

1-5 1993年北海道南西沖地震の広帯域臨時余震観測

Broadband Aftershock Observation of the 1993 Hokkaido-Nansei-Oki Earthquake

防災科学技術研究所

National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention

防災科学技術研究所では、1993年7月20日より、11月15日まで、1993年北海道南西沖地震の余震観測を行った。観測の主な目的は、1) 高精度の余震波形により、地震発生後の応力状態の時空間分布を明らかにする、2) マグニチュード7クラスの余震の震源近傍域における高精度波形データにより、詳細な震源過程を明らかにする、3) マグニチュード3から7クラスの余震の立ち上がり波形を詳細に調べ、破壊の開始と成長を規定する要因を調べる、ということである。

観測地点は、第1図及び第1表に示すように、当初4点を設置し、9月7日より奥尻島に1点増設した。

観測装置としては、第2表に示すように、基本的には、広帯域で比較的感度が高いStreckeisen社のSTS-2地震計と、加速度型強震計のKinematics社のFBA 23地震計を併用した。上記の地震計のほかに、振動技研製のPELS地震計も用いた。収録装置としては、基本的には、Teledyne社のPDAS 100を、仮想32 bitモードで用いた。このほかに、東京測振製のSAMTAC 85や近畿計測製のEDR 1000、TEAC社のDR-M2を用いた。また、TSIにおいては、Quanterra社の24 bit 20 Hz AD変換器とEXABYTEテープストレージをパソコンでつなげて、連続観測を同時に行った。

P波後続相

第2図は、TSI観測点におけるSTS-2連続記録から切りだした余震波形の例で、顕著なP波後続相(X相)が観測されることがある。第3図は、このような後続相が観測される余震の震央分布で、(a)P相の振幅よりX相の振幅が小さいイベント、(b)P相の振幅よりX相の振幅が大きいイベントである。X相の振幅が比較的大きいこと、また余震域のうち、奥尻島南西沖といった領域に限定されていることから、図中、点線部のなんらかの不均質構造があるものと考えられる。

地震発生前後の応力分布

第4図にSMUで観測された余震(30個)のコーナー周波数(f_0)とモーメント(M_0)の関係、第5図に余震により求められたストレスドロップの分布を示す。方法はBRUNE(1970, 1971)によった。モーメントに若干の違いがあるものの、△:北域(42° 50' N以北)、□:南域(41° N台)の余震は○:中央域(42° 00' N~42° 50' N)の余震に比べてストレスドロップが小さくなっている。このことから地震発生以前で蓄積されていたひずみは、中央部で大きく、南北で小さかったものと推定される。このことは、南北域に隣接する地域では、それぞれ、1741年(渡島大島噴火あるいは低周波地震)、1940年(積丹半島沖地震)に震害がほとんどないにもかかわらず大きな津波が発生しており、比較的応力の解放が進んだ地域であると考えられることと調和的である。

M6.5の地震の震源過程

1993年8月8日に、M6.5の地震が、余震域から離れた、北海道沿岸の江差町の沖で発生した。第6図に各観測点で得られたSTS2地震計で得られた上下動成分の波形を示す（観測点位置は第1図を参照）得られた波形は非常に複雑で、いくつものフェイズが認められる。その中で、P波として認められるものを、順に、P1、P2、P3としてマークしている。それぞれに対応するS波のフェイズも、記録から確認できる。

この記録のP波部分を用いて、この地震の余震を用いての周波数領域でのデコンボリューションをおこなった（Frankel et al, 1986）。その結果を第7図に示す。上から順に、M6.5の地震の記録、M3.9の余震の記録、デコンボリューションの結果であり、すべて立ち上がり時刻をそろえてある。これより、このイベントは、非常に、ディスクリートの破壊をしていることがわかる。イベントは、記録からは3つほど確認できるが、デコンボリューションの結果からは、2つで、それぞれ、P1、P3に対応するイベントである。これらは、1～2秒の継続時間を持っており、M6.5の地震としては特異な感じがする。

第8図には、得られた記録の水平動成分を用いて、P1とP3の到来方向を調べた。P1は、ほぼ震源からきているように見えるが、P3は、震源よりも、北の方から来ているように見える。これは、3番目のイベントが、発震点よりも北の方で発生していることを示唆する。

（藤田 英輔，福山 英一）

参 考 文 献

Brune J. N., Tectonic stress and the spectra of seismic shear waves from earthquakes, J. Geophys. Res., 75, 4997–5009, 1970.

Brune J. N., Correction, J. Geophys. Res., 76, 5002, 1971.

Frankel A. et al., Rupture Characteristics and tomographic imaging of M1–3 earthquakes near Anza, California, J. Geophys. Res., 91, 12633–12650, 1986.

第1表 観測点コードと所在地

Table.1 Codes of seismic stations and their location

観測点	所在地	座標 (度)			備考
KME	神恵内村册内	140.35215E	43.19495N	20m	册内健康センター
SMU	島牧村歌島	140.15706E	42.77566N	20m	歌島小学校
TSI	大成町貝取間	139.90299E	42.18671N	15m	あわび山荘
MTM	松前町福山	140.11190E	41.42862N	25m	松前公園
OAK	奥尻町赤石	139.51879E	42.14326N	20m	町民センター

第2表 観測機器および感度

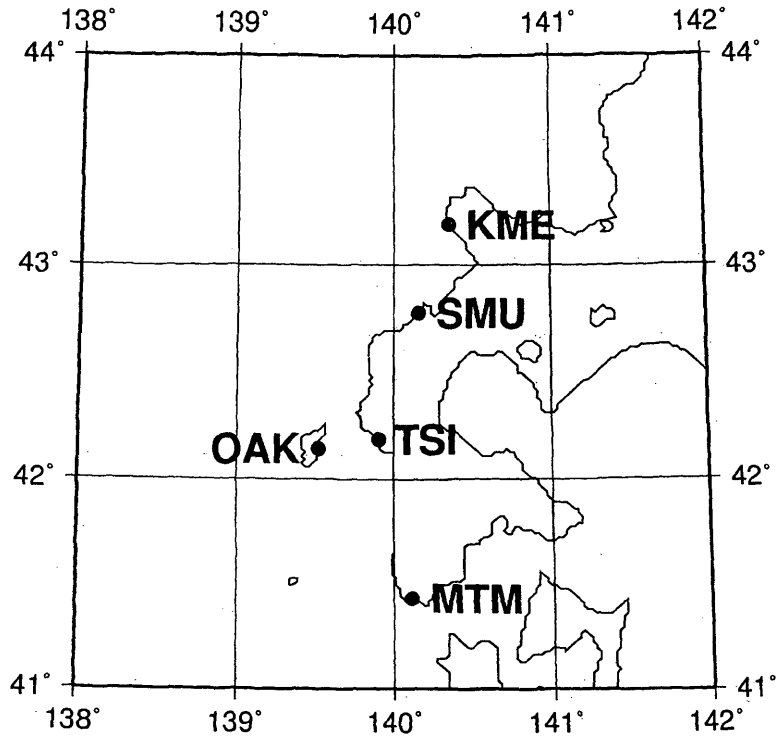
Table.2 Observation Instruments and their sensitivity

観測点	地震計	記録計	分解能		感度
KMU	STS-2 ACC	SAMTAC-85	16bit 100Hz	トリガー	15V/(cm/s)
					1V/(cm/s/s)
SMU	STS-2 ACC	PDAS100	32bit 100Hz	トリガー	15V/(cm/s)
		DR-M2 ⁰	16bit 100Hz	トリガー	1V/(cm/s/s)
TSI	STS-2	PDAS100	32bit 100Hz	トリガー	15V/(cm/s)
		QUANTERRA	24bit 20Hz	連続	
MTM	STS-2 ⁰ ACC	PDAS100	32bit 100Hz	トリガー	15V/(cm/s)
	PELS	EDR1000	12bit 100Hz	トリガー	1V/(cm/s/s) 2V/(cm/s)
OAK	STS-2 ⁰	PDAS100 ⁰	32bit 100Hz	トリガー	15V/(cm/s)

第3表 観測期間

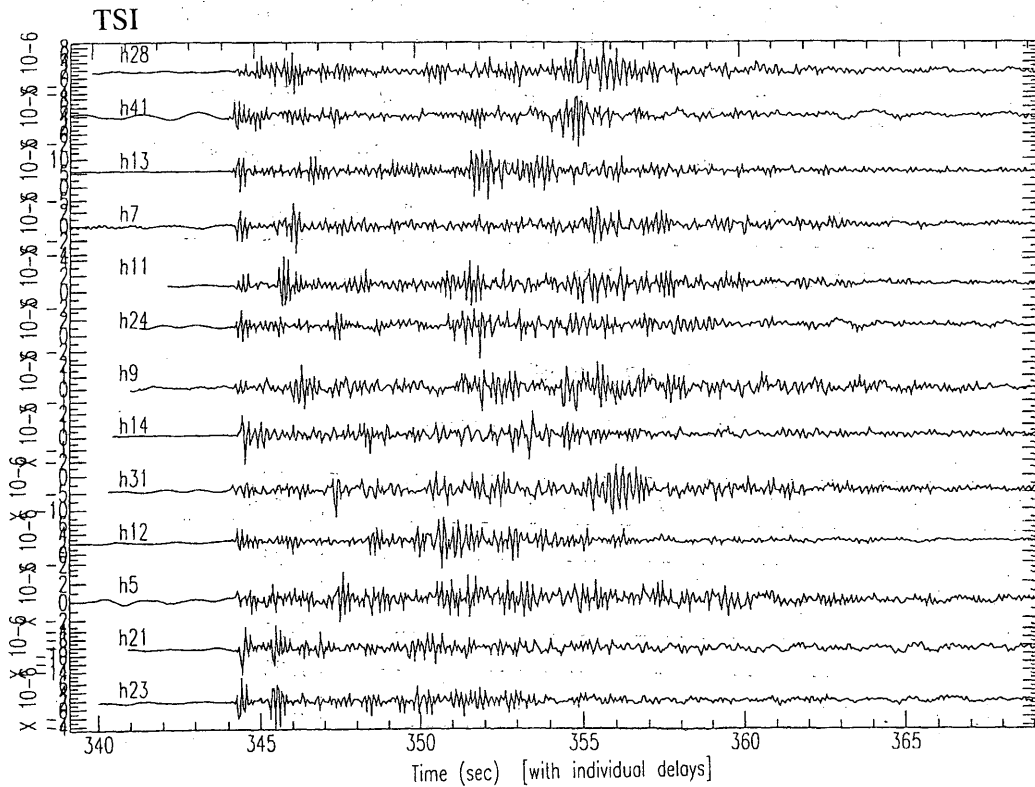
Table.3 Observation term

観測点	7月	8月	9月	10月	11月	備考
KMU		_____				7/20 -
SMU		_____				7/19 -
TSI		_____				7/21 -
MTM		_____				7/20 -
OAK			_____			9/ 7 -



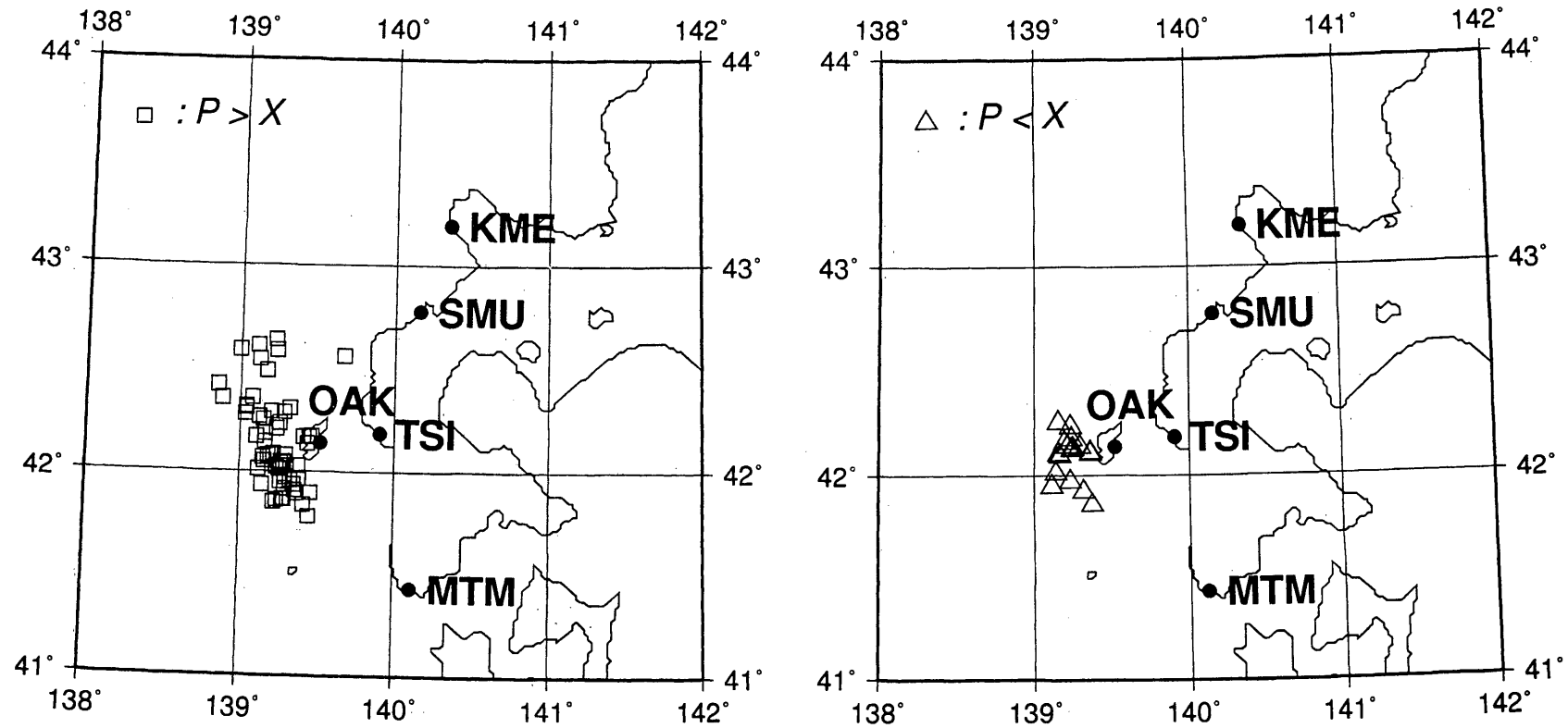
第1図 観測点分布。詳細は第1表に記す。

Fig.1 Distribution of seismic stations. Detail information is listed in table.1.



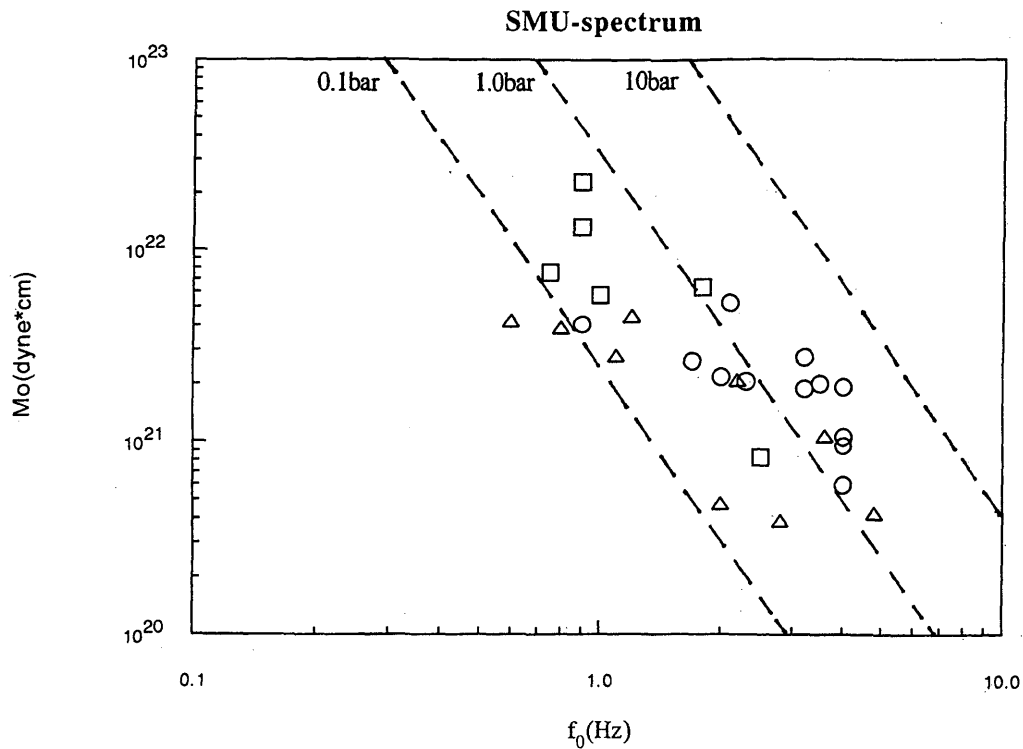
第2図 T S Iで観測された42° N付近で発生した余震の波形例。顕著なP波の後続相が見える。

Fig.2 Waveform of aftershocks occurred around 42N observed at TSI station. We can see some clear later phases after P-phase.



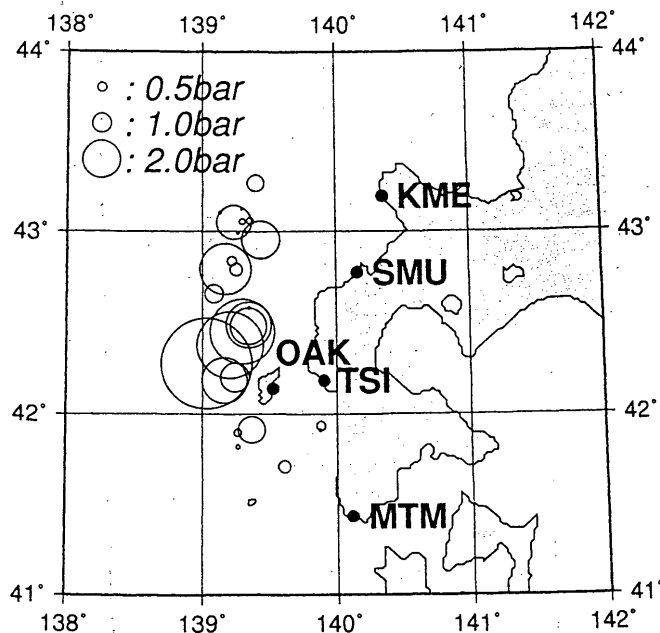
第3図 P相の後続相(X相)が見える余震の震央分布(気象庁暫定震源に基づく)。(a) P相の振幅よりX相の振幅が小さいイベント。(b) P相の振幅よりX相の振幅が大きいイベント。

Fig.3 Epicenter distribution of aftershocks with later phase (based on temporary hypocenters of J.M.A.). (a) Aftershocks whose amplitude of later phase is larger than that of P-phase. (b) smaller than that of P-phase.



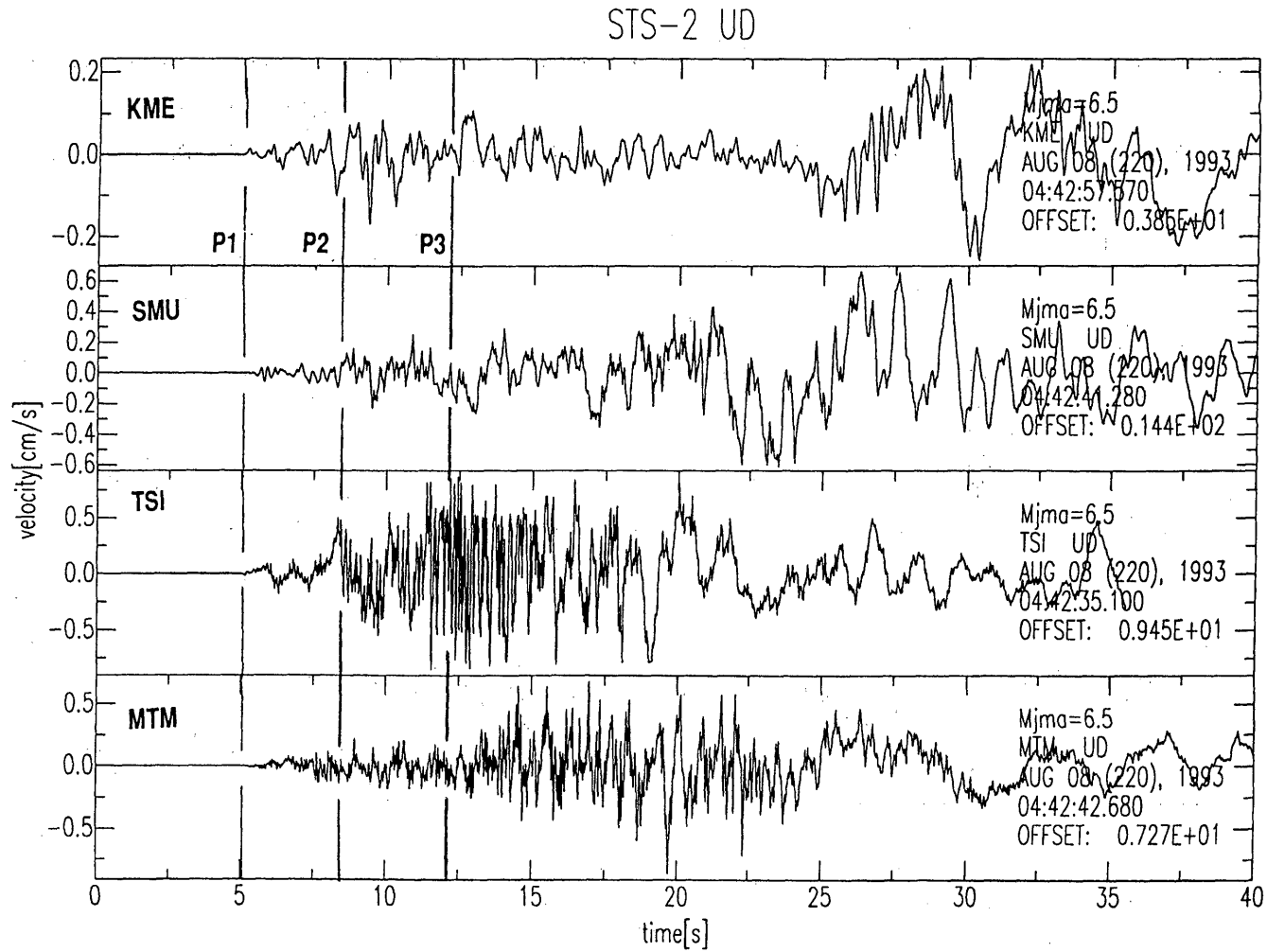
第4図 SMUで観測されたイベントのコーナー周波数とモーメントの関係。△：北域（42° 50' N以北）の余震，○：中央域（42° 00' ~42° 50' N）の余震，□：南域（42° 00' N以南）の余震。

Fig.4 Seismic moment versus corner frequency for aftershocks observed at SMU station.
 △ : Northern Area (northern than 42° 50' N), ○ : Center Area (42° 00' ~42° 50' N) and
 □ : Southern Area (southern than 42° 00' N).



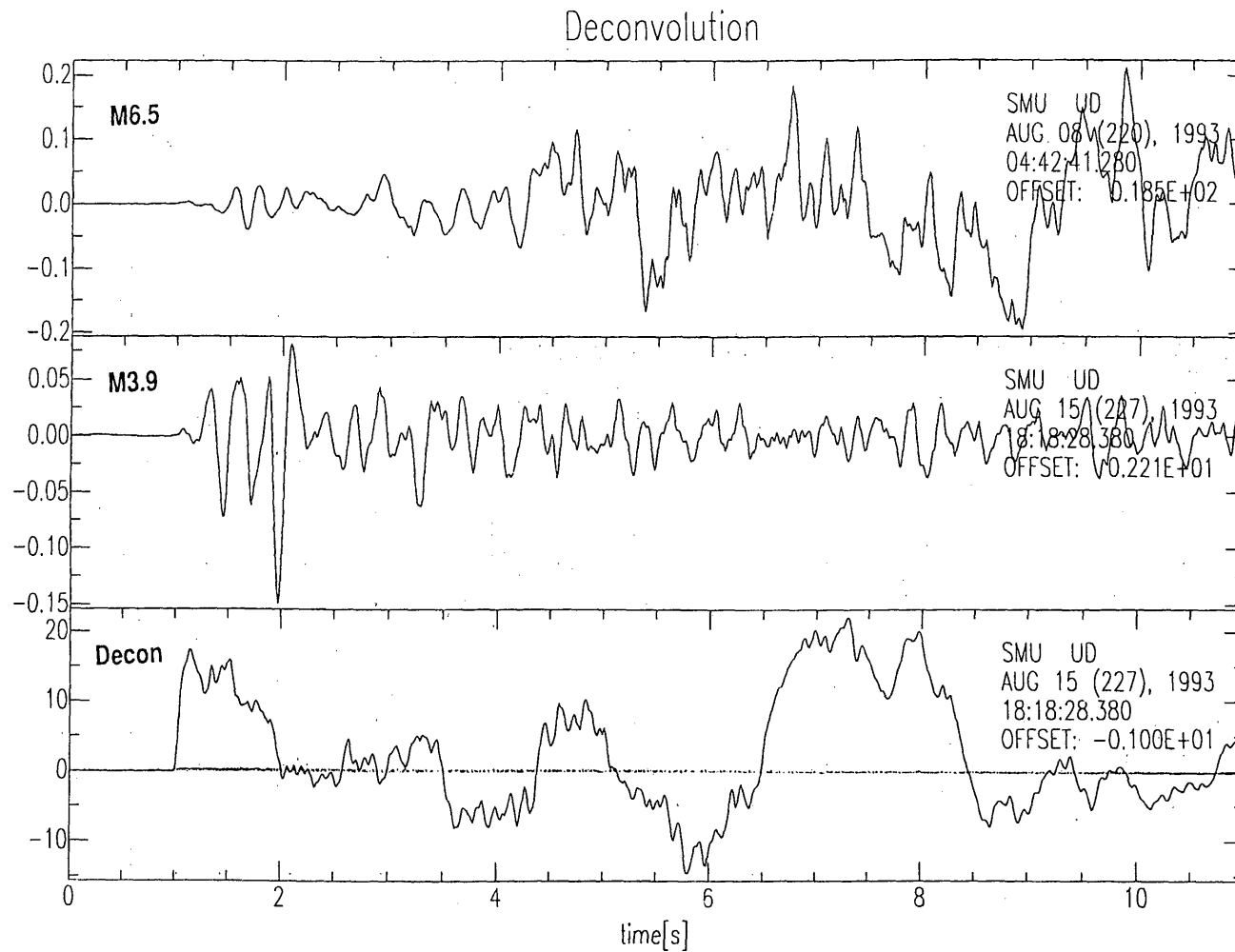
第5図 SMUで観測されたイベントによるストレスドロップの分布。余震域の南北でドロップが小さくなっている。

Fig.5 Distribution of stress drops for aftershocks observed at SMU station.



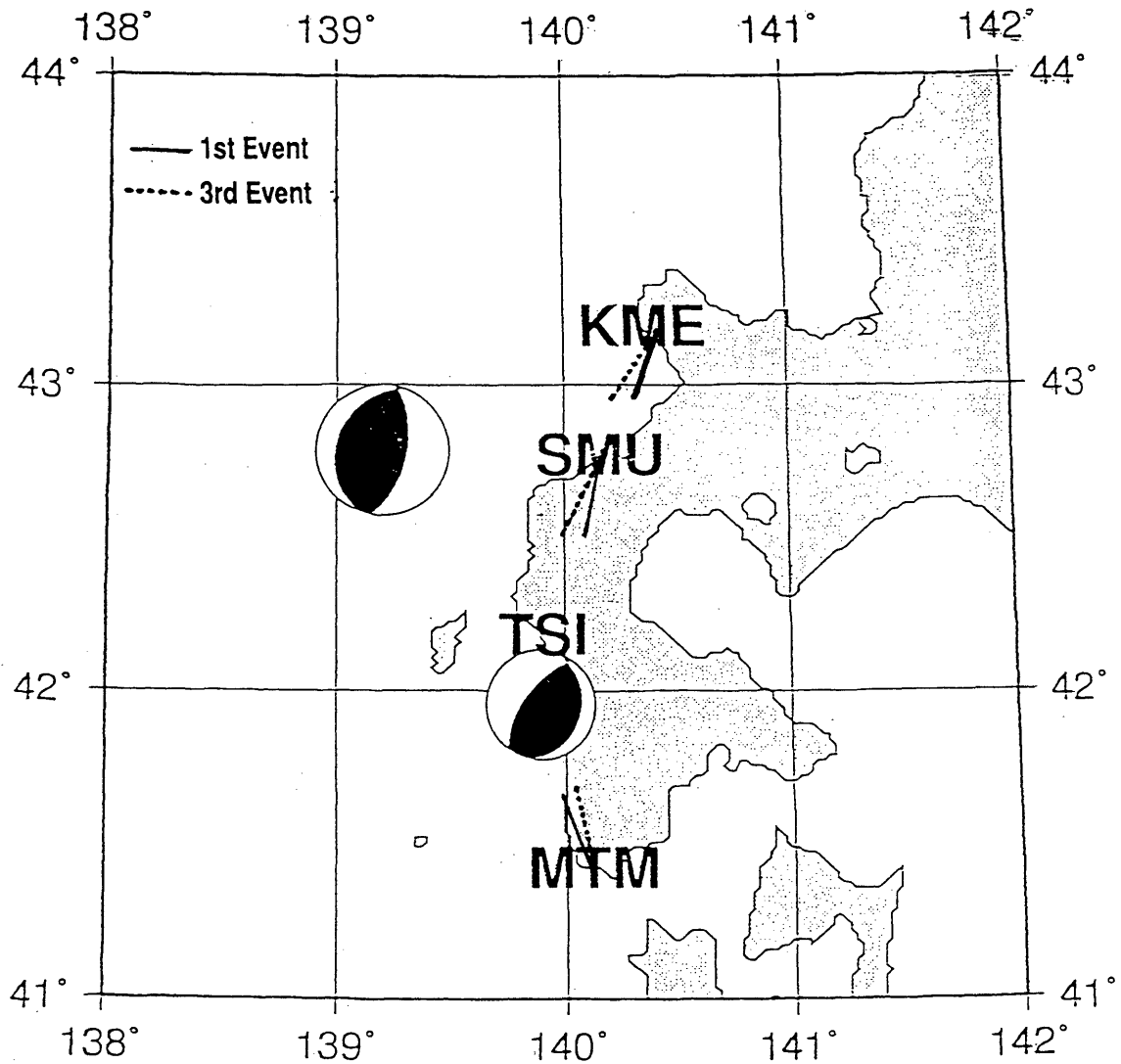
第6図 STS-2で観測されたM6.5の地震波形(上下動成分)。P波部分にコヒーレントなフェイズが見える(P1~P3)。観測点位置は、第1図参照。

Fig.6 Up-down component seismograms for M6.5 earthquakes observed by the STS-2 seismometers. Three coherent P phases (P1-P3) are observed. Observation points are shown in Fig. 1.



第7図 上段：SMUにおけるM6.5のP波部分の地震波形，中段：デコンボリュウションに用いたM6.5の余震のP波部分の波形，
下段：デコンボリュウションの結果

Fig.7 Upper trace: Observed P-wave seismogram of M6.5 earthquake at SMU, middle: P-wave seismogram of the aftershock of M6.5, which was used for the deconvolution analysis, lower: deconvolved waveforms.



第8図 水平動のパーティクルモーションから決められた最初のイベント（P1に対応）と3番目のイベント（P3に対応）のP波の到来方向。

Fig.8 P wave arrival directions for both the first and the third events determined by the particle motion analysis using observed horizontal components.