

状態空間モデルを用いたダム湖における
藻類異常発生予測モデルの構築

研究代表者	秋葉	道宏
研究分担者	西村	修
研究協力者	今本	博臣
研究協力者	佐野	大輔
研究協力者	三浦	尚之

厚生労働科学研究費補助金 (健康安全・危機管理対策総合研究事業)
水道事業の流域連携の推進に伴う水供給システムにおける
生物障害対策の強化に関する研究
分担研究報告書

研究課題：状態空間モデルを用いたダム湖における藻類異常発生予測モデルの構築

研究代表者 秋葉 道宏 国立保健医療科学院 生活環境研究部 部長
研究分担者 西村 修 東北大学大学院工学研究科 教授
研究協力者 今本 博臣 水資源機構総合技術センター
研究協力者 佐野 大輔 東北大学大学院環境科学研究科 准教授
研究協力者 三浦 尚之 国立保健医療科学院 生活環境研究部 主任研究官

研究要旨

本研究では、質データ、気象データ、及び状態空間モデルを用いることで、ダム湖における藻類異常発生予測モデルを構築することを試みた。奈良県宇陀市に位置する室生ダムを対象とし、藻類バイオマス量との相関の高いクロロフィル a 濃度を目的変数とした予測モデルを構築した。状態空間モデルは、ダム湖内のクロロフィル a 濃度の真値が気象条件によってどのように変化するかを記述する状態方程式と、真値から観測値が得られるプロセスを記述する観測方程式とで構成した。その結果、大きく予測が外れた 2 点を除くことで予測精度が向上した。例年の傾向から外れた際の予測、及び藻類種差を考慮したモデルの構築が今後の課題として挙げられた。

A. 研究目的

日本においてダム湖は約 5 割を占める重要な取水源となっている。一方で、夏季を中心に発生するアオコ等による藻類発生現象は、浄水システムにおいてカビ臭等の藻類障害を引き起こしている。藻類発生時期を事前に予測することが可能であれば、取水位置の変更や凝集剤使用量の増加に備えた準備等、工学的対策を前もって施すことが可能となる。そこで本研究においては、ダム湖における藻類異常発生予測モデルの構築を試みた。以下にその結果を報告する。

B. 研究方法

奈良県宇陀市に位置する室生ダムを対象とし、藻類バイオマス量との相関の高いクロロフィル a 濃度を目的変数とした予測モデルを構築した。クロロフィル a 濃度については水資源機構による月 1 回の定期水質調査の結果を用いた。気象データについては室生ダム近傍の針気象観測所のデータを気象庁 HP (<http://www.jma.go.jp/jma/index.html>) よりダウンロードして用いた。本研究では、1983

年から 2016 年のデータによりモデルを構築し、作成したモデルを用いて 2017 年の予測を行い、実際の観測データとの比較をすることでモデルの検証を行った。

予測モデル構築には状態空間モデルを用いた。状態空間モデルとは、観測されない「状態」を仮定し、状態変化と観測誤差とを切り離して考える時系列モデルの一つである。本研究では、ダム湖内のクロロフィル a 濃度の真値が気象条件によってどのように変化するかを記述する状態方程式と、真値から観測値が得られるプロセスを記述する観測方程式とで構成した。また季節の周期性を考慮して季節調整項を組み込んだ。以下に時間 t における状態方程式を示す。

$$\mu[t] = \mu[t - 1] + w[t] + season[t]$$

$$w[t] = coef_{Temp} * AveMaxTemp7[t] + coef_{Sun} * Sun7[t] + coef_{Rain} * Rain7 + coef_{Wind} * AveWind7$$

ここでモデル式内の $\mu [t]$ は時間 t におけるクロロフィル a 濃度の平均値, $w[t]$ は時間 t における気象条件がクロロフィル a 濃度に及ぼす影響による変化, $season[t]$ は時間 t における季節調整項を示している。 $coef_{Temp}$, $coef_{Sun}$, $coef_{Rain}$, $coef_{Wind}$ はそれぞれ前 7 日間最高気温平均値, 前 7 日間日照時間合計, 前 7 日間降水量合計, 前 7 日間平均風速がクロロフィル濃度に与える影響を表す係数である。モデルの適用には統計ソフトウェアの R, MCMC 計算には Stan を用いた。

C. 研究結果および D. 考察

予測精度を評価するために、予測値-測定値プロットによる視覚的評価と決定係数 R^2 , および二乗平均平方根誤差 Root Mean Squared Error (RMSE) による定量的評価を行った。図 1 は実際の測定値を横軸に、モデルによる予測値を縦軸にプロットしたものである。 R^2 および RMSE は観測地点 (網場及び取水口付近) ごとに算出した。その結果、決定係数は網場と取水口付近でそれぞれ $R^2=0.157$, $R^2=0.0360$ に留まった (表 1)。網場については、8, 9 月の高濃度に発生する時期における測定値が例年に比べ低かったことが原因であると考えられた。取水口付近については、大きく予測を外れた 2 点 (5 月 8 日及び 10 月 12 日) により精度が低く留まったと考えられる。この 2 点については、例年とは発生時期が異なることから、対象ダムにおける優占種とは異なる種が発生したと考えられた。これらのデータを除き再計算したところ、 $R^2=0.671$, $RMSE=4.53$ となり、予測精度が向上した。今後は、藻類種ごとの種差を考慮したモデルについて、階層ベイズモデル等を用いて研究を進めていく必要があると考えられる。

E. 結論

本研究では、状態空間モデルを用いたダム湖内におけるクロロフィル a 濃度の予測モデルの構築を行った。予測には予測日の前 7 日間の気象データを用いた。取水口付近の予測について、大きく

予測を外れた 2 点を除くことにより予測精度が向上した。今後の課題として、藻類種差を考慮したモデルの構築が挙げられた。

F. 健康危険情報

該当なし

G. 研究発表

1. 論文発表

該当なし

2. 学会発表

八島将太, 西村修, 今本博臣, 三浦尚之, 秋葉道宏, 佐野大輔. 状態空間モデルを用いたダム湖におけるクロロフィル a 濃度予測モデルの構築. 水道協会・令和元年度全国会議 (水道研究発表会), 2019.11, 函館市.

八島将太, 西村修, 今本博臣, 三浦尚之, 秋葉道宏, 佐野大輔. ダム湖における藻類異常発生予測モデルの構築. 第 54 回日本水環境学会年会, 2020.3, 盛岡市. (学会中止, 誌上発表)

H. 知的財産権の出願・登録状況 (予定も含む。)

1. 特許取得

該当なし

2. 実用新案登録

該当なし

3. その他

該当なし

I. 参考文献

- 1) 秋葉道宏, 岸田直裕, 下ヶ橋雅樹, 田中和明: 生物障害の発生および対策の実態, 国立保健医療科学院, 水道における生物障害に関するシンポジウム, 2013.
- 2) 馬場真哉: 時系列分析と状態空間モデルの基礎. R と Stan で学ぶ理論と実装, プレアデス出版, 2018.

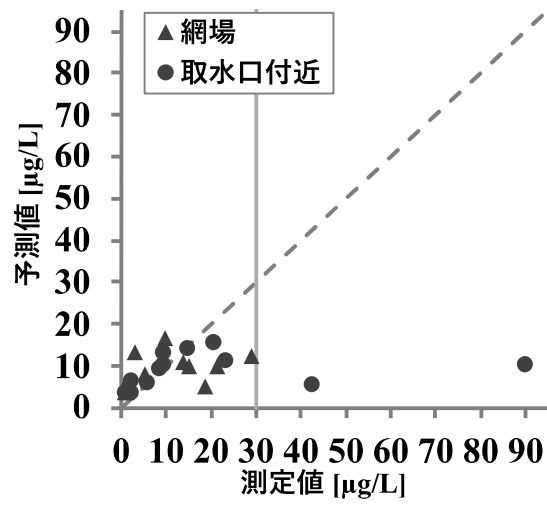


図 1 予測値-測定値プロット

表 1 決定係数 R^2 及び RMSE

	網場	取水口	取水口*
R2	0.157	0.0360	0.671
RMSE	8.48	25.6	4.53

* 5/8及び10/12のデータを除いて再計算

