

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 13 日現在

機関番号：14301

研究種目：基盤研究(A)

研究期間：2011～2014

課題番号：23241057

研究課題名(和文) インド亜大陸北東部の洪水の原因である多重時空間スケールの降水過程に関する研究

研究課題名(英文) Study on temporal and spatial multi-scales of rainfall process at the Northeastern region of India

研究代表者

林 泰一 (HAYASHI, TAIICHI)

京都大学・防災研究所・准教授

研究者番号：10111981

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 32,500,000円

研究成果の概要(和文)：世界最大の降雨地帯であるインド北東部のモンスーン期の降雨過程について研究を実施した。雨量計と自動気象観測装置を更新、再配置し、より精密な観測体制を整備し、また、気象資料の収集、ワークショップの開催など多岐の活動を実施した。とくに、雨量計のネットワークと自動気象観測装置による地上観測から、高い時空間分解能の観測資料を得た。さらに、集中的な高層観測を実施して、時空間分解能を持つ精度よい結果を得て、洪水発生時の大気の立体構造を明らかにした。このように、この研究の成果は、インド北東部の詳細な降雨過程解明について、画期的な成果である。

研究成果の概要(英文)：The observational study was conducted in the northeastern region of Indian subcontinent during the Indian summer monsoon season. The area of the observation is one of the highest amount of rainfall in the world. The observation network of rain gauges at the surface, upper layer observation campaign, collection of meteorological components and several workshop on the meteorological disasters and their effects to the human activities. The meteorological data analysis clarified the three dimensional structure of heavy rainfall processes.

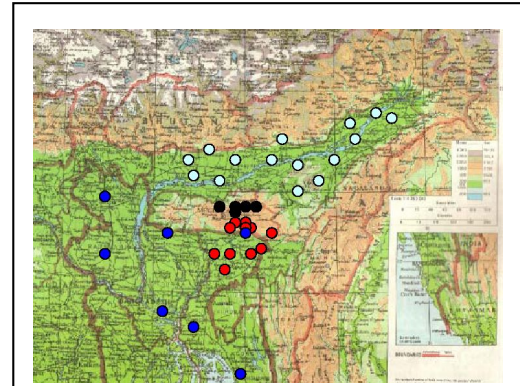
研究分野：気象災害学

キーワード：インドモンスーン 洪水 気象災害 メガラヤ高地 降水量 雨量計

### 1. 研究開始当初の背景

われわれは、1980 年後半からバングラデシュにおける大洪水に関する研究に着手して以来、いくつかのプロジェクトにおいて、バングラデシュ国で降雨などの気象観測を実施し、現地で水文学や気象学の研究者と洪水の発生の実態の共同研究を進め、気象局や水文局、災害管理庁などの実務機関と洪水災害軽減のための気象観測体制、警報の発令に関して指導や助言を行ってきた。

インド亜大陸北東部は世界最大級の豪雨地帯であり、とくに、メガラヤ高地の南に位置するチェラプンジでは、過去 26,461mm の世界最大の年降水量(1867 年)の記録を持つ。1970 年以降でも、24,000mm を超える降水量を記録し、ほぼ毎年のように 12,000mm 程度の雨量がある。この世界最大の豪雨の大部分は、インド北東部の高さ 1800m 程度のメガラヤ高地の南斜面で発生し、この降水は下流域のバングラデシュにすべて流れて洪水が頻発する。バングラデシュの洪水被害の軽減のためには、インド北東部のアッサム、メガラヤなどの地域を一体とした降雨過程の調査研究を実施することが不可欠である。これまで、インドとバングラデシュの間では、気象水文観測資料の交換が十分ではなく、これまで地域を総合した調査研究体制はとられていなかったため、降雨過程、洪水の実態についての定量的な評価調査はなかなか進んでいなかった。その理由の一つは、インドのアッサム、メガラヤは 1990 年代の半ばまで入域が制限され、特に外国人の入域が難しかったことにあるが、最近では自由化されてこの地域を一体とした研究が可能になった。また、2009 年度には、日本の援助でバングラデシュのシレット地域に新たなドブラレーダが稼働し、この地域を完全にカバーする広域の降雨の連続観測が可能になった。この観測状況の充実を考慮して、平成 12-14 年度の「バングラデシュ国における洪水災害の発生の原因となる降雨特性の調査・研究」(基盤研究(B))を発展させ、より広範囲のインド亜大陸北東部全体に調査領域を拡大し、この地域の洪水発生の原因となる降雨特性を明らかにすることを計画した。われわれは 2006 年から雨量観測ネットワークを整備し、34 地点のうち 28 地点をこの地域に集中させてきた(第 1 図)。雨量 0.5mm 毎に測定できる雨量計を用いており、現地気象台の 3 時間毎の観測に比べて、はるかに高い時間空間分解能の精度で豪雨の観測により、新設された気象レーダの較正が可能であり、バングラデシュ気象局や JICA から協力要請があった。本研究に参加する主な研究者は、これまでバングラデシュにおける夏季モンスーン季の降水過程の研究や洪水対策に長年関わってきていて現地の研究者や関係機関とは共同研究の豊富な経験をすでに培ってきていた。



第 1 図 インド亜大陸北東部の気象観測網

### 2. 研究の目的

インド亜大陸の北東部のインドのアッサム、メガラヤおよびバングラデシュでは数年に一度は大洪水に見舞われ、甚大な被害が発生してきた。この大洪水の発生の原因となる豪雨の気象学的な降水過程の時空間的スケールの多様性を明らかにすることを目的である。この世界最大の降雨地帯における降水の年々変化、季節変化、季節内変化、日変化の時間スケールに注目して、その降水過程の実態を明らかにする。夏季モンスーンの開始と終了、2 週間から 30 日の季節内変動は未だにその物理的構造が十分に明らかではない。現地観測を始めとして、気象衛星、気象レーダ、地上の雨量計などの気象資料の解析および気象メソモデルを利用して、豪雨発生機構や維持の実態を明らかにする。現地の気象機関と共同で実施する予定の高層観測の資料を利用して、バングラデシュで運用中の水文モデルの高精度化を計り、現在より高精度の洪水予測の可能性を探り、洪水災害の軽減をめざした。

### 3. 研究の方法

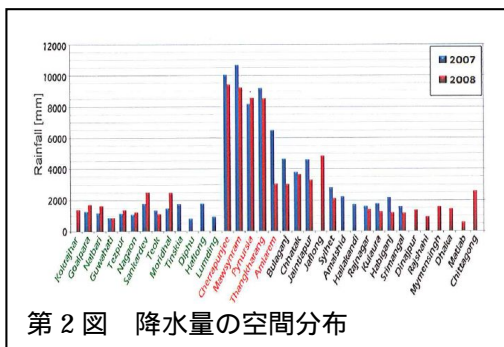
調査研究を実施する対象国・地域は、インド亜大陸北東部のインドのアッサム・メガラヤ、およびバングラデシュである。現地の大学、研究機関の研究者、実務者とは、これまで緊密な交流を深めていて、MOU を結んでいた。

アッサムの 15 台、メガラヤの 5 台の雨量計の点検維持をする。世界最大の降雨を記録しているメガラヤのチェラプンジやマウシラムなど豪雨が期待できる地点を中心に自動気象観測装置を設置し、世界最大の降雨地域の気象要素の特性を観測するために、AWS による高時間分解能の気象要素の観測を行った。メガラヤの自動気象観測装置は、気圧、気温、湿度、風、日射などの基本気象要素を 1 分程度の高い時間分解能で観測した。バングラデシュでも同様に、雨量観測網と自動気象観測装置で観測を実施した。

#### 4. 研究成果

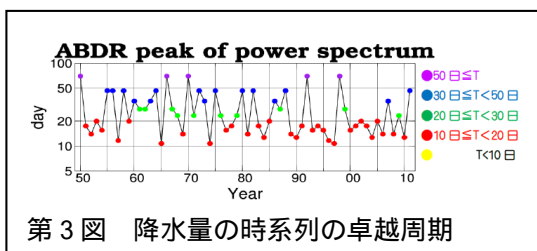
##### 降水量の時空間分布

第2図には、第1図の観測網の各観測点の2007, 2008年の各1年間の年降水量の南北分布を示す。インドのアッサムのほとんどの地域では、年降水量が2,000mm以下であるが、メガラヤでは10,000mmを超える降水量を示す。メガラヤでは南部ほど降水量が減少するが、この地域の距離はわずか10kmにすぎない。このように非に小規模な地域で大きな降水量の違いが見られる。さらに南のバングラデシュでは、北東部のシレット地域では、4,000mmの降水量がある。しかし、中南部では1,000から2,000mm程度になる。このように、明らかに、メガラヤ高地（最大高度約2,000m、東西200km、南北50km）の地形による降雨強化を定量的に示すことができた。



第3図には、バングラデシュ国内の観測点での降水量の時系列から求めた1950年から2011年までの卓越周期を示す。年によって変化するが、大きく分けて、10日から20日の場合と50日程度の2つの年がある。50日程度の周期は、インド亜大陸全体に見られる現象で、夏季インドモンスーンの特徴的な周期である。一方、10-20日周期は、インド亜大陸北東部に特有の降雨の周期である。

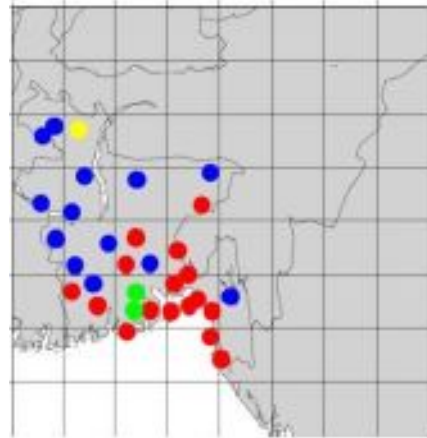
第4図に、バングラデシュ国の各観測点の降水量の時系列の卓越周期の空間分布を示す。



ベンガル湾沿岸と内陸部の観測点で卓越周期は異なっていて、沿岸部では10-20日周期、内陸部で50日程度の長周期を示す。このように、バングラデシュの狭い領域にでも夏季インドモンスーン期の降水の状態に違いがあることを定量的に示すことができた。

##### 高層気象強化観測

このような降水の動態を明らかにするために、この研究費で夏季モンスーンの時期にバングラデシュで高層強化観測をおこな



第4 降水量の卓越周期の空間分布

った。通常、バングラデシュ気象局では、1日1回(00UTC)にDhakaのみで観測が行われているが、観測機器を持ち込んで、Dhakaに加えて、SylhetとChittagongで1日4回の観測を実施した。当初2012, 2013年に実施予定であったが、政情不安などのため、実施が1年延びてしまったため、観測資料は、現在解析中である。

国内外の研究会および国際ワークショップの開催。

以下の研究会や国際ワークショップを主催した。

(1)2010年から2014年度まで毎年、「南アジアにおける気象災害と人間活動に関する研究集会」を実施した。この研究費の課題の「洪水」に加えて、甚大な被害が発生する「サイクロン」、局所的でありながら、重大な被害が発生する「メソ気象擾乱、竜巻」について、気象学的な見地から、最新の研究発表をした。さらに、被害の発生が、農村地帯に集中していることから、その被害軽減、避難に関して、農村開発などの社会的な研究その交流を図った。これらの研究会には、カウンターパートのインドやバングラデシュに加えて、ミャンマーやネパールからの研究者、大学院生が参加し発表した。

(2)インドにおいて、2012, 2013, 2014年に、気候変動に関するワークショップで、研究発表を行った。とくに、インド熱帯気象研究所、インド地球科学省との交流が進み、メガラヤに設立予定の「Rain Museum」について、協力を推進している。また、インド政府やバングラデシュ政府が推進している、気象観測プロジェクトに参加の要請があり、「STORM」や「Monsoon Initiative」などのプロジェクトで、これまでの観測の経験をもとにアドバイスをを行っている。

(3)最終年度に当たり、平成27年2月に、インドアッサムのガウハチ大学で開催された「インド地理学会」で代表者と分担者の2名が招待講演を行った。3月にはメガラヤのシロンのNorthEastern Hill大学で、我々が主

体となって、” Indo-Japan Joint Workshop on Natural Disaster and Human Activity in the North Eastern Indian Subcontinent ” を開催した。

#### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計 10 件)

山根悠介 : 「バングラデシュにおける竜巻等突風被害軽減のためのワークショップ開催報告」, 第 10 回南アジアおよびインドシナにおける自然環境と人間活動に関する研究集会 - インド亜大陸東部・インドシナの自然災害と人間活動 - 」論文集、9-12, 3月 22-23 日, 2015.

村田文絵 : 「世界的多雨地域チェラプンジの降水変動と変動要因」, 第 10 回南アジアおよびインドシナにおける自然環境と人間活動に関する研究集会 - インド亜大陸東部・インドシナの自然災害と人間活動 - 」論文集、5-8, 3月 22-23 日, 2015.

林 泰一 : 「インド亜大陸北東部における気象災害」, 第 10 回南アジアおよびインドシナにおける自然環境と人間活動に関する研究集会 - インド亜大陸東部・インドシナの自然災害と人間活動 - 」論文集、1-4, 3月 22-23 日, 2015.

Murata, F. and Hayashi, T. : Rainfall variability at Cherrapunjee in the inter-annual timescales. Proc. Academic Programme (Suggestive) for the SAP- DRSIII (UGC) National Seminar, Climate Change, Food Security and Livelihoods, Department of Geography, North Eastern Hill University, Shillong, 2nd& 3rd March, 19-22, 2015.

Hayashi, T. : Trends and Pattern in Climate Change - Meteorological Issues., Proc. Academic Programme (Suggestive) for the SAP- DRSIII (UGC) National Seminar, Climate Change, Food Security and Livelihoods, Department of Geography, North Eastern Hill University, Shillong, 2nd & 3rd March, 15-18, 2015.

Hayashi, T. : Characteristics of Heavy Rainfall in the Northeastern Area of Indian Subcontinent, Proc. 36<sup>th</sup> Indian Geographers' Meet, 2015 & International Seminar on Environmental Changes and Challenges : Local, Regional and Global Perspectives, Feb 25-28, 11-14, 2015.

Murata, F and Hayashi, T. : Bangladesh Tornado on 22 March 2013 - its damage and the atmospheric condition -., Proc. KU joint SPIRITS Workshop, Cooperating atmospheric scientists, engineers and social scientists for disaster mitigation in monsoon Asia, On

November 28-29, 5-6, 2014.

Akter, F and Hayashi, T. : Pre-monsoon Dryline Position and Risk Zone of Tornado Occurrence: Case Study Perspective in Bangladesh, Proc. KU joint SPIRITS Workshop, Cooperating atmospheric scientists, engineers and social scientists for disaster mitigation in monsoon Asia, On November 28-29, 3-4, 2014.

Hayashi, T. : Comparison of meteorological disasters and their counter measure between Bangladesh and Myanmar., Proc. KU joint SPIRITS Workshop, Cooperating atmospheric scientists, engineers and social scientists for disaster mitigation in monsoon Asia, On November 28-29, 1-2, 2014.

Hayashi, T. and Kazuo Ando “Mitigating Cyclone and Flood Damages in Myanmar: Applying the Bangladesh's Successful Experiences”, Proc. The 3rd Workshop between Myanmar and Japan for Science and Technology, August 28, 2014, Madalay, Myanmar, 35-48, 2015.

[学会発表](計 12 件)

山根悠介 : 「バングラデシュにおける竜巻等突風被害軽減のためのワークショップ開催報告」, 口頭発表、第 10 回南アジアおよびインドシナにおける自然環境と人間活動に関する研究集会 - インド亜大陸東部・インドシナの自然災害と人間活動 - 」3月 22-23 日, 東京工芸大学.

村田文絵 : 「世界的多雨地域チェラプンジの降水変動と変動要因」, 口頭発表、第 10 回南アジアおよびインドシナにおける自然環境と人間活動に関する研究集会 - インド亜大陸東部・インドシナの自然災害と人間活動 - 」3月 22-23 日, 東京工芸大学.

林 泰一 : 「インド亜大陸北東部における気象災害」, 口頭発表、第 10 回南アジアおよびインドシナにおける自然環境と人間活動に関する研究集会 - インド亜大陸東部・インドシナの自然災害と人間活動 - 」3月 22-23 日, 東京工芸大学.

Murata, F. and Hayashi, T. : Rainfall variability at Cherrapunjee in the inter-annual timescales. 口頭発表、Academic Programme (Suggestive) for the SAP- DRSIII (UGC) National Seminar, Climate Change, Food Security and Livelihoods, Department of Geography, North Eastern Hill University, Shillong, 2nd& 3rd March 2015.

Hayashi, T. : Trends and Pattern in Climate Change - Meteorological Issues., Proc. Academic Programme (Suggestive) for the SAP- DRSIII (UGC) National Seminar,



Climate Change, Food Security and Livelihoods, Department of Geography, 口頭発表, North Eastern Hill University, Shillong, 2nd & 3rd March, 2015.

Hayashi, T. : Characteristics of Heavy Rainfall in the Northeastern Area of Indian Subcontinent, Proc. 36<sup>th</sup> Indian Geographers' Meet, 2015 & International Seminar on Environmental Changes and Challenges : Local, Regional and Global Perspectives, 口頭発表, Gauhati, Univ., Feb 25-28, 2015.

Hayashi, T. : Comparison of meteorological disasters and their counter measure between Bangladesh and Myanmar., 口頭発表, KU joint SPIRITS Workshop, Cooperating atmospheric scientists, engineers and social scientists for disaster mitigation in monsoon Asia, On November 28-29, 2014, 京都大学 ASEAN 拠点.

Murata, F and Hayashi, T. : Bangladesh Tornado on 22 March 2013 -its damage and the atmospheric condition -, 口頭発表, KU joint SPIRITS Workshop, Cooperating atmospheric scientists, engineers and social scientists for disaster mitigation in monsoon Asia, On November 28-29, 2014, 京都大学 ASEAN 拠点.

Akter, F and Hayashi, T. : Pre-monsoon Dryline Position and Risk Zone of Tornado Occurrence: Case Study Perspective in Bangladesh, 口頭発表, KU joint SPIRITS Workshop, Cooperating atmospheric scientists, engineers and social scientists for disaster mitigation in monsoon Asia, On November 28-29, 2014, 京都大学 ASEAN 拠点.

Hayashi, T. : Comparison of meteorological disasters and their counter measure between Bangladesh and Myanmar., 口頭発表, Proc. KU joint SPIRITS Workshop, Cooperating atmospheric scientists, engineers and social scientists for disaster mitigation in monsoon Asia, On November 28-29, 1-2, 2014, 京都大学 ASEAN 拠点.

Hayashi, T. : Trends and Pattern in Climate Change - Meteorological Issues., Academic Programme (Suggestive) for the SAP- DRSIII (UGC) National Seminar, Climate Change, Food Security and Livelihoods, 口頭発表, Department of Geography, North Eastern Hill University, Shillong, 2nd & 3rd March, 15-18. 2015.

Hayashi, T. and Kazuo Ando "Mitigating Cyclone and Flood Damages in Myanmar: Applying the Bangladesh's Successful Experiences", 口頭発表, The

3rd Workshop between Myanmar and Japan for Science and Technology, August 28, 2014, Madalay, Myanmar, 35-48, 2015.

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

林 泰一 (HAYASHI Taiichi)  
京都大学・防災研究所・准教授  
研究者番号 : 10111981

### (2) 研究分担者

竹見哲也 (TAKEMI Tetsuya)  
京都大学・防災研究所・准教授  
研究者番号 : 10341361

### (3) 研究分担者

山根悠介 (YAMANE Yusuke)  
常葉大学・教育学部・講師  
研究者番号 : 10467433

### (4) 研究分担者

寺尾 徹 (TERAO Toru)  
香川大学・教育学部・教授  
研究者番号 : 30303910

### (5) 研究分担者

村田文絵 (MURATA Fumie)  
高知大学・理学部門・講師  
研究者番号 : 60399326

### (6) 研究分担者

松本 淳 (MATSUMOTO Jun)  
首都大学東京・都市環境科学研究科・教授  
研究者番号 : 80165894

### (7) 研究分担者

福島あずさ (FUKUSHIMA Azusa)  
神戸学院大学・人文学部・講師  
研究者番号 : 80165894