

2020年7月西日本豪雨に関連する大循環場

小寺邦彦（気象研究所）

1. はじめに

2020年7月は西日本は悪天候に見舞われて日照が少なく低温となった。特に梅雨末期の7月初旬には中国揚子江流域から延びる降水帯による豪雨でこれまでに無い規模で洪水が発生した。ここでは、この西日本に悪天候をもたらせた大規模場の特徴についての解析を行いその要因について議論する。

2. 解析結果

2.1 7月の循環の特徴

2020年7月の循環場の特徴を見る為に200hPa 東西風、OLR, SSTの標準化偏差の水平分布を図1左列に示す。また図1右列には、西日本、カラコルム、アラビア海、西部太平洋のOLR, U200, SSTの標準化偏差の時系列を示している。当然ながら天候が不順であった日本付近には大きなOLRの負偏差がみられる。またインド洋にもOLRの強い負偏差がある。200hPaの東西風の偏差を見ると、北緯40度付近のアジア・ジェットはチベット高原を中心に蛇行し、イラン高原付近で南下、カラコルム山脈を越えチベット高原の北で強くなり、再び高原の東の中国東部で南下している。この中国東部でのジェットの南下による気圧の谷の発達で日本に悪天候がもたらされた。

一方、7月のSSTはインド洋では高温偏差になっており、OLRの負偏差はこのインド洋の高温の影響で積雲対流活動が活発だった事を示唆している。西太平洋でもSSTの偏差は高いが、ここではOLRは正の偏差を示しており、西太平洋のSSTが高いのは対流活動が抑制された結果によると考えられよう。四角で示した領域の2020年7月の偏差はどれも標準偏差の2倍を超えている。

大規模な循環場と日本の天候の関連を見る為に2020年6月1日から8月16日間の200hPaの南北風と東西風のSVD解析の結果を図2に示す。SVD1のスコアは図1で

示した日本域のOLR偏差の時系列、並びに西日本の5日平均気温と良く対応している。この事から、このSVD1に見られるアジア域の循環場と関連して西日本の悪天候がもたらされたと考えられる。SVD1の南北風には西アジアから日本にかけて波列が明瞭であるが、東西風の方では北緯40度付近での南北シーソーが明瞭であり、特にチベット高原の西と東でジェットが南偏している様子が顕著である。アジア・ジェット上に形成される波列は通常シルクロード・パターン(SRP)と解されるが、これとは別に亜熱帯ジェットの南北変位(JMD)と関連する変動もアジアジェット上に波列を形成する(Hong et al., 2016)。JMDの波列は中央アジア以東にほぼ限定され、また波列には南北の位相の傾きはない。興味深い事にJMDはSRPと異なり日本付近とアラビア海北部の地上気温と持っており2020年7月循環場の特徴との合致している。

2.2 7月初旬の変化

図3に3日平均した200hPa、40Nの南北風の時間-経度断面をアジア域について示す。6月末には東に伝播する波列が見られるが7月に入ると新たに定在波が増幅する。揚子江付近、西日本の豪雨はこの定在波の気圧の谷が120度付近に位置する期間(ii)に生じている。西風ジェットと山岳の相互作用をより良く見る為に北緯40度付近(37.5~42.5度平均)の東西風の高度-経度断面と地形の高度の東西微分と地上気圧の偏差の積($P_s \times (dh/dx)$)を図4に示す。この積の領域積分は山岳による西風強制力を表す。また、山岳による強制の結果形成される定在波を調べる為に図には経度30度~150度平均からの偏差で表した気圧面高度場の波動成分を示してある。

7月1日には下層の西風は弱く山岳との相互作用は殆ど見られない。7月2日になると西風が下層でも強まり、山岳の西端東経

70 度付近で西風を減速する強制力が働き、高原の上空には上層になるにつれて西に移動する気圧の谷線、峰線が見られ、ロスビー波の上方伝播が示唆される。逆に高原の東端 115 度付近の斜面では西風を強化する強制力が見られる。また東経 48 度付近のコーカサス山脈の南の山塊の東斜面でも同様に西風強制が見られる。3 日になると西風ジェットとチベット山塊の相互作用はさらに大きくなり、チベット高原上を西から上方へ、そして、東へ下方伝播する波が明瞭となる。4 日にはジェットは山岳を迂回してチベット高原の東で南下するので東側では山岳との相互作用が小さくなる。しかし西側では地形による強制が持続している。山岳で励起された波は順圧的な構造となり、さらに東へ伝播している。この7月1日から4日にかけての波列の発達は図 3a の南北風に見る波列と対応している。

2.3 アラビア海域

以上の結果からチベット高原の風上に当たる東経 50 度～70 度の西風ジェットの南方への変位が風下の気圧の谷の発達に重要な役割を果たしていることが示唆された。これに従いアラビア海の経度帯でのジェットの変化と対流活動との関連について調べる。図 5 の期間 (i) と (ii) で平均した局所ハドレー循環を見ると 7 月 1 日以前は北緯 15 度付近から、主に 360K 以下の温位の高度で、冬半球側に向かっていた子午面循環が 7 月 2 日以降は北にシフトし、さらに対流圏界遷移層 (TTL) まで上昇して夏の北半球側に向かっている。この上部対流圏から TTL の北風の強化によって亜熱帯ジェットが加速され南への変位を引き起こしたと考えられよう。

図 6a の 125 hPa での亜熱帯ジェットと水平発散、発散風を見ると、7 月 2 日から 4 日にかけて水平発散が北緯 20 から 30 度間で強まり、発散風が北緯 30 度を越えて北へ向かい、西風ジェットが加速されている。一方、北緯 15 度より南の発散風は赤道向きになっており、これは亜熱帯ジェットの西風加速には関連していない。図 6b, c の MODIS TERRA による夜間雲頂高度と日平均

OLR を比べると双方とも 7 月 1 日から活発化する対流活動を表現しているが、夜間雲頂高度の方は陸上の深い対流により敏感である。夜間雲頂高度の濃い茶色は雲頂が約 140hPa の高度に、薄水色は 125hPa に対応している。これを見ると TTL まで達する非常に深い対流雲は 2 日から北緯 15 度以北で明瞭な増加を示しており 125hPa の発散場の変化と良い対応を示している。

3. まとめ

上記の解析結果から 7 月初旬に西日本に豪雨をもたらせた大循環場の特徴は図 7 の様にまとめられる：(1) インド洋の高い SST により、(2) アラビア海域で強く深い対流が立ち、(3) 亜熱帯ジェットが南下して(4) チベット高原との相互作用が高まった。この為に(5) 山岳を迂回する流れが誘起されて、高原の東でジェットが南下し気圧の谷が黄海付近に形成された。この持続する気圧の谷の存在で(6) 多大な水蒸気が西日本へ輸送され豪雨が生じた。

インド洋の変動が日本の天候に対して影響する過程として、インド洋の対流活発化による西太平洋の対流の抑制されて、P-J パターンが励起される事で日本の天候に影響を及ぼす、というシナリオが考えられる。しかし、西太平洋で励起されたロスビー波列は太平洋上を北東に伝播するので、中国大陸、揚子江流域の豪雨の影響は説明はできない。また、西太平洋とアラビア海域の OLR の変化を 5 月 1 日から 9 月 1 日間について見てみると、西太平洋の OLR 偏差は初夏から振動しながら正の偏差を保っている、一方アラビア海域では 5 月、6 月はほぼ平年並みで、7 月に入って急速に対流活動が活発化している。従って、2020 年の循環場の異常に対して、西太平洋の対流活動の不振は背景として重要であろうが、7 月初旬の日本の異常気象の発現には直接的な影響は少ないと考えられよう。

参考文献

Hong, X. W., and R. Y. Lu, 2016: The meridional displacement of the summer Asian jet, Silk Road Pattern, and tropical SST anomalies. *J. Climate*, 29, 3753–3766.

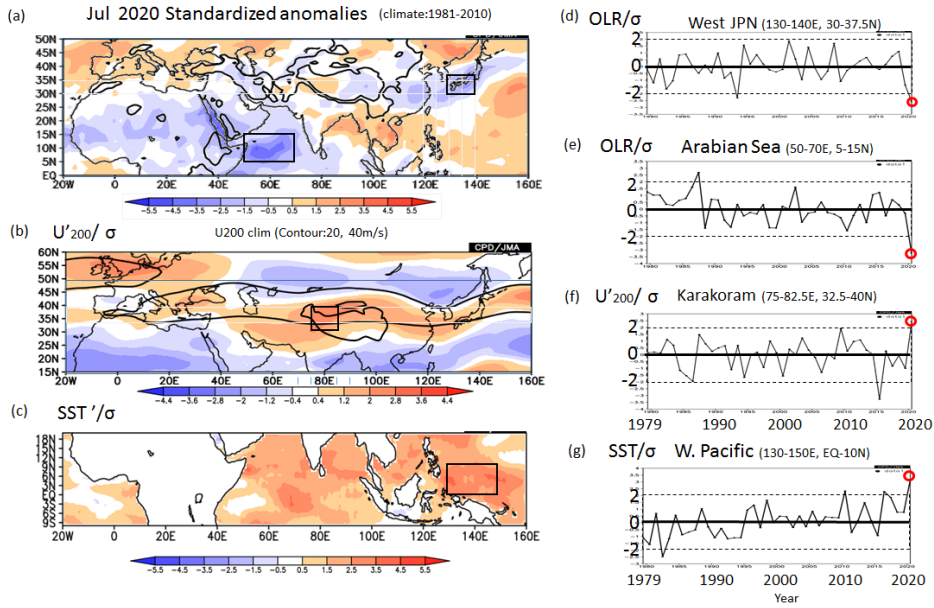


図1 (左列) 2020年7月平均標準化偏差(彩色): (a) OLR, (b) 200hPa 東西風, (c) SST. (b)の等値線は気候値の20, 40m/sを示す。右列は左列図上の四角で示した領域平均値の1979~2020年7月の標準化偏差の時系列: (d) 西日本 OLR, (e) インド洋 OLR, (f) カラコルム 200hPa 東西風, (g) 西太平洋 SST.

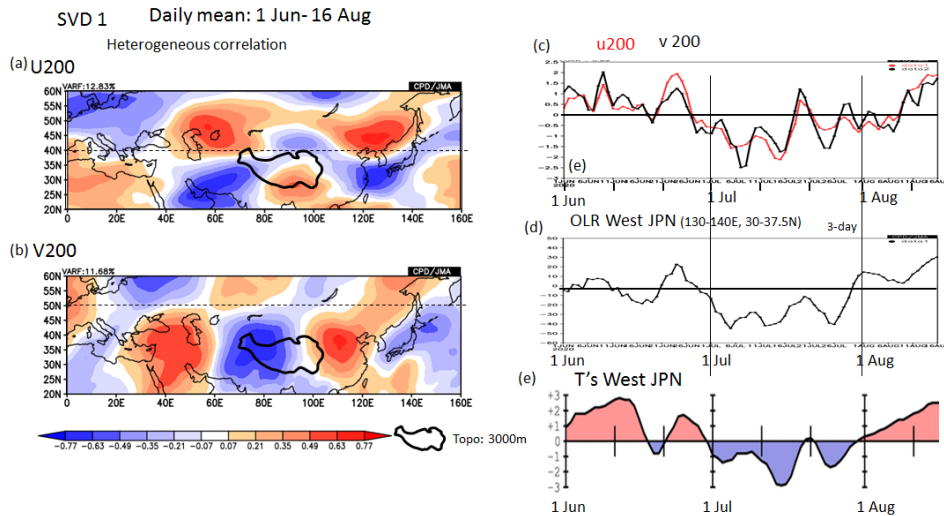


図2 (a-c) 2020年6月1日~8月16日の200hPa高度の東西風と南北風のSVD 1: (a) u200の異質相関、(b) v200の異質相関、(c) スコア。 (d) 西日本 OLR(図1の四角の領域)の3日平均値の時系列、(e) 気象庁による西日本の5日平均気温。

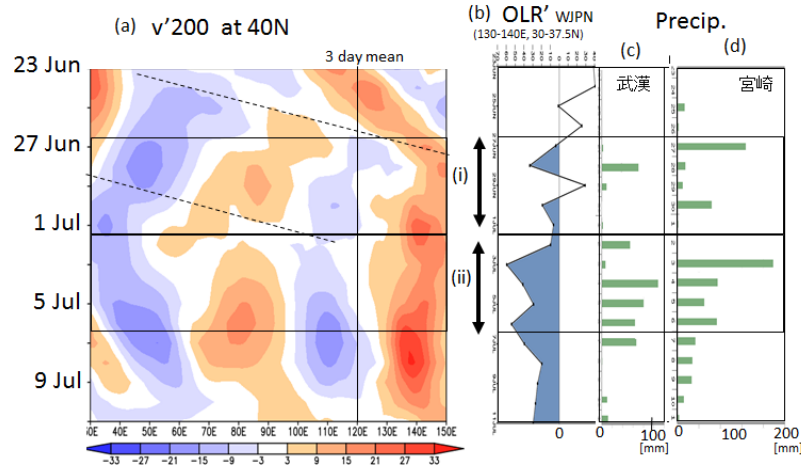


図3 (a) 北緯40度に沿った200hPaの南北風偏差の時間一経度断面。矢印、および水平線は期間(i)：6月27～7月1日、及び期間(ii)：7月2日～6日の5日を示す。縦線は東経120度。(b)西日本OLR偏差の日平均値の時系列。日降水量：(c)武漢、(d)宮崎。

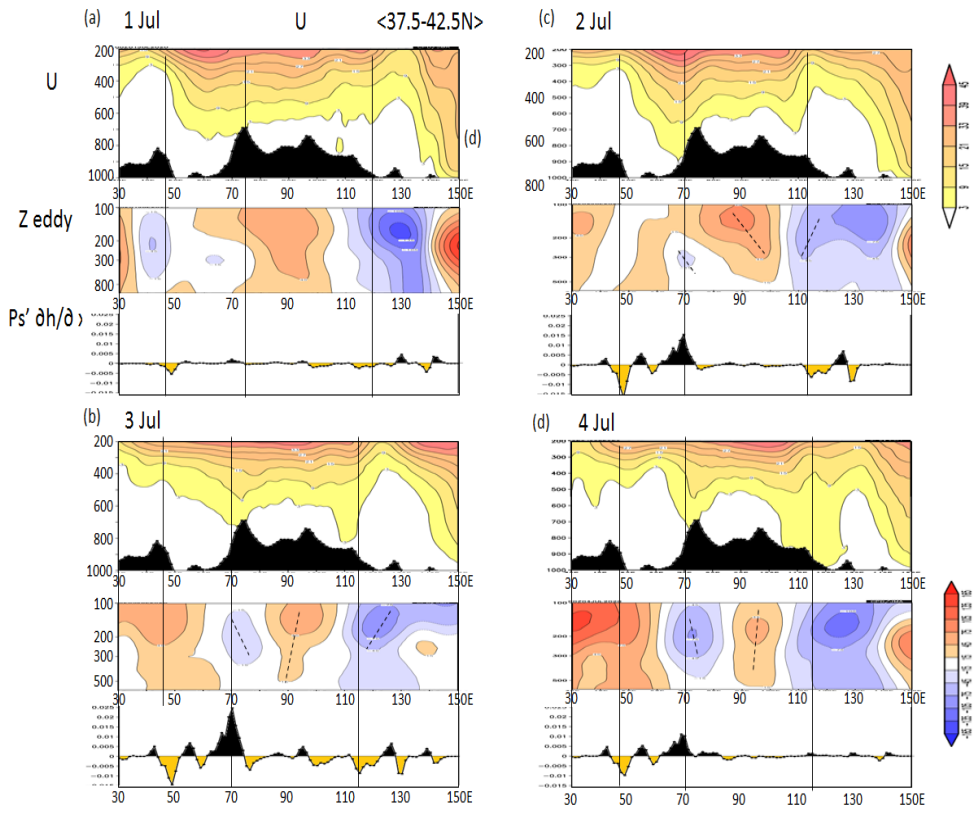


図4 (a)7月1日の北緯40度に沿った(上段)東西風と地形、(中段)気圧面高度偏差(東経30～150度平均からの偏差)、(下段)地形による東西風強制($Ps \times \partial h / \partial x$)。

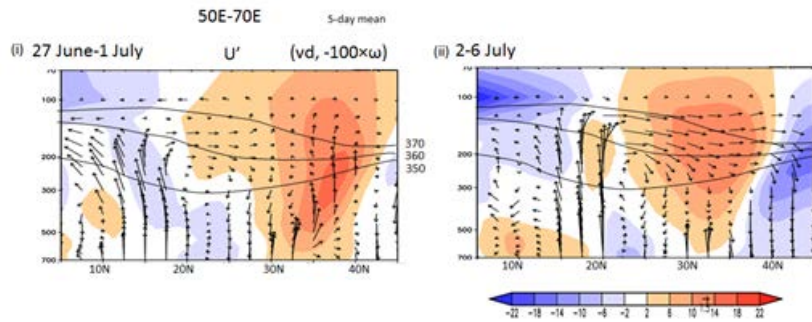


図5 アラビア域（東経50度～70度）の東西風（彩色）、並びに局所ハドレー循環：矢印は $(vd, -100 \times \omega)$ 。図中の等値線は350、360、370Kの温位を示す。平均期間：(i) 27 June-1 July, (ii) 2-6 July.

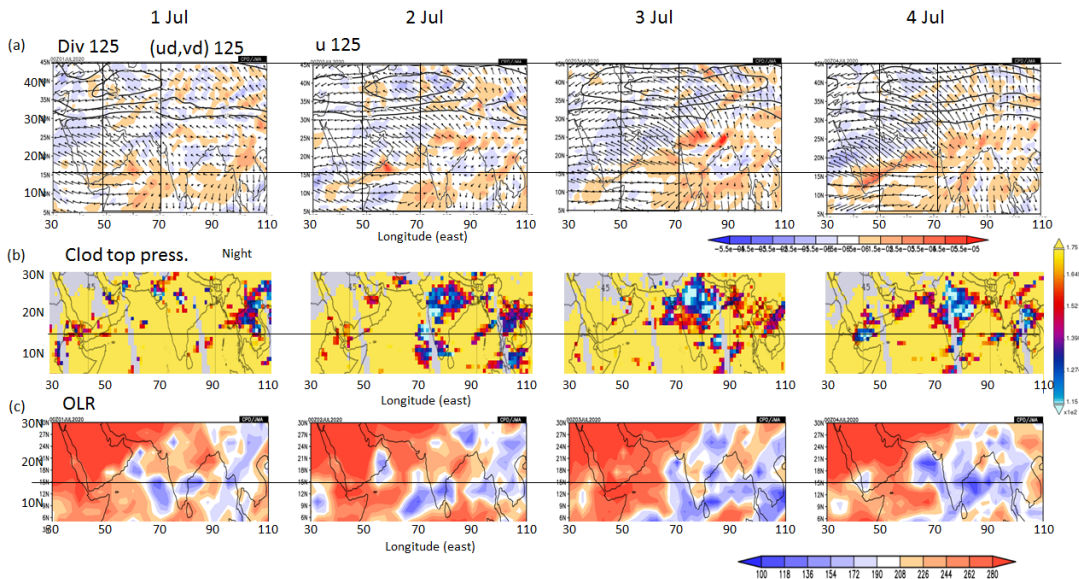


図6 (a) 125hPa 面の、発散（彩色）、発散風（矢印）及び東西風（等値線：10、20、30 m/s）。(b) 夜間雲頂気圧、(c) OLR。左から右へ、7月1日から4日の日平均値。

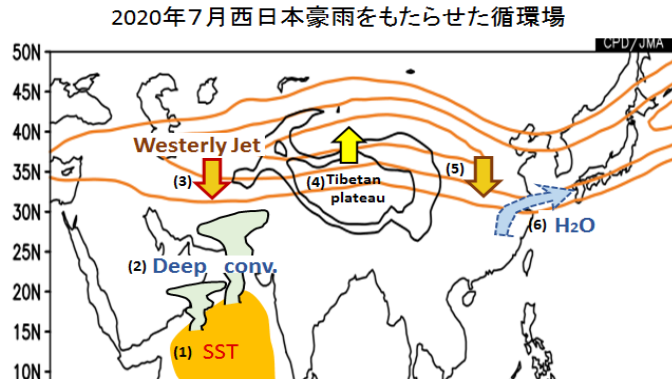


図7 2020年7月初旬に西日本に豪雨をもたらせた循環場の模式図