

令和2年7月豪雨の環境場について： 水蒸気供給，ジェット，シルクロー ドパターン

堀之内武¹，小坂優²，中三川浩³，中村尚²，藤川典久³，高萩縁²
1:北大（地球環境），2:東大，3:気象庁

本発表の内容は，以下の論文としてSOLAに投稿中です。

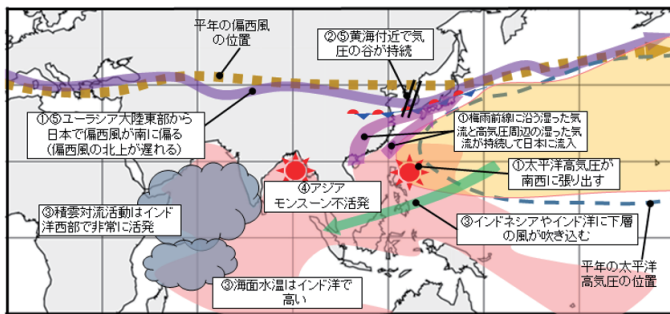
Horinouchi, T., Y. Kosaka, H. Nakamigawa, H. Nakamura, N. Fujikawa, Y. N. Takayabu, Moisture supply, jet, and Silk-Road wave train associated with the prolonged heavy rainfall in Kyushu, Japan in July 2020

© Takeshi Horinouchi, 2020-11-24.
All rights reserved.

1

前頁に引用した資料のまとめの図を引用

(<https://www.jma.go.jp/jma/press/2008/20a/kentoukai20200820.html>)



3

以後JRA-55再解析データを使って

- 6時間値使用
- 気候値は1990-2019の30年平均 & 各時刻の31日移動平均

5

はじめに 「令和2年7月の記録的大雨や日照不足の特徴とその要因について~異常気象分析検討会の分析結果の概要~」

(<https://www.jma.go.jp/jma/press/2008/20a/kentoukai20200820.html>) の要因まとめを引用（箇条書きを番号に変更）：

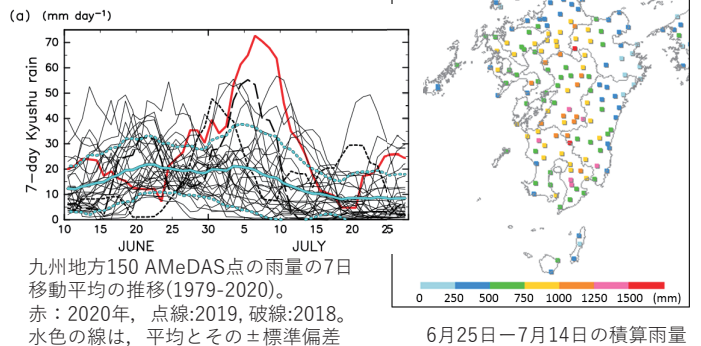
1. 日本付近では上空の偏西風の北上が遅れたことにより日本付近に梅雨前線が停滞し続け、前線に沿って西から流入した水蒸気と、平年より南西に張り出した太平洋高気圧の影響で南西から流入した水蒸気が、日本付近で大量に集中しました。
2. さらに黄海付近では上空の気圧の谷が現れやすく、その影響で西日本や東日本付近では上昇流が強まって梅雨前線の活動が強化され、大雨の降りやすい状態が続いたとみられます。
3. 日本付近で偏西風の北上が遅れたことや、太平洋高気圧が南西に張り出した要因として、インド洋で海面水温が平年より高かった影響でアジアモンスーンの活動が不活発になったことが考えられます。

本研究では，さらなる研究の**基礎資料を提供**すべく，九州での豪雨を対象に1,2 を掘り下げる(3は対象外)。「大量」の意味合い，上空の気圧の谷の形成過程を，**複数年の比較**(※)をもとに**適切に把握・記述**することがポイント。(※):「気候値」はイベント的には実現しないので，あるイベントを気候値と比較して理解しようとするのは**時に危険**。

2

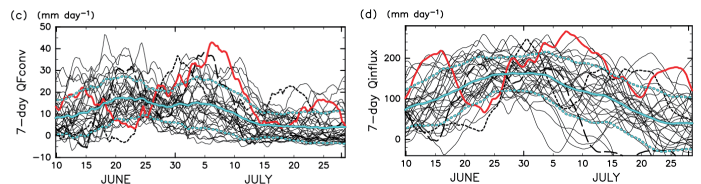
九州での豪雨の概要(AMeDAS雨量より)

- 6月25日より雨量増。
- 7月3-11日は特に大。この時間スケールで観測史上最大

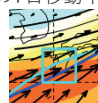


水蒸気フラックス

- (当然ながら)水蒸気フラックス収束~降水量(前々頁)。ただし本豪雨時は降水量より小(地点vs Box or JRA-55の解像の問題?)
- 本豪雨時は流入大 & 流入に対する収束の割合も高め(約20%)



下の四角(30-33.75°N, 128.75-132.5°E)での7日移動平均水蒸気収束



同水蒸気「流入量」(東・北の辺での水蒸気フラックスをゼロとおいて計算した収束)

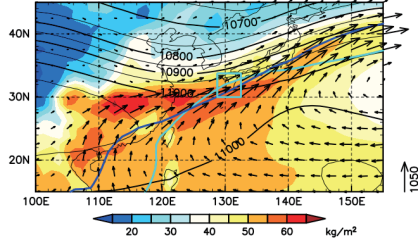
(各種の線の意味は前々頁左図と同じ)

6

大規模場概況 (7月2日0UTC - 7月9日0UTCの平均)

- 下層の北太平洋高気圧(NPSH)は25N以南で平年より西に広がる。
- 水蒸気フラックスの一部は大陸(Meiyu)経由(可降水量大は厚みを示唆)
- 黄海上の上層にトラフ: その南の下層の風速が強まり(そこが南九州にあたる), 南~東で上昇流が誘起され降水の割合が高まりやすい状況(収束の割合が高かったことを説明)。
 - 影響は主に上→下なのは波束の下流伝播が主に上部対流圏で起こることからわかる。Horinouchi (2014)のQG potential enstrophy解析も参照。

(e) (QFx, QFy) PWat Z850,250 2020Jul05 12±84h



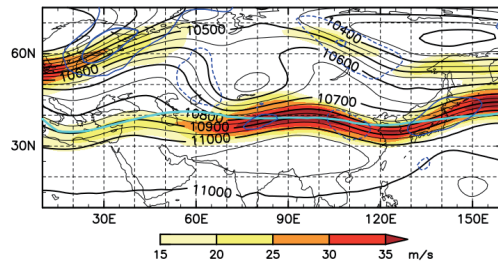
- 矢印: 鉛直積算水蒸気フラックス ($\text{kg m}^{-1} \text{s}^{-1}$)
- 色: 可降水量
- 黒コンター: Z 250 hPa
- 青コンター: Z 850 hPa (1485 mのみ)
- シアンコンター: Z 850hPa気候値の1485 mコンター

7

大規模場概況 (7月2日0UTC - 7月9日0UTCの平均)

- 黄海上の上層トラフ(120-130E)はアジアジェット上のシルクロードパターンの波列の一部。
- 気候値のトラフとほぼ同じ位置(⇒強まっていた)

(f) Z U V 250 2020Jul05 12±84h



- 色: U 250hPa
- シアン: 気候値ジェット軸 (250hPa U極大)
- 黒コンター: Z 250hPa
- 青コンター: V 250hPa (0を除き10 m/s毎)

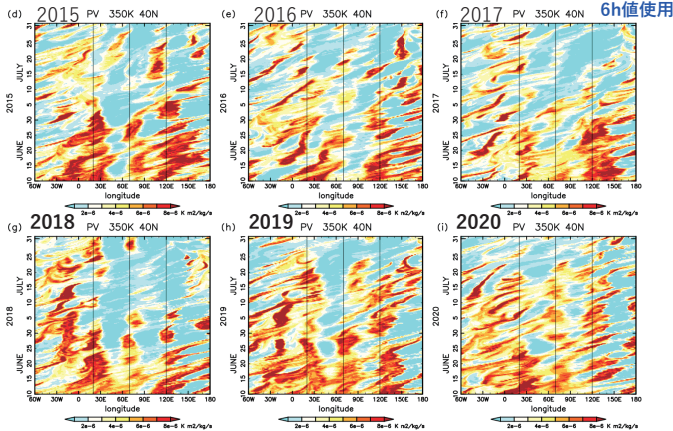
8

複数年比較 ($\theta = 350\text{K}, 40\text{N}$ のErtel PV)

論文では過去9年分図示

- 6月は20E, 70E, 120Eあたりで高い(トラフになってる)ことが多い。
- 2020は3つとも長持ち。(ちなみに2018は振幅波長急変で猛暑)

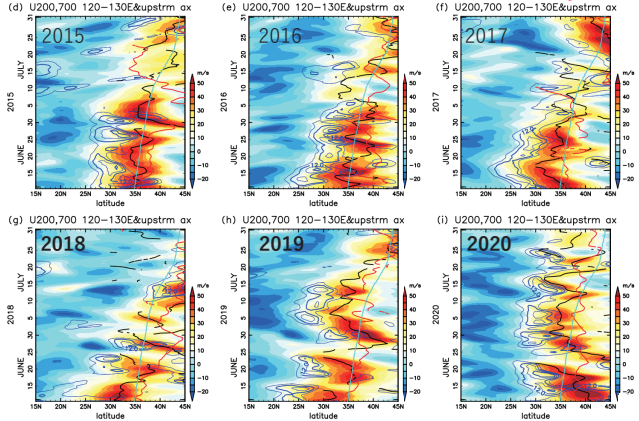
6h値使用



120-130E U (色:200hPa(黒線は極大=jet軸), 青コンタ(正のみ):700hPa, シアン:200hPa気候値jet軸)

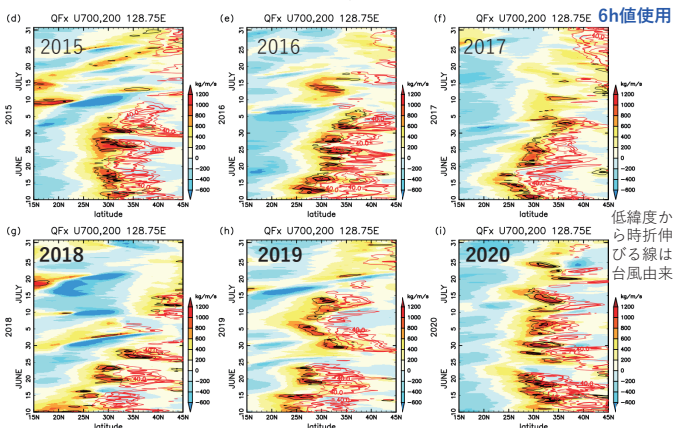
- 2020は7月になってでもジェットは6月の緯度。下層風は南九州あたりの緯度に長くどまった。(2018は北上が早かった)

Daily mean使用



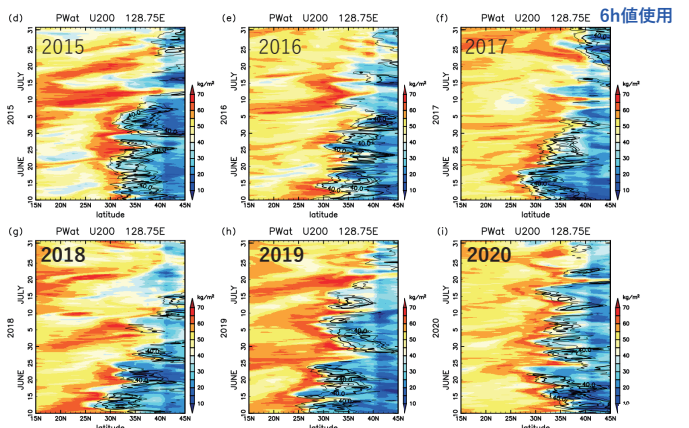
128.75E断面 (色:東向き水蒸気フラックス("QFx"), 黒/赤コンター:700/200hPa U)

- 2020年豪雨時のQFxは梅雨期ピークとしては典型的。ピークが長持ちし緯度が変わらなかったのが特徴。QFxは下層のUが支配

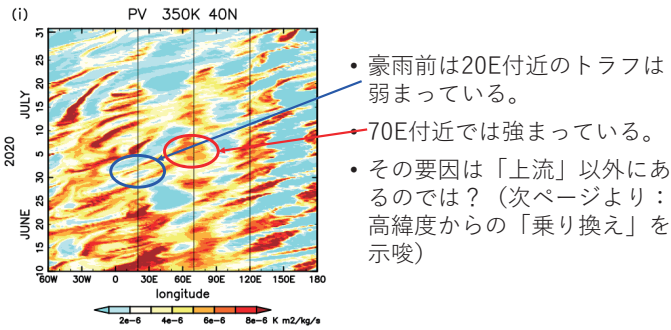


128.75E断面 (色:可降水量, コンター:700hPa U)

- 2020年は、可降水量ピーク(with lat)は大きくはなかった。(例えば2019のほうが全般に大)



イベント時のシルクロードの波束伝播について詳しく



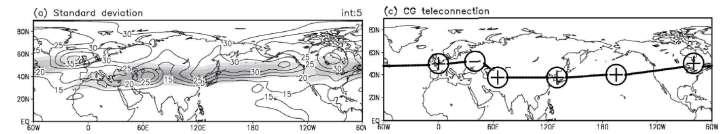
13

亜寒帯からの波束乗り換え

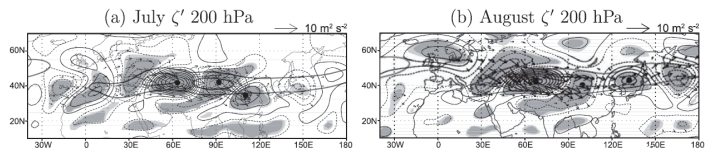
- 月平均値の変動解析(※)からよく知られている。

(※)：停滞シグナルの年々変動(or季節内変動)をみることになる。

Ding&Wang(2005)



Kosaka et al (2009)

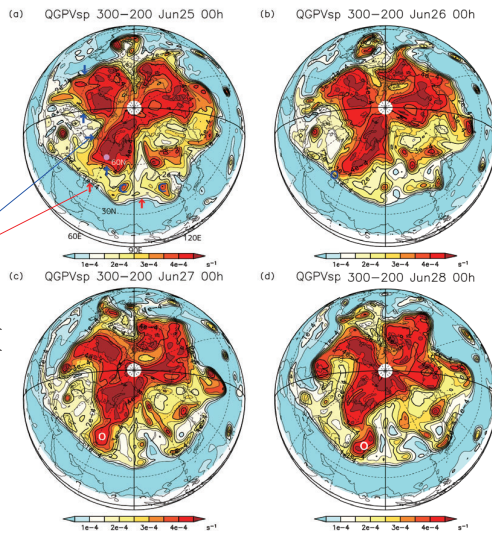


豪雨前のQG PV (300-200hPaで平均) 瞬間値の時間発展

高緯度のトラフ (aの●)が発達し先端が南下して亜熱帯ジェットに到達 (bの○)後、切離 (c,dの白○)。これにより「波」的には乗り換えか？ (今後定量的な研究が望まれる)

赤矢印：亜熱帯ジェット
青矢印：極前線ジェット (PV勾配の強いところで風速大)

(a)のC(2つある)も同様な切離が起源

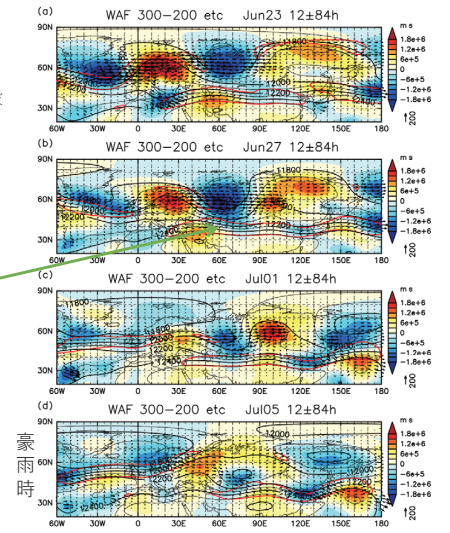


7日平均のWAF, GPH'/fの推移 (300-200hPa)

導波管伝播ではWAFの基本場設定は難しい。今回は東西120°幅移動平均：まだ難はあるが、気候値よりかなり良い

- 高緯度のトラフは徐々に弱まり、シルクロード波列が強化、黄海上のトラフが深まる (dが豪雨時)

よくみると、ここでWAFは北向き。これはGPH'/fの北西-南東傾斜に対応。前頁の切離過程を均すとういう傾きになる：非定常、非線形過程におけるWAFの示唆には限界があるので、矛盾とまでは言えない。



まとめ

- 2020年7月上旬、九州では強雨が続き、積算雨量は過去30年 (実際は観測史上) 最大だった。水蒸気フラックスも最大級で、収束の割合も高めだった。(一部は大陸経由、一部は東シナ海より。)
- ただし、刻々の水蒸気フラックスは、梅雨前線帯に沿っての典型値より特に大きくはなく、可降水量は典型的だった(水蒸気量は普通だった)。
- 7日程度の平均で九州への水蒸気フラックスが大きかったのは、下層のジェットがあまり動かず、強さも持続したからである。
- その位置を決めた重要な要因は、黄海付近で平年より大きく発達した上層の停滞性トラフである。高めの収束割合はトラフ前面での上昇による。
- これはアジアジェット上を伝わる停滞ロスビー波の一端であった (シルクロードパターン)。
- 2020年はジェットの北上も遅れ、それが6月の典型的な停滞波が長続きした一因と考えられる。(ジェットと停滞波の関連の詳細は今後の課題)
- 6月の典型的なシルクロード停滞波列は40N付近で20E, 70E, 120Eあたりでトラフとなる3波長構造であるが、7月3-11日の豪雨に関わる黄海上のトラフの強化には、亜寒帯のトラフからの「乗り換え」が重要だった。
- それは低気圧切離を伴う非定常、非線形な過程であった。1週間程度の時間スケールでの乗り換えの力学の解明は、今後の研究に期待する。