

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成25年6月28日現在

機関番号：82706

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2010～2012

課題番号：22500995

研究課題名（和文）北ボルネオにおける豪雨の気候学的研究

研究課題名（英文）Climatological study on the heavy precipitation over the northern Borneo

研究代表者

遠藤 伸彦 (ENDO NOBUHIKO)

独立行政法人海洋研究開発機構・地球環境変動領域・技術研究副主幹

研究者番号：30282304

研究成果の概要（和文）：北ボルネオにおける降水特性と豪雨発現に関係する大気循環場の記述を行った。マレーシア国サラワク州の雨量計網データから、気候学的な降水量・降水強度・降水頻度の時空間分布を記述し、豪雨を定義した。またマレーシア国気象局のレーダーを用いて、冬季における北ボルネオで降水活動の日変化を解析した。北ボルネオに激しい豪雨事例をもたらす大気下層の循環場の特徴を明らかにした。

研究成果の概要（英文）：Precipitation characteristics and large-scale atmospheric circulation which is related to heavy rainfall event in Sarawak, Malaysia were investigated. Spatial and seasonal variability in precipitation characteristics were described with dense rain gauge network data. In addition, threshold value of heavy rainfall events was defined. Diurnal variation of precipitation was analyzed using with radar data of Malaysian Meteorological Department. Large-scale atmospheric circulation which is related to the heavy rainfall events was clarified.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	1,500,000	450,000	1,950,000
2011年度	600,000	180,000	780,000
2012年度	900,000	270,000	1,170,000
年度			
年度			
総計	3,000,000	900,000	3,900,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：地理学・地理学

キーワード：気候・豪雨

1. 研究開始当初の背景

地球温暖化に伴う気候の変化を予測するために全球気候モデルの開発が進められている。全球気候モデルにおける降水の再現性は、人工衛星の放射観測データに基づいた全

球降水量データ（Global Precipitation Climatology Project; GPCP）と比較すると、熱帯、特に海洋大陸（インドネシア、マレーシア、パプアニューギニア）において誤差が多いといわれている。海洋大陸のように積雲

対流の日変化が顕著である地域において積雲対流の日変化を再現できないことが降水の再現性不良の原因のひとつとしてあげられている。

ところで GPCP の降水量データは、①人工衛星に搭載された赤外放射観測データならびにマイクロ波放射計観測データから作成され、②ドイツ気象局の Global Precipitation Climatology Centre (GPCC) が陸上の気象官署における降水量観測値から編集した全球陸上降水量グリッド・データによって補正される。だが、GPCC の降水量データ作成には、ボルネオ島の場合、沿岸にある気象官署のデータが利用されており、内陸部の降水量の情報はほとんど含まれていない。つまり GPCP 降水量データを「真値」とみなして全球気候モデルの降水の再現性を評価しているが、GPCP 降水量データが海洋大陸、特にボルネオ島のような大島嶼の内陸部において正しいのかは自明ではない。

2. 研究の目的

海洋大陸の大島嶼のひとつであるボルネオ島の気候学的な降水特性は、沿岸部に設置された気象官署によって得られた降水量データに基づいて記述されてきた。つまり内陸部における降水特性はほとんど記述されていない。

近年の経済発展に伴い 1990 年代後半以降、マレーシア国気象局は北ボルネオ（サバ州、サラワク州）に複数の気象レーダー（2009 年までは 4 地点、2010 年以降は 5 地点）を設置した。またマレーシア国灌漑排水局は自記雨量計を北ボルネオに多数導入した。これらの地上観測データを用いることにより、北ボルネオにおける気候学的な降水特性の記述、ボルネオ島における降水の基本的なモードであると考えられている積雲対流活動の日変化、さらには豪雨の発現状況を把握することが可能となった。

ボルネオ島における地上観測にもとづく積雲対流活動の研究は 1978 年 12 月に実施された冬季モンスーン実験計画 (Winter Monsoon Experiment; WMONEX) のみである。Houze et al. (1981) は、マレーシア国サラワク州ピンツルに設置した気象レーダーならびに日本の静止気象衛星 GMS-1 のデータを使用して北ボルネオ沖に発達する対流システムを解析し、対流の日変化のメカニズムとして古典的な海陸風を提示した。しかし、一地点の実質 20 日の観測によって得られた積雲対流活動の描像が気候学的に典型的であるのかは不明であり、また内陸部における降水の実態も不明である。

そこで本課題では、①地上雨量計の時間雨量データから気候学的な降水特性（降水量・降水強度・日変化）の季節変化ならびに地域

性の記述、②北ボルネオの地上気象レーダー観測データをもちいた積雲対流活動の気候学的な日変化の記述、③豪雨の発生状況の把握と豪雨をもたらす気象場の解明、を目的とする。

3. 研究の方法

サラワク州灌漑排水局より入手した 1999 年から 2009 年の 266 地点における時間雨量データについて品質管理を施す。品質良好な雨量データより月降水量・年降水量・日降水量が 1 mm 以上である日数・降水量の階級別出現頻度分布を作成する。降水量の階級別出現頻度分布から豪雨判定の閾値を定義する。さらに、各年各月・各年各季節の降水の平均日変化を算出する。

マレーシア国気象局より入手した 2005 年から 2009 年のレーダー・データについて品質管理をおこなう。レーダー・データのうち、①30 分ごとのボリューム・スキャン・データから 3 次元反射強度格子データを作成し、②10 分ごとの長距離探査データから各極座標格子における降水の出現頻度の統計値を各年各月・各年各季節・各年・全期間について作成する。

また、GPCC と GPCP の月降水量データ、TRMM 3B42 と 3B43 降水量データ、日本の静止気象衛星 MTSAT の赤外放射観測値、北ボルネオの高層気象観測データならびに定時飛行場実況通報式データ、気象庁の長期再解析データ、NOAA Daily Optimally Interpolated SST データを使用する。

これらのデータを使用し、北ボルネオにおける気候学的な降水特性を記述し、積雲対流活動の日変化を調査する。また北ボルネオにおける豪雨発現状況の把握ならびに豪雨発生時の大気循環場の特徴を明らかにする。

4. 研究成果

(1) サラワク州における気候学的な降水特性。 マレーシア国サラワク州灌漑排水局の雨量計網による 1 時間雨量観測値から気候学的な降水特性を記述した。降水量データに品質管理をした結果、254 地点が利用可能と判断された。1999 年から 2009 年の 11 年分の雨量計網データより評価した年降水量は、クチン付近・内陸部の山岳部・ブルネイ国境付近において 3500 mm を超える。一方、シブ付近とミリ付近では 3000 mm 以下である。同時期の GPCC データの年降水量は、クチン付近とピンツル付近で 4000 mm 以上、サラワク州北部で年降水量は 3000 mm 以下であった。両者の年降水量は絶対値が異なるだけでなく、その空間分布が大きく異なっていた (図 1)。GPCC データの作成にはマレーシア気象局・ブルネイ気象局の 3 地点のデータが使用されているだけで、灌漑排水局のデータが含まれていな

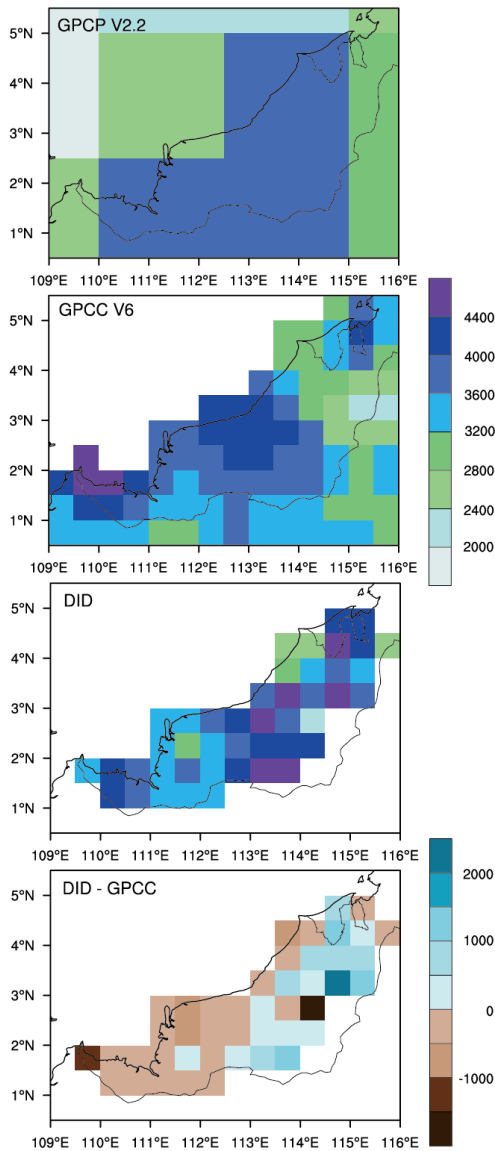


図 1. 上から GPCP, GPCC, サラワク州灌漑排水局の 1999 年～2009 年の 11 年間の平均年降水量の空間分布. 下はサラワク州灌漑排水局の平均年降水量と GPCC の平均年降水量の差.

いたために両者に大きな違いが生じたと考えられる. さらに言えば GPCC データを用いた GPCP データの補正は効果的でないことを示唆する.

月降水量の最大値はサラワク州北部で 11 月頃に出現し, 南西部のクチンでは 1 月と季節の進行と共に極大域は南西部に移動してゆく. 降水日数は北半球夏季 (6 月から 8 月) に沿岸部で少なく (約 10 日), 内陸ほど多い (約 50 日). ところが北半球冬季 (12 月から 2 月) ではサラワク州全域で降水日数は 50 日を超え, 沿岸部と内陸部の差は小さい.

一年のうち日降水量が 50 mm を超えた日数は, サラワク州南東部のクチン付近とブルネイとの国境付近では約 30 日であり, シブ付

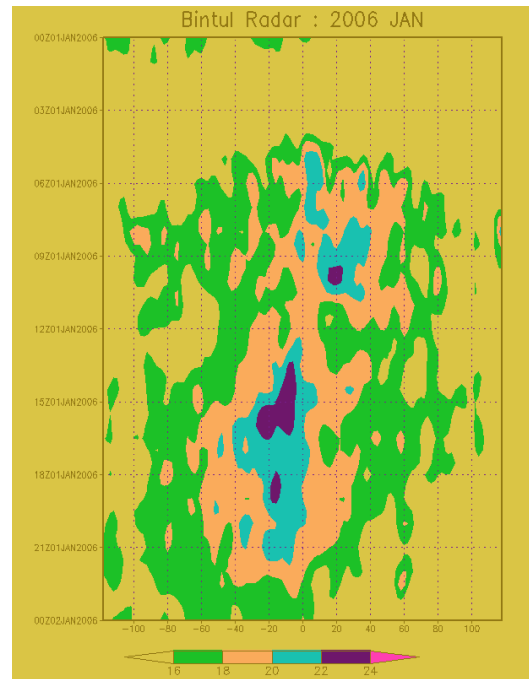


図 2. ビンツル・レーダーの 2006 年 1 月平均の高度 2 km におけるレーダー反射強度の日変化.

近では約 15 日であった. 日降水量が 100 mm を超えた日数はクチン付近とブルネイとの国境付近で 2～3 日であった. 日降水量が 50 mm を超えた日は南シナ海を北東風が卓越する 12 月から 2 月に多く観測された. Endo et al. (SOLA;2009) が東南アジア諸国において極端降水の長期変動の解析でみたように, サラワク州においても日降水量 50 mm を豪雨の指標とできることを確認した.

(2) サラワク州ビンツルにおける積雲対流活動の日変化. 2005 年から 2009 年の冬季 (12 月から 2 月) におけるビンツルの気象レーダー・データを解析し, 降水システムの日変化の特徴を記述した. 4 冬季平均の日変化統計値から, ①陸上は日中に降水域面積のピークが出現し夜間には降水域は少なく, ②海上では真夜中に降水域面積のピークが出現することがわかった. なお日中の陸域でレーダー・データと雨量計データを比較すると, レーダーと雨量計の日変化パターンの相関は必ずしも高くなかった.

次にレーダーのボリューム・スキャン・データの欠測の少ない 2006 年ならびに 2007 年の 2 冬季について注目した. ビンツル付近の対流活動・降水の日変化を MTSAT の Tbb データ・TRMM 3B42 でみると日中に内陸部で高層雲 (低 Tbb) 域・雨域が形成され, 夜間に南シナ海海上に位相が移動していくパターンが出現する. だがレーダーでみると日中の陸域のエコー域は日没後解消し, 日没前後から海岸線に沿った海域でエコー域が生じ始め

早朝近くにエコー域が消失しはじめた(図2)。つまり陸域で形成された降水システムが陸上から海上に移動するのではないことが示された。ただし、個別の事例では内陸部に生じたエコー域が海上に移動するケースも存在する。また1978年のピンツルにおけるレーダー集中観測では、夜間に沿岸から沖合にむけて降水帯が遠ざかってゆくことが報告されているが、本研究で作成した統計値では降水帯の沖合への移動現象は現れなかった。

レーダーのエコー域面積を指標として対流活動の日変化の活発と不活発をもたらす大気循環場の特徴を層別した。対流活動が活発となるのは、①南シナ海を冬季モンスーンにともなう北東風が卓越し陸上に吹き込む場合、②西部太平洋から渦状擾乱が西進する場合であった。またいずれの場合であっても北ボルネオ沿岸部における海面水温の東西方向の温度傾度が強い場合に対流活動が活発化するように思われた。一方、熱帯の季節内変動MJOの西風偏差が卓越する期間においては対流活動の日変化は抑制された。

(3) 激しい豪雨事例とそれをもたらす大気循環場の特徴。 (1) に述べたように豪雨を定義する際の閾値として「日雨量50mm以上」を用いることができるが、特に激しい豪雨事例として「1日で100mmを超える降水を4地点以上で同時に観測された日」を基準とし、豪雨イベントを抽出した。図3にその一例を示す。「激しい豪雨事例」の季節別の出現頻度ならびに豪雨の地域性を調べた。「激しい

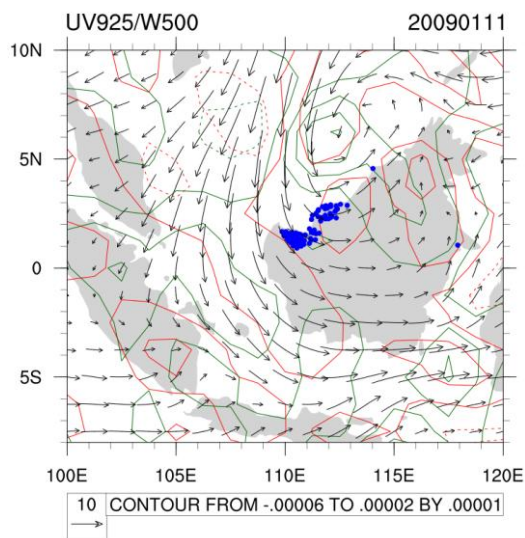


図3. サラワク州における「激しい豪雨事例」の極端な場合。2009年1月11日。赤色の等値線は風の収束量で収束域は実線、発散域は破線で表示。緑色の等値線は鉛直p速度で、実線は上昇流域、破線は下降流域。南シナ海にBorneo Vortexが存在し、州南西部の多数の地点で100mm以上の降水が観測された。

豪雨事例」は11年間で377例あり、北半球冬季が209例と全体の約55%をしめた。豪雨の発生地点の分布状況がサラワク州全域に分布して生ずる場合と豪雨の発生地点が特定地域にまとまっている場合が存在した。

北半球冬季の「激しい豪雨事例」について、豪雨発生時の大気下層の循環場の特徴を調べた。激しい豪雨の発現の多くは、①南シナ海を吹く北東風が陸上に吹き込む場合、②南シナ海に「Borneo Vortex」が存在する場合、に限られることがわかった。特に激しい豪雨が10地点以上、しかもごく限られた地域で同日に発生したケースでは②が支配的な循環場であった。

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0件)

[学会発表] (計4件)

- ① Endo Nobuhiko, “Diurnal variation of precipitation over Sarawak based on the MMD radar observation”, Second Conference for Regional Cooperation in Ocean and Earth Science Research in the South China Sea, 2012年10月23日, マレーシア国クアラルンプール・国立マラヤ大学.
- ② 遠藤 伸彦, “北東モンスーン季のマレーシア国サラワク州における降水システムの特徴”, 日本地理学会2012年秋季学術大会, 2012年10月6日, 兵庫県神戸市・神戸大学鶴甲キャンパス.
- ③ Endo Nobuhiko, “Diurnal variation of precipitation observed by operational radar in Sarawak, Malaysia during winter monsoon season”, Asia Oceania Geoscience Society - American Geophysical Union (Western Pacific Geophysical Meeting) Joint Assembly, 2012年8月15日, シンガポール国 Sentosa Island・Resorts World Convention Centre.
- ④ 遠藤 伸彦, “マレーシア国サラワク州における降水現象の日変化: 現業レーダーの活用”, 日本気象学会2012年度春季大会, 2012年5月26日~29日, 茨城県つくば市・つくば国際会議場.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

遠藤 伸彦 (ENDO NOBUHIKO)

独立行政法人海洋研究開発機構・地球環境変動領域・技術研究副主幹

研究者番号：30282304

(2) 研究分担者

伍 培明 (WU PEIMING)

独立行政法人海洋研究開発機構・地球環境
変動領域・主任研究員

研究者番号：00360751

(3) 連携研究者

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