

京都大学	博士 (工学)	氏名	KARIM IBRAHIM AHMED ABDRABO
論文題目	Integrated Hydrological Approach for Flood Risk Assessment and Mitigation Strategies in Egyptian Cities (エジプトの都市における洪水リスク評価および軽減対策のための統合水文学的アプローチ)		
<p>(論文内容の要旨)</p> <p>本研究は、近年、顕著なワジ (涸れ川) のフラッシュフラッド (洪水) 被害が増加しているエジプトの沿岸都市地域における、洪水リスクおよびその軽減対策について、水文モデルやリモートセンシングデータ、さらには機械学習モデルなどを用いて総合的に検討を行ったものであり、全体6章で構成されている。</p> <p>第1章では、エジプトにおけるワジの洪水被害について概説するとともに、研究課題と本研究で取り組む研究の目的を整理している。</p> <p>第2章では、洪水リスクの理解と評価およびエジプトの都市の空間計画との関係について、次の3つの観点から検討を行っている。1) 乾燥地域および半乾燥地域における洪水リスク軽減に関する都市計画と景観ツールの役割, 2) エジプトにおける洪水リスク評価と災害管理のための空間計画の統合, 3) エジプトにおける洪水の脆弱性に対する3つの要因 (都市の成長, 極端な気候, および誤った管理) の影響。その上で、洪水リスクを軽減するために、都市計画にかかわるさまざまな利害関係者を調整する運用フレームワーク, 洪水リスクに関する共通基盤の整備による情報共有, 洪水リスクの共有による経済的便益の明確化, 気候変動影響に対する情報共有, などをもとに洪水対策に関するガバナンスを強化することを提案している。</p> <p>第3章では、乾燥都市地域における洪水リスク評価と脆弱性指数のためのカスタマイズされた方法論の開発について次の3つ観点から検討を行っている。1) 水文観測されていない地域におけるミクロスケールでの都市洪水リスクマッピングのための統合的方法論:エジプト・ハルガダの事例研究, 2) PCA および AHP 技術を使用した都市の意思決定ツールとして都市洪水脆弱性指数を構築するための統合指標ベースのアプローチ:エジプト・アレクサンドリアの事例研究, 3) 乾燥地域および半乾燥地域における都市洪水リスクを評価するための統計的および多基準アプローチ:エジプト・アレクサンドリアの事例研究。これらの検討においては、アレクサンドリア市域などを100の小ブロックに分解し、物理的、社会的および経済的観点からの3つの脆弱性を定量化してGIS上にマッピングし、これらを組み合わせることで統合化された都市の洪水脆弱性指数を提案することに成功している。</p> <p>第4章では、都市部における洪水ハザード評価ツールの評価について検討を行っており、次の2つ観点から検討を行っている。1) MENA 地域の都市部における洪水浸水マッピングへのリモートセンシングの応用:エジプト5都市の事例研究, 2) ワジの洪水の感受性予測のための機械学習モデルの調査。具体的には、リモートセンシングから得られる浸水情報、および、標高、水文、地質、土地利用などの情報を用いて、機械学習 (LightGBM および CatBoost) モデルにより洪水の感受性を予測する手法を検討している。これにより、Random forests (RFs)モデルより、再現性を向上させることに成功し、ROC 解析で97%以上の予測精度があることが確認された。</p> <p>第5章では、洪水のリスク軽減における都市計画および景観ツールとその有効性について、都市形態が雨水流出特性に及ぼす影響を踏まえつつ検討を行っている。具体的には、雨水排水路や調節池の整備に加えて、雨水の地下浸透の促進のために、緑地公園や道路脇の植生側溝帯、建物の屋根からの雨水浸透や回収を都市の空間計画に組み込むことによる効果を明らかにしている。このようなコンセプトは、日本の総合治水計画や中国における海綿都市 (Sponge City) 計画にも見ることができる。しかしながら、エジプトのような乾燥、半乾燥地域では、降雨イベントが限られることから必要性が十分に認識されていない。一方で、人口増加に伴う新たな都市開発が進んでおり、このような際に当</p>			

京都大学	博士（工学）	氏名	KARIM IBRAHIM AHMED ABDRABO
<p>初より雨水排水・貯留計画を都市計画に合わせて当初から組み込むことが重要かつ効果的であることを示した.</p> <p>第6章では、本研究の主要な結論をまとめるとともに、今後の課題の整理を行っている.</p>			

氏名

KARIM IBRAHIM AHMED
ABDRABO

(論文審査の結果の要旨)

本研究は、近年、顕著なワジのフラッシュフラッド（洪水）被害が増加しているエジプトの沿岸都市地域における、洪水リスクおよびその軽減対策について、水文モデルやリモートセンシングデータ、さらには機械学習モデルなどを用いて総合的に検討を行ったものであり、本研究で得られた主な成果は次のとおりである。

1. エジプトにおける洪水の脆弱性について、都市の成長、極端な気候、および都市の不十分な管理の3つの原因が挙げられる。その上で、洪水リスクを軽減するために、都市計画にかかわるさまざまな利害関係者を調整する運用フレームワーク、洪水リスクに関する共通基盤の整備による情報共有、洪水リスクの共有による経済的便益の明確化、気候変動影響に対する情報共有、などをもとに洪水対策に関するガバナンスを強化することが重要である。
2. エジプト・ハルガダ市やアレクサンドリア市などの乾燥都市地域における洪水リスク評価に関する方法論の開発を行った。具体的には、それぞれの市域を小ブロックに分解し、物理的、社会的および経済的観点からの3つの脆弱性を定量化してGIS上にマッピングし、これらを組み合わせることで統合化された都市の洪水脆弱性指数を提案することに成功した。
3. MENA（中近東北アフリカ）地域の都市部における洪水ハザードの評価を行うツールの開発を行った。具体的には、リモートセンシングから得られる浸水情報、および、標高、水文、地質、土地利用などの情報を用いて、機械学習（LightGBM および CatBoost）モデルによりワジの洪水の感受性を予測する手法を提案した。これにより、Random forests (RFs)モデルよりも再現性を向上させることに成功し、ROC 解析で97%以上の予測精度があることが確認された。
4. 洪水のリスク軽減における都市計画および景観ツールとその有効性について、都市形態が雨水流出特性に及ぼす影響について検討を行った。具体的には、雨水排水路や調節池の整備に加えて、雨水の地下浸透の促進のために、緑地公園や道路脇の植生側溝帯、建物の屋根からの雨水浸透や回収を都市の空間計画に組み込むことによる効果を明らかにした。エジプトなどの乾燥・半乾燥地域ではこれら洪水対策の必要性が十分認識されていないが、人口増加に伴う新たな都市開発が増加しており、当初より雨水排水・貯留計画を都市計画に合わせて当初から組み込むことが重要かつ効果的であることを示した。

以上のように、本研究は、全体として、エジプトの都市におけるフラッシュフラッド（洪水）のリスク評価と緩和戦略に対する包括的なアプローチを提供している。具体的には、都市計画と水文学的アプローチの統合、洪水リスク評価のためのさまざまなツールと技術の使用、洪水リスク軽減における都市計画と景観ツールの有効性と重要性を強調し、都市部におけるより効果的な洪水リスク管理戦略を立案するための貴重な知見を提供しており、今後のエジプトや同様な乾燥・半乾燥地域の沿岸都市地域における、洪水リスクおよびその軽減対策に大いに寄与するところが少なくない。

よって、本論文は博士（工学）の学位論文として価値あるものと認める。また、令和5年7月18日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行って、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： 令和 5年 12月24日以降