

衛星重力とグローバル水循環

Gravity satellite mission and global water cycle

仲江川 敏之[1]

Tosiya Nakaegawa[1]

[1] 気象研・気候

[1] MRI/JMA

1. はじめに

両極の氷河を除いた陸域の水循環を考える場合、地下水は全体の約96%を占める最大の貯留場所でありながら、その貯留量の正確な見積りは未だになされていない。現在までの所、その見積りは推測される地下水層の厚さと水分含水率に陸域面積を掛けて算出した推測値しかなく、観測に基づいた値は無い。これは地下水層厚さと水分含水率の測定を全球的に計測する技術が無く、数点で計測したとしても陸域の滞水層構造は極めて不均質なため、広い範囲の周辺領域を代表しないため、観測に基づいた値を算定することをしきしている。本稿では、これまでに観測、推定されている陸域の水分貯留変動から、どのような変動が衛星重力ミッションで捉えることができるかについて述べる。

2. 重力ミッションにより計測可能な量

ここでは low-low laser tracking の SSI の設計精度を基に、陸域のどのような水貯留変動が観測可能かについて検討を行う。SSI の水平解像度は 10^5km^2 である。現実の河川流域は矩形ではないが、流域の大きさだけで考えると156位、即ち156個の河川で、貯留量を推定することができる。156位までの積算河川流域は $9.02401 \times 10^7 \text{km}^2$ で全陸域の60%を占める(全陸域 $149,450,000 \text{km}^2$)。矩形で全陸域を覆った場合、

同定できる流域は100程度である。以下では、自然変動と人為変動それぞれについてどの程度の変動があるかについて調べる。今、 10^5km^2 のある矩形領域を考え、その中で、水貯留量が変化したとする。積雪や地下水変動などは矩形領域全部で同じ変動をすると仮定することができるが、湖沼等ではその地域のみ貯留量が変化する。後者のような場合、その貯留量変動を 10^5km^2 で平均した時の値を算定した。SSI の精度は単位面積当たりの水に換算して10mmだから、このようにして求めた変動量が10mmを越えれば、SSI で観測可能なシグナルとなる。

2.1 年々変動、季節変動

2.1.1 自然変動

地下水と土壌水を合わせた変動は、大気水収支 - 流域水収支結合法を用いた算定結果(Masuda et al., 2001)によれば、殆どの河川で10mm以上の変動がある。積雪による加重は降水と異なり、融雪期まで蓄積される。ユーラシア、北アメリカ大陸の多雪地帯では最大積雪深が500mmを越えることから、雪の密度を考慮しても50mm程度の変動がある。

2.1.2 人為変動

まず水田に貯留されている水による加重について考える。例えば、水田面積は日本全体の7.3%(農水省「耕地及び作付面積統計」平成7年)で、平均水深を0.1mとすると日本全体での平均で7.3mmとなる。同様に中国全体の平均を計算すると3.2mmとなる。次に世界の大きな湖沼の水位変動による加重について考える。琵琶湖では、1994年9月15日 -1.23mに最低記録水位が観測された。この変動をSSIの分解能で平均化すると8.2mmの変動となる。現在建設が進んでいる長江の巨大ダム三峡ダムでは、洪水調節等運用上、最大で22mmの変動がある。

2.2 ドリフト

以上では、長期平均をすると0となる変動成分を考えてきた。もう一方で、長期平均しても0とならず、平均値が変化することが考えられる。自然変動としては温暖化による気候変化が考えられるが、定量的な推定は現在のところされていない。人為変動としては、例えば上述のダム建設前後では393mmの加重増加となる。地下水、表流水の過剰取水による地下水低下が世界中の穀倉地帯で報告されている。中でも中国の華北平原では過去30年間に60mもの地下水水位減少があった。同様に取水によって、カスピ海やアラル海等の水位低下も報告されている。

以上から、自然変動の年々変動、季節変動については、流域水貯留量、積雪、大ダムの洪水調節操作による加重は、SSI で計測することができると言える。人為的に貯水量を変えることができるダム湖で、最大貯留量の1%だけ変化してもSSI で計測可能なダム湖は世界に7つある。また、長江下流域でうまく領域を選べば、水田湛水による加重も計測が可能であると推測される。長期的な水貯留量ドリフトの人為変動分についても、SSI で計測可能と言える。この結果をSSTに焼き直しても、水田湛水加重を除きここで取り上げた変動は計測可能と考えら

れる。

3. おわりに

いわゆる電磁波センサ - では不可能であった土壌内部の貯留量を推定することができる衛星重力ミッションのデータは、今まで知られていない全球スケ - ル陸域水循環での季節変化を明らかにすることができる点だけでもその役割は大きい。周辺分野の進歩に伴い、陸域各要素の変動成分も推定できるようになれば、より精緻な陸域水循環の理解をもたらすものと期待される。また、最近陸域水貯留量変動に伴う加重が個体地球に歪みを生じさせていることが、GPS 観測により検出されている。将来的には歪みと重力異常を合わせて、陸域水貯留量変化の推定が期待される。