

合成開口レーダを用いた貯水池に関する情報抽出

教科・領域教育専攻

生活・健康系コース（技術）

指導教員 伊藤陽介

1. はじめに

ダムや灌漑用水路などの設備が充実した現在においても、降水量の少ない地域における貯水池の存在価値は大きい。とくに、降水量の少ない香川県における単位面積当たりの貯水池数は 7.8[個/km²]であり、その総池面積は約 4800[ha]に達し、水田面積の 17%に相当する。

一方、従来から貯水池の管理者は、取水口付近に設置されているゲージの目盛を読み取り、貯水量早見表(以下、早見表)を用いて貯水量を推定している。早見表には、水深、水面積、区間容積、累積貯水量、貯水量などが記載され互いに参照できる。早見表が整備されていない小規模な貯水池の貯水量は、管理者の判断で推測されていることが多い。

本研究の目的は、気象条件に影響されにくい合成開口レーダ(SAR)による観測データを用いて特定地域に点在する貯水池に関する情報として、水域面積を求め、その実験結果に基づいて、各貯水池の貯水量を推定することである。

2. SAR を利用した貯水池の観測

海域と比較して貯水池の水域は狭い閉領域であり内陸部にあるため、風の影響が少なく高い波が立ちにくいことから、レーダ波は鏡面反射に近くなり、池の水面からの後方散乱は小さくなる。

貯水池を観測する場合に必要な解像度(約 1m)をもつ SAR として、X バンドの多偏波

SAR を航空機に搭載した Pi-SAR を利用する。香川県地方を対象とする Pi-SAR による観測は、2004 年 8 月 2 日と同年 11 月 5 日の 2 回実施した。観測データをそれぞれ P7804, P8301 とする。さらに、両観測日に合わせて、現地調査を行い 10 ヶ所の貯水池のゲージから貯水量を計測した。地上調査した貯水池のうち、高松市にある小田池(満水時貯水量 141[万 m³])と三郎池(満水時貯水量 176[万 m³])を実験対象とする。2 時期の貯水量(貯水率)は、それぞれ、小田池 129[万 m³] (91%)→20[万 m³] (14%)、三郎池 174[万 m³] (99%)→84[万 m³] (48%)に変化し、大幅に水量が減少している。ここで、基準とする水域を観測した P7804 を SAR₁ とし、P8301 を判別対象とし SAR₂ とする。

3. 単一偏波による水域判別

Pi-SAR で得られたデータのうち単一偏波(HH, HV, VV)毎に観測データを用いて水域を判別する。SAR₁ を用いて、貯水池の水域を GIS などを用いて特定し、後方散乱係数の平均 $\bar{\sigma}_1$ と標準偏差 m_1 を求める。SAR₂ のうち、SAR₁ で水域と判読された領域から得られる後方散乱係数 σ_2 が、 $\sigma_2 < \bar{\sigma}_1 + k \cdot m_1$ の場合、水域と判別する。 k は予備的な実験結果に基づいて決定する定数である。

この判別方法を適用し分類スコア行列ならびに平均分類精度を用いて判別精度を評価する。 $k=0.7$ を用いて小田池の水域を判別した結果得られた平均分類精度は 80.8% (HH),

79.5% (HV), 94.0% (VV)であった。VVを用いた小田池の判別画像を図1(a)に示す。三郎池の分類結果も同様な傾向を示し、VVを用いた場合に最も高い判別精度が得られた。この要因として Rice-Bragg モデルに示されたVVによる後方散乱がHHより大きいことが考えられる。

4. 多偏波による水域判別

前節で述べた判別方法をさらに改良するため、多偏波データを判別方法に適用する。そのためにカテゴリ間距離測度の比較によって判別する方法を導入する。

水域(ω_1)と水域以外(ω_2)の2つのカテゴリ($i=1,2$)を設定し、それぞれSAR₁から教師データを抽出し、平均ベクトル μ_i と分散・共分散行列 Σ_i を求める。SAR₂に含まれる多偏波データ \mathbf{x} と各カテゴリ間の距離測度としてマハラノビス距離

$$d_i = (\mathbf{x} - \mu_i)^T \Sigma_i^{-1} (\mathbf{x} - \mu_i) \quad (1)$$

を求め、その距離が最小となるカテゴリに分類する。

この方法にHH, HV, VVの多偏波データを適用して分類スコア行列を求め平均分類精度を得た。小田池と三郎池の判別精度は、それぞれ、93.5%, 93.4%であった。この方法で得られた小田池の判別画像(図1(b))は、図1(a)と比較してごま塩状の誤判別が少なくなり良好な結果を得ている。

5. 貯水量の推定実験

一般的な貯水池の堤体内側の傾斜は緩く、水深 l と水域面積 S は一価関数 $S(l)$ として表すことができ、 $S(l)$ を水深-水域面積曲線と定義する。

早見表には、水域面積のデータが含まれることは少なく、水深と水域面積の関係は、水

深が異なる時期において複数回のSARによる観測と水深の同時計測に基づいて、各貯水池毎に異なる $S(l)$ を求めておく。

つぎに、水域の判別結果より水域面積 S_x を計測し、 $S_x = S(l)$ を満たす水深 $l = l_x$ を求め、貯水量 V_x を

$$V_x = \int_0^{l_x} S(l) dl \quad (2)$$

により推定する。

小田池の場合、P7804及びP8301から判別された水域面積 S_x は、それぞれ34[万 m^2]、17[万 m^2]であり、現地調査による水深 l_x は、それぞれ6.73[m]、3.00[m]であった。ここで、 $S(l)$ を直線近似した場合、P7804の観測日では $V_x = 121$ [万 m^3]と推定され、その誤差量は、 -8 [万 m^3]となった。同様にP8301の観測日では $V_x = 26$ [万 m^3]と推定され、その誤差量は、 -6 [万 m^3]となった。

これらの結果より、SARによる観測データを用いて水域面積を求め、貯水量を推定できることが示された。本方法に周期的な観測が可能な人工衛星に搭載されたSARによる観測データを適用することによって、提案方法の有用性がより高まると期待される。



(a) 単一偏波(VV) (b) 多偏波(HH, HV, VV)

現地調査 \ 判別結果	水域	水域以外
水域		
水域以外		

図1 小田池の判別画像