

2.2. 研究年次報告

本節には、気象研究所が平成16年度に実施した研究課題について、課題毎に当該年度の研究計画と研究成果等を掲載した。

また、各課題の関連論文に掲載している番号は、6.1.論文等にある平成16年度に学術雑誌等に掲載された論文の整理番号を示している。

2.2.1. 特別研究費及び気候変動予測研究費による研究

- ・東海地震の予測精度向上及び東南海・南海地震の発生準備過程の研究…………… 22
- ・火山活動評価手法の開発研究…………… 26
- ・地球温暖化によるわが国の気候変化予測に関する研究…………… 28

2.2.2. 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…………… 32
- ・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…………… 38
- ・物質循環モデルの開発改良と地球環境への影響評価に関する研究…………… 42
- ・放射過程の高度化のための観測的研究…………… 46
- ・シビア現象の危険度診断技術に関する研究…………… 50
- ・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…………… 52
- ・地震・地殻変動観測データの高度利用に関する研究…………… 54
- ・海洋における炭素循環の変動に関する観測的研究…………… 58

2.2.3. 一般経常研究

- ・短期間・短時間の量的予測技術の改善に関する研究…………… 60
- ・気候システムとその変動特性のモデルによる研究…………… 62
- ・温暖化予測情報評価にかかわる基礎的研究…………… 64
- ・気候変動の実態把握と物理過程に関する解析的研究…………… 65
- ・マイクロ波データ等を利用した台風構造変化の研究…………… 66
- ・氷晶発生過程に関する研究…………… 67
- ・水の相変化を考慮した大気境界層の構造の研究…………… 68
- ・局地環境気象に関する基礎的研究…………… 69
- ・地域気候系のモデル化に関する研究…………… 70
- ・ドップラーレーダーによる降水・風観測技術の高度化に関する研究…………… 72
- ・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…………… 73
- ・津波の発生・伝播に関する基礎的研究…………… 74
- ・火山活動に伴う自然電位、重力変化等の観測・解析に関する基礎的研究…………… 75
- ・高解像度海洋大循環モデルの開発とそれによる水塊の形成、維持、及び変動機構の解明…………… 76
- ・北西太平洋の力学的海況予報に関する研究…………… 78
- ・海洋データ同化システムの高精度化と海洋現象の季節から経年変動の解析…………… 79
- ・気候変動に係わる大気化学組成の長期的変動とそのアジア大陸からの影響に関する研究…………… 80

2.2.4. 地方共同研究

- ・非静力学数値予報モデルによる地域気象特性の研究…………… 82
- ・東北地方のレーダー・アメダス解析雨量による短時間強雨の研究…………… 84
- ・ウインドプロファイラと非静力学モデル等によるメソスケール現象の研究…………… 86

・強風災害をもたらす風の特徴調査	88
・顕著現象の監視・解析技術の高度化に関する研究	90
・九州・山口県における台風進路と高潮との関係の解析	92
・メソ降水系の実態解明と予測技術の開発	93
・九州地方における気温・湿度・降水量の長期変動に関する調査	94
・ウインドプロファイラを用いた沖縄地方における大雨の解析的研究	96

2.2.5. 他省庁予算による研究

放射能調査研究費による研究

・大気圏の粒子状放射性核種の長期的動態に関する研究	98
・海洋環境における放射性核種の長期挙動に関する研究	100
・大気中の放射性気体の実態把握に関する研究	101

海洋開発及地球科学技術調査研究促進費による研究

・マイクロ波分光放射計による水蒸気鉛直分布観測に関する研究	102
・能動型オゾン観測用センサーに用いるレーザーに関する研究	103

科学技術振興調整費による研究

・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研究（第Ⅱ期）	104
・四次元変分法によるメソスケールモデルへの掩蔽データ同化システムの開発 （「精密衛星測位による地球環境監視技術の開発」の副課題）	110
・グローバル水循環への応用 （「精密衛星測位による地球環境監視技術の開発」の副課題）	111
・観測用測器開発 （「定期旅客便による温室効果気体観測のグローバルスタンダード化」の副課題）	112
・新世代海面水温の評価と新しい応用技術開発 （「東アジア海洋環境監視と新世代衛星海面水温」の副課題）	113
・衛星海面高度計データ・数値シミュレーションを用いたインド洋の津波の伝播過程 （緊急研究「スマトラ島沖大地震及びインド洋津波被害に関する緊急調査研究」の副課題）	114
・津波遡上高の詳細解析に基づく津波発生機構の解明 ※平成15年度実施課題 （緊急研究「平成15年（2003年）十勝沖地震に関する緊急調査研究」の副課題）	115

文部科学省支出委任による研究

・津波波形解析による過去の宮城県沖地震の調査 （「宮城県沖地震に関するパイロット的な重点的調査観測」の副課題）	117
--	-----

地球環境保全等試験研究費による研究

・産業革命以降の気候の再現に関する研究	118
・気候モデルにおける下層雲のパラメタリゼーションの改善に関する研究	120

地球環境研究総合推進費による研究

・新排出シナリオに基づく新しい気候変動シナリオの推計に関する研究	121
・太平洋の海洋中深層データ解析による長期的二酸化炭素吸収量の解明	122
・中緯度における長期オゾン変動の解析と変動要因の解明	124
・リモートセンシングを活用したバイオマス計測手法の開発	125
・陸域生態系吸収・放出の近未来予測モデルの開発	126
・対流圏エアロゾル及びオゾン過程モデルの高度化に関する研究	127
・オゾンの高精度データベース作成と季節内・年々変動に及ぼす地域気候変化の影響解析	128
・オゾン測定標準化と較正体系確立のためのパイロットスタディ	129
・温室効果ガスの遠隔計測における巻雲・エアロゾルの影響研究	130

東海地震の予測精度向上および東南海・南海地震の発生準備過程の研究

研究期間：平成16年度～平成20年度

研究代表者：濱田信生（地震火山研究部長）

目的

東海地震の予測ならびに東南海・南海地震に対する観測業務に役立てるため、これまでの特別研究の成果を土台に、数値シミュレーションの対象地域をさらに南海トラフとその周辺域に拡大するとともに、地殻活動観測技術の適用範囲を広げ観測・解析手法の向上を図る。

(1) 地震活動によるプレートの詳細構造の解明

研究担当者

濱田信生、吉川澄夫、小林昭夫、吉田康宏、山崎 明、山本剛靖、青木重樹、
前田憲二、高山博之、中村雅基（地震火山研究部）
中村浩二（気象庁地震火山部地震予知情報課）

本年度の計画

東海・東南海・南海地域の海域において海底地震観測を実施し、これらの海域で発生する地震の震源を精密に求め、プレート境界付近の震源分布を詳細に把握する。紀伊半島南東沖と潮岬沖で計2回のOBS観測を実施する。

本年度の成果

紀伊半島東方沖で実施した第1回OBS観測（2004年5月～8月）のデータを、陸上や海底ケーブル式海底地震計など定常観測点の波形データと併合し検測を行った結果、同海域において82個の震源を求めることができた。これらの地震には気象庁一元化震源では決定されていなかったものが多く含まれており、海域の地震観測の有効性を改めて確認することとなった。前特研の東海沖での成果と同様、OBS観測で決めた海域の震源が一元化震源に比べ浅く求められる傾向のあることが見出された。また、震央分布は北西－南東方向の線上に分布する傾向が認められ同地域の海底地形と調和的であることから、地殻構造との関連も示唆される。2004年9月5日の東海道沖の地震(M7.4)に関連する地震活動は、第1回OBS観測点に近い場所に発生したが、観測期間中（5月～8月）には震源付近で目立った活動が無く、同地震の発生前は活動がきわめて低調であったことが確認できた。

上記東海道沖の地震が発生したため当初の計画を変更し、第2回（2004年9月～11月）および第3回（2004年12月～2005年3月）のOBS観測は紀伊半島南東沖において同地震の余震観測を目的として実施され、余震の精密な震源分布が得られた。

1944年東南海地震発生前の和歌山、尾鷲、紀伊半島周辺での地震活動の変化を詳細に調査した結果、和歌山と尾鷲では大地震発生の数ヶ月前に微小地震の群発が認められた。また紀伊半島周辺の広域の地震活動は1944年に入り低下していたことがわかった。

関連論文

(2) 地殻活動モニタリング手法の開発

研究担当者

濱田信生、吉川澄夫、小林昭夫、吉田康宏、山崎 明、山本剛靖、青木重樹（地震火山研究部）
高濱 聡（気象庁地震火山部地震予知情報課）、
山崎一郎（気象庁地震火山部地震津波監視課 精密地震観測室）

本年度の計画

東濃からのアクロス信号を受信し、信号の解析手法の開発を行う。

東海地域の検潮所におけるGPS観測を行うとともに、周辺の潮位・海況過去データを収集して、海水温観測の基礎データを作成する。

本年度の成果

（精密制御震源）

東濃地科学センターのアクロス信号をHi-netなどの定常観測点の波形記録から解析する手法を開発した。この手法により解析した結果、送信点からの距離が約80km以内であればP波、S波などの相が捉えられることが明らかになった。この結果から、東海地域にアクロス送信装置を設置すればフィリピン海プレート境界面の反射波を捉えられる可能性があることがわかった。

観測点によってP波、S波が明瞭に見える場合と、散乱によりはっきりとS波を同定できない場合があり、地域依存性が非常に大きいことが明らかになった。

8ヶ月間の波形記録を基にP波、S波部分の波形の形に時間変化がみられるかどうかを調査したが、解析期間内では顕著な変化は観測されなかった。

（精密潮位観測）

2000年から進行中の東海スロースリップについて、舞阪の潮位にもこの現象に対応した変化が見られることを確認した。舞阪の潮位には過去にも1980年頃と1988年頃に同様な変化が見られ、1988年頃の変化時には、三ヶ日傾斜、水準測量、地震活動にも変化が見られる。

関連論文

112, 336, 340

(3) 新地殻変動観測手法の開発

研究担当者

濱田信生、吉川澄夫、小林昭夫、山本剛靖、青木重樹（地震火山研究部）
小山卓三（気象庁地震火山部地震津波監視課 精密地震観測室）

本年度の計画

小型レーザー発信器を基にした実験室規模のレーザー変位計を構築し、基礎的実験を行う。

歪計及びGPS観測データを用いた地殻変動検出手法の改良を行い、東海スロースリップの現況を把握する。

本年度の成果

レーザー式変位計のプロトタイプを構築し、室内及び松代観測坑道内で地殻変動観測に必要な分解能で測定できることを確認した。

GPSの監視を従来のように基線単位で行うのではなく、面的に行う手法を開発した。監視項目とし

て、南北変位、東西変位、上下変位、面積歪、回転歪を採用した。この方法はデータ中に含まれる外れ値に強く、固定点を特定せず座標値全体の平均値からのずれを見ることで固定点の影響を除くことができる。

関連論文

111, 113

(4) 三次元数値モデルによる巨大地震発生シミュレーション

研究担当者

濱田信生、吉川澄夫、小林昭夫、山本剛靖、青木重樹、前田憲二、高山博之、中村雅樹、黒木英州（地震火山研究部）

青木玲子（気象庁地震火山部地震予知情報課）

本年度の計画

前特別研究で開発したプログラムを新パソコンへ移植し、最適化を行う。

東海～南海にかけてのプレート形状データを作成する。

三次元数値モデルを改良し、東南海～東海地域、南海～東南海地域で2つのアスペリティーを与えた単純なモデルでの連動性の評価を行う。

本年度の成果

東南海～東海および南海～東南海のそれぞれの地域において、2つのアスペリティーを与えた場合における連動性の評価を行った。その結果、特に東南海～南海の地域について、プレート境界を平面とした場合、アスペリティーの面積あるいは摩擦パラメータ（ $a-b$ ）の絶対値が小さい方の地域において地震が先に起こることが分かった。一方、プレート境界に実際の形状を用いた場合は、平面ほど単純ではなく、上述の条件によって発生順が逆になる場合があることが分かった。

関連論文

火山活動評価手法の開発研究

研究期間：平成13年度～平成17年度

研究代表者：濱田信生（地震火山研究部長）

目 的

火山現象による被害から、住民等の生命及び身体の安全並びに住民の生活の安定を守るためには、現在の個々の各種観測データと過去の事例の比較から、火山活動の過程を評価し予測する方法では不十分である。このため、観測データを総合的、定量的に評価する手法を開発する研究を行い、火山噴火予知、火山活動推移予測に有効な情報を提供することを目的とする。

(1) 火山活動評価手法の開発

研究担当者

濱田信生、山本哲也、福井敬一、藤原健治、高木朗充、坂井孝行、山崎 明（地震火山研究部）

本年度の計画

観測データによるシミュレーション手法の検証と改善
火山活動モデルの作成（樽前山）
地殻変動、地磁気変化マップの作成
最適観測法の検討

本年度の成果

霧島山について地形と地下構造を組み込んだ有限要素モデルを作成し、地殻変動のシミュレーションを行い、御鉢火口で観測された傾斜変動を評価した。この傾斜変動は新噴気孔からの物質の放出に伴ったごく浅部（海拔0m以浅）の減圧によって生じたと推定された。また、シミュレーション結果を蓄積するとともに、想定マグマ溜まりによって生じる地殻変動分布図（地殻変動マップ）を作成した。

2004年9月の浅間山噴火前後の地殻変動観測データを地殻変動シミュレーション手法や従来の手法によって解析し、7月下旬にほぼ海拔0mの深さから約20万 m^3 のマグマが上昇して噴火に至った事を明らかにした。また、火口に蓄積した溶岩による地表面の変形を計算するための手法を開発し、火口内が溶岩に満たされた場合に周辺の地殻変動におよぼす影響を評価した。火口内に蓄積した溶岩による地殻変動量はきわめて小さく、かつ沈降かつ火口方向へ収縮する方向であり、今回の観測データを評価する際には無視できることを明らかにした。

シミュレーション手法を活用して楕円体圧力源のもたらす地殻変動を系統的調査し、近似的に定式化した。これによってマグマ溜まりの形状についての解析が従来よりも容易になった。

関連論文

(2) 評価手法開発のための観測

研究担当者

濱田信生、山本哲也、福井敬一、藤原健治、高木朗充、坂井孝行（地震火山研究部）

本年度の計画

気象庁、他機関観測データ収集
地殻変動、地磁気、熱的観測等（霧島、樽前など）
火山体温度解析手法の開発
地殻変動、地磁気データ等の総合的解析手法の改善

本年度の成果

三宅島の噴煙映像データを収集し、三宅島の熱的活動を評価した。これまで2002年夏以降ほぼ一定と推定していたが、季節変化が含まれていることがはっきりし、この変動を除去すると2002年夏以降ゆるやかに減少傾向にあることが分かった。

関係官署の協力を得て、霧島山、樽前山、伊豆大島、浅間山、雲仙岳で地殻変動、地磁気観測などを実施した。浅間山では中腹部におけるGPS連続観測、山頂部におけるGPS繰り返し観測および光波測距によって2004年9月の噴火活動に伴う地殻変動を捉えた。

霧島山の全磁力観測について、地中温度に関連するとみられる年周変化の補正方法を検討し、火山性地磁気変化の検知力を評価した。また、御鉢火口の火山活動に伴う変化を調べたが、検知力を上回る地磁気変化はみられなかった。

GPS、傾斜、地磁気データ解析のために開発してきた火山用地殻活動解析支援ソフトウェアの機能を統合し、異なる観測種目を組み合わせた逆解析や複数のモデルによる計算値や複数の観測値を種々の形式で重ね合わせ表示できる機能などを追加し、火山における地殻活動を総合的に解析することが可能なソフトウェアを作成した。

関連論文

地球温暖化によるわが国の気候変化予測に関する研究

研究期間：平成12年度～平成16年度

研究代表者：野田 彰（気候研究部長）

目 的

わが国特有の現象である、冬の日本海の降雪、冬の関東地方の乾燥気候、梅雨末期の豪雨、西日本の干ばつ傾向、東日本のやませ等の地域的気候や異常気象の発生傾向などが地球温暖化によりどのような影響を受けるかを明らかにすることを目標とする。この目標を達成するために、地域気候モデルの開発を行うとともに、その境界条件及び初期条件となる全球気候モデルによる地球温暖化予測技術の高度化も図る。

(1) 地域気候モデルの高度化

研究担当者

栗原和夫、佐々木秀孝、高藪 出、村崎万代（環境・応用気象研究部）

石崎 廣、辻野博之（海洋研究部）、楠 昌司、行本 誠史（気候研究部）

本年度の計画

高分解能領域大気・海洋結合モデルの開発を継続する。開発されたモデルを用いて日本周辺に注目した温暖化予測実験を行う。

高分解能領域大気・海洋結合モデルによる地域気候変化の評価を行う。

高分解能領域大気・海洋結合モデルによる温暖化実験のまとめを行う。

本年度の成果

高分解能領域大気・海洋結合モデルを開発し、開発されたモデルを用いて現在気候再現実験・温暖化予測実験を実施した。

高分解能領域大気・海洋結合モデルによる現在気候再現結果を用いて、現在気候の再現特性を調べ、モデルの評価を行った。その結果、結合モデルにより、海面水温、日本の気温、降水量などに改善が見られることが示された。ただし、冬季の日本海の沿海州沿いにおける高温バイアスは、改善は見られるものの依然として残っている。この改善のために領域結合用の海洋モデルにおける海面フラックス量の算定方法、ならびに拡散過程改良のためのチューニングを行い、テストを実施した。改良されたモデルの結合モデルへの組み込みは将来の課題になる。

日本周辺の気候変化に関しては、まず大気だけの地域気候モデルの予測結果を用いて評価を行った。その結果日本周辺の気候変化の降水量や気温についての特性が明らかになった。3月までに、この特性について領域大気・海洋結合モデルで確認する。

高分解能大気・海洋結合モデルの開発、現在気候再現実験の結果については解析とまとめを行った。温暖化予測実験の計算は終了しており、3月までに計算結果を解析、取りまとめる

関連論文

169, 323

(2) 全球気候モデルによる地球温暖化予測の高度化

研究担当者

楠 昌司、鬼頭昭雄、行本誠史、保坂征宏、吉村 純、内山貴雄（気候研究部）、石崎 廣（海洋研究部）

本年度の計画

高分解能全球気候モデルによる温室効果気体漸増アンサンブル実験を行う。
 全球気候モデル高度化のまとめを行う。

本年度の成果

新しい全球大気海洋結合モデルを完成させた。新しいカップラーにより、大気モデル、海洋モデルともに任意の格子でフラックス等物理量を保存させて交換することができるようにした。大気モデルを統一大気モデルのTL95L40とし、海洋モデルはMRI.COM 1°×1°格子で極をグリーンランドに移動させ、なおかつ低緯度で南北格子間隔を細かくし0.3°としている。また、大気モデルに河川モデルを組み込み海洋の河口周辺に流出させるようにした。これにより自由表面である海洋モデルで水の質量がほぼ保存するようになった。現在、スラブ海洋モデルを作成中で、これを完成させて3月までにCO₂倍増実験を行い、モデルの気候感度を評価できる見込みである。

IPCC第4次報告書のためにIPCCが推奨する実験を含め多数の実験を行った。モデルは一つ前のバージョンのMRI-CGCM2.3.2を使用した。1)産業革命前の強制力による基準実験。2)現在気候による基準実験。3)20世紀気候再現実験。4)強制力を2000年の値で固定し、2100年まで時間積分。5)二酸化炭素1%複利漸増実験。6)IPCCのSRESシナリオA1B, A1T, A1FI, A2, B1, B2に従う温暖化実験。このうち、A1B, A2, B1シナリオについて5メンバーのアンサンブル温暖化予測実験を行った。これらの実験はIPCC第4次報告書に貢献するばかりでなく、新しい全球大気海洋結合モデルの性能を評価する上でも、貴重な基礎データとなる。

モデルの大気部分を高速に計算するセミラグランジュ法をさらに改善した。

具体的には、水蒸気の移流の際に負の値にならないように水蒸気量を保存しながら必ず正の値にする補正を行うように改良を施した。様々な物質の移流の計算が容易に行えるようにプログラムの修正を行った。計算量の軽減によるさらなる高速化、スパコンSX-6に特化した並列化、ベクトル長の最適化を行った。2重フーリエ級数を用いた全球大気モデルを開発し、従来の球面調和関数を用いた全球モデルと比べより高速に実行可能であることを確認した。

関連論文

344, 345

(3) 地球温暖化予測のためのモデル検証と温暖化メカニズムの解明

研究担当者

楠 昌司、鬼頭昭雄、行本誠史、保坂征宏、吉村 純、内山貴雄（気候研究部）
 栗原和夫、佐々木秀孝（環境・応用気象研究部）
 石原幸司（気象庁気候・海洋気象部気候情報課）

本年度の計画

高分解能領域大気・海洋結合モデル実験結果の解析を行う。
 研究のまとめを行う。

本年度の成果

日本周辺の降水量の変化について、大規模場の変化との関連を解析した。夏季の日本周辺の降水量の変化は、将来における東部太平洋赤道域の海面水温の上昇による、日本付近の大気循環の変化に原因があると考えられる。

日本周辺の海面水温が、日本の気候に及ぼす影響について調べた。海面水温は冬季に日本の気温に影響を与えるが、夏季には影響が小さいことがわかった。

領域大気・海洋結合モデルによる現在気候再現実験においても、全球モデルの大気データを用いて海洋モデル単体で再現実験を行ったときに現れた、日本海での海面水温が現実よりも数度高い状況に、大きな改善が見られなかった。海洋モデルに等密度面拡散過程を導入することにより1～2度程度の改善がみられた。しかし、まだ大きなバイアスが残っており、初期値の改善や海面フラックス量の改良等が必要であることがわかった。

関連論文

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20年度

研究代表者：吉崎正憲（予報研究部 第一研究室長）

目 的

激しい降水現象をよりリアリステックに表現するために、従来の数kmの水平解像度を数100m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を用いて、豪雨・豪雪、台風等は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。

(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

研究担当者

吉崎正憲、大泉三津夫、加藤輝之、室井ちあし、永戸久喜、林 修吾、斉藤和雄（予報研究部）、村田昭彦、益子 渉（台風研究部）

本年度の計画

①高解像度化NHMの高度化に関する研究

NHMを従来の水平解像度数kmを100mスケールの水平解像度に換えてNHMによる現象の再現性等を調べる。

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密に取り、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を検討する。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をtwo-wayネスティング化する。

②物理過程の高度化に関する研究

雲物理過程のスキームの改良として、これまで雲水や雨水の変数が一つだったものを混合比と数密度の二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。

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・土壌）予報変数を新SiB陸面予報変数への変換）の開発を行う。

高橋モデルや建築研のモデルを参考にして都市域の陸面過程の導入を試みる。都市豪雨やヒートアイランド等への応用を検討する。

NHMに組み込む電荷予測手法の開発を行い、それを利用した発雷予測手法の開発を行う。NHMを使ってArakawa-Schubert積雲対流スキーム等を改良する。

全球NHMの予備実験を行う。

広域NHMのテストを行う。

本年度の成果

①高解像度化NHMの高度化に関する研究

HI-VI法におけるtwo-wayモデルを新計算機システムへ移植し、予報実験に着手した。また台風Rusa (2002) の事例についてその数値実験を行い、台風の眼の多角構造を得るなど、良いパフォーマンスを得た。

②物理過程の高度化に関する研究

水平拡散項の計算にこれまで考慮していなかった地形の効果を組み込んで、そのインパクトを調べた。水平分解能10kmの実験では、大気最下層の鉛直拡散係数の値が陸上で従来のスキームでの実験に比べて大きくなり、その結果地上風が若干強くなった。これは、NHMで予測された地上風が実測値より弱かった欠点を新スキームが改善する方向に働いたことを示す。ただしその振幅は小さく、この改良だけで地上風の予測が実測値に近い値になるまでには至らなかった。

陸面過程の開発・改良：統一全球モデルに組み込まれている最新版(2004/8/10版)新SiBをNHMの書式にあわせて自由形式に変更し、植生・積雪・土壌・放射・前処理・後処理別に必要な配列宣言等を加えてモジュール化を実施した。また、全球モデルで使用されているインターフェースを参照しNHM用に変更・新規作成している。初期値作成ルーチンについては全球モデルでのルーチンSiBでの予報変数から新SiBへの初期値変換モジュールを精査している。これらの作業の他に、全球からNHMの分解能に高分解能化する際の1格子当たりの植生被覆率の増減による新SiBのパフォーマンスへの影響をオフライン実験で調べた。その結果、輸送係数の変化に伴う顕熱・潜熱・アルベドに大きな変化が生じ、積雪の推移に有意な変化が生じることが分かった。

発雷予測手法を開発しNHMへの組み込み作業を行った。並行して予測精度の検証もを行い、発雷予測手法の改良を行った。引き続き、発雷予測手法の改良を行う予定である。

全球NHMモデルの開発に着手し、プロトタイプを作成した。さらに予備実験を実施する予定である。

関連論文

68, 69, 70, 71, 74, 75, 77, 125, 126, 127, 129, 130, 132, 217, 262, 324, 325, 330, 331, 332, 334

(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

研究担当者

齊藤和雄、田宮久一郎、青梨和正、瀬古 弘、小司禎教、川畑拓矢 (予報研究部)
 中澤哲夫、北島尚子、森 一正、別所康太郎、星野俊介、國井 勝 (台風研究部)
 本田有機 (気象庁 予報部数値予報課)

本年度の計画

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の4次元変分法システムで用いる接線形モデルと非線形モデルの比較による線形性チェックを行う。

NHMの4次元変分法システムの背景誤差設定のため、高解像度NHMの予報誤差を統計的に調べる。
 NHMの4次元変分法システムに雲物理過程を導入し、同化実験を行う。

NHMの4次元変分法アジョイントモデルに、高速なペナルティ項と側面境界の扱いを組み込み、動作テストを行う。

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

NHM-3DVar用に開発したドップラー速度の直接同化手法を、NHM-4DVarに適用する。
 ウィンドプロファイラによる屈折率データのバイアスなどの特性を調べる。

多チャンネルのマイクロ波放射計データについて、気温、降水強度等の大気物理量に関する観測オペレータを研究する。

マイクロ波放射計データを、雲物理過程を含むNHMに同化する手法を開発する。

1999年以降について精密軌道を用いたGEONETの再解析を行い、GPS水蒸気データベースを作成する。

超高速軌道情報による準リアルタイム解析をGEONETの全国GPSデータを用いて行い、システムの評価と改良を行う。

上記データベースを用いたメソ4次元変分法による同化実験を行う。

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について、データを取り入れた場合と取り入れない場合の感度実験を行う。

これまでに観測されたドップラーレーダー、ウィンドプロファイラ等のデータの中から、いくつかの顕著現象に焦点をあて、台風や梅雨前線に伴う降水システムの解析を行う。

本年度の成果

非静力学メソモデルは2004年9月に気象庁で現業化されたが、水平分解能は従来のメソモデルと同じ10km格子であり、初期値は静力学スペクトルモデルに基づくメソ4次元変分法解析に拠っている。豪雨・降雪のよりの確かな予測のためには、高分解能非静力学モデルのための雲物理過程を含む4次元変分法データ同化システムの開発と、リモートセンシング観測データの活用によるモデル初期値の一層の高精度化が必要である。この副課題では、将来の雲解像度非静力学モデルへの適用を目標に、非静力学モデルの変分法データ同化システムの開発・改良に関する研究と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を行った。

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

平成13年度～平成17年度に行われた気象研究所経常研究「メソ数値モデルの変分法データ同化システムの開発」で開発したNHM(2001年7月版)のドライモデルに基づく変分法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。これを用いて、ドップラー動径風データ、GPS可降水量データの同化テストを行い、水蒸気場を含めて、観測データに近い場が得られることを確認した。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時間予報差による変数間水平相関を調べた。またNHMの最近の改良を取り込むため、4次元変分法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を行うとともに、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を導入し、側面境界条件の制御変数化やペナルティ項の導入を行うなど、より高精度の変分法システムにグレードアップするための開発を行った。

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データ、ウィンドプロファイラの屈折率データ、衛星搭載マイクロ波放射計データ、GPSデータの同化に関する開発と同化実験、データ解析、プログラム開発を行った。1999年7月の練馬豪雨の降水システムについて、ドップラーレーダーの動径風を3次元変分法を用いて同化し、さらに対流スケールの水蒸気分布や反射強度から求めた雨水・雪を導入して再現実験を行い、従来データのみでは再現できなかった降水の集中が、大幅に改善されることを示した。

関連論文

10, 11, 130, 131, 150, 156, 158, 159, 160, 195, 260

(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

研究担当者

上野 充、村田昭彦、高野洋雄、和田章義、益子 渉、國井 勝 (台風研究部)
吉崎正憲、大泉三津夫、加藤輝之、室井ちあし、永戸久喜、林 修吾 (予報研究部)

本年度の計画

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

非静力学台風モデルを台風の発達初期段階から日本列島へ接近ないし上陸するまでの長期積分が実施可能なように改良を進める。

雲解像モデルを利用してArakawa-Schubert積雲対流スキームを改善する。

海洋混合層モデルと非静力学台風モデルとの結合に着手する。

入手可能なデータを利用して強風下での交換係数の定式化を行う。

台風ボーガスやMSM4次元変分法を利用した台風初期値作成法の開発に着手する。

②非静力学モデル (NHM) の評価と検証

水平解像度 1 ~ 2 kmのNHMを用いた関東域の予報精度の検証を行う。00UTC,12UTCを初期値とした日本域を対象とした水平解像度5kmのNHMを実行し、それに関東域を対象とした水平解像度 1 ~ 2 kmのNHMをネスティングして実行する。

水平解像度 1 ~ 2 kmのNHMの予想結果を蓄積して、降水、下層風、地表面気温、境界層の発達等について予報精度を検証する。

豪雨・豪雪のシビア現象について、その構造と発生・発達のメカニズムを調べる。特に、甕島ラインに見られる地形性降雨や冬季日本海上に発生する降雪雲について、水平解像度数100mのNHMを用いて数値実験を行い、そのメカニズムを解明するために理想化実験等を行う。

本年度の成果

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

Arakawa-Schubert積雲対流スキームの改訂版および従来版のそれぞれについて、計算で得られた積雲内部の熱力学変量を雲解像モデル (格子間隔200m) の結果と比較した。その結果、スキームの改訂により湿潤静的エネルギーなどの熱力学変量が雲解像モデルの結果により近いものになっていた。また、台風の熱力学構造 (具体的には暖気核の卓越高度やステアリング荷重の鉛直分布) について、改訂版は従来版に比べ雲物理過程を用いた場合 (格子間隔 2 km - 20km) の結果により近いものであった。高解像度実験 (コア域 2 km) では、台風の眼の多角形構造やアイウォールメソ渦を再現することができた。海洋混合層結合モデルに関しては、6 kmモデルは18kmモデルに比べて、台風中心気圧がより深まること、および海気相互作用の導入による中心気圧の浅まりがより大きくなることを確かめた。抵抗係数の波浪依存性に関しては、データの精度等の問題もあり明瞭な関係式は得られなかったが、波浪依存性は波齢よりも波形勾配を基準に定式化したほうがばらつきがなく、安定した結果が得られた。MSM4次元変分法同化システムにドップラー動径風の同化機能を組み込み、実験対象が台風の場合でも動径風の割付高度を精度良く計算できるように、高度計算に必要な第一推定値を1時間おきに更新するように改良した。また、同化システムでドップラー動径風に割り当てる観測誤差の大きさは同化結果やそれに基づく予報結果に大きなインパクトを与えることを確かめた。一事例のみの実験結果ではあるが、その観測誤差の値を一般的なドップラー動径風の観測誤差並に小さく設定した場合、台風ボーガス無しでも台風ボーガスを用いた場合と同等の良好な台風進路予報結果が得られた。

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

1.5km水平分解能で2004年新潟・福島豪雨、2004年福井豪雨の再現性を調べた。1.5kmとするこ

とで、積乱雲を陽に再現できたことで、新潟・福島豪雨について豪雨をもたらした線状の降水帯を再現することが分かった。また、福井豪雨の再現性が良くないのは海上での解析精度が良くなかったためである。四国や九州に見られる地形性降水を対象としてNHMによるシミュレーションも実行し、NHMによる再現性を確認した。さらに2004年7月20日の東京周辺部の高温について、1.5km水平分解能のNHMを用いて調べた。ノンローカル風境界層を用いた5kmのNHMではフェーン現象は再現できたが、東京周辺に存在した風の収束線は再現できなかった。そのできなかった主な原因は、1.5kmのNHMでは境界層が十分に発達しなかったためと思われる。

関連論文

42, 262, 263, 264, 346, 347, 348

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）

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。

(1) エルニーニョ予測システムの構築に関する研究

研究担当者

安田珠幾、吉村 純、稲葉守生、小寺邦彦（気候研究部）

蒲地政文、石崎士郎（海洋研究部）

本年度の計画

統一全球大気海洋結合モデル（TL95+海洋1度）を開発する。

海洋データ同化システムの改良（熱帯太平洋でのEOF解析の海域分け）と海洋データ再解析実験を開始する。

統一全球大気海洋結合モデルによるエルニーニョ予測システムを構築する。

本年度の成果

大気モデルTL95における積雲対流スキームの調節、新放射・層積雲スキームの導入、海洋モデルにおけるノー・キム混合層スキームの導入、短波放射透過の調節により、赤道域の降水分布や水温躍層の再現性が向上した。これらの大気・海洋モデルにより大気海洋結合モデルを構築した。

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回帰線水の分布が改善された。本システムで全球海洋再解析実験を行い水温塩分時系列データ（エルニーニョ予測実験初期値用）を作成した。

大気海洋結合モデル（T63+海洋1度）を用いてエルニーニョ予測実験を行った。東部赤道太平洋海面水温の予測成績が予測6か月までは現業モデルに匹敵するが、6か月以降は下回った。これは、海面水温の負の系統誤差が主原因であることがわかった。さらに、本年度開発したモデル（TL95+海洋1度）による予測実験を実施中であり、引き続き平成17年度に実験及び予測性能評価の解析を行う。

関連論文

247

(2) 陸面及び海洋表層モデルの改良に関する研究

担当研究者

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（海洋研究部）

本年度の計画

①陸面モデル改良に関する研究

サブ課題3「大気・海洋・陸面過程の経年変動再現と季節予報可能性に関する研究」で行った全球土壌水分プロジェクトの結果をもとに、土壌水分のバイアス等の調査を開始する。

積雪モデルの改良を行う。具体的には、アルベド、融雪量評価の推定方法等のチューニングからとりかかる。

非一様性の組み込みについて検討する。具体的には、モザイク化、粗度への地表面高度の影響、等の導入テストを行ない、インパクトの大小を調べる。

②海洋表層過程モデリングの改良に関する研究

海洋表層過程モデリングの改良（熱フラックスの検証、混合層チューニング）を行う。特に、3種類の混合層スキームの観測結果との比較を中心に行う。

大気モデルにおける、海洋表層での熱・水・運動量フラックスの評価を行う。

本年度の成果

①陸面モデル改良に関する研究

湖モデルと河川モデルの大気海洋結合モデルへの組み込みを開始した。同時にモザイク化・湖面スキームの導入による非一様性の組み込みにも着手した。

東アジアの秋の積雪被覆が大きいバイアスがある。この調査のために、新たに現実的な初期値からの積分を可能にした。

②海洋表層過程モデリングの改良に関する研究

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、ノーマルのスキームにより、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。

大気モデルの海上フラックスについて、スラブや海氷スキームのオプションの導入など、見直し・比較に着手した。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。

関連論文

(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

研究担当者

山崎信雄、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、高橋清利（気候研究部）、石崎 廣、石川一郎（海洋研究部）

本年度の計画

長期再解析データの品質管理と検証を行う。また長期再解析データを評価グループに公開し、評価を求める。

長期再解析システムの移植と同化実験の準備を行う。
全球土壌水分実験を行い、解析を開始する。
大気モデル（TL95）で境界条件を与えた長期時間積分を行う。
北太平洋渦解像モデル実験の開始と解析データ整備を行う。

本年度の成果

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これまで計8件の評価報告を受け、その結果はシステム改良に寄与した。

再解析システムの移植を行い、データ同化実験の準備を整えた。

全球土壌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。

関連論文

物質循環モデルの開発改良と地球環境への影響評価に関する研究

研究期間：平成16年度～平成20年度

研究代表者：柴田清孝（環境・応用気象研究部 第一研究室長）

目 的

大気中の化学種、エアロゾルなどの微量物質についての挙動を監視・予測するための数値モデルの開発・改良を行い、これを用いて化学種の濃度の将来予測やエアロゾルの放射強制力に及ぼす影響の評価を行う。

本研究において達成される数値モデルは、気象庁において実施あるいは計画されている大気環境の監視業務「温室効果気体、エアロゾル、オゾン等に関するデータ同化技術を用いた監視、解析情報の国内外への提供」と予測業務「黄砂予測、紫外線予測」に、随時反映される。同時に、微量物質が及ぼす生態への影響や気候変動への影響等の地球システムの総合的な変動解明を行っていく基礎的な手段を提供することになる。炭素循環モデルについては大気海洋大循環モデルに組み込むことにより、二酸化炭素濃度を直接予測できるようになる。

(1) オゾン化学輸送モデルの開発・改良とオゾンの将来予測に関する研究

研究担当者

柴田清孝、忠鉢 繁、関山 剛、出牛 真（環境・応用気象研究部）

本年度の計画

フロン規制等の影響評価のため成層圏化学輸送モデルの20年程度の長期ランを行う。

成層圏化学輸送モデルの長期ラン結果の解析と観測値との比較を行う。

本年度の成果

2001年2月14日にヨーロッパ（北緯59度東経23度付近）上空に出現したミニオゾンホールについて解析を行い、オゾン全量と気温の相関は300hPa以下では負の値を示すが、成層圏では逆に正の値を示すこと、成層圏の上昇流、対流圏の下降流を伴っていることが示された。また、オゾン全量の減少時には対流圏は低緯度起源の気塊で覆われ、成層圏は高緯度起源の気塊で覆われていたことをあきらかにした。

全球化学輸送モデルにおいて成層圏オゾン場を精度よく表現するためには、数値拡散の抑制や解像度などを成層圏の特性に合わせて最適化を図る必要がある。近年特に、輸送スキームにおける数値拡散は著しく誤差を誘起することが指摘されているため、我々の気象研化学輸送モデル（MJ98-CTM）においても輸送精度を定量的に評価し、鉛直解像度の最適化を測った。その結果、下部成層圏オゾン場の過大バイアスが大幅に改善された。

MJ98-CTMに鉛直対流拡散過程を導入した。感度実験をおこなった結果、熱帯対流圏オゾン濃度場の過大バイアスが緩和された。

成層圏の力学現象のうち熱帯成層圏準二年振動（QBO）を大気大循環モデルにおいて再現することは大変難しく世界的にみても数少ない成功例しか報告されていないが、我々はこのQBOの現象を再現することに成功し、より現実的な成層圏大気場の再現に成功した。

大気大循環モデルと化学輸送モデルをオンラインで結合することで、成層圏オゾンの放射過程をとおした力学場への影響も考慮され、成層圏力学・放射・化学が一体化したインタラクティブなシミュレーションをおこなえるようになった。

気象研究所開発の成層圏化学輸送モデルの精度検証および中層大気オゾンの変動機構解明を目的と

して、過去40年間の再解析実験を行った。気象場は客観解析値をナッジングさせ、成層圏エアロゾル濃度と地表面での主な化学種濃度は実験期間中一定に保った条件下で、日々変動する実際の太陽紫外線強度観測値を化学モジュールの境界条件として与えた。その実験から、①ナッジング同化によって得られた気象場は長期積分の場合にも十分精度良く元の客観解析値に追随する、②大気オゾンにおけるQBOと太陽11年周期変動がモデルによって再現され、それらの観測値と良い一致を示す、という解析結果が得られた。QBOと太陽11年周期変動は中層大気オゾンの重要な自然起源変動要因であり、この解析結果は人為起源のオゾン変動を解析する際にも極めて貴重な情報を提供すると考えられる。

関連論文

143, 179

(2) エーロゾル化学輸送モデルの開発・改良とエーロゾルの影響評価に関する研究

研究担当者

柴田清孝、財前祐二、高橋 宙、千葉 長（環境応用気象研究部）

今年度の計画

対流圏エーロゾルモデルの改良
成層圏硫酸エーロゾルモデルの開発
放射強制力の評価

今年度の成果

気象研エーロゾルGCM/CTMであるMASINGARがシミュレートした鉱物ダスト濃度分布について、作成した光学特性ルックアップテーブルに基づき1998～2002年の放射強制力を求め、日本における黄砂観測日数と強制力の年々変動について比較および評価を行った。

また、ダストとブラックカーボンについて、モデルの濃度出力値と観測値との比較を行い、モデルの精度を評価した。

硫酸エーロゾルの新粒子生成、凝結、凝集、除去プロセスを、粒径範囲を分けて表現するスキームを開発し、MASINGARに導入作業を開始した。

関連論文

119

(3) 炭素循環モデルの開発・改良と大気中二酸化炭素濃度の将来予測に関する研究

研究担当者

栗原和夫、馬淵和雄、小畑 淳（環境・応用気象研究部）

本年度の計画

炭素循環過程を全球大気海洋結合大循環モデルに組み込んだ炭素循環気候モデルを開発し、このモデルを用いて産業革命以後現代までの歴史再現実験を行い、気候要素や炭素分布の観測値との比較・検証を通じて、モデルの問題個所を明らかにする。

BAIMおよびBAIMを組み込んだ全球・領域気候モデルの改良を行う。

本年度の成果

陸域と海洋の炭素循環過程を従来の気候の大循環モデルに組み込んだ気候炭素循環モデルを開発した。このモデルでこれまで産業革命以前の定常状態を再現し、さらに産業革命以後から現在に至る歴史実験を行ってきた。今年度はこの結果を解析し、問題点について検討を行った。その結果、モデルの改良のためには、陸面における大気と植生間の炭素交換をより精密に取り扱う必要があることが示され、その改良についての検討を行った。

これまでのBAIMで月ごとの定数として与えていた、葉、根、腐植土層などの植生の各層に蓄積される炭素量を予測できるようにしたBAIM-Ver.2を開発した。これにより、葉面積や、樹高などを含めた植物形態の変動が日単位で再現されることになる。また落葉樹などの季節変化が大きい植生については植物形態の季節変化も再現される。これらの植物形態の季節変化は、基本的にモデルで再現される温度と土壌水分量によって制御される。このモデルを全球気候モデルに組み込んで改良を行い、大気中二酸化炭素の時間的・空間的変動と陸面植生の物理的形態、及び植生・土壌内炭素蓄積量の時間的・空間的変動が、各要素間の相互作用を介して一体となって変動することが確認された。

関連論文

274, 275, 276

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）

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（主にエアロゾル）、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アロゾルの組成を考慮し解析を行う。

エアロゾル、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。

(1) 大気エアロゾル粒子の混合状態に関する研究

研究担当者

岡田菊夫、三上正男、直江寛明（環境・応用気象研究部）

本年度の計画

①エアロゾル粒子の組成と混合状態に関する研究

静電式エアロゾル分級器と加熱装置を用いた大気エアロゾル粒子の揮発特性の測定の検討を行う。
既存試料を用いた元素組成・混合状態の電子顕微鏡分析を行う。

②陸面及び海面からの粒子生成に関する研究

中国砂漠地域での鉱物粒子の生成に関するデータの取得を行う。
中国砂漠地域の大気鉱物粒子の元素組成・混合状態を既存試料の電子顕微鏡分析から調べる。

本年度の成果

①エアロゾル粒子の組成と混合状態に関する研究

大気エアロゾル粒子の加熱による揮発特性を測定するために、耐熱性ステンレス管でできたエアロゾル加熱用電気炉を整備した。つくばにおいて、エアロゾル粒径分布の測定と共に、各種採集装置を用いて半径8 nm-1000nmの粒子を採集した。今まで技術的にむずかしくほとんど解明されていない核生成領域（中心半径約5 nm）のエアロゾル粒子をナノメータ・エアロゾル採集装置で採集し、その試料を電子顕微鏡を用い、水透析による吸湿特性、電子線照射による揮発特性を調べると共に、分析・観察の問題点を解決した。

自由対流圏で得られた既存試料の電子顕微鏡分析により、オーストラリア北部の森林火災によって生成され、長距離輸送された煤粒子のほとんどが水溶性物質を含有するものであることが分かった。

②陸面及び海面からの粒子生成に関する研究

中国現地砂漠で得られた鉱物性粒子の飛散データを用いて、粒子飛散量の鉛直分布並びに粒径分布と気象条件（風速等）並びに土壌条件（土壌水分等）の関係について解析を行った。その結果、飛散は鉛直分布に明瞭な粒径依存性を持つ事、飛散量の土壌水分依存性は、粒径により異なる事、また表面土壌粒径分布が異なる地表面では同一気象条件下でも異なった飛散粒子の粒径分布を与える事などが分かった。

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かにした。

関連論文

57, 58, 59, 60, 63, 64, 119, 279, 280, 283, 284, 287, 288

(2) エロゾルの特性が地表面放射に与える影響に関する研究

研究担当者

内山明博、山崎明宏、古林絵里子、松瀬光太郎（気候研究部）

本年度の計画

つくば、宮古島、南鳥島で放射・エロゾルの連続観測を行う。

スカイラジオメーターデータの解析方法の改良を行い、single scattering albedo (SSA) 等を推定できるようにする。

日射計データの解析方法の改良を行い、fluxデータから光学特性 (SSA、asymmetry factor等) を推定できるようにする。

可視域から近赤外域 (0.25~2.5 μm) で、散乱日射量を測定する全天分光日射計の開発、検定方法の開発を行う。

絶対放射計を用いた比較検定法による広帯域全天日射計の検定方法の改良を行う。

本年度の成果

スカイラジオメーターで測定したデータの解析は、Skyrad Package (Nakajima *et al.* 1996) の最新版を使用して行ってきた。このため、Skyrad Packageを改良して機能の追加、気象研究所の観測モードに対応させることを考えたが、新たに最尤法に基づきDovobik & King (2000) を参考にして開発した。これにより、独自の方法で、粒径分布、光学的厚さの他に各波長の屈折率の推定も可能になった、現在、シミュレーションデータによる感度テストを行っている。粒子の非球形性の効果の考慮は来年度以降行う。

日射量 (フラックス) データからエロゾルの光学特性を推定する方法の解析は、着手したが、地表面日射量スペクトルのシミュレーションを行うまでしか進捗しなかった。

可視域から近赤外域 (0.25~2.5 μm) で、散乱日射量を測定する全天分光日射計の開発を行う予定であったが、分光日射計の更新ができなかったため実施できなかった。ただし、波長 1 μm 以下については、従来の測器で測定を行った。分光日射計の検定は、日射計をコリメーターチューブ (測器試験検定センターから借用) に載せ太陽に正対させ、基準としている分光直達日射計と同時に測定する方式で検定データの取得を行った。

現在、気象庁では、全天日射計の検定は、基準器との比較観測で行っている。しかし、基準器がCM21 (Kipp & Zonen) であり、しかも、通風されていないため、thermal offsetによる誤差の可能性がある。このため、測器試験検定センターでの検定では精度が保てない可能性がある。このため、広帯域の全天日射計の測定精度を高めるため、直達日射量と散乱日射量を別々に測定して水平面日射フラックスを測定し、それを基準に、全天日射計を検定する方法のためのデータ取得を行った。

基準となる直達日射量を測定する直達日射計の検定は、環境気象課が、絶対放射計を用いて気象庁の直達日射計を検定する際及び絶対放射計の相互比較を行う際に、同時にデータを取得して行った。散乱日射量の測定用の全天日射計は、コリメーターチューブ (測器試験検定センターから借用) に載せ、太陽に正対させ、直達日射計と同時に測定する方式で検定データの取得を行った。

エロゾルの地表面放射への影響評価のための連続観測を継続して行いデータの蓄積を図った。ま

た、ネフエロメーターで連続測定する際、検定定数の変化があり得るので、サンプルガス、フィルターを通したエアロゾルが無い空気（低出力の基準）と二酸化炭素（高出力の基準）を、自動的に切り替える装置を作成し、安定に動作するようにした。

関連論文

44, 45, 46, 48, 304

(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

研究担当者

青木輝夫（物理気象研究部）

本年度の計画

雪氷面や砂漠域における放射収支・分光放射データを解析し、放射伝達モデルの地表面過程を改良する。

衛星データから積雪粒径・不純物の季節変化を求める。

地表、大気エアロゾルの効果を取り込んだ紫外域モデルの改良を行う。

本年度の成果

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を定量的に示した。

ダストや人為起源のエアロゾル（主にすす）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、吸収性の強いすすなどが含まれている可能性があることが分かった。

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った。後者の原因は衛星アルゴリズムには、すす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った。このことによりなめらかな散乱位相関数が求まり、積雪物理量遠隔抽出アルゴリズムの精度が向上した。

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、夏期には海洋性エアロゾルが最適であることが分かった。

関連論文

2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9

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（気象衛星・観測システム研究部 第二研究室 主任研究官）

目 的

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（2 km～20km）～マイクロ α スケール（200m～2 km））が発生・発達する危険度の診断技術を開発する。

(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

研究担当者

中里真久、石部 勝、鈴木 修、足立アホロ、笹岡雅宏、山内 洋（気象衛星・観測システム研究部）

本年度の計画

①シビア現象の観測手法の高度化

シビア現象のライフサイクルや時間・空間スケールに応じたスキャンモード及び観測パラメータを調査し、いろいろな観測条件の下でデータの収集を行う。

気象研究所のウィンドプロファイラーとWINDASデータから、水蒸気鉛直分布を推定するアルゴリズムを作成し、事例解析を行う。

②データベースの構築

観測データ（気象庁の現業的観測データ、気象研レーダーデータなど）のデータベース化のため、データを蓄積する。

災害発生時に被害現地調査を行う。

本年度の成果

①シビア現象の観測手法の高度化

ウィンドプロファイラーから日中晴天時の水蒸気プロファイルを推定するアルゴリズムを作成した。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、このアルゴリズムを用いて、気象研究所敷設の境界層レーダーの1997、1998、及び2001年夏季のデータから対流混合層に関する種々の指標の平均値や理論的期待値を算出した。その結果、過去の報告と矛盾していないことが分かった。

ウィンドプロファイラーデータから推定された対流混合層内の可降水量が、雷雨発生日の午前10～11時に大きな値をとる傾向を見いだした。

データに人為的誤差を与えて、水蒸気鉛直分布の推定誤差を評価した。その結果、1) 対流混合層高度以下の気温による誤差への影響が大きいこと、2) 境界条件（高度2 km）による影響は小さいこと、が分かった。

②データベースの構築

観測データのデータベースのハードウェアを整備し、気象データの入手・処理手法の調査結果を基に入手可能なデータから蓄積を開始した。構築中の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。

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、竜巻であったこと、その規模、強さを現地官署と共同して特定した。

関連論文

(2) シビア現象の危険度診断技術の開発

研究担当者

中里真久、石部 勝、鈴木 修、足立アホロ、笹岡雅宏、山内 洋（気象衛星・観測システム研究部）

本年度の計画

①シビア現象と環境場の解析

環境場及びストームの解析を、スーパーセル竜巻の事例とダウンバーストの事例を対象に実施する。

解析の結果から、竜巻及びダウンバーストの前兆現象の抽出を行う。

②シビア現象の危険度診断アルゴリズムの開発

危険度診断に使用する「環境場のパラメータ」について調査し、計算プログラムを作成し、感度検証を行う。

危険度診断に使用する「ストームのパラメータ」を計算するアルゴリズムを作成し、感度検証を行う。

本年度の成果

①シビア現象と環境場の解析

2003年10月13日の成田市の突風事例を解析し、赤荻地区での被害発生の前に 10^2 s^{-1} を越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。

2001年8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（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。

前兆現象として、地上のシアラインとその渦度・収束の強化があったこと、2003年10月13日の事例では渦度域の降下があったこと、及び、2001年8月10日の事例ではストームに相対的なヘリシティーが米国で使われているしきい値（ $150 \text{ m}^2 \text{ s}^{-2}$ ）以上になったことを見いだした。

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ー）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。

過去の類似のアルゴリズムで採用された診断パラメータを分類・整理した結果と、事例解析の結果を基にして、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。

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、鉛直積算雨量は先行時間は短いものの（1～2ポリウムスキャン）明確な変化を見せ、感度が良かった。

関連論文

衛星データを用いた大気パラメータ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）

目 的

予報精度の向上、環境・気候監視強化に資するために、気象衛星や地球観測衛星の新しいセンサデータを用いた気温・水蒸気、雲・エア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。

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。

(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

研究担当者

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）

深堀正志、藤枝 鋼（物理気象研究部）

本年度の計画

①多波長赤外サウンダデータの利用技術に関する研究

AIRSデータ利用のための相関k分布法による高速放射モデルの高速化・精度向上を引き続き行い、まとめを行う。

情報理論にもとづくチャンネル選択手法により、観測角や地域（北半球・熱帯・南半球）別に15個程度のチャンネルセットを作成し、気温・水蒸気のリトリーバルのシミュレーションを行う。

地表面温度と射出率を同時に推定するアルゴリズム開発、アルゴリズム検証のための赤外分光放射計（FTIR）による地表面観測実験を行う。

地表面射出率の初期値作成のために、文献や既存の射出率データベースの調査を行う。

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

MODISやAIRSの多波長センサデータを利用した雲、霧、エアロゾルの光学パラメータ導出アルゴリズム作成を進める。

氷晶表面の凸凹を考慮した散乱モデルを用いた、偏光・多方向観測による巻雲の光学的厚さ推定アルゴリズム作成を開始する。

本年度の成果

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モデルの開発・改良を行い、広く利用されているRTTOV7以上の精度・計算速度を得た。

地球観測衛星Aquaに搭載されている回折格子型サウンダAIRSのチャンネル選択を地域3種類・観測角3種類の9種類について実施した。

赤外分光放射計（FTIR）の、常温下および低温下における検定実験を実施した。

14種類の陸面モデル別の赤外域射出率テーブルを作成した。

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

MODISの1.38 μm チャンネルを利用して光学的厚さで0.02から0.04程度の薄い巻雲が検出できる見通しを得た。

AIRSの赤外データの波長依存性を利用して、黄砂の主成分である方解石の同定に成功した。

AVHRRの3.7 μm , 11 μm チャンネルとゾンデによる気温・水蒸気の観測値を利用して、霧の検出と光

学的厚さ・粒径情報推定の事例解析を開始した。

表面の傾きの変動を考慮した正六角柱氷晶粒子の散乱モデルを使って、POLDERデータからの巻雲の光学的厚さ推定の事例解析を行った。

関連論文

272

(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

研究担当者

深堀正志、藤枝 鋼（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）

本年度の計画

CO₂ 15μm帯の室温下における高分解能スペクトルを取得し、吸収線強度や線幅などを室内実験により決定する。HITRANデータベースの室温下における妥当性を検証し、放射伝達モデルへの入力パラメータの精密化を図る。

CO₂ 4.3μm帯の帯頭（2398cm⁻¹付近）よりも高波数側の吸収スペクトルを室温下で測定し吸収線形などの吸収特性の調査を行い、放射伝達モデル内の吸収線形に関連する部分の精度向上を図る。

室内実験スペクトルと理論計算スペクトルとの比較を行い、両者の差異の原因を究明する。

仮想的スペクトルの計算にLBLRTMを適用する技術の開発を行う。

非球形粒子の散乱分布関数計算手法を開発する。

本年度の成果

CO₂ 15μm帯の高分解能吸収スペクトルから、室温における線強度や半値半幅を決定した。本研究の値とHITRANデータベースの値との比較を行い、室温におけるデータベースがほぼ妥当であることが分かった。

CO₂ 4.3μm帯の吸収線形を把握するために、吸収スペクトルを室温下で測定した。本実験による吸収線形は、放射計算に一般的に用いられる線形（ローレンツ線形）よりも、吸収線の中心から離れた領域で、吸収係数が小さい傾向を示した。さらに従来提案されてきた複数の吸収線形との比較を行った。

CO₂ 15μm帯Q枝において、実験スペクトルとローレンツ線形を用いた計算スペクトルとの差異を見出した。過去に提案された吸収線ミキシング係数をスペクトル計算に考慮した結果、両スペクトルの差が減少した。吸収線ミキシング係数の有効性を確認できたが、係数に改善の必要性のあることも分かった。

高分解能放射伝達モデルLBLRTMの最新版（Ver. 9.3）及び関連する補助ソフトウェアの機能・特徴、プログラムの構成、入出力ファイルの概要及び設定方法などの詳細を調査し、これらのソフトウェアの利用方法を記述した資料としてまとめ、測候時報に発表した。仮想的スペクトルの計算手法に関する研究において、荷重関数を経験直交関数で表現する手法を用いて、スペクトルの情報量を失うことなくスペクトルデータを仮想チャンネルに圧縮する技術の開発を終了した。その成果を論文として発表した。

氷晶粒子の凹凸や表面の傾きの変動を考慮した幾何光学近似手法の開発を行った。

関連論文

241, 249

地震・地殻変動観測データの高度利用に関する研究

研究期間：平成16年度～平成20年度

研究代表者：濱田信生（地震火山研究部長）

目的

地殻構造の不均質性については、内陸部の地殻については10kmメッシュの3次元構造モデルの確立と、その震源決定精度向上への応用技術の開発を目指す。地殻変動に関しては解析技術の向上によるS/N比の向上により、スロースリップなど各種変動の検出レベルの改善と、変動要因の分析による知見の蓄積をはかる。地震活動については、高密度高感度の観測データを活用した巨大地震などの破壊過程の解析や地震発生準備過程の評価手法の改善を図る。

(1) 不均質な場を考慮に入れた震源パラメータ及び地震活動パラメータの推定手法に関する研究

研究担当者

前田憲二、高山博之、中村雅基、黒木英州（地震火山研究部）、
細野耕司（気象庁地震火山部 地震予知情報課）

本年度の計画

- ①三次元不均質構造の決定
全国の三次元速度構造の決定
沖縄付近の三次元速度構造の精度向上のための地震観測
富士山の三次元速度構造の決定
- ②震源パラメータの決定
三次元速度構造を用いた震源決定手法の開発
三次元速度構造を用いた発震機構解の決定手法の開発
- ③地震活動パラメータの決定
地震活動パラメータ決定手法の開発

本年度の成果

- ①三次元不均質構造の決定
日本全国を対象とした、内陸浅部10kmメッシュの暫定的な3次元速度構造モデルを決定した。
富士山を対象とし、暫定的に4kmメッシュの3次元速度構造モデルを構築し、その特徴の抽出を行った。
- ②震源パラメータの決定
①で決定した10kmメッシュ3次元速度構造モデルを用いた震源決定プログラム、発震機構解解析プログラムの開発を行い、過去に発生した地震に適用してその有効性を確認した。
- ③地震活動パラメータの決定
地震活動パラメータの決定手法の開発では、クラスター的な地震活動を取り出してマグニチュードの推移を調べ、地震活動パラメータとしての有用性を検討した。その結果、地震が続発している中で最大地震の規模が大きくなっていく場合に、より大きな地震が起こる確率が高くなることがわかった。
地震発生層の分布を地震活動パラメータの一つとして検討するため、気象庁の地震カタログから地殻内地震を取り出し、その地震発生層の分布を計算するプログラムを開発した。

関連論文

203

(2) 地震発生機構と地殻構造に関する基礎的研究

研究担当者

吉川澄夫、吉田康宏、青木重樹、山崎 明、高山寛美、林 豊（地震火山研究部）、
勝間田明男（気象大学校）

本年度の計画

①地震発生機構に関する研究

過去地震波形資料を収集する。

震源過程解析手法の改良を行い、種々の特性を持った地震計の記録を一元的に扱えるようにする。

②地殻構造に関する研究

地殻内構造に関するデータを収集する。

地殻内反射面の位置を求める手法を開発する。

本年度の成果

①地震発生機構に関する研究

気象庁加速度計等の加速度記録を用いて2003年に起きた宮城県沖の地震と宮城県北部の地震の震源過程を解析した。その際に、震度計のデータについても解析できるようにプログラムの改良を行った。

各官署に保存されている古い地震記象のデジタル化に着手した。これは今後過去地震の震源過程を求めていく上で重要なデータベースとなる。

2004年に発生した新潟県中越地震の余震に震源決定をする手法を適用し、詳細な分布を得た。また、この余震分布と地殻構造等を比較して、同地震の断層形状を推定した。今後、この手法を過去地震の余震に対しても適用することにより、詳細な余震分布と破壊域の関連を比較・調査する予定である。

1923年以降の走時データに最新の地震学の知見を取り入れ、過去から現在に亘ってその時々の観測網の能力に見合った品質を持つよう気象庁震源カタログの延伸及び改訂を行った。このカタログは、過去と現在の地震活動を比較する上で重要なデータとなる。

②地殻構造に関する研究

地殻起源の地磁気永年変化はピエゾ磁気効果または地殻深部での帯磁・消磁によってもたらされると考えられており、地殻活動を考察する上で貴重な情報を提供すると考えられている。本年度、掘削土壌の残留磁化の安定性および落雷によってもたらされる、等温残留磁化の安定性について観測事実とモデリングにより、これらの性質の一端を明らかにした。

走時データを用いて不連続面の深さを推定する手法を開発し、日本列島下のモホ不連続面の深さ分布を求めた。この手法は地殻内不連続面あるいは反射面の深さ分布の推定にも適用できるものである。

低周波地震及び微動が起きている位置を詳細に決定し、その発震機構を推定する手法を開発した。解析の結果、フィリピン海プレート沈み込み帯沿いで発生している深部低周波微動と火山地域で発生している深部低周波地震とは、力源の方向に明瞭な違いが認められた。

関連論文

212, 335, 338

(3) 地震サイクルの中で様々な時空間的特徴をもつ地殻変動に関する研究

研究担当者

吉川澄夫、小林昭夫、山本剛靖、高山寛美、林 豊（地震火山研究部）

本年度の計画

①地殻変動観測データ解析手法の高度化と地殻変動要因の解明

二層式歪・三成分歪・傾斜・地下水位・水温の観測を行い、長い時定数をもつ降水応答について相関解析を行う。

本庁歪データや他機関地殻変動データの調査・解析を行い、時間依存型変動原因推定の手法について調査する。

②海底地殻変動観測手法の開発

海水中の測距技術において現存するあらゆる方法の実態を把握するため資料調査を行う。

本年度の成果

①地殻変動観測データ解析手法の高度化と地殻変動要因の解明

敦賀・今津観測点の三成分歪データと降水や地下水位データとの比較を行い、数ヶ月～1年程度の周期をもつ歪変化がそれらと相関をもつことを確認した。その上で歪データに多項式近似を行って長期トレンドを抽出した結果、安定化した2000年以降にトレンド変化が見られないことがわかった。

②海底地殻変動観測手法の開発

海水中の測距技術について資料調査を行った結果、現在GPS音響結合方式や音響送受信を利用した測定方法があり、それらの海水中距離変化の測定精度は10ppm程度であることが明らかになった。

関連論文

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（地球化学研究部 第二研究室長）

目 的

本研究では、海洋炭酸系（pH、全炭酸濃度、全アルカリ度）の変化と、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ために、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、海洋表層の炭酸系の鉛直分布と、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ともなう海洋炭酸系変化の実態を正確に把握する。

また、海洋の炭素循環と、生物地球化学過程を通して密接に関係する、海水中の栄養塩（リン酸塩、硝酸塩）に関するこれまでの観測データの評価を行うとともに、それらの経年変化を検出し得る高精度な分析とトレーサビリティを確保するため、標準物質を確立する。

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

研究担当者

石井雅男、斉藤 秀、時枝隆之、松枝秀和（地球化学研究部）

中館 明（気象庁気候・海洋気象部 海洋気象課 汚染分析センター）

本年度の計画

①海洋炭酸系の鉛直分布と季節変化・経年変化の解明

凌風丸・啓風丸の東経137度・東経165度等の各航海において表層1000mの各層採水を行い、全炭酸濃度とpHの高精度測定を実施し、それらの季節変化を明らかにする。また、10年前に実施した観測のデータと比較し、長期変化を把握する。

南極海域等の大気および海洋CO₂についても、既存のデータを利用して変動の解析を進める。

②化学トレーサー観測手法の開発および高度化

CFCs観測の手順や装置の検討・実験・改良を進め、観測を効率化するとともに分析の自動化を進める。

東経137度や東経165度においてCFCsの各層観測を実施し、水塊年齢を評価する。

本年度の成果

①海洋炭酸系の鉛直分布と季節変化・経年変化の解明

東経137度の北緯3度から北緯34度までの各緯度帯域において、表面水中のCO₂分圧が、1984年から2003年までの間に、 $+1.3 \pm 0.2 \mu\text{atm yr}^{-1}$ から $+2.1 \pm 0.3 \mu\text{atm yr}^{-1}$ 、平均 $+1.7 \pm 0.2 \mu\text{atm yr}^{-1}$ の速度で増加していることが分かった。その原因は主に大気CO₂濃度の増加による海洋へのCO₂吸収であると推測される。また、北緯25度以北でみられる増加速度の顕著な年々変化は、水温と全炭酸濃度の年々変化に起因しているが、両者の効果は相互に打ち消し合っており、CO₂分圧の年々変化を比較的小さくしていることが分かった。

東経145度付近の南大洋でも、Sub-Antarctic Zone, Polar Frontal Zone, Permanently Open Ocean Zone の各ゾーンで、大気CO₂濃度の増加速度と顕著な違いのない速度で、表面水中のCO₂分圧が増加していることが分かった。南大洋のように深層からの湧昇があり、鉛直混合の激しい海域では、海洋CO₂の増加が、大気CO₂濃度の増加に追従しないと考えられていたが、この観測結果は、そうした考えを必ずしも支持しなかった。

東経137度の北緯20度から30度では、季節混合層下に相当する密度24.5σ_θから水深700m付近の塩分極小層に相当する密度27σ_θの範囲で、1994年から2003年の9年間に全炭酸濃度が漸増する傾向を検出することができた。その平均増加速度は、約1 mol m⁻² yr⁻¹だが、垂表層では大気CO₂濃度の

増加速度から予想される速度を上回る全炭酸濃度の増加が観測されているほか、緯度による増加速度の違いも顕著であり、海洋循環の変化も含めた解析が必要であることが分かった。

②化学トレーサー観測手法の開発および高度化

東経165度黒潮-親潮混乱水域に存在する北太平洋中央モード水中のCFCsを解析した結果、大気中CFCsに対して冬季の表層混合層中では未飽和状態にあることがこれまでの結果同様観測された。しかし、その大気に対する飽和の度合いは年ごとに変動しうるものであることが本年度の観測から明らかになった。

関連論文

29, 30, 32, 33, 183

(2) 海洋内部の生元素の変動の研究

研究担当者

廣瀬勝己、青山道夫、篠田佳宏（地球化学研究部）

本年度の計画

2000本スケールで作成された栄養塩標準試料の実証試験を行う。

137° Eの黒潮再循環域について時系列栄養塩データの簡単なモデルに基づく解析を行う。

全球規模での栄養塩の時空間変動の解析を行うため、みらいで得られたデータのデータベース化を図る。

「みらい」で得られた南太平洋の粒子状物質中に含まれる配位子濃度を求める。

本年度の成果

2003-2004年の「みらい」によるP06,A10 およびI-03-04再観測航海の栄養塩データ等を1990年代のデータと比較検討し、300dbarより浅い層では数百km程度の渦のスケールで栄養塩総量が50%以上変動していることが見出された。表面から3000dbarまでの積算平均の1990年代と今回の比較では、太平洋大西洋ともに西部での栄養塩の減少傾向が大きかった。ここでは温暖化傾向がみられたが、酸素量では変動がみられなかった。両海洋の中部や東部では西部とは逆の傾向も見え、太平洋全体を積分すると1990年代と今回の航海ではケイ酸塩では0.985、硝酸塩とリン酸塩ではほぼ1.00となる。また、1990年代との比較だけでなく、1980年代までさかのぼって変動傾向を調べた結果、相関係数0.3-0.7程度で減少傾向が確認された。この両海洋の西部領域で温暖化とともに栄養塩が減少している原因については、一般的には2つの説明が考えられる。一つは、温暖化による成層の強化に従って栄養塩の上層への供給が減ったため積算平均でも栄養塩が減少しているとすれば説明可能である。あるいは、南半球亜熱帯循環域に主に南極側から供給される栄養塩が温暖化とともに減少しているとすれば、やはり説明可能である。今後さらに検討が必要である。

1980年から2000年までの気象庁凌風丸で得られた25° N、137° Eの測点の栄養塩の鉛直分布の時間変化を簡単なモデルを用いて解析した。その結果、栄養塩の鉛直分布は中規模渦の通過に伴い、大きく変動していることが明らかとなった。また、WOCE P3 (24° 25'N) のデータを解析した所、中規模渦に対応する栄養塩の変動が見られた。西部北太平洋の中規模渦は栄養塩の表層への供給や二酸化炭酸の蓄積に関連しており、その生成と移動が重要であることがわかってきた。

粒子状物質の含まれるトリウムは粒子状物質中の配位子と錯体を形成していることを明らかにするとともに、条件安定度定数を推定することができた。

西部北太平洋表面水中に含まれる粒子状物質中の配位子濃度は2-4nMで従来観測された値の範囲にあった。深層水では、1 nM以下であった

関連論文

227

短期間・短時間の量的予測技術の改善に関する研究

研究期間：平成13年度～平成16年度

研究代表者：藤部文昭（予報研究部 第三研究室長）

研究担当者：武田重夫、大関 誠、柳野 健（予報研究部）

目 的

予測する現象の実態等についての調査結果やニューラルネットワーク（NN）等の情報処理技術を利用して、24時間程度先までの短期予報と防災気象情報に関連する量的予測技術の改善と降水短時間予測技術の改善を行う。

本年度の計画

①短期間の量的予測技術の改善に関する研究

降水量予測に有効な新たな入力変数を導入し、前年度の検討結果を踏まえて入力変数と隠れ層の数の適切な組み合わせを決定し、NNによる夏季の降水量予測実験を行う。他の季節についても適切な形のNNを構築し、予測実験を行う。

顕著現象等の実態や環境場との関係について、統計的解析や事例解析を追加する。得られた知見を整理し、予測に有効な入力変数の考案等において活用する。

②降水短時間予測技術の改善に関する研究

平成15年度までに開発が終了した降水短時間予測の研究の成果をまとめる。降水系の発達の実態等を調査し、降水系の発達の影響を加味した降水量予測手法を開発する。

短時間強雨の実態と長期変化の解析を継続し、強雨の地域特性や経年変化の特徴を整理する。豪雨についての統計的解析等で得られた知見をもとに、降水系の発達を判断する条件等を整理し、予測手順の構築において活用する。

乾燥対流モデルを改良する。モデルの自由度を増加させた場合について検討し、数値シミュレーション結果との整合性等について調べる。

本年度の成果

①短期間の量的予測技術の改善に関する研究

数値モデルによる短期間予報（特に豪雨予測）の信頼度の定量的評価に向け、アンサンブル予報の初期値作成法の1つである特異ベクトルについて、湿潤過程の影響をレビューした。この成果は所内プロジェクト「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」に引き継ぎ、メソアンサンブル予報の開発基盤として発展させることとなった。

②降水短時間予測技術の改善に関する研究

平成15年度までに開発が終了した降水短時間予測の研究成果をレビューした。得られた成果（山岳周辺の衰弱を考慮した補正手法の改良、強雨域のむ追跡方法等）は懇談会等を通じて予報部に提供され、予報課・数値予報課で進めている降水短時間予報のアルゴリズム改善に逐次反映させることとなった。

気象庁がデジタル化した観測開始以来の時間降水量資料を利用し、1898年以降の降水量（日、4時間、1時間）の変化を強度階級別（10段階）に調べた。各季節・地域に共通して、強い降水の増加傾向、弱い降水の減少傾向が認められた。最高・最低階級の増減率はともに100年あたり20～30%であった。また、近年は全国的な傾向として夜間の降水が昼間に比べて相対的に増加していること、夏の午後（15時）の雷頻度が減少していることを見出した。

沖縄周辺で観測された孤立的エコーの立体構造と時間変化を、対流モデルに基づき、19仰角のレーダー資料のうち、気象衛星資料及びアメダス降水データを利用して解析した。その結果、上空での

降水塊の発生・発達及びその後の落下を3次元的に捉えた事例を見出すことができ、降雨の実況監視に活用できる可能性が示された。また、降雨域の詳細な風場を算定するため、ドップラーレーダーデータの解析手法の高精度化手法を開発し、実用化に向けた要点を取りまとめた。

関連論文

172, 251, 252, 253, 254, 255, 256

気候システムとその変動特性のモデルによる研究

研究期間：平成15年度～平成19年度

研究代表者：鬼頭昭雄（気候研究部 第一研究室長）

研究参加者：小寺邦彦、本井達夫、黒田友二、保坂征宏、上口賢治、足立恭将、坂見智法、行本誠史（気候研究部）尾瀬智昭（気候情報課）

目 的

これまで主に大気海洋の結合系や対流圏—成層圏間の大気相互作用にとどまっていた気候の理解および気候モデルの範囲を、植生・陸面状態、雪氷・海水分布、大気組成の変化（オゾン、二酸化炭素）を含めたものに拡大する。

本年度の計画

①気候システムに関する基礎的研究

インド洋・熱帯太平洋がアジアモンスーン及び中高緯度大気に及ぼす相対的重要性について調べる。海面水温の形態を変えた水惑星実験を行う。植生分布の変化の気候への影響を調べる。氷床オフラインモデルにより氷期の氷床の維持過程を調べる。結合モデルによる最終氷期極相期、気候最適期の古気候実験を開始する。植生モデルのオフライン実験を行う。太陽紫外線によるオゾン加熱変化の影響がどのように対流圏に達するかに留意しつつ引き続き太陽活動とENSOサイクルの相互作用を調べる。

②気候システムのモデル化に関する研究

積雲対流パラメタリゼーションの改良を行う。重力波抵抗の新スキームを導入し、成層圏等の振舞の改善を試みる。氷床モデルの気候モデルへの組み込みを行う。オンライン植生モデルを作成する。

本年度の成果

①気候システムに関する基礎的研究

気象研究所の気候モデル（MRI-CGCM2.2）の1000年間積分におけるエルニーニョ南方振動とインドモンスーンについて調べた。両者の間には、観測と同様に、負相関（エルニーニョ時にインドモンスーン降水量が負偏差）となる関係があるが、この関係は数十年スケールで変動していた。ENSOの振幅の数十年スケールでの変動に伴い、赤道東西循環が変動しモンスーンへの関与の強弱が変動することが示された。

熱帯太平洋のエルニーニョが南半球高緯度に及ぼす影響を観測とモデルを比較して調べた。その結果、エルニーニョの影響を最も大きく受ける海域は南極ロス・アムンゼン海（太平洋セクターの東部）であることが確認された。

陸面モデル・気候モデルを用いて、降水の蒸発散と河川流出への配分比に関してブディオの枠組みで調べた。乾燥域では正味放射が降水を蒸発させるのに十分あり流出はほとんどないレジームにあるのに対し、湿潤域では蒸発散はほぼ飽和状態にあって降水の変化がほぼそのまま流出の変化になるようなレジームにあること、いわゆる半乾燥域は両レジームの間にあることがわかった。

8種類の異なる海面水温分布を与えた水惑星実験を行い、解析を開始した。

最終氷期の始まりとされる約115,000年前の地球軌道要素を旧バージョンの大気海洋結合モデルに与え、北半球高緯度での氷床成長が起こるか否かについて調べた。その結果カナダ北部の多島海域で越年性の積雪域が現れ、積分と共に空間的にも成長を始めることが示された。このことは、地球軌道要素の変化による気候システムの応答が氷期の開始にとって重要であることを示している。

MRI-CGCM2の最新版（MRI-CGCM2.3.4）による古気候実験のために、最終氷期最盛期（約

21,000年前)の氷床分布及び地形データ(ICE-5G)を整備し、制御実験・完新世中期(約6,000年前)及び最終氷期最盛期についての実験を開始した。

太陽活動の変動に伴って成層圏子午面循環が変化し、熱帯赤道域の成層圏界面付近の気温が変化する。これに伴い対流圏の赤道域の南北循環の他に東西循環が変化し、その影響によってENSOサイクルやインドモンスーンに影響が及ぶことをデータ解析から示した。

②気候システムのモデル化に関する研究

重力波抵抗スキームの改良版について長期積分し動作テストを行った。新重力波抵抗スキームについては、調査を継続した。

植生モデルとしてBIOME4を導入しオフライン実験の準備を行った。

関連論文

90, 92, 93, 107, 108

温暖化予測情報評価にかかわる基礎的研究

研究期間：平成12年度～平成16年度

研究代表者：楠 昌司、(気候研究部 第四研究室長)

研究担当者：行本誠史、吉村 純、内山貴雄 (気候研究部)

目 的

特別研究「地球温暖化によるわが国の気候変化予測に関する研究」(平成12年度～平成16年度)で行われた気候変化シナリオ作成のためのモデルの開発・高度化とそのモデルを用いた計算の成果を、温暖化情報として他の地球温暖化の影響評価研究者や行政機関の政策決定者に有効活用されるために必要な予測の不確実性の評価などの基礎データを与えることを目的とする。

本年度の計画

本研究で行われてきた温暖化予測の不確実性の評価に関する研究のまとめを行う。

本年度の成果

さまざまな排出シナリオに対する温暖化実験の結果を解析し、シナリオの違いによる予測のばらつきを評価した。排出シナリオA1Bの場合について、アンサンブル・サイズが5の温暖化実験結果の解析を行った。アンサンブル間のばらつきは、モデルの大気と海洋の内部変動に起因するものである。温暖化時の地上気温と降水量の変化量に対するアンサンブル間のばらつきの相対的な大きさは、予測の不確実性の指標となる。一般に、高緯度地方より熱帯で不確実性が小さいこと、降水量より地上気温の不確実性が小さいことがわかった。温暖化予測情報第7巻では、MRI-CGCM2の全球予測の成果が掲載予定であり、結果に含まれる不確実性の定量的記述に活用される。

関連論文

気候変動の実態把握と物理過程に関する解析的研究

研究期間：平成14年度～平成16年度

研究代表者：山崎信雄（気候研究部 第五研究室長）

研究担当者：田中 実、釜堀弘隆、高橋清利（気候研究部）

目 的

東アジア域における気候変動の特性の理解のために、年々から数十年にわたる変動の解析、極端な現象の把握や他地域との比較とともに、ENSOなどの変動が東アジアの気候にどのように影響しているのか、どのような場に伴って極端な現象が起きていたのかを明らかにする。

本年度の計画

東アジア地域の地上・海面水温データ等を使用して、エルニーニョの翌年の夏の気象、南シナ海モンスーン・太平洋十年周期変動（PDO）等との関係を明らかにする。

また日本における短時間豪雨の経年変動と気温・気圧などの変動との関連の解析を行う。

今年度の成果

100年間の解析から、北日本の冷夏は出現しやすい時期としにくい時期が10-15年周期の変動を示し、個々の冷夏年はエルニーニョとその翌年に集中していることが分かった。

夏季前半後半における日本の強い降水と500hPaの関連を調べ、500hPaのトレンドの空間的パターンとは特に夏季後半によく対応して長期的変化と関連していることを示唆する。

関連論文

250

マイクロ波データ等を利用した台風構造変化の研究

研究期間：平成13年度～平成17年度

研究代表者：中澤哲夫（台風研究部 第二研究室長）

研究担当者：北畠尚子、森一正、別所康太郎、星野俊介（台風研究部）

目 的

近年技術的な進歩が著しく、降水量や水蒸気量など台風にとって重要な物理量の推定が可能な衛星マイクロ波データ等を用いて、観測データの利用技術を開発し、台風の構造や台風に伴う激しい現象の解析や数値モデルの改善に役立てる。

本年度の計画

台風の発生環境について、ベストトラックや客観解析のデータなどから統計解析を行う。さらにマイクロ波探査計AMSUなどの衛星観測データを用いて、台風の発生環境を詳細に調査し、台風が発達する擾乱の判別法を開発する。

マイクロ波データを用いた台風強度推定法の開発のため、TRMM/TMIデータおよび他の衛星のマイクロ波データを利用し、熱帯低気圧の発達段階を考慮したパラメーターと台風強度との関連を調査する。

台風の温帯低気圧化の3種類のパターンについて、上層の流れを含めた大規模場との関連を調査する。日本付近で出現頻度の高い、暖気核隔離パターンの事例として、台風0221号を取り上げ、その構造変化の詳細を解析し、台風の温帯低気圧化判定と関連づけることをめざす。

日本付近での台風の構造変化を調べるため、関東接近時の台風のゾンデ観測を行う。

本年度の成果

2003年の台風について、TMIやAMSR-E、AMSRなどのマイクロ波放射計の輝度温度（19GHz、37GHz、85GHz、89GHz）と、台風の強度（最大風速）との関係を統計的に求めた。その結果、TMIからの推定では8 m/sほどの最小自乗平均誤差だったが、AMSR-EやAMSRでは5m/sと小さくなっていった。

台風の温帯低気圧化の3つのパターン（①暖気核隔離、②前線波動、③寒気移流）について、2001-2002年の事例で対流圏上層の流れとの関係を調べた。②③と比較して①は上層ジェット気流の蛇行が大きく、台風が速い速度で北上するため、地上低気圧が上層ジェット気流よりも寒気側で温帯低気圧化していた。②は上層ジェット気流のほぼ真下で、また③は下層寒気移流のため上層ジェット気流より暖気側で温帯低気圧化していた。

暖気核隔離パターンの温帯低気圧化事例である台風0221号について、ドップラーレーダーやウィンドプロファイラの観測データを用いて詳細な解析を行った。温帯低気圧化の約半日前には、台風中心は総観規模前線のほぼ真上に解析されたが、詳細に見るとメソスケールの前線より数10km暖気側を通過していた。また温帯低気圧化時刻の前後の擾乱は乾燥した暖気核を持ち、閉塞前線に似た気団構造を持つが暖気が乾燥している点で古典的な温帯低気圧の構造とは異なることもわかった。

関連論文

195, 260

氷晶発生過程に関する研究

研究期間：平成15年度～平成19年度

研究代表者：村上正隆（物理気象研究部 第一研究室長）

研究担当者：楠 研一、折笠成宏、斎藤篤思（物理気象研究部）、
永井智広（気象衛星・観測システム研究部）

目 的

種々の雲における氷晶発生過程を明らかにし、新しい雲物理パラメタリゼーションの開発を通して降水短時間予報精度の向上、気候変動予測の研究推進、航空機への着氷域予測精度の向上、水循環・エネルギー循環の解明に資することを目的とする。

本年度の計画

①氷晶核と雲内初期氷晶分布に関する観測的研究

航空機、降水粒子ゾンデ、ライダー等を用いた観測から得られたデータを解析して、種々の対流雲の初期氷晶分布と気象条件の関係を調べる。

②氷晶発生過程に関する実験的研究

氷晶核計と雲生成チャンバーを用いて、 $-10\sim-30^{\circ}\text{C}$ に生成される層状雲・対流雲内における氷晶発生メカニズムの同定と定量化を行う。

③数値モデルを用いた氷晶発生過程に関する研究

氷晶核及び氷粒子の密度を予報変数に追加し詳細雲物理ボックスモデルの改良を図る。雲水・雨水の最適な分布形やdrizzleの予報変数への追加などを検討しバルクパラメタリゼーションの改良を図る。

本年度の成果

①氷晶核と雲内初期氷晶分布に関する観測的研究

航空機・降水粒子ゾンデ観測の結果から、雲頂温度が -35°C より暖かい対流雲では、上昇流コア中に最大で数100個/Lの氷晶が存在し、上空ほど（温度が低くなるほど）数濃度が増加する顕著な傾向が見られた。 -40°C 以下の対流雲の上昇流コア中では数1000個/Lの氷晶が観測された。これらの観測事実から、氷晶発生メカニズムとして雲粒凍結（凝結-凍結、内部凍結、均質凍結）または高氷過飽和度における昇華核形成が働いていたものと考えられる。

②氷晶発生過程に関する実験的研究

今年度は内壁温度の一様性と応答性を向上するための雲生成チャンバー改修に必要な基礎データ取得と改修後のチャンバーの性能評価実験を行った。氷晶核計については、シーエアに窒素ガスを使用することにより、安定した低湿度制御が可能となり、バックグラウンドノイズを1個/L程度に低減し、測定精度の向上を図った。

③数値モデルを用いた氷晶発生過程に関する研究

昨年度開発した詳細雲物理ボックスモデルの性能評価実験を実施し、改良を加えた。2-moment雲物理バルクパラメタリゼーションに関しては、昇華核形成における氷過飽和度を上昇流による余剰水蒸気の生成と雲・降水粒子の成長による余剰水蒸気の消費を考慮した診断型スキームを開発し、その性能評価を行った。従来の静的スキームや過飽和度鉛直傾度スキームと比べて、上層雲の過大評価を大幅に改善することが確かめられた。

関連論文

65, 96, 292

水の相変化を考慮した大気境界層の構造に関する研究

研究期間：平成12年度～平成16年度

研究代表者：井上豊志郎（物理気象研究部 第二研究室長）

研究担当者：萩野谷成徳、木下宣幸、毛利英明（物理気象研究部）、栗原和夫（環境応用気象研究部）

目 的

風洞実験や野外観測データの解析に基づき、霧や結露、結氷などの水の相変化に関する大気境界層の構造を調べることを目的とする。

本年度の計画

赤外線吸収を利用したセンサを試作し3 cmスパン超音波風速温度計と組み合わせて水蒸気フラックスの渦相関測定を行い、霧発生時を含む水蒸気フラックスの輸送係数を求める。

境界層乱流において、水の相変化に重要であるような微細空間構造の大きさ・速度スケール等のレイノルズ数依存性を調べる。

風洞実験で得られた知見をもとに境界層乱流等を表現できるLES等のモデルの検討を行う。
結露時に適用できる輸送係数を実測から求める。

本年度の成果

光ファイバーを用いた2波長式赤外線湿度計を開発した。同湿度計と3 cmスパン超音波風速計による風洞での水蒸気フラックスの渦相関測定から、次の2点が明らかになった。

- ・安定成層した境界層では運動量に対する拡散係数 (K_m) に比べ顕熱や潜熱に対する拡散係数 (K_h と K_e) は共に1/2程度の大きさであるが、床面温度が気流の露点温度に近い場合については比湿の鉛直傾度も水蒸気フラックスも小さくなるのでより高い精度での測定が必要である。
- ・安定成層した境界層でMellar & YamadaのLevel 2.5や3の K_m は風洞測定値から求めたものに良く一致するが、 K_h は過大であることがわかった。特にLevel 2.5では $K_h > K_m$ となり適切な表現ではない。

短スパン（3～10cm）超音波風速温度計から出力される乱流温度変動は冷線温度計の温度変動に比べ過大で、風速変動が温度変動を見かけ上大きくすることが明らかになった。

風洞気流の改善のため「境界層漏出スロット」を考案し、高い効果が確かめられた。

結露量の自動観測装置を開発し、熱収支式による結露量の算定結果との比較を行ない、本結露計で1時間～1晩の結露量を測定できることが確認された。結露計の輸送係数は、裸地面上で中立付近の値に近い。これは、結露計として使用したClass-A-Panの形状（有限の面である、地面から35cmの高さに突き出ている）が一様面の輸送係数に比べて乱流が発生し易い構造であることに起因していると思われる。

熱収支式と風速、気温などの気象観測データを用いて、結露量の通年の見積もりをし、結露量が多いのは、春と秋である事を確認した。湿潤地域と半乾燥地域では、大気中の水蒸気量の違いを反映して結露量にも大きな差異が見られた。

気象研究所大型・小型風洞において、広い範囲のレイノルズ数の乱流を生成し、その速度場の時系列データから、渦管と呼ばれる微細構造が、乱流の間欠性に卓越した影響を及ぼしていることを明らかにした。高いレイノルズ数において、渦管の半径がコルモゴロフ長に比例し、渦管の巡回速度が乱流の1点速度変動に比例するという漸近的振舞を明らかにした。

関連論文

95, 298

局地環境気象に関する基礎的研究

研究期間：平成15年度～平成16年度

研究代表者：千葉 長（環境・応用気象研究部 第二研究室長）

研究担当者：栗田 進、山本 哲、清野直子、栗原和夫（環境・応用気象研究部）

目 的

関東平野程度のスケールを対象とした、局地前線や霧などの局地気象現象の発生、発達機構の解明や複雑地形表面上で吹く風の分布、変動特性の評価法について基礎的な研究を行う。一方、都市化に伴う気象の変化は近年特に大きく取り上げられるようになっており、地表面に存在する構造物による熱的、力学的効果を明らかにする。

本年度の計画

①局地気象現象のメカニズムの解明

風洞実験の結果を踏まえ、熱的な影響のある環境での風の乱れのモデルを改良する。

数値モデルによる霧の再現実験をおこなう。

前線形成に及ぼす大気境界層の影響を解析する。

②都市気象の基礎過程の解明

前年度実施した予備的風洞実験のLESモデルによる再現計算を進め、風洞実験結果と比較解析しモデルの改良を図る。

風洞実験ではこの比較から最適な測定条件に基づいた実験を行い、数値モデル開発に資するデータを取得する。

本年度の成果

①局地気象現象のメカニズムの解明

昨年度に実施した風洞実験データの解析から乱流運動エネルギーが山頂から風下側で大きいこと、火口からの噴出があるとその値が大きくなること、高度が高くなると共に小さくなるが、噴出がある場合のほうが高高度まで大きいことがわかった。

局地的な風のシアラインや温度傾度を伴う前線が維持される過程は、気象条件の水平コントラストだけでなく、大気境界層内の乱流混合や鉛直輸送の強さに大きく影響を受ける。数値モデルにおいて前線の発達・維持過程を適切に表現するために、鉛直輸送に関するモデルの再現性を調べた。まず、現実的な風の場の下で異なる大気安定度を与えた場合、現実地形によって引き起こされるシアラインの形状は、理想化された実験と同様、基本場のフルード数に応じて変化することを確かめた。このようなシアラインの構造は地面温度の変化に伴い昼夜で変化する。大気境界層下部の鉛直流と鉛直拡散の強さの時間変動と空間分布を調べたところ、日中については現実的な分布が再現されていたが、夜間、成層が強い状況では、モデルの乱流輸送が過小評価である可能性が高いことがわかった。このような傾向はモデルの水平格子間隔を細かくしても変わらなかった。現実的な鉛直輸送を表現するためには、大気境界層内の物理過程の改良が必要なのか、地表面条件の扱いを改善すべきなのかについて検討が必要である。

②都市気象の基礎過程の解明

前年度実施した風洞実験の解析で風の場に問題点（本来予想される左右対称性が崩れる現象）があることが明らかになった。このままではモデルとの比較をする上で障害になるので、この現象の原因を探る実験を行った。その結果、この現象は二つのLDVプローブを対称的に取り付ける事により対処できることが分かった。

関連論文

151

地域気候系のモデル化に関する研究

研究期間：平成14年度～平成16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）

研究担当者：馬淵和雄、佐々木秀孝、高藪 出、小畑 淳、村崎万代、三上正男（環境・応用気象研究部）、増田真次（気象庁 気候・海洋気象部 海洋気象課 汚染分析センター）

目 的

本研究の目的は、第一に陸面過程等の必要な物理過程を組み込んだ水平分解能数km程度の雲解像大気モデルをベースにした地域気候モデルを開発し、月・季節程度以上の時間スケールで連続積分可能なモデルを構築することである。また同時にこれまでに開発されたモデルを使用して、地域気候、水循環等の様々な現象の機構解明を行うことと、その成果を雲解像大気モデルベースの地域気候モデル開発に役立てることが第二の目的である。また、陸面過程の一環として大気と陸上生態系間の二酸化炭素交換を時々刻々計算できるモデルを用いた大気中二酸化炭素濃度の年々変動の機構の解明が本課題の中の第三の目的である。

本年度の計画

①非静力学地域気候モデルの開発

非静力学気候モデルの長時間積分を行い、性能チェックを行う。

非静力学地域気候モデルに陸面過程を組み込む。

研究のまとめを行う。

②静力学地域気候モデルを用いた地域気候変化、水循環変動の解明に関する研究

地域気候モデルの長時間積分結果から水循環変動の再現可能性と問題点を明らかにする。

地域気候モデルの時間積分結果を実験結果などと比較して、陸面過程に係わる問題点を明らかにし、必要に応じて改良を行う。

研究のまとめを行う。

③全球及び地域規模の二酸化炭素循環の解明に関する研究

H15年度に行った数値実験の結果を解析し、モデルの精度を評価し、大気中二酸化炭素濃度の将来予測に使うための問題点を検討する。

研究のまとめを行う。

本年度の成果

①非静力学地域気候モデルの開発

5 kmメッシュの非静力学気候モデルを用い、客観解析値を境界条件として行った梅雨期の現在気候再現実験結果を解析し、非静力学地域気候モデルは強い降水域をよく再現するなど、現在気候再現に関する十分な精度をもっていることがわかった。しかし、積分時間が1か月を越えるころになると下層の温度場が低温化し、必ずしも適切な結果が得られなかった。これについては、今後、境界層などの改良を行う必要があると考えられ、陸面過程の改良は、この問題の検討と同時に実施するのが適当である。

②静力学地域気候モデルを用いた地域気候変化、水循環変動の解明に関する研究

さらに温暖化時における長時間積分の結果から、温暖化によるユーラシア大陸東部における気候変化を解析した。ユーラシア大陸東部において、将来的にベンガル湾やインドシナ半島周辺で降雨が増加する一方、中国中部周辺で降雨が減少する傾向が見られた。日本周辺においては、陸面水文過程を組み込んだ高分解能の日本域地域気候モデル（20kmメッシュ）の現在気候に関する長時間積分結果を日本の7つの地域ごとに解析し、降雨や気温が精度よく再現されることを示した。さらに、日本域の地域気候モデルによる温暖化予測実験の解析を行った。その結果によれば、温暖化時には、

日本域の夏季に西日本を中心に降雨が増加することがわかった。一方冬季には北陸を中心とする日本海側の地域で降雪量が減少することが明らかになった。気温については夏季の昇温よりも冬季の昇温の方が大きく、昇温の大きさの差は約1℃にもなることが示された。

③全球及び地域規模の二酸化炭素循環の解明に関する研究

葉、根、腐植土層などの植生の各層に蓄積される炭素量を予測できる高度化された陸面植生モデルBAIM-Ver.2による長時間積分結果を解析し、東アジア域における植生の各層の炭素量などの季節変動特性を調べた。

一方、大気海洋結合モデル（分解能T42）に大気海洋二酸化炭素交換モデル、二酸化炭素の人為排出源データ、大気・陸域生態系二酸化炭素交換モデルを組み込んだ気候炭素循環モデルによる長期積分結果を解析し、世界の各地域における大気との二酸化炭素交換量について検討した。

関連論文

274, 275, 276

ドップラーレーダーによる降水・風観測技術の高度化に関する研究

研究期間：平成14年度～平成16年度

研究代表者：高山陽三（気象衛星・観測システム研究部 第二研究室長）

研究担当者：中里真久、石部 勝、足立アホロ、山内 洋（気象衛星・観測システム研究部）

目 的

最近進歩してきたレーダー関連技術を取り入れることにより、偏波、ドップラースペクトル等、従来利用していなかった観測パラメータを新たな推定要素として利用し、降水・風推定方法の精度向上を図る。

本年度の計画

①風観測手法の改良・開発

変分法等を用いた風分布算出アルゴリズムの開発に着手する。

一次／二次エコーの分離手法の実データを用いた手法の開発と性能の検証を行なう。

バイスタティックレーダー受信機の最適な配置に関する理論検討を行なう。

②降水観測手法の開発

降水の特性を調べるため降水粒子分布・降水量・雪や雨の識別を多周波・スペクトルデータにより観測する方法を開発する。

Z-R関係の粒径分布の違い、上下風の影響の評価を、レーダー、降水粒子計サイズスペクトル観測及びウインドプロファイラの利用によりおこなう。

本年度の成果

①風観測手法の改良・開発

Gal-Chenの変分法による一台の時系列ドップラーレーダー観測データを用いた風推定方法のプログラム作成を行ない、変分法による風算出方法の開発準備を始めた。

風観測の高度化、台風周りの風推定方法の検証のため、台風21号、22号、23号、並びに12月4～5日の強風の事例のドップラーレーダー観測を行ないデータの蓄積を図った。

一次／二次エコーの分離手法の開発では、キーとなるドップラースペクトル取得ができるようになった。

②降水観測手法の開発

特定の粒径においてレーダー散乱断面積が極小値を持つというミー散乱特性を利用し鉛直風の推定ができることが分かり、マイクロレインレーダーで観測した降雨粒径分布の推定精度の向上が図れた。この降雨粒径分布と鉛直風の情報を利用してマイクロレインレーダーによる降水強度を補正するアルゴリズムを作成した。層状性の雨3回の事例34時間分のデータに適用したところ、鉛直流を考慮しない従来法と比較して、雨量の相対誤差が130%から36%に改善された。

関連論文

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

研究期間：平成13年度～平成17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）

研究担当者：廣瀬保雄、永井智広、中里真久（気象衛星・観測システム研究部）

目的

他の手法と比較し、距離（高度）分解能に優れ時間的にも連続した観測が可能な優れた特徴を持っているライダーについての技術開発を行い、オゾンやエアロゾルなど大気微量成分の動態を把握するための手法を高度化し、気候・大気環境監視に資する。

本年度の計画

対流圏オゾンライダーについて、受信系の開発を行い、前年度までに整備・開発した送信部及びデータ処理部を組み合わせてシステムを完成させる。

対流圏エアロゾルについて、エアロゾル粒子の種類の解析法などの開発を行う。

本年度の成果

オゾンライダーについて、高度3 km程度以下の対流圏を観測対象とする受信系の開発を行い、前年度までに開発した上層用受信系（高度3 km以上）、送信部及びデータ処理部と合わせ対流圏全層観測が可能なシステムを完成させた。また、観測データを解析するための処理プログラムを開発した。本システムは、二酸化炭素を用いた1本のラマンセルで波長276nm、287nmおよび299nmのレーザー光を発信させ、オゾン高度プロファイルを測定するもので、装置の構造が単純、昼夜観測が可能、エアロゾルの多い低高度での観測精度が向上、また二酸化炭素のみの気体を使用するため水素などを用いるものに比べ安全という優れた特徴がある。試験的な観測を行ったところ、まだノイズ遁減等問題はあるものの高度2～10kmまでの領域でオゾン濃度 $0.8\sim 1.4\times 10^{18}\text{ m}^{-3}$ 程度の値が得られ、昼夜共に十分な強度の信号が安定して受信でき正常に動作すること確認できた。

対流圏エアロゾルの種類・粒径等の特性を観測するためには多波長でのライダー観測が有効であり、これまでにNd：YAGレーザーと色素レーザーを用いた多波長ライダー観測手法の検討を行ってきた。多波長観測データの持っている情報の一つにエアロゾルの起源がある。大気中には、大気汚染、土壌、海洋性といった様々な起源のエアロゾルが混在している。これらは起源特有のサイズや複素屈折率などの物理特性を持っており、この物理特性の差を多波長ライダー観測から抽出することで特定のエアロゾルの存在割合を検出できる可能性がある。3波長のライダー観測から特定起源エアロゾルの混在割合抽出手法を開発し、モデル大気でシミュレーションを行い手法が有効であることを確認した。また、黄砂飛来時の観測データから、黄砂と他のエアロゾルの割合を推定し、偏光観測と良く合うことが分かった。

関連論文

187

津波の発生・伝播に関する基礎的研究

研究期間：平成13年度～平成17年度

研究代表者：高山寛美（地震火山研究部 第一研究室長）

研究担当者：長谷川洋平、林 豊（地震火山研究部）、桑山辰夫（気象庁地震火山部 地震津波監視課）

目 的

津波予報の精度向上に向けて次の技術開発・調査・研究を行う。

- ①津波を後続波まで精度良く再現できる数値計算技術を開発する。
- ②地震の大きさに比べて異常に大きな津波地震（1896明治三陸津波地震及び1946アリユーション津波地震）の発生メカニズムを解明する。

精度良く津波を計算する数値計算技術を開発することにより、津波波形から地震の詳細な破壊過程をインバージョンにより解明する事も可能となる。

本年度の計画

非線形な項を入れた津波伝播の支配式を解く数値計算方法を用いて実際の津波に対し数値計算を試み計算方法の改善を行う。

津波地震発生メカニズム仮説を基に、数値計算を行ない、2つの地震による津波の再現を試みる。またその結果を基に仮説を改善する。

本年度の成果

昨年度導入した津波遡上数値計算プログラムを用いて、2003年十勝沖地震の津波再現計算を試みた。この結果、海岸付近に現れる後続波の津波高・遡上高は、波源初期条件により大きく異なる場合があること、また、計算格子の大きさにも依存すること、が明らかになった。再現する空間スケールの小さい遡上高等の数値計算を行う際には、これらの点に留意して初期設定を行う必要がある。2つの津波地震の再現計算では、パラメタ調整のみでは顕著な改善は難しいことが判明した。

関連論文

火山活動に伴う自然電位、重力変化等の観測・解析に関する基礎的研究

研究期間：平成13年度～平成17年度

研究代表者：山本哲也（地震火山研究部 第三研究室長）

研究担当者：福井敬一、藤原健治、高木朗充、坂井孝行（地震火山研究部）

目的

現在火山監視業務には導入されていない自然電位、重力および地温等の観測・解析技術の改善・開発し、それらの物理的意味を解明するための基礎的研究を行う。また、火山の噴火時における空振データなどの各種観測データを収集・解析し、空振発生機構などの基礎的研究を進める。

本年度の計画

安達太良山でGPS、地磁気、自然電位、重力、熱等の観測を行う。熱源と地下水の数値解析に取り組み、観測データの解析に活用する。

火山における地震、空振、地殻変動、様々なリモートセンシング等のデータ取得、解析を進める。

本年度の成果

安達太良山における観測と数値解析を行うとともに、各火山における地震、空振、火山ガスなどの観測データの収集、解析を行い、火山活動に伴って発生する現象の発生機構などについて研究を進めた。それによって以下の成果をえた。

テストフィールドとしている安達太良山でGPS、自然電位、重力、熱映像等の繰り返し観測を行い、データの蓄積を進めた。この1年間、顕著な変動は観測されず、現在火山活動は静穏化の過程にあるとみられる。また、これまでに観測されている様々な現象の理解を進めるために、地下の熱源と地下水の数値解析に取り組み、それに基づいて安達太良山で観測されたデータの定性的な解釈を行った。

富士山には、冬季に山頂部だけで観測される微小な地震が存在し、2003年の冬季に特に活発化した。これまで詳細がわかっていなかったこの地震について、特徴や発生機構を明らかにすべく、富士山周辺の地震観測データの収集を行い解析を行った。その結果、この地震は山頂の気温が短時間に10℃以上低下し-20℃以下になった時に多発すること、震源は山頂直下の標高3000m付近であることを明らかにした。

硫黄島火山の地震観測データを取得し、規模は小さいものの地球潮汐に連動した活発な地震活動があることを明らかにした。ほとんどの地震は14、19、及び28Hzに卓越周波数をもつ単色地震に大別され、それぞれの地震波形は相似であった。また周波数が4Hzの連続的な微動が存在した。これらから、長さ約20mと約40mの噴気の共鳴体が存在することが推定された。

浅間山観測史上初めて観測された爆発空振の波形記録を解析した。2004年9月1日の中規模噴火では、空振の最大振幅は205Paと非常に大きく、爆発音に対応する20Hz以上の高周波成分も確認された。その後3回観測された爆発空振には微弱ながら先行相が見られ、爆発が火道の深い所で発生していると推定された。

2003年十勝沖地震の際の、北海道の火山における空振計の記録を解析した。観測された超低周波音は地震動によって放射されたと推定されたが、その放射効率は理論値より低かったとみられる。また、地震動が収まった後に超低周波音後続波が存在することを初めて明らかにした。

火山活動に伴う変動を捉えるために伊豆大島の約40観測点で精密な重力繰り返し観測を行った。また、霧島山、樽前山でも精密な重力観測を行った。

三宅島における火山ガス濃度比（CO₂/SO₂）の繰り返し観測を行った。濃度比は2000年10月の観測開始以来ほぼ一定しており、マグマから脱ガスする環境に大きな変化はないことが推測される。

浅間山、霧島山で新型SO₂測定器（miniDOAS）の試験観測を実施した。浅間山における2005年2月および3月の観測でSO₂ガス放出量は1日あたり2000～3000トンと求められた。霧島山御鉢に2003年末に新しく出現した噴気中のSO₂は検出限界以下であった。

関連論文

134, 164, 211, 258

高解像度（渦解像）海洋大循環モデルの開発とそれによる水塊の形成、維持、及び変動機構の解明

研究期間：平成15年度～平成19年度

研究代表者：石崎 廣（海洋研究部 第一研究室長）

研究担当者：石川一郎、平原幹俊、辻野博之、中野英之、中野俊也、（海洋研究部）、
安田珠幾（気候研究部）、山中吾郎（気象庁気候情報課）

目 的

高解像度（渦解像）海洋大循環モデルを開発し、同モデル結果の解析から大気海洋相互作用や海水混合によって形成される同じ性質を持つ海水の団塊（水塊）の形成・維持・変動の機構を解明する。

本研究での高解像度とは、海洋の傾圧不安定による擾乱（内部変形半径、中緯度で約30km程度）を十分表現できることであり、10kmより高い分解能を意味する。

本年度の計画

①海洋モデルの改良・開発と大循環シミュレーション

モデルコードの書き換え、非静力学過程の開発着手、及び移流・拡散スキーム高精度化
中解像度全球表層・熱塩循環実験
北太平洋渦解像モデル気候的強制実験
OMIP実験継続

②計算結果による海洋現象の解明

全球表層循環実験結果に対し、太平洋中緯度域の変動と熱帯域の変動との関連性を調べる。
深層水塊の形成における海底境界層の役割を調べる。
深層測流用係留系を回収し、周辺CTD/LADCP観測を行う。

本年度の成果

①海洋モデルの改良・開発と大循環シミュレーション

A. モデルコードの書き換え

新たな座標系の導入については、モデルの極付近で格子があまり小さくならないという長所を持つJoukowski変換による格子へ対応させた。その他、海上風速を読み込み露点温度か比湿かのいずれかを選んでバルク式で風応力を計算可能にし、海水部分のコードの独立性を高め、新計算機に対応した計算の効率化を図る等の改良を施した。

B. 非静力学過程の開発着手

海洋モデルに非静力学過程を導入した。導入に当たって、鉛直速度を予報変数として解くスキームを導入した。数値的に負担の大きい楕円方程式を解く必要があるが、それにより鉛直流がより正確に表現され、現実に近い予備的結果が得られた。B-Gridに対する最適化を行った。

C. 移流・拡散スキーム高精度化

粘性と拡散が一体となり、空間的に変化する係数を持つ新たなスキームを導入し、現象を的確に表現できる確証を得た。

D. 中解像度全球表層・熱塩循環実験

ERA40の大気境界条件による1979～2000年の歴史実験を行った。また、極域まで含む全球モデルにより、海底境界層の感度実験を行った。これらの結果はGとHの項に記載する。

E. 北太平洋渦解像度モデル気候的強制実験

渦解像モデルの性能評価のため渦許容モデルとの比較実験を実施した。北太平洋中層水に関わる塩分極小が、渦解像モデルでより現実に近く再現された。水平解像度の上昇により、小さな渦やフィラメント上の構造が多く現われ、混乱水域で低塩分水の亜熱帯域への輸送が促進するためと考えられる。また、千島列島付近で鉛直拡散を強めた場合、鉛直混合が活発になることでオホーツク海と外洋との海水交換が促進され、塩分極小がより明瞭に再現された。

F. OMIP実験

海面フラックスの計算に際してスカラー風速のサブグリッドスケール変動を考慮する方法を適用することで、水温分布に関してより現実的な海洋の状態を再現することができた。

②計算結果による海洋現象の解明

G. 全球表層循環結果における太平洋中緯度域の変動と熱帯域の変動との関連性の調査

大気変動の卓越周期を数年と十年規模に分けて中解像度モデルを駆動することにより、十年規模の大気強制によって、太平洋の赤道域から北緯20度にかけての十年規模の水温偏差伝播が生じることが分かった。

H. 深層水塊の形成における海底境界層の役割の調査

中解像度全球モデルに海底境界層（BBL）を組み込んだものを100年間積分した結果を従来のものと比較した。南極環海および北大西洋において深層水の密度の差（BBL-非BBL）は最大 0.1kg/m^3 程度になった。深層水塊の形成過程を再現するうえでBBLの導入が有効であることがわかった。

I. 深層測流用係留系の回収と周辺CTD/LADCP観測

モデル結果の検証のため行っている南緯5度、東経165度近辺での2系の係留系を啓風丸によって回収し、結果を解析した。地形のせき止め効果がなくなる2000m以浅ではモデル結果に対応するような平均的東向き流がみられた。また、南緯3度、東経163度近辺の2系の係留系も凌風丸により回収し、解析を行った結果、平均的南下流がみられ、モデル結果を支持した。

J. その他

渦許容海洋数値モデルを用いて、黒潮の離岸のメカニズムを調べた。黒潮が岸を離れて黒潮続流となり東に進む位置は、流れの方向に対して逆圧力勾配が成り立っている場所と一致した。レイノルズ数が大きい場合には犬吠埼のように凸状の海岸地形は逆圧力勾配を生みやすく、離岸を促すように振る舞うことが示された。

関連論文

34, 38, 200, 201, 302

北西太平洋の力学的海況予報に関する研究

研究期間：平成13年度～平成17年度

研究代表者：石崎 廣（海洋研究部 第一研究室長）

研究担当者：辻野博之、蒲地政文、碓氷典久（海洋研究部）、倉賀野連（気象庁海洋気象課）

目 的

北西太平洋海域に関して、海面高度等の衛星データ、船舶データ、及びフロートデータ等を用いた高度な手法に基づく同化システムを構築し、季節変動より短い周期の短期海況変動の予測実験を行い、力学的海況予報の技術基盤を確立する。

本年度の計画

高度化したシステムを用いて、黒潮の流路を始めとする海流、海水温、海水などの短期変動を対象とした予測実験を行う。

本年度の成果

・気象研究所海洋データ同化・解析・予報システムの構築

海況予測用モデル（水平解像度 $1/10^\circ$ ）の粘性パラメタリゼーションに関して、全領域で使用している倍調和型 Smagorinsky スキームに加え、日本南岸で調和型水平粘性を加えることにより、今までの最大の短所であった当該モデルにおける非現実的な黒潮大蛇行形成は抑えられるようになり、システムとしての性能が向上した。ただ、非大蛇行接岸流路は不安定となる弱点があり、微調整が必要である。

海況予測用モデルに対する同化システムを構築し、同システムを用いて黒潮の流路を始めとする海流、海水温、海水などの変動の再解析実験を行い、実際に行われた観測結果と比較し、良好な結果を得た。

・上記システムによる予測実験

黒潮の流路変動をターゲットとした予測実験を行った。1993–2003年の各月一回を初期値として、それぞれの予報期間は90日間とした。予報結果を同化再解析実験の結果と比較することにより評価した。その結果60日間の予報は有意であることが確認された。今後は、60日以降の予測の改善のため、海況予測用モデル本体のパラメータ、データ同化による予報時の初期状態作成の両面から改良を行う予定である。

海況予測用モデルで表現された、黒潮の非大蛇行から大蛇行への遷移過程の解析を行った。大蛇行への遷移は、トカラ海況南方の低気圧性渦の形成、北方への移動がきっかけとなっており、九州東方沖に達した時点で、傾圧不安定波が生じ、黒潮により東方に運ばれながら発達する。紀伊半島に達した時点での発達具合により、大蛇行になる場合とならない場合がある。今後そのメカニズムの相違について、予報結果を用いながら解析を行う。

関連論文

81, 82, 84, 246

海洋データ同化システムの高精度化と海洋現象の季節から経年変動の解析

研究期間：平成15年度～平成19年度

研究代表者：蒲地政文（海洋研究部 第二研究室長）

研究担当者：中野俊也、石崎士郎、碓氷典久、藤井陽介、大山準一（海洋研究部）

目的

最近の海洋でのデータ同化研究の発展に伴う知見を踏まえた上で、過去の海洋現象について同化実験を行い、海洋再解析データセットを作成すると共に表層蓄熱量や水塊構造に関連した水温場・塩分場の解析を行う。これと平行してデータ同化システムの高度化のための同化システムの開発・改良を行う。

本年度の計画

①過去の同化実験と解析並びに同化システムの改善

船舶データによる表層蓄熱量の経年から10年変動に関する解析（大気的气圧場・海上風との相関、および時間遅れに関する波動伝搬）

過去の同化実験の開始（1993年から昨年度作成のデータセットを使用）

②アジョイント法の開発

気象研究所共用海洋モデルのアジョイントコード（4次元変分法）の開発

北西太平洋と熱帯太平洋に海域を限定した予備的な同化実験（①で作成された水温・塩分場使用、期間2000-2003、水温・塩分場の再現性の検討）

本年度の成果

①過去の同化実験と解析並びに同化システムの改善

船舶データによる表層蓄熱量データを用いて、経年から10年変動に関する解析、特に大気的气圧場・海上風との関係、および海洋の応答を調べた。エルニーニョ以外の信号については、亜熱帯循環の強度に関係する信号が検出できた。しかし、大気場からの応答が明確でないため、今後温度躍層の深さと流れ場に関して同様の解析を行い、亜熱帯循環の変動を解明する。

3次元変分法を用いて1993年から2001年までの同化実験を行い、水温・塩分・流速・海面高度に関する4次元データセットを作成した。このデータセットを用いて、塩分の経年変動への影響を調べた。熱帯太平洋での水塊構造とその変動の再現には塩分の同化が重要であることがわかった。また、このデータセットを融合型経常研究におけるエルニーニョ予測実験の初期値として提供した。

②アジョイント法の開発

気象研究所共用海洋モデルのアジョイントコード（4次元変分法）を開発した。その4次元変分法を用いた北西太平洋に海域を限定した予備的な同化実験を行った。初期値のみの最適化より、初期値前後の数日間の平均的な状態の最適化の方が後の時間発展をよりよく再現することが確かめられた。そのため、水温・塩分・流速・海面高度の初期値でなく数日間の平均値を最適化して時間変動を求める実験を次年度以降行う。

関連論文

81, 82, 84, 85, 197, 246, 247

気候変動に係わる大気化学組成の長期的変動とそのアジア大陸からの影響に関する研究

研究期間：平成12年度～平成16年度

研究代表者：松枝秀和（地球化学研究部 第一研究室長）

研究担当者：澤 庸介、石井雅男、時枝隆之、齊藤 秀、五十嵐康人、青山道夫、篠田佳宏、廣瀬勝己（地球化学研究部）、和田 晃（気象大学校）

目 的

陸上の様々な自然及び人為的発生源から放出される微量気体組成の特徴を把握し、それらの発生源の変化が大気化学環境に与える影響を解明することを目的とする。また、西太平洋地域の酸性雨の広域化に関連したエアロゾルや降水などの化学成分組成の変動を観測し、東アジア大陸からの影響を解明する。

本年度の計画

①大気中の微量気体の立体的観測と解析

気象研究所の露場と鉄塔を利用した二酸化炭素やメタンなどの微量気体濃度の観測を継続すると同時に、陸域発生源の化学組成の特徴をまとめる。

南鳥島大気観測所や観測船凌風丸による観測によってラドンなどのデータを収集し、地上から上空までのデータを総合的に解析する。これらの結果を基に、西太平洋地域におけるアジア大陸起源の影響をとりまとめる。

②エアロゾルや降水の化学成分組成の観測と解析

富士山山頂におけるエアロゾルの化学成分や微量気体濃度の通年観測を継続して実施する。

これまで得られた観測結果を基に、エアロゾルの除去過程や微量気体の輸送過程についてとりまとめる。

③大気微量化学成分の分析法の開発

各種の大気微量成分の分析マニュアル化を含めた、測定方法のとりまとめを行う。

微量気体については、国際的な標準ガススケールとの違いをマニュアルで明確にしておくために、気象庁において標準ガスの検定を実施する。

本年度の成果

①大気中の微量気体の立体的観測と解析

気象研究所の露場と鉄塔を利用した二酸化炭素やメタンなどの微量気体濃度の観測を継続した。本年度を含めた過去5年間のデータを解析し、陸域発生源の化学組成の特徴をまとめた。その結果、人為起源の汚染と陸域生態系からの放出では、CO/CO₂、CH₄/CO、H₂/CO比に大きな違いがあり、これらの比を利用することによって、発生源の特定に関する有効な情報が得られることがわかった。一方、O₃は二次的な光化学生成があり、他の微量気体との強い関連性がないことが示唆された。

南鳥島大気観測所や観測船凌風丸によるラドンや微量気体の観測システムを新規に設置し、今後長期に観測データを収集できる方法が確立できた。一方、これまで継続してきた地上から上空までのデータを総合して、過去5年間のデータを解析した。その結果、大気中CO₂は長期的増加傾向が引き続き起きているのに対して、大気中CH₄濃度は過去5年間にほとんど増加していないことが分かった。

②エアロゾルや降水の化学成分組成の観測と解析

富士山山頂におけるエアロゾルの化学成分や微量気体濃度の通年観測を夏季まで継続した。過去4年間に得られた微量気体やエアロゾルの変動の特徴やその輸送過程について解析を行った結果、アジア大陸の影響や成層圏対流圏交換による影響などの特徴を明らかにすることができた。

③大気微量化学成分の分析法の開発

各種の大気微量成分の長期観測における技術的改善点、並びに分析マニュアルの作成を含めた測定方法手順をまとめた。国際的な標準ガススケールとの比較並びにその長期的維持に関して、気象庁における標準ガスの検定を今年度2回実施すると同時に、過去5年間の比較結果を解析した結果、気象研究所と気象庁の基準ガススケールが安定して維持されていたことが検証された。

関連論文

236, 266, 268, 271

非静力学数値予報モデルによる地域気象特性の研究

研究期間：平成15年度～平成17年度

研究代表者：大窪 浩（札幌管区気象台 予報課）

研究担当者等：加藤輝之（予報研究部）、札幌管区気象台、旭川地方気象台、室蘭地方気象台、網走地方気象台、釧路地方気象台、稚内地方気象台、函館海洋気象台

目的

本庁ミニスーパーに搭載されている防災情報モデル及びパソコン版非静力学数値予報モデルを利用し、顕著なメソ現象を総合的に理解することを主目的に、それに伴う降雨・降雪等の機構の把握と分析を行い、管内の地域気象特性を把握し、予報官署における実況監視・解析能力の向上及び概念モデルや降水等の定量的予測手法への応用を目指す。

また、現在全国予報技術検討会にて実施している、災害を伴う顕著なメソ現象の実況監視・解析能力の向上と技術指針作成の成果とともに、防災気象情報の質的向上が期待できる。さらに、管内の地台・海台等の協力により、地域特性の解明に各官署の知見を効果的に反映させることで研究内容の充実を図り、成果の防災気象情報への即時的な反映が期待でき、管内における人材育成の効果も期待できる。

本年度の計画

昨年度に引き続き、参考文献を収集する。

引き続き、解析・検証用データを収集する。

非静力学数値予報モデルによるシミュレーションによる擾乱の構造解析、降雨・降雪等の機構解析を引き続き行う。

概念モデルの作成に取りかかり、定量的予測手法への応用を検討する。

本年度の成果

①非静力学数値予報モデルによるシミュレーションを主体とする擾乱の構造解析、降雨・降雪等の機構解析

日本海側冬型降雪における850hPa風向別降雪分布特性を把握し、更に、実況としてアメダス利用に加え解析雨量利用の特性を把握。

局地大雨では、オロフレ山系地形性大雨で山すそ集中型を再現。

局地風では知床半島での山越え強風を再現し構造の特徴を解析した。さらに同様事例のうち現業用予測資料やアメダスで把握困難であった事例の解析を実施し特徴の一端を抽出した。

新千歳空港での低層ウインドシヤーを再現し、地形効果の影響を確認した。

オホーツク海沿岸の下層雲の再現を行い、解消条件につながる特徴を把握した。

熱的不安定降水では特定気圧場を中心とした地上収束線の主風向別分布特性を把握した。

放射や雲量計算方法の変更が低温予測の改善につながる可能性がある事例解析結果を得た。

②概念モデル、定量的予測手法への応用の検討

実況監視・解析・予測用ワークシート化や概念モデル化へつながる特徴については、冬型降雪、低層ウインドシヤー、オホーツク海沿岸の下層雲等の現象について一部把握できたと考えられる。

定量的予測実況監視・解析手法への応用や検討、地方ガイダンス化への模索については、まだ、関連する特徴の抽出段階である。

③その他

リナックスパソコン版NHMシステムのNUSDASデータ対応版の作成

従来の気象研究所データ対応版だけでなく、NUSDASデータ対応版とすることで、本庁環境での各種プログラム等の利用が可能となった。

解析用描画プログラムの開発
特定格子点値によるエマグラム描画プログラムを開発し、解析促進に活用。

東北地方のレーダー・アメダス解析雨量による短時間強雨の研究

研究期間：平成16年度～平成17年度

研究代表者：安久津俊幸（仙台管区气象台 予報課）

研究担当者等：柳野 健（予報研究部）、仙台管区气象台、青森地方气象台、
盛岡地方气象台、秋田地方气象台、山形地方气象台、福島地方气象台

目 的

解析雨量を基本に、アメダス10分値、WPR、レーダーエコー三次元データ等の詳細な観測データに加え、最近、地方官署でも利用可能となったミニスーパー（防災情報モデル開発システム）による再現結果などを用いて、平成10年以降に発生した顕著なメソスケール降水現象を解析し、二次細分区域以下のスケールでの詳細な地域特性やメソ降水系の消長と環境場との関係を詳細に調べ、短時間強雨の実況監視上の着目点を明らかにすることを目的とする。本研究で得られた知見を管内で共有化することにより、大雨注意報・警報等の発表の早期化やより詳細な地域を対象とした情報提供業務の改善を目指す。

本年度の計画

①統計分析

気象データ等を収集し、解析手法を決定する。

各県における解析雨量格子毎の最大R1、R3、R24分布図を作成し、短時間強雨と地形との対応性を調査する。二次細分区域毎の特徴をまとめる。

②メソスケール降雨系の分析

気象データを収集し、解析手法を決定する。

強雨事例を抽出する。

本年度の成果

東北地方の大雨について、解析雨量の各格子毎1時間・3時間・6時間・24時間雨量最大値の発生頻度の地域的特徴を見るために、1994年から2003年の5kmおよび2.5kmメッシュのレーダー・アメダス解析雨量を用いて統計的分析を行った。6時間（R6）および24時間雨量（R24）の最大値の分布は、ほぼ同様な分布となっており、秋田県南部、福島県中通り南部、太平洋側沿岸部で多い分布となっている。特に秋田県南部では、過去の大雨事例の雨量分布が反映されたと思われ、バンド状の分布となる特徴が見られた。3時間雨量（R3）の最大値の分布は、R6ほどではないが、多少地域性がみられた。一方、1時間雨量（R1）の最大値の分布では、地域的な特徴は見いだせない。このことから、短時間強雨の最大値は地域性が少なく、数時間以上持続する大雨の最大値は地域性があるといえる。

R1の最大値の緯度依存性については、北に行くほど最大降水量値が小さい傾向が見られ、南北依存性がやや認められた。

大雨の出現頻度については、大雨注意報級の出現頻度をみるためR1で格子毎の30～50ミリの出現頻度の分布を調べた結果、関東北部から福島県中通り南部、烏海山付近が出現頻度が多く、この地域で大雨になりやすい傾向が見られた。関東北部から中通り南部については、平成10年8月末豪雨の雨量分布が反映していると思われる。R24の注意報級（80～150ミリ）の頻度分布では、烏海山、太平山地、白神山地などで出現頻度が多い傾向が見られた。警報級の出現数もほぼ同様な分布であった。

（まとめ）

解析雨量を用いた東北地方の統計分析の特徴は、R1最大値の分布では、弱い南北依存性があるものの、ほぼランダムな分布であった。一方、R6やR24最大値では、秋田県南部、福島県中通り南部、太平洋側沿岸部などで多く、地域特性が現れた。これらは、アメダスで調査した水野（1986）二宮（1977）の結果と一致している。秋田県南部のバンド状の分布や中通り南部の分布については、過去の大雨事例の雨量分布が反映されていると思われるので、過去の大雨事例を除き分析するなど、調査の仕方

についての工夫が必要である。大雨出現の頻度分布では、鳥海山、太平山地、白神山地など大雨が降りやすい地域が明らかになった。

今後は、擾乱別の降雨特性について、統計分析調査を進め、現業作業の参考となる資料を作成する予定である。

ウィンドプロファイラと非静力学モデル等によるメソスケール現象の研究

研究期間：平成14年度～平成16年度

研究代表者：中村直治（東京管区气象台 気候・調査課）

研究担当者等：藤部文昭（予報研究部）、東京管区气象台、新潟地方气象台、名古屋地方气象台

目 的

短時間強雨は大きな災害をもたらし、警報業務の対象となる重要な気象現象である。このことから、非静力学モデルを用いた数値実験やウィンドプロファイラ等で観測される短時間強雨のメカニズムに関する知見を得て、地域特有の現象を時間的・空間的視点に立って調査する。また、現業モデルが近い将来非静力学モデルに移行する予定であることから、各スケールおよび地域や現象に応じたモデルの特徴を把握して整理する。これらにより、防災情報の高度化を目指す。

本年度の計画

昨年度（15年度）概念モデルを作成した擾乱については、新たな類似事例の解析を行うことにより擾乱共通の知見を抽出し、概念モデルの完成度を高める。概念モデルを作成していない擾乱については、複数の類似事例を解析することにより得られる知見をもとに概念モデルを作成する。解析にあたっては、ウィンドプロファイラなどの観測手段を用いてその構造や振る舞いを様々な観点から検討し、擾乱のスケールとそれに見合った力学を考慮しているか、どのライフステージにおける状態であるか、監視業務で有用な着目点は何か、を常に意識して行う。

上記擾乱を対象に非静力学モデルによる再現実験を行い、モデルによる再現に良好な部分があればその結果を観測事実につけ加えることで、擾乱に関する概念モデルの完成度を充実させる。

この調査で得られた知見を現業の予警報作業で利用可能な資料として作成し、作成の際には現業で容易に参照できるような形態（フローチャートやワークシートなど）でとりまとめる。

昨年度開発した観測データプロット図作成Webアプリケーション（「かさねーる3D」）について、表示要素を増やすなどの充実をはかる。

報告書を作成する。

本年度の成果

東京では、Webアプリケーション「かさねーる3D」の機能を拡充した。拡充した主な項目は、①レーダーデータのリアルタイム化、②過去のレーダーデータの提供、③地上気象観測データの追加、④等値線描画機能の整備である。③及び④に関しては、地方からの要望に応える形で拡充した機能であり、今回の拡充により気圧場の解析作業や地上気象観測データを用いた作図作業がさらに迅速化・簡便化されることとなった。また、①の機能拡充により、これまで半月毎であったレーダーデータの更新が1時間毎に行われるようになり、東京管区气象台管内で発表している「台風等に関する気象速報」「現地災害調査速報」の作成時に利用が可能となり、資料作成の迅速化に大きく寄与している。

新潟では、7月に発生した「平成16年7月新潟・福島豪雨」について、総観場解析、メソ解析、ウィンドプロファイラ解析などから大雨をもたらした線状エコー発生時の特徴を把握し、またNHMによる再現実験から線状エコーが維持された要因について考察を行った。新潟県における梅雨前線近傍での大雨事例については、新潟・福島豪雨と同じく線状エコーの発生によって大雨となっている事例が多いが、今回の調査から乾燥気塊の侵入による海上での不安定域の存在、上昇流域の発生要因、風系の違いによる線状エコーの走向の違いなどを、類似点や相違点として見出すことができた。ウィンドプロファイラやNHMから得られた新たな知見が、線状エコーについての層別化を可能にし、概念モデルの作成・向上に寄与した。

名古屋では、南北走向及び南西－北東走向の線状エコーについて、類似事例の事例解析を行った。

南北走向線状エコーに関しては、平成16年7月に一宮市で発生した大雨事例など複数事例について解析を行った結果、これまでの解析事例と同様、地上シヤーラインの存在や線状エコー東側における暖気移流場の鉛直シヤーなどが線状エコー発生に大きく関与していることが明らかになった。また、これまでの解析事例でウィンドプロファイラによって観測されていた線状エコー付近の下層水平収束が観測されていない事例もみられた。下層水平収束が観測されない事例は、線状エコーのスケールは比較的小さいものの、局地的に大雨をもたらすことがあるため注意が必要である。南西－北東走向の線状エコーに関しては、類似事例の事例解析を積み重ねることによって最盛期における共通の特徴（地上シヤーラインの存在、シヤーライン南東側での暖気移流場の鉛直シヤー、シヤーライン北西側での寒気移流場の鉛直シヤーなど）を得ることができた。

強風災害をもたらす風の特徴調査

研究期間：平成15年度～平成17年度

研究代表者：市川 寿（東京管区気象台 気候・調査課）

研究担当者等：石部 勝（気象衛星・観測システム研究部）、東京管区気象台、新潟地方気象台、
 銚子地方気象台、富山地方気象台、金沢地方気象台、福井地方気象台、静岡地方気象台

目 的

平成14年を例にとれば、東京管区気象台管内での強風災害の発生数は、65件と大雨災害に匹敵する多さとなっている。また、大きな被害をもたらすことが多い竜巻等の瞬発性の強風災害も即時的現地調査を行ったものだけでも12件発生している。これらは報道機関に取り上げられ、社会的にも注目を集めている。このような強風災害に対する確かな防災気象情報の発表や解説が求められているところである。

強風災害をもたらす風を一般的な強風と竜巻やダウンバースト等の瞬発性強風に分けて調査し、強風災害をもたらす風の特徴を明確にすることを目的とする。あわせて、竜巻やダウンバースト等の瞬発性強風の予測可能性についての検討も行う。

本年度の計画

①一般的な強風の特徴調査

収集した気象官署および部外機関の風観測データの整理。

第1年度に抽出した強風災害をもたらした事例をもちいて、強風と災害の関係の調査。

強風をもたらす気象条件の調査。

統計的手法による強風や突風率の地域や気象条件による特性を調べNHMで確認する。

②瞬発性強風の特徴調査

第1年度に解析を行った事例に加え、突風原因の推定されている事例について解析を行い、総観場からメソスケールまでの特徴把握、ドップラーレーダー等を用いた詳細な解析を行い、予測可能性を検討する。

気象災害データベースを用いて、過去の強風災害のうち瞬発性強風によるものを抽出。

抽出した災害事例について総観場の特徴を調べる。

本年度の成果

①一般的な強風の特徴調査

部外データを収集し、デジタル化した上でAccess若しくはExcel上で整理を行った。部外データについては、収集の相手機関名、期間、データの種類（方位数、サンプリング間隔など）、リアルタイム入手の可否の情報も整理している。新潟、静岡地方気象台他いくつかの地方気象台では、これらの部外データも使用して、典型的な擾乱の際の強風の地域分布を調査し、気象官署の風速との比や同程度の風速となる頻度（例えば気象官署で日最大風速が10m/sを超えた場合に、他の観測点で同じく10m/sを超える割合）を求めたりした。注・警報の地域細分が全国的に進む中、例えば静岡では、台風以外では現行の強風注意報に達する頻度が極めて少ない細分区を特定できた。また、これらを現業で使いやすい形態に取りまとめた。新潟、銚子、富山ではNHMによる再現実験も行った。このうち新潟ではモデルの格子サイズ依存性を調べると共に、冬型の際の強風が陸地の摩擦によって内陸ほど減衰する様子や、川筋の影響で風向が変形する様子をうまく再現できた。

②瞬発性強風の特徴調査

即時的現地調査で竜巻と推定された2事例（「平成12年8月22日の埼玉県の竜巻」「平成13年10月7日の横須賀市の竜巻」）について解析を実施した。このうち最初の事例からは、ストームに相対的なヘリシティがメソサイクロン発生のパテンシャルを捉えていたこと、更に竜巻が発生したのは

メソサイクロンの下層での渦度がピークを過ぎて弱まりつつあるときであること、を見出した。後者の特徴は昨年度解析した事例に共通な特徴である。これらの特徴を利用して、竜巻の発生を予測・警告する手法の提案をしている。一方で、新野（1997）が作成した竜巻データベースに、気象庁の災害データベースから抽出した東京管区気象台管内の竜巻を追加し、東管内の竜巻データベース（1961年～2004年10月）として整備した。これをもとに東管内の竜巻発生時の総観場の特徴を全国のそれと比較した。特に台風時の特徴として、台風の接近通過による北陸地方での竜巻発生例は無いこと、竜巻発生場所を沿岸と内陸とで分けると、台風の進行方向は後者では前者に比べて北上成分がより強いこと、太平洋側の主な観測点として潮岬、石廊崎を基準とすると、それぞれから100km以内を通過した台風のうち3割以上の台風が竜巻を伴っていること、東管内で竜巻を発生させた台風の中心気圧は、台風全体に比べて中心気圧が約10hPa低かったこと、が判明した。これらは予測可能性の第1歩となるものである。

顕著現象の監視・解析技術の高度化に関する研究

研究期間：平成15年度～平成16年度

研究代表者：熊原義正（大阪管区気象台 気候・調査課）

研究担当者等：瀬古弘（予報研究部）、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、岡山地方気象台、広島地方気象台、徳島地方気象台、高松地方気象台、松山地方気象台、高知地方気象台、神戸海洋気象台、舞鶴海洋気象台

目 的

地方官署における予報担当者の重要な役割は、災害をもたらすメソ現象等の推移を的確に把握し、地方自治体を初めとする防災機関に対して、適時適切な防災情報を提供することである。それには、現象の構造を理解し、発生・発達・衰弱を予測する際の着目点を見出すことと、現象の特徴と着眼点についての知見を系統的に蓄積し、現業での効率的な予測・監視を行うための共有・活用化の方策が必要となる。

本研究では、災害をもたらす大雨などのメソ現象の三次元構造とその推移を把握し、現象の発生・発達・衰退を予測する際の着目点を見出すことを目的とする。そのために、過去の事例についての観測データやNHMによる数値実験結果に加え、新たな資料としてGPSから推定される水蒸気量を用いた解析を行い、顕著現象の特徴を把握する。そして、得られた知見については、共有・活用の方策として、データベース化を進める。

本年度の計画

昨年度と同様に、観測システムのデータやモデル実験の結果を用いて、顕著現象のメカニズムの理解と解析手法の整理を行う。GPS可降水量を用いた解析では、3時間毎のデータに加えて5分毎のものを用い、顕著現象の新しい知見を得る。さらに解析事例を増やして着目点などを抽出し、ライフステージ・スケール別に整理する。

これらの成果をまとめて共有・活用できるように、データベースを試作するとともに、大阪管区気象台特別調査報告第19号として刊行する。

本年度の成果

①メソ現象等のメカニズムの理解と解析手法の整理

大阪管区、地方気象台、海洋気象台では、既存の観測データ、数値モデルの実験結果等のデータを用いて、それぞれ数例の顕著な大雨を対象として解析し、現象の特徴と着目点を整理した。管区観測課では、水平2.5km格子、鉛直19層のレーダーデータを10分間隔に作成し、さらに降水の3次元構造を見るための可視化ソフトを解析ツールとして開発した。解析結果から、短時間強雨の発生時には下層の収束の強まりや温度傾度が大きくなるという特徴がみられ、寒冷前線の事例では、移動してきたエコーが収束線上で強まることがわかった。また、非静力学モデルの再現実験からは、大雨最盛期には上層に低相当温位乾燥域が存在するということや、地上にライン状の強雨域に対応する収束域がみられることが多く、降水帯成因の考察に利用できる場合があることがわかった。

②GPS可降水量を用いた解析

大阪・広島・高松では、気象研究所から提供されたGPS可降水量データを用いて、総観スケールの現象や空間・時間的に小さなスケールの熱雷等について、GPS可降水量データと強雨域や降水量との対応を調べた。総観スケールの現象による雨と3時間GPS可降水量との対応では、可降水量の絶対値の分布が強雨域の移動に先行していることが示された。さらに、総観スケールの現象の降水量との関

係については、3時間GPS可降水量やその変化量と明瞭な対応が見られなかったが、3時間GPS可降水量の絶対値がある基準（45～50mm程度）を超える場合には、まとまった降水になる事例があった。夏季の熱雷と5分間GPS可降水量との対応では、1時間に50mm以上の強雨発生日では、活発な水蒸気の輸送を示すと思われる午前中の急激なGPS可降水量の増加がみられた。

③顕著現象のライフステージ・スケール別整理

各解析事例について、観測データや非静力学モデルの再現実験結果を用いて、ライフステージ（発生期・発達期・最盛期・衰弱期）毎の総観場の状況とその着目点、メソ的状況やその仕組みに関する着目点を調べた。それをもとに調査表を作成して、着目点やその利用法を統一した形式で整理した。その結果、多くの事例で、現象が発達から最盛期となる過程において、アメダス風・気温による収束線の位置、気温分布の変化、風解析・ウィンドプロファイラーによる収束の強まり等の観測データの監視が有効な方法であることがわかった。

予報担当者が実況監視時の着目点を容易に理解できるように、事例解析と調査表から得られた現象の発達期の特徴とその着目点を、キーワードと解説文、模式図などのイラストという統一した形式にまとめた。

④データベース化

管区気候・調査課では、研究実施官署で作成した実況監視のイラストと調査表の内容をデータベース化した。このシステムにより、ネットワークを介して、各官署から新たに解析した事例の追加、既存事例の内容変更、実況監視イラストや現象のライフステージ別の特徴と着目点等の検索ができる。また、研究実施官署の研究成果をまとめ、大阪管区気象台特別調査報告第19号として刊行した。これは、地方官署において、予報技術の向上、地方ガイダンスの開発・改良、予報作業のためのワークシートの改良・評価の際に、有効に活用されるものと期待できる。

九州・山口県における台風進路と高潮との関係の解析

研究期間：平成14年度～平成16年度

研究代表者：林洋一（福岡管区気象台 予報課）

研究担当者等：高野洋雄（台風研究部）、福岡管区気象台

目 的

勢力の強い台風の接近・通過時に発生する高潮について、数値高潮モデルによって様々なシミュレーションを行う。これにより、台風進路や勢力の違いによって有明海や瀬戸内海などで発生する高潮の分布状況やタイミング、最大偏差などを詳細に調査し、高潮注意報・警報の的確な発表、量的予想精度の向上など高潮に関する防災気象情報の高度化に資することを目的とする。

本年度の計画

- ・台風の進路や勢力を様々に変えたシミュレーションの実施
- ・シミュレーション結果の解析とデータベース化
- ・台風の勢力や進路を選択して、データベースから潮位偏差等を表示するソフトウェアの開発
- ・ソフトウェアのドキュメント作成と地方官署への配布

本年度の成果

九州の主に有明海・瀬戸内海沿岸について、パソコン版高解像度数値高潮モデルを用いて、台風により生じる潮位偏差のシミュレーションを様々な進路・速さ・勢力を仮定して実施した。計算結果は表示ソフトウェア（ビューワー）により潮位偏差の分布図やある地点の潮位偏差の時系列図を表示できるようにした。また、福岡管内の地方官署でこのソフトウェアを利用するためのマニュアルを作成した。

メソ降水系の実態解明と予測技術の開発

研究期間：平成15年度～平成17年度

研究代表者：松本 積（福岡管区気象台 予報課）

研究担当者等：吉崎正憲（予報研究部）、福岡管区気象台、鹿児島地方気象台

目 的

気象審議会第21号答申を受けて、部外関係機関の活動を効果的に支援するため、対象地域を絞り込んだ防災気象情報の発表を行うことを目的に予報区の細分化が進められており、土砂災害情報の試行も行われている。これに伴い、予報技術の高度化が必要となるが、その中でも短時間に局地的な大雨をもたらす数十キロスケールのライン状降水帯の予報の重要性が高まっている。

このような降水系については、全国予報技術検討会で平成14年度からの検討事項となっているが、大雨災害の多い九州としては、地方共同研究として取り組むことにより積極的な調査活動を行い、防災情報の改善を通して地域防災に役立てたい。

本年度の計画

昨年度抽出した事例の調査、データベースの作成。

梅雨期におけるミニスーパー非静力学モデル（5 kmメッシュ；以下NHM）の稼働と結果の検討。

NHMを用いた色々な初期値によるインパクト実験 インパクト実験に必要な初期値を加工するためのソフトやその他のソフトの開発。

研究会・学会での研究結果発表。

本年度の成果

福岡では九州北部、鹿児島では九州南部の大雨事例の抽出を行っているが、現時点では抽出事例の中で線状の強降水系について事例解析とNHMによる再現実験を通して構造解析作業を行っている。

各種資料による解析では以下の知見が得られた。

・前線南下時に九州北岸部で形成される帯状の降水系は、WNW～WSW、SW、SSWの下層風系の合流によって形成される

・2003年7月19日の太宰府付近で発生した豪雨は、前線南下事例の中でも特異な事例であった。定常的な帯状降水域の中で形成された線状の強雨域が、アーク状の降水域の通過により帯状降水域が崩壊されることで同時に消滅している

・2003年7月20日に熊本県から鹿児島にかけて発生した豪雨は、甕島ラインと弁財天ラインの2つの線状降水系によるものであり、加藤輝之（気象研究所）による6つの豪雨発生条件をすべて満たす環境下であった

NHMのインパクト実験を通じて次の知見が得られた。

・線状降水系は上流域に存在する山を越える流れによって発生する

・諫早ラインの形成には長崎半島の地形効果が不可欠であり多良岳や雲仙岳の影響は小さい

・菱刈豪雨をもたらした線状降雨域の形成には弁財天山系の地形効果が最も影響するが、紫尾山及びその南側の地形効果による収束も必要である

福岡で昨年度の成果として試作したワークシートは、2004年6月26日の前線南下に伴う大雨の際に防災時系列の適切な修正に役立ち、有効性が確かめられた。また、鹿児島においても今年度に得られた知見をもとにして暖域内の豪雨に関するワークシートを試作した。

九州地方における気温・湿度・降水量の長期変動に関する調査

研究期間：平成16年度～平成17年度

研究代表者：別府秀樹（福岡管区気象 観測課）

研究担当者等：釜掘弘隆（気候研究部）、福岡管区气象台

目 的

九州地方における地域的な気候変動の実態を把握するため、福岡管内23官署の気温、降水量、湿度について長期的な変動を解析し、官署間の変動の比較を通じ地域分類を行い、その要因について調査する。また、本研究で得られる成果は、九州整備局、九州運輸局、九州農政局、九州経済産業局など地方ブロック機関や、地方自治体の農政、河川、環境関連部局等関係機関に提供し、気候や環境問題等に係る施策策定や、地域住民への啓発活動に必要な基礎資料となることが期待される。

本年度の計画

①管内の地上気象観測データの再整理

本庁においてデジタル化された管内23官署の気温（最高・最低・平均）、相対湿度、降水量データの品質チェックを行うと共に、不足データの収集など、研究に必要なデータを整理する。

気象官署の移転等観測環境の変化を調査し、解析可能な期間についてデータセットを作成する。

②長期変動（トレンド、周期、ジャンプ）の調査

作成したデータセットについてトレンド解析、周期解析、ジャンプ解析を行う

③各官署の差についての検討

官署間の変動に有意な差があるかどうか検討する。

本年度の成果

①管内の地上気象観測データの再整理

デジタル化された気象資料電子データベースを、極値順位値チェックおよび日原簿との照合により品質チェック・修正を行った。

②長期変動（トレンド、周期、ジャンプ）の調査

観測データの5年平均を作り、ジャンプ解析を行った。

複数のジャンプが見いだされ、個々のジャンプについてその有意性を検証中である。

③各官署の差についての検討

各官署の観測値の差を取り、差の変動の有意性の検証を行っている。

ウィンドプロファイラを用いた沖縄地方における大雨の解析的研究

研究期間：平成15年度～平成16年度

研究代表者：石垣雅和（沖縄気象台予報課）

研究担当者等：武田重夫（予報研究部）、南大東島地方気象台、宮古島地方気象台、
石垣島地方気象台、与那国島測候所

目 的

沖縄地方に大雨をもたらす気象現象について、文献調査及び前年度の調査より得られた知見をもとに、ウィンドプロファイラを含む様々な解析資料を用いた解析及びミニスーパー版NHMを用いた再現実験を行い、地域特有な現象の構造を把握する。また、その結果をもとに、現業におけるウィンドプロファイラの利用法を見いだし、更には注・警報の精度を向上させる方法を構築する。また、注・警報の精度を向上させることで、地方自治体等の防災活動の支援に繋がる。

本年度の計画

昨年度に引き続き、文献調査と事例解析を行う。

ミニスーパー版NHMを用いた再現実験や感度実験を行い、現象の発生メカニズムを理解する。

調査結果から、現象の構造の把握とパターンの分類を行い、概念モデルを構築する。

現業におけるウィンドプロファイラの利用方法を見い出す。

レーダーや衛星画像と合わせて利用し、注・警報の精度を向上させる方法を検討する。

研究成果をCD-ROMにまとめる。

本年度の成果

16年度は、地域特性を持つ8事例を選定して事例解析を行った。その結果、前線及び暖域内（高気圧縁辺流を含む）の大雨について、大雨の前兆として、ウィンドプロファイラデータによる下層の暖気移流（或いは時計回りの鉛直シヤー）ないし南寄りの風の強化が発現している解析例が多く見られた。また、水蒸気画像による暗域の接近とウィンドプロファイラのS/N鉛直分布から、中層への乾燥大気の流れによる対流性エコーの発生・発達メカニズムが分かった。

台湾地形による線状エコーの発生では、台湾を回り込む気流による下層収束域で発生した線状エコーと、前線に伴う線状エコーとの合流による降水域の強化メカニズムが分かった。

沖縄本島地方に接近する寒冷前線の降水域が次第に衰弱する事例について、そのメカニズムはこれまでよく分からなかったが、今回の事例解析及びNHMによる再現実験の結果、カタ型の寒冷前線であることが分かった。また、文献調査より、暖域場における降水域の発生について、大陸南岸から流入する西南西流とサブHを回り込む南西流による水蒸気傾度の大きい合流場を、水蒸気前線として理解することで、現象の発生・強化について理解を深めることができた。

調査結果のまとめとして、次の大雨概念モデルを考案した。

[事例調査より]

- ① スコールラインと水蒸気前線による大雨モデル
- ② 上層トラフの通過に伴う乾燥大気の流れと水蒸気前線による大雨モデル
- ③ 上層トラフによる前線強化と下層擾乱の接近で発生した低気圧による大雨モデル
- ④ 台湾地形による収束ラインと前線の接近による大雨モデル
- ⑤ カタ型前線による大雨モデル

[文献調査より]

- ⑥ 梅雨前線と水蒸気前線による大雨モデル
- ⑦ 上層トラフとのカップリングに伴う低気圧の発生・発達と大雨モデル

⑧台湾地形による収束ラインと上層トラフによる大雨モデル

⑨梅雨前線上におけるメソ対流系による大雨モデル

⑩バックビルディング型降雨帯による大雨モデル

また、現業でのウィンドプロファイラの利用及びレーダーや衛星画像と合わせて利用した注・警報の精度を向上させる方法として、大雨概念モデルを基に大雨チェックシートを考案した。

これらの大雨概念モデルと大雨チェックシートは、今後更に調査を進めて改善し、大雨予測資料として利用することを考えている。

大気圏の粒子状放射性核種の長期的動態に関する研究

研究期間：平成13年度～平成17年度

研究代表者：五十嵐康人（地球化学研究部 第二研究室 主任研究官）

研究担当者：青山道夫、廣瀬勝己、篠田佳宏（地球化学研究部）

目 的

国の環境放射能調査研究体制の一環として本研究を昭和32年度から分担しており、大気中に核実験、重大事故等で放出された放射能の影響を日本各地の観測地点で監視し、一般公衆の放射線防護に資する。

地球環境に大規模に放出された放射能の長期的動態（輸送・拡散・沈着）を解明する。大気中の粒子状人工放射性核種に関するプロセスとして、近年特に重要と考えられる再浮遊現象に着目し、長期的動態の観点から解明を進める。

^7Be 等の天然放射性核種の日本列島における降下量の地域分布および季節変動を解明し、その要因に関する知見を得る。

本年度の計画

引き続きつくばにおいて、降水・降下塵及び浮遊塵中の人工放射性核種（ ^{90}Sr , ^{137}Cs 等）、天然放射性核種（ ^7Be 等）および超ウラン元素等について、精密測定を行う。

引き続き札幌、仙台、東京、大阪、福岡、秋田、輪島、米子、釧路、稚内、石垣島の11地点において、超微量の人工放射性核種（ ^{137}Cs 等）及び天然放射性核種（ ^7Be 等）の月間降下量の測定を行う。

日本海側、太平洋側での ^7Be 降下量の違いについて調べる。

本年度の成果

つくば市において人工放射性核種（ ^{90}Sr , ^{137}Cs 等）、天然放射性核種（ ^7Be 等）および超ウラン元素等についての月間降下量の精密観測を継続した。その結果、2003年のつくば市での放射能水準の特別な異常は認められなかった。また、気象研究所周辺の表土の分析を進め、データの蓄積に努めた。また、農業環境技術研究所圃場の表土を入手して粒土別の放射能分析を進めており、近傍の表土粒子の特性や輸送途上での同位体分別等についても知見を得ることを目指している。

全国11地点の月間降下量では、 ^{137}Cs については何らの異常も認められなかった。2003年の月間降下物試料につき、天然放射性核種である ^7Be 降下量を求めた。

昨年度、IAEAモナコ海洋環境研究所から入手したモナコに沈着したサハラダスト試料中の ^{90}Sr , ^{137}Cs を分析し、 $^{137}\text{Cs}/^{90}\text{Sr}$ 比を調べた。同比は約13と日本の降下物での比よりかなり高く、両者には直接の関係性はないと判断された。今年度は、この試料についてさらに検討を進めた。まず、後方流跡線解析によって、サハラからのモナコへの輸送を確かめた。次いで、青山らが整備を進めている人工放射能降下量データベース（IGFD）のグリッドデータから得た、発塵予想地点での ^{137}Cs 土壌インベントリーに基づいて、表土での ^{137}Cs 濃度を予測し比較を行った。その結果、検出された ^{137}Cs 濃度は予測値より数倍から10倍程度高く、この高い放射能比を考慮すると、このダストは、過去に相当量の降水があって最近砂漠化した地域、または農耕地から由来したのではないかと推測できた。

再浮遊放射能のうち、どれだけが風送ダストによって輸送されるのか評価するために、降下物中の放射能、降下物重量の変動と大陸での発塵頻度の変動傾向との相関を検討した。発塵頻度データには、環境・応用気象研究部の黒崎、三上によるダスト発生頻度（2004）を用いた。放射能降下量は例外の年もあるが、晩冬～春季にピークが見られ、大陸でのダストストームの発生頻度の季節変動と類似している部分が多かった。しかし、季節別に比較したところ、春季に降下量とダスト発生頻度は有意な相関をもつが、他の季節では相関は低かった。近傍由来成分をいかに評価するかが問題であることがわかった。

2000年に長崎で、また2000-01年につくばで採取された月間降下物中の ^7Be と ^{210}Pb について比較検討し

た。長崎とつくばで降下量の季節変動は必ずしも共通しなかったが、 ^{210}Pb の降水中濃度は2地点で冬季を除きほぼ同様であった。すなわち冬季に高く、夏季に低い傾向で、起源が共通である可能性が示された。 ^7Be 濃度についても、冬季を除き、2地点でほぼ同様の变化をしており、降下量は降水量によって決まることがわかった。 ^{232}Th 観測データも得たが、 ^{90}Sr 、 ^{137}Cs と同様、大陸起源粒子によって輸送されている可能性が高いことがわかった。 ^{232}Th 降下量はPu降下量ともよく相関し、長崎、つくば両地点のTh/Puはほぼ一定であった。黄砂現象の指標としてThも有用であることがわかった。

関連論文

25, 228, 229

海洋環境における放射性核種の長期挙動に関する研究

研究期間：平成13年度～平成17年度

研究代表者：青山道夫（地球化学研究部 第二研究室 主任研究官）

研究担当者：廣瀬勝己、五十嵐康人、篠田佳宏（地球化学研究部研究部）

目 的

太平洋及び縁辺海の海水中の人工放射性核種の分布を立体的に調査すると共に、それらの時間変動を調べ、海洋環境における放射能の実態の把握を行う。

人工及び天然の放射性核種を指標として用い、海水中の放射性核種の物理的・生物地球化学的挙動の解明を行う。このなかで、特に1960年代の大規模核実験に由来する人工放射能が海洋表面に降下したのち、40年間にどのような挙動をしたかを明らかにする。

本年度の計画

縁辺海での観測を行う。

天然放射性核種（トリウム及びウラン系列、放射性炭素）をあわせて用いて、物理的・生物地球化学的素過程を研究した結果をとりまとめる。

極低バックグラウンド測定により、深層までの濃度を正確に測定し、蓄積量と深層への移行過程について検討する。

1945年からの時空間での変動を再解析する。

海洋大循環モデルを用い、初期値について最新の成果を取り入れた改訂版を用意し、太平洋での分布を求める再現実験の準備を行う。

本年度の成果

165°E線の詳細観測の結果から北緯20度付近の狭い領域の、深さ150–500mのところに¹³⁷Csの濃度極大が見いだされた。この濃度極大がある等密度面上（25.2及び26.2）ではPVが極小域にあたることから、サブダクションによる結果と解釈できる。浅い方は亜熱帯モード水（STMW）に、深い方は北太平洋中央モード水（CMW）に相当している。さらに過去データ及びモデル計算の結果の検討からSTMWに相当する深さではすでに極大をすぎ減少しつつあること。CMWに相当する深さでは1960年代前半のフォールアウトから40年経た現時点でも依然として増加している可能性が示唆された。

南太平洋亜熱帯循環系内の表面から深層までの¹³⁷Csの鉛直分布が得られた。特徴としては表層から2000m深までの指数関数的な減少及び3000–4000m深で極小となった後、5000m深で再び増加傾向を示している構造を持っていることである。蓄積量は北半球同程度と比較すると北半球約1400Bqm²に対し約900Bqm²であった。

165°E線に沿って深海（2000m以深）の^{239,240}Pu濃度の分布を調べた所、中緯度域（30°～40°N）と亜熱帯（10°～15°N）に^{239,240}Pu濃度の高い海域があることがわかった。特に亜熱帯域については、ビキニ核実験のローカルフォールアウトの影響が残っているものと推定した。

関連論文

13, 230

大気中の放射性気体の実態把握に関する研究

研究期間：平成13年度～平成17年度

研究代表者：時枝隆之（地球化学研究部 第一研究室主任研究官）

研究担当者：松枝秀和、石井雅男、斉藤 秀、澤庸 介、廣瀬勝己、青山道夫、五十嵐康人、廣田道夫（地球化学研究部）

目 的

放射性気体を測定するための測定装置の改良や開発を行うとともに、それら気体の観測を通年で連続して行い、大気中での濃度水準・地域分布等の実態を把握することを目的とする。

本年度の計画

大気中⁸⁵Krの季節変化・経年変化を明らかにするため、連続観測を行う（つくば及び青森）。

大気中⁸⁵Krの地理的な分布を明らかにするため、国内気象官署及び西部北太平洋において観測を行う。

つくばにおける季節変化・経年変化を明らかにするため、トリチウム観測を行う。

⁸⁵Kr分析について、ドイツ方式と気象研方式との比較を、実試料について行う。

本年度の成果

2004年8月現在でのつくばにおけるバックグラウンド⁸⁵Kr濃度は1.43Bq/m³にまで増加していた。

1995年からの大気中⁸⁵Krの連続観測の結果のうち、東海村の核燃料再処理施設の稼働日のデータをのぞいたつくばにおける⁸⁵Krのバックグラウンド濃度は、夏季に低濃度、冬季に高濃度という季節変動を伴いながら、1996年以降0.03Bq/m³/yrの速度で今なお直線的に増加し続けていることがわかった。

2003年6月から連続観測を開始した青森県における大気中の⁸⁵Kr濃度は、⁸⁵Krの発生源が高緯度地域に存在していることを反映して、つくばにおける⁸⁵Krのバックグラウンド濃度に比べてどの季節であってもほぼ0.03Bq/m³高くなっていた。

国内気象官署における⁸⁵Krの観測結果も先の⁸⁵Krの緯度分布同様に、高緯度域で高く、低緯度域で低い傾向が見られた。

関連論文

234

マイクロ波分光放射計による水蒸気鉛直分布観測に関する研究

研究期間：平成14年度～平成16年度

研究代表者：高山陽三（気象衛星・観測システム研究部 第二研究室長）

研究担当者：中里真久、石部 勝（気象衛星・観測システム研究部）

目 的

これまでの気温鉛直分布観測の研究成果を採り入れ、最適な周波数の選択により従来のリモートセンシングで困難であった雲域の水蒸気鉛直分布観測を、多周波のマイクロ波放射測定により精度良く観測する手法の開発を行なう。

本年度の計画

信号校正装置及び信号処理部を製作し放射観測装置として組み立て放射観測を行なう。
マイクロ波放射計による水蒸気観測性能の評価を行ない、とりまとめを行なう。

本年度の成果

マイクロ波放射計の製作では、20ch以上の周波数チャンネル選択、70 - 350Kの観測レンジをもつ観測機能のマイクロ波放射計の製作を行った。

水蒸気プロファイル推定アルゴリズムとして、回帰式による方法のアルゴリズムを作成した。12chのマイクロ波放射計で相対誤差30-50%で水蒸気プロファイルが推定できることがわかった。これは従来の方法に比べrmsで 1 g/m^3 （下層 1 km高度以下で平均水蒸気密度の10%相当）改善できた。

関連論文

能動型オゾン観測用センサーに用いるレーザーに関する研究

研究期間：平成15年度～平成16年度

研究代表者：永井智広（気象衛星・観測システム研究部 第三研究室主任研究官）

研究担当者：小林隆久、廣瀬保雄（気象衛星・観測システム研究部）

目的

オゾンの全球的な鉛直分布を測定するため、現在では技術的に難易度が高いため、現段階では衛星搭載が困難な差分吸収法ライダー送信部のレーザー装置の小型・軽量化、省電力化をすすめ、衛星搭載用レーザーの技術基盤を確立する。

本年度の研究計画

Nd：YAGレーザーの946nm付近の利得帯を用いたLD（レーザーダイオード）励起波長可変 Nd：YAGレーザーの開発を行う。

本年度の成果

Nd：YAG結晶を発振用ロッドとして用いた946nm帯の主レーザーの開発を行った。

レーザーを組み立て、発振実験を行ったところ、Nd：YAG結晶を946nmの利得帯で発振させることが開始前の予想以上に難しいことが明らかとなってきた。これは、Nd：YAG結晶の946nm帯での吸収が大きいことが主な原因であり、吸収が少なくて利得も高いために最も発振のし易い1,064nm帯で発振してしまうためであるが、1,064nm帯での発振を抑える光学系について、再度検討を行うこととした。また、946nm帯での吸収を少なくするため、Nd：YAGロッドを短くして両側に円筒状のホルダーを接続した構成にして実験を行ったが、発振しなかった。原因は、YAG結晶を946nm帯で効率良く発振させるためには、結晶を0度C近くまで冷却する必要があるが、現状の構成では励起用のLDとYAGロッドの冷却が同じ系統になっており、30度近辺で効率よく発光するLDとは両立できなかった事にある。これを解消するためには冷却系統を2系統化する必要があるが、時間と費用の問題があり、今後、検討することとした。

関連論文

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研究（第二期）

研究期間：平成15年度～平成16年度

研究代表者：三上正男（環境・応用気象研究部 第四研究室 主任研究官）

目 的

大陸の乾燥・半乾燥地域から風によって大気中に舞い上がる風送ダストは、発生域の農業生産や生活環境に大きな影響を与えるばかりでなく、自由大気中を鋳物質エアロゾルとして浮遊し、日射の散乱・吸収および赤外放射の吸収過程による放射強制力効果や雲・降水過程を通じてグローバルな気象・気候に影響を及ぼしている。風送ダストは海洋へも大量に供給され、海洋表層のプランクトンの増殖を通して海洋の一次生産にも大きな影響を与えている。こうした風送ダストによる地球環境・気候への影響を評価するためには、(1) 風送ダストの大気中への供給量を定量的に全球スケールで明らかにすると同時に、風送ダストの粒径分布・物性や濃度分布の三次元的情報が不可欠である。また、(2) 気候システムへの風送ダストの影響・効果を明らかにするためには、風送ダストの長期間にわたる放射強制力の評価や海洋への供給量を定量的に見積もる必要がある。

(1) 地表面からの風送ダスト鉛直輸送量

研究担当者

三上正男（環境・応用気象研究部）

本年度の計画

中国現地に設置した観測装置の撤収を行う。長期データを回収し、これまでのデータと合わせ、飛砂とダスト粒子の舞い上がり量の定量的解析を行うと共に第一期、第二期の研究成果のとりまとめを行う。

本年度の成果

現実の砂漠における飛砂とダストの発生量の観測に基づいた実態把握・定量的評価を行うために、中国タクラマカン砂漠南部の平坦な砂礫砂漠と砂砂漠の二カ所でSPCとOPCによるサルテーションとダスト粒子舞い上がり過程の集中観測を2004年3～4月にかけて実施した。今回の集中観測及びこれまでに得られた集中観測データを解析した結果は、以下のようにまとめることが出来る。

ア. 2002年4月5日のダストストーム時（1223～1430UTC）の総飛散量を評価した（砂礫砂漠高さ30cmで37.93 kg/m²、高さ20cmで43.71 kg/m²、砂砂漠高さ30cmで2.61 kg/m²）。また砂礫砂漠の飛砂飛散フラックスは、北に4 kmしか離れていない砂砂漠のそれよりも10倍以上の輸送量を示している事が分かり、これが地表面の土壤粒径分布（完全攪乱後）の内、飛砂飛散に最も有効な粒径80μm前後の粒子が、砂礫砂漠では砂砂漠の10倍以上の割合を占めることによるものであり、実際の飛砂や風送ダストの発生量をモデルで再現するためには、地表面の土壤粒径分布情報が必要であることが分かった。

イ. 飛砂飛散量と土壤水分量データを用いて飛砂の土壤水分依存性の解析を行った。その結果、飛砂飛散量は、土壤水分に対する依存性を明瞭に示す事、土壤水分量が $\theta=0.009\text{m}^3\text{m}^{-3}$ の時に、臨界風速は絶乾状態の $UT=7.5\text{ms}^{-1}$ から 9.5ms^{-1} まで大きくなる（飛散しにくくなる）事、粒径別の飛砂飛散量は、直径38から54μmの範囲では絶乾時と湿った時で差は見られず、一方直径69-203μmの範囲では湿った条件下の方が少ない値を示す事などが明らかとなった。これらの変化はFécan（1999）の理論的考察と整合的である事が実際の観測で確かめる事が出来た。

ウ. タクラマカン砂漠南部の砂礫砂漠上で、IOP3（2004年4月）期間中にダストストーム発生時のダスト粒子の粒径別数濃度を測定した結果、0.5μm～0.75μmレンジのダスト数濃度は、高さと共に数濃

度が小さくなる鉛直傾度を示しており、ダスト粒子が地表面から鉛直方向上向きに輸送されている事がわかった。同様の变化は他のチャンネルでも得られ、各粒径別の鉛直輸送量から0.3 μ m以上の粒径を持つダスト粒子の鉛直輸送量を評価する事が可能となった。

関連論文

279, 280, 283, 284, 285, 287, 288

(2) タリム盆地からの風送ダスト供給量

研究担当者

清野直子、山本 哲（環境・応用気象研究部）

本年度の計画

- ・局地ダスト統合化モデルを用い、2003年強化観測期間のタリム盆地からのダスト供給量を評価するとともに、2004年強化観測において見積もられる観測点近傍のダスト舞い上がり量との比較を行い、モデルの精度を検証する。
- ・研究のとりまとめを行う。

本年度の成果

・東アジアにおける風送ダストの主な発生域の一つであるタリム盆地からのダスト発生状況を再現し、供給量を評価することを目的に、2002年4月と2003年3月の集中観測（IOP）時におけるダスト輸送シミュレーションを行った。計算に用いた局地ダスト統合化モデルは、気象研究所地域気候モデル（MRI-RCM、水平格子間隔20km）に気象庁非静力学モデル（JMANHM、水平格子間隔10km）をネスティングし、微物理過程を考慮したダスト飛散スキームおよびラグランジュ型移流拡散モデルが組み込まれている。

・対象期間において、モデルはタリム盆地周辺の複雑な風の空間分布や気象条件の変化を的確に表現していた。先年度までの解析から、タリム盆地におけるダストストーム時の特徴的風系として、総観規模の低気圧の接近時に

ア．盆地南西部を中心にみられる西風

イ．天山山脈の風下に当たる盆地北部から広がる北寄りの風

ウ．河西回廊に連なる盆地東部から広がる東風

が生じることが示されている。2002年4月13日からのダスト事例では、タイプ イ.の強風発生によって、タリム盆地の北縁部からダスト飛散が始まり、次第にダスト発生域が広がるとともに、14日には浮遊ダストが盆地全体を覆う様子や、盆地内で生じた鉛直流によってダストが自由大気に舞い上げられ東方に輸送されることも示唆された。

・このようなダスト分布の広がりや時間変化はルーチン地上気象観測点でのダスト観測や衛星観測データと定性的に一致した。IOP地上観測で、AksuとQiraにおいて得られたダスト濃度との比較では、モデルの結果は平均的に低い値となった。

・2002年4月11日から15日にかけてのダスト収支を見積もったところ、タリム盆地周辺を起源とするダスト飛散量は226Tgで、このうち約7割の152Tgは期間中に盆地内で地上に沈着していた。このダスト飛散量はこれまでの全球モデル等による評価結果に比べかなり大きな値である。計算期間末の時点で計算領域の大気中に存在したダスト粒子15Tgのうち約半分が地上より1km以上の高度に輸送されてい

た。モデル領域のうちタリム盆地以北を起源とするダスト粒子の上層への輸送は低い割合にとどまっておき、タリム盆地付近では高高度へのダスト輸送効率が高いことが示唆された。また、この期間に盆地外に流出し、より遠方への輸送に関わっていたダスト粒子は59Tgと推定される。このように、高分解能でのダスト舞い上がりシミュレーションによって、メソスケール循環がタリム盆地周辺でのダスト発生と輸送に大きな役割を果たしていることが示された。

関連論文

151, 152, 153, 314

(3) 東アジア域におけるダスト光学パラメータの鉛直分布観測と解析

研究担当者

永井智広、小林隆久、廣瀬保雄（気象衛星・観測システム研究部）

本年度の計画

- ・前年度に引き続きライダーを用いた風送ダストの観測を行う。
- ・研究のとりまとめを行う。

本年度の成果

第2回目のIOPが平成15年3月26日に終了した後、つくばと那覇において、前年度に引き続き無人で連続観測を行い、データを蓄積した。観測は原則として連続で行ったが、那覇では、夏至の太陽の南中時に太陽天頂角が0に近くなり、受信望遠鏡に入射する太陽光で受信系に損傷を与えることが考えられるため、平成16年5月25日から8月18日にかけては観測を計画的に中断した。

観測は概ね順調に行えたが、レーザーの定期保守などの1日未満の短時間の観測中断の他、那覇での観測については、平成17年1月11日から1月19日まではレーザーの故障のため、平成17年2月10日から15日にかけては計画停電及びその直後の復帰作業中に制御用PCの再起動が不能となったため観測を中断した。この間、平成16年3月に整備したインターネットを通じて観測機器の制御とデータの転送を行うことの出来るシステムを用い、観測の常時モニターを行った結果、これ以前は、つくばの気象研究所から研究者が出向いてレーザーの消耗品の交換などの定期保守を毎月行っていたが、これ以降、観測結果を見ながら装置の状態を推測することで、概ね2ヶ月に一回の頻度とする事ができた。つくばの観測については、平成16年7月22日から23日、平成16年11月15日から16日、平成16年12月28日から平成17年3月2日までの間レーザーの障害のため、平成16年8月6日から9日まで制御用PCの障害のため、また、平成16年10月18日から28日までおよび平成16年11月24日から12月28日まで観測用ウインドウの曇りのため観測を中断したが、その他の期間については順調に観測を行った。さらに、平成16年4月からは、2地点の観測データについて、クイックルックとして距離2乗補正をした信号と全偏光解消度のデータを準リアルタイム（40分から1時間40分遅れの毎時更新）で公開した。この公開については、当初、国土環境株式会社に設置したADECプロジェクトのサーバー上で一般へ情報発信をする予定としていたが、技術的な問題が解消できず、気象研究所内部のサーバー上での気象研内部への公開に留まった。

また、ラマンライダーを用いた観測の詳細な解析を行った結果、ダストの詳細な光学特性と、水雲、水蒸気混合比の観測から、ダストの存在下では雲の生成が促進されることが示された。このことは、地球温暖化に重要な役割を果たしているながら、その科学的な理解が進んでいないと考えられる「ダストの間接的効果」(IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) 2001) の理解に重要な、ダストが雲の生成を促進する効果について、ある程度定量的に示せたものである。

関連論文

186

(4) 衛星による東アジア域ダスト分布特性の把握

研究担当者

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）

本年度の計画

- ・表面の凹凸を考慮した非球形粒子モデルを利用して、GMSの可視データを利用した海域ダストの光学的厚さの推定精度の改善を行う。
 - ・粒子の非球形性が衛星が観測する赤外放射輝度に与える影響を調べ、その結果をGMSデータに適用して陸域ダストインデックスの改良を計る。
 - ・MODISの4チャンネルを利用した陸域ダスト分布図作成を引き続き行い事例を増やす。
- GMS可視データを使った海域ダスト分布図、GMS赤外およびMODISデータを使った陸域ダスト分布図を利用して東アジア域のダスト分布特性の把握を行い、研究のとりまとめを行う。

本年度の成果

- ア. GMSの可視域データから求めた0.25°格子点毎の太平洋上におけるエアロゾルの光学的厚さ（2002年と2003の3月、4月における日平均値）を使って領域別・月別のエアロゾルの光学的厚さの特徴を調べた。緯度30°×経度30°毎に計算した光学的厚さの月平均値は南半球では0.1以下、北緯0°～30°では0.1～0.2、北緯30°～60°では0.2～0.4の値を示した。北緯30°～60°では3月より4月に光学的厚さの増大が見られ、大陸から離れるにつれて光学的厚さが減少していた。一方、北緯30°以南では月及び経度による顕著な変動は見られなかった。
- イ. 地球観測衛星TerraとAquaに搭載されているMODISセンサによる観測シーンから、アジア大陸を中心にダストが観測されている100シーンを選定し、紫外域2チャンネル・赤外域2チャンネルの合計4チャンネルを利用して、陸域でのダスト領域の検出を行った。

関連論文

265

(5) ダスト輸送途上域におけるダスト光学特性と粒子特性の把握

研究担当者

内山明博、山崎明宏、古林絵里子、松瀬光太郎（気候研究部）

本年度の計画

- 連続観測によって得られたスカイラジオメーター及び日射計等のデータを処理して、光学的厚さ、日射量の観測データを蓄積する。直達光準器の検定観測、各スカイラジオメーターの比較検定を行う。
- 蓄積されたデータを元に、観測値から放射強制力（aerosol forcing efficiency）の評価を行う。

本年度の成果

- 蓄積したスカイラジオメーターのデータを解析し、発生域から輸送途上、日本近辺の観測域のエアロゾルの光学的厚さ、粒径分布の（特徴についての）特徴をとられることができた。発生域のQira、Aksuでは、季節変化はほとんど無く、どの季節においても風送ダストが主な成分であるエアロゾルが

飛翔している。また、どの観測点でも、他の季節に比べ、春に粗大粒子（風送ダストに対応）の割合が増えおり、集中観測を行った2002年春は特に頻繁にダスト現象が観測されていた。発生域から離れるにつれ、人為起源のエロゾルの影響を受けていること、日本国内の福岡、名古屋、つくばは似た季節変化をしていること等の特徴が分かった。

直達光の準器の測定に一部問題があること（400nm以下の波長の検定がうまくいかない）が判明したため、データを見直し検討した結果、ある程度対応できる補正法を考えた。

直達光の検定を行ったスカイラジオメーターのデータを、屈折率、single scattering albedoを推定できる解析法で、再解析した結果、ダスト現象が観測された日においてもsingle scattering albedoが大きく（吸収が小さい）、地上でエロゾルの光学特性を測定している結果と食い違うことが分かった。これは、風送ダストの変質が比較的地上付近に限られており、上空に舞上げられたダストの多くは変質を受けていない可能性を示している。

蓄積した観測データから晴天時のデータを選び出し、放射強制力の指標としてaerosol forcing efficiency（光学的厚さが変化したときの瞬時放射強制力変化）を見積もった。その結果、晴天日が必ずしも多くないこともあり、ダスト現象時とそれ以外で明確な差が見られなかった。今後、詳細な検討をする必要がある。

2005年3月に、ABC（Atmospheric Brown Cloud）の比較野外観測（East Asian Regional Experiment 2005）が実施されたので、ADECプロジェクトで使用したスカイラジオメーター、日射計を比較検定、比較解析を行った。その結果、スカイラジオメーターの解析では、最近の解析法ではAERONETと我々のもので差が無いこと、日射計の検定にはcosine特性の考慮が必要なことなどがわかった。

関連論文

44, 45, 46, 47, 48

(6) ダスト粒子の光学モデルと放射強制力の評価

研究担当者

青木輝夫（物理気象研究部）、内山明博（気候研究部）

本年度の計画

- ・昨年度までに開発したダスト光学モデルと高速放射伝達モデルを用いて、ダスト発生域、輸送途上、沈着域での放射強制力の実態を把握する。
- ・2004年秋期に砂漠域の現地分光放射観測を行い、地域的な放射強制力の観測を行う。
- ・南極ドームF氷床コア中のダストデータを用い、南極域における過去32万年間の大気エロゾルの変動を再現する。

本年度の成果

砂漠域における地表面アルベドは地域差が大きく、タクラマカン砂漠の南部や内陸部、バグダイジャラン砂漠で相対的に低く、タクラマカン砂漠北部のAksu周辺やテンゲル砂漠で高かった。

中国の砂漠域における分光放射観測等から、主に複素屈折率に関するダスト光学モデルを構築した。その結果、中国のダストによる太陽光の吸収の程度は従来考えられていたよりも弱いことが分かった。

化学輸送モデルからダストによる放射強制力を見積もるための放射伝達モデルを開発し、化学輸送モデルによって計算された大気鉛直分布、ダストを含むエロゾルの鉛直分布等を用いて、ダストによる放射強制力に対するダストそのものや地表面状態などについて、放射強制力の感度特性を見積もった。その結果、ダストによる太陽光の吸収の違い（ダスト光学モデルの違い）は放射強制力の見積もりに最も大きな効果を及ぼすが、その効果は地表面アルベドにほぼ比例することなどが分かった。

南極ドームF氷床コア中の過去32万年間のダストデータを用い、その光学モデルの構築と南極域における大気中ダスト濃度の再現及び放射強制力の計算を行った。氷期にはコア中のダスト濃度が増加するが、大気中ダスト変動はコア中の濃度変動ほど大きくないことが分かった。

関連論文

2, 3, 5, 6, 7, 8, 9

(7) 数値モデルによる風送ダストの変動評価と気候への影響に関する研究

研究担当者

千葉 長 (環境・応用気象研究部)

本年度の計画

前年度計算した風送ダストの三次元分布から放射強制力の評価を行い、熱収支の観点から地球の気温変化への影響を解析する。また降水量との相関解析を行い降水過程への関与の可能性を探る。

本年度の成果

- ・ダストは太陽の光を多く散乱することにより、地球全体をわずかではあるが冷やす効果 ($-0.3W/m^2$) を持つことが示された。雲がある場合には放射強制力は大幅に小さくなり冷却効果は $-0.09W/m^2$ となった。
- ・3、4、5月の三ヶ月平均で地上気温は北半球では陸上のかなり広い範囲で冷却、北極域では暖まっていることが示されている。またアラビア半島やインド北部、ロシア中部には温暖化するところも見えるが有意性は低いと考えられる。同時期の平均降水量に及ぼす影響は熱帯域ではインドを取り巻く周辺で降水の増大が見られるものの、そのほかの地域では総じて減少している。日本付近を囲む中緯度では降水の減る地域と増加する地域が東西に交互に現れている。この増減の構造は熱帯域から高緯度にかけて南西から北東にかけて伸びるような分布になっている。全球平均で見た降水量はダストと放射の相互作用がある場合、特に北半球夏季の降水量が有意に減少している。

関連論文

173, 175, 176, 177

四次元変分法によるメソスケールモデルへの掩蔽データ同化システムの開発 （「精密衛星測位による環境監視技術の開発」の副課題）

研究期間：平成14年度～平成16年度

研究担当者：小司禎教、瀬古 弘、川畑拓矢、青梨和正、斉藤和雄（予報研究部）

目的

富士山等の孤立峰山頂や航空機等に設置したGPS受信機で、大気で掩蔽されるGPS衛星からの電波の遅れを観測する（ダウンルッキング型大気掩蔽観測、以下DL）と、大気屈折率の鉛直構造が解析できる。これを四次元変分法により、メソ数値予報モデルに同化し、対流圏における詳細な水蒸気の鉛直プロファイルを解析するとともに、メソ数値予報モデルの精度向上を目指す。

本年度の計画

富士山観測によって得られたデータを用い、遅延量を直接同化する実験を行い、結果の比較と考察を行う。

航空機DL観測データの解析を行う。

研究結果のまとめを行う。

本年度の成果

GPSダウンルッキング掩蔽（以下GPS-DL）観測から得られる大気遅延量を同化する場合に必要なフォワードモデル（波線追跡プログラム）を開発した。これは、数値モデルの屈折率とその勾配に従って電波の軌跡（波線）を追跡するもので、GPS衛星の位置がわかれば、中性大気による遅延量をシミュレートすることができ、それを用いて観測データを処理する場合と同様の手順で、偏角や屈折率のプロファイルのリトリブすることができる。波線追跡の手法は、Zou et al., (1999)によるAlternate Direction Implicit 法を用いた。

データの希薄な海上などで得られるDL-GPSから得られる屈折率などの精度を見積もるために、開発したフォワードモデルを用い、数値予報モデルを用いてGPS電波のシミュレーションを行い、DL-GPS観測で得られる大気遅延量が正しいとした場合の、偏角や屈折率などの精度に関する考察を行った。その結果、「Abel変換によって得られる屈折率プロファイルは、屈折率の水平勾配に著しく影響を受ける」ため、屈折率の水平勾配が卓越する場合、Abel変換によって解析された屈折率を、近地点における値として数値予報に同化すると、悪影響を及ぼしかねないということがわかった。

欧米では、低軌道衛星によるGPS掩蔽（LEO-GPS）に与える屈折率の水平勾配の影響に関する研究や、水平勾配の影響を受けず、かつ計算コストの軽い観測演算子の開発などが盛んに行われている。Syndergaard et al., (2004)は、Abel変換によって得られた屈折率のプロファイルを、近地点から直線近似した波線経路上で積分して得られる遅延量を、新たな観測演算子として提案した。電波を直線近似することで、計算時間が大幅に短縮できるため、現業での数値予報にも利用可能な演算子である。これをGPS-DL掩蔽に適用することで、屈折率の水平勾配が卓越する場合でも、勾配の強さに影響されない高精度の観測演算子として使用できることを、メソスケールモデルを用いたシミュレーションによって確認した。

京都大学、電子航法研究所に協力し、航空機観測されたGPS-DLから屈折率のプロファイルを解析し、数値モデルの屈折率との比較を行った。電波の近地点高度が安定しないなどの課題はあるが、高度2 km程度まではモデルと良く一致することが確認できた。

関連論文

147, 148, 160

グローバル水循環への応用 (「精密衛星測位による環境監視技術の開発」の副課題)

研究期間：平成14年度～平成16年度

研究担当者：仲江川敏之（気候研究部 第二研究室主任研究官）

目 的

地球表層流体のうちグローバルな水循環に焦点をあて、地下水、土壌水、湖沼、積雪などを合わせた陸域貯水量を地域的な観測データとモデルを用いた数値計算から推定して、季節変化や年々変動の大きさを明らかにする。

本年度の計画

前年度からの課題を継続して行うとともに、衛星重力ミッションから得られる陸域貯水量の有効利用並びに新たな応用分野について検討する。また、最終年度として、研究の総括を行う。

本年度の成果

現実の陸水貯留量と大気陸面モデルSibの陸水貯留量の定義上の違いを無くすために、河道貯留量を加えた、全球陸水貯留量データを算定する計画は、達成することができた。

衛星重力ミッションGRACEから推定された陸水貯留量を用いた、応用研究は、データ提供が研究グループ内で無く、実施することができなかった。

当初計画していなかった、陸域で質量変化を引き起こす現象について、質量変動のデータ整理を行い、衛星重力ミッションによる観測可能性について、検討を行い、石炭掘削、植生質量変動などが観測できる可能性がたかいことが得られた。

関連論文

192

観測用測器開発 (「定期航空便による温室効果気体観測のグローバルスタンダード化」の副課題)

研究期間：平成15年度～平成17年度

研究担当者：松枝秀和、澤 庸介（地球化学研究部）

目 的

民間航空機に搭載できる「温室効果気体濃度測定機器」を開発し、「航空機搭載用部品としての承認」を日米両国の航空当局から取得する。二酸化炭素自動連続測定器については、研究用航空機に搭載して試作器性能確認を行った後に、日本航空の所有機に搭載するための機体改造を行う。また、自動フラスコサンプリング装置についても、日本航空の所有機に搭載するための機体改造を行う。これらの航空機を用いて、温室効果気体の試験観測を実施する。これにより、世界に先駆けて、定期航空機に搭載できる温室効果気体観測機器のグローバルスタンダードを確立する。

本年度の計画

製作された自動フラスコサンプリング装置について動作試験を実施し、機器のハードとソフトの機能を評価する。

製作された自動フラスコサンプリング装置について、標準ガス空気を流して模擬採取実験を実施し、空気採取が実機で確実に実施できることを実証する。

機体に設置するためのラック及びポンプ、空気配管、電気配線の設計に関して、開発の協力研究を行う。

本年度の成果

試作の自動フラスコサンプリング装置について、様々な条件を入力して動作試験データを収集した。そのデータを解析した結果、想定されるすべての条件下において、装置のハード並びにソフトが正常に作動していることが確認された。

実際に空気が自動フラスコサンプリング装置に採取できるかどうかを検証するため、標準ガス空気を装置に送り込む模擬採取実験を実施した。その結果、目的とする圧力に空気が正常に採取できることが確認された。本結果と上記の作動試験の結果を合せて、試作の自動フラスコサンプリング装置が当初の開発計画通りに作製されていることが実証された。

自動フラスコサンプリング装置を航空機内に設置するために必要な装備品（ラック、ポンプ、空気配管、電気配線等）について、実機における調査を行うと同時に、それらの設計案に対して空気採取に影響を与えないかどうか検討した。その結果、特に大きな問題点はなく、設計と製作に取り掛かることとなった。

関連論文

新世代海面水温の評価と新しい応用技術開発 (「東アジア海洋環境監視と新世代衛星海面水温」の副課題)

研究期間：平成15年度～平成17年度

研究担当者：蒲地政文、中野俊也、碓氷典久、石川一郎、辻野博之（海洋研究部）

目的

複数の衛星データを組み合わせて作成された海面水温データ(新世代海面水温)及び他の海洋観測データ(海面高度、海洋内部の水温、塩分)の同化手法を開発し有効性を評価する。

本年度の計画

前年度に引き続き新世代海面水温を用いた同化実験を北西太平洋に領域を限った数値予測モデルを用いて行い、有効性を評価する。

蓄熱量データ及びそれに関連するデータを用いた気候変動解析を行う。

数値予測モデルの海面混合層過程と同化手法(鉛直の経験直交関数展開)の改良を行う。

GODAE相互比較実験に引き続き参加する。

本研究の成果

数値予測モデルの海面混合層モデルのチューニングを行い、海面水温の再現性を高めた。また、黒潮の流路変動の再現性を高めるために、衛星海面高度計をTOPEX/PoseidonだけでなくERS, ENVISAT等の空間解像度の細かい衛星データも同化できるように改良した。

新世代海面水温を用いた同化実験を1993年から2004年まで行い、北西太平洋での水温・塩分・流速・海面高度に関するデータセットを作成した。新世代海面水温の使用/不使用の同化実験を行い、鉛直方向への新世代海面水温の影響を調べた。冬場で200m、夏場で100mの深さの水温に影響を及ぼしていることが示された。また、黒潮に沿って流入する暖水の幅が、従来船舶から求められている海面水温によって算出された幅よりも狭いことが解像度の高い新世代海面水温を同化することによりわかった。

関連論文

81, 82, 85, 246, 247

衛星海面高度計データ・数値シミュレーションを用いたインド洋の津波の伝播過程 (「スマトラ島沖大地震及びインド洋津波被害に関する緊急調査研究の副課題 震源海域近傍における地殻変動・大津波調査」の副課題)

研究期間：平成16年度

研究担当者：濱田信生、長谷川洋平、林 豊（地震火山研究部）、
倉賀野連（気候・海洋気象部 海洋気象課 海洋気象情報室）

目的

2004年スマトラ島沖地震の津波波源や伝播過程の特徴を衛星海面高度計のデータを用いて把握する。

本年度の計画

人工衛星に搭載された海面高度計のデータを用い、津波と平常時の海面高度の比較処理を行い、津波による海面高度変化を抽出する。

震源断層モデルを用いて津波のシミュレーションを行い、海面高度変化を説明できるモデルを評価し、決定する。

本年度の成果

人工衛星Jason-1及びTOPEX/Poseidonに搭載された海面高度計による観測データについて、2004年12月26日のスマトラ沖地震津波の発生時と平常時の海面高度を比較し、インド洋を伝播中の津波による海面高度変化を抽出した。

海洋研究開発機構、産業技術総合研究所、北海道大学大学院理学研究科の研究者との共同研究で、海面高度変化を説明できるスマトラ沖地震の震源断層モデルを、津波数値シミュレーションと逆解析の手法を用いて求めた。その結果スマトラ沖地震は断層破壊の伝播速度が遅いと推定されることから、津波地震であった可能性があることが判明した。

なお、スマトラ沖地震のようにマグニチュード9クラスの地震では、断層活動がもたらす地球重力場の変化で、震源域付近でジオイドが数cmオーダーで永久変位することを理論計算により確認した。これにより、沿岸付近を含む適切な潮汐補正モデルを確立できれば、M9級の地震に伴うジオイド変化も衛星海面高度計により面的に検出できる可能性があることを明らかにした。

関連論文

津波遡上高の詳細解析に基づく津波発生機構の解明(平成15年度追録) (「平成15年(2003年)十勝沖地震に関する緊急調査研究」の副課題)

研究期間：平成15年度

研究担当者：長谷川洋平、吉田康宏、林 豊（地震火山研究部）

目 的

観測データと津波数値シミュレーション計算を併用した津波遡上高の詳細な解析、および地震波形データのインバージョン解析により、2003年（平成15年）十勝沖地震の震源過程、津波発生機構を解明する。また1952年十勝沖地震との比較も行う。

本年度の計画

- 地形データの収集、データセット作成
- 津波遡上数値計算値と観測値の比較による震源過程推定
- 1952年強震計記録の詳細解析
- 地震波形インバージョン解析による震源過程推定

本年度の成果

○津波解析

詳細津波遡上数値計算の対象地域とした厚岸町の漁港防波堤現地測量を行うなど、陸上・海域の地形データを収集し、これにチェック・修正を加えて詳細な地形データセットを作成した。数値計算は、非線形理論式を用いた遡上現象まで対応可能なプログラムを使用し、最小で25mの計算格子を設定することにより、海岸付近での津波の複雑な挙動をシミュレーションした。

気象研究所を含む関係研究機関が地震直後に実施した合同現地調査によると、震源から離れた釧路支庁厚岸町の一部の極めて狭い範囲に4mを超える遡上が見られたことが判明していたが、数値計算の結果、襟裳岬の東方沖合に大きな滑りを持つ断層モデル（Yamanaka and Kikuchi,2003）を入力とした場合にこの分布パターンを再現できることが分かった。

1952年十勝沖地震の津波数値計算では実際の津波遡上高分布を良く再現することはできなかった。これは、入力とする断層面上の詳細な滑り分布が不明なため一様滑りの断層モデルを使用したこと、1952年以降海岸付近の地形が改変されている場所があることなどの理由によるものと考えられ、これらを改善した上で数値計算を行う必要があることが分かった。

○地震解析

2003年十勝沖地震の震源過程を震央距離が300km以内にある強震計の波形記録を用いて解析した。断層面の大きさは余震分布から推定した。その結果、一番大きく滑った領域（アスペリティ）は破壊開始点の北北西、襟裳岬方向に存在しており、すべり量は最大で7mに及ぶことが明らかになった。また、破壊領域は釧路海底谷を超えて東まで延びていないことを明らかにした。

2003年十勝沖地震と1952年十勝沖地震の波形記録の比較を行い、2つの地震の破壊領域に差があるかどうかを検証した。1952年の地震について一倍強震計の記録が保存されており、ほぼ同じ場所に現在加速度計が設置されている点を選び出し、地震計特性の補正をした後に比較を行った。場所が同じ観測点の記録は稚内、八戸、宮古、仙台の4点しか見つからなかったが、両地震の記録はいずれの観測点でも良く似ており、破壊領域に大きな違いがない可能性が高いことが明らかになった。

関連論文

*Tanioka, Y., Y. Nishimura, K. Hirakawa, F. Imamura, I. Abe, Y. Abe, K. Shindou, H. Matsutomi, T. Takahashi, K. Imai, K. Harada, Y. Namegaya, Y. Hasegawa, Y. Hayashi, F. Nakayama,

T. Kamataki, Y. Kawata, Y. Fukasawa, S. Koshimura, Y. Hada, Y. Azumai, K. Hirata, A. Kamikawa, A. Yoshikawa, T. Shiga, M. Kobayashi and S. Masaka, 2004 : Tsunami run-up heights of the 2003 Tokachi-oki earthquake, *Earth, Planets and Space*, 56, 359-365.

谷岡勇市郎、西村裕一、平川一臣、今村文彦、阿部郁男、安部祥、進藤一弥、松富英夫、高橋智幸、今井健太郎、大沼康太郎、神昭平、村上哲朗、都司嘉宣、行谷佑一、藤間功司、眞坂精一、長谷川洋平、林 豊、吉川章文、上川明保、志賀 透、小林政樹、小田勝也、富田孝史、柿沼太郎、佐竹健治、七山 太、鎌滝孝信、平田賢治、河田恵昭、深澤良信、越村俊一、秦康範、東井裕介、平田賢治、2004：2003年十勝沖地震津波調査報告、東北大学津波研究報告、21 (2)、1-237.

谷岡勇市郎、西村裕一、平川一臣、今村文彦、松富英夫、高橋智幸、都司嘉宣、原田賢治、長谷川洋平、林 豊、小林政樹、上川明保、佐竹健治、七山 太、鎌滝孝信、越村俊一、平田賢治、2004：津波遡上高・被害の調査及び結果の整理、平田直編、科学技術振興調整費成果報告書 先導的研究等の推進 平成15年(2003年)十勝沖地震に関する緊急調査研究、東京大学地震研究所、56-71.

長谷川洋平、吉田康弘、林 豊、小林政樹、上川明保、蒲田喜代司、松山輝雄、2004：津波遡上高の詳細解析に基づく津波発生機構の解明、平田直編、科学技術振興調整費成果報告書 先導的研究等の推進 2003年十勝沖地震に関する緊急調査研究、東京大学地震研究所、82-98.

谷岡勇市郎、西村裕一、平川一臣、今村文彦、阿部郁男、安部祥、進藤一弥、松富英夫、高橋智幸、今井健太郎、藤間功司、原田賢治、行谷佑一、長谷川洋平、林 豊、吉川章文、上川明保、志賀透、小林正樹、眞坂精一、鎌滝孝信、七山太、佐竹健治、河田恵昭、深澤良信、越村俊一、秦康範、東井裕介、平田賢治、2005：2003年十勝沖地震の津波遡上高調査および大津漁港での津波数値計算、月刊地球、号外49,128-136.

長谷川洋平、林 豊、2005：津波遡上高の詳細解析に基づく津波発生機構の解明、気象庁技術報告第126号 平成15年(2003年)十勝沖地震調査報告、65-72.

札幌管区気象台、気象研究所、地震火山部地震津波監視課、2005：第3章現地調査 3.2.1十勝支庁の被害～3.2.7渡島支庁の被害、気象庁技術報告第126号 平成15年(2003年)十勝沖地震調査報告、75-120.

津波波形解析による過去の宮城県沖地震の調査 (「宮城県沖地震に関するパイロット的な重点的調査観測」の副課題)

研究期間：平成14年～平成16年度

研究担当者：長谷川洋平（地震火山研究部）

目 的

過去の宮城県沖地震で発生した津波が観測された検潮所の津波記録を使用して、津波波形解析を行い、それぞれの地震のすべり量分布を明らかにする。

本年度の計画

前年度に行った1936年の津波の解析について、検潮記録の時刻精度の影響を検討した上で再解析を実施する。この結果と前2カ年で実施した1978年及び1936年の宮城県沖地震に関する研究結果を併せて成果をとりまとめる。

本年度の成果

1936年の宮城県沖地震を引き続き調査するとともに、3年間の研究の全体成果を整理しとりまとめた。その全体成果として、1936年の地震はMw7.2で1978年の地震Mw7.5より有意に小さいことが判明した。しかし、この2つの地震で同じ場所ですべりが発生したかについては、1936年宮城県沖津波波形記録の時刻精度が悪い事から断定できず、繰り返し周期の正確な特定には至らなかった。

関連論文

産業革命以降の気候の再現に関する研究

研究期間：平成14年度～平成16年度

研究代表者：鬼頭昭雄（気候研究部 第一研究室長）

目的

人間活動による二酸化炭素・メタン・オゾン・エアロゾルの変化及び太陽活動や火山性エアロゾルによる自然変動をそれぞれ考慮して、産業革命以降の気候変動の再現実を行い、その結果の解析から温室ガス等の気候変化に対する個別要因の影響評価を行う。

(1) 観測データ及び各種強制力データの整備とデータ解析

研究担当者

柴田清孝（環境・応用気象研究部）、小寺邦彦、黒田友二（気候研究部）

本年度の計画

モデルの長期積分の結果を解析し、観測に見いだされたような変動が再現されているか等の比較を行う。北極振動（AO）/南極振動（AAO）/極夜振動（PJO）のトレンドについてさらに解析をすすめる。また特に南半球については子午面循環トレンドとオゾン変動に原因をもつであろう、非断熱強制のトレンドとの関連を調べる。AO/AAO/PJOのトレンドの原因をさらにさかのぼって調べる。

本年度の研究成果

1950年以降最近までの北極振動（AO）、南極振動（AAO）、北半球極夜ジェット振動（PJO）の成因解析を行った結果、運動量輸送による強制→子午面循環の形成→地表面気圧変化、という因果関係がいずれに対しても示された。AOの長期変動には大きなトレンドと10年規模変動が存在し、これに対応して、運動量輸送、子午面循環にも同様な変動が見られた。他方PJOはより大きなトレンドが見出された。AOとPJOは「AO期」には互いに関連しあうので、PJOに関係の無い「対流圏AO」を定義し、その長期間変動を調べたところこのトレンドはAOのそれよりかなり小さいが、逆に10年規模変動の振幅がより強調される事が分かった。このことは、AOのトレンドの起源は成層圏であり、10年規模変動の起源は海洋、陸を含む対流圏であることを示唆された。また観測されたAAOの長期変動に関しては、10年規模変動はAOに比べて振幅が非常に小さいがトレンドが数倍大きい事が示された。

関連論文

106, 144

(2) 歴史的海面水温・海水データを用いた大気大循環モデルによる気候再現に関する研究

研究担当者

小寺邦彦、楠 昌司、黒田友二、仲江川敏之、鬼頭昭雄、保坂征宏（気候研究部）

本年度の計画

観測された海面水温・海水分布・二酸化炭素濃度の他に、対流圏エアロゾル・成層圏（火山性）エアロゾルの直接効果を大気大循環モデルに与え、1951年から2001年まで51年間の6メンバーアンサンブル実験を行う。これまでの実験結果を比較し、二酸化炭素濃度増加の影響、エアロゾルの影響、アンサンブルサイズの影響を調べ、C20Cプロジェクト参加の他モデル結果とも比較する。

本年度の成果

前年度までに行った海面水温(SST)と二酸化炭素濃度の経年変化を与えた実験(1872-2002年)に加え、観測されたSSTを与え20世紀末の二酸化炭素濃度値に固定した実験、及び経年変化のない気候値SSTを与え二酸化炭素濃度値を固定した実験を行った。解析は前者を中心に行った。モデルによる小笠原高気圧の年々変動の再現性は良かったが、オホーツク海高気圧の再現性は悪く、これが夏季の日本付近の降水量の年々変動の再現性を低くしている可能性がある。モデルによる50、100、200年最大月降水量を全球的に推定したところ、観測値をある程度再現していることがわかった。モデルによる北極振動(AO)、南極振動(AAO)、北半球極夜ジェット振動(PJO)の成因とトレンド解析を行ったところ、観測的研究で明らかになった運動量輸送、子午面循環、地表面気圧変化、という因果関係が、モデル中でも成立している事が示された。これらのインデックスの類似性はまた10年規模変動に対しても成立していた。

関連論文

98, 188, 191, 192

(3) 気候モデルによる気候再現と気候変化への各種要因の影響評価に関する研究

研究担当者

行本誠史、野田 彰、吉村裕正、内山貴雄、鬼頭昭雄(気候研究部)
柴田清孝(環境・応用気象研究部)

本年度の計画

セミラグ版でより上層まで表現可能なモデルの構築や化学輸送モデルとの結合を行う。前年度までに行った気候モデル(大気海洋結合)による気候再現実験を大気大循環モデルによる気候再現実験結果と比較・解析し、強制力に対する気候の応答において大気と海洋・海水との相互作用が果たす役割等について検討を行う。また、各種強制力を個別に与える実験を行い、過去の気候変化における各種強制力の影響を分離し、要因による変化構造の違い、あるいは気候変化への寄与の大きさ等の評価検討を行う。

本年度の成果

強制力に対する気候の応答において大気と海洋・海水との相互作用が果たす役割を調べるための大気大循環モデルによる感度実験を行った。温室効果気体の濃度は固定し、気候モデルで再現された海面水温・海水の変化を大気大循環モデルに与えた実験と基準実験との比較した結果、20世紀後半の気候変化に伴う海面水温・海水の変化により、対流圏全体が昇温し、特に対流活動が強化されることにより低緯度上部対流圏でより大きな昇温が生じる。この結果、亜熱帯ジェット付近の南北温度傾度を大きくし、亜熱帯ジェットを強化する効果を持つことが示唆された。また、海面水温・海水を基準実験と同じに固定し、温室効果気体のみを増加させた大気モデル実験を行った。この結果から、20世紀後半の気候変化に伴う北極振動に似た構造の変化は、海面水温・海水の効果による亜熱帯ジェットの強化と、温室効果気体による主に成層圏の非断熱的变化による極渦の強化がともに働いた結果であることが示唆された。

関連論文

320, 321

気候モデルにおける下層雲のパラメタリゼーション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：井上豊志郎（物理気象研究部 第二研究室長）

研究担当者：萩野谷成徳、木下宣幸（物理気象研究部）、保坂征宏、内山明博、楠 昌司、行本誠史、
釜堀弘隆（気候研究部）、別所康太郎（台風研究部）

目 的

衛星データを積極的に利用し、下層雲の形成・変動過程を把握して、気候モデルにおける下層雲のパラメタリゼーション法の改善を行うことを目的としている。このために、衛星に搭載された可視・赤外多チャンネルデータを用いた新しい下層雲の雲パラメータ算定法を開発・改良する。衛星やラジオゾンデ観測から得られる大気の種類パラメータと下層雲の判別能力を高めた手法による衛星画像解析から、下層雲の雲量、形態や発生・消滅について解析し、湿度、安定度、海面温度や風による乱れなどの効果を組み合わせ、気候モデルにおける下層雲のパラメタリゼーション法を開発する。新しいパラメタリゼーションにより、気候モデルの下層雲の表現を改善し、気候変動予測精度の向上を目指す。

本年度の計画

GMS、MSG等の静止衛星データを収集し、可視・赤外多チャンネル法により、00,12UTCの下層雲の雲量を解析する。また、ラジオゾンデデータを収集する。さらに、衛星搭載マイクロ波放射計データおよび既存の雲気候値を収集・解析する。

つくば地区を中心に下層雲発生時に対応したGPSゾンデ・地上測器および鹿嶋灘沖でヘリコプターにより雲および気象観測を行い気象要素の収集を行う。

解析した下層雲の雲量およびラジオゾンデの気象要素から下層雲の雲量を予測するパラメタリゼーション法を開発する。

初期バージョンのパラメタリゼーションによるモデルの結果と雲気候値の比較検証実験を行う。

本年度の成果

GMSの代替機であるGOES-Pacificの2004年4月から11月までのデータにより解析された下層雲の雲量と対応する日本付近のラジオゾンデデータから得られる気温、湿度、安定度、風速などの関係について統計解析を行った。下層雲の出現時には必ず温度の逆転層があることがラジオゾンデ観測やヘリコプターによる観測から確認できた。温位でみた安定度が0.1を越える時に下層雲の出現確率が高いことが分かった。湿度と下層雲の雲量との相関は安定度より高いことが分かった。下層雲量を湿度と安定度から推定する初期アルゴリズムを開発した。気象研究所大気海洋結合モデルMRI-CGCM2.3での年平均下層雲量とISCCPの気候値との比較を行ったが、ISCCPの気候値に比べ少ないことが分かった。気象庁統一モデルで、開発された湿度と安定度との関係を基にしたアルゴリズムによる実験結果はMRI-CGCM2.3より雲量は増加したが、ISCCPの気候値に比べまだ少ないことが分かった。衛星とラジオゾンデの解析からは下層雲の雲量と湿度との相関が良かったが、モデルでは、湿度の分布よりも安定度の分布と衛星により解析された下層雲の分布が良い対応をしていることが分かった。

下層雲の実態把握の精度を高めるため、衛星データによる下層雲の解析の開発・改良を行った。Split Window (11 μ mと12 μ m) によって光学的厚さが6以下の下層の水雲について、輝度温度差が光学的厚さと良い対応をしていることが分かった。さらに、理論計算からSplit Windowにより光学的に薄い下層の水雲について、光学的厚さと有効半径を算定できる手法を開発した。可視と3.7 μ m、11 μ mを利用する太陽反射法とSplit Windowの比較では、光学的厚さが小さい水雲についてはほぼ対応していることが分かった。下層雲の雲量と光学的厚さの日変化についてアフリカ西岸沖で調べた。雲量も光学的厚さも、日の出前に最大になり、午後にかけて最小になることが分かった。

関連論文

新排出シナリオに基づく新しい気候変動シナリオの推計に関する研究 ([「アジア太平洋地域統合モデル (AIM) を基礎とした気候・経済発展統合政策の評価手法に関する途上国等共同研究 (第二期)」]の副課題)

研究期間：平成15年度～平成16年度

研究担当者：楠 昌司、行本誠史、吉村裕正、内山貴雄（気候研究部）、
千葉 長（環境・応用気象研究部）

目的

IPCCの温室効果ガス排出シナリオやAIMモデルに基づく排出シナリオを前提として、気候変動シナリオを大気海洋結合モデルにより予測することにより、地球温暖化の影響・適応シミュレーションの分析の基礎となるデータを他のサブテーマに提供する。

本年度の計画

気象研究所および他機関の気候モデルで計算されたシナリオ実験の解析を通して、新しい気候変動シナリオに含まれる不確定性のメカニズムの分析を行う。

本研究の成果のとりまとめを行い、他サブテーマ担当者やIPCC・DDCを通して結果の有効活用を図る。

本年度の成果

気象研究所で開発された化学輸送モデル（the Model of Aerosol Species IN the Global Atmosphere (MASINGAR)）を用い、二酸化硫黄の排出シナリオから硫酸エアロゾルの分布を求めた。

気象研究所で開発された大気海洋結合モデルMRI-CGCM2.3を用い、20世紀の気候再現実験（20C3M）およびIPCCの排出シナリオに関する特別報告書（SRES）のシナリオA1B、A1T、A1FI、A2、B1、B2について温暖化予測実験を行った。A1BとB1については、2100年に二酸化炭素濃度を固定し、2300年まで時間積分した（安定化シナリオ）。A1B、A2、B1については5メンバーのアンサンブル実験を行った。温室効果気体の増加に伴い、それぞれのシナリオにおいて地上気温、降水量ともに増加する。年々変動及びアンサンブルメンバー間のばらつきについては、気温より降水量の方が大きい。20C3M実験の1961-1990年の平均に対する2071-2100年における平均の昇温量は、A1B、A1T、A1FI、A2、B1、B2の各シナリオに対してそれぞれ2.4℃、2.1℃、3.2℃、2.7℃、1.7℃、2.0℃となった。

海面水位の変化量については、ある基準状態からの密度のずれを全球で積分することで計算した。全てのIPCC AR4の実験に対して海面水位の変化を計算した。基準状態には産業革命前の状態におけるコントロール実験の平均的な状態を使用した。2000年から2100年までの間に海面水位は10cm（B1）から15cm（A2）の範囲で上昇している。海面水位は二酸化炭素を安定化させた後も上昇を続け、2100年から2300年の間にさらに10cm（B1）から15cm（A1B）上昇している。

関連論文

50

太平洋の海洋中深層データ解析による長期的二酸化炭素吸収量の解明 〔「太平洋域の人為起源二酸化炭素の海洋吸収量解明に関する研究(第Ⅱ期)」 の副課題〕

研究期間：平成16年度～平成17年度

研究担当者：石井雅男、松枝秀和、斉藤秀、時枝隆之、澤 庸介（地球化学研究部）

目 的

1980年代の中頃から近年にかけて、地球化学研究部や他の機関によって赤道域を含む南北太平洋において観測された炭酸系パラメーターのデータを時系列に解析し、さまざまな水深におけるその変動を明らかにする。さらに物理情報や、生物・化学情報などと比較しながら変動要因を解明し、大気CO₂増加にともなう海洋へのCO₂蓄積速度を評価する。データの空白域等においては、観測によって新たにデータを収集する。

本年度の計画

- ①過去に太平洋熱帯域で観測した海洋表層のCO₂分圧、全炭酸濃度等のデータを整理するとともに、他機関で得られたデータも可能な限り収集し、データ書式を統一するなどして、データセットを整備する。
- ②整備したデータセットに基づいて、過去約20年間における太平洋中部・西部熱帯域の海洋表面水における炭酸系データの時空間変動を解析し、長期的な傾向や変動要因を解析する。
- ③気象庁観測船により、データの乏しい太平洋熱帯域東経142度付近などの海域において、海洋炭酸系やその他の化学成分に関する鉛直各層観測を実施する。

本年度の成果

- ①1969年から2003年までの間に、気象研究所と気象庁気候・海洋気象部が観測した洋上大気と海洋表層水のCO₂分圧のデータの書式を統一して、データセットを作成した。さらに、気象研方式の観測装置を使用して観測を行った旧通産省と新エネルギー・産業技術総合開発機構のプロジェクトNOPACCS (Northwest Pacific Carbon Cycle Study) の観測データや、1996年に北大西洋上で行われた国際比較実験を通じてデータの整合性が検証されているフランス・パリ大学の観測データも収集し、データセットに追加した。本研究が対象とする太平洋赤道域の北緯5度～南緯10度、東経125度～西経110度の海域に限っても、航海総数は79航海、データ総数はおよそ48,000データにのぼった。
- ②海洋表層の全炭酸濃度についても、CO₂分圧と同様に1990年以降に観測したデータの書式を統一し、データセットを作成した。スクリプス海洋研究所製の認証標準物質をデータの品質管理に使用し、データを相互に比較可能なWOCE (World Ocean Circulation Experiment) やJGOFS (Joint Global Ocean Flux Study) における観測データもデータセットに加えた。
- ③②で整備したデータセットに基づいて、赤道域における全炭酸濃度と水温・塩分・観測年の関係を重回帰分析によって経験的に評価した。その結果、全炭酸濃度は、1990年から2003年までに赤道域中部の発散域で $+0.7 \pm 0.1 \mu\text{mol/kg/yr}$ 、西部の低塩暖水域で $+0.6 \pm 0.1 \mu\text{mol/kg/yr}$ の平均速度で増加していたことが分かった。
- ④③に記した赤道域における全炭酸濃度と水温・塩分・観測年の関係を、海洋研究部で作成された月ごとの水温・塩分分布の同化データと結合させることにより、1992年から2002年の10年間の太平洋赤道域全域における表層全炭酸濃度の分布を月ごとに評価した。さらに、これに基づいて、海洋表層のCO₂分圧や、大気・海洋間のCO₂フラックスについても同様に月ごとに評価した結果、その10年間に太平洋赤道域から大気へのCO₂フラックスは、エルニーニョ南方振動に伴い、 $0.1\text{PgC/yr} \sim 0.9\text{PgC/yr}$ の範囲で大きく変動したと推定できた。
- ⑤①と②のデータセットから、西部赤道域の低塩暖水域に着目して、この海域における全炭酸濃度や

CO₂分圧の水平分布の特徴を考察した。その結果、発達したバリエイヤーが亜表層に形成されると、表層では水温が上昇すると同時に、全炭酸濃度の低下する傾向があることが明らかになり、その原因は成層した表層内で窒素固定による生物生産が活発化するためと考えられた。このようなやや局所的な生物生産の影響や、赤道湧昇の影響を除外するために、21.5σ_θ～21.8σ_θの表層水のみ注目し、CO₂分圧と全炭酸濃度の変動傾向を評価したところ、西部赤道域の低塩暖水域では、1992年から2003年までに、CO₂分圧が+1.2 ± 0.1 μatm/yr、全炭酸濃度が+1.0 ± 0.4 μmol/kgの速度で増加していることが分かった。増加速度は②の結果に比べて速いものの、有意な差はなかった。

⑥気象庁凌風丸の0406航海に乗船し、東経142度付近の赤道海域などにおいて、全炭酸濃度の各層採水を実施し、サンプルを気象研に持ち帰った。

関連論文

33

中緯度における長期オゾン変動の解明と変動要因の解明に関する研究 (「オゾン層破壊の長期変動要因の解析と将来予測に関する研究」の副課題)

研究期間：平成14年度～平成16年度

研究担当者：柴田清孝、関山 剛、出牛 真（環境・応用気象研究部）

目 的

中緯度でのこれまでのオゾン変動トレンドに関して、輸送過程と化学的な分解に係わる要因（特に成層圏硫酸エアロゾル量）とに分けるために、三次元化学輸送モデルを用いて中緯度域での長期のオゾン減少トレンドについての再現実験を行い、化学過程や輸送の効果がモデル実験上で認められるか、反応スキームの違いによるオゾン破壊トレンドへの影響などを調べる。更に異なったフロンガスシナリオでの数値実験を行い、中緯度域でのオゾン減少へのオゾン破壊物質の規制効果を見積もる。

本年度の計画

長期ランの解析を行い、中緯度に流れてくる熱帯からの空気塊と極域からの空気塊のそれぞれの特性を把握し、長期トレンドに及ぼす影響を調べる。また、硫酸エアロゾルのオゾントレンド、フロンガスとの関わりを調べる。

本年度の成果

気象研究所化学輸送モデル（MJ98-CTM）においても輸送精度を定量的に評価し、鉛直解像度の最適化を測った。その結果、下部成層圏オゾン場の過大バイアスが大幅に改善された。

MJ98-CTMの鉛直対流拡散過程を改良し、下降流の効果、深い対流のある場合に境界層での鉛直拡散係数を大きくする等の措置を施した。感度実験をおこなった結果、熱帯対流圏オゾン濃度場の過大バイアスが緩和された。

成層圏の力学現象のうち熱帯成層圏準二年振動（QBO）を大気大循環モデルにおいて再現することは大変難しく世界的にみても数少ない成功例しか報告されていないが、我々はこのQBO(の現象)を再現することに成功し、より現実的な成層圏大気場の再現に成功した。

再現する大気大循環モデルと化学輸送モデルをオンラインで結合することで、成層圏オゾンの放射過程をとおした力学場への影響も考慮され、成層圏の力学・放射・化学過程が一体化したインタラクティブなシミュレーションを行えるようになった。

関連論文

143

リモートセンシングを活用したバイオマス計測手法の開発 (「京都議定書吸収源としての森林機能評価に関する研究」の副課題)

研究期間：平成14年度～平成16年度

研究担当者：馬淵和雄（環境・応用気象研究部）

目的

森林の炭素吸収量評価モデルの開発を目的としている。また、京都議定書が求めている不確実性への対応方法やクロスチェック手法の確立、合意形成に有用な科学的知見の評価も併せて本研究の中で実施していく。

本年度の計画

現在まで本研究で得られたリモートセンシングデータ及び現地調査データから得られた観測値を用い、陸面植生モデルの高度化を行い、観測で得られている森林バイオマス変動を数値モデル的に検証する。

本年度の成果

気候モデル用の陸面植生モデルとして開発されたBAIM（Biosphere-Atmosphere Interaction Model、Mabuchi et al. 1997）（BAIM Ver.1）は、陸面－大気間のエネルギー収支、及び二酸化炭素収支を再現できるモデルとして開発された。しかし、このBAIM Ver.1においては、葉面積指数や、樹高、植物内及び土壌中の蓄積炭素量などは、植生タイプごとに月ごとの定数として与えていた。そのため、蓄積炭素量の変動、植物形態の変動を陽に再現することができていなかった。その欠点を改善し、BAIM Ver.1の植物生態モデルとしての特性をより高めるため、植物内及び土壌中炭素蓄積量をモデル内変数として取り入れたBAIM Ver.2（BAIM2）を開発した。

BAIM2を、T63L21全球気候モデルに組み込み、予備的な数値実験を実施し、再現されたモデル気候値について、全体的な傾向の把握を行った。本気候モデルにおいては、大気中の二酸化炭素濃度も予報変数としている。よって、BAIM2を本3次元気候モデルに直接組み込むことにより、物理的気象要素及び大気中二酸化炭素濃度の時間的・空間的変動と、陸面植生の物理的形態及び植生・土壌内炭素蓄積量の時間的・空間的変動が、各要素間の相互作用を介して一体となったモデル空間として再現できることになる。

BAIM2を導入した全球気候モデルによるスピナップランを開始し、モデルの長期積分時の精度の確認を行った。

関連論文

274, 275, 277

陸域生態系吸収・放出の近未来予測モデルの開発 (「21世紀の炭素管理に向けたアジア陸域生態系の統合的炭素収支研究」の副課題)

研究期間：平成14年度～平成18年度

研究担当者：馬淵和雄（環境・応用気象研究部）

目的

人間活動による炭素排出は、生態系との相互作用を経て、グローバルな炭素循環に変動をもたらす。特に、これから数十年間の陸域炭素収支の変動が、気候システムに重大なインパクトを与える。このような地球規模の脅威に対処するためには、陸域炭素収支が今後どのように変動するのか、この変動を管理するために、どのようなオプションがあるのか、またそれらはどのように評価されるのか、といった課題の解明のために、自然科学と社会科学を総合した分析を実施していかなければならないという認識が高まっている。本プロジェクトは、上記の国際的研究の一環として、わが国が位置し、経済発展がめざましい東アジアを中心に、気候変動の影響が大きいと予想されるシベリアを含めた地域での炭素循環を研究するものである。

本年度の計画

陸面植生モデルBAIMの高度化を行い、それを導入した気候モデルを用いた数値実験により、東アジア地域の炭素収支の再現性に関する検証を行う。

本年度の成果

気候モデル用の陸面植生モデルとして開発されたBAIM (Biosphere-Atmosphere Interaction Model, Mabuchi et al. 1997) (BAIM Ver.1) は、陸面一大気間のエネルギー収支、及び二酸化炭素収支を再現できるモデルとして開発された。しかし、このBAIM Ver.1においては、葉面積指数や、樹高、植物内及び土壌中の蓄積炭素量などは、植生タイプごとに月ごとの定数として与えていた。そのため、蓄積炭素量の変動、植物形態の変動を陽に再現することができていなかった。その欠点を改善し、BAIM Ver.1の植物生態モデルとしての特性をより高めるため、植物内及び土壌中炭素蓄積量をモデル内変数として取り入れたBAIM Ver.2 (BAIM2) を開発した。

BAIM2を導入した地域気候モデルを開発した。本地域気候モデルは日本域モデル (JSM) を Lambert projection に変更し、対象領域をシベリア南部、中国、インド、インドシナ半島、フィリピン、及び日本を含む東アジア域に拡張したモデル (基準経度105° E) である。モデルの水平分解能は Lambert 基準緯度 (15° N、50° N) で60kmである。

BAIM2により、各グリッドごとの炭素蓄積量として、植物の葉、幹、根、リター層、及び腐植土層それぞれに蓄積される炭素量が陽に再現される。各部分の炭素蓄積量は、光合成により獲得された炭素の配分による増加量、呼吸及び落葉・落枝などによる減少量、リター層への蓄積量などの収支を見積もることにより、日単位でその変動が見積もられる。呼吸量やリターの量などは、それぞれの層に蓄積されている炭素量に応じた量として見積もられる。また、葉面積及び樹高は、それぞれの要素に蓄積されている炭素量から見積もられる。それによって、植物形態の変動が日単位で再現されることになる。また、落葉樹などの植物形態の季節変化が大きい植生については、その季節変化も再現される。これらの植物形態の季節変化は、基本的にモデルで再現される温度と土壌水分量によって制御される。

本地域気候モデルによって再現された炭素蓄積量の季節平均値および年平均値の特性を検証した。葉の炭素蓄積量は季節変化が大きいのが、年平均で見ると、常緑樹地域と中緯度草原域での値が、相対的に多くなっている事などが分かった。

関連論文

274, 275, 277

対流圏エアロゾル及びオゾン過程モデルの高度化に関する研究 (「大気中の水・エネルギー循環の変化予測を目的とした気候モデルの精度向上に関する研究」の副課題)

研究期間：平成15年度～平成17年度

研究担当者：千葉 長、柴田清孝、財前祐二、高橋 宙、出牛 真（環境・応用気象研究部）

目 的

気象研全球エアロゾルモデルにビン法による硫酸エアロゾル（人為起源エアロゾル）のモデルを開発導入し、雲の生成や放射の評価精度の向上を図る。

本年度の計画

- ①ビン法による硫酸エアロゾルモデルの開発・改良の継続。
- ②放射光学モデルの改良・検証。
- ③エアロゾル-雲相互作用モデルの開発。
- ④硫酸エアロゾルモデルを気象研究所全球エアロゾルモデル（MASINGAR）に組み込む。

本年度の成果

- ①ビン法による硫酸エアロゾルモデルの開発・改良の継続
個々のスキーム（SO₂、DMSの酸化、均質核生成による硫酸粒子の生成、凝集による粒径の変化、硫酸の凝結による粒子の成長、乾性沈着、湿性沈着重力落下など）の開発にかかわる検討を行った。
- ②放射光学モデルの改良・検証
全球エアロゾルモデル（MASINGAR）が再現した鋳物性ダストの分布を使い、光学特性としてOPACモデルを用いたルックアップテーブル方式に基づいた1998-2002年までの5年間の放射強制力を求めた。現在他のエアロゾルについての光学特性を作成している。
- ③エアロゾル-雲相互作用モデルの開発
ビン法に基づく硫酸エアロゾルモデルは1 nmから10 μ mまでの粒径を扱う。この中で1 μ mから10 μ mまでの領域で雲を形成させることができるようにプログラミングを進めている。
- ④硫酸エアロゾルモデルを気象研全球エアロゾルモデルに組み込み
①で開発しているルックアップテーブルを全球エアロゾルモデル（MASINGAR）に組み込む形式にプログラム変換を行っている。

関連論文

119

オゾンの高精度データベース作成と季節内・年々変動に及ぼす地域気候変化の影響解析（「日本におけるオゾンとその前駆物質の季節内・年々変動に及ぼす地域気候変化の影響に関する予備的研究」の副課題）

研究期間：平成16年度～平成17年度

研究担当者：澤 庸介、松枝秀和（地球化学研究部）

目 的

本研究の参加研究機関間において行う相互比較実験などを通じて国内観測ネットワークにおけるオゾン測定標準化を進めることで、日本のリモート・ルーラル（遠隔・郊外）地域において過去10年にわたって得られたオゾンとその前駆物質の高精度データベースを作成する。それによって、北東アジア西太平洋周縁域における濃度場・気候値を構築し、地域気候変化がその季節内変動・年々変動などに及ぼす影響について解析することを目的とする。また、将来に向けて国内外におけるオゾン測定の較正体系ネットワークの確立に関するパイロットスタディを行う。

本年度の計画

気象庁の大気環境観測所で実施されているオゾン測定の実態を調査し、データの品質評価を行う。

気象庁並びに環境省等で得られた国内のオゾンデータを収集し、相互に比較できる高精度データベースを構築する。

オゾンの分布と変動を解析するために必要な気象データベースを作成する。

本年度の成果

- 1) 気象庁の大気環境観測所で実施されているオゾン測定の実態を把握するため、岩手県綾里大気観測所及び与那国島大気観測所における実態調査を実施した。その結果、両観測所の空気採取及びその前処理については、観測値に影響のない環境が整えられていることが確認できた。但し、与那国島のオゾン測定装置については温度・気圧補正がなされていないために、データの品質が若干低下していることがわかった。これらの調査結果から、異なる観測所の測定データを比較する際には、各観測所の測定精度を考慮した上で、変動の解析を進めることが必要であることが認められた。
- 2) 気象庁並びに環境省等で得られた国内のオゾンデータを収集し、相互に比較できる高精度データベースを構築した。データベースの作成に当たっては、各観測所で使用されているオゾン測定装置の較正スケールの違いを反映して、データの統合を図った。
- 3) 西太平洋地域のオゾンの分布と変動の要因解明に関して、気候変動によって生じるオゾンの変動を解析するために、気象庁の気象データを利用して、気候変動指数のデータベースを作成した。このデータベースに加えるべき指数の数を増やすため、来年度も引き続き、オゾンの変動を解析しながら、データベースの改善を図る必要が認められた。

関連論文

オゾン測定標準化と較正体系確立のためのパイロットスタディ (「日本におけるオゾンとその前駆物質の季節内・年々変動に及ぼす地域気候変化の影響に関する予備的研究」の副課題)

研究期間：平成16年度～平成17年度

研究担当者：澤 庸介、松枝秀和（地球化学研究部）

目的

本研究の参加研究機関間において行う相互比較実験などを通じて国内観測ネットワークにおけるオゾン測定標準化を進めることで、日本のリモート・ルーラル（遠隔・郊外）地域において過去10年にわたって得られたオゾンとその前駆物質の高精度データベースを作成する。それによって、北東アジア西太平洋周縁域における濃度場・気候値を構築し、地域気候変化がその季節内変動・年々変動などに及ぼす影響について解析することを目的とする。また、将来に向けて国内外におけるオゾン測定の較正体系ネットワークの確立に関するパイロットスタディを行う。

本年度の計画

国内の本研究参加3機関でのオゾン測定装置の比較実験を実施して、データを比較可能にする手順を確立する。

韓国済州島で実施されるアジア地域のオゾン測定比較実験に参加し、アジア地域での測定較差を明らかにする。

本年度の成果

1) 本研究の参加3機関で使用しているオゾン測定装置について、オゾン較正装置を用いて検定データを取得した。その結果、3つの測定装置の較正スケールが、測定誤差範囲内で良く一致していることが確認された。この結果から、オゾン較正装置を用いた検定が、相互の測定装置の濃度スケール比較にとって有効な方法であることが示された。また、参加3機関で収集しているオゾンデータは、スケールの補正をすることなく、直接比較できる測定値であることが把握できた。今後も、今回と同様の手順に従って、他の機関で使用しているオゾン測定装置を検定することによって、スケールの統一されたデータベースを作成できることがわかった。

2) 2005年2月の終わりから3月にかけて、ABCアジア国際共同プロジェクトの一環として実施された、韓国済州島におけるアジア地域のオゾン測定比較実験に参加した。日本、韓国、中国、台湾からオゾン測定装置が持ち込まれ、日本のオゾン較正装置を利用した比較実験が行われた。この結果、各国の測定装置の濃度スケールの違いを明らかにすることができた。一方、一酸化炭素については、日本で作製された標準ガスが相互比較実験に使用され、各国で使用している標準ガススケールの違いを把握することができた。今後も同様な国際比較実験を実施して、長期のデータのトレーサビリティを確保することが必要であることが議論された。

関連論文

温室効果ガスの遠隔計測における巻雲・エアロゾルの影響研究 (「温室効果ガス観測衛星データの解析手法高度化と利用に関する研究」の副課題)

研究期間：平成16年度～平成18年度

研究担当者：深堀正志（物理気象研究部）

目 的

衛星センサによる温室効果ガスの定量精度を向上させる目的で、温室効果ガスの近赤外域における吸収線強度や線幅などの吸収線パラメータの精密測定を行う。既存の吸収線データベースの妥当性を検証し、データベースの改訂に資するパラメータの決定を目標とする。

本年度の計画

CO₂の1.6μm帯の高分解能スペクトルを測定し、吸収線強度や線幅などを精密に決定する。
吸収線データベースの作成に必要なパラメータを導出し、既存のデータベースの妥当性を検証する。

本年度の成果

2004年9月に公開されたHITRANデータベースの2004年版（HITRAN04）のCO₂の1.6μm帯の主要な4個の近赤外吸収帯 [(30011-00001) 帯、(30012-00001) 帯、(30013-00001) 帯、(30014-00001) 帯] の吸収線パラメータを調査した結果、吸収線の中心波数が4個の吸収帯全てに対し改訂されていることが分かった。新旧データベースの中心波数の差は、最大0.002cm⁻¹程度であった。線強度に対して、(30012-00001) 帯のみが改訂されており、HITRAN04の線強度はHITRAN2Kのそれよりも小さな値が編集されていることが分かった。

フーリエ変換型赤外分光計を用いて、高分解能吸収スペクトルを室温下で測定した。スペクトル測定には鏡間距離が80.8cmの多重反射型の吸収セルを用い、光路長を2274.4cmに設定した。試料気体には、CO₂とN₂の混合気体とCO₂とO₂の混合気体を使用した。実験スペクトルに対して非線形最小二乗法を適用し、線強度と半値半幅を決定した。

本研究による(30011-00001) 帯の線強度は、HITRAN04の値とほぼ一致する結果が得られた。本研究の(30012-00001) 帯の線強度とHITRAN2Kの値との差異は、P枝とR枝に対して、吸収帯の中心から裾野の領域にかけて大きくなる傾向を示した。一方、本研究の値とHITRAN04の値はR枝において良い一致を示したが、P枝の裾野の領域において、両者の差異が明瞭に確認できた。(30012-00001) 帯の線強度はHITRAN04で大幅に改善されたことが分かったが、さらに検証を必要とする領域が残されていることも分かった。本研究の(30013-00001) 帯の線強度とHITRAN04の値との差異は、P枝とR枝に対して、吸収帯の中心から裾野の領域にかけて大きくなる傾向を示し、その差異は3-25%であった。本研究の(30014-00001) 帯に対する線強度は、HITRAN04の値よりも5-30%小さな値であった。(30013-00001) 帯と(30014-00001) 帯の線強度については、HITRAN04の値を早急に改善する必要性のあることが分かった。(30012-00001) 帯のHITRAN04のHerman-Wallis因子は、回転量子数の三次の係数まで考慮されているが、本研究で得られたHerman-Wallis因子の係数は二次までで十分であった。

本研究のCO₂とN₂の衝突幅とCO₂とO₂の衝突幅は、HITRANデータベースに編集されたCO₂と空気の衝突幅の基礎データとなった1980年代後半から1990年代前半に行われたJohnsやDana *et al.*などによる高分解能実験結果と良く一致した。この結果、HITRANデータベースの室温におけるCO₂と空気の衝突幅の妥当性が検証できた。

関連論文

237, 238, 239