1版

様　式　C－19、F－19－1、Z－19　(共通)

科学研究費助成事業　　研究成果報告書

令和　６年　６月１７日現在

機関番号：３７１１０

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2018～2023

課題番号：１８Ｋ０４４１５

研究課題名（和文）機械学習による都市河川の親水利用における水系感染症発症リスクのリアルタイム予測

研究課題名（英文）Real-Time Prediction of Risk of Waterborne Infectious Disease Development in Friendly Use of Urban Rivers Using Machine Learning

研究代表者

高見　徹（Takami, Tohru）

西日本工業大学・工学部・教授

研究者番号：８０３２１５２９

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費）　　3,300,000円

研究成果の概要（和文）：　都市河川の親水利用における衛生学的な安全を確保するため、水系感染症の発症リスクの予測を可能とする病原微生物濃度のリアルタイム予測方法を確立することを目的とした研究を行った。
　本研究では、福岡県北九州・京築地域の河川を対象として、水文水質に関する既存データおよび大腸菌群・大腸菌に関する実測データをもとに、統計学的解析と機械学習によって、当該河川の大腸菌群数および大腸菌数の予測値を出力するとともに、寄与率に応じた変数の選択を行い、予測値の精度向上を図った。その結果、大腸菌群数については許容可能な範囲で予測値を得ることができたが、大腸菌数については、データ蓄積による精度向上の課題が残った。

研究成果の学術的意義や社会的意義
　機械学習によるモデルによって、所定の条件下において、水文水質データから大腸菌群数を予測することが可能になった。これによって、微生物学的手法を用いずとも、既存のデータベース（国土交通省水文水質データベースなど）を利用して、当該水域の大腸菌群数を推定することができる。今後、大腸菌数の観測値が蓄積されることで、大腸菌数の予測も可能となり、都市河川の親水利用における衛生学的安全を確保するための水系感染症の発症リスクの予測と評価が可能になる。

研究成果の概要（英文）：　In order to ensure hygienic safety in the use of urban river water for friendly water use, a study was conducted to establish a real-time prediction method of pathogenic microorganism concentrations that can predict the risk of developing waterborne infectious diseases.
　In this study, we used existing data on hydrological quality and measured data on coliforms and E. coli for a river in the Kitakyushu-Kyotsuki area of Fukuoka Prefecture to output predicted values of coliform and E. coli counts for the river through statistical analysis and machine learning. The accuracy of the predicted values was improved by selecting variables according to their contribution ratio. As a result, the predicted values for the coliform group counts were obtained within an acceptable range, but the issue of improving the accuracy of the coliform counts through data accumulation remained.

研究分野：環境衛生工学

キーワード：水系感染症　リスク予測　機械学習　大腸菌群　大腸菌

※科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

様　式　Ｃ－１９、Ｆ－１９－１（共通）

１．研究開始当初の背景

近年都市再開発や地域創生を目的とした都市河川の親水利用が進んでいる。人と水との接触機会が多くなるほど河川水質に由来する衛生学的な問題に注意を払う必要がある。特に水系感染症を引き起こす病原微生物の存在実態の把握と接触に伴う感染症の発症リスクを明らかにすることは最重要の課題である。しかし、病原微生物に関する実測値は限られており、また、従来の生物学的試験法ではその濃度を適宜精度高く予測することは現状では不可能である。

２．研究の目的

そこで本研究では、都市河川の親水利用における衛生学的な安全を確保するため、機械学習を利用したモデルによって、都市河川の病原微生物濃度をリアルタイムで予測する方法を確立し、水系感染症の発症リスクの予測を可能にすることを目的とした。なお、本研究では、病原微生物として、公共用水域の水質汚濁に係る環境基準（水質環境基準）において水系感染症リスクの指標とされる、大腸菌群および大腸菌を取り扱い、それぞれの濃度（大腸菌群数および大腸菌数）を水文水質データから予測することを試みた。

３．研究の方法

(1) 水文水質データの収集と整理

対象水域を九州北東地域の一級水系の 2 河川（大分川、遠賀川）と二級水系の 7 河川（佐井川、岩岳川、上ノ河内川、真如寺川、音無川、今川、長峡川）、ならびに全国各地域の主要な一級水系の 8 河川（石狩川、北上川、利根川、信濃川、木曽川、淀川、太田川、吉野川）とし、それぞれの観測地点の所定期間における水文水質データを、国土交通省水文水質データベースおよび環境省水環境総合情報サイトより収集し、大腸菌群数および大腸菌数とその他の水文水質項目との数値データを整理した。なお、水質環境基準は 2021 年 10 月 7 日の改正において、大腸菌群数が削除され、大腸菌数が追加されている。

(2) 大腸菌群数および大腸菌数の測定

大腸菌群数および大腸菌数の観測データの不足を補うとともに両者の関係を理解するため、上記(1)の対象水域のうち、九州北東地域の一級水系である大分川と二級水系である佐井川、岩岳川、上ノ河内川、真如寺川、音無川、今川、長峡川の大腸菌群数および大腸菌数とその他の水質項目の測定を行った。

(3) 統計学的処理および機械学習による大腸菌群数および大腸菌数の予測

上記(1)の収集・整理データと上記(2)の測定データをもとに、機械学習を利用したモデルにより、所定河川の当該観測所における大腸菌群数および大腸菌数の予測を行った。このとき、第 1 次検討では、上記(2)の当該 8 河川（大分川、佐井川、岩岳川、上ノ河内川、真如寺川、音無川、今川、長峡川）の水文水質データを学習データとして用い、予測値を出力した上で、実測値と比較した。ここで、予測手法には線形回帰、Lasso 回帰、SVR を用い、予測値と実測値との比較では、RMSE（二乗平均平方誤差）、R^2（決定係数）、可視化によって結果を評価した。また、第 2 次検討では、遠賀川および上記(1)に示す全国各地域の主要な一級水系（石狩川、北上川、利根川、信濃川、木曽川、淀川、太田川、吉野川）の 9 河川について、SVR により、過去 10 年間の水文水質データを学習データとして予測値を出力し、直近の 1 年間のデータと比較し、RMSE、R^2 により結果を評価した。

４．研究成果

(1) 大腸菌群数および大腸菌数の測定結果と両者の関係

大分川、佐井川、岩岳川、上ノ河内川、真如寺川、音無川、今川、長峡川の各水系における大腸菌群数と大腸菌数の測定結果を表 1 に示す。表中には、各水系の測定地点における水質環境基準類型とその基準に対する測定値の適否も記載している。

表 1 より、大腸菌群数については、環境基準類型が設定されたすべての水系の測定地点において、基準値を満足しなかった。一方、大腸菌数については、大分川を除くすべてにおいて基準値を満足した。これらの測定値と水文水質データ（降水量、流量、潮位、水温、

表１　大腸菌群数および大腸菌数の測定値と水質環境基準類型値との比較

水系	環境基準類型	大腸菌群数		大腸菌数	
		測定値 (MPN/100mL)	適否	測定値 (CFU/100mL)	適否
大分川	B	46,000	否	1622	否
佐井川	A	547,500	否	30.9	適
岩岳川	A	816,400	否	16.4	適
上ノ河内川	A	1,119,900	否	57.8	適
真如寺川	A	579,400	否	45.4	適
音無川	A	517,200	否	10.6	適
今川	A	435,200	否	3.0	適
長峡川	C	547,500	-	601.5	-
類型別基準値	A	1,000		300	
	B	5,000		1,000	
	C	なし		なし	

pH、EC、濁度、DO、BOD、COD、SS）との関係を統計学的に求めた結果、大腸菌群数と水温、DO、EC との間に統計学的な相関関係（｜r｜>0.4）が認められた。また、大腸菌群数と大腸菌数との間に相関関係は認められなかった。(引用文献①、②、④)

(2) 機械学習による大腸菌群数および大腸菌数の予測における予測方法の選定

機械学習を利用したモデルにより、大分川、佐井川、岩岳川、上ノ河内川、真如寺川、音無川、今川、長峡川の水文水質データから大腸菌群数と大腸菌数の予測値を出力した上で、実測値と比較した。予測手法として、線形回帰、Lasso 回帰、SVR を用い、RMSE、R^2、可視化によって結果を評価した結果、大腸菌群数については、SVR による手法が最も実測値に近い予測値を得ることが確認できた。しかし、大腸菌数については実測値が不十分であるため、予測値の評価は不可能であると判断した。(引用文献③)

(3) 全国各地域の主要な一級水系の大腸菌群数の予測とその適用可能性

上記(2)の結果に従って、全国各地域の主要な 9 河川（石狩川、北上川、利根川、信濃川、木曽川、淀川、太田川、吉野川、遠賀川）の水文水質データを用いて、SVR により、大腸菌群数の予測値を出力した。予測値の出力では、それぞれの河川の大腸菌群数の観測値とその他の水文水質項目との単回帰分析と重回帰分析を行い、大腸菌群数の予測値の精度向上に寄与する変数の選択を行い、モデルの改善を行った（図 1、表 2)。その結果、9 河川のうち、北上川と吉野川の大腸菌群数の予測値と観測値の RMSE はそれぞれ 0.403 と 0.384（2.59 MPN/100mL と 2.42 MPN/100mL）、R^2 はともに 0.986 と算出され、両河川については許容可能な範囲で予測値を得ることができた（図 2)。両河川の大腸菌群数の観測値は、水温に依存した観測値の周期性が認められたのに対して、その他の河川では周期性が認められず、この差異が予測値の精度に大きく影響したと考えられる（図 3、吉野川と遠賀川の例)。なお、大腸菌数の予測については、今後のデータ蓄積によるモデルの検証と精度向上に関する課題が残った。(引用文献⑤)

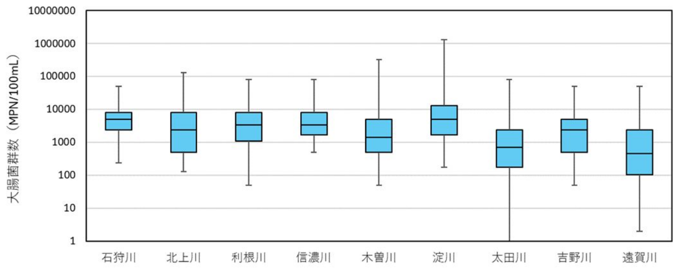

図 1　各河川における大腸菌群数の観測値の比較（2013～2022 年）

表 2　各河川における水文水質項目と大腸菌群数との相関係数

水系名	地点	水位	流量	全水深	水温	pH	BOD	COD	SS	DO	総窒素	総リン
石狩川	石狩大橋	-0.185	-0.220	-0.052	0.199	0.019	0.161	0.183	-0.037	-0.278	0.178	0.211
北上川	登米	0.165	ND	0.116	**0.705***	-0.207	0.073	**0.486**	**0.469**	**-0.770***	0.062	**0.419**
利根川	利根大堰	ND	ND	0.048	**0.578**	-0.261	-0.052	0.136	0.313	**-0.646**	0.237	0.143
信濃川	平成大橋	**0.413**	0.263	0.115	0.393	-0.014	0.092	**0.535**	**0.500**	**-0.466**	0.155	**0.584**
木曽川	犬山橋	0.284	ND	0.199	**0.422**	-0.018	-0.160	0.246	0.277	-0.397	0.123	**0.407**
淀川	枚方大橋	0.107	0.136	0.114	**0.568**	0.223	0.082	0.273	0.271	**-0.677**	-0.202	0.028
太田川	旭橋	ND	ND	-0.242	0.232	-0.396	0.011	0.171	0.191	-0.115	0.230	0.136
吉野川	高瀬橋	**0.511**	ND	0.221	**0.738***	-0.022	0.256	0.356	0.397	**-0.719***	-0.066	**0.576**
遠賀川	河口堰	-0.033	ND	-0.063	0.343	-0.330	-0.267	0.009	0.034	-0.449	-0.158	0.240

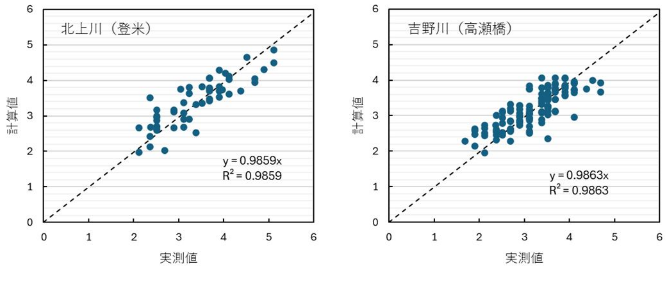

図 2　大腸菌群数の実測値と計算値（予測値）の関係（北上川と吉野川）

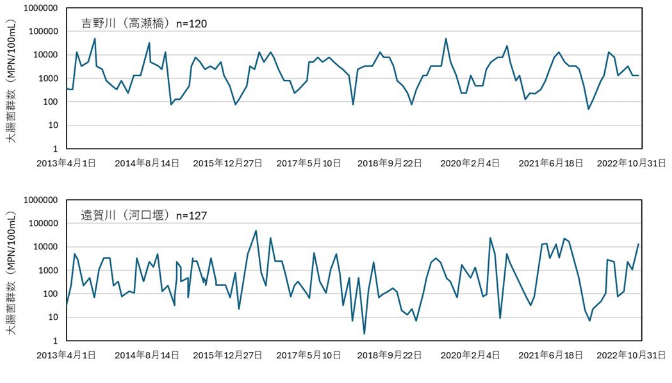

図 3　大腸菌群数の実測値の周期性の有無（吉野川と遠賀川）

＜引用文献＞

① 高見徹、大分川水系裏川における各種水質項目と大腸菌数との関係、平成 30 年度日本水環境学会九州沖縄支部研究発表会、2019 年

② 高見徹、京築地域７河川における大腸菌群数および大腸菌数の測定、西日本工業大学紀要、第 52 巻、2022 年、67-70

③ 高見徹、京築地域７河川における大腸菌群数の季節変化、西日本工業大学紀要、第 53 巻、2023 年、67-71

④ 高見徹、北九州・京築地域河川における水環境健全性指標の適用と評価、第 58 回日本水環境学会年会、2024 年

⑤ 高見徹、大腸菌数予測のための重回帰式の適用可能性に関する検討、西日本工業大学紀要、第 54 巻、2024 年（印刷中）

５．主な発表論文等

〔雑誌論文〕　計3件（うち査読付論文　0件／うち国際共著　0件／うちオープンアクセス　0件）

１．著者名 高見徹	４．巻 52
２．論文標題 京築地域７河川における大腸菌群数および大腸菌数の測定	５．発行年 2022年
３．雑誌名 西日本工業大学紀要	６．最初と最後の頁 67-70
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 －

１．著者名 高見徹	４．巻 53
２．論文標題 京築地域７河川における大腸菌群数の季節変化	５．発行年 2023年
３．雑誌名 西日本工業大学紀要	６．最初と最後の頁 67-71
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 －

１．著者名 高見徹	４．巻 54
２．論文標題 大腸菌数予測のための重回帰式の適用可能性に関する検討	５．発行年 2024年
３．雑誌名 西日本工業大学紀要	６．最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 －

〔学会発表〕　計2件（うち招待講演　0件／うち国際学会　0件）

１．発表者名 高見徹
２．発表標題 大分川水系裏川における各種水質項目と大腸菌数との関係
３．学会等名 平成30年度日本水環境学会九州沖縄支部研究発表会
４．発表年 2019年

１．発表者名 高見徹
２．発表標題 北九州・京築地域河川における水環境健全性指標の適用と評価
３．学会等名 第58回日本水環境学会年会
４．発表年 2024年

〔図書〕　計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

－

６．研究組織

	氏名 （ローマ字氏名） （研究者番号）	所属研究機関・部局・職 （機関番号）	備考
研究分担者	野中　尋史 (Nonaka Hirofumi) (70544724)	愛知工業大学・経営学部・准教授 (33903)	
研究分担者	古川　隼士 (Furukawa Takashi) (90632729)	北里大学・医療衛生学部・准教授 (32607)	
研究分担者	廣田　雅春 (Hirota Masaharu) (70750628)	岡山理科大学・情報理工学部・准教授 (35302)	
研究分担者	平岡　透 (Hiraoka Toru) (30626891)	長崎県立大学・情報システム学部・教授 (27301)	

７．科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕　計0件

８．本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関