

学 位 論 文 要 旨

(Summary of the Doctoral Dissertation)

学位論文題目
(Dissertation Title)

Study on Spatio-Temporal Variabilities of Indonesian Rainfall Using TRMM Multi-Satellite Precipitation Analysis Data
(TRMM 複数衛星降水解析データを用いたインドネシアの降水時空間変動に関する研究)

氏 名(Name)

Abd. Rahman As-syakur

The Indonesia is uniquely located in the most active convection area of the world, and influenced by global, regional, and local conditions; e.g. Asian-Australian monsoon, tropical convective zones, intra-seasonal oscillation, and complex land-sea-topography. Because that rain gauges are only located over land and not in the Indonesian sea area, comprehensive study of the rainfall variability over Indonesia is difficult. Using the remotely sensed meteorological satellite data is one of the solutions to record the rainfall data in the land and ocean areas simultaneously. This study aims to determine the quality of satellite rainfall data called the Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM) Multi-satellite Precipitation Analysis (TMPA) products (TRMM 3B42 for 3-hourly data and TRMM 3B43 for monthly) and evaluate their applications for Indonesian region to understand spatio-temporal patterns of climatological rainfall characteristics that are impacted by two main factors including the monsoon and atmosphere-ocean interactions near Indonesia. This study is motivated by the lack of studies on rainfall variability over Indonesia using long-term satellite meteorological data. This study attempts to analyse and introduce the quality of daily-monthly satellite TMPA products, especially over the Bali area, and use them to explain Indonesian rainfall characteristics from the aspects of diurnal rainfall cycles, the impact of monsoon activity, land-sea distribution, topography diversity and the interaction with the El Niño-Southern Oscillation (ENSO; hereafter conventional El Niño) and the El Niño Modoki.

Chapter 2 describes the first result of this research. This chapter shows the comparison results of daily-monthly rainfall from TRMM 3B42 daily and 3B43 monthly products with rain gauge measurements over Bali. The main objective of chapter 2 is to advance our quantitative understanding of the capability of TMPA products for the analyses of climatological-scale rainfall. The results indicate that TMPA products tend to underestimate the rainfall with large errors on daily

timescales but show better agreement on monthly timescales. In general, the TMPA products are usable and valuable in analysing climatological-scale rainfall, particularly over the areas without rain gauge measurements.

Chapter 3 illustrates the second result of this research. This chapter presents the TMPA product analysis for TRMM 3B43 monthly data to understand the variabilities of Indonesian rainfall on annual, seasonal and monthly time scales, as well as their connection with monsoon activity, land-sea scattering, and topography distribution. The results show that the oceans, islands, monsoons, and topographical diversity clearly affect the spatial patterns of Indonesian rainfall. The high-rainfall events in Indonesia peak during the December-January-February seasons and the low-rainfall events occur during the June-July-August seasons. Most of the highest annual and monthly rainfall typically occurs over island areas.

Chapter 4 presents the third result of this research. This chapter explains the role of monsoon, topography, and El Niño Modoki on the rainfall variability in the Maritime Continent (MC) by analysing the long-term monthly TRMM 3B43 data. The results indicate that the north-south MC precipitation is associated with and generated by the monsoon patterns. In addition, the large-scale circulations are linked with heavy rainfall over this land-ocean region. The conventional El Niño (El Niño Modoki) has a higher impact on rainfall variability than El Niño Modoki (conventional El Niño) especially during northern winter and spring (northern fall), while two phenomena similarly affect during northern summer.

Chapter 5 displays the fourth result of this research. The main objective of chapter 5 is to describe spatial and seasonal differences in the diurnal rainfall cycles using long-term (17-year) 3-hourly TRMM 3B42 data over the Sumatera Island. The results point out for the first time that early-afternoon initiation of daily rainfall not only in the Barisan Mountains in the west of island but also in the east-coastal small islands. Westward and eastward migrations of rainfall areas from the Barisan Mountains vary with seasons and regions, with the most remarkable westward migration during September-October-November season in the central region and the least remarkable one during June-July-August season in the southern region.

(様式 14 号)

学位論文審査の結果及び試験， 試問の結果報告書

山口大学大学院創成科学研究科

氏 名	Abd. Rahman As-syakur
審 査 委 員	主 査：小河原 加久治
	副 査：齊藤 俊
	副 査：清水 則一
	副 査：鈴木 賢士
	副 査：大澤 高浩
	副 査：今岡 啓治
論 文 題 目	Study on Spatio-Temporal Variabilities of Indonesian Rainfall Using TRMM Multi-Satellite Precipitation Analysis Data (TRMM 複数衛星降水解析データを用いたインドネシアの降水時空間変動に関する研究)
<p>【論文審査の結果及び試験， 諮問の結果】</p> <p>本研究では、地球上で最も対流活動が活発なインドネシア地域を対象として、熱帯降雨観測衛星（Tropical Rainfall Measuring Mission, TRMM）の複数衛星降水解析（TRMM Multi-Satellite Precipitation Analysis, TMPA）データを用いて、複数の時間・空間スケールにおけるインドネシア降水の変動を明らかにした。降水現象は、風水害や水資源管理などの観点から社会的な重要性を有すると同時に、同地域における降水の時空間変動の解明は、気候システム全体の理解においても重要である。海洋大陸と称され、多くの島嶼から構成され海洋の占める割合が大きい同地域において、陸域に設置される雨量計のデータが与える情報は限定的であり、かつ同地域における雨量計データの収集・整理は途上の状態にある。このため、同地域における降水変動の総合的研究はこれまで困難であり、海陸を問わず観測可能な人工衛星データを用いた本研究の貢献は大きい。</p> <p>まず、TMPA データのうち TRMM 3B42 および 3B43 の日・月降水量を、バリ島における 3 点の雨量計測定値を用いて評価した。TMPA データは、雨量計に対して降水量を過小に推定する傾向を示した。日降水量は大きなばらつきを示すが、月降水量の相関は良好であった。同地域全体における 5 点の雨量計との月降水量比較では、西部で過大評価、東部で過小評価の傾向があり、季節によりその傾向が変化した。対流性・層状性降水の発現比率の地域特性と季節変化が要因であると考察した。得られた誤差特性を把握した上で、TMPA データは気候学的スケールの降水解析に十分応用が可能であり、有益なデータであると結論づけた。</p> <p>続いて、TRMM 3B43 の月降水量を用いて降水の時空間変動を解析した。同地域において</p>	

(様式 14 号)

は、海洋・島嶼分布、モンスーン、および標高の多様性が、降水の空間分布に明瞭に影響していることを示した。年降水量および月降水量の最大値は概して陸域・島嶼部において発生し、陸域降水量は海域降水量より 40%程度多いことが示された。しかし、降水量と標高との間に明瞭な相関は認められなかった。海洋大陸全域においては、南北の降水変動はモンスーンに駆動されていることが分かった。さらに、海洋大陸における強い降水の発生は大規模循環と関連していることが示された。北半球の冬季と春季には通常エルニーニョが、北半球の秋季にはエルニーニョもどきが降水変動に強い影響を及ぼしており、両者の影響の季節差が明らかになった。

最後に、17年間の TRMM 3B42 の 3 時間降水量を用いて、スマトラ島周辺における降水日変化の空間・季節変動の平均的描像を明らかにした。日変化は熱帯域において重要な降水変動周期のひとつである。既往研究では、同島西部のバリサン山脈における午後の早い時刻の降水発生が日変化の起点であると報告されているが、東岸の小諸島においても降水が発生していることを本研究が初めて示した。バリサン山脈から西方・東方に移動する降水域の挙動は、季節と南北地域に依存していた。降水域の西方移動の傾向は、スマトラ島中部で 9 月～11 月に最も顕著であり、スマトラ島南部で 6 月～8 月に最小となった。

公聴会における質疑応答では、降水量の多寡を決めるメカニズム、衛星データと数値モデルの統合研究の状況、研究成果の実利用の展望、研究成果と気候変動との関係、雨量計データの精度や地上降水レーダとの比較、対流性・層状性降水別の解析に関するものなど多様な質問がなされた。いずれの質問に対しても、発表者自身が明確な研究結果を有するかどうかを明らかにした上で、適切な回答がなされたと考える。

以上より本研究は、独創性、信頼性、有効性、実用性ともに優れており、博士(学術)の論文に十分値するものと判断した。

試験として、副査から以下の内容の課題についてレポート形式での解答を求めた。

1. 降水量とエルニーニョ等との相関評価に用いた偏相関係数計算式の導出について
2. 人工衛星リモートセンシングによる降水計測の原理と技術について
3. メソ対流系のインドネシア降水生成における役割について

提出されたレポートを評価した結果、丁寧で十分な内容の解答であると判断した。語学については、主著者として発表した査読付き英語論文が、関連論文と参考論文を合わせて 8 編あり、その内容から判断して十分な外国語能力を有するものと判断した。また、論文内容および審査会、公聴会での試問応答などを総合的に判断して、最終試験は合格とした。

なお、主要な関連論文の発表状況は下記の通りである(関連論文 6 編、参考論文 10 編)。

- 1) A. R. As-syakur, T. Tanaka, R. Prasetia, I. K. Swardika, and I. W. Kasa, Comparison of TRMM Multisatellite Precipitation Analysis (TMPA) products and daily-monthly gauge data over Bali, International Journal of Remote Sensing, 32 (24), pp. 8969–8982, 2011.
- 2) R. Prasetia, A. R. As-syakur, and T. Osawa, Validation of TRMM Precipitation Radar satellite data over Indonesian region, Theoretical and Applied Climatology, 112 (3-4), pp. 575–587,

2013.

- 3) A. R. As-syakur, T. Tanaka, T. Osawa and M. S. Mahendra, Indonesian rainfall variability observation using TRMM multi-satellite data, *International Journal of Remote Sensing*, 34(21), pp. 7723–7738, 2013.
- 4) A. R. As-syakur, I. W. S. Adnyana, I. M. S. Mahendra, I. W. Arthana, I. N. Merit, I. W. Kasa, N. W. Ekayanti, I. W. Nuarsa, and I. N. Sunarta, Observation of spatial patterns on the rainfall response to ENSO and IOD over Indonesia using TRMM Multisatellite Precipitation Analysis (TMPA), *International Journal of Climatology*, 34(15), pp. 3825–3839, 2014.
- 5) A. R. As-syakur, T. Osawa, F. Miura, I. W. Nuarsa, N. W. Ekayanti, I. B. S. Dharma, I. W. S. Adnyana, I. W. Arthana, and T. Tanaka, Maritime Continent rainfall variability during the TRMM era: the role of monsoon, topography and El Niño Modoki. *Dynamics of Atmospheres and Oceans*, 75, pp. 58-77, 2016.
- 6) A. R. As-syakur, K. Imaoka, K. Ogawara, M. D. Yamanaka, T. Tanaka, Y. Kashino, I. W. Nuarsa, and T. Osawa, Analysis of spatial and seasonal differences in the diurnal rainfall cycle over Sumatera revealed by 17-year TRMM 3B42 dataset. *SOLA (Scientific Online Letters on the Atmosphere)*, 15, pp. 216-221, 2019.