

GNSS標高測量の登場、そして4次元国家座標へ ～迅速な復旧・復興に資する標高の提供～

測地部
古屋 智秋

国土地理院が「**航空重力測量**」を
実施していたことは、知っていますか？


平成30年6月6日
第47回国土地理院報告会

明治以来の標高の仕組みを大転換

—いつでも・どこでも・誰でも信頼できる標高が使える社会へ—

測地部 物理測地課長
矢萩 智裕

まとめ

28  国土地理院

- ・ **明治以来の標高の仕組みを大転換**
→水準測量から衛星測位による標高決定へ
- ・ **航空重力測量プロジェクトを新たにスタート**
→2018年度に機器調達及び計測準備
→2019年度から4年計画で全国の重力データを整備
→高品質な重力データから精密重力ジオイドを構築
- ・ **いつでも・どこでも信頼できる標高が使える社会へ**
→2024年度から新たな仕組みへ移行予定
→利便性の向上, 災害への対応力向上, 適切な維持管理

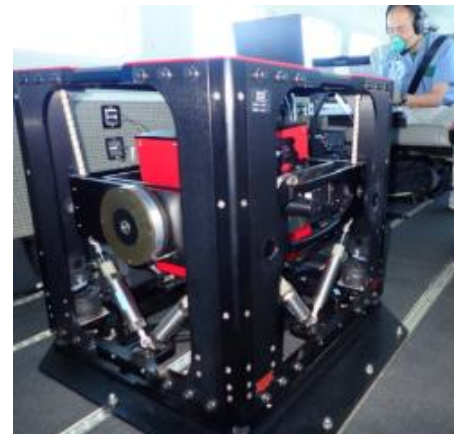
あれからどうなった？

「航空重力測量」とは？

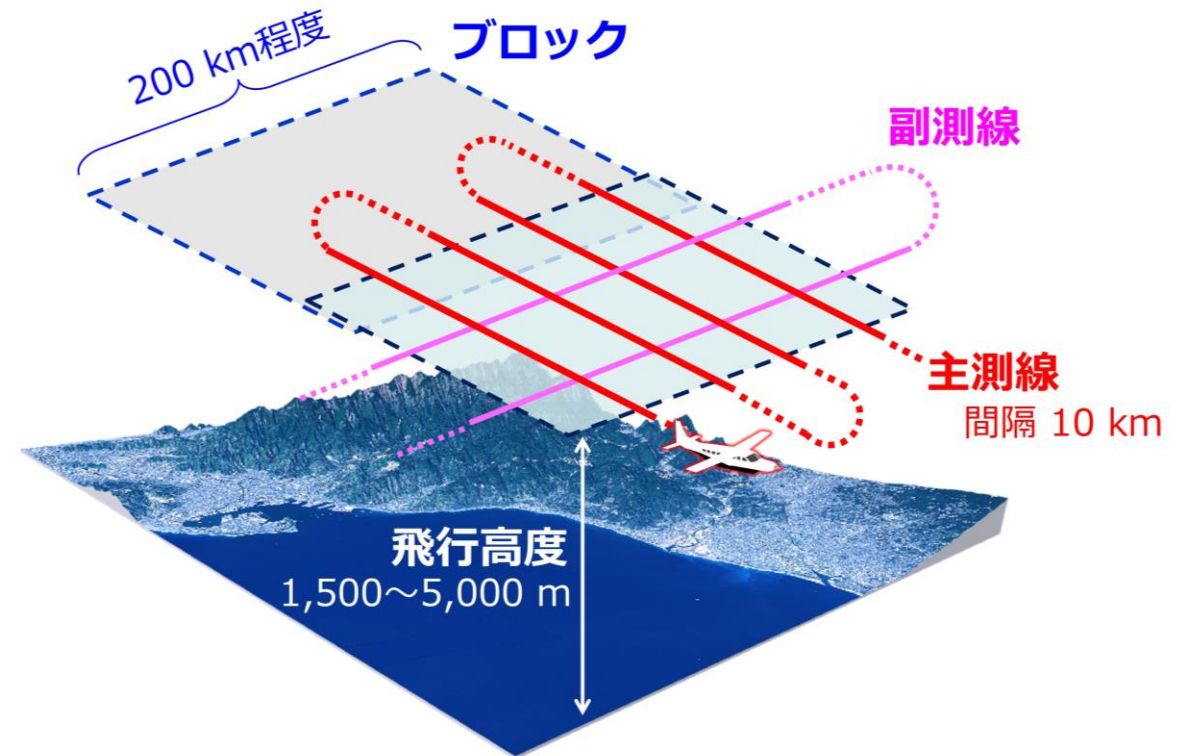
- 航空機に重力計を搭載し、上空から重力を測定する測量
- 地上重力データの空白域でも均一にデータ取得可能

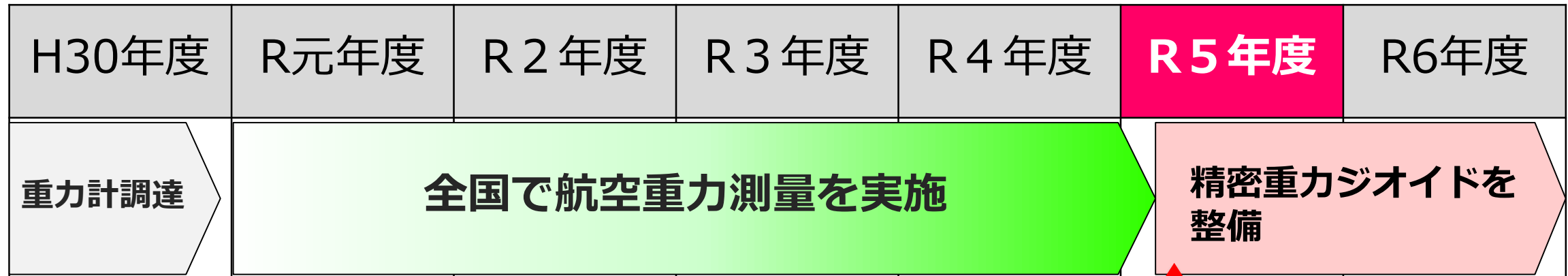


測量用航空機



航空重力計

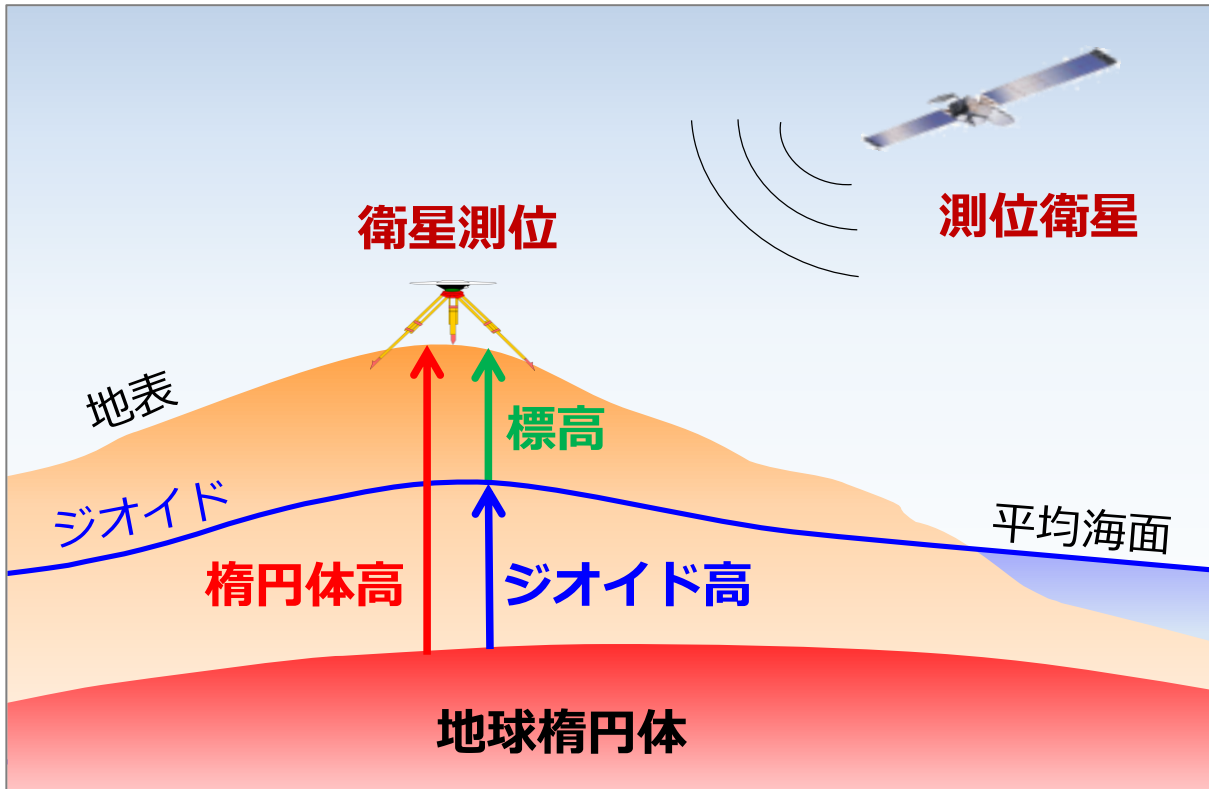




**全国の重力データを整備し
標高0m（平均海面）となる
精密重カジオイドの構築を目指す**

「ジオイド」とは？

- 平均海面に一致する重力の等ポテンシャル面
（＝平均海面を仮想的に陸地へ延長した面）



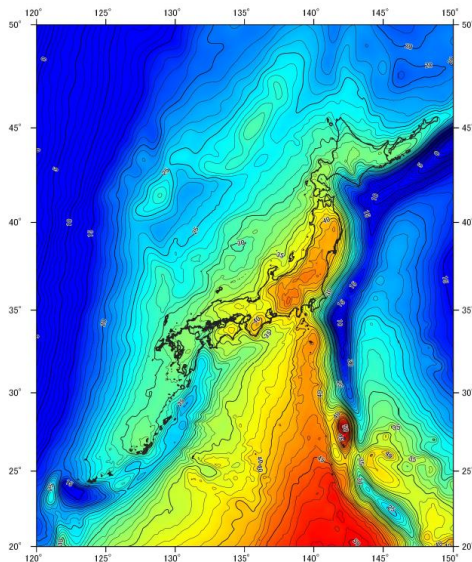
$$\text{標高} = \text{楕円体高} - \text{ジオイド高}$$

楕円体高（衛星測位で決まる高さ）から
ジオイド高を引くことで
簡単に標高（平均海面からの高さ）を
求めることが可能

重力ジオイドと実測ジオイドを組み合わせて構築

重力ジオイド

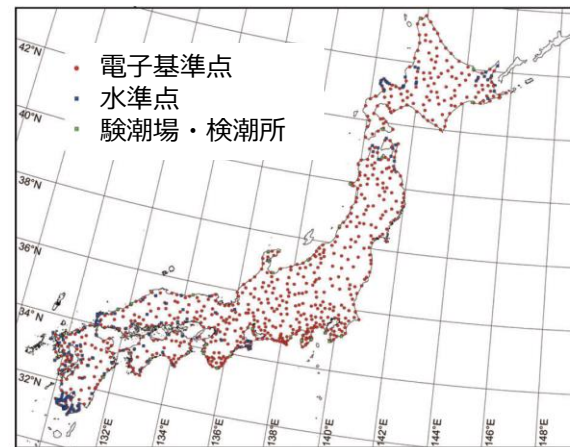
↑
重力データ



JGEOID2008

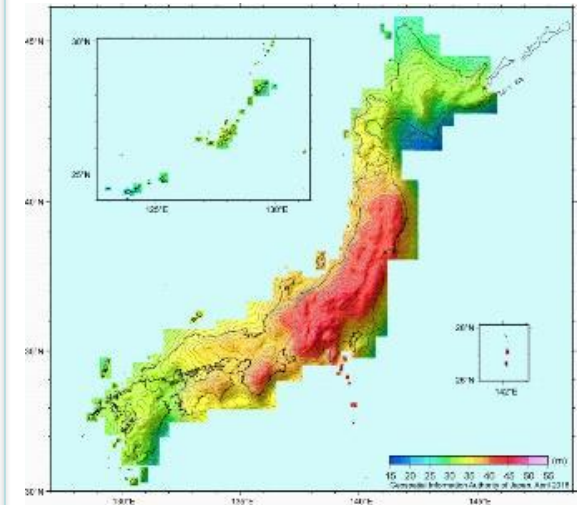
実測ジオイド (楕円体高 - 標高)

↑ ↓
衛星測位 水準測量



実測ジオイド高の観測点

日本のジオイド

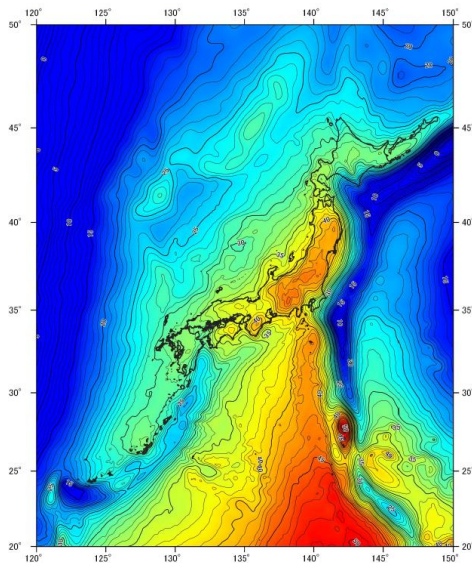


日本のジオイド2011
(GSIGEO2011)

地殻変動が起きると実測ジオイドが変わり 使えなくなる懸念

重カジオイド

↑
重力データ



JGEOID2008



実測ジオイド

楕円体高 - 標高

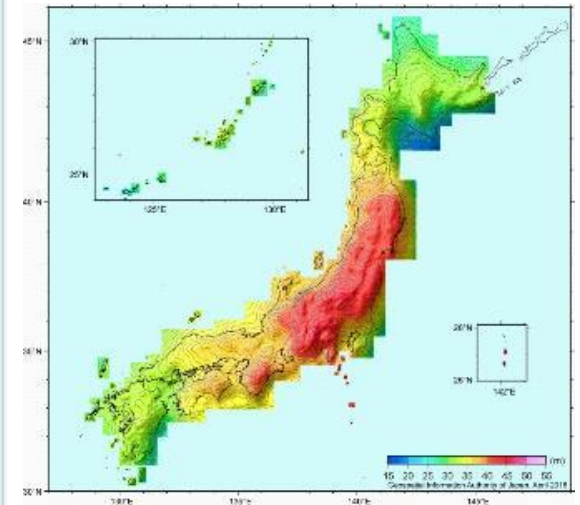
衛星測位 水準測量



実測ジオイド高の観測点



日本のジオイド



日本のジオイド2011
(GSIGEO2011)

**地殻変動にも安定な重力ジオイドを
そのまま使いたい**

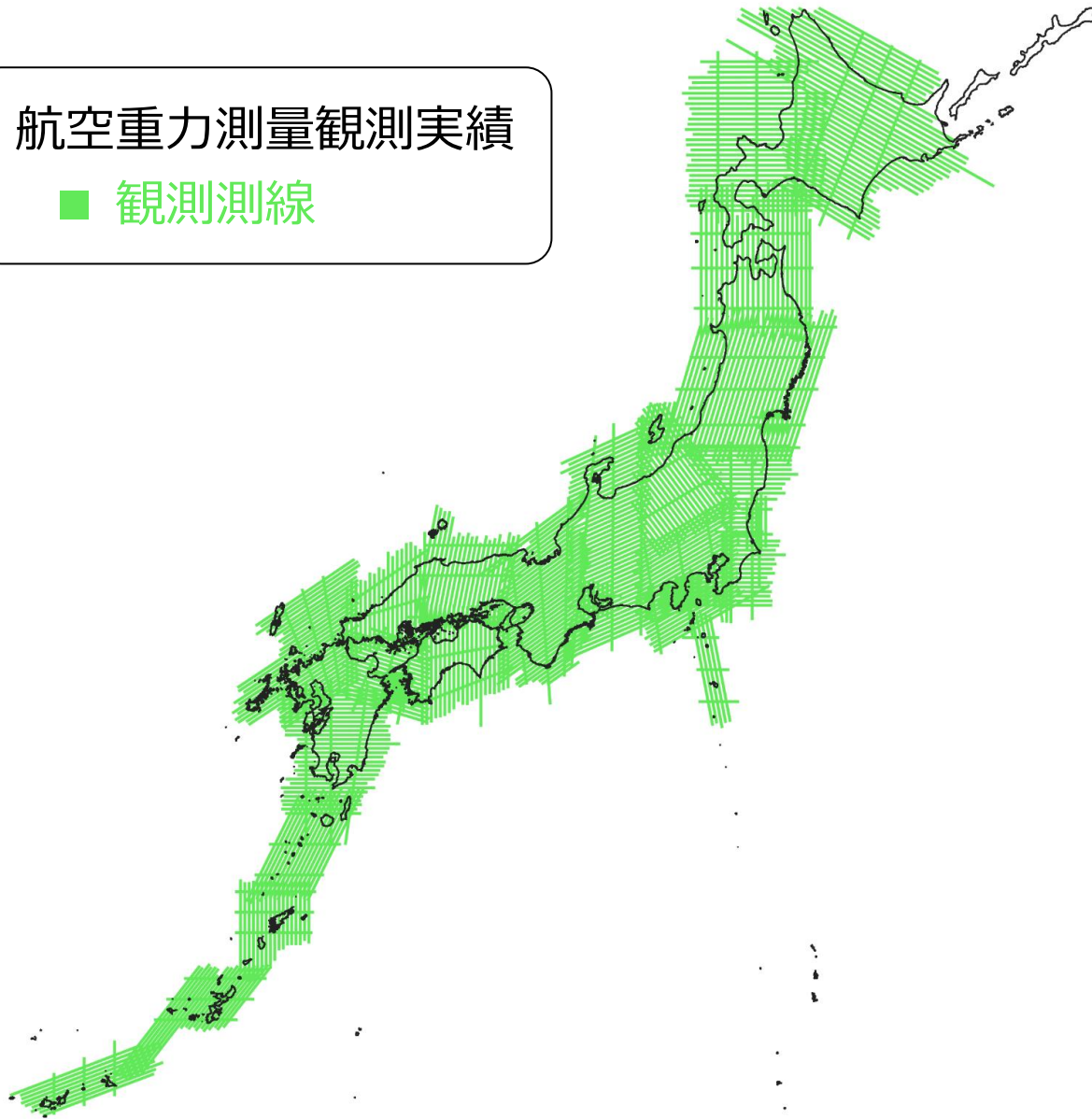
重力ジオイドの高精度化（目標精度3cm）が必要



航空重力測量の実施

航空重力測量観測実績

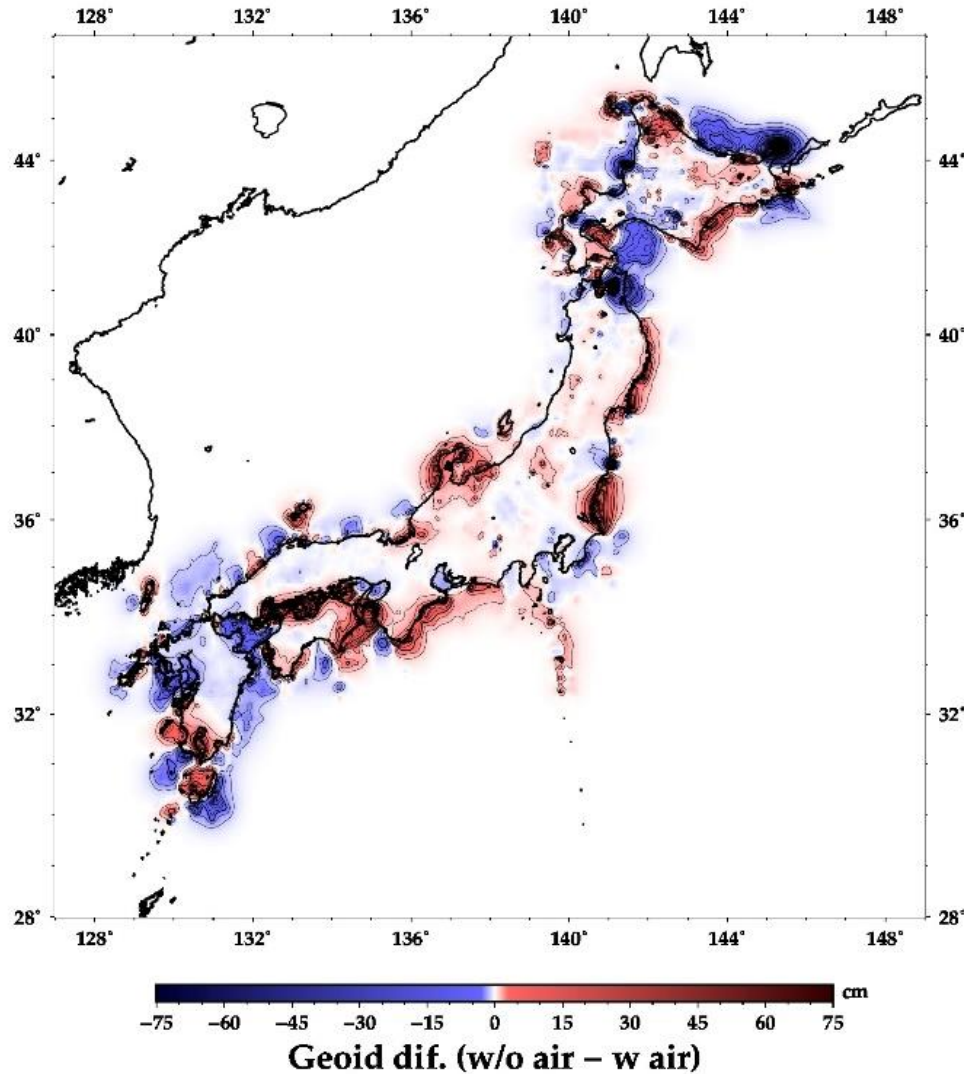
■ 観測測線



総飛行距離 | 13.9万km

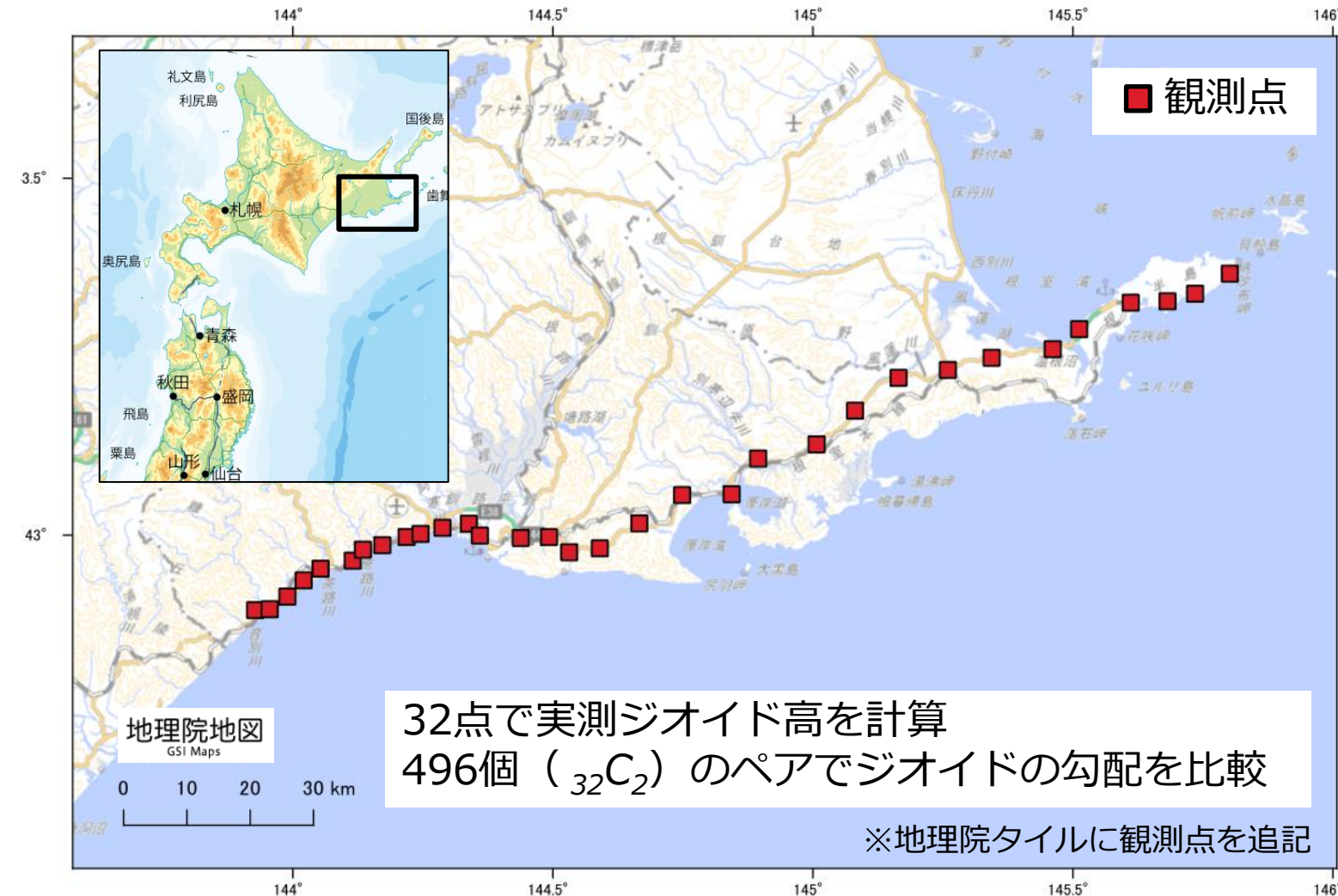
総測線数 | 598本

総飛行時間 | 1,316時間



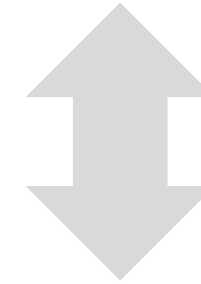
航空重力データの追加による
ジオイド高の差

沿岸域で最大数十cm、
山岳域で数cm程度の向上

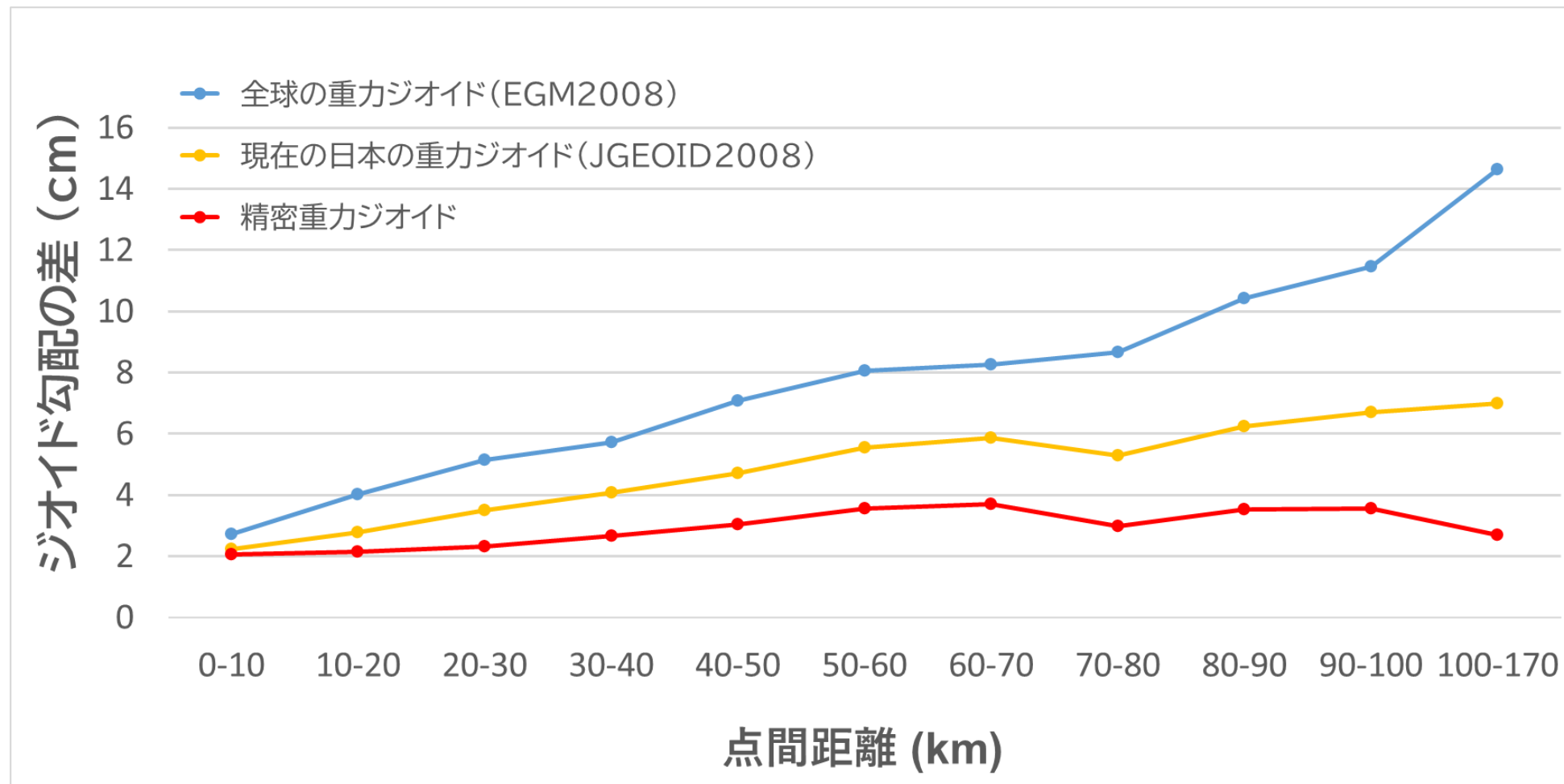


実測ジオイド高との比較で
精度を評価

精密重カジオイドの
ジオイド勾配

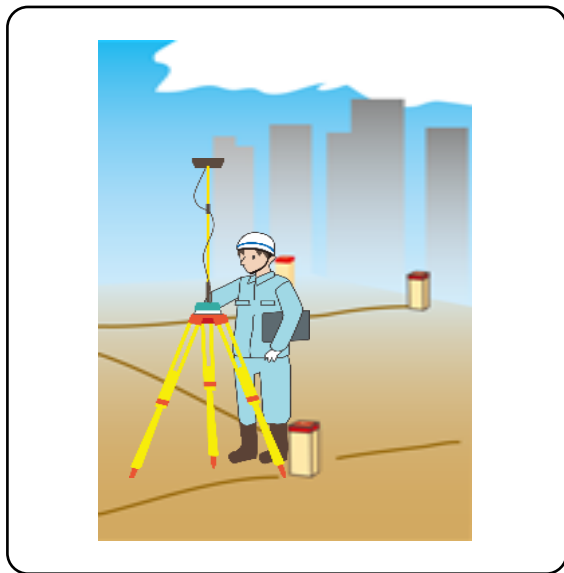


実測ジオイド高の勾配
(**楕円体高** - **標高**)

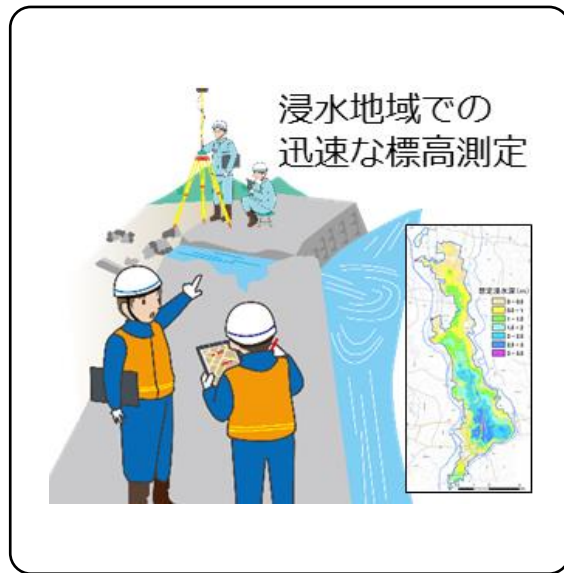


**実測ジオイドによる誤差の補正なしに
目標精度3cmを達成 (RMS 2.8cm)**

精密重力ジオイドを基準面として 衛星測位で迅速かつ精密な標高決定が可能に



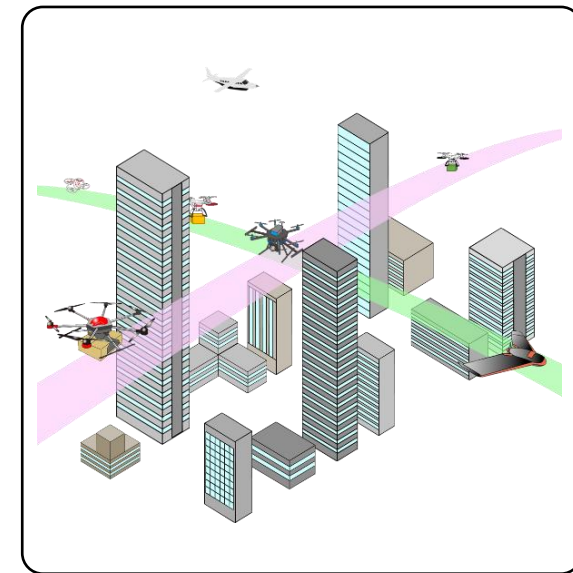
効率的な測量



迅速な復旧・復興への対応



ICT建機で
標高による制御



物流輸送サービス

精密重力ジオイドの構築
そのメリットを生かしたい



新たな測量方法の導入

GNSS測量機による水準測量（準則第2編第4章）

- 水準点・水準測量に基づく標高が基準
- 「日本のジオイド2011」を使用
- 水準測量による既知点の標高を基に、新点と既知点のジオイド高の差及びGNSS測量で求めた楕円体高の差を加える

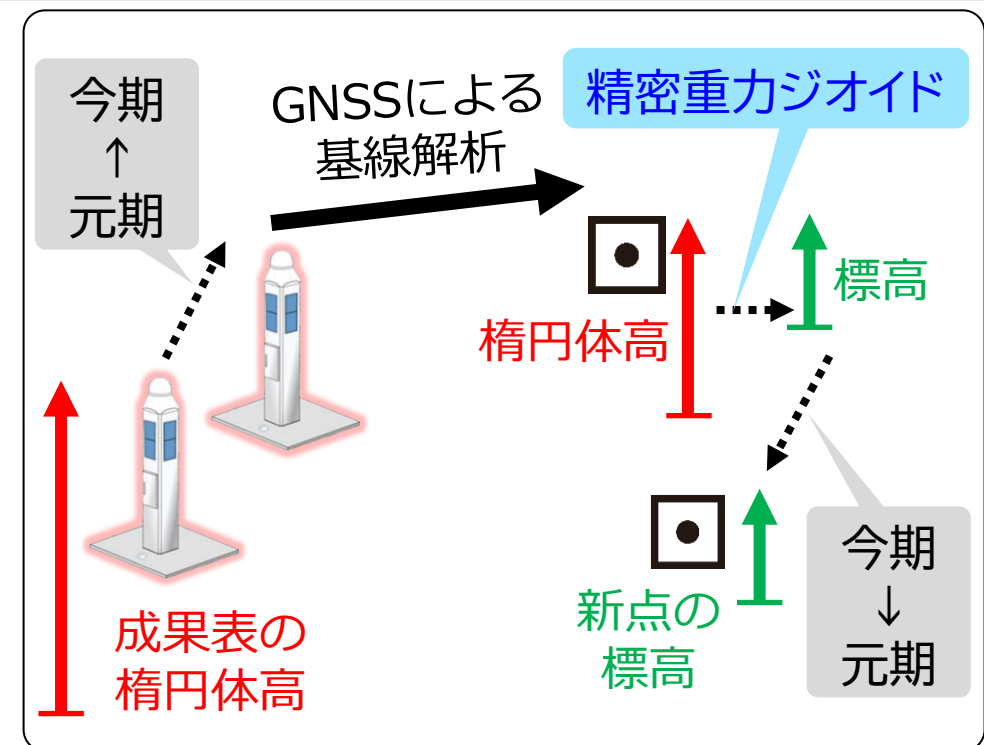
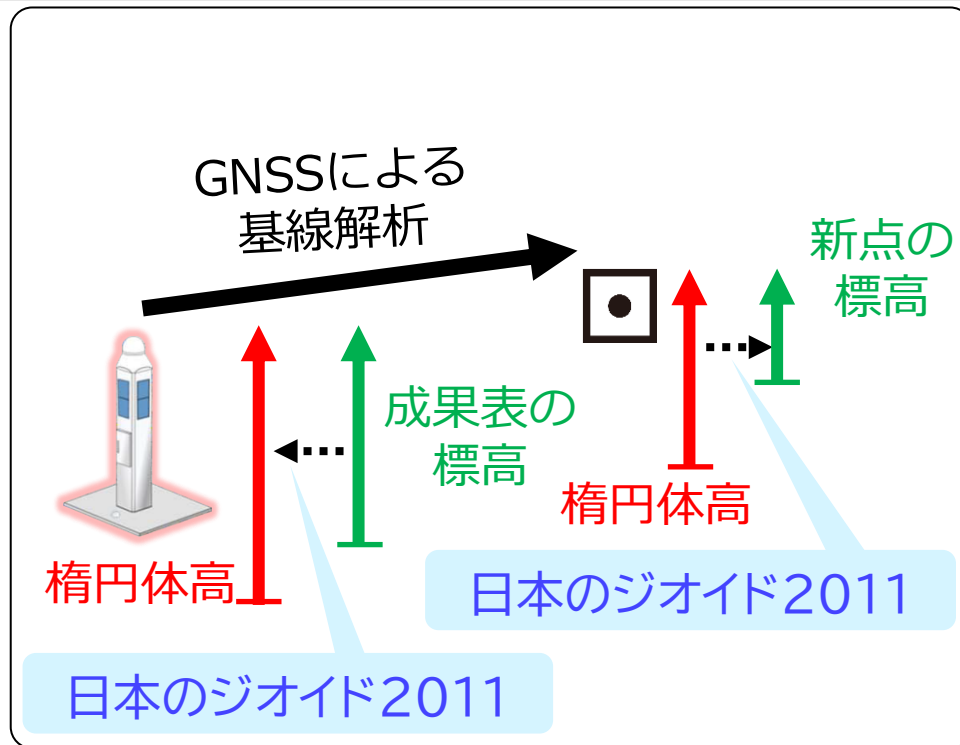


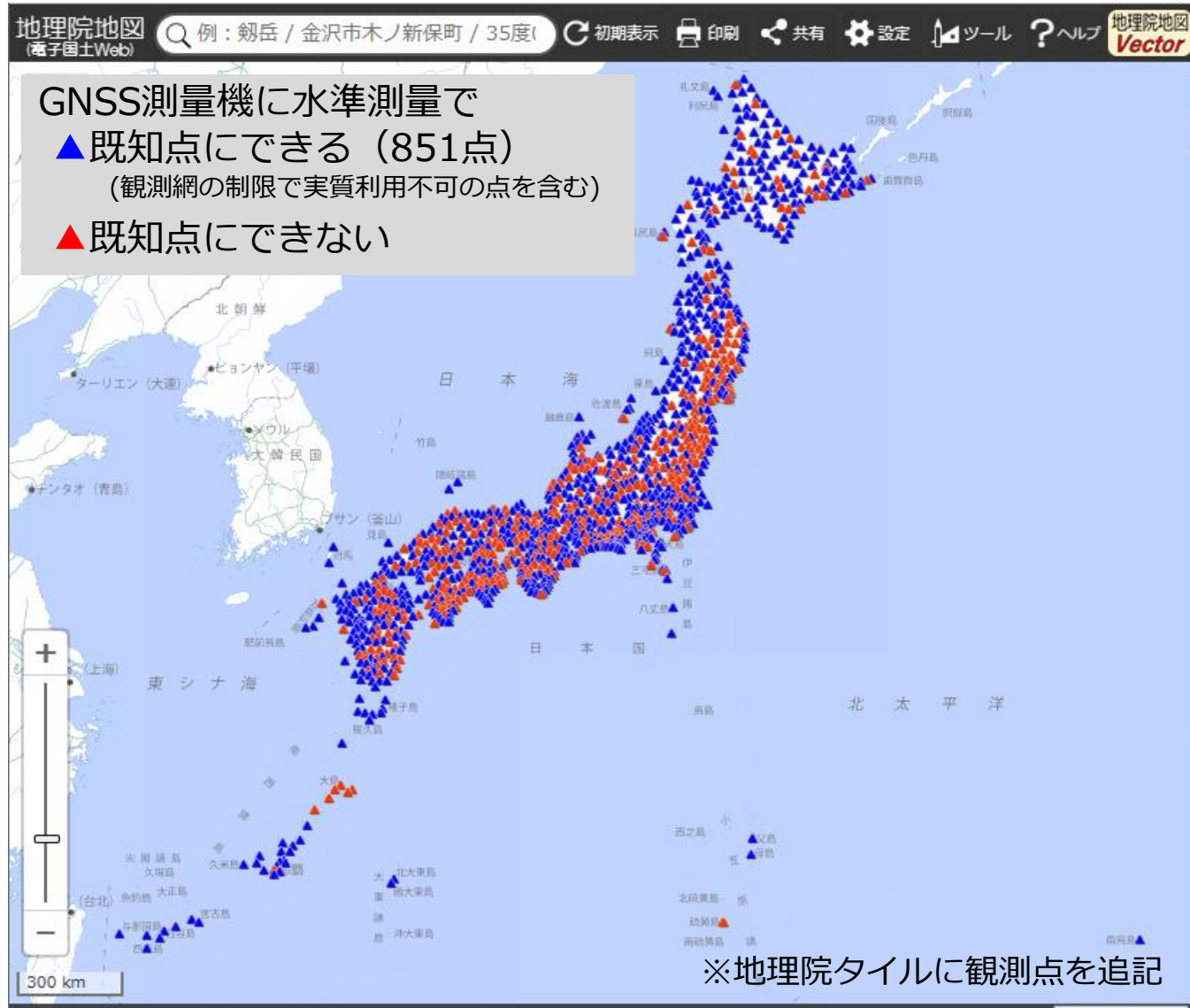
GNSS標高測量（新たに導入）

- 電子基準点による楕円体高と精密重力ジオイドが基準
- 精密重力ジオイドを使用
- GNSS測量で求めた楕円体高からジオイド高を差し引く（だけ）

	GNSS測量機による水準測量 (既存)	GNSS標高測量
既知点の種類	水準点 電子基準点 (標高区分 : 水準測量による)	電子基準点
固定する高さ	標高	橢円体高
地殻変動補正	× 補正しない	○ 補正する

フロー





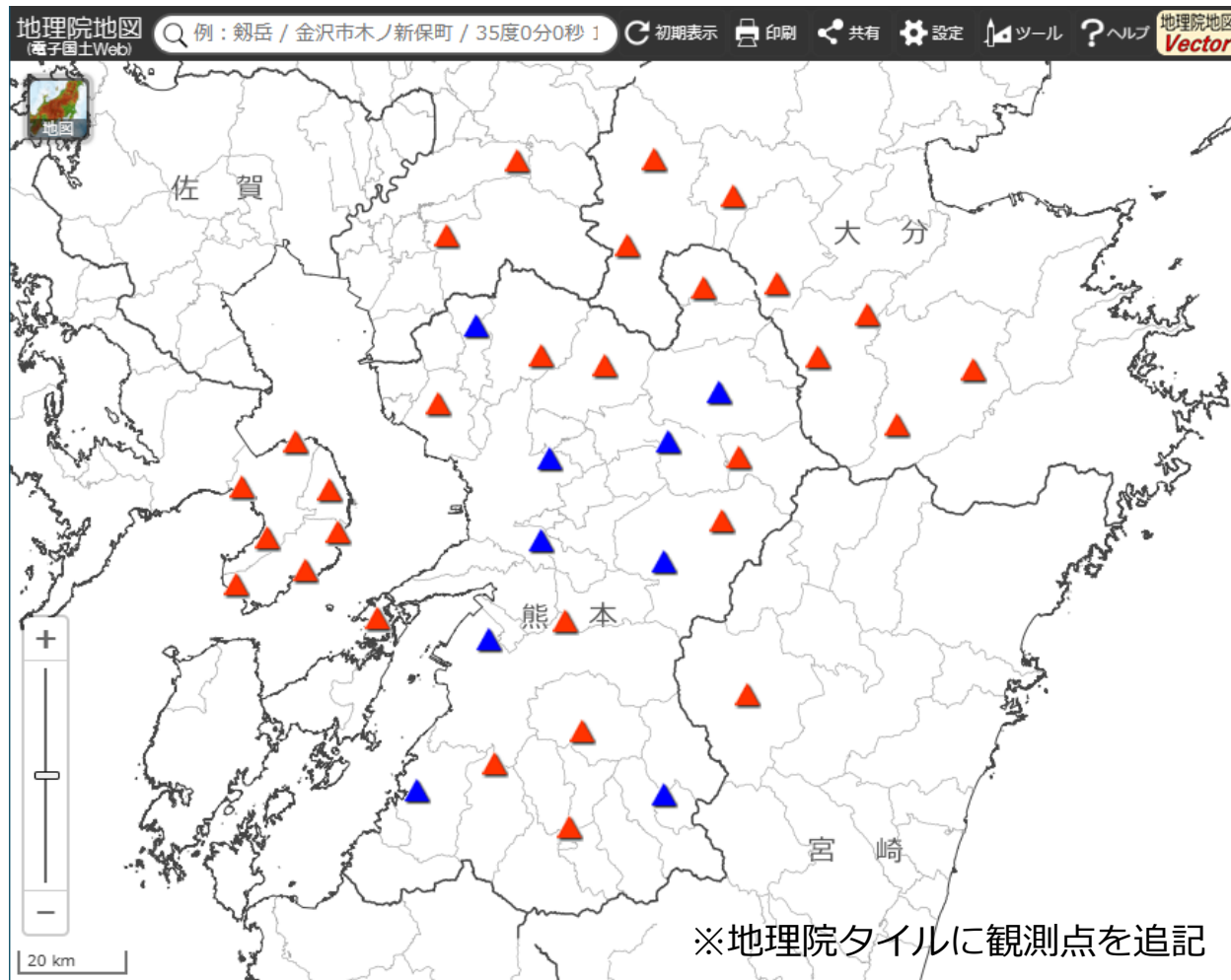
<既知点とすることのできる電子基準点>

GNSS測量機による水準測量 ▲
約850点

GNSS標高測量 ▲ ▲
**すべての電子基準点
(約1,300点)**

**GNSSを用いた効率的な
標高決定が可能な範囲が拡大**

平成28年熊本地震における成果改定



成果改定した電子基準点



＜大規模地震後の電子基準点成果＞



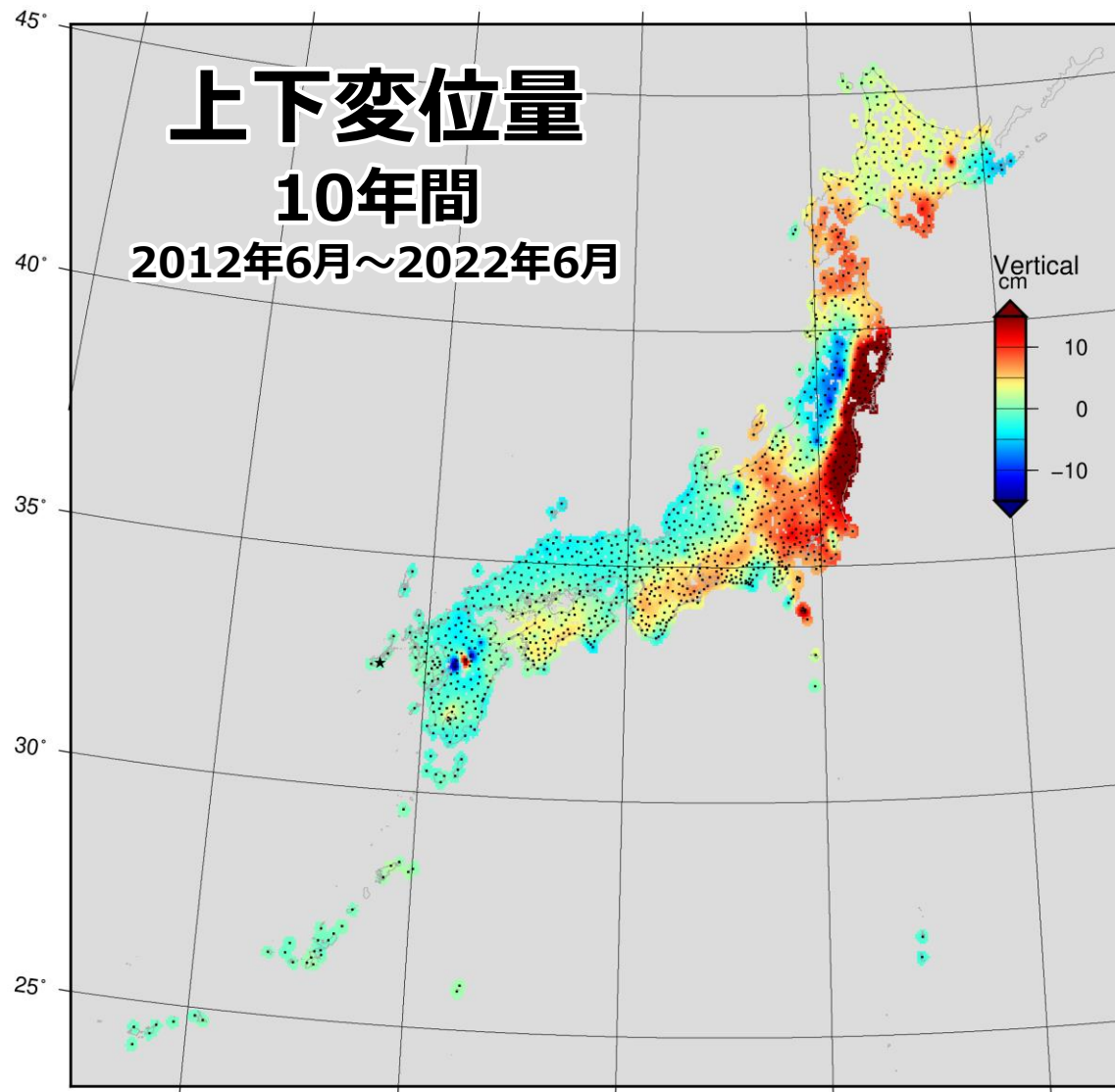
GNSS測量機による水準測量 (標高を固定)

水準測量が必要
→ **時間がかかる**

GNSS標高測量 (楕円体高を固定)

GNSSの観測のみ
→ **早期に使用可能**

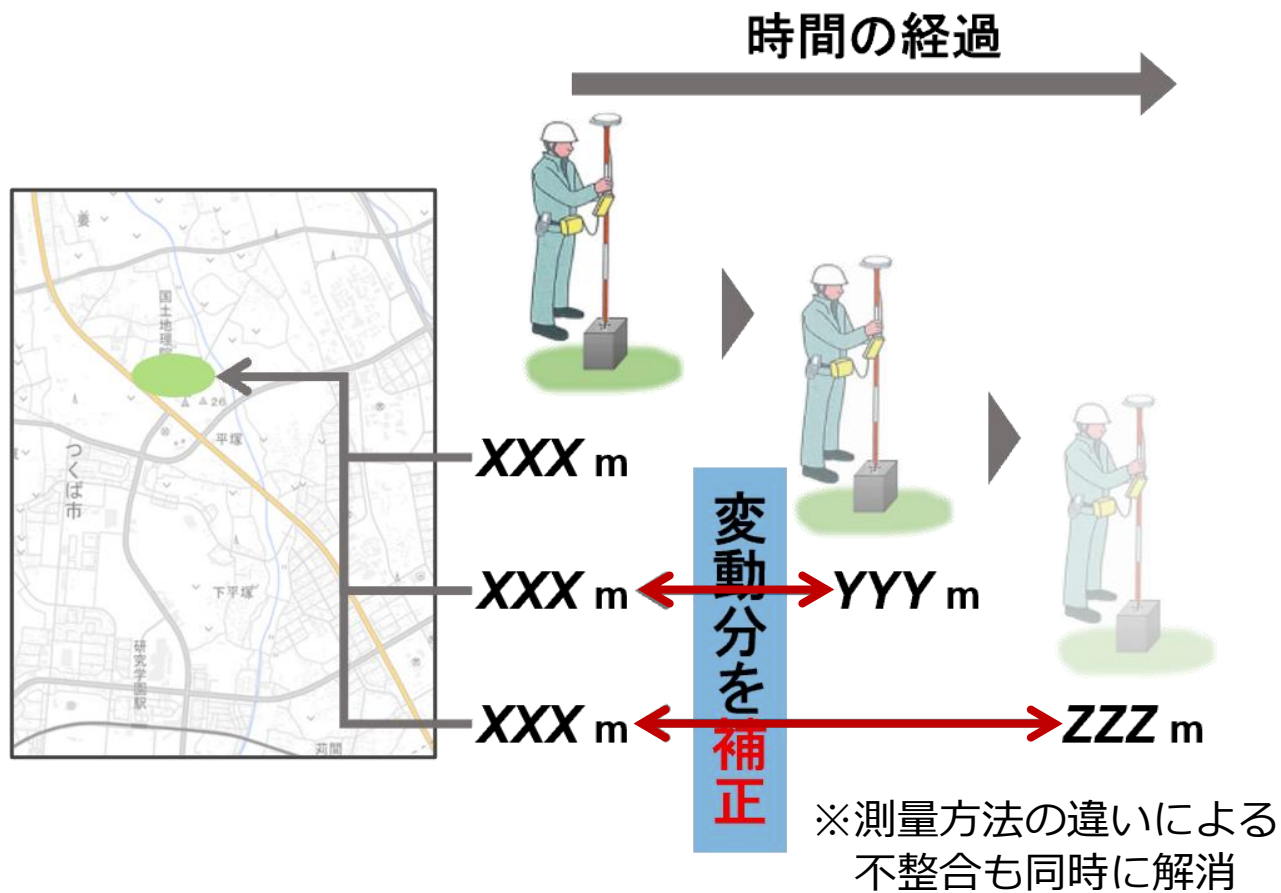
**大規模地震後でも、GNSSを用いた
効率的な標高決定が早期に実現**



固定点：福江

- 東北地方を中心に、上下方向に大きな地殻変動
- GNSS測量機を用いた水準測量では、**9%で電子基準点間の閉合差が許容範囲を超過しうる**

地殻変動補正を導入することによって | 不整合の解消



地殻変動や測量方法の違いによる不整合を解消

地殻変動補正のイメージ

＜導入に向けた取組計画＞ 令和6年度中

- GNSS標高測量マニュアルの公開
- 標高版の地殻変動補正パラメータの公開
- GNSS標高測量に関する説明会等での周知

＜導入の効果＞

- 衛星測位で迅速かつ高精度な標高決定が可能（特に復旧・復興時）
- 利用者の目的に応じた**最適な測量方法を選択することができ**、
効率的・効果的な標高決定を実現

標高決定手法	得られる値	性質	特徴
GNSS標高測量	絶対標高値	グローバル	距離に依存しない 長距離なら圧倒的に有利 短距離での精度向上は頭打ち
水準測量	相対標高値	ローカル	長距離では誤差の累積が大きい 短距離なら精度もコストも有利

GNSS標高測量の導入

**標高も水準測量に依存しない
GNSSによって一体的に管理可能に**



4次元国家座標の検討

「4次元国家座標」とは？

＜水平位置（緯度・経度）＞

- 重要なのは**地物間の相対位置関係**
- 地殻変動補正で過去のある時点（元期※）で統一すれば、近接する地物間の位置関係に問題なし

※東日本は2011-05-24、それ以外は1997-01-01

＜標高＞


- 絶対的な高さを持つ海面等との位置関係は無視できない
- 過去（元期）の標高を成果値とすることは、海面との位置関係で問題が生じうる
（例 東日本大震災後の防潮堤の高さ）
- **今期（もしくは任意の時刻）の値を優先して使う場面が存在**

3次元（緯度・経度・標高）の位置情報を時間管理

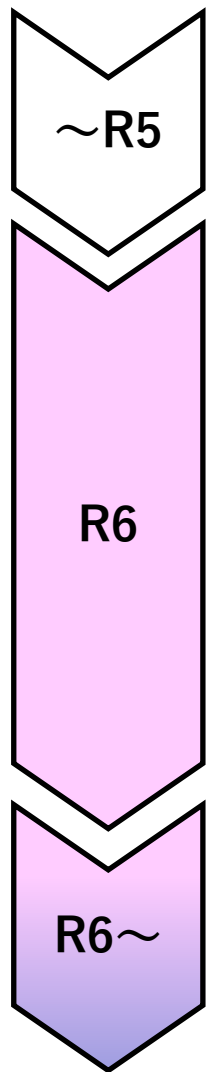
4次元国家座標

国土の様々な場所で任意の時刻の位置（4次元国家座標）が利用できる基盤の整備に向けた取組案

例 地盤沈下の計測

- 
- 任意の時期や変化する位置を必要とする分野で、
4次元国家座標の導入を試行的に実施
 - 4次元国家座標の適切な維持管理・提供手法を検討
 - 4次元国家座標を導入
 - ✓ 従来の測量成果（緯度・経度・標高）の誤差を
解消するために全国の成果を改定

**地理空間情報が任意の時刻で利用可能になり、
利用者が目的に応じた位置情報を活用し、
効率性・利便性・安全性が向上**



- 航空重力測量が終了
- 精密重力ジオイドを構築
→ 衛星測位で迅速かつ精密な標高決定が可能に
- 精密重力ジオイドを利用するGNSS標高測量を導入
→ 迅速な復旧・復興に資する標高の提供
- 新たな標高の実現により、国土の任意の場所、任意の時刻で高精度な位置情報を利用できる4次元国家座標を検討