

1935年苗栗地震(台湾)の再検討

気象研究所* 青木 元・石川 有三・吉田 康宏

Review of the 1935 Miaoli Earthquake in Taiwan

Gen AOKI, Yuzo ISHIKAWA and Yasuhiro YOSHIDA

Meteorological Research Institute, 1-1 Nagamine,
Tsukuba Ibaraki, 305-0052 Japan

We investigated the fracture process of the 1935 Miaoli Earthquake in Taiwan. It was followed by a large earthquake (the second event) about 24 minutes after the mainshock (the first event). The second event occurred about 35km away to the north from the first event. It is described that damage of the second event was more severe than that of the first one in the north part of disaster region. For the 1935 Miaoli Earthquake, a two-faults model composed of northeast fault and southwest fault was inferred from geodetic data. It is estimated that the northeast fault was probably caused by the second event which was induced by the first event from consideration of waveform analysis, damage distribution, location of the second event epicenter, and increase of delta CFF by the first event. Therefore, we conclude that relation between the first event and the second event is not usual mainshock-aftershock relation which means that aftershocks occur in the source region of mainshock, and that these earthquakes are twin earthquakes.

In this study, we could discriminate two events, because these were observed by seismograph. However, if several earthquakes occurred close by time and place, in case of no detail report about time and place, it would be difficult to discriminate these earthquakes only from damage distribution, crustal movement and historical literature. For investigating historical earthquakes, we must be careful about such situations, and it is important to read original literature as carefully as possible. On the other hand, it is undeniable that the several events are regard as only one earthquake.

§ 1. はじめに

台湾においては、たびたび大きな被害地震が発生してきた。1999 年の集集地震(Ms7.7)[マグニチュードはUSGSによる]は記憶に新しいところであるが、集集地震の震源域の北側では 1935 年に苗栗地震(M7.1)[マグニチュードは GUTENBERG and RICHTER(1954)による], 南側では 1941 年に嘉義地震(M7.1) [マグニチュードは GUTENBERG and RICHTER(1954)による]が発生している。本研究では、このうち 1935 年の苗栗地震について、その本震が双子型連発地震とも言うべき性格を持った地震であったこ

とを指摘し、歴史地震学的見地から見た問題点を検討してみたい。

§ 2. 苗栗地震の概要

苗栗地震は、新竹・台中地震とも呼ばれており、1935 年4月 20 日 22 時 02 分(UTC)に台湾北西部(新竹・台中州境付近)で発生した。Central Meteorological Observatory(1952)(以下、CMOと略す)や GUTENBERG and RICHTER(1954)によるマグニチュードは M7.1 である。震央付近では震度6が観測され、台湾のほぼ全域で有感となった。震度6の領域はS字型をしており、複数

* 〒305-0052 茨城県つくば市長峰 1-1

電子メール : gaoki@mri-jma.go.jp
catfish@wa2.so-net.ne.jp
yyoshida@mri-jma.go.jp

の断層が動いたことを想像させる。この地震によって、当時の台中州豊原郡、新竹州苗栗郡を中心に、死者 3,276、住家全壊 17,907 などの甚大な被害が生じたことが報告されている[台北観測所, 1936]。この地震に伴い、多くの余震が観測されているが、本論で注目するのは、本震発生の約 24 分後に本震の震央から北東側に約 35km 離れた場所で発生した大規模なイベントである。台北観測所(1936)は、このイベントによる被害は本震による被害と明確には区別できないとしている。また、台湾総督府(1936)は、本震とこのイベントからほぼ等距離にある花蓮港の強震計の振幅から、このイベントの規模は本震の約4割強であると推定しているが、花蓮港の最大振幅の値でマグニチュードを比べると 0.4 強の差となる。以下、便宜上、本震を第一震、約 24 分後のイベントを第二震と呼ぶ。

図1に本震及び余震の震央分布図、図2及び図3に、それぞれ第一震及び第二震の震度分布図を示した。図1中の1番の地震が、本論中の第二震にあたる。また、震度分布図は、測候所、雨量観測所、警察官吏派出所、学校及び役場等における体感震度の報告に基づいている[台北観測所, 1936]。なお、当時の台湾は日本の占領下であったため震度階は日本と同じものが用いられており、この地震で観測された震度6が当時の震度階の最大震度であったが、家屋倒壊率が30%以上の地域は広範囲に広がっており、中には8割以上の家屋が倒壊した地域もあることから、日本の家屋の強度と一概に比較はできないものの、現在の震度7相当となった地域もあったと思われる。

§ 3. 第一震と第二震

3.1 震源断層について

許・他(1982)は、地表に現れた地震断層、震央付近の三角測量と水準測量の結果などから図4に示すような2枚の震源断層を求めた。南西側の断層(FAULT1)は傾斜角 80 度で南東側に傾斜した右横ずれ断層、北東側の断層(FAULT2)

は傾斜角 50 度で北西側に傾斜した逆断層である。また、震央が2枚の断層の間にあり、P波初動によるメカニズム解が東西圧縮の横ずれ断層であったことから、まず南西側の横ずれ断層から破壊が始まり、その破壊の進行と同時に北東側にも逆断層が生じたと推定した。そして、これら二つの断層の地震モーメントの大きさから北東側の逆断層が主断層であったとした。

しかし、許・他(1982)が震源断層を推定するのに用いた地表変位のデータは、第一震と第二震を区別するほどの時間分解能はない。また、石川・他(2000)は、第一震の地震波形を解析し

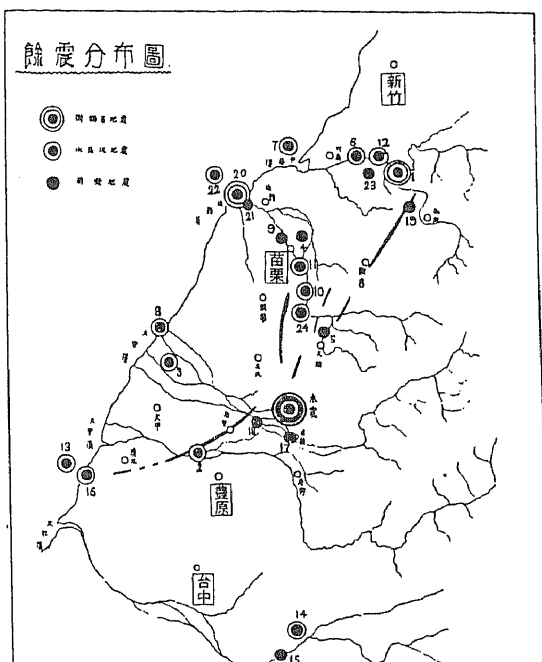


図1 1935 年苗栗地震の本震及び余震の震央分布図[台北観測所(1936)]。図中1番の地震が本論中の第二震にあたる。なお、地名を見やすくするため原図を一部改変した。

Fig. 1 Epicenter map of the 1935 Miaoli Earthquake and its aftershocks [Taipei Observatory (1936)]. The earthquake of No.1 on this map corresponds to the second event in this study.

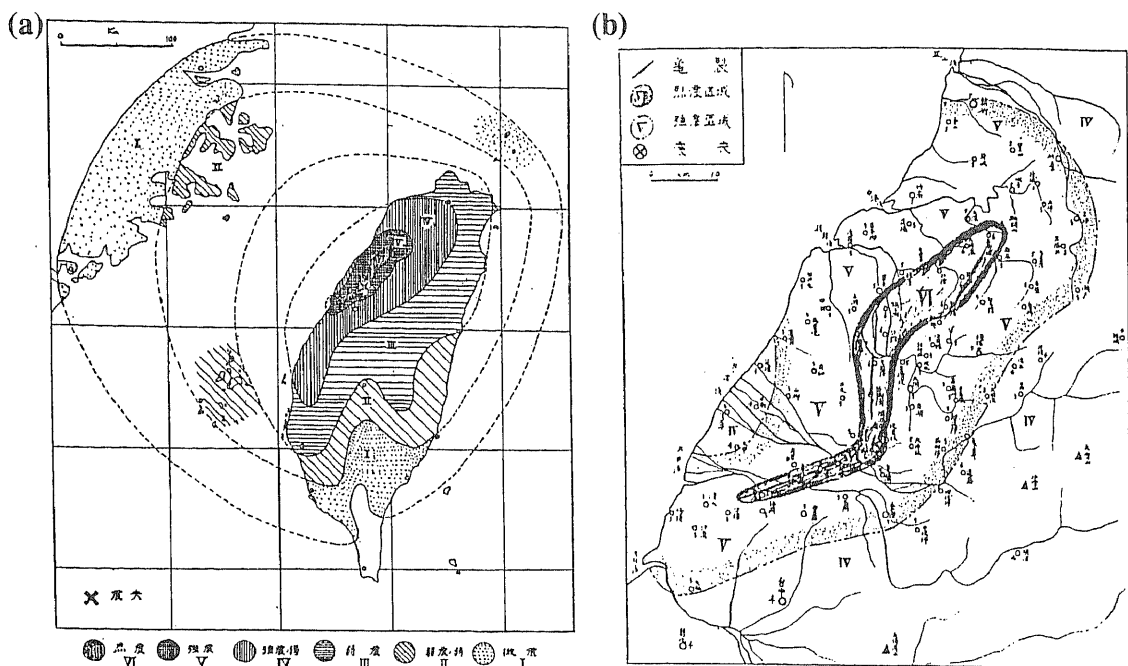


図2 第一震の震度分布図[台北観測所(1936)]. (a)広域, (b)震央付近.

Fig. 2 Seismic intensity map of the first event [Taipei Observatory (1936)]. (a): in extensive region, (b): in limited region near epicenter.

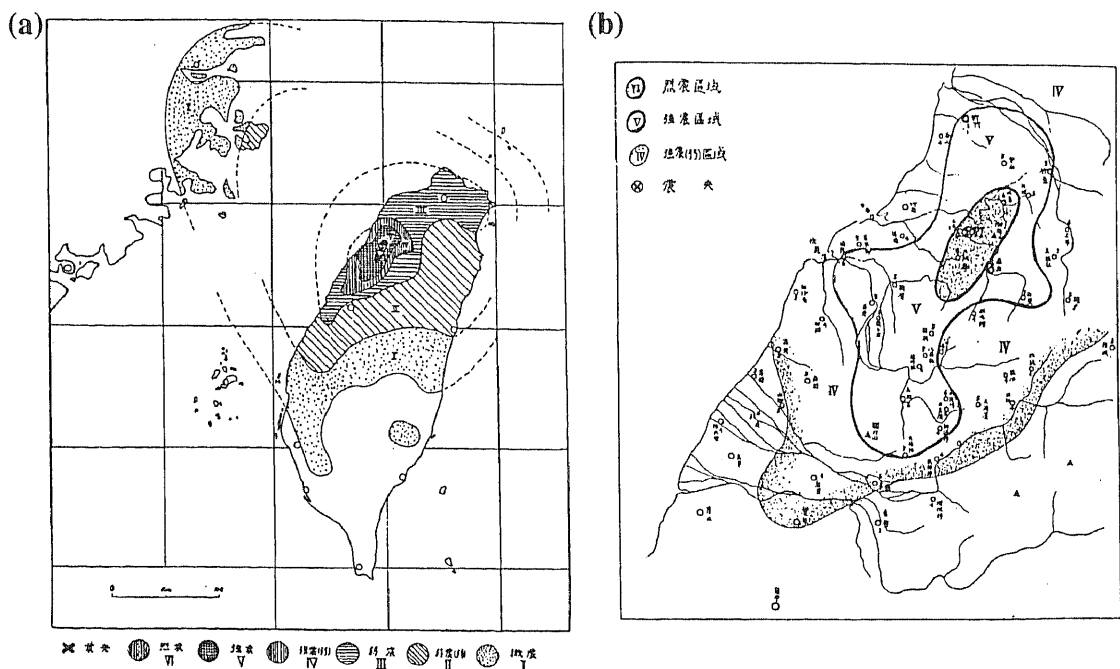
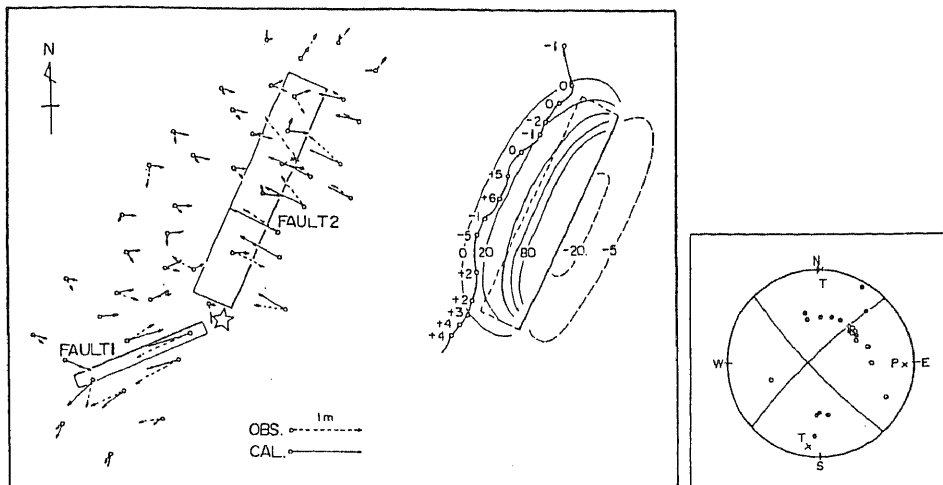


図3 第二震の震度分布図[台北観測所(1936)]. (a)広域, (b)震央付近.

Fig. 3 Seismic intensity map of the second event [Taipei Observatory (1936)]. (a): in extensive region, (b): in limited region near epicenter.



	ϕ (deg)	δ (deg)	λ (deg)	L (km)	W (km)	D (m)	M_s ($N \cdot m$)
Fault 1	157	80	0	20	10	1.5	$0.9 \cdot 10^{18}$
Fault 2	293	50	90	35	10	2.0	$2.1 \cdot 10^{18}$

ϕ : dip direction, δ : dip angle, λ : slip angle, L : fault length, W : fault width, D : slip amount, $M_s = \mu DLW$: seismic moment, $\mu = 3 \cdot 10^{10} N \cdot m$

図4 測量結果から推定された断層モデルとP波初動によるメカニズム解。断層モデルの左図は水平変位。右図は垂直変位。ともに断層モデルから推定される理論値と実測値も示している。[許・他(1982), 許・他(2000)]

Fig. 4 Optimal fault model of the 1935 Miaoli Earthquake inferred from geodetic data and mechanism solution by P-wave first motion. In figure of fault model, left figure: horizontal movement, right figure: vertical movement. Calculated values using this model and observed data are shown in both figures. [Sheu et al.(1982), Sheu et al.(2000)]

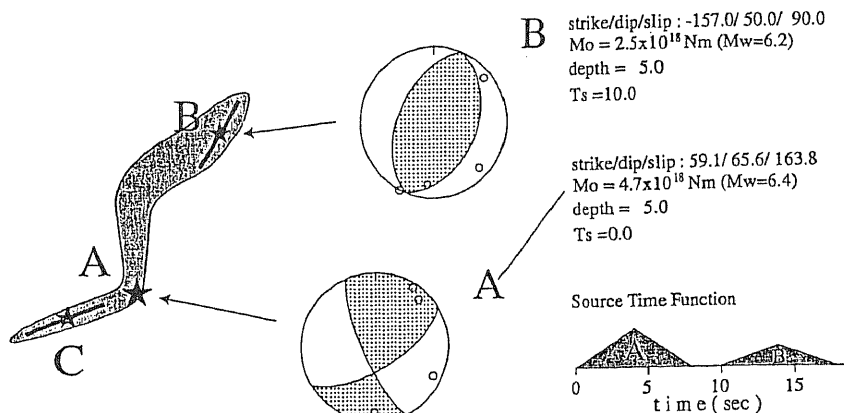


図5 第一震の波形解析から推定されたCMT解。波形の大部分は震央Aにおいた横ずれ断層で説明でき、断層Bからの寄与があったとしてもAの半分以下である。なお、Cからの寄与はAで代表してしまったので、ほとんどない。[石川・他(2000)]

Fig. 5 CMT solution estimated from waveform analysis of the first event. Most of the waveform is explained by strike-slip fault located in epicenter A. The contribution of fault B is less than half of that of A. In addition, fault C has few contribution because A represents. [Ishikawa et al.(2000)]

た結果、南西側の横ずれ断層だけでほとんど説明でき、北東側の逆断層の寄与があったとしても南西側の断層からの寄与の半分以下であると報告している(図5)。したがって、許・他(1982)の求めた2枚の震源断層は第一震だけで生じたものではないと考えられる。

3.2 被害分布について

許・他(1982)は、家屋倒壊率の大きな地域が北東側の逆断層の西側(上盤側)に集中していることも、北東側の断層が主断層であったことを裏付けているとした。しかし、震災直後に書かれた「新竹台中烈震報告」[台北観測所(1936)]や「昭和十年台湾震災誌」[台湾総督府(1936)]に

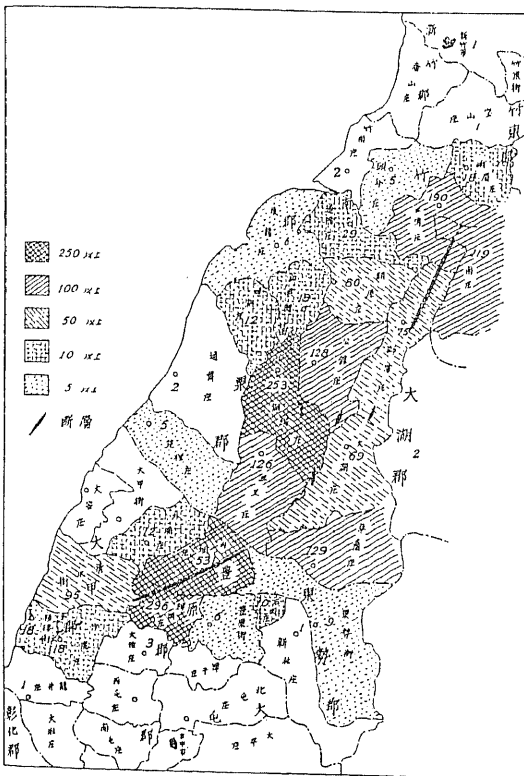
は、以下のような記述がある。

・「新竹台中烈震報告」[台北観測所(1936)]における記述

「この地震は本震後僅かに 24 分の後に発現した烈震で新竹州竹東郡蛾眉庄、三湾庄付近に可成りの被害を生じたもので本震と混同しているため被害数を挙げることはできないが該地方人の実見談に依れば本震により半壊程度の家屋でこの余震のために全壊したものも多数に上った由である。」

・「昭和十年台湾震災誌」[台湾総督府(1936)]における今村明恒の記述

(a)



(b)

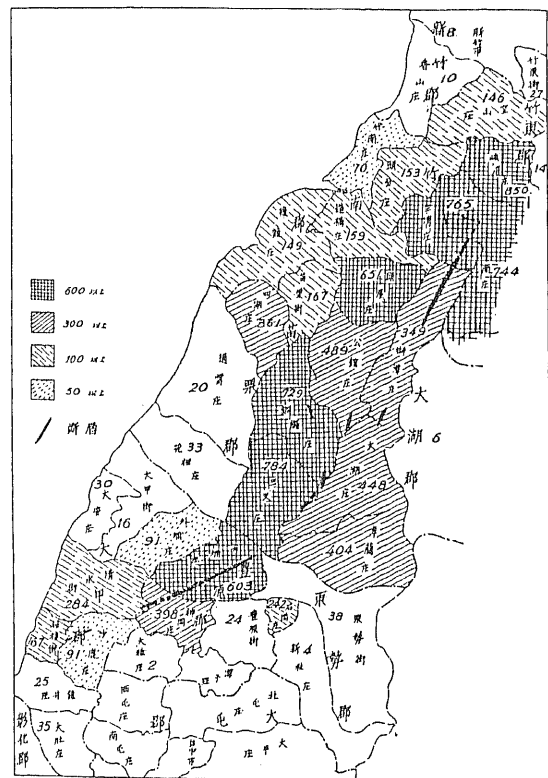


図6 街庄別被害分布図[本多・竹花(1935)]. (a)人口1万人に対する死者数. (b)千戸に対する全壊家屋数.

Fig. 6 Damage distribution map for each town [HONDA and TAKEHANA (1935)]. (a): number of killed per 10,000 population, (b): number of razed house per 1,000.

「南庄や峨眉あたりの模様を伺ひますと、四月二十一日六時二分の地震では、未ださう大した被害でなかった。殊に峨眉あたりでは凡そ三分の一位しか潰れなかったが、同二十七分の地震で殆んど残りがなくなった。然し此の時は用心をして居ったが為に死人が割合に少なかったと云ふやうなことで、詰り北の方には二度目の地震の方が却ってひどく破壊作用を惹起したと云ふやうなことを、これは数箇所で見られる、・・(中略)・・兎に角運動の順序として、さう云ふことであったらうと想像がつくのであります。」

上記の記述中にある「この余震」や「同二十七分の地震」が本論の第二震にあたる。つまり、峨眉庄などの震災地の北部では、第一震よりも第二震によって多くの家屋が倒壊したことを示している。

また、図6に本多・竹花(1935)による人口1万人あたりの死者数、千戸あたりの全壊家屋数の分布図を示す。図6(a)と図6(b)を見比べると、北東側の断層沿いにあたる地方では、南西側の断層沿いの地方に比べて、全壊家屋数の割に死者数が少ないことが見てとれる。特に峨眉庄や頭屋庄では顕著に見える。このことについて、台北観測所(1936)は以下の原因を考えている。なお、北東側の断層と南西側の断層の境目付近に州境があり、北東側が新竹州、南西側が台中州にあたる。また、第一震及び第二震の発生日時は、現地時間では早朝の、それぞれ6時2分、6時26分である。

- ・台中州下においては震動の激烈であった地域に密集部落があった。
- ・新竹州下の住民は主として農民が多く早起きであったが、台中州下の住民は主として商人が多く就寝中であった。
- ・6時26分の余震(本論における第二震)による被害が本震直後であったため、家屋の損害のみで人の死傷をほとんど生じなかった。

上記の3番目については、「昭和十年台湾震災誌」[台湾総督府(1936)]においても今村明恒が

「然し此の時は用心をして居ったが為に死人が割合に少なかった」と記述している。

したがって、この地震の被害状況の地域的な違いは、震源断層位置や社会活動の地域的な違いのほかに、地震が時間差をもって発生したことも原因と考えられる。

3.3 マグニチュードについて

第一震については、CMO(1952)やGUTENBERG and RICHTER(1954)がM7.1としており、一般にはその値が用いられている。第二震については、GUTENBERG and RICHTER(1954)がM6とし、中国地震目録(1983)に引用されているが、ほとんどの地震カタログには記載されていない。HSU(1971)や石川・他(1999)は、台湾の記録を基に、坪井(1954)の式を使用して独自にマグニチュードを求めた。両者の違いは、HSU(1971)が各地震観測点それぞれについて係数を決め直して計算したのに対し、石川・他(1999)は係数を現在気象庁が使用している値と同一にして計算したことによる。また、石川・他(2000)は、第一震について、強震波形の解析からMw6.5を求めている。

また、本論では、震度5以上の領域の広さからMを求める村松(1969)の式、

$$\log S_5 = M - 3.2$$

(ここで、 S_{km^2} は震度5以上の領域の面積)を用いて、図2、図3から見積もった面積を基に計算してみた。その結果、第一震については $S_5 \approx 3000 \text{ km}^2$ とするとM6.7、第二震については $S_5 \approx 1000 \text{ km}^2$ とするとM6.2という結果を得た。

これらの結果を含めて、各種文献に掲載されているマグニチュードを表1にまとめた。

表1 各種文献に見られる第一震と第二震のマグニチュード. ゴシック体の文献は独自にMを求めたもの, それ以外は他文献からの引用. それぞれ年代順に記載.

Table 1 Magnitudes of the first event and the second event by various literatures. Original magnitudes were determined in the literatures written by Gothic in this table, referential magnitudes were described in the others. These literatures are listed chronologically in this table

文 献	第一震	第二震	算出方法または出典
Central Meteorological Observatory(1952)	M 7. 1	記載なし	日本国内 6 ヶ所の検測値を基に計算
GUTENBERG and RICHTER(1954)	M 7. 1	M 6	世界の検測値を基に計算
HSU(1971)	M 7. 1	M 6. 0	台湾の検測値を基に計算
ABE(1981)	M s 7. 1 m B 6. 8	記載なし	世界の検測値を基に計算
石川・他(1999)	M 6. 9	M 6. 1	台湾の検測値を基に計算
石川・他(2000)	M w 6. 5	—	強震波形を基に計算
本論	M 6. 7	M 6. 2	震度 5 以上の面積を基に村松(1969)の式を使用
GANSE and NELSON(1981)	M 7. 1	記載なし	Catalog of Chinese Earthquakes Vol II(1901 to 1949) [Institute of Geophysics, 1970] から引用
中国地震目録 [顧・主編(1983)] <中国>	M 7. 1	M 6	GUTENBERG and RICHTER(1954)から引用
地震の事典 [宇津・総編集(1987)]	M s 7. 1	記載なし	GUTENBERG and RICHTER(1954)から引用
地震百問 [交通部中央気象局編(1988)] <台湾>	M 7. 1	記載なし	? (Central Meteorological Observatory(1952) または HSU(1971) から引用したと思われる)
世界の被害地震の表(古代から1989 年まで) [宇津(1990)]	M 7. 1	記載なし	中国地震目録(1983)から引用
牛頓別冊「地震大解剖」 [牛頓出版公司編集部(1999)] <台湾>	M 7. 1	記載なし	中央気象局<台湾>から資料提供
中央研究院地球科学研究所(1999)<台湾>	M 7. 1	記載なし	徐明同(1989)から引用

§ 4. 議論とまとめ

1935 年苗栗地震の本震(第一震)と約 24 分後に発生した大規模なイベント(第二震)について調査した。許・他(1982)は南西側の横ずれ断層で破壊が始まり、北東側の逆断層で主破壊があったとしたが、石川・他(2000)の波形解析の結果、第二震による被害についての台北観測所(1936)や台湾総督府(1936)の記述から、北東側の断層が第一震のみで生じた可能性は低いと考えられる。また、第一震が起こったことにより北東側の逆断層が動きやすくなるかどうか ΔCFF を計算した結果、図7のようにプラスの領域に位置することが分かった。第二震のメカニズム解は地震波からは不明であるが、その決定された震央は北東側の断層の位置と矛盾しない。したがって、第二震は第一震に誘発されて北東側の断層で発生した可能性が高いと考えられる。

マグニチュードについては、表1によると、第一震のマグニチュードはほとんどの文献でM7前後となっているのに対し、第二震はM6程度である。この二つの地震が双子地震というにはMの差が大きい、第一震について石川・他(2000)の $M_w 6.5$ という結果もあり、また、本論で計算した値では、二つの地震のMの差は0.5しかない。

このように第一震のマグニチュードの方が第二震より大きく求められているが、地殻変動データから求めた許・他(1982)によると南西側より北東側の断層の方がモーメントの解放量大きい。このことから、第二震は弾性波のエネルギーとしては小さかったものの断層運動が大きかったという可能性も考えることもできるが、北東側の断層の一部が第一震からすでに動いていたという可能性も考えられる。図2(b)に見られる震央付近のS字型の震度分布は後者の可能性を示唆する。しかし、いずれにしても第二震は、第一震によって隣接した断層に励起されたと考えられ、規模も比較的大きかったことから、本震の震源域内に発生する通常の余震ではなく、双子型連発地震とも言うべき性格を持った一連のイベント

であったと考えられる。

ところで、苗栗地震の場合は地震計による観測が行われている時代なので、第一震、第二震の規模、波形解析による断層面の推定などについて論じることができた。しかし、地震計による観測が行われていない時代に時間的・位置的に近接して地震が続発した場合、被害分布、地殻変動、地形・地質調査や文献調査からだけでは、よほど時間的・位置的に詳細に被害状況などが記録されていなければ、これらを識別することは難しい。そして、識別できなければ、全体の

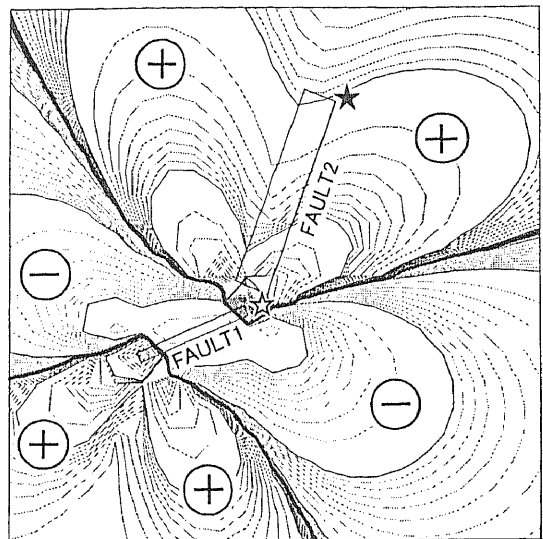


図7 南西側の断層(Fault1)が動いたあとの北東側の断層(Fault2)に対する ΔCFF 分布。Fault2は $\Delta CFF > 0$ の領域にある。☆, ★は、それぞれ第一震、第二震の震央を示す。図の作成には MICAP-G [内藤・吉川(1999)]を用いた。

Fig. 7 Distribution of ΔCFF for the Fault2 by the dislocation of the Fault1. The Fault2 is located in the region of $\Delta CFF > 0$. Epicenter of the first and second events are shown by ☆ and ★, respectively. MICAP-G by Naito and Yoshikawa (1999) is used to draw this figure.

表2 各種文献に見られる苗栗地震の名称

Table 2 Names of the 1935 Miaoli Earthquake shown by various literatures.

文 献	名 称
台北観測所(1936)	新竹・台中烈震
台湾総督府(1936)	新竹・台中烈震
東京帝国大学(1936)	昭和 10 年台湾中部地震
Central Meteorological Observatory(1952)	新竹台中両州烈震
地震百問 [交通部中央気象局編(1988)] <台湾>	新竹・台中烈震
世界の被害地震の表(古代から 1989 年まで) [宇津(1990)]	苗栗地震/新竹・台中地震
中央研究院地球科学研究所(1999)<台湾>	新竹-台中地震

現象が1回の地震によってもたらされたと判断してしまう可能性が高い。歴史地震を調査する場合には、つねにこの問題点を十分認識して、できるだけ原典にあたり、これらの点を十分注意しながら判断する必要がある。また、現在知られている歴史地震の中にも、複数のイベントを1回の地震として扱っている可能性も否定できない。今回の調査を通じて、改めてそのことを感じたのでここに報告する。

なお、本論で扱った「苗栗地震」については、「新竹・台中地震」という名称も使われている(表2)。しかし、被害は台中州北部州境にある豊原郡付近から新竹州南西部にかけての地域に集中しており、「台中」という名称はあまりそぐわないと思われるので、本論では「苗栗地震」という名称を用いた。

謝 辞

査読者の関口春子氏からの有益な指摘は本稿の改善に役立ちました。ここに記して感謝いたします。

文 献

- ABE, K., 1981, Magnitudes of large shallow earthquakes from 1904 to 1980, Phys. Earth Planet. Interiors, 27, 72-92.
- Institute of Geophysics, Catalog of Chinese Earthquakes Vol II(1901 to 1949), 1970, Academia Sinica, 1540pp.
- 中央研究院地球科学研究所, 1999, 台湾百年来十大災害地震, 中央研究院地球科学研究所 ホーム ページ (http://www.earth.sinica.edu.tw/921/921chichi_10big.htm) (中国語)。
- Central Meteorological Observatory, 1952, The Catalogue of Major Earthquakes Which occurred in Japan (1885-1950), The Seismological Bulletin of The Central Meteorological Observatory, Japan For the Year 1950, 99-183.
- GANSE, R.A. and J.B. NELSON, 1981, CATALOG OF SIGNIFICANT EARTHQUAKES 2000B.C.-1979 including Quantitative Casualties and Damage, WORLD DATA CENTER A for Solid Earth Geophysics, REPORT SE-27, 154pp.
- GUTENBERG, B. and C.F. RICHTER, 1954, Seismicity of the Earth and Associated

- Phenomena , Second Edition , Princeton University Press, 310pp.
- 本多弘吉・竹花峰夫, 1935, 新竹・台中兩州烈震の被害, 驗震時報, 9, 15-27.
- HSU, M., 1971, Seismicity of Taiwan and Some Related Problems, Bulletin of International Institute of Seismology and Earthquake Engineering, 8, 41-160.
- 石川有三・橋本徹夫・吉田康宏, 1999, 台湾の過去の主な地震と集集地震, 日本地震学会 1999 年秋大会ポスター, S27-1443A.
- 石川有三・橋本徹夫・吉田康宏, 2000, 台湾の地震(1935 年新竹・台中の地震と 1941 年嘉義の地震), 地球惑星科学関連学会 2000 年合同大会予稿集, Sk-P015.
- 顧功叙(主編), 1983, 中国地震目錄, 科学出版社, 894pp(中国語).
- 交通部中央氣象局編, 1988, 地震百問, 59pp(中国語).
- 村松郁栄, 1969, 震度分布と地震のマグニチュードとの関係, 岐阜大学教育学部報告, 自然科学, 4, 168-176.
- 内藤宏人・吉川澄夫, 1999, 地殻変動解析支援プログラム MICAP-G の開発, 地震2, 52, 101-103.
- 牛頓出版公司編輯部, 1999, 牛頓別冊「地震大解剖」, 牛頓出版公司, 214pp(中国語).
- 許 華杞・小菅正裕・佐藤裕, 1982, 1935 年新竹-台中(台湾)地震のメカニズムと断層モデル, 地震2, 35, 567-574.
- 許 華杞・遊 麗方・佐藤裕, 2000, 1935 年新竹・台中地震と 1999 年台湾地震の断層とそのテクトニクスの背景, 測地学会誌, 46, 69-82.
- 台北觀測所, 1936, 昭和 10 年 4 月 21 日新竹台中烈震報告, 台北觀測所, 160pp.
- 台湾總督府, 1936, 昭和十年台湾震災誌, 三秀舎, 531pp.
- 坪井忠二, 1954, 地震動の最大振幅から地震の規模Mを定めることについて, 地震2, 7, 185-193.
- 東京帝国大学, 1936, 昭和 10 年台湾中部地震に関する論文及報告, 地震研究所彙報別冊, 3, 238pp.
- 宇津徳治(総編集), 1987, 地震の事典, 朝倉書店, 568pp.
- 宇津徳治, 1990, 世界の被害地震の表(古代から 1989 年まで), 宇津徳治(私費出版), 243pp.