

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

第83巻 第2号 2005年4月 目次と要旨

論文

- 篠田太郎・上田 博・芳村 圭：梅雨前線の南側領域における湿潤層の構造と水蒸気の起源について .....137-152
- Tim LI・Y.-C. TUNG・J.-W. HWU：アジア・オーストラリアモンスーンの偏差形成における遠隔および局所的な海面水温強制 .....153-167
- 加藤央之・大島直子・門倉真二：CO<sub>2</sub>漸増実験における全球気候モデルの気候再現性能—東アジア地域における海面気圧場の再現性能評価 .....169-188
- 猪上 淳・川島正行・藤吉康志・吉崎正憲：寒気噴出し時に日本海の風上海域で行った気団変質過程の航空機観測 .....189-200
- 岡本幸三・計盛正博・大和田浩美：気象庁全球解析システムにおけるATOVS放射データの同化 .....201-217
- 柴垣佳明・二宮洸三：梅雨前線帯のサブシノプテックスケール低気圧の発達に関連した多重スケール相互作用過程 .....219-235
- G. P. SINGH・Jai-Ho. OH：ユーラシア大陸上の積雪深偏差とインドモンスーンとの関係について .....237-250

要報と質疑

- 伊藤昭彦：21世紀中の地球温暖化に対する陸域炭素循環の応答における地域変動性：AOGCMによる気候予測を用いたシミュレーション結果 .....251-259
- 荒井美紀・木本昌秀：春季シベリア域の地表面気温が初夏のプロッキングに及ぼす影響 .....261-268
- 学会誌「天気」の論文・解説リスト (2005年1月号・2月号) .....270
- 気象集誌次号掲載予定論文リスト .....271

.....◇.....◇.....◇.....

篠田太郎・上田 博・芳村 圭：梅雨前線の南側領域における湿潤層の構造と水蒸気の起源について  
Taro SHINODA, Hiroshi UYEDA, and Kei YOSHIMURA : Structure of Moist Layer and Sources of Water over the Southern Region Far from the Meiyu/Baiu Front

GAME再解析データを用いて、梅雨前線帯への水蒸気の供給源である前線の南側領域において、1998年7月4日から15日を対象として、対流圏下層の湿潤層の構造と水蒸気の起源に関する研究を行った。同期間には、梅雨前線は黄河流域から朝鮮半島付近まで北上しており、中国大陸東部(平野部)や東シナ海は梅雨前線帯の南側に位置していた。両領域における可降水量

はおよそ45 kg m<sup>-2</sup>に達しており、湿った気塊の存在が示唆されるが、両者の湿潤層の構造は異なっていた。

中国大陸東部の湿潤層は深く、その厚さは600 hPaにまで及んでいた。一方、東シナ海上の湿潤層は浅く、その厚さは800 hPaであった。梅雨前線の南側領域における中国大陸東部においては、陸面(主に水田)より大量の水蒸気が供給されることが示された。陸面か

ら供給される水蒸気は大気境界層を湿らせ、また相当量の顕熱フラックスによって湿った対流混合層が深く発達する。その結果、対流混合層の上端付近で発生する浅い積雲によって、大気境界層内の水蒸気が対流圏中層に輸送されるために、より深い湿潤層が形成されると考えられる。

一方、中国大陸上の梅雨前線帯への水蒸気の供給源を検討するために色水解析 (Colored Moisture Analysis: CMA) を用いた。CMA を用いることによって、

中国大陸上の梅雨前線帯への水蒸気は、主にアジアモンスーンの上流域 (インド洋、インドシナ半島、南シナ海) から輸送されていたことが示される一方、中国大陸南東部の長江や淮河流域に広く分布する水田から供給される潜熱フラックスが、中国大陸上における梅雨前線帯への水蒸気源としておよそ15%という大きな寄与をしていることが示された。このことから、中国大陸南東部の陸面は中国大陸上における梅雨前線帯への大きな水蒸気源の一つであることが示された。

### Tim LI・Y.-C. TUNG・J.-W. HWU : アジア・オーストラリアモンスーンの偏差形成における遠隔および局所的な海面水温強制

Tim LI, Y. -C. TUNG, and J. -W. HWU : Remote and Local SST Forcing in Shaping Asian-Australian Monsoon Anomalies

エルニーニョに伴うテレコネクションに関連したアジア・オーストラリアモンスーンの最も顕著な特徴は、西部北太平洋 (WNP) と南東インド洋 (SIO) の高気圧偏差である。本研究では AGCM を用いて、モンスーン偏差状態を形成する遠隔と局所的な海面水温強制の相対的な役割を調べた。理想化された4つの AGCM 実験を行い、熱帯東部太平洋、熱帯西部太平洋、熱帯インド洋における海面水温偏差による強制的効果を分離した。第一の実験では海面水温の観測値を熱帯東太平洋に与え、その他の領域には海面水温の気候値を与えた。海面水温の観測値は第二の実験では熱帯西部太平洋にのみ与え、第三の実験では熱帯インド洋と熱帯東部太平洋に与えた。第四の実験では観測された海面水温を熱帯インド洋から熱帯太平洋にかけての広範囲に与えた。

これらの数値実験の結果、WNP の高気圧偏差は北半球秋季における局所的な海面水温偏差によって形成

され、さらに遠隔と局所的な海面水温偏差の強制力により維持されていることが示された。SIO における高気圧偏差の形成は熱帯東部太平洋からの遠隔的な強制力も効いているものの、主に局所的な海面水温偏差に起因しており、特に1997年に顕著であった。また熱帯太平洋と熱帯インド洋の相互の領域間でのテレコネクションの季節依存性が示された。インド洋の海面水温偏差はエルニーニョ発達期の北半球夏季と秋季において、西部太平洋の風系に重要な影響を及ぼすのに対し、東部太平洋の海面水温偏差は、北半球夏季の中央太平洋での加熱が冬期より強いにもかかわらず、エルニーニョの成熟期にインド洋の風系に大きく影響する。1997-98年のエルニーニョ時は、12-2月のインド洋上の南北風偏差が主に局所的な海面水温偏差の強制によって駆動されていたが、東西風成分は東太平洋偏差からの強制を受けていた。

### 加藤央之・大島直子・門倉真二 : CO<sub>2</sub>漸増実験における全球気候モデルの気候再現性能—東アジア地域における海面気圧場の再現性能評価

Hisashi KATO, Naoko OSHIMA, and Shinji KADOKURA : Performance of Global Climate Models for Reproducing Present SLP Field over Eastern Asian Region in the CO<sub>2</sub> Transient Run

地球温暖化に伴う地域気候変化の予測計算に先立ち、入力条件として用いる全球気候モデルの気候再現性能に関する評価を行った。気候を代表する因子として海面気圧を取り上げ、CO<sub>2</sub>漸増実験における現状の

東アジア地域の夏季、および冬季の月平均場の再現性能を調べた。ここでは、各モデルの再現結果を、「観測値の主な主成分を軸とした主成分空間」内に投影して比較する方法を用い、バイアスに関して、期間平均値

の比較のみならず、各年ごとの特徴についても調べた。本手法を NCAR-CSM の新旧 2 つのバージョンで計算された出力結果 (ACACIA, CSM125) に適用して、再現性能の違いを明らかにした。新しいバージョン (ACACIA) の結果については、a) 冬季の結果は、旧バージョン (CSM125) に比べてやや改善され、季節風パターンはまだ弱く再現されるものの、現状気候はある程度再現できている、b) 夏季の結果は北太平洋高気圧の強度と位置が現状と異なるため、まだ再現性が良くないことが明らかになった。さらに、同手法を用

いて東アジアに対する、世界の 5 つの全球気候モデルの気候再現結果と比較した結果、モデル結果に様々な違いはあるものの、上記のモデルバイアスの特徴についてはモデル全体で共通していることがわかった。これらの結果から判断して、本解析に用いた NCAR の全球気候モデルの出力結果は、冬季の東アジアについては気温、降水量などのダウンスケーリング (あるいは影響評価) に利用可能な段階に近いと見られるが、夏季のデータについては利用にはまだ十分な注意が必要といえる。

### 猪上 淳・川島正行・藤吉康志・吉崎正憲：寒気吹き出し時に日本海の風上海域で行った気団変質過程の航空機観測

Jun INOUE, Masayuki KAWASHIMA, Yasushi FUJIYOSHI, and Masanori YOSHIZAKI : Aircraft Observations of Air-Mass Modification Upstream of the Sea of Japan during Cold-Air Outbreaks

2001年の冬季日本海上で寒気吹き出しが弱い事例 (1月29日)、強い事例 (2月2日)、非常に強い事例 (2月3日) に関してロシア航空機を用いた大気境界層の観測を行った。これらは WMO-01 (Winter Mesoscale convective systems Observations over the Sea of Japan in 2001) の期間中に行われた観測である。日本海上の寒気吹き出し時の気団変質過程を明らかにするため、観測された乱流データに Conditional sampling 法を適用した。境界層下部における海面付近の温度フラックス ( $w'T'_v$ ) は事例間で著しく異なり、それは主に浮力生成項の差異によって特徴付けられていることが TKE 収支から示された。しかしながら、サーマル成分 ( $w^+T'_v$ ) のフラックス強度 (3.0) と面積比 (28%) は事例間で共通な特徴を示した。さらにスケー

ル解析の結果、境界層下部の加熱は対流セルのスケールによって行われ、それより上層ではメソ  $\gamma$  スケールによる加熱がより重要となることが分った。一方雲頂部では、 $w'T'_v$  に対して冷たい下降流の成分 ( $w^-T'_v$ ) が卓越していた。雲頂部の  $w'T'_v$  は海面付近のその 50%にも相当し、これは  $w^-T'_v$  が雲頂部の TKE 生成にとって重要であることを意味する。

また、過去に行われた他の暖流域での解析結果 (AMTEX と GALE) と比較したところ、 $w^+T'_v$  の面積比は共通していたが、そのフラックス強度は日本海と GALE 領域で強いことが示された。さらに大陸付近での多量の顕熱フラックスが海洋の鉛直循環へ及ぼす影響についても議論を行った。

### 岡本幸三・計盛正博・大和田浩美：気象庁全球解析システムにおける ATOVS 放射データの同化

Kozo OKAMOTO, Masahiro KAZUMORI, and Hiromi OWADA : The Assimilation of ATOVS Radiances in the JMA Global Analysis System

改良型 TIROS 鉛直探査計 (ATOVS) の放射データを、気象庁の全球 3 次元変分法 (3DVar) 解析システムの中で同化するスキームについて記述する。これは、従来の ATOVS の輝度温度から算出された層厚を同化するスキームと比べ、ATOVS 観測データをより高度に利用するものである。このため本スキームでは以下のような処理を開発した：高度な間引き処理、雲・

降水の影響を受けた放射データの判定、誤差の大きなデータの除去、現在の高速度放射伝達モデルや数値予報 (NWP) モデルでは再現できないデータの除去、晴天・曇天・降水や地表の状態など様々な観測条件に応じた適切な観測チャンネル・観測誤差の選択、NWP モデルのバイアスの影響を極力抑えた放射データのバイアス補正。

並行実験の結果は、放射データ同化のパフォーマンスがリトリーブデータ同化を大きく上回ることを示した。ラジオゾンデ及び衛星搭載マイクロ波放射計(SSM/I)観測を使った検証により、気温・水蒸気の解析場の精度向上が確認された。全球予報の成績でも正のインパクトを示し、特に短期予報への効果が著しい。

ラジオゾンデに対する気温の解析値の平均二乗誤差の平方根の減少は最大0.5 Kに達し、500 hPa ジオポテンシャル高度の1-4日予報では誤差が約5-10%減少した。以上の結果より、気象庁の全球解析システムにおいて ATOVS 放射データ同化スキームが、2003年5月28日に現業化された。

### 柴垣佳明・二宮洗三：梅雨前線帯のサブシノプテックスケール低気圧の発達に関連した多重スケール相互作用過程

Yoshiaki SHIBAGAKI and Kozo NINOMIYA : Multi-Scale Interaction Processes Associated with Development of a Sub-Synoptic-Scale Depression on the Meiyu-Baiu Frontal Zone

1991年7月3～5日に波長2,000～3,000 kmのサブシノプテックスケール低気圧が中国から北西太平洋までの梅雨前線帯を移動した。本論文は、GMS-IR・GANAL データを用いて、その前線帯低気圧の発達と構造変化を詳しく調べた。

このサブシノプテックスケール低気圧は、下層/中層の最大渦度とメソ  $\alpha$  スケール雲システムに関連して発達する。しかしながら、それらの間の単純な一対一

の対応は低気圧の一生涯全体を通して維持されず、その evolution 過程の中で低気圧、渦度コア、雲システムの複合的な結合が生じる。低気圧の鉛直構造はその結合過程の中で異なった移動や evolution を示す下層・中層の渦度コアに従って変化する。

本研究では梅雨前線帯のサブシノプテックスケール低気圧の evolution 過程の複雑さに関連した多重スケール相互作用の一例を明示する。

### G. P. SINGH・Jai-Ho. OH：ユーラシア大陸上の積雪深偏差とインドモンスーンとの関係について

G. P. SINGH and Jai-Ho. OH : Study on Snow Depth Anomaly over Eurasia, Indian Rainfall and Circulations

旧ソビエト連邦編纂の1941年から1995の積雪深データを用いて、冬から春にかけてのユーラシア大陸上の積雪深偏差と引き続き夏のインドモンスーン降水量(ISMR)との関係を調べた。東(西)部ユーラシア大陸上の積雪深偏差は、ISMRと正(負)の相関関係にあることが明らかとなった。とくに1975-1995年の20年間は西部ユーラシアと ISMR の間の負相関が顕著である。

西部ユーラシア大陸上において、積雪が多い4年と少なかった2年を抽出し、雪解けの時期や大気循環場

との関係を調査した。その結果、(1)積雪量が冬から春にかけて多い年は、春季の大陸上の加熱が遅れ、そのため熱的低気圧の発達が抑制されていた。このことはインドモンスーン西風気流の弱化と矛盾しない。(2)速度ポテンシャル場では多雪年から小雪年にかけて双極子構造の位相が反転している。(3)温度場や大気循環場の解析結果より、東アジアの下層ジェット気流は大陸上の積雪偏差に大きく影響を受けていることが示唆される。

### 伊藤昭彦：21世紀中の地球温暖化に対する陸域炭素循環の応答における地域変動性：AOGCMによる気候予測を用いたシミュレーション結果

Akihiko ITO : Regional Variability in the Terrestrial Carbon-Cycle Response to Global Warming in the 21st Century : Simulation Analysis with AOGCM-based Climate Projections

21世紀中の地球温暖化に対する炭素循環応答の地域

変動性について、陸域炭素循環モデル(Sim-CYCLE)

を用いた数値実験に基づき考察した。温室効果ガス排出シナリオ (IPCC-SRES) および複数の大気海洋結合大循環モデル (AOGCM) による気候予測シナリオに基づいて2001~2099年の全球陸域生態系における正味CO<sub>2</sub>収支を推定した。陸域生態系は全体として正味炭素吸収 (温暖化に対し抑制的に作用) を示したが、その規模は設定条件により24から286 PgCの間で変動した。

世界22地域について集計・解析を行ったところ、気

候変化の状況や陸域生態系の性質が異なるため、炭素収支応答にも明らかな地域間差が見られた。共通のIPCC-SRESシナリオを用いた場合でも、AOGCMによる気候予測の差によって陸域炭素循環は異なる応答を示した。アマゾン流域、アフリカ、オーストラリア、アジア北部では気候予測の差が正味炭素収支に大きく影響する結果が得られたため、これらの地域で気候予測および陸域炭素収支の予測精度を高める必要性が示唆された。

### 荒井美紀・木本昌秀：春季シベリア域の地表面気温が初夏のブロッキングに及ぼす影響

Miki ARAI and Masahide KIMOTO : Relationship between Springtime Surface Temperature and Early Summer Blocking Activity over Siberia

春季シベリア域の地表面状態が東アジア域の初夏の気候、特に東シベリアからオホーツク海上空のブロッキングに与える影響について、ECMWF ERA-40の44年間のデータを用いて解析を行った。まず、春季のユーラシア大陸の中で特に年々変動の大きいシベリア域の地表面気温をインデクスとし、4月に気温の高かった年を取り出してコンポジット解析を行った。その結果、4月高温年に東シベリア及びオホーツク海域のブロッキング頻度が5月から6月にかけて気候値より大幅に増加していることがわかった。逆に、4月の地表面気温が低かった年のコンポジットでは、高温年ほど顕著ではないものの、4月から6月にかけてブロッキング頻度の減少が見られた。東アジア域の対流圏上層の場についても同様にコンポジットを取ったところ、4月にシベリア域で地表面気温が高い年には、大陸と海洋との温度傾度が大きくなることより、極前線ジェット

が東アジア上で4月から形成されること、また、5、6月にはこの極前線ジェットと亜熱帯ジェットの間ポテンシャル渦度の南北勾配が気候値に比べて小さくなっていることが示された。このことは、先に示したブロッキング頻度の増加と一致しており、さらにポテンシャル渦度の南北勾配とブロッキング増加の間に働く正のフィードバック効果によって、2か月もの長い間に渡ってブロッキングの活動に影響を与えたものと推測される。また、4月高温年には、こうしたブロッキング増加の結果として、初夏にオホーツク海高気圧が強化され、それに伴い北日本では冷夏傾向となること、さらに東シベリア域に高温のアノマリーが残ることも示された。これらの結果は、初夏の東アジアの気候の予測因子として、それに先立つ春季のシベリア域の陸面状態が有用なものひとつであることを示唆している。