

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 28 年 6 月 7 日現在

機関番号：82706

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2012～2015

課題番号：24510264

研究課題名(和文) インドシナ半島の豪雨に赤道域季節内変動が影響を及ぼすメカニズムの解明

研究課題名(英文) Influence of intraseasonal oscillations in the tropical atmosphere on extreme precipitation events over the Indochina Peninsular

研究代表者

伍 培明 (WU, Peiming)

国立研究開発法人海洋研究開発機構・大気海洋相互作用研究分野・主任研究員

研究者番号：00360751

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,000,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では現地の地上、高層気象観測、衛星観測及び気象庁長期再解析データ(JRA-55/JCDA S)を用い、赤道域季節内変動(MJO)がインドシナ半島で集中豪雨の発生に与える影響の研究を行った。この地域豪雨の原因と考えられてきた冬期モンスーンと西進熱帯擾乱に加えて、インド洋から発達したMJOの東進が広範囲に持続的豪雨をもたらした要因の一つであることが見いだされた。MJOの対流活発な位相の中心がこの地域に位置している時に、西進擾乱の発達・維持に基本場から順圧エネルギー変換が大きな役割を果たしていることが示された。MJOの東進がインドシナ半島で集中豪雨の発生に大きな役割を果たしていることが示唆された。

研究成果の概要(英文)：This study examined the influence of intraseasonal oscillations in the tropical atmosphere on extreme precipitation events over the Indochina Peninsular using observation data and the Japan Meteorological Agency Climate Data Assimilation System (JCDA S) re-analysis data. The results showed that westward-propagating tropical disturbances are the main causes of heavy rain in the region. In an active phase of the Madden Julian Oscillation (MJO), lower tropospheric barotropic dynamics can provide a significant source of kinetic energy for the growth and sustenance of tropical disturbances, causing widespread heavy rain. Eastward propagation of an active phase of the MJO from the Indian Ocean affected extreme precipitation events by providing conditions that are conducive to the growth and maintenance of tropical disturbances. The results of this study suggest that an active phase of the MJO plays an important role in formation of extreme precipitation events in the Indochina Peninsular.

研究分野：Meteorology

キーワード：豪雨 赤道域季節内変動(MJO) インドシナ半島 熱帯擾乱 アジアモンスーン

## 1. 研究開始当初の背景

近年、インドシナ半島では夏季モンスーン末期及び冬季モンスーン季に数日から1週間連日の激しい降雨が起こり、1時間に数10mm、数日間に1000mm近い雨をもたらすような集中豪雨が頻繁に起きている。例えば、2011年10月にはタイ北、中部で未曾有の被害をもたらした集中豪雨が発生し、首都バンコクの広範囲とタイを代表するナワナコンなど五つの工業団地が浸水し、ホンダやキャノン、ニコンなど多数の日系企業の工場もが浸水し生産を止め、人々の暮らしや社会に大きな影響を与えている。しかし、インドシナ半島域の集中豪雨発生のメカニズムはまだ十分に解明されていないため、豪雨・洪水などの予測は困難であり、この地域の豪雨発生メカニズムの解明が急務である。

熱帯低緯度地方では4~5日の周期性を持つ西進する熱帯擾乱(偏東風波動、赤道波)とよばれる波動擾乱がしばしば観測されている。Yokoi and Matsumoto (2008) は1999年11月に中部ベトナムで発生した1日で1000mmを超える集中豪雨の成因を調べ、熱帯擾乱と冬季アジアモンスーンからのコードサージ(寒波)が、それぞれ重要な役割を果たしていることを指摘している。

一方、赤道に近い熱帯大気において地上気圧や循環、降水・対流活動などで見られる変動は、年周期より短く、10日より長い変動で、30~60日程度の変動を示す、マッデン・ジュリアン振動(MJO)と呼ばれている季節内変動が存在している。MJOは地球全体、とりわけ熱帯、亜熱帯地方の天気、気候に大きな影響を及ぼす。しかし、インドシナ半島の豪雨に赤道域季節内変動(MJO, マッデン・ジュリアン振動)の影響についてはまだ研究が行われていないのが現状である。

## 2. 研究の目的

本研究では現地の地上、高層気象観測、衛星観測及び気象庁長期再解析データ(JRA55)を用い、MJOと低緯度で発生する熱帯擾乱、中緯度のアジアモンスーンの変動との相互作用に着眼し、赤道域季節内変動がインドシナ半島で集中豪雨の発生に果たす役割を明らかにすると共に、豪雨発生のメカニズムを解明することを本研究の目的とする。

## 3. 研究の方法

(1) 本研究ではインドシナ半島で赤道域季節内変動が集中豪雨の発生に影響を及ぼすメカニズムを解明するために、まず現地の地上気象観測データを収集し、東南アジア集中豪雨の極端な気象現象の気候学的特徴を明らかにする。

(2) 次に、気象庁長期再解析データ(JRA25)を用いてバンドパスフィルタを掛けた解析を行い、北西太平洋上における熱帯擾乱の発生、発達及び伝播過程などの特徴を明らかにする。

(3) 赤道域季節内変動を明らかにするために、赤道付近の200hPa速度ポテンシャルの時間変化を算出し、熱帯の対流活動等に伴う大規模な発散・収束を調べる。それとこの地域で起きる集中豪雨との関連を調べる。

(4) この地域は緯度が低く、地衡風平衡が成り立たないため、流線関数を用いて大気の流れを解析する。200hPa、850hPa流線関数および風平年偏差を算出し、MJOが大気循環に対する影響を詳しく調べ、この地域での豪雨の発生にMJOが果たしている役割を明らかにする。

## 4. 研究成果

(1) 現地の地上気象観測データを収集し、インドシナ半島東岸での豪雨とENSO、MJOとの関連を調べた。また、気象庁長期再解析データ(Japan Reanalysis Data 25years: JRA55)を用い、夏季モンスーン末期と冬季モンスーン期において、熱帯擾乱の発生、発達及び伝播過程などの特徴を調べ、集中豪雨の発生に熱帯擾乱が及ぼす影響の研究を行った。

北ベトナムのハノイと、中部ベトナムのダナンを中心に、その周辺地域の過去の気象観測データを収集をした。また、現地気象観測データの収集および衛星観測データ(QuikSCAT, GMS, TRMM)の解析を行い、豪雨発生時の大気循環場の特徴を明らかにした。インドシナ半島東岸豪雨の原因と考えられてきた冬期モンスーンと西進擾乱に加えて、インド洋から発達したMJOの東進が中部ベトナムの広範囲に持続的豪雨をもたらした要因の一つであることが見いだされた。

2010年10月1日~5日、10月15日~18日に2度にわたり、中部ベトナムで広範囲の持続した豪雨が発生し、この30年間で最も甚大な被害となった。この豪雨イベント発生時の大気循環場と西進熱帯擾乱の振舞いを調べた結果、西太平洋で総観スケール擾乱(偏東風波動)が4~5日周期で発生し、西へ伝播していた。熱帯擾乱の接近に伴い、日降水量100mmを超える豪雨が10月2日~5日と10月15日~18日に観測され、西進擾乱がベトナム中北部の豪雨の要因であることが明らかになった。

また、気象庁長期再解析データ(JRA55)を用い、西進する熱帯擾乱の発生、発達及び伝播過程などの特徴を調べた。擾乱の水平構造を調べた結果、波長~3000kmをもち西進する熱帯総観規模擾乱(TD型偏東風波動)であることが分かった。

(2) 赤道域季節内変動(MJO)の変動がこの地域の豪雨に対して与える影響を中心に研究を行った。2010年9月下旬にインド洋では対流活動が活発となり、10月前半にかけてMJOに伴う対流活発域がインド洋からインドネシアを東進し、10月末に西部太平洋へと到達した。

赤道域季節内変動(MJO)の大気循環場に

対する影響の解析を行った。中部ベトナムで豪雨発生時、MJO に伴う対流活発域は西部太平洋にあった。南シナ海(0~12N)で強い西風が観測され、東西風風速東西方向のシアは小さくなり、南北方向に東西風風速の強いシアが形成された。その結果、西進擾乱と一般場との順圧相互作用により擾乱が発達し、数日間持続する豪雨がもたらされた。エネルギー収支解析の結果から、豪雨発生期間中擾乱の運動エネルギーの供給源としては、基本場からの変換が非断熱加熱とほぼ同程度で、西進擾乱の発達・維持に基本場からエネルギーの変換が大きな役割を果たしていることが見出された。MJO の通過に伴う背景風速場の変動が西進擾乱の強度を強め、それにより中部ベトナムに豪雨がもたらされたことが分かった。ベトナムで集中豪雨の発生に赤道域季節内変動(MJO)が大きな役割を果たしていることが示唆された。

(3) ベトナムにおける降水量観測データから豪雨発生頻度の長期変動を調べ、気象庁長期再解析データ JRA-55/JCDAS を用いて研究を行い、極端豪雨の最近の増加傾向と熱帯擾乱、MJO との関連を調べ、MJO の通過が最近の豪雨増加傾向に大きく影響していることが示唆された。

中部ベトナム雨期における過去 30 年間の MJO 活動を調べた結果、2010 年 9 月末から 10 月前半にかけての MJO は、30 年間で最も強い MJO の一つであった。MJO の通過に伴う背景風速場の変動が西進擾乱の強度を強め、それにより激しい降水がもたらされたことが示唆された。中部ベトナム豪雨の原因と考えられてきた冬期モンスーンと西進擾乱に加えて、MJO が広範囲での持続的豪雨の発生に寄与していることを見いだした。

ベトナム域での南シナ海に面した沿岸観測点降水量データから豪雨発生頻度の長期変動を調べた結果、インドシナ半島東岸域の豪雨発生頻度の最近の増加傾向がみられた。これらの豪雨は数日間局所的に持続するが、台風によるものでなく、熱帯総観規模擾乱が西太平洋から西北進しながら発達し接岸したことが引き起こした。この非台風豪雨イベントの主原因は熱帯総観規模の通過であり、沿岸域での強い対流活動を伴う擾乱の発達が選択的に起こる原因は MJO の通過や中緯度擾乱の影響等の環境場の状態と擾乱通過のタイミングが関係していると示唆された。

(4) タイ南部乾季の豪雨について研究を行った。2011 年 3 月に南部タイで広範囲に持続した豪雨発生時の大気循環場を調べた結果、持続した強い冬季モンスーンのコールドサージと、インド洋から発達した MJO の東進に伴う対流活発な位相が西部インドネシア付近で同期したことが 2011 年 3 月南部タイの広範囲に持続的豪雨をもたらし要因であることが示唆された。

タイ南部の降雨観測データを用いて解析を行い、タイ南部で乾季の MJO 活動と冬季モ

ンスーンのコールドサージの発生状況を調べた。3 月で、インドネシア西部付近で顕著な MJO の東進はおよそ 3 年に 1 度である。一方、持続した強い冬季モンスーンの発生はおよそ 3.6 年に 1 度である。時期が重なったのは 2011 年 3 月下旬だけであった。持続した冬季モンスーンの発生と、MJO の東進が重なったことによりタイ南部での乾季における豪雨発生の頻度はおよそ 30~60 年に 1 度程度であると推定される。

#### <引用文献>

Yokoi, S. and J. Matsumoto, 2008: Collaborative effects of cold surge and tropical depression-type disturbance on heavy rainfall in central Vietnam. *Mon. Wea. Rev.*, **136**, 3275-3287.

Madden, R. A, and P. R. Julian, 1994: Observations of the 40-50-Day tropical oscillation - A review. *Mon. Wea. Rev.*, **122**, 814-837.

#### 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4件)

Hisayuki Kubota, Kunio Yoneyama, Junichi Hamada, Peiming Wu, Agus Sudaryanto, Ikhsan B. Wahyono, 2015: Role of maritime continent convection during the preconditioning stage of the Madden-Julian Oscillation observed in CINDY 2011/DYNAMO. *J. Meteor. Soc. Japan*, 査読有、**93A**, 101-114. doi: 10.2151/jmsj.2015-050.

Peiming Wu and Yoshiki Fukutomi, 2014: The roles of tropical disturbance, the winter monsoon cold surge, and an active phase of the MJO in the Hainan Island heavy rainfall event of October 2010. 《陳世訓先生誕辰百年記念文集》, 査読無、1, 349-361. 中山大学大気科学系編, 中国評論学術出版社.

Peiming Wu, Adhary Arbain Ardhi, Mori Shuichi, Hamada Jun-ichi, Hattori Miki, Syamsudin Fadli, Yamanaka Manabu, 2013: The Effects of an Active Phase of the Madden-Julian Oscillation on the Extreme Precipitation Event over Western Java Island in January 2013. *SOLA*, 査読有、**9**, 79-83. doi:10.2151/sola.2013-018.

Peiming Wu, Fukutomi Y. and Jun Matsumoto, 2012: The Impact of Intraseasonal Oscillations in the Tropical Atmosphere on the Formation of Extreme Central Vietnam Precipitation. *SOLA*, 査読有、**8**, 57-60. doi:10.2151/sola.

2012- 015.

[学会発表](計 21 件)

Peiming Wu, Yoshiki Fukutomi, Tomoshige Inoue, Jun Matsumoto: Why extreme precipitation event occurred over southern Thailand in the pre-monsoon season during March 2011. The International Science Conference (ISC) on MAHASRI, 首都大学東京(東京都八王子市), 2016年03月03日.

ShinYa Ogino, Peiming Wu, Miki Hattori, Nobuhiko Endo, Hisayuki Kubota, Tomoshige Inoue, Jun Matsumoto: A Cold Surge Event Observed by the Research Vessel Hakuho-maru over the Pacific in December 2012. Asia Oceania Geosciences Society (AOGS) 11th Annual Meeting, Suntec Singapore Convention & Exhibition Centre, Singapore, 2015年8月5日.

Pei-Ming\_WU, Shuichi MORI, Jun-Ichi HAMADA, Sopia LESTARI, Reni SULISTYOWATI, Fadli SYAMSUDIN, Kunio YONEYAMA: The impact of a tropical upper-tropospheric disturbance on the extreme precipitation event in Java Island during February 2015. Asia Oceania Geosciences Society (AOGS) 11th Annual Meeting, Suntec Singapore Convention & Exhibition Centre, Singapore, 2015年8月4日.

福富慶樹、小玉知央、野田暁、山田洋平、佐藤正樹: 全球非静力学モデルによる AMIP 型実験出力におけるアジアモンスーン域の熱帯季節内擾乱の再現性. 日本気象学会 2015 年度春季大会, つくば国際会議場(茨城県つくば市), 2015年05月24日.

伍培明、福富慶樹、井上知栄、松本淳: MJO とアジアモンスーンコールドサージによるタイ南部乾季の豪雨. 日本気象学会 2015 年度春季大会, つくば国際会議場(茨城県つくば市), 2015年05月24日.

Yoshiki Fukutomi: Impact of Low-Level Southerly Surges on Mixed Rossby Gravity Waves over the Central Pacific. American Geophysical Union (AGU) Fall Meeting, San Francisco Moscone Center, USA, 2014年12月19日.

福富慶樹: 中央太平洋上の対流圏下層の混合ロスビー重力波に対する南半球中緯度からの強制. 日本気象学会 2014 年度秋季大会, 福岡国際会議場(福岡県福岡市), 2014年10月21日.

伍培明、森修一、濱田純一、服部美紀、

山中 大学: 2010年2月ジャワ島西部の山岳域における降雨の観測. 日本気象学会 2014 年度秋季大会, 福岡国際会議場(福岡県福岡市), 2014年10月21日.

Peiming Wu and Yoshiki Fukutomi: The roles of tropical disturbance, the winter monsoon cold surge, and an active phase of the MJO in the Hainan Island heavy rain event of October 2010. The Symposium on Tropical Weather and Climate, Shaoguan meteorological bureau, Guangdong, China, 2014年10月09日.

Peiming Wu, Jun-ichi Hamada, Shuichi Mori, Fadli Syamsudin and Manabu D.Yamanaka: Nighttime Increase in Upper Tropospheric Water Vapor Observed over Sipora Island off the Western Coast of Sumatra Island. Asia Oceania Geosciences Society (AOGS) 11th Annual Meeting, Royton Sapporo Hotel, Japan(Hokkaido, Sapporo), 2014年7月31日.

伍培明、福富慶樹、松本淳: インドシナ東海岸に持続的豪雨をもたらした熱帯擾乱の発達・維持に MJO の影響. 日本気象学会 2014 年度春季大会, 横浜開港記念会館(神奈川県横浜市), 2014年5月21日.

Yoshiki Fukutomi, Peiming Wu: Recent changes in heavy precipitation occurrences along the east coast of the Indochina Peninsula. American Geophysical Union 2013 Fall Meeting, San Fransisco, USA (The Moscone Center), 2013年12月10日.

福富慶樹、伍培明: インドシナ半島東岸域の極端豪雨の最近の増加傾向と熱帯擾乱活動. 日本気象学会 2012 年度秋季大会, 仙台国際センター(宮城県仙台市), 2013年11月19日.

Wu Peiming, Fukutomi Yoshiki, Matsumoto Jun: Effects of the Asian Winter Monsoon and the Madden-Julian Oscillation on Development and Maintenance of Tropical Disturbances in Extreme Central Vietnam Precipitation Events. Asian Monsoon Years Open Science Conference (AMY-OSC), Zhuhai, China(Zhuhai Dehan Hotel), 2013年10月26日.

Wu Peiming, Fukutomi Yoshiki, Matsumoto Jun: Effects of the Asian Winter Monsoon and the Madden-Julian Oscillation on Extreme Central Vietnam Precipitation Events. The third international MAHASRI/HyARC workshop on Asian monsoon

and water cycle. Danang, Vietnam(Orient Hotel), 2013年8月28日.

研究者番号：3 0 3 9 2 9 6 3

Wu Peiming, Arbain Ardhi A, Mori Shuichi, Hamada Jun-ichi, Hattori Miki, Yamanaka Manabu, Matsumoto Jun, Syamsudin Fadli: The Impact of Trans-equatorial Asian Winter Monsoon and the MJO on Extreme Precipitation over Western Java Island. 日本地球惑星科学連合 2013 年大会, 幕張メッセ(千葉県千葉市), 2013年5月21日.

伍培明、森修一、濱田純一、服部美紀、山中大学、松本淳、Ardhi Adhary Arbain, Fadli Syamsudin: MJOと赤道越え冬季アジアモンスーンによるジャカルタ豪雨. 日本気象学会 2013 年度春季大会, 国立オリンピック記念青少年総合センター(東京都渋谷区), 2013年5月16日.

伍培明、福富慶樹、松本淳: インドシナ半島東岸での豪雨と ENSO、MJO との関連. 日本気象学会 2012 年度秋季大会, 北海道大学(北海道札幌市), 2012年10月2日.

松本淳、荻野慎也、伍培明、遠藤伸彦、久保田尚之、服部美紀、Cayanan E.O., Espinueva S. R, Yumul G.P.J, Servando N.T, Chu T.Q., Nguyen, T.T.T., Tran V.S, Nguyen V.T.: VPREX2010 集中観測で捉えられた中部ベトナム東岸における対流活動の特徴. 日本気象学会 2012 年度秋季大会, 北海道大学(北海道札幌市), 2012年10月2日.

Peiming Wu, Yoshiki Fukutomi, Jun Matsumoto: The Impact of Intraseasonal Oscillations in the Tropical Atmosphere on the Formation of Extreme Central Vietnam Precipitation. AOGS and AGU (WPGM) Joint Assembly 2012: Resorts World Convention Centre, Singapore, 2012年8月13日.

② 伍培明、濱田純一、森修一、山中大学、松本淳、Fadli Syamsudin: スマトラ島の対流活動による西沖上部対流圏の夜間加湿効果. 日本気象学会 2012 年度春季大会, つくば国際会議場(茨城県つくば市), 2012年5月26日.

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

伍 培明 (WU, Peiming)

国立研究開発法人海洋研究開発機構・大気海洋相互作用研究分野・主任研究員

研究者番号：0 0 3 6 0 7 5 1

### (2) 研究分担者

福富 慶樹 (FUKUTOMI, Yoshiki)

国立研究開発法人海洋研究開発機構・シームレス環境予測研究分野・特任研究員