地学研究室における地震計の設置について

中嶋浩一

1 はじめに

昭和六一年度における東校舎改修工事の際に、各研究室の部屋の配置替えが行われ、東階段下の一地下室が地学実験室として使用可能となった。そこで地学研究室としては、各種の地学研究テーマの中で、比較的実生活にも関係深く、また教育的な効果も期待できるものとして、地震計による地震観測研究を行う計画を立案した。

ところで本観測地点のような市街地内の観測の場合、通常の地震計は、自動車等による振動の影響が大きいため、大深度の地下でないかぎり設置は不可能である。そこで本地点では、いわゆる「強震計」を導入することとした。強震計は、通常の体感地震から破壊的な強震に至るまで記録できるレンジを持つ地震計である。この場合、実際に地震振動のデータを取得できる機会は比較的少なくなるが、このデータは地震学の研究にとって不可欠のものである。また、理科教育に利用可能なデータを取得するのにも十分な性能を有する。

この計画の概要は、以下のようなものである。

(1) 改修工事の際に、振動関連の環境を特に考慮した、感震器取付用のコンクリートピアを設置する。

(2) 傾斜計、重力計などの各種の地殻変動観測装置を利用するために、精密石定盤を設置する。

(3)試験観測を行うために、東京大学地震研究所より強震計を一台借用する。
(4)本観測のために、本学専用の強震計を導入する。
(5)東京大学地震研究所付属強震計観測センターのネットワークの一環として、共同観測に参加する。
現状においては、以上の各項目を達成しているが、今後の計画として、以下のような項目が考えられる。
(6)強震計出力にパソコンを接続し、実時間処理を行う。
(7)前記強震計観測センターからのテレメトリ処理を可能にするために、専用回線を敷設する。
(8)首都圏防災関連の地震観測ネットワークに参加し、データの交換を行う。
(9)重力計による連続観測および移動観測のプロジェクトに参加する。
以上の諸作業の他、得られたデータを解析することによって、本観測地点の諸特性、および本学周辺の地殻の特質等についての検討を行うこと、また、これら以外の各種地殻変動観測（傾斜計やGPSなど）を試みること、も必要である。

幸いにも、東校舎改修工事終了後、各種の装置の導入が順調に進展した。またいくつかの地震観測データも得られたので、今回、これらのデータの解析結果について報告する。今回は特に、本観測地点の構造的諸特性について検討した。

2　各種装置の概要と、その導入経過

本観測地点を構成する各種の装置について、以下にその概要を記す。

(1)コンクリートピア
寸法は、東西方向一九〇cm、南北方向九五cm、厚さ五〇cm、である。なお、東校舎の建物の固有振動の影響を遮断する目的で、建物の床部分とピア部分との間に約一〇cmの間隙を設け、建材用の砂を充填した。また、床下約五〇cmほどのところに東校舎基礎工事に用いたとみられる岩石塊の層が露出したので、ピアの深さは五〇cmとなったが、傾斜等に関する安定性、および地震振動の伝達性に関しては十分であると考えられる。

(2)精密石定盤

関ケ原石材（株）製のもので、寸法は一四〇×八五×三〇（cm）、材質は黒斑れい岩である。これは、七cm厚のセメントとボルトによってピアに固定した。

(3)試験観測用強震計

マークランド電子工業（株）製の、DACS—Lシリーズ、MARK—九一〇〇—ADIであり、東京大学地震研究所より借用した。本機は、感震部と記録部とに分かれており、感震部はコンクリートピア露出部にボルトで固定した。記録方式は、東西（EW）、南北（NS）、上下（UD）の加速度三成分、および時刻信号の、計四チャネルを、ディジタルカセット磁気テープに記録するようになっている。サンプリングレイトは、六〇ポイント／秒である。時刻は内蔵水晶時計によるが、精度保持のために、ラジオの報時信号やJJY信号などで随時較正する必要がある。

(4)本学専用の強震計

（株）明石製作所製の、ディジタル強震計、SMAD—3である。機器の構成、据え付けの方法、記録方式等については、前項のものとほぼ同様であるが、サンプリングレイトは一〇〇ポイント／秒、また時刻の較正についてはラジオの報時信号を自動的に識別して内蔵時計を較正する方式となっている。地震波のアナログ信号出力も利用可能である。

次に、これらの各種装置の現在までの設置の経過は、以下の通りである。

一九八六年度　東校舎改修工事の際にコンクリートピアを設置。

一九八六年度末　コンクリートピア上に石定盤を設置。

一九八七年　六月　試験観測用強震計（DACS—L）を設置。

一九八八年　五月　本学専用の強震計（SMAD—3）を導入、設置し、並行観測を行う。

一九八八年　九月　時刻較正用FM放送アンテナを設置。

一九八九年一二月　DACS—Lを撤収、東京学

芸大学の観測点へ移す。

3　観測状況

一九八七年六月九日のDACS－Lの設置以降、とりあえずデータ処理の完了した一九八九年三月六日までの観測状況は、以下の通りである。

一九八七年：六月九日～一九日　ノイズ多く誤作動のため記録なし。
（東校舎北側道路地下の下水道工事のためか？）
六月三〇日一八時一八分、茨城県南西部地震（M＝五・一）を記録。各種動作が正常であることを確認。
七月一日～八月二八日、正常に動作。
七月一二日一三時三二分、茨城県南西部地震（M＝四・九）を記録。
七月一六日一四時四八分、東海道はるか沖、深発地震（M＝六・五）を記録。
八月二九日　停電のため、内蔵時計停止。
九月一日セットアップ。
九月一日～一〇月一二日、ノイズのため異常動作。記録なし。
一〇月一二日～一二月三一日、正常に動作。
一〇月一八日一三時〇七分、神奈川県西部地震（M＝四・九）を記録。
一二月一七日一一時〇八分、千葉東方沖地震（M＝六・六）を記録。

一九八八年：一月一日　日本標準時において「うるう秒」による一秒遅れが行われたが、内蔵時計はそのままとする。
一月一日～三月二〇日、一秒進みのまま正常動作。
三月一八日〇五時三四分、東京直下地震（M＝六・一、深度九〇km）を記録。
三月二〇日～三月二九日、東校舎配電設備工事等のため、停止。
三月三〇日～五月二六日、正常動作（イ

ベントは特になし）。

＊五月二六日　ＳＭＡＤ―３導入、並行観測開始。

五月二六日～八月一二日、両者とも正常動作。

ＳＭＡＤ―３は、七月三一日～八月二日の一連の伊豆沖地震、および八月一二日のイベントを記録。

ＤＡＣＳ―Ｌは後者のみ記録。

八月一二日～八月二六日、ＤＡＣＳ―Ｌはノイズ多く異常動作。

（コネクタ部分の接触不良と思われる）

八月一二日～一二月三一日、ＳＭＡＤ―３は八イベントを記録。

ＤＡＣＳ―Ｌはノイズ多く、四イベントのみ。

一九八九年：一月一日～三月六日、ＤＡＣＳ―Ｌはやはりノイズ多く、二月一九日の一イベントのみ記録。ＳＭＡＤ―３は、三月六日、銚子下地震（Ｍ＝六・〇）をも記録。

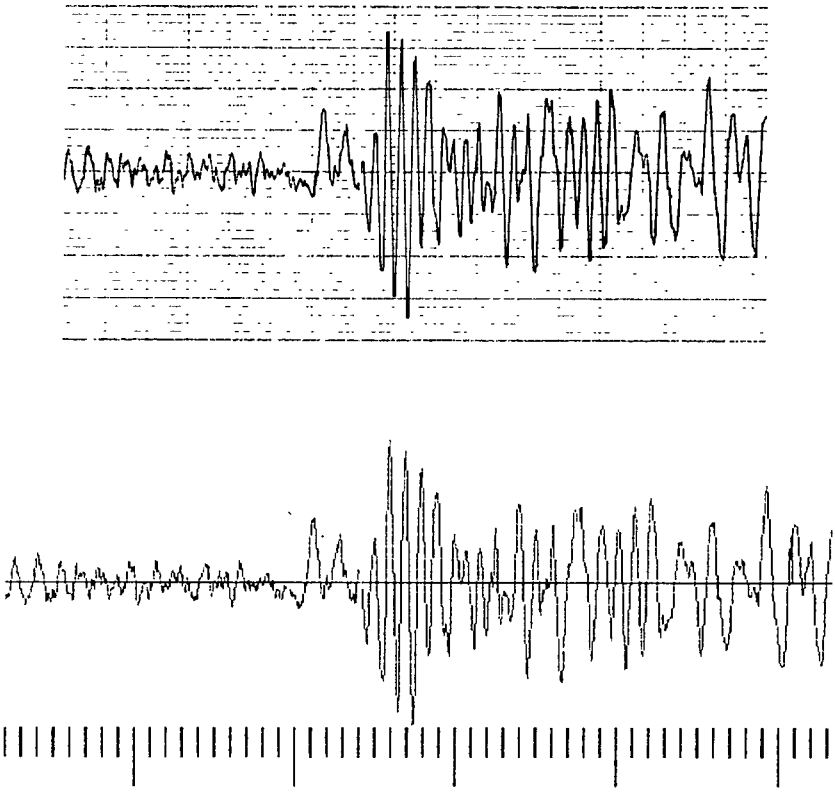
これ以降の状況については、データ処理未了のため確定的なことは不明であるが、ＤＡＣＳ―Ｌについては、磁気テープの走行状態などから判断して、一九八九年一二月三日の撤収に至るまで誤動作の多い状態であったと思われる。なお、ＳＭＡＤ―３は順調に作動したものと見られる。

４　ＤＡＣＳ―ＬとＳＭＡＤ―３の記録結果の比較

図１に、一九八九年二月一九日のイベントについての、ＤＡＣＳ―Ｌ(a)およびＳＭＡＤ―３(b)の記録結果を示す。

図１からわかるように、両者の記録はよく一致しており、各機器ともに、機器に固有なレスポンスなどは存在しないと判断される。

図1　同一のeventにおける，DACS-L（上）およびSMAD-3（下）の記録の比較。下の目盛りは，1目盛り1秒をあらわす。時間軸のスケールが上下でやや異なっているが，振動の様子はよく一致している。



5 SMAD—3の記録から見た、観測地点の諸特性

SMAD—3の記録結果は、前出の強震計観測センターにおいて、パソコン処理可能なデータに変換される。そこで今回は、これを利用して本学地学研究室において各種のデータ処理を行い、本観測地点（サイト）の建造物等の影響による固有振動（レゾナンス）などの諸特性の検討を行った。

結果は以下の通りである。

5—1 一九八八年八月一二日のイベントについて

このイベントは、千葉県南部を震源とする、M（マグニチュード）五・三の地震であった。図2のように、水平動のNS（南北）・EW（東西）両成分ともP波（初期微動）が明確に識別される。その継続時間は約一〇秒であり、理論的な値とよく一致する。またこのイベントは規模の大きい遠方の地震に特徴的な、長時間のゆっくりした振動が現れており、建物の共振のような比較的長周期のレゾナンスの検討に適していると考えられる。

図のように、このイベントの最大の揺れは数galであり、震度でIIからIII、いわゆる軽震から弱震程度といえる。今回のSMAD—3によるディジタルデータではこのほか、一九八八年九月二九日、および一九八九年二月一九日に同程度の震度のイベントがあったが、以下の検討ではこれらを比較の対象として利用しつつ、主に図2のイベントについて詳しく検討した。

5—2 水平動におけるP波の振動スペクトル

図2のように、NS、EWの各水平動成分には、振幅は小さいが明確なP波が現れている。これは他の例でも同様である。上記の三例の振動成分について、P波の約五秒間のデータのスペクトルを図3に示す。なお、今回はレゾナンスの存在等を検討する目的であるので、図の縦軸はarbitrary scaleとした。

図3から明らかにように、三例のイベントすべてに共通するような特定のレゾナンスは存在しないと考えられる。後述のように、建造物等の影響によるレゾナ

図2 1988年8月12日の地震の，SMAD-3による記録例。東京大学地震研究所強震計観測センターの解析結果による。

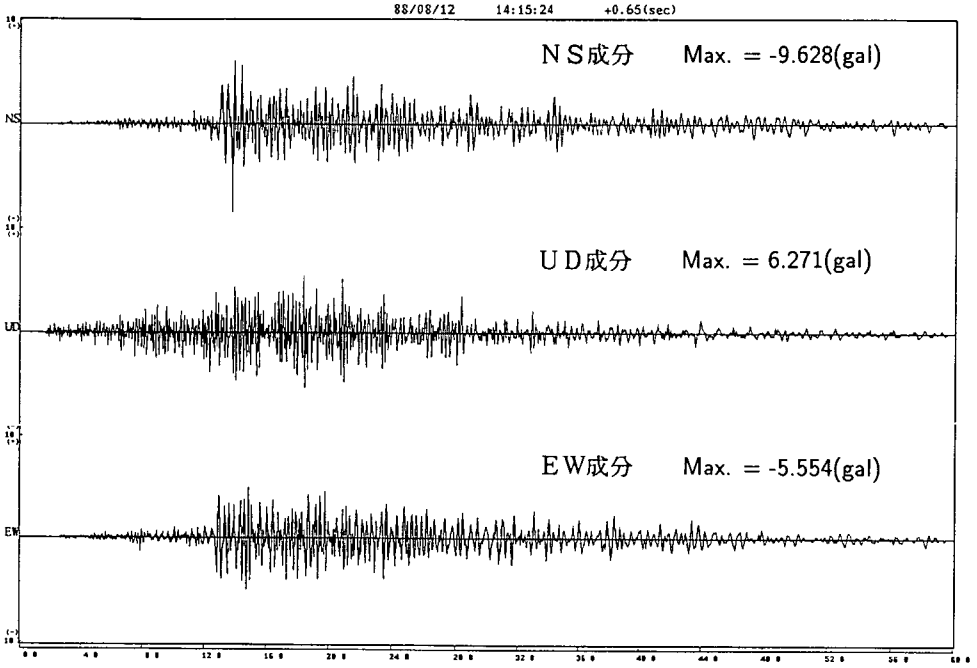


図3 水平動Ｐ波約５秒間のデータのスペクトル。event は，上から，1988 年 8 月 12 日（a，b），同 9 月 5 日（c，d），1989 年 2 月 19（e，f）のもの。

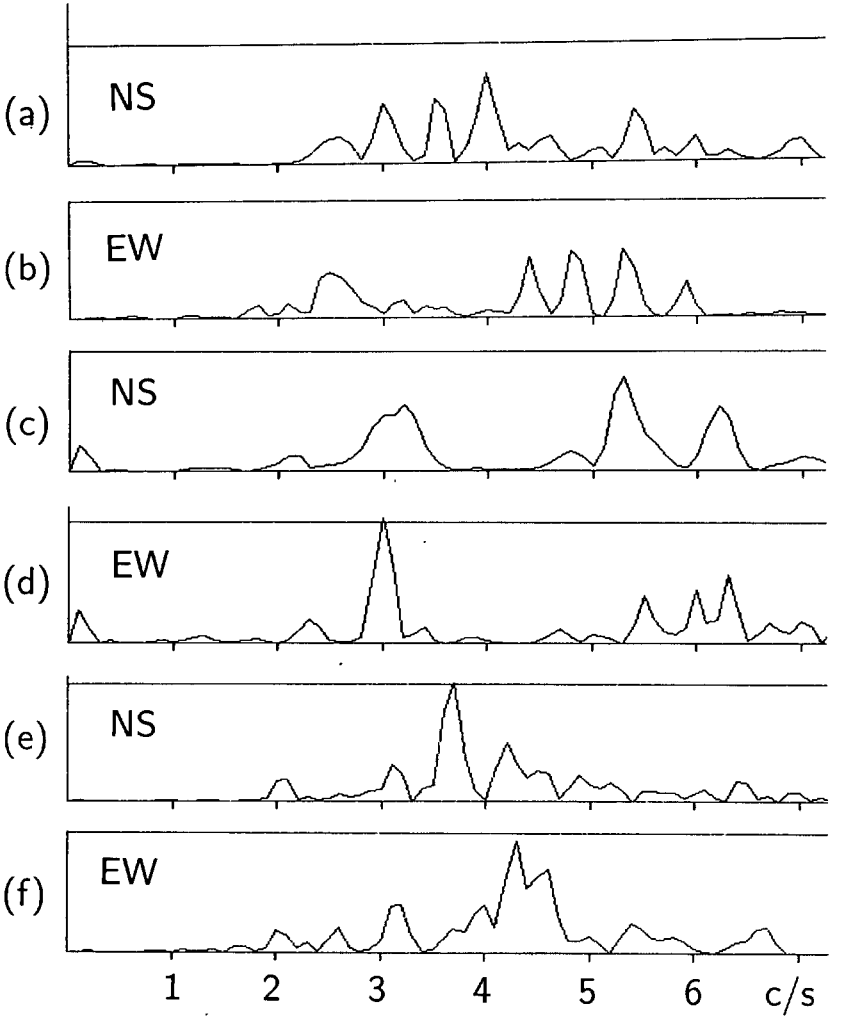
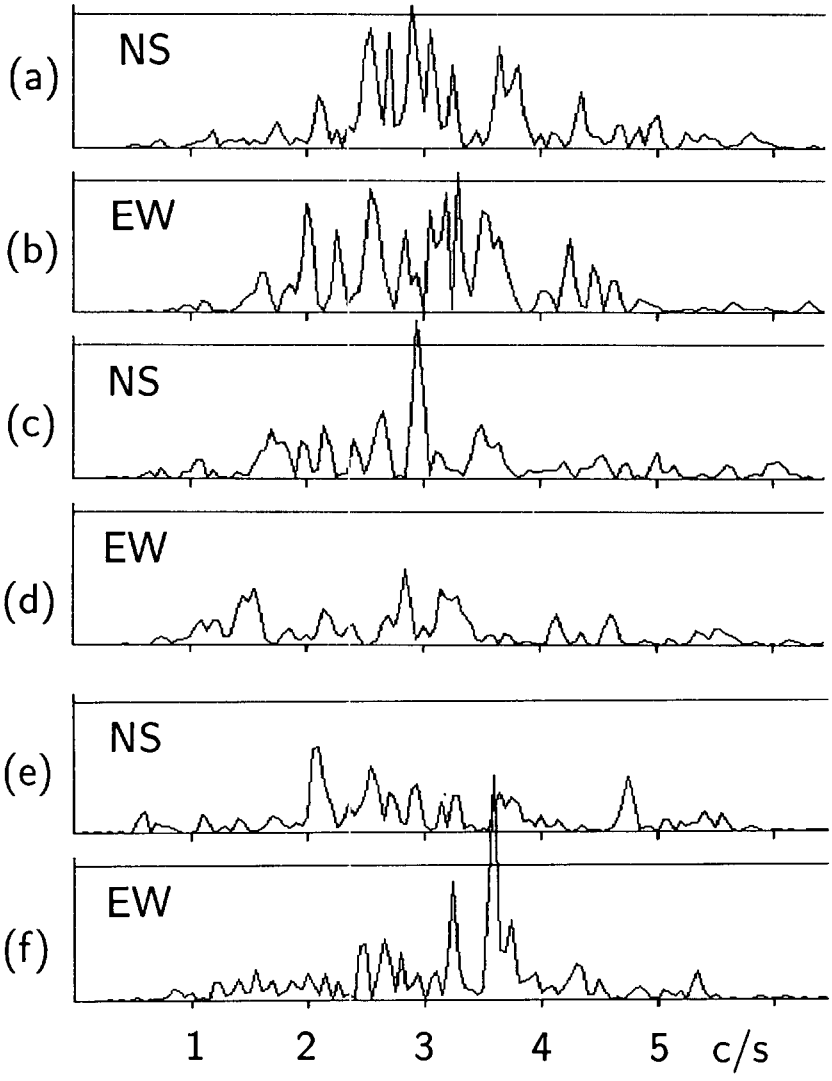


図4　水平動主要動約10秒間のデータのスペクトル。eventについては，図3と同じ。



ンスはむしろ主要動の後に顕著に現れると考えられるので、ここでは詳細な検討は省略する。ただし、図3に見られる各スペクトル成分はいずれも有意であり、これらを震源の状況や地下構造などとの関連で詳しく検討することが、今後必要である。

5—3 水平動・上下動成分における振幅の大きい部分のスペクトル

水平動・上下動各成分について、振幅の最大の部分を含む約一〇秒間のデータについて、スペクトル解析の結果をそれぞれ図4、図5に示した。水平動については、いずれもS波の開始から一〇秒間であるが、上下動については必ずしもそのようになってはいない。なお、上下動については、前記三例のイベントの他に、一九八八年九月二九日のイベントについても比較した。

結論的には、図から明らかなように、特定の周波数のスペクトル成分は見られず、少なくとも観測値に大きな影響を与えるようなレゾナンスは存在していないことがわかる。

なお付言すれば、水平動に比較して上下動は高周波成分に片寄ったスペクトル分布を示しているが、これはサイトおよびその周辺のレスポンスとの関連で、今後の興味ある検討テーマである。

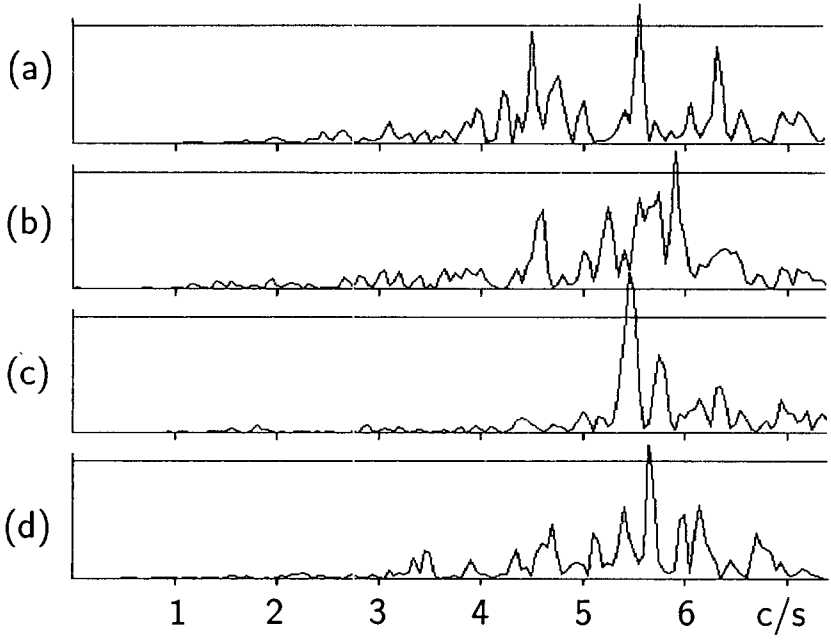
5-4 主要動後の残存振動成分のスペクトル

図2の各成分の振動波形に見られるように、主要動としての振幅の大きい振動が一〇数秒続いた後、比較的安定した残存振動が数十秒継続している。これらの振動は、もちろん地震による振動本来のものがほとんどであるが、また大きな振動の後に続く部分であるだけに、一部にサイトのレゾナンスによる振動が含まれている可能性があると考えられる。これらの部分のスペクトルを図6、図7に示す。それぞれの成分は、図4、図5と同様である。前項の結果に比べて、パワーが低周波の部分へ移動していることが注目される。

まず、二c/s以上の比較的高周波の成分については、前項と同様に顕著な共通スペクトルは見られず、やはり特定のレゾナンスは存在しないものと考えられる。

次に、一c/s程度の低周波成分について見た場合、ピーク周波数にややばらつきがあって特定するのは困難

図5　上下動の振幅の大きい部分の約10秒間のデータのスペクトル。(a), (b), (d)のeventについては，それぞれ図3の各eventに対応するが(c)は1988年9月29日のものである。



であるが、約一・一c/s付近に一つの共通項を見ることができる。これは水平動・上下動の両者にも共通しているが、仮に建造物によるレゾナンスを考えた場合、両者に共通すべき必然性はないものと考えられる。いずれにしても、この共通項は今回のデータのみではノイズレベル以下のパワーであり、今後のデータの蓄積によってさらに検討する必要がある。

6　おわりに

今回の報告は、地学研究室の地震計に関する最初の報告であるので、地震系の導入経過、機器の概要、サイトの状況などについて主にまとめた。

特に、一九八九年二月までに取得されたデータの解析の結果、機器が正常に作動しており、またサイトについて

図6 水平動の残存振動の部分約10秒間のデータのスペクトル。eventは図3と同様。

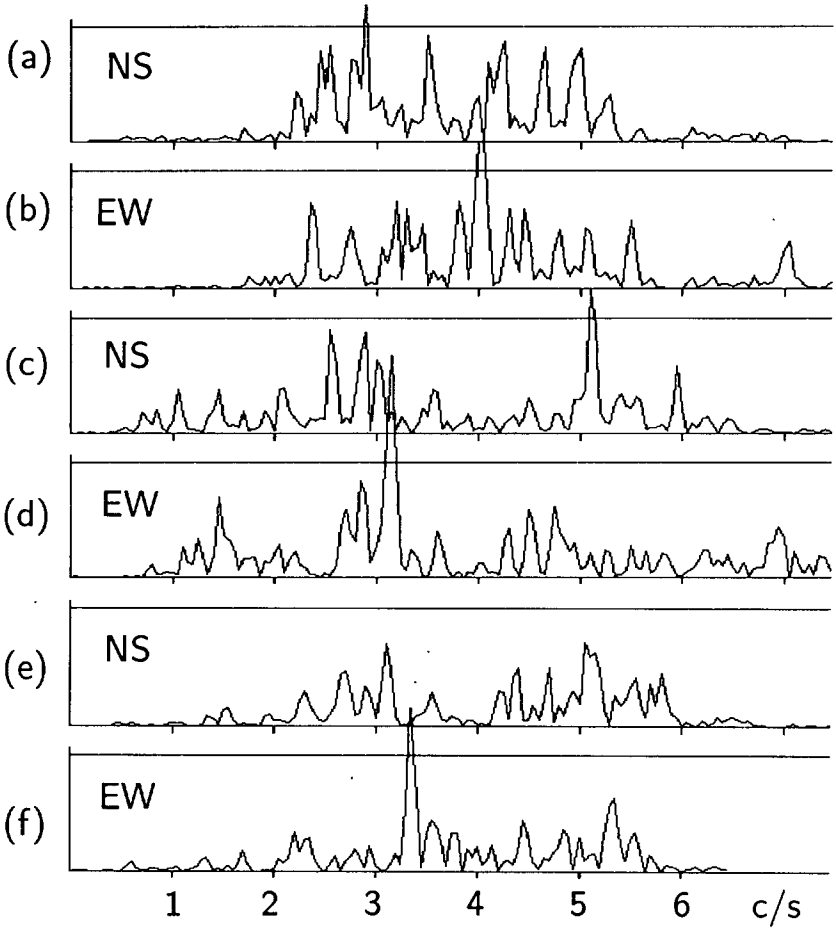
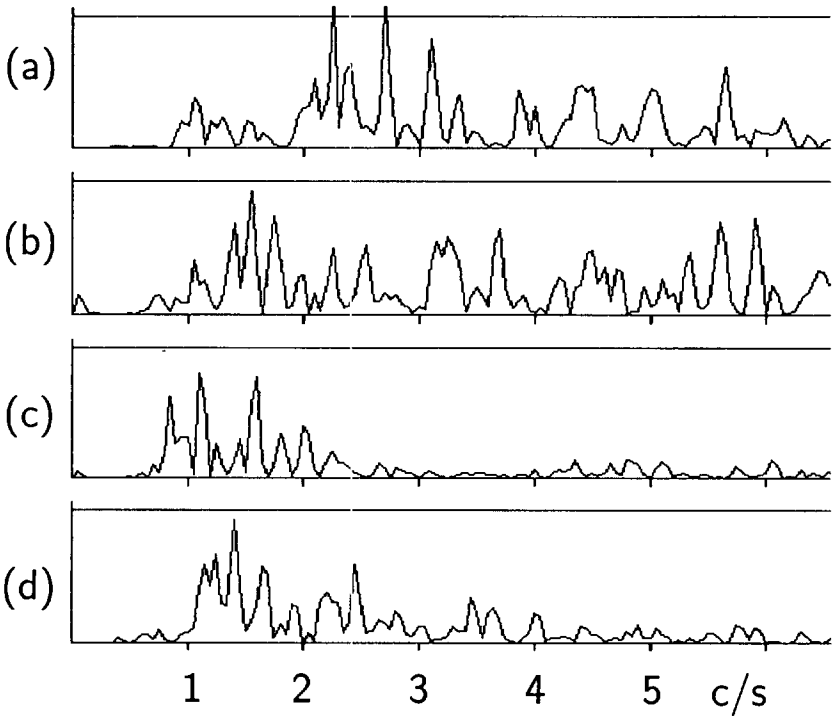


図7　上下動の残存振動の部分約10秒間のデータのスペクトル。eventは図5と同様。



も特に異常なレゾナンスを持たないことが確認された。

今後の検討課題として、得られた地震波データを他所のものと比較しつつ本サイトの特徴を明らかにすることが必要であるが、同時に、冒頭にも述べたように、首都圏の地震観測ネットワークに積極的に貢献するために諸設備の整備を行うことも重要である。

謝辞

本稿をまとめるにあたり、東京大学地震研究所付属強震計観測センターの工藤一嘉博士、坂上実技官両氏に、地震計の設置、データの集約など、あらゆる面で多大の援助を頂いた。ここに深甚なる謝意を表する。また、東京学芸大学教育学部の山崎謙

介助教授には今回の計画全般にわたって適切な助言を頂いており、改めて感謝の意を表したい。石定盤の設置に当たっては、国立天文台水沢観測センターの坪川恒也博士から貴重なる助言を頂いたことを、感謝の言葉とともに報告したい。各機器の導入にあたって、一橋大学事務局の関係各氏に尋常でない御手数をかけたことを付言する。

(一橋大学教授)