

## GNSS 測量

### <試験合格へのポイント>

GNSS（旧 GPS）※1※2 に関する問題は、基準点測量や地形測量など GNSS を用いる分野全てに、数多く出題されている。いわば「定番問題」となっている GNSS であるが、一部の例外を除きその出題内容は GNSS 測量に関する基礎的なものに留まっており、この基礎的な事項を理解しておけば、比較的解答しやすい問題であると言える。枝問の一部には、実務で扱っていないと解らない（理解できない）問題が出題されることもあるが、その枝問（選択肢）が解答である確立は低い。

ここでは、GNSS 測量全般と、GNSS 測量機を用いた基準点測量について解説する。

※1 H23.3.31 の作業規程の準則の改正に伴い、GPS 測量は GNSS（ジーエヌエスエス）測量とその名称を変更した。これに伴い GPS の名は全て GNSS に置き換えられた。

※2 H28.3.31 の作業規程の準則の改定に伴い、GNSS は GPS、準天頂衛星システム、GLONASS の3つが適用され、GPS 衛星と準天頂衛星は同等の衛星として扱うようになった。このため GPS 衛星と記載されていたものが GPS・準天頂衛星と記載されるようになった。

(★★★：最重要事項   ★★：重要事項   ★：知っておくと良い)

### ● GNSS 測量に関する基本事項   ★★★

GNSS（Global Navigation Satellite Systems：全地球衛星航法（または測位）システム）とは、

- ・アメリカの GPS（ジーピーエス：Global Positioning System）
- ・ロシアの GLONASS（グロナス：Global Navigation Satellite System）
- ・ヨーロッパ共同体の Galileo（ガリレオ：Galileo positioning system）
- ・日本の準天頂衛星システム（Quasi(準)-Zenith(天頂) Satellites(衛星) System）

等の衛星航法（または測位）システムの総称であり、衛星からの電波を専用アンテナで受信しそのアンテナ位置を決定するシステムを言う。

### ● GPSに関する基本事項   ★★

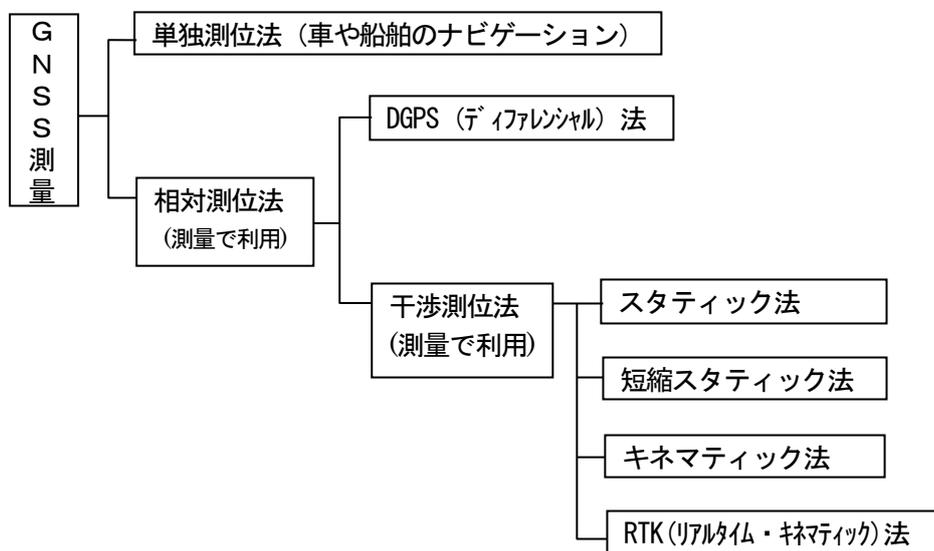
GPS（Global Positioning System：全地球測位システム）とは、GPS 衛星からの電波を地上のアンテナで受信し、これをソフトウェアで解析（基線解析）することにより地上での2点間の相互関係（基線ベクトル）を決定し、計算により未知点の座標値を求める測位方法である。

GPS 衛星は、地球の赤道面に対して約 55 度傾いた地上高度約 20,000Km の6つの軌道上に、合計 24 個（1 軌道につき 4 個）※あり、周回周軌道 0.5 恒星日（11 時間 58 分）で、常時電波を発信しながら地球の周りを回っている。この GPS 衛星が発信する電波（搬送波）には、衛星の位置を計算するための軌道情報や時刻などの「航法メッセージ」と、観測に用いる周波である「C/AコードやPコード」が含まれている。

※予備の衛星を含めると、31 個（2015/05 現在）の衛星がある。GPS 衛星の配備状況は、海上保安庁 DGPS センターのWEBページ上で公開されている。

●GNSS 測量の概要 ★★

GNSS 測量を分類すると、次のようになる。



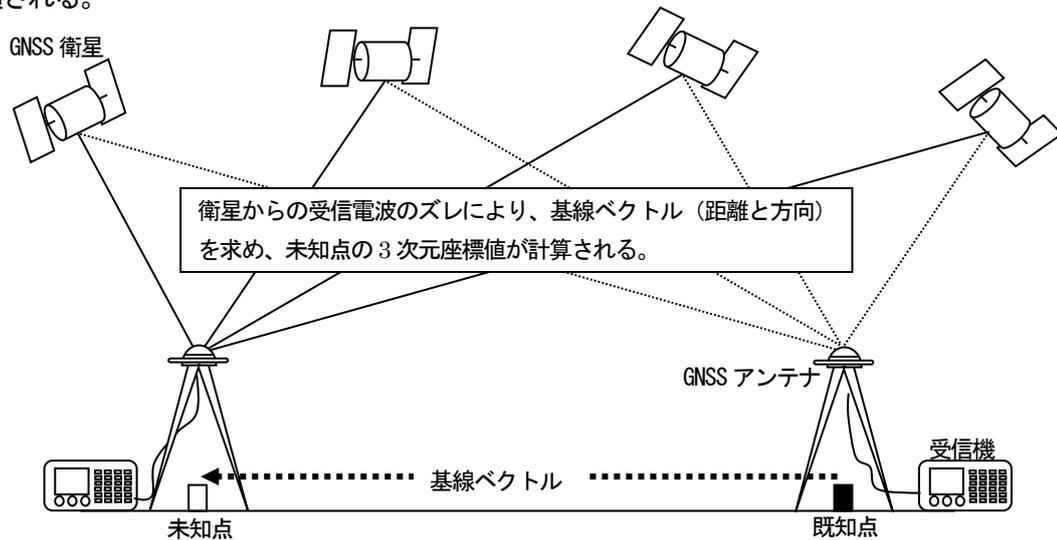
また、測量作業規程の準則（以下、作業規程の準則）では、基準点測量に用いられる GNSS 測量の観測方法は、次表の通り定められている。

GNSS 測量方法	適用
スタティック法 (120 分以上の観測時間)	1～2 級基準点測量 (10 km 以上)
スタティック法 (60 分以上の観測時間)	1～2 級基準点測量 (10 km 未満 ※) 3～4 級基準点測量
短縮スタティック法	3～4 級基準点測量
キネマティック法	3～4 級基準点測量
RTK 法	3～4 級基準点測量
ネットワーク型 RTK 法	3～4 級基準点測量
備 考	※観測距離が10kmを超える場合は、1級GNSS測量機により2周波による観測を行う。ただし、節点を設けて観測距離を10km未満にすることで、2級GNSS測量機により観測を行うこともできる。

## ● 干渉測位法

干渉測位法とは、次図のように既知点と未知点に GNSS アンテナを設置し、衛星電波到達のズレを用いて両点の基線ベクトルを測定し、未知点の座標データを求めようとする方式である。

またその観測方法は、スタティック法、短縮スタティック法、キネマティック法、RTK法などに分類される。



次に、干渉測位法における各観測方法について概説する。

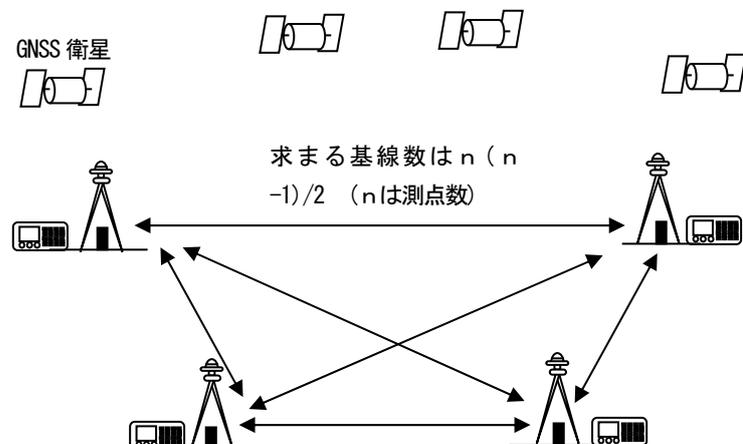
### 1. スタティック法（短縮スタティック法）★

スタティック法とは、静的干渉測位法とも呼ばれ、GNSS 受信機を複数の観測点に据えた後、60分～120分ほど、GPS・準天頂衛星のみでは4個以上（GPSとGLONASSの組合せでは5個以上）のGNSS衛星からの電波を連続して受信し、各測点間の「基線ベクトル」を求める方法である。

スタティック法は長時間の観測を行うため、観測値が多くなることや、マルチパスなど、環境が観測値に与える影響も観測値の平均化により軽減されるので、他の方法に比べて非常に高精度の観測が期待できる。

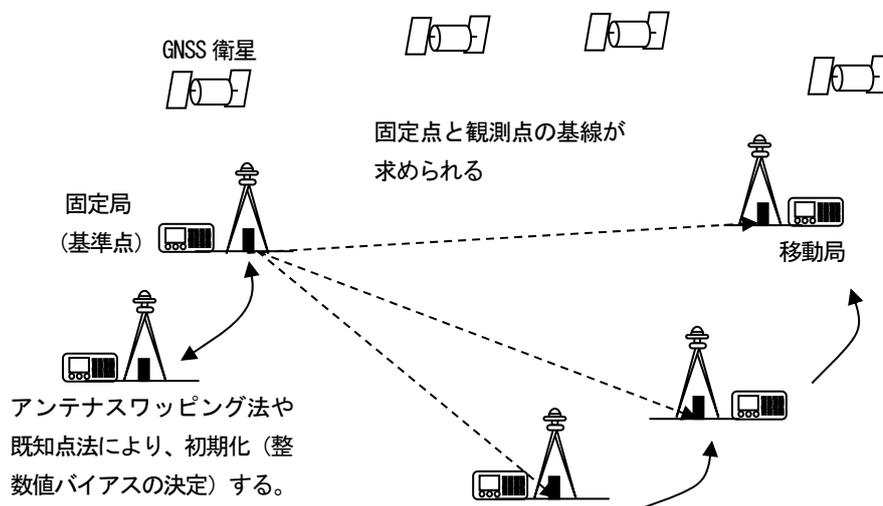
短縮スタティック法とは、高速スタティック法とも呼ばれることがあり、スタティック法と同様の観測方法を用い、基線解析において衛星の組合せを多数作るなどの処理を行い、観測時間をより短くすることにより（20分以上）、効率化を図った観測方法である。

短縮スタティック法においては、観測時間を短くするために、できるだけ多くのGNSS衛星からの電波を受信する必要がある。



## 2. キネマティック法

キネマティック法とは、図のように GNSS 受信機の 1 台を固定点に据付け（固定局）、他の 1 台を用いて他の観測点を移動（移動局）しながら、固定点と観測点の相対位置（基線ベクトル）を求める方法である。1 分以上の順次観測を行う方法である。



## 3. RTK（アールティーケー）法 ★★

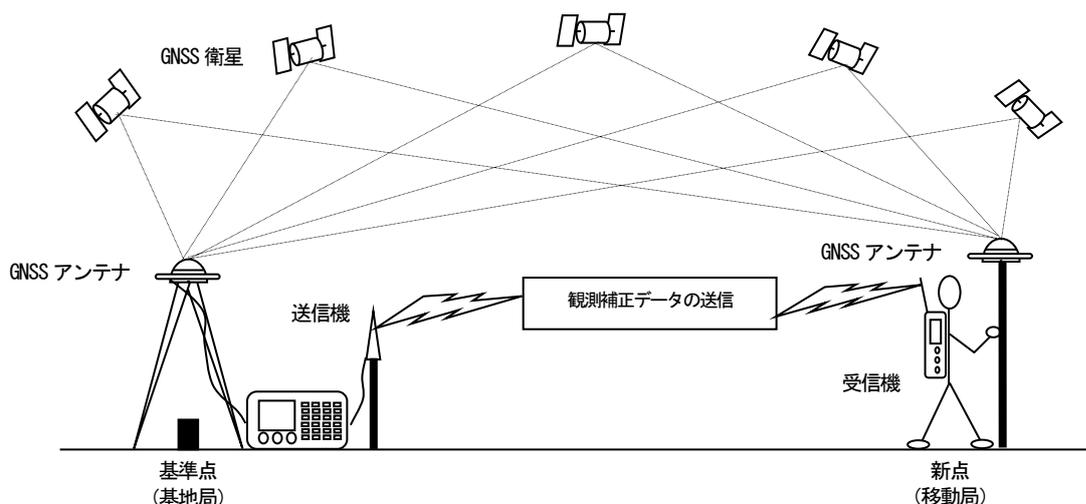
RTK（リアルタイム キネマティック：Real Time Kinematic）観測法とは、次図のように、既知点（固定点：基地局）から無線や携帯電話等により送信された補正観測データと、新点（移動局）で取得された GNSS 電波により 2 点間の基線ベクトルを求め、瞬時に新点の座標値を計算し、移動局のパソコンモニター上に表示させるものである。

これにより、1 点の観測にかかる時間が 1 秒程度とリアルタイムでの観測が行え、効率的に新点の座標値を求める事ができる。

RTK法による基線ベクトルは直接観測法又は間接観測法により求められる。

直接観測法は、固定局及び移動局で同時にGNSS衛星からの信号を受信し、基線解析により固定局と移動局の間の基線ベクトルを求める観測方法である。直接観測法による観測距離は、500m以内を標準とする。

間接観測法は、固定局及び2か所以上の移動局で同時にGNSS衛星からの信号を受信し、基線解析により得られた2つの基線ベクトルの差を用いて移動局間の基線ベクトルを求める観測方法である。間接観測法による固定局と移動局の間の距離は10km以内とし、間接的に求める移動局間の距離は500m以内を標準とする。



#### 4. ネットワーク型 RTK 法 ★★

RTK 法では、基準局（基準点）と移動局（新点）の距離が離れる（一般的に 10 km 以上）と、観測精度が落ちてしまう問題があり、基準局から離れた場所で用いる事ができなかった。

そこで、ネットワーク型 RTK 法では、3 点以上の基準局（電子基準点）からのリアルタイムデータ（データ配信事業者）を利用し、基準点（基準局）と新点（移動局）が離れていても、RTK 法と同等の精度で観測できるようにした。これにより基地局と移動局の距離の制限が無く、さらに受信機 1 台での観測作業が可能となったため、効率的に観測作業が行えるようになった。

また、ネットワーク型 RTK 法には、作業規程の準則により VRS 方式（仮想基準点方式）と FKP 方式（面補正パラメータ方式）の 2 方式が規定されている。

ネットワーク型 RTK 法により基線ベクトルを求める方法は、直接観測法又は間接観測法に分類される。

直接観測法は、配信事業者で算出された移動局近傍の任意地点の補正データ等と移動局の観測データを用いて、基線解析により基線ベクトルを求める観測方法である。

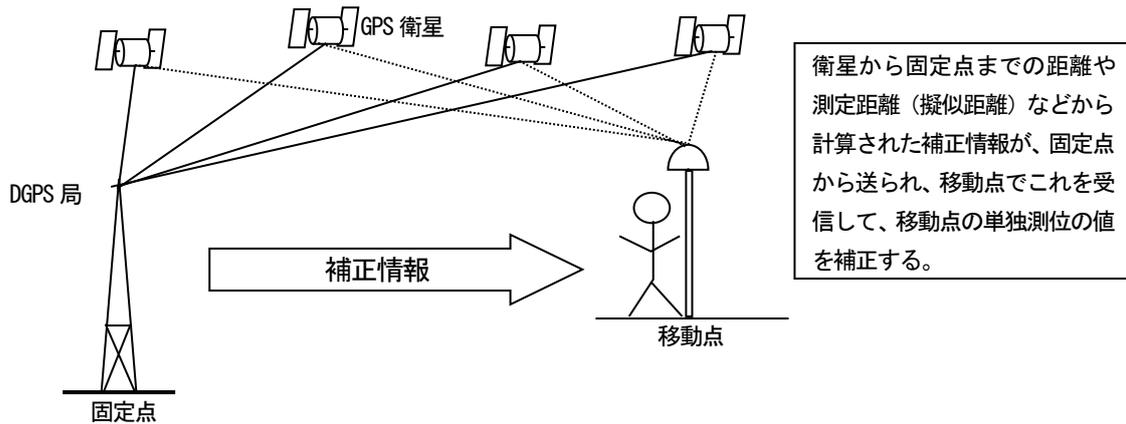
また、間接観測法は、次の 2 台同時観測方式又は 1 台準同時観測方式により基線ベクトルを求める観測方法である。2 台同時観測方式による方法は、2 か所の移動局で同時観測を行い、得られたそれぞれの三次元直交座標の差から移動局間の基線ベクトルを求めるものである。また、1 台準同時観測方式による間接観測法は、移動局で得られた三次元直交座標とその後、速やかに移動局を他の観測点に移動して観測を行い、得られたそれぞれの三次元直交座標の差から移動局間の基線ベクトルを求める方法である。

## 5. DGPS 法 (Differential GPS)

DGPS 法とは、2 点間（固定局と移動局）で同時刻に互いに単独測位を行い、それぞれの地点で得られた位置データをもとにその差を導き、移動局の位置を決定しようとするものである。

基準点設置等の精度を要求される測量作業には不向きであるが、1 m 程度の精度は期待でき、その利用も手軽であるため、重機の運行管理システムや調査（土地、植生、地質など）関連、GIS 等に幅広く用いられている。

一般的に固定局（点）は、海上保安庁が全国 27 箇所において運用している DGPS 局から、船舶向けに発信している、中波ビーコンにより補正情報を受信して利用することが多い。

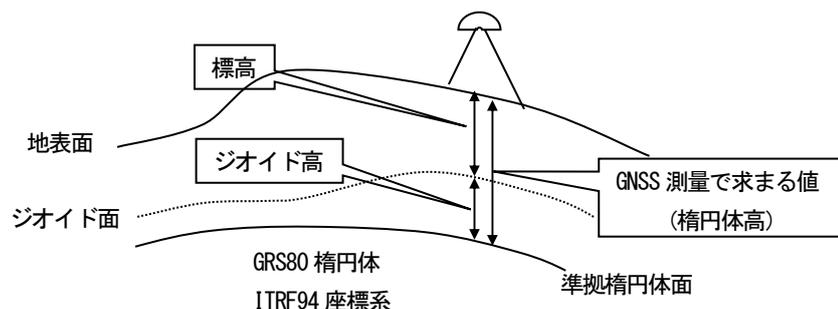


### ● GPS・準天頂衛星のみを用いた GNSS 測量による高さの観測 ★★★

GNSS 測量による観測結果は、緯度・経度・高度 (X,Y,Z) の座標で表される。この座標は WGS84 ※と呼ばれる楕円体に基づいているものである。GPS 衛星は地球中心（重心）の周りを回転しているため、GNSS 測量で求まる高さとは、地球中心を原点とした楕円体面から地上までの高さ、つまり楕円体高を求めていることになる。

日本国内の高さ、つまり標高はジオイドが基準となる日本水準原点から定められたものであり、下図のように GNSS 測量による観測結果とは異なる。このため、GNSS 測量により観測される高さ（高度）は、基線解析ソフト上でジオイド高を加えて日本の高さの基準である、「標高値」として用いられる事になる。

※ GPS 衛星による GNSS 測量で用いられる準拠楕円体は、WGS84 楕円体と呼ばれるものである。これは現在日本の準拠楕円体である、GRS80 楕円体 (ITRF94 座標系) とは異なるが、WGS84 は数度改定され、その値は GRS80 (ITRF94 座標系) と同様と考えて差し支えない。



● GNSS 測量機を用いた基準点測量

1. GNSS 測量機による観測作業の流れ（基準点測量）★★

番号	作業工程	概要
①	作業計画	平均計画図の作成・作業計画書の作成
②	選点	現況調査及び新点の位置選定。選点図、平均図の作成
③	測量標設置	永久標識の設置・点の記作成
④	観測	平均図に基づき観測図（セッション計画）の作成
	観測作業の流れ	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ GNSS アンテナの設置</li> <li>・ アンテナ高の測定</li> <li>・ GNSS 受信機へ観測要件の入力</li> <li>・ 観測（受信）</li> <li>・ GNSS 観測手簿（受信情報等の出力）</li> </ul>
⑤	計算	成果標の作成
	計算の流れ	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 基線解析（GNSS 観測記簿の出力）</li> <li>・ 基線解析結果の評価</li> <li>・ 点検計算及び再測</li> <li>・ 平均計算（三次元網平均計算）</li> </ul>
⑥	品質評価	基準点測量成果について製品仕様書が規定するデータ品質を満足しているか評価する
⑦	成果等の整理	

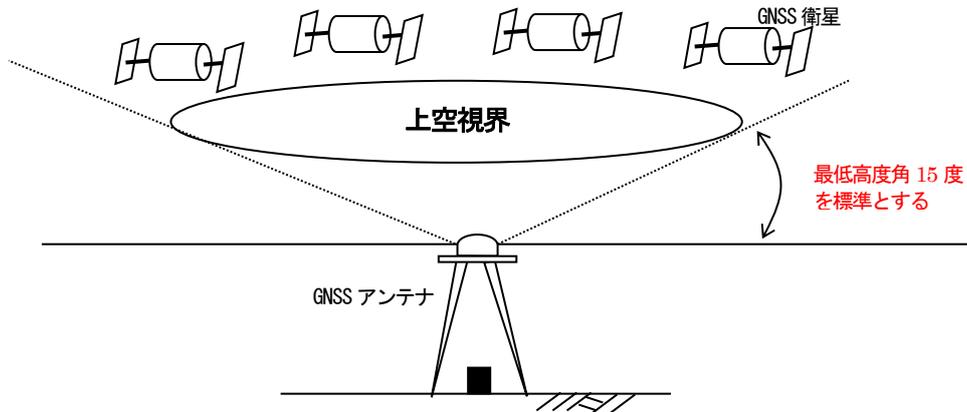
2. 新点の選定要件 ★★★

- ① 上空視界の開けた場所を選ぶ。
- ② 電波障害や マルチパス(多重反射)を生じる障害物のない場所を選ぶ。
- ③ 永久標識の保全等を考慮して地盤堅固で安全な場所を選ぶ。
- ④ 視通や後続作業における利用を考え、見通の良い、発見しやすい場所を選ぶ。
- ⑤ 既知点の配点と合わせた、配点密度が必要かつ十分で均等になるよう選ぶ。

選点要件では、③～⑤までは、トータルステーション（以下、TS）を用いた基準点測量における選点要件と同様であるが、①、②はGNSS 測量ならではの選点要件である。そこで、以下に選点要件の①、②について解説する。

① 上空視界の確保

GNSS 測量では測点間の見通しは必要ないが、GNSS 衛星からの電波を受信する関係上、上空視界を妨げるような障害物のある場所では観測作業を行う事ができない。また木の葉や枝が張り出している場所では、風等により上空からの電波が遮られ、サイクルスリップ※ を起こす原因となるため、注意が必要である。

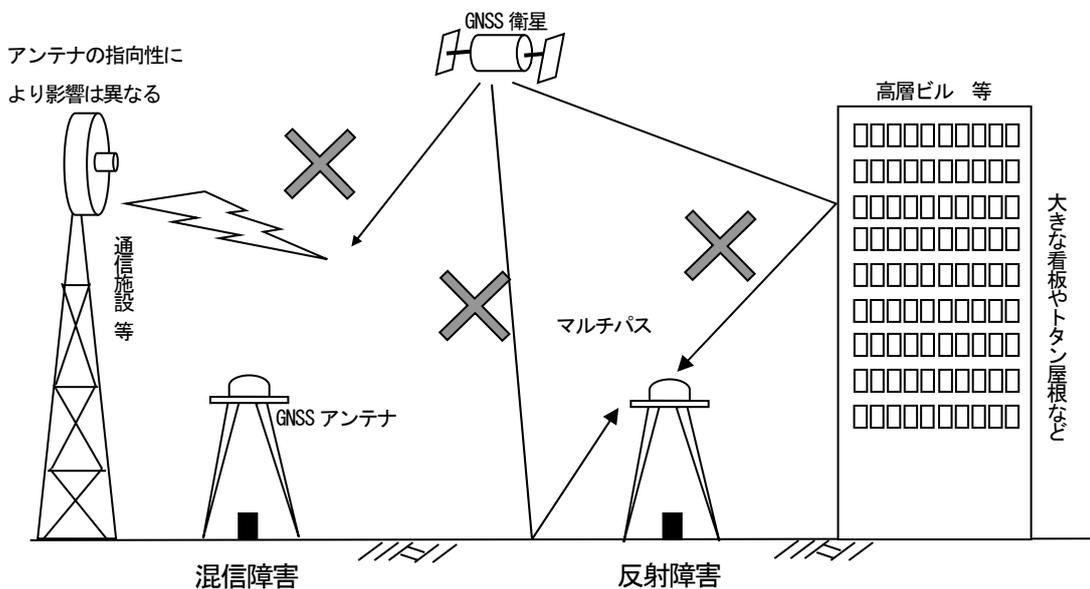


※サイクルスリップ：GNSS 衛星からの電波が遮られ観測データが不連続となり、位相記録が欠落する現象。欠落したデータは、解析結果に誤差となって現れる。

## ② 電波障害とマルチパス

観測点近辺にレーダーや電波塔など、障害電波発生源がある場所は GNSS アンテナの受信障害の原因となる可能性がある。さらに、**金属製品（トタン、看板、車など）**や**高層建築物などがある場合は、マルチパス※を生じる原因**となるため、それらを避けて選点する必要がある。

※マルチパス：GNSS 衛星からの電波が障害物等に反射して GNSS アンテナに到着する現象。GNSS 衛星は本来の電波と反射した電波の両方を受信する事となり、誤差の原因となる。



(その他の混信障害 発生源)

・電気火花（高圧電線、電車線路、雷）・強力電波（レーダー、ラジオ等の放送局）・特定周波数電波（特定の GNSS 受信機に影響）・無線通信設備、携帯電話等

### 3. GNSS 測量に用いられる受信機 ★★

GNSS 測量では、次に示すような **1・2 級 GNSS 測量機** が用いられる。

※GNSS 測量機とは、GPS 測量機又は GPS・準天頂衛星及び GLONASS 対応の測量機をいう

1 級 GNSS 測量機	L1 周波数帯（L1 帯）と L2 周波数帯（L2 帯）の電波を同時に受信可能。2 周波受信機
2 級 GNSS 測量機	L1 帯のみを受信する。1 周波受信機

GNSS 衛星からの電波が地上のアンテナに届くまでには、電離層 → 対流圏 → 水蒸気層 の順に、大気各層を電波が通過する必要がある。このうち電離層は地球上空 60km～1000km 程度の範囲と言われ、この中を電波が通過するときその速度（伝搬速度）が変化してしまう。この結果、地上のアンテナから衛星までの距離が本来の値と異なるために生じる測位誤差が、電離層遅延（伝搬遅延）と呼ばれるものである。

このため、長距離基線の GNSS 測量では、測位用電波として衛星より発信される、周波数の異なる L1 帯と L2 帯の 2 周波を同時受信し、両周波の伝播距離の差を解析し電離層遅延を補正している。

この電離層の影響は 10km 以上の長距離基線と言われ、これ以下の基線距離で 2 周波を受信する 1 級 GNSS 測量機を用いるのは、データ量や解析時間の問題、結果の標準偏差など欠点が目立ち、かえって不都合が生じる。

そこで、**基線距離の短い（10km 未満程度：短距離基線）観測では、1 周波受信の 2 級 GNSS 測量機が通常用いられることになる。**

ただし、短時間で整数値バイアスを決定する必要のある、短縮スタティック法では、その距離に関係なく、2 周波受信の 1 級 GNSS 測量機を利用するのが標準である。

### 4. 観測作業の実施 ★★★

① **GNSS による基準点測量は干渉測位法によって行われ**、基準点測量では下表による。ただし、観測距離が 10 km を超える場合は、1 級 GNSS 測量機により 120 分以上の観測を行う。また、節点を設け、観測距離を 10 km 未満にする事により、2 級 GNSS 測量機により観測を行える。

GNSS 測量（観測）方法	観測時間	データ取得間隔	適用
スタティック法	120 分以上	30 秒以下	1～2 級基準点測量（10 km 以上）
	60 分以上	30 秒以下	1～4 級基準点測量 ※1～2 級は、観測距離が 10km 未満
短縮スタティック法	20 分以上	15 秒以下	3～4 級基準点測量
キネマティック法	10 秒以上	5 秒以下	3～4 級基準点測量
RTK 法	10 秒以上	1 秒	3～4 級基準点測量
ネットワーク型 RTK 法	10 秒以上	1 秒	3～4 級基準点測量

③ アンテナ高等は、ミリメートル単位まで測定する。

④ 標高の取付観測では、距離が 500m 以下の場合、楕円体高の差を高低差として使用できる。

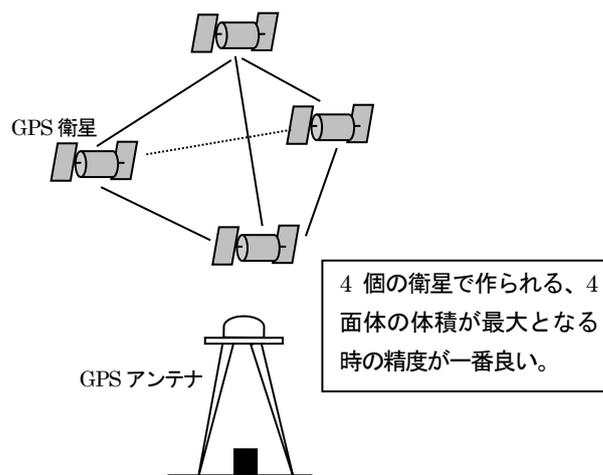
④ GNSS 衛星の動作状態、飛来情報等を考慮し、片寄った衛星配置の使用は避ける※

※ GNSS 衛星は地球の周回軌道にあるため、上空における衛星配置(位置)は時間とともに変化する。衛星の配置状況は GNSS 測定の精度に影響を与えるため、観測中の GNSS 衛星の配置状況※1 や飛来情報※2 には十分注意する必要がある。

※1 GNSS 衛星の配置状況は、DOP (Dilution of Precision: 精度低下率) という数値で表され、最も良い配置で 1 を、数字が大きくなるにつれて悪い衛星配置を表すようになっている。

一般的に DOP の数値は 5 程度までは観測上支障がないと言われている。GPS 受信機では、観測中に受信衛星の数と DOP の数値をモニターに表示するものもある。

また 5 個以上の衛星から、同時に電波が受信できる場合には、GNSS 受信機が自動的に最も精度が良い配置となる衛星の組合せを選び受信するようになっている。



(作業規程の準則では、H23 年現在、DOP による精度管理は行われていない)

※2 飛来情報 (アルマナックデータ : Almanac Data)

GNSS 衛星の飛来情報には、アルマナックデータが用いられる。アルマナックデータとは、その日時に利用可能な全衛星の概略の軌道情報や時刻情報が記載されているもので、1 度取得すれば 1 週間程度は利用できるように考慮されており、少なくとも 6 日に 1 度は更新されることになっている。

アルマナックデータを用いて衛星飛来情報を計算することができ、観測計画を検討することができる。実務では、アルマナックデータも観測データと共に提出が義務付けられている。

⑤ GNSS 衛星の最低高度角は 15° を標準とする。

⑥ スタティック法 (短縮スタティック法を含む) については、次の通り行う。

- ・観測図には、同時に複数の GPS 測量機を用いて行われる観測範囲 (セッション) を記入する。
- ・観測は、1 つのセッションを 1 回行う。
- ・既知点と新点が結合する閉じた多角形を完成させ、次のいずれかにより行う。(電子基準点のみを既知点とする場合を除く)「異なるセッションの組合せによる点検のための多角形を形成する」・「異なるセッションによる点検のため、1 辺以上の重複観測を行う」

⑦ スタティック法で行う場合、使用する衛星の数は、

- ・GPS 衛星のみを使用する場合は同時に 4 衛星以上。
- ・GPS 衛星と GLONASS 衛星を併用する場合 (または GLONASS のみ) は、同時に 5 衛星以上。

ただし、観測距離が 10 km以上の観測、短縮スタティック法及びキネマティック法、RTK 法（ネットワーク型を含む）を行う場合は

- ・GPS 衛星のみを使用する場合は、同時に5 衛星以上。
  - ・GPS 衛星と GLONASS 衛星を併用（または GLONASS のみ）する場合は、同時に6 衛星以上。
- とする。

- ⑧ 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 衛星以上用いる。
- ⑨ GNSS 観測による**基線解析の結果は F I X 解**とする。（F I X 解：基線解析で得られる整数値）

## 5. 計算の実施（基線解析） ★★

- ① GNSS 衛星の軌道情報は、放送暦を標準とする。
- ② スタティック法（短縮スタティック法）による基線解析は、原則として PCV 補正を行う。  
※PCV（Phase Center Variation）とは、GPS 衛星電波の入射角に応じて、アンテナでの受信位置が変化することを言う。このズレの量を補正する事により、1 点で観測した状態にする事を PCV 補正と呼ぶ。PCV 補正は同一機種 of GPS アンテナを用いる場合には考慮する必要はないが、多機種 of アンテナを使用する場合や電子基準点等を利用する場合には、高さ方向に数センチの誤差が生じることがある。このため各 GPS アンテナは独自に PCV 補正量を持ち、この PCV 補正量を用いて基線解析することで、受信位置の補正を行っている。
- ③ **GNSS 測量における気象補正は**、解析ソフト（プログラム）に用いられている、**標準的な気象要素の値**を用いる。
- ④ **スタティック法による基線解析では**、**基線長が 10km 未満は 1 周波で行い、10km 以上は 2 周波で行う。**
- ⑤ 基線解析の固定点の経緯度は、固定点とする既知点の経緯度を入力し、楕円体高は、その点の標高とジオイド高から求め入力する。
- ⑥ **基線解析に使用する高度角は**、**観測時に GNSS 測量機に設定した受信高度角**とする。

## 6. セミ・ダイナミック補正 ★

**セミ・ダイナミック補正**とは、地殻変動による基準点の位置誤差を補正する手法であり、公共測量では、**1～2 級基準点測量のうち、電子基準点（付属表を除く）のみを既知点として用いる測量に適用される。**

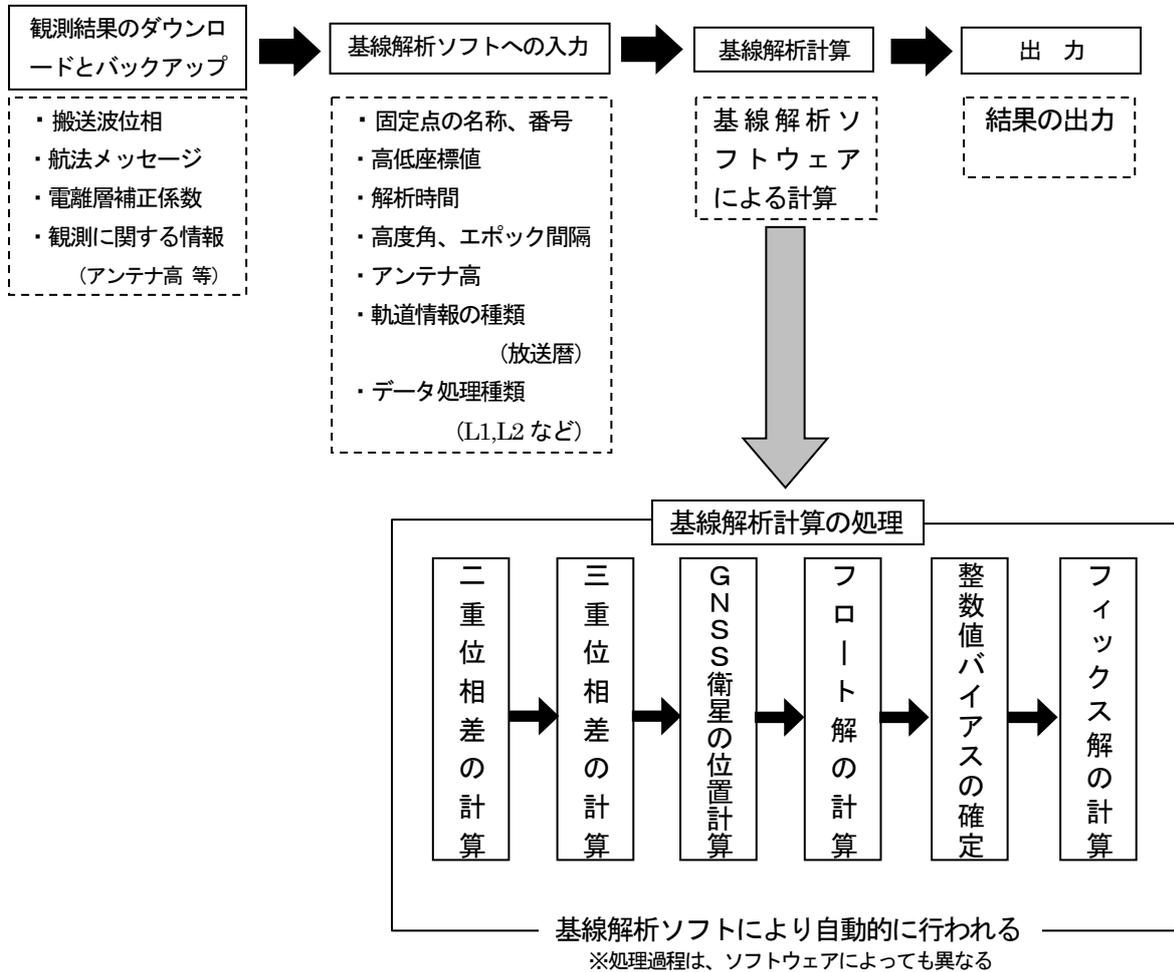
現在、公開されている測量成果（測地成果 2000）は、1997 年 1 月 1 日の位置情報を元基（がんき：元、ベース）として算出されている。しかし、これより求められた基準点の座標値は、地殻変動による影響により年々その精度は悪くなっているのが現状である。そこで、「測量成果を改定せずに、既存の測量成果と観測結果の間に生じる地殻変動の歪みの影響を補正する」ことを目的にセミ・ダイナミック補正は導入された。

この補正を行うことにより、測量を実施した今期の観測結果から、測地成果 2000 の元期において得られたであろう 測量成果を高精度に求めることができる。

セミ・ダイナミック補正を行うには、**国土地理院が提供する地殻変動補正パラメータ**を使用する。また、地殻変動補正パラメータは、**測量の実施時期に対応したもの**を使用するものとする。

## 7. 基線解析の流れ ★

基線解析とは干渉測位法において、受信・記録されたデータをもとに、基線の長さや方向を決定する作業である。GNSS 観測の終了から基線解析結果の出力までの流れは、次のようになる。



◆ 過去問題にチャレンジ！ 1 (H23-No5 : 士補 基準点測量出題)

次の文は、GPS 測量機を用いた測定の誤差について述べたものである。ア ~ エ に入る語句の組合せとして最も適当なものはどれか。次の中から選べ。

GPS 測量機を用いた測定における主要な誤差要因には、GPS 衛星位置や時計などの誤差に加え、GPS 衛星から観測点までに電波が伝搬する過程で生ずる誤差がある。そのうち、ア は周波数に依存するため、2 周波の観測により軽減することができるが、イ は周波数に依存せず、2 周波の観測により軽減することができないため、基線解析ソフトウェアで採用している標準値を用いて近似的に補正が行われる。ウ 法では、このような誤差に対し、基準局の観測データから作られる補正量などを取得し、解析処理を行うことで、その軽減が図られている。

ただし、GPS 衛星から直接到達する電波以外に電波が構造物などに当たって反射したものが受信される現象である エ による誤差は、ウ 法によっても補正できないので、選点に当たっては、周辺に構造物が無い場所を選ぶなどの注意が必要である。

	ア	イ	ウ	エ
1.	電離層遅延誤差	対流圏遅延誤差	ネットワーク型 RTK-GPS	マルチパス
2.	電離層遅延誤差	対流圏遅延誤差	ネットワーク型 RTK-GPS	サイクルスリップ
3.	電離層遅延誤差	対流圏遅延誤差	短縮スタティック	マルチパス
4.	対流圏遅延誤差	電離層遅延誤差	キネマティック	サイクルスリップ
5.	対流圏遅延誤差	電離層遅延誤差	キネマティック	マルチパス

<解 答>

問題文に正しい語句を当てはめると次のようになる。

GPS 測量機を用いた測量における主要な誤差要因には、GPS 衛星位置や時計などの誤差に加え、GPS 衛星から観測点までに電波が伝搬する過程で生ずる誤差がある。そのうち、

**電離層遅延誤差** は周波数に依存するため、2 周波の観測により軽減することができるが、

**対流圏遅延誤差** は周波数に依存せず、2 周波の観測により軽減することができないため、基線解析ソフトウェアで採用している標準値を用いて近似的に補正が行われる。

**ネットワーク型 RTK-GPS** 法では、このような誤差に対し、基準局の観測データから作られる補正量などを取得し、解析処理を行うことで、その軽減が図られている。

ただし、GPS 衛星から直接到達する電波以外に電波が構造物などに当たって反射したものが受信される現象である **マルチパス** による誤差は、**ネットワーク型 RTK-GPS** 法によっても補正できないので、選点に当たっては、周辺に構造物が無い場所を選ぶなどの注意が必要である。

解答： 1

**電離層遅延誤差**：電離層（地上 60～100 km 程度に位置する希薄な大気の層が電離状態になっている領域）を GPS 衛星からの電波が通過する際に、屈折し電波到達時間が遅くなるために生じる誤差。GPS 衛星が L1、L2 と 2 つの電波を発信しているのは、この誤差を消去（軽減）するためである。また、電離層での電波の屈折率は、周波数の二乗に反比例する。

**対流圏遅延誤差**：対流圏（地上～10 km 程度までの大気の層）を GPS 衛星からの電波が通過する際に生じる速度遅延による誤差。これを補正するために基線解析ソフトに設定されているデフォルト値を用いて気象補正が行われる。

**ネットワーク型 RTK-GPS 測量**：VRS（仮想基準点）方式では、電離層や対流圏の遅延、衛星の軌道誤差等が補正データとして配信事業者から配信され、FKP（面補正パラメータ）方式では、基準局の観測から電離層等の状態空間モデルを生成し、このモデルから補正情報を計算するため、誤差が軽減される。

◆ 過去問題にチャレンジ！ 2 (H27-No8：士補 基準点測量出題)

次の文は、GNSS 測量における誤差について述べたものである。明らかに間違っているものはどれか。次の中から選べ。

1. GNSS 衛星の配置が片寄った時間帯に観測すると、観測精度が低下することがある。
2. 観測点の近くに強い電波を発する構造物などがあると、観測精度が低下することがある。
3. 仰角の低い GNSS 衛星を使用すると、多重反射（マルチパス）などの影響を受けやすいため、観測精度が低下することがある。
4. 2 周波の観測により、電離層や対流圏の影響による誤差を軽減できる。
5. 同一機種 of GNSS アンテナでは、向きをそろえて整置する事により、アンテナの特性による誤差を軽減できる。

<解 答>

GNSS 測定の誤差に関する問題である。問題各文について考えると次のようになる。

1. 正しい。GNSS 観測では、片寄った配置の GNSS 衛星を使用すると精度が低下するため、事前に衛星配置をアルマナックデータ（衛星の軌道情報）で確認する必要がある。衛星配置は、4 つの衛星（GPS 衛星を用いる場合）が造る四面体の体積が最大になる配置が良いとしている。
2. 正しい。GNSS 測定とは衛星からの電波を受信して行うものである。このため、電波障害となる、電波発信源の近傍での観測は避けるべきである。
3. 正しい。対流圏遅延誤差やマルチパスの影響を軽減するために、GNSS 衛星の最低高度角が設定されている。作業規程の準則では、GNSS 衛星の最低高度角は  $15^{\circ}$  を標準としている。
4. **間違い**。2 周波の観測により軽減できるのは、電離層遅延誤差のみである。対流圏遅延誤差は、基線解析ソフトのデフォルト値を用いて気象補正が行われる。
5. 正しい。異機種のアナテナを用いる場合（電子基準点など）は、PCV 補正を行う事により機種間のアナテナ特性※（アナテナ位相）を軽減できるが、同一機種では問題文のように向きをそろえる事により、アナテナ特性を軽減できる。アナテナはセッションごとに向きを統一すればよいが、一般には「北」とするのが原則である。  
※アナテナに入射する電波の方向により電波の位相がずれる性質があるため、この位相のずれは観測値に影響を与える。

よって、明らかに間違っているのは4となる。

解答： 4