

2.2. 研究年次報告

本節には、気象研究所が平成18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18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
・マグマ活動の定量的把握技術の開発とそれに基づく火山活動度判定の高度化に関する研究	24
・温暖化による日本付近の詳細な気候変化予測に関する研究	26

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	29
・日本の異常気象の実態及び気候変動との関連に関する研究	34
・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	37
・上陸台風の構造変化過程とそれに伴う暴風、豪雨、高潮の発生に関する研究	40
・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	43
・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	49
・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	56
・アジア大陸の影響による大気微量気体・エーロゾル・降水降下塵の化学組成変動に関する研究	58
・火山観測データの気象補正等による高精度化に関する研究	60
・津波の予測精度向上に関する研究	61

2.2.3. 一般経常研究

・気候システムとその変動特性のモデルによる研究	62
・氷晶発生過程に関する研究	64
・接地境界層における水蒸気と熱の乱流輸送に関する研究	65
・ヒートアイランド現象の再現・予測に関する基礎的研究	66
・オゾン・エーロゾルライダーの評価・検証に関する研究	67
・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	68
・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	70

2.2.4. 地方共同研究

・西太平洋におけるバリアレイヤーの形成・分布に関する研究	71
・大都市域に強雨をもたらす降水系に関する研究	72
・強雨をもたらす線状降水帯の構造や維持機構、発達や移動を決定する要因の解明	74
・総観規模の前線の構造及びそれに伴うメソスケール現象の特徴に関する研究	75
・紫外域放射伝達モデルの検証に関する研究	76
・地球温暖化に伴う地域の気候変動予測に関する研究	77
・竜巻やダウンバースト等の瞬発性突風の実態把握と予測可能性に関する研究	79

・台風中心部の強風メカニズムに関する基礎研究	80
2.2.5. 他省庁予算による研究	
原子力試験研究費による研究	
・ラドン壊変生成物による降水時の高ガンマ線量率事象解明に関する研究	82
放射能調査研究費による研究	
・放射性降下物の長期変動と再浮遊に関する研究	83
・海洋環境における放射性核種の長期挙動に関する研究	84
科学技術振興調整費による研究	
・渴水対策のための人工降雨・降雪に関する総合的研究	85
・スマトラ型巨大地震・津波被害の軽減策 歪観測による破壊様式の解明	88
地球環境保全等試験研究費による研究	
・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	89
・エアロゾルによる放射強制力の変動及びメカニズムの実態解明に関する研究	91
・民間航空機を活用したアジア太平洋域上空における温室効果気体の観測に関する研究	93
地球環境研究総合推進費による研究	
・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(第Ⅱ期) 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	94
・京都議定書吸収源としての森林機能評価に関する研究(第Ⅱ期) 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	95
・アジア陸域生態系の炭素收支変動予測と21世紀の炭素管理手法の検討 陸域生態系吸収・放出の近未来予測モデルの開発	96
・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 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	97
・アジアの水資源への温暖化影響評価のための日降水量グリッドデータの作成 気候モデルでシミュレートされた降水量の検証	98

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： 伊藤秀美（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

伊藤秀美、勝間田明男、前田憲二、山崎 明、吉田康宏、岩切一宏、小林昭夫、山本剛靖、高山博之、弘瀬冬樹（地震火山研究部）、森脇健（気象庁地震火山部地震予知情報課）

本年度の計画

- 東南海および南海地震の震源域境界付近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。

本年度の成果

- 昨年度と今年度に実施した潮岬南方沖でのOBS観測の結果、気象庁一元化震源カタログでは明瞭でなかった南海トラフ軸の南側の比較的顕著な微小地震活動域の存在を見出した。この地震活動は海溝軸からその南方約20kmまでの範囲の深さ10km～20kmに分布し、プレートを折れ曲げる応力が地震活動を引き起こしているものと推定される。

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

伊藤秀美、勝間田明男、小林昭夫、吉田康宏、山崎 明、山本剛靖、岩切一宏、前田憲二、高山博之（地震火山研究部）、高濱 聰（気象庁地震火山部地震予知情報課）

本年度の計画

- アクロス信号の送信を行い、地殻状態のモニタリング手法を開発する。
- 海水温観測及びGPS観測を継続するとともに、水準等地殻上下変動データを収集して潮位データとの比較解析を行う。

本年度の成果

- 森町のアクロス送信装置を用いて、これまでのアクロスでは最も低周波である3.5～7.5Hzの連続運転を開始した。
- Hi-netのデータを用いて、森町からのアクロス送信信号を約25日間スタッキングすると震央距離約100kmまで信号が識別できることを確認した。
- 客観解析された日本近海の表層水温と東海地域の検潮所における月平均潮位との関係を調査した。検潮所付近の各層水温による熱膨張を考慮することで、単独地点の潮位の補正には一定の効果はあるが、複数点を用いた場合は津村(1963)の方法による補正の方が効果的だった。

関連論文

(3) 新地殻変動観測手法の開発

研究担当者

伊藤秀美、勝間田明男、小林昭夫、山本剛靖、前田憲二、岩切一宏、高山博之（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）、菅沼一成（気象庁地震火山部地震予知情報課）

本年度の計画

- ・大型レーザー発信器を基にしたレーザー変位計を構築し、静岡観測坑道内での試験観測を開始する。
- ・歪計及びGPS観測データを用いた地殻変動検出手法、統合的な歪場解析手法の改良を行う。

本年度の成果

- ・レーザー式変位計において、波長スイープによる絶対長測定試験を行い、その実現性を確認した。
- ・GPS6時間値の精度を同3時間値および1日値と比較し、3時間値に適用した面的監視手法が6時間値にも有効であることを確認した。

関連論文

48-1, 48-2

(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

伊藤秀美、前田憲二、勝間田明男、小林昭夫、黒木英州、山本剛靖、高山博之、弘瀬冬樹、林 豊（地震火山研究部）、甲斐玲子（気象庁地震火山部地震予知情報課）

本年度の計画

- ・プレート境界の性質を表現するパラメーターなどの変化が、連動する地震の順序などに及ぼす影響を引き続き調査する。
- ・東海地震に到るまでのシミュレーション精度向上に引き続き取り組むとともに、東海地域におけるスロースリップのモデル化を行う。

本年度の成果

- ・プレート境界の性質を表現するパラメーターを変化させ、シミュレーションを行った。その結果、東南海・南海・東海の順で地震が発生する場合が得られた。
- ・東海地域でのシミュレーションにおいて、プレート境界の性質を表現するパラメーターをトラフ軸と垂直な方向に変化させることにより、現実のスロースリップが起きている領域付近で地震の直前に30年間隔で3回スロースリップが起きるようになった。
- ・東海地域で起きていたスロースリップ相当の応力解放が起きた場合、東海地震の発生時期にどのような影響を与えるか調べた。その結果、東海地震の発生時期は遅くなつた。応力解放の場所を少し北にずらすと、発生時期が早くなる場合もあった。

関連論文

マグマ活動の定量的把握技術の開発とそれに基づく火山活動度判定の高度化に関する研究

研究期間： 平成18年度～平成22年度
 研究代表者： 伊藤秀美（地震火山研究部長）

目的

地殻変動をより効果的に検知する観測手法を導入し、それによって得られる観測データにこれまでに開発した有限要素法による数値シミュレーション手法を適用することにより、地殻変動を物理的に評価し、地下のマグマの動きを定量的に把握することで、火山活動度レベルの高度化を図り、防災に貢献する。

(1) 地殻変動に基づく火山活動度判定手法の開発

研究担当者

伊藤秀美、山里 平、福井敬一、北川貞之、高木朗充、坂井孝行（地震火山研究部）

本年度の計画

- ・有限要素法を用いた計算手法の改良・効率化
- ・傾斜計の整備、光波測距観測装置の設置（伊豆大島）
- ・GPS、光波測距、重力観測（伊豆大島）
- ・地震観測データの収集（伊豆大島）
- ・干渉SAR（合成開口レーダー）による地殻変動の解析

本年度の成果

- ・伊豆大島のカルデラ北部及びカルデラ南東方の二子山に自動光波測距（APS）観測点を設置し、カルデラ周辺の地殻変動の連続観測を開始した。
- ・伊豆大島の静穏期の地殻変動の詳細を知るため、GPS、光波（EDM）、精密重力の繰り返し観測を実施し、データを蓄積した。
- ・伊豆大島の地殻変動と地震活動との関連性を調べるため、気象庁の地震観測データ等の収集を継続した。
- ・衛星搭載型のSAR（合成開口レーダー）のデータを収集し、干渉画像からの火山の地殻変動の抽出に着手した。今年度は、ニアムラギラ火山（コンゴ）及び雲仙岳のデータを解析し、火山活動に伴う地殻変動の検出に成功した。

関連論文

130-1

(2) マグマ上昇シナリオに基づく火山活動評価手法の開発**研究担当者**

伊藤秀美、福井敬一、北川貞之、高木朗充、坂井孝行（地震火山研究部）

本年度の計画

- ・重力探査（霧島山）

本年度の成果

- ・高精度な地殻変動評価に必要な地下構造データを得るため、霧島山において重力探査に着手した。

関連論文

68-1, 99-3

温暖化による日本付近の詳細な気候変化予測に関する研究

研究期間： 平成17年度～平成21年度

研究代表者： 野田 彰（気候研究部長）

目的

わが国における地球温暖化対策を推進するため、特に、水資源、河川管理、治山・治水、防災、農業、水産業や、保健・衛生などの分野など気候の変化に敏感で脆弱な分野を考慮した温暖化予測情報を提供できるよう、地域的温暖化予測を総合的に行う数値モデルを開発し、日本付近の地域気候変化予測を行う。

(1) 温暖化予測地球システムモデルの開発

研究担当者

楠 昌司、行本誠史、馬淵和雄、吉村 純、鬼頭昭雄、保坂征宏（気候研究部）、
石崎 廣、本井達夫、平原幹俊、辻野博之（海洋研究部）、柴田清孝、小畑 淳、田中泰宙、出牛 真
(環境・応用気象研究部)、井上豊志郎（気象衛星・観測システム研究部）、諸岡浩子（気象庁地球環境・
海洋部気候情報課）

本年度の計画

- ・エアロゾル化学輸送モデルを大気海洋結合モデルに組込み、現在気候再現実験や過去気候実験等によりモデルの精度を評価する。
- ・モデル国際相互比較実験に参加し、モデルの改良を行う。

本年度の成果

- ・最新の JMA/MRI 統一大気モデル(GSMUV)にエアロゾルの直接効果・間接効果を組み込んだ。このため、雲粒数・雲粒の有効半径に依存する雲スキーム・雲放射スキームを新たに導入したほか、同種であっても異なる半径のエアロゾルが核となる雲粒の数を正確に評価するためのビン法を開発し、ダストと海塩が核となる雲粒に対して導入した。雲粒の有効半径に関しては Takemura(2005)による層積雲用から拡張した Liu(2006)の方法を組み込んだ。
- ・エアロゾルの数密度の湿度依存性に関して Chin(2001)による方法（エアロゾルが溶解しない仮定）と Kohler 理論にもとづく方法（エアロゾルが完全に溶解すると仮定）と 2 種類組み込んで比較した。
- ・上記のモデル開発により、エアロゾル自身による放射強制力およびエアロゾルを核とする温かい雲による放射強制力・エアロゾルに依存する雲水・降水変換率を定量的に評価できるようになった。
- ・エアロゾルの直接効果、間接効果を導入した最新の統一大気モデル(GSMUV)に、新たに作成した 1.0 度×0.5 度の Joukowski 変換座標格子の海洋モデル(MRI.COM)を結合し、新大気海洋結合モデル(CGCM3.1.2)を完成させた。
- ・CGCM3.1.2 に、水収支を常時監視する仕組みを組み込み、大気、海洋、陸面（河川、氷床含む）で厳密な保存性の確認と移動量の把握ができるようになった。
- ・陸域炭素循環モデルの感度実験として、大気二酸化炭素增加による光合成促進効果（施肥効果）を除了いた場合、21世紀の大気二酸化炭素增加と温暖化は従来の 3割増しとなり、陸域生態系の表現の不確かさが温暖化予測に大きな影響を与えることが明らかになった。
- ・気候炭素循環モデルを用いて、氷期終了以降の環境激変（北大西洋への氷床融水流入）に対する気候炭素循環系の応答の解析を行った。その結果、北大西洋熱塩循環の弱まりによる北半球の寒冷化で陸域生態系が衰退し、これが古気候記録に見られる大気二酸化炭素微少増加（10ppm 未満）の原因であることが明らかになった。
- ・CGCM3.1.2 の大気部分に簡易な陸面生物炭素過程と大気中の二酸化炭素輸送を組み込んだ。海洋モデル中の炭素循環過程と統合することにより、地球システムモデルとしての炭素循環を表現できるようになった。
- ・地球システムモデルの複数のコンポーネントモデルを結合する目的で汎用カップラーScup(Simple coupler)の開発を行い、バージョン 0.8.01 を完成した。Scup は、地球システムモデルの複数のコンポーネントモデルを結合する目的で開発された汎用カップラーである。「化学輸送モデル」「エアロゾ

ル輸送モデル」「大気海洋モデル」の結合に使用する。「大気モデル」と「海洋モデル」を結合する機能も拡張可能である。欧州では汎用カップラーOASIS3, OASIS4が開発されているが、高機能であるが故に極めて複雑な構造となっている。ScupはOASIS3, OASIS4を参考としつつも、気象研究所のモデル群とスーパーコンピューター・システムに良く適合し、簡潔で使い易い機能である。

- ・気象研究所成層圏オゾン化学気候モデル(MRI-CCM)に、気象研で開発されたカップラー(Scup)を組み込んだ。さらに、最新のJMA/MRI 統一大気モデル(GSMUV)、あるいは統一大気海洋結合モデル(CGCM3.1.2)とMRI-CCMがScupを用いて相互作用を伴い結合できるように、それぞれのモデルの改良をした。
- ・JMA/MRI 統一大気モデル(GSMUV)に気象研エーロゾルモデルであるMASINGARを結合したところダストと海塩の発生が過剰となつたが、積分の時間刻みを適正化することにより過剰な発生を抑えることができた。
- ・エーロゾルモデルであるMASINGARとオゾンモデルであるMRI-CCM間をScupによりオンラインで結合することが出来るようにし、エーロゾル微量気体の相互作用を含む数値実験も実行可能とした。
- ・計算機資源節約のためオゾンモデルMRI-CCMと大気モデルGSMUV(あるいはCGCM3.1.2)間の結合を空間解像度が異なる場合でも対応できるようにした。また、MRI-CCMの高速化もおこなつた。
- ・CGCM3.1.2に、エーロゾル化学輸送モデル、オゾン化学輸送モデルも結合した地球システムモデルを開発した。基準実験を行い、ほぼ満足すべき現在気候の表現性能を確認した。
- ・生物化学過程をモジュール化して海洋モデル(MRI.COM)に組み込み、海洋炭素循環モデルを構築した。海面フラックス駆動の海洋単体モデルで物理場をスピナップした後、一様な化学トレーサ場を初期値として100年間の炭素循環シミュレーションを行い、おおむね妥当な結果を得た。
- ・海洋モデルにおける物質拡散・粘性スキームを改良し、渦拡散パラメタリゼーションにおける非等方性を表現することを可能にした。

関連論文

7-1, 37-3, 37-6

(2) 精緻な地域気候モデルの開発

研究担当者

栗原和夫、佐々木秀孝、高藪 出、村崎万代、内山貴雄（環境・応用気象研究部）、石崎 廣、本井達夫、平原幹俊、辻野博之（海洋研究部）、齋藤仁美（気象庁地球環境・海洋部気候情報課）

本年度の計画

- ・雲解像モデルに陸面水文過程を導入する。
- ・領域大気海洋結合モデルの大気部分の広域化と物理過程の改良を行う。
- ・領域大気海洋結合モデルの海洋部分の高解像度化を行う。

本年度の成果

- ・気象庁で現業用に開発された雲解像非静力学モデル(5km メッシュ)をベースに植物圈モデル(SiB)を導入し、長時間積分が可能な4km メッシュの雲解像モデルのプロトタイプを開発した。4km メッシュモデル単体では、境界からの水粒子成分がないために降水が少なくなる。このため、外側に雲解像モデルと同じ構成の、領域の広い10km メッシュのモデルをネストしたシステムを開発した。
- ・客観解析値を境界条件として雲解像モデルの5年間の長期積分を実施し、気温、降水、積雪などの再現精度を検討した。
- ・領域大気海洋結合モデルの大気部分の広域化を実施し、陸面過程における地面温度計算、放射過程における雲量計算を改良した。
- ・領域大気海洋結合モデルの海洋部分の高解像度化のために、120E-160Eを0.1° メッシュ、25N-50Nを0.1° メッシュ、とした高解像度北太平洋海洋モデルを開発し、海洋モデル単体で、NCEP1再解析データの月別気候値による駆動実験を行った。その結果、黒潮流路について過剰頻度となっていた

大蛇行の発生がなくなるなど改善の傾向がみられた。

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18年度

研究代表者： 中村誠臣（予報研究部 第一研究室長）

目的

激しい降水現象をより現実的に表現するために、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

中村誠臣、大泉三津夫、加藤輝之、室井ちあし、永戸久喜、林修吾、斎藤和雄（予報研究部）、原旅人（気象庁予報部数値予報課）

本年度の計画

- ・噴火直後の三宅島やビルディングを含む都市域など急峻な斜面あるいはそり立つ凸凹地形の場合にオブスタクル法を応用する。他のモデルとの比較など、そのパフォーマンスを調べる。
- ・100mスケールの水平解像度のNHMに実況の降水系を適用して、引き続き観測と比較・検討を行う。
- ・NHMに関して計算機システムに対するモデルの最適化を引き続き行う。
- ・新しい差分スキーム、時間積分スキーム等のパフォーマンスを引き続き調べる。
- ・土壤温度・水分・氷の初期値として、新SiBを組み込んだ全球モデルのモデル気候値からの内挿値を与える、また、積雪初期値を全球積雪深解析から与えることによって、新SiBのパフォーマンスがどの程度向上するかを調べる。
- ・発雷予測モデルの結果にもとづいて、雷観測データとモデル内の雲物理量の関係を統計的に調査し、夏冬それぞれについて、発雷メカニズムの解明および予測精度の検証を行う。
- ・全球NHMについて、プロトタイプのプログラム開発を継続して行う。またより一様な格子作成法を行えるように投影法を改良する、さらに、物理過程について、既存のモデルとの結合を考慮しつつ、パッケージ化・カプセル化を考慮したオブジェクト指向的手法の導入を検討する。
- ・雲物理量予測の検証のために、引き続きリモートセンシング等による観測データとの比較を行う。それを基に、雲物理過程のパラメータの最適化や改良を行う。
- ・境界層過程のスキームの改良を引き続き行う。夏季関東域で高温を観測した事例に適用してそのパフォーマンスを調べる
- ・研究の取りまとめを行う。

本年度の成果

- ・数100m格子での超高解像度実験の際に、モデルが不安定を起こす原因を調査し、安定して動くように発散抑制フィルタに上限を設ける方法を導入した。
- ・2006年7、8月の関東地方を対象に、解像度を5km、1km、250mと変えた1日2回122セットの再現実験を行った。250mの実験では、タイムステップとして、この解像度では大きめの3秒を用いて、全ての事例でモデルが安定動作した。雨量のオーダーはほぼ観測と一致し、1km解像度との総降水量の違いは10%以下であった。
- ・2005年12月、2006年1月の冬季日本海側の積乱雲（雪雲）の発達高度について、解像度1kmのNHM（1km-NHM）では環境場から推定される発達高度（浮力がなくなる高度、level of neutral buoyancy）

と整合性があることが分かった。ただし、解像度 5km ではモデルが予想した高度が 1km-NHM よりも平均で数百 m 高かった。

- ・数値積分を一旦終了させ、その後積分を引き継いで予報時間を延長する、リスタート機能の実装方法を見直した。
- ・水物質の粒径分布がより現実的な表現となるよう、指数関数からガンマ関数に変更する雲物理スキームを改良した。
- ・GLCC（米国地質調査所の土地被覆・植生データ）から任意の解像度で SiB 用の植生分布を作成するプログラムを作成した。解析、観測、あるいは任意に指定した、積雪深データを SiB 用積雪サブモデルの積雪予報変数（最大で 3 層分）に変換するための予備的な変換実験を行い、妥当な結果を得た。これによって、全球モデル用の初期値決定プログラムと較べて、極く簡単なアルゴリズムで NHM 用の積雪予報変数の初期値が得られる目途が付いた。本庁予報課の河川洪水予報のための融雪情報提供について、NHM に組み込んだ SiB を用いて 2006 年 5 月 10 日の北海道雨竜川の洪水の事例を計算し、妥当な融雪情報が提供できることが分かった。
- ・雲物理過程に関わる降水物質予測特性を評価するため、冬季日本海降雪雲の事例で、NHM の解像度を 1km、500m、250m、125m と変えてその影響を調べた。解像度を小さくすることにより上昇流が増大して雲水やあられが増加し、雪の過大評価が改善されることがわかった。また、この事例では、解像度 500m 程度で解が収束することがわかった。
- ・水平格子間隔 1.5km の NHM に組み込んだ発雷予測手法の結果を、冬季と夏季の雷観測データと比較し、雷発生の有無に関して、従来の診断的方法より良好な結果を得た。
- ・立方体型全球 NHM について、保存方程式による定式化、有限体積法・3 次ルンゲクッタ時間積分法の導入、メトリックが準一様となる格子生成法を開発した。

関連論文

22-1, 52-1, 52-9, 98-1, 98-2

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

研究担当者

斎藤和雄、青梨和正、瀬吉 弘、小司禎教、川畠拓矢、武田重夫、柳野 健（予報研究部）
中澤哲夫、北畠尚子、楠 研一、別所康太郎、星野俊介、國井 勝（台風研究部）
中里真久（気象衛星・観測システム研究部）、本田有機（気象庁予報部数値予報課）

本年度の計画

- ① 非静力学モデルの準連続リアルタイムデータ同化法の開発
 - ・雲物理過程の導入と並列化などの高速化を継続する。
 - ・雲物理変数についての背景誤差統計計算を行う。
 - ・開発の成果のとりまとめを行う。
- ② 4 次元変分法のバランス条件に関する効率的なペナルティ項の開発
 - ・実データを用いた収束性の実験などの性能テストを引き続き行い、結果をとりまとめる。
- ③ ドップラーレーダーとウィンドプロファイラの同化法に関する研究
 - ・引き続き、ドップラー速度を用いた同化実験やウィンドプロファイラの同化法に関する研究を行い、開発成果をとりまとめる。
- ④ 衛星搭載マイクロ波放射計データの同化法に関する研究
 - ・引き続きマイクロ波放射計データを、雲物理量を予報変数とする非静力雲解像モデルに同化する研究を行い、結果のとりまとめを行う。
- ⑤ GPS データの同化に関する研究
 - ・準リアルタイム解析による可降水量の連続同化実験を行う。
 - ・GPS 準リアルタイム解析により視線遅延量の抽出を行い、精密暦を用いた解析結果やモデルとの比較・検証を行う。また、視線遅延量を同化するシステムの開発を行う。
 - ・引き続き、屈折率を用いた同化実験を行うとともに、観測誤差の鉛直相関や視線の情報を考慮した同化法の可能性を調べる。
 - ・GPS 掩蔽データや視線遅延量など、より高度な GPS データを用いた連続同化実験を行い、可降水量

の同化との比較を行う。結果のとりまとめを行う。

- ⑥ シビア現象付近での観測データの同化に関する研究
 - ・観測データ同化実験を継続し、研究のとりまとめを行う。
- ⑦ リモートセンシングデータを用いた大気状態解析技術の研究
 - ・欠測域が散在する場合における VAD 法の計算法を開発・検証する。「拡張されたハイブリッド折り返し補正法」の計算法を発展させ、シングル解析、デュアル解析へ応用する。デュアル未解析領域をシングル解析で拡張する計算法を発展させ、検証する。

本年度の成果

- ・雲解像度の 4 次元変分法同化システム（4DVAR）の非線形モデルの物理過程を最新版にするとともに、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った。
- ・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、雲解像度 4DVAR への雲物理過程の導入を行った。モデル出力についての同化実験を行い、観測として与えたデータが再現されることを確認した。
- ・ドップラーレーダー高仰角の動径風の同化に向けた調査として、解析値の気温から雨水と雪を分類して得た落下速度を考慮すると、D 値の分布のバイアスが小さくなることがわかった。
- ・プロファイラの屈折率の鉛直勾配について、水蒸気の時間変化を推定して MSM-4DVAR に適用する手法を開発した。2005 年 7 月 1 日の場合では、GPS 可降水量とともに同化すると、より現実に近い降水域が再現できた。
- ・衛星搭載マイクロ波放射計データの同化に関して、AMSR-E の 89GHz, 36GHz の輝度温度を使って従来手法より高い精度で陸上の降水強度を推定する手法を開発した。アンサンブルカルマンフィルターを用いて、地上降水強度と非静力雲解像モデル出力による液水量を同化する実験を行い、予報精度が向上することを確認した。
- ・GPS データの準リアルタイム解析システムについて衛星時計誤差の推定精度を上げ、データ端のバイアスを改善した。このシステムによる可降水量を高層ゾンデ観測と比較し、夏・冬ともに RMS で 3mm 未満になることを確認した。
- ・CHAMP データの同化について、CHAMP と SAC-C について、観測データの特徴を調べるとともに、観測誤差などの統計量を作成した。屈折率の鉛直相関や視線全体を考慮したノンローカル観測演算子を開発し、2004 年 7 月の事例について同化実験を行い、観測に近い降水系が再現できた。
- ・九州でのエアロゾンデ観測データを同化することにより、降水域内とその北側との水蒸気の水平傾度が強まり、下層の東風も強められて、降水強度も観測に近づくことを示した。梅雨前線帶の降水システムの実験では、NHM-4DVAR によるドップラー動径風の同化により地上風の収束域が修正され帶状降水の予測が改善することを示した。
- ・レーダーデータによる解析として、簡略化した湿潤対流モデルでの力学的検討を行い、水蒸気の移流及び水の相変化の重要性を確認した。
- ・單一ドップラーレーダーデータから風の場を復元する方法について、未観測域が散在するデータに対してスペクトル解析できる手法を研究した。

関連論文

2-1, 34-2, 61-1, 61-3, 61-4, 67-1, 67-2, 67-6, 67-7, 67-8

(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）

中村誠臣、大泉三津夫、加藤輝之、室井ちあし、永戸久喜、林 修吾、斎藤和雄、青梨和正、瀬古 弘、藤部文昭、大関 誠、柳野 健（予報研究部）

本年度の計画

- ① 非静力学台風モデルの改良
 - ・高解像度モデル（～5km）での使用に比較的適していると思われる Grell スキームのトレインメント

- 高度について、雲解像モデルの数値実験結果を参考にして改良を行う。
- ・2way 多重移動格子モデルを用いて高解像度数値実験を行い、台風コア域の微細構造の解明を行い、再現性に対する水平解像度のインパクトについても調査する。
 - ② 海気相互作用の導入と改善
 - ・海洋混合層結合 2way 多重移動格子モデルを用いて 5 日程度の積分を実施し、台風強度や強雨強風分布に対する海気相互作用のインパクトを調べる。また、同モデルを用いて Grell スキームの改良版や高解像度モデル用台風初期値のインパクトを調べる。
 - ・波浪の影響を反映できるように NHM 境界層スキームの改善を行う。また、複数の台風に対して感度実験を行い、抵抗係数について提案されている諸定式化の比較評価を行う。
 - ③ 台風初期値の改善
 - ・高解像度モデル用の台風初期値作成法を改善し熱帯域の台風にも適用可能なものにする。
 - ④ 海上風を GPV から作成する手法の開発
 - ・風一層モデルを利用して GPV から海上風を算定する手法の改善をおこなう。また、台風位置を修正した場合の海上風の精度評価を行う。
 - ⑤ 非静力学モデル(NHM)の評価と検証
 - ・水平解像度 1km の NHM を用いた 2007 年度冬季日本海側の降水の予想特性の評価を行い、2008 年度も引き続き 1km-NHM を実行して検証データの作成を行う。
 - ・水平解像度 500m, 1km, 2km, 5km の NHM を夏期関東域で高温を観測した事例に適用して、下層風、地表面気温、境界層の発達等について予報精度の検証を行う。
 - ・研究のまとめを行う。
 - ⑥ メソスケール擾乱の構造と発生・発達のメカニズムの解明
 - ・豪雨・豪雪のシビア現象について、引き続き構造と発生・発達のメカニズムを調べる。
 - ・シビア現象の研究のまとめを行う。
 - ⑦ メソモデル用特異ベクトル法の開発
 - ・17 年度に開発した乾燥版を基に、現時点での数値予報課において開発中の湿潤随伴コードの中で利用可能なものを使って、湿潤非静力学モデルに対する特異ベクトルと特異値を求める手法の開発を行う。また、得られた特異ベクトルを初期摂動を使ってメソアンサンブル予報を試み、その適用可能性を調べる。
 - ⑧ メソアンサンブル手法の数理的特性の評価
 - ・17 年度の結果に基づき、対流系を表現する単純化された数値モデルについて、系に対する外部強制力のある場合の特異ベクトルへの影響など、メソアンサンブル予報における計算上の諸特性を調べる。
 - ⑨ メソモデルによるアンサンブル予報実験
 - ・全球アンサンブル予報の摂動やメソモデルによる BGM 法の摂動をインクリメントとして与えた場合について調べる。北京オリンピック研究開発実験に向けた予備的な実験を行う。
 - ⑩ アンサンブルカルマンフィルター法の開発
 - ・非静力学雲解像モデルのアンサンブルカルマンフィルターを用いたデータ同化システムの開発を行う。

本年度の成果

- ・雲解像モデルの結果をリファレンスとして、1~5km の格子間隔について CAPE の度数分布の再現性を検証した結果、格子間隔 1km でもまだ再現性が不十分であることが分かった。また、雲解像モデルの結果を解析した結果、デトレンメントは浮力の鉛直傾度が負になる所で起きやすいことが分かった。
- ・海洋混合層モデルについて混合層底におけるエントレンメント推定式を改善した。
- ・波浪モデルを NHM に結合し、波浪への依存性が異なる 3 通りの抵抗係数の定式化（波齢依存、波形勾配依存、波応力依存）について比較実験を行い、抵抗係数や台風構造への影響を調べた。
- ・研究所メソ 4 次元変分法同化システムを熱帯域に適用するために、低緯度における制御変数を非バランス風成分から風の東西・南北成分に変更し、台風 0416 号の事例についてサイクル解析を行った。また、NMC 法を用いて低緯度での背景誤差統計量を作成するために予報値を蓄積した。
- ・250m 水平解像度の NHM を利用して、2006 年 11 月 7 日に佐呂間町で発生した竜巻をもたらした積乱雲の再現実験を行い、再現された積乱雲がスーパーセルの構造を持っていることが分かった。
- ・豪雨を発生させる環境場を調べるために領域解析データ（水平解像度 20km）を用いて、梅雨期の積乱雲の潜在的な発達高度（浮力がなくなる高度）を調べた。その結果、圈界面近くまで達するもの以外に、高度 3km にピークが解析された。
- ・メソモデル用特異ベクトル法開発のために、1)NHM について湿潤特異ベクトルを計算する方法を開発

し 2004 年新潟・福島豪雨と台風 22 号の事例に適用、2) ノルムとして全エネルギーノルムを採用し水蒸気の項についての感度実験、3) 特定の要素の最大値によって振幅を決定した特異ベクトルを初期摂動としたアンサンブル予報実験、4) 初期摂動の作成方法であるバリアンスミニマム法の組み込み、を実施した。

- ・ローレンツ方程式系では初期値敏感性と境界値敏感性以外に計算スキームへの敏感性があることが分かった。
- ・NHM による全球アンサンブル予報のダウンスケール実験として、これまでの BGM 法による週間アンサンブル予報に加え、全球特異ベクトルについて日本域を最終ノルムのターゲット域として求めた場合についての実験を行った。また境界条件の内部への影響について調べ、予報変数により伝播速度に違いがあることを確認した。ダウンスケールアンサンブル手法を WWRP 北京オリンピック研究開発プロジェクト予備実験に適用し、基本的なシステムを構築するとともに問題点を把握した。
- ・NHM のアンサンブル予報を用いて雲物理量などの予報誤差相関を調べた結果、地上降水強度は、水物質の混合比や数密度、鉛直速度と予報誤差相関を持つ一方、温位との間の予報誤差相関は小さく、予報誤差相関の大きさやスケールは流れの場に依存することが分かった。

関連論文

18-1, 18-3, 23-1, 31-1, 31-3, 31-4, 31-5, 47-2, 47-3, 52-2, 52-3, 52-10, 112-1, 122-1, 122-4, 138-1, 138-2, 138-3, 138-4

日本の異常気象の実態及び気候変動との関連に関する研究

研究期間： 平成17年度～平成19年度

研究代表者： 藤部文昭（予報研究部 第三研究室長）

目的

一昨年の猛暑や豪雨、相次ぐ台風の上陸に象徴されるように、近年日本では異常気象の多発に対する社会的関心が高まり、気象庁として情報を提供していくことが求められている。本研究はこのような情報提供に資するよう、日本の異常気象（豪雨、異常高温、台風の接近・上陸数など）について詳細な実態把握を行うとともに、気候変動との関連を明らかにすることを目的とする。

（1）日本の異常気象の実態とその長期変動に関する研究

研究担当者

藤部文昭（予報研究部）、千葉 長（気候研究部）

栗原和夫、佐々木秀孝、高藪 出、小畑 淳、村崎万代、内山貴雄（環境・応用気象研究部）

本年度の計画

- 前年度の解析を継続し、豪雨・干魃、異常高温等の長期変動の地域的・時間的特性を明らかにする。気温の長期変動については、気象官署の長期データを解析するとともにアメダス資料を利用して詳細な地域特性の解析を進め、大規模場の変動によるものと都市化によるものとを分離する。
- 日本周辺を対象として、再解析データを用いた地域気候モデルによるダウンスケーリングのテストを行い、日本域やアジア域の観測データやその解析結果と比較し、モデルによる計算結果を検討する。また地域気候モデルによって作成されたデータをもとに、観測データやそれによる解析結果を検討する。
- 地域気候モデルの陸面水文過程を中心とした改良を継続し、循環場などの再現性を改善する。

本年度の成果

①日本の異常気象の変動実態の解析

- 国内51地点の105年間（1901～2005年）の日降水量データを使って、降水の空間的集中度の経年変化を調べた。集中度の尺度として、周囲の地点の平均降水量からの偏差を使った。その結果、弱～中程度の降水について、空間集中度の増加傾向が認められた。同様のことは、5日～31日降水量についても得られた。
- 日本における極端な高低温の長期・短期変動を、75年間（1931～2005年）の17地点の日最高・最低気温等を使って調べた。その結果、日最高気温については月間最高値・最低値・平均値がほぼ並行して上昇し、上昇率は近年ほど大きいこと、日々変動幅にはほとんど長期変化がないことが見出された。日最低気温は月間最低値の上昇率が大きく、日々変動幅は減少していた。また、極端な高低温には短期的な変動があり、それは平均値と日々変動幅の双方の変動と対応していること、後者は数ヶ月～1年程度の継続性があり、南北温度傾度の変動と対応関係があることが見出された。

②地域気候モデルを用いた背景場の長期変動の解析

- 地域気候モデルの広領域化、陸面過程などを改良した。
- 気象庁再解析データ（JRA-25）を外側境界条件として、60km 地域気候モデルを2001年1月より1年間積分し、観測と比較した。その結果、東アジアの気圧配置、地表面気温などの月平均場は大まかには再現できることを確認した。しかし、60km モデルは計算領域が広く、熱帯まで覆うため、モデル内部で観測にはない擾乱（台風）を生み出してしまい、結果的に月平均場の降水量分布に悪影響を及ぼすことが明らかになった。また、中国大陸での降水の過小評価という今までの欠点もまだ残っていることがわかった。これについては今後領域気候モデルの境界条件を精度よく与えるために気象研究所で開発された SBC (Spectral Boundary Coupling : スペクトル境界結合) のパラメータなどの検討を行う。
- 上記の理由から、60km モデルの結果を外側条件に使わず、20km 地域気候モデルを JRA-25 に直接埋め込み、シングルネスティングで連続積分できる 20km 分解能モデルを開発した。60km モデルと同様、2001年1月から1年間積分をおこなった。結果を JRA-25 とレーダーアメダスと比較した。

その結果、降水の日々のタイミング、降水分布など、非常に再現性がよいことがわかった。モデル結果は、シノプティックスケールでの大気場ではJRA-25の情報をほぼ正確に受け継いでおり、同時に、JRA-25の分解能では再現できない地形性降水、不安定降水も表現できている。このことは大規模循環場のダウンスケーリングがシングルネスティングの20km分解能地域気候モデルで可能であることを示唆する。

関連論文

106-2, 106-3, 106-4, 106-6, 106-7

(2) 日本の異常気象と大気循環場との関連に関する研究

担当研究者

千葉 長、高橋清利、田中 実、石原幸司、鬼頭昭雄、仲江川敏之（気候研究部）、
中澤哲夫（台風研究部）、萩野谷成徳（物理気象研究部）

本年度の計画

- ・東アジア域の豪雨等の変動特性について、日本との差異・共通性を明らかにするとともに大規模場の長期変動特性との比較を行う。
- ・過去100年間の東アジア域における寒冬・暖冬とシベリア高気圧・太平洋数十年変動等との関係を解析する。また、無次元蒸発量と気候湿潤度の実験的関係を用いた蒸発量推定手法を中国域に適用し、中国域の蒸発量の長期変動を解析する。
- ・他課題で行った結合モデル予測実験・AMIP型大気モデル実験・pacemaker実験を2004年まで延長するとともに、東アジアの大気循環場・降水量の年々変動再現性について解析する。
- ・衛星データ及び再解析データを用いて、より短い時間スケールでの大気変動と台風の接近数・上陸数との関係を調べる。気候変動に伴う台風の接近数・上陸数の変化傾向を調べる。

本年度の成果

① 東アジア域の異常気象と大気循環場の変動の解析

- ・Xie and Yatagaiにより作成された東アジア域高分解能日降水量データ(EAデータ)に対して、昨年度、各種再解析データ(JRA-25, ERA40など)による豪雨等の解析に使用した手法を適用し、東アジア域における豪雨トレンドの把握とともに各種再解析データにおける豪雨トレンドの検証を行った。なお、解析は1979–2001年の23年間について行った。EAデータ及び再解析データに共通して、中国南東部、東北部での増加トレンドが見られた。一方、EAデータからは中国内陸の乾燥域及び四川盆地付近で豪雨トレンドの減少が見られるが、各種再解析データからは減少トレンドは見られるものの、その分布はデータによる違いが大きかった。今回、EAデータは日ベース、再解析データは半旬ベースによる結果であるため、条件が異なっていた。今後、比較ベースの統一や、JRA-25データの再計算による改定結果を使用することにより精度の高い検証を行う必要がある。
- ・世界の平均気温の算出において、格子内における観測データ数などを考慮して、算出された平均気温の不確実性の評価を進めた。推計の不確実性にもっとも大きな影響を与えるのは観測点の密度および欠測の大小であった。
- ・1926年から2005年までの80年間の月平均気温、海面気圧データを使い日本付近における冬の気温変動とシベリア高気圧(SH)、アリューシャン低気圧(AL)との関連について解析を行った。1926年から1986年までの期間はSHとALは逆の変動を示し、宮古の気温は低温となっている。1987年以降は北極振動が強くSHは弱い。この期間宮古の気温は非常に高くなっている。
- ・チベット高原上において通年(1月～12月)と暖候期(5月～9月)に関して、1度グリッドのNDVI(正規化植生指数)から熱収支を求めた。まず、NDVIと気候湿潤度の間の実験的関係、およびNDVIとポテンシャル蒸発量の間の実験的関係をそれぞれ求めた。これらと今まで用いてきた無次元蒸発量(=実蒸発量/ポテンシャル蒸発量)と気候湿潤度との関係、およびボーエン比(=頸熱/潜熱)と気候湿潤度との関係を組み合わせて、NDVIの分布から地表面の熱収支を求めた。通年のNDVIとポテンシャル蒸発量の関係は、冬季の日照時間が多いラサとそれ以外の地点では傾向が異なる。一方、暖候期については顕著な差異は見られなかった。無次元蒸発量と気候湿潤度の関係、およびボーエン比と気候湿潤度の関係は、1ヶ月単位でも良い対応が見られたが、NDVIと気候湿潤度の関係、およびNDVIとポテンシャル蒸発量の関係は、降水量と植物活動の間に1ヶ月程度の位相差があるため

1ヶ月単位では対応関係が見られなかった。チベット高原域に適用した手法を中国域に適用するため、中国域において通年と暖候期それぞれについて、NDVI と気候湿潤度の関係および NDVI とポテンシャル蒸発量の関係を求めた。

- ・年最大月降水量の推定におけるアンサンブル実験の有効性について全球大気モデルを用いて調べた。観測 SST を与えた 20 世紀気候再現実験を、全球大気モデルを用いて 6 メンバーで行い、各メンバーを 1 つの実現値の標本と見なし、メンバー毎に年確率年最大月降水量を推定した結果と 6 メンバーをコンポジットして 1 つの標本と見なし、同様に推定した結果を比較した。まず、モデルによる極値の再現性を調べるために、50 年確率年最大月降水量をグリッド化された観測値から得られた推定値とモデルから得られた推定値を比較したところ、おおまかな地理分布は良く再現されていた。ただし、年平均気候値が過大評価となっている地域は、50 年確率年最大月降水量でも過大評価となった。河川計画などで使われる 200 年確率年最大月降水量を推定したところ、基本的には地理分布をよく再現していたが、過大、過小評価の地域は 50 年確率年最大月降水量の場合と一致した。日本の領域については、観測値と比較して、北海道、東北、西日本のコントラストをよく再現していた。
- ・歴史的全球観測海面水温を与える AMIP 型大気モデル実験、ならびに熱帯太平洋では海面水温観測値を与え、他海域では海洋混合層スラブモデルで海面水温を予測する pacemaker 実験を 2005 年 12 月分まで延長した。計算は TL95(200km) モデルを用いて行っており、1948 年 1 月以降の 58 年間について各 10 例のアンサンブルデータを整備した。TL95(200km) モデルと TL959(20km) モデルによる AMIP 実験の東アジア気候再現性について調査し、20km モデルの方が、夏季平均降水量のバイアスが小さいこと、梅雨前線帶の構造の再現が優れていることが分かった。

②台風経路の長期変動と循環場との関係の解析

- ・ERA-40 の全球再解析データを用いて、台風シーズン（6—10 月）の日本への台風の接近数、上陸数とエルニーニョ／ラニーニャ年との関連を調べた。その結果、ENSO モードの時間変化係数と台風接近数との散布図をすべての年で調べると、相関はほとんど無かった。しかし、台風接近数が多い年と少ない年だけを選び、その中のエルニーニョ年、ラニーニャ年を調べると、エルニーニョ年には台風接近数が多く、逆にラニーニャ年には少ないことがわかった。ラニーニャ（エルニーニョ）年には、偏東風偏差が強まる（弱まる）ので、亜熱帯高圧帯の変動に伴う台風上陸モードで偏東風偏差が強まる（弱まる）時と似たような状況になるものと推測される。さらに、エルニーニョ（ラニーニャ）年には、日本の南海上、北緯 30 度、東経 140—150 度付近に、対流圈下層で高気圧（低気圧）偏差が見られ、それらの西にあたる九州の南海上に、気圧の谷が南北に解析されている。この高度偏差が、台風の日本上陸と関わっている可能性が高い。
- ・亜熱帯低気圧の解析

西太平洋（120—180E）地域で亜熱帯低気圧（熱帯と温帯低気圧の両方の性質があり上空の寒冷渦と下層の対流雲がある）の発生と経路の調査を 1978 年から 2006 年までの 29 年間について調査した。発生する期間と場所は 4 月から 10 月まで 25—38N であった。発生は 40—50N 付近に背の高い高気圧が形成されその南方の東風領域に寒冷渦が南下することが前兆であった。寒冷渦が亜熱帯西風ジェットより南方に南下し、海面水温が 18°C 以上であると対流が発生し亜熱帯低気圧が寒冷渦の下に形成された。東部（160—180E）では、50N・180E 付近のブロッキング高気圧が形成されたとき多く発生した。

関連論文

69-1, 69-2, 91-1, 91-5, 96-1

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。

(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、仲江川敏之、吉村裕正、稻葉守生、尾瀬智昭（気候研究部）、蒲地政文、松本聰（海洋研究部）

本年度の計画

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

本年度の成果

- ・大気モデルにおける放射・積雲対流スキームの改良および海洋モデルの混合層スキームの改良により、大気海洋結合モデルの海面水温誤差が平成17年度に比べて改善された。
- ・この予測システムを使用したエルニーニョ予測実験において、熱帯域における3季節先までの海面水温予測に関して、気象庁現業エルニーニョ予測システムを上回る予測成績が達成された。
- ・同化システムの改良を行い、誤差統計量の再計算を行った。改良された同化システムを用いて、JRA-25を強制外力とする再解析実験を行い、エルニーニョ予測実験の初期値を作成した。再解析データの解析により、熱帯太平洋における水温塩分流速構造の再現性が気象庁現業システムより改善された。
- ・2005年12月を対象とした大気モデル季節予測実験を行い、11月半ば以降の大気偏差場を初期値として取り込むことが重要であることを明らかにした。

関連論文

32-2, 32-3

(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、安田珠幾、足立恭将（気候研究部）、石崎廣、山中吾郎（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

- ・植生モデル、積雪モデル、土壤モデルの改良、モデル実行結果の解析を引き続き行う。特に、サブ課題1と密接に連絡をとり、陸面モデルの振る舞いで問題の残る個所を重点的に調査し、改善をはかる。
- ・水関係土地分類を細分化した土地被覆データを作成し、陸面モデルへの反映を試みる。
- ・研究のとりまとめを行う。

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を継続する（短波放射、赤道域の島の影響、風と海流の相対差の考慮、海洋表層の熱収支、および年毎のケーススタディ）。

- ・結合モデルへのチューニングを行う。
- ・研究のとりまとめを行う。

本年度の成果

- ・陸面モデルを改良した。日変化・積雪期の積雪分布に特に着目した検証を行った。
- ・河川モデル GRiveT の河川流量再現性を調査した。GRiveT に、現業陸面解析の出力値を与えて算定された河川流量と観測流量を比較したところ、既存のモデルと同等以上の再現性があることが示された。
- ・大気風速と海面海流の相対差を考慮できるよう、大気モデルの海面フラックススキームを改良した。風速と海流速度の相対差を考慮した風応力を海洋モデル単独で与えた場合に熱帯域の海面水温の再現性が向上した。
- ・昨年度実施した氷厚変更の感度実験の解析結果を受けて海水表面過程を精緻化し、結合モデルでの海水表現を改善した。
- ・ガラパゴスを想定した島を太平洋東部赤道域に設置した場合、その近傍での湧昇が非常に強化され、海面水温分布は却って非現実的となった。
- ・日平均の短波放射の鉛直上方からの入射に対し、等量の日積算放射量が直達光として日中時間内に入射角を変化させながら海面に入射した場合の海洋内での放射吸収の鉛直配分の変化を見積もった。20m 深辺りを境にして上層での加熱が増え、下層では減る。冬半球の高緯度ほど、そのコントラストが強くなる。
- ・海洋表層の熱収支を解析した結果、日本の季節予測に関連が深い西部太平洋熱帯域の海面水温変動を決める要因には、夏季には海面フラックスが重要であるが、冬季には海洋内部の鉛直過程が重要になるという、季節依存性があることがわかった。
- ・毎年のケーススタディとして 1982/83 エルニーニョを対象として表層熱収支を調べた。エルニーニョ最盛期にフィリピン付近の大気下層に見られる高気圧性循環の形成には、フィリピン東方の海面水温負偏差が関連していることが知られているが、解析の結果、この海面水温負偏差の形成には、日付変更線付近の風応力の回転成分に起因する冷水ロスビー波の伝播が重要な役割を担っていることがわかった。

関連論文

7-1

(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

千葉 長、高橋清利、石原幸司、鬼頭昭雄、保坂征宏、足立恭将、坂見智法、仲江川敏之（気候研究部）、
石崎 廣、本井達夫（海洋研究部）

本年度の計画

- ・再解析データ (JRA-25)、モデル実験データを用いて、経年変動特性や再現性を調べる。
- ・パートナードパラメタサンプル実験を行い、経年変動再現性を調べる。
- ・大気モデルを用いて、土壤水分を予報する計算と、全球土壤水分プロジェクトで得られた土壤水分を利用して逐次修正する計算を行い、その比較を通じて予測可能性について検討する。
- ・北太平洋渦解像モデル歴史実験の変動の解析 (サブダクション)。
- ・研究のとりまとめを行う。

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 JRA-25 のシステム改良に寄与した。
- ・SSM/I から得られた可降水量データを再解析への入力データとして取り込む場合と取り込まない場合を比較し、再解析データへの影響を調べた。中高緯度における海上の降水は、SSM/I データを取り込むことによって降水量の系統的減少が認められたが、熱帯域での影響は明瞭ではなかった。ただし熱帯域でも降水の起きる場所が変わっており、これに伴い、気温では 0.1°C 前後の、風では 2-3m/sec 前

後のランダムな変化が現れる。深い対流過程をとおしてこの影響は熱帯対流圏上部にも現れることがわかつた。

- ・河川流量の予測可能性について調査を完了、パートナードパラメタサンプル実験を実施、AMIP 大気モデル実験・赤道太平洋東部 pacemaker 実験を 2005 年まで実施、など季節予測可能性に関する実験を実施し、かつその解析を進めた。
- ・高解像度海洋モデル結果において、前年に形成された亜熱帯モード水が海面混合層から密度躍層へと流入される季節サイクル(サブダクション)がよく再現され、さらにその経年変動特性が明らかにされつつある。

関連論文

88-1, 88-2, 88-5

上陸台風の構造変化過程とそれに伴う暴風、豪雨、高潮の発生に関する研究

研究期間： 平成17年度～平成19年度

研究代表者： 富樫正明（台風研究部長）

目的

2004年は、平年の約3倍に当たる10個の台風が日本に上陸した。それらのうち、例えば台風第18号は北日本も含めた広範囲に暴風被害をもたらし、また台風22号は突風災害を、台風23号は大雨と高波災害をもたらした。このような日本本土に災害をもたらす諸現象は、台風が中緯度傾圧帯の影響を受けて温帯低気圧への構造変化過程にあることから、前線に伴う広範囲の上昇流と大量の水蒸気、下層寒気や中層の乾燥空気の流入などにより生じるということが、近年認識され始めている。このような現象を解明することは、台風及びそれに伴う顕著な現象の予測精度の向上につながることから、2004年に日本に接近・上陸した台風のうち大きな被害をもたらした台風を中心に、中緯度における台風の構造変化過程と、それに伴う暴風、豪雨、高潮などの発生の関連を調べ、防災情報の高度化に資することを目的とする。

（1）日本に接近・上陸する台風の移動、強度及び構造変化過程の研究

研究担当者

北畠尚子、中澤哲夫、上野充、別所康太郎、和田章義、星野俊介（台風研究部）、
加藤輝之（予報研究部）

本年度の計画

2004年の上陸台風および類似事例について以下の研究を行う。

- ・台風の移動に特に影響したと思われる台風自身の循環など環境場以外の特徴を解析し、台風の実際の移動との関係を示す。
- ・表層海洋貯熱量と台風の発達との関係を調査する。また台風の発達に対する海面水温低下の寄与を評価するために非静力学大気海洋混合層結合モデル等による数値実験を行う。特に台風の成熟期及び衰退期に見られる海面水温低下が強度・構造・移動に与える影響について考察する。
- ・温帯低気圧化過程にある台風の三次元的な構造と強度の変化について、衛星搭載のマイクロ波センサーのデータや客観解析データ、及び数値モデルにより調べ、その多様性を生じる環境場の差異と、環境場と台風の相互作用について考察する。

本年度の成果

①移動

- ・2004年の上陸台風のうち、ベストトラックデータおよび台風コア域のレーダーAMeDAS解析雨量が得られた38の事例について、台風コア域の降水の偏りに伴う台風中心まわりに波数1の非対称な質量損失の台風移動への影響を見積もった。その結果、台風強度が弱いほど、また降水の非対称性が強いほど移動への寄与が大きく、事例によってはトータルの移動速度の2～3割程度の寄与があることが示唆された。
- ・ERA-40の全球再解析データを用いて、台風シーズン（6～10月）の日本への台風の接近数、上陸数とエルニーニョ／ラニーニャ年との関連を調べ、エルニーニョ年には台風接近数が多く、逆にラニーニャ年には少ないことがわかった。エルニーニョ（ラニーニャ）年には、日本の南海上に対流圈下層で、高気圧（低気圧）偏差が見られ、この高度偏差が、台風の日本上陸と関わっている可能性が高い。

②海洋との相互作用

- ・熱帶低気圧発生から成熟期に達するまでの期間について、海洋貯熱量と熱帶低気圧の中心気圧の関係を調査し、海面水温や持続日数と中心気圧の関係を比較した。海洋貯熱量、海面水温、持続日数と中心気圧との相関のうち、海洋貯熱量との相関が最も高かった。
- ・非静力学大気海洋混合層結合モデルにより、台風0416号・0418号の台風強度予測実験を実施した結果、台風の強度は特に予報時間後半において十分に再現できなかった。この数値モデルによる強度変化は海洋貯熱量の時間変化と良い対応を示していたことから、数値モデルが海洋貯熱量の変動を十分

に表現できていなかったことが理由の1つとして考えられる。海洋同化システムによる再解析データの解析と海洋大循環モデルによる台風通過時の海洋応答に関する数値実験の結果から、台風0416号の進行方向左側での傾圧流が作り出す高気圧性循環が暖水渦を強化していたことを示した。その貯熱量が増加した海域を後続の台風0418号が通過することにより、台風0418号の成熟期の強度が持続した。

- ・台風0415号の衰退期について数値実験を行った結果、海面水温低下の大気への応答は下層の温位や水蒸気比湿に反映されるものの、降水や風速場には直接応答していなかった。台風通過時に形成される海面水温低下による台風発達の抑制効果はほとんど見られなかった。

③中緯度との相互作用

- ・AMSUの気温の三次元データから、台風の中心部と周辺部の温度差を偏差として求め、その台風のライフステージに伴う変化を追跡した。その結果、200hPaの温度偏差の変化や、温度偏差の鉛直断面図における暖気核の高度を追跡することで、熱帯低気圧的な特徴から非熱帯低気圧的な特徴への構造変化を捉えることができるところがわかった。また、中緯度システム（上層偏西風に伴うトラフ等）による熱帯低気圧の構造変化の兆候を、AMSUからリトリーブされた200hPa面の気温分布を追跡することによって捉えることができる場合があることもわかった。
- ・9月上旬に九州に大きく影響したが特徴に大きな相違のあった2個の台風である台風0418号と台風0514号について、衛星データや客観解析データを用いて、特徴とその環境場との関係を比較考察した。台風0418号が九州に強風をもたらしたのは、下層の前線と上層のトラフ・ジェットストリーク（ジェット気流の中で特に風速の大きい領域）の条件が、台風をあまり衰弱させないまま北上させるのに好都合であり、台風0514号が豪雨をもたらしたのは下層の前線が相対的に強く台風に伴う循環が前線沿いの上昇流をさらに強化したためと考えられる。
- ・気象庁長期再解析データJRA-25と、気象衛星センター作成の早期Dvorak解析結果を用いて、温低化期の台風の環境と比較するため発生期の台風の環境を解析した。台風に発達しなかったクラスターと比較した結果、発達するクラスターにとって、下層の収束・渦度の強化と上層の発散・気温偏差増大が重要ということがわかった。

関連論文

18-2, 18-3, 91-1, 91-5, 107-2, 138-1, 138-2, 138-3, 138-6

（2）顕著現象発生と台風の構造変化との関連に関する研究

研究担当者

中澤哲夫、上野 充、北畠尚子、楠 研一、星野俊介、別所康太郎、村田昭彦、益子 渉、高野洋雄、國井 勝（台風研究部）、藤部文昭（予報研究部）、鈴木 修、中里真久、山内 洋（気象衛星・観測システム研究部）

本年度の計画

2004年の上陸台風および類似事例について以下の研究を行う。なお、台風により甚大な被害が発生した場合には可能な限り地方官署と協力して現地調査を行う。

- ・台風の暴風発生域の特徴（発生場所、最大瞬間風速／最大風速など）を衛星、レーダー、地上、高層観測データと数値モデルによる再現実験から明らかにし、台風の大規模構造との関連を調べ、台風の非対称な強風分布をもたらした原因を明らかにする。台風域内で局地的な突風が発生した事例についてそのメカニズムの解析を行い、台風の3次元的な風分布との関係を調べる。台風の豪雨発生域の特徴（発生場所、対流性／層状性など）を明らかにし、それと台風中心部および周辺部の風、水蒸気場、成層状態等との関連を解明する。数値モデルによる再現実験により紀伊半島、四国山地などにおける台風による地形性降水の特徴を明らかにする。台風の豪雨をもたらす積乱雲について、その発生過程と地形効果の詳細メカニズムの解明および細密化する非静力学モデル検証のため、台風による積乱雲の数百mスケールの3次元観測を、新規整備された可搬レーダーを用いて関東地方で行う。同時につくばでゾンデ観測を行い、関連データを収集する。台風21号、22号、23号による豪雨について、発生位置（台風中心部、その周辺部、山岳地形あるいは前線付近）、下層水蒸気フラックス、安定度、鉛直流等に注目して解析し、台風および周辺の大気構造の影響を調べる。
- ・高解像度の台風モデルによる風GPVを用いた高潮・高波の再現実験を行い、高潮・高波の特性と発生

機構を台風の特性と関連させて解明する。

本年度の成果

①暴風

- ・台風 0422 号の通過に伴い関東南部に強風被害をもたらした局地現象について再現実験を行い、強風の構造、メカニズムを調べた。その結果、強風は台風と関東山地の位置関係により下層の冷気が相模湾に地峡風のメカニズムで流出することによって生じていたことを定量的に示した。
- ・台風 0613 号の接近時に延岡市等の 6 地点で発生した竜巻等の突風事例について、現地調査資料や地上気象観測データ、WINDAS データ等を用いた解析を行った。その結果、竜巻親雲を含めて複数のスーパーセルが台風の外側降水帯で発生していたことを示した。
- ・台風 0613 号の接近に伴い、延岡市で竜巻が発生した事例に関して、NHM を用いて再現実験を行った。竜巻をもたらした団塊状の降水セルは、ミニスーパーセルの構造をもっていたことが分かった。
- ・台風の暴風発生域の特徴や非対称な強風分布をもたらした原因を明らかにするため、台風研究における空港気象ドップラーレーダーの利用可能性の評価を行った。その結果、全国 8 箇所にある空港気象ドップラーレーダーは台風観測の十分なポテンシャルを持つことがわかった。台風 0003 号について、空港気象ドップラーレーダーと ACARS データの組み合わせで詳細解析を行った。その結果、地上付近の冷気流とその上空の台風循環により、地表面付近にダクト層が形成され、内部重力波が伝播することが示された。波がもたらす風速差は航空機の安全運航の基準を超えており、台風の風自体が弱い領域でも防災上関心を払うべき必要性が示唆された。さらに台風 0003 号と類似コースをたどった事例も調べ、重力波発生の有無が、上空の台風循環、地上前線形成のタイミングや位置など、台風温低化のプロセスに支配されていることが示唆された。

②豪雨

- ・台風 0421 号に伴う紀伊半島での豪雨をもたらした三つの降水系は、地形性降水、台風の外側バンドによる降水、風の水平シアーによって生じたことが分かった。降水量を水蒸気フラックス収束で除したもので定義した降水効率は、地形効果によって大きくなることが分かった。これは、尾鷲付近の山岳によって地形性降水が現れると共に、降水系間の影響(雨水による雲水捕捉)が生じるためである。
- ・前年度観測データから得られた環境場の風の鉛直シアーと台風中心まわりの強雨出現方位の偏りの関係について、そのメカニズムを理解するために理論的考察と簡単なモデル実験を行い、偏りの強さは鉛直シアーの大きさだけでなく台風自体の強度や台風コア域内の成層状態にも依存する可能性があることが分かった。
- ・新規整備された可搬型ドップラーアメテオロジーラーダーを用いた観測を群馬大学で 9 月から 10 月にかけて実施した。この間、観測域への台風の接近・上陸はなかったが、熱雷、温帶低気圧、秋雨前線、熱帶低気圧(台風 0616 号から変化)に伴う降水系について近距離・詳細観測を実施し、数百mスケールの 3 次元データを得た。

(c)高潮

- ・台風 0416 号による瀬戸内海の高潮の数値計算における誤差について、海上風の推算誤差に焦点を当てて評価をおこなった。台風 0423 号による土佐湾の高潮に寄与した波浪の影響を評価するために波浪の推算を行った。その結果、台風 0416 号による瀬戸内海の高潮では、地形的に吹き寄せ効果が卓越する風向が異なっており、風速以上に風向が高潮に影響していた。また、周囲の地形の影響を受けた風向のために、高潮が局所的に発生しているところがあった。

関連論文

18-1, 18-2, 18-3, 47-3, 106-1, 122-1, 122-4

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、エー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ー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、エーロゾル、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

- ・成層圏化学輸送モデルの改良。
- ・対流圏化学輸送モデルの開発（エーロゾルとの相互作用）。
- ・昨年度に引き続き対流圏化学輸送モデルの解析を行う。

本年度の成果

- ・世界気候研究計画（WCRP）による SPARC（成層圏過程とその気候への影響に関する研究計画）のコアプロジェクトである化学気候モデル検証活動（CCM Validation）に参加し、気象研究所全球化学気候モデル（MRI-CCM）による現在再現実験（1980-2004年）および将来予測実験（1980-2060年）を行った。これらの実験結果をもとに、南極オゾンホールの将来予測のみならず、北半球中・高緯度の中層大気オゾンならびに中層大気の気候場の変動機構解明および将来予測を行った。
- ・MRI-CCM の輸送スキームの改良を行うことで、オゾンを含めた気体微量成分濃度予測を改善した。この改善により、オゾンやオゾン層予測にとって重要な無機塩素の長期濃度変動が著しく改善し、現実を再現出来るようになった。
- ・気象研エーロゾルモデルである MASINGAR と MRI-CCM をオンラインで結合し、エーロゾル—微量気体のインタラクティブなシミュレーションを実行可能にするため、気象研で開発されたカップラー（Scup）を MRI-CCM に組み込んだ。これにより、MASINGAR と MRI-CCM 間をオンラインで結合することが容易に可能となった。
- ・MRI-CCM の力学コアである大気大循環モデルを、旧バージョンである MRI/JMA98 モデルから、現行の気象庁/気象研究所統一モデル（GSMUV）へと移行した。また、統一全球大気海洋結合モデル（CGCM3）を力学コアとして MRI-CCM をシミュレーションできるようにした。これにより大気（力学・放射・化学）－海洋が、一体化したインタラクティブなシミュレーションが実行可能になった。

関連論文

60-1, 60-2, 60-3, 60-4, 60-5, 60-6, 60-8, 66-1

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

研究担当者

柴田清孝、直江寛明、田中泰宙（環境応用気象研究部）

今年度の計画

- ・黄砂モデルの改良。
- ・エアロゾルが雲の生成・維持に関わる過程の開発（第二種間接効果）。

今年度の成果

- ・黄砂予測モデルの大気境界層過程の改善により予測精度が向上した。陸面過程モデルを基にした摩擦速度計算の導入と、ナッジング法の見直しによる地表付近風速計算の改良を行った。
- ・ダストエアロゾルの放射強制力に関して、ダストエアロゾルの光学特性による感度の評価を行った。この結果、ダストエアロゾルの放射強制力は用いられる光学特性によって非常に大きく異なり、正の値も負の値も取り得ること、また地表面においては短波放射とともに長波放射による放射強制力も非常に大きいことが示された。
- ・気象研究所エアロゾルモデル MASINGAR と統一気候モデルとを、気候研究部で開発されたカップラー Scup を通じて結合し、地球システムモデルの一部とするためのモデル開発を行った。これによって、大気統一モデルの放射過程を用いた直接効果と雲物理過程を用いたエアロゾルの間接効果を扱うことが出来るようになった。現在までの開発によって、炭素循環を取り入れた大気・海洋結合統一気候モデル CGCM3 と化学気候モデル MRI-CCM、およびエアロゾルモデル MASINGAR を結合して実行することが可能となった。オゾン・エアロゾル・物質循環が大気と海洋に与える影響を一括して扱うことが可能となった。
- ・炭素系エアロゾルモデルにおいて、人為起源と自然起源の炭素エアロゾルを区別して扱うよう改良し、それぞれの放射強制力への影響を評価した。
- ・積雪アルベドを積雪中の黒色炭素および鉱物ダストの濃度、積雪粒子の有効半径、および太陽天頂角の関数として表される準物理的な積雪アルベドモデルを開発してエアロゾル輸送モデル MASINGAR の陸面過程モデル SiB に組み込み、積雪アルベドに対するエアロゾルの影響を評価した。

関連論文

78-3, 86-1

(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

- ・改良された炭素循環モデルにより歴史再現実験を実施し、気候要素や炭素分布の変動のしくみを明らかにする。さらに感度実験として、海洋や陸域の炭素循環を含まない場合の実験を行い、産業革命以後の気候における海洋及び陸域炭素循環の役割を明らかにする。また、気候要素や炭素分布の観測や BAIM の結果とより詳細に比較することによりモデルの改良も並行して行う。
- ・BAIM および BAIM を組み込んだ気候モデルによる長期積分結果を用いて気候・炭素循環変動の特徴を解析する。

本年度の成果

- ・21世紀の温暖化実験において、海洋又は陸域の炭素循環のみを含む場合、それぞれは化石燃料炭素排出量の 30%を吸収し、両者共に含む場合、それぞれ 25%合わせて 50%吸収して、海陸の炭素循環が温暖化抑制に大きな役割を果たすことが明らかになった。
- ・陸域炭素循環モデルの感度実験として、大気二酸化炭素增加による光合成促進効果（施肥効果）を除去した場合、21世紀の大気二酸化炭素增加と温暖化は従来の 3 割増しとなり、陸域生態系の表現の

不確かさが温暖化予測に大きな影響を与えることが明らかになった。

- ・気候炭素循環モデルを用いて、氷期終了以降の環境激変（北大西洋への氷床融水流入）に対する気候炭素循環系の応答の解析を行った。その結果、北大西洋熱塩循環の弱まりによる北半球の寒冷化で陸域生態系が衰退し、これが古気候記録に見られる大気二酸化炭素微少増加（ 10ppm 未満）の原因であることが明らかになった。

関連論文

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（主にエーロゾル）、地表面状態（主に雪氷面）によって決まるか、観測データをもとに調べ、それらの放射効果の評価と放射フラックス計算の精度向上をめざす。その際、今まで考慮していなかったエーロゾルの組成を考慮し解析を行う。

エーロゾル、地表面のデータを気候・物質循環モデルで反映させることによって、モデル内の放射フラックスの見積もり精度が向上する。

（1）大気エー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、財前祐二、高橋 宙、直江寛明（環境・応用気象研究部）

本年度の計画

①エーロゾル粒子の組成と混合状態に関する研究

前年度に引き続き観測をつくばで実施すると共に、既存試料の電子顕微鏡分析を行い、大気エーロゾル粒子の混合状態に関する研究のとりまとめを行う。

②陸面及び海面からの粒子生成に関する研究

生成粒子の高度-粒径分布を整合的に表現する非一様粒子生成理論について、今までの中国砂漠のデータに加え、オーストラリアで取得された観測データを用いて検証し、さらに、同理論を応用した鉱物性粒子生成計算スキームについても検討を行う。また、人工海水からの粒子生成に関する実験を行う。これらの結果をもとに、陸面及び海面からの粒子生成に関する成果の取りまとめを行う。

本年度の成果

①エーロゾル粒子の組成と混合状態に関する研究

- ・つくばで採集された半径 $0.05 \mu\text{m}$ から $0.2 \mu\text{m}$ の煤粒子の混合状態を電子顕微鏡により分析した。その結果、分析した半数以上の試料において、煤粒子の 50～90%が水溶性物質を持った内部混合粒子であることが明らかにされた。また、内部混合した煤粒子の存在割合は半径と共に増加する傾向があることが示された。
- ・大気エーロゾル粒子を浮遊した状態で加熱して、揮発特性に注目した粒子の混合状態を測定するための加熱・冷却装置を製作した。装置内の温度分布、装置内部での粒子損失等を計測する試験を行った後、加熱による大気エーロゾル粒子の揮発特性を測定した。その結果、加熱（約 300°C）により粒子中の揮発成分の蒸発に起因した粒径分布の変化が明らかになった。単分散大気エーロゾル粒子の加熱測定により、半径 $0.03 \mu\text{m}$ から $0.15 \mu\text{m}$ までの範囲において、内部混合粒子の割合が半径と共に増加していることを明らかにした。この傾向は電子顕微鏡を用いた分析結果とほぼ同様なものであった。
- ・南鳥島で得られた既存試料を用い、半径 $0.4 \mu\text{m}$ から $2.0 \mu\text{m}$ のエーロゾル粒子を対象として元素組成・混合状態の電子顕微鏡分析を行った。その結果、海塩粒子は主要な粒子であり、その個数割合は全粒子の 89～98%であった。すべての海塩粒子のなかで、組成が変質していた海塩粒子が占める個数割合は、平均で約 5%と低かったが、アジア大陸から輸送されてきた空気塊より採集された試料では、その割合が約 25%と増加した。また、水透析法によりこの試料から水溶性物質を除去した結果、化石燃料の燃焼に起因するフライアッシュを内部に混合した粒子が検出された。

②陸面及び海面からの粒子生成に関する研究

- ・オーストラリアの砂漠で飛砂計数機を用いてダストストーム時の飛散量の時間変化と粒径分布を測定し、これまで用いられてきたセンシットの結果と比較した。これによると、センシットは風速が増大すると、重複信号損失を起こし、飛散量を過小評価することが分かった。この結果、これまでの風速による飛散量の経験式を修正する必要が明らかとなった。飛砂計数機による結果は、飛散量が風速の

三乗に比例する結果を示していた。

- ・人工海水から粒子を生成するチャンバーを構築して粒子生成実験を行った。発生した海塩粒子を浮遊した状態で乾燥した後に、静電式エーロゾル採集器で採集し、半径 $0.01 \mu\text{m}$ から $0.3 \mu\text{m}$ の範囲の個数粒径分布を電子顕微鏡分析で調べた。その結果、半径 $0.1 \mu\text{m}$ 以下の領域に個数濃度の極大が存在することが示された。このことは、海塩粒子が、雲形成過程を通じて潜在的に光散乱過程に影響を及ぼしていることを示唆している。

関連論文

8-3, 86-1

(2) エーロゾルの特性が地表面放射に与える影響に関する研究

研究担当者

内山明博、山崎明宏、古林絵里子、工藤 玲（気候研究部）

本年度の計画

- ・解析法の改良、測器検定法開発・改良を引きつづき行うとともに、つくば、宮古島、南鳥島で放射・エーロゾルの連続観測を行い、データの蓄積を図る。
- ・前年度と同様の解析を行い、エーロゾルの特性をまとめること。
- ・観測された組成と一次散乱特性の関係をまとめること。
- ・研究のとりまとめを行う。

本年度の成果

- ・前年度までに開発したスカイラジオメーターの解析法について、解析法、特性、従来の方法との比較結果についてとりまとめ論文として投稿し受理された。今年度、新たに平滑化の拘束条件を入れたための改造を行った。
- ・前年度開発した全天分光日射計のデータ（ブラックスデータ）と直達分光日射計のデータを解析する方法の改良をすすめ、放射伝達を記述する一次散乱アルベドと散乱の位相関数の asymmetry factor を直接推定する方法を開発した。解析方法、シミュレーションデータによる感度テストの結果をとりまとめ、論文として投稿準備中である。
- ・全天日射計及び直達日射計の検定法について結果をとりまとめ、論文として投稿した。
- ・スカイラジオメーターの太陽測定に問題点があることが分かり、サンフォトメーターとの比較、出力直線性御チェックなどを行った。
- ・蓄積したスカイラジオメーターのデータ（ADEC データも含む）を解析して、東アジア域のエーロゾルの粒径分布、複素屈折率についての情報を得た。
- ・エーロゾル散乱係数計を改良して、エーロゾルの光散乱の角度分布を連続観測する試験を行い、拡散板を使わない光源への改良を行った。
- ・地表面放射への影響を評価するため晴天時データの判別を行ない、日射量データの抽出を行った。
- ・DMA、OPC で測定された粒径分布のデータと組成の分析から得られた黒色炭素量のデータをもとにエーロゾルの散乱係数、吸収係数の再現を試みた。その結果、外部混合よりも内部混合を仮定した方が測定値をよく説明できることが分かった。
- ・日射計の検定に関しては、東アジア域で観測を行っているグループに対して基準データを提供したり、検定定数の転写を行ったりすることにより貢献している。また、分光直達日射計については、検定定数を維持しており、必要に応じて、サンフォトメーター、スカイラジオメーターの比較観測時に、国内のグループが訪問し、定数の転写を行っている。
- ・宮古島、南鳥島、つくばの観測データは、日本国内のエーロゾル・雲・放射観測ネットワーク間で相互に提供し合うことで、衛星観測データ、および輸送モデルを検証するデータとして活用されている。また、つくばのデータは、各種データが揃っておりスーパーサイトとして位置づけられている。

関連論文

20-1, 20-3

(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、田中悦子、朽木勝幸（物理気象研究部）、内山明博、山崎明宏（気候研究部）、三上正男（環境・応用気象研究部）

本年度の計画

- ・雪氷放射伝達モデルを基礎に、雪氷陸面モデルの改良を行う。
- ・衛星データから積雪粒径・不純物の全球データセットを作る。
- ・紫外域モデルに雲の効果を取り入れる。
- ・研究のとりまとめを行う。

本年度の成果

① 表面放射過程の高度化に関する研究

- ・ダストや人為起源のエーロゾル（主に「すす」）が積雪中に取り込まれる過程を大気エーロゾルの連続観測から見積り、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、札幌における積雪はダストだけではなく、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。
- ・大気大循環モデルの雪氷陸面過程で用いるための、積雪アルベド物理モデルを開発した。ここでは太陽光に対して吸収性のある大気エーロゾルであるダストと「すす」の濃度に依存した積雪不純物係数、積雪粒径、太陽天頂角の関数として広帯域の積雪アルベドを計算するアルゴリズムを構築した。吸収性エーロゾルが積雪アルベドを低下させ、気候に与える放射効果を見積もった結果、大気エーロゾルの直接・間接効果と同程度であることが分かった。

② 積雪物理量のリモートセンシングに関する研究

- ・ADEOS-II/GLI データを解析し、ADEOS-II 運用期間の 2003 年 4 月～10 月における北半球の積雪粒径・不純物濃度の変化を求めた。その結果、積雪粒径は一般に冬季や標高の高い低温域、極の中心部で小さく、不純物濃度は低かった。この結果は物理的な解釈からも妥当である。次に、アラスカや日本国内で行った検証観測の結果は、積雪粒径に関しては良く一致したが、不純物濃度は地上の測定値が衛星による値よりも大きくなつた。後者の原因は衛星アルゴリズムでは、不純物として「すす」を仮定しているが、地上の測定サンプルにはダストが多く含まれたためである。
- ・積雪結晶の表面に磨りガラスのようなラフネスを入れた非球形積雪粒子のモデルを導入し、積雪面の双方向反射率モデルの改良を行つた。また、将来のハイパースペクトラル衛星センサーによる雪氷面リモートセンシングのためのアルゴリズムの検討を行つた結果、比較的近い 2 つの波長域のチャンネルを用いても、積雪面の非等方性はほとんどキャンセルしないことが分かった。

③ 紫外域日射モデルの高度化に関する研究

- ・地表面アルベドの変化が紫外域日射に与える影響は、雪氷面以外では小さいことが分かった。また、10 種類の典型的な大気エー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ー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ーロゾルモデル、夏季には海洋性エーロゾルモデルが最適であることが分かった。
- ・紫外域日射計算用放射伝達モデルの高速化、紫外域に吸収を持つ二酸化硫黄の吸収係数への温度依存性の導入、オゾン濃度の適切なモデルへの入力方法の改良などを行つた。このモデルを地震火山研究部の火山性ガス解析へ応用するため、同研究部に対してモデルの移植を行つた。

関連論文

1-1, 1-2, 1-3, 1-7, 1-8, 1-11

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： 鈴木 修（気象衛星・観測システム研究部 第二研究室 室長）

目的

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

(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、高山陽三、井上豊志郎、鈴木 修、足立アホロ、山内 洋、小野木 茂、猪上華子（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
 - ・晴天エコーから収束線を探知する能力の検証を行う。
 - ・前年度に開発した降水粒子分布測定法を適用して、降水関連診断パラメータの推定精度を実データにより評価する。
 - ・研究のまとめを行う。
- ②データベースの構築
 - ・災害発生時に被害現地調査を行い、結果をデータベースへ追加する。
 - ・シビア現象の事例解析結果をデータベースへ追加する。
 - ・研究のまとめを行う。

本年度の成果

- ①シビア現象の観測手法の高度化
 - ・晴天エコー域の収束線をドップラー速度場のデータから検出するアルゴリズムを作成した。「ガストフロント」のような「明瞭な」収束線は検出できたが、「不明瞭な」収束線や収束の向きがレーダーの視線方向に垂直な収束線については、検出が困難であった。
 - ・エコー強度による降雨強度の精度向上のために、降水中の鉛直風を推定し、降水落下速度を補正する手法を定式化した。推定に用いる鉛直風は、マイクロレインレーダーの鉛直観測による「降水粒子ミー散乱特性で生じるドップラースペクトル極小位置」の情報から求める。地上の降水強度実データを用いて比較したところ、補正された降雨強度の推定値は、従来のZ-R関係による推定値より精度が良かった。

②データベースの構築

- ・現地調査結果や強化観測期間の観測データのデータベース化を行った。
- ・観測データベースの基本設計と気象データの入手・処理手法の調査を行い、気象庁 CD-ROM のデジタルデータ（各種観測、天気図）は1996～2006年の気象データを、鉄塔データは1991年以降、気象研の400MHz ウィンドプロファイラー(1986-1998)、LIDEN (2001-2006)などをデータベース化した。
- ・開発したプログラムにより、データベースの高層データから大気環境パラメータ(1990/1～)、WINDAS データから関東域の領域収束・渦度の高度プロファイル(2001/4～)をデータベースに収録した。
- ・突風災害調査のデータベース化のため、群馬県館林市ダウンバースト(2006/6/28)、佐呂間町竜巻(2006/11/7)において現地調査等を実施し、現象、規模、強さを現地官署と共同して特定した。また、複数の事例で現地官署・管区や現地の大学が実施した現地調査へ技術支援や協力をを行い、情報の入手を行った。
- ・LIDEN により気象研近傍で落雷が検出された日について、鉄塔データを用いて突風の有無、気温の

変化などを調査したところ、高度数10メートルから数100メートルで強風であるが地表付近ではあまり強風とならない例が複数事例で見いだされた。

関連論文

128-1

(2) シビア現象の危険度診断技術の開発

研究担当者

鈴木 修、井上豊志郎、中里真久、小野木 茂、足立アホロ、山内 洋、猪上華子（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

- ・竜巻、ダウンバースト及び雷について、現象とその環境場の解析事例数を増やす。
- ・解析の結果から、シビア現象の前兆を抽出し、事例数を増やすことで前兆としての信頼性を高める。
- ・研究のとりまとめを行う。

②シビア現象の危険度診断アルゴリズムの開発

- ・危険度診断アルゴリズムと表示部を組み合わせて、危険度診断を行うプロトタイプシステムを作成する。
- ・プロトタイプシステムをデータベースのデータを用いて評価・検証を行う。
- ・研究のとりまとめを行う。

本年度の成果

①シビア現象と環境場の解析

- ・2006年7月5日の高知県高知市及び土佐山田市で発生した竜巻等について、地上気象観測、環境場及びレーダーデータの解析を行い、大きなSReHの場で発生したスーパーセルが親雲であったことを示した。
- ・同じ2006年7月5日につくばにおいて50mm/hを超える強雨と、10m/sの突風のあった事例を解析し、ウインドプロファイラーとマイクロレインレーダーの観測やゾンデデータなどから、この降水系が地上の温暖前線に直接対応するものではないこと、二重前線(split-front)の特徴があったことが判った。
- ・2006年9月17日に台風13号に伴い九州東部で発生した竜巻等についての地上気象観測データを中心とした解析により、親雲中に数～10km程度の小低気圧を有するスーパーセルである可能性が高いことが判った。
- ・2006年11月7日に北海道佐呂間町で発生した竜巻等についての現地調査と気象学的な解析を行った。
- ・水戸と熊谷のWINDAS及び雷監視システム(LIDEN)のデータを用いて、2001～2005年の夏季晴天時における関東北部山岳域での発雷と下層風との関係を調べた。その結果、対地放電数が1000以上の大規模な雷雨では、山地に雷雨が発生する1～2時間前に、下層～1.5kmに南よりの風が現れる事例が多くあった。また、下層の南よりの風に対応してGPS可降水量の増大がみられた。
- ・2001～2005年夏季の9JSTのゾンデデータから算出した環境場のパラメータとLIDENのデータから判定した雷雨日との関係を調べ、従来の研究と同程度の予測能力であることを確認した。
- ・本研究で用いるシビアウェザーパラメータを過去の竜巻とダウンバースト事例について計算し、検証を行った。限られた事例数ではあるもののSTPC、VGP、本研究で開発したTVP(竜巻速度パラメータ)の3つが、竜巻事例の時に危険域を示すこと、ダウンバーストと竜巻の識別にも使える可能性があることを示した。
- ・TVPの特性把握のため、全球客観解析を用いて全球分布を1年分計算した。陸上におけるTVPの大きな値の領域は、世界の竜巻分布図(藤田による)とよく似ていた。

②シビア現象の危険度診断アルゴリズムの開発

- ・高層観測データや数値解析データ等を用いて、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。

- ・領域客観解析データを用いて、NOAA/SPC で使用されているシビアウェザーパラメータ（とそれらの一部修正を含む）を含む、31 のパラメータを計算・表示するプログラムを作成した。
- ・大気環境パラメータのひとつとして、物理的考察に基づき TVP を開発した。メソ数値予報モデル・毎時大気解析・高層観測などのデータから、竜巻渦の接線風速と危険地域が推定可能である。
- ・ドップラー速度場から、メソサイクロンの渦、ダウンバーストの発散、中層の収束等を、軸対称な風の場を仮定して、非線形最小自乗法を用いて検出するロバストなアルゴリズムを作成した。時間的連続性やシアラインとの識別などを利用した品質管理を含んでいる。

関連論文

64-2

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・エーロゾルなどの大気パラメータ抽出アルゴリズムに関する研究を行う。

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）

青木輝夫（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

- ・干渉計型サウンダ(LASI/METOP)の最適チャネル選択手法を開発する。
- ・赤外海面射出率モデルの改良を行う。
- ・マイクロ波サウンダの解析技術の調査・検討を行う。

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

- ・不規則形状粒子の散乱モデルを利用して MODIS や AIRS による薄い巻雲解析を引き続き行い、光学パラメータの導出を行う。
- ・エーロゾルや霧のパラメータ導出アルゴリズムについてのとりまとめを行う。

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

- ・干渉計型サウンダ IASI のチャネル選択プログラムのプロトタイプを作成した。
- ・海面での多重反射を考慮することにより、観測角が大きい領域での赤外射出率の計算精度を改善した。
- ・地上設置型マイクロ波サウンダによる気温・水蒸気の鉛直分布推定精度をゾンデとの比較で検証した。

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

- ・MODIS のデータを一ヶ月分収集し、近赤外の 1 チャネル($1.38 \mu m$)を用いて薄い巻雲の光学的厚さの分布を試験的に求めた。
- ・MODIS の赤外チャネルデータから、2006 年 4 月に日本に飛来した黄砂が水晶に近い光学特性を持っていることを明らかにした。

関連論文

113-1, 113-3, 116-1, 116-2

(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

青木輝夫、田中悦子、朽木勝幸（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 帯の低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 データベースの線幅などの温度依存性を検証し、放射計算の入力パラメータの精密化を図り、まとめを行う。
- CO₂ 4.3μm 帯の帶頭よりも高波数側の吸収スペクトルを低温下で測定し、吸収線形などの吸収特性の調査を行い、放射計算の吸収線形に関連する部分の精度向上をはかり、まとめを行う。
- 実験スペクトルと理論計算スペクトルの差異の原因についてのまとめを行う。
- 不規則形状粒子の散乱計算手法の改良を行う。

本年度の成果

- 低温下における CO₂ と N₂ の混合気体及び CO₂ と O₂ の混合気体の吸収スペクトルを測定し、CO₂ 15μm 帯の線強度と衝突幅の温度依存係数を決定した。低温下での線強度は、室温の値から理論的に計算される値と実験誤差の範囲内で一致した。衝突幅の温度依存係数は HITRAN データベースとほぼ同様な回転量子数依存性を示した。
- 室温及び低温下における CO₂ 4.3μm 帯の吸収線形の解析から、サブローレンツ線形のパラメータに温度依存性のあることが分かった。
- 低温下における CO₂ 15μm 帯 Q 枝の吸収スペクトルについて、ローレンツ線形を用いた計算スペクトルと実測値との差異が見られ、吸収線ミキシングの効果であることを確認した。
- CIP 法を 2 次元円柱の電磁波散乱問題でテストした。電磁波の数値的減衰が無視できない誤差を生じるため、これへの対策が必要であることが分かった。

関連論文

12-1

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： 伊藤秀美（地震火山研究部長）

目的

近年地震・地殻変動関係の全国基盤観測網の観測データが公開される体制が整備された結果、プレート間のスロースリップや、地殻底下部での低周波地震（微動）の発生など今まで予想されなかつたような興味深い現象が次々と発見されている。このような新しい観測データの有効利用がすすめば、さらに色々な知見が得られることが期待されることから、今後の研究を効率よく進めるため、これら観測データの有機的に結合し、一層の有効利用のための手法の開発を進める。

（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、高山寛美、高山博之、黒木英州、弘瀬冬樹、勝間田明男（地震火山研究部）、中村雅基（気象大学校）

本年度の計画

- ・全国の三次元速度構造の改良
- ・硫黄島での観測終了・撤収
- ・局所的速度構造の改良手法の開発
- ・改良された3次元速度構造を用いた震源パラメータの決定
- ・応力変化等に着目した地震活動パラメータの開発

本年度の成果

- ・全国を対象とした三次元速度構造のモデルの改良を行い、屈折法探査結果と調和的な地殻構造を得た。
- ・中部日本から西南日本にかけて、非常に詳細な速度構造を求めた。
- ・三次元速度構造を用いた震源計算を行い、沖合の震源深さ精度が改善するとともに、新潟県中越地震の余震などの内陸の地震でも震源位置の改善が認められた。
- ・b値の空間分布を調べたところ、海域でのアスペリティ分布、長期的スロースリップの発生領域、プレート間カッピングの強弱、内陸大地震の発生域などの関連性を示唆する結果が得られた。

関連論文

13-1, 13-2

（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

勝間田明男、前田憲二、高山寛美、林 豊、吉田康宏、山崎明、岩切一宏（地震火山研究部）、青木重樹（気象庁地震火山部地震予知情報課）

本年度の計画

- ・震源過程と地震活動の関連性に関する手法の開発
- ・低周波地震（微動）の調査
- ・地殻構造等と地震活動の関連性の調査

本年度の成果

- ・2005年福岡県西方沖地震の初期破壊過程、地震動の面的な分布を調べ、その結果、経験則より遅い速度で初期破壊が伝搬したことが分かった。また、大規模な平野・盆地では長周期地震動が生じ、建物被害が集中した場所では建物の固有周期付近の地震動が局所的に励起されたことが分かった。

- ・2003年宮城県沖地震により内陸で誘発された地震活動に着目し、地震活動度変化から摩擦パラメータや応力蓄積率の推定が可能であることを示した。

関連論文

17-1

(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

勝間田明男、高山寛美、林 豊、小林昭夫、山本剛靖（地震火山研究部）

本年度の計画

- ・二層式歪・三成分歪・傾斜・地下水位・水温の観測を行い、地下水位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、従来のものより汎用的な変動原因推定手法の開発に着手する。
- ・現存する海水中の測距技術において問題点を検討し改良すべき点を探る共に新たな測定手法についても検討する。

本年度の成果

- ・愛知県の短期的スロースリップによる歪変化の過去調査を行い、1984年7月から1999年8月までの約15年間に11回、1999年9月から2005年8月までの6年間に20回の歪変化を検出した。また長期的スロースリップの発生期間中は、短期的スロースリップが活発化していた。
- ・大域的最適化手法を利用し、観測データ以外の事前情報が少ない条件下において地殻変動源を推定するソフトウェアの開発を進めた。短期的スロースリップによる歪観測データに適用した結果、活動領域の違いを反映して異なる変動源を求められることがわかった。

関連論文

48-3

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： 緑川 貴（地球化学研究部 第二研究室長）

目的

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

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

(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、緑川 貴、斎藤 秀、時枝隆之、松枝秀和（地球化学研究部）
中館 明（気象庁地球環境・海洋部海洋気象課汚染分析センター）

本年度の計画

- ① 海洋炭酸系の鉛直分布と季節変動・経年変動の解明
 - ・引き続き凌風丸・啓風丸等で各層採水を行い、全炭酸濃度とpHの高精度各層時系列観測を実施する。
 - ・濃度やインベントリの季節変化・年々変化を明らかにし、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解析する。
- ② 海洋化学トレーサー観測手法の開発および高度化
 - ・東経165度等において、再びCFCsの各層観測を実施し、年々変化を評価する。
 - ・CFCs分布・水塊年齢と炭酸系パラメータなど他の成分の変化との関係を明らかにする。
 - ・SF₆等、他の化学トレーサーによる測定手法の開発についても調査を進める。

本年度の成果

- ① 海洋炭酸系の鉛直分布と季節変動・経年変動の解明
 - ・年4回の観測を実施した東経137度では、特に亜熱帯域北部の表層において、全炭酸濃度とpHに明確な季節変動と年々変動があることを実証できた。冬季の表層の全炭酸濃度やpHは表層水温と相関があり、鉛直混合の度合いがこれらの年々変動に影響していることがわかった。
 - ・季節変動として、春から夏にかけての表面から水深50m付近における全炭酸濃度の低下とpHの上昇は、栄養塩の枯渇した環境下の生物活動によるCO₂固定に起因し、消費されたCO₂は主に溶存態有機物となっていることがわかった。一方、同じ時期の水深50m～100m付近のクロロフィル極大層附近における全炭酸濃度の低下とpHの上昇は、栄養塩の減少を伴っており、表面付近とは異なる生態系の活動に起因することが示唆された。
 - ・東経137度と東経165度の黒潮や黒潮続流の南側では、全炭酸濃度が1990年代の前半の観測値に比べて増加する傾向を明らかにできた。増加速度は、表層では大気CO₂濃度の上昇速度から物理化学的に推定される速度(+1μmol/kg/年)とほぼ一致した。中層(～700m)では増加速度が低くなる傾向が見られた。これらのことから、表層の全炭酸濃度の増加は、主に大気CO₂濃度の上昇による海洋へのCO₂吸収に起因すると考えられた。
- ② 海洋化学トレーサー観測手法の開発および高度化
 - ・新たな化学トレーサーとして開発を進めてきた六フッ化硫黄(SF₆)の測定について、東経137度に

沿った観測で実海域試験を行い、高精度、低検出限界の観測値を得ることができた。

- ・東経 165 度線の亜熱帯域においてクロロフルオロカーボン類 (CFCs) の再観測を実施し、海洋内部の CFCs 濃度が 2001 年に比べても今なお増加している様子が捉えられた。”CFCs 年齢”の見積りから、過去 20 年間の人為起源 CO₂ の増加を確認することができた。

関連論文

119-1, 119-3

(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、緑川 貴（地球化学研究部）

本年度の計画

- ・栄養塩標準試料の実証試験を行った結果について、評価を行いとりまとめ。
- ・東経 137 度の栄養塩の時間変動の実態についてとりまとめ。簡単なモデルの有効性についても評価する。
- ・全球規模での栄養塩の時空間変動の実態についてとりまとめを行う。
- ・粒子状物質の空間的変動のとりまとめを行う。

本年度の成果

- ・2003 年に行った国際比較実験の結果をとりまとめて気象研究所技術報告（第 50 号）として出版し、さらにその概要を別途論文として投稿準備中である。そのとりまとめの中で、栄養塩標準を使うことによりリン酸塩およびケイ酸塩データの comparability（比較可能性）が大いに改善されることを示した。
- ・今年度、20 カ国 55 機関の参加により、第 2 回の国際比較実験を行った。55 機関の内 52 機関からデータが報告され、実験結果の速報を参加者に報告した。また、国内 1 箇所、国外 2 箇所で比較実験の参加者を交えて実験結果を検討する会合を持ち、栄養塩データの comparability を改善するための今後の協力体制についても議論した。栄養塩標準の作成とその意義について取りまとめ、論文として投稿した。
- ・粒子状物質に含まれるトリウム (Th) が有機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、北太平洋西部における配位子の分布やトリウム錯体の条件安定度定数等を見積もることができた。粒子状有機炭素とトリウム同位体 ²³⁰Th の解析結果に基づいて、粒子による海洋表層から下層への炭素の鉛直輸送フラックスを求める手法の開発を行った。

関連論文

102-3, 102-4, 102-9

アジア大陸の影響による大気微量気体・エアロゾル・降水降下塵の化学組成変動に関する研究

研究期間： 平成17年度～平成19年度

研究代表者： 松枝秀和（地球化学研究部 第一研究室長）

目的

地上観測所、気象鉄塔、海洋気象観測船並びに航空機等を利用して、西部北太平洋域における温暖化ガスを含む大気微量気体の分布や変動の長期観測とエアロゾル・降水降下塵の放射・化学的特徴に関する予備的観測を実施すると同時に、この地域における既存の定常観測データも統合して総合解析に必要なデータセットを作成し、アジア大陸からの影響による大気化学環境変動の実態を詳細に把握すると共に、その変動を支配する輸送過程や大陸の人為発生源との関係を解明する。

(1) アジア大陸起源の汚染気塊の化学組成とその輸送に関する研究

研究担当者

澤 庸介、松枝秀和、石井雅男、時枝隆之、斎藤 秀（地球化学研究部）、

内山明博、山崎明宏、古林絵里子、工藤 玲（気候研究部）、

岡田菊夫、財前祐二、高橋 宙、柴田清孝（環境・応用気象研究部）

本年度の計画

- ・気象庁大気観測所、気象庁海洋観測船並びに気象研究所露場・鉄塔を利用して、ラドンや微量気体の観測を継続する。
- ・二酸化炭素及びメタンの標準ガス及びオゾン計に関して、気象庁の保有しているWMO基準との比較実験を継続する。
- ・本研究で得られた観測データとこれまで収集されているデータを統合して、汚染気塊の化学組成の解析に必要なデータセットの作成を開始すると同時に、解析手法の確立を図る。
- ・気象庁南鳥島観測所におけるエアロゾルの自動観測システムの予備試験を実施する。

本年度の成果

- ・大気中の微量気体の観測研究

気象研究所の露場・鉄塔を利用した観測を継続して、新たに1年間の微量気体の濃度変動データを取得した。また、11月には鉄塔を利用した集中観測を実施し、温度と風速の鉛直分布の解析から夜間の微量気体の濃度上昇が数種類のパターンに分類できることが見出された。

与那国島及び南鳥島の2つの気象庁大気観測所ではラドン計による連続観測によってデータを収集した。その結果、アジア大陸の汚染気塊の流入に伴うラドンの濃度上昇イベントを明瞭に捉えられることができた。

定期航空機観測では新装置による観測が開始され、新旧データの比較解析を行った結果、二酸化炭素データの連続性が保たれていることが確認できた。

- ・トレーサビリティ検証のための相互比較実験研究

気象研究所の二酸化炭素及びメタンの標準ガスと、気象庁の保有しているWMO基準ガスとの比較実験を2回実施した。その結果、測定の誤差（二酸化炭素で約±0.03ppm、メタンで約±1.5ppb）の範囲では、トレーサビリティが維持されていることがわかった。また、気象研究所において、気象庁に新たに導入された一酸化炭素と一酸化二窒素の標準ガスに対して値付けを行い、両機関の標準スケールが比較可能となった。

- ・南鳥島におけるエアロゾル観測の予備調査研究

南鳥島におけるエアロゾル観測のための空気取り入れ口を設置し、PSAP装置による粒子の光吸収率を1分平均値として連続測定する観測を開始した。

関連論文

114-2

(2) 大気化学環境変動と海洋環境変動との関連に関する研究

研究担当者

五十嵐康人、青山道夫、篠田佳宏、廣瀬勝己、緑川 貴（地球化学研究部）、
千葉 長（気候研究部）

本年度の計画

- ・降水、エアロゾルに含まれる窒素と関連化合物、風送ダストの観測を行う。
- ・生物・化学的な新規トレーサーに関する基礎技術の有効性を実証する。
- ・窒素・リンの海洋への供給量と栄養塩変動、基礎生産変動との関連性について検討する。
- ・全球輸送モデルにより窒素および風送ダストについて計算を行う。

本年度の成果

- ・春季に観測した黄砂および近傍からの風塵と考えられるダストイベントについて、大気中ダスト重量濃度およびダスト粒径分布の解析を行った。その結果、黄砂と近傍からの風塵ではその粒径別の分布に差が見られ、風塵では大粒径粒子の増加が主であることを見出すことができた。また、イオン成分の分析で黄砂は風塵に比べ、 $nss\text{-Ca}^{2+}$ および SO_4^{2-} 濃度が高いという特徴が示された。
- ・榛名山山頂に TEOM（粒子状浮遊物質モニター装置）の移設を行い、大気境界層上端付近の山岳地点におけるエアロゾル観測を開始した。今年度3月から春のダストイベントに注目した観測を実施し、データの収集を行った。
- ・全世界の風送ダスト発生域から日本へのダスト輸送及び沈着量について、CTM（化学輸送モデル）によるモデル計算結果と観測結果とを比較した。その結果、領域別に評価した計算では、サハラ領域からの輸送、沈着の寄与もあることと、中央アジア、西アジア、中近東などからの寄与が大きいことが示された。
- ・南鳥島において採取した降水中のエアロゾル粒子について ICP-MS 分析（誘導結合プラズマ質量分析）を行った結果、平均地殻組成に比べて重金属濃度が高い割合で存在している場合が見いだされた。この結果は、アジア大陸からの汚染が長距離輸送と降水による除去過程を通して、外洋の海洋環境下に影響を与えていていることを強く示唆した。

関連論文

火山観測データの気象補正等による高精度化に関する研究

研究期間： 平成18年度～平成20年度

研究代表者： 山里 平（地震火山研究部 第三研究室長）

目的

火山の地殻変動は地下のマグマの動きを直接的に反映するため、火山監視の有力な手法として活用されている。但し、GPS観測データなどには対流圏の大気に起因する変動があり、それが火山活動評価の障害になっている場合がある。このため、気象データ等を活用した火山観測データの精度改善の手法を開発し、迅速・的確な火山活動評価を可能とし、火山監視の高度化に資する。

研究担当者

山里 平、福井敬一、北川貞之、高木朗充、坂井孝行（地震火山研究部）、小司禎教（予報研究部）

本年度の計画

- ・基礎データとなる火山体での GPS 及び光波測距等の連続観測を開始する。既存の観測網も利用し、一部のデータはテレメータする。
- ・実況の客観解析、あるいは数値予報モデルによる格子点データを用いた大気補正手法を検討する。
- ・観測データの比較検証を行う。

本年度の成果

- ・浅間山において面的に高密度な GPS 繰り返し観測を2回実施し、2003年以来の継続的な基礎データを取得した。
- ・GPS 観測において気象誤差の影響が大きいと考えられる浅間山山頂部において、現地収録型の GPS 観測点を設営し観測を開始するとともに、山頂および中腹部で気温、湿度の連続観測を開始した。
- ・格子点データを用いた大気補正手法をほぼ確立し、連続的な光波測距観測データの年周変動をほぼ除去できた。
- ・1周波 GPS データに、大気伝搬遅延量の自己推定解析を適用した結果、一定量の年周ノイズを除去することができた。しかし依然として年周ノイズは残存しており、これを補正するには、短基線では影響が小さいと考えられていた電離層の影響を考慮する必要があることが分かった。

関連論文

津波の予測精度向上に関する研究

研究期間： 平成18年度～平成20年度

研究代表者： 高山寛美（地震火山研究部 第一研究室長）

目的

日本海溝や千島海溝での発生の可能性が指摘されている津波地震に対して、地震波形を用いて推定された震源位置と規模に基づいて予測する現行の津波予報では過小評価となる可能性があるので、沖合の津波観測データを用いて津波予報をキャリブレーションすることによって沿岸での津波予測の精度を向上させる。また、歪計や広帯域地震計の観測波形データを用いて破壊様式を推定し、津波地震を含む津波予測の精度向上に寄与する。津波予報のために作成されたデータベースに含まれる誤差について、種々の要因による誤差を定量的に解明することによって、津波予報システムの改善に寄与する。

研究担当者

高山寛美、長谷川洋平、林 豊、吉田康宏、（地震火山研究部）、中田健嗣（地震火山部地震津波監視課）

本年度の計画

- ・沖合津波観測手法の調査と過去事例のデータ収集。
- ・数値解析に用いる地形データセット作成とプログラム改造。
- ・歪計・広帯域地震計の観測波形データの過去事例の収集。
- ・予測誤差要因選択・設定のための調査・分析。
- ・ケーススタディ用事例の選定とその実測データの収集・分析。

本年度の成果

- ・気象庁、防災科学技術研究所、東京大学、東北大学、海洋研究開発機構等が開発・設置している沖合の津波観測施設について観測手法を調査した。気象庁の東海沖および房総沖の海底津波計の観測データを収集し、フィルタ処理を用いた津波成分の抽出手法を検討した。
- ・既発行のデジタル水深データ、等水深線データから津波数値計算に適した座標系の格子点地形データに変換する算法について、既往の方法を比較・検討した。東経140度線を基準とした直交座標系で房総沖海底津波計と布良検潮所を含む領域の17m, 50m, 150mメッシュの水深データを作成した。
- ・日本付近に起きた大きな地震について、気象庁のSTS2地震計や防災科研のF-netデータの収集を行った。
- ・津波予測における誤差要因の選択・設定のために、既往研究の文献調査及び分析・検討を行った。その結果、津波計算結果に影響を与える要因として、地震規模（断層面上すべり量）、断層水平位置、深さ、走向、傾斜、断層面上すべり分布非一様性等が考えられ、これらを選択対象とするのが適当であることが分かった。
- ・種々の要因による津波予測誤差を定量的に評価するためのケーススタディ用事例の選定基準のひとつを、大きな津波を発生させる典型的な地震である海溝型巨大地震、かつ、多数の津波実測データが存在するものと規定した。この条件を満たす事例として、2003年十勝沖地震に伴う津波をケーススタディの1つとして採用することとした。その他必要なケーススタディ用事例選定については、引き続き検討を行う。
- ・津波計算結果に影響を与える予測誤差要因の中から検討対象として位置及び深さを取り上げ、津波数値計算を実際に行いつつ定量的評価方法を検討した。その結果、誤差要因を少しづつ変化させた多数の計算を行い、相田のK、 κ （観測値/計算値の相乗平均、分散）を指標として入力誤差と出力誤差との関係を定量的に評価する方法を提示した。
- ・沖合における巨大津波実測値として衛星海面高度計による観測成果の有効性を調べた。2004年インド洋津波での観測値から津波成分を抽出する準備として、地震に伴うジオイド高（ほぼ平均海面高度に等しい）の変化量を評価した。

関連論文

99-1, 99-2

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）

目的

これまで主に大気海洋の結合系や対流圏－成層圏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。

(1) 気候システムに関する基礎的研究

研究担当者

鬼頭昭雄、黒田友二、保坂征宏、上口賢治、足立恭将、坂見智法、新藤永樹、楠 昌司、馬淵和雄、行本誠史、吉村 純（気候研究部）、川合秀明（気象庁地球環境・海洋部気候情報課）

本年度の計画

- ・モンスーンやENSOの長期変動機構、植生分布の変化の気候への影響を、引き続き気候モデル実験により調べる。
- ・古気候実験として、最終氷期最盛期の実験を行うとともに、完新世中期の気候と植生の相互作用に関する実験を開始する。
- ・新結合モデル(MRI-CGCM3)の改良と長期積分を行う。
- ・太陽活動が対流圏成層圏結合に及ぼす影響を調べる。
- ・成層圏突然昇温および環状モードの予測可能性を調べる。

本年度の成果

- ・陸面植生モデルとして開発されたBAIMを導入した全球気候モデルを用い、アジア熱帯域森林破壊の影響に関する数値実験を行った。アジア熱帯雨林地域での継続的な森林の減少が、継続的な大気中からのCO₂吸収量の減少傾向の持続をもたらし、大気中CO₂濃度の上昇傾向に拍車をかける可能性をもつことが示唆された。熱帯季節林より熱帯雨林における森林破壊の影響の方が大きくなる可能性があることが分かった。
- ・気象研究所大気海洋結合モデル(MRI-CGCM2)による6,000年前の完新世中期のシミュレーション結果を用いて、平均気候場とエルニーニョ南方振動現象(ENSO)に与える影響について調べた。モデルでフラックス補正を用いる場合と用いない場合の比較を行い、平均気候場についてはフラックス補正有りが、ENSOの評価についてはフラックス補正無しがそれぞれもっともらしい結果を示した。
- ・6,000年前の完新世中期気候再現実験において気候・植生オフライン結合実験を終了した。また最終氷期最盛期実験は積分続行中。
- ・新結合モデル(MRI-CGCM3)における海水過程の改良を行った。北半球の氷縁部の表現には未だ問題があるものの北極海では、フラックス調整なしでも、100年程度の長期積分で、観測値に近い海水表現が可能となった。
- ・結合モデル(MRI-CGCM2)を用いて、太陽活動（11年周期）に相当する仮想的な強制を加えた実験を行い、北極振動の変調の可能性を調べた。太陽活動の極大・極小に対応し、観測に見られるような北大西洋振動(NAO)と成層圏環状モードとの結びつきの違いが現れた。
- ・太陽活動が対流圏成層圏結合に及ぼす影響を調べた。観測データ及び気象研化学気候モデルの実験結果の解析から南半球のアクティブシーズン（現実大気で11月）の環状モードについて調べた。その結果、一般に紫外線強度が強いほど対流圏成層圏結合が強くなることが見出された。北半球冬季平均した北大西洋振動についても観測データから同様のことが見出された。また、観測データ及びモデルで同化したオゾンデータの解析より、太陽活動が高い場合に冬季の北大西洋振動が夏まで持続性する原因は冬季に形成される下部成層圏のオゾン偏差がメモリーになるためであることが分かった。
- ・成層圏突然昇温および環状モードの予測可能性を調べた。2001年冬季の成層圏突然昇温(SSW)について

て気象研大気大循環モデルを用いて予測可能性を調べた。おおよそ2週間前位から予測可能であることが示された。また、SSWの種を調べた所、先行するヨーロッパのブロッキングの発達度（ブロッキングが発達する時ほどSSWが起きやすい）と関係が深いことが分かった。また、極夜ジェット振動(PJO)が明瞭に現れた2004年冬季のSSW及び環状モードの予測可能性を調べた。SSWの予測可能性は2001年と同程度であった。またSSW発生時以降付近を初期値として予測する場合にはPJOの予測可能性は高く、概ねそれ以降約2ヶ月程度の予測可能性を持つことが分かった。この時、PJOの下降に伴う環状モードも比較的良い予測可能性を示した。

関連論文

7-1, 33-1, 37-1, 37-4, 37-11, 117-1, 117-2

(2) 気候システムのモデル化に関する研究

研究担当者

鬼頭昭雄、保坂征宏、上口賢治、足立恭将、坂見智法、新藤永樹、行本誠史（気候研究部）

本年度の計画

- ・積雲対流スキームに対流抑制効果を入れ、降水強度と日変化に対するインパクトを調べる。
- ・改良した重力波抵抗スキームを気候モデルに組み込む。
- ・植生分布評価スキームの改善を行う。
- ・気候モデルに氷床力学モデル（グリーンランド版）を組み込む。

本年度の成果

- ・気候モデルに氷床力学モデル（グリーンランド版）の組み込みを行った。
- ・Hinesの重力波抵抗スキームを確率化することによって、気候モデル用の粗い鉛直解像度でも準2年周期振動(QBO)・半年周期振動(SAO)に類似した変動の表現が可能になった。
- ・気候モデルに炭素循環過程を導入した。大気中の二酸化炭素濃度について0次元、2次元、または3次元での予報変数化を行った(オプション)。陸面には簡易な生物炭素過程モデルを導入した。また、海面で二酸化炭素フラックスを計算するスキームを組み込んだ。
- ・植生分布評価スキーム(BIOME4)とSiBの植生タイプの対応付けの改良を行った。
- ・積雲対流スキームに対流抑制効果を導入した。影響の調査は次年度に継続する。

関連論文

55-2

水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）

研究参加者： 村上正隆、折笠成宏、斎藤篤思、田尻拓也（物理気象研究部）
永井智広、酒井 哲（気象衛星・観測システム研究部）

目的

種々の雲における水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 水晶核と雲内初期水晶分布に関する観測的研究

種々の雲について、上昇流・温度・乱流強度等をパラメータとして、水晶核濃度と初期水晶濃度の同時観測データの解析を行う。

② 水晶発生過程に関する実験的研究

水晶核計と雲生成チェンバーを用いて、 $-10\sim-30^{\circ}\text{C}$ で生成される層状雲・対流雲内における水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水晶発生過程に関する研究

新たに定式化した水晶発生メカニズムと、予報変数としての水晶核濃度を組み込んだ雲物理パラメタリゼーションを開発し、非静力学モデルに適用する。

本年度の成果

① 波状雲について、水晶核濃度と初期水晶濃度の同時観測データを解析し、平均的には両者に概ね良い対応が見られた。また、 $-20\sim-30^{\circ}\text{C}$ の領域では、初期水晶濃度は上昇流・雲粒数濃度と正の相関があることが示された。しかし、そのメカニズムを解明するためには雲生成チェンバー等を用いた更なる研究が必要である。山岳性降雪雲観測データの再解析から、黄砂飛来時の初期水晶濃度は通常時と比べると1/2オーダー高濃度となっており、水晶核として有効であることが示された。

② 雲生成チェンバーは、温度制御・気圧制御、低温域での湿度測定が改善され、任意の上昇流(1~10m/s)での断熱膨張過程が良く再現できるようになった。雲生成チェンバー実験から、上昇流 3m/s の下では、秋季の外気エアロゾルから -20°C 付近で数個/L、 -30°C 付近で数10個/Lの水晶が生成されることが確認された。外気エアロゾルを試料空気として、水晶核計による水晶核活性化の温度・湿度スペクトルの測定が1個/L未満のノイズレベルでも可能となった。

③ 非静力学モデルに予報変数として雲核・水晶核の混合比・数濃度を組み込んだ。これらの粒径分布として、対数正規分布を仮定し、バルク法に沿った水晶発生メカニズムの定式化を進めている。

関連論文

55-2

接地境界層における水蒸気と熱の乱流輸送に関する研究

研究期間： 平成18年度～平成20年度

研究代表者： 中川慎治（物理気象研究部 第二研究室長）

研究参加者： 萩野谷成徳、毛利英明（物理気象研究部）

目的

地表面と大気との間でどの程度の水蒸気・熱フラックスが交換されているかを定量的に見積もることは、日々の天気予報精度向上をはじめとしてアジアモンスーンの季節変動や年々変動、ひいては地球規模の気候変動の解明や予測などを行うモデルにとって必須不可欠である。これらを解決するために観測と実験、そして自主開発した数値乱流モデルを相補的に用いて、大気境界層乱流による水蒸気・熱輸送の物理過程の理解を深める。

- ・地表面熱収支項目のうち乱流輸送量を対象として、陸地表面からの水蒸気・熱フラックスの長期変動を各地の気象台観測データを用いて正しく評価する。
- ・大気境界層におけるようにレイノルズ数が非常に高い場合での乱流速度場の振舞を実験から明らかにする。乱流輸送を担う速度場の実態を把握するとともに、大気境界層乱流を対象とする Large Eddy Simulation (LES)あるいは Reynolds-Averaged Navier-Stokes (RANS)等の数値乱流モデルを開発する際の指針を得る。
- ・LES あるいは RANS 等の数値乱流モデルを自主開発する。数値乱流モデルが完成すれば、観測・実験では得られないような情報が得られるようになる。大気境界層乱流による水蒸気輸送に関する数値計算を行い、輸送過程を明らかにすると同時に従来の気象モデルにおけるパラメタリゼーションの検証を行う。

本年度の計画

- ①既存観測データの収集と露場観測及びデータ解析。
- ②乱流慣性領域に関する風洞実験。
- ③数値計算手法の検討とコード作成。

本年度の成果

①熱収支データの収集と解析

- ・既存の熱収支観測データの収集を行った。湿潤温帯草地として筑波大学陸域環境研究センター、半乾燥裸地面として西チベットガイゼ観測点データそして GAME データの各データを収集した。GAME データは、シベリア Tiksi (ツンドラ地帯)、チベット Amdo と MS3478 (高地短草地面) およびタイ Kog-Ma (熱帯耕作地帯) の各地点である。なお、Tiksi と Amdo および MS3478 は暖候期のデータである。湿潤温帯草地面の代表地点として、露場における熱収支観測を実施した。露場では除草前後でボーエン比の顕著な差異が見られる。
- ・湿潤温帯草地 (筑波大学圃場) での気候湿潤度 (降水量/ポテンシャル蒸発量) と無次元蒸発量 (実蒸発量/ポテンシャル蒸発量) の年間の関係には、植生の生育サイクルに関係する期間と関係しない期間があることが分かった。

②乱流慣性領域に関する風洞実験

- ・境界層乱流と噴流のデータセットを用い、乱流の微細構造のサイズ・強さ等のレイノルズ数依存性を調べ、その結果を国際研究会で発表した (Mouri et al., 2006)。
- ・境界層乱流のデータを用い、乱流の慣性領域の間欠性の解析結果を調べ、その結果を国際研究会で発表した (Arimitsu et al., 2006)。また、本研究に基づく論文が印刷中である (Arimitsu et al., 2007)。
- ・格子乱流のデータを用い、乱流の慣性領域の物理量の大スケール変動を調べ、その結果を国内研究会で発表した (毛利・高岡、2007)。

関連論文

96-1

ヒートアイランド現象の再現・予測に関する基礎的研究

研究期間： 平成17年度～平成18年度

研究代表者： 三上 正男（環境・応用気象研究部 第二研究室長）

研究参加者： 栗田 進、清野直子、青柳暁典（環境・応用気象研究部）

目的

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

本年度の計画

- ・都市気象モデルによるヒートアイランド現象の再現実験。
- ・気象場及び大気循環場の相互比較（気温、降水、風の再現特性の比較）。
- ・都市気象モデルの高度化に関する改良・開発計画の策定。

本年度の成果

①都市気象モデルの開発とヒートアイランド現象の再現実験

- ・関東の暑熱事例2ケースについて、都市モデルを含まない気象庁非静力学モデル（JMANHM）の1km格子のシミュレーションを行った。その結果、地上での高温の出現が、総観場の影響を受けた大気下層の気温だけではなく、局地的な風系の影響も受け変化すること、また単純に解像度を上げるだけでは日中の昇温の再現は不十分で都市効果を取り入れる必要があることを明らかにした。
- ・都市を表現するモデルとして、平板モデル、単層都市キャノピーモデル、多層都市キャノピーモデルを検討した。その結果、林立する都市建築物による放射特性への影響を考慮可能で、かつ計算負荷も小さい単層都市キャノピーモデルを JMANHM に組み入れることとした。
- ・以上の予備的調査結果をふまえ、JMANHM に気候情報課の都市気候モデルに基づく簡便な単層都市キャノピーモデルを組み込み、関東域での数値実験（4km格子）を行った。その結果、都市キャノピーモデルを用いることで、都市域における気温日変化特性の再現性が向上することを確認した。

②LES (Large Eddy Simulation) モデルの有用性に関する調査

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

関連論文

オゾン・エーロゾルライダーの評価・検証に関する研究

研究期間： 平成18年度

研究代表者： 小林隆久（気象衛星・観測システム研究部 第三研究室長）

研究参加者： 永井智広、中里真久、酒井 哲（気象衛星・観測システム研究部）

目的

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

本年度の計画

- ・対流圏オゾンライダー、多波長エーロゾルライダー等の観測を行い、比較可能なデータを蓄積する。
- ・オゾンライダーとゾンデの比較観測から、ライダー観測の誤差解析・評価を行うと共に対流圏オゾン等の動態を観測し、開発したライダーの有用性を示す。
- ・エーロゾルによる散乱光の波長依存性等を利用し、多波長エーロゾルライダーにより、エーロゾル等粒径情報の抽出する手法を開発するとともに、オゾン観測結果に及ぼすエーロゾルの影響、誤差評価を行う。

本年度の成果

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

関連論文

55-2, 55-3, 55-4, 87-1

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： 本井達夫（海洋研究部 第一研究室長）

研究参加者： 石崎 廣、山中吾郎、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）

目的

海洋大循環モデルを用いた将来的な業務・研究の資質向上のために、気象研究所共用海洋モデル（MRI.COM）の改良・開発・維持を図るとともに、種々の海洋現象の形成・維持・変動の機構を解明する。

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

- ・ 非静力学過程実験
 - ・ 全球渦解像モデル気候的強制実験
 - ・ OMIP 実験への参加
 - ・ 沿岸域テストモデル作成
- ② 計算結果による海洋現象の解明
- ・ 北太平洋渦解像モデル歴史的強制実験に対し北太平洋中緯度域における諸水塊の変動機構を調べる
 - ・ 太平洋熱塩循環構造の詳細解析
 - ・ 北太平洋渦解像モデル歴史的強制実験に対する水位変動調査

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

- ・ 非静力学過程実験

水平分解能が約 200m、鉛直分解能が 50m、タイムステップ 24 秒の非静力学モデルを準備して、海面冷却による対流実験を行った。この実験から水平解像度が 1km 未満で非静力学過程が効く可能性があることが示された。

- ・ 全球渦解像モデル気候的強制実験

全球渦解像モデルによる気候的強制実験で黒潮、黒潮続流、湾流等の表層海流の流量と流路が現実的に表現できることが確認された。また、北大西洋深層水と南極底層水がモデルで再現され、全球的に子午面循環が形成された。

- ・ OMIP 実験への参加

海面塩分を気候値に緩和しない場合、南半球高緯度の塩分躍層による成層が維持できない。海面気温等を固定して熱フラックスを計算する海洋単体実験では、深い対流に伴う大気への熱放出にフィードバックが働かず南半球高緯度の海洋深層が非現実的に冷えるため、南極周極流量が過大になることがわかった。海洋単体実験の枠内ではこのバイアスを根本的になくすことはできなかった。また、その可能性を追求する過程でこの領域での中小規模擾乱の非等方性を考慮し、拡散と粘性のパラメタリゼーションに非等方性を表現するスキームを導入した。

- ・ 沿岸域テストモデル作成

2004 年台風 16 号のケースについて、水平分解能 $1/120^\circ$ の西日本近海モデルを用いて高潮のシミュレーションを行い、瀬戸内海における潮位計のデータをよく再現することができた。MRI.COM は 1 グリッドしか開いていない海峡でも流速を表現できるという利点が、現実的なシミュレーションに寄与している事がわかった。

② 計算結果による海洋現象の解明

- ・ 北太平洋渦解像モデル歴史的強制実験に対し北太平洋中緯度域における諸水塊の変動機構を調べる。

モデルにおける北太平洋亜熱帯モード水体積の変動と、気象庁観測船によって東経 137 度で長期間継続して観測された亜熱帯モード水層厚との比較を行い、モデルが亜熱帯モード水体積の長期変動を良く再現していることが示された。

- ・太平洋熱塩循環構造の詳細解析

全球渦解像モデル気候的強制実験結果における太平洋深層循環の構造を調べた結果、粗い格子（渦無し）の実験と同様に、底層において赤道を横切る北上流、深層においては南下流の生じることが確認できた。また、赤道近辺での流速の時系列においては2ヶ月程度の変動成分が卓越し、これは測流結果とも一致した。

- ・北太平洋渦解像モデル歴史的強制実験に対する水位変動調査

対馬・津軽・宗谷海峡における水位変動は沿岸捕捉波や傾圧ロスビー波等によって説明でき、これらの海峡における水位変動によって対馬・津軽・宗谷暖流の流量変動が起こっていることが示された。経年変動においては、冬季にオホーツク海から日本海に海水が流入（例年に比べて逆流）する年があるが、この逆流現象は宗谷海峡で宗谷岬側よりもサハリン側の水位が高いために起こっているということが分かった。

関連論文

82-1, 82-2, 101-1

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）

研究参加者： 中野俊也、藤井陽介、碓氷典久、松本聰（海洋研究部）、石崎士郎（気象庁地球環境・海洋部海洋気象情報室）

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、海洋変動の解析を行う。また、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

- ・海上風を修正する同化手法を開発する。
- ・過去の同化実験を再度行う。
- ・観測データの解析と同化結果との比較（水温・塩分・流速・海面高度・バリアレイヤーの厚さの平均・（季節・経年）変動量を観測データと比較する）。
- ・同化実験結果の解析（海洋の蓄熱量、流れ場等と大気場のEOF解析を行い変動の原因を特定する）。

②ジョイント法の開発

- ・北西太平洋と熱帯太平洋に海域を限定した同化実験の継続（黒潮海域の変動の起源を求める感度実験を行う。熱帯太平洋での双子実験による熱帯海洋の水温・塩分場の再現性を調べる）。
- ・観測データとの比較（太平洋での水温・塩分・海面高度場の平均値、変動量の比較を行う）。
- ・同化手法の改良（モデル・観測・表現誤差に関する重みの変更を検討する。ECMWF及びドイツマックスプランク研究所での海面過程（波浪）のデータ同化手法を調査し、利用可能性について検討する。）。
- ・アンサンブル手法を用いた感度解析（北西太平洋亜熱帯循環の平均場と渦の感度をアンサンブル手法を用いて調べる）。

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

- ・同化手法の改良として各種誤差に関する重みの変更を行い精度が向上した。また、熱帯太平洋での東西風と海中の圧力勾配が整合性を持つようなスキームを開発し、同化システムに組み込み同化実験を行い海洋状態の再現性の精度が向上した。
- ・過去の同化実験（再解析）を1949年から2005年まで行い、再解析データを作成し以下の解析に使用した：海洋の蓄熱量、流れ場等と大気場のEOF解析を行い、それらの間の関係を明らかにした。北太平洋回帰線水の季節変動、及びその水塊に関連した1990年代後半の低塩分化と大気の経年変動との関わりについて解析を開始した。熱帯での南太平洋回帰線水の季節変動、及び経年変動とバリアレイヤー・海面水温及びエルニーニョの周期性について解析を開始した。

②ジョイント法の開発

- ・ジョイント法を用いて、日本南方の黒潮海域の変動（特に大蛇行）の起源を求める感度実験を行い、2ヶ月前の変動の起源が九州南東にあることがわかった。また、この方法による同化結果と観測データとの比較、特に九州南方での水温・塩分場の比較を行い、よく再現されていることを確認した。
- ・ECMWF及びドイツマックスプランク研究所で用いられている海面過程（波浪）のデータ同化手法を調査した。沿岸域の海岸地形を考慮した海域分け、および波浪（特に波長）の違いによって異なる背景誤差の統計量を用いることにより精度が向上すると考えられることがわかった。
- ・北西太平洋でアンサンブル手法（特にブリーディング法）を用いて黒潮の予測可能性が向上することがわかった。

関連論文

19-1, 32-2, 32-3

西太平洋におけるバリアレイヤーの形成・分布に関する研究

研究期間： 平成17年度～平成19年度

研究代表者： 今井正直（神戸海洋気象台海洋課）

研究担当者等： 蒲地政文、中野俊也、藤井陽介（海洋研究部）、神戸海洋気象台

目的

海洋気象観測船「啓風丸」搭載の表層水温塩分連続観測装置（曳航式 CTD）等の観測及び海洋データ同化システムの結果を用いて、西太平洋におけるバリアレイヤーの形成域・分布域の構造及び空間的・時間的な変動、並びに大気海洋相互作用を明らかにする。また、観測結果による海洋データ同化システムの結果の検証を通じて、海洋データ同化システムの改良に資する。

本年度の計画

（神戸海洋気象台海洋課）

- ・曳航式 CTD、CTD+LADCP、ADCP、XBT 及び総合海上気象観測装置による海洋・海上気象観測データの取得とデータセットの構築、並びに TAO/TRITON ブイデータと J-OFURO のデータセットの取得
- ・バリアレイヤーの抽出、形成域及び分布域の把握、及び水温、塩分及び流速場と気象要素との比較・検討
- ・海洋データ同化システムとの比較・検討
(気象研究所)
- ・同化手法によるデータセット作成とバリアレイヤーの抽出
- ・バリアレイヤーの発達条件、要素、形成メカニズムの解析

本年度の成果

今年度の神戸海洋気象台「啓風丸」の夏季航海(KS0606)において、赤道、 137° E 及び 165° E に沿った測線で、曳航式 CTD、CTD/LADCP、ADCP、航走用水温塩分計(TSG)及び総合海上気象観測装置による海洋観測および海上気象観測を行った。これらの観測による赤道周辺海域の海上気象データと、収集した TAO/TRITON ブイのデータから、総合的なデータセットを構築した。このデータセットを用いてバリアレイヤーの分布を算出するとともに、各観測データ項目の鉛直断面図及び空間分布図を作成した。

KS0606 における曳航式 CTD による赤道に沿った観測(157° ~ 165° E)では、 30°C 以上の暖水は、 165° ~ 164° E の海面付近から 100m 深付近にかけてのみみられた。バリアレイヤーは、 163° E 付近では厚さが最大約 40m であるが、西に向かって変動しながら減少し、 157° E 付近では約 5m 以下になっていた。海面付近は 80cm/s 以上の東向きの流れがみられた。赤道に沿った塩分(S)断面をみると、測線全域の 90m~180m 深にかけて、厚さ約 40~60m の S>35.4 の高塩分水(南太平洋回帰線水)がみられる。 159° ~ 165° E にかけて 2 層構造をしており、水温の鉛直勾配が小さい等温層と対応していた。 164° E 付近での観測の際、海面付近の 30°C 以上の暖水域が時間と共に縮小したのに伴い、密度混合層深度が浅くなり、バリアレイヤーは約 25m まで急激に厚くなつた。また海面塩分も 34.7 から 34.4 に急激に変化したことから、観測中に暖水プールの端の通過を捉えたものと考えられる。

昨年度の航海(KS0506)は通常期であったのに対し、KS0606 はエルニーニョへの遷移期であった。そこで、両時期の比較を行い共通点と相違点を調べた。その結果、赤道潜流は 180m~240m 深にあり、この海域では流速には大きな差はみられないが、海面付近の東向きの流れは KS0606 が強かった。また、両時期とも S>35.4 の高塩分水の層状構造はみられるが、その厚さは KS0606 のほうが厚く、塩分の値も高い(164° E の 150m 深付近で、S>35.8 以上)。このことから南太平洋起源の高塩分水(南太平洋回帰線水)の当該海域への流入が、KS0606 の方が多かった可能性がある。今後データ同化結果を用いて 3 次元的な解析を行う。

関連論文

32-2, 32-3

大都市域に強雨をもたらす降水系に関する研究

研究期間： 平成18年度～平成19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： 藤部文昭（予報研究部）、東京管区気象台、名古屋地方気象台

目的

大都市域で発生した、災害を伴うような強雨の事例について、部外データを含む各種の観測データを収集し、その際の降水の実態（降水量の詳細な分布やその時間変化など）、降水系の構造や振る舞いの把握（系内部の気流構造やその時間変化など）、降水系の環境場の特徴を明らかにする。このことを通じ、防災気象情報の改善につながる知見を収集・整理する。

本年度の計画

（気象研究所）

- ① 頗著な災害の発生した事例を選定する。
- ② 管内の複数の大都市における短時間強雨の経年変化を解析する。
- ③ データ収集（地上気象観測、アメダス、ゾンデ、ウインドプロファイラ、部外データ）とデータセットの作成（部外データについては独自にデータベース化）。
- ④ 部外観測データも含めて詳細な雨量分布、地上気温・風分布とその時間変化を解析する。
- ⑤ レーダーデータを用いて、降水系の内部構造とその時間変化を解析する。

本年度の成果

- ・2005年8月15日、同年9月4日の2事例について「大気汚染常時監視システム」による風向・風速、気温、湿度のデータをExcel形式でデータベース化した（対象都県は東京都、埼玉、千葉、神奈川各县；観測地点の緯度・経度、標高、測器の高さなどのメタ情報も付加してある）。更にこのデータベースのデータを気象官署の地上気象観測やアメダス観測のデータと融合して、高度補正した気温、混合比、地上相当温位、地上風の収束・発散、地上水蒸気フラックスの収束・発散を計算・描画させる簡便なプログラムを作成した。
- ・上の2事例の解析結果は「平成18年度東京管区調査研究会誌」に掲載されているが、それについて得られた結果は以下のとおり。

(a)2005年8月15日の事例

東京都練馬区で58mm/hの非常に激しい雨を観測し、周辺で床上浸水などが発生した事例である。環境場としては、東京23区で地上風が収束し、その収束付近の気温が相対的に高い状態の中、寒気を伴ったトラフが上空を通過していた。

羽田・成田の2台のドップラーレーダーによるデュアル解析では、頗著な降水セルが2つ見出され、その起源が①北西風と北～北北東風の地上収束によるものと②北風と、冷たい東風に乗り上げた南風により高度3km付近で形成されたシャーラインによるものがあると判明した。

また後者の発達過程として、前者からの冷気外出流の存在や、発生場所となったシャーライン付近への（南からの）暖湿気塊の補給が続いていることなどが、地上気象も含めた解析から分かった。

(b)2005年9月4日の事例：

東京都練馬区（部外観測点）で107mm/hの非常に激しい雨を観測し、甚大な浸水害が発生した事例である。環境場としては、北陸地方の秋雨前線に向かって、九州の南海上にある台風からと太平洋高気圧の縁辺流からの暖かく湿った空気が関東地方で合流する場であった。

甚大な被害をもたらした降水系は南北に伸びる線状エコーで、羽田・成田の2台のドップラーレーダーによるデュアル解析でその最盛期を解析したところ、以下のことが分かった。

- ・線状エコーの中に複数の降水セルが確認でき、それらが発生・併合・消滅を繰り返していた。
- ・個々の降水エコーの移動を700hPaの風と比べると、移動速度は700hPaの風速の約7割、移動方向は700hPaの風が指向する北北東であった。同じ方向へ移動する周辺のエコーが700hPaの風速の約9割であったのと比べると速度が遅い特徴があった。
- ・セルが併合すると、併合する20分前と比較してエコー頂高度が約4kmも高くなった。
- ・線状エコーに沿った鉛直断面でのセルの気流構造は、おおむねセルの腹の部分で上昇流、節の部

分で下降流という周期的な構造が見えた。

- ・最盛期を迎えた線状エコーが形状をほとんど変えることなく維持されたのは、エコーアーの冷気ブルームに東京湾から相対的に暖かい東風が入り続けたことにより持続的に空気塊が上昇させられたためであった。

関連論文

強雨をもたらす線状降水帯の構造や維持機構、発達や移動を決定する要因の解明

研究期間： 平成17年度～平成18年度

研究代表者： 濑古 弘（予報研究部）

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

目的

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

本年度の計画

- ・引き続き再現実験を行い、さらに、再現結果から気流構造や維持機構を解析する。
- ・複数の事例の観測データや数値モデルの再現実験の結果を使って、降水帯の発達や移動速度と環境場との関係を比較し、発達や移動速度の変化に影響を及ぼす要因を抽出する。
- ・降水帯の環境を簡単化した条件で理想化数値実験を行い、上で得られた降水帯の発達や移動速度と環境場との関係についての知見を評価・検討する。
- ・取りまとめを行う。

本年度の成果

①気象研究所が取り上げた2003年4月8日の事例について

上記の降水帯は、寒冷前線の通過時に、紀伊水道からの暖湿な南風と瀬戸内海の西風が収束して形成されたものであった。寒冷前線の発達した降水域前面に低圧部が形成され、それに吹き込むように南風が強まっていた。降水帯は、降水帯の南縁に連続的に存在する強い降水域が南西端から北東へ移動しており、バック アンド サイド ビルディング (BSB) 型と考えられる。移動について、実際の観測データを想定し、非静力学モデルで再現した地上の気圧と風分布を用いて考察した。その結果、降水帯の北部分では雨滴の蒸発により気温が下がり、高圧部となって降水帯を南東に移動させていた。紀伊水道の南風を強めた模擬観測データなどを同化した実験や地形を除いた実験から、この事例では大規模な収束が重要であることがわかった。

②地方官署が解析した線状降水帯について

15事例の解析結果から、南西風が卓越している環境で発生すること、BSB型やバックビルディング型が多いこと、必ずしも水蒸気画像で暗域が見られないこと、大規模な収束が弱い場合でも地形によって組織化される事例があることがわかった。

地方官署では、1事例以上を選択し、構造や維持機構、発達や移動の様相等を解析した。例えば、大阪管区気象台の2004年5月13日の事例では、寒冷前線前面の暖域内で発生した2本の降水帯について、発生機構の違いが確認された。最初の降水帯は、700hPaのショートトラフに対応した降水系が神戸市付近まで進んでくると、下層の暖湿気流が強まり、大阪付近の滞留冷気層に乗り上げて形成された。次の降水帯は、収束が継続していた紀淡半島付近に、中層の乾燥空気が流入し、不安定が強化されて形成された。また、ドップラーレーダーのデュアル解析などから、六甲山や北摂の山地による強制上昇や、生駒山で屈折した南風が降水帯に吹き込むことが、降水帯の発生や発達・維持に寄与していることが分かった。広島気象台の2003年7月18日の大雨の事例では、地形を除いた数値実験から、中国山地や四国山地、九州山地、豊後水道の地形が降水帯の発達に影響を及ぼすこと、蒸発を取り除いた実験から、雨滴の蒸発が対流を強化していることがわかった。神戸海洋気象台の2004年9月18日の姫路市の大雨の事例では、一様な気団内で降水帯が発生していること、降水帯の形成に必要な播磨灘の南西風が再現できなかつた数値実験から、四国山地が発生に寄与していることがわかった。

関連論文

67-4, 67-9

総観規模の前線の構造及びそれに伴うメソスケール現象の特徴に関する研究

研究期間： 平成17年度～平成18年度

研究代表者： 北畠尚子（台風研究部）

研究担当者等： 福岡管区気象台、下関地方気象台、鹿児島地方気象台

目的

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

本年度の計画

- ・引き続き、総観規模の前線に関する過去事例の再解析と最近の事例の解析を行う。今年度は主に暖候期の前線に重点を置く。
- ・これまで行った解析をもとに、総観規模の前線の構造とメソスケールレインバンド等との関係に関する考察を、地域や季節の違いとも関連付けて行う。
- ・大規模場と前線の構造等に関する概念モデルを構築する。

本年度の成果

- ・2004年4～5月に大陸から南下して九州北部を通過した寒冷前線の事例解析を4事例について行い、うち1事例について詳細に解析した。上層では寒帶前線ジェット気流の蛇行が大きく、トラフ前面で亜熱帯ジェット気流との合流による南西流のジェットストリークが強化され、下層の寒冷前線はこのジェットストリークに沿っていた。ジェットストリークの入り口にあたる寒冷前線南部では下層前線はアナフロントの性質を持ち活発な対流性レインバンドが発達して、地上前線の通過時には10分程度の間に強い降水と気温の急変が観測された。これに対して、ジェットストリークの出口に近い北部では、降水は地上前線通過の前の数時間にわたって観測され、前線通過後の気温低下は緩やかで、カタフロントの性質が見られた。これらについては寒候期の典型的な寒冷前線の特徴と共通していた。
- ・前線の解析と議論を客観的に行うため、数値予報 GPV を用いて前線に関するパラメータを計算するプログラムを開発し、前項の事例について診断を行った。前線の位置は thermal front parameter で表され、また下層前線強化は Q ベクトルで表現されることが確認された。下層前線に伴う対流活動が活発になる場合には、下層で前線強化され、また上層ジェットストリークに伴う鉛直循環と中下層前線の位置関係が良好な関係にある場合であることがわかった。
- ・暖候期に東シナ海から北上して九州南部に影響した前線について、2事例を解析し比較した。いずれの事例も、九州の北には下層から圏界面まで連続して解析される前線が存在していたが、九州南部付近に位置していた前線帶は上部対流圏のみで気温傾度が大きかった。後者は下層では気温傾度はほとんどなかった点で古典的な前線とは構造は異なっていたが、亜熱帯ジェット気流の入り口で熱的直接循環が顕著になるところでは、上層の前線帶の暖気側で下層から上層に達する上昇流が解析された。これに対して、そのような上層主体の前線帶に北から顕著な寒帶前線帶が南下した場合は、下層でも気温傾度が大きくなり、古典的な構造に類似した前線の特徴が見られた。
- ・下層前線と上層前線の関係をより物理的に考察するため、渦位に着目して解析を行った。低気圧中心の接近・通過に伴い九州北部で大雨となった事例では、低気圧に伴う下層前線は閉塞しこじめていたように解析されていたが、豪雨時には下層温暖前線の上に乾燥空気が乗り上げるスプリットフロントの構造になっていた。そのような構造変化には、もとは下層低気圧・前線システムとは独立に存在していた上層の総観規模の高渦位じょう乱が寄与していた。

関連論文

紫外域放射伝達モデルの検証に関する研究

研究期間： 平成17年度～平成18年度

研究代表者： 青木輝夫（物理気象研究部）

研究担当者等： 田中悦子、朽木勝幸（物理気象研究部）、能登美之、坂本尚章（札幌管区気象台）、島村哲也（気象庁南極観測事務室）

目的

アルベドへの影響が大きい積雪のある札幌において、主にアルベドの効果とエアロゾルの効果をモデルに取り込み、ブリューワ一分光光度計による観測値と比較することにより、放射伝達モデルを検証・高度化し、実用的な観点からアルベドとエアロゾルの気候値を決定する。

本年度の計画

- ・データセット整備及びモデル計算等の作業を複数年に拡張し、年々変動を調べる。
- ・紫外線情報提供の際に利用できるアルベド、エアロゾルの種類の月別気候値を決定する。
- ・放射伝達モデルシステム全体の改良・高度化を計る。

本年度の成果

- ・Brewer 分光光度計による紫外域日射観測値とモデル計算値の比較から、両者の間に 0.11 nm の系統的な波長のずれがあることが分かった（Brewer 分光光度計の波長分解能は 0.6 nm）。
- ・オゾンゾンデの観測値をモデル計算用の大気プロファイルとして入力する際、空気密度を大気モデルの値でなく、オゾンゾンデの気温観測値から計算する方が精度が大きく向上することが判明した。このため、オゾンゾンデデータのモデルへの入力アルゴリズムを改良し、放射伝達モデルシステムの高度化を図った。
- ・エアロゾルが紫外域日射に与える効果を調べるため、7 種類の典型的エアロゾルモデルを用いて計算を行った結果、無積雪期には「陸域平均エアロゾルモデル」が最適であることが分かった。
- ・冬期間の積雪アルベドが紫外域日射に与える効果を調べるため、理論的に計算した積雪アルベドとコンクリート面に対する実測のアルベドの組合せから、段階的に変化する複数のアルベドデータセットを作ってモデル計算し、観測データと比較した結果、積雪の割合を 30～40%に設定するのが最も良いことが分かった。

関連論文

1-13

坂本尚章、能登美之、島村哲也、2006：紫外域放射伝達モデルの検証に関する研究、細水、日本気象学会北海道支部、52, 24-25.

地球温暖化に伴う地域の気候変動予測に関する研究

研究期間：平成17年度～平成18年度

研究代表者：栗原和夫（環境・応用気象研究部）

研究担当者等：仙台管区気象台、福岡管区気象台、長崎海洋気象台

目的

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

本年度の計画

- ・小スケールでの現在気候再現精度の検証を継続し、特性を把握する。
- ・将来予測実験結果を用い、現在気候再現結果の検証結果を参考にしながら、官署内の細分化した地域についての将来予測を行い、その結果を検討する。

本年度の成果

仙台管区気象台

- ・地域気候モデルの精度評価について解析をさらに進め、夏季の気温の標準偏差が小さいことがやませの不十分な表現に起因することなどを示した。統計的検証の結果により、東北地方北部と南部をさらに日本海側、太平洋側に細分化した各地域で、モデルは、温暖化予測情報第6巻（以下第6巻）で日本を7分割した北日本地域とほぼ同じような再現精度を持っていることが確認された。
- ・東北地方を4地域に分割した場合の予測結果を求め、検討を行った。細分化した地域でも、第6巻の場合と同様な予測が得られ、また地域的な特徴の差異も得られた。各地域の予測は、利用可能であると考えられる。
- ・やませについて、モデルと観測との比較解析をさらにすすめた。また、やませについての将来予測を検討し、将来的にやませの発生が減るという結論を得た。
- ・冬季の降水の再現については、モデルは大まかな分布を再現できていた。しかし、モデルでは地形が現実と違うこと、地形に対する降水の応答が現実と違うことにより、細かいパターンが異なることがわかった。
- ・東北地方の夏季の高温について、風向、風速別に、モデルと観測を比較した。モデルは基本的な特徴を再現しているが、地形表現が粗いために局地的な高温が表現できていないことがわかった。

福岡管区気象台

- ・九州地方を、北九州、南九州、各县に細分化した場合の、現在気候再現精度を評価した。その結果、どの細分化の場合でも、奄美地方を除いて6巻の場合と再現精度に大きな差がないことがわかった。
- ・細分地域ごとに、将来予測を実施した。地域ごとに大きな変化は見られず、6巻と整合した結果が得られた。細分化した地域での将来予測は6巻の場合と同程度に信頼できると考えられる。

長崎海洋気象台

- ・長崎海洋気象台では、東シナ海の風を検証した。観測データは東シナ海海洋気候図30年報を用いた。東シナ海の九州西、九州東、沖縄西、沖縄東の、緯度経度3度毎の地域について検討した。風速についてはほぼよい現在気候再現結果が得られた。一方、風向については冬季、および夏季で風向が大きく異なることがわかった。
- ・将来予測についての検討を行った。4つの地域での予測は、夏季には、九州西を除いて南西風の強まりが見られる。これは、太平洋における高気圧性循環の強まりと関係していると考えられる。一方、秋季には九州西を除いて北東風の弱まりが見られる。

関連論文

竜巻やダウンバースト等の瞬発性突風の実態把握と予測可能性に関する研究

研究期間： 平成17年度～平成18年度

研究代表者： 鈴木 修（気象衛星・観測システム研究部）

研究担当者等： 大阪管区気象台、福岡管区気象台

目的

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

本年度の計画

(福岡管区、福岡航空測候所と気象研究所とで行う研究)

- ①管区内で新たに発生した瞬発性突風災害について、現地調査やメソ解析を行うなどして、その現象を特定する。
- ②上記①及び過去の突風災害の事例について、大気環境を特徴づけるパラメータを抽出し、それらをデータベースに追加する。
- ③データベースを使い、それぞれの現象毎にその発生をポテンシャル的に予測するワークシートを作成する。

(関西航空地方気象台、大阪航空測候所と気象研究所とで行う研究)

- ①前年度に選択した次の事例についてメソ解析を実施し、現象の特定やダウンバーストであることの確認を行う。
 - ・自記記録で「15m/sを超える突風」事例
 - ・空港気象ドップラーレーダーで「シアライン」が検出された事例
 - ・空港気象ドップラーレーダーで「ダウンバースト」が検出された事例
- ②上記①について、大気環境を特徴づけるパラメータを抽出し、それらをデータベース化する。
- ③ポテンシャル予測ワークシートの作成データベースを使い、それぞれの現象毎にその発生をポテンシャル的に予測するワークシートを作成する。

本年度の成果

【福岡管区・気象研究所】

- ・2006年度の台風13号関連の竜巻（延岡市など）等について、メソ解析を実施し、大気環境の指数について考察を行った。延岡で竜巻を発生させたストームには、延岡市内の地上気象観測データからメソサイクロンに伴うと考えられる風の変化や気圧極小、スーパーセル的なレーダーエコーの特徴が認められたことから、スーパーセルであった可能性が高いことが分かった。また、相対的なヘリシティ（SReH）やEHIなどの大気環境の指標も、瞬発性突風の可能性を示す値以上であったこともわかった。

【大阪管区（関空、大航）・気象研究所】

- ・抽出した全事例についての大気パラメータのデータベース化を行った。
- ・関西空港で発生した突風の抽出事例について、地上気象観測データ及びドップラーレーダーのデータを用いて現象を調査した。その結果、全事例30例のうち、気象現象としてのマイクロバーストが3例、ガストフロント3例であった。
- ・2006年7月14日に大阪航空測候所で最大瞬間風速38ktが観測された事例について、空港気象ドップラーレーダーのデータ等を用いた解析を行った。その結果、ガストフロントの通過であること、600m以下の低層に強風のコアを持っていたことが確認された。デュアルドップラー解析から、マルチセルタイプのスコールラインであったことが分かった。また、バルクリチャードソンナンバー等の大気パラメータは、スーパーセル型雷雨ではなく、マルチセル型雷雨に適した値を示していた。
- ・大気パラメータによる瞬発性突風現象については、統計に耐える事例数が結果として得られず、ワークシートの作成は実施していない。

関連論文

台風中心部の強風メカニズムに関する基礎研究

研究期間： 平成18年度～平成19年度

研究代表者： 楠 研一（台風研究部）

研究担当者等： 沖縄気象台

目的

空港気象ドップラーレーダーや現業レーダーなどの観測データを使って台風中心部を詳細に解析し、その構造を明らかにするとともに、地上データを用いて地上風速との関係を調べる。さらにゾンデ、ACARS（民間航空機の気象データ）、ウインドプロファイラによって環境場との関係を調べる。

本年度の計画

①気象研究所および沖縄気象台

　　解析すべき事例の選定

②気象研究所

　　詳細レーダー解析

③沖縄気象台

　　・レーダーデータセット作成とレーダーエコーパターン特徴抽出

　　・データ収集 アメダス、地上気象、ACARS、ゾンデ、ウインドプロファイラ

　　・総観スケールの解析

本年度の成果

・台風事例の選定とデータベースの構築

沖縄管内を通過し、被害をもたらした以下の6台風についてデータベースを構築した。

2003年10号／2004年23号／2004年17号／2003年14号／2005年14号／2004年18号

さらにデータや解析の情報共有と意見交換により効率的な研究を進めることを目的にインターネットにサイトを立ち上げた。サイト上で共同研究の関係者が各種の気象資料を組み合わせて解析するために開発したデータ多画面表示ソフトをインストールし、各種データをダウンロードできる環境が整備された。

・台風中心部の予備解析

上記6台風について行った予備解析のうち、特に顕著な観測データが得られた4事例につき以下報告する。次年度はこれらの詳細解析を行う。

(a) 2003年台風第10号：4角形が卓越する直径100kmの多角形眼であることがわかった。台風中心のウインドプロファイラ(NICT 沖縄：沖縄本島北部)上空通過時のデータから、眼の中では 10ms^{-1} 以下の弱風域が下層～上層(高度12000m)にわたり見られ、壁雲では 40ms^{-1} 以上の強風域が下層～中層(高度5000m以上)に分布し、壁雲の最も内側の下層(高度1000-2000m)に 50ms^{-1} 以上の強風コア域が埋め込まれていたことがわかった。

(b) 2004年台風第17号：直径が約110kmでほぼ停滯する眼の中のゾンデ観測を石垣島にて実施した。衛星輝度温度および目視観測から、眼の中心部に雲が形成されている事例である。ゾンデは眼の中をスピラル状に飛揚し、眼の大気成層を詳細に捉えた。眼の中は周辺より気温が高く850hPa付近に逆転層が見られたほか、下層～上層まで湿っており、眼の中で観測された雲の形成に対応しているものと思われる。

(c) 2003年台風第14号：多角形眼特に6角形が顕著、かつ明瞭な二重眼構造を持っていた。宮古島の3箇所地上観測から、6角形の非対称構造の回転を反映した、約15分周期の気圧・気温変動と反時計回りの伝播が見られた。さらに内側の眼の内部では、上昇流・下降流の激しい入替わりを示唆する地上気温の小刻みな変動があった。それと対照的に、外側の眼の中では地上気温の変動はなく、眼内外での構造の違いを示唆している。

(d) 2005年台風第14号：眼の直径が約100kmのほぼ円形眼構造を持っていた。台風中心(壁雲近傍)のウインダス(南大東島)上空通過時のデータから、壁雲近傍の眼の中では 10ms^{-1} 以上の風が見られ、また、まばらに分布する下層雲からの弱い雨が観測された。壁雲では 40ms^{-1} 以上の強風域が下層～中層(高度5000m以上)に分布し、壁雲の最内側の下層(高度1000-2000m)に 50ms^{-1} 以上の強風コア域が

埋め込まれていた。

関連論文

ラドン壊変生成物による降水時の高ガンマ線量率事象解明に関する研究

研究期間：平成17年度～平成19年度

研究代表者：千葉 長（気候研究部 第五研究室長）

研究担当者：佐々木秀孝（環境・応用気象研究部）、

五十嵐康人、広瀬勝己、青山道夫、篠田佳宏（地球化学研究部）

目的

近年、福島県や茨城県の原子力施設及び周辺で観測されているラドン壊変生成物による降水時の高ガンマ線量率事象について、メカニズムの解明や人為的原因との識別のための基礎データの提供を目指す。

本年度の計画

- ・ラドンーエーロゾル変換過程の数値モデルを組み込んだ放射性核種移流拡散モデルによる予備実験
- ・観測結果によるモデル検証のための評価手法の検討
- ・ラドン大気中濃度のデータベース作成及びラドン発生量マップの改良

本年度の成果

- ・ラドンーエーロゾル変換過程の数値モデルを組み込んだ放射性核種移流拡散モデルによる予備実験
環境・応用気象研究部で開発された大気エーロゾルモデルに名古屋大学で作成された地表面からのラドン散逸率を取り込めるようにした。一定の散逸率で行った場合と比較することでラドン濃度、およびその壊変物質の濃度への影響を調べる実験を始めた。観測点の特性をよりよく評価するためにT106の分解能で計算を進めている。対象として取り上げた事例は福島、茨城で高い値が観測されて、かつ気象データのそろっていて、輪島測候所での観測も高い値を示した2002年を行っている。
- ・観測結果によるモデル検証のための評価手法の検討
高ガンマ線量率をもたらす気象場の解析および事象の統計的性質の解析を進めた。高ガンマ線量率事象は背の高い積雲活動を伴っている場合が多く、ラドン壊変物質の大気中濃度が地表面だけではなく上層にも広がっている可能性を示した。観測から得られるラドン濃度を元に観測されるガンマ線量率になるために集められる空気の量を推計すると境界層内の空気だけからでは少なすぎることが理由である。事象発生の統計的性質を見ると高い値の出現は降水量と同じくGumble分布などを使って説明できる範囲にあり、異常性の判定に使うことができる。またシミュレーションから得られるデータの統計的性質と比較することで計算結果の妥当性を計ることができると考えられる。
- ・ラドン大気中濃度のデータベース作成及びラドン発生量マップの改良
前年度は月平均でのラドン濃度を整備している。今年度は実験の対象としている2002年について時別データを集め地表濃度と気象条件との解析を行えるように整備を始めた。地表面からのラドンの散逸についてはJRA-25で解析された地表面情報を元に昨年度と同じ方式で雪、土壤水分、凍結度を考慮したラドン散逸量の評価を試みた。これと気候値による評価値及び実測値との比較を現在実施している。

関連論文

80-4, 80-5

放射性降下物の長期変動と再浮遊に関する研究

研究期間： 平成18年度～平成22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： 広瀬勝己、青山道夫、篠田佳宏（地球化学研究部）

目的

大気中に放出された放射能は、人間環境に直接・間接に影響を及ぼすことが予想される。そこで、大気中の放射能レベルを把握するため、国内の複数地点において降下物の人工放射能を測定し、この測定結果とともに、大気環境における放射性物質の長期的動態の把握と、近年主要なプロセスとなっている再浮遊について解明する。

本年度の計画

- ・粒子状中長半減期人工放射性核種 (^{90}Sr 、 ^{137}Cs 、Pu 同位体) の降下量を精密観測し、バックグラウンドレベルとなるベースラインデータを求める。
- ・山岳1地点で大型水盤による精密観測を開始する。
- ・パーティクルカウンタによる粒子個数の観測をつくばと山岳地点で開始する。
- ・試料の前処理方法につき実験検討する。

本年度の成果

- ・2000年代のバックグラウンドデータとなる人工放射性核種 (^{90}Sr , ^{137}Cs 等) の降下量データをつくば市の気象研究所で、引き続き2005年分まで取得できた。
- ・黄砂現象は、2000年から2002年の間、極東域で顕著であった。しかしながら、つくば市の気象研究所における ^{90}Sr と ^{137}Cs の放射能降下量時系列では、春季に降下量ピークがあるが、年間降下量の著しい増加などは認められなかった。
- ・そこで、全国的な分布と季節変動を眺めたところ、この期間、放射能の降下量は全国的に春に大きく、 ^{90}Sr 、 ^{137}Cs 降下量がともに日本海側・北日本で高かった（気象研究所の年間降下量の数倍が1ヶ月で降下した地点もあった）ことがわかった。さらに、高 ^{137}Cs 降下量地点では、 ^{137}Cs の比放射能と $^{137}\text{Cs}/^{90}\text{Sr}$ 放射能比が大きいことがわかった。一方、降下量が低い地点では、逆の傾向を示した。
- ・降下ダストが高い $^{137}\text{Cs}/^{90}\text{Sr}$ 比と高い ^{137}Cs 比放射能を持つと云うことは、その発生源地域が、過去により高い降水量（高い降下量）をもち、降水によって ^{137}Cs と ^{90}Sr の間の分別が続いたが、最近砂漠化しつつある地域から発生したことを示唆する。
- ・日本海側・北日本と、関東、太平洋側・南日本の地点から、黄砂現象の観測日の後方流跡線解析を行い、空気塊の由来を調べたところ、日本海側・北日本では中国北部・東北部から、関東、太平洋側・南日本では、中国西部からが主だった。
- ・プルトニウム降下量については、 ^{90}Sr と ^{137}Cs と同様、春季に極大が見られる季節変化を示した。経年変化については、 ^{90}Sr と ^{137}Cs の放射能降下量と異なり、黄砂の顕著な年（2000-2002年）には、大きなプルトニウム降下量増大が見られ、黄砂の少ない2003年にはプルトニウム降下量は減少した。さらに、土壤起源粒子の指標と考えられるトリウムについても季節変化・経年変化を調べた。トリウムについては、黄砂との関係はプルトニウムほど明瞭ではない。
- ・これらの事実から、従来の黄砂と発生源が異なる「新型黄砂」が、2000年から2002年の間、北日本・日本海側により大きい降下量をもたらしたが、一方、関東、太平洋側・南日本では、「従来型黄砂」が降下したと解釈している。

関連論文

4-1, 8-2

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 18 年度～平成 22 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、海洋環境における人工放射能の実態の把握を行うとともに内部輸送過程についての知見を得る。この中で、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、50 年間にどのような挙動したかを明らかにする。

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。

本年度の計画

- ・深層水の極低バックグラウンドでの測定手法の改良。
- ・海洋放射能（HAM）データベースを更新する。
- ・生物地球化学的素過程の研究。

本年度の成果

- ・南太平洋の南緯 30 度に沿ったラインの深層では、セシウム 137 は 0.1Bq m^{-3} 以下の非常に低い濃度であること、および検出されたセシウム 137 は深層循環変動に対応しているとおもわれる構造をもつことを見出した。
- ・更新した HAM データベースを使って、表面のセシウム 137 濃度について 1945 年からの再解析を行い、みかけの半減時間の空間分布を求めた。表面海水中のみかけの半減時間は、太平洋では海域により 11 年から 36 年の範囲で変動している。表面海水中の見掛けの半減時間は太平洋全域では 21 年となり、大西洋およびインド洋を合せた全海洋平均では約 20 年である。セシウム 137 の海水中蓄積量は、1960 年代では中緯度から高緯度側に極大を示していたが、2000 年代では、亜熱帯循環南側の北緯 20 度付近に極大を持つ分布と変わってきている。表面海水中の見掛けの半減時間の変動およびセシウム 137 の海水中蓄積量の南側への移動は、北太平洋の海洋内部の亜表層で、中緯度から低緯度へ向けての内部輸送によるセシウム 137 の移動が 10 年から数十年の時間スケールで見られることと対応していることを見出した。
- ・北太平洋西部海域のプルトニウムについては、グローバルファールアウトばかりでなく 1950 年代ビキニ環礁付近で行われた核実験による局地的なフォールアウトの影響を強く受けていることを確認した。局地的フォールアウトの影響は、深海で顕著に見られることを見出した。

関連論文

4-2, 4-8, 4-9, 102-5

渇水対策のための人工降雨・降雪に関する総合的研究

研究期間：平成18年度～平成22年度

研究代表者：村上正隆（物理気象研究部 第一研究室長）

目的

国連は2025年までに世界の2/3の人口が水不足に直面すると指摘している。日本でも人口集中域では潜在的な水不足の状態にある。地球温暖化が進むと、少雨・渇水や豪雨・洪水などの異常気象が頻発することも指摘されている。今後予想される渇水等の災害軽減対策を早急に講じる必要がある。本研究では、安定的水資源確保や即効的渇水対策のための人工降雨・降雪技術を確立する。

（1）人工降雨・降雪による水資源確保・渇水被害軽減の可能性評価に関する研究

研究担当者：藤部文昭（予報研究部）、高橋清利、仲江川敏之（気候研究部）

本年度の計画

- ・降水量とダム貯水量の変動特性を調べる((株)いであの協力による)。
- ・過去の気象データを用いて、降水量変動の地域特性を調べる。この結果に基づき、渇水時の大規模循環場の特徴やメソスケールの天気パターンを特定するアルゴリズムを開発する。
- ・渇水時の日本周辺の大規模循環場の特徴や少雨のメカニズムについて、過去の渇水年のデータや、既存の全球大気モデル実験結果を利用して調べる（富山大の協力による）。

本研究の成果

- ・関東以西の主要ダム地域における1994年以降の気象・水文データを収集した。これらのデータに基づき、日本の過去の渇水イベントを調査・整理した。また、主な渇水事例について、降水量など気象条件とダム貯水量との関係を調べた。これらの結果を、渇水時の特徴的な天気パターンを見出すアルゴリズムとして取りまとめることに着手した。
- ・アメダスの降水データに基づき、メソスケールの降水量変動の空間的パターンを主成分分析によって求めた。得られた各パターンに対応する広域循環場（天気パターン）の解析に着手した。
- ・夏季の降水量について季節予報用の大気モデルと大気・海洋結合モデルを用いた過去の予備的予測実験を行った。結合モデルにより、西日本を中心としてある程度の予測が可能であることが示唆された。

関連論文

（2）リモートセンシング技術を用いた人工降雨・降雪に関する研究

研究担当者：高山陽三、増田一彦、石元裕史、永井智広、酒井 哲、山内 洋、中里真久、足立アホロ、猪上華子（気象衛星・観測システム研究部）

本年度の計画

- ・寒候期に、Xバンドレーダー、多波長マイクロ波放射計、マイクロレインレーダー、衛星を用いて降雪雲の集中観測を実施し、東北大学が別副課題で担当する雲構造観測手法の開発に必要な観測資料を収集する。
- ・人工降水に適した有効雲の検出アルゴリズム開発のため、衛星による雲物理パラメータの抽出アルゴリズム開発に着手する。
- ・シーディングの効果を検出する手法の開発のため、シーディング時の状況をレーダー等で観測しデータを収集する。シーディング効果検出手法の開発に着手する。
- ・ライダー観測に使用する観測装置製作のため、2波長ライダーの近赤外チャンネル増設の調査・設計を行う。

本研究の成果

- ・X-バンドレーダーを遠隔操作により、運用ができるように観測機能の付加を行い、今後5年間に行うシーズンを通じた観測ができるよう体制整備を行った。
- ・X-バンドレーダー、マイクロ波放射計、マイクロレインレーダー、デスドロメータにより、冬季観測、集中観測を実施し、アルゴリズム開発のためのデータの取得を行った。
- ・製作中のKaバンドレーダーデータの解析を行うために、Kaバンドによる降水粒子分布測定方法の開発を始めた。
- ・ライダー観測用の近赤外チャンネル用に最適なA/D変換の設計を行った。

関連論文

(3) 航空機等の直接観測手法を用いた人工降雨・降雪に関する研究

研究担当者：村上正隆、折笠成宏、斎藤篤思（物理気象研究部）

本年度の計画

- ・晚冬（2、3月）に、航空機によるシーディング実験と航空機・地上からの雲・降水の直接観測も含めた3週間程度の集中観測を実施する。雲の内部構造・降水機構の解明を行うとともに、シーディングに伴う微物理構造の変化、増雪効果を定量化する。
- ・別副課題リモセン観測によって得られる一般気象要素・雲物理要素の鉛直プロファイルから、適切な降水量決定因子を検討する。

本研究の成果

- ・2～3月の集中観測期間に行われる航空機観測の搭載機器の選定・調整、飛行計画の策定、シーディング実験の準備等を行った。
- ・集中観測期間中、地上降雪観測・地上からのリモセン観測と同期した航空機によるドライアイスシーディング実験と雲の直接観測を実施した。雲の内部構造・降水機構の解明および、シーディングに伴う微物理構造の変化、増雪効果の定量化に着手した。
- ・一般気象要素・雲物理要素の鉛直プロファイルを用いて、降水量決定因子の検討に着手した。
- ・また、H2O年度から予定している吸湿性粒子シーディングの準備として、吸湿性粒子フレアーラックおよび吸湿性マイクロパウダー散布装置の搭載可能な機種を調査し、取り付け方法などに関する検討を行った。

関連論文

(4) 数値モデルを用いた人工降雨・降雪に関する研究

研究担当者：加藤輝之、大泉三津夫、永戸久喜、林 修吾（予報研究部）、
田尻拓也（物理気象研究部）、岡田菊夫、財前祐二（環境・応用気象研究部）

本年度の計画

- ①非静力学モデルを用いた人工降雨・降雪実験に関する研究
 - ・ダム域における降水・降雪量を正確に予測するために1km分解能の非静力学モデル(1km-NHM)を用いる。今年度は、その降水・降雪精度を見極めるための予備的な数値実験も行う。また、ドライアイスなどによるシーディング実験も取り扱えるように高解像度 NHM の雲物理パラメタリゼーションの改良を行う。このモデルを用いて種々の気象条件下でシーディング実験を行い、最適シーディング法を開発する。
- ②雲生成チャンバーおよび詳細雲物理ボックスモデルを用いた吸湿性粒子シーディング実験に関する研究
 - ・雲生成チャンバーを用いた吸湿性粒子シーディング実験と詳細雲物理ボックスモデルの開発を行う。

本研究の成果

- ①非静力学モデルを用いた人工降雨・降雪実験に関する研究
- ・昨年度予備的に実施した1km-NHM予測精度について、アメダスおよびレーダーアメダス解析雨量を用いて検証した結果、5km分解能のNHMでは山岳部で過大評価・平野～沿岸部で過小評価になっていたものが1km-NHMではある程度改善されていることが分かった。また、総降水量は過大評価になっていたが、降水分布は観測とほぼ合っていた。過大評価の原因是、観測による雪の補足率等が悪いことも考えられる。
 - ・ドライアイスなどによるシーディング実験も取り扱えるように高解像度NHMの雲物理パラメタリゼーションの改良を行い、2006年1月18日の1事例であるがシーディングの効果について検証を行った。その結果、ドライアイスシーディングに関わる物理過程を適切に再現できていることが分かった。
 - ・気象庁での現業MSMの予報値から必要最小限の領域を切り出し、気象研究所に転送し、ダム域を中心とした小領域を対象に1km-NHMを実行し、観測支援資料を提供できるシステムを整備した。
- ②雲生成チェンバーおよび詳細雲物理ボックスモデルを用いた吸湿性粒子シーディング実験に関する研究
- ・吸湿性粒子シーディングチェンバー実験の準備期として、シーディング物質の入手、各種装置（粒子発生用、バッファータンク）の整備を行った。
 - ・様々な大気状態の実験を再現性よく行うため、実験手順および気温・気圧制御の改善を図り、予備試験として初期条件や上昇速度を変えた雲粒発生実験を行った。
 - ・詳細雲物理ボックスモデルにおいては、雲核に対する雲・降水過程の依存性を調べるための基礎的な開発を行った。これにより、雲核粒径分布の初期値を変化させることで、天然の状態とシーディングを行った状態の比較が可能になった。
 - ・チェンバーおよび詳細雲物理ボックスモデルを用いて初期的な吸湿性粒子シーディング実験を開始した。
 - ・数値モデルを用いた初期実験の結果から吸湿性粒子のシーディングによって、降水形成過程をある程度制御できることが示された。

関連論文

スマトラ型巨大地震・津波被害の軽減策 歪観測による破壊様式の解明

研究期間： 平成17年度～平成19年度

研究担当者： 伊藤秀美、吉田康宏、小林昭夫（地震火山研究部）

目的

歪観測による破壊様式の解明、スマトラ型巨大地震に伴う災害の軽減策を、我が国の地震・津波・防災関係者が連携して提言する。また、日本の地震・津波・防災研究者がリーダーシップをとり、アジアの関係者とも連携して実施することにより、我が国が国際社会における地震・津波防災の中核拠点となることをめざす。

本年度の計画

- ・歪計の波形記録を用いてスマトラ沖地震の破壊様式の解析を行う。
- ・他のデータから求めた震源過程モデルとの比較。
- ・日本付近で起きた地震やスロースリップの歪計の記録を収集する。

本年度の成果

- ・スマトラ地震を対象にして、歪計より到来方向から破壊の空間分布を推定する手法を開発した。昨年度の予備的解析の高度化を行った。具体的には多成分（石井式）歪計より、主歪の方向から推定する手法、体積歪計をアレイとみて、センブランスを計算して推定する手法の2つである。
- ・日本付近で起きた地震について、気象庁が展開している体積歪計、多成分（石井式）歪計の1秒サンプリングのデータを収集している。

関連論文

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（気象衛星・観測システム研究部 第四研究室長）

研究担当者： 萩野谷成徳（物理気象研究部）、楠昌司、行本誠史（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各種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

- これまでに収集した衛星データおよび気象要素データをデータベース化する。
- 下層雲発生時に再解析データ・ラジオゾンデ・地上測器観測を用い、下層雲の時間変化と気象要素の時間変化についてまとめを行う。
- 新しいパラメタリゼーションによる結果と現行の気候モデルとの比較検証を行い、地域、季節による違いなどを評価し、まとめを行う。

本年度の成果

- 2005年1月のMeteosat-8のスプリットウインドウデータを用いてアフリカ南部のナミビア西岸沖における下層雲について光学的厚さおよび雲量の日変化について解析を行った。日の出前に光学的厚さは最大を示し、日中にかけて減少する日変化が見られた。水雲の雲量についてはこれまでの解析結果と同じく日の出前に最大を示し、午後に最小を示す日変化が確認された。
- ISCCP（国際衛星雲気候計画）、TMI/TRMM（マイクロ波放射計）およびマイクロ波散乱計による雲および海面温度、可降水量、海上風等についてのデータを収集し、月平均値および半旬平均値を作成した。月平均値データを用いて、2000年から2004年についてペルー沖の下層雲の消長にかかる気象要素を調べた。ペルー沖の下層雲の消長はその海域における海面温度と逆相関を示し、海上風とは正相関があることが分かった。また、西太平洋、中部太平洋における深い対流活動との関係では両者ともペルー沖の下層雲量と正相関を示すが、中部太平洋の対流活動がより高い相関を示すことがわかった。
- カリフォルニア州のReyes岬における可視・近赤外チャンネル法（太陽反射法）で算定した雲パラメータと全天日射量との関係について調べた。大気上端に入射する日射量と地上で観測された日射量の比は下層雲の雲量の関数として表現でき、また、雲水量の関数としても表現できることができることが分かった。それぞれの相関係数は0.67と0.77であった。よく用いられる可降水量との相関は0.34と小さかった。
- 気象庁の長期再解析（JRA-25）では下層雲パラメタリゼーションの初期バージョンが用いられている。JRA-25における下層雲の表現について、2001年7月の可視・赤外画像から解析された下層雲の雲量との比較を行った。衛星から観測されたカリフォルニア沖の雲量と長期再解析データにおける下層雲量の分布について、雲量の空間分布が非常に良い一致を示す日とそうでない日がみられたが、全般に両者の雲量の相関はよかつた。一方、ERA-40、NCEPにおいて再現された下層雲は発生位置および雲量に関してJRA-25に比べるとISCCPなどのトルースデータとの対応が悪かつた。JRA-25における安定度の分布と他の再解析との違いがあった。
- 本パラメタリゼーションを鉛直分解能が60層のモデルに適用し、これまでの鉛直40層のモデルと同様に下層雲が表現できることを確認した。
- 相対湿度を組み合わせることにより、カリフォルニア沖からハワイ沖にかけて下層雲の雲頂高度が徐々に高くなり、より現実的な下層雲の分布が表現できることが分かった。
- 本パラメタリゼーション法で、臨界相対湿度と安定度を組み合わせる改良を行った結果、下層雲の発生高度の制限（940hPa）をつけなくても大陸西岸沖の層積雲が表現できることが分かった。

- ・本パラメタリゼーションは大陸西岸沖に発生する海洋性層積雲をパラメタライズすることを目的に開発されたが、北東太平洋域に発生する層積雲も表現できることが分かった。
- ・本パラメタリゼーションを用いて 20km の高空間分解能モデルでの実験を行った。下層雲の再現状況を空間分解能が 110km、180km、270km のモデルとの比較から、高空間分解のモデルほど下層雲の雲量が増加し、衛星観測の雲量分布(トルースデータ)により近いことが分かった。

関連論文

15-1, 15-2, 15-3

エアロゾルによる放射強制力の変動及びメカニズムの実態解明に関する研究

研究期間： 平成17年度～平成19年度

研究代表者： 内山明博（気候研究部 第三研究室長）

研究担当者： 山崎明宏、吉林絵里子、工藤 玲、千葉 長（気候研究部）、青木輝夫、田中悦子、朽木 勝幸（物理気象研究部）、田中泰宙（環境・応用気象研究部）

目的

エアロゾルが直接及び間接的に放射強制力へ影響をもたらすメカニズムを明らかにするとともに、そのメカニズムを考慮した放射モデルを数値モデルに組み込み、放射強制力のより信頼度の高い変動実態を明らかにすることによって、地球温暖化の予測精度向上に資する。

本年度の計画

- ・観測を継続して観測事例を増やす。その際、湿度制御法の改良を行う。湿度特性のパラメータ化の改良を行う。解析データを検証データとして使えるよう整理し、検証に使用する。
- ・観測を継続し、観測事例を増やす。積雪上純物濃度と雪面アルベドの関係をモデル化する。また、それらの結果を用いて、化学輸送モデル中の陸面過程で利用できるエアロゾル沈着量・積雪上純物濃度・雪面アルベドの関係をモデル化する。
- ・エアロゾル・雪面モデル、光学特性の湿度依存、雲粒内エアロゾルの効果を組み込み、数値実験を行う。観測との比較検証、気候形成への影響評価を行う。

本年度の研究成果

①地表面での放射とエアロゾル特性の観測

- ・ $f(RH)$ を、乾燥した時の散乱係数の値(σ_{sca} ($RH < 40\%$))で加湿したときの散乱係数(σ_{sca} (RH))の値で割った値とする。この値は、北京の大気汚染によるエアロゾルでは、湿度 85% の時で、1.2～1.7 の値であった。また、この値は、大気の汚れ具合が進むほど大きくなつた。南鳥島（海洋性エアロゾル）で、1.6～2.1、つくば（黄砂飛来時）で 1.1～1.4 であった。
- ・エアロゾルの放射効果を見積るために晴天時の日射量データの抽出を行つた。
- ・地上でエアロゾルの散乱係数、吸収係数、エアロゾル個数を乾燥時と大気状態のままで測定するためのシステムの改良を行つてゐる。改良点は、高湿度時に測定できるようにしたこと、多波長化により散乱係数を補正できるようにしたことである。
- ・北京、宮古島で散乱係数、吸収係数、エアロゾル個数の観測を行ない、モデル計算と比較した。

②エアロゾル-雪氷相互作用に関する研究

- ・2003 年以降の札幌における冬期間の放射収支観測データと積雪断面観測データから積雪アルベドと積雪粒径及び不純物濃度の関係を求め、放射伝達モデルによる計算と比較した結果、札幌の積雪は鉛物性ダストだけでなく、黒色炭素によつても汚染されていることが示唆された。この結果から積雪アルベドを物理的に予測するためには、不純物としてダストと黒色炭素の両方を考慮する必要があることが分かつた。
- ・上記の結果を基に、積雪中の黒色炭素濃度とダスト濃度、積雪粒子の有効半径、及び太陽天頂角の関数として変化する積雪アルベド物理モデルを開発した。ここで性質の異なる黒色炭素とダストの効果を一括して扱うため、Snow impurity factor (SIF)を定義した。このアルベドモデルを化学輸送大気循環モデル (MASINGAR) の陸面モデルに組み込み、気候再現実験を行つた（結果は研究成果③を参照）。

③数値モデル計算によるエアロゾルの放射強制力への影響評価

- ・積雪アルベドを積雪中の黒色炭素および鉛物ダストの濃度、積雪粒子の有効半径、および太陽天頂角の関数として表される準物理的な積雪アルベドモデルを開発してエアロゾル輸送モデル MASINGAR の陸面過程モデル SiB に組み込み、積雪アルベドに対するエアロゾルの影響を評価した。この結果から、積雪に対する黒色炭素・鉛物ダストの影響の有無による大気上端での放射収支差の年平均値は全球平均で $+0.7 \text{ W m}^{-2}$ 、晴天のみ（雲の効果を除いた場合）では $+1.1 \text{ W m}^{-2}$ という値になつた。また、黒色炭素、鉛物ダストの影響はそれぞれ $+0.22 \text{ W m}^{-2}$ 、 $+0.24 \text{ W m}^{-2}$ と推定された。これは大気エアロゾルの直接効果や間接効果にも匹敵する大きさである。この実験では、積雪アルベドへの大気エアロゾルの影響が無視できないものであることが示されている。

関連論文

1-2, 20-1, 20-2

民間航空機を活用したアジア太平洋域上空における 温室効果気体の観測に関する研究

研究期間： 平成 18 年度～平成 22 年度

研究担当者： 松枝秀和、澤 庸介（地球化学研究部）

目的

民間航空機を利用したアジア太平洋域上空を中心とする高頻度と広領域にわたる温室効果気体の時間・空間分布観測を実施して、大量のデータを収集する。収集された観測データのデータベース化を通して、全球の炭素循環の解析的研究に利用すると同時に、インバースモデルや温室効果気体観測衛星の精度向上に役立てる。

本年度の計画

- ・日本航空 (JAL) 所有の 5 機及び JAXA 所有の観測航空機に二酸化炭素濃度連続測定装置 (Continuous CO₂ Measurement Equipment : CME) とフラスコサンプリング装置 (Automated Air Sampling Equipment : ASE) を搭載して観測を実施する。
- ・CME 及び ASE の両観測装置の性能を維持することを目的として、実験室で装置検査を行うための作動試験手法を確立する。
- ・分析のバックアップ体制を確立するために、国立環境研究所との標準ガスの比較実験を実施する。

本年度の研究成果

- ・JAL 所有のボーイング 747-400 型 2 機と 777-200ER 型 3 機の機体改修を終了し、予定していた 5 機に観測装置が搭載できる体制が整った。これらの機体を利用して観測データを収集した結果、目的とする精度の高い測定値が改修したすべての機体で得られることがわかった。但し、一部の観測においてデータ収集の不具合が認められたため、機器の作動条件設定のソフトウェアの改造を米国航空局に申請し、変更の認可を取得した。これによって、データ取得率を大幅に改善することができた。
- ・ASE 観測装置に対して地上での作動シミュレーション実験を実現するために、検査試験専用のソフトウェアの開発と、機体情報を擬似的に ASE に送信して作動試験を行う手法を確立した。これによつて、観測機器の作動状況の確認と異常個所の検知を迅速に行うことが可能となつた。
- ・気象研究所において、国立環境研究所で行う空気試料の微量気体分析のバックアップ体制を整えるために、両機関の分析基準となる標準ガス濃度の比較実験を実施した。その結果、両機関の二酸化炭素およびメタンガスの基準スケールに若干の違いが認められたが、その違いには一定の関係があることが見出された。この関係に基づいて両機関で分析した濃度を補正することによって、精密な同一のデータが得られることがわかった。

関連論文

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（第Ⅱ期） 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

研究期間： 平成17年度～平成18年度

研究担当者： 柴田清孝、出牛 真（環境・応用気象研究部）

目的

オゾン層破壊物質がこれまでの長期のオゾン層変動に及ぼした影響の評価、CO₂などの温室効果気体の増加が今後のオゾン層変動に及ぼす影響の評価、成層圏水蒸気量の変動実態の把握を通して、これまでのオゾン層保護対策の効果を評価すると共に今後のオゾン層変動予測に関する科学的知見を提供する。

本年度の計画

- ・輸送スキームの改良を行う。
- ・統計的な有意性を上げるため、REF1とREF2のアンサンブルランを行う。
- ・オゾンの長期トレンドに種々の要因が及ぼす影響を調べる。
- ・研究のとりまとめを行う。

本年度の成果

SPARCのコアプロジェクトとしてWMO/UNEPによる「オゾン層の科学的アセスメント」(2007年発行)に貢献することを目的とした、化学気候モデル検証活動(CCM Validation)に参加し、気象研全球化学気候モデル(CCM)による25年間の過去再現長期積分、80年間の将来予測長期積分を行い、過去のオゾン変動の解析やオゾンホールの将来予測の解析を行った。

関連論文

60-1, 60-2, 60-3, 60-4, 60-5, 60-6, 60-8, 66-1

京都議定書吸収源としての森林機能評価に関する研究（第Ⅱ期） 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

研究期間： 平成17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

2005年2月16日に発行した京都議定書国別インベントリーシステムの中核的な部分を構成する森林の炭素吸収量評価モデルの開発を主な目的とする。さらに、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に得られた知見を活用することも目的とする。

本年度の計画

- 森林バイオマス推定手法の一つとしてのモデルを確立するとともに、バイオマス変動と気候との関係に関する数値実験を継続して行う。さらに、研究のとりまとめを行う。

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)の植物生態モデルとしての特性をより高めた BAIM Ver.2 (BAIM2)を導入した T63L21 全球気候モデルについて、現存植生を与えた on-line コントロール数値実験の結果に関する詳細な検証を行った。本数値実験においては、人工排出による陸面からの二酸化炭素放出も考慮している。再現された植生タイプごとおよび全球平均値としての葉・幹・根・リターのバイオマス量および土壤蓄積炭素量は、他の研究による見積量と概ね一致することが確認できた。また、GPP、(光合成総生産量)、NPP (純一次生産量)、呼吸量および NEP (生態系純生産量) などについても、一般的な特徴が再現できていることが確認できた。本気候モデルにより再現された大気中二酸化炭素濃度について、観測地点データを用いた検証を行った。検証は、特定地点として選択した綾里およびマウナロアの2地点および全球を9緯度帯にわけた地域ごとに行った。その結果、モデルは特定2地点および9緯度帯における大気中二酸化炭素濃度の年増加量、およびそれぞれの季節変化の特徴を再現できていることが分かった。

本気候モデルを用い、アジア熱帯域森林破壊の影響に関する数値実験を行った。インドシナ半島(ICP) (熱帯季節林) および海洋大陸(MTC) (熱帯雨林) の森林植生を C₄ 草原植生に変更したインパクト実験を行い、コントロールとインパクトそれぞれの 30 年間の炭素収支を比較した。コントロール実験においては CO₂ 施肥効果により、植物による炭素吸収量の増加傾向が見られるが、インパクト実験においては、C₄ 植生への変化により、その傾向は顕著ではない。インパクト実験での比較において、MTC は ICP より GPP が多いが、植物呼吸量、土壤呼吸量が多く、土壤蓄積炭素量の減少が著しい。MTC では、C₄ 植生への変化で、高温・乾燥化する傾向が明瞭で、呼吸量の増加と C₄ 植生の CO₂ 施肥効果の小ささとがあいまって、NEP がコントロールより少なくなる傾向がある。これはアジア熱帯雨林地域での継続的な森林の減少が、継続的大気中からの CO₂ 吸収量の減少傾向の持続をもたらし、大気中 CO₂ 濃度の上昇傾向に拍車をかける可能性を秘めていることを示していると考えられる。ICP では C₄ 植生への変化で、GPP・NPP ともに増加し、呼吸量も増加するが、相対的に低温である事も影響して NEP は MTC ほど減少せず、大気中 CO₂ 濃度への影響は MTC ほど大きくならない可能性がある。以上の数値実験結果より、アジア熱帯域における森林破壊による大気中 CO₂ 濃度上昇への影響は、ICP (熱帯季節林) より MTC (熱帯雨林) における森林破壊の影響の方が大きくなる可能性があることが分かった。

上記の数値実験例により、開発された気候モデルは、陸域植生変動による気候変動と炭素循環変動の関係を解明するためのシステムモデルとして非常に有効であることが確認できた。

関連論文

117-1, 117-2

アジア陸域生態系の炭素収支変動予測と21世紀の炭素管理手法の検討 陸域生態系吸収・放出の近未来予測モデルの開発

研究期間： 平成14年度～平成18年度
 研究担当者： 馬淵和雄（気候研究部）

目的

アジア地域の統合的炭素収支変動予測に基づいて21世紀の炭素管理手法を検討することを目的とし、
 1)陸域生態系変動予測モデル、2)陸域炭素循環モデルの国際比較と高度化、3)予測モデルのための情報基盤整備、4)炭素収支統合予測モデルと炭素管理オプションの総合評価に関する研究を実施するとともに、研究成果を政策的に反映させ、活用を図っていく方策や仕組みの検討についても先駆的に取組む。

本年度の計画

本プロジェクトにおける目標期間についてモデル実験を行うと共に、研究のとりまとめを行う。

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)の植物生態モデルとしての特性をより高めた、BAIM Ver.2 (BAIM2) を導入した地域気候モデルによる数値実験を継続して行った。本地域気候モデルにおいては、Lambert projection を採用し、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としたモデル(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。

上記地域気候モデルによる 1998 年 8 月から 1999 年 7 月を対象期間としたコントロール数値実験を実施した。本地域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 次元地域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・土壤内炭素蓄積量の時間的・空間的変動の相互作用が on-line で再現される。本モデル領域の陸域平均について、植物バイオマス量、土壤蓄積炭素量、GPP (光合成総生産量)、および NPP (純一次純生産量) の各値は、同じ BAIM2 を導入した全球気候モデルによるコントロール実験における対応するそれぞれの要素の全球平均値と比べ、約半分の値となつたが、植生タイプごとの、GPP に対する NPP の値の割合は、全球気候モデルによる結果とほぼ同程度となつた。本モデルにおけるこれらの値は、モデル領域内の陸域炭素収支の特徴を現していると考えられた。

BAIM2 を導入した地域気候モデルを用いて、2000 年から 2005 年の近年 6 年間における、東アジアにおける植生活動の変動と気候との関係、およびそれに伴う陸域炭素収支変動の特徴について数値実験を行った。気象要素の境界値としては、JRA-25 再解析データを与え、SST (海面水温) および海氷データには HadISST データを与えた。東アジア域における近年の大気中二酸化炭素濃度の年々変動については、観測地点により若干の変動の違いはあるが、一般的に 2001 年および 2004 年の夏における相対的低濃度傾向が特徴的である。BAIM2 を導入した地域気候モデルによる上記数値実験により、観測値に現れたこれらの年々変動の原因について解析を行った。その結果、モデルによる大気中二酸化炭素濃度の年々変動は、観測値の特徴を再現できていることが確認できた。モデルの計算結果の解析により、対流圏下層における地域的な大気中二酸化炭素濃度の年々変動は、地域的気候条件の年々変動（主に短波放射量の変動）と、それに伴う陸域植生活動の年々変動によりもたらされる大気一陸域炭素収支の年々変動に密接に関係していることが分かった。

上記の数値実験等により、開発された地域気候モデルは、地域的な気候変動と炭素循環変動の関係を解明するためのシステムモデルとして、また、陸域生態系による炭素吸収・放出の将来予測モデルとして、非常に有効であることが分かった。

関連論文

117-1, 117-2

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 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

研究期間： 平成16年度～平成18年度

研究担当者： 青木輝夫（物理気象研究部）、深堀正志（気象大学校）

目的

温室効果ガス観測技術衛星（GOSAT）の実利用性を重視し、衛星打ち上げに先立ち航空機などにより雲・エアロゾル存在下での遠隔計測データを取得し、観測データの特徴を明らかにするとともに、実用的な温室効果ガス濃度の推定手法を開発する。併せて衛星データをネット吸収・排出量推定モデルと組み合わせて利用する方法（モデルへの同化手法）も研究・開発する。

本年度の計画

- CH₄の1.6 μm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。
- 研究のとりまとめを行う。

本年度の成果

- 1.6 μm付近に存在する CH₄の 2v₃ 帯の高分解能吸収スペクトルをフーリエ変換型赤外分光計を用いて室温と低温下で測定した。試料気体には、CH₄と N₂の混合気体と CH₄と O₂の混合気体を使用した。得られたスペクトルから、1本の吸収線から構成される R(0)と R(1)に対する半值半幅 ($\gamma^0(\text{CH}_4\text{-N}_2)$ と $\gamma^0(\text{CH}_4\text{-O}_2)$) を決定した。
- 180 K から 300 K の温度範囲で、 $\gamma^0(\text{CH}_4\text{-N}_2)$ と $\gamma^0(\text{CH}_4\text{-O}_2)$ の比は、R(0)と R(1)に対してそれぞれ、1.04 と 1.06 となり、 $\gamma^0(\text{CH}_4\text{-N}_2)$ が $\gamma^0(\text{CH}_4\text{-O}_2)$ より常に大きな傾向を示した。
- 半値半幅の温度依存性を表すべき指数は、v₃ 帯の $\gamma^0(\text{CH}_4\text{-N}_2)$ に対して我々が過去に得た 0.85 と良く一致していた。HITRAN04 に格納されている 0.75 は R(0)と R(1)に対して、過小評価傾向にあることが分かった。

関連論文

Tanaka, T., M. Fukabori, H. Nakajima, T. Yokota, T. Watanabe, and Y. Sasano, 2006: Spectral line parameters for CO₂ bands in the 4.8- to 5.3-μm region, *J. Mol. Spectrosc.*, **239**, 1-10.

アジアの水資源への温暖化影響評価のための日降水量グリッドデータの作成 気候モデルでシミュレートされた降水量の検証

研究期間： 平成18年度～平成20年度
 研究担当者： 鬼頭昭雄、上口賢治（気候研究部）

目的

アジア地域の水資源・水循環への温暖化影響評価のためには、空間解像度が高くかつ地形を考慮した日降水量グリッドデータが必要であり、本研究では、雨量計や衛星の各データを組み合わせることで、地形効果を反映した新たな高解像度降水グリッドデータを作成することを目的とする。

本年度の計画

- ・日本を含む東アジアの（気候モデルによりシミュレートされた日降水量の）検証を行う。
- ・降水量の統計的変動特性の解析を行う。
- ・西アジアの日降水量の検証を行う。

本年度の成果

- ・東アジア域日降水量データ（以下 EA: Xie and Yatagai）と気象研究所気候モデルの日降水量の統計的特性を比較するため、STARDEX の Extremes Indices や L-moments 法による極値分布関数の解析を行った。特に極値分布関数による比較は、EA のような水平解像度が高く、比較的精度が良いと思われる日降水グリッドデータが不在だったため、これまでうまく行えなかった。
- ・検証の結果、年平均降水量の水平分布については、モデルと EA は西ガーツ山脈やヒマラヤ山脈など、急峻な山岳域を含めて非常に良く一致していた。しかしながら強い雨の頻度は、モデルは EA に比べて熱帯・亜熱帯で全体的に小さかった。また EA では海岸線に沿った形で強い雨の頻度は高いところが存在するが（EA は陸上データのみで作成しているため、この特性が正しいかは他のデータをも参照する必要がある）、モデルではそのような特徴は見られなかった。年最大日降水量の確率分布関数について L-moments 法を用いて検証した結果、モデルは EA に比べて全体的に 1 次モーメントである L-scale が小さい傾向が見られた他、インドなどでは EA の L-kurtosis と L-skewness が GEV (Generalized Extreme Value) の理論値よりもやや大きく、この種の解析で良く行われている GEV への当て嵌めでは、リターンバリューを過小評価する可能性が示唆された。
- ・EA といくつかの解像度のモデルについて、標高と年平均降水量の関係を調べたところ、モデルは解像度を上げるにつれて、EA の鉛直プロファイルに近づく傾向があった。また EA では降水量のピークが、標高 1000 メートル以上の場所では、2000m、4000m 付近でやや降水量のピークが見られたが、全球 20km モデルでも同様の傾向が見られた。このような標高と降水量の特性を今後季節別、領域別、風向別などに分けて解析を行い、EA データの解析アルゴリズムの改良につなげる予定である。

関連論文
