

メコン河氾濫原における衛星画像を用いた栄養塩分布の推定

○東北大学工学部 学生会員 山田 慶太郎
東北大学大学院工学研究科 正会員 風間 聡

1. 背景と目的

メコン河下流域に位置するカンボジアにおいては毎年雨季になると大規模な洪水氾濫に伴い氾濫原が形成される。主要産業を農業とするカンボジアにとって肥沃な土砂の堆積をもたらす米の作量に影響を与える氾濫原は農業の観点から大きな便益をもたらす。しかし、近年カンボジアでは急激な経済発展に伴う人口の増加により、持続可能な農業が必要とされている。平賀²⁾らは洪水氾濫が農業に与える影響を評価するため、栄養塩輸送モデルを用いた栄養塩分布の推定を行った。しかし、このモデルには面的な情報が含まれていない。そこで、近年発展の著しい衛星画像から得られる広域における情報を利用することで、より精度の高い推定が可能になると考えられる。

以上より本研究の目的は、衛星画像を用いて氾濫原の栄養塩濃度を推定する事とする。

2. 対象領域

対象領域を、図-1に示す、カンボジアの首都プノンペンを中心とした140km×110kmの領域である。領域はカンボジア国内のメコンデルタの全域を含んでいる。メコンデルタは洪水期に広範囲で冠水し、氾濫原の水深は2m以上に達する場所もある。

3. データセットと栄養塩濃度の推定方法

一般に肥料に用いられ、植物の生育に影響を与える栄養塩にはリンと窒素があるが、本対象領域における制限因子がリンであることから³⁾、本研究においてはリンのみを扱う。また水中で様々な形で存在するリンは衛星画像を用いた推定が困難である。よってまず衛星画像からクロロフィルa濃度を求め、全リンの濃度を推測する。

(1) データセット

本研究に用いた衛星画像はLandsat-8/OLIの9月のデータを用いた。空間解像度は30mで観測幅は185kmである。Landsat-8/OLIは433nmから2300nmの間で7つのバンドを持ち、各波長の光の反射率をDN値として測定する。地上面の物体はそれぞれ固有の反射特性を持つため、



図-1 対象領域

観測対象の反射特性を明らかにすることで推定することができる。

(2) クロロフィルa濃度の推定

現地観測によって得た14ヶ所の氾濫水のクロロフィルa濃度を目的変数、同地点におけるLandsatデータの7種類のDN値を説明変数として偏最小2乗回帰分析を行い、回帰式を作成した。

(3) 全リン濃度の推定

リンは植物の成長にとって重要な因子であり、藻類の成長を左右する重要な因子となる。これまでもクロロフィルa濃度と全リン濃度の関係の評価が行われてきた⁴⁻⁶⁾。現地観測で得られた全リンとクロロフィルaの濃度からそれら関係式の評価を行った。

4. 結果と考察

(1) クロロフィルa濃度の推定

偏最小二乗回帰分析の推定式(1)を示す。

$$chl_a = x_0 + x_1 \times DN_1 + x_2 \times DN_2 + x_3 \times DN_3 + x_4 \times DN_4 + x_5 \times DN_5 + x_6 \times DN_6 + x_7 \times DN_7 \quad (1)$$

ここで、 chl_a :クロロフィルa濃度($\mu\text{g/l}$)、 x_0 :切片、 $x_1 \sim x_7$:各バンド値の回帰係数、 $DN_1 \sim DN_7$:各バンドのバンド値を表す。回帰分析の結果を表-1に示す。潜在変数が3のとき、最もクロスバリデーションのRMSE値が小さくなった。この関係式を用いてクロロフィルaの濃度を推定した。このとき、式(2)で表される正規化水指数(NDWI)

Key words : リモートセンシング, カンボジア, クロロフィル, 全リン, Landsat, PLS

〒980-8579 仙台市青葉区荒巻字青葉6-6-06 東北大学大学院工学研究科土木工学専攻水環境システム学研究室

表-1 偏最小2乗回帰分析結果

説明変数	係数
切片	63.4
band1	-0.0152
band2	0.0039
band3	0.0505
band4	-0.047
band5	0.0519
band6	-0.0359
band7	-0.0226

を用いて水域のみを抽出し計算した。

$$NDWI = \frac{R - SWIR}{R + SWIR} \quad (2)$$

ここで、R：可視域赤，SWIR：短波長赤外域である。

(2) 栄養塩濃度の推定

クロロフィル a 濃度の常用対数と全リン濃度の常用対数は直線関係にあることが知られている。これまで様々な研究が行われてきたが、全て同様の関係式が成り立つ⁴⁾⁻⁶⁾。その中で最も相関係数の高かった Dillon による式(3)を用いて全リンの濃度を推定した。

$$\log_{10}[chal] = 1.449 \log_{10}[TP] - 1.136 \quad (3)$$

ここで *chla*：クロロフィル a 濃度(mg/l)，*TP*：全リン濃度(mg/l)である。クロロフィル a 濃度と全リン濃度の観測値，Dillon の関係式をプロットした図を図-2 に示す。この図-2 において濃度の低い地点で数値にばらつきが見られた。濁度について考えてみると、濁度が高い地点においてクロロフィル a 濃度が低くなり、濁度が低い地点でクロロフィル a 濃度が高くなった。これは日照条件によるものと考えられる。濁度が低く懸濁物質の少ない地点において光合成が活発に行われたことによるものである。

(4) 全リンの濃度分布図

以上の結果より、衛星画像から作成した全リンの濃度分布図を図-3 に示す。水域の端部や都市域であるプノンペンの周辺で全リン濃度の高い場所が見られた。

5. まとめ

本研究によって衛星画像から栄養塩の分布図を作成することができた。今後、衛星画像によって得られる情報と栄養塩輸送モデルを用いることによって、より精度の高い栄養塩分布の推定を行うことが可能になると考えられる。

謝辞

本研究の一部は、科学研究費補助金（15H05218，代表：風間聡）の助成を受けたものである。また東北大学大学

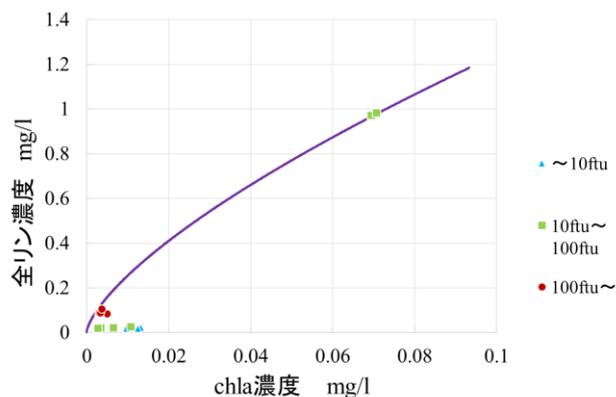


図-2 全リン濃度とクロロフィル濃度

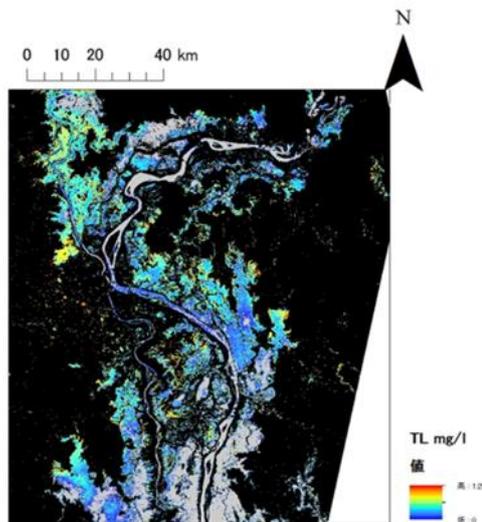


図-3 対象領域の全リン濃度分布図

院工学研究科技術部会田俊介さんには水質分析に関して多大なご支援を頂いた。ここに謝意を表する。

参考文献

- 1) 角道弘文, 川合尚, 後藤章, 真勢徹: 適正技術としてのカンボジアのコルマタージュシステム, 農業土木学会誌, 63, 4, pp.357-362, 1995.
- 2) 平賀優介, 風間聡, 峠嘉哉: メコン河氾濫原の干拓が流域環境に及ぼす影響評価, 土木学会論文集 B1(水工学) Vol.73, No.4, pp. I283-I288, 2017.
- 3) 天野文子, 風間聡: メコン河氾濫原におけるリン輸送モデルの構築および肥沃効果と農業への影響評価, 土木学会論文集 B1(水工学) Vol71, No4, I1189-I1194, 2015.
- 4) Sakamoto, M: Primary production by phytoplankton community in some Japanese lakes and its dependence on lake depth. Arch. Hydrobiol. 62: 1-28, 1966.
- 5) Dillon, P. J. & Rigler, F. H.: The phosphorus-chlorophyll relationship in lakes. Limnol. Oceanogr. 19: 767-773, 1974.
- 6) Carlson, R. E.: A trophic state index for lakes. Limnol. Oceanogr. 22: 361-369, 1977.