

GPS/水準法とジオイドモデルによるジオイド傾斜算出に関する研究 A Study on Geoid Inclination by the GPS/leveling Method and Geoid Model

日本大学 学生会員 ○沖田 孝介
日本大学 正会員 佐田 達典

1. 序論

(1) 研究の背景

「ジオイド高」とは、地球の形状を近似した準拠楕円体面からジオイド面と呼ばれる等しい重力エネルギー値をとる面までの距離である。

ジオイド高の算出には、「GPS/水準法」と呼ばれるGPS及び水準測量の差から算出する方法、国土地理院発行のジオイド高内挿プログラムの二種類の方法がある。後者は、日本全体が大まかな精度で求められるよう設計されており、局所的な場所の精度は明らかではない。

(2) 研究の目的

高さの指標としてGPS測量では、楕円体高と呼ばれる数値が出力される。一方、水準測量ではジオイド面から地表までの高さである標高が得られる。高さの指標として楕円体高、標高のどちらを用いるかは重要で、2地点での標高の差は水の流れの向きを正確に表すが、楕円体高の差は水の流れる方向を表すとは限らない。

本研究では、日本大学理工学部船橋キャンパスを対象として、GPS/水準法とジオイド高内挿プログラムによる局所的なジオイド高の比較を行うとともに、GPS測量の適用性をジオイド高、楕円体高、標高の観点から論ずる。

2. ジオイドとは

ジオイドとは、地球内部の等重力エネルギー値をとる点を、滑らかに結んで得られる曲面である。地球の形状を近似する回転楕円形を楕円体といい、図-1示すように、準拠楕円体面から地表面までの距離を楕円体高、楕円体面からジオイド面までの距離をジオイド高、ジオイド面から地表面までの距離を標高と呼ぶ。

楕円体高から標高を引くことで、近似的にジオイド高を算出することができる。これがGPS/水準法の原理である。一方、ジオイド高内挿プログラムは、観測

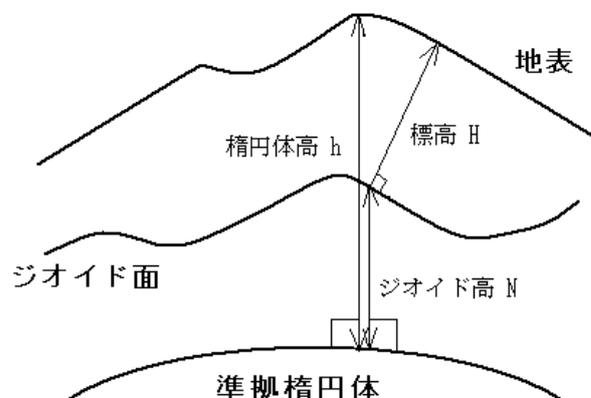


図-1 楕円体高・ジオイド高・標高の関係
点の緯度・経度を入力し、自動的にジオイド高を算出する。

3. ジオイドモデル

(1) ジオイドモデルの決定

今回使用した、国土地理院発行のジオイド高内挿プログラムは、人工衛星による地球の重力場観測がもとになっている。

人工衛星の軌道は、楕円を描くことが理想的である。しかし、現実の軌道は地球の重力場の影響を受け、常に楕円軌道から逸脱している。その楕円軌道からの逸脱具合を測定することで、人工衛星自身がセンサとなり地球の重力場を観測している。

こうして得られた重力場のデータは、誤差を含み信頼性に欠ける。また、測量の定義である「標高 0m = 東京湾平均海水面」と、必ずしも一致するとは限らない。国土地理院では、1996年からその補正をかける作業を全国的に行い、日本全体で一様にジオイド高が算出可能なジオイドモデルを構築した。

(2) ジオイドモデルの傾向

こうしてできたジオイドモデルは混合ジオイドモデル GSIGEO2000 と呼ばれ、北緯 20° ~ 50° , 東経 120° ~ 150° の範囲で、緯度 1 分、経度 1.5 分毎の格子状に

キーワード：ジオイド高, 混合ジオイドモデル GSIGEO2000, GPS/水準法, ジオイド高内挿プログラム
連絡先：〒274-8501 千葉県船橋市習志野台 7-24-1 日本大学理工学部社会交通工学科 空間情報研究室 Tel:047-469-8147

ジオイド高を与えるよう設計されている。

設計上、人工衛星からの重力場観測データも含んでいるため、ジオイド高は日本の地形によく合致する。中部山岳地域で40m程だったものが、日本列島や琉球諸島東側の海溝付近では20m以下まで落ち込む。船橋キャンパスのある千葉県付近を拡大したところ、36m程度のジオイド高を持っていて、北西から南東方向へジオイド高の数値が徐々に低下している現象が見られた。

4. 船橋キャンパスにおけるジオイド傾斜の算出実験

(1) 実験の概要

船橋キャンパス内の外周及び内部に、7箇所の観測点を設けた。この7箇所の観測点について、①GPS/水準法、②国土地理院によるジオイド高内挿プログラムの二種類の方法で、ジオイド高を算出した。①に関しては、各点で衛星データを受信した後、電子基準点からのデータを受信し、世界測地系もとづく緯度・経度楕円体高を算出した GPS 測量を3セッション実施した。さらに、路線を往復する水準測量を行った。その後、その二者のジオイド高の差異を求めるとともに、船橋キャンパス内のジオイド傾斜を表現した。

(2) 実験の結果

GPS/水準法とジオイド高内挿プログラムの較差は、観測点環境や GPS 観測状況に起因すると推測される特異点と考えられる観測点1以外は、表-1のように全て4mm以内になった。従って、このプログラムは、極めて正確な値を算出することが確認できた。

楕円体高と標高を検討したところ、図-2に示すように観測点3と5の組み合わせで、楕円体高と標高の高低関係が逆転した。これは、もし楕円体高を高さの指標とした構造物の設計をしたら、水が逆流するケースである。

表-1 GPS/水準法とプログラムのジオイド高の差

観測点	GPS/水準法の ジオイド高(m)	プログラムの ジオイド高(m)	差 (m)
1	35.9898	35.9823	0.0075
2	35.9768	35.9768	0.0000
3	35.9942	35.9976	0.0034
4	36.0123	36.0152	0.0029
5	36.0406	36.0427	0.0021
6	36.0048	36.0059	0.0011
7	—	35.9980	—

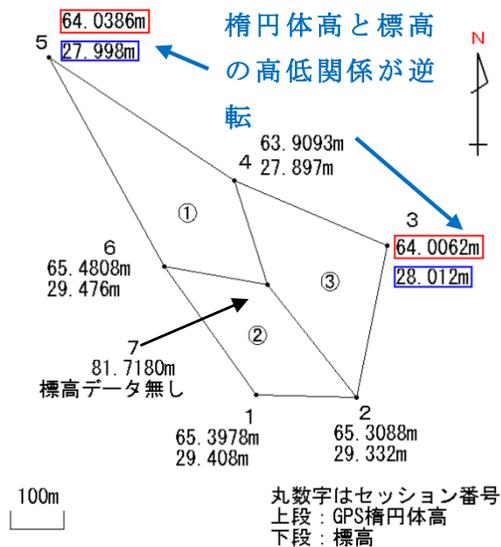


図-2 各観測点の GPS 楕円体高と標高

5. 結論と展望

(1) 研究の成果

本研究では、ジオイド高内挿プログラムの有用性を船橋キャンパス対象として、GPS/水準法により検証した。両者の差異は、特異点である観測点1を除外すれば、全て4mm以内の較差に収まり、よく一致しているといえる。従って、今回の結果を見る限り、ジオイド高内挿プログラムは局所的な場所の観測でも、十分有用性があると推察される。

GPS 楕円体高と標高を比較した際、一部の観測点の組み合わせで、その高低関係が逆転するケースも見受けられた。この結果は、GPS 測量で出力される楕円体高をそのまま使用するのではなく、必ずジオイド高を差し引き正確に土地の起伏を把握することが重要であることを示している。

(2) 今後の課題と展望

GPS/水準法の実験では、各観測点の標高値は観測点2のGPS測量受信記録の標高値を固定し、水準比高を用い順々に決定した。本来、水準測量を行うためには、国土地理院で管理されている水準点を用いなければならない。従って、今後はこの水準点から水準測量を行うか、船橋キャンパス内に水準点を設置し、より一層の精度の向上を図る必要がある。

今回の研究で、船橋キャンパスでもわずかながらジオイドの傾斜が見られた。ジオイドの傾斜は、直下の重力状態の変化に起因する。よって、今後は重力計を用いジオイド面の傾斜との関連を調査しようとする。また、現状より多くの観測点を設置し、より詳細なジオイドの傾斜を把握したいと考える。