

## 新潟地震のマグニチュードについて

地震研究所 吉山良一

(昭和39年7月14日発表—昭和39年8月10日受理)

### 1. 序 言

大地震に関するいわゆるマグニチュードの定義については少なくともそれに学問的関心をもつ者の間ではまだ完全な了解が成り立っていないと記憶する。従つてここで直ちにその絶対値を問題にしても考え方によつては何の意義も見出せないかも知れないが、はつきりしている問題は天保4年の鼠ヶ関沖大地震、弘化4年の善光寺大地震、あるいはそれらの前の象潟地震、近くは昭和2年の丹後地震、同18年の鳥取地震と数多い地震の中で果して一部の人がくり返し主張するように「新潟地震は日本海側における史上最大、関東大地震と僅か0.2しかちがわぬ、エネルギーにして約半分の大地震」であつたかという相対的マグニチュード、あるいはすなわちエネルギー比の推定にある。それは物理学的に意義あるマグニチュードの定性的議論や地震の原因観にもつながる地震学の重要な問題である。またその再来が危惧されている関東大地震に備えて震災防止の基本線を考えるために新潟地震々害の実相と共に、是非明らかにしておかねばならないことである。何となれば地震時における地盤の強度の問題、あるいはその大部分が埋立地に建設されている近代工場の耐震の問題などは、特に地震学者の立場から見ればまだ研究の途上にあつて今回の新潟地震によつて教えられたものがその基本資料となり、しかも諸工事の地震に対する安全係数は漸次縮小されることが必至と思われるからである。

また現在使用されているマグニチュードが果して将来地震学においてエネルギー尺度として役立つようになるか、それとも混乱の中に埋没するかは今後の資料のつきかさね如何によるのであるからその絶対値の決定には慎重な注意が必要である。

### 2. 新潟地震と丹後、鳥取、福井地震との比較

丹後(1927)、鳥取(1943)、福井(1948)地震は何れも日本海側に起こつた大地震で種々の面から調査された。特に丹後地震と関東大地震の両方を共に調査した人は多いので、2つの地震における震度や地震の規模を比較することができる。その一人松沢博士最近の著書によればマグニチュードの差は0.5~0.7と推定される。そしてその数字はもちろん、

$$\log_{10} E = (11.8 \sim 11.4) + (1.8 \sim 1.5)M$$

なる関係で示されるエネルギー尺度としてのマグニチュードを意識してのことと思われる。大地震のスペクトルに関する研究にはまだまだまともなものなく、近距離における大地震の地震記象も満足になく、地震波の減衰係数も明らかでない現状において、ただ純粹に Richter の定義に忠実な大地震のマグニチュードはこれを計算することはもとより、想像

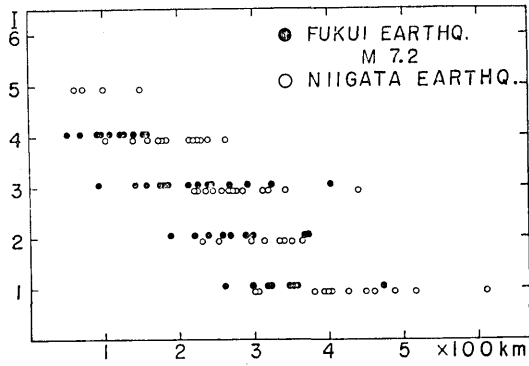


Fig. 1.

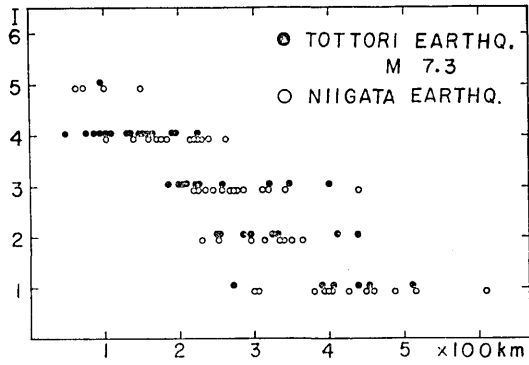


Fig. 2.

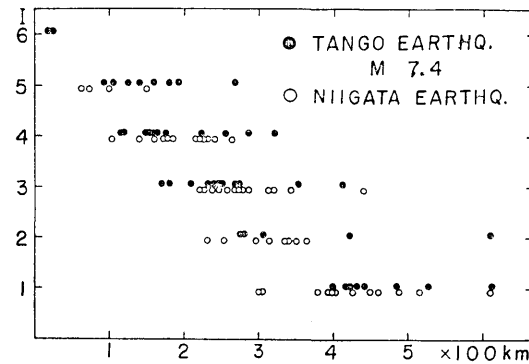


Fig. 3.

することもむずかしい。少なくとも丹後地震のエネルギーを関東大地震のそれと同程度と考えている人はないはずである。鳥取地震は丹後地震より更に小さいと考えられている。

上記3つの地震と新潟地震における各地気象台、測候所の観測による震度を震央距離に従って比較すると第1~3図となる。各図において黒丸はそれぞれ3つの地震の震度、白丸は何れの図においても新潟地震の震度である。これを見ると新潟地震は福井地震よりは大きい、丹後地震よりは小さいと判断されるので、とても関東大地震を比較の対象に持ち出さねばならぬ程の地震とは思われない。今回の調査にあたり、佐渡鷺崎、浦川、和木などにおける地震、津浪の言伝えを聞くに、今回の地震よりもむしろ鼠ヶ関沖大地震の方が大きかったと思われることはあつても小さかったとせねばならぬ事情はないように考えられた。この地震のM値は理科年表によれば7.4で、同じ表によれば丹後地震とひとしい。

第2図によつて昭和18年の鳥取地震と比べるとあるいは新潟地震の方が大きく、各震度において1/3階級位の差があるようにも見える。それは加速度にすれば1.4~1.5倍と推定される。しかし試みに2つの地震について別々に平均の震度曲線を画いて見るとほとんど差をみとめることができない。また個々の観測所に当つて検討して見ると必ずしも鳥取地震の際の震度が小さかったといえない。例えば両地震に際しほとんど同一震央距離にある高山が鳥取地震では震度2で、今回の1よりも大きかったことは別にしても、京都、福井、名古屋、甲府、前橋、輪島、追分(軽井沢)、新潟などにおける震度をとり上げて距離補正を考えながら検討すると必ずしも鳥取地震の際の震度が小さいとはいえないのである。第2図で新潟地震の震度が大きいように見えるのは仙台(震度5)、柿岡(同4)、御前崎(同3)、帯広(同1)の4点の影響かと思われる。

更に震度判定の基準にも問題がある。結論をさきに言えば、同一図面に表はすには過去の地震調査に比べて今回の震度判定は少し甘いように思われる。その好例は東京の震度が2から3に訂正されたことである。ビルの二階以上では震度3以上にも感じたかも知れないが、過去の地震ではそのような状態の観測値でなかつたはずである。また新潟地震を地震研究所石本式加速度計で記録したものによれば石本博士のいう平均最大加速度は約6ガルで、7ガルには達しないようである。昔石本博士の調査では、この値が9~10ガル以上の時、東京の震度は3と報告されているようである。このようなことから考えると今回の震度は昔ならば、わざわざ3と大きい方に訂正するほどのことはなかつたかと思われる。またバケツの水が溢れたことや管下県内のうち震度が大きかったところを考えに入れて震度4としたところもあるように見受けられた。鳥取地震の際には「名古屋、一ノ宮の各地水槽の水が溢れる」「金沢、七尾、福井、敦賀の各地電燈大に揺れ防火水槽の水が溢れた」「高松、高知、徳島、松山の各地棚のものが落ち所により時計の振子止まり、防火用水槽の水が溢れた」とあるが、震度は名古屋3、金沢2、高松、高知、徳島4、松山3となつている。筆者の調査した感じからいえば東京はMercalli震度階IIIの「止つている自動車がわずかに動く、継続時間がわかる」に当り、前橋、長野は同じくIVの「止つている自動車はかなり動く」(前橋)かせいぜいVの「背の高いものの動揺が目立つ」(長野)に当るの

ではないかと思う。両地方気象台の調査によれば群馬県では前橋、沼田、須田具、水上、片品、四万、三原、伊香保、中之条、前岡が震度4、桐生、田代、三の倉、下似田、館林が3、また長野県では野沢温泉、飯山、野尻、志賀高原、南小谷、長野が震度4、大町、上田、軽井沢、松本、諏訪3、三岳、飯田2、となつてそれぞれの気象台の位置は丁度3と4の境にあつてそして大きい方に報告されている。長野駅は鉄筋二階建であるがその二階にある食堂の女子従業員は「はじめふらふらするのでどうしたかと思つた、それから急に動いたので地震と判つた時はもう止んでいたのを逃げることを考えるひまはなかつた」[棚に並んでいる徳利、飾り窓の飯物見本のコップ類には全く異状がなかつた]とのことであつた。ここにおける限り Mercalli の「多数は驚いて戸外にとび出す」状態には少し足りない。長野地方気象台では最初担当の職員が本庁へ震度3と報告したが後いろいろ検討した結果4に一致したとのことであつた。もちろん筆者のような通りすがりの調査では判らないこともあるが「3よりは大きいから4にする」と「4よりは小さいから3にする」のとの違いもあろう。種々の事情で昔は後者が多く今は前者が多いことも考えられる。鳥取地震の頃は地震以上の騒々しさが常にあつたし、被害をうける品物も少なく、その被害も小さく報告されたように思う。

松代観測所では震度2。ここの強震計は制振も十分に調節してあり、きれいな記録が得られていた。最大全振幅9mm、ここの振幅係数は2.5、2.5倍というのは震度を1上げるには少し小さい数である。これから坪井第2公式で計算したM値は7.4。松代の町の薬品店では棚の薬ビンが落ちたものもあつたが、一般に薬品店の飾窓で見られる風景である小形の薬品ボール箱を3段位に積み木のように積み上げたもの、その他ガラス台の上のものなどには何の異状も見られなかつた。観測所の調査では震度3はこさなかつただろうとの意見であつた。

震度4となつている高田市では瀬戸物店で商品が落ちたところがあつたが、それはせまい棚一杯にならべてある最前列の品物で、棚のつくり相応にならべてあるものは落ちていない。過去の地震、特に鳥取地震の頃はそのような状態であつたに違いない。高田市国鉄宿舎(旧高田ホテル)の入口にある大きな石燈籠がわずかであるがゆつたりと動くのが見られたそうである。ここは戦後二、三階が焼けて、残つた一階に二階をつくり足したものであるが、二階ではところどころ壁に細いひびが見られた。MercalliのVにはたしかに達していたという意味で震度4と考えられる。

佐渡南海岸の小木町では棚に並べた土産物の湯呑みは落ちなかつた、二階では徳利が倒れたが階下ではそのようなことがなかつたという程度。赤泊に来ると墓石の亡り落ち1つ、動いたもの1つ、急斜面を廻る道路に亀裂1ヶ所。赤玉では急斜面を宅地にするための石垣の一部破損1ヶ所あつたが、家の壁にひびの入つたものなく、石燈籠の倒れたものもなかつた。岩首、赤玉において老人は歩行に困難を感じたが、昭和36年の北美濃地震の際の白山々麓三ツ谷における感じよりは可成り軽かつたようである。畑野長谷寺では盛土止めの石垣の一部がくずれたところが1ヶ所あつたが、墓石の転倒は1つもなく、信者が

納めた小さい粘土細工の地蔵が数百、段々になつておいてあるのも倒れているものが 1~2 見られただけであつた。北海岸入川の寺では畳の上の台上に立つ約 120cm の行脚姿の大師木像が倒れただけで墓石など動いた形跡がなかつた。両津市でも墓石の転倒したものを見出すことが困難でやつと一隅が欠けているものが倒れていた。

震度 5 の基準をもし「家屋の壁に亀裂を生じ、墓石、石燈籠が倒れ、煉瓦煙突、土蔵に破損あり」とするならば佐渡における震度 5 は局部的なものかと考えられた。一般には Mercalli の V 乃至 VI と思われる。相川市では丁度ジープにのつていた人が気附かなかつたということであつた。

調査したところを考え合せて見ると被害の甚しかつたのはすでに認められているように、泥で造成された埋立地、近時砂の需要が多いためけずりとられ造成された新潟市南の砂丘の宅地、それも砂の運搬に便利な道路側ということになる。その 1 例として内野の近くで土蔵が壁に亀裂もなく横倒しになつたもの、建築中の鉄筋建物が砂の流れのつて移動したもの、外見は少しも傷まないで傾いた木造住宅などがあげられる。

そのような悪条件がなくて墓石の廻転、石塀の破損、あるいは壁の亀裂らしいものなどの内何れかが見られたのは、鼠ヶ関、鶴岡市南の湯田川(但し三階)、勝木、今川、桑川、瀬波ということになつた。筆者の見方は余りに条件を考えすぎているかも知れないが、伊豆地震、静岡地震、河内地震、鳥取地震などはほぼ同様にして調査せられたように思う。

従つて第 2 図において鳥取地震と比較するには白丸を少し下げて行なつた方が適当に思われる。そうすると 2 つの地震はほとんど同じように見える。

2 つの地震の比較は地震記象に現われた最大振幅によるのが合理的と考えられるかも知れないが、地震計の相違もあり、公表された気象庁の数字を丹念に検討して見ると精度その他について疑問も出て来る。その上、波の周期をどう扱うか理論的に未解決の問題もあつて 2 つの地震の差を検討することは困難であり、資料の精度から考えて定性的あるいは定量的検討に格別の効果は望めない。ただ富山、高山の地震記象をよく調べることは両地震における震央距離が接近しているので非常に効果的であると考えられる。

### 3. マグニチュードについて

新潟地震の M 値は鳥取地震とほとんど同じであるか、大きいとしてもごく僅かの差であろう。少なくとも丹後、鳥取両地震の中間よりも小さい方の鳥取地震寄りと考えられる。新潟地震の関東地震に対する大きさの上限をきめるためにはまず丹後地震と関東地震の差を調べる必要がある。丹後、鳥取、福井 3 つの地震の M 値は坪井博士第 1 公式によりそれぞれ 7.4, 7.3, 7.2 ときめられ、次ぎに第 2 公式により 7.5, 7.4, 7.3 とされた。第 1 公式がすてられた理由はそれできめた値が Gutenberg のきめた値から系統的に外れて公式の趣旨に矛盾するからということであつたが、第 2 公式もその点ではほとんど変りがないことはすでに指摘されている。従つて第 2 公式できめた値が少しでもより正しいと考える理由はなく、2 つの公式の理論的欠陥は共通なものと考えられる。関東地震の M 値は Gutenberg の計算では 8.2 であるが、東南海地震 8.0、南海道地震 8.2 に比べて過大評価のよう

に思われる。このような思考はすでに Richter の定義から離れてエネルギー尺度として M 値を考えていることになる。河角教授の計算法では 7.9。そしてこの数字が新潟地震との比較に用いられているようである。関東地震を 8.2 とする Gutenberg は丹後地震 7.75、鳥取地震 7.4、福井地震 7.25 としている、何れが Richter の定義に忠実であるかその片鱗でもうかがわせる資料はおそらく出て来ないであろう。従つて関東、丹後両地震の相対的な大きさは同じ計算法によるものの組合せで考えねばならぬ。Gutenberg の組合せ (8.2, 7.7) か気象庁のはじめの発表である (7.9, 7.4) の組合せならば何れもその差は 0.5 である。松沢博士は (8.2, 7.5) の組合せをとつている、そうするとその差は 0.7 となる。

新潟、鳥取両地震の差を第 2 図で検討して見ると震度判定の基準に疑問が少し残るが、震度差から考えた両地震による加速度比は約 1.4 倍になることはすでに述べた。これをそのままマグニチュードの差に換算すると  $\log_{10} 1.4$  すなわち 0.14 となる、種々の条件を考えて見ると、マグニチュードを Richter の定義のまま受入れるにせよ、あるいはエネルギーの尺度として受入れるにせよこの 0.14 がおそらく両地震の差の上限であろう。

他方第 3 図によつて同様に推理すれば新潟地震は丹後地震より 0.2 近く逆に小さいと考えられる。鳥取、丹後両地震の差を坪井公式による気象庁の計算に従つて 0.1 とすれば矛盾があるが、Gutenberg の値に従えばその矛盾はなくなる。結局は便宜的な式ならばそれを少し変えて 3 つの地震の M 値を揃つて 0.1 ずつ上げることよりもこれらの地震の差を追及することが現状では地震学的に重要かと考える。

本報告の結論としていえることはもし丹後地震が関東地震よりも M 値で 0.5 小さいとすれば新潟地震は 0.6 あるいは 0.7 小さいであろうということである、従つて関東地震のエネルギーは新潟地震の 10 倍あるいは 20 倍近くあつたろうと考えられる。そうだとすると地震波の波長、震動の継続時間、影響する距離などの諸量について 2~4 倍ということが考えられる。この数字は震源域の形にも影響されるであろうが、新潟地震による被害調査から将来の震災防止対策を樹てるに当り考慮せねばならぬ数字であろう。

終りに臨み、今回の調査に際し、復旧に多忙のところを種々便宜を図つて下さつた方々に厚く謝意を表する。