

サイスミック・マイクロゾーニングにおける震度分布の 評価手法について

—その5, 福井地震における震度と震源距離・地形(地盤)の関係—

望月 利男* 松田 磐余**
宮野 道雄*** 小泉 敏一****

要 約

筆者らは一連の研究で、地震の規模(マグニチュード)、型(海洋型、内陸直下型)などによる被害、震度分布の差異について、主として墓石および木造建物被害調査に基づく震度と震源距離・地形(地盤)の関係に着目して検討を行ってきた。

本報告は、それらの中でいまだ対象とされていなかった内陸型大地震の事例として、1948年福井地震を取り上げ、断層面が地表に対して一般にほぼ90°に近い角度をなすと考えられるこのタイプの地震における、適切な震源距離の測定方法を明らかにすべく、線震源、面震源の両面から、各種地形および地盤種毎の震源距離と震度の関係に若干の検討を加えたものである。さらに、断層との位置関係において被災地をブロック化し、地盤種別に各ブロックの震度と震源距離の関係を比較することにより、断層の破壊に伴う震度分布の方向性の有無についても考察した。

1 はじめに

我が国に被害をもたらす地震は、震源を海洋部のプレート間に有する海洋型のもと、内陸部で発生する直下型のもとに大きく分類される。震害をマクロに捉えた場合、その内容は地震の規模(マグニチュード)と震源距離の関係によるところは当然のこととして、上記地震の型により影響される面もかなりあると思われる。

そのような観点から、筆者らは一連の研究(望月他、1979, 1980 a, b)で、これら両者に属するいくつかの地震について、主として墓石、木造建物被害に基づく推定震度と震源距離・地形(地盤)の関係に着目して若干の検討を加えてきた。本報告は、それらの中で対象とされなかった内陸型大地震の事例として1948年福井地震

(M7.3)を選定し、上記関係について考察を加えたものである。

この地震は、福井平野のほぼ中央を南北に走る断層を震源として生じた。木造住家の全壊という点からみれば被害の発生は東西15km、南北40kmの平野部を主体とするさほど広くない範囲に限定される。しかしながら、前報告その4(望月他、1980 b)で対象としたM6級の内陸型中地震と比べると、被災域は広く、墓石による震度あるいは家屋被害の資料が得られた地点の地形(地盤)もあまり片寄らず特定化されるため、震源距離との対応に関する点も含めて検討可能である。

したがって、本報告では、後に示すように地形を7種、地盤を4種に分類し、いくつかの方法で震源距離の計測を行い、断層の傾斜が地表面に対してほぼ直角と考えられるこのタイプの地震における、震度と震源距離・地形

* 東京都立大学都市研究センター・工学部

** 東京都立大学都市研究センター・理学部

*** 東京都立大学工学部研究生

**** 東京都市大学工学部

(地盤)の関係に検討を加え、より適切な震源距離の測定手法を見出そうとした。また、震度分布の方向性についても若干の考察を行った。

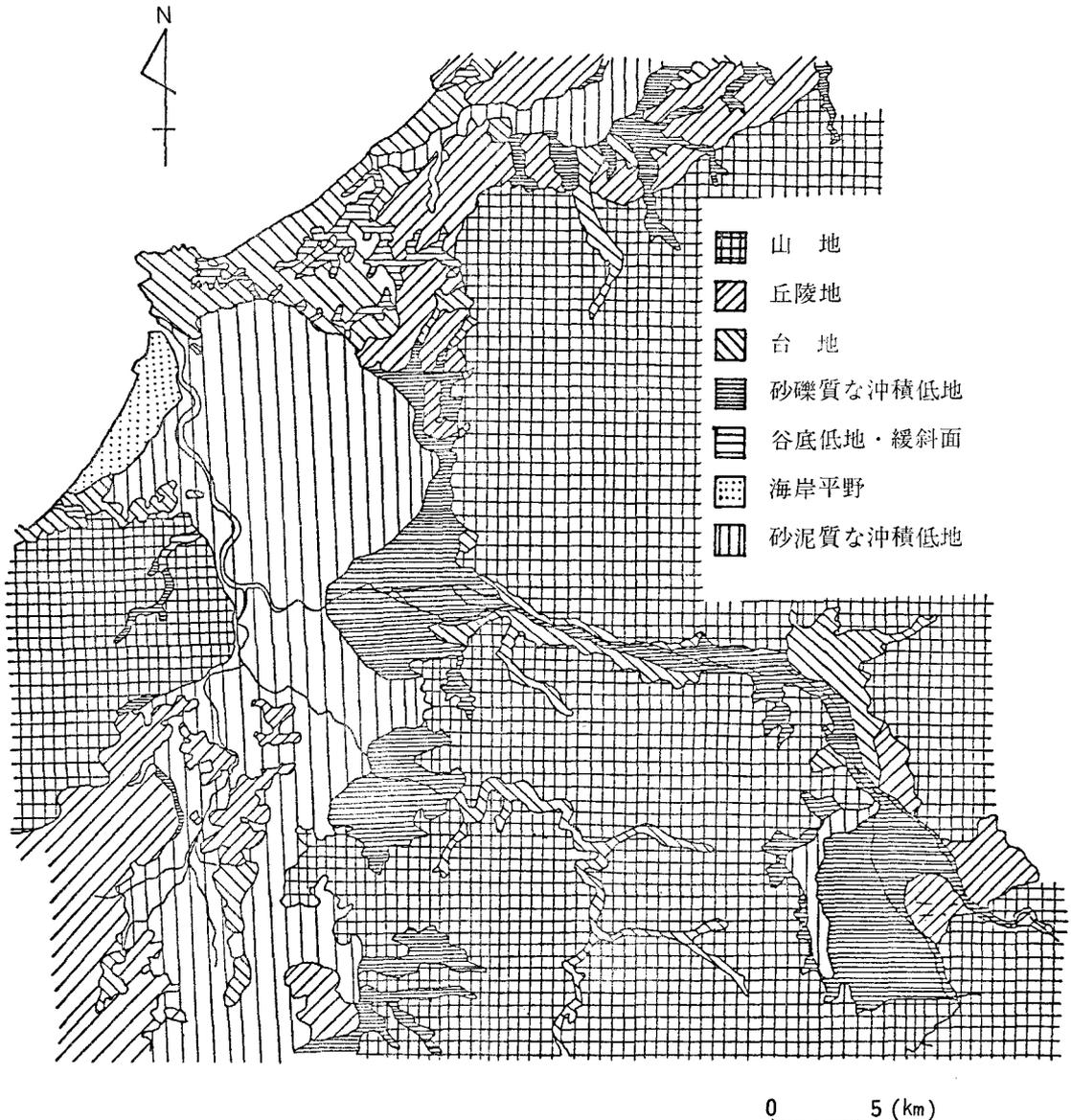
2 地形、地盤分類および震源距離

墓石および木造住家被害資料の得られた各地点の地形、地盤を判読するには、主として2万5千分の1地形図、地盤柱状図を用いているが、その手法は前述の同名報告その4(望月他, 1980b)に詳述されているので、

同文献を参照されたい。本報告における地形、地盤の分類を示せば以下ようになる。

地形

- a : 斜面A (山地・丘陵地斜面)
- b : 斜面B (台地斜面, すなわち段丘崖)
- c : 緩斜面 (斜面の末端部にみられる緩斜面, ゆるやかに起伏している段丘面, ほぼ1/20以下の傾斜を持っている)
- d : 台地上の平坦面
- e : 砂礫質な沖積低地 (扇状地, 沖積錐, 谷底低地)



図一1 地形分類図

f：砂泥質な沖積低地（三角州，自然堤防，後背湿地，泥質な氾濫原，谷底低地）

g：海岸平野（砂州，浜堤）

地盤種

第1（Ⅰ）種：未固結層（大体N値30未満）厚5m未満の地層，未固結層は通常の砂，シルト，粘土など。

第2（Ⅱ）種：未固結層厚が5m以上10m未満，ただし未固結層が泥炭層など著しく軟弱な場合，3～4mの層厚（それ以深は固結層）でも2種とする。

第3（Ⅲ）種：未固結層厚10m以上30m未満，ただし未固結層が泥炭層を含む場合，層厚5～10m程度あれば第3種とする。大体，谷底，一般低地並びに未固結層厚の大きい洪積地盤。

第4（Ⅳ）種：未固結層厚30m以上の地盤，厚さ5m以上の盛土地（経過30年未満），10mを越える泥炭層など極軟弱層を有する地盤。

なお，被災地周辺の各種地形分布を概観すれば，図-1のようになる。

一方，この地震による地表面の隆起と沈降の境界線が測地学的データから得られ，地震断層は走向がほぼN20°Wで，傾斜が東へ約80°と推定された（Kawasumi, 1950）。図-2に示した実線は上記境界線であるが，地表面で確認された多くの地割れ，亀裂帯がこの境界線と一致すること，および福井地震が比較的浅発性のものと考えられること（福井市，1978）を併せれば，この実線を fault trace（断層線）とみなしうると思われる。

したがって，この地震のように断層面が地表に対してほぼ直交している場合，被災地域における各地点の震源距離 X は，原則的にこの fault trace からの最短距離と考えられる。しかしながら，本報告では，より適切な X の計測手法を考察するため，つぎに述べる3種類の方法で震源距離を決定し，さらに後述する断層面要素からの放射エネルギーを考慮した有効震源距離を用いた場合などと比較検討する。

- 1) 図-2に示す北端で分岐したままの形の fault trace（実線）から各地点への最短距離 X_1 (km)。
- 2) 分岐した fault trace の北端を図-2の破線のように一本の連続した線（長さ $L=26.3$ km）とみなし， L を長軸，深さ W ($L/2$ と仮定)を短軸とする楕円を考え，その二つの焦点区間内（22.8km）を震源とした時の最短距離 X_2 (km)。
- 3) 上記1)の分岐した fault trace に2)の楕円の考え方を適用した場合 X_3 (km)。

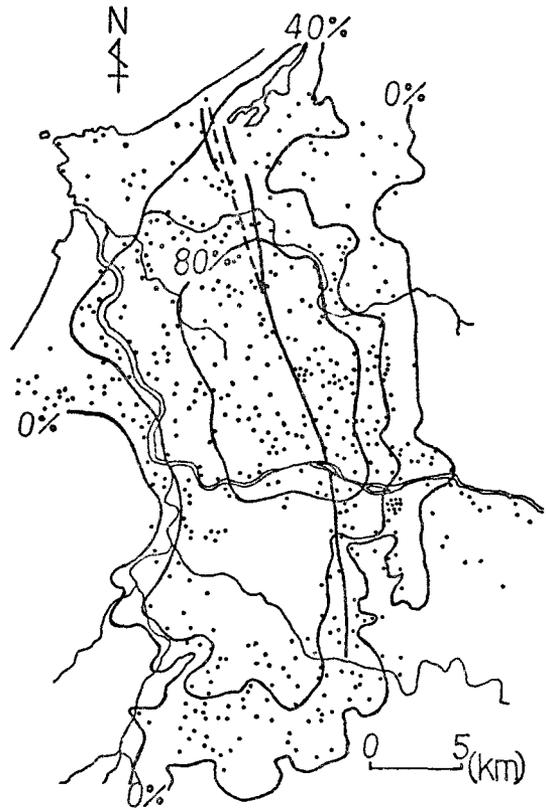
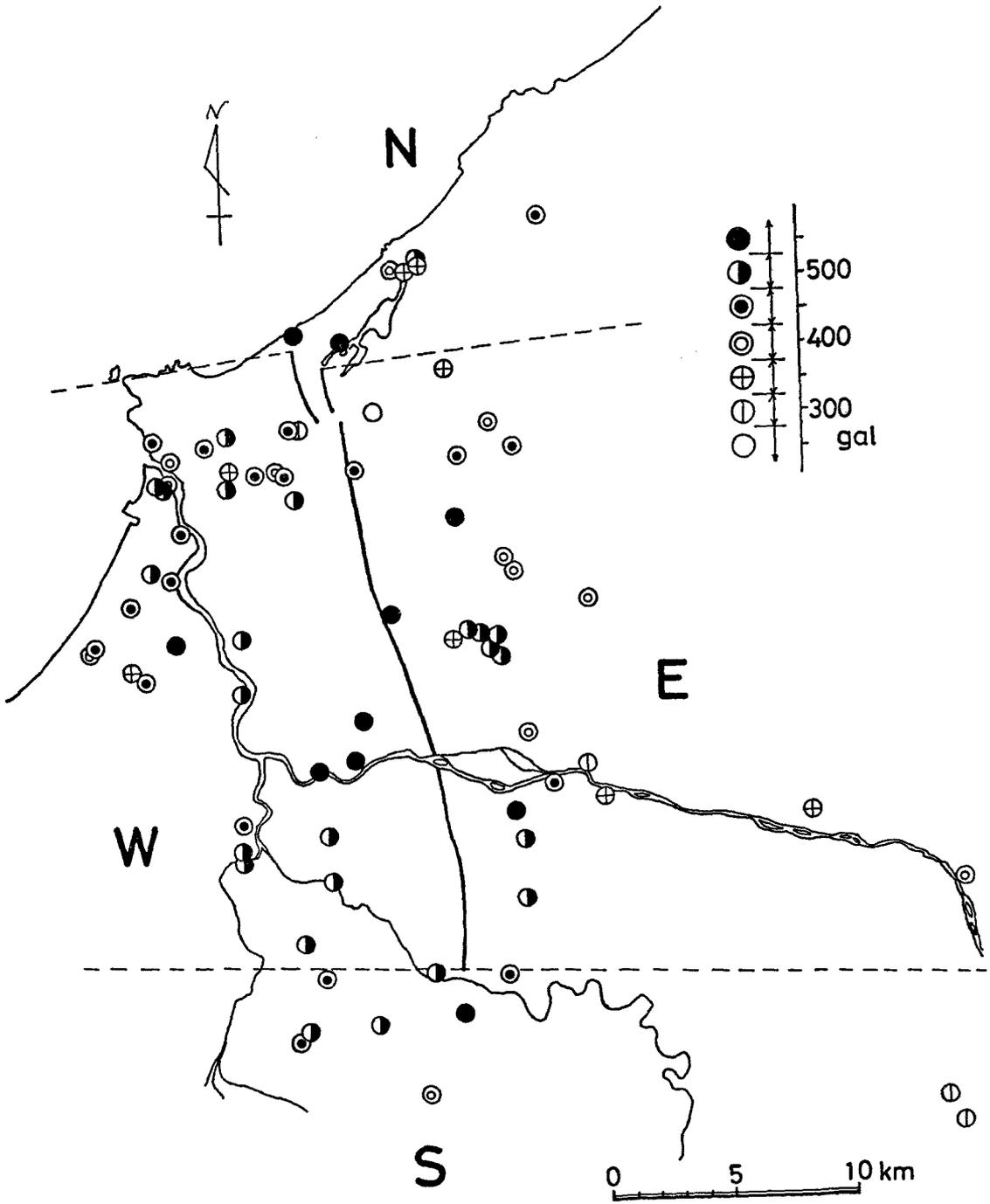


図-2 被災地点，住家全壊率分布および断層線

3 木造住家全壊率と震度（加速度）の関係

図-2には前述した fault trace を示してあるが，同時にこの地震で住家被害を蒙った地点，およびそれらにより描いた木造住家全壊率分布のコンターラインも示されている。一方，被災地のほぼ全域において行なわれた墓石調査の結果（Kawasumi, 1950, Kishinouye and Ikegami, 1950, 北陸震災調査特別委員会, 1950, 末広他, 1948）から，加速度（震度）分布を推定したものが図-3である。ただし，同図には後に詳述する fault trace との位置関係により震度分布の方向性を検討する際のブロック化を併記してある。

転倒，不倒墓石の寸法を採取し，Westの公式により，作用したと思われる地動最大加速度（震度）を推定する試みは，これまでに多くの地震において行なわれ，福井地震でも同図に示す如く，かなりの密度でその分布が明らかになっている。他方，一般に墓石資料に比べて，より多くの資料の得られる木造住家被害から震度を推定できれば，本報告のように震源距離，地形，地盤種などとの関係から，かなり詳細に震度分布を検討する場合には



図一三 墓石による加速度分布および被災地のブロック分け

工学的な見地からも極めて有効である。

物部（1933）は、木造建物全壊率Pと震度Kの関係を次式のように表わした。

$$P = \frac{100}{\sqrt{\pi}} \int_{-\infty}^{hy} e^{-h^2 y^2} d(hy) \dots \dots \dots (1)$$

ここに、 $y = K - K_0$ 、K：震度、 K_0 ：木造建物の標準耐震力（震度）、h：建物の耐震性の一様さを示す指数。

そこで、本報告では、図-3に示した墓石調査により得られたKと同地点におけるP（字別集計）とを(1)式に適用し、誤差の和($\sum \sigma$)を最小にする条件で K_0 と h を決定して、P-K 関係を図-4のように求めた。このようにすれば、図-2に示す如く非常に多くの地点で資

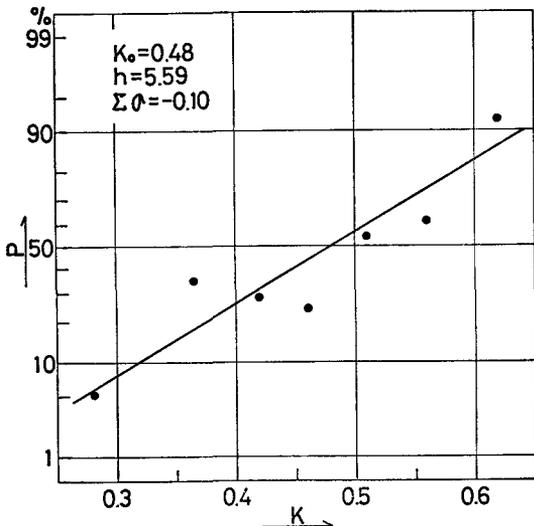


図-4 木造住家全壊率Pと震度Kの関係

料が得られているPから、工学的な活用性をもたせてKまたは加速度A($K \times 980 \text{ gal}$)を推定することができる。

4 震度（加速度）と震源距離・地形・地盤種 の関係

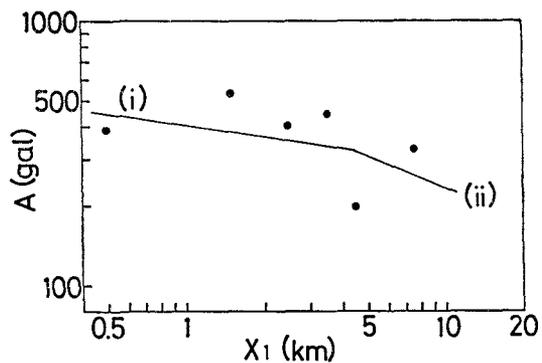
4-1 分岐した断層からの最短距離として震源距離を 定めた場合

図-4により、住家全壊率Pの得られている地点の震度Kまたは加速度Aを推定することが可能になった。そこで、このAと震源距離の関係を各種地形、地盤種毎に求めて検討することにする。

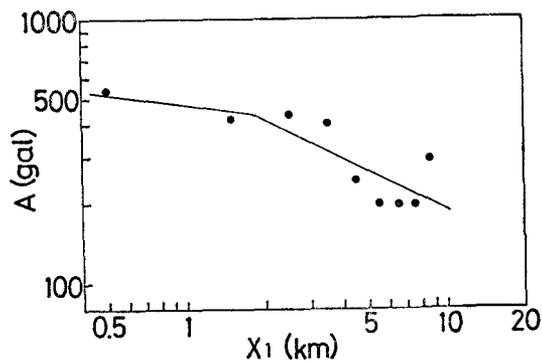
図-5(1)~(5)は各種地形毎に $X_1 = 1 \text{ km}$ 間隔でAの平均値を求めて、両対数紙上にプロットし、さらにこれらを $A = a X_1^b$ の関数型に最小自乗近似した結果を実線で示したものである。ただし、地形 a, b は資料数が少なくグラフ化できなかった。また、図-6(1)~(3)はこれと同様のことを各地盤種毎に行ったものであるが、地盤種 III と IV については、IV の資料の得られた距離範囲が限定されることと、III, IV の A- X_1 関係に大きな差異がないことから、両者を合わせて関数近似を行っている。ここで求めた地形、地盤種毎の各近似式の定数 a, b および重相関係数 R をまとめて示せば表-1 のようになる。図-5, 6 を求める際には、上述したように X_1 の各区内で 2 地点以上の A の平均値を算出し ●印で示したがデータが 1 地点のみしか与えられない区間についてはプロットせず、関数近似のデータとしては用いていない。このようにして得られた図-5, 6 をみると、データ数の少ない地形 g を除けば、A- X_1 関係はある距離を境に折れ曲がり、2本の直線 (i)：境界点より距離が

表-1 地形、地盤種別 A- X_1 関係式 ($A = a X_1^b$) の係数 a, b および重相関係数 R の値

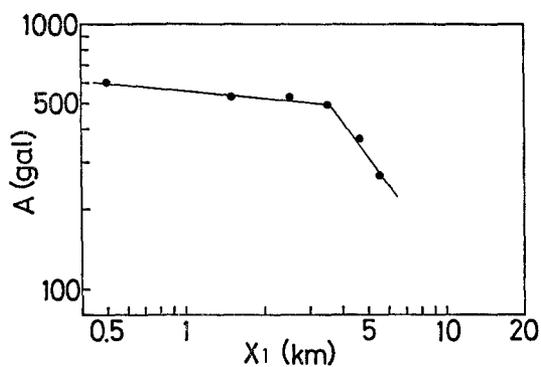
地形・地盤種	(i)			(ii)		
	a	b	R	a	b	R
c	405.3	-0.15	0.24	584.1	-0.40	0.71
d	474.4	-0.13	0.88	570.2	-0.48	0.61
e	562.6	-0.09	0.93	275.5×10^4	-1.36	0.98
f	633.8	-0.03	0.69	126.6×10^4	-0.50	0.96
g	481.0	-0.07	0.61			
I	534.2	-0.09	0.94	878.9	-0.63	0.76
II	634.3	-0.08	0.49	197.9×10^4	-0.88	0.91
III, IV	633.7	-0.05	0.71	205.3×10^4	-0.77	0.91



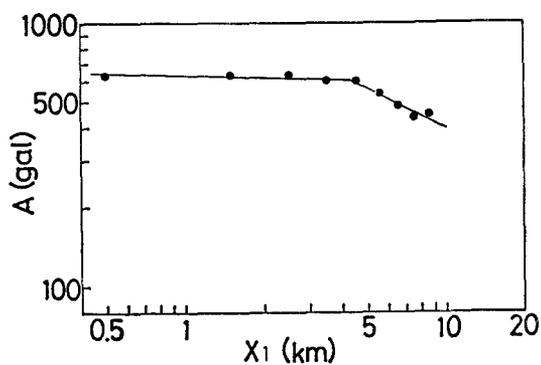
(1) 緩斜面



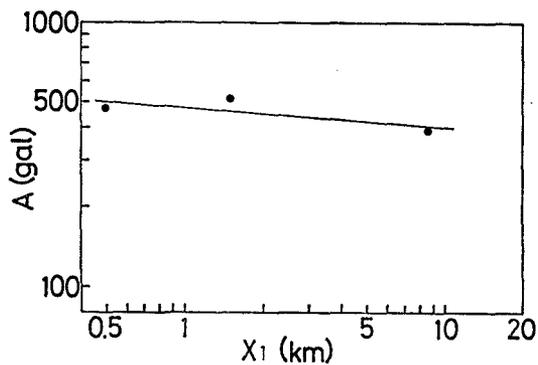
(2) 台地上の平坦面



(3) 砂礫質な沖積低地

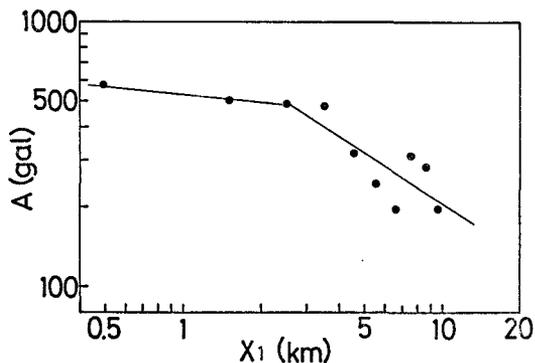


(4) 砂泥質な沖積低地

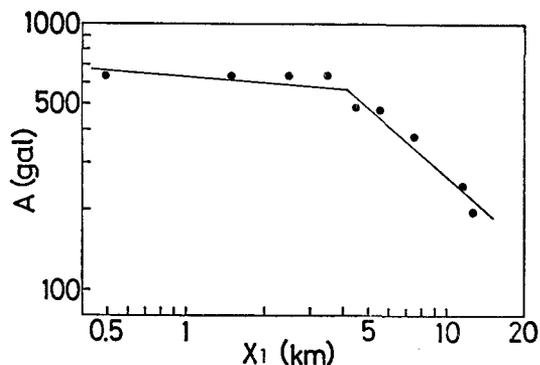


(5) 海岸平野

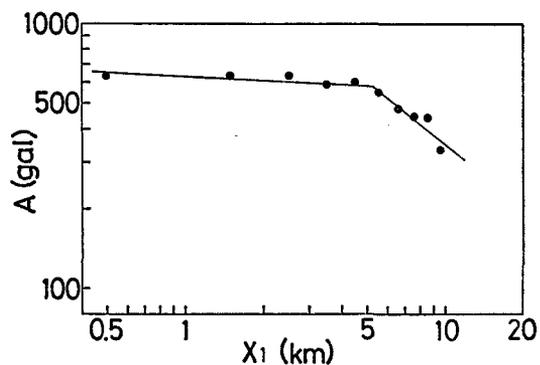
図-5 地形別の加速度 A と震源距離 X_1 の関係



(1) 第I種地盤



(2) 第II種地盤

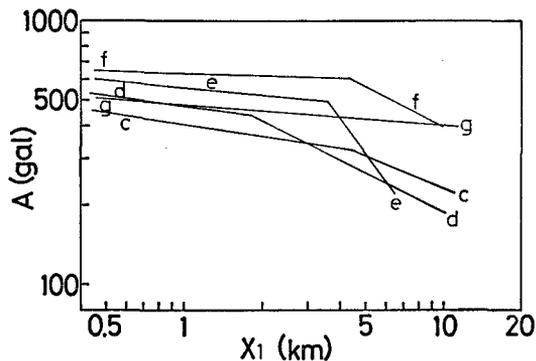


(3) 第III・IV種地盤

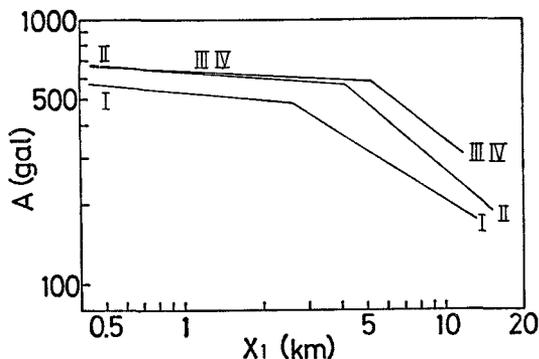
図一六 地盤種別の加速度Aと震源距離 X_1 の関係

小さい側, (ii):境界点より距離が大きい側)で表わされるように思われる。ここで, Aが急激に減少し始める距離は corner distance ともいえるものであるが, これは1923年関東大地震における両対数紙上のP-X関係(望月他, 1980a)にもみられた。そして, このcorner distanceは砂泥質な沖積低地など一般的に軟弱な地盤ではより大きく, 山地などでは小さい値を示したが, 本報告の福井地震では地形による差異よりも, 図一六の地盤種毎のA-X₁関係に同様の傾向が明確に読みとれる。すなわち, I種のcorner distanceは約2.5km, II種は約4km, III・IV種は約5kmと地盤条件が悪くなる程, 大きな値を示している。

また, 図一五, 図一六の各K-X₁関係式をそれぞれ同一紙上にまとめて示した図一七, 図一八によれば, 地盤条件とK-X₁関係のレベルとの対応が地形よりも地盤種で, より明瞭であることがわかる。つまり, 図一七では全体的に地形fが最上位にあることは理解できるがX₁の小さい範囲で比較的地盤条件としては良いと思われる地形eがそれに次ぎ, 地形cが最下位にあるなど合理的に説明しにくい面があるのに対して, 図一八では震源の極く近傍で若干の交差はあるものの, 全体に地盤条件に良く対応した減衰傾向を示している。



図一七 地形別のA-X₁関係



図一八 地盤種別のA-X₁関係

4-2 単一の近似断層線に楕円の考え方を適用して震源距離を定めた場合

ここでは、2本に分岐した断層の北端を図-2の破線で示したように近似し、fault trace 全体を1本の直線(長さL=26.3 km)とした。そして、このLを長軸、L/2を短軸の長さとする楕円を考え、その2つの焦点区間内(22.8 km)を震源(線)とみなして、この線からの最短距離 X_2 を震源距離とした。これは、fault trace を挟む両側の地盤のくい違い量が fault trace の中央部で大きく、両端ではゼロになることの効果を震源距離を定める際に考慮しようとする考え方である。すなわち、単一に近似した fault trace において、楕円の焦点区間内のみを震源とみなすことにより、fault trace の両端の焦点より外側に位置する地点(図-2の北部と南部)の震源距離が、trace 全体を震源とする場合に比べてやや大きな値に計測されることをもって、端部の断層活動の影響度が小さいことの効果として評価しようとするものである。

図-9、図-10は、このようにして求めた各地形、地盤種毎の震源距離 X_2 と A の関係をそれぞれ同一紙上にまとめて示したもので、関数近似の手法は前述の4-1と同様である。また、表2は求めた a, b および R の値をまとめたものである。

これらの図によれば、本手法による A- X_2 関係も地形 g を除いて、2本の直線で近似できる傾向を示している。

4-3 分岐した断層に楕円の考え方を適用して震源距離を定めた場合

北端が分岐したままの fault trace に4-2で述べた楕

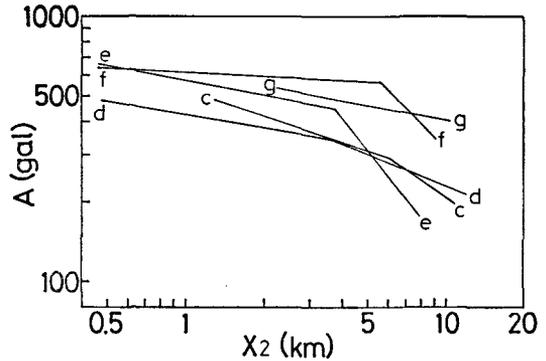


図-9 地形別のA- X_2 関係

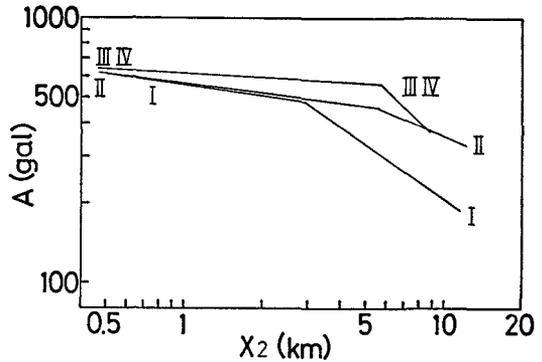


図-10 地盤種別のA- X_2 関係

円の考え方を適用して求めたものが、ここで用いる震源距離 X_2 である。すなわち、上で求めた焦点の位置を分岐した fault trace のそれぞれの上にプロットし、 X_2 と同様に南北の両端部をカットした焦点内の trace からの

表-2 地形、地盤種別A- X_2 関係式($A = a X_2^b$)の係数 a, b および重相関係数Rの値

地形・地盤種	(i)			(ii)		
	a	b	R	a	b	R
c	525.2	-0.33	0.69	105.3×10^4	-0.74	0.87
d	425.1	-0.17	0.44	570.8	-0.40	0.65
e	576.8	-0.18	0.81	243.2×10^4	-1.28	0.94
f	618.7	-0.05	0.85	350.0×10^4	-1.06	0.98
g	632.1	-0.19	0.95			
I	554.3	-0.13	0.94	990.9	-0.68	0.92
II	577.9	-0.07	0.56	867.8	-0.38	0.73
III, IV	610.3	-0.05	0.79	299.8×10^4	-0.97	0.98

最短距離をもって震源距離 X_3 としている。

各地形、地盤種における $A-X_3$ 関係は4-1, 4-2と同様にして求め、それぞれ図-11, 図-12に一括して示した。また、係数 a , b および重相関係数 R を表-3にまとめた。

以上述べてきたように、ここでは福井地震など断層面が地表に対してほぼ垂直であるような場合の震源距離 X の定め方として3通りの方法を試み、それぞれ各地形、地盤種毎の $A-X$ 関係を求めた。

これらと比較してみると、 $A-X_1$, $A-X_2$ 関係における地形 g を除けば、ある X の値 (corner distance) を境に $A-X$ 関係の減衰傾向が異なることがわかる。さらに、地形毎ではばらつきの大きなものもあり、あまり明確ではないが、地盤種毎のグラフを比較すれば、corner distanceは地盤条件の悪いもの程大きな値となり、より遠方にまで大きな加速度が及ぶことを示しているのがわかる。

一方、地盤条件による $A-X$ 関係の全体的なレベル差という点から、地形毎の $A-X$ 関係を表わした図-7, 9, 11をみれば、減衰傾向を示す直線がいずれも複雑に交錯し、明確な比較が困難であるのに対し、地盤種毎の図-8, 10, 12は全てほぼ合理的な減衰を示していると考えられる。このことは、この程度の距離範囲で減衰傾向を比較する場合、地盤種の分類のように3種類位にまとめて検討すべきことを表わしているようにも思われるが、それは表-1~3において地形毎と地盤種毎の $A-X$ 関係の重相関係数 R を比べると後者の値の方が良いことからもうかがえる。

また、各表における重相関係数の比較によれば、全体的にみて表-2の $A-X_2$ 関係の R が最も高く、その限

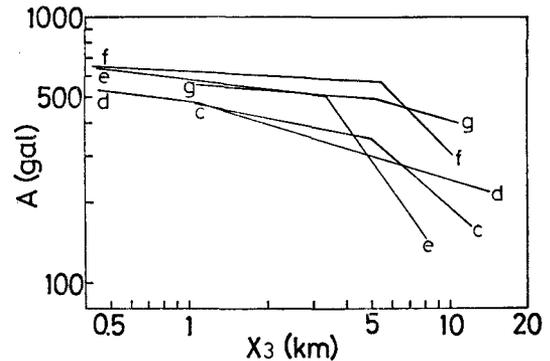


図-11 地形別の $A-X_3$ 関係

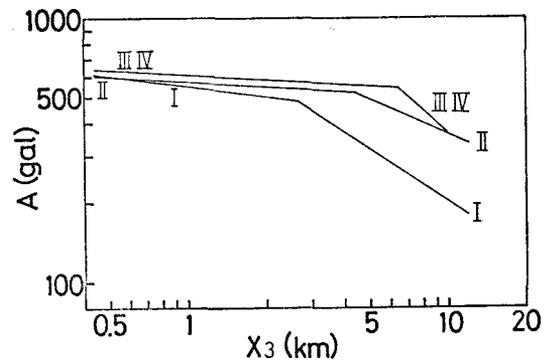


図-12 地盤種別の $A-X_3$ 関係

りでは上述した3種類の震源距離計測手法としては、4-2に示した方法がより良く震度分布を説明するものといえよう。

表-3 地形、地盤種別 $A-X_3$ 関係式($A = a X_3^b$)の係数 a , b および重相関係数 R の値

地形・地盤種	(i)			(ii)		
	a	b	R	a	b	R
c	478.9	-0.19	0.53	142.5×10^4	-0.87	0.76
d	474.9	-0.13	0.83	470.8	-0.29	0.56
e	581.8	-0.11	0.79	286.0×10^4	-1.41	0.96
f	621.6	-0.05	0.85	322.7×10^4	-1.02	0.98
g	559.4	-0.08	0.42	795.9	-0.29	0.98
I	547.5	-0.13	0.94	925.6	-0.66	0.88
II	568.6	-0.06	0.43	977.8	-0.43	0.66
III, IV	614.6	-0.06	0.83	173.1×10^4	-0.67	0.91

5 震度（加速度）と断層面要素の相乗効果を考慮した震源距離・地形・地盤種の関係

本報告では、これまでに主として fault trace からの最短距離として震源距離を求めてきた。これは、福井地震のように断層面が地表に対してほぼ直交している場合には、断層の上盤側と下盤側とで震源距離の評価の仕方を特に区別しなくても良いと思われることによる。

しかしながら、地震はある大きさをもった断層面の破壊に伴うものであり、このタイプの地震においても震源を線としてのみならず面として捉える必要もあると考えられる。

そこで、ここでは一つの試みとして図-13に示すように、震源を長さ $L=26.3$ km, 幅 $W=L/2=13.15$ km の矩形断層面（地表面に対して 90° の角度をなす）と考え、断層面上の $1\text{ km} \times 1\text{ km}$ の各要素から大きさ 1 のエネルギーが放射されると仮定した。さらに、この放射エネルギーは、各断層面要素からの距離 r_i に反比例して地表面の各地点へ到達すると考えれば、各地点への到達エネルギーの和 E_n は $E_n = \sum_i \frac{1}{r_i}$ として表わされる。ただし、

断層面端部の面積 1 km^2 に満たない要素のエネルギーは、その面積に応じてエネルギー 1 を配分した。

本報告では、この E_n を福井地震による被災地のほぼ全域をカバーするような範囲の 1 km メッシュ格子点上で求め、その結果得られた到達エネルギーのコンターラインを図-14のように描いた。同図には fault trace の垂直二等分線が破線で示されているが、これは上述のようにして求めた各地点（図-2 参照）の E_n を震源距離に変換するための基準線である。すなわち、基準線上で到達エネルギーと震源距離の関係を求め、この関係に基づいて各地点の到達エネルギーを震源距離 X_4 に読みかえ

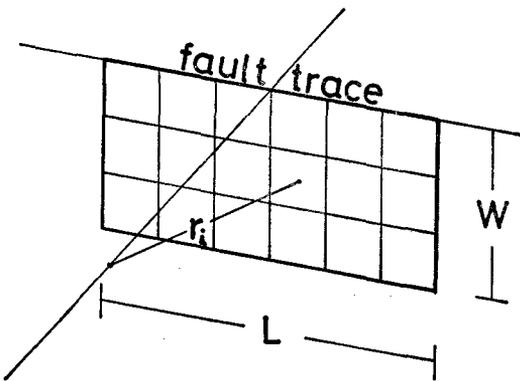


図-13 断層モデルと断層面要素

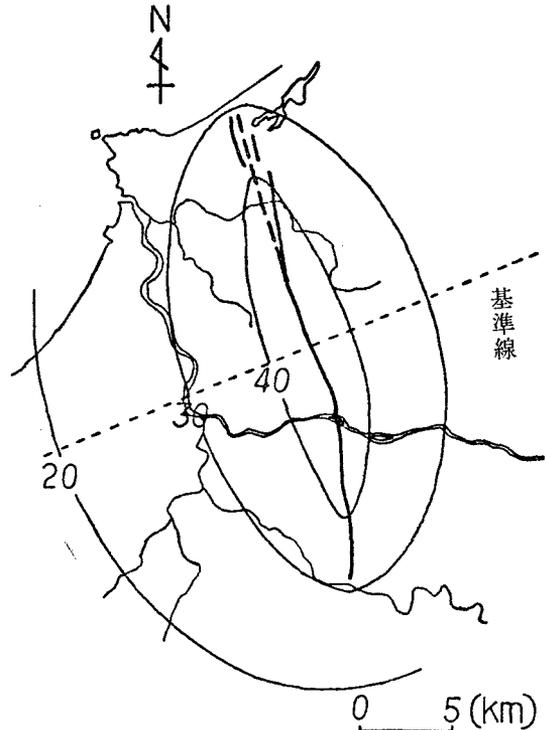


図-14 到達エネルギーのコンターライン

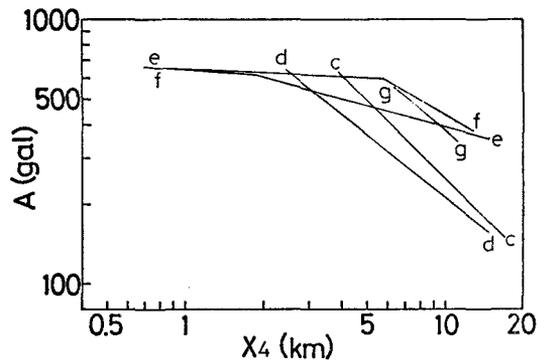


図-15 地形別の A-X₄ 関係

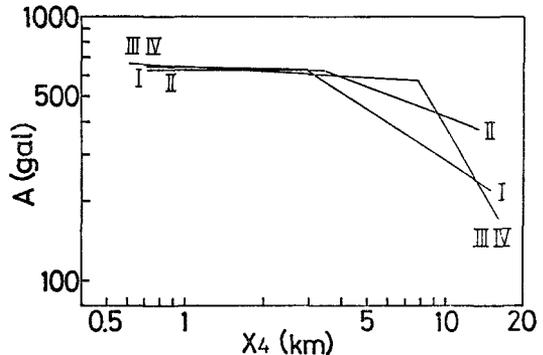


図-16 地盤種別の A-X₄ 関係

表-4 地形、地盤種別A-X₄関係式(A=aX₄^b)の係数a, bおよび重相関係数Rの値

地形・地盤種	(i)			(ii)		
	a	b	R	a	b	R
c	234.9×10 ⁴	-0.97	0.87			
d	130.8×10 ⁴	-0.79	0.91			
e	645.8	-0.07	0.63	728.9	-0.27	0.62
f	644.9	-0.04	0.45	165.6×10 ⁴	-0.58	0.93
g	301.3×10 ⁴	-0.90	0.86			
I	637.2	-0.01	0.68	125.5×10 ⁴	-0.64	0.87
II	一定値			991.5	-0.37	0.89
III, IV	650.3	-0.06	0.57	195.9×10 ⁴	-1.71	0.89

ることとした。このようにすれば、断層面各要素からの放射エネルギーの相乗効果を考慮した有効震源距離としてX₄を定めることができる。

図-15、図-16は上述のようにして求めたA-X₄関係を各種地形、地盤種別にグラフ化したものであり、表-4は近似式の係数a, bおよび重相関係数Rを示したものである。これらの図表によれば、前述のA-X₁, A-X₂, A-X₃関係に比較して、全体的にばらつきが大きいことがわかる。また、地形別のA-X₄関係が1本の直線で表わされるケースが多いことも特徴的である。地盤種別のA-X₄関係はいずれも1本の直線で表わされるが、それぞれが重なり合い、地盤性状に対応する合理的な減衰傾向を示しているとは言い難い。したが

って、福井地震の場合、前述の4で示した3種類の震源距離に比較して、ここで求めたX₄がより適切な震源距離を与えているとは思わない。

6 震度（加速度）分布の方向性に関する検討

断層理論では、断層面上での破壊は全体で一度におこるのではなく、ある点から次第に広がるように形成されると考えられている。したがって、破壊の進行に伴う震度分布の異方性が生ずるようにも思われる。しかしながら、一方ではDas. & Aki (1977), Bouchon (1978)のbarrier model および金森(1980)のasperity modelに示されるように、high stress drop域が断層面上でrandom

表-5 地盤種、ブロック別A-X₁関係式の係数a, bおよび重相関係数Rの値

地盤種	ブロック	(i)			(ii)		
		a	b	R	a	b	R
I	E	539.9	-0.08	0.94	937.2	-0.66	0.78
	W	571.9	-0.15	0.43	742.3	-0.55	0.72
	N, S	423.6	-0.08	0.54	136.3×10 ⁴	-0.93	0.95
II	E	609.3	-0.04	0.41	175.3×10 ⁴	-1.03	0.87
	W	555.6	-0.07	0.32	924.4	-0.41	0.73
	N, S	595.8	-0.17	0.39			
III	E	613.7	-0.05	0.69			
	W	626.0	-0.04	0.56	159.1×10 ⁴	-0.58	0.96
	N, S	531.2	-0.04	0.11	646.2×10 ⁴	-1.65	0.95

に分布することから、震度分布におけるドップラー効果が薄められ、特に方向性をもたないことも予想される。

筆者らは、この問題を低角の dip angle を有する関東大地震を例として既に示したが、震度分布にほとんど方向性がみられないことが明らかとなった(望月他, 1981 a)。そこで、ここでは福井地震のように dip angle が 90° に近い内陸型地震の場合の震度分布について考察するこ

とにした。すなわち、断層線との位置関係により、図-3のように被災地を E, W, N, S の4ブロックに分け、このうちN, Sのブロックは合わせて、結局E, W, N+SのブロックにおけるA-X関係と比較した。

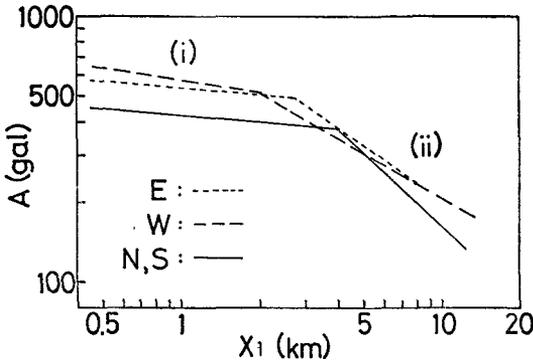
ただし、これまで述べてきたように、各種地形毎の分類を行うとA-X関係が分散し傾向がつかみにくくなる上、被災地を3ブロックに分けることにより、データ不足のため関数近似ができなくなることもあり、ここでは地盤種による分類のみで比較することとした。また、Xは前述の4で定義した X_1 を用いた。

図-17(1)~(3)はそれぞれ地盤種I, II, IIIの各ブロックでのA-X₁関係を示したものである(IVはデータ不足のため、全ブロックにわたって比較できないので省略した)。表-5には近似式の係数a, bおよび重相関係数Rの値をまとめた。同表によれば、より震源に近い範囲のA-X₁関係(図-17の(i)で示される直線部)は全体的にかなり低い値のRを有するのに対し、より遠方の同関係(ii)のRは高い値を示している。しかしながら、この点に特にとらわれずに図-17(1)~(3)に示したE, WおよびN・Sの各ブロックのA-X₁関係を比較すると、地盤種IIが混沌とした減衰傾向をもつものに対し、I, IIIではE, Wに比べて、N・SブロックのA-X₁関係が明らかに下位に位置することがわかる。これは、fault traceの延長線上にあたるNおよびSブロックの震度が、他ブロックの等距離における震度に比べて低いことを表わしており、例えば前述したように楕円の焦点内のfault traceを震源とみなすなどして、trace端部の補正を行い、N・SブロックのXを計測することの妥当性を現象面から支持しているように思われる。また、EとWの両ブロック間におけるA-X₁関係には、明確な差異は認められない。

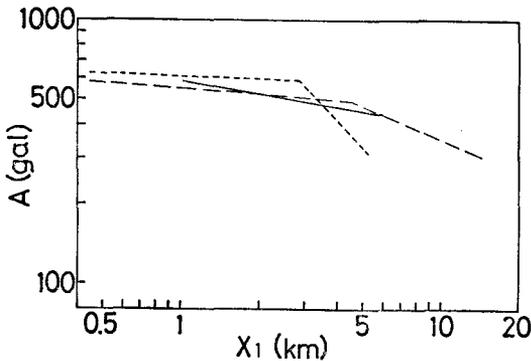
したがって、この地震の場合、前述の各種震源距離の中で全体的に一番良い相関を示した X_2 のように、ある程度 fault traceの単純化を行い、楕円の焦点内のtraceを震源とみなして震源距離を測定すれば、断層に対する震度分布の特異な方向性はないことになる。

7 まとめ

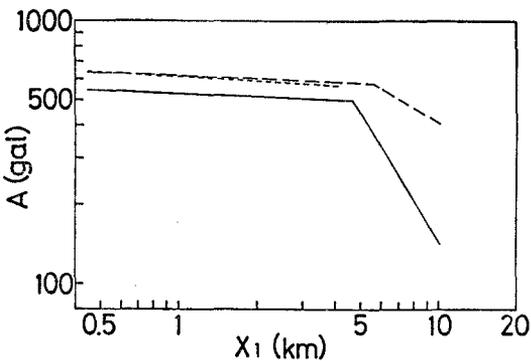
本報告では内陸型大地震の事例として福井地震を選び、震源断層が地表面に対してほぼ直交していると考えられるこのタイプの地震の場合、震源距離を如何なる手法で計測すれば震度分布を合理的に説明しうるかについて、地形、地盤種との関係から若干の検討を行った。また、断層(fault trace)との位置関係から被災地をブロック化して、それぞれにおける震度(加速度A)と震源距離Xの関係と比較することから、断層の破壊に伴う震度分布の異方性の有無についても考察した。



(1) 第I種地盤



(2) 第II種地盤



(3) 第III種地盤

図-17 ブロック別のA-X₁関係

その結果、地形毎のA—X関係の比較では地形分類の数が多く、データの片寄りがどうしてもおこることなどにより充分な検討ができなかったが、I、IIおよびIII・IVの地盤種毎の比較では地盤条件が悪い、すなわち未固結層厚が大きくなる程、Aの急激に減少し始めるcorner distance がより大きな値を示すことがわかった。

また、地形、地盤種別のA—X関係を重相関係数の面から全体的に眺めれば、北端で分岐した fault trace を1本に近似し、その全体の長さLを長軸、L/2を短軸とする楕円の焦点区間内を震源線として、そこからの最短距離で震源距離を定めた場合が最も合理的な震度分布を表わしていることがわかった。このことは、被災地をE、W、N・Sの3ブロックに分けて各ブロックにおけるA—X関係を比較した結果からも裏づけられた。

つぎに、震源を面として捉え、断層面から各地点への到達エネルギーを震源距離に変換する手法でA—X関係を検討したが、上述の補正した fault trace からの距離として震源距離を測定する場合より良い結果は得られなかった。

さらに、この地震における震度分布には、fault trace の延長上にあたるN・Sブロックの距離補正を楕円の方法などで行えば、特に方向性はみられないことがわかった。

参 考 文 献

- 金森博雄
1980 「地震活動と地震予知，南カリフォルニアの例」『地震予知研究シンポジウム』pp.163～174
- 末広重二・久本壮一・田中康裕
1948 「昭和23年6月28日福井地震調査概報」『験震時報』第24巻別冊，pp.22～37
- 福井市
1978 『福井烈震誌』福井市
- 北陸震災調査特別委員会
1950 『昭和23年福井地震震害調査報告』27p.
- 望月利男・松田磐余・宮野道雄
1980 a 「サイスマック・マイクロゾーニングにおける震度分布の評価手法について—その3・関東大地震における震度と震源距離・方向性・地形の関係—」『総合都市研究』第11号，pp.127～139
- 1980 b 「サイスマック・マイクロゾーニングにおける震度分布の評価手法について—その4・内陸型中級地震の墓石・住家被害などによる震度分布—」『総合都市研究』第11号，pp.141～154
- 望月利男・宮野道雄・松田磐余・小泉敏一
1979 「サイスマック・マイクロゾーニングにおける震度分布の評価手法について—その2・関東大地震の断層モデルによる実体波のRadiation Pattern と被害分布の対応性—」『総合都市研究』第8号，pp.165～176
- 物部長穂
1933 『土木耐震学』常磐書房，pp.48～50
- Bouchon, M.
1978 “A Dynamic Source Model for the San Fernand Earthquake” Bull. Seism. Am., Vol.68, pp.1555～1576
- Das, S. & Aki, K.
1977 “Fault Plane with Barriers ; A Versatile Earthquake Model” J. Geophys. Res., Vol.82
- Kawasumi, H.
1950 “The Fukui Earthquake of June 28, 1948”, Report of the Special Committee for the Study of the Fukui Earthquake, pp.140～148
- Kishinouye, F. & Ikegami, R.
1950 “The Fukui Earthquake of June 28, 1948”, Report of the Special Committee for the Study of the Fukui Earthquake, pp.149～153

ON THE METHOD TO EVALUATE DISTRIBUTION OF SEISMIC INTENSITY
FOR THE SEISMIC MICROZONING

Part 5: Relationships among Hypocentral Distance, Landforms (Ground
Conditions) and Seismic Intensity of the Fukui Earthquake

Toshio Mochizuki*, Iware Matsuda**
Michio Miyano*** and Toshikazu Koizumi****

- * Center for Urban Studies, Tokyo Metropolitan University
- ** Center for Urban Studies, Tokyo Metropolitan University
- *** Research Student, Faculty of Technology, Tokyo Metropolitan University
- **** Faculty of Technology, Tokyo Metropolitan University

Comprehensive Urban Studies, No. 14, 1981, pp.121—134

This paper investigates relationships among hypocentral distance, landforms (ground conditions) and seismic intensity of the Fukui Earthquake. The best way to measure the hypocentral distance for this earthquake, which is an example of one occurring inland, was considered. Distribution of radiation energy from the fault plane and radiation pattern of seismic intensity were also studied.