

4 - 1 佐渡弥彦地方の地殻変動（概報）

Crustal Movements in the Sado-Yahiko District (Preliminary Report)

東京大学地震研究所

弥彦地殻変動観測所 測地移動観測室

Yahiko Crustal Movements
Observatory and Geodetic
Survey Section, Earthquake
Research Institute,
University of Tokyo

1. 水管傾斜計による観測

弥彦観測所の水管傾斜計は基線長 30m のもの 2 成分が、それぞれ $N62^{\circ}W$ （AB 成分）、 $N28^{\circ}E$ （CD 成分）に設置されている〔第 1 図参照〕。1967 年の開所以来ほとんど欠測なく定時観測（10h）が行なわれてきた。短周期変動の特性については次の機会に述べることとして、本報では月平均値について永年変化の傾向を概観しておきたい。

第 2 図は 1969 年 1 月以後の観測結果である。それより前の 1 年余は初期擾乱が著しいため省略してある。一見してわかる通り変動は単調であって、AB 成分（上）は $N62^{\circ}W$ 、すなわち海岸下りの方向に徐々に傾動し、3 年間に 2 秒角（ $10\mu\text{radian}$ ）程度の変化を示している。これには年周変化が重なっているがその振幅はおおよそ $1\mu\text{rad}$ と無視できる程度に小さい。海岸に平行な CD 成分の永年変化はほとんど認められず、強いて読取れば 0.1 秒角 $N28^{\circ}E$ 下りの傾向がうかがわれるに過ぎない。

2. 局地水準測量

弥彦地方における局地水準測量の歴史は 1958 年に始まる。当時、現観測所の前身である間瀬観測所（1952～）に関連して約 6Km の水準路線が開設され、いらいほぼ 1 年間隔で改測が行なわれてきた。第 1 図に見られる通り、この路線は国土地理院 B. M. 4438 から分岐し、弥彦山北麓を越えて間瀬にいたるもので、地震研究所と国土地理院が協力して作業を進めてきた（ちなみに、B. M. 10982, 10983 は地理院、B. M. 1～7 は地震研究所によるものである）。測量は新潟地震（1964）をはさんで続けられていたが、1967 年のそれを最後に行なわれないうまになっていた。

今春ようやく改測の機会を持ち得たのであるが¹⁾、この数年間に標石の大部分は失われてしまい、その改修から始めなければならなかった。このような事情から今回の測量は新規に近

いものとなり〔新設点6, 従来のもの3〕, その成果が現われるのはむしろ次回改測後となるう。

ともあれ, 第3図は1958年らしいの測量結果であって, 上図は路線沿いに見た変動のパターン(1958年10月起算), 下図は代表的な水準点(B. M. 4438, 10982, 7)の動きの時間的経過である。いずれもB. M. 10983を固定点にとってある。幹線からの分岐点であるB. M. 4438に準拠しなかったのは, この標石が1962年9月~63年9月の間に約40mmの不自然な沈下を示しており損傷の疑いがもたれたからである。〔第3図(上)には代表的な曲線数本のみを記入し, 他の数本は混雑をさけるため省略してある。しかし大勢を見るに格別の支障はないであろう〕。

一見してわかるように, 変位量そのものはあまり大きくない。しかしそのパターンは類似しており, ふたつの要素, すなわちB.M. 10982あたりに谷(山)をもつゆるやかなたわみと東下りの直線的傾動とが重なっている。前者はこの路線に沿う地形の起伏と逆(正)相関があるけれども, これを単なる技術的誤差(例えば標尺の伸縮による見かけ上の変動)とするにはいささか大きすぎるようである。東下りの運動は時間的に安定しており, B. M. 10983から見て10982は -1 mm/年 , また4438は -2 mm/年 弱程度が第3図(下)から読取られる(ただし後者については62~63年の間の異常沈下を除外してある)。これらの変位速度は必ずしも大きなものでないが, 傾斜量に換算して $0.1''/\text{年}$ 程度であること, またその進行が長期にわたり定常であることを指摘しておきたい。固定点の南に位置するB. M. 7の動きは $+0.1\text{ mm/年}$ 程度の微弱なものである。

過去14回の測量中, 1965年9月に行なわれたものは特異な変動を示している。第3図(下)で曲線が突出しているのはそれによるもので, 同図(上)を参照すれば, B. M. 5と6との間に主因があるように思われる。それが次回には正常に戻っているところを見れば技術的誤差かとも思われるけれども現在までのところ確認するにいたらない。

3. 資料の相互比較

弥彦観測所の北北東500mには間瀬観測坑がある。そこでは従来水管傾斜計その他による観測が行なわれてきた〔第1図参照〕。これら隣接地点での観測結果はどの程度に調和するものであろうか。第4図はそれを見る目的で双方における傾動ベクトル(軌跡)を比較したものである。同図の二重丸は第2図の資料を合成した結果で, 弥彦観測坑ではほぼ北西下りに単調に変動が進行している(約 0.5 秒角/年)。白丸は同じく間瀬観測坑での月平均値に対応するものであるが, 前者に比べて年周変化が甚だしい。これは間瀬の観測坑(既存の洞窟を利用)の“かぶり”が浅くて外気温変化を遮断しきれないためであろう。

これでは弥彦との比較が困難であるので, 移動平均によって年周変化の除去を試みた結果が

黒丸である。図示に当っては二重丸、白丸の両者を 1969 年 6 月で座標原点に合わせた。こうすると対応する黒丸も原点近くに位置することになる。間瀬の傾動は移動平均後も複雑な様相であるけれども、北北西へ傾く傾向が見られなくもない。参考のため 71 年 1 月の値どうしを比較すると、69 年 6 月から 1 年半の間に弥彦では北西下りに約 0.8 秒角、間瀬では北北西へ約 0.6 秒角進行したことになる。その意味では両地点の傾動に定性的な共通性はあるように見える。

ところで水準測量が示す同地方全般の動きは山体の延長方向を軸として内陸側に傾き下がるように見える。かんじんの最近数年間については標石亡失のため詳細は不明であるけれども、最遠点の B. M. 4438 の動き（第 3 図下）から推測して同じ傾向の変動が進行したことは想像に難くない。水管傾斜計は弥彦・間瀬とも第 4 図の動きを示しているので、卓越方向においては大局的変動と合致しながらも、向きはそれと全く逆といわなければならない。水管傾斜計と水準測量との比較は、さきに油壺や鋸山の長期資料について行なわれた。それによると、傾斜計は大局的な傾動をそのまま指示するわけでない。傾動の向きや量は、むしろ観測地点に固有な特徴を折り込みつつ、変動進行のリズム（ゆらぎ）は相当忠実に大局を反映することが経験されている²⁾。今回の相互関係もこのような性格のものかも知れないが、結論にいたるにはさらに多くの資料が必要である。

4. 佐渡の地殻変動について

前述の弥彦山地傾動は新潟地震とは直接関係なく一定速度で進行している（第 3 図下）。同地方の地形的特徴、あるいは粟島の地震変動（1964）から推測して、弥彦山地の東下りの傾動（現在）は将来の反撥的運動（東上り）に連なる歪集積を意味するものであろう。水準測量が示す進行率は 0.1 秒角 / 年程度であるが、その定常的様相を見ると既に過去相当長期間これが継続している可能性が考えられる。1964 年の粟島の傾動は 50 ～ 60 秒角であった。この反撥運動にいたる歪集積の臨界量がどれくらいであるか不明であるが、かりに反撥量の 1/2 とすると上記の進行率では 250 ～ 300 年でそれに到達することになる。

もちろんこのような推論は極度に単純化されたものであるけれども、傾動進行の事実は地震予知の立場から重視すべきものと思われる。これに対する方策として佐渡本島の地殻変動の実態を把握し、佐渡弥彦地方を総合的に取扱うことが有効であろう。

いうまでもなく、佐渡（および周辺海域）は裏日本有数の地震活動地域で、歴史的地震に伴う地変も記録に残されている。地形学的にも同島は海岸段丘が発達していることで知られる。大佐渡に関する調査では過去の地震傾動を反映する地形的特徴はあまり明瞭ではないようであるが³⁾、問題はむしろ小佐渡、特に小木半島ではないかと思われる。

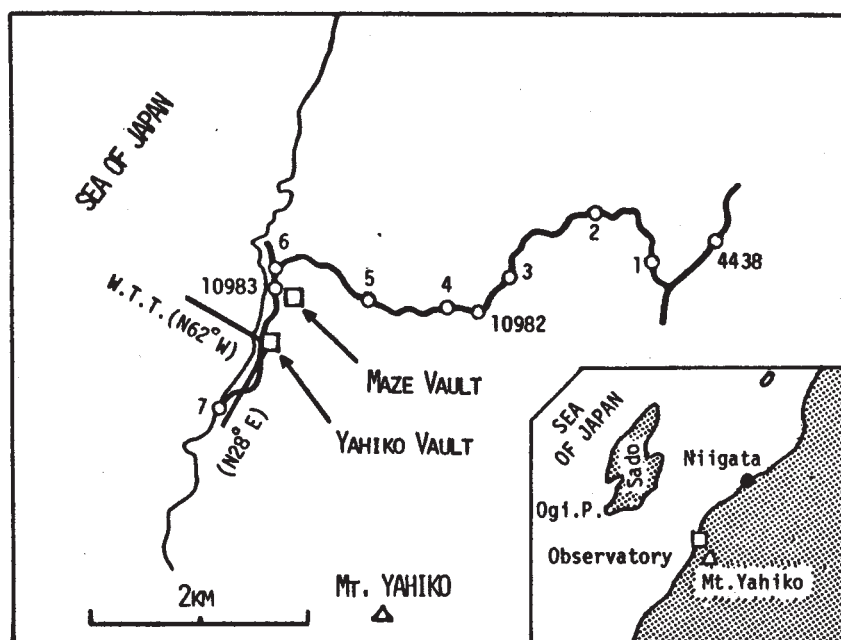
このような判断に基づいて、われわれは同地域の地殻変動調査の一端として簡易水準測量を試験的に始めた。その具体的報告は別の機会に行なう予定であるが、第 5 図に示される通り対

角線長数十 m の四辺形をなすよう標石を配置し定期的にその比高の変化を測定しようとするものである。幸いこの地域には 1802 年の地震によると思われる波蝕平坦面が発達しており、比較的短かい標尺で測定ができる。このため試作した簡易標尺は実効長 80cm のもので、点光源内蔵の遊標を自動水準儀（Zeiss Ni 2）で視準することにより零位法で比高を測定する。読取精度は 1/4mm を保ち得るから傾斜 0.5 ～ 1 秒角程度は検出可能である（測定長 50 ～ 100m の場合）。

この方法によれば限られた経費・人手の下でも対象地域に相当多数の水準四辺形を設け、広域変動の進行を監視できる見通しなので、今後地形学的調査と並行的に作業を進めて行く計画である。

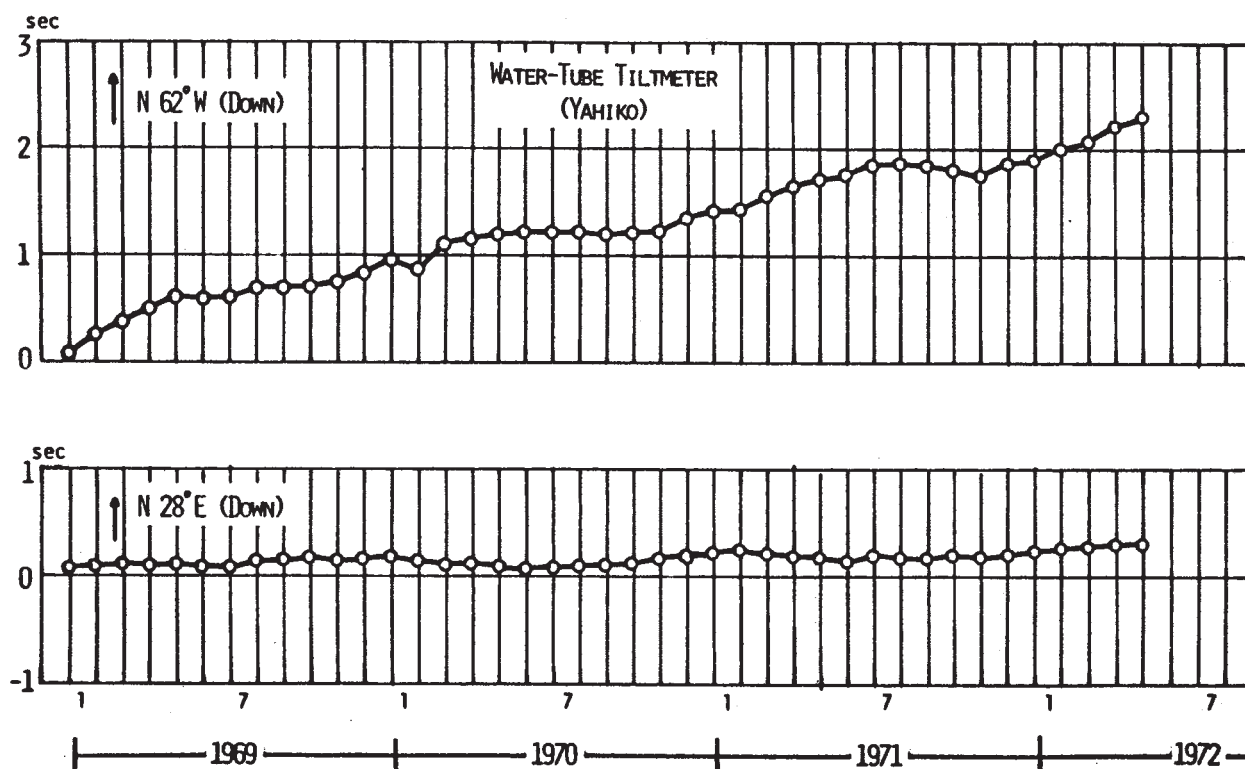
参 考 文 献

- 1) 岡田惇・井筒屋貞勝・若杉忠雄・松本滋夫, 弥彦地方の水準測量（未発表）
- 2) 油壺地殻変動観測所・鋸山地殻変動観測所, 油壺・鋸山における地殻変動観測。(1) 地震予知連絡会会報 1（1969）, 34 - 38；—(2), 同誌 6（1971）, 33 - 36；—(3), 同誌 8（1972）予定。
- 3) 太田陽子, 大佐渡沿岸の海岸段丘, 地理学評論 37（1964）, 226 - 242。



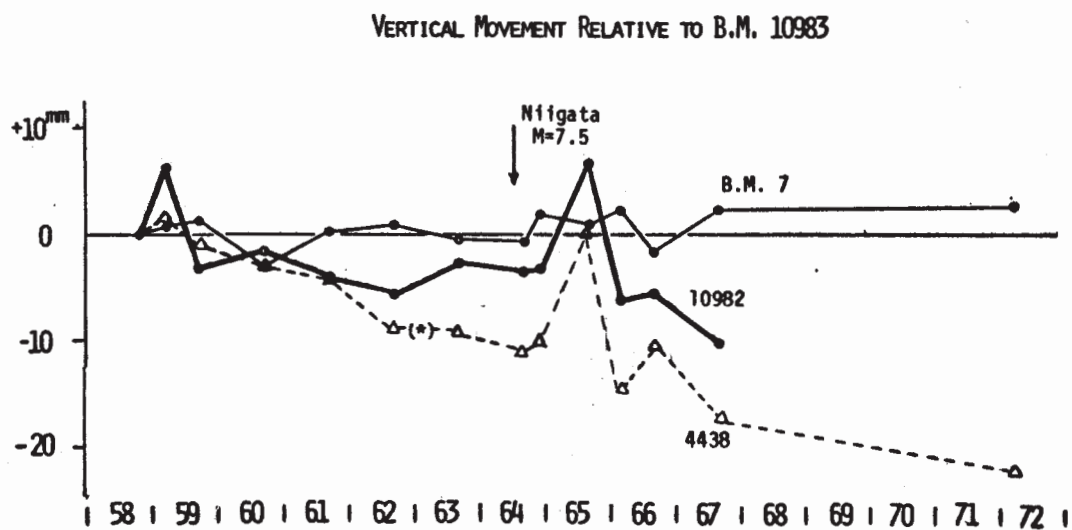
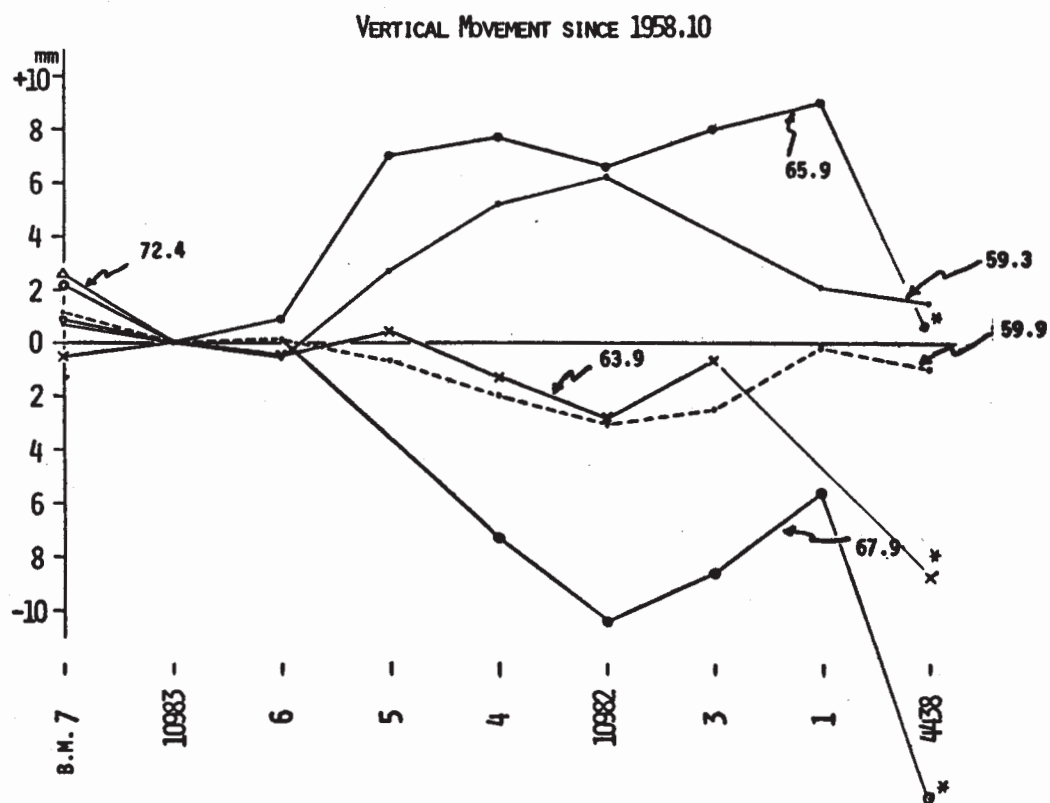
第1図 弥彦地殻変動観測所と水準路線

Fig. 1 The Yahiko Crustal Movements
Observatory and leveling
routes



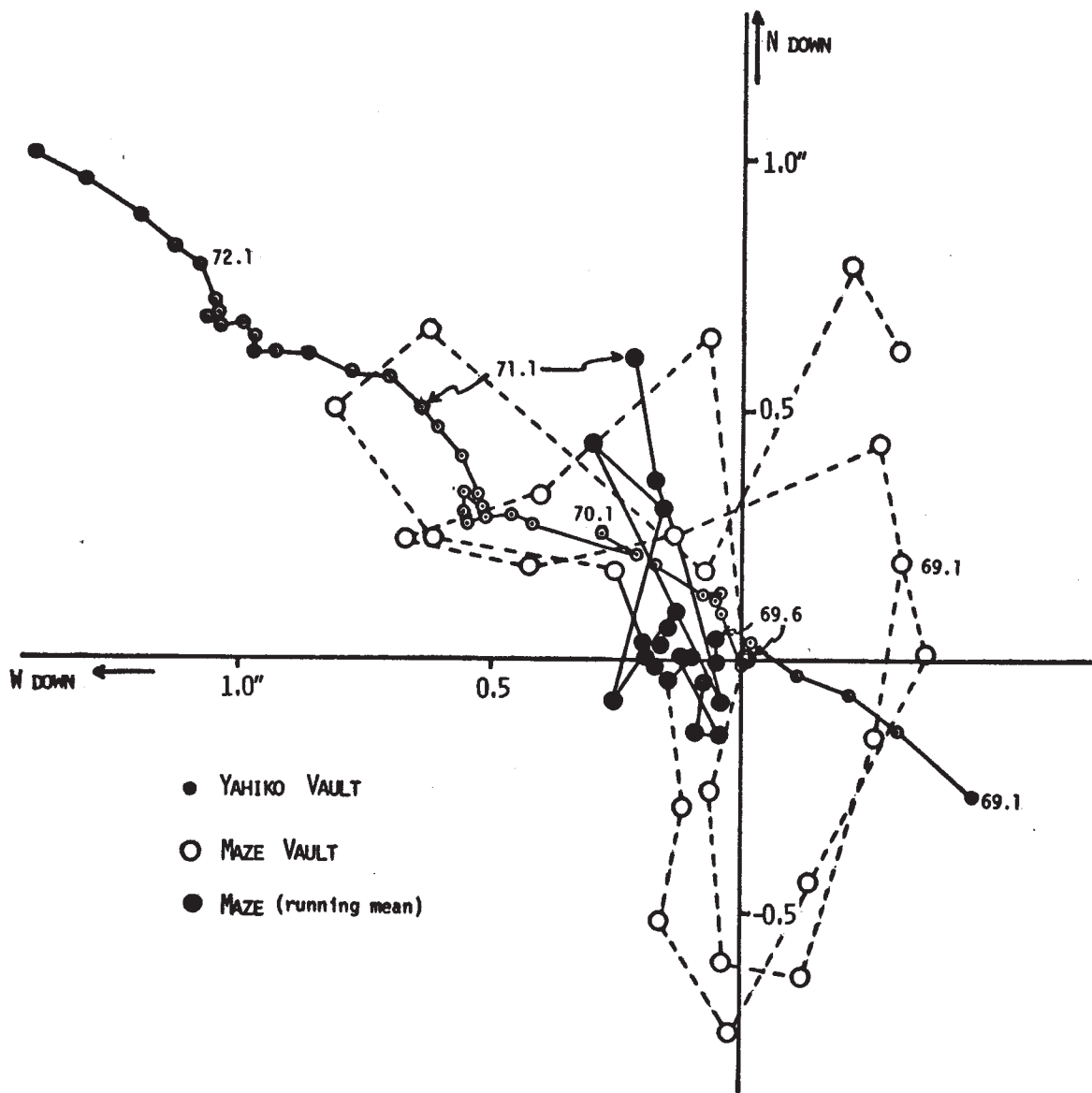
第2図 水管傾斜計観測結果（月平均値）

Fig. 2 Readings on water-tube
tiltmeters(monthly
mean value)



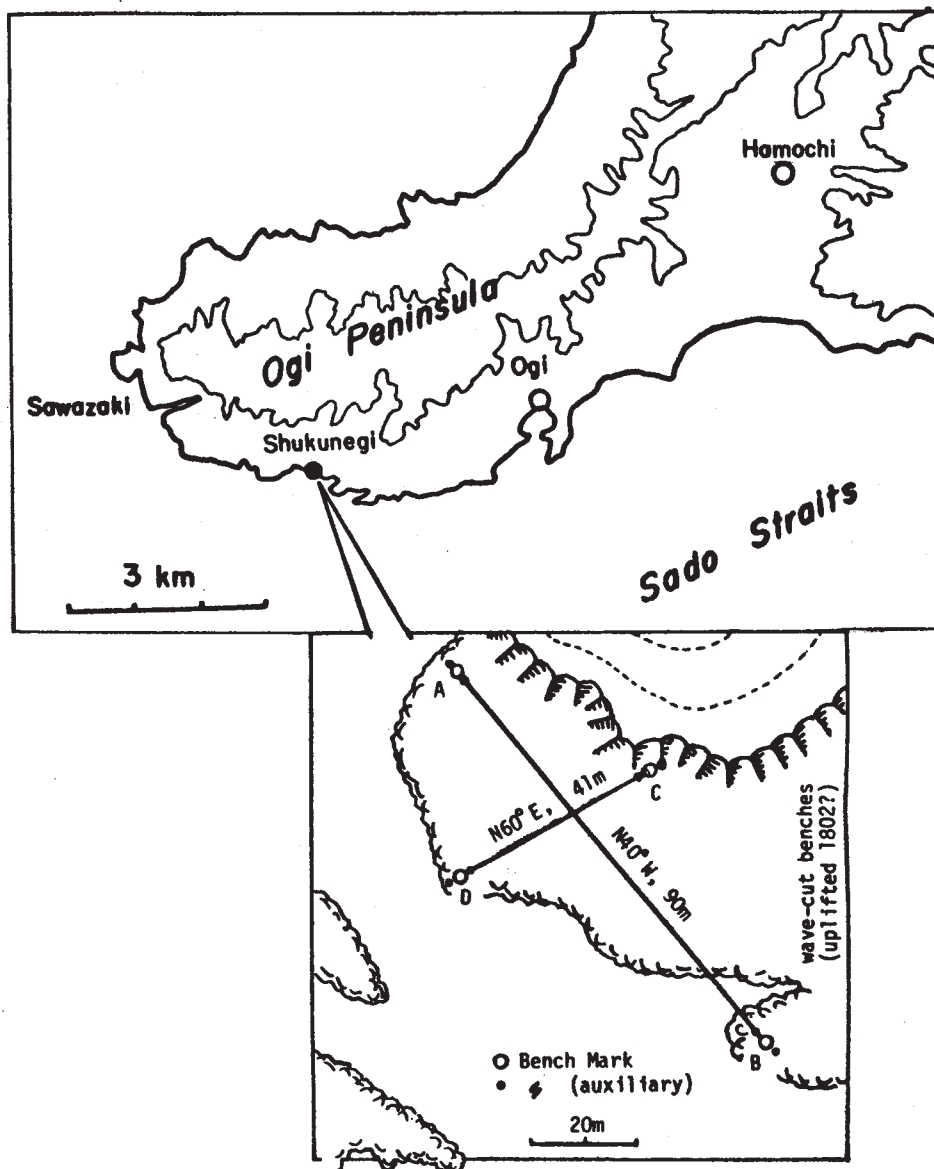
第3図 水準測量結果〔上〕路線沿いに見た変動分布（1958年10月起算）
〔下〕B. M. 10983に対するB. M. 7, 10982および4438の動き
〔*〕1962年9月～63年9月の期間中B.M.4438は変動なしと仮定]

Fig. 3 Releveling data. [upper] vertical movements along the leveling route (accumulation since October, 1958), and [lower] movements of the three representative bench marks, 7, 10982, and 4438 relative to B. M. 10983
〔*〕B. M. 4438 was assumed to be unmoved for the period, September 1962~September 1963].



第4図 弥彦観測所および間瀬（旧観測点）における土地傾動ベクトルの比較

Fig. 4 Accumulation of the ground tilt at Yahiko as compared vectorially with that at the Maze observation site



第5図 佐渡隆起海岸における水準四辺形（小木半島 宿根木）

Fig. 5 A leveling quadrilateral on the uplifted coastal benches (Ogi peninsula, Sado)