## 2-2 自然地震波干渉法による地殻・上部マントル構造調査研究 東京大学地震研究所

首都圏において、つくば-奥多摩間の首都圏北西部測線とつくば-九十九里間の首都圏東 北部測線に沿って、自然地震の稠密観測を行い自然地震波干渉法構造探査によって、地 殻およびプレート構造を明らかにする。測線上では、1km 間隔で地震計が設置され、本 計画中では最も高密度の自然地震観測アレイを構築する。制御震源と同一測線で、構造 探査を実施することにより、とくにプレート構造を含む深度までのイメージングを行う。 これによって、太平洋プレートと接触するフィリピン海プレートの詳細な構造を解明す る。

#### 1. 平成 19 年度の実施計画と進歩状況

### 1.1 平成 19 年度実施計画

稠密アレイによる自然地震観測について、テストデータの取得と観測解析方法の検討 を行う。テストデータの所得は、ノイズレベルが低く、他プロジェクトで制御震源での 実験が行われる岩手県奥州市(旧水沢市)で実施する。これらの結果にもとづいて、次 年度から導入する観測機器の仕様を決定する。

#### 1.2 進歩状況

項目2の「制御震源による地殻構造探査」では制御震源から自然地震までの波形記録 を観測し、プレートから地殻にいたるまでの異なる深さの構造の総合的なイメージング を目指している。初年度の平成19年度は、平成20年度から開始される構造探査のため の稠密自然地震観測に使用する観測機器についての検討を行った。検討したのは MEMS 型加速度計である。MEMS 型加速度計は、振幅/位相特性が DC から高周波数まで平坦で あり、地震波形について低周波から高周波まで忠実度の高いデータが取得できる。物理 探査用に量産されている製品が利用では、同性能の加速度計より安価であり、操作性に も優れている。MEMS 型加速度計と同一機器の中で AD 変換するデジタル出力の MEMS 加 速度計(図1)と、アナログ出力型の MEMS 加速度計(図2)を使用した。これらと、Mark 社製とレナーツ社製の1Hz 地震計を同一観測地点に設置し、観測された自然地震波形に ついて検討を加えた。ここでは、観測点の50km 以内で発生した地震を近地地震とし、 震央距離が20 度以上のものを遠地地震とし、その中間の震央距離を示すものは中距離 地震とする。近地から中距離地震は、逆 VSP 法や地震波干渉法により地殻中部のイメー ジングに利用でき、また遠地地震はモホ面や上部マントル中のスラブのイメージングに 利用できる。

1

## 資料 首 19-2-8



デジタルMEMS 3C加速度計 データ収録システム 技術仕様

データレコーダ				
チャンネル数	3ch			
記録様式	WIN圧縮フォーマット(ヘッダー部独自)			
サンプリング圏波数	100/250/500/1000/2000Hz			
記録媒体	zun' 9175701			
波形記錄時間	40日以上(4msサンブリング時)			
刻時修正	GPS 1PPSによる自動修正			
刻時精度	27/加秒以下			
通信ボート	シリアル、 ブ ルートゥース (BT)、 LAN			
外部入出力	連続波形出力(LAN)			
ALCONTROL PLACE IN THE PLACE IN T	n 5/9-制御・簡易波形(BT)			
電源 (駆動時間)	DC+12V、停電補償機能内藏			
	リチウムイオンバッテリー 2個並列接続可			
	連続400時間以上			
	(リチウムイオンパ・ッテリー2個並列接続時)			
寸法	L270mm×W246mm×H174mm			
重量	2kg以下			

测定成分	水平2成分、上下1成分		
測定範囲	±1.6Gpeak		
(高感度モード選択可)	±0.2Gpeak / ±0.45Gpeak		
周波数範囲	DC - 1,000Hz		
分解能(高感度モード)	60 nG		
耐衝撃 (0.5ms. 1/2-sine)	1,500Gpeak		
駆動電力	12 VDC/0.12A		
筐体	防塵·防水仕様		
寸法	外径65mm 長さ175mm		
重量	1.4kg		
15:	ッテリー		
形式	リチウムイオンパ ッテリー		
容量	DC+12V/72Ah		
寸法	L207mm×W140mm×H232m		
重量	7kg		

図 1. デジタル MEMS 加速度計データ収録システム技術仕様



図 2. アナログ MEMS 加速度計データ収録システム技術仕様



図 3. 観測波形記録(近地地震, M3.0; 波形は上からデジタル MEMS, アナログ MEMS, Mark 1 Hz, Lennartz 1 Hz)



図 4. 観測波形記録(近地地震, M3.0, 図 3 と同一の波形記録に対して、0.01-7Hz の バンドパスフィルターをかけたもの)



図 5. 観測波形記録(中距離地震, M5.9 福島沖)



図 6. 観測波形記録(遠地地震, M7.8 南フィジー諸島)

## 資料 首 19-2-8

図 3-6 に典型的な観測波形を示した。図 3 は釜石周辺での近地地震の波形を示したものであるが、デジタル MEMS とアナログ MEMS には大きな違いはない。しかし、高周波除 去フィルターをかけると、アナログ MEMS の場合には地震の波形の前に低周波のノイズ が顕著である。中距離地震ではデジタル MEMS の波形と、1Hz 地震計の観測波形に大き な差はないが(図 5)、遠地地震の場合はデジタル MEMS にノイズが顕著である(図 6、 図 7)。

	Processing	Profiles	Geophone (10Hz)	Geophone (1Hz)	Digital MEMS
Active Seismic Profiling	CMP Stack / Prestack Imaging Migration V/A RAP Processing Refraction Analysis	P-wave Seismic Reflection Profile Migration Velocity Profile AVO Response Tomographic Velocity Profile	0	•	0
Local Earthquake Imaging	Prestack Imaging ( Analogous to Reverse VSP )	Reverse-VSP-CDP Profile	æ	0	0
Regional Earthquake Imaging	Interferometric Seismic Imaging	P-wave Acoustic Seismic Profile		0	9
Teleseismic Wave Imaging	Prestack Imaging ( Analogous to P-SV Converted Wave Analysis ) Interferometric Seismic Imaging	S-wave Structure Ps Receiver Function Profile PpPp Seismic Profile	×	e	×

# **Combination of Various Profiling Method**

図7. 制御震源-自然地震による構造探査手法とセンサーの適合性

これらの観測結果から、本プロジェクトのような制御震源から遠地地震までの幅広い 観測に対応するため、デジタル MEMS と 1Hz 地震計の組み合わせによる観測が、取り扱 い、経済性なども考慮して最適と判断できる。

### 2. 平成 20 年度の実施計画

首都圏北西部アレイの奥多摩周辺 50km 区間に、1km 間隔で稠密アレイを構築し、4 ヶ 月間の連続自然地震観測を行う。観測された自然地震波形データから、地震波干渉解析 法・レシーバ関数解析法により、フィリピン海プレートの構造を明らかにするための解 析を行う。

レナーツの 1Hz 地震計とデジタル MEMS の設置方法については、同一地点ではなく 500m ごとにずらして設置し、近地地震については 500m 間隔の稠密観測アレイ、遠地地 震については 1km 間隔のアレイとなるような観測点配置を検討する。予定している観測

5

## 資料 首 19-2-8

測線(図8)は、2003年の関東山地東縁測線と2005年の小田原-山梨測線でフィリピン 海プレート上面からの反射が明瞭に認められた領域を連結して想定した。これによって、 フィリピン海プレートの形状がイメージングされる。



図8. 首都圏北西部アレイによる地殻構造探査 自然地震観測予定測線図。

6

3. 平成 21 年度~23 年度の実施計画

- 平成21年度:首都圏北西部のアレイ観測を6ヶ月にわたり継続し、自然地震観測を行う。
  得られたデータを制御震源による波形データと合わせて解析を行い、首都圏北西域の地殻構造・プレート構造を明らかにする。
- 平成22年度:自然地震観測装置を50台追加し、つくば-九十九里間の100点に観測点(首都圏東北部アレイ)を設置し、自然地震の稠密アレイ観測を実施する。
- **平成23年度**:アレイ観測を継続し、得られた自然地震データを制御震源による波形デー タと合わせて解析を行い、首都圏北東域の地殻構造・上部マントルおよびプレート 構造を明らかにする。





加速度センサー

図1 独立型レコーダーとして使用する JGI MS2000(左)とセンサーの概念図(右)。



図 2 糸魚川-静岡構造線横断測線(大町-上田測線)における自然地震を用いた地設構 造のイメージング(Abe et al., 2007)。

(b) Common-midpoint stacked profile of interferometric seismic imaging for first-order free-surface P-P multiples. (c) Common-conversion point stacked profile of receiver function for Ps phase. (d) Prestack depth migrated profile of interferometric seismic imaging for first-order free-surface P-P multiples. (e) Prestack depth migrated profile of receiver function for Ps phase

地震波干渉解析法では、レシーバ関数解析法に比べ、詳細なイメージングが得られて いる。