

偏東風波動に関連する熱帯低気圧発生要因の研究

二本松良輔 (大気海洋研究所)

1. はじめに

熱帯低気圧 (Tropical Cyclone, TC) 発生に寄与する大規模擾乱の一つとして偏東風波動が知られている。特に大西洋で発生するTCの大部分がアフリカ波動 (African Easterly Wave, AEW) を起源とする。しかし一方で、全ての偏東風波動がTCに発達する訳ではなく、偏東風波動がTCに発達する要因は未だ研究がなされている。

AEW は、アフリカ大陸上を起源とし、700-600hPa にピークを持つアフリカ東風ジェットに沿って、10-20° Nをおよそ8m/sで西進する。AEW の波長は2000-4000km で、周期は3-5 日である。

Carlson(1969)ではAEWのトラフの強度とTC発生に明確な相関はないと述べている。しかし、近年では東大西洋 (30° W以东) での発生に好ましい条件の一つとして、AEWのトラフが強いことが挙げられている (Arnault, Roux, 2010)が、TCの発生位置の違いに関する研究はまだ少ない。また、AEWはAEJの北と南の2つのトラックが存在し、南のトラックのAEWがよりTCに発達しやすいことが分かっている (Hopsch et al., 2007)。さらに、サハラからの乾燥大気に代表されるような対流圏中・上層 (700-300hPa) での乾燥大気の影響についても議論がなされている。Hopsch et al. (2010)では、TCに発達しないAEWはトラフの前方の対流圏中上層に乾燥大気が存在し、特に渦度の強いAEWは北の乾燥大気を南へ移流させ発達を抑制する役割を果たすと述べている。しかし一方で、Braun et al. (2011)は理想化実験から、AEWのTCへの発達にトラフ前方の中上層の乾燥大気は影響しないと主張しており、両者の主張に関してより詳しく調べる必要がある。

そこで本研究では客観解析データをもとに、TCに発達するAEWと発達しないAEWの違いを探るとともに、TCの発生位置が異なる要因についても調べる。また、対流圏中・上層のAEWのトラフ前方に存在する乾燥大気の影響を数値実験を用いて評価する。

2. 解析手法

客観解析データERA-interimを用いて2000-2010年の7-9月に発生したAEWを調べる。2-6日のバンドパスフィルターをかけた600hPaの相対渦度の18° Wでの極大値から、アフリカ西岸通過時のAEWを検出し、相対渦度のホフメラー図でTCに発達するAEWと発達しないAEWを区別する。解析に用いる値として、相対渦度やOLRの他に、GPIとその各成分を用いる。

3. データ解析

3.1. コンポジット解析

TCに発達するAEWとしないAEWに関してそれぞれ、600hPaでの相対渦度のコンポジットを取った (図1)。これによりTCに発達するAEWは南のトラックのであり、先行研究と一致する。またTCに発達するAEWは前方の渦が強く波長が短いパターンを持っていることがわかる。また、SSTと鉛直シアの場についてのコンポジットから、先行研究で言われているようにTCに発達するAEWはSSTは高く、鉛直シアは影響が少ない。

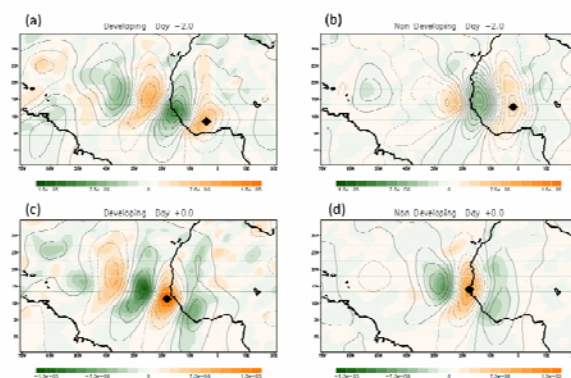


図1 TCに発達するAEWと発達しないAEWそれぞれのアフリカ西岸通過2日前(a),(b)とアフリカ西岸通過時(c),(d)の600hPa相対渦度のコンポジット

また、Hopsch et al. (2010)に関連して、強いAEW (600hPaでの渦度が全ての平均+1標準偏差大きい)に関して中層の水蒸気のコンポジット解析を行う。その結果、TCに発達するAEWの中心付近の湿度が極めて高い一方で、発達しないAEWは中心の北西に乾燥大気が存在し、湿度の高い位置と渦が一致していない。

3.2. TC発生位置の違い

次にTCの発生位置の違いを見るために、アフリカ西岸通過時の各要素を比較する。表1から、東大西洋 (18-30° W) でTC発生するAEWは相対渦度が強く、GPIとその各成分が強いことから、よりTC発生に好ましい状態であることがわかる。一方、中央・西大西洋 (30° W以西) でTC発生するAEWは850hPaの絶対渦度とOLRに関して、東大西洋でTCに発達するAEWとは有意に差があり、TCに発達するAEWとは差が見られない。これにより、東大西洋でTC発生するAEWは下層渦が強く対流を伴っているが、中央・西大西洋でのTC発生するAEWは下層渦が弱く対流を伴っていないため、海洋上でいつ下層渦と結びつき、対流を伴うかが重要である。

表 1 TC 発生位置の異なる AEW と TC に発達しない AEW のアフリカ西岸通過時の平均値

	Non-Developing	50-70° W	30-50° W	18-30° W
個数	270	17	25	20
600hPaの相対湿度[10 ⁻⁵ s ⁻¹]	1.36	1.13	1.43	2.07
GPI	5.68	5.99	7.28	18.1
850hPaの絶対湿度[10 ⁻⁵ s ⁻¹]	5.12	5.07	4.98	5.96
600hPaの相対湿度[%]	62.6	65.5	66.4	75.0
鉛直シア[m s ⁻¹]	10.7	10.7	11.0	10.4
Vpot[m s ⁻¹]	51.7	57.1	57.4	64.6
SST[°C]	26.7	27.3	27.4	28.0
OLR[W m ⁻²]	255	253	252	222

ここで600hPaでの相対湿度が強く、850hPaでの絶対湿度が弱い、TCに発達する、すなわち、アフリカ西岸通過時にまだ下層の渦とつながっていない AEW#2000.17 (2000/08/16 00UTC にアフリカ西岸を通過し、44.5° W で Hurricane Debby に発達) に関して事例解析を行った。下層の相対湿度を見ると、AEW#2000.17 はアフリカ大陸上の 20° N 付近で見られる北の渦と海洋上でカップリングしていた。

そこで TC に発達した AEW 63 個のアフリカ西岸通過 1 日前での 925hPa、9-12°W の平均の相対湿度を、その AEW が後に TC を発生させる位置の順に並べる (図 2)。この図より、30° W 以東で発生する TC は北渦が弱く、南渦が強い。つまり、アフリカ大陸上で対流を獲得している。一方、30°W 以西で発生する TC は北渦が強く、南渦が弱い。海洋上で北渦と AEW がカップリングするケースが多いことが考えられる。

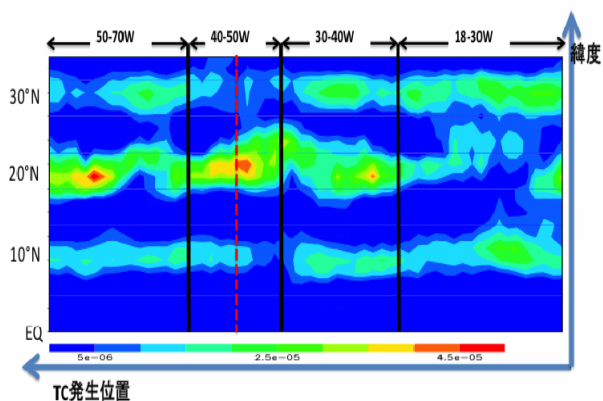


図 2 TC に発達する AEW 63 個のアフリカ西岸通過 1 日前での 925hPa の相対湿度の 9-12° W の平均値をその後 TC に発達する位置の順番に並べた。縦軸は緯度を表し、横軸は発達位置順に並んでいる。また、横軸に±2 の移動平均を施してある。

3.3. TC に発達しない AEW の事例解析

次に AEW が TC に発達しない要因を探るために、アフリカ西岸通過時の GPI が高く、相対湿度も高いが TC に発達しない AEW#2003.28 (2003/09/18 00UTC に通過) の事例を解析した。この AEW はアフリカ西岸通過までは対流を伴っているが、アフリカ西岸通過時に対流が抑制されている。中層の水蒸気場を見ると、乾燥大気を巻き込んでいる様子が見られる。一方で、

下層を見ると、乾燥大気を含んだ北渦と大陸上でカップリングしている様子が見られる。両者の影響を評価するために数値実験を行う。

4. 数値実験

4.1. 実験設定

用いる数値モデルは正 20 面体非静力学モデル NICAM である。格子変換により局所的に水平解像度を高めており、中心 (13.5° N, 33.5° W) 付近の水平解像度は約 6km である。AEW#2003.28 がアフリカ西岸を通過する 2 日前 (2003/09/16 00UTC) を初期時刻にする。実験はコントロール実験と 2 つの水蒸気場の感度実験を行った。AEW のトラフ前方の中上層 (700-300hPa, 7.5-34.5° N, 10-40° W) を 80% (80% より高い領域はそのまま) に湿潤させる実験 ML_moist と、下層の北渦のある領域 (1000-700hPa, 渦の中心 18°N, 15°W から半径 1.5°) を 90% に湿潤させた実験 LL_moist である。

4.2. 実験結果

CTL と ML_moist は TC に発達しなかったが、LL_moist は TC に発達した (図 3)。また、CTL と ML_moist は対流域と渦の中心が一致せず、TC に発達しない強い AEW のコンポジットと類似していた。LL_moist は対流域と渦の中心が一致し、4 日後には軸対称構造を示した。この結果からこの事例では中上層の乾燥大気の影響はなく、下層の乾燥した北渦の大陸上でのカップリングであると考えられる。

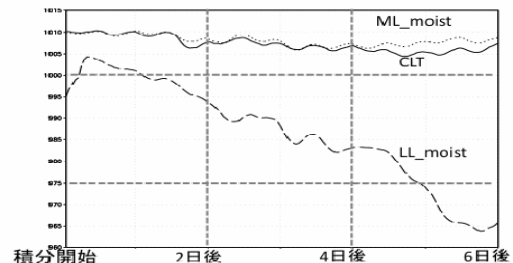


図 3 CTL (実線)、ML_moist (点線)、LL_moist (破線) の最低気圧。

5. まとめ

- TC に発達する AEW の特徴としてサハラより南で発生し、強い渦度と短い波長をもったパターンを維持しながら暖かい海洋上を通過している。
- 東大西洋で TC に発達する AEW はアフリカ大陸上で対流を伴い、下層の渦を強める
- 中央・西大西洋で TC に発達する AEW は海洋上で下層の渦とつながり合う
- サハラ上の乾燥した対流は海洋上で AEW とカップリングすることで TC 発生に寄与する
- サハラ上の乾燥した対流は陸上で AEW に伴う対流活動を抑制し、TC 発生を阻害する
- 数値実験のケースでは AEW のトラフの前方に存在する中上層の乾燥大気は TC 発生に影響しない

