

山梨大学大学院 ○馬籠 純

山梨大学工学部 境澤 昌志 手塚 晶子 石平 博 竹内邦良

1. はじめに

水資源の効率的運用ならびにダム貯水池による環境影響評価のためには、ダム貯水量の空間分布および時空間変動を把握することが重要である。しかし、貯水量に関する情報の公開は十分に進んでいるとはいえず、途上国などでは限定的あるいは非公開である場合が多い。したがって、このようなダム貯水量を把握するために、衛星リモートセンシング技術に基づく、広範囲での貯水量のモニタリング手法を確立する必要がある。

そこで本研究では、世界最大の湛水面積をもつアコンソボダムを対象とし、衛星情報と数値地形情報を用いた大規模ダムの貯水量推定を試みるとともに、衛星リモートセンシング技術に基づく大規模ダムの貯水量モニタリングの可能性について検討する。

2. 解析対象ダム貯水池

本研究で対象とするアコンソボダム(図1)は1965年に西アフリカ・ガーナのボルタ川に建設され、その湛水面積は世界最大である。満水時の湛水面積 $8,482\text{km}^2$ は日本最大の雨竜第一ダム (23.7km^2) の358倍、貯水容量 148km^3 は日本最大の奥只見ダム (0.601km^3) の246倍に相当する。

3. SAR 画像を用いた貯水量推定

本研究では1995年～96年の合計5時期において、1)～3)の手順(馬籠ほか,2001)によりSAR画像および数値地形情報から貯水量を推定した。なお、使用したSAR画像は、解像度約100mのNASDA EORCの全球熱帯雨林マッピングプロジェクトによるJ-ERS1/SARモザイク画像および解像度12.5mのJ-ERS1/SARレベル2.1画像4シーンである。また、数値地形情報(DEM)はグリッドサイズ約1kmのGTOPO30(USGS)を用いた。

1) 湛水面積-貯水量関係(A-V関係)のモデル化

ダム貯水池の湛水面積(A)-貯水量(V)関係(以下A-V関係)は、GTOPO30より貯水位1m毎に計算したA、Vから、累乗式 $V=aa^b$ でモデル化した(図2)。以上の方法で得られたアコンソボダムのA-V関係式は次のとおりである。

$$V=3.30 \times 10^{-5} \times A^{1.69} \quad (A: \text{km}^2, V: \text{km}^3) \quad (1)$$

2) SAR 画像からの湛水面積Aの抽出

本研究では、以下の手順でSAR画像より湛水面積を求めた。

湛水域のような滑らかな面では、マイクロ波が鏡面反射するため、後方散乱は小さくなり、SAR画像では暗く表示される。したがって、まず画像強調により湛水域を強調し、平滑化フィルタによる空間フィルタリング処理によりSAR画像特有のばらつきを軽減する。さらに、2値化処理により湛水域と非湛水域に分類し、多数決処理により分類画像の孤立点を除去した後、湛水域を領域化して抽出する。この2値化処理の閾値は、様々に変化した閾値の中から地形図を参考にして、湛水域の形状を最も良く捉えている値を用いた。

次に、抽出した湛水域のピクセル数にピクセルサイズ(100mもしくは12.5m)

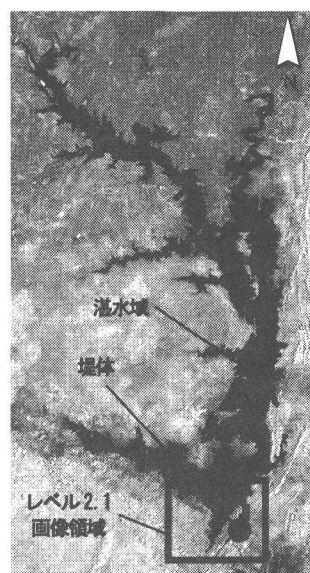


図1 アコンソボダム
(J-ERS1/SARモザイク画像:1996年2-3月)

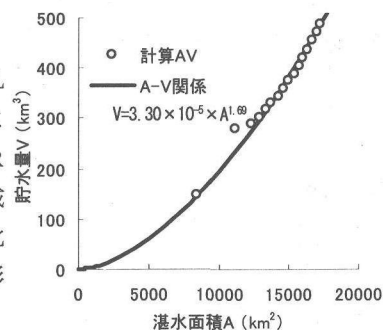


図2 アコンソボダム A-V関係

キーワード：貯水池、衛星リモートセンシング、SAR、湛水面積、貯水量

連絡先：山梨県甲府市武田4-3-11 山梨大学工学部土木環境工学科

を掛け合わせることでにより湛水面積 A を求める。ただし、J-ERS1/SAR レベル 2.1 画像の範囲はダム堤体付近のみである（図 1 の口部分）。このため、レベル 2.1 画像の場合は、この画像範囲内の湛水面積とモザイク SAR 画像における全体の湛水面積との面積比から、貯水池全体の湛水面積を求めた。

3) 貯水量 V の推定

2) における湛水面積 A の抽出結果をもとに、式 (1) の A - V 関係から貯水量 V を推定した。表 1 は SAR 画像から求めた湛水面積と貯水量の推定結果である。

4. 考察

本研究では、検証用データとしてダム管理所の実測貯水量データが入手できなかったため、ダム建設前後の長期平均的な流況の変化から年間の貯水量変化量を推定し、この値をもとに貯水量推定結果の妥当性について考察する。

図 3 は、New Hampshire 大学の Complex Systems Research Center が作成した世界の河川流量データ (RivDIS) より求めた、アコンソボダム下流 Senchi 流量観測点のダム建設前の自然流況 (1936-64) とダム建設後の流況 (1966-84) を示す長期平均の月単位ハイドログラフである。この図において、自然流況とダム建設後の流況との違いから、雨季における貯留 (図中斜線部) および乾季における放流量 (図中網掛部) を求めた結果、それぞれ 22.5km^3 、 13.0km^3 となった。なお、貯留と放流の差 ($=9.5\text{km}^3$) は、湛水面からの蒸発による損失と考えられる。参考までに、East Anglia 大学の Climate Research Unit が作成した全球 0.5° グリッドの気候値 (気温、風速などの長期平均値) を用いてアコンソボダム周辺の可能蒸発量を算定した結果、約 $11\text{km}^3 \sim 13\text{km}^3$ ($1600\text{mm/y} \sim 1700\text{mm/y}$) となった。これと比較すると、上記の損失量はやや少なめではあるが、ほぼ対応することが確認できた。したがって、乾季と雨季の間におこるアコンソボダムの貯水量変化は、約 13km^3 前後と考えられる。

一方、5 時期の衛星画像から推定した貯水量 (表 1) より、解析対象期間におけるダム貯水量の最大値 (1996.10) と最小値 (1995.5) の差は、約 13km^3 である。これは、ダム建設前後の長期平均的な流況の変化より推定した年間の貯水量変化量とほぼ対応している。以上の結果より、本手法による衛星画像から求められる貯水量変化は、実際のダム貯水量の変動を概ね捉えていることが確認された。

今後、さらに高精度かつ高解像度の DEM が全球規模で整備される予定であることから、ダム貯水池の A - V 関係の精度向上が期待される。また、PALSAR のような多偏波観測や、より高解像度の分解能を持つ衛星搭載型 SAR の運用が予定されており、湛水面積の抽出精度の向上も期待される。さらに、各種衛星に搭載される SAR を用いることで天候に左右されない定常的な水面観測が可能になることから、今後、大規模貯水池のモニタリングも可能になるものと思われる。

5. まとめ

本研究では、大規模貯水池であるアコンソボダムに対して、SAR 画像ならびに GTOPO30 を用いて貯水量の推定を試みた。得られた結果は、実際のダム貯水量の変動を概ね捉えており、衛星リモートセンシング技術に基づく大規模ダムの貯水量モニタリングの可能性が示されたといえる。今後は、さらに多地点で検討するとともに、湛水面積の抽出精度の向上ならびに A - V 関係の精度向上を図っていきたい。

参考文献

- 1) 馬籠, 竹内, 石平: 衛星・数値地形情報に基づくダム貯水量の推定, 水工学論文集, vol.45, pp163-168, 2001
- 2) University of East Anglia: The CRU Global Climate Dataset, http://ipcc-ddc.cru.uea.ac.uk/cru_data/datadownload/ddc_download.html
- 3) UNH CSRC: The Global River Discharge Database (RivDIS), <http://www.rivdis.sr.unh>.

表 1 貯水量推定結果

時期	湛水面積 (km^2)	貯水量 (km^3)
1996 (2-3月・モザイク)	7056.4	107.5
1995.5.22	6873.7	102.9
1995.8.18	6885.2	103.2
1996.2.10	7074.6	108.0
1996.10.31	7359.1	115.5

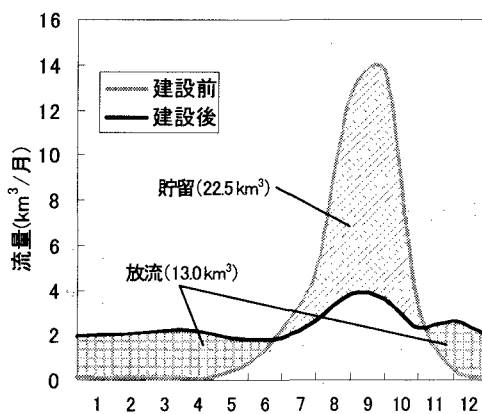


図 3 河川流量の季節変化
(アコンソボダム下流 Senchi 流量観測点)