

今回の記事

- ◆気象教室を11月13日(日)に開催
- ◆支部会員だより ミスタートルネード「藤田哲也博士」の足跡を訪ねて ースペースLABO(北九州市科学館)に行ってきました!!ー 日本気象学会気象学史研究会会員 松田 寛 氏
- ◆研究紹介「5月の梅雨前線活動の経年変動とその6月への持続性」 熊本大学大学院先端科学研究部 冨田 智彦 氏



発行者 日本気象学会九州支部

〒810-0052 福岡市中央区大濠1-2-36 福岡管区気象台防災調査課内

Tel: 092-725-3614 Fax: 092-725-3163 Mail: info@msj-kyushu.jp HP: http://msj-kyushu.jp/

# 気象教室を11月13日(日)に開催

■九州支部は令和4年度の気象教室 を11月13日(日)午後からオンラインで 開催します。

■今年度は冬季の話題で、冬の異常 気象のメカニズムや地球温暖化による 冬の異常気象への影響などの話を予 定しています。

■気象教室の詳細は追ってホーム ページ等でお知らせします。





写真は2021年12月26日09時15分(JST)の気象 衛星画像。

12月26日から27日にかけて日本付近は強い冬 型の気圧配置となり日本海側を中心に大雪となり ました。気象衛星(ひまわり8号)の画像では、日 本海に筋状の雲域が広がり、日本海寒帯気団収 束帯(JPCZ: Japan sea Polar air mass Convergence Zone:冬の日本海で寒気の吹き出しに 伴い発生する1000km程度の収束帯)に伴う発達 した雪雲の帯が西日本の日本海側に流れ込む様 子がわかります。(気象庁ホームページより)

## 支部会員だより ミスタートルネード「藤田哲也博士」の足跡を訪ねて ースペースLABO(北九州市科学館)に 行ってきました!!−

日本気象学会 気象学史研究会会員 松田 寬

7月30日、スペースLABO(北九州市科学館)に行って きた。スペースLABOは今年4月に開館し、1階には世 界的な竜巻博士(学者)であった北九州市出身のシカゴ大 学教授故藤田哲也博士が研究に使っていた道具等が展示 されている。また、高さ約10メートルの大型竜巻発生装置 があることにも興味を引かれ、是非とも見学したいと思い お伺いした。



ここで、簡単に故藤田哲也博士を紹介する。

藤田哲也博士は、1920年10月23日に現在の北九州市小倉南区曽根に生まれた。1943年 (昭和18年)明治専門学校(現:九州工業大学)を卒業し、同校の助手・助教授(現:准 教授)に就任。そのころから独学で気象学研究を始めた。始めた理由は、一番お金がかか らないためだとインタービューで答えている。

1947年には、雷雲から下降気流についての研究を始め、福岡管区気象台の背振山測候所 と米軍の背振山レーダーサイトに通っている。ある日、米軍レーダーサイトのごみ箱に捨 てられていた雷雲の下降気流についてのレポートを見せてもらい、そのレポートこそ、シ カゴ大学の気象学者である Horace Byers教授が執筆した Thunderstorm projectのレ ポートであった。

藤田哲也博士は、Byers教授に自分が執筆した論文を送り、Byers教授から藤田哲也博士 の研究内容や才能が認められ、1953年にシカゴ大学に招聘され、気象学客員研究員となっ た。Byers教授よりTornadoの研究を勧められて、竜巻の研究を始め、最初のTornado研究 は、1957年のノースダコタ州のファーゴ市で発生したTornado調査(ファーゴ調査)が 初めての竜巻調査となった。

1965年にシカゴ大学 気象学教授となる。

1971年にTornadoの規模を示す Fujita-Pearson Tornado Scale (F-Scale) を考案した。

1975年にジョン・F・ケネディ国際空港でイースタン航空66便が着陸に失敗。事故調 査委員会は、操縦士のミスであると断定した。しかし、この断定に納得がいかないイー スタン航空会社は、藤田哲也博士に事故原因の再調査を依頼した。早速、藤田哲也博士 は空港付近でごく短い時間に強い下降気流が発生したことを突き止め、その発生メカ ニズムを解明し、旅客機の墜落は、ダウンバースト(下降噴流)に起因と指摘。その後、 ダウンバーストは、ドップラーレーダーを使用したジョーズ2プロジェクトで事前に ある程度の予測が可能であることを立証した。

1989年、気象学ノーベル賞ともいわれているフランス国立航空宇宙アカデミー賞が 授与されている。

1991年にシカゴ大学を定年退職し、シカゴ大学名誉教授となった。

1998年11月19日に糖尿病によりシカゴ市内にある自宅で死去された。享年78歳。 藤田哲也博士の墓は、現在、北九州市小倉南区中曽根のお寺にある。

☆ ☆ ☆ ☆ ☆ ☆ ☆ ☆ ☆ ☆ ☆ ☆ ☆ ☆ ☆ ☆ ☆ さて、スペースLABOで「竜巻をカガクする」コーナーをガイドしていただいた。 「ミスタートルネード藤田哲也博士」コーナーでは、年齢時系列ごとに出来事を明記 している。展示内容を簡単に述べる。

特に独学で気象学研究を始めたころの 調査論文(雷雲の下降気流)が掲示されて いる。また、米軍背振山レーダーサイトに 行ったときに、レーダーサイトのごみ箱 に捨てられていた雷雲の下降気流につい ての論文を見せてもらい、アメリカにも 自分の発見と同じ雷雲の研究をしている 研究者がいることに驚いた。その論文執 筆者はシカゴ大学気象学者であるHorace Byers教授であった。

藤田哲也氏は、シカゴ大学のHorace Byers教授に調査論文を送ったところ、 Horace Byers教授からシカゴ大学へ招聘 された。開運が開くことになった調査論 文も展示されている。

シカゴ大学時代では、最初に竜巻を調 査したノースダコタ州のファーゴ市で発 生した竜巻を調査した資料(図式と白黒



シカゴ大学時代に竜巻を調査した時の資料



シカゴ大学時代に研究に使用したカメラや 車のナンバープレート

写真) が展示されている。また、研究道具 や研究で使用したカメラや車のナンバー プレート、藤田哲也博士がこれまでに授 与された賞のメダル等の一部も展示され ている。

特に、研究者として興味を惹かれたの が、約10メートルの高さがある大型竜巻 発生装置である。

下からミストがわき、しだいにミスト が回転を始めた。分かりやすいようにLED ライトでミストを照らすことによって回 転の模様をわかりやすく見ることができ る。

大型竜巻発生装置の竜巻発生のメカニズム と、大型竜巻発生装置の裏側には、1971年 竜巻 の規模を示すFujita-Pearson Tornado Scale (F -Scale)の図式と白黒写真で詳しく解説されて いる。

展示監修は、東京大学名誉教授の新野宏氏、展 示資料の協力は、藤田哲也博士記念会等の団体 が行っている。

スペースLABOへのアクセスは、JR鹿児 島本線「スペースワールド駅」から連絡歩道橋が あり徒歩3分、アウトレット北九州の敷地内の一 角にある。アウトレット北九州へは、イオンモー ル八幡東店から連絡通路もある。

「百聞は一見に如かず」。興味のある方は是非 実際に見ていただきたい。

なお、藤田哲也博士の展示物、大型竜巻発生装 置の見学にはスペースLABOの以下のホーム ページから事前の予約が必要である。

スペースLABO(北九州市科学館) www.kitakyushuspacelabo.jp



大型竜巻発生装置(写真はスペースLABO提供。 無断転載禁止)



大型竜巻発生装置の上部から写した写真



スペースLABOの外観



## 「5月の梅雨前線活動の経年変動と その6月への持続性」

### 熊本大学 大学院先端科学研究部 基礎科学部門 地球環境科学分野 冨田智彦

梅雨前線は、例年5月頃、熱帯太平洋の北西部に形成される(Okada and Yamazaki 2012)。本研究は、梅雨前線の発生初期5月における梅雨前線活動の経年変動とこの経 年変動の6月への接続性について簡単に紹介します。詳細を確認されたい方は、下記原 著論文をご一読ください。

Tomita, T. and T. Yamaura, 2020: Interannual variability of Baiu frontal activity in May and its connectivity with June. J. Meteor. Soc. Japan, **98**, 329-351. doi:10.2151/jmsj.2020-018

### 1.はじめに

梅雨期(初夏6-7月頃)の降水は、日本を含む東アジアのなくてはならない水資源の1つです。 そしてこの降水の多寡は、時に大雨・渇水などの自然災害をもたらし我々の生活・経済に大きな インパクトを与えています。梅雨期の降水特性の経年変動については、すでに多くの研究がなさ れており、ENS0との関係(Tanaka 1997など)、アジアモンスーンの2年周期振動との関係 (Tomita et al. 2004など)、そして北大西洋振動との関係(Yamaura and Tomita 2011など)等、精 力的に調査されています。しかし、梅雨前線の発生初期、5月頃の経年変動特性については、い まだ十分に議論されていません。そこで本研究は、この5月頃の梅雨前線活動の経年変動特性を 調査、議論します。記憶に新しいこととして、2021年、九州地方では、沖縄の梅雨入りとほぼ同 時期の5月10日頃、例年に比べ約ひと月も早い梅雨入りを経験しました。本研究は、沖縄地方に おける5月の梅雨前線活動の経年変動特性に加え、梅雨入りの早遅をもたらすメカニズムに関す る示唆を与えると期待されます。

### 2. データと解析方法

本研究では、次にあげる2つのデータを使用しています。(1) GPCP降水量データ(単位mm/day; Adler et al. 2003)。1979-2014年(36年間)、5日平均と月平均データ。領域は全球で空間解像度 は2.5°。(2) ERA-Interimデータ(Dee et al. 2011)。様々な物理量の表面なびに等圧面高度デー

タ。領域は全球で空間解像度は0.75°。データ期間ならびに時間解像度はGPCPデータと同じに揃 えられている。梅雨前線を取り巻く大気環境を解析するのに使用する。

本研究は、気候学的平均として1979-2014年(36年間)平均を採用する。そして偏差をこの気候 学的平均からのずれと定義する。本研究では、梅雨前線活動の強弱を梅雨期の降水量の多寡で評 価し、降水量が例年に比べ多い場合、梅雨前線活動は活発、少ない場合、不活発と定義する。次 に総観規模より小さな時空間スケールの変動を取り除くため3半旬(半旬は5日間で、3半旬は15日 間を表す)平均ごとの降水量を算定し、5-6月の全3半旬平均降水量に対し、それらの経年変動パ ターンを抽出、この経年変動パターンの類似性に基づくクラスター解析を実施する。そしてこの クラスター解析による分類より求められる5-6月期間内の代表的な経年変動パターンをもとに合成 解析・回帰分析を実施する。最後に特定の変動周期帯成分を抽出するため、Lanczosバンドパス フィルター(周波数応答関数は、抽出周期帯幅の両端で0.5;Duchon 1979)やローパスフィルター を使用する。

### ▋3.5月から6月にかけての気候学的梅雨前線

梅雨前線は、気候学的には5月頃に30°N以南の熱帯太平洋北西部に形成される。図1は、500 hPa面での水平温度移流と700 hPa面での鉛直圧力速度の4, 5, 6月の気候学的月平均場を示す。4 月(図1a)、日本の南方125°-145°E領域には下降流が卓越し、日本南方に長期に安定して存在 する大規模な停滞前線がないことを示す。5月(図1b)になると、日本の南方125°-145°E領域に



フィリピン付近から北東に伸びる上昇流域が広が り、水平温度移流も増加し、梅雨前線が発生しつつ ある状況にあると確認される。6月(図1c)になる と125°-145°E領域では、水平温度移流がさらに大 きくなり、同時にそこでの上昇流速度も大きくな り、梅雨前線のよく発達した状況が確認される。こ の時、南シナ海から140°Eにかけて、熱帯収束帯 (ITCZ)の季節的な北上も確認される。本研究で は、梅雨前線発生初期、5月頃の状況(図1b)の 年々の相違を議論する。

図1 500 hPaでの水平温度移流(単位K/ day、等値線、等値線間隔は0.5 K/day)と700 hPaでの鉛直圧力速度(単位hPa/day、色、色 のスケールは図右の通り、暖色は上昇流を示 す)の気候学的(1979-2014(36年間))月平均 場。(a) 4月、(b) 5月、(c) 6月。

図2は、気候学的な梅雨前線の南北広がり、そして梅雨前線が5月から6月にかけていかに北進 しているかを示す。梅雨前線は、気候学的には5月上旬から下旬にかけてまず南方に広がる。そ して6月にこの南北幅を狭めながら北進する。梅雨前線北端の北進速度は5°-10°/month、南端 の北進速度は約10°/monthと見積もられ、南端の北進速度は北端のそれより2倍弱大きい。梅雨 前線内には、5月下旬から6月下旬にかけて8 mm/dayを越える降水量とこれと同等の経年変動偏差 が認められる。梅雨前線の南に存在するITCZ内には、5月上旬頃と6月中下旬頃に降水量の気候学 的平均値の極大そしてその経年変動標準偏差の極大が認められ、これらは季節的に位相固定され た季節内振動とともに生じていると考えられる。5月上旬頃の極大は、梅雨前線帯の南方拡大に 先立ち生じており、6月中下旬頃の極大は、6月における梅雨前線の南北幅の狭まり、北進、降水 量の増加とともに生じている。本研究は、5月の梅雨前線活動の経年変動が熱帯季節内振動とい かに関連しているかに着目する。



図2 125°-145°E平均の気候学的 (1979-2014(36年間))平均降水量と経年 変動標準偏差の時間-緯度断面図。陰影 は、平均降水量(単位mm/day,陰影のス ケールは図右の通り)を示し、細線は、経 年変動の標準偏差を示す(単位mm/day, 等値線間隔1 mm/day)。太線は、平均降 水量5 mm/dayを示し、梅雨前線の南端・ 北端、そしてITCZの北端を決定するのに 使用される。

### ▶4.5月の梅雨前線活動の経年変動

本章では、5月の梅雨前線活動の経年変動は、どのような特徴を有しているのか、そして6月以降の梅雨前線活動の経年変動とどのように連動しているのかを議論する。まずクラスター解析を 用い、梅雨期の降水量の経年変動パターンが、5-6月の期間を通して一様であるかどうかを確認 する。クラスター解析のデンドログラム(図3)は、5-6月の3半旬平均降水量の経年変動パター



図3 (125°-145°E, 20°-42.5°N)(図1参照)の 面積平均降水量について、5-6月期(27半旬から35 半旬)の3半旬平均ごとの経年変動パターンの類似 性をもとにしたクラスター解析のデンドログラム。図 中、例えば27半旬は、26-28半旬の3半旬の中央の 半旬を示し、27半旬の中央日は5月13日。3半旬平 均より隣り合う半旬番号で高い類似性をとることは 自明。期間を2分する線を点線で示す。

ンは、30半旬(中央日5月28日)以前と31半旬(中央日6月2日)以後で異なり分離できることを示 す。

図4は、図3で2分された期間の前半期間(27-30半旬)で平均し規格化された降水量の経年変動 (IDX1)と後半期間(31-35半旬)で平均し規格化された経年変動(IDX2)、そしてそれぞれのパ ワースペクトル密度を示す。IDX1とIDX2の間の相関係数は0.13で統計的に有意ではない(図 4a)。すなわち5月の梅雨前線活動の経年変動パターンは、6月における経年変動パターンと異な ると考えられる。実際、前半5月の降水量の経年変動では、2-3年周期が卓越しており(図4b)、 後半6月の経年変動では、2-3年周期と3-4年周期の両方で統計的に有意なパワースペクトル密度が 認められ(図4c)、両者の相違が確認される。



図4 (a) (125°-145°E, 20°-42.5°N)(図1参照) の面積平均降水量の規格化された経年変動。実線 は5月(27-30半旬)平均の経年変動(IDX1)、点線 は6月(31-35半旬)平均の経年変動(IDX2)を示 す。両時系列間の相関係数は0.13。(b) IDX1のパ ワースペクトル密度、(c) IDX2のパワースペクトル 密度。

次にIDX1とIDX2がそれぞれどのような変動と連動しているかを考察するため、ここではENS0の 代表的な指数、ENS0 Modoki指数(Ashok et al. 2007)、先行研究の梅雨降水指数(Yamaura and Tomita 2011, 2014)、そして南シナ海夏季モンスーン開始日(Wang et al. 2004)とIDX1・IDX2の相関 関係を調査する(表1)。IDX1は、NIN04(MAM)、ENS0 Modoki指数(MAM)、そして6月梅雨前線 の西部域での降水量経年変動と統計的に有意な相関を示す。すなわちIDX1は、春季の太平洋赤道 域中部のSST偏差そしてENS0 Modoki指数(Ashok et al. 2007)に代表される熱帯太平洋のSST偏差の 東西3極分布と密接に関係し、6月における梅雨前線西部域の降水量変動と連動する。一方、IDX2 は、El Niño監視領域東部(NIN01+2, NIN03)の前冬季(DJF)のSST偏差、早期(6月)梅雨降水量 (Yamaura and Tomita 2014)、6月における梅雨前線中部域の降水の経年変動(Yamaura and Tomita 2011)と統計的に有意な相関をとる。特に早期(6月)梅雨降水量・6月における梅雨前線中部域

の降水量の経年変動と非常に高い正の相関をとり、これらの高い正相関は、本研究が先行研究と 整合的であることを保証する。以降、本研究は主にIDX1をもとにした解析を行いその結果を考察 する。

	IDX1 (P27-30)	IDX2 (P31-35)
NINO1+2 (DJF)	+0.19	+0.49
NINO3 (DJF)	+0.03	+0.42
NINO4 (DJF)	-0.24	+0.18
NINO West (DJF)	+0.31	-0.23
NINO3 (MAM)	-0.07	+0.33
NINO4 (MAM)	-0.37	+0.18
NINO West (MAM)	+0.29	-0.28
Modoki (MAM)	-0.50	-0.04
Early Baiu	+0.13	+0.79
Western Baiu	+0.41	-0.00
Central Baiu	-0.02	+0.82
SCS-SM onset	-0.32	-0.06

表1 IDX1・IDX2とENSOの代表的SST指数 (NINO1+2, NINO3, NINO4, NINO West)、 ENSO Modoki指数(Ashok et al. 2007)、早期 (6月)梅雨降水量(Yamaura and Tomita 2014)、6月梅雨前線の西部域・中部域それぞ れでの降水量経年変動(Yamaura and Tomita 2011)、そして南シナ海夏季モンスーン開始 日(Wang et al. 2004)との相関係数。DJFは前 冬季12, 1, 2月平均、MAMは春季3, 4, 5月平 均を示す。太字は5%の有意水準で統計的に 有意な相関係数を示す。

5月に梅雨前線活動が活発であった年と不活発であった年で、大気循環がいかに異なっていた かを明らかにするため、IDX1の正負に基づく合成解析を行う。図5は、5月の梅雨前線活動が活 発・不活発であった年それぞれでの平均的な梅雨前線の南北構造と北進の状況を示す。5月に梅 雨前線活動が活発であった年(図5a)は、不活発であった年(図5b)に比べ5月上中旬に30°N付 近により多くの降水があったことが読み取れ、同時に沖縄の梅雨入りが早かったことを示唆す る。そして5月に梅雨前線活動が活発であった年には、南からより大きな水蒸気フラックス

(WVF)がこの時期に梅雨前線に流入していた。ITCZ内の5月における降水量極大に着目すると、 活発な年ではその出現が不活発な年に比べ1-2半旬早かったことが読み取れる。このような差異 がいかに生じていたかを明らかにするため、次に5-6月の各半旬での偏差的な大気循環を調査す る。



図5 (a) 5月に梅雨前線活動が活発であった年の平均梅雨前線の南北構造と北進の 状況と(b) 不活発な年でのそれらの状況を示す125°-145°E平均の時間-緯度断面 図。等値線は平均降水量(単位mm/day、等値線間隔は1 mm/day)を示し、太等値線 は5 mm/day値を示す。ベクトルは、鉛直(1,000-300 hPa)積分した水蒸気フラックス (WVF、単位kg m<sup>-1</sup> s<sup>-1</sup>、ベクトルのスケールは図右下の通り)を示す。

図6は、IDX1をもとにした回帰分析より求められた降水量とWVFの5月の半旬平均偏差場を示す。 25半旬(図6a、5月3日頃)、日本の南方に北向きのWVF偏差が確認される。そして赤道域(10°S -10°N)には、ボルネオ島を中心にWVF偏差東西成分による大規模な収束が確認される。26半旬 (図6b、5月8日頃)になると日本南方の北向きWVF偏差は大きくなり、合わせてこの領域での降 水量正偏差も増大する。赤道域に確認されたWVF偏差東西成分の収束域は130°E付近へと東方移動 する。南シナ海の南半分には顕著な東向きのWVF偏差が現れ、これは南シナ海夏季モンスーンが例 年より早く開始していたことに対応する(Wang et al. 2004)。実際、IDX1は統計的に有意ではな いものの南シナ海夏季モンスーン開始日と大きな相関関係をとる(表1)。27半旬(図6c、5月13 日頃)になるとこの状況はさらに強化され、28半旬(図6d、5月18日頃)頃までには、台湾の東 に中心をとる大規模な低気圧性循環偏差が形成され、この中心付近から北東に伸びる大きな降水 量正偏差域が形成される。赤道域に確認されたWVF偏差東西成分の収束域は、この半旬までにイン ドネシア海大陸の東方140°E付近まで移動する。



図6 IDX1(図4a)をもとにした回帰分析より求めらた5月の関連する偏差的大気循環の推移。(a) 25半旬(中央日5月3日)、(b) 26半旬(中央日5月8日)、(c) 27半旬(中央日5月13日)、(d) 28半旬(中央日5月18日)。総観規模より小さなスケールの変動を除去するため半旬データに(1, 2, 1)/4のローパスフィルターを適用している。等値線は、降水量(単位mm/day、等値線間隔1 mm/day)、ベクトルは、鉛直(1,000-300 hPa)積分した水蒸気フラックス(WVF、単位kg m<sup>-1</sup> s<sup>-1</sup>、ベクトルのスケールは(d)の右下で共通)。陰影は、IDX1と降水量の相関係数より見積もられた5%の有意水準で統計的に有意な領域を示す。基準となる相関係数は、(d)下の陰影バーの通り。

5月の梅雨前線活動が活発な年に日本南方に出現する南風偏差、そして台湾の東に中心をとる低 気圧性の大規模循環偏差(図6)は、その後どのように変化するのか、図6同様の解析を続く4半旬 のデータに適用する(図7)。29半旬(図7a、5月23日頃)から30半旬(図7b、5月28日頃)にか けて、台湾の東に中心をとる低気圧性の大規模循環偏差は弱まり、同時に日本南方に広がる降水量 の統計的に有意な正偏差域も小さくなる。インドの南方には西向きのWVF偏差が生じ、ベンガル湾 の南方にWVF偏差東西成分の発散が確認される。その後、31半旬(図7c、6月2日頃)から32半旬 (図7d、6月7日頃)にかけて、インド洋から西太平洋の熱帯域に西向きのWVF偏差が卓越する。同 時に日本南方には高気圧性の大規模循環偏差が生じ、その北部に広がる南西から北東向きのWVF偏 差域で降水量が増加する。ここでの降水量増加は、YT11で議論されている6月梅雨前線の西部域に 卓越する約2年の周期変動に対応する。実際、図7dに示されている大気循環偏差パターンと類似の 偏差パターンをYT111に確認する(YT11の図5a、図7a)。日本の南方に低気圧性循環偏差が高気圧性循 環偏差に反転しても、南西から北東向きのWVF偏差域に引き続き降水量の正偏差域が広がる。これ は2年周期変動に埋め込まれた5月から6月にかけての梅雨降水量偏差の持続メカニズムの1つと捉え られる。



図7 図6同様、ただし(a) 29半旬(中央日5月23日)、(b) 30半旬(中央日5月28日)、 (c) 31半旬(中央日6月2日)、(d) 32半旬(中央日6月7日)。

台湾の東に中心をとる低気圧性の大規模循環偏差は、27半旬から30半旬の約4半旬すなわち20日 程度持続する。この現象を周期現象と仮定すると1周期は約40日となり、この現象は季節内振動ス ケールの現象であると見積もられる。熱帯季節内振動は、インド洋から西太平洋まで赤道域を東進 する赤道ケルビン–ロスビー波束と捉えられ(Straub et al. 2006)、台湾の東に中心をとる低気圧性 の大規模循環偏差は、この赤道ケルビン–ロスビー波束の崩壊に続く湿潤ロスビー波と捉えられる (Wang and Xie 1997)。

最後に環境としての2年周期変動偏差場(図8)と熱帯季節内振動における赤道ケルビン–ロス ビー波束の崩壊、続く湿潤ロスビー波の北西伝播について議論する。図8aは、5月に梅雨降水量が 多かった年の春季(MAM)のSST偏差と大気境界層内のWVF偏差を示している。熱帯太平洋の150°E-150°Wあたりには統計的に有意なSST負偏差域が広がり、この東西に正偏差域が広がる。このパ ターンは、ENSO Modokiのパターンと類似しており、IDX1とENSO Modoki指数(MAM)の間の高い相 関関係(表1)からも両者の連動性は保証される。一方、大気境界層内では西向きのWVF偏差が卓越 しており、SSTの偏差分布と合わせ、対流圏下層では寒気移流が生じていたと考えられる。そして この対流圏下層での寒気移流は、熱帯季節内振動にともなう対流活動を熱帯西太平洋で弱化させる と考えられる。熱帯西太平洋の対流圏上層では(図8b)、西風偏差が卓越しており、下層の東風偏 差の卓越と合わせ、熱帯西太平洋には特有の局在的なウォーカー循環偏差が生じていたと考えられ る。特に赤道上160°E付近の上空には統計的に有意で大きな鉛直西風シアーが確認され、この鉛直 西風シアーは、対流圏下層の状況と合わせ赤道ケルビン–ロスビー波束の崩壊そして続く湿潤ロス ビー波の北西伝播を促すと考えられる(Deng and Li 2016)。この湿潤ロスビー波が台湾の東に中 心をとる偏差的な低気圧性の大規模大気循環と捉えられる(Wang and Xie 1997)。



図8 (a) 春季(3, 4, 5月)平均のSST偏差(単位K、等値線、等値線間隔は0.15 K、負偏差は 点線)と大気境界層内(1,000 - 850 hPa)平均のWVF偏差(単位kg m<sup>-1</sup> s<sup>-1</sup>、ベクトル、ベクト ルのスケールは図下の通り)。陰影は10%の有意水準で統計的に有意なSST偏差域を示 す。(b)(a)と同様、ただし東西風の鉛直シアー(U300-U700、単位m/s、等値線、等値線間 隔は0.5 m/s)と300 hPaの水平風(UV300、単位m/s、ベクトル、ベクトルのスケールは図下 の通り)。陰影は10%の有意水準で統計的に有意なU300-U700偏差域を示す。IDX1に2年 周期成分抽出(図6b参照)のフィルターをかけ、その値の正負による合成解析より求める。

### 5. まとめ

梅雨前線は、例年5月頃に熱帯太平洋北西部に形成される。本研究は、1979年から2014年(36 年間)の客観解析データを使用し、5月の梅雨前線活動の経年変動特性を調査する。まず熱帯か らの暖かく湿った南風の季節的な強化が、気候学的な大規模準停滞前線としての梅雨前線を5月 に形成する(Okada and Yamazaki 2012)。この熱帯からの暖かく湿った南風の強弱は、5月の梅雨 前線活動の経年変動をも制御する(図5)。台湾の東に中心をとる偏差的な大規模大気循環の形 成は、西太平洋における赤道ケルビン-ロスビー波束から北西に伝播する湿潤ロスビー波と解釈 され、この大規模大気循環偏差の東部において南風偏差の強弱が制御される(図6,7)。この赤 道ケルビン-ロスビー波束は、熱帯季節内振動と同定され、インド洋から西太平洋へと赤道域を 東方伝播する(図略)。

5月の梅雨前線活動の経年変動は、ENSOの 3 - 4 年周期変動と異なる約2年周期の変動が卓越 する。この2年周期の変動傾向は、熱帯太平洋における海面水温偏差の東西に広がる三極分布 (ENSO Modokiパターン)と、これにともなう特有の局在的なウォーカー循環偏差によって特徴 付けられる(図8)。このような偏差的な環境は、赤道ケルビン-ロスビー波束の崩壊を西部熱帯 太平洋に制限し、続く湿潤ロスビー波の北西伝播を熱帯西部北太平洋に誘導する。熱帯西太平洋 における2年周期の変動傾向は、季節内振動の位相の反転と共に、梅雨前線西部における5月の経 年変動と6月中旬までの経年変動に持続的に現れる。

### 参考文献

- Adler, R. F., J. Susskind, G. J. Huffman, D. Bolvin, E. Nelkin, A. Chang, R. Ferraro, A. Gruber, P.-P. Xie, J. Janowiak, B. Rudolf, U. Schneider, S. Curtis, P. Arkin, 2003: The version-2 global precipitation climatology project (GPCP) monthly precipitation analysis (1979–present). J. Hydrometeor., 4, 1147-1167.
- Ashok, K., S. K. Behera, S. A. Rao, H. Weng, and T. Yamagata, 2007: El Niño Modoki and its possible teleconnection. J. Geophys. Res., 112, C11007, doi:10.1029/2006JC003798.
- Dee, D. P. and Coauthors, 2011: The ERA-Interim reanalysis: configuration and performance of the data assimilation system. *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.*, **137**, 553-597.
- Deng, L. and T. Li, 2016: Relative roles of background moisture and vertical shear in regulating interannual variability of boreal summer intraseasonal oscillations. *J. Climate*, **29**, 7009-7025.
- Duchon, C. E., 1979: Lanczos filtering in one and two dimensions. J. Appl. Meteor., 18, 1016-1022.
- Okada, Y. and K. Yamazaki, 2012: Climatological evolution of the Okinawa Baiu and differences in large-scale features during May and June. *J. Climate*, **25**, 6287-6303.
- Straub, K. H., G. N. Kiladis, and P. E. Ciesielski, 2006: The role of equatorial waves in the onset of the South China Sea summer monsoon and the demise of El Niño during 1998. *Dyn. Atmos. Oceans*, **42**, 216-238.
- Tanaka, M., 1997: Interannual and interdecadal variations of the western North Pacific monsoon and baiu rainfall and their relationship to the ENSO cycles. J. Meteor. Soc. Japan, 75, 1109-1123.
- Tomita, T., T. Yoshikane, and T. Yasunari, 2004: Biennial and lower-frequency variability observed in the early summer climate in the western North Pacific. J. Climate, 17, 4254-4266.
- Wang, B. and X. Xie, 1997: A model for the boreal summer intraseasonal oscillation. J. Atmos. Sci., 54, 72-86.
- Wang, B., LinHo, Y. Zhang, and M.-M. Lu, 2004: Definition of South China Sea monsoon onset and commencement of the East Asia summer monsoon. J. Climate, 17, 699-710.
- Yamaura, T. and T. Tomita, 2011: Spatiotemporal differences in the interannual variability of Baiu frontal activity in June. *Int. J. Climatol.*, **31**, 57-71.
- Yamaura, T. and T. Tomita, 2014: Two physical mechanisms controlling the interannual variability of Baiu precipitation. *J. Meteor. Soc. Japan*, **92**, 305-325.