

学 位 論 文 内 容 の 要 旨

学位論文題目	南アジア・東南アジアの気象水文量の長期変化と水災害リスクに関する研究 (Study on Long Term Variation of Hydro-Meteorology Data and Water-Related Disaster Risk in South Asia and South-East Asia)
氏 名	村岡 和満

近年、水災害が激甚化している。水災害の激甚化は地球温暖化による気候変動が影響していると指摘されており、我が国のみならず世界でも同様である。特に、開発途上国では毎年襲う水災害が経済発展の妨げとなっている。本研究では、南アジアのバングラデシュ、および東南アジアのラオスにおいて、気象水文データの長期変化傾向と気候変動との因果関係について、解析手法の工夫とともに明らかにした。また、ガンジス川、ブラマプトラ川、メグナ川の三大河川流域について、流出氾濫一体型解析モデル (RRI) を用いて過去に例のない大規模流域のモデルを構築し、過去の大洪水での水位、流量、氾濫域の再現計算を実施した。また、長期変化傾向の結果を用いて、バングラデシュの将来の水災害リスクについて予測した。本論文は、これらの研究成果を統合的にまとめたものである。

第1章では、近年の気候変動による水災害の状況や関連する既往研究等、本研究の背景、研究の目的、論文の構成を述べている。

第2章では、ラオスのメコン川流域の降水量、河川水位の長期変化傾向について述べる。時系列データについては、t検定、閾値超過分析、極地解析手法を使って分析した。年間降水量および流量は減少傾向であることが示された。詳細には①年間降水量は特に南部において「有意な減少傾向」であること、②年間降水量は減少傾向であるが、日雨量100mmを超える降雨は増加傾向であること、③河川の洪水流量、濁水流量はやや減少傾向であるが、年々変動幅がおおきくなっていることが分かった。

第3章では、バングラデシュの降水量、河川水位の長期変化傾向について述べる。時系列データについては、統計学的解析手法 Mann-Kendall 検定、Seasonal Mann-Kendall 検定を使って解析した。Mann-Kendall 検定の弱点を克服するために、STL を使った平滑化手法を新たに提案し、その有用性を確認している。①32年間の月降水量は、中部～北部地域で減少傾向、特に中部において有意であること、②116年間の月降水量は有意な減少傾向を示すが、近年32年間のほうがその変化の傾きが大きいこと、③降水量が増加している地域では統計的に有意な水準で激しい降水の頻度が増え、降水量が減少している地域では激しい降水が減少していること、④三大河川の30年間の水位は有意な減少傾向で、特にブラマプトラ川の減少の割合が大きく、2010年以降で低水位以下の減少が顕著であること、等の新たな知見が得られている。

第4章では、エルニーニョおよびインド洋ダイポールに関する指数 SOI, DMI と降水量との相関・因果関係について述べる。統計学的解析手法 Wavelet, Cross-Wavelet コヒーレンス、統計的因果推論手法の VAR-LINGAM を使って分析した。VAR-LINGAM を気象水文データに適用した既往研究は無く、本研究において、はじめて適用可能であることと、その有用性を確認した。ベンガル地域の降水量に対しては、SOI よりも DMI との相関が大きく、5～6ヶ月の時間差で DMI から降水量への因果関係が存在することを明らかにした。

第5章では、三大河川の流出と氾濫を一体的に解析できる RRI モデルを構築し、バングラデシュの過去の4ケースの洪水を再現し、河川の水位および流量と、洪水氾濫の特徴を考察した。また、前章で明らかになった結果を用いて、三大河川流域の水位および流量、洪水氾濫の変化を予測した。三大河川のような広大な流域面積をもつ RRI モデルは過去に例がなく、本研究で初めてモデル化することができた。また、メグナ川のような非常にフラットで中央部に広大な窪地を持つ地形での再現計算も過去に例がなかったが、本研究において水位流量、氾濫域を概ね再現することができた。さらに、現在までの気象・水文量の変化傾向が継続すると仮定すると、メグナ川流域では最大10cmの水位低下、下流で10cmの水位上昇が、また、ブラマプトラ川の流量は平均で約130m³/s程度の減少が予想されることを明らかにした。

第6章では、第2章から第5章の総合的な考察と、今後の展望を整理した。開発途上国における将来の水災害対策を計画する上で、より詳細で精度の高い流出氾濫解析モデルを構築し、d4PDF（地球温暖化対策に資するアンサンブル気候予測データベース）を用いて、将来の気候変化傾向の分析や水災害リスクの予測を行うことの重要性等の提言をまとめた。

学位論文審査の結果及び試験，試問の結果報告書

(論文博士用)

山口大学大学院理工学研究科

報告番号	理工博乙 第 146 号	氏名	村岡 和満
最終試験担当者		主査 朝位 孝二 審査委員 関根 雅彦 審査委員 赤松 良久 審査委員 山本 浩一 審査委員 神野 有生	
【論文題目】			
南アジア・東南アジアの気象水文量の長期変化と水災害リスクに関する研究			
【論文審査の結果及び試験，試問の結果】			
<p>本研究は，気候変動が懸念される現代において世界でも有数の豪雨地域である東南アジアと南アジアを対象として水文量の長期変化について検討したものである。本研究の目的は以下の三点に分類できる。</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) 東南アジアのラオス，南アジアのバングラディッシュにおける気象・水文現象の長期変化の傾向と，それが東南アジアと南アジアで相違があるか。 2) バングラディッシュの降水がエルニーニョ・ラニーニャ (SOI) およびインド洋ダイポールモード (DMI) などの地球的規模の現象とどのような関係があるか。 3) バングラディッシュにおける洪水の源はどこであるか。また現状の水文現象の長期変化傾向がこのまま続くと洪水氾濫リスクはどうか。 <p>本研究ではまず，東南アジアを代表する河川としてメコン川およびその流域を対象として，1969年から2008年までの40年間の水文データ解析を行った。メコン川流域の水文データは日本の国際協力機構によってその品質が保証されている。このため時系列データ分析には回帰係数の有意性検定 (t 検定) が採用された。データの解析の結果年間降水量および年平均流量はラオス南部では有意水準 5% で減少傾向であることを明らかにした。また 100mm を越える日雨量は増加傾向であることを明らかにした。</p> <p>次にバングラディッシュにおいて 1985年から2016年の32年間の水文データ解析を行った。バングラディッシュのデータはラオスの場合と異なりデータ品質管理が行われておらず欠測や異常値が含まれている。したがって欠測や異常値の影響を受けにくい分析手法が必要である。さらにモンスーン地域であるため季節的な周期変化が著しく長期傾向の検討には工夫が必要である。本研究では STL 分解と Mann-Kendall 検定を組み合わせた手法を考案しその適用を試みた。その結果，降雨はバングラディッシュ南部を除いて減少傾向であり，南部では増加傾向であることが明らかになった。バングラディッシュの東に隣接するインドの月降水量データを用いて 1901年から2016年までの116年間と 1985年から2016年までの32年間の長期トレンドについて解析を行った。その結果どちらも有意な減少傾向があることが認められたが，直近の32年間の方が減少の割合が大きいことが分かった。これは近年の気候変動の影響を示しているものと考えられる。バングラディッシュの日降水量では，有意な降水量の減少が見られる地域では豪雨も減少しており，一方で有意な降水量の増加が見られる地域では豪雨も増加している。また全体的には水害が発生しない程度の 100mm/day の降雨が少なくなってきており，雨の降り方に変化が現れていることが統計的に明らかとなった。バングラディッシュにおける三大河川 (ガンジス河，ブラマプトラ川，メグナ川) における河川水位の変化傾向が調べられた。いずれの河川も有意な減少傾向が示された。</p> <p>これらの分析結果からラオス，バングラディッシュともに降水量，河川水位は減少傾向にあることが明らかになった。</p>			

続いて、バングラディッシュの降雨と SOI・DMI の相関関係・因果関係が検討された。降水量と DMI の関係について Wavelet 解析を行った結果 16~64 ヶ月周期の変動が卓越していることが分かった。二つの時系列データの因果関係を知ることでできる VAR-LiNGAM をこれらのデータに適用した結果、バングラディッシュの降雨は SOI よりも DMI との相関が強く、5~6 ヶ月の時間差で DMI から降水量への因果関係が存在することが明らかとなった。既往研究でバングラディッシュの降雨が DMI と相関があることは知られていたが、本研究ではそれに加え因果関係とその時間差を明らかにすることに成功した。

最後に流出氾濫解析モデルである RRI を用いて、バングラディッシュの三大河川の洪水の原因について検討した。その結果ガンジス川はバングラディッシュ国内の氾濫には直接的な寄与は少ないこと、ブラマプトラ川の氾濫はインドからの流入に起因すること、メグナ川の氾濫はバングラディッシュ国内の降雨に加えてインドからの流入に起因することが分かった。また現在の降雨減少傾向が今後 100 年続くと仮定して将来の氾濫状況についてシミュレーションを行った。メグナ川では氾濫水深が 10cm 低下しブラマプトラ川の流量が 130m³/s 減少することが分かった。洪水リスクが大きく減少するものではないという結果を得た。

本審査においては VAR-LiNGAM による分析結果で不明な点、RRI による計算結果の考察で結論が唐突に示されているところがあること、STL 分解の必要性、全体的なスライドの作り方について指摘があった。これら質問に対して十分な回答がなされた。

公聴会ではオンラインにより 60 名の参加者があり活発な質疑が行われた。RRI モデルで用いた地盤データや計算結果の再現性、GSMap の降水量精度、再現計算の対象とした年の選択理由、水位観測所の位置など幅広い質問とコメントがあった。いずれの質問にも適切な回答がなされた。

以上より本研究は独創性、信頼性、有効性、実用性ともに優れ、博士（工学）の論文に十分値するものと判断した。論文内容及び本審査会、公聴会での質疑に関する応答から、最終試験は合格とした。

なお、申請者は本研究科単位取得退学者であるため、外国語及び専攻学術に関する試問は免除する。

主要な関連論文の発表状況は以下の通りである。（関連論文 計 3 編）

(a)査読のある雑誌等

(1)著者氏名 : 村岡和満・朝位孝二

論文題目 : メコン河中下流域における水文データの時系列傾向の分析

学術雑誌名 : 土木学会論文集 B1 (水工学)

巻、号、頁 : Vol.69, No.4, I_289-I_29

発行年月 : 平成 25 年 2 月発行

(2)著者氏名 : 村岡和満・朝位孝二

論文題目 : ベンガル地域の気象水文量の長期変化と地球規模現象との相関・因果関係の解明

学術雑誌名 : 土木学会論文集 B1 (水工学)

巻、号、頁 : Vol.76, No.1, 53-69

発行年月 : 令和 2 年 6 月発行

(b)査読のある国際会議の会議録等

(1)著者氏名 : Kazumitsu Muraoka and Koji Asai

論文題目 : The Analysis of the Time-Series Variation of Hydrological Data in the Middle, Lower Mekong River Basin

学術雑誌名 : 19th IAHR-APD Congress 2014

巻、号、頁 : なし

発行年月 : 2014 年 9 月発行