

平成 22 年 5 月 1 日現在

研究種目： 若手研究(B)
 研究期間： 2008 ～ 2009
 課題番号： 20740268
 研究課題名(和文) 夏季東アジアモンスーン陸域における雲・降水活動の季節内変動の解明
 研究課題名(英文) Study on intraseasonal oscillation of rainfall and convection
 over the land area of the East Asian summer monsoon
 研究代表者
 藤波 初木 (Hatsuki Fujinami)
 名古屋大学・地球水循環研究センター・助教
 研究者番号：60402559

研究成果の概要(和文)：東アジアモンスーン域の陸上(主に中国の長江・黄河流域)における降水・対流活動の季節内変動とその要因を解析した。長江、黄河流域ともに、年々変動はあるが、夏季の降水・対流活動に顕著な季節内(7～25 日周期)変動が確認された。これまで熱帯・亜熱帯の対流活動や大気循環場の変動の影響といった観点からのみ解析をされてきた対象領域の季節内変動は、中緯度亜熱帯ジェット気流上のロスビー波の影響を非常に強く受けていることが明らかになった。

研究成果の概要(英文)：Intraseasonal oscillation of rainfall and convection over the land area (the Yangtze River Basin and the Yellow River Basin) of the East Asian monsoon were examined. Intraseasonal oscillation on 7 – 25-day timescales is dominated in the both basins, although there is large interannual variation. Mid-latitude Rossby waves primary factor to induce the intraseasonal oscillation of rainfall and convection.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008 年度	1,000,000	300,000	1,300,000
2009 年度	600,000	180,000	780,000
年度			
年度			
年度			
総計	1,600,000	480,000	2,080,000

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：東アジアモンスーン、梅雨、降水、対流活動、季節内変動、亜熱帯ジェット気流、ロスビー波

1. 研究開始当初の背景

夏季アジアモンスーン域にもたらされる降水とその変動は、そこに住む人々の農業・経済活動に大きな影響を及ぼす。夏季モンス

ーン期の雲・降水活動は常に一定ではなく、明瞭な活発期と不活発期を周期的に繰り返すことが多い。変動周期は 7～25 日と 30～60 日に大別され、前者は submonthly-scale、

後者は MJO-scale の季節内変動と呼ばれる。周期的な現象のため、そのプロセスの解明は 1~2 ヶ月程度の子報にも重要である。

中国東部~北部を含む東アジアモンスーン領域は、他のアジアモンスーン域と異なり、雨季に中緯度の亜熱帯ジェット気流と隣接する。これは東アジア域の雲・降水の季節内変動に亜熱帯ジェット気流上の波の季節内変動が大きく影響を及ぼし得ることを示唆している。しかし、この観点からの同領域の雲・降水の季節内変動の時空間特性とそれをもたらす大気循環場の詳細な研究はほとんど行われてこなかった。

夏季東アジアの気候・気象変動は熱帯・亜熱帯域からの子午面方向のテレコネクションで説明されることが多かったが、亜熱帯ジェット上を西から東へ伝播する準定常波の影響も同様に重要であると考えられる。これらの経年変動は季節内変動の活動度の変調として生じると考えられ、東アジアの雨季降水量の経年変動の理解する上でも、雲・降水活動の季節内変動の時空間変動とそれをもたらすプロセスの解明は重要な課題である。

また、本研究課題は国際的なモンスーン研究の枠組みの中でも、注目されている地域と研究課題であり、陸上モンスーン域の雲・降水の季節内変動の理解に国際的な貢献をもたらすと期待される。

2. 研究の目的

本研究では、1979~2007 年までの長期間データを用いて、東アジアモンスーン陸域の中国東部の長江・淮河流域及び中国北部の黄河流域の雨季の雲・降水活動の季節内変動の時空間特性とその変動をもたらす大気循環場の変動を詳細に解析する。さらに、大気循環場の変動がどのようなプロセスを介して雲・降水の変動をもたらすかを明らかにする。具体的な研究項目は 1)中国長江・淮河流域の雨季(メイユ期:6 月中旬~7 月中旬)と中国黄河流域の雨季(7 月中旬~8 月中旬)の雲・降水活動の季節内変動の時空間変動特性の解明と、亜熱帯ジェット気流上の準定常波がこれらの領域の雲・降水活動の季節内変動にもたらすプロセスを解明する。2)亜熱帯ジェット気流上の準定常波の背景場となる、雨季の亜熱帯ジェット気流の平均的な位置(平年より北偏しているか南偏しているか等)及び形状(蛇行しているか帯状か等)の年々変動が、どのように各年の準定常波の東への伝播パターンを変え、対象領域の雲・降水の季節内変動の時空間変動に影響を及ぼすのかを評価する。3)2)での解析結果もふまえ、長江・淮河流域と黄河流域の雨季降水量の経年変動に、雲・降水の季節内変動の活動度がどのように影響を及ぼしているのかを評価する。

3. 研究の方法

(1)1979~2007 年までの大容量の再解析(客観解析)データ、人工衛星データ、降水量データを整備し、解析の環境を整える。(2)各年の中国東部の長江・淮河流域及び中国北部の黄河流域の雨季の雲・降水の季節内変動の時間特性をウェーブレット解析等の時系列解析で明らかにし、卓越周期や活動度の季節性と経年変動を理解する。(3)季節内変動の周期で実際にどのような雲・降水システムが変化をしているのかを地上天気図や高解像度の静止気象衛星データを用いて精査する。(4)submonthly-scale と MJO-scale の周期が卓越する年に分け、それぞれの周期毎に時間コンポジットや回帰分析を使用して平均的な時空間発展のパターンを解析する。(5)対象領域の季節内変動スケールの雲・降水時系列を基準にして、再解析データに時間コンポジットや回帰分析を適用し、各領域の雲・降水活動の季節内変動がどのような大気循環場の変化でもたらされるのかを、特に亜熱帯ジェット気流上の準定常波の振る舞いに注目して、詳しく解析する。(6)亜熱帯ジェット気流上の波の基本場(背景場)となる、各年の雨季の亜熱帯ジェット気流の平均的な特徴(蛇行か帯状か、または平年より北偏か南偏か等)を調査する。(7)それらの基本場の違いが、各年の雲・降水の季節内変動の時空間発展へどのように影響をするのかをプロセスも含めて調査する。(8)対象領域の各年の季節内変動の活動度や卓越周期が、雨季積算降水量の年々変動とどのような関係を持っているのかを明らかにし、降水量の年々変動に対する季節内変動の影響を解析する。

4. 研究成果

(1)長江・淮河流域

中国長江・淮河流域における 6 月上旬~7 月上旬の雨季を梅雨(Mei-yu)と呼ぶ。Mei-yu 期にはチベット高原東端から日本にかけて停滞前線(梅雨前線)がしばしば出現する。この前線と前線上を東進するメソスケールの降水システムによる多量の降水は、同時期の貴重な水資源である。Mei-yu 前線は熱帯・亜熱帯気団と中緯度気団との境界に発生する亜熱帯前線帯である。

アジアモンスーン領域では、対流活動や循環場の変動に顕著な季節内変動があることが知られている。季節内変動の周期は主に 7~25 日周期(submonthly time scale)と 30~60 日周期(MJO time scale)が存在する。これまでの同領域の対流変動の解析は熱帯・亜熱帯側の対流と循環場の変動に着目されることが多かった。しかし、Mei-yu 前線は中緯度と熱帯・亜熱帯の両方の影響を受けて形成されるため、その変動には中緯度大気の変動も同様に重要である可能性がある。

本研究では対流活動の指標として OLR (外向き長波放射) データ、大気循環場のデータとして NCEP/NCAR 再解析データを用い、Meiyu 期の長江・淮河流域の対流活動の変動特性とその変動要因を解析した。特に 7~25 日 (submonthly スケール) 周期の季節内変動に着目した。

Mei-yu 期における対象領域の 7~25 日周期の OLR の分散には、顕著な年々変動が見られる。本研究では同周期帯の季節内変動の活動が活発な 12 年 (1981, 1985, 1986, 1989, 1992, 1993, 1995, 2000, 2001, 2002, 2003, 2004) を解析の対象とした。

Mei-yu 期には、OLR と降水量の変動に 7 日~13 日程度の周期がある。このように、同周期帯の変動は、Mei-yu 前線とそれに関係した降水システムの活動と密接に関係していることが示唆される。これらの特徴は、すべての解析対象年で見ることができる。解析対象ではない年は、30 日周期が卓越する年 (1988, 1991, 1994, 1998) と季節内変動が顕著でない年 (1980, 1983, 1987, 1996) に大別される。対象領域の対流活動と大気循環場の関係を調べるために、対象領域で平均した 7~25 日周期帯の OLR 偏差と同周期帯の流線関数偏差との相関を解析した。この解析から、同じ周期帯の対流変動が 2 つの異なる大気循環場のパターンと関係があることが明らかになった。つまり、対流変動の周期が同じでも、その変動をもたらす大気循環のプロセスが年によってことなる傾向があることを示している。

一つは、長江・淮河領域の対流活動が活発 (不活発) な時、対象領域の北側で低気圧性 (高気圧性) 偏差が強まり、南側で高気圧性 (低気圧性) 偏差が強まる。強い相関がチベット高原の北側~東側にかけて見られることから NET (along the Northern to the Eastern peripheries of the Tibetan plateau) パターンとする。もう一つは、対象領域の対流活動が活発 (不活発) な時、対象領域の上層大気は高気圧性 (低気圧性) 偏差を示す。相関係数の分布がチベット高原を横切るように帯状に波列パターンを形成していることから、このパターンを AT (Across the Tibetan plateau) パターンとした。下層 700hPa の相関係数の分布は、両パターンともに、対象領域で正相関、対象領域の南側で負偏差となる。これは同領域で対流活動が活発 (不活発) な時、対象領域で低気圧性 (高気圧性) 循環が強まり、南シナ海付近で高気圧性 (低気圧性) 循環が強くなることを意味する。NET と AT パターンがどのように長江・淮河流域の対流変動に影響するのかを、コンポジット解析と事例解析を用いて詳細に解析した。NET パターンでは、亜熱帯ジェット気流上に沿って、西から東へ波列が伝播する。波動は

ほぼ定常であり、波の位相はほとんど移動しない。この波列はロスビー波であると解釈できる。この波動の影響が対象領域の北側にその影響が及ぶことにより、順圧的な構造をもつ低気圧性循環が強化され、チベット高原の北東縁部で対流活動が活発化する。引き続き、上層の低気圧が深まることにより、対流活動の活発域はゆっくりと南進する。この南進は停滞前線のゆっくりとした南進に対応している。一方、AT パターンでは、対流活動のシグナルがチベット高原より東進する。対象領域で対流活動が活発になる前に、チベット高原上で対流活動が活発になる。活発な対流偏差が高原の東縁に達すると、下層で急激に低気圧性偏差が強化され、長江・淮河流域で対流活動が活発になる。これは、チベット高原起源の擾乱が高原の東端でメソスケールの低気圧に発達するといった従来の研究結果と類似している。上層大気の波列偏差のゆっくりとした東進が、対流活動の東進をもたらす。AT パターンの上層波列も亜熱帯ジェット上のロスビー波であると解釈できる。

これらの異なる上層の波動パターンとその振る舞いは、それぞれのパターンに特徴的な東西波長と関係している。NET パターンは東西波数 6 であり、AT パターンでは 7~8 である。小さい (大きい) 東西波数は、ロスビー波の地球表面に対する東進の位相速度が遅く (早く) なることを意味し、NET (AT) パターンの波の振る舞いと一致する。また、NET パターンの年では、背景場の亜熱帯ジェットが高原周辺で北側に蛇行し、AT パターンの年では高原付近で帯状に分布している。これらの背景場の特徴もこれらのパターンをもたらすために好都合であることが示唆された。

長江・淮河流域の解析で得られた結果は、東アジアモンスーンの変動プロセスを考える上で非常に重要な知見である。これまで、同領域の変動は、熱帯・亜熱帯の変動の影響が大きいとされてきたが、梅雨期間内の季節内変動には、むしろ中緯度亜熱帯ジェット上の波列 (ロスビー波) が重要であることを示した。季節内変動の活動の年々変動がどのように生じるのか、長江・淮河流域の季節内変動がどのように年々変動に寄与するのかは課題として残された。

(2) 黄河流域

1978~2002 年までの高時空間解像度の降水量格子点データを用いて、中国黄河流域の雨季 (7~8 月) の降水量変動の時系列解析を行った。同領域の降水変動は主に 7~20 日周期の季節内変動と 3~6 日程度の中緯度短周期擾乱によってもたらされる。短周期擾乱の活動が顕著であることは雨季の長江・淮河流域降水・対流変動と異なる点である。また、台風本体や台風の影響を受けた前線活動の活

発化も短周期変動に寄与することがある。黄河流域の雲・降水の季節内変動は亜熱帯ジェット気流上のロスビー波と関係している。すなわち、亜熱帯ジェット気流上でロスビー波が西から東へと伝播し、黄河流域が上層低気圧の東側に位置するときは、下層の南風による水蒸気輸送が増加し、降水・雲活動が活発化する。上層高気圧の東側に入ると乾燥した北風成分と下降気流により、雲・降水活動は不活発化する。

同領域の雨季の総降水量の年々変動は、季節内変動の分散と有意な正の相関を示すが、短周期擾乱との相関は低かった。これは、同領域の雨季降水量に、季節内変動が重要な役割を持っていることを示している。

次に、黄河流域の雨季の降水の年々変動の解析を行った。黄河流域の夏季降水量に伴い、上層大気は亜熱帯ジェット気流上では顕著な波列偏差が見られた。降水量が多い年は、亜熱帯ジェット気流に沿って、黄海上空で高気圧偏差、チベット北部・モンゴル高原上空に低気圧偏差、チベット西部に高気圧偏差が見られる。黄海付近の高気圧偏差は上～下層で順圧的な構造であり、黄河流域に南からの豊富な水蒸気をもたらすため、降水量を増加させる。降水量が少ない年は逆符号の偏差となる。上層の波列偏差は亜熱帯気流上のロスビー波と解釈できる。また、年々変動をもたらす上層波列偏差の符号は、亜熱帯ジェット気流上の波列偏差を伴う波の季節内変動の活動度によって決まりうることを示唆された。

これらの黄河流域の降水変動の解析結果は、近年降水量が減少しつつある黄河流域の降水システムと年々変動のプロセス研究の基礎資料となる有益な情報である。これらの解析結果は国際誌に投稿準備中である。

(3)その他

南アジアの陸上モンスーン域であるバングラデシュの降水の季節内変動の変動プロセスを解析した。バングラデシュはチベット高原の南側に位置し、夏季に亜熱帯ジェットとは接する領域ではない。しかし、バングラデシュは夏季アジアモンスーン域の中でも最も submonthly-scale (7～25 日周期) の降水量変動が卓越する場所であり、その変動は東アジアモンスーンと同周期帯の降水変動との関連も含め、アジアモンスーン循環の変動を理解する上で重要であると考えられる。バングラデシュの降水の季節内変動をもたらすシステムは熱帯起源であり、西太平洋よりベンガル湾を西進する。ベンガル湾に高気圧偏差が発達すると、バングラデシュは低気圧偏差となり、降水・対流活動が活発化する。バングラデシュの雲・降水活動の季節内変動は、チベット高原南東部や中国東部領域の水

蒸気輸送の変化と関係があることが示された。しかし、バングラデシュを含む南アジアモンスーン域と東アジアモンスーン域の submonthly-scale の季節内変動は基本的な要因が異なることが明確となった。

南アジア域の降水・対流変動はロスビー応答を介して、中緯度亜熱帯ジェット気流上に波列偏差を形成することが可能であるため、熱帯・亜熱帯と中緯度との変動の関係を今後調査する必要がある。

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 2 件)

1. Fujinami, H., D. Hatsuzuka, T. Yasunari, T. Hayashi, T. Terao, F. Murata, M. Kiguchi, Y. Yamane, J. Matsumoto, Md. Nazrul Islam and A. Habib, 2010: Characteristic intraseasonal oscillation of rainfall and its effect on interannual variability over Bangladesh during boreal summer, *International Journal of Climatology*, accepted.(査読あり)

2. Fujinami, H. and T. Yasunari, 2009: The Effects of Midlatitude Waves over and around the Tibetan Plateau on Submonthly Variability of the East Asian Summer Monsoon, *Monthly Weather Review*, **137**, 2286-2304. (査読あり)

[学会発表] (計 2 件)

(*が発表者)

1. Fujinami, H.*, D. Hatsuzuka, T. Yasunari, T. Hayashi, 2009: Intraseasonal and Interannual Variability of Rainfall over Bangladesh during Summer, *Proceedings of International MAHASRI/ HyARC workshop on Asian Monsoon*, Vietnam.(2009年3月5日)

2. 初塚大輔・安成哲三*・藤波初木、林泰一 (2008): バングラデシュにおけるモンスーン降水量の季節内変動と年々変動、日本気象学会 2008 年度春季大会、横浜。(2008年5月21日)

[図書] (計 0 件)

[産業財産権]

○出願状況 (計 0 件)

名称:

発明者:

権利者:

種類:

番号：
出願年月日：
国内外の別：

○取得状況（計◇件）

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年月日：
国内外の別：

〔その他〕

ホームページ等

<http://mausam.hyarc.nagoya-u.ac.jp/~hatsuki/index.htm>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

藤波 初木 (Hatsukj Fujinami)

名古屋大学・地球水循環研究センター・
助教

研究者番号：60402559