

衛星重力でみる地球システム

Earth System Monitoring by Satellite Gravimetry

古屋 正人[1]

Masato Furuya[1]

[1] 東大地震研

[1] ERI

『重力』は、人工衛星登場以前から地球の形状を測定するための手段であり、また標準的な重力からのずれとされる重力異常は資源や地質構造探査の道具として有用である。衛星重力計測は1957年のスプートニク打ち上げに始まった。地球重力場の空間的な不均一によって乱される人工衛星の軌道を精密に決定することで、地球規模の重力計測が可能になった。前述の「標準的な重力」を規定する地球半径、地心引力定数、力学的偏平率、自転角速度の4パラメータ(測地基準系)も、人工衛星が登場してから高精度に決まるようになった。初期の衛星重力計測の日本の貢献には、古在による地球が西洋なし型である効果の発見がある(J3の決定)。以来、地球重力場モデルは高空間分解能化の一途を辿ってきた。また1980年代に入ると、力学的偏平率などの低次の展開係数の経年変化が検出されて、ポストグレイシャルリバウンドの効果とされた。さらに1990年代には、力学的偏平率の季節変化が検出され、大気や海洋など表層流体の質量再配分で解釈されるようになった。これらの衛星による重力場推定は、衛星の軌道の高精度決定がその基礎にあった。

今後の地球規模の新しい重力場推定は、高度計を除けば、複数の衛星を利用する衛星間測距(Satellite to Satellite Tracking; 以下 SST)によるか、単独でも重力偏差計(Gravity Gradiometer)を搭載するものになっていくであろう。2000年7月に米独共同で打ち上がったCHAMP(CHALLENGING Minisatellite Payload)は、高度450kmの低軌道衛星で、20000km上空のGPS衛星とのHigh-Low型のSSTによって重力場推定のためのデータを提供している(<http://op.gfz-potsdam.de/champ>を参照)。High-Low型のSSTでも、重力ポテンシャルの低次の係数の決定精度はこれまでの軌道決定によるものよりも桁で向上すると言われている。さらに2002年3月には、CHAMP型の衛星2機を同じ高度450kmにのせてより空間波長の小さい重力場推定を狙うGRACE(Gravity Recovery And Climate Experiment)が打ち上げられ、回数40程度でも一気に3桁の精度向上が期待できるという(Dickey et al. 1997)。欧州で計画中のGOCE(Gravity Field and Steady State Ocean Circulation Explorer)は、衛星に重力偏差計を搭載し、CHAMPやGRACEでは捉えられないほどの短波長の重力場決定を狙う。それらの応用により、マントル(リソスフェア)ダイナミクスへのより詳細な制約が与えられよう。また、2001年12月に打ち上がったJasonのデータと共にジオイドモデルは一層向上し、海洋大循環のより高精度な推定が期待できる。

CHAMPやGRACEが従来の地球重力場決定に用いられた衛星と質的に異なるのは、時間変化成分をはじめから狙っている点である。GRACEでは、重力ポテンシャルの展開係数を1ヵ月に一度の頻度で生産していくことになっている。言い替えると、季節変化程度の時間スケールの地球規模の質量変化を、宇宙空間から重力を通してまると直接に測定する。ここに、地球システムモニターの手法としての新味がある。大気の質量再配分については地上気圧変化として独立に測定され、客観解析データも利用できる。そのデータが信頼できる時空間スケールの精度で、大気圏以外の質量分布の時間変化が地球規模でモニターできることになる。すなわち荒っぽくいえば、地球規模の水循環が積分量として分かることになる。陸水、水文、雪氷学における水循環のリモートセンシングにおいて、新しい切口を与えることは確かであろう。

技術的なことについていえば、SSTや重力偏差計のアイデア自体は30年以上も前からのものである。しかし、実用段階にきた背景にはGPSに代表される衛星測位技術の進展がある。さらに鍵を握る技術は、非保存力の効果を補償するために衛星に搭載する加速度計である。また、NASAでは既にGRACEの後継として、マイクロ波ではなく、レーザーリンクによるミッションを計画している。