

平成 2009 年 6 月 9 日現在

研究種目：若手研究 (B)  
 研究期間：2007～2009  
 課題番号：19740284  
 研究課題名 (和文) 熱帯アジアモンスーン陸域における降水季節内変動特性とその日変化への影響  
 研究課題名 (英文) Intraseasonal variability and its impacts to the diurnal cycle over the monsoonal Asia  
 研究代表者  
 横井 覚 (YOKOI SATORU)  
 東京大学・気候システム研究センター・特任助教  
 研究者番号：40431902

研究成果の概要 (和文)：熱帯アジアモンスーン域で顕著に見られる，季節内変動と総称される種々の大気擾乱がインドシナ半島のどこに降水をもたらすのかを明らかにした。赤道インド洋起源の 30-60 日変動は半島を南北に貫く山脈の西側でのみ活発な降水をもたらすのに対し，半島を横断する西進渦擾乱は山脈の両側で降水変動をもたらすことを示した。また，秋季に中部ベトナムで発生した豪雨事例に着目し，中緯度から南下してきた寒気の吹き出しが豪雨をもたらす条件を論じた。

研究成果の概要 (英文)：This study reveals horizontal distribution of rainfall variability caused by several types of atmospheric disturbances related to the intraseasonal variability over the Indochina Peninsula. During the rainy season, 30-60-day variability originated in the equatorial Indian Ocean causes rainfall fluctuation only to the west of mountain ranges lying in the north-south direction, while westward-propagating vortex disturbances can produce rainfall in both sides of the ranges. This study also investigates causes of a heavy rainfall event in central Vietnam in autumn to discuss how a cold surge propagating from mid-latitudes causes the heavy rainfall.

## 交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007 年度	900,000	0	900,000
2008 年度	900,000	270,000	1,170,000
2009 年度	500,000	150,000	650,000
年度			
年度			
総計	2,300,000	420,000	2,720,000

研究分野：数物系科学

科研費の分科・細目：地球惑星科学，気象・海洋物理・陸水学

キーワード：アジアモンスーン，降水変動，季節内変動，コールドサージ，レーダ雨量

## 1. 研究開始当初の背景

インドシナ半島やインド亜大陸といった熱帯アジアモンスーン陸域では，雨期中，降

水に時間スケール 10 日から 60 日のいわゆる季節内変動が卓越する。この変動を予測し，数十日先の降水予報を行うことは，農業や河

川管理に対して貴重な情報となると期待されるため、社会からの要請が強い。しかし、このような予測は特にインドシナ半島ではまだ成功した例はない。その理由のひとつとして、降水変動をもたらす詳細なプロセスを把握できていないことが挙げられる。

研究代表者らは、先行研究としてインドシナ半島各国の現業気象機関が長年にわたって観測した降水量データの統計解析を行い、半島に存在する起伏に富んだ地形の影響で、場所により卓越する降水変動の時間スケールが異なることを明らかにした (Yokoi et al. 2007, Journal of Climate 誌, 20 巻, 21 号, 5301-5315)。これは、季節内変動の実体である大気擾乱が複数あり、それぞれが伴う風系が異なる特徴を持つため、水蒸気が供給される場所や地形による空気塊の強制上昇が生じる場所が異なるためだと考えられる。すなわち、大気擾乱の構造と地形との関係を把握することが降水変動メカニズムの理解の鍵であると考えられる。

また、これまでは主にモンスーン雨期 (概ね 5-9 月) に見られる季節内変動擾乱に着目され多くの研究がなされてきたが、近年は、乾期にあたる北半球冬季に主に発生する、中緯度起源から南下してくるコールドサージ (寒気の吹き出し) の及ぼす影響にも着目され始めている。コールドサージが熱帯アジアモンスーン域にどのような降水変動をもたらすかも興味深いテーマである。

## 2. 研究の目的

以上の背景を踏まえ、次の 3 つの課題を設定して研究を行った。

(1) 課題 1 : インドシナ半島山岳域の詳細な降水季節内変動分布の解明。Yokoi et al. (2007) で用いた地上観測降水量データは、疎らな観測点分布のため、特に山と谷が織りなし地形が複雑な山岳域では十分な代表性がなく、地形と降水変動分布の関係を詳細に調べることができなかった。そこで、観測期間は短いが高水平分解能で降水を観測できる気象レーダデータを用いて詳細な関係を明らかにする。

(2) 課題 2 : 領域大気モデルによる降水季節内変動特性の再現実験とその原因の解明。特に、課題 1 で明らかにした山岳域での詳細な降水季節内変動の地域性の再現を目指し、そのメカニズムを調べる。

(3) 課題 3 : コールドサージがインドシナ半島にもたらす降水変動の解明。特にインドシナ半島東岸のベトナムに着目して、どのようなコールドサージが降水変動をもたらすのか、明らかにする。

## 3. 研究の方法

(1) 課題 1 に関しては、タイ王国国立人工降雨局がタイ西部オムコイで行っている気象レーダ観測のデータを解析した。このレーダはインドシナ半島西部を南北に走るドーナ山脈の山頂のひとつに設置されており、山脈の東西両側を観測範囲に収めている。解析対象期間は 3 年分 (1998-2000 年) の雨期である。解析に先立ち、データを高度 3km、水平解像度 5km のデカルト座標系に変換し、日平均した。Yokoi et al. (2007) の手法に従い季節内変動の分散を調べる。

(2) 課題 2 に関しては、オムコイ気象レーダデータを入手済みの 1998-2000 年雨季から再現に適した事例を選定し、ペンシルバニア州立大学とアメリカ大気科学庁が開発した領域大気モデル MM5 を用いて再現実験を行う。また、実験結果を、レーダデータから見積もったレーダ降水量を用いて山脈内部の詳細な降水分布の再現性を評価する。レーダ降水量の較正には、アジアモンスーン エネルギー・水循環観測研究計画 (GAME) で収集された、空間的に密な地上観測降水量データを用いる。

(3) 課題 3 に関しては、ベトナム中部で記録的な豪雨が観測された 1999 年 11 月 2-3 日の事例に着目して、衛星観測データ、地上降水量データ、高層観測データ、再解析データを総合的に解析し、さらに過去の類似事例との比較解析を行う。

## 4. 研究成果

(1) 課題 1 の研究結果は以下の通りである。季節内変動は 30-60 日周期の変動と 10-20 日周期の変動の 2 種類に大別される。本研究により、前者の変動はドーナ山脈の西側 (下層モンスーン風の風上側) でのみ卓越するのに対し、後者は山脈の西側でも東側でも見られることが明らかとなった (図 1)。この違いは、それぞれの周期変動をもたらす大気擾乱の

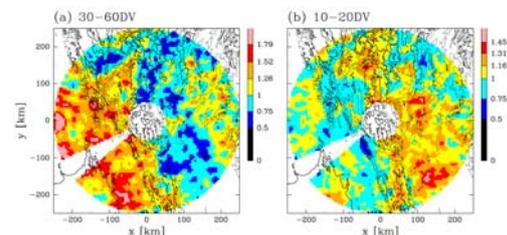


図 1 : レーダ反射強度データから得られた、(a) 30-60 日周期変動と (b) 10-20 日周期変動の分散の空間分布。暖色系ほど分散が大きいことを表す。等値線は標高で、図示領域を左上から右下にかけて山脈 (ドーナ山脈) が存在することを示す。図の左 (右) 側が西 (東) 側である。オムコイ気象レーダは図の中心に位置する。

構造が異なるために、山脈の及ぼす影響が異なるためだと考えられる。本研究により、これまで明らかではなかったアジアモンスーン陸域での降水季節内変動の詳細な特徴を把握することができ、数千キロメートルという大きな空間スケールを持つ季節内変動擾乱の挙動が、陸域の比較的小さいスケールの地形に強く影響を受けることが明らかとなった。これらの結果は、研究者のみならず、水資源管理・防災の観点からも半島各国にとって有益な情報となっている。

(2) 課題2の研究結果は以下の通りである。典型的な30-60日周期の季節内変動の時空間特性を持った、2000年7月と8月下旬-9月上旬に発生した2事例を対象として再現実験を行った。シミュレーション領域やパラメタリゼーションスキームの適切な設定により、ドーナ山脈の西側でのみ降水変動が大きいという大まかな特徴を再現することに成功した。

並行して、山脈内部での詳細な分布の再現性評価のための空間詳細な降水量データを作成するため、オムコイ気象レーダデータを用いたレーダ降水量の推定手法を検討した。中緯度先進国で発達した推定手法が中緯度の降水とは特性が大きく異なる熱帯モンスーン性降水活動に適用できることを確認し、その場合のレーダ観測の時間間隔と降水量の推定誤差の関係を見積もった。さらに、1999年と2000年を対象に時間解像度1時間、空間解像度2.5kmのレーダ降水量プロダクトを、オムコイ気象レーダの観測範囲内で作成した。

東南アジア各国では降水レーダ観測が盛んに行われているものの、その時間間隔は各国の国力に応じてまちまちである。本研究の成果は、粗い時間間隔であっても、降水量プロダクトの空間解像度を適切に設定することで、推定誤差を許容範囲内に抑え、実用に耐えるデータを得ることができることを示唆する。観測データの効果的な利用法を提案できたとと言える。また、各国の異なる時間間隔の観測データを総合化し複数の国にまたがった誤差の均質なレーダ降水量プロダクトを作成できる可能性を指摘できた。

レーダ降水量プロダクトを用いてシミュレーション結果を検証した。計算領域や初期条件・境界条件データセット、積雲パラメタリゼーションなどを変更しつつ山脈内部での降水分布の再現を目指し、ある程度の改善が認められた。しかし、残念ながら、物理メカニズムの解析を行うほど良好な結果を得るには至らなかった。

(3) 課題3の研究結果は以下の通りである。1999年11月2日から3日にかけて、ベトナム

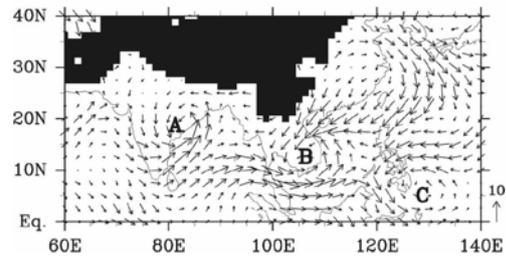


図2：1999年11月2日の、925hPa面水平風の同日の平年値からの偏差。南シナ海北部にコールドサージに伴う北東風偏差が見られ、また熱帯低気圧（中心をBで示す）も認められる。

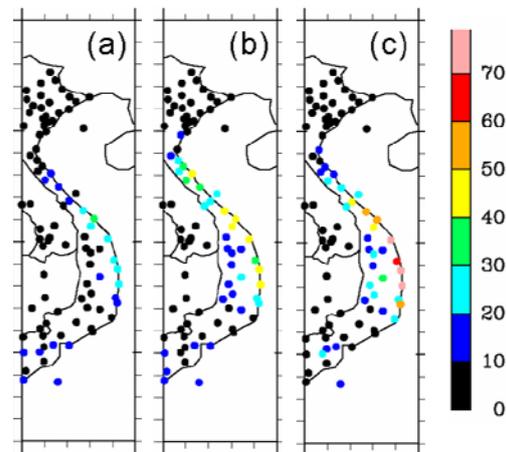


図3：(a)コールドサージのみの事例、(b)熱帯低気圧のみの事例、(c)コールドサージと熱帯低気圧が両方見られた事例での平均降水量。ベトナム水文気象局観測の地上降水量データを用いた。

中部の都市フエ(16.4N, 107.7E)で1800mmを超える雨量がベトナム水文気象局の現業観測で記録された上、複数の周辺の都市で700mm以上の雨量が観測された。再解析データJRA-25の解析(図2)により、次のような対流圏下層循環場の特徴が明らかとなった。豪雨の直前、中国北部で発生したコールドサージが南下し、南シナ海まで達していた。通常のコールドサージであればその後も南下を続け赤道付近まで達するが、この事例では南シナ海北部で停滞した。インドシナ半島南部に中心をもつ熱帯低気圧の南風がコールドサージの南進を阻害したものと考えられる。さらに、この南風とコールドサージの北風の合流により、強い北東風がベトナム中部に断続的に吹き込み、南シナ海の高い海面水温の影響で湿潤になった気塊が沿岸部に沿ってそびえるアンナン山脈で持ち上げられ、豪雨をもたらしたと結論づけた。

コールドサージと熱帯低気圧の相乗効果が豪雨の発生にとって重要であることを確

認するため、1979-2002年の10-11月にコールドサージのみが見られた39事例、同じく熱帯低気圧のみが見られた62事例、そして両方が同時に存在した6事例について、降水量を比較した(図3)。ベトナム中部の9観測点の降水量に着目すると、コールドサージのみの事例では平均日降水量が20mm、熱帯低気圧のみの事例では41mmであるのに対し、両方が存在した事例では67mmだった。これらの差は統計的に有意であった。すなわち、この統計解析により、コールドサージと熱帯低気圧がどちらも存在していることが中部ベトナムでの豪雨の発生にとって重要であることを確かめることができた。

#### 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5件)

- ① Yokoi, S., Y. Nakayama, Y. Agata, T. Satomura, K. Kuraji, and J. Matsumoto, 2010: Relationship between observation interval and errors in radar rainfall estimation over the Indochina Peninsula. Hydrological Processes誌, 印刷中, 査読有。
- ② Yokoi, S., and Y. N. Takayabu, 2010: Environmental and external factors in the genesis of tropical cyclone Nargis in April 2008 over the Bay of Bengal. Journal of the Meteorological Society of Japan誌, 印刷中, 査読有。
- ③ 横井 覚, 2010: 災害をもたらす気象擾乱, 地理, 55巻, 5号, 50-55, 査読無。
- ④ Yokoi, S., and T. Satomura, 2008: Geographical distribution of variance of intraseasonal variations in western Indochina as revealed from radar reflectivity data. Journal of Climate誌, 21巻, 19号, 5154-5161, 査読有。
- ⑤ Yokoi, S., and J. Matsumoto, 2008: Collaborative effects of cold surge and tropical depression-type disturbance on heavy rainfall in central Vietnam. Monthly Weather Review誌, 136巻, 9号, 3275-3287, 査読有。

[学会発表] (計11件)

- ① Yokoi, S., 2009: Torrential rainfall in Myanmar and associated atmospheric disturbances. 2009 Joint International Symposium IGU-Commission on Hazard and Risk and Japan Geographical Union, 2009年10月25日, Okinawa, Japan.

- ② 横井 覚, 高萩 縁, 2008: ベンガル湾におけるサイクロンの発生環境について。日本気象学会秋季大会, 2008年11月21日, 仙台。
- ③ 横井 覚, 高萩 縁, 2008: サイクロン Nargis発生時のTC genesis potentialに関する考察。日本地球惑星科学連合2008年大会, 2008年5月26日, 千葉。
- ④ Yokoi, S., and J. Matsumoto, 2008: Collaborative effect of a cold surge and tropical intraseasonal variation on a heavy rainfall in central Vietnam. Third WCRP International Conference on Reanalysis, 2008年1月29日, Tokyo, Japan.
- ⑤ 横井 覚, 松本 淳, 2007: インドシナ半島東岸での豪雨時における総観規模の特徴。日本気象学会秋季大会, 2007年10月14日, 札幌。
- ⑥ Yokoi, S., and J. Matsumoto, 2007: Cold surge in developing phase of northeast Asian monsoon and their relationship with heavy rainfall in central Vietnam. AOGS 4th annual meeting, 2007年8月1日, Bangkok, Thailand.
- ⑦ Yokoi, S., T. Satomura, and J. Matsumoto, 2007: Regionality in characteristics of intraseasonal variations over the Indochina Peninsula. IUGG, 2007年7月10日, Perugia, Italy.
- ⑧ 横井 覚, 松本 淳, 2007: 北東アジアモンスーン発達期のコールドサージと中部ベトナムにおける豪雨。日本地球惑星科学連合2007年大会, 2007年5月22日, 千葉。
- ⑨ 横井 覚, 松本 淳, 2007: 北東アジアモンスーン発達期に発生するコールドサージの研究。日本気象学会春季大会, 2007年5月15日, 東京。

#### 6. 研究組織

##### (1) 研究代表者

横井 覚 (YOKOI SATORU)

東京大学・気候システム研究センター・特任助教

研究者番号: 40431902

##### (2) 研究分担者

なし。

##### (3) 連携研究者

なし。