

ジオイドの高精度化に関する研究（第8年次）

実施期間 平成14年度

測地部測地第一課 和田 弘人 吉川 忠男

1. はじめに

天文係では2002年4月に新しいジオイドモデルである「日本のジオイド2000」を刊行した。このモデルは全国のGPS/水準による実測ジオイド高との比較の結果、標準偏差で約3cmの精度を有することが判明している。しかし、一部地域ではこの精度と比較して、ジオイド高がGPS/水準による実測値とモデル値の乖離した地域が存在することが知られている。天文係では、昨年度これらの地域のうち、特に乖離の顕著な瀬戸内地域でモデルの検証を行った（図1）。この結果、特定の地域では実測値とモデル値との較差が正負にランダムな偏差ではなくほぼ一定量の系統的なものであることが判明した。これはGPS/水準による実測値に地域固有の系統的な差異を与える要因が含まれていることを示しており、実測データをモデル計算へそのまま算入した場合、周辺地域とのエイリアシング（不整合）が発生する。本研究では検証データを基に、小豆島・伊予地方に系統的な差異を発生させている原因を考察し、周辺域と整合したモデルを作成した。

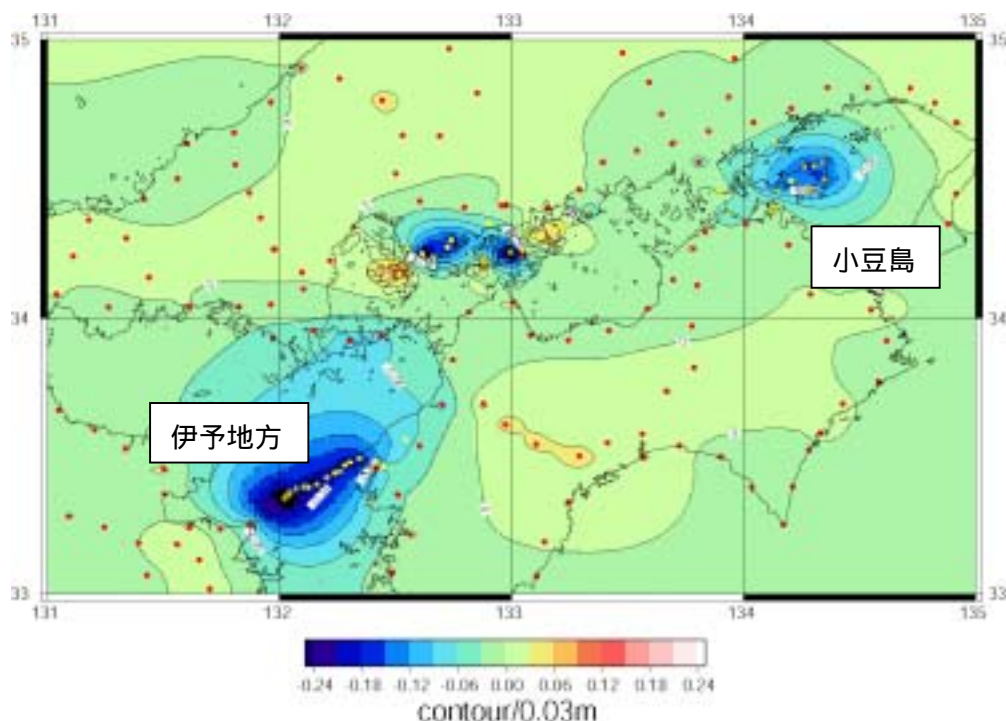


図1 瀬戸内地域の「日本のジオイド2000」モデル値と実測値との差
(暗色；2000年モデル使用点・明色；瀬戸内検証データ)

2. 研究の概要

瀬戸内地域には多くの諸島が分布し、これらを含む本州・四国沿岸域の二等水準路線の多くは昭和 30～40 年代に設置され、以後改測はない。このため標高成果と実際の標高の間に較差が生じ、これが GPS/水準の観測に直接影響を与える。ここでは小豆島・伊予地方において、設置時期が比較的新しく（平成 3 年度）路線内部の整合性は高いが、隣接する路線間での較差が大きい原因を考察し、瀬戸内地域全体で統合的なモデル作成を目的とした。

3. 平成 14 年度実施内容

水準点の“標高成果”が実測ジオイド高に与える影響

GPS/水準によるジオイド高データは、ベースとなる重力ジオイドモデルの長周期成分の補正に用いられる。この補正の過程は同時に、日本の水準体系にジオイドモデルを統合させることも意味する。より厳密に言えば、現在の水準の“標高成果”に合致するようにジオイドモデルを補正する。

GPS/水準によりジオイド高を測定する場合、水準点付近の局所的な沈下や標石の異常等により“成果標高”と“実際の標高”が異なれば、その誤差が直接的にジオイド高に含まれる。つまり GPS/水準によるジオイド高は、その地点だけの地形的な変化を直接的に反映している。一方で、本来ジオイド面は等ポテンシャル面であり、その変化は周辺（理論的には全球）の質量分布の変化の積分量と関連するので、その地点だけの局所的な地形変化に伴うポテンシャル面の変動は非常に小さく、常に周辺域と“なめらか”に連続する。

このため、ジオイド本来の“なめらかな”形状と、“成果異常”の水準点を用いた GPS/水準から見えるジオイドの形状を比較した場合、ポテンシャル面の性質では考えられない局所的な“ジオイド面の見かけ上の変化”が GPS/水準によるジオイド高に表われる。また、モデル作成の過程で用いる LSC 法では、なめらかな変化を入力データの前提としており、周辺域とのバイアスを有する“成果異常”データが存在する場合、その路線を含む地域と隣接する地域で連続的な補完が行われずにエイリアシングを生ずる。

以上のことから、GPS/水準によるジオイド高データは、モデル計算の算入前に、周辺地域と比較してバイアスを含まない統合的なデータを整備する必要がある。本研究の対象地域はモデルと実測値との間に系統的な偏差を有することから、水準点の“標高成果”上では他の路線と整合性を有するが、ポテンシャル面から見た場合、路線全体が他の路線と不連続（較差をもつ）であることが推察されるため、地域毎のバイアス量の考察を行う。

小豆島

小豆島は、高松の渡海 1 から島南西端の渡海 2 への渡海水準により標高が取付けられている（図 2）。島内は平成 3 年の観測であるが、渡海の観測が昭和 59 年に実施されている。これは島内の路線内部での整合性は保たれているが、成果は昭和 59 年の渡海時に準拠する事を意味する。このため、小豆島の GPS/水準のジオイド高が含有する“較差”は 1) 渡海水準による誤差及び 2) 高松（平成 11 年）と小豆島（昭和 59 年）の経年変化による相



図 2：2000 年現在平均成果観測年度

対的な“成果値との乖離“の和であると考えられる。これを考慮した上で、渡海元（高松）の地域のデータと整合性を持った GPS/水準観測データをモデル計算に算入するために、重力ジオイドの傾斜量と、渡海元自身がもつ重力ジオイドとの較差を除いた、バイアス量 (0.155m) を小豆島の観測値に一樣に加える (図 3)。

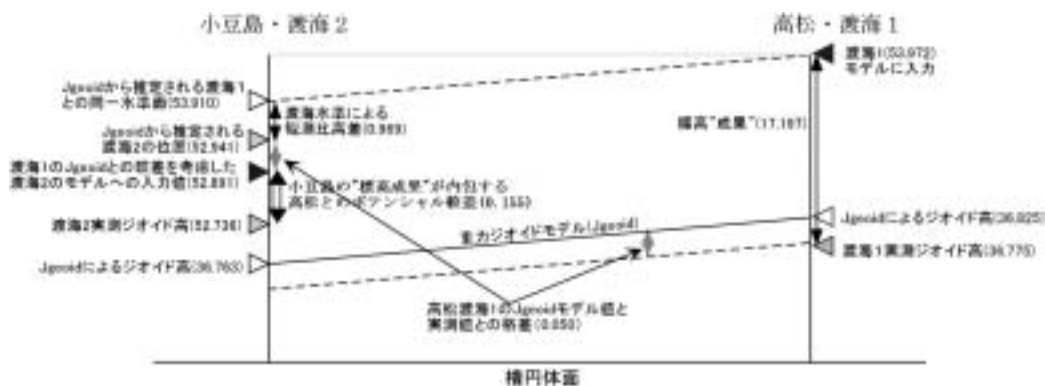


図 3 : “ 整合的な “ 高松 (渡海元) と小豆島 (渡海先) のモデル入力値の関係 (図の数値は楕円体高からの高さ)

伊予地方

佐多岬を網羅する一等水準路線は、その東の交点 4569 で他の路線と接続する。伊予地域の観測値とその後実施した検証作業でのデータを使用して、「日本のジオイド 2000」と検証データを用いたジオイドモデル (最新モデル) の比較を行った (図 4)。重力ジオイドモデルの形状との比較から、路線内での水準点の経年的な局所変動はモデル精度の範囲内であり、LSC 法によるモデル化は、ジオイド面の “ 形状 “ を大きく変化させることなく一樣な較差を補正するように作用していることがわかる。

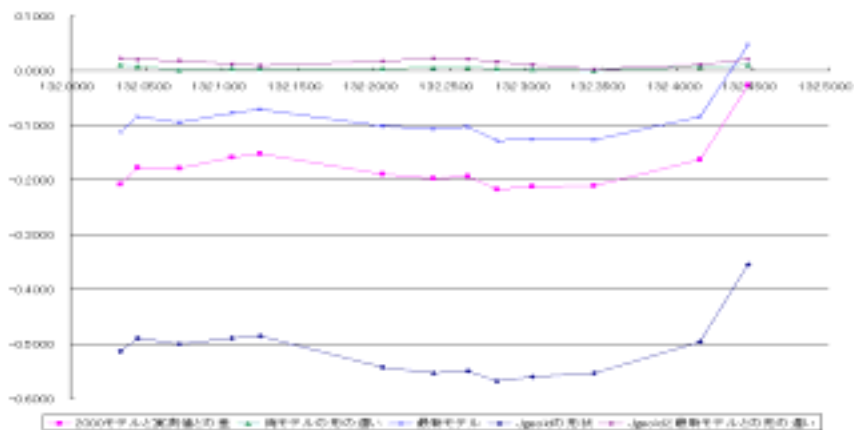


図 4 : 各ジオイドモデルの形状とその類似度

この結果から、LSC 法によるモデル化の前に路線内の標高値に一樣な値を加えても、モデル化によるジオイドの “ 形状のゆがみ “ は目的とする精度以内での变形にとどまると考えられる。以上の考察から、同一路線内の水準点の成果標高値に、路線内での重力ジオイドモデルからの平均偏差を加えてモデル化に算入する。ここでの較差の原因としては、交点 4569 を挟んだ佐多岬側 (平成 3 年度) と、他の路線 (平成 10 年度) で 2000 年平均成果が

算出されていることから、交点を境に観測年度が約7年離れたことで、路線間に”異時性“が生じ、佐多岬全体を覆う路線にほぼ一様な較差が生じたと考えられる(図5)。

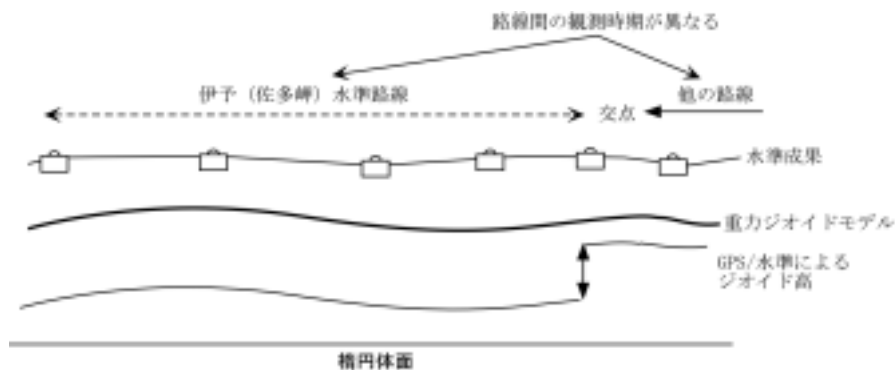


図5：佐多岬における水準路線の交点と両側の路線の関係

4. 結論

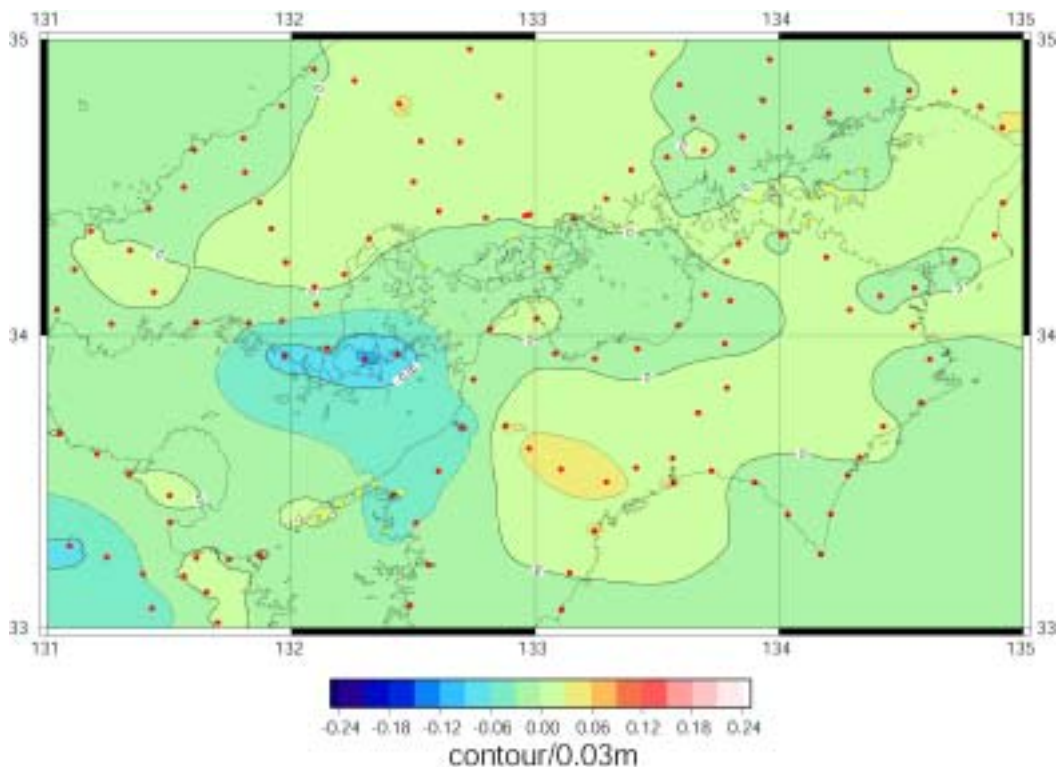


図6：オフセットを加えて再計算を行ったジオイドモデルと観測値との較差

両地域に考察から導いた適当なオフセットを加えた後、モデル化の観測データとして追加し全体の再計算を行った。この結果、当初見られた地域内での系統的な較差を除くことができた。以上の2つのケースから、ある地域全体でGPS/水準によるジオイド高の観測値に一様なオフセットが見られる場合、GPSによる楕円体高の観測誤差がないものとする、路線間での水準点成果の異時性がその主要な要因として考えられる。モデルの高精度化にはその地域毎の水準路線間の異時性を考慮した適切なオフセット量を考慮する必要があることがわかる。