

第四紀地殻変動図説明書(概要)

昭和 48 年 3 月

科学技術庁

国立防災科学技術センター

1. ま え が き

地震予知の実用化をはかるためには、観測体制の整備・強化をはからなければならないことは言うまでもないが、観測効率をたかめ結果を解析するためには、地震の起こりやすい地域を明らかにし、地震活動の歴史を知る必要がある。一方、今日の大地震にともなった地殻変動が第四紀における地殻変動とほとんど同じ様式でおこり、量的にも後者は前者の積算したものにほぼ等しい場合の多いことが、最近、かなりよくわかってきた。もちろん、地震にともなう地殻変動は、第四紀における地殻変動の一部にすぎないが、日本列島では、それがかなりの部分を占めているであろうことが予想される。このことは、地震予知にとって極めて重要な意味をもってくる。

第四紀地殻変動図の研究経過について簡単に記すと、以下のようである。

1962年に公にされた地震予知計画研究グループの計画書に基づいて、QTMグループ（第四紀地殻変動研究グループ^{*}）を結成し、1963年より国立防災科学技術センターの経常研究として「活断層および地塊運動に関する調査研究」をとりあげ、地震予知に関する基礎的資料として、第四紀地殻変動図を作成し、第四紀における地殻変動の時間的・地域的特性を日本列島全体についてとらえることを目的として、共同研究を開始した。

この研究を進める過程で、筆者らによって発表された主なものは次の通りである。

1964

Hator, K. et al.,

Quaternary tectonic map of Japan (A preliminary note).

J. Geod. Soc. Japan, Vol. 10, No. 3~4, pp. 111~115.

CRCM (Commission for the study of the Recent Crustal Movements.)

国内シンポジウムにおいて発表

1965

日本第四紀学会において発表。

第四紀研究 Vol. 4, No. 1, pp. 41~42

CRCM国際シンポジウム（ヘルシンキ）において発表。

1966

Sugimura, A. et al.,

Quaternary tectonic map of Japan.

* 羽鳥謙三（神代高校）、石井良治（白鷗高校）、貝塚爽平（東京都立大学）、小森長生（武蔵高校）、成瀬洋（大阪経済大学）、太田陽子（横浜国立大学）、清水文健（国立防災科学技術センター）、杉村新（東京大学）、高橋博（国立防災科学技術センター）、高橋末雄（国立防災科学技術センター）、米倉伸之（東京大学）、吉川虎雄（東京大学）。

Ann. Acad. Sci., Fennicae, Ser. A, III, Vol. 90, pp. 385~386

INQUA (International Association for Quaternary Research) (第7回)

大会において発表。

Kaizuka, S. et al.,

Quaternary tectonic map of Japan (the second report),

Quaternaria VII, pp. 289~295.

1968

多田文男 et al.,

地震予知に関する地形・地質学的研究「災害科学の研究成果とその問題点」(第2編),
pp. 150~162.

第四紀地殻変動研究グループ

第四紀地殻変動図。

第四紀研究, Vol. 7, No. 4, pp. 182~187.

以上の研究成果, および, すでに発表された変動図に対して寄せられた多数の意見を参考にして, 第四紀地殻変動図6枚を完成し, 1969年, 国立防災科学技術センターより, 出版した。内容は次の通りである。

No. 1. 地形学的方法による隆起沈降量図。

No. 2. 地質学的方法による隆起沈降量図。

No. 3. 集成隆起沈降量図。

No. 4. 断層分布図。

No. 5. 褶曲分布図。

No. 6. 接峯面

これらの図は, INQUA (第8回) 大会(パリ)において, 杉村新により紹介された。これらの変動図を分析する仕事は今後に残された問題であるが, これらの図について, これまでに発表された主なものは, 次の通りである。

1969

日本地理学会において発表。

貝塚爽平, 村田明美: 日本における新第三紀と第四紀の地殻変動量の比較。地理学評論
Vol. 42, No. 7, pp. 455.

第6回災害科学総合シンポジウムにおいて発表。

第四紀地殻変動研究グループ: 第四紀地殻変動について。「第6回災害科学総合シンポジウム」予稿集, pp. 125~128.

1970

地震予知連絡会において発表。

高橋博: 第四紀地殻変動について。地震予知連絡会報, Vol. 2, pp. 91~92.

第7回災害科学総合シンポジウムにおいて発表。

第四紀地殻変動研究グループ：日本列島の第四紀地殻変動区。「第7回災害科学総合シンポジウム」予稿集，pp. 23～24.

なお，1970年より第四紀地殻変動図の説明書（英文）および抄録集の作成にとりかかり，1973年に公開した。

II 隆起沈降量図

地殻変動の大きさやその gradient の地域的分布は，隆起沈降量図によって示される。第四紀の異なる時期における隆起沈降量がわかれば，それらを比較することによって，第四紀における地殻変動の速さの時間的推移を分析することができる。地殻変動を知る方法には，地形・地質・測地学的方法など，いくつかあるが，そのうち，地形学的方法と地質学的方法とによって，それぞれ別々に隆起沈降量図をつくり（№1と2），両者を比較検討して集成図を作成した（№3）。

(1) 地形学的方法による隆起沈降量図。

地形学的方法とは，第三紀末または第四紀初めに形成された侵食平坦面の海拔高度を求め，それを第四紀における隆起沈降量の和とする方法である。厳密に言えば，これらの侵食平坦面が形成された時の海拔高度を差引く必要があるが，それらはもともと小さく，その補正をするためには，いくつかの仮定をおかなければならないので，今回は行なわなかった。実際の作業を進めるにあたっては，侵食平坦面の形成期が明らかにされている基準地域をいくつか選び，第三紀末または第四紀初めに形成された侵食平坦面を，5万分の1地形図を用いて，その周縁地域に追跡し，もっとも近い他の基準地域におよぼして，その当否を確認する方法をとった。また，そのような侵食平坦面の得られない地域では，何段かの侵食平坦面のうち，鮮新世のある時期に形成されたと考えられる侵食平坦面の高さを採用した。

この方法で，5万分の1地形図1枚当たり，4～16点の侵食面高度を読みとり，さらに，これらの高度のうち代表的な3～4点を20万分の1地勢図，ならびに，接峯面図等を参考にして選び，200万分の1スケールの白地図に記入し，その点をもとにして，100m毎の等値線を引いた。厳密には，同じ時間内の値であるとはいいがたいが，10⁶年のオーダーの期間における隆起沈降量の総和であり，第四紀における隆起沈降量の第一近似と考えてよいだろう。なお，沈降の著しい地域では，上述（既述）の侵食平坦面が新しい地層におおわれているため，地形学的方法を用いることはできない。

以下，侵食平坦面の時代を決めた基準地域のいくつかについて簡単に記す。

北海道の夕張山地では山地中心部で白亜系などの古期岩類をきって非常に広い侵食平坦面が発達しており，その西方延長部は幌内層（古第三系）・川端層（中新統）をきっている。また十勝岳・大雪山の基盤岩石である流紋岩は，追分層（下部鮮新統）褶曲後に開析された山地を埋めており，この流紋岩をきる侵食面が大雪山周辺に広く発達している（中野，1952）ので，この面を採用した。渡島半島では追分層をきっている侵食面を採用した。

東北地方内帯では，魚沼層の堆積面に連続すると考えられる侵食平坦面を基準とした。この

侵食面はよく連続して発達しており、ほぼ現在の水系に沿って分布する丘陵地に発達する平坦面より高位に位置する。新庄盆地西側では山頂平坦面をなし、金山層（中部中新統）をきっている。他の地域では山頂平坦面より低い階段状平坦面をなし、大部分、中部ないし上部中新統をきっている。

北上山地では、山地中心に広く発達する侵食平坦面は新第三系堆積前にすでに形成されていたと考えられるので（Chinzei, K., 1966）、最も高い海岸段丘より高位にあり、北上山地の周縁部に発達している侵食平坦面、いわゆる“二戸面”に相当する侵食面を採用した。この面は馬淵川谷で三戸層群（鮮新統）をきっている。阿武隈山地には花崗岩をきって数段の侵食平坦面が発達している。それらのうち下位面群は平坦面形成後ある程度開析が進んでから白河溶結凝灰岩層（前～中期洪積世）におおわれているので、白河層におおわれていない上位侵食群を採用した（小池, 1968）。

中部地方では、いわゆる“三河小起伏面”（太田他, 1963）を採用した。東海地方では、小笠原層・鷲ノ田層より一つ古い面を、伊那盆地では塩嶺累層より一つ古い面を採用した。阿寺山地については、日本地形論（貝塚他, 1963）の考えにより“土岐面”より一段高い面を採用した。その他の山地については、これらを基準として谷沿いに地形面を追跡して決定した。飛騨山脈については、確たる証拠に乏しい。予報（Hatori et al., 1964）では、小林（1953）の考えにしたがい、美ヶ原面をとったが、上述の対比によると多少高すぎるように考えられるので修正した。

近畿地方では、六甲山脈では大阪層群下部ののる面をとり、鈴鹿山脈では、嘉藤（1957）にしたがい、山頂平坦面は中新統堆積時にはすでに陸化していたと考えられるので、これより一段低い面を採用した。大和高原では、中野（1943）にしたがい、室生火山をきる面をとった。その他の山脈についても、鈴鹿山脈と同様な考え方をとり、山頂平坦面は pre-Miocene と考え、これより一段低い面を採用した。紀伊半島では、北部では室生火山をきる面の続きを、南部では田辺層群（中新統）・熊野酸性岩（K-A法で、 1.7×10^6 年前）をきる小起伏侵食面を鮮新世後半ないし第四紀はじめの侵食面とした。この侵食面はおよそひとつづきのものとして追跡できるが、大部分は高度のそろった、なだらかな尾根ないし山頂である。

中国地方では、従来の研究成果を総合していわゆる“吉備高原面”を採用した。標準地域は高梁川流域で、山砂利層をきる面より一段高い。この面は西部では秋吉台の面となり、山陰海岸では都野津面より一段高い面となる。

四国では、サヌカイト（後期中新統）や石鎚層群（中新統）をきる侵食面で、瀬戸内面より古いものを採用した。しかし、このような関係がわかるところが少ないので、紀伊半島および九州山地の面と比較して、侵食面を決定したところもある。

九州北西部では、松浦半島で北松浦玄武岩の基底が、褶曲した佐世保層群（中新統）を侵食した平坦面であることが知られており（今井他, 1958）、また北松浦玄武岩は、古磁気学的に鮮新世中期から洪積世にかけてのものであることが知られている（Kurasawa, H., 1967）、したがって、玄武岩基底平坦面は中新世末ないし鮮新世のものと考えられるので、

この侵食面の高度を採用した。九州山地では、宮崎層群（中新—鮮新統）をきる侵食面や筑紫熔岩（多分、鮮新—洪積世）におおわれる侵食平坦面を採用した。大隈山地では、中新世の鹿屋花崗岩をきる侵食平坦面を採用した。

(2) 地質学的方法による隆起沈降量図

地質学的方法とは、第三紀—第四紀境界層準の分布上限高度または、深度によって、第四紀初め以来の隆起沈降量とする方法である。この方法においても、その層準が堆積した時の高度または深度の問題があるが、日本の場合、陸成層が内陸に堆積した場所の高度と地表の gradient は、以後の変位量や傾動に比べて小さいものと思われ、海成層の堆積深度も浅いものが多いと考えられるので、その補正は行なわなかった。

第三紀—第四紀境界層準が発達していない地域では、中部洪積統（関東の屏風ヶ浦層を標準とする）の示す値に適当な係数をかけて用いることにしたが、この方法には問題があるため、他に資料がない場合にのみ少数使用した。なお、地層の分布高度を扱うにあたっては、沈降の場合には、ボーリング資料を用いたが、境界層準が不明ないし欠如していることが多いので、これらの場合には、時代未確認の第四紀層の下底をとった。また、隆起の場合には、目的から言えば、上部鮮新統の堆積面を選ぶべきだが、削剝によって失なわれている場合が多いので、単純に上部鮮新統の分布高度をとった。なお、上部鮮新統か下部洪積統か不明のものおよび下部洪積統をも、上部鮮新統に準じて使用している。

以上のような理由から、本図作製に用いた地層は、第三紀—第四紀境界層準をはさんで若干の幅をもっているもので、えられた値も、第四紀における隆起沈降量の第一近似的なものである。

隆起の場合の主材料とした上部鮮新統の標準は、“The Geologic Developments of the Japanese Islands”（1965）の Neogene 対比表に準拠している。この標準対比表以外の局部的に分布する地層については適宜判断した。たとえば、層準の判断しにくい中国地方の山砂利については、逆に地形的にみて、高低二大別し、低位の高度（200m～400m）に発達するものを鮮新—洪積統の山砂利とみなした。

沈降を扱ったボーリングのデータでは、第三紀—第四紀の境界を次のようにとった。

釧路平野では釧路層群基底をとり、石狩平野では野幌層基底をとった。新潟平野では魚沼層群（塚山層）下底を示す G_4 礫層（伊田，1955，新潟県，1957）をとった。関東平野では U_0 tuff, *Uvigerina akitaensis* zone, 江東砂層上限、また関東平野中央以北では、平野地下の多摩ローム層深度から外挿してとってある。濃尾平野では、西部で奄芸層群の中に境界層準がくる可能性が強いが、ボーリング資料からは、その上にくる唐山層基底を仮に第四紀の基底とした。さらに名古屋以北の濃尾平野では、これに対比される G_0 礫層（杉崎・柴田，1961）の深度分布を、 G_2 礫層の等深線から外挿して推定した。大阪平野では便宜上大阪層群基底をとり、ボーリングがそこまで達していない場合は、 $Ma 1$, $Ma 6$ などの深さから外挿して基底深度を推定した。

資料の密度は、5万分の1地形図1図幅ごとに一点を原則とし、隆起の場合は各図幅中の最高点、沈降の場合は最低点を選ぶようにした。これを200万分の1の白地図に記入し、100

m毎の等値線で結んで、隆起・沈降量を表現した。

(3)集成隆起沈降量図

地形学的ならびに地質学的方法によって作成された2つの隆起沈降量図を比べてみると、全体的にみて、この2つの方法によって得られた隆起沈降量の分布様式は類似しており、ただ、その量において、地質学的方法によって得られた値は、地形学的方法によって得られた値より、一般に200~300m程度小さい傾向がある。これは、山地に分布する鮮新統はかなり侵食されているので、その高度が必ずしも堆積面の高さを示していないこと、および、もともと侵食平坦面は、海成堆積面よりある程度高いことなどから生じた結果であろう。

地形学的方法と地質学的方法のそれぞれがもっている方法的限界および上述のような両者の値の差の性格を考慮して、集成隆起沈降量図を作成するにあたり、その表現を等隆起沈降量線とせず、ある間隔の等変動量帯とした。なお、火山地域については、火山体の概形をあわせて記入した。

集成図を作成するにあたり、同じ地域について地形学的方法および地質学的方法によって求めた2つの値が前述の高度帯の異なる段階に属する場合には、それらの値のものの資料を再検討して、どちらの値が信頼できるかを決めた。また次のような配慮もした。すなわち、山地については、その分布の広いことをも考え合わせて、侵食平坦面の海拔高度による値を重視した。また、山麓部や丘陵地域では侵食平坦面の分布は散在的であり、地形学的方法には確実に欠ける点がある。ともに、これらの地域では、鮮新統が侵食されていても、その量はさほど大きくはないと考えられるので、地質学的方法による値の方が適切であると判断した。沈降地域である低地については、地質学的方法によってのみ、その沈降量が求められる。また、北上山地・紀伊山地・中国山地・四国山地などの山地中心部には、第三紀末または第四紀はじめと考えられる侵食平坦面より高位の侵食平坦面や山頂平坦面が広く分布しており、採用すべき侵食平坦面が殆んどみられない、そこで、山地周縁部で採用した侵食面と、より高位の侵食面の比高を山地内部にまで外挿して、採用すべき侵食面の高度を推定するという便法を用いた。

(4)隆起沈降量の地域的特徴

隆起沈降量の地域的特性については、まだ十分分析するに至っていないが、その主な特徴は次のようである。

(i) 日本アルプスを中心とする中部日本で隆起量がもっとも大きく、最大隆起量は飛騨山脈で1,700mに達する。しかもその周縁では、大きな gradient で隆起量を減じている。

(ii) その他の地域で隆起量が1,000mに達するのは、日高・夕張山脈、越後・魚沼山地、紀伊・四国・九州山地であって、北上山地・阿武隈山地・中国山地・北海道北部は小さく、750mに達しない。

(iii) 第四紀隆起量は日本列島全体を通じて、現在の山地高度の2分の1前後に達しており、場所によると3分の2に近いところもある。したがって、日本列島の現在の大起伏は第四紀の地殻変動によるところが大きいと考えられる。

(iv) 関東・濃尾・大阪・新潟・石狩などの大きな平野はすべて沈降地域であり、最大沈降量

は関東平野で1,400m余に達する。次いで大阪平野で700m,石狩平野で600m,新潟平野で500mとなる。これらの沈降地域はいずれも盆地構造をなし,その周縁部において隆起沈降量の gradient が大きく,隆起地域から沈降地域へかなり急激にうつりかわる。

(V) 日本列島全体をみたとき,隆起沈降量およびその分布様式の点で,若狭湾-伊勢湾線を境とする東西両地域の著しい対照性がみられる。さらに,西南日本では,内帯と外帯との隆起量に大きな差があり,中央構造線に沿ってその gradient が大きい。東北日本においても,北上・阿武隈山地と背栗・出羽山地との間で隆起量に差があるが,西南日本の内帯と外帯との差ほど大きくない。

(VI) 火山は,東日本では一般に山地高度および隆起量の大きいところに分布しているが,東日本火山帯のフロントの内側に,それにほぼ平行して最大隆起量の軸が走るようにみえる。

III 断層・褶曲分布図

分布図の作成方法

(1) 断層分布図

上部鮮新統以上の地層または,段丘面を切る断層および地震断層のうち,長さ1km以上のもの558本を抽出し,そのうち推定にすぎないもの,長さ10km以下のものを除き,断層網の密なところは,2本以上を1本に合併したり,長さ15km以下のものを省略して,最終的に,132本の活断層を選び出し,200万分の1スケールの白地図に記入した。

なお,南北方向の断層が多数集まり,東落ちと西落ちの両方を含む茂原・大多喜地区は,その分布区域を斜線模様で表示した(No.4)。

(2) 褶曲分布図

上部鮮新統以上の地層,または,段丘面を変形させているもののうち,波長が500mから30kmのものを採用した。波長30km以上のものは,隆起沈降量図に隆起沈降のパターンとして表われていると考える。また,沖積世の褶曲は,地形学的ならびに,地質学的には取出すのが困難であるので,水準点変位から知られる測地学的褶曲とともに,分布図作成の対象から除いた。

このようにして選び出した褶曲の数は,約80に達し,その3分の1は段丘面の変位として現われている。これらを,断層の場合と同様,200万分の1スケールの白地図に記入した(No.5)。

なお,これらの断層ならびに褶曲について,変位量・長さ・軸の方向・何が変位しているかなどについての一覧表を作成した(Appendix 1~4)。

(3) 断層褶曲分布の地域性

全国的にみると,第四紀に活動した断層および褶曲の分布が密な地域は,鮮新統の発達している地域である。

これは地殻変動の強さの実態を示しているというよりは,むしろ主として鮮新統の地層を変

形させている断層・褶曲を読みとったために生じた当然の結果であると考えられる。より古い地層を變形させている断層・褶曲は、たとえ第四紀に活動していても、その証拠がない場合にはこの図から省かれているので、鮮新統の分布地域に第四紀断層および褶曲が多くなるわけである。

ところで、褶曲は西南日本より東北日本により多く分布している。これは上述のような選択基準のもつ性格によるだけでなく、褶曲の強さが新第三系の厚さの分布と関連があることに由来する。褶曲構造の発達は、第三系・第四系の地層・岩石の発達と本質的な関連があると考えられる(Kaizuka, S., 1968)。

また、断層褶曲の軸の方向性にも地域性がみられる。この方向性は分布密度とは関係なく、その地域の地殻変動の性格を直接的に示す一つの指標と考えられる。東北日本内帯から北陸地方にかけては、断層・褶曲ともに本州弧に平行な軸が卓越する。一方、中部日本で特に顕著な跡津川断層方向(東北東-西南西)、阿寺断層方向(北北西-南南東)は、ともに断層分布にのみ認められ、褶曲分布にはみられない。また、近畿地方では、北北東-南南西方向の断層が卓越する。紀伊半島、四国では、中央構造線の新規の活動(右横ずれ断層)が知られている。これらの中国・四国・近畿中部地方の水平ずれ断層は、ことごとく一つの strain system (中間軸垂直、短縮軸ほぼ東西、展張軸ほぼ南北)に属せしめることができる。

IV. 新第三紀と第四紀の地殻変動量の比較

第四紀地殻変動図と、先に、松田他(1967)によって公にされている、中新世以降現在までの垂直変動量図および中新世以降の褶曲率の分布図を用いて、貝塚・村田(1969)は、新第三紀と第四紀の地殻変動量の比較を行なった。それによると、第四紀の地殻変動の性格は新第三紀のそれとは著しく異なり、東北日本では、第三紀に優勢だった沈降地域が、第四紀には、新第三系・第四系を著しく變形させつつ隆起地域へと変化した。一方、西南日本では、日本海や太平洋沿岸の褶曲帯を除いて、新第三紀にあらわれた顕著な垂直運動や褶曲運動は認められない。しかし、第四紀における垂直運動には、東北日本のそれと比べても、さほど著しい違いはみられない。言いかえれば、新第三紀には、東北日本と西南日本の地殻変動の性格の違いは非常に大きかった。しかしながら、第四紀には、その違いは小さくなり、日本列島全体で起った地殻運動によってもたらされた起伏とほぼ同程度であった。

V. 第四紀地殻変動の時間的・地域的分析

(1) 第四紀地殻変動と現在の地殻変動との関係 水準測定の結果から知られる現在の地殻変動が第四紀の地殻変動といかなる関係にあるかを検討し、第四紀における地殻変動の時間的推移を分析してみると、100kmないしそれ以上の波長の地形单元についてみれば、その現在における地殻変動の速さはmmのオーダーである。これに対して、第四紀隆起沈降量図から10⁶年のオーダーの期間における地殻変動の平均の速さを求めると、隆起量は最大1700m、沈

降量は最大1,400mであるから、垂直変位の平均の速さは、 $10^{-1}mm$ のオーダーであると考えられる。したがって、現在の地殻変動の速さは、第四紀における地殻変動の速さの平均値より大きいようである。

しかし、現在の地殻変動は、せいぜい80年程度の期間における水準点改測資料によって得られたものであるから、それを直ちに現在の地殻変動の本質的な姿を示すものと考えすることは適切でない。少なくとも、垂直変位がprogressiveかoscillatoryかがわからなければ、隆起や沈降のある程度長い期間の平均の速さを求めることはできないので、垂直変位の方向の時間的推移に周期性のありそうながかなりよくわかっている地域において、現在の地殻変動と第四紀における地殻変動との関係を検討したところ、現在の地殻変動の速さは、過去10万年程度は一定であった可能性はあるが、第四紀を通じて変化しなかったとは考えられない。さらに、第四紀における地殻変動は、加速的であったか間欠的であったのかいずれかの場合が考えられるが、いずれにしても、現在は地殻の活動期であることにはまちがいない。しかしながら、第四紀を通じて、地殻変動の速さが一定であったと考えるのに都合の良い資料もかなりあり、現段階では、いずれの考え方にも決定的に有利で、かつ確実な資料に欠けているし、論拠となった対象地域はそれぞれ異なり、地殻運動の推移を十分細かく解析した例もない。

これらの点から、時間のオーダーの異なる多くの地形面や地層を用いて、地殻運動の推移をさらに詳しく分析し、その地域的特性を明らかにしていく仕事が今後に残されている。

(2) 第四紀と新第三紀における地殻変動の関係 大塚(1942)によって、瑞穂フオッサマグナ褶曲帯における新第三紀の褶曲運動が河岸段丘の変位によって知りうる第四紀後期の地殻変動にも表われている例が示され、褶曲運動が第四紀にも引き続いて起っていることを明らかにして以来、これを検証するいくつかの研究が行なわれてきたが、最近、それを否定する見解もでており、新第三紀における褶曲運動が第四紀まで継続しているのか、それとも、第四紀の初めから新しい様式の地殻変動に転換したのかについては、意見が分れている。少なくとも、東北日本の新第三紀褶曲帯においてさえ、地域的に違いのあることが予想され、なお、詳しい調査研究を続けていく必要がある。

VI 第四紀の地殻変動と歴史時代における地震活動との比較

大地震にともなわれる地殻変動が、第四紀を通じてのそれと同じ様式で起り、量的にも後者は前者を積算したものにほぼ等しい事例が報告されている。また、同じ所で、同じような地震が繰返し起ることも最近の研究で明らかになってきた。そこで、第四紀における地殻変動と歴史時代における地震活動との比較を試みる。

地震活動については、理科年表から、599～1968年の間に日本付近で発生した規模6.0以上の地震319個につき、そのエネルギーを計算し、 1° メッシュで和をとって表わしたなお、 1° メッシュの広がり、余震域(宇津)や地震に伴う地殻変動の広がり(禮原)からみると規模7.9程度の地震の震源域に相当する。このようにして得た日本列島の地震活動の特

色は、①房総から四国沖にかけての $10^{24} \sim 25$ ergのゾーン(巨大地震が100~150年間隔で起る。 $M8.0 = 6.3 \times 10^{23}$ erg)、②秋田から鳥取にかけての日本海沿岸に 10^{23} ergのゾーンがみられ、さらに、③東京近辺、岐阜・京阪神地域に $10^{23} \sim 24$ erg、④広島付近に、 10^{23} ergの所がみられることである。また、地震の放出エネルギーの低い所としては、北海道内陸部、北上山地、山形・阿武隈・茨城、上越国境・関東山地、四国・九州内陸部などがある。ところで、理科年表の被害地震は古文書から求めたため、①昔の行政中心地が詳しく②規模や位置の誤差が大きく、③規模が大きくても被害、特に、為政者にとって被害の顕著でなかったものは落ちている可能性があるなどを考慮する必要がある。また、第四紀地殻変動図も、①文献に記載されていないものは落ちている、②水面・火山噴出物・平野の新时期堆積物に広くおおわれていたり、③古い地層のみが発達し、第四紀における活動を検出することが困難なところがあり、④方法的にも、初期条件の補正がなされていないなど、精度としては必ずしも高くない。従って、過去の地震資料の極度に乏して北海道と海域を除いて、第四紀地殻変動と地震活動との比較を、細かい対応づけを行なうというのではなく、拡がりの性質や傾向の比較をみるという立場から行なうと次のようである。

断層と褶曲の活動度をメッシュ内の本数で代表させた。秋田南部、金沢・琵琶湖・阪神、房総・東京・湘南、北信の諸地域は断層も多く、地震活動も 10^{24} ergと高い。全般に 10^{22} erg(M7級に相当)以上のところは、一般に、断層密度も高く、特に、延長50 km以上の断層(地震断層ならM7.3程度で生成:飯田)を複数含むところには、低エネルギーのところはない。地殻変動も地震活動もともに弱いところとしては、下北半島、四国中部などがある。褶曲の密度分布も似たような傾向を示し、秋田南部、東京・湘南、阪神、北信の諸地域は、地殻変動・地震活動とも大で、下北半島、北上山地、阿武隈・茨城、四国、中部などは、ともにエネルギーも低い。断層・褶曲とも太平洋沿岸の活動度は弱い。

隆起沈降は集成隆起沈降量図からメッシュ中の最大・最小値および両者との差をとり、それぞれを隆起・沈降・勾配の目安とした。隆起量1.000 m以上で地震エネルギーの高いところに、北信、金沢、琵琶湖周辺、阪神、室戸付近などがあり、低エネルギーのところは隆起量も少ないという傾向がみられるが、全体として、対応はよくない。沈降が著しく、かつ、高エネルギーのところとしては、房総・東京・湘南・東京北方、阪神の諸地域が、また、ともに著しく低いところとしては、下北半島、北上山地、四国中部などが対応し、全体に比較的良好な対応関係がみられる。勾配のもっとも急なところは、東京・湘南、阪神などで、 10^{23} erg以上のところは急勾配を示し、低エネルギーのところは勾配がゆるい。太平洋沿岸の高エネルギー・ゾーンとの対応は全般に悪い。しかしながら、その海底は地殻の運動で形成されたとなれば、説明ができないような地形を示すので、その深さを沈降量とみなし、上述の値と比べて、値の大きい方をとり、勾配量もそれに従って修正した。この操作によって、房総以西における $10^{24} \sim 25$ ergの地震活動の最高地帯との対応は極めてよくなったが、ほかの海岸沿いの高エネルギーの場所との対応は思わしくない。

以上のように、歴史時代の地震活動と第四紀における地殻の活動度の間には、単純な対応関係

は見られないが、東京・湘南および阪神など比較的良い相関のみられるところもある。ところで、地殻変動は大きい、地震活動はそれほどでもないところとして、飛騨地方などがある。これは跡津川断層などの活動周期や周期の変動に比べて、歴史時代の長さ(約1,400年)の方が短かすぎるためかもしれない。勿論、第四紀の長さと比較しても、この時間は1000分の1にみたない程の短さであり、それによる推定誤差の大きいことは、本論全体についても言えることである。第四紀地殻変動の解析は、まだこれからの課題であるが、とりあえず、現世の地震活動との関連について概観してみた。

Ⅶ 第四紀地殻変動区

10⁶年のオーダーの期間における日本列島の地殻変動の性格を表わす第四紀地殻変動図をみると、第四紀の全期間における垂直変位量は、場所によって著しく異なり、その間に活動した断層や褶曲の分布も、地域的にかなり偏っている。したがって、第四紀地殻変動の特徴によって、日本列島をいくつかの第四紀地殻変動区に区分することができる。

第四紀地殻変動区の区分にあたっては、まず、垂直変位量の地域的な違いが注目されるが、それとともに、垂直変位の勾配にも考慮をはらった。その理由は、垂直変位の勾配の大きいところ



第1図 日本列島の第四紀地殻変動区

は、断層を伴う場合が多く、地震との関係において重要であると考えたからである。そこで、地形学および地質学的方法による垂直変位量図に、経度15′、緯度13 $\frac{1}{3}$ ′のメッシュをかけ、各メッシュ内の垂直変位量の差の最大値を求め、これらの値から垂直変位の勾配を算出した。

次に、垂直変位の勾配を8段階に区分してそれらの分布図を作り、これを垂直変位量集成図

に重ねて、垂直変位量およびその勾配の地域的な違いに着目して、日本列島を10の第四紀地殻変動区に区分した(第1図)。

これらの地殻変動区の境界は、たいてい、主な地質、または、地形上の構造線と一致している。

このようにして設定した第四紀地殻変動区の特徴を明らかにするため、各地区ごとに垂直変位量の絶対値および勾配の平均を求め、それぞれの値によって第四紀地殻変動区の階級区分をおこなった(第1表)。

その結果、これらの10地区は、垂直変位量の平均によって3階級に、またその勾配の平均によって4階級に、それぞれ区分された。

しかし、第四紀に活動した断層および褶曲の分布密度も、各地殻変動区を特徴づけるものと

第1表 日本列島の第四紀地殻変動区の階級区分

第四紀地殻変動区	平均垂直変位量(m)	平均垂直変位勾配($\times 10^{-3}$)	断層密度	褶曲密度	平均垂直変位量の階級	平均垂直変位勾配の階級	第四紀地殻変動区の階級
1. 北海道北・東部区	464	7	やや大		c	c	D
2. 日高・夕張区	697	10			b	b	B
3. 北上・阿武隈区	504	4			c	d	E
4. 東北日本内側区	620	6	やや大	大	b	c	C
5. 関東区	745	17			b	a	A
6. 中部山岳区	1090	17	やや大		a	a	A ⁺
7. 近畿・濃尾区	478	10		大	c	b	C ⁺
8. 中国・瀬戸内区	448	4			c	d	E
9. 九州区	479	6	やや大		c	c	D
10. 西南日本外側区	648	9			b	b	B

して無視することができない。ことに、地震との関係からは、第四紀に活動した断層の分布に注目する必要がある。このような考えから、先きのべたメッシュ内の断層および褶曲の数を読取り、それらの値をそれぞれ断層および褶曲密度とした。そして、1つのメッシュ内に5本以上の断層または褶曲の分布する場合を密度大、3~4本分布する場合を密度やや大とし、各

地殻変動区におけるこのようなメッシュの多少から各地区の断層および褶曲密度を判定した。したがって、各地区に分布する断層または褶曲の総数が等しい場合でも、全域的にほぼ均等に分布する地区よりも、局地的に密集して分布する地区の方が、その密度が大きいと考えたわけである。

以上の資料にもとづいて、日本列島の第四紀地殻変動区の階級区分をおこない、第1表に示すようにアルファベット順に第四紀における地殻変動が活発であったと判定した。その際、とくに垂直変位の勾配および断層密度を重視し、ほぼ同一階級に属すると判定される地区の中でも、これら2つの値のいずれもが他よりも高い階級に属する地区には、それぞれの記号に(+)の符号をつけてあらわすこととした。その理由は、前にものべたように、垂直変位の勾配が大きい地域は断層を伴う場合が多く、地震予知のための基礎資料としてはとくに新しく活動した断層の分布に注意をはらう必要があると考えたからである。

これらの第四紀地殻変動区において最近の地震の際におこった地殻変動の性質を調べてみると、それぞれの地区において、それらの階級に応じて、ある程度特徴がみとめられる。D、Eの階級に属する地区は、いずれも地震活動の不活発な地域であるが、A⁺の中部山岳区の地震活動が不活発なことは注目される。Aの関東区およびBの西南日本外帯区は、いずれも広域にわたる隆起沈降の著しい地域であるが、同じくBの日高・夕張区ではあまりいちじるしい地殻変動がみとめられない。また、C⁺の近畿・濃尾区では横ずれ断層が、Cの東北日本内側区では縦ずれ断層および活褶曲がそれぞれみとめられ、第四紀における地殻変動の特徴にほぼ一致している。

VIII あ と が き

以上が第四紀地殻変動図とその説明書のあらましである。この図を発表して以来、内外の広い分野の人々から予想を越えた多くの反響が寄せられている。なかには、日本のシャクナゲの分布を研究しているアメリカ人のような人までいる(Frank Dolesky, Quat. Bull. Am. Rhododendron Soc., April-July, 1970)しかし、地球科学以外の分野では、土木関係者の関心が異常に高いのに驚かされている。サンヘルナンド地震の影響とみられるふしもあるが、この傾向はそれ以前からである。最近の地図を開いてみると、ダムが、筆者らの抽出した活断層のあるところに多いのに驚く。ことわっておくが、分布の一致性と言う点である。このことから、直ちに、ダムの安全性とかダムのたん水による地震の発生などを論ずるつもりはない。ただ、ここで土木関係者がこの図をみる場合に、特に注意しておきたいことがある。それは①この図で、断層の記載されていないところには活断層はないと考えてはならないということである。事実、この図でさえ、筆者らの抽出した断層の一部しか記載されていないことは、説明書の付表にみる通りである。200万分の1の図に土木の計画や施工に必要な精度を期待することができないことは、国土地理院の5万分の1地形図がいくら精確であっても、計画に添っては空中写真を撮り、施工には実測図を作らなければならないことと同じである。また、②反対に、この図に断層が記載されているから直ちに施工は危険であるとは必ずしも言えない。

その危険度の判定と危険に対する安全策・予知と非常対策などは、この図だけからは生じてこない。しかし、それにもかかわらず、この程度の図でも、土木構造物の地震対策にある程度のデータと考え方を提供しているものと思う。それについては、別に、考えをまとめ、記してみたい。

最近の地震の研究によると、わが国でも、大被害を与えるような大地震は、巨大な断層、すなわち、地殻中のくい違いの生成に伴って発生することが明らかになってきた。このことは、初めに考えたように、日本列島の最近ないし近い過去の地殻変動の多くの部分が、これまでの地震の“遺跡”の積み重ねである可能性が一層強まったと考えられる。ただ、すでに見たように、歴史時代における地震活動の総和と第四紀における地殻変動の量との間には、良い相関関係がみられなかった。その原因としては、両者とも精度に不均一性があり、時間的にも大きな差があるということがまず考えられる。しかし、地殻変動と地震活動の間に単純な関数関係があると考えることも問題であろう。また、地震も地殻の活動も、この200万年の間に変遷がまったくなかったと考えるのも正しくないであろう。このような問題点はあるが、巨大地震に限らず、地震観測の精度の向上や観測資料の集積とともに、地震活動と地殻の構造や性質との関係が一層詳しく研究されるようになってきた。従って、先に考えたように、最近および近い過去における日本列島の地殻変動を明らかにする必要は一層高まっている。10⁰、10⁵、10⁴、10³年の地殻変動を研究する第1歩として、10⁶年、すなわち、第四紀の地殻変動をとりあげた。その成果の解析やなお一層正確な図にする努力を払う一方、より新しい時代の地殻変動を明らかにすることにより、地殻変動の推移を知ることができる。それは、それ自体としても、太平洋とアジア大陸の境に形成された弧状列島の性格を知るうえで極めて有益であるだけでなく、地震予知にとっても一層有益な知識を提供し、また、最近明らかになってきたように、土木の分野へも一層確かな知識を提供できるであろう。

(注) 10²年のオーダーの日本列島の総括的な上下変動については、最近、檀原(1971)により測量の結果から報告されている(測地学会誌 Vol. 17, pp. 100~108, 1971)

昭和 48 年 3 月 1 日 印刷

昭和 48 年 3 月 5 日 発行

編集兼
発行者

国立防災科学技術センター
東京都中央区銀座 6 丁目 15 番 1 号
電話 (03) 541-4721 郵便番号 104

印刷所

株式会社 実業公報社
東京都千代田区九段南 4 - 2 - 12