

2009年夏に見られた亜熱帯ジェット気流の特徴とこれと関連した大気大循環について

牛田 信吾*・藤川 典久・原田 やよい・長谷川 寛（気象庁地球環境・海洋部気候情報課）

1. はじめに

2009年7月は、北日本の多雨、日本海側の日照不足、九州北部地方から東海地方にかけての梅雨明けの遅れ、「平成21年7月中国・九州北部豪雨」の発生といった不順な天候となった。気象庁気候情報課が事務局を務める異常気象分析検討会は、同年8月3日に臨時の会合を開催し、このような異常天候をもたらした要因についての見解をまとめた。そこでは、直接的な原因を太平洋高気圧の本州付近への張り出しが弱く、西日本から北日本にかけて低気圧や前線の活動が活発だったこととし、それらの要因となった大規模な大気の流れとして、平年より南偏して強かった亜熱帯ジェットが、持続的に蛇行したことを挙げている（異常気象分析検討会2009）。本発表では、2009年7月の亜熱帯ジェットについて、その北半球規模の特徴を明らかにするために行った統計解析の結果を示す。

2. データと解析手法

大気循環場はJRA-25/JCDAS、外向き長波放射量（OLR）は米国大気海洋庁提供のデータ、海面水温（SST）は気象庁で解析・整備している海面水温解析データ（COBE-SST）を用いた。2009年7月の実況を過去の統計的な傾向と比較するため、回帰分析、相関分析及び主成分分析は1979年から2008年までのデータを用いて行った。なお、本発表で使用した図は、一部の例外を除き気象庁が整備した異常気象分析ツール（ITACS）を用いて統計解析・描画されたものである。

3. 北半球規模で見られた特徴

帯状平均した2009年7月の東西風偏差の緯度-高度断面（図1）を見ると、平年の亜熱帯ジェットの軸より5度程度南を中心とした強い正偏差が、高緯度側では広く負偏差が広がっている。2009年7月に現れた北半球規模の亜熱帯ジェットの特徴を明らかにするために、200hPaの帯状平均東西風の緯度分布について主成分分析を行った。図2は第1、第2主成分の分布とそれらのスコアで、2009年のスコアは主成分ベクトルにその年の解析値を射影して求めた。図2左上の第1主成分の分布は、気候値で亜熱帯ジェットの軸となる北緯45度付近で負偏差、そして、その南の北緯30度付近で正偏差となっている。これは、亜熱帯ジェットの軸が平年より南側に位置している様子を表しており、この発表では第1主成分を「南

偏」モードと呼ぶことにする。図2右上の第2主成分の分布は、北緯45度付近に正偏差のピークを持ち、その北側及び南側で負偏差となっている。これは、亜熱帯ジェットの軸の位置は平年並で、強度は軸付近で平年より強く、軸の南北では平年より弱いことを表しており、この発表では第2主成分を「鋭さ」モードと呼ぶことにする。スコアの時系列（図2下）を見ると、1979年以降、2009年は「南偏」モードのスコアが+1.4で4位、「鋭さ」モードのスコアが+2.5で1位となっており、2009年7月の亜熱帯ジェットは2つのモードの特徴を併せ持つ、特異な状況であった。

各モードと関連する現象を抽出するために統計的な調査を行い、2009年7月の状況と比較した。特に2009年7月はエルニーニョ現象が発生しており、また、北半球高度場では負の（極側で正偏差）環状モードが顕著であったことから、これらの現象との関連に注目した。

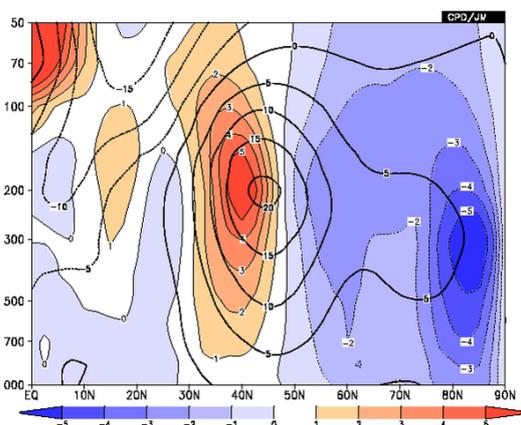


図1 2009年7月の帯状平均東西風の緯度-高度断面図
陰影は平年偏差、コンターは平年値を表す

(1) 「鋭さ」モードに伴って生じた現象

SSTと「鋭さ」モードのスコアとの相関係数（図3）では、「鋭さ」モードとSST偏差に有意な相関がある領域は、ほとんど確認できない。しかし、北半球環状モードとの関連を見るため、「鋭さ」モードのスコアによる海面更正気圧の回帰係数をとると（図4左）、極付近に有意な正偏差、中緯度には有意な負偏差が見られ、2009年7月の実況（図4右）との対応も良い。これらの偏差分布は、海面更正気圧の第1主成分（図4中）とよく似ており、主成分ベクトルに2009年7月の解析値を射影したスコアは+2.2と1979年以降で第1位となった。北半球環状モードに伴う対流圏上層の東西風偏差が維持されるために

は、擾乱による運動量輸送が必要である。2009年7月における擾乱による運動量フラックスの緯度-高度断面図を見ると(図5)、定常擾乱、非定常擾乱ともに北緯60~70度より高緯度側で発散するような分布となっており、Ogi(2004)で示されている正の北半

球環状モードが顕著な場合に現れる分布と符号を反転して良く似ている。このように、「鋭さ」モードは負の環状モードに伴って生じる傾向があり、2009年7月はその関係が顕著に現れた。

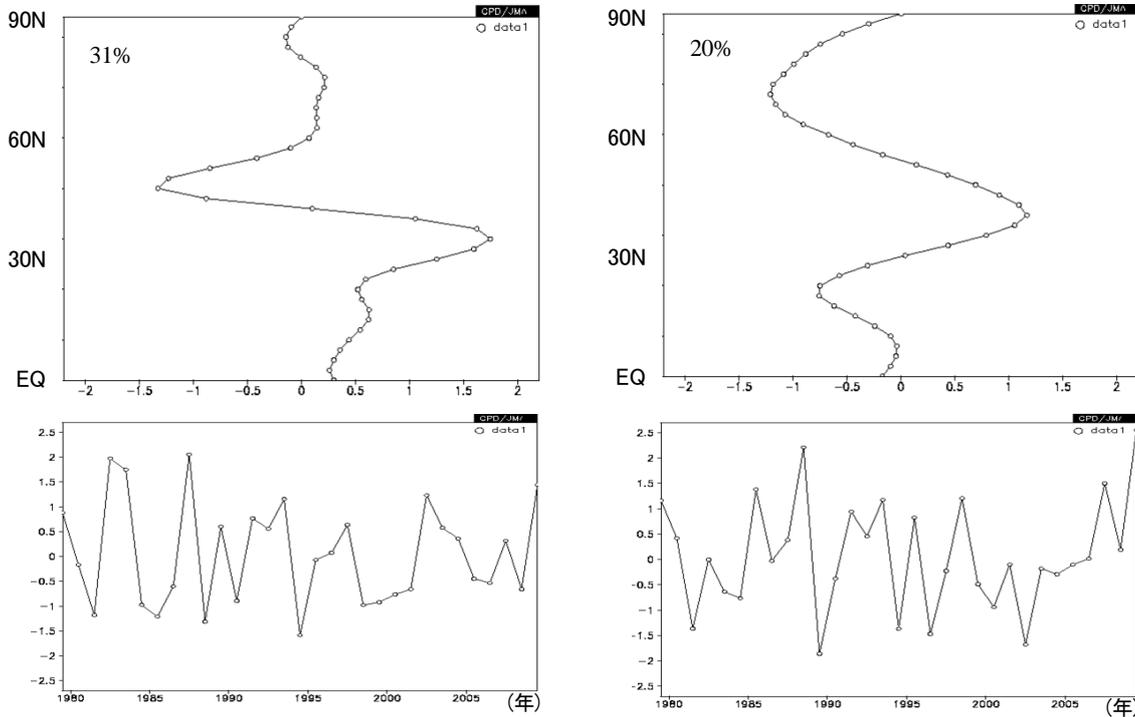


図2 200hPa帯状平均東西風の主成分分析の結果

左上と右上はそれぞれ第1と第2主成分ベクトルの分布を示す(寄与率は図に記載)。左下と右下はそれぞれ第1と第2主成分のスコアの時系列を示す。

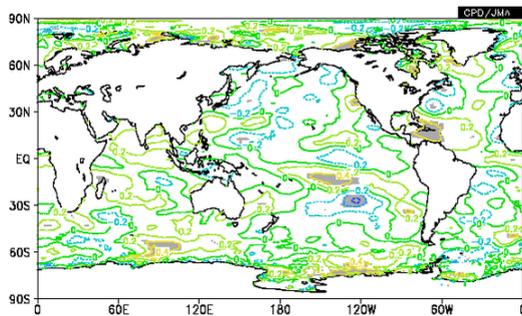


図3 「鋭さ」モード指数とSSTの相関係数

等値線は0.2間隔。陰影は信頼度95%で統計的に有意なことを示す。

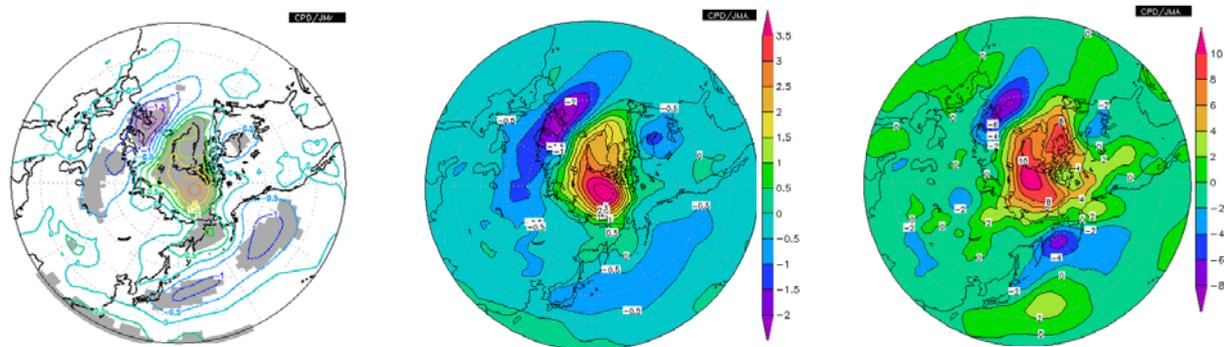


図4 「鋭さ」モードと北半球環状モード

(左) 「鋭さ」モード指数による7月の海面更正気圧の回帰係数(等値線は、0.5hPa間隔)。陰影は信頼度95%で統計的に有意なことを示す。

(中) 7月の海面更正気圧の第1主成分の分布(0.5hPa間隔)。北緯20から90度で主成分分析を行った(寄与率19%)。

(右) 2009年7月の海面更正気圧平年偏差(2hPa間隔)

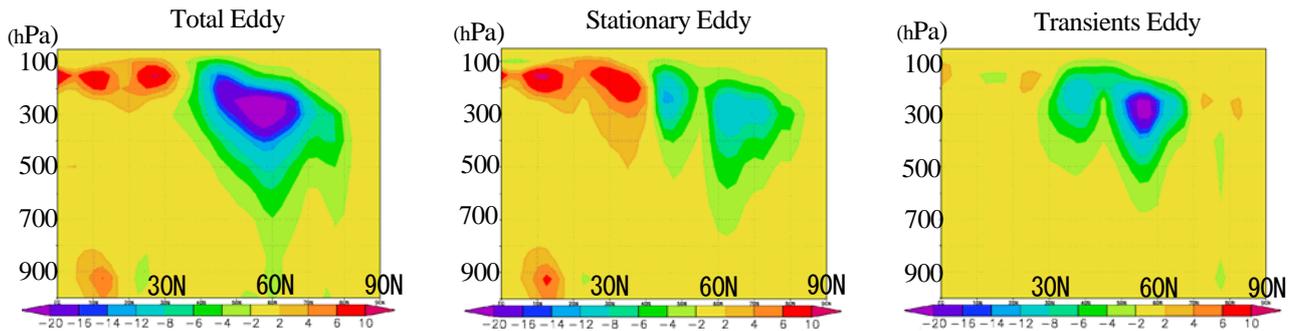


図5 2009年7月における擾乱による運動量フラックス平年偏差

Uは東西風、Vは南北風、プライムは帯状平均からのずれ、上線は帯状平均として、 $\overline{U'V'}$ の平年偏差を描画した。左図は定常・非定常擾乱の合計を示しU、Vの日別平均値から $\overline{U'V'}$ の月平均値を作成、中図は定常擾乱を示しU、Vの月平均値から $\overline{U'V'}$ 作成、右図は非定常擾乱を示し左図から中図を差し引いて作成した。単位は m^2/s^2 。

(2) 「南偏」モードと関連した現象

SSTと「南偏」モード指数の相関係数(図6)では、エルニーニョ現象に対応する偏差分布となっている。また、「南偏」モード指数によるOLRの回帰係数と2009年7月のOLR偏差を比べると(図7)、両者とも太平洋中部赤道域に有意な負偏差が見られ、エルニーニョ現象の特徴と整合している。これから、「南偏」モードはエルニーニョ現象により赤道付近に寄った対流活動のために、北半球で亜熱帯ジェットの本が赤道に寄るという関係を反映していることが分かる。しかし、2009年7月の弱いアジアモンスーンに対応して、実況のOLRではインド北部から華南にかけて強い正偏差が見られるものの、「南偏」モード

指数によるOLRの回帰係数では、はっきりしない。そこで、「南偏」モードとアジアモンスーンの関係を見るため、「南偏」モードの指数から、NINO.3との線形回帰で説明できる量(R2乗値で0.4)を引いた指数を作成し、OLR(図8左)及び200hPa東西風(図8右)との回帰係数を求めた。OLRとの回帰係数を見ると、先ほど述べたインド北部から華南に正偏差が現れ、200hPa東西風との回帰係数ではアジアジェットの本が鮮明に現れる。これらから、「南偏」モードにはENSOの活動とは別にアジアモンスーンが不活発な場合にアジアジェットが南偏するという効果も含んでいることが分かる。

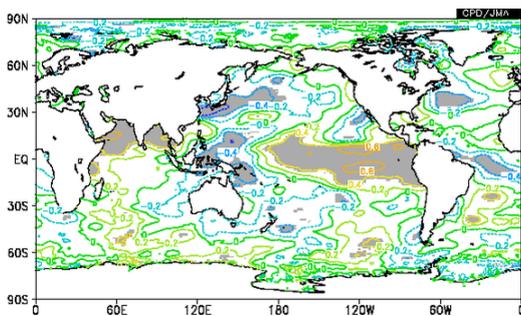


図6 「南偏」モード指数とSSTの相関係数

図3に同じ。

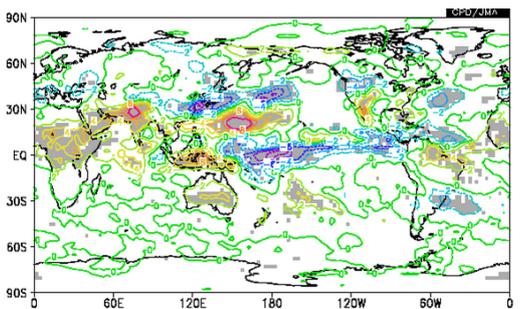
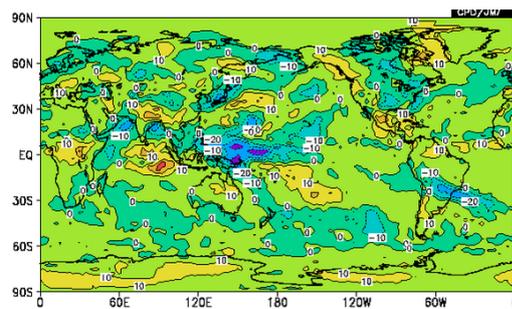


図7 「南偏」モード指数によるOLRの回帰係数(左)と2009年7月のOLR平年偏差(右)

左の等値線は $2W/m^2$ 間隔、陰影は信頼度95%で統計的に有意なことを示す。右は $10W/m^2$ 間隔。



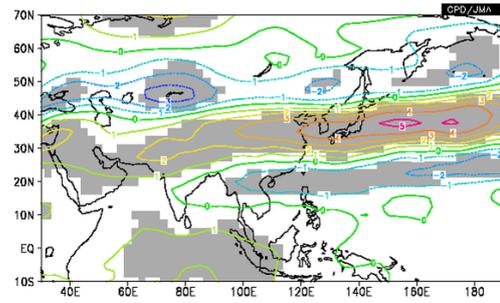
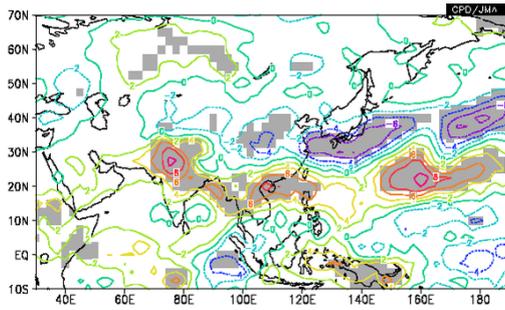


図8 NINO.3で説明されない「南偏」モード指数によるOLR（左）及び200hPa東西風（右）の回帰係数

左の等値線は 2W/m^2 間隔、右の等値線は 1m/s 間隔。左右ともに、陰影は信頼度95%で統計的に有意なことを示す。

4 まとめ

2009年7月の北半球亜熱帯ジェットは、その帯状平均の主成分分析により、「南偏」モードと「鋭さ」モードを併せ持っていることが分かった。このうち、「鋭さ」モードは北半球環状モードと伴って発生する傾向にあり、2009年7月はこの傾向が典型的に現れた。また、「南偏」モードは、エルニーニョ現象による北半球規模の亜熱帯ジェットの南偏を反映している。さらに、2009年7月に顕著だったアジアジェットの南偏は、エルニーニョ現象とは別に「南偏」モードに含まれる不活発なアジアモンスーンの影響が現れている。

参考文献

- 異常気象分析検討会, 2009: 平成21年8月3日気象庁報道発表資料「異常気象分析検討会での検討結果の概要」
(<http://www.data.kishou.go.jp/climate/extreme/h21/extreme2.pdf>)
- Ogi, M., K. Yamazaki and Y.Tachibana, 2004: The summer time annular mode in the Northern Hemisphere and its linkage to the winter mode. *Journal of Geophysical Research*, **109**, D20114, doi:10.1029/2004JD0045