

### 3 - 7 微小地震波信号の自動処理

#### Automatic Data Processings of Microearthquake Signals

東京大学地震研究所・地震予知観測室  
Earthquake Research Institute, University of Tokyo

地震予知観測室は関東甲信越地域およびその隣接地域（東北地方，東海地方）の微小地震観測のためのネットワークの整備とデータ処理システムの開発を進めつつある。予知連絡会会報第25巻（昭和56年2月）にはこのシステムのうち実時間処理を行う前処理部について報告した。また第26巻（昭和56年8月）には震研関東甲信越観測網と名大東海地方観測網との波形データ交換システムについて報告した。今回は微小地震波信号の実時間処理結果を用いてさらに高精度のオンライン検出処理の実用化の見通しがついたので報告する。

地震波信号は全体としてみたとき定常的な時系列とみなすことはできないが，ある非定常区間を定常な2つの区間に分割するという手法によりP波，S波などの到着時刻の決定を行う。地震波信号の表現にはARモデルを適用し，その次数の決定および到着時刻決定の基準としては，赤池の情報基準（AIC）を用いる。

検出処理結果をまとめると次のことが指摘できる。

#### I) P波

上下動1成分のみを用いたとき誤差 $\pm 0.01$ 秒で約95%以上が読みとれる。判定区間を広げれば残り数%に対しても同程度の精度の読み取りが可能になる。

#### II) S波

前処理システムによる情報を用いているため，不安定さはあるが前処理で真のSの近傍を示したものに対しては $\pm 0.1$ 秒程度で約90%以上が読み取り可能である。今回オンラインシステムに組み入れたのは水平動1成分のみを用いる手法であって，2ないし3成分を使用するようになればP波と同程度の精度による読み取りが可能となる。

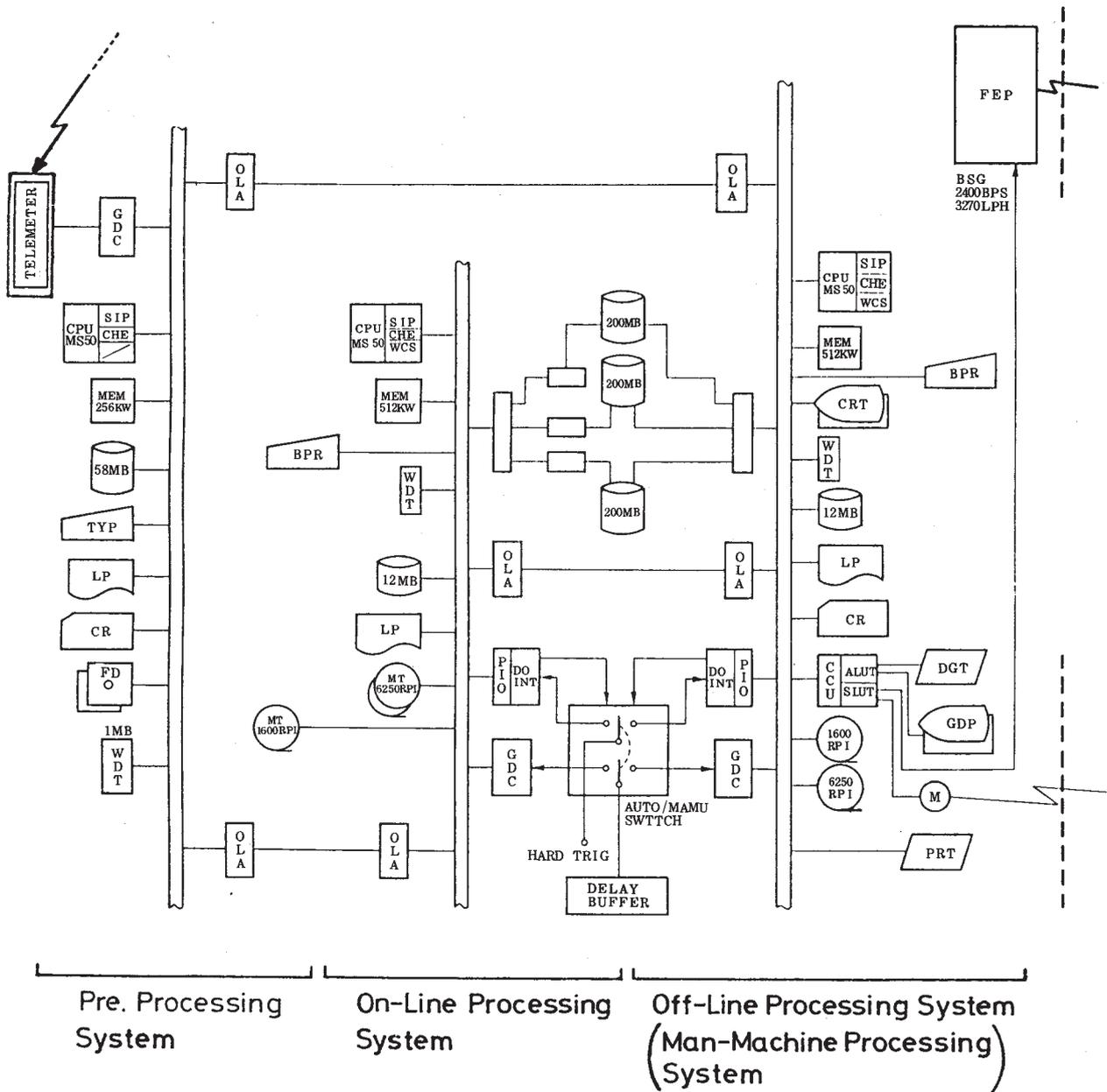
#### III) P波およびS波の到着時刻の決定に要する時間

1観測点につきP波，S波それぞれ1秒以内，両方の読み取りがある場合には約2秒間で計算できる。しかし，入力波形データを連続的に百数十チャンネル走査するときわめて長い処理時間が必要となる。この難点は高精度検出処理システムの前段に入力波形信号を連続的に高速走査し，P波及びS波到着時刻の第1近似処理を行う前処理システムを設けることにより解決される。P波およびS波についてのモデル設定区間の位置はこの前処理検出値の前後に設定すればよく，連続走査の必要はなくなる。

#### IV) 検測者の介入

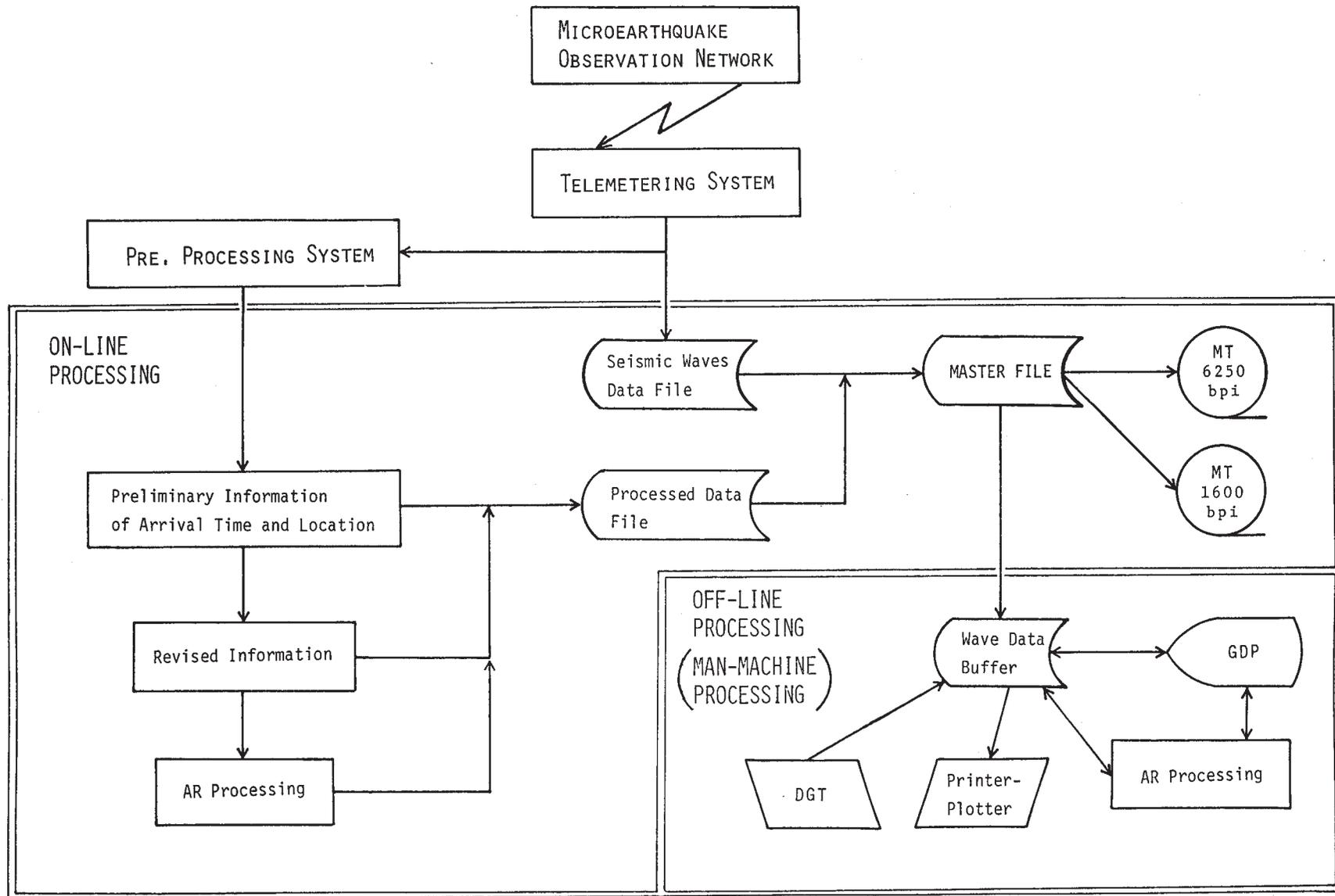
I)～III)をオンライン処理とすれば、さらに後段にオフライン処理として人間の介在した処理システムを設けることにより、オンライン処理による位相同定の誤り及び第1次近似の誤りを是正することができる。ここに、ARモデルによる自動検測方式を併用すれば検測者は各データを読み取る必要はなく、数十チャンネル、数十地震を同時に表示し、そのおおよその時刻設定を行うだけでよい。またこのオフライン検測は非同期に行えるので、計算時間等は気にすることなくさらに高精度の処理方式を導入することもできる。1チャンネルあたり1秒間に120サンプルで10ビットのデジタル波形を内部に記憶しているため、検測者は時間軸、振幅ともに非常に圧縮されたものを同時に多チャンネル見ることができる。この方式のオフライン処理はオンライン処理の方式と一貫性を保っているだけでなく検測者の経験の差によらず客観性のある高精度検測ができるという点に大きな特長がある。

第1図に地震予知観測室の微小地震データの自動処理システムのハードウェア構成を示す。第2図にARモデルによるデータ処理を中心としたオンライン処理のデータの流れ図を示す。第3図a～cにP波に対する検測結果をグラフィック・ディスプレイに表示したものを示す。図中、Pは前処理による検測結果で、X0はARモデルによるオンライン処理結果である。それらの後の数値は、検測された到着時刻の正秒からの値（単位は秒で、百分の1秒まで表示）で、それぞれのバーの先端が検測されたポイントを示している。第4図a～cはS波に対する検測結果である。図中、Sは前処理による検測結果で、X1はARモデルによる処理結果である。PおよびS波の前処理検測結果がARモデルの適用によるオンライン検測により改善されていることがよくわかる。第5図a～dは関東地方に発生した8ヶの微小地震を自動検測した結果である。この結果による震央の位置を第6図に示す。



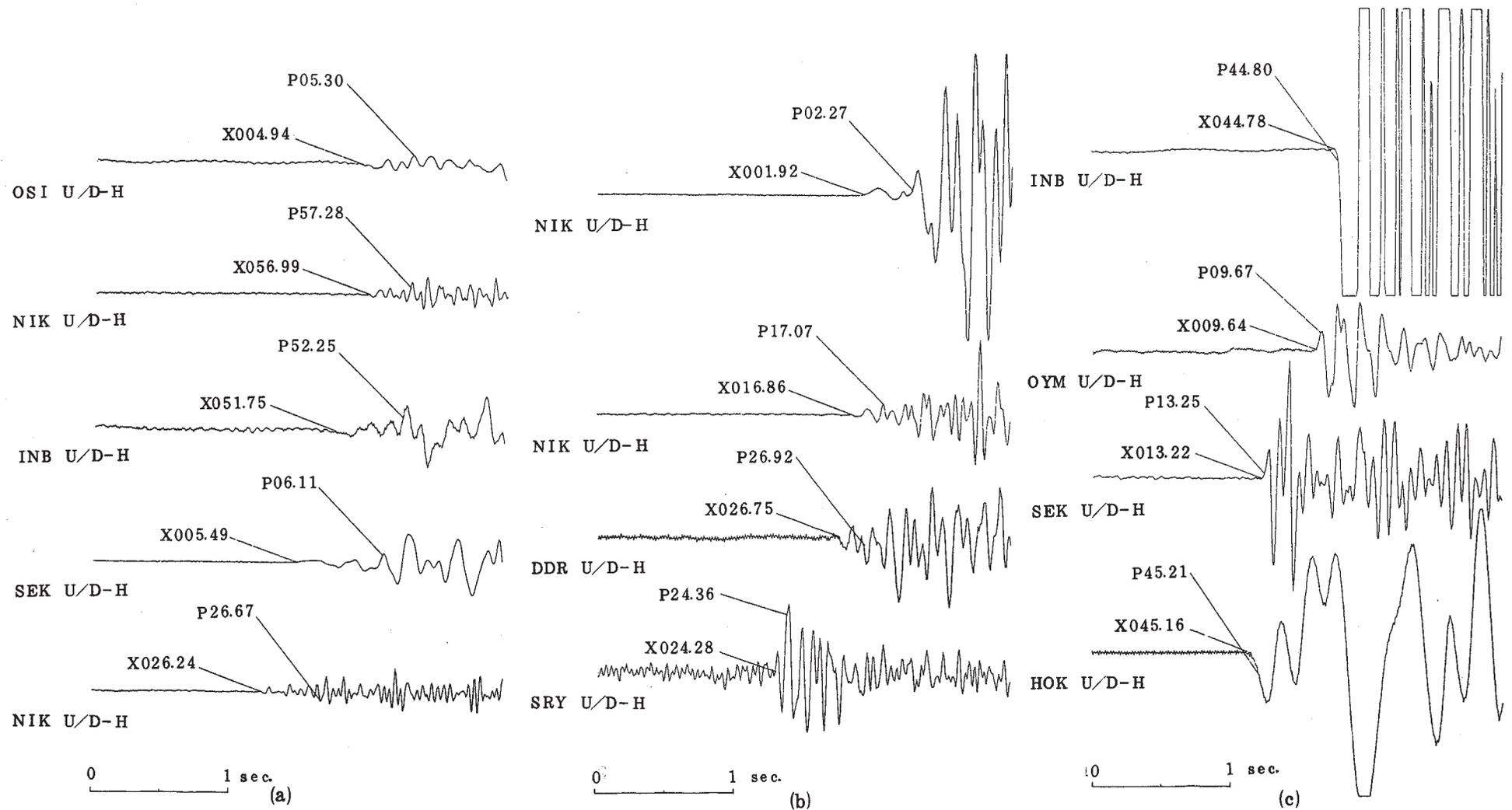
第1図 微小地震データの自動処理システムのハードウェア構成

Fig. 1 The automatic data processing system of ERI connected with the microearthquake observation in the Kanto district.



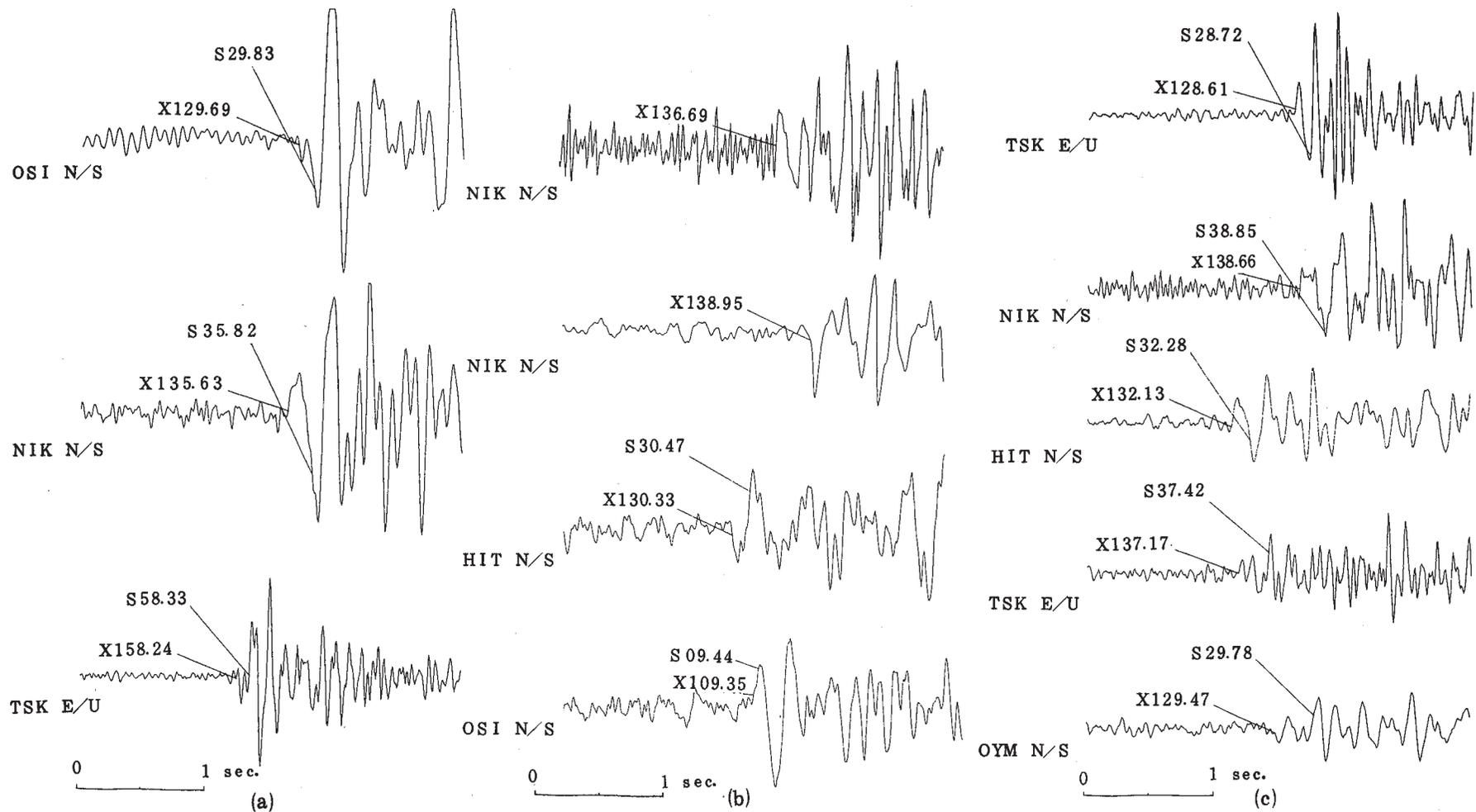
第2図 ARモデルを用いた波形データ検測処理の流れ図

Fig. 2 Data flow of the automatic data processing system with application of the AR model.



第3図 a～c。P波信号とその自動検測結果。Pと記したのは前処理による結果、X0と記したのはARモデルによるオンライン検測結果。前処理による結果がARモデルによる検測処理により改善されていることが明瞭にわかる。

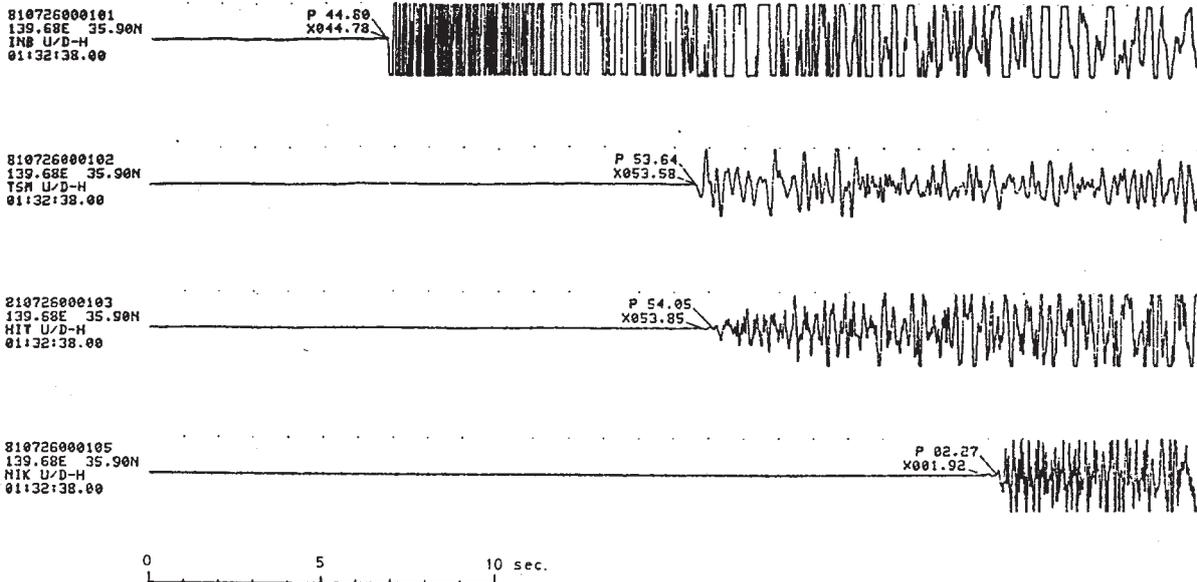
Fig. 3 Illustrations of the P wave signals and the results of arrival time measurements by the pre-processing (designated as P) and those by the AR model processing (designated as X0). Note that the arrival time given by the pre-processing is significantly improved by the application of the AR model processings.



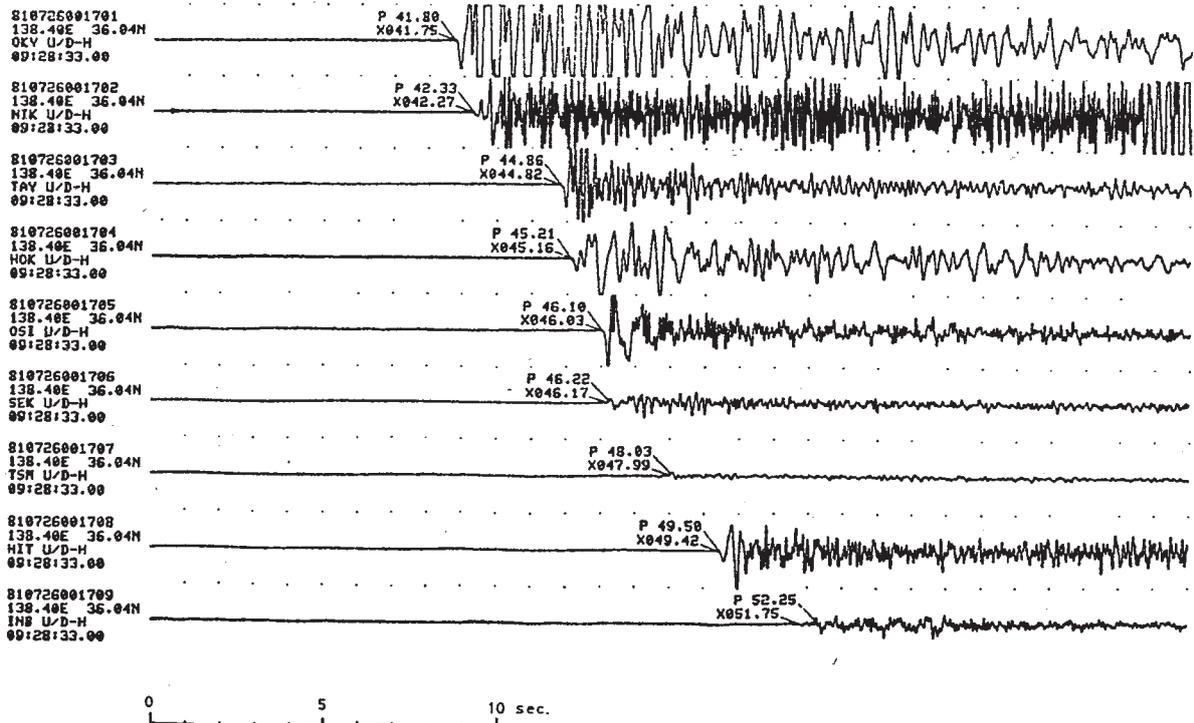
第4図 a～c。S波信号とその自動検測結果。Sと記したのは前処理による結果、X1と記したのはARモデルによるオンライン検測結果。前処理による結果がARモデルによる検測処理により改善されていることが明瞭にわかる。

Fig. 4 Illustrations of the S wave signals and the results of arrival time measurements by the pre-processing (designated as S) and those by the AR model processings (designated as X1). Note that the arrival time given by the pre-processing is significantly improved by the application of the AR mode processings.

Earthq. No.1



Earthq. No.2

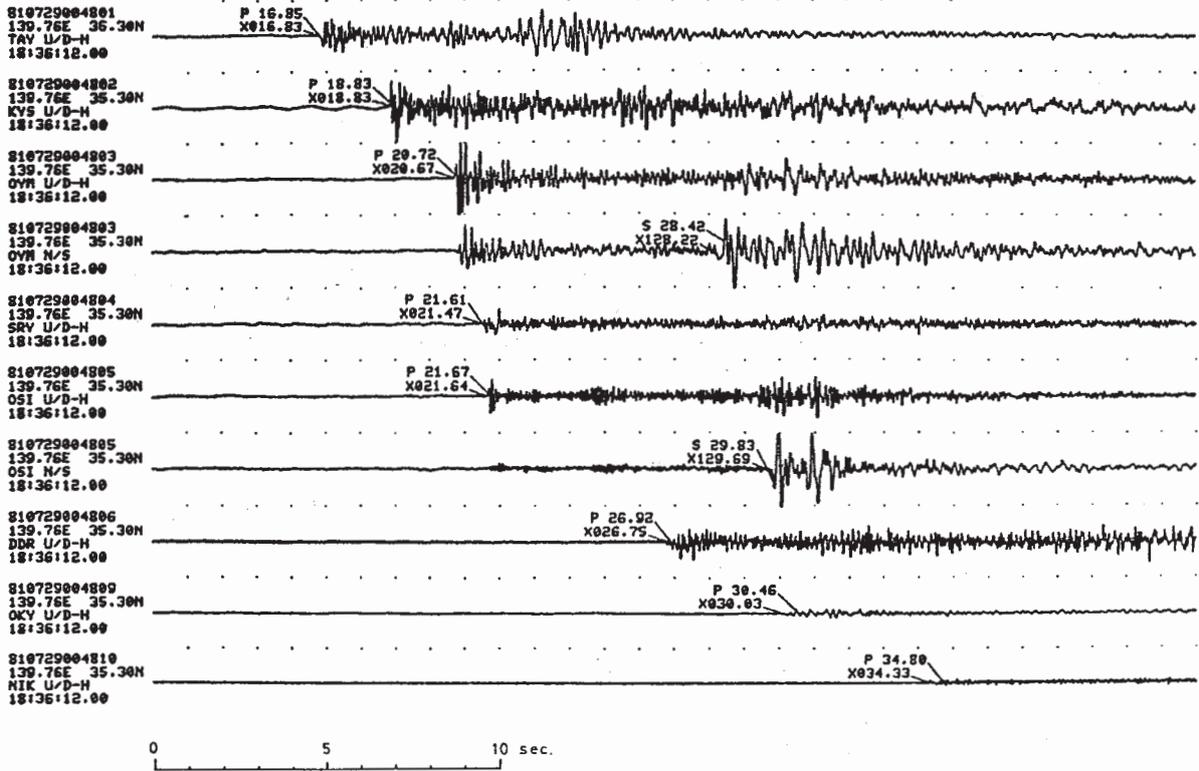


(a)

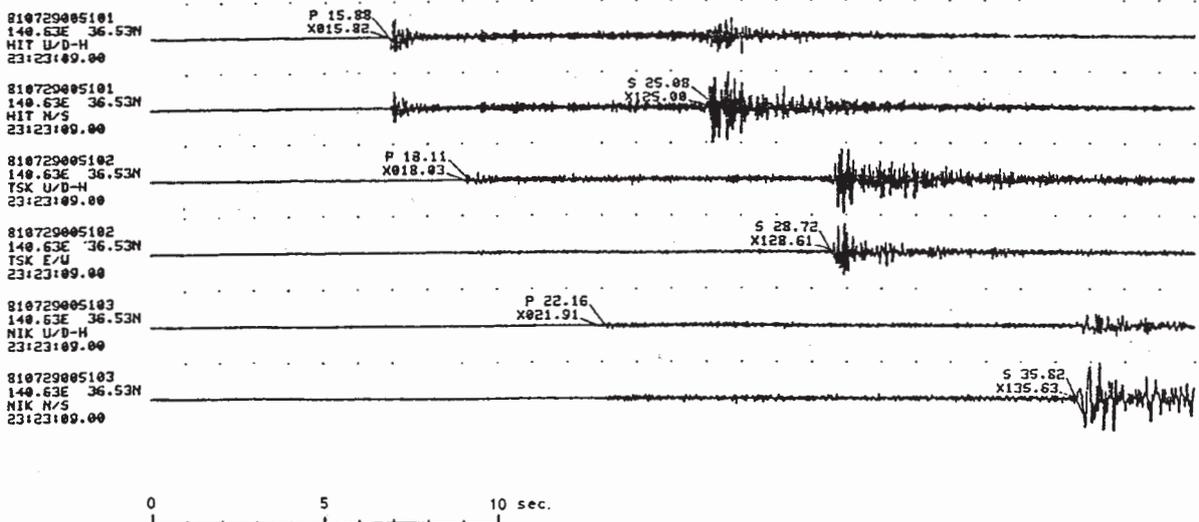
第5図 a～d. 関東地方における微小地震の多成分記録とその検測結果の例。

Fig. 5 Examples of multi-channel seismograms of microearthquakes in the Kanto district and the arrival time for the P and S waves. The results of the arrival times for the P and S waves given by the pre-processings are designated as P and S, and those given by the AR model processings are designated as X0 and X1, respectively.

Earthq. No.3



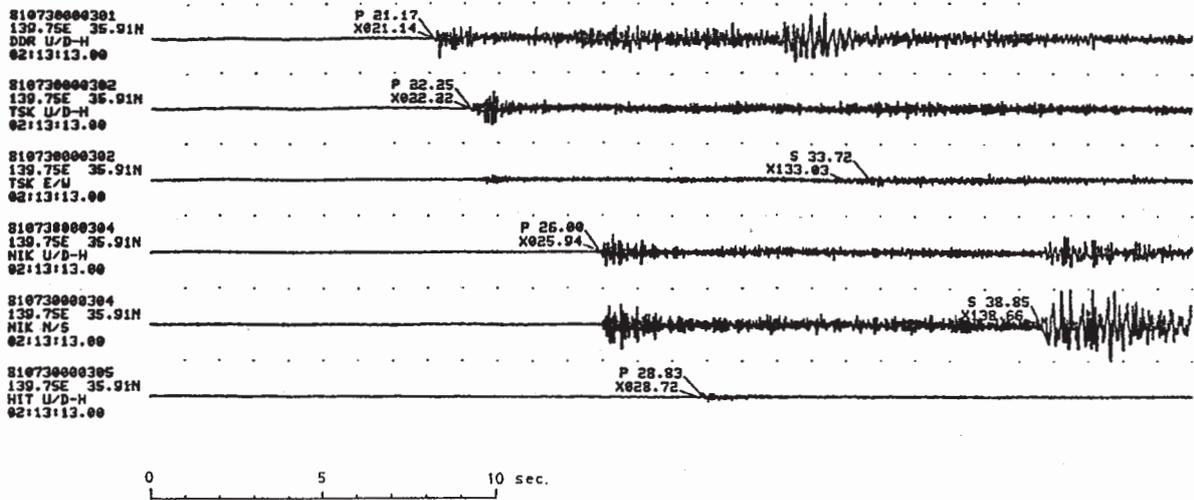
Earthq. No.4



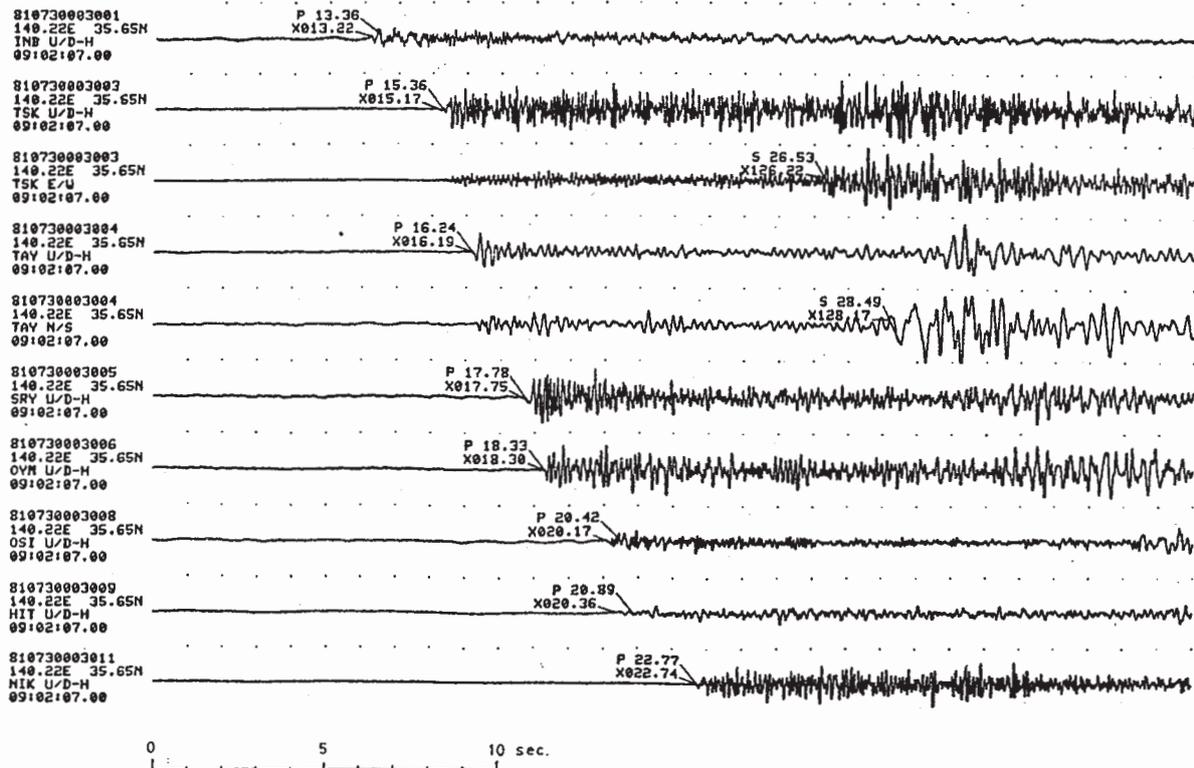
(b)

第5図 つづき  
Fig. 5 (Continued)

Earthq. No.5



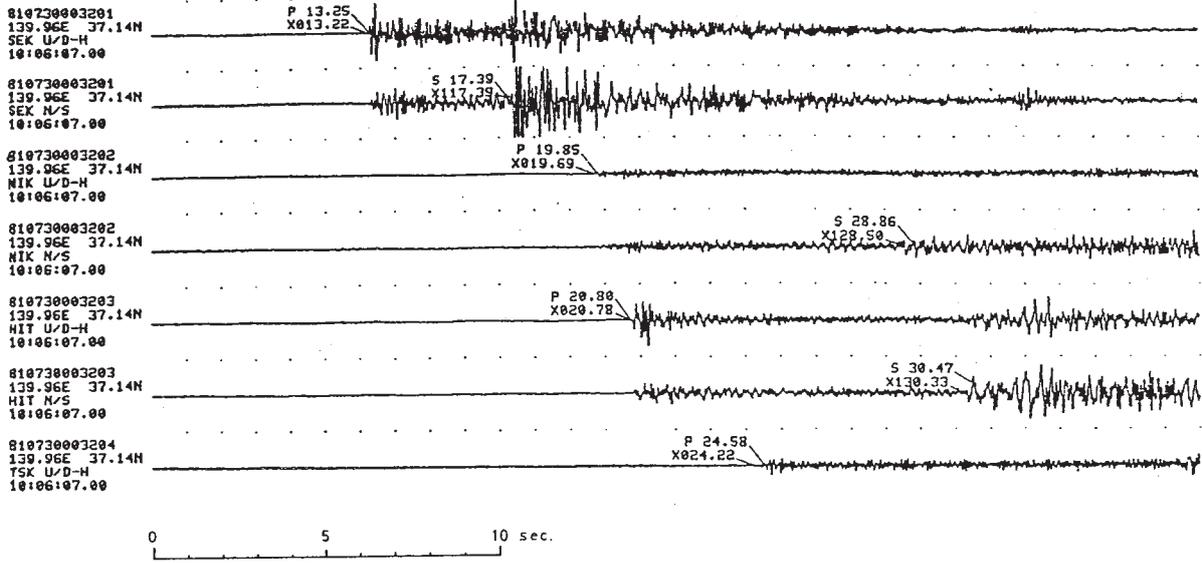
Earthq. No.6



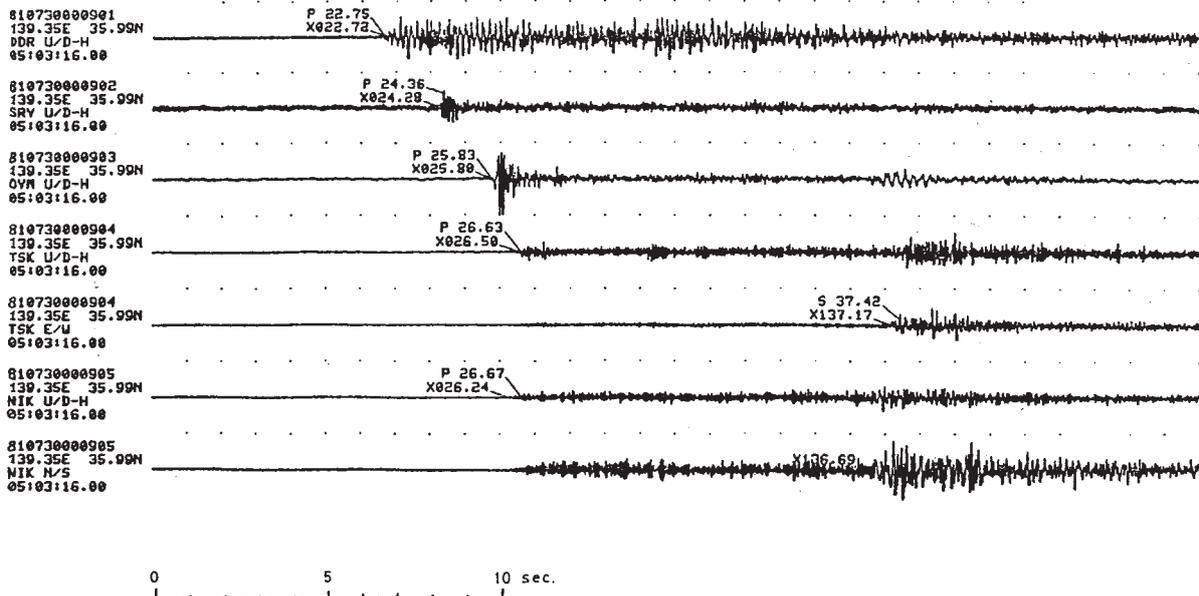
(c)

第5図 つづき  
Fig. 5 (Continued)

Earthq. No.7

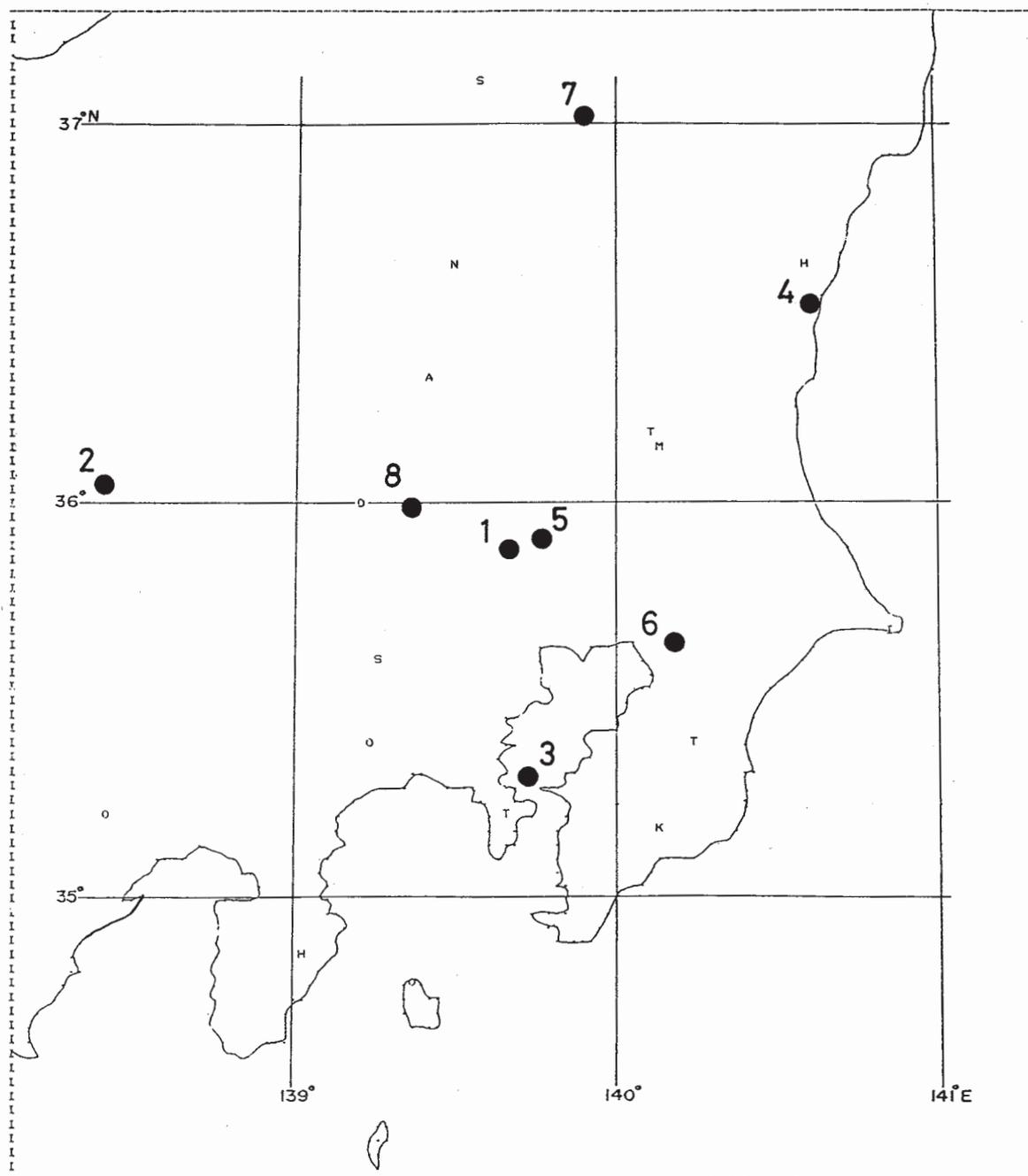


Earthq. No.8



(d)

第5図 つづき  
Fig. 5 (Continued)



第6図 第5図に示した微小地震記録例に対応した震央分布 (No. 1 ~ 8)

Fig. 6 Map showing the location of microearthquakes (as numbered 1 - 8), the seismograms of which recorded at stations in the Kanto district are shown in Figs. 5, a - d.