

## 「日本のジオイド2000」の構築 Development of New Japanese Geoid Model, 'GSIGEO2000'

測地部 安藤 久・佐々木正博  
 Geodetic Department Hisashi ANDOU, Masahiro SASAKI  
 測地観測センター 畑中雄樹・田中和之・重松宏実  
 Geodetic Observation Center  
 Yuki HATANAKA, Kazuyuki TANAKA, Hiromi SHIGEMATU  
 地理地殻活動研究センター 黒石裕樹  
 Geography and Crustal Dynamics Research Center Yuki KUROISHI  
 京都大学大学院理学研究科 福田洋一  
 Department of Geophysics, Graduat School of Science, Kyoto University  
 Yoichi FUKUDA

### 要 旨

国土地理院が進めてきた測量法の改正では、測地基準系が変更され三角点の位置座標がbesselからGRS80へ、水準点標高も正規正標高から正標高へと、それぞれシステムが変更され、新しい基準点体系での基準点測量成果「測地成果2000」が生まれる。

また、新しい基準点測量成果には、楕円体への変換のため基準点のジオイド高が標記されることとなった。これにともない、新基準点体系に適合する全国をカバーしたジオイド・モデルを作り、ジオイド高成果を提供する必要が生じ、「日本のジオイド2000」を構築した。

### 1. はじめに

現在、ジオイド・モデル作成にはジオイド測量データ(GPS/水準測量によるジオイド高データ)を使用し、重力ジオイド・モデルをジオイド高データに適合させるよう補正を行う手法を用いている。

測地部では「日本のジオイド96」の作成に使用した約850点のジオイド測量データをもって、新しい基準点体系に適合するジオイド・モデルを作成するには、このジオイド測量データを新基準点体系に変更することが必要である。具体的には、新しい測地基準系では、ITRF94座標系におけるGRS80楕円体となるためジオイド高データもそれに準じる必要がある。また、水準点標高成果も正標高へとシステムが変更されるため、ジオイド測量データにおいても水準点データは新しい正標高による水準点標高が必要となる。測地部では、新しいジオイド・モデル構築に関する検討を進めてきた。平成11年度に実施された第一回研究連絡会議において、「ジオイド高に関する技術検討分科会」が設置され、分科会では研究開発5カ年計画にある「高精度ジオイド・モデルの構築」を推進することを目的とし、当面新ジオイド・

モデルの構築に伴う技術的な検討を分科会で行うことが確認され、計算手法等の検討を行ってきた。

そのなかでは、新ジオイド・モデルの新しい基準点体系への適合について、①電子基準点の取り扱い方法について②全国ジオイド測量でのGPSデータの再解析について③新水準システムでの改算による水準点標高の算出について等の検討が行われ、新しい測地基準系に適合したジオイド測量データを算出することとした。また、最新の重力ジオイド・モデルを使用すること、ジオイド測量データとの最適化作業においてもプログラムの改良等を行い、新しい測地基準系に適合したジオイド・モデルを構築すること等が決定した。

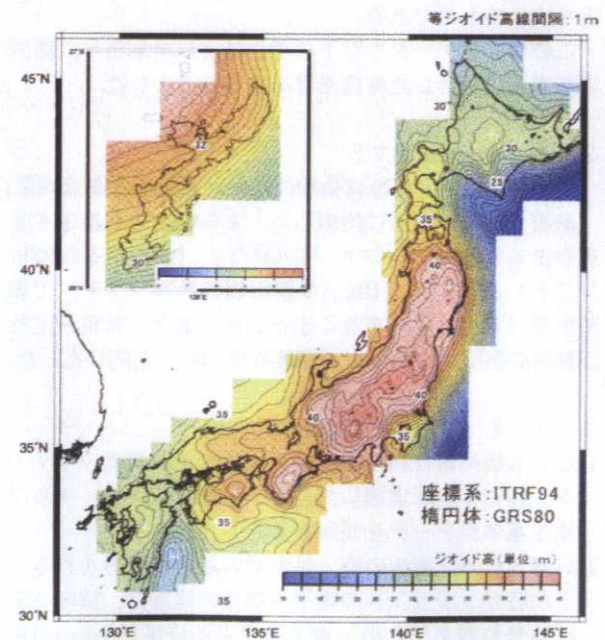


図-1 「日本のジオイド2000」等ジオイド高図

本報告では、検討分科会に基づき実施したジオイド・モデル構築作業を報告する。

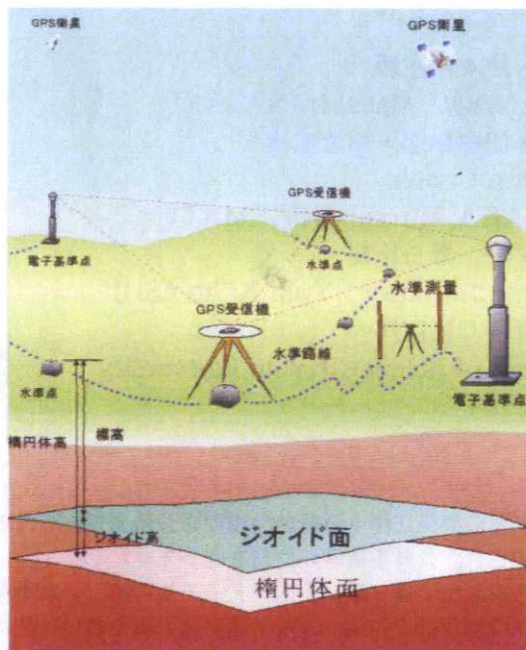


図-2 ジオイド測量の概念

## 2. ジオイド測量データの変更

### 2. 1 GPSデータの再解析

測地部では1995年に全国で約850点でのジオイド測量(GPS/水準測量)を実施した。作業は、水準点上でのGPS観測を行うことにより、直接水準点上のジオイド高を求めるものである。

このGPSデータを以下の手法により再解析し、新測地基準系に適合した座標を算出することとした。

#### 2. 1. 1 解析ソフト

再解析には、「測地成果2000における電子基準点成果」(越智：1999)算出に使用した、永年潮汐等を指定する項があるGPS解析ソフト「GAMIT」(学術用基線解析ソフト)とし、GLOBK(学術用調整計算ソフト)で調整計算(平均計算)することとした。また、解析設定及び解析の制限についても「測地成果2000」と同じとした。

#### 2. 1. 2 使用するGPS観測データ

- 1) GPS観測値は1995年実施全国ジオイド測量GPSデータ、1995年以降実施したジオイド測量GPSデータ及び電子基準点データを使用する。
- 2) GPSデータ解析の際、長距離の基線が解析されるような各セッションへの電子基準点の追加は、精度を下げる恐れがあるため、電子基準点から半径50kmの範囲に含まれる電子基準点の観測データを使うこととし



写真-1 ジオイド測量GPS観測風景

た。ただし、各セッションの解析でRMSが大きく、解析が不良となる場合は電子基準点データを省くこととした。

- 3) 大きく変動していると思われる電子基準点は使用しないこととした。そのため、電子基準点における1年間の上下方向のベクトル変動量を計算し、変動量の大きな電子基準点を調査した。
- 4) 1995年全国ジオイド測量を実施した平成7年度は、COSMOS点(93番台電子基準点)はJST15時から12時間の夜間にあたる時間帯での観測しか行っていないため、日中観測されたジオイド測量データとの解析ができないことから、COSMOS点とGPS水準網との取り付け観測を実施することとした。そのため、平成7年度の観測点のうち水準点上で直接観測している点及び作業管理写真から現在も偏心点が存在している点を選び5時間～8時間のGPS観測を実施した。

#### 2. 1. 3 GPS解析の方法及び制限

- 1) 衛星の暦情報は、精密暦(IGS精密暦)を使用
- 2) 解析時間等は、全国ジオイド測量データについては15秒間隔の3時間データ、最小仰角15度とした。それ以降のジオイド測量については、各セッションにおける最大同時観測時間を使用し、観測間隔30秒、最小仰角15度とした。
- 3) 各セッションの解析結果におけるRMSの制限を0.3以内を標準とした。解析不能、大きく制限を超過、調整計算不能なセッションについては、①分割解析する②観測間隔の変更等を行うこととした。ただし、上記①、②等行っても改善されないが、GLOBKフリー解が良好(残差0)なら採用した。この状況は特に、1セッションに5台以上のGPS受信機を使用したセッション

に多く見られた。受信機が増えることで解析距離が長くなったことが原因と考える。

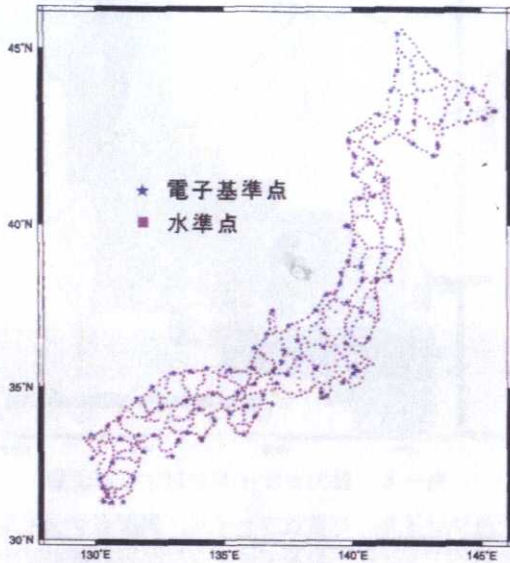


図-3 ジオイド測量配点図

2. 1. 4 GLOBKによるGPS基線解析の調整計算

GPS調整計算は、GPS基線解析結果の誤差を調整すること、既知点の成果で観測網を固定して、未知点の座標を求める計算のことであり、以下のとおり行った。

- 1)各セッションのGLOBKによる既知点を0とするフリー計算を実施
- 2)地区毎に1)で求めたすべてのセッションのフリー解を統合し、フリー計算を実施
- 3)各地区のフリー解を統合し、全国のフリー計算を実施
- 4)全国のフリー解から電子基準点を既知とし、固定計算を実施する。ただし、既知点を固定する際0.001mの自由度を与える。以上により未知点(水準点)の座標を導く。

以上の再解析の過程をへて108点の電子基準点を既知とした844点のジオイド測量観測点の座標を算出した。

2. 1. 5 GPS再解析の精度評価

再解析結果の精度評価のため以下の検証作業を実施した。なお、この検証結果については(安藤・重松:2000)で報告済みである。

- 1)同一測点において複数の観測を実施し、重複して解析結果がある測点での比較検証では、20点の重複点でジオイド高の比較が標準偏差約4cmの結果を得た。
- 2)北海道及び和歌山地方において全国ジオイド測量観測点での改測による再解析値との比較検証では、楕円体高の比較で標準偏差約3cm弱の結果となった。

検証結果はほぼ良好な解析結果が得られたことになる。

2. 2 ジオイド測量観測点における標高の算出

ジオイド測量観測点の標高算出は、測地第三課の協力により次の方法により実施した。

改算は、「2000年度平均成果」と同じシステムにより、東京原点による1点固定とした重力値を用いた正標高計算とした。データは、全国水準点改測データにより全国ジオイド測量実施年である1995年に一番近い観測値を用いて改算した。また、復旧点等の履歴を調査し、移動量の調整を行い、ジオイド測量観測点の水準標高を決定した。

なお、GPS観測点が偏心している点については、全国ジオイド測量時の偏心点比高をそのまま使用した。

2. 3 ジオイド高の計算

上記により決定したジオイド測量観測点での楕円体高及び標高により日本列島のジオイド高844点を算出し、重複する観測点の20点分を削除し、新しい基準点体系に適合したジオイド高データ824点を算出した。

3. 重力ジオイド・モデルの概要

新しいジオイド・モデル作成では、重力ジオイド・モデルが必要である。新しいジオイド・モデル作成では最新の重力ジオイド・モデル「J GEOID2000」を使用することとした。この重力モデルの概要は、以下のとおりである。

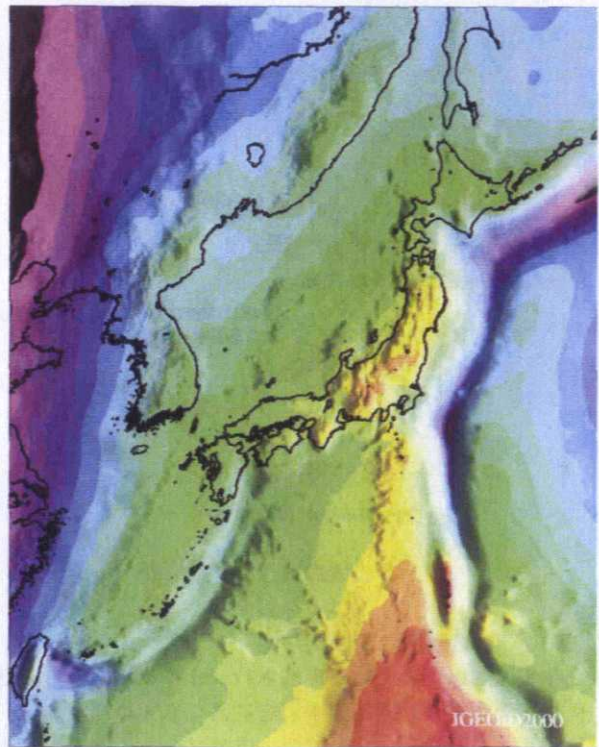


図-4 重力ジオイド・モデルイメージ図

