


論文審査の結果の要旨

報告番号	博(工)甲第125号		氏名	Le-Huynh Truc-Ly
学位審査委員	委員長	板山 朋聡		
	委員	鈴木 誠二		
	委員	瀬戸 心太		
<p>論文審査の結果の要旨</p> <p>Le-Huynh Truc-Ly氏は、2016年10月に長崎大学大学院工学研究科博士前期課程に入学し、2018年9月に修了し、その後、同年10月に長崎大学大学院工学研究科博士後期課程に入学し現在に至っている（コロナの為に1年間の休学期間あり）。博士前期課程の時に長崎県内の貯水池における藍藻 <i>Microcystis</i> の発生状況を調査したが、今回の博士後期課程では、このデータと2009-2010年度に調査した論文未発表のタイ北部の池から得られた同様のデータを用いて、藍藻 <i>Microcystis</i> の発生と増殖に及ぼす水質（富栄養化）と気象データの影響に関する統計解析を実施した。これらの結果を2022年12月に、主論文「Statistical investigation into the effects of climate and eutrophication on the occurrence of cyanobacteria in small ponds and reservoirs (小規模池沼や貯水池における藍藻の発生に対する気象および富栄養化の影響の統計学的研究)」として完成させ、博士（工学）の学位を申請した。長崎大学大学院工学研究科教授会は、2022年12月21日の教授会において論文内容等を検討し、本論文を受理して差し支えないものと認め、上記の審査委員を選定した。委員は主査を中心に論文内容について慎重に審議し、公開論文発表会を実施し最終試験を行い論文審査および最終試験の結果を本書面をもって2023年2月15日の工学研究科教授会に報告することとした。</p> <p>学位論文の適合性を審査したところ、学位論文の印刷公表論文2編（うち審査付き論文2編）、が学位論文を構成していることが認められ、適合性ありと判断した。なお、参考論文には、その他の論文1編（うち審査付き論文1編）も含まれている。以下に、主論文の構成と概要を示す。</p> <p>本論文の第1章では、研究目的について背景とともに記述し、また既往研究をレビューしている。藍藻 <i>Microcystis</i> には毒素ミクロシスチン（肝臓毒）を産生する種も多く、特に飲料水源での発生は健康被害につながるため深刻な世界的な水環境問題となっている。その為、<i>Microcystis</i>、特に有毒 <i>Microcystis</i> の予測手法の開発は湖沼や貯水池を管理する上で非常に重要であり、特に少数の調査データに基づく統計的予測モデルは実用性の観点から有用である。</p> <p>第2章有毒藍藻 <i>Microcystis</i> とミクロシスチン合成遺伝子 <i>mcyB</i> 等に関する解説と、遺伝子を用いた湖沼モニタリングや zero inflated model とベイズ統計モデルに関しレビューをしている。湖沼などの調査データでは細胞数や遺伝子が検出限界以下（ゼロ）の水域も多く、このような場合の正しい統計解析にはゼロ強調モデル(zero inflated model)が必要となる。この研究ではゼロ強調モデルの一つである Hurdle-Poisson-model で、さらに、ベイズ(Bayes)法による解析が有効である。ベイズ法は少数の観測データからの予測や、観測データの増加とともに逐次的に予測精度を向上させることができるという予測モデルに適した特徴を供えている。</p>				

第3章では、博士前期課程で長崎県内の貯水池を中心に調査したデータを用い、Bayesian Hurdle-Poisson-model による解析と予測モデル構築を実施した。各貯水池の *mcyB* 遺伝子密度を有毒 *Microcystis* 細胞密度とみなし、PC 遺伝子密度を全 *Microcystis* の細胞密度とし、これらを予測対象の目的変数として解析をおこなっている。クロロフィル a 濃度から求めた富栄養化指標(TSI)と、サンプル採取日から一定日数に遡って平均した気温と積算降雨量を説明変数としている。従来の論文では、適当な日数で平均を計算しているが、この研究では 10-100 日の間で遡る日数を変化させ、機械学習の分野で用いられる k-fold cross validation を用いて予測精度を比較し、50 日間の平均気温や積算降雨量が最も高い予測精度を示すことを明らかにした点にも、この研究の新規性がある。解析の結果、有毒 *Microcystis* と全 *Microcystis* の出現確率と増殖は TSI が高いほど大きくなるものの、気温と降雨量は出現確率に対しては有意な変数ではないが、増殖に関しては気温は正に作用し、降雨は負に作用した。また、気温の影響は有毒 *Microcystis* よりも全 *Microcystis* に対して大きく影響し、無毒の *Microcystis* が有毒 *Microcystis* よりも気温上昇で増加しやすいことが示唆されている。この3章の結果は、次の掲載済み論文（審査付き）にまとめられている。Truc-Ly Le-Huynh, Tomoaki Itayama, Kaito Mitsunaga, Misigo W. S. Angalika, Seiji Suzuki, Application of hurdle Poisson model to predict the abundance of toxic cyanobacteria *Microcystis* in reservoirs, Maejo International Journal of Energy and Environmental Communication, Vol. 4 No. 3 (2022), <https://doi.org/10.54279/mijeec.v4i3.24752>

第4章と第5章は2009年と2010年に実施されたタイ北部の池の調査データに対して、Bayesian Hurdle-Poisson-model などの統計解析を実施している。その結果、有毒 *Microcystis* と全 *Microcystis* の出現確率と増殖は TSI が高いほど大きくなるという、長崎（温帯）と同じ傾向を示したが、タイ（熱帯域では）増殖に関しては、気温、降雨や TSI の増加した場合、関して *Microcystis* 属、特に有毒 *Microcystis* が減少する傾向にあるという新規な結果を得た。また、従来の統計解析の手法を用いてタイの養魚池について、実際の顕微鏡で観察された緑藻、珪藻、藍藻の細胞数に関して、季節や栄養塩や魚種などとの緑藻、珪藻、藍藻の発生との関係性を解析した結果、藍藻の発生には栄養塩は大きく影響せず、また、水温が低い12月に藍藻が発生しやすいという結果を得た。これらも新たな発見であり、これらの成果は、次の掲載済み論文（審査付き）にまとめられている。Truc-Ly Le-Huynh, Norio Iwami, Niwooti Whangchai, Redel Gutierrez, Kazuya Shimizu, Tomoaki Itayama, Statistical analysis of the effects of environmental factors and fish species on class-sorted phytoplankton composition in aquaculture ponds in northern Thailand, Maejo International Journal of Energy and Environmental Communication, Vol. 4 No. 3 (2022), <https://doi.org/10.54279/mijeec.v4i3.247635>

第6章は、これまでの結果の総括である。

以上のように本論文では、世界的問題である貯水池などにおける有毒藍藻発生予測手法の開発で貴重な知見を与える新たな成果を得ている。特に、データ解析手法として Bayesian Hurdle-Poisson-model を適用することで、解析データの信頼性や予測性を改善していることも、本研究の特徴であり独創性のある成果である。そのため、本研究は新規性及び独創性があり、高い学術的価値を有するとともに、実際の環境改善へ向けての応用的価値も高い研究と評価できる。

学位審査委員会は、Le-Huynh Truc-Ly 氏の研究（成果）が工学の分野において極めて有益な成果を得るとともに、水環境工学の進歩発展に貢献するところが大きく、博士（工学）の学位に値するものとして合格と判定した。