

3. 衛星観測情報を用いた大規模湖沼・ダム貯水量の全球モニタリング

GLOBAL MONITORING OF WATER STORAGE IN LARGE LAKES AND RESERVOIRS BY SATELLITE OBSERVATION

馬籠 純*・平野 順子・竹内 邦良・石平 博

Jun MAGOME, Junko Hirano, Kuniyoshi TAKEUCHI, Hiroshi ISHIDAIRA

ABSTRACT: Feasibility of global monitoring of water storage in large lakes and reservoirs by satellite monitoring method combined satellite images and altimeter data is analyzed. In this study, variation of water storage in 34 large lakes and reservoirs are monitored globally by using satellite images obtained from TERRA/MODIS and satellite altimetry data obtained from TOPEX/POSEIDON MGDR-B. The results show that the satellite-based monitoring method can provide information on seasonal to inter-annual variability of water storage in large lakes and reservoirs. The method used in this study utilizes only satellite data to estimate reservoir storage. This approach is capable of contributing greatly to integrated water resources management and water use quantification in large-scale regions—especially areas that have inadequate ground observations, making it very useful for determining the impact of reservoirs in the water cycle of large scale regions..

KEYWORDS: Reservoir, Lake, Water Storage, Satellite Remote Sensing, Global

1 はじめに

現在、世界には大規模ダム貯水池（堤高 15m の以上ダム）だけでも約 45,000 が既に建設・運用されている。さらに、急速な人口増加に伴う水需要の増大のため、多くの地域では現在も多くの建設計画が存在しており(ICOLD, 1998, 2003)、これらダム貯水池群は大規模湖沼とともにより効率的な運用が望まれている。このような水資源の効率的な運用には、個々の大規模湖沼・ダム貯水池の適切な管理に加えて、湖沼・ダム貯水池群の定量的な広域監視に基づく効率的運用が求められる。一方で、近年、ダムの水資源的な側面だけでなく、ダムによる水の貯留やそれに伴う河川水の流下遅延が大陸・地球規模での水循環へ与える影響についても認識されつつある(Volosmarty et al., 1997, Hanasaki et al., 2006)。したがって、湖沼・ダム貯水池による貯留が水循環に与える影響を定量的に評価するためにも、貯水量を全球規模かつ継続的に監視することは非常に重要である。

このような広域観測には衛星観測情報を用いた定常的な地表面観測が有効であり、水文・水資源の分野においても降水量、積雪量、融雪量等の推定に関して利用されてきている。しかしながら、湖沼およびダム貯水量は水資源として重要であるにも関わらず、これまで衛星観測情報に基づき直接的に広域の貯水量を推定・評価した研究例は少なく、貯水量の広域監視において大きな課題が残されている。

したがって、本研究では現在利用可能な衛星観測情報に基づく大規模湖沼・ダム貯水量の全球モニタリン

* 山梨大学大学院医学工学総合研究部

Interdisciplinary Graduate School of Medicine and Engineering, University of Yamanashi

グ手法の構築を目的とし、衛星による貯水量モニタリング手法 (Magome et al., 2003) によって推定される長期の貯水量変化から、衛星による全球モニタリングの実現可能性を評価する。

2 衛星観測情報に基づく大規模湖沼・ダム貯水量のモニタリング手法

衛星画像と衛星高度計データの組み合わせにより任意地点の湖沼・ダム貯水量の推定が可能な Magome et al. (2003)の手法を用いて、貯水量変化の全球モニタリングを行う (図1)。本研究では、この手法の中から大規模貯水池・湖沼の観測に利用可能な衛星画像と衛星高度計データのみから貯水量を推定する手法を用いる。この手法では、まず衛星高度計と衛星画像の両方が得られている期間において、貯水池の貯水位 H と湛水面積 A の関係 (図2: H - A 曲線: $A = \alpha H^\beta$) を求める。この H - A 関係より、貯水量変化 dV は以下のよう

$$dV = \int_{H=H_0}^{H_1} A(H) dH = \int_{H=H_0}^{H_1} \alpha H^\beta dH$$

ここで、 α 、 β は H - A 曲線の係数、 H_0 は基準水位、 H_1 は衛星高度計により観測される水位 (m) である。

3 使用する衛星観測情報

本研究では、大規模湖沼・ダム貯水量の全球モニタリングを行うため、全球規模で観測がなされている衛星観測データを用いた。衛星画像は、TERRA/MODIS の Surface Reflectance 8-Day L4 Global 500m3)を使用した。使用した画像の観測期間は2000年2月～2004年12月までであり、バンド5 (1230-1250 nm) データから、閾値処理により貯水池の湛水面積を算出した。衛星高度計データは、TOPEX/POSEIDON 衛星の MGDR-B

データ(1992年10月から2002年8月)およびUSDA Reservoir Databaseを用いた。このデータのサンプリング間隔は軌道方向に約6 km、軌道間隔は赤道において約315 km、観測時周期は約10日であり、これより湖沼および貯水池の水位変化を求めた。なお、本研究では、各貯水池の水域内に入る高度計観測点における水位の平均値を求め、これを貯水位とした。

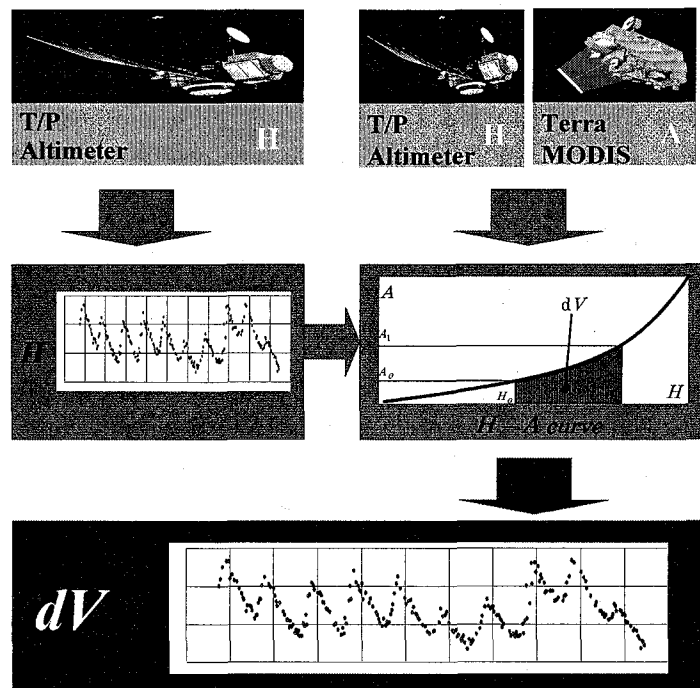


図1 貯水量の衛星モニタリング手法
Magome et al. (2003) ②

4 衛星観測情報に基づく大規模湖沼・ダム貯水量の全球モニタリング

現時点で、本研究により衛星データを用いた貯水量変化のモニタリングが可能となった地点は図2に示す34地点 (湖沼19地点、貯水池15地点) である。ここでは、各大陸から合計10地点の貯水量の長期変化について図2に示した。いずれの貯水量変化推定結果も季節変化ならびに年々変化を再現していることがわかる。さらに、現地観測の貯水量変化データが取得できたPowell湖およびVolta湖における貯水量変化の推定精度の検証を行った。図3はPowell湖の検証結果であり、推定精度を対象期間における貯水量変化の最大変化幅に対する誤差により評価すると、誤差平均は0.47 km³ (6.0%)、誤差最大値は1.05 km³ (9.5%)となった。また、図4のVolta湖においては、平均で4.1 km³ (10.5%)、最大で11.3 km³ (29%)であった。した

がって、衛星観測データにより、全世界の湖沼および貯水池における貯水量変化の季節変化・年々変化の検出は可能であり、長期・連続的な貯水量変化の全球規模でのモニタリングの実現は十分に可能であると考えられる。

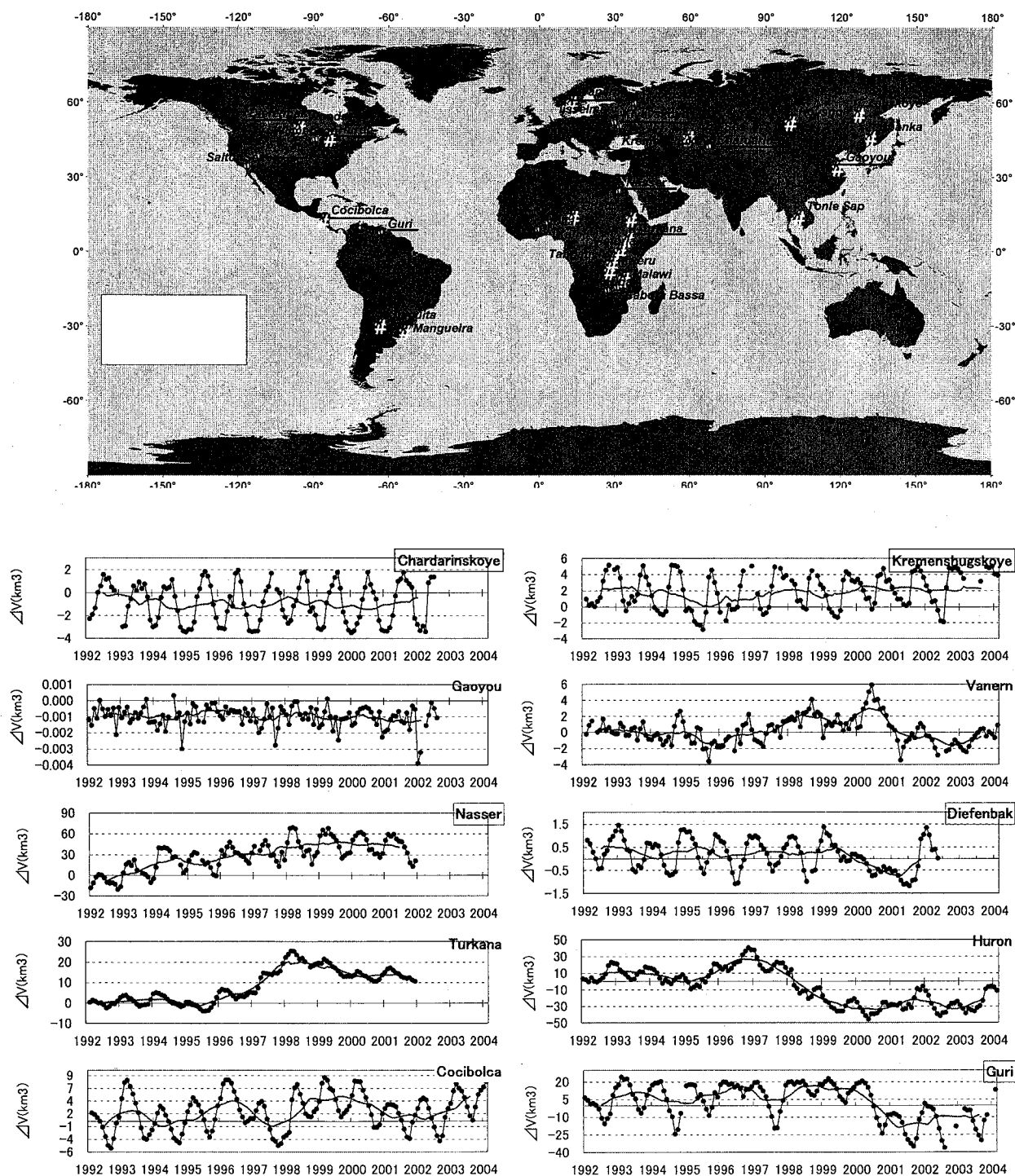


図3 衛星による貯水量変化の推定結果 (1992 - 2004)
点線は推定結果、実線は貯水量変化の長期傾向 (移動平均)、四角で囲まれた地点名はダム貯水池、それ以外は湖沼を示す

5. まとめと今後の課題

本研究では、TERRA/MODIS 衛星画像および TOPEX/POSEIDON 衛星高度計データを用いて、全世界の合計 34 地点の湖沼および貯水池の貯水量変化の長期変化を推定した。その結果、衛星による貯水量変

化の全球モニタリングは可能であり、季節変化ならびに年々変化の検出が可能であることが分かった。

本手法による全球モニタリングは衛星データのみから貯水量を推定するものであり、十分な地上観測データが無い地域を含む、広域水資源の総合的な管理・運用に大きく寄与するものと期待される。しかしながら、ここで得られた貯水量変化と水環境の変化（降雨・流出・水利用など）の関連性の解明は重要であり、今後の課題である。さらには、推定精度の検証地点の増加ならびに貯水量推定精度の向上の図り、Jason-1 衛星高度計をはじめとした現在運用中の衛星を利用する準リアルタイム貯水量監視システムの構築を行いたい。

参考文献

ICOLD: World register of Dams1998, International Commission on Large Dams, 1998, 2003.

Vorosmarty et al: The Storage and Aging of Continental Runoff in Large Reservoir Systems of the World, Ambio, Vol.26 No.4, pp. 210-219, 1996

Naota Hanasaki, Shinjiro Kanae and Taikan Oki: A reservoir operation scheme for global river routing models, Journal of Hydrology, 2006,

Magome, Ishidaira and Takeuchi : Method for satellite monitoring of water storage in reservoirs for efficient regional water management, IAHS Publ. no. 281, pp.303-310, 2003.

NASA EOS : <http://edcimswww.cr.usgs.gov/pub/imswelcome/>

NASA PODAAC: TOPEX/POSEIDON MGDR-B, ftp://podaac.jpl.nasa.gov/pub/sea_surface_height/

USDA: USDA Reservoir Database, http://www.pecad.fas.usda.gov/cropexplorer/global_reservoir

