

国土地理院

GNSS測量による標高の測量
電子基準点のみを既知点とした基準点測量

スマート・サーベイ・プロジェクトSSPについて

国土地理院 測地部

1

国土地理院

SSPが目指すもの

- ・ **GNSS測量による標高の測量**
 - ・ 衛星測位(GNSS測量)を利用して標高の測量を効率化
 - ・ 測量の精度は3~5センチメートル
 - 従来の水準測量の一部をGNSS測量に置き換えることで、**標高の測量作業の効率化が可能。**
- ・ **電子基準点のみを既知点とした基準点測量**
 - ・ 2級基準点測量において電子基準点のみを既知点とした基準点測量を可能とする。
 - 既知点(三角点等)での測量作業が不要となり、**基準点測量作業の効率化が可能。**

2

国土地理院

SSPが目指すもの

1. 衛星測位による標高の測量

現状と課題(工事等で高さの基準が必要)

【現状】
我が国の標高は、東京湾平均海面を高さの基準(測量法第11条)とし、水準点(全国の主要国道等約2万kmに2km間隔で設置)より測量。

【課題】
水準測量は、水準点が遠方にしかない地域においては、標高の測量に、**多大な時間と経費が必要。**

【現状】
水準測量(水準点、水準器、水準尺、水準器)

【課題】
水準測量(水準点、水準器、水準尺、水準器)

2. 効率的な2級基準点の設置

電子基準点のみを既知点とする基準点測量の適用範囲の拡大

現状と課題(位置の基準(基準点)の効率的設置)

【現状】
公共測量の1級基準点(1km間隔)では「電子基準点のみを既知点とした」測量により、効率化が実現。一方、2級基準点(500m間隔)では、近隣の既設基準点より測量。

【課題】
1級基準点を設置してからでない2級基準点を設置できないため、**多大な時間と経費が必要。**

【現状】
衛星測位(GNSS)又はTS

【課題】
衛星測位(GNSS)又はTS

効果

- ・ 全国どこでも衛星測位による標高の測量が可能
- ・ 電子基準点を活用した効率的な基準点測量(2級)が実現

(注) GNSSとは、Global Navigation Satellite Systemsの略で、GPS(米国)・GLONASS(ロシア)・Galileo(欧州)・北斗衛星ナビゲーションシステム(中国)の4つの衛星測位システムを指す。人工衛星を用いて測位を行う測位システムで、GPS、GLONASSや北斗衛星ナビゲーションシステムを含む。

3

国土地理院

検証作業について(位置づけ)

これまで、実現に向けて**作業マニュアル**を検討
(新しい測量技術による測量方法を定めたもの)

↓

・ **マニュアル(案)における測量精度の確認**


・ **測量業務の効率化について検証**

↓

フィールド(茨城県北部*)で検証作業を実施

*国土地理院発注の作業地において、
マニュアル(案)による方法で検証を実施

- ・ 水準測量 平成25年1月8日~20日(外注2社)
- ・ GNSS測量 平成25年1月18日~23日(地理院)



4

国土地理院

検証作業の実施地域

(茨城県大子町~高萩市)



5

国土地理院

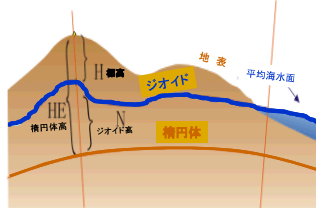
検証作業の項目 1

- ・ **GNSS測量による標高の測量**
- ・ **電子基準点のみを既知点とした基準点測量**

6

水準測量

→ 直接、標高を測定



GNSSによる測量

→ GNSSで楕円体高を測定し、ジオイド高を差し引いて標高を求める

標高 (H) = 楕円体高 (HE) - ジオイド高 (N)

どのように比較するのか？

測量方式	特長	測定誤差(許容範囲)		
		10km	20km	30km
水準測量(3級)	標高を直接測定	31.6mm	44.7mm	54.7mm
GNSS	楕円体高とジオイド高より	?	?	?

標高 (H) = 楕円体高 (HE) - ジオイド高 (N)



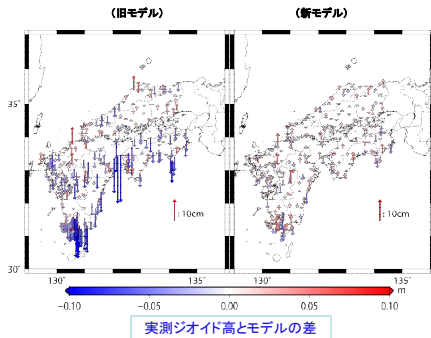
高精度化されたジオイド・モデルの精度は？

ジオイド・モデルについて

ジオイド・モデル→任意の地点のジオイド高を計算で求めることが可能

ジオイド・モデルが高精度化→40mmから20mmに向上

中国・四国・九州の地域について近々公開予定



GNSSによる楕円体高(比高)の測定精度

→ GNSSで楕円体高測定し、ジオイド高(誤差20mm)を差し引いて標高を求める

標高 (H) = 楕円体高 (HE) - ジオイド高 (N)

評価: GNSSによる楕円体高の測定精度(再現性)について

- ・比高の大きな場合と小さな場合の比較
- ・測定する距離との相関
- ・GNSS観測の時間と測定精度の相関
- ・精密層と放送層による比較

高さ成分に着目

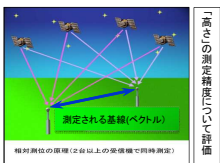
GNSSによる楕円体高(比高)の測定精度

評価: GNSSによる楕円体高の測定精度(再現性)について

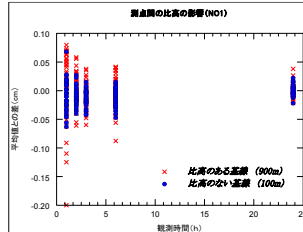
- 内容
1. 比高の大きな場合と小さな場合の比較
 2. 測定する距離との相関
 3. GNSS観測の時間と測定精度の相関
 4. 精密層と放送層による比較

結果

1. 比高が大きい場合(900~1000m)は、精度低下が認められる
例 6時間観測の標準偏差【比高(大)→29mm、比高(小)→15mm】



*電子基準点(水準測量実施済)の内、標高900m以上のものは、12点(全体の1.5%)



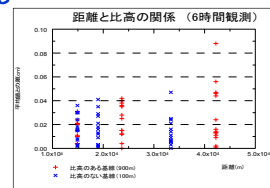
GNSSによる楕円体高(比高)の測定精度

評価: GNSSによる楕円体高の測定精度(再現性)について

- 内容
1. 比高の大きな場合と小さな場合の比較
 2. 測定する距離との相関
 3. GNSS観測の時間と測定精度の相関
 4. 精密層と放送層による比較

評価結果

2. 基線長(10km~30km以内)に依存した有意な精度低下は見当たらない
3. 観測時間は、3時間と6時間では有意な差なし
・6時間観測 楕円体高の標準偏差 15mm (1σ)
* 平均値に対する最大較差は、-47mm
・3時間観測 楕円体高の標準偏差 13mm (1σ)
* 平均値に対する最大較差は、-42mm
→ 観測時間は、3時間とし2回測定
4. 精密層を用いた解析は不要
・精密層を用いても標準偏差の有意な改善なし(3時間観測では2mm誤差が増加)



ここまでのまとめ

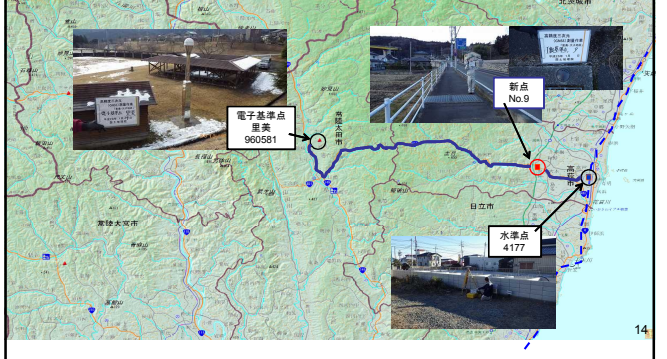
→ GNSSで楕円体高を測定し
ジオイド高を差し引いて標高を求める

標高の誤差 = 楕円体高 (13ミリメートル)
ジオイド高 (20ミリメートル)

標高を3~5cmの精度で測定

測量方式	特徴	測定誤差の許容範囲		
		10km	20km	30km
水準測量(3級)	標高を直接測定	31.6mm	44.7mm	54.7mm
GNSS測量	楕円体高とジオイド高	試算 24mm(標準偏差)		

電子基準点(里美)と一等水準点(4177)を既知点として、
新点No.9の標高を求める



路線長20km



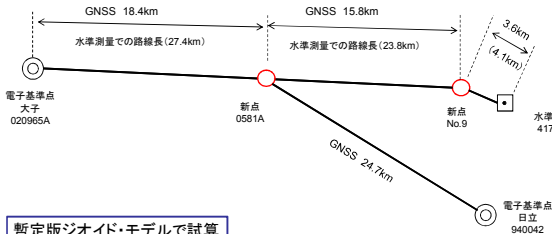
暫定版ジオイド・モデルで試算

	① GNSS水準測量	② 一等水準測量	①-② 較差	許容範囲 (3級水準測量)
NO.9	78.985 (m)	78.971 (m)	+14 mm	±44 mm

電子基準点(大子・日立)と一等水準点(4177)を既知点として、
新点0581AとNo.9の標高を求める



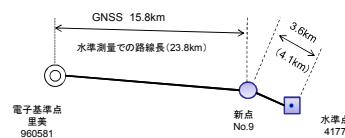
路線長38km



暫定版ジオイド・モデルで試算

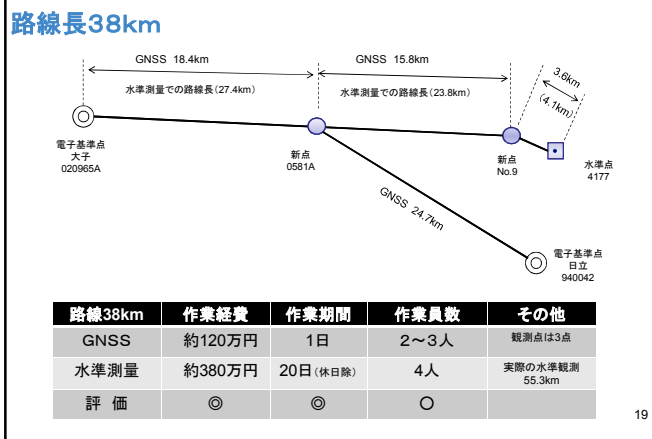
	① GNSS水準測量	② 一等水準測量	①-② 較差	許容範囲 3級水準測量
0581A	265.031(m)	265.006(m)	+25 mm	±61mm
NO.9	78.995(m)	78.971(m)	+24 mm	±61mm

路線長20km



路線20km	作業経費	作業期間	作業員数	その他
GNSS	約80万円	1日	2~3人	観測点は2点
水準測量	約190万円	10日(休日除)	4人	実際の水準観測は27.9km
評価	○	◎	○	

作業経費の節減・工期短縮等の効率化が可能



- GNSS測量による標高の測量
- 電子基準点のみを既知点とした基準点測量

電子基準点

電子基準点は、全国約1,200ヶ所に設置されたGNSS連続観測点です。外観は高さ5mのステンレス製ビラで、上部にGNSS衛星からの電波を受信するアンテナ、内部には受信機と通信用機器等が格納されています。

全国約1,200点 → 20km間隔に設置

電子基準点のみを既知点とした基準点測量(2級)のメリット

- 1級基準点を設置せず、直接、2級基準点が設置可能
- 既知点(三角点等)での観測作業が不要

具体的な例

現行: ①電子基準点を利用し1級基準点を設置(4点)
②1級基準点を利用し2級基準点を設置(6点)

効率化: 電子基準点を利用し同時に基準点を設置(10点)

イメージ図

電子基準点のみを既知点とした基準点測量

これまで実現できなかった理由

電子基準点の設置間隔は、およそ20km

↓

プレート運動に伴う地殻変動により相対的な位置関係は徐々に変化

↓

変化量は年間0.2ppm(20kmで4mmに相当)
これが、10年間蓄積されると4cmにおよぶ。
(点間距離500mの2級基準点で4cmの誤差は無視できない量)

↓

セミ・ダイナミック補正の導入により解消

↓

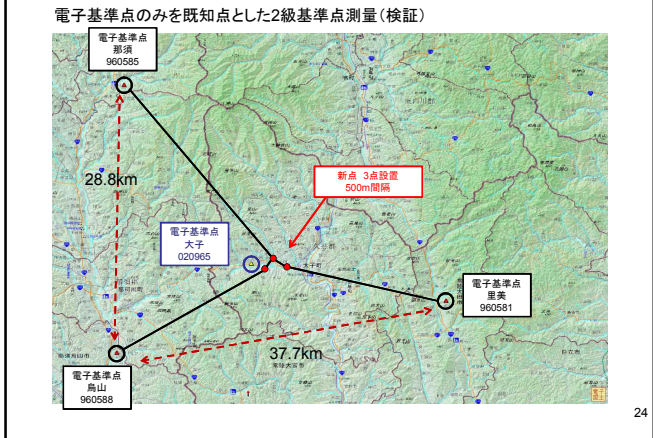
平成21年度より1級基準点測量に導入
4年が経過し、利用方法も定着

↓

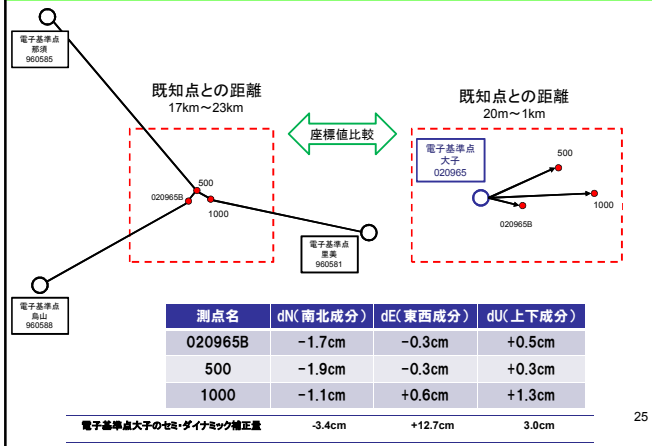
2級基準点測量にも、セミ・ダイナミック補正の導入により効率化が可能

従来の測量 → セミ・ダイナミック測地系での測量

地殻変動の歪みが取れる!!
いつでも高精度な測量が可能に



検証の結果



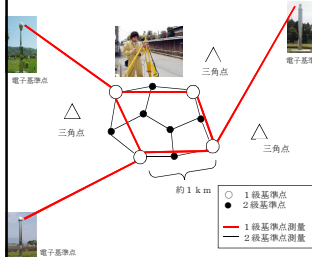
作業効率化の比較

電子基準点のみを既知点とした基準点測量による作業効率化の比較

例

- 現行**
 ① 電子基準点を利用し1級基準点を設置(4点)
 ② 1級基準点を利用し2級基準点を設置(6点)

- 効率化**
 電子基準点を利用し基準点を設置(10点)



	作業方法	作業量 (観測点数)	作業期間	その他
現行	工程2回 1級基準点設置後に 2級基準点設置	14点 新点10点 既知点4点	23日程度 1級基準点設置後に 2級基準点設置	現行の積算 基準より
効率化	工程1回 直接2級基準点設置	10点 新点10点	短縮可	災害復旧等において、緊急に測量を実施する場合には有効
評価	◎	○	○	

まとめ

- ・GNSS測量による標高の測量
- ・電子基準点のみを既知点とした基準点測量

検証作業を実施

- ① 作業マニュアル(案)による精度検証
- ② 測量業務の効率化について検証

結果

- ① 必要な精度の確保が可能
 3級水準測量と同等の精度(3~5センチメートルの精度)を確認
 近傍の基準点と点検し、セミダイナミック補正が機能していることを確認
- ② 測量業務の効率化が可能
 作業経費の節減・工期短縮等の効率化が可能
 作業方法(工程が2段階から1段階)の効率化により、工期短縮が可能