

## 論文審査の結果の要旨

氏名：積田典泰

博士の専攻分野の名称：博士（工学）

論文題名：東南アジア諸国での都市洪水に対する適応策の評価に関する研究—主に洪水発生時のアクティビティの変化に着目して—

審査委員：（主査） 教授 福田 敦  
（副査） 教授 小早川 悟 教授 大沢昌玄  
山梨大学教授 武藤慎一

地球温暖化による異常気象によって、東南アジア諸国では洪水の発生が頻発しているが、河川勾配が緩やかであり無堤河川が多いため、一度洪水が発生すると長期に亘って広範囲に冠水するため、大きな被害をもたらしている。特に都市部では、道路の途絶などによってモビリティが大きく損なわれ、人々のアクティビティが制限され、経済的にも大きな損害を与えている。そこで、都市洪水が発生しても、人々のアクティビティが維持できるよう、都市洪水に適応できる交通システムを計画する必要がある。しかし、既存の交通計画では、人々のアクティビティを考慮した交通需要予測を行っていないため、適応策の実施で、どの程度人々のアクティビティが維持できるかを予測し、正しく評価することができない。今後も都市洪水は頻発すると予想されており、人々のアクティビティを把握し、それを交通需要予測に組み込んで、適応策を評価できる方法を構築することで、適応を前提とする交通計画を実施することが非常に重要となっている。

申請者は、以上のような問題認識に立ち、東南アジア諸国の都市を対象に、都市洪水発生時の人々のアクティビティを把握する方法を示すと共に、その結果をアクティビティベースモデルに適用することで交通需要予測に反映する方法を構築し、道路の嵩上げなどの交通分野における適応策を導入した場合の交通需要を推計し、公共施設へのアクセス性や平均移動時間などの観点から評価すると共に、費用便益分析を行い適応策の実施妥当性を評価した。そして、この評価手法を既存の交通計画に組み込むための枠組みを示した。

これらの内容を本論文では8章で構成しており、各々の内容と評価は次の通りである。

「第1章 序論」で、申請者は、本論文の背景を、洪水発生の実状を踏まえて的確に整理し、研究の目的と構成を述べるとともに、本論文の社会的な意義を明確にしている。

「第2章 既存文献の整理と本論文の位置づけ」では、本論文が対象とする都市洪水下における交通問題に関して検討を行った研究について、5つの観点から動向と課題を整理している。まず、①洪水の発生に対する交通分野での適応策に関しては、実際の適応策を取り上げた研究は少ないこと、②交通分野における適応策の評価手法の構築、適用に関しては、幾つか研究はあるが、その多くが既存の交通需要の推計手法を用いており、適切に適応策の導入効果が推計できていないこと、さらに、③洪水の発生がアクティビティへ与える影響の分析に関しては、殆ど研究がないことを述べている。一方、④洪水による影響を回避するための住居の移転行動に関しても、研究は少ないことを述べている。最後に、⑤洪水発生時における交通需要の推計手法の開発とその適用に関しては、研究はあるが長期間浸水した場合の交通需要の推計は十分に実施されていないことを述べている。

以上を踏まえて、申請者は、洪水発生時におけるアクティビティの変化を明示的に取り入れた交通需要の推計手法を確立し、その手法を用いて適応策の導入が長期間に亘る洪水の発生による影響をどの程度軽減可能であるか分析する必要があることを明確にしたことは評価できる。

「第3章 洪水の発生がアクティビティと移転行動に与える影響の分析」で、申請者は、東南アジア諸国の都市の洪水の状況を俯瞰し、代表としてタイ・ウボンラチャタニ市を選定し、この都市における洪水発生の実状とこれまでの治水対策を整理した。その上で、住民を対象としてアンケート調査を実施し、洪水の発生がアクティビティに与えた影響を把握した分析結果を述べた。その結果、就業者が通勤のみを行うパターン数が減少し、就業時の休憩中に買い物をするパターン数が増加した一方で、非就業

者・就学者では、1日中自宅に滞在するパターン数が増加するというアクティビティの変化を確認している。さらに、洪水の発生と移転行動の関係に関しても、同様に住民を対象としたアンケート調査を実施し、洪水発生時の最大浸水深が移転の意思決定に大きく寄与することを確認した。このように、洪水の発生が、人々のアクティビティや移転行動に大きく影響を及ぼしていることを明らかにした点は評価できる。

「第4章 洪水発生時におけるアクティビティの変化を明示的に取り入れた交通需要の推計手法の確立」で、申請者は、洪水発生時の交通需要を推計出来るよう、アクティビティベースモデルに基づく交通需要の推計手法を構築し、対象都市へ適用した。具体的には、アクティビティパターンの生成での洪水発生時の行動変化の考慮、洪水時の冠水による自動車の走行速度の低下や道路の寸断の考慮、洪水の影響を回避するための移転の考慮が出来るようにモデルを改良した。構築したモデルの推計精度については、アクティビティパターン数の推計結果をアンケート調査の結果と比較して、誤差が小さいことから十分高いことを確認している。また、本論文で提案する方法を用いて推計した洪水発生時の交通需要予測の結果と一般的に利用されている四段階推計法を用いて推計した洪水発生時の結果を比較し、本論文で提案する方法が洪水の発生によって変化するアクティビティの変化を表現できていることを確認し、その有効性を示した。その上で、洪水発生時と定常時の交通需要推計結果を比較して、洪水の発生によって大幅にモビリティが低下することを示している。本論文で提案するアクティビティベースモデルによる手法が洪水発生時の交通需要を推計する上で、大変有効であることを示した点は評価できる。

「第5章 洪水の発生に対する適応策の整理とシナリオ設定」で、申請者は、適応策の中から、順応策、撤退策として実施可能な策を選定し、これらの組合せによって13のシナリオを設定した。具体的には、順応策として、道路の嵩上げとピロティ建築（高床式住居）を取り上げ、撤退策として移転促進策をとりあげている。道路の嵩上げは、洪水発生時に影響を受ける104道路区間を対象に、アクセシビリティの改善効果が5%以上の道路区間を優先度中、10%以上を優先度高とし、それぞれ8区間、7区間を選定している。また、ピロティ建築は嵩上げする道路区間の沿道で実施すると仮定している。一方、移転促進策は、推定した浸水深が高いゾーンの世帯を対象として第3章で推計した移転行動モデルを適用し、移転先を求めている。これらの政策の組合せに、定常時、洪水発生時（対策なし）、洪水発生時（現存する東側バイパスなし）、浸水深が低下した場合を加えて13のシナリオを設定しており、これらのシナリオに対して可能な適応策を適切に考慮している点は、評価できる。

「第6章 洪水発生時における影響の軽減に向けた適応策の導入効果の推計方法の提案」で、申請者は、提案する適応策によって、定常状態のモビリティからの乖離がどの程度縮まるかをアクティビティおよびモビリティの観点から、実行可能性を経済的観点から評価した。具体的には、アクティビティとしては、アクティビティのパターン毎の数とアクセス可能な施設の訪問回数、モビリティとしてはゾーン間平均旅行時間とトリップ毎の旅行時間、経済的観点としては費用便益比を用いて評価を行っている。その結果、嵩上げ策と移転促進策を同時に実施した場合は、アクティビティパターンの変化が5%縮小し、またアクセス可能な施設の訪問回数は、大型商業施設での嵩上げ策の実施で0.6%、移転促進策で3.5%程度増加することを示している。一方、ゾーン間平均旅行時間は、嵩上げ策で30分、組み合わせた場合で20分程度短縮することを、またトリップ毎の旅行時間が、就業目的で大幅に減少し、全て50分以内となることを示している。さらに費用便益比は、全て1を超えたことから適応策の実施は妥当と判断できることを示している。以上より、本論文で提案する適応策は実施可能であり、洪水発生時であってもアクティビティおよびモビリティが大きく改善することを示した点は、大変高く評価できる。

「第7章 洪水の発生を前提とした交通計画の在り方の検討」では、提案したアクティビティベースモデルによる交通需要の推計と提案する適応策の導入効果の分析を、一般的な交通計画のプロセスに組み込むための課題について整理し、具体的な方法を論じている。提案する方法を交通計画の各プロセスに組み入れることで、順応策と撤退策を交通システムの整備の中で同時に考慮出来ることを述べ、そのアプローチが有用であることを示した点で、評価できる。

「第8章 結論」で、申請者は、本論文の成果と今後の展望について整理し、本論文の結論を述べている。東南アジアの都市で頻発する洪水に対しては、治水対策に加え、適応策の中の順応策と撤退策が必要であることを示し、これらの対策の効果を適切に評価するためには、洪水による住民のアクティビティの変化を考慮できるアクティビティベースモデルの利用が有効であるとし、適用するための方法を構築した。また、提案する方法を交通計画に取り入れるための考え方を示し、提案する方法を適用する

ことで都市洪水に適応した交通システムを構築することが可能であると結論付けた。

本論文で新たに構築した都市洪水に対応したアクティビティベースモデルに基づく方法は、これまで検討することができなかった適応策の評価方法を示すもので、今後の東南アジア諸国の都市において洪水と共生する交通システムの在り方を検討する上で大変重要なアプローチを示すものであり、極めて有用な知見を提供している。

このことは、本論文の提出者が自立して研究活動を行い、又はその他の高度な専門的業務に従事するに必要な能力及びその基礎となる豊かな学識を有していることを示すものである。

よって本論文は、博士（工学）の学位を授与されるに値するものと認められる。

以 上

令和 5年 2月16日