

スマートでコンパクトな基準点体系に向けて

衛星測位システムを賢く使い、いつでも・どこでも・誰でも
必要な位置情報が容易に得られる社会の実現

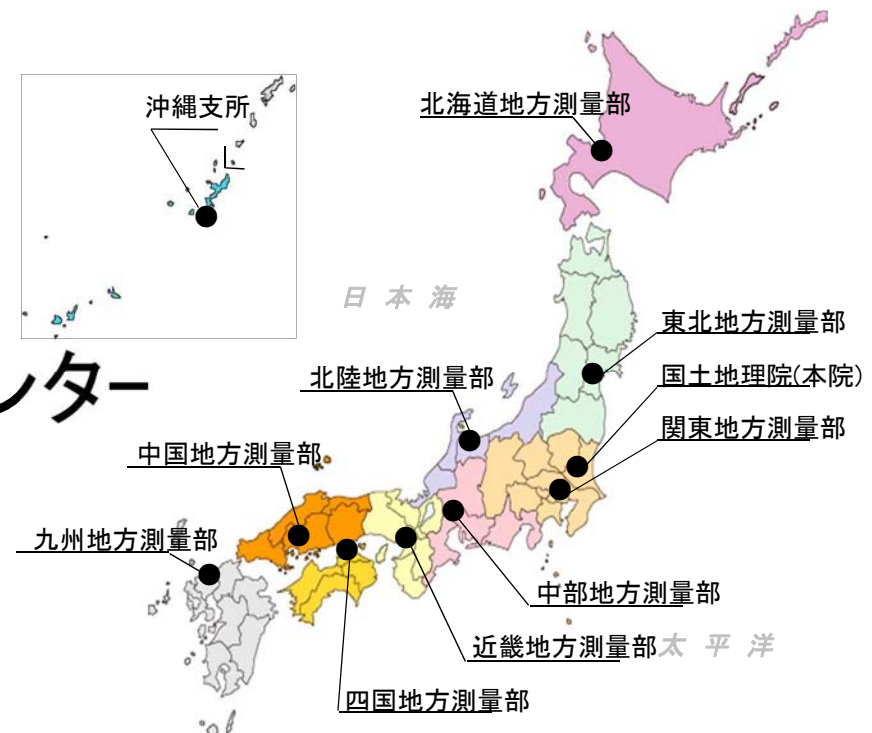
国土地理院

参事官 村上 真幸

国土地理院の概要

- 国土交通省の特別の機関
- 定員：695人 【平成26年度】
- 予算：約99億円 【平成26年度】
(うち、事業費約44億円)

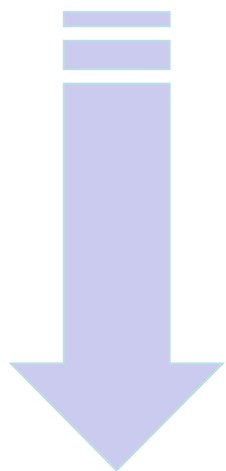
- 本院(つくば)6部・2センター
- 9地方測量部・1支所



国土地理院の沿革

基準点整備
管理と地図
作製

- 1869年(明治2年): 前身機関の創立
- 1883年: 一等三角測量、一等水準測量を開始
- 1888年: 参謀本部陸地測量部を設置
- 1891年: 日本水準原点の設置
- 1892年: 日本経緯度原点の設置
- 1908年: 2万5千分1地形図の作成開始



- 1945年: 内務省の付属機関として地理調査所が発足
- 1949年: 測量法公布
- 1960年: 国土地理院に名称変更

地理空間
情報に関
する施策

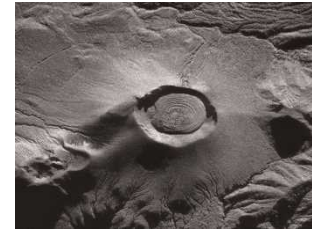
- 2001年: 国土交通省の特別の機関となる
災害対策基本法に基づく指定行政機関になる
測量法改正(世界測地系に移行)
- 2007年: 測量法改正(測量成果の活用促進)
地理空間情報活用推進基本法施行
- 2014年: 2万5千分1地形図の領土全域の整備が完了
「基本測量に関する長期計画」を告示

主な成果物と活動

位置の基準



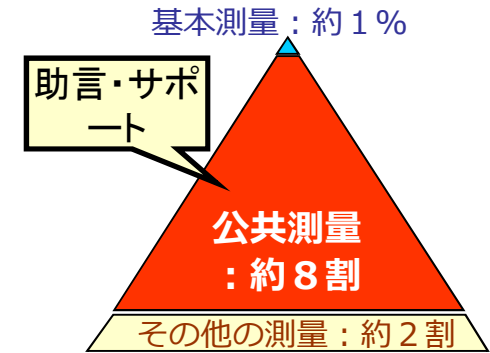
災害対応



近づく(隆起) ← 遠ざかる(沈降)
-11.8 -8.8 -5.9 -2.9 0 2.9 5.9 8.8 11.8
隆起-地表間の距離の変化(地表の動き) [cm]



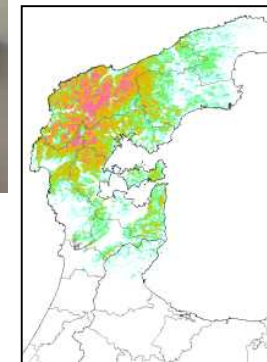
公共測量への助言



基本図

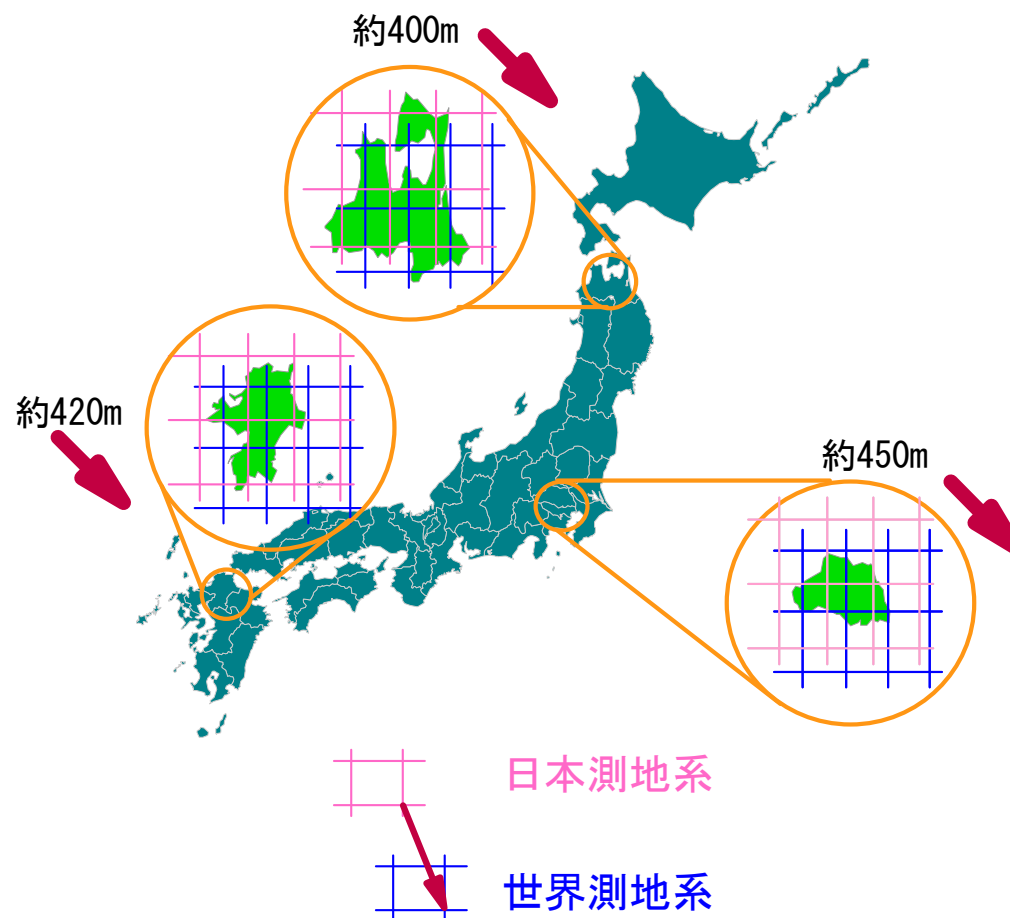


活用促進



位置の基準：地球の形と大きさ

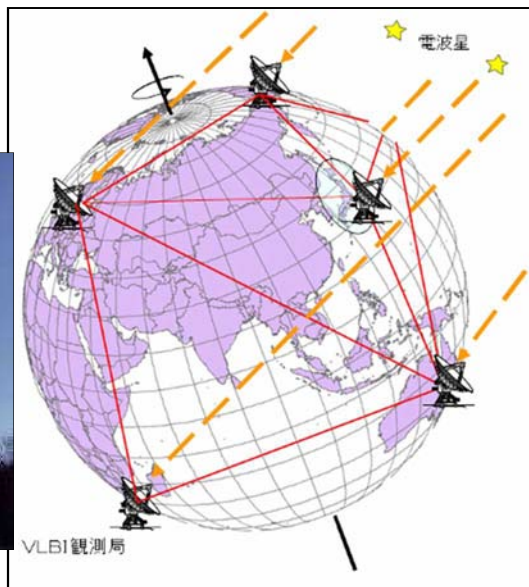
- 測量法改正（2001年公布、2002年施行）
日本測地系→世界測地系



位置の基準：原点

地球上で我が国の位置を定める

VLBI観測



日本経緯度原点

験潮



日本水準原点

位置の基準:

基準点(水平位置、高さ)を整備・管理し 位置の基準を示す

従来からの基準点



三角点
(水平位置の基準)

約11万点

水準点
(高さの基準)

約2万点

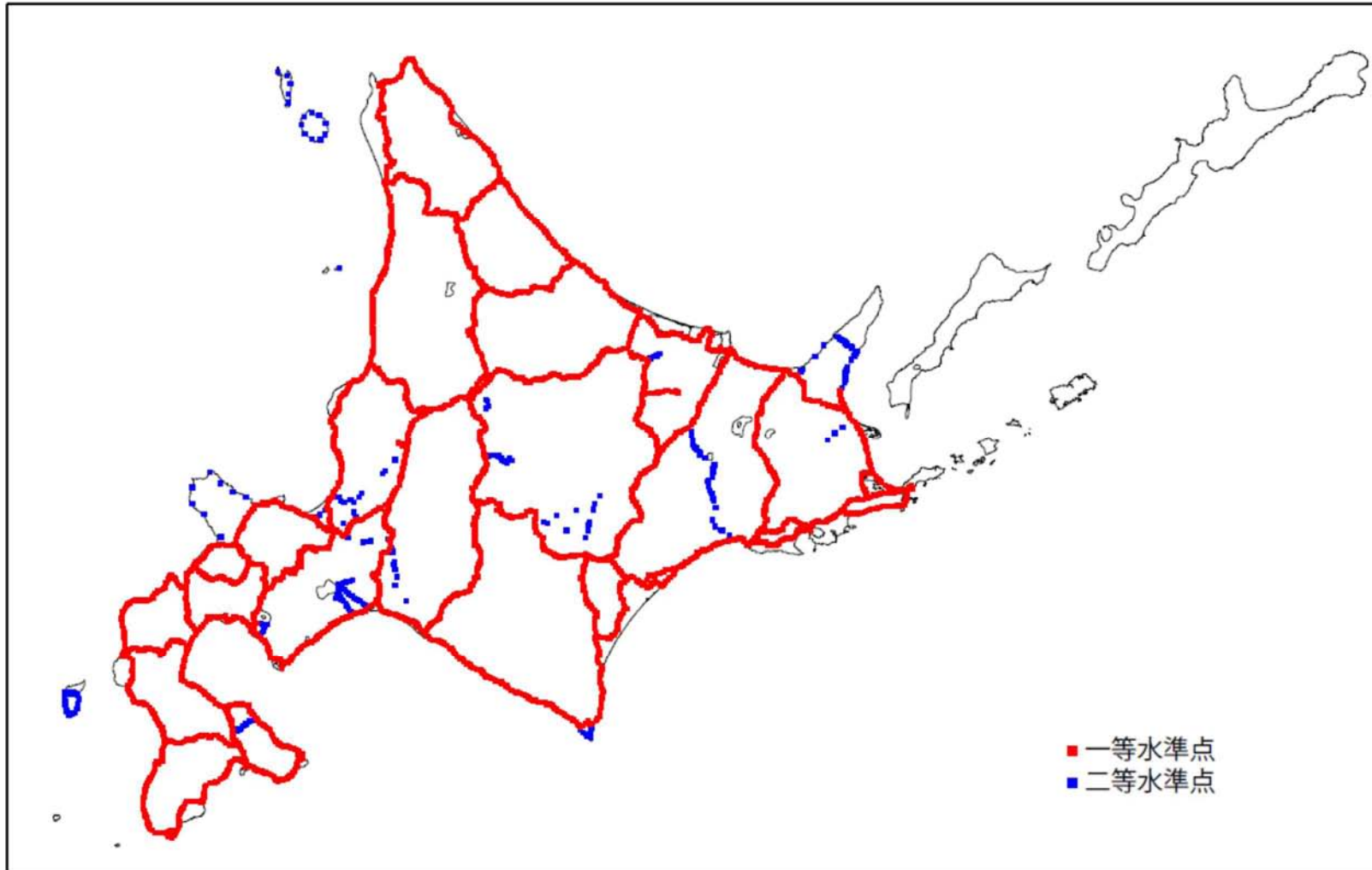
最近の基準点



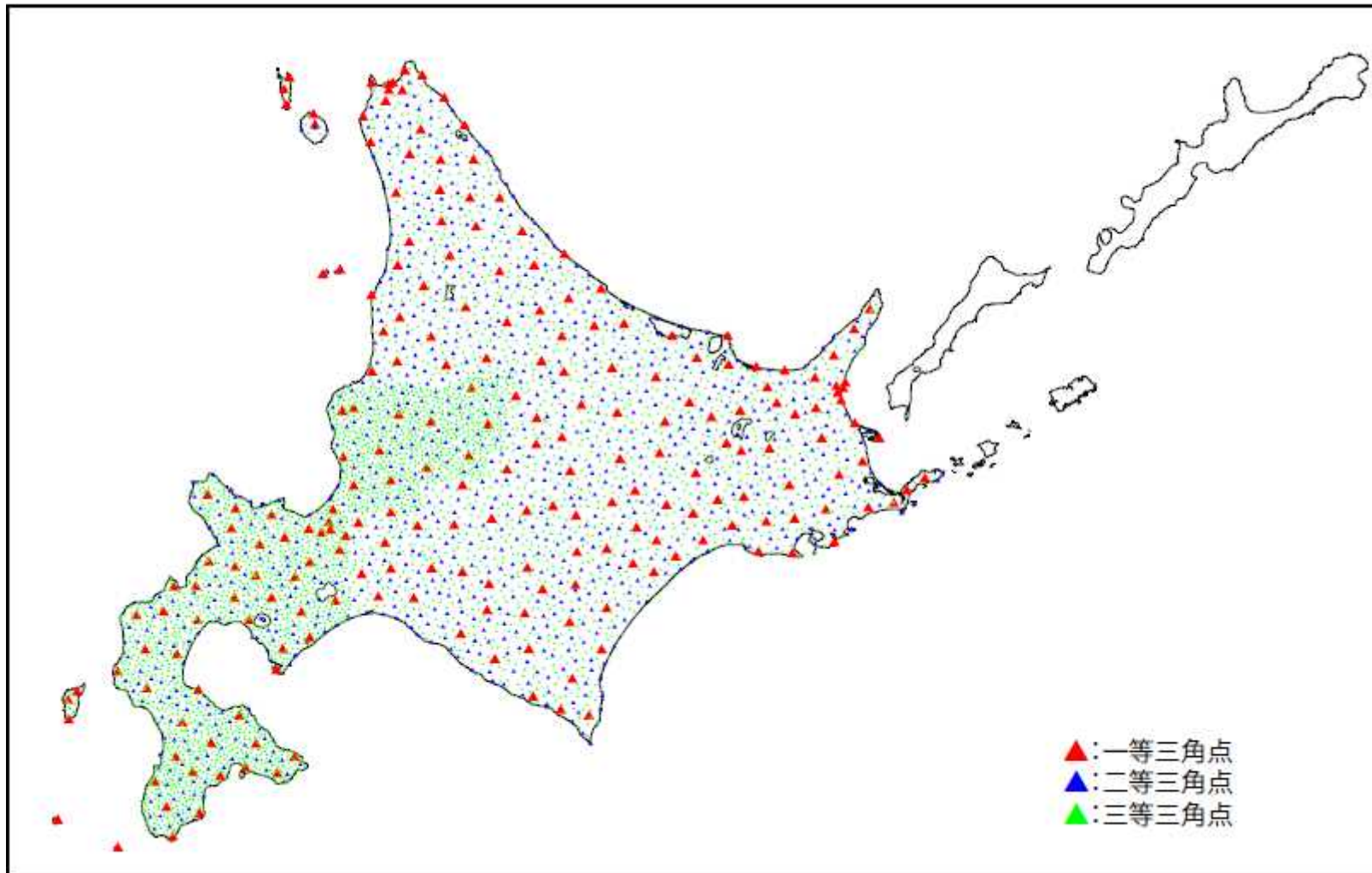
電子基準点
(GNSS測量の基準)

約1300点

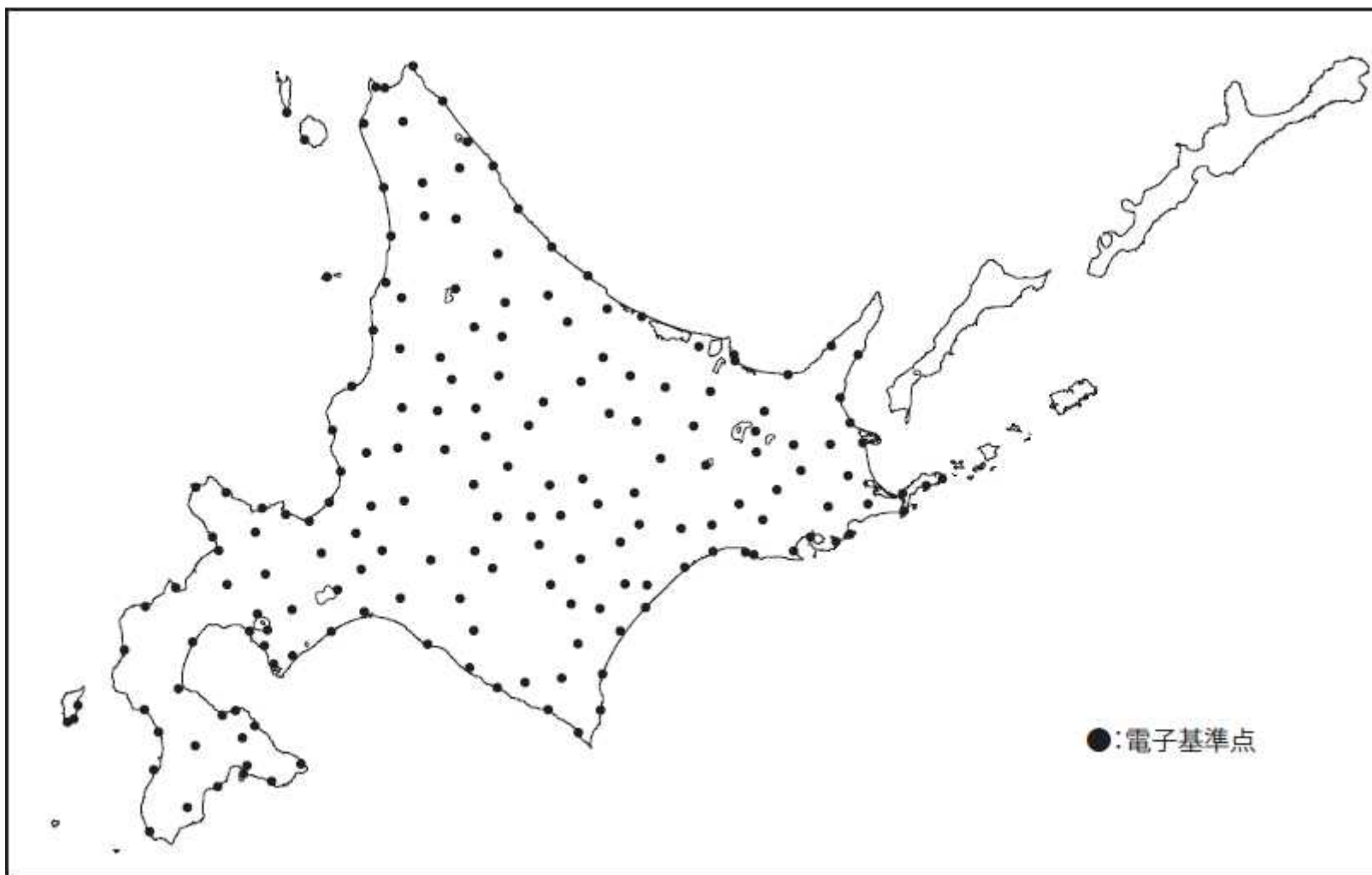
水準点の配置状況



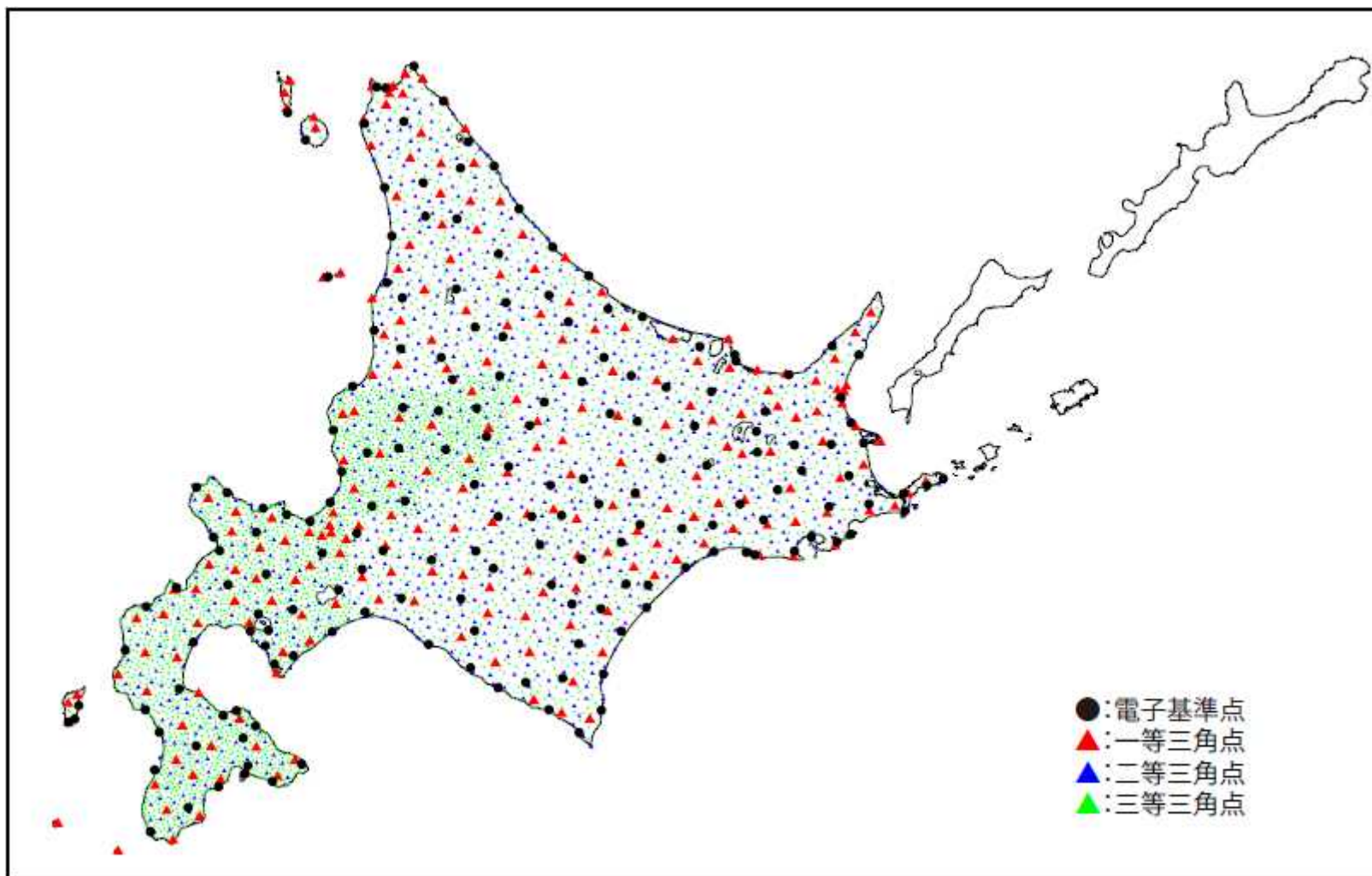
三角点の配置状況



電子基準点の配置状況



電子基準点・三角点の配置状況



基準点成果等閲覧サービス (標準) - Windows Internet Explorer

http://sokuseikagis1.gsi.go.jp/lt/index.aspx

基準点成果等閲覧サービス

基準点閲覧メニュー

通常検索 詳細検索

基本基準点 公共基準点

電子基準点 1級基準点

一等三角点 2級基準点

二等三角点 掛区三角点

三等三角点 3級基準点

四等三角点 4級基準点

一等水準点 掛区多角点

二等水準点 1級水準点

三等水準点 2級水準点

その他基準点 3級水準点

4級水準点

その他

検索件数 200 検索

検索結果

基本基準点	公共基準点	基準点コード	等級種別	成果状態
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	TR36441522301	三等三角点	正常
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	TR36441428501	三等三角点	正常
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	TR36441522601	三等三角点	正常
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	TR36441429301	三等三角点	正常
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	LO50000000316	単基準水準点	正常
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	LO10000007408	一等水準点	正常
		7408		

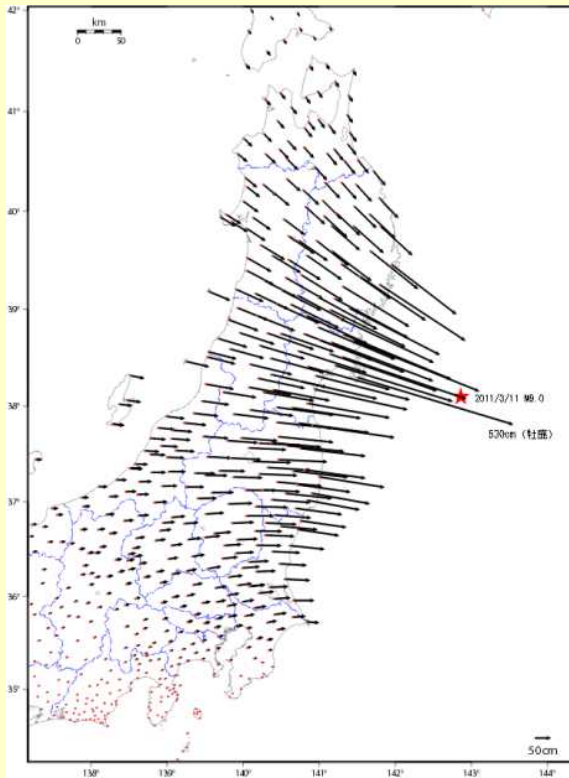
詳細システムへ移行 KML出力

地理院地図メニュー

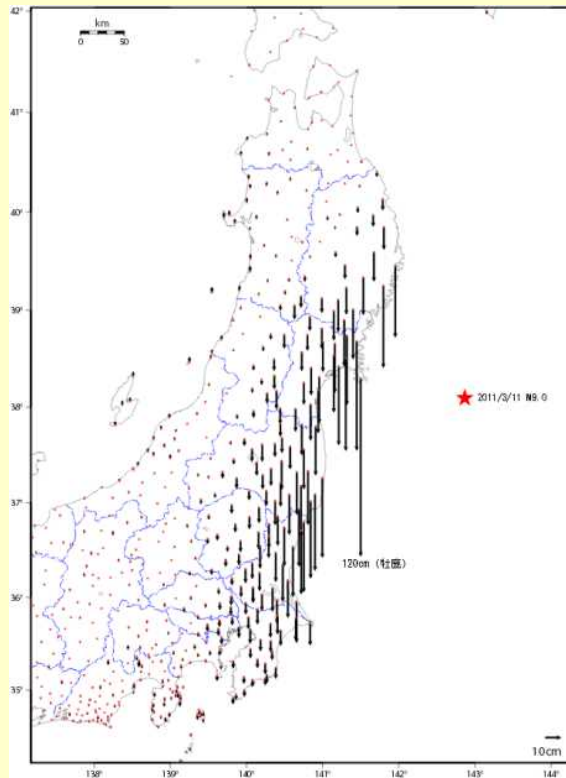
ページが表示されました

インターネット | 保護モード: 有効

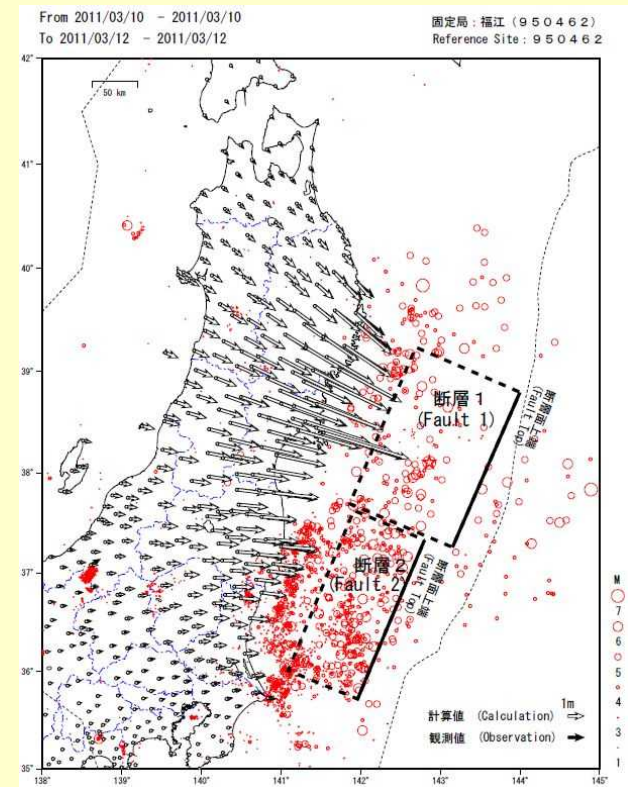
全体像の把握



ベクトル図: 水平成分

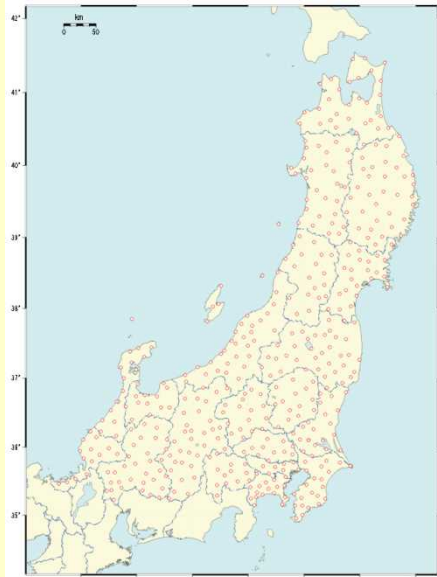


ベクトル図: 上下成分

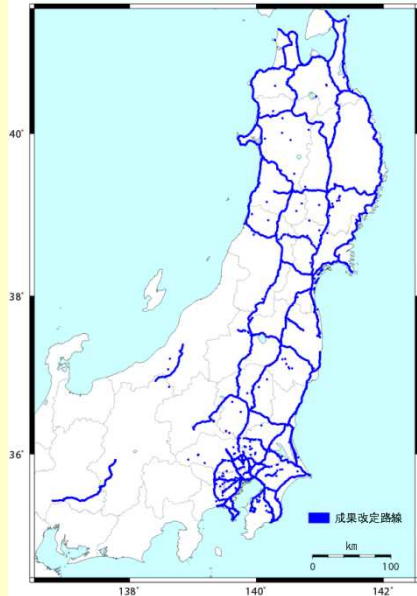


断層モデル

測量成果の改定



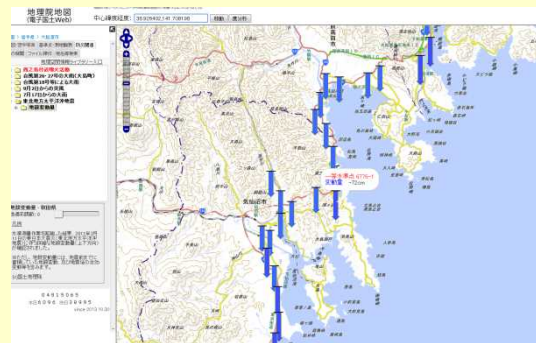
改定した電子基準点の位置



水準点の改定路線

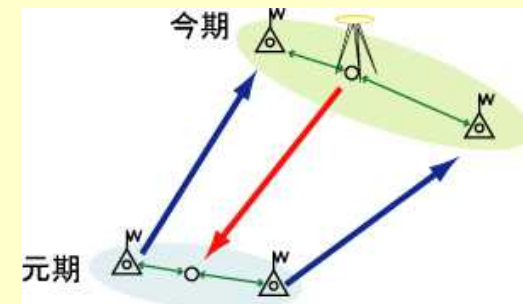
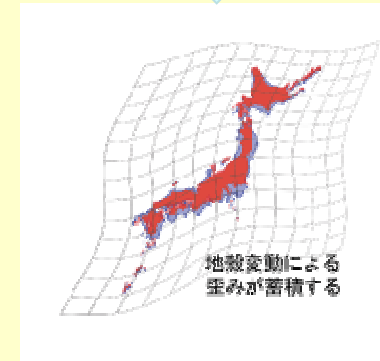
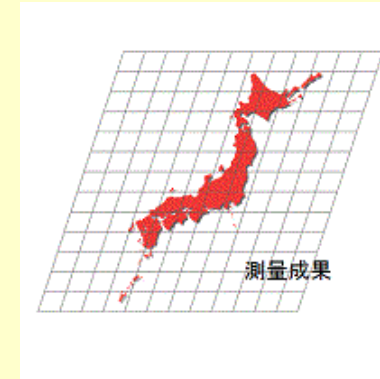


改定した三角点の地域



水準点の改定量(気仙沼市周辺)

セミダイナミック補正



- ① 測量法で規定された**測量の基準**
回轉楕円体、世界測地系、平均海面
- ② 日本経緯度原点、日本水準原点
VLBI観測点、電子基準点
三角点・水準点等の**国家基準点及び公共基準点**
- ③ 各基準点の精度、測量の作業方法等を規定した
各測量作業規程
- ④ 測地基準点の**測量成果及びその提供体制**
を合わせた概念(基準点体系分科会(Ⅳ))。



VLBI石岡局 (13m アンテナ)
地球規模での位置測定等を実施

高さ(標高)

過去・近年の測量



水準測量は(明治期)から開始され、水準儀・標尺・データコレクタ等の開発が進められている

2地点に標尺を立て、その中間にレベルを水平において観測を繰り返す

水準点間の比高を求め、水準点の成果を算出

水平位置(緯度・経度)

過去の測量

三角測量等(旧来の方法)



1880 's(明治期)からGNSS測量の登場までは、隣接する三角点から角度と距離で成果を算出

水平位置(緯度・経度)

近年の測量

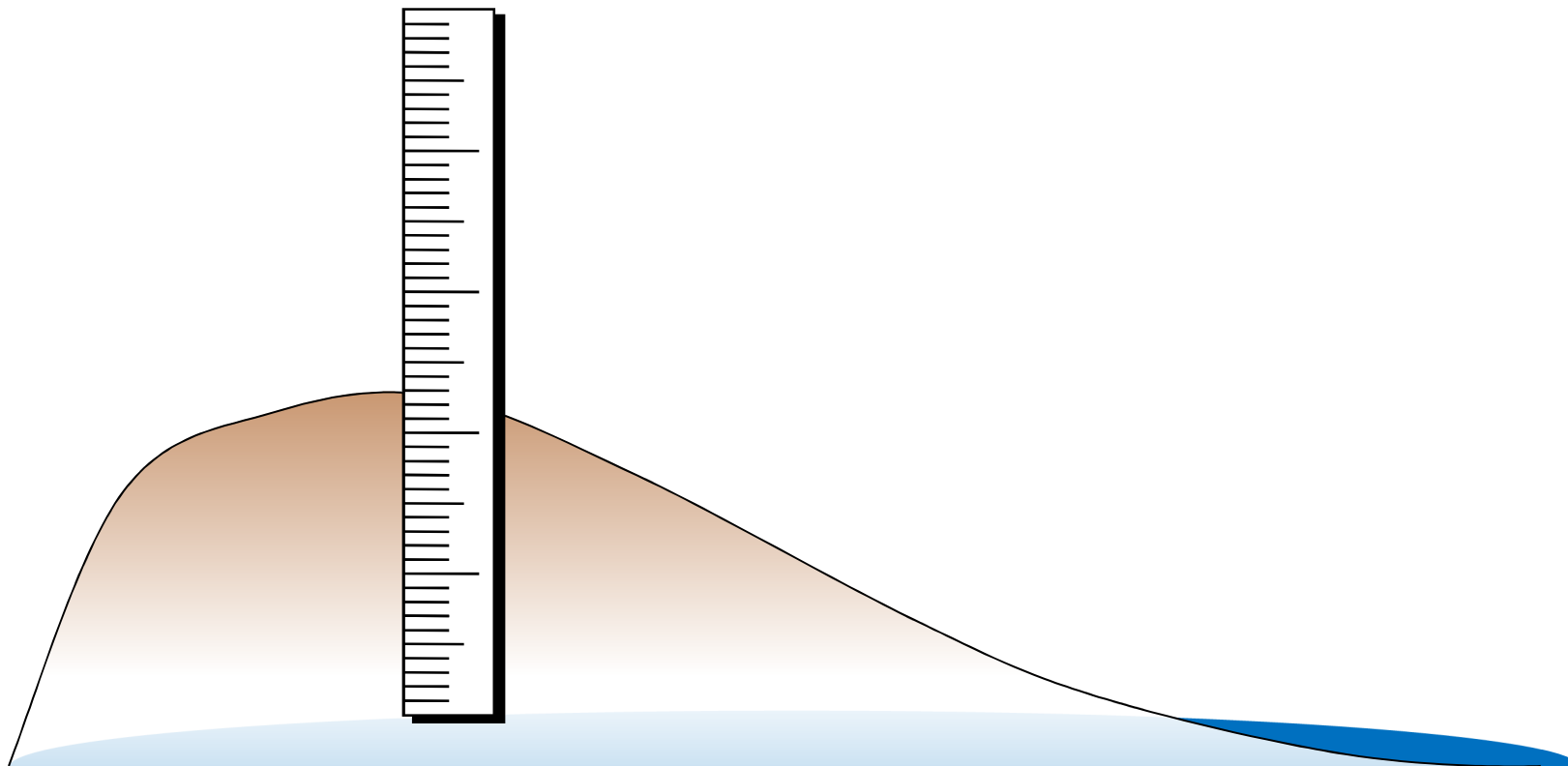
GNSS測量



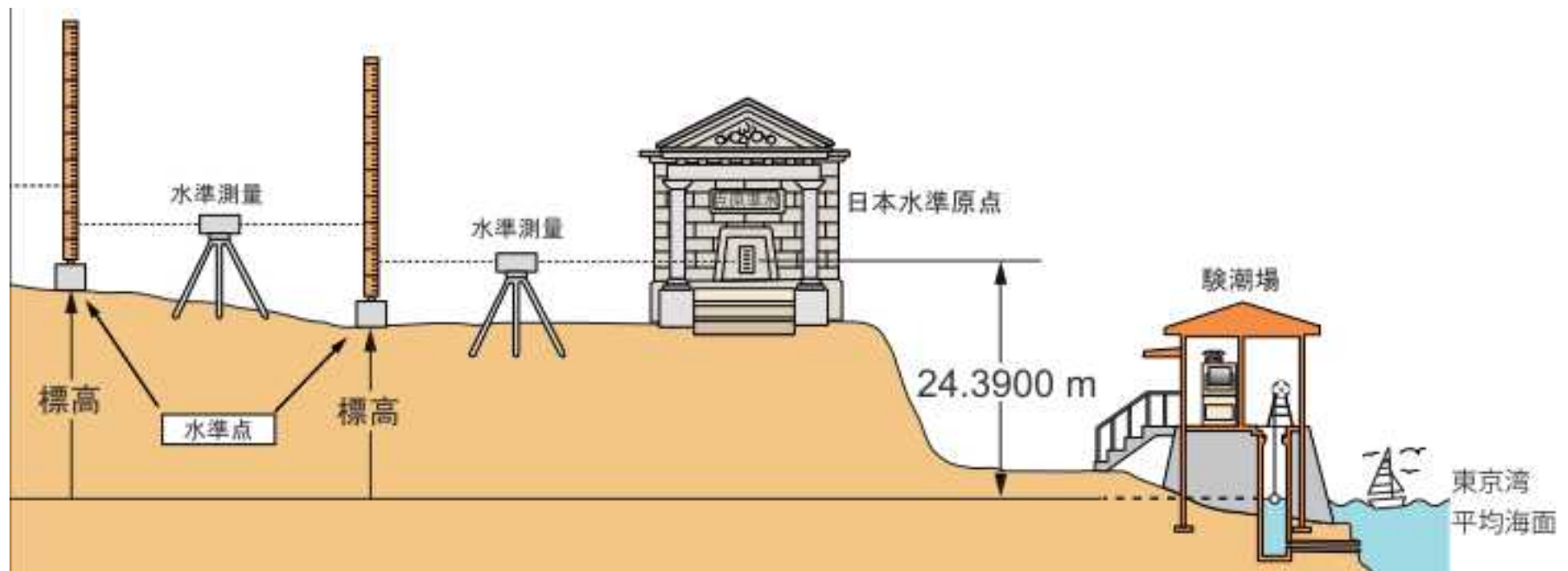
平成6年度以降、電子基準点等から
GNSS測量で三角点の成果を算出

高さを測る仮想のものさし

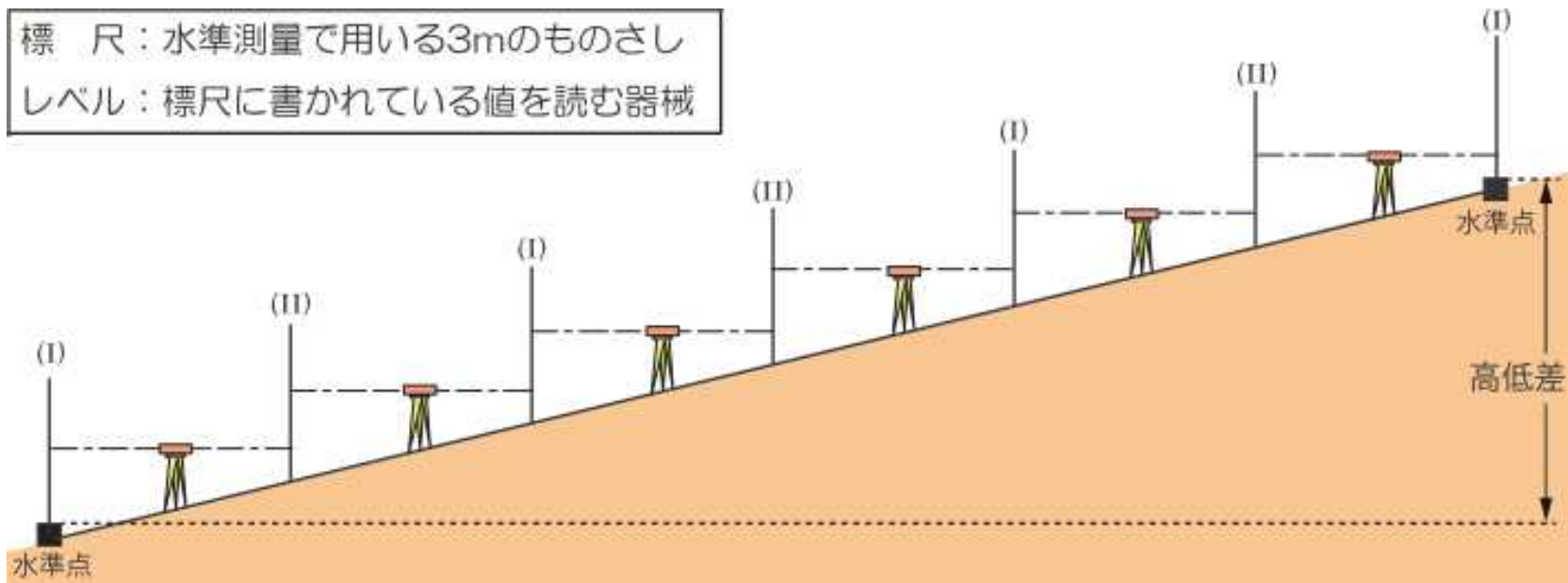
どこに平均海面があるのか？
ものさしをどうやって当ててるのか？



平均海面からある一定の高さにある場所に
目盛りが「ゼロ」ではない原点を置く



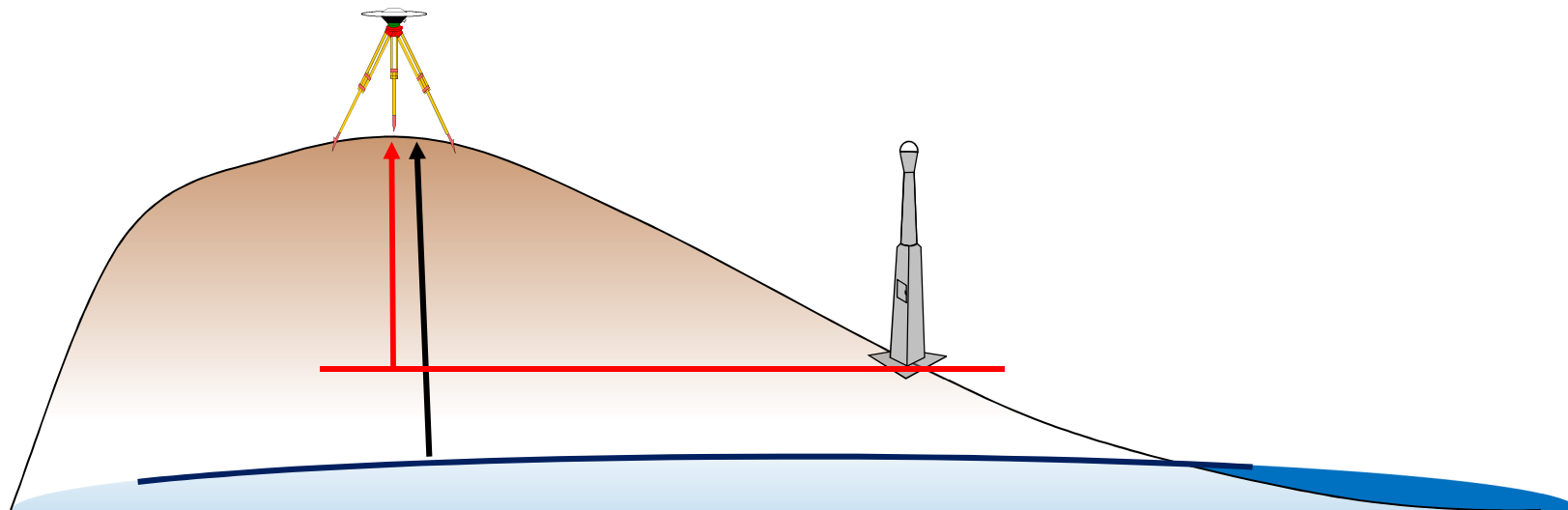
原点からその都度測るのは大変 原点から離れた場所にも高さの目盛りを作る



水準測量は大変 → 効率化の検討

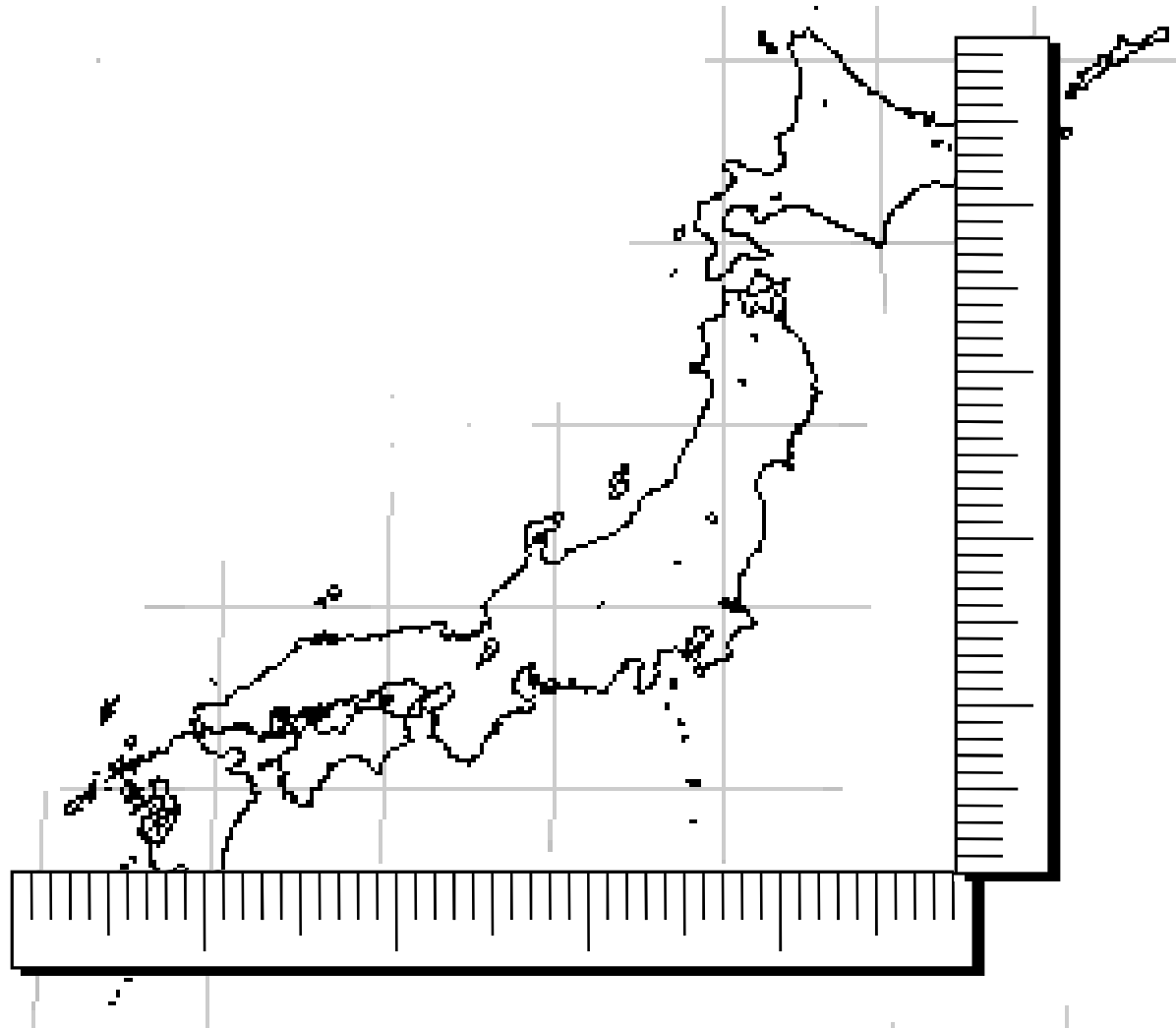
- 標高の利用目的により必要な精度は異なる
- 高精度の水準測量には経費と時間がかかる
- 必要な精度に応じて、水準測量の方法を級別に区分、設置された水準点も級別に区分
 - 1級～4級水準点、簡易水準点等級が高いほど標高の精度が高い

平均海面の位置が分かったら？ →ジオイドモデル
ものさしを当てる方法があれば？ →GNSS測位
精度を確保するには？ →水準点(電子基準点付属標)
を既知点としたGNSS測量

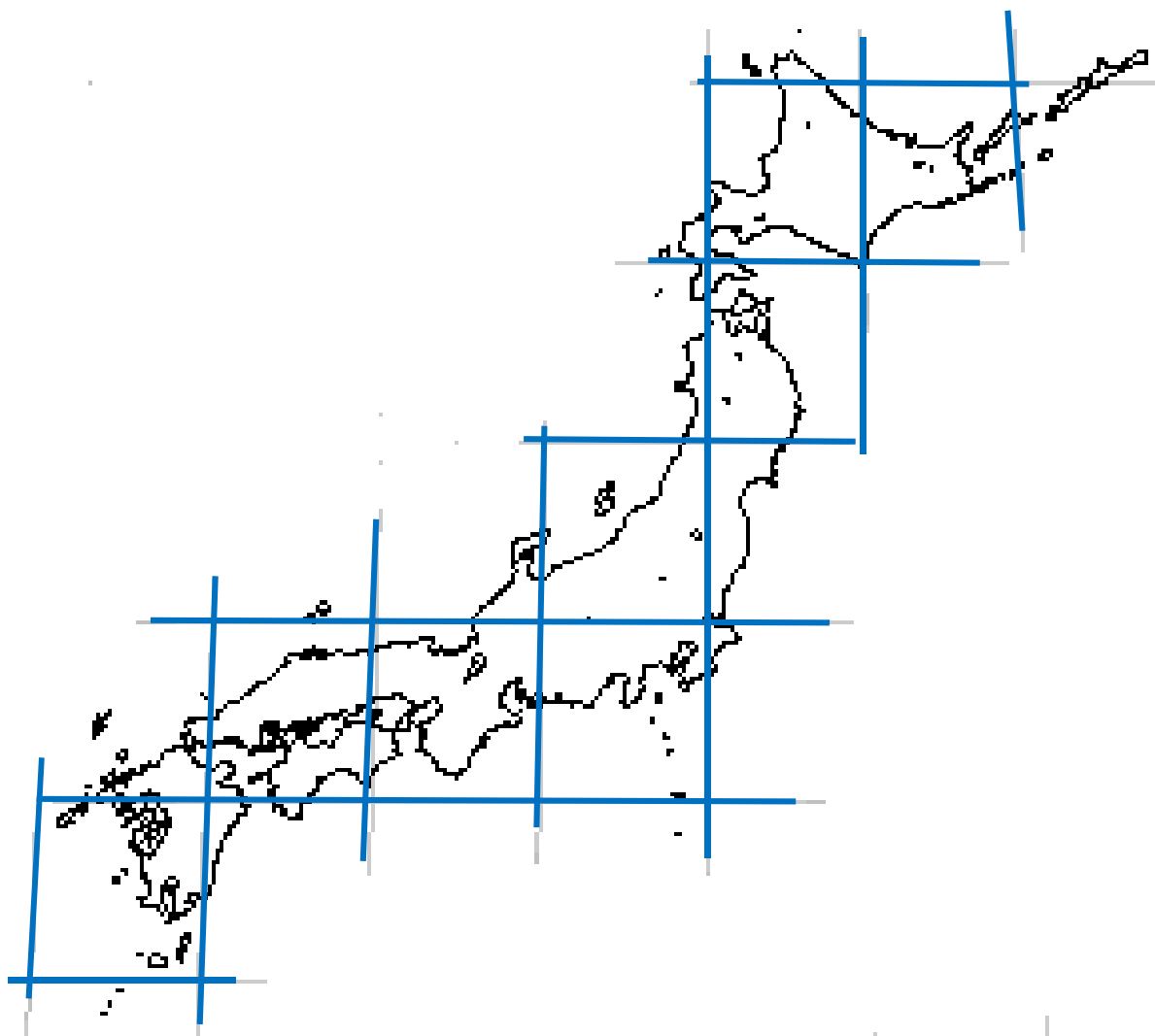


基準点の役割

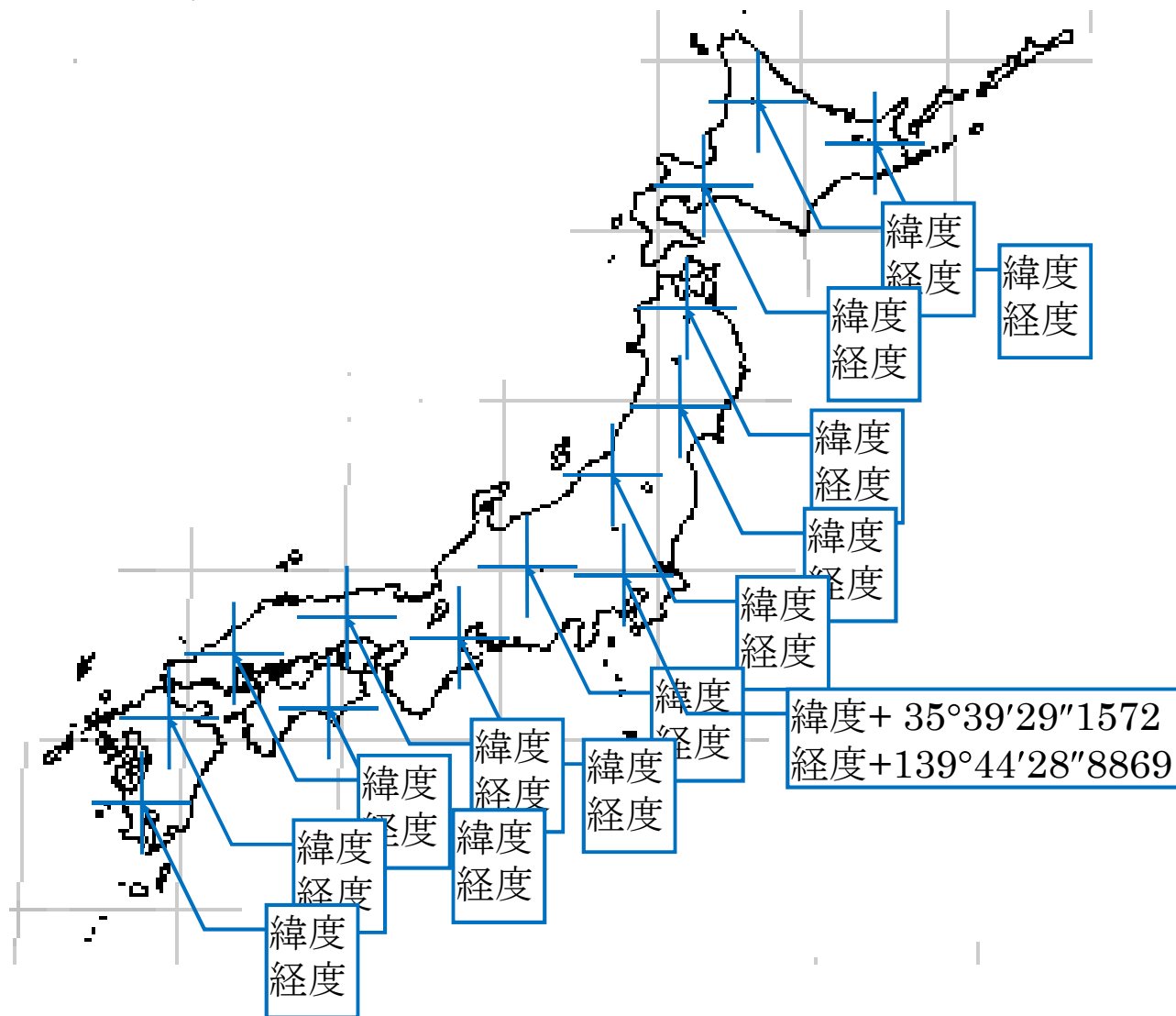
座標値を測る仮想のものさし

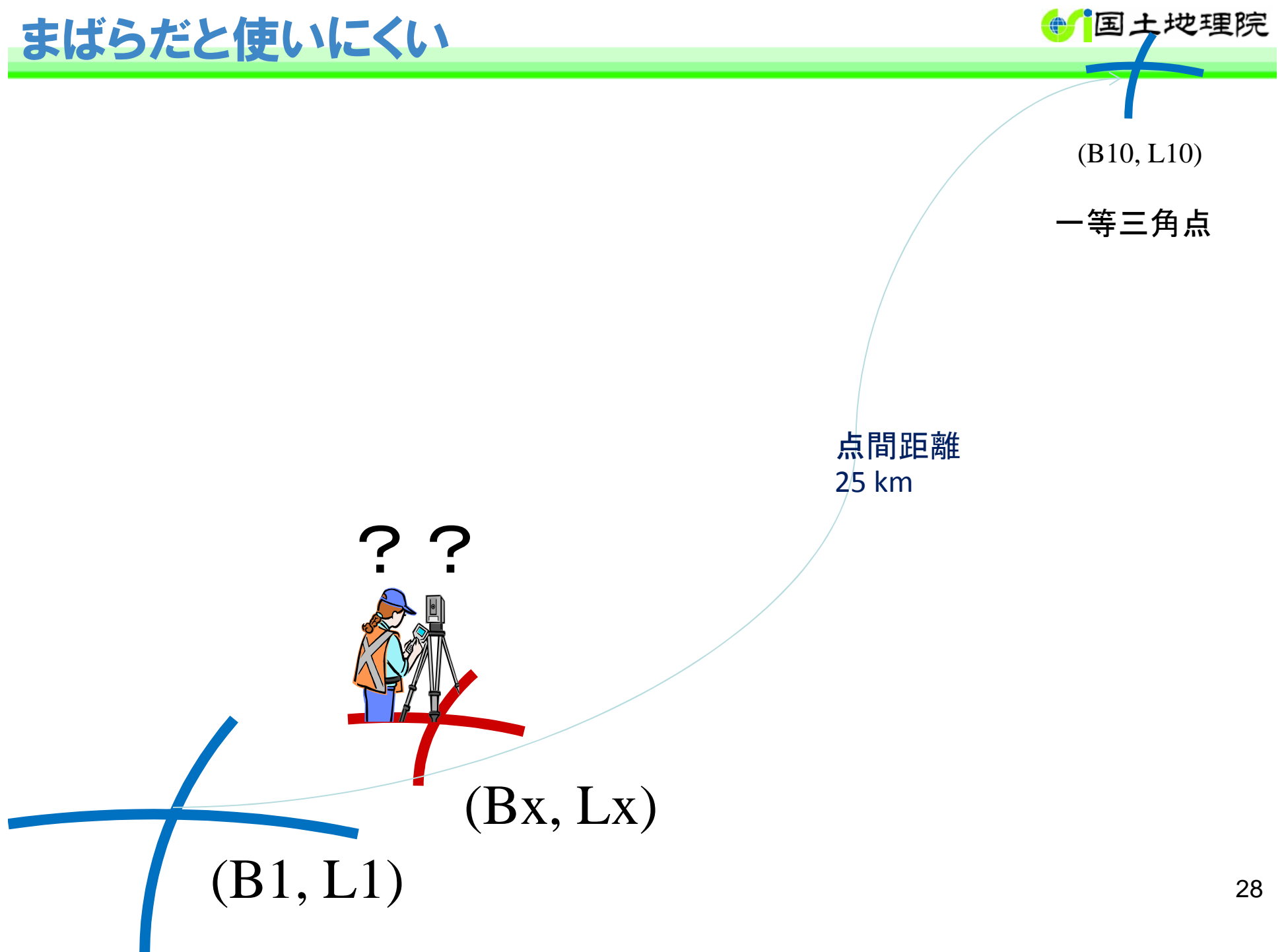


規則的な目盛線は引けない

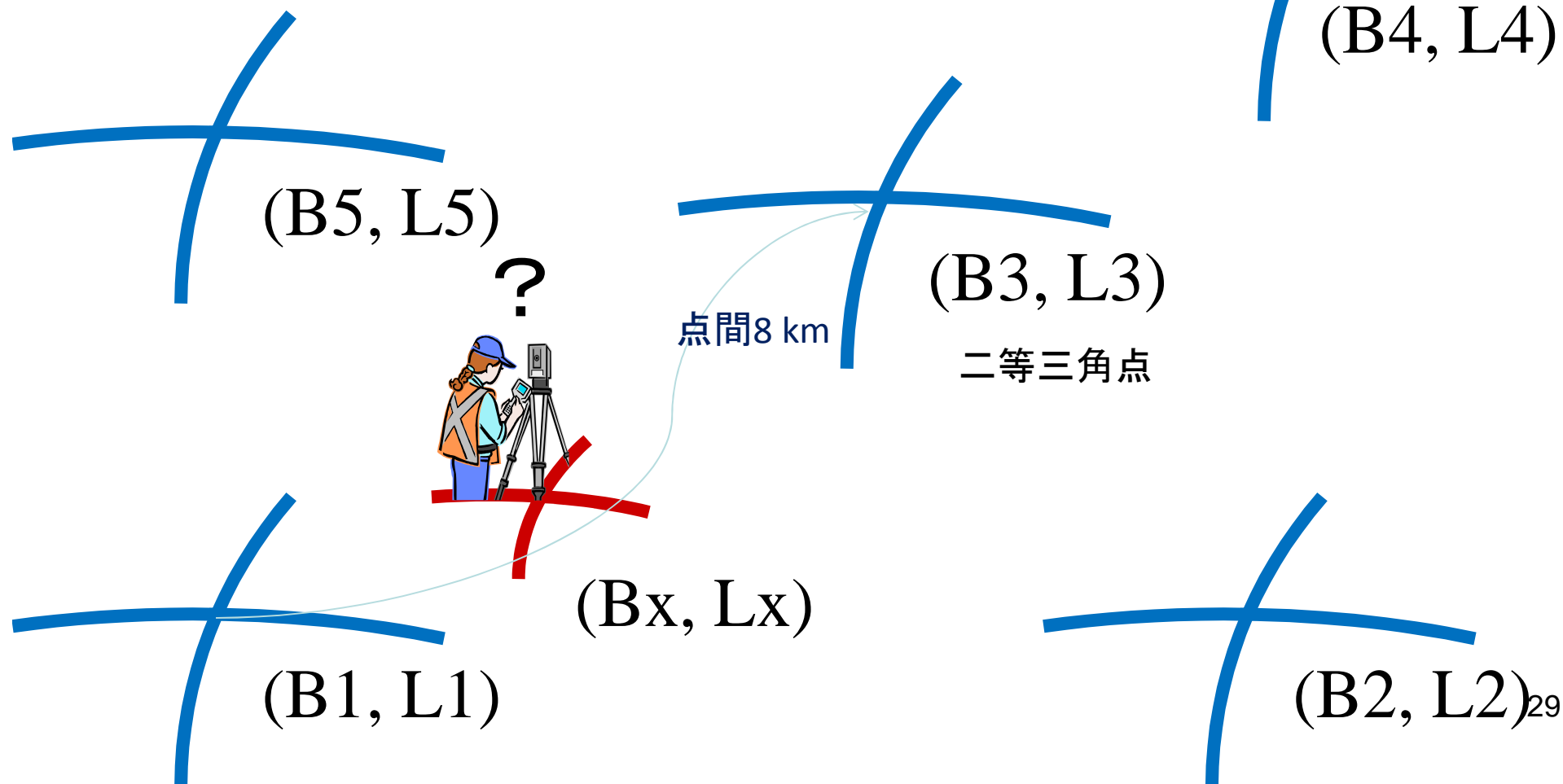


不規則な目盛線を引く →基準点の設置





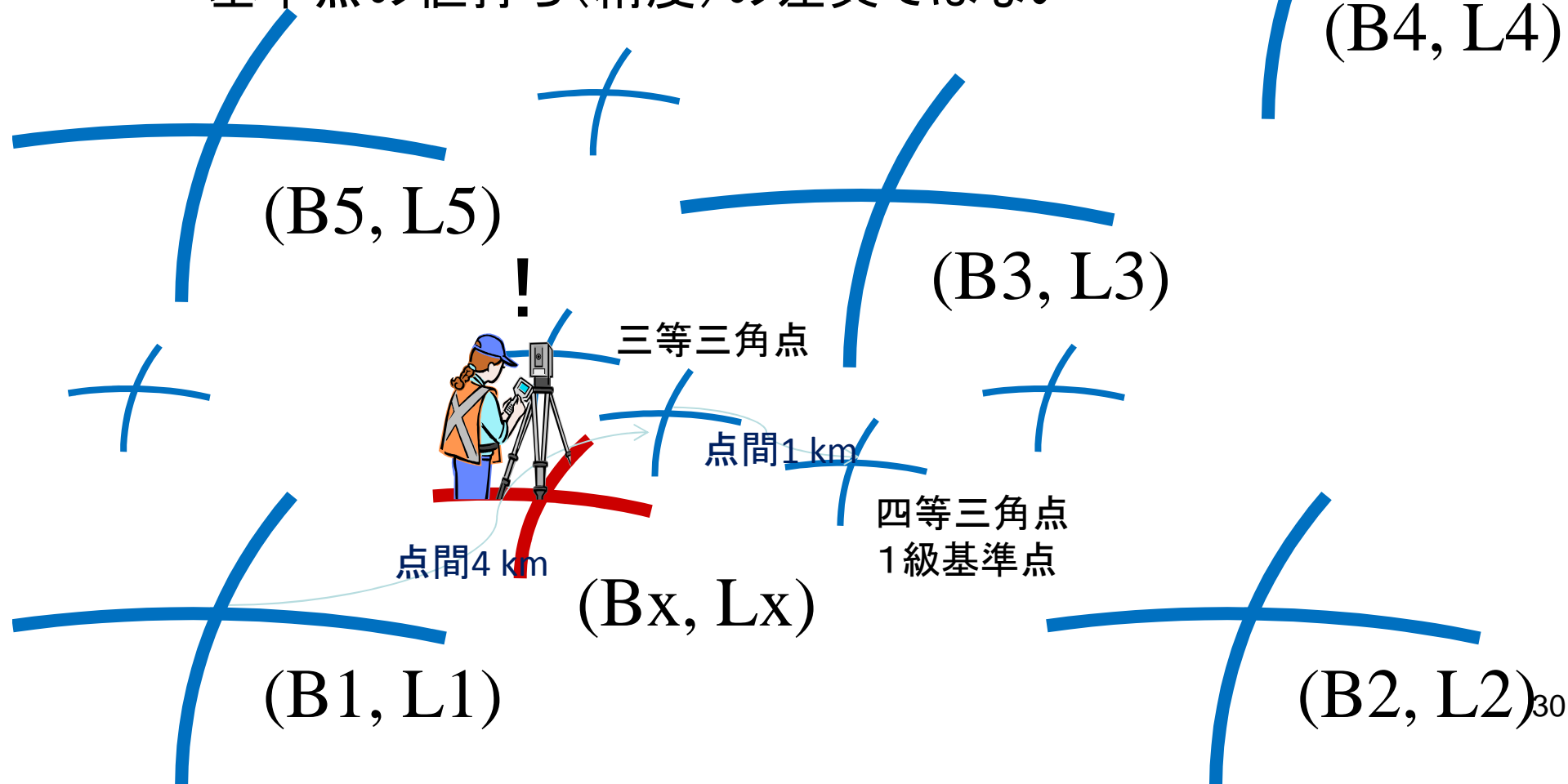
もっと細かく配点(稠密化) 一等三角点→二等三角点



もっともっと細かく配点

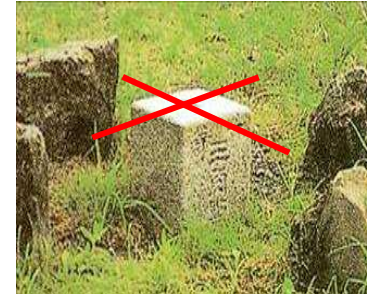
三等三角点、四等三角点、公共1級基準点

基準点の級の違いは配点密度の差異
基準点の値打ち(精度)の差異ではない

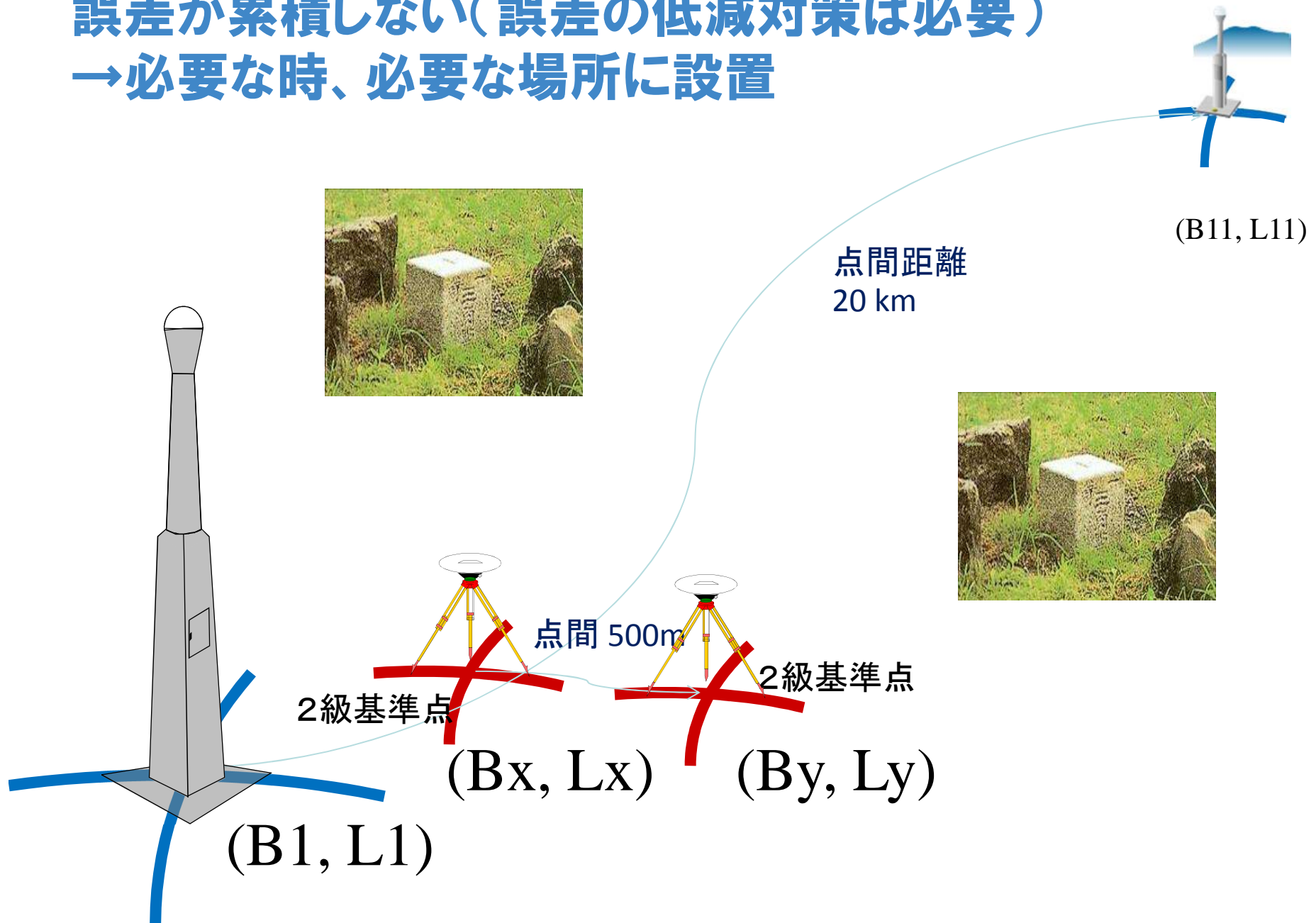


基準点設置の意義

- 基準点測量は地面にもものさしの目盛を刻む行為
- ものさしの1mmの目盛、1cmの目盛、10cmの目盛、1mの目盛はみな同じ精度で刻まれている。基準点も同じ。
- ものさし(基準点)は共通の約束事、共有物
- 基準点の稠密化は、利用のしやすさを高め、誤差の累積を避けるために必要(だった)



電子基準点は遠くにあっても使いやすく、
誤差が累積しない(誤差の低減対策は必要)
→必要な時、必要な場所に設置



今までの基準点体系分科会

(Ⅰ) 平成5年(1993年)3月

- ・平成成果の構築 電子基準点の導入

(Ⅱ) 平成10年(1998年)3月

- ・世界測地系移行、測地成果2000(平成14年4月から提供)

(Ⅲ) 平成15年(2003年)5月

- ・セミ・ダイナミック補正の導入(平成21年4月から提供)

(Ⅳ) 平成22年(2010年)3月

- ・位置情報点や場所情報コードによる位置情報基盤の整備
- ・基準点の新たな維持管理方針

(電子基準点1,200点、骨格的な三角点2,400点、定期的に観測が実施されている水準点約11,000点を維持管理、その他の標石基準点は必要に応じて維持管理)

国土地理院は、測量や位置情報サービス等において位置情報を必要とする幅広い利用者に役立つスマートでコンパクトな基準点体系への移行について検討し、今後10年間で取り組むべき施策と将来における新たな測地技術の導入の可能性について提案

第1章 目的と背景について

第2章 基準点を取り巻く環境の変化

第3章 基準点利活用の現状と今後

第4章 SSP方式の導入によって変わる基準点体系

第5章 新たな測地技術の導入と課題

- 準天頂衛星システムをはじめとする複数の衛星測位システム (GNSS) の実現、
- スマートフォン等による測位技術の国民への浸透、
- 東日本大震災に伴う未曾有の地殻変動の継続、
- 行政機関における行財政改革の一層の進展等、技術・社会等に一段と大きな変化が生じている。



衛星測位システムを賢く使い、いつでも・どこでも・誰でも必要な位置情報が容易に得られる社会を実現

スマートでコンパクトな基準点体系への移行

(社会)

少子高齢化

- H27には4人に1人が65歳以上になる予想

行財政改革

- H26年度末に財政赤字が780兆円程度に上る見込み

防災意識の変化

- H23東日本大震災の発生を踏まえ、首都直下地震、南海トラフの大地震による甚大な被害が懸念

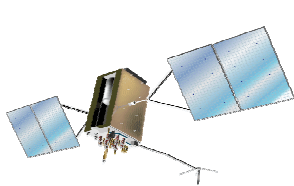


- 社会より業務の効率化が一層求められている。
- 地震・津波等による自然災害への防災意識が地方公共団体や国民の間で急速に高まっている。

衛星測位技術の進展（技術1）

□ 複数の衛星測位システムの実現

米国のGPSに加え、各国・地域がGNSSの整備、数年後には合計で100機以上
日本上空で常時30機以上の衛星が観測可能なマルチGNSS環境が到来すると予想



GPS(アメリカ)



準天頂衛星(日本)



グロナス(ロシア)



ガリレオ(EU)

我が国でもGPSを補完・補強する準天頂衛星システムの整備が推進

- ・平成22年9月 初号機「みちびき」の打ち上げ成功
- ・平成29年度に4機体制、35年度を目途に7機体制の運用
(宇宙基本計画、平成27年1月9日決定)

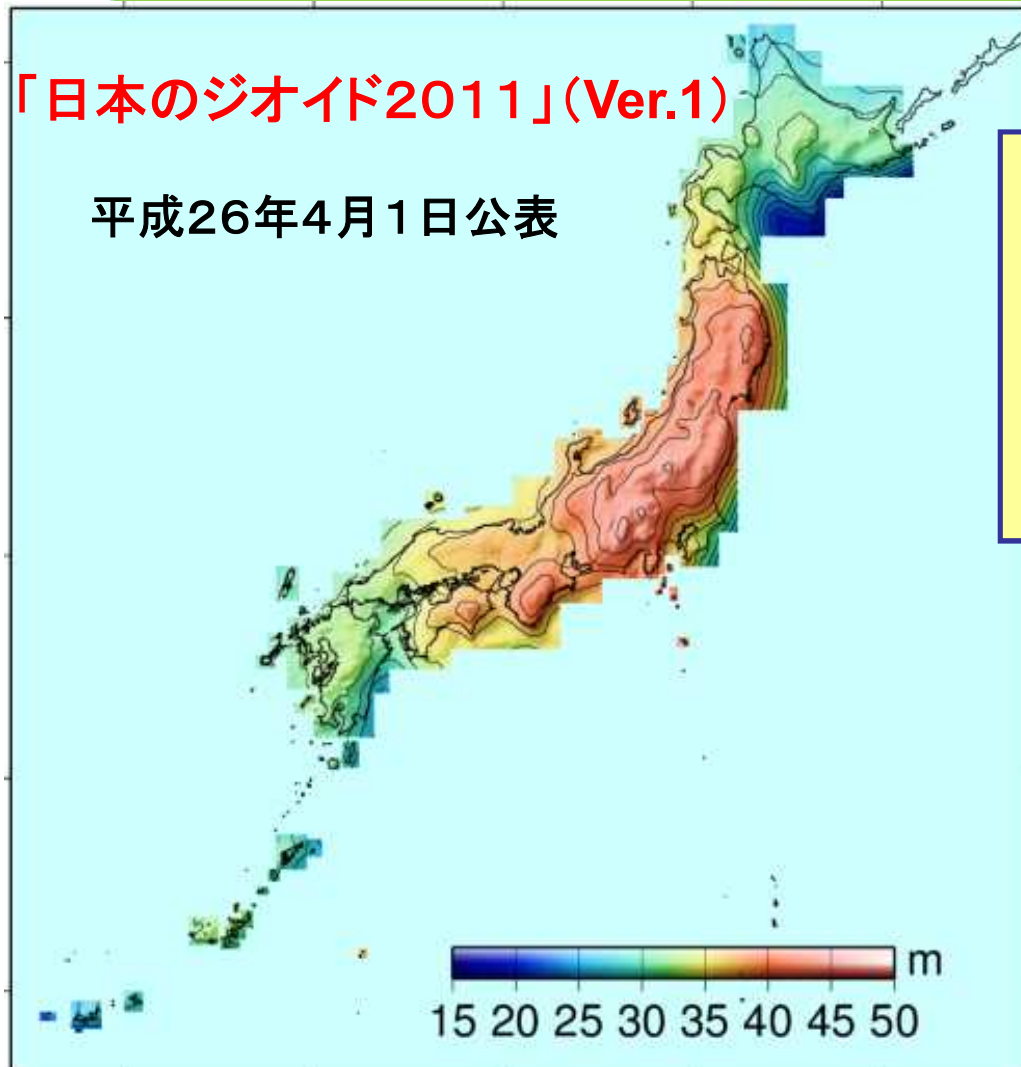


利用できる衛星数や信号、周波数の増加等により

- ・都市部や山間部における測位率の向上・測位時間の短縮
- ・測位精度の向上等が期待されている。

衛星測位技術の進展（技術2）

高精度なジオイド・モデルを全国整備（一部離島を除く）



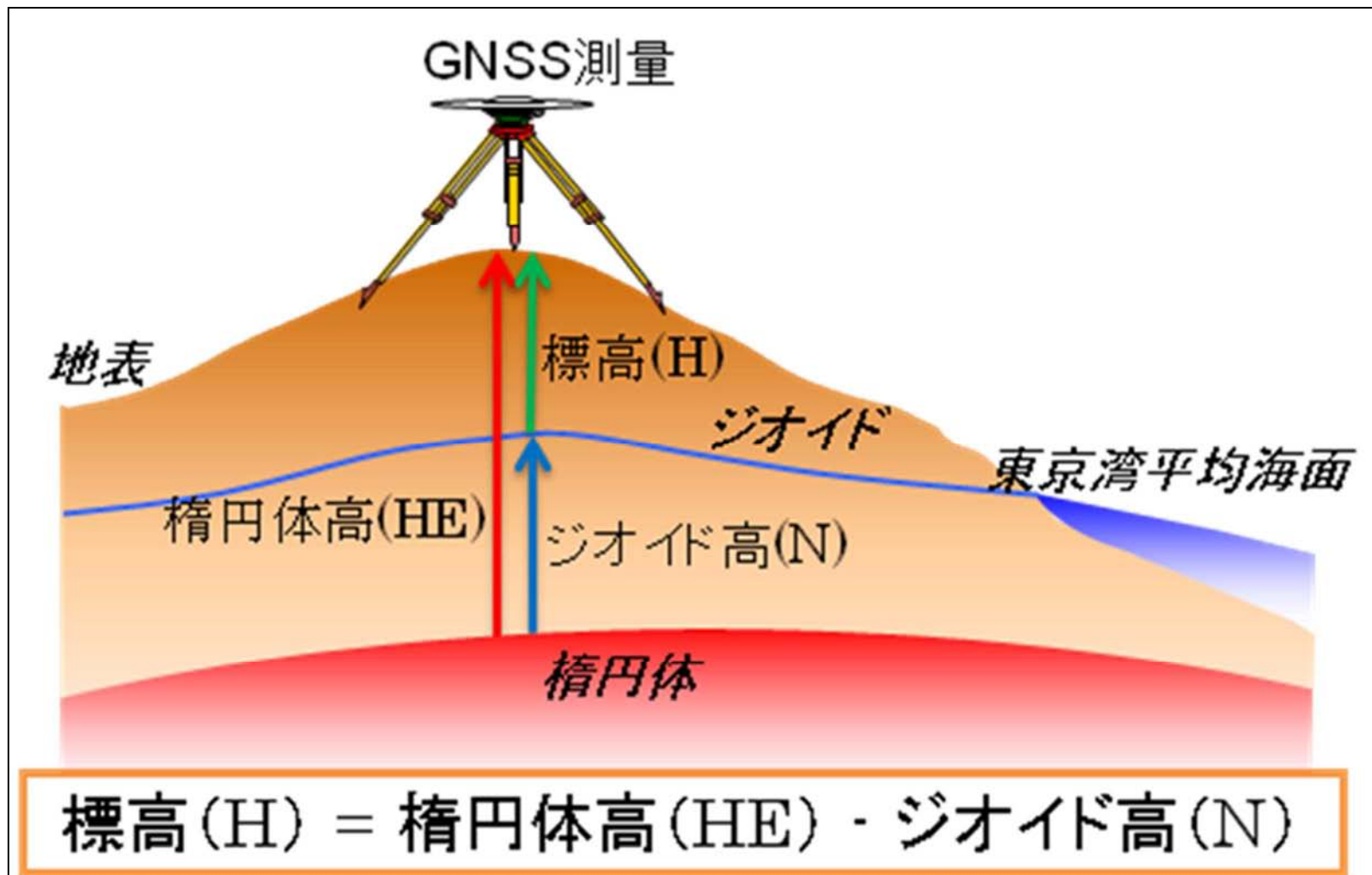
日本のジオイド2000
これまでのジオイド・モデル
(標準偏差:約 4 cm)

「日本のジオイド2011」(Ver.1)
(標準偏差:約 2cm)

より高精度なジオイド高
算出が可能

衛星測位技術の進展（技術2）

GNSS測量により得られた楕円体高から3級水準測量に相当する標高を算出



衛星測位技術の進展（技術3）

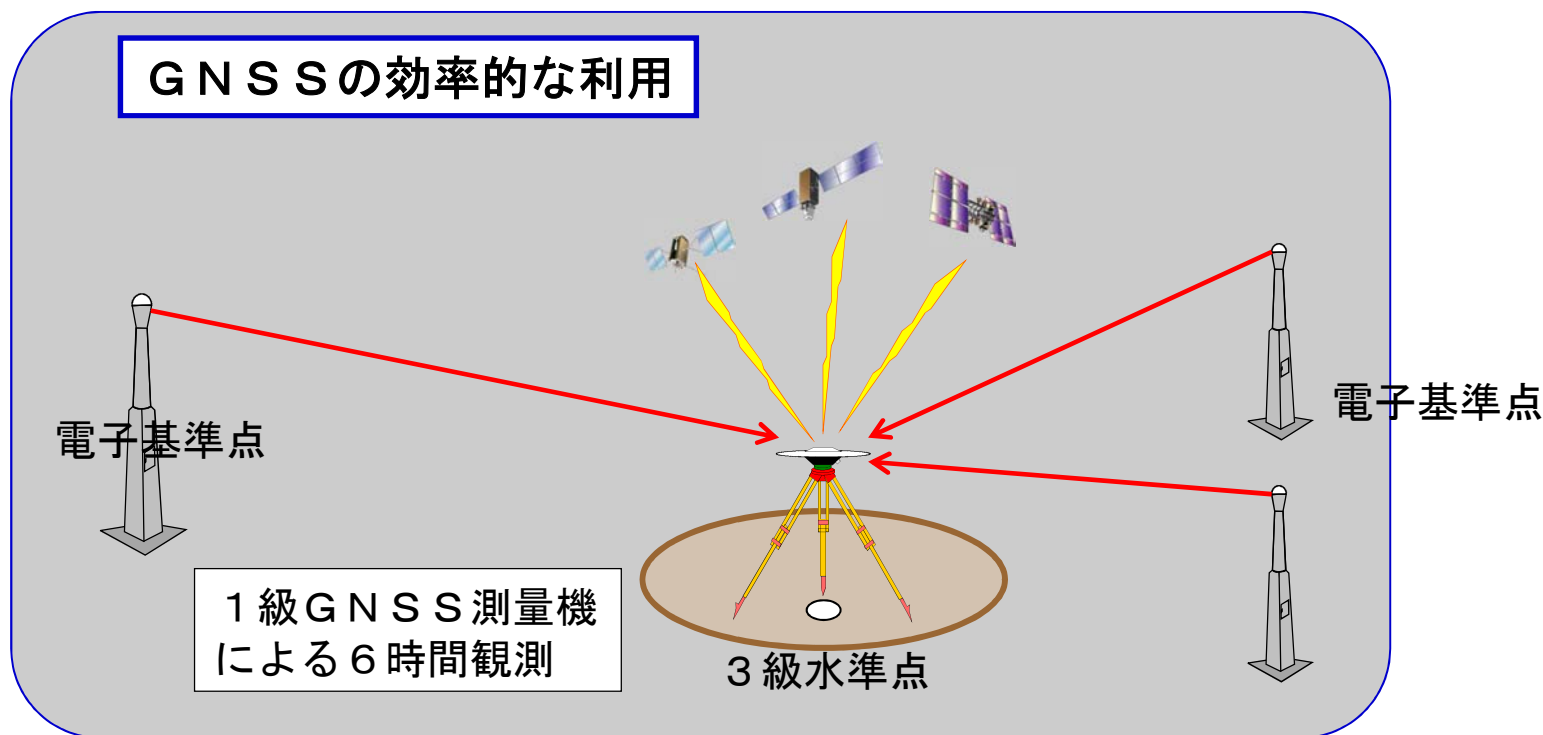


- ◆ GNSS環境の恩恵を十分享受するため、平成24年11月からGNSSを活用して測量業務の効率化を目指すスマート・サーベイ・プロジェクト(SSP)を展開
- ◆ 平成26年4月より二つの作業マニュアルの本格運用を開始



SSP導入による測量方法の変革

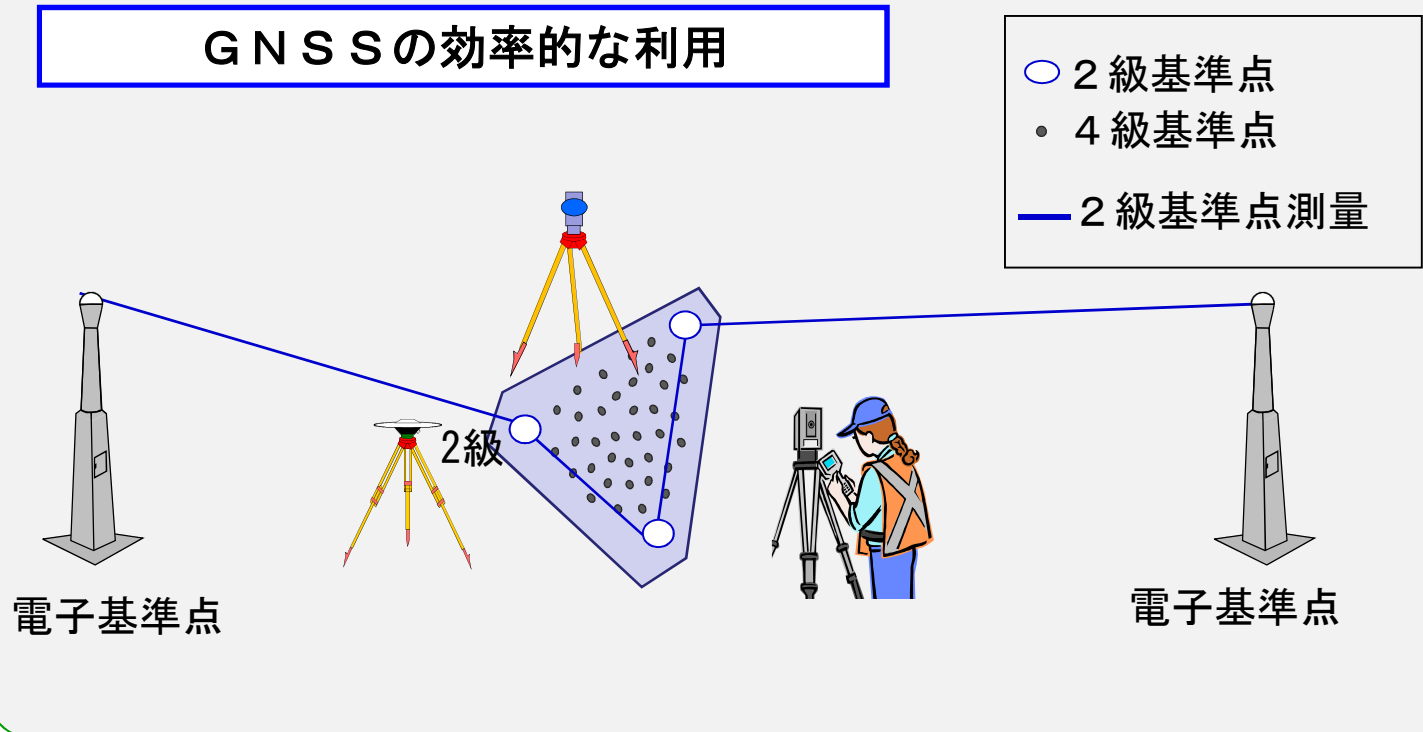
GNSS測量による標高の測量マニュアル



GNSS測量と高精度なジオイド・モデル「日本のジオイド2011」を組み合わせることにより、3級水準点を設置するための標準的な作業方法

電子基準点のみを既知点とした 基準点測量マニュアル

G N S S の効率的な利用



電子基準点とセミ・ダイナミック補正を用いることにより、
2級基準点を設置するための標準的な作業方法

第2章 基準点体系を取り巻く環境の変化

スマートフォン等による測位技術の普及

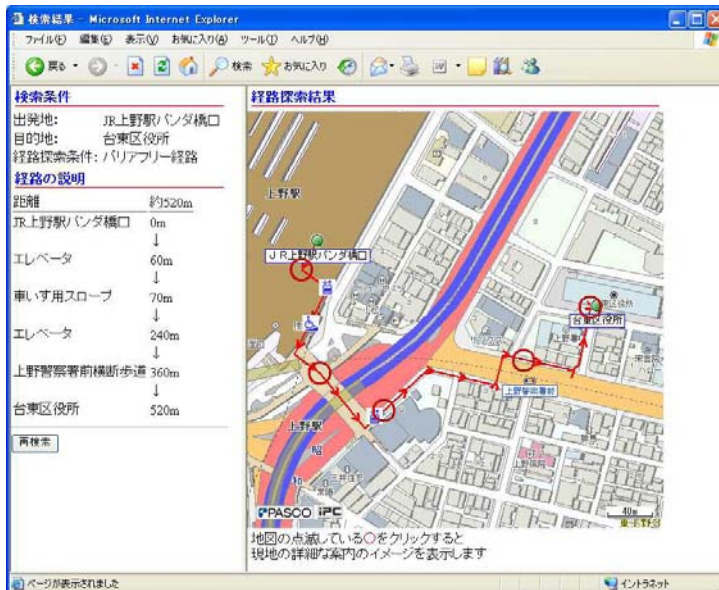
(G空間×ICT推進会議報告、平成25年6月)

位置情報サービス分野全体では電子地図やスマートフォンの普及を背景に著しい成長 (2012年時点約19兆円の市場規模→2020年度までに62兆円まで拡大すると推定)

位置情報サービスの種別も多様化

ナビゲーション

障害者向け歩行者ナビゲーション事例
現在位置の認識と歩行者の検索条件に応じた経路案内等(一般ルートと車椅子ルート案内等)
(国土交通省)



チェックイン系サービス

米国のWebサービス「foursquare」が提供する機能
ユーザーが自分の居場所を登録(チェックイン)、位置情報を友人と共有する。
チェックインの場所・回数に応じ特典が付与される。



スポット情報系サービス

ユーザの所在地周辺のスポットの情報を提供する。タクシー配車サービス等



位置情報ゲーム

携帯電話の位置登録情報を利用したゲーム。携帯電話があれば誰でも参加できる(例:ケータイ国取り合戦)

国家基準点及び公共基準点の利用状況等に関する調査結果
 (全国測量設計業協会連合会に加盟している2,495社中678社の回答)

基準点の利用状況

三角点のみを既知点として利用	10 %
電子基準点を利用	76 %
水準点を利用	56 %

今後の基準点体系について

三角点から電子基準点への移行を希望	55 %
水準点の増設を希望	54 %
水準点を引き続き維持管理を希望	38 %

保有機器の調査(1台以上の保有率)

GNSS測量機	1級 73 %	2級 41 %	
トータルステーション(TS)	1級 21 %	2級 95 %	
レベル	1級 25 %	2級 63 %	3級 74 %

1. 標高の測量への利用について

現状と課題(工事等で高さの基準が必要)

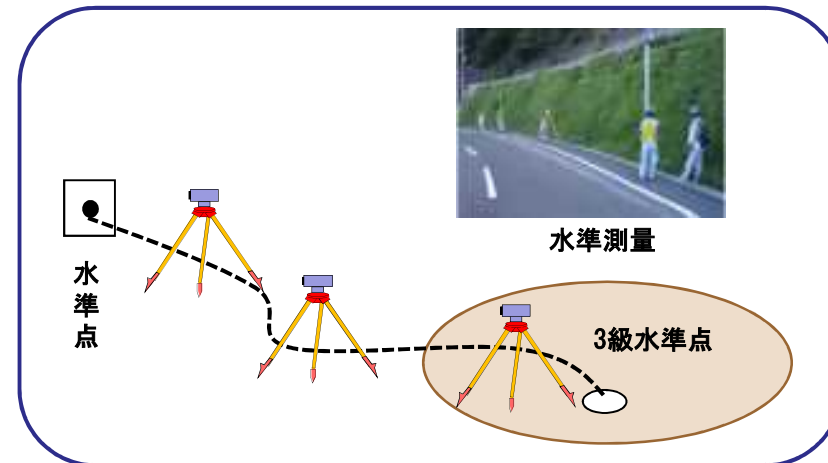
【現状】

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)より水準測量で測量。

【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



2. 効率的な2級基準点の設置

現状と課題(位置の基準(基準点)の効率的設置)

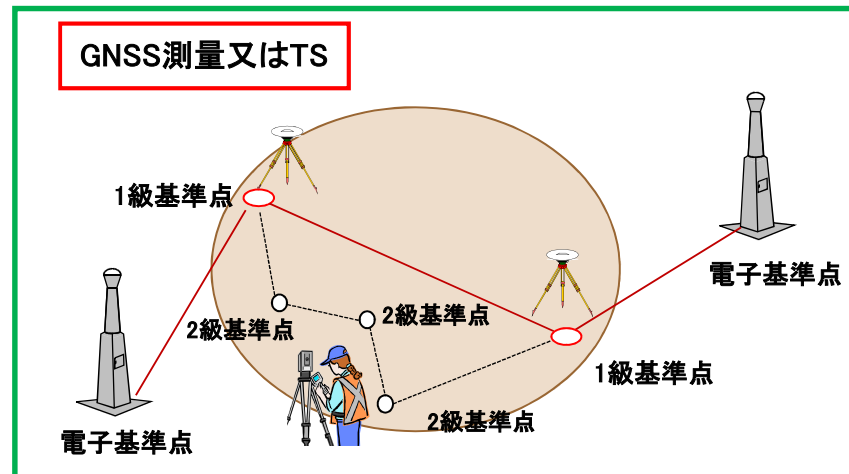
【現状】

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)以下では、三角点等を既知点として測量を実施。

【課題】

三角点等の既知点を使用しにくい場所にあり、観測及び事前準備に**多大な時間と経費が必要**。

現状



今後の位置の基準の今後の姿 (SSP方式の導入)

工事測量等の効率化・低コスト化

効果

- 全国どこでもGNSS測量により3~5cmの精度で標高を測量 (近傍に水準点のない山間部等でも簡便に水準点の設置が可能)
- 電子基準点を活用した効率的な基準点測量(2級)が実現 (既知点での観測は不要)

水準網

GNSS測量による標高の測量マニュアル

利用者がGNSS測量により水準点網からの距離に依存せず、必要な場所に3 cm ~ 5 cmの精度で容易に3級水準点を設置

(活用例)

- ◆ ダム本体の設計に関する縦断測量
- ◆ 線状築造物建設ための路線測量
- ◆ 空中写真測量における標定点の設置

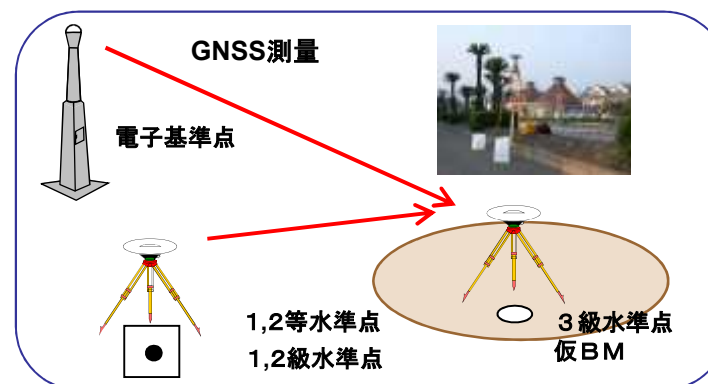
水平網

電子基準点のみを既知点とした基準点測量マニュアル

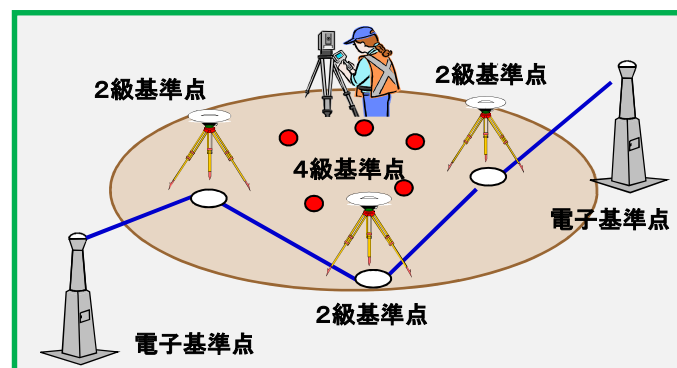
電子基準点から直接設置できる公共基準点の適用範囲が2級まで拡大

(活用例)

SSP方式により設置した2級基準点を既知点とし、2級基準点より4級基準点の設置がさらに容易になる



衛星測位の利用: 作業時間, 経費とも大幅に効率化が可能, 目標精度は(30~50mm)



1級基準点の設置を省略: 作業時間, 経費とも大幅に効率化が可能

地殻変動監視

GPS/GNSS連続観測システム (GEONET)

電子基準点



GNSS受信機、アンテナ
通信装置、無停電装置
バックアップバッテリー等



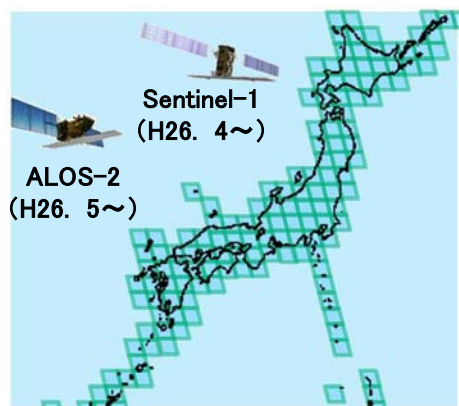
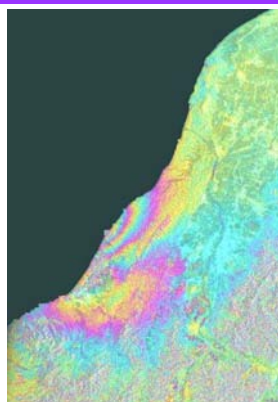
平成25年度までに電子基準点のマルチGNSS対応

マルチGNSSの活用等によりリアルタイム地殻変動監視の精度の向上に伴う検討事項

- ① 巨大地震発生時に観測された地殻変動情報から地震の規模を即時に自動で計算するシステムを開発、津波警報等に活用する仕組みの構築
- ② 火山活動の監視への適用

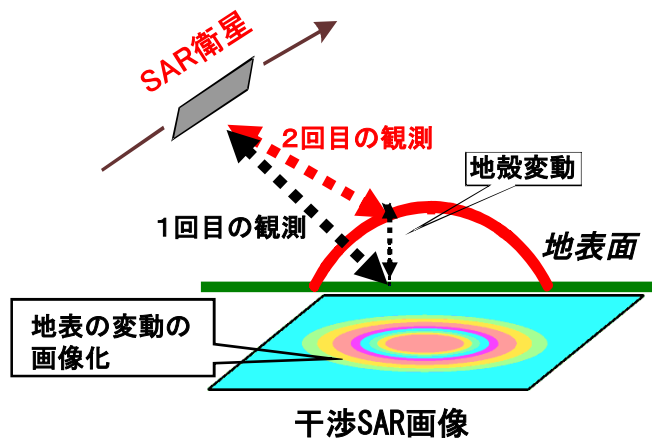
衛星測位技術のさらなる活用による地震・火山活動の迅速な把握及びその情報提供

SAR干渉解析



日本全国を網羅的に監視

日本全国どこでも
地すべり
地盤沈下
火山活動
断層運動 等
潜在的リスクの
監視・発見



干渉SAR時系列解析など最新のSAR干渉解析手法を取り入れた全国的な地殻・地盤変動監視を確立

現状

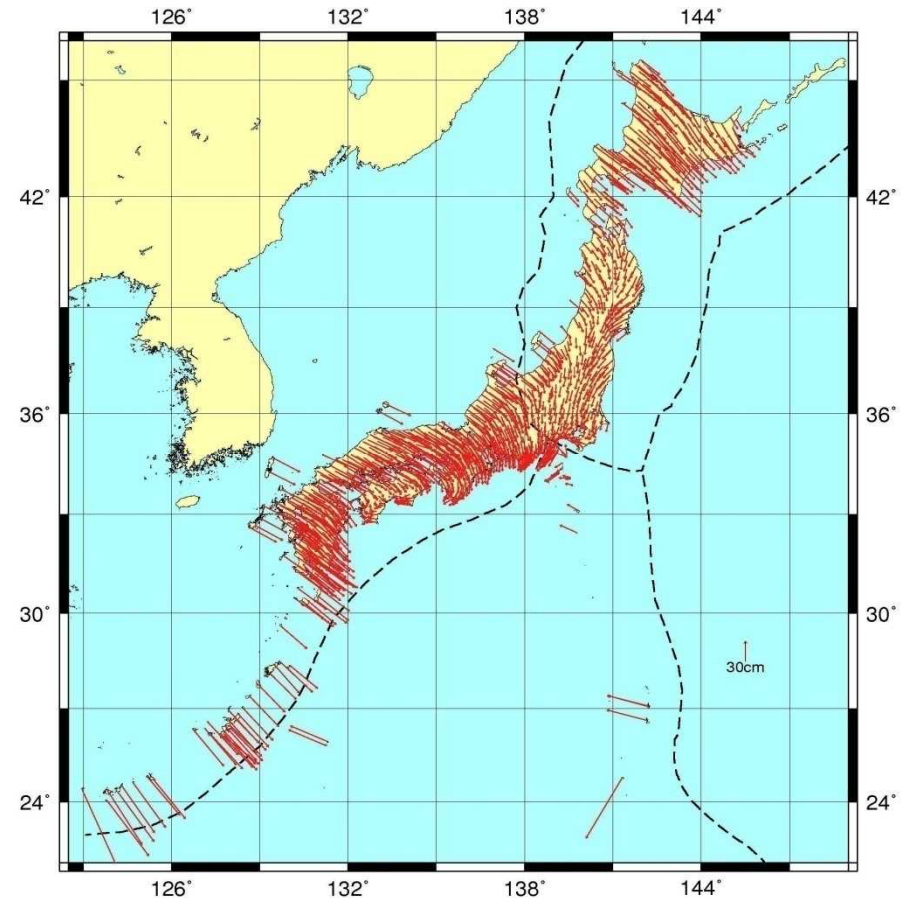
(1) セミ・ダイナミック補正の高度化

日本は複数のプレート境界に位置し、複雑な地殻変動が起こっているため、地殻変動によるひずみが蓄積
そのため、じわじわと地殻変動が進行

高精度測量においては**地殻変動補正**が必要

国土地理院では、平成22年1月からセミ・ダイナミック補正の適用を開始

セミ・ダイナミック補正で用いる地殻変動補正パラメータは、1年に1回(通常4月1日)公表しており、これによりGNSSと整合した位置の基準の提供



GPS連続観測が捉えた日本列島の地殻変動
基準データ: 測地成果2000 (1997年1月1日)
比較データ: 2009年1月1日

第3章 基準点利活用の現状と今後

今後

背景:

将来、巨大地震が発生した場合は、その後の余効変動が1年間で数十cmに達することもある。想定される南海トラフ巨大地震においても、余効変動が長期間続く可能性が高く、パラメータの補正量が実際の変動量と一致しないことが起こりうる。

(1) パラメータの補正精度を1cm前後にするためのセミダイナミック補正の高度化を検討

(2) 地震後の座標及び標高補正パラメータの作成

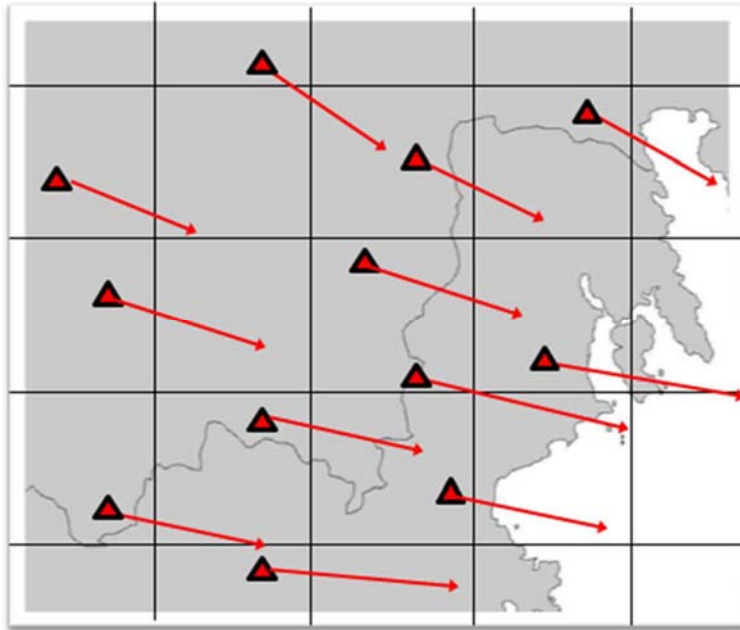
パラメータを早期に作成するために以下の方法を想定

対応策

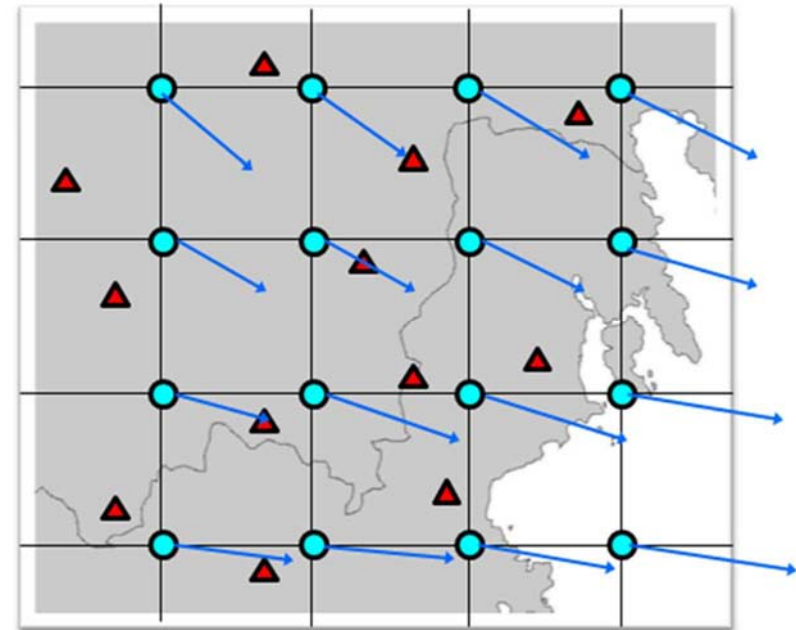
- ① 地殻変動補正パラメータの作成を自動化し、更新頻度を年1回から月1回以上に見直し
- ② 更新間隔の変更に伴い補正計算を行うAPIを提供するなど、パラメータ提供方法を変更
- ③ PPPで得られるグローバルな座標系に基づく測位値を、適切に基準点体系に整合させるための補正パラメータ構築手法及び配信方法について検討

- ① 補正パラメータの作成に必要となる変動量データは、電子基準点の変動量が主
- ② 電子基準点で地殻変動を把握しきれない場所については、パラメータが実変動に比べ過小にならないようにデータが不足している地域でのデータ取得方法やパラメータ作成における補間計算の手法について検討
- ③ 電子基準点のデータを主とすることで現地での測量作業を軽減し、パラメータを早期に公開

概念図



▲ : 電子基準点・三角点
➡ 観測で得られた変動量



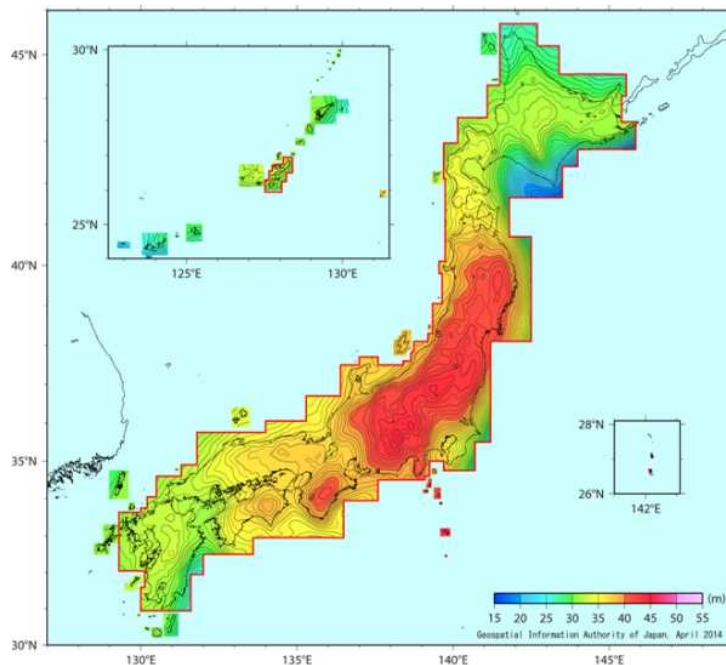
● : パラメータを持つポイント
➡ 観測値を基にして、
計算で得られた変動量

地殻変動補正とジオイドデータの高度化

(3) 高精度ジオイドデータの提供

GNSS観測による標高決定の精度を適切に維持するため、ジオイド・モデル「日本のジオイド2011 Ver.1」の高精度化を推進

「日本のジオイド2011」(Ver.1)



測地基準系: 世界測地系(日本測地系2011)
等ジオイド高線間隔: 50cm
適用: 赤線内「日本のジオイド2011」、
その他「日本のジオイド2000」

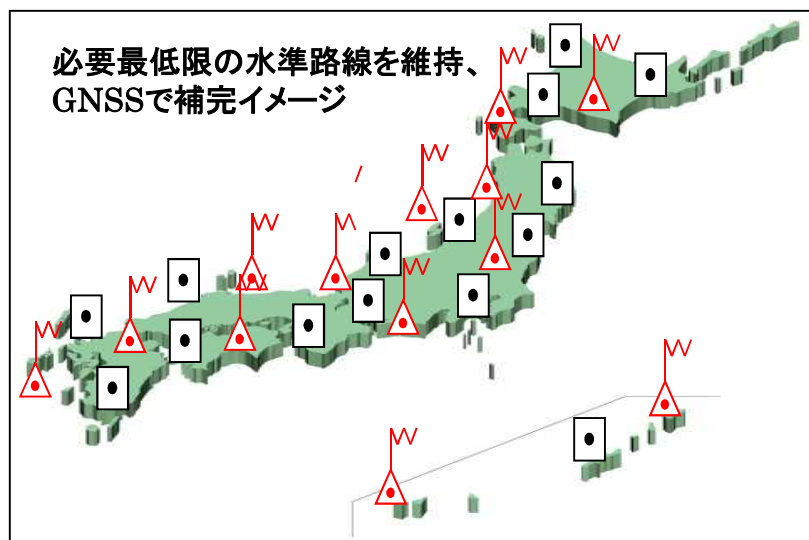
ジオイド高精度化に向けた対応策

- ① 観測ジオイド高データの疎な地域において、水準点から電子基準点付属金属標への標高取り付け及び水準点上でGNSS観測を行い、高密度にジオイド高データの整備
- ② 将来の新しい重カジオイド・モデル作成時での、新しい日本のジオイドを構築するモデル計算
- ③ 国際的枠組みを通じて、地球規模でのジオイド・モデルの構築に寄与。これにより、国内モデルのさらなる高精度化を勧めるとともに、全球で整合する標高基準系の構築を推進

高さの基準（新たな標高体系）

構成	役割	維持管理方針
① 直接水準による水準路線	<ul style="list-style-type: none"> 標高体系の骨格 GNSS水準測量の既知点として利用 	<ul style="list-style-type: none"> ① 従来水準測量における既知点としての役割の減少により、全国体系及びジオイドモデルを維持するための最低限の路線を維持 ② 広域的な上下変動はGEONETにより監視 ③ 地域の変動の大きかった地域は計画的に水準測量を実施
② 水準路線の無い地域でGNSS水準測量により設けた水準点群	直接水準測量の対象から外れた地域での高さの基準を容易に提供	

新たな標高体系



験潮場の在り方についての基本方針

験潮については、高さの原点数値を維持するための事業を継続するとともに、全国各地の平均海面の決定や津波・高潮への警戒等に必要な潮位情報を提供し、国土の管理及び国民の安全・安心に資する。

（検討を深めるべき事項）

- ① 潮位情報の利活用のさらなる推進
(GNSS との組み合わせによる海面変動情報の提供等)
- ② コスト削減のための新技術の検討(電波式験潮儀の導入等)
- ③ 他機関の潮位観測施設との統合や移管の検討
- ④ 潮位データを直接的に高さの基準として利用することに向けた研究(人工衛星によるアルチメトリ観測の進展を想定)

高さの基準（新たな標高体系）比較表

	現在	将来（10年後目処）
標高の体系	水準点を結合した水準路線	水準路線、及び GNSS水準測量による点群
維持管理の対象	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> 全国の標高体系を維持するための全ての水準路線 <input type="checkbox"/> 地殻変動の監視に必要な水準路線 	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> 全国の標高体系を維持するための必要最小限の水準路線 <input type="checkbox"/> 地殻・地盤変動の監視に必要な水準路線
平常時の維持管理	<p>全国整合性を重視 全国一斉同時網平均</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> 変動地域とその周辺を直接測量によって改測する。 <input type="checkbox"/> 変動の見られない非改測域は過去の観測量を採用する。 	<p>地域整合性を重視 地域毎の路線・環単位での網平均</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> 電子基準点（二等水準点）の活用 GEONETの楕円体高の変化を利用 <input type="checkbox"/> 変動域のみ直接水準測量により改測 <input type="checkbox"/> 地殻・地盤変動の監視路線は定期的に測量
地震後の維持管理	水準路線周辺のGEONETの変動を見て、路線の成果改定時期から、数～10cmを超える楕円体高の変化があった場合に、平常時の維持管理方針と同様に改測	GEONETとSAR干渉解析手法を組み合わせ、変動域を把握し、必要に応じて改測。

水平位置の基準(新たな水平体系)

電子基準点のGNSS対応の推進とSSP方式の導入、セミ・ダイナミック補正の普及により、
 今後、公共基準点は、利用者が必要な時に必要な場所に、電子基準点から直接設置し
 利用する形態へと移行

従来の基準点体系
 点間距離に基づき階級により分類

基本三角点

電子基準点(15~20Km)

一等三角点~三等三角点
 (25~4Km)
 四等三角点(1~1.5km)

公共基準点
 地籍基準点

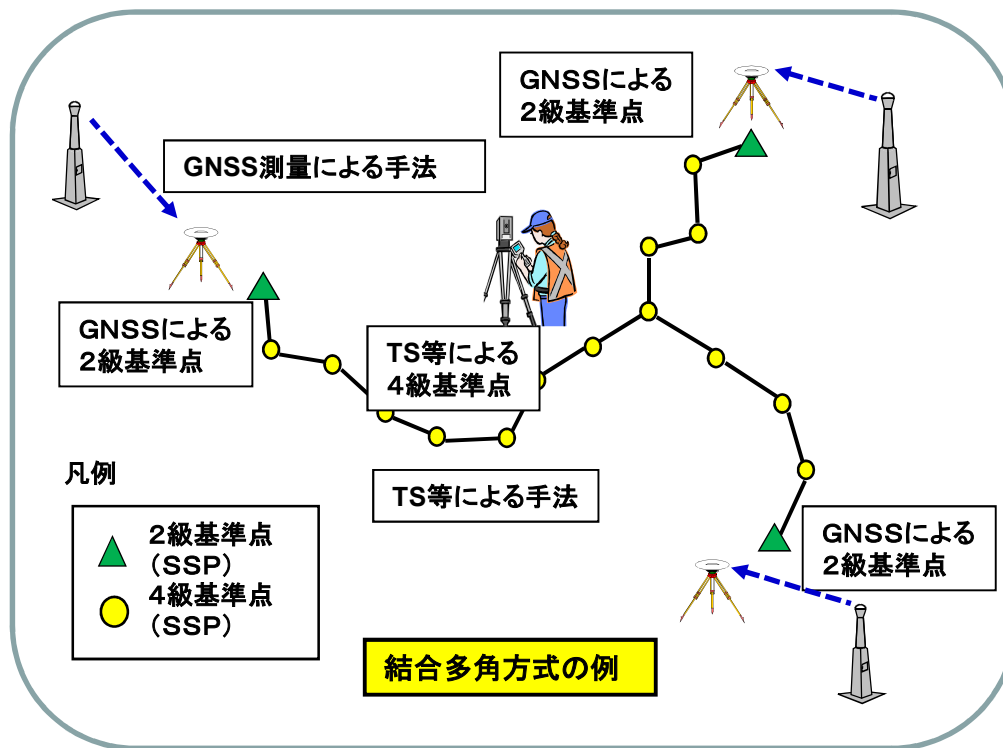
1級公共基準点(1km)
 2級 " (0.5km)
 3級 " (0.2km)
 4級 " (0.05km)

補助基準点(約0.5~0.2km)
 図根三角点(約0.5km)
 図根多角点(約0.2km)
 細部図根点(約0.05km)

街区三角点(0.5km)
 街区多角点(0.2km)

3級・4級基準点の設置に関しては、従来のTS等による測量がコスト面で有利であるため、
 今後はTS等の従来の手法と電子基準点のみを既知点とする方法の二極化が進むと考えられる。

2級基準点を既知点として4級基準点を設置する例



これまでの基準点の位置づけと現状に対する認識

検討項目	基準点体系分科会(Ⅲ)において「2400点の三角点を重点的に維持管理する」とした根拠	基準点体系分科会(Ⅴ)
測量成果復元性	地殻変動による歪みの影響が小さくなるように、点間距離の短い高密度な基準点網を構築 電子基準点(配点間隔20km) 水平ひずみ:5cm/10年 程度 四等三角点(間隔2km) 水平ひずみ:4mm/10年 程度	一～三等三角点が想定してきた公共基準点の設置と復旧の両方の場面における役割は、セミ・ダイナミック補正と高精度ジオイドデータの提供、及びSSPの導入により終える。
長期安定性	GPSの長期利用が保証されない。 GPSが使用できなくても測量に影響を与えないよう、標石基準点の維持管理が必要	GPS以外のGNSSの普及により、当初懸念されていたGPSのバックアップシステムの不在は解消されつつある。
測定の技術的制約	GPSでは上空視界の確保が必要。	GPSの上空視界確保の問題は準天頂衛星の運用により解消。
長期的な地殻変動	電子基準点は最近数年間の連続的な地殻変動を詳細に捉える。 5年周期で改測を実施している高度基準点測量は明治からの100年以上にわたる長期的な地殻変動を検出している。 それぞれの観測結果は相補的な特徴を持つ。	三角点は測量頻度が低く、目的とする地殻変動以外の影響が混在するため、地殻変動の監視・研究には利用しにくい。 GEONETの空間的補完の役割も干渉SARが代替となり得る。

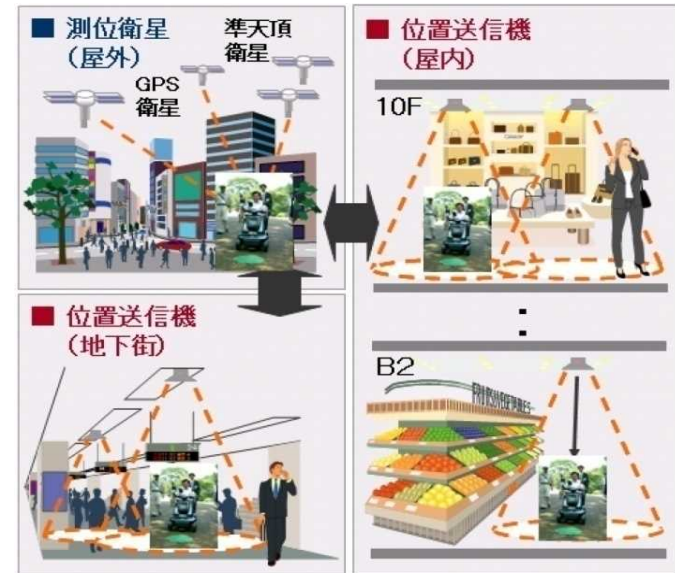
水平位置の基準(新たな水平体系) 対比表

	現 在	将来(10年後目処)
三角点の役割	基本測量及び公共測量の既知点	<input type="checkbox"/> セミ・ダイナミック補正に必要な地殻変動補正パラメータを作成する際の変動量データ補完 <input type="checkbox"/> 離島における位置の明示
維持管理の対象	骨格的三角点 2400点	<input type="checkbox"/> 地殻変動補正パラメータを作成する際に変動量データを補間する地域の点(電子基準点だけでは地殻変動を把握できない地域) <input type="checkbox"/> 離島に設置されている三角点 <input type="checkbox"/> 各種法令等で指定されている三角点
平常時の維持管理	繰り返し測量を行い、必要に応じ成果を改定する。	基本的に繰り返し測量及び成果改定は行わない。
地震後の維持管理	変動域を対象に改測及び改算を実施し、必要に応じ成果を改定する。	電子基準点の観測結果から算出した座標及び標高補正パラメータによる改算を実施。内陸型地震等、変動が複雑な場合は状況により改測を実施。必要に応じ成果を改定する。

屋内測位の進展

Wi-Fi やBluetooth の基地局を利用した測位をはじめ、IMES やRFID、赤外線・可視光を利用した新たな技術や位置情報サービスが急速に高度化

方式	仕組み	端末のハードウェア
可視光通信	LED照明から可視光で位置情報を配信	専用デバイスが必要。携帯電話に内蔵する場合は既存の赤外線通信モジュールと同程度に小型化できる
赤外線通信	赤外線通信装置から位置情報を配信	携帯電話が内蔵モジュールなど、既存の赤外線通信端末を使える
無線LAN	無線LAN基地局を測位に利用。	既存の無線LAN端末を使える
IMES(屋内GPS)	専用装置からGPSと互換性のある信号を配信	携帯電話が内蔵するモジュールなど、既存のGPS受信機を使える
RFIDタグ	RFIDに位置情報を持たせる	専用デバイス、RFID対応型スマートフォンが必要
QRコード/マーカ	QRコードやマーカから位置情報を取得する	画像認識のためのカメラが必要。携帯電話内蔵カメラを使える



例：マンナビ・位置情報サービス等

課題：複数測位技術の統合
屋内外測位のシームレス化

民間企業等によりそれぞれの測位技術について技術開発が進捗

シームレスに広がる各種の測位技術の進展を継続的に把握していくとともに、国民の利便性や経済性の確保のために、これら手法への位置の基準の与え方やデータの標準化といったような施策について検討していく必要がある。

精密単独測位 (PPP : Precise Point Positioning) と動的な測地系

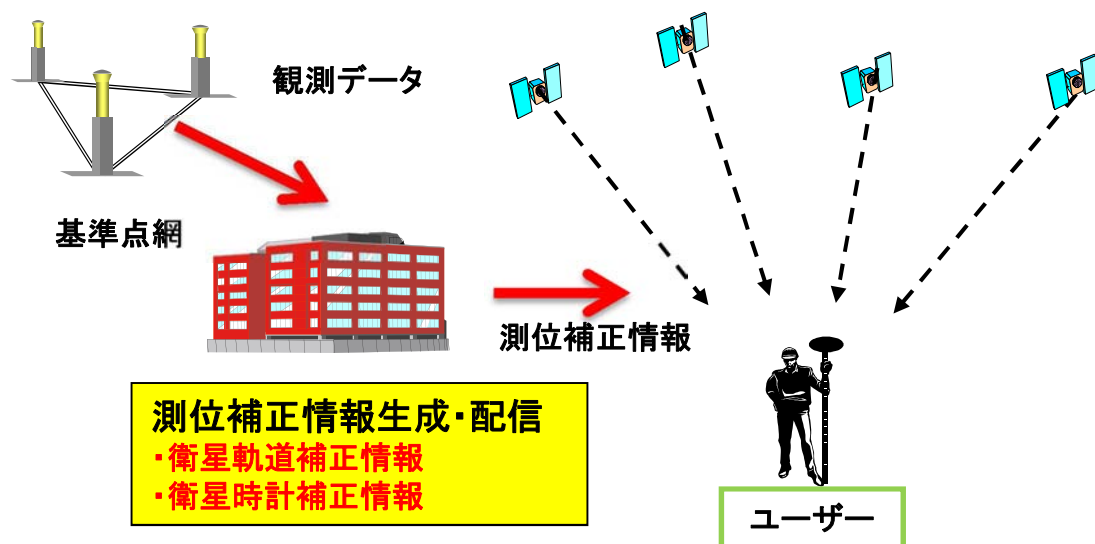
項目	相対測位	PPP (RTK)
基準局	必要(受信機2台)	不要(受信機1台)
決定座標	基準局からの相対座標	ITRFにおける絶対座標
電離層の補正	2周波補正(短基線なら補正不要)	2周波補正
搬送波位相バイアス	整数化	実数値推定(原則として)
測位精度(RMS)	数cm + 2ppm × D	数cm
収束時間	数秒～数分程度	30分程度

PPPとは:
 グローバルな観測網から生成された衛星時計及び軌道情報等を補正情報として利用することで、ローカルな基準点を使わずに国際地球基準座標系(ITRF)に基づく高精度な測位を実現する技術

現状:
 PPPの補正情報は、既に国際GNSS事業(IGS)やその参加機関等からリアルタイムで配信されており、対応するソフトウェアと補正情報を入手すれば、30分程度の初期化時間が必要であるものの、リアルタイムでPPPを利用できる環境が整い始めている

特徴:
 基線解析を行う必要がないため、基準点の観測データが不要で、測位計算が簡便になる等の利点がある。一方、解析に必要な補正情報を外部に依存するといった制約もある

課題:
 PPP等の将来の衛星測位の性能(精度、時間、コスト)を踏まえ、衛星測位で得られる動的な位置情報を静的な測地系に変換する仕組みを検討

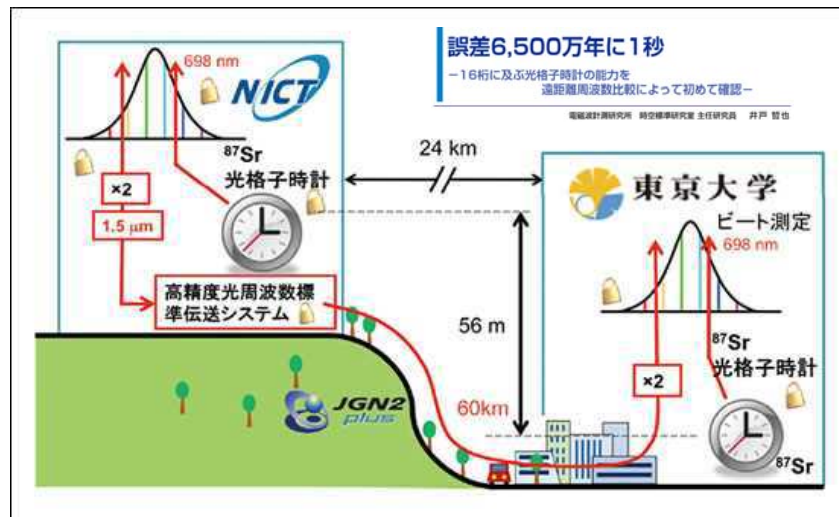


測位補正情報生成・配信
 ・衛星軌道補正情報
 ・衛星時計補正情報

光格子時計：標高計測に関する新手法

状況：

光格子時計の精度は向上しており、すでに10cmの標高差に相当する重力ポテンシャルの差を2地点で把握できる精度まで到達しようとしている。



NICT—東大光ファイバリンクによる光格子時計周波数比較の模式図
武蔵野台地の上にあるNICT小金井本部は東大本郷キャンパスに比べて標高が56m高い。

光格子時計による周波数差は主に両拠点の標高差56mに起因しており、NICTに比べて標高が低く重力が大きい東大では一般相対性理論が示唆するように時の流れがおそくなる。

独立行政法人 情報通信研究機構 NICT NEWSより抜粋
(<http://www.nict.go.jp/publication/NICT-News/1110/01.html>)

課題：
重力ポテンシャルから標高を化成するためには、測地学的化成理論を開発することが必要

標高計測への応用

最新の研究の動向を把握し、測地学的化成理論の開発に関する技術調査を行うことによって、離れた2地点間で比高を測定する手法を実現する可能性について検討を推進

主なご意見	主なご意見に対する考え方
<p>標石基準点(三角点)は、公共測量等の基準として使われるのみでなく、<u>国土の地殻変動を捉える目的</u>があり、<u>標石基準点の維持も重要</u>であると考え等。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 10年後においては、複数の衛星測位システム(GNSS)の実現等により標石基準点(三角点)がこれまで果たしてきた測量の既知点としての役割が終わる。 ➤ <u>国土の地殻変動の把握は、GEONETとSAR干渉解析手法を組み合わせて変動域を監視する。</u>
<p>長期的な基準点体系の維持管理について、<u>有事の際にGNSSに全てを依存するのは危険</u>であると考え等。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ➤ <u>複数の衛星測位システム(GNSS)の実現により、基準点体系の長期安定性の確保に対する懸念は解消されつつあり、標石基準点を維持する必要性は低下している。</u>
<p>部分的な水準路線の改測では、長期的にみると標高体系が維持できなくなるものと考え等。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 広域的な上下変動をGEONETとSAR干渉解析手法を組み合わせて変動域を監視し、計画的に水準測量を実施することにより標高体系を維持する。 ➤ 今後、維持管理対象となる全国の標高体系を維持するための必要最小限の水準路線について検討する。

基準点体系分科会（V）は

- 位置情報を必要とする幅広い利用者に役立つスマートでコンパクトな基準点体系への移行について検討
- 今後10年間で取り組むべき施策と将来における新たな測地技術の導入の可能性について提案

(1) 衛星測位、SSP, セミ・ダイナミック補正を踏まえて

- ◆ 今後、公共基準点は、利用者が必要な時に必要な場所へ、電子基準点から直接設置する形態へと移行する。
- ◆ 従来の一等から四等までの三角点は、基準点に対する近傍既知点としての役割が終わる。
- ◆ 少数の三角点を除き、今後10年程度で測量の基準としての用途を廃止する。

(2) GNSS水準測量を推進し、より経済的で利便性の高い
標高値の取得を図る。

- ◆ 基本測量の水準点網は、直接水準測量による水準路線と、GNSS水準測量により設けた点群とで構成する。
- ◆ 全国の標高体系及びジオイド・モデルを維持するための必要最小限の路線のみに限定する。

(3) 公共測量では、衛星測位を用いるSSP方式の導入

- ◆ 「衛星測位を活用して電子基準点から直接設置できる公共基準点の範囲の拡大」
- ◆ 「標高の測量への活用」を推進する。

ご清聴ありがとうございました。

