

6 - 12 福井地震断層の位置と規模を定めるための探査

A prospecting to Determine Position and Magnitude of the Fukui Earthquake Fault

京大防災研究所 竹内文朗・古川信雄・春日 茂（当時）
平野憲雄・西上欽也・見野和夫
京大理学部 天池文男・川部喜朗
金沢大学理学部 河野芳輝
立命館大学理工学部 貞広太郎

Fumiaki TAKEUCHI, Nobuo HURUKAWA, Shigeru KASUGA (then) , Norio HIRANO
Kinya NISHIGAMI and Kazuo MINO
Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University
Fumio AMAIKE and Yoshiaki KAWABE
Faculty of Science, Kyoto University
Yoshiteru KONO
Faculty of Science, Kanazawa University
Taro SADAHIRO
Faculty of Science and Technology, Ritsumeikan University

福井地震断層は、1948年の福井地震（ $M = 7.3$ ）¹⁾に際して動いたとされる活断層であるが、福井平野の厚い堆積層の下にあるため、その位置、規模ともに正確な情報が少なかった。そこで、物理探査の手法を用いて、これらの推定を試みた。既知の情報としては、福井地震の際の地割れの発生した位置と、それを境として、東側が西側に対して数10 cm隆起したことなどである²⁾。図1のFaultと記したのが地表に見られた地割れをつないで表わしたものである。今回の探査は同図のハッチ部分を主に行ない、探査の種類によっては、これを東西に延長したり、また、北側、南側にも別の測線を設けたりした。

探査の種目は、a) 重力、b) 全磁力、c) 地震波、d) γ 線、e) やや長周期の常時微動である。

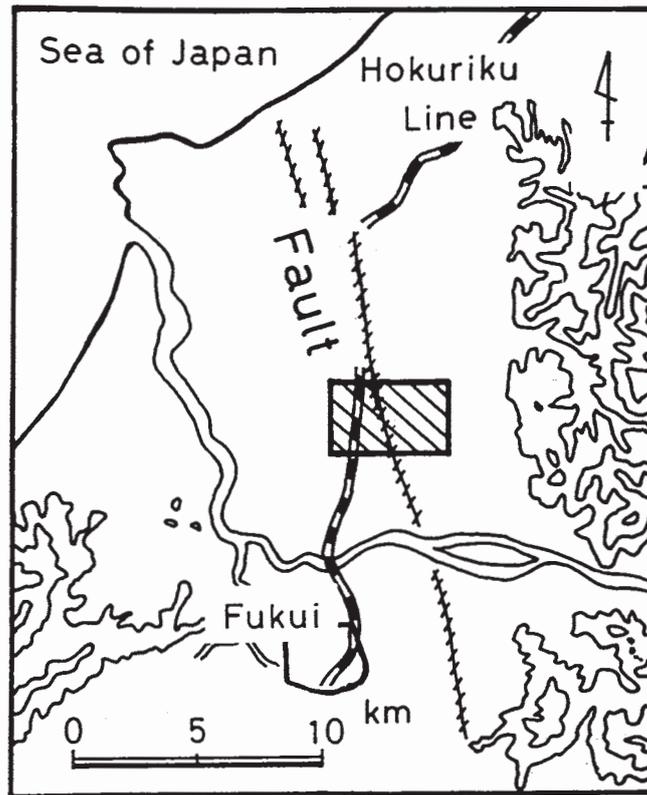
福井地震は横ズレの卓越したものであったが、たてズレ成分も少しあり、もしこの型の地震がくり返し発生していれば、地下に相当のくい違いをもつたてズレの断層が見出されるはずである。河野ら³⁾の重力の結果も、それを支持しているようである。更にKono et al⁴⁾によるブーゲー異常のこの地域の大体のパターンは、福井地震時の水準結果とセンスに於いて一致し、量的には、2桁ほど上まわっている。即ち、現在のブーゲー異常のパターンを、福井地震のくり返して説明するとすれば、100回程度の回数が結論される。これに力を得て、図1のハッチ部より広い範囲で、プロトン磁力計による磁力探査を行なった⁵⁾。図2の下段に、Granitic Layerとその上の基盤岩との形状のモデルを示した。これにより計算される全磁力のAnomalyと、測定値を図2の中段に示した。Base Rocksに $K > 10^{-2}$ 程度の大きな値を仮定すれ

ば、大局的な一致がみられる。同じモデルによるブーゲー異常の計算値と、実測値を同図上段に掲げる。ここでも、大局的な一致を示しているが、実測値は、そのカーブの中央あたりで、非常な急勾配をしていることがわかる。これは、下段の図の Base Rocks とその上の堆積層との境界の形を反映したものと見ることができ、ここではその一つの可能な解を、Tajima River の位置に 150m の東上りの構造として示した。以下の探査は、この境界面を探るものである。図 3 では、この段差による全磁力異常の、実測値との比較を行なった。ここに示した実測値は、先の大局的な値を、もとの実測値からさし引いた残りの短波長成分で、浅いところの構造を反映するものと考えている。問題の段差は、鉛直なズレと考えても、あるいは下段の MODEL II のようなダラダラとした段と考えても、実測値によく似たパターンが得られる。以上、重力、磁力探査により、地下 100 ~ 300m 付近に、100m をこえるくい違いの存在することが推察されたが、更に分解能のすぐれた地震探査を図 4 の展開で実施した⁶⁾。震源にはエアガンを用い微弱な信号をスタッキングによって S / N 比のよい記録に変えて解析した。図 5 に一例を示す。この図の中央部が、ちょうど、図 2, 3 のモデルで段差を設けた位置にあたる。図 5 で明白なように、西側（図の左側）へは $V_p \approx 2 \text{ km / sec}$ の初動がほぼ直線的に続くのに比べ、東側（右側）には、200m 付近までは同様の速度で、それ以遠は、 $V_p \geq 4 \text{ km / sec}$ の早い速度が見られるという違いがある。これは、Base Rocks からの屈折波の現れと考えることができる。図 6 の d) に、他のショットによる結果および、自然地震の走時も参考にした解折結果を示す。同図 a) は、福井地震前後の水準変化²⁾であり、b) は市町村の 1 / 2500 地形図から読みとった水田の高さのプロットである。また c) は、ボーリング柱状図より求められた沖積層の深さ⁷⁾である。いずれも、この地域に於いて、顕著な高さ方向の変化があることを示していて、図のハッチで示した地われの発生した地域²⁾との対応もよい。以上をもって、SP2 (Shof Point 2) の直下の段差もしくは、それを含む 1km ほどの巾の地域全体が、くり返す福井地震の集積でできた断層（帯）であろうと推理する。また γ 線のシンチレーションサーベイメータによる γ 線強度の分布⁸⁾も、問題のあたりから東側にかけて急な減少を示し、上記の事実と何らかの対応をするものと思われる。(図 7)次に、このような堆積層とその基盤との境界のくい違いがあれば、堆積層の厚さに比例した周期の常時微動が卓越するものと考え、観測を行なった⁹⁾。測点を図 8 に示す。地震計は 1 秒の V で、コンデンサーによる周期のばしを施し、3, 4 秒の長い波動まで観測できるようにした。結果は、場所による周期の変化は顕著でなく、むしろ、その振巾が大きく変化するようであった。図 9 に、4 秒と 2 秒について、各点でのフーリエスペクトルの振巾を plot した。K - Line の測定は J - Line の翌日のものである。これでわかることは K - 6 と J - 6 の間、すなわち、やはり Tajima River の付近で振巾が急変することで、地下構造の反映であると考えたい。

以上、場所的には Tajima River の近くに、規模 100m 以上の段差があることがわかった。この段差を仮に福井地震と同じメカニズムの地震だけで生じさせるには、100 回以上のくり返し発生が必要である。見積りによっては、この回数は 200 回としても不自然ではない。そして、これらの地震群が、仮にこの 100 万年間に起こったとすれば、くり返し周期は 5000 年～10000 年と考えることができる。この断層の南北方向（走行方向）の規模は、別の測線による重力、全磁力の測定から、地われの続いていた範囲のうち、約 10km については、ほぼ確かめられたが、さらに長いものかどうかについては、検討していない。

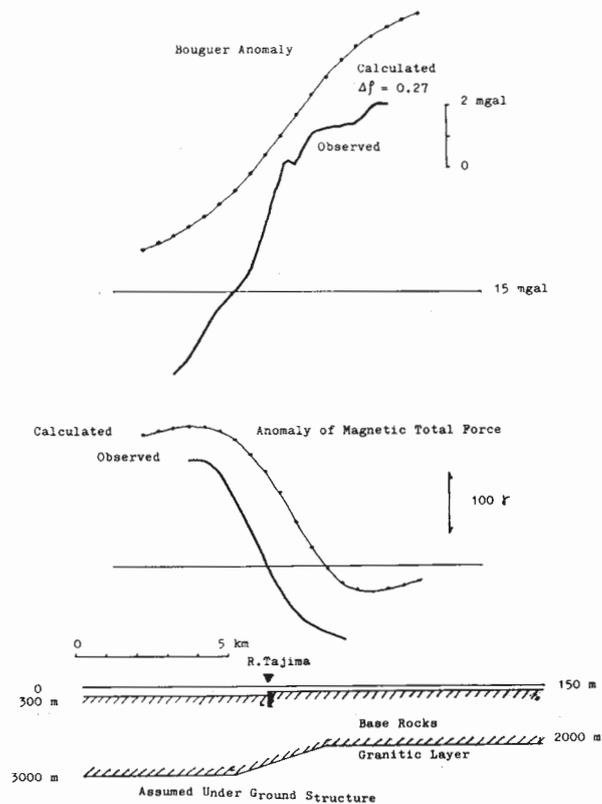
参 考 文 献

- 1) 宇佐美龍夫：資料日本被害地震総覧，東海大学出版会（1975）
- 2) Edited by H.TSUYA：THE FUKUI EARTHQUAKE OF JUNE 28, 1948（1950）
- 3) 河野芳輝，角南基亮，藤井美智子：福井平野における重力異常と福井地震災害との関係，地震Ⅱ，No.34，pp377 - 383，（1981）
- 4) Yoshiteru KONO, Takeshi HIBI, Masayuki KUBO, Osamu MICHIGAMI, Kyoji SHIBUYA, Motoaki SUNAMI, Keijiro SUZUKI and Nobuhiro FURUSE：Gravity Anomaly over the Northern Part of the Central Japan(1), Science Reports of Kanazawa Univeresity, Vol 27, No.1,（1982）
- 5) 竹内文朗，平野憲雄，古川信雄：福井地震断層探査 その1 全磁力，地震学会講演予稿集 No.1（1983）
- 6) 天池文男，春日 茂，古川信雄，竹内文朗，平野憲雄，川部喜朗，西上欽也：福井地震断層探査 -その4- 地震探査，地震学会講演予稿集 No.1（1983）
- 7) 北陸農政局計画部：福井県の水理地質と地下水（1977）
- 8) 貞広太郎，見野和夫：福井地震断層探査 その2 γ 線測定，地震学会講演予稿集，No.1（1983）
- 9) 古川信雄，春日 茂，竹内文朗，天池文男，平野憲雄：福井地震断層探査 その3 やや長周期微動，地震学会講演予稿集，No.1（1983）



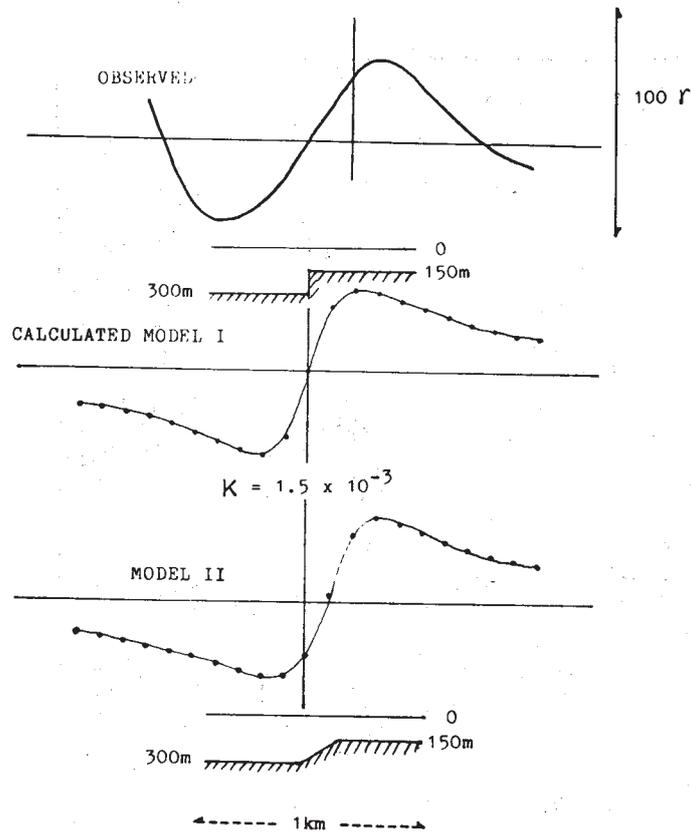
第1図 福井地震断層及び探査実施地域（斜線部）

Fig. 1 The Fukui earthquake fault and area of prospecting (shadow zone).



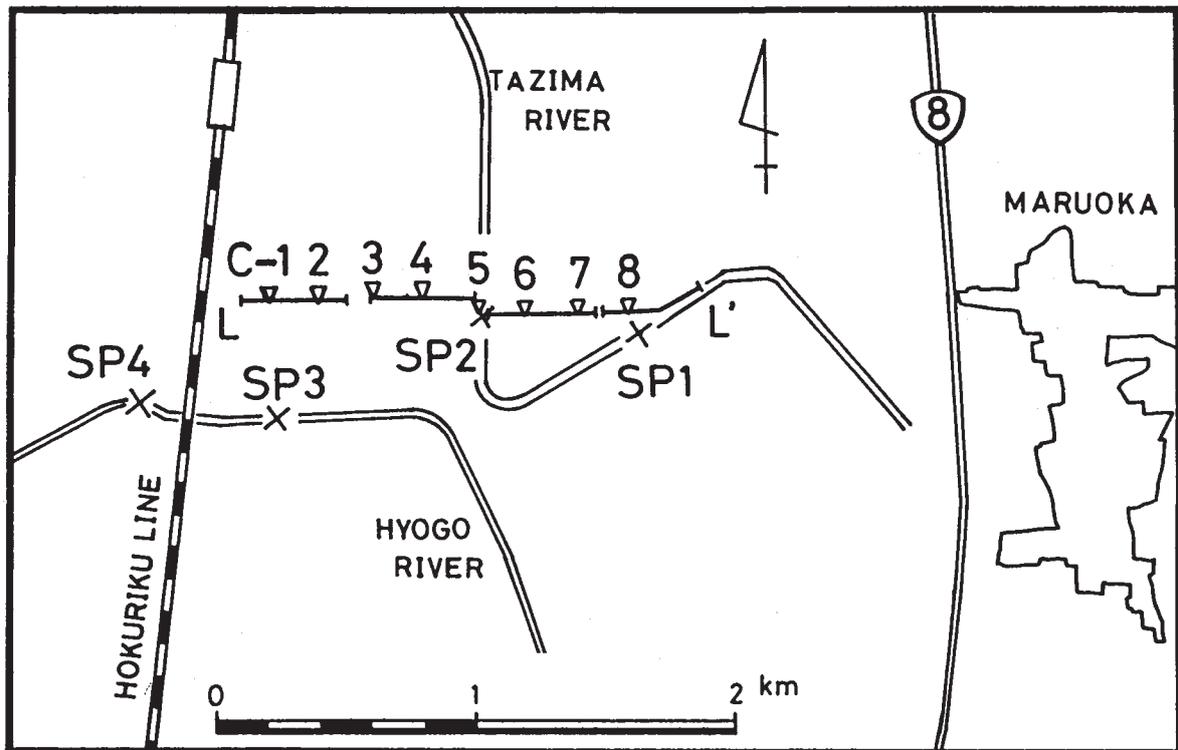
第2図 東西測線に沿うブーゲ異常（上），全磁力異常（中），地殻上部構造（下）

Fig. 2 The Bouguer anomaly (upper), magnetic total force (middle) and upper crustal structure (lower), in East (right) - West (left) direction.



第3図 2種の構造モデルによる全磁力異常計算値と観測値との比較

Fig. 3 Comparisons of observed magnetic total force with calculations for two different structures.



第4図 エアガンによる地震探査及び微動観測

SP1 ~ SP4 : エアガンによるショットポイント

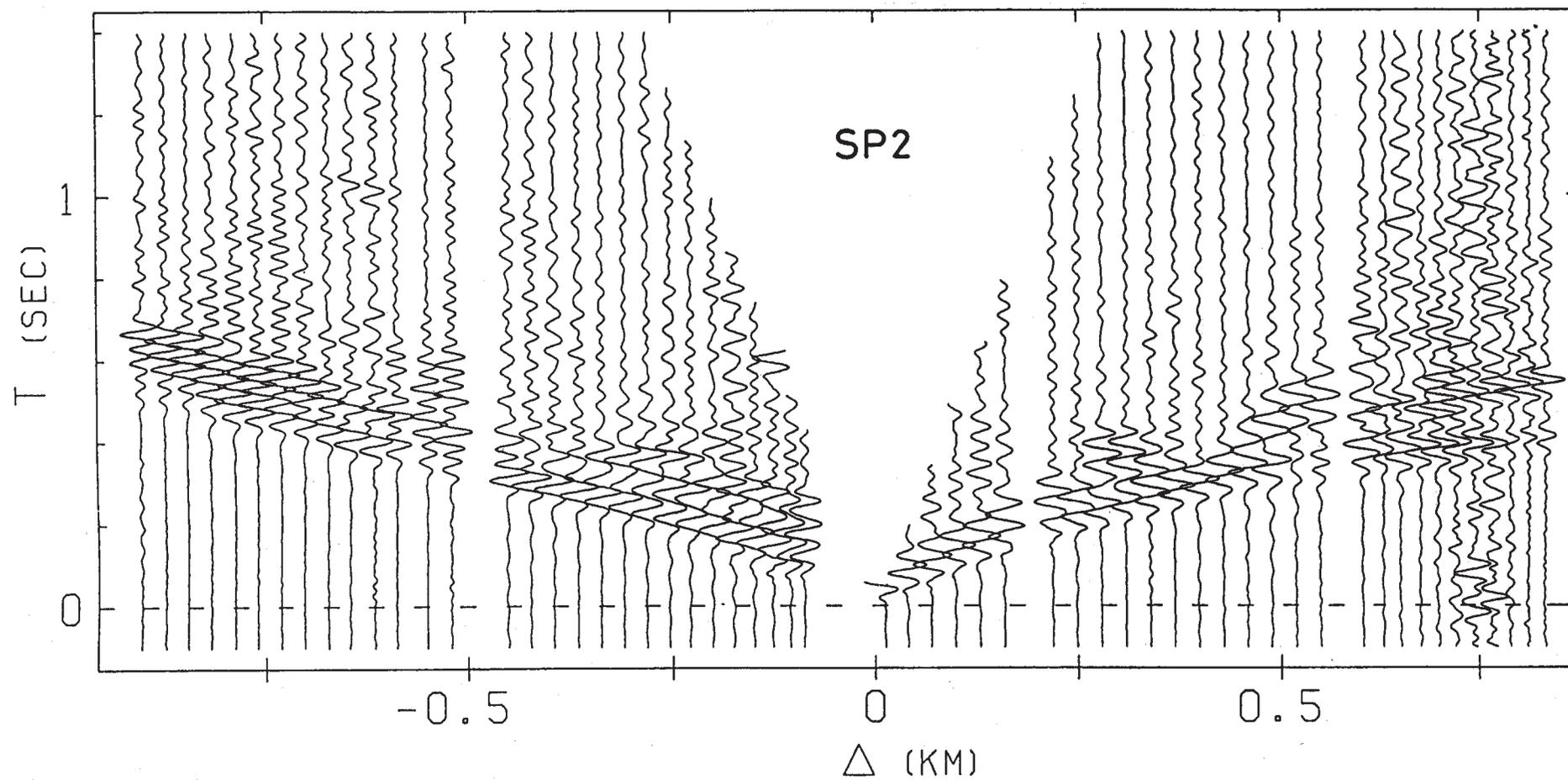
L - L' : 同上観測線, C - 1 ~ 8 : 微動観測点

Fig. 4 Seismic prospecting by air-gun, and microtremor observation.

SP1 - SP4 : shot points of air-gun.

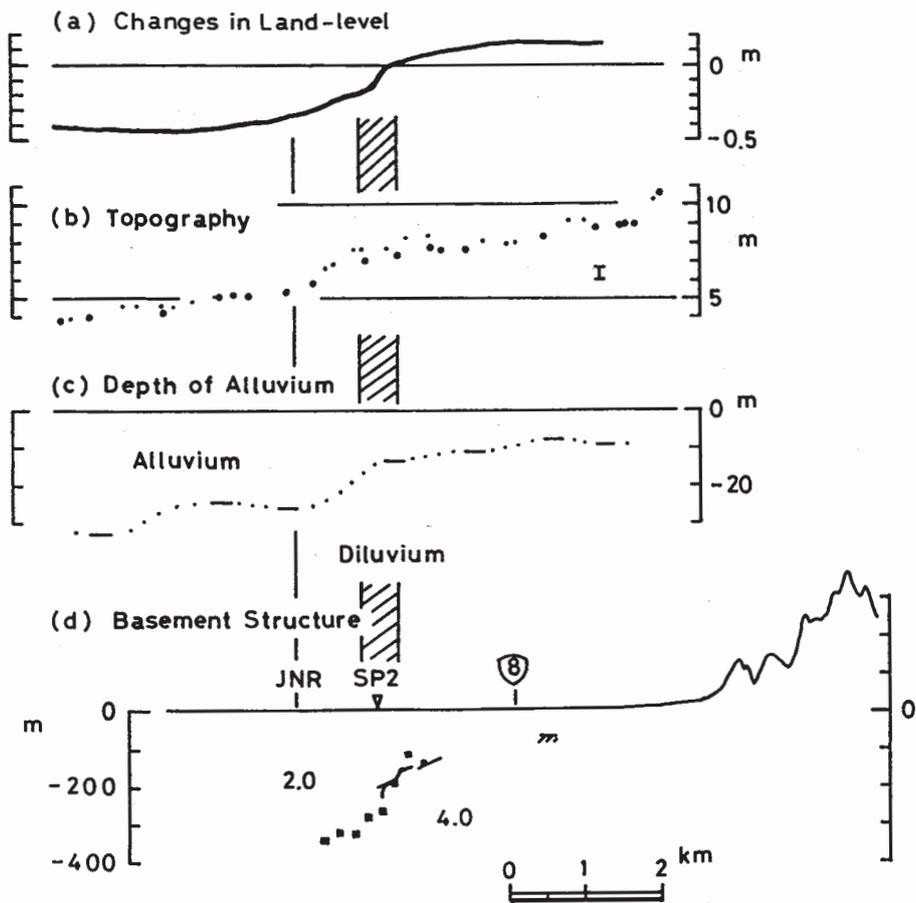
L - L' : observation line for the air-gun prospecting.

C-1 - 8 : observation points for microtremor.



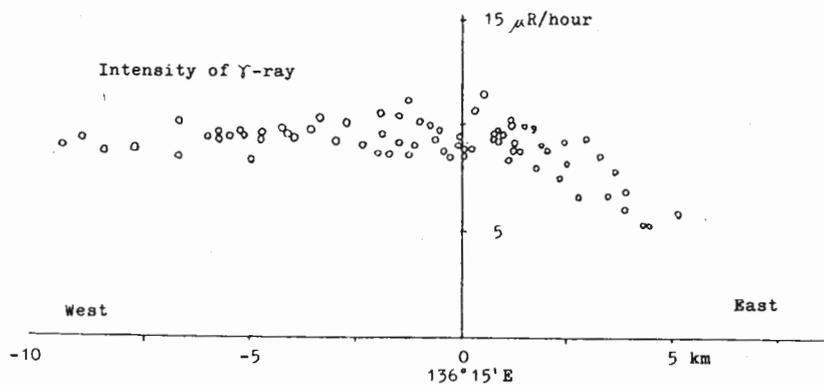
第5図 エアガンによる記録の例。左側：L, 右側：L'。

Fig. 5 An example of seismograms by the air-gun shooting.
The left : L, the right : L'.



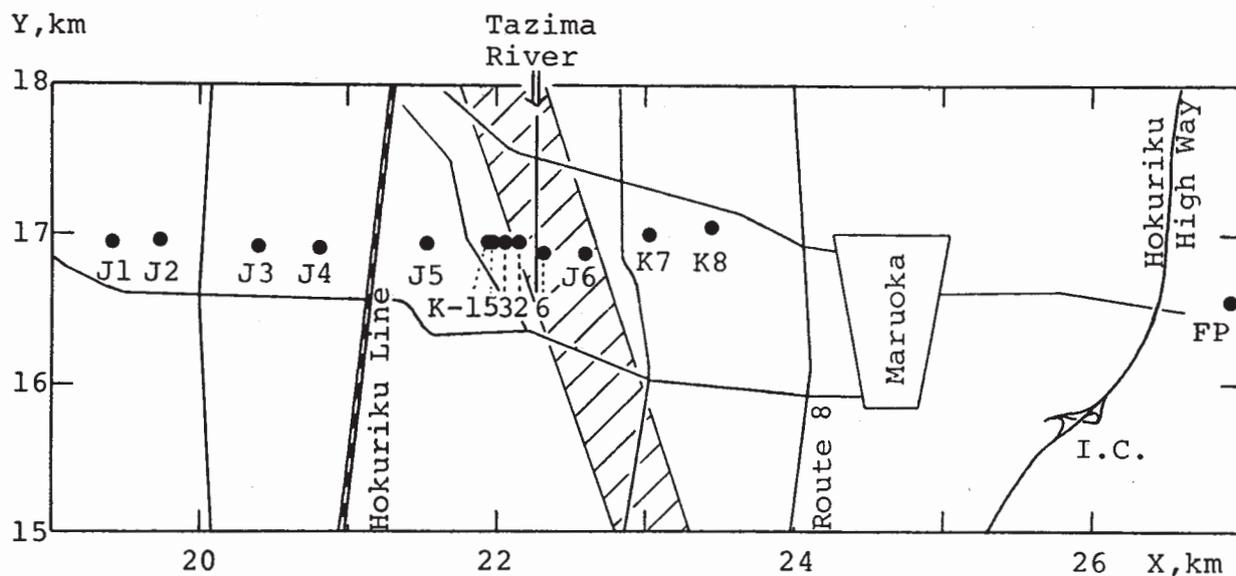
第6図 a) 地震時における水準変化。左側：西，右側：東。
 b) 地形断面。
 c) 沖積層の深さ。
 d) 基盤構造。四角：自然地震観測から推定された基盤。
 折線：エアガン観測から推定された基盤。

Fig. 6 a) Level change at the time of the Fukui earthquake,
 b) Topography,
 c) Depths of alluvium,
 d) Structure of basement rock. Squares: Positions of the basement rock estimated by observation of an earthquake. Line segments: Those estimated by air-gun shooting.
 The abscissa shows East (right) - West (left) direction.



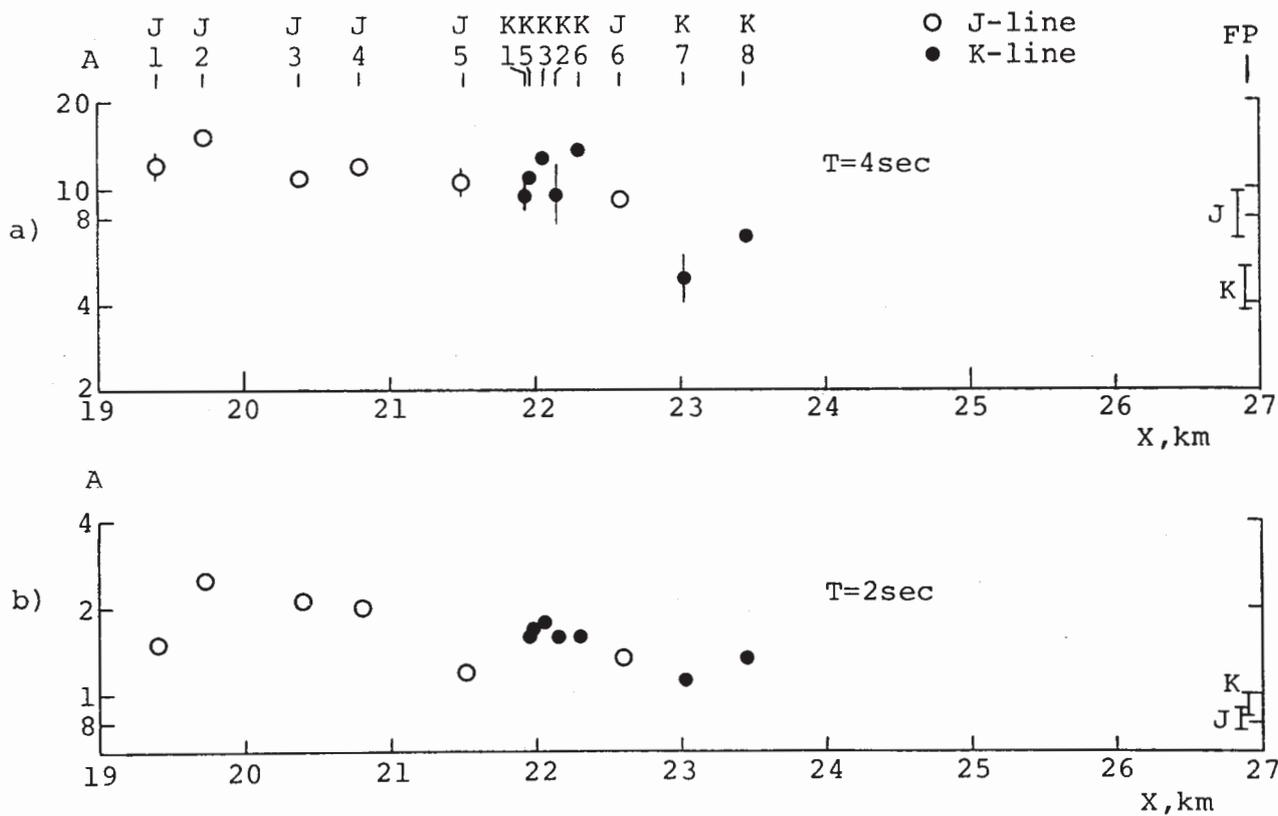
第7図 ガンマー線強度分布

Fig. 7 Distribution of γ -ray intensity in EW direction.



第8図 4秒上下動地震計による微動観測点。斜線部は地割地帯を示す。

Fig. 8 Observation points for microtremors by 4 sec vertical seismographs.



第9図 第8図の観測における微動の振幅スペクトル

Fig. 9 Amplitude spectra of microtremors at two periods of 4 and 2 sec.