

重力観測衛星からの地球重力場の時間変動の抽出に関する研究（第3年次）

実施期間 平成15年度～平成19年度
地理地殻活動研究センター
宇宙測地研究室 眞崎 良光

1. はじめに

現在、地球重力場変動の観測を目的とする重力観測衛星が運用されており、水循環に伴う質量再配分の検出など、地球科学・環境科学分野での観測成果が期待されている。一般に人工衛星を用いた重力場解析は、ある時間長で切り出した軌道弧に対する軌道決定と、軌道摂動を利用した全球重力場決定の、2つのステップから成る。しかし、地球重力場の時間変動を抽出する場合、軌道弧の長さによる軌道決定精度の違いなど、解析手法の検討が必要である。そこで本研究では、モンスーンによる海水の吹き寄せを例にとり、これに伴う重力場変動の有無や様式を評価するための全球重力場決定手法の開発を行なう。

なお、本研究は一般研究として実施している。

2. 研究内容

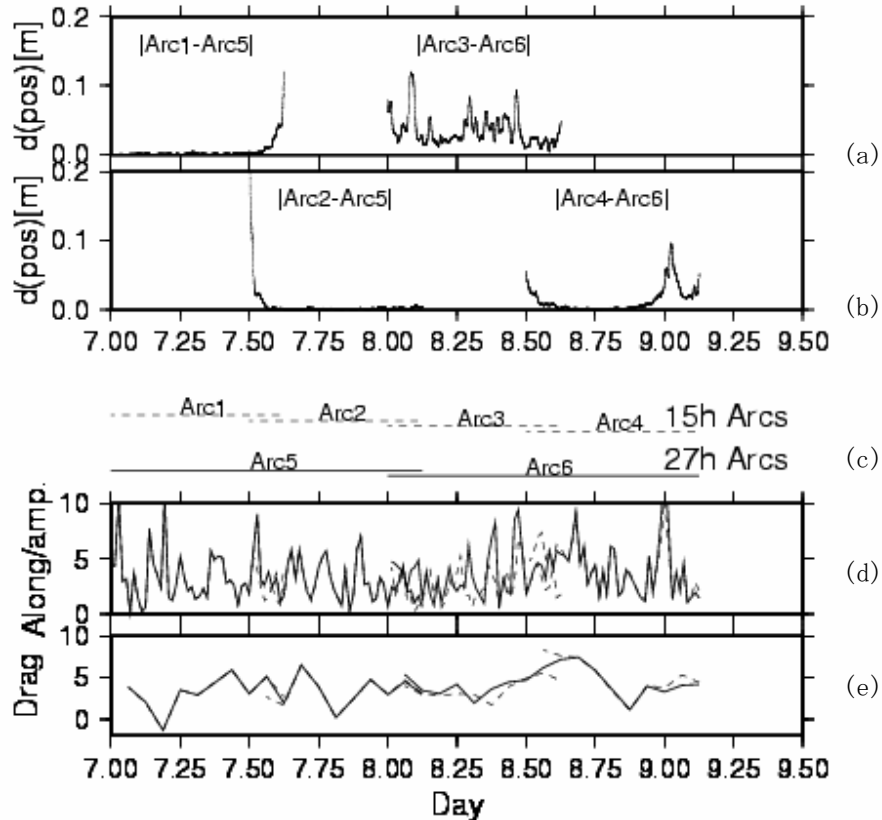
本年度は、重力観測衛星 CHAMP について、時間変動重力場の解析の前段階として静的重力場 (GGM01C, 100 次まで) を仮定したときの、軌道弧の長さとの関係について研究を行なった。低高度軌道に投入された同衛星には GPS アンテナが搭載されており、GPS による精密測位が可能である。そこで、重力観測衛星 CHAMP の速報軌道解である RSO データ (レベル3, 2002年8月7～9日) を初期軌道とし、reduced dynamic 法を用いて、GPS データを用いたキネマティック処理による測位解と軌道決定位置との RMS 残差が小さくなるように軌道改良を行なった。なお、解析には、軌道解析ソフトウェア GEODYN-II を用いた。本研究では、時間方向に隣接する軌道弧どうしが3時間重複するように切り出した4種類の軌道弧の長さ (6時間, 9時間, 15時間, 27時間) を用い、観測位置との RMS 残差、および軌道決定位置の相違量を評価することで、軌道弧の長さの違いによる軌道決定精度を調査した。

3. 得られた成果

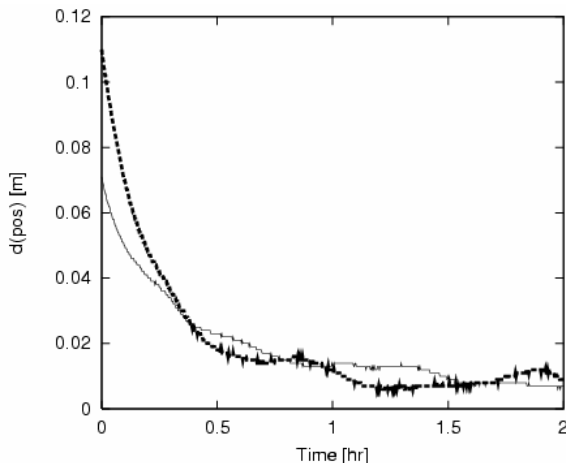
まず、同じ RSO データから異なる長さの軌道弧を切り出して軌道決定を行なった場合、軌道弧の長さの違いによる衛星位置の相違を調べた。15時間・27時間軌道弧を使用したときの軌道決定位置の相違量を図-1 (a) (b) に例示する。軌道の全周にわたってほぼ均等な精度で軌道決定されているが、各軌道弧の始端・終端では、端点から3時間 (軌道2周回相当) 程度の範囲に10cmを超える相違が生じているケースがある。次に、より長い軌道弧を用いて決定された同時刻における衛星位置をリファレンスとし、軌道弧の端点における位置の相違量を調べると、端点では急激に相違が大きくなっていることが分かる (図-2, 平均値)。一方、同じ長さの軌道弧について、時間方向に隣接する軌道弧の重複部分 (3時間分の軌道弧) において評価した RMS 相違量は5cm以下であった。

ところで、reduced dynamic 法による軌道決定では、モデル化されていない摂動力を表現するため経験的加速度を導入し、観測との残差を低減させる手法を用いる。そのため、今回の軌道決定において、20分ごとに推定された経験的加速度、およびこれと高い相関を示す推定パラメータである大気ドラッグ係数について、軌道弧の長さの違いによる比較を行なった (図-1 (d) (e))。その結果、軌道決定に相違が生じた時間帯 (例えば図-1の8.0～8.5日) では、これらのパラメータ推定値も異なっていた。

なお、今回の解析では、大気等による重力の短周期変動成分が引き起こすエイリアシングの対策や、加速度計データを用いた非保存力の考慮をしていない。この条件のもとで解析した本結果からは、軌道決定精度と軌道弧の長さとの間に明白な関係は見られなかった。



図一 1 (a) (b) 15 時間軌道弧と 27 時間軌道弧との軌道決定位置の相違[m], および (c) 解析に使用した軌道弧のデータ期間. 時間方向に隣接する軌道弧どうしは 3 時間分のデータを共有している. 下の 2 枚のパネルは, 15 時間軌道弧 (破線) と 27 時間軌道弧 (実線) により推定された (d) 経験的加速度項振幅 (along-track 方向成分) [10^{-7}m/s^2] と (e) 大気ドラッグ係数 [無次元]. 横軸は日付 (2002 年 8 月).



図一 2 軌道弧の端点における位置の相違量[m]. 細線は 6 時間軌道弧 (18 例の平均値, リファレンスは 9 時間軌道弧), 太線は 9 時間軌道弧 (7 例, リファレンスは 15 時間軌道弧) の結果を示す. 横軸は端点から計った時間を示す.

4. 結論

今回の解析手法では, 軌道弧の端点から 1.5~3 時間までの範囲では軌道決定精度が極端に悪化する. しかし, 現段階では, 力学的なモデルのパラメータの設定がまだ最適化されていない.

また, 経験的加速度 (または大気ドラッグ係数) の推定精度は, 軌道決定精度に影響を与える.

今後は, 大気等による重力の短周期変動成分をモデルに含めることや, 加速度計データを用いた非保存力の考慮, 力学的なモデルでのパラメータ設定の改良について検討する予定である.

5. 謝辞

本研究の解析にはアメリカ航空宇宙局ゴダード宇宙飛行センターで開発された軌道解析ソフトウェア GEODYN-II を使用した. 同ソフトウェアの使用許諾をいただいたことに感謝する.