資料２－１

新規研究課題提案書

１．研究課題名：精密重力ジオイドに基づく高さ基準系の構築に関する研究

２．研究制度名
特別研究

３．研究期間：平成２８年　４月　　～　平成３１年　３月　（３年間）

４．課題分類
(1) 地理空間情報の整備力・活用力の向上のための研究開発

５．研究開発の背景・必要性

ジオイド面を基準として力学的に定義される高さである標高は、基本的な地理空間情報のひとつである。日本の標高基準系は国土地理院が維持管理しており、その成果は測量、防災、河川・港湾管理、科学研究など、様々な分野で活用されている。平成26年にはGNSS測量によって測定される幾何学的な高さである楕円体高とジオイド・モデルを用いて間接的に標高を決定する方法が測量に部分的に導入され、標高の楕円体高やジオイド高との整合性がいっそう重要になってきている。また、標高を含む測地基準系の統一を推奨する決議が国連において採択され、世界的にも高さ基準系の整合性の確保が課題となっている。

現在日本で実用的に使用されている標高基準系は水準測量に基づいて構築されたものである。水準測量は短い測定距離では極めて高い精度を有するが、測定距離が長くなるにつれて測定誤差が累積する性質があるため、水準原点から離れるに従い精度が低下する。実際に、水準観測に基づく標高基準系と重力観測に基づく標高基準系との間には、最大で約20cmの系統差（ズレ）があることが分かっているが、これを正確に評価するための十分なデータがこれまで得られなかったため、その不確かさについては正確な見積もりがなかった。また、水準測量は測定に多くの時間を必要とするため、巨大地震等による地殻変動などに迅速に対応することが難しいという問題もある。

近年、地上重力観測器機の高精度化や新たな重力衛星の登場によって、効率的かつ高精度に地球上の重力観測値が得られるようになった。特に、2009年に欧州宇宙機関により打ち上げられた重力偏差衛星GOCEは、中～長波長の空間成分に関してはジオイド高で約5cmの観測精度を有しており、そのデータの活用によって、現在の重力ジオイド・モデルの精度を大きく向上させることが可能である。すなわち近年になり、重力ジオイドに基づいて現在の標高基準系を効率的に維持管理することが可能な環境が整いつつある。

以上のような背景のもと、現在の標高基準系がどの程度のズレや誤差を持っているのかを評価し把握することは、日本の標高基準系に責任を持つ国土地理院がその維持管理および提供を行うため、利用者がその精度（適用限界）を把握するため、国際的な高さ基準系の統一に向けてその互換性を確保するために必要なことである。また、巨大地震などの地殻変動イベントに伴う高さ基準系の変化を成果改定へタイムリーに反映させるために、標高基準系の効率的な維持管理システムの整備が望まれる。そのためには、精密重力ジオイドに基づいて正確な高さ基準系を構築し、それに基づいて現在の高さ基準系を品質管理し、将来の更新の基盤を整備する必要がある。

６．研究開発の目的・目標

本研究の目的は、精密な重力ジオイドに基づいて、現行の高さ基準系の品質管理および将来の更新の基盤となりうる高精度な高さ基準系を構築することである。その目標として、最新の重力データの導入と解析技術の高度化による重力ジオイド・モデルの更なる高精度化を達成する。そして、精密重力ジオイド・GNSS データ・水準データを、各々のデータが持つ観測特性を考慮しつつ最適に結合し、精密重力ジオイドに基づく正確な高さ基準系を構築する。これらの解析に関わる各種の計算処理を、容易な操作で実行できるソフトウェア・パッケージ（高さ基準系解析システム）を開発し、高さ基準系の構築と維持管理を効率的に行うことのできる環境を整備する。

７．研究開発の内容

（１）　重力ジオイドの高精度化

① 地上重力データの整備

現在の重力ジオイドの構築に使用されている重力データは旧来の重力基準網「JGSN75」に基づいている。この重力データを最新の重力基準網「JGSN2013」へ基づく値へ最適かつ効率的に整合させるための手法を開発する。さらに「JGSN2013」系へ整合したデータをスクリーニング処理（異常値の除去や各種補正の適用）し、データが不十分な地域に関しては、地上重力観測を実施することで信頼性の高い地上重力データを構成する。

② 衛星重力場モデルの改良

世界の各解析機関が提供する GOCE・GRACE による全球重力場モデルを導入するとともに、独自に衛星データ解析ソフトウェアを開発することで日本のジオイド・モデルの復元精度をより高めた解析を行う。

③ ジオイド構築における各種計算処理の高度化

新たに公開された 10m メッシュのデジタル高度データを使用し、各地形メッシュを球面近似することで、この影響を補正する。また重畳積分の処理にも最新の技術を導入する。

（２）精密重力ジオイドに基づく新たな標高基準系の構築

精密重力ジオイドに基づく新たな標高基準系を構築するためには、ジオイド高と GNSS 観測により得られる楕円体高の関係を最適に調整する必要がある。さらに既存の水準測量データを最大限に活用し、GNSS 観測と水準測量のそれぞれの長所と短所を補完しあう形で組み合わせることで信頼性の高い標高基準の構築手法を開発する。

（３）高さ基準系解析システムの構築

（１）、（２）のようなデータ処理作業を効率的に実施するために、精密重力ジオイド構築に関わるデータ取得及び計算処理、重力ジオイドに基づく標高値の算出などの機能を一つのソフトウェア・パッケージにまとめ、一連のジオイド構築処理および重力ジオイドに基づく標高基準系の算出処理を直感的な操作で実行できる GUI 操作型ソフトウェア・パッケージとして開発する。

８．研究開発の方法、実施体制

上記７-(１)、(３)については、宇宙測地研究室の研究官らが中心となって実施する。７-(１)－①の地上重力データのスクリーニング処理と、７-(３)の高さ基準系解析システムの GUI 化に関しては外注する。

９．研究開発の種類

(3)技術開発

10. 現在までの開発段階

(1)研究段階

11. 想定される成果と活用方針

本研究において、新たな重力データを解析し、精密重力ジオイドを構築するための手法が確立される。さらにその手法を用いて精密重力ジオイドに基づく精密な高さ基準系、および、高さ基準系解析システムが研究成果として構築される。

これらの成果は、国土地理院における標高基準系の品質管理に活用され、現在の標高基準系の系統的なズレや精度の評価や、標高成果、および、GNSS 観測による標高決定に必要なジオイドの効率的な更新が可能となる。また、国際的な高さ基準との互換性の確保や、標高成果を改定する機会における信頼性の高い参照データとしての活用が期待される。さらに、精密重力ジオイドは、測地学や海洋学等の科学研究の基礎インフラとして活用されることが期待される。

12. 研究に協力が見込まれる機関名

一橋大学、京都大学、情報通信研究機構

13. 関係部局等との調整

研究開発は、物理測地課と測地基準課の協力を得ながら実施する。

14. 備考

特になし。

15. 提案課・室名、問合せ先

国土地理院 地理地殻活動研究センター宇宙測地研究室

茨城県つくば市北郷１番

資料２－２

新規研究課題事前評価表

１．研究課題名：精密重力ジオイドに基づく高さ基準系の構築に関する研究

２．研究制度名：
特別研究

３．研究期間：平成２８年　４月　　～　平成３１年　３月　（３年間）

４．研究開発の方向の妥当性

「国土地理院研究開発基本計画」のうち、重点課題（1）地理空間情報の整備力・活用力の向上のための研究開発③宇宙技術の活用により位置情報基盤の整備・維持・更新を行うための研究開発において、「高精度な高さの決定に必要な日本のジオイド・モデルを効率的に維持・管理する手法、（中略）などに関する研究開発を行い、測量等において適用可能な知見･成果が得られることを目指す」と謳われている。また、重点課題（4）地球と国土を科学的に把握するための研究②地球と国土の科学的把握に基づく測地基準系の高度化のための研究において、「地球の変形機構などの理解を深めることにより中長期的観点で測地基準系の維持・管理を高度化するため、（中略）ジオイドと日本の標高基準系のさらなる高精度決定を進める研究を行う」、とされている。本研究はこれらに該当する。

以上のことから本研究の研究開発の方向は妥当である。

５．国内・国際的研究状況を踏まえての実施の妥当性

近年、新たな重力観測衛星の登場と解析技術の進展により人工衛星による地球重力場の計測精度が劇的に向上しており、これは重力ジオイドの精度向上に大きく寄与する。重力ジオイドの構築において重要な地形効果の補正（化成）に使用するデジタル高度モデルもより高分解能なものが利用可能となっており、更に精密な地形補正処理を適用することが可能である。現在の重力ジオイドに使用されている地上重力データは古い基準系に準拠している。新たな日本重力基準網へ準拠した地上重力データを整備することで重力データの精度は一桁向上し、その結果として重力ジオイドの高度化へ寄与することが見込まれる。

以上のとおり、国土地理院内外において、本研究開発の基礎的な要素となる各種観測データの整備と解析技術の開発が進んでおり、本研究を実施することは妥当である。

６．背景・必要性の妥当性

平成２６年６月の国土地理院技術協議会・基準点体系分科会（Ｖ）報告において、「水準路線の無い地域でGNSS 測量による標高の測量（以下「GNSS 水準測量」という。）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。このために必要となる標高体系の基盤として、直接水準路線の役割を見直す。（中略）直接水準路線は、GNSS 水準測量の既知点としての役割を勘案しつつ、 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。」と謳われている。本研究は、水準測量とGNSS水準測量という２つの異なる観測手法を共存させる上で必要な高さ基準系の整合性を、ジオイドと標高のそれぞれの特性に基づいて追求するものであり、その趣旨に合致したものである。

さらに平成27年に国連総会において標高を含む測地基準系の統一を推奨する決議が採択された。現行の日本国内の標高基準系は東京湾平均海面を基準としたローカルな基準系であり、地球規模の高さ基準系へ即座に対応することは困難である。本研究により重力ジオイドに基づいた高さ基準系が実現すれば、それが国際的な高さ基準系への互換性が確保された基準系となる。このことからも本研究の背景・必要性は妥当である。

７．目標設定の妥当性

重力偏差衛星 GOCE の登場によって、中～長波長の空間帯域に関しては約 5cm の精度でジオイド起伏を復元することが可能となっている。このようなデータと、地上重力データ・GNSS データ・水準データを、それぞれのデータが持つ得意領域を考慮に入れつつ最適に結合することによって、数 cm オーダーの精度で高さ基準系を構築できる可能性がある。これは、現在の水準測量による標高基準系を評価するに十分な精度である。よって、本研究で掲げる目標が妥当であると言える。また、そのような精度を有する標高は、実際の様々な測量作業に必要とされる精度水準に耐えうるものであり、さらには海流などの海洋科学の研究を行う際の基本的なインフラとしての機能を果たしうる精度である。従って、本研究の目標は多種多様な応用が可能であり妥当である。

８．国土地理院が実施すべき妥当性

国土地理院は、日本の標高の維持管理を担う国内唯一の行政機関であり、それらに関するデータやノウハウが蓄積されている。国土地理院が業務として維持管理している標高基準系を利用者に提供する上で、その不確かさを把握することは必要であり、国土地理院が実施することは妥当である。

また、国土地理院が世界各国との連携のもとに推進する「地球規模の測地基準座標系（GGRF）」の実現に貢献するものである。従って、本研究を国土地理院が実施することは妥当である。

９．内容、方法、実施体制の妥当性

本研究の内容は

（１） 重力ジオイドの高精度化

（２） 精密重力ジオイドに基づく新たな高さ基準系の構築

（３） 高さ基準系解析システムの構築

である。（１）では最新の重力データと各種計算処理に関する最新の知見を取り入れ、精密重力ジオイドを作成する。（２）では（１）で作成された精密重力ジオイドを基に GNSS 観測による楕円体高データと水準測量による短距離の比高データを最適に組み合わせることで重力ジオイド、標高、楕円体高の各種データが高度に調和した信頼性の高い高さ基準系を構築する。（３）では高さ基準系の構築及び維持管理に関する各種計算処理を実行するためのプログラム群をひとつのソフトウェア・パッケージにまとめることで容易な操作によって高さ基準系の維持管理を実行できる環境を整備する。

これらの実施内容は重力ジオイド、楕円体高、標高が高度に調和した理想的な高さ基準系を参照系として、現行の標高基準が持つズレを評価するという本研究の背景・必要性から導かれるものである。また、高さ基準系解析システムの構築は本研究終了後にも精密重力ジオイドに基づいた高さ基準系を維持するために必要となる開発要素である。よって本研究の実施内容は妥当である。

人工衛星と地上重力観測による重力計測データの品質向上はそれぞれ地球のジオイド形状の長

波長帯域と短波長帯域の精度向上に有効である。これらの重力観測データを最適に結合することで、高精度なジオイド・モデルが構築できる。精密重力ジオイドに基づく高さの基準系はGNSS観測による楕円体高データと水準測量観測データを最適に組み合わせることで実現可能である。

本研究を担当する研究官２名は、それぞれ、重力衛星データの解析や地上重力観測に豊富な経験を有しており、地上重力データおよび衛星重力データの整備、解析ソフトウェアの開発、手法の検討・評価を分担して実施する。地上重力データの水準測量データの解析については、豊富な経験を有する測地部・物理測地課と測地基準課の協力を得て実施する。また、地上重力データの整備・拡充の一部や、各種ソフトウェアの GUI 化に関わる作業は、外注を行うことにより効率化を図る。このような研究開発の実施体制は妥当である。

10. 省内他部局等との調整の状況

本研究課題に関しては、すでに国土地理院内の関係部署と定期的な打ち合わせを行っており、協力体制は整っている。従って、省内他部局等との調整の状況は順調である。

11. 他省庁、異分野等との連携方針等

一橋大学と情報通信研究機構は、衛星レーザー測距データから全球重力場モデルを構築するデータ解析ソフトウェアの開発を進めている。両機関との情報交換等による連携を実施し、そのノウハウを重力観測衛星に応用することで、効率的に研究開発を行う予定である。

12. 成果活用方針の妥当性

本研究で構築された高さ基準系は、日本の標高基準系が持つズレの正確な評価のための参照データとなり、標高成果の維持管理や利用範囲の把握、標高成果の改定の際の判断材料として活用されるとともに、大規模地殻変動などにより標高基準へ深刻な影響が及んだ場合にも効率的かつ適切な対応を可能とする。

また、本研究で開発された GUI 操作型高さ基準系解析システムは、基準系の維持管理の実質的作業に携わる部署へ技術移転を容易にし、高さ基準系に関する様々な解析を観測データレベルから効率的に実行できる環境を提供する。これによって高さ基準系の計算処理に関する作業が大幅に効率化される。従って成果活用方針は妥当である。

13. その他、課題内容に応じ必要な事項

特になし。

14. 提案課・室名、問合せ先

国土地理院 地理地殻活動研究センター宇宙測地研究室
茨城県つくば市北郷１番

資料２－３

精密重力ジオイドに基づく高さ基準系の構築に関する研究（H28-30年度）

国土地理院 地理地殻活動研究センター
宇宙測地研究室

平成27年6月

日本の標高基準系

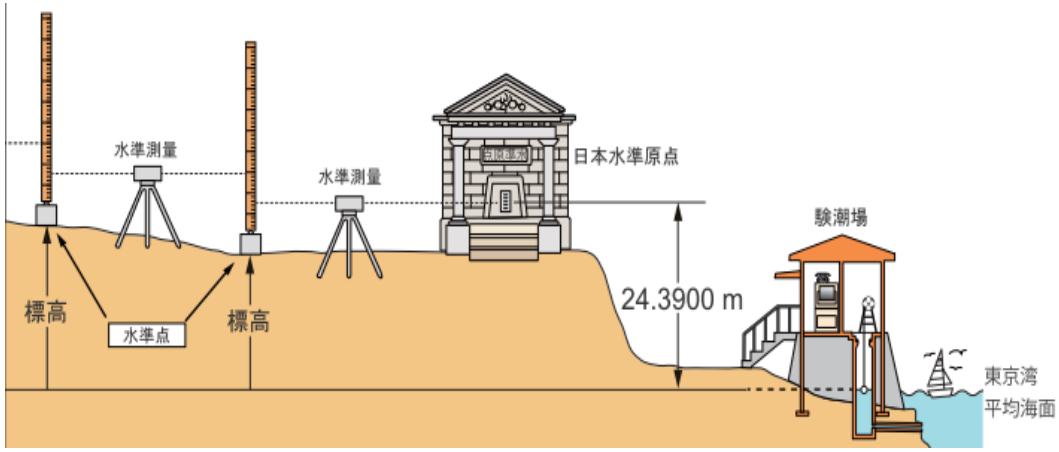
国土地理院

日本の標高基準系

・国土地理院が水準測量を行うことで測定し維持管理する
・標高成果は測量、防災、河川・港湾管理、科学研究などに活用

❑ 水準測量

水準儀と二本の標尺を用いて標高を測る方法



水準測量による標高測定

<利点>

・**標高を直接測ることができる**
⇒ 概念がシンプルでデータの扱いが容易

・**短い路線であれば測定精度が極めて高い**
⇒ 10kmの路線で1cm未満の誤差

現在の標高基準系が抱える問題（その1）

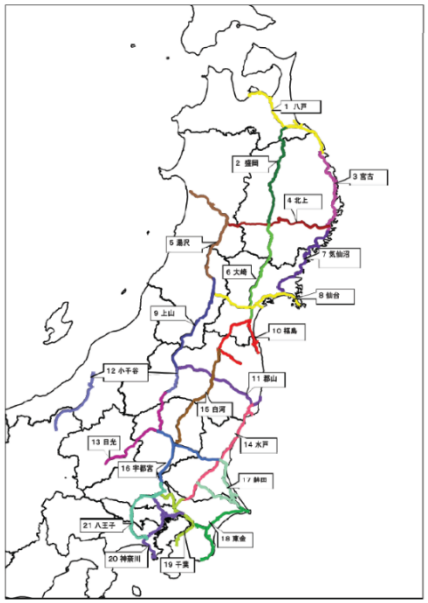
国土地理院

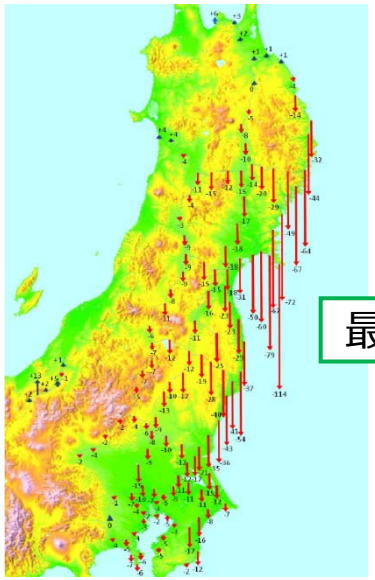
1. 維持管理が非常に大変である

水準測量は時間がかかる

・全路線(約18,000km)を測り終えるのに
　１０年以上の時間がかかる
・地震やプレート運動による地殻変動を
　迅速に追うことが難しい

例えば、2011年東北地方太平洋沖地震による標高変動の改測には、およそ半年の時間を要した





東北地方太平洋沖地震に伴う比高変動結果

現在の標高基準系が抱える問題（その2）

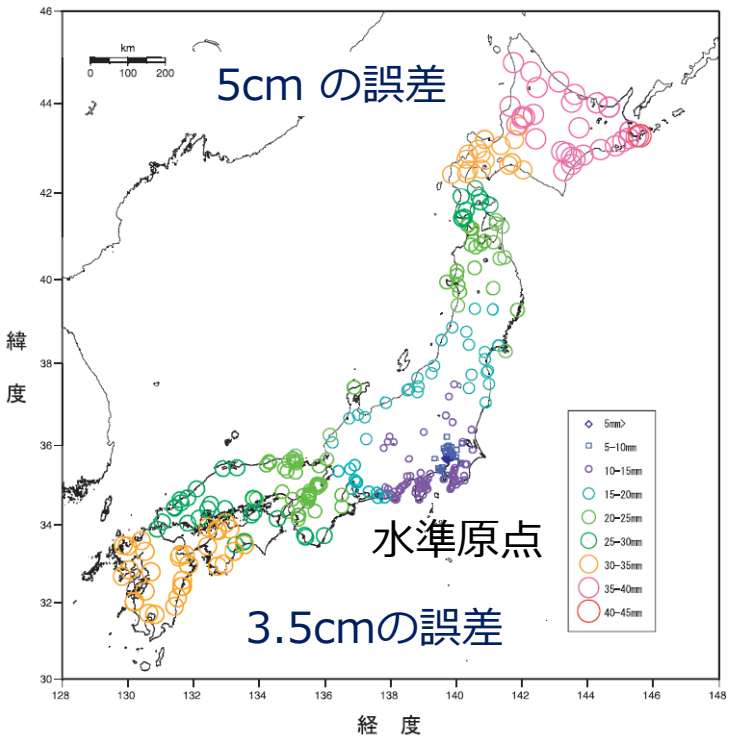
国土地理院

2. 大域的な系統誤差が存在する可能性がある

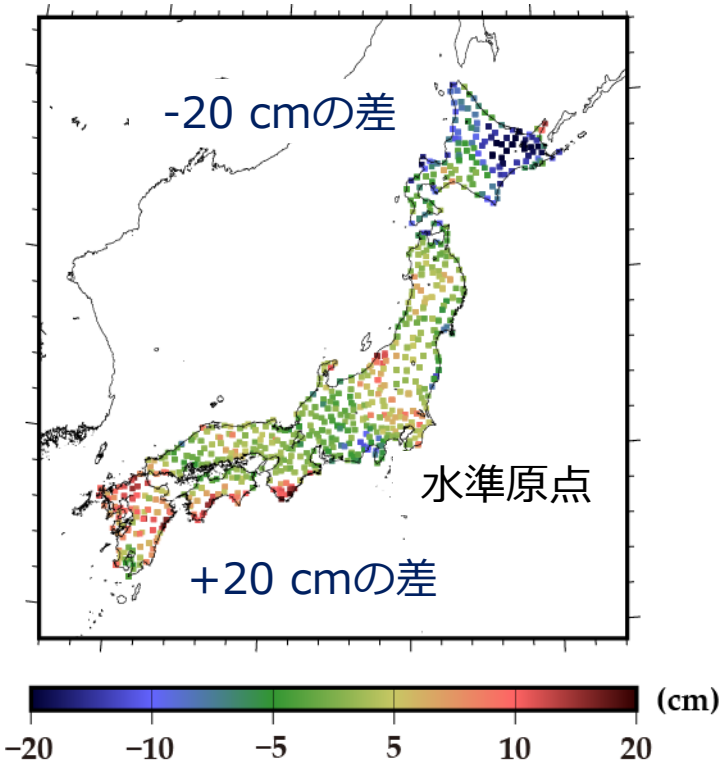
水準測量は路線が長くなるほど誤差が累積する

・全路線(約18,000km)の測定で最大±20cmの誤差が生じている可能性がある

水準測量の計測誤差



水準測量とGNSS標高測定の差



宇宙測地技術による新たな標高測定手法

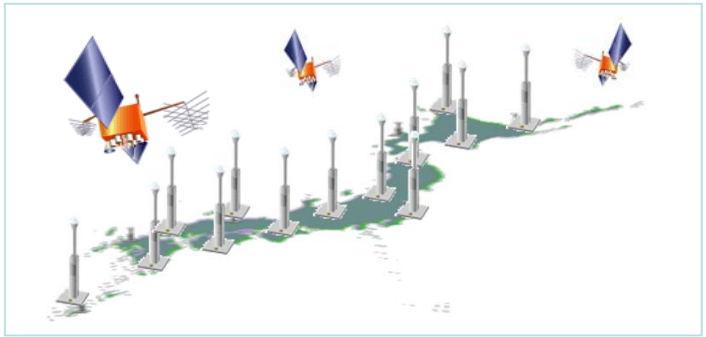
国土地理院

❑ GNSS観測による標高測定

GNSS衛星:アメリカのGPS衛星や日本のQZSS衛星
(みちびき)など測位するための人工衛星

人工衛星(GNSS衛星)を用いて
標高を求める測量方法

平成26年度より一部の測量業務で導入されている
(スマート・サーベイ・プロジェクト)



GNSS衛星とGNSS稠密観測網(GEONET)

<利点>

- **測定を迅速に行うことができる**
  ⇒ 地震やプレート運動による地殻変動に対し迅速な対応が可能
- **精度が測定距離に大きく依存しない**
  ⇒ 水準測量に見られるような累積誤差は存在しない
- **観測インフラがすでに整備されている**
  ⇒ 全国に約1200点のGNSS稠密観測網が常時観測体制を展開中

➡ **現在の高さ基準系の弱点を補うことが可能**

GNSS標高測定とジオイド・モデル

国土地理院

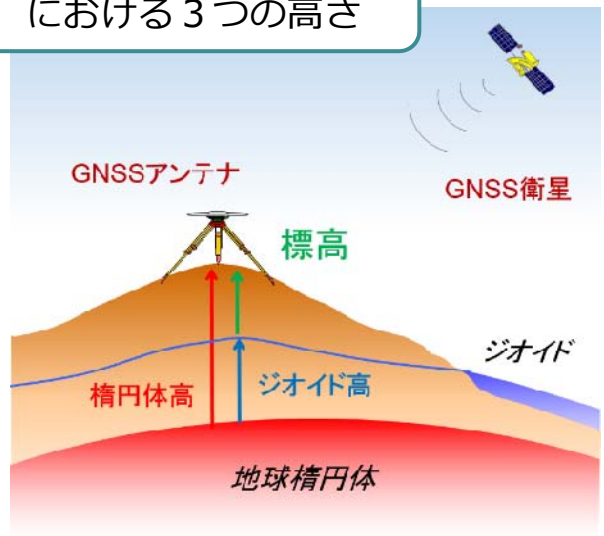
GNSS観測で標高を測定するためには、
高精度なジオイド・モデルが必要となる

高さ基準系における３つの高さ

標高 ＝ 楕円体高 － ジオイド高

- 標高：実用的な高さ
- 楕円体高：幾何学的な高さ（地球の形状）
- ジオイド高：力学的な高さ基準（重力の形状）

GNSS観測と高さ基準系における３つの高さ

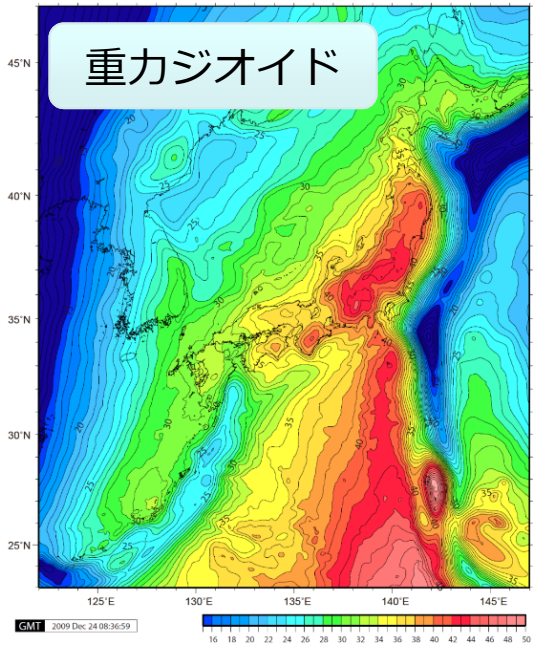


GNSS衛星は楕円体高のみを測定する

⇒ GNSS観測で標高を得るには
ジオイド高を補正する必要がある

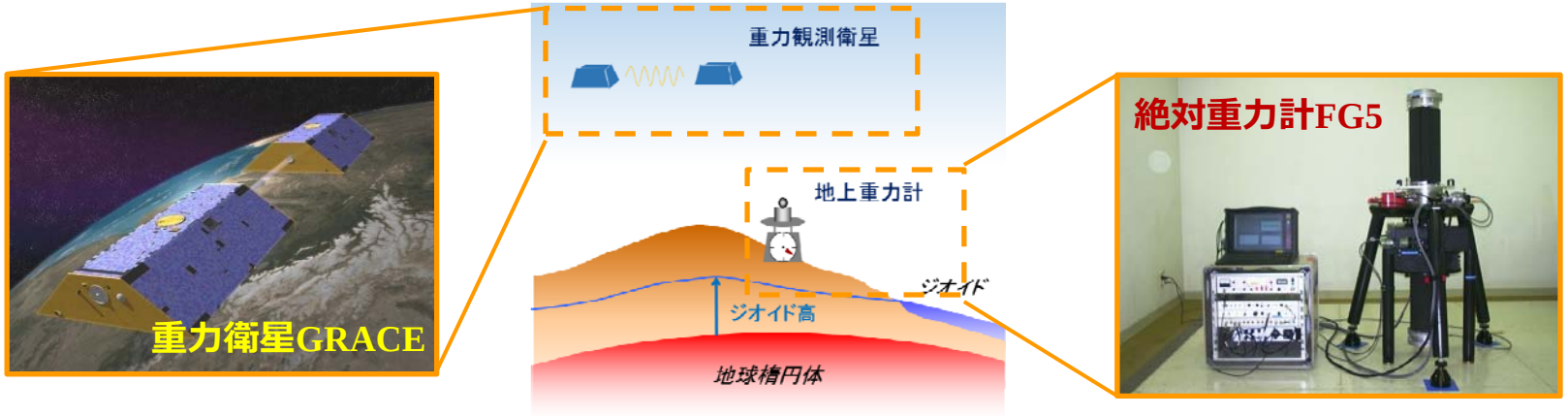
<ジオイド高の測定方法>

- 水準測量を使って測る方法
- **重力観測によって測る方法**
  ⇒ **重力ジオイド**という



重力ジオイド・モデルの高精度化によるGNSS標高測定の高精度化

現在の重力ジオイド・モデル(JGEOID2008)は
人工衛星と地上の重力観測によって構築されている

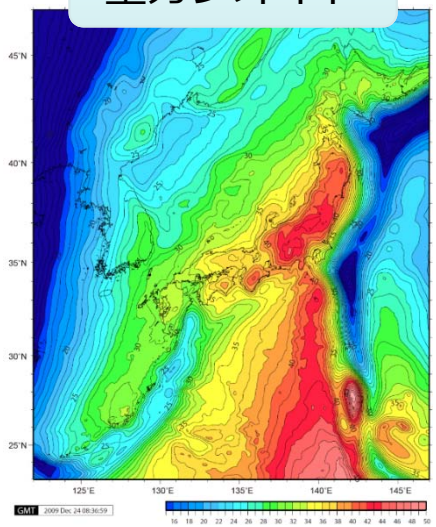


現在の重力ジオイド・モデルの精度は約10cm

重力ジオイド・モデルの高精度化により
GNSS標高測定の精度が向上

**GNSSを用いて、高さ基準系を効率的に
品質管理および更新することが可能になる**

重力ジオイド



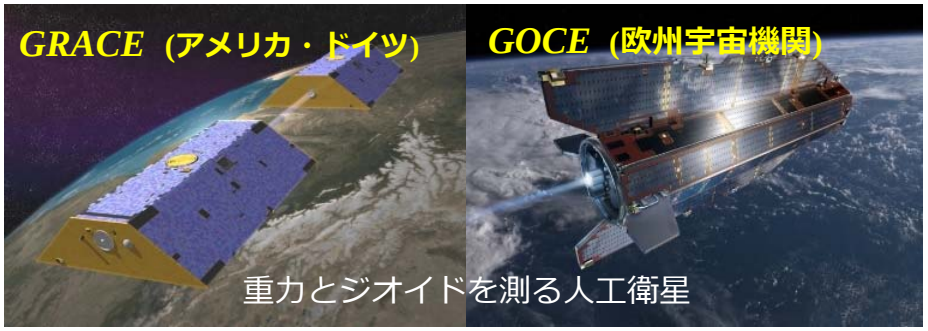
重力ジオイドに基づく高さ基準系の世界の潮流

国土地理院

1. 新たな重力観測衛星の台頭

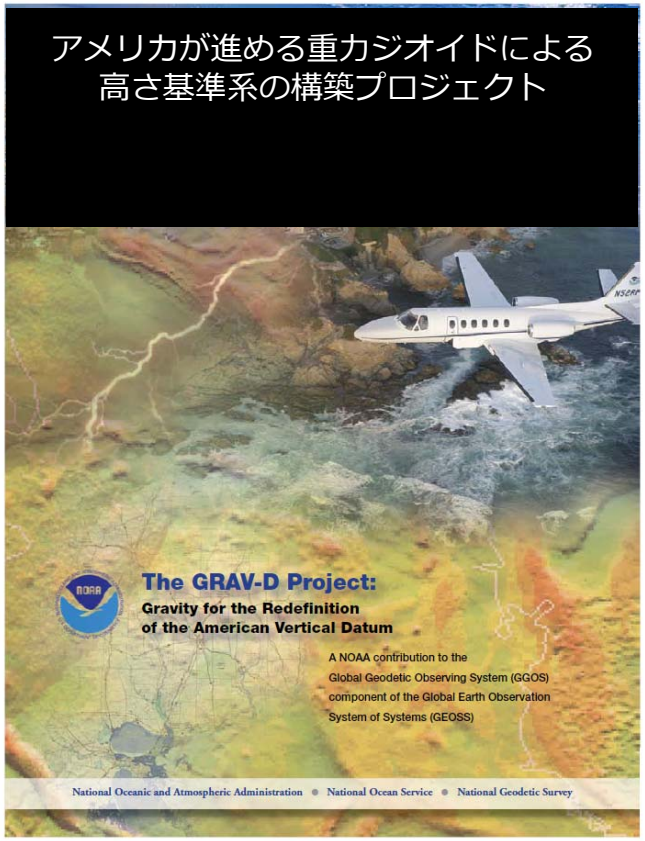
2002年にGRACE衛星、2009年にGOCE衛星が打ち上がり、人工衛星による重力ジオイドの計測精度が劇的に向上

従来の性能：約120kmの空間波長を約1.5mの精度で計測
最新の性能：約60kmの空間波長を約5cmの精度で計測



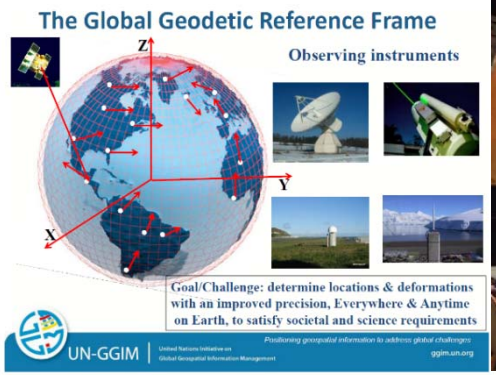
2. 世界の高さ基準系

北米やインドネシアなどでは、既に重力ジオイドに基づく高さ基準系の構築プロジェクトが進行中



3. 世界測地基準系の維持管理に関わる国連決議

重力ジオイド・モデルの高精度化は、
世界の統一的な高さ基準系の構築・維持管理に貢献



国連総会における世界測地基準系の維持管理に関わる決議

本研究の目的と目標

国土地理院

高さ基準系の品質管理と将来の更新の基盤となる精密な高さ基準系の構築

<目標>

1. 重力ジオイド・モデルの更なる高精度化

最新のデータ・解析技術を導入し、新たなジオイド構築手法を確立する
現在の約10cmの精度を更に向上させる

2. 精密重力ジオイドに基づく高さ基準系の構築

精密重力ジオイド・GNSSデータ・水準データを最適に結合することで
精密な高さ基準系を構築し、現在の高さ基準系の品質管理に活用する

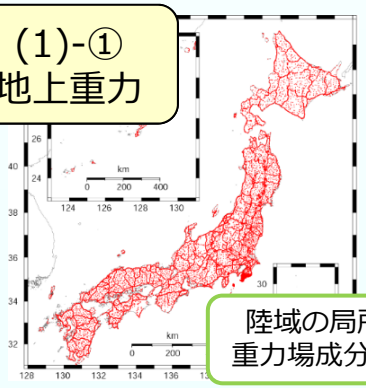
3. 高さ基準系解析システムの構築

高さ基準系を効率的かつ迅速に更新できる環境を整備する

本研究の内容

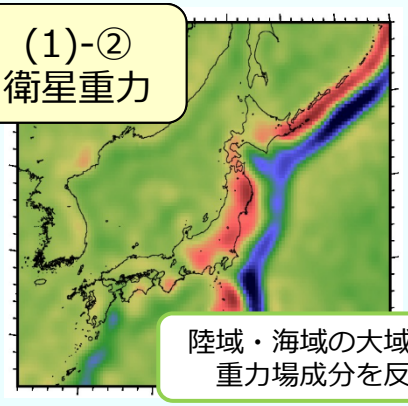
国土地理院

(1)-①
地上重力



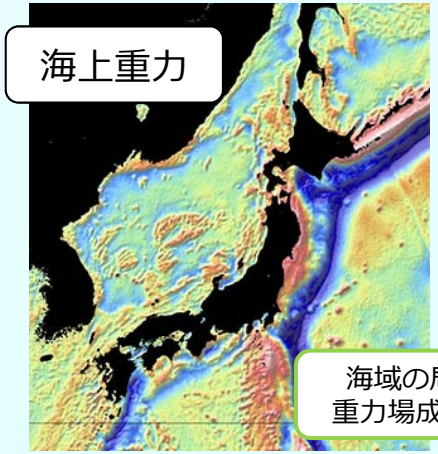
陸域の局所的な
重力場成分を反映

(1)-②
衛星重力



陸域・海域の大域的な
重力場成分を反映

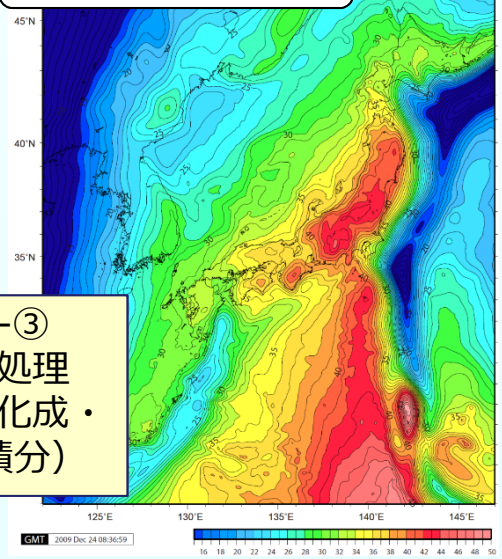
海上重力



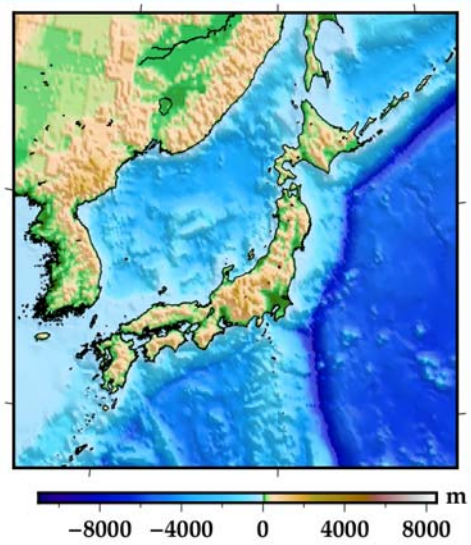
海域の局所的な
重力場成分を反映

(1)-③
計算処理
(重力化成・
重畳積分)

精密重力ジオイド



GNSS観測
水準測量



(2) 精密重力ジオイドに
基づく高さ基準系

比較することに
より高さ基準系
の信頼性を評価

日本国内の現行の
高さ基準系

(3) 高さ基準系解析システム
を構築。誰でも容易に解析処
理を実施できる環境を整備。

本研究の内容（1）重力ジオイドの高精度化

国土地理院

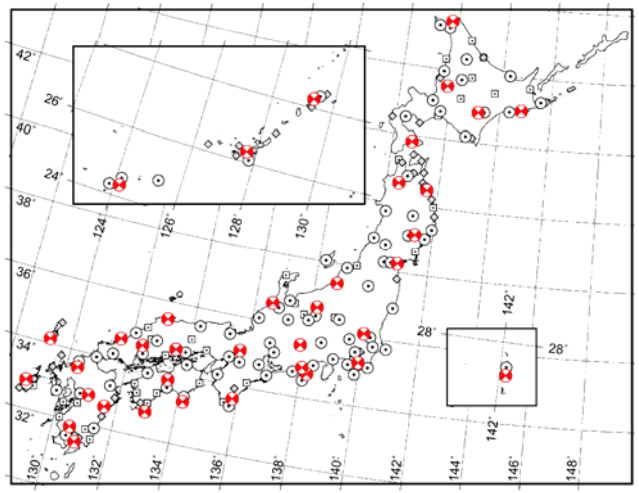
① 地上重力データの整備

過去の稠密な重力データを最新の重力データへ整合させ、信頼性を向上させる

- 整合手法の開発　観測時期の違いによる重力値の変化を空間的に補間
- 最新の基準に統一された地上重力データの構成

重力ジオイド・モデルの短波長成分(局所構造)が高精度化

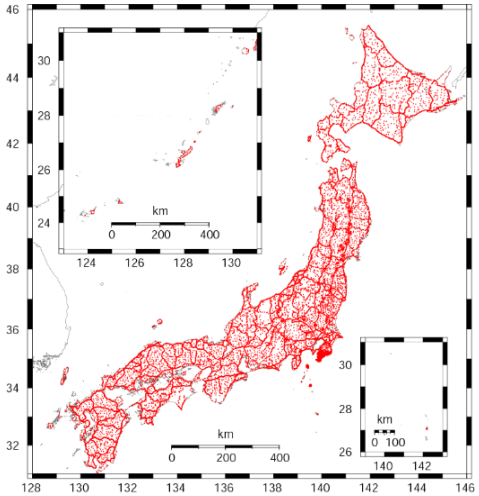
最新重力基準 (JGSN2013)



最新の地上重力データによる
重力変化の見積もり

＋

旧重力基準 (JGSN75)



過去に観測された稠密なデータ

稠密かつ最新の基準に統一された地上重力データセット

本研究の内容（1）重力ジオイドの高精度化

国土地理院

② 衛星重力場モデルの改良

- 重力衛星GRACEに加え、重力偏差衛星GOCEのデータを導入する
- 日本のジオイド復元精度をより高める解析を行う

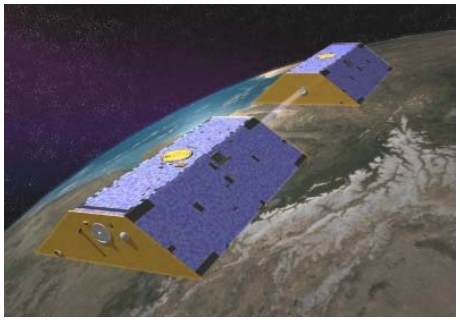
重力ジオイド・モデルの中長波長成分(大域構造)が高精度化

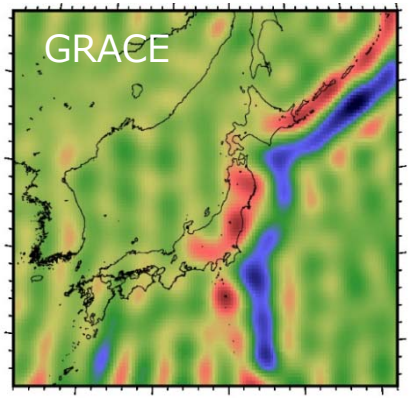
重力衛星GRACE

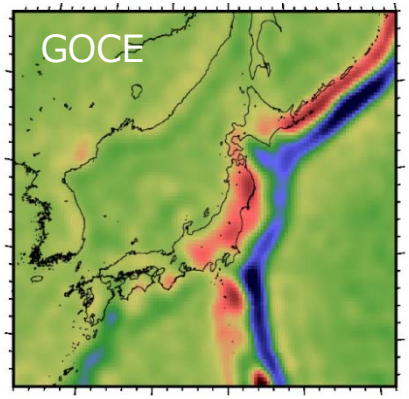
- 2002年から運用
- 現行ジオイドに導入済み
- 空間分解能：約120km
- 計測精度：1.5m (ジオイド高)

重力偏差衛星GOCE

- 2009年から2013年まで運用
- 現行ジオイドに未導入
- 空間分解能：約60km
- 計測精度：0.05m (ジオイド高)







重力異常

国土地理院

③ ジオイド構築における各種計算処理の高度化

➢ 地形効果の重力化成処理

- デジタル高度データの高分解能化 (250mメッシュ → 10mメッシュ)
- 化成手法の高度化 (ヘルマート凝縮 → 調和接続)

重力ジオイド・モデルの短波長成分(局所構造)が高精度化

➢ 重畳積分処理

- 計算手法の高度化 (1次元FFTによる積分 → ウェーブレットによる積分)

計算コストの低減と数値的安定性の向上

本研究の内容 (2) 新たな高さ基準系の構築

国土地理院

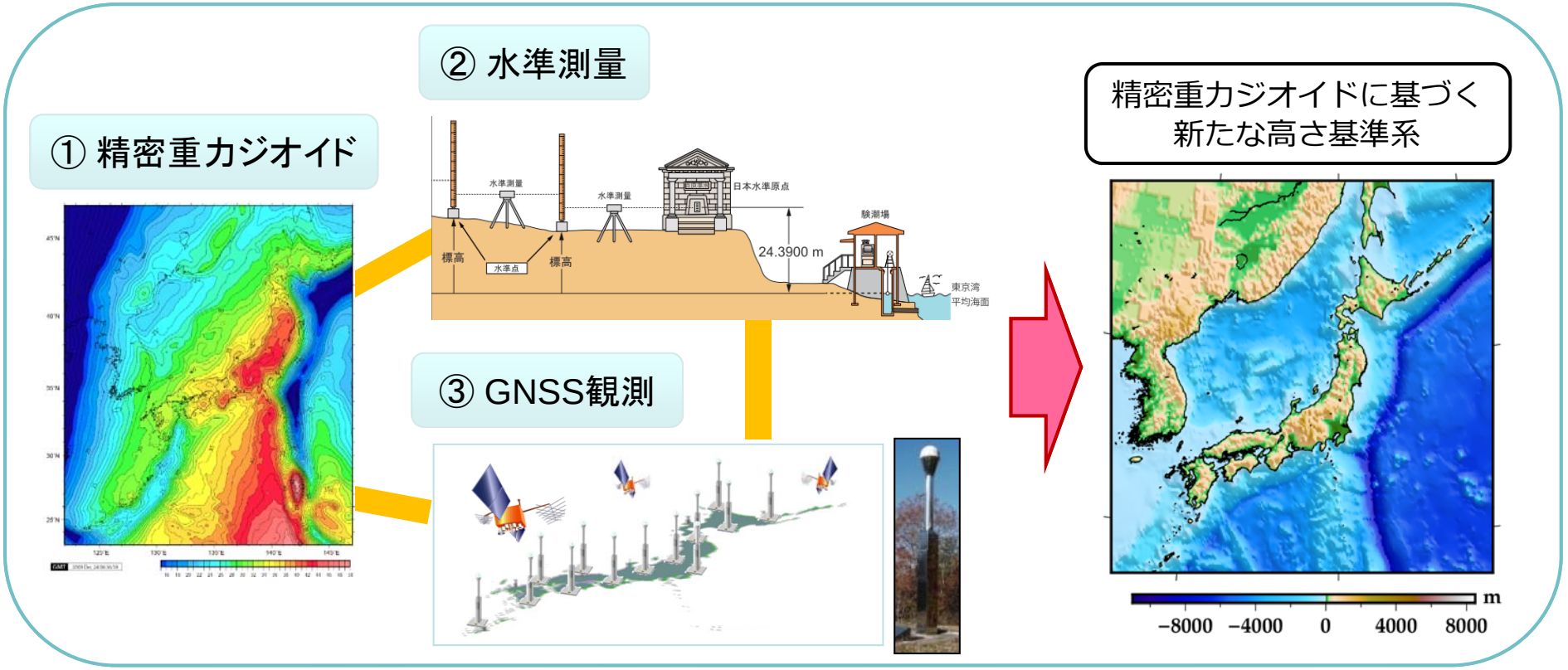
精密重力ジオイドに基づく新たな高さ基準系を構築する

以下の３要素を調和させて解析するための技術開発

① 精密重力ジオイド (大域的な構造を良く捉える)

② 水準測量による標高 (局所的な構造を良く捉える)

③ GNSS観測による楕円体高 (空間に依存しない)



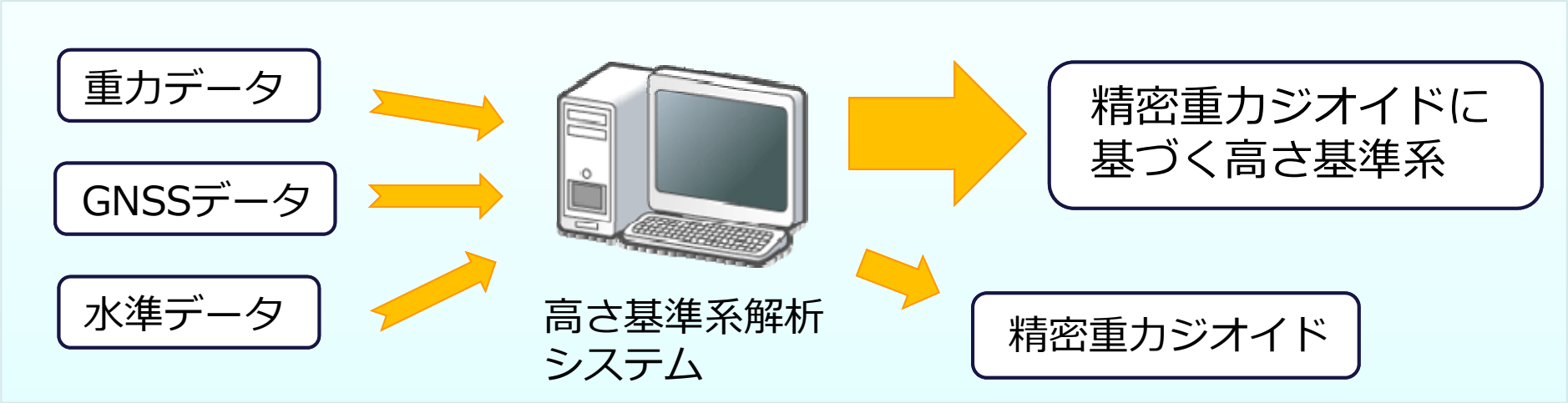
本研究の内容（3）高さ基準系解析システムの構築

国土地理院

高さ基準系の構築に必要なプログラム群をひとつの
GUI操作型ソフトウェア・パッケージとして整備

- 精密重力ジオイドの算出
- 精密重力ジオイドに基づいた高さ基準系の構築
- 高さ基準系の精度評価

高さ基準系に関する計算処理を迅速に実施することが可能
標高改定に関わる業務が効率化



想定される成果と活用方針

国土地理院

<想定される成果>

- **衛星重力データの解析技術とジオイド構築手法の確立**
  ⇒ 国土地理院におけるジオイドの解析戦略がマニュアル化
- **精密重力ジオイドとそれに基づく高さ基準系が構築**
- **高さ基準系解析システムの構築**

<成果の活用>

- **現在の水準測量による高さ基準系の精度評価**
- **国土地理院における高さ基準系の維持管理に活用**
  ⇒ 将来の標高成果改定に向けたプロトタイプ
  ⇒ 巨大地震等の地殻変動などに対応した迅速な標高成果改定

<波及効果>

- GNSS標高測定の高精度化による測量業務への適用範囲の拡大
- 世界的に統一された標高系との互換性の確保
- ジオイド・重力場・標高の地球科学研究への応用

- 参考資料

ジオイドとジオイド高について

国土地理院

ジオイド

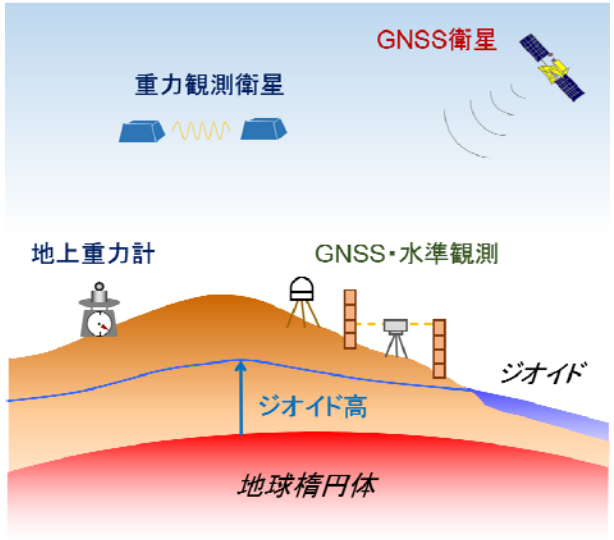
世界の平均的な海面高を基準とする重力の等ポテンシャル面

ジオイド高

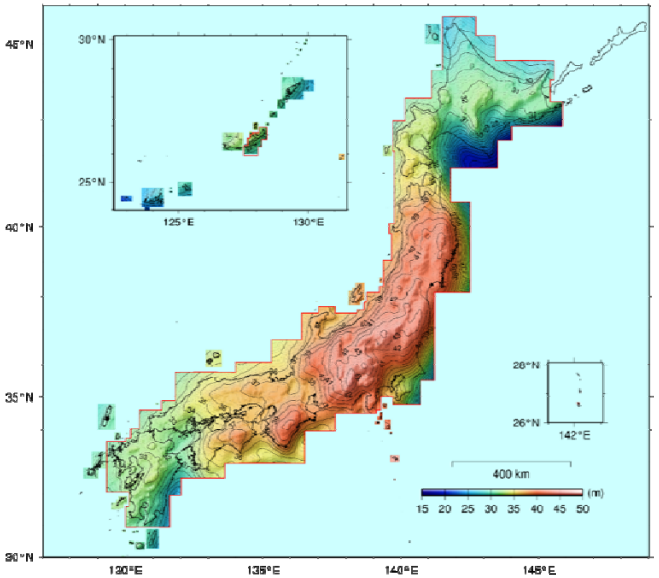
地球楕円体(GRS80)からジオイド面までの高さ

ジオイドは水平面(水が流れる向き)を定める重要な情報である。ここでは測り方に応じて以下の4つの名称で区別する。

- **水準ジオイド**
- **衛星ジオイド**
- **重力ジオイド**
- **混合ジオイド**



日本のジオイド・モデル



ジオイドの種類について

国土地理院

ジオイド高 ＝ 楕円体高 － 標高
GNSS観測　水準測量

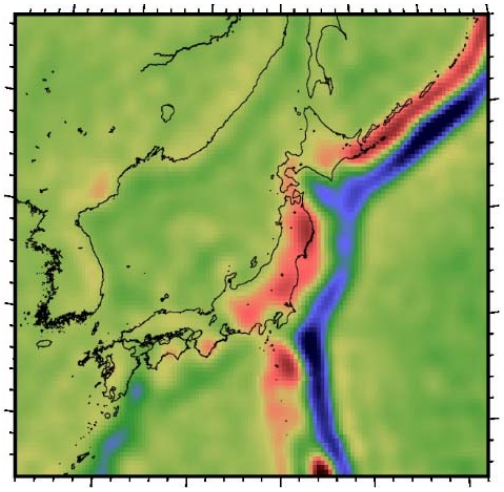
<水準ジオイド>

GNSS衛星で測った楕円体高と
水準測量で測った標高との差から測ったジオイド

長所：局所的なジオイド構造を高精度に測ることができる。
短所：計測に時間がかかる。広域的な系統誤差を有する。
精度が観測点分布に依存する。

<衛星ジオイド>

重力観測衛星(GRACEやGOCE)で
測ったジオイド



長所：大域的なジオイド構造を高精度に測ることができる。観測点分布に依存しない。
人工衛星を用いるため計測が迅速である。
短所：局所的なジオイド構造を測ることができない。

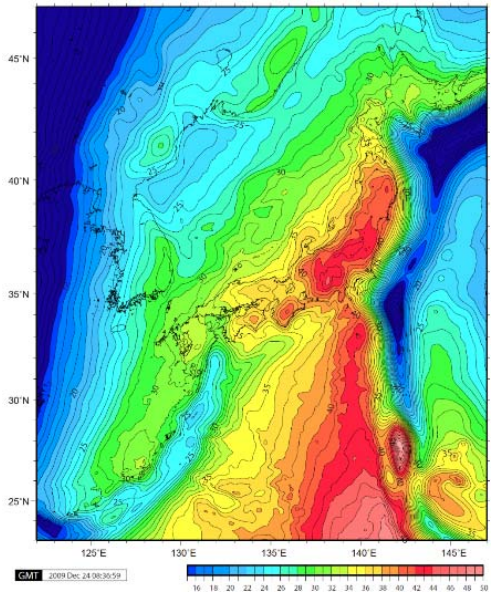
ジオイドの種類について

国土地理院

<重力ジオイド>

地上重力計で測った重力値と重力衛星で測った重力値を結合し、それを積分処理で算出したジオイド

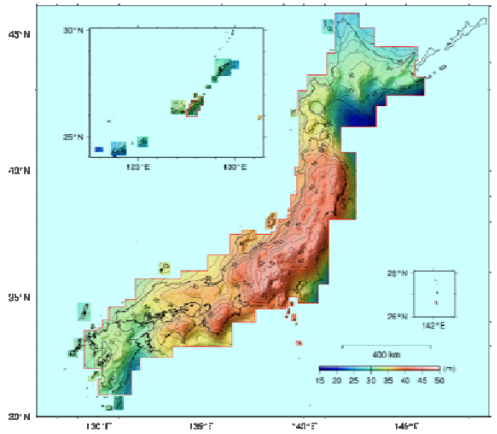
長所：局所的・大域的なジオイド構造を高精度に推定することができる。
短所：精度が地上重力観測点の分布に依存する。複雑な計算処理が必要となる。



<混合ジオイド>

GNSS水準ジオイドと重力ジオイドを混合して構築したジオイド

長所・短所：それぞれのジオイドが持つ特徴を反映している。



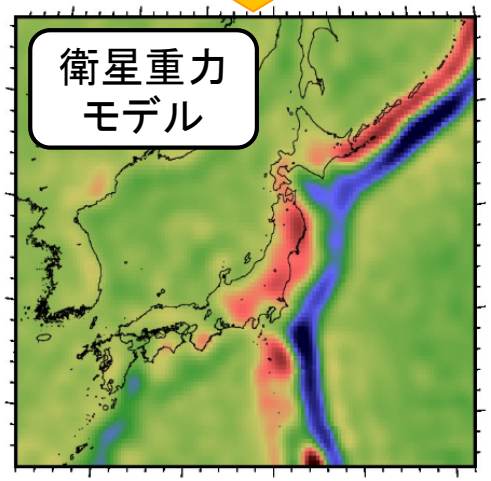
重力ジオイドの構築に関わる解析システムの整備

国土地理院

地上重力データの解析

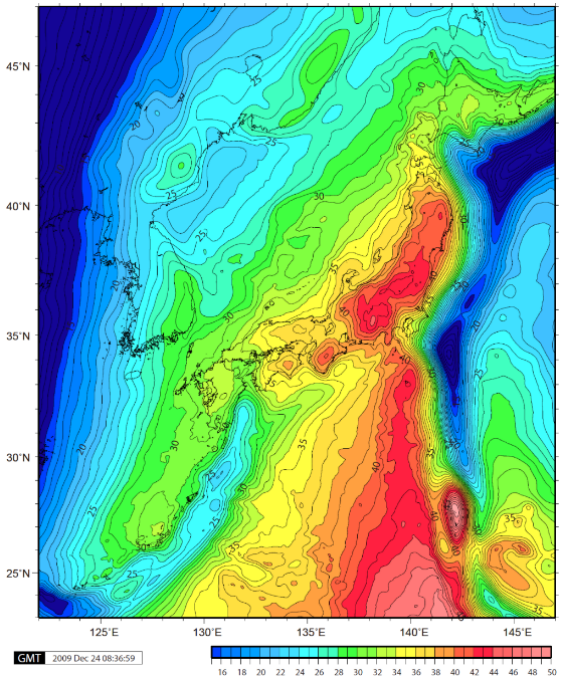
衛星重力データの解析

高度な専門知識と解析技術を要することから、重力ジオイドの構築には年単位の時間を要していた。そのため、重力ジオイドの構築を効率的かつ迅速に行うことのできる解析システムの整備が望まれる。

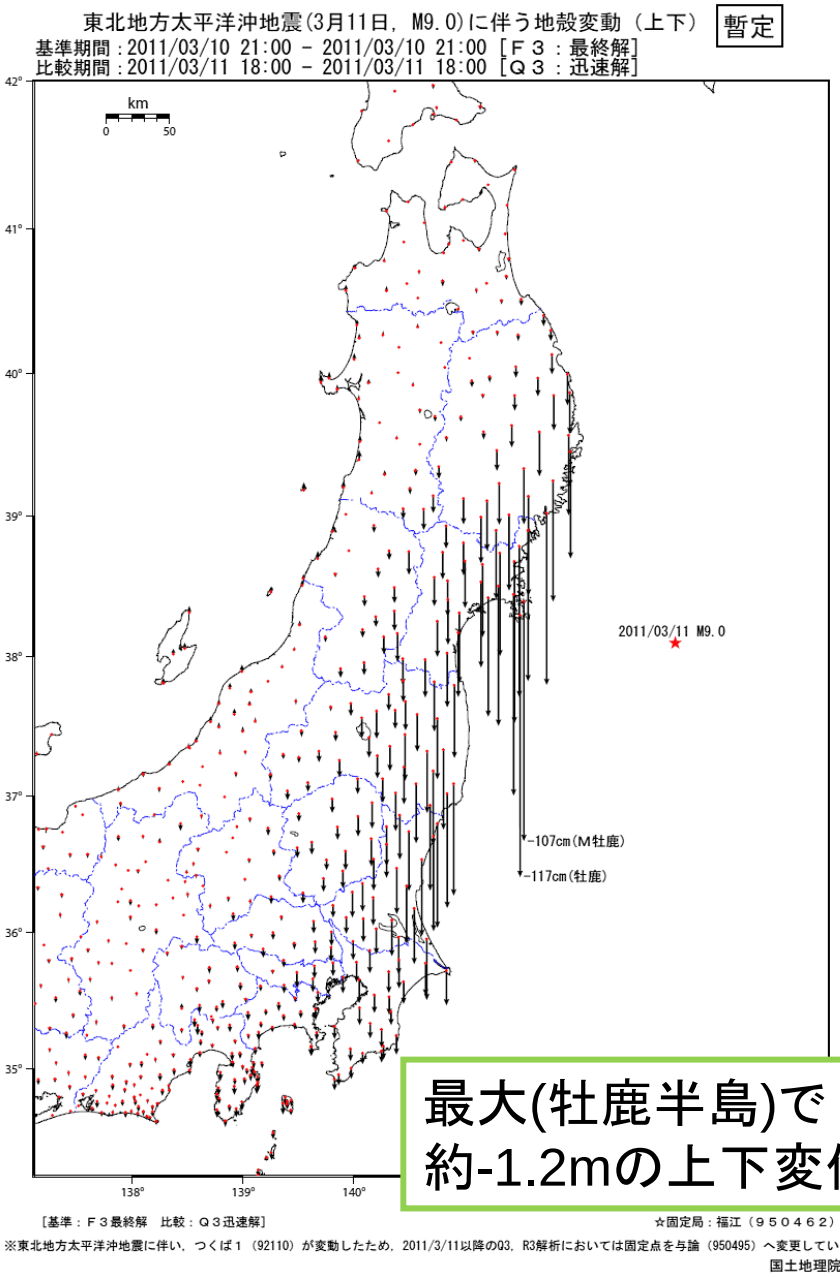


- 地上重力データと衛星重力データの結合処理
- 地形補正などの重力化成処理
- 重力からジオイドへ変換するための重畳積分処理

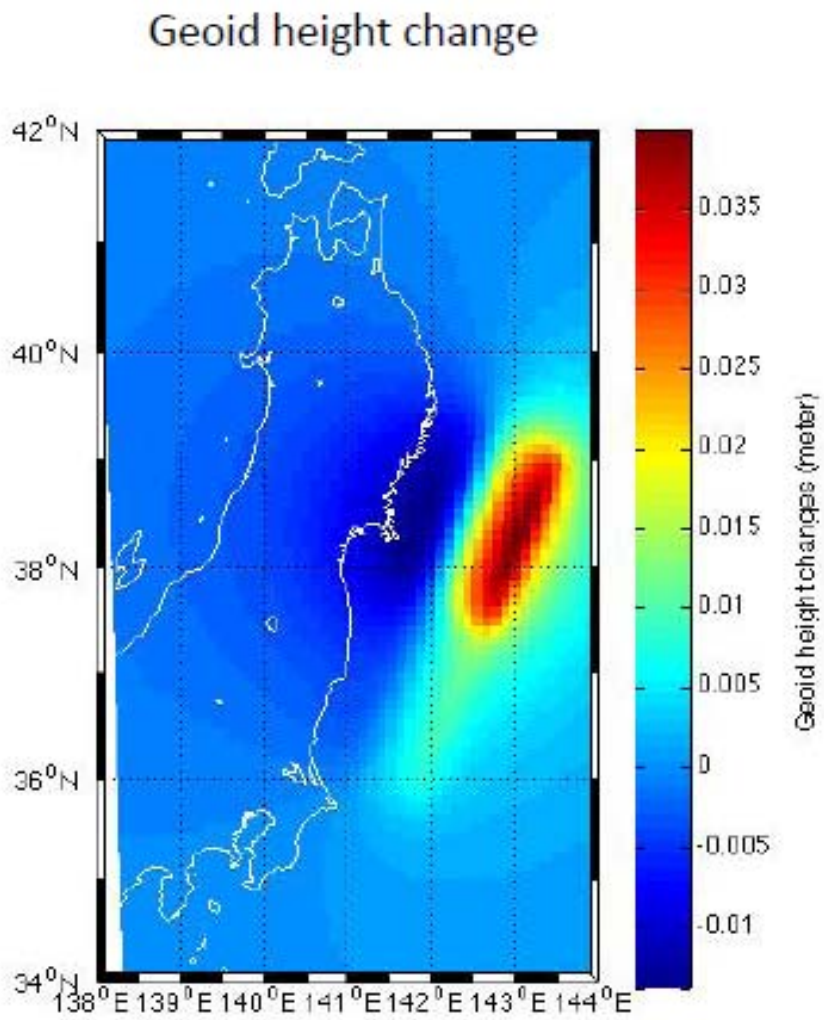
重力ジオイド・モデル



東北地方太平洋沖地震による上下変位とジオイド変化



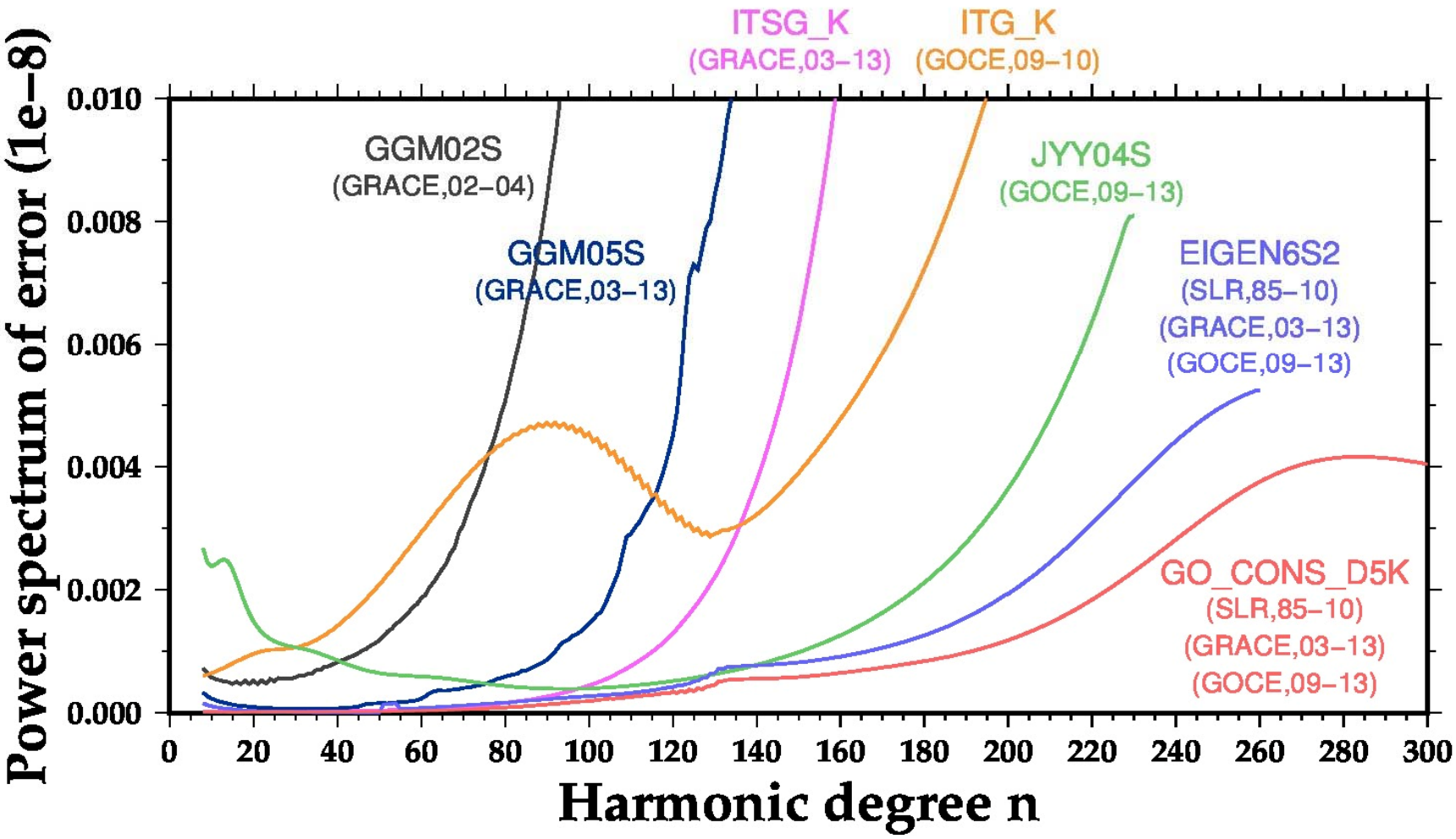
最大(牡鹿半島)で
約-1.2mの上下変位



最大(牡鹿半島)で
約-0.01mのジオイド変化

重力衛星の計測誤差の比較

$$s(n) = \sqrt{\frac{\sum_{m=0}^{n} \overline{\delta C}_{nm}^{2} + \overline{\delta S}_{nm}^{2}}{2n+1}}$$



精密重力ジオイドに基づく 高さ基準系の構築に関する研究

資料２－４

研究の背景・必要性

現行のジオイドが持つ不確かさ
- 現行ジオイドと重力ジオイドには明確なずれ
- イベントによる歪みの蓄積

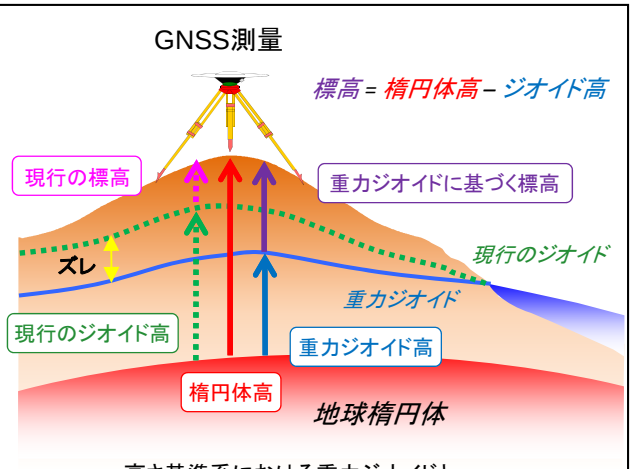
必要性 → 標高基準のズレの正確な見積もり

世界の動向
- 今後世界の標高系は重力ジオイド基準に移行

必要性 → 世界統一基準系への対応

重力データの高度化
- 地上重力観測器機の高度化
- 新たな重力衛星の登場

状況の変化 → 精密な重力ジオイドの構築が可能に



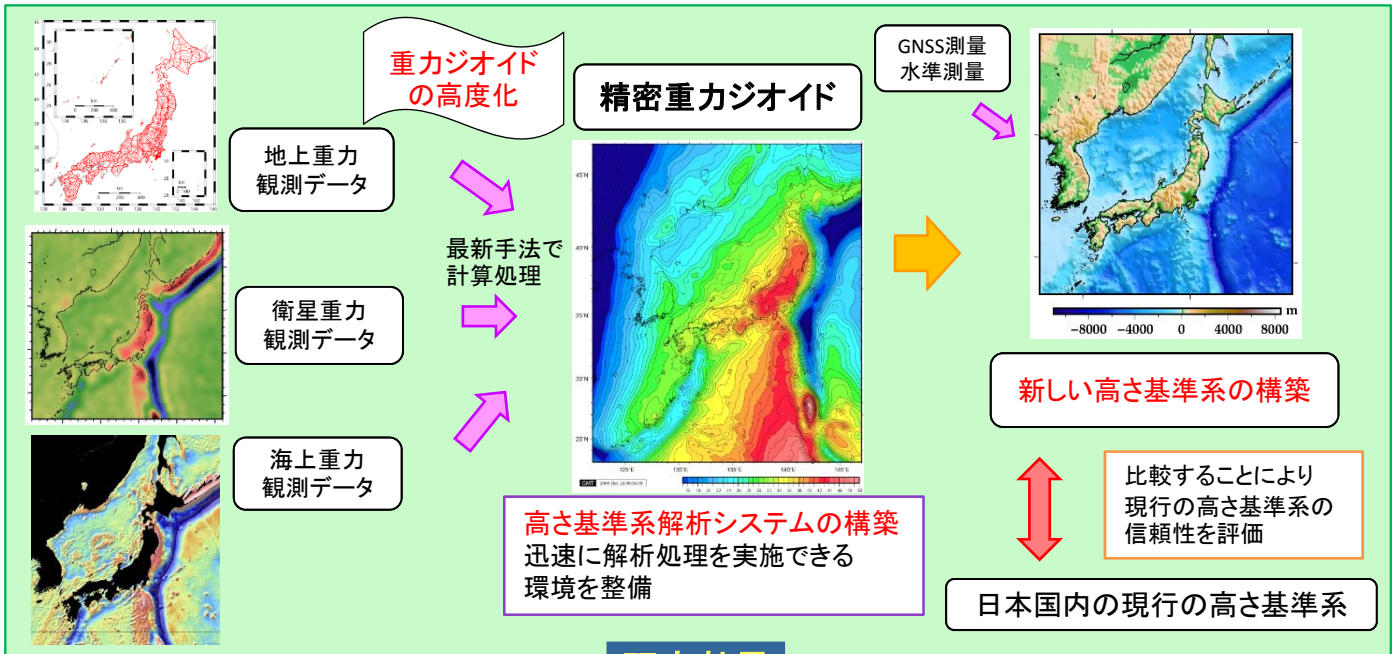
高さ基準系における重力ジオイドと現行のジオイドの差のイメージ

研究内容

本研究の内容

1）最新の重力データによる重力ジオイドの高度化
2）精密重力ジオイドに基づいた新しい高さ基準系の構築
3）高さ基準系解析システムの構築

- ■最新の衛星・地上重力データの整備（H28）
- ■精密重力ジオイド構築における各種計算処理手法の高度化（H28）
- ■高さ基準系解析システムの構築（H28−H30）
- ■精密重力ジオイドに基づいた高さ基準系の構築（H29）
- ■新たな高さ基準系に基づく現行の高さ基準系の評価（H30）



研究効果

日本の高さ基準系の維持管理の基盤として活用

- 巨大地震などのイベントによる地殻変動に伴う成果改定の際の参照、迅速な復旧
- 国際的な重力ジオイドに準拠した高さ基準系との互換性の確保
- 精密重力ジオイドの科学研究への応用