

京都大学	博士（工学）	氏名	NETRANANDA SAHU
論文題目	Impacts of Climate Variations on Seasonal Streamflows and Probabilistic Forecasts (季節河川流況に対する気候変動の影響評価と確率的予報に関する研究)		
(論文内容の要旨)			
本論文は、複数の国の河川における海面水温偏差の流量変化に与える影響を統計的に評価し、将来の流量変動をこれらの海面水温偏差の影響を考慮して予測することを目的としたものであり、以下の6章からなる。 第1章は序論であり、本論文の背景と目的及び既往の研究を踏まえた本研究の位置付けについて述べており、本研究における主要な問題設定である海面水温偏差の事例と地表面過程への影響評価の必要性、本論文の構成について述べている。特に本研究にてインド洋ダイポールモード(IOD)に関する河川への影響を中心に研究を進めることが示されている。 第2章では、本論文の理論的な背景を述べ、特に中期的な気候変動をもたらす海面水温偏差、すなわちエルニーニョ/ラニーニャなどのエルニーニョ南方振動(ENSO)及び疑似エルニーニョ南方振動現象、そしてインド洋ダイポールモード(IOD)など、本研究において評価する海面水温偏差の標準的な区分、また本研究にて持ちいる疑似エルニーニョ指標(EMI)の定義を行っている。さらに、気候変動によってもたらされる災害事象について言及し、上記の海面水温偏差事象によりこれらの災害が増加する傾向、被害総額についても述べ、1975-2008年の間のIOD/ENSOの歳の被害総額はアジアで250億ドル、アメリカにおいても140億ドルにも達することなどが示されている。 第3章では、インドネシアのチタラム川における日流量の1974-2008年の35年平均値からの偏差を、海面水温偏差と関連づけた解析を行った。過去の研究から、インド洋の正のダイポールモードの年にはインドネシアにおいては乾燥がもたらされ、反対にインド洋の負のダイポールモードでは湿潤がもたらされることが明らかにされている。また太平洋の海面水温偏差についても、エルニーニョ現象の年には乾燥が、反対にラニーニャ現象の年には湿潤がもたらされることが確認されている。しかしながら、これら二つの海洋での海面水温偏差のどちらが支配的であるかについて十分な解析は過去に行われていない。本研究においては35年間の流量変動と両海洋における海面水温偏差の出現回数を、1年間を4シーズン(12-2月(DJF)、3-5月(MAM)、6-8月(JJA)、9-11月(SON))に分類し、それぞれについて評価した。その結果、流量偏差の大きい年はほとんど熱帯太平洋のラニーニャ現象に関連している一方、インド洋の負のダイポールモードや太平洋の疑似エルニーニョ現象に関連した年があることが明らかになった。反対に流量偏差の小さい年は、インド洋の正のダイポールモードに関連していることが明らかになると同時にこれらは太平洋のエルニーニョ現象にも関連していることを見出した。また12-2月及び3-5月において、ラニーニャ現象によって流量ピークがもたらされること、疑似ラニーニャ現象によって低水流量が予測されること、また12-2月においては低水流量は正のダイポールモードと相関が高いことを示している。 第4章では、ラプラタ川・パラナ川水系支流の一つであるブラジル・パラナイバ川における流量データと太平洋表面水温分布との相互解析を行っている。パラナ川流域においては大西洋の影響も考えられるが、本章における研究では太平洋及びインド洋の海面水温偏差に焦点をしばった解析を行っており、その基本的手法は第3章に従っている。ファゼンダ・サンタマリア流量観測所における1974-2005年の31年間の流量データについて解析が行われている。その結果、3-5月における雨期における流量減少事象と疑似エルニーニョ現象との関連性について(1)中部太平洋暖水塊の発生時に3-5月の流量減少事象の60%が発生していること、(2)流量減少事象はどれも通常のエルニーニョ現象			

京都大学	博士（工学）	氏名	NETRANANDA SAHU
下では発生していないこと, (3) 一方流量増加事象においても疑似エルニーニョ現象との間で強く関連しており, ほとんどの流量増加事象は疑似エルニーニョもしくは負のインド洋ダイポールモードの条件下にて発生していること, などを明らかにした. 第5章では, 第3章及び第4章で得られた結果をもとに, 大気海洋結合大循環モデル(AOGCM)を用いて予測した海面水温偏差を用いて, インドネシア・チタルム川の流量を予測する手法を提案している. 本研究においては, 海面水温偏差の予測が必要なため, 高解像度であっても大気大循環モデル(AGCM)を用いることはできない. そのため, 米国国立環境予測センター(NCEP)の CFSv2 モデルと, コロンビア大学国際気候社会研究所(IRI)が開発した ECHAM4.5-MOM3 モデルを用いた. 前者は1982-2010年の期間の15アンサンブルメンバーが空間解像度 0.9 度×0.9 度にて計算されており, 後者は1982-2011年の期間に 2.8 度×2.8 度の空間解像度にて結果がまとめられている. いずれも気象研究所による MRI-GCM20(空間解像度 0.2 度×0.2 度)のような大気大循環モデルよりは粗いが ENSO/IOD などの海面水温偏差の予測には一定の成果を得ている. 本研究においては, これらのモデル結果の1982-2006年の計算結果を用いて追算を行い, 流量記録との相関を求め, 一定の精度で過去の流量変動について傾向を予測することができることを示した. またこの手法を用いて近未来のチタルム川の流量の季節変動の大まかな予知が可能であることを示している. 第6章は本論文の結論であり, 主要な結論と今後の課題を記述している.			

(論文審査の結果の要旨)

本論文は、複数の国の河川における海面水温偏差の流量変化に与える影響を詳細に評価し、将来的な流量変動をこれらの海面水温偏差の影響を考慮して予測することを目的としたものであり、得られた主な成果は次の通りである。

- 1) インドネシアのチタラム川の日流量について 1974-2008 年の 35 年平均値からの偏差を、海面水温偏差と関連づけた解析を行い、流量偏差の大きい年はほとんど熱帯太平洋のラニーニャ現象に関連している一方、インド洋の負のダイポールモードや太平洋の疑似エルニーニョ現象に関連した年があることを明らかにした。反対に流量偏差の小さい年は、インド洋の正のダイポールモードに関連していることが明らかになると同時にこれらは太平洋のエルニーニョ現象にも関連していることを見出した。また 12-2 月及び 3-5 月において、ラニーニャ現象によって流量ピークがもたらされること、疑似ラニーニャ現象によって低水流量が予測されること、また 12-2 月においては低水流量は正のダイポールモードと相関が高いことを示した。
- 2) ラプラタ川・パラナ川水系支流の一つであるブラジル・パラナイバ川における 1974-2005 年の 31 年間ににおける流量データと太平洋表面水温分布との相互解析を行い、3-5 月における雨期における流量減少事象と疑似エルニーニョ現象との関連性について (1) 中部太平洋暖水塊の発生時に 3-5 月の流量減少事象の 60% が発生していること、(2) 流量減少事象はどれも通常のエエルニーニョ現象下では発生していないこと、(3) 一方流量増加事象においても疑似エルニーニョ現象との間で強く関連しており、ほとんどの流量増加事象は疑似エルニーニョもしくは負のインド洋ダイポールモードの条件下にて発生していること、などを明らかにした。
- 3) 大気海洋結合大循環モデル(AOGCM)を用いて予測した海面水温偏差を用いて、インドネシア・チタラム川の流量を予測する手法を提案し、1982-2006 年の計算結果を用いての追算と、流量記録との相関を求め、一定の精度で過去の流量変動について傾向を予測することができることを示し、また近未来のチタルム川の流量変動の季節変動の大まかな予知が可能であることを示した。

以上のように本論文は、地球物理における大気・海洋相互作用現象の象徴的な指標である海面水温偏差と、水循環過程における最終アウトプットである河川流量との関連性を統計的に解明し、大気海洋大循環モデルを用いて海面水温偏差を予測することにより、将来における河川流域の中期的な流量の変動傾向を予測可能なことを示しており、学術上、實際上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、平成24年8月10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。