3. 4. 4 地盤構造モデルの高度化に関する調査研究

(1) 業務の内容

(a) 業務の目的

首都圏の深部地盤および浅部地盤の既存の地盤モデルを収集・整理するとともに、新し いデータの追加を図り、表層から地震基盤に至る切れ目のない3次元地盤モデルの作成を 行う。

(b) 平成 19 年度業務目的

首都圏を含む関東地域における既存の浅部地盤モデルを整理し、データ密度の低い地域 を明確にする。深部地盤データの密度が低い地域では、深部地盤のS波速度構造データを 得るため、微動アレイ観測を実施する。浅部地盤データについては、地震観測点における 地盤の卓越周期データを得るために、微動の一点観測を実施する。

(c) 担当者

| 所属機関 | 役職 | 氏名 | メールアドレス |
|--------------|-----|---------|---------|
| 国立大学法人東京工業大学 | 教授 | 翠川三郎 | |
| 大学院総合理工学研究科 | | | |
| 人間環境システム専攻 | | | |
| 同 環境理工学創造専攻 | 准教授 | 山中浩明 | |
| 同 人間環境システム専攻 | 助教 | 三浦弘之 | |
| 芝浦工業大学 工学部 土 | 准教授 | 紺野克明 | |
| 木工学科 | | (研究協力者) | |

(2) 平成 19 年度の成果

(a) 業務の要約

深部地盤データを補強するため、関東平野北部および東部の 20 地点において微動アレ イ観測を行うことで、地盤の S 波速度構造データを取得し、既存の深部地盤モデルとの比 較・検討を行った。また、浅部地盤データを補強するため、神奈川県下の地震観測点 22 地点、川崎市の地震観測点 11 地点、埼玉県秩父市地域の地震観測点 16 地点において、常 時微動の一点観測を行い、水平/上下スペクトル比から地盤卓越周期データを得た。神奈 川県下の観測点では、微動アレイ観測も行い、得られた位相速度から浅部地盤の平均 S 波 速度を推定し、地盤増幅倍率との関係を検討した。

(b) 業務の成果

1) はじめに

一般に、広域での強震動予測では、震源モデルと深部地盤モデルに基づき、ハイブリッド法や統計的グリーン関数法によって得られた工学的基盤上での地震動強さに、国土数値 情報や地形・地盤分類メッシュマップに基づく深さ 30m までの平均 S 波速度(Vs30)か ら推定される浅部地盤の増幅率を掛け合わせることで、地表面での地震動強さが求められる。このため、強震動予測の高精度化・広帯域化を図るためには、深部地下構造モデルや 工学的基盤よりも上部の浅部地盤モデルを構築することが重要である。

首都圏を含む関東地域における深部地下構造モデルに関しては、最近では地震動評価に 最も重要なS波速度分布を3次元的に明らかにする試みが行われている(例えば、^{1)、2)})。 これらのS波速度構造モデルによって、観測された地震動のシミュレーションも行われ、 比較的よく観測記録の特徴が再現されている。しかし、モデル構築の基礎となった微動ア レイ観測は、関東平野北部や東部では多く行われているわけではなく、十分な精度で推定 されていない。

一方、関東地域の浅部地盤モデルに関しては、三宅ほか³⁾や大井ほか⁴⁾により、地域内 のボーリングデータの収集・整理がなされており、250m メッシュによる Vs30 の分布が 推定されている。ここで、推定された浅部地盤モデルの妥当性を検証するには、実際の地 震記録と比較・検討することが必要である。しかし、既存の浅部地盤モデルに用いられて いるボーリングデータの多くは、地震観測点で得られたものではない上に、その多くは地 層区分や N 値分布のみで、S 波速度構造が得られている地点は限られている。このため、 これらのモデルは地震動の卓越周期等を評価するのに十分な精度をもったデータであると は言い難い。また、首都圏での地震観測点では、例えば横浜市高密度強震計ネットワーク の観測点において微動データが得られているものの⁵⁾、微動観測が行われている観測点は 十分ではない。

そこで本研究では、関東平野の北部や東部において、微動アレイ観測を行い、中深度~ 深部の堆積層のS波速度構造を明らかにすることを試みる。既往の研究による地下構造モ デルとも比較して、その問題点を明らかにする。さらに、関東地域の地震観測点において 常時微動の一点観測を行い、地盤の卓越周期のデータを得る。また、神奈川県内の地震観 測点では微動アレイ観測も行い、位相速度から浅部地盤の平均S波速度を推定し、地盤増 幅倍率との関係について検討する。

2) 微動アレイ観測による深部S波速度構造データの収集

a) 観測の概要

微動アレイ観測は、図1および表1に示す20地点で実施した。平野東部と北部において、既存の微動アレイ観測地点と重ならないように観測場所を決めた。また、これらのアレイは、その中心点がK-NET、KiK-net、自治体震度計などの地震観測点から遠くない場所に設定してある。これは、今回の微動観測結果が地震観測記録から得られる地震動特性を考えるために有効に活用されることを想定してのことである。

各観測点では、ひとつのアレイで7台の上下成分地震計とデータロガーが設置され、30~80分間の観測が行われた。1地点で大小2つのアレイが展開された。それぞれのアレイの大きさは、半径1.5~2kmと0.3~0.5km程度である。例として、本庄市(HNJ)と長南町(CHN)でアレイ形状を図2に示す。

b) 観測結果

観測された微動の上下成分のアレイ記録を目視によって解析対象とする 163.84 秒間の

データに分割した。それぞれのデータに対して周波数-波数スペクトル解析を行い、周波 数波数スペクトルを求めた。その結果からスペクトルピークでの波数ベクトルから位相速 度を算出した。これらの操作を周期毎に行い、レイリー波の位相速度の分散曲線を得た。

図3には、観測された位相速度が示されている。関東平野北西部での位相速度は、平野 端部の前橋(MEB)や川本町(KWM)での大きな値と、より南東側の本庄(HNJ)など の小さい値に区別される。茨城県内の観測点では、石岡(ISH)や協和町(KYO)などの 平野北端に近い観測点で大きな位相速度となっており、堆積層が薄いことに対応している と考えられる。千葉県では、銚子(CHS)や鴨川(KAM)で位相速度が大きく、房総半 島中央部の長南町(CHN)では、小さい値となっている。既往の研究(山中・山田¹⁾)に よる基盤深度分布では、房総半島中央部で基盤が最も深くなっており、千葉県で観測され た位相速度は、定性的には既往の結果と矛盾しない。

c) S 波速度構造の推定

ハイブリッドヒューリスティック探索法(山中⁶⁾)を用いた得られた位相速度の逆解析 により1次元S波速度構造を推定した。逆解析の際には、山中・山田¹⁾を参考にして、地 震基盤を含めて4層モデルを仮定し、地震基盤のS波速度は3km/sであるとした。さらに、 密度はそれぞれの層で一定値を事前に与え、P波速度は既往の実験式(狐崎ほか⁷⁾)によ ってS波速度と連動させた。順計算では、レイリー波の基本モードのみを仮定した。

逆解析から得られた S 波速度構造を図 4 に示す。上述した位相速度が大きい地点では、 地震基盤の深度は 1km 程度と浅い場合が多い(例えば、KAM や CHS など)。一方、長南 町(CHN)、大栄町(TEI)、本庄(HNJ)では、地震基盤深度が 3km 以上と深くなって いる。主な地点での観測位相速度が逆解析モデルに対する理論位相速度と図 5 で比較され ている。観測値が逆解析モデルによってよく説明できていることが示されている。

d) 考察

今回の推定結果を山中・山田 いによる 3 次元 S 波速度構造モデルと比較した。山中・山 田 いのモデルによる今回の微動探査地点での S 波速度構造に対して理論位相速度を計算し、 観測値と比較した。その結果は、図 5 に示すように、下妻(SIM)などでは、比較的両者 は類似しており、既往のモデルでも観測値が説明できる。しかし、そのほかの地点では、 大きく異なっている。今回観測を行った 20 地点での基盤深度を比較した結果は、図 6 に 示すごとくである。全体的にみると、今回の結果のほうが、山中・山田 いでの結果に比べ て基盤が深くなっている。特に、平野端部の基盤が浅い部分での深度に 2 倍以上の差異が あることがわかる。山中・山田 いでは、こうした地域での地下構造は平野内部での地下構 造情報から外挿されていることが多く、図 6 の差異の原因であると考えられる。今回の結 果を踏まえて、モデルを修正することの重要性が理解できる。

図6にみられる既往の結果と地下構造の差異がどのように地震動特性に影響を及ぼすか について検討した。簡単のために、2つのモデルに対するSH 波の増幅特性を比較する。 図7には、いくつか地点について比較した結果を示している。長南町(CHN)では、両者 ともに基盤深度が深いために卓越周期も10秒程度となり、ほぼ一致している。龍ヶ崎 (RYU)や堺町(SKI)では基盤深度が2倍以上異なっており、やや長周期帯域の増幅特 性も違っている。特に、逆解析モデルでのピークの周期が山中・山田 いでは谷になっている。さらに、水戸(MIT)では、本研究で得られたモデルにみられる周期4秒の卓越ピークは、既往のモデルには認められない。また、残りの地点でもS波の増幅特性も計算し、本研究と既往のモデルに対する卓越周期を比較した。その結果は、図8に示すごとくである。基盤深度が異なると指摘された地点では、卓越周期にも倍半分程度の差があるが、半数程度の地点で卓越周期の2~3割の差の範囲に入っている。

3) 常時微動一点観測による卓越周期データの収集

a) 観測の概要

関東地域における地震観測点の卓越周期データを収集するため、常時微動の一点観測を 行った。観測点の概要と観測点位置を図9および表2に示す。図9には若松・松岡⁸⁰によ る250mメッシュの地形・地盤分類マップも併せて示している。今年度観測を行った地点 は、神奈川県内および川崎市の地震観測点、埼玉県秩父市地域の地震観測点の計49地点 である。神奈川県内の観測点は都道府県により地震観測が実施されている計22点である。 川崎市内の観測点は川崎市により地震観測が実施されている計11点である。埼玉県秩父 市地域の観測点は、気象庁、都道府県、防災科学技術研究所(K-NETやKiK-net)により 地震観測が実施されている計16点である。

b) 観測結果

神奈川県の観測点における常時微動観測では、携帯型地震計 SMAR-6A3P(センサ:加速度計 V243FA)を用い、200Hz サンプリングで3分間の計測を行った。それ以外の地点での常時微動観測では周期2秒まで平坦な特性をもつ速度計を利用し、サンプリング周波数100Hz、40.96秒間の計測を3回以上行った。計測された波形からノイズの影響が少ない区間を切り出し、水平・上下動振幅スペクトル比(H/Vスペクトル比)を算出した。神奈川県内の観測点における H/V スペクトル比を図 10 に、川崎市内の観測点における H/V スペクトル比を図 12 にそれぞれ示す。

図 10 の神奈川県での H/V スペクトル比をみると、周期 0.1~1 秒の周期帯域に明瞭なピークをもつ観測点が多いことがわかる。海老名市や伊勢原市、二宮町、大井町、逗子市で 周期 0.6 秒以上のやや周期の長いピークがみられる。一方、箱根町や大磯町、相模湖町で は卓越周期は 0.1 秒程度以下と短周期側にみられた。

図 11 の川崎市の H/V スペクトル比をみると、周期 0.5 秒~1 秒程度に明瞭なピークが みられる地点が多い。JMA 川崎や高津区役所、登戸小学校では周期 0.1~0.2 秒程度にピ ークがみられるものの、その形状はそれほど明瞭ではない。

図 12 の埼玉県秩父市域の H/V スペクトル比をみると、ピークが明瞭でない地点ないし ピークがほとんどみられない地点が多い。秩父市役所のスペクトルでは周期 0.05 秒付近に ピークがみられ、K-NET 秩父では周期 0.15 秒付近にピークがみられるものの、JMA 秩父 や旧 JMA 秩父では明瞭なピークはみられない。また、横瀬町役場や K-NET 長瀞では周期 0.3 秒あるいは周期 0.1 秒付近に明瞭なピークがみられるが、大滝総合支所、吉田総合支所、 小鹿野町役場、JMA 両神、両神庁舎、皆野町役場ではピークは確認できなかった。

c) 地盤の卓越周期と地形・地盤条件の関係

図 10~12 に示した H/V スペクトル比から卓越周期を読み取り、その分布を図 13 に示 す。ピークが読み取れなかった観測点は図では黒丸で示している。図中に示す地形・地盤 分類マップと比較すると、神奈川県においては、相模川流域の座間市や海老名市、寒川町、 伊勢原町では周期 0.5 秒程度のやや周期の長いピークがみられる。これらの地域は後背湿 地や自然堤防といった低地からなり、地盤条件はそれほど良くないものと考えられる。ま た、神奈川県西部の開成町や松田町、南足柄市は扇状地上に位置しており、ピーク周期も やや長い傾向がみられる。谷底低地に位置する逗子市や二宮町では卓越周期も1秒程度と 長く、比較的地盤が軟弱であることが推察される。一方、山地や火山地、山地に近いロー ム台地に位置する清川村や箱根町、相模湖町では卓越周期は 0.2 秒程度以下の短周期にみ られることから、地盤条件はよいものと考えられる。

川崎市の観測点のうち、海岸に近い埋立地や三角州・海岸低地に位置する臨海消防署や 川崎高校、幸区役所では周期1秒前後のやや周期の長いピークがみられ、地盤が軟弱であ ることが推察される。また、後背湿地に位置する中原区役所でも同様に周期0.5秒にピー クがみられ、比較的地盤が軟弱であると考えられる。自然堤防に位置するJMA川崎や谷 底低地上に位置する高津区役所、扇状地に位置する登戸小学校では、比較的短周期の0.1 ~0.2秒にピークはみられ、比較的地盤条件は良いものと考えられる。また、宮前消防署 や宮前平小学校はローム台地上に位置し、周期0.5秒ないし0.25秒にやや明瞭なピークが みられた。丘陵と谷底低地の境界部に位置する麻生区役所や麻生消防署では、周期0.03 秒ないし0.15秒付近の短周期側にピークがみられ、比較的硬質な地盤条件であることが推 察される。

地形・地盤分類マップをみるとわかるように、秩父市は周囲が山地に覆われた盆地となっており、盆地内は砂礫質台地ないし谷底低地に覆われている。観測点のうち、大滝総合支所や K-NET 中津川、JMA 両神は山地に位置し、それ以外の観測点は砂礫質台地に位置している。山地に位置する観測点では、いずれもスペクトルの形状はフラットに近く、ピークは認められない。このため、これらの観測点は硬質な地盤条件下にあるものと考えられる。また、砂礫質台地に位置する観測点の中でも、JMA 秩父や旧 JMA 秩父、吉田総合支所、小鹿野町役場、両神庁舎のように、山地の観測点と同様にスペクトルの形状がほぼフラットな観測点もあった。K-NET 秩父や横瀬町役場、K-NET 秩父や横瀬町役場、K-NET 長瀞のように、明瞭なピークがみられる地点もあったが、いずれも卓越周期は 0.1~0.3 秒程度と短周期であり、これらの観測点の地盤条件は比較的良好なものと考えられる。

4) 微動記録による表層 30mの平均S波速度の推定

a) 地盤の平均 S 波速度の推定

神奈川県内の地震観測点 22 点では、微動一点観測の他に微動アレイ観測も行い、浅層 地盤データを収集した。具体的には、微動アレイ観測からレイリー波の位相速度を算出し、 表層 30m の平均 S 波速度(Vs30)を推定した。さらに、地震記録から得られる地盤増幅 倍率と Vs30 の関係を検討した。

両観測とも携帯型地震計 SMAR-6A3P(ミツトヨ社製)を使用し、1点3成分観測では、 内臓の加速度センサー(V243FA)を、アレイ観測では、内臓センサーと同型の上下動外 部センサー3 個を使用している。微動の記録は 200Hz サンプリングで、1 点 3 成分観測で は 3 分間、アレイ観測ではアレイ半径を 3、 9、 15m と変えながら各 11 分間の観測を行 っている。アレイ観測は、3 個のセンサーを L 字形に配置して行っている ⁹。

地盤の平均S波速度の推定は、次の手順で行っている。

 L字形アレイ微動観測記録に対し、空間自己相関法を適用しレイリー波の位相速度を 推定する⁹⁾

② 波長 40m における位相速度 C40 を Vs30 とする ¹⁰⁾

上記①の空間自己相関法で必要とする各センサー間のコヒーレンスは、11分間の微動記録を 20.48 秒間で、50%重なるように 63 区間に分け、各区間の振幅二乗和が小さい方から 20 区間抽出し、FFTを用いて求めている。平滑化にはバンド幅 0.5Hz の Parzen Window を用いている。

上記の②は、基本モードレイリー波における C40 が Vs30 とほぼ同じ値を示すという性質を用いている。図 14 は横浜市高密度強震ネットワーク観測点 150 地点の PS 検層モデルにおける C40 と Vs30 の関係を示しており、両者がほぼ同じ値となることが分かる ¹¹⁾。

22 地点のアレイ微動観測から得られた位相速度を図 15 に示す。同図から読み取った Vs30 を表 2 に示す。推定された Vs30 は 80~600m/s の範囲にあることが分かる。

表 3 には図 10 から得られた卓越周期 TG も示してある。Vs30 と卓越周期の関係を図 16 に示す。両者には右下がりの傾向があることが示されている。

b) 地盤の平均 S 波速度と増幅倍率の関係

地盤の増幅倍率の推定に用いた 46 個の地震の諸元^{12)、13)}を表 4 に示す。なお、地震の 選定は、1999 年 9 月 13 日から 2007 年 8 月 16 日までの地震で、18 地点以上、かつ、後 述の基準点で地震記録が得られていることを条件に行っている。

本研究では、地盤増幅倍率を基準点の地震動の振幅最大値に対する各観測点での振幅最 大値の比として定義する。振幅最大値としては、加速度最大値および速度最大値を用いて いる。ただし、距離減衰の影響をできるだけ取り除くため、距離減衰式を用いて基準点の 振幅最大値を各観測点でのそれに変換することを試みている。基準点は、Vs30 が 600m/s と最も大きく推定された観測点 OIS としている。なお、同観測点は海岸付近であるが、数 +メートル離れたところでは岩盤が露頭している。

加速度最大値に関する地盤増幅倍率(以下、AFAと呼ぶ)の定義式を以下に示す。

$$AFA_{i} = \frac{Aobs_{i}}{Aobs_{r} \times \frac{Acal_{i}}{Acal_{r}}} = \frac{Aobs_{i}}{Aobs_{r}} \frac{Acal_{r}}{Acal_{i}}$$
(1)

ここで、*Aobs* は地震動の水平 2 成分のベクトル和の加速度最大値、*Acal* は距離減衰式 から得られる加速度最大値である。添え字のrは基準点、iはi番目の観測点であることを 示している。なお、式(1)の第2式の分母は上述の変換に対応する。同様に、速度最大 値に関する地盤増幅倍率(以下、AFVと呼ぶ)を次のように定義する。

$$AFV_{i} = \frac{Vobs_{i}}{Vobs_{r} \times \frac{Vcal_{i}}{Vcal}} = \frac{Vobs_{i}}{Vobs_{r}} \frac{Vcal_{r}}{Vcal_{i}}$$
(2)

ここで、*Vobs* は地震動の水平 2 成分ベクトル和の速度最大値、*Vcal* は距離減衰式から 得られる速度最大値である。なお、地震記録は加速度波形であるため速度波形を得るには 数値積分を行う必要がある。今回は、周波数領域での数値積分を行っており、その際には 図 17 に示した 2 通りのローカットフィルター((1) F1=0.05Hz、 F2=0.1Hz; (2) F1=0.2Hz、 F2=0.4Hz)を用いている。

本研究では、Acal、Vcal を求める際の距離減衰式として、司・翠川の式¹⁴⁾を用いている。なお、表4には、気象庁マグニチュード(Mj)とモーメントマグニチュード(Mw) を記載しているが、司・翠川の式はMwをパラメータとして使用している。

図 18、図 19 に 3 つの地震(EQ3、 8、 25)における Vs30 と AFA、 AFV との関係 を示す。図中の直線は、次の回帰モデルを用いて得られた結果を示している。

$$\log AFA = a \log V s 30 + b \pm \sigma \tag{3}$$

$$\log AFV = a \log V s 30 + b \pm \sigma \tag{4}$$

ここで、a、 b は回帰係数、 σ は標準偏差である。これらの地震では、Vs30 が大きくなると AFA、 AFV が小さくなる傾向があることが見て取れる。次に、図 20 に 46 個の地震の回帰係数 a、標準偏差、および相関係数と Mw の関係を示す。図 20 (c)、(f) から Mw が大きくなるほど相関係数が大きくなること、AFA に比べ AFV の方が Vs30 との相関が高いこと、などが分かる。なお、図 20 (f) から分かるように Mw が 5.5 程度より大きくなると F2 = 0.1Hz のローカットフィルターを使用した AFV と Vs30 の相関係数は低下する傾向が見られる。これらの地震では、表面波が卓越していたため、振幅最大値は地下深部までの影響を受け、たかだか表層 30m の S 波速度構造にはそれほど影響されないためと考えられる。

図 20(c) から加速度最大値の増幅倍率 AFA と Vs30 との間に相関係数にして 0.6~0.8 程度の相関が見られる $6.2 \le Mw \le 7.1$ の 6 地震から得られる a、 σ の平均値を用いて、以下の関係式を提案する。

$$\log AFA = -0.76 \log V s_{30} + 2.12 \pm 0.15 \tag{5}$$

一方、図 20(f)から速度最大値の増幅倍率 AFV と Vs30 との間に相関係数にして 0.6 ~0.8 程度の相関が見られる 5.8≤*Mw*≤7.5 の 16 地震から得られる a、 σの平均値を用いて、以下の関係式を提案する。

$$\log AFV = -0.87 \log V s 30 + 2.43 \pm 0.17 \tag{6}$$

ただし、適用範囲は、 $80 \text{ m/s} \leq Vs30 \leq 600 \text{ m/s}$ である。また、AFV については、F1=0.2Hz、 F2=0.4Hz のローカットフィルターを通した波形に対する増幅倍率であることに注意する 必要がある。なお、図 18、図 19 から分かるように、地震ごとの回帰式は基準点の Vs30=600m/s で増幅倍率=1 を通るとは限らない。これは、基準点においても、振幅最大 値はばらつきを持つためと考えられる。そこで本研究では、回帰式は Vs30=600m/s、増 幅倍率=1 を通るものとし、回帰係数 b の値を調整した。

既往の関係式としては翠川ら¹⁵の式がある。図 21 に提案式と翠川らの式を示す。翠川 らの式は、1987 年千葉県東方沖地震(Mj=6.7)で得られた地震記録より求めており、基 準地盤は Vs30=600m/s 程度で、適用範囲は100m/s < Vs30 < 1500m/s としている。破線は標準 偏差の範囲を示している。翠川らの式と比較すると、提案式は傾きがやや大きいことが分 かる。

(c) 結論ならびに今後の課題

本研究では、深部地盤データを補強するため、関東平野北部および東部の 20 地点にお いて微動アレイ観測を行い、中深度~深部の地盤の S 波速度構造を明らかにした。既往の 研究と比較して、平野端部での地下構造に差異が認められた。この違いは、やや長周期地 震動にも大きく影響を及ぼすことから、既存の地下構造モデルを修正する必要があると考 えられる。

また、浅部地盤データを補強するため、神奈川県内と埼玉県秩父市域の地震観測点において微動一点観測を行い、卓越周期データを得た。神奈川県内の観測点では微動アレイ観 測も行い、得られた位相速度から地盤の平均S波速度を推定し、地盤増幅倍率との関係を 検討した。微動データが得られていない地震観測点について、今後もデータ収集を継続す る必要がある。

(d) 引用文献

- 山中浩明、山田伸之: 強震動評価のための関東平野の3次元S波速度構造モデルの構築, 物理探査、第59巻, pp.549-560, 2006.
- Koketsu, K. and H. Miyake: Proposal for A Standard Procedure of Modeling 3-D Velocity Structure in Japan, Proc. Second International Workshop on Long-period Ground Motion Simulation and Velocity Structures, pp.41-44, 2007.
- 3) 三宅弘恵, 纐纈一起, 古村孝志, 稲垣賢亮, 増田 徹, 翠川三郎: 首都圏の強震動予測の ための浅層地盤構造モデルの構築, 第 12 回日本地震工学シンポジウム, pp.214-217, 2006.
- 4) 大井昌弘,藤原広行,遠山信彦:強震動評価のための南関東地域の浅部地盤初期モデル, 第12回日本地震工学シンポジウム, pp.318-321, 2006.
- Rodriguez, V. H. S. and S. Midorikawa: Applicability of the H/V Spectral Ratio of Microtremors in Assessing Site Effects on Seismic Motion, *Earthquake Engineering* and Structural Dynamics, Vol.31, No.2, pp.261-279, 2002.
- 6) 狐崎長琅,後藤典俊,小林芳正,井川 猛,堀家正則,斎藤徳美,黒田 徹,山根一修,奥 住宏一:地震動予測のための深層地盤 P・S 波速度の推定,自然災害科学, Vol.9, No.3,

pp.1-17, 1990.

- 山中浩明:ハイブリッドヒューリスティック探索による位相速度の逆解析,物理探査, 第 60 巻, pp.265-275, 2007.
- 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, Paper No. 27-050, 2003.
- 9) 紺野克昭:地下構造推定に用いる2点間および3点間空間自己相関法に関する理論的検討,土木学会論文集, No.654, I-52, pp. 367-375, 2000.
- 10) 紺野克昭, 片岡俊一: レイリー波の位相速度から地盤の平均 S 波速度を直接推定する 方法の提案, 土木学会論文集, No.647, I-51, pp. 415-423, 2000.
- 11) 紺野克昭, 鈴木貴博, 鎌田泰広, 長尾 毅: 横浜市高密度強震ネットワーク観測点にお ける微動を用いた地盤の平均 S 波速度の推定, 土木学会論文集 A, Vol.63, No.4, pp.639-654, 2007.
- 12)気象庁: 震度データベース検索, http://www.seisvol.kishou.go.jp/eq/shindo_db/ shindo_index.html.
- 13)防災科学技術研究所:広帯域地震観測網 (F-net) データ, http://www.fnet.bosai.go.jp /freesia/index-j.html.
- 14) 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報告集, 第 523 号, pp. 63-70, 1999.
- 15) Midorikawa, S., Matsuoka, M. and Sakugawa, K.: Site effects on strong-motion records observed during the 1987 Chiba-Ken-Toho-Oki, Japan Earthquake, Proc. 9th Japan Earthquake Engineering Symposium, Vol.3, pp. 85-90, 1994.

(e) 学会発表実績

学会等における口頭・ポスター発表

| 発表成果 | 発表者氏名 | 発表場所 | 発表時期 | 国内• |
|----------------|---------|----------|---------|-----|
| | | | | 外の別 |
| 神奈川県地震観測点に | 早川立倫・古澤 | 東京都港区芝浦工 | 平成 20 年 | 国内 |
| おける表 30m の平均 S | 徹也・古正早希 | 業大学豊洲校舎 | 3月11日 | |
| 波速度と地盤増幅倍率 | 子・紺野克明 | (土木学会関東支 | | |
| の関係 | | 部第35回技術研 | | |
| | | 究発表会) | | |

学会誌・雑誌等における論文掲載

なし

マスコミ等における報道・掲載

なし

- (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
- ソフトウェア開発 なし
- 3) 仕様・標準等の策定

なし

(3) 平成 20 年度業務計画案

深部地盤データの補強のための微動アレイ観測の実施と浅部地盤データの補強のため の微動一点観測による地盤の卓越周期データの取得を継続する。さらに、既存の地盤モデ ルに基づく地盤震動特性と地震観測記録のスペクトル・インバーション結果や微動測定結 果との比較を行い、地盤モデルの改良について検討する。



図1. 微動観測点の位置。



図 2. アレイの例。

表1 観測点一覧

| 観測場所 | コード | 緯度 | 経度 |
|-----------|-----|----------|-----------|
| 埼玉県本庄市 | HNJ | 36.25962 | 139.17363 |
| 埼玉県川本町 | KWM | 36.12656 | 139.28018 |
| 群馬県前橋市 | MEB | 36.37693 | 139.06235 |
| 群馬県吉井町 | YSI | 36.25941 | 138.98402 |
| 埼玉県吉見町 | YSM | 36.03203 | 139.47126 |
| 千葉県鴨川市 | KAM | 35.13629 | 139.96841 |
| 千葉県勝浦市 | KTU | 35.15773 | 140.32266 |
| 千葉県市原市養老 | YOR | 35.28667 | 140.15301 |
| 千葉県長南町 | CHN | 35.38634 | 140.23680 |
| 千葉県銚子市 | CHS | 35.73024 | 140.83093 |
| 千葉県大栄町 | TEI | 35.83076 | 140.41957 |
| 茨城県龍ヶ崎市 | RYU | 35.91185 | 140.18253 |
| 茨城県阿見町 | AMI | 36.03173 | 140.21735 |
| 茨城県玉造町 | TAM | 36.10498 | 140.41512 |
| 茨城県石岡市 | ISH | 36.19286 | 140.28741 |
| 茨城県境町 | SKI | 36.11064 | 139.80109 |
| 茨城県下妻市 | SIM | 36.18395 | 139.96769 |
| 茨城県協和町 | KYO | 36.32872 | 140.03428 |
| 茨城県ひたちなか市 | NKM | 36.35413 | 140.59433 |
| 茨城県水戸市 | MIT | 36.36906 | 140.45277 |



図 3. 位相速度の観測値。



図 4. S 波速度構造モデル。



図 5. 観測値と逆解析モデルの比較。



図 6. 本研究と山中・山田 1)の基盤深度の比較。



図 7. 本研究と山中・山田(2006)のモデルに対する S波増幅特性の比較。



図 8. 本研究と山中・山田 ¹⁾のモデルに対する S 波増幅の卓越周期の比較。



図 9. 常時微動一点観測を行った地震観測点の分布。

| No. | ID | 観測機関 | 観測点名称 | 住所 | 緯度 | 経度 | 卓越 周期(秒) |
|-----|-----|---------|---------------|-----------------------|---------|----------|-------------|
| 1 | AIK | 都道府県 | 愛川町消防本部 | 神奈川県愛甲郡愛川町角田251-1 | 35.5257 | 139.3256 | 0.27 |
| 2 | AYS | 都道府県 | 綾瀬市消防本部 | 神奈川県綾瀬市深谷3850-2 | 35.4317 | 139.4323 | 0.25 |
| 3 | EBN | 都道府県 | 海老名消防本部 | 神奈川県海老名市大谷816 | 35.4415 | 139.3938 | 0.63 |
| 4 | HKN | 都道府県 | 箱根町役場 | 神奈川県足柄下郡箱根町湯本256 | 35.2289 | 139.1105 | 0.12 |
| 5 | HYM | 都道府県 | 葉山町消防本部 | 神奈川県三浦郡葉山町堀内2050 | 35.2680 | 139.5881 | 0.50 |
| 6 | ISH | 都道府県 | 伊勢原市消防本部 | 神奈川県伊勢原市伊勢原3-32-20 | 35.3984 | 139.3119 | 0.62 |
| 7 | KIS | 都道府県 | 開成町役場 | 神奈川県足柄上郡開成町延沢773 | 35.3331 | 139.1261 | 0.52 |
| 8 | KYK | 都道府県 | 清川村役場 | 神奈川県愛甲郡清川村煤ヶ谷2216 | 35.4792 | 139.2794 | 0.25 |
| 9 | MNM | 都道府県 | 南足柄消防署岡本分署 | 神奈川県南足柄市怒田40-1 | 35.3197 | 139.1137 | 0.52 |
| 10 | MNZ | 都道府県 | 真鶴町保健センター | 神奈川県足柄下郡真鶴町岩244-1 | 35.1552 | 139.1404 | 0.29 |
| 11 | MTD | 都道府県 | 松田町役場 | 神奈川県足柄上郡松田町松田惣領2037 | 35.3452 | 139.1423 | 0.56 |
| 12 | NKI | 都道府県 | 中井町役場 | 神奈川県足柄上郡中井町比奈窪56 | 35.3275 | 139.2218 | 0.37 |
| 13 | NNM | 都道府県 | 二宮町消防本部 | 神奈川県中郡二宮町中里711-1 | 35.3044 | 139.2553 | 1.14 |
| 14 | OIS | 都道府県 | 大磯町役場 | 神奈川県中郡大磯町東小磯183 | 35.3039 | 139.3145 | 0.06 |
| 15 | OOI | 都道府県 | 大井町役場 | 神奈川県足柄上郡大井町金子1995 | 35.3236 | 139.1600 | 0.73 |
| 16 | SGK | 都道府県 | 相模湖総合事務所 | 神奈川県津久井郡相模湖町与瀬896 | 35.6112 | 139.1920 | 0.10 |
| 17 | SMK | 都道府県 | 寒川町役場 | 神奈川県高座郡寒川町宮山165 | 35.3699 | 139.3871 | 0.52 |
| 18 | SRY | 都道府県 | 城山総合事務所 | 神奈川県津久井郡城山町久保沢1-3-1 | 35.5926 | 139.3062 | 0.44 |
| 19 | TKI | 都道府県 | 津久井総合事務所 | 神奈川県津久井郡津久井町中野633 | 35.5832 | 139.2594 | 0.22 |
| 20 | YMT | 都道府県 | 大和市役所 | 神奈川県大和市下鶴間1-1-1 | 35.4846 | 139.4615 | 0.45 |
| 21 | ZAM | 都道府県 | 座間消防本部 | 神奈川県座間市緑が丘6-1-15 | 35.4901 | 139.4044 | 0.49 |
| 22 | ZUS | 都道府県 | 逗子消防本部 | 神奈川県逗子市桜山2-3-31 | 35.2924 | 139.5921 | 1.28 |
| 23 | KJO | 川崎市 | 臨海消防署千鳥出張所 | 神奈川県川崎市川崎区千鳥町15-4 | 35.5191 | 139.7559 | 1.28 |
| 24 | KWK | 川崎市 | 川崎高等学校 | 神奈川県川崎市川崎区中島3-3-1 | 35.5247 | 139.7180 | 0.81 |
| 25 | SWI | 川崎市 | 幸区役所 | 神奈川県川崎市幸区戸手本町1-11-1 | 35.5404 | 139.6905 | 0.71 |
| 26 | NHR | 川崎市 | 中原区役所 | 神奈川県川崎市中原区小杉町3-245 | 35.5729 | 139.6589 | 0.50 |
| 27 | JKW | 気象庁 | JMA川崎(西丸子小学校) | 神奈川県川崎市中原区小杉陣屋町2-19-1 | 35.5838 | 139.6583 | 0.18 |
| 28 | TKT | 川崎市 | 高津区役所 | 神奈川県川崎市高津区下作延274-2 | 35.5961 | 139.6108 | 0.48 |
| 29 | NGW | 川崎市 | 宮前消防署野川出張所 | 神奈川県川崎市宮前区野川3417-28 | 35.5688 | 139.6099 | 0.51 |
| 30 | MYM | 川崎市 | 宮前平小学校 | 神奈川県川崎市宮前区宮前平3-14-1 | 35.5857 | 139.5895 | 0.26 |
| 31 | NBT | 川崎市 | 登戸小学校 | 神奈川県川崎市多摩区登戸1329 | 35.6195 | 139.5619 | 0.10 |
| 32 | ASO | 川崎市 | 麻生区役所 | 神奈川県川崎市麻生区万福寺1-5-1 | 35.6007 | 139.5089 | 0.03 |
| 33 | KKO | 川崎市 | 麻生消防署柿生出張所 | 神奈川県川崎市麻生区片平2-30-7 | 35.5882 | 139.5008 | 0.14 |
| 34 | CCB | 都道府県 | 秩父市役所 | 埼玉県秩父市熊木町8-15 | 35.9886 | 139.0890 | 0.29 |
| 35 | JC1 | 気象庁 | JMA秩父 | 埼玉県秩父市上町3-21-38 | 35.9833 | 139.0767 | _ |
| 36 | JC2 | 気象庁 | 旧JMA秩父 | 埼玉県秩父市近戸町3-38 | 35.9900 | 139.0783 | _ |
| 37 | KCB | K-NET | K-NET秩父 | 埼玉県秩父市近戸町2024-45 | 35.9922 | 139.0741 | 0.15 |
| 38 | OTK | 都道府県 | 大滝総合支所 | 埼玉県秩父市大滝985 | 35.9500 | 138.9380 | _ |
| 39 | ARK | 都道府県 | 荒川総合支所 | 埼玉県秩父市荒川上田野1734-6 | 35.9544 | 139.0330 | 0.09 |
| 40 | YSD | 都道府県 | 吉田総合支所 | 埼玉県秩父市下吉田6585-2 | 36.0394 | 139.0270 | _ |
| 41 | KNK | K-NET | K-NET中津川 | 埼玉県秩父市中津川447 | 35.9922 | 138.8041 | 0.12 |
| 42 | YKZ | 都道府県 | 横瀬町役場 | 埼玉県秩父郡横瀬町横瀬4545-1 | 35.9842 | 139.1030 | 0.30 |
| 43 | OGN | 都道府県 | 小鹿野町役場 | 埼玉県秩父郡小鹿野町小鹿野89 | 36.0139 | 139.0120 | _ |
| 44 | JRK | 気象庁 | JMA両神 | 埼玉県秩父郡小鹿野町両神薄9233 | 36.0167 | 138.9017 | _ |
| 45 | RYK | 都道府県 | | 埼玉県秩父郡小鹿野町両神薄2906 | 36.0100 | 138.9740 | _ |
| 46 | KOG | KiK-net | KiK-net小鹿野 | 埼玉県秩父郡小鹿野町飯田2575 | 36.0243 | 138.9722 | 0.17 |
| 47 | MNM | 都道府県 | 皆野町役場 | 埼玉県秩父郡皆野町皆野1420-1 | 36.0683 | 139.1024 | |
| 48 | KNT | K-NET | K-NET長瀞 | 埼玉県秩父郡長瀞町野上下郷3316-1 | 36.1147 | 139,1077 | 0.10 |
| 49 | YRI | 都道府県 | 寄居町役場 | 埼玉県大里郡寄居町寄居1180-1 | 36.1150 | 139.1960 | 0.26 |

表2 常時微動一点観測を行った地震観測点の一覧



1. 愛川町消防本部 (AIK)



2. 綾瀬市消防本部 (AYS)



3. 海老名市消防本部(EBN)



5. 葉山町消防本部 (HYM)



4. 箱根町役場(HKN)



6. 伊勢原市消防本部 (ISH)

図 10. 神奈川県の地震観測点における微動 H/V スペクトル。



7. 開成町役場 (KIS)



8. 清川村役場 (KYK)



9. 足柄西消防署岡本分署(MNM)



11. 松田町役場 (MTD)



10. 真鶴町保健センター (MNZ)



12. 中井町役場 (NKI)

図 10. 神奈川県の地震観測点における微動 H/V スペクトル (つづき)。



13. 二宮町消防本部 (NNM)

Η/Vスペクトル



14. 大磯町役場 (OIS)



15. 大井町役場 (OOI)



17. 寒川町役場 (SMK)

16. 相模湖総合事務所 (SGK)



18. 城山総合事務所 (SRY)

図 10. 神奈川県の地震観測点における微動 H/V スペクトル (つづき)。





19. 津久井総合事務所(TKI)

20. 大和市役所 (YMT)



21. 座間市消防本部 (ZAM)



22. 逗子市消防 (ZUS)

図 10. 神奈川県の地震観測点における微動 H/V スペクトル (つづき)。



図 11. 川崎市の地震観測点での微動 H/V スペクトル比。



図 12. 埼玉県秩父市域の地震観測点での微動 H/V スペクトル比。



図 13. 微動 H/V スペクトル比の卓越周期の分布。



図 14. 基本モードレイリー波の波長 40m における理論位相速度 C40 と Vs30の関係 (文献 ¹¹⁾に加筆)。



1. 愛川町消防本部 (AIK)



2. 綾瀬市消防本部 (AYS)



3. 海老名市消防本部 (EBN)



5. 葉山町消防本部 (HYM)



4. 箱根町役場 (HKN)



6. 伊勢原市消防本部 (ISH)

図 15. 観測位相速度。



7. 開成町役場(KIS)

1000

100

観測位相速度 (m/s)



8. 清川村役場 (KYK)



9. 足柄西消防署岡本分署(MNM)

0.1



11. 松田町役場 (MTD)



10. 真鶴町保健センター (MNZ)



12. 中井町役場 (NKI)

図 15. 観測位相速度(つづき)。



13. 二宮町消防本部 (NNM)

1000

100

観測位相速度(m/s)



14. 大磯町役場 (OIS)

アレイ半径 - 3m - 9m - 15m

波長40m



15. 大井町役場 (OOI)

0.1



17. 寒川町役場 (SMK)



追 100 Vs30=500m/s 0.1 周期 (s)

16. 相模湖総合事務所 (SGK)



18. 城山総合事務所 (SRY)





19. 津久井総合事務所(TKI)



21. 座間市消防本部 (ZAM)





22. 逗子市消防 (ZUS)

図 15. 観測位相速度(つづき)。

| Na | 観測点 | Vs30 | 卓越周期 | | | |
|-----------------|-----|-------|------|--|--|--|
| INO | ID | (m/s) | (s) | | | |
| 1 | AIK | 320 | 0.27 | | | |
| 2 | AYS | 260 | 0.25 | | | |
| 3 | EBN | 195 | 0.63 | | | |
| 4 | HKN | 590 | 0.12 | | | |
| 5 | HYM | 280 | 0.50 | | | |
| 6 | ISH | 240 | 0.62 | | | |
| 7 | KIS | 410 | 0.52 | | | |
| 8 | KYK | 290 | 0.25 | | | |
| 9 | MNM | 240 | 0.52 | | | |
| 10 | MNZ | 290 | 0.29 | | | |
| 11 | MTD | 280 | 0.56 | | | |
| 12 | NKI | 150 | 0.37 | | | |
| 13 | NNM | 60 | 1.14 | | | |
| 14 | OIS | 600 | 0.06 | | | |
| 15 | IOO | 220 | 0.73 | | | |
| 16 | SGK | 500 | 0.10 | | | |
| 17 | SMK | 145 | 0.52 | | | |
| 18 | SRY | 310 | 0.44 | | | |
| 19 | TKI | 285 | 0.22 | | | |
| 20 | YMT | 310 | 0.45 | | | |
| 21 | ZAM | 240 | 0.49 | | | |
| $\overline{22}$ | ZUS | 160 | 1.28 | | | |

表3 各観測点で推定された Vs30、卓越周期



図 16. 微動から推定された卓越周期 T_Gと 表層 30mの平均S波速度 Vs30 (図中の数字は観測点番号)。

表4 本研究で検討した地震の緒元

| IQ 市田 北原 水原 シ | EQ 日時 | 震源位置 | | | | | 観測 | 震源 | 水平合成の加速度最大値(cm /s ²) | | | | | |
|--|-------|------------------|---------------------|------------------------|-----|------------|-------|----------------------------|---|-----------|-------|-----|-----------|-------------|
| 1 1 1990001300756 33' 55. 16' 9.5' 76 5.1 5.3 7.8 共振以南部 20 99139 5.3 5.7 16.4 7.6 2 2000071010-003 34' 11.4' 130' 11.0' 16 6.6 6.2 新島、中洋集政(新 20 100-157 10.4 2.2 5.5 3.9 4 2000077010-003 34' 10.0' 130' 10.7' 10' 6.5 6.6 5.6 三 三 10' 11.0' 10' 12.2 2.2 7.6 2.9 7 2000077300916 34' 10.7 111' 7.1' 49 6.4 6.0 だ数以中 10 12.1'12 1.5 5.1 5.7 7 200007300012 33' 32.7' 135' 50.4' 19' 50.4' 1.0 6.4 5.2 2.8 10' 12.1'12 1.5' 1.5' 1.5' 1.5' 1.5' 1.5' 1.5' 1.5' 1.5' 1.5' 1.5' 1.5' 1.5' 1.5' 1.5' 1.5' 1.5' 1.5' 1.5' | | 北緯 | 東経 | 深さ (km) | Мj | Mw | 震央地域名 | 点数 | 距離 (km) | 最大 | 最小 | 平均 | 標 準 偏差 | |
| 1 1000047000630 50 ¹ 1.4 ¹ 1.4 ⁰ 3.6 4.8 4.7 天然期等部 20 10-157 10.8 1.4 4.9 3.0 3 2000077101002 50 ¹ 1.0.5 ¹ | 1 | 1999/09/13/07:56 | 35° 35.8' | 140° 9.5' | 76 | 5.1 | 5.3 | 千葉県北西部 | 20 | 98-129 | 33.9 | 5.7 | 15.4 | 7.3 |
| 3 00000701/4602 94' 11.4' 130' 140' 150' 130' 130' 141' 140' 140' 150' 130' 112' 14' 13' 12' 12' 12' 12' 12' 12' 13' 14' 13' 14' 13' 14'' 13'' 14'' 13'' 14'' 13'' 14'' 13'' 14'' 13'' 14'' 13'' 14'' 13'' 14'' 13'' 14'' 13'' 14'' 13'' 14'' 13'' 14''' | 2 | 2000/04/10/06:30 | 36° 11.4' | 140° 3.6' | 55 | 4.8 | 4.7 | 茨城県南部 | 20 | 110-152 | 10.8 | 1.4 | 4.9 | 3.0 |
| 4 200007/030603 54' 10.5' 139' 20.6'' 106 5.6 三名音, 200007/51/03/20 14' 2.1' 10.0 6.3 6.0 新命、神津高夏活 10 8.1 11.1' 21.1 10.0 1.5' 2000007/51/03/20 36' 31.7' 14' 7.1' 40 6.4 6.0 茨城県市 10 105-240 12.2 2.0 7.0 2.0'' 2000007/50/0151 34' 1.8' 138' 24.1' 11 6.0 5.7 三名馬近海 10 128'174 3.4 3.4' 3.4' 1.5' <t< td=""><td>3</td><td>2000/07/01/16:02</td><td>34° 11.4'</td><td>139° 11.6'</td><td>16</td><td>6.5</td><td>6.2</td><td>新島·神津島近海</td><td>20</td><td>108-157</td><td>19.4</td><td>2.2</td><td>5.5</td><td>3.9</td></t<> | 3 | 2000/07/01/16:02 | 34° 11.4' | 139° 11.6' | 16 | 6.5 | 6.2 | 新島·神津島近海 | 20 | 108-157 | 19.4 | 2.2 | 5.5 | 3.9 |
| 5 000007/54/10:30 14* 5.4 1000 7.5 7.8 7.9 100007 11.5 1.5 7.0 2.5 6 2000007/5000/158 36* 11.0 1.0.1 7.1 1.6 0.0 7.7 7.5 2.5 <th2.5< th=""> 2.5 2.5 <th2< td=""><td>4</td><td>2000/07/03/05:03</td><td>34° 10.5'</td><td>139°20.6'</td><td>16</td><td>5.6</td><td>5.6</td><td>三宅島近海</td><td>18</td><td>111-158</td><td>14.1</td><td>2.1</td><td>4.9</td><td>2.8</td></th2<></th2.5<> | 4 | 2000/07/03/05:03 | 34° 10.5' | 139°20.6' | 16 | 5.6 | 5.6 | 三宅島近海 | 18 | 111-158 | 14.1 | 2.1 | 4.9 | 2.8 |
| 6 9000072100330 95*3.7 1.11*7.1 4.40 6.4 6.0 東索県市 19 195*2.40 12.2 2.2 7.0 2.9 7 20000750007130 33*5.27 135*2.41 1.0 6.0 5.7 三名鹿近海 20 135*1.81 2.4 4.7 5.5 1.1 6.0 5.7 三名鹿近海 20 135*1.81 2.4 4.7 5.5 1.1 5.0 1.0 20000071107145 35*5.9 1.05*1.1 1.0 5.0 4.8 7.8 5.8 5.9 1.0 <t< td=""><td>5</td><td>2000/07/15/10:30</td><td>$34^{\circ}\ 25.4'$</td><td>$139^{\circ} \ 14.5'$</td><td>10</td><td>6.3</td><td>6.0</td><td>新島·神津島近海</td><td>19</td><td>82-130</td><td>18.2</td><td>5.0</td><td>9.9</td><td>3.5</td></t<> | 5 | 2000/07/15/10:30 | $34^{\circ}\ 25.4'$ | $139^{\circ} \ 14.5'$ | 10 | 6.3 | 6.0 | 新島·神津島近海 | 19 | 82-130 | 18.2 | 5.0 | 9.9 | 3.5 |
| 1 20000073000913 34' 18' 13'' 24.0 11 6.0 5.7 三老島近嶺 19' 128'' 1.0 1.0. 2.2 8 2000007300043 53'' 6.2 135'' 6.1 15'' 6.0 15'' 15'' 6.0 10'' 2000007100743 53'' 6.0 10'' 20000071007120 7.0 15'' 6.0 4.0 Xdk只希部 10'' 16.0 1.0''' 1.0''' 1.0''' 1.0'''' 1.0'''''''''''''''''''''''''''''''''''' | 6 | 2000/07/21/03:39 | 36° 31.7' | 141° 7.1' | 49 | 6.4 | 6.0 | 茨城県沖 | 19 | 195-240 | 12.2 | 2.2 | 7.0 | 2.9 |
| 8 000007.002123 35 5.2.' 130' 2.4.' 1.3' 5.5.' 1.5' 5.5' 1. | 7 | 2000/07/30/09:18 | $34^{\circ} 1.8'$ | $139^{\circ} 24.1'$ | 11 | 6.0 | 5.7 | 三宅島近海 | 19 | 128-174 | 9.7 | 1.5 | 3.5 | 2.2 |
| 9 900008/190/130 35* 32.7* 134* 53.4* 19 3.9 3.7 1.4 異果 正 18 31-9 2.6 2.8 7.9 6.0 10 200008/1107124 33* 5.9* 140* 7.4* 65 4.8 4.8 4.9 大族県用部 19 105*144 1.2 2.2 2.0 2.2 7.7 1.7 <t< td=""><td>8</td><td>2000/07/30/21:25</td><td>33° 58.2'</td><td>139° 24.6'</td><td>17</td><td>6.5</td><td>6.4</td><td>三宅島近海</td><td>20</td><td>135-181</td><td>25.4</td><td>3.4</td><td>7.5</td><td>5.1</td></t<> | 8 | 2000/07/30/21:25 | 33° 58.2' | 139° 24.6' | 17 | 6.5 | 6.4 | 三宅島近海 | 20 | 135-181 | 25.4 | 3.4 | 7.5 | 5.1 |
| 10 2000091107:14 34' 30.9' 130'' 131'' 54'' 54'' 74'' 75'' 65'' 48'' 49'' 天城県南部 19 105'' 101'' 100''' 101''' 101'''' 101'''''''''' 101''''''''''''''''''''''''''''''''''' | 9 | 2000/08/19/04:36 | 35° 32.7' | 138° 59.4' | 19 | 3.9 | 3.7 | 山梨県東部 | 18 | 31-49 | 24.6 | 2.8 | 7.9 | 6.0 |
| 11 2002/07/13/21:43 50 1.40 [*] 7.4 [*] 65 4.8 4.9 茨威県南部 19 105 ⁻¹⁴⁵ 12.3 2.2 5.0 2.5 12 2003/03/13/12/057 35 [*] 5.2.1 1.40 [*] 5.1.4 7.5 5.0 2.7 7.1 7.0 宮城長市 22 450 ⁻¹ 26 1.8.6 3.8 14 2003/05/2017824 38 [*] 49.2 1.41 [*] 39.0 [*] 7.2 7.1 7.0 宮城長市 22 420 ⁻¹ 0 1.6.6 3.5 8.9 3.8 15 2003/05/2017824 38 [*] 49.2 1.41 [*] 39.0 [*] 7.2 7.1 7.0 宮城長市 19 9713.0 1.3.9 2.4 1.4.2 5.0 16 2003/01/15/16.30 35 [*] 3.6.8 1.40 [*] 2.9 7.4 5.1 5.1 千葉県東市市 18 405 ⁻¹ 1.3 3.0 1.6 18 2003/11/12/1727 33 [*] 3.8.8 1.40 [*] 2.9 4.6 4.8 4.9 ズ城県市 19 180 ⁻² 53 6.3 1.3 9.1 | 10 | 2000/09/11/07:49 | 34° 30.9' | 139° 13.1' | 11 | 5.4 | 5.2 | 新島·神津島近海 | 18 | 72-120 | 7.3 | 1.8 | 3.1 | 1.5 |
| 12 2003/00/31/12/13 36* 5.4 139* 51.3* 47 5.0 4.9 天成県南部 19 88-131 7.7 1.7 4.1 1.7 13 2003/05/12/00.57 35* 52.1* 140* 5.1* 47 5.3 5.2 千葉県北西部 22 42.0*70 16.6 3.5 8.9 3.4 14 2003/05/01/52/03 35* 30.1* 139* 5.7* 222 4.1 3.7 沖茶県北西部 19 97-130 13.9 2.4 7.3 3.2 17 2003/09/2012/55 35* 13.1* 140* 6.5* 69 4.8 4.8 千葉県北西部 19 97-130 1.9 2.4 7.3 3.2 18 2003/01/51/520 35* 13.1* 140* 12.0* 740 5.8 5.7 千葉県北西部 19 92-130 2.8 3.5 1.6 1.6 1.7 F葉県北西部 19 92-130 2.8 1.0 1.8 2.5 1.0 1.4 2.5 1.0 1.4 1.5 1.5 1.7 1.6 1.5 1.7 1.7 1.7 1.7 1.7 1.7 1.6 </td <td>11</td> <td>2002/07/13/21:45</td> <td>35° 59.9'</td> <td>140° 7.4'</td> <td>65</td> <td>4.8</td> <td>4.9</td> <td>茨城県南部</td> <td>19</td> <td>105-145</td> <td>12.3</td> <td>2.2</td> <td>5.9</td> <td>2.5</td> | 11 | 2002/07/13/21:45 | 35° 59.9' | 140° 7.4' | 65 | 4.8 | 4.9 | 茨城県南部 | 19 | 105-145 | 12.3 | 2.2 | 5.9 | 2.5 |
| 13 2003/05/12/06:75 35 5.2. 千葉県北西部 22 85-126 10.6. 2.5. 8.1 3.4 14 2003/05/26/18:24 38' 40.2 141' 30.0' 7.2 7.1 7.0 宮城県井 22 420'170 16.6 3.5 8.9 3.8 15 2003/05/18/18:59 35' 48.2 140' 6.5' 6.9 4.8 4.8 千葉県北西部 19 97-130 13.9 2.4 7.3 3.2 17 2003/09/20/12:65 35' 13.1' 140' 18.0' 70 5.8 5.7 千葉県北西部 19 92-121 2.7.8 3.7 13.0 7.0 18 2003/01/12/17:27 33' 0.8' 137' 2.0' 365 6.5 6.5 7.6 Relepitshet 10 198-233 6.3 1.3 3.9 1.6' 21 2004/04/0722:4'7 3' 17.1' 140' 3.3' 7.5 4.6 4.7 千葉県北西部 20 10.9'13.3 3.3 5.8 1.5'5.7 7.5' 10.9'13.3 | 12 | 2003/03/13/12:13 | $36^{\circ} 5.4'$ | $139^{\circ} 51.3'$ | 47 | 5.0 | 4.9 | 茨城県南部 | 19 | 88-131 | 7.7 | 1.7 | 4.1 | 1.7 |
| 14 2003/05/26/15:4 38' 49.2' 14'' 39.0 72 7.1 7.0 官威県仲 22 420-70 16.6 3.5 8.9 8.8 15 2003/07/12/02:31 35' 30.1' 139' 5.7' 22 4.1 3.7 神奈川県西部 19 97-130 13.9 2.4 7.3 3.2 17 2003/09/20/12:55 35' 13.1' 140' 18.0' 70 5.8 5.7 千葉県北西部 19 92-121 2.7.8 3.7 13.0 7.0 19 2003/1/12/17:2 33' 9.8' 137' 2.0' 395 6.5 6.4 紀伊馬牌 19 185-233 6.3 3.3 1.6 20 204/04/04/05:02 36' 36.9' 140' 2.0' 46 4.9 5.1 房秘半島南東沖 22 144'144 19.8 2.3 5.7 7.7 23 204/04/04/07/22:47 34' 10'' 1.40'' 5.8' 7.1 7.2 記伊単島市東沖 20 109-153 3.3 5.8 1.7 < | 13 | 2003/05/12/00:57 | 35° 52.1' | 140° 5.1' | 47 | 5.3 | 5.2 | 千葉県北西部 | 22 | 85-126 | 19.3 | 2.9 | 8.1 | 3.4 |
| 15 2003/07/12/02:31 35* 30.1 139* 5.7. 22 4.1 3.7 神奈川県西部 18 27-55 4.2.6 2.4 1.1.5 10.8 16 2003/08/18/18:59 35* 48.2 140* 6.5 6.9 4.8 千葉県上西部 19 97-130 13.0 2.4 7.3 3.2 17 2003/09/2012:55 35* 13.1* 140* 2.9* 7.4 5.1 5.1 千葉県上西部 19 92-121 2.7.8 3.7 13.0 7.0 19 2004/04/07/22:47 34* 141* 9.2* 44 5.8 5.9 茨級保持市 19 189-233 6.3 1.3 3.0 1.6 21 2004/04/07/22:47 34* 1.1* 1.40* 2.9 4.6 4.7 7葉県上海市東 20 1.09-153 3.3 5.7 5.7 万 万級保持市 10 1.5 1.6 1.7 7.7 3.7 2004/0007/19:07 3*1.9* <t< td=""><td>14</td><td>2003/05/26/18:24</td><td>38° 49.2'</td><td>141° 39.0'</td><td>72</td><td>7.1</td><td>7.0</td><td>宮城県沖</td><td>22</td><td>420-470</td><td>16.6</td><td>3.5</td><td>8.9</td><td>3.8</td></t<> | 14 | 2003/05/26/18:24 | 38° 49.2' | 141° 39.0' | 72 | 7.1 | 7.0 | 宮城県沖 | 22 | 420-470 | 16.6 | 3.5 | 8.9 | 3.8 |
| 16 2003/08/18/18/1850 35 ⁺ 48.2 140 ⁺ 6.5 ⁺ 69 4.8 4.8 千葉県東方神 19 97-130 13.0 2.4 7.3 3.2 17 2003/09/20/12:56 35 ⁺ 13.1 ⁺ 140 ⁺ 18.0 ⁺ 70 5.8 5.7 千葉県東方神 18 97-130 122.5 5.9 14.2 5.0 1.0 7.0 5.8 5.7 千葉県東方神 18 95-130 22.5 5.9 1.4.2 5.0 7.0 5.8 5.9 沃振馬沖 18 495-522 1.0.7 2.6 5.6 2.0 2004/07/122:47 34 ⁺ 17.1 140 ⁺ 29.0 ⁺ 46 4.9 5.1 万後半島南東沖 20 109-153 3.3.3 5.8 1.5.7 7.2 2004/09/05/19:07 33 ⁺ 1.9 136 ⁺ 47.8 ⁺ 38 7.1 7.2 紀伊半島沖 20 199-153 3.3.3 5.8 1.5.7 7.4 7.5 2004/09/05/19:07 33 ⁺ 1.9 136 ⁺ 47.8 ⁺ 38 7.1 7.2 紀伊半島沖 10 </td <td>15</td> <td>2003/07/12/02:31</td> <td>35° 30.1'</td> <td>139° 5.7'</td> <td>22</td> <td>4.1</td> <td>3.7</td> <td>神奈川県西部</td> <td>18</td> <td>27-55</td> <td>42.6</td> <td>2.4</td> <td>11.5</td> <td>10.8</td> | 15 | 2003/07/12/02:31 | 35° 30.1' | 139° 5.7' | 22 | 4.1 | 3.7 | 神奈川県西部 | 18 | 27-55 | 42.6 | 2.4 | 11.5 | 10.8 |
| 17 2003/09/201255 35' 13.1' 140' 18.0' 70' 5.8 5.7' 千葉県東方神 18 95'130 22.5 5.9 14.2 5.0 18 2003/10/15/16:30 35' 6.4' 16'' 2.0'' 74' 5.1 5.1 千葉県東北西部 18 95'120 27.8 3.7 13.0'' 7.0 19 2003/11/15/16:30 36' 2.3.4'' 141'' 9.2'' 40'' 5.8'' 5.9'' 大数 4.5''' 10''' 18''' 2.0''' 3.3''' 5.8''' 5.5'' 5.6''' 房総半島南東沖 20''' 10'''' 1.0'''' 3.3''''' 5.8'''' 1.0''''' 1.0'''''''' 3.3''''''''''''''''''''''''''''''''''' | 16 | 2003/08/18/18:59 | 35° 48.2' | $140^{\circ} 6.5'$ | 69 | 4.8 | 4.8 | 千葉県北西部 | 19 | 97-130 | 13.9 | 2.4 | 7.3 | 3.2 |
| 18 2003/10/15/16:30 35' 36.8' 140' 2.9' 74' 5.1' 5.1' 千葉県北西部 19 92:12 27.8' 3.7' 13.0' 7.0' 19 2003/1/12/17:27' 33' 9.8' 137' 2.0' 395' 6.5' 6.4' 紀伊半島神 18 495-52 10.7' 2.6' 5.6' 5.6' 5.8' 法保护告商東沖 18' 495-52 10.7' 2.6' 5.6' 5.6' 5.6' 万般半島南東沖 22 144'190 19.8'''' 3.3'''' 5.7''' 3.4'''' 21 2004/04/07/22:4'' 34'''' 7.1'''' 140'''' 5.6'' 万総+島南東沖 20''' 100''''''''''''''''''''''''''''''''''' | 17 | 2003/09/20/12:55 | 35° 13.1' | 140° 18.0' | 70 | 5.8 | 5.7 | 千葉県東方沖 | 18 | 95-130 | 22.5 | 5.9 | 14.2 | 5.0 |
| 19 2003/11/12/17:27 33° 9.8' 137' 2.0' 395 6.5 6.4 紀伊半島沖 18 495-522 10.7 2.6 5.6 2.5 20 2004/04/04/02:2 36' 2.3.' 111' 9.2' 40 5.8 5.9 茨城県沖 19 189-233 6.3 1.3 3.9 1.6 21 2004/07/12:1' 34' 5.0'2' 140' 21.3' 69 5.5 5.6 万総半島南東沖 20 109-153 3.33 5.8 1.5.7 7.7 23 2004/07/07/2:4'1 33' 1.9' 136' 47.8' 38 7.1 7.2 紀伊半島沖 21 326-368 1.6.6 1.9 7.7 3.7 25 2004/09/05/19:07 33' 1.2' 137' 1.5' 41 6.5 5.5 東海道沖 20 298-340 1.6.6 6.8 4.1 26 2004/10/62/3:40 35' 5.5 3' 140' 5.5' 6.6 5.7 万 万 7<5 | 18 | 2003/10/15/16:30 | 35° 36.8' | $140^{\circ} 2.9'$ | 74 | 5.1 | 5.1 | 千葉県北西部 | 19 | 92-121 | 27.8 | 3.7 | 13.0 | 7.0 |
| 200 2004/04/04/08/202 36* 2.3.4* 1.41* 9.2.7 49 5.8 5.9 茨城県沖 19 189-233 6.3.3 1.3 3.9 1.6 21 2004/04/07/22:47 34* 17.1* 140* 21.3* 69 5.5 5.6 房総半島南東沖 20 109-153 33.3 5.8 15.5 7.7 22 2004/07/017171510 34* 10.0* 2.1 7.7 3.4 7.7 3.4 7.7 2.2 紀伊半島沖 20 93-122 15.9 2.4 7.2 3.4 24 2004/09/05/23:57 33* 8.2* 137* 8.4* 4.4 7.4 7.5 東海道沖 19 283-325 11.4 2.5 4.9 2.4 2004/09/07/08:29 33* 1.25* 137* 1.7.5* 414 6.5 6.5 東海道沖 19 283-325 11.4 2.5 4.9 2.4 2004/10/23/17:56 37* 1.7.5 138* 52.8* 14 6. | 19 | 2003/11/12/17:27 | 33° 9.8' | $137^{\circ} 2.0'$ | 395 | 6.5 | 6.4 | 紀伊半島沖 | 18 | 495 - 522 | 10.7 | 2.6 | 5.6 | 2.5 |
| 1 2004/04/07/22:47 34' 1.1' 140' 9.0' 46 4.9 5.1 房総半島南東沖 22 144'194 19.8 2.3 5.7 3.7 22 2004/07/17/1510 34' 50.2'' 140' 2.3'' 75 4.6 4.7 千葉県北西部 20 93:122 15.9 2.4 7.2 3.4''' 23 2004/09/05/19:07 33' 1.5'' 13''' 1.4'' 7.2 3.4''' 1.9''' 1.7'' 3.7'''' 24 2004/09/05/23:57 33''' 1.5'' 137'''' 4.1 6.5 6.5 東海道沖 19 283:325 11.4'' 2.5 4.9 2.4 27 2004/10/23/17:56 37''''' 1.3''' 66 5.7 5.7 茨城県南部 10 1.5''' 1.0''' 1.0'''' 1.0'''' 1.0'''''''''' 1.0'''''''''''''''''''''''''''''''''''' | 20 | 2004/04/04/08:02 | 36° 23.4' | 141° 9.2' | 49 | 5.8 | 5.9 | 茨城県沖 | 19 | 189-233 | 6.3 | 1.3 | 3.9 | 1.6 |
| 22 2004/07/17/15:10 34* 60.2' 140* 21.3' 69 5.5 5.6 房総半島南東沖 20 109*153 33.3 5.8 15.5 7.7 23 2004/09/05/03*23 35* 36.9' 140* 3.3' 75 4.6 4.7 千葉県北西部 20 95*122 15.9 2.4 7.2 3.4 24 2004/09/05/23*57 33* 6.9' 136* 47.8' 38 7.1 7.2 紀伊半島沖 20 298*340 16.6 2.6 8.8 4.1 25 2004/09/05/23*57 33* 12.5' 137* 17.5' 41 6.5 6.5 東海道沖 19 283*325 1.1.4 2.5 4.9 2.4 27 2004/10/23/17:56 37* 17.5' 138* 52.0' 13 6.8 6.6 新潟県中越地方 18 180*234 15.0 2.1 8.3 3.8 29 2004/10/23/18*34 37* 17.5' 139* 53.3' 46 5.3 5.4 茨坂塚県南部 19 187*229 12.5 1.4 5.1 | 21 | 2004/04/07/22:47 | 34° 17.1' | 140° 29.0' | 46 | 4.9 | 5.1 | 房総半島南東沖 | 22 | 144-194 | 19.8 | 2.3 | 5.7 | 3.7 |
| 23 2004/08/06/03:23 35 3.6.9 140'3.3' 75 4.6 4.7 千葉県北西部 20 93-122 15.9 2.4 7.2 3.4 24 2004/09/05/19:07 33' 1.9' 136' 47.8' 38 7.1 7.2 記伊半島神 21 326-368 15.6 1.9 7.7 3.7 25 2004/09/05/23:57 33' 8.2' 137' 8.4' 44 7.4 7.5 東海道神 19 288-340 16.6 2.6 8.8 4.1 26 2004/10/6/23:40 35' 5.9.3' 140' 5.3' 66 5.7 5.7 茨城県南部 20 103'133 26.1 4.0 1.9 7.0 3.2 2004/10/6/23:18:34 37' 17.5' 138' 55.8' 14 6.5 6.3 新潟県中越地方 18 190-234 12.7 2.1 7.0 3.2 30 2004/10/2710:40 37' 17.5' 139' 50.7' 51 5.0 4.9 支城県市部 19 187-229 12.5 1.4 5.1 | 22 | 2004/07/17/15:10 | 34° 50.2' | 140° 21.3' | 69 | 5.5 | 5.6 | 房総半島南東沖 | 20 | 109-153 | 33.3 | 5.8 | 15.5 | 7.7 |
| 24 2004/09/05/19:07 33 ⁵ 1.9 1.86 ⁶ 47.8 ⁵ 3.8 7.1 7.2 紀伊半島神 21 326-368 1.5.6 1.9 7.7 3.7 25 2004/09/05/13:57 33 ⁵ 1.2 137 ⁵ 1.4 4.4 7.4 7.5 東海道神 20 298-340 16.6 2.6 8.8 4.1 26 2004/10/06/23:40 35 ⁵ <59.3 ¹ 140 ⁶ <5.3 ¹ 6.6 5.7 5.7 茨城県南部 20 103-133 26.1 4.0 10.9 5.0 28 2004/10/23/17:56 37 ¹ 17.5 ¹ 138 ⁵ <5.5. ¹ 14 6.5 6.3 新潟県中越地方 18 189-234 12.0 2.1 7.0 3.2 2004/10/23/18:34 37 ¹ 1.5 ² 1.39 ⁵ <5.5 ¹ 1.4 6.5 6.3 新潟県中越地方 18 189-234 12.0 1.0 6.4 32 2004/10/27/10:40 37 ¹ 1.5 ² 6.0 5.9 千葉県北西部 19 86-128 <td< td=""><td>23</td><td>2004/08/06/03:23</td><td>35° 36.9'</td><td>140° 3.3'</td><td>75</td><td>4.6</td><td>4.7</td><td>千葉県北西部</td><td>20</td><td>93-122</td><td>15.9</td><td>2.4</td><td>7.2</td><td>3.4</td></td<> | 23 | 2004/08/06/03:23 | 35° 36.9' | 140° 3.3' | 75 | 4.6 | 4.7 | 千葉県北西部 | 20 | 93-122 | 15.9 | 2.4 | 7.2 | 3.4 |
| 25 2004/09/05/23:57 33* 8.2* 137* 8.4* 44 7.4 7.5 東海道沖 20 298-340 16.6 2.6 8.8 4.1 26 2004/09/07/08:29 33* 12.5* 137* 17.5* 41 6.5 6.5 東海道沖 19 283:325 11.4 2.5 4.9 2.4 27 2004/10/06/23:40 35* 59.3* 140* 5.3* 666 5.7 5.7 茨城県南部 20 103*133 26.1 4.0 10.9 5.0 28 2004/10/23/18:34 37* 17.5* 138* 52.8* 14 6.5 6.3 新潟県中越地方 18 190-234 12.7 2.1 7.0 3.2 30 2004/10/27/10:40 37* 17.5* 139* 53.8* 144 6.5 6.3 新潟県中越地方 19 187*229 12.5 1.4 1.5 31 2005/07/128/1915 35* 3.4 6.75 1.37* 5.3 | 24 | 2004/09/05/19:07 | 33° 1.9' | 136° 47.8' | 38 | 7.1 | 7.2 | 紀伊半島沖 | 21 | 326-368 | 15.6 | 1.9 | 7.7 | 3.7 |
| 26 2004/09/07/08:29 33° 12.5° 137° 17.5° 41 6.5 5.7 茨城県南部 20 103:133 26.1 4.0 10.9 5.0 28 2004/10/06/23:40 35° 59.3° 140° 5.3° 66 5.7 5.7 茨城県南部 20 103:133 26.1 4.0 10.9 5.0 28 2004/10/23/17:56 37° 17.5° 138° 52.0° 13 6.8 6.6 新潟県中越地方 18 190:234 12.7 2.1 8.3 3.8 29 2004/10/27/10:40 37° 17.5° 139° 2.0° 12 6.1 5.8 新潟県中越地方 19 187:229 12.5 1.4 5.1 2.8 31 2005/07/123/16:35 35' 34.9° 140° 8.3° 73 6.0 5.9 千葉県北西部 20 92:135 22.8 2.4 7.8 5.5 32 2005/07/23/16:15 36° 7.5' 139° 50.7' 51 5.0 4.7 < | 25 | 2004/09/05/23:57 | 33° 8.2' | 137° 8.4' | 44 | 7.4 | 7.5 | 東海道沖 | 20 | 298-340 | 16.6 | 2.6 | 8.8 | 4.1 |
| 27 2004/10/06/23:40 35* 5.3* 140* 5.3* 66 5.7 5.7 茨城県南部 20 103*133 26.1 4.0 10.9 5.0 28 2004/10/23/17:56 37* 17.5* 138* 52.0* 13 6.8 6.6 新潟県中越地方 18 189*234 15.0 2.1 8.3 3.8 29 2004/10/23/18:34 37* 18.3* 138* 55.8* 14 6.5 6.3 新潟県中越地方 18 190*234 12.7 2.1 7.0 3.2 30 2004/10/27/10:40 37* 17.5' 139* 53.3' 46 5.3 5.4 茨城県南部 19 86*128 30.1 3.8 10.1 6.4 32 2005/02/16/04:46 36* 2.5' 139* 50.7' 51 5.0 4.9 茨城県南部 20 92*135 22.8 2.4 7.8 5.5 34 2005/08/16/11:46 38* 8.9' 142* 16.6' | 26 | 2004/09/07/08:29 | 33° 12.5' | 137° 17.5' | 41 | 6.5 | 6.5 | 東海道沖 | 19 | 283-325 | 11.4 | 2.5 | 4.9 | 2.4 |
| 28 2004/10/23/17:56 37° 17.5' 138° 52.0' 13 6.8 6.6 新潟県中越地方 18 189-234 15.0 2.1 8.3 3.8 29 2004/10/23/18:34 37° 18.3' 138° 55.8' 14 6.5 6.3 新潟県中越地方 18 190-234 12.7 2.1 7.0 3.2 30 2004/10/27/10:40 37° 17.5' 139° 53.3' 46 5.3 5.4 茨城県南部 19 86-128 30.1 3.8 10.1 6.4 32 2005/07/23/16:35 35° 34.9' 140° 8.3' 73 6.0 5.9 千葉県北西部 21 94-126 83.2 2.5 34.2 17.9 33 2005/07/23/16:35 35° 34.9' 140° 6.8' 73 4.7 4.7 千葉県北西部 20 92-135 22.8 2.4 7.8 5.5 34 2005/08/16/11:46 38° 8.9' 142° 16.6' 42 7.2 7.1 < | 27 | 2004/10/06/23:40 | 35° 59.3' | 140° 5.3' | 66 | 5.7 | 5.7 | 茨城県南部 | 20 | 103-133 | 26.1 | 4.0 | 10.9 | 5.0 |
| 29 2004/10/23/18:34 37° 18.3' 138° 55.8' 14 6.5 6.3 新潟県中越地方 18 190-234 12.7 2.1 7.0 3.2 30 2004/10/27/10:40 37° 17.5' 139° 2.0' 12 6.1 5.8 新潟県中越地方 19 187-229 12.5 1.4 5.1 2.8 31 2005/02/16/04:46 36° 2.3' 139° 53.3' 46 5.3 5.4 茨城県南部 19 86-128 30.1 3.8 10.1 6.4 32 2005/07/23/16:35 35° 34.9' 140° 8.3' 73 6.0 5.9 千葉県北西部 21 94-126 83.2 2.5 34.2 17.9 33 2005/07/28/19:15 36° 7.5' 139° 50.7' 51 5.0 4.9 茨城県南部 20 92:135 22.8 2.4 7.8 5.5 34 2005/08/07/01:05 35° 33.5' 140° 6.8' 73 4.7 4.7 千葉県北西部 22 92:123 21.8 3.5 10.0 4.7 35 2005/08/16/11:46 38* 8.9' 142° 16.6' 42 7.2 </td <td>28</td> <td>2004/10/23/17:56</td> <td>37° 17.5'</td> <td>138° 52.0'</td> <td>13</td> <td>6.8</td> <td>6.6</td> <td>新潟県中越地方</td> <td>18</td> <td>189-234</td> <td>15.0</td> <td>2.1</td> <td>8.3</td> <td>3.8</td> | 28 | 2004/10/23/17:56 | 37° 17.5' | 138° 52.0' | 13 | 6.8 | 6.6 | 新潟県中越地方 | 18 | 189-234 | 15.0 | 2.1 | 8.3 | 3.8 |
| 30 2004/10/27/10:40 37° 17.5' 139° 2.0' 12 6.1 5.8 新潟県中越地方 19 187-229 12.5 1.4 5.1 2.8 31 2005/02/16/04:46 36° 2.3' 139° 53.3' 46 5.3 5.4 茨城県南部 19 86·128 30.1 3.8 10.1 6.4 32 2005/07/23/16:35 35° 34.9' 140° 8.3' 73 6.0 5.9 千葉県北西部 21 94·126 83.2 2.5 34.2 17.9 33 2005/07/28/19:15 36° 7.5' 139° 50.7' 51 5.0 4.9 茨城県南部 20 92·135 22.8 2.4 7.8 5.5 34 2005/08/16/11:46 38° 8.9' 142° 16.6' 42 7.2 7.1 宮城県市部 20 88·130 23.2 3.8 9.5 5.3 36 2005/10/16/16:05 36° 2.3' 139° 10.7' <t< td=""><td>29</td><td>2004/10/23/18:34</td><td>37° 18.3'</td><td>138° 55.8'</td><td>14</td><td>6.5</td><td>6.3</td><td>新潟県中越地方</td><td>18</td><td>190-234</td><td>12.7</td><td>2.1</td><td>7.0</td><td>3.2</td></t<> | 29 | 2004/10/23/18:34 | 37° 18.3' | 138° 55.8' | 14 | 6.5 | 6.3 | 新潟県中越地方 | 18 | 190-234 | 12.7 | 2.1 | 7.0 | 3.2 |
| 31 2005/02/16/04:46 36° 2.3' 139° 53.3' 46 5.3 5.4 茨城県南部 19 86-128 30.1 3.8 10.1 6.4 32 2005/07/23/16:35 35° 34.9' 140° 8.3' 73 6.0 5.9 千葉県北西部 21 94-126 83.2 2.5 34.2 17.9 33 2005/07/28/19:15 36° 7.5' 139° 50.7' 51 5.0 4.9 茨城県南部 20 92·135 22.8 2.4 7.8 5.5 34 2005/08/07/01:05 35° 33.5' 140° 6.8' 73 4.7 4.7 千葉県北西部 22 92·123 21.8 3.5 10.0 4.7 35 2005/08/16/11:46 38° 8.9' 142° 16.6' 42 7.2 7.1 宮城県市 20 88·130 23.2 3.8 9.5 5.3 36 2005/10/16/16:05 36° 2.3' 139° 11.7' 7 5.8 5.6 伊豆半鳥東方沖 22 25·75 79.1 2.4 17.9 15.8 38 2006/05/02/18:24 34° 55.0' 139° 19.8' 15 5.1 | 30 | 2004/10/27/10:40 | 37° 17.5' | 139° 2.0' | 12 | 6.1 | 5.8 | 新潟県中越地方 | 19 | 187-229 | 12.5 | 1.4 | 5.1 | 2.8 |
| 32 2005/07/23/16:35 35° 34.9' 140° 8.3' 73 6.0 5.9 十葉県北西部 21 94-126 83.2 2.5 34.2 17.9 33 2005/07/28/19:15 36° 7.5' 139° 50.7' 51 5.0 4.9 茨城県南部 20 92:135 22.8 2.4 7.8 5.5 34 2005/08/07/01:05 35° 33.5' 140° 6.8' 73 4.7 4.7 千葉県北西部 22 92:123 21.8 3.5 10.0 4.7 35 2005/08/16/11:46 38° 8.9' 142° 16.6' 42 7.2 7.1 宮城県沖 21 390·432 32.0 5.8 18.0 8.3 36 2005/10/16/16:05 36° 2.3' 139° 56.2' 47 5.1 5.0 茨城県南部 20 88·130 23.2 3.8 9.5 5.3 37 2006/04/21/0:250 34° 55.0' 139° 19.8' 15 5.1 4.8 伊豆半島東方沖 22 25·75 79.1 2.4 17.9 15.8 38 2006/05/02/18:24 34° 55.0' 139° 19.8' 15 5.1 <td>31</td> <td>2005/02/16/04:46</td> <td>36° 2.3'</td> <td>139° 53.3'</td> <td>46</td> <td>5.3</td> <td>5.4</td> <td>茨城県南部</td> <td>19</td> <td>86-128</td> <td>30.1</td> <td>3.8</td> <td>10.1</td> <td>6.4</td> | 31 | 2005/02/16/04:46 | 36° 2.3' | 139° 53.3' | 46 | 5.3 | 5.4 | 茨城県南部 | 19 | 86-128 | 30.1 | 3.8 | 10.1 | 6.4 |
| 33 2005/07/28/19/15 36° 7.5' 139° 50.7' 51 5.0 4.9 次极原前部 20 92-135 22.8 2.4 7.8 5.5 34 2005/08/07/01:05 35° 33.5' 140° 6.8' 73 4.7 4.7 千葉県北西部 22 92-135 22.8 2.4 7.8 5.5 35 2005/08/07/01:05 35° 33.5' 140° 6.8' 73 4.7 4.7 千葉県北西部 22 92-123 21.8 3.5 10.0 4.7 35 2005/08/16/11:46 38° 8.9' 142° 16.6' 42 7.2 7.1 宮城県沖 21 390-432 32.0 5.8 18.0 8.3 36 2005/10/16/16:05 36° 2.3' 139° 56.2' 47 5.1 5.0 茨城県南部 20 88-130 23.2 3.8 9.5 5.3 37 2006/04/21/0:250 34° 56.0' 139° 11.7' 7 5.8 5.6 伊豆半島東方沖 22 35-79 78.7 4.7 15.8 15.1 39 2006/06/20/06:47 35° 48.4' 140° 6.8' 66 4.6 | 32 | 2005/07/23/16:35 | 35' 34.9' | 140' 8.3' | 73 | 6.0 | 5.9 | 十葉県北西部 | 21 | 94-126 | 83.2 | 2.5 | 34.2 | 17.9 |
| 34 2005/08/07/01:05 35 33.5 140° 6.8° 73 4.7 十葉県北西部 22 92-123 21.8 3.5 10.0 4.7 35 2005/08/16/11:46 38° 8.9' 142° 16.6' 42 7.2 7.1 宮城県沖 21 390·432 32.0 5.8 18.0 8.3 36 2005/10/16/16:05 36° 2.3' 139° 56.2' 47 5.1 5.0 茨城県南部 20 88·130 23.2 3.8 9.5 5.3 37 2006/04/21/0:250 34° 56.4' 139° 11.7' 7 5.8 5.6 伊豆半島東方沖 22 25·75 79.1 2.4 17.9 15.8 38 2006/05/02/18:24 34° 55.0' 139° 19.8' 15 5.1 4.8 伊豆半島東方沖 22 35·79 78.7 4.7 15.8 15.1 39 2006/06/20/06:47 35° 48.4' 140° 6.8' 66 4.6 4.7 千葉県市西部 22 93·122 33.9 4.2 12.9 7.5 41 2006/10/14/06:38 34° 53.6' 140° 18.2' 64 5.1 | 33 | 2005/07/28/19:15 | 36° 7.5' | 139° 50.7' | 51 | 5.0 | 4.9 | 次城県南部 | 20 | 92-135 | 22.8 | 2.4 | 7.8 | 5.5 |
| 35 2005/08/16/11:46 38° 8.9' 142° 16.6' 42° 7.2° 7.1° 莒坂県沖 21° 390·432 32.0° 5.8° 18.0° 8.3° 36 2005/10/16/16:05 36° 2.3' 139° 56.2' 47 5.1 5.0° 茨城県南部 20° 88·130 23.2° 3.8° 9.5 5.3° 37 2006/04/21/0:250 34° 56.4' 139° 11.7' 7 5.8 5.6 伊豆半島東方沖 22° 25·75 79.1 2.4 17.9 15.8 38 2006/05/02/18:24 34° 55.0' 139° 19.8' 15 5.1 4.8 伊豆半島東方沖 22° 35·79 78.7 4.7 15.8 15.1 39 2006/06/20/06:47 35° 48.4' 140° 6.8' 66 4.6 4.7 千葉県北西部 22° 95·132 15.0 1.9° 7.4 3.6 40 2006/06/20/06:47 35° 48.4' 140° 1.4' 76 4.8 4.8 東京湾 22° 93·122 33.9 4.2° 12.9° 7.5 41 2006/10/14/06:38 34° 53.6' 140° 18.2' | 34 | 2005/08/07/01:05 | 35° 33.5' | 140° 6.8' | 73 | 4.7 | 4.7 | 十葉県北西部 | 22 | 92-123 | 21.8 | 3.5 | 10.0 | 4.7 |
| 36 2005/10/16/16/05 36 2.3' 139 56.2' 47 5.1 5.0 茨城県南部 20 88'130 23.2 3.8 9.5 5.3 37 2006/04/21/0:250 34° 56.4' 139° 11.7' 7 5.8 5.6 伊豆半島東方沖 22 25.75 79.1 2.4 17.9 15.8 38 2006/05/02/18:24 34° 55.0' 139° 19.8' 15 5.1 4.8 伊豆半島東方沖 22 35.79 78.7 4.7 15.8 15.1 39 2006/06/20/06:47 35° 48.4' 140° 6.8' 66 4.6 4.7 千葉県北西部 22 95.132 15.0 1.9 7.4 3.6 40 2006/08/31/17:18 35° 37.9' 140° 1.4' 76 4.8 4.8 東京湾 22 93.122 33.9 4.2 12.9 7.5 41 2006/10/14/06:38 34° 53.6' 140° 18.2' 64 5.1 4.9 千葉県南東沖 21 100.144 20.0 3.7 10.1< | 35 | 2005/08/16/11:46 | 38 8.9' | 142 16.6 | 42 | 7.2 | 7.1 | 呂 城 県 仲 | 21 | 390-432 | 32.0 | 5.8 | 18.0 | 8.3 |
| 37 2006/04/21/0:250 34 56.4' 139 11.7' 7 5.8 5.6 伊豆牛島東方神 22 25.75 79.1 2.4 17.9 15.8 38 2006/05/02/18:24 34° 55.0' 139° 19.8' 15 5.1 4.8 伊豆半島東方神 22 35.79 78.7 4.7 15.8 15.1 39 2006/06/20/06:47 35° 48.4' 140° 6.8' 66 4.6 4.7 千葉県北西部 22 95.132 15.0 1.9 7.4 3.6 40 2006/08/31/17:18 35° 37.9' 140° 1.4' 76 4.8 4.8 東京湾 22 93.122 33.9 4.2 12.9 7.5 41 2006/10/14/06:38 34° 53.6' 140° 18.2' 64 5.1 4.9 千葉県南東沖 21 100-144 20.0 3.7 10.1 4.8 42 2007/01/16/03:18 34° 56.2' 138° 53.5' 175 5.8 5.9 静岡県東部 20 178.193 8.2 1.6 4. | 36 | 2005/10/16/16:05 | 36 2.3 | 139 56.2 | 47 | 5.1 | 5.0 | 次城県用部 | 20 | 88-130 | 23.2 | 3.8 | 9.5 | 5.3 |
| 38 2006/05/02/18-24 34 5.0' 139 19.8' 15 5.1 4.8 伊豆+島東方仲 22 35'/9 78.7 4.7 15.8 15.1 39 2006/06/20/06:47 35° 48.4' 140° 6.8' 66 4.6 4.7 千葉県北西部 22 95-132 15.0 1.9 7.4 3.6 40 2006/08/31/17:18 35° 37.9' 140° 1.4' 76 4.8 4.8 東京湾 22 93-122 33.9 4.2 12.9 7.5 41 2006/10/14/06:38 34° 53.6' 140° 18.2' 64 5.1 4.9 千葉県南東沖 21 100-144 20.0 3.7 10.1 4.8 42 2007/01/16/03:18 34° 56.2' 138° 53.5' 175 5.8 5.9 静岡県東部 20 178-193 8.2 1.6 4.4 1.8 43 2007/07/12/05:29 35° 26.9' 139° 9.9' 19 4.2 3.9 神奈川県西部 22 22-47 100.9 3.2 18.6< | 37 | 2006/04/21/0:250 | 34 56.4 | 139 11.7 190° 10.01 | 7 | 5.8 | 5.6 | 伊豆干島東方神 | 22 | 25-75 | 79.1 | 2.4 | 17.9 | 15.8 |
| 39 2006/06/20/06.47 35 48.4* 140 6.8* 66 4.6 4.7 干葉県北西部 22 95*132 15.0 1.9 7.4 3.6 40 2006/08/31/17:18 35* 37.9* 140* 1.4* 76 4.8 4.8 東京湾 22 93*132 15.0 1.9 7.4 3.6 41 2006/08/31/17:18 35* 37.9* 140* 1.4* 76 4.8 4.8 東京湾 22 93*122 33.9 4.2 12.9 7.5 41 2006/10/14/06:38 34* 53.6* 140* 18.2* 64 5.1 4.9 千葉県南東沖 21 100*144 20.0 3.7 10.1 4.8 42 2007/01/16/03:18 34* 56.2* 138* 53.5* 175 5.8 5.9 静岡県東部 20 178*193 8.2 1.6 4.4 1.8 43 2007/07/12/05:29 35* 26.9* 139* 9.9* 19 4.2 3.9 神奈川県西部 22 22*47 100.9 3.2 18.6 | 38 | 2006/05/02/18-24 | 34 55.0 | 139 19.8 | 15 | 5.1 | 4.8 | 伊豆十局東万仲 | 22 | 35-79 | 78.7 | 4.7 | 15.8 | 15.1 |
| 40 2006/08/31/11/18 35 31.9 140 1.4 76 4.8 4.8 東东湾 22 93/122 53.9 4.2 12.9 7.5 41 2006/10/14/06:38 34° 53.6° 140° 1.8.2' 64 5.1 4.9 千葉県南東沖 21 100·144 20.0 3.7 10.1 4.8 42 2007/01/16/03:18 34° 56.2' 138° 53.5' 175 5.8 5.9 静岡県東部 20 178·193 8.2 1.6 4.4 1.8 43 2007/07/12/05:29 35° 26.9' 139° 9.9' 19 4.2 3.9 神奈川県西部 22 22·47 100.9 3.2 18.6 22.4 44 2007/07/16/10:13 37° 3.4' 138° 36.5' 17 6.8 6.6 新潟県上中越沖 18 223·271 13.1 1.9 5.2 2.8 45 2007/07/24/11:38 35° 18.1' 139° 4.0' 14 4.4 4.2 神奈川県西部 21 15·50 137.0 2.1 25.7 | 39 | 2006/06/20/06-47 | 35 48.4 | 140 6.8 [°] | 56 | 4.6 | 4.7 | 一、果県北四部 市 古 亦 | 22 | 95-132 | 15.0 | 1.9 | 7.4 | 3.6 |
| 41 2006/10/14/06-38 34 5.5 140 18.2 64 5.1 4.9 干集原南東沖 21 100-144 20.0 3.7 10.1 4.8 42 2007/01/16/03:18 34° 56.2' 138° 53.5' 175 5.8 5.9 静岡県東部 20 178-193 8.2 1.6 4.4 1.8 43 2007/07/12/05:29 35° 26.9' 139° 9.9' 19 4.2 3.9 神奈川県西部 22 22-47 100.9 3.2 18.6 22.4 44 2007/07/16/10:13 37° 3.4' 138° 36.5' 17 6.8 6.6 新潟県上中越沖 18 223-271 13.1 1.9 5.2 2.8 45 2007/07/24/11:38 35° 18.1' 139° 4.0' 14 4.4 4.2 神奈川県西部 21 15-50 137.0 2.1 25.7 33.3 46 2007/08/16(04/15 35° 26.6' 140° 31.8' 31 5.3 5.2 千葉県東古 10 021/24 7.4 11 2.0< | 40 | 2006/08/31/17-18 | 35 37.9 | 140 1.4 [°] | 76 | 4.8 | 4.8 | | 22 | 93-122 | 33.9 | 4.2 | 12.9 | 7.5 |
| 42 2007/07/16/06-16 34 30-2 16 3.5 179 5.6 5.9 前前回乐泉前 20 178-193 8.2 1.6 4.4 1.8 43 2007/07/12/05:29 35° 26.9' 139° 9.9' 19 4.2 3.9 神奈川県西部 22 22-47 100.9 3.2 18.6 22.4 44 2007/07/16/10:13 37° 3.4' 138° 36.5' 17 6.8 6.6 新潟県上中越沖 18 223-271 13.1 1.9 5.2 2.8 45 2007/07/24/11:38 35° 18.1' 139° 4.0' 14 4.4 4.2 神奈川県西部 21 15-50 137.0 2.1 25.7 33.3 46 2007/08/16/04/15 35° 26.6' 140° 31.8' 31 5.3 5.2 千葉电画支油 10 02-124 7.4 11 2.0 1.7 | 41 | 2006/10/14/06-38 | 34 53.6' | 140 18.2' | 177 | 0.1 E 0 | 4.9 | 1 米示用果件 | 21 | 100-144 | 20.0 | 3.7 | 10.1 | 4.8 |
| 43 2007/07/12/05-29 35 26.9 139 9.9 19 4.2 3.9 仲宗川県西部 22 22-47 100.9 3.2 18.6 22.4 44 2007/07/16/10:13 37° 33.4' 138° 36.5' 17 6.8 6.6 新潟県上中越沖 18 223-271 13.1 1.9 5.2 2.8 45 2007/07/24/11:38 35° 18.1' 139° 4.0' 14 4.4 4.2 神奈川県西部 21 15-50 137.0 2.1 25.7 33.3 46 2007/08/16/04:15 35° 26.6' 140° 31 5.3 5.2 千葉电車支油 10 02:124 7.4 11 2.0 17 | 42 | 2007/01/16/03:18 | 34 56.2' | 138 53.5' | 175 | ə.8 | 5.9 | 一 所 四 示 果 部 抽 太 川 圓 亜 却 | 20 | 178-193 | 8.2 | 1.6 | 4.4 | 1.8 |
| 44 2007/07/24/11:38 31 33.4 138 36.5 17 0.8 b.6 利偽宗上中感件 18 223*271 13.1 1.9 5.2 2.8 45 2007/07/24/11:38 35° 18.1' 139° 4.0' 14 4.4 4.2 神奈川県西部 21 15*50 137.0 2.1 25.7 33.3 46 2007/08/16/04:15 35° 26.6' 140° 31 5.3 5.2 千黄鹿車方油 10 02:124 7.4 11 2.0 17 | 43 | 2007/07/12/05-29 | 30 26.9' | 139 9.9' | 19 | 4.2 | 3.9 | TT 示川 示 凸 印 | 12 | 22-47 | 100.9 | 3.2 | 18.6 | 22.4 |
| 40 2001/01/24/11:00 60 10.1 137 4.0 14 4.4 4.2 评尔川宗四即 21 13:00 131.0 2.1 25.7 33.3 46 2007/08/16/04:15 35° 26.61 140° 31.81 21 5.3 5.2 千雀頂甫古油 10 0.9:124 7.4 1.1 2.0 1.7 | 44 | 2007/07/24/11:22 | 01 00.4' | 120° 40' | 14 | 0.8 | 0.0 | 加闷尔工于感作 | 10 | 440*271 | 197.0 | 1.9 | 95.7 | 4.8 22.2 |
| | 40 | 2007/08/12/04:17 | 25° 96 61 | 140° 21 8' | 21 | 4.4 | 4.Z | 千世间市七油 | 10 | 10*00 | 137.0 | 4.1 | 20.7 | 00.0 17 |

注)日時、震源位置、Mj、震央地域名は気象庁 4より、Mwは防災科学技術研究所 5より引用している。



図 17. ローカットフィルター。



(a) EQ3 (*Mw*=6.2、新島・神津島近海)(b) EQ8 (*Mw*=6.4、三宅島近海 (c) EQ25 (*Mw*=7.5、東海道沖)

図 18. 加速度最大値に関する地盤増幅倍率 AFA と平均 S 波速度 Vs30の関係。



(a) EQ3 (*Mw*=6.2、新島・神津島近海)(b) EQ8 (*Mw*=6.4、三宅島近海)(c) EQ25 (*Mw*=7.5、東海道沖)

図 19. 速度最大値に関する地盤増幅倍率 AFV と平均 S 波速度 Vs30の関係。



図 20. 地盤増幅倍率 AFA、AFVと平均 S 波速度 Vs30 の回帰分析から得られる 回帰係数 a、 標準偏差 o、相関係数とモーメントマグニチュード Mwの関係。



図 21. 既往の関係式との比較。