

3. 3 断層帯周辺における強震動予測の高度化のための研究

(1) 業務の内容

(a) 業務題目 断層帯周辺における強震動予測の高度化のための研究

(b) 担当者

所属機関	役職	氏名
国立大学法人京都大学防災研究所	教授	岩田 知孝
国立大学法人京都大学防災研究所	教授	川瀬 博
国立大学法人京都大学防災研究所	教授	松島 信一
国立大学法人京都大学防災研究所	准教授	関口 春子
国立大学法人京都大学防災研究所	准教授	浅野 公之
国立大学法人東京工業大学環境・社会理工学院	教授	山中 浩明
国立大学法人東京工業大学環境・社会理工学院	助教	地元 孝輔
国立大学法人福岡教育大学教育学部	准教授	山田 伸之
国立大学法人東京大学大学院情報学環	准教授	三宅 弘恵
国立大学法人九州大学大学院人間環境学研究院	教授	神野 達夫
国立大学法人九州大学大学院人間環境学研究院	助教	重藤 迪子
国立研究開発法人防災科学技術研究所社会防災システム研究部門	主幹研究員	先名 重樹
国立研究開発法人防災科学技術研究所社会防災システム研究部門	主任研究員	前田 宜浩
国立研究開発法人防災科学技術研究所社会防災システム研究部門	特別研究員	若井 淳
国立研究開発法人防災科学技術研究所社会防災システム研究部門	特別研究員	岩城 麻子
国立研究開発法人防災科学技術研究所社会防災システム研究部門	特別技術員	神 薫
国立研究開発法人産業技術総合研究所活断層・火山研究部門	主任研究員	吉見 雅行
公益財団法人鉄道総合技術研究所鉄道地震工学研究センター	副主任研究員	津野 靖士
公益財団法人鉄道総合技術研究所鉄道地震工学研究センター	副主任研究員	是永 将宏
公益財団法人鉄道総合技術研究所鉄道地震工学研究センター	研究員	岡本 京祐

(c) 業務の目的

2016年熊本地震を踏まえて、対象地域（主に熊本平野と八代平野）における強震動評価

を行う。そのため、対象地域で実施された、強震観測、地盤構造調査情報を収集・整理し、地下速度構造モデルの高度化を進めるとともに、熊本地震の震源モデルを参考に、震源断層モデルパラメータの特徴を把握する。サブテーマ1、2より提供される活断層位置や地殻内の不均質性に関する情報から震源断層面の位置・形状のモデル化と地震シナリオ設定を行い、既存の強震動予測のためのレシピを用いた広帯域強震動予測を行う。いくつかの地震シナリオの予測結果への影響評価を行う。

(d) 3ヵ年の年次実施業務の要約

1) 平成28年度：

対象地域における地下構造モデルの高度化に資する資料を得るため、臨時地震観測、地震観測点等の微動アレイ観測、単点微動観測を実施するとともに、強震観測点等の観測データの収集とボーリング資料等の既往地盤情報資料を収集した。また、熊本地震の強震動の成因解明のために行われた各種調査資料を収集した。これらの得られた地震データ及び微動データを用いて、当該サイトの地盤震動特性と地震基盤までのS波速度構造を把握するとともに、情報の密度に応じた地下構造モデル高度化への展開方法を検討した。

2) 平成29年度：

対象地域における地下構造モデルの高度化に資する資料を得るため、臨時地震観測、地震観測点等の微動アレイ観測、単点微動観測を実施するとともに、強震観測点等の観測データの収集とボーリング資料等の既往地盤情報資料の収集を継続する。また、熊本地震の強震動の成因解明のために行われた各種調査資料の収集を継続する。堆積層地下構造情報が不十分な八代平野において、丘陵地から湾岸に至るP波反射法地震波探査を行い、地下構造情報を収集するとともに、測線周辺において微動アレイ観測等を行うことにより、地震基盤までのS波速度構造を把握する。これらの収集資料をもとに対象地域の三次元地下速度構造モデル高度化をすすめる。

3) 平成30年度：

前年度までに得られた対象地域の地下構造情報を統合し、三次元地下速度構造モデル高度化を継続する。サブテーマ1、2の研究によって得られた震源断層像に基づいた強震動評価を行う。

(2) 平成28年度の成果

(a) 業務の要約

対象地域における地下構造モデルの高度化に資する資料を得るため、5項目の調査研究を行った。1)熊本平野を中心とした強震観測と関連研究成果の収集：熊本平野中心部における強震観測を開始し、2016年熊本地震を対象とした研究として、科学研究費補助金特別研究促進費「2016年熊本地震と関連する活動に関する総合調査」で行われた余震（強震）観測、地盤震動観測情報と成果を収集するとともに、内閣府SIP「レジリエントな防災・減災機能の強化」の課題⑤リアルタイム被害推定・災害情報収集・分析・利活用システム

開発において実施されている熊本平野の浅部・深部統合地盤モデルについての情報収集を行った。2)自治体震度計波形データの収集と整理：熊本県及び熊本地方気象台の協力を得て、熊本県の震度情報ネットワークシステムの波形データ及び関連資料の収集を行った。3)強震観測点周辺における微動アレイ調査：2)の観測点周辺において、地盤情報を得るために、微動アレイ調査を実施した。4)熊本平野西部及び八代平野における単点微動調査：サブテーマ2で実施された熊本平野を南北に縦断する人工地震波探査、及び平成29年度以降に地盤構造調査を予定している八代平野において、数km間隔の単点微動調査を行い、地盤構造情報の概要を得た。5)深いボーリング情報の収集：地下構造モデルの構築の参照情報に活用するため、熊本県健康福祉部の協力を得て、熊本市、宇土市、宇城市、八代市、嘉島町、益城町における深井戸の柱状地質図を収集した。

(b) 業務の成果

1) 熊本平野を中心とした強震観測と関連研究成果の収集

2016年熊本地震の地震被害の成因や被害想定の定量的評価のための調査観測研究が各機関等によって行われている。その中には、本調査を遂行するために重要な調査観測が行われていることから、調査観測の情報収集と研究成果の活用についての検討を行った。具体的には、科学研究費補助金特別研究促進費「2016年熊本地震と関連する活動に関する総合調査」で行われた余震（強震）観測、地盤震動観測結果の収集と内閣府SIP「レジリエントな防災・減災機能の強化」の課題⑤リアルタイム被害推定・災害情報収集・分析・利活用システム開発（担当は防災科学技術研究所）において実施されている熊本平野の浅部・深部統合地盤モデル作成の情報収集である。加えて、本調査において、対象地域の地盤震動特性を広域に把握するため、上記の調査観測では行われていない、熊本平野中心部～西部における強震観測を開始した。

SIPプロジェクトでは、2016年熊本地震で特に甚大な地震被害を被った益城町を中心として、熊本平野の広域において、微動調査が行われた。その観測点位置を図1に示す。図に示された領域はSIPプロジェクトで250mメッシュの浅部・深部統合地盤モデルを作成する領域で、深い地盤から浅い地盤構造情報を得るための大アレイ等の観測26カ所と、概ね1kmメッシュ程度の密度で行われた浅部地盤構造情報を得るための約504点の極小アレイの測点位置が示されている。大アレイは中心に1点、半径0.8km、0.4km、0.2km、0.1kmの3重円周に各3点を配列した計13点の観測点展開、極小アレイは半径80cmの円上に3点とその中心の4点に加えて、中心点と一辺が数mサイズの正三角形をなす頂点に2点の合計6点の観測点展開を行った。図に示される大アレイ観測位置では極小アレイ観測も行われ、加えて中間周期域のデータを取得するために、L字型の地震計配置（地震計間は25m）の7地震計配置の観測も行われた。なお、この図には平成28年度途中の成果まとめのため、凡例中に（調査中）と記載されているように、調査観測中であった観測点が含まれているが2017年3月現在で全て実施済みである。観測結果をもとに、現在、浅部・深部統合地盤モデルが構築されつつあり、今後、モデルの提供を受ける予定である。

科学研究費補助金特別研究促進費「2016年熊本地震と関連する活動に関する総合調査」では、大きい地震被害を被った益城町を中心として、その地点での地震動増幅特性を把握するための余震（強震）観測とそれらの観測地点における微動アレイ観測等の地盤震動観

測が行われた。これらの観測点の情報と観測波形を収集し、観測期間を整理した。前述のようにこの余震（強震）観測は熊本地震で大きい地震被害を被った地域を中心として展開されたため、本調査では、地震観測点を熊本平野中心部から西部に展開をして、観測を開始、継続している。表1に、2016年熊本地震発生直後に設置された観測点と本調査で展開されている観測点の一覧を示した。観測終了時の記載のないものは本調査によって現在も継続観測している。センサーのうち JEP-6A3（ミットヨ製）は過減衰型、K-NET95（センサー部を使用）はサーボ型のどちらも3成分加速度計であり、レコーダ（LX-7000XT、LS8800は（株）白山工業社製、AK-002GKは（株）alab社製）はいずれもGPSによる時刻較正機能付きの連続記録計である。合計79点の臨時強震観測点での観測を実施している。表には、微動アレイ観測による地盤情報の有無を明記している。56地点で微動アレイ観測を実施しており、無印も観測点撤収時等に微動アレイ観測を実施する予定である。臨時強震観測データやサイトにおける微動記録を用いた解析は、Chimoto et al. (2016)、Kawase et al. (2017)、小林・松島(2017)、西村・他(2017)、Tsuno et al. (2017)、土岐・他(2017)、上園・他(2017)、Yamanaka et al. (2016)などで公表されており、これらの結果に加え、臨時観測点で得られた地震記録の地震動解析を行い、地下構造モデル構築に役立つ。

図2～4は表1で示した観測点を地図にしたものである。図2に示すように、益城町付近（図2の東側の白枠内）が高密度になっているが、本調査で実施している観測点を含め、また、2)で述べる自治体震度計観測点やK-NET、KiK-net観測点を含めると、対象地域をカバーできていると考えられる。

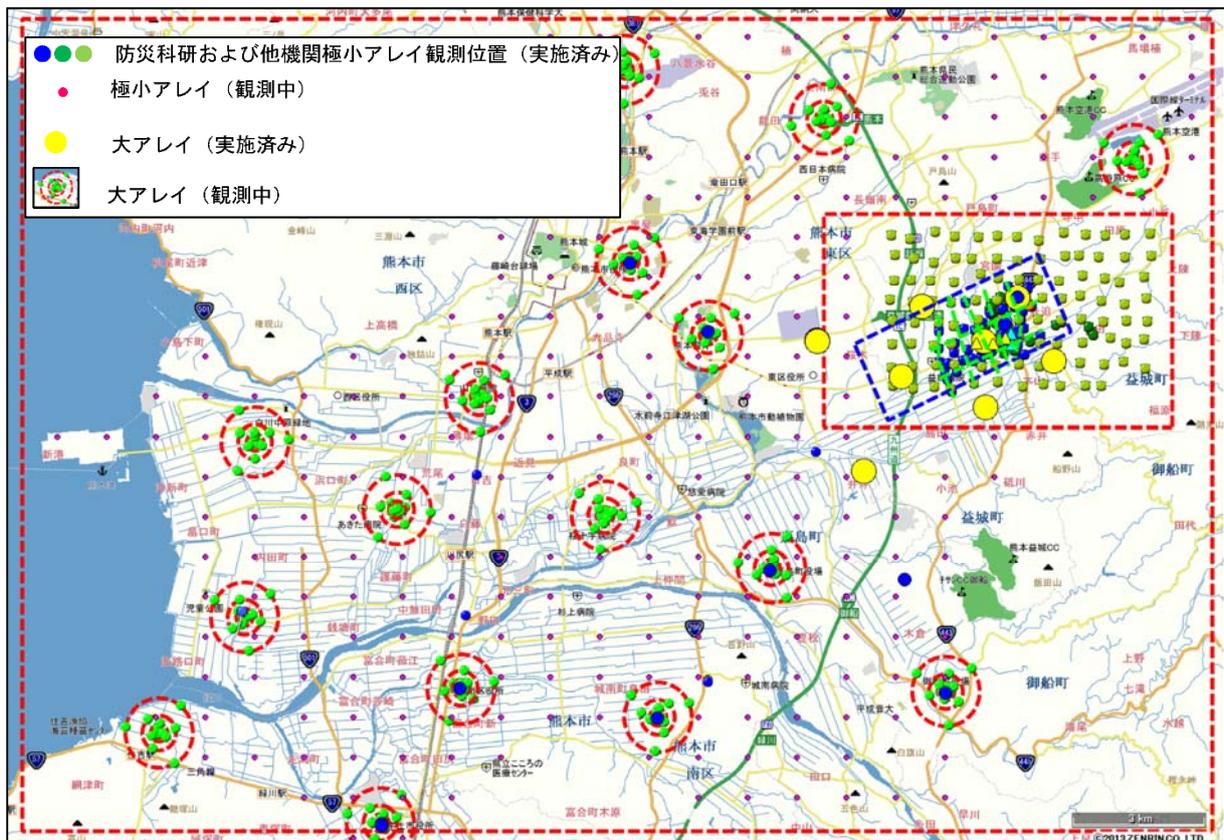


図1 SIP「レジリエントな防災・減災機能の強化」の課題⑤リアルタイム被害推定・災害情報収集・分析・利活用システム開発において実施されている熊本平野の浅部・深部統合地盤モデル作成のための、調査観測地域を示す。

表1 強震観測点一覧

番号	緯度	経度	標高	設置日時	回収日時	地震計	ロガー	サンプリング(Hz)	設置機関	微動アレイ
K01	32.791222	130.816194		2016/04/16 10:52	2016/05/21 08:17	6A3	LS7000XT	100	東工大	○
K02	32.796639	130.819806		2016/04/16 12:28	2016/05/01 17:35	6A3	LS7000XT	100	東工大	○
K03	32.786750	130.809833		2016/04/16 14:14	2016/05/01 16:22	6A3	LS7000XT	100	東工大	○
K04	32.789056	130.804778		2016/04/16 14:57	2016/04/30 14:02	6A3	LS7000XT	100	東工大	○
K05	32.792750	130.817639		2016/04/16 15:36	2016/05/01 08:47	6A3	LS7000XT	100	東工大	○
K06	32.782306	130.841056		2016/04/16 16:50	2016/05/16 00:21	6A3	LS7000XT	100	東工大	○
K07	32.780250	130.790667		2016/04/16 17:50	2016/04/30 15:10	6A3	LS7000XT	100	東工大	○
K08	32.786722	130.828361		2016/04/19 09:30	2016/04/30 12:40	6A3	LS7000XT	100	東工大	○
K09	32.788194	130.819722		2016/04/19 10:45	2016/04/30 16:27	6A3	LS7000XT	100	東工大	○
K10	32.804000	130.815611		2016/04/19 12:50	2016/04/30 10:33	6A3	LS7000XT	100	東工大	○
K11	32.800833	130.841833		2016/04/19 15:20	2016/04/30 11:34	6A3	LS7000XT	100	東工大	○
K12	32.784667	130.833667		2016/04/19 16:30	2016/05/16 18:55	6A3	LS7000XT	100	鉄道総研、東大、東工大	○
K13	32.781222	130.764500		2016/04/20 09:57	2016/08/08	6A3	LS8800	100	福教大、東工大	○
K14	32.823891	130.842807	172	2016/04/18 12:54	2016/06/22 10:10	6A3	LS8800	100	鉄道総研、東大、東工大	○
K15	32.846089	130.918586	162	2016/04/18 14:47	2016/06/22 08:30	6A3	LS8800	100	鉄道総研、東大、東工大	○
K16	32.784400	130.706020		2016/04/22 11:03	2016/08/08	6A3	LS8800	100	福教大、東工大	○
K17	32.739270	130.680760		2016/04/22 14:35		6A3	LS7000XT	100	鉄道総研、東工大	○
K18	32.729740	130.623690		2016/04/22 16:07	2016/08/08	6A3	LS8800	100	鉄道総研、東工大	○
K19	32.787970	130.736510		2016/04/16 16:41	2016/05/20 15:53	6A3	LS8800	100	鉄道総研	○
K20	32.763166	130.723796		2016/05/02 09:15	2016/08/08	6A3	LS8800	100	東工大	○
K21	32.834950	130.903080		2016/05/02 12:42	2016/05/22 16:52	6A3	LS8800	100	東工大	○
K22	32.814820	130.890180		2016/05/02 13:31	2016/05/22 15:58	6A3	LS8800	100	東工大	○
K23	32.884100	130.992940		2016/05/02 17:41	2016/05/22 09:15	6A3	LS8800	100	東工大	○
K24	32.829620	130.901050		2016/05/03 09:15	2016/05/18 09:47	6A3	LS7000XT	100	東工大	○
K25	32.844250	130.928800		2016/05/03 11:12	2016/05/18 21:40	6A3	LS7000XT	100	東工大	○
K26	32.879480	130.964540		2016/05/03 12:33	2016/05/16 19:02	6A3	LS7000XT	100	東工大	○
K27	32.819683	130.704233		2016/07/04 11:30	2016/08/22 08:37	6A3	LS8800	100	東工大	○
K31	32.717890	130.627730		2016/12/09 15:00		6A3	LS8800	100	東工大、鉄道総研	
K32	32.734080	130.637840		2016/12/09 14:15		6A3	LS8800	100	東工大、鉄道総研	○
K33	32.741770	130.645150		2016/12/09 13:30		6A3	LS8800	100	東工大、鉄道総研	○
K34	32.750550	130.662870		2016/12/08 15:50		6A3	LS8800	100	東工大、鉄道総研	
K35	32.757140	130.681280		2016/12/09 11:00		6A3	LS8800	100	東工大、鉄道総研	
K36	32.752270	130.691410		2016/12/08 14:30		6A3	LS8800	100	東工大、鉄道総研	○
K37	32.764080	130.700330		2016/12/09 09:15		6A3	LS8800	100	東工大、鉄道総研	○
K38	32.754500	130.716540		2016/12/08 13:00		6A3	LS8800	100	東工大、鉄道総研	
K39	32.766940	130.739800		2016/12/08 11:00		6A3	LS8800	100	東工大、鉄道総研	
K40	32.776170	130.752610		2016/12/08 10:00		6A3	LS8800	100	東工大、鉄道総研	
KUMA01	32.781840	130.685750		2016/04/15 18:57	2016/05/19 15:45	6A3	LS8800	100	鉄道総研	○
KUMA01'	32.781780	130.685960		2017/03/23 17:26		6A3	LS8800	100	鉄道総研	○
KUMA1A	32.780350	130.686220		2017/03/23 16:35		6A3	LS8800	100	鉄道総研	○
KUMA1B	32.777370	130.685790		2017/03/23 17:34		6A3	LS8800	100	鉄道総研	○

表 1 強震観測点一覧 (続き)

KUMA02	32.787870	130.686900		2016/04/15 19:34	2016/05/19 15:45	6A3	LS8800	100	鉄道総研	○
KUMA03	32.831410	130.694630		2016/04/16 12:15	2016/05/19 15:45	6A3	LS8800	100	鉄道総研	○
KUMA04	32.806540	130.694410		2016/04/16 13:04	2016/05/19 15:45	6A3	LS8800	100	鉄道総研	○
KUMA05	32.785110	130.685490		2016/04/16 14:25	2016/04/21 11:34	6A3	LS8800	100	鉄道総研	○
KUMA05'	32.805450	130.664600		2016/04/22 17:39		6A3	LS8800	100	鉄道総研、東工大	○
KUMA06	32.776140	130.685560		2016/04/16 14:32	2016/05/19 15:45	6A3	LS8800	100	鉄道総研	○
KUMA07	32.764450	130.683330		2016/07/04 11:15		6A3	LS8800	100	鉄道総研	○
KUMA08	32.750600	130.680660		2016/07/04 16:10		6A3	LS8800	100	鉄道総研	○
KUMA09	32.728360	130.676700		2016/07/04 12:56		6A3	LS8800	100	鉄道総研	○
KUMA10	32.717320	130.674000		2016/07/04 14:10		6A3	LS8800	100	鉄道総研	○
KUMA11	32.706180	130.672160		2016/07/04 14:48		6A3	LS8800	100	鉄道総研	○
KUMA12	32.690610	130.668560		2016/07/04 15:36	2016/12/08 10:45	6A3	LS8800	100	鉄道総研	○
KUMA13	32.665150	130.592060		2016/07/05 12:26		6A3	LS8800	100	鉄道総研	○
ASO01	32.920410	130.975480		2016/04/23 11:44	2016/05/11 11:19	6A3	LS7000XT	100	鉄道総研	○
ASO02	32.906830	130.993700		2016/04/23 13:40	2016/05/12 12:34	6A3	LS7000XT	100	鉄道総研	○
QS1	32.813100	130.843700		2016/04/23 12:07	2016/05/07 11:23	6A3(2V/G)	LS8800	100	九大、東電設計	○
QS2	32.805100	130.849300		2016/04/23 13:28	2016/05/08 06:12	6A3(2V/G)	LS8800	100	九大、東電設計	○
QS3	32.802700	130.853600		2016/04/24 10:34	2016/05/09 00:04	6A3(5V/G)	LS8800	100	九大、東電設計	○
QS4	32.797100	130.854600		2016/04/23 14:35	2016/05/04 05:22	6A3(2V/G)	LS8800	100	九大、東電設計	○
QS5	32.787800	130.857400		2016/04/23 15:30	2016/05/08 18:35	6A3(2V/G)	LS8800	100	九大、東電設計	○
QS6	32.801700	130.702900		2016/04/24 18:28	2016/05/07 20:13	6A3(5V/G)	LS8800	100	九大、東電設計	○
KD01	32.881000	130.890990	164	2016/05/01 13:30	2016/06/14	K-NET95	AK002-GK	100	京大	
KD02	32.872530	130.897510	156	2016/05/01 14:30	2016/06/14	K-NET95	AK002-GK	100	京大	
KD03	32.860900	130.897190	113	2016/05/01 14:40	2016/06/14	K-NET95	AK002-GK	100	京大	
KD04	32.799470	130.907970	483	2016/05/01 12:34	2016/06/14 10:28	K-NET95	AK002-GK	100	京大	
KD05	32.853280	130.906940		2016/05/18 16:10	2016/06/14	K-NET95	AK003-GK	100	京大	
QO1	33.291561	131.481861		2016/05/02 10:23	2016/07/21 18:26	6A3(5V/G)	LS8800	100	九大、東電設計、北大	
QO2	33.320999	131.477125		2016/05/02 17:15	2016/07/28 16:32	6A3(5V/G)	LS8800	100	九大、東電設計、北大	
QO3	33.254798	131.359809		2016/05/02 18:30	2016/07/26 12:04	6A3(5V/G)	LS8800	100	九大、東電設計、北大	
QO4	33.275537	131.354380		2016/05/04 11:20	2016/08/14 08:31	6A3(5V/G)	LS8800	100	九大、東電設計、北大	
QO5	33.246545	131.328697		2016/05/04 13:30	2016/08/15 09:24	6A3(5V/G)	LS8800	100	九大、東電設計、北大	
QO6	33.173781	131.609213		2016/05/04 15:05	2016/08/03 19:20	6A3(5V/G)	LS8800	100	九大、東電設計、北大	
MSK01	32.788160	130.816700	17.4	2016/10/06 11:47	2017/01/26 16:00	6A3(2V/G)	LS8800	200	産総研	
MSK02	32.786790	130.814100	10.3	2016/11/15 13:12	2017/01/25 12:56	6A3(2V/G)	LS8800	200	産総研	○
MSK03	32.787170	130.809200	19.2	2016/10/06 17:17	2017/01/25 09:52	6A3(2V/G)	LS8800	200	産総研	
KSM01	32.761713	130.756180		2017/01/27 11:00		6A3(2V/G)	LS8800	200	産総研	
KSM02	32.748740	130.765567		2017/01/26 15:00		6A3(2V/G)	LS8800	200	産総研	
KSM03	32.737305	130.770197		2017/01/26 11:00		6A3(2V/G)	LS8800	200	産総研	

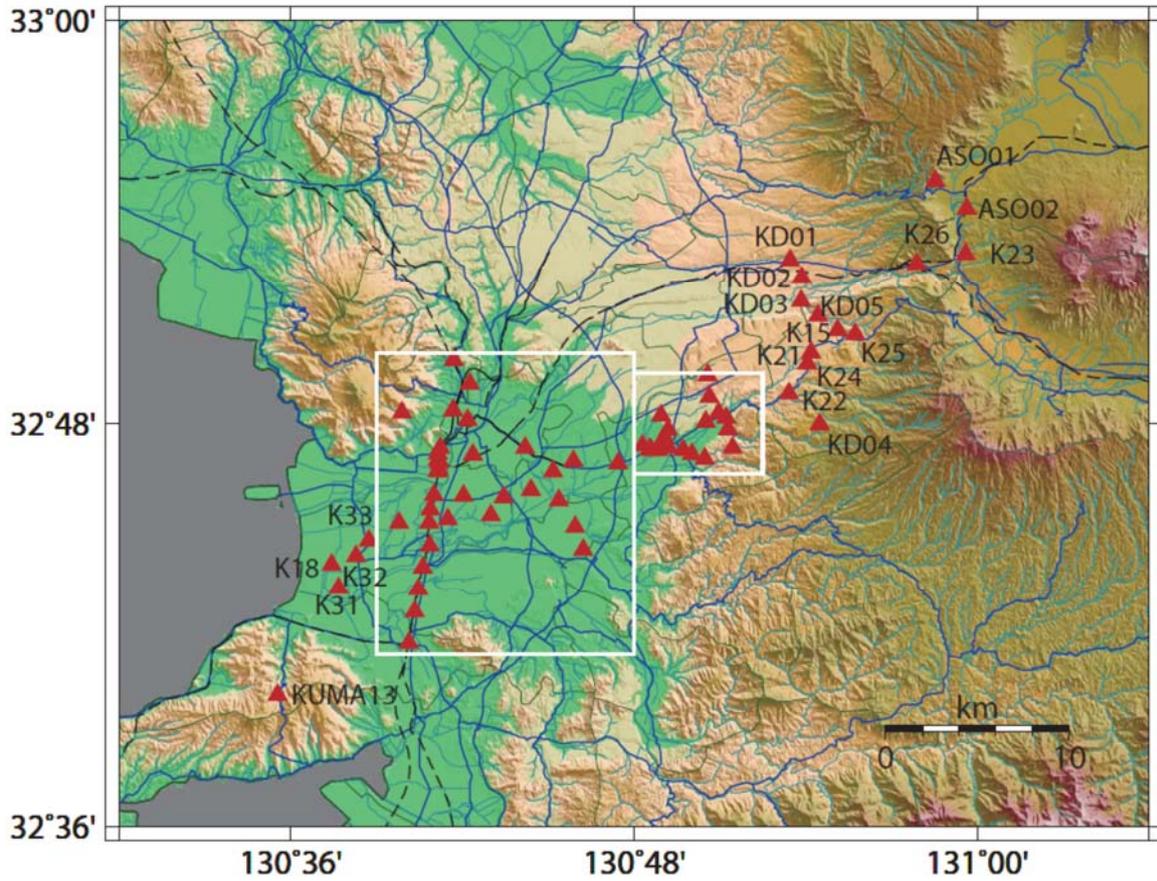


図2 強震観測点地図。赤三角が観測点で観測点名（表1参照）を示す。観測点名のない観測点は、図3、4にそれぞれ白枠内を拡大して示す。

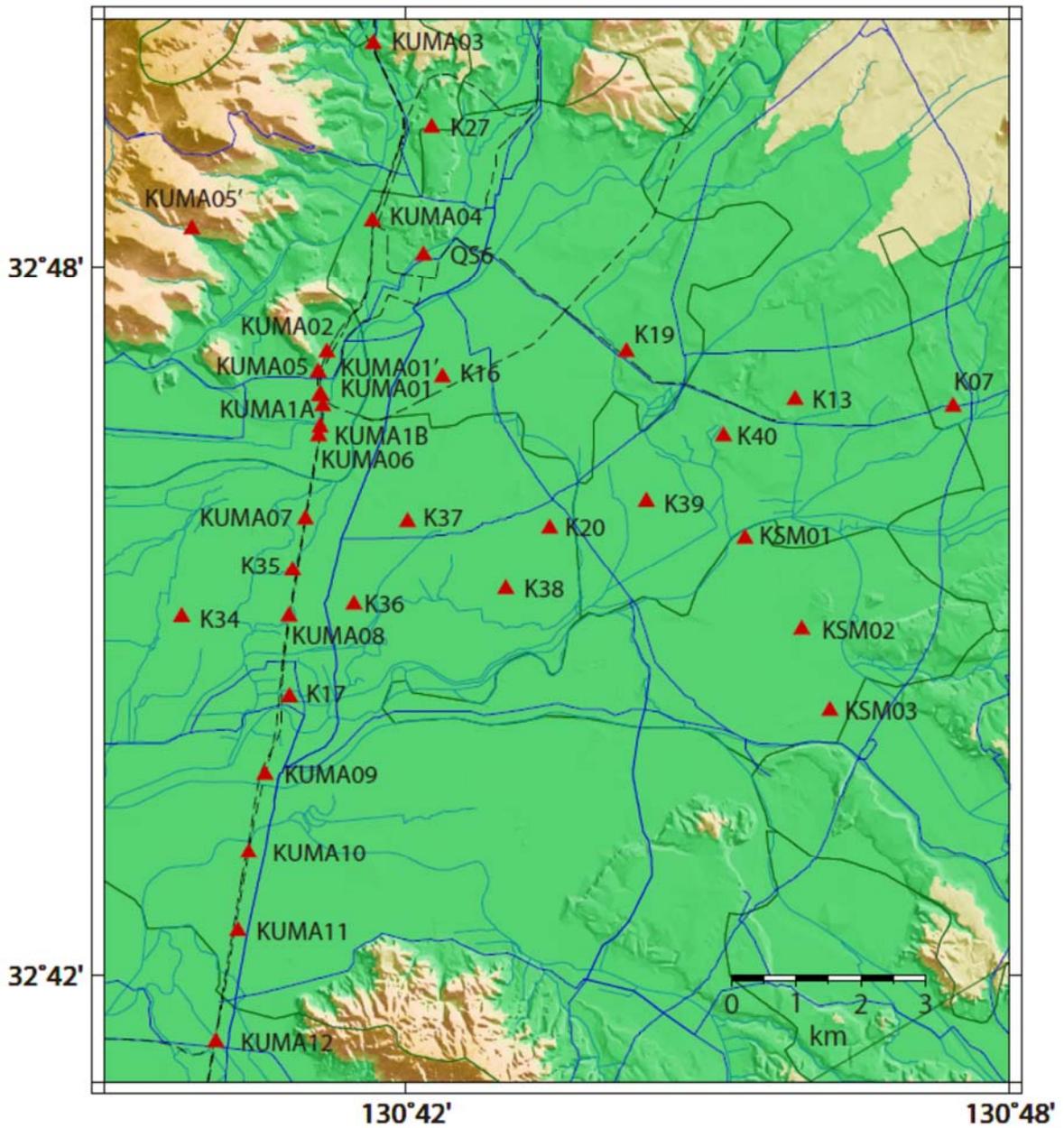


図3 強震観測点地図。図2の左(西)白枠の部分。赤三角が観測点位置を示す。

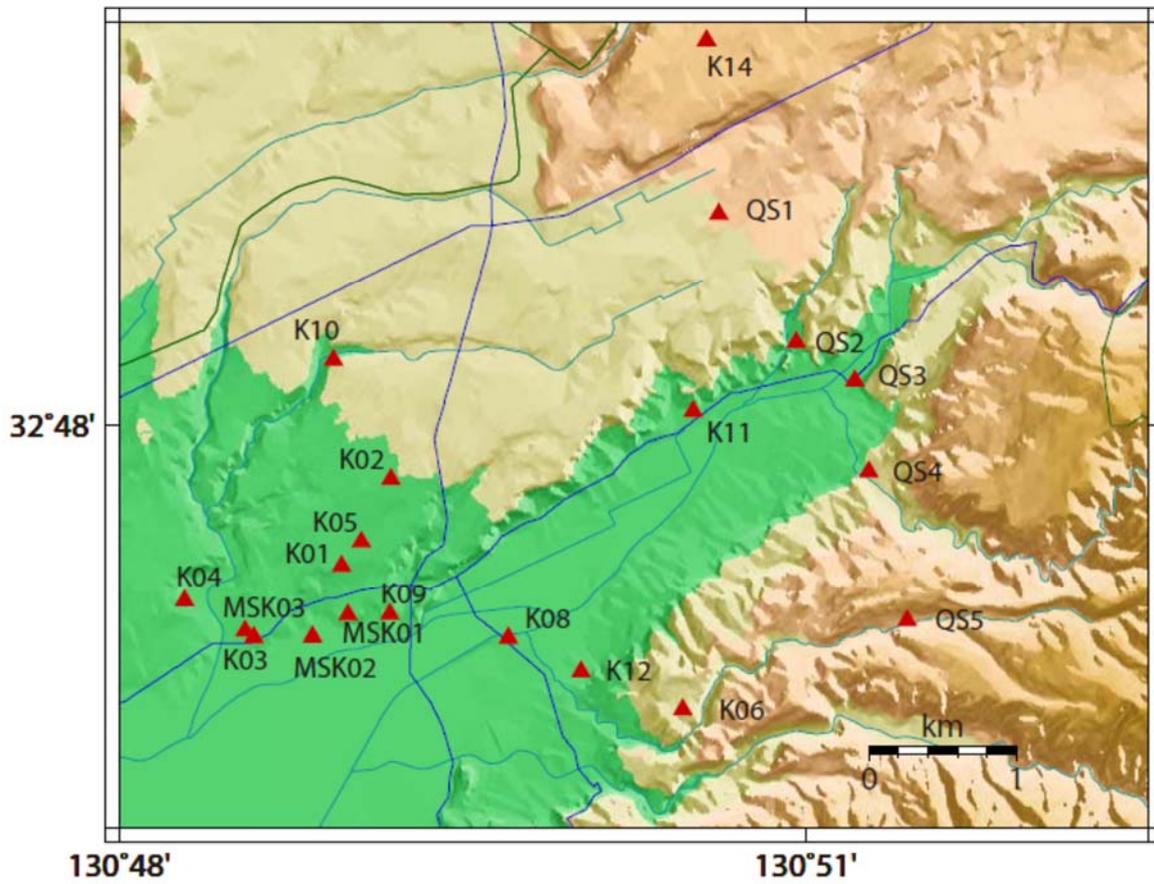


図4 強震観測点地図。図2の右（東）白枠の部分。赤三角が観測点位置を示す。

2) 自治体震度計波形データの収集と整理

熊本県内には、全国展開されている国立研究開発法人防災科学技術研究所の強震観測網 (K-NET)、基盤強震観測網 (KiK-net)、気象庁の計測震度計観測点に加えて、自治体震度情報ネットワークシステムの震度観測点が展開されている。本業務では、熊本県知事公室危機管理防災課、熊本市政策局危機管理防災総室、気象庁熊本地方気象台の協力を得て、震度情報ネットワークシステムで記録された強震波形データ及び関連資料の収集を行った。熊本県震度情報ネットワークシステムでは、2010年度にシステムの更新が行われ、現在は県内74地点(熊本市設置分1地点を含む)に計測震度計KSG-T2030(国際計測器製)が設置され、震度観測及び震度情報の発信が行われている。KSG-T2030はフォースバランス型サーボ式加速度センサーを有し、±3677.5 galの測定範囲を形式分解能24bitでA/D変換し、サンプリング周波数100 Hzで収録している。強震波形記録はWIN32形式のデータフォーマットで記録されている。熊本県が年度内に実施した現地メンテナンスに合わせて回収したデータの提供を受けた。このため、データ収録期間は観測点毎に少しずつ異なっているが、2011年1月以降の強震波形記録を収集することができた。図5は強震波形記録を収集した観測点の地図であり、表2は熊本県震度情報ネットワークシステムの震度観測点の一覧である。図5の地図には、K-NET、KiK-net、気象庁の観測点も合わせて示した。これらの観測網で取得された強震波形記録を、気象庁の震源カタログを参考に整理した。

図6～8に収集した波形記録の例を示す。この図にプロットしたのは2014年8月29日4時14分に日向灘の深さ18 kmで発生したマグニチュード6.0の地震の観測波形である。震度計で観測された加速度記録を時間領域で1回積分し、速度波形にした後、0.1～10 Hzの帯域通過フィルターを適用し、各成分の波形をプロットした。この図では波形の振幅のスケールを統一しているため、観測点間で震動の違いを直接比較することができる。この波形記録からも、KMMP02(南区富合町)、KMMP04(南区城南町)、KMMP06(八代市千丁町)、KMMP07(八代市鏡町)、KMMP13(玉名市横島町)、KMMP14(玉名市天水町)、KMMP30(宇土市浦田町)、KMMP36(宇城市小川町)、KMMP37(宇城市豊野町)、KMMP38(阿蘇市内牧)、KMMP42(美里町馬場)、KMMP57(嘉島町上島)、KMMP62(氷川町島地)など熊本平野、八代平野、阿蘇カルデラ内に位置し、堆積層が比較的厚いと考えられる観測点で、振幅及び継続時間の顕著な伸張が見られる。

表2 熊本県震度情報ネットワークシステム観測点一覧

観測点	震度計番号	震度観測点名称	所在地	旧市町村名
KMMP01	93012	熊本中央区大江	熊本中央区大江3-1-3(熊本消防局)	熊本市
KMMP02	93022	熊本南区富合町	熊本南区富合町清藤405-3(熊本南区役所)	下益城郡富合町
KMMP03	93040	熊本北区植木町	熊本北区植木町岩野238-1(熊本北区役所)	熊本郡植木町
KMMP04	93021	熊本南区城南町	熊本南区城南町宮地1050(熊本南区城南総合出張所)	下益城郡城南町
KMMP05	93060	八代市坂本町	八代市坂本町坂本4228-12(八代市坂本支所)	八代郡坂本村
KMMP06	93055	八代市千丁町	八代市千丁町新牟田1502-1(八代市千丁支所)	八代郡千丁町
KMMP07	93056	八代市鏡町	八代市鏡町内田453-1(八代市鏡支所)	八代郡鏡町
KMMP08	93061	八代市東陽町	八代市東陽町南1105-1(八代市東陽支所)	八代郡東陽村
KMMP09	93062	八代市泉支所	八代市泉町柿迫3131(八代市泉支所)	八代郡泉村
KMMP10	93014	荒尾市宮内出目	荒尾市宮内出目390(荒尾市役所)	荒尾市
KMMP11	93098	水俣市陣内	水俣市陣内1-1-1(水俣市役所)	水俣市
KMMP12	93028	玉名市岱明町	玉名市岱明町野口2129(玉名市岱明総合支所)	玉名郡岱明町
KMMP13	93029	玉名市横島町	玉名市横島町横島3644(玉名市横島総合支所)	玉名郡横島町
KMMP14	93030	玉名市天水町	玉名市天水町小天7195-5(玉名市天水総合支所)	玉名郡天水町
KMMP15	93084	天草市有明町	天草市有明町赤崎3383(天草市有明支所)	天草郡有明町
KMMP16	93087	天草市御所浦町	天草市御所浦町御所浦3527(天草市御所浦支所)	天草郡御所浦町
KMMP17	93088	天草市倉岳町	天草市倉岳町棚屋1919(天草市倉岳支所)	天草郡倉岳町
KMMP18	93089	天草市栖本町	天草市栖本町馬場179(天草市栖本支所)	天草郡栖本町
KMMP19	93091	天草市五和町	天草市五和町御領2943(天草市五和支所)	天草郡五和町
KMMP20	93094	天草市河浦町	天草市河浦町河浦5253(天草市河浦支所)	天草郡河浦町
KMMP21	93095	山鹿市山鹿(旧)	山鹿市山鹿978(山鹿市役所)	山鹿市
KMMP22	93036	山鹿市鹿北町	山鹿市鹿北町四丁1612(山鹿市鹿北総合支所)	鹿本郡鹿北町
KMMP23	93037	山鹿市菊鹿町	山鹿市菊鹿町下内田713(山鹿市菊鹿総合支所)	鹿本郡菊鹿町
KMMP24	93038	山鹿市鹿本町	山鹿市鹿本町来民686-1(山鹿市鹿本総合支所)	鹿本郡鹿本町
KMMP25	93039	山鹿市鹿央町	山鹿市鹿央町合里158-1(山鹿市鹿央総合支所)	鹿本郡鹿央町
KMMP26	93017	菊池市隈府	菊池市隈府888(菊池市役所)	菊池市
KMMP27	93041	菊池市七城町	菊池市七城町甲佐町74-1(菊池市七城総合支所)	菊池郡七城町
KMMP28	93042	菊池市旭志	菊池市旭志小原240(菊池市旭志総合支所)	菊池郡旭志村
KMMP29	93046	菊池市泗水町	菊池市泗水町福本383(菊池市泗水総合支所)	菊池郡泗水町
KMMP30	93097	宇土市浦田町	宇土市浦田町51(宇土市役所)	宇土市
KMMP32	93083	上天草市松島町(旧2)	上天草市松島町合津3538-3(上天草市松島庁舎)	天草郡松島町
KMMP33	93085	上天草市松島町	上天草市松島町合津7915-1(上天草市松島庁舎) ※2013/5/20移設	
KMMP35	93020	宇城市不知火町	宇城市不知火町高良2273-1(宇城市不知火支所)	宇土郡不知火町
KMMP36	93024	宇城市小川町	宇城市小川町江頭100(宇城市小川支所)	下益城郡小川町
KMMP37	93025	宇城市豊野町	宇城市豊野町糸糸3516-1(宇城市豊野支所)	下益城郡豊野町
KMMP38	93002	阿蘇市内牧	阿蘇市内牧1111-3(阿蘇市内牧支所)	阿蘇郡阿蘇町
KMMP39	93006	阿蘇市波野	阿蘇市波野大字波野2710(阿蘇市波野支所)	阿蘇郡波野村
KMMP40	93045	合志市竹迫	合志市竹迫2140(合志市役所合志庁舎)	菊池郡合志町
KMMP41	93047	合志市御代志	合志市御代志1661-1(合志市役所西合志庁舎)	菊池郡西合志町
KMMP42	93026	熊本美里町馬場	下益城郡美里町馬場1100(美里町役場中央庁舎)	下益城郡中央町
KMMP43	93031	玉東町木葉	玉名郡玉東町大字木葉759(玉東町役場)	玉名郡玉東町
KMMP44	93032	和水町江田	玉名郡和水町江田3886(和水町役場)	玉名郡菊水町
KMMP45	93033	和水町板橋	玉名郡和水町板橋70(和水町三加和総合支所)	玉名郡三加町
KMMP46	93034	南関町関町	玉名郡南関町大字関町1316(南関町役場)	玉名郡南関町
KMMP47	93035	長洲町長洲	玉名郡長洲町大字長洲2766(長洲町役場)	玉名郡長洲町
KMMP48	93096	大津町大津	菊池郡大津町大字大津1233(大津町役場)	菊池郡大津町
KMMP49	93044	菊陽町久保田	菊池郡菊陽町大字久保田2800(菊陽町役場)	菊池郡菊陽町
KMMP50	93003	南小国町赤馬場	阿蘇郡南小国町大字赤馬場143(南小国町役場)	阿蘇郡南小国町
KMMP51	93005	産山村山鹿	阿蘇郡産山村山鹿488-3(産山村役場)	阿蘇郡産山村
KMMP52	93048	西原村小森	阿蘇郡西原村大字小森3259(西原村役場)	阿蘇郡西原村
KMMP53	93010	南阿蘇村河陰	阿蘇郡南阿蘇村河陰145-3(南阿蘇村役場久木野庁舎)	阿蘇郡久木野村
KMMP54	93011	南阿蘇村河陽	阿蘇郡南阿蘇村河陽3574(南阿蘇村役場長陽庁舎)	阿蘇郡長陽村
KMMP55	93009	南阿蘇村吉田	阿蘇郡南阿蘇村吉田1495(南阿蘇村役場白水庁舎)	阿蘇郡白水村
KMMP56	93049	御船町御船	上益城郡御船町大字御船995-1(御船町役場)	上益城郡御船町
KMMP57	93050	嘉島町上島	上益城郡嘉島町大字上島530(嘉島町役場)	上益城郡嘉島町
KMMP58	93051	益城町宮園(旧)	上益城郡益城町大字宮園702(益城町役場)	上益城郡益城町
KMMP59	93052	甲佐町豊内	上益城郡甲佐町豊内719-4(甲佐町役場)	上益城郡甲佐町
KMMP60	93054	山都町大平	上益城郡山都町大平385(山都町清和総合支所)	上益城郡清和村
KMMP61	93007	山都町今	上益城郡山都町今500(山都町蘇陽総合支所)	阿蘇郡蘇陽町
KMMP62	93057	氷川町島地	八代郡氷川町島地642(氷川町役場)	八代郡竜北町
KMMP63	93058	氷川町宮原	八代郡氷川町宮原栄久69-1(氷川町宮原振興局)	八代郡宮原町
KMMP65	93081	津奈木町小津奈木	葦北郡津奈木町大字小津奈木2123(津奈木町役場)	葦北郡津奈木町
KMMP66	93063	錦町一武	球磨郡錦町大字一武1587(錦町役場)	球磨郡錦町
KMMP68	93068	湯前町役場	球磨郡湯前町1989-1(湯前町役場)	球磨郡湯前町
KMMP69	93069	水上村岩野	球磨郡水上村大字岩野90(水上村役場)	球磨郡水上村
KMMP70	93072	相良村深水	球磨郡相良村大字深水2500-1(相良村役場)	球磨郡相良村
KMMP71	93074	山江村山田	球磨郡山江村大字山田甲1356-1(山江村役場)	球磨郡山江村
KMMP72	93075	球磨村渡	球磨郡球磨村大字渡内1730(球磨村役場)	球磨郡球磨村
KMMP73	93065	あさぎり町 免田東	球磨郡あさぎり町免田東1199(あさぎり町役場)	球磨郡免田町
KMMP74	93099	あさぎり町上	球磨郡あさぎり町上北1874番地(あさぎり町上支所)	球磨郡上村
KMMP75	93100	あさぎり町岡原	球磨郡あさぎり町岡原北929(あさぎり町岡原支所)	球磨郡岡原村
KMMP76	93101	あさぎり町須恵	球磨郡あさぎり町須恵1227(あさぎり町須恵支所)	球磨郡須恵村
KMMP77	93102	あさぎり町深田	球磨郡あさぎり町深田西955番地1(あさぎり町深田支所)	球磨郡深田村
KMMP78	93092	苓北町志岐	天草郡苓北町志岐660(苓北町役場)	天草郡苓北町

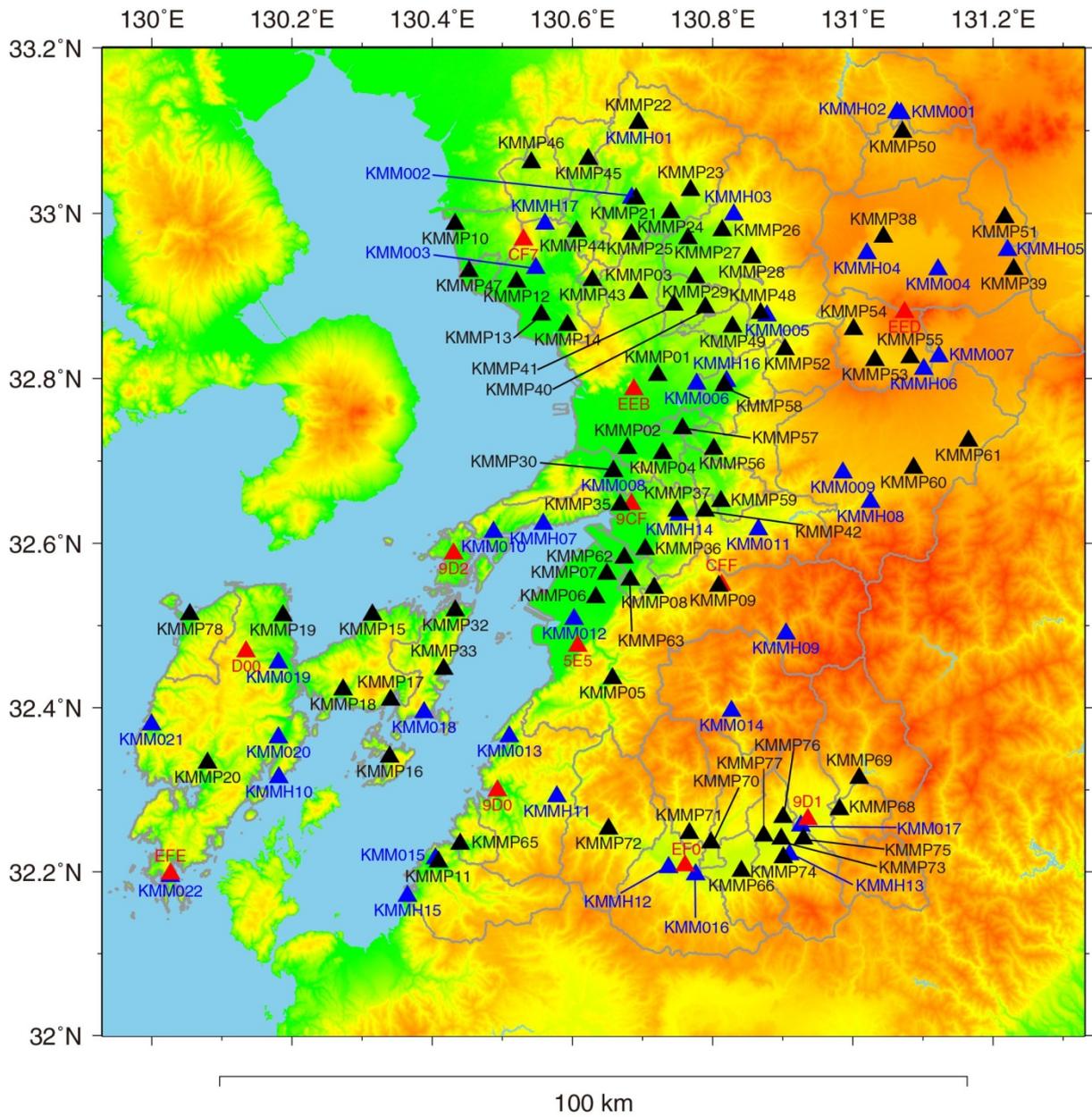


図5 熊本県内における強震波形記録を収集した観測点（黒：熊本県震度情報ネットワークシステム、赤：気象庁、青：国立研究開発法人防災科学技術研究所強震観測網 K-NET、KiK-net）

2014/08/29 04:14 EW-COMP.

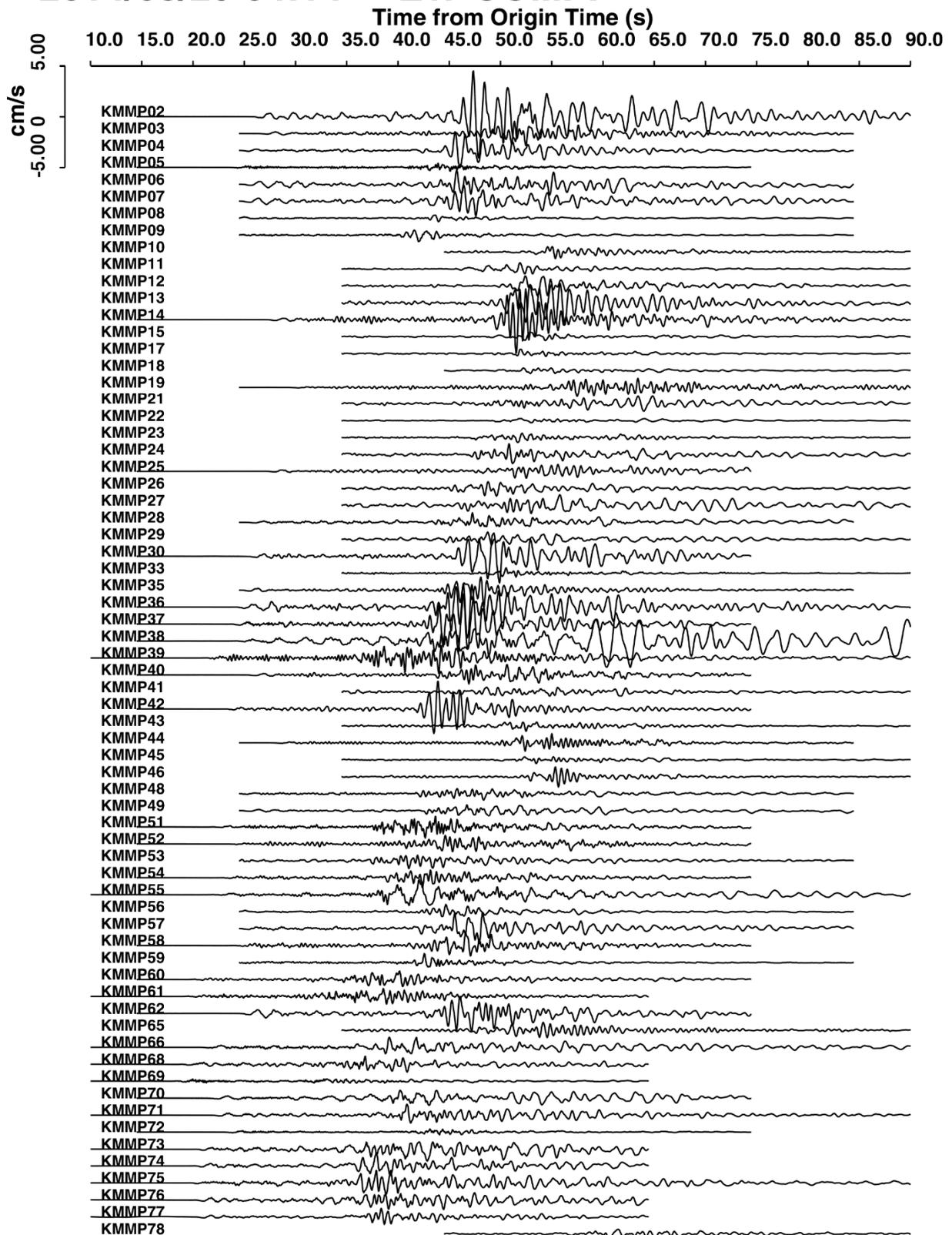


図6 熊本県震度情報ネットワークシステムの観測点で記録された波形例(2014年8月29日4時14分、日向灘の地震、速度波形、東西動成分、周波数帯域0.1~10 Hz)

2014/08/29 04:14 NS-COMP.

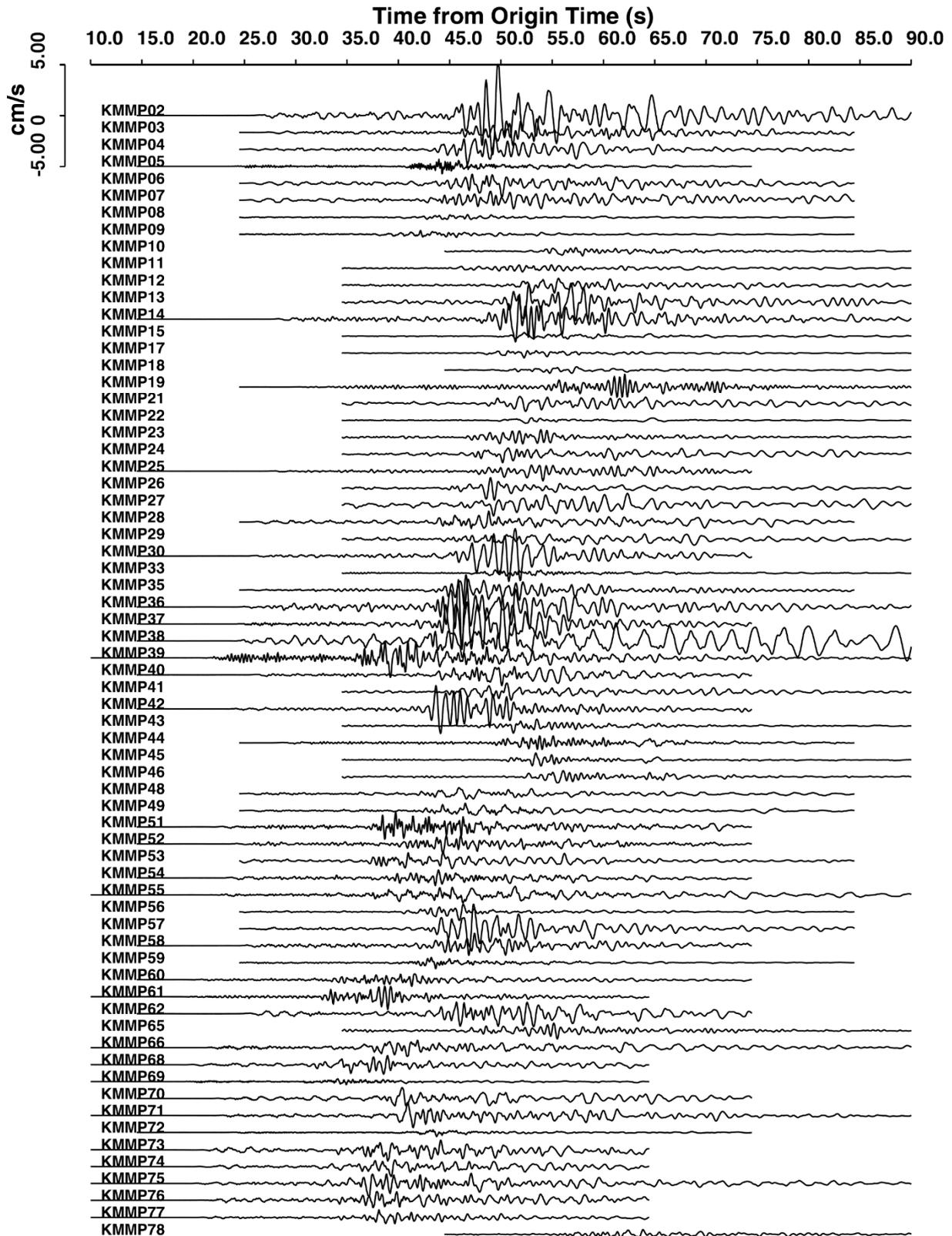


図7 熊本県震度情報ネットワークシステムの観測点で記録された波形例(2014年8月29日4時14分、日向灘の地震、速度波形、北南動成分、周波数帯域0.1~10 Hz)

2014/08/29 04:14 UD-COMP.

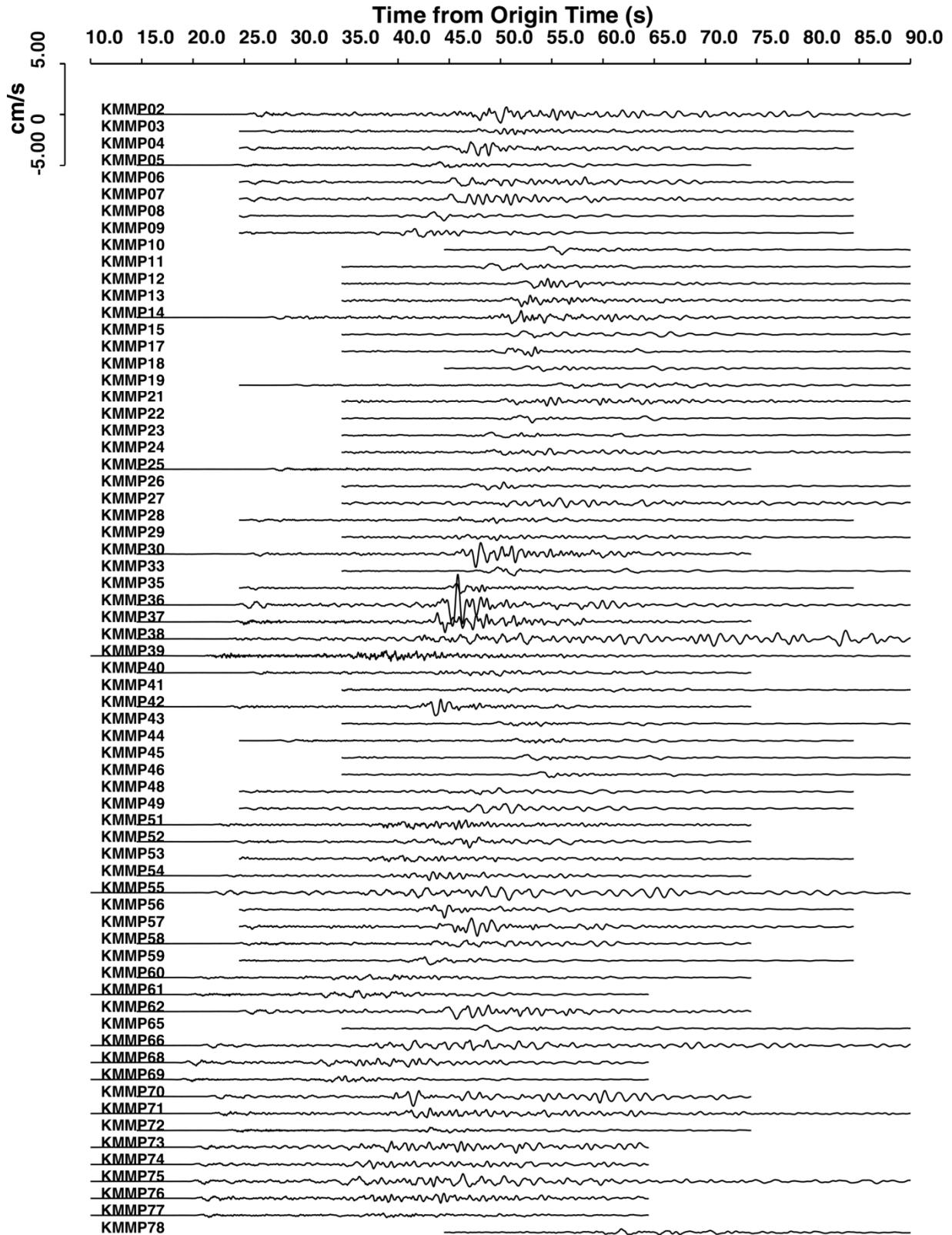


図8 熊本県震度情報ネットワークシステムの観測点で記録された波形例(2014年8月29日4時14分、日向灘の地震、速度波形、上下動成分、周波数帯域0.1~10 Hz)

3) 強震観測点周辺における微動アレイ調査

布田川断層帯、日奈久断層帯の周辺における地盤速度構造モデルの高度化を目的として、強震観測点周辺にて単点微動観測および微動アレイ観測を実施した。項目1)に記載した通り熊本平野、特に熊本地震の被害が甚大な地域では多くの観測事例があることから観測対象とはせず、平成28年度は八代平野周辺と阿蘇周辺の熊本県自治体震度計観測点周辺を対象とした。観測点分布を図9～10に、観測点座標および観測半径の一覧を表3に示す。ここでは19か所でのアレイ観測を行った。アレイサイズは、想定される地下構造によって変えた。丘陵・山間部では最大半径15m～60m、平野部での最大半径は120 mから500 mである。

観測は正三角形の頂点と中心からなる4点アレイとした。センサーは3成分速度計（10秒速度計：東京測振、SE-321）であり、24ビットデータロガー（白山工業社製LS-8800）を接続して観測した。観測時間は1アレイあたり15分間以上とした。

時刻歴データのうち上下動成分のみを用い、微動アレイ解析ツール「BID02.0」ソフトウェア（Tada et al., 2010）を用いてSPAC法およびV法にて位相速度を解析した。解析結果のうち、位相速度と周波数から求まる波長がアレイ半径の3倍以上で、位相速度がピークとなる周波数よりも高周波数側の解析結果を採用するものとした。なお、0.1Hzから30Hzの間の30程度の周波数値に対して位相速度を抽出するものとし、対数軸上で左右対称となるフィルター（紺野・大町, 1995; Konno and Ohmachi, 1998)

$$G(f) = \sin(\log(f/f_c)^b) / (\log(f/f_c)^b)^4$$

による平滑化を行っている（ $b=10$ ）。2つの異なるアレイ半径の解析結果の位相速度を統合する際には、SPAC係数等の指標を参照して、滑らかにつながるようにした。

観測位相速度が示す速度構造を概観するため、経験的な変換式を用いて位相速度を速度構造に変換した（簡易変換速度構造と呼ぶ）。ここではBallard（1964）を参考に、次の仮定を置いた。

- ・ S波速度は観測位相速度の1.1倍
- ・ 観測位相速度は対応する表面波の波長の $1/\alpha$ 倍の深度の速度に対応（ $\alpha=2.7$ ）

図11-1～5に観測位相速度および（3成分記録を用いて得られた）観測H/Vスペクトルを示す。参考として、簡易変換速度構造およびJ-SHIS-v2モデル（藤原・他, 2012）を用いて計算した理論位相速度およびレイリー波の楕円率H/Vとの比較を同時に示す。簡易変換速度構造は、観測位相速度およびH/Vスペクトルをよく説明する。一方、既往速度構造モデル（J-SHIS-v2）は位相速度、H/Vスペクトル共に観測値を説明できない。したがって、速度構造モデルの修正が必要である。

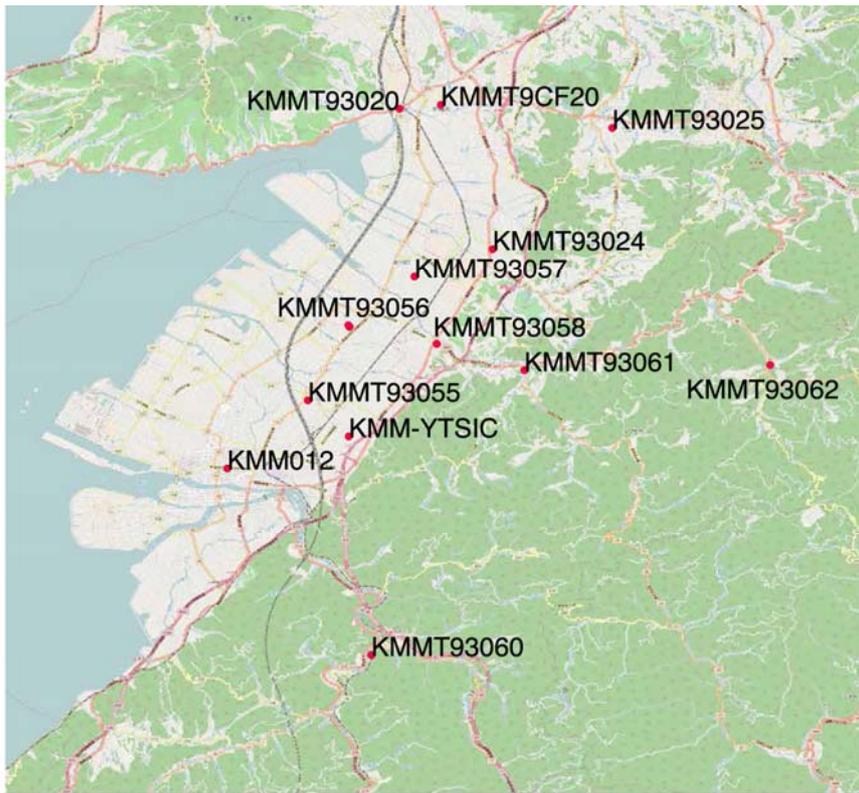


図9 八代平野周辺の微動測定位置図（赤丸：微動アレイ中心位置）

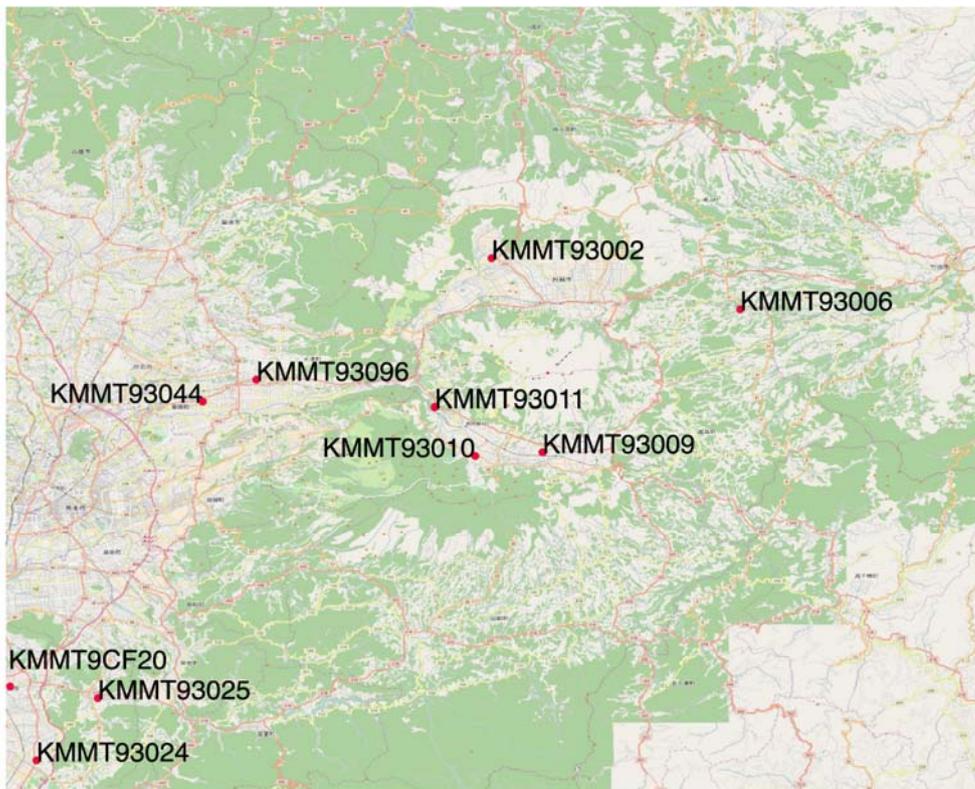


図10 阿蘇周辺の微動測定位置図（赤丸：微動アレイ中心位置）

表3 強震観測点周辺の微動アレイ観測位置（中心点）、観測半径等一覧

観測点コード	名称	緯度	経度	アレイ半径 (m)
KMMT93002	阿蘇市内牧支所	32.97140	131.04369	4, 15, 30, 60, 120, 250, 500
KMMT93006	阿蘇市波野支所	32.93224	131.22925	4, 15
KMMT93009	南阿蘇村白水庁舎	32.82495	131.08171	4, 15, 30, 60, 120
KMMT93010	南阿蘇村久木野庁舎	32.82215	131.03146	4, 15, 30, 60, 120
KMMT93011	南阿蘇村長陽庁舎	32.85876	131.00122	4, 15, 30, 60, 120
KMMT93020	宇城市不知火支所	32.64671	130.66827	4, 15, 30, 60, 113, 228
KMMT93024	宇城市小川支所	32.59285	130.70392	4, 15, 30, 60, 112, 240
KMMT93025	宇城市豊野支所	32.63931	130.74969	4, 15, 29, 60
KMMT93044	菊陽町役場	32.86263	130.82797	4, 15, 30, 60, 112, 228
KMMT93055	八代市千丁支所	32.53411	130.63324	4, 15, 30, 60, 125, 249
KMMT93056	八代市鏡支所	32.56319	130.64871	4, 15, 30, 60, 120, 240, 500
KMMT93057	氷川町役場	32.58204	130.67403	4, 14, 30, 60, 123, 241
KMMT93058	氷川町宮原支所	32.55597	130.68253	4, 15, 31, 60, 120, 240
KMMT93060	八代市坂本支所	32.43583	130.65746	4, 15
KMMT93061	八代市東陽支所	32.54581	130.71603	4, 15, 30, 60
KMMT93062	八代市泉支所	32.54780	130.81010	4, 15
KMMT93096	大津町役場	32.87921	130.86807	4, 15, 30, 60, 112, 228
KMM012	八代市役所	32.50805	130.60237	4, 15, 30, 60, 134, 270
KMMT9CF20	宇城市役所	32.64820	130.68410	4, 15, 30, 60, 120, 242
KMM-YTSIC	八代 IC	32.52045	130.64886	4, 30, 60, 200

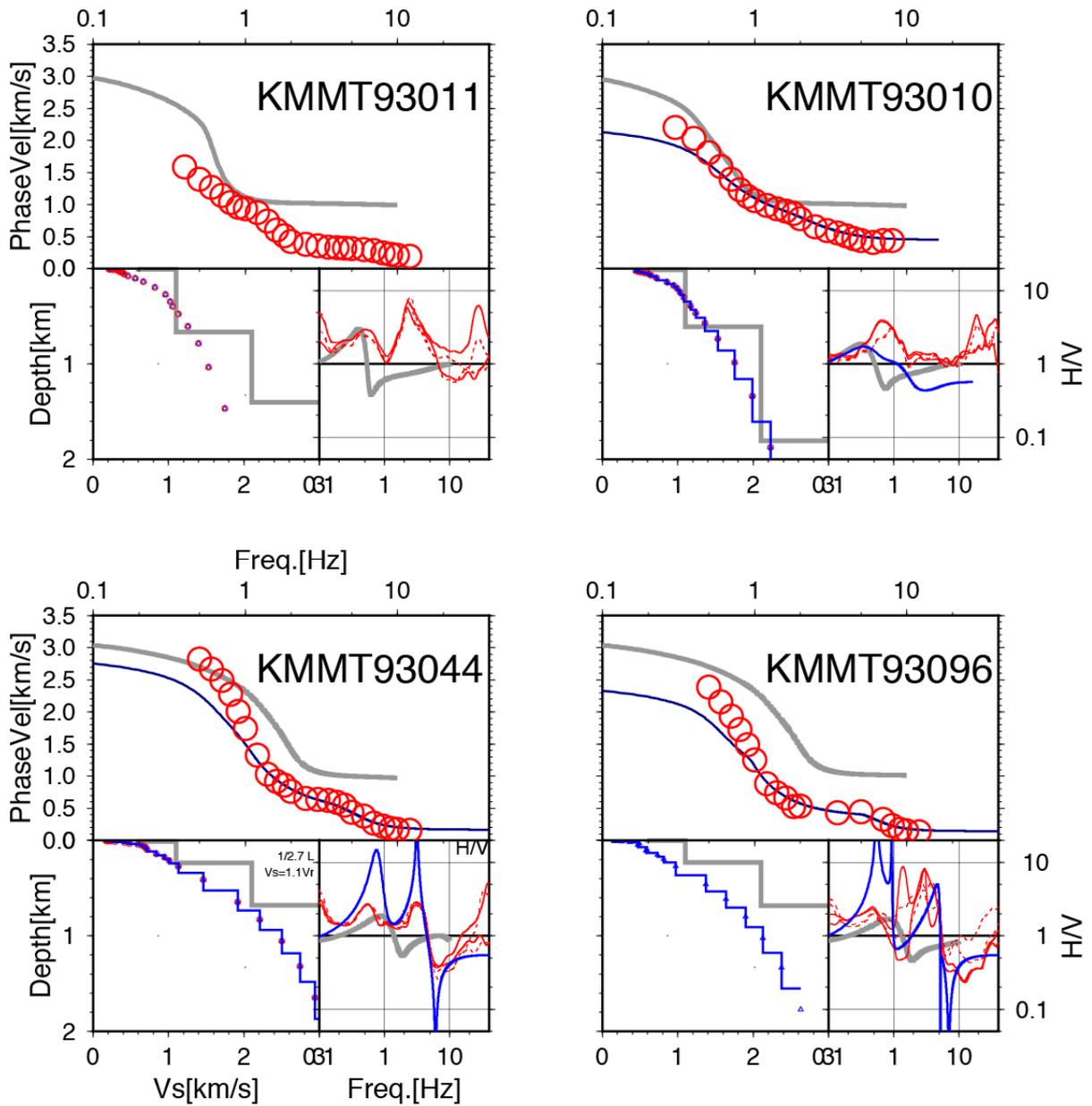


図 11-1 小半径微動アレイ計測結果 (左上: 阿蘇村長陽支所, 右上: 南阿蘇村久木野支所, 左下: 菊陽町役場, 右下: 大津町役場) (各パネルについて, 上: 位相速度, 左下: S 波速度構造, 右下: H/V スペクトル) (白抜き赤丸: 観測位相速度および位相速度の速度・深度への簡易変換値, 青線: 簡易変換速度構造による理論位相速度, 速度構造, 表面波 H/V, 灰色: J-SHIS-v2 モデルの理論位相速度, 速度構造, 表面波 H/V, H/V スペクトルの赤線: 微動 H/V)

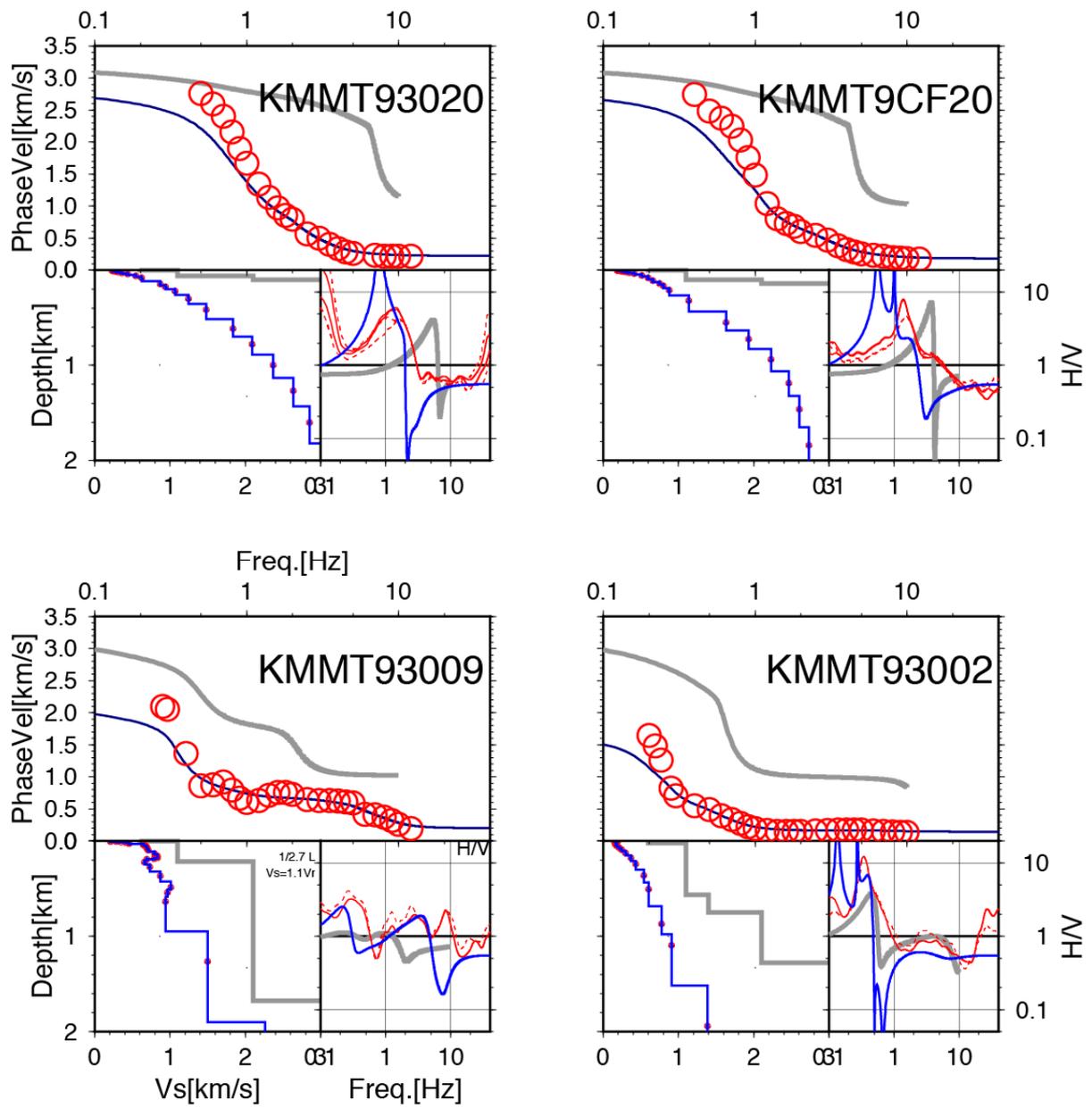


図 11-2 小半径微動アレイ計測結果（左上：宇城市不知火支所，右上：宇城市役所，左下：南阿蘇村白水支所，右下：阿蘇市内牧支所）。

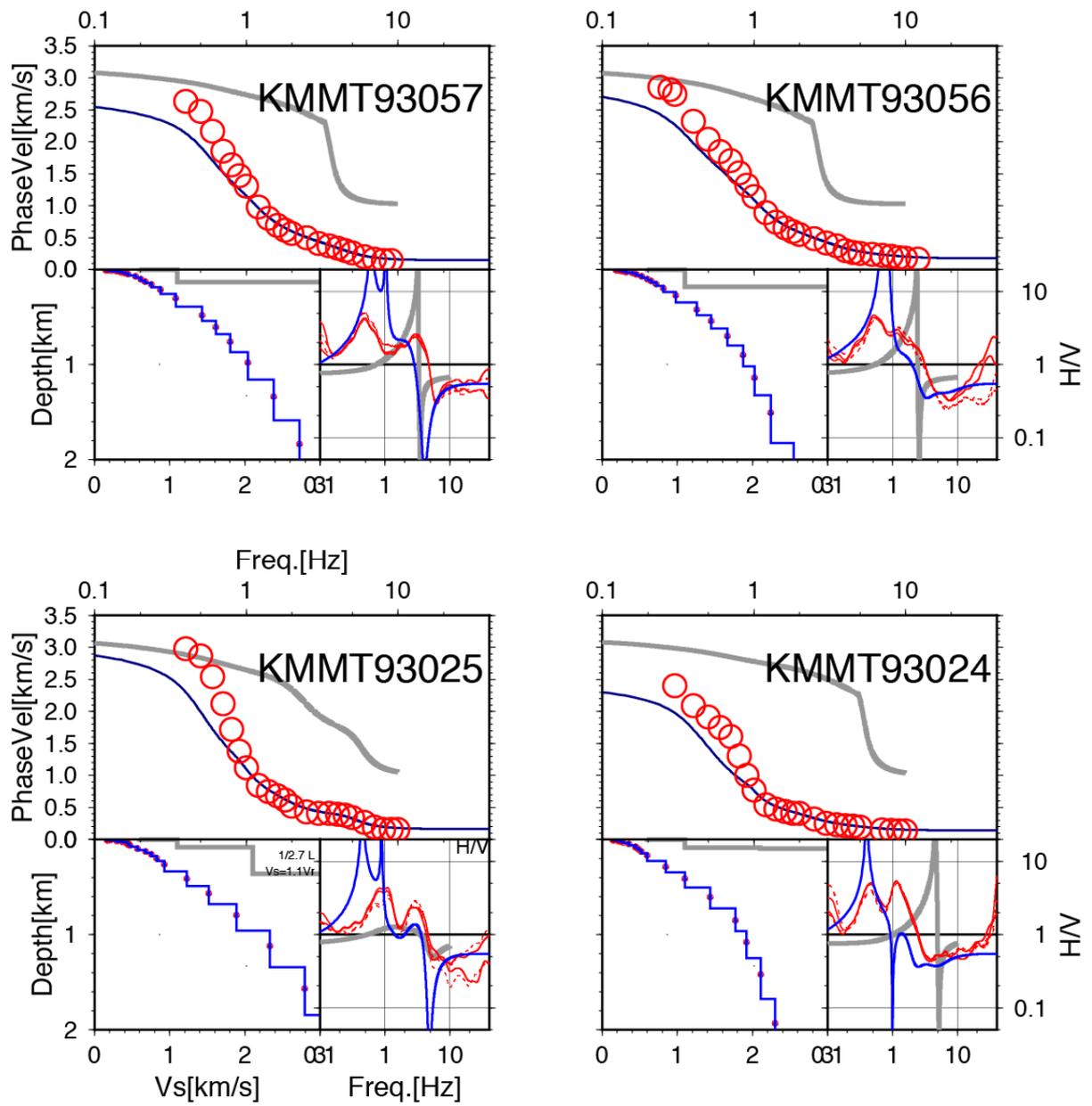


図 11-3 小半径微動アレイ計測結果（左上：氷川町役場，右上：八代市鏡支所，左下：宇城市豊野支所，右下：宇城市小川支所）

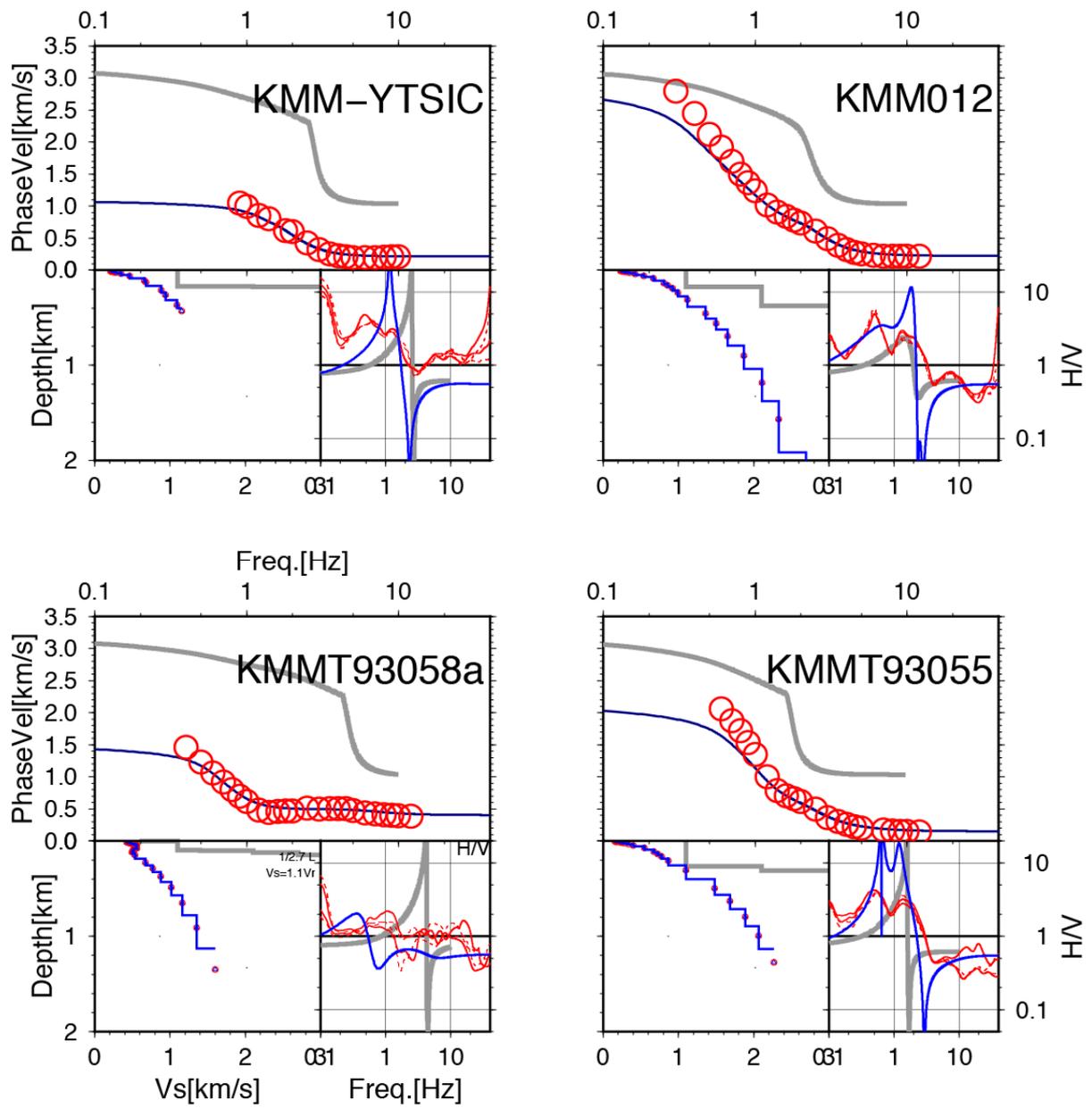


図 11-4 小半径微動アレイ計測結果（左上：八代 IC，右上：八代市役所，左下：氷川町宮原支所，右下：八代市千丁支所）

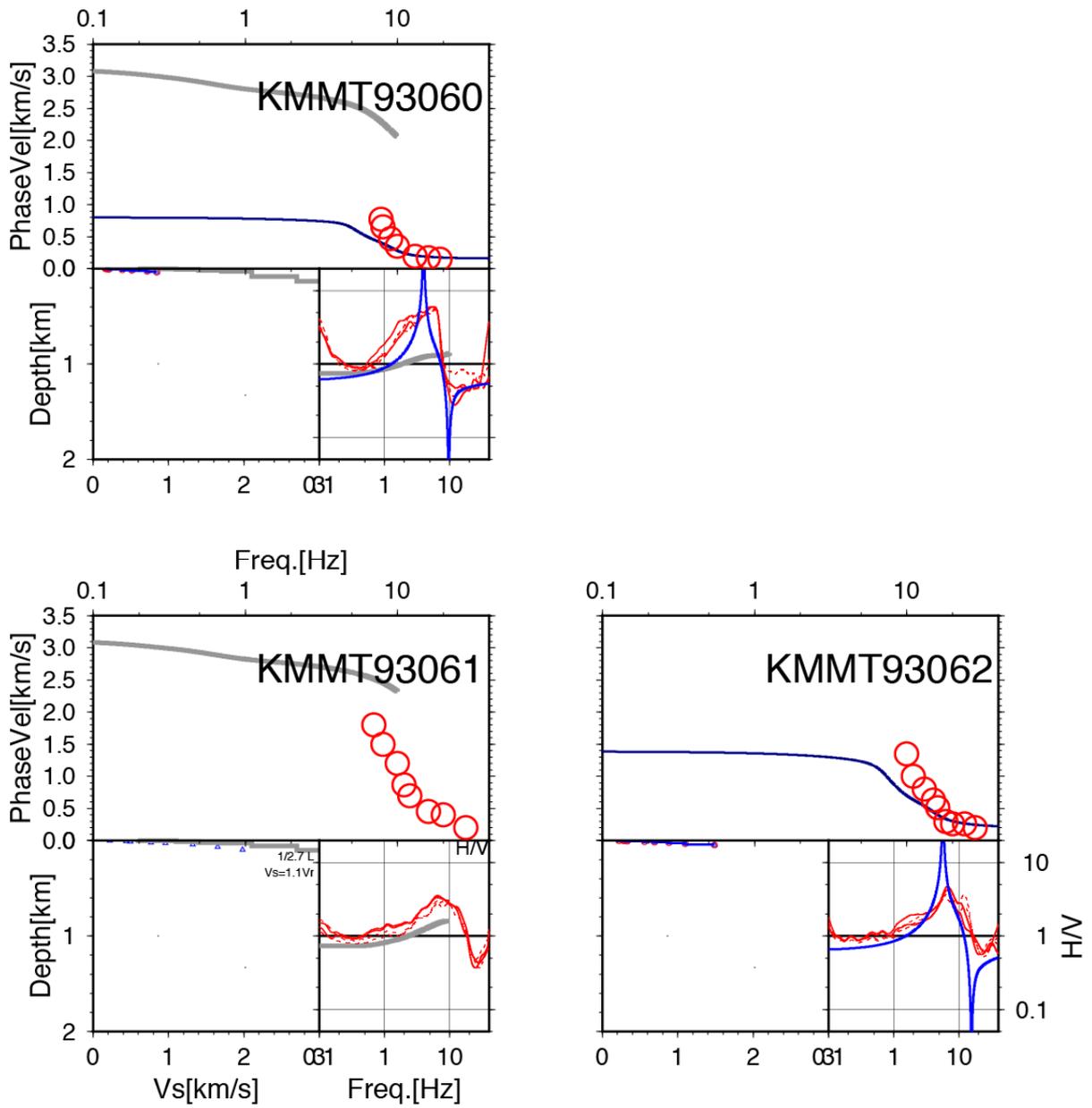


図 11-5 小半径微動アレイ計測結果 (左上：八代市坂本支所，左下：八代市東陽支所，右下：八代市泉支所)

4) 熊本平野西部及び八代平野における単点微動調査

布田川断層帯及び日奈久断層帯周辺の平野部の地下速度構造（主として地震基盤及び工学的基盤の深度情報）に関する情報を得るため、熊本平野西部及び八代平野において単点微動観測を実施し、微動の水平動成分と上下動成分のスペクトル比（H/V スペクトル比）を解析した。熊本平野西部では、本年度のサブテーマ2で実施した反射法地震探査測線の結果と比較することを目的に、測線沿いの5地点及び熊本市南区役所震度計付近で実施した。八代平野では平成29年度に計画している詳細な地下構造調査に向けた予察調査として、平野内の14地点で実施した。表4に単点微動観測地点（合計20地点）を一覧として整理した。現地での微動観測は2017年2月28日、3月1日及び3月30日の計3日間に分けて実施した。

観測システムはポータブル地震観測装置 SMAR-6A3P を使用した。本システムはアカシ（現ミットヨ）製動コイル型加速度計 JEP-6A3P（感度 1.1 V/G）3成分、白山工業製収録装置 DATAMARK LS-8800、増幅器及びアナログフィルター、GPS アンテナ、小型制御弁式鉛蓄電池から構成される。各観測地点では同一の観測装置2式を用いて同時観測を行い、原則として20分以上連続収録した。このうち1式を増幅器倍率5000倍、低域通過フィルター5 Hz に設定し、もう1式を増幅器倍率2000倍、低域通過フィルター40 Hz に設定した。収録装置の形式分解能は24bitであり、サンプリング周波数100 Hz で収録した。後述のデータ解析の結果、対象地域での観測 H/V スペクトル比はいずれの地点でも5 Hz 未満にピークが存在したことから、本報告では、低周波数側の S/N を考慮し、増幅器倍率5000倍、低域通過フィルター5 Hz に設定した観測による解析結果を示す。写真1に八代平野における観測実施状況の例を示す。

データ解析の手順を以下に述べる。まず、微動の連続記録から、通過車両など非定常的なノイズの含まれていない部分を選んで、区間長40.96秒の解析区間を可能な限り多数抽出した。このため、各地点での解析区間数は観測地点でのノイズ状況や実際の観測継続時間により異なっている。抽出された各区間の各成分の微動波形記録について、フーリエ変換により振幅スペクトルを求め、Konno and Ohmachi (1998)の方法によりスペクトルの平滑化を行った（平滑化の幅を規定する係数bの値は40に設定）。東西成分及び南北成分の振幅スペクトルの幾何平均を水平成分の振幅スペクトルと定義し、水平成分（H）と上下成分（V）のスペクトル比を求めた。各区間について得られた H/V スペクトル比をアンサンブル平均したものを観測 H/V スペクトル比とした。

図12に熊本平野西部における観測 H/V スペクトル比、図13に八代平野における観測 H/V スペクトル比を示す。太線が観測 H/V スペクトル比、細線がその対数標準偏差を表している。H/V スペクトル比は安定して求められている。多くの観測地点で H/V スペクトル比に2つのピークが認められるが、一部の観測点で低周波数（長周期）側のピークが明瞭でない地点も見られる。図14の地図上に観測 H/V スペクトル比から読み取った2つのピーク周期（ピーク周波数の逆数）を地図上にプロットした。この図には、強震観測点での微動アレイ観測の際に取得されたデータを同様に解析した結果も併せてプロットした。熊本平野西部の反射法地震探査測線付近では周期約3秒と約1秒にピークをもつが、平野端部に近い地点（KM1601とKM1606）では長周期側のピーク周期がやや短く、基盤が浅くなっていることを推測できる。八代平野においては平野端部付近などを除き、長周期側のピーク

ク周期は 1.6～2.6 秒の範囲、短周期側のピークは 1 秒以下の地点が多く、どちらのピーク周期も熊本平野西部に比べると短い傾向にある。

熊本平野西部の測線付近においては、上位より沖積層、低位段丘堆積物（保田窪砂礫層）、中位段丘堆積物（託麻砂礫層）、阿蘇 4 火山砕屑物、4 / 3 間堆積物（御幸層）、阿蘇 3 火山堆積物、2 / 1 間堆積物、未区分洪積層（水前寺層）、先阿蘇火山岩（金峰火山噴出物、大岳火山岩類）、古第三系、上部白亜系姫浦層群（熊本層群）及び御船層群、基盤岩である領家帯（肥後変成岩）という層序となっている（熊本県地質図編纂委員会，2008；熊本地盤研究会，2014；星住・他，2014）。八代平野においては、第四系以深の層序に関する詳細な情報は不明であるが、肥後変成岩の石灰岩からなる小島が平野内に点在している（熊本県地質図編纂委員会，2008；斎藤・他，2010）ことから、八代平野下の基盤岩形状は複雑である可能性が考えられるため、次年度以降により稠密かつ詳細な調査が必要である。定量的な議論には各平野での速度プロファイルの情報が不可欠であるが、長周期側のピークは基盤岩もしくは白亜系上面、短周期側のピークは沖積層下面に対応する情報を有しているものと考えられる。

表 4 熊本平野西部及び八代平野における単点微動観測地点

観測地点	住所	所在地	緯度(°)	経度(°)
KM1601	熊本市西区池上町	池上中央公園	32.78875	130.67577
KM1602	熊本市西区野中三丁目	野中前まちの広場	32.77706	130.67450
KM1603	熊本市南区荒尾二丁目	アクアドームくまもと第3駐車場	32.76403	130.67001
KM1604	熊本市南区護藤町	上護藤公民館	32.74998	130.66953
KM1605	熊本市南区中無田町御供田	中緑公園	32.73549	130.66920
KM1606	熊本市南区富合町清藤	熊本市南区役所	32.71547	130.67845
YT1601	八代市上片町	上片児童公園	32.50535	130.64413
YT1602	八代市井上町	井上児童公園	32.51245	130.62723
YT1603	八代市田中東町	田中東児童公園	32.52055	130.60757
YT1604	八代市沖町	沖町児童公園	32.52684	130.58838
YT1605	八代市郡築四番町	八代市スポーツ・コミュニティ広場	32.53317	130.56108
YT1606	八代市水島町	水島児童公園	32.47622	130.57509
YT1607	八代市千丁町古閑出	二の丸農村公園	32.54745	130.60812
YT1608	八代市鏡町貝洲	碓原公園	32.57630	130.62719
YT1609	八代郡氷川町網道	網道公園	32.60281	130.65030
YT1610	宇城市小川町新田出	南出村農村公園	32.60855	130.68090
YT1611	宇城市松橋町両仲間	豊福グラウンド	32.62824	130.69618
YT1612	八代市平山新町	熊本高等専門学校八代キャンパス付近	32.47491	130.60793
YT1613	八代市昭和同仁町	昭和運動広場	32.56584	130.59077
YT1614	宇城市松橋町御船	松橋御船公民館	32.62756	130.66045



写真1 八代平野における単点微動観測実施状況 (YT1610 地点)

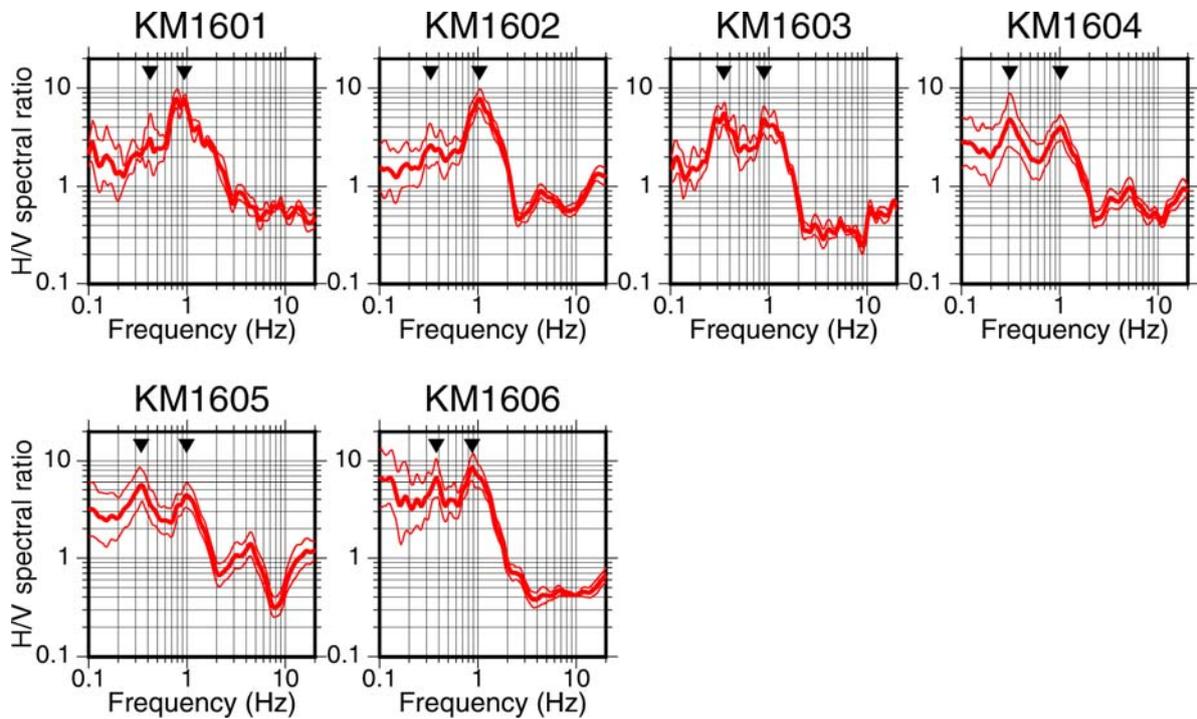


図12 熊本平野西部における単点微動観測によるH/Vスペクトル比(赤太実線)及びその標準偏差(赤細実線)。▼は読み取ったピーク周波数の位置。

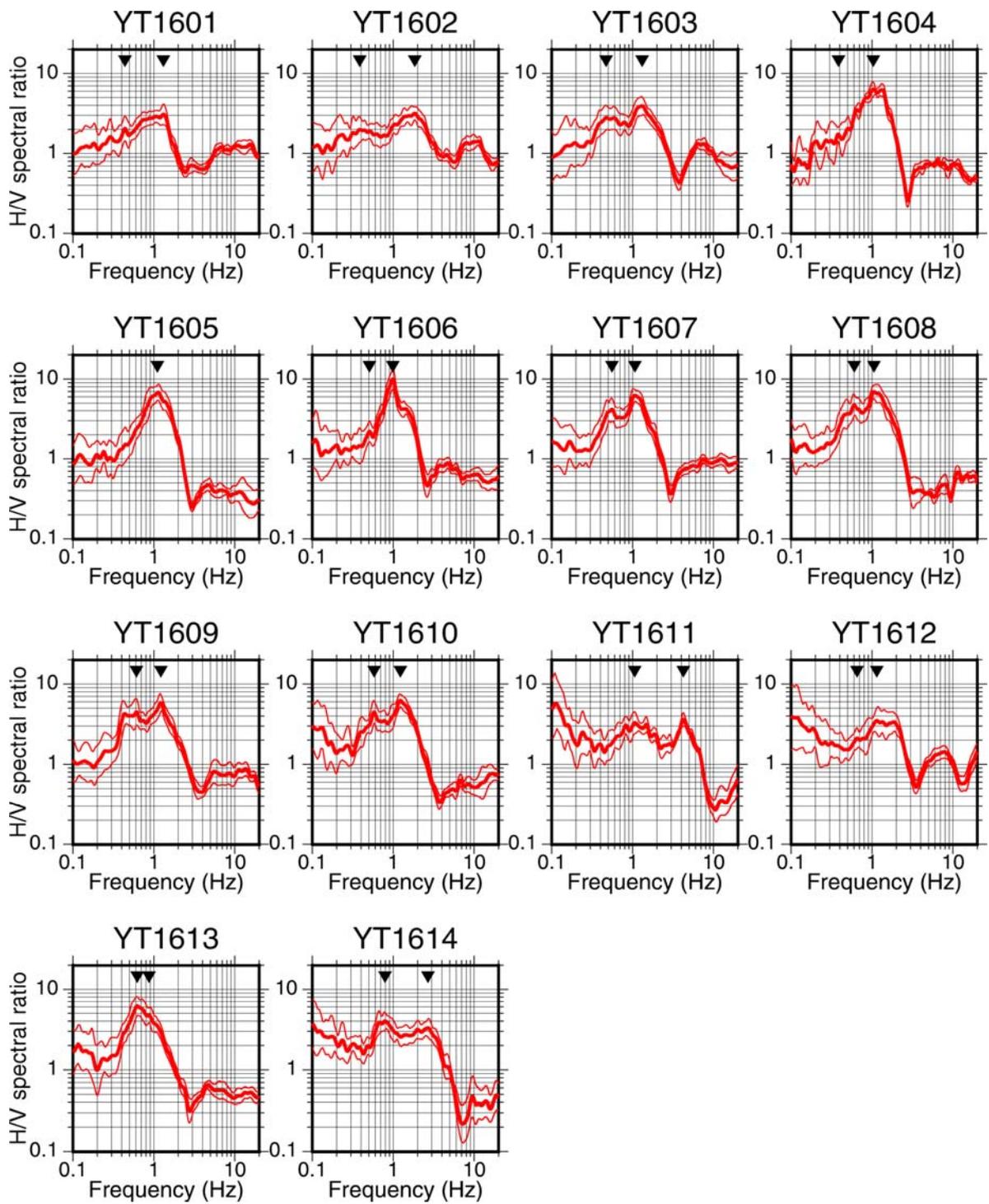


図 13 八代平野における単点微動観測による H/V スペクトル比 (赤太実線) 及びその標準偏差 (赤細実線)。▼は読み取ったピーク周波数。

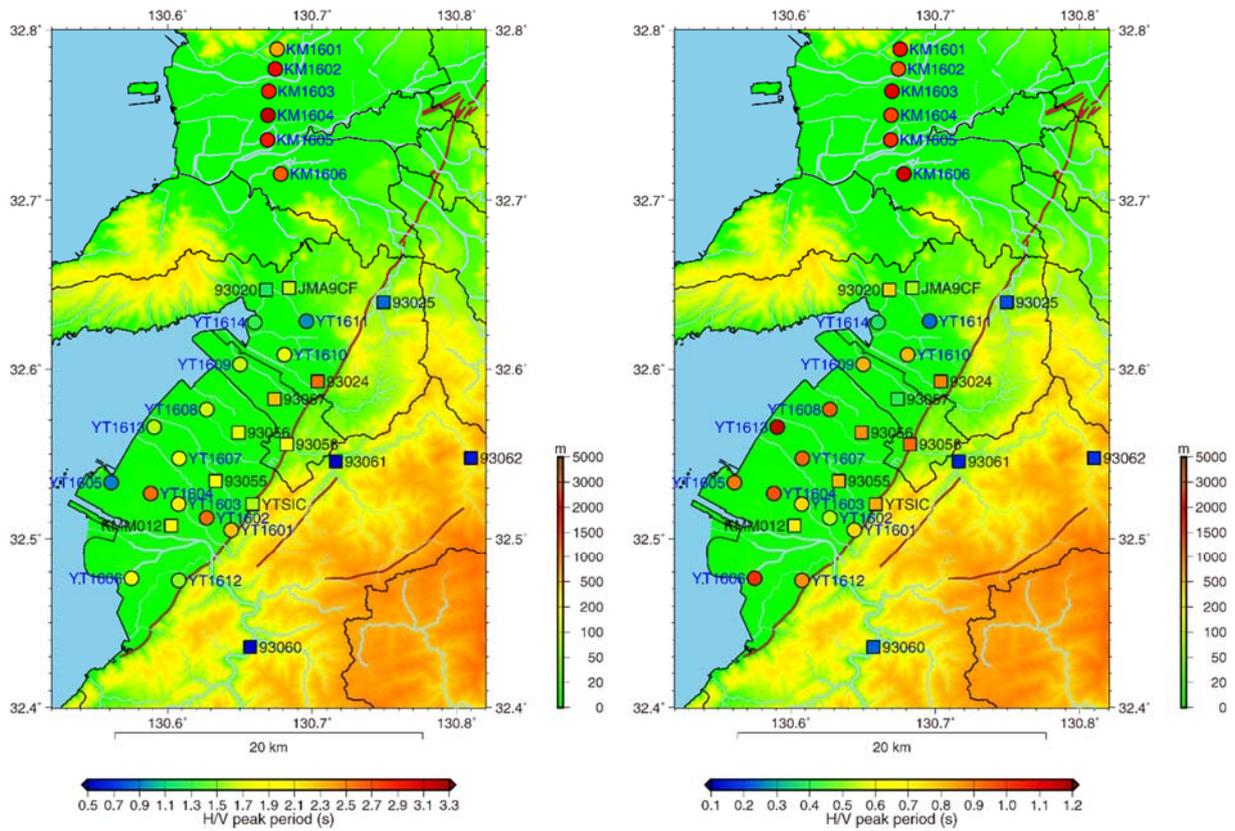


図 14 微動 H/V スペクトル比のピーク周期の空間分布（左：長周期側、右：短周期側）。○は今年度実施した単点微動観測の観測地点、□は微動アレイ観測で得られた記録を解析した地点。

5) 深いボーリング情報の収集

本調査サブテーマ2において、熊本平野西部で人工地震探査が行われ、また、平成27年度には熊本平野東南部の布田川断層宇土区間東部において人工地震探査及び深さ70mまでのオールコアボーリングが行われてその地下構造情報が得られている(丸山・他, 2016)。熊本平野では、利水のためのボーリングが多掘られていて、その情報を使って地下100m程度くらいまでの詳細な地質断面図が、熊本地盤研究会(2014)によって作成されているこれは、今後の地下構造モデル構築に活用していきたいと考えている。

一方、地震動評価を進めるために重要な熊本平野、八代平野といった堆積平野地域において、地盤研究を目的とした深いボーリングは存在しないため、深部の地下構造モデルを構築する手立てが十分ではないことがわかった。そこで、深い温泉ボーリング情報について、熊本県健康福祉部に情報開示を依頼した。具体的には熊本市、宇土市、宇城市、八代市、嘉島町、益城町において掘削深度500m以上の温泉ボーリング調査で、報告書にボーリング地質柱状図等の記載があるものについての検索と提供をお願いした。図15に、情報開示を得た地点を示す。地形図と比較すると山間部の温泉のボーリングが多いが、熊本平野および八代平野部のボーリング地点もあった。この中で、サブテーマ2において実施された熊本平野西部の人工地震探査測線に近いボーリング(KMM)と、八代平野の断層の西側にあたり、ある程度の堆積層厚があると考えられるボーリング(YTS)の地質柱状図からの記載を表5、6に示す。KMMの柱状図は複雑で、掘削深度1100m程度でも基盤相当の地層は出てきていない。ただ550mより浅いところは砂礫であるが、その下は堆積岩が出てきていることがわかる。一方YTSは記載が単純であるが、415mで石灰岩が、723mで花崗岩が出てきて、掘削深度1200mまで花崗岩が続いている。こういった情報は、今後の地下構造モデルの妥当性の検討や、モデル設定の時の情報として利用できる。

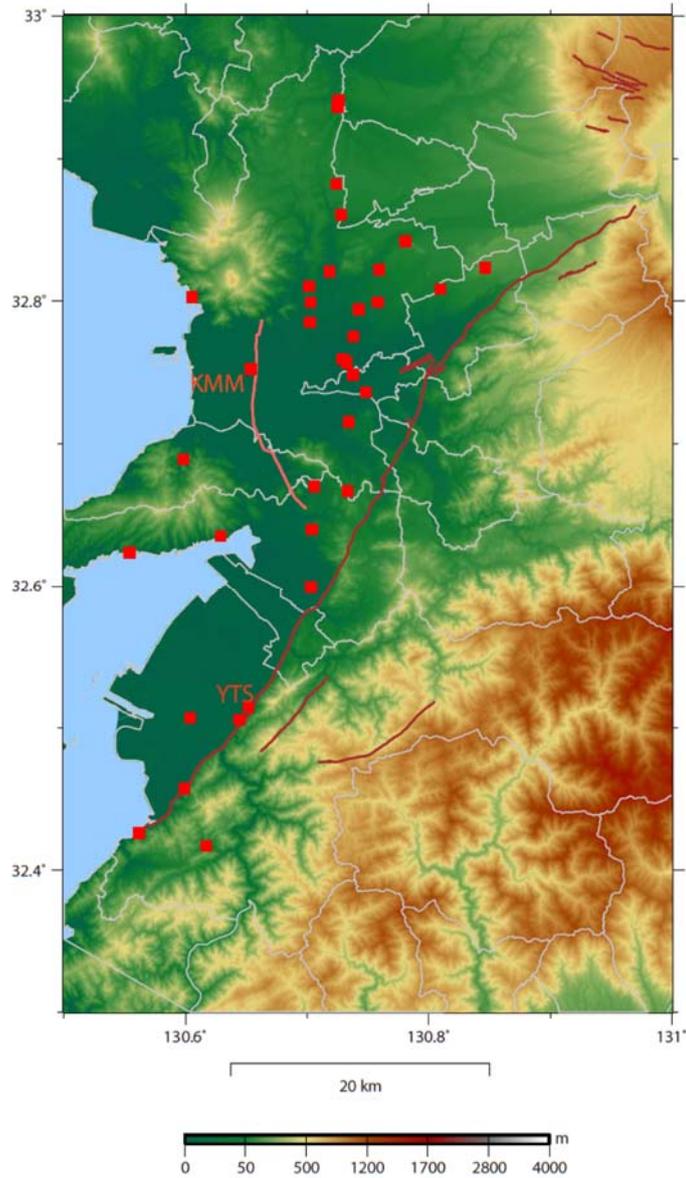


図 15 熊本市、八代市、宇城市、宇土市、嘉島町、益城町で掘削深度 500m 以上のボーリング情報を得た地点 (■)。KMM と YTS の位置も示す。赤線は活断層位置を示し、ピンク線はサブテーマ 2 で行われた熊本平野西部の反射法地震探査測線を表す。

表5 KMMにおける地質柱状図からの記載

KMM(掘削深度1102m)	
深度(m)	地層名
0-30	粘土混じりシルト
30-40	粘土混じりシルト
40-50	砂レキ
50-100	軽石混じり砂レキ
100-262	粘土混じり砂レキ
262-290	粘土
290-373	軽石混じり砂レキ
373-550	粘土混じり砂レキ
550-740	凝灰岩
740-925	砂頁岩
935-1102	頁岩

表6 YTSにおける地質柱状図からの記載

YTS(掘削深度1200m)	
深度(m)	地層名
0-415	レキ及び砂質土
415-723	石灰岩
723-1200	花崗岩

(c) 結論ならびに今後の課題

対象地域における地下構造モデルの高度化に資する資料を得るため、今年度は、1) 熊本平野を中心とした強震観測と関連研究成果の収集、2) 自治体震度計波形データの収集と整理、3) 強震観測点周辺における微動アレイ調査、4) 熊本平野西部及び八代平野における単点微動調査、5) 深いボーリング情報の収集を行った。1)においては、科学研究費補助金特別研究促進費「2016年熊本地震と関連する活動に関する総合調査」で行われた余震(強震)観測、地盤震動観測情報の収集と、内閣府SIP「レジリエントな防災・減災機能の強化」の課題⑤リアルタイム被害推定・災害情報収集・分析・利活用システム開発において実施された熊本平野の浅部・深部統合地盤モデル構築情報の収集と今後のモデル提供をうける予定である。2)においては、熊本地震群を含む熊本県自治体震度計の波形データを収集し、解析できるようにデータベース化を行った。加えて、八代平野の観測点を主として、微動アレイ調査を行い、地盤構造情報を収集した。今年度は地震動データや微動データといった基礎データの収集が中心であったため、今後、収集した各種データの活用と、サブテーマ2の人工地震探査結果を利用して、地下構造モデルの高度化へ展開していく必要がある。

SIP による熊本平野の地盤情報の収集と浅部・深部地下構造モデル構築方法は、情報密度とモデル構築への展開といった視点で有益であり、次年度以降に実施予定の八代平野等の地下構造モデル構築に参考とすることができる。3)においては、位相速度情報を得て、既存の地下構造モデルでの説明性を確認し始めているが、ほとんどの観測点で、既存の地下速度構造モデルでは観測位相速度が説明できず、既存モデルより遅い S 波速度構造を考える必要があることがわかった。S 波速度がより遅い場合には地震動の増幅がより顕著になることから、これらの地震動、地下構造に関する基礎データの丁寧な解析を次年度に進めていきたい。4)及び5)において、次年度に調査観測をする予定の八代平野の地下構造について概観をつかむことができた。

本項における強震観測や微動調査、自治体震度計の波形データ収集、深いボーリング情報収集については、熊本県及び熊本地方気象台、そして現地の方々のご理解とご協力があったて行うことができました。記して感謝いたします。

(d) 引用文献 Ballard, R. F., Determination of Soil Shear Moduli at Depths by In-Situ Vibratory Techniques, Miscellaneous Paper No. 4-691, Waterways Experiment Station, Vicksburg, Mississippi, 32pp., 1964.

Chimoto, K., H. Yamanaka, S. Tsuno, H. Miyake and N. Yamada, Estimation of shallow S-wave velocity structure using microtremor array exploration at temporary strong motion observation stations for aftershocks of the 2016 Kumamoto earthquake, Earth, Planets, Space, 68:206, DOI: 10.1186/s40623-016-0581-3, 2016.

藤原広行・河合伸一・青井 真・森川信之・先名重樹・東 宏樹・大井昌弘・はお憲生・長谷川信介・前田宜浩・岩城麻子・若松加寿江・井元政二郎・奥村俊彦・松山尚典・成田章, 東日本大震災を踏まえた地震ハザード評価の改良に向けた検討、防災科学技術研究所研究資料, No. 379, 349pp., 2012.

星住英夫・尾崎正紀・宮崎一博・松浦浩久・利光誠一・宇都浩三・内海 茂・駒澤正夫・広島俊夫・須藤定久, 20 万分の 1 地質図幅「熊本」, 独立行政法人産業技術総合研究所地質調査総合センター, 2014.

Kawase, H., S. Matsushima, F. Nagashima, Baoyintu and K. Nakano, The cause of heavy damage concentration in downtown Mashiki inferred from observed data and field survey of the 2016 Kumamoto earthquake, 69:3, DOI: 10.1186/s40623-016-0591-1, 2017.

熊本県地質図編纂委員会, 熊本県地質図 (10 万分の 1) および同解説書, 117pp., 2008.

熊本地盤研究会, 熊本地域の地質断面図, 94pp., 2014.

小林弘和・松島信一, 平成 28 年熊本地震の余震記録を用いた熊本県西原村周辺の地盤構造の推定, 平成 28 年度京都大学防災研究所研究発表会, A04, 2017.

紺野克昭・大町達夫, 常時微動の水平／上下スペクトル比を用いる増幅倍率の推定に適した平滑化とその適用例, 土木学会論文集, 第 525 号 I-33, 247-259, 1995.

Konno, K. and T. Ohmachi, Ground-Motion Characteristics Estimated from Spectral Ratio between Horizontal and Vertical Components of Microtremor, Bull. Seismol.

Soc. Am., 88, 228-241, 1998.

丸山正・杉山雄一・末廣匡基・秋永康彦・新谷加代, 反射法地震探査及びボーリング調査に基づく布田川断層帯宇土区間東部の断層形状及び活動性, 活断層・古地震研究報告, 16, 99-141, 2016.

西村綾乃・重藤迪子・高口仁・中尾隆・神野達夫, 2016年熊本地震における益城町の建物被害分布と地盤震動特性の関係, 日本建築学会九州支部研究報告, 56, 217-220, 2017.

斎藤 真・宝田晋治・利光誠一・水野清秀・宮崎一博・星住英夫・濱崎聡志・阪口圭一・大野哲二・村田泰章, 20万分の1地質図幅「八代及び野母崎の一部」, 独立行政法人産業技術総合研究所地質調査総合センター, 2010.

Tada, T., I. Cho, and Y. Shinozaki, New horizons in the utility of horizontal-motion microtremors, Proc. 7th International Conference on Urban Earthquake Engineering, Center for Urban Earthquake Engineering, Tokyo Institute of Technology, 2010.

土岐崇喜・安部良・西村綾乃・重藤迪子・神野達夫, 微動アレイ観測を用いた2016年熊本地震の断層近傍の地下構造の推定, 日本建築学会九州支部研究報告, 56, 209-212, 2017.

Tsuno, S., M. Korenaga, K. Okamoto, H. Yamanaka, K. Chimoto, and T. Matsushima, Local site effects in Kumamoto City revealed by the 2016 Kumamoto earthquake, Earth, Planets, Space, 69:37, DOI: 10.1186/s40623-017-0622-6, 2017.

上藪周平・正願拓哉・重藤迪子・神野達夫, 2016年熊本地震において長周期地震動が観測された地震観測点における地下構造の推定, 日本建築学会九州支部研究報告, 56, 213-216, 2017.

Yamanaka, H., K. Chimoto, H. Miyake, S. Tsuno and N. Yamada, Observation of earthquake ground motion due to aftershocks of the 2016 Kumamoto earthquake in damaged areas, Earth, Planets, Space, 68:197, DOI: 10.1186/s40623-016-0574-2, 2016.