

GPSアンテナ位相特性 決定作業要領

平成16年9月1日

測地部

目 次

第1章 総則	1
第1条 目的	1
第2条 運用基準	1
第3条 要旨	1
第2章 定義	1
第4条 位相特性の定義	1
第5条 アンテナ底面高の定義	1
第6条 アンテナ位相特性検定基線の定義	1
第7条 検定の定義	2
第8条 基準アンテナ及び試験アンテナの定義	2
第9条 標準アンテナの定義	2
第3章 管理	3
第10条 管理者の設置	3
第11条 基準アンテナの決定	4
第4章 検定基線の決定	4
第12条 主要機器の性能及び点検	4
第13条 検定基線決定の観測	5
第14条 検定基線決定の計算	5
第5章 検定の実施	6
第15条 主要機器の性能及び点検	6
第16条 観測	6
第17条 計算	6
第6章 整理	8
第18条 整理	8

第1章 総則

(目的)

第1条 この要領は、基本測量に使用するGPS測量機のアンテナ位相特性（以下、「位相特性」という。）を決定する作業方法を定めることを目的とする。

(運用基準)

第2条 この要領に定めるもののほか、この要領の運用に関する必要な事項は、GPSアンテナ位相特性決定作業要領運用基準及びGPSアンテナ位相特性決定作業要領記載要領（以下、それぞれ「運用基準」、「記載要領」という。）で定める。

(要旨)

第3条 位相特性を決定する手順は、次のとおりとする。

- (1) アンテナ位相特性検定基線の決定
- (2) 検定の実施
- (3) 整理

第2章 定義

(位相特性の定義)

第4条 位相特性とは、平均的な位相中心及び位相中心の変動をいう。

- 2 位相中心とは、アンテナがGPS衛星からの搬送波を受ける電気的な中心をいう。
- 3 平均的な位相中心とは、所定の観測により取得した搬送波データを使用して求めた位相中心の3次元的な位置を平均したものをいう。
- 4 平均的な位相中心は、アンテナ底面の物理的中心からのベクトルとして表す。
- 5 位相中心の変動とは、平均的な位相中心から衛星までの距離の、搬送波の入射角に応じた見かけ上の変動をいう。位相中心の変動は、一般に、PCV (phase center variation) とも呼ばれる。
- 6 位相中心の変動は、衛星高度角に依存する変動と衛星方位角に依存する変動によって表す。

(アンテナ底面高の定義)

第5条 アンテナ底面高とは架台上面又は標石上面からアンテナ底面までの高さをいう。

(アンテナ位相特性検定基線の定義)

第6条 アンテナ位相特性検定基線（以下、検定基線という。）とは、検定の際に既知とする基線ベクトルのことをいい、検定基線を構成する測点（以下、基線測点という。）は、その基線ベクトルが精度よく求まるよう、運用基準で定める条件を満たしていなければならない。

【第6条運用基準】

1. 地盤が安定し、保存に適し、平坦でかつ電波障害が無い場所に基線測点を設置する。
2. 基線測点間の距離は、アンテナ同士の相互干渉を避け、かつ大気遅延量の差が無視できる1mから10mを標準とする。
3. 基線測点にはアンテナの設置誤差及びGPS電波のマルチパスを可能な限り減ずる処置を施すものとする。
4. 既存の測点を使用する場合も同様とする。

(検定の定義)

- 第7条 検定とは、検定基線の両端点に基準アンテナ及び試験アンテナを設置し、基準アンテナに対する試験アンテナの位相特性をGPS観測により相対的に決定することをいう。
- 2 運用基準で定義する位相特性の区分について検定を行うものとする。

【第7条運用基準】

1. 検定により決定する位相特性の区分は次表のとおりとする。

区分	定義
1セット毎の位相特性	あるアンテナ1台について、1セットの観測結果から決定される位相特性
アンテナ1台毎の位相特性	あるアンテナ1台について、行われた全てのセットの観測結果を平均して得られる位相特性
機種毎の位相特性	アンテナ1台毎の位相特性を、ある1機種について平均して得られる位相特性

(基準アンテナ及び試験アンテナの定義)

- 第8条 基準アンテナとは、その位相特性が既知であり、試験アンテナの位相特性を決定するために基準とするアンテナをいう。
- 2 試験アンテナとは、位相特性が決定されるアンテナをいう。

(標準アンテナの定義)

- 第9条 標準アンテナとして、一次標準アンテナと二次標準アンテナを定める。
- 2 一次標準アンテナとは、国土地理院が所有するアンテナで、この要領に基づいて決定される全ての試験アンテナの位相特性のトレースの原点となるものをいい、運用基準で定める。
 - 3 前項における位相特性のトレースとは、位相特性を決定した試験アンテナを基準アンテナとし、別の試験アンテナの位相特性を順次決定することをいう。
 - 4 二次標準アンテナとは、一次標準アンテナに対する位相特性のトレースが直接取れているアンテナのことをいい、運用基準で定める。

【第9条運用基準】

1. 一次標準アンテナは、AOA Dorne Margolin T (S/N 480) とし、平均的な位相中心は次表に示す値とする。

	L1	L2
N	0.0 mm	0.0 mm
E	0.0 mm	0.0 mm
U	110.0 mm	128.0 mm

2. 一次標準アンテナの衛星高度角及び方位角に依存する位相中心の変動はすべて0.0 mmとする。
3. 二次標準アンテナは、以下の条件を満たすものとする。
 - (1) 機種がチョークリングアンテナである。
 - (2) 一次標準アンテナを基準アンテナとした検定が、国土地理院が管理する基線測点を使用して行われている。
4. 一次標準アンテナの変更は原則として行わないものとする。故障等により変更せざるを得ない場合、国土地理院測地部測地基準課長は、国土地理院が所有する二次標準アンテナのうち一つを新たに一次標準アンテナと定める。ただし、位相特性は新たに一次標準アンテナと定めたアンテナのものを使用する。

第3章 管理

(管理者の設置)

第10条 位相特性決定作業を円滑に行うため、管理者をおかななければならない。

2 管理者は、測地基準課長とし、以下の項目を運用基準に定める方法で管理する。

- (1) 基線測点の設置及び管理
- (2) 基線測点の成果の管理
- (3) 検定の管理

【第10条運用基準】

1. 管理者は、実務を担当する係を定めることができる。
2. 担当係は、測地標準係とする。
3. 管理者は、第6条に従って基線測点を設置することができる。
4. 工事、電波障害等の原因により、検定基線の使用に支障が生じた場合、管理者は、基線測点の廃棄、増設、新設を行うことができる。
5. 管理者が必要とした場合、担当係は、基線測点の状態（記載要領様式1）、検定基線の決定方法（同様式2）、位相特性の検定方法（同様式3）、検定状況等（同様式4）を管理者に報告するとともに、基線測点の成果、使用する基準アンテナの位相特性及び検定結果を第5章に従って報告しなければならない。

6. 検定基線は、年1回及び管理者が必要と判断した場合、点検観測を行うものとする。
点検観測は、第12条から第14条に示す方法で行う。
7. 検定基線ベクトルの南北、東西、上下成分のいずれかが、成果に対して2mm以上異なる場合、成果を更新する。
8. 民間事業者が基線測点を使用する場合は、使用申請書（同様式5）を管理者に提出し、許可を受けなければならない。

（基準アンテナの決定）

第11条 管理者は、その管理下で行う位相特性の検定において、基準アンテナとして継続的に使用するアンテナを定めるものとする。

【第11条運用基準】

1. 一次標準アンテナ又は二次標準アンテナのうち一つを基準アンテナとして使用する。
2. 基準アンテナの変更は原則として行わないものとする。故障等により変更せざるを得ない場合、二次標準アンテナのうち一つを新たに基準アンテナと定める。ただし、位相特性は新たに基準アンテナと定めたアンテナのものを使用する。
3. 管理者及び検定作業を行う者は、標準アンテナの取り扱いには特に注意を払わなければならない。

第4章 検定基線の決定

（主要機器の性能及び点検）

第12条 検定基線の決定に使用する主要機器は、運用基準に示すものとし、事前に点検を行う。

【第12条運用基準】

1. 主要機器の性能及び点検方法は次表に定める。

区分	機種	点検方法
GPSアンテナ GPS測量機	チョークリングアンテナ 1周波及び2周波受信機	地域基準点測量作業規程による
レベル及び標尺	0.1mm まで観測可能なもの	水準測量作業規程による
鋼製巻尺等	JIS1級鋼製巻尺 JIS1級直定規	

2. GPSアンテナは同機種のものを使用する。
3. GPSアンテナは、第1項の点検に加え、以下の方法により平均的な位相中心の差を点検し、使用するものとする。
 - (1) 検定基線両端点にアンテナを設置し、GPS観測を行う。観測の条件は、第13条運用基準第2項第1号から第6号を満たすものとする。
 - (2) 両アンテナの向きをそろえ、観測を行う。この時の両アンテナの向きを正と定義する。

- (3) 片方のアンテナの方位を180度反転して、同様に観測を行う。この時反転したアンテナの向きを反と定義する。
 - (4) 両アンテナの位置を交換し、ともに正の向きとし、同様に観測を行う。
 - (5) (3) で方位を反転したアンテナとは異なる方のアンテナを反の向きとし、同様に観測を行う。
 - (6) 平均的な位相中心の上下成分の差を(2)と(4)で求めた基線ベクトルの上下成分の差を平均して求める。
 - (7) 平均的な位相中心の南北、東西成分の差を、(2)と(3)で求めた基線ベクトルの水平成分の差の平均に、(4)と(5)で求めた基線ベクトルの水平成分の差の平均を足し合わせて求める。
 - (8) 平均的な位相中心の差の南北、東西、上下成分のいずれかが3 mmを超える場合、それらのアンテナの組み合わせは使用してはならない。
4. 前項の点検で取得した観測データは、検定基線の決定に使用することができる。

(検定基線決定の観測)

第13条 検定基線決定の観測は、運用基準で定める方法で行う。

【第13条運用基準】

1. 測点間の比高を直接水準測量により観測する。観測値はメートル単位で、0.0001位まで求める。
2. GPS測量機による観測は次のとおりとする。
 - (1) 静的干渉測位方式で行う。
 - (2) 自動車等マルチパスの原因となるものを近づけない。
 - (3) 受信機の入力設定は、高度角マスク、データ取得間隔をそれぞれ10度、30秒とする。
 - (4) 観測は、24時間観測を1セットとし、2セットを標準とする。
 - (5) アンテナ底面高は、すべての観測において鋼製巻尺等を用いてアンテナ底面から垂直に測定し、メートル単位で0.001位まで求める。
 - (6) アンテナ底面高は、同一の機種に対して同高に統一しなければならない。
 - (7) アンテナの方位をそろえる。

(検定基線決定の計算)

第14条 検定基線決定の計算は、運用基準で定める方法で行う。

【第14条運用基準】

1. 基線ベクトルは、水平成分をGPSのデータ、上下成分を水準測量のデータから決定する。
2. GPSデータの解析は、国土地理院の所有する精密基線解析ソフトウェアを使用し、以下のとおり行うものとする。
 - (1) 高度角マスク、データ取得間隔はそれぞれ15度、30秒とする。
 - (2) 大気遅延量の推定及び電離層の補正は行わない。

- (3) 高度角に依存する重み付けは行わない。
- (4) 周波数はL1を使用する。
- (5) 位相特性の補正は、当面、次のとおりとする。
 - ①平均的な位相中心のみを用いた相対的な補正を行う。
 - ②基線ベクトルの起点に設置したアンテナについては、そのアンテナの位相特性を使用する。
 - ③基線ベクトルの終点に設置したアンテナについては、前号の位相特性に第11条運用基準第3項で求めた平均的な位相中心の差を加えたものを使用する。
- (6) 基線測点の座標値及びベクトルは、メートル単位で0.001位まで求めるものとする。
- (7) 各セットの計算結果の平均値を成果とし、標準偏差を求める。
- (8) GPS衛星の作動状態（ヘルスステータス：health status）は、正常なものを使用する。

第5章 検定の実施

(主要機器の性能及び点検)

第15条 観測に使用する主要機器は、運用基準に示すものとし、事前に点検を行う。

【第15条運用基準】

- 1. 基準アンテナ及び試験アンテナの点検方法は地域基準点測量作業規程による。
- 2. 試験アンテナは、1機種につき2台以上使用することを標準とする。
- 3. 鋼製巻尺等は、JIS1級とする。

(観測)

第16条 観測は、運用基準に定める方法で行う。

【第16条運用基準】

- 1. 観測方法は、第13条運用基準第2項に従う。ただし観測は24時間1セットを標準とする。
- 2. 衛星方位角に依存する位相中心変動を推定する際は、1セットの全観測時間のうち半分が経過した時点で、アンテナの方位を反転するものとする。

(計算)

第17条 計算は、運用基準に定める方法で行う。

【第17条運用基準】

- 1. 解析は、国土地理院の所有する精密基線解析ソフトウェア（Bernese GPS Software）付属の位相特性推定モジュールを使用する。ただし、以下の第2項及び第3項に示す設定と同等の設定が可能なソフトウェアについては、これを使用することができる。
- 2. 平均的な位相中心の計算は次のとおり行う。
 - (1) 高度角マスク、データ取得間隔はそれぞれ15度、30秒とする。
 - (2) 大気遅延量の推定及び電離層補正は行わない。
 - (3) 高度角に依存する重み付けは行わない。

- (4) L1、L2それぞれの周波数を用いて別々に計算を行う。
 - (5) 試験アンテナの位相特性は、すべての成分を0.0 mmとする。
 - (6) 計算結果は、基準アンテナを設置した基線測点の南北（N）、東西（E）、上下（U）成分で表し、ミリメートル単位で0.1位まで求めるものとする。
3. 衛星高度角及び方位角に依存する位相中心の変動の計算は次のとおり行う。
- (1) 高度角マスク、データ取得間隔はそれぞれ10度、30秒とする。
 - (2) 大気遅延量の推定及び電離層補正は行わない。
 - (3) 高度角に依存する重み付けは行わない。
 - (4) L1、L2それぞれの周波数を用いて別々に計算を行う。
 - (5) 試験アンテナの位相特性は、平均的な位相中心については前項において求めた値を使用し、衛星高度角及び方位角に依存する位相中心の変動については、すべての成分を0.0 mmとする。
 - (6) 位相中心の変動は、次に示す球面調和関数を用いて近似するものとする。

$$\Delta\phi(\alpha,z) = \sum_{n=1}^{n_{\max}} \sum_{m=0}^n \tilde{P}_{nm}(\cos 2z) (a_{nm} \cos m\alpha + b_{nm} \sin m\alpha) + \text{定数}$$

ここで、 $\Delta\phi$: 位相中心変動、 α : 方位角、 z : 天頂角 ($90^\circ - \text{高度角}$)、 \tilde{P}_{nm} : 正規化された Legendre 陪関数、 n : 位数、 m : 次数、 a_{nm}, b_{nm} は展開係数を表す。

- (7) 前項の定数は、天頂方向の位相中心変動がゼロに近くづくよう任意の値を定めるものとする。
- (8) 次数及び位数の最大値は、次のとおりとする。

推定項目	次数	位数
衛星高度角に依存する変動	10	0
衛星高度角及び方位角に依存する変動	10	5

- (9) 計算結果はミリメートル単位で0.1位まで求めるものとする。
4. アンテナ1台ごとの位相特性は、2セット以上観測した場合、以下の方法で平均することにより求める。
- (1) 平均的な位相中心については、各セットの計算結果を単純平均する。
 - (2) 衛星高度角に依存する位相中心の変動については、各セットの計算結果の高度角15度以上かつ80度以下の値の平均値を計算し、すべての値からこの平均値を引いたものに対して平均を行う。
 - (3) 以上の平均計算においては、標準偏差を求める。
5. 機種ごとの位相特性は、アンテナ1台ごとの位相特性を前項と同様の方法で平均することにより求める。ただし、アンテナごとの平均的な位相中心位置の、南北、東西、上下成分のいずれの差も、5 mmを越えない組み合わせとする。

第6章 整理

(整理)

第18条 計算結果は、運用基準に定める方法で整理する。

【第18条運用基準】

1. 基線測点の座標値を、記載要領の様式6に従って成果表にまとめる。
2. 第12条第3項で検定基線の決定に使用したアンテナの平均的な位相中心を、記載要領の様式7に従ってまとめる。
3. 位相特性の算出に使用した測量機器、観測場所、ソフトウェア等を記載要領の様式に従って位相特性検定記録簿に記入する。
4. 使用した基準アンテナの位相特性及び第17条の計算結果を、記載要領に従って位相特性総括表に記入する。
5. GPS基線解析の過程でソフトウェアが出力するファイルを保存する。

測地基準課長 殿

測地標準係長

基線測点の状態について

下記のとおり、報告します。

記

1. アンテナ位相特性検定基線及び基線測点の名称

〇〇〇〇 (△△△、△△△)

2. 基線測点の場所等

名称	所在地	土地所有者
〇〇測点	〇〇県〇〇市〇〇町〇丁目〇〇	〇〇市△△町 〇〇市〇〇課 担当 〇〇 電話番号

3. (設置、増設、廃点) の時期

〇〇〇〇〇〇〇〇

4. 添付図又は写真

- (1) 位置図
- (2) 詳細図
- (3) 構造図

4. その他

測地基準課長 殿

測地標準係長

基線測点の成果決定方法について

下記のとおり、報告します。

記

1. アンテナ位相特性検定基線及び基線測点の名称
○○○○ (△△△、△△△)
2. 使用機器
○○○○ (S/N△△△) 、○○○○ (S/N△△△)
○○○○ (S/N△△△)
3. 観測方法
(例) 作業要領のとおり
水準測量の観測図別添
4. 観測日時
○○年○○月○○日○時～○○年○○月○○日○時
5. 解析ソフトウェア
(例) 作業要領のとおり
6. 解析方法
(例) 基線ベクトルの水平成分は2日間の平均により算出。標準偏差別添。
7. その他

測地基準課長 殿

測地標準係長

位相特性の検定方法について

下記のとおり、報告します。

記

1. アンテナ位相特性検定基線及び基線測点の名称
○○○○ (△△△、△△△)
2. 基準アンテナ及び受信機
○○○○ (S/N○○○○) 、○○○○ (S/N○○○○)
3. 観測方法 (アンテナ設置状況)
(例) ピラー、電波吸収材 (添付図又は写真)
4. 解析ソフトウェア
(例) ○○○○
(例) 自社製解析ソフトウェア
5. その他

測地基準課長 殿

測地標準係長

位相特性の検定状況について

下記のとおり平成〇〇年度の検定状況を報告します。

記

1. アンテナ位相特性検定基線及び基線測点の名称
 〇〇〇〇 (△△△、△△△)

2. 結果

作業者	機種 (受信機及び アンテナ)	台数	観測月日
〇〇〇〇	〇〇〇〇 〇〇〇〇	〇台	〇月〇日～ 〇月〇日
〇〇〇〇	〇〇〇〇 〇〇〇〇	〇台	〇月〇日～ 〇月〇日
〇〇〇〇	〇〇〇〇 〇〇〇〇	〇台	〇月〇日～ 〇月〇日
〇〇〇〇	〇〇〇〇 〇〇〇〇	〇台	〇月〇日～ 〇月〇日

アンテナ定数検定架台使用申請書

国土地理院測地部
測地基準課長 殿

申請者

住所

法人名

使用者

電話番号

下記のとおりアンテナ定数検定架台の使用を申請します。

記

- | | | |
|---|---------|---|
| 1 | 使用基線場名称 | 国土地理院アンテナ定数検定架台 |
| 2 | 使用基線測点 | (使用測点:□枠内)
院構内:H001, H002, H003, H004, H005 |
| 3 | 使用目的 | |
| 4 | 使用日時 | 平成16年 月 日 9:00~
平成16年 月 日 17:00 |
| 5 | 使用人数 | |
| 6 | 使用責任者 | |
| 7 | その他 | (1) 使用時間を厳守します。
(2) 火気取り締まりを厳重にします。
(3) 使用後は整理整頓しておきます。
(4) 自動車では立ち入りません。
(5) 測定値等を報告します。 |

.....

国土地理院アンテナ定数検定架台使用許可書

殿

申請のとおり使用を許可する。

平成16年 月 日
国土地理院 担当者

アンテナ定数検定架台 成果表

〇〇年〇〇月〇〇日 調整

世界測地系

単位：m

固定点：〇〇〇〇

電子基準点〇〇〇〇より

L1のみを使用して決定

測点名	X	Y	Z
〇〇〇〇	〇〇〇〇〇〇〇〇.〇〇〇	〇〇〇〇〇〇〇〇.〇〇〇	〇〇〇〇〇〇〇〇.〇〇〇
〇〇〇〇	〇〇〇〇〇〇〇〇.〇〇〇	〇〇〇〇〇〇〇〇.〇〇〇	〇〇〇〇〇〇〇〇.〇〇〇
〇〇〇〇	〇〇〇〇〇〇〇〇.〇〇〇	〇〇〇〇〇〇〇〇.〇〇〇	〇〇〇〇〇〇〇〇.〇〇〇
〇〇〇〇	〇〇〇〇〇〇〇〇.〇〇〇	〇〇〇〇〇〇〇〇.〇〇〇	〇〇〇〇〇〇〇〇.〇〇〇
〇〇〇〇	〇〇〇〇〇〇〇〇.〇〇〇	〇〇〇〇〇〇〇〇.〇〇〇	〇〇〇〇〇〇〇〇.〇〇〇

基準とする基線ベクトルを決定するアンテナの平均的位相中心

〇〇年〇〇月〇〇日 調整

単位:mm

機種	S/N		N	E	U	PCV
〇〇〇	〇〇〇	L1	0.0	0.0	〇〇〇.〇	すべて0.0
		L2	0.0	0.0	〇〇〇.〇	すべて0.0
〇〇〇	〇〇〇	L1	〇.〇	〇.〇	〇〇〇.〇	すべて0.0
		L2	〇.〇	〇.〇	〇〇〇.〇	すべて0.0