

京都大学	博士（都市環境工学）	氏名	Wong Yong Jie
論文題目	Spatiotemporal Assessment of Land Use & Climate Change and Unprecedented COVID-19 Impacts on the Environment in East and Southeast Asia: Case Studies from Malaysia and Taiwan (東・東南アジアにおける土地利用・気候の変化および新型コロナによる環境影響の時空間的評価: マレーシアと台湾の事例)		
<p>(論文内容の要旨)</p> <p>環境問題は様々な要因が複雑に絡み合っ発生する。環境問題を解決するためにはこれらを統合的に整理・把握する必要がある。本研究では、途上国での環境問題の解決を目標として、リモートセンシング技術、地理情報システム (GIS)、人工知能、ビッグデータ解析・管理、IoT 等の応用・統合化を目指したものである。</p> <p>途上国においては、環境汚染物質の観測地点数が制限されており、その一部の地域では、水文や大気に関するモニタリングデータを量・質ともに十分に得ることが困難である場合が多い。汚染物質に関する観測データの不足が水文や大気質の現状を把握することが難しくしており、そして、将来を予測するモデリング分野にも大きな障害となってしまうている。本研究では、観測データがまだ不十分な東・東南アジアにおいて、土地利用の変化、異常気象と COVID-19 がもたらす影響を研究対象として、多様なエンジニアリング技術を利用・統合することによって、現状を再現し将来を予測するためのシミュレーションの精度を向上させるモニタリングシステムを提案・構築している。各章のアイユは以下の通りである。</p> <p>第1章</p> <p>第1章では、地球・地域規模におけるシミュレーション精度についての課題を示すとともに、観測データがまだ不足している東・東南アジア地域（マレーシアと台湾）で発生している環境問題の実態を整理・解明することを試みた。その上で、高精度なモニタリングシステムの開発に向けて研究目的を以下の様に設定している。</p> <p>目的 I : 10年毎にマレーシアの土地利用変化が地域規模における水収支に与える影響を検討・評価すること。</p> <p>目的 II : 高解像度 MRI-AGCM を用いて、台湾の異常洪水に対する気候変動の影響を検討・評価すること。</p> <p>目的 III : 台湾における COVID-19 に対する台湾型ロックダウン（比較的緩和的な政策）による大気質への影響を検討・評価すること。</p> <p>目的 IV : 大気汚染物質の予測モデルを最適化し、シミュレーション解析から COVID-19 発生の有無に対する 2020 年台湾における大気汚染物質の実態を検討・評価すること。</p> <p>第2章</p> <p>本研究の位置づけを明確にするために、地球規模で未来の土地利用変化、気候変動、COVID-19 の影響に関連する先行研究を取りまとめ、地域規模による知見が十分でないことを明らかにした。また、第3～5章において、それぞれシミュレーションモデルを構築するための基礎とすることを目的として、水文・大気質に関する基地研究で構築・使用されてきたシミュレーションモデルを整理している。</p> <p>第3章</p> <p>マレーシアのセラングル川流域において、2030年と2050年の土地利用 (LU) の変化による水収支への影響を検討・評価した。最初に高性能なシミュレーションモデルを構築するため、衛星データ解析の人工知能手法：サポートベクターマシン (SVM)、人工ニューラルネットワーク (ANN) による LU の分類精度を比較した。その結果、ANN を用いたシミュレーションモデルの方が高い LU の分類精度を示すことが明らかとなった。また、Terrset の Land Change Modeller を用いて、2030、2050年の LU マップを作成した。将来の河川流量の変化を把握するため、上記の手法で作成した LU マップを Soil and Water Assessment Tool (SWAT) に導入してシミュレーション解析を行った。その結果、</p>			

京都大学	博士（都市環境工学）	氏名	Wong Yong Jie
<p>セラングル川では 2050 年に極端な流量（0 あるいは 100 m³/s 以上）の発生頻度が高くなることが予測された。</p>			
<p>第 4 章</p>			
<p>日本の気象庁気象研究所が開発した RRI モデルと超高解像度 AGCM アンサンブルを用いて、気候変動による台湾の河川流域の降雨強度と異常洪水の流量・発生頻度を検討・評価した。RRI モデルの利用にあたり、気候プロダクトと観測気候データセットに対するバイアス補正、モデルの最適化を行い、異常洪水の最大流量値の精度を向上させた。また、比較的近い将来（2020-2040 年）、中期将来（2050-2070 年）、遠い将来（2079-2099 年）における年平均ピーク流量を予測した結果、時間の経過に伴って気候変動による降雨強度の上昇とともに異常洪水の流量・発生頻度も上がるようになった。</p>			
<p>第 5 章</p>			
<p>COVID-19 に対する台湾型ロックダウン（比較的緩和的な政策）による大気質への影響に関する知見は十分に得られていない。本研究では、2020 年台湾における大気汚染物質濃度変化の実態を検討・評価した。気象と公共交通機関の影響に着目し、2018-2019 年と 2020 年の平均大気汚染物質濃度の解析を行った。2018-2019 年と比較して、2020 年の PM₁₀、PM_{2.5}、SO₂、NO₂、CO、および O₃ の年平均濃度はそれぞれ 24、18、15、9.6、7.4 及び 1.3%減少した。公共交通機関利用量の変化が、CO と NO₂ の年平均濃度を減少させたことに主として寄与したことが明らかになった。</p>			
<p>第 6 章</p>			
<p>COVID-19 の大気汚染の影響を解析するために、気象の影響を排出ガス量の影響から切り離すために多くの気象学的正規化技術が提案されているが、より適切なモデリングの選択や最適化については十分な研究がされているとは言い難い。本章では、台湾の 62 都市における NO₂ と O₃ の観測値と気象学的正規化濃度を検討・評価した。気象正規化手法 (Generalized Additive Model (GAM)、Generalized Linear Model (GLM)、Gradient Boosting Machine (GBM)、Random Forest (RF)) による NO₂ と O₃ 濃度の予測精度を比較した結果、気象正規化におけるモデル選択とハイパーパラメータ最適化の重要性が示され、RF と GBM の予測精度が高いことが明らかとなった。</p>			
<p>本研究では、複数のエンジニアリング技術を統合して、モデルの最適化によってシミュレーション精度の向上を目指したものである。これらの新しいモデリング技術は、学術的要素以外にも、防災といった観点から国際的に社会貢献することに大きく繋っていくものと考えられる。</p>			

(論文審査の結果の要旨)

本研究は、リモートセンシング技術、地理情報システム、人工知能、ビッグデータ解析・管理、IoT などの複数の工学的技術の応用・統合化、水文・大気質モデリングの最適化によりシミュレーション精度の向上を目指したものである。多くの発展途上国では、汚染物質観測のモニタリングステーションの数やモニタリング頻度が限られていることから、これらの地域では汚染管理のための十分な対策を実施することが困難な状況にある。したがって、汚染管理の実務においては、限られたモニタリングデータを利用して現状把握・将来予測をすることができるより精度の高いシミュレーションモデルを必要としている。本研究では、水文学・大気質のモデリングシミュレーションの分野でこの重要課題に取り組んだものである。本研究で得られた主な成果は下記の通りである。

1. 土地利用・気候による河川流況の変化について

土地利用の変化と異常気象の発生がもたらす影響は、地球規模で懸念されているが、地域規模での状況についてまだ十分に解明されているとは言い難い。本研究では、マレーシアと台湾を採り上げ、土地利用と気候変動による河川流況の変化を推定した。その結果、これらの国では将来、極端な河川流量の変化が発生する可能性が高いことが予測された。この結果に基づき、マレーシア（2020～2050年）と台湾（2020～2100年）における流域管理に対するガイドラインを提案することができた。このシミュレーション結果は、長期間の異常降雨や干ばつによる洪水を防ぐため、また、水資源を適切に管理するための計画を立てる際に、担当当局に有益な示唆を与えるものである。

2. COVID-19 に対するノンロックダウン状態による大気汚染への時空間的影響について

COVID-19 に対するロックダウンによる大気汚染への時空間的影響については多くの先行研究があるが、比較的緩和的な隔離措置を導入した場合における大気汚染への時空間的影響については、これまで十分に研究がなされていなかった。COVID-19 に対して緩和的隔離措置を実施した台湾において、緩和的隔離措置を実施しなかったと仮定した場合の2020年の大気汚染状況を時空間的にシミュレーションするためのモデルを構築し、この結果を大気汚染モニタリングステーション273箇所の汚染物質濃度実測結果と比較することで、COVID-19による影響を検討した。その結果、ロックダウンを実施しない場合でも、主として公共交通機関から排出される汚染物質が減少することによって大気汚染が改善されることが確認された。

以上より、申請者の研究成果は、複数の工学的技術を統合して、モデルの最適化によってシミュレーション精度を向上させることに大きく貢献するものであると言える。また、新しい環境管理の方法を提案する挑戦的研究であり、その研究成果から今後の更なる発展・開発に大きく寄与するものだと考えられる。よって、本論文は博士（工学）の学位論文として価値のあるものと認める。また、令和4年8月2日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行い、申請者が博士後期課程学位取得基準を満たしていることを確認し、合格と認めた。

なお、本論文は、京都大学学位規程第14条第2項に該当するものと判断し、公表に際しては、当該論文の全文に代えてその内容を要約したものとすることを認める。

要旨公開可能日： 2022年12月26日以降