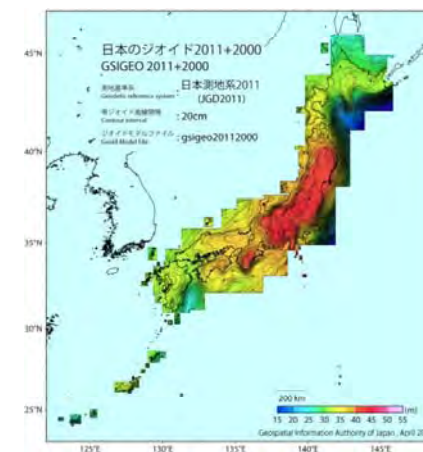


測量の効率化・低コスト化を実現 ～衛星測位と電子基準点の新活用法～



国土地理院 測地部
岩田 和美



- 1. プロジェクトの概要**
- 2. GNSS測量の現状**
- 3. ジオイド・モデルの高精度化**
- 4. GNSSによる標高の測量**
- 5. 電子基準点を利用した基準点測量**
- 6. 課題**
- 7. 今後のスケジュール**
- 8. まとめ**

1. プロジェクトの概要

プロジェクト立ち上げの背景

利用者ニーズ

H23・24年度 基準点等利用者を対象としてアンケート及びヒアリング調査を実施

水準点が不足している



作業地域の近傍に既設の水準点がない場合、遠方の水準点から多大な時間をかけて水準測量を行っている。



GNSS測量とジオイド・モデルによる標高の精度を検討

三角点が利用しにくい場所にある



三角点が山頂付近にある場合は、アクセス及び視通確保のための伐採に多大な時間がかかる。



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を検討

1. プロジェクトの概要

(1) 目的 測量業務の効率化の検討と推進

(利用者ニーズ調査の結果を受け、実現可能で効果の高いもの)

公共測量におけるマニュアル(案)を策定し効率化の実現を図る

(2) テーマ①GNSS測量と高精度なジオイド・モデルを利用して標高を3～5 cmの精度で求める。

GNSS測量による標高の測量マニュアル(案)

②電子基準点のみを既知点とした基準点測量の適用範囲の拡大。

電子基準点のみを既知点とした基準点測量マニュアル(案)

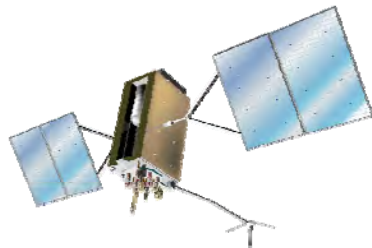
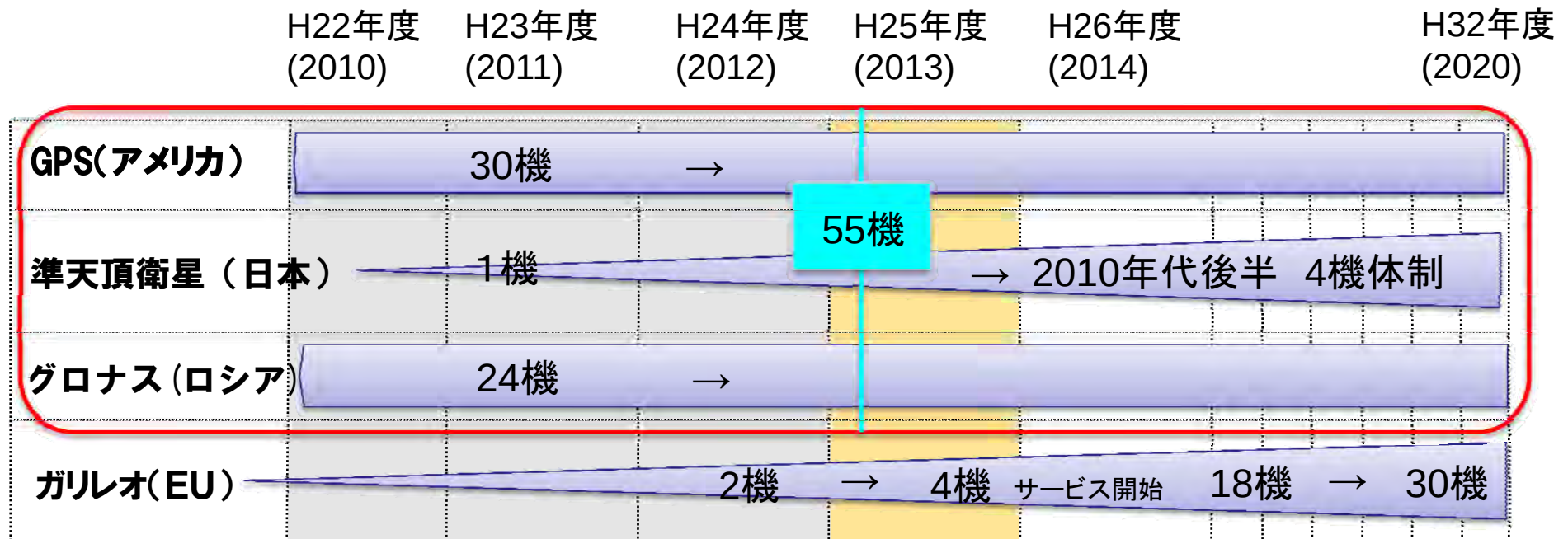
(3) 期間 平成24年11月～平成26年3月

(4) 活動内容

- ①委員会(・マニュアル(案)、利用の手引(案)の検討 ・意見)
- ②マニュアル(案)、利用の手引(案)の策定、公表
- ③マニュアル(案)の試行、改良
- ④マニュアルの本格的な運用

2. GNSS測量の現状

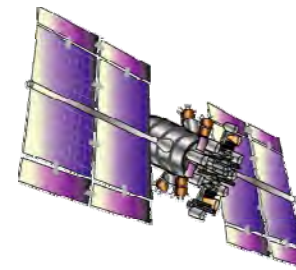
GNSSとはGlobal Navigation Satellite Systemの略称
全球測位衛星システム ～ GPSなどの衛星測位システムの総称



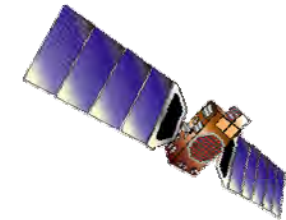
GPS(アメリカ)



準天頂衛星(日本)



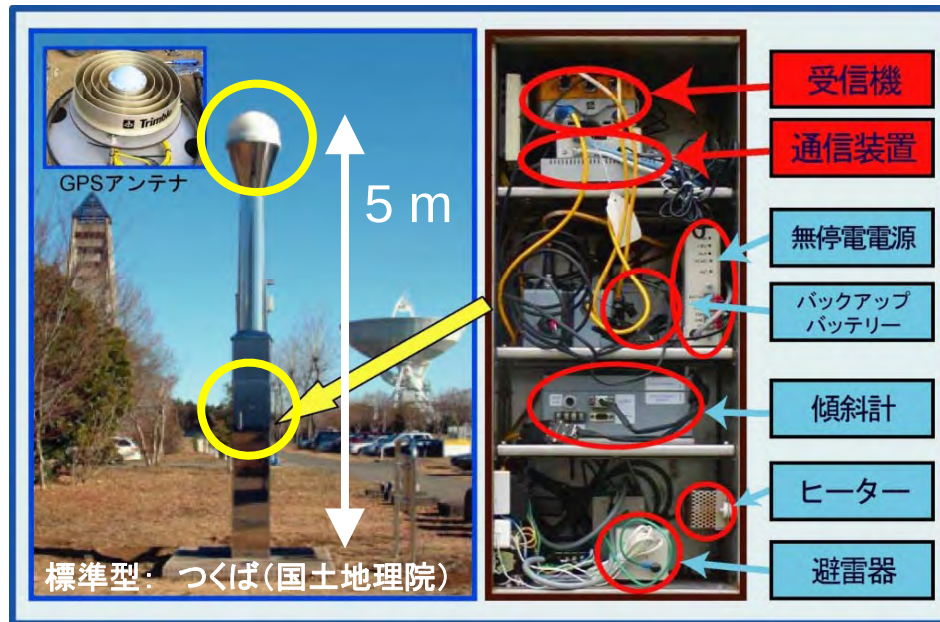
グロナス(ロシア)



ガリレオ(EU)

2. GNSS測量の現状

電子基準点

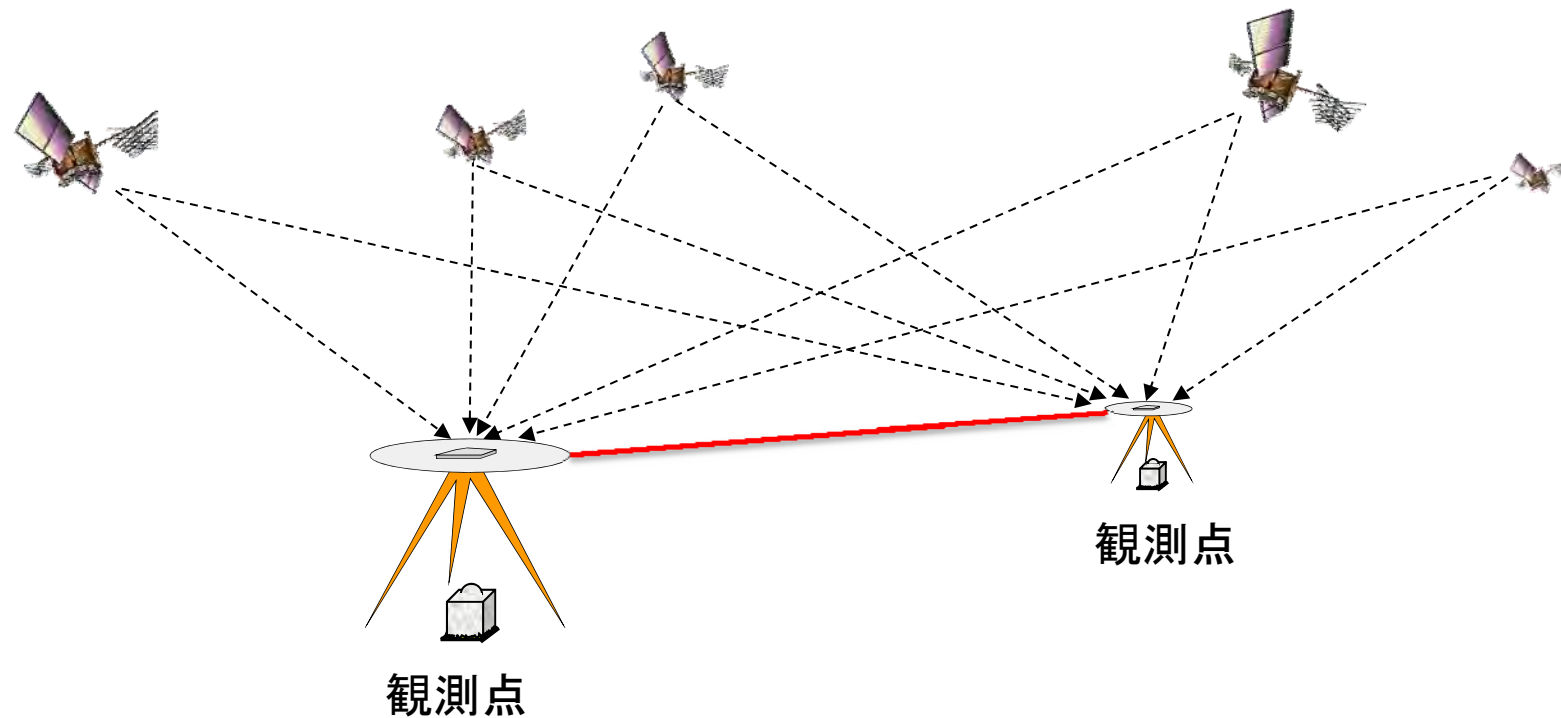


日本全国 約1,200点



2. GNSS測量の現状

GNSS測量（スタティック法）



- ・2地点以上の観測点にGNSS受信機を設置
- ・一定の時間同時にGNSSからの信号を受信（同じ人工衛星4機以上）
- ・基線解析により2地点の相対位置（基線ベクトル）を高精度に求める

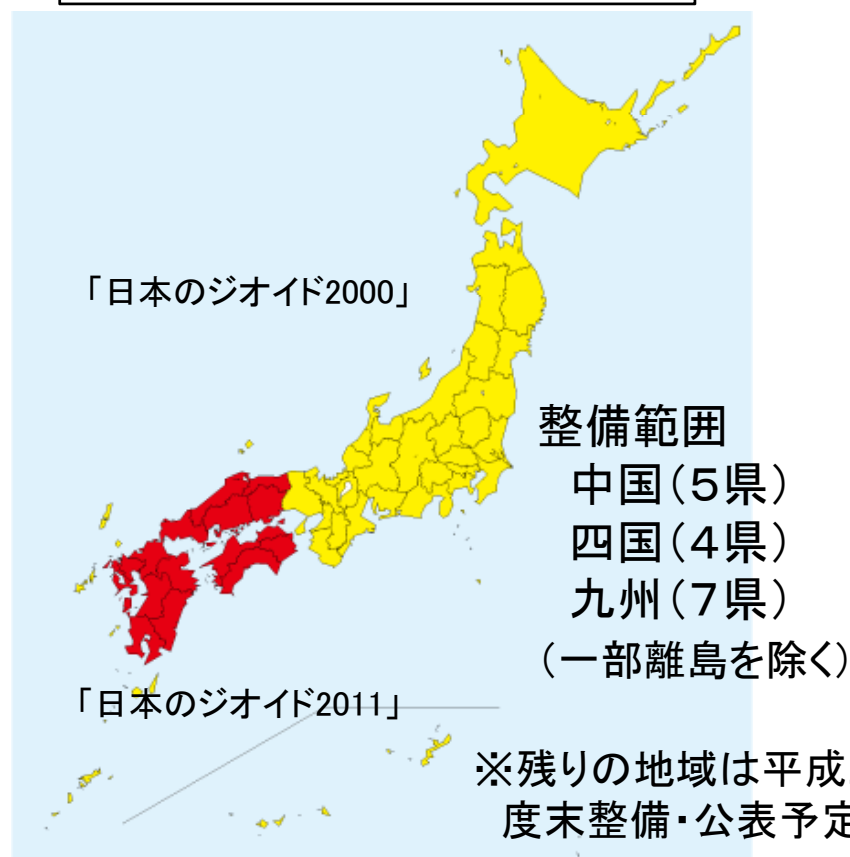
3. ジオイド・モデルの高精度化

高精度な新しいジオイド・モデルの整備

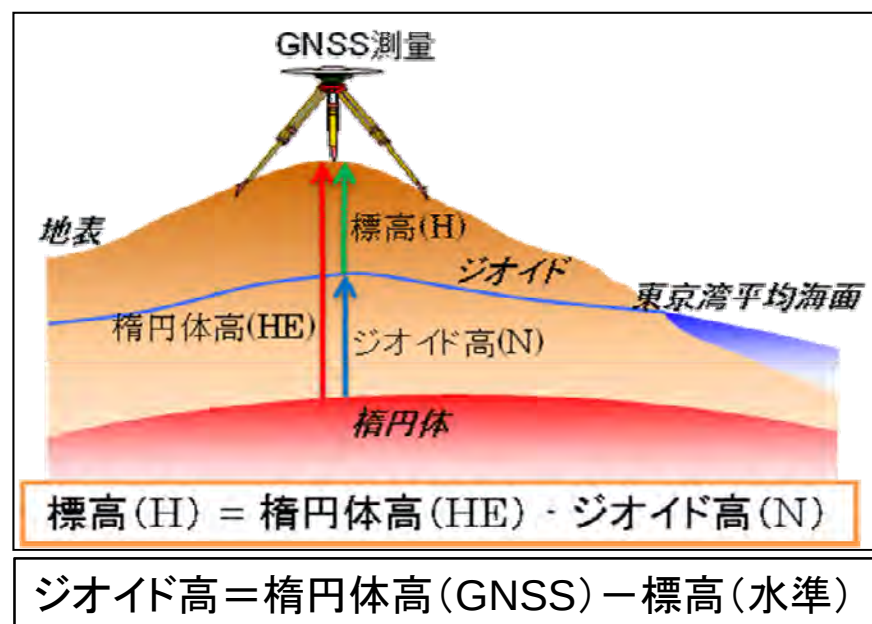
「日本のジオイド2011+2000」 平成25年4月26日公表

<http://vldb.gsi.go.jp/sokuchi/geoid/>

結合して1つのモデルとして公表



※マニュアルでは高精度なジオイド・モデルの適用部分を意味する「日本のジオイド2011」と記述。



実測ジオイド高と呼ぶ

- ジオイド・モデルは、重力ジオイド・モデルと実測ジオイド高を使用して構築する。

3. ジオイド・モデルの高精度化

日本のジオイド2000

(標準偏差:約4cm)



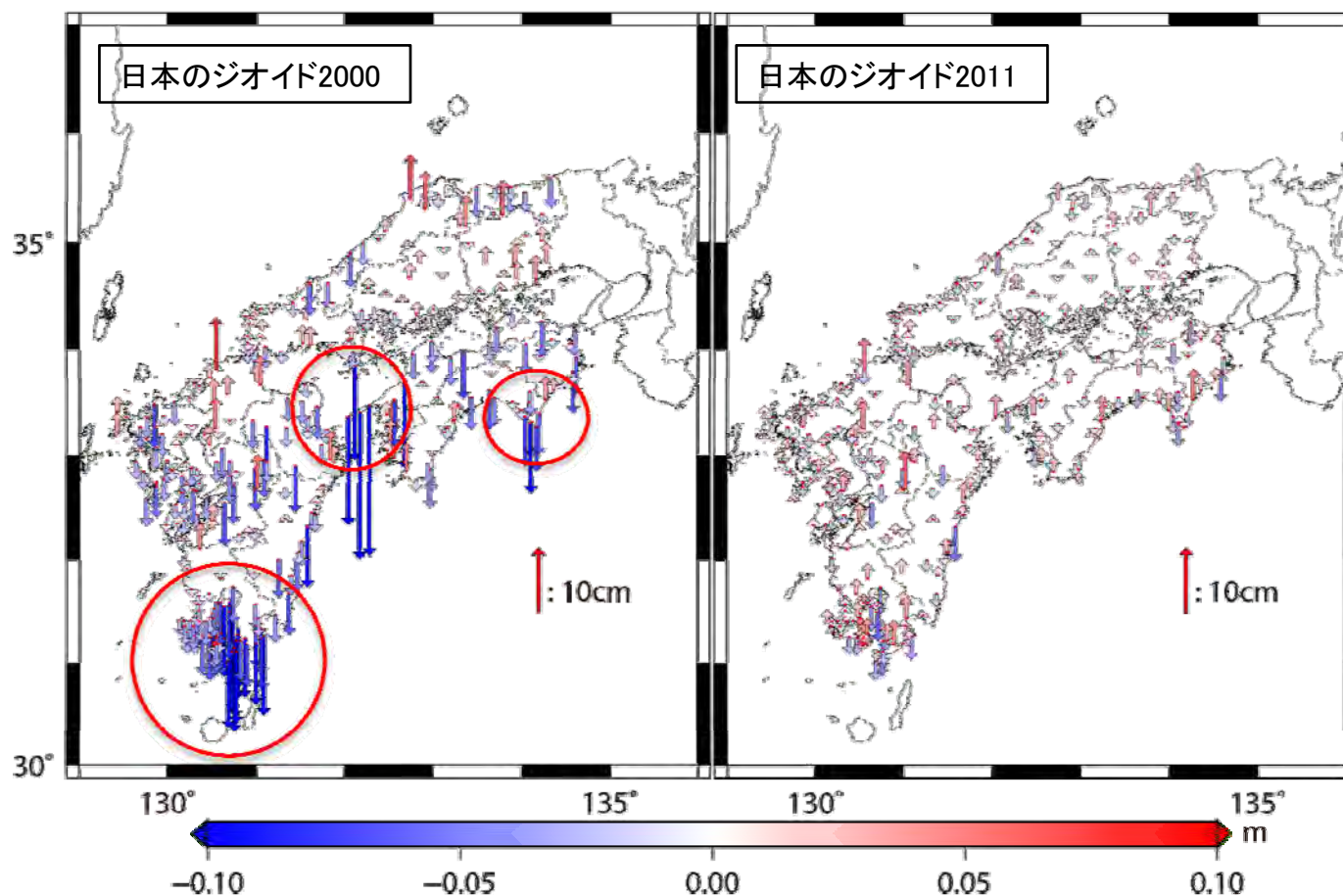
日本のジオイド2011+2000

(標準偏差:約2cm)

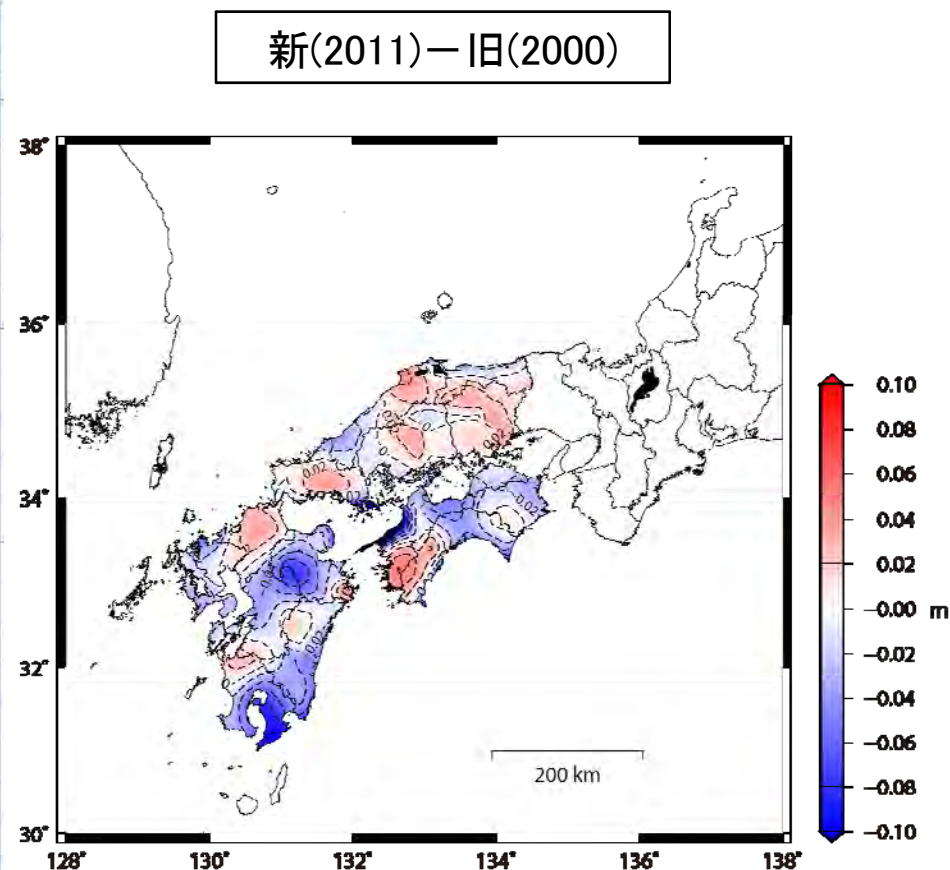
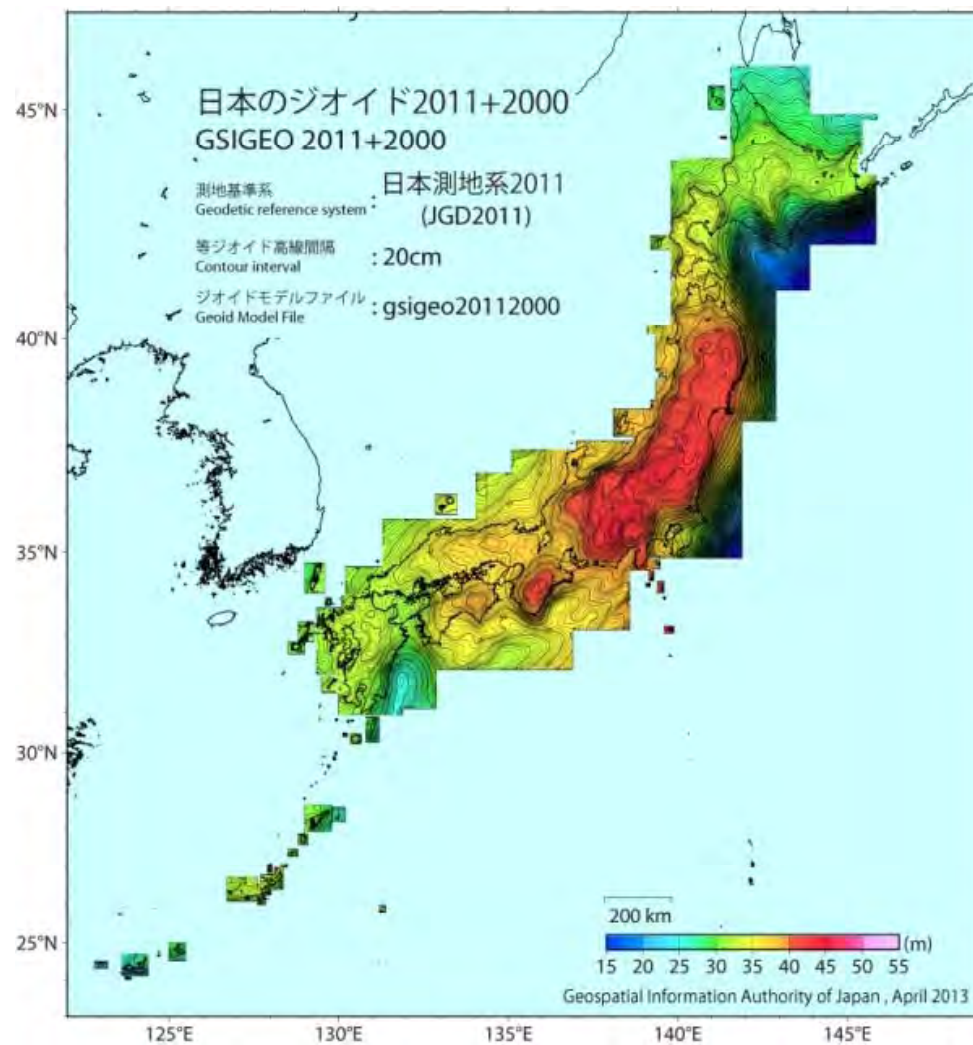
高精度化の主な要因

- 重カジオイド・モデルの高精度化
- 実測ジオイド高データ分布の均一化
- 実測ジオイド高データの品質向上

実測ジオイド高との差(実測値－モデル値)



3. ジオイド・モデルの高精度化



4. GNSSによる標高の測量

「GNSS測量による標高の測量マニュアル(案)」

高精度な標高の測量は、これまでは既設の水準点から**水準測量**により実施。作業エリアの**近傍に水準点がない場合は、多大な時間・経費をかけて長距離水準測量を実施**



GNSS測量と新たなジオイド・モデル(日本のジオイド2011+2000)を組み合わせる行う**GNSS水準測量**により、近傍に水準点がない場合でも**簡便に水準点の設置が可能となる。**

4. GNSSによる標高の測量

マニュアルの特徴

○GNSS測量により、3級水準点を設置することができる。

○電子基準点(二等水準点)を既知点とする場合は、新点のみの観測でよい。

○平成25年度に適用できる地域は、中国・四国・九州地方
(高精度なジオイド・モデルを整備した地域に限る)

以下の島については、今回整備しておりませんのでマニュアルを適用できません。
隠岐島、対馬、福江島、種子島、奄美大島、喜界島、壱岐島、宇久島、小値賀島、
中通島、若松島、奈留島、久賀島、徳之島、沖永良部島、与論島、見島、上甕島、
小呂島、屋久島、口永良部島、諏訪之瀬島、平島、悪石島、宝島、小宝島、薩摩硫
黄島、竹島、中之島、口之島、黒島

4. GNSSによる標高の測量

(要 旨)

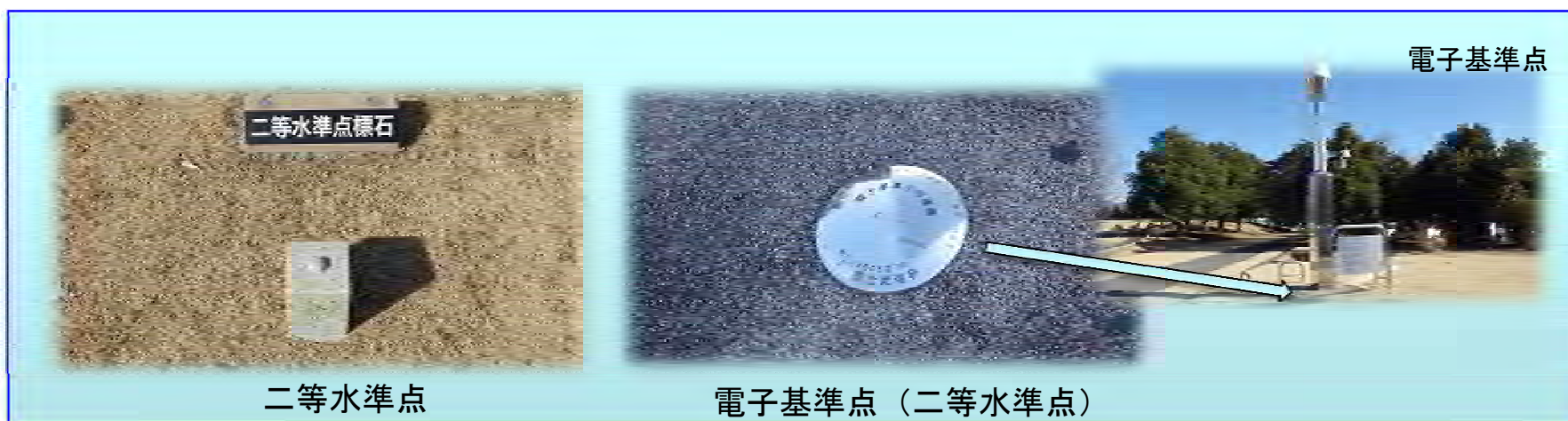
第4条 GNSS測量による標高の測量（以下「**GNSS水準測量**」という。）とは、既知点に基づき、新点である水準点の標高をGNSS測量と日本のジオイド2011により定める作業をいう。

(既知点の種類等)

第5条 既知点の種類及び既知点間距離は、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 1～2級水準点
既知点間距離	60km以下

二等水準点には、電子基準点付属標に水準測量により標高が取り付けられ、水準点成果が得られている**電子基準点（二等水準点）**を含む。



4. GNSSによる標高の測量

電子基準点(二等水準点)の
配置状況

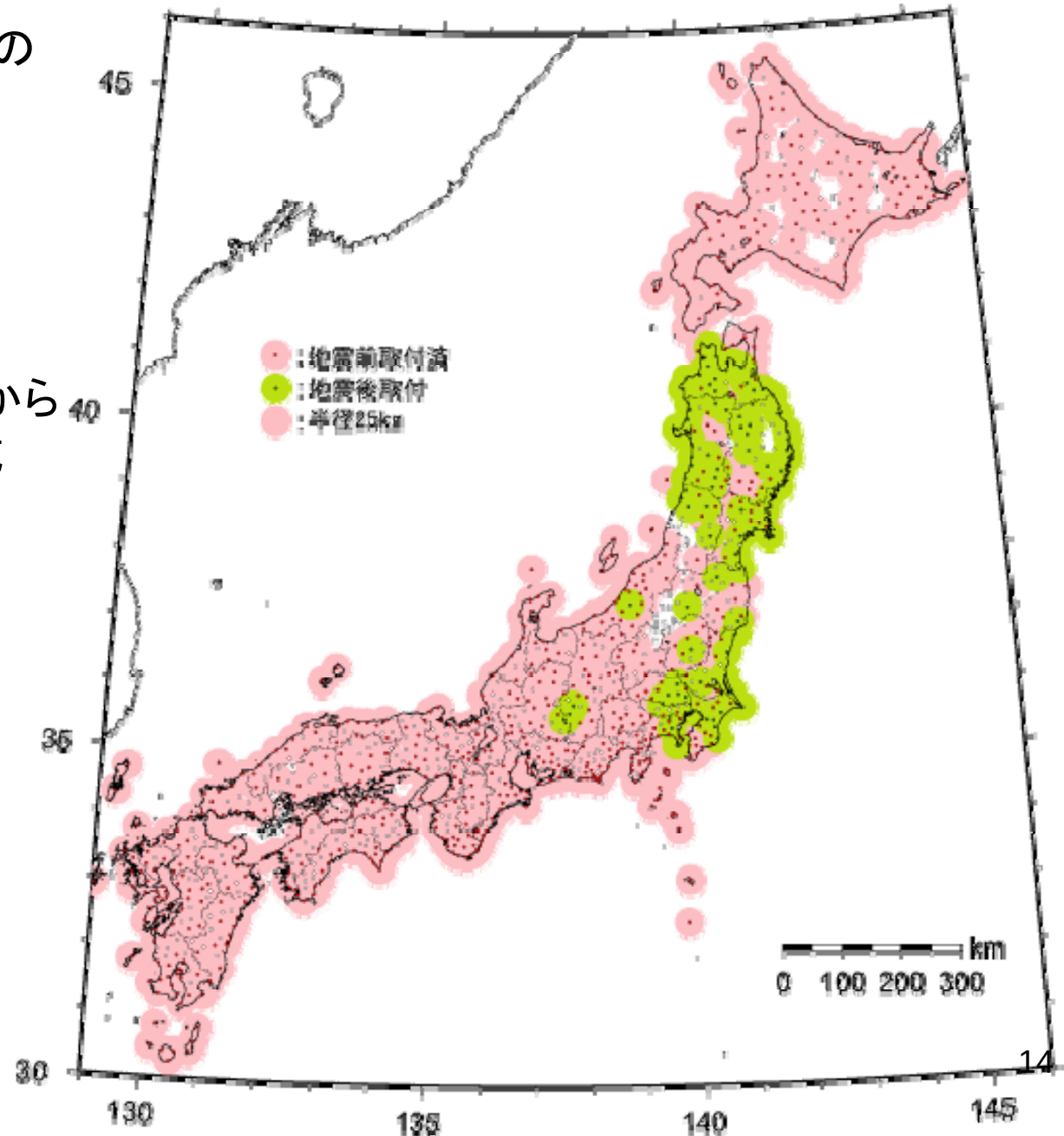
全国で約800点

着色していない部分
電子基準点(二等水準点)から
25km以上離れている地域

既知点間距離60km以下

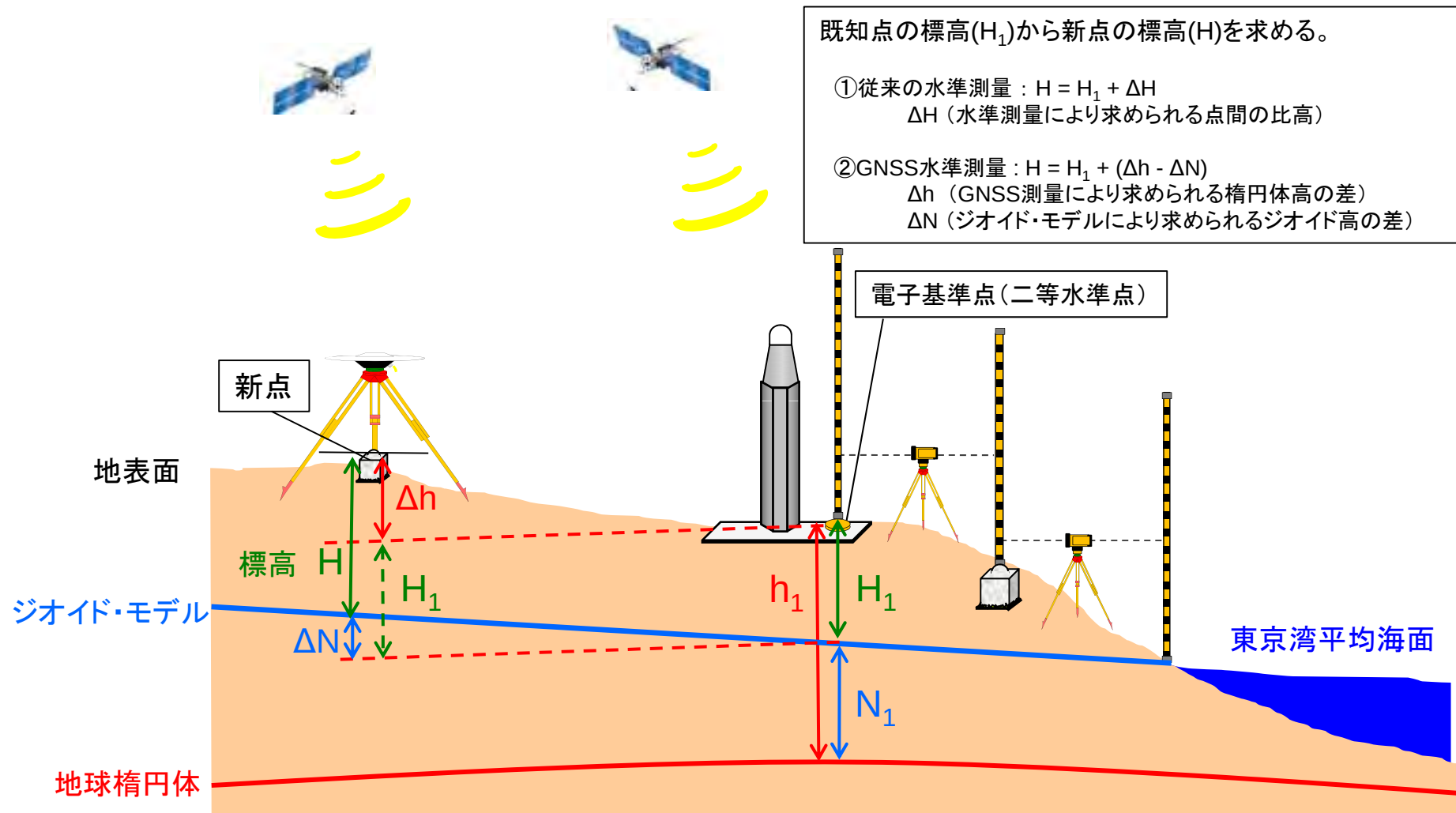


日本全国ほとんどの地域で
GNSS水準測量を実施する
ことができる。



4. GNSSによる標高の測量

GNSS測量による標高の測量 (GNSS水準測量)



4. GNSSによる標高の測量

（GNSS水準測量の方式）

第6条 GNSS水準測量は、原則として、結合多角方式又は単路線方式により行うものとする。

2 作業方法は、次表を標準とする。

区 分 項 目	GNSS水準測量	
既知点の数	2点以上	
路線の辺数	6辺以下 ただし、単路線の場合は8辺以下とする。	
路線長	60km以下	
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。	
偏心距離	既知点	500m未満
	新点	250m未満
備 考	「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。	

4. GNSSによる標高の測量

(GNSS観測の実施)

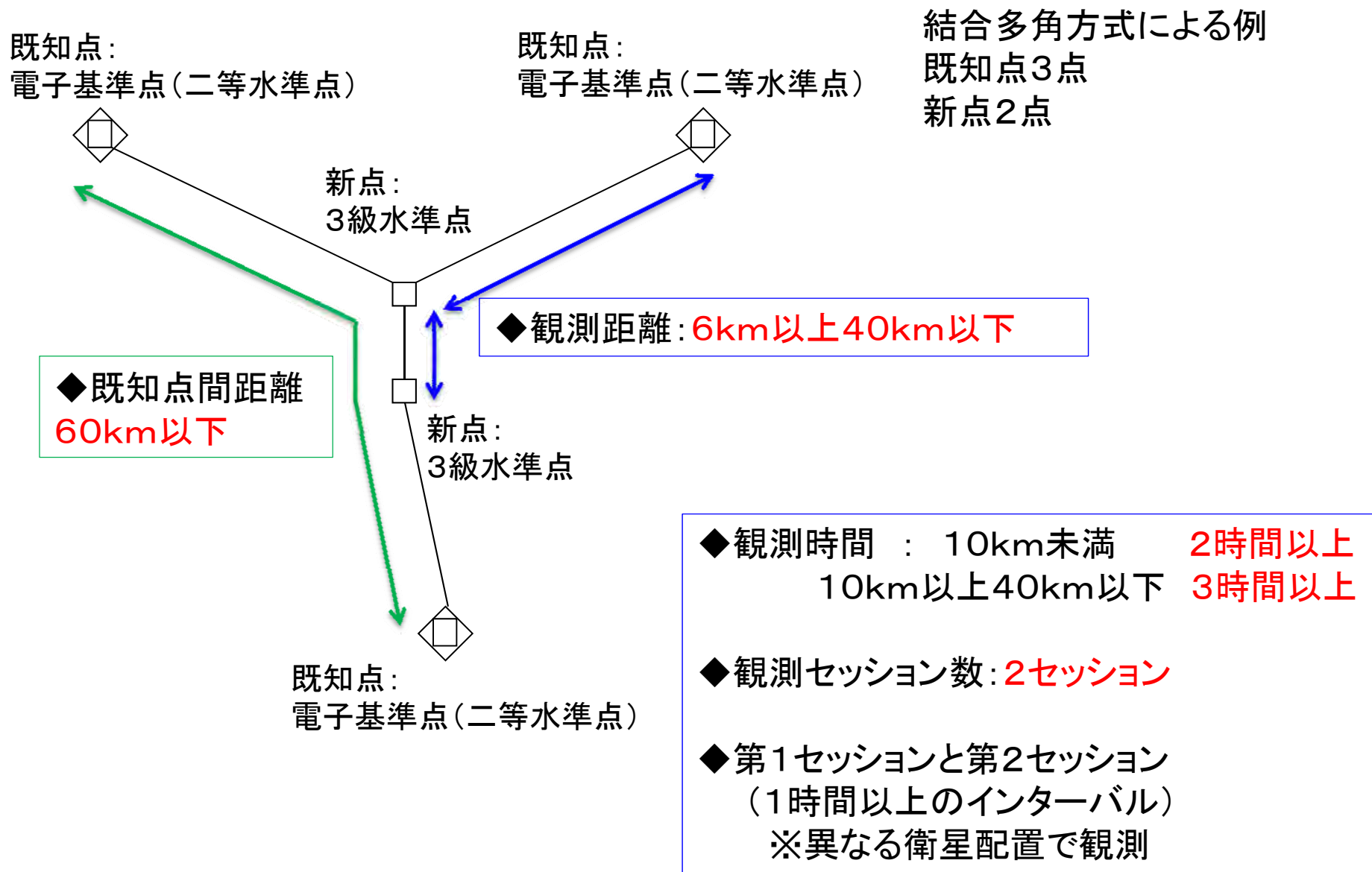
第13条 GNSS観測に当たり、計画機関の承認を得た平均図に基づき、観測図を作成するものとする。

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

ー GNSS観測は、次表を標準とする。

観測距離		10km未満	10km以上～40km以下
項 目			
観測セッション数		2セッション	
観測時間		2時間以上	3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衛星	4衛星以上	5衛星以上
	GPS衛星及び GLONASS衛星	5衛星以上	6衛星以上

4. GNSSによる標高の測量



4. GNSSによる標高の測量

(GNSS観測の実施)

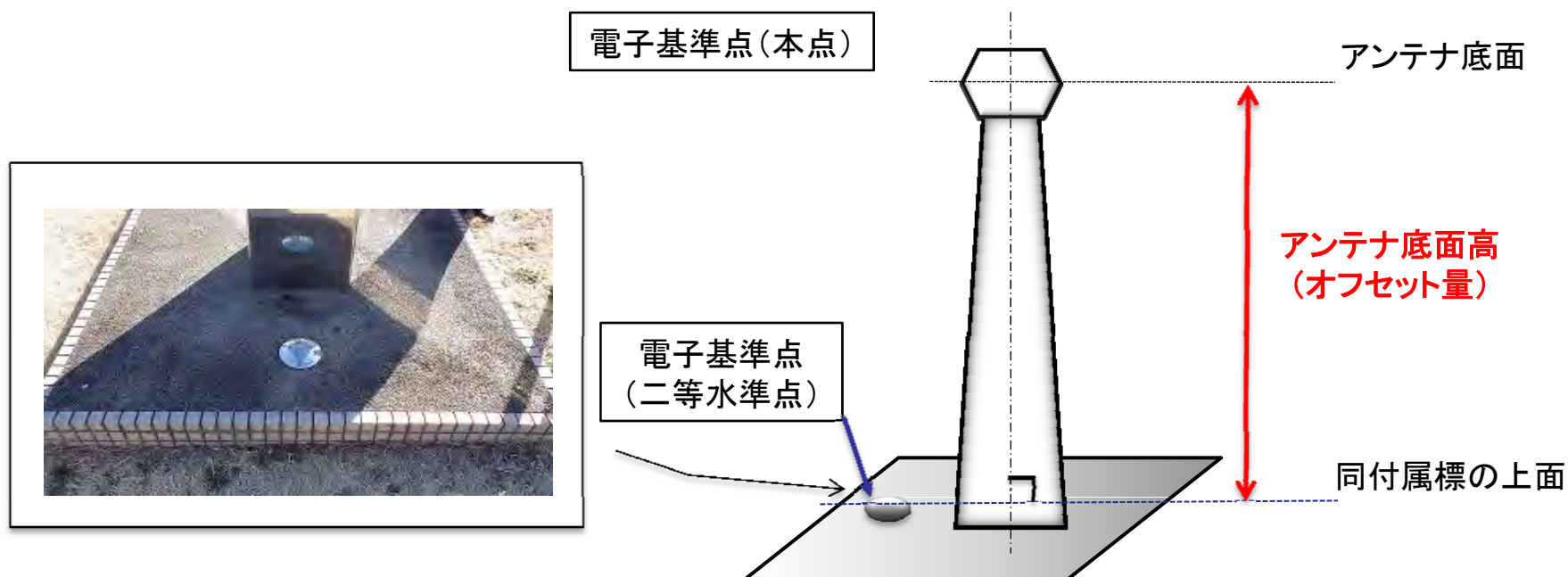
第13条 (途中省略)

二 既知点に電子基準点(二等水準点)を使用する場合は、当該電子基準点において受信された位相データ等を使用するため、**電子基準点(二等水準点)におけるGNSS観測は行わないものとする。**

三 アンテナ高の測定

イ **電子基準点(二等水準点)におけるアンテナ底面高**は、同付属標の上面から電子基準点アンテナ底面までの垂直距離(以下「**オフセット量**」という。)とする。

電子基準点(二等水準点)のアンテナ底面高



4. GNSSによる標高の測量

「オフセット量」は国土地理院ホームページにより公開

<http://psgsv2.gsi.go.jp/koukyou/public/ssp/gazou/offset.pdf>

オフセット量

平成25年4月26日

・オフセット量は、「GNSS測量による標高の測量マニュアル(案)」による測量のみに使用します。

・オフセット量は、更新(追加、削除)する場合がありますのでご注意願います。

県名	点番号	点名	オフセット量 (m)	基準点コード	
				電子基準点	二等水準点
鳥取県	021014	鳥取	4.517	EL05334213503	LOE000021014A
鳥取県	021015	名和	4.534	EL05333230901	LOE000021015A
鳥取県	021016	羽合	4.485	EL05333169902	LOE000021016A
鳥取県	041135	東伯A	5.007	EL05333158503	LOE000041135A
鳥取県	950378	鹿野	5.075	EL05334104301	LOE000950378A
鳥取県	950380	智頭	5.063	EL05234711801	LOE000950380A
鳥取県	950381	日南	5.063	EL05233529402	LOE000950381A
島根県	021020	木次	4.536	EL05232777203	LOE000021020A
島根県	021022	温泉津	5.109	EL05232433002	LOE000021022A
島根県	021025	益田	4.534	EL05131764402	LOE000021025A

4. GNSSによる標高の測量

点検測量

作業規程の準則

測量種別	率
1・2級基準点測量	10 %
3・4級基準点測量	5 %
1～4級水準測量	5 %
簡易水準測量	5 %
地形測量及び写真測量	2 %
線形決定	5 %
中心線測量	5 %
縦断測量	5 %
横断測量	5 %

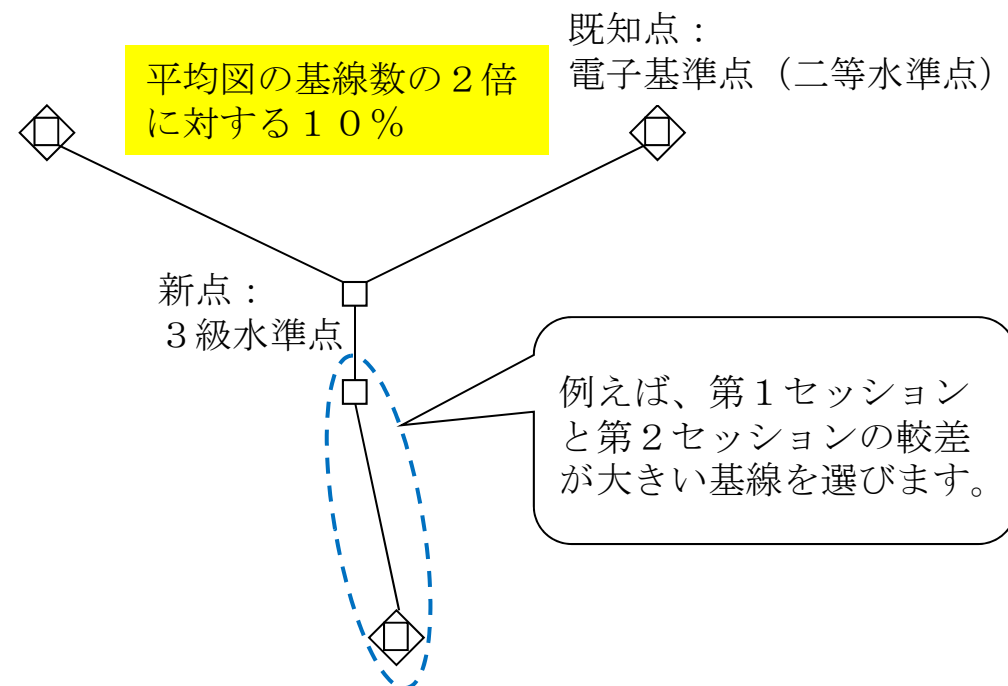
(精度管理)

第2条 (途中省略)

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。

→ GNSS水準測量: 10%



$4 \times 2 \times 0.1 = 0.8$ (小数点以下切り上げ)
1基線(1セッション)を行う。

4. GNSSによる標高の測量

精度管理について

(点検計算及び再測)

第18条 (途中省略)

3 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
① 第1セッションと第2セッションの基線ベクトルの較差	水平(ΔN 、 ΔE)	20mm	ΔN : 水平面の南北方向の較差 ΔE : 水平面の東西方向の較差 ΔU : 高さ方向の較差
	高さ(ΔU)	30mm	
②	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)
(②)	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)

(平均計算)

第19条 平均計算は、次のとおり行うものとする。

2 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、平均計算は次のとおり行うものとする。

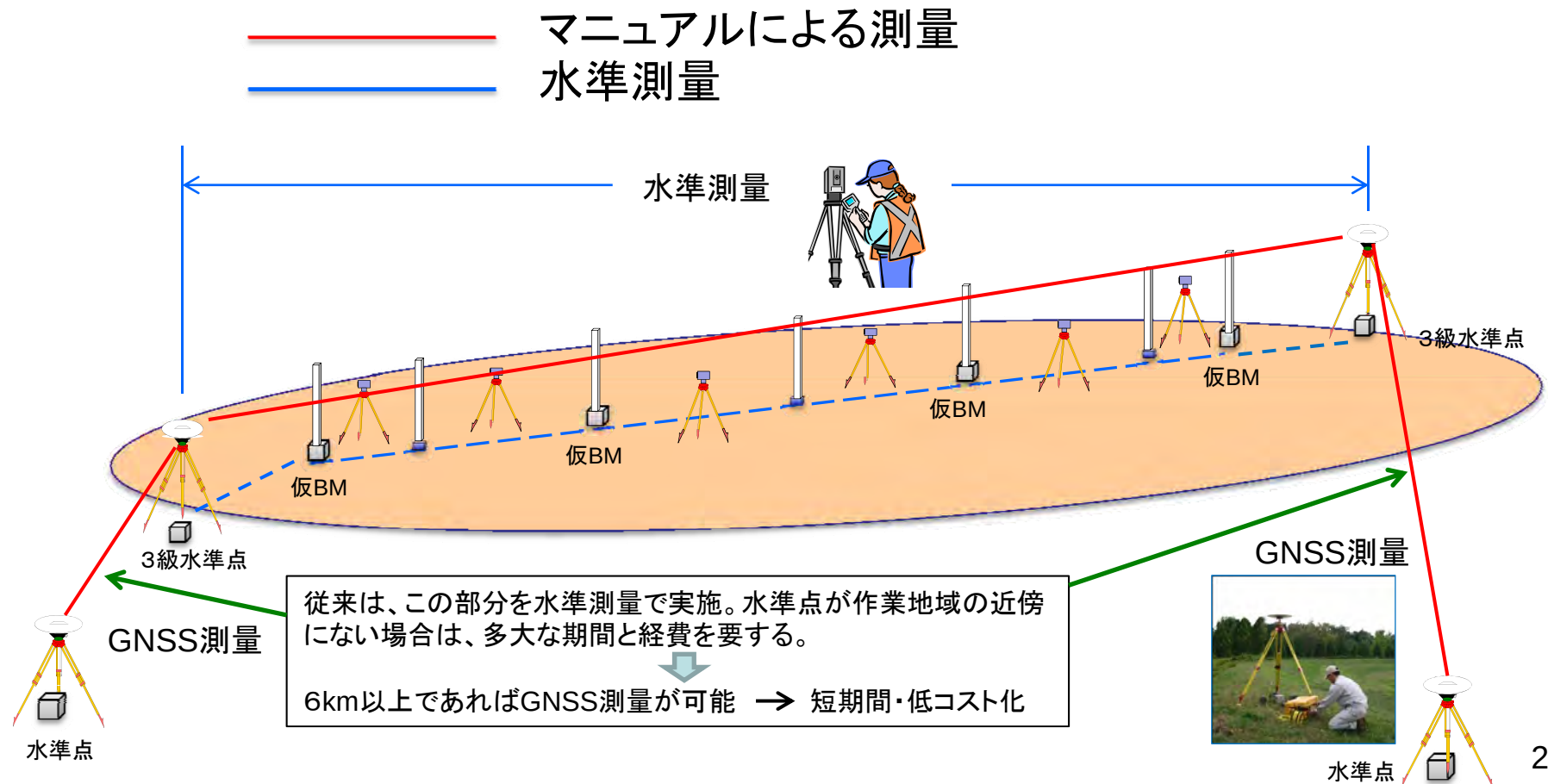
～ 中略 ～

③ 五 三次元網平均計算による新点の楕円体高の標準偏差の許容範囲は、50ミリメートルを標準とする。

4. GNSSによる標高の測量

利用の例

マニュアルによる測量と水準測量の組み合わせ



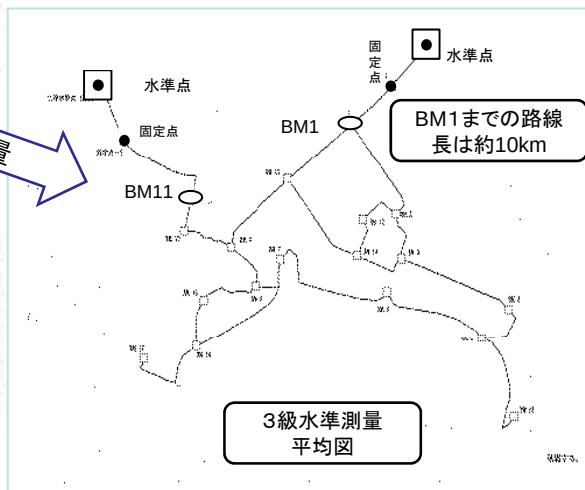
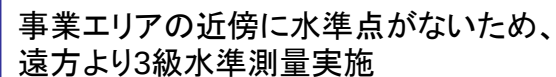
事例：国営かんがい排水事業（大規模な用排水施設の改修）。
仮BM設置測量を実施。

課題: 仮BM設置測量は、3級水準測量の精度で標高が必要。

約10km離れた水準点からの水準測量を実施。既知点への観測に延4日間。

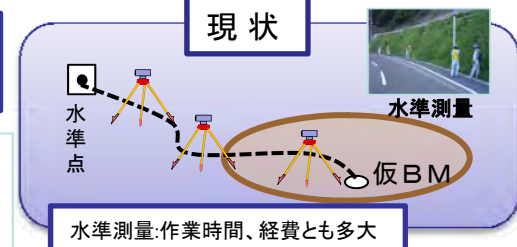
約2日間

GNSSにより3~5cmの精度で、効率的に仮BM設置測量が可能となる。



関東農政局（印旛沼二期農業利水事業所）HPより

現 狀



GNSSの効率的な利用



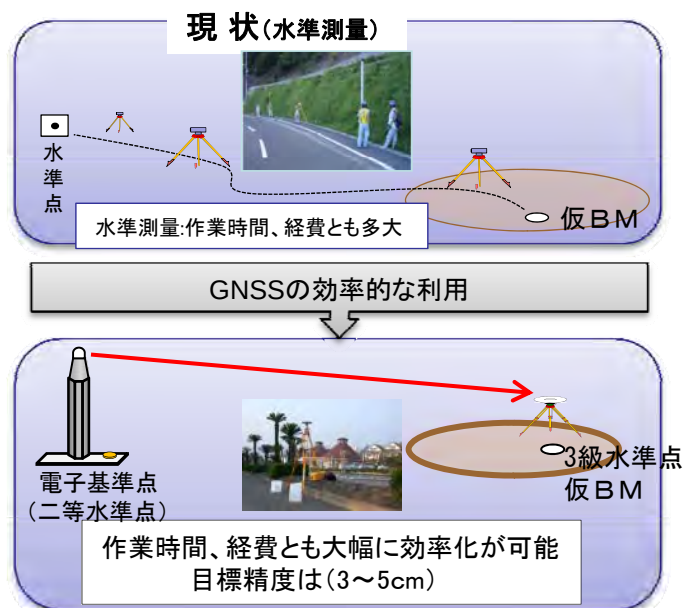
4. GNSSによる標高の測量

災害復旧対応の事例

事例：東北地方太平洋沖地震及びそれに伴う大津波により、東北地方の太平洋側港湾では防波堤の倒壊、岸壁の損傷等の甚大な被害。また、地震に伴う地殻変動により、**埠頭等の港湾施設も地盤沈下が発生。**

課題：埠頭等の構造物の復旧工事では、地盤沈下量を把握する必要があるが、地殻変動の影響のない**遠方の水準点からの水準測量を行うこととなり多大な時間がかかる。**

GNSSにより3～5cmの精度で、効率的に港湾構造物の沈下量が把握可能。



東北地方太平洋沖地震に伴う沈下量の情報として、国土地理院の電子基準点による上下方向の沈下量情報を元に復旧対応の事例あり(10cmオーダーの情報でも有用)。

被害状況(東北地方整備局港湾空港部HPより)



高砂ふ頭2号岸壁(-14m) (耐震)
・ガントリークレーン1基(終点側)が損傷
・取付部終点部法線はらみ出しに伴う背後の崩落、
エプロン部全体が1m沈下、舗装版下に空洞あり
・ヤードに津波による漂流コンテナ散乱



大船渡港 野々田区(-13m)・荷さばき地
最大30cm(平均10～20cm沈下)

5. 電子基準点を利用した基準点測量

「電子基準点のみを既知点とした基準点測量マニュアル(案)」

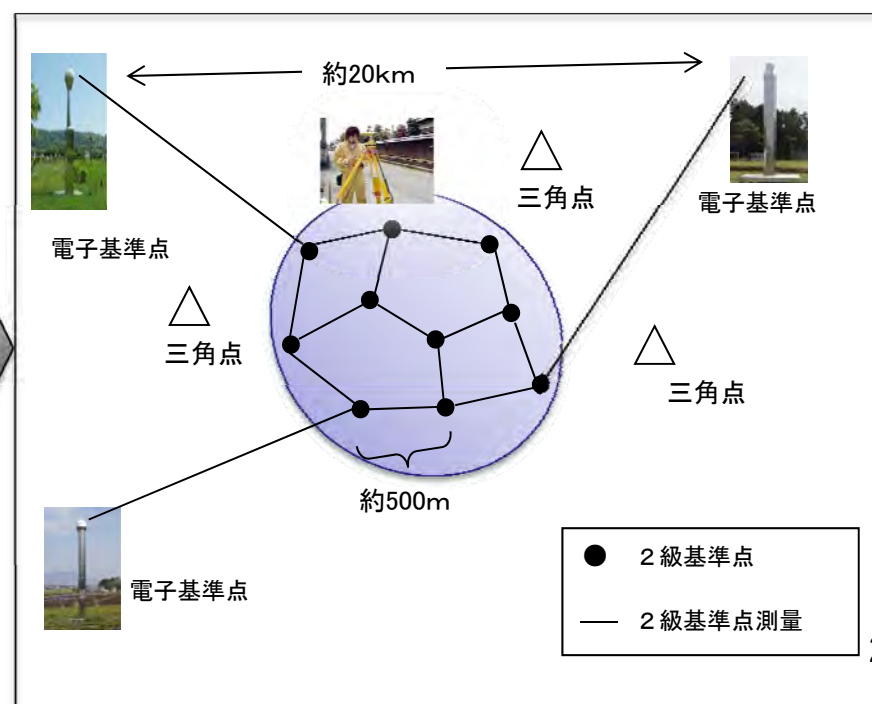
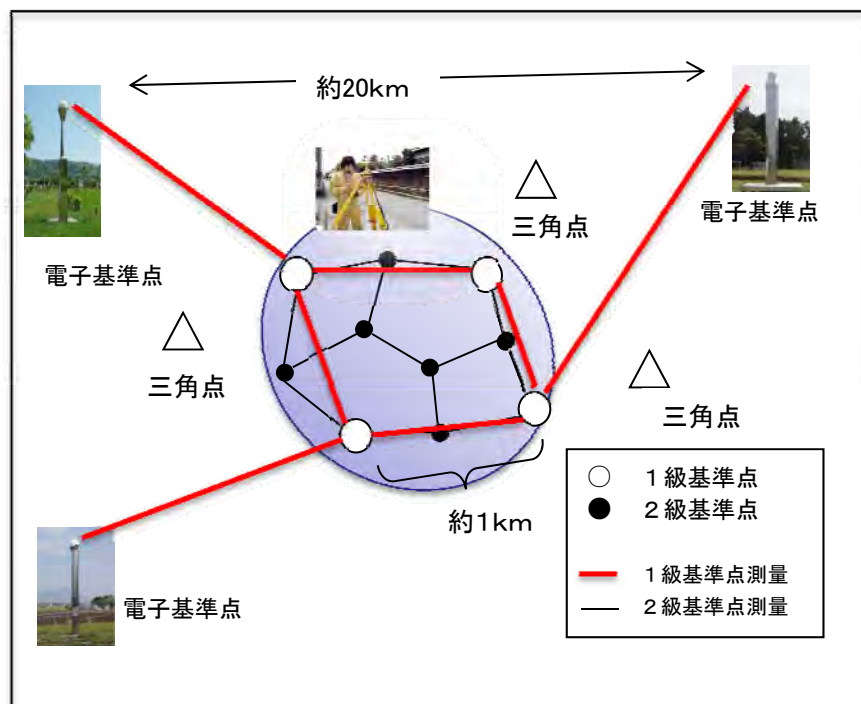
メリット

- ・1級基準点を設置せず、直接、2級基準点が設置可能
- ・既知点での観測が不要

現行：①電子基準点を利用し1級基準点を設置（4点）

②1級基準点等を利用し2級基準点を設置（6点）

マニュアル：①電子基準点を利用し同時に基準点を設置（10点）



3. 電子基準点を利用した基準点測量

○セミ・ダイナミック補正を実施する

セミ・ダイナミック補正は、地殻変動による歪みの影響を軽減し、測量成果の均一な精度を長期的に維持するために行う。

地殻変動による歪みの平均的な速度

→約0.2ppm/年（相対位置のずれ→20km:約4mm/年） 10年で約4cm

◇平成22年1月に公共測量(1級基準点測量)へ導入→効果有り・手法定着

第10条2項

(途中省略)

なお、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。

地殻変動補正パラメータファイルは毎年追加して公表

(2) 地殻変動補正パラメータ・ファイル

測量の実施時期に対応

ダウンロード	容量	ヘッダー情報	パラメータ範囲	備考
 SemiDyna2013.par	約759KB	Ver.1.0.0	全国	適用期間:2013年4月1日～2014年3月31日 (北硫黄島、硫黄島、南硫黄島は提供範囲から除外しました)

セミ・ダイナミック補正のHP

http://vldb.gsi.go.jp/sokuchi/semidyna/?link_id=linkA13

5. 電子基準点を利用した基準点測量

既設基準点と新点との整合性を確認

結合多角方式による例

既知点3点

新点5点

既設基準点1点(点検観測)

計画機関が指示した場合
(整合性を確認)

点検値－成果値

既知点：電子基準点

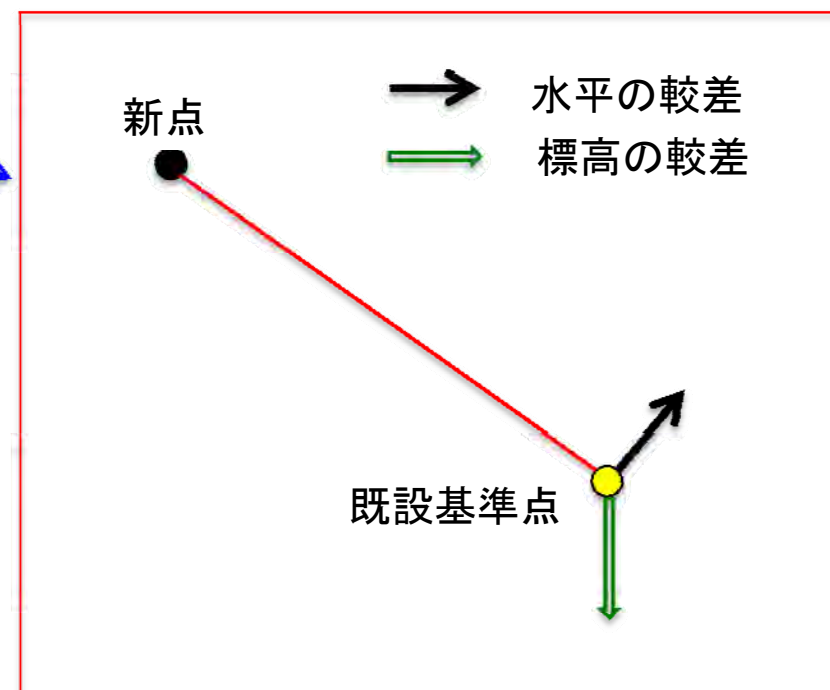
電子基準点

新点：2級基準点

既設基準点

点検のための観測イメージ

電子基準点



この結果を当該計画機関に報告

3. 電子基準点を利用した基準点測量

利用の例

- 道路計画、道路管理
- 河川計画、河川管理
- ダム計画、ダム管理
- 用地測量
- 土地区画整理

など、2級基準点の設置が必要な各種測量に利用できる。

6. 課題

◆GNSS測量による標高の測量マニュアル(案)

- ①試行作業や精度検証を踏まえたマニュアルの検証
- ②GNSS観測時間
- ③計算処理(網平均計算等)

◆電子基準点のみを既知点とした基準点測量マニュアル(案)

- ①試行作業や精度検証を踏まえたマニュアルの検証
- ②公共基準点体系全体の見直し

7. 今後のスケジュール

◆試行作業の実施

①国の機関

②マニュアルの使用を希望する測量計画機関

◆課題の検討

◆マニュアルの改定 [平成25年度末]

◆高精度なジオイド・モデルの整備・公表[平成25年度末]

◆マニュアルの本格的な運用 [平成26年度]

<参考>

◆参考となる標準歩掛は閲覧可能

◆マニュアルを使用する際に参考となる「**利用の手引**」を
ホームページで公開(マニュアルと同様にダウンロードが可能)

◆利用者ニーズ(水準点不足、電子基準点の利用拡大)

標高の測量

- ◆GNSS測量と高精度なジオイド・モデルの使用により簡便に3級水準点を設置
- ◆平成25年度は西日本、平成26年度からは全国予定
- ◆路線測量、災害対応等での利用が可能

2級基準点測量

- ◆電子基準点を既知点とすることで新点での観測だけで簡便に2級基準点を設置
- ◆セミ・ダイナミック補正の効果・定着

- ◆二つマニュアル 是非ご利用を
- ◆平成26年度に本格的な運用(効率化・低コスト化を推進)

文書番号 公共測量実施計画書 測量法第36条の規定により下記のとおり計画書を提出します。 平成○年○月○日 〒○○○-○○○ ○○県○○市○○町○○番地 ○○市 ○○市長 印 測量計画機関 名称 代表者 国土地理院長 殿	
測 量 の 目 的	道路計画
測 量 地 域	○○市南部
作 業 量	基準点測量2級5点
測 量 期 間	平成○年○月○日から平成○年○月○日
測 量 精 度	○○市公共測量作業規定 電子基準点のみを既知点とした基準点測量マニュアル(案)
測 量 方 法	G N S S
使用する測量成果の種類 及び 内 容	基本基準点 電子基準点
基本測量成果入手年月日	平成○年○月○日

ご清聴ありがとうございました。

国土地理院測地部計画課

TEL: 029-864-6463

国土地理院ホームページ

<http://www.gsi.go.jp/>

スマート・サーベイ・プロジェクトのページ

<http://psgs2.gsi.go.jp/koukyou/public/ssp/index.html>

メールアドレス

ssp-jimuk@gsi.go.jp