

衛星リモートセンシングを用いた蒸発量と塩類集積の空間分布の分析 Analysis on spatial distribution of evaporation and saline land using satellite remote sensing

○藤本雅一¹・守田秀則¹・赤江剛夫¹

Masakazu Fujimoto, Hidenori Morita and Takeo Akae

1. はじめに 塩類集積の発生メカニズムには蒸発量が大きく関わっている。本研究の対象地は中国内蒙古自治区河套灌区(総面積 119 万 ha)とした。乾燥・半乾燥地に属しており、現在は塩類集積の対策と水の有効利用を課題としている。

本研究は Landsat/ETM+画像を用いて以下の 2 点を目的として行った。(1)衛星画像から蒸発量を推定する式を作成する(2)蒸発量の空間分析と塩類集積地の分布の関係を分析する。以上を通じて蒸発量の多い地域で塩類集積が発生しやすい傾向にあるという仮説を立証する。

2. 蒸発量推定式 衛星画像の情報を最大限に反映することができ、気象観測項目は現地で継続的に入手可能な最低限のものに限定するという条件下で蒸発量推定式を作成した。式の作成にはエネルギー収支式と熱収支式を用いた。顕熱に関してはバルク法を用いた。以下の(1)式に(2)~(4)式を代入することで蒸発量 E を求めることができる。

$$E = \{(1 - \text{ref})S + L - C_{pp}C_H U(T_s - T) - \sigma T_s^4 - G\} / \lambda \dots (1)$$

$$\text{Ref} = 0.356b_1 + 0.130b_3 + 0.373b_4 + 0.085b_5 + 0.072b_7 - 0.00181 \dots (2) / \text{R. Richter}(2003)$$

$$G = 0.4R \{ (0.814 - 1.5(b_4 - b_3)) / (b_4 + b_3 + 0.5) \} / 0.814 \dots (3) / \text{Shunlin Liang}(2000)$$

$$T_s = 1282.1 / \log \{ 666.09 / (17.04 b_6 / 255) \} \dots (4)$$

E:蒸発量 ref:アルベド S:全日射量 L:下向きの大気放射量 C_{pp}:空気の体積熱容量 C_H:顕熱輸送のバルク輸送係数 U:風速 T_s:地表面温度 T:気温 σT_s⁴:長波放射量 G:貯熱量 b_i:バンド i の DN 値 (Landsat/ETM+) λ:水の気化熱

2010 年 9 月に対象地域で現地調査を行い、塩類集積地 3 地点、砂地等 2 地点で蒸発量を測定した。この現地調査による測定値を推定式でどの程度説明できるかを確認をしたところ、R²=0.55 という結果が得られ、本推定式は実用可能であると判断された。

3. 分析方法と分析指標の作成 現地の土地利用図(1998 年発行 縮尺 1 : 25 万)と、対象地域の土地利用の教師付き分類画像(蒸発量、NDVI、NDWI、アルベド、Landsat/ETM+のバンド 8 の DN 値の 5 指標を用いて水域、農地、宅地、塩類集積地、砂地に分類した)のそれぞれについて、土地利用類型を従属変数としてロジスティック回帰分析を行った。説明変数には蒸発量、NDWI、NDVI、アルベド、Landsat/ETM+のバンド 8 の DN 値の全 5 変数を用いた。対象地域の蒸発量/NDVI/NDWI マップ等の作成には年代、観測日の異なる 10 枚の Landsat/ETM+画像を用い、これらを重ね合わせ

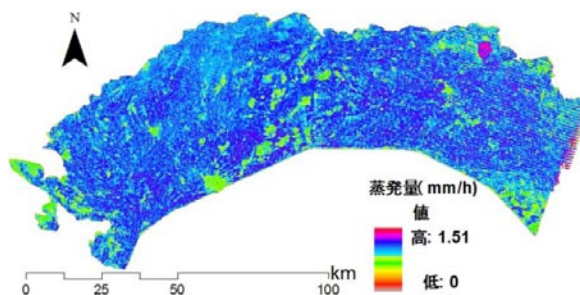


図 1 蒸発量マップ

Fig. 1 Spatial distribution map of evaporation

¹ 岡山大学大学院環境学研究所 Graduate School of Environmental Science, Okayama University
キーワード: 蒸発, リモートセンシング, 塩類集積

で、各画素の平均値を算出し、この平均値を分析に用いた。この作業によって以下の2点の問題の軽減が期待される。(1)2003年以降のLandsat/ETM+画像には機器の不具合による欠測部分が存在するが、複数の画像を用いることでこれを補うことができる(2)季節の異なるデータを平均化することで、農作物の生育ステージに起因する土地被覆の変化を平均化することができる。

気象観測データは河套灌区内の沙壕渠試験場における観測値を対象地域全域に一律に適用した。河套灌区のような広大な土地に対して1地点のみの気象データを適用することはやや問題があるが、研究対象地はほぼ平坦地であり、均質性も高いことから、この方法を採用した。

4. 結果 図1は(1)式より作成した蒸発量マップである。推計された蒸発量には土地利用が強く反映されていることが確認された。対象地域の蒸発量を比較的良く表していると思われる。

ロジスティック回帰分析は以下のように4段階に区切って、判別対象とする土地利用種を徐々に絞り込む方向で実施した。各段階における従属変数は以下の通りである。段階1:水域を除く全域0と水域1、段階2:水域と農地を除く全域0と農地1、段階3:水域と農地と宅地を除く全域0と宅地1、段階4:砂地0と塩類集積地1。結果は表1

のとおりである。表1で教師付き分類結果をソースとする従属変数を用いた結果と土地利用図をソースとする従属変数を用いた結果が異なるのは、両データソースの相違に起因する。そこで双方のデータソースにおいて共に塩類集積地と分類されている地域(図2)のみを塩類集積地としてロジスティック回帰分析を行った。従属変数はその他0、塩類集積地1とした。得られた結果は表2のとおりである。塩類集積地に関してNDVIは負に、NDWIと蒸発量は正に寄与するという結果となり当初の仮説を立証する結果となった。

5. まとめ 本研究では衛星リモートセンシングを用いて蒸発量と塩類集積の関係について分析を行った。精度に向上すべき余地はあるがLandsat/ETM+を用いた蒸発量の推定式の有効性が確かめられた。また、塩類集積地の空間分布はNDVIとは負、NDWI・蒸発量とは正の関係にあることが示された。

なお、本研究の一部は科学研究費補助金(基盤研究(B)、課題番号22380129、代表者赤江剛夫)により実施した。

参考文献

R.Richter(2003), Value Adding Products derived from the AVTOR Models
 Shunlin Liang,(2000)Narrowband to broadband conversions of land surface albedo I Algorithms

表1 ロジスティック回帰結果

Table1 Result of logistic regression					
従属変数:教師付き分類画像					
段階		1	2	3	4
回帰係数	NDVI	-34.058*	64.996*	-29.517*	44.312*
	NDWI	29.254*	-5.996*	-7.931*	67.018*
	蒸発量	17.804*	-5.893*	6.309*	31.085*
適合度 ρ^2		0.937	0.847	0.221	0.710
従属変数:土地利用図					
回帰係数	NDVI	-2.769*	4.752*	-3.039*	7.104*
	NDWI	6.020*	0.073	-3.723*	7.244*
	蒸発量	4.098*	0.429*	1.283*	0.131*
適合度 ρ^2		0.189	0.087	0.010	0.075

* 5%有意

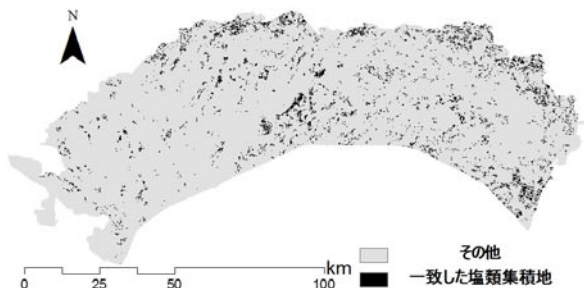


図2 塩類集積地一致地点

Fig. 2 Distribution map of saline land

表2 ロジスティック回帰結果

Table2 Result of logistic regression

変数名	回帰係数
NDVI	-14.182*
NDWI	4.428*
蒸発量	7.414*
アルベド	15.867*
B8	0.011*
定数	-10.492
適合度 $\rho^2=0.204$	
的中率=94.31%	
* 1%有意	