

房総半島の水準点変動と地質構造との関連性

鈴木尉元* 小玉喜三郎* 小北 悟**

石川正晴** 村田康男**

**The Recent Crustal Deformation and Its Relation to the
Geologic Structures of the Boso Peninsula**

Yasumoto SUZUKI, Kisaburō KODAMA, Satoru KOKITA,
Masaharu ISHIKAWA and Yasuo MURATA

Abstract

The first levelling surveys have been carried out mainly along the coast of the Bōso Peninsula six times since 1896. The present authors analysed those data in order to clarify the recent crustal deformations and their relation to the geologic structures.

They made the calculations of trends and degree of inclinations of the triangles composed of the three bench marks based on those levelling data. The isolines of upheaval and subsidence were drawn on the basis of the data of levellings and those calculations. They are shown on the figures 3 to 7.

Judging from those figures several tectonic units are discriminated, each of which has its own characteristics in the deformation, though their boundaries are not always definite. Most of the areas have a tendency to tilt toward the sea side along the axis nearly parallel to the coast.

The peninsula is mainly composed of Tertiary and Quaternary sedimentary formations and their general trends are of east to west, so the recent crustal deformations stated above are not related to the structures of those formations but to the recent topographies.

The frequency diagrams of inclination angles shown that the rates of tiltings are accelerated at several localities since about 1967.

The seismic activities may be related to those tendencies of the acceleration.

1. ま え が き

房総半島の地殻変動の研究は、1923年の関東地震以後、多くの人によって論じられてきた(第1図)。とくに、近年地震予知の問題とからんで、多くの論文や報告が発表されている。それらは、測地学的なものにとどまらず、地形学的な面から、また地質学的な見地から検討されるなど、他の地域にみられない多面的な点に特徴があるように思われる。

筆者らは、この半島の一等水準点観測値を再解析して、現在の地殻変動の実体を明らかにし、地震活動との関係を検討して、地震予知の問題に一定の寄与をしたいと考えた。さらに、新第三紀の地層の構造と現在の地殻

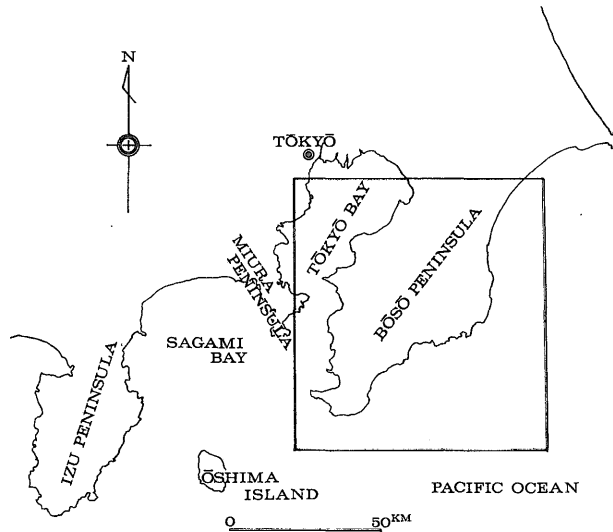
変動の関係を調べ、現在の地殻変動の、地質構造発達史の中での位置づけをつかみたいと考えた。この論文は、そのような研究過程の一産物である。なお、地震活動との関係については、稿を改めて述べるつもりである。

謝 辞

本論文作成に際して、東京大学地震研究所の岡田淳氏には、資料の面でいろいろお世話になり、また解析結果について有益な議論をしていただいた。同所鋸山地殻変動観測所の島津孝氏には、鋸山付近の変動について御議論いただいた。国立防災科学技術センター高橋博地震部長、電子計算機室の渡辺一郎室長、勝山よし子、尾崎毅子の諸氏には、電子計算機の使用に際して、いろいろ助言をいただいた。地質調査所石油課の諸氏、芝浦工業大学高田武雄先生には、いろいろ激励いただいた。この機

* 燃料部

** 元芝浦工業大学土木工科学学生



第 1 図 房総半島の位置図

会にこれらの諸氏に厚く感謝の意を表する。

2. 従来の房総半島の地殻変動に関する研究

まえがきにもふれたように、1923年9月1日の関東地震を契機として、1925年から1930年代にかけて、地殻変動に関する数多くの論文が発表された。山崎 (1925) は、地形学的分析に基づいて、房総半島南部における傾斜地塊についての論文を発表した。この中で、半島南部は断層によって境された地塊から構成されており、各地塊は傾動をしていること、これらの傾斜地塊は、いずれも断層崖を海に向け、後斜面を内陸に向け、緩慢な運動をしていることを指摘した。この論文には、彼の中部日本の日本海沿岸を走る一等水準点の観測値に基づく活傾動地塊の発見 (1928) の考え方の基礎が見られる点で、興味深い。次いで武藤・熱海 (1928) は関東地方の一等水準点の観測を整理して、地殻表面の垂直変動の特性、すなわちある一連の相異なる一等水準点が、一つの直線の前後に分布するような変動をしていることから、地殻は地塊的な運動をしていることを指摘した。そして、この資料と三角点の垂直変動値を組合わせて、関東地方の地塊構造区分を行なった。

Miyabe (1931 a) は、地塊とその運動方向を決定する、いわゆる宮部の方法を考案し、1898~1924年および1923~1930年の測量結果から、房総半島の地塊運動を指摘し、その分布と傾動方向を決定した。そして、地塊の傾動方向はほとんど海岸線に直交しており、2回の測量結果も傾動方向は、鋸山付近の地塊を除いてほぼ一致していることを指摘した。

また Miyabe (1931 b) は、房総半島を含む関東地方南部の垂直変位と水平変位との関係を調べ、隆起量と水平方向の膨脹、収縮に正相関する地域と負相関する地域とがあることを指摘した。

近年地震予知の関係から、半島に関する多くの論文が発表されている。藤井 (1968) は、過去5回の測量結果から上下変動図を描いて、半島の変動傾向を論じた。さらに重力や地震活動との関係にも言及している。この中で大多喜断層を境にして半島の上下変動がチョウ番状に行なわれていることを述べている。

地震予知連絡会会報の中には、房総半島の上下変動の一般的傾向についていくつかの研究結果が発表されている。最近の傾向として、房総半島と三浦半島が地質構造的に一連のものであるという認識があつたか、両者を一体として扱うことが多い。この中で、1923~1930年の間に半島南端は50mm以上沈下し、その傾向は次第にゆるやかになってきたのに対し、1965~1969年には北部を除いて40~50mmの隆起がみられる点が注目される。さらに1969~1970年にかけては房総半島の中央部から三浦半島の浦賀付近にかけて隆起帯がある。しかしこの隆起帯から南東方向にかけては南下がりの傾斜となり、先端部は相対的に沈下を示している、前回とは大勢において一致している点が指摘されている。

3. 解析の方法

以上のような問題点を考慮し、筆者らは次のような方法によりこれまでの測定値を再解析した。主として2種の変動図を描き検討した。1つは、各水準点の垂直変動

値、およびその近傍の5点、7点の移動平均値をプロットした垂直変動図(第2図)である。これにより、変動の一般的傾向や局部的変動、変動の不連続性などを調べた。他の1つは、水準路線近傍の傾動様式を調べるために描いた図で、任意の3水準点により想定される傾動平面の傾斜方位とその量を矢印で示したものである(第3図~第7図)。これは、宮部の方法(1931)を基本として筆者らが一部改良して用いた方法であるが、詳しい内容は、最後の項で述べる。なお上記の傾動分布には、各水準点の変動値を参照して、傾斜に直交する等変動量線も描いた。

さらに傾動の経年変化を量的に検討するために1898~1923年の値に対する改測ごとの値の相関関係を調べた。また垂直変動図の傾斜方向と地質構造とを比較し、地殻変動と地質構造発達との関係を調べた。

資 料

一等水準測量は、戦前においては陸軍参謀本部陸地測量部によって、半島をほぼ一周する千葉—市原—天羽—館山—勝浦—土気間において、1898年に第1回の測量が行なわれた。ついで1923~1924年には、1923年9月1日に起こった関東地震による地殻変動を明らかにするために第2回の測量が実施された。同時に土気—千葉間に水準点路線が設置され、半島を一巡する路線が完成した。1930~1931年には、これらを含めて第3回の測量が行なわれた。戦後、陸地測量部の業務は建設省国土地理院に引きつがれ、UMP計画の一環として1965年に第4回の測量が実施され、初の半島を一巡する改測結果が発表された。1968年に茂原付近の地盤沈下の調査のため、半島東海岸の測量が行なわれた。1969年に第5回の改測が行なわれた。同年に市原—大多喜—勝浦と天羽—館山—和田町に二等水準点が新設された。1971年には、これらの二等水準点を含めた、第六回目の測量が実施された。なお、この二等水準の測量は、一等水準点測量の精度で行なわれている。筆者らの解析資料はこれらによるものである。

資料の整理として、1898~1923年、1923~1930年については、上記資料の変動値をそのまま使った。1930~1965年の資料は、環形補正計算を行ない、原点の高さを一致させた。1965~1969年の資料は東海岸付近が1965~1968年、1968~1969年に分かれて測量してあるため、6165~1968年の資料に1968~1969年の資料の値を加えて補正計算を行なった。1969~1971年の資料は生の資料を使用した。

地質構造に関しては、千葉県地質図(20万分の1)、日

本油田・ガス田図「富津—大多喜」、同「茂原」などによった。

4. 解析結果

先にのべたような方法により求めた変動図をもとに、年代を追って、各時期の変動の特性を見てみることにしよう。

4.1 観測期間にみられる変動の特徴

1898~1923年の変動

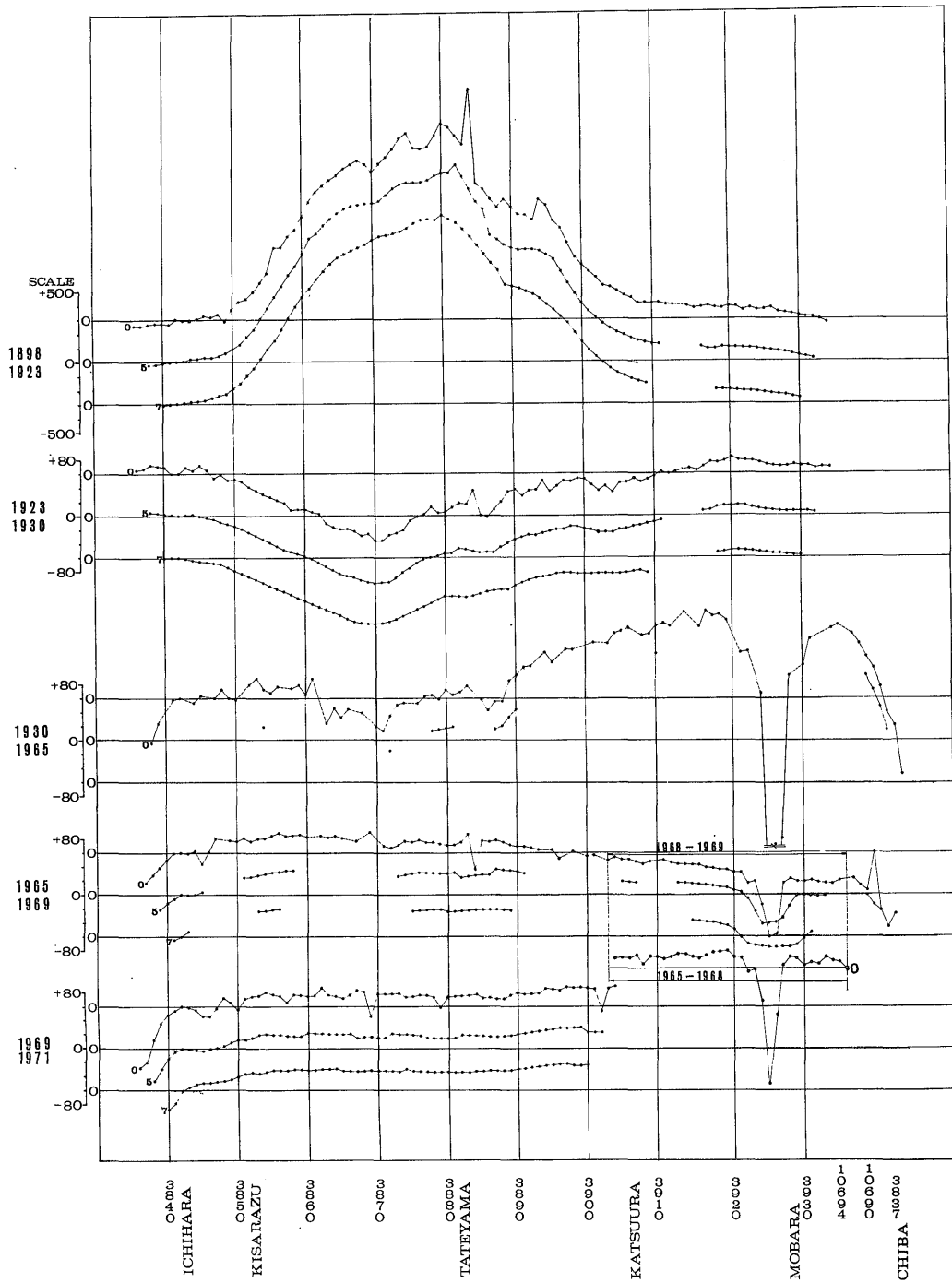
1923年9月1日の関東地震によって、房総半島の中南部は著しく隆起した。この期間の変動は、他の期間のそれらと比較して桁違いに大きい。それはほとんどこの関東地震によるものと考えられる。この隆起は、木更津付近(B. M. 3850)と御宿付近(B. M. 3910)を結ぶ線を境に、その南西部に顕著である。それより北方ないし北東方には、あまり大きな変動は見られない。館山付近(B. M. 3880)は最も隆起した部分で、その付近を頂点として北東へ次第に隆起量が減じている。垂直変動量図(第2図)をみると、B. M. 3850—3851、保田付近(B. M. 3868—3870)、富浦付近(B. M. 3875—3876)、B. M. 3880、和田付近(B. M. 3883—3885)、B. M. 3888—3889、B. M. 3893—3894の各水準点間に不連続が見られる。

つぎに、等変動線図(第3図)によって、各地域の変動様式を見てみることにしよう。一般的には、半島の中南部が大きく隆起したことは、先に述べたが、細かく見ると、地域ごとにかなり独自の動きをしていることがわかる。

市原—木更津間(B. M. 3839—3849)は、水準点相互の変位はあまり大きくないが、全体として海岸に平行な線を軸に、北西方向へ傾動している。木更津—天羽間(B. M. 3849—3864)は、北へ傾動している。この間の傾動は、約30 kmに1 mの割合できわめて大きい。鋸山付近(B. M. 3867—3873)は、東または東北東へ傾動している。館山付近(B. M. 3873—3885)は、最も大きく隆起した地域であるが、一般に海岸線に直交して海側へ傾動している。前に述べたように、B. M. 3855—3856およびB. M. 3893—3894間には運動の不連続がみられるが、等変動量線図から判断すると、いずれも路線の曲りによる見かけのものと解釈できるように思われる。鴨川東部付近(B. M. 3897—3910)は、海岸線に直交する線を軸にして東へ傾動している。この図は、約20 kmにつき50 cmという大きな変位差を示す。勝浦—宮間(B. M. 3910—3922)は、水準点相互の変位はあまり大きくないが、全体として、海岸線に直交して海側へ傾動が顕著である。

1923~1930年の変動

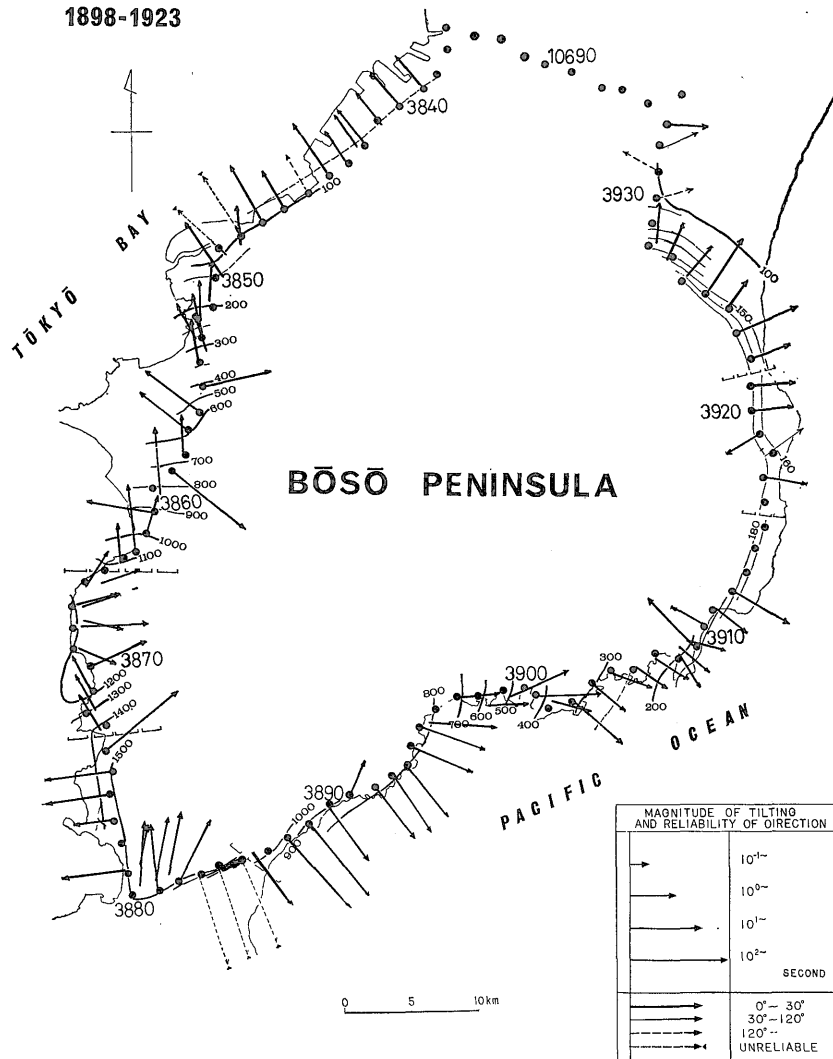
関東地震によって隆起した半島中南部は、この期間で



第 2 図 房総半島の水準点の垂直変動量図

0, 5, 7 は、観測値の移動平均の数を表わす。

▼は、人為的原因による不備な観測値を表わす。



第3図 房総半島の等変動量図 (1898—1923)

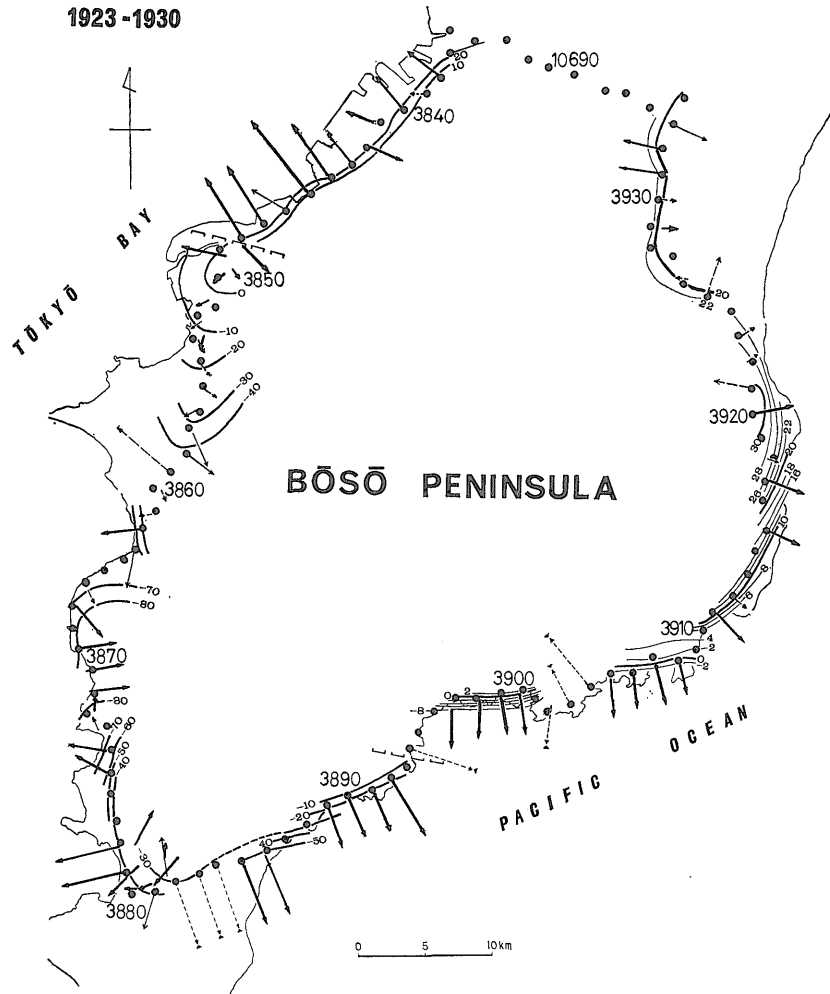
は、保田(B. M. 3870)付近を中心点として全体に沈降している。沈降の傾向は、B. M. 3850からB. M. 3910の範囲にわたり、前期とちょうど対照的な運動を示しているが、最も沈降した地域は、前の時期に最も隆起した地点と一致しない。B. M. 3857—3858間、3862—3863間、3869—3870間、3874—3875間、3878—3879間、3884—3885間、3890—3891間に運動の不連続が見られる。とくに館山—小湊(B. M. 3878—3900)間の不連続は顕著である。これらの不連続位置は、一般に前期のそれとは一致しない。

上にも述べたように、この時期には、木更津(B. M. 3850)と御宿(B. M. 3910)を結ぶ線を軸として、その南側

に沈降部のあることが垂直変動図(第4図)からよみとれる。前期に最も隆起した所も大体この地域であるから、房総半島における関東地震の影響は、主としてこの線より南側にみられるといえるであろう。地震直後最も大きく隆起した半島南部では、木更津(B. M. 3850)と比較して、約60mmの沈降がみられる。

この期間においても、上のような一般的変動傾向のほか、地域ごとの固有な変動がみられる。

市原—木更津間(B. M. 3839—B. M. 3849)は、前期と同様にあまり変動は著しくなく、全体として北西方向へ傾動している。木更津—天羽間(B. M. 3849—B. M. 3864)は、前期と同様に大きな変動が認められる。すなわち約



第 4 図 房総半島の等変動量図 (1923—1930)

30 km につき 60 cm の変位を示している。傾動の方向は前期とは逆で、南へ向いている。

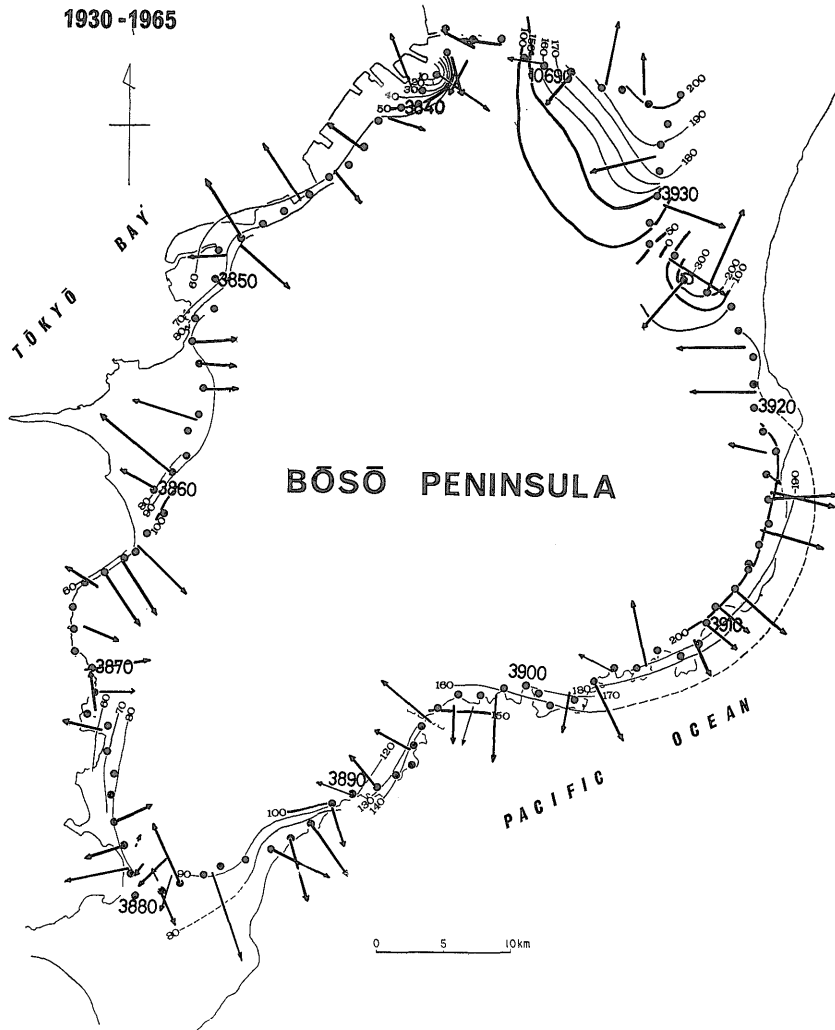
鋸山付近 (B. M. 3867—3873) は、今期この路線で最も沈降した所であるが、全体として北北東方向へ傾動する傾向が認められる。館山地域 (B. M. 3873—3893) は、前期と同様、海岸線に直交し海側へ傾動している。しかし南東部の方がより大きく沈降している。そのほかの小さな不連続は、路線の曲がりによる見かけのものであろう。

鴨川東部 (B. M. 3894—3904) は、前期の運動傾向とは直交する南方向への傾動を示している。小湊付近 (B. M. 3900—3910) は、水準点の変動はあまり大きくないが、ほぼ南方向への傾動を示している。勝浦—の宮間 (B. M.

3910—3928) は、前期と同様に、海岸線に直交した海側への傾動を示している。なお、等変動量線図から検討すると、小さな不連続は路線の曲がりによるものであろう。

1930～1965年の変動

一般的に半島西部に比較すると、東部が上昇している。しかし南西部の佐貫—鴨川付近 (B. M. 3861—B. M. 3895) には沈下の傾向がある。とくに保田付近 (B. M. 3870) や、海発付近 (B. M. 3886) には顕著な沈下がみられる。一方、土気付近 (B. M. 10694) には著しい局所的な隆起があらわれている。なお、市原付近 (B. M. 3838) や茂原付近 (B. M. 3926) を中心に、極端な沈下があらわれ



第5図 房総半島の等変動量図(1930—1965)

等変動量線は、垂直変動量図に用いられた観測値に B. M. 3838 を基準として、零点補正をくわえたもので描いた。

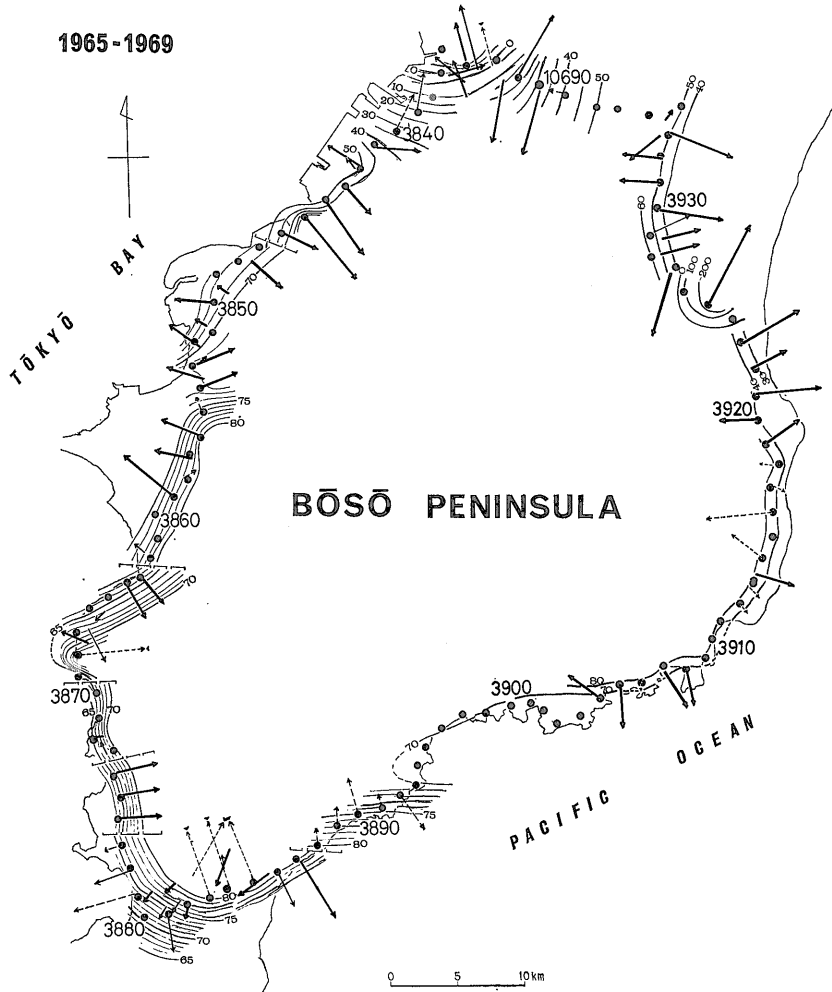
ているが、これは人為的な地盤沈下によるものである。

つぎに地域ごとにその動きを検討してみよう。前期に南方へ傾動した木更津—天羽付近 (B. M. 3855—B. M. 3864) は、今期は西北西に傾動している。すなわち、前期とはほぼ直交する方向に傾動したことがわかる。佐貫 (B. M. 3861) と鴨川 (B. M. 3895) 間は、全般的に沈降する傾向が顕著であるが、このうち鋸山付近 (B. M. 3862—3873) は、海岸線と直交して、内陸側へ傾動する傾向が認められる。館山地域 (B. M. 3873—B. M. 3890) は、前期と同様に、海岸線に平行する方向を軸として海側へ傾動している。鴨川南方付近から北東部にかけては隆起し

ているが、B. M. 3889—3895間は前期と逆に陸側へ傾動している。また、B. M. 3889および3895付近に垂直変動図上に不連続がみられるが、等変動線も連続しないので、断裂が予想される。勝浦—大東岬付近 (B. M. 3900—B. M. 3920) は、この期に最も隆起するが、全般的にはやはり海岸線に平行する軸によって海側へ傾動している。

1965～1969年の変動

期間が短いため、地域的な変動は垂直変動量図から明確にはよみとれない。しかし、半島北部に比較すると、鋸山、勝浦などの南部が、全般的に隆起している。



第 6 図 房総半島の等変動量図 (1965—1969)

等変動量線は、垂直変動量図に用いられた観測値に B. M. 3837 を基準として、零点補正をくわえたもので描いた。

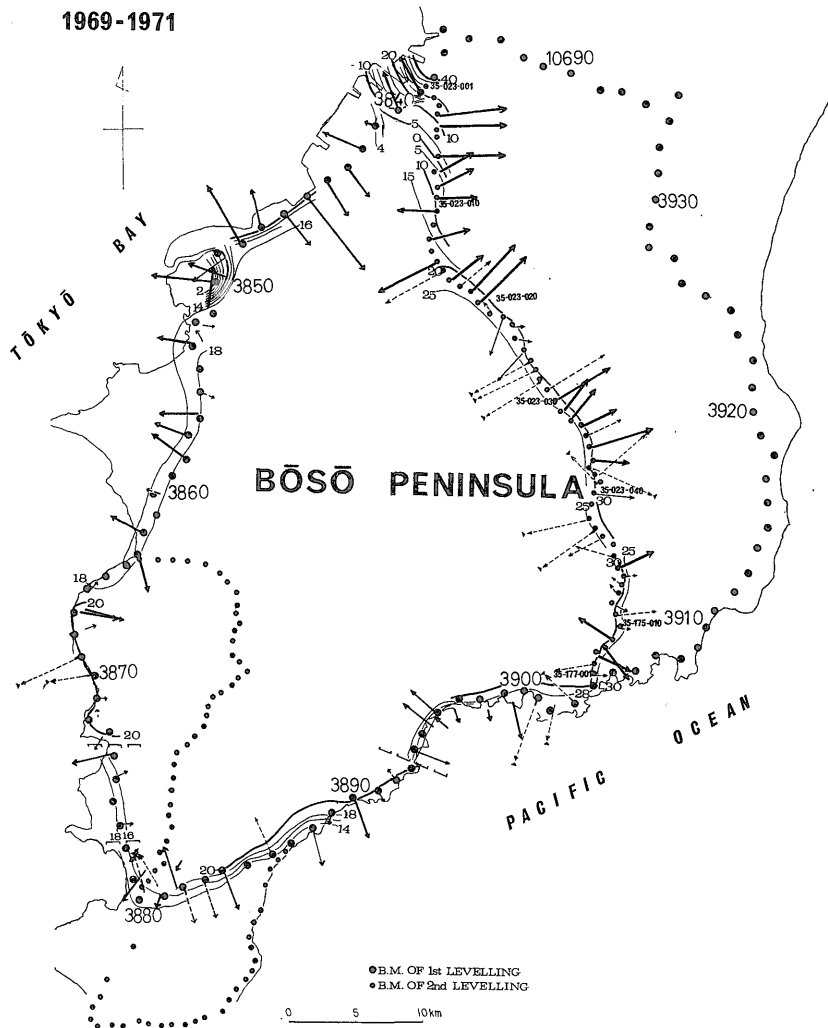
詳細にみると、市原—木更津北方付近 (B. M. 3841—3847) は、前期とは逆に南東方向への傾動を示している。木更津付近 (B. M. 3847—3853) は、北西方向へ傾動している。木更津—天羽間 (B. M. 3855—3862) は、前期とほぼ同様に、西北西方向へ傾動していることがよみとれる。鋸山付近 (B. M. 3863—3869) は、前期と同様に海岸線と直交し、内陸側への傾動を示している。さらにその南の部分 (B. M. 3870—3874) は、海岸線に直交して西方向へ傾動する。富浦付近 (B. M. 3874—3877) は東方向へ傾動している。館山付近 (B. M. 3877—3887) は、前期と同様に全体的に海岸線に直交し、海側へ傾動している。

鴨川南西付近 (B. M. 3887—3895) は、その周辺地域と異なり、北方への傾動を示している。

以上のように、この 4 年間の変動は、さまざまなブロックごとの固有の動きが顕著にあらわれている。なお、この時期にも、茂原と市原付近に、顕著な地盤沈下がみられる。

1969～1971年の変動

鋸山付近 (B. M. 3867—3873)、鴨川—小湊付近 (B. M. 3894—3904) には、前期に引きつづき、連続的な隆起傾向がみられる。また、市原付近 (B. M. 3836)、木更津付近 (B. M. 3850) に、地盤沈下がみられる。



第7図 房総半島の等変動量図 (1969—1971)

全般的には、内陸側から海側へ向いた傾動傾向がみとめられる。

詳細にみると、市原—木更津付近 (B.M. 3841—3848) は、一般に南東方向へ傾動している。木更津—天羽付近 (B.M. 3853—3863) は、西方ないし西北西へ傾動している。前に述べたように、鋸山付近 (B.M. 3870) に隆起傾向があらわれている。館山地域 (B.M. 3878—3893) は、前期と同様に海岸線に直交し、海側へ傾動している。鴨川付近 (B.M. 3903) に、不連続な運動がみられ、鴨川—小湊付近 (B.M. 3894—3904) には連続的な隆起傾向のあることが、垂直変動図から読みとれる。この時期にも、市原 (B.M. 3836) 付近や、木更津 (B.M. 3850) 付近に顕著な地盤沈下が認められる。

4.2 地域別にみた変動の時間的变化

垂直変動図および等変動量線図から求められた以上のような変動の性格を、つぎに各地域ごとに時間を追って検討する。また傾斜量についても統計的な検討を加えたい。

1) 市原—木更津地区 (B.M. 3840—3850)

1898～1923, 1923～1930, 1930～1965年の資料は、いずれも北西方向 (海岸側) への傾動を示す。しかし、1965～1969年にはこれと逆に南東方向 (内陸側) への傾動を示す。ただし1969～1971年には再び、以前の北西の海側への傾動を示している。

2) 木更津—天羽地区 (B.M. 3850—3863)

1898～1923年には北へ傾動したが、1923～1930年に

は、前期とは全く逆に、南へ傾動した。1930～1965年になると前期のいずれとも全く異なる北西方向（海側）への傾動があらわれている。そして1965～1969年には、多少動きに乱れが見られるが、引きつづき北西の海側へ傾動する。1969～1971年も同様の傾向が引きつづく。

当地区の1898～1923年の変動に対比したその後の各時期の変動の相関を求めてみると、1923～1930年および1930～1965年の変動は負の相関関係を示すことがわかる。ところが1965～1969年、1969～1971年は、いずれもほぼ水平で無関係の状態になっている。以上のことは、関東地震後の傾向が、1930～1965年の測量結果にまであらわされていること、そして、1965～1969年の結果からは新しい別の傾向があらわれてきていることを示しているのだろう。

3) 館山付近 (B. M. 3875—3890)

各時期とも、全体的に海岸線に直交して、海側への傾動を示している。

1898～1923年の垂直変動量に対する他の各時期の変動の相関をとってみると、1923～1930年および1930～1965年は東半分が正の相関で西半分が負の相関を示している。しかし1965～1969年、1969～1971年はほぼ水平な関係となっている。

4) 鴨川付近 (B. M. 3890—3900)

各時期とも、この地域の動きは周辺のそれと著しく異なる。これは鴨川断層が現在の変動と密度に関連していることを示すものだろう。

1898～1923年は南方へ傾動している。1930～1965年も同様に南への傾動を示すが、1965～1969年はやや変化し、南東方向へ傾動している。1969～1971年は再びもとの南方へ傾動している。

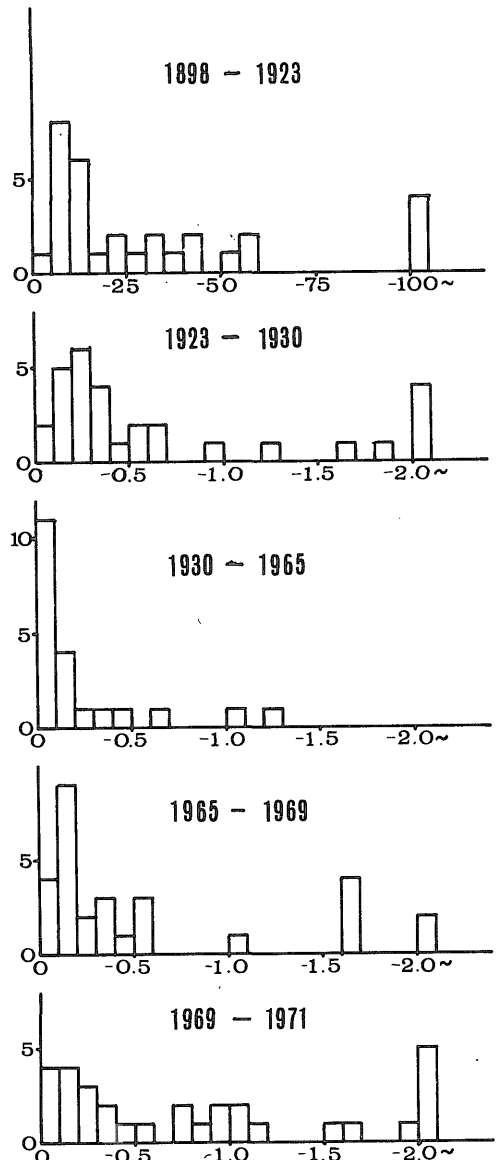
5) 東海岸付近 (B. M. 3910—3924)

この地区は、各時期とも海岸線に直交する方向で海側への一定した傾動を示している。これは、他の地区が関東地震時とそれ以降で方向の異なった傾動方向をしているとは全くちがいが、注目される傾向である。

つぎに、各水準点で構成される三角形の傾動量の時間的変化の過程を、各地域ごとに検討してみよう。

1) 房総半島全体の傾向

1898～1923年は、その変動の大部分が1923年の関東地震によるものであるので、そのままの計算結果を用いた。その他の傾動運動量は、測量期間で割って、年平均の値にして出している。全期間を通じての年平均傾斜量は-7.53秒/年である。時間の順にみても、1923～1930年は-0.27秒/年、1930～1965年は-0.26秒/年でほぼ同程度の傾動運動をしていることがわかる。1965～



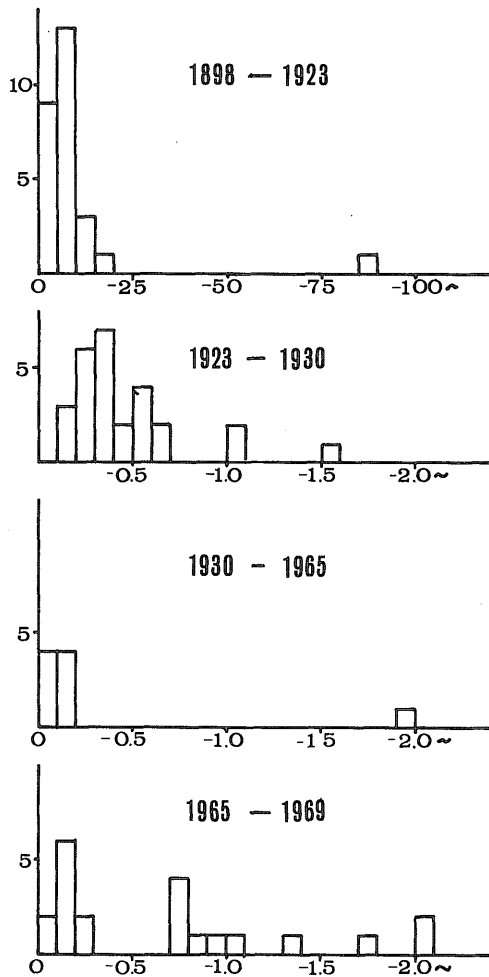
第 8 図 房総半島の年平均傾斜量の頻度分布図
1930～1965年は、観測値の欠如により計算結果が他より少ない。

1969年は-0.46秒/年で傾動運動が大きくなっている。1969～1971年は-0.89秒/年と著しく大きくなっている。

このように、1965年以降にあらわれる変化は、前に述べた傾動のパターンにあらわれるばかりでなく、傾動の量にもみられることがわかる。上記のことは、水準点で構成される各三角形についての傾動量の頻度分布図にもあらわれている (第 8 図)。

2) 館山地区 (B. M. 3870—3890)

各測定期間別にみた傾動量の変化は、1898～1923年は



第9図 東海岸の年平均傾斜量の頻度分布図

平均 10.10秒, 1923~1930年が年平均0.35秒/年, 1930~1965年は-0.15秒/年, 1965~1969年が-0.24秒/年, 1969~1971年が-0.48秒/年である。このように, 1965年までは, 徐々に傾動量が小さくなっているが, その後再び増加している。

3) 東海岸地区 (B. M. 3903-3924)

傾動量の時間的変化は次のようである。まず1923~1930年は年平均-0.27秒/年, 1930~1965年が-0.09秒/年と小さくなっている。しかし1965~1969年になって再び増加して-0.35秒/年となっている。このように, 当地区は, 関東地震で大きく動き, 1923~1965年間に徐々に回復したが, 1965~1969年を境として再び傾動運動が活発になっていることがわかる。このことも, やはり傾斜量の頻度分布にあらわれている (第9図)。

5. 地質構造と現在の変動との関係

地質概説

房総半島は, 大部分第三系, 第四系の堆積岩から構成されている。それらは, この地域全域にわたる不整合を境に, 下位から古第三系ないし白亜系の嶺岡層群, 中新ないし漸新統の保田層群, 中新統中・上部の三浦層群, 鮮新統ないし更新統中・下部の上総層群, 更新統中・上部の相模層群, 成田層群に区別されている (三梨, 1968)。これらの地層の分布は, 第10図~第14図に読みとることができる。

この半島は, 地質構造の特徴によって嶺岡隆起帯を中央に, 南と北の3つの構造区に区分することができる (小池, 1957)。南部地区は, 主として三浦層群と上総層群によって構成されている。館山と千倉を結ぶ線以南の地域には, 比較的規模の小さい褶曲が多く発達している。

中部地区の嶺岡隆起帯は, 主としてこの半島で最も古い嶺岡層群や保田層群から構成されている。この地域は, 北東方向と南北方向の断層によるブロック化が顕著であり, 地塁と地溝が発達していて構造は複雑である。とくに北西部の保田付近に, この傾向が著しい。地溝部には, 三浦層群下部層が分布している。この地域の北部には, 鴨川地溝帯とよばれる低地帯が, 東西方向に走っている。

北部地区は, 鴨川地溝帯よりも北の地域で, 主として三浦層群と上総層群から構成されている。湊川と勝浦付近を結ぶ線以南の地域は, 数条の背斜, 向斜が発達し, 東西方向と南北方向の断層でブロック化している。それ以北では, 地層は北西方向に単斜していて, 北西方向に順次, 上総層群, 相模層群, 成田層群が分布している。なお, 半島北東部の大多喜と興津を結ぶ南北の線を境に, その東方には, 南北方向の走向をもつ, 東落ちの高角度正断層が多く発達している。

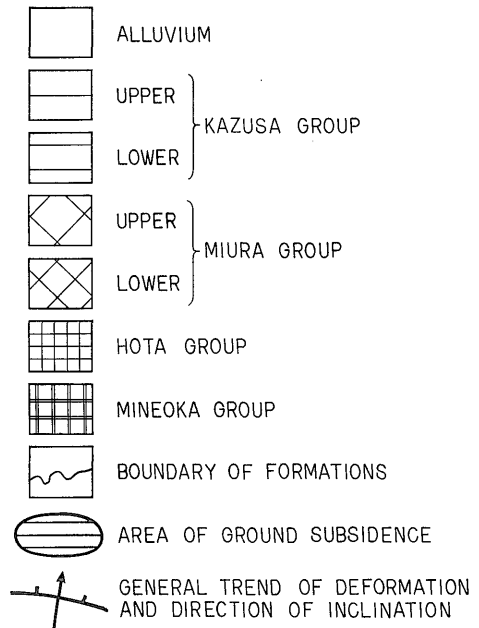
現在の変動との関係

第10図から第14図に, 上にのべた地質構造と, 先に求めた現在の地殻変動との関係を時間の順に示した。

南部地区 一等水準点は, この地区の北半部のみを設置されているので, 以下に述べる変動は, この北半部に関するものである。各観測期間を通じて一般に, 中央部が隆起し周辺部に次第にその量を減ずるようなドーム状の変動傾向を示す。この地区の地層の一般走向は東西である。従って現在の変形様式と地質構造とはあまり関係がない。

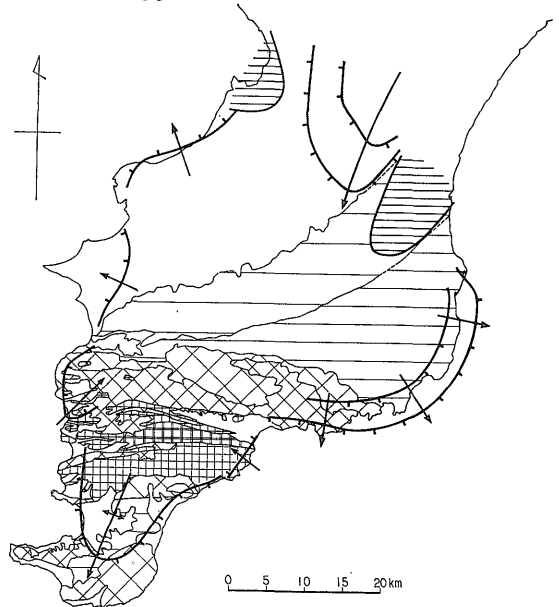
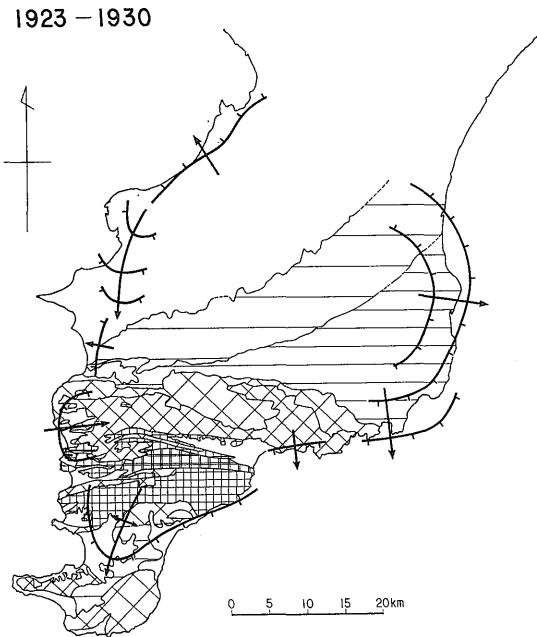
中部地区 上にのべた南部地区の傾向は, しばしばこの

1898—1923



第10図 地質構造と現在の地殻変動との関係
(1898—1923年)

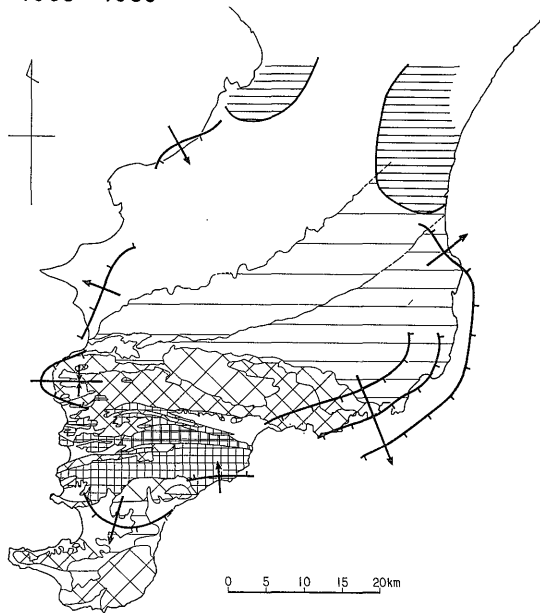
1930—1965



第11図 同 (1923—1930年)

第12図 同 (1930—1965年), 市原付近 (B. M. 3836), 茂原付近 (B. M. 3926) は地盤沈下を示している。

1965 - 1969



第13図 同 (1965—1969年), 市原付近, 茂原
付近は地盤沈下を示している。

1969 - 1971



第14図 同 (1969—1971年)

中部地区にまで及び、両者が一体となった変動傾向を示すことが多い。そして一般に海側への傾動を示している。1898～1923年, 1923～1930年の結果は、この例である。1930～1965年になると、西部はこのような傾向を示すが、東部は逆に内陸側への傾動を示している。1965～1969年は、東部地区とは独立の傾向を示し、東部は、東西方向を軸に北への傾動を示している。1969～1971年は、東部は再び南部地区と一連の動きを示している。この地区の地層の一般走向は東西方向であるから、結局現在の変形様式は、地質構造とはあまり関係がない。

北部地区 この地区には、固有の動きを示すいくつかの地域を識別できる。南西部の鰐山付近は、中部地区と北部地区にまたがったような地域であるが、各期を通じて内陸側への傾動を示す特異な地域である。ただし、その範囲とその変動傾向は、各観測期間ごとに特徴がある。

この地域の北側に接する木更津に至る地域は、さきにも述べたように各期間ごとに、その傾動方向を異にしている。地層は一般に北ないし北北西方向に傾斜しているので、傾動の方向と地層の傾斜とは関係がないといえる。

その北東側の千葉から木更津に至る地域は、1898～1923年, 1930～1965年の各期間とも、海岸線に平行した方向を軸に海側への傾動を示す。この付近の地層の一般走向は、ほぼ海岸線に平行した北東—南西方向をとって

いる。したがって、この付近の運動は、大体地層の傾斜方向に平行した傾動をしている、といえるであろう。

東部の鴨川から一の宮に至る地域は、一般に海岸線に平行な方向を軸に海側への傾斜を示している。ただし、1898～1923年は、鴨川—勝浦間は、海岸線に直交した傾動傾向を示している。1969～1971年には、内陸部に水準点が設置され、内陸での変動傾向が明らかになり始めた。その勝浦—大多喜—市原路線の結果から判断すると、この東側への傾動運動は、この路線付近にまで及んでいる、と考えられる。この地域の地層の傾斜方向は北北西ないし北西であるから、上にのべた現在の変動傾向は、全くこれと関係ないことがわかるであろう。先にも述べたように、この地域には、南北方向の走向を持つ東落ちの正断層が多く発達するが、この断層運動の方向と現在の動きにはある程度平行性がみられるようである。

このように、房総半島の現在の変動は、一部の地域を除いて、地層の走向や傾斜方向とはあまり関係なく、むしろ現在の地形（一般に海岸線）との関係が顕著にあらわれている。とくに、北東部においてはこの傾向が顕著である。

6. 結 論

①垂直変動量図の不連続は、路線の配置による見掛けのものであることがある。実際の変形の不連続を見出すためには、水準点近傍の変形様式を明らかにし、それが

見掛けのものであるかどうかを確かめる必要がある。

②1923年の関東地震により最も隆起した地点と、1923～1930年に最も沈降した地点は一致しない。

③一般に、海岸線に平行する軸をもって傾動する傾向がある。しかも内陸側が隆起する場合が多い。

なお、筆者らの求めた1898～1923年、1923～1930年の傾動方向は、MIYABE (1931) の求めた傾動地塊の方位とほぼ同様である。

④このような傾向は、地震前後の動きとはあまり関係なく貫かれている。例えば、関東地震時に半島全体は、南上り、北下りの運動をし、内陸部は隆起したが、その後半島全体の運動は逆傾向になったにもかかわらず、内陸部の隆起傾向は継続した。

⑤変動傾向を同じくする地区を識別することができる。半島全体がほぼ6地区に区分できる。

⑥運動が不連続に変化する場がみられ、断層付近でその傾向が著しい。

⑦年平均傾斜量からみると、1898～1923年は-7.53秒/年で大きく傾動した。1923～1930年は-0.23秒/年、1930～1965年は-0.26秒/年とゆるやかな傾動運動を行っている。1965～1969年は-0.46秒/年、1969～1971は-0.89秒/年と、最近はしだいに急激な傾動運動をはじめているように見える。統計的に運動を検討してみると、1965～1969年を境として、大きく運動が異なっている。

⑧現在の地殻変動は、新第三紀ないし新第四紀、更新世の地層の示す構造と調和的ではなく、それらを切る運動をしている。この傾向は、房総半島東海岸の中部付近に顕著にみられる。

⑨房総半島の分水嶺は、その中央部に位置せず、東海岸側に近く偏している。この現象は、海岸線に平行し、陸側が隆起し、海岸が沈降するきわめて新しい地殻運動によって形成されたものと考えられる。

⑩房総半島東海岸近くの茂原付近を中心にして、南北方向で東落ちの正断層が卓越する。これらの断層の形成は、上にのべたきわめて新しい構造運動によって形成されたものであろう。したがって、現在も活動しているものと考えられる。

⑪きわめて新しい時代に、房総半島の概形を作る運動が始まり、現在もその傾向は継続している、と考えられる。

⑫従来、房総半島と三浦半島は、地質構造的に一連のものであるからという理由で、変動資料もそのような解釈に合うように解析されてきた(国土地理院地殻活動調査室、1969、1970、1971)。これは正しくない。両者は一連

の動きをしていない。おのおの独立の運動を行なっている。

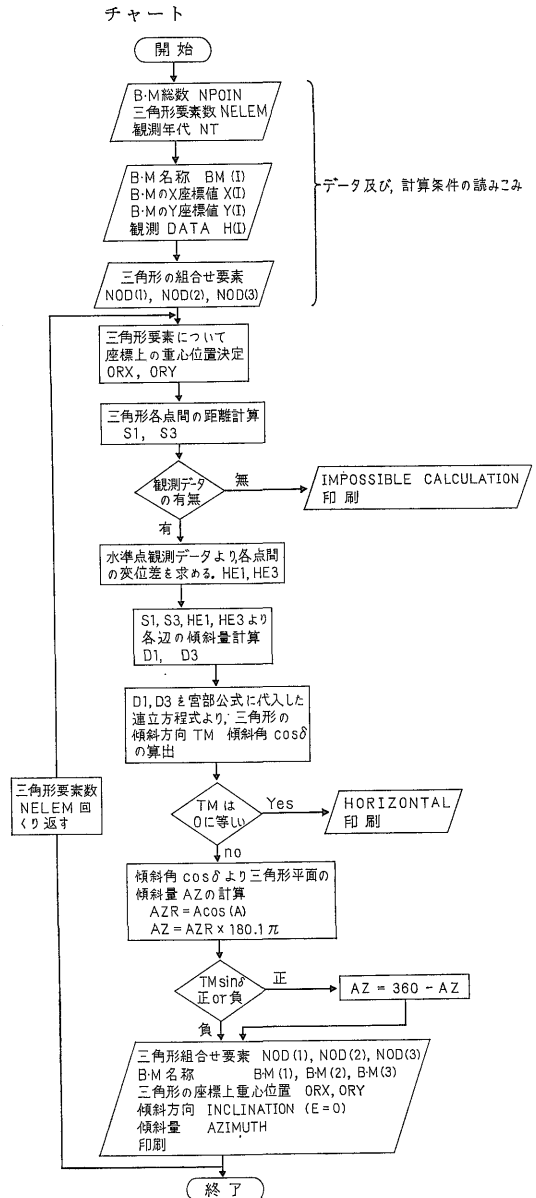
7. 補 足

7.1 最大傾斜の解析法

3つの水準点によって構成される三角形の傾動方向を求める計算式を説明しよう。電算機による解析のフローチャートは第1表に示す。

3つの水準点 P_1, P_2, P_3 の座標を $(x_1, y_1), (x_2, y_2), (x_3,$

第1表 電算機による水準点変動解析のフロー



y_3) とする. P_1 と P_2 との距離を S_1 , P_2 と P_3 との距離を S_3 とすると,

$$S_1 = \{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2\}^{1/2}$$

$$S_3 = \{(x_3 - x_2)^2 + (y_3 - y_2)^2\}^{1/2}$$

各水準点におけるある期間の変動が H_1, H_2, H_3 としたとき, 辺 S_1, S_3 の単位距離当りの傾斜量 D_1, D_3 は次式で与えられる.

$$D_1 = (H_1 - H_2) / S_1 \dots\dots\dots ①$$

$$D_3 = (H_3 - H_2) / S_3 \dots\dots\dots ②$$

ところで, 最大傾斜方位が θ_m , 傾斜量が φ_m で傾く平面 Q 上の, 任意の方位 θ に対する傾斜量 φ は, 次式で与えられている (第15図).

$$x = a \cos(\theta - \theta_m)$$

$$h = x \tan \varphi_m = a \tan \varphi_m \cos(\theta - \theta_m)$$

$$h/a = \tan \varphi_m \cos(\theta - \theta_m) \text{ より}$$

$$\tan \varphi = \tan \varphi_m \cos(\theta - \theta_m) \dots\dots\dots ③$$

$\tan \varphi = D$ とおき ①, ②を③へ代入すると

$$D_1 = \tan \varphi_m \cos(\theta_1 - \theta_m) \\ = \tan \varphi_m (\cos \theta_1 \cos \theta_m + \sin \theta_1 \sin \theta_m)$$

$$D_3 = \tan \varphi_m \cos(\theta_3 - \theta_m) \\ = \tan \varphi_m (\cos \theta_3 \cos \theta_m + \sin \theta_3 \sin \theta_m)$$

これより, φ_m, θ_m が得られる.

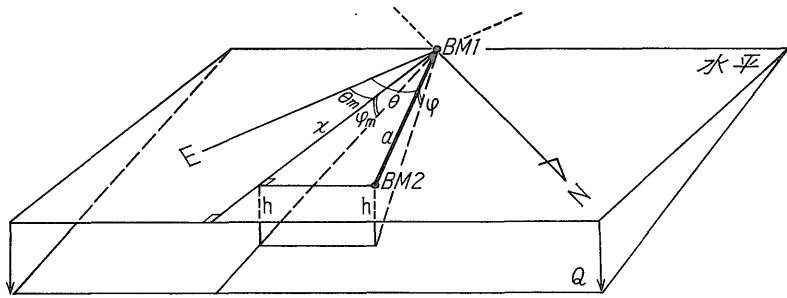
7.2 方位誤差の見積り

国土地理院での一等水準点測量の測定許容誤差は, ほぼ 2 km ごとに布設されている隣り合った 2 点の水準点間を往復して, 4 mm 以内とされている. したがって, これらの資料をもとに水準点近傍の傾斜方位を求めるとき, 測定誤差による真の傾斜方位からの偏倚を考慮する必要がある.

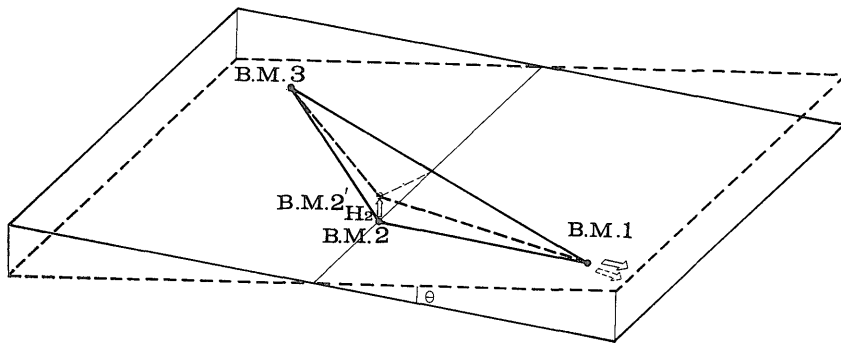
そこで, バラツキの要因が, どの程度傾斜方位に影響するかをあらかじめ計算した. バラツキの要因としてはまず三角形の形状が考えられる. 例えば, あまり扁平な三角形だと, 各点の垂直変位の小さな誤差でも, 傾斜方位が真の方位からかなりずれると考えられる.

次に三角形各 3 点の変動量の差が考えられる. 三角形各 3 点の相対的な変動量の差が少ない場合, この 3 点により規定された三角形平面は水平に近くなり誤差が大きく影響する.

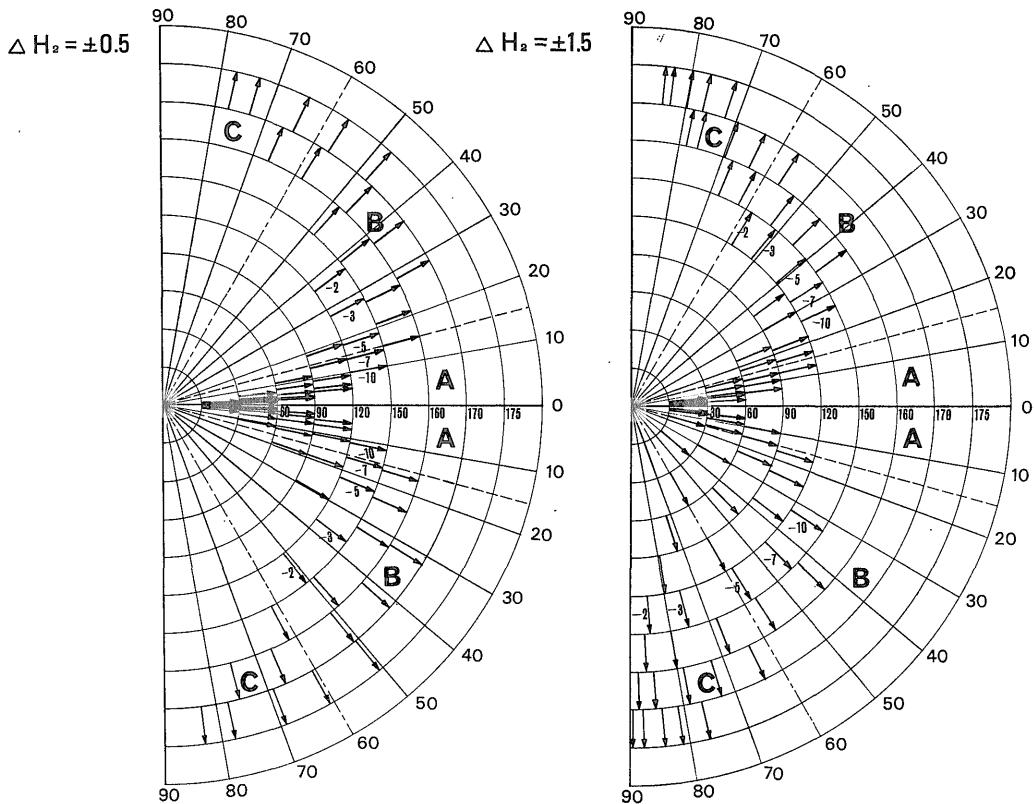
これらの関係を第16図で説明しよう. 第16図は隣接する 3 水準点により作られる三角形を示している. いま, この三角形がその一辺に平行な方向に $\theta (= H_1 \text{ mm} / 2 \text{ km})$ だけ傾斜しているとしよう. そして, この 3 点に測定誤差を与えた場合, それによって傾斜の方位がどれだけ偏倚するかを見よう. 第16図では三角形 3 点の相対的誤差



第15図 傾斜面 (Q) の最大傾斜 (φ_m) とその方位 (θ_m) の求め方, 本文参照



第16図 傾斜方位誤差の見積り(1), B.M.2・ ΔH_2 の変動誤差を仮定した場合の図



第17図 傾斜方位誤差の見積り(2), 頂角 (30°~175°, 水平軸) および H_1 (-2 ~ -10 mm, 矢印) の変化により傾斜の方位が B.M. 2→B.M. 1 方向から偏倚する様子を示す。

を B.M. 2 の点にだけ ΔH_2 mm として与えている。

第17図はさらに頂角 α の大きさの変化も含めて、上記の結果をモノグラムにしたものである。 H_1 として -2, -3, -5, -7, -10mm の値を与えた時に、いろいろな頂角に対する傾きの方位のパラツキを示した。 H_2 としては ± 0.5 mm と ± 1.5 mm を与えた。

この図より、ある H_2 を与えた場合、頂角が大きくなるにつれて、また、同一の頂角においては、傾斜量が小さいほど、偏倚が大きくなることわかる。さらに、モノグラムで傾斜の偏倚の範囲が $\pm 15^\circ$ までを A グループ、 $\pm 15^\circ$ から $\pm 60^\circ$ までを B グループ、それ以上を C

グループとした。 H_2 として ± 1.5 mm を与えた場合、各 H_1 の80%がAグループに入るのは頂角が 60° までの三角形である。 H_2 に ± 0.5 mm を与えた場合は H_1 の全体の70%が頂角 120° までの範囲に入る。

以上のようにして、実際の三角形についても $\Delta H_2 = 1.5$ mm を与え、A, B, C の段階を求めた。第3図~第7図の等変動量図では、矢印の太さの段階で区別して、これを示した。

傾斜方位で上記以外の理由で信頼性が小さい所(水準点自身の人為的要素によって水準点が極端に隆起または沈下しているような場所)では、傾斜方位を示した矢印

の頭部に▼を付けて他と区別してある。

参 考 文 献

藤井陽一郎 (1968) : 房総半島における地殻変動 (I). 測地学会誌, vol. 13, no. 3, p. 136~145.

石和田靖章・三梨 昂・品田芳二郎・他 1 名 (1972) : 茂原 (日本油田・ガス田図10). 地質調査所.

小池 清 (1957) : 南関東の地質構造発達史. 地球科学, no. 34, p. 1~18.

国土地理院地殻活動調査室 (1969) : 房総, 三浦半島地域における地殻活動状況. 地震予知連絡会会報, vol. 1, p. 25~33.

----- (1970) : 最近の関東南部の地殻変動. 地震予知連絡会会報, vol. 3, p. 25~32.

----- (1971) : 関東南部における最近の地殻変動. 地震予知連絡会会報, vol. 6, p. 25~32.

三梨 昂ほか 6 名 (1961) : 富津・大多喜 (日本油田・ガス田図 5). 地質調査所.

----- (1968) : 三浦・房総半島の地質構造と堆積構造 (層序概説). 地質見学案内書.

MIYABE, N. (1931a): On the Vertical Earth Movement in Kwanto District. *Bull. Earthq. Res. Inst.*, vol. 9, p. 1~21.

----- (1931b): Blocks in the Earth's Crust and their Movements, Part 1. *Bull. Earthq. Res. Inst.*, vol. 9, p. 256~270.

----- (1931c): Part 2. *Bull. Earthq. Res. Inst.*, vol. 9, p. 407~427.

武藤勝彦・熱海景良 (1928) : 関東地方改測水準測量結果に就ての研究. 震研彙報, vol. 7, no. 3, 495~520 p.

山崎直方 (1925) : 房総半島南部における傾斜地塊について. 地理評, vol. 1, no. 1, p. 1~14.

YAMAZAKI, N. (1928): Active Tilting of Land Blocks. *Proc. Imp. Acad.*, vol. 4, no. 2, p. 60~63.