

日本気象学会誌 気象集誌
(Journal of the Meteorological Society of Japan)

第80巻 第1号 2002年2月 目次と要旨

論 文

Editorial	i
Xin An CHEN · Yi-Leng CHEN: 台湾域中規模実験強化観測期間5 (TAMEX IOP5) の 下層ジェット運動エネルギー収支	1-19
Vicente R. BARROS · Alice M. GRIMM · Moira E. DOYLE: 南アメリカ南東部における気温と 大気循環場の関係とそれに対するエルニーニョおよびラニーニャの影響	21-32
Hi-Ryong BYUN · Dong Kyou LEE: 有効水資源指標を用いた韓国における3つの雨季と 夏季モンスーン	33-44
筒井純一: 熱帯低気圧活動に対する人為的気候変動の影響 -NCAR CCM2を用いた事例研究-	45-65
Renguang WU: 北太平洋西部夏季モンスーンの北東進の過程	67-83
D. W. SHIN · Joong Bae AHN: 熱帯の降水予報におけるTRMM観測の選択的利用	85-97
Shu-Hua CHEN · Wen-Yih SUN: 時間変化を取り入れた1次元雲モデル	99-118
安中さやか · 花輪公雄: 北半球海面水湯場に見出されたレジームシフト	119-135
学会誌「天気」の論文・解説リスト (2001年11月号・12月号)	137

.....◇.....◇.....◇.....◇.....

Xin An CHEN · Yi-Leng CHEN: 台湾域中規模実験強化観測期間5 (TAMEX IOP5) の下層ジェットの
運動エネルギー収支

Xin An CHEN and Yi-Leng CHEN: Kinetic Energy Budgets of the Low-Level Jet during TAMEX IOP 5

数値実験の結果を用いて発散風と非発散風の運動エネルギー収支解析を行うことによって、東アジアの梅雨初期に当たる TAMEX IOP5 の期間 (1987 年 6 月 1 ~ 2 日) に中国大陸上の低気圧周辺で生じた総観規模より小さいスケールの下層ジェット (LLJ) の発達過程を調べた。

この事例では、総観規模より小さいスケールの上層ジェット (ULJ) と下層ジェット (LLJ) の強化は、ともに、主として非発散風の運動エネルギーの増加によるものであり、発散風の運動エネルギーは相対的には小さかった。LLJ の非発散風運動エネルギーの最も重要な起源は、等高度線を横切る発散風によって位置のエネルギーから生成され、さらに、ジェット前線系を横切る 2 次循環に伴う変換過程を通じて非発散風の運動エネルギーに変換されたものである。一方、ULJ

では、等高度線を横切る方向の流れ (非地衡風) において、非発散風が卓越していた。つまり、ULJ の強化は、等高度線を横切るが非発散的である流れによる位置エネルギーからの変換によって生じている。この ULJ における位置エネルギーからの変換率は 2 次循環の強さにはよらない。また、上層の気圧の谷の前面上層発散は主として ULJ 軸に沿う方向の非地衡風でもたらされており、これが LLJ の発達を上層から支持していた。このようなメカニズムによる LLJ の発達は、これまで梅雨期の総観規模の LLJ 発達の説明に用いられてきた CISK 的過程とは異なるものである。

積雲対流に伴う加熱によるフィードバックの効果が無い場合 (実験 NOLH) には、下層の前線上の低気圧の発達は抑制される。2 次循環は弱くなり、下部対流圏での、位置エネルギーから発散風の運動エネルギー、

さらに非発散風の運動エネルギーへというエネルギー変換過程はずっと緩やかなものになる。その結果、実験 NOLH での LLJ はかなり弱くなる。一方、ULJ の方は標準実験 (CNTL) と実験 NOLH の間であまり違い

がない。これは、等高度線を横切る非発散風による位置エネルギーからの変換が、ジェット前線系を横切る 2 次循環の強さによらないためである。

Vicente R. BARROS · Alice M. GRIMM · Moira E. DOYLE : 南アメリカ南東部における気温と大気循環場の関係とそれに対するエルニーニョおよびラニーニャの影響

Vicente R. BARROS, Alice M. GRIMM, and Moira E. DOYLE: Relationship between Temperature and Circulation in Southeastern South America and its Influence from El Niño and La Niña Events

本論文では、南アメリカ南部のアンデス山脈東方地域 (SSA) における大気循環と地上気温の年々変動の関係を調査した。地上気温データとして NCEP/NCAR の再解析データと現地気象台のデータ (1963-90年) の 2 つを用いた。これらのデータセット間には若干の違いがみられたものの、結論は同じであった。

月および季節平均の循環場に関するいくつかの指標を作成し、SSA 地域における気温の年々変動との直線回帰による相関関係を検討した。その結果、南アメリカ亜熱帯での対流圏上層部における西風成分の強まり (弱まり)、および SSA 地域における西風極大域の北上 (南下) は、ほぼ全年にわたって、地上気温の低温 (高温) 偏差と関係していた。下層では、南大西洋高気圧とチャコ低気圧との間における東西の気圧差が、北風成分の大きさの指標であり、この増大 (減少) は一般に気温の高温 (低温) 偏差と対応していた。SSA 地域では、月降水量は地衡風の北風成分と正相関を示しており、降水量の増加が、随伴する蒸発量や雲量の

増加のために、北からの暖気移流による気温上昇の効果弱めている可能性がある。このため、降水量と気温の間の正相関は、夏のアルゼンチン中部といくつかの月のブラジル南部で認められるにすぎない。降水量の増加 (減少) が暖気移流の強まり (弱まり) をともなっていることによって、地上気温の年々変動の大きさを小さくする効果があるとみられる。

地上気温に対して、暖気移流と降水量の効果は、このように部分的にはバランスしているため、ENSO 時には降水量への大きな影響や、地域的な循環場へのある程度の影響が起こるにもかかわらず、ENSO のこの地域の気温に対する影響は、あまりはっきりとは表われないものと考えられる。冬に広域で降水量が少ない SSA 西部地域では例外的に、ENSO 年における 6-9 月に、エルニーニョ年には高温、ラニーニャ年には低温となる。偏差の極大は、エルニーニョ (ラニーニャ) 時における下層循環場の北風成分および暖気移流の強まり (弱まり) と時空間的に一致している。

Hi-Ryong BYUN · Dong Kyou LEE : 有効水資源指標を用いた韓国における 3 つの雨季と夏季モンスーン

Hi-Ryong BYUN and Dong Kyou LEE: Defining Three Rainy Seasons and the Hydrological Summer Monsoon in Korea using Available Water Resources Index

雨季と夏のモンスーンを定義する新しい水文学的手法を提案し、それが有効であることを確認した。この手法では、流出・蒸発散・浸透などによる日々の水の損失と集積期間を定量的に考慮した積算降水量である、有効水資源指標 (AWRI) を用いる。AWRI の年変化に見られる最大・最小・極大・極小などの時期によって、韓国における 3 つの雨季 (春長霖・長霖・秋長霖) と夏季モンスーンの開始・終了日を定義した。最大 AWRI の値と洪水指数・干ばつ指数によってこれらの雨季やモンスーンの強さを定義した。

韓国での最初の雨季 (春長霖) は、AWRI が年間の最小値を示し、925hPa 面での平均風の南風成分が

500hPa よりも大きくなる 4 月初旬に始まり、5 月 15 日に終わる。第 2 の雨季 (長霖) は、6 月下旬に始まり、7 月 16-20 日に終わる。第 3 の雨季 (秋長霖) は 8 月中旬に始まって、AWRI が年間の最大値を示し、925hPa 面で最後の南風成分が平均風に現れる 9 月 3-5 日に終了する。

最後に夏の水文学的なモンスーン期を水資源の増加期、すなわち、AWRI の最小値と最大値の間と定義した。これは春長霖の開始から秋長霖の終了までに相当し、大気下層部での平均風の南北成分が大きく変化する時期から南風の終了までの時期に相当する。

筒井純一：熱帯低気圧活動に対する人為的気候変動の影響—NCAR CCM2を用いた事例研究—

Junichi TSUTSUI: Implications of Anthropogenic Climate Change for Tropical Cyclone Activity: A Case Study with the NCAR CCM2

人為的な地球温暖化が熱帯低気圧の活動におよぼす影響を検討するために、米国大気研究センターのコミュニティ気候モデル第2版を用いて、現状およびCO₂増加に伴う温暖化の条件下で気候シミュレーションを行った。温暖化条件には、大気中CO₂濃度の倍増および熱帯海面水温の約1°Cの上昇が含まれる。各シミュレーションの8年間の積分期間において、1日2回の瞬間値出力からシミュレートされた熱帯低気圧を客観的に抽出し、熱帯低気圧の出現頻度および平均強度について、温暖化と関連する変化を調べた。

全球の熱帯低気圧の出現頻度は、CO₂増加による温暖化に対して変化はなかった。温暖化した気候では全

般的に水循環が活発化するが、降水量の増加は必ずしも熱帯低気圧活動に大きな影響をおよぼすとは限らない。このように全球の熱帯低気圧頻度に変化が見られないことは、東西平均された湿潤不安定度の変化が熱帯ではほぼ中立的であることと符号するようである。しかしながら、中・下部対流圏の水蒸気分布を制御する物理過程の取り扱いについて、モデルには不確実なところがある。地域規模では、CO₂増加に伴う熱帯低気圧の出現頻度の変化は、概して統計的に有意ではなかった。熱帯低気圧の強度は、西太平洋の温暖な海面水温の領域で増加しており、この影響で、全球の熱帯低気圧の平均強度が有意な増加傾向となった。

Renguang WU：北太平洋西部夏季モンスーンの北東進の過程

Renguang WU: Processes for the Northeastward Advance of the Summer Monsoon over the Western North Pacific

南シナ海および北太平洋西部域の夏季モンスーンは、気候的には5月中旬南シナ海で始まり、6月中旬南西フィリピン海に進行する。7月下旬北東方向に突然ジャンプし、北緯20度東経150度付近に達する。このような北東方向への夏季モンスーンの明瞭な進行に先立つ過程について1979年から1995年のNCEP/NCARの再解析データを用いて調べたところ、雲—放射フィードバックおよび風—蒸発フィードバックが北太平洋西部における海面水温の季節変化に重要な役割を果たしていることがわかった。

解析結果が示すところによれば、モンスーンに起因する雲量と地上風の変化が、積雲対流が活発な海域と次に活発になる海域との間で対照的に、海面における短波フラックスと潜熱フラックスの変化を作り出す。

この結果生じる海面水温の時間変化の海域差により、約ひと月の間に積雲対流が活発な海域の東側で海面水温の水平勾配の符号が逆転し、最も海面水温の高い海域の中心は北東方向にシフトする。積雲対流がこれらから活発になる海域では、海面水温の上昇に続いて、大気の対流不安定度および下層の水蒸気収束が増加する。積雲対流が活発な海域の東側では、海面水温勾配の逆転に伴って、下層風が東風から西風に変わる傾向がある。

以上の結果は、モンスーンのオンセットによって引き起こされる海面水温の変化が、積雲対流域の北東進を助長することを示している。北太平洋西部における夏季モンスーンの進行は、大気海洋相互作用の結果であるらしいと推測される。

D. W. SHIN・Joong Bae AHN：熱帯の降水予報におけるTRMM観測の選択的利用

D. W. SHIN and Joong Bae AHN: Adaptive Use of TRMM Observations for Tropical Precipitation Forecasts

熱帯降水予報を評価し改善するために、TRMM(熱帯降雨観測計画)降雨量の物理的初期値化(PI)を通じた選択的利用を調べた。まず経験的直行関数に基づく擾乱生成法により、25個の初期アンサンブルメンバーを生成し、それらの初期アンサンブル解析値から、12時間予報を計算する。この12時間予報の総降雨量場から、降雨予報のエラー分散を指標として、初期値の不確実性に敏感な領域を適用領域(adaptive region)として選択する。以上の過程においては、計算時間節約のため14層のフロリダ州立大学全球スペクトルモデルを水平解

像度T106(FSUGCM T106L14)で用いた。次に、降雨予報のエラー分散マップに基づき選択的PIを行った初期値から、水平分解能T170の高解像度実験を行う。そして選択的PIによる予報実験の降雨予報スキルを、ノーマルモードによる初期化(NMI)および通常の全てのデータを用いたPIによる予報実験のものと比較する。

以上の実験結果から、初期値依存による分散の大きい適用領域において選択的にTRMM降雨の物理的初期値化(PI)を行うことにより、熱帯全域に渡る降雨の3日予報が改善される可能性が示された。特に、適用領域

自体での降雨予報は格段に改善される。

Shu-Hua CHEN・Wen-Yih SUN：時間変化を取り入れた1次元雲モデル

Shu-Hua CHEN and Wen-Yih SUN: A One-dimensional Time Dependent Cloud Model

積雲パラメタリゼーションスキームに用いることができるように、時間変化を考慮した1次元雲モデルを開発した。このモデルには、非静水圧力、エントレインメント、雲微物理過程、横方向と鉛直方向の渦混合が含まれており、それらの効果を議論する。

非静水圧力を含めることにより、(1) 鉛直速度が弱まり、(2) 雲がより早く発達し、(3) 雲の成熟期がより長く維持され、(4) 上部安定層への貫入による冷却が強まり、(5) 降水量が約2倍になる。圧力擾乱は浮力による圧力と動圧とで構成されるので、シミュレ-

ーション結果は両方の圧力とも重要であること示す。

我々のシミュレーション結果を、Ogura and Takahashiの1次元雲モデルの結果や3次元天気研究予報(WRF)モデルと比較した。詳細な雲微物理過程を含む我々のモデルでは、Ogura and Takahashiのモデルよりも強い最大鉛直速度が生じている。さらに、我々の1次元モデルは、周辺に風のシアが無いときに3次元モデルによって作られる対流雲の主な性質を極めてよく再現できることがわかった。

安中さやか・花輪公雄：北半球海面水温場に見出されたレジームシフト

Sayaka Yasunaka and Kimio Hanawa: Regime Shifts Found in the Northern Hemisphere SST Field

気候系のある準定常状態から他の準定常状態への急激な遷移は、気候のジャンプあるいはレジームシフトと呼ばれている。遷移期間が個々の状態の持続期間に比べて非常に短い点の特徴である。本研究では、レジームシフトがいつ起こり、その前後でどのような変化が起こったのかを、冬季海面水温(SST)場に着目して調べた。また、気圧や風の格子化データを用いて、SST変動に伴う大気循環場の変動も調べた。

まず、レジームシフト調査の準備として、北半球冬季SST場に卓越する変動を抽出するため、経験的直交関数(EOF)解析を行った。北太平洋中央部とその周りを囲む逆符号のSST偏差を持つ第1モードはPacific/North American (PNA)パターンに伴う変動であり、El Nino/Southern Oscillation (ENSO)およびPacific Decadal Oscillation (PDO)として知られている変動と一致する。北太平洋と北大西洋で東西に伸びたSST偏差を示す第2モードは北極振動、第3モードは偏西風の強弱、第4モードは偏西風の南北シフトに伴う変動であった。これらは、いずれも大気循環場の変動と密接に関連するモードであることが分かる。また、解析領域を北太平洋や北大西洋に限っても同様のモードが卓越するこ

とから、これらのモードは解析範囲によらない卓越モードであると言える。

本研究では、5年以上続く準定常状態の間の変化を有意かつ組織的なレジームシフトと定義し、格子化SST時系列データと卓越EOFモードを用いて、レジームシフトの検出を行った。その結果、1910年代から1990年代にかけて6回のシフトが見出された。すなわち、1925/26年、1945/46年、1957/58年、1970/71年、1976/77年、1988/89年のシフトである。本研究で見出された6回のレジームシフトは1年間でシフトを完了し、すべてアリューシャン低気圧(AL)の強度変動、およびそれに対応する北太平洋中央部のSST変動を含んでいる。これらのシフトは、上記EOF第1モードと第2モードの組み合わせにより記述することができた。また、あるシフトが起こってから次のシフトが起こるまでの期間は、約10年(すなわち1周期は約20年)であり、PDOの周期と一致している。また、見出されたEOF第1モードと第2モードの同時的シフトは、PNA活動度に密接に関連しているALの強弱と北極振動との間に何らかの関係があることを示唆している。