## 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 度のオンライン検測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。

検測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±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±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測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測値の前 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ビットのディジタル波形を内部に記憶しているので、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に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ケ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.





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

.



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.



given by the pre-processing is significantly improved by the application of the AR mode processings.

Earthq. No.1

810725000101 139.68E 35.90M INB U/D-H 01+32+38.00	
810726000192 139.682 35.90n 154 L/D-H 81:32:38.00	×053:58 MMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMM
210726000103 139.58E 35.90N HIT U/D-H 01132:38.00	×053.85
810726000105 139.685 35.90n NIK U/D-H 01132138.00	P 02-27 x001.92
Ea	0 5 10 sec. 1
810725091791 138.495 36.04N QKY UD-H 90128:33.00 810726001702 138.40E 36.04N NK UD-H 90128:33.00 810725301703 138.40E 36.04H 138.40E 36.04H 138.40E 36.04H	xo12:27 xo12:27 xo12:27
810726001704 138.40E 36.04N HOK U/D-H 99:28:33.00 810726001705 138.40E 36.04N OSI U/D-H 09128:33.00	
810726001706 138.40E 36.04N SEK U/D-H 99128133.00 810726001707 138.40E 36.04N TSN U/D-H	P 45.03 X047.99
USI28133.00 810726001708 138.40E 36.04N HIT U/D-H 09128133.00 810726001709 138.40E 36.04N INB U/D-H 09128133.00	P 49.58 X049.42 MM/MM/MM/MM/MM/MM/MM/MM/M/M/M/M/M/M/M/
	0 5 10 sec. (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

819729984801 139.765 36.30N TAY U/D-H 18:36112.00	
810729004802 139.76E 35.30N Kys U/D-H 18:36:12.00	
810729004803 139.76E 35.30N 0yr U/D-H 18:36:12.00	P 29.72 X020.67
810729904803 139.76E 35.30N OYN N/S 18136112.00	
810729004804 139.76E 35.30N SRY U/D-H 18136112.00	P 21.61 X021.47 Way and the barrow was a solver by branches and any barrow and an and a solver and a solver and a solver
810729004805 139.76E 35.30N 05I U/D-H 18:36:12.00	P 21.67 X021.64
810729004805 139.76E 35.30N 05I N/S 18:36:12.00	5 29.83 X129.59
810729004806 139.76E 35.30N DDR U/D-H 18:36:12.00	P 26.92 x026.75
810729004809 139.76E 35.30N OKY U/D-H 18:36:12.09	P 39.46 X939.93
810729004810 139.76E 35.30N NIK U/D-H 18136112.00	P 34.80 X034.33
	0 5 10 sec.
Eart	hq. No.4
819729985181 148.63E 36.53M HIT U/D-H 23127140 88	P 15.88 X815.82
810729005101 140.63E 36.53N HIT N/S 23123109.00	S 25.08
810729005102 140.63E 36.53M TSK U/D-H 23:23109.00	
818729005102 140.63E '36.53N TSK E/U 23123109.00	5 28.72 x128.61
810729005103 140.53E 36.53N NIK U/D-H 23:23:09.09	P 22.16 x021.91
810729005103 140.63E 36.53N NIK N/5 23123109.00	5 35.82 X135.63

0 5 10 sec.

(b)

第5図 つづき Fig.5 (Continued)

Earthq. No.5

•

810730004301 139.75E 35.91N DDR U/D-H 62113113.09	P 21.17 xezi.14 will roum for milder file participant for an international fill when have have been shown the	
810730000302 139.75E 35.91N TSK U/D-H 02113113.00	P 22.25 X022.32	
810730000302 139.75E 35.91N TSK E/U 02113113.00	\$ 33.72 X133.03	
810738900304 139.755 35.91N NIK U/D-H 92:13:13.00	P 25.94 x025.94 x044444444444444444444444444444444444	4
810730000304 139.75E 35.91N NIK N/5 02:13:13.09	5 38.85 <b>111111111111111111111111111111111111</b>	
810730000305 139.75E 35.91N HIT U/D-H 92:13:13.00	P 28.83 X828.72	

0 5 10 sec.

Earthq. No.6

810730003001 140.22E 35.65N INB U/D-H 99102107.00	P 13.36 X013.22 / ph/ ypullinile/with man
810730003003 140.22E 35.65H TSK U/D-H 09102107.00	x015.17 min all many and share and a share and a share and a share and a share a share and a share and a share
810730003003 140.22E 35.65N 75K E/U 09102107.00	Antoning and the second s
810730003004 140.22E 35.65N Tay U/D-H 09:02:07.00	P 16.24 X816.19 MMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMM
810730003004 140.22E 35.65N Tay N/S 09:02:07.00	wanter the state of the state o
810730003005 140.22E 35.65N SRY U/D-H 09:02:07.00	xo17.75 1141144 1414 444 when a with
810730003006 140.22E 35.65N 0YM U/D-H 09102107.00	2018.33 WHWMMAN MANA MANA MANA MANA MANA MANA MANA
810730003008 140.222 35.65N OSI U/D-H 09102107.00	P 20.42 X020-17 Mary 1 product and a mark the second and and a mark the second and a mar
810730003009 140.22E 35.65N HIT U/D-H 99102:07.00	p 28.89 X820.36
810730003011 140.22E 35.65N NIK U/D-H 09102107.00	xozz.77 may hill by my him of the self of

0 5 10 sec.

(c)

第5図 つづき Fig.5 (Continued)

Earthq. No.7

819730803201 139.96E 37.14N SEK U/D-H - 19:06:67.00		P 13.25 X013.22	lucent the party of the	Whymatheran	le the state of th	an a	
810730003201 139.96E 37.14N SEK N/S 10:06:07.00	• • •		5 17.39 x11.31 x1.31 x11.31 x1.31 x1.31 x1.31 x1.31 x1.31 x1.31 x1.31 x1.31 x1.31 x1.3	Multiplication	it which get a get a dec	www.www.www.www.	WWWWWwwwwwww
819730003202 139.96£ 37.14N NIK U/D-H 19106107.00		· · · ·	P 19.85 X019.69		·····		and and the state of the second
810730003202 139.96E 37.14N NIK N/S 10:06:07.00		· · · · ·			5 28 X128 5 X128 5	.86	www.whiteway
810730003203 139.96E 37.14N HIT U/D <del>-H</del> 10106107.00	· · ·		P 20.8 X020.7	8 Marthanna		Maryana	Mandersonan
810738003203 139.96E 37.14N HIT N/S 18106107.00	· · ·	· · · · ·	· · · · · ·			5 30.47 EE.9EIX	WWWWWWW
810730003204 139.96E 37.14H 75K U/D-H 10:06:97.00			•••••	P 24.58 X024.22	 	yderpelifig-ogetenineffersen-ogetyrette	<del>ประการประการประการ</del> รู้
0		5	10 sec.				
Eart 139.352 35.954 DDR U/D-H 9519315.888	nq. No.8	P 22.75 X022.73	hilis dan til hill for linn an eller an An an	atend of the state	here have been and a second	า ไปสี่งปุกเหลือสิราชการเกลาไปเปล	<b>\$\$\$\$\$\$\$\$\$</b> \$
610730000902 139.35E 35.99N SRY U/D-H 95103116.69	· · ·	P 24.3 X024.2	16- 8- 		Marine and the second states		
810738000983 139.35E 35.99N 0ym u/d-H 05:03:16.00		· · · · ·	P 25.83			www.	
810730000904 139.35E 35.99N TSK U/D-H 05+03+16.00	· · ·		P 26.63 X026.50				
810730008904 139.35E 35.99N TSK E/U 05103116.00	••••	 	· · · · ·	· · ·	\$ 37.4 X137.17		<del>red.gWm/arabiligUdJar-la.o.c.a</del>
810730000905 139.35E 35.99N NIK U/D-H 05:03:16.00	· · ·	• · · · ·	P 26.67 X026.24	 M <del>.p.t.014(p.tor</del>	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	ar folge for the folge for a strange	<mark>Mangun péréndenn deux</mark>
810730000905 139.35E 35.99N NIK N/S 05103116.00	· · ·			*****	¥136-59	NHHAMMAN	Hailligh an although the second second

0 5 10 sec.

(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.