

中国陝西省渭河盆地の地震観測 (日中共同研究序報)

尾池 和夫・松村 一男・大倉 敬宏・謝 正章
刘 景 文・羅 伯 发・李 德 利・馬 守 信
丁 蘊 玉・田 小 平・王 洪 体・刘 尚 孝

PRELIMINARY REPORT OF EARTHQUAKE OBSERVATION IN WEIHE BASIN, SHAANXI PROVINCE, CHINA

By Kazuo OIKE, Kazuo MATSUMURA, Takahiro OKURA, Zheng-Zhang XIE,
Jing-Wen LIU, Bai-Fa LUO, De-Li LI, Shou-Xin MA,
Yun-Yu DING, Xiao-Ping TIAN, Hong-Ti WANG and Shang-Xiao LIU

Synopsis

The joint study on the seismic activity in and around the Xian and active faults regions in the Weihe basin, Shaanxi province, China, started on March, 1988 and has been in progress.

Five stations with high-sensitive short period seismometers were established in the region. During half an year from March, 1988, only two microearthquakes have been recorded. It shows that the seismic activity in the region is now very low. The larger event of them occurred in the Qinling mountains region and its magnitude was 3.0. The other was a small event with magnitude of 1.0 near the Zhou-Zhi station.

Some records of teleseismic waves show clear later phases and those obtained at different stations show similar wave forms. Such records are going to be utilized to analyze the crustal structure in the region.

1. はじめに

中国陝西省西安市の市街地を横切る地割れ群が出現し、それらはクリープ性のずれを続けている。その詳細は、李永善ほか(1986)によって報告されており¹⁾、また、地割れの成因についても種々の可能性が考察されている。例えば、刘景文と張家明(1982)は、これらの地割れがクリープ性の断層であり、地域構造応力場の活動の増大によって、西安地域の地表に伸張性の断裂が出現したという考え方にもとづいて種々の現象を分析している²⁾。

一方、この地域は中国の古都がおかれた所であり、現在は重要な工業地域の一つで人口密集地でもある。歴史資料の分析によって知られている陝西地域の最古の地震は紀元前1177年のものであり、それ以来多くの内陸活断層性の地震が発生した。したがって、現在の地割れの進行と地震との関係に多くの人々の関心が集中するのは当然であろう。

この地域での最大の地震は、1556年の約83万人の死者を出した大地震 ($M8.8$) である。この地震の震央は西安の東 70 km ほどの所にある華県付近だといわれる³⁾。

現在、日本と中国の地震地質の分野の研究者たちが、この西安の地割れの成因を考察することを目的として、周辺の活断層を共同研究テーマとして調査を進めている^{4,5)}。活断層系の活動状況や地下構造を調べ、地質学的調査の結果と併わせて考察するために、我々は西安周辺地域での微小地震活動を観測することが重要であると考え、1988年3月から、共同観測の仕事を開始した。この報告は我々の観測網の状況と観測の概要に関するものである。

2. 関中盆地と周辺の状況

西安は北京の南西方向約 900 km にあり、陝西省の首都である。黄河の支流の一つ渭河の流域に発達した関中盆地のほぼ中央部で、西から東へ流れる渭河の南側に西安がある。渭河の北側は広大なオルドスの黄土高原に続き、西安の南側には秦嶺山脈の高地がある。関中盆地は東北東—西南西方向の正断層のずれによって形成された陥没地帯であり、中国では渭河断陷盆地と呼ばれる。とくに秦嶺山脈と渭河盆地との境界をなす断層は、秦嶺北麓大断裂と呼ばれる大規模な正断層である⁶⁾。

この地域の地形の様子を Fig. 1 および Fig. 2 に示す。これらによって、秦嶺山脈の北端に向って南から基盤がしだいに高くなり、秦嶺北麓大断裂の上下ずれによって基盤が深く落ち込んで、また北に向ってしだいに高くなるという大規模な傾動地塊の様子がわかる。Fig. 3 は韓恒悦と易学尧 (1982) による地質断面図である⁶⁾。

Fig. 1 に示した+印は、関中盆地の温泉の分布とそれらの温泉の水温である。秦嶺北麓に沿って 60°C 近い高温の地下水が噴出することも、この地域の断裂が地殻のかなり深部にまで及んでいることを示す一つの証

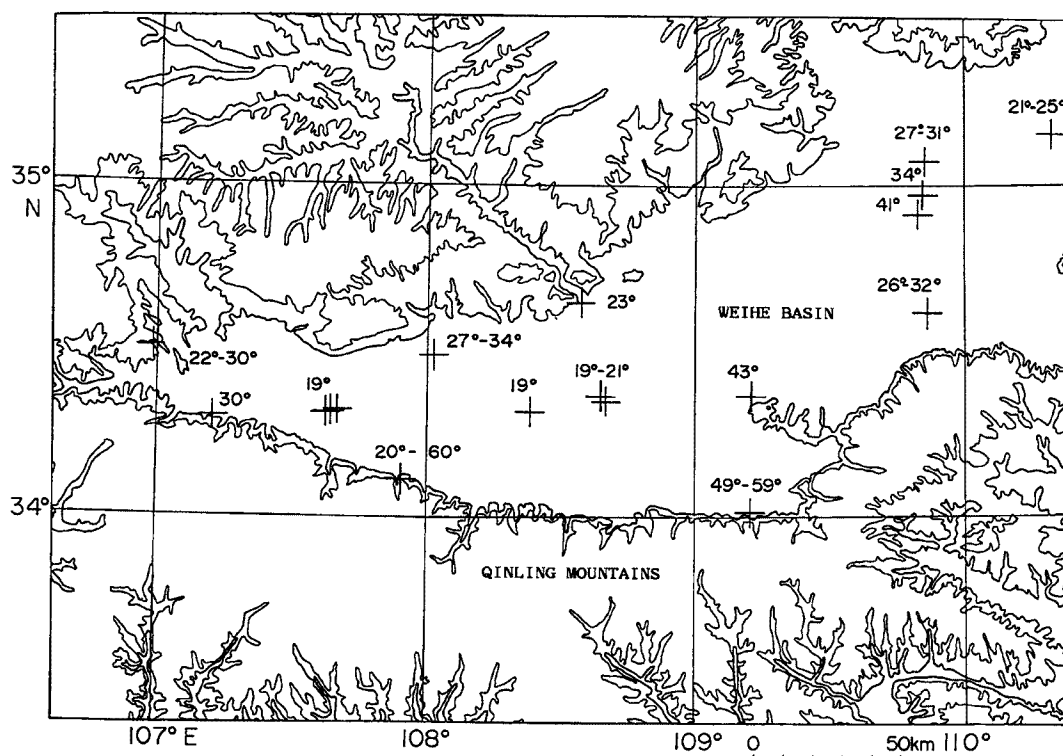


Fig. 1 Outline of topographical features around Xian, Shaanxi province, China. Crosses and numbers show hot springs and their water temperature ($^{\circ}\text{C}$).

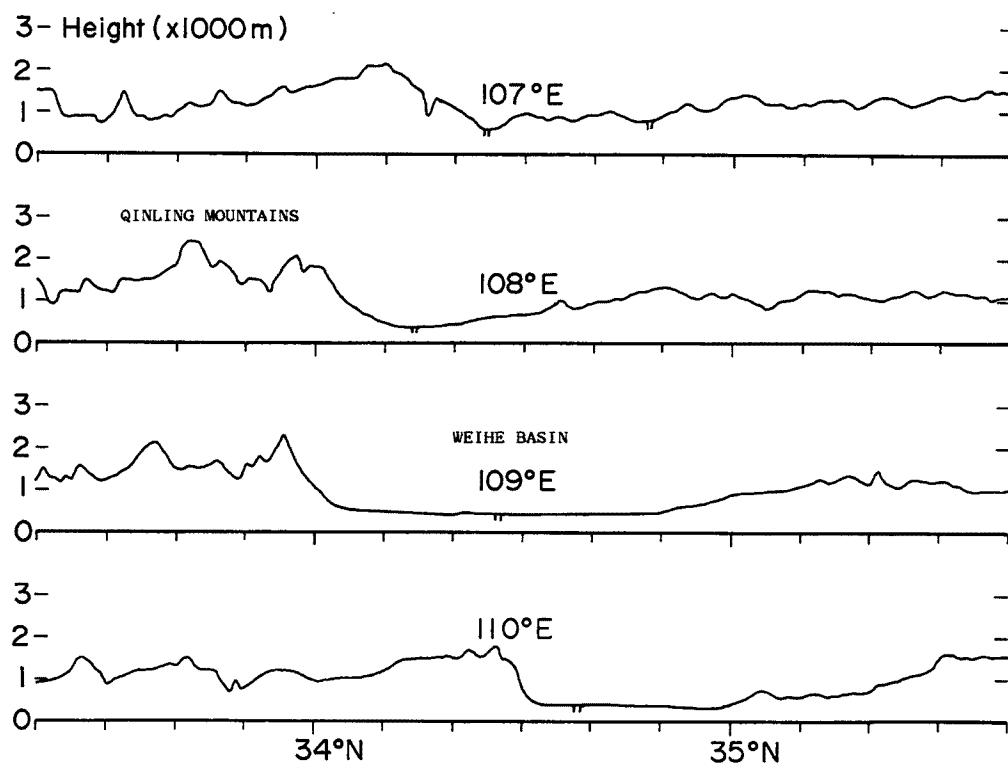
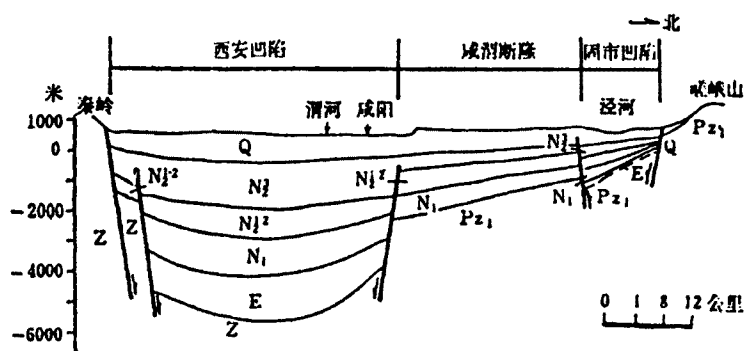


Fig. 2 Crosssections along longitudes across the Weihe basin.

Fig. 3 Geological crosssection of the Weihe basin⁶⁾.

拠であろう。

関中盆地の堆積層は厚く、新生代層の厚さは最大 6000 m に達し、第四紀層だけでも 1000 m 以上に達する (Fig. 3)。このことは、この盆地を形成する上下ずれの運動が大規模に進行していることを示し、大地震の発生が今後も繰り返す可能性を示している。Fig. 4 は、この地域の断層と歴史資料から求められた大地震の震央位置を示す。多くの断層が数 10 km の規模の地塊を形成し、それらの相対運動によって大地震が発生している可能性を示唆しているが、最近の地震活動度が低いために、地震波記録の解析結果がなく、地震発生メカニズムが明らかにされていないので、詳細は不明である。

Fig. 5 は、1960 年以降に観測された地震の震央分布であり、小規模な活動が現在も存在することがわかる。この分布を Fig. 4 と比べると、現在の小地震が発生している地域は、歴史資料で知られている大地震が発生

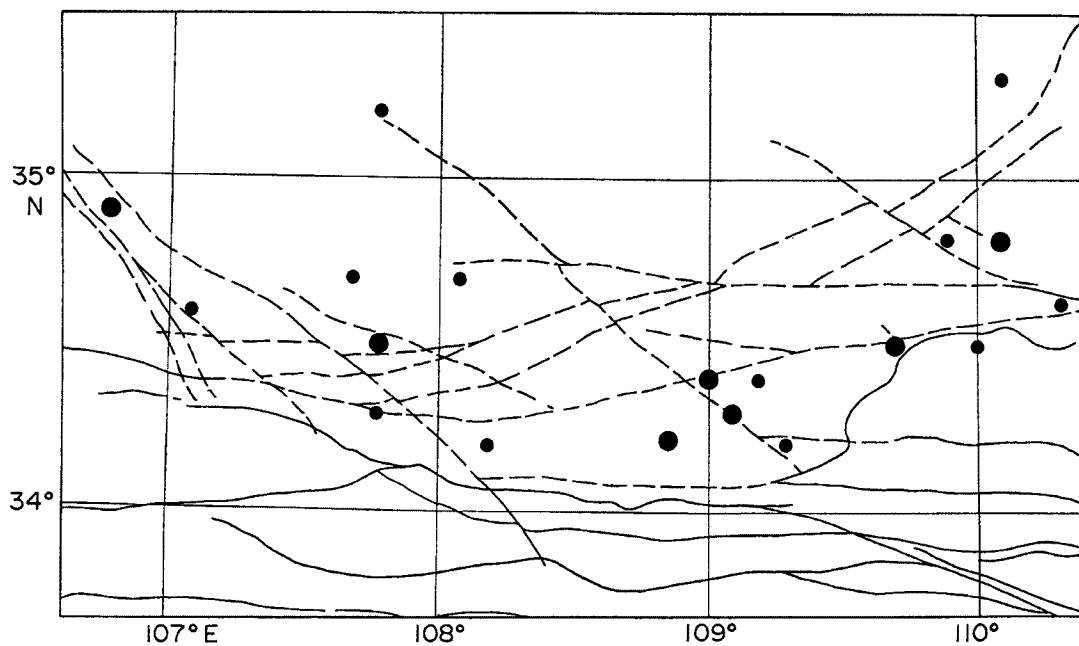


Fig. 4 Active faults and large historical earthquakes.

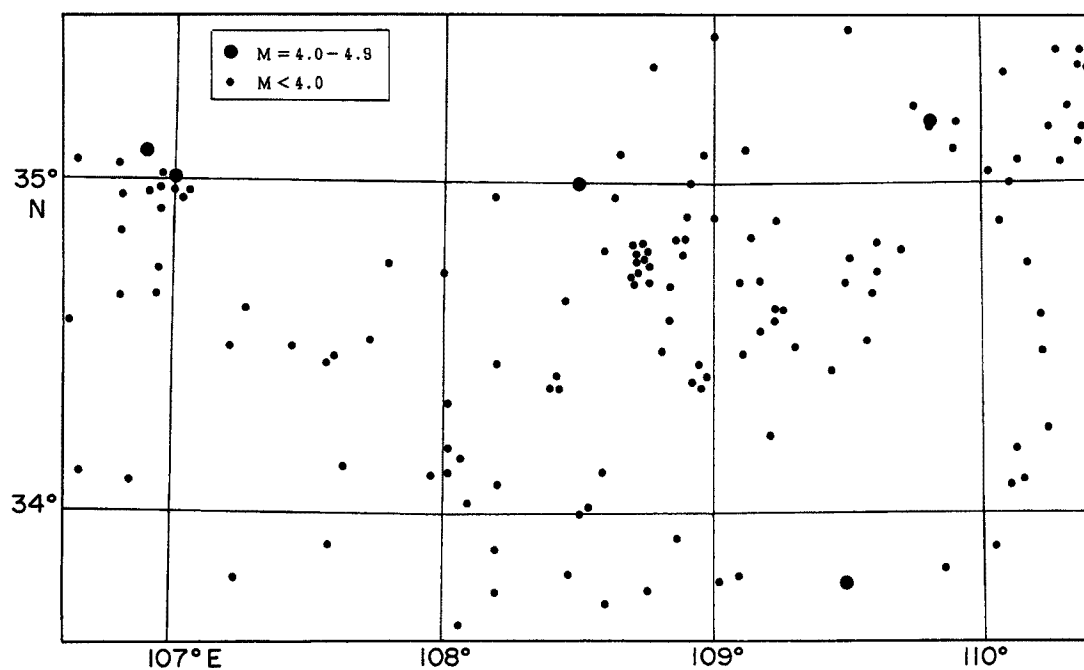


Fig. 5 Recent earthquakes from 1960 observed by the routine observation network of the Shaanxi Seismological Bureau.

した地塊ではない。大地震で応力が十分解放されていない周辺の地塊の中で小地震が発生していると考えられる。

これらのことから、高感度の地震計をこの地域に設置し、地震波形を解析することによって、地殻の構造、

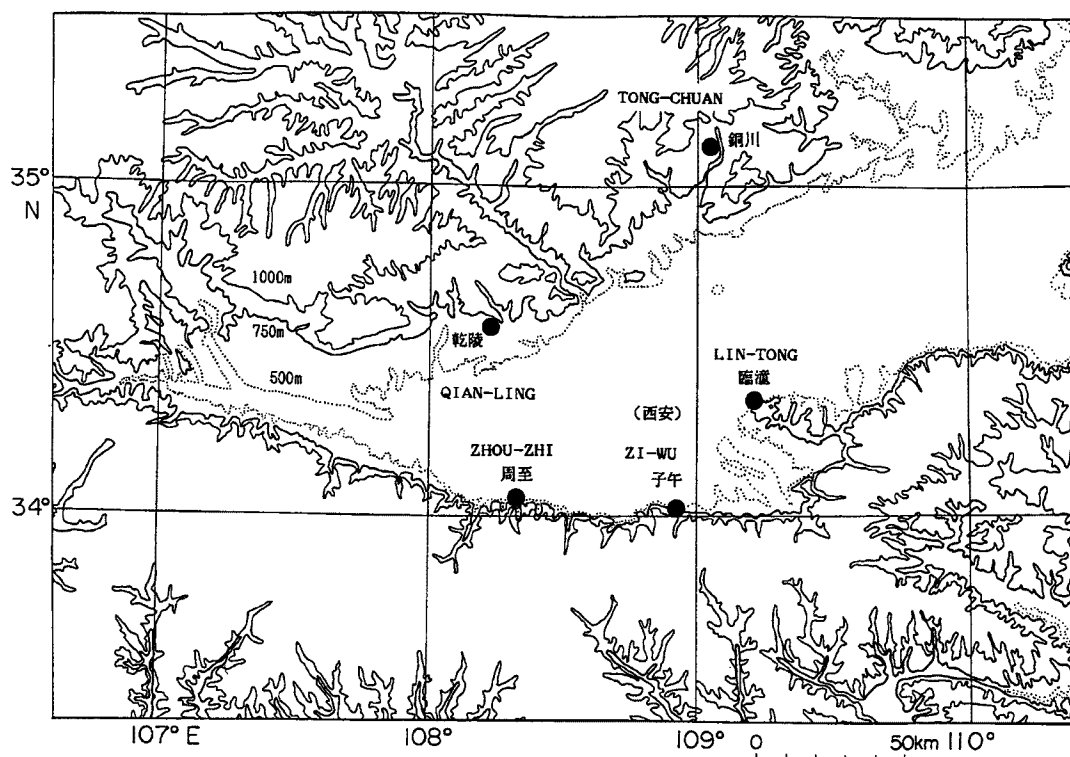


Fig.6 Locations of five stations where high-sensitive seismometer was installed by this joint study.

応力状態などを明らかにすることが、長期的地震予知や西安地域の地割れの成因を考える上で重要であるといえる。

3. 観測網と観測方式

関中盆地と周辺地域では、陝西省地震局が地震観測網を展開しており、ドラム・インク書き方式の連続記録を行っている。地震波形のスペクトルなどを計算することができるよう、カセットテープに地震波を収録できるよう、OM型記録計⁷⁾を用意して共同観測を行うことにした。

観測点は、保守の事情を考慮して、陝西省地震局が現在観測を行っている所か、かつて観測を行ったことのある所を主として選んだ。OM型地震観測システムを設置した場所を Fig. 6 に示す。

1988年3月には、乾陵・周至・子午の3カ所で観測を開始し、8月には臨潼で記録を開始し、9月1日からは銅川で観測を始めた。いずれも岩盤の出た静かな場所で感度は十分高く設定することができ、近くの地震であれば $M \geq 1$ を記録し、 $M \geq 2$ の地震があれば複数の観測点で記録が得られると考えられる程度にトリガーレベルを設定した。

乾陵には観測用のトンネルがあり、地震計の他にも水平振子の傾斜計などが設置されている。則天武皇の陵墓や乾陵博物館の近くで、大型のバスなどが来るが、岩盤が固いので地動ノイズは 10×10^{-6} cm/sec 程度である。

周至は、秦嶺山脈の北麓の森林公園に記録室があり、センサーは秦嶺山脈の岩盤に置いてケーブルで信号を送っている。この山麓には楼観台という寺があるが、まだ多くの観光客が来る所とはなっていない。ここは電源が不安定で、よく停電するため、収録装置の停電対策を改善することが必要である。子午は西安市の南の秦嶺山麓で、西安から行くのに便利だが、地動ノイズはやや大きい。ここには西安基準地震台があり、

中国の全国ネットワークの基準観測所になっている。

臨潼では、華清池の裏山の中腹にあるトンネルを利用して計器を設置した。銅川は関中盆地北側の山地に入った所で、Fig. 5 からわかるように、最近の小地震が比較的多い地域に近い。

一般的に、この地域の地震観測点では、電源事情がよくないと、ケーブルを張ることが困難であるため、そのような状況に合った観測方式を工夫することが今後必要であろう。

4. 観測結果

1988年3月に3カ所、8月に1カ所の観測を開始してから、同年9月までの記録を再生し、その結果、この地域では、地震活動度がきわめて低いということが確かめられた。

近地地震は、この期間にたった2個しか記録できなかった。1つは3月19日の M_3 の地震、もう1つは4月23日の M_1 の地震であった。Fig. 7 および Fig. 8 にそれらの再生記録を示す。

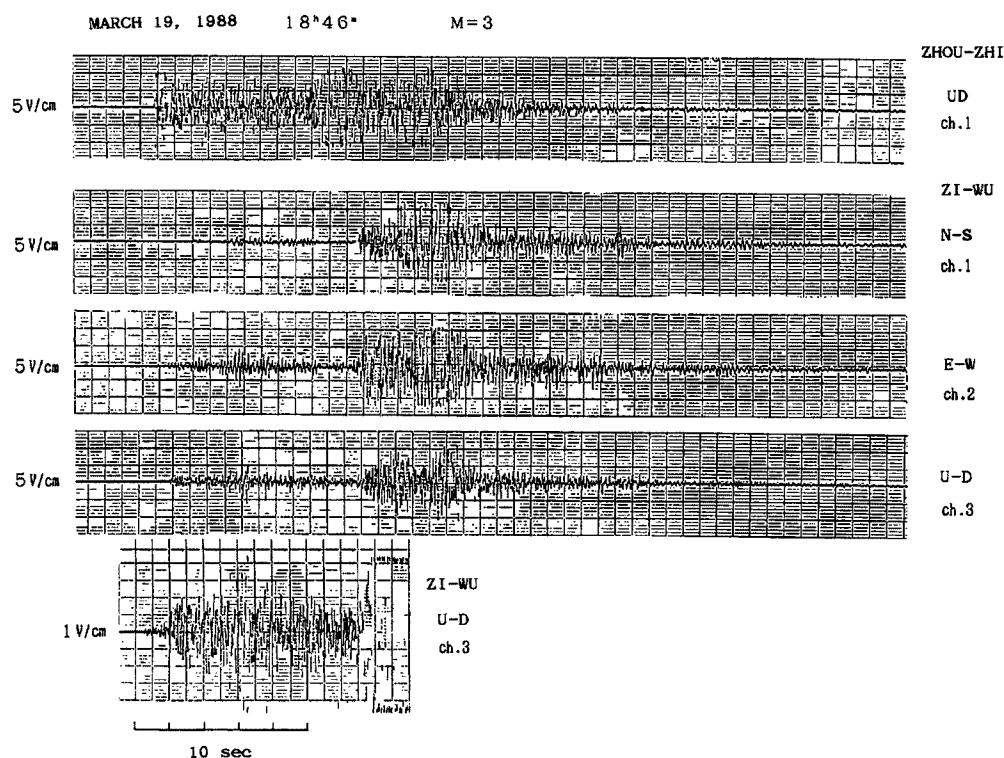


Fig. 7 One of the two events recorded by new observation system. The event ($M_{3.0}$) occurred in the Qinling mountains region.

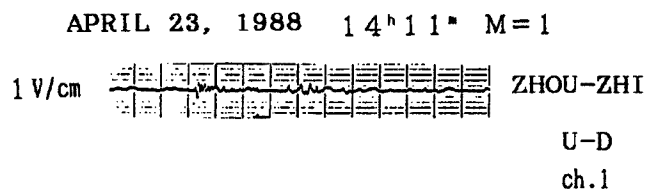


Fig. 8 The smallest event recorded at Zhou-Zhi station. S-P time is about 3.2 seconds and the magnitude is 1.0.

Fig. 7 の地震は、秦嶺山脉の地塊に発生したもので、周至では明瞭な P 波初動が記録され、子午では小振幅の P 波で始っている。Fig. 7 の下部に子午の上下動の初動部分を拡大して示してあるが、屈折波が初動として記録され、その約1.5秒後に直達波と思われる相があることがわかる。初動から5秒ほど後に振幅の大きい

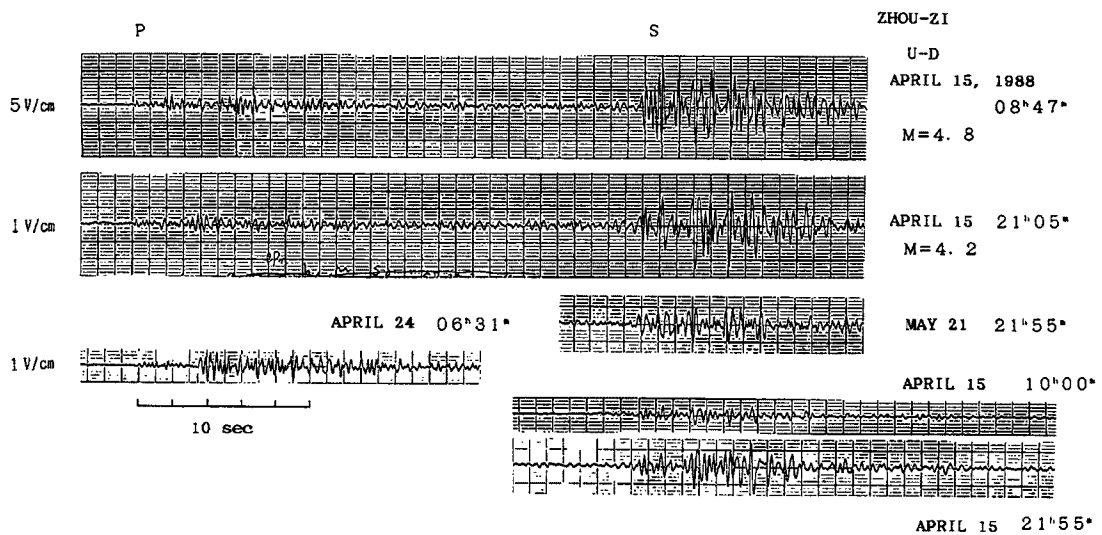


Fig. 9 Example of teleseismic waves of a swarm type activity which occurred from April 15 to May 21, 1988.

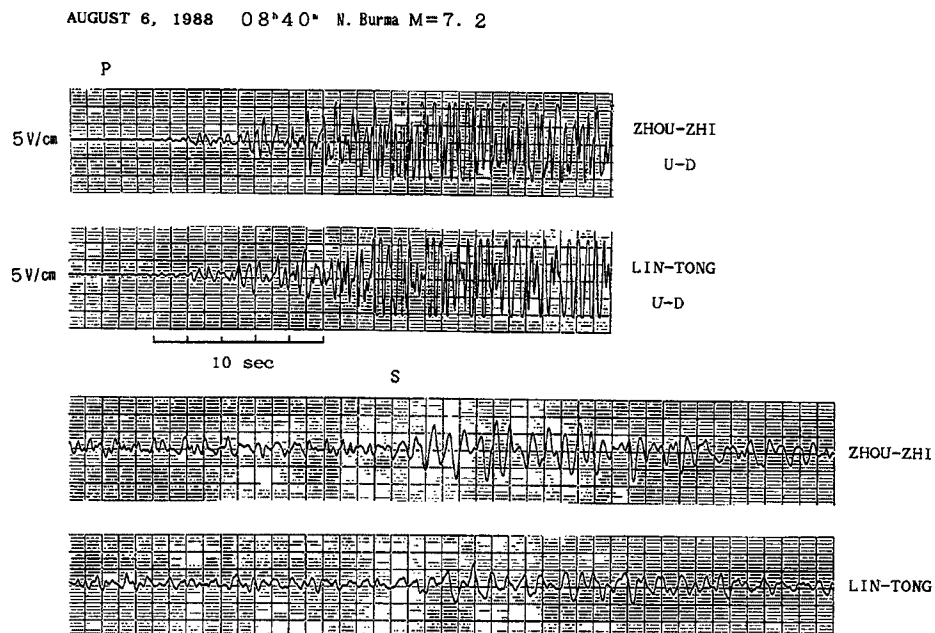


Fig. 10 Example of records of large distant earthquakes ($M7.2$) which occurred in the North Burma region on August 6, 1988.

な相が記録されており、地殻構造の調査のために役立つものと考えられる。

Fig. 8 の記録は、周至の近くに発生した微小地震で、高感度観測を続ければ、このような小さな地震の発生様式についても解析できるという期待が持たれる。

3月からの半年の間に、やや遠い地震をいくつか記録することができた。**Fig. 9** および **Fig. 10** はその例である。

Fig. 9 は、周至で記録した S-P 約30秒の記録で、上の2個は P 波から S 波まで続けて記録できたもの、右下は S 波のみトリガー記録したものである。各種の後続波が少しずつ波形が変わって記録されており、震源の情報が明らかになれば、発生メカニズムや構造の調査にも役立つと思われる。

Fig. 10 は、ビルマ北部の *M*7.2 の地震を記録したものである。周至と臨潼で、比較的似た波形を記録している。残念ながら銅川での観測をまだ始めていなかったが、今後銅川での記録とこのような地震波を比べることによって、関中盆地の地下構造に関する情報が得られると考えられる。

1989年には、観測点をさらに増設して8カ所程度とし、また、記録方式の改良も進める予定であり、数年の間には記録が蓄積され、関中盆地と周辺的地殻活動の様子が把握できると期待している。

謝辞

この共同観測を実施するために、西安市および京都市の多大のご協力を得た。また、文部省の特別事業費および海外学術研究、陝西省地震局の事業などから計画を進めるための支援をいただいた。貝塚爽平博士・松田時彦博士・李永善陝西省地震局副局长をはじめ関中盆地の地質学的研究を進めている日中共同研究グループの皆様から多くの貴重なご意見をいただいた。関係各位に深く感謝します。

参 考 文 献

- 1) 李永善・李金正・卞菊梅・武旭東：西安地裂縫，地震出版社，1986，pp.1-30.
- 2) 刘景文・張家明：試論西安地裂縫与地震，史前地震与第四紀地質文集，1982，pp.134-142.
- 3) 国家地震局蘭州地震研究所：陝甘寧青四省（区）強地震目錄，陝西科学技術出版社，1985，p.170.
- 4) 松田時彦・貝塚爽平・岡田篤正・今泉俊文：西安（中国陝西省）にあらわれたクリープ性地割れを見る，活断層研究，2，1986，pp.3-10.
- 5) Japan-China Cooperative Research Group for Study on Ground Fissures in Xian and Active Faults in the Weihe Basin, Shaanxi Province: Active Faults in the Weihe Basin, Shaanxi Province, China, Proceedings of Sino-Japan Conference on Seismological Research, 1989, pp. 176-179.
- 6) 韓恒悦・易学尧：渭河新生代断陷盆地与華鼎大地震，中国活動断裂，地震出版社，1982，pp.133-140.
- 7) 尾池和夫・松村一男：音響用テープレコーダを用いた地震波記録装置（OM型イベントレコーダ），地震II，第38巻，1985，pp.359-364.