

3.4.3 強震観測研究の高度化に関する調査研究

(1) 業務の内容

(a) 業務の目的

高精度な強震動予測を実現するためには、離散的に配置された観測点で得られた地震記録から面的な地震動分布を精度良く推定することが重要である。一方、観測点で得られる地震記録は、設置環境や周辺の地盤の影響を強く受けるため、それらデータから面的地震動分布を推定するためには、観測点周辺の地盤・設置環境の評価が重要となる。本研究では、観測点の地盤・設置環境調査を実施することにより、面的な地震動分布の推定精度向上のための調査を実施する。さらに、自然地震観測によるプレート構造調査のために設置される中感度地震観測網と、既存のK-NET、KiK-net、自治体震度計等のデータを併合処理することにより、強震動の面的分布を高精度に推定するための研究を実施する。

(b) 平成21年度業務目的

面的な地震動分布の推定精度向上のための、K-NET・KiK-net 観測点など既存強震観測施設の設置環境調査、及び既存強震観測施設周辺での地盤調査のための常時微動測定における解析結果を元に、既存観測点の揺れやすさに関する特性を評価し、各観測点のデータから面的な地震動分布を推定するための観測点毎の補正係数を求める。昨年度までは、関東地域（千葉・茨城・栃木・群馬）において単点による微動観測および解析を実施したが、今年度は、面的な地震動分布の推定をより詳細に検討するため、関東地域の一部地域（千葉県・茨城県南部）において、既存強震観測地点における微動アレイ探査および、揺れやすさ特性の面的な補間方法を検討するため既設強震観測点以外の地点において単点による常時微動探査を行う。

(c) 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	プロジェクトディレクター	藤原広行	
同	主任研究員	河合伸一	
同	主任研究員	青井 真	
同	主任研究員	功刀 卓	
同	研究員	中村洋光	
同	任期付研究員	森川信之	
同	契約研究員	先名重樹	
同	契約研究員	工藤暢章	
同	契約研究員	八才憲生	

(2) 平成 21 年度の成果

(a) 業務の要約

・千葉県内の小・中・高等学校および震度観測点において単点・アレイによる常時微動調査を実施した。調査した結果（微動観測生データ・現場写真・H/V スペクトル等）について、データの解析等の利活用をスムーズに行うため、データベース¹⁾に納め整理した。

・単点の結果より、面的な地盤増幅率分布を推定するため、微地形区分毎にスペクトルを分けて、千葉県全域のスペクトル増幅率を作成した。

・また、SK-NET 観測点を中心に微動アレイ探査を行い、位相速度を計算し、これも微動データベースに収めた。

・今までに作成された関東地域の地盤モデル^{2),3)}による、理論 H/V スペクトルの計算を、単点の微動観測地点全点で行い、観測データとの比較を行い、現状の地盤のモデル化の検証を実施した。

(b) 業務の成果

1) 関東地域の一部地域（千葉県・茨城県南部）における微動アレイ探査における常時微動観測の概要と実績

千葉県内の小・中・高等学校および震度観測点において単点・アレイによる常時微動調査を実施した。また、茨城県南部地域（つくば市）においても同様の観測を実施した。観測については、微地形区分の山地系の微地形区分を除く微地形区分（台地および低地）において観測点間隔が最小単位で 2 km 間隔毎に学校を選択し、合計 612 校において単点による微動観測を行った（図 1 参照）。なお、茨城県内での観測については、データ処理を次年度以降に計画しているため、地図にはプロットしていない。また、一部の SK-NET 観測点において、5～10 km 間隔で、対象周期 4 秒～0.25 秒程度を想定した微動アレイ観測を行った（図 2、図 3）。これらの観測は、H21/5/18～H21/9/30 にかけて行い、これまでに対象となる全ての観測点の微動記録を取得した。

調査した結果（測定生データ、現場写真、解析した H/V スペクトル比、地震計が設置されている位置座標等）をデータベースに納め、既存の地盤情報（地盤モデル・柱状図）と比較できるようなデータを整理した。また、他の研究課題（3.4.4 章）で実施された調査・解析データについても同様にデータベースに収めた（図 4）。

2) ゆれやすさの面的な補間方法の検討（千葉県における微地形区分毎のスペクトル増幅率の計算）について

観測結果における単点による観測結果の H/V スペクトル比と既往の地盤構造モデル（深部：大大特、浅部：千葉県モデル）による理論 H/V スペクトル比（レイリー波 4 次モード合成）を比較した（図 5）。また、2 秒よりも長周期にピークをもつ卓越周期分布（図 6）と、既往の研究成果（先名・他(2008)⁴⁾、先名・翠川(2009)⁵⁾）を利用し、既往の応答スペクトルの距離減衰式と実際の地震記録の応答スペクトルとの比を求め、その平均値を取ったものをスペクトル増幅率とし、図 7 に示すような処理について、今回の千葉県で実施した微動の H/V スペクトル比から、微地形区分毎のスペクトル増幅率を求めた（図 7、図 8 参照）。

(c) 結論ならびに今後の課題

今年度取得した常時微動探査データおよび、既にデータベースに収められている平成19・20年度実施分、また、それ以前に千葉で取得されたK-NET、KiK-net観測点で取得した常時微動探査データのH/Vスペクトル比と、今回取得した千葉県の小・中・高等学校にて実施した微動観測結果と、既往の地盤モデルから作成されるレイリー波の理論H/Vスペクトル比の計算による比較の結果、2秒よりも長周期については良く合っている場所が多いが、2秒よりも短周期においては全体的に良く合っていない状況が確認できた。このことは、現状の地盤モデルが、2秒よりも短周期において、モデル化に資する柱状図が少ないため、モデル化が難しいことを示唆している。今後柱状図が集まれば高精度化は可能であると考え。一方、周期別増幅率を地盤モデルを使わずに簡単に面的に表現する方法として、単点の常時微動データから変換されて得られるスペクトル増幅率を求めた。スペクトル増幅率は、各微地形区分毎に、各周期による増幅倍率（補正係数）として示し、既往の論文⁵⁾よりも精度の高い結果を得ることができた。

(d) 引用文献

- 1) 先名重樹・大井昌弘・藤原広行：微動探査データの収集管理とデータベースシステムの構築，2007年地球惑星合同大会，150-P010，2007．
- 2) 藤原広行：統合化地下構造データベースの構築に向けて，シンポジウム 統合化地下構造データベースの構築に向けて 予稿集，9-22，2007．
- 3) 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論文集，No.53，318-321，2006．
- 4) 先名重樹，翠川三郎，若松加寿江：常時微動のH/Vスペクトル比と地形・地盤分類を用いたスペクトル増幅率の推定，日本地震工学会論文集，Vol.8，No 4，pp.1-15，2008．
- 5) 先名重樹，翠川三郎：地形・地盤分類に基づく地震動のスペクトル増幅率の推定，日本地震工学会論文集，Vol.9，No 4，pp.16-30，2009．

(e) 学会等発表実績

学会等における口頭・ポスター発表

発表成果(発表題目、口頭・ポスター発表の別)	発表者氏名	発表場所 (学会等名)	発表時期	国際・国内の別
千葉県における常時微動観測による地震動のスペクトル増幅率の推定	先名 重樹・他	物理探査学会第121回(平成21年度秋季)学術講演会	2009年	国内

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

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 22 年度業務計画案

平成 21 年度までに実施した、単点による微動観測結果および既往の微動アレイ観測結果を踏まえ、微動アレイ観測等を追加実施し、既存の強震観測点に基づく面的な地震動分布の推定精度の高度化について検討を行う。

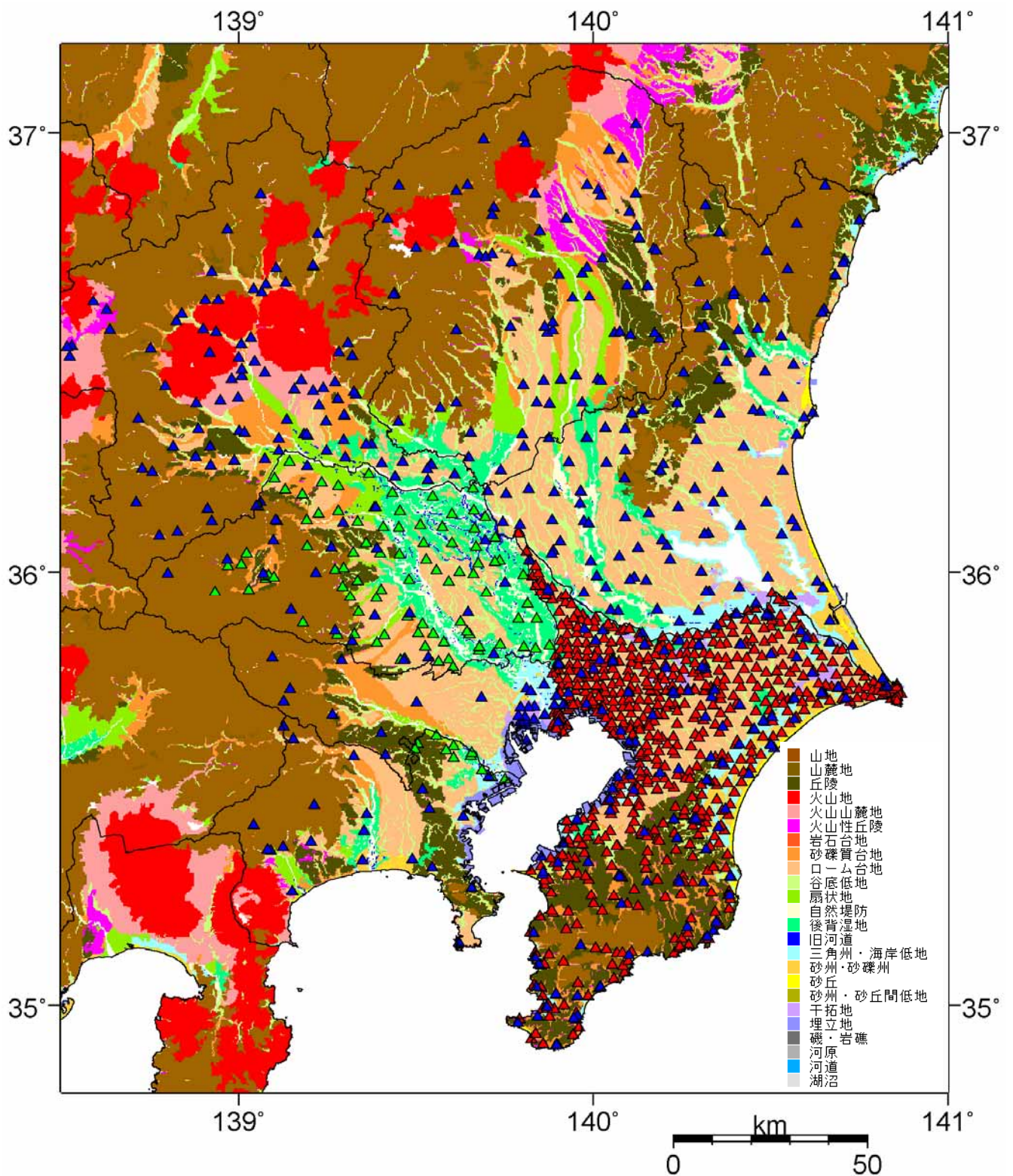


図1．微動観測調査位置図（単点）

▲は今年度測定を実施した常時微動単点（612点）▲は昨年度までに実施したSK-NET 観測点（主に千葉・茨城・栃木・群馬 386 地点）▲は今年度までに東京工業大学で観測した微動観測点(124 地点) 背景は微地形区分(250m メッシュ)

[illegible]

($R = 100, 300\text{m}$ を基本単位としている。)

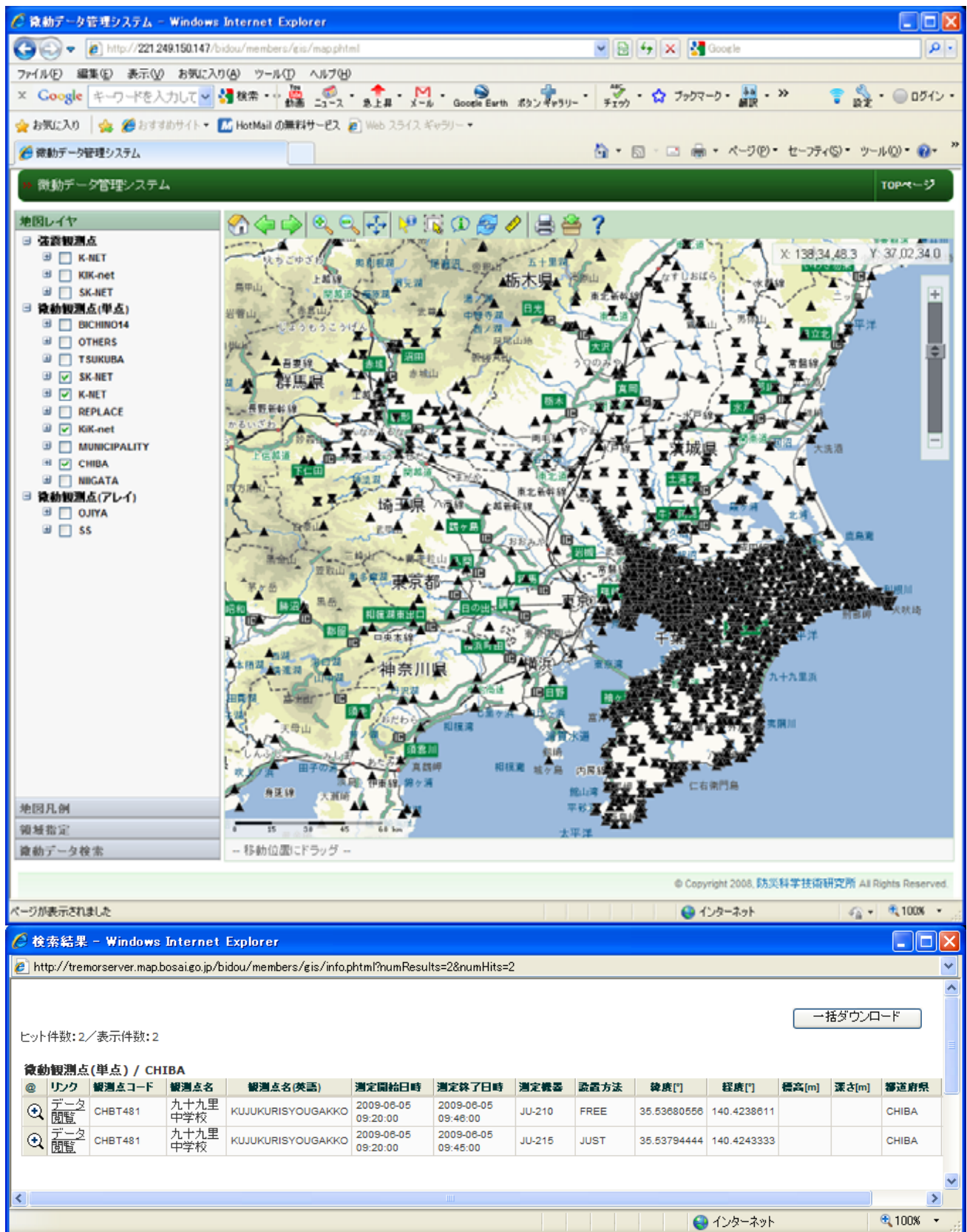


図4 データベース登録状況 (WEB登録画面) (図は、昨年までのSK-NETによる微動観測結果および、今年度実施した千葉県内の小・中・高等学校における微動調査地点位置と選択地点における微動調査結果を登録し、WEB画面で示したもの)

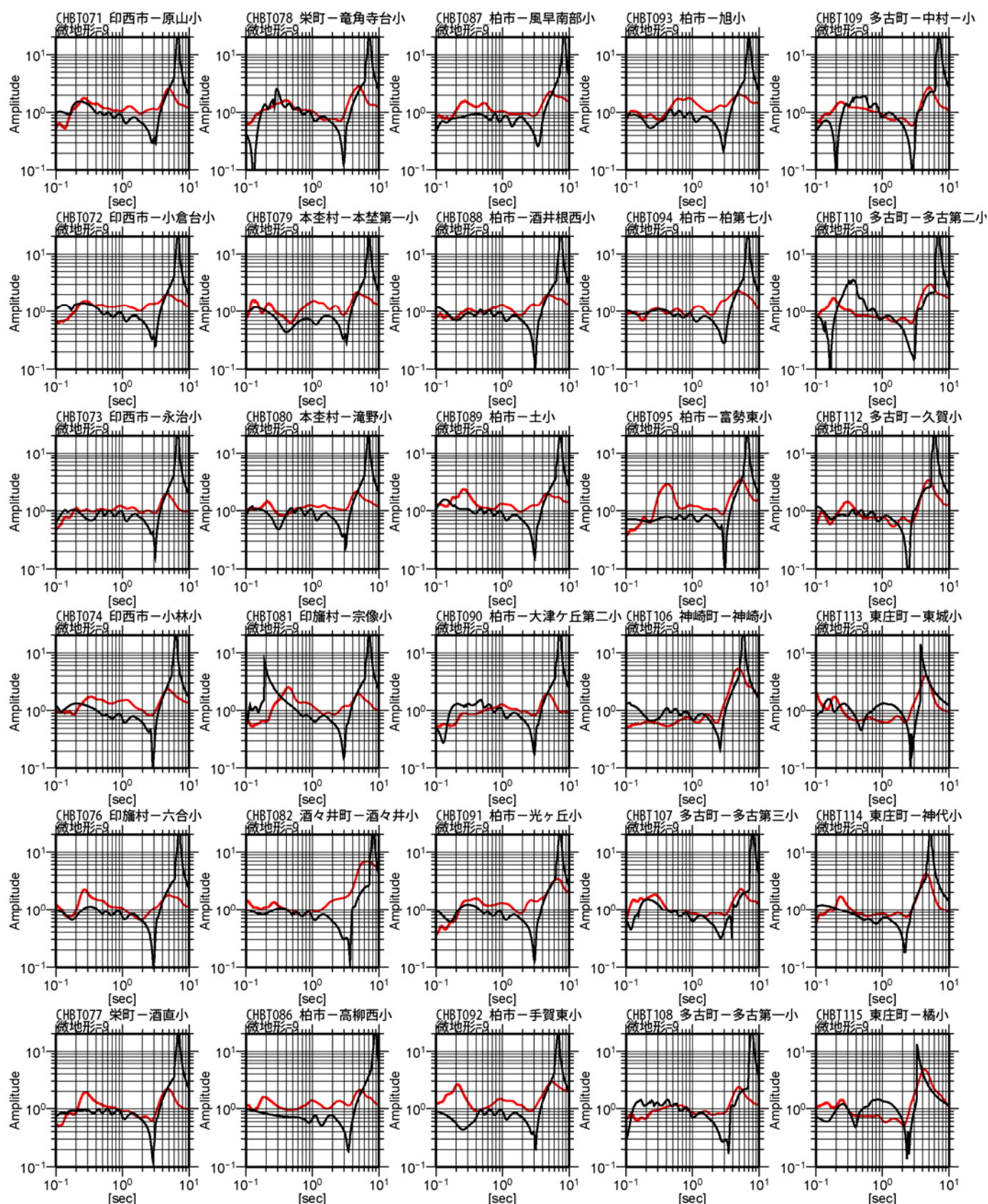


図5 観測した小・中・高等学校における微動のH/Vスペクトル比(赤線)と既往の浅部・深部統合地盤モデル(深部: 大大特、浅部千葉モデル250mメッシュ)による理論H/Vスペクトル比(レイリー波4次合成)との比較

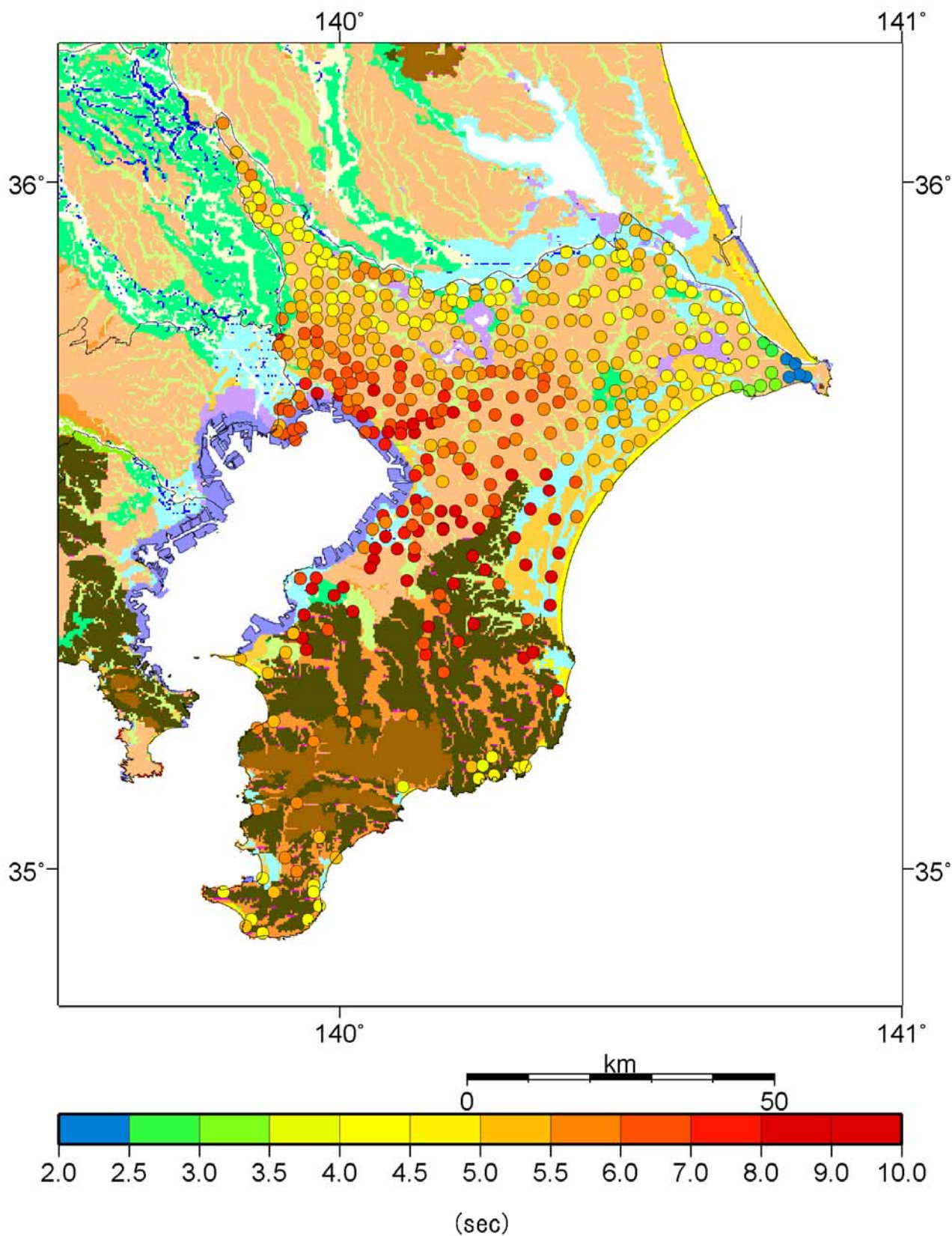
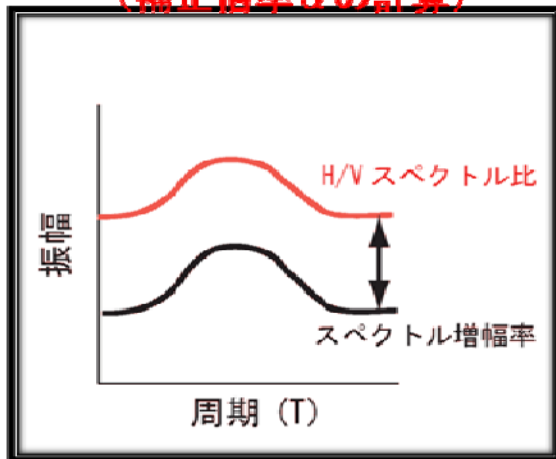


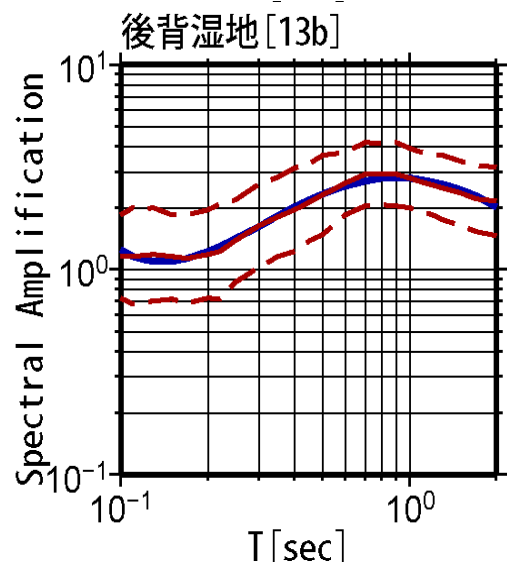
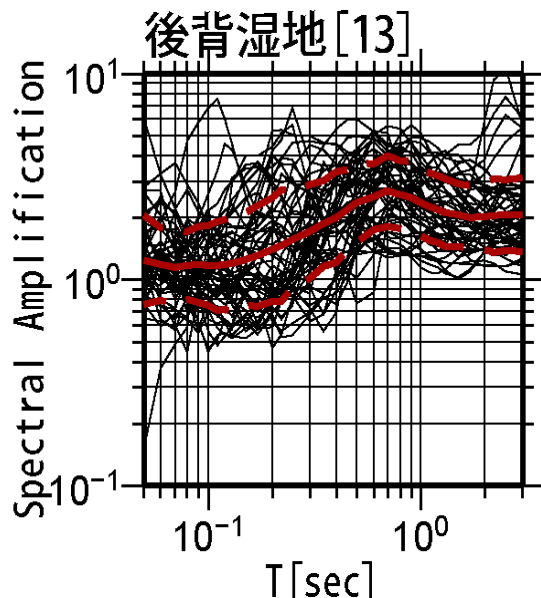
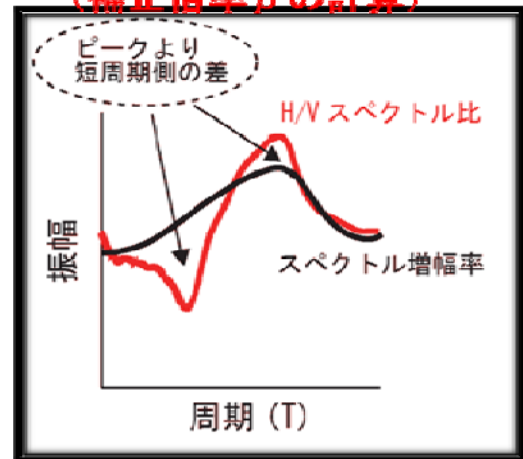
図6 単点による微動観測の H/V スペクトル比の卓越周期分布 (周期 2 秒 ~ 10 秒)

補正形状（倍率）の検討

①全体的な振幅レベルの相違
によるバイアスを取り除く補正
(補正倍率 α の計算)



②卓越周期付近とそれ以外周
期での傾向の違いによる補正
(補正倍率 β の計算)



H/V スペクトル比をスペクトル増幅率に変換（左図）し、平均値（赤線）を4次関数（青線）でモデル化（微地形区分：後背湿地）

図7 千葉県における微動観測(H/V スペクトル比)と SK-NET 観測点等の地震記録を利用したスペクトル増幅率の比較によるモデル化の検討方法（(先名・他(2008)）と千葉県における微地形区分毎のモデル化の説明図

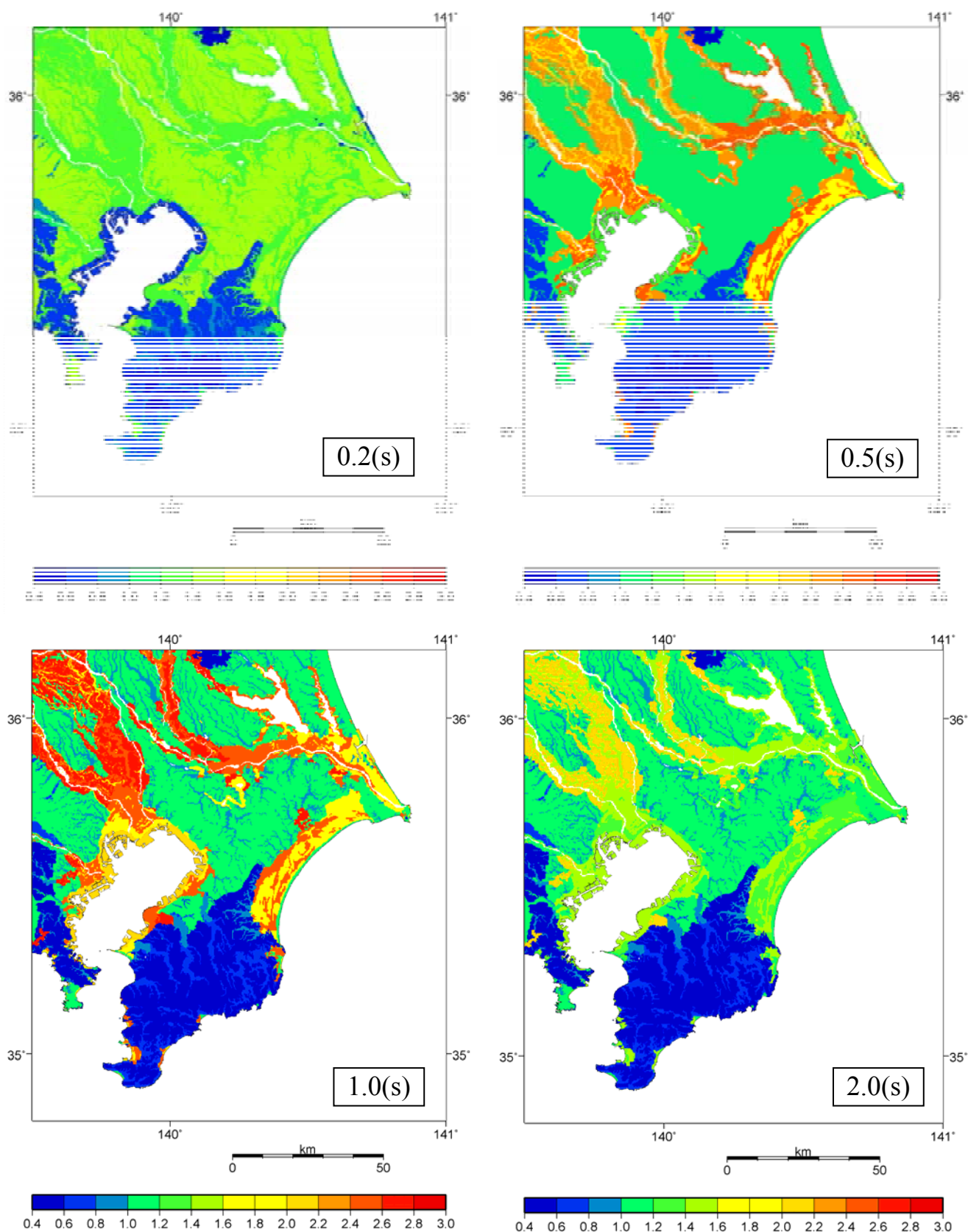


図8 工学的基盤相当(約 $V_s=300\text{m/s}$)からのスペクトル増幅率による周期別地盤増幅率 (250m メッシュ) 図化範囲内の千葉県以外は千葉県の結果を用いて描画