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。

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	藤原広行	
防災システム研究センター	ィレクター		
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	ハオ憲生	

(c) 担当者

(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

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2km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、5~10km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る。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

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

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, ソフトウエア開発, 仕様・標準等の策定
 - 1)特許出願 なし
 - 2) ソフトウエア開発

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)



図2.千葉県の微動アレイ観測点位置(:60地点)



図3.微動アレイ観測位置配置図(大網白里町)の微動アレイ観測位置設置図面例 (R=100,300mを基本単位としている。)

Image: Service Image: Servic	🖉 微動データ管理システム - Windows Internet Explorer	
27:402 EEQ # REQ # REQ:000 7 PAG 00 A2780 2 Congle C-D-PEX.7012 W EE + 2 = 0 53.2 K-01 - 0 2 MEX.50 = 0 F174841 + 2 = 0 53.2 K-01 - 0 2 MEX.50 = 0 F174841 - 2 = 0 53.2 K-01 - 0 2 MEX.50 = 0 F174841 - 2 = 0 53.2 K-01 - 0 2 MEX.50 = 0 F174841 - 2 = 0 53.2 K-01 - 0 2 MEX.50 = 0 F174841 - 2 = 0 53.2 K-01 - 0 2 MEX.50 = 0 F174841 - 2 = 0 53.2 K-01 - 0 2 MEX.50 = 0 F174841 - 2 = 0 53.2 K-01 - 0 2 MEX.50 = 0 F174841 - 2 = 0 F1748 - 2 = 0 F1748 - 0 F174	O Nitp://221249.150.147/bidou/members/gis/map.phtml	Coople Pr
X Compared 10-2-12/L/L/L/X State 10	ファイルショ 編集(2) 表示(2) お気に入り(4) ツール(1) ヘルブ(4)	
# MEX.20 @ Jirtherich (* Einhau demine) * 2 (* 100.250.24%)*** # MEX.20 @ Jirtherich (* Einhau demine) * 2 (* 100.250.24%)*** * MEX.20 @ Jirtherich (* Einhau demine) *** * MEX.20 @ Jirtherich (* Jirt	× Google キーワードを入力して ● 個 エュース 8上昇 メール	Google Earth ポタンマャラリー・チェック ログワンマーク・ 副訳 ・ ※ ● ログイン・ メ ● ログイン・ メ メ ・ ● ログイン・ メ ・ ● ログイン・ メ ・ ● ログイン・ ・ ・ ・
	👷 お気に入り 🏩 🏉 おすすわサイト・ 🔝 HotMail の無料サービス 🔊 Web スライス ギャ	¥v9)−•
	● 微動データ管理システム	
BUL-11 B	38 微動デーダ管理システム	тори-У
Bit Balance	жвь-17 🔗 🍙 😂 🔍 🚑 📌 👸	🕅 (1) 🚑 🤌 🚔 ?
Image: Series Image: Series <td< td=""><td></td><td>X 13834.483 Y 37.02.340</td></td<>		X 13834.483 Y 37.02.340
BERLAM	B Kik-net	「福島」のPut A+100 「栃木県」がPut ArtUSUS」 ****
Butterson		
Implementation Imple	B DICHINO14	
BIRLAR BIRLACE BIRLACE BIRLACE BIRLACE BIRLACE		
BURAL Image: Comparison of the second of	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	
Image: Buttled in the second start		
Image: Comparison of the second of the se	KK-net Kok-net Kok-net	
Image: Solution Image: Sol		
● DUTA ● SS ● SS ● SS ● SS ● SS ● BULM ● SS ● SS ● SS		REAR AND AN A A A A A A A A A A A A A A A A
************************************	□ OJIYA 埼子県	
MERLAN 1000 million (1000 million (10000 million (1000 million (1000 million (1000 million (1000 milli		
	二十二十二十二十二十二十二十二十二十二十二十二十二十二十二十二十二十二十二十	
単図凡名 ● 109-30 ● 109-30 ● 109-30 ● 109-30 ● 200-200 ● 109-30 ● 109-30 ● 109-20 ● 109-20 ● 200-200 ● 109-20 ● 109-20 ● 109-20 ● 109-20 ● 200-200 ● 109-20 ● 109-20 ● 109-20 ● 109-20 ● 200-200 ● 109-20 ● 109-20 ● 109-20 ● 109-20 ● 200-200 ● 109-20 ● 109-20 ● 109-20 ● 109-20 ● 109-20 ● 2002 ● 200-100 ● 200-20 ● 109-20 ● 109-20 ● 109-20	来/····································	
単四凡相 第二日 第二日<		
地図凡例 単常用 単常用 単常用 単常用 ● 105<	all and a star	
地図凡所 日本市町 <	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	
地図几例 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・		一 小 一 温暖を 野田島
地図人的 単図 第日第一次第一番 第日第一次第一番 日本	Real Concernence	
<u> </u>	HERE AND AND AND AND AND	
地図几例 15<01-6	■ 一 用王 日 王 日 二 日 一 二 日 一 二 日 一 二 日 一 二 日 一 二 二 一 二 二 一 二 二 二 二 二 二 二 二 二 二 二 二 二	名 他山来 王子母 美国王 C 在南門岛
	地図几例	76 X 4 4
Copyright 2008, 防災料学技術研究所 AI Rights Reserved. ページが表示されました ・ なった れのび ・ ・ なった れのび ・ ・ ないび ・ ・ ないび ・ ・ ないがい * ・ ない* ・ ないがい * ・ ない * ・ ないがい * ・ ないがい * ・ ない * ・ ないがい * ・ ない * ・ ない * ・ ない *	「現政指定」 (1) 35 30 45 68 km (1) 45 68 km	太平洋
Comment Aude, Market Reserved Alexan Reserved Alex		
後奈結果 - Windows Internet Explorer ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	メージが第三字20年1 F	♥ Copyright 2000, K02400+12380054278 All Regists Areaserved.
C - とからなと、 - With GOVE-Differ Lapitor Explored C - 活ダウンロード C	 ショル・ショル・レート・ション・ション・ション・ション・ション・ション・ション・ション・ション・ション	
ビット件数:2/表示件数:2	http://tremorserver.map.bosai.eo.in/hidou/members/ais/info.phtm?pumResult	
ー括ダウンロード ヒット件数:2/表示件数:2 後動観測点(単点) / CHIBA @ リンク 観測点3 観測点3 観測点3(英語) 満定開始日時 満定終了日時 満定要素 読雪方法 録度門 経度門 得高(m) 速さ(m) 振道(資料)		
ビット件数:2/表示件数:2 後動観測点(単点) / CHIBA @ リンク 観測点3 観測点名 観測点名(英語) 測定開始日時 測定終了日時 測定接器 設置方法 錠底門 軽底門 標高(m) 変さ(m) 爆送 麻根		
微動観測点(単点) / CHIBA ② リンク 観測点コード 観測点名 観測点名(英語) 測定開始日時 測定終了日時 測定概要 読者方法 鏡度(*) 経度(*) 標高(m) 速さ(m) 爆造資料	ヒット件数:2/表示件数:2	
@ リンク 観測点コード 観測点名 観測点名(英語) 測定開始日時 測定終了日時 測定概器 読者方法 塾房(1) 経房(1) 経房(1) 径方(m) 探送) 報道 資料		
	微動観測点(単点) / CHIBA	
① デージ CHBT481 九十九里 中学校 LUJUKURISYOUGAKKO 2009-08-05 09:20:00 09:46:00 JU-210 FREE 35.53680556 140.4238611 CHIBA	後動観測点(単点) / CHIBA @ リンク 観測点コード 観測点名 観測点名(英語) 測定開始日時	週定称了日時 測定概量 設置方法 換度[ⁿ] 経度[ⁿ] 漂さ[m] 漂さ[m] 響道府県
① データ CHBT481 九十九里 中学校 KUJUKURISYOUGAKKO 2009-06-05 09:20:00 09:45:00 JU-215 JUST 35.53794444 140.4243333 CHIBA	 後勤観測点(単点) / CHIBA 	週定終了日時 週定機器 設置方法 錄度['] 程度['] 標高[m] 葉さ[m] 響道府県 2009-06-05 09:46:00 JU-210 FREE 35.53680556 140.4238611 CHIBA
	 後動観測点(単点) / CHIBA 	測定株了日時 測定機器 設置方法 操度[] 程度[] 積高[m] 葉さ[m] 響道府県 2009-06-05 09:46:00 JU-210 FREE 35.53680556 140.4238611 CHIBA 2009-06-05 09:45:00 JU-215 JUST 35.53794444 140.4243333 CHIBA
	 後動観測点(単点) / CHIBA リンク 銀道点コード 銀道点名 銀道点名(英語)	瀏定終了日時 測定機器 設置方法 換度[1] 経度[1] 標高[m] 漂さ[m] 謬道崩只 2009-06-05 09:46:00 JU-210 FREE 35.53680565 140.4238611 CHIBA 2009-06-05 09:45:00 JU-215 JUST 35.53794444 140.4243333 CHIBA
	 後動観測点(単点) / CHIBA 	週定終了日時 週定線器 数置方法 錄度['] 経度['] 標高[m] 藻さ[m] 擲逆崩兒 2009-06-05 09:46:00 JU-210 FREE 35.53880556 140.4238811 CHIBA 2009-06-05 09:45:00 JU-215 JUST 35.53794444 140.4243333 CHIBA
	 後動観測点(単点) / CHIBA リンク 観測点コード 観測点名 観測点名(英語) 測定開始日時 デニタ CHB T481 九十九里 中学校 KUJUKURISYOUGAKKO 2009-08-05 09:20:00 デニタ CHB T481 九十九里 KUJUKURISYOUGAKKO 2009-08-05 09:20:00 	週定錄了日時 週定錄器 設置方法 錄度[*] 経度[*] 餐高[m] 菜方[m] 響道府祭 2009-06-05 09:46:00 JU-210 FREE 35.53680556 140.42338611 CHIBA 2009-06-05 09:45:00 JU-215 JUST 35.53794444 140.4243333 CHIBA

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)





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 Vs=300m/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