

1. 1. 5 離島の高さ

水準原点と結合できない離島では、国土地理院又は海上保安庁等の験潮場（所）の平均潮位から、験潮場（所）未設置の離島では、簡易験潮等による平均潮位から各島の原点数値を求めている。これらは、測量法第11条第1項第3号による院長承認を得て、標高の基準値として決定している。

これまでに原点数値を決定した離島等は、佐渡島、飛島、粟島、伊豆大島、三宅島、隠岐島前、隠岐島後、奄美大島、沖縄島、宮古島、石垣島、奥尻島、与論島、喜界島、伊平屋島、伊是名島、伊江島、津堅島、栗国島、渡名喜島、久米島、久高島、渡嘉敷島、座間味島、阿嘉島、南大東島、伊良部島、多良間島、西表島、鳩間島、小浜島、黒島、波照間島、与那国島、福江島、種子島、対馬である。

ちなみに国土地理院の験潮場には、看守がいる。看守は、各地の験潮場で、正しい潮位データ、気象・海象データを取得するために、雇用されているのであるが、その雇用形態も、業務内容も、一般の職種に比べて極めて特殊である。

1891（明治24）年に、我が国で初めて験潮場が設置された時、陸地測量部が作成した「験潮儀看守心得」の第一条には、「験潮儀ハ潮汐ノ高低ヲ測知シ中等海水面ヲ確定スルノ器械ニシテ本邦ノ水準測量ハ之ニ據テ起ルモノナレハ細心注意シテ看守ノ任ヲ竭スヘシ」とあり、かなり重い責任を課している。

1. 1. 6 水準測量の研究作業とその成果

水準測量に関する研究作業は、観測値の高精度化、機器開発、水準点の保全、新技術の導入、データベース化、プログラム開発、作業の効率化等種々の課題にわたり実施されてきた。

1883（明治16）年から実施されてきた水準測量は、繰り返し実施されてきた継続性の中に、研究成果を取り入れることで、その観測精度を3倍も向上させた。

特に、地道な研究作業による結果、特許取得ができたものに精密水準測量作業用標尺台の改良がある。この研究は、水準測量における観測の良否を判定するものの一つとして、往復観測値の差が使われているが、その往復差にプラス（+）の傾向を呈することに着目した。

往復差がプラスに偏する原因の一つとして器械及び標尺の沈下が考えられる。しかも夏季のような高温時に影響が顕著であることから、道路表面のアスファルトの軟化による沈下の可能性が考えられる。このため、アスファルト上における器械及び標尺の沈下について試験観測を実施した。

その結果、特に鉄製標尺台の沈下が大きな要因であることが明らかになった。そこで、その対策として標尺台の爪（接地部分）の形状及び材質の改良について研究を行い、実験を重ねながらセラミックスを用いた改良品を

完成させた（写真－6）。現在では、国土地理院で行う一等水準測量全般にこの標尺台が使われ、精度向上に貢献している。



写真－6 標尺台下面のセラミックス爪

1. 1. 7 2000年度平均成果

国土の高さに基準を与えるための水準測量は、1883年より開始されているが、これによる測量成果は、測量法制定以前に陸地測量部内の事業として行われた地図作成のほか、国レベルで行う事業等に利用されたものと思われる、一般公開される扱いではなかった。

測量法が1949（昭和24）年6月に制定され、公共測量に基準を与える役割を得た基本測量成果は、1953年から1963年にかけて各地域毎に手計算による水準網平均計算が行われ、完了次第順次公開されていった。その後、大型計算機の導入に伴い、第2回目の成果は北海道地方を除く地域について「昭和44年度平均成果」とし更新、北海道地方は、1972（昭和47）年に「昭和47年度平均成果」として更新し公表された。

今回の第3回目の「2000年度平均成果」は、各地域の地震・火山による地殻変動の影響、地盤沈下等に依る成果の不整合の解消や、新たに全国的に稠密な重力データが整い、これによる任意の地点の重力値を求めることが可能となったことから、これまで採用されていた正規正標高（Normal Orthometric Height）に換え正標高（Orthometric Height）を採用することになり、約30年ぶりに全国の水準点成果を更新した。なお、今回の更新成果の結果は、前述のとおり正標高採用のほか、本州、北海道及び九州地方を直接水準測量によって結合し、水準原点を固定とする全国同時網平均計算によって成果を得たことが主な特徴である。

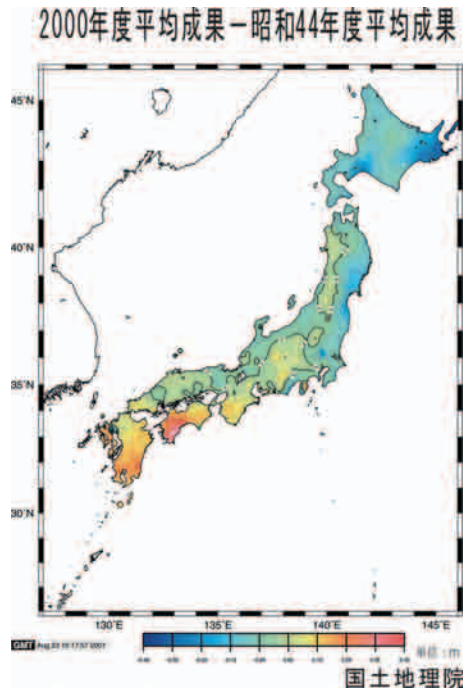
（1）新成果と旧成果の比較

新成果と旧成果の差を図－7に示す。この成果の標高差は、全国平均で+1.1mmであった。全国的な傾向としては、水準原点近くの東京周辺では、ほとんど差はなく、北海道側ではマイナス傾向（平均で－13cm）、九州側ではプラス傾向（平均で＋16cm）となっている。

北海道から東日本の太平洋側に沈下の傾向が見られる。これは太平洋プレートの沈み込みによる沈下であると考

えられる。北海道東部については、北海道東方沖地震による地殻変動量も含まれていると推察する。

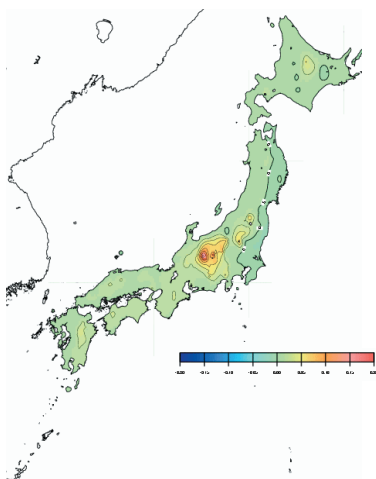
四国から九州にかけて隆起傾向が見られるが、地殻変動等の影響によるものなのか、あるいは新・旧成果算出の計算手法の違いに起因したものであるか、特定できない。また、中部山岳地域に隆起があるが、これは重力補正を正規正標高補正（楕円補正）から正標高補正に変更したための標高差が出ている。



図－7 新成果と旧成果の比較

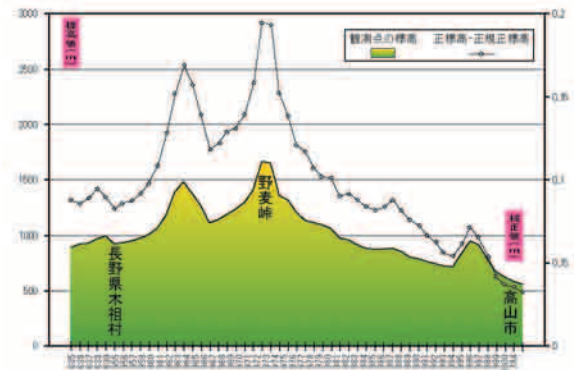
(2) 正標高補正

今回採用した正標高と従来の正規正標高の差は、大部分の水準点（約93%）が2cm以内であった。15cm以上の水準点は8点あり、これらは標高1,300m以上の地域に設置されている水準点である。



図－8 重力補正の違いによる標高の差

図－8は、重力補正の違いによる標高差を表したものである。正標高から正規正標高を引いたもので、標高が高い所ほどその差が大きくなっている。



図－9 中部山岳地域の拡大図

図－9は、岐阜県高山市から長野県木祖村に至る水準路線について、各水準点の補正の違いによる標高差を拡大したものである。

左の縦軸が地形の標高値（単位：m）で、折れ線グラフが重力補正值の差（正標高と正規正標高の差）、右の縦軸がその数値（単位：m）を表している。標高が高い所ほど重力補正值の差が大きいことが解る。

日本国内で最も標高の高い所にある水準点は、野麦峠（標高1,670m）にある。この最高点では、約20cmの差が見られる。

1. 1. 8 日本列島100年間の地殻上下変動

我が国の水準測量は、1883（明治16）年から始まり、現在までに延べ約129,000kmの観測が実施されている。これらの観測値は、LAGSAS（水準・重力測量に係る総合解析システム）にデータベース化されている。

LAGSASに収録されている水準測量データには、明治以来実施されたすべての水準測量の観測データと、再設・移転等の履歴データ、水準点上の重力値、水準点の経緯度等が含まれる。

約100年前の一等水準測量（第1回）から、近年実施された一等水準測量（第8回）までの各測量回毎のデータを用いて全国同時網平均計算を行った。これにより過去100年間の日本列島における地殻上下変動の様子が明らかになった。

図－10は、過去100年間の日本列島の上下変動の様子を表している。日本列島の上下変動は、広域的な変動域と局所的な変動域とが顕著に表れている。広域的な変動の要因としてはプレート運動、造山運動に伴うものなどが挙げられる。また、局所的な変動の要因としては、地盤沈下、地震、火山に伴うものなどが挙げられる。

日本列島の上下変動で、沈下が大きい所は新潟県新潟市の－2.2668mで地盤沈下によるものと考えられる。逆

に隆起が最大であったのは千葉県館山市の+1.6560mで関東大地震により隆起したものと考えられる。

なお、日本の最大地盤沈下値(約-4.5m 環境庁「全国主要地域の地盤沈下」報告)である東京都江東区については、2001年度に行った網平均計算で-4.4406mの値を得た。この結果は、環境庁の報告書の値と比較しても大差はなく一致していた。

水準測量から求めた最近100年の日本列島の地殻上下変動

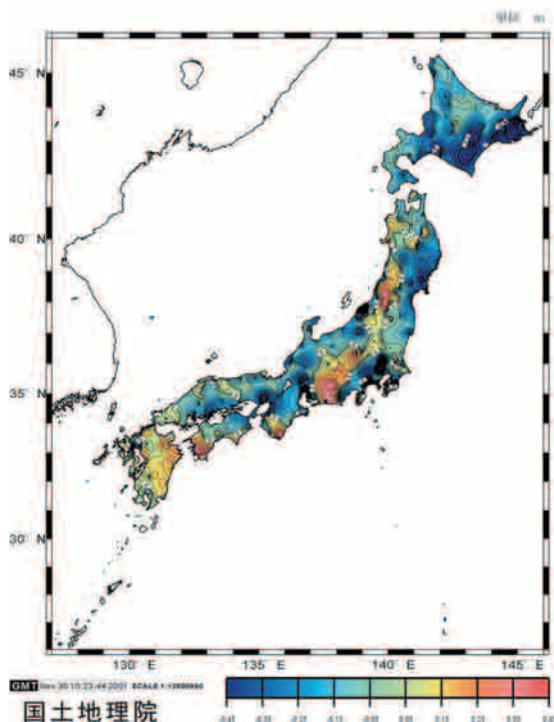


図-10 第8回-第1回変動図

1. 2 水平位置の測量

1. 2. 1 日本経緯度原点

1949(昭和24)年6月3日法律第188号により測量法及び同施行令が制定され、我が国の地理学的経緯度の基となる日本経緯度原点の位置と原点数値(経度、緯度、原点方位角)が明示された。この位置と原点数値は、国土地理院の前身である陸地測量部が使用していたものと同じである。

我が国の最初の経緯度原点は、1884(明治17)年に陸軍参謀本部(後の陸地測量部)が旧海軍観象台(後の旧東京天文台)構内に設置した一等三角点「東京」であり、参謀本部ではこの点を仮経緯度原点として、平面直角座標原点(旧東部原点)を定め、三角測量の原子を決定した。

1950年、陸地測量部は旧東京天文台の子午環の中心を新たに経緯度原点と定め、一等三角点「東京」の標石を撤去し、明治初年に経緯度原点周辺で実施された精密な天文測量及び新たに実施した方位角観測の結果を基に原

点数値を決定した。

1923(大正12)年の関東大地震により経緯度原点を示す子午環は崩壊した。その後実施された復旧測量では経緯度原点の東南東77mの場所に一等三角点「東京大正」が新設され、同点と子午環架台から推定した原点位置との取付測量の結果、経緯度原点の移動が確認された。その結果、原点方位角の値は変更されたが、経緯度の値は変更されなかった。これらの値が測量法施行令による原点数値である。

旧東京天文台の子午環架台は、関東大地震以降、1958年頃まで荒れたまま放置されていたが、測量法の制定後、1959年には旧子午環架台を利用して同位置に原点標識が設置された(写真-7の左)。この標識では、原点数値の位置に原点を示す金属標が設置され、これにより原点が目に見えるものになった。1962年には原点標識が改造され、現標識の基となる標識が完成した。この標識では旧子午環架台を撤去し、そのかわりに同位置に2枚の黒い石板が設置され、同石板の間(旧子午環架台の中央)に原点金属標が設置された。



写真-7 初期の経緯度原点標識(左)と現在の標識(右)

2001(平成13)年6月20日に測量法の一部が改正され、測量の基準が日本独自の日本測地系から世界共通の世界測地系に変わり、これに伴って原点数値も変更された。新たな原点数値は、国土地理院の鹿島VLBI観測局における長年の観測結果から得られた同観測局の国際地球基準座標系の座標値を基に、GPS測量で決定された。また、経緯度原点の位置は原点標識に設置された金属標の十字の交点に改正された。この改正を契機に老朽化した原点標識の改修工事が2002年に行われ、21世紀の新たな経緯度原点として整備された(写真-7の右)。

1. 2. 2 基線測量と基線尺

基線測量とは、三角網に大きさを与えるために、三角網の一边を基線尺を用いて測定する測量である。

我が国の三角網の骨格となる一等三角網の基線測量は、1882(明治15)年から1911年までに全国14カ所の基線において実施された。

明治の基線測量で使用された基線尺は、ヒルガード式4m測桿ないしエーデリン式25m基線尺であった。

ヒルガード式4m測桿は1874年頃アメリカ合衆国から輸入され、1882年以降1908年まで13カ所の基線で使用された。エーデリン式25m基線尺は線状の形状を有するインバール製(ニッケル36%、鉄64%の合金)の尺で、外界

温度の変動による形状の変化が極めて小さいのが特徴である。同基線尺は、1908年に北海道の声問基線で行われた作業の際に、ヒルガード式4m測桿との比較が行われ、測定精度及び作業効率の優秀性が認められた。その後、1911年の沖縄基線における作業から使用され、これ以降、国内及び国外で行われた基線測量はすべてエーデルン式25m基線尺が使用された（写真－8）。



写真－8 エーデルン式 25m
基線尺による基線測量



写真－9 ジョブメータII型
による辺長測量

沖縄基線の基線測量から本格的に使用が開始されたエーデルン式25m基線尺は、その後地震に伴う震災復旧測量で使用されたが、1955（昭和30）年頃に一等三角辺長を直接測定可能な光波測距儀（写真－9）が実用化されたため、1954年に滋賀県の饗庭野基線において行われた再測量を最後に、基線尺を用いた基線測量は行われていない。

なお、エーデルン式25m基線尺はその後鋼巻尺や電磁波測距儀用の比較基線場の基線長決定や、1915年に測地学委員会が地殻変動と緯度変化の関係を調べるために三鷹の東京天文台構内に設置した菱形基線の精密距離測定に使用された。

1. 2. 3 東京都復興測量

地理調査所（国土地理院の前身）は戦争により荒廃した東京都の復興に寄与するため、都の委託費及び復旧費により都内の復興測量を行った。

作業地域は東京都区内450km²で、作業量は既設三角点68点、増設三角点198点であった。三角測量方式で実施されたが、既知点のほとんどが大偏心を必要とし、また、増設点は屋上点のために多角点を付設する等、困難な作業であった。また、終戦直後ということもあり測量資材の入手困難、輸送の不円滑のほか、食糧の補給にも多大な努力を要した。作業は1946（昭和21）年12月から開始し翌年の4月中旬に完了した。

当初この測量は関東大地震後に実施された復旧測量と同様に三等三角測量として実施されたが、小型標石を埋設したため四等三角測量として整理され、後に公共測量として扱われた。そのため増設点の基本図への表示は行われなかった。

なお、既設基準点の標石調査とその復旧測量は、連合軍総司令部（G. H. Q.）の指令作業として全国で実施された。

1. 2. 4 三角点の設置と繰り返し測量

（1）一等三角点の繰り返し測量

我が国の一等三角点は1883（明治16）年武遠三角網に着手以来、1915（大正4）年沖隅三角網に至る15ブロックを32年かけて設置したものである。その後、1945（昭和20）年までは地震等の原因による復旧測量で局所的に実施され、三角点成果の更新とともに、地球科学的に重要な地殻変動等のデータを提供してきたが、全国的な規模での繰り返し測量は行われなかった。

1946年12月21日に南海道沖でマグニチュード8.0の地震が発生し、その被害は四国・近畿・中国・九州及び中部の一部にわたり、死者1,330名、家屋の被害は39,000戸に及んだ。この地震に伴う一等三角点の復旧測量は、1947年から2年間の造標作業と1948年から3年間の観測作業（写真－10）で実施された。この結果、地震による地殻変動の範囲と様相を明らかにするとともに、二等三角点以下の復旧測量・再計算作業のための既知点の成果が得られた。

全国を対象とした一等三角点の繰り返し測量は前記作業を契機として、第一次基本測量長期計画に基づいて1953年から開始し、1967年に第1回目を完了した。その結果、約半世紀間における



写真－10 一等三角測量の観測
（カルパソル一等経緯儀）

日本列島の地殻変動が明らかになった。第2回目の繰り返し測量作業は、翌年から開始され1973年に東海地域まで実施されたが、1974年から始まった第三次基本測量長期計画では、光波測距儀を主体とし、二等三角点以上を対象とした精密測地網一次基準点測量に移行した。

明治・大正時代の観測はほぼ一貫した角観測方式で行われたが、昭和の繰り返し測量では、作業方式や機器類に絶えず改革が加えられた。その主なものは、次のとおりである。

- 1）光波測距儀による辺長測定を追加することで、角観測を簡略化し、ラプラス観測（天文経緯度、天文方位角の観測）も一部の点で行う。
- 2）観測は夜間に行い、目標は自動点滅器を備えた電池式の無人回光灯を使用。
- 3）角観測にはウィルドT₃を使用し、地上で視通がとれる場合は三脚で観測する。
- 4）高測標は三脚式又は組み立て式の鉄製測標とする。

（2）精密測地網測量

測地基準点は時代の推移に伴い、国土開発など公共事業や地籍調査等に活用されるばかりでなく、地球科学の基礎資料としての重要性が認識されるなど、その活用分野は多様化し高精度の成果を要求されるようになった。しかし、既設の測地基準点は設置以降、局所的な再測量を除いて再測量が行われず、僅か一等三角測量の繰り返

し測量のみが南海道地震復旧測量を契機として全国的に実施されたにすぎない。二・三等三角点については地殻変動や地域開発等人為的障害を受け亡失、故障するなど、その機能を失いかけていた。このため、二・三等三角点の全国規模での繰り返し測量を行う「日本列島精密測地網の設定」が、1974（昭和49）年から開始される第三次基本測量長期計画の最重点測地事業として位置づけられ、精密測地網測量が事業化された。

精密測地網測量の当初の骨子は、

- 1) マグニチュード7クラスの内陸直下型地震の予知のための前兆変動が検出できるように、一次基準点（一・二等三角点、6,000点、平均辺長8km）網を5年周期で繰り返して測量する。
- 2) 二次基準点（三等三角点、32,700点、平均辺長4km）網を10年周期で繰り返して測量する。

というものであった。

精密測地網測量は、1973年に神奈川県足柄地方において試験作業が行われ、その結果に基づいて作業方式の検討、作業規程の制定、積算資料の作成等が行われ、翌年度から開始された。

（a）一次基準点測量

一次基準点測量の測量方式は、当初レーザを光源とした光波測距儀とセオドライトによる距離測定、角観測を組み合わせたアンブレラ方式が採用された。同方式は三辺測量方式に比べ精度的には多少劣るが、距離測定辺数が少なく経費的に有利と考えられた（図-11）。しかし、事業の進行とともに角観測で所要精度を確保するためには、かなりの経費を要することが判ったため、その後は原則として三辺測量方式に変更された。なお、比高差が大きい点間では傾斜補正の精度を上げるため鉛直角の観測も同時に行われた。

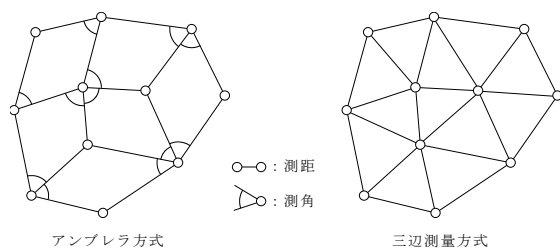


図-11 一次基準点測量の測量方式

一次基準点網は当初平均辺長8kmの標準網でスタートしたが、その後の進捗状況の遅れから事業の見直しが行われ、1979年からは、強化・特定観測地域等を除く地域では平均辺長20kmの中距離網で実施された。

一次基準点測量の使用機器は1989年まで光波測距儀が主体であったが、1990年からは一部の地区でGPS測量機が導入され、1993年にはすべての地区でGPS測量機が使用された。

一次基準点測量は1984年に瀬戸内の一部を除いて第1回目の測量が終了した。その成果は随時地震予知連絡会に報告され同会報に掲載された。1987年3月には、第1回目の全成果をまとめて「日本地殻水平歪1905年—1983年」として刊行した。

その後、1993（平成5）年に第2回目の測量が終了したが、翌年からの第五次基本測量長期計画からは高度基準点測量に移行した。

（b）高度基準点測量

高度基準点測量は、一・二等三角点の一部と全国に設置された電子基準点から構成された2,000点を対象とした測量である。観測は三角点上においてGPS測量機による12時間連続観測を行い、電子基準点を既知点として三角点の高精度な測地学的位置を求めるものである。同測量は、1994年から開始され、2002年までに第1回目の全国の繰り返し測量を終了した。

（c）二次基準点測量

二次基準点測量は、地殻変動及び地盤変動により再測量を必要とする地域、並びに都市部等再測量の急を要する地域から行われた。

測量方式はセオドライトや光波測距儀を用いた任意多角測量方式や三辺測量方式が採用された。1990年からはGPS測量機が導入され、1993年まで行われた。第五次基本測量長期計画では地域基準点測量に名称を変更して実施されている。

二次基準点測量の成果は、単に二次基準点成果の維持のみでなく、一次基準点測量を補足してより詳細な地殻変動の把握にも寄与している。

（3）地籍測量と基準点測量

地籍測量は地籍調査において重要な一筆地の位置と地積とを測定するための測量である。

我が国の近代の地籍に関する調査は1873（明治6）年頃から開始され、1894年までに土地台帳及び町村地積図の調製が一応完了した。このときの地籍測量は当時平行して行われていた三角測量や水準測量と連携しておらず、測量器械、測量方法及び測量技術者の技術内容から測量精度が低く、地域によっては縄延び等の問題もあるため、得られた成果は不正確なものであった。

戦後、国土の開発及び保全並びにその利用の高度化に資するとともに、国土の実態を科学的かつ総合的に調査を行うことを目的として、1951（昭和26）年に国土調査法が制定され、地籍調査が新たに行われることとなった。この地籍調査に必要な基準点を設置する測量は地理調査所が担当し、地籍調査そのものは市町村が担当することとなった。

基準点測量で使用される座標系は事業の遂行に最も便利な座標系を選択する必要から、次の3つの座標系につ