木学会論文集, No.794/I-72, pp.239-251, 2005.
- 9) 東京都防災会議：首都直下地震等による東京の被害想定報告書, 2012.
- 10) 丸山喜久, 伏岡里志, 山崎文雄：東京都地域危険度測定調査における地盤増幅率の再評価, 地域安全学会論文集, No. 16, pp. 21-29, 2012.
- 11) 猪股渉, 乗藤雄基, 大田肇士, 丸山喜久：超高密度地震観測情報に基づく地盤震動特性の評価, 土木学会論文集 A1 (構造・地震工学), Vol. 70, No. 4, pp. 1187-1198, 2014.
- 12) 笠原敬司, 酒井慎一, 森田裕一, 平田直, 鶴岡弘, 中川茂樹, 楠城一嘉, 小原一成：首都圏地震観測網 (MeSO-net) の展開, 東京大学地震研究所彙報, Vol. 84, pp. 71-88, 2009.
- 13) 丸山喜久, 伏岡里志, 山崎文雄：東京都地域危険度測定調査における地盤増幅率の再評価, 地域安全学会論文集, No. 16, pp. 21-29, 2012.
- 14) 東京大学地震研究所強震動グループ：2005 年千葉県北西部の地震 ―震源メカニズム・強震動―, <http://taro.eri.u-tokyo.ac.jp/saigai/chiba/>, 2014 年 6 月 12 日閲覧.
- 15) 久田嘉章：成層地盤における正規モード解及びグリーン関数の効率的な計算法, 日本建築学会構造系論

文集, No. 501, pp. 49-56, 1997.

- 16) 石川理人, 久田嘉章, 永野正行, 中川博人, 早川崇, 河路薫, 野畑有秀, 眞鍋俊平, 長坂陽介, 山本優: 首都直下地震を対象とした強震動予測手法に関するベンチマークテスト その1 千葉県北西部地震を対象とした観測記録との比較, 第14回日本地震工学シンポジウム論文集, pp.1931-1940, 2014.
- 17) 防災科学技術研究所: 強震観測網 (K-NET, KiK-net), <http://www.kyoshin.bosai.go.jp/kyoshin/>
- 18) 地震調査研究推進本部: 長周期地震動予測地図 2009年度試作版, 2009.
- 19) 西川孝夫, 荒川利治, 久田嘉章, 曾田五月也, 藤堂正喜, 山村一繁: 建築の振動 応用編, 朝倉書店, 2008.
- 20) 大崎順彦: 新・地震動のスペクトル解析入門, 鹿島出版会, 1994.
- 21) 東京都都市整備局: 地震に関する地域危険度測定調査 (第7回), 2013.
- 22) 國生剛治, 佐藤克晴, 長尾晋悟: KiK-net 地震記録を用いた基盤から地表への震動増幅評価法, 日本地震工学会論文集, Vol. 8, No. 2, pp. 16-31, 2008.
- 23) 首都直下地震防災・減災特別プロジェクト: <http://www.meso.eri.u-tokyo.ac.jp/shuto/index.html>, 2015年9月1日閲覧.
- 24) 日本建築学会: 地盤震動 - 現象と理論 -, 丸善株式会社, 2005.

(??.? 受付)

EVALUATION OF THE SITE AMPLIFICATION CHARACTERISTICS BASED ON STRONG MOTION PREDICTION ASSUMING THE 2005 NORTHWESTERN CHIBA EARTHQUAKE

Shinya HIGASHINO, Yoshihisa MARUYAMA and Wataru INOMATA

Tokyo Gas Co., Ltd. gathered approximately 60,000 borehole information, and the amplification factors of SI are installed in the real-time earthquake monitoring system, SUPREME. This study evaluated the site amplification characteristics using the ground motion records during the 2005 northwestern Chiba earthquake. The ground motion at the outcrop base was estimated based on a technique of strong motion prediction. The Fourier spectral ratio between the outcrop base and ground surface was compared with the transfer function of S-wave to investigate the accuracy of the geospatial data installed in SUPREME.