

2.3. 研究終了報告

本節には、気象研究所が実施し、平成 18 年度に終了した研究課題のうち気象研究所予算による下記課題について、課題毎に計画と研究成果等を掲載した。

2.3.1. 融合型経常研究

・非静力学モデル（NHM）の高度化と同化技術の改善に関する研究	100
・季節予測システムの構築と経年変動機構・予測可能性の研究	124
・放射過程の高度化のための観測的研究	133
・シビア現象の危険度診断技術に関する研究	148
・衛星データを用いた大気パラメータの抽出技術に関する研究	156
・海洋における炭素循環の変動に関する観測的研究	162

2.3.2. 一般経常研究

・ヒートアイランド現象の再現・予測に関する基礎的研究	171
・オゾン・エーロゾルライダーの評価・検証に関する研究	175

2.3.3. 地方共同研究

・強雨をもたらす線状降水帯の構造や維持機構、発達や移動を決定する要因の解明	178
・総観規模の前線の構造及びそれに伴うメソスケール現象の特徴に関する研究	183
・紫外域放射伝達モデルの検証に関する研究	186
・地球温暖化に伴う地域の気候変動予測に関する研究	189
・竜巻やダウンバースト等の瞬発性突風の実態把握と予測可能性に関する研究	193

非静力学モデル（NHM）の高度化と同化技術の改善に関する研究

研究期間： 平成16年度～平成18年度

研究代表者： 吉崎正憲¹⁾、中村誠臣²⁾（予報研究部 第一研究室長）

課題構成及び担当者

（1）非静力学モデル（NHM）の高解像度化と物理過程の高度化に関する研究

吉崎正憲¹⁾、中村誠臣²⁾、大泉三津夫、加藤輝之、室井ちあし、永戸久喜、林 修吾、斎藤和雄（予報研究部）、村田昭彦、益子 渉（台風研究部）、石田純一（気象庁予報部数値予報課）¹⁾、原 旅人（気象庁予報部数値予報課）²⁾

（2）非静力学モデル（NHM）の変分法データ同化システムの開発に関する研究

斎藤和雄、青梨和正、瀬古 弘、小司禎教、川畠拓矢、田宮久一郎¹⁾、武田重夫³⁾、柳野 健³⁾（予報研究部）、中澤哲夫、北畠尚子、森 一正⁴⁾、別所康太郎、星野俊介、國井 勝（台風研究部）、中里真久（気象衛星・観測システム研究部）³⁾、本田有機（気象庁予報部数値予報課）

（3）非静力学モデル（NHM）を用いたシビア現象の予測・再現に関する研究

吉崎正憲¹⁾、中村誠臣²⁾、大泉三津夫、加藤輝之、室井ちあし、永戸久喜、林 修吾、藤部文昭³⁾、大関 誠³⁾、柳野 健³⁾、斎藤和雄³⁾、青梨和正³⁾、原 昌弘²⁾（予報研究部）、上野 充、村田昭彦、高野洋雄、和田章義、益子 渉、國井 勝、中澤哲夫、北畠尚子、楠 研一、別所康太郎、星野俊介（台風研究部）

研究の目的

激しい降水現象をよりリアルisticallyに表現するために、従来の数 km の水平解像度を数百 m にするなど非静力学モデル（NHM）の高解像度化とそれに伴う雲物理過程・境界層過程・陸面過程等の物理過程の高度化を行う。また、ドップラーレーダー、GPS、衛星等の観測データや無人気象観測機による機動観測のデータをモデルに取り込むなど、変分法を使ったデータ同化の改善を図る。さらに改善した NHM を使い、豪雨・豪雪、台風等の実況データを用いて予報実験を行い、降水や風に関してより定量的な予測を目指す。その再現性が良い場合には、これらに伴うメソ降水系の構造や発生・発達・減衰等のメカニズムを解明する。また台風については、非静力学台風モデルに海気相互作用を導入するなど新しい試みを行い、台風の強度変化や台風に伴う強雨・強風分布の予測精度向上をめざす。

研究の目標

格子間隔数百 m の高分解能非静力学モデル（NHM）の開発を目指し、それに伴って、高分解能モデルの効率化、物理過程の高度化、四次元データ同化手法の開発、応用的な研究等を目指す。

研究の概要

NHM を水平解像度数 km に高解像度化するとともに、力学過程を高度化する。現象の再現性を向上させるため、雲物理過程、陸面過程等の物理過程の新たなスキームの開発と改良を行う。NHM の予測する雲微物理量を使った発雷予測手法を開発する。

NHM の雲物理量に関連したデータの同化に対応可能な四次元変分法データ同化システムを開発する。また、メソ現象の解析に有効と考えられる衛星マイクロ波放射計輝度温度データ、ドップラー動径速度データ及び GPV 大気遅延データなどの NHM への同化法を開発する。これらを用いた同化システム実験を行う。

台風の予測精度の向上を目指し、NHM を使ってインパクト実験を行い、海気相互作用、物理過程、初期値の影響を調べる。豪雨・豪雪、強風等に関して、NHM による再現実験を行い、再現性が良い場合にはメソスケール擾乱の構造や発生・発達・減衰等のメカニズムの解明を図る。メソアンサンブル予報に必要な様々な技術を開発して予報実験を試み、実用化に向けての課題を明らかにする。

¹⁾ 平成16～17年度、²⁾ 平成18年度、³⁾ 平成17～18年度、⁴⁾ 平成16年度

研究成果

- ・ 非静力学モデルを水平解像度数百 m で安定に時間積分できるようにするとともに、新しい差分スキームの導入や時間積分法の効率化等を行った。また、SiB（陸面過程モデル）の導入や新たな雲物理過程の導入等の物理過程の開発・改良、NHM の予測する雲物理量を使った発雷予測スキームの導入等を行った。
- ・ NHM の雲物理量に関連したデータの同化に対応可能な四次元変分法(4DVAR)データ同化システムを開発するとともに、ドップラーレーダー動径風データ、GPS 可降水量データなど各種リモートセンシングデータの NHM への同化法を開発した。水平解像度 2km の NHM-4DVAR を 1999 年練馬豪雨の事例に対して適用し、豪雨をもたらした対流セルの発生と発達の再現に成功した。
- ・ モデルの水平解像度、湿潤過程、初期値、海気相互作用が台風の強度変化や台風に伴う強雨・強風の再現性にどのように影響を及ぼすかを、NHM を使って調べ明らかにした。
- ・ 1999 年福岡豪雨、2004 年新潟・福島豪雨や福井豪雨、2001 年新潟県日本海沿岸地方の大雪等について NHM による再現実験を行い、再現がうまくいくための条件や現象の発生・維持機構を明らかにした。
- ・ メソアンサンブル予報の基礎的研究として、メソモデル用特異ベクトル法の開発、全球アンサンブル予報のダウンスケール実験、アンサンブルを用いた予報誤差相関の計算法の開発を行い、様々な問題点を明らかにした。

今後に残された問題点

水平解像度数百 m の NHM はまだプロトタイプの段階にあり、今後様々な現象に適用して性能を確認、問題点を把握し改良していくことが不可欠である。雲物理過程や陸面過程等の物理過程については、再現実験と観測との比較により性能を評価しさらに改良を進めていく必要がある。

気象レーダー3 次元エコー強度の同化について、理想的な実験設定で適切に動作することを確認したが、実観測データの同化では、非線形性の扱いに課題が残っている。重力波など気象学的に重要でないノイズ成分を抑えるためペナルティ項を加える手法について、背景項を入れた場合の収束性に問題が残っており、実データを用いた収束性の実験などの性能テストまで至っていない。ドップラーレーダー動径風について、同化によって予報が改善されることを確認したが、高仰角の動径風の同化では必ずしも良好な結果が得られていない。また、ウインドプロファイラーの屈折率データについては、いつも正のインパクトがあるわけではなく、鉛直相関の考慮などを今後考える必要がある。地上 GPS の視線データ同化及び掩蔽データの連続同化試験は予備的なものに終わった。

積雲対流について、水平格子間隔 5km 程度ではパラメータ化が必要であることは分かったが、5km 程度の格子系に適した具体的な積雲対流のパラメータ化方式を得るには至っていない。海洋混合層モデル、波浪モデルについては、非静力学台風モデルに結合してそれぞれの影響を調べたが、非静力学台風モデルに両者を結合して数値実験を行うまでには至らなかった。また、熱帯域を含む水平解像度数 km のモデルに適した台風初期値作成手法の開発については今後の課題として残った。豪雨・豪雪等のメカニズムの解明については、より統一的な見解を得るために、更なる事例の蓄積が必要である。アンサンブル予報については、実用化に向けて、本研究で明らかになった個々の技術的問題を解決する技術開発が必要である。

成果の活用に対する意見（事後評価の総合所見）

気象庁の根幹的技術である非静力学モデル(NHM)について、3年間の研究期間内に数多くの科学的、技術的成果が得られている。NHM を水平分解能について数百 m まで高解像度化したこと、NHM の 4 次元変分法による同化システムを開発し、練馬豪雨を再現したことなど、世界的にも誇ることができる成果が得られている。メソアンサンブル予報の基礎的研究についても成果が現れており、今後が期待される。研究論文発表や現業モデル、同化システムへの成果の活用は全体的には十分であったと判断する。

しかし、台風に関する副課題において、当初の目標を達成していない部分が多い。台風に関する防災情報の高度化は国民から常に求められている。今回の総括を踏まえ、計画、目標設定、開発戦略策定などにおいて十分議論を行い、台風強度変化予測、台風のライフサイクルの再現、海気相互作用の改善などに取り組んでほしい。

NHM の高度化は、今後も気象研究所が最重要で取り組む課題の 1 つである。気象庁が世界のトップレベルの予報センターとしての地位を保つためにも、引き続き研究、開発を進めていき、その成果を期待する。

成果発表状況

- ・論文発表件数 35 件
- ・口頭発表件数 219 件

(1) 非静力学モデル (NHM) の高度化と物理過程の高度化に関する研究

副課題目標

これまで開発してきた水平解像度数 km の NHM を、水平解像度 100m スケールにして高解像化を図る。この高分解能に応じて新しい差分スキームの導入や時間積分法の効率化等を図る。また物理過程の高度化においては、雲物理過程、境界層過程、陸面過程、発雷予測のための電荷の発生等が重要であり、それぞれスキームの改良を行う。

研究の概要

NHM の従来の水平解像度数 km を 100m スケールの水平解像度にかえることによって、そのパフォーマンスを調べる。NHM の計算機システムに対するモデルの最適化を行う。また最適化については数値予報課と連絡を取り、プログラムのフォーマット等を検討する。計算精度を高めるために、新しい差分スキームの導入、時間積分スキームの効率化等を検討する。また乱流エネルギーや雲水などの変数を境界から与えられるようにモデルを改良する。NHM は二重ネスティング化する。

雲物理過程のパラメタリゼーションの改良として、これまで雲水や雨水の変数が 1 つだったものを混合比と数密度の 2 つに増やすなどバルク法の改良を行う。境界層過程のスキームの改良として、水平拡散に地形の効果を考慮するなど物理拡散の高精度化を行いその効果を調べる。また、陸面過程の開発・改良として、NHM に新 SiB を組み込むために新 SiB と NHM とのインターフェースを開発して、新 SiB を NHM に結合する。また、新 SiB 用初期値作成ルーチン (RSM (地上・土壤) 予報変数を新 SiB 陸面予報変数への変換) の開発を行う。また、都市域に関して、凸凹した形状や運動量・熱のフラックス算出の方法を考慮した陸面過程の導入をはかり、都市豪雨やヒートアイランドの問題を検討する。さらに NHM に組み込む電荷予測手法およびそれを利用した発雷予測手法の開発を行う。また、NHM を利用して Arakawa-Schubert 積雲対流スキーム等を改良する。全球 NHM モデルの改良を行う。

研究成果

① 高解像度化 NHM の高度化に関する研究

- ・ 新計算機システム上で NHM を最適化、HE-VI 法力学コアの計算の高速化、two-way モデルを新計算機システムに対応させた。
- ・ 数百 m 格子で計算不安定を起こす事例を調査して対策を実施し、安定して積分できるようにした。
- ・ 基本場の計算誤差を減少させることにより山岳付近での偽の水平気圧傾度力を低減した。台風中心付近に生じる計算不安定の防止策を施した。
- ・ 全ての水物質の数濃度の初期値と境界値を与えられるようにするとともに、効率的な降水粒子の落下スキームの導入、氷晶が上空に滞留する問題を解決した。氷晶粒子に落下速度の導入を行った。
- ・ 急峻な地形の周りの流れのシミュレーションができる手法を開発し、水平解像度を 1km から 10m まで変えて、急峻な山岳やビルディング等のまわりの流れを安定に計算できることを確認した。
- ・ 全球非静力学モデル力学コアのプロトタイプを開発した。

② 物理過程の高度化に関する研究

- ・ SiB (陸面過程モデル) を NHM に組み込んで、SiB 用植生分布、SiB 予報変数の初期値を任意の解像度で作成するモジュールを開発し、再現実験ができるようにした。
- ・ NHM の予測する雲物理量を使った発雷予測手法を開発。水平格子間隔 1.5km の NHM で、開発した予測手法のパフォーマンスを確認した。
- ・ 高解像度 NHM で再現された積雲のデータを利用し、Arakawa-Schubert 積雲対流スキームのエントレインメント率鉛直プロファイルを改良した。
- ・ 冬季日本海降雪雲の事例で、衛星輝度温度データと NHM の予想を比較し、雲物理過程に関わる降水物質予測特性を評価して NHM の問題点を明らかにした。

(2) 非静力学モデル (NHM) の変分法データ同化システムの開発に関する研究

副課題目標

非静力学モデルによる集中豪雨、豪雪、強風などの災害をもたらすメソスケール気象現象の予測の向上には、高度なデータ同化手法を用いた、より精度の高いモデルの初期値を作成することが重要である。そのために、変分法の原理に基づく非静力学モデルの4次元データ同化法の開発と改善を行う。

また、このデータ同化システムに衛星マイクロ波放射計データ、ドップラーレーダー、GPSなどのリモートセンシングデータをデータ同化できるようにする。また、気象庁の海洋観測船や、無人気象観測機による機動観測のデータをモデルに取り込むなど、変分法を使ったデータ同化の改善を図る。

研究の概要

NHM のための四次元変分法データ同化システムを開発する。これに精巧な雲物理過程などを組み込むことにより、雲物理量に関連したデータの同化に対応できるようとする。

メソ現象の解析に有効と考えられる衛星マイクロ波放射計輝度温度データ、ドップラー動径速度データ及び GPS 大気遅延データなどの NHM への同化法を開発する。無人気象観測機などによってこれまで得られたシビア現象付近での観測データを用いて、それらのデータを取り入れた場合と取り入れない場合の非静力学モデルの感度実験を行う。

研究成果

① 非静力学モデルの変分法データ同化システムの開発・改良に関する研究

- NHM (2001年7月版)のドライモデルに基づく4DVARデータ同化システムのプロトタイプに改良を加え、水蒸気移流を扱えるようにした。また、雲解像度計算のための背景誤差統計量として2km格子1時間予報値差による変数間水平相関を調べた。4DVARの非線形モデルの物理過程を最新版にバージョンアップするとともに、水蒸気・雲水・雲氷の摂動を考慮した接線形・随伴モデルを開発した。さらに、簡易なネスティング法の導入、側面境界条件の制御変数化やペナルティ項の導入等を行った。
- 水平解像度2kmのNHM-4DVARを構築し、練馬豪雨の事例に対してドップラー動径風、GPS可降水量、アメダス気温・風データを同化するサイクル実験を行い、豪雨をもたらした対流セルの発生と発達の再現に成功した。
- 降水過程を導入した4DVAR同化システムの構築により、福井豪雨の事例について降水予測が大きく改善できることが示された。
- 気象学的にノイズとみなされる重力波や音波などの高周波を制御するペナルティ項を導入し、収束性を改善するためペナルティ項のスケーリングの検討を行った。

② 非静力学モデルへのリモートセンシング観測データの同化法の開発に関する研究

- ドップラーレーダーの動径風について、NHM-3DVAR、NHM-4DVARを用いて夏季の雷雨を再現する実験を行った。NHM-3DVARを用いた場合では、(1)動径風を同化して上昇流を強めること、(2)対流スケールの上昇流と湿度の関係を降水域内で適用すること、(3)上昇流を弱める雨水を導入すること、(4)下層の冷気流を強める下降流の湿度も変えること、が必要であった。NHM-4DVARでは、練馬豪雨の事例について、1分間隔に各仰角の動径風を同化することにより雷雨が再現できることがわかった。高仰角の動径風を用いた実験では、解析値の気温から雨水と雪を分類して得た落下速度を考慮すると、D値の分布のバイアスが小さくなることがわかった。
- プロファイルの屈折率の鉛直勾配については、MSMの予報値を第一推定値に用いて水蒸気の時間変化を推定するプログラムを作成するとともに、メソ4DVARに適用する手法を開発し、インパクトを調べた。2005年7月1日の梅雨前線に適用した結果では、プロファイル一観測点付近に衛星画像で雲域があるときには飽和領域が現れ、また、実際に観測されたゾンデ観測の特徴に近い分布になることを確認した。
- 衛星搭載マイクロ波放射計データAMSR-Eの89GHz、36GHzの輝度温度を使って陸上の降水強度を推定するアルゴリズムを開発し、従来の89GHzの輝度温度のみを使ったアルゴリズムより、高い精度を示すことを示した。新たな取り組みとして、アンサンブルカルマンフィルタを用いたマイクロ波放射計データ同化スキームを開発した。観測データとして、地上降水強度、非静力雲解像モデル出力による液水量を同化した。シミュレーションデータの同化が、アンサンブル予報の降水物

理量のばらつきを小さくし、予測精度を向上させることを確認した。

- GPS データの同化に関する研究では、より実用的な利用を念頭に、準リアルタイム解析システムを構築した。衛星時計誤差の推定精度を上げ、データ端のバイアスを改善した。夏（2005年8月）、冬（2006年1月）について各1ヶ月間、準リアルタイム解析システムによる可降水量を高層ゾンデ観測と比較した。その結果、夏・冬ともに R.M.S で 3mm 未満において一致することを確認した。
- CHAMP データの同化について、CHAMP と SAC-C について、2004 年 7 月の MSM の予報値を用いて、観測データの特徴を調べるとともに、観測誤差などの統計量を作成した。メソ 4DVAR を用いて、梅雨前線が新潟付近停滞していた 2004 年 7 月 16 日の事例について、屈折率の鉛直相関や視線全体を考慮したノンローカル観測演算子を開発し、同化実験を行った。その結果、両方を考慮すると、観測に近い降水系が再現できた。
- シビア現象付近での観測データの同化に関して、2002 年 8 月 2 日の関東平野の雷雨、2004 年 5 月 13 日の関西地方に停滞した線状降水帯、2004 年 7 月 12 日の新潟・福島豪雨、2004 年 7 月 15 日の福井豪雨の事例について、GPS 可降水量、リトリーブされたラジオメータの水蒸気量と気温、動径風などを同化して、インパクトを調べた。関東平野の雷雨については、ドップラー動径風を利用することにより、降水予測の顕著な改善が得られた。
- 九州で行われたエアロゾンデ観測に関して、観測データを同化することにより、降水域内とその北側との水蒸気の水平傾度が強まり、下層の東風も強められて、降水強度も観測に近づくことを示した。梅雨前線帯の降水システムのデータ同化実験では、2km の NHM-4DVAR によるドップラー動径風の同化により、地上風の収束域が修正され帶状降水の予測が改善されることを示した。
- レーダーデータによる解析として、データ収集を行うとともに、簡略化した湿潤対流モデルでの力学的検討を行い、水蒸気の移流及び水の相変化の重要性を確認した。
- 1 台のドップラーレーダーデータから、高分解能で風の場を復元する、直接的な計算手法を開発した。従来法（VVP 法）との比較を行い良好な結果を得た。また「折り返し補正」アルゴリズムの研究として、未観測域が散在するデータに対してスペクトル解析できる手法を研究した。
- 2004 年 7 月の新潟豪雨・福井豪雨の水蒸気場について、GPS 可降水量を用いて調査し、北西太平洋の高気圧による東風と台風の南に吹く南西風の収束線上に降水帯が形成され、降水系の後部で対流が発達することなどが分かった。

（3）非静力学モデル（NHM）を用いたシビア現象の予測・再現に関する研究

副課題目標

台風や豪雨・豪雪、地形性降水など顕著な降水や強風をもたらす現象を対象に、四次元変分法による初期値化法を用いて NHM の再現実験を行い、また様々なモデル要素について現象の再現性のインパクト実験を行う。

台風については、非静力学台風モデルに海気相互作用を導入するとともに台風初期値作成に台風ボーガスを導入し、台風の発達初期段階から日本列島への接近ないし上陸までの再現実験を行い、台風の強度変化を精度よく再現するためのモデルの条件を明らかにする。

また、豪雨・豪雪については、降水や強風の分布や強度に関して定量的に比較できるような予測を行う。再現性が良い場合にはそれに伴うメソスケール擾乱の構造や発生・発達・減衰等のメカニズムの解明をはかる。

さらにメソアンサンブル予報の研究では、全球アンサンブル予報のダウンスケール実験やアンサンブルを用いた予報誤差相関などの計算を行う。

研究の概要

台風や豪雨・豪雪、地形性降水など顕著な降水や強風をもたらす現象を対象に、四次元変分法による初期値化法を用いて非静力学モデル（NHM）による再現実験を行い、また、様々なモデル要素について現象の再現性のインパクト実験を行う。台風については、非静力学台風モデルに海気相互作用を導入するとともに台風初期値作成に台風ボーガスを導入し、台風の発達初期段階から日本列島への接近ないし上陸までの再現実験を行い、台風の強度変化を精度よく再現するためのモデルの条件を明らかにする。また、豪雨・豪雪については、降水や強風等に関して分布や強度に関しては定量的に比較できるような予測を行う。再現性が良い場合にはそれに伴うメソスケール擾乱の構造や発生・発達・減衰等のメカニズムの解明をはかる。

研究成果

- ① 非静力学台風モデルを用いた台風強度変化の予測・再現に関する研究
- ・雲物理過程、乱流過程を改訂し Grell スキームを実装した。また、熱帶域での積分が可能なように全球モデルへのネスティングを行った。さらに、内側格子系について解像度に見合った詳細地形を導入した。
 - ・台風コア域の解像度を 1km 前後まで高めることで、眼の多角形構造やアイウォールメソ渦、台風後面の下層寒気の流出に伴う強風、下層の内部重力波等の微細構造が良好に再現できることを確認した。
 - ・Arakawa-Schubert スキームについて、雲解像モデルの結果をリファレンスとしてエントレインメントパラメータのチューニングを行うと、台風の熱力学構造が雲解像モデルの結果により近いものになることを確認した。
 - ・雲解像モデルの結果をリファレンスとして、1~5km の格子間隔について CAPE の度数分布の再現性を検証した結果、格子間隔 5km では再現性が悪く格子間隔 1km でもまだ再現性が不十分であることが分かった。また、雲解像モデルの結果を解析した結果、デトレインメントは浮力の鉛直傾度が負になる所で起きやすいことが分かった。
 - ・海洋混合層モデルについて海底地形の導入や混合層底におけるエントレインメント推定式の改善などいくつかの改訂を行った。また、非静力学台風モデルに海洋混合層モデルを結合した。台風 0010 号の事例を対象に行った予報実験では、結合・非結合で降水分布に大きな違いが生じた。
 - ・波浪モデルを NHM に結合し、波浪への依存性が異なる 3 通りの抵抗係数の定式化（波齧依存、波形勾配依存、波応力依存）について比較実験を行った。その結果、波浪の導入により全般的に抵抗係数が大きくなること、海上風速は弱くなり最大風速半径は小さくなる傾向があること等が分かった。また、波形勾配による定式化を用いた場合は他の定式化を用いた場合と異なり、強風域では風速への依存性が小さくなる傾向が見られた。
 - ・メソ 4DVAR 同化システムを用いて、疑似観測型台風ボーガスデータの配置密度や誤差設定やドップラー動径風の誤差設定についての感度実験を行い、同化結果や予測結果がそれらに対して高い感度を有することがわかった。
 - ・メソ 4DVAR 同化システムを熱帶域に適用するために、低緯度における制御変数を非バランス風成分から風の東西・南北成分に変更し、台風 0416 号の事例についてサイクル解析を行った。また、NMC 法を用いて低緯度での背景誤差統計量を作成するために予測値の蓄積を行った。
 - ・海上（地上）風として、メソ 4DVAR 同化システムにより得られた時空間解像度の高いデータを用いた場合と、従来通りのパラメトリックな風分布を用いた場合について、高潮モデルによる高潮の数値計算を行い推算精度の比較をした。その結果、海峡部など周囲の地形の影響を受けやすい場合にパラメトリックな風分布を用いた場合は相対的に推算精度が劣ることが分かった。
- ② 豪雨・豪雪に関するメソスケール擾乱の構造・メカニズムの解明に関する研究
- ・冬季日本海側の降水の予想特性を把握するため、2005 年 12 月から 2006 年 3 月の期間について、北陸地方から新潟地方をモデル領域とする水平分解能 1 km の NHM による予測実験を実施した。
 - ・2004 年 7 月 20 日の東京周辺の高温について、ノンローカル境界層を用いた 5km の NHM では東京周辺部に存在していた風の収束線は再現できないこと、一方、1.5km の NHM では収束線は再現するが、境界層を十分に発達させることができないことがわかった。この結果を受け、水平解像度 5km、1km、250m の NHM による夏期（7、8 月）関東域での予測実験を実施した。
 - ・1.5km-NHM による再現実験から、2004 年新潟・福島豪雨をもたらした線状の降水帯を再現するには積乱雲が陽に再現されること、2004 年福井豪雨の再現には風上の海上での解析精度が重要であることが分かった。また、2km-NHM を用いた再現実験から、1999 年福岡豪雨では中層への乾燥気塊の侵入が豪雨の発現に重要な役割を果たしていることが分かった。
 - ・2004 年の台風 18 号が北海道地方で再発達し強風をもたらしたメカニズムについて NHM を用いて検討し、上層渦位の移流の役割を明らかにした。
 - ・気象庁領域解析データ（2001~2005 年）を用いて、集中豪雨を引き起こす積乱雲の発生環境から積乱雲の雲頂高度を診断した結果、6 月より 7 月の方が積乱雲が高い高度まで発達できる環境場であることが分かった。また、同じ診断法が積乱雲発達高度の豪雨事例による違いを説明するのにも有効であることが分かった。

- 1km-NHM を用いて 2001 年 1 月に新潟県の日本海沿岸地方に大雪をもたらした降雪バンドの維持機構を調べた結果、雪の昇華蒸発に伴う非断熱冷却によって形成された降雪バンド下層の冷気層が降雪バンドの維持に寄与していたことが分かった。

③ メソアンサンブル予報の基礎的研究

- NHM に基づいて乾燥および湿潤特異ベクトルを計算する方法を開発し、2004 年新潟・福島豪雨と台風 22 号の事例に適用してそのパフォーマンスを調べた。
- ノルムとして全エネルギーノルムを採用し、これに水蒸気の効果を表す項を加え、その重みについての感度実験を行った。
- 特定の要素の最大値によって振幅を決定した特異ベクトルを初期摂動としたアンサンブル予報実験を行った。
- 初期摂動の作成方法として、バリアンスミニマム法を組み込んだ。
- ローレンツ方程式系では初期値敏感性と境界値敏感性以外に計算スキームへの敏感性があることが分かった。
- 全球アンサンブル予報のダウンスケール実験を行い、メソモデルは親モデルのアンサンブル予報の傾向を反映すること、摂動をインクリメントとして与えることにより、予報の定量的な改善が図れることなどを確認した。
- 境界条件の影響を調べ、気圧や運動場は比較的早く境界の影響をうけること、降水の予測には初期条件の影響が残ることなどが分かった。
- 全球特異ベクトル (SV) について日本域を最終ノルムのターゲット域として求めた場合の NHM によるダウンスケール予報実験を行った。湿潤・湿潤ターゲット SV、湿潤・乾燥ターゲット SV とともにメソ現象の予報改善に有効なメンバーが認められた。
- WWRP 北京オリンピック研究開発プロジェクトに向けた予備的な実験を行い、基本的なシステムを構築するとともに問題点を明らかにした。
- NHM のアンサンブル予報を用いて、雲物理量などの予報誤差相関を計算する方法を開発し、様々な気象擾乱に対するアンサンブル予報に適用して予報誤差相関の特性を調べた。

成果発表一覧

・査読論文

- Adachi, A., T. Kobayashi, and T. Kato, 2004: Dual wind profiler observations of a line-shaped convective system in southern Kyushu, Japan, *J. Meteor. Soc. Japan*, **82**, 725-743.
- Fu, G., H. Niino, R. Kimura, and T. Kato, 2004: A polar low over the Japan Sea on 21 January 1997. Part I: Observational analysis, *Mon. Wea. Rev.*, **132**, 1537-1551.
- Motegi, Q., H. Uyda, T. Maesaka, T. Shinoda, M. Yoshizaki, and T. Kato, 2004: Structure and development of two merged rainbands observed over the East China Sea during X-BAIU-99: part 1. Meso- β -scale structure and development processes. *J. Meteor. Soc. Japan*, **82**, 19-44.
- Motegi, Q., H. Uyda, T. Maesaka, T. Shinoda, M. Yoshizaki, and T. Kato, 2004: Structure and development of two merged rainbands observed over the East China Sea during X-BAIU-99: part 1I. Meso- α -scale structure and build-up processes of convergence in the Baiu frontal region. *J. Meteor. Soc. Japan*, **82**, 45-65.
- Yanase, W., G. Fu, H. Niino, and T. Kato, 2004: A polar low over the Japan Sea on 21 January 1997. Part II: Observational analysis. *Mon. Wea. Rev.*, **132**, 1552-1574.
- Yoshizaki, M., T. Kato, H. Eito, S. Hayashi and W. -K. Tao, 2004: An overview of the field experiment “Winter Mesoscale Convective System (MCSs) over the Japan Sea in 2001”, and comparisons of the cold-air outbreak case (14 January) between analysis and a non-hydrostatic cloud-resolving model. *J. Meteor. Soc. Japan*, **82**, 1365-1387.
- Yoshizaki, M., C. Muroi, S. Kanada, Y. Wakazuki, K. Yasunaga, A. Hashimoto, T. Kato, K. Kurihara, A. Noda, and S. Kusunoki, 2004: Changes of Baiu (Mei-yu) frontal activity in the global warming, simulated by a cloud-resolving non-hydrostatic regional climate model.

- SOLA*, **1**, 25-28.
8. Aonashi, K., T. Iwabuchi, Y. Shoji, R. Ohtani and R. Ichikawa, 2004: Statistical Study on Precipitable Water Content Variations Observed with Ground-Based Microwave Radiometers. *J. Meteor. Soc. Japan*, **82**, 269-275.
 9. Aonashi, K., N. Yamazaki, H. Kamahori, K. Takahashi, F. Liu and K. Yoshida, 2004: Variational Assimilation of TMI Rain Type and Precipitation Retrievals into Global Numerical Weather Prediction. *J. Meteor. Soc. Japan*, **82**, 671-693.
 10. Seko, H., H. Nakamura and S. Shimada, 2004: An Evaluation of Atmospheric Models for GPS data Retrieval by Output from a Numerical Weather Model. *J. Meteor. Soc. Japan*, **82**, 339-350.
 11. Seko, H., T. Kawabata, T. Tsuyuki, H. Nakamura and K. Koizumi, 2004: Impacts of GPS-derived Water Vapor and Radial Wind Measured by Doppler Radar on Numerical Prediction of Precipitation. *J. Meteor. Soc. Japan*, **82**, 473-489.
 12. Seko, H., H. Nakamura, Y. Shoji, and T. Iwabuchi, 2004: The Meso-γ scale Water Vapor Distribution Associated with a Thunderstorm Calculated from a Dense Network of GPS Receivers. *J. Meteor. Soc. Japan*, **82**, 569-586.
 13. Eito, H., T. Kato, M. Yoshizaki and A. Adachi, 2005: Numerical simulation of the quasi-stationary snowband observed over the southern coastal area of the Sea of Japan on 16 January 2001. *J. Meteor. Soc. Japan*, **83**, 551-576.
 14. Hashimoto, A., M. Murakami, C. Muroi, M. Yoshizaki, Y. Wakazuki, S. Kanada, K. Yasunaga, T. Kato, K. Kurihara and A. Noda, 2005: Characteristics of the hydrometeor vertical profiles simulated with a non-hydrostatic regional climate model. *SOLA*, **1**, 141-144.
 15. Kanada, S., C. Muroi, Y. Wakazuki, K. Yasunaga, A. Hashimoto, T. Kato, K. Kurihara, M. Yoshizaki and A. Noda, 2005: Structure of mesoscale convective systems during the late Baiu season in the global warming climate simulated by a non-hydrostatic regional model. *SOLA*, **1**, 117-120.
 16. Kato, T., K. Aranami, 2005: Formation factors of 2004 Niigata-Fukushima and Fukui heavy rainfalls and problems in the predictions using a cloud-resolving model, *SOLA*, **1**, 1-4.
 17. Kato, T., 2005: Statistical study of band-shaped rainfall systems, the Koshikijima and Nagasaki lines, observed around Kyushu Island, Japan, *J. Meteor. Soc. Japan*, **83**, 943-975.
 18. Wakazuki, Y., M. Yoshizaki, K. Yasunaga, C. Muroi, S. Kanada, A. Hashimoto, T. Kato, K. Kurihara and A. Noda, 2005: Changes in the characteristic features of disturbances appearing in the Baiu frontal zone over western Japan due to global warming. *SOLA*, **1**, 129-132.
 19. Yasunaga, K., M. Yoshizaki, Y. Wakazuki, C. Muroi, K. Kurihara, A. Hashimoto, S. Kanada, T. Kato, S. Kusunoki, K. Oouchi, H. Yoshimura, R. Mizuta, and A. Noda, 2005: Changes in the Baiu frontal activity in the global warming climate simulated by super-high-resolution global and cloud-resolving regional climate models. *J. Meteor. Soc. Japan*, **84**, 199-220.
 20. Yasunaga, K., H. Sasaki, Y. Wakazuki, T. Kato, C. Muroi, A. Hashimoto, S. Kanada, K. Kurihara, M. Yoshizaki and Y. Sato, 2005: Performance of the long-term integrations of the Japan Meteorological Agency nonhydrostatic model with use of the spectral boundary coupling method. *Weather and Forecasting*, **20**, 1061-1072.
 21. Honda, Y., M. Nishijima, K. Koizumi, Y. Ohta, K. Tamiya, T. Kawabata and T. Tsuyuki, 2005: A pre-operational variational data assimilation system for a nohydrostatic model at Japan Meteorological Agency: Formulation and preliminary results. *Q.J.R.Meteorol. Soc.*, **131**, 3465-3475.
 22. Takeda, S., 2005: A Low-Order Thermal Model with a Flow Pattern Similar to Hill's Spherical Vortex. *Pap. Met. Geophys.*, **55**, 45-54.
 23. Wada, A., 2005: Numerical simulations of sea surface cooling by a mixedlayer model during the

- passage of Typhoon Rex. *J. Oceanogr.*, **61**, 41-57.
24. Mashiko, W., 2005: Polygonal eyewall and mesovortices structure in a numerically simulated Typhoon Rusla. *SOLA*, **1**, 29-32.
 25. Murata, A., and M. Ueno, 2005: The vertical profile of entrainment rate simulated by a cloud-resolving model and application to a cumulus parameterization. *J. Meteor. Soc. Japan*, **83**, 745-770.
 26. Seko, H., H. and H. Nakamura, 2005: Analytical and Numerical Studies on Meso- β scale Precipitation Bands Observed over Southern Kyushu on 7 July 1996. *Pap. Meteor. Geophys.*, **55**, 55-74.
 27. Hayashi, Syugo, 2006: Numerical Simulation of Electrical Space Charge Density and Lightning by using a 3-Dimensional Cloud-Resolving Model. *SOLA*, **2**, 124-127.
 28. Kato, T., 2006: Structure of the band-shaped precipitation system inducing the heavy rainfall observed over northern Kyushu, Japan on 29 June 1999, *J. Meteor. Soc. Japan*, **84**, 129-153.
 29. Nagasawa, R. T. Iwasaki, S. Asano, K. Saito and H. Okamoto, 2006: A Numerical Study of the Low-Level Cloud Formation in "Yamase" with a Non-hydrostatic Multi-nested Regional Model. *J. Meteor. Soc. Japan*, **84**, 969-987.
 30. Saito, K., T. Fujita, Y. Yamada, J. Ishida, Y. Kumagai, K. Aranami, S. Ohmori, R. Nagasawa, S. Kumagai, C. Muroi, T. Kato, H. Eito and Y. Yamazaki, 2006: The operational JMA Nonhydrostatic Mesoscale Model. *Mon. Wea. Rev.*, **134**, 1266-1298.
 31. Aonashi, K., T. Koike, K. Muramoto, K. Imaoka, N. Takahashi, G. Liu , and Y. Noh, 2006: Physical validation of microwave properties of winter precipitation over Sea of Japan. *TGARS Special Issue on Microwave Radiometry and Remote Sensing of the Environment*. (in press)
 32. Saito, K., J. Ishida, K. Aranami, T. Hara, T. Segawa, M. Narita and Y. Honda, 2007: Nonhydrostatic Atmospheric Models for Research and NWP. Submitted to *J. Meteor. Soc. Japan*. (in press)
 33. Kawabata, T., H. Seko, K. Saito, T. Kuroda, K. Tamiya, T. Tsuyuki, Y. Honda and Y. Wakazuki, 2007: An Assimilation Experiment of the Nerima Heavy Rainfall with a Cloud-Resolving Nonhydrostatic 4-Dimensional Variational Data Assimilation System. *J. Meteor. Soc. Japan*. (in press)
 34. Seko, H., Y., Shoji and F., Fujibe, 2007: Evolution and Airflow Structure of a Kanto Thunderstorm on 21 July 1999 (the Nerima Heavy Rainfall Event). *J. Meteor. Soc. Japan*. (accepted)
 35. Ueno, M., 2007: Observational analysis and numerical evaluation of the effects of vertical wind shear on the rainfall asymmetry in the typhoon inner-core region. *J. Meteor. Soc. Japan*, **85**, 115-136.

・査読論文以外の著作物（翻訳、著書、解説）

1. 斎藤和雄、2004: 気象庁における非静力学数値モデル開発. 平成 12 年度～平成 15 年度科学研究費補助金研究成果報告書「高精度非静力学数値モデルの研究（1）基本フレームの確立」,東北大大学院理学研究科, 37-46.
2. 斎藤和雄, 藤田司, 中村一, 岩崎俊樹, 加藤輝之, 佐藤正樹, 小泉耕, 2004: アジア太平洋地域を中心とした豪雨予報モデルの高度化に関する専門家会議報告. 天気, **51**, 453-460.
3. 斎藤和雄, 2004: 第 2 回次世代数値予報モデル国際ワークショップ参加報告. 天気, **51**, 683-689.
4. 吉崎正憲, 2004 : 梅雨期の東シナ海・九州における降水系や冬季日本海における降雪系に関する研究 —観測・解析・数値実験—. 月刊海洋／号外, **38**,128-134.
5. 吉崎正憲, 2004: メソ対流系の構造と発生・発達のメカニズムの解明. 戰略的創造研究推進事業平成 10 年度採択研究課題研究終了報告書「地球変動のメカニズム」, 207-306
6. Eito, H., C. Muroi, S. Hayashi, T. Kato and M. Yoshizaki, 2004: A high-resolution wide-range

- numerical simulation of cloud bands associated with the Japan Sea Polar-air mass Convergence Zone in winter using a NON-HYDROSTATIC MODEL on the Earth Simulator. *CAS/JSC WGNE Research Activities in Atmospheric and Oceanic Modelling Report*, **34**, Section5 7-8.
7. Hashimoto, A., M. Murakami, T. Kato, C. Muroi, M. Yoshizaki, and S. Hayashi, 2004: Improvement of microphysical parameterization in a Japan Meteorological Agency nonhydrostatic model with a high resolution and its effect on simulation result. *CAS/JSC WGNE Research Activities in Atmospheric and Oceanic Modelling/WMO*, **34**, 4-11 – 4-12.
 8. Kato, T., K. Yasunaga, C. Muroi, M. Yoshizaki, S. Kanada, A. Hashimoto, Y. Wakazuki, H. Eito, S. Hayashi, and H. Sasaki 2004: Regional climate prediction by using a Japan Meteorological Agency nonhydrostatic model with a high resolution. Part 1: Outline/purpose of a high-resolution long-term prediction. *Research Activities in Atmospheric and Oceanic Modelling/WMO*, **34**, 7-19 – 7-20.
 9. Kato, T., 2004: Prediction of localized heavy rainfalls using a cloud resolving model and its problems. *Proc. Inter. Conf. on Mesoscale Convective Systems and Heavy Rainfall in East Asia (ICMCS-IV)*, 198-200.
 10. Saito, K., 2004: Direct evaluation of the buoyancy and consideration of moisture diffusion in the continuity equation in the JMA Nonhydrostatic Model. *CAS/JSC WGNE Research Activities in Atmospheric and Oceanic Modelling*, **34**, 5.26-5.27.
 11. Yamazaki, Y., K.Saito, 2004: Implementation of the Cylindrical Equidistant Projection for the Non-Hydrostatic Model of the Japan Meteorological Agency. *CAS/JSC WGNE Research Activities in Atmospheric and Oceanic Modelling*, **34**, 3.27-3.28.
 12. Yasunaga, K., T. Kato, Y. Wakazuki, H. Sasaki, C. Muroi, K. Kurihara, Y. Sato, M. Yoshizaki, S. Kanada, and A. Hashimoto, 2004: Regional climate prediction by using a Japan Meteorological Agency nonhydrostatic model with a high resolution. Part 2: Performances of the model with the spectral boundary coupling method. *CAS/JSC WGNE Research Activities in Atmospheric and Oceanic Modelling*, **34**, 7-43 – 7-44.
 13. 別所康太郎、2004：台風の観測と予報改善に向けた最新の研究状況, 2004 年度日本気象学会九州支部気象教室テキスト, 18-28.
 14. 中澤哲夫, 2004: 宇宙から雨を測る、第 11 回日本気象学会中部支部公開気象講座「台風研究の最前线」, 9-12.
 15. 斎藤和雄, 藤田司, 中村一, 岩崎俊樹, 加藤輝之, 佐藤正樹, 小泉耕, 2004: アジア太平洋地域を中心とした豪雨予報モデルの高度化に関する専門家会議報告, 天気, **51**, 453-460.
 16. R.N.ホフマン, 斎藤和雄 (監修) , 2004: 台風をあやつる. 日経サイエンス, **34**, 36-44.
 17. Ueno, M., 2004: Application of steering weight concept to Typhoon Saomai (2000). *CAS/JSC WGNE Research Activities in Atmospheric and Oceanic Modelling*, **34**, S4.33-34.
 18. Wada, A., 2004: Effects of atmospheric physical processes to the intensity of typhoons and their ocean responses. *CAS/JSC WGNE Research Activities in Atmospheric and Oceanic Modelling*, **34**, S9.5-6.
 19. Wada, A., 2004: A role of surface boundary processes in a typhoon-ocean coupled model. *CAS/JSC WGNE Research Activities in Atmospheric and Oceanic Modelling*, **34**, S9.7-8.
 20. 猪川元興, 斎藤和雄, 2005: 孤立型降雪雲の EVOLUTION (日本海降雪雲の降水機構と人工調節の可能性に関する研究 9.2) . 気象研究所技術報告, **48**, 178-182.
 21. 永戸久喜, 2005: NHMによる日本海寒帯気団収束帶と帶状雲の高解像度数値実験. 気象研究ノート, **208**, 265-276.
 22. 永戸久喜, 2005: 2001年1月16日に新潟県上越地方で観測された停滞性降雪バンドの数値実験. 気象研究ノート, **208**, 311-320.
 23. 加藤輝之, 2005: 雲解像非静力学モデル (NHM) について. 気象研究ノート, **208**, 1-11.
 24. 斎藤和雄, 2005: 地形の効果 (日本海降雪雲の降水機構と人工調節の可能性に関する研究 9.3) . 気

- 象研究所技術報告, **48**, 183-188.
25. 斎藤和雄, 2005: 集中豪雨の予知技術最前線. 地質と調査, **105**, 32-37.
 26. 斎藤和雄, 2005: 地形の効果. 日本海降雪雲の降水機構と人工調節の可能性に関する研究. 気象研究所技術報告, **48**, 183-188.
 27. 林修吾, 2005; 「雲解像モデル (JMANHM) を用いた発雷予測手法の開発」. 大気電気研究, **66**, 101.
 28. 林修吾, 2005: 2001年1月27日に日本海に発生したポーラーローの観測的・数値的研究. 気象研究ノート, **208**, 355-365.
 29. 吉崎正憲, 上田博, 山田広幸, 坪木和久, K. Krishna Reddy, 耿驥, 大淵済, 加藤輝之, 2005: 「東アジアにおけるメソ対流系と豪雨の国際会議 (ICMCS-IV)」報告, 天気, **52**, 363-368.
 30. 吉崎正憲, 2005: 梅雨前線帶の降水系に関する研究—過去から現在まで—. 気象研究ノート, **208**, 15-25.
 31. 吉崎正憲, 2005: X-BAIU-99 の野外観測. 気象研究ノート, **208**, 22-25.
 32. 吉崎正憲, 加藤輝之, 2005: 1998年6月26日に九州西部で見られた地形性降水バンドの形成メカニズム. 気象研究ノート, **208**, 129-138.
 33. 吉崎正憲, 2005: 冬季日本海の降雪系に関する研究—過去から現在まで—. 気象研究ノート, **208**, 203-209.
 34. 吉崎正憲, 2005: WMO-01 の日本海における天気変動と熱・水蒸気の収支について. 気象研究ノート, **208**, 211-220.
 35. 吉崎正憲, 2005 : 第3章 気象システム 39-56, 地球環境科学 (木村龍治・藤井直之・川上紳一編集), (財) 放送大学教育振興会.
 36. 吉崎正憲, 2005:集中豪雨のメカニズムと予測. 第39回夏季大学「新しい気象学」～台風・集中豪雨～, 25-34.
 37. 吉崎正憲, 2005: 「メソ対流系」研究の到達点とこれから. 天気, **52**, 560.
 38. Eito, H., K. Aonashi, G. Liu, C. Muroi, S. Hayashi, T. Kato, and M. Yoshizaki, 2005 : Preliminary comparison of AMSR-E observation and numerical simulation with cloud resolving model for solid precipitation in winter during the Wakasa 2003, *CAS/JSC WGNE Research Activities in Atmospheric and Oceanic Modelling, Report No.35, WMO/TD-No.1276*, 5-3 - 5-4.
 39. Ishida, J. and K. Saito, 2005: Initialization scheme for water substances in the operational NHM. *CAS/JSC WGNE Research Activities in Atmospheric and Oceanic Modelling*: **35**, 1.17-1.18.
 40. Saito, K. and J. Ishida, 2005: Implementation of the Targeted Moisture Diffusion to JMA-NHM. *CAS/JSC WGNE Research Activities in Atmospheric and Oceanic Modelling*: **35**, 5.17-5.18.
 41. Ishida, J. and K. Saito, 2005: Initialization Scheme for Water Substances in the operational NHM. *CAS/JSC WGNE Research Activities in Atmospheric and Oceanic Modelling*: **35**, 1.17-1.18.
 42. Kawabata T., H. Seko, T. Kuroda, Y. Wakatsuki, Y. Honda, K. Tamiya, K. Aonashi, Y. Shoji, K. Saito, and T. Tsuyuki, 2005: A cloud resolving 4D-Var data assimilation system based on the JMA non-hydrostatic model. *CAS/JSC WGNE Research Activities in Atmospheric and Oceanic Modelling*: **35**, 1.21-1.22.
 43. 斎藤和雄, 2005: 集中豪雨の予知技術最前線. 地質と調査, **105**, 32-37.
 44. 濑古弘, 2005 : 1996年7月7日に南九州で観測された降水系内の降水帯とその環境, 気象研究ノート, **208**, 187-202.
 45. 濑古弘, 2005 : メソ観測データの同化実験、気象庁技術報告、平成16年梅雨期豪雨と顕著台風の調査報告, 191-196.
 46. 濑古弘, 2005、気象庁非静力学モデル-3次元同化システム (JNoVA0) で再現した練馬豪雨, 天気, **52**, 206.
 47. Kunii, M., and H. Seko, 2005: Assimilation of radial wind measured by Doppler radar to Typhoon Higos, *CAS/JSC WGNE Research Activities in Atmospheric and Oceanic Modelling*: **35**, 1.21-1.22.

- Modelling*, **35**, 1.25-1.26.
48. Murata, A., and M. Ueno, 2005: A comparison of in-cloud and environmental properties in numerical results between cloud-resolving and parameterized simulations for a tropical cyclone rainband. *CAS/JSC WGNE Research Activities in Atmospheric and Oceanic Modelling*, **35**, 4.21-4.22.
 49. Ueno, M., A. Murata, and W. Mashiko, 2005: A strong dependency of simulated TC structure on model physics: Steering-weight perspective. *CAS/JSC WGNE Research Activities in Atmospheric and Oceanic Modelling*, **35**, 4.31-4.32.
 50. Wada, A., 2005: Numerical experiments of Typhoon Bilis using a nonhydrostatic atmospheric model coupled with a mixed-layer ocean model. *CAS/JSC WGNE Research Activities in Atmospheric and Oceanic Modelling*, **35**, 9.05-9.06.
 51. Kato, T, 2005 : Prediction of localized heavy rainfall using a cloud-resolving nonhydrostatic model and its problems. *CAS/JSC WGNE Research Activities in Atmospheric and Oceanic Modeling*, **35**, 5.11-5.12.
 52. 和田 章義, 2005:衛星観測データ及び非静力学大気海洋混合層結合モデルによる台風強度維持と台風による海面水温低下の関係. *月刊海洋*, 号外 **42**, 203-211.
 53. 村田昭彦, 益子涉, 2005 : 台風 0416 の急発達に対する環境場の影響. *月刊海洋*, 号外 **42**, 68-75.
 54. 加藤輝之, 2005: 西日本での梅雨前線帶の特徴. *気象研究ノート*, **208**, 27-35.
 55. 加藤輝之, 2005: メソ対流系の維持機構とその構造-1999年6月29日福岡豪雨の事例解析. *気象研究ノート*, **208**, 75-88.
 56. 加藤輝之, 2005: 気象レーダーを用いた九州で見られる地形性降水の統計的研究. *気象研究ノート*, **208**, 97-108.
 57. 加藤輝之, 2005: 甑島ラインに関わる豪雨（1997年出水豪雨, 2003年熊本豪雨）の事例解析. *気象研究ノート*, **208**, 109-118.
 58. 加藤輝之, 2005: バックビルディング型の維持システムと梅雨ジェットの強化・維持機構-1993年8月1日鹿児島豪雨の事例解析. *気象研究ノート*, **208**, 151-162.
 59. 加藤輝之, 2005: 豪雨をもたらす線状メソ対流系の発生・維持機構-1998年8月4日新潟豪雨の事例解析-. *気象研究ノート*, **208**, 163-176.
 60. 加藤輝之, 2005: 豪雨予測における水蒸気の鉛直プロファイルの重要性. *気象研究ノート*, **208**, 177-186.
 61. 加藤輝之, 2005: 日本海寒帯気団収束帶上で発生する渦状擾乱の発達における運動エネルギー収支解析. *気象研究ノート*, **208**, 277-138.
 62. 大関 誠, 2006: スペクトルモデル入門. *気象研究ノート*, **211**, 175pp.
 63. 小林文明, 菊池勝弘, 上田博, 川崎善一郎, 林修吾, 佐藤光輝, 2006 : 第 25 回メソ気象研究会報告. 「5.雲解像モデル(JMANHM)を用いた発雷予測. 天気」, **53**, 441-444.
 64. 林修吾, 2006: 第 25 回メソ気象研究会報告. 天気, **53**, 442-443.
 65. 川畑拓矢, 濑古弘, 田宮久一郎, 黒田徹, 斎藤和雄, 露木義, 2006: 雲解像度非静力学 4 次元変分法データ同化システムを用いた練馬豪雨事例に関するデータ同化実験. 天気(第 3 回天気予報研究会の報告), P65-66.
 66. 斎藤和雄, 牧原康隆, 2006: 降水現象の予報高度化の技術. 天気 (投稿中)
 67. 斎藤和雄, 2006 : メソアンサンブル予報. *数値予報課報告別冊*, **52**, 66-79.
 68. 濑古弘, 熊原義正, 斎藤和雄, 2006: 2003 年 4 月 8 日に発生した淀川チャネル降水帯の衰弱や移動と環境との関係. 天気, **53**, 663-664.
 69. 小司禎教, 2005: 1999 年 6 月 29 日 GPS 可降水量でみた寒冷前線. *気象研究ノート*, **208**, 89-96.
 70. 余田成男, 斎藤和雄, 里村雄彦, 濑古弘, 坪木和久, 堀之内武、2006: 热帶気象・気候予測のための領域モデルに関する国際ワークショップ報告. 天気, **53**, 629-63.
 71. Murata, A, 2006: A cloud-resolving numerical simulation for orographic rainfall associated with typhoon Meari (2004). *CAS/JSC WGNE Res. Activities in Atm. and Oceanic Modelling*, **36**, 5.37-5.38.

72. Wada, A., 2006: Numerical Experiments of Typhoons in 2004 typhoon season using a non-hydrostatic atmospheric model coupled with a mixed-layer ocean model. *WMO, CAS/JSC WGNG Report.* **36**, 9-09.
73. Wada, A., and W. Mashiko, 2006: Introduction of a mixed-layer ocean model into the MRI interactive multiply-nested movable mesh tropical cyclone model. *WMO, CAS/JSC WGNG Report.* **36**, 9-11.
74. Wada, A., 2006: Numerical Experiments of Typhoon Namtheun (T0410) using different atmosphere-ocean coupled models. *WMO, CAS/JSC WGNG Report.* **36**, 9-13.
75. Wada, A., 2006: Typhoon-ocean interaction in Typhoon Megi (T0415) using an atmosphere-mixed-layer ocean coupled model. *WMO, CAS/JSC WGNG Report.* **36**, 9-15.
76. Mashiko, W, 2006: High-resolution simulation of wind structure in the inner-core of Typhoon MA-ON (2004) and sensitivity experiments of horizontal resolution. *CAS/JSC WGNE Res. Activities in Atm. and Oceanic Modelling* **36**. 5.35-5.36.
77. Saito, K., M. Kyouda and M. Yamaguchi, 2006: Mesoscale ensemble prediction experiment of a heavy rain event with the JMA mesoscale model. *CAS/JSC WGNE Research Activities in Atmospheric and Oceanic Modelling* **36**, 5.49-5.50.
78. 加藤輝之, 小司禎教, 2006: 新潟・福島豪雨, 福井豪雨の発生環境. 平成16年梅雨期豪雨と顕著台風の調査報告, 気象庁技術報告, **129**, 174-185.
79. 加藤輝之, 2006: 新潟・福島豪雨, 福井豪雨の高解像度非静力学モデルによる予測. 平成16年梅雨期豪雨と顕著台風の調査報告, 気象庁技術報告, **129**, 185-191.
80. 加藤輝之, 2006: 梅雨前線と集中豪雨. *科学*, **76**, 873-876.
81. 吉崎正憲, 加藤輝之, 2006: 豪雨・豪雪の気象学, 朝倉書店, (予定).
82. 梅本泰子, 橋口浩之, 柴垣佳明, 林修吾, 2006 : MRI-NPD/NHM を用いた線状降水帯に関する研究. 平成17年度京都大学電波科学計算機実験共同利用研究成果報告書, 21-22.
83. 斎藤和雄, 山口宗彦, 経田正幸, 2006: メソモデルによる台風事例のアンサンブル予報ダウンスケール実験. *月刊海洋*, **38**, 732-739.
84. 斎藤和雄, 2006 : メソアンサンブル予報. *数値予報課報告別冊*, **52**, 66-79.
85. 中島幸久, 西村修司, 加藤輝之, 初田利雄, 黒美紀男, 野中信英, 小司晶子, 牧野佐知子, 浅野準一、2006 : 水蒸気画像の特徴パターンと顕著気象現象. *気象衛星センター技術報告*, **47**, 1-52.

・口頭発表

- Eito, H., K. Aonashi, G. Liu, C. Muroi, S. Hayashi, T. Kato, and M. Yoshizaki, 2004: Preliminary comparison of AMSR-E observation and numerical simulation with cloud resolving model for solid precipitation in winter during the Wakasa 2003. *Proceedings of the 8th specialist meeting on microwave radiometry and remote sensing applications*.
- Eito, H., K. Aonashi, G. Liu, C. Muroi, S. Hayashi, T. Kato, and M. Yoshizaki, 2004: Preliminary comparison of AMSR-E observation and numerical simulation with cloud resolving model for solid precipitation in winter during the Wakasa 2003. *Proceedings of the 14th international conference on clouds and precipitation*, 759-762.
- Muroi C., 2004 : Development of conformal cubic global shallow-water model. The 2004 Workshop on the Solution of Partial Differential Equations on the Sphere (Yokohama, Japan)
- Nitta, T., K. Saito, 2004: Early history of the operational numerical weather prediction in Japan. NWP Legacy and Future. University of Maryland.
- Saito, K., 2004: The JMA Nonhydrostatic Model: Its application to operational NWP and research. *Proceedings, The Second International Workshop on Next Generation NWP Model*, 5-12.
- Yoshizaki, M., C. Muroi, S. Kanada, Y. Wakazuki, K. Yasunaga, A. Hashimoto, T. Kato, K.

- Kurihara, A., Noda, S., Kusunoki and Kyosei - 4 Modeling group, 2004: Changes of Baiu (Mei-yu) frontal activity at the global warming climate, simulated by a cloud-resolving non-hydrostatic regional climate model. *Proc. Inter. Conf. on Mesoscale Convective Systems and Heavy Rainfall in East Asia (ICMCS-IV)*, 10-12.
7. Aonashi, K., 2004: Structural and Cloud-physical Characteristics of Solid Precipitation Observed by Wakasa Bay Field Campaign 2003 (WAKASA2003). *Proceedings of the 2nd TRMM international science conference*, 29.
8. Honda, Y., M. Nishijima and K. Koizumi, 2004: Mesoscale analysis using a variational data assimilation system for JMA's nonhydrostatic model. *Proceedings of the International Workshop on Very-short-range Forecasting of Severe Weather, Japan Meteorological Agency*.
9. Kawabata, T., H. Seko, T. Kuroda, Y. Wakatsuki, Y. Honda, K. Tamiya, K. Aonashi, Y. Shoji, K. Saito and T. Tsuyuki, 2004: Development of a cloud resolving 4DVAR data assimilation system based on the JMA non-hydrostatic model, Proceeding of SPIE: *Remote sensing Applications of the Global Positioning System*.
10. Saito, K., 2004: The JMA Nonhydrostatic Model: Its application to operational NWP and research. *Proceedings, The Second International Workshop on Next Generation NWP Model, Yonsei University*, 5-12.
11. Seko, H., T. Kawabata, T. Tsuyuki, 2004: Data assimilation experiments of a heavy rainfall at Nerima /Tokyo. *Proceedings of the International Workshop on Very-short-range Forecasting of Severe Weather, Japan Meteorological Agency / Ship and Ocean Foundation*, 3B.
12. Seko, H., Takuya Kawabata, Tadashi Tsuyuki, 2004: Impacts of GPS-derived water vapor and radial wind measured by Doppler radar on numerical prediction on precipitation, *Proceeding of SPIE: Remote sensing Applications of the Global Positioning System*.
13. Shoji, Y., T. Kawabata, Y. Aoyama, H. Seko, T. Tsuda, M. Kunii, 2004: Data assimilation of Mt. Fuji observed GPS Down-Looking occultation data into the JMA Mesoscale Numerical Weather Prediction Model. *Proceeding of SPIE: Remote sensing Applications of the Global Positioning System*.
14. Kohno, N., and K. Ueno, 2004: The development of third generation wave model MRI-III for operational use. *The 8th International Workshop on Wave Hindcasting & Forecasting, Preprints (CD-ROM)*, Index G2.
15. 青梨和正, 永戸久喜, 劉國勝, 2004 : 衛星搭載マイクロ波放射計データの非静力学モデルへの同化法の開発 (その1). 日本気象学会 2004 年度秋季大会講演予稿集, P112.
16. 足立アホロ, 小林隆久, 加藤輝之, X-BAIU01 地上観測グループ, 2004 : ウィンドプロファイラーによる線状降水系の観測. 日本気象学会 2004 年度春季大会講演予稿集, P147
17. 石田純一, 藤田司, 山田芳則, 大森志郎, 長澤亮二, 田中小緒里, 荒波恒平, 中山寛, 原旅人, 熊谷幸浩, 斎藤和雄, 永戸久喜, 加藤輝之, 室井ちあし, 2004: 気象庁非静力学モデルの現業化について. 第6回非静力学モデルに関するワークショッピング講演予稿集. 61-62.
18. 永戸久喜, 青梨和正, 室井ちあし, 林修吾, 加藤輝之, 吉崎正憲, Guosheng Liu, 2004 : WAKASA2003 (WMO-03) 中の降雪システムについての AMSR-E 観測と雲解像モデルの比較. 日本気象学会 2004 年度春季大会講演予稿集, A107.
19. 永戸久喜, 青梨和正, 加藤輝之, 岩波 越, 花土 弘, 中川勝広, CREST-GSMaP, -LAPS 観測グループ, 2004 : 2004 年沖縄梅雨集中観測期間中に発生したメソ降水系の雲解像数値シミュレーション. 日本気象学会 2004 年度秋季大会講演予稿集, A108.
20. 永戸久喜, 青梨和正, 加藤輝之, Guosheng Liu, 岩波 越, 花土 弘, 中川勝広, 2004:衛星搭載マイクロ波放射計データを用いた気象庁非静力学モデルの雲物理量予測特性の検証. 第6回非静力学モデルに関するワークショッピング講演予稿集, 65-66.
21. 大泉三津夫, 2004: MRI/JMA-SiB 積雪シミュレーションへの放射バイアスの影響. 日本気象学会 2004 年度秋季大会講演予稿集, D306.

22. 大泉三津夫, 2004: キャノピー被覆率の陸面熱収支へのインパクト. 日本気象学会 2004 年度秋季大会講演予稿集, D307.
23. 加藤輝之, 2004: 2003 年 7 月 20 日熊本県水俣市で発生した集中豪雨の発生メカニズムその 2 : 甑島列島と天草~長島にかけての地形の影響について. 日本気象学会 2004 年度春季大会講演予稿集, A108.
24. 加藤輝之, 2004: 気象レーダーを用いた九州でみられる地形性降雨の統計的研究. 日本気象学会 2004 年度秋季大会講演予稿集, A109.
25. 加藤輝之, 2004: 甑島ラインの発生・維持メカニズムと数値モデルでの予測可能性. 日本気象学会 2004 年度秋季大会講演予稿集, A201.
26. 加藤輝之, 林修吾, 吉崎正憲, 2004: 2004 年 7 月 20 日の東京周辺部の高温の原因について. 日本気象学会 2004 年度秋季大会講演予稿集, C206.
27. 加藤輝之, 荒波恒平, 2004: 2004 年新潟・福島豪雨、2004 年福井豪雨の発生要因と雲解像モデルでの予想結果および豪雨予報の問題点. 第 6 回非静力学モデルに関するワークショップ講演予稿集, 37-38.
28. 加藤輝之, 2004: 平成 16 年 7 月新潟・福島豪雨、平成 16 年 7 月福井豪雨の発生要因と雲解像モデルでの再現結果, 平成 16 年度気象研究所研究成果発表会予稿集, 8-9.
29. 金田幸恵, 室井ちあし, 若月泰孝, 加藤輝之, 橋本明弘, 栗原和夫, 安永数明, 吉崎正憲, 楠昌司, 野田彰, 2004: 水平解像度 5km 非静力学モデルによる領域温暖化予測実験 (4) 現在気候と温暖化気候における梅雨前線帯の降水システムの変質. 日本気象学会 2004 年度秋季大会講演予稿集, B173
30. 熊谷幸浩, 斎藤和雄, 2004: 気象庁非静力学モデルの境界層過程の改良. 日本気象学会 2004 年度秋季大会講演予稿集, C104.
31. 下瀬健一, 川野哲也, 加藤輝之, 2004: 2004 年 6 月 27 日に佐賀市で被害をもたらした竜巻の解析. 日本気象学会 2004 年度秋季大会講演予稿集, A111
32. 斎藤和雄, 2004: NHM 時間積分における浮力の扱いと連続式における水蒸気拡散の考慮について. 日本気象学会 2004 年春季大会講演予稿集, C103.
33. 橋本明弘, 安永数明, 若月泰孝, 金田幸恵, 村上正隆, 加藤輝之, 室井ちあし, 佐々木秀孝, 栗原和夫, 吉崎正憲, 2004: 高分解能非静力学モデルによる領域気候予測: 長期再現実験に対する雲物理過程の影響 (I). 日本気象学会 2004 年度春季大会講演予稿集, B406.
34. 橋本明弘, 村上正隆, 室井ちあし, 若月泰孝, 金田幸恵, 安永数明, 加藤輝之, 栗原和夫, 吉崎正憲, 2004: 水平解像度 5km 非静力学モデルによる領域温暖化予測実験 (5) 現在気候と温暖化気候における雲微物理量の比較. 日本気象学会 2004 年度秋季大会講演予稿集, B174.
35. 橋本明弘, 村上正隆, 室井ちあし, 金田幸恵, 若月泰孝, 安永数明, 加藤輝之, 栗原和夫, 吉崎正憲, 2004: 気象庁非静力学モデルによってシミュレートされた融解層における凝結強化. 第 6 回非静力学モデルに関するワークショップ講演予稿集, 9-10.
36. 林修吾, 加藤輝之, 吉崎正憲, 橋本明弘, 2004: 「雲解像モデルを用いた発雷予測手法の開発 (その 3) - 放電 (発雷) 過程を組み込んだ発雷予測 -.」. 日本気象学会 2004 年度秋季大会講演予稿集, D366.
37. 藤田司, 石田純一, 斎藤和雄, 山田芳則, 熊谷幸浩, 大森志郎, 長澤亮二, 田中小緒里, 荒波恒平, 原朋憲, 加藤輝之, 永戸久喜, 2004: 現業用非静力学モデルの実験運用について. 日本気象学会 2004 年度春季大会講演予稿集, C101.
38. 藤田司, 石田純一, 山田芳則, 大森志郎, 長澤亮二, 田中小緒里, 荒波恒平, 中山寛, 原旅人, 熊谷幸浩, 斎藤和雄, 永戸久喜, 加藤輝之, 室井ちあし, 2004: 気象庁非静力学メソ数値予報モデルの開発と現業予報. 日本気象学会 2004 年度秋季大会講演予稿集, D370.
39. 益子涉, 2004: 2way3 重移動格子モデルを用いて再現された T0215 の中心構造, 日本気象学会 2004 年度春季大会講演予稿集, P166.
40. 村田昭彦, 上野充, 2004: 積雲対流が台風の壁雲の位置変化に与える影響. 日本気象学会 2004 年度秋季大会講演予稿集, C368.
41. 室井ちあし, 2004: 全球/領域統一非静力学モデルの開発. 日本気象学会 2004 年度秋季大会講演予

- 稿集, D363.
42. 室井ちあし, 吉崎正憲, 大泉三津夫, 加藤輝之, 永戸久喜, 林修吾, 斎藤和雄, 青梨和正, 小司貞教, 濑古弘, 川畑拓矢, 上野充, 村田昭彦, 益子渉, 村上正隆, 清野直子, 栗原和夫, 佐々木秀孝, 高藪出, 吉村裕正, 山田芳則, 藤田司, 石田純一, 後藤進, 中山寛, 原旅人, 田中小緒里, 荒波恒平, 大森志郎, 長澤亮二, 小泉耕, 西嶋信, 石川宜広, 本田有機, 佐藤芳昭, 金田幸恵, 若月泰孝, 橋本明弘, 安永数明, 山崎陽介, 野田彰, 青木孝, 松尾敬世, 水平解像度 5km 非静力学モデルによる領域温暖化予測実験 (1) 概要. 日本気象学会 2004 年度秋季大会講演予稿集, B170
 43. 安永数明, 加藤輝之, 若月泰孝, 佐々木秀孝, 橋本明弘, 室井ちあし, 金田幸恵, 栗原和夫, 佐藤康雄, 吉崎正憲, 2004: 高分解能非静力学モデルによる領域気候予測: スペクトル境界 (SBC) 法を導入した場合の長期積分時における性能評価. 日本気象学会 2004 年度春季大会講演予稿集, B405
 44. 安永数明, 室井ちあし, 若月泰孝, 加藤輝之, 橋本明弘, 栗原和夫, 金田幸恵, 吉崎正憲, 楠昌司, 大内和良, 水田亮, 吉村裕正, 野田彰, 2004: 水平解像度 5km 非静力学モデルによる領域温暖化予測実験 (3) 梅雨前線の降水の温暖化による変化. 日本気象学会 2004 年度秋季大会講演予稿集, B172
 45. 安永数明, 室井ちあし, 若月泰孝, 加藤輝之, 橋本明弘, 栗原和夫, 金田幸恵, 吉崎正憲, 楠昌司, 大内和良, 水田亮, 吉村裕正, 野田彰, 2004: 気象庁非静力学モデルによる領域気候予測: 温暖化時の梅雨前線に伴う降水特性の変化. 第 6 回非静力学モデルに関するワークショップ講演予稿集, 33-34
 46. 山崎陽介, 斎藤和雄, 2004: 広域/全球 NHM の開発 --気象庁全球解析からのネスト--. 日本気象学会 2004 年度春季大会講演予稿集, D408.
 47. 吉崎正憲, 室井ちあし, 金田幸恵, 若月泰孝, 安永数明, 橋本明弘, 加藤輝之, 栗原和夫, 野田彰, 楠昌司, 2004: 雲解像非静力学モデルによってシミュレートされた地球温暖化時の気候における梅雨前線の変化. 第 6 回非静力学モデルに関するワークショップ講演予稿集, 31-32
 48. 若月泰孝, 安永数明, 室井ちあし, 加藤輝之, 吉崎正憲, 橋本明弘, 金田幸恵, 栗原和夫, 佐々木秀孝, 2004: 高分解能非静力学モデルによる領域気候予測: JMA-NHM の長期積分実験の予測精度評価 (I). 日本気象学会 2004 年度春季大会講演予稿集, P105.
 49. 若月泰孝, 室井ちあし, 安永数明, 金田幸恵, 橋本明弘, 加藤輝之, 吉崎正憲, 栗原和夫, 2004: 水平解像度 5km 非静力学モデルによる領域温暖化予測実験 (2) 予測精度と豪雨頻度検証. 日本気象学会 2004 年度秋季大会講演予稿集, B171.
 50. 若月泰孝, 室井ちあし, 安永数明, 金田幸恵, 橋本明弘, 加藤輝之, 吉崎正憲, 栗原和夫, 2004: 非静力学モデルによる領域気候実験: 予測精度と豪雨頻度評価. 第 6 回非静力学モデルに関するワークショップ講演予稿集, 35-36.
 51. 青梨和正, 小司貞教, 藤井秀行, 小池俊雄, 村本健一郎, 柴田彰, 今岡啓治, 佐々木秀行, 2004: 若狭湾特別観測 (WAKASA2003) の固体降水の構造と雲物理量の特徴 (その 3). 日本気象学会 2004 年度春季大会講演予稿集, A301.
 52. 青梨和正, 柴田彰, 今岡啓治, 2004: 衛星搭載マイクロ波放射計 AMSRE 降水強度リトリーバルアルゴリズムの開発 (その 1). 日本気象学会 2004 年度春季大会講演予稿集, A305.
 53. 青梨和正, 濑戸心太, 2004: 衛星搭載マイクロ波放射計 AMSRE 降水強度リトリーバルアルゴリズムの開発 (その 2). 日本気象学会 2004 年度秋季大会講演予稿集, D361.
 54. 別所康太郎, 中澤哲夫, 北畠尚子, 森一正, 星野俊介, 2004: Baiu Hunter 2004 エアロゾンデ観測の概要. 日本気象学会 2004 年度秋季大会講演予稿集, P118.
 55. 本田有機, 小泉耕, 西嶋信, 2004: 非静力学変分法解析システム (JNoVA) 用の制御変数の設計と物理過程を含む接線形/随伴モデルの開発について. 第 6 回非静力学モデルに関するワークショップ講演予稿集, 57-58.
 56. 川畑拓矢, 黒田徹, 本田有機, 田宮久一郎, 青梨和正, 露木義, 小泉耕, 2004: 水蒸気を同化する非静力学 4 次元変分法データ同化システム-JNoVA 開発報告(第 3 報)-. 日本気象学会 2004 年度春季大会講演予稿集, P106.
 57. 川畑拓矢, 若月泰孝, 黒田徹, 本田有機, 田宮久一郎, 青梨和正, 斎藤和雄, 濑古弘, 露木義, 2004:

- 雲解像度非静力学4次元変分法データ同化システムの開発. 日本気象学会2004年度秋季大会講演予稿集, P381.
58. 川畑拓矢, 濑古弘, 黒田徹, 若月泰孝, 本田有機, 田宮久一郎, 青梨和正, 小司禎教, 斎藤和雄, 露木義, 2004: 雲解像度非静力学4次元変分法データ同化システムの開発. 第6回非静力学モデルに関するワークショップ講演予稿集, 69.
 59. 北畠尚子, 2004: 温帯低気圧化末期の台風0221号の構造(2). 日本気象学会2004年度春季大会講演予稿集, P366.
 60. 北畠尚子, 田中恵信, 2004: 移動速度の速い台風の中心位置と構造の対応. 日本気象学会2004年度秋季大会講演予稿集, C363.
 61. 國井勝, 濑古弘, 2004: ドップラーレーダーの動径風を用いた台風0221号の同化実験. 日本気象学会2004年度秋季大会講演予稿集, D374
 62. 森一正, 周兵, 別所康太郎, 星野俊介, 北畠尚子, 中澤哲夫, 田中恵信, 2004: Baiu Hunter 2004 ドップラーレーダー観測速報. 日本気象学会2004年度秋季大会講演予稿集, P119.
 63. 中澤哲夫, 北畠尚子, 森一正, 別所康太郎, 星野俊介, 周兵, 2004: Baiu Hunter 2004 の観測概要について. 日本気象学会2004年度秋季大会講演予稿集, P117.
 64. 西嶋信, 本田有機, 小泉耕, 2004: 非静力学モデル用3次元変分法による事例実験. 第6回非静力学モデルに関するワークショップ講演予稿集, 59-60.
 65. 斎藤和雄, 2004: NHM 時間積分における浮力の扱いと連続式における水蒸気拡散の考慮について. 日本気象学会2004年度春季大会講演予稿集, C103.
 66. 濑古弘, 笹岡雅宏, 露木義, 古本淳一, 2004: ウィンドプロファイラーで観測した屈折率の鉛直勾配の同化実験(その1). 日本気象学会2004年度秋季大会講演予稿集, P113.
 67. 濑古弘, 露木義, 西嶋信, 三好建正, 2004: JNoVA0(NHM-3DVarシステム)を用いたドップラーレーダー動径風の同化実験(その2). 日本気象学会2004年度秋季大会講演予稿集, D375.
 68. 小司禎教, 川畑拓矢, 青山雄一, 濑古弘, 津田敏隆, 2004: 富士山頂観測GPSダウンルッキングデータの四次元変分法による気象庁メソスケールモデルへの同化実験. 地球惑星科学関連学会合同大会講演予稿集, F070-008.
 69. 小司禎教, 川畑拓矢, 青山雄一, 津田敏隆, 2004: GPSダウンルッキング掩蔽法: Partial Bending Angle を用いた屈折率解析に対する大気の非一様性の影響. 日本気象学会2004年度秋季大会講演予稿集, D359.
 70. 柳野健, 2004: 1台のドップラーレーダーによる上層風の詳細解析の研究. 日本気象学会2004年度秋季大会講演予稿集, D217.
 71. 益子涉, 2004: 2way3重移動格子モデルを用いて再現されたT0215の中心構造. 日本気象学会2004年度春季大会講演予稿集, P166.
 72. 村田昭彦, 上野充, 2004: 積雲対流が台風の壁雲の位置変化に与える影響. 日本気象学会2004年度秋季大会講演予稿集, 290.
 73. 上野充, 2004: 台風移動に関わる指向流の一算出法. 日本気象学会2004年度秋季大会講演予稿集, C371.
 74. 和田章義, 2004: 非静力学モデルによる海洋混合層結合実験. 日本海洋学会2004年度秋季大会講演要旨集, 247.
 75. 梅本泰子, 手柴充博, 橋口浩之, 林修吾, 深尾昌一郎, 2004: 2004年8月1・2日に発生した四国豪雨の研究. 日本気象学会2004年度秋季大会講演予稿集, P108.
 76. Eito, H., K. Aonashi, 2005: Validation and improvement of snowfall forecast with cloud resolving model for microwave radiometer data assimilation. IPWG/ GPM/GRP Workshop on global microwave modeling and retrieval of snowfall, Madison, U.S.A.
 77. Eito, H., K. Aonashi, 2005: Potential and problems of cloud resolving model for improvement of microwave modeling and retrieval of snowfall. 5th Global Precipitation Measurement (GPM) International Planning Workshop, Tokyo, Japan.
 78. Kato, T., 2005: Problems in predicting heavy rainfall using a cloud-resolving model – impact of assimilating Aqua/AMSR-E data to 2004 Fukui heavy rainfall case, 2nd AOGS annual

- meeting 2005.
79. Saito, K., 2005: Limited Area Weather Prediction Modelling and Operational Use of NWP Products. *Proceedings of the Extended Report Abstracts, WMO/CAS Working Group Meeting on Tropical Meteorology Research*. 59-71.
 80. Yoshizaki, M., 2005: Field observations for mesoscale disturbances and an application of cloud-resolving non-hydrostatic models to a climate mode. The First International Symposium by the China, Korea and Japan Meteorological Societies.
 81. Yoshizaki, M., 2005: Simulations for forecast and climate modes using a non-hydrostatic cloud-resolving model. Workshop on High Resolution Atmospheric Simulations and Cooperative Output Data Analysis, held at Yokohama, Japan.
 82. Aonashi, K., H. Eito and G. Liu, 2005: Development of data assimilation method to incorporate microwave radiometer data into a cloud-resolving model. *Proceedings of the fourth WMO international symposium on assimilation of observations in Meteorology and Oceanography*, 2C1.
 83. Honda, Y., N. Nishijima, Y. Ohta, K. Koizumi, K. Tamiya, T. Kawabata, T. Kuroda, K. Aonashi and T. Tsuyuki, 2005: Development of a 4DVAR data assimilation system based on a nonhydrostatic model for operational use at JMA. *Proceedings of the 4th WMO international symposium on assimilation of observations in meteorology and oceanology*, 18-22 April 2005. Prague, Czech Republic.
 84. Kawabata, T., H. Seko, K. Tamiya, T. Kuroda, K. Saito, T. Tsuyuki, 2005: Assimilation Experiment for Nerima Heavy Rainfall using a Cloud Resolving Non-hydrostatic 4DVAR Assimilation System, Proceeding of Sixth International SRNWP-Workshop on Non-Hydrostatic Modelling, 82, 3.
 85. Saito, K., 2005: Short Range NWP Strategy of JMA and Research Activities at MRI. Proceedings IAMAS2005, B56.
 86. Saito, K., 2005: Short Range NWP Strategy of JMA and Research Activities at MRI. Proceedings IAMAS2005, B-56.
 87. Aonashi, K., H. Eito, G. Liu, 2005: Development of data assimilation method to incorporate microwave radiometer data into a cloud-resolving model. *Proceedings of the fourth WMO international symposium on assimilation of observations in Meteorology and Oceanography*, 2C1.
 88. 永戸久喜, 林修吾, 加藤輝之, 吉崎正憲, 2005: 冬季メソ対流系の構造とメカニズム解明における特別観測と雲解像数値実験の重要性. 日本気象学会 2005 年度春季大会講演予稿集, B255.
 89. 永戸久喜, 青梨和正, G. Liu, 2005: 衛星搭載マイクロ波放射計データ同化に向けた雲解像モデルの降水物質予測特性改善の検討. 日本気象学会 2005 年度秋季大会講演予稿集, A159.
 90. 大泉三津夫, 2005: 気象庁非静力学モデルへの陸面モデルの実装と予備実験. 日本気象学会 2005 年度秋季大会講演予稿集, D160.
 91. 加藤輝之, 2005: 梅雨前線帶での豪雨の発生・維持機構—梅雨ジェットの定義からメソ対流系内の積乱雲の動き—. 日本気象学会 2005 年度春季大会講演予稿集, B258.
 92. 加藤輝之, 吉崎正憲, 2005: 溫位エマグラムを用いた相当温位・CAPE の算出方法. 日本気象学会 2005 年度秋季大会講演予稿集, P186.
 93. 加藤輝之, 林修吾, 梅雨期における積乱雲の潜在的発達高度に関する統計的研究. 日本気象学会 2005 年度秋季大会講演予稿集, A104.
 94. 林修吾, 2005: 発雷の数値シミュレーションにより得られた日本海冬季雷の発現の有無をもたらす雲物理量の違い. 日本気象学会 2005 年度春季大会講演予稿集, C411
 95. 室井ちあし, 2005: 立方体型全球非静力学モデルの開発, 第 7 回非静力学モデルに関するワークシップ予稿集, 37-38.
 96. 吉崎正憲, 加藤輝之, 永戸久喜, 林修吾, 2005: 専門分科会「メソ対流系」研究の到達点とこれから—全体報告. 日本気象学会 2005 年度春季大会講演予稿集, B251.

97. 吉崎正憲, 2005: 雲活動の非断熱加熱分布に関する評価法—単純化された線型熱源応答問題. 日本気象学会 2005 年度春季大会講演予稿集, C404.
98. 吉崎正憲, 2005: 大規模気象観測とメソ気象. 日本気象学会 2005 年度秋季大会シンポジウム「大規模観測プロジェクトは気象学に何をもたらすか」.
99. 青梨和正, 永戸久喜, 2005: 衛星搭載マイクロ波放射計データの非静力雲解像モデルへの同化法の開発（その 2）. 日本気象学会 2005 年度春季大会講演予稿集, C257.
100. 青梨和正, 2005: 衛星搭載マイクロ波放射計 AMSRE 降水強度リトリーバルアルゴリズムの開発（その 3）. 日本気象学会 2005 年度春季大会講演予稿集, C454.
101. 青梨和正, 永戸久喜, 2005: 衛星搭載マイクロ波放射計データの非静力雲解像モデルへの同化法の開発（その 3）. 日本気象学会 2005 年度秋季大会講演予稿集, D163.
102. 青梨和正, 2005: 衛星搭載マイクロ波放射計 AMSRE 降水強度リトリーバルアルゴリズムの開発（その 4）. 日本気象学会 2005 年度秋季大会講演予稿集, C359.
103. 別所康太郎, 中澤哲夫, 北畠尚子, 楠 研一, 星野俊介, 鈴木教雄, 穂積弘毅, 牧緑, 2005 : Baiu Hunter 2005 における無人機による気象観測, 日本気象学会 2005 年度秋季大会講演予稿集, P170.
104. 本田 有機, 2005: 非静力学 4 次元変分法解析システム(JNoVA-4DV)のための雲物理過程の開発. 第 7 回非静力学モデルに関するワークショップ予稿集, 9-10.
105. 本田 有機, 小泉 耕, 2005: -JNoVA 開発報告(第 3 報)- 非静力学 4 次元変分法解析システムによる地上降水データ同化実験. 日本気象学会 2005 年度秋季大会講演予稿集, P387.
106. 本田 有機, 西嶋 信, 小泉 耕, 太田 行哉, 2005: -JNoVA 開発報告(第 4 報)-2004 年福井豪雨の事例にみる解析システムの違いが予報に与える影響について. 日本気象学会 2005 年度秋季大会講演予稿集, D161.
107. 川畑拓矢, 瀬古弘, 黒田徹, 田宮久一郎, 斎藤和雄, 露木義, 2005: 雲解像度 NHM-4DVAR を用いたデータ同化実験. 日本気象学会 2005 年度春季大会講演予稿集, P145.
108. 川畑拓矢, 瀬古弘, 田宮久一郎, 黒田徹, 斎藤和雄, 露木義, 2005: 雲解像度 NHM-4DVAR を用いた練馬豪雨事例に関するデータ同化実験. 日本気象学会 2005 年度秋季大会講演予稿集, P26.
109. 川畑拓矢, 瀬古弘, 田宮久一郎, 黒田徹, 斎藤和雄, 露木義, 2005: 雲解像度 NHM-4DVAR を用いた練馬豪雨事例に関するデータ同化実験. 第 7 回非静力学モデルに関するワークショップ講演予稿集, P7.
110. 黒田徹, 川畑拓矢, 若月泰孝, 2005: 高解像度メソスケール非静力学モデルの誤差相関. 日本気象学会 2005 年度秋季大会講演予稿集, P479.
111. 瀬古弘, 國井勝, 小司禎教, 斎藤和雄, 2005: ドップラーレーダー動径風や GPS 可降水量を用いた豪雨や短時間強雨をもたらした降水系の同化実験（その 1）. 日本気象学会 2005 年度春季大会講演予稿集, P275.
112. 瀬古弘, 熊原義正, 斎藤和雄, 2005: 大阪湾付近から発生する線状降水帯の発達とその環境. 第 7 回非静力学モデルに関するワークショップ予稿集, 15-16.
113. 瀬古弘, 小司禎教, 斎藤和雄, 國井勝, 笹岡雅弘, 古本淳一, 青山雄一, 2005 : 豪雨や短時間強雨をもたらした降水系の同化実験（その 2）. 日本気象学会 2005 年度秋季大会講演予稿集, P381.
114. 瀬古弘, 熊原義正, 斎藤和雄, 2005: 大阪湾付近から発生する線状降水帯の発達とその環境. 第 7 回非静力学モデルに関するワークショップ予稿集, 15-16.
115. 小司禎教, 國井勝, 小泉耕, 川畑拓矢, 瀬古弘, 2005 : 2004 年 6 月 30 日, 静岡で発生した豪雨の GPS データ同化, 予測実験. 日本気象学会 2005 年度春季大会講演予稿集, C256.
116. 小司禎教, 2005 : GPS 準リアルタイム解析実験. 日本気象学会 2005 年度秋季大会講演予稿集, P161.
117. 小司禎教, 2005 : GPS による大気計測と天気予報への利用. 湿度, 水分計測, センサ研究会 20 周年記念ワークショップ要旨集, P27-40.
118. 武田重夫, 2005: Hill の球形渦類似の流れパターンによるシンプルな対流モデルの検討（その 3 : 水蒸気の層変化による効果の検討）. 日本気象学会 2005 年度秋季大会講演予稿集, P120.
119. 田宮久一郎, 2005: 変分法データ同化におけるペナルティ項の形と収束の速さ(続). 日本気象学会

- 2005 年度秋季大会講演予稿集, D162.
120. 柳野健, 2005: 単一ドップラーレーダーによる風の場の詳細復元解析. 日本気象学会 2005 年度春季大会講演予稿集, D411.
 121. 柳野健, 2005: 単一ドップラー新解析法によるデュアル未解析域への拡張. 日本気象学会 2005 年度秋季大会講演予稿集, C357.
 122. 益子涉, 2005 : 超高解像度非静力学モデルによって再現された T0418 号. T0422 号のコア構造. 日本気象学会 2005 年度春季大会講演予稿集, A465.
 123. 村田昭彦, 益子涉, 2005: 2004 年台風 16 号の急発達. 日本気象学会 2005 年度春季大会講演予稿集, A456.
 124. 青梨和正, 永戸久喜, 2005: 衛星搭載マイクロ波放射計データの非静力雲解像モデルへの同化法の開発 (その 2) . 日本気象学会 2005 年度春季大会講演予稿集, C257.
 125. 斎藤和雄, 経田正幸, 山口宗彦, 2005: 平成 16 年新潟, 福井豪雨のメソアンサンブル予報実験 (序報) . 日本気象学会 2005 年度春季大会講演予稿集, P175.
 126. 和田 章義, 益子 渉, 2005: 非静力学モデルによる台風 0410 号の海洋混合層結合実験. 日本気象学会 2005 年度秋季大会講演予稿集, 483.
 127. 大閑 誠, 國井 勝, 2005: 気象庁非静力学モデルに対する特異ベクトルの計算 (序報) . 日本気象学会 2005 年度秋季大会講演予稿集, P188.
 128. 青梨和正, 永戸久喜, 2005: 衛星搭載マイクロ波放射計データの非静力雲解像モデルへの同化法の開発 (その 3) . 日本気象学会 2005 年度秋季大会講演予稿集, D163.
 129. 斎藤和雄, 経田正幸, 山口宗彦, 2005: メソモデルによる全球アンサンブル予報ダウンスケール実験. 日本気象学会 2005 年度秋季大会講演予稿集, D158.
 130. 斎藤和雄, 経田正幸, 山口宗彦, 2005: 全球アンサンブル予報メソモデルダウンスケール実験. 第 7 回非静力学モデルに関するワークショップ予稿集, 23-24.
 131. 國井勝, 2005: 4 次元変分法による台風初期値化法の改善 (序報) . 日本気象学会 2005 年度秋季大会講演予稿集, A358.
 132. 高野洋雄, 村田明彦, 益子涉, 2005: 台風域内の波浪による粗度変化について. 日本海洋学会 2005 年度秋季大会講演要旨集, 210.
 133. Aonashi, K., H. Eito, 2006: Development of data assimilation method to incorporate microwave radiometer data into a cloud-resolving model. Proceeding of the international workshop on high resolution & cloud modeling : Fusion of satellite observations and high-resolution modeling, 18.
 134. Eito, H., K. Aonashi, 2006: Resolution dependence of hydrometeor structures generated by cloud resolving model. Proceeding of The international workshop on high resolution & cloud modeling : Fusion of satellite observations and high-resolution modeling, 19.
 135. Hayashi, S., 2006: Numerical Simulation of Electrical Space Charge Density and Lightning by Using a 3-dimensional Cloud-resolving Model. 5th International Conference on Mesoscale MEterology and Typhoon, Boulder, USA, 31 October - 3 December 2006.
 136. Kato, T., Prediction of heavy rainfall by a cloud-resolving nonhydrostatic model: Roles of low-level humid air and middle-level dry air, The First International Symposium by the China, Korea and Japan Meteorological Societies.
 137. Kato, T., 2006: Cloud top heights of cumulonimbi thermodynamically estimated from objective analysis data during the Baiu season, 5th International Conference on Mesoscale Meteorology and Typhoon, Boulder, USA, 31 October - 3 December 2006.
 138. Aonashi, K., 2006: Development of Passive Microwave Precipitation Retrieval Algorithms for AMSR/AMSRE. Proceedings of the third International Precipitation Working Group.
 139. Honda, Y. and K. Koizumi, 2006: The impact of the assimilation of precipitation data and Radar reflectivity with a pre-operational 4DVAR optimized for the JMA nonhydrostatic model. 10th Symposium on Integrated Observing and Assimilation Systems for the Atmosphere, Oceans, and Land

- Surface. Atlanta, GA.
140. Kawabata T., H. Seko, T. Kuroda, K. Tamiya, K. Saito, and T. Tsuyuki, 2006: Assimilation Experiment of the Heavy Rainfall Event with a Cloud Resolving Nonhydrostatic 4 Dimensional Variational Data Assimilation System, EGU General Assembly Scientific programme, P155.
 141. Kawabata, K., H. Seko, T. Kuroda, K. Tamiya, K. Saito, T. Tsuyuki, 2006: Assimilation Experiment of the Heavy Convective Rainfall Event with a Cloud Resolving Nonhydrostatic 4 Dimensional Variational Data Assimilation System, ICMCS-V, Boulder 31 Oct. 2006.
 142. Saito, K., 2006: The JMA Nonhydrostatic Model - application to multi-scale researches and the operational NWP. KAGI21 International Workshop on Regional Models for the Prediction of Tropical Weather and Climate. KAGI21 Workshop. (1-3, March, Bundong).
 143. Seko, H., Y., Shoji., Y., Aoyama, J. Furumoto, 2006: Data Assimilation Experiments Using Refractivity Data of CHAMP and WINDAS, ICMCS-V, Boulder 31 Oct. 2006.
 144. Seko, H., Y., Shoji., Y., Aoyama, F. Fujibe, 2006: Evolution and Airflow Structure of Nerima Heavy Rainfall, ICMCS-V, Boulder 31 Oct. 2006.
 145. Seko, H., Y., Kumahara., K., Saito, 2006: Line-shaped Convective Band Developed Over the Osaka Plain, ICMCS-V, Boulder America 31 Oct. 2006.
 146. Shoji, Y., 2006: Symposium on Scientific Applications of GPS in Active Geosphere Investigation. (Oct. 13-14, 2006)
 147. Shoji, Y., 2006: First Formosat-3/COSMIC Data User Workshop (Oct. 16-18.2006)
 148. Shoji, Y., 2006: FORMOSAT-3/COSMIC Workshop 2006 -Early Results and IOP Campaign. (Nov. 28-Dec. 1)
 149. Kato, T., 2006: Cloud top heights of cumulonimbi thermodynamically estimated from objective analysis data during the Baiu season. 5th International Conference on Mesoscale MEteorology and Typhoon, Boulder, USA, 31 October - 3 December 2006.
 150. Kohno, N., A. Murata, W. Mashiko, 2006: The impact of roughness changes by sea state under typhoon field. Proceeding of 9th Int. Workshop on Wave Hindcasting and Forecasting, C2, 1-8. (CDROM)
 151. Mashiko, W, 2006: A CLOUD-RESOLVING SIMULATION OF TYPHOON RUSA (2002) : POLYGONAL EYEWALL AND MESOVORTICES STRUCTURE. Preprints, 27th Conference of Hurricanes and Tropical Meteorology, Amer. Meteor. Soc., P4.16.
 152. Saito, K., M. Kyouda, M. Yamaguchi, 2006: Downscale ensemble experiments of a heavy rain event with the JMA nonhydrostatic mesoscale model. Proceedings AOGS2006, 46.
 153. Saito, K., H. Seko, M. Hara, M. Yamaguchi and M. Kyouda, 2006: Mesoscale ensemble prediction approaches for high impact weather phenomena. Proceedings, Second Korea-Japan-China Joint Conference on Meteorology, 84.
 154. 永戸久喜, 加藤輝之, 2006 : 大雪となった 2005 年 12 月の新潟県における降雪特性と総観場の特徴. 日本気象学会 2006 年春季大会講演予稿集, C201.
 155. 永戸久喜, 青梨和正, 2006 : 雲解像モデルの降水物質予測特性の水平解像度依存性について. 日本気象学会 2006 年秋季大会講演予稿集, P133.
 156. 大泉三津夫, 2006: JMANHM 新陸面モデルによる関東平野の積雪再現実験. 日本気象学会 2006 年度春季大会講演予稿集, B404.
 157. 大泉三津夫, 2006: JMANHM による関東平野の積雪再現実験での過少積雪について.日本気象学会 2006 年度秋季大会講演予稿集, D303.
 158. 金田幸恵, 室井ちあし, 橋本明弘, 若月泰孝, 加藤輝之, 吉崎正憲, 野田彰, 2006: 水平解像度 1km 非静力学モデルによる領域温暖化予測実験 (2) 事例解析 : 九州南西海上で合流する降水システム. 日本気象学会 2006 年春季大会講演予稿集, A407.
 159. 金田幸恵, 室井ちあし, 若月泰孝, 加藤輝之, 橋本明弘, 中村誠臣, 野田彰, 2006: 水平解像度 1km 非静力学モデルによる領域温暖化予測実験 5km 実験と 1km 実験の比較. 日本気象学会

- 2006 年秋季大会講演予稿集, C160.
160. 斎藤和雄, 2006: 気象庁メソモデル技術開発計画と研究コミュニティへの期待. 第 2 回気象庁数值モデル研究会. (5 月 20 日, 気象庁講堂)
 161. 橋本明弘, 村上正隆, 金田幸恵, 室井ちあし, 若月泰孝, 加藤輝之, 吉崎正憲, 野田彰, 2006: 水平解像度 1km 非静力学モデルによる領域温暖化予測実験 (3) 水平解像度 5km との比較. 日本気象学会 2006 年度春季大会講演予稿集, A408.
 162. 橋本明弘, 村上正隆, 林修吾, 加藤輝之, 2006: 矢木沢ダム風上領域の降雪雲 に関する雲解像モデル結果を用いた統計解析. 日本気象学会 2006 年度秋季大会講演予稿集, C154.
 163. 林修吾, 加藤輝之, 2006: 発雷観測数と数値シミュレーションにおける雲物理量の統計的比較 (2005/06 冬). 日本気象学会 2006 年度春季大会講演予稿集, C203.
 164. 林修吾, 加藤輝之, 2006: 冬季の落雷極性比率と 1km-NHM における雲の統計特徴の比較(2005/06 冬). 日本気象学会 2006 年度秋季大会講演予稿集, C162.
 165. 室井ちあし, 金田幸恵, 橋本明弘, 若月泰孝, 林修吾, 永戸久喜, 加藤輝之, 吉崎正憲, 野田彰, 2006, 水平解像度 1km 非静力学モデルによる領域温暖化予測 実験 (1) 概要. 日本気象学会 2006 年度春季大会講演予稿集, A406.
 166. 吉崎正憲, 林修吾, 清野直子, 2006: 凸凹のある地表面を持つ雲解像非静力学モデルの開発. 日本気象学会 2006 年春季大会講演予稿集, B312.
 167. 若月泰孝, 室井ちあし, 金田幸恵, 橋本明弘, 加藤輝之, 中村誠臣, 2006: 非 静力学モデルによる 領域気候実験における豪雨の再現性. 日本気象学会 2006 年度秋季大会講演予稿集, C159.
 168. 青梨和正, 永戸久喜, 2006: 衛星搭載マイクロ波放射計データの非静力雲解像モデルへの同化法 の開発 (その 4) . 日本気象学会 2005 年度春季大会講演予稿集, D306.
 169. 青梨和正, 2006: 衛星搭載マイクロ波放射計 AMSRE 降水強度リトリーバルアルゴリズムの開発 (その 5). 日本気象学会 2006 年度秋季大会講演予稿集, P125.
 170. 青梨和正, 永戸久喜, 2006: 衛星搭載マイクロ波放射計データの非静力雲解像モデルへの同化法 の開発 (その 5) . 日本気象学会 2006 年度秋季大会講演予稿集, P328.
 171. 古本浩一, 小司禎教, 瀬古弘, 2006 : GPS 可降水量を用いた実況監視ツールの開発, 日本気象学会 2006 年度春季大会講演予稿集, P356.
 172. 古本淳一, 津田敏隆, 瀬古弘, 斎藤和雄, 2006 : GPS 掩蔽およびウインドプロファイラーを用いて 水蒸気推定を行う 1 次元変分法手法. 日本気象学会 2006 年度秋季大会講演予稿集, P325.
 173. 井村真吾, 古本淳一, 瀬古弘, 津田敏隆, 露木義, 斎藤和雄, 2006: 一次元変分法を用いた大気レーダーによる水蒸気プロファイルの推定. 日本気象学会 2006 年度春季大会講演予稿集, D202.
 174. 川畠拓矢, 瀬古弘, 田宮久一郎, 黒田徹, 斎藤和雄, 露木義, 2006: 雲解像度非静力学 4 次元変分法 データ同化システムを用いた練馬豪雨事例に関するデータ同化実験. 第 3 回天気予報研究会(予 定) .
 175. 川畠拓矢, 黒田徹, 2006: 4 次元変分法を用いたレーダー反射強度データ同化スキームの開発. 日本気象学会 2006 年度春季大会講演予稿集, P484.
 176. 川畠拓矢, 黒田徹, 2006: NHM-4DVAR を用いたレーダー反射強度データ同化実験. 日本気象学 会 2006 年度秋季大会講演予稿集, P168.
 177. 斎藤和雄, 2006: 気象予報におけるモデリングの現状と課題. 第 1 回横幹連合総合シンポジウム要 旨集, 121-124.
 178. 瀬古弘 斎藤和雄 小司禎教 国井勝 中沢哲夫 青山雄一 2006 : 豪雨や短時間強雨をもたら した降水系の同化実験 (その 3). 日本気象学会 2006 年度春季大会講演予稿集, P147.
 179. 瀬古弘, 斎藤和雄, 小司禎教, 古本淳一, 笹岡雅宏, 青山雄一, 2006 : CHAMP やウインドプロフ ァイラーの屈折率データから推定した水蒸気プロファイル. 日本気象学会 2006 年度春季大会 講演予稿集, P309.
 180. 瀬古弘, 別所康太郎, 中沢哲夫, 国井勝, 斎藤和雄, 2006: エアロゾンデの同化実験, 日本気象学会 2006 年度秋季大会講演予稿集, P329.
 181. 瀬古弘, 熊原義正, 斎藤和雄, 2006 : 2003 年 4 月 8 日に大阪湾付近で組織化された線状降水帶 - 移動や衰弱と環境との関係-. 日本気象学会 2006 年度秋季大会講演予稿集, P34.

182. 小司禎教, 濑古弘, 2006 : GPS 掩蔽法 : 屈折率プロファイルの MSM との比較検証. 日本気象学会 2006 年度春季大会講演予稿集, P410.
183. 小司禎教, 國井, 2006:地上GPS準リアルタイム解析の改良とデータ同化実験. 日本気象学会 2006 年度春季大会講演予稿集, D304
184. 小司禎教, 濑古弘, 津田敏隆, 2006 : Non-local 観測演算子による GPS 掩蔽データ同化システムの開発. 日本気象学会 2006 年度秋季大会講演予稿集, P130
185. 小司禎教, 濑古弘, 津田敏隆, 2006 : Non-local 観測演算子による GPS 掩蔽データ同化システムの観測. 日本気象学会 2006 年度秋季大会講演予稿集, P130
186. 武田重夫, 2006: Hill の球形渦類似の流れパターンによるシンプルな対流モデルの検討 (その 4 : 安定度, 安定成層中での議論) . 日本気象学会 2006 年度秋季大会講演予稿集, P134.
187. 若月泰孝, 川畠拓矢, 楠研一, 濑古弘, 黒田徹, 田宮久一郎, 中澤哲夫, 斎藤和雄, 2006: NHM-4DVAR による梅雨前線帯の降水システムのデータ同化実験. 日本気象学会 2006 年度春季大会講演予稿集, P457.
188. 柳野健, 2006: フーリエ漸近解法によるドップラー解析と VAD 上層風解析. 日本気象学会 2006 年度春季大会講演予稿集, D205.
189. 柳野健, 2006: ドップラーレーダーの風復元に関する理論解析と応用解析. 日本気象学会 2006 年度秋季大会講演予稿集, D165.
190. 村田昭彦, 2006 : 高解像度モデルにおける積雲対流パラメタリゼーションの必要性.日本気象学会 2006 年春季大会講演予稿集, P455.
191. 加藤輝之, 中島幸久, 2006: 2004 年 8 月 7 日に東日本に熱雷をもたらした上層高渦位 (寒冷) 渦について - 夏期に熱雷をもたらす要因の統計的研究を踏まえて -. 日本気象学会 2006 年春季大会講演予稿集, C108.
192. 加藤輝之, 2006: 冬季日本海における積乱雲の潜在的発達高度に関する統計的研究. 日本気象学会 2006 年春季大会講演予稿集, C202.
193. 加藤輝之, 林修吾, 2006 : 雲解像モデルが予想した雲頂高度から見た 2005 年 12 月の豪雪 - 積乱雲の潜在的発達高度との整合性について -. 日本気象学会 2006 年秋季大会講演予稿集, A105.
194. 加藤輝之, 2006: 梅雨期における積乱雲の潜在的発達高度に関する統計的研究 その 2 : 上層と中層のピークを決定する要因. 日本気象学会 2006 年秋季大会講演予稿集, C202.
195. 茂木耕作, 篠田太郎, 清水慎吾, 前田伸一郎, 民田晴也, 坪木和久, 上田博, 加藤輝之, 2006: 2004 年 6 月 27 日に東シナ海上で観測された三本の前線の構造と その前線に伴う雲域の移動. 日本気象学会 2006 年春季大会講演予稿集, C102.
196. 梶原祐介, 金井秀元, 新野宏, 加藤輝之, 2006: 冬季日本海で発生したポーラーロウのライフサイクルと内部構造. 日本気象学会 2006 年春季大会講演予稿集, P253.
197. 永戸久喜, 加藤輝之, 2006 : 大雪となった 2005 年 12 月の新潟県における降雪特性と総観場の特徴. 日本気象学会 2006 年春季大会講演予稿集, C201.
198. 和田章義, 2006: 海洋混合層過程と水晶発生過程が台風強度に与える影響 - 非静力学台風海洋混合層結合モデルによる台風 10 号(2004)の数値実験-. 日本気象学会 2006 年度春季大会講演予稿集, P357.
199. 和田章義, 2006: 表層海洋変動が台風に与える影響 - 研究の現状と将来展望: 東京大学海洋研究所国際沿岸海洋研究センター研究集会 台風の力学: 何が理解されていないのか. 15-17.
200. 和田章義, 新野宏, 中野英之, 2006: 海洋大循環モデルを用いた海洋混合層モデルの台風域におけるエントレインメント率算出法の検討. 日本海洋学会 2006 年度秋季大会講演要旨集, P119.
201. 國井勝, 2006: 热帶域における台風初期値作成のための領域解析.日本気象学会 2006 年度春季大会講演予稿集, D303.
202. 高野洋雄, 村田昭彦, 益子涉, 2006: 波浪による海面粗度変化の台風発達への影響.日本気象学会 2006 年度春季大会講演予稿集, P249.
203. 高野洋雄, 2006: 海面状態 (波浪) の台風強度に対する影響の可能性. 東京大学海洋研究所国際沿岸海洋研究センター研究集会講演要旨集, 23-25.
204. 高野洋雄, 村田明彦, 2006: 波浪による海面粗度変化の台風発達への影響 (2) .日本気象学会 2006

- 年度秋季大会講演予稿集, P159.
205. 益子渉, 2006 : 高解像度非静力学モデルによる T0422 号の微細構造の再現性. 日本気象学会 2006 年春季大会講演予稿集, P355.
 206. 上野充, 2006 : 鉛直シアーにより生成される台風コア域内降水非対称の大きさについて. 日本気象学会 2006 年秋季大会講演予稿集, C303.
 207. 斎藤和雄, 経田正幸, 山口宗彦, 2006: メソモデルによるダウンスケールアンサンブル予報実験 (その 3 境界条件の影響の内部への伝播) . 日本気象学会 2006 年度春季大会講演予稿集, D301.
 208. 國井勝, 大関誠, 本田有機, 2006: 気象庁非静力学モデルに対する特異ベクトルの計算 (第 2 報) . 日本気象学会 2006 年度春季大会講演予稿集, D302.
 209. 斎藤和雄, 2006: 気象庁非静力学モデルメソアンサンブル予報実験 (その 4 BGM 法 序報) . 日本気象学会 2006 年度秋季大会講演予稿集, A207.
 210. 國井勝, 大関誠, 本田有機, 2006: 気象庁非静力学モデルに対する特異ベクトルの計算 (第 3 報) . 日本気象学会 2006 年度秋季大会講演予稿集, P131.
 211. 原昌弘, 斎藤和雄, 山口宗彦, 2006: 全球特異ベクトルを用いた NHM によるダウンスケール予報実験 (序報) . 日本気象学会 2006 年度秋季大会講演予稿集, P331.
 212. 永戸久喜, 青梨和正, 2006: 雲解像モデルの降水物質予測特性の水平解像度依存性について. 第 8 回非静力学モデルに関するワークショップ予稿集, 10-11.
 213. 加藤輝之, 2006: 雲解像モデルが予想した雲頂高度と積乱雲の潜在的発達高度との整合性について –2005 年 12 月の豪雪を例として–. 第 8 回非静力学モデルに関するワークショップ予稿集, 8-9.
 214. 川畑拓矢, 黒田徹, 2006: NHM-4DVAR を用いたレーダー反射強度データ同化実験. 第 8 回非静力学モデルに関するワークショップ予稿集, 15-16.
 215. 斎藤和雄, 濑古弘, 原旅人, 経田正幸, 山口宗彦, 2006: WWRP 北京 2008 予報実証/研究開発プロジェクト予備実験. 第 8 回非静力学モデルに関するワークショップ予稿集, 21-22.
 216. 橋本明弘, 村上正隆, 林修吾, 加藤輝之, 2006: 非静力学モデルを用いた人工降雪実験. 第 8 回非静力学モデルに関するワークショップ予稿集, 12-13.
 217. 本田有機, 2006: 非静力学メソ 4 次元変分法のサイクル実験報告. 第 8 回非静力学モデルに関するワークショップ予稿集, 14.
 218. 益子渉, 2006: T0422 号の通過に伴い関東南部で生じた強風のメカニズム. 第 8 回非静力学モデルに関するワークショップ予稿集, 25-26.
 219. 村田昭彦, 2006 : 雲解像モデルによる積雲のデトレインメントの解析, 第 8 回 非静力学モデルに関するワークショップ講演予稿集, 6-7.

季節予測システムの構築と経年変動機構・予測可能性の研究

研究期間： 平成16年度～平成18年度

研究代表者： 鬼頭昭雄（気候研究部 第一研究室長）

課題構成及び担当者

(1) エルニーニョ予測システムの構築に関する研究

安田珠幾、吉村 純¹⁾、吉村裕正²⁾、稻葉守生、小寺邦彦³⁾、仲江川敏之⁴⁾、尾瀬智昭⁴⁾（気候研究部）、蒲地政文、石崎士郎¹⁾、松本 聰²⁾（海洋研究部）

(2) 陸面及び海洋表層モデルの改良に関する研究

保坂征宏、仲江川敏之、足立恭将（気候研究部）、石崎 廣、石川一郎³⁾（海洋研究部）

(3) 大気・海洋・陸面過程の経年変動機構解明と季節予報可能性に関する研究

山崎信雄³⁾、千葉 長⁴⁾、石原幸司⁴⁾、鬼頭昭雄、保坂征宏、足立恭将、坂見智法、仲江川敏之、釜堀弘隆³⁾、高橋清利（気候研究部）、石崎 廣、石川一郎³⁾、本井達夫⁴⁾（海洋研究部）

研究の目的

季節予報及びエルニーニョ予測技術の改善を目指して、エルニーニョ予測システムの構築を行い、かつ季節内から年々の時間スケールでの変動機構、陸面過程と海洋表層過程の科学的知見と技術基盤を充実させることを目的とする。そのために統一大気海洋結合モデル（大気TL95+海洋1度）とデータ同化システム（MOVE-MRI.COM-G）で構成されるエルニーニョ予測システムを構築し、現行システムを越える予測成績を出すことを目標とする。また、全球結合モデル及び大気又は海洋単体のモデルを用いた数値実験や各種同化実験、さらに長期再解析データを用いて、地球規模やアジアモンスーンに伴うエネルギー・水循環の変動特性の理解、実態把握、季節予測可能性の評価を行い、予測技術改善に資する。

研究の概要

統一全球大気海洋結合モデルとデータ同化システムで構成されるエルニーニョ予測システムを構築する。同モデルの改良のために、陸面モデルや海洋表層モデルならびに大気海洋フラックス交換過程モデルリングの改良を行う。陸面モデル開発では耕作地・水田・河川流路網の導入など水資源研究への応用を配慮して行う。

これらのモデルを用いて季節予報の予測可能性の評価を行う。既存の海洋データ同化システムを用いた過去の同化実験を行う。その結果得られる四次元のデータセットにより作成した初期値を結合モデルでの予測実験に用いて、その結果から同化システムと初期値の改良を行う。

長期再解析、全球土壤水分実験を行い、これらの結果と北太平洋渦解像実験さらに統一全球大気海洋結合モデルによるエルニーニョ予測・季節予測実験結果の比較・検証を通して、近年の冷夏・暑夏等の異常気象や世界各地の異常少雨・豪雨の再現性を調べる。また大気・海洋・陸面過程の経年変動再現におけるモデルの問題点、季節予測可能性とその限界を明らかにする。

研究成果

大気・海洋モデル及び海洋データ同化システムの改良を行い、これらで構成されるエルニーニョ予測システムを構築した。海洋データ同化システムを用いた海洋再解析データの国際比較により、水温場と同時に塩分場の再現性が非常に優れていることが示された。この予測システムを使用したエルニーニョ予測実験において、熱帯域における3季節先までの海面水温予測に関して、気象庁現業エルニーニョ予測システムを上回る予測成績が達成された。また、再解析プロジェクトJRA-25と引き続くJCDASによる観

¹⁾ 平成16年度、²⁾ 平成17～18年度、³⁾ 平成16～17年度、⁴⁾ 平成18年度

測データが整備され、エルニーニョ予測システム初期値作成に導入されたほか、経年変動機構解明研究に利用できるようになった。また、海洋再解析データは今後の気候予測研究の基礎となるものであり、これを作成・配布できた意義は大きい。さらにはモデル数値実験結果の解析による予測可能性向上につながる成果が種々得られた。

本研究課題におけるエルニーニョ予測システムの開発は、モデル技術開発推進本部のモデル開発計画に基づいたプロジェクトであり、同システムは、平成19年度に気象庁地球環境・海洋部において次期エルニーニョ予測システムとして現業化される予定である。

観測データの不足からこれまで十分明らかではなかった西部太平洋熱帯域の海面水温変動を決める要因を、海洋モデルの解析から明らかにした。日本の季節予報に重要となる西部赤道太平洋において気象庁現業システムを大きく上回る成績が達成されたため、中緯度域の季節予報を対象とした気象庁次期季節予報システムのプロトタイプとして改良が継続される予定である。

再解析データは今後多くの研究者によって異常気象、気候変動の解析に使われるとともに、各種の予測実験、季節予報モデルの検証などに使われ、その有効性と利用の拡大が進むことが期待される。また海洋再解析データは、米国大気科学研究所(NCAR)・マックスプランク研究所(MPI)などに提供が予定されており、従来からの再解析データと並び、今後世界中で利用拡大が進むと見込まれる。

今後に残された問題点

国内外では、海面フラックス修正を行わない季節予報システムの開発・実験を進めている機関がある。現時点では大気海洋結合モデルの精度が十分ではないため、海面フラックス修正を行う利点の方が大きい。ただし、将来的に予測精度をさらに向上させるには、海面フラックス修正を行わない大気海洋結合モデルを開発し、それを使用した季節予報システムの開発を行うことが今後必要である。

防災・水資源の観点から、気候・大気モデルと直結した河川流量等の予測の需要は高まる予想され、その枠組みを作ったことは大きい一步と考えるが、その季節予報精度の向上を含め、今後の精緻化が求められる。

成果の活用に対する意見（事後評価の総合所見）

大気海洋結合モデルの開発は、季節予報のみならず短期から気候にいたる各分野の予測や解析に重要な課題である。

モデル技術開発推進本部の計画に沿って、融合型経常研究として関連研究部の連携のもと、気象庁の次期エルニーニョ予測システムを開発し、現行のエルニーニョ予測システムを上回る予測成績を達成した。このシステムは平成19年度に現業化される予定であり、当初の目標を達成したことは高く評価する。

成果については十分な数の査読論文として発表されている。引き続き、確立した再解析データや統一全球大気海洋結合モデルと海洋データ同化システムによって、地球規模やアジアモンスーンに伴うエネルギー・水循環の変動特性を明らかにし、季節予測可能性についての成果を論文として発表することを期待する。開発した予測モデルにおいて、西太平洋でも大幅な予測精度向上を達成できたことは、今後の季節予報の精度向上への展望を開くものである。フラックス修正を行わない大気海洋結合モデルを開発し、そのモデルによる季節予報システムの開発を行う等、本研究の高度化を期待する。

また、河川流量の予測可能性が高いことを示したことと今後の展開ができる成果として評価する。今後の研究には、本府等と連携し、その利用の可能性も含めた目標設定を行うことを望む。

成果発表状況

- ・印刷発表件数 37 件
- ・口頭発表件数 88 件

(1) エルニーニョ予測システムの構築に関する研究

研究の目的

統一全球大気海洋結合モデルとデータ同化システムで構成されるエルニーニョ予測システムを構築する。

研究の概要

- ・統一全球大気海洋結合モデルの改良を行い、エルニーニョ予測システムを開発する。
- ・海洋データ再解析実験を行い、予測実験の初期値を改良する。また、同化結果の解析・検証を行う。
- ・エルニーニョ予測システムを用いたアンサンブル季節予測実験とその解析を行う。

研究成果

- ・エルニーニョ予測実験のための大気海洋結合モデルを構築した。またモデル改良も行った。
- ・気象庁統一大気モデル TL95L40 における積雲対流スキームの調節や新放射・層積雲スキームの導入により赤道域の降水分布や海面熱フラックスの再現性が向上し、また部分積雪の導入により積雪初期・融雪期の表現が改善した。
- ・気象研究所共用海洋モデル（水平解像度 1 度）へのノード・キム混合層スキームの導入、短波放射透過の調節および鉛直混合過程の改良により、赤道域の水温躍層の再現性が向上した。
- ・海洋データ同化システムにおいて、水温塩分結合 EOF モードの海域分けの細分化及び太平洋熱帯域での評価関数構築における水平相関スケールの変更により、熱帯太平洋での南赤道海流と南太平洋回帰線水の分布が改善された。気象庁で作成された大気再解析データ(JRA-25)を用いて全球海洋再解析実験を行い、エルニーニョ予測実験のための初期値を作成した。
- ・改良された大気海洋結合モデル及び海洋データ同化による海洋初期値を使用して 1979 年から 2003 年までのエルニーニョ予測実験を行い、気象庁現業システムとの予測成績の比較を行った。その結果熱帯域における 3 季節先までの海面水温予測に関して、気象庁現業エルニーニョ予測システムを上回る予測成績が達成された。

(2) 陸面及び海洋表層モデルの改良に関する研究

研究の目的

陸面モデルと大気モデル、海洋モデルと大気モデル間のフラックスを改善し、結合モデルの改善につなげる。

研究の概要

- ・植生モデル・積雪モデル・土壤モデルを改良し、モデル実行結果の解析を行う。特に、サブ課題 1 と密接に連絡をとり、陸面モデルの振る舞いで問題の残る個所を重点的に調査し、改善をはかる。水関係土地分類を細分化した土地被覆データを作成し、陸面モデルへ反映する。
- ・海洋表層過程モデルについて、短波放射・赤道域の島の影響・風と海流の相対差の考慮・海洋表層の熱収支を改良し、年毎のケーススタディを行う。

研究成果

- ・河川・湖モデルの大気海洋結合モデルへの組み込みを行った。水量に加えてエネルギーが保存する方法を採用した。湖面スキームを導入し非一様性を組み込んだ。湖面積データは衛星データなどをもとに作成した。
- ・部分積雪などモザイク化による非一様性の組み込みを実施した。
- ・東アジアの秋の積雪被覆が大きいバイアス調査のために、新たに現実的な初期値からの積分を可能にした。
- ・3種類の海洋混合層スキームを比較した結果、海面での水温・熱フラックスのモデル間相違の小さいことが分かった。混合層の鉛直高分解能化で改善はあるものの大きな差はない。一方、ノー・キムのスキームにより、赤道近傍の水温躍層で温度成層が強くなったので、サブ課題1の次期モデルにはこのスキームを採択した。
- ・ノー・キム海洋混合層スキームにおいて、鉛直粘性拡散係数を決定するパラメータを2種類採用して比較実験を行った。鉛直粘性拡散係数が小さい場合には赤道での季節変動再現性自体は高まる一方、大きい場合には熱帯太平洋東部表層における海面水温の低温バイアスが改善されることがわかった。上記チューニングを大気海洋結合モデルに対しても適用した。
- ・大気モデルの海上フラックスについて、スラブや海水スキームのオプションの導入など調査した。また、氷厚（定数）を変更する感度実験を行い、局所的影響・遠隔的影響について調べた。
- ・海面の顯熱フラックスは、海洋上大気比熱の関数形（比湿を考慮するかどうか）に大きく依存することが分かった。また、大気風速と海流速度の相対差の導入等により熱・水フラックスが改善された。

（3）大気・海洋・陸面過程の経年変動機構解明と季節予報可能性に関する研究

研究の目的

地球規模やアジアモンスーンに伴うエネルギー・水循環の変動特性を理解し、季節予測可能性について検討する。

研究の概要

- ・大気再解析データ、モデル実験データを用いて、経年変動特性や再現性を調べる。
- ・パーテープドパラメタアンサンブル実験を行い、経年変動再現性を調べる。
- ・大気モデルを用いて、土壤水分を予報する計算と、全球土壤水分プロジェクトで得られた土壤水分を利用して逐次修正する計算を行い、その比較を通じて予測可能性について検討する。
- ・北太平洋渦解像モデル歴史実験の変動の解析を実施する。

研究成果

- ・JRA-25で得られた月平均降水量・可降水量は、他の再解析よりも観測に近いことが分かった。評価グループメンバーから受けた評価報告はシステム改良に寄与した。
- ・2005年12月を対象とした大気モデル季節予測実験を行い、11月半ば以降の大気偏差場を初期値として取り込むことが重要であることを明らかにした。
- ・既存のアンサンブル長期積分実験を利用し、流域下端の河川流量が流域平均降水量よりも予測可能性が高いことを示した。
- ・アンサンブル手法の一つとして物理過程パラメータ摂動実験を実施し、今後のマルチモデルアンサンブル化への準備を行った。
- ・全球土壤水分実験プロジェクト2の枠組みで標準実験を行い、気候モデルで予測される降水の変化あ

るいは気候モデルの持つ降水の誤差が蒸発散にどう反映されるかを解析した。

- ・北太平洋渦解像モデルの気候値実験で、従来の渦許容モデル(1/4度)に比べ、小さな渦やフィラメント状の構造がより活発になり、混合に寄与していることが分かった。また、渦解像モデルでは低解像度モデルに比べて、前年に形成された亜熱帯モード水が季節の進行とともに海面混合層から密度躍層へと流入される状況(サブダクション)がよく再現された。
- ・数値実験データの海洋表層熱収支解析から、日本の季節予測に関連が深い西部太平洋熱帯域の海面水温変動を決める要因として、夏季には海面フラックスが、冬季には海洋内部の鉛直過程が、それぞれ重要であるという季節依存性が分かった。
- ・高解像度海洋モデル結果の解析において、フィラメント状の小規模擾乱が活発になり熱および塩分の水平混合に寄与することが分かったほか、前年に形成された亜熱帯モード水が海面混合層から密度躍層へと流入される季節サイクルがよく再現され、これらの変動の予測可能性が向上した。

成果発表一覧

・査読論文

1. Fujii, Y., S. Ishizaki, M. Kamachi, 2005: Application of nonlinear constraints in a three-dimensional variational ocean analysis. *J. Oceanogr.*, **61**, 655-662.
2. 仲江川敏之, 徳広貴之, 2005: 気象庁 SiB オフライン実験により推定された陸域貯水量の Taylor ダイアグラムによる検証, *水文・水資源学会誌*, **15**, 310-320.
3. Onogi, K., H. Koide, M. Sakamoto, S. Kobayashi, J. Tsutsui, H. Hatsushika, T. Matsumoto, N. Yamazaki, H. Kamahori, K. Takahashi, K. Kato, R. Oyama, T. Ose, S. Kadokura, K. Wada, 2005: JRA-25: Japanese 25-year reanalysis project — progress and status. *Q. J. R. Meteorol. Soc.*, **131**, 3259–3268.
4. Derber, J., D. McLaughlin, A. O'Neill and M. Kamachi, 2005: What can the research and operations communities offer each other? *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*. **131**, 3683-3693.
5. 蒲地政文, 藤井陽介, 石崎士郎, 松本聰, 中野俊也, 安田珠幾, 2006: 热帯太平洋での気候変動に関連した海洋データ同化の最近の発展. *統計数理*, 第 54 卷第 2 号, 223-245.
6. Nakaegawa, T., 2006: Detectability assessment of interannual variations in terrestrial water storage from satellite gravimetry using an offline land surface model simulation, *Hydrological Processes*, **20**, 1347-1464.
7. 仲江川敏之, 保坂征宏, 2006: 力学的アンサンブル手法による熱帯アジアモンスーン地域の河川流量の潜在的季節予測可能性, *水工学論文集*, **50**, 523-528.
8. Nakaegawa T., M. Kanamitsu, 2006: Changes in the probability density function of the 500-hPa Geopotential Heights during the El Nino and La Nina Events, *Papers in Meteorology and Geophysics*, **56**, 25-33.
9. Nakaegawa T., M. Kanamitsu, 2006: Cluster analysis of the seasonal forecast skill of the NCEP SFM over the Pacific-North America sector, *Journal of Climate*, **19**, 123-138.
10. Nakaegawa, T., M. Hosaka, 2006: Potential predictability of seasonal mean river discharge in dynamical ensemble prediction using MRI/JMA GCM, *SOLA*, **2**, 112-115.
11. Takahashi, K., N. Yamazaki, H. Kamahori, 2006: Trends of heavy precipitation events in global observation and reanalysis datasets. *SOLA*, **2**, 96-99.
12. Usui, N., Y. Fujii, S. Ishizaki, H. Tsujino, T. Yasuda, M. Kamachi, 2006: Introduction of the

Meteorological Research Institute Multi-Variate Ocean Variational Estimation System (MOVE-System). Journal of Advanced Space Research, **37**, 806-822.

- ・査読論文以外の著作物（翻訳、著書、解説）

1. 淡路敏之, 蒲地政文, 2005: 海洋観測とモデルの統合化—現状と今後の戦略的推進—, 月刊「海洋」, **37**, 631-634.
2. 石崎士郎, 藤井陽介, 安田珠幾, 2005: 気象研究所海洋データ同化システム(MOVEシステム)の開発, 平成16年度全国季節予報技術検討会資料, 気象研究所, 25-34.
3. 石崎士郎, 藤井陽介, 離氷典久, 蒲地政文, 2005: 気象庁における海洋データ同化システム, 海洋データ同化セミナー2004, 日本海洋科学振興財団, 81-102.
4. 蒲地政文, 2005: GODAE計画の国際的な動向, 月刊「海洋」, **37**, 635-640.
5. 蒲地政文, 2005: GODAEとARGO, 月刊「海洋」, **37**, 709-715.
6. 釜堀弘隆, 山崎信雄, 高橋清利, 2005: JRA25に再現される降水量の品質について, 平成16年度全国季節予報技術検討会資料, 気象研究所, 11-16.
7. 倉賀野連, 北村佳照, 蒲地政文, 2005: 気象庁における海洋データ同化の現状, 月刊「海洋」, **37**, 641-646.
8. 楠昌司, 仲江川敏之, 荒川理, 2005: 大気大循環モデルによる夏の東アジア・モンスーンの再現性, 気象研究ノート, **210**, 171-180.
9. 仲江川敏之, 2005: 予報開始月の違いが季節予報結果に与える影響について, 平成16年度全国季節予報技術検討会資料, 気象研究所, 1-9.
10. 安田珠幾, 福田義和, 石崎士郎, 2005: 新大気海洋結合モデルによるエルニーニョ予測システムの開発(1)結合モデルT63L40+1x1L50による予測実験, 平成16年度全国季節予報検討会資料, 気象研究所, 35-44.
11. 石崎士郎, 藤井陽介, 離氷典久, 蒲地政文, 2005: 気象庁における海洋データ同化システム, 海洋データ同化セミナー2004, 日本海洋科学振興財団, 81-102
12. 保坂征宏, 2006: 河川・湖モデルGRiveT2の全球統一大気モデルへの導入, 平成17年度全国季節予報検討会資料, 気象研究所, 48-55.
13. 稲葉守生, 仲江川敏之, 安田珠幾, 2006: 気象庁統一大気モデルを用いた季節予測実験, 平成17年度全国季節予報検討会資料, 気象研究所, 11-17.
14. 石崎士郎, 松本聰, 藤井陽介, 安田珠幾, 2006: 海洋データ同化システム(MOVE/MRI.COM)を用いた赤道太平洋における風応力東西成分の修正, 平成17年度全国季節予報検討会資料, 気象研究所, 30-36.
15. 蒲地政文, 離氷典久, 藤井陽介, 松本聰, 中野俊也, 2006: データ同化プロダクトの評価方法について—GODAE Metricsから—. 月刊「海洋」, **38**, 528-535.
16. 松本聰, 中野俊也, 石崎士郎, 離氷典久, 藤井陽介, 蒲地政文, 2006: 同化再解析データを用いた亜熱帯域における海洋表層貯熱量の長期変動の解析. 測候時報, 海洋気象特集(印刷中).
17. 仲江川敏之, 安田珠幾, 稲葉守生, 2006: 季節予測実験における土壤水分の気候学的平均と年々変動の時間発展, 平成17年度全国季節予報検討会資料, 気象研究所, 18-29.
18. 安田珠幾, 高谷祐平, 石崎士郎, 松本聰, 2006: 新大気海洋結合モデルによるエルニーニョ予測システムの開発(2)海洋鉛直粘性拡散係数の違いが予測に与える影響, 平成17年度全国季節予報検討会資料, 気象研究所, 1-10.
19. 安田珠幾, 石崎士郎, 松本聰, 藤井陽介, 高谷祐平, 2006: 新大気海洋結合モデルによるエルニーニョ予測システムの開発(3)熱帯域で修正された東西風応力を用いたエルニーニョ予測実験, 平

- 成17年度全国季節予報検討会資料, 気象研究所, 37-47.
20. 石崎廣, 山中吾郎, 2007: 海洋モデルにおける入射角を考慮した短波放射の取り扱いについて(仮題), 平成18年度全国季節予報検討会資料, 気象研究所.
 21. 山中吾郎, 安田珠幾, 石崎廣, 2007: 西部太平洋熱帯域の海面水温変動を決める要因について, 平成18年度全国季節予報検討会資料, 気象研究所.
 22. 山中吾郎, 安田珠幾, 石崎廣, 2007: インド洋海面水温のトレンドに見られる観測とモデルの不一致について, 平成18年度全国季節予報検討会資料, 気象研究所.
 23. 稲葉守生, 小寺邦彦, 2007: 全球大気モデルを用いた2005年12月の予報における初期値及び下部境界条件依存性, 平成18年度全国季節予報技術検討会資料, 気象研究所, 43-48.
 24. 安田珠幾, 松本聰, 高谷祐平, 2007: 気象庁次期エルニーニョ予測システムの開発, 平成18年度全国季節予報技術検討会資料, 気象研究所, 69-78.
 25. 尾瀬智昭, 2007: 大気海洋結合モデルによる季節予報に向けて, 平成18年度全国季節予報技術検討会資料, 気象研究所, 79-92.

・口頭発表

1. 石崎士郎, 藤井陽介, 碓氷典久, 安田珠幾, 蒲地政文, 2004: 気象研海洋同化システム(MOVE)による全球水温塩分解析—熱帯太平洋に着目して—, 2004年度日本海洋学会秋季大会講演要旨集. 166.
2. 保坂征宏, 野原大輔, 2004: 気象研究所全球河川モデルの開発、日本気象学会2004年度秋季大会講演予稿集, B112.
3. 足立恭将, 保坂征宏, 鬼頭昭雄, 2004: 海氷の厚さが大気に与える影響、日本気象学会2004年度秋季大会講演予稿集. P357.
4. 釜堀弘隆, 山崎信雄, 高橋清利, 大野木和敏, 松本隆則, 田内利治, 2004: JRA-25長期再解析プロジェクト—SSM/I可降水量の同化とそのインパクト—, 日本気象学会2004年度春季大会講演予稿集, P216.
5. 高橋清利, JRA-25実施グループ, 2004: JRA-25長期再解析出力プロダクトの概要, 日本気象学会2004年度春季大会講演予稿集, P313.
6. 高橋清利, 山崎信雄, 釜堀弘隆, 2004: JRA-25長期再解析プロジェクト—本計算の初期結果(潜熱、顯熱分布について)…, 日本気象学会2004年度秋季大会講演予稿集, D302.
7. 釜堀弘隆, 山崎信雄, 高橋清利, 2004: JRA-25長期再解析プロジェクト—本計算の初期結果(降水量および可降水量分布について)…, 日本気象学会2004年度秋季大会講演予稿集, D303.
8. Kamachi, M., 2004: Data Assimilation and Ocean Prediction (GODAE). *Proceedings of the IGOS International Workshop*.
9. Kamachi, M., Y. Fujii, S. Ishizaki, and T. Yasuda, 2004: Three Dimensional Analysis of Temperature and Salinity in the Equatorial Pacific Using a 3DVAR-Coupled EOF Decomposition Method. *Proceedings of the Sixth IOC/WESTPAC International Scientific Symposium "Challenges for Marine Science in the Western Pacific"*.
10. Ishizaki, S., T. Yasuda, Y. Fujii, N. Usui, and M. Kamachi, 2004: MRI Multivariate Ocean Variational Estimation (MOVE) System. Part 2: Global Experiment and Reanalysis Product. *Proceedings of the Second Symposium on the Global Ocean Data Assimilation System "GODAE in Operation: Demonstrating Utility"*
11. 仲江川敏之, 金光正郎, 2005: アンサンブル長期積分実験による潜在的季節予報精度の長期変動, 日本気象学会2005年春季大会講演予稿集. P214.

12. 仲江川敏之, 金光正郎, 2005: PNA 領域における NCEP 季節予報実験結果のクラスター解析, 日本気象学会 2005 年春季大会講演予稿集, P375.
13. 藤井陽介, 松本聰, 安田珠幾, 蒲地政文, 2005: 南太平洋回帰線水(SPTW)と太平洋赤道域の表層水温、2005 年度日本海洋学会秋季大会講演要旨集, 131.
14. 安田珠幾, 高谷祐平, 石崎士郎, 松本聰, 2005: 大気海洋結合モデルによるエルニーニョ予測システムの開発—海洋鉛直粘性拡散係数の違いが予測に与える影響—, 日本気象学会 2005 年秋季大会講演予稿集, P302.
15. 吉村裕正, 2005: 単調なセミラグランジュ移流スキームの導入による成層圏の水蒸気量の改善, 日本気象学会 2005 年秋季大会講演予稿集, D151.
16. 仲江川敏之, 保坂征宏, 八牧勵, 2005: 大気-陸面-河川-湖沼モデルのための湖沼データセットの作成, 水文・水資源学会 2005 年研究発表会要旨集, 316-317.
17. 仲江川敏之, 保坂征宏, 2005: 長期AGCMアンサンブル実験に基づく熱帯アジア河川流量の潜在的季節予測可能性, 日本気象学会 2005 年度秋季大会講演予稿集, B105.
18. 高橋清利, 山崎信雄, 釜堀弘隆, 2005: JRA-25 データで見るモンスーン季節進行と大気加熱, 日本気象学会 2005 年度春季大会講演予稿集, A457.
19. 釜堀弘隆, 山崎信雄, 高橋清利, 2005: 再解析に表現される台風のコンポジット(その 1), 日本気象学会 2005 年度春季大会講演予稿集, P405.
20. 釜堀弘隆, 山崎信雄, 高橋清利, 2005: 再解析に表現される台風のコンポジット(その 2), 日本気象学会 2005 年度秋季大会講演予稿集, A363.
21. 山崎信雄, 釜堀弘隆, 高橋清利, 2005: 日本の高層ゾンデデータを用いた JRA-25, ERA40, NCEP2 の検証, 日本気象学会 2005 年度秋季大会講演予稿集, B358.
22. Kamachi, M., 2005: An overview of application of ocean data assimilation. *Proceedings of the Fourth WMO International Symposium on Assimilation of Observations in Meteorology and Oceanography*
23. Derber, J., D. McLaughlin, A. O'Neil, and M. Kamachi, 2005: Panel discussion: What can the research and operations communities offer each other?. *Proceedings of the Fourth WMO International Symposium on Assimilation of Observations in Meteorology and Oceanography*
24. Ishizaki, S., T. Yasuda, Y. Fujii, N. Usui, and M. Kamachi, 2005: Global temperature and salinity reanalysis experiment using MRI Multivariate Ocean Variational Estimation (MOVE) System. *Proceedings of the Fourth WMO International Symposium on Assimilation of Observations in Meteorology and Oceanography*
25. Ishizaki, S., Y. Fujii, T. Yasuda, and M. Kamachi, 2005: Correction of zonal wind stress data based on oceanic observation in the equatorial Pacific in an ocean data assimilation system. *Proceedings of the Dynamic Planet 2005, IAPSO*
26. 稲葉守生, 小寺邦彦, 2006: 全球大気モデルによる 2005 年 12 月の予報における初期値及び海面水温依存性, 日本気象学会 2006 年秋季大会講演予稿集, A164.
27. 尾瀬智昭, 2006: CEOP 地上観測地点データを利用した JRA-25 再解析データの検証, 日本気象学会 2006 年秋季大会講演予稿集, B103.
28. 吉村裕正, 松村崇行, 2006: 気象庁・気象研究所全球スペクトル大気モデルへのセミラグランジュ法の導入. 第 20 回数值流体力学シンポジウム講演要旨集, F2-2.
29. 松本聰, 石崎士郎, 中野俊也, 離氷典久, 藤井陽介, 蒲地政文, 2006: 気象研究所海洋データ同化システムによる長期再解析実験と長期変動の解析①, 2006 年度日本海洋学会春季大会, P07.

30. 習田恵三, 藤村昌彦, 有吉正幸, 延与和敬, 東 吉一, 谷口秀隆, 中野俊也, 松本 聰, 藤井陽介, 蒲池政文, 2006: 西部太平洋赤道域におけるバリアレイヤーの形成・分布について. *2006年度日本海洋学会春季大会講演要旨集*, P26.
31. 藤井陽介, 松本聰, 安田珠幾, 蒲地政文: 南太平洋回帰線水(SPTW)と太平洋赤道域の表層水温(2), *2006年度日本海洋学会秋季大会講演要旨集*, 145.
32. 仲江川敏之, 保坂征宏, 2006: AGCM 実験に基づく大陸季節平均河川流量の潜在的予測可能性, 日本気象学会 *2006年度春季大会講演予稿集*, P144.
33. 山中吾郎, 安田珠幾, 石崎廣, 2006: 西部太平洋熱帯域における季節から経年スケールの表層熱收支. *2006年度日本海洋学会秋季大会講演要旨集*, P126.
34. 仲江川敏之, 伊藤明, 碓氷典久, 蒲池政文, 徳広貴之, 藤井陽介, 山崎信雄, 2006: 気象庁/気象研究所の衛星重力地球学への貢献, 「日本版」衛星重力ミッションを目指して, CDROM or eri0411-24nakaegawa.pdf.
35. Fukuda, Y., K. Yamamoto, T. Nakaegawa, J. Nishijima, 2006: Monitoring of the groundwater variation in urban area, by combining GRACE data and in-situ gravity measurements, 地球惑星科学関連学会 *2006年合同大会概要集*, H211-004.
36. 仲江川敏之, 2006: 衛星重力ミッション GRACE による大陸河川流域月平均陸水貯留量の年々変動の検出可能性, 水文・水資源学会 *2006年研究発表会要旨集*, 232-233.
37. 福田洋一, 山本圭子, 上野悟志, 西島潤, 仲江川敏之, 谷口真人, 2006: 衛星・地上精密重力測定による都市域地下水変動のモニター概要とジャカルタでの予備調査一, 日本測地学会第 106 回講演会概要集.
38. 釜堀弘隆, 山崎信雄, 高橋清利, 2006: 再解析に表現される台風のコンポジット解析 (その 3), 日本気象学会 *2006年度春季大会講演予稿集*, B457.
39. 高橋清利, 釜堀弘隆, 山崎信雄, 千葉長, 2006: JRA-25 同化システムによる SSM/I 可降水量同化の効果, 日本気象学会 *2006年度春季大会講演予稿集*, 日本気象学会, B104.
40. 千葉長, 釜堀弘隆, 山崎信雄, 高橋清利, 2006: JRA-25 同化システムによる SSM/I 可降水量同化の効果(II), 日本気象学会 *2006年度春季大会講演予稿集*, B105.
41. 安田珠幾, 石川一郎, 2006: 渦解像海洋大循環モデルで再現された北太平洋亜熱帯モード水, *2006年度日本海洋学会春季大会講演要旨集*, P104.
42. 有吉正幸, 延与和敬, 東 吉一, 谷口秀隆, 藤村昌彦, 中野俊也, 松本 聰, 藤井陽介, 蒲池政文, 習田恵三, 2006: 西部太平洋におけるバリアレイヤーの形成・分布について. 海洋気象学会 *2006年度第1回例会*.
43. 石崎士郎, 碓氷典久, 松本聰, 藤井陽介, 斎藤 幸太郎, 倉賀野連, 蒲地政文, 2006: 気象研究所データ同化システム(MOVE/MRI.COM)の現業化, *2006第11回データ同化夏の学校*.
44. 稲葉守生, 小寺邦彦: 全球大気モデルを用いた 2005 年 12 月の予報における初期値及び下部境界条件依存性. 第 4 回「異常気象の予測可能性と気候の変化・変動」研究集会, 40-44.
45. 安田珠幾, 高谷祐平, 松本聰, 2006: 気象庁次期エルニーニョ予測モデルの開発. 第 4 回「異常気象の予測可能性と気候の変化・変動」研究集会, 65-69.
46. Fujii, Y., S. Matsumoto, S. Ishizaki, T. Yasuda, M. Kamachi, 2006: Variation of the South Pacific Tropical Water in an ocean data assimilation system (MRI-MOVE) and its relation to ENSO. *Proceedings of the 2006 AGU Fall Meeting*.
47. 安田珠幾, 高谷祐平, 松本聰, 2007: 大気海洋結合モデルによるエルニーニョ予測システムの開発. *2007年度日本海洋学会春季大会*, 134.

放射過程の高度化のための観測的研究

研究期間： 平成16年度～平成18年度

研究代表者： 内山明博（気候研究部 第三研究室長）

課題構成及び担当者

（1）大気エーロゾル粒子の混合状態に関する研究

岡田菊夫、三上正男、財前祐二¹⁾、直江寛明、高橋 宙²⁾（環境・応用気象研究部）

（2）エーロゾルの特性が地表面放射に与える影響に関する研究

内山明博、山崎明宏、古林絵里子²⁾、松瀬光太郎⁴⁾、工藤 玲²⁾（気候研究部）

（3）地表面の物理特性が放射過程に与える影響に関する研究

青木輝夫、田中悦子²⁾、朽木勝幸²⁾（物理気象研究部）

研究の目的

気候形成にとって重要な地表面放射フラックスがどのような大気要素（主にエーロゾル）、地表面状態（主に雪氷面）によって決まるか、観測データをもとに調べ、それらの放射効果の評価と放射フラックス計算の精度向上をめざす。その際、今まで考慮していなかったエーロゾルの組成を考慮し解析を行う。エーロゾル、地表面のデータを気候・物質循環モデルで反映させることによって、モデル内の放射フラックスの見積もり精度が向上する。

研究の目標

本研究では、地上での放射場の測定と地上でのエーロゾルの光学特性と組成データ、雪氷物理量や一般地表面の特性を総合して、大気中のエーロゾルと地表面状態の地表面放射フラックスへの影響を明らかにする。サブ課題1から得られたエーロゾルの特性に関するデータをもとにサブ課題2では、光学特性の計算を行い放射特性データと比較を行う。また、サブ課題3では、サブ課題1、2で得られたエーロゾルの光学特性の結果を紫外線予測等に反映する。また、サブ課題2と3では、放射伝達の基本パラメーターである気体の吸収線パラメーターや地表面反射率のデータを相互に提供しあう。

研究の概要

放射過程等に重要な0.01～1μmの個々の粒子組成に関する知見、個々の粒子の水溶性物質と非水溶性物質の混合状態の知見、鉱物粒子・海塩粒子の発生過程と粒径分布の知見を得る。これらエーロゾル物性の基礎データに基づき、サブ課題2、3でのエーロゾルの光学特性パラメーター作成の際に反映させる。

気候学的に特徴のある点で放射観測を行い、その観測データの解析を行い、エーロゾル特性のモデル化、地表面放射への影響を調べる。観測は、分光放射測定、エーロゾルの光学特性の直接測定を行い、観測法の高度化、解析法の改良を進めながら行う。

地表面における波長別放射量や放射收支に与える地表面の影響を放射伝達モデルとその検証観測から明らかにする。雪氷物理量や一般地表面の特性をモデル化し、気候モデルの雪氷陸面過程の改良等を行い、各種地表面放射過程にとって重要な地表面物理量とその働きを明らかにする。また、積雪粒径・不純物濃度などの積雪物理量のリモートセンシング及び検証を行う。観測は、サブ課題2と3で協力して行う。開発された広帯域放射伝達モデルを紫外域日射予測に適用する。

研究成果

電子顕微鏡を活用して、個々の大気エーロゾル粒子の組成と混合状態を明らかにすることができた。黒色炭素(BC)が、吸収係数にとって支配的であり、混合することによって増幅されることが示唆された。地上での放射観測データを解析する方法を開発・改良し、従来のものより大気エーロゾル粒子の特性を

¹⁾ 平成17～18年度、²⁾ 平成18年度、³⁾ 平成16年度～17年9月、⁴⁾ 平成16年度

安定に推定できるようになった。また、地上観測データによる積雪面アルベドの解析とモデル化、衛星リモートセンシングによる積雪物理量の推定と検証が行われた。積雪面アルベド解析で使用した放射伝達モデルは紫外線予測業務で利用された。

今後に残された問題点

本課題においては、個々の粒子に着目し大気エーロゾルの混合状態について明らかにした、今後更に大気エーロゾルの吸湿特性に着目して研究を行う。

地上放射観測の主要な測器であるスカイラジオメーターにおいて問題点があることが分かったので、太陽追尾、視野角の問題点を解決し、前課題で開発したデータの解析法の改良、測器の検定法をもとに蓄積したデータの解析を行う。

本課題においては、経験的な積雪面アルベドモデルの開発を行ったが、今後、物理モデルに改良する。衛星リモートセンシングによる積雪物理量の推定に関しては、前課題で検証を行った結果、問題点が判明したので、2方向反射率などを導入して改良、検証を行う。

成果の活用に対する意見（事後評価の総合所見）

個々のサブ課題についてはそれぞれの設定目標に沿ってほぼ順調に進められたと評価する。サブ課題1での媒粒子の混合状態とその光吸收特性に関する研究、サブ課題2での全天分光日射計の開発・改良、サブ課題3での大気モデルの雪氷陸面過程で用いるための積雪アルベド物理モデルの開発等、科学的成果として興味深いものと思われる。また、気象庁の黄砂予測への貢献、紫外域日射計算用放射伝達モデルの気象庁への移植、放射伝達モデルの火山性ガス解析への利用等、現業及び他分野の研究へも活用されている。さらに、査読論文も各サブ課題とも多く書かれている。

しかし、全般に各サブ課題間の連携が明確でない。総論部分には連携したと書かれてあるものの、連携の結果得られた具体的な成果の記述が乏しい。従って、融合型研究として全体的な成果がどのようなものであったかについて明確でないと思われる。

エーロゾルの研究は、多くの難しい側面があり研究の戦略が要求されるが、その点で、融合型研究として位置付け研究を進めた意義は大きく、今回はその一歩と考えることができる。今回の経験を活かして、成果の出口をはっきりさせた研究を進めることができると想われる。気象研究所として取り組むべき放射研究の枠組を明確にし、どのように個々の研究課題を分担し連携すべきか意識して研究を進展させることを期待する。

成果を気候モデルに反映させることについては、本研究でも取り組まれたが、今後の研究ではさらに意識して取り組んでほしい。気象研の特性を活かし、モデルグループとの一層の連携により、その成果をモデルへのインパクトとしてアピールしていく枠組みの確立が必要である。

成果発表状況

- ・印刷発表件数 48 件
- ・口頭発表件数 119 件

(1) 大気エーロゾル粒子の混合状態に関する研究

副課題目標

人為起源の影響を受けた大気、バックグラウンド大気におけるエーロゾル粒子を構成する物質の混合状態の実態を観測・分析から解明すると共に、特に都市大気を対象として混合状態を含めて表現する個数粒径分布（3次元粒径分布；例えば、濃度、粒子半径、水溶性物質の体積割合）を求める目的とする。さらに、陸面及び海面からの粒子生成に関する知見を得ることを目的とする。

研究の概要

放射過程等に重要な $0.01\sim1\mu\text{m}$ の個々の粒子組成に関する知見、個々の粒子の水溶性物質と非水溶性物質の混合状態の知見、鉱物粒子・海塩粒子の発生過程と粒径分布の知見を得る。これらエーロゾル物性の基礎データに基づき、サブ課題2、3でのエーロゾルの光学特性パラメーター作成の際に反映させる

研究成果

①エアロゾル粒子の組成と混合状態に関する研究

- ・大気煤粒子の混合状態と質量光吸収係数との関連を解析した。その結果、煤の質量吸収係数は $13\text{--}20 \text{ m}^2\text{g}^{-1}$ と変動しており、その値の増加と半径 $0.05\text{--}0.5 \mu\text{m}$ における内部混合煤粒子（水溶性物質で覆われた煤粒子）の存在割合の増加と対応することが示唆された。
- ・大気エアロゾル粒子を浮遊した状態で加熱して、揮発特性に注目した粒子の混合状態を測定するための加熱・冷却装置を製作した。装置内の温度分布、装置内部での粒子損失等の試験を行った後、加熱による大気エアロゾル粒子の揮発特性を測定した。その結果、加熱（約 300°C まで）により粒子中の揮発成分の蒸発に起因した粒径分布の変化を明らかにし、混合状態を含めて表現する個数粒径分布を明らかにした。
- ・既存試料の電子顕微鏡分析により、北半球の偏西風帯（自由対流圏）においては、光学的に重要な半径 $0.1\text{--}0.5\mu\text{m}$ の硫酸粒子と硫酸塩粒子の 30~70 %が植物燃焼を起源とするカリウムや鉱物起源の元素を含むものであった。地表源からの粒子が偏西風帯の対流圏中部の硫酸粒子と硫酸塩粒子の形成にかなり寄与していることを明らかにした。また、オーストラリア上空で採集された植物燃焼による煤粒子を調べた結果、ほとんどが内部混合粒子として存在していた。アラスカ等での地上で得られた試料の分析結果を併せて評価すると、人為源から遠く離れたバックグラウンド大気での煤粒子は、ほとんどが水溶性物質で覆われた煤粒子であることが分かった。

②海面及び陸面からの粒子生成に関する研究

- ・中国タクラマカン砂漠南部で得られたエアロゾル粒子の個数粒径分布データを解析し、ダストイベント後のエアロゾル個数粒径分布はダストイベント前に比べ大きな増加を示し、粒径が大きい粒子ほどその増加は大きい事が分かった。春季における平均エアロゾル粒径分布は、いずれの期間も個数粒径分布は直径 $2\text{--}3\mu\text{m}$ で極大個数を示し、体積粒径分布では直径 $5\mu\text{m}$ 以上の大粒子が支配的であった。
- ・中国現地砂漠で得られた鉱物性粒子の観測データを用いて、既存の粒子生成理論の検討を行った結果、従来用いられている理論では生成粒子の高度-粒径分布が説明できないことを明らかにすると共に、観測データを整合的に表現する非一様粒子生成理論の検討を行った。
- ・既存試料の電子顕微鏡分析により、中国の砂漠大気では、大気鉱物粒子が光学的に重要なエアロゾル粒子のなかで極めて高い個数割合 ($>99\%$) で存在することが分かった。また、中国の都市大気においては、人為源の影響により、砂漠・乾燥地域から発生した鉱物粒子が組成変質し、吸湿性物質を含有することが分かった。さらに、北西太平洋の自由対流圏において、組成変質した鉱物粒子が多く存在していることも明らかにした。
- ・人工海水からの粒子生成用チャンバーを構築し、人工海水からの粒子生成の実験を行った。発生した海塩粒子を乾燥し、静電式エアロゾル採集器で採集し、半径 $0.01\text{--}0.3\mu\text{m}$ の範囲の粒径分布を電子顕微鏡分析で明らかにした。

(2) エアロゾルの特性が地表面放射に与える影響に関する研究

副課題目標

地表面での放射効果（放射強制力）の評価精度を向上するために、気候学的に特徴のある観測点で観測を行い、観測データをもとにエアロゾル特性をモデル化し、放射効果を評価する。気候モデル、物質循環モデル等で使えるエアロゾル特性のデータを作成する。

研究の概要

気候学的に特徴のある点で放射観測を行い、その観測データの解析を行い、エアロゾル特性のモデル化、地表面放射への影響を調べる。観測は、分光放射測定、エアロゾルの光学特性の直接測定を行い、観測法の高度化、解析法の改良を進めながら行う。

研究成果

①解析法の改良、測器検定法の開発・改良

- ・スカイラジオメーターの解析方法として、最尤法を用いた Inversion 法を開発した。シミュレーション計算に基づき、推定誤差の特性について系統的に調べた。また、2005 年 3 月に EAREX2005 で取得した実データに適用し、従来よく使われている Skyrad Package と比較し良好な結果を得た。解析法、特性、比較結果については、結果を論文としてとりまとめた。

- ・全天分光日射計のデータ（ブラックスデータ）と直達分光日射計のデータを解析する方法を開発した。直達分光日射計から推定した大気の窓の波長での光学的厚さと散乱日射量を解析し、エーロゾルの粒径分布、波長毎の屈折率を推定可能にした。また、放射伝達を記述する一次散乱アルベドと散乱の位相関数の asymmetry factor を直接推定する方法を開発した。また、シミュレーションデータによる感度テストを行った。結果を論文としてとりまとめ、投稿した。
- ・全天分光日射計をコリメーションチューブに取り付け、直達光を測定するようにして、マウナ・ロア観測所で検定した直達分光日射計に検定定数を転写する方法で検定した。また、cosine 特性は、散乱光と直達光を交互に測定して直達光を分離して決定した。
- ・全天日射計及び直達日射計の検定法については、2004 年 11 月から 2005 年 4、5 月にかけてデータを取得し、6 種類の方法で検定を行った。その結果、検定定数は±2%程度の差があった。cosine 特性がかなり悪い場合を除き、全天日射量の誤差の絶対値は、±3 W/m² 以下であった。cosine 特性の測定は非常に難しいので、観測値から直達成分を取り出し、cosine 特性と検定定数を同時に決定する新しい方法を開発した。結果を論文としてとりまとめ、投稿した。
- ・エコテック社製のネフェロメーターが LED を 7 個使用して光源としていることに着目して、LED を個々に点灯し、角度分解能は高くないがエーロゾルによる光散乱の角度分布を測定できる可能性があることを確かめた。

②エーロゾルの地表面放射への影響評価

- ・蓄積したスカイラジオメーターのデータを解析し、中国を含む東アジア域のエーロゾルの特性の内、光学的厚さ、粒径分布（オングストローム指數）、複素屈折率について地域ごとの季節変化について、データを得ることができた。解析を進める中で、スカイラジオメーターに太陽追尾上の問題、出力の非線形性の可能性があることが分かり、対応策を検討し、問題解決のため、スカイラジオメーターの特性調査を行っている。

③エーロゾル消散係数、OPC データの解析

- ・ADEC で収集したスカイラジオメーターのデータ、散乱・吸収係数のデータについて解析し、風送ダストの光学特性（吸収特性）について調べた。その結果は、風送ダストは従来言っていたほど吸収が大きないこと、北京や日本でダスト飛来時に観測される大きな吸収係数は下層に限られ、ダスト層全体では吸収係数は発生域と大きな差がないことが分かった。結果はとりまとめ、論文とした。
- ・エーロゾルの吸収特性において煤粒子(BC)の混合状態に着目して、集中観測を行った。取得したデータの内、粒径分布（OPC 及び DMA により測定）、黒色炭素量をもとに散乱係数、吸収係数の再現計算を実施した。その結果、エーロゾルの吸収は、ほぼ BC 量で決まってしまうこと、外部混合より内部混合の方がより観測値に近いことが分かった。このとき再現した一次散乱アルベドは 0.7~0.8 の値で比較的小さな値であった。

(3) 地表面の物理特性が放射過程に与える影響に関する研究

副課題目標

地表面における波長別放射量や放射収支に与える地表面の影響を放射伝達モデルとその検証観測から明らかにする。特に、雪氷物理量や一般地表面の特性が波長別アルベドや下向き放射量に与える効果をモデル化し、気候モデルの雪氷陸面過程の改良、紫外線予測モデルの高度化、雪氷・砂漠面リモートセンシングの基礎データ等を提供する。その結果、各種地表面放射過程にとって重要な地表面物理量とその物理的な働きを明らかにする。

研究の概要

以下の 3 つのテーマに分けて研究を遂行する。①地表面放射過程の高度化に関する研究：大気・積雪系の放射伝達モデルを用いて、雪氷陸面モデルの改良を行う。特に、大気エーロゾルが雪氷表面に沈着し、アルベドを低下させる効果を調べる。他の地表面については各種地表面の波長別アルベドをデータベース化し、広帯域放射伝達モデルを開発する。これらの放射伝達モデルの検証のための分光放射観測を行う。②積雪物理量のリモートセンシングに関する研究：積雪粒径、不純物濃度を MODIS、GLI データから求めるアルゴリズムを高度化し、積雪面上の観測で検証する。③紫外域日射モデルの高度化に関する研究：紫外域日射モデルを高度化し、地表面状態やエーロゾル、オゾン、SO₂に関しては、実用的な

レベルにまで高度化し、雲に関しては均一な条件化での影響を調べる。この結果を環境気象課の紫外域日射予報業務の支援に反映する。

研究成果

①表面放射過程の高度化に関する研究

- ・中国内陸の砂漠域の分光放射データからダストの光学特性を求めた結果、日本付近で観測されるダストよりも吸収が弱いことが分かった。また、ダストによる放射強制力は砂漠面、海面、雪面の波長別アルベドに大きく依存することが分かった。
- ・ダストや人為起源のエアロゾル（主にスズ）が積雪中に取り込まれる過程を大気エアロゾルの連続観測から見積もり、積雪サンプリングによって得られた不純物濃度と比較した結果、よい一致が得られた。また、それによる雪面アルベドの低下もモデル計算で求め、札幌や新庄における積雪はダストだけでなく、吸収性の強いスズなどが含まれている可能性があることが分かった。
- ・大気大循環モデルの雪氷陸面過程で用いるための、積雪アルベド物理モデルを開発した。ここでは太陽光に対して吸収性のある大気エアロゾルであるダストとスズの濃度に依存した積雪不純物係数、積雪粒径、太陽天頂角の関数として広帯域の積雪アルベドを計算するアルゴリズムを構築した。吸収性エアロゾルが積雪アルベドを低下させ、気候に与える放射効果を見積もった結果、大気エアロゾルの直接・間接効果と同程度であることが分かった。

②積雪物理量のリモートセンシングに関する研究

- ・ADEOS-II/GLI データを解析し、ADEOS-II 運用期間の 2003 年 4 月～10 月における北半球の積雪粒径・不純物濃度の変化を求めた。その結果、積雪粒径は一般に冬季や標高の高い低温域、極の中心部で小さく、不純物濃度は低かった。この結果は物理的な解釈からも妥当である。次に、アラスカや日本国内で行った検証観測の結果は、積雪粒径に関しては良く一致したが、不純物濃度は地上の測定値が衛星によるそれよりも大きくなつた。後者の原因は衛星アルゴリズムには、スズの濃度を仮定しているが、地上の測定サンプルにはダストが多く含まれたためである。
- ・積雪結晶の表面に磨りガラスのようなラフネスを入れた非球形積雪粒子のモデルを導入し、積雪面の双方向反射率モデルの改良を行つた。この結果を利用し、TERRA 衛星/MODIS データから南極氷床上面積雪粒径を求めた結果、気温の低い季節ほど小さいという季節依存性と、標高の高い場所ほど小さいという高度依存性を見出した。

③紫外域日射モデルの高度化に関する研究

- ・地表面アルベドの変化が紫外域日射に与える影響は、雪氷面以外では小さいことが分かった。また、10 種類の典型的な大気エアロゾルモデルを用いて、紫外域日射量を観測している国内 4 気象官署に最適なエアロゾルモデルを各月毎に検討した結果、一般に冬季には陸域エアロゾルモデル、夏季には海洋性エアロゾルモデルが最適であることが分かった。
- ・紫外域日射計算用放射伝達モデルの高速化、紫外域に吸収を持つ二酸化硫黄の吸収係数への温度依存性の導入、オゾン濃度の適切なモデルへの入力方法の改良などを行つた。

成果発表一覧

・査読論文

1. Asano S., A. Uchiyama, A. Yamazaki, K. Kikuchi, 2004: Solar Radiation Budget from the MRI Radiometers for clear and cloudy air-columns with ARESE II, *J. Atmos. Sci.*, **61**, 3082-3096.
2. Okada, K. and K. Kai, 2004: Atmospheric mineral particles collected at Qira in the Taklamakan Desert, *China. Atmos. Environ.*, **38**, 6927-6935.
3. Ikegami, M., K. Okada, Y. Zaizen, Y. Tsutsumi, Y. Makino, J. B. Jensen and J. L. Gras, 2004: The composition of aerosol particles in the middle troposphere over the western Pacific Ocean: Aircraft observations from Australia to Japan, January 1994. *Atmos. Environ.*, **38**, 5945-5956.
4. Zaizen, Y., K. Okada, M. Ikegami, Y. Sawa and Y. Makino, 2004: Number-size distributions of aerosol particles in the free troposphere over the Northwestern Pacific Ocean - Influence of

- Asian outflow and tropical air transport. *J. Meteor. Soc. Japan*, **82**, 1147-1160.
5. Heintzenberg, J., K. Okada, T. Trautmann and P. Hoffmann, 2004: Modeling of the signals of an optical particle counter for real nonspherical particles. *Applied Optics*, **43**, 5893-5900.
 6. Nishizawa T., S. Asano, A. Uchiyama, and A. Yamazaki, 2004: Seasonal variation of aerosol direct radiative forcing estimated from ground-based solar radiation measurements, *J. Atmos. Sci.*, **61**, 57-72.
 7. Wang, H., G. Shi, Te. Aoki, B. Wang, and T. Zhao, 2004: The radiative forcing due to dust aerosol over east Asia and north Pacific region in 2001 spring, *Chinese Science Bulletin*, 2004, **49**, 2212-2219.
 8. Nieke, J., Te. Aoki, T. Tanikawa, H. Motoyoshi, and M. Hori, 2004: A satellite cross-calibration experiment, *IEEE Geosci. Remote Sens. Lett.*, **1**, 215-219.
 9. Okada, K., Y. Qin and K. Kai, 2005: Elemental composition and mixing properties of atmospheric mineral particles collected in Hohhot, China. *Atmos. Res.*, **73**, 45-67.
 10. Okada, K., M. Ikegami, Y. Zaizen, Y. Tsutsumi, Y. Makino, J. B. Jensen and J. L. Gras, 2005: Soot particles in the free troposphere over Australia. *Atmos. Environ.*, **39**, 5079-5089.
 11. Mikami, M., G.-Y. Shi, I. Uno, S. Yabuki, Y. Iwasaka, M. Yasui, Te. Aoki, T.Y. Tanaka, Y. Kurosaki, K. Masuda, A. Uchiyama, A. Matsuki, T. Sakai, T. Takemi, M. Nakawo, N. Seino, M. Ishizuka, S. Satake, K. Fujita, Y. Hara, K. Kai, S. Kanayama, M. Hayashi, M. Du, Y. Kanai, Y. Yamada, X.-Y. Zhang, Z. Shen, H. Zhou, O. Abe, T. Nagai, Y. Tsutsumi, M. Chiba, and J. Suzuki, 2005: Aeolian Dust Experiment on Climate Impact: An Overview of Japan-China Joint Project ADEC, *Global Planetary Change*, **52**, 142-172. Doi:10.1016/j.gloplacha.2006.03.001.
 12. Mikami, M., Y. Yamada, M. Ishizuka, T. Ishimaru, W. Gao, and F. Zeng, 2005 : Measurement of saltation process over gobi and sand dunes in the Taklimakan desert, China, with newly developed sand particle counter. *J. Geophys. Res.*, **110**, D18S02, doi: 10.1029/2004JD004688.
 13. Mikami, M., Te. Aoki, M. Ishizuka, S. Yabuki, Y. Yamada, W. Gao, and F. Zeng, 2005: Observation of number concentration of desert aerosols in the south of the Taklimakan Desert, China. *J. Meteor. Soc. Japan*, **83A**, 31-43.
 14. Kurosaki, Y. and M. Mikami, 2005: Regional difference in the characteristic of dust event in East Asia: Relationship among dust outbreak, surface wind, and land surface condition. *J. Meteor. Soc. Japan*, **83A**, 1-18.
 15. Seino, N., H. Sasaki, A. Yamamoto, M. Mikami, H. Zhou and F. Zeng, 2005: Numerical simulation of mesoscale circulations in the Tarim Basin associated with dust events. *J. Meteor. Soc. Japan*, **83A**, 205-218.
 16. Aoki, Te., M. Mikami, A. Yamazaki, S. Yabuki, Y. Yamada, M. Ishizuka, F. Zeng, W. Gao, J. Sun, L. Liu, and M. Zhou, 2005: Spectral albedo of desert surfaces measured in western and central China. *J. Meteor. Soc. Japan*, **83A**, 279-290
 17. Aoki, Te., T. Y. Tanaka, A. Uchiyama, M. Chiba, M. Mikami, S. Yabuki, and J. R. Key, 2005: Sensitivity experiments of direct radiative forcing caused by mineral dust simulated with a chemical transport model. *J. Meteor. Soc. Japan*, **83A**, 315-331
 18. Shao, Y., and M. Mikami, 2005: Heterogeneous Saltation: Theory, Observation and Comparison. *Boundary-Layer Meteorol.*, **115**, 359-379.
 19. Ishizuka, M., M. Mikami, F. Zeng, W. Gao, and Y. Yamada, 2005: Measurements of soil water content using time domain reflectometry sensor and water vapor in the surface soil layer at the gobi site in the Taklimakan Desert. *J. Meteor. Soc. Japan*, **83**, 987-999.
 20. Ishizuka, M. and M. Mikami, 2005: Soil moisture measurement in a hyper-arid environment using time domain reflectometry. *Hydrological Processes*, **19**, 3911-3920.
 21. Ishizuka, M., M. Mikami, Y. Yamada, F. Zeng, and W. Gao, 2005: An observational study of soil

- moisture effects on wind erosion at a gobi site in the Taklimakan Desert. *J. Geophys. Res.*, **110**, D18S03, doi: 10.1029/2004JD004709.
22. Tsunematsu, N., T. Sato, F. Kimura, K. Kai, Y. Kurosaki, T. Nagai, H. Zhou, and M. Mikami, 2005: Extensive dust outbreaks following the morning inversion breakup in the Taklimakan Desert. *J. Geophys. Res.*, **110**, D21207, doi:10.1029/2005JD005994.
23. Uchiyama, A., A. Yamazaki, H. Togawa, and J. Asano, 2005: Characteristics of Aeolian dust observed by sky-radiometer in the ADEC Intensive Observation Period 1 (IOP1), to be submitted to *J. Meteorol. Soc. Japan*.
24. Aoki, Te., T. Y. Tanaka, A. Uchiyama, M. Chiba, M. Mikami, S. Yabuki, and J. R. Key, 2005: Sensitivity experiments of direct radiative forcing caused by mineral dust simulated with a chemical transport model, *J. Meteorol. Soc. Japan*, **83A**, 315-331.
25. Aoki, Te., M. Mikami, A. Yamazaki, S. Yabuki, Y. Yamada, M. Ishizuka, F. J. Zeng, W. D. Gao, J. Y. Sun, L. C. Liu, and M. X. Zhou, 2005: Spectral Albedo of Desert Surfaces Measured in Western and Central China, *J. Meteorol. Soc. Japan*, **83A**, 279-290 .
26. Uchiyama A., A.Yamazaki, H. Togawa, J. Asano and Guangyu Shi, 2005: Single Scattering Albedo of Aeolian Dust as Inferred from Sky-radiometer and in situ Ground-based Measurement, *SOLA*, **1**, .209-212.
27. Aoki, Te., M. Mikami, A. Yamazaki, S. Yabuki, Y. Yamada, M. Ishizuka, F. Zeng, W. Gao, J. Sun, L. Liu, and M. Zhou, 2005: Spectral albedo of desert surfaces measured in western and central China. *J. Meteorol. Soc. Japan*, **83A**, 279-290.
28. Aoki, Te., T. Y. Tanaka, A. Uchiyama, M. Chiba, M. Mikami, S. Yabuki, and J. R. Key, 2005: Sensitivity experiments of direct radiative forcing caused by mineral dust simulated with a chemical transport model. *J. Meteorol. Soc. Japan*, **83A**, 315-331.
29. Mikami, M., Te. Aoki, M. Ishizuka, S. Yabuki, Y. Yamada, W. Gao, and F. Zeng, 2005: Observation of number concentration of desert aerosols in the south of the Taklimakan Desert, China, *J. Meteorol. Soc. Japan*, **83A**, 31-43.
30. Motoyoshi, H., Te. Aoki, M. Hori, O. Abe, and S. Mochizuki, 2005: Possible effect of anthropogenic aerosol deposition on snow albedo reduction at Shinjo, Japan, *J. Meteorol. Soc. Japan*, **83A**, 137-148.
31. Shi, G., H. Wang, B. Wang, W. Li, S. Gong, T. Zhao, and Te. Aoki, 2005: Sensitivity experiments on the effects of optical properties of dust aerosols on their radiative forcing under clear condition, *J. Meteorol. Soc. Japan*, **83A**, 333-346.
32. Kuji, M., N. Yamada, S. Hayashida, M. Yasui, A. Uchiyama, A. Yamazaki, and Te. Aoki, 2005: Retrieval of Asian dust amount over land using ADEOS-II / GLI near UV data, *SOLA*, **1**, 33-36.
33. Kokhanovsky, A. A., Te. Aoki, A. Hachikubo, M. Hori, and E. P. Zege, 2005: Reflective properties of natural snow: approximate asymptotic theory versus in situ measurements, *IEEE Trans. Geosci. Remote Sens.*, **43**, 1529-1535, doi: 10.1109/TGRS.2005.848414.
34. Igarashi, Y., Y. Sawa, K. Yoshioka, H. Takahashi, 2006: Seasonal variations in SO₂ plume transport over Japan: Observations at the summit of Mt. Fuji from winter to summer. *Atmos. Environ.*, **40**, 7018-7033.
35. Watanabe, K., Y. Takebe, N. Sode, Y. Igarashi, H. Takahashi and Y. Dokiya, 2006: Fog and rain water chemistry at Mt. Fuji: a case study during the September 2002 campaign. *Atmos. Res.*, **82**, 652-662.
36. Naoe, H. and K. Okada, 2006: Modification of sea-salt particles in the remote marine atmosphere in the North Pacific. *Pap. Meteor. Geophys.*, **57**, 47-54.
37. Kobaayashi E., A. Uchiyama, A. Yamazaki, and K. Matsuse, 2006: Application of the maximum likelihood method to the inversion algorithm for analyzing aerosol optical properties from

- sun and sky radiance measurements, *J. Meteorol. Soc. Japan*, **84**, 1047-1062.
38. Aoki, Te., M. Hori, A. Hachikubo, T. Tanikawa, H. Motoyoshi, Y. Iizka, Y. Nakajima, J. Nieke, K. Stamnes, W. Li, H. Eide, R. Storvold, 2006: Snow products derived from ADEOS-II/GLI data: Scientific implications. *IRS 2004: Current problems in atmospheric radiation*, H. Fischer and B. J. Sohn (Eds), A. Deepak Publishing, 255-258.
39. Hori, M., Te. Aoki, T. Tanikawa, H. Motoyoshi, A. Hachikubo, K. Sugiura, T. J. Yasunari, H. Eide, R. Storvold, Y. Nakajima, and F. Takahashi, 2006: In situ measured spectral directional emissivity of snow and ice in the 8-14 μ m atmospheric window, *Remote Sens. Environ.*, **100**, 486-502, doi:10.1016/j.rse.2005.11.001.
40. Tanikawa, T., Te. Aoki, M. Hori, A. Hachikubo, O. Abe, M. Aniya: 2006, Monte Carlo simulations of spectral albedo for artificial snowpacks composed of spherical and nonspherical particles, *Appl. Opt.*, **45**, 5310-5319.
41. Tanikawa, T., Te. Aoki, M. Hori, A. Hachikubo, and M. Aniya, 2006: Snow bidirectional reflectance model using non-spherical snow particles and its validation with field measurements. *EARSel eProc.*, **5**, 137-145.
42. Mikami, M., G.Y. Shi, I. Uno, S. Yabuki, Y. Iwasaka, M. Yasui, T. Aoki, T.Y. Tanaka, Y. Kurosaki, K. Masuda, A. Uchiyama, A. Matsuki, T. Sakai, T. Takemi, M. Nakawo, N. Seino, M. Ishizuka, S. Satake, K. Fujita, Y. Hara, K. Kai, S. Kanayama, M. Hayashi, M. Du, Y. Kanai, Y. Yamada, X.Y. Zhang, Z. Shen, H. Zhou, O. Abe, T. Nagai, Y. Tsutsumi, M. Chiba and J. Suzuki, 2006: Aeolian dust experiment on climate impact: An overview of Japan-China joint project ADEC. *Global Planetary Change*, **52**, 142-172, doi:10.1016/j.gloplacha.2006.03.001.
43. Tanikawa, T., Te. Aoki, M. Hori, A. Hachikubo, O. Abe and M. Aniya, 2006: Comparison between observed spectral albedo and theoretical one for artificial snowpack. *IRS 2004: Current problems in atmospheric radiation*, H. Fischer and B. J. Sohn (Eds), A. Deepak Publishing, 367-370.
44. Li, W., H. Eide, K. Stamnes, R. Spurr, Te. Aoki, and M. Hori, 2006: Simultaneous retrieval of aerosol and surface properties over bright target including snow and ice using multi- and hyperspectral data. *IRS 2004: Current problems in atmospheric radiation*, H. Fischer and B. J. Sohn (Eds), A. Deepak Publishing, 167-170.
45. Tanaka, T. Y., Te. Aoki, H. Takahashi, K. Shibata,, A. Uchiyama, and M. Mikami, 2007: Sensitivity study of the optical properties of mineral dust on the direct aerosol radiative perturbation using a global aerosol transport model, *SOLA*, **3**, 033-036, doi:10.2151/sola.2007-009.
46. Aoki, Te., M. Hori, H. Motoyohi, T. Tanikawa, A. Hachikubo, K. Sugiura, T. J. Yasunari, R. Storvold, H. A. Eide, K. Stamnes, W. Li, J. Nieke, Y. Nakajima, and F. Takahashi, 2007, ADEOS-II/GLI snow/ice products: Part II - Validation results using GLI and MODIS data. *Remote Sens. Environ.*, (in press).
47. Stamnes, K., Wei Li, Hans Eide, Te Aoki, M. Hori, and R. Storvold, ADEOS-II/GLI snow/ice products: Part I: Scientific basis. *Remote Sens. Environ.*, (in press).
48. Hori, M., Te. Aoki, K. Stamnes, and W. Li, ADEOS-II/GLI snow/ice products: Part III - Retrieved results. *Remote Sens. Environ.*, (submitted).

・査読論文以外の著作物（翻訳、著書、解説）

- 岡田菊夫, 2004: 粉体と環境. 最新粉体物性図説 (第三版) . 125-135, エヌジーテイ.
- 岡田菊夫, 2004: 個々のエアロゾル粒子の分析法. エアロゾル用語集, 90-91, 京都大学学術出版会.
- 大畑哲夫, 山崎剛, 藤吉康志, 保坂征宏, 阿部彩子, 榎本浩之, 山崎孝治, 平沢尚彦, 西尾文彦, 青木輝夫, 上野健一, 2005: 気候と雪氷圈(CliC)第1回国際科学会議参加報告, 天気, **52**, 49-57.
- 青木輝夫, 2006: 「AMSR・AMSR-E/GLI シンポジウム」 参加報告, 雪氷, **68**, 199-202.

5. 亀田貴雄, 杉山慎, 櫻井俊光, 力石國男, 鈴木利孝, 青木輝夫, 門田勤, 斎藤冬樹, 堀雅裕, Gonzalo Barcaza, 2006, IGS シンポジウム大規模気候変動指標としての寒冷圏 (Cryospheric Indicators of Global Change) 参加報告, 雪氷, **68**, 661-668.
6. Uchiyama, A., A. Yamazaki, H. Togawa and J. Asano, 2006, Continuous Measurement of aerosol characteristics by ADEC sky-radiometer network, IRS 2004: Current Problems in Atmospheric Radiation, Proceedings of the International Radiation Symposium, Busan, Korea, Edited by H. Fischer and B.-J. Shon, 331-334.
7. 青木輝夫, 2007, 積雪の衛星リモートセンシング, 雪氷, **69**, 155-167.

・口頭発表

1. Mikami, M., Y. Yamada, M. Ishizuka, M. Hayashi, Y. Nagura, T. Azuma, F. Zeng, W. Gao, , 2004: An introduction of the wind erosion observation system for measuring dust emission process and its preliminary results at a gobi desert in the Taklimakan Desert, China. Proceedings of EGU 2004 General Assembly.
2. 岡田菊夫, Qin Yu, 甲斐憲次, 2004: フホホトにおける大気鉱物粒子の変質について. 日本気象学会 2004 年度春季大会講演予稿集, P373.
3. Mikami, M., 2004: A Japan-Sino joint project ADEC-aeolian dust experiment on climate impact-. Proceedings of AGU 2004 spring meeting.
4. 直江寛明, 岡田菊夫, 2004: 都市大気中におけるサブミクロンエアロゾル粒子の揮発特性. 日本気象学会 2004 年度春季大会講演予稿集, P372.
5. 三上正男, 2004: 日中共同風送ダストプロジェクト ADEC の現状と課題. APEX 2004 ワークショッピング予稿集.
6. Mikami, M. and G.-Y. Shi, 2004: An overview of JAPAN-SINO joint project ADEC -Aeolian dust experiment on climate impact-. Proceedings of the Joint AOGS 1st General Meeting.
7. Mikami, M., G.-Y. Shi, Y. Yamada and M. Ishizuka, 2004: Aeolian dust outbreak and its impact on the climate -Japan-Sino joint project ADEC-. Proceedings of the 5th International Symposium on the Tibetan Plateau.
8. Mikami, M., Y. Yamada, M. Ishizuka, T. Ishimaru, W. Gao and F.-J. Zeng, 2004: Measurement of dust outbreak processes in the Taklimakan Desert China during ADEC intensive observation periods. Proceedings of the International Symposium on Food Production and Environmental Conservation in the Face of Global Environmental Deterioration.
9. Mikami, M., G.-Y. Shi, 2004: Japan-Sino joint project on aeolian dust research -ADEC-. Proceedings of the International Sand and Dust Storm Symposium.
10. Kiselev, A., C. Wennrich, F. Stratmann and K. Okada, 2004: Characterization of aerodynamic properties of fractal-like soot agglomerates: Experimental approach and preliminary results. 8th International Conference on Carbonaceous Particles in the Atmosphere.
11. 三上正男, 山田豊, 石塚正秀, 曽凡江, 高衛東, 2004: 飛砂飛散計測のための Sand Particle Counter (SPC)による砂漠からの飛散量の精密観測. 第四回レーザーセンシングシンポジウム 予稿集.
12. 三上正男, 2004 : 黄砂の実態解明をめざして (日中共同研究プロジェクト) -観測・解析・モデル研究から見えてきた黄砂の実像-. 気象研究所研究活動報告会.
13. Mikami, M., 2004: AEOLIAN dust impact on the climate- An introduction to Japan-Sino joint project ADEC. Proceedings of 亞州砂塵暴研討会.
14. 三上正男, 青木輝夫, 石塚正秀, 山田豊, 曽凡江, 高衛東, 2004: 中国タクラマカン砂漠南部における春季エアロゾル粒径分布の観測. 日本気象学会 2004 年度秋季大会講演予稿集, B304.
15. 直江寛明, 岡田菊夫, 2004: 核生成領域におけるエアロゾル粒子の混合状態. 日本気象学会 2004 年度秋季大会講演予稿集, C113.
16. Mikami, M., 2004: Aeolian dust impact on the climate- An introduction to Japan-Sino joint project ADEC -. Proceedings of Wind-blown Dust Workshop.

17. Mikami, M., 2004: Aeolian dust impact on the climate. Proceedings of The 2nd KAGI21 International Symposium.
18. 山崎明宏, 内山明博, 戸川裕樹, 浅野準一, 2004: ADEC スカイラジオメーターネットワークによる観測 2002 年、2003 年の観測結果について, 日本気象学会 2004 年度春季大会講演予稿集, 平成 16 年 5 月.
19. 戸川裕樹, 内山明博, 山崎明宏, 浅野準一, 2004: つくば・宮古島におけるエアロゾルの光学特性観測, 日本気象学会 2004 年度春季大会講演予稿集, 平成 16 年 5 月.
20. 久慈誠, 内山明博, 2004: 人工衛星近赤外放射観測データを用いた積算水蒸気量の推定, 日本気象学会 2004 年度春季大会講演予稿集, 平成 16 年 5 月.
21. 内山明博, 山崎明宏, 戸川裕樹, 浅野準一, 古林絵里子, 松瀬光太郎, 2004: 風送ダストの光学特性 (single scattering albedo), 日本気象学会 2004 年度秋季大会講演予稿集, 平成 16 年 10 月.
22. 久慈誠, 菊地信行, 内山明博, 2004: 人工衛星近赤外放射観測データを用いた積算水蒸気量の導出, 日本気象学会 2004 年度秋季大会講演予稿集, 平成 16 年 10 月.
23. Aoki, Te., M. Hori, A. Hachikubo, T. Tanikawa, H. Motoyoshi, Y. Iizuka, Y. Nakajima, J. Nieke, K. Stamnes, W. Li, H. Eide, R. Storvold, 2004: Snow Products Derived from ADEOS-II/GLI Data: Scientific Implications, International Radiation Symposium 2004, August 23 - 27, 2004, Busan, Korea.
24. Aoki, Te., M. Hori, H. Motoyoshi, T. Tanikawa, K. Sugiura, Y. Nakajima, F. Takahashi, Y. Kodama, T. J. Yasunari, K. Fujita, N. Hirasawa, T. Yamanouchi, K. Stamnes, W. Li, H. Eide, R. Storvold, and J. Nieke, 2004: GLI/Cryosphere science, version up, and validation status, ADEOS-II Workshop 2004, December 14-16, 2004, Nagahama Royal Hotel, Nagahama, Japan.
25. Aoki, Te., H. Motoyoshi, T. Tanikawa, M. Hori, K. Sugiura, Y. Nakajima, F. Takahashi, and A. Hachikubo, 2004: Improvements of GLI cryosphere algorithms for look-up table (LUT), ADEOS-II Workshop 2004, December 14-16, 2004, Nagahama Royal Hotel, Nagahama, Japan.
26. Aoki, Te., H. Motoyoshi, Y. Kodama, T. J. Yasunari, H. Kobayashi, M. Hori, K. Sugiura, A. Hachikubo, T. Tanikawa, Y. Nakajima, F. Takahashi, A. Uchiyama, M. Chiba, and T. Y. Tanaka, 2004: Effect of atmospheric aerosol deposition on snow albedo reduction, *Proc. 5th International Workshop on Global change: Connection to the Arctic (GCCA-5)*, International Arctic Research Center, USA and Local Organizing Committee for GCCA5, Japan, 147-150.
27. Akagi, K., K. Nagata, K. Saito, Y. Kamata, T. Sasaki, and Te. Aoki, 2004, Evaluation of aerosol and other effects on surface ultraviolet radiation observed in Japan, Quadrennial Ozone Symposium 2004, June 1-8, 2004, Athens,.Greece.
28. Tanikawa, T., Te. Aoki, M. Hori, A. Hachikubo, O. Abe and M. Aniya, Comparison between observed spectral albedo and theoretical one for artificial snowpack, 2004: International Radiation Symposium 2004, August 23 - 27, 2004, Busan, Korea.
29. Hori, M., Te. Aoki, T. Tanikawa, H. Motoyoshi, Y. Iizuka, Y. Nakajima, H. Eide, and R. Storvold, In site measurements of the thermal infrared radiative properties of snow surface, 2004: International Radiation Symposium 2004, August 23 - 27, 2004, Busan, Korea.
30. Hori, M., Te. Aoki, K. Stamnes, W. Li, H. Eide, A. Hachikubo, T. Tanikawa, R. Storvold, Y. Iizuka, H. Motoyoshi, K. Sugiura, T. J. Yasunari, Y. Nakajima, and F. Takahashi, 2004: GLI Snow and Ice Products and Validation, *Proc. 5th International Workshop on Global change: Connection to the Arctic (GCCA-5)*, International Arctic Research Center, USA and Local Organizing Committee for GCCA5, Japan, 127-130.
31. Yasunari, T. J., T. Shiraiwa, S. Kanamori, T. Hondoh, Y. Fujii, M. Igarashi, K. Yamazaki, Te. Aoki, K. Sugiura K., and C. S. Benson, 2004: Dust variations in the atmosphere and snow-surface at the summit of Mt. Wrangell, Alaska - for the Connection between Present

- and Past Climate Study -, *Proc. 5th International Workshop on Global change: Connection to the Arctic (GCCA-5)*, International Arctic Research Center, USA and Local Organizing Committee for GCCA5, Japan, 175-180.
32. 青木輝夫, 藤井理行, 2004: 南極ドーム F 氷床コアから推定した過去 32 万年間の大気エアロゾルの光学的厚さ, 講演予稿集, 日本気象学会春季大会, 2004 年 5 月, D201.
 33. 青木輝夫, 堀雅裕, 谷川朋範, 本吉弘岐, 杉浦幸之助, 安成哲平, 中島幸徳, 高橋文宏, 2004: ざらめ雪の近赤外域波長別アルベドは既存モデル計算値よりも高い, 日本雪氷学会 2004 年度全国大会講演予稿集, 2004 年 9 月, 彦根, A1-6.
 34. 青木輝夫, 内山明博, 千葉長, 田中泰宙, 2004: 鉱物性ダストによる直接放射強制力に与える地表面の波長別アルベドの効果, 2004: 講演予稿集, 日本気象学会 2004 年度秋季大会, 2004 年 10 月, B366.
 35. 青木輝夫, 本吉弘岐, 堀雅裕, 若林裕之, 吉澤宣之, 佐藤之紀, 藤田耕史, 橋田元, 平沢尚彦, 山内恭, ADEOS II/GLI プロダクトに関連する南極域検証活動, 第 27 回極域気水圏シンポジウム, 国立極地研究所, 2004 年 12 月, PI-12.
 36. 永田和彦, 青木輝夫, 橋本徹, 廣田道夫, 赤木万哲, 中村雅道, 居島修, 2004: 直達日射量から推定した国内におけるエアロゾルの光学的厚さ, 講演予稿集, 日本気象学会 2004 年度春季大会, 2004 年 5 月, P373.
 37. 本吉弘岐, 青木輝夫, 児玉裕二, 堀雅裕, 杉浦幸之助, 2004: 2003 年-2004 年冬期の札幌における雪面アルベドと積雪物理量の観測, 日本雪氷学会 2004 年度全国大会講演予稿集, P2-5.
 38. 谷川朋範, 青木輝夫, 八久保晶弘, 堀雅裕, 阿部修, 望月重人, 安仁屋政武, 2004: 低温実験室で測定した球形・非球形積雪粒子の波長別アルベドとモンテカルロシミュレーション, 日本雪氷学会 2004 年度全国大会講演予稿集, A1-5.
 39. 谷川朋範, 青木輝夫, 堀雅裕, 八久保晶弘, 安仁屋政武, 2004: 非球形積雪粒子の光学特性を考慮した積雪粒径推定アルゴリズムの開発と Terra/ASTER データへの適用, 日本雪氷学会 2004 年度全国大会講演予稿集, P2-52.
 40. 安成哲平, 本堂武夫, 白岩孝行, 藤井理行, 五十嵐誠, 山崎孝治, 青木輝夫, 杉浦幸之助, 2004: ア拉斯カ・ランゲル山山頂における大気中・表層積雪中のエアロゾル・ダスト変動, 日本雪氷学会 2004 年度全国大会講演予稿集, A2-7.
 41. 安成哲平, 本堂武夫, 白岩孝行, C. S. Benson, 金森晶作, 藤井理行, 五十嵐誠, 山崎孝治, 青木輝夫, 杉浦幸之助, 2004: ア拉斯カ・ランゲル山の雪面と大気のダスト変動及びそれに基づく雪氷コアのダスト解析, 講演予稿集, 日本気象学会秋季大会, P134.
 42. 三上正男, 青木輝夫, 石塚正秀, 山田豊, 曾凡江, 高衛東, 2004: 中国タクラマカン砂漠南部における春季エアロゾル粒径分布の観測, 講演予稿集, 日本気象学会秋季大会, B304.
 43. 山中のり子, 久慈誠, 林田佐知子, 安井元昭, 内山明博, 青木輝夫, 2004: 紫外域観測人工衛星データを用いた対流圏エアロゾルの推定と検証, 講演予稿集, 日本気象学会 2004 年度秋季大会, B355.
 44. 堀雅裕, 青木輝夫, K. Stamnes, W. Li, H. Eide, 八久保晶弘, 谷川朋範, R. Storvold, 飯塚康子, 本吉弘岐, 杉浦幸之助, 安成哲平, 中島幸徳, 高橋文宏, 2004: GLI 雪氷プロダクト(Ver.2)リリースと地上検証観測報告, 講演予稿集, 日本気象学会 2004 年度秋季大会, D353.
 45. 岡田菊夫, 池上三和子, 財前祐二, 堤之智, 牧野行雄, Jorgen Jensen, John Gras, 2005: 対流圏中部におけるエアロゾル粒子の組成の緯度分布 - PACE-3 航空機観測. 日本気象学会 2005 年度春季大会講演予稿集, B301.
 46. 直江寛明, 岡田菊夫, 内山明博, 古林絵里子, 山崎明宏, 松瀬光太郎、2005: 大気煤粒子の混合状態と光吸収特性について. 日本気象学会 2005 年度春季大会講演予稿集, B302.
 47. Mikami, M., John Leys, Yaping Shao, Grant McTainsh, Masahide Ishizuka, Yutaka Yamada, and Hideki Nagasima, 2005: An Introduction to Japanese Australian Dust Experiment - JADE. Proceedings of the 2005 fall meeting of American Geophysical Union.
 48. Mikami, M., T. Aoki, M. Ishizuka, Y. Yamada, S. Yabuki, W. Gao, and F. Zeng, 2005: Number concentration of desert aerosols in the south of the Taklimakan Desert, China. Proceedings

- of the 2nd AOGS Annual Meeting 2005.
49. Mikami, M., and G.-Y. Shi, 2005: Asian Dust Impact on the Climate-Summary of Japan-Sino Project ADEC. Proceedings of IAMAS 2005.
 50. Ishizuka, M.; Mikami, M.; Yamada, Y.; Zeng, F.; Gao, W., 2005: Characteristic of soil water content and its effect on wind erosion process observed in sand dune and gobi desert in the south of the Taklimakan Desert in spring in 2002 and 2003. Geophysical Research Abstracts, 7, 01255, SRef-ID1607-7962/gra/EGU05-A-01255.
 51. Ishizuka, M., M. Mikami, Y. Yamada, F. Zeng, W. Gao, 2005: Characteristic of soil water content and its effect on wind erosion process observed in sand dune and gobi desert in the south of the Taklimakan Desert in spring in 2002 and 2003. CL25 Aeolian dust as a player and recorder of environmental change (co-listed in SSP), Stratigraphy, Sedimentology and Paleontology, The General Assembly of the European Geosciences Union (EGU), the Austria Center Vienna (ACV) in Vienna, Austria.
 52. 三上正男, 2005: 風送ダストの大気中への供給量評価と気候への影響に関する日中共同研究 (ADEC) . 日本気象学会 2005 年度秋季大会シンポジウム.
 53. 財前祐二, 岡田菊夫, 2005: 春季Barrow で採集された大気エアロゾル粒子の混合状態. 日本気象学会 2005 年度秋季大会講演予稿集, P351.
 54. 古林絵里子, 内山明博, 山崎明宏, 松瀬光太郎, 2005 : 最尤法に基づいた inversion によるスカイ ラジオメーターの解析プログラム, 日本気象学会 2005 年度春季大会講演予稿集, P211.
 55. 内山明博, 山崎明宏, 松瀬光太郎, 古林絵里子, 工藤玲, 2005 : EAREX2005 で使用した日射計 の検定, 日本気象学会 2005 年度秋季大会講演予稿集, P328.
 56. Aoki, Te., T. Y. Tanaka, A. Uchiyama, M. Chiba, and M. Mikami, 2005: Sensitivities of direct radiative forcing by mineral dust for its optical properties and surface albedo. *Proc. Fourth ADEC Workshop: Aeolian Dust experiment on Climate Impact*, M. Mikami (Ed), Meteorological Research Institute, 95-98.
 57. Aoki, Te., M. Hori, T. Tanikawa, H. Motoyoshi, K. Sugiura, T. J. Yasunari, Y. Nakajima, F. Takahashi, K. Stamnes, W. Li, J. Nieke, H. Eide, R. Storvold, A. Hachikubo, and Y. Iizuka, 2005: Snow grain size and concentration of snow impurities derived from ADEOS-II/GLI data, 4th EARSeL Workshop.
 58. Aoki, Te. and M. Hori, 2005: Snow grain size and concentration of snow impurities derived from ADEOS-II/GLI data, First CliC International Science Conference.
 59. Aoki, Te., M. Hori, H. Motoyoshi, T. Tanikawa, A. Hachikubo, K. Sugiura, T. J. Yasunari, Y. Iizuka, Y. Nakajima, F. Takahashi, K. Stamnes, W. Li, H. Eide, R. Storvold, J. Nieke, 2005: Validation results of ADEOS-II/GLI snow products, *2005 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium Proc. (IGARSS2005)*.
 60. Tanikawa, T., Te. Aoki, H. Motoyoshi, M. Hori, A. Hachikubo, and M. Aniya, 2005: Snow bidirectional reflectance model using non-spherical snow particles and its validation with field measurements, 4th EARSeL Workshop.
 61. Kuji, M., N. Yamada, S. Hayashida, M. Yasui, A. Uchiyama, A. Yamazaki, and Te. Aoki, 2005: Retrieval of Asian dust amount over land using ADEOS-II/GLI near UV data, *Proc. Fourth ADEC Workshop: Aeolian Dust experiment on Climate Impact*, M. Mikami (Ed), Meteorological Research Institute, 321-324.
 62. Oba, T. Y. Oka, S. Yabuki, and Te. Aoki, 2005: The mineralogical characterization of desert solids from and rocks surrounding Taklimakan Desert, China, *Proc. Fourth ADEC Workshop: Aeolian Dust experiment on Climate Impact*, M. Mikami (Ed), Meteorological Research Institute, 269-272.
 63. Shi, G., H. Wang, B. Wang, S. Gong, T. Zhao, W. Li, and Te. Aoki, 2005: Sensitivity experiments of regional radiative forcing of dust aerosol under clear condition, *Proc. Fourth ADEC Workshop: Aeolian Dust experiment on Climate Impact*, M. Mikami (Ed), Meteorological

- Research Institute, 111-116.
64. Kokhanovsky, A. A., Te. Aoki, , and E. P. Zege, 2005: Reflection of light from snow: theory versus measurement, *Proc. 8th Conference on Electromagnetic and Light Scattering by nonspherical Particles: Theory, Measurements and Applications*, F. Moreno, J. J. López-Moreno, O. Muñoz, and A. Molina (Eds), Instituto de Astrofísica de Andalucía, Spain, 164-167.
 65. Li, W., H. Eide, K. Stamnes, R. Spurr, Te. Aoki, and M. Hori, 2005, Simultaneous retrieval of aerosol and snow/ice properties using multi- and hyperspectral data, American Geophysical Union (AGU) Fall Meeting.
 66. Hori, M., Te. Aoki, T. Tanikawa, H. Motoyoshi, Y. izuka, K. Sugiura, T. J. Yasunari, H. Eide, and R. Storvold, 2005: Field measurements of thermal infrared spectral emissivity of snow surfaces, 4th EARSeL Workshop.
 67. Hori, M., Te. Aoki, T. Tanikawa, H. Motoyoshi, K. Sugiura, T. J. Yasunari, 2005: Directional emissivity of snow and ice in the thermal infrared wavelength region, International Glaciological Society (IGS) International Symposium on Sea Ice 2005.
 68. Hori, M., Te. Aoki, T. Tanikawa, H. Motoyoshi, K. Sugiura, T. J. Yasunari, Y. Nakajima, F. Takahashi, 2005: Directional emissivity of snow and ice in the 8-14 μm atmospheric window, *Proc. 6th International Conference on Global Change: Connection to the Arctic (GCCA-6)*, International Arctic Research Center (IARC), Local Organizing Committee for GCCA-6, and National Museum of Emerging Science and Innovation, Japan, 133-136.
 69. 青木輝夫, 堀雅裕, 本吉弘岐, 谷川朋範, 杉浦幸之助, 安成哲平, 中島幸徳, 高橋文宏, Knut Stamnes, Wei Li, Hans Eide, Rune Storvold, 2005: ADEOS-II/GLI 雪氷プロダクト検証結果, 講演予稿集, 日本気象学会 2005 年度春季大会, D453.
 70. 青木輝夫, 谷川朋範, 本吉弘岐, 堀雅裕, 門崎学, 杉浦幸之助, 安成哲平, 高橋文宏, 2005: 雪氷面の波長別アルベド測定用プローブの試作, 日本雪氷学会 2005 年度全国大会講演予稿集, B2-9.
 71. 青木輝夫, 雪氷衛星計測の現状と課題 -積雪- 主に光学センサについて, 2005: 日本雪氷学会 2005 年度 気象水文分科会・衛星観測分科会合同講演会.
 72. 本吉弘岐, 青木輝夫, 谷川朋範, 堀雅裕, 門崎学, 藤田耕史, 平沢尚彦, 山内恭, 2005, MODIS データによる南極域における積雪物理量の抽出, 講演予稿集, 日本雪氷学会 2005 年度全国大会, B4-2.
 73. 谷川朋範, 青木輝夫, 堀雅裕, 門崎学, 本吉弘岐, 杉浦幸之助, 安成哲平, 八久保晶弘, 安仁屋政武, 2005, 新雪, しまり雪, ざらめ雪の双方向反射率特性, 講演予稿集, 日本雪氷学会 2005 年度全国大会, P1-22.
 74. 杉浦幸之助, 山崎剛, 青木輝夫, 堀雅裕, 大畑哲夫, 安成哲平, 本吉弘岐, 谷川朋範, 中島幸徳, 高橋文宏, 2005: 融雪期のサンクラスト形成時における積雪のモデル表現, 講演予稿集, 日本雪氷学会 2005 年度全国大会, A4-13.
 75. 谷川朋範, 青木輝夫, 堀雅裕, 本吉弘岐, 2005: 積雪放射伝達モデルによる双方向反射率に及ぼす非球形積雪粒子の効果, 第 28 回極域気水圏シンポジウム, 国立極地研究所, VII-2.
 76. 本吉弘岐, 青木輝夫, 谷川朋範, 堀雅裕, 門崎学, 藤田耕史, 平沢尚彦, 山内恭, 2005, 南極域における MODIS 1.6 μm チャンネルを用いた積雪粒径抽出, 講演予稿集, 第 28 回極域気水圏シンポジウム, 国立極地研究所, PI-13.
 77. 岡田菊夫, 池上三和子, 財前祐二, 牧野行雄 2006: 南北両半球の自由対流圏におけるエアロゾル粒子濃度の鉛直分布について. 日本気象学会 2006 年度春季大会講演予稿集, B205.
 78. 三上正男, 2006: 気象学会賞講演.
 79. 財前祐二, 千葉長, 2006: ビン法による硫酸エアロゾル粒子を凝結核とした雲生成シミュレーション. 日本気象学会 2006 年度春季大会講演予稿集, P105
 80. 直江寛明, 柴田清孝, 出牛真, 田中泰宙, 2006: 対流圏硫酸塩エアロゾルモデルの開発. 日本気象学会 2006 年度春季大会講演予稿集, B107.
 81. 高橋 宙, 柴田清孝, 千葉長, 田中泰宙, 今井宏治, 2006: 鉱物ダスト発生・浮遊量の長期トレンド.

- 日本気象学会 2006 年度春季大会講演予稿集, P305.
82. 五十嵐康人, 高橋宙, 篠田佳宏, 兼保直樹, 加藤俊吾, 梶井克純, 杉本伸夫, 2006: 富士山山麓でのサルフェート粒子観測の試み. 日本気象学会 2006 年度春季大会講演予稿集, P405.
 83. 黒崎泰典, 三上正男, 近藤明彦, 2006: 積雪のダスト発生への影響の季節による違い. 日本気象学会 2006 年度春季大会講演予稿集, P243.
 84. 田中泰宙, 青木輝夫, 高橋 宙, 柴田清孝, 内山明博, 三上正男, 2006: 鉱物ダストが放射収支に及ぼす直接効果の光学特性による違い. 日本気象学会 2006 年度春季大会講演予稿集, P229.
 85. 高橋宙, 2006: 富士山測候所滞在記. 富士山レーダードーム館.
 86. Takahashi, H., K. Shibata, M. Chiba, T. Tanaka, K. Imai, 2006: Long-term trend of simulated dust emission. 10th International Global Atmospheric Chemistry Conference, 325.
 87. 内山明博, 岡田菊夫, 山崎明宏, 古林絵里子, 工藤玲, 財前祐二, 直江寛明, Jost Heintzenberg, 2006: エアロゾルの光吸収特性について. 日本気象学会 2006 年度秋季大会講演予稿, D152.
 88. 財前祐二, 2006: ビン法による硫酸エアロゾル粒子を凝結核とした雲生成シミュレーション その 2. 日本気象学会 2006 年度秋季大会講演予稿集, P314.
 89. Igarashi, Y., H. Takahashi, S. Shinoda, K. Miura, K. Nagano, N. Kaneyasu, H. Kobayashi, H. Okouchi, Y. Katayama, O. Nagafuchi, K. Yokota, H. Hayami, S. Fujita, S. Kato, 2006: Research on aerosol by using Mt. Fuji as an observation tower: 2005-2006 Brief Introduction. International Workshop and Symposium on Mt. Fuji Project.
 90. Watanabe, K., Y. Takabe, N. Sode, Y. Igarashi, H. Takahashi and Y. Dokya, 2006: Fog and rain water chemistry at Mt. Fuji: A case study during the September 2002 campaign. International Workshop and Symposium on Mt. Fuji Project.
 91. 工藤玲, 内山明博, 山崎明宏, 古林絵里子, 西澤智明, 2006 : 直達光・全天散乱光からのエアロゾル光学特性の推定, 日本気象学会 2006 年度春季大会講演予稿集, P230.
 92. 田中泰宙, 青木輝夫, 高橋宙, 柴田清孝, 内山明博, 三上正男, 2006 : 鉱物ダストが放射収支に及ぼす直接効果の光学特性による違い, 日本気象学会 2006 年度春季大会講演予稿集, P229.
 93. 内山明博, 岡田菊夫, 山崎明宏, 古林絵里子, 工藤玲, 財前祐二, 直江寛明, 長谷川就一, Jost Heintzenberg, 2006 : エアロゾルの光吸収特性について, 日本気象学会 2006 年度秋季大会講演予稿集, D152.
 94. 山崎明宏, 内山明博, 古林絵里子, 工藤玲, 2006 : ADEC スカイラジオメーターネットワークから得られた観測結果, 日本気象学会 2006 年度秋季大会講演予稿集, P313.
 95. 筒井浩行, 小池俊雄, Tobias Graf, 児玉裕二, 青木輝夫: 2006, 地上マイクロ波放射計を用いた地上積雪観測に基づく積雪量推定衛星アルゴリズム検証. 水工学論文集, 50, 433-438.
 96. 青木輝夫, 2006: GLI 雪氷プロダクトと検証観測から得られたもの, AMSR-AMSR-E・GLI シンポジウム.
 97. Aoki, Te., 2006: Effects of snow grain size and snow impurities on albedo measured in Sapporo, First Asia CliC Symposium - The state and fate of Asian Cryosphere -, Japan.
 98. Hori, M., T. Aoki, K. Stamnes and W, Li, 2006: Spatial and temporal variations of satellite-derived snow physical parameters in the Arctic regions during the spring-fall seasons in 2003. . *International Symposium on Cryospheric Indicators of Global Climate Change*, International Glaciological Society, Cambridge, England.
 99. 青木輝夫, 堀雅裕, 本吉弘岐, 谷川朋範, 八久保晶弘, 杉浦幸之助, 安成哲平, 中島幸徳, 高橋文宏, Knut Stamnes, Wei Li, Hans Eide, and Rune Storvold, 2006 : ADEOS-II/GLI 雪氷プロダクト再計算値検証結果, 日本気象学会 2006 年度春季大会講演予稿集, P225.
 100. 筒井浩行, 小池俊雄, Tobias Graf, 児玉裕二, 青木輝夫: 2006: 地上マイクロ波放射計を用いた地上積雪観測に基づく積雪量推定衛星アルゴリズム検証. 水工学論文集, 50, 433-438.
 101. 谷川朋範, 青木輝夫, 本吉弘岐, 講演予稿集, 堀雅裕, 2006 : 波長別積雪アルベドに対するサンクラストの効果, 日本雪氷学会 2006 年度全国大会講演予稿集, A2-10.
 102. 本吉弘岐, 青木輝夫, 谷川朋範, 堀雅裕, 門崎学, 藤田耕史, 平沢尚彦, 山内恭, 2006, 衛星データから推定された南極域における積雪粒径の季節変化, 日本雪氷学会 2006 年度全国大会講演予

- 稿集, A2-14.
- 103. 堀雅裕, 青木輝夫, Knut Stamnes, Wei Li, 2006: ADEOS-II/GLI により観測された半球規模積雪物理特性の時空間変動, 日本気象学会 2006 年度秋季大会講演予稿集, P171
 - 104. 堀雅裕, 青木輝夫, Knut Stamnes, Wei Li, 2006: ADEOS-II/GLI データを用いた半球規模積雪物理特性の時空間変動解析, 日本雪氷学会 2006 年度全国大会講演予稿集, P1-17.
 - 105. Aoki, Te., H. Motoyoshi, Y. Kodama, T. J. Yasunari, and K. Sugiura, 2007: Effects of snow grain size and snow impurities on albedo measured in Sapporo, *Proc. 1st Asia CliC Symposium, - The state and fate of Asian Cryosphere*, Yokohama Institute for Earth Science (JAMSTEC), 184-189.
 - 106. Aoki, Te., 2007: Science of cryosphere using GCOM-C/SGLI data. *International Workshop for "Global Estimation of Biomass using the next generation sensor"*, Institute of Industrial Science, University of Tokyo, Japan.
 - 107. Aoki, Te., 2007, H. Motoyoshi, T. Tanikawa, M. Hori, K. Stamnes, T. Tanaka, E. Tanaka, and K. Kuchiki, 2007: Estimation of snow/ice parameters and the effects on climate, AMSR/GLI Workshop 2007, JAXA/EORC, Tsukuba, Japan.
 - 108. 青木輝夫, 田中悦子, 朽木勝幸, 田中泰亩, 内山明博, 保坂征宏, 2007: 大気エーロゾルが積雪面の放射特性に与える影響, 平成 18 年度気象研究所研究成果発表会, 発表要旨集, 6-7.
 - 109. 内山明博, 山崎明宏, 古林絵里子, 工藤玲, 岡田菊夫, 財前祐二, 直江寛明, 青木輝夫, 長谷川就一, Jost Heintzenberg, 2007: エーロゾルの地表面放射への影響評価のためのエーロゾル光学特性の推定について, 平成 18 年度気象研究所研究発表会, 4-5.

シビア現象の危険度診断技術に関する研究

研究期間： 平成16年度～平成18年度

研究代表者： 中里 真久¹⁾（気象衛星観測システム研究部 第二研究室主任研究官）
鈴木 修²⁾（気象衛星観測システム研究部 第二研究室長）

課題構成及び担当者

(1) シビア現象の観測手法の高度化とデータベースの構築

中里真久、井上豊志郎³⁾、山内 洋、石部 勝¹⁾、鈴木 修、足立アホロ、笹岡雅宏¹⁾、
小野木茂²⁾、高山陽三³⁾（気象衛星・観測システム研究部）

(2) シビア現象の危険度診断技術の開発の研究

中里真久、井上豊志郎³⁾、山内 洋、石部 勝¹⁾、鈴木 修、足立アホロ、笹岡雅宏¹⁾、
小野木茂²⁾、高山陽三³⁾（気象衛星・観測システム研究部）

研究の目的

複数の観測システムからのデータを解析し、シビア現象（雷雨から生じる極めて局地的な豪雨、ダウンバースト、竜巻、落雷などに代表される激しいメソγスケール（2km～20km）～マイクロαスケール（2km～200m）の気象現象）が発生・発達する危険度の診断技術を開発する。

研究の目標

本研究では、高密度の観測データを得られる関東地方を主な対象領域として、

- ・シビア現象の観測手法の高度化、
- ・データベースの構築、
- ・シビア現象及び環境場の解析

を行い、その成果を基にして、

- ・シビア現象の危険度診断アルゴリズムを開発し、プロトタイプを作成する。

研究の概要

- ・シビア現象の診断に使える観測データを得るために、必要な観測手法の高度化を行う。
- ・シビア現象の解析や危険度診断アルゴリズムの作成に必要なデータを収集し、解析やアルゴリズムで容易に利用（画像・テキスト出力、ダウンロード）可能のようにデータベース化する。
- ・シビア現象と環境場を解析し、危険度診断アルゴリズムの作成に必要な前兆の抽出を行う。
- ・危険度診断アルゴリズムを開発し、危険度診断システムのプロトタイプを作成する。

研究成果

- ・シビア現象の観測手法の高度化のため、ドップラーレーダーによる晴天エコー域のデータ利用技術の高度化、ウインドプロファイラの反射強度データを用いた水蒸気プロファイルの推定手法の開発、通常のレーダーによる反射強度を鉛直観測レーダーと組み合わせて推定精度を上げる手法を提案した。
- ・観測データベースを構築し、気象庁のデジタルデータ（各種観測データ、天気図）、高層観測データから計算した大気環境パラメータ、気象研のドップラーレーダーデータと鉄塔データなどを登録した。また、竜巻やダウンバーストの現地調査を気象官署や大学等と協力して実施し、その結果を収録した。
- ・シビア現象と環境場の解析を竜巒やダウンバースト等の突風約10事例について行い、スーパーセル、台風のアウターバンド、ガストフロントに伴って発生していたことを明らかにした。
- ・シビア現象の危険度診断アルゴリズムの開発のため、主要な大気環境パラメータの算出プログラム作成と新たな大気環境パラメータの提案とプログラムへの追加、ドップラー速度場からのメソサイクロン等の検出アルゴリズムの開発とプログラム作成を行った。ドップラーレーダー、ウインドプロファイラ、アメダス、数値モデルのデータを使用して、ダウンバースト・竜巒・雷・雹・雷雨の検出・直前予測を行うアルゴリズムのプロトタイプを作成した。

¹⁾ 平成16～17年度、²⁾平成18年度、³⁾平成17～18年度。年度途中で異動の場合は、両年度を記述。

今後に残された問題点

シビア現象の危険度診断を行うプロトタイプシステムは、検証に適用した事例数の不足、構成する個々の開発に時間がかかりすぎたことなどもあり、評価と統合化が不十分であった。今後、事例数の不足に対しては、そのカバー範囲が拡大する現業ドップラーレーダーのデータも用いて、対象領域を全国に広げることで対応し、より高度化したかたちでシステムの構築を図ることとする。

成果が気象庁業務へ貢献することとなったものの、論文としての成果が少ないとことから、早期に学会誌等への投稿を進めることとする。

成果の活用に対する意見（事後評価の総合所見）

最近、竜巻による災害が相次いだことから、シビア現象の監視、予測技術について社会的関心が非常に高まっており、本研究は非常にタイムリーなものとなった。潜在的な社会ニーズを的確に把握し、地道な基盤的研究を積み重ねておくことの重要性を示す良い例と言える。

本研究において、データベースの整備、診断パラメーターの算出・評価、災害の現地調査・事例解析、レーダー、プロファイラ観測の高度化など、シビア現象の監視、予測技術の基盤となる成果が得られている。それらの成果の中には、気象庁業務へ貢献している、もしくは今後の貢献が期待できるものが数多く含まれており、高く評価する。

成果としては気象庁業務への貢献が大きいとはいえる、得られた多くの成果に比して査読付きの論文発表の数がやや少ないと言わざるを得ない。一定期間を成果のまとめにあて、その期間に問題点を深く検討することは、より完成度の高い危険度診断アルゴリズムの構築にもつながるものである。できるだけ早期に適切な学会誌などへの出版を希望する。また、膨大な事例解析などはハンドブック的に技術報告としてまとめるのも一案である。

シビア現象の危険度診断技術の確立は、社会的に強く望まれており、気象庁の業務としても急務である。ドップラーレーダーの整備なども急速に進むことから、本府、予報研究分野と密接に連携し、実用化に向けて研究をさらに発展・加速することを期待する。

成果発表状況

- ・論文発表件数 2 件
- ・口頭発表件数 23 件

(1) シビア現象の観測手法の高度化とデータベースの構築

副課題目標

シビア現象の観測手法を高度化し、その結果得られたデータに加えて、現業ベースの観測データや災害調査、解析結果を含むデータベースを構築する。

研究の概要

①シビア現象の観測手法の高度化

シビア現象の診断に使える観測データを得るために、必要な観測手法の高度化を行う。この研究では、次のことを行う。

- ・レーダーのスキャン方法の最適化、
- ・二次エコー除去技術の高度化、
- ・晴天エコーの探知能力の向上、
- ・激しい降水の測定精度の向上、
- ・ウインドプロファイラデータを用いた水蒸気場の抽出。

②データベースの構築

シビア現象の解析や危険度診断アルゴリズムの作成に必要なデータを収集し、解析やアルゴリズムで容易に利用（画像・テキスト出力、ダウンロード）可能なように、データベース化する。この研究では、次のことを行う。

- ・観測データのデータベース化
- ・研究期間中の突風災害調査結果のデータベース化
- ・解析データのデータベース化

研究成果

①シビア現象の観測手法の高度化

- 晴天エコー域の収束線の探知能力向上のため、ドップラー速度の折返し補正手法を改善した。この結果、データ欠落の多い領域（晴天エコー域で顕著）、ランダム誤差や速度の空間変化の激しい領域（例えば、シアライン、ダウンバースト、メソサイクロン、台風中心周辺）において、安定してドップラ一速度を求められるようになった。
- ドップラ一速度データから、晴天エコー域の収束線を検出するアルゴリズムを作成した。実事例に適用したところ、「海陸風前線」のような「不明瞭な」収束線や収束の向きがレーダーの視線方向に垂直な収束線については検出が困難であったが、「ガストフロント」のような「明瞭な」収束線が検出できることを確認した。
- ウインドプロファイラからの水蒸気プロファイルの推定について、晴天時の対流混合層に関する種々の指標を算出するアルゴリズムを作成し、気象研究所敷設の境界層レーダーのデータへ適用した。その結果、算出された指標について 1997, 1998 及び 2001 年夏季のデータから平均値や理論的期待値を算出し、それらの値は過去の報告と矛盾していないこと、対流混合層内部の可降水量の推定値は、雷雨や光化学スモッグ注意報の日の午前 10~11 時の間に平均値よりも大きくなる傾向があること、シミュレーションにより水蒸気プロファイル推定誤差を評価し、対流混合層高度以下の気温の誤差は推定誤差を大きくすること、境界条件（高度 2km）の誤差の推定への影響は小さいこと、が分かった。
- 前項のプログラムを改良し、気象庁のウインドプロファイラ（WINDAS）の信号強度データを用いて水蒸気プロファイルを推定することを可能とした。
- ウインドプロファイラからの水蒸気算出に関連して、精度の高い 0~2 次モーメントデータの推定手法を開発した。このアルゴリズムは、既開発の集合化アルゴリズムを応用してクラッターノイズの影響を除去するもので、スペクトル上でクラッターノイズが大気信号と重なるような従来は困難だった場合においても推定精度が良いことをシミュレーションにより確認した。
- ウインドプロファイラからの水蒸気プロファイル推定について、シミュレーションを用いた誤差評価を行い、地上データを参照することが推定誤差を小さくするのに有効であること、気温プロファイルとしてシンプルなジャンプモデルを用いても推定誤差が小さいこと、を確認した。
- エコー強度から精度良い降雨強度の推定を行う手法として、鉛直観測のマイクロレインレーダーのデータを用い、降水粒子ミー散乱特性で生じるドップラースペクトル極小位置情報から鉛直風を推定し、降水落下速度の補正を行う方法を定式化した。実データに対して試みたところ、従来の Z-R 関係から推定した場合に比べ、この補正を行うことにより、地上降水強度に近い降雨強度の推定値が得られた。
- 前項の手法を C バンドレーダーに適用することを想定し、C バンドレーダーのエコー強度とマイクロレインレーダーのエコー強度を数事例について比較した。その結果、地形除去フィルターの有無は考慮する必要はあるものの、両者がほぼ一致することを確認した。

②データベースの構築

- 観測データベースの基本設計と気象データの入手・処理手法の調査を行い、気象庁 CD-ROM のデジタルデータ（各種観測、天気図）は 1996~2006 年の気象データを、鉄塔データは 1991 年以降、気象研の 400MHz ウインドプロファイラ（1986-1998）、LIDEN（2001-2006）などをデータベース化した。また、関東地方で突風が発生した複数の事例の気象官署 1 分値データ等の登録を行った。
- 突風災害調査のデータベース化のため、2004 年 6 月 27 日の佐賀竜巻の現地調査資料の収集と追加調査を実施し、佐賀竜巻（2004/06/27）、群馬県館林市ダウンバースト、佐呂間町竜巻（2006/11/7）において現地調査等を実施し、現象、規模、強さを現地官署と共同して特定した。また、他の複数の事例で現地官署・管区や現地の大学が実施した現地調査へ技術支援や協力をを行い、情報を収集した。
- 高層データから大気環境パラメータ（1990/1~）を、WINDAS データから関東域の領域収束・渦度の高度プロファイル（2001/4~）を計算するプログラムを整備し、データベースの観測データを用いてデータベースに追加した。
- 構築したデータベースで衛星画像、アメダスおよび気象研鉄塔データ（13 年間）を調べ、ダウンバースト状の突風が雪雲下で発生している事例を約 30 例見いだした。
- 蓄積されたデータベースを用いて、LIDEN により気象研近傍で落雷が検出された日について、突風の有無、気温の変化などを鉄塔データを用いて調査している中で、高度数 10m から数 100m で強風であるが地表付近ではあまり強風とならない例を複数事例で見いだした。

(2) シビア現象の危険度診断技術の開発の研究

副課題目標

シビア現象とそれを引き起こす環境場を解析し、得られた知見を利用して危険度診断アルゴリズムを開発し、プロトタイプを作成する。

研究の概要

①シビア現象と環境場の解析

シビア現象と環境場を解析し、危険度診断アルゴリズムの作成に必要な前兆の抽出を行う。この研究では次のことを行う。

- ・シビア現象の発生に適した環境場の解析
- ・シビア現象の構造とその時間変化の解析
- ・シビア現象の前兆の抽出

②シビア現象の危険度診断アルゴリズムの開発

危険度診断アルゴリズムを開発し、危険度診断システムのプロトタイプを作成する。この研究では次のことを行う。

- ・危険度診断に用いる環境場の「パラメータ」の作成・表示
- ・危険度診断に用いるストームの「パラメータ」の作成・表示
- ・危険度診断アルゴリズムの開発
- ・危険度診断システムのプロトタイプの作成

研究成果

①シビア現象と環境場の解析

- ・2002年7月10日の群馬県境町の竜巻事例を解析した。竜巻親雲を含めて4つのスーパーセルが発生していたこと、そのうち2つは竜巻親雲とほぼ同じ経路をとっていたこと、竜巻親雲の発生・発達した時間帯は、WINDASデータから算出した指標 SReH（ストームに相対的なヘリシティー）、地上風分布に見られたシアラインとその渦度・収束が顕著な時期と対応していたことが分かった。
- ・2002年10月1日に関東地方を通過し、つくばで突風(最大31.6m/s)の観測された台風0221の事例を解析した。その結果、この突風は台風後面において、寒気外出流に伴って発生したものであったこと、高度200mから上空にかけて3m/s以上の強い上昇流及び下降流を伴っていたこと（ウインドプロファイラによる）が分かった。他の事例でも、この例のように、台風に伴う強風の中に、メソサスケールの現象と推定される突風の観測例が複数見いだされた。
- ・2003年10月13日の成田市の突風事例を解析した。赤荻地区での被害発生の前に 10^{-2} s^{-1} を超える渦度域の降下と、被害発生時の最低仰角高度における強い発散の存在を明らかにした。
- ・2004年の台風0421東側のアウターバンド上で発生した藤田スケールでF1の竜巻について、那覇の空港気象ドップラーレーダーデータを用いて解析した。竜巻の親雲中にメソサイクロンが検出された。このメソサイクロンは沖縄本島付近を北上し、下層の渦度が被害のあった名護市豊原及び古宇利島付近で強化していた。古宇利島付近ではメソサイクロンは複数存在していた。
- ・2005年5月15日の東京都西部～神奈川県北部で発生した突風現象の解析を行い、被害をもたらしたストームは、総観的には上空の寒冷渦南東側での風の鉛直シアが強い領域で発生したこと、スーパーセルであったこと、スーパーセルとして発達した領域では地上は他より暖湿であったことが分かった。
- ・2005年8月8日つくばで突風と記録的強雨が観測された雷雨事例について解析を行った結果、大気中層と下層の相当温位差が大きな環境場で発生したこと、突風はガストフロントとダウンバーストによってもたらされたこと、降雹を伴っていたこと、ダウンバーストは降水コア（反射強度42dBZ以上）の落下後に発生していたことが分かった。また、つくばで観測された記録的な強雨は、ガストフロント衝突線の上空に新たな積乱雲が発生し、既存の積乱雲セルを融合しながら急発達してもたらされたことがわかった。
- ・2006年7月5日の高知県高知市及び土佐山田市で発生した竜巻等について、環境場（主としてWINDASデータによる）及びレーダーデータの解析を行い、大きなSReHの場で発生したスーパーセルが親雲であったことを示した。
- ・同じ2006年7月5日、つくば付近を通過した温暖前線に伴い、50mm/hを超える強雨と、10m/sの

突風が観測された。一般に温暖前線は層状性の雨を伴うことが多く、本事例でも高層データからはCAPEなどのパラメータは小さい。本事例について、ウィンドプロファイラとマイクロレインレーダーの観測からこの降水系が地上の温暖前線に直接対応するものではないこと、高層データからは温暖前線面上を滑昇する暖湿流よりも上層に乾燥空気の層が存在することなど、二重前線(split-front)の特徴があつたことが判った。温暖前線付近における局地的な強雨や突風について、二重前線の有無を監視する必要性があることを示唆する結果が得られた。

- ・2006年9月17日に台風13号に伴い九州東部で発生した竜巻等について、レーダー、ウィンドプロファイラ、地上気象観測データの解析を行い、当日発生した複数の竜巒・突風が台風のアウターレインバンド内に発生していたスーパーセルを親雲としていたことが判った。この事例の解析結果は、内閣府の災害対策総合推進調整費による調査として位置づけられ2006年度内にまとめられた。
- ・2006年11月7日に北海道佐呂間町で発生した竜巻等について、レーダー、地上気象観測データ、現地調査資料の解析を行った。この事例の解析結果は、内閣府の災害対策総合推進調整費による調査および科学研究費補助金（特別研究促進費）により、2006年度内にまとめられた。

(プロファイラ等のデータの解析)

- ・気象研究所と気象庁の関東域に設置されたウィンドプロファイラ計4台のデータから、暖候季晴天日19例について境界層内で鉛直積算した水蒸気フラックスを算出し、関東地方の雷雨前の水蒸気輸送について調査した。その結果、山地に100kmスケールの雷雨が発生する1~2時間前には、境界層内で南南東からの水蒸気輸送が見られたが、小さな雷雨のまま散在する時や非雷雨時には見られないことが分かった。
- ・上記の結果を受け、気象庁の水戸と熊谷の2地点のウィンドプロファイラのデータ及びLIDENのデータを用いて、2001年から2005年の夏季晴天時における関東北部の山岳域での発雷と下層風との関係を調べた。その結果、対地放電数が1000以上の大規模な雷雨については、山地に最初の雷雨が発生する1~2時間前に、下層0.4km~1.5kmにおいて南よりの風が現れる事例が多いことが分かった。また、現在までに調べた4事例において、GPS可降水量も下層の南よりの風に対応して増大していくことが判った。
- ・雷監視システム（LIDEN）の5年分のデータが蓄積されたのを受け、このデータを用いて、2001年から2005年の夏季の9JSTのゾンデデータから算出した環境場のパラメータ（SSIや平衡高度など）と雷雨との関係を調べた。その結果、これらのパラメータは、LIDENデータを用いた落雷日についても従来の研究と同程度の予測能力であった。
- ・関東域の4台のウィンドプロファイラデータから風と水蒸気フラックス両方の領域的な収束・発散のプロファイルを算出した。このプロファイルから、海陸風循環に対応すると思われる収束が海岸側の領域上空で見られた。また、平野の雷雨発生前には、領域と同じスケールの雷雨が発生する場合に、その領域上空で収束が見られることや、このときの南海岸に設置されているウィンドプロファイラの水蒸気輸送は南東方向であることを確認した。
- ・「②シビア現象の危険度診断アルゴリズムの開発」で作成したシビアウェザーパラメータを過去の竜巒とダウンバースト事例について計算し、検証を行った。限られた事例数ではあるもののNOAA/SPCにおける最新の竜巒予測パラメータであるSTPC、VGP、本研究で開発したTVP（竜巒速度パラメータ、後述）の3つが、竜巒事例の時に危険域を指し示すこと、ダウンバーストと竜巒の識別にも使える可能性があることを示した。
- ・開発したTVPの特性を把握するために、全球客観解析を用いて全球分布を1年分計算した。計算結果を藤田博士がまとめた世界の竜巒分布図と比較したところ、陸上における分布はよく似ていた。海洋上に大きなTVPの値を持つ領域があり、これは竜巒が発生しやすい領域の存在を示唆するものと考えられる。米国における顕著な竜巒事例について、Fスケールを比較したところ、やや過小評価の場合があるものの、近い値であった。

②シビア現象の危険度診断アルゴリズムの開発

- ・高層観測データ（ゾンデ、ウィンドプロファイラ）から、主要な各種大気環境パラメータを算出するプログラムを作成した。
- ・9JSTのゾンデデータから、雷雨発生時のプロファイルを推定して雷雨発生を予測するインデックスを考案した。
- ・領域客観解析データから、大気環境パラメータについて、米国ストーム予測センター（NOAA/SPC）

で使用されているシビアウェザーパラメータとそれらのパラメータに、いくつかの修正を加えたパラメータも含めて、31 のパラメータを計算・表示するプログラムを作成した。

- ・大気環境パラメータのひとつとして、竜巻渦の接線風速を推定するための「竜巻速度パラメータ (Tornado Velocity Parameter: TVP)」を開発した。本パラメータは、従来の竜巻予測パラメータ (STPC、EHI、VGP 等) のような半経験的なパラメータに比較して、物理的考察に基づいているのが特徴である。メソ数値予報モデル・毎時大気解析・ラジオゾンデ観測などのデータから、竜巻の危険域と予想される接線風速を推定するのに用いることができる。
- ・2001 年から 2005 年までの 5 年間に発生したシビア現象 (ダウンバースト 6 事例、竜巻 17 事例、その他の突風 2 事例、雷雨 11 事例) について、領域客観解析から上記 9 種類の大気安定度指数の水平分布を計算し、各指数の特徴、シビア現象毎の特徴、レーダーデータとの比較、現地調査に基づく F スケールとの相関を調べた。ダウンバーストや竜巻の発生時には、大気はすべての事例で不安定な状態にあったが、大気安定度指数の水平分布はシビア現象の発生位置に対して特異性はみられなかった。また、竜巻は不安定度が小さい時でも発生する事例があった。
- ・ストームに関する診断パラメータについて、過去の類似のアルゴリズムで採用されたものを分類・整理した結果と、事例解析の知見に基づき、シビア現象の前兆検出に有効と考えられる 26 のパラメータを選択・定義した。このうち、11 個のパラメータの計算プログラムを既存のレーダー解析ソフト draft に追加する形で作成した。
- ・ドップラー速度場から、メソサイクロンの渦、ダウンバーストの発散、中層の収束等を軸対称な場を仮定して同時に検出するアルゴリズムを作成した。渦・発散・収束は軸対称性を仮定した非線形最小自乗法により求めるもので、時間的連続性やシアラインとの識別などを利用した品質管理を含んでいく。
- ・ダウンバーストについて、レーダーの反射強度データから降下空気塊の高度と体積を、またゾンデのデータから浮力を計算して、地上で期待される最大風速を推定する手法を定式化した。この手法を 2000 年 5 月 24 日の千葉・茨城突風事例へ適用し、観測された最大風速とほぼ一致することを示した。
- ・作成したパラメータ計算プログラムを用いて、パラメータの感度検証を 2 事例に対して行った。2000 年 5 月 24 日の千葉・茨城突風事例では、鉛直積算雨水量は先行時間は短いものの (1~2 ボリュームスキャン) 明確な変化を見せ、感度が良いことを確認した。
- ・ドップラーレーダー、ウィンドプロファイラ、アメダス、数値モデルのデータを使用して、ダウンバースト・竜巻・雷・雹・雷雨の検出・直前予測を行うアルゴリズムのプロトタイプを作成した。

研究発表一覧

- ・査読論文

1. Ahoro Adachi, T. Kobayashi, K. S. Gage, D. A. Carter, L. M. Hartten, W. L. Clark, and M. Fukuda, 2005: Evaluation of Three-Beam and Four-Beam Profiler Wind Measurement Techniques Using a Five-Beam Wind Profiler and Collocated Meteorological Tower. *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology*, Vol. 22, No. 8, pp. 1167-1180.
2. Yamauchi, H., O. Suzuki, and K. Akaeda 2006: A hybrid multi-PRI method to dealias Doppler velocities. *SOLA*, 2, 92-95, doi:10.2151/sola.2006-024.

- ・査読論文以外の著作物（翻訳、著書、解説）

1. 山田眞吾, 赤枝健治, 小泉耕, 中里真久, 大林正典, 2005: 「激しい気象の短時間予測技術に関する専門家会議」の報告. *天気* 52(5), 373-379.
2. 中里真久, 石部勝, 2006: ダウンバーストの超短時間予測. *レーダー観測技術資料* 54(III), 1-11.
3. 宮城弘守, 鈴木修, 佐々浩司, 2006: 阿蘇谷に現れた非スーパーセル竜巻, *日本風工学会誌*, Vol.31, No.4. (巻頭カラーページ).

- ・口頭発表

1. Masahisa Nakazato, 2004: 13 Oct. 2003 downburst near Narita airport and its potential capability of nowcasting. *International Workshop on Very-short-range Forecasting of Severe Weather (Tokyo, Japan)*.
2. 石部勝, 中里真久, 山内洋, 高谷美正, 大野久雄, 西山裕子, 新野宏, 2004: ダウンバーストの前兆としての降水コアの急激な落下—2003年10月13日、千葉県成田市宗吾地区の事例一. *日本気象学会2004年度春季大会講演予稿集*, A208.
3. 中里真久, 石部勝, 山内洋, 高谷美正, 大野久雄, 西山裕子, 新野宏, 2004: 激しい気象現象の診断アルゴリズムの開発—レーダー反射強度から算出されるパラメータを用いた事例解析一. *日本気象学会2004年度春季大会講演予稿集*, P351.
4. 中里真久, 石部勝, 鈴木修, 山内洋, 高谷美正, 大野久雄, 2004: ダウンバーストの最大風速の推定とレーダー及びゾンデデータを用いた診断手法への応用. *日本気象学会2004年度秋季大会講演予稿集*, P105.
5. Ahoro Adachi, T. Kobayashi, K. S. Gage, D. A. Carter, L. M. Hartten, W. L. Clark, and M. Fukuda, 2005: Evaluation of 3-beam and 4-beam profiler wind measurement techniques. *The 32nd Conference on Radar Meteorology (Albuquerque, NM)*, P7R.8.
6. 足立アホロ, 小林隆久, 2005: 台風0221号に伴う強風のウインドプロファイラーによる観測. *日本気象学会2005年度春季大会講演予稿集*, A309.
7. 笹岡雅宏, 2005: モーメント推定手法の改善：境界層レーダー観測の誤差評価のシミュレーション. *日本気象学会2005年度春季大会講演予稿集*, P285.
8. 笹岡雅宏, 2005: 境界層レーダーを用いた水蒸気プロファイル推定の誤差評価のシミュレーション. *日本気象学会2005年度春季大会講演予稿集*, P385.
9. 笹岡雅宏, 高山陽三, 2005: 関東地方における雷雨日の水蒸気挙動：気象研究所BLR・MR、気象庁BLRを用いた研究. *日本気象学会2005年度秋季大会講演予稿集*, P373.
11. 鈴木修, 山内洋, 2005: 2005年5月15日に東京都西部～神奈川県北部に突風と降雹をもたらしたスーパーセルストームの解析. *日本気象学会2005年度秋季大会講演予稿集*, P382.
12. 高谷美正, 鈴木修, 2005: 00Zの高層データから日中の雷雨を予測する新しい試み. *日本気象学会2005年度秋季大会講演予稿集*, P184.
13. 中里真久, 鈴木修, 山内洋, 高谷美正, 井上豊志郎, 2005: 大気安定度指数を用いた2003年から2005年のシビア現象発生時の環境場の解析. *日本気象学会2005年度秋季大会講演予稿集*, P383.
14. 森真理子, 中里真久, 高谷美正, 2005: 2004年9月29日尾鷲付近で発生した集中豪雨の事例解析—降水システムの発生から形成期にかけて—. *日本気象学会2005年度春季大会講演予稿集*, P172.
15. 森真理子, 中里真久, 高谷美正, 2005: 2004年9月29日尾鷲付近で発生した集中豪雨の事例解析

- (II) 一降水システムの発生から形成期についてー.日本気象学会 2005 年度春季大会講演予稿集, P158.
16. 山内洋, 鈴木修, 赤枝健治, 2005: Hybrid Multi-PRF 法の開発とそれを利用したドップラーレーダーの探知距離の拡大.日本気象学会 2005 年度秋季大会講演予稿集, P362.
 17. 山内洋, 鈴木修, 中里真久, 高谷美正, 井上豊志郎, 笹岡雅宏, 森真理子, 2005: 2005 年 8 月 8 日つくばで突風と記録的強雨をもたらした雷雨.日本気象学会 2005 年度秋季大会講演予稿集, P183.
 18. 足立アホロ, 猪上華子, 小野木茂, 小林隆久, 2006: 温暖前線に伴う強風と強雨の観測. 日本気象学会 2006 年度秋季大会講演予稿集, P340.
 19. 佐々浩司, 太田衣美, 鈴木修, 2006: 2006 年 7 月 5 日に高知県で発生した突風災害.日本気象学会 2006 年度秋季大会講演予稿集, P339.
 20. 鈴木修, 山内洋, 中里真久, 2006: メソサイクロンおよび局所収束・発散域の検出アルゴリズムの開発 ーシビア現象の危険度診断のためにー.日本気象学会 2006 年度秋季大会講演予稿集, P128.
 21. 高谷美正, 鈴木修, 2006: 00Z の高層データから日中の雷雨を予測する新しい試み(続報).日本気象学会 2006 年度春季大会講演予稿集, P256.
 22. 高山陽三, 2006: マイクロレインレーダーによる降雨強度観測鉛直風の補正.日本気象学会 2006 年度秋季大会講演予稿集, P127.
 23. 中里真久, 鈴木修, 山内洋, 高谷美正, 森真理子, 2006: レーダーと環境データを用いた竜巻とダウンバーストの発生前における識別可能性.日本気象学会 2006 年度秋季大会講演予稿集, P362.
 24. 山内洋, 鈴木修, 中里真久, 2006: ドップラーレーダーを用いた収束線自動検出ツールの開発 ー雷雨の発生予測のためにー. 日本気象学会 2006 年度秋季大会講演予稿集, P327.

衛星データを用いた大気パラメータの抽出技術に関する研究

研究期間： 平成16年度～平成18年度

研究代表者： 増田一彦（気象衛星・観測システム研究部 第一研究室長）

課題構成及び担当者

(1) 衛星塔載新センサデータの解析処理技術に関する研究

増田一彦、真野裕三、石元裕史（気象衛星・観測システム研究部）

(2) 地球観測に用いる放射伝達モデルの高度化とその利用技術に関する研究

深堀正志、藤枝 鋼¹⁾、青木輝夫²⁾、朽木勝幸²⁾（物理気象研究部）、

増田一彦、真野裕三、石元裕史（気象衛星・観測システム研究部）

研究の目的

①予報精度の向上、環境・気候監視強化に資するために、数値予報モデルで利用が計画されている回折格子型サウンダ（AIRS）などの新しいセンサデータを用いた気温・水蒸気、雲・エーロゾルなどの大気パラメータ抽出アルゴリズムに関する研究を行う。

②大気放射に関する科学技術基盤の強化と衛星データ処理アルゴリズム改良のために、大気放射の理論的・実験的研究を行う。

研究の目標

大気の放射伝達計算に関わる大気微量気体の吸収線パラメータの精度向上と赤外吸収特性の解明及び非球形粒子の散乱分布関数の計算アルゴリズム開発を行い、これらを基盤として次世代気象衛星に搭載される多波長赤外サウンダデータ、静止気象衛星・地球観測衛星に搭載される新センサデータの解析処理技術の高度化を行う。

研究の概要

大気放射の理論的・実験的研究について、

- ・吸収線強度や線幅などの吸収線パラメータの精密測定と分子分光データベースの妥当性の検証、
- ・理論計算スペクトルと実験・観測スペクトルの差異の原因究明、
- ・高分解能スペクトルデータの有効利用技術の研究開発、
- ・非球形粒子の散乱分布関数の計算手法開発と特性把握、
- に関する研究を、

衛星データの解析処理技術について、

- ・多波長赤外サウンダデータ利用のための高速放射伝達モデルと最適チャネル選択アルゴリズムの開発、
- ・陸面射出率のモデル化と地表面温度・射出率の導出アルゴリズムの開発、
- ・多波長・多方向・偏光データを利用した雲・エーロゾルの光学パラメータ推定アルゴリズムの開発、
- に関する研究を行う。

研究成果

- ・室内実験により CO₂ の 15μm 帯の線強度と衝突幅を測定し、その温度依存係数を決定した。
- ・CO₂ の 15μm 帯の線強度と衝突幅の測定結果を HITRAN データベースの値と比較し、データベースに収録されている値の妥当性を確認した。
- ・CO₂ の 15μm 帯 Q 枝の吸収スペクトルの測定を行い、吸収線のミキシング効果を確認した。
- ・CO₂ の 4.3μm 帯の吸収線形を測定し、ローレンツ線形など各種線形モデルについて実測値との差異があること、サブローレンツ線形のパラメータが測定温度毎に異なることを示した。
- ・非球形粒子の散乱分布関数を求めるためのプログラムを開発した。その結果を使って、気象衛星（MTSAT-1R、NOAA/AVHRR）の可視・近赤外チャネルデータを利用した黄砂分布図プロダクトの改善、地球観測衛星（MODIS、POLDER）を利用した巻雲の光学的厚さの推定を行った。また、AIRS や

¹⁾ 平成16～17年度、²⁾ 平成18年度

MODIS の赤外データを利用して、黄砂の光学的特徴を調べた。

- ・高速放射伝達モデルと最適チャネル選択アルゴリズムの開発を行い、多波長赤外サウンダデータ利用のための技術基盤を整えた。また、多波長赤外サウンダ技術の応用として、地上設置型マイクロ波サウンダの放射伝達モデルの開発と観測データの分析を行った。
- ・陸面射出率データベースの調査を行い 14 種類のモデルに分類・集約した。また、分光放射計の室内実験で、水、草、土のスペクトルを取得した。

今後に残された問題点

多波長赤外サウンダについては、標準的な線形理論に基づき 2002 年に打ち上げられた回折格子型サウンダのチャネル選択を実施し、基本的部分の開発が完了した。今後、チャネル選択手法の改善を行うとともに新しく打ち上げられるサウンダに対応してゆく。

黄砂や巻雲の光学パラメータ推定については、粒子の非球形性を考慮することが重要であり、計算手法の開発・改良を進めている。その結果を利用した薄い巻雲の検出やパラメータ導出手法の開発に着手したが、今後さらに開発・改良を継続する必要がある。エーロゾルに関しては非球形粒子モデルを利用することによる精度改善を行ったが、導出範囲が海域に限られており陸域への拡張を目指す。

成果の活用に対する意見（事後評価の総合所見）

次世代衛星の多波長サウンダ等の解析処理技術を開発し、また大気の放射伝達モデルに関する吸収線の精度向上・アルゴリズム開発等を行ったもので、大気放射学の基礎的な研究でありながら、予報精度の向上や黄砂観測の精度向上といった気象業務への貢献も大きい研究である。

具体的な研究項目は研究当初から明確に優先順位をつけて設定され、周到に準備されている。個別の課題目標はほとんど全て達成されており、高く評価する。査読論文による成果も多数あり、この点も高く評価する。

但し、サブ課題 2 の研究は成果を査読付き論文として発表して初めて HITRAN データベースに反映されるので、早急に論文として成果をまとめることが必要である。

研究者間の問題意識の共有がおこなわれ融合型の研究を実施した意義はあったと思われるが、サブ課題 1 とサブ課題 2 の連関が密接でなく、融合型研究としての成果の相乗効果はあまり得られていない。非球形粒子の散乱分布関数計算手法の開発において、中規模の粒径の粒子に対して未完成に終わったことは、このテーマがサブ課題 1 と 2 を結ぶ重点の 1 つと思われるだけに残念である。今後の発展に期待する。

衛星観測の環境は今後確実に改善することが期待されており、衛星データの種類や量はますます増加すると予測される。その中で大気観測をどのように実施して行くのか、その指針となる研究の使命は大きい。今後も本研究のような取り組みを着実に行い、確実な成果を上げていくことを期待する。リモートセンシングについては欧米の進歩が著しいと思われるが、今回の成果が世界の趨勢の中でどのように位置付けられるかが必ずしも明確ではない。今後は、気象庁本庁の要望と共に世界の動きを見据えた課題設定を含む戦略的研究を実施することを希望する。

成果発表状況

- ・論文発表件数 6 件
- ・口頭発表件数 22 件

(1) 衛星搭載新センサデータの解析処理技術に関する研究

副課題目標

数値モデルの精度向上や、地球環境監視の強化に資するために、次世代気象衛星に搭載される多波長赤外サウンダデータ、静止気象衛星・地球観測衛星に搭載される新センサデータの解析処理技術に関する研究を行う。

①多波長赤外サウンダデータの利用技術に関する研究

対象領域を晴天域とし、海域でのデータ利用および陸域へのデータ利用拡大に関する研究を行う。回折格子型サウンダ(AIRS)の 2378 チャネルのうち数値予報モデルにおいて気温・水蒸気のデータ同化に重要で BUFR 形式でデータが提供される 324 チャネルについて、相関 k 分布法をベースとした物理

的な高速放射伝達モデルの開発を行う。次にこれらの324チャネルのうちから気象庁でのデータ同化実験で現実に利用可能な50個程度のチャネルを、気温・水蒸気量の推定精度が最も良くなるように選び出す手法を開発し、観測角や領域毎の背景誤差特性を考慮していくつかのチャネルセットを作成する。陸域でのデータの有効利用を行うには陸域射出率のモデル化や地表面温度と射出率を同時に求めるアルゴリズムの開発が必要である。アルゴリズム開発と検証のためにFTIR分光放射計による室内実験・野外観測を行う。その結果をもとにアルゴリズムの改良を行い、AIRSデータを使った事例解析を行う。

②新しい衛星センサを使った雲、エーロゾルのパラメータ導出アルゴリズムに関する研究

各種地球観測衛星センサでは多波長化が進み、多方向・偏光観測を行うセンサも実現されている。これらのデータを有効に利用して雲やエーロゾルの光学的厚さの推定値精度の向上や新しいパラメータの導出をはかるために、粒子の形状や向きなども考慮した衛星データ解析アルゴリズムの開発を進める。新しい静止気象衛星では $3.8\mu\text{m}$ チャネルが追加されるので、海域でのエーロゾルや霧の光学的厚さの推定値の精度向上を目指す。

研究の概要

①多波長赤外サウンダデータの利用技術に関する研究

- ・相関k分布法による高速放射伝達モデル開発
- ・情報理論を活用したチャネル選択アルゴリズム開発
- ・陸域での観測データを有効利用するための陸面射出率のモデル化
- ・地表面温度と射出率の導出アルゴリズム開発

②新しい衛星センサを使った雲、エーロゾルのパラメータ導出アルゴリズムに関する研究

- ・多波長データを利用した雲・エーロゾルの光学パラメータ推定アルゴリズムの開発
- ・多方向・偏光観測データを利用した卷雲の光学パラメータ推定アルゴリズムの開発

研究成果

- ・相関k分布法という放射理論をベースに、高速放射モデルを作成する手法を開発した。RTTOVなどの経験的多項式を利用した従来の方式に比べ、放射理論との関係が明確になり、精度が大きく改善された。また、計算効率も良好であった。さらに、同様の手法で、大気層の透過率を正確かつ効率的に計算する手法を開発、特に成層圏における加熱率の計算精度が大きく改善することを示した。
- ・線形理論が成立するという仮定のもとで情報理論的手法により、気温・水蒸気量のデータ同化に有用なAIRSのチャネルを選択するプログラムを作成した。50チャネルを選択して324チャネルを使った場合と比較した結果、予測される気温・水蒸気量の推定精度には大きな劣化は見られなかった。
- ・既存の陸面射出率データの調査を行い14種類のモデルに分類・集約した。その結果を前述の高速放射モデルに導入した。
- ・海面での多重反射による放射成分を考慮することにより、観測角が大きい領域での海面射出率の計算精度を改善した。
- ・陸域でのサウンダ利用促進のための基礎的データとして、分光放射計の室内実験で、水、草、土のスペクトルを取得した。
- ・地上設置型マイクロ波放射計の技術評価を行うために、放射伝達モデルの開発と観測データを分析した。
- ・正6角柱が集合した複雑形状の氷晶粒子の散乱分布関数を使って、MODISの $1.38\mu\text{m}$ チャネルから光学的厚さで0.02程度の薄い卷雲領域の検出を行った。
- ・AIRSの赤外窓領域データを利用して、タクラマカン砂漠などのダストストームの特徴を調べた結果、タクラマカン砂漠からパキスタン周辺のダストは方解石を豊富に含んでいることが示唆された。
- ・幾何光学近似法で求めた各種氷晶粒子散乱モデルを用いて、POLDERの $0.865\mu\text{m}$ チャネルのデータから卷雲の光学的厚さの推定を行い、粒子の形状の仮定が卷雲の光学的厚さの推定精度に大きく影響を与えることを示した。
- ・「厳密解法」で求めた黄砂の散乱特性を使って、MTSAT-1RとNOAA/AVHRRの可視・近赤外チャネルデータを光学的厚さに変換するテーブル作成し、「黄砂に関する情報」の一環として作成されている黄砂分布図プロダクトの改善を行った。

- MODISの赤外チャネルデータを使って、2006年4月に日本に飛來した黄砂が水晶に近い光学特性を持っていることを明らかにした。
- NOAA/AVHRR の $3.7\mu\text{m}$ 、 $11\mu\text{m}$ チャネルとゾンデによる気温・水蒸気の観測値を併用して、霧の検出と光学的厚さを推定するための事例解析を実施し、霧粒の光学的厚さを推定できる可能性を示した。

(2) 地球観測に用いる放射伝達モデルの高度化とその利用技術に関する研究

副課題目標

大気の放射伝達計算に関わる大気微量気体の吸収線パラメータの精度向上と赤外吸収特性の解明及び非球形粒子の散乱分布関数の計算アルゴリズム開発を行い、次世代気象衛星や地球観測衛星を有効に活用するための放射伝達モデルの開発およびリモートセンシングデータの高度利用技術の開発を目的とする。

今後、気象衛星や地球観測衛星に対して、高分解能センサの時代が到来する。このため高分解能スペクトルデータ解析の高度化を目指して、大気微量気体の吸収線強度や線幅などのパラメータの精度及び吸収線形や吸収線ミキシングなどの吸収特性が放射量計算に及ぼす影響を調査する。このため、赤外放射計による室内実験スペクトルや大気放射観測スペクトルと理論計算スペクトルとの比較を行い、両者に差異がある場合その原因を究明し、実験・観測スペクトルを再現するパラメータを導出する。この結果を各種の吸収特性を考慮可能な放射伝達モデルに組み込み、モデルの高度化を図る。また、高分解能スペクトルデータに含まれる情報量を有効に利用するデータ圧縮技術を衛星データ解析やデータ処理に活用する手法の研究を行う。

衛星による雲・エーロゾルの光学的厚さなどの推定値の精度向上や新しいパラメータの導出を行うためには、より現実に近い放射伝達モデルを利用する必要があり、そのために非球形粒子の散乱分布関数の計算手法の開発や散乱分布の特性把握に関する研究を進める。

研究の概要

- 吸収線強度や線幅などの吸収線パラメータの精密測定。
- 分子分光データベースの妥当性の検証。
- 吸収線形や吸収線ミキシングなどの吸収特性の解明。
- 理論計算スペクトルと実験・観測スペクトルの差異の原因究明。
- 高分解能スペクトルデータの有効利用技術の研究開発。
- 非球形粒子の散乱分布関数計算手法開発と特性把握。

研究成果

- 室温下における CO_2 の $15\mu\text{m}$ 帯の線強度及び CO_2 と空気との衝突幅の測定を行い、HITRAN データベースの値と比較し、HITRAN データベースの値の妥当性を確認した。
- CO_2 の $15\mu\text{m}$ 帯の線強度と衝突幅の温度依存性を調べるために、低温下における CO_2 と N_2 の混合気体及び CO_2 と O_2 の混合気体の吸収スペクトルを測定し、 CO_2 の $15\mu\text{m}$ 帯の線強度と衝突幅の温度依存係数を決定した。
- 室温及び低温下における CO_2 の $15\mu\text{m}$ 帯 Q 枝の吸収スペクトルの測定を行い、一般的に用いられているローレンツ線形を用いた計算スペクトルとの差異を調べた結果、その差異が吸収線ミキシングの効果であることを確認した。
- 室温下における CO_2 の $4.3\mu\text{m}$ 帯の吸収線形の測定を実施した結果、ローレンツ線形など各種線形モデルについて実測値との差異があることを示した。
- 低温下における CO_2 $4.3\mu\text{m}$ 帯の吸収線形を調べるために、 CO_2 と N_2 及び CO_2 と O_2 の混合気体の吸収スペクトルを測定した結果、サブローレンツ線形のパラメータが測定温度毎に異なることが分かった。
- 荷重関数を経験直交関数で表現する手法により、スペクトルの情報量をほとんど失うことなくデータ量を大きく軽減できることを示した。
- 複雑な形状を持つ水晶粒子の散乱分布関数を、比較的小さい粒径の粒子に対しては FDTD 法で厳密に、比較的大きい粒径の粒子に対しては幾何光学法で近似的に求めるためのプログラムを開発した。複雑

形状粒子では、散乱角が大きい場合に散乱強度が平坦になるという共通性が確認された。

成果発表一覧

- ・査読論文

1. Mano, Y. and H. Ishimoto, 2004: Fast radiative-transfer model based on the correlated k -distribution method for a high-resolution satellite sounder, *Applied Optics*, 43, 6304-6312.
2. 藤枝鋼, 深堀正志, 2004 : 高分解能大気放射伝達モデル「LBLRTM」による大気の透過率・放射輝度等の計算方法, *測候時報*, 71-3, 59-127.
3. Mano, Y., 2006: Accurate and simple computation of radiative heating rate in $15\mu\text{m}$ CO₂ band, *Journal of the Meteorological Society of Japan*, 84-3, 553-560.
4. Masuda, K., 2006: Infrared sea surface emissivity including multiple Gaussian slope distribution model, *Remote Sensing of Environment*, 103, 488-496, doi:10.1016/j.rse.2006.04-011.
5. 石元裕史, 2006 : FDTD 法を用いた六角柱 Aggregate 粒子の光散乱計算, 日本リモートセンシング学会誌, 26-4, 283-295.
6. Mano, Y., 2006: The complex refractive index of yellow sand inferred from the brightness temperature difference in the infrared split window, *SOLA*, 2, 140-143, doi:10.2151/sola.2006-036.

- ・査読論文以外の著作物（翻訳、著書、解説）

1. 深堀正志, 横田達也, 田中智章, 2004 : 第 8 回 HITRAN データベース会議報告, 分光研究, 第 53 卷 第 5 号, 311-313.
2. 大河原望, 吉崎徳人, 山際龍太郎, 増田一彦, 真野裕三, 石元裕史, 2006 : エーロゾルの観測, 気象研究ノート, 第 212 卷, 第 4 章, 65-76.
3. 増田一彦, 2007 : AIRS チャンネル選択, 数値予報課報告・別冊第 53 号, 第 3.5.3 項, 85-88.

- ・口頭発表

1. 真野裕三, 石元裕史, 増田一彦, 2004: 次世代サウンダー用の高速放射モデルの開発について(2), 日本気象学会 2004 年度春季大会講演予稿集, P124.
2. 増田一彦, 真野裕三, 石元裕史, 2004: 次世代赤外サウンダの選択チャネルの共通性(1), 日本気象学会 2004 年度春季大会講演予稿集, P125.
3. 石元裕史, 山本哲, 増田一彦, 真野裕三, 2004: 衛星画像と大気プロファイルデータを用いた夜霧の物理量推定, 日本気象学会 2004 年度秋季大会講演予稿集, D219.
4. 真野裕三, 2004: 赤外窓領域における duststorm のスペクトルについて, 日本気象学会 2004 年度秋季大会講演予稿集, D201.
5. 深堀正志, 藤枝鋼, 熊沢亮一, 渡邊猛, 2005: 室温下における CO₂ $15\mu\text{m}$ 帯の吸収線パラメータの測定, 日本気象学会 2005 年度春季大会講演予稿集, P230.
6. 深堀正志, 藤枝鋼, 2005: CO₂ 純ガス実験における ν_3 帯の吸収線形, 日本気象学会 2005 年度秋季大会講演予稿集, P329.
7. 深堀正志, 藤枝鋼, 熊沢亮一, 渡邊猛, 2005 : 二酸化炭素の 15 ミクロン帯における吸収線パラメータの測定, 第 15 回大気化学シンポジウム研究集会講演集, 271-273.
8. 石元裕史, 真野裕三, 増田一彦, 2005: FDTD 法を用いた不規則形状微粒子の光散乱計算, 日本気象学会 2005 年度秋季大会講演予稿集, P331.
9. 真野裕三, 石元裕史, 増田一彦, 2005: MODIS の $1.38\mu\text{m}$ チャネルによる薄い巻雲の検出, 日本気象学会 2005 年度秋季大会講演予稿集, P129.
10. 田中智章, 杉田考史, 横田達也, 中島英彰, 笹野泰弘, 深堀正志, 2005: CO₂ ν_3 帯における CO₂-N₂ 混合気体の吸収線形の隔翼について, 日本気象学会 2005 年度秋季大会講演予稿集, P330.

11. 深堀正志, 藤枝 鋼, 2006: 二酸化炭素の $4.3 \mu\text{m}$ 帯における吸収線形の測定, 第16回大気化学シンポジウム.
12. Fukabori, M., T. Fujieda, R. Kumazawa, 2006: Line strengths and half-widths of the CO₂ band of ¹²C¹⁶O₂. *International Symposium on New Horizon of Astrochemistry and Laboratory Spectroscopy*.
13. Tanaka, T., T. Sugita, T. Yokota, H. Nakajima, Y. Sasano, M. Fukabori, 2006: Line shape in the wing region of CO₂ $4.3\mu\text{m}$ band. *International Symposium on New Horizon of Astrochemistry and Laboratory Spectroscopy*.
14. 深堀正志, 藤枝鋼, 熊沢亮一, 2006:CO₂ v₂ 帯の吸収線パラメータの温度依存性, 日本気象学会 2006 年度春季大会講演予稿集, P416.
15. 真野裕三, 2006:CIP 法による電磁波散乱の計算, 日本気象学会 2006 年度春季大会講演予稿集, A409.
16. 増田一彦, 2006:海面での反射成分を考慮した赤外射出率, 日本気象学会 2006 年度春季大会講演予稿集, P415.
17. 田中智章, 杉田考史, 横田達也, 中島英彰, 笹野泰弘, 深堀正志, 2006: CO₂ v₃ 帯における CO₂-N₂混合気体の隔翼についての考察, 日本気象学会 2006 年度春季大会講演予稿集, P115.
18. Lee, H.-J., J.-H. Kim, K. Masuda, J.-S. Ha, 2006: Aerosol detection using GMS infrared bands. *Conference of Korean Meteorological Society*.
19. Ishimoto, H, T. Kobayashi, 2006: Effect of minor deformation for the light scattering of ice and aerosol particles, Proceeding of SPIE
20. 石元裕史, 赤枝健治、田尾孝幸 2006:地上設置型多周波マイクロ波放射計による気温・水蒸気プロファイルのリトリーバル, 日本リモートセンシング学会第41回(平成18年度秋季)学術講演会論文集.
21. 深堀正志, 熊沢亮一, 渡邊猛, 2006:大気温度下における二酸化炭素 15 ミクロン帯の吸収線パラメータの測定, 平成 18 年度日本分光学会秋季大会講演会 *Optics & Photonics Japan 2006 Extended Abstract*, 326-327.
22. 深堀正志, 田中智章, 熊沢亮一, 渡邊猛, 2007:4.3μm 領域に存在する CO₂吸収帯の吸収線形, 日本化学会第 87 春季年会講演予稿集, 3PC-026.

海洋における炭素循環の変動に関する観測的研究

研究期間： 平成16年度～平成18年度

研究代表者： 廣瀬勝己¹⁾、緑川 貴²⁾（地球化学研究部 第二研究室長）

課題構成及び担当者

(1) 大気・海洋間及び海洋表層における炭素系の季節・経年変動とそのメカニズムの解明に関する観測的研究

石井雅男、斎藤 秀、時枝隆之、松枝秀和、緑川 貴²⁾（地球化学研究部）、中館 明（気象庁地球環境・海洋部海洋気象課）

(2) 海洋内部の生元素の変動の研究

青山道夫、廣瀬勝己、篠田佳宏、緑川 貴²⁾（地球化学研究部）

研究の目的

海洋気象観測船等による観測により、西部北太平洋などの海域で、大気中のCO₂濃度及び海洋表層の炭酸系（pH、全炭酸濃度、CO₂分圧、全アルカリ度）の鉛直分布と、その季節変化・経年変化に関する正確なデータセットを得、季節変化や数年スケールの気候変化に伴う海洋炭酸系変化の実態を正確に把握するとともに、気候要素や物理学的・生態学的な海洋現象の変化との関係を明らかにし、CO₂とエネルギーの大気・海洋相互作用を媒介とした気候系と海洋の炭素循環の相互作用を評価する。

また、西部北太平洋及び南太平洋の海水中の生元素（栄養塩など）の数年から数十年の時間スケールの変動を明らかにし、生元素の時空間変動が、自然の変動か、気候変動に伴う変動かの手がかりを得る。海水中の生元素の変動を検出するため、分析のスケールを統一するための標準試料の確立を可能とし、さらに栄養塩測定国際スケールを確立して標準試料の世界的な普及に寄与する。生物地球化学過程の指標となる化学物質（特に、生物活動に密接な粒子状物質）の手がかりを得る。

研究の目標

海洋の炭素循環にかかる諸要素についてデータベースの充実を計るとともに、それらの長期変動を検出する。

研究の概要

本研究では、炭酸系の研究グループと生元素（栄養塩や生物起源の粒子など炭酸系に関連する要素）の研究グループが協力して海洋観測を実施し、取得した観測データの解析にあたった。長期変動を正確に把握するために、炭酸系および関連物質の測定・品質管理手法の開発・高度化や栄養塩標準物質の開発・整備を行って、comparability（比較可能性）の確保された高品質データの取得を実現し、計画した季節ごとの時系列各層観測を予定通りに実施することができた。

海洋炭酸系の変動を解析する手法を改良・高度化しつつ、取得した時系列データセットを利用して、炭酸系の海洋表層における季節変動やその年々変動、亜表層～中層における10年スケール変動について調査し、それらの変動要因について検討した。

研究成果

本研究の3年間で取得した炭酸系および栄養塩などの観測データと過去データも活用して、各要素の季節変動、年々変動および長期的変動のシグナルを検出し、その変動要因について検討することができた。特に、海洋内部における全炭酸濃度の長期的な増加を検出し、その主要因が大気CO₂濃度の上昇による海洋へのCO₂蓄積であることを明らかにした。また、時系列データの解析においては、溶存酸素・栄養塩データから生物活動による影響を、クロロフルオロカーボン類データから海洋循環変動による影響を分別して評価し、海域および深度によって異なる変動要因を明らかにすることができた。

栄養塩標準に関しては、より均一性の高い標準試料を作製し、実証試験や国際比較実験の結果を取りまとめ、国際スケールの確立に向けた情宣活動を行うことができた。標準物質の開発と国際比較実験に

¹⁾ 平成16年度、²⁾ 平成17～18年度

よる栄養塩測定スケールの整備に基づいて、北太平洋の中緯度深層における栄養塩の変動を検出することができた。

本研究で開発した観測・品質管理・解析の各手法は、気象庁の海洋気象観測業務で活用され、現業観測における高精度かつ効率的な測定を実現した。また、こうした技術は、外部資金によるさらに高度な技術開発につながり、国際的な研究観測の促進、ひいては海洋炭素循環の全容解明に貢献することが期待される。さらに、研究で得られた科学的知見は、気象庁による海洋情報の作成・提供にも貢献した。

本研究の主要な成果は、二酸化炭素国際会議等での発表につながり、また研究論文にまとめて公表した。この中のいくつかの論文は、長期にわたる研究観測を重ねて初めて見出すことができた知見に基づく成果であり、他機関とは異なる、気象研究所ならではの独自性の高い研究成果と言える。また、本研究で得られた海洋表層・中層における全炭酸濃度の増加傾向などの成果が、読売新聞の科学記事として掲載された。

今後に残された問題点

海洋内部の炭酸系について検出された経年変動の要因の解明には、より長期に及ぶ高品質観測データの取得と、人為起源 CO₂蓄積の寄与や生物活動・海洋循環変動の影響評価の手法の高度化が必要であることがわかった。

北太平洋の中緯度深層において検出された栄養塩の変動の原因については、栄養塩変動の北太平洋全域にわたる立体像を描くためにさらなる調査を行い、海洋物理循環との関連性について検討する必要がある。

成果の活用に対する意見（事後評価の総合所見）

炭素循環に関わる観測的研究は地球温暖化問題にとって不可欠な基盤研究である。海洋による CO₂ 吸収量の動向を予測するためには、海洋中の炭素循環系の変動の実態とメカニズムを定量的に把握する必要がある。本研究は対象を炭酸系と生元素に分けてサブ課題を設定し、前者に対しては正確なデータを取得すること及び変化要因を突き止めること、後者に対しては国際比較実験を行い、栄養塩測定の国際スケールの提言を行うことを目指した。これらは研究の現状および国際的な要請のもとで、適切な課題選択であった。

気象庁、気象研究所で長期にわたって実施してきている各種の定線海洋観測データは、世界的にも貴重なものである。その観測結果に基づいて、広領域を網羅し長期にわたる炭酸系のデータセットを作成し、季節変動・経年変動を押さえた上で、大気中の CO₂ 濃度の上昇に対応する海面 CO₂ 分圧や海洋中の全炭酸濃度の上昇を定量的に実証した。これらのこととは、気象研として独自性の高い、また、世界的にも貴重な成果をあげたものとして、高く評価する。地球温暖化が社会に広く認識される以前の 1960 年代から、地球化学研究部は気象庁地球環境・海洋部の協力を得て大気と海洋における CO₂ の調査・研究を続けてきた。本研究はそうした息の長い地味な研究が実を結んだよい例である。

栄養塩標準試料の国際比較実験と国際スケールの確立は、世界をリードする活動であり非常に高く評価できる。国際スケールの確立のためには、産業技術総合研究所計量標準総合センターにおける認証が欠かせない。気象研管理部門や気象庁本庁とも協力し、計量標準総合センターとの連携を深めて、国際スケールの確立を達成することを望む。成果は査読論文としても十分に発表されている。

しかしながら、最終的な目標である気候変動に関連した炭素循環の長期的な変動の解析ではまだ十分な成果が得られているとは言えない。これは、時系列的な観測期間が短いこと、モデル計算との比較がなされていないことの 2 つの理由があると考えられる。

今後の研究の発展においては、モデル研究との連携、比較が重要となるであろう。本課題にとってモデルの導入は物質分布の変動の物理的理解を深める上で不可欠であるし、また、気候変動研究のための地球システムモデルの開発・改良にとっては、当研究で得られたデータセットが最良の検証データとなると思われる。今後に向けて、国際プロジェクトの推進、他機関との連携、モデル研究との連携など、どのような戦略で研究進めていくかの検討を行った上で、更なる研究の発展を目指してほしい。

成果発表状況

- ・論文発表件数 15 件
- ・口頭発表件数 58 件

(1) 大気・海洋間及び海洋表層における炭素系の季節・経年変動とそのメカニズムの解明に関する観測的研究

副課題目標

海洋気象観測船等による観測や各層採水を実施し、西部北太平洋などの海域で、大気中のCO₂濃度や海洋表層の炭酸系（pH、全炭酸濃度、CO₂分圧、全アルカリ度）とクロロフルオロカーボン類の鉛直分布の季節変化や経年変化に関する正確なデータを取得する。

取得した観測データから、季節や数年スケールの気候変化とともにう海洋炭酸系変化の実態を正確に把握するとともに、気候要素や物理学的・生態学的な海洋現象の変化との関係を明らかにし、気候系と海洋の炭素循環の相互作用を評価する。

研究の概要

本課題では、既に有している高精度の全炭酸濃度測定装置やpH測定装置を利用して、海洋炭酸系の観測を鉛直的かつ時系列的に展開し、表面水のCO₂分圧の測定を軸としたこれまでの観測だけでは十分に明らかに出来なかつた炭酸系全体の季節変化や経年変化を、西部北太平洋などの海域で評価した。

また、海洋表層における物理的な水塊変動を評価し、海洋に蓄積されたCO₂の行方や、吸収量の変動に対する水塊変動の影響を明らかにするために、化学トレーサー（CFCsなど）の測定法の開発・高度化を推進した。こうしたデータや生物関連パラメーター等を補助手段として用いて、海洋における炭酸系の変化と物理環境の変化の関係について調査し、メカニズムの解明を試みた。

研究成果

本課題では、海洋表層の炭酸系および関連物質の変動の実態を正確に把握するための海洋観測を計画した。経時的な変化・変動の検出に必要な標準物質の調製や測定手法の高精度化・自動化を進めることによって、各年度の観測航海における高品質時系列データの取得をほぼ当初の計画通りに実施することができた。

変動の検出とその要因の解明に関しては、長期にわたり高精度観測を継続してきた海面のCO₂分圧について、年々変動のシグナルや長期的トレンドを解析し、海域によって異なる変動要因を明らかにすることことができた。一方、海洋内部の炭酸系の変動については、表層における季節変動の実態を把握するとともに、亜表層における経年変動を検出することに成功した。

最も変動が顕著であった亜熱帯域北部の表層では、冬季の全炭酸濃度やpHは表層水温および栄養塩濃度と良い相関があり、鉛直混合の度合いがこれらの年々変動に影響していることがわかった。夏季の全炭酸濃度の低下、pHの上昇および栄養塩の枯渇は生物活動によるCO₂固定に起因し、消費されたCO₂は主に溶存態有機物となっていることがわかった。

本研究の3年間で取得した炭酸系の観測データと過去データとの比較から、海洋内部における全炭酸濃度の長期的な増加を検出した。溶存酸素、栄養塩およびクロロフルオロカーボン類データと併せた解析から、全炭酸濃度の増加の主要因は大気CO₂濃度の上昇による海洋へのCO₂蓄積であると考えられた。

(2) 海洋内部の生元素の変動の研究

副課題目標

栄養塩標準試料の国際比較実験（共同実験）を実施するとともに、栄養塩測定国際スケール確立のための提言を行う。

栄養塩の時空間変動について、WOCEデータ、「みらい」世界一周で得られたデータ及び気象庁の長期観測データを解析し、栄養塩の長期変動を記述する。

研究の概要

海水中の栄養塩の変動について調査するため、均一性の高い標準試料を作製し、実証試験や国際比較実験を実施した。気象庁の観測船の栄養塩データを利用して、西部北太平洋の栄養塩の時間空間変動を調査した。「みらい」世界周航航海で得られた栄養塩データ及び全球過去データのデータベースを利用して地球規模の栄養塩の時空間変動を調査した。さらに、これらの変動を支配している要因について気候変動を考慮して解析を進めた。粒子状物質の経年的変動を調べるため、粒子状物質を採取し、含まれ

る配位子濃度等について解析した。

研究成果

本課題では、開発した栄養塩標準試料の実証試験や2003年の国際比較実験の結果を取りまとめた。これらの検討結果に基づいて改良した、より均一性の高い標準試料を用いて2度目の国際比較実験を実施できた。栄養塩標準を使うことにより、リン酸塩とケイ酸塩についてのcomparability（比較可能性）が大いに改善されることを示した。学会等における発表を通して、国際スケールの確立に向けた情宣活動を行うことができた。

栄養塩データの解析については、特に、北太平洋の横断観測データの解析から、中緯度深層において深層水の温暖化と良い一致を示す栄養塩の変動を検出した。これは、過去のWOCE観測の結果と栄養塩標準試料を全測点で使用した高精度な栄養塩観測を行った結果得られたものである。また、気象庁の長期観測結果を用い、表層での蓄熱量と温度の上昇に伴う栄養塩の減少が、植物色素量や動物プランクトン現存量の減少と対応して検出された。

粒子状物質の解析から、海洋生物起源粒子による鉛直輸送速度を見積もる新たな手法を提案することができた。これまで広く用いられてきた方法は多くの不確実さがあることが指摘されていたことから、この方法は、海洋の鉛直輸送過程として重要な粒子による炭素移出フラックスを推定するための有力なツールになると期待される。

成果発表一覧

- ・査読論文

- Ishii, M., S. Saito, T. Tokieda, T. Kawano, K. Matsumoto, H. Y. Inoue, 2004: Variability of Surface Layer CO₂ Parameters in the Western and Central Equatorial Pacific. In “Global Environmental Change in the Ocean and Land”, eds., M. Shiyomi, H. Kawahata, H. Koizumi, A. Tsuda, and Y. Awaya, pp. 59-94, TERRAPUB, Tokyo.
- Hirose, K., 2004: Chemical Speciation of Thorium in Marine Biogenic Particulate matter. *TheScientificWorldJOURNAL*, **4**, 67-76.
- Tokieda, T., M. Ishii, T. Yasuda, K. Enyo, 2004: Chlorofluorocarbons (CFCs) in the North Pacific Central Mode Water: Possibility of under-saturation of CFCs in the wintertime mixed layer. *Geochemical Journal*, **38**, 643-650.
- Tokieda, T., K. Enyo, H. Matsueda, M. Ishii, M. Hirota, T. Midorikawa, 2005: A comparison of dissolved chlorofluorocarbons in seawater measured by MRI and JMA CFCs Systems. *Papers in Meteorology and Geophysics*, **55**, 1-11.
- Inoue, H.Y., M. Ishii, 2005: Variations and trends of CO₂ in the surface seawater in the Southern Ocean south of Australia between 1969 and 2002. *Tellus*, **58B**, 58-69.
- Midorikawa, T., K. Nemoto, H. Kamiya, M. Ishii, H. Y. Inoue, 2005: Persistently strong oceanic CO₂ sink in the western subtropical North Pacific. *Geophysical Research Letters*, **32**, L05612, doi:10.1029/2004GL021952.
- Hirose, K., 2005: Metal-Organic Matter Interaction: Ligands as a Functional Group in Oceanic DOM. *Geochimica et Cosmochimica Acta. Journal of the geochemical society and the meteoritical society*, **69**, No. 10S, A184.
- Ono, T., H. Kasai, T. Midorikawa, Y. Takatani, K. Saito, M. Ishii, Y. W. Watanabe, K. Sasaki, 2005: Seasonal and interannual variation of DIC in surface mixed layer in the Oyashio region: A climatological view. *Journal of Oceanography*, **61**, 1075-1087.
- Ogawa, K., T. Usui, S. Takatani, T. Kitao, T. Harimoto, S. Katoh, S. Dobashi, T. Midorikawa, H. Y. Inoue, Y. Dokiya, 2006: Observations of atmospheric and surface seawater pCO₂ in the North Pacific by a voluntary observation ship MS Aligator Liberty. *Papers in Meteorology and Geophysics*, **57**, 37-46.
- Hirose, K., 2006: A new method to determine depth-dependent carbon export fluxes using vertical ²³⁰Th profiles. *Geophysical Research Letters*, **33**, L05609, 1-4.

11. Hirose, K., 2006: Chemical Speciation of Trace Metals in Seawater: a review. *Analytical Science*, **22**, 1055-1063.
12. Midorikawa, T., M. Ishii, K. Nemoto, H. Kamiya, A. Nakadate, S. Masuda, H. Matsueda, T. Nakano, H. Y. Inoue, 2006: Interannual variability of winter oceanic CO₂ and air-sea CO₂ flux in the western North Pacific for 2 decades. *Journal of Geophysical Research*, **111**, C07S02, doi:10.1029/2005JC003095.
13. Sarma, V. V. S. S., T. Saino, K. Sasaoka, Y. Nojiri, T. Ono, M. Ishii, H. Y. Inoue, K. Matsumoto, 2006: Basin-scale pCO₂ distribution using satellite sea surface temperature, Chl a, and climatological salinity in the North Pacific in spring and summer. *Global Biogeochemical Cycles*, **20**, GB3005, doi:10.1029/2005GB002594.
14. Aoyama, M., S. Becker, M. Dai, H. Daimon, L. I. Gordon, H. Kasai, R. Kerouel, N. Kress, D. Masten, A. Murata, N. Nagai, H. Ogawa, H. Ota, H. Saito, K. Saito, T. Shimizu, H. Takano, A. Tsuda, K. Yokouchi, A. Youenou, 2007: Improving Oceanographic Nutrients Data with reference Materials: Results of a 2003 Intercomparison Exercise. *Analytical Sciences*, submitted.
15. 高谷祐介, 岩尾尊徳, 宮尾孝, 緑川貴, 齊藤一浩, 2007: 親潮水の水質の 10 年スケール変動とその要因. *海の研究*, **16**, 23–37.

査読論文以外の著作物（翻訳、著書、解説）

1. 時枝隆之, 井上(吉川)久幸, 2004 : 大気および海水中のクロロフルオロカーボン類の精密測定と気象研究所クロロフルオロカーボン類標準ガスの確立, *気象研究所技術報告*, **43**, 1-36.
2. 吉川久幸, 石井雅男, 2004 : 赤道太平洋における炭酸系の分布と変動 一大気・海洋の CO₂ フラックス, *地球環境*, **9**, 2.
3. 廣瀬勝己, 2004 : 物質循環など世界の海洋化学の最近の動向 –1980 年以降の海洋化学について, *測候時報*, **71**, S67-S73.
4. 清水隆郎, 盛山栄一, 五藤大仁, 笹野大輔, 青山道夫, 2004: PN 線における生物・化学成分(栄養塩、植物色素量、プランクトン)の季節変動と長期変動. *測候時報*, **71**, S35-S45.
5. 青山道夫, 2004 : 海洋化学/生物データから検出された変動 –非定常それとも分析による人工の産物?, *測候時報*, **71**, S75-S79.
6. 緑川貴, 石井雅男, 2004: 温室効果ガスの循環を把握するための海洋観測, *測候時報*, **71**, S87-S101.
7. 根本和宏, 中館明, 緑川貴, 石井雅男, 2004: 東経 137 度線における二酸化炭素の経年変化, *測候時報*, **71**, S103-S109.
8. 増田真次, 緑川貴, 石井雅男, 村田昌彦, 2004 : 北西太平洋亜寒帯域における二酸化炭素分圧の変動の特性について, *測候時報*, **71**, S111-S119.
9. 石井雅男, 2004 : 時系列観測による海洋 CO₂ 蓄積速度の評価に向けて, *測候時報*, **71**, S137-S142.
10. 石井雅男, 2006: 3.2.3 無機炭酸物質, 鶴田伸明 他(日本化学会)編 第5版実験化学講座20-2 環境化学, 丸善, pp287-293.
11. 廣瀬勝己, 2006 : 海水中の有機配位子のスペシエーション. *海洋化学研究*, **19(2)**, 65-80.
12. 石井雅男, 2006 : 地球温暖化で海洋の物質循環はどうなるの? *海と空*, **81**, 107-116.
13. 石井雅男, 2006 : 海洋への吸収と放出, 「地球温暖化はどこまで解明されたか 日本の科学者の貢献と今後の展望 2006」小池勲夫編, 地球温暖化イニシアティブ気候変動研究分野第 2 次報告書, 27-36, 丸善.
14. 中澤高清, 遠嶋康徳, 石井雅男, 伊藤昭彦, 青木周司, 井上元, 2006 : 第 7 回二酸化炭素国際会議報告, *天気*, **53**, 153-158.
15. 井上元, 石井雅男, 中澤高清, 三枝信子, 山本哲, 2006 : 「炭素循環および温室効果ガス観測ワークショップ」報告, *天気*, **53**, 293-299.
16. Aoyama, M., 2006 : Report of the “Intercomparison Exercise for Reference Material of Nutrients in Seawater in a Seawater matrix 2003”. *Technical Reports of the Meteorological Research Institute*, ISSN0386-4049.

・口頭発表

1. Aoyama, M., J. Hamanaka, A. Kubo, Y. Otsubo, K. Sato, A. Yasuda, S. Yokogawa, 2004: More Accurate Nutrients Measurements Along Reoccupied P06 Section Using Reference Material of Nutrients in Seawater. *2004 Ocean Sciences Meeting*.
2. Ishii, M., S. Saito, T. Tokieda, T. Kawano, K. Matsumoto, H. Y. Inoue, 2004: Variability of Surface Layer CO₂ Parameters in the Western and Central Equatorial Pacific. *Workshop on Global Carbon Cycle and Related Mapping Based on Satellite Imagery and Climatic Change*.
3. Ishii, M., 2004: Measurements of the Oceanic pCO₂/fCO₂ in the Pacific, Arctic and Southern Oceans by the Organizations in Japan. *Workshop on Surface pCO₂ Data Integration and Database Development*.
4. 青山道夫, 浜中純子, 久保麻子, 大坪有希, 佐藤憲一郎, 安田愛, 横川真一郎, 2004: 栄養塩標準物質を使った BEAGLE 南太平洋レグにおける栄養塩の分析一速報, 第 20 回しんかいシンポジウム・第 7 回みらいシンポジウム.
5. Ishii, M., 2004: Observation for the changing CO₂ in the ocean. *Integrated Global Observing Strategy (IGOS) International Workshop*.
6. 時枝隆之, 安田珠幾, 石井雅夫, 2004: 165° E 線で観測される 2 種類の北太平洋中央モード水とその化学的特性, 2004 年度日本海洋学会春季大会.
7. 青山道夫, 清水隆郎, 盛山栄一, 五藤大仁, 笹野大輔, 2004: 東シナ海 PN 線における栄養塩、植物色素量、プランクトンの長期変動 1973-2002, 2004 年度日本海洋学会春季大会.
8. 青山道夫, 2004: 栄養塩標準物質と栄養塩時空間変動の研究. 2004 年度日本海洋学会春季大会, シンポジウム E 「海洋における長期変動の研究とその研究に必要な計測標準および分析用標準の開発管理」
9. Hirose, K., 2004: Long-term variations of vertical profiles of nutrients in the western North Pacific. *WORKSHOPS ON CLIMATE VARIABILITY IN THE TWENTIETH CENTURY, C20C*.
10. Hirose, K., 2004: Biogeochemical process related to ocean carbon cycling: biogenic particle-metal interaction. *WORKSHOPS ON CLIMATE VARIABILITY IN THE TWENTIETH CENTURY, C20C*.
11. Ishii, M., S. Saito, K. Nemoto, T. Midorikawa, H. Y. Inoue 2004: Decadal Variability of the Oceanic CO₂ in the Western Equatorial Pacific Warm Pool. *Understanding North Pacific Carbon-cycle Changes: A Data Synthesis and Modeling Workshop*.
12. 斎藤秀, 石井雅男, 習田恵三, 藤村昌彦, 金子郁雄, 緑川貴, 2004: 東経 137 度鉛直各層における全炭酸及び関連成分の濃度変化, 2004 年度日本海洋学会秋季大会.
13. 廣瀬勝己, 2004: 北太平洋西部黒潮再循環域の栄養塩の鉛直分布の変動について, 2004 年度日本海洋学会秋季大会.
14. 時枝隆之, 石井雅男, 2004: 北太平洋中央モード水形成時のクロロフルオロカーボン取り込み効率, 2004 年度日本地球化学会第 51 回年会.
15. 青山道夫, 太田秀和, 浜中純子, 久保麻子, 大坪有希, 佐藤憲一郎, 安田愛, 横川真一郎, 2004: 栄養塩標準物質を使った、「みらい」南半球世界一周航海, 日本分析化学会第 53 年会.
16. 太田秀和, 青山道夫, 2004: 栄養塩測定のための海水ベース参照物質の保存環境, 日本分析化学会第 53 年会.
17. Ishii M., H. Matsueda, T. Tokieda, K. Matsumoto, H. Y. Inoue, 2004: Effect of barrier layer formation on the distribution of the oceanic CO₂ in the western equatorial pacific. *8th International Global Atmospheric Chemistry (IGAC) Conference*.
18. Ishii, M., S. Saito, T. Kawano, K. Matsumoto, K. Nemoto, H. Kamiya, T. Midorikawa, H. Y. Inoue, 2004: Decadal trend of the oceanic CO₂ in the western equatorial Pacific warm pool. *North Pacific Marine Science Organization (PICES) 13th Annual Meeting*.

19. Nemoto, K., T. Midorikawa, H. Kamiya, M. Ishii, H. Matsueda, H. Y. Inoue, 2004: Long-term trend and interannual variations of winter oceanic pCO₂ and air-sea CO₂ flux in the western North Pacific. *North Pacific Marine Science Organization (PICES) 13th Annual Meeting*.
20. Inoue, H. Y., M. Ishii, T. Midorikawa, A. Murata, K. Nemoto, 2004: Variation and distributions of pCO₂^{sw} in the western North Pacific during 1990 to 2003. *North Pacific Marine Science Organization (PICES) 13th Annual Meeting*.
21. Saito ,S., M. Ishii, H. Matsueda, K. Shutta, M. Fujimura, I. Kaneko, T. Midorikawa, 2004: Change in total dissolved inorganic carbon and dissolved oxygen along the 137° E meridian between 1994 and 2003. *North Pacific Marine Science Organization (PICES) 13th Annual Meeting*.
22. Rodgers, K. B., R. A. feely, O. Aumont, J. Orr, G. Madec, N. Metzl, R. Murtugudde, P. Wetzel, E. Meier-Reimer, C. Le Quere, E. Buitenhuis, F. Chai, G. McKinley, Y. Yamanaka, H. Brix, N. Gruber, T. Takahashi, R. Wanninkhof, H. Y. Inoue, M. Ishii, 2004: Interannual to decadal variability in equatorial Pacific pCO₂ and surface CO₂ fluxes: An intermodel comparison. *North Pacific Marine Science Organization (PICES) 13th Annual Meeting*.
23. Tokieda, T., M. Ishii, 2004: Variability in the degree of saturation for CFCs in the North pacific Central Mode Water. *North Pacific Marine Science Organization (PICES) 13th Annual Meeting*.
24. Aoyama, M., S. Watanabe, M. Fukusawa, 2004: Nutrients Variability in the Subtropical Gyres in the South Hemisphere. *AGU Fall Meeting*.
25. Murata, A., M. Wakita, M. Aoyama, S. Watanabe, M. Fukasawa, 2004: Decadal Changes in Distributions of CO₂-system Properties in the Southern Hemisphere Subtropical Oceans. *AGU Fall Meeting*.
26. 青山道夫, 2005: 栄養塩の長期の変動 (水温、塩分、全炭酸との比較検討), 第8回みらいシンポジウム.
27. Ishii, M., 2005: Long-term trend of the oceanic CO₂ in the western North Pacific, in the equatorial Pacific, and in the Southern Ocean. *Third Japan-EU Workshop on Climate Change Research*.
28. 石井雅男, 2005: 炭素循環とその変動の量的な把握に向けて・海洋 CO₂に時系列観測から, 名古屋大学地球水循環センター共同利用シンポジウム “Global Change Era における生物地球化学と海洋生態学の統合研究の構築”.
29. 廣瀬勝己, 2005: 海水中の微量元素・放射性核種濃度は如何なるで決まっているか: スペシャーションとは, 第6回「環境放射能」研究会プログラム.
30. 廣瀬勝己, 2005: 北太平洋西部黒潮再循環域の栄養塩の鉛直分布の変動について(II), 2005 年度日本海洋学会春季大会.
31. Tokieda, T., M. Ishii, 2005: Seasonal variation of Chlorofluorocarbons saturation in the western North Pacific. *The 37th International Liege Colloquium on Ocean Dynamics, Gas transfer at water surfaces*.
32. 青山道夫, 石井雅男, 太田秀和, 北尾隆, 廣瀬勝己, 宮尾孝, 村田昌彦, 吉川(井上)久幸, 2005: 海水中栄養塩分析用標準溶液の現状と全炭酸-栄養塩一体型の無毒標準溶液の開発研究について, 日本分析化学会第54年会.
33. 時枝隆之, 石井雅男, 2005: 北太平洋中央モード水形成が大気気体成分取り込みに果たす役割, 2005 年度日本海洋学会.
34. 青山道夫, 河野健, 浜中純子, 久保麻子, 竹内歩美, 熊本雄一郎, 清家隆義, 安田愛, 西島喜美子, 金子郁雄, 2005: 西部北太平洋 P10 再観測における溶存酸素量、栄養塩の観測, 2005 年度日本海洋学会.
35. Murata, A., Y. Kumamoto, M. Aoyama, K. Sasaki, S. Watanabe, M. Fukasawa, 2005: Decadal changes of the CO₂-system properties in the subtropical South Atlantic: Results from

- re-occupation of WHP A10 section. *Seventh International Carbon Dioxide Conference*.
36. Midorikawa, T., M. Ishii, K. Nemoto, H. Kamiya, A. Nakadate, S. Masuda, H. Matsueda, H. Y. Inoue, 2005: Interannual variations of winter oceanic pCO₂ and air-sea CO₂ flux in the western North Pacific. *Seventh International Carbon Dioxide Conference*.
 37. Ishii, M., S. Saito, S. Masuda, A. Nakadate, T. Midorikawa, H. Y. Inoue, 2005: Trend of the total inorganic carbon increase in the subtropical western North Pacific since early 1990s. *Seventh International Carbon Dioxide Conference*.
 38. Inoue, H. Y., M. Ishii, T. Midorikawa, A. Nakadate, S. Masuda, A. Murata, 2005: Variations and distributions of pCO₂ in the western North Pacific during 1990 to 2004. *Seventh International Carbon Dioxide Conference*.
 39. Aoyama, M., H. Goto, H. Kamiya, I. Kaneko, S. Kawae, H. Kodama, Y. Konishi, K. Kusumoto, H. Miura, E. Moriyama, K. Murakami, T. Nakano, F. Nozaki, D. Sasano, T. Shimizu, H. Suzuki, Y. Takatsuki, A. Toriyama, 2005: Marine biogeochemical response to a rapid warming ocean during these three decades in the East China Sea. *DOBIS International Symposium -Dynamics of the Ocean Biosystem*.
 40. Ishii, M., T. Tokieda, S. Saito, T. Midorikawa, S. Masuda, A. Nakadate, 2006: Decadal Trend of Dissolved Oxygen in the North Pacific along 165° E – A preview. *North Pacific Marine Science Organization (PICES) 15th Annual Meeting*.
 41. Ishii, M., S. Saito, T. Tokieda, H. Y. Inoue, 2006: Trend of the oceanic CO₂ in the western equatorial Pacific. *Ocean Science Meeting 2006*.
 42. Aoyama, M., T. Kawano, A. Murata, M. Fukasawa, 2006: Nutrients variability in the deep water in the Pacific Ocean: WOCE P06, P10 and P3 revisited. *Ocean Science Meeting 2006*.
 43. 青山道夫, 佐藤憲一郎, 竹内歩美, 浜中純子, 松下隼士, 熊本雄一郎, 金子郁雄, 2006: 北太平洋 P10 および P3 再観測で見いだされた中深層での栄養塩変動, *BE'06(みらいシンポジウム)*.
 44. 廣瀬勝己, 2006: 海洋の ²³⁰Th の鉛直分布から炭素移出フラックスの評価について, *2006 年度日本海洋学会春季大会*.
 45. 佐藤憲一郎, 浜中純子, 青山道夫, 渡辺修一, 2006: WOCE 再観測における栄養塩精度管理 –高精度分析と分析信頼性の保証への取り組み, *2006 年度日本海洋学会春季大会*.
 46. 青山道夫, 河野健, 2006: 海洋における塩分、栄養塩および全炭酸の測定標準の現状と開発研究, *2006 年度日本海洋学会春季大会*.
 47. 中野俊也, 神谷ひとみ, 青山道夫, 2006: 長崎海洋気象台 PN 線での物理化学生物観測結果による長期変動, *2006 年度日本海洋学会春季大会*.
 48. 緑川貴, 石井雅男, 中野俊也, 根本和宏, 神谷ひとみ, 中館明, 増田真次, 吉川久幸, 2006: 太平洋西部赤道域における CO₂ 分圧の年々変動, *2006 年度日本海洋学会春季大会*.
 49. 石井雅男, 2006: 海洋表層 CO₂ 観測の現状と意義, *2006 年度日本海洋学会春季大会*.
 50. 高村友海, 石井雅男, 緑川 貴, 中館 明, 増田真次, 吉川久幸, 2006: 西部北太平洋亜熱帯域における表層炭酸系の変動要因, *2006 年度日本海洋学会春季大会*.
 51. 石井雅男, 緑川 貴, 中館 明, 増田真次, 吉川久幸, 2006: 黒潮再循環域の海洋中層における全炭酸濃度の増加傾向, *2006 年度日本海洋学会春季大会*.
 52. 小塙恒夫, 田所和明, 高谷祐介, 緑川貴, 塩本明弘, 2006: 冬期・春期の親潮混合層リン酸塩濃度の長期変動: 1965 年–2004 年, *2006 年度日本海洋学会春季大会*.
 53. 斎藤秀, 石井雅男, 時枝隆之, 高谷祐吉, 2006: 東経 165 度亜寒帯–亜熱帯前線域での二酸化炭素蓄積, *日本地球惑星科学連合 2006 年大会*.
 54. 廣瀬勝己, 2006: 金属イオンをプルーブとして用いた天然物中の有機配位子の定量, *日本分析化学会第 55 年会*.
 55. 青山道夫, 緑川貴, 廣瀬勝己, 太田秀, 2006: 栄養塩標準物質の開発研究と国際共同実験, *2006 年度日本海洋学会秋季大会*.
 56. 廣瀬勝己, 2006: 海水中の微量元素濃度をきめる要因について, *2006 年度日本海洋学会秋季大会*.

57. 緑川 貴, 石井雅男, 中野俊也, 安田珠幾, 根本和宏, 神谷ひとみ, 中館 明, 吉川久幸, 2006: 北太平洋西部における CO₂ 分圧の年々変動, *2006 年度日本海洋学会秋季大会*.
58. 斎藤秀, 石井雅男, 時枝隆之, 増田真次, 高谷祐吉 2006: 北太平洋中央モード水での二酸化炭素蓄積, *2006 年度日本海洋学会秋季大会*.
59. 時枝隆之, 石井雅男, 田中秀和, 斎藤秀, 安田珠幾, 2006: 西部北太平洋域亜表層の溶存酸素存在量の長期変動, *2006 年度日本海洋学会秋季大会*.
60. Ishii, M., 2007: Increasing trend of the dissolved inorganic carbon in the western North Pacific since early 1990s (preliminary results). *CarboOcean Data Synthesis Group Data Synthesis Workshop*.

ヒートアイランド現象の再現・予測に関する基礎的研究

研究期間： 平成17年度～平成18年度

研究代表者： 千葉 長¹⁾、三上正男²⁾（環境・応用気象研究部 第二研究室長）

研究参加者： 栗田 進、山本 哲¹⁾、清野直子、青柳暁典²⁾、澤井哲滋¹⁾、田中泰宙¹⁾（環境・応用気象研究部）

研究の目的

ヒートアイランド現象とそれに伴う局地環境気象（境界層内局地循環、ダストドームの形成など）の再現を NHM の高分解能版（1km～数百 m 程度）に都市キャノピーモデルを結合（都市気象モデル）して行えるようにするとともに、ヒートアイランド現象を含む都市気象の再現、予測に関する基礎的研究を行う。

研究の目標

現在メソスケールモデルとして使われている NHM の高分解能化をはかり、都市域に適用してヒートアイランド現象の再現の可能性について評価する。同時に都市キャノピーモデルを結合することにより降水過程もあつかうことも可能な都市気象モデルを開発する。都市気象モデルにより、現実のメソスケールの気象条件下でのヒートアイランド現象の再現可能性を評価すると共に、再現された気象場の解析を通して、海陸風循環などを含むメソスケール気象場とヒートアイランド現象に伴う局地循環の相互作用の過程を明らかにする。またこの循環が作る都市域特有のダストドームなど大気環境に影響を及ぼす物質の移流拡散状況を数値モデルから評価する。一方、将来のより詳細な都市気象モデルの開発に有望とされ、都市上空における境界層（モデルの再現特性）の改善に資する手段として期待されている LES モデルについても評価検討を行う。

研究の概要

1. ヒートアイランド現象の実態についての解析

近年のヒートアイランド現象の実態について解析を行う。

2. 都市気象モデルの開発とヒートアイランド現象の再現実験

NHM の高分解能化をはかり（1km～数百 m）、都市を想定した地表面状態の設定を行いヒートアイランド現象の再現を試みる。同時に都市キャノピーモデルとの結合を行いヒートアイランド現象の再現を行う。2 つの再現実験の結果と解析から得られるヒートアイランド現象の実態との比較検証をおこない、都市キャノピーモデルの有用性と限界を評価する。また都市域に形成されるダストドームの再現を試みる。

3. LES モデルの有用性に関する調査

都市上空の境界層の乱流過程の研究に有望視されている LES についてその有用性の調査を行う。

研究成果

①ヒートアイランド現象の実態についての解析

- ・関東地方に顕著な高温が発現した 2005 年 6 月 25 日と 28 日を事例とし、関東地方のヒートアイランド現象の実態について解析を行った。その結果、関東平野の真夏日の発現は、総観場の気圧配置と局地風循環の双方の影響を受けていることが分かった。
- ・総観場が太平洋高気圧の圏内にある場合には、大手町の日最高気温が 35°C を超えることは少ない。しかし、太平洋高気圧が鯨の尾型になった場合、気圧傾度により西よりの風の場となり関東平野ではフェーン現象が重なって 35°C を超えることが多い。
- ・関東地方の高温の発現には、海陸風循環および雲も影響している事が事例解析により示された。6 月 25 日の事例では関東平野全体が晴れて海陸風が顕著に発達し、海陸風循環に伴う気温分布の日変化が見られた。一方 28 日の事例では関東平野北部は雲に覆われ海陸風循環が発達しなかつたが、フェー

¹⁾ 平成17年度、²⁾平成18年度

ンによる昇温と太平洋高気圧の大規模下降流に伴う昇温が加わり関東地方に高温が発現したと考えられる。

②都市気象モデルの開発とヒートアイランド現象の再現実験

- ・関東の暑熱事例 2 ケースについて、都市モデルを含まない気象庁非静力学モデル (NHM) の 1km 格子のシミュレーションを行った。その結果、地上での高温の出現が、総観場の影響を受けた大気下層の気温だけではなく、局地的な風系の影響も受け変化すること、また単純に解像度を上げるだけでは日中の昇温の再現は不十分で都市効果を取り入れる必要があることを明らかにした。
- ・都市キャノピーモデルとして一層モデルである日下モデル、高橋モデル及び多層モデルである近藤モデルを検討した結果、簡便で NHM への取り込みが容易な高橋モデルを JMANHM に組み入れることとした。
- ・以上の予備的調査結果をふまえ、NHM に気象庁気候情報課の都市気候モデル（高橋モデル）に基づく簡便な都市キャノピーモデルを組み込み、4km 格子で関東域の高温日の再現実験を行った。その結果、都市キャノピーモデルを用いることで、都市域における気温日変化特性の再現性が向上することを確認した。

③LES モデルの有用性に関する調査

- ・ヒートアイランド現象の再現に対する LES モデルの有用性を、風洞実験データと LES モデル実験により調べた。
- ・風洞実験により得られた都市ビル群直上層内の乱流特性を LES モデルはどれだけ再現可能かを数値実験により調べた。その結果、LES モデルは準平衡状態と移行過程での個々の特徴はよく再現するが、運動量の輸送係数の過小評価等いくつかの点で再現性に問題があることが明らかとなった。

今後に残された問題点

本課題では、都市気象を解析する手段としてのモデル開発にほぼ目処がついたが、メソスケールの気象場とヒートアイランド現象との関係について充分な考察を行うには至っていない。社会的な要請を踏まえ、こうした都市特有の気象の実態把握と機構解明を進めるため、本研究で開発されたモデルの検証実験と現実的な条件下での様々な数値実験を進めることが必要である今後の課題である。

成果の活用に対する意見（事後評価の総合所見）

ヒートアイランド現象は社会的関心が高く、その解明、予測は気象庁業務に直接貢献するものである。本研究において、都市キャノピーモデルと NHM を結合した都市気象モデルを開発し、今後のヒートアイランド、都市気象に関する研究の基盤を 2 年という短期間でほぼ確立したことは、高く評価する。LES モデルについて、風洞実験との比較によりその有効性を評価したことは、当初の目標を達成したものと評価する。

今後の研究においては、ヒートアイランド監視業務を行っている気象庁本庁や国土交通省関係部局とも情報交換を行い、今回開発した都市気象モデルを高度化し、全体的な戦略を立ててヒートアイランド、都市気象に関する研究に取り組むことを希望する。また、ヒートアイランド現象については、他の研究機関でも取り組まれていることから、気象研究所の独自性がどこにあるのか、どこに重点を置くのかをよく検討して、新たな研究計画を策定してほしい。

LES モデルについては、街区モデルとして小領域の詳細な解析研究を行うのか、より広域を対象とする都市気象モデルの検証・改良を行うのか、2 つの方向性が考えられる。このことについてもよく検討したうえで、次のステップに進んでほしい。

成果発表状況

- ・論文発表件数 1 件
- ・口頭発表件数 15 件

成果発表一覧

・査読論文

1. Takemi T. and N., Seino, 2005: Duststorms and mesoscale cloud processes over the East Asian deserts in spring, *Water, Air, & Soil Pollution: Focus*, **5** 159-174, DOI: 10.1007/s11267-005-0733-0.

・査読論文以外の著作物（翻訳、著書、解説）

1. 千葉長, 栗田進, 清野直子, 澤井哲滋, 2006: 超高分解能モデル（数十 m 水平格子）による都市域の気象に関する研究, CREST 特定課題調査「雲解像モデルの予測精度向上に対する大気海洋相互作用の影響等に関する研究調査」H17 年度研究成果報告書
2. 千葉長, 佐々木秀孝, 清野直子, 佐藤純次, 2006: 7.6 三宅島 SO₂ ガス濃度評価シミュレーション報告, 気象庁技術報告 128 号.
3. 吉崎正憲, 林修吾, 清野直子, 2006: 都市気象予測にむけて, CREST 特定課題調査「雲解像モデルの予測精度向上に対する大気海洋相互作用の影響等に関する研究調査」H17 年度研究成果報告書.

・口頭発表

1. 清野直子, 山本哲, 千葉長, 佐々木秀孝, 高藪出, 2005: JMANHM を用いたタリム盆地のダスト発生環境シミュレーション, 第 7 回非静力学モデルに関するワークショップ講演予稿集, 53-54.
2. 栗田進, 2005: 局在する都市キャノピーの風洞実験. 日本気象学会 2005 年度春季大会講演予稿集, P108.
3. 澤井哲滋, 千葉長, 栗田進, 清野直子, 2005: 関東地方の夏の高温イベントーその 2—数値モデルを用いた再現実験に向けてー, 日本気象学会 2005 年度秋季大会講演予稿集, P339.
4. 清野直子, 山本哲, 千葉長, 佐々木秀孝, 高藪出, 2005: タリム盆地におけるダストストームの発生環境 (3), 日本気象学会 2005 年度春季大会予稿集, P422.
5. 千葉長, 栗田進, 清野直子, 澤井哲磁, 2005: 2005 年 6 月 25 日と 28 日の関東平野における真夏日の違い (数値モデルを用いた再現実験), 日本気象学会 2005 年度秋季大会予稿集, P140.
6. Kurita, S., M. Kanda, 2006: Comparison of LES with wind tunnel experiment around and within localized urban canopy under atmospheric turbulent boundary layer. *Proceedings of The Fourth International Symposium on Computational Wind Engineering (CWE2006)*, 697-700.
7. Seino, N., A. Yamamoto, M. Chiba, H. Sasaki, I. Takayabu, 2006: Numerical modeling of dust storm in the Taklimakan Desert - Possibility of effective long-range transport. *The fourth International Symposium on Computational Wind Engineering*, 841-844.
8. 青柳暁典, 清野直子, 2006: 気象庁 NHM への簡易都市キャノピーモデルの組み込み, 第 8 回非静力学モデルに関するワークショップ講演予稿集.
9. 青柳暁典, 清野直子, 2006: 気象庁非静力学モデル用簡易都市キャノピーモジュールの開発, 日本気象学会 2006 年度秋季大会講演予稿集, P189.
10. 栗田進, 神田学, 2006: 局在するビル群直上での乱流の応答特性, 日本気象学会 2006 年度秋季大会講演予稿集, P389.
11. 栗田進, 神田学, 2006: 局在する都市の大気境界層に関する風洞実験と LES モデルの比較実験, 日本気象学会 2006 年度春季大会講演予稿集, P432.
12. 清野直子, 山本哲, 千葉長, 佐々木秀孝, 高藪出, 2006: タクラマカン砂漠の風を追って—数値モデルで見た大気の動態—, 第 52 回風に関するシンポジウム講演予稿集.
13. 清野直子, 佐々木秀孝, 佐藤純次, 千葉長, 山本哲, 高藪出, 2006: 気象庁非静力学モデル JMANHM を用いた移流拡散シミュレーション—三宅島火山ガスとダスト輸送を例として—, 第 21 回生研 TSFD シンポジウム.
14. 清野直子, 2006: 都市気象予測にむけて, CREST 特定課題調査ワークショップ.

15. 吉崎正憲, 林修吾, 清野直子, 2006: 凹凸のある地表面を持つ雲解像非静力学モデルの開発, 日本気象学会 2006 年度春季大会講演予稿集, B312.

オゾン・エーロゾルライダーの評価・検証に関する研究

研究期間： 平成18年度

研究代表者： 小林隆久（気象衛星・観測システム研究部 第三研究室長）

研究参加者： 永井智広、酒井 哲、中里真久（気象衛星・観測システム研究部）

研究の目的

気候系に大きな影響を与えている対流圏オゾン・エーロゾル・雲の観測手法は、これまで様々なものが開発されている。しかし、高度分布を自動かつ連続に観測する手法は、精度等においてまだ十分とはいえない。本研究計画では、オゾンやエーロゾルの対流圏における自動・連続観測手法としてこれまでに開発してきたオゾン、エーロゾルライダーの観測結果の検証・評価を行う。

研究の目標

対流圏オゾンライダーとオゾンゾンデとの比較・検証並びに4波長エーロゾルライダーによる粒径情報抽出技術の開発を行う。

研究の概要

対流圏オゾンライダー、多波長エーロゾルライダー等の観測を行い、比較可能なデータを蓄積する。観測で得られたデータや他で報告されているデータをもとに、オゾンライダーやゾンデのデータの特性を考慮し、ライダーで得られたデータの誤差解析・評価を行う。また、エーロゾルライダーの大気散乱光の波長依存性からエーロゾル等粒径情報の抽出を行う手法を開発するとともに、オゾン観測結果に影響を与える可能性のあるエーロゾルの後方散乱について検討する。

研究成果

- ・ 対流圏オゾンライダーで最も問題とされているのはエーロゾルの影響である。この影響について、ライダー方程式に McClatchey et al. (1971) による標準大気モデル（視程 36km、clear model）を適用したシミュレーションを行い、エーロゾルによる系統誤差を評価した。その結果は、対流圏上部では 3%、境界層上端付近では最大で 7% の誤差であった。
- ・ 対流圏オゾンライダーについて、エーロゾルの補正アルゴリズムを開発した。この補正を適用することで黄砂時のような高濃度エーロゾル時でも 10%以下の誤差で観測できることが分かった。
- ・ 対流圏オゾンライダーについて、高層気象台の協力を得て KC96 型オゾンゾンデとの比較観測を行い、20 事例について解析した。その結果、高度変化の傾向はおおむね一致しているが、濃度において系統的なバイアスが見られた。KC96 型オゾンゾンデでは、これまでにも航空機観測やライダーまた ECC ゾンデとの差が報告されており、バイアスは KC96 型ゾンデの特性によるものとも考えられる。
- ・ 2005 年の夏季に対流圏オゾンライダーで観測された 3 事例の境界層内高濃度オゾン現象を解析した。日中の高度 2km 以下の境界層内に高濃度オゾンが見られること、濃度が最大 $2 \sim 3 \times 10^{18}/\text{m}^3$ 程度になること、明らかな日変化などの特徴が見られた。
- ・ 前年度までに開発した 4 波長ライダーを用いた観測を行った。観測は、735nm を送信する色素レーザーに障害が発生した時期を除き、14 夜（3 波長のみの場合は 17 夜）である。
- ・ 多波長ライダーからエーロゾル粒径分布を推定する手法を開発した。
- ・ 4 波長エーロゾルライダーデータを解析し、エーロゾル後方散乱係数の波長依存性の季節変化を調べた。通常のエーロゾルではモード半径 $0.1 \mu\text{m}$ の対数正規分布でほぼ表されたが、黄砂飛来時では大きな粒子が観測され、モード半径 $0.1 \mu\text{m}$ の分布に $0.5 \mu\text{m}$ の分布が重なる bimodal な分布で表されることが分かった。
- ・ 春季の波長依存性と偏光解消度は、逆相関を示すことが分かった。このことは、春季の平均粒径が大きいエーロゾルが、非球形（例えば黄砂）であることを示唆する。

今後に残された問題点

- ・対流圏オゾンライダーの観測精度をより詳細に検証するため、成層圏オゾンライダー、KC96型オゾンゾンデ、ECC型オゾンゾンデなどの他の測器との比較観測を行う必要がある。
- ・開発した対流圏オゾンライダーをより広く利用するために、化学輸送モデルとの比較を行い、モデルの検証・高度化のための利用への検討、及び対流圏オゾンの実態解明を進める必要がある。気象研究所の対流圏オゾンライダーは、1) 日本で唯一対流圏全域を定常観測可能であり、2) 関東の汚染大気や中国・ヨーロッパからの越境汚染、成層圏からのオゾンの流入が比較的高頻度で観測可能であるという好立地条件にある。一方、地球環境フロンティア研究センターなどでは、高分解能の領域化学輸送モデルが開発されてきており、最も進んだモデルは、対流圏オゾンライダーで取得できるデータと比較しうる水準にきている。このような2つの技術の結合により、対流圏オゾンの実態解明が進むと期待される。
- ・4波長エーロゾルライダーデータから推定したエーロゾル粒径分布を、他の測器（スカイラジオメータ等）で得られた粒径分布と比較し、推定結果を検証する必要がある。

成果の活用に対する意見（事後評価の総合所見）

- ・平成17年度終了の経常研究「ライダーによる大気微量成分観測法の高度化に関する研究」において残された、オゾン・エーロゾルライダーの評価検証について、着実な観測とオゾンゾンデ観測等との比較検証を実施し、その成果が査読付き論文として出版されつつあることは、当初の目標をほぼ達成したと評価する。
- ・しかし、期間が短かった点を考慮しても、もう少し成果の発表があつてもおかしくはない。研究そのものはオリジナリティーがあり、世界的にも重要な結果が出ている。今後も成果発表について一層の努力をお願いしたい。
- ・気象研究所ではエーロゾルについての観測は他課題でも実施されている。また、オゾンやエーロゾルのモデル開発も進んでいる。ライダーによる観測は、高い時間、空間分解能という特徴をもつことから、今後の研究においては、その利点を活かしつつ、他課題との有機的な連携をすすめてほしい。

成果発表状況

- ・論文発表件数 1件
- ・口頭発表件数 7件

成果発表一覧

- ・査読論文
 1. Nakazato, M., T. Nagai, T. Sakai and Y. Hirose, 2007: Tropospheric ozone DIAL using stimulated Raman scattering in carbon dioxide. *Applied Optics*, **46**, 12, 2269-2279.
- ・査読論文以外の著作物（翻訳、著書、解説）なし
- ・口頭発表
 1. 中里真久・永井智広・酒井哲・小林隆久, 2006: 対流圏オゾンライダーで観測されたつくばにおける夏季の境界層内高濃度オゾンの解析, 日本気象学会2006年度春季大会講演予稿集, D102.
 2. 中里真久・永井智広・酒井哲・小林隆久, 2006: 対流圏オゾンライダーにおける観測データのエーロゾル補正, 日本気象学会2006年度秋季大会講演予稿集, P121.
 3. 小林 隆久, 2006: Inversion 法を用いたライダーによるエーロゾル特性推定手法, 日本気象学会2006年度秋季大会講演予稿集, P122.
- 4. Nakazato, M., T. Nagai, T. Sakai, Y. Hirose, 2006: Differential absorption lidar for tropospheric ozone measurement using stimulated Raman scattering in CO₂. *Reviewed and Revised Papers presented at the 23rd International Laser Radar Conference 24-28 July 2006, Nara, Japan*, Edited by C. Nagasawa, N. Sugimoto, 63-66.
- 5. Nakazato, M., T. Nagai, T. Sakai, T. Kobayashi, 2006: Preliminary results of comparison between KC ozonesonde and UV ozone DIAL. *Reviewed and Revised Papers presented at the 23rd*

- International Laser Radar Conference 24–28 July 2006, Nara, Japan*, Edited by C. Nagasawa, N. Sugimoto, 845–846.
6. Nakazato, M., T. Nagai, T. Sakai, T. Kobayashi, 2006: Case study of urban air pollution over Tsukuba as observed by UV ozone DIAL. *Reviewed and Revised Papers presented at the 23rd International Laser Radar Conference 24–28 July 2006, Nara, Japan*, Edited by C. Nagasawa, N. Sugimoto, 847–848.
7. Sakai, T., N. Orikasa, T. Nagai, M. Murakami, K. Kusunoki, K. Mori, A. Hashimoto, T. Matsumura, and T. Shibata, 2006: Optical and microphysical properties of upper clouds measured with the Raman lidar and hydrometeor videosonde, *Reviewed and Revised Papers presented at the 23rd International Laser Radar Conference 24–28 July 2006, Nara, Japan*, Edited by C. Nagasawa, N. Sugimoto, 333–336.

強雨をもたらす線状降水帯の構造や維持機構、発達や移動を決定する要因の解明

研究期間： 平成17年度～平成18年度

研究代表者： 濑古 弘（予報研究部 第二研究室主任研究官）

研究参加者： 大阪管区気象台、彦根地方気象台、京都地方気象台、奈良地方気象台、和歌山地方気象台、鳥取地方気象台、松江地方気象台、広島地方気象台、徳島地方気象台、舞鶴海洋気象台、神戸海洋気象台

研究の目的

豪雨や強雨をもたらす線状降水帯について、ドップラーレーダなどの観測データを使って解析し、降水帯の構造や維持機構を明らかにするとともに、さらに、メソスケールモデルや非静力学モデル、同化システムなどの結果を用いて、降水帯の発達・移動と環境場との関係を調べて整理する。

研究の目標

- ①線状降水帯などの複数の事例を選び、ドップラーレーダやウインドプロファイラ、GPSなどの観測データを使って解析し、個々の降水帯の構造や維持機構を見出す。
- ②複数の事例の観測データや数値モデルの再現結果を使って、降水帯の発達や移動速度と環境場との関係を比較し、発達や移動速度の変化に影響を及ぼす要因を抽出する。
- ③降水帯の環境を簡単化した条件で理想化数値実験を行い、②で得られた降水帯の発達や移動速度と環境場との関係についての知見を評価・検討する。

研究の概要

- ①これまでに観測された事例から、解析する事例を複数選び、観測データを収集する。
- ②ドップラーレーダやウインドプロファイラ、GPSなどの観測データを用いて、降水帯の構造や維持機構を調べる。
- ③メソ同化システムなどを用いて観測データを同化し、得た解析値を初期値にした再現実験をメソスケールモデルや非静力学モデルを用いて行い、降水帯の構造や維持機構を調べる。
- ④複数の事例の観測データや数値モデルの再現実験の結果を比較し、降水帯の発達や移動速度と環境場との関係を調べ、発達や移動を決める要因を抽出する。
- ⑤降水帯の環境を簡単化した条件で理想化実験を行い、環境などを変えて発達や移動の要因を評価・検討する。

研究成果

気象研究所と各地方官署では、それぞれ一事例以上を選択し、アメダス・気象官署データ、現業レーダによる3次元降水分布、ドップラーレーダ動径風、GPS可降水量、格子間隔10kmの静力版メソスケールモデル、格子間隔5kmの非静力学モデルを用いて再現実験を行い、構造や維持機構、発達や移動の様相等の解析を行った。ここでは、幾つか解析例を取り上げて、研究成果を説明する。

- ・ 気象研究所が取り上げた2003年4月8日に大阪平野上で発達した線状降水帯は、寒冷前線の通過時に組織化したもので、下層は紀伊水道からの暖かく湿った南風と瀬戸内海の西風が収束により形成されたものであった。寒冷前線の発達した降水域前面に低圧部が形成され、それに吹き込むように紀伊水道からの南風が強まっていた。しかし、寒冷前線通過後の線状降水帯形成時からは南風は弱まるのみであり、形成時までにどれだけ強まるかが、線状降水帯の組織化に重要であると考えられる。降水帯の走向は上層風の風向と同じ南西から北東に伸び、強い降水域が南西端から降水帯の南縁を北東へ移動していた。このことから、移動時も下層の暖湿気流が供給されるバック アンド サイド ビルディング (BSB) 型であったことがわかった。ドップラーレーダのデュアル解析から、瀬戸内海からの西風が紀伊水道からの南風の下に楔状に潜り込み、南風を持ち上げていた。また、スコールライン型のように下層に広い範囲で下降する乾燥した中層風が降水を強めることはなく、逆に中層に乾燥気塊が侵入すると線状降水帯が減衰を始めた。

降水帯の移動について、降水帯の定常を仮定し、地上気圧と風分布から運動方程式を用いて、何が降

水帯を移動させているかについて考察した。その結果、数値モデルで再現した降水帯の北部分では、下層の西風が雨滴を蒸発にさせて低温になり、気圧が高くなって、降水帯を南東に移動させていた。

また、環境や地形を変更した感度実験や理想化実験も行った。紀伊水道の南風や瀬戸内海の西風を強めたり、上層の南西風を湿らせた模擬観測データを用いた同化実験では、紀伊水道の南風を強めたり、上層を湿るとより明瞭な線状降水帯になることから、これらの条件が線状降水帯に重要であることがわかった。また、地形を南北にずらしても、瀬戸内海と紀伊水道の収束域に、線状降水帯が形成されたことから、環境だけでなく、地形も重要であることがわかった。逆に、再現された降水帯周辺の成層を用いて、水平一様に成層や水平風の風速を与えた実験も行った。線状降水帯の発生する位置は、南西風が南よりであれば兵庫県側、西よりであれば和歌山県側に発生するというように風向に依存すること、線状降水帯が形成されやすいのは、CAPE があって持ち上げ凝結高度がやや高いこと、逆に持ち上げ凝結高度は低いと山地風上で対流が立ちやすく降水分布が異なる様相を示すことがわかった。

- ・ 大阪管区気象台が解析した 2004 年 5 月 13 日の事例では、寒冷前線前面の暖域内で 2 本の線状降水帯が発生し、降水帯が発生したメカニズムに違いが確認された。最初の線状降水帯は、700hPa のショートトラフに対応した降水系が神戸市付近まで進むと、紀伊水道の下層の暖湿気流が強まり、大阪付近に滞留している冷気層に乗り上げて急速に発達して、降水帯が形成された。もう一つの降水帯は、紀淡半島付近での収束が継続し、降水帯が停滞していたところに、中層の乾燥空気が流入し不安定が強化されて形成された。また、ドップラーレーダのデュアル解析などから、線状降水帯の発生や発達には六甲山や北摂の山地による強制上昇が影響していることがわかった。さらに生駒山で屈折した南風が、北東に延びている降水帯に吹き込むことが降水帯の発達や維持に寄与していることもわかった。次に、06 時から 09 時まで GPS 可降水量を同化したメソスケールモデルの 13 時を初期値にして非静力学モデルで予報した結果、表現は弱いものの線状降水帯が予報された。今後はドップラーレーダなどの資料を同化すれば、さらに強く降水帯が表現される可能性もあると思われる。
- ・ 広島気象台の 2003 年 7 月 18 日の大雨の事例では、感度実験から、中国山地、九州山地、四国山地、豊後水道の地形が降水帯の発達に影響を及ぼしていること、さらに、蒸発の効果を取り除いた実験を行うと、降水量が減少して降水帯も弱まったことから、雨滴の蒸発が対流の強化に寄与していることがわかった。また、非静力学モデルの出力を用いた流跡線解析から、下層の暖湿気流が九州山地を迂回して中国地方に入り込み、中層の乾燥した気流は、発達中の降水帯に浸入して上昇するものと降水帯を迂回するものがあることがわかった。
- ・ 神戸海洋気象台が解析している 2004 年 9 月 18 日の姫路市の大雨の事例では、一様な気団内で線状降水帯が発生していること、非静力学モデルを用いた実験では、紀伊水道から剣山系を左に見て北上する播磨灘の南西風が再現されず、降水帯が発生できなかったことから、四国山地が発生に寄与していることがわかった。
- ・ これらの地方官署が解析したものを含め、15 事例の線状降水帯の解析結果から、南西風が卓越している環境で発生すること、線状降水帯の多くがバック アンド サイド ビルディング (BSB) 型やバックビルディング (BB) 型であること、必ずしも水蒸気画像で暗域が見られないこと、大規模な収束が弱い場合でも地形が寄与して線状降水帯は組織化される事例があることがわかった。

今後に残された問題点

本課題では 15 事例の線状降水帯について、地上データやドップラーレーダや数値モデルの出力を用いて、降水帯の構造や維持機構を調べた。その結果、その多くが地形の影響を受けていることがわかった。本課題では、地形の影響の調査を想定していなかったため、今後、地形の効果に注目した解析が必要である。また、線状降水帯の多数の事例を同時に比較検討している研究も数多くは行われていない。本課題のように多数の事例を比較することは、線状降水帯の維持発達に有効な要因の抽出に有効である。これらから、地形の効果を考慮した解析を行い、それらの結果を比較検討することが必要である。本問題点を解決するため、平成 19–20 年度において、本課題の継続課題である“強雨をもたらす線状降水帯の維持機構等の解明及び、降水強度・移動速度の予測に関する研究”が取り組まれている。

成果の活用に対する意見（事後評価の総合所見）

大阪管区内で発生した近年の強雨事例について、ドップラーレーダーなどの新しい観測データによる解析と非静力学モデルの数値実験によって、線状降水帯の構造、維持機構、発達移動を決定する要因等の解明を行った研究である。集中豪雨の防災にも貢献し、科学的にも重要な研究であることから、時機を得た適切な研究課題であった。

研究は、大阪管区内の多数の官署と共同で実施され、10以上の線状降水帯の事例解析を行い、環境場の影響や地形効果の解析に成功している等、その構造や維持機構を明らかにした点は高く評価する。研究目標の設定については、自己評価にあるとおり、成果の状況を勘案するとやや過大であったといえるが、学会や地区研究会で数多くの成果を発表しており、多くの予報担当者の知見やスキルの向上も図られたと考えられ、優れた研究であったと評価する。得られた研究成果は重要で、レベルも高いものであり、早急に論文化することを期待する。

また、本研究では、ホームページで意見交換、情報共有を行いながら研究を進め、現業レーダーの3次元表示プログラムの作成や流跡線解析ツールの開発などを行った。これらは、地方における調査研究の理想的なあり方を追求した意欲ある取組みであったと評価する。他管区にもこの取り組みを紹介していくことを望む。

成果発表状況

- ・論文発表件数 0 件
- ・口頭発表件数 39 件

成果発表一覧

- ・査読論文
なし

- ・査読論文以外の著作物（翻訳、著書、解説）

1. 濑古弘, 熊原義正, 斎藤和雄, 2006: 2003年4月8日に発生した淀川チャネル降水帯の衰弱や移動と環境との関係, 天気, 53, 663-664.

- ・口頭発表

1. 石山満, 田中裕吉, 大久保卓治, 沖村英幸, 大生由美, 酒匂啓司, 2005 : 2005年4月26日の線状降水帯について, 平成17年度京都府気象研究会, 平成17年度大阪管区気象研究会誌.

2. 岩谷徹, 浜田卓二, 足立誠, 柳田雄一郎, 2005: 強雨をもたらす線状降水帯の構造や維持機構の解明と予測, 平成17年度島根県気象研究会, 平成17年度大阪管区気象研究会誌.

3. 磯寄充男, 松本覚, 佐藤兼太郎, 荒木則孝, 2005 : 2005年6月29日の線状降水帯について, 平成17年度京都府気象研究会, 平成17年度大阪管区気象研究会誌.

4. 大谷修一, 栗原佳代子, 大槻道久, 西川哲也, 岡崎賢治, 堀江安男, 金森恒雄, 2005 : 2004年6月26日の線状エコーについて, 平成17年度広島県気象研究会, 平成17年度大阪管区気象研究会誌.

5. 大槻道久, 栗原佳代子, 西川哲也, 岡崎賢治, 大谷修一, 金森恒雄, 堀江安男, 2005: 2003年7月18日から19日の前線による大雨のメカニズム（その1）（線状降水帯の構造と特徴）, 107, 1, 平成17年度 気象学会関西支部中国地区例会講演要旨集, 平成17年度大阪管区気象研究会誌.

6. 大槻道久, 西川哲也, 岡崎賢治, 大谷修一, 栗原佳代子, 金森恒雄, 堀江安男, 2005: 2003年7月18日から19日の大雨について（その1）, 平成17年度広島県気象研究会, 平成17年度大阪管区気象研究会誌.

7. 小川則行, 金井義文, 坂地忠, 田中秀和, 森脇嘉一, 2005, 2004年7月5日の線状降水帯について（第1報）, 平成17年度和歌山県気象研究会, 平成17年度大阪管区気象研究会誌.

8. 尾上浩一, 橋本久夫, 2005 : 前線南下時の大雨（2005年7月13日から14日）, 平成17年度滋賀県気象研究会, 平成17年度大阪管区気象研究会誌.

9. 神例孝典, 加藤伸一, 榎本淳一, 大森英裕, 長野學, 2005: 2004年11月12日の大雨について, 平成17年度奈良県気象研究会, 平成17年度大阪管区気象研究会誌.

10. 北野明, 波片正次, 南里昌和, 中村哲也, 小澤龍馬, 2005: 猛烈な雨をもたらす線状降水帯の解析, 平成 17 年度徳島県気象研究会, 平成 17 年度大阪管区気象研究会誌.
11. 栗原佳代子, 大槻道久, 西川哲也, 岡崎賢治, 大谷修一, 堀江安男, 金森恒雄, 2005 : 2003 年 7 月 18 日から 19 日の大霖について (その 2) (非静力学モデルを用いた再現実験), 成 17 年度広島県気象研究会, 平成 17 年度大阪管区気象研究会誌.
12. 栗原佳代子, 大槻道久, 西川哲也, 岡崎賢治, 大谷修一, 堀江安男, 金森恒雄, 2005 : 2003 年 7 月 18 日から 19 日の前線による大雨のメカニズム (その 2) (非静力学モデルを用いた再現実験), 107, 5, 平成 17 年度 気象学会関西支部中国地区例会講演要旨集.
13. 瀬古弘, 熊原義正, 斎藤和雄, 2005 : 大阪湾付近から発生する線状降水帯の発達, 衰弱とその環境, 第 3 回天気予報研究会.
14. 瀬古弘, 熊原義正, 斎藤和雄, 地方共同研究 “線状降水帯の構造と維持機構, 移動と強化の要因の解明” グループ, 2005 : 大阪湾周辺から伸びる線状降水帯の発達とその環境, 日本気象学会秋季大会, P182.
15. 瀬古弘, 熊原義正, 斎藤和雄, 2005: 大阪湾付近から発生する線状降水帯の発達とその環境. 第 7 回 非静力学モデルに関するワークショップ予稿集, 15-16.
16. 西畠秀則, 秋山幸三, 井口一, 2005: メゾ β スケールの線状降水系による大雨について(2004 年 9 月 18 日の姫路市の大霖の事例解析), 平成 17 年度兵庫県気象研究会, 平成 17 年度大阪管区気象研究会誌.
17. 松本行博, 水田至, 若狭剛史, 岩田奉文, 2005 : 強雨をもたらす線状降水帯の構造や維持機構について ~2005.7.1 の事例解析~, 平成 17 年度鳥取県気象研究会, 平成 17 年度大阪管区気象研究会誌.
18. 山下寛, 武田寅彦, 久保守, 武部悦次, 吉田久美, 秋山佳明, 2005 : 2004 年 5 月 13 日の線状降水帯について, 平成 17 年度 大阪府気象研究会, 平成 17 年度大阪管区気象研究会誌.
19. Seko, H., Y., Kumahara, K., Saito, 2006: Line-shaped Convective Band Developed Over the Osaka Plain, ICMCS-V, Boulder America.
20. 荒木則孝, 磯寄充男, 松本 覚, 2006: 2005 年 6 月 29 日の線状降水帯について (その 2) (NHM モデルを用いた再現実験) .平成 18 年度京都府気象研究会, 平成 18 年度大阪管区気象研究会誌.
21. 一木健史, 石山 満, 田中裕吉, 佐伯準司, 松浪岳司, 河野 誠, 松野裕耶, 2006: 2005 年 4 月 26 日の線状降水帯について (その 2) .平成 18 年度京都府気象研究会, 平成 18 年度大阪管区気象研究会誌.
22. 岩谷 徹, 浜田卓二, 足立 誠, 柳田雄一郎, 2006: 2003 年 9 月 6 日の線状降水帯について.平成 18 年度島根県気象研究会, 平成 18 年度大阪管区気象研究会誌.
23. 大谷修一, 栗原佳代子, 大槻道久, 西川哲也, 岡崎賢治, 堀江安男, 金森恒雄, 2006 : 2004 年 6 月 26 日の線状エコーについて, 平成 17 年度中国地区気象研究会, 平成 18 年度大阪管区気象研究会誌.
24. 大谷修一, 立神達郎, 竹岡照一, 西川哲也, 堀江安男, 金森恒雄, 2006: 2005 年 8 月 15 日の線状エコーについて.平成 18 年度広島県気象研究会, 平成 18 年度大阪管区気象研究会誌.
25. 金井義文, 神例孝典, 坂地 忠, 東克彦, 田中秀和, 森安聰嗣, 2006: 2004 年 7 月 5 日の線状エコーについて (第 2 報) .平成 18 年度和歌山県気象研究会, 平成 18 年度大阪管区気象研究会誌.
26. 金森恒雄, 栗原佳代子, 桑野富美子, 瀬古弘, 2006: 気象庁非静力学モデルの計算結果を使った流跡線解析.平成 18 年度広島県気象研究会, 平成 18 年度大阪管区気象研究会誌.
27. 金森恒雄, 栗原佳代子, 桑野富美子, 瀬古弘, 2006: 気象庁非静力学モデルの計算結果を使った流跡線解析.2006 年度気象学会関西支部第 1 回例会 (中国地区) , 13-16.
28. 岸本満, 加藤伸一, 小林光昌, 大森英裕, 持田清治, 2006: 2004 年 11 月 12 日の線状降雨帯による大霖について (その 2) .平成 18 年度奈良県気象研究会, 平成 18 年度大阪管区気象研究会誌.
29. 北野明, 波片正次, 斎藤康博, 三浦亜紀子, 西秀紘, 2006: 強雨をもたらす線状降水帯の解析.平成 18 年度徳島県気象研究会, 平成 18 年度大阪管区気象研究会誌.
30. 北野明, 波片正次, 南里昌和, 中村哲也, 小澤龍馬, 2006: 猛烈な雨をもたらす線状降水帯の解析, 平成 17 年度四国地区気象研究会, 平成 18 年度大阪管区気象研究会誌.

31. 栗原佳代子, 大槻道久, 西川哲也, 堀江安男, 金森恒雄, 2006: 2003年7月18日に発生した線状降水帯のメカニズムについて. 平成18年度広島県気象研究会, 平成18年度大阪管区気象研究会誌.
32. 栗原佳代子, 大槻道久, 西川哲也, 岡崎賢治, 大谷修一, 堀江安男, 金森恒雄, 2006: 2003年7月18日から19日の大雨について, 平成17年度中国地区気象研究会, 平成18年度大阪管区気象研究会誌.
33. 瀬古弘, 熊原義正, 斎藤和雄, 2006: 2003年4月8日に大阪湾付近で組織化された線状降水帯 - 移動や衰弱と環境との関係- 日本気象学会秋季大会予稿集, P34.
34. 武部悦次, 山下寛, 武田寅彦, 石川陽一, 三井 清, 寺尾克彦, 飯田早苗, 吉田久美, 秋山佳明, 森裕輝, 2006: ドップラーレーダーから見た線状降水帯(2004年5月13日). 平成18年度大阪府気象研究会, 平成18年度大阪管区気象研究会誌.
35. 友田義則, 橋本久夫, 2006: 2005年7月13日～14日の線状降水帯について(その2). 平成18年度滋賀県気象研究会, 平成18年度大阪管区気象研究会誌.
36. 松本行博, 矢尾信嗣, 岩田奉文, 谷俊昭, 仲田直樹, 向井祐二, 2006: 強雨をもたらす線状降水帯の構造や維持機構について(その2)～2005.7.1の事例解析～. 平成18年度鳥取県府県研究会, 平成18年度大阪管区気象研究会誌.
37. 安田亜樹, 栗原佳代子, 大槻道久, 竹岡照一, 西川哲也, 堀江安男, 金森恒雄, 2006: 2003年7月19日に発生した大雨と突風のメカニズム. 平成18年度広島県気象研究会, 平成18年度大阪管区気象研究会誌.
38. 安田亜樹, 栗原佳代子, 大槻道久, 竹岡照一, 西川哲也, 堀江安男, 金森恒雄, 2006: 2003年7月19日に発生した突風, 2006年度気象学会関西支部第1回例会(中国地区), 9-12.
39. 山下寛, 武田寅彦, 久保守, 武部悦次, 吉田久美, 秋山佳明, 2006: 2004年5月13日の線状降水帯について, 平成17年度 近畿地区気象研究会, 平成17年度大阪管区気象研究会誌.

総観規模の前線の構造及びそれに伴うメソスケール現象の特徴に関する研究

研究期間： 平成17年度～平成18年度

研究代表者： 北畠尚子（台風研究部 第二研究室主任研究官）

研究参加者： 福岡管区気象台、下関地方気象台、鹿児島地方気象台

研究の目的

前線に関する最近の知見（特に密度傾度不連続の考え方や上空と下層の前線の考え方など）を整理し、日本付近の現象に適用して、日本付近の前線がどのような構造を持つか、またそれが季節により、あるいは地域によってどのような特徴を持つか、さらにはそこでメソスケールのレインバンド等の発現やその特徴にどのように関わっているかを調べる。

研究の目標

密度傾度不連続に基づく前線の概念と、それに関連するジェット気流やメソスケール現象等に関する最近の知見を整理する。本研究においては原則としてメソ α スケール以上の現象を対象とする。参加地方官署周辺で過去に行われた研究成果を、最近の知見に基づいて再解釈・再解析し、それと平行して、最近の事例については最新の現業観測システムによる観測データ、及び数値モデル出力を用いた事例解析を行う。これらにより、大規模場と前線の構造、及びレインバンド等との関係を把握する。なお、本研究においては前線を密度傾度の観点から考察することから、下層の水平温度傾度が大きくなる寒候期の現象を優先して扱う。参加官署周辺における前線及びそのメソスケール構造に関する概念モデルを構築・更新する。

研究の概要

前線に関する最近の知見について、海外の文献を整理し、従来の考え方との違いを明らかにする。参加官署等により行われた過去の調査に関する文献の中から、下層の前線の明瞭な事例を選択し、最近の知見に基づき再解析を行う。参加官署周辺で最近発生した事例について、前線の総観規模の構造とメソスケールのレインバンド等の関係に関する解析を行う。大規模場との関連によって官署周辺に現れる前線の構造と、それに伴って生じる静的安定度分布や鉛直運動分布との関係を明らかにし、さらにそれらとレインバンドの特徴等との関係について考察する。

研究成果

- (1) 前線の構造等に関する基礎概念について、従来の考え方と最近の知見の差異に特に注目してまとめを行った。
- (2) 過去に九州付近に影響した前線に関する文献調査と再解析を行った。文献となっているのはほとんどが大雨をもたらした暖候期の事例であった。また同じ事例を扱っているものでも、前線として解析された位置が文献によって食い違っているものもしばしばあった。これは前線の定義が曖昧であったことによるものと考えられる。再解析を行った事例については、豪雨域は必ずしも下層の温度傾度に対応しないが上層ジェット気流の近傍に位置していたこと、顕著な対流不安定成層が形成されその持ち上げが下層前線に伴う鉛直運動以外の原因で生じていた可能性を指摘した。
- (3) 最近数年間の寒候期に中国大陸・朝鮮半島から南下して九州北部に影響した寒冷前線について、3事例の解析を行った。うち2事例は、下層前線が主に上層ジェットストリークの暖気側に位置し、その相互作用によって背の高い鉛直運動が生じていたが、その後、下層前線が南下し上層のシステムとの位置関係が変わることと同時に、前線に伴う鉛直運動が弱まったと考えられる。またこれら2事例については下層前線は上層ジェットストリークに沿ってのびており、その点では前線とジェット気流の古典的なモデルに類似した構造であった。これに対して残りの1事例は、上層ジェットストリークの寒気側で、ジェットストリークにほぼ垂直に位置していた点で古典的な構造とは異なっていた。これについてはジェットストリークの出口の循環と日本海上の相対的に不安定な成層のために下層寒冷前線が強化された可能性を指摘した。
- (4) 前線の解析と議論を客観的に行うため、数値予報 GPV を用いて前線に関するパラメータを計算するプログラムを開発し、前項とは別の寒冷前線の事例について診断を行った。前線の位置は thermal front parameter で表され、また下層前線強化は Q ベクトルで表現されることが確認された。下層前

線に伴う対流活動が活発になる場合には、下層で前線強化され、また上層ジェットストリークに伴う鉛直循環と中下層前線の位置関係が良好な関係にある場合であることがわかった。

- (5) 暖候期に東シナ海から北上して九州南部に影響した前線について、2事例を解析し比較した。いずれの事例も、九州の北には下層から圏界面まで連続して解析される寒帯前線帶と思われる前線が存在していたが、九州南部付近に位置していたのは上部対流圏のみで温度傾度の大きい亜熱帯前線帶であった。後者は下層では温度傾度はほとんどなかった点で古典的な前線とは構造は異なっていたが、亜熱帯ジェット気流の入り口で熱的直接循環が顕著になるところでは、上層の前線帶の暖気側で下層から上層に達する上昇流が解析された。すなわち、下層では温度傾度はないが上昇流と一緒に伴う水蒸気傾度の大きな帶状領域が形成されていた。これは西日本における梅雨前線の特徴として從来知られているものであり、梅雨前線に上層の亜熱帯前線帶の力学的寄与が大きくなる可能性があることを示唆している。これに対して、そのような上層主体の前線帶に北から顕著な寒帯前線帶が南下した場合は、下層でも温度傾度が大きくなり、古典的な構造に類似した前線の特徴が見られた。
- (6) 下層前線と上層前線の関係をより物理的に考察するため、渦位に着目して解析を行った。低気圧中心の接近・通過に伴い九州北部で大雨となった事例では、低気圧に伴う下層前線は閉塞しはじめていたように解析されていたが、豪雨時には下層温暖前線の上に乾燥空気が乗り上げるスプリットフロントの構造になっていた。そのような構造変化には、もとは下層低気圧・前線システムとは独立に存在していた上層の総観規模の高渦位じょう乱が寄与していた。

今後に残された問題点

本研究で調査した事例は少なくはなかったが、事例による多様性が大きかったために調査の方向性が事例によってまちまちになり、一般性を論じるには至らなかった。これについては、さらなる事例調査の積み重ねとそれらに関する議論が必要である。今回の調査において開発・改善したソフトウェアを使用するなどして、地方官署において同様の調査を継続し一般化することに加えて、前線の微細構造とそれによって生じるメソスケール現象の調査を行うことが必要である。

成果の活用に対する意見（事後評価の総合所見）

前線構造と対応するメソスケール現象の特徴について、観測データおよびGPVを利用して、多数の事例について解析を行った研究である。最近の研究による新たな前線の概念と知見のもとに、新たな事例解析や古い事例の再解析を通して研究を実施し、その結果、古典理論の再検討の必要性が確認されたことは重要な成果として評価する。

また、多くの地方官署と共同して解析を実施したことは、地方の職員の予報や解析のスキルを向上させるものであり、予報業務の改善に大きな寄与をなすものと考えられる。この点からも優れた研究と評価する。成果の気象業務への還元という視点で、予報の現場で解説等に簡便に活用されるためのとりまとめノウハウの蓄積を望む。

しかしながら、気象研究所が行う予定だった総合的な概念モデル化までは達成できなかったことは残念である。現象が予想以上に多岐にわたるということではあるが、このまま終了してしまうと中途半端なものとなってしまうので、何らかの形で研究を継続していくことを望む。その際には、多様性の中に規則性を見出し整理していくことが重要であり、解析事例の数を増やすとともに、いくつかのタイプに分類するなどの解析の指針を確立して取り組んでほしい。

成果発表状況

- ・論文発表件数 0 件
- ・口頭発表件数 21 件

成果発表一覧

- ・査読論文
なし

- ・査読論文以外の著作物（翻訳、著書、解説）

1. 北畠尚子, 香月麻由(訳), 2005: 湿潤絶対不安定: 静的安定性の6番目の状態, *測候時報*, **72**, 23-52.
2. 北畠尚子, 2005: 前線の考え方の過去と現在, *気象庁研究時報*, **57**, 27-57.
- ・口頭発表
1. 津波古悟, 2005: 寒候期の前線構造の解析その1. 平成17年度山口県気象研究会.
2. 篠崎覚, 東島圭志郎, 2005: 寒候期の前線構造の解析その2. 平成17年度山口県気象研究会.
3. 米原仁, 草場渡, 2005: 寒候期の前線構造の解析その3. 平成17年度山口県気象研究会.
4. 岩元新一郎, 2005: 1983年7月山陰豪雨の再解析について. 平成17年度山口県気象研究会.
5. 塩田雄治, 2005: 長崎豪雨について. 平成17年度山口県気象研究会.
6. 鎌田寛明, 2005: 鉛直断面図を用いた総観スケール前線解析の事例. 平成17年度鹿児島県気象研究会.
7. 小湊幸彦, 2005: 2003年5月24日～25日における前線の3次元構造について. 平成17年度鹿児島県気象研究会.
8. 木下仁, 2005: 九州南部に大雨をもたらす温暖前線の3次元構造について. 平成17年度鹿児島県気象研究会.
9. 篠崎覚, 東島圭志郎, 2005: 寒候期の前線構造の解析その2 2004年11月26日の事例. 平成17年度九州北部地区気象研究会.
10. 小湊幸彦, 2005: 2003年5月24日～25日における前線の3次元構造について. 平成17年度九州南部地区気象研究会.
11. 木下仁, 2005: 九州南部に大雨をもたらす温暖前線の3次元構造について. 平成17年度九州南部地区気象研究会.
12. 宮田浩, 2006: 上層・下層の渦位と低気圧・前線との対応－2006年4月10日の例－. 平成18年度福岡県気象研究会.
13. 東島圭志郎, 草場渡, 津波古悟, 2006: 暖候期の前線構造と上層と下層前線の関係. 平成18年度山口県気象研究会.
14. 木下仁, 2006: 2006年梅雨期における九州南部地方の大雨の発生特性と総観場の関係について. 平成18年度鹿児島県気象研究会.
15. 木下仁, 鎌田寛明, 2006: 寒候期に九州南部地方を通過する前線の3次元構造の特徴について. 平成18年度鹿児島県気象研究会.
16. 小湊幸彦, 2006: 暖候期における九州南部地方の前線構造について. 平成18年度鹿児島県気象研究会.
17. 東島圭志郎, 草場渡, 津波古悟, 2006: 前線構造と上空と下層前線の関係. 平成18年度九州北部地区気象研究会.
18. 木下仁, 2006: 2006年梅雨期における九州南部地方の大雨の発生特性と総観場の関係について. 平成18年度九州南部地区気象研究会.
19. 木下仁, 鎌田寛明, 2006: 寒候期に九州南部地方を通過する前線の3次元構造の特徴について. 平成18年度九州南部地区気象研究会.
20. 小湊幸彦, 2006: 暖候期における九州南部地方の前線構造について. 平成18年度九州南部地区気象研究会.
21. 木下仁, 2007: 2006年梅雨期における九州南部地方の大雨の発生特性と上層高度場の関係について. 平成18年度日本気象学会九州支部発表会.

紫外域放射伝達モデルの検証に関する研究

研究期間： 平成17年度～平成18年度

研究代表者： 青木輝夫（物理気象研究部 第三研究室長）

研究参加者： 田中悦子¹⁾、朽木勝幸¹⁾（気象研究所物理気象研究部）、能登美之、坂本尚章（札幌管区気象台観測課高層気象観測室）、島村哲也¹⁾（気象庁南極観測事務室）

研究の目的

平成17年度から気象庁環境気象課（現 気象庁環境気象管理官）で開始された紫外線情報業務では、気象研究所で開発した紫外域放射伝達モデルが用いられている。紫外域日射量に影響を与える主な気象要素は、オゾン、エーロゾル、雲、気温、地表面アルベド、二酸化硫黄などで、これらの効果は理想化された条件では、比較的よく理解されているが、現実の大気では必ずしもそうではない。特に、エーロゾル、雲、地表面アルベドの効果は、実用的な観点からパラメータの設定方法を検討する必要がある。そこでアルベドへの影響が大きい積雪のある札幌において、主にアルベドの効果とエーロゾルの効果をモデルに取り込み、Brewer 分光光度計による観測値と比較することにより、放射伝達モデルを検証・高度化し、実用的な観点からアルベドとエーロゾルの気候値を決定する。観測者が紫外域放射伝達モデルを利用することにより、紫外域日射量観測値について物理的意味を理解することができ、また、気象庁の紫外線情報業務に関する解説作業などの手助けになる。

研究の目標

- ・主に晴天時における放射伝達モデルの精度評価を行い、現実的な入力パラメータを決定することにより放射伝達モデルシステム（放射伝達モデル、エーロゾル放射モデル、雲放射モデル）を高度化する。
- ・放射伝達モデルを用いて紫外域日射量を計算するために必要なアルベドとエーロゾルの季節依存性を明らかにする。
- ・上記パラメータと他の気象要素との関係を明らかにする。
- ・紫外線情報業務に利用できる上記パラメータの気候値を毎月に決定する。

研究の概要

（気象研究所側作業）

- ・気象研究所から札幌管区気象台に放射伝達モデルシステムを提供する。また、随時札幌管区気象台から報告されたモデルの問題点や改良点に基づき、モデルの改良を行う。

（札幌管区気象台側作業）

- ・Brewer 分光光度計の観測データと対応するオゾンゾンデデータ、地上気象データ、直達日射量の各データセットを作成する。
- ・Brewer 分光光度計観測値と比較するための放射伝達モデルへの入力パラメータ（オゾン、気温、エーロゾル、アルベド、雲等）を各々複数通り準備し、放射伝達モデル計算を行う。
- ・Brewer 分光光度計による観測値とモデルによる理論計算値を比較し、最適な入力パラメータを求め、その季節変化を調べる。
- ・これらのパラメータが他のどのような気象要素と関連しているかを調べる。特に、アルベドと積雪深の関係、エーロゾルの種類と気団の関係、エーロゾルの光学的厚さと直達日射量の関係について調査する。

（共同作業）

- ・紫外線情報提供の際に利用できる実用的なアルベド、エーロゾルの種類の月別気候値を決定する。

研究成果

- ・大気エーロゾルと地表面アルベドが紫外域日射量に与える効果を調べ、札幌における両物理量の気候値を求めるため、2003年年の晴天時における Brewer 分光光度計、オゾンゾンデ、スカイラジオメー

¹⁾ 平成18年度

タによるエアロゾル観測データセットを作成した。

- ・エアロゾルの効果に関しては、7種類の典型的エアロゾルモデルに対して行い、無積雪期には「陸域平均エアロゾルモデル」が最適であることが分かった。
- ・冬期間の積雪アルベドの効果に関しては、冬期間の晴天データが不十分なため、現段階では気候値の決定には至っていない。
- ・オゾンゾンデの観測値をモデル計算用の大気プロファイルとして入力する際、空気密度を大気モデルの値ではなく、オゾンゾンデの気温観測値から計算する方が精度は大きく向上することが判明し、オゾンゾンデデータのモデルへの入力アルゴリズムを改良し、放射伝達モデルシステムの高度化をはかつた。

今後に残された問題点

- ・積雪アルベドの効果を調べる作業に関しては、データ数を増やす必要があるため、今後も作業を継続していく必要がある。
- ・本研究で行った放射伝達モデルの高度化は、気象庁の紫外線情報提供業務の精度向上に繋がる。現在、その業務ではオゾン全量を与えて計算した紫外線量をルックアップテーブル化して、紫外線量を求めているが、将来は化学輸送モデルで計算した各種エアロゾル濃度に応じて紫外線量を計算する方式が望ましい。

成果の活用に対する意見（事後評価の総合所見）

本研究は気象研究所で開発した紫外域日射計算用放射伝達モデルを札幌管区気象台に移植し、共同で同モデルの高度化を目指すために、Brewer 分光高度計により観測値を用いてその検証を行ったものである。エアロゾルおよび地表面、特に雪氷面の効果を取り組むことでモデルの高度化、季節依存性、気象要素と紫外域日射量への影響を明らかにするという目標、および気象研究所と札幌管区気象台の役割分担を明確にした研究実施体制は適切なものであったと評価する。

研究成果として、エアロゾルについては、最適気候値が決定できて、今後化学輸送モデルを用いてエアロゾルの変動を考慮した紫外線量の計算を行なうための基礎ができた点は高く評価する。積雪のアルベドについては、データ不足のために目標が達成できていないが、今後の作業でデータを増やして目標を達成することを期待する。

成果発表状況

- ・論文発表件数 5 件
- ・口頭発表件数 3 件

成果発表一覧

・査読論文

1. 佐々木徹, 江崎雄治, 小林ちあき, 菊池康友, 藤田建, 安達正樹, 眞木貴史, 青木輝夫, 中野辰美, 赤木万哲, 池田友紀子, 2007: 紫外線情報提供業務の開始について, *測候時報*, (印刷中) .

・査読論文以外の著作物

1. 宮内正厚, 青木輝夫, 2006: 紫外線予報システムの構築, *東京家政大学研究紀要*, **46**, 59-65.
2. 能登美之, 坂本尚章, 島村哲也, 青木輝夫, 2006: 紫外域放射伝達モデルの検証, *札幌管区気象台技術時報*, **144**, 15-19.
3. 坂本尚章, 能登美之, 島村哲也, 2006: 紫外域放射伝達モデルの検証に関する研究, *細氷*, 日本気象学会北海道支部, **52**, 24-25.
4. 能登美之, 坂本尚章, 青木輝夫, 島村哲也, 2007: 紫外域放射伝達モデルの検証に関する研究(第二報), *細氷*, 日本気象学会北海道支部, (印刷中) .

・口頭発表

1. 坂本尚章, 能登美之, 島村哲也, 2005: 紫外域放射伝達モデルの検証に関する研究, 日本気象学会北海道支部平成 17 年度第 2 回研究発表会.
2. 坂本尚章, 能登美之, 島村哲也, 2005: 紫外域放射伝達モデルの検証に関する研究, 平成 17 年度

道央地区気象研究会.

3. 能登美之, 坂本尚章, 青木輝夫, 島村哲也, 2006: 紫外域放射伝達モデルの検証に関する研究
(第二報), 平成18年度管区気象研究発表会.

地球温暖化に伴う地域の気候変動予測に関する研究

研究期間： 平成17年度～平成18年度

研究代表者： 栗原和夫（環境・応用気象研究部 第三研究室長）

研究参加者：

仙台管区気象台 日脇弘志、遠藤洋和、蒔苗 仁、松澤一雅¹⁾（気候調査課）倉橋 永（予報課）、

森 浩俊（観測課）

福岡管区気象台 出口 一、木村誠治、西村和高、平原 淳（気候・調査課）

別府秀樹、藤田健治（観測課）

長崎海洋気象台 日当智明¹⁾、會澤 孝²⁾、齋藤忠博（海上気象課）

研究の目的

気象研究所で開発された 20km 格子間隔の地域気候モデルにより温暖化予測実験を実施し、成果を気象庁より地球温暖化予測情報として一般に提供している。各官署ではこれをもとに各種情報提供を行うことになるが、細分化した地域ごとの温暖化予測結果については、まだ検証が十分になされておらず、外部からの要望は高いにもかかわらず情報提供が困難である。本研究では、地域気候モデルの計算結果を細分化した地域ごとに検証し、その精度を確認することにより、地域気候モデルの予測結果を十分に活用した地域ごとの必要に応じた気象要素に関する将来予測情報の発信の可能性を示す。さらに、現在気候再現のための問題点を明らかにし、これからより高分解能な地域気候モデルの開発に役立てることを目的とする。

研究の目標

- ・ 20km 格子間隔の地域気候モデルについて、小スケールでの現在気候再現性を確認する。
- ・ 20km 格子間隔の地域気候モデルの結果を用いた、各官署による温暖化予測情報提供の可能性を検討する。
- ・ 20km 格子間隔の地域気候モデルによる小スケールの気候再現の問題点を明らかにする。

研究の概要

担当官署は、収集した観測データを用いて、さまざまなスケールに関して地域気候モデルの現在気候再現実験の検証を行う。これにより担当管轄区域(長崎海洋気象台においては、東シナ海)の細分化した地域についての現在気候再現精度を、東北地方の冷夏、九州の強い降雨など各官署の注目すべき現象を中心に把握する。これにより得られた知見を参考としながら各官署における将来予測を検討する。

研究成果

仙台管区気象台

- ・ 地域気候モデルの現在気候再現実験結果について、アメダスデータを用いて統計的に精度評価を行った。地域は、東北地方北部と南部をさらに日本海側、太平洋側に細分化して行った。解析した要素は、気温（平均気温、最高気温、最低気温）、月降水量およびその標準偏差である。これにより細分化した地域でも、地球温暖化予測情報第6巻（以下、6巻と略す）の北日本とほぼ同様な再現精度を持っていることが確認された。さらに東北地方南部では6巻の東日本に近い再現特性があるなど地域特性も見られた。
- ・ 太平洋側で、夏季の気温の標準偏差が、モデルでは観測より小さい。これはモデルでは「ヤマセ現象」を十分再現していないためであると考えられる。
- ・ 将来予測については、細分化された地域での気温は、6巻の北日本と同じ変化の特性を示した。ただし、気温の上昇が4月にピークを持つなどの違いも見られた。
- ・ 降水量の将来予測については、6巻の北日本太平洋側と同様に、細分化された地域の太平洋側で秋に降水量の増加が見られ、より顕著であった。

¹⁾平成17年度、²⁾平成18年度

- ・東北地方を4地域に分割した場合の再現性能の検証、予測結果の検討を行った。細分化した地域でも、6巻と同程度の再現性が確認されたことから、予測も利用できると考えられる。
- ・「ヤマセ」について、モデルと観測との比較を行った。モデルでは観測に比べてやませの表現が弱く、特に東北南部で弱い。東北地方の夏季の低温をもたらすのは、東西方向の気温差が大きくなる「ヤマセ」と、東北全体が低温になる場合があるが、前者は6・7月、後者は8月に現れやすいことが見いだされた。モデルでは7月と8月における低温の差異は再現できたが、6月については「ヤマセ」型の低温の再現がよくない。温暖化時には、月平均場では「ヤマセ」型の極端な低温は現れにくくなるものの、8月上旬まで「ヤマセ」型の低温をもたらす循環場が長引くことが示された。
- ・冬季の降水については、モデルは大まかな分布を再現できていた。しかし、モデルでは地形が現実と違うこと、地形に対する降水の応答が現実と違うことにより、細かいパターンが異なる。また冬型で上空の寒気が強い場合、降水の水平スケールが観測では小さくなるが、モデルでは上空の気温に関わらず降水のスケールは変わらなかった。これはモデルがスケールの小さい擾乱を再現できないためではないかと考えられる。
- ・東北地方の夏季の高温について、風向、風速別にモデルと観測を比較した。モデルでは、観測に現れた特徴をある程度再現しているが、東西方向のコントラストが弱く、局地的な高温は表現できない。この原因の一つにモデルでは詳細な地形を再現していないことが考えられる。

福岡管区気象台

- ・九州地方を、九州北部地方、九州南部、奄美地方、各県に細分化した場合の、気温（平均気温、最高気温、最低気温）、降水量および気温と降水量の標準偏差などについて、モデルの現在気候再現実験結果と観測とを比較し、モデルの再現精度を評価した。その結果、どの細分化の場合でも、奄美地方を除いて、6巻の西日本域の場合と大きな差がなく、各県程度の領域でも、モデルは再現性能を持っていることがわかった。ただし詳細に見ると、九州南部と九州北部地方では、降水については再現性に差があり、夏季の降水については、九州北部地方ではモデルの方がやや少ないが、九州南部ではほぼ観測に一致しているなどの違いがあった。
- ・同様の細分地域ごとに、将来予測を実施した。気温については、地域ごとに大きな変化は見られず、ほぼ一様な気温上昇が見られた。年変化についても同様で、夏季に気温上昇が小さく、冬季には大きくなる。降水については、冬季にはほぼ全域で降水量が減少する。夏季には降水量が増加するが、増加率は九州北部地方で大きく、九州南部では小さくなっている。
- ・降水量に関する頻度分布を検討したところ、強い降水は、モデルでは頻度が少ない傾向が見られた。将来予測については、特に九州北部地方で、強い降水の頻度が増加する傾向が見られる。この状況は、各県毎の予測でも同様である。
- ・九州では、各県程度まで細分化した地域の検討を行ったが、細分化した地域でも、奄美地方を除き、6巻の西日本域と同じ程度の再現性能があることが確認された。また将来予測については、7分割した地域での結果と整合した結果が得られ、細分化した地域での将来予測は6巻の西日本域と同程度に信頼できると考えられる。

長崎海洋気象台

- ・長崎海洋気象台では、東シナ海の風のデータを検証した。観測データは長崎海洋気象台で作成した、東シナ海海洋気候図30年報のデータのうち1981-2000年の20年間のデータを用いた。東シナ海の九州西、九州東、沖縄西、沖縄東の、緯度経度3度毎の海域について検証した。風の現在気候再現結果では、風速はほぼ観測と一致するが、九州西の海域では、他の海域よりも差が大きいなどの特徴が見られる。風向の再現精度は高くなく、冬季には風向が大きく異なっていた。観測では、北西風であったものが、モデルでは北北東となっていた。この原因是全球モデルの現在気候値にあり、RCM20はこれを幾分改善しているが、それでも観測と違いが目立つ。夏季に対してもモデルの風向はよくない。観測では南風となっているが、モデルでは九州～沖縄以西で北風となっている。これは太平洋高気圧の表現が弱いためであると考えられる。
- ・将来予測についての検討を行った。4つの海域での予測は、夏季には、九州西を除いて南西風の

強まりが見られる。これは、太平洋における高気圧性循環の強まりと関係していると考えられる。一方、秋季には九州西を除いて北東風の弱まりが見られる。

- ・東シナ海では、風速の再現精度はよいが、風向は再現精度が余りよくないため、使用には注意が必要である。

今後に残された問題点

今回は3官署との共同研究により、各地域の地域気候モデルの予測精度と、温暖化予測を実施し成果を上げることができた。しかし、日本全国の各地方での解析は今後の課題となる。これについては今回の経験を踏まえ、将来的に地方共同研究を充実させることにより対処していきたい。さらに、地域気候モデルの改良が継続され、より高精度の温暖化予測計算が行われることが計画されている。新しい予測結果の有効な活用のために、今後も今回のような共同研究をさらに実施していくことが必要である。

成果の活用に対する意見（事後評価の総合所見）

社会的に関心が高い地域気候情報の高度化をはかるため、気象研究所で開発されたモデルのパフォーマンス評価を地方と共同で実施し、多様な気候地域での詳細な評価を実施した研究である。地球温暖化に伴う地域の気候変動予測に関する研究は地方からの要望も高く、地球温暖化に関する地方共同研究としては初めての取り組みであった。

地域気候モデルの細かいスケールでの現在気候再現性を検証した点は高く評価できる。特に東北地方のやませについての検証結果は、温暖化情報の解釈にとって有用な情報といえる。結果を論文としてまとめていくことを強く望む。現時点では、現在気候再現実験でのモデル結果の不都合や温暖化予測実験での地域的な差異が定性的に述べられているだけであり、統計的な有意性の記述がないことから、論文作成の過程においてよく精査してほしい。また、地域気候モデルが実態と合っていない事例が幾つか報告されているが、それらの問題を解決するための方向性が示されていない。この研究で明らかになった問題を、如何に解決するかが、今後の課題である。

本研究は、地方官署のこの分野の技術向上にも役立ち、今後増大するであろう地方官署への要請に対応するための基礎を作ったものとして高く評価する。この分野は、現場での専門家が少ないことから、人材育成という視点でも評価できる。

成果発表状況

- ・論文発表件数 0 件
- ・口頭発表件数 12 件

成果発表一覧

- ・査読論文
なし
- ・査読論文以外の著作物（翻訳、著書、解説）
なし
- ・口頭発表

仙台管区気象台

1. 遠藤洋和, 森浩俊, 倉橋永, 松澤一雅, 栗原和夫, 2006 : 20km 格子地域気候モデルによるヤマセ型低温の再現性, 日本気象学会 2006 年度秋季大会講演予稿集, P383.
2. 倉橋永, 遠藤洋和, 森浩俊, 栗原和夫, 2006 : 20km 格子地域気候モデルにより再現された冬季降水量の検証, 日本気象学会 2006 年度秋季大会講演予稿集, P813.
3. 遠藤洋和, 森浩俊, 倉橋永, 蒔苗仁, 松澤一雅, 栗原和夫, 2006 : 20km 格子地域気候モデルによるヤマセ型低温の再現性, 仙台管区調査研究会資料, 印刷中.

4. 遠藤洋和, 松澤一雅, 蒔苗仁, 森浩俊, 倉橋永, 栗原和夫, 2006 : 20km 格子地域気候モデルによる再現性検証結果の概要, 仙台管区調査研究会資料, 印刷中.
5. 倉橋永, 遠藤洋和, 森浩俊, 栗原和夫, 2006 : 20km 格子地域気候モデルにより再現された冬季降水量の検証, 仙台管区調査研究会資料, 印刷中.
6. 森浩俊, 遠藤洋和, 倉橋永, 栗原和夫, 2006 : 20km 格子地域気候モデルによる高温日の再現性, 仙台管区調査研究会資料, 印刷中.

福岡管区気象台

1. 平原淳, 2007: 地域気候モデル (RCM20) を用いた予測実験の九州における特徴. 九州北部地区研究会. (http://www.fk.met.kishou.go.jp/chosa/kenkyukai/H18/hokubu_chikuken.html 発表番号 12)

長崎海洋気象台

1. 斎藤忠博, 2005: 地域気候モデルによる予測結果の検証, 福岡管区気象研究会誌, 第 66 号, P144-145.
2. 川上勝弘, 2006: 地域気候モデルによる予測結果の検証 (途中経過), 長崎海洋気象台談話会.
3. 斎藤忠博, 2006: 地域気候モデルによる予測結果の検証東シナ海から九州周辺の下層風について, 鹿児島地方気象台 活力研修会.
4. 斎藤忠博, 今村哲, 川上勝弘, 白石征洋, 2006: 地域気候モデルによる予測結果の検証～東シナ海から九州周辺の下層風について～, 福岡管区気象研究会誌, 第 67 号(掲載予定)
5. 斎藤忠博, 2006: 地域気候モデルによる九州周辺海域の海上気象要素の再現結果の検証, 平成 18 年度地球環境情報技術検討会・海洋気象分科会.

竜巻やダウンバースト等の瞬発性突風の実態把握と予測可能性に関する研究

研究期間： 平成17年度～平成18年度

研究代表者： 鈴木 修（気象衛星・観測システム研究部 第二研究室長）

研究参加者： 中里真久（気象衛星・観測システム研究部 第二研究室）

東 政秀、家藤 敦章、青木眞次、大東克哉、井藤智史、片桐一彦²⁾、吉本光弘²⁾、

神野正樹²⁾（関西航空予報課）

堤 利文、田中義美、川村俊博、原田耕一郎、森 裕輝¹⁾、森永健司¹⁾、青木孝枝¹⁾、
竹内克夫²⁾、原田都奈生²⁾（関西航空観測課）

佐藤孝一¹⁾、鯨谷義人¹⁾、岡本 悟¹⁾、畠山臣也²⁾、安達 智²⁾、西谷幹生²⁾、大迫直樹²⁾、
山中辰彦²⁾（大阪航空予報課）、

石原寛司¹⁾、小木曾仁¹⁾（大阪航空観測課）、熊原義正（大阪管区気候調査課）

出口 一（福岡管区気候調査課）、井手 勉、横光雅種、鶴田泰介（福岡管区予報課）、
蛇島成一、模原秀一、萩尾公一（福岡管区観測課）、

原田靖彦（福岡航空測候所観測課）

研究の目的

竜巻やダウンバースト等の瞬発性突風について、実態を把握し、ポテンシャル予測を可能とすること。

研究の目標

（福岡管区、福岡航空測候所と気象研究所とで行う研究）

福岡管区管内で発生した瞬発性突風の実態把握と予測可能性に関して以下を目標とする

- (1) 瞬発性突風の事例の解析
- (2) データベースの構築
- (3) ポテンシャル予測ワークシートの作成

（関西航空地方気象台、大阪航空測候所と気象研究所とで行う研究）

関西・大阪国際空港及びその周辺で発生した瞬発性突風の実態把握と予測可能性に関して以下を目標とする。

- (1) 空港及びその周辺で発生した瞬発性突風の事例の選定と解析
- (2) データベースの構築
- (3) ポテンシャル予測ワークシートの作成

研究の概要

1 福岡管区と気象研究所とで行う研究

(1) 瞬発性突風の事例の解析

- ①過去に突風災害を調査した事例を選び出し、メソ解析を実施して瞬発性突風をもたらした現象を改めて特定する。
- ②管区内で新たに発生した瞬発性突風災害について、現地調査やメソ解析を行うなどして、その現象を特定する。

(2) データベースの構築

上記の①～②について、大気環境を特徴づけるパラメータを抽出し、それらをデータベース化する。

(3) ポテンシャル予測ワークシートの作成

当該データベースを使い、大気環境を特徴づけるパラメータから、それぞれの現象毎にその発生をポテンシャル的に予測するワークシートを作成する。

2 関西航空地方気象台、大阪航空測候所と気象研究所とで行う研究

(1) 空港及びその周辺で発生した瞬発性突風の事例の選定と解析

- ①航空気象観測の自記記録の中から「15m/s を超える突風」の事例を選び出し、時間空間変換を含むメソ解析を実施して、突風をもたらした現象を特定する。

¹⁾平成17年度、²⁾平成18年度

- ②空港気象ドップラーレーダーで「シアライン」が検出された事例を選び出し、メソ解析を実施し、シアラインを発生させた現象を特定する。
- ③空港気象ドップラーレーダーで「ダウンバースト」が検出された事例を選び出し、その3次元構造を解析するなどしてダウンバーストであることを確認する。
- (2) データベースの構築
上記の①～③について、大気環境を特徴づけるパラメータを抽出し、それらをデータベース化する。
- (3) ポテンシャル予測ワークシートの作成
当該データベースを使い、大気環境を特徴づけるパラメータを用いて、それぞれの現象毎にその発生をポテンシャル的に予測するワークシートを作成する。

研究成果

【福岡管区・気象研究所】

福岡管内で 1973 年以降に発生した竜巻について過去の調査報告を調査し、発生位置、時刻、現象の判定の信頼性が高いもの 109 事例を抽出した。

大気環境を特徴づけるパラメータの算出プログラム（気象所で開発）を PC 上で動作するよう移植を行い（気象研、福岡）、抽出した事例毎に直近の福岡高層観測データから各種指標を算出し、事例と大気環境パラメータをデータベース化した。

データベースから複数の事例を選び解析を行った。

- ・2004 年 9 月 16 日の北九州市の竜巻（F2）について、大気環境の指標からはスーパーセルの発生環境ではなく、レーダーエコーでもスーパーセルの特徴は見られなかったこと、竜巻親雲はアメダスデータから解析される顕著な収束線（ガストフロント）上で発達していたことが判った。
- ・2006 年度の台風 13 号関連の竜巻（延岡市など）等について、メソ解析を実施し、大気環境の指標について考察を行った。延岡で竜巻を発生させたストームには、延岡市内の地上気象観測データからメソサイクロンに伴うと考えられる風の変化や気圧極小、スーパーセル的なレーダーエコーの特徴が認められたことから、スーパーセルであった可能性が高いことが分かった。また、相対的なヘリシティー（SReH）や EHI などの大気環境の指標も、瞬発性突風の可能性を示す値以上であったこともわかった。

【大阪管区（関空、大航）・気象研究所】

瞬発性突風の事例の解析のため、航空気象観測の自記記録を処理して 15m/s を越える突風を自記記録のデータから抽出し、データベース化した。関空で発生した突風の抽出事例について、地上気象観測データ及びドップラーレーダーのデータを用いて現象を調査した。その結果は、全事例 30 例のうち、気象現象としてのマイクロバーストが 3 例、ガストフロント 3 例であった。

抽出した全事例についての大気パラメータのデータベース化を行った。

DRAW の一次データを処理する気象研開発のツール（Draft）が使用できるよう整備した。

メソ解析は、2005 年 6 月 4 日（大航）、2005 年 7 月 7 日（関空）、2006 年 7 月 14 日の事例について実施した。

- ・2005 年 6 月 4 日に大航で最大瞬間風速 26m/s の突風が、地上気象観測データを用いた解析から降雹を伴ったウェットダウンバーストによるもののことであったこと、ドップラーレーダー等を用いた解析から、降雹を伴うスーパーセルによるものであった可能性が高いこと、が判った。
- ・2005 年 7 月 7 日の事例では、DRAW でシアラインと・ダウンバーストが検出されている。この現象は深さ 2～4km の冷気層の前面の明瞭なガストフロント（シアライン）、ガストフロント後の複数のマイクロバーストに伴って発生していたこと、降水セルの後面には（ダウンバーストの前兆現象と言われている）ノッチが観測されていたことが判った。
- ・2006 年 7 月 14 日の事例は大航で最大瞬間風速 38kt が観測され、DRAW データの解析からガストフロントの通過であること、600m 以下の低層に強風のコアを持っていたことを確認した。デュアルドップラー解析からは、マルチセルタイプのスコールラインであったことが分かった。また、BRN 等の大気パラメータは、スーパーセル雷雨ではなく、マルチセル雷雨に適した値を示していた。

今後に残された問題点

大気パラメータを用いたポテンシャル予測のためのデータベース、パラメータ計算プログラムの整備、事例解析の実施は行ったが、統計に耐える事例数が結果として得られなかつたことから、ワークシートの作成は本研究計画の中では実施できなかつた。

しかし、これらについては、本地方共同研究及び融合型経常研究「シビア現象の危険度診断技術に関する研究（平成16～18年度）」の成果を用いることで、平成18年度後半に災害対策推進調整費（内閣府）とともに、気象庁及び気象研究所が実施した「竜巻等による突風災害対策に関する調査」により、全国を対象に、1961年～1990年の顕著な事例、1991年以降の全事例について竜巻等突風のデータベースが作成され、1991年以降の全事例については大気環境パラメータもデータベースに盛り込まれることとなつた。

また、平成19年度から開始する融合型経常研究「シビア現象の監視技術と危険度診断技術の高度化に関する研究」において、整備されたデータベース等も用いて、発展的に計画を進めることとしている。

成果の活用に対する意見（事後評価の総合所見）

各地空港にドップラーレーダーが展開され、ドップラーレーダーでなければ現象把握が難しいために、現象の把握や解明が遅れているダウンバーストなどの瞬発性突風現象の観測機会が増えてきた状況を捉え、社会的な関心が高まってきたこの現象の防災情報の高度化のため、その事例解析やデータベースの構築を狙った研究を、ドップラーレーダー設置官署と共同で実施し、事例解析やデータベースの整備を行つた意義は大きい。

本研究では、事例解析、データベースの構築、ポテンシャル予測ワークシートの作成という正統的な手順を踏んでおり、気象研究所と地方官署が適切な共同体制を構築して研究を実施した。

瞬発性突風についての事例解析と、大気環境パラメータのデータベース化を行い、今後の突風ポテンシャル評価等に寄与する成果が得られている。また、地方官署の知識、スキル向上も図っており、高く評価する。ただし、目標のワークシートの作成にまでいたらなかつたことは、残念である。事例数が不足していたことが原因となっていることについては、事例を抽出した時点での数が少ないとある程度判断できたはずである。過去にさかのぼるか、周辺地域にまで領域を拡大するなど、調査対象をもう少し広げる努力が必要だったのではないだろうか。

さらに、成果の発表としては、査読論文を含め、著作物が全くないので、早急なまとめと出版が必要である。関係者が事例に追われ、十分な時間がなかつたことは十分理解できるが、この成果をしっかりと論文にまとめ、次の飛躍を期すことを期待する。

竜巻やダウンバーストなどの突風については、今後も事例解析を積み重ねる必要がある。地方官署との連携、協力関係を引き続き構築し、何らかの形で調査を継続してほしい。

成果発表状況

- ・論文発表件数 0 件
- ・口頭発表件数 5 件

成果発表一覧

- ・査読論文
なし
- ・査読論文以外の著作物（翻訳、著書、解説）
なし
- ・口頭発表
井手勉、横光雅種、鶴田泰介、2005：地方共同研究（瞬発性突風の実態把握）の中間発表、福岡県気象研究会。
石原寛司（大阪航）、小木曾仁（大阪航）、佐藤孝一（大阪航）、飴谷義人（大阪航）、2005：2005年6月4日に観測した突風の解析、大阪府（航空）気象研究会。
横光雅種、井手勉、鶴田泰介、2006：地方共同研究（瞬発性突風の実態把握）の中間報告その3～平

成18年台風13号に伴って発生した瞬発性強風について～、福岡県気象研究会。
森裕輝（関航観）、東政秀（関航予）、片桐一彦（関航予）、家藤敦章（関航予）、青木真次（関航予）、
井藤智史（関航予）、大東克哉（関航予）、堤 利文（関航観）、田中義美（関航観）、川村俊博
(関航観)、原田耕一郎（関航観）、森永健司（関航観）、青木孝枝（関航観）、2006：ガストフ
ロントを発生させた対流領域について（2005年7月7日の事例）、大阪管区地区気象研究会。
畠山臣也、安達智、山中辰彦、打越充、足立典之（大航）森裕輝（大阪管区），2007：2006年7月14
日の雷雨の事例解析、大阪管区地区気象研究会。