

3. 4. 3 想定首都直下地震に関する強震観測研究

(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23年度業務目的

- 1) 平成22年度までに実施した、千葉県北部、茨城県南部地域を中心とした単点による微動観測結果や微動アレイ観測結果、既往の地盤モデル等をもとに、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。
- 2) 本報告書3.4.1にこれまでの研究成果のうち既存の強震観測点に基づく面的な地震動分布の推定手法を提供し、強震動予測の高精度化に関する研究成果のとりまとめに協力する。

(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 防災システム研究センター	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	長谷川信介	
同	契約研究員	内藤昌平	
同	契約研究員	ハオ憲生	

(2) 平成23年度の成果

(a) 業務の要約

1) 平成22年度までに実施した、千葉県北部、茨城県南部地域を中心とした単点による微動観測結果や微動アレイ観測結果、既往の地盤モデル等をもとに、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った。

2) 本報告書3.4.1にこれまでの研究成果のうち既存の強震観測点に基づく面的な地震動分布の推定手法を提供し、強震動予測の高精度化に関する研究成果のとりまとめに協力した。

(b) 業務の成果

これまで観測した微動観測データおよび収集した既往の微動観測データ等（観測位相速度・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、防災科研の「微動データベース」¹⁾に納め整理した。また、アレイ観測による位相速度と地震観測記録のR/Vスペクトル比および、単点微動のH/Vスペクトル比を用い、既往の関東地域の浅い地盤モデルと深い地盤を結合したモデル（浅部・深部の概念図は図1・図2参照）^{2)・3)}を初期モデルとしてジョイントインバージョン処理を行うことで、主に0.5～2秒付近の観測記録の周期特性が合うようなS波速度構造モデルを検討した。結果については、既往の地盤モデル（前述の初期地盤モデル）から計算される結果との比較、および結果の検証を実施した。

1) 微動データの収集とデータベース化

平成19年度から平成23年度までの5カ年間に実施してきた微動観測記録・結果（単点・アレイ）および各機関から収集した微動観測記録・解析結果（単点・アレイ）について（図3・図4）をデータベースに収めた（図5・図6）。これまでに収集したデータの数（関東地方分）は、単点が5406地点分、アレイが436地点分となった。データはすべて同じフォーマットで整備され、データの閲覧や、利活用が簡単にできるような構成となっている。

2) 微動観測データの解析結果と地震動データの解析結果の比較

主に千葉・茨城県で得られた微動アレイ観測（図7,8 表1,2）の位相速度と地震動のR/Vスペクトル比によるジョイントインバージョン処理を行い、図9に示す流れにより、推定S波速度構造モデルを求めた（図10,11,12）。その結果による理論H/Vスペクトル比と地震動のR/Vスペクトル比を比較すると、広帯域での周期特性について、既往の地盤モデル^{2)・3)}に対して、飛躍的に精度が良くなっているといえる（図13）。

3) S波増幅特性とQ値（減衰定数）の推定

2)で示したS波速度構造を正しいと仮定したうえで、推定された速度構造モデルの増幅度の検証として、地表地震記録によるスペクトルインバージョンと、Q値とS波増幅構造について、先に示した図9に示す流れで検討を行った。スペクトルインバージョンでは、千葉・茨城県周辺で発生した地震を用いた（図14・表3）。伝播経路のQ値を図15に、震源スペクトルの結果とモデル化したものを図16にそれぞれ示す。

4) 最終的に求めた浅部・深部統合時盤モデルの推定

微動観測結果に基づく地盤モデルを用いた、千葉県・茨城県の250mメッシュデータの拡張方法の概念図を図17に示す。単点微動データ(H/Vスペクトル比)を利用し、近傍の同一微地形区分の地震観測点で得られたR/L比を参照し、2秒よりも短周期側についてジョイントインバージョンを行いS波速度構造の置き換えを行う(図18)。その他については、もとの初期モデルで作成したS波速度-深度の形状が維持されたモデルとした。本検討でチューニングされた地盤モデルと単点微動のH/Vスペクトル比のインバージョンにおいて、広帯域全体の精度、特に2~0.5秒付近の周期特性およびS波増幅特性が大幅に改善した(図19)。なお最終結果の浅部・深部統合地盤モデルにおけるAVS30の結果と既往の地盤構造モデルの結果を図20に示す。

(c) 結論ならびに今後の課題

本研究において実施した、千葉県・茨城県において得られた浅部・深部統合地盤モデルによる位相速度と地震動のR/Vスペクトル比とのジョイントインバージョン結果によるS地盤構造モデルは、0.1~10Hzにおける広帯域の周期特性の精度について向上したと言える。特に1秒付近(浅い地盤構造モデルと深い地盤構造モデルの接合部:工学的基盤面周辺)において改善が顕著である。また、推定されたS波速度構造モデルにおける増幅特性については、既往の研究による減衰定数(Q値)や増幅特性との関係において、概ね良く対応していることが分かった。

これらのことより、本研究においては0.2Hzより短周期側で小さな値を示している等、解決すべき問題点もあるが、全体的には増幅特性・周期特性ともに、既往の研究よりも精度の高い結果を得ることが出来た。

今回、微動観測データを収集した結果、関東地方の北部(埼玉北部・群馬・栃木)および神奈川県西部のデータが少なく、千葉県や茨城県の評価と比べると詳細な地下構造を作るには十分なデータがない。また、関東北部は地質柱状図のデータも十分に収集されておらず、初期モデルとなる地質構造モデルの精度も悪い。

今後、この地域においても同程度の密度で微動観測を行うこと、および、ボーリングデータ等の地質調査情報をさらに収集していくことができれば、千葉・茨城地方で実施している地下構造モデルと同レベルの地盤構造をつくるのが可能になる。今後、継続的に上記のデータ収集を実施したうえで関東全域の周期・地盤増幅特性をより明らかにしていくことを望む。

(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・河合伸一・青井 真・森川信之・先名重樹・工藤暢章・大井昌弘・はお憲生・早川讓・遠山信彦・松山尚典・岩本鋼司・鈴木晴彦・劉瑛: 強震動評価のための全国深部地盤構造モデル作成手法の検討, 防災科学技術研究所研究資料, 337, 2009.
- 3) 三宅弘恵, 瀨瀬一起, 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論文集, 214-217, 2006.
- 4) 野津 厚・長尾 毅(2005): スペクトルインバージョンに基づく全国の港湾等におけるサイト増幅特性, 港湾空港技術研究所資料, 1112, pp.56.

- 5) Tsuda Kenichi, K. Koketsu, Y. Hisada and T. Hayakawa(2010): Inversion analysis of site response in the Kanto basin using data from a dense strong motion seismograph array, *Bull. Seismol. Soc. Am.* **100**, 1276-1287.
- 6) 山中浩明・大堀道広・翠川三郎(2010)：地震記録に基づく地盤増幅特性の逆解析による関東平野のシームレス S 波速度構造モデルの推定, 日本建築学会

(e) 学会等発表実績

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
千葉県における浅部・深部統合地盤モデルの検討（口頭）	先名重樹・前田宣浩・森川信之・藤原広行	日本地球惑星科学連合2011年大会	2011年5月	国内

(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

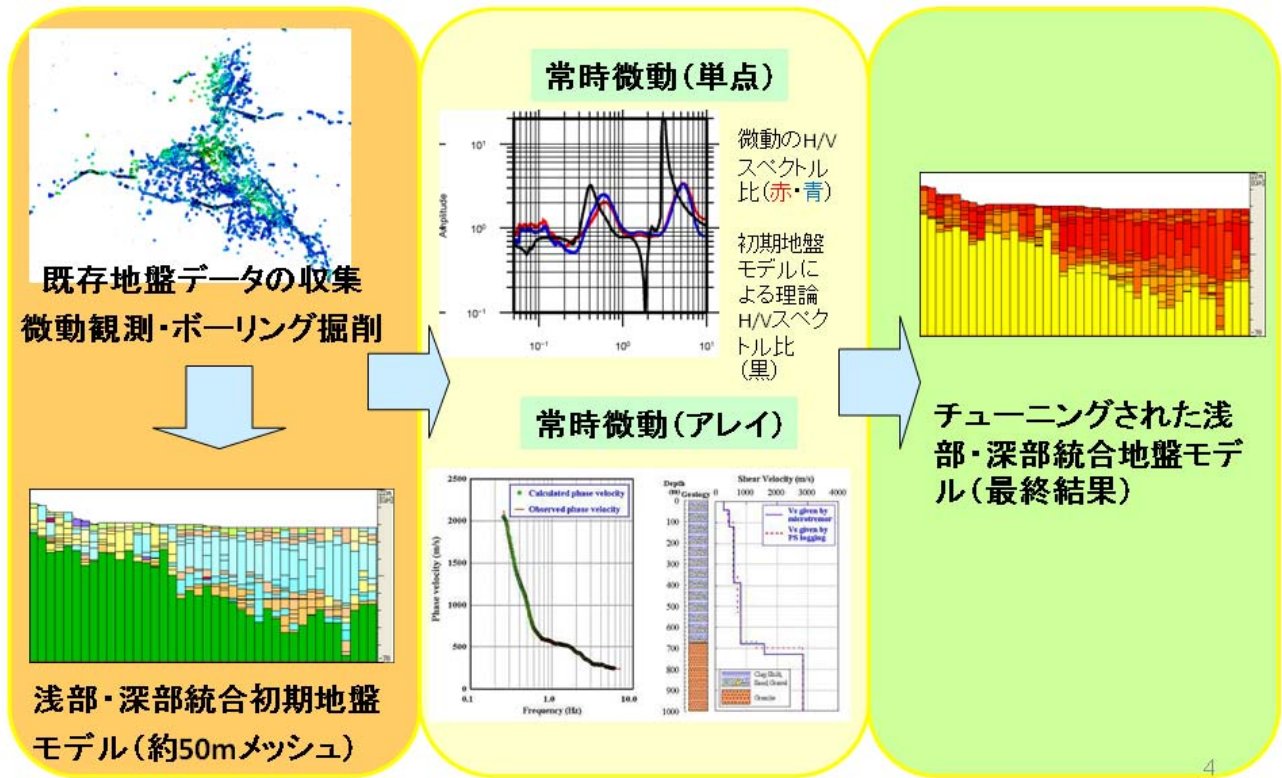


図1 本研究における強震動の面的分布高精度化のための地盤構造モデルの作成手法概念図

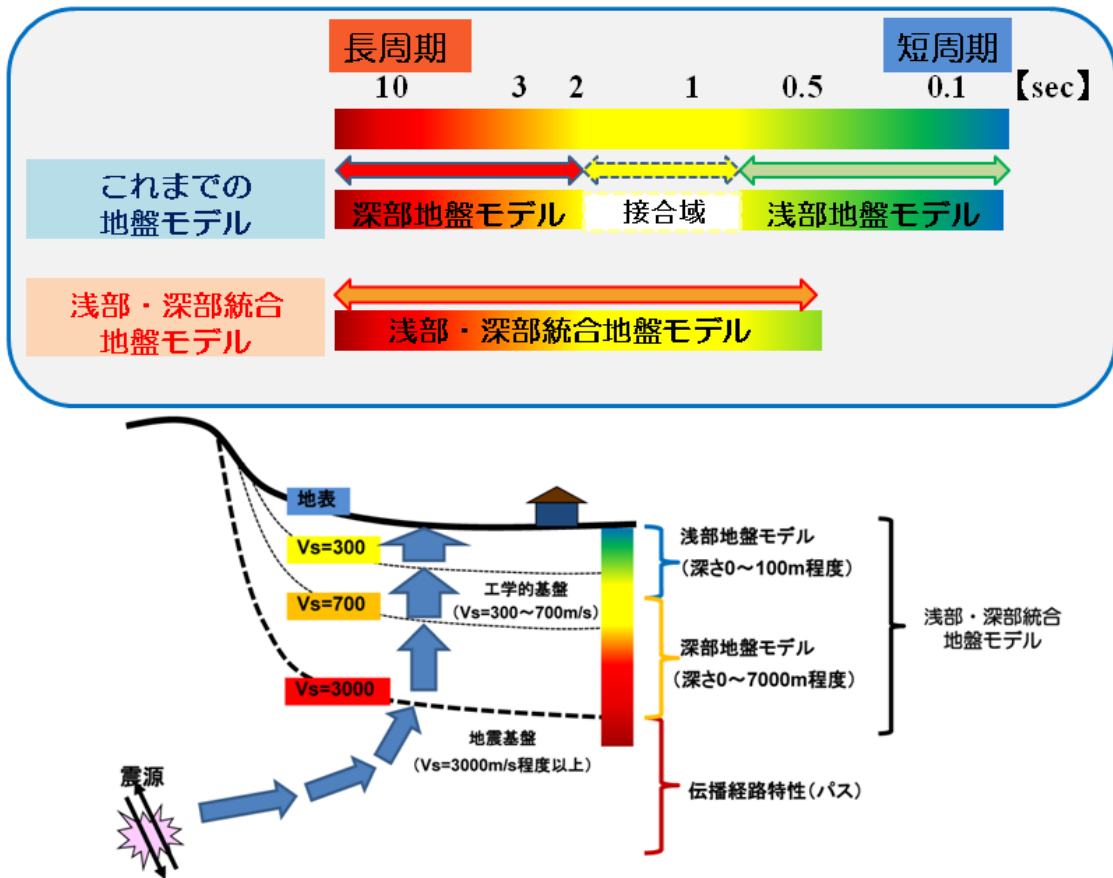


図2 地盤のモデル化周期特性概念図

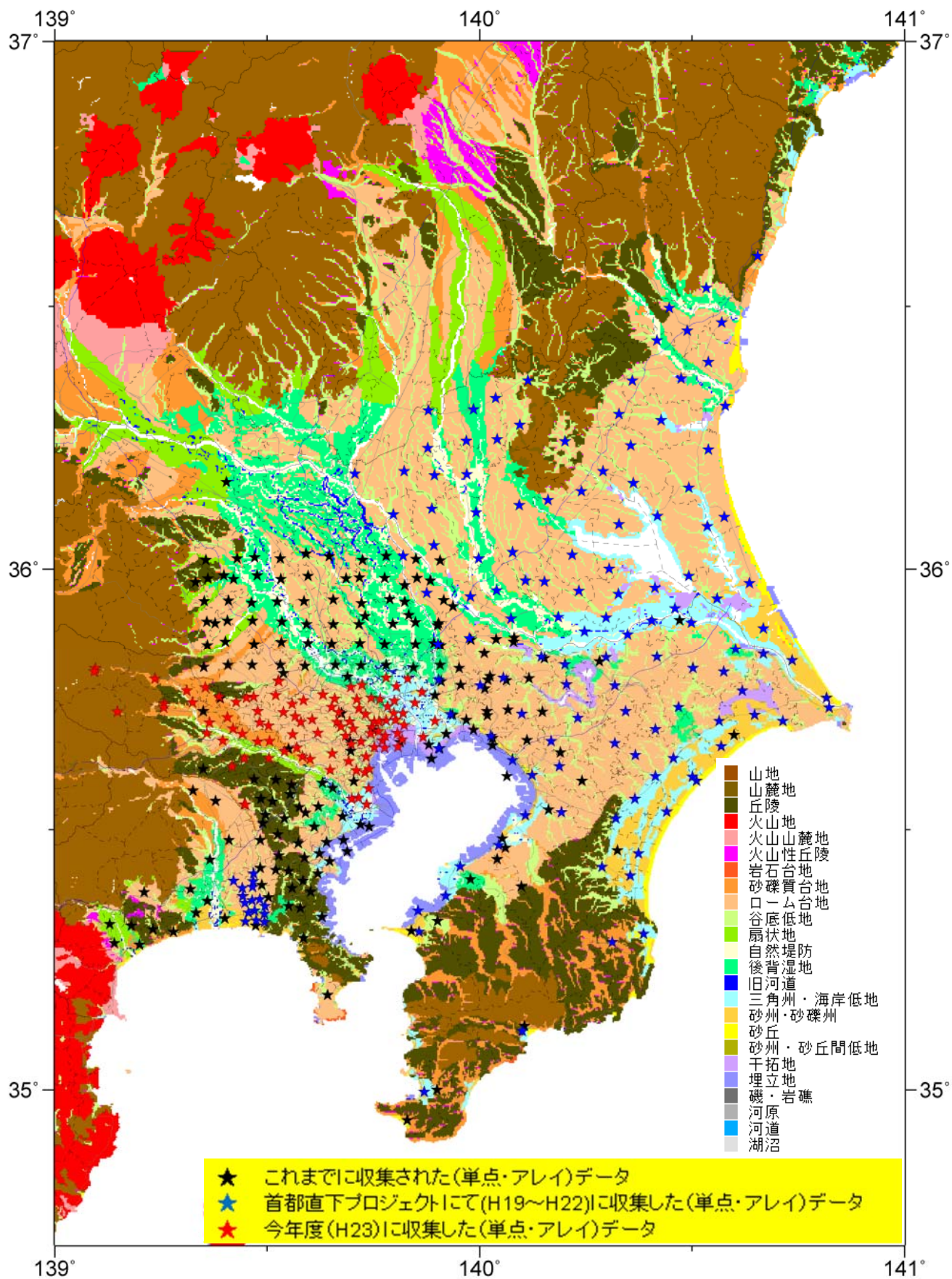


図4 収集し、データベース化した微動アレイ観測データ (関東地方合計：436点)

The screenshot shows a web browser window displaying a map of Japan with numerous seismic observation points marked. A sidebar on the left lists various observation points categorized by network (e.g., SK-NET, IBARAKI). The main map shows the location of a specific point in Ibaraki. To the right, a detailed view of this point is shown, including a table of measurement information and two spectral plots (Fourier and HV).

測定情報

ネットワーク名	SK-NET
観測点コード	IBR061
観測点名	稲敷市(桜川庁舎)
観測点名(英語)	
観測開始日時	2008-02-07 11:15:00
観測終了日時	2008-02-07 11:37:00
測定機器	GU-210
設置方法	JUST
緯度[°]	35.96431389
経度[°]	140.4130361
標高[m]	0
深さ[m]	0
都道府県	IBARAKI
測定機関	(独)防災科学技術研究所

スペクトル

フーリエスペクトル

H/Vスペクトル

※ グラフをクリックすると大きいサイズを表示します。

写真

※ 写真をクリックすると大きいサイズを表示します。

検索結果 - Windows Internet Explorer

https://114.179.68.149/bidou/members/gis/info.html?numResults=5&numHits=5

一括ダウンロード

ヒット件数: 5 / 表示件数: 5

微動観測点(単点) / SK-NET

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	測定機器	設置方法	緯度[°]	経度[°]	標高[m]	深さ[m]	都道府県	測定機関
データ閲覧	IBR061	稲敷市(桜川庁舎)		2008-02-07 11:15:00	2008-02-07 11:37:00	GU-210	JUST	35.96431389	140.4130361	0	0	IBARAKI	(独)防災科学技術研究所
データ閲覧	IBR061	稲敷市(桜川庁舎)		2008-02-07 11:17:00	2008-02-07 11:40:00	GU-210	FREE	35.96432778	140.4132583	0	0	IBARAKI	(独)防災科学技術研究所

微動観測点(単点) / IBARAKI

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	測定機器	設置方法	緯度[°]	経度[°]	標高[m]	深さ[m]	都道府県	測定機関
データ閲覧	IBRT289	桜川中学校		2010-06-07 12:02:00	2010-06-07 12:28:00	JU-210	FREE	35.96942	140.40359				
データ閲覧	IBRT289	桜川中学校		2010-06-07 12:02:00	2010-06-07 12:26:00	JU-215	JUST	35.96967	140.40374				
データ閲覧	IBRT744	2kmメッシュ 348		2010-10-15 10:45:00	2010-10-15 11:04:00	JU-215	FREE	35.98724	140.40607	5		IBARAKIKEN	(独)防災科学技術研究所

ページが表示されました

図5 微動観測データのデータベース登録状況(単点)

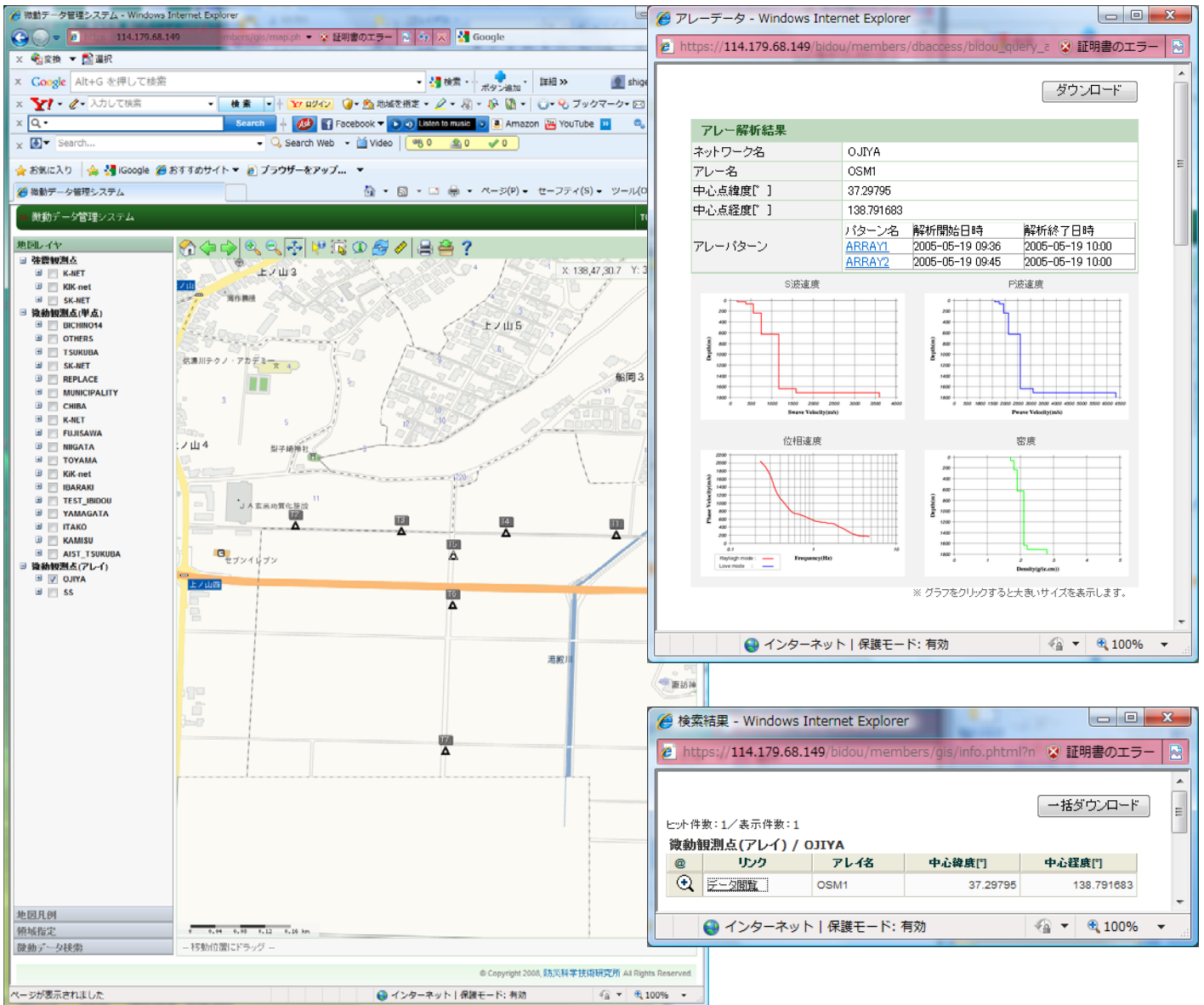


図6 微動観測データのデータベース登録状況 (アレイ)

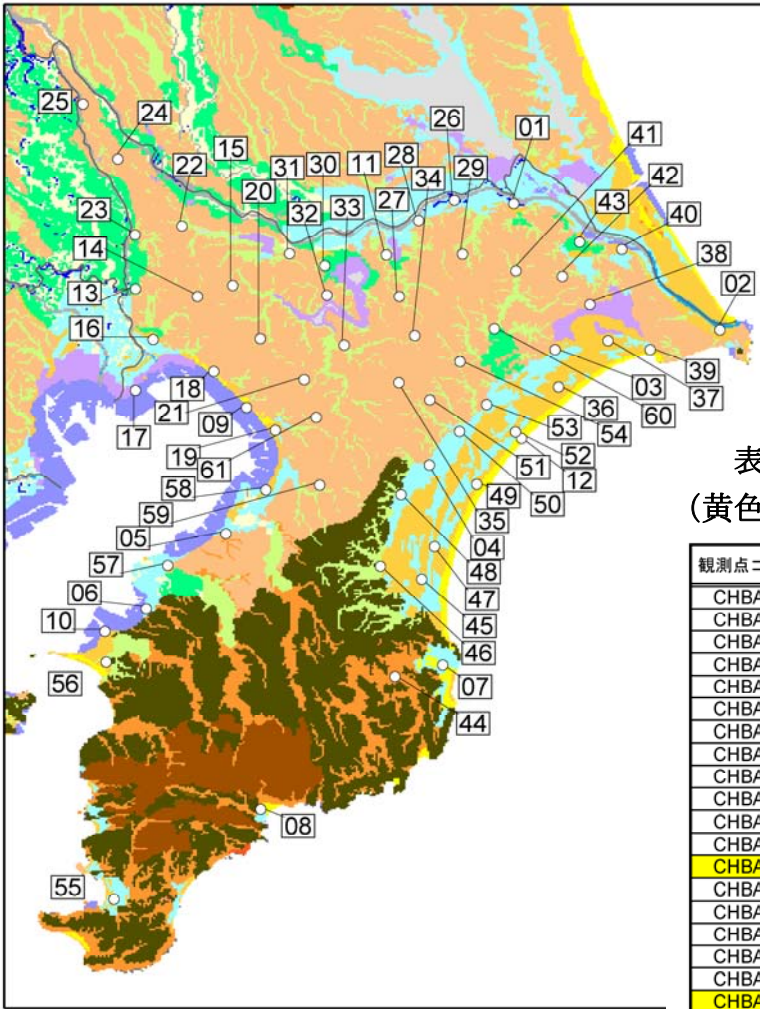


図7 微動アレイ観測地点図（千葉県）

- 山地
- 山麓地
- 丘陵
- 火山山地
- 火山性丘陵
- 岩石質台地
- 砂礫台地
- 谷底低地
- 扇状地
- 自然堤防
- 後背湿地
- 旧河道
- 三角洲・海岸低地
- 砂州・砂礫州
- 砂丘
- 砂州・砂丘間低地
- 干拓地
- 埋立地
- 礫・岩礁
- 河原
- 河道
- 湖

表1 微動アレイ観測地点（千葉県）
（黄色は地震観測記録が得られていない地点）

観測点コード	市町村名	強震観測点名	強震観測点コード (観測区分)
CHBA01	香取市	香取市役所	CHB004(K-NET)
CHBA02	鏡子市	唐子公園	CHBH14(KiK-net)
CHBA03	匝瑳市	八日市場	CHB010(K-NET)
CHBA04	東金市	東金市役所	TOG(SK-NET)
CHBA05	市原市	姉崎	CHB014(K-NET)
CHBA06	木更津市	木更津	CHB015(K-NET)
CHBA07	いすみ市	岬	CHB016(K-NET)
CHBA08	鴨川市	鴨川	CHB020(K-NET)
CHBA09	千葉市	稲毛	CHB024(K-NET)
CHBA10	君津市	君津勤労者総合福祉センター	CHBH12(KiK-net)
CHBA11	成田市	成田地殻活動観測施設	CHBH13(KiK-net)
CHBA12	山武市	蓮沼浜公園	CHBH19(KiK-net)
CHBA13	松戸市	東葛飾県民センター	C02(SK-NET)
CHBA14	鎌ヶ谷市	鎌ヶ谷市役所	KMY(SK-NET)
CHBA15	白井市	白井市役場	SHR(SK-NET)
CHBA16	市川市	市川市役所	ICK(SK-NET)
CHBA17	浦安市	浦安市役所	URA(SK-NET)
CHBA18	習志野市	習志野市役所	NRS(SK-NET)
CHBA19	千葉市	千葉県庁	C01(SK-NET)
CHBA20	八千代市	八千代市役所	YCY(SK-NET)
CHBA21	四街道市	四街道市役所	YOT(SK-NET)
CHBA22	柏市	柏市役所	KAS(SK-NET)
CHBA23	流山市	流山市役所	NGY(SK-NET)
CHBA24	野田市	野田市役所	NOD(SK-NET)
CHBA25	野田市	関宿支所	SEK(SK-NET)
CHBA26	神埼町	神埼町役場	KOZ(SK-NET)
CHBA27	成田市	成田市役所	NAR(SK-NET)
CHBA28	成田市	下総町役場	SIM(SK-NET)
CHBA29	成田市	大栄町役場	DAI(SK-NET)
CHBA30	印西市	本埜村役場	MOT(SK-NET)
CHBA31	印西市	印西市役所	INZ(SK-NET)
CHBA32	印西市	印旛村役場	INB(SK-NET)
CHBA33	佐倉市	北総県民センター	C03(SK-NET)
CHBA34	富里市	富里市役所	TOM(SK-NET)
CHBA35	八街市	八街市役所	YCM(SK-NET)
CHBA36	匝瑳市	野栄町役場	NOS(SK-NET)
CHBA37	旭市	旭市役所	ASH(SK-NET)
CHBA38	旭市	千潟町役場	HIG(SK-NET)
CHBA39	旭市	飯岡町役場	HIO(SK-NET)
CHBA40	東庄町	東庄町役場	TON(SK-NET)
CHBA41	香取市	栗源町役場	KUR(SK-NET)
CHBA42	香取市	山田町役場	YAM(SK-NET)
CHBA43	香取市	小見川町役場	OMI(SK-NET)
CHBA44	いすみ市	夷隅町役場	ISU(SK-NET)
CHBA45	長生村	長生村役場	CHS(SK-NET)
CHBA46	茂原市	茂原市役所	MOB(SK-NET)
CHBA47	白子町	白子町役場	SIR(SK-NET)
CHBA48	大網白里町	大網白里町役場	OOA(SK-NET)
CHBA49	九十九里町	九十九里町役場	KUJ(SK-NET)
CHBA50	山武市	成東町役場	NRU(SK-NET)
CHBA51	山武市	山武町役場	SNB(SK-NET)
CHBA52	山武市	蓮沼村役場	HAS(SK-NET)
CHBA53	山武市	松尾町役場	MTO(SK-NET)
CHBA54	芝山町	芝山町役場	SHB(SK-NET)
CHBA55	館山市	館山市役所	TAT(SK-NET)
CHBA56	富津市	富津市役所	FUT(SK-NET)
CHBA57	袖ヶ浦市	袖ヶ浦市役所	SOD(SK-NET)
CHBA58	市原市	水道局市原	C11(SK-NET)
CHBA59	市原市	水の江小	C25(SK-NET)
CHBA60	多古町	多古町役場	非観測点(役場)
CHBA61	千葉市	千城台高校	非観測点(高等学校)

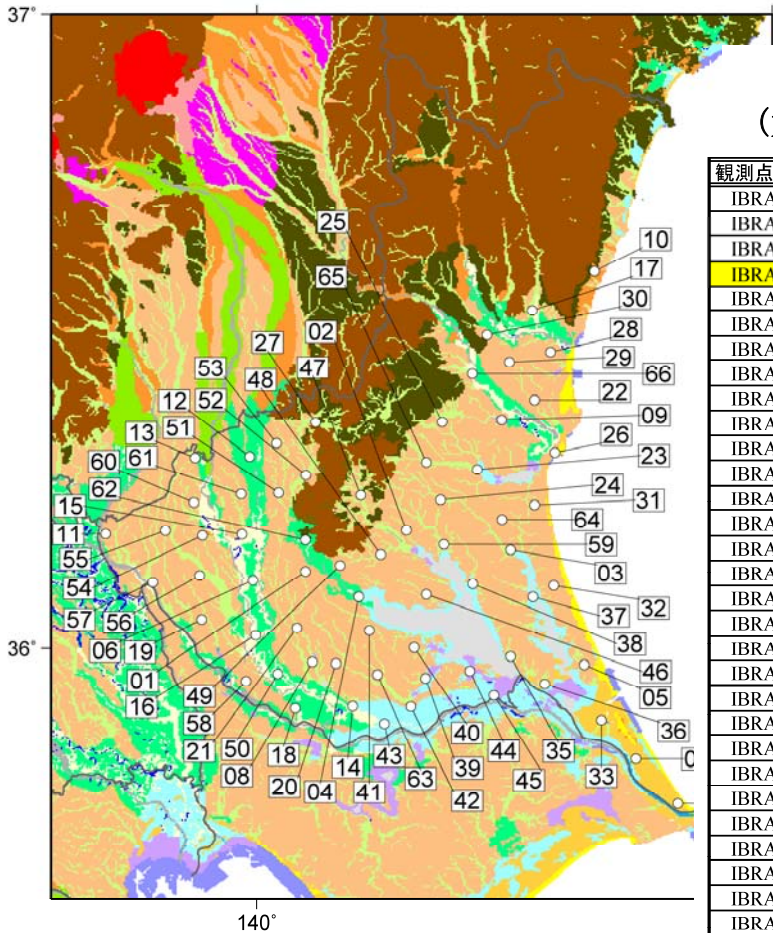


図8 微動アレイ観測地点図（茨城県）

- 山地
- 山麓地
- 丘陵
- 火山山地
- 火山性丘陵
- 岩石台地
- 砂礫質台地
- 谷底低地
- 扇状地
- 自然堤防
- 後背湿地
- 旧河道
- 三角洲・海岸低地
- 砂州・砂礫州
- 砂丘・砂丘間低地
- 干拓地
- 埋立地
- 礫・岩礁
- 原河
- 湖沼

表2 微動アレイ観測地点（茨城県）
（黄色は地震観測記録が得られていない地点）

観測点コード	市町村名	強震観測点名	強震観測点コード
IBRA001	つくば市	(独)防災科学技術研究所	K-NET(IBR011)
IBRA002	石岡市	石岡市役所	K-NET(IBR012)
IBRA003	鉾田市	鉾田市総合公園	K-NET(IBR013)
IBRA004	土浦市	土浦第一中学校	—
IBRA005	鹿嶋市	—	K-NET(IBR018)
IBRA006	常総市	豊田球場	KiK-net(IBRH10)
IBRA007	神栖市	—	KiK-net(IBRH20)
IBRA008	つくば市	釜崎運動公園	KiK-net(IBRH21)
IBRA009	水戸市	水戸市役所	SK-NET(IBR.001)
IBRA010	日立市	日立市役所	SK-NET(IBR.002)
IBRA011	古河市	古河市役所(古河庁舎)	SK-NET(IBR.004)
IBRA012	筑西市	筑西市役所	SK-NET(IBR.006)
IBRA013	結城市	結城市役所	SK-NET(IBR.007)
IBRA014	龍ヶ崎市	龍ヶ崎市役所	SK-NET(IBR.008)
IBRA015	下妻市	下妻市役所	SK-NET(IBR.009)
IBRA016	常総市	常総市役所	SK-NET(IBR.010)
IBRA017	常陸太田市	常陸太田市役所	SK-NET(IBR.011)
IBRA018	取手市	取手消防署	SK-NET(IBR.015)
IBRA019	坂東市	坂東市役所(岩井庁舎)	SK-NET(IBR.016)
IBRA020	牛久市	牛久市役所	SK-NET(IBR.017)
IBRA021	つくば市	つくば市役所(谷田部庁舎)	SK-NET(IBR.018)
IBRA022	ひたちなか市	ひたちなか市役所	SK-NET(IBR.019)
IBRA023	茨城町	茨城町役場	SK-NET(IBR.021)
IBRA024	小美玉市	小美玉市役所	SK-NET(IBR.023)
IBRA025	水戸市	水戸市役所内原支所	SK-NET(IBR.024)
IBRA026	大洗町	大洗消防署	SK-NET(IBR.028)
IBRA027	桜川市	桜川市役所(岩瀬庁舎)	SK-NET(IBR.032)
IBRA028	東海村	東海村役場	SK-NET(IBR.033)
IBRA029	那珂市	那珂市役所	SK-NET(IBR.034)
IBRA030	那珂市	那珂市役所瓜連支所	SK-NET(IBR.035)
IBRA031	鉾田市	鉾田市役所旭総合支所	SK-NET(IBR.045)
IBRA032	鉾田市	鉾田市役所大洋総合支所	SK-NET(IBR.047)
IBRA033	神栖市	神栖市役所	SK-NET(IBR.048)
IBRA034	神栖市	神栖市役所波崎総合支所	SK-NET(IBR.049)
IBRA035	行方市	行方市役所(麻生庁舎)	SK-NET(IBR.050)
IBRA036	潮来市	潮来市役所	SK-NET(IBR.052)
IBRA037	行方市	行方市役所(北浦庁舎)	SK-NET(IBR.053)
IBRA038	行方市	行方市役所(玉造庁舎)	SK-NET(IBR.054)
IBRA039	稲敷市	稲敷市役所(江戸崎庁舎)	SK-NET(IBR.055)
IBRA040	美浦村	美浦村役場	SK-NET(IBR.056)
IBRA041	阿見町	阿見町役場	SK-NET(IBR.057)
IBRA042	稲敷市	稲敷市役所(新利根庁舎)	SK-NET(IBR.059)
IBRA043	河内町	河内町役場	SK-NET(IBR.060)
IBRA044	稲敷市	稲敷市役所(桜川庁舎)	SK-NET(IBR.061)
IBRA045	稲敷市	稲敷市役所(東庁舎)	SK-NET(IBR.062)
IBRA046	かすみがうら市	かすみがうら市役所(霞ヶ浦庁舎)	SK-NET(IBR.063)
IBRA047	石岡市	石岡市役所八郷総合支所	SK-NET(IBR.065)
IBRA048	かすみがうら市	かすみがうら市役所(千代田庁舎)	SK-NET(IBR.066)
IBRA049	土浦市	土浦市役所(新治庁舎)	SK-NET(IBR.067)
IBRA050	つくばみらい市	つくばみらい市役所	SK-NET(IBR.068)
IBRA051	筑西市	筑西市役所明野支所	SK-NET(IBR.071)
IBRA052	桜川市	桜川市役所(真壁庁舎)	SK-NET(IBR.072)
IBRA053	筑西市	筑西市役所協和支所	SK-NET(IBR.074)
IBRA054	八千代町	八千代町役場	SK-NET(IBR.075)
IBRA055	古河市	古河市役所(三和庁舎)	SK-NET(IBR.080)
IBRA056	坂東市	坂東市役所(猿島庁舎)	SK-NET(IBR.081)
IBRA057	坂東市	坂東消防署境分署	SK-NET(IBR.082)
IBRA058	守谷市	守谷市役所	SK-NET(IBR.083)
IBRA059	小美玉市	小川南中学	—
IBRA060	結城市	山川小学校	—
IBRA061	筑西市	関城東小学校	—
IBRA062	つくば市	筑波高等学校	—
IBRA063	牛久市	牛久第二中学	—
IBRA064	鉾田市	鉾田北中学校	—
IBRA065	笠間市	岩間第二小学校	—
IBRA066	水戸市	飯富中学校	—

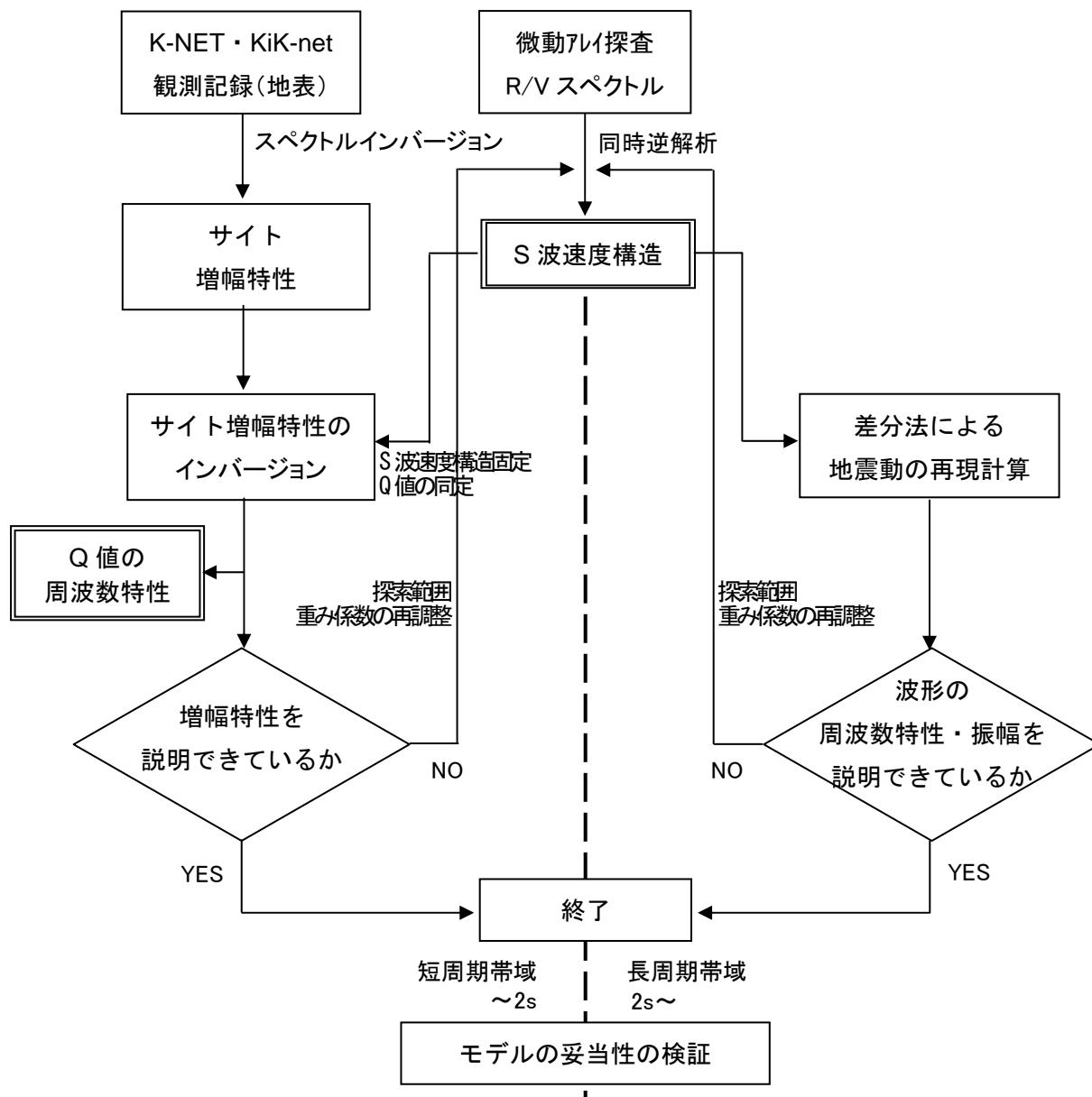


図9 地震記録のある微動アレイ観測点における地盤構造モデルの作成の流れ

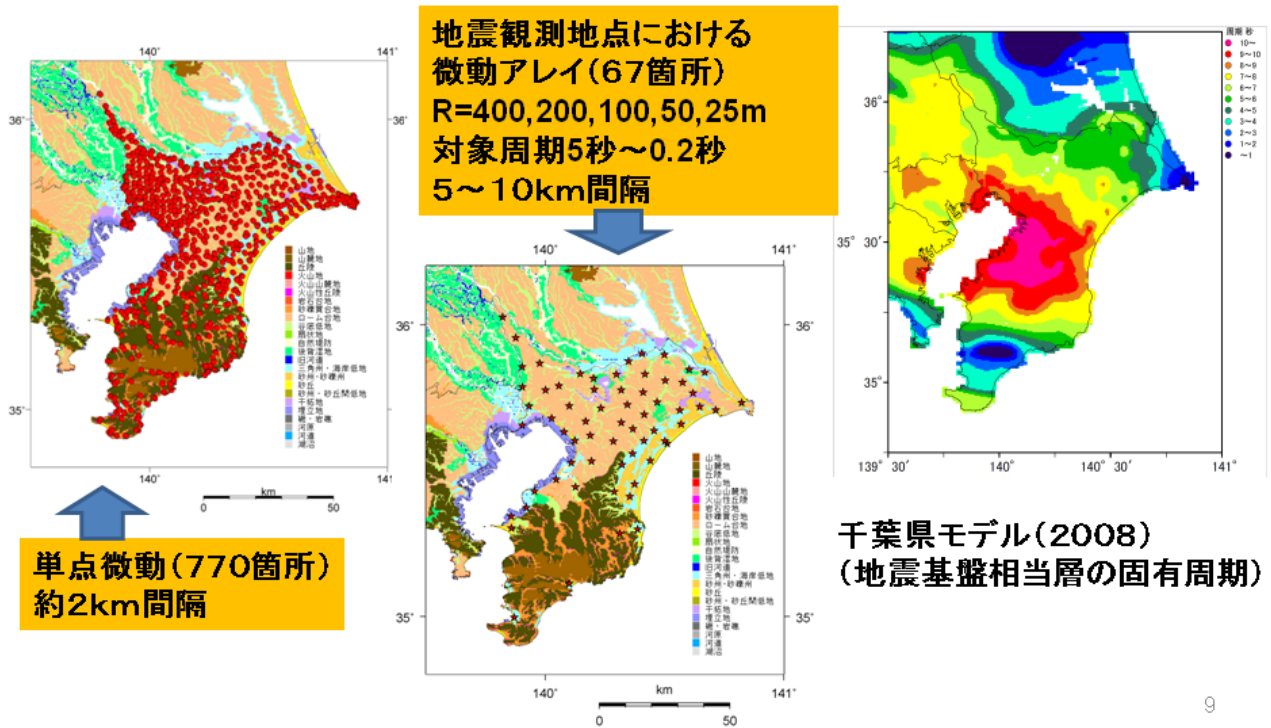


図10 初期地盤モデルと常時微動観測位置(千葉県の例)

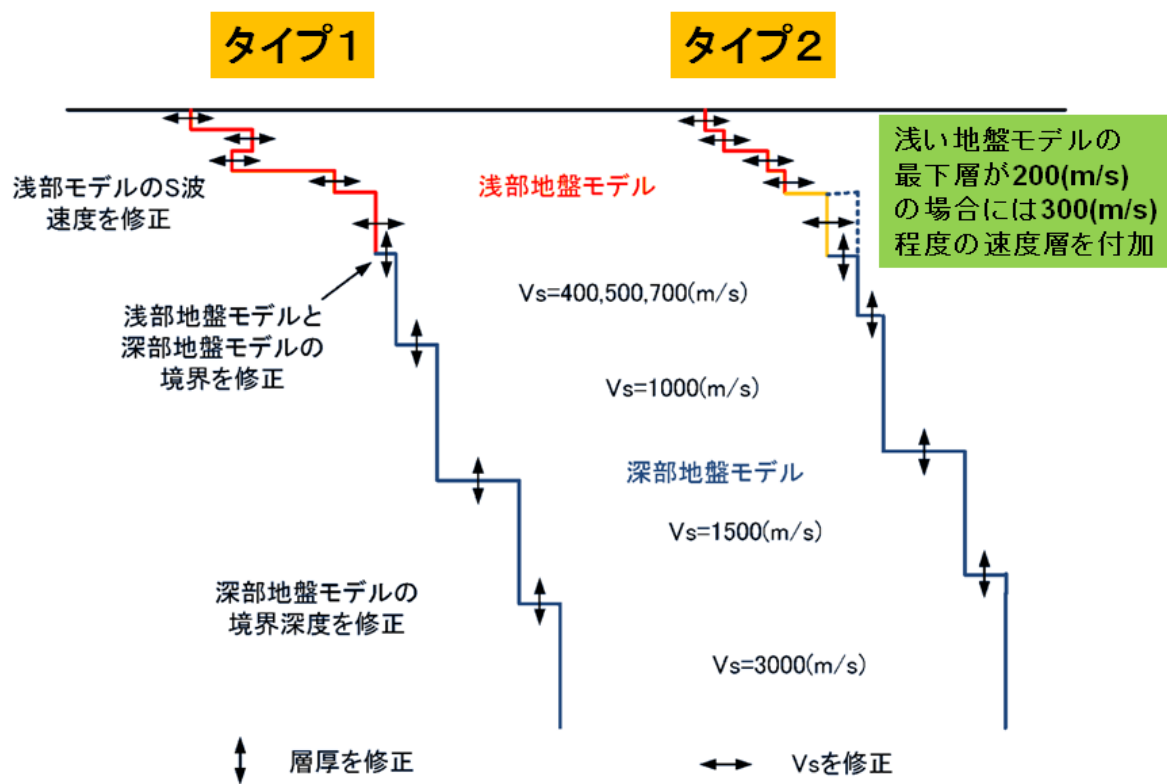
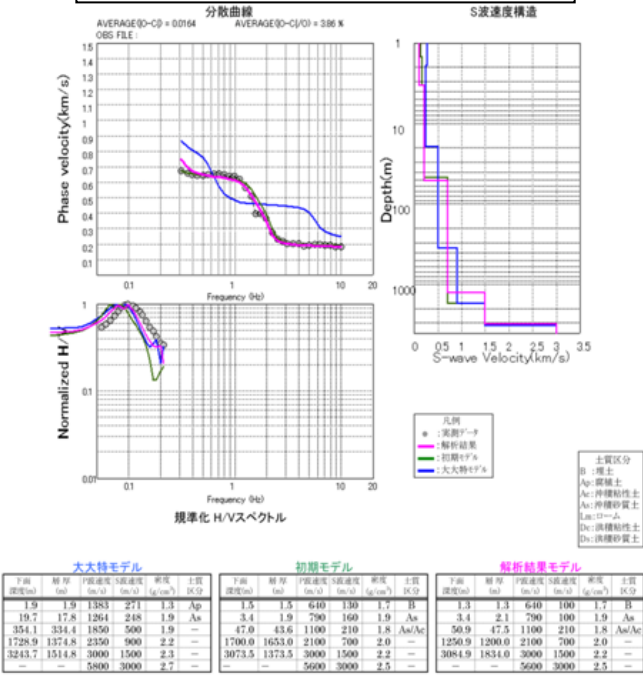


図11 モデルの修正・拘束条件

CHBA45 長生村役場



大大特モデル: 三宅ほか(2008)の地盤モデル

$$E_{PV} = (1/N^{PV}) \sum_{j=1}^{N^{PV}} \left[w(f_j) (c^o(f_j) - c^c(f_j)) / c^o(f_j) \right]^2$$

$$w(f_j) = 1.0 (f_j > 1.0 \text{ Hz})$$

$$w(f_j) = f_j * 0.5 + 0.5 (f_j \le 1.0 \text{ Hz})$$

$$E_{HV} = (1/N^{HV}) \sum_{j=1}^{N^{HV}} \left[\left(\frac{HV^o(f_j)}{HV_{max}^o} - \frac{HV^c(f_j)}{HV_{max}^c} \right) \right]^2$$

$$E = 0.5 E_{PV} + 0.5 E_{HV}$$

残差Eを最小にする。

N : データ数, PV: 位相速度
 HV: H/Vスペクトル比
 $c^o(f_j)$: j番目の周波数 f_j におけるレイリー波の観測位相速度
 $c^c(f_j)$: j番目の周波数 f_j におけるレイリー波の計算位相速度
 $w(f_j)$: 周波数によるウェイト

IBRA28 東海村役場

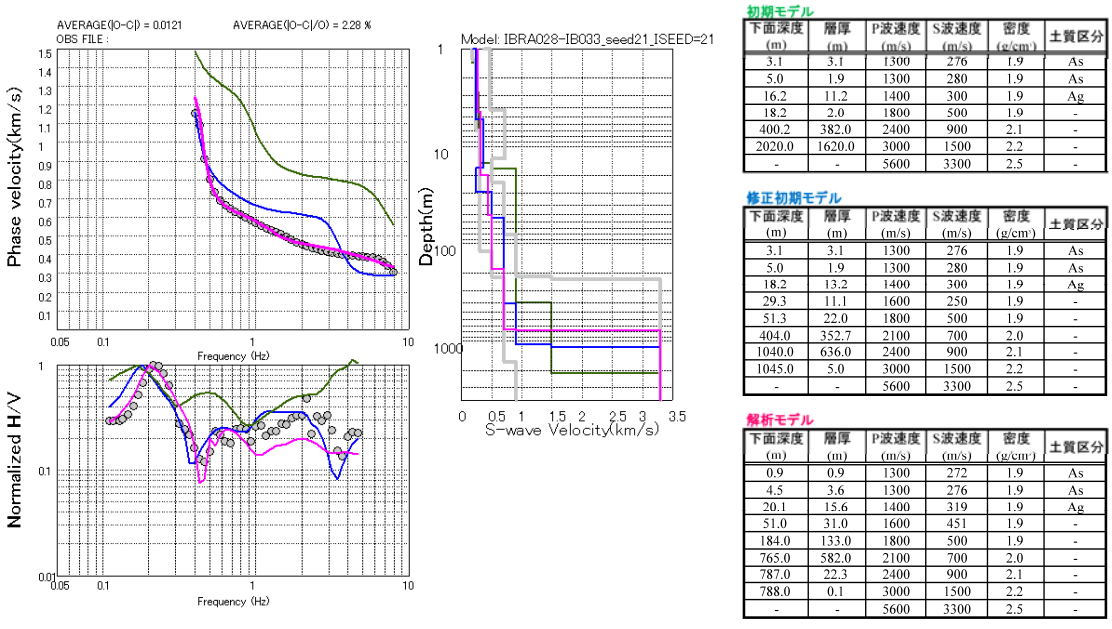
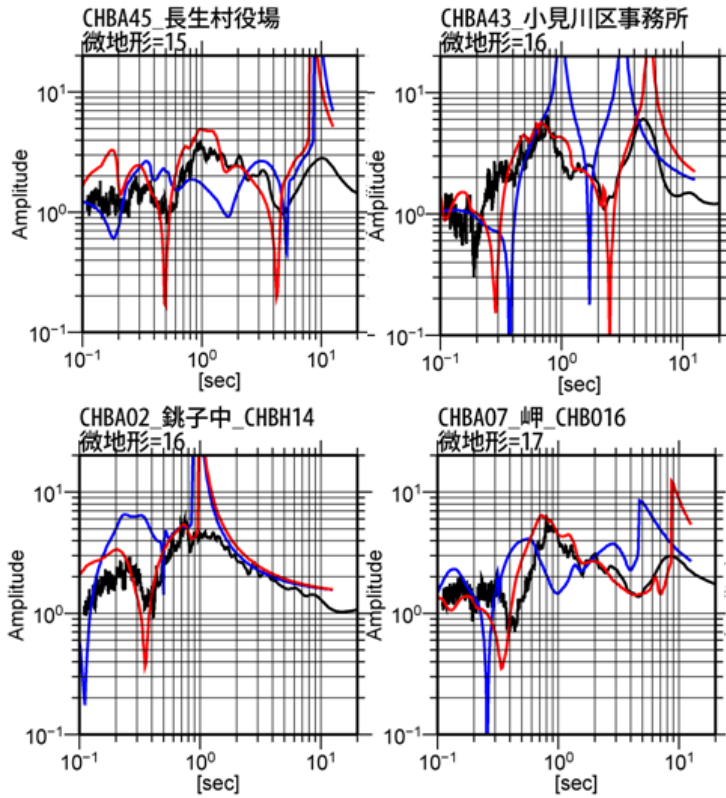
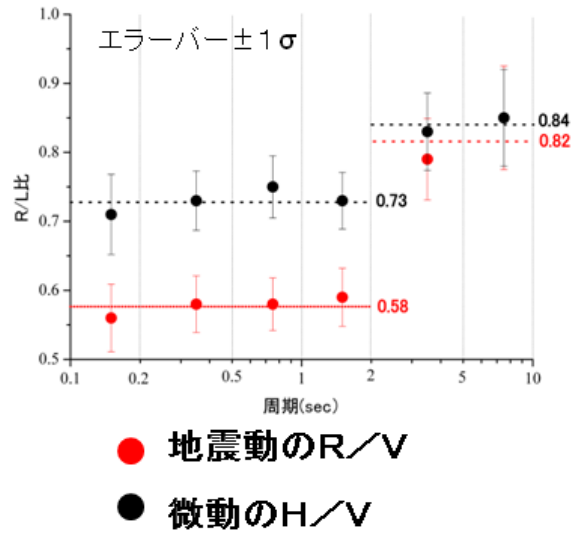


図12 観測位相速度と地震動のR/Vスペクトル比のジョイントインバージョン (千葉県・長生村役場: 茨城県・東海村役場)



地震記録があるアレイ観測点全点
における
R(レイリー波)/L(ラブ波)比



- 地震動のR/Vスペクトル比
- 修正前の地下構造による理論H/Vスペクトル比(4次モード合成)
- 修正後の地下構造による理論H/Vスペクトル比(4次モード合成)

図 1 3 理論H/Vと地震動R/Vスペクトル比の比較とモデル化

表3 スペクトルインバージョンに用いた地震の諸元

No	Year	Month	Day	Hour	Minutes	Sec	Latitude	Longitude	Depth(km)	Mj	Mo(Nm)	Epicenter
1	1997	3	23	14	58	55.18	35.9687	140.107	71.46	5.1	4.77E+16	SOUTHERN IBARAKI PREF
2	1997	9	8	8	40	38.47	35.558	140.0022	108.59	5.1	6.62E+16	CENTRAL CHIBA PREF
3	1998	1	14	2	17	7.88	35.6165	140.2328	77.98	5	2.28E+16	CENTRAL CHIBA PREF
4	1998	3	23	18	37	9.22	36.369	141.182	48.6	5.4	1.28E+17	E OFF IBARAKI PREF
5	1998	4	9	17	45	39.14	36.9452	141.0172	94.87	5.4	1.78E+17	E OFF FUKUSHIMA PREF
6	1998	6	14	22	17	6.19	35.4645	140.749	46.43	5.7	3.58E+17	KUJUKURI COAST BOSO PEN
7	1998	8	29	8	46	42.35	35.633	140.0293	64.6	5.3	9.80E+16	CENTRAL CHIBA PREF
8	1999	3	26	8	31	9.38	36.4507	140.6155	59.04	5	4.55E+16	NORTHERN IBARAKI PREF
9	1999	4	25	21	27	2.95	36.456	140.622	59.47	5.2	6.24E+16	NORTHERN IBARAKI PREF
10	1999	7	15	7	56	21.89	35.9357	140.441	49.64	5	5.33E+16	SOUTHERN IBARAKI PREF
11	1999	9	13	7	56	46.82	35.5977	140.1598	75.81	5.1	1.08E+17	CENTRAL CHIBA PREF
12	2003	1	21	13	19	23.98	36.3645	141.029	46.62	5.1	4.60E+16	E OFF IBARAKI PREF
13	2003	3	13	12	12	58	36.0902	139.8557	47.26	5	2.34E+16	SW IBARAKI PREF
14	2003	5	12	0	57	6.08	35.8688	140.0857	46.87	5.3	7.07E+16	SOUTHERN IBARAKI PREF
15	2003	5	17	23	33	10.79	35.7385	140.6507	47.29	5.3	1.13E+17	NEAR CHOSHI CITY
16	2003	6	16	18	34	4.77	36.8415	141.2623	76.92	5.1	2.48E+16	E OFF IBARAKI PREF
17	2003	9	20	12	54	52.2	35.2188	140.3003	69.96	5.8	3.53E+17	KUJUKURI COAST BOSO PEN
18	2003	10	15	16	30	35.79	35.6137	140.0498	73.9	5.1	5.15E+16	CENTRAL CHIBA PREF
19	2003	11	15	3	43	51.64	36.4325	141.1652	48.4	5.8	3.43E+17	E OFF IBARAKI PREF
20	2004	3	11	11	34	57.57	36.322	141.0082	47.52	5.3	1.04E+17	E OFF IBARAKI PREF
21	2004	4	4	8	2	0.69	36.3902	141.154	48.99	5.8	8.38E+17	E OFF IBARAKI PREF
22	2004	7	17	15	10	18.17	34.8382	140.356	68.68	5.5	2.39E+17	SE OFF BOSO PENINSULA
23	2004	10	6	23	40	40.16	35.9888	140.0898	65.97	5.7	4.52E+17	SOUTHERN IBARAKI PREF
24	2005	1	1	5	13	49.09	36.7835	140.9833	89.42	5	3.64E+16	E OFF IBARAKI PREF
25	2005	2	16	4	46	36.13	36.0385	139.8888	46.15	5.3	1.33E+17	SW IBARAKI PREF
26	2005	6	20	1	15	14.2	35.7338	140.6947	50.65	5.6	3.81E+17	NEAR CHOSHI CITY
27	2005	7	23	16	34	56.32	35.5817	140.1385	73.08	6	9.11E+17	CENTRAL CHIBA PREF
28	2005	7	28	19	15	35.01	36.1262	139.8463	51.12	5	2.28E+16	SW IBARAKI PREF
29	2005	10	16	16	5	42.6	36.0393	139.9375	47.12	5.1	3.57E+16	SW IBARAKI PREF
30	2005	10	22	22	12	46.78	37.0797	141.1205	51.96	5.6	2.06E+17	E OFF FUKUSHIMA PREF
31	2006	2	1	20	35	53.06	35.761	140.0037	101.02	5.1	5.07E+16	NORTHERN CHIBA PREF
32	2006	10	14	6	38	1.68	34.8948	140.3048	64.42	5.1	2.62E+16	SE OFF BOSO PENINSULA
33	2008	3	8	1	54	57.17	36.4525	140.6117	57.04	5.2	5.57E+16	NORTHERN IBARAKI PREF
34	2008	4	4	19	1	51.86	36.12	139.8282	53.48	5	2.05E+16	SW IBARAKI PREF
35	2008	7	5	16	49	2.56	36.6427	140.952	49.69	5.2	5.25E+16	E OFF IBARAKI PREF
36	2008	8	22	19	59	50.17	36.4418	140.6153	55.92	5.2	5.02E+16	NORTHERN IBARAKI PREF
37	2009	2	1	6	51	51.89	36.717	141.2793	47.03	5.8	4.65E+17	E OFF IBARAKI PREF
38	2009	4	28	6	37	34.51	36.407	141.1307	47.88	5	5.80E+16	E OFF IBARAKI PREF
39	2009	6	6	14	52	41.04	35.5418	141.2642	42.4	5.9	5.48E+17	NEAR CHOSHI CITY
40	2009	10	23	10	28	26.9	36.6023	141.1762	45.15	5	1.67E+16	E OFF IBARAKI PREF
41	2009	12	18	5	41	29.93	36.3347	139.719	78.05	5.1	5.31E+16	SOUTHERN TOCHIGI PREF

気象庁一元化震源による モーメントはF-net によるハッチは千葉県浅部・深部統合地盤モデル作成時に用いた地震

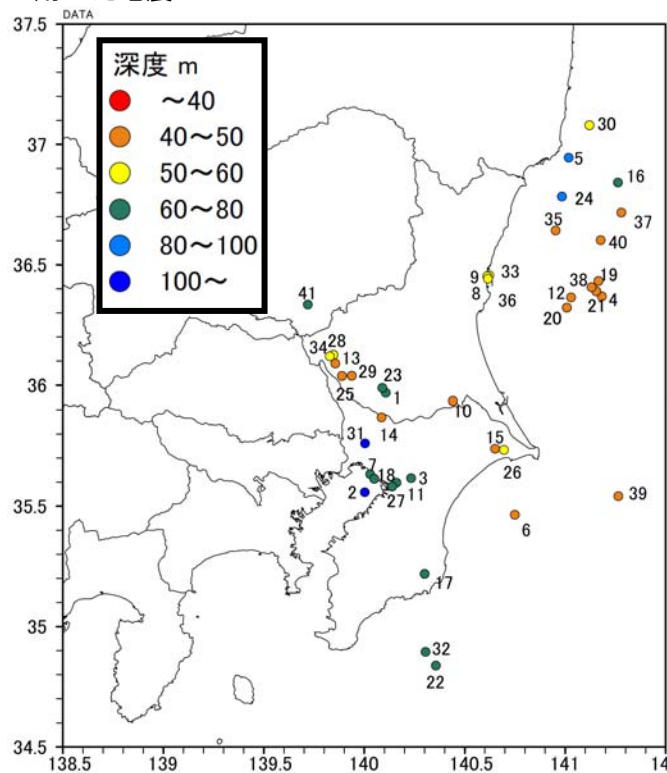


図14 震央位置

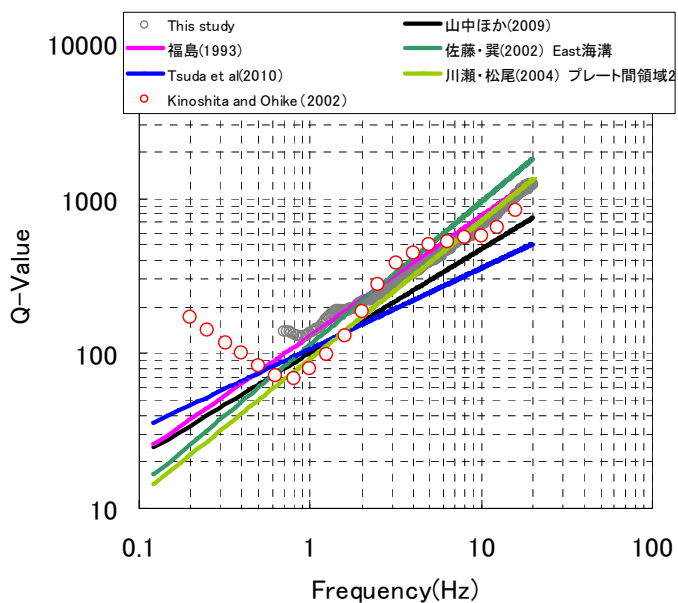


図15 伝播経路のQ値

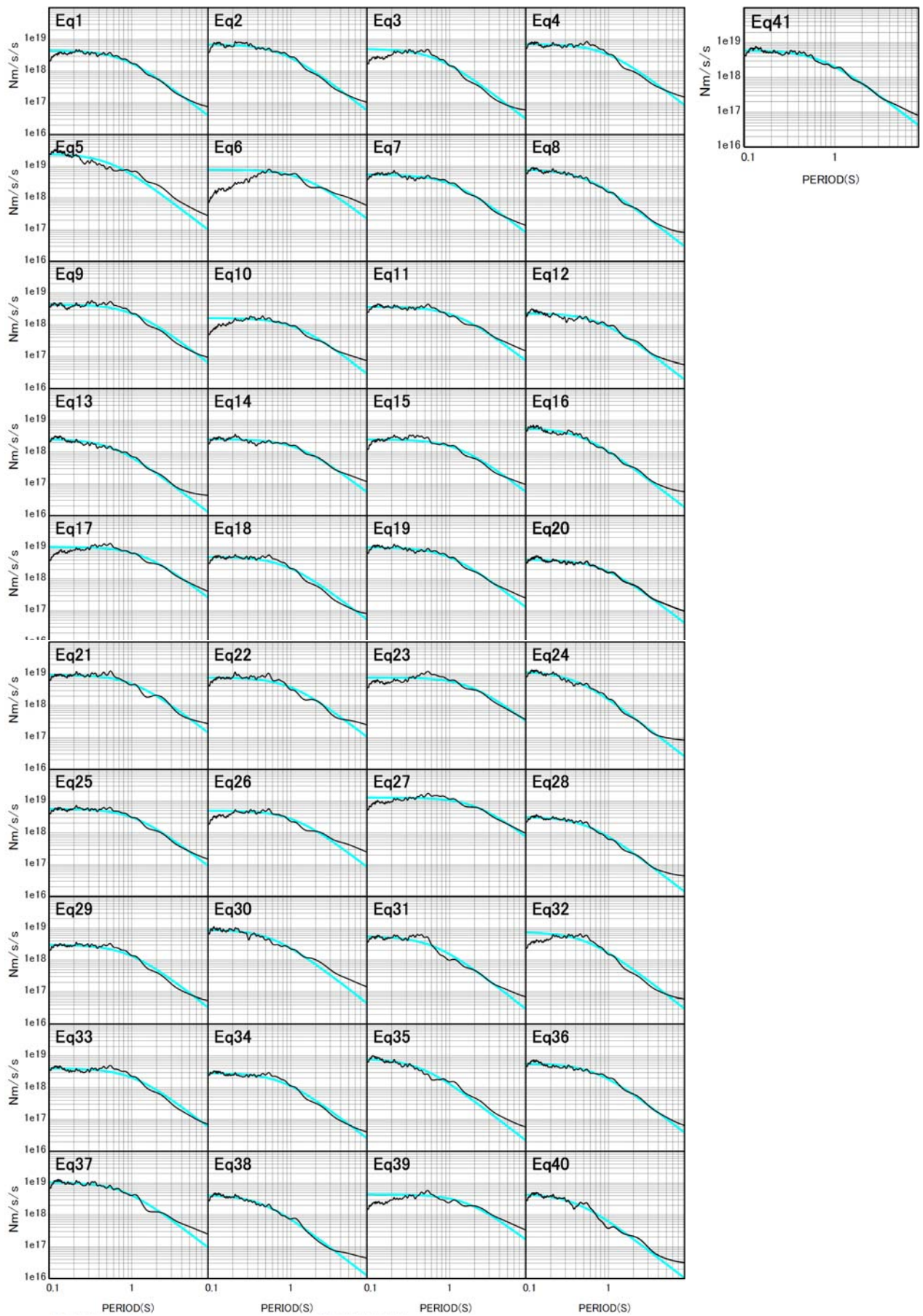


図 16 震源スペクトルと ω^2 モデル

計算された地盤構造モデルの物性値(Vs速度)を同じ層相に展開

同じ層相を計算時に簡略化(微動モデル)

CHBA11 成田(初期モデル)						CHBA11 成田(編集後初期モデル)					
下端深度(m)	層厚(m)	P波速度(m/s)	S波速度(m/s)	密度(g/cm3)	土質記号	下端深度(m)	層厚(m)	P波速度(m/s)	S波速度(m/s)	密度(g/cm3)	土質記号
1.7	1.7	607	119	1.7	B	1.7	1.7	610	120	1.7	B
3.2	1.5	906	178	1.5	De1	6	4.3	970	198	1.5	De
4.6	1.4	946	185	1.7	De1	10.5	4.5	1700	330	1.9	De
6	1.4	1045	205	1.7	De1	23.8	13.3	1400	280	1.8	De
7.5	1.5	1631	320	1.9	De1	104.1	80.3	1800	360	1.9	De
9	1.5	1729	339	1.9	De1	360	255.9	1800	500	1.9	-
10.5	1.5	1703	334	1.9	De1	908.6	548.6	2100	700	2	-
12.4	1.9	1294	254	1.8	De2	1355.9	447.3	2400	1000	2.1	-
14.3	1.9	1337	262	1.8	De2	1462.5	106.6	3000	1500	2.2	-
16.2	1.9	1370	269	1.8	De2	-	-	5600	3000	2.5	-
18.1	1.9	1404	275	1.8	De2	-	-	-	-	-	-
20	1.9	1436	282	1.8	De2	-	-	-	-	-	-
21.9	1.9	1468	288	1.8	De2	-	-	-	-	-	-
23.8	1.9	1539	302	1.8	De2	-	-	-	-	-	-
25.6	1.8	1869	367	1.9	De2	-	-	-	-	-	-
104.1	78.5	1801	353	1.9	De2	-	-	-	-	-	-
360	255.9	1800	500	1.9	-	-	-	-	-	-	-
908.6	548.6	2100	700	2	-	-	-	-	-	-	-
1355.9	447.3	2400	1000	2.1	-	-	-	-	-	-	-
1462.4	106.6	3000	1500	2.2	-	-	-	-	-	-	-
-	-	5600	3000	2.5	-	-	-	-	-	-	-

双方向に変換可能

浅部地盤構造モデル展開方法

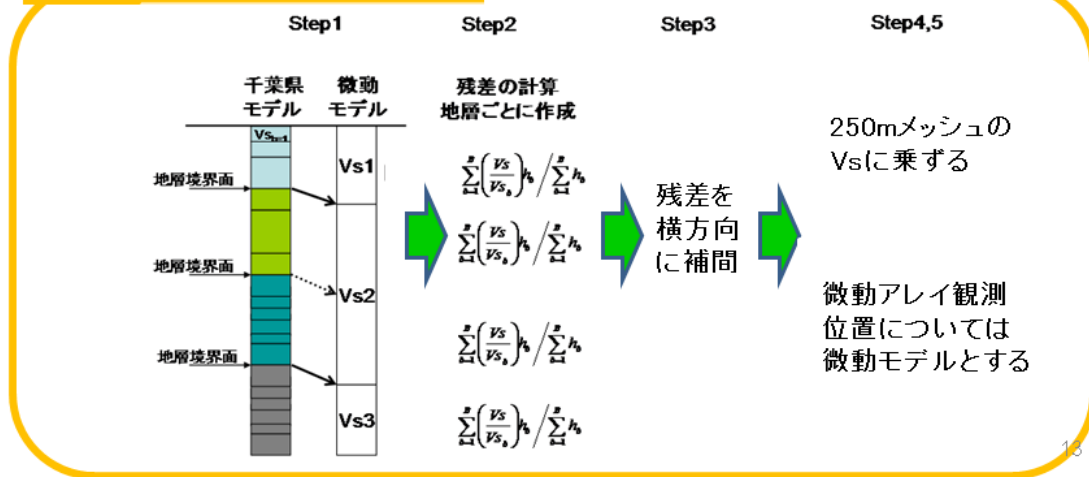
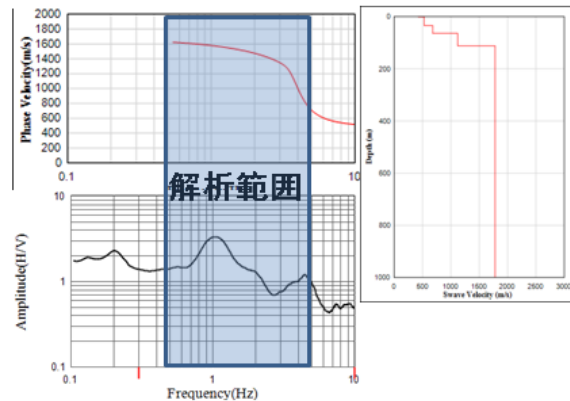
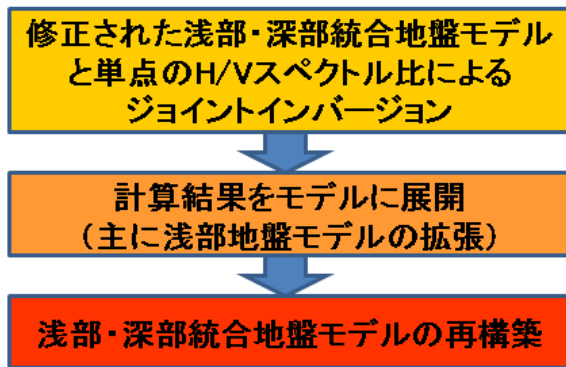


図 1 7 浅部地盤モデルの面的拡張方法

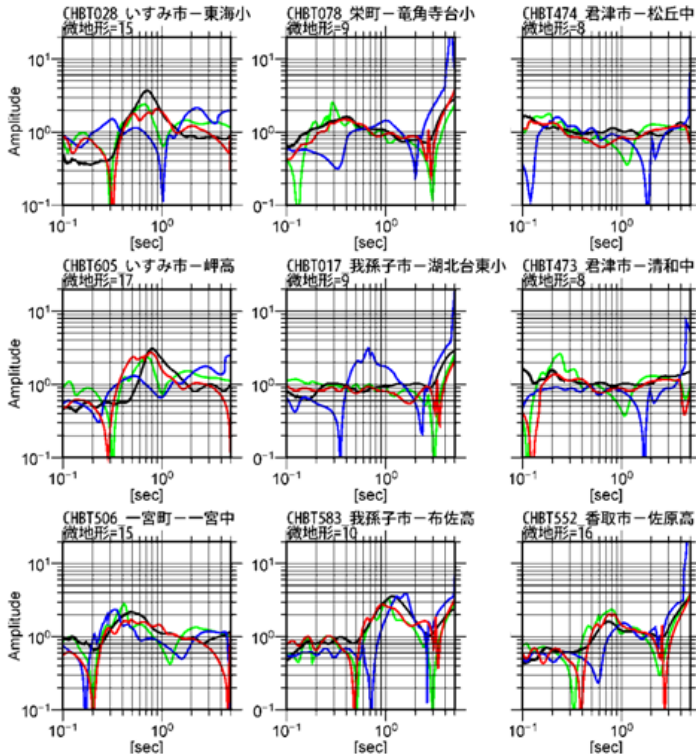


$$残差 F = \frac{w_R}{I_R} \sum_{i=1}^{I_R} \left(\frac{C_{mi}^R - C_{Si}^R}{C_{mi}^R} \right)^2 + \frac{w_{HV}}{I_{HV}} \sum_{i=1}^{I_{HV}} \left(\frac{(H/V)_{mi} - (H/V)_{Si}}{(H/V)_{mi}} \right)^2 \quad (周期 0.2 \leq T \leq 2.0(s))$$

- C_R : 浅部・深部地盤モデルのレイリー波理論位相速度
- H/V : (R/L比=0.73:4次モード合成)
- I_R, I_{HV} : それぞれのデータ個数
- m, S : 観測値, 理論値
- w は重みであり、 $w_R=1.0, w_{HV}=1.0$

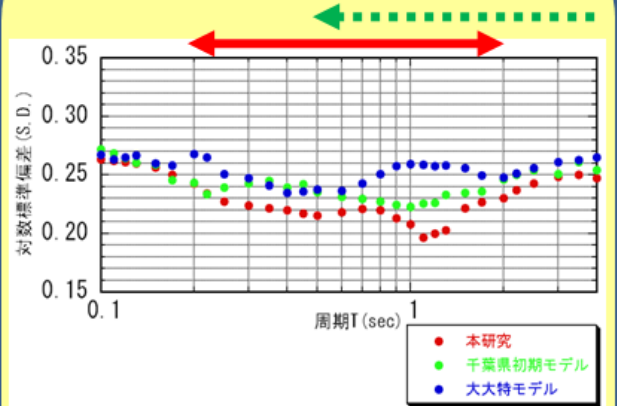
図 1 8 微動のH/Vスペクトル比と地盤モデルの位相速度を用いたジョイントインバージョン

単点微動のH/Vスペクトル比と各地盤モデルの理論H/Vスペクトル比



本研究(赤)・初期モデル(緑)・既往地盤モデル三宅・他(2008)(大大特モデル)(青)・微動H/Vスペクトル比

微動観測結果と各モデルの理論値の差の対数標準偏差

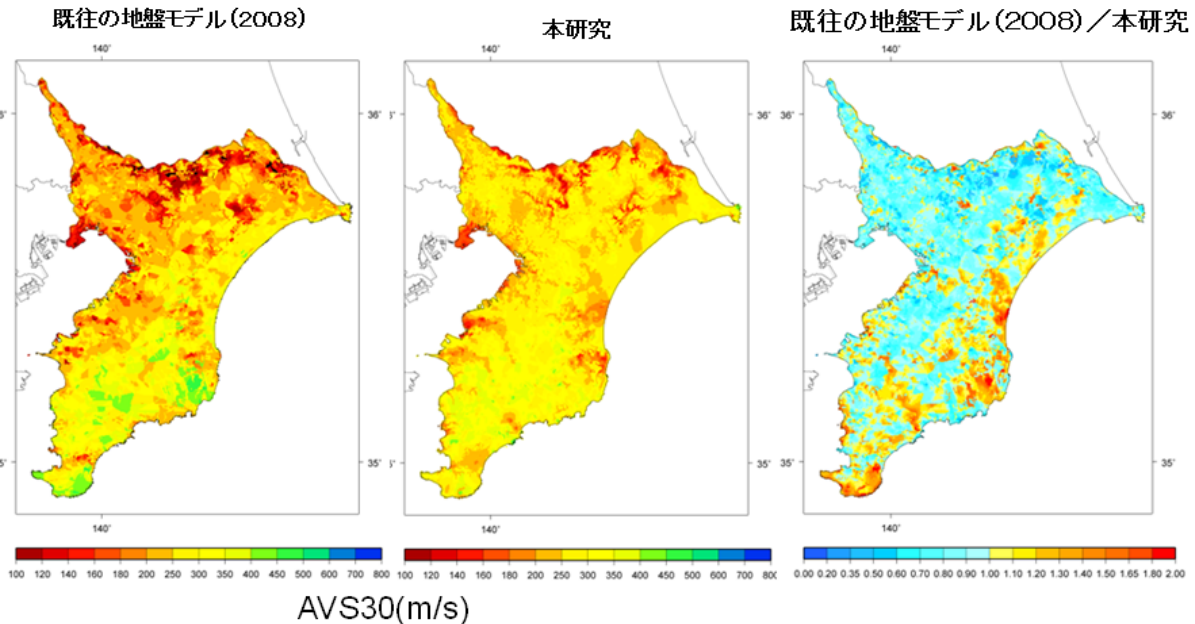


微動のH/Vによるチューニング区間
地震動のR/Vと観測位相速度による地盤モデルチューニング区間

特に1秒付近の周期特性が改善

15

図19 ジョイントインバージョン結果



深さ30mの平均S波速度は、千葉県北西部で既往地盤モデルに比べVs速度大

図20 浅部・深部統合地盤モデルの作成結果 (AVS30の比較)

16