

## 論文の内容の要旨

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—

近年、地球温暖化の進行による異常気象の影響によって、世界各地で洪水が頻発し、甚大な被害が発生している。特に、東南アジア諸国の都市は、低平地に位置しているため、一度洪水が発生すると長期にわたって影響が継続する。そのため、直接的な被害だけでなく、都市のモビリティが著しく制限され、人々のアクティビティが大きく変化することによる都市生活への影響も大きいと考えられる。このような状況に対して、既存の治水対策では完全にその影響を防ぐことは難しいため、洪水の発生を前提とした影響の軽減に向けた適応策について検討する必要がある。しかし、このような都市のモビリティの確保を含めた適応策の評価を行うためには、人々のアクティビティの変化を的確に把握し、交通システムを構築する際にそれらを考慮する必要があるが、そのような研究は殆ど行われていない。

以上のような課題に対して答えを得るためには、長期に亘る洪水の発生が、どの様に人々のアクティビティを変化させているのかを把握した上で、適応策の実施によってどの程度その影響を軽減できるかを推計し、交通計画に反映する必要がある。

そこで、本論文では、洪水の発生によって変化する人々のアクティビティを詳細に把握した上で、それらを反映した交通需要の推計方法を確立し、適応策の導入効果を推計する手法を提案した。具体的には、人々のアクティビティの変化を明示的に捉えることができるアクティビティベースモデルを用いることで、洪水の発生によるアクティビティの変化を的確に把握し、適応策の評価が可能であると考え、この方法に基づいて適応策を評価する手法を提案した。さらに、構築した手法を用いて設定した複数の適応策シナリオの導入効果を推計し、適応策の実施によって、人々のアクティビティがどの程度定常時に近づけられているのかを明らかにした。最終的には、長期に亘る洪水の発生に適応することを前提とした交通計画の枠組みを示した。

本論文は8章から構成されており、各章の内容は以下のとおりである。

「第1章 序論」では、本論文の背景と目的を述べた。

「第2章 既存文献の整理と本論文の位置づけ」では、国内外の既存文献より、洪水の発生による影響の軽減に向けた適応策の導入効果と評価手法、アクティビティと移転行動の分析および洪水発生時の交通需要の推計手法に関する文献を中心に整理した。その結果、洪水発生時における治水対策では防げない広範囲で冠水が発生した場合の対応を検討した研究は少ないことを示した。その中でも、洪水の発生による人々のアクティビティや移転行動との関係性についてはこれまでに十分に分析されていないことを確認し、人々のアクティビティおよび移転行動を明示的に表現し、交通需要を推計するためには、アクティビティベースモデルの適用が必要であることを示した。

「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」では、洪水の発生によって、アクティビティがどの様に変わることについて把握するために、東南アジア諸国の洪水状況を俯瞰した上で、代表的な都市として、タイ・ウボンラチャタニ市を選定し、アクティビティダイアリー調査を実施した。結果として、洪水発生時に就学者および非就業者は外出のとりやめや自宅に滞在するパターン数が増加する一方で就業者は休憩中に買い物をするパターン数が増加することを明らかにした。さらに、洪水の発生が移転行動の判断に与える影響を明らかにするために、アンケート調査を実施し、移転行動の実施有無に関するモデルを構築した。結果として、洪水発生時の最大浸水深が移転行動の判断に大きく寄与していることを示した。

「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」では、洪水の発生に対する適応策の評価するために、既存のアクティビティベースモデルに基づいて、洪水発生時の交通需要を推計する手法を確立した。具体的には、洪水の発生による影響を考慮したアクティビティパターンの生成、道路区間の冠水による速度低下や寸断の影響の内生化、洪水の影響を回避するための移転行動モデルの適用を行った。このモデルを用いた定常時の交通需要の推

計結果から生成されたアクティビティパターン数の割合とアンケート調査の結果を比較した。モデルから生成されたアクティビティパターン数の割合は、概ね定常時のアンケート調査結果と同等であり、精度の高い交通需要の推計モデルが構築できた。また、洪水発生時のアクティビティを考慮しない四段階推定法とアクティビティベースモデルによる交通需要の推計結果から得られた OD 間交通量を比較した。その結果、アクティビティベースモデルを用いた場合には、洪水の発生による目的地の変更を踏まえた交通需要を推計することができた。これらの結果から、洪水発生による交通需要の変化をアクティビティベースモデルに基づいて推計する手法を確立し、その手法が有効であることを示した。

「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」では、洪水の発生に対する順応策と撤退策を整理した上で、道路嵩上げとピロティ建築（高床式住居）および移転促進政策を選定し、適応策シナリオとして定義した。道路嵩上げの実施を検討する場合には、洪水発生時に冠水することで、寸断あるいは速度低下する 104 区間を対象に優先付けした。本論文では、アクセシビリティ指標を用いて影響を受ける区間を定常時と同様に利用できるように整備した場合の改善効果が、5%以上の区間を優先度中、10%以上の区間を優先度高として設定した。なお、ピロティ建築は選定された道路区間の沿道で実施することと仮定した。その結果、8区間で優先度中、7区間で優先度高と評価した。また、移転促進政策は、浸水深が高いゾーンを対象に、第3章で構築した移転行動モデルを適用し、移転する世帯を決定した。これらに基づき、9シナリオおよび定常時、洪水発生時、東側バイパスの整備なし、浸水深が低下した場合の13のシナリオを設定することができた。

「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」では、設定した適応策がどの程度定常時に近づけられているかを把握するために、アクティビティ、モビリティおよび経済的な観点から評価した。具体的には、アクティビティパターン数、アクセス可能な施設の訪問回数、ゾーン間平均旅行時間、トリップ毎の旅行時間に基づいて評価した。また、適応策の実施が経済的に見合うか判断するために、費用便益比を算出した。評価の判断基準は、適応策シナリオ別に推計した交通需要の推計結果と定常時の結果を比較することで適応策の導入効果を把握した。結果として、道路嵩上げ政策と移転促進政策を組み合わせることでアクティビティパターン数の割合が5%程度改善することを示した。また、アクセスできる施設の訪問回数については、移転促進政策を含む場合には3.5%程度大型商業施設でのアクティビティ数が増加するが、道路嵩上げ政策のみ実施した場合には、0.6%増加することを示した。一方で、ゾーン間平均旅行時間については、単に移転促進政策の導入のみでは、対策を実施しない場合と比べて旅行時間に改善効果がないことを示した。それに対して、道路嵩上げ政策または組み合わせた場合には、それぞれ30分および20分程度短縮できることを示した。最後に、トリップ毎の旅行時間のうち就業を目的としたトリップを比較すると、対策実施なしまたは移転促進政策のみ導入した場合には、定常時と同様に20~25%程度のトリップが60分以上旅行時間を要しているが、道路嵩上げ政策または道路嵩上げ政策と移転促進政策を組み合わせた場合には、旅行時間が全てのトリップで50分以内まで低減することを明らかにした。また、いずれの適応策を導入した場合にも費用便益比は1を超え、有効であることを確認した。これらの結果から、単に移転促進政策を導入するだけでなく、道路嵩上げを組み合わせることで適応策を導入することでアクティビティおよびモビリティへの影響を大きく改善でき、経済的に見合うものであることを示した。

「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、第6章までの結果を受けてこれまでの交通計画の課題点を示した上で、本論文で提案する洪水の発生を前提とした交通計画の在り方を検討した。はじめに、洪水の発生に関するハザードマップ等は示されているが、この影響については現在の交通計画の中では考慮されていないことを示した。これに対して本論文では、交通計画の中で洪水の発生を含めた調査の実施および現況分析を行い、詳細にその影響を把握した上で、それらの影響を考慮して交通需要を推計するために、提案したアクティビティベースモデルを適用し、適応策を評価する方法を提案した。

「第8章 結論」では、本論文の成果と今後の展望について整理し、本論文の結論とした。本論文では、東南アジアの都市を中心に頻発する洪水の発生に対する影響の軽減に向けた適応策の中でも特に順応策と撤退策に着目し、長期に亘る洪水の発生が人々のアクティビティと移転行動に与える影響を明らかにした上で、これらを含めた洪水発生時の交通需要の推計手法を確立した。また、構築した手法を用いて順応と撤退からなる策の実施効果を評価する手法を提案し、その導入効果を明らかにした上で、洪水の発生を前提とした交通計画の在り方を検討し、その必要性を示した。今後、東南アジ

ア諸国の都市で、本論文で提案した方法を用いることで、洪水の発生を前提とした交通計画を実施することが可能であり、本研究における提案が大変有用であることを示した。