

階層ベイズモデルを用いたラオス・ビエンチャンの
湿地・排水河川における負荷量の推定

Estimation of load in wetlands and drainage rivers in Vientiane, Laos
using hierarchical Bayesian model

○片山裕貴¹, 木村匡臣², 乃田啓吾³, 井上慶士¹, 大塚康平¹, 山本純之², 松野 裕²
○Yuki Katayama¹, Masaomi Kimura², Keigo Noda³, Keishi Inoue¹, Kohei Otsuka¹,
Atsushi Yamamoto², and Yutaka Matsuno²

1. はじめに 近年, ラオスでは急速な経済発展が見られており, 首都ビエンチャンでは都市化の進展に伴う人口集中により都市域からの排水による水質汚染が問題となっている. ビエンチャン郊外には集中型の排水処理施設がなく, 河川や湿地の自然浄化機能に強く依存していると考えられているが, 湿地の浄化能力の定量的な評価は十分に行われておらず, 現状の水環境に対する知見は不足している. Kimura et al. (2018) による先行研究では, ビエンチャン市にいくつかの観測地点を設け, 都市排水路および都市排水が流入する自然河川マクヒアオ川において定期的な水質調査を行った¹⁾. その結果, 都市部や河川流域では雨季に栄養塩濃度が減少, 乾季に増加する傾向があること, 流量-負荷量の関係性が流域の特徴によって異なる様子が明らかになった. 定期的な観測は継続されているものの観測データには限りがあるため, 各観測地点における現地観測日以外の流量・負荷量の推定が今後の水環境の把握に向けて重要であると考えた. そこで本研究では, 首都ビエンチャンの周辺地域を含むマクヒアオ川の流域を対象に, 観測地点毎にパラメータの推定が可能な階層ベイズモデルを用いて, 降雨データから流量・負荷量を推定することを目的とした.

2. 材料と手法 対象地域はメコン川の支流であるマクヒアオ川流域を対象とした(図1). 本流域には首都ビエンチャンやタートルアン湿地が含まれ, 都市排水や農業地, 湿地からの水が流れ込む. 対象流域内に 22 か所の観測地点を設け, 現地カウンターパート協力のもと定期的な水質調査を行った. 観測地点は流域の特性と流域面積, 人口密度により分類した. 水質調査は 2015 年 8 月より年 2, 3 回の頻度で行われており, 分析には得られた水質データのうち, T-N (全窒素濃度), T-P (全リン濃度) のデータを用いた. 解析にあたり, 流域面積の差を考慮し, 比流量・比負荷量

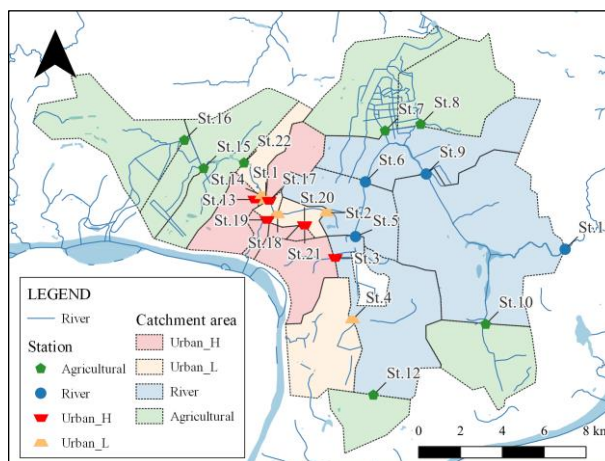


図1 流域特性で分類した観測地点と集水域
Fig. 1 Observation points and catchment areas classified by characteristics

¹ 近畿大学大学院農学研究科 Graduate School of Agriculture, Kindai University, ² 近畿大学農学部 Faculty of Agriculture, Kindai University, ³ 東京大学大学院農学生命科学研究科 Graduate School of Agricultural and Life Sciences, The University of Tokyo

キーワード: 階層ベイズモデル, 水質, 降水, 負荷量, 窒素, リン

を用いた。また、降雨データとしてビエンチャンにおける 2015 年から 2023 年までの 9 年間の日降水量データ (mm/d) を GSMaP²⁾より取得した。流量・負荷の推定には階層ベイズモデルを用いて回帰式を作成した。以下のモデルでは、同分類内での共通性と個々の地点差の両方を考慮するため、同分類の地点間で共通の事前分布を持つ階層構造とした。[1]降雨-流量モデルの構築では、目的変数を流量、説明変数を前 7 日間の日平均降雨量とし、流域サイズ分類が同一の地点において共通の事前分布を設定した。[2]流量-負荷量モデルの構築では、目的変数を負荷量、説明変数を流量とし、流域特性分類が同一の地点において共通の事前分布を設定した。[1][2]で作成したモデルは、それぞれ MCMC サンプルングによるパラメータ推定により事後分布を推定した。事後分布の平均値を説明変数の係数とし、得られた回帰式を用いて流量・負荷量の推定を行った。

3. 結果および考察 推論より得られた回帰式を用いて 2015 年から 2023 年における降雨データより各地点における流量を推定し、さらに流量から負荷量を推定した。流量から負荷量の推定を行う際に累乗近似による回帰モデルを用いた場合、T-N、T-P の観測値と予測値の RMSE はそれぞれ 0.2754, 0.0106 ($\text{g}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{km}^{-2}$)であった (図 2)。それに対し、階層ベイズモデルを用いた場合は 0.1818, 0.0097 ($\text{g}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{km}^{-2}$)となり、予測精度の向上が見られた (図 3)。個々の観測地点における観測データ数が限られていても、観測地点同士に共通性がある場合、階層ベイズモデルにより推定が可能であることが示唆された。

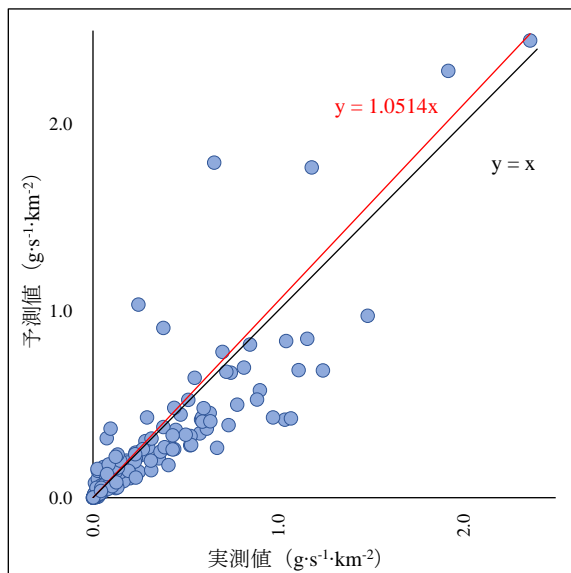


図 2 回帰モデルによる T-N 負荷量の予測値と実測値の比較

Fig. 2 Comparison of predicted load value using multiple regression model and actual value

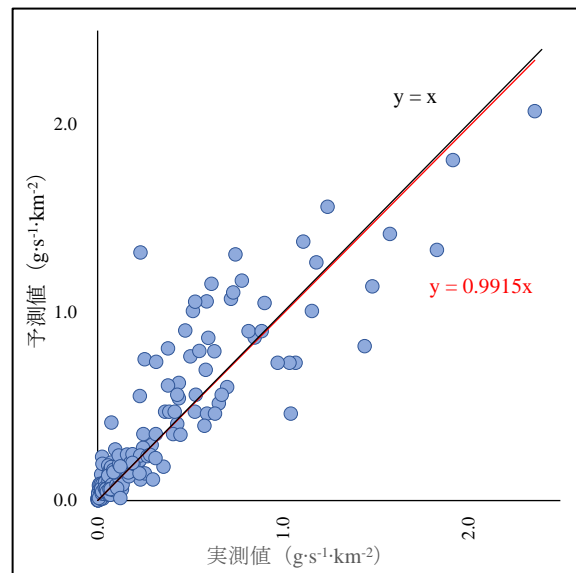


図 3 階層ベイズモデルによる T-N 負荷量の予測値と実測値の比較

Fig. 3 Comparison of “predicted value of load value by hierarchical Bayesian model” and actual value

4. まとめ 本研究では、階層ベイズモデルを用いてマクヒアオ川流域の降雨-流量、流量-負荷量モデルを構築し、各観測地点における観測期間外の負荷量を推定した。今後は、得られた負荷量データを用いて、流域の土地利用の変化が水質に与える影響について解析し、定量的な評価を行う予定である。

参考文献 1) Kimura et al.(2018): Seasonal characteristics of surface water quality in the wastewater catchment system of an urbanizing basin. 2) GSMaP: <https://sharaku.eorc.jaxa.jp/GSMaP/>

謝辞 本研究は JSPS 科研費 20KK0242 の助成を受けたものである。記して深謝の意を表す。