

# G N S S 測量による標高の測量マニュアル

平成 2 9 年 2 月

国土交通省国土地理院

# 目 次

[序] 概 説 .....	1
1. はじめに .....	1
2. マニュアルの利用について .....	1
3. GNSS水準測量を実施するにあたっての手続き .....	1
第1章 総 則 .....	2
第2章 GNSS水準測量 .....	3
第1節 要 旨 .....	3
第2節 選 点 .....	4
第3節 測量標の設置 .....	4
第4節 観 測 .....	4
第5節 計 算 .....	6
第6節 成果等の整理 .....	8

# [序] 概 説

## 1. はじめに

水準点は、作業規程の準則（平成20年3月31日国土交通省告示第413号。以下「準則」という。）第2編第3章「水準測量」において規定される作業方法により標高を定めている。しかし、水準点は主要国道沿いに設置されていることが多いため、測量実施地域の近傍に既設の水準点がない場合は、遠方の水準点から、多大な時間と経費をかけて水準測量を行っているのが実状である。

近年、GPS、準天頂衛星、GLONASS等の衛星測位システムの充実及び、国土地理院が提供する高精度化されたジオイド・モデル「日本のジオイド2011」(Ver.2)の整備により、GNSS測量機を用いるスタティック法で高精度に標高の測量が行えるようになった。これらにより標高の測量は効率化を図ることが可能となったが、電波の大気による遅延（大気遅延）は標高に大きく影響を及ぼす場合があることから、作業地域の気象条件に十分注意することが必要である。

このマニュアルは、国土地理院が提供する最新のジオイド・モデル（以下「ジオイド・モデル」という。）を用いたGNSS測量による標高の測量（以下「GNSS水準測量」という。）により、準則第47条第3項に規定されている、3級水準点の標高を定める作業方法を示したものである。

## 2. マニュアルの利用について

### 2.1 マニュアルの目的及び適用範囲

このマニュアルは、準則第17条（機器等及び作業方法に関する特例）第3項に規定されるもので、GNSS水準測量の標準的な作業方法を定め、その規格を統一するとともに、必要な精度を確保することを目的とする。

このマニュアルの適用範囲は、3級水準測量とする。なお、適用地域は、ジオイド・モデルを整備した地域とする。

### 2.2 マニュアルの構成

このマニュアルの構成は、次のとおりである。

（序） 概説

第1章 総則

第2章 GNSS水準測量

## 3. GNSS水準測量を実施するにあたっての手続き

国、都道府県及び市町村等の測量計画機関（以下「計画機関」という。）がGNSS水準測量を実施する場合は、測量法（昭和24年法律第188号。以下「法」という。）第36条に基づき、あらかじめ国土地理院に公共測量実施計画書を提出し、技術的助言を求めなければならない。その際に、準則第17条第3項に規定するものであることを明示するものとする。

# 第1章 総則

## (目的)

**第1条** このマニュアルは、GNSS水準測量により3級水準点を設置するための作業方法を規定し、その規格の統一と精度を確保することを目的とする。

## (精度管理)

**第2条** 作業機関は、測量の正確さを確保するため、適切な精度管理を行い、この結果に基づいて品質評価表及び精度管理表を作成し、これを計画機関に提出しなければならない。

2 作業機関は、各工程別作業の終了時その他適宜このマニュアルの規定に定める点検を行わなければならない。

3 作業機関は、作業の終了後速やかに点検測量を行わなければならない。  
点検測量率は10%を標準とする。

## 第2章 GNSS 水準測量

### 第1節 要 旨

(準則の準用)

第3条 このマニュアルに規定するもの以外は、準則を準用する。

(要 旨)

第4条 本章は、GNSS水準測量の作業方法等を定めるものである。

2 「GNSS」とは、人工衛星からの信号を用いて位置を決定する衛星測位システムの総称で、GPS、準天頂衛星システム、GLONASS、Galileo等の衛星測位システムがある。GNSS水準測量においては、GPS、準天頂衛星システム及びGLONASSを適用する。なお、GPSと準天頂衛星システムは、同等のものとして扱うことができるため、このマニュアルにおいては、両システムの衛星を以下「GPS・準天頂衛星」と表記する。

(既知点の種類等)

第5条 既知点の種類及び既知点の数は、次表を標準とする。

区 分 項 目	GNSS 水準測量
既知点の種類	一～二等水準点 電子基準点（「標高区分：水準測量による」に限る） 1～2級水準点
既知点の数	3点以上 ただし、地形の状況によりやむを得ないときは、2点とすることができる。

(GNSS水準測量の方式)

第6条 GNSS水準測量は、原則として、結合多角方式により行うものとする。ただし、地形の状況によりやむを得ないときは、単路線方式により行うことができるものとする。

2 作業方法は、次表を標準とする。

区 分 項 目	GNSS 水準測量	
路線の辺数	6 辺以下	
路 線 長	60km 以下	
路 線 図 形	新点は外周路線に属する隣接既知点を結ぶ直線の内側に選点するものとする。ただし、地形の状況によりやむを得ないときは、この限りでない。	
観測距離	6km 以上 40km 以下 なお、観測距離は新点間距離も対象とする。	
観測楕円体比高	700m 以下を標準とする。 なお、700m を超える場合は日を変えて点検観測を行うものとする。	
偏 心 距 離	既知点	500m 未満
	新 点	250m 未満
備 考	1. 「路線」とは、既知点から他の既知点まで、既知点から交点まで又は交点から他の交点までを結ぶ辺のことをいう。	

	<p>2. 本マニュアルにおいて、「路線長」とは、既知点から他の既知点までを構成する基線長の合計をいう。</p> <p>3. 観測楕円体比高が700mを超える場合の点検観測は、誤差要因となる可能性が高い観測点において、観測の良否を判定するために行うものである。</p> <p>なお、点検観測は、点検測量を兼ねることができるものとする。</p>
--	---

3 既知点から新点又は新点から新点間の距離が6キロメートル未満の場合は、準則第50条に規定する直接水準測量方式による3級水準測量（以下「3級水準測量」という。）で行うものとする。ただし、地形等の条件により3級水準測量の実施が困難な場合は、あらかじめ計画機関の承認を得てGNSS水準測量を実施することができるものとする。

## 第2節 選 点

### （要 旨）

第7条 「選点」とは、平均計画図に基づき、現地において既知点（電子基準点を除く。）の現況を調査するとともに、新点の位置を選定し、選点図及び平均図を作成する作業をいう。

## 第3節 測量標の設置

### （永久標識の設置）

第8条 新点の位置には、原則として永久標識を設置し、測量標設置位置通知書（法第39条で読み替える法第21条第1項に基づき通知する文書をいう。以下同じ。）を作成するものとする。

2 永久標識の規格及び設置方法は、準則付録5によるものとする。

3 永久標識を設置した水準点については、第19条により求められた緯度と経度から平面直角座標に換算し、成果数値データファイルに0.1メートル位まで記載する。ただし、偏心点を設けた場合の本点の座標は、準則第39条に規定する観測方法により求めるものとする。

### （点の記の作成）

第9条 設置した永久標識については、点の記を作成するものとする。なお、点の記の備考欄には「GNSS水準測量」と記入するものとする。

## 第4節 観 測

### （要 旨）

第10条 「観測」とは、平均図等に基づき、GNSS測量機を用いて、GNSS衛星からの電波を受信し、位相データ等を記録する作業（以下「GNSS観測」という。）をいう。

### （機 器）

第11条 観測に使用する機器は、次表に掲げるもの又はこれらと同等以上のものを標準とする。

機 器	性 能	摘 要
1級GNSS測量機	準則別表1による	観測距離が10km未満の場合に使用できる。
2級GNSS測量機		
3級レベル		偏心要素の測定
2級標尺		

(機器の点検及び調整)

第12条 観測に使用する機器の点検は、観測着手前及び観測期間中に適宜行い、必要に応じて機器の調整を行うものとする。

(GNSS観測の実施)

第13条 GNSS観測にあたり、計画機関の承認を得た平均図に基づき、観測図を作成するものとする。

2 GNSS観測は、平均図等に基づき、準則第37条第2項第二号リ(1)に規定するスタティック法により行う。

一 GNSS観測は、次表を標準とする。

項目		区分	GNSS水準測量
観測時間			5時間以上
データ取得間隔			30秒以下
最低高度角			15度を標準
アンテナ高測定単位			mm
使用衛星数	GPS・準天頂衛星		5衛星以上
	GPS・準天頂衛星及び GLONASS衛星		6衛星以上
摘要			1. GNSS衛星の作動状態、飛来情報等を考慮し、片寄った配置の使用は避けるものとする。 2. GLONASS衛星を用いて観測する場合は、GPS衛星及びGLONASS衛星を、それぞれ2衛星以上を用いること。 3. 電子基準点を使用する場合は、事前に稼働状況を確認するものとする。 4. 観測距離が、10km以上の場合は2周波による観測を行い、10km未満の場合は1周波又は2周波による観測を行うものとする。

二 電子基準点以外の水準点（既知点、新点及び偏心点）のアンテナ高は、鋼巻尺（JIS B 7512:JIS 1級）を使用し、標識上面からアンテナ底面までの垂直距離を観測前と観測後にそれぞれ2回測定する。2回測定の較差の許容範囲は3ミリメートル以内とし、観測前の平均値と観測後の平均値の較差の許容範囲は3ミリメートル以内とする。なお、観測前後4回の測定値の平均値をアンテナ底面高として採用するものとする。

三 作業地域の気象条件等が次のようなときは、原則としてGNSS観測を行わないものとする。

- イ 台風又は熱帯低気圧が接近又は通過しているとき。
- ロ 寒冷前線・温暖前線等が接近又は通過しているとき。
- ハ 積乱雲の急速な発達や集中豪雨が予測されるとき。
- ニ その他、大気遅延の影響を大きく受けると予測されるとき。

(観測値の点検及び再測)

第14条 観測値について点検を行い、GNSS 観測による基線解析の結果において、FIX 解が得られない場合は、再測するものとする。

(偏心要素の測定)

第15条 偏心が必要な場合は、本点に対する偏心点の高低差（以下「偏心要素」という。）の測定を行うものとする。

2 偏心要素の測定は、次表を標準とする。

偏心距離	機器及び測定方法	測定単位	点検項目・許容範囲
100m未満	3級水準測量に準じて観測する。ただし、後視及び前視に同一標尺を用いて片道観測の測点数を1点とすることができる。	mm	往復の較差 3 mm
100m以上 250m未満	3級水準測量に準じて観測する。	mm	往復の較差 5 mm
250m以上 500m未満	3級水準測量に準じて観測する。	mm	往復の較差 $10\text{mm}\sqrt{S}$ S:測定距離(片道、km単位)

3 既知点及び新点に偏心点を設けた場合の計算は、次のとおり行うものとする。

- 一 「既知点(偏心点)の標高」とは、既知点(本点)の標高に偏心要素を加えた値をいう。
- 二 既知点(偏心点)の緯度と経度は、既知点(偏心点)から最も近い電子基準点の成果表の値を用いて、当該電子基準点との基線解析により求められた値を使用する。
- 三 既知点(偏心点)の楕円体高は、既知点(偏心点)の標高に、前号により得られた緯度と経度を用いて、ジオイド・モデルから求めたジオイド高を加えた値とする。
- 四 新点(本点)の標高は、第19条による三次元網平均計算より求めた新点(偏心点)の標高から偏心要素を減じた値とする。

第5節 計 算

(要 旨)

第16条 「計算」とは、新点の標高を求めるため、関連する諸要素の計算及び成果表等の作成を行うことをいう。

(計算の方法等)

第17条 計算は、準則付録6の計算式、又はこれと同精度若しくはこれを上回る精度を有することが確認できる場合は、当該計算式を使用することができる。

2 計算結果の表示単位等は、次表のとおりとする。

区分 項目	経緯度	標 高	ジオイド高	楕円体高
単 位	秒	m	m	m
位	0.0001	0.001	0.001	0.001

3 GNSS 観測における基線解析では、以下により実施することを標準とする。



一 計算結果の表示単位等は、次表のとおりとする。

項目	区分	単位	位
基線ベクトル成分		m	0.001

- 二 G N S S 衛星の軌道情報は、放送暦を標準とする。
- 三 基線解析では、原則として P C V 補正を行うものとする。
- 四 気象要素の補正は、基線解析ソフトウェアで採用している標準大気によるものとする。
- 五 基線解析の条件は、観測距離が 1 0 キロメートル以上の場合には 2 周波で行うものとし、観測距離が 1 0 キロメートル未満は 1 周波又は 2 周波で行うものとする。
- 六 基線解析に使用する固定点の緯度と経度及び楕円体高は、次の方法により求めた値とする。
- イ 固定点に電子基準点を使用する場合
- (1) 緯度と経度は、当該電子基準点の成果表の値を使用する。
- (2) 楕円体高は、電子基準点の成果表の標高に、ジオイド・モデルから求めたジオイド高を加えた値を使用する。
- ロ 固定点に電子基準点以外の既知点を使用する場合
- (1) 緯度と経度は、既知点から最も近い電子基準点の成果表の値を用いて、当該電子基準点との基線解析により求められた値を使用する。
- (2) 楕円体高は、既知点の成果表の標高に、(1)より得られた緯度と経度を用いて、ジオイド・モデルから求めたジオイド高を加えた値を使用する。
- 七 基線解析に使用する高度角は、観測時に G N S S 測量機に設定した受信高度角とする。
- 八 基線解析に使用する G N S S 観測データは、5 時間以上とし、データ取得間隔は 3 0 秒以下とする。

(点検計算及び再測)

**第 18 条** 点検計算は、観測終了後に行うものとする。許容範囲を超えた場合は、再測を行う等適切な措置を講ずるものとする。

2 観測値の点検項目は、次のとおりとする。

一 5 時間以上のデータを前半の 2. 5 時間以上及び後半の 2. 5 時間以上に分け基線解析を行い、その 2 個の基線ベクトルの較差を比較点検する方法。

ただし、観測楕円体比高が 700m を超えて点検観測を行った基線については省略する。

二 楕円体高の閉合差の点検は、次のいずれかの方法により行うものとする。

イ 既知点間を結合する路線で、次の条件により点検する方法

- (1) すべての既知点は、1 つ以上の点検路線で結合させるものとする。
- (2) 結合計算に用いる楕円体比高は、5 時間以上のデータを使用した基線解析による値を使用する。
- (3) 既知点の楕円体高は、第 1 7 条第 3 項第六号に規定するものを使用する。
- (4) 楕円体高の閉合差は、(2)の楕円体比高と(3)により得られた楕円体比高の差とする。

ロ 既知点 1 点を固定する仮定三次元網平均計算結果から求めた楕円体高により点検する方法

- (1) 既知点の緯度と経度及び楕円体高は、第 1 7 条第 3 項第六号に規定するものを使用する。
- (2) 基線ベクトルは、5 時間以上のデータを使用した基線解析による値を使用する。
- (3) 重量 (P) は、基線解析により求められた分散・共分散行列の逆行列を用いるものとする。

ただし、すべての基線の解析手法、解析時間が同じでない場合は、水平及び高さの分散の固定値を用いるものとする。なお、分散の固定値は、 $d_N = (0.004m)^2$   $d_E = (0.004m)^2$   $d_U = (0.007m)^2$  とする。

- 3 観測楕円体比高が 700m を超えたときの点検観測については、次の方法により点検を行うものとする。
- 一 点検観測 5 時間以上のデータを使用して基線解析を行う。
  - 二 前号による基線ベクトルと採用する基線ベクトルを比較する。
- 4 点検計算における許容範囲は、次表のとおりとする。

区 分		許容範囲	備 考
基線ベクトルの 較 差	水平 ( $\Delta N$ 、 $\Delta E$ )	20mm	$\Delta N$ : 水平面の南北方向の較差 $\Delta E$ : 水平面の東西方向の較差
	高さ ( $\Delta U$ )	40mm	$\Delta U$ : 高さ方向の較差 (第 3 項第二号にも適用)
既知点間の楕円体高の閉合差		$15\text{mm}\sqrt{S}$	S: 路線長 (km 単位)
仮定三次元網平均計算における楕円体高の閉合差		$15\text{mm}\sqrt{S}$	S: 路線長 (km 単位)
仮定三次元網平均計算における基線ベクトルの各成分の残差		20mm	

- 5 点検計算の結果は、精度管理表にとりまとめるものとする。

(三次元網平均計算)

- 第19条 既知点 2 点以上を固定する三次元網平均計算は、平均図に基づき行うものとし、次のとおりとする。
- 2 既知点の緯度と経度及び楕円体高は、第 18 条第 2 項第二号ロ (1) の規定を準用する。
  - 3 基線ベクトルは、第 18 条第 2 項第二号ロ (2) の規定を準用する。
  - 4 重量 (P) は、第 18 条第 2 項第二号ロ (3) の規定を準用する。
  - 5 新点の標高は、三次元網平均計算より求めた楕円体高から、ジオイド・モデルにより求めたジオイド高を減じることにより算出する。
  - 6 第 17 条第 3 項第六号ロの規定により基線解析を行った場合の三次元網平均計算は、次のとおり行うことができるものとする。
    - 一 電子基準点以外の既知点 (水準点) は、楕円体高のみを固定する。
    - 二 既知点 (水準点) から最も近い電子基準点は、緯度と経度のみを固定する。
  - 7 三次元網平均計算による各項目の許容範囲は、次表を標準とする。

項 目	区 分	許容範囲
斜 距 離 の 残 差		80mm

- 8 三次元網平均計算に使用するプログラムは、計算結果が正しいものと確認されたものを使用するものとする。
- 9 三次元網平均計算の結果は、精度管理表にとりまとめるものとする。

第 6 節 成果等の整理

(成果等)

- 第20条 成果等は、次の各号のとおりとする。ただし、作業方法によっては、この限りでない。

- 一 観測手簿
- 二 観測記簿
- 三 計算簿
- 四 平均図
- 五 成果表
- 六 点の記
- 七 建標承諾書
- 八 測量標設置位置通知書
- 九 品質評価表及び精度管理表
- 十 測量標の地上写真
- 十一 基準点現況調査報告書
- 十二 成果数値データ
- 十三 点検測量簿
- 十四 メタデータ
- 十五 その他の資料

**附則**

このマニュアルは、平成25年4月26日から施行する。

**附則**

このマニュアルは、平成26年4月1日から施行する。

**附則**

このマニュアルは、平成27年5月1日から施行する。

**附則**

このマニュアルは、平成27年7月22日から施行する。

**附則**

このマニュアルは、平成29年2月27日から施行する。