

はじめに

明治150年にあたって

平成30年（2018）は、明治元年（1868）から起算して満150年の年に当たります。

明治以降、近代国民国家への第一歩を踏み出した日本は、明治期において多岐にわたる近代化への取組を行い、国の基本的な形を築き上げていきました。

内閣制度の導入、大日本帝国憲法の制定、立憲政治・議会政治の導入、鉄道の開業や郵便制度の施行など技術革新と産業化の推進、義務教育の導入や女子師範学校の設立といった教育の充実を始めとして、多くの取組が進められました。

また、若者や女性等が海外に留学して知識を吸収し、外国人から学んだ知識を活かしつつ、単なる西洋の真似ではない、日本の良さや伝統を活かした技術や文化も生み出されました。

「明治150年」を迎える平成30年を節目として、改めて明治期を振り返り、将来につなげていくために、国土地理院においてもこれにちなんだ企画展を開催する運びとなりました。

測量の分野においては、明治2年（1869）に民部官庶務司戸籍地図掛が設置され、来年（2019）が近代測量事業を開始して150年に当たることから、これを記念したイベントが各地で予定されております。

（一部『「明治150年」に向けた関連施策の推進について（内閣官房）』より引用）

近代測量の幕開け

明治時代の初め、わが国の測量・地図作製は、他の分野と同様に、ヨーロッパやアメリカからの技術導入によって急速な進歩が見られました。当初、各省に分立していた測量・地図作製機関は、順次、統廃合が行われ、明治21年（1888）の陸地測量部創設により、国の事業として統轄されました。

明治維新を契機に富国強兵、殖産興業のもと、測量・地図の分野においても明治期には著しい進展がありました。工部省の測量師長である英国人マックウエン、水準測量の師範オランダ人リンドをはじめとした外国人から先進の測量技術の習得、ドイツをはじめとした欧州から経緯儀等の測量機器の導入、フランスやドイツから地図の図式の導入などを通して、近代化へ向けて邁進（まいしん）していくこととなります。



一等経緯儀（ドイツ・カールバンベルヒ社製）
明治期から昭和期まで一等三角測量で多く使用されました。



明治42年発行の1万分1地形図「四谷・中野」の一部
新宿周辺が描かれており、当時の土地利用等を知る貴重な資料です。

三角測量・水準測量の開始、基線測量の実施などを通して、以下に紹介する迅速測図原図（じんそくそくすげんず）の作製を契機に、5千分1～20万分1の多様な縮尺の地図の作製が開始されるなど、飛躍的な進展が遂げられることになりました。

これら明治時代に培われた技術は、以降昭和時代の後期に衛星測位やコンピュータの導入が開始されるまで、改良を重ねながら継承されていきました。

伊能忠敬の測量と地図

全国測量の目的

伊能忠敬が全国測量を始めたのは、当時の天文学では日食や月食がいつ起こるか予測できない問題がありました。これを解決するには緯度1度の長さを測り地球の大きさを確定することが必要で、日本地図を作ることが目的ではありませんでした。

その頃、蝦夷地（えぞち：現在の北海道）近海にロシア船がたびたび来航するようになり、幕府は国防のために正確な地図が必要と考えていました。そこで師匠の高橋至時（よしとき）は、地図作りをしながら同時に各地の緯度を調べ、緯度1度の距離を算定しようと考え、蝦夷地までの測量と地図作りを幕府に願い出しました。その担当者として推薦したのが弟子の忠敬で、全国測量の始まりとなりました。

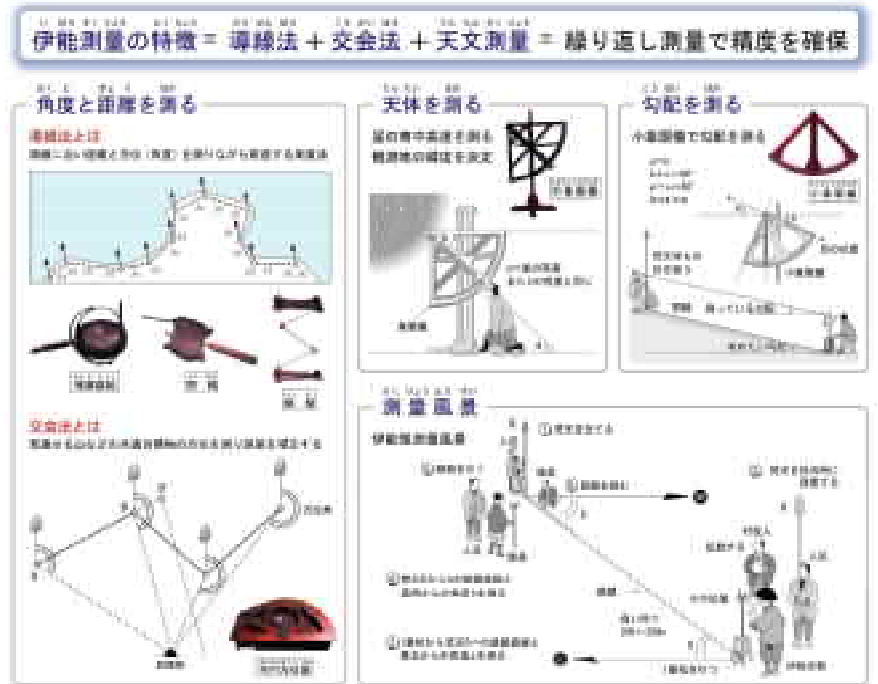
国宝 伊能忠敬関係資料 伊能忠敬記念館 引用

測量方法

伊能図作製のための測量は、「導線法（どうせんほう）」と呼ばれるもので、海岸線や街道に「梵天（ぼんてん）」という目印を建て、目印間の距離と方位（北を基準とした目標物の角度）を野帳に記録しながら進行する方法で行われました。

この方法は、江戸時代広く普及していた方法でしたが、日本全土の測量となると誤差が累積し、正確な地図になりません。

正確な地図を作製するため、いたる所で共通する近傍の寺院の尖塔や遠望する山頂や岬などを測量する「交会法（こうかいほう）」と星の観測により緯度観測をした「天文（てんもん）測量」を繰り返すことで地図の精度を向上させました。



伊能図とは

日本初の全国測量が完了した後、日本全図の作製に取り掛かった忠敬ですが、文政元年（1818）、地図の完成をみることなく73歳で亡くなりました。残された地図は3年後の文政4年（1821）に忠敬の弟子たちの手により完成し幕府に提出され、「大日本沿海輿地全図」（だいにほんえんかいよちぜんず）と名付けられました。

- 通称「伊能図」は、
- 大図（1/36,000 214枚）
- 中図（1/216,000 8枚）
- 小図（1/432,000 3枚）

の3種類のほか、名勝地を描いた特別図などさまざまな種類があります。

国宝 伊能忠敬関係資料 伊能忠敬記念館 引用

伊能大図

右の大図では、海岸線や街道に沿って赤い測線が描かれており、「導線法」によって伊能忠敬の測量隊が通過した跡が分かります。

武蔵 神奈川 相模 馬入川 城ヶ島（江の島附近部分拡大）



三角測量、水準測量の幕開け

陸軍参謀本部測量課（後の陸地測量部）は、明治13年（1880）から三角点、水準点等の位置（緯度、経度、高さ）の基準に基づく地図作成を開始しました。さらに、明治17年（1884）には大三角測量（一等三角測量）を担当していた内務省地理局の測量業務が陸軍の管轄になりました。これにより、わが国の位置基準を設置する三角測量及び水準測量の業務が陸軍に一元化されました。

三角測量

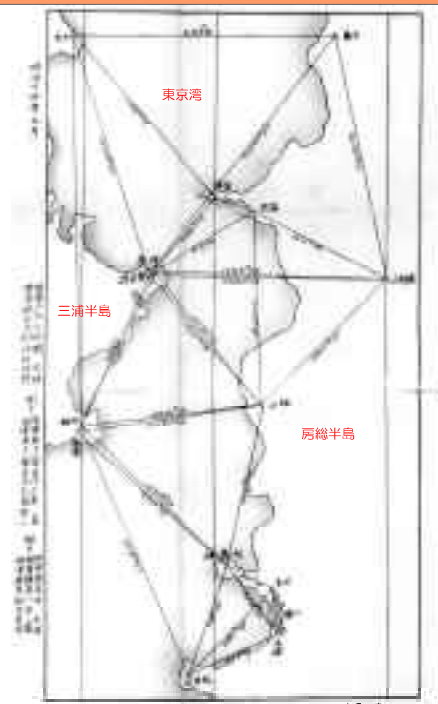
三角測量は三角形の一边と二つの内角が与えられれば他の二辺は計算により求められる、という原理に基づいています。

陸軍における最初の三角測量は明治14年（1881）に東京湾口において行われました。その結果、三角測量の正確性ととも、広範囲な地域の地図作製における三角測量の必要性が明らかになり、明治16年（1883）から全国の三角測量が開始されました。

陸地測量部が三角測量で設置した三角点の規模

区分	一等三角本点	一等三角補点	二等三角点	三等三角点
配点密度	約1,600km ² に1点	約800km ² に1点	三等点以上を通して約8km ² に1点	
平均辺長	45km	25km	8km	4km
内角	なるべく60度	30度以上	25度以上	

※ 陸地測量部では一等三角点を本点と補点とに区分していましたが、補点は二等三角測量の際に必要な補助点ですが、現在は本点と補点を合わせて一等三角点としています。



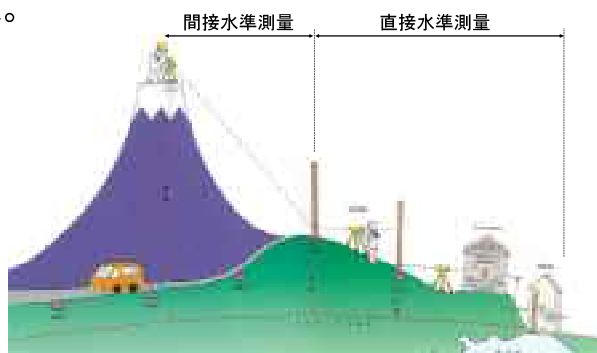
陸軍で最初の三角測量網図
(赤字を追加)

水準測量

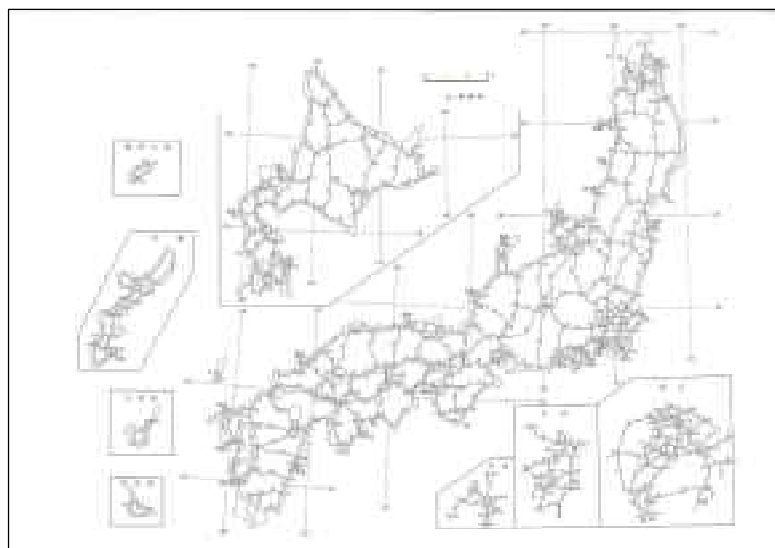
水準測量は、二点間の高低差を水準儀（レベル）と標尺を用いて求める直接水準測量と、二点間の距離と鉛直角を用いて計算により求める間接水準測量に区分されます。

陸軍における最初の直接水準測量は、明治16年（1883）に東京周辺で行われました。

一等・二等を含む三角点の高さの決定は、三等三角測量において直接水準測量と間接水準測量を組み合わせで行われました。



水準測量の概念図



一等水準測量路線図（昭和40年代）

日本水準原点【明治24年（1891）設置】

この石造りの建物の中には、日本国内の高さの基準となる**日本水準原点**が設置されています。
土地の高さ（標高）は平均海面を0mとして、そこからの高さで表しますが、実用的には地上のどこかに標高の基準となる点を表示しておく必要があります。

このため、明治24年（1891）に陸地測量部では、この地に標高の基準となる点（水準原点）を造りました。当時、隅田川河口の霊岸島で行われていた潮位観測（6年間の平均値）と、霊岸島からこの地までの高さの観測（水準測量）結果を用いて、建物内部の水晶板目盛りの0表示の高さを、東京湾平均海面上**24.500m**としました。

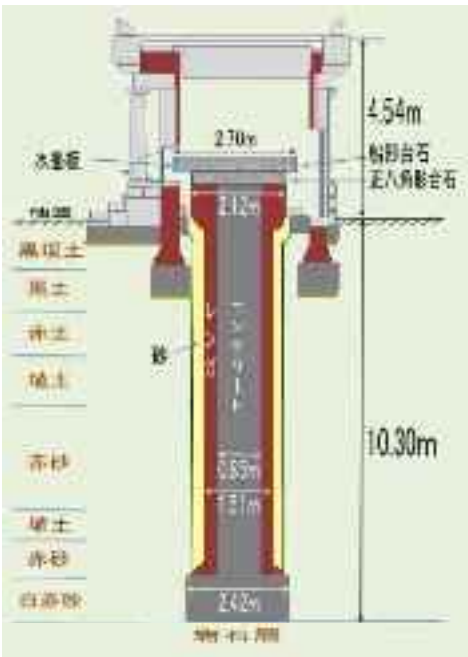
その後、大正12年（1923）の関東大震災により地殻変動が生じたため、地震による影響のなかった地域からの水準測量データや神奈川県三浦市三崎の油壺験潮場の験潮データを用い、原点が86mm沈下したことを確認し、原点数値を昭和3年（1928）3月に**24.4140m**と改定しました。

さらに、平成23年（2011）3月に発生した東北地方太平洋沖地震による地殻変動で24mm沈下したため、同年10月に原点数値を **24.3900m**に改定しました。



東京都千代田区永田町1-1-2（国会前庭北地区憲政記念館構内）

日本水準原点の基礎は、地下10m余の地盤の上にコンクリートの基礎部があり、その上に外側を煉瓦（れんが）積み、内側をコンクリート詰めにした塔が築かれています。この基礎の上部に花崗岩（かこうがん）でできた正八角形の台石があり、その上に水晶板がはめ込まれた船形台石が設置されています。



日本水準原点基礎図

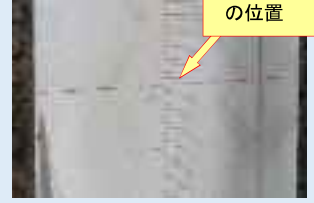
これが日本水準原点！



中央の扉を開けると水準原点があります



船形台石の先端に水晶板がはめ込まれています



水晶板目盛りの0表示の所が高さの基準

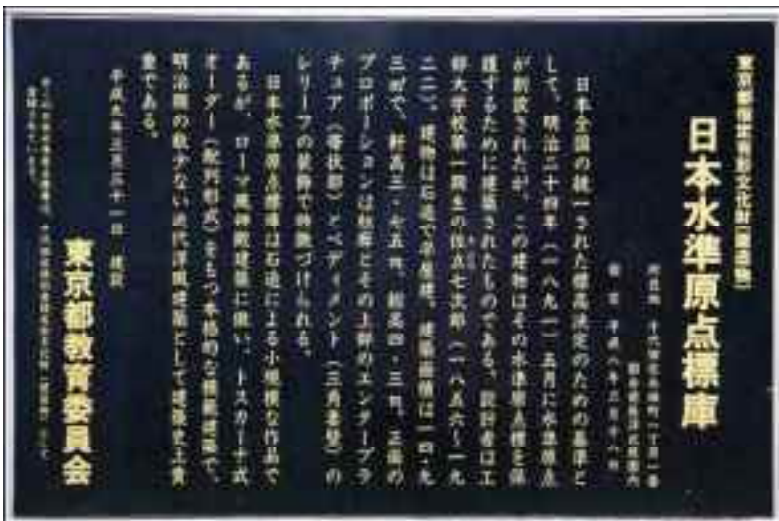
水準原点の納まっている建物は、「日本水準原点標庫」といい、佐立七次郎（さたちしちじろう）が設計したものです。建築史上においても価値があり、平成8年（1996）に東京都指定有形文化財に指定されました。

原点はなぜこの地に設置されたのか

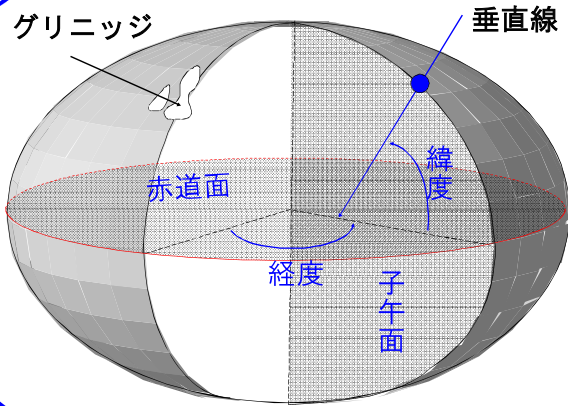
日本の中央であり地盤が堅硬な所となると京都が適地となるが、政治の中心地であり、道路やすべてのことが周囲より寄り集まるのは東京である。ここは東に偏っていて海に近く、しばしば地震で揺れるが首都であり皇居のある所である。さらに天文台も建設されており東京に選定するのが当然である。しかし、天文台内にするか参謀本部内にするか当局者は大いに苦心した結果、参謀本部構内陸地測量部の庭園に選定することにした。

「三角測量方式草案（明治34年陸地測量）」より引用

← 東京都指定有形文化財に指定されています。（現地銘板）



日本経緯度原点(明治25年(1892)～)



緯度と経度

- * 日本語の“経”は織物の縦糸、“緯”は横糸を意味します。
- ◆ ある地点の垂直線の方が赤道面と交わる角度を緯度と言います。
- ◆ 地球上の1点を通り、かつ北極と南極を通るように切った子午面とグリニッジ天文台(英国)を通る子午面のなす角度を経度と言います。

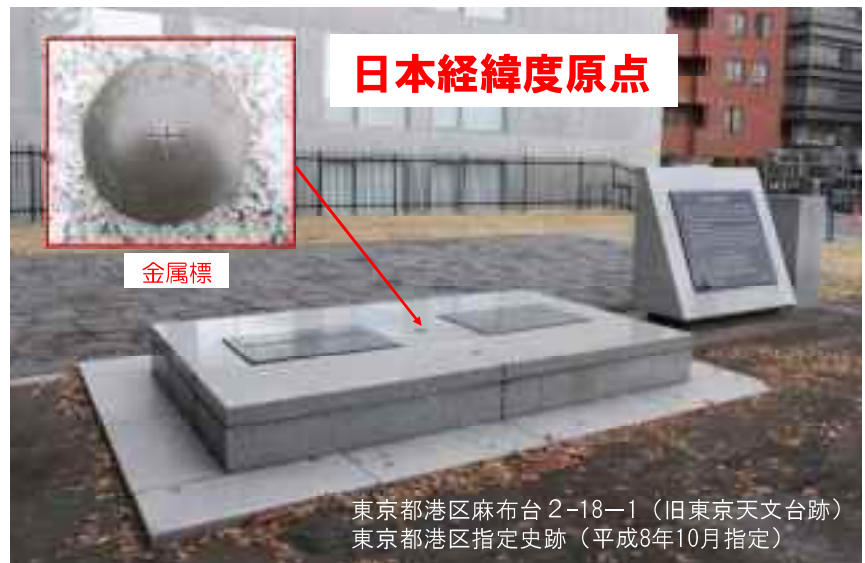
一般に地球上の位置を表示するには、統一のとれた位置情報とするために、地球の形を良く近似している楕円体(準拋楕円体)上の緯度・経度で表します。日本経緯度原点は、世界で共通に利用できる位置の基準系である世界測地系に基づき、我が国の位置を表す基準です。

[日本経緯度原点の位置]

- ◎ 経度: 東経 $139^{\circ} 44' 28.8869''$
- ◎ 緯度: 北緯 $35^{\circ} 39' 29.1572''$
- ◎ 原点方位角: $32^{\circ} 20' 46.209''$
(つくば超長基線電波干渉計観測点方向)

原点方位角

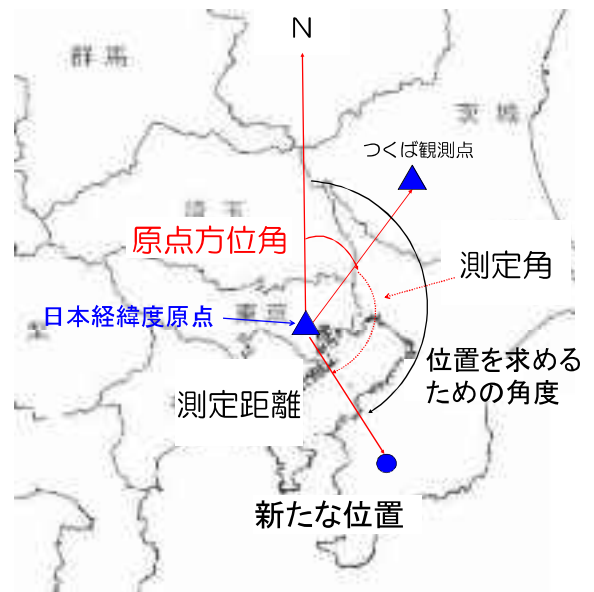
日本経緯度原点を基準として各地点の位置を表すために必要な基準となる方位角で、経緯度原点より真北を基準として右回りにつくば超長基線電波干渉計観測点方向の角度と定めています。



東京都港区麻布台2-18-1(旧東京天文台跡)
東京都港区指定史跡(平成8年10月指定)

必要不可欠な日本経緯度原点と原点方位角

- ◆ 国土のある地点の正確な位置を知るためには、測量によって「緯度」と「経度」を決める必要があります。
- ◆ ある地点の位置を统一的に特定するためには、日本経緯度原点との正確な「距離」と真北からの「角度」が必要になります。
- ◆ その際、原点方位角が分かれば、どこの地点でも真北からの「角度」を正確に知ることができます。
- ◆ 全国に約11万点ある三角点は、日本経緯度原点と原点方位角を基準にして、順々に測量・計算して求められています。
- ◆ これにより、国内のどの場所でも三角点からの距離と角度を測量することで、日本経緯度原点に整合する位置を求めることができます。



日本経緯度原点の歴史

- ・明治7(1874)年 海軍水路寮が芝区飯倉(現、港区麻布台)に観象台をつくり、天文観測を開始。
- ・明治16(1883)年 参謀本部が海軍観象台構内に一等三角点「東京」(旧)を設置。
- ・明治17(1884)年 参謀本部が一等三角点「東京」(旧)を仮の経緯度原点とする。
- ・明治21(1888)年 文部省が海軍観象台を引き継ぎ東京天文台を設置。
- ・明治25(1892)年 陸地測量部が東京天文台子午環中心を日本経緯度原点と定める。
- ・大正12(1923)年 関東地震(M7.9)で子午環が崩壊。後年、日本経緯度原点の位置に金属標を設置。
- ・平成13(2001)年 世界測地系に基づき新たに原点数値を決定。
- ・平成23(2011)年 東北地方太平洋沖地震(M9.0)に伴い原点数値を変更。

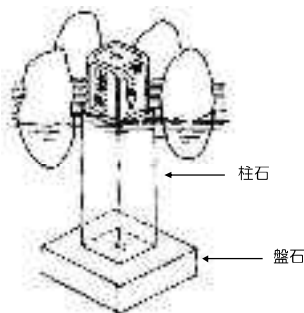
明治期の施設

(験潮場、三角点、水準点)

全国測量によって設置された三角点標石、水準点標石等の仕様は、明治16年（1883）に決定されました。標石の調達も、当初作業担当者が個別に行っていましたが、一等三角点を除く標石については、明治29年（1896）から小豆島産や岡崎産の花崗岩を用いたものを一括して調達することになりました。

三角点

三角点の標石は柱石と盤石で構成され、柱石と盤石の上面に刻まれた十字の交点は、同一鉛直線上に埋設されています。これにより、万が一柱石が移動や亡失しても簡単に元の状態に復元することが可能です。



二等三角点埋設図
一等三角点では下方盤石も設置



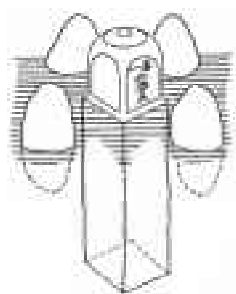
一等三角点「鹿野山」
明治16年の標石：各角にわずかな丸みがある



二等三角点「高尾山」
明治16年の標石：各角が切り落とされている

水準点

水準点標石は柱石のみで、柱石上面には円形状の突起（球分）があります。埋設では標石下部をコンクリートで補強しています。



一等水準点の埋設図
標石下部はコンクリートで補強する



一等水準点「交3」
明治16年当時の標石、各角が切り落とされている



一等水準点「11231」
地理調査所時代の標石、昭和54年設置



二等水準点「福24」
明治41年の標石、球分がない

験潮場

験潮場は験潮儀、井戸、導水管、固定点、建屋等で構成され、明治24年（1891）から各地の平均海面を求めするために設置されました。



験潮場の構造（現在）



明治27年設置の油壺験潮場
撮影は昭和20年代



明治期に設置された験潮場の配置
※「高神」は明治27年（1894年）に「油壺」へ移設

三角点と三角測量(明治16年(1883)~)

三角点とは

全国の正確な地図を作製するためには、正確な位置の基準点を設置する必要があります。日本では、明治時代から全国に位置の基準となる「三角点」が設置されてきました。

三角点は、日本経緯度原点を出発点として日本全国をカバーするように設置されています。離れた場所に三角点を設置するために、三角形をつないで測量を行い、三角形の原理を使って位置を求めてきました。

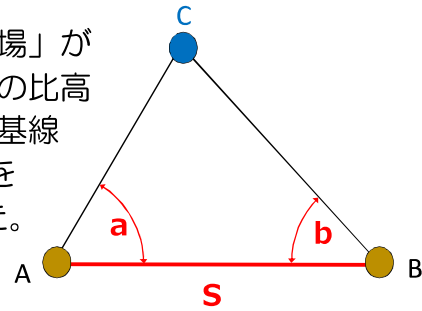
その結果、明治中頃、全国を330点余りの一等三角網(下図参照)を形成し、その一辺の平均の長さは45kmにも及びました。

その一等三角網から、順次二等三角点、三等三角点を高密度に設置して、地図を作製する際の基準として使われてきました。

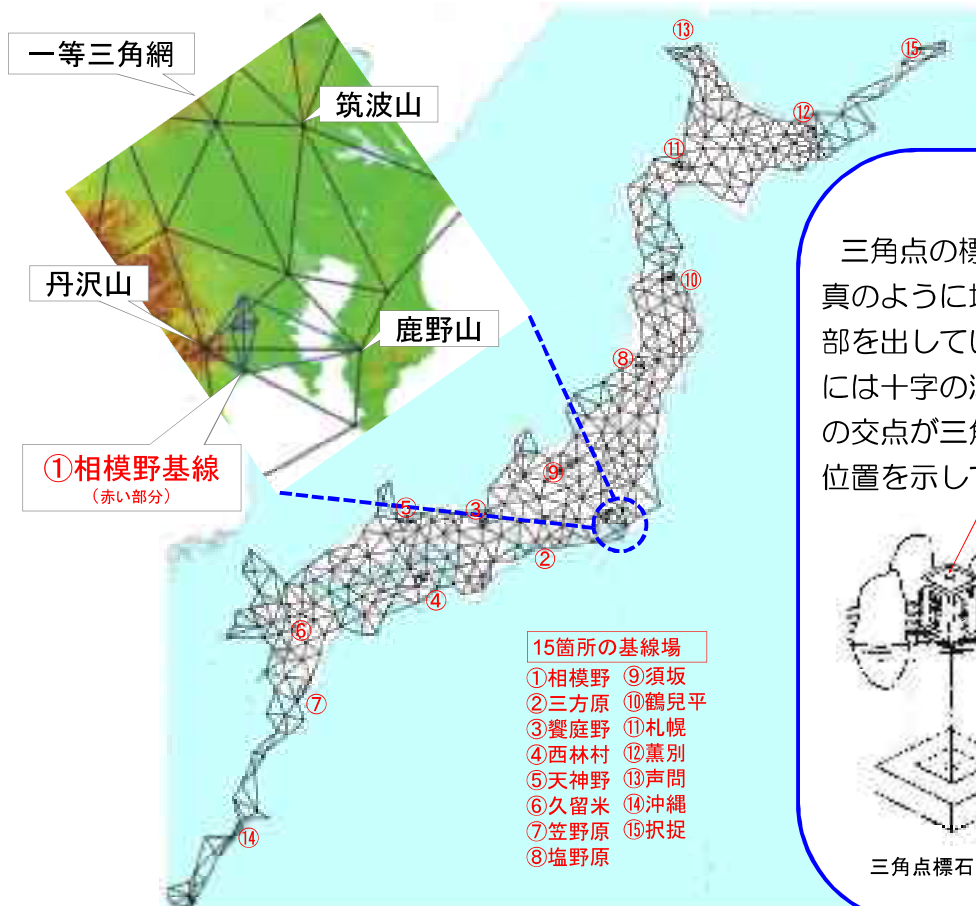
三角測量とは

三角測量とは、全国の地図作製の骨格を与えるために一等三角点を設置(全国に約330点、45km間隔)しました。三角形の一辺(A、B間の距離S)と、この辺の両端に位置する内角(a及びb)が与えられればCの位置を求めることが出来るという原理(三角法)に基づいた測量方法です。三角測量では、その内角(a及びb)を測ります。距離(S)は、一等三角網の場合約45kmあり、その長さを直接観測することは不可能であることから、一定の長さ「基線」を正確に測って、その基線をもとに計算によって一辺の長さを算出しました。

基線を測量することが「基線測量」です。基線測量の実施に当たり「基線場」が必要ですが、基線場の条件としては、平坦地で両端点間が見渡せ、両端点間の比高差が少ない場所に求められます。設置することがこのような条件を満たす「基線場」を、明治15年(1882)の相模野基線(神奈川県相模原市ほか)の設置をはじめ、大正2年(1913)の択捉(えとろふ)基線まで計15箇所設置しました。



当時の一等三角網

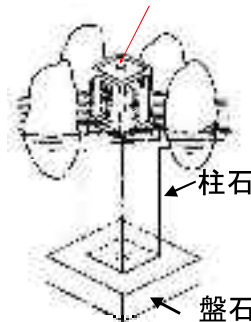


三角点標石

三角点の標石は、ほとんど写真のように地上から少しか頭部を出しています。柱石の上には十字の溝が刻まれおり、その交点が三角点の経度・緯度の位置を示しています。



一等三角点



三角点標石の模式図

三角点の標石は、図のように柱石と盤石から成っています。一等三角点の場合、柱石の長さは82cm、盤石の大きさは41cm角です。

高測標 (測量用やぐら) 【明治15年 (1882)】

高測標とは

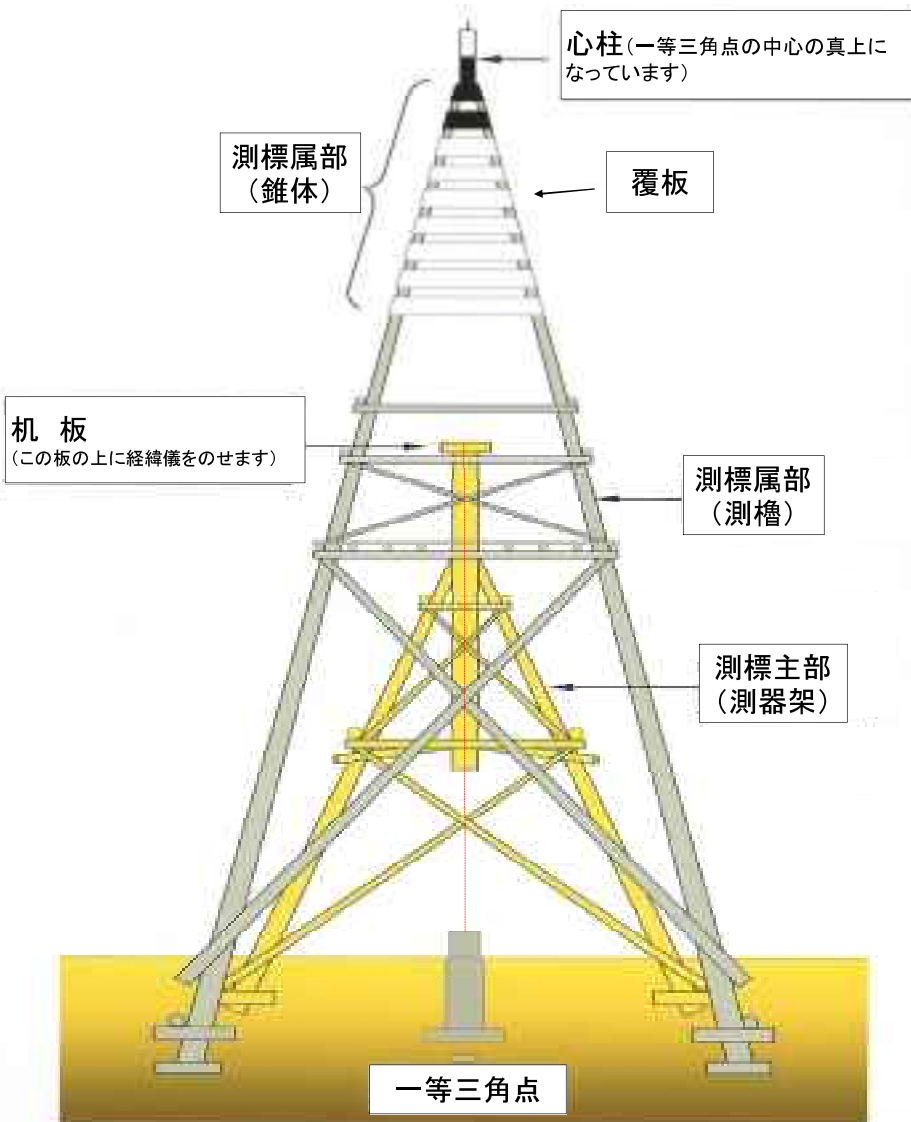
一等三角測量は、約45km離れた三角点間を測る測量です。平地では、約45km離れた遠くの三角点を観測する必要から、懸柱式高測標（けんちゅうしきこうそくひょう）という測量用やぐらを建てました。

懸柱式高測標は、測標主部（測器架）と測標属部（測櫓と錐体）の2つのやぐらで構成されています。

測標主部は、経緯儀（角度を測る測量器機）をのせるためのやぐらで、測標属部は、観測者が乗るためと観測時の目標とするためのやぐらです。

この2つのやぐらは、観測者が測標属部の上を移動しても経緯儀が揺れないよう、互いに接触しない構造になっています。机板に載せた経緯儀の中心が三角形の十字に合っています。

高測標の構成



関東地震後の復旧測量で建設した懸柱式高測標 (大正13年造標、机板高26m)



やぐらの材料を運ぶ様子。山頂までの道のりを何往復も歩く。



やぐらを建てる様子。職員は観測だけでなく大工仕事もこなす。

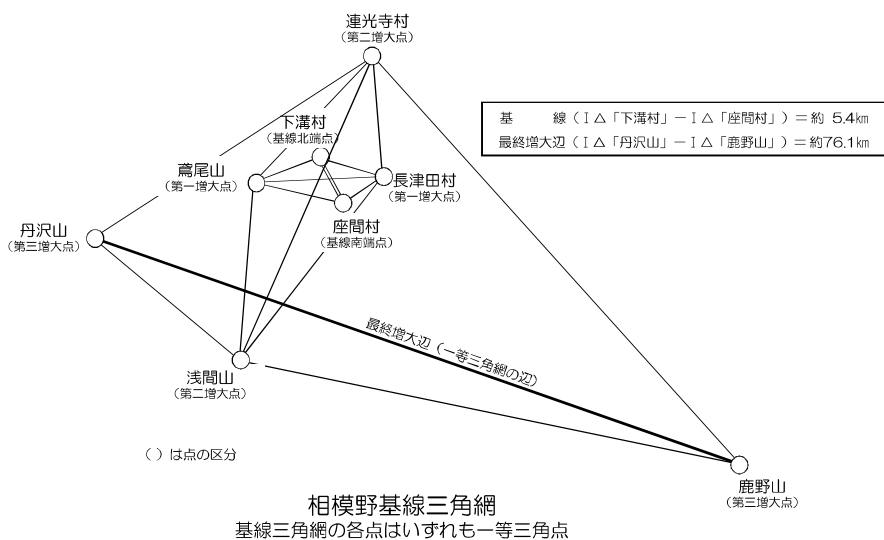
基線測量(概要)

三角測量において、最初の一边の長さを決めるために二点間の長さを直接測定する作業を基線測量といい、この測定した辺を基線といいます。

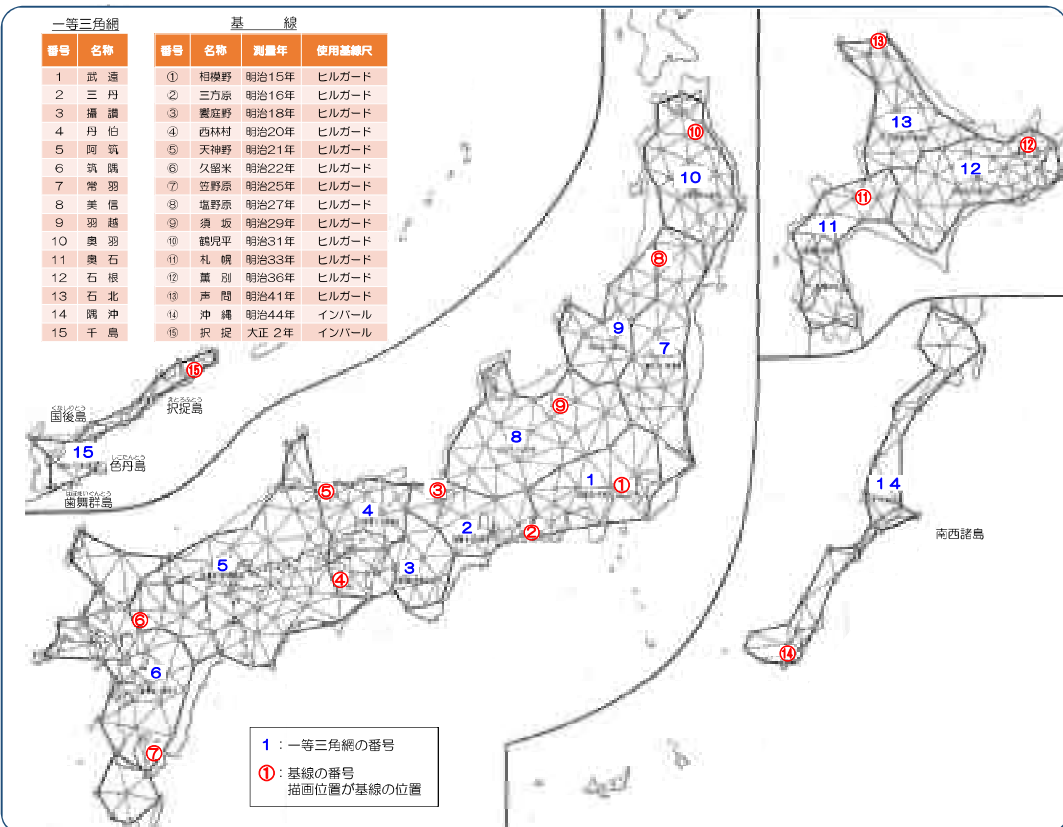
点間距離約45kmの一等三角測量の場合は、一边を直接測定できないため、全国に長さ2kmから10kmの基線を設置し、この基線と一等三角網の一边をつなぐ基線三角網によりその一边の長さを計算で求めました。

陸軍における最初の基線測量は明治15年(1882)に相模野基線(神奈川県)で行われ、これ以降、大正2年(1913)の択捉基線まで全国15ヶ所で基線測量を行いました。

基線の測定には、13基線で「ビルガード基線尺」(長さ4m)、2基線で「インバール基線尺」(長さ25m)が使用されました。



相模野基線の位置
中間点は四等三角点扱い



わが国の一等三角網と基線の位置



ビルガード基線尺の測定風景
明治43年(1910)相模野基線



インバール基線尺の測定風景
明治43年(1910)相模野基線

フランス式とドイツ式の 地図表現方法について

フランス式

幕末期にフランスは、日本に軍事顧問団を派遣し、幕府陸軍はフランス軍政を採用しました。明治新政府の陸軍は、幕府陸軍が手本としていたフランス軍政をそのまま引き継いでいたため、明治13年（1880）から作製した第一軍管地方二万分一迅速測図原図は、その地図表現技法においてフランス式渲彩（せんさい）図式により作製され、彩色と文字により地形、植生等を表現している美麗・繊細（びれい・せんさい）な測図原図ができあがりました。

地図製図に従事する者として陸軍参謀本部地図課では、明治洋画壇の重鎮で、画塾を開き西洋画の普及に努めていた川上冬崖（かわかみとうがい）や浮世絵、漢画、日本画、水彩画、油絵などの多くの画家を採用しています。

フランス式の図については、次のコーナーで詳しく紹介しています。

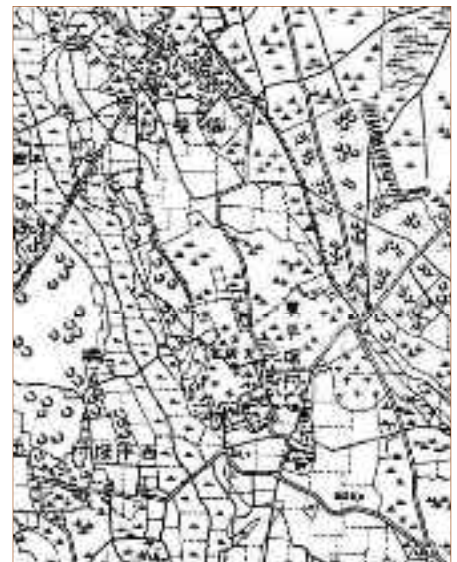
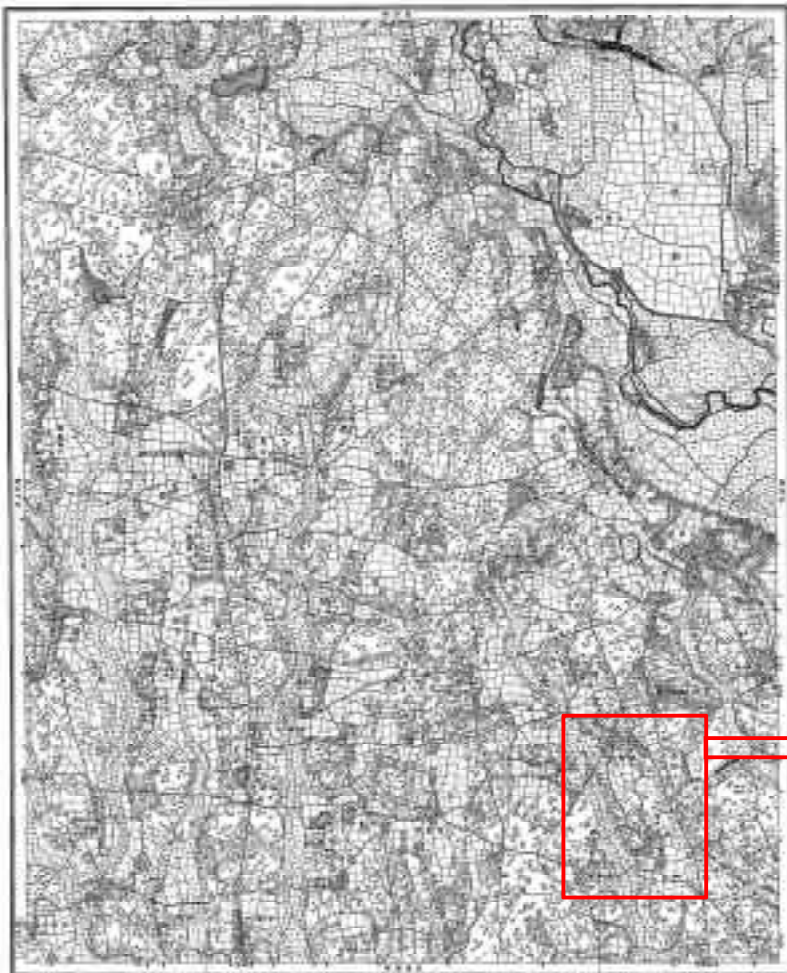
ドイツ式

明治3年（1870）に普仏戦争ープロイセン（ドイツ統一の中心になった）とフランスの戦争ーが起こり、翌年の1871年にはフランスが負けました。しかし、陸軍のフランス式は継続しました。

やがて、陸軍の将校のドイツ留学（田坂工兵大尉など明治15年帰朝）などもあり、明治16年（1883）測量・地図作製を含む軍政全般は、普仏戦争の結果を斟酌（しんしゃく）して、徳川幕府以来のフランス陸軍式から、戦勝国ドイツ式に変更されました。

地形図でも、フランス式渲彩図式により作製されていた彩色原図は、ドイツ式の1色・線号図式に切り換えられました。

河内北



↑ 国土地理院附近部分拡大