

衛星測位を基盤とする新しい標高体系

令和7年4月1日に国土地理院で管理する電子基準点、三角点、水準点等の基準点の標高について、衛星測位を基盤とする最新の値に改定します。



電子基準点



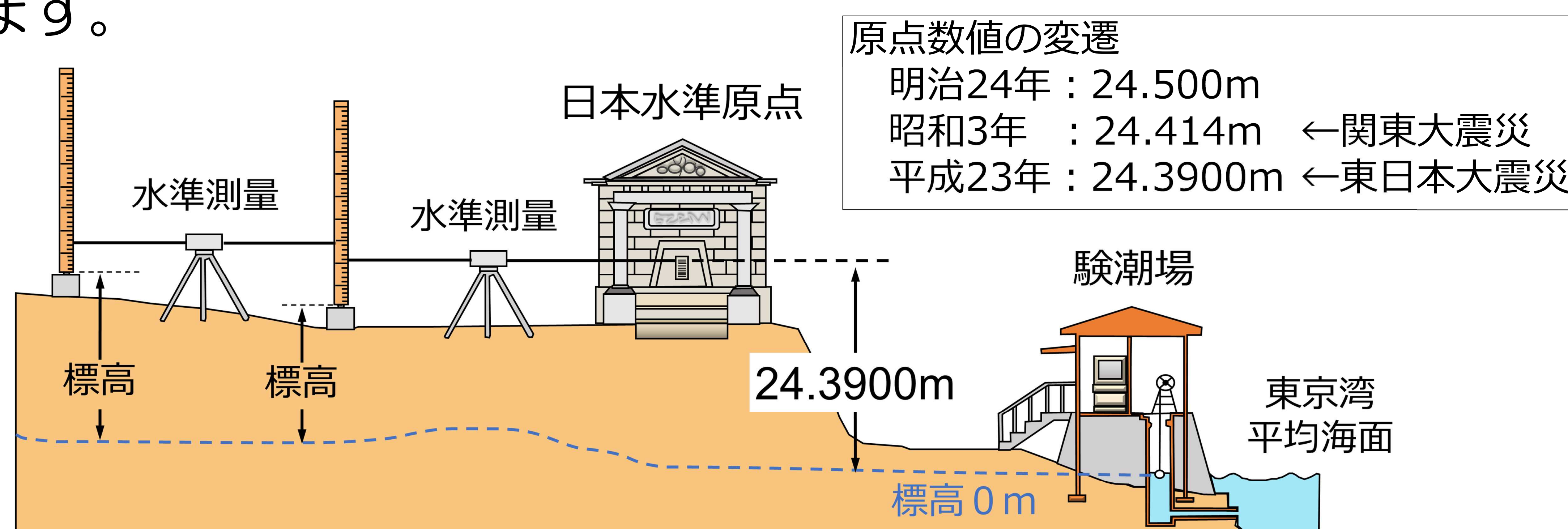
三角点



水準点

なぜ改定するのか(水準測量の課題)

国土地理院では、明治16年から水準測量を行い全国の水準点の標高を決定し、維持管理しています。標高は、東京湾の平均海面を0mとし、日本水準原点を基点に全国の主要な国道などに一定の間隔で設置された約1万6千点の水準点を、水準測量によって求めています。

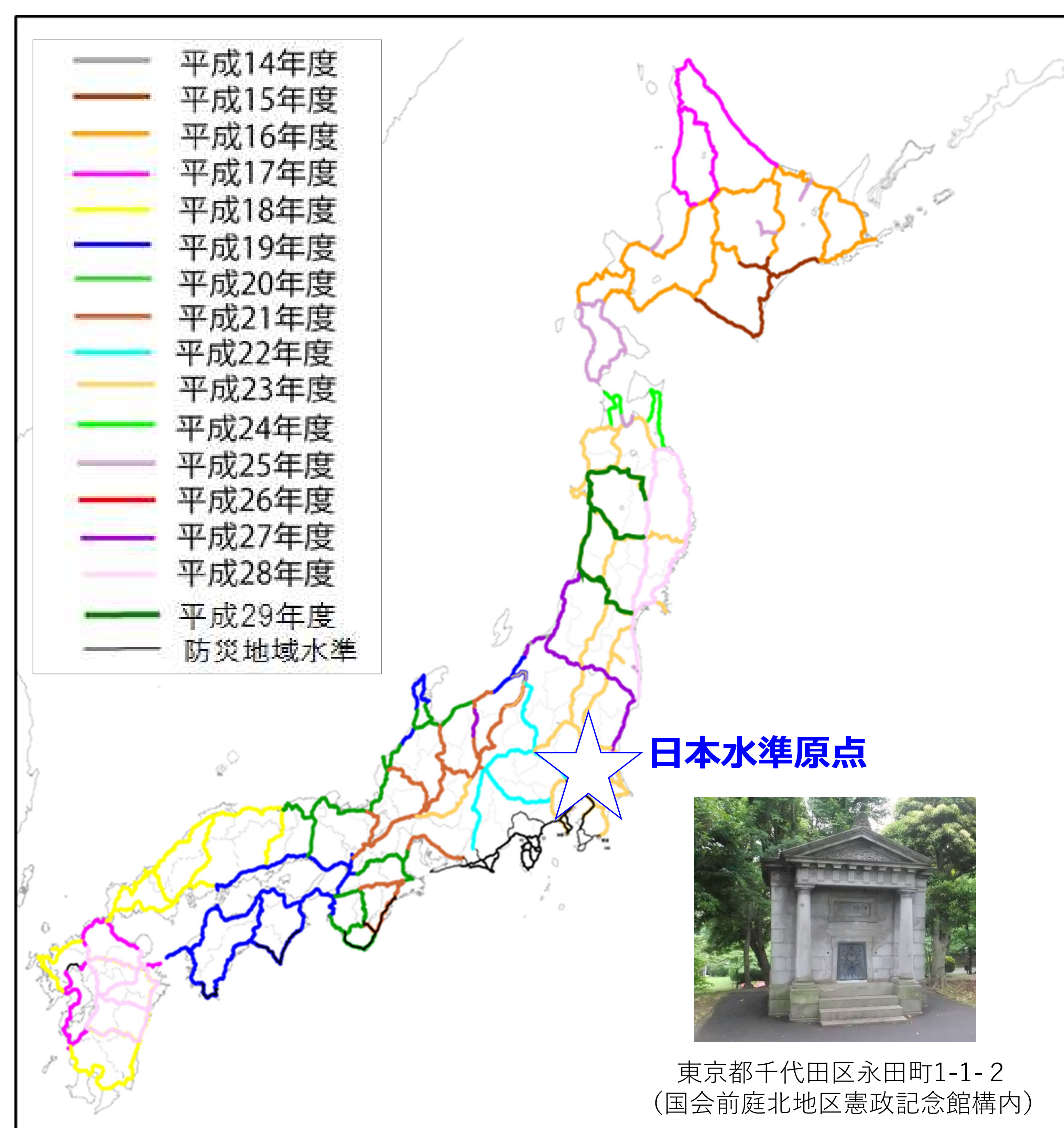


水準測量で全国を測量するには10年以上の歳月を要します。地殻変動が激しい我が国では、この間、地震等による地殻変動の影響が標高に累積することになります。また、水準測量は距離に応じて誤差が累積する特徴があり、日本水準原点（東京）から離れると標高の誤差が大きくなります。

水準測量によって標高を決定

- 明治16年から実施
- 約1万6千点の水準点を設置
- 全国の測量に10年以上かかる
- 距離に応じて誤差が累積
- 地殻変動が累積

課題



全国改測時の水準測量の実施状況

新しい標高体系への移行

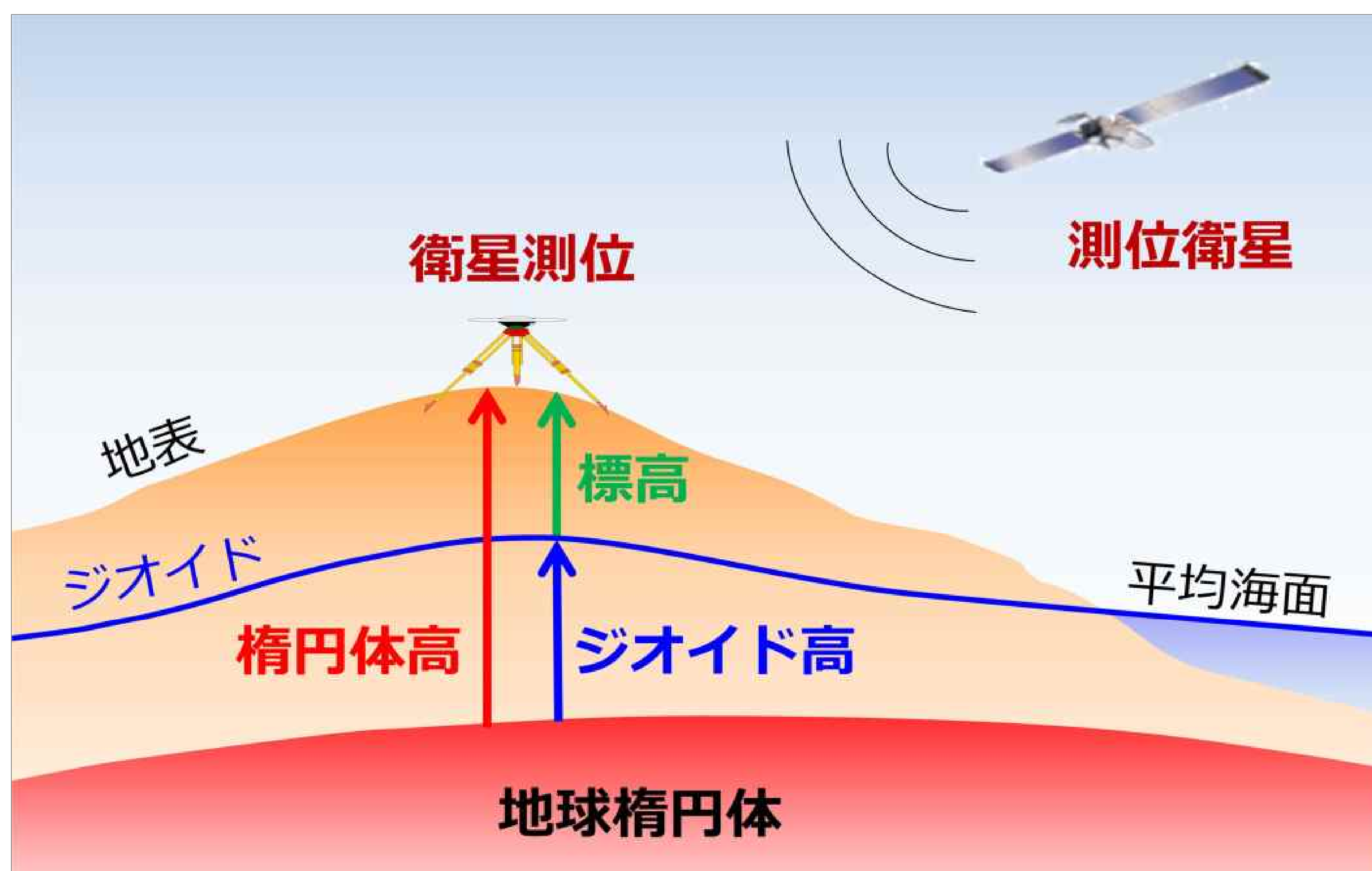
■新しい標高体系への移行

全国の標高を水準測量を基盤として求めていたときの課題を解消するため、衛星測位を基盤とする標高体系に移行します。

衛星測位で標高を決定するためには、精密なジオイド・モデルが必要となります。

ジオイドについて

ジオイド（Geoid）とは、平均海面を仮想的に陸地へ延長した面をいいます。国土地理院では、重力測量や水準測量の結果などから、地球を仮想的に表した楕円体表面からジオイドまでの高さ（ジオイド高）を決めています。標高は、衛星測位で決まる高さ（楕円体高）からジオイド高を引くことで、簡単に求めることができます。



楕円体高、ジオイド高、標高の関係

『関係式』

$$\text{標高} = \text{楕円体高} - \text{ジオイド高}$$

楕円体高

衛星測位から求めることができる

ジオイド

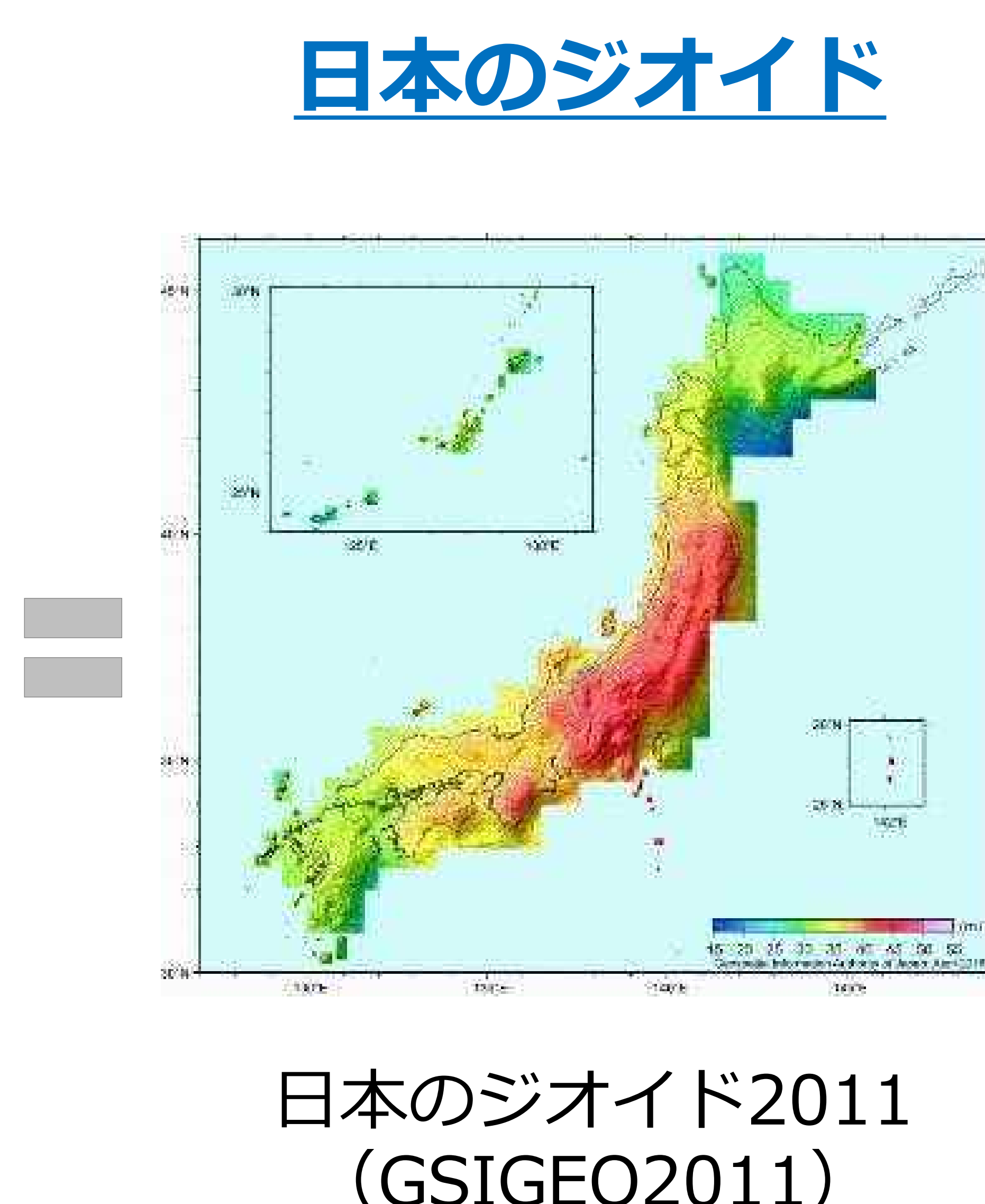
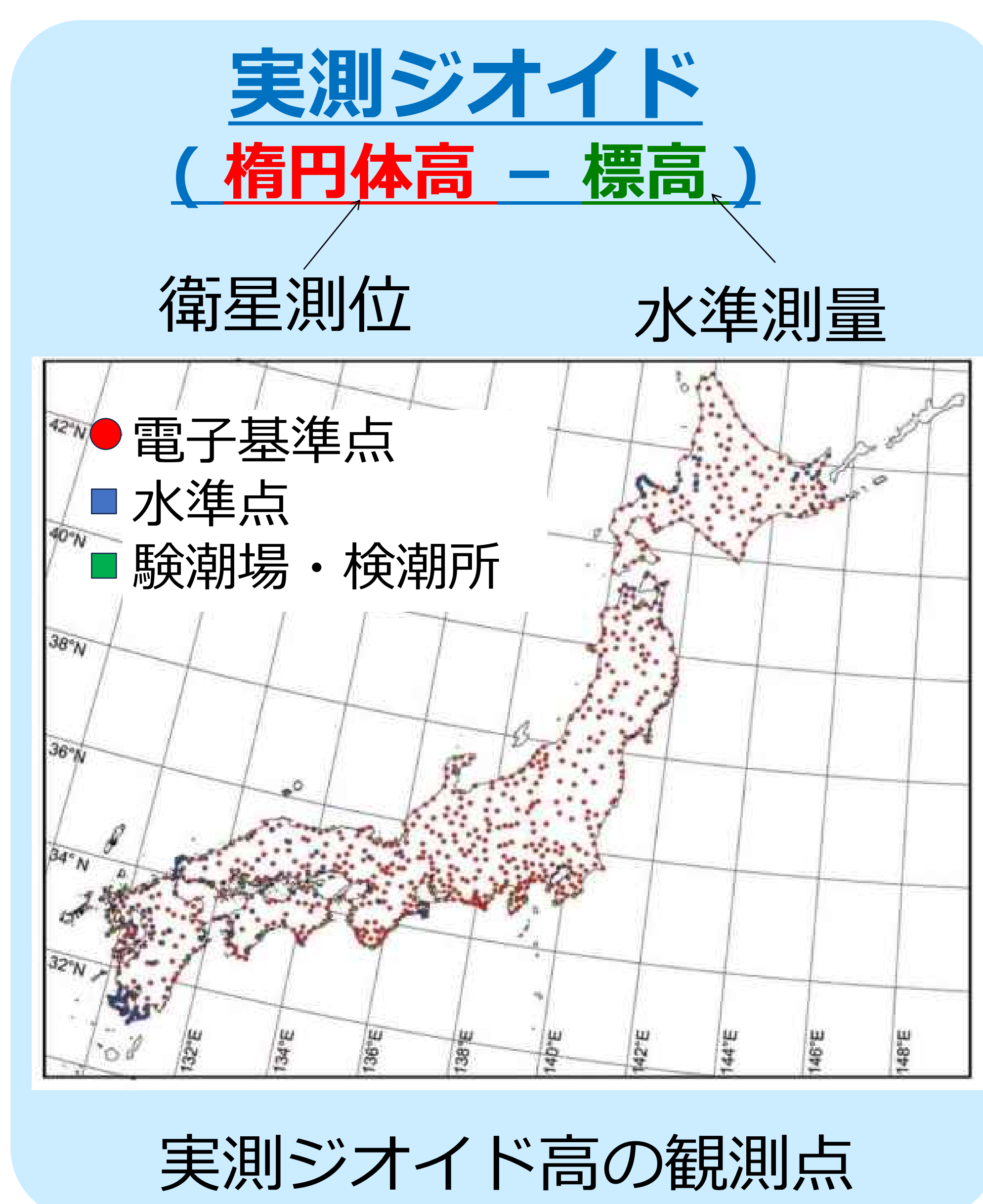
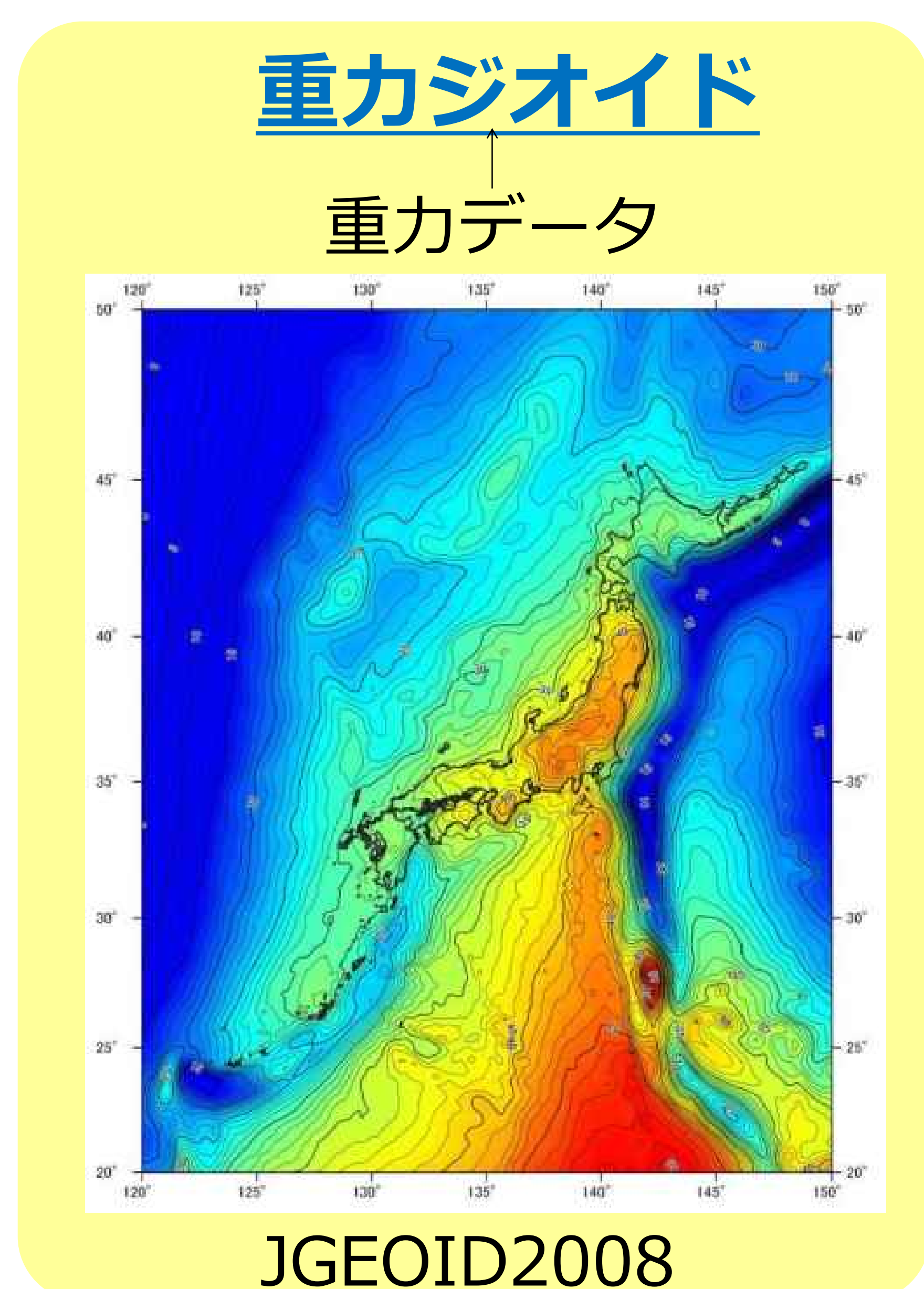
平均海面を仮想的に陸地へ延長した面

ジオイド・モデルの課題と整備

■これまでジオイドの整備

国土地理院では、衛星測位を用いて標高を決定するための基盤として、1990年代から重力ジオイドと実測ジオイドを組み合わせたジオイド・モデル（日本のジオイド）を作成し提供してきました。社会からの要求に応えるため、ジオイド・モデルは段階的に改良されており、平成28年4月からは公共測量における水準測量にも一部利用されています。

しかし、**これまで提供してきたジオイド・モデルには、水準測量による誤差が内在しているという課題がありました。**



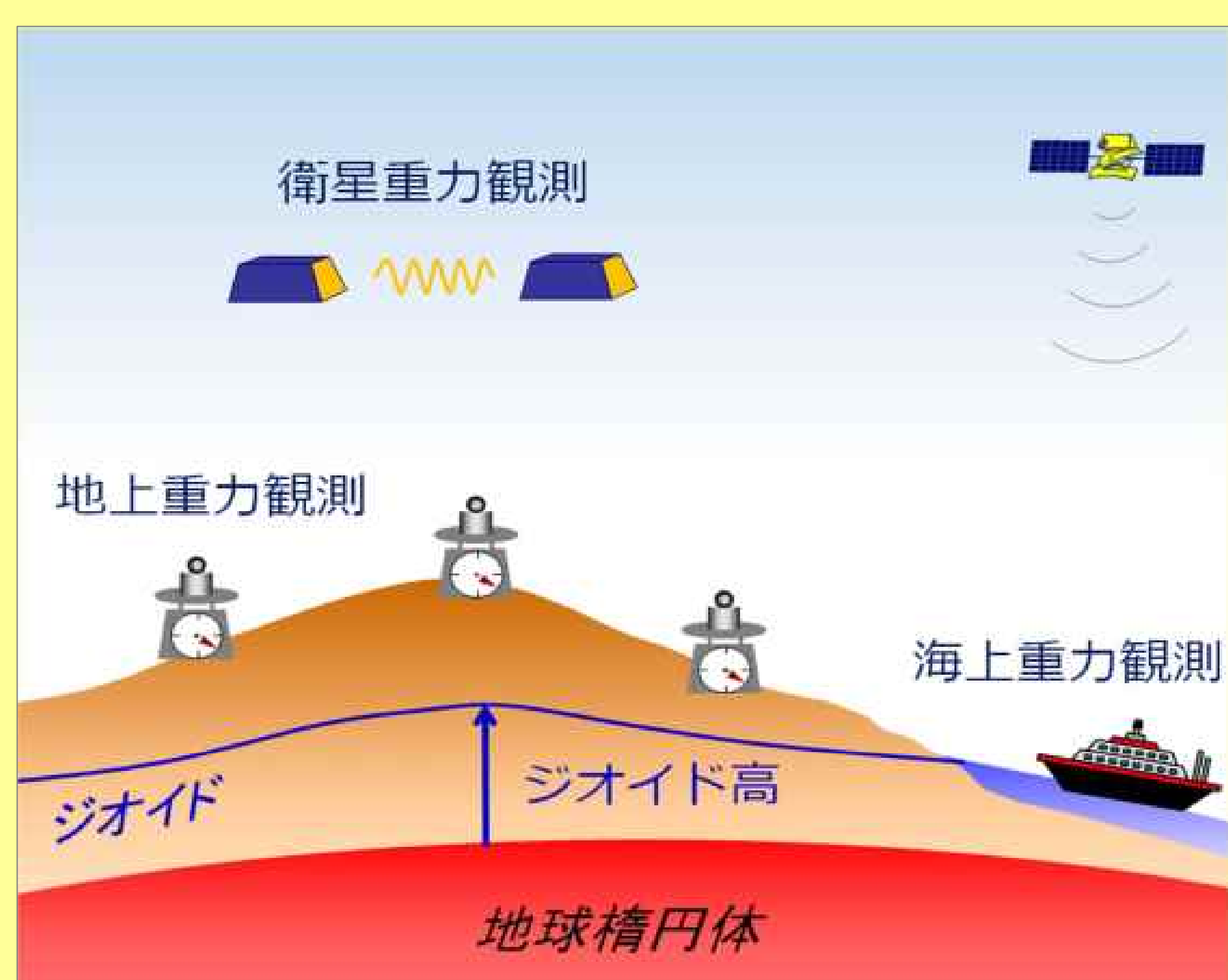
重力ジオイドと実測ジオイドの特徴

重力ジオイド

衛星・地上・海上で計測した重力データを全球空間積分して算出

長所：広い領域を効率的に計算できる

短所：精度は重力データの品質と量に依存する
複雑な計算処理を要する

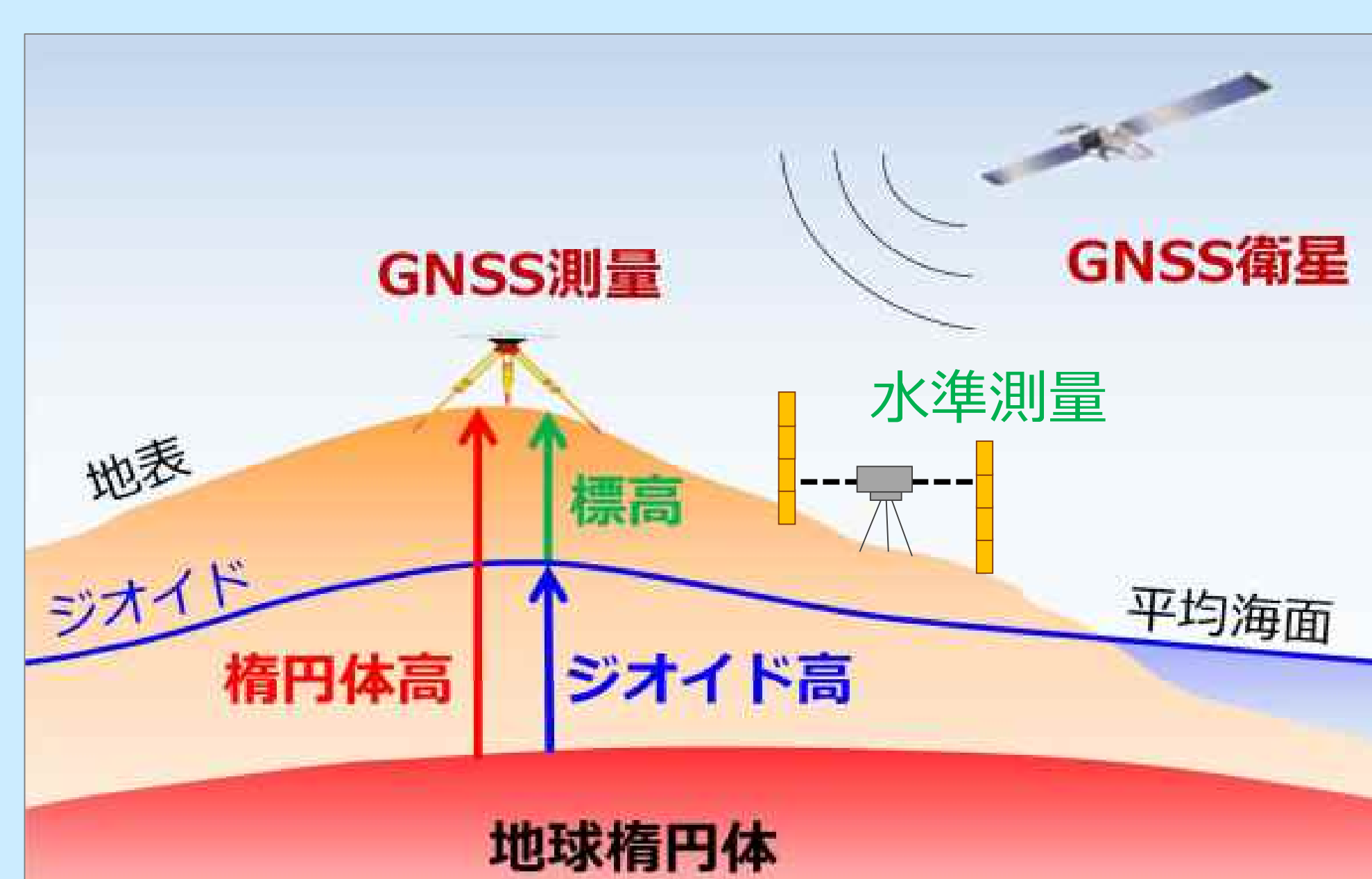


実測ジオイド

衛星測位による楕円体高から水準測量による標高を減じて直接算出

長所：短距離であれば精度が高い

短所：時間と費用を多く要する
(衛星測位と水準測量の両方が必要)
限られた場所しか計測できない
水準測量による誤差が内在する



$$\text{実測ジオイド高} = \text{楕円体高(衛星測位)} - \text{標高(水準)}$$

精密なジオイド・モデルの整備

■衛星測位を基盤とする標高体系の構築に向けた精密なジオイドの整備

航空重力測量の実施

水準測量の誤差が内在しない、重力データのみを使用したジオイド・モデルを作成するため、航空重力測量を令和元年から令和5年にかけて実施しました。

航空重力測量観測実績

観測測線

総飛行距離 | 13.9万km
総測線数 | 598本
総飛行時間 | 1,316時間



航空機 Textron Aviation 208
(民間機をチャーターして使用)



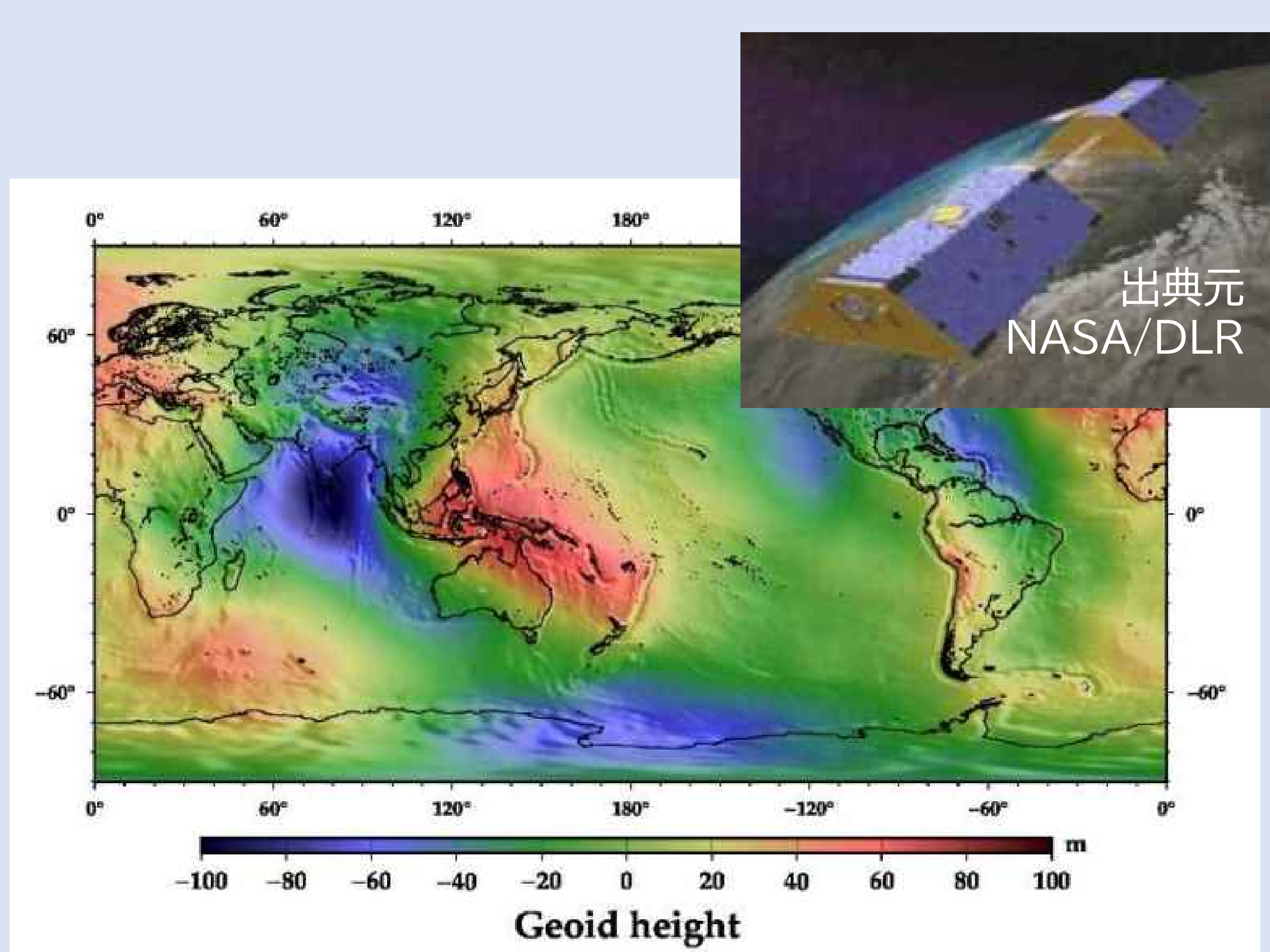
上空における航空機内の様子



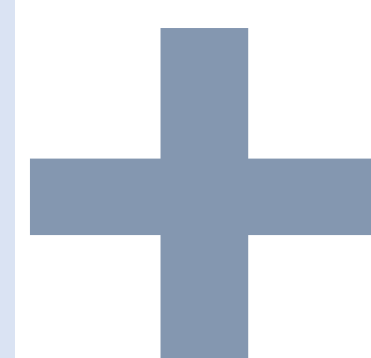
航空重力計 (TAGS-7)

高精度なジオイド・モデルの作成

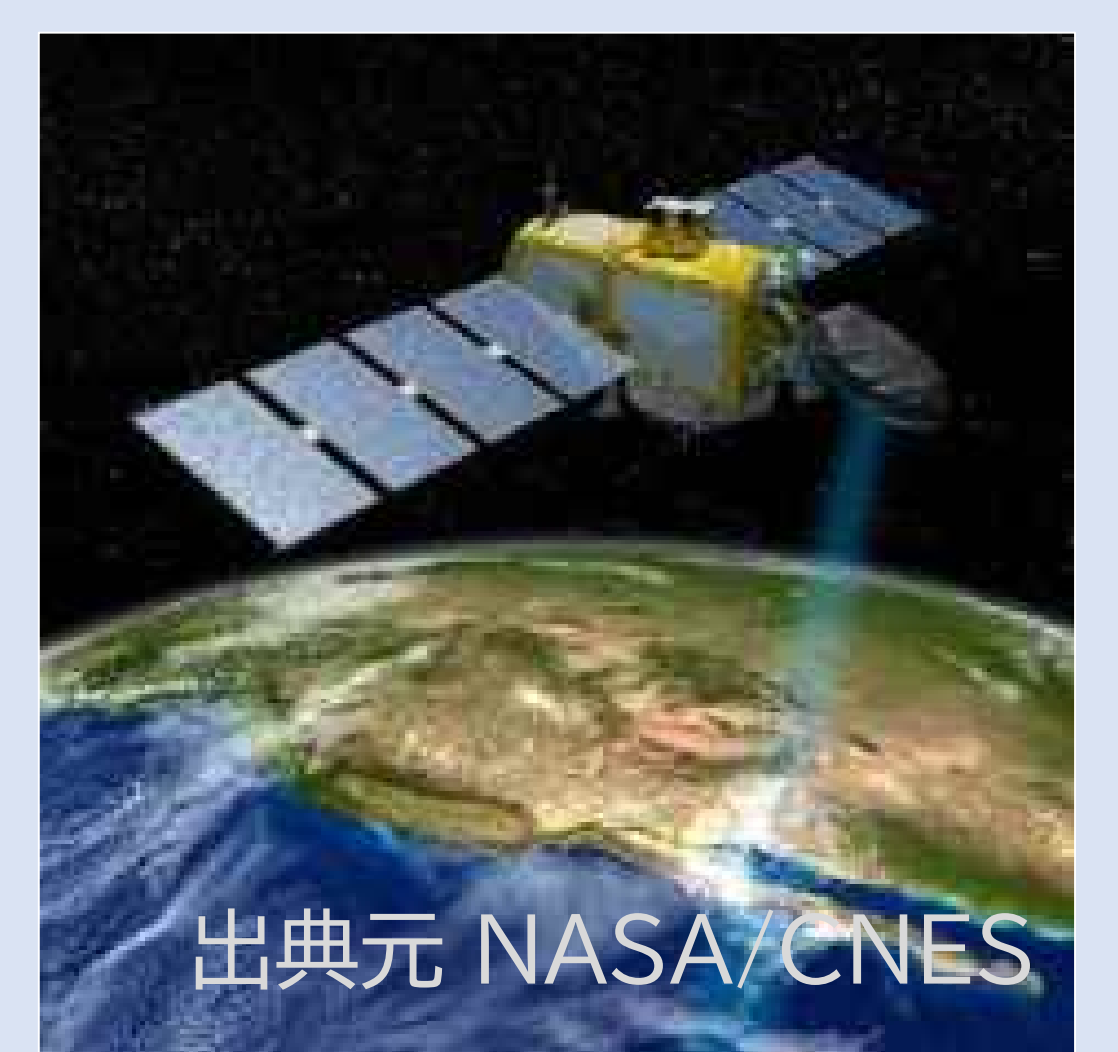
長波長の衛星重力データにより地球の大まかなジオイドの起伏を計算し、航空重力測量の結果を含む、中波長や短波長の重力データにより日本周辺の細かなジオイドの起伏を計算して、**高精度なジオイド・モデル**を作成しました。



衛星重力データ（長波長）により
求めた全球ジオイド



●航空重力データ
(中波長)



●海面高度計データ
(中～短波長)



●地上重力データ
(短波長)

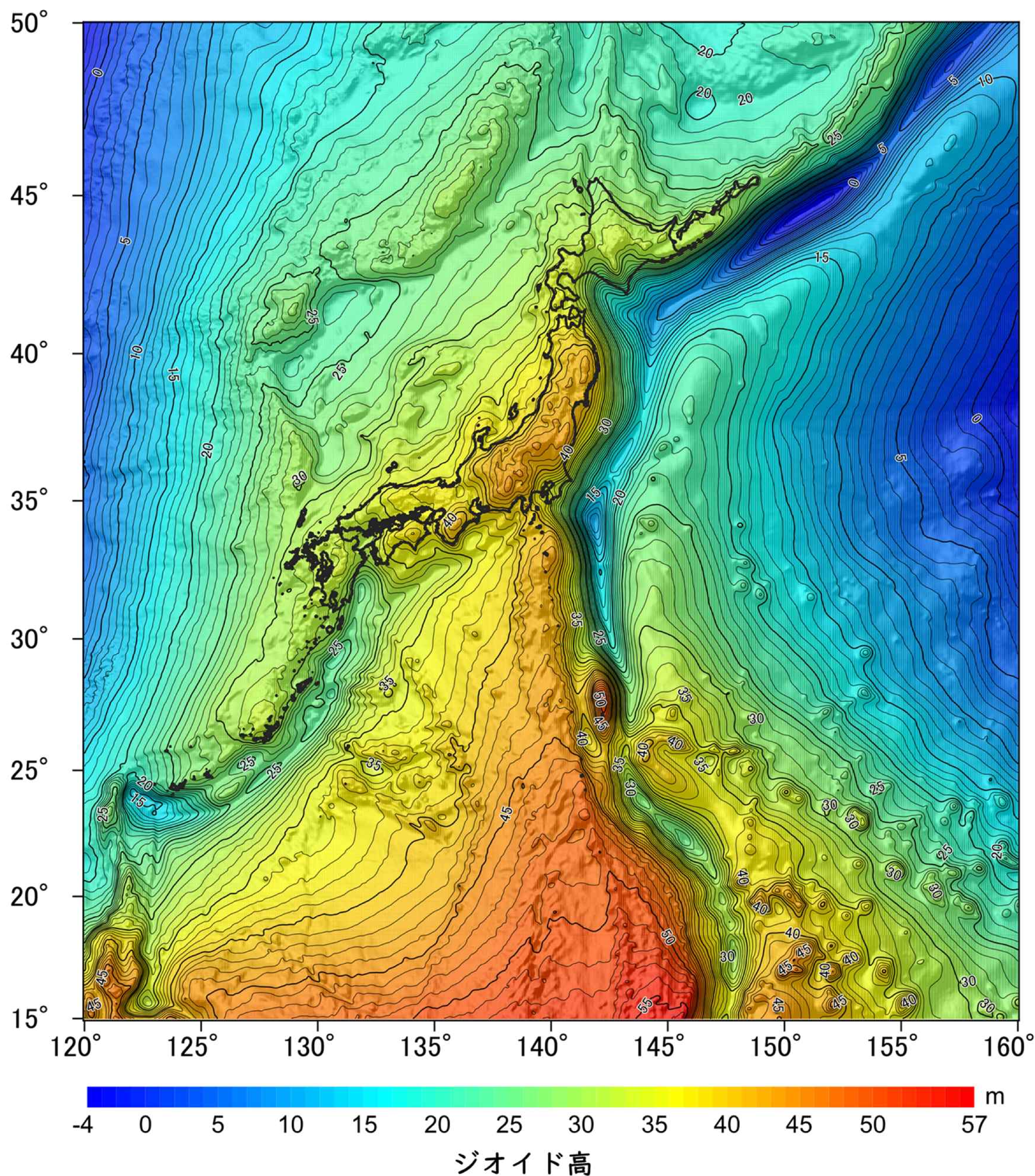


●船上重力データ
(短波長)

「ジオイド2024 日本とその周辺」公表

令和元年度から令和5年度にかけて実施した航空重力測量による重力データを含め、水準測量による累積誤差を含まない新しい高精度なジオイド・モデル「ジオイド2024 日本とその周辺」が完成しました。

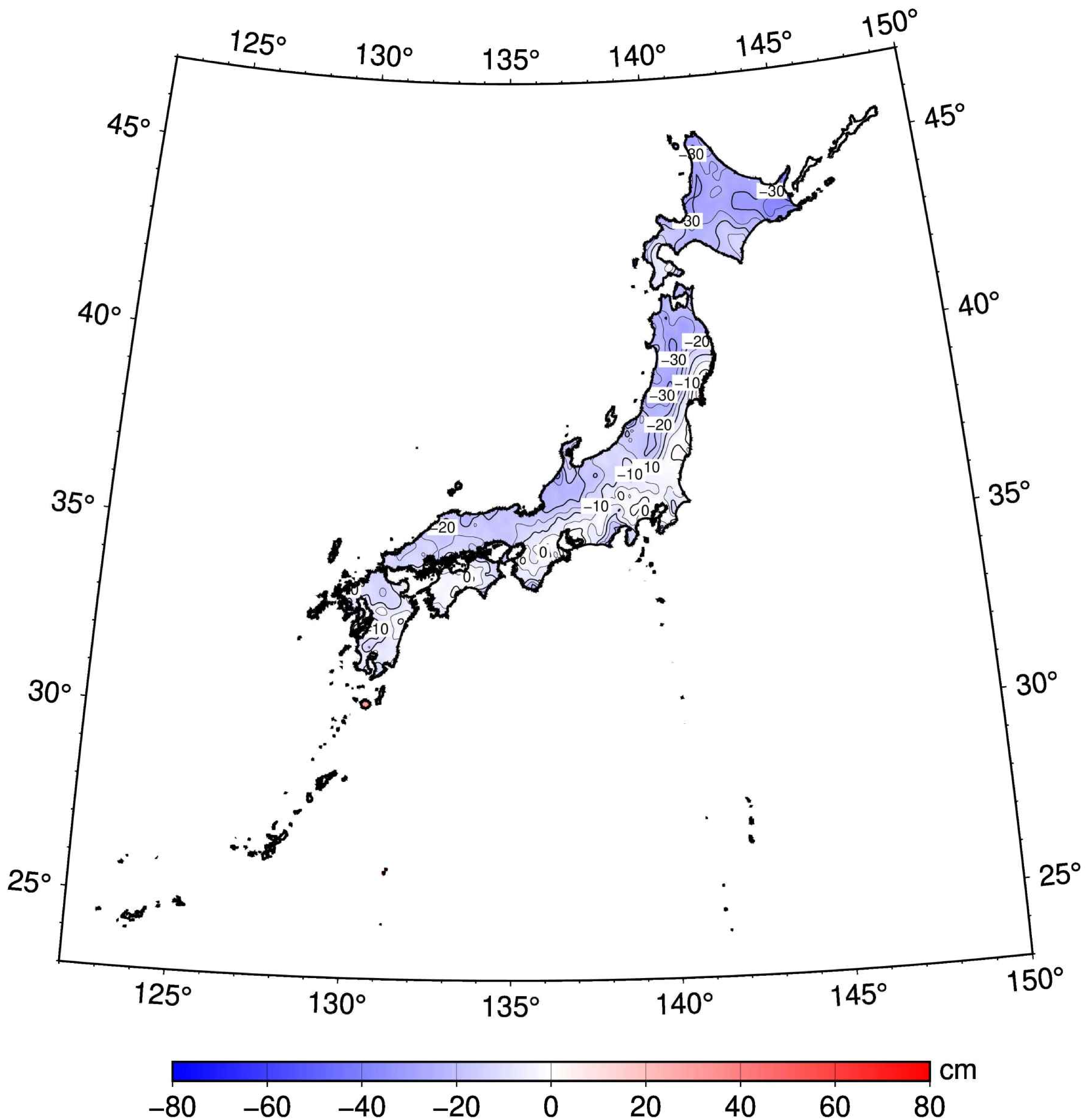
- ・ 令和6年3月27日に試行版を公開
- ・ 令和7年4月1日に正式版を公開予定



このジオイド・モデルは、今後、地殻変動が生じても影響を受けにくい特徴があります。

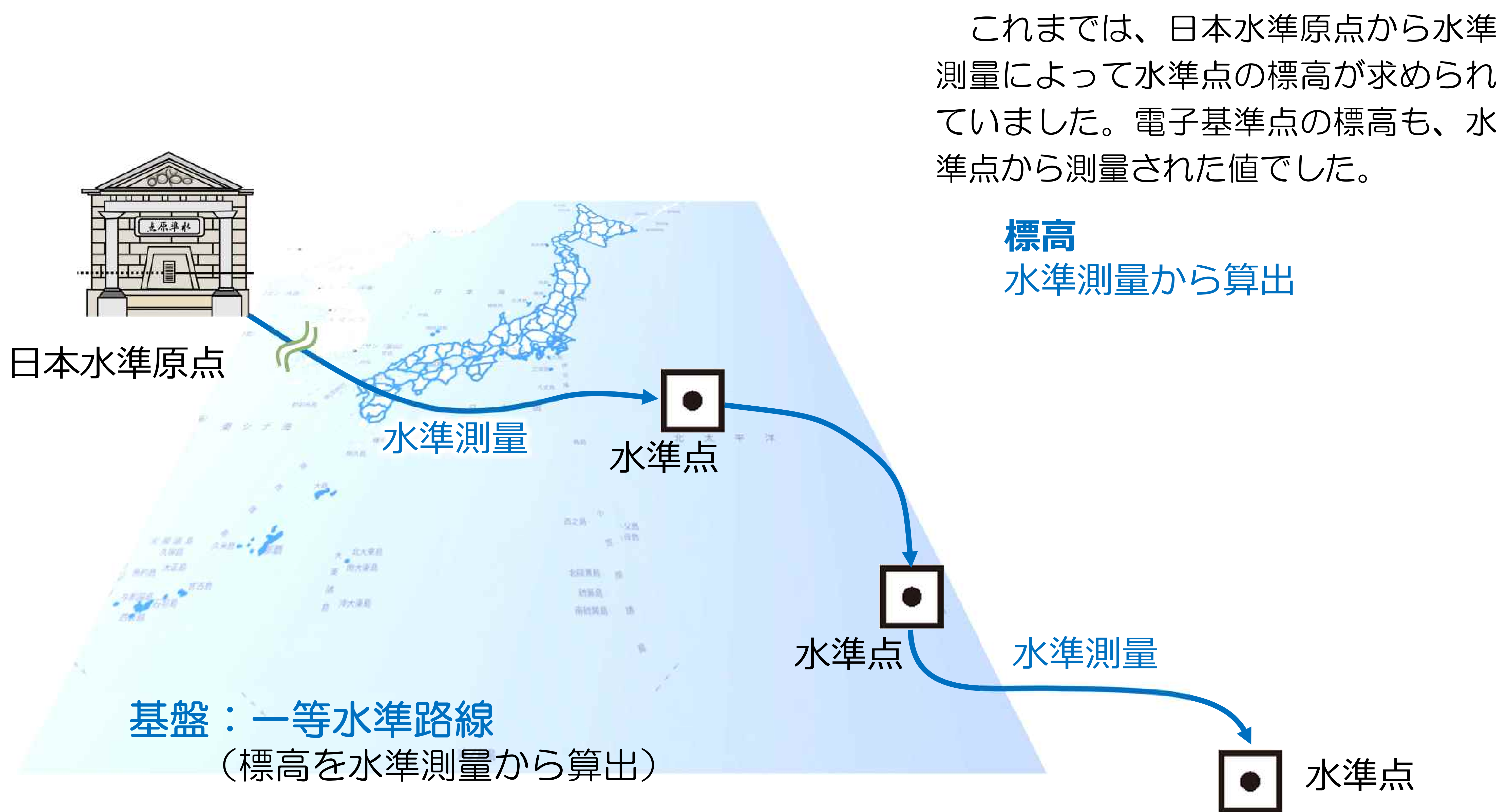
全国標高成果の改定量の試算

この図は、「ジオイド2024 日本とその周辺」（試行版）を基に、衛星測位を基盤とする新しい標高体系へ移行する際の全国の標高の改定量を試算したものです。



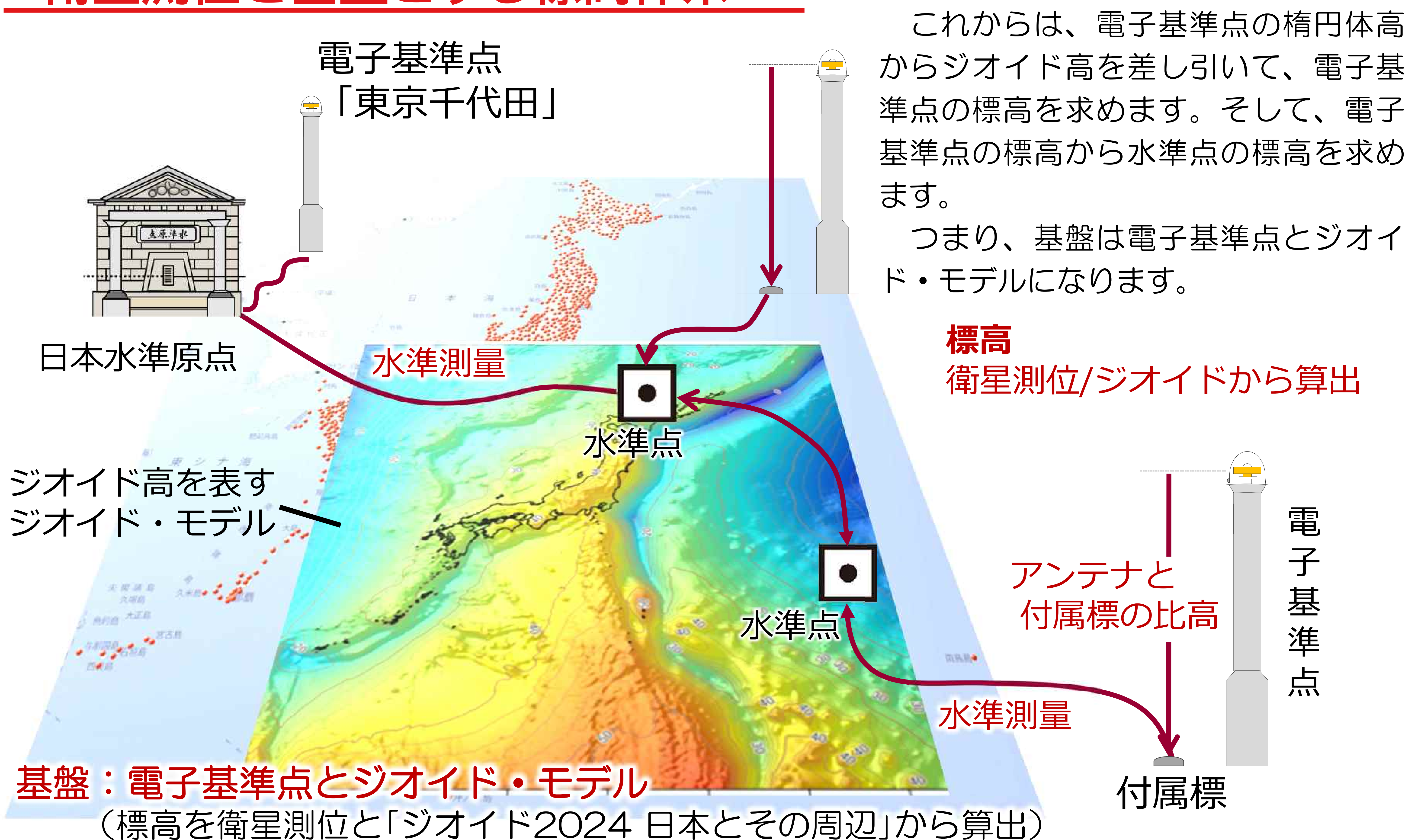
従来と新しい標高体系の違い

水準測量を基盤とする標高体系(従来)



これからは

衛星測位を基盤とする標高体系



標高の改定による具体的な効果①

■標高の改定による具体的な効果

- ①地殻変動で累積した現実と標高とのズレが解消。
- ②「ジオイド2024 日本とその周辺」と衛星測位を用いて、従来よりも迅速かつ高精度に、現況にあった標高が取得可能。
⇒地震後に迅速な標高を提供、GNSS標高測量
- ③水準測量の起点から距離が離れるに従って蓄積していた標高の誤差が解消。
- ④標高の時点（元期）が明確となることで、標高の整合性が全国一律に向上し、電子基準点による全国の標高の時間変化の監視が可能となるとともに、「4次元国家座標（測量成果の時間管理）」の実現に向けた基礎が整備される。

改定することで、最新の標高を用いて高さ情報の時間管理が可能になるとともに、衛星測位の活用によって、測量や公共工事等の効率化・生産性向上などが期待できます。

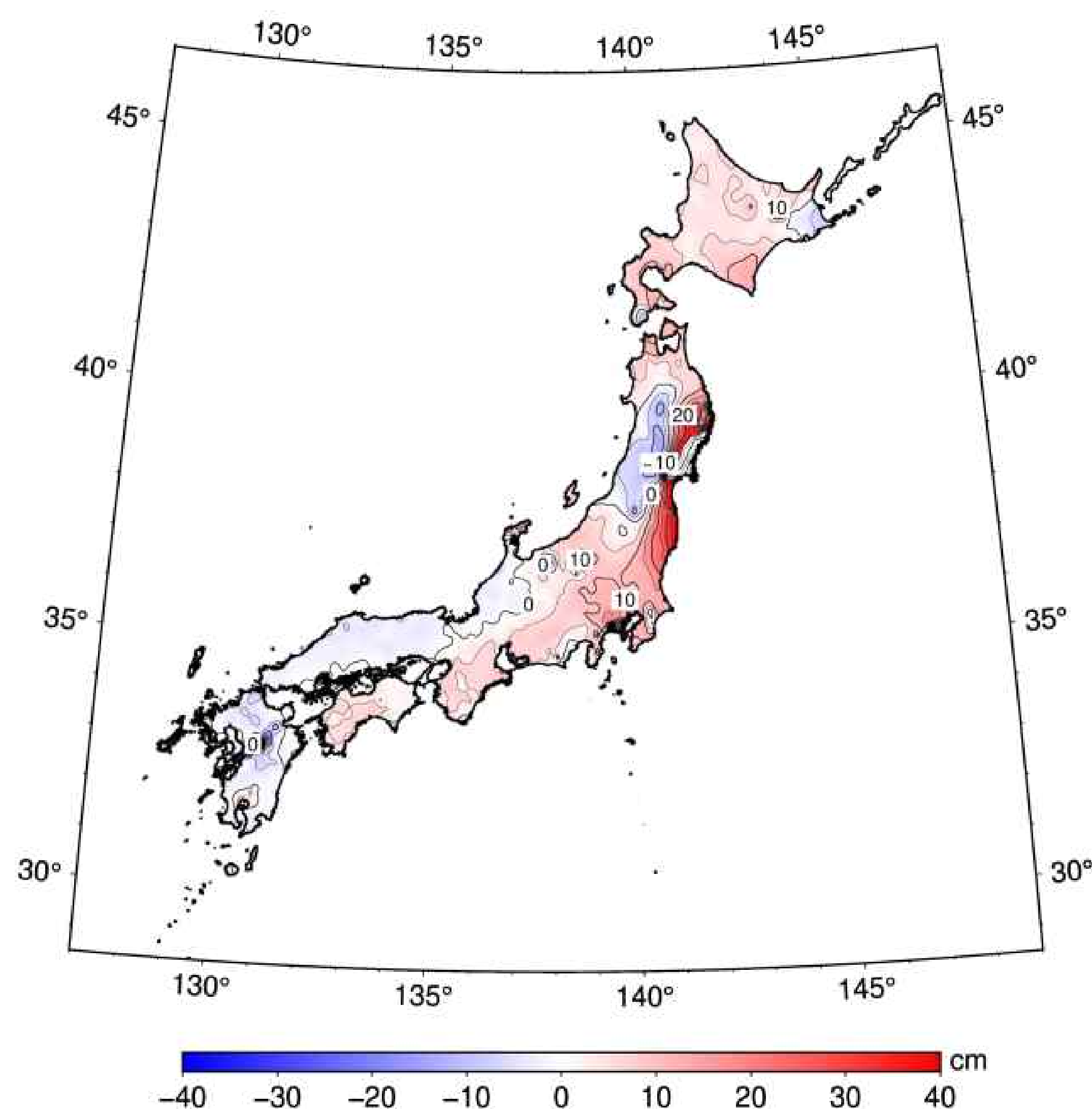
■GNSS標高測量の作業方法(案)

	GNSS標高測量		現行 GNSS測量機による水準測量
固定する高さ	標高改定後の標高		標高
既知点の種類	電子基準点 約1,300点		電子基準点 約850点 (標高区分：水準測量による)
地殻変動補正	補正する 標高元期の明確化により高精度に補正可能		補正しない
区分	3級/ 4級水準測量 2級以上は引き続き直接水準測量	簡易水準測量	3級水準測量
GNSS観測	スタティック法	ネットワーク型 RTK法単点観測法	スタティック法
観測距離	6km以上（3級）/ 1km以上（4級） 既設点と新点の距離に対しても適用 短距離は引き続き直接水準測量	—	6km～40km
観測時間	5時間以上（3級）/ 2時間以上（4級）	10秒以上	5時間以上

※GNSS標高測量の測量方法は検討中のため、変更する可能性があります。

標高の改定による具体的な効果②

■地震時の対応



日本は地殻変動が激しく、時間経過とともに現実と標高とのズレが大きくなる。

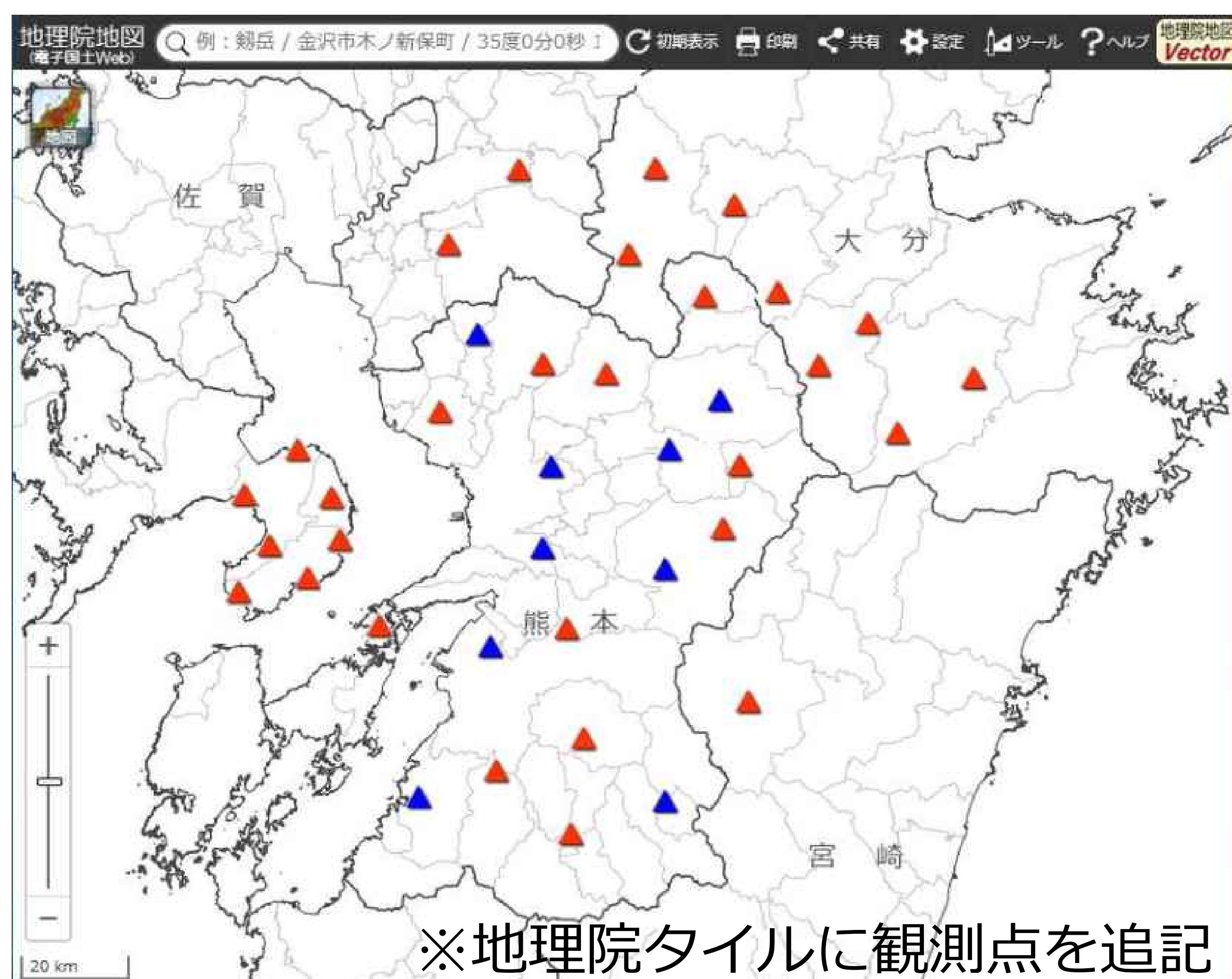


長年の地殻変動（累積変動量）によるズレを解消。

2011年～2024年の上下方向の地殻変動量※

※標高成果の改定量とは異なる（改定量には水準測量の誤差等を含む。
また地殻変動が累積する期間が場所によっても異なる）

平成28年熊本地震（2016年4月14日、16日）における標高改定の場合



熊本地震で成果改定した電子基準点

- ★ 4/14, 16 地震発生、測量成果停止
- 5/19 電子基準点成果改定
→ 楕円体高の利用可能
約1か月後
- 8/31 電子基準点 ▲（9点）標高改算
- 9/12 電子基準点 ▲（29点）標高改算
→ 標高の利用可能
約5か月後



電子基準点（付属標を含む）の標高について

衛星測位で得られる楕円体高から「ジオイド2024 日本とその周辺」で換算することにより、楕円体高と同じタイミングで3級水準測量（付属標は1級）に利用可能な標高の提供が可能になります。

※国土地理院の水準点の標高の提供には、引き続き直接水準測量の実施が必要

高さに関するできごと

日本の「高さ」に関するできごと。

高さの測量と標高の管理は国土地理院の重要な仕事です。

年		できごと
1653	承応2	江戸の生活用水確保のための玉川上水を建設
1800	寛政12	伊能忠敬が全国測量開始
1872	明治5	利根川河口に銚子量水標を設置して潮位観測開始
1873	明治6	隅田川河口に霊岸島量水標を設置して潮位観測開始
1876	明治9	東京－塩釜（宮城県）の水準測量実施
1883	明治16	東京周辺の精密水準測量を実施 その後、全国へ水準路線を拡大
1884	明治17	東京湾平均海面を決定
1891	明治24	日本水準原点を設置 ※本格的な潮位観測を開始 （鮎川、高神、輪島、串本、外浦、深掘の6験潮場）
1969	昭和44	全国の水準点の成果を公表（北海道は1972年）
2002	平成14	全国の高さを再計算し、新しい成果を公表
2011	平成23	東北地方太平洋沖地震で高さを再計算　最大約1mの地殻変動
2019	令和元	航空重力測量開始
2023	令和5	航空重力測量終了
2025	令和7	日本の高さの基盤が変わる！ 衛星測位を利用した高さの世界がやってくる！