

第2部

野島断層の微動アレー探査

目次

1. 業務概要	1
1. 1. 件名	1
1. 2. 目的	1
1. 2. 業務内容	1
1. 4. 調査地点	1
1. 5. 工期	1
1. 6. 調査数量	1
2. 微動アレー探査の探査方法	3
2. 1. 探査原理	3
2. 1. 1. 地表の微動と微動アレー探査の原理	4
2. 1. 2. 探査深度とアレーサイズ	5
2. 2. 探査手順	6
2. 2. 1. ハドルテスト	7
2. 2. 2. 微動アレー観測	9
2. 2. 3. S波速度構造の推定	9
3. 調査結果	16
3. 1. 調査位置及び観測機器	16
3. 2. 探査結果	20
3. 2. 1. 微動アレー探査結果（野島断層）	20
3. 2. 2. チェーンアレー探査結果（浅野断層）	24
4. 測定データ及び記録	29
4. 1. ハドルテスト結果	29
4. 2. 観測波形	31
4. 3. 分散曲線	35
4. 4. 現場記録写真	47
5. まとめ	53
5. 1. 野島断層近傍の地質構造	53
5. 2. 浅野断層近傍の地質構造	53

1. 業務概要

1. 1. 件名

平成 27 年度原子力施設等防災対策委託費（野島断層における深部ボーリング調査）事業

1. 2. 目的

原子力施設周辺の断層の活動性については、原子力施設の地盤や耐震安全性評価の基礎となる基準地震動の策定に大きく影響することから、その評価に当たっては、科学的な根拠に基づき活動年代を特定することが重要である。通常、断層活動性は、断層の上部に堆積した地層の年代に基づき特定あるいは推定する（以下、「上載地層法」という。）ことが多い。しかし、地域によってはそのような地層が欠如している等の理由により、“上載地層法”の適用が難しい場合もある。本事業では、“上載地層法”が適用できない場合に備えて、断層内物質試料を用いた活動性評価手法に関する適用条件・課題等を整理し、総合的な評価手法の確立を目指すものである。

1. 2. 業務内容

野島断層ならびに派生の浅野断層の地表出現箇所近傍において、ボーリング調査等によって確認した地層変位状況や断層の深部連続性を、地盤の S 波構造を用いて推定することを目的として、多重アレーならびにチェーンアレー配置による微動アレー探査を実施したものである。

1. 4. 調査地点

兵庫県淡路市小倉地先（図 1.4.1 参照）

1. 5. 工期

平成 27 年 9 月 1 日 ～ 平成 29 年 3 月 31 日

1. 6. 調査数量

本業務の調査数量を下表に示す。

表 1.6.1 探査内容と数量

探査種目	探査方法	地点数	備考
微動アレー探査	多重アレー配置	4 地点	二重三角形（辺長 30-40m）
	チェーンアレー配置	1 測線 3 ブロック	多連三角形（辺長 5m）
		1 測線 1 ブロック	多連三角形（辺長 20m）

2. 微動アレー探査の探査方法

2. 1. 探査原理

地震波は、図 2.1.1 に示す通り複数存在し、伝搬現象は図 2.1.2 に示す通りそれぞれ異なっている。P 波と S 波がある実体波は物質内を伝播する波動であり、境界波は物質の境界を伝播する波動で表面波とチャンネル波に分類される。表面波は、自由面に接する物質内を伝播する境界波の一種であり、地球表面にはレイリー波やラブ波という表面波が存在する。実体波と境界波の大きな違いは、実体波は分散性を有しないが、境界波は分散性を有することにある。微動アレー探査では、主にこれらの表面波を測定し、地下の S 波速度構造を推定する。

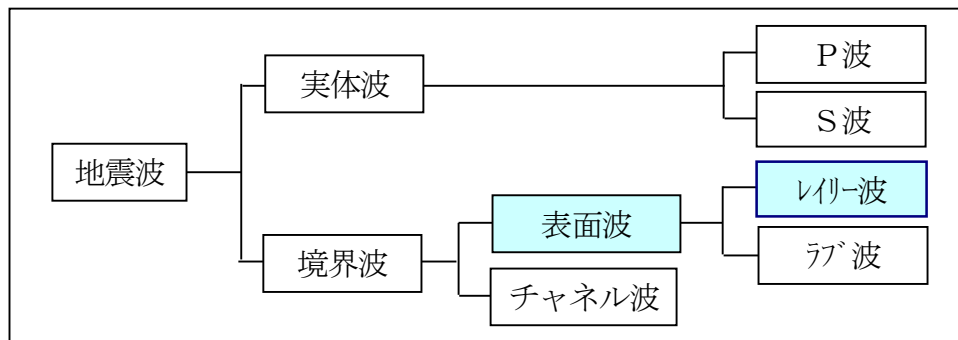


図 2.1.1 地震波の種類

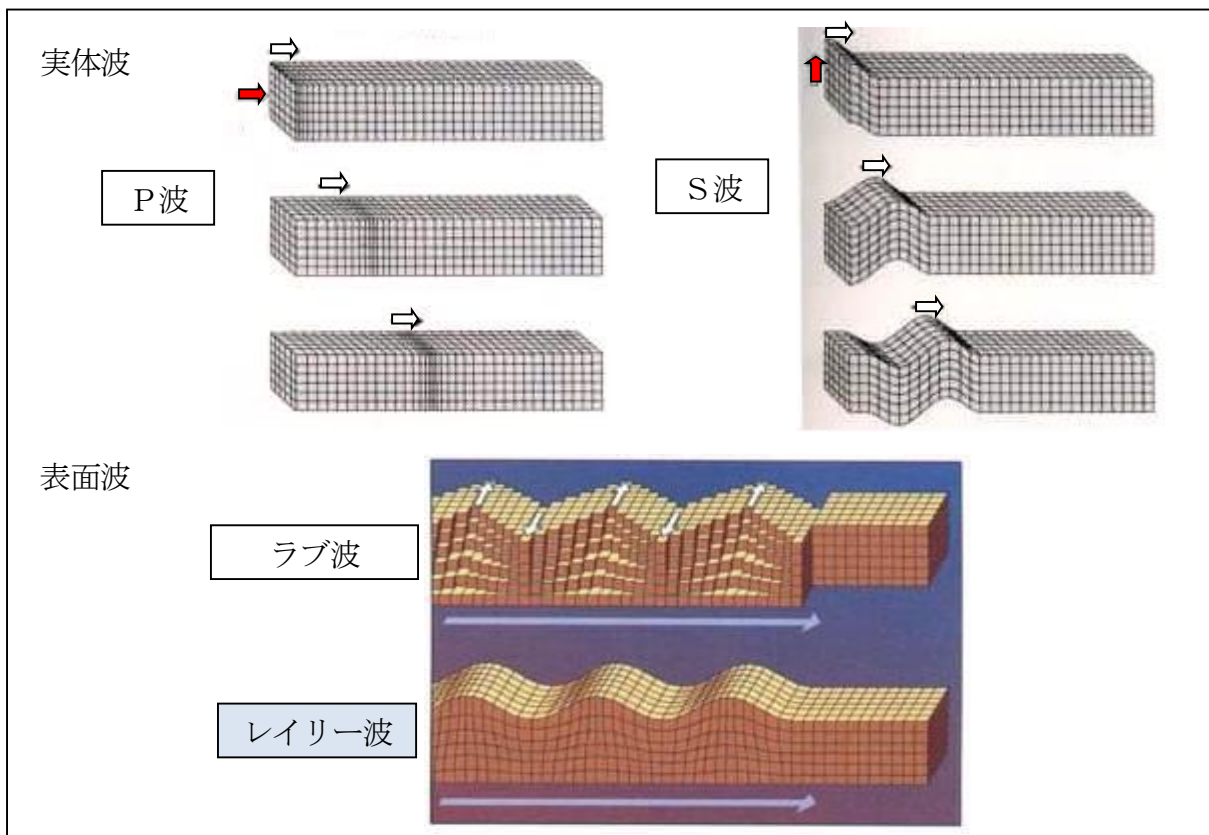


図 2.1.2 波動の模式図

2. 1. 1. 地表の微動と微動アレー探査の原理

地表には、人為的な振動や自然に起因する様々な波動が常時伝播しており、特に震源を特定できない微小な振動を「微動」と称している。この微動は、実体波や表面波からなり、微動の波動現象には、発生源、伝播経路、地下構造などによる様々な影響因子が含まれる。

人為的な微動は一般的には周期 1 秒以下で車輛振動等に起因し、振幅に明瞭な日変化が認められる特徴がある。一方、自然現象に起因する波動は周期 1 秒以上の波で、主として気圧変化に伴う風や波浪等の自然現象が発生源であり、その現象の規模によって振幅は変化する（図 2.1.3）。

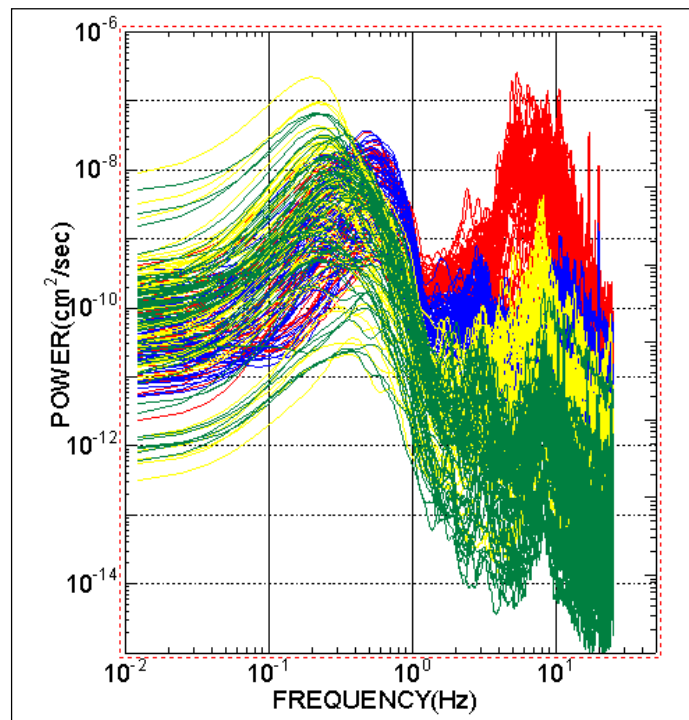


図 2.1.3 微動のスペクトル

地表の微動は、多くの場合、表面波が優勢である。表面波は実体波と異なり、地盤を伝わる速度が周波数によって変化する性質（位相速度の分散現象）がある。この表面波の分散特性（変化のパターン）は、地下の S 波速度構造の違いによって異なり、表面波の周波数と伝播速度の関係から地下構造が推定できる（図 2.1.4）。

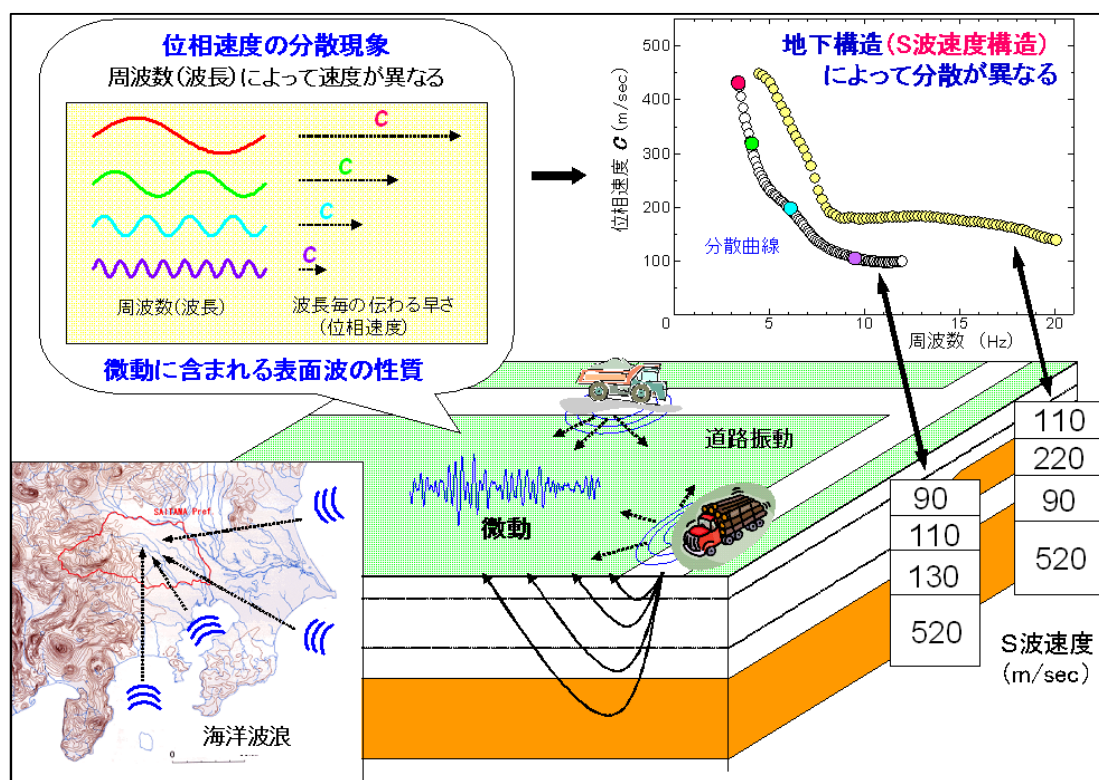


図 2.1.4 表面波測定の様式図

2. 1. 2. 探査深度とアレーサイズ

レイリー波の波長と探査深度の関係を、図 2.1.5 に示す。縦軸は波長/深度で、上下成分では波長の 1/2 深度内にエネルギーが集中する。波長が短い波動は浅部の、波長が長い波動は深部の構造を反映している。通常、探査深度はアレーサイズ（半径）の 5～10 倍程度であるが、軟弱地盤地帯などでは、「地盤が緩い→S 波速度が小さい→波長が長い」ので、より深い深度まで探査を行う場合はアレーサイズを大きくする必要がある。

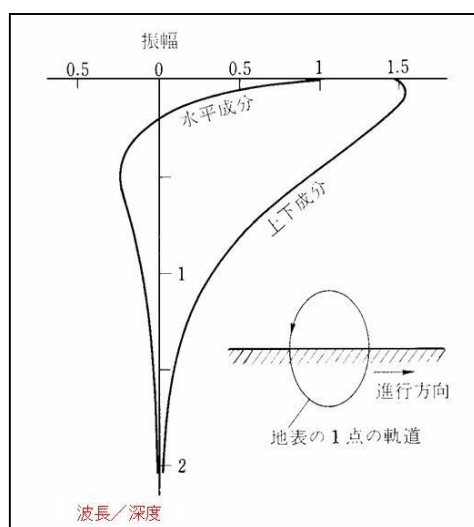


図 2.1.5 レイリー波の波長と深度の関係

2. 2. 探査手順

微動アレー探査の計測ならびに解析は、以下の手順で実施する（図 2.2.1）。

- ① ハドルテスト：探査に先立ち、観測地の微動の特徴と各微動計の特性の一致の確認
- ② 微動アレー観測：様々な方向から伝播してくる微動を対象とし、地表に面的に展開した微動計で観測
- ③ S波速度構造の推定
 - ◆ 観測した微動から、空間自己相関係数を算出
 - ◆ インバージョン解析により S波速度構造モデルを決定
 - ・ 空間自己相関係数の観測値と理論値をフィッティング
 - ・ ミスフィット値を基に採用する理論空間自己相関係数を決定
 - ・ 理論空間自己相関係数から分散曲線を算出し、S波速度構造モデルを算出

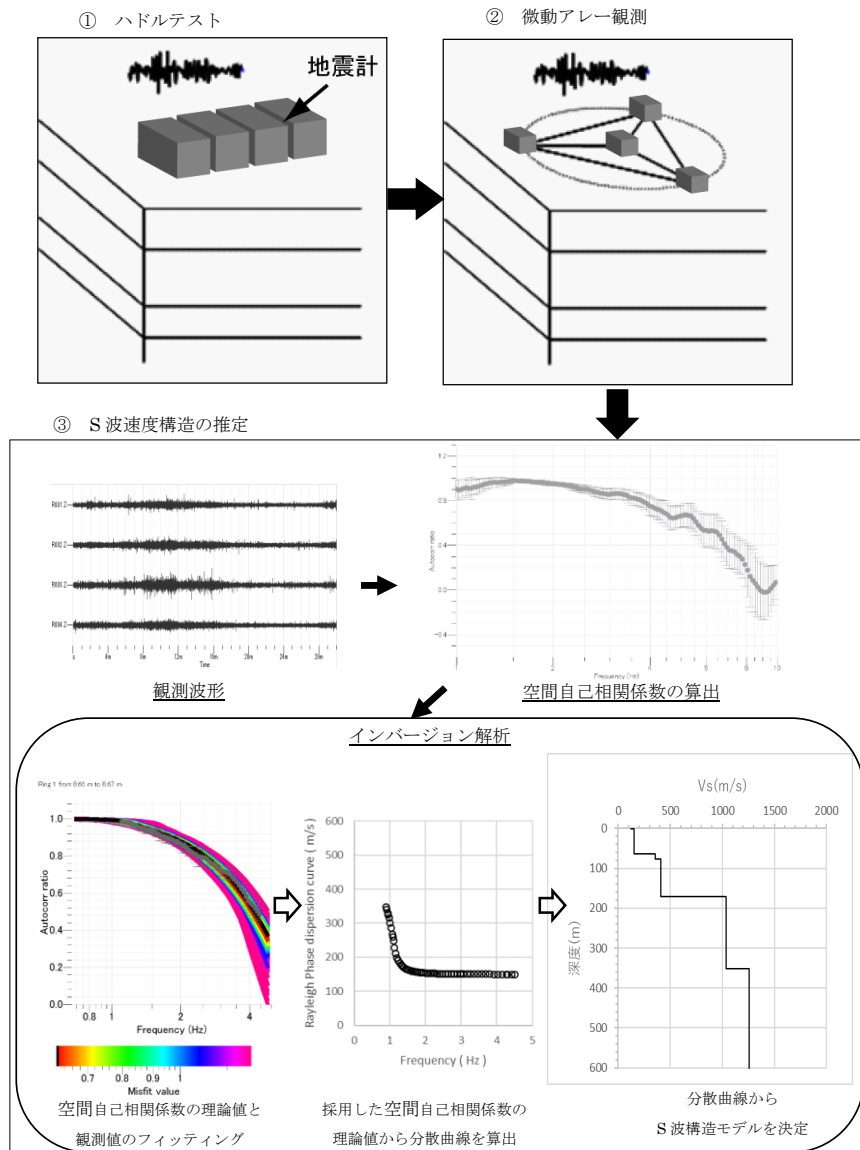


図 2.2.1 微動アレー探査の流れ

2. 2. 1. ハドルテスト

微動アレー探査では、複数の微動計で観測した波形の相関を求める。したがって、各微動計の特性が一致していなければならない。

このため、探査に先立って、測定地においてハドルテストを実施する。ハドルテストで取得される微動波形（図 2.2.2）からパワースペクトル、位相特性、コヒーレンスを現地で計算し、微動計の相関性・作動性を確認した上で観測を実施する（図 2.2.3～図 2.2.5）。

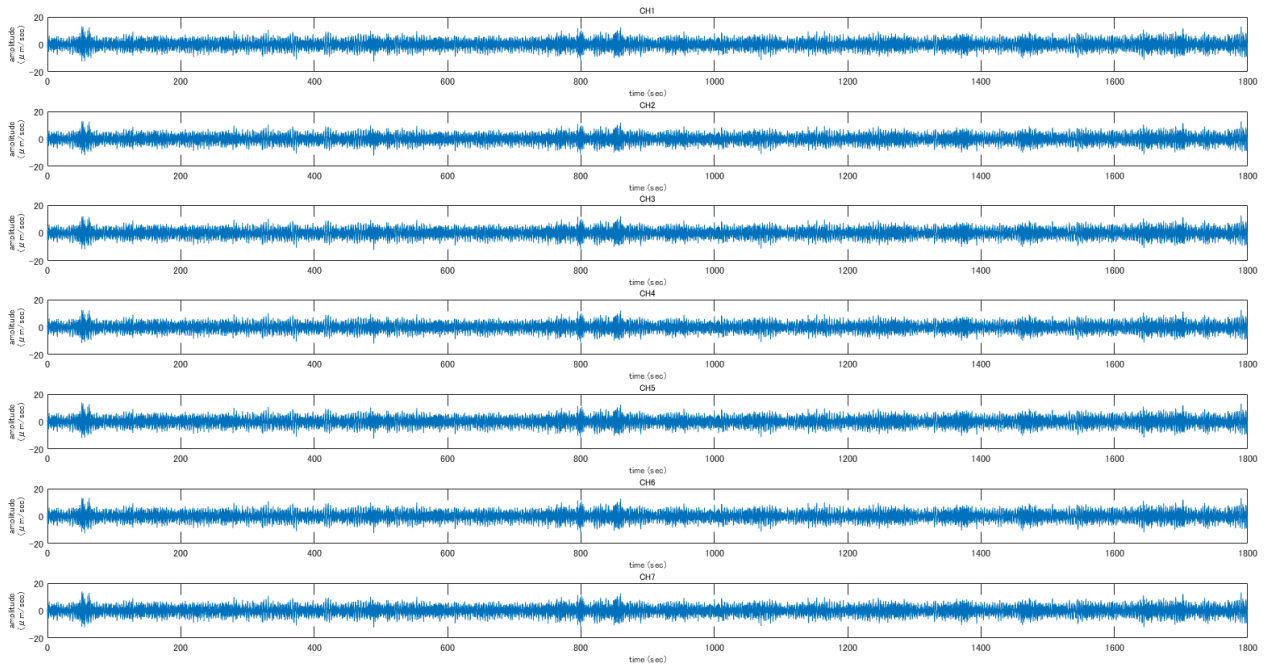


図 2.2.2 複数の微動計による観測波形の例

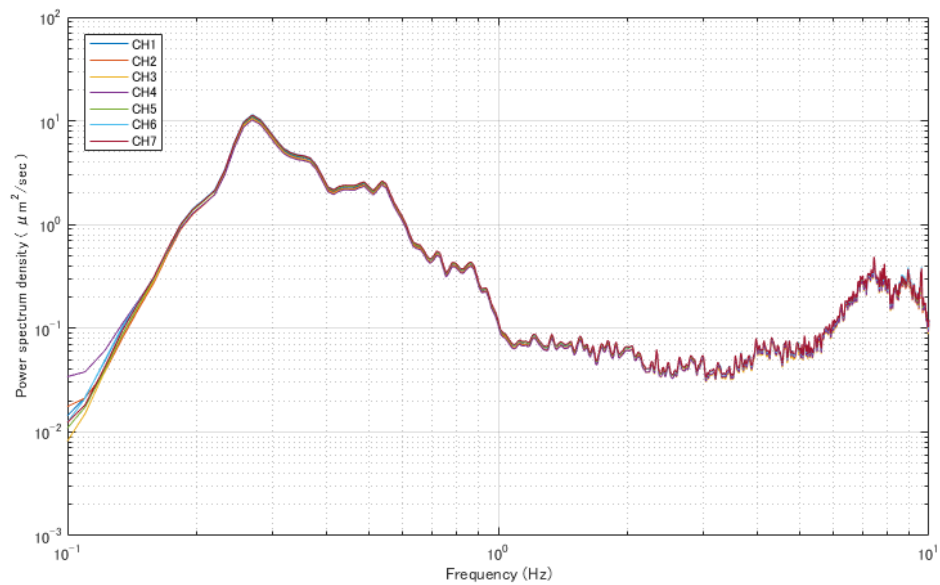


図 2.2.3 各微動計のパワースペクトルの重ね合わせ

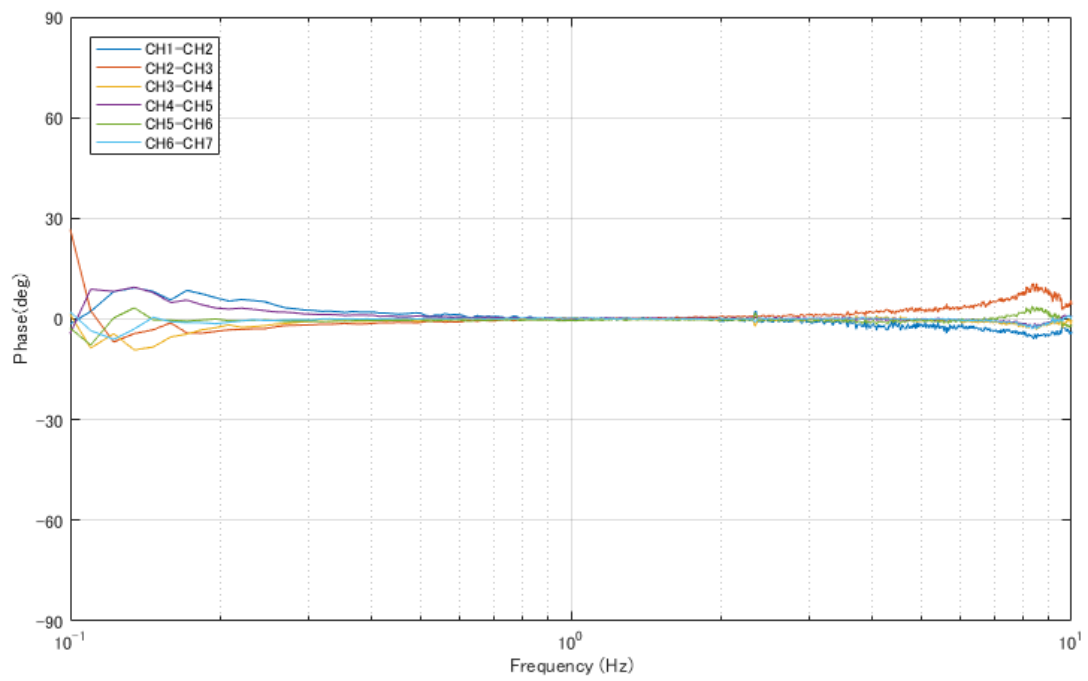


図 2.2.4 各微動計の位相特性の重ね合わせ

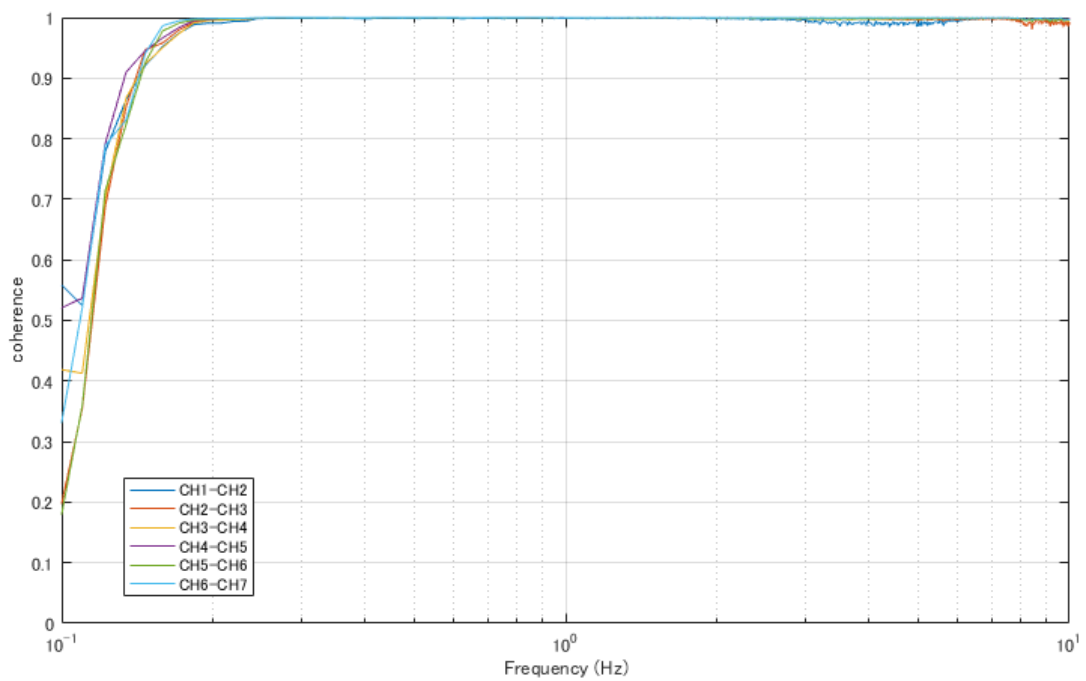


図 2.2.5 各微動計のコヒーレンスの重ね合わせ

2. 2. 2. 微動アレー観測

微動アレー探査では、一般的に表面波の分散特性の抽出に FK 法（周波数-波数法）もしくは空間自己相関法（Spatial Auto Correlation Method；以下 SPAC 法）が用いられる（岡田ほか，1990）。

SPAC 法は、FK 法と比較して少ない点数で深くまで探査ができるため、本探査では SPAC 法を適用する。SPAC 法では一つの微動計を中心として、同心円上に等間隔に微動計を配置して観測する。微動計のアレー配置は、探査目的や探査深度、地盤状況に合わせて配置する。

本探査でのアレー配置は、深部構造探査を対象に二重正三角形アレー配置（中心点および頂点に微動計を配置）、浅部構造探査を対象にチェーンアレー配置を用いる（図 2.2.6）。

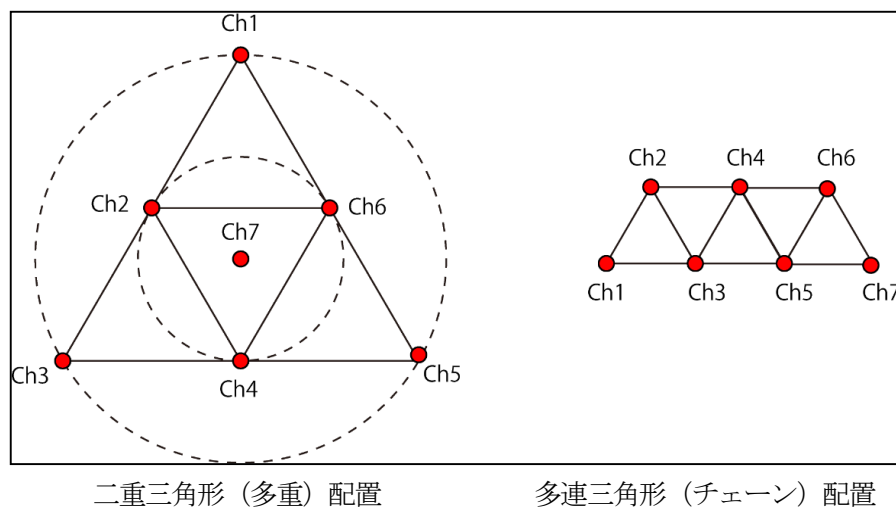


図 2.2.6 微動計の配置

2. 2. 3. S波速度構造の推定

観測により得られた微動記録を用いて、SPAC 法を用いて空間自己相関係数を抽出し、位相速度の分散曲線の計算と S 波速度を推定する。空間自己相関係数の抽出から S 波速度構造の推定までの一連のデータ処理は、Wathelet（2005）の方法を使用する。

（1）観測記録からの解析区間の選定

SPAC 法による解析に使用するデータは、観測記録から使用に適さないノイズ振動の区間を除外した上で、STA/LTA（LongTimeAverage/SortTimeAverage）法を用いて STA/LTA 比が小さい区間を対象区間（の緑色四角の区間）として抽出する。また、解析区間は周波数に応じて解析対象区間の時間長を変化させる（図 2.2.7、図 2.2.8）。

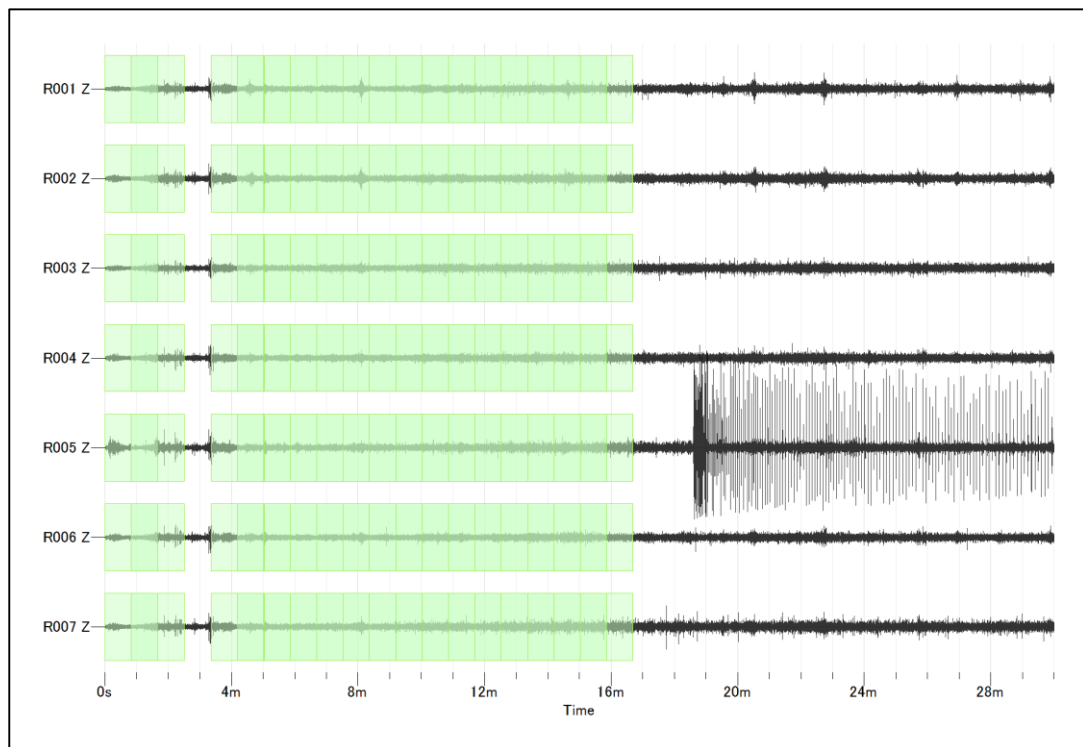


図 2.2.7 解析区間の選定 (1Hz)

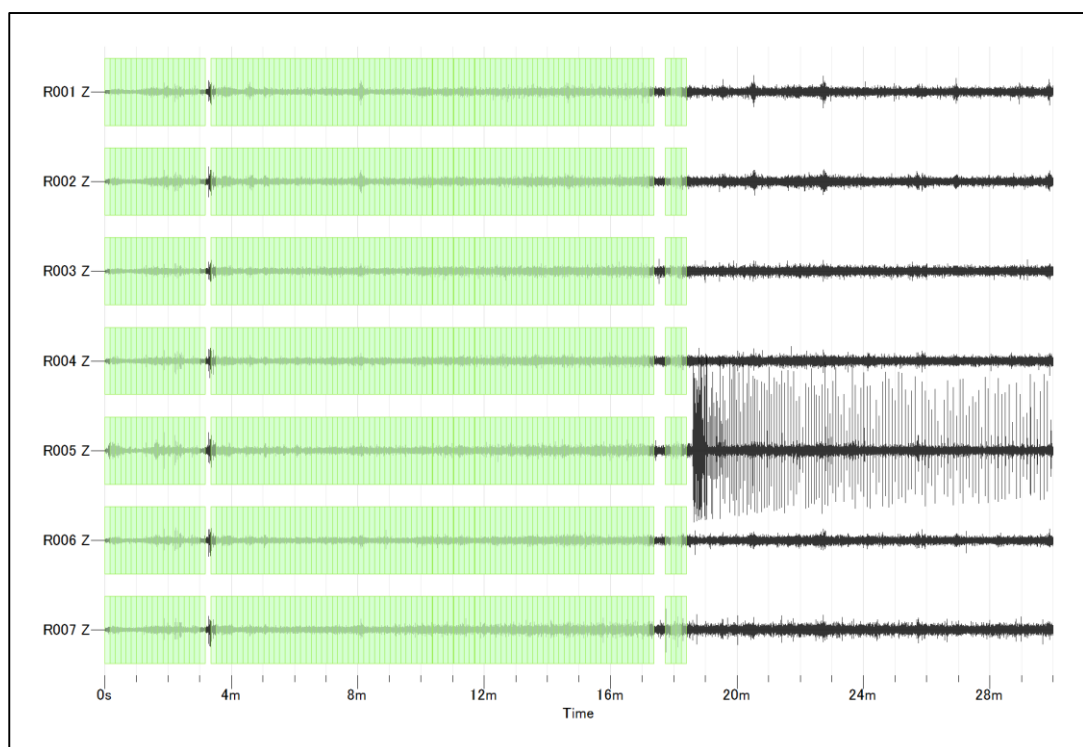


図 2.2.8 解析区間の選定 (5Hz)

(2) 空間自己相関係数の計算

空間自己相関法（SPAC 法）では、アレー中心点と各円周上の各点間の波形相関性を複素コヒーレンス関数で表現し、全周平均（方位平均）した値を空間自己相関係数と呼ぶ。

Wathelet（2005）の方法では、2 対の各観測点間の距離と方位角を計算し、アレーの全ての組み合わせの観測点間距離と方位角を用いて空間自己相関係数を計算する。微動アレー探査では観測点間距離が近い組み合わせをグループ化し（図 2.2.9）、それらの同心円のグループ（以下、リング）ごとに空間自己相関係数を計算する方法を取る（図 2.2.10）。

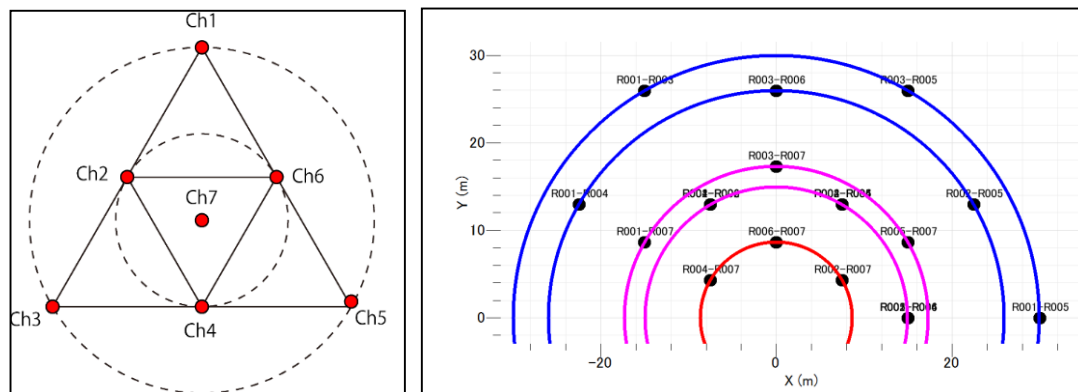


図 2.2.9 微動アレー探査の観測点配置（左図）とリング（右図）

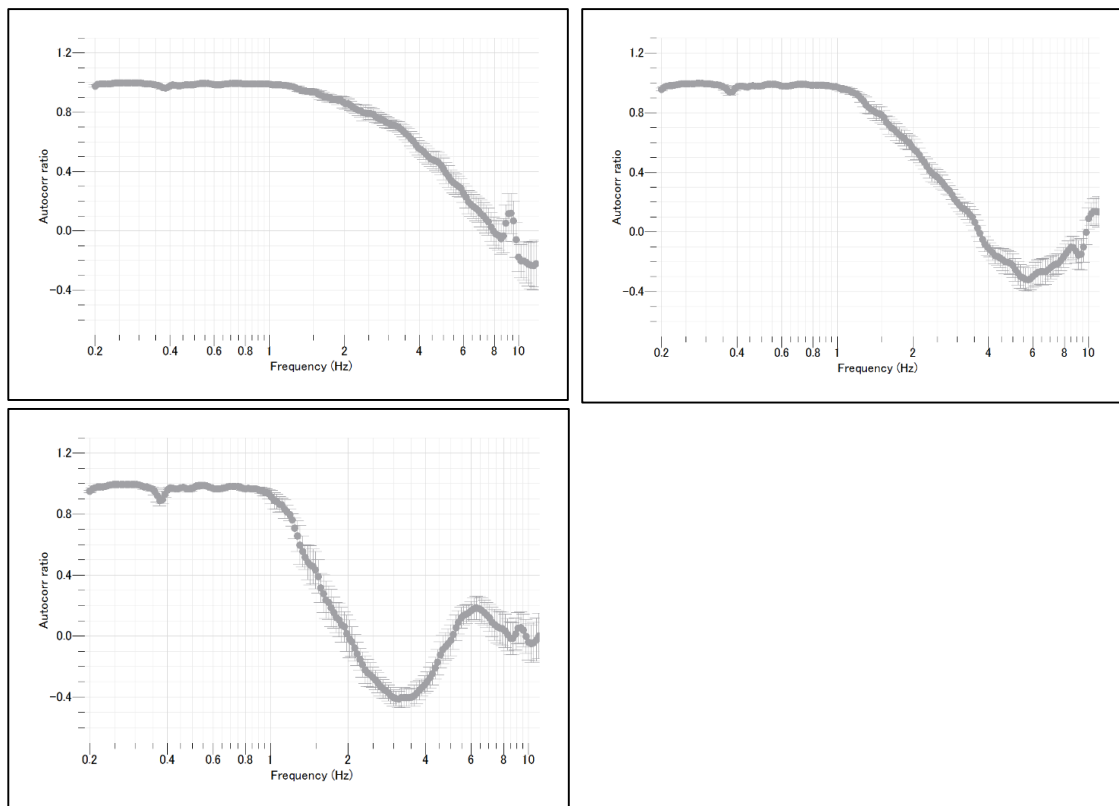


図 2.2.10 微動アレー（多重アレー）探査の空間自己相関係数

<左上図：8.66mのリング、右上図：15～17.33mのリング、下図：26～30mのリング>

チェーンアレー探査では、図 2.2.11 に示すように半円形アレー配置で観測点を選択し、1つのリングの空間自己相関係数を計算する。なお、図 2.2.11 の青丸の組み合わせのように観測点間距離が遠い組み合わせは使用しない。

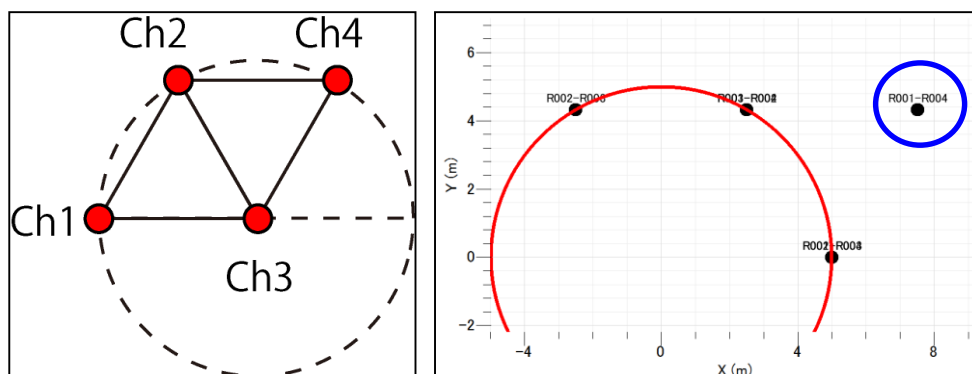


図 2.2.11 チェーンアレー探査の観測点配置（左図）とリング（右図）

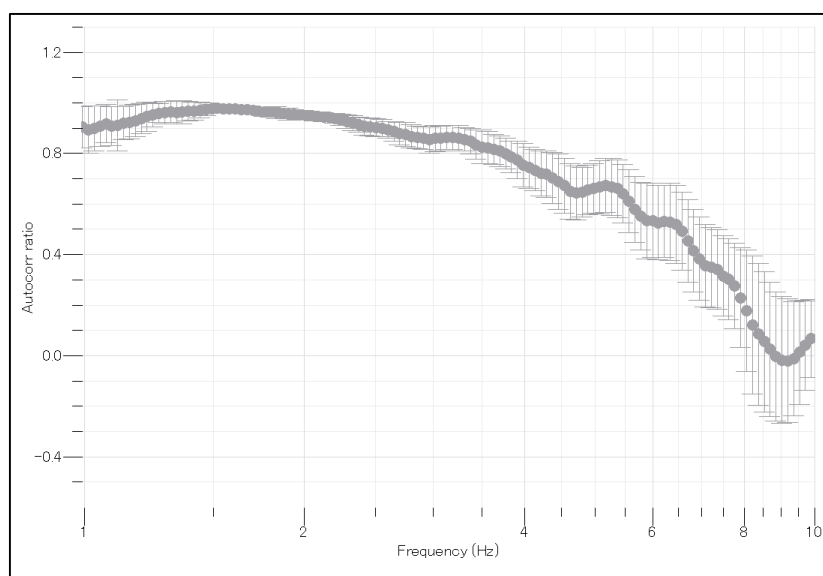


図 2.2.12 チェーンアレー探査の空間自己相関係数

算出した微動アレー探査の空間自己相関係数から求めた各リングの分散曲線（図 2.2.13 の緑色の点）と周波数を指標に、空間自己相関係数の範囲（図 2.2.13 の黒線・黒破線）を設定し、S波速度構造の推定を行うための空間自己相関係数を抽出する（図 2.2.14）。なお、チェーンアレー探査の空間自己相関係数についても同様の手順で抽出する。

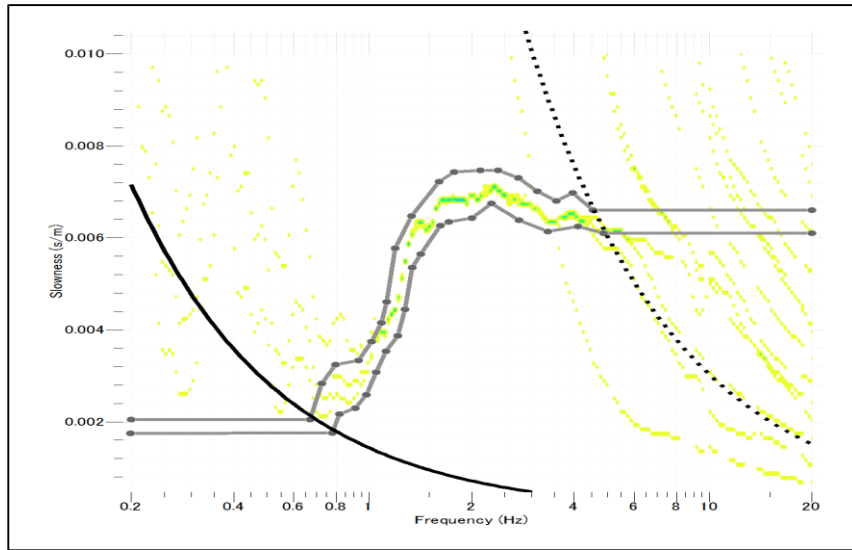


図 2.2.13 空間自己相関係数の抽出範囲の設定

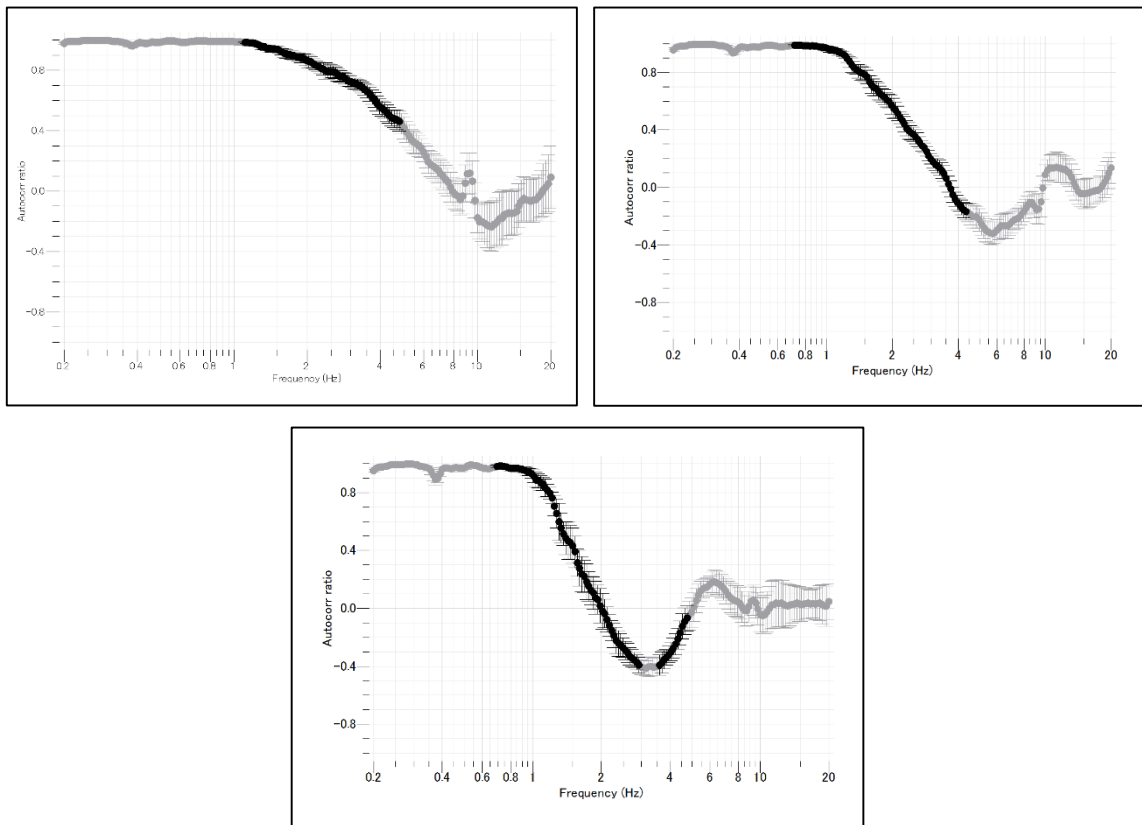


図 2.2.14 空間自己相関係数の抽出

(上図左 : 8.66mのリング、上図右 : 15~17.33mのリング、下図 : 15~17.33mのリング)

(3) S波速度構造の推定

前述の空間自己相関係数は、位相速度を変数に含むベッセル関数（第1種0次）と理論的に等しくなるため、その逆関数から位相速度を計算する。この位相速度から逆解析によりS波速度構造を推定する。

Wathelet（2005）の手法では、空間自己相関係数から直接的にS波速度構造の推定することができる。この手法は、基本モードだけでなく高次モードも合わせての逆解析が可能である。また、同理論の逆解析は、Neighborhood Algorithm法（以下、NA法）を用いている。NA法は、GA法やSA法のような広域的最適解を統計的に直接探索する手法の一つであり、ランダムに生成したパラメータから求められた解から最近傍の最小のmisfitを探索するものである。

なお、逆解析には表2.2.1に示すパラメータを用いる。そして最終的に、図2.2.15のmisfit値や図2.2.16の空間自己相関係数の理論値と観測値の整合性を指標にして、観測地点地下のS波速度構造（図2.2.17）を推定する。

表 2.2.1 逆解析で使用するパラメータ

層数
P波速度 (m/s)
ポアソン比
S波速度 (m/s)
密度 (kg/m ³)
最大イタレーション数

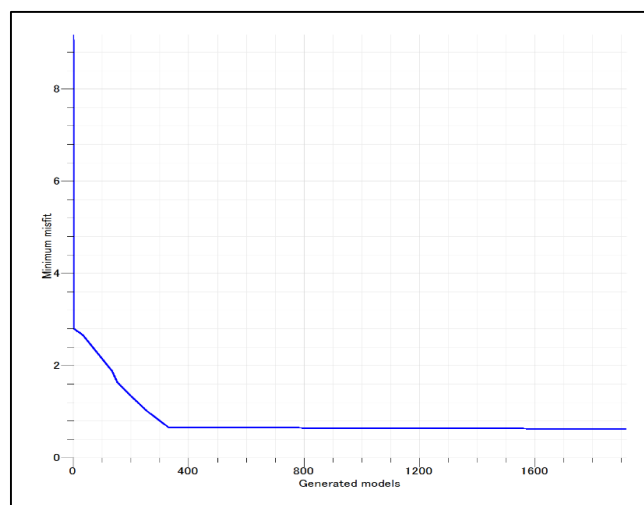


図 2.2.15 逆解析の misfit

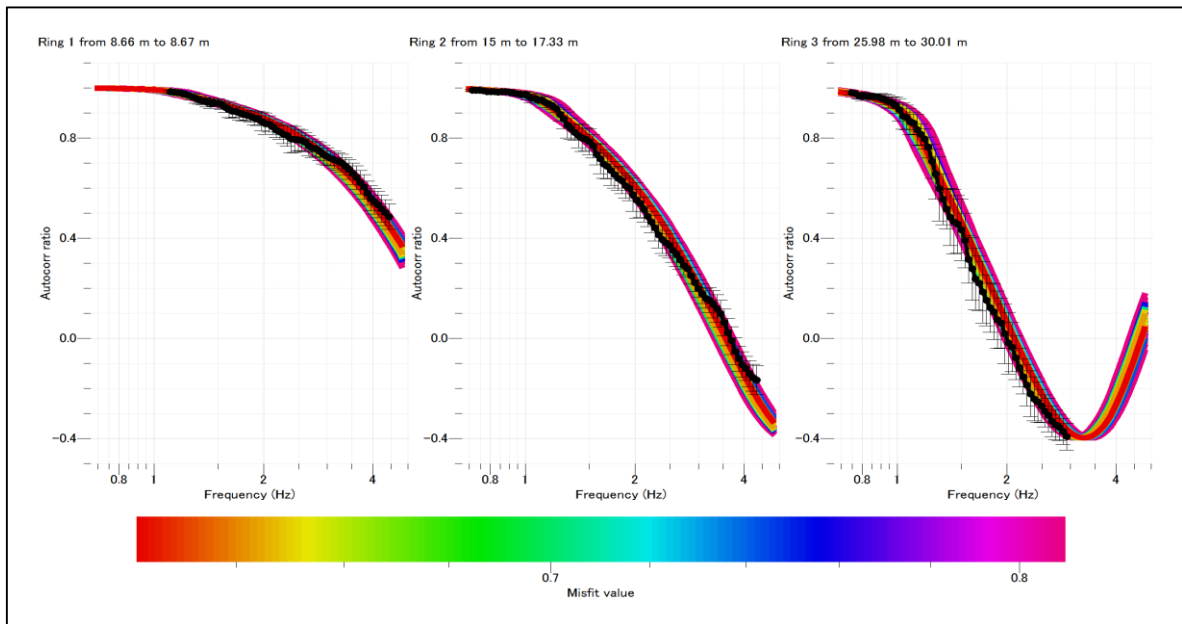


図 2.2.16 空間自己相関係数の観測値と理論値の整合性の確認

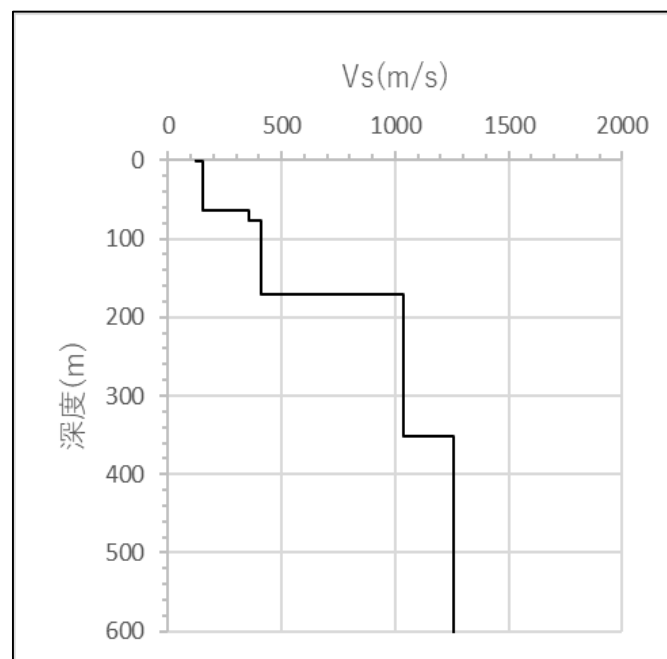


図 2.2.17 観測地点の S 波速度構造の推定

3. 調査結果

3. 1. 調査位置及び観測機器

微動アレー（多重アレー）探査の仕様を表 3.1.1 に、チェーンアレー探査の仕様を表 3.1.2 に示す。また、観測配置を図 3.1.1 に示す。

微動アレー探査は、「野島断層」を対象として、調査地の敷地で展開できる最大のアレー半径を設定した。一方、チェーンアレー探査は、「浅野断層」を対象として、同一測線上において辺長 5m 及び 20m のアレーを展開した。

微動アレー探査の記録方式は、微動計とアッテネータで構成される微動探査装置を測定器で A/D 変換し、全ての微動波形を同時にパソコン画面上でモニターしながら記録した（図 3.1.2～図 3.1.5）。なお、観測前には、測定地近傍においてハドルテストを実施し、微動計の相関性を確認した。

表 3.1.1 微動アレー探査 観測仕様

探査名	探査数量 (点)	地点名	アレー半径 (m)	辺長 (m)	アレー配置	微動計数 (台)
微動アレー 探査	4	NF-1	23.09	40	二重三角形 配置 *多重アレー	7
		NF-2	17.32	30		7
		NF-3	17.32	30		7
		NF-4	18.48	32		7

表 3.1.2 チェーンアレー探査 観測仕様

探査名	探査測線長 (m)	アレー半径 (m)	辺長 (m)	アレー配置
微動アレー探査 (測線 1、2)	40m	2.89	5m・3ブロック	多連三角形 配置
	60m	11.55	20m・1ブロック	

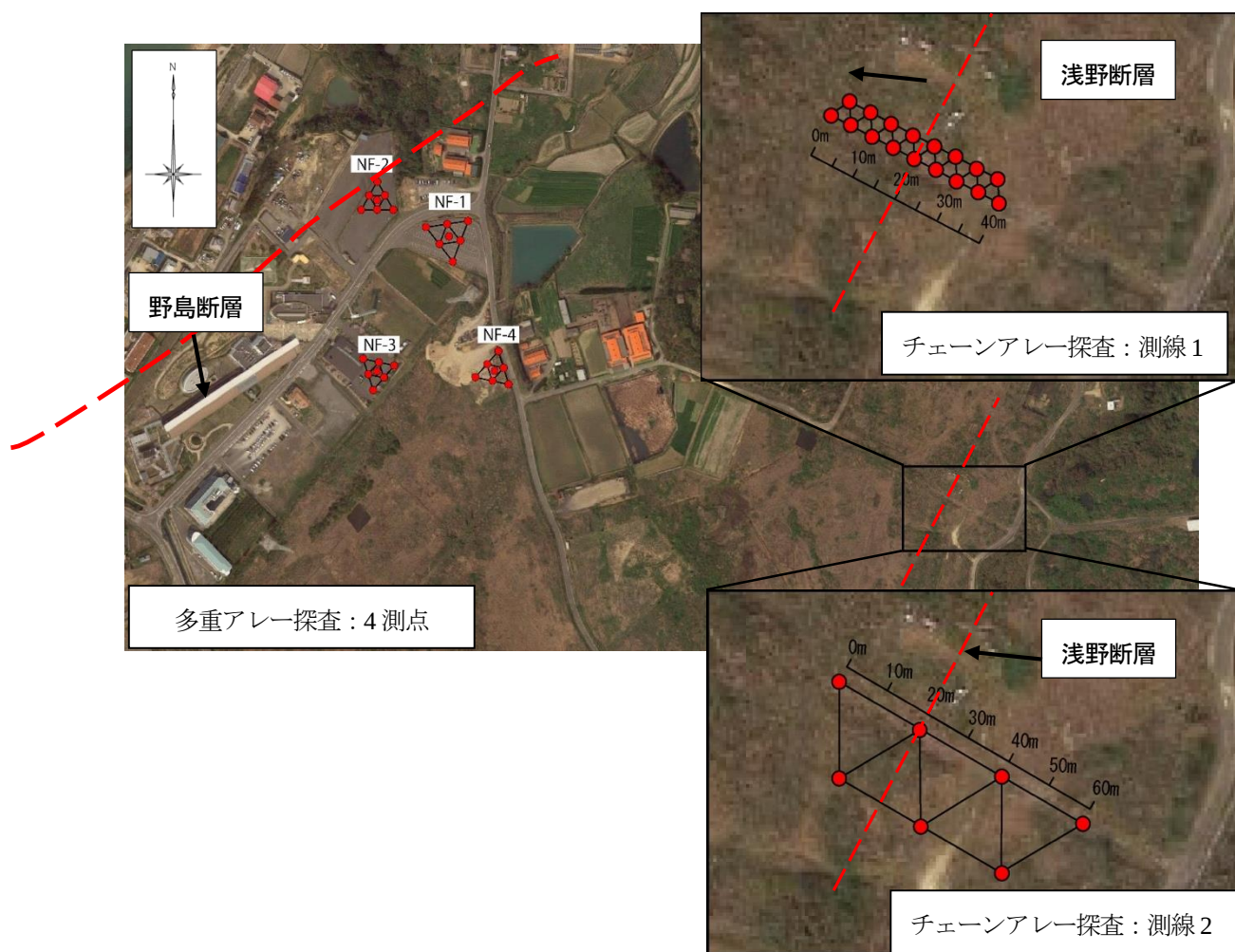


図 3.1.1 微動アレー探査測点配置図

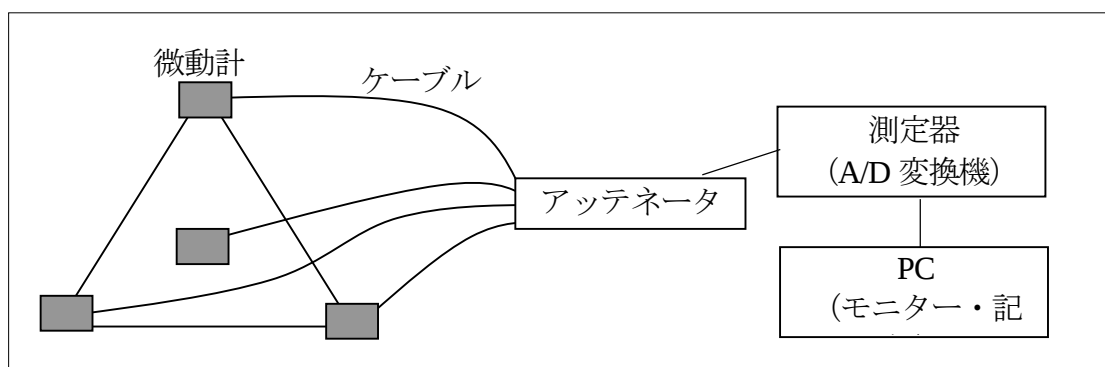


図 3.1.2 微動探査観測システム概要図

本調査で使用した装置は、以下のとおりである。

① 微動計一式

- ・出力感度 13V/cm/s (固有周期 1 秒)、0.25V/cm/s (固有周期 7 秒)
- ・測定周波数範囲 1Hz～50Hz (固有周期 1 秒)、0.13Hz～50Hz (固有周期 7 秒)
- ・測定成分 上下方向
- ・変換方式 速度型 (動電) 型
- ・測定範囲 $\pm 2\text{mm}$
- ・使用温度範囲 $-20\sim+50^{\circ}\text{C}$
- ・ローパスフィルタ 1,10Hz (24db/oct)
- ・周波数範囲 0.14-10Hz (0.1～7 秒)
- ・アッテネータ (1) 0,6,12,18,24,30,36,42,48db
- ・アッテネータ (2) 0,2,4 db
- ・微動計型式 MTKV-1C
- ・電源 DC 6V
- ・アッテネータ寸法 320 (W) ×270 (D) ×74 (H) [mm]
- ・アッテネータ重量 4kg
- ・微動計寸法 90 (W) ×195 (D) ×168 (H) [mm]
- ・微動計重量 4.5kg



図 3.1.3 微動計 (7 台)



図 3.1.4 アッテネータ



図 3.1.5 微動計多重アレー配置の例

②測定器

・ A/D 変換および制御・収録装置：GEODAS-14s-USB



図 3.1.6 測定器

測定器の仕様は、表 3.1.3 に示すとおりである。

表 3.1.3 測定器の仕様

項目・形式	仕 様		メーカー		
観測器 GEODAS-14s-USB	A/D 変換部	A/D 変換方式	デルタシグマ オーバーサンプリング方式	物探サービス(株)	
		分解能	24 bit		
		変換速度	50 kHz (常時変換速度)		
		入力電圧	±2.5 V		
		サンプリング方式	2次オーバーサンプリング (サンプリング周波数により、オーバーサンプリング倍数が異なる)		
	サンプリング周波数	50, 100, 200, 500, 1kHz, 2kHz 測定プログラムによる (取込データ数により上限あり)			
	前置増幅部	入力成分数	24 成分		
		入力インピーダンス	10 kΩ		
		増 幅 度	0, 20, 40 dB		
	そ の 他	外 形	(W)367 X (H)342 X (D)90 mm (ただし、取手等の突起部を含む)		
		制御部との接続	USB		
		重 量	約 5 kg		
		電 源	DC 12 V (自動車用バッテリーなどを使用)		
		環 境 条 件	温度 10 ～ 45 ℃		
			湿度 20 ～ 80 % (結露しないこと)		

3. 2. 探査結果

3. 2. 1. 微動アレー探査結果（野島断層）

微動アレー探査の各測定地点で解析されたS波速度構造を表 3.2.1 に、深度方向の速度分布図を図 3.2.1 に示す。

S波速度構造は、地表から深度 50m（上部層）付近には $V_s \approx 200 \sim 400 \text{m/s}$ 、深度 50～250m（中部層）付近には $V_s \approx 500 \sim 700 \text{m/s}$ 、深度 250～300m 以深（下部層）には $V_s > 1000 \text{m/s}$ が分布している。これらのS波速度構造は既存の地質資料から、

- ・上部層・・・未固結層（海岸段丘または扇状地堆積物）
- ・中部層・・・大阪層群（500m/s）または神戸層群（600～700m/s）
- ・下部層・・・花崗岩類

が対応すると考えられる。

表 3.2.1 微動アレー探査の各測定地点のS波速度構造

NF-1		NF-2		NF-3		NF-4	
深度(m)	$V_s(\text{m/s})$	深度(m)	$V_s(\text{m/s})$	深度(m)	$V_s(\text{m/s})$	深度(m)	$V_s(\text{m/s})$
0.00 ～ 3.14	270.79	0.00 ～ 0.60	174.66	0.00 ～ 0.44	279.06	0.00 ～ 0.45	194.42
3.14 ～ 28.15	420.78	0.60 ～ 1.81	202.24	0.44 ～ 1.33	298.56	0.45 ～ 1.36	216.36
28.15 ～ 52.51	427.07	1.81 ～ 4.22	238.85	1.33 ～ 3.10	324.36	1.36 ～ 3.17	246.54
52.51 ～ 81.42	528.92	4.22 ～ 9.05	285.51	3.10 ～ 6.65	356.19	3.17 ～ 6.78	285.58
81.42 ～ 134.78	591.57	9.05 ～ 18.71	343.61	6.65 ～ 13.74	393.71	6.78 ～ 14.02	334.08
134.78 ～ 241.83	653.10	18.71 ～ 38.02	415.00	13.74 ～ 27.93	436.76	14.02 ～ 28.49	392.99
241.83 ～ 266.90	1921.64	38.02 ～ 76.65	502.16	27.93 ～ 56.30	485.45	28.49 ～ 57.43	463.61
266.90 ～ 308.10	1030.96	76.65 ～ 153.90	608.18	56.30 ～ 113.05	540.09	57.43 ～ 115.32	547.75
308.10 ～ 358.84	1452.55	153.90 ～ 308.40	736.94	113.05 ～ 226.54	601.19	115.32 ～ 231.10	647.64
358.84 ～ 410.40	1726.74	308.40 ～	2160.95	226.54 ～	2111.84	231.10 ～	2267.15
410.40 ～ 478.46	2060.90						
478.46 ～	2667.16						

また、各測定地点のS波速度分布に基づいて、図 3.2.2 に示すS波速度断面図を作成した。

上部層および中部層は水平構造であるのに対して、下部層の花崗岩はNF-1 及びNF-3 付近に境に花崗岩の上面が東方向に 100m程度浅く分布している。この 100m程度の比高差は、野島断層による断層変位量と考えられる。

図 3.2.3 にはS波速度分布図を標高を合わせて並列して示した。結果は以下の通りである。

◆野島断層よりも海側では、標高-300m程度の高さで、ほぼ水平に花崗岩上面が連続する（NF-1 深部～NF-2）。

◆野島断層よりも山側では、標高-220～-200m程度の高さで、やや山側に高くなる傾向をもって花崗岩上面が連続する（NF-1 浅部～NF-3～NF-4）。

◆野島断層と交差しているNF-1 測点では、速度の逆転が見られ、花崗岩と堆積岩が繰り返して出現することを示唆している。

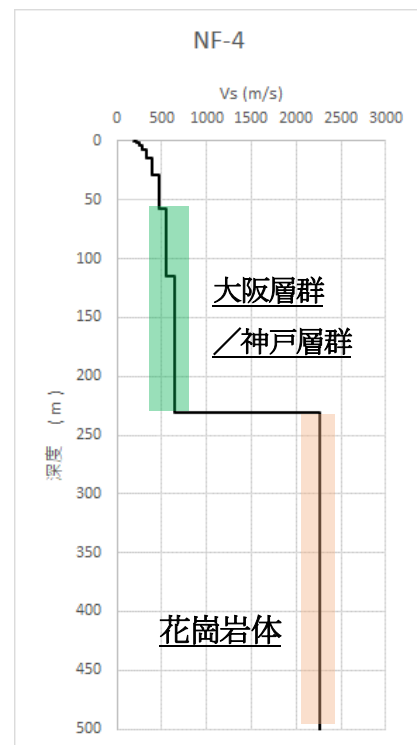
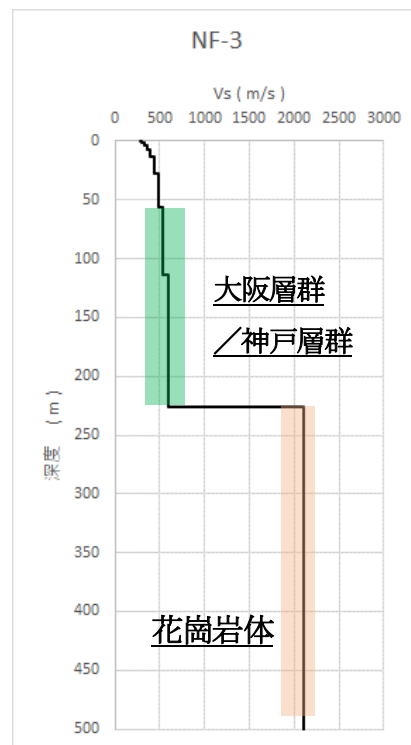
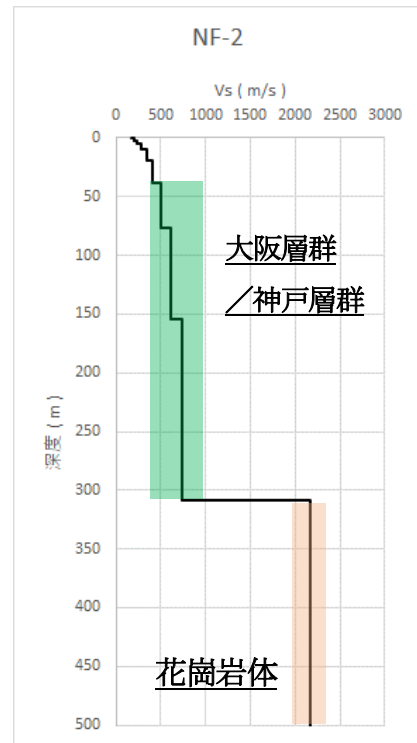
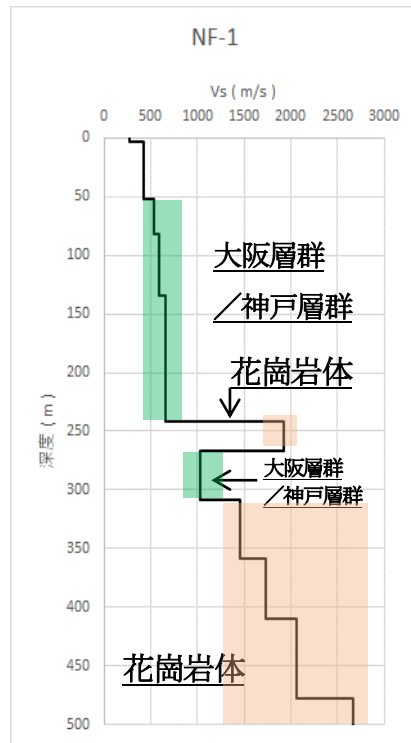


図 3.2.1 各測定地点のS波速度分布図

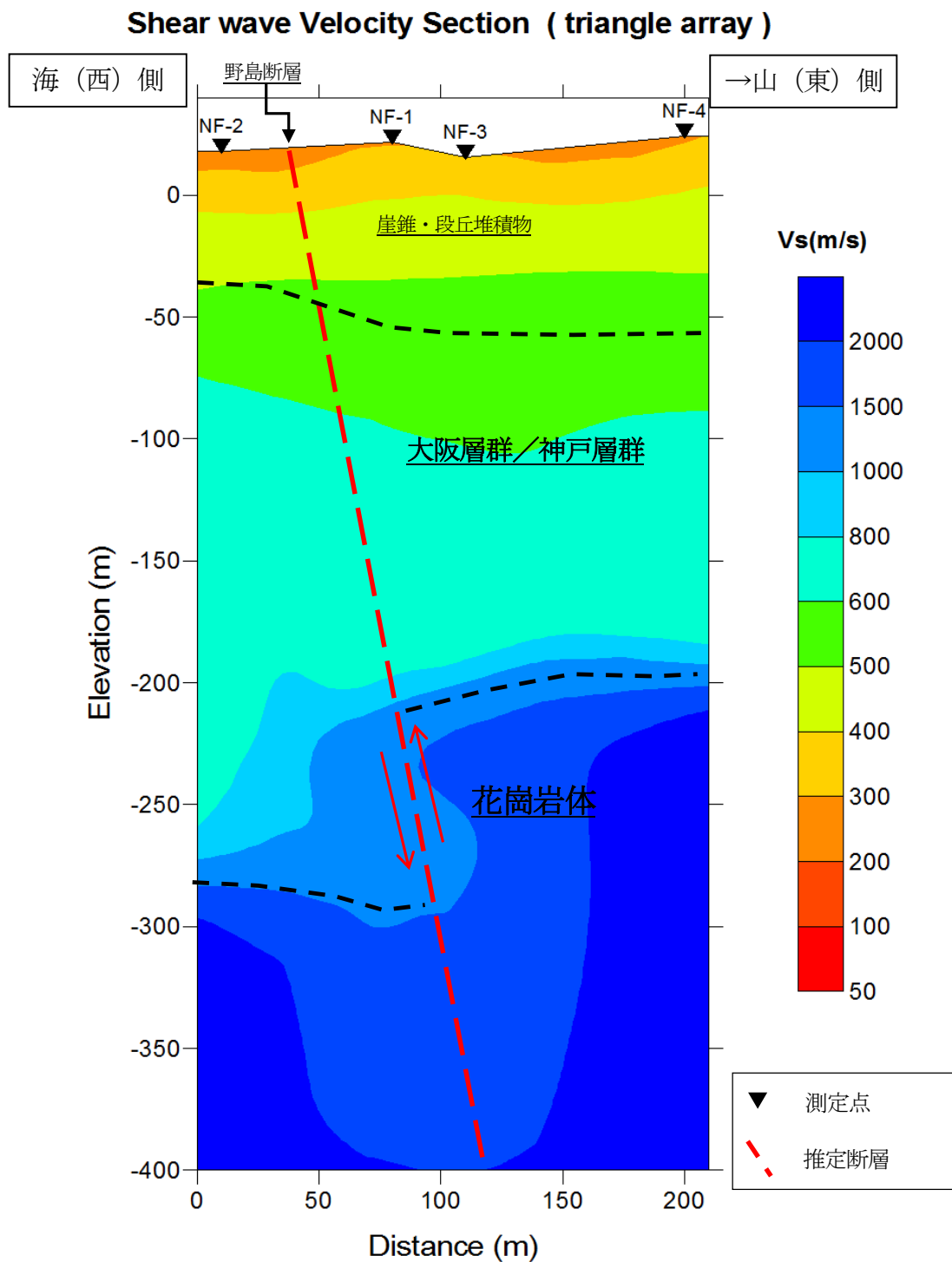


図 3.2.2 各地点の観測結果に基づく S 波速度断面図と基盤地質構造

3. 2. 2. チェーンアレー探査結果（浅野断層）

チェーンアレー探査は、浅野断層を横断する同一測線上で、5m辺長及び20m辺長の多連三角形アレー配置を用いて実施した。また、解析においては、深度50m以浅を5m辺長の探査結果を、それ以深を20m辺長の探査結果を採用してS波速度構造を求めた。

チェーンアレー探査の各測定地点におけるS波速度構造を表3.2.2に、深度分布図を図3.2.4に示す。S波速度構造は、浅部（地表から深度50m：上部層）において35m地点を境に西側が $V_s \approx 50 \sim 400 \text{ m/s}$ 、東側が $V_s > 1000 \text{ m/s}$ となっている。それ以深では、深度50～190m（中部層）で $V_s \approx 500 \text{ m/s}$ 、深度190m以深（下部層）で $V_s \approx 600 \sim 700 \text{ m/s}$ が分布している。これらのS波速度構造は既存の地質資料から、

- ・上部層・・・西側：未固結層、東側：花崗岩
- ・中部層・・・西側：大阪層群/神戸層群、東側：花崗岩
- ・下部層・・・西側：神戸層群/神戸層群、東側：花崗岩

が対応すると考えられる。

辺長を変えて実施したチェーンアレーの各測定点のS波速度分布を用いて図3.2.5、図3.2.6に示す速度断面図を作成した。

図3.2.5には、各測定の測定結果から想定される岩着深度と速度分布コンター図を重ね合わせて示した。この結果によれば、浅野断層の雁行亀裂が出現した地点を挟んで東側と西側に、2条の基盤岩の段差が存在することが推定され、それぞれの段差の大きさから、西側が主断層、東側が副断層と推定される。

一方、図3.2.6には、より深部のS波速度構造を示した。地表付近には図3.2.5と同様の2段の基盤岩の段差形状が速度分布の落ち込みとして認められ、落ち込みが認められる範囲の地表部で浅野断層が発現している。これらの落ち込みから深部に連続する低速度ゾーンは、標高-40m付近にも認められ、さらに深部においては西傾斜から東傾斜に変化していることが想定される。

すなわち浅野断層は、地表付近（標高-60～70m以浅）では70～80°程度の西傾斜を有する見掛け上2条の正断層系の断層からなり、深部では傾斜方向が東傾斜変化して、野島断層と同系列の逆断層になると想定される。

なお、本微動アレー探査結果は、既往調査で実施された電磁探査結果や地表トレンチの結果とも整合的である。

表 3.2.2 チェーンアレー探査の各測定地点の S 波速度構造

距離：2.5m			距離：5.0m			距離：7.5m			距離：10.0m		
深度(m)		Vs(m/s)	深度(m)		Vs(m/s)	深度(m)		Vs(m/s)	深度(m)		Vs(m/s)
0.00 ～ 1.79		91.50	0.00 ～ 2.43		107.24	0.00 ～ 1.08		118.51	0.00 ～ 0.15		66.28
1.79 ～ 5.37		157.74	2.43 ～ 7.30		165.55	1.08 ～ 3.23		131.49	0.15 ～ 0.45		122.16
5.37 ～ 12.52		254.64	7.30 ～ 17.04		237.43	3.23 ～ 7.54		145.62	0.45 ～ 1.06		317.24
12.52 ～ 41.33		318.49	17.04 ～ 24.39		381.65	7.54 ～ 26.41		311.25	1.06 ～ 22.75		296.38
41.33 ～		417.15	24.39 ～		497.39	26.41 ～		479.81	22.75 ～ 45.67		375.19
									45.67 ～ 94.38		379.93
									94.38 ～ 189.44		525.23
									189.44 ～		740.75

距離：12.5m			距離：15.0m			距離：17.5m			距離：20.0m		
深度(m)		Vs(m/s)	深度(m)		Vs(m/s)	深度(m)		Vs(m/s)	深度(m)		Vs(m/s)
0.00 ～ 0.99		79.27	0.00 ～ 0.54		122.95	0.00 ～ 0.97		124.89	0.00 ～ 0.98		149.63
0.99 ～ 2.98		113.57	0.54 ～ 1.63		130.57	0.97 ～ 2.90		140.45	0.98 ～ 2.95		162.11
2.98 ～ 6.96		162.79	1.63 ～ 3.79		140.07	2.90 ～ 6.76		158.11	2.95 ～ 6.89		175.69
6.96 ～ 19.79		255.88	3.79 ～ 42.16		237.87	6.76 ～ 47.99		322.01	6.89 ～ 38.55		270.61
19.79 ～		616.01	42.16 ～		436.35	47.99 ～		420.08	38.55 ～ 195.18		450.75
									195.18 ～		604.57

距離：22.5m			距離：25.0m			距離：27.5m			距離：30.0m		
深度(m)		Vs(m/s)	深度(m)		Vs(m/s)	深度(m)		Vs(m/s)	深度(m)		Vs(m/s)
0.00 ～ 0.26		66.11	0.00 ～ 0.88		183.30	0.00 ～ 0.19		173.00	0.00 ～ 0.50		183.39
0.26 ～ 0.78		90.27	0.88 ～ 2.65		208.67	0.19 ～ 0.57		181.05	0.50 ～ 1.50		188.17
0.78 ～ 1.82		139.51	2.65 ～ 6.18		238.51	0.57 ～ 1.33		193.78	1.50 ～ 3.50		194.03
1.82 ～ 46.58		282.49	6.18 ～ 37.79		282.49	1.33 ～ 34.21		289.64	3.50 ～ 36.32		316.90
46.58 ～		377.85	37.79 ～		351.97	34.21 ～		357.64	36.32 ～ 187.57		489.74
									187.57 ～		643.05

距離：32.5m			距離：35.0m			距離：37.5m			距離：40.0m		
深度(m)		Vs(m/s)	深度(m)		Vs(m/s)	深度(m)		Vs(m/s)	深度(m)		Vs(m/s)
0.00 ～ 0.11		55.81	0.00 ～ 0.04		143.76	0.00 ～ 0.44		278.66	0.00 ～ 0.90		547.47
0.11 ～ 0.32		67.53	0.04 ～ 0.13		164.43	0.44 ～ 1.31		364.87	0.90 ～ 2.71		679.80
0.32 ～ 0.74		92.63	0.13 ～ 0.30		210.37	1.31 ～ 3.06		508.56	2.71 ～ 6.33		848.65
0.74 ～ 1.58		148.51	0.30 ～ 0.64		321.17	3.06 ～ 6.56		740.66	6.33 ～ 13.56		1062.39
1.58 ～ 3.27		278.30	0.64 ～ 1.32		621.96	6.56 ～ 13.56		1107.96	13.56 ～ 28.03		1331.85
3.27 ～ 42.59		367.79	1.32 ～ 31.91		352.67	13.56 ～ 42.16		336.82	28.03 ～ 187.57		531.04
42.59 ～		492.44	31.91 ～		552.98	42.16 ～		528.13	187.57 ～		655.06

距離：50.0m		
深度(m)		Vs(m/s)
0.00 ～ 1.37		316.78
1.37 ～ 4.12		444.59
4.12 ～ 9.61		609.21
9.61 ～ 20.60		825.91
20.60 ～ 42.58		1114.03
42.58 ～ 155.26		549.94
155.26 ～		723.01

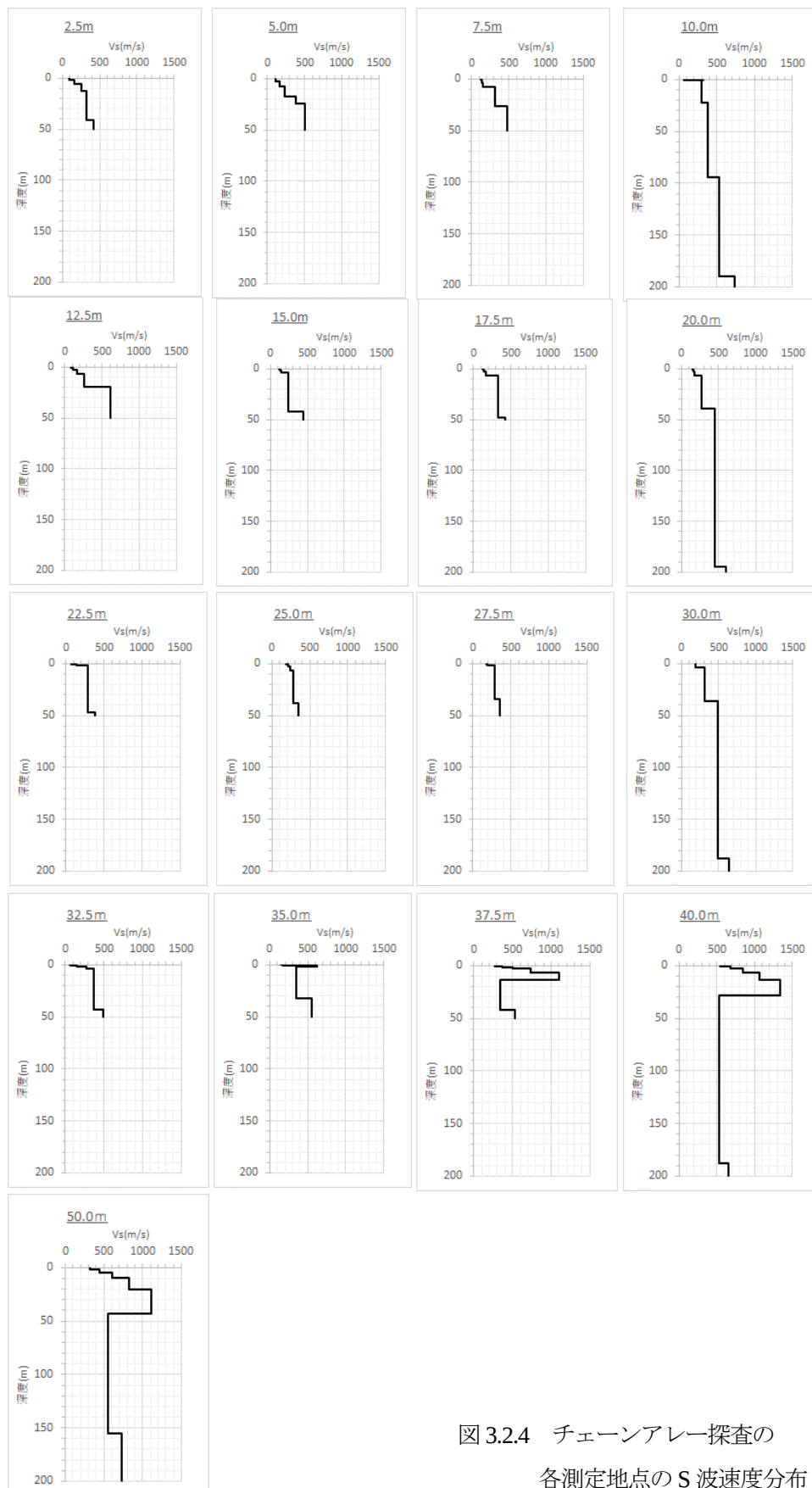


図 3.2.4 チェーンアレー探査の
各測定地点の S 波速度分布

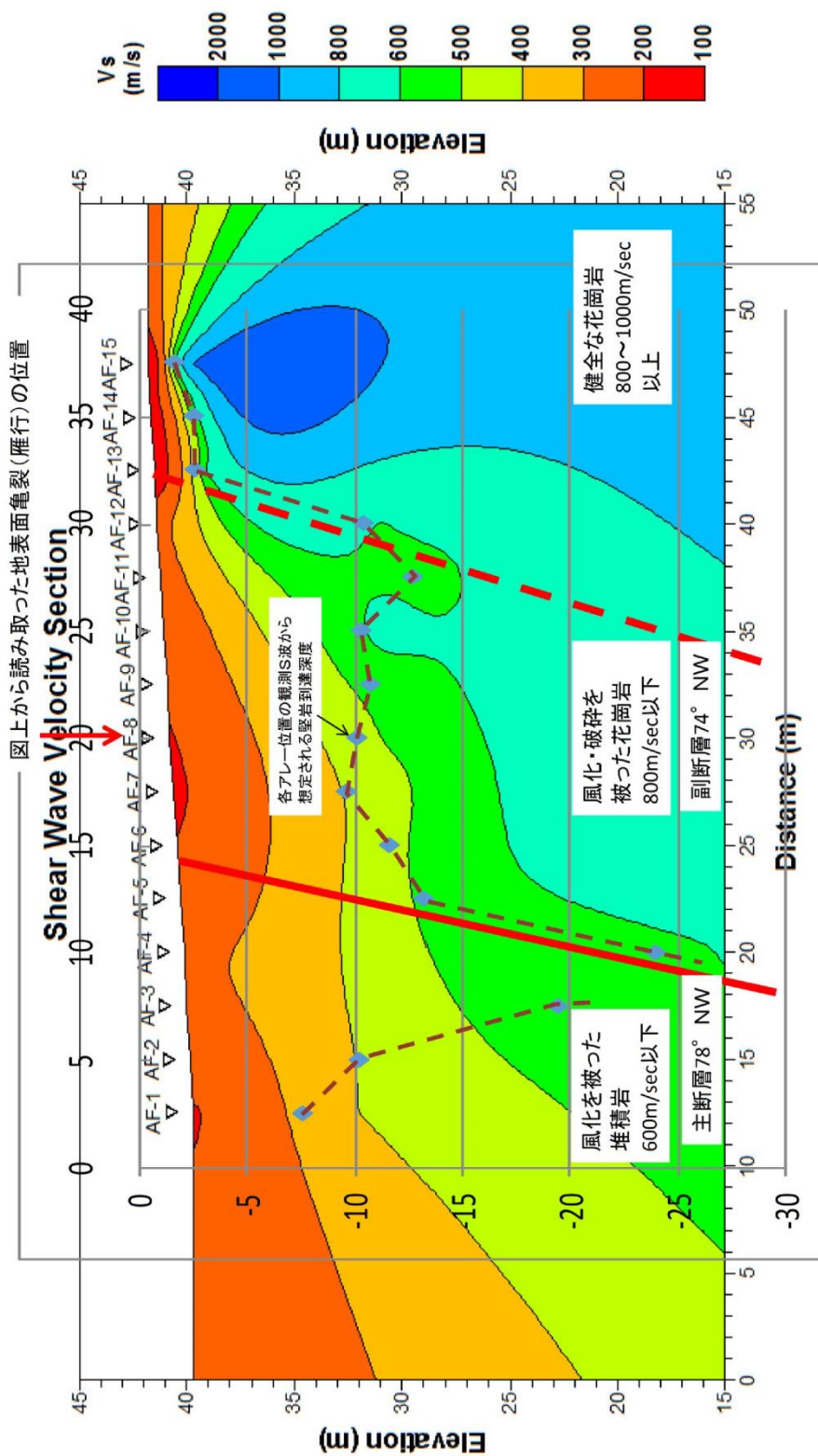


図 3.2.5 チェーンアレー探査結果によるS波速度断面図 (辺長 5mアレー)

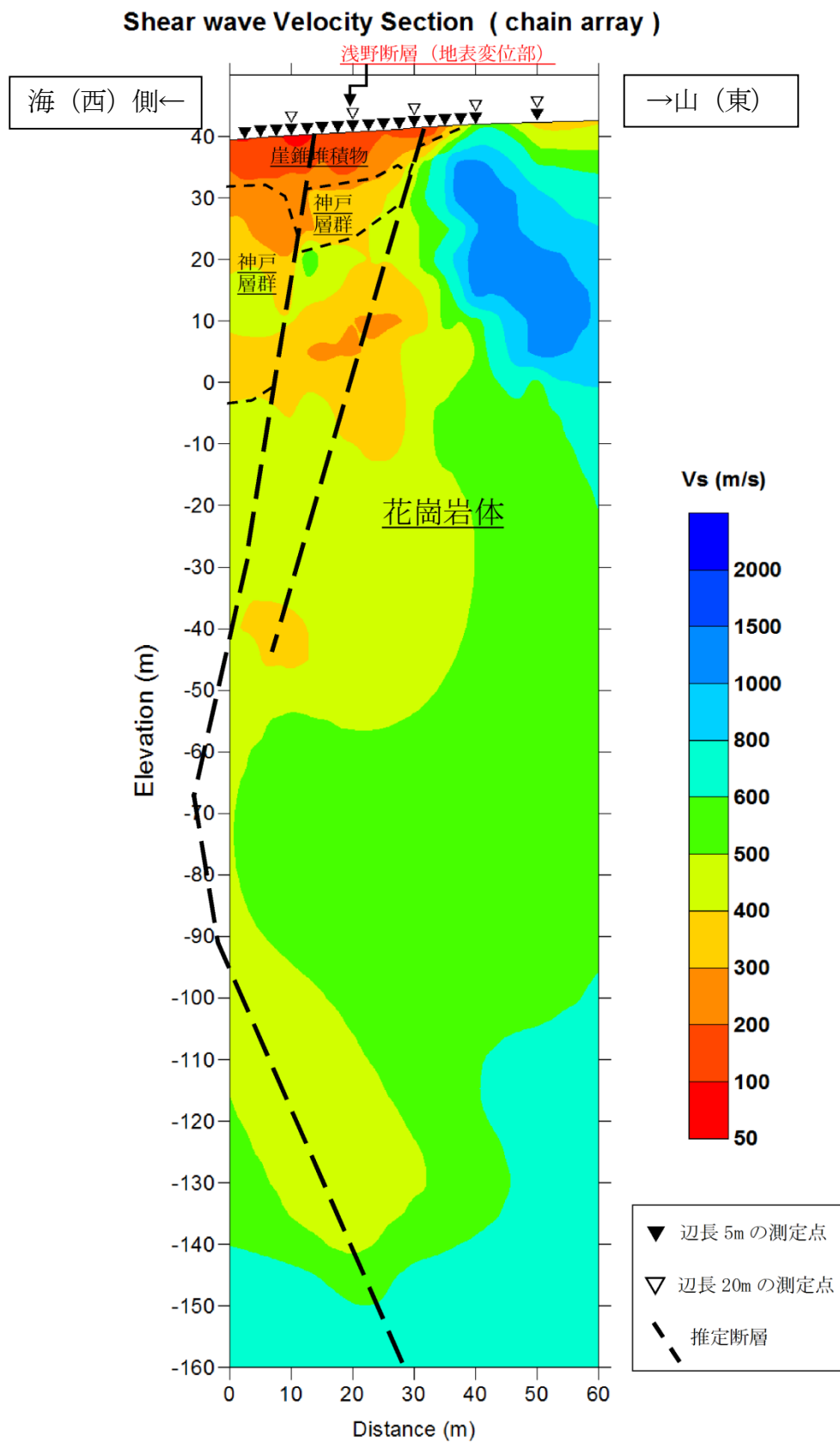


図 3.2.6 チェーンアレー探査結果による S 波速度断面と基盤地質構造 (辺長 20m アレー)

4. 測定データ及び記録

4. 1. ハドルテスト結果

各地点で行ったハドルテストの結果を以下に示す。

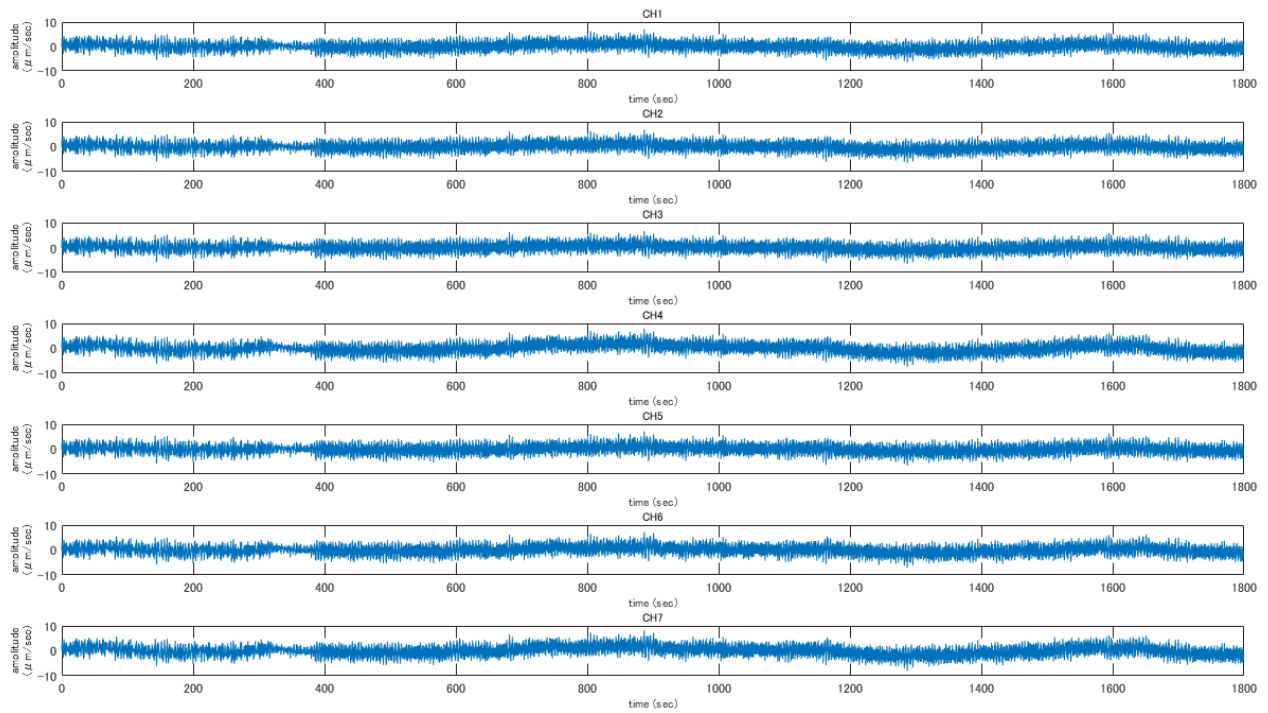


図 4.1.1 ハドルテスト結果 (観測波形)

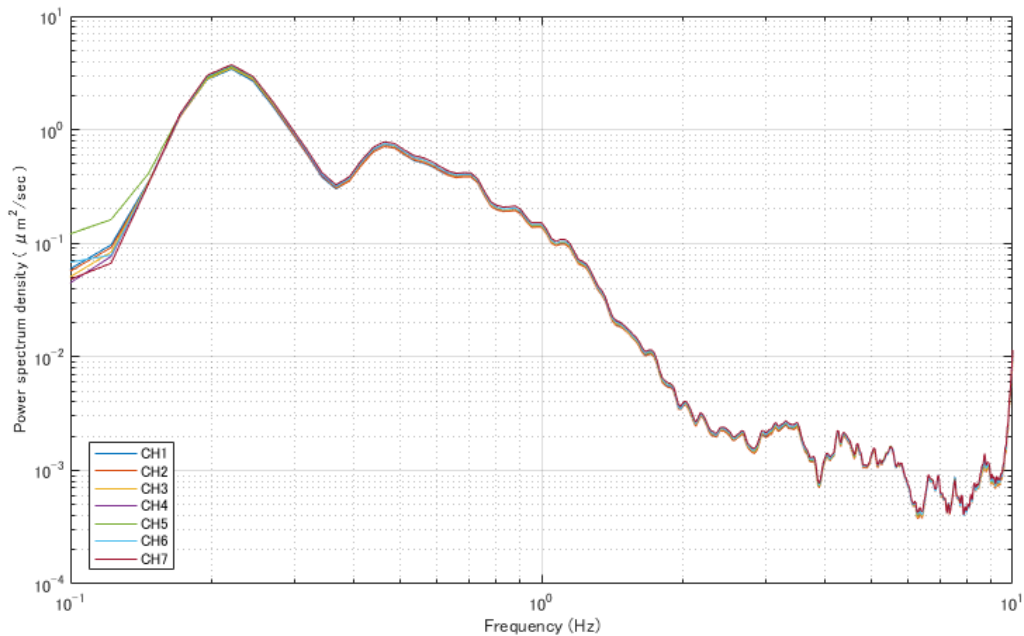


図 4.1.2 ハドルテスト結果 (パワースペクトル)

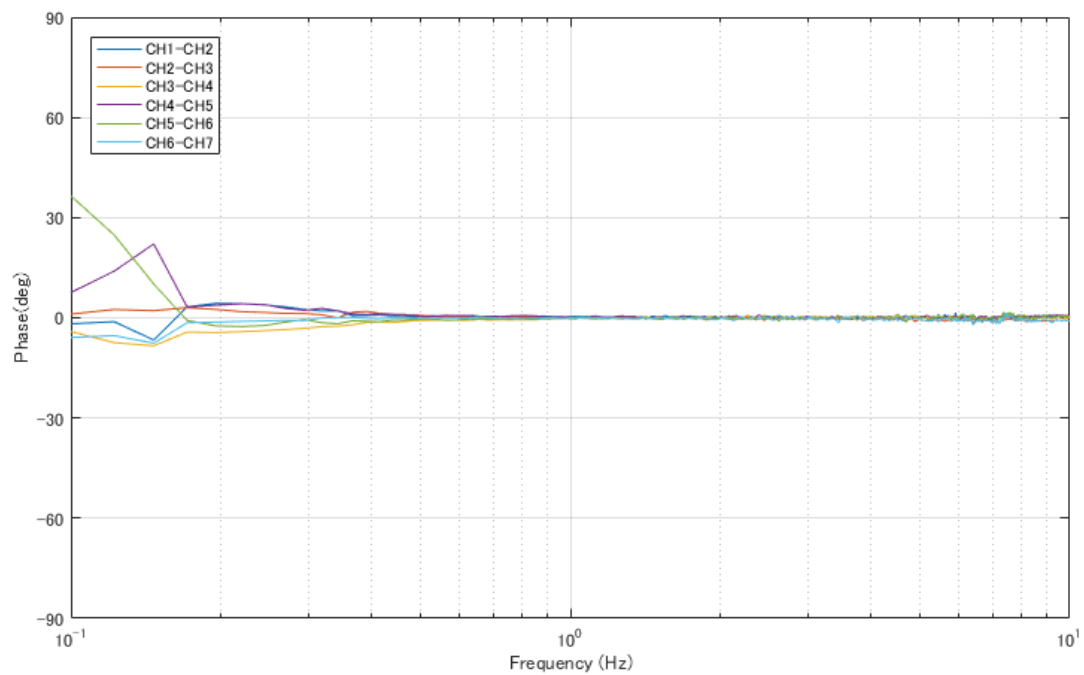


図 4.1.3 ハドルテスト結果（位相特性）

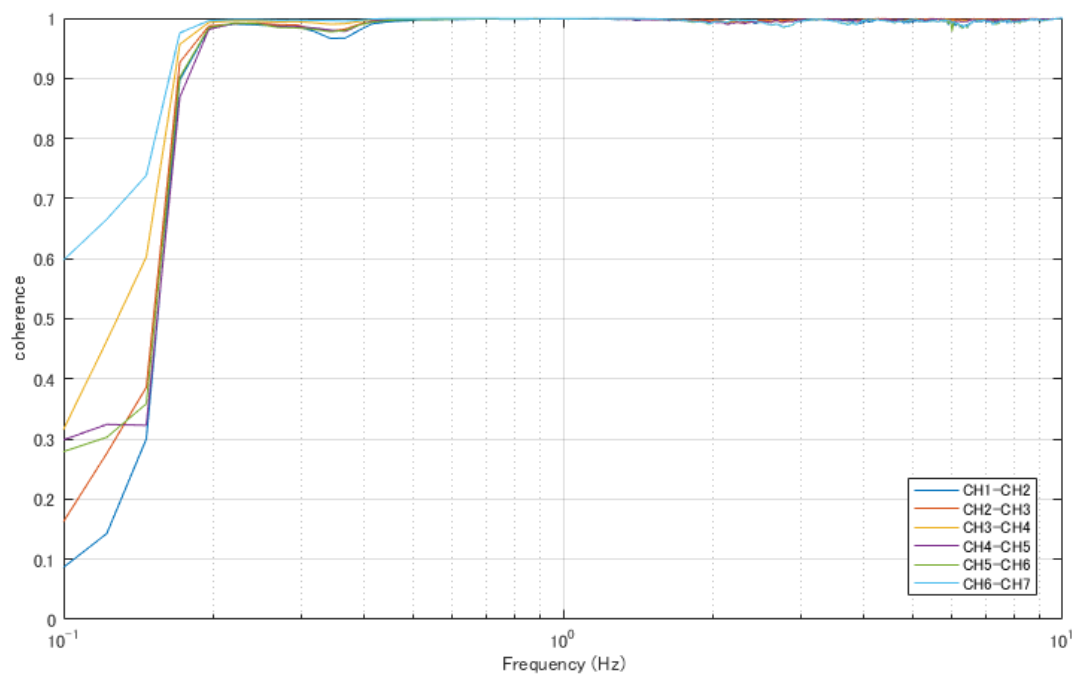


図 4.1.4 ハドルテスト結果（コヒーレンス）

4. 2. 観測波形

本調査（多重アレー、チェーンアレー）の観測波形を以下に示す。

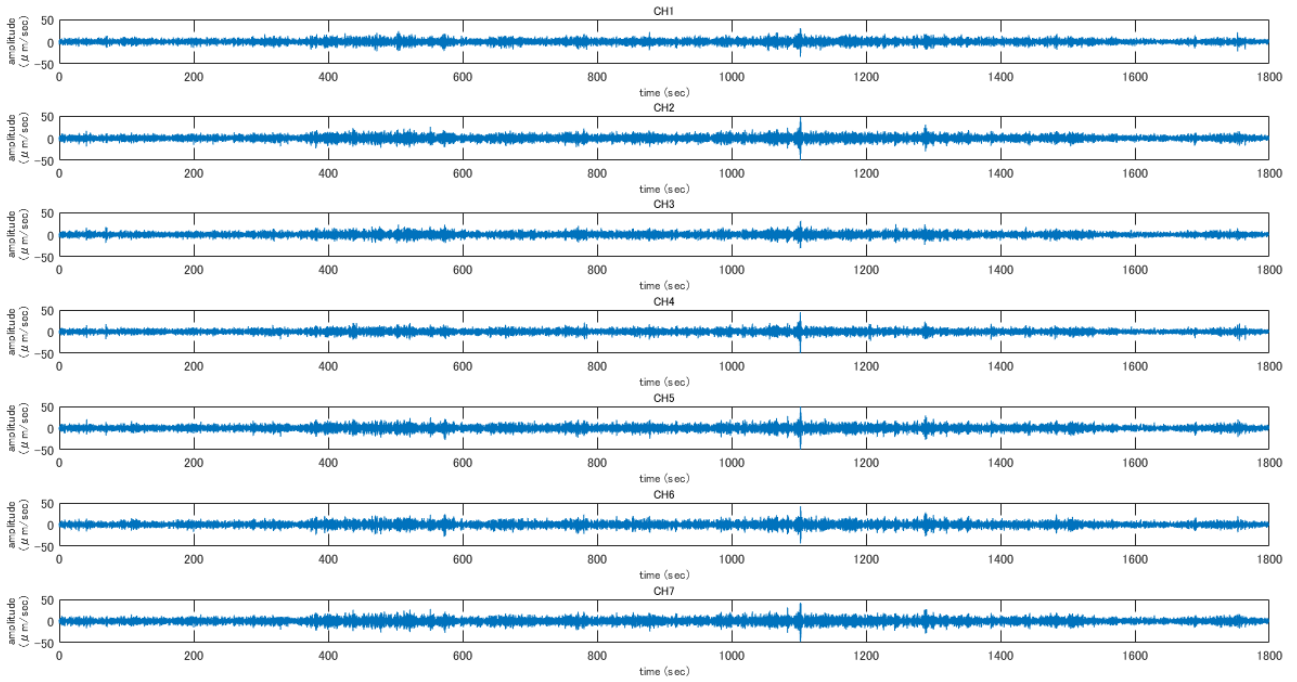


図 4.2.1 微動アレー探索の観測波形図 (NF-1)

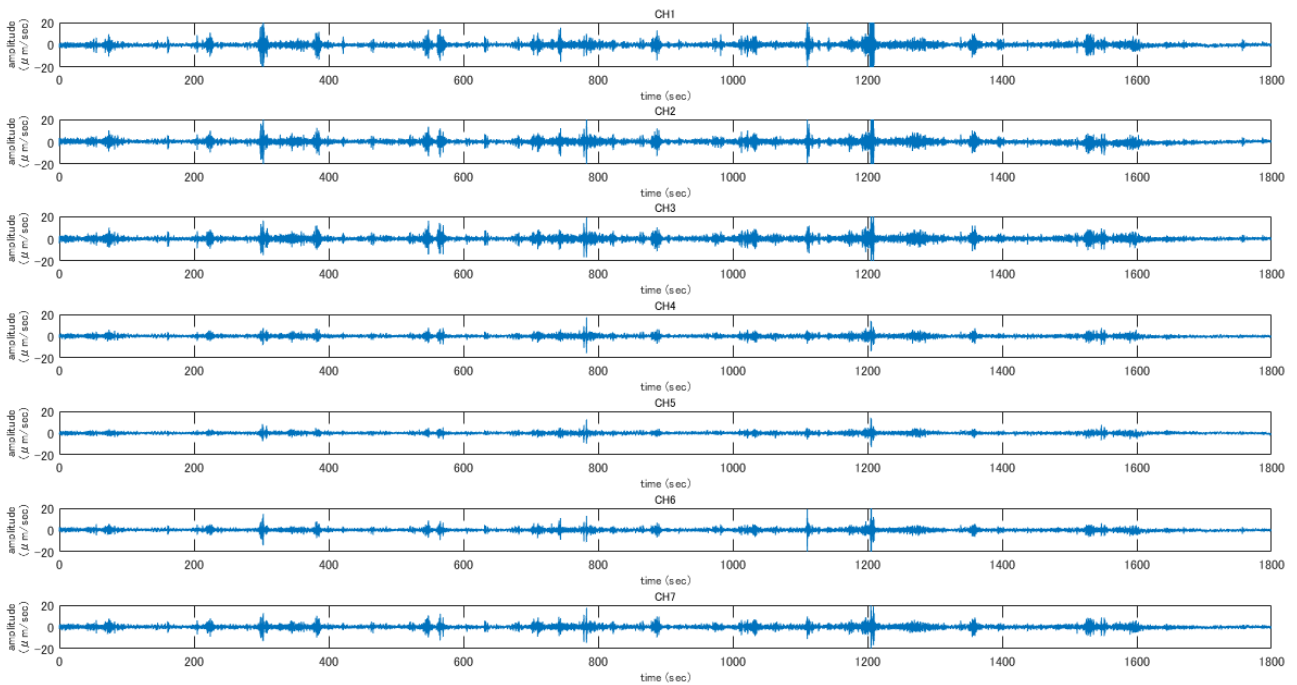


図 4.2.2 微動アレー探索の観測波形図 (NF-2)

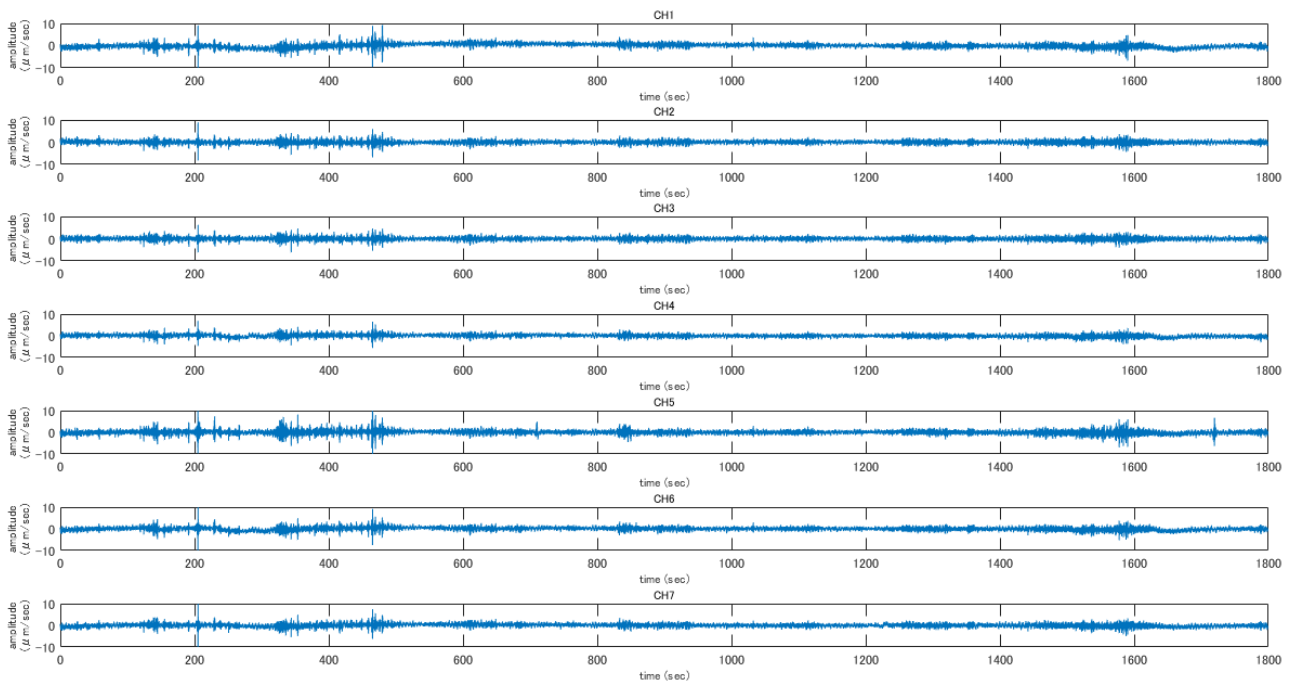


図 4.2.3 微動アレー探査の観測波形図 (NF-3)

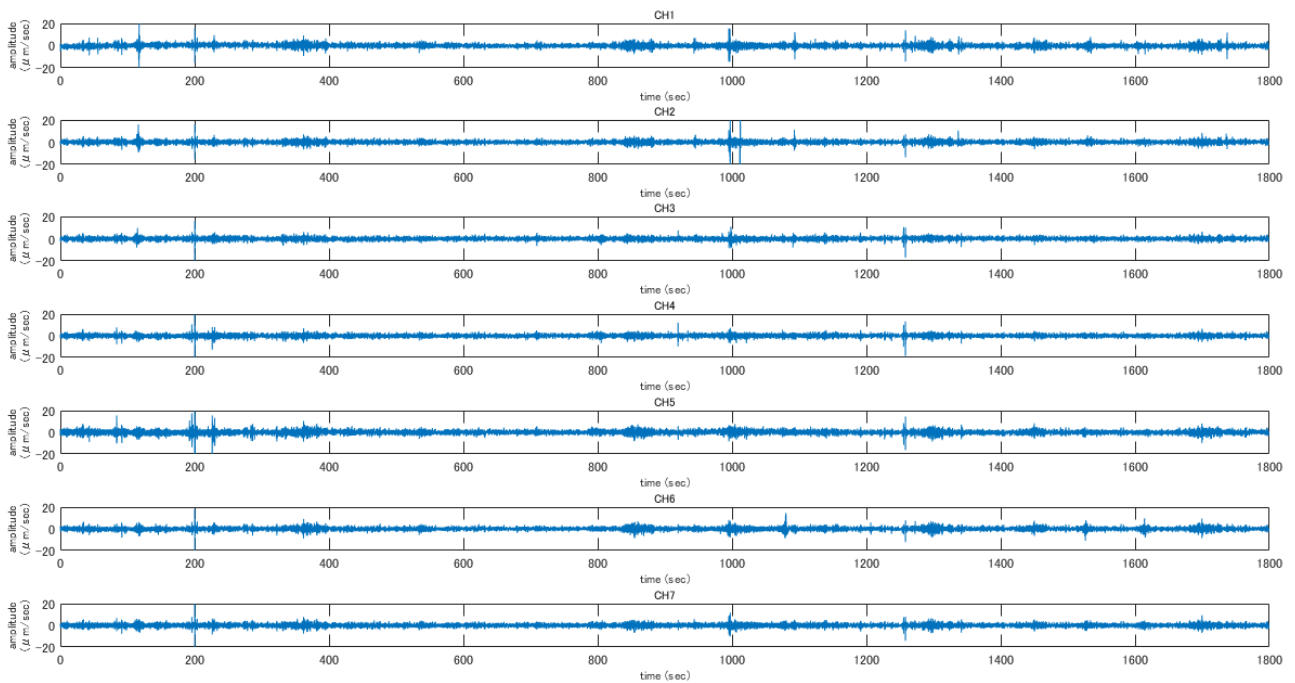


図 4.2.4 微動アレー探査の観測波形図 (NF-4)

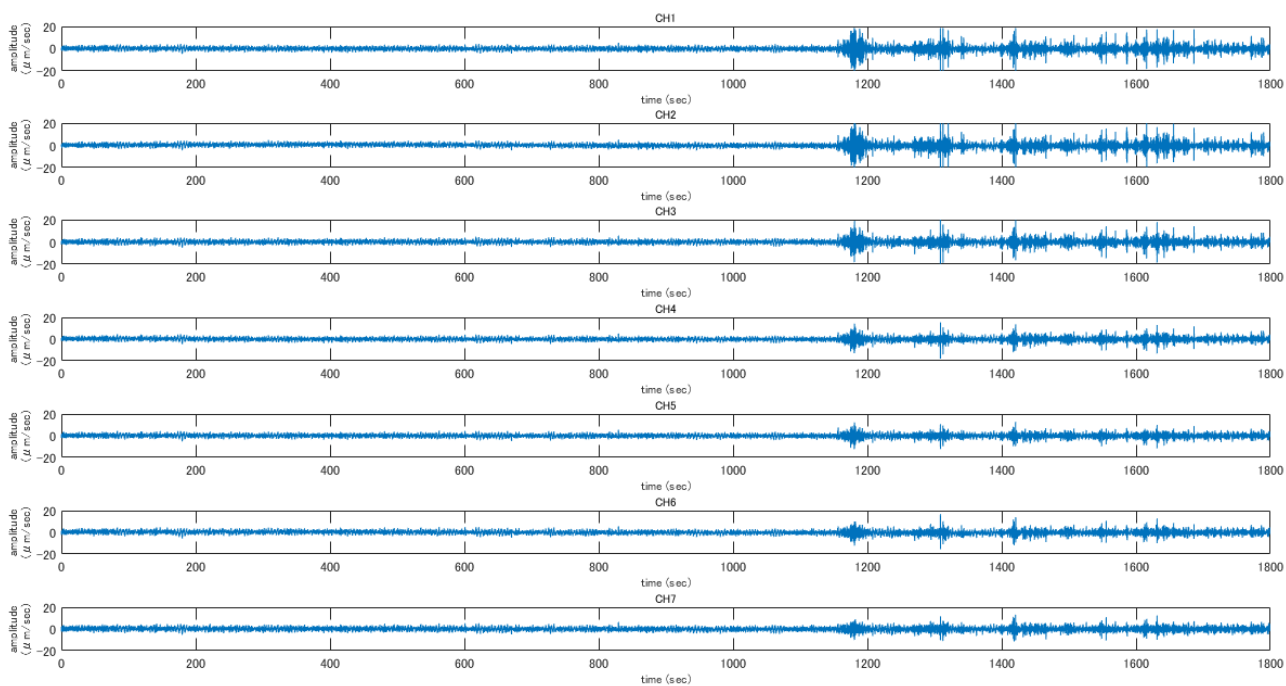


図 4.2.5 チェーンアレー探査の観測波形図 (5m辺長 : 1 展開目)

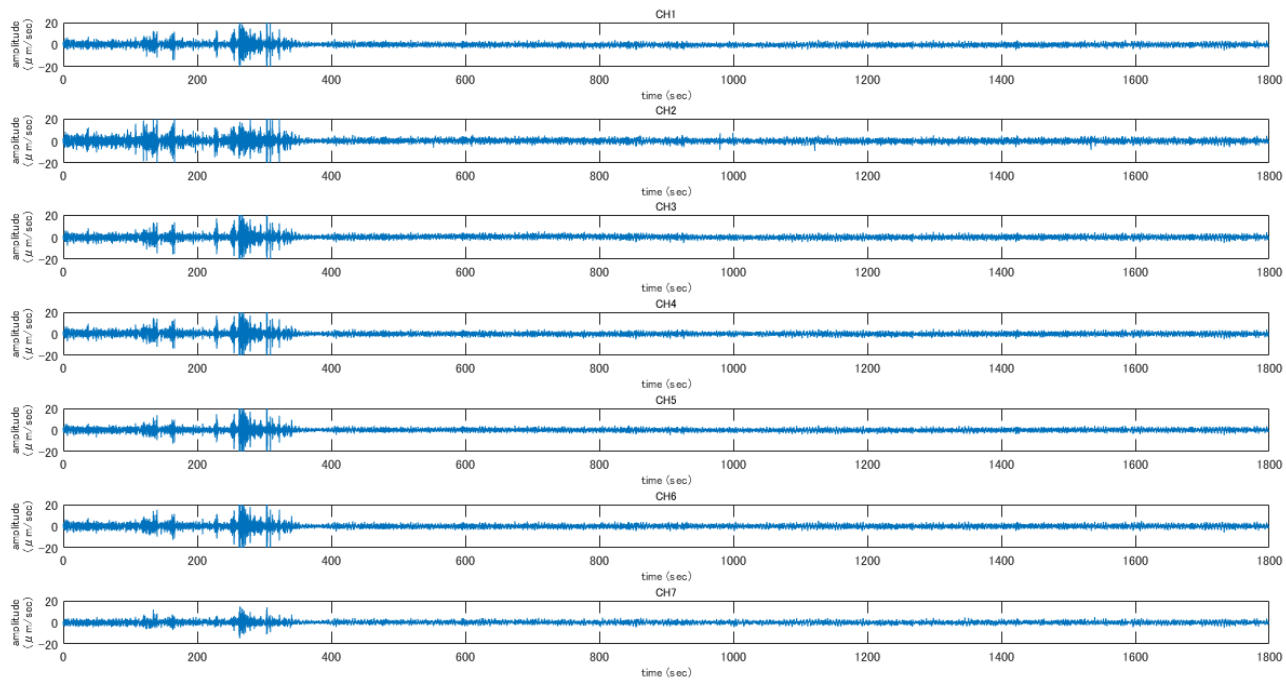


図 4.2.6 チェーンアレー探査の観測波形図 (5m辺長 : 2 展開目)

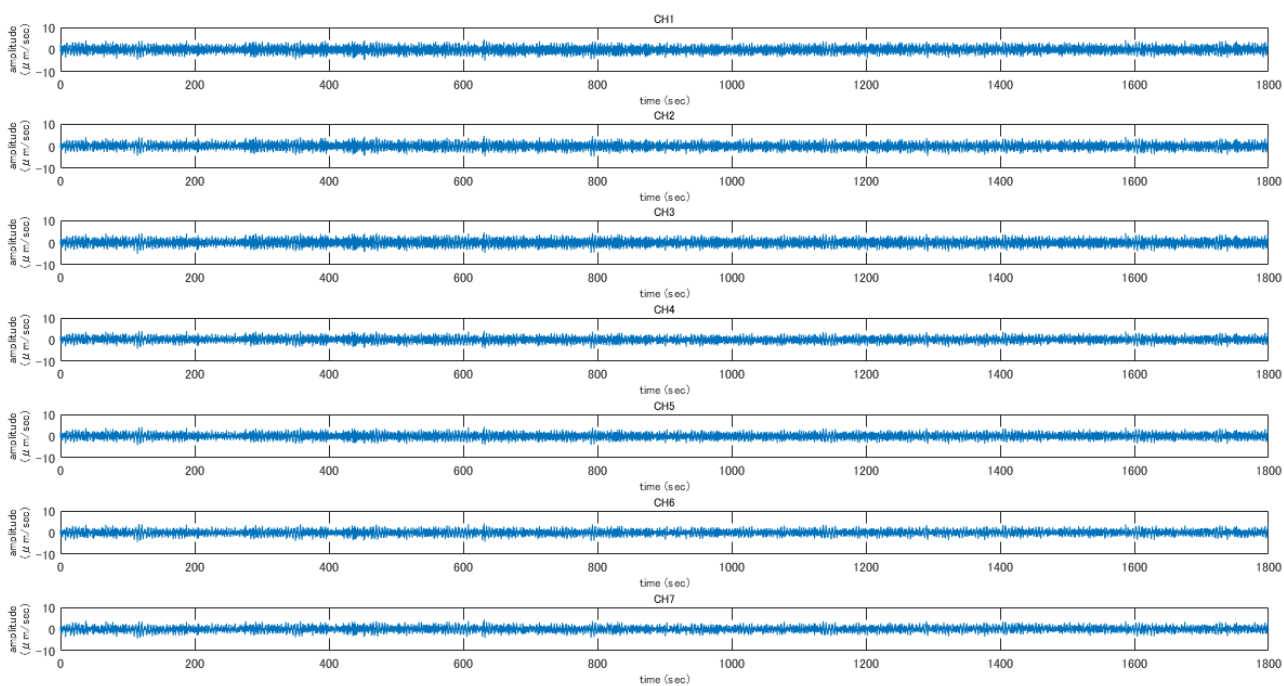


図 4.2.7 チェーンアレー探査の観測波形図 (5m辺長 : 3 展開目)

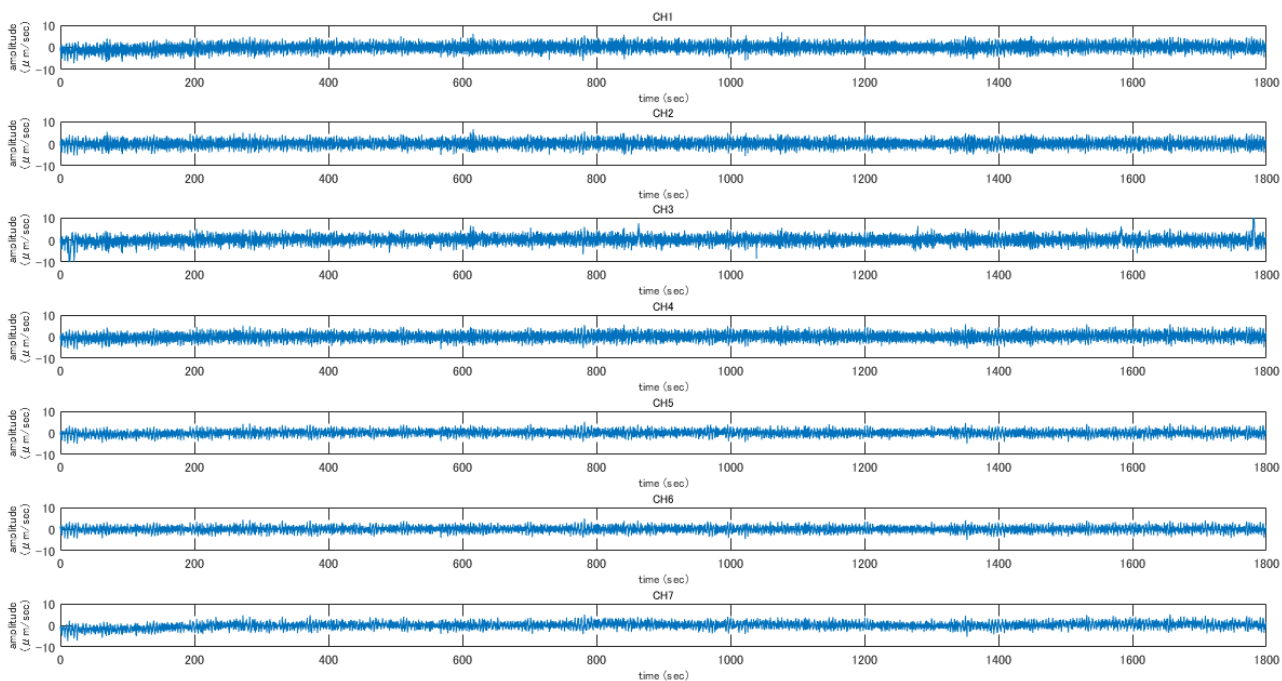


図 4.2.8 チェーンアレー探査の観測波形図 (20m辺長)

4. 3. 分散曲線

各地点の観測結果に基づいて解析した分散曲線を以下に示す。

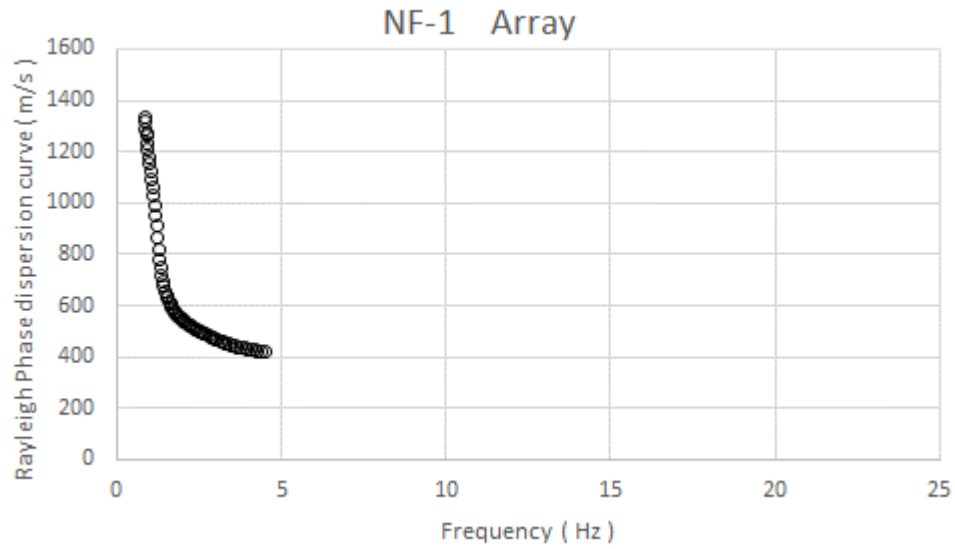


図 4.3.1 微動アレー探査の分散曲線図 (NF-1)

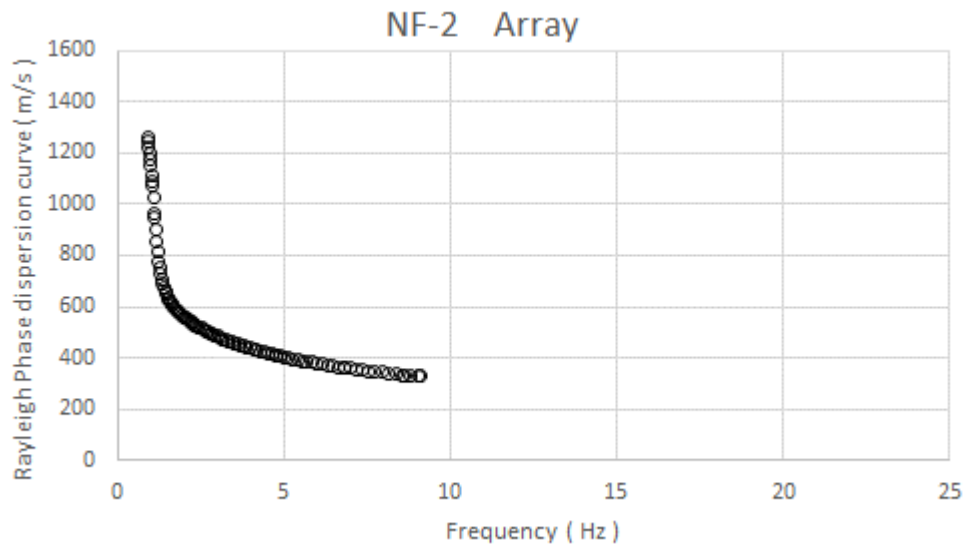


図 4.3.2 微動アレー探査の分散曲線図 (NF-2)

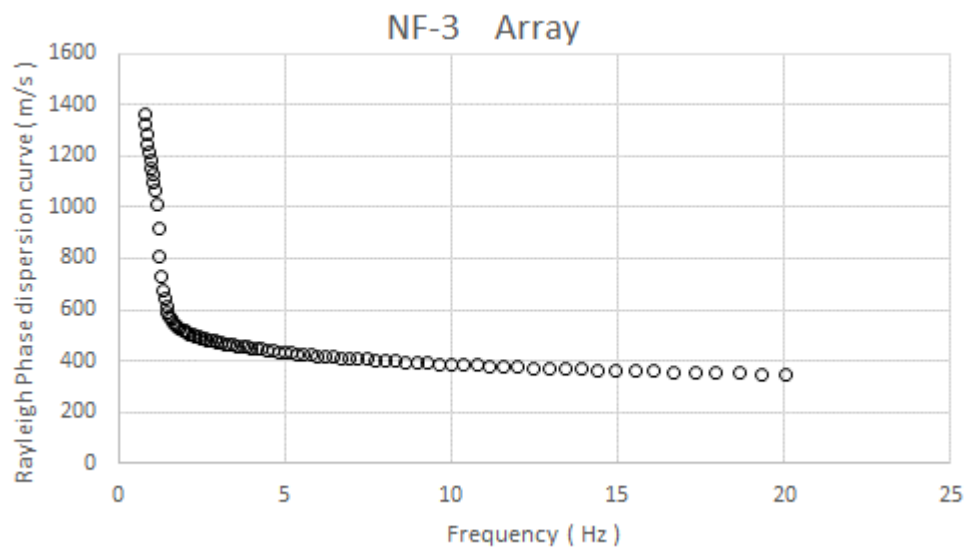


図 4.3.3 微動アレー探査の分散曲線図 (NF-3)

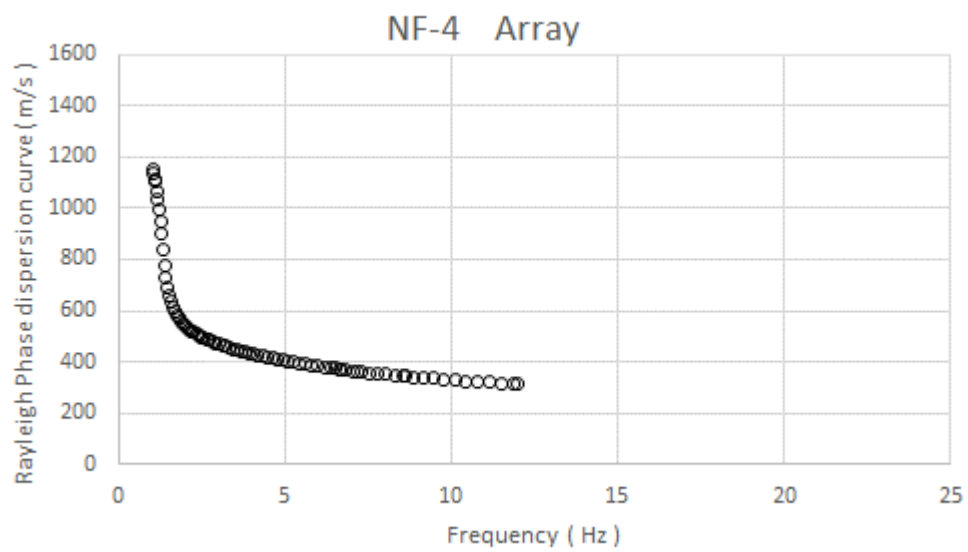


図 4.3.4 微動アレー探査の分散曲線図 (NF-4)

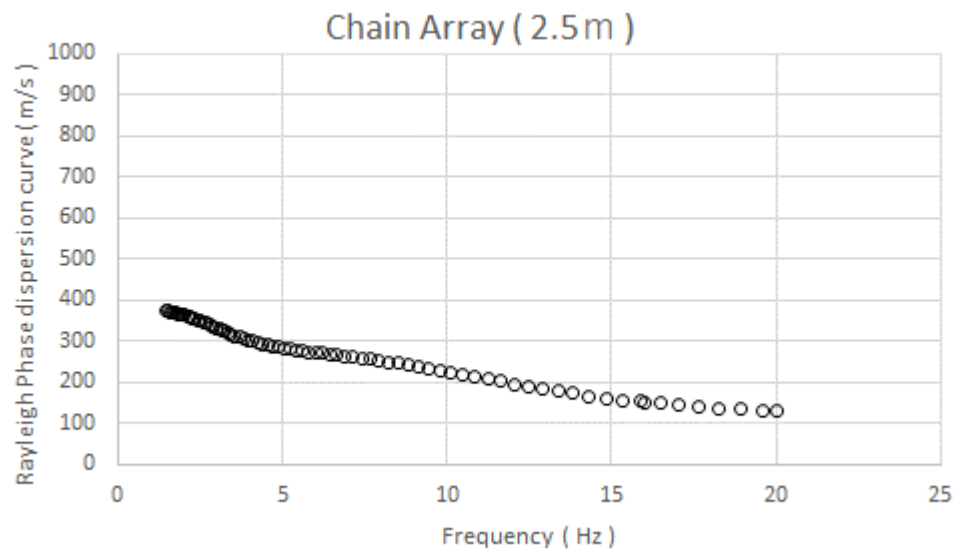


図 4.3.5 チェーンアレー探査の分散曲線図 (5m辺長、2.5m 地点)

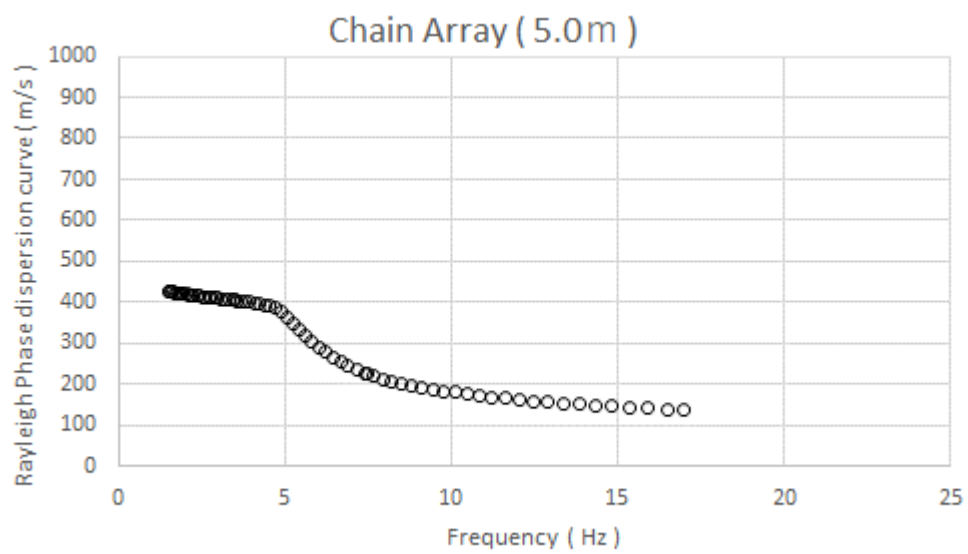


図 4.3.6 チェーンアレー探査の分散曲線図 (5m辺長、5.0m 地点)

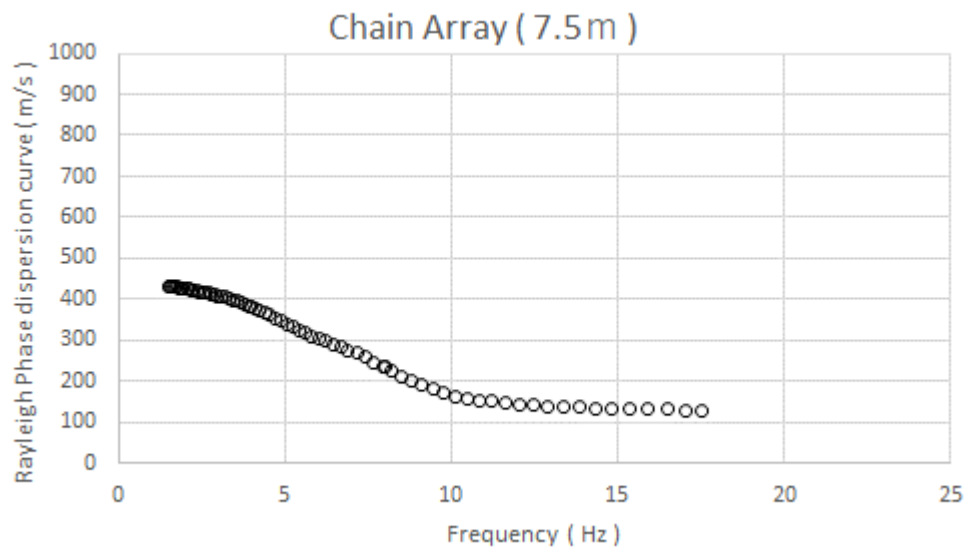


図 4.3.7 チェーンアレー探査の分散曲線図 (5m辺長、7.5m 地点)

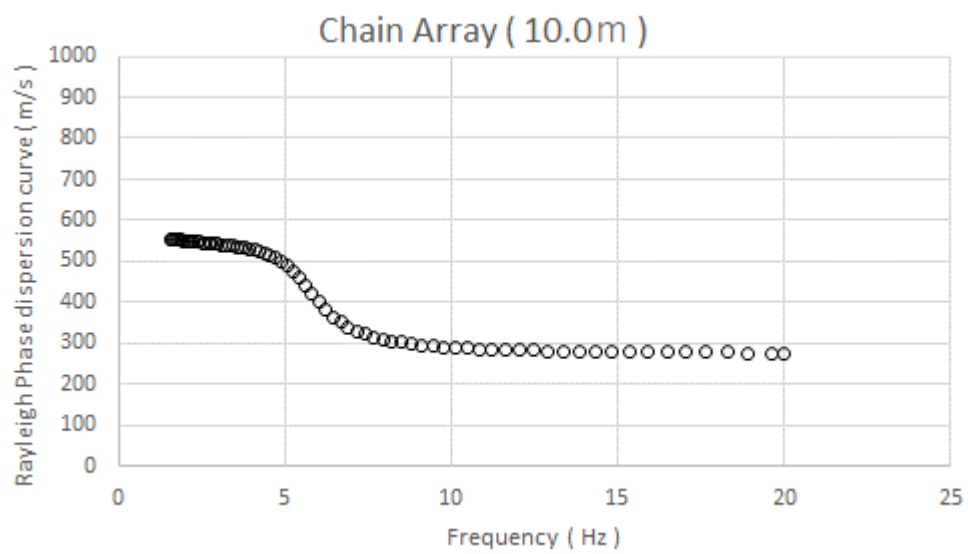


図 4.3.8 チェーンアレー探査の分散曲線図 (5m辺長、10.0m 地点)

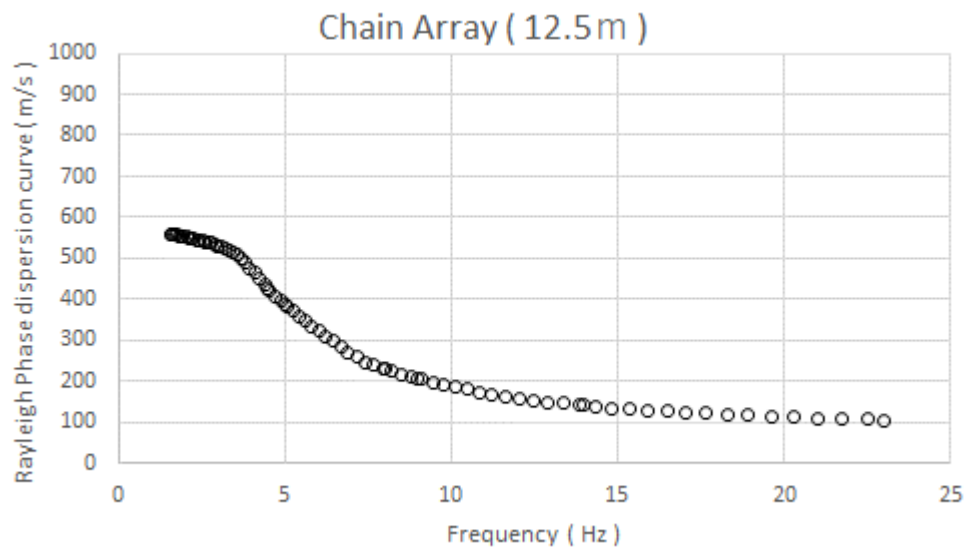


図 4.3.9 チェーンアレー探査の分散曲線図 (5m辺長、12.5m 地点)

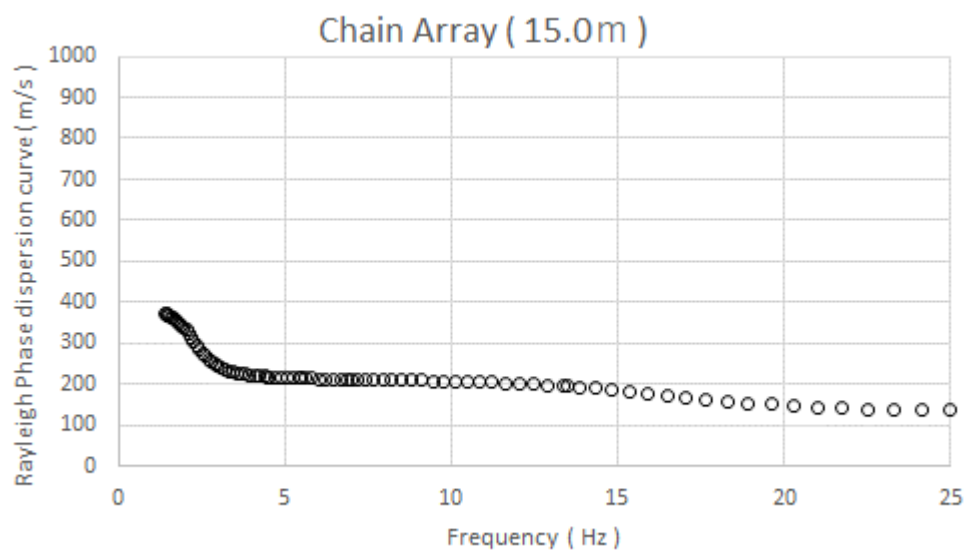


図 4.3.10 チェーンアレー探査の分散曲線図 (5m辺長、15.0m 地点)

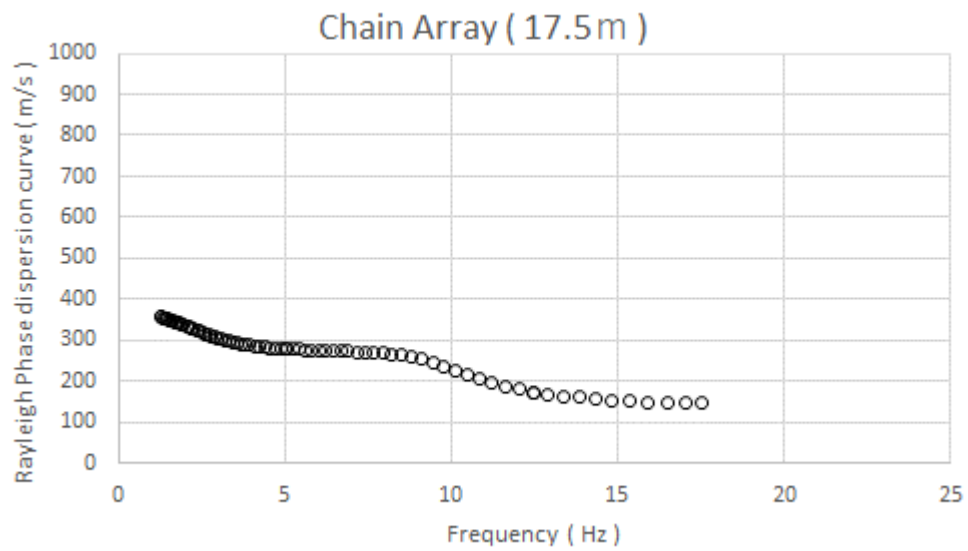


図 4.3.11 チェーンアレー探査の分散曲線図 (5m辺長、17.5m 地点)

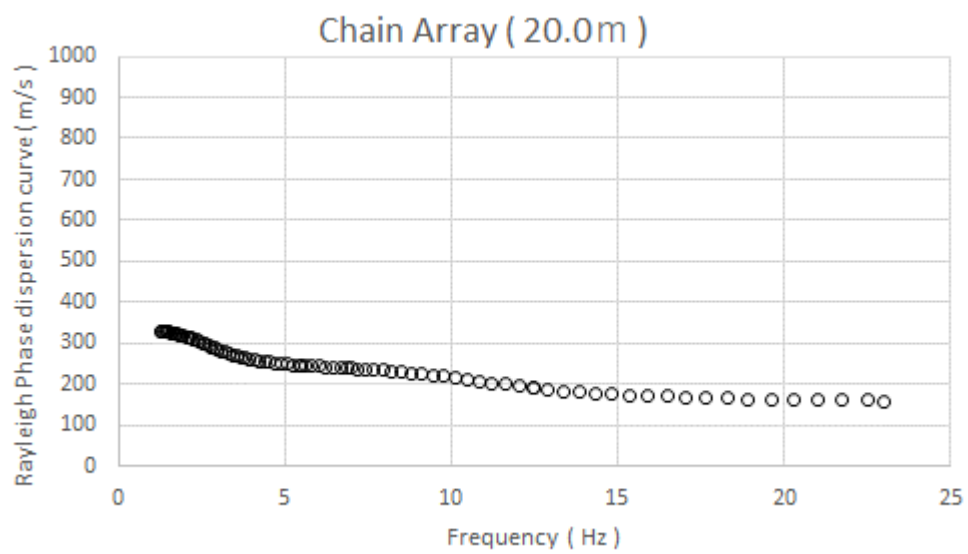


図 4.3.12 チェーンアレー探査の分散曲線図 (5m辺長、20.0m 地点)

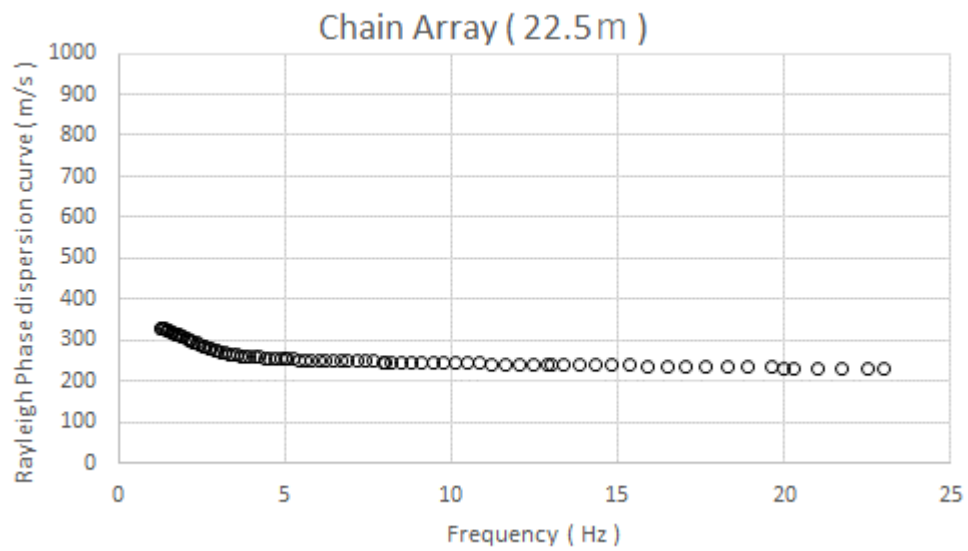


図 4.3.13 チェーンアレー探査の分散曲線図 (5m辺長、22.5m 地点)

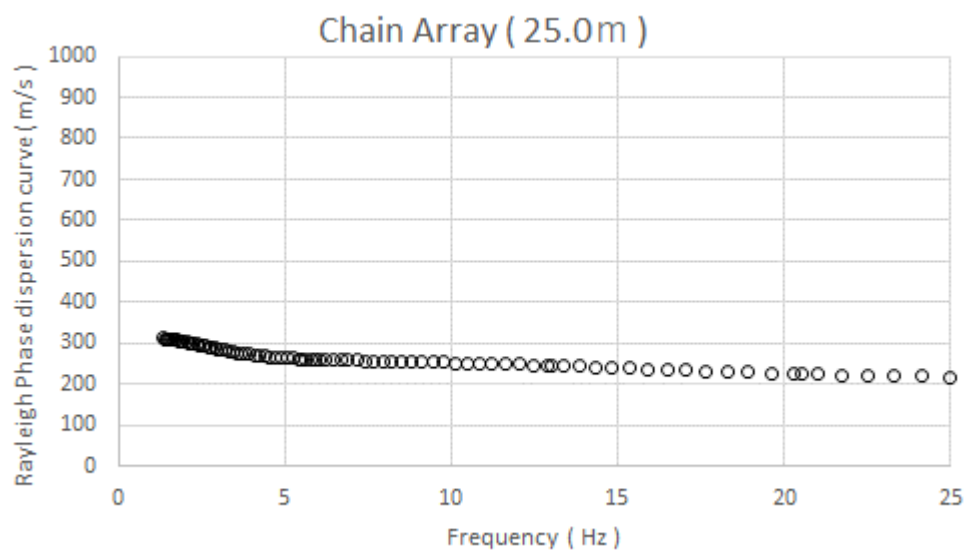


図 4.3.14 チェーンアレー探査の分散曲線図 (5m辺長、25.0m 地点)

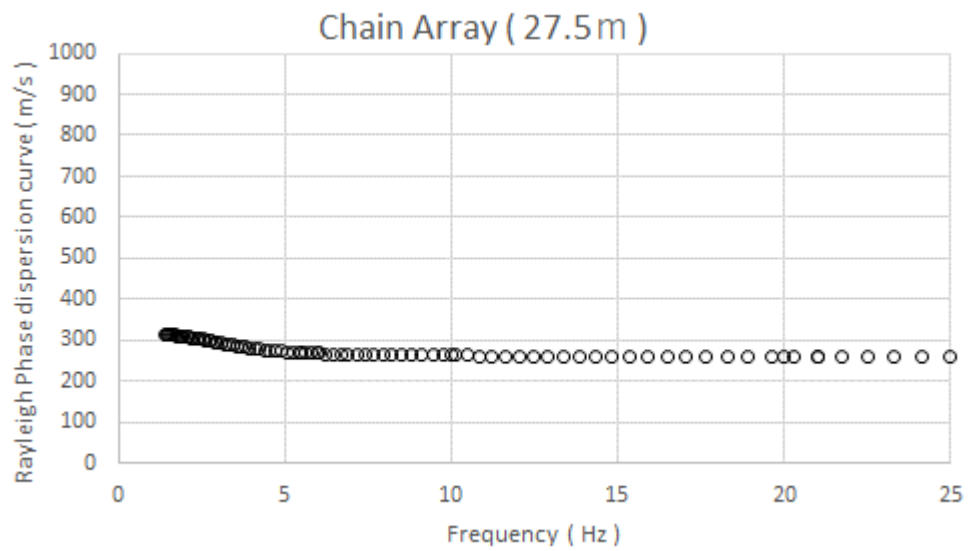


図 4.3.15 チェーンアレー探査の分散曲線図 (5m辺長、27.5m 地点)

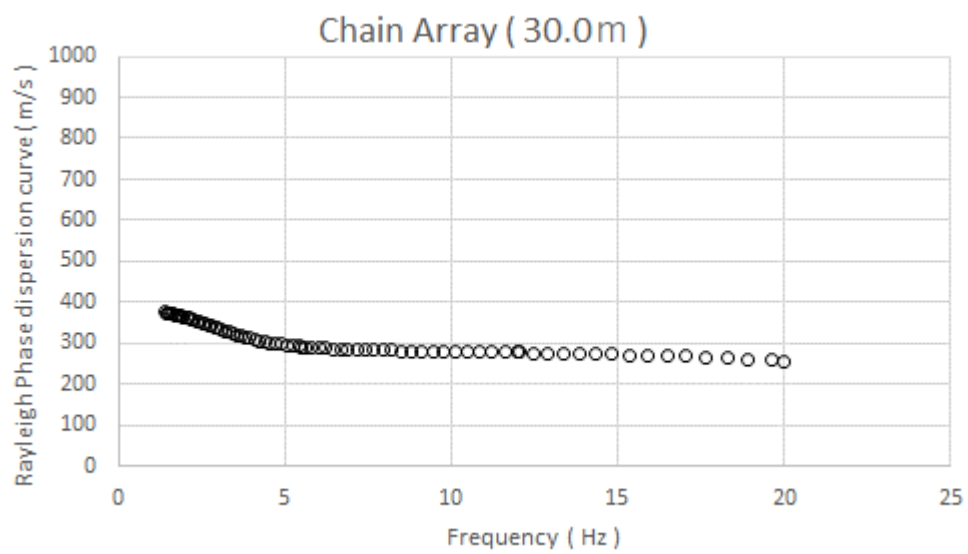


図 4.3.16 チェーンアレー探査の分散曲線図 (5m辺長、30.0m 地点)

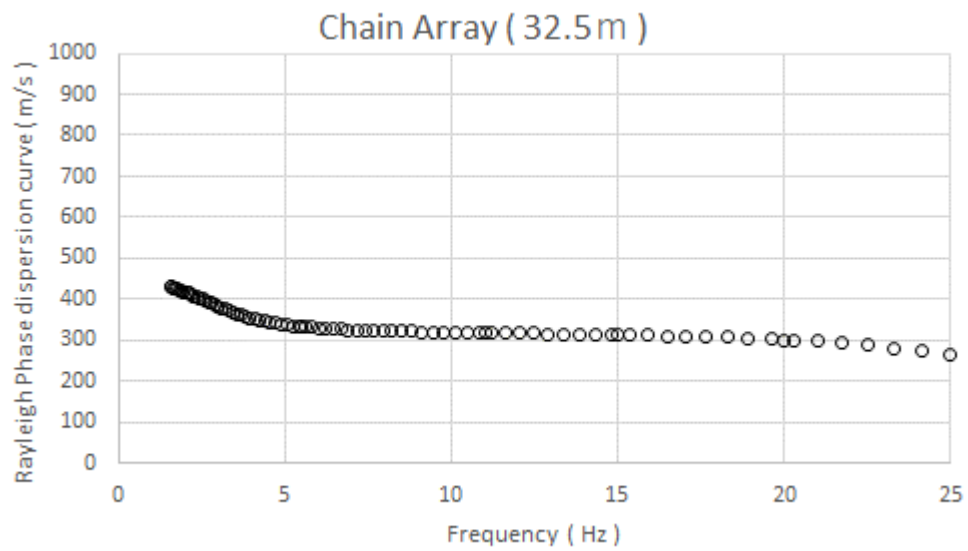


図 4.3.17 チェーンアレー探査の分散曲線図 (5m辺長、32.5m 地点)

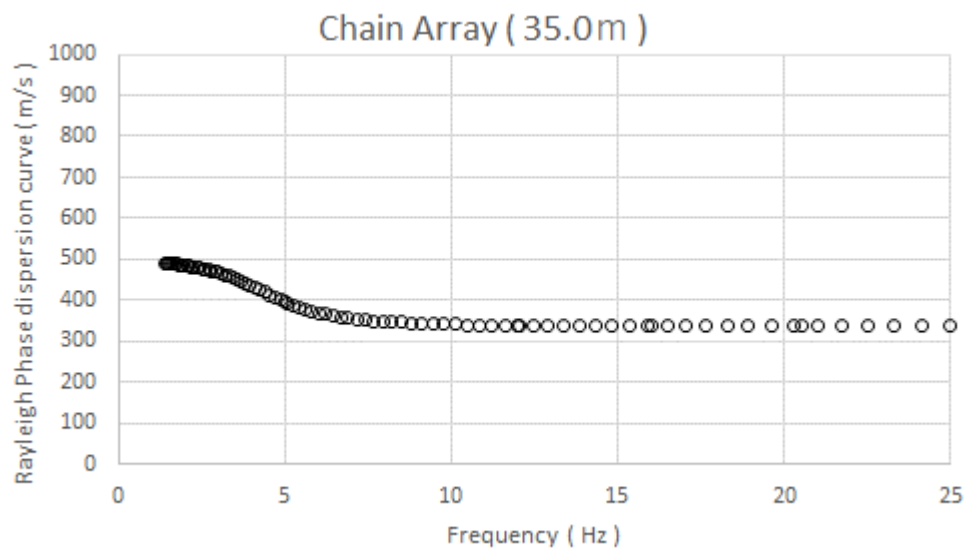


図 4.3.18 チェーンアレー探査の分散曲線図 (5m辺長、35.0m 地点)

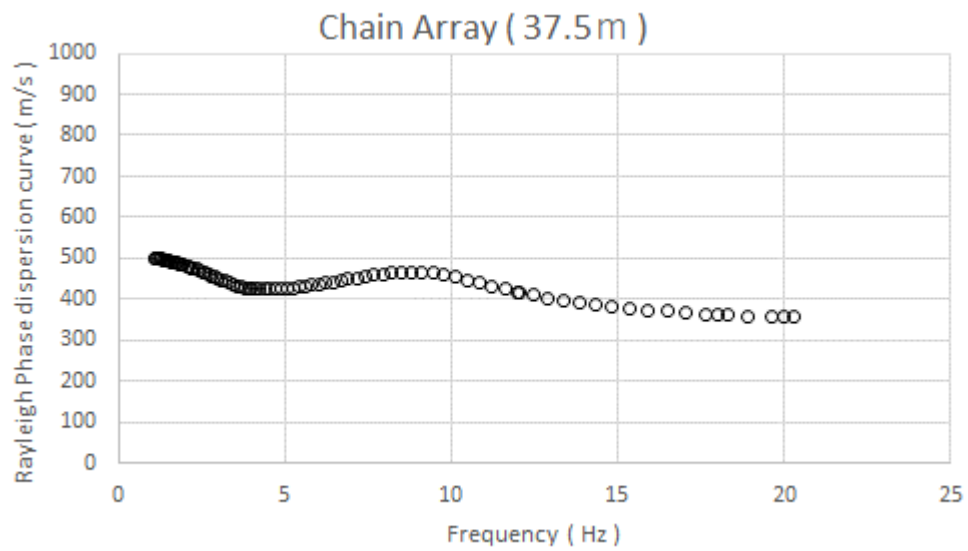


図 4.3.19 チェーンアレー探査の分散曲線図 (5m辺長、37.5m 地点)

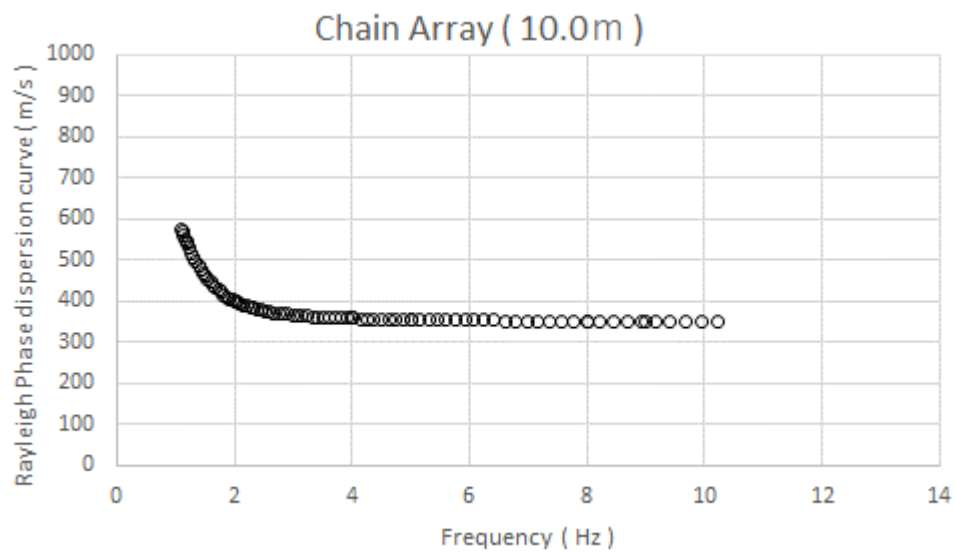


図 4.3.20 チェーンアレー探査の分散曲線図 (20m辺長、10.0m 地点)

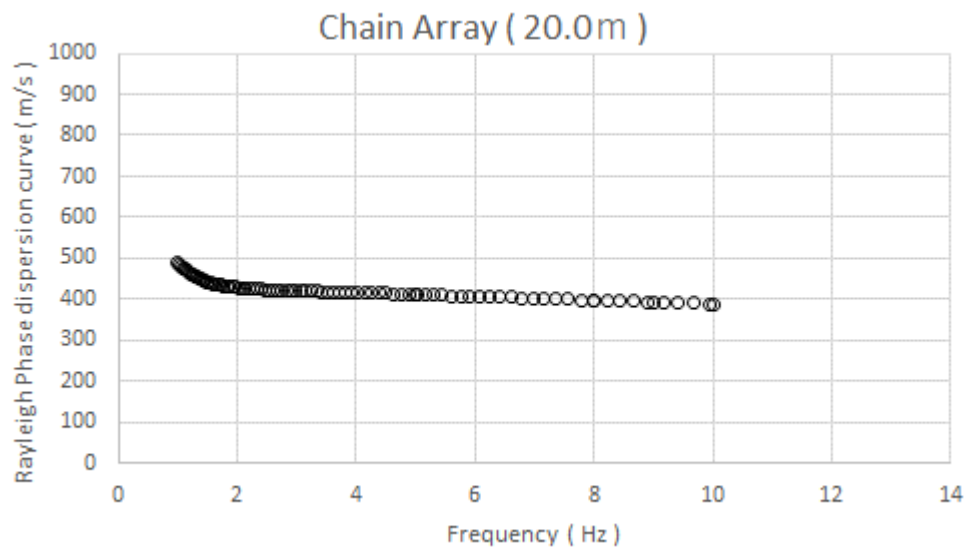


図 4.3.21 チェーンアレー探査の分散曲線図 (20m辺長、20.0m 地点)

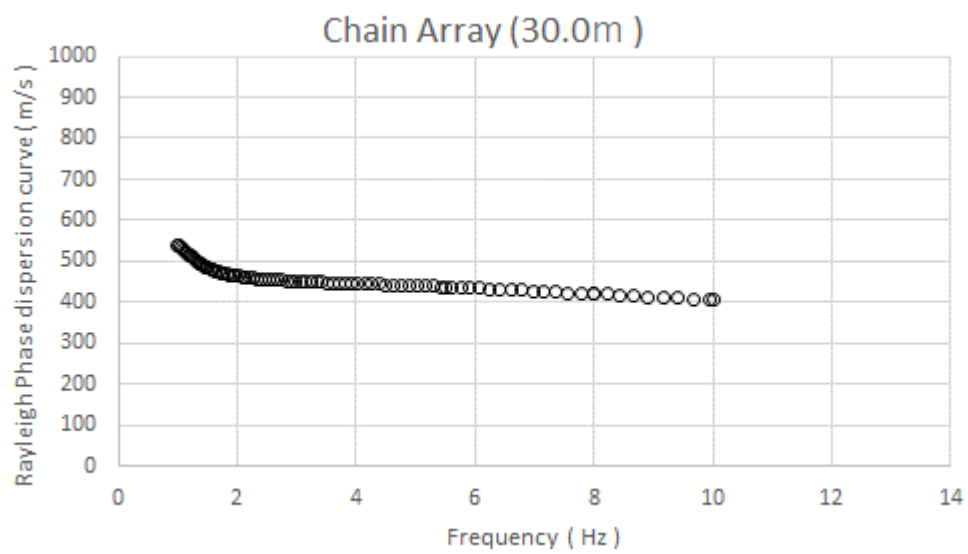


図 4.3.22 チェーンアレー探査の分散曲線図 (20m辺長、30.0m 地点)

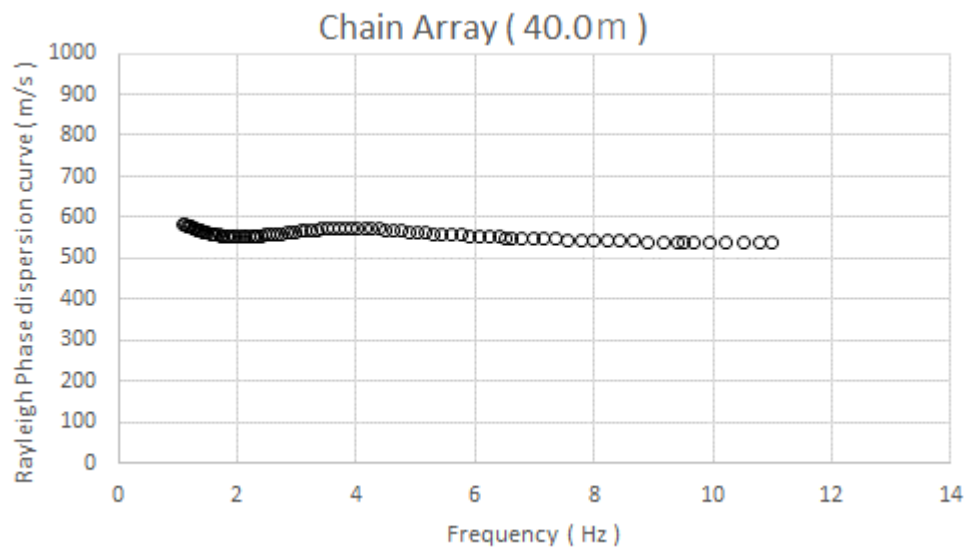


図 4.3.23 チェーンアレー探査の分散曲線図 (20m辺長、40.0m 地点)

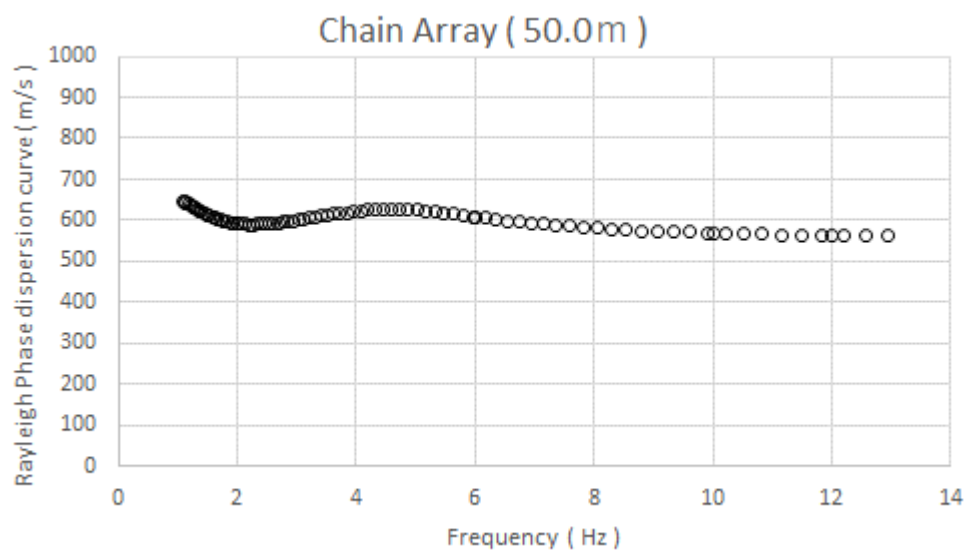
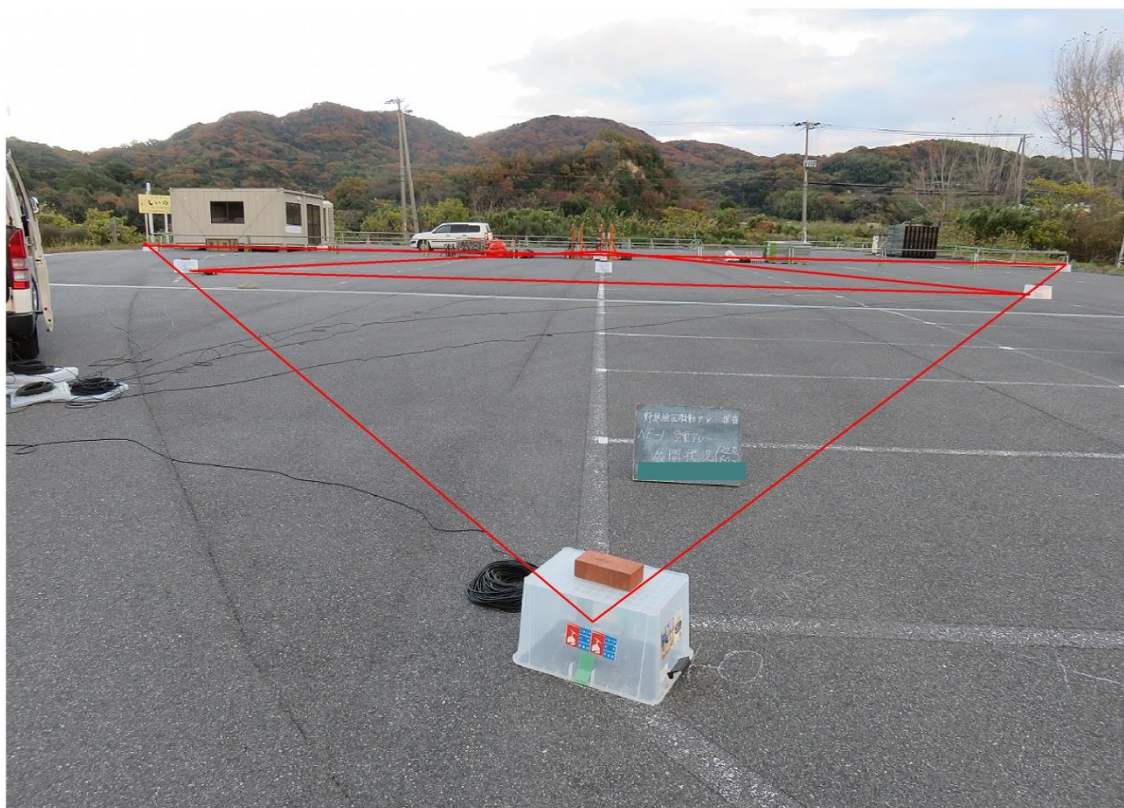


図 4.3.24 チェーンアレー探査の分散曲線図 (20m辺長、50.0m 地点)

4. 4. 現場記録写真



NF-1地点測点展開状況



NF-2地点測点展開状況



NF-3地点測点展開状況



NF-4地点測点展開状況



AF-1（チェーンアレー）地点測点展開状況



浅野断層近傍測定前ハドルテスト状況



野島断層近傍測定前ハドルテスト状況



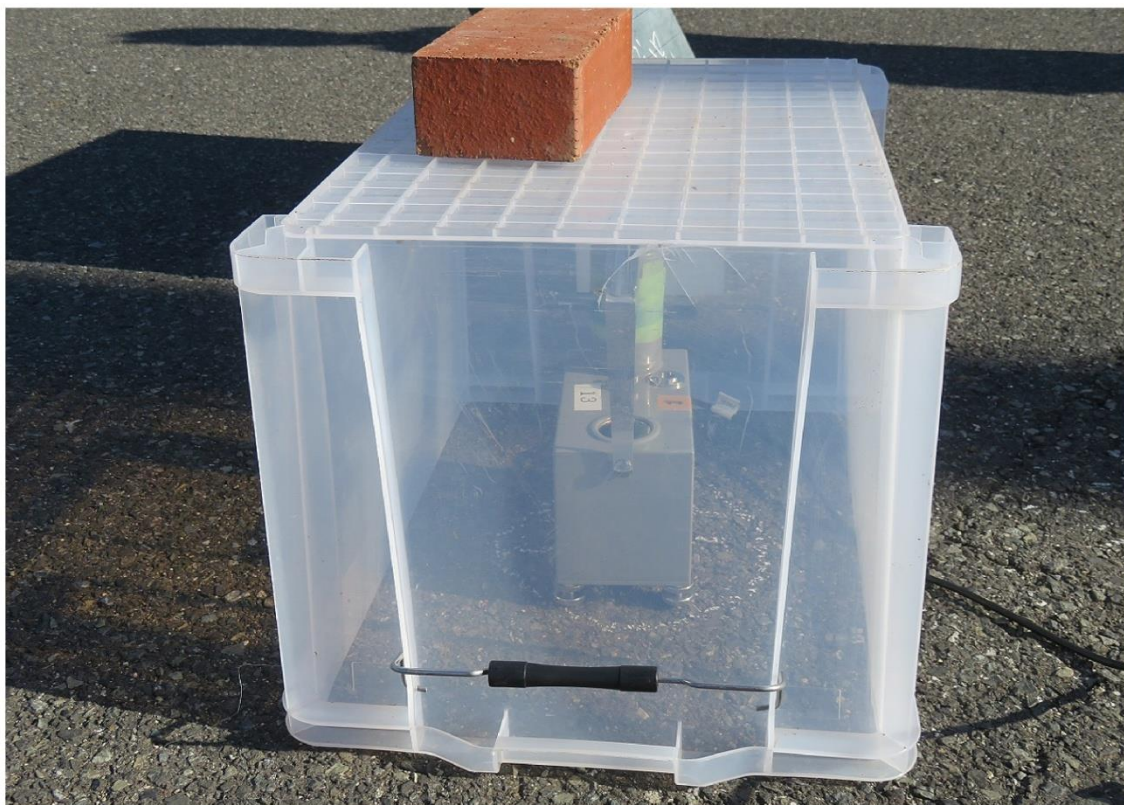
測定システム概観



測定状況の例



地震計設置状況（チェーンアレ-）



地震計設置状況（多重アレー）



夜間測定状況（多重アレー）

5. まとめ

5. 1. 野島断層近傍の地質構造

本業務において実施した、4箇所多重アレー配置による微動アレー探査の結果、野島断層付近では、以下の地質構造が想定される。

- ◆測点 NF-3、NF-4 の観測結果より、野島断層よりも山（東）側では、標高 200～220m 付近に、海側に緩い傾斜をもって基盤花崗岩の上面が出現する。本結果は、ボーリング NFD-1 で確認した基盤花崗岩への到達深度と整合的である。
- ◆野島断層の直上部で実施した測点 NF-1 の観測結果より、野島断層を挟んだ基盤花崗岩の上面深度は、断層西側で標高約 220m、断層東側で標高約 310m であり、鉛直方向の見かけ変位量は約 70m と推定される。本結果は、ボーリング NFD-2 で確認した基盤花崗岩と神戸層群堆積岩の出現状況と整合的である。
- ◆測点 NF-1 の観測結果より、野島断層よりも海（西）側では、標高 310m 付近において、ほぼ水平に基盤花崗岩の上面が出現する。
- ◆総じて野島断層は、東に約 80°傾斜した逆断層であり、基盤岩中における見かけの鉛直変位量は約 70m である。

5. 2. 浅野断層近傍の地質構造

本業務において実施した、辺長 5m と 20m のチェーンアレー配置による微動アレー探査の結果、浅野断層付近では、以下の地質構造が想定される。

- ◆辺長 5m アレーの観測結果より、地表に発現した浅野断層の変位箇所を挟んで、その山（東）側・海（西）側の双方に、基盤岩の段差が想定されることから 2 条の断層が存在することが示唆される。段差の大きさ（見かけ変位量）は海側断層で大きいことから、海側が主断層、山側が副断層と判断される。
- ◆辺長 20m アレーの観測結果より、主断層・副断層共に、75～80°西傾斜で深部に連続し、低速帯を形成している様子がうかがわれる。また、標高 -60～-80m 付近において断層の傾斜方向が変化し、野島断層同様の高角度東傾斜になるものと思われる。本結果は、既往調査による電磁波探査結果とも整合的である。
- ◆総じて浅野断層は、地表付近では西に 70～80°傾斜した 2 条の断層帯からなり、西側の神戸層群と東側の花崗岩体の境界をなしており、見掛け上、正断層変位を呈している。ただし、地表下 100m 付近よりも深部では傾斜方向が、野島断層と同様の高角度東傾斜の逆断層となる。断層の鉛直方向の変位量は、2 条の断層を合わせて 30～40m と想定される。