

GPS／水準法とジオイドモデルによるジオイド傾斜の比較研究

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いる。

(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あり、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正確に表すとは限らない。

先行研究¹⁾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較差を算出した。本研究では、ジオイド傾斜の最大勾配とその方向についての比較を行った。

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に示すように、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き、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、観測点の緯度・経度を入力することにより、ジオイド高を算出する。

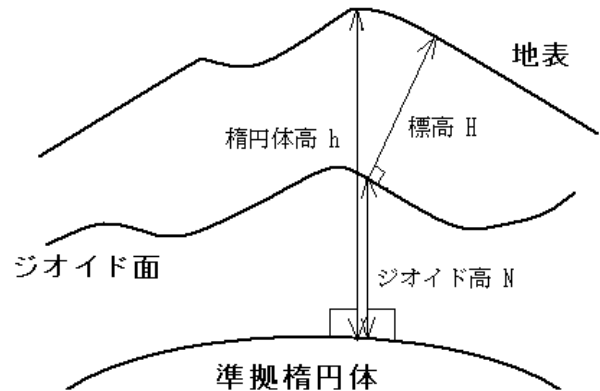


図-1 楕円体高・ジオイド高・標高の関係

3. ジオイドモデル

(1) ジオイドモデルの構築

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公転軌道観測による重力場観測がもとになっている。しかし、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。

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分毎の格子状にジオイド高を与えるよう設計されている。

(2) 日本付近のジオイド傾斜

ジオイドモデルによる日本付近のジオイド高の分布を見ると、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調べたところ、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低下している現象が見られた。

キーワード：ジオイド高、ジオイド傾斜、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

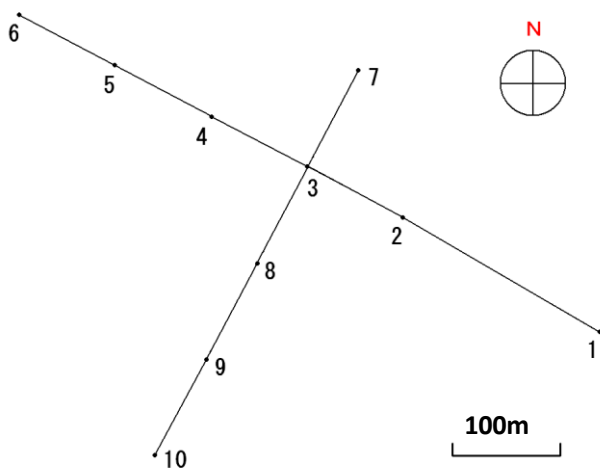


図-2 観測網図

4. 船橋キャンパスにおけるジオイド高傾斜比較実験

(1) 実験の概要

図-2に示すように、船橋キャンパス内に直交するように2本の路線と10箇所の観測点を設けた。観測点の間隔は、路線1-2以外は100mとした。この10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、各観測点で衛星データを2時間受信した後、電子基準点からのデータを受信し、世界測地系にもとづく緯度・経度楕円体高を算出するGPS測量を実施した。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比較した。

(2) 実験の結果

GPS/水準法とジオイド高内挿プログラムによるジオイド高の較差は、観測点全てで検討したところ、6mm以内に収まった。

図-3及び図-4は、それぞれジオイド傾斜を路線2-3-6と、それに直交する路線7-3-10について、ジオイド高内挿プログラムとGPS/水準法について回帰分析を行ったものである。観測点3におけるジオイド高較差を0としている。ジオイド高内挿プログラムによるものと、GPS/水準法の回帰直線を比較したところ、切片の較差がそれぞれ1mm、3mmだった。また、ジオイド傾斜の最大勾配の方向角は、ジオイド高内挿プログラムが約 $136^{\circ}16'$ 、GPS/水準法は約 $141^{\circ}01'$ 、さらにジオイドの最大勾配は、ジオイド高内挿プログラムが0.0097%、GPS/水準法が0.0117%であった。

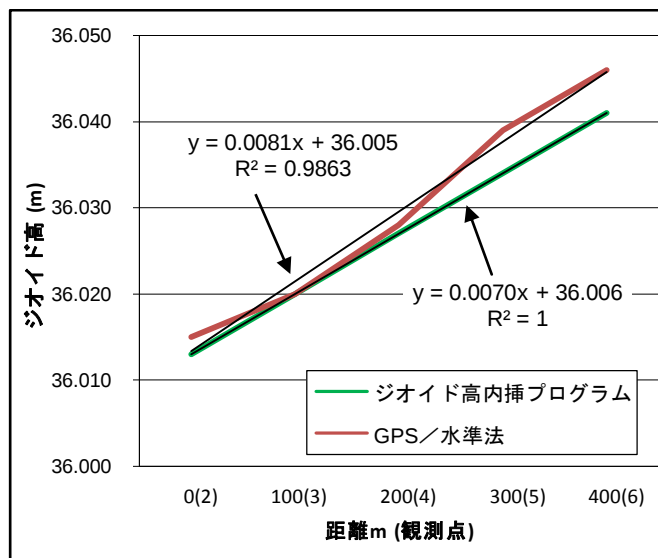


図-3 ジオイド傾斜(路線2-3-6)

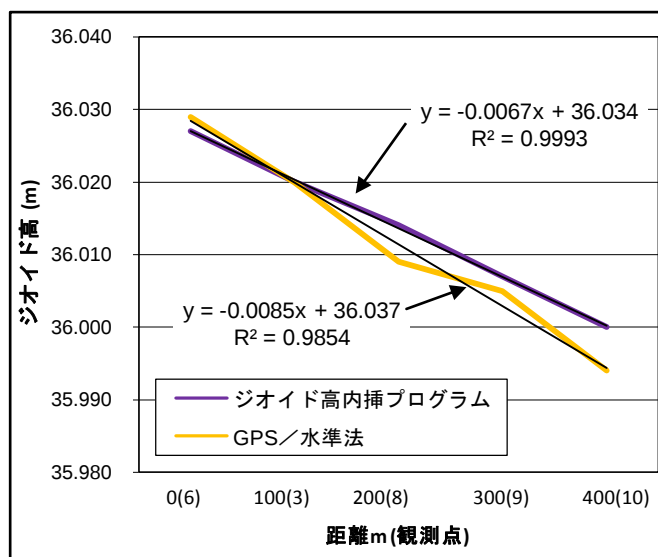


図-4 ジオイド傾斜(路線7-3-10)

5. 結論

本研究では、ジオイド高内挿プログラムとGPS/水準法の差異を、船橋キャンパス対象として検証した。両者のジオイド高の差異は、全て6mm以内の較差に収まり、先行研究における7mm以内の値を示した。

しかし、ジオイド傾斜の方向角の差が $4^{\circ}45'$ 、ジオイド傾斜の最大勾配の差が0.002%の値を示した。特に最大勾配については、基準とした観測点3から離れるにしたがって差異が大きくなり、その大きさは1kmで20mm程度となる。これらのことからジオイド傾斜に関して、両者は局所的には一致しない場合があることが定量的に示せたと考える。

参考文献

- 1) 沖田孝介, 佐田達典: GPS/水準法によるジオイドモデルの局所的な精度検証, 応用測量論文集 Vol.19, pp33-42, 2008.6