

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、青木重樹、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

- ・2004年9月5日東海道（紀伊半島南東）沖の地震の詳細な余震活動の解析を行う。
- ・東海および東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

- ・2004年に発生した紀伊半島南東沖地震の余震について観測点補正值を使った震源の再決定をおこなった。その結果一元化震源に比べ余震の震源決定精度、特に深さの決定精度が格段に改良された。また余震分布はいくつかのクラスターに分かれており、本震の震源断層はかなり複雑であったことが推定された。

関連論文

238

（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、青木重樹、前田憲二、高山博之（地震火山研究部）、高濱 聡（気象庁地震火山部地震予知情報課）、山崎一郎（気象庁地震火山部地震津波監視課 精密地震観測室）

本年度の計画

- ・東海地方にアクロスの送信装置を整備する。
- ・東海地域の検潮所において海水温観測を開始し、データ収集・解析システムを構築する。GPS観測を継続する。

本年度の成果

- ・2004年2月から約1年半のデータを用いて、岐阜県東濃地域に設置してある精密制御震源装置とHi-net観測点間の波形（伝達関数）の時間変化を見た。その結果、幾つかの観測点において、P波やS波の後続相において波形の変化が見られることがわかった。また、これらの変化が季節変動である可能性が高いことがわかってきた。
- ・御前崎海水温データにベイズ型季節調整プログラムを適用し、不規則成分を取り出した。その結果、御前崎の潮位変化と比較して、月平均値では相関が低い、日平均値では相関が高くなることを示した。

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、青木重樹、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）

本年度の計画

- ・小型レーザー変位計による基礎的実験を継続して機器の改良を行う。
- ・歪計及び GPS 観測データを用いた地殻変動検出手法、統合的な歪場解析手法の改良を行う。

本年度の成果

- ・安定化レーザーの発振周波数をスイープさせることによるマイケルソン干渉計による絶対長測定法を考案した。
- ・国土地理院の GPS データから、2004 年 9 月 5 日の紀伊半島南東沖の地震後から 2004 年末にかけて、紀伊半島東部から東海、中部地方の範囲において南向きの水平変位を見いだした。そして、この変位が地震の余効変動としてほぼ説明できること、この変位を取り除けば浜名湖下の（長期的）東海スロースリップは依然として継続していることを明らかにした。

関連論文

180

（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）、
青木玲子（気象庁地震火山部地震予知情報課）

本年度の計画

- ・南海～東南海地域で2つのアスペリティーを与えた場合における連動モデルの改良を行う。
- ・メッシュサイズやパラメータの変化によるシミュレーション結果に与える影響の評価を行う。

本年度の成果

- ・東海地震の想定震源域近傍で仮想的な地震が発生した場合、東海地震の発生時期に与える影響の幅は数日から数年程度であり、仮想地震の発生する場所により早める場合も遅らせる場合もあることがわかった。
- ・東海地震および東南海・南海地震のそれぞれのシミュレーションにおいて、メッシュサイズとシミュレーション手法を改善することにより、地震領域の設定における人為的影響が減少するとともに、パラメータの変更に対してシミュレーション結果が比較的安定に求まるようになった。
- ・地震直後の応力分布の不自然な配分を改善したことにより、地震が発生することによる隣接地域への応力変化の影響をより精度良くシミュレーションに組み入れることが出来るようになった。

関連論文

170

火山活動評価手法の開発研究

研究期間：平成13年度～平成17年度
研究代表者：伊藤秀美（地震火山研究部長）

目的

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

（1）火山活動評価手法の開発

研究担当者

伊藤秀美、山本哲也、福井敬一、藤原健治、高木朗充、坂井孝行、山崎明（地震火山研究部）

本年度の計画

- ・観測データによるシミュレーション手法の検証と改善（霧島山、樽前山）を行う。
- ・地殻変動、地磁気変化マップを作成する。
- ・制約条件の下での最適観測法を確立する。
- ・成果のとりまとめを行う。

本年度の成果

樽前山の地形を取り込んだ有限要素モデルによる地殻変動シミュレーションを行い、1999年から2000年にかけて観測された、火山活動に伴うとみられる地殻変動を解析した。解析によって地殻変動の原因と推定された圧力源は海拔720mと山体浅部に位置し、茂木モデルによる推定よりも有意に浅いことがわかった。圧力源が浅部にある場合は地形の影響が大きいため、有限要素法を用いることでより現実に近い位置を推定できたと考えられる。

関連論文

226, 419

（2）評価手法開発のための観測

研究担当者

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

本年度の計画

- ・気象庁、他機関観測データ収集（霧島、樽前、浅間山、伊豆大島、三宅島）
- ・地殻変動、地磁気、熱的観測等（霧島、樽前、浅間山、伊豆大島、霧島山連続観測装置の一部撤収）
- ・地殻変動、地磁気データ等の総合的解析手法の改善（火山用地殻活動解析支援ソフトへの地殻変動マップを利用したモデル推定機能の組み込み）
- ・成果のとりまとめを行う

本年度の成果

- ・樽前山では、GPS 繰り返し観測によって、2004年10月から2005年10月にかけて溶岩ドーム直下を圧力源とする地殻変動を捉えた。また、1999年から2000年にかけて観測された、地殻変動と地磁気変化が同期した変動について解析を行い、両者は同じ変動源によって生じていることを明らかにした。
- ・霧島山では、御鉢の火口底南西部で2003年12月から新たな噴気口の活動が始まったが、地磁気繰り返し観測から、噴気口に最も近い観測点で約1年間にわたる地磁気増加とその後の減少を検出した。この変化は噴気活動の消長に伴うもので、地下の温度変化に原因があると考えられる。
- ・浅間山では2004年噴火以後も、山頂北西部の深部を圧力源とする地殻変動が継続することを捉えた。また、自動視準・追尾式光波距離計の導入によって多点の連続データを取得し、気象の客観解析データを基に精度の高い気象補正手法を開発することで、光波測距データの質を向上させた。

関連論文

227, 329

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、吉村純、内山貴雄、鬼頭昭雄、保坂征宏（気候研究部）、
石崎廣、平原幹俊、辻野博之（海洋研究部）、柴田清孝、小畑淳（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

- ・改良された積雲・層雲パラメタリゼーションを大気海洋結合に組み込み、精度を評価する。
- ・改良された陸面過程を大気海洋結合に組み込み、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。
- ・海洋モデルに物質移流拡散過程を組み込む。

本年度の成果

- ・運動量の鉛直輸送を考慮した積雲対流スキームを大気海洋結合モデルに組み込み、実用可能な精度があることがわかった。
- ・雲量予報雲スキームを組み込んだ実験を行ったが、下層雲の再現性に関する評価は未了である。
- ・気象研究所大気海洋結合モデル CGCM3 に、大気モデルの解像度によらない河川モデル、ならびに湖スキームを導入することにより水循環表現の高度化をおこなった。
- ・IPCC 第4次評価報告書の気候予測に提出されている気候モデルの相互比較を独自に行い、気象研究所の大気海洋結合モデル CGCM2.3 が他のモデルに比べ梅雨の高い再現性を有することがわかった。相互比較は梅雨とその将来の変化について行い、CGCM2.3 を含む利用可能な15のモデルの日平均降水量データの解析をした。夏季の東アジアの雨期の降水量が増加し、亜熱帯高圧帯下での降水量は減少する。雨期の入り・明けを5日平均降水量で調べると、入りの時期には大きな変化が生じないが、明け（梅雨明け）は大幅に遅れることが示された。
- ・日本の2004年の夏は暑夏だった。2004年夏の日本平均の地上気温の再現期間を、過去107年間の観測データにより評価した。確率密度関数に正規分布を仮定した。過去107年間に比べ、最近30年間の平均と標準偏差を用いた方が、再現時間が短いことが分った。これは、地球温暖化の影響の可能性を示唆する。温暖化により平均値が増加したことの方が、標準偏差が増加したことよりも効いている。
- ・地球温暖化時における、日本付近の夏季地上気温の変化を調べた。IPCC 第4次評価報告書の気候予測に提出した CGCM2.3 による20世紀歴史再現実験、および SRES A2, A1B, B1 シナリオ実験を解析した。気温の変化は、排出量の多いシナリオの方が大きい。標準偏差は、B1、A1B シナリオで減少、A2 シナリオで増加した。確率密度関数に正規分布を仮定した場合、A2 シナリオでは、A1B シナリオより低温現象が起る確率が高い地点が存在し得る。
- ・CGCM3 に、大気モデルの解像度によらない簡易型の氷床の流動スキームを導入した。
- ・CGCM3 にスラブ海洋モデルを組み込んだ。気候感度が計算可能となった。
- ・CGCM3 の改良のための基礎となる雲のパラメタ、および海氷のパラメタについての感度実験を行った。この結果をもとに暫定的な調整を行い、CGCM3 が安定して長期積分(50年)することを確認した。
- ・化学輸送モデル(CTM)との結合に適合するように大気モデルの鉛直レベルの検討を行い、新しい鉛直構造を選定した。鉛直層の数を46、モデルトップを0.01hPaとして、3年間の積分が安定して行えた。
- ・海洋モデル(MRI.COM)に任意の個数の受動的トレーサを置き、各瞬間の3次元的な流速場に乗って

移流拡散させることが可能となった。任意の初期状態の設定も可能である。移流過程・拡散過程の標準形式及びオプションは能動的トレーサ(水温・塩分)とまったく同じである。生成・消滅項はトレーサごとに与えなければならないが、種々の化学物質などの移流拡散過程を一括して扱えるようになった。

- ・ 全球海洋モデルにおいて地理座標をモデル座標とした場合の北極点での特異性を回避するために、モデルの極を(75N, 40W)と(75S, 140E)に移動した。水平分解能1度×1度、低緯度で緯度0.3度としてテストランを行った。海氷も含めて順調な結果が得られた。
- ・ 極移動した球座標系による全球海洋モデルには、①極付近のむだな高解像度、②モデル赤道と地理赤道の不一致、という問題がある。これに対し、ジュコフスキー(Joukowski)変換によって生成される座標系は、①全領域で比較的一様な解像度を実現できる、②モデル赤道と地理的赤道とのずれが小さい、③地理座標に変換せず物理量の分布を概観できる、などの点で全球海洋モデルに適している。1×0.3度の格子で海洋単体RUNを行った結果、黒潮の日本海への流入を抑制でき、低解像度(1度以上)版で生ずる日本海の昇温バイアスは改善される。一方、黒潮が房総沖で離岸せず低解像度におけるよりも高速で北上するため、三陸沖の昇温バイアスはむしろ増大した。0.3度前後の解像度で黒潮の房総沖での離岸を促す可能性を模索中である。

関連論文

126, 127, 132, 146, 154, 291, 292, 425

(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（環境・応用気象研究部）、石崎廣、平原幹俊、辻野博之（海洋研究部）

本年度の計画

- ・ 4 km分解能の雲解像モデルの力学過程のプロトタイプを開発する。
- ・ 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大気海洋間フラックスの改良を行う。

本年度の成果

- ・ 4km分解能の雲解像モデルの力学過程のプロトタイプの開発として、雲解像モデルへのスペクトル境界結合(SBC)の組み込みを行った。
- ・ 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った。前特研の領域では境界からのノイズが北海道・関東地方に及んでいた。これを解決するために計算領域の拡大をおこなった。この結果、ノイズが日本の陸地にかかることは無くなり、計算精度が向上した。また、前特研のモデルでは冬型が系統的に弱く計算されていた。これは、20km版を埋め込んでいる60km版の計算領域を変更することで解決した。いずれの場合も、スペクトル境界結合(SBC法)のチューニングを再びおこなった。従来のモデルでは雲を多めに診断していることがわかっている。このため、地上気温の日較差が観測よりも小さい、またSSTにも影響している可能性が考えられる。そのため、雲量換算の変更を実施中であり、影響が大きいことは確認されたがまだチューニング中である。また、地上気温のバイアスを補正するために、陸面過程モデルの改良を行った。
- ・ 領域大気海洋結合モデルの日本海北部における大気海洋間のフラックスをより現実的なものとし、SST高温バイアスを解消するため、熱フラックスバルク式で、SSTが海上気温より高い場合に風速を増すことにより、海洋から大気への潜熱・顕熱フラックスを増加させた。これは、重力不安定による対流がおこったときに、風の収束が起きることを模したものである。これにより、3月の日本海北部におけるSSTは最大3℃程度低下した。しかし、亜熱帯域全体でもSSTが0.5℃程度低下してしまう。これは大気モデルに起因するのか、海洋モデルに起因するのか今のところ不明である。実用には、雲や放射過程なども含めた、結合モデルにおける総括的なチューニングが必要であることが分かった。これについては、大気モデルの上記各種の問題点の解明後に、未だ問題が残るようであれば検討する。

関連論文

159, 196, 197, 236, 432

非静力学モデル (NHM) の高度化と同化技術の改善に関する研究

研究期間： 平成16年度～平成18年度

研究代表者： 吉崎正憲（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

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

本年度の計画

- 100m スケールの水平解像度の NHM を実況の降水系に適用して、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。
- two-way ネスティング化した NHM の予報実験を行う。
- 雲物理量予測の検証のため、衛星搭載マイクロ波放射計や二重偏波ドップラーレーダーなどの観測データとの比較を行う。
- 境界層過程のスキームを引き続き改良する。
- 陸面過程の改良として、新 SiB の NHM への移植を行う。新 SiB の土壌や積雪の層を増やし、植生キャノピー下の土壌・積雪サブモデルを精緻化する。また新 SiB のパフォーマンスを引き続き調べる。
- 発雷予測と従来の予測手法との精度検証を引き続き行う。
- NHM を使って、Arakawa・Schubert 積雲対流スキームの改善を引き続き行う。
- 全球 NHM について、プロトタイプを改良するとともに高解像度化のテストを行う。

本年度の成果

高解像度化 NHM の高度化に関する研究では、ビルディングなどの地上の凸凹の効果を取り入れるために、ルーチンで使用される NHM をもとに、障害物として人工的な大きなレーリーダンピングが入った数値モデルの開発を行った。これによって、急峻な山岳やビルディング等のまわりの流れを再現して良好な結果であった。また NHM の改良として、予報の立ち上がりを良くするために全ての水物質の数濃度を初期値・境界値として与えるようにした。モデルの精度を高めるために、モデル面間の鉛直線形内挿による方法からエクスポネンシャル関数を用いて与えることにした。また長時間積分の場合に氷晶が上空に滞留する問題があったが、モデルの氷晶粒子に落下速度を導入することによって解決した。さらに、台風中心付近の強風による不安定の発生を防ぐために、非線形数値拡散の係数に摂動振幅の大きさに基づく上限値を設定した。また NHM の計算速度を高めるために、新しい降水粒子の落下スキームを導入した。

物理過程の高度化に関する研究では、陸面過程の開発・改良を引き続き行い、最新版の新 SiB(MRI/JMA-SiB、2004/8/10 版)と NHM とのインターフェース作成を終了した。既存の陸面過程を使うコントロールランと新 SiB を使うテストランを比較すると、診断量の地表面温位の振幅が大きくなり全般的に地表面温位が高いなどの問題があり、さらに改良が必要である。発雷モデルの開発では、NHM による発雷予測と従来の診断的手法による予測の雷観測データとの比較を行った。冬季や夏期に

ついて、発雷があった降水系の場合とない場合について調べて、雷の有無に関しては良好な結果を得た。全球 NHM モデルの力学過程については、conformal 型の立方体型全球浅水波モデルを発展させることによりプロトタイプを完成した。このモデルを使って、全球客観解析データを初期値として予備実験をいくつか行っている。雲物理過程については、WAKASA2003 で観測された降雪雲の事例について AMSR-E の TB データと NHM の結果を比較することによって、NHM の降水物質予測特性の検証を行った。その結果、NHM では雪を過大評価する傾向が見られ、その原因として、①雪の混合比の増加に伴う昇華成長過程が大きく寄与、②小粒径の雪の落下速度が小さめ、③モデルの粗い水平分解能の影響で雲水やあられの生成が過少、などがあった。それぞれの問題点に対して感度実験を行い、雪の過大評価が改善されることを示した。

関連論文

72, 93, 187, 188, 193, 190, 199, 309, 310, 380, 400, 439, 441, 443, 444, 445, 446, 447, 448, 449, 450, 451

(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

斉藤和雄、青梨和正、田宮久一郎、瀬古弘、小司禎教、川畑拓矢、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

- NHM の 4 次元変分法データ同化システム (NHM-4Dvar) による連続データ同化サイクル実験を行い、システムの改良を行う。
- 雲物理過程を導入することによりレーダーデータの同化を行う。
- 背景誤差統計計算の再計算を行う。
- 簡略化された降水過程スキームの開発を行い、レーダーアメダス解析雨量の同化を試みる。
- 事例について性能テストを行い、改良を行う。
- ドップラー速度を NHM-4Dvar 等に適用した同化実験を行う。
- 高仰角のドップラー速度データについて、同化の可能性を調べる。
- 引き続き、ウィンドプロファイラの同化法に関する研究を行う。
- 雲物理量を予報変数とする非静力学雲解像モデルに、マイクロ波放射計データを同化する方法の開発を行う。
- 引き続き、超高速軌道情報による GPS データの準リアルタイム解析システムの評価と改良を行う。
- 精密衛星軌道データ及び、準リアルタイム処理に必要な超高速軌道データを用いた GEONET の MSM への連続データ同化サイクル実験を行う。精密軌道データ、超高速軌道データを用いた結果の比較を行い、現業化に向けた検討を行う。
- GPS 掩蔽データや、視線遅延量など、より高度な GPS データの同化手法を開発し、予備実験を行う。
- ドップラーレーダーや無人気象観測機などによって得られたシビア現象付近での観測データを用いて、それらのデータを取り入れた場合と取り入れない場合の非静力学モデル等の感度実験を行う。
- 引き続き、これまでに観測されたドップラーレーダー、ウィンドプロファイラ等のデータの中から、いくつかの顕著現象に焦点をあて、台風や梅雨前線に伴う降水システムの解析を行う。
- 複合的な対流システムについて三次元レーダーデータ等を収集し、力学的な特徴分析を進める。
- 一台のドップラーデータから風の場合を客観的に精度良く求める方法を開発する。
- 変分法を用いてドップラーレーダーデータ・GPS データを同化して水蒸気場の三次元構造を客観的に決定し、大気状態を解析する。

本年度の成果

非静力学モデルの変分法データ同化システムの開発・改良に関しては、水平解像度 2km の 4 次元変分法同化システムを構築し、練馬豪雨の事例に対して実観測データを同化するサイクル実験を行い、豪雨をもたらした対流セルの発生と発達再現に成功した。この事例は、昨年度行った水平解像度 5km の 3 次元変分法による同化実験で雨域の再現にある程度成功した例であるが、対流セル内の水蒸気分布

の決定に、鉛直流と湿度の統計的な関係を用いたものであった。今回行ったのは、日本で最初の深い対流を対象にする雲解像度の4次元変分法同化実験である。単一の同化ウィンドウで対流セルのある程度の再現に成功した他、サイクル同化を行うことで、対流セルの位置を改善し、周囲のそのほかの対流セルの強度も改善できた。

ドップラーレーダーデータの同化に関しては、練馬豪雨の再現実験に寄与したほか、今年度は高仰角動径風の有効性を調べた。2003年9月3日の事例について、動径風から雨滴の落下の効果を取り除き、メソ4DVarの第一推定値からのD値を調べた。反射強度を用いて補正した動径風では、低い高度でも高仰角でみられたバイアスが軽減されることが分かった。2004年7月17日の福井豪雨の事例について、水蒸気鉛直分布についての情報を得るためにメソ4DVarを用いてウィンドプロファイラ屈折率を同化した。その結果、豪雨の上流側の水蒸気量が増え、6時間以後に山陰地方でも降水が始まるなどインパクトがあることが分かった。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では、AMSR-Eの89GHzと36GHzの輝度温度を使って陸上の降水強度を推定するアルゴリズムを開発し、従来の89GHzの輝度温度のみを使ったアルゴリズムより高い精度であることを示した。新たな取り組みとして、アンサンブルカルマンフィルターによるマイクロ波放射計データ同化スキームの開発を始めた。GPSデータの同化に関する研究では、より実用的な利用を念頭に、準リアルタイム解析システムを構築して実験を開始した。気象研究所のGPS点の可降水量解析で、ゾンデと比較してRMSEで2.5mm以内の精度が達成できた。2005年9月の関東地方の大雨の事例について、準リアルタイム解析によって得られた可降水量をメソ4DVarで同化予報実験し、降水予報に対し正のインパクトがあることを確認した。

シビア現象付近での観測データの同化に関して、2005年6月に九州でエアロゾンデ観測を行い、観測データをメソ4DVarで同化することにより、降水強度が観測に近づくことを示した。今年度から開始した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では、1台のドップラーレーダーデータから、高分解能で風場を復元する計算手法を開発し、佐原豪雨時の観測風を用いて実験を行い、良好な結果を得た。

関連論文

119, 191, 213, 220, 221, 224, 225

(3) 非静力学モデル (NHM) を用いたシビア現象の予測・再現に関する研究

研究担当者

上野 充、村田昭彦、高野洋雄、和田章義、益子 渉、國井 勝 (台風研究部)
吉崎正憲、大泉三津夫、加藤輝之、室井ちあし、永戸久喜、林 修吾、斉藤和雄、青梨和正、藤部文昭、大関誠、柳野健 (予報研究部)

本年度の計画

- ・ 台風強度変化の数値実験を行うとともに、水平解像度 5~6km での積雲対流スキームの有用性を調べ、積雲対流の取り扱いを高解像度モデルに適した仕様に改訂する。
- ・ 力学フレームの改良 (詳細地形の導入など) を行う。
- ・ 海洋混合層モデルと非静力学台風モデルとの結合実験を実施する。
- ・ 非静力学台風モデルと波浪モデルの結合に着手する。
- ・ 台風ボーガスやMSM 4次元変分法を利用した台風初期値作成法の開発を継続する。
- ・ 台風モデル GPV を基に力学的に地形の影響などを考慮して、高解像度海上風場の作成手法の開発を行う。
- ・ 水平解像度 1~2km の NHM を用いた関東域の予報精度検証を引き続き行う。
- ・ 水平解像度 1~2km の NHM の予想結果を蓄積して、降水、下層風、地表面気温、境界層の発達等について、引き続き予報精度を検証する。
- ・ 豪雨・豪雪のシビア現象について、引き続き構造と発生・発達のみカニズムを調べる。
- ・ Lanczos 法に基づき、メソモデルの特異ベクトルおよび特異値を求める手法の開発を行う。
- ・ 特異ベクトル法やアンサンブルカルマンフィルターをメソアンサンブル予報に適用する際の数理的特性を、ローレンツ方程式系を用いて検討する。また、ローレンツ方程式系に順次高次項を加え、それらの挙動の変化を調べる。
- ・ 全球アンサンブル予報をメソモデルにダウンスケーリングし、降水などの予測表現を調べる。

- ・非静力学雲解像モデルのアンサンブル予報を用いてカルマンフィルターに必要な予報誤差相関などの計算法を開発する。

本年度の成果

台風強度変化の研究では以下の研究を行った。移動多重格子台風モデルを用いて台風 0422 号の関東上陸時を対象に行った実験では、最内側格子の間隔が 6km では台風後面の下層寒気の流出に伴う強風があまりよく再現できず、2km では比較的良好に再現できた。一方、台風 0418 号については格子間隔を 667m にしても台風中心部のシャープな構造は再現できず、モデル初期値の重要性が示唆された。非静力大気海洋混合層結合モデルを用いて台風 0423 号を対象に行った実験では、台風の発達段階に応じて海気相互作用の台風強度への影響が異なっていた。また、台風 0410 号を対象に行った実験では、結合・非結合で降水分布に大きな違いが生じた。この他、台風 0422 号の事例について、疑似観測型台風ボーガスデータの配置密度、および誤差設定についての感度実験を行い、データの配置密度については現在の設定が最良であること、また誤差設定については、特に台風進路予報に対するインパクトが大きく、下層におけるボーガス寄与率を大きくすると予報が改善するという結果を得た。

豪雨・豪雪のメソスケール擾乱の構造・メカニズムの研究では、モデルの評価と検証として、冬季日本海側の降雪の予想特性を把握するために、2005 年 12 月から 2006 年 3 月を統計期間として、水平分解能 1 km の NHM を北陸地方から新潟地方をモデル領域として計算を開始した。また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では、1999 年 6 月 29 日の福岡豪雨について、水平分解能 2 km の NHM の結果を用いて、中層の乾燥気塊侵入の役割を調べた。その結果、水物質の蒸発により中層における低温が保たれ、不安定成層が維持されていることが分かった。また集中豪雨を引き起こす積乱雲の発生環境を 6 時間毎にある気象庁領域解析データを用いて、統計的に調べた。その結果、6 月より 7 月の方が、積乱雲が高い高度まで発達できる環境場であることが分かった。また、2004 年 7 月 13 日に発生した新潟・福島豪雨の事例と 2005 年 6 月 28 日の新潟付近での豪雨の事例を比較したところ、前者の方が積乱雲は高い高度まで発達することが想定でき、実際に観測された雷データからもそのことが確かめられた。

メソアンサンブル予報の研究では、NHM に対する特異ベクトルおよび特異値を Lanczos 法によって計算するためのプロトタイプを、湿潤過程を含まない乾燥版について作成し、試行ランをした。また、2004 年の新潟・福島豪雨と台風 22 号の事例について、降水予測表現と誤差成長、台風進路予報への境界条件・初期条件の影響を調べた。新潟・福島豪雨のケースでは、気圧場・運動場は比較的早く境界条件の影響を受ける一方、降水予測については初期水蒸気摂動の影響が大きいことが分かった。台風のケースでは、境界条件の影響はメソモデル領域の 1 日予報ではそれほど大きくないこと、台風の動きは運動場の影響が大きいものの、初期場水蒸気摂動による降水域の違いも進路予報に影響を与えることが分かった。新潟・福島豪雨については、週間アンサンブル予報摂動を規格化してインクリメントの形でメソ解析に加えるメソアンサンブル予報を行った。摂動を加えた多くのメンバーで、コントロールランで表現されなかった予報後半での線状降水の集中が表現されることを示した。また寒気吹き出し降雪雲について、NHM に様々な振幅やスケールの初期摂動を与えたアンサンブル予報を行い、雲物理量等の予報誤差共分散のスケールと頻度分布を調べた。初期摂動の振幅が大きくなると、予報誤差の分散が広い範囲で大きな値を示すことが分かった。これは、主に大きな振幅の初期摂動が降水域の大規模な位置ずれを引き起こすためである。また、雲物理量の多くは正規分布からずれていることが分かった。

関連論文

55, 71, 72, 81, 82, 90, 91, 92, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 158, 192, 394, 395, 397, 457, 458

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

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）、山崎信雄（気候研究部）

栗原和夫、馬淵和雄、佐々木秀孝、高薮出、小畑淳、村崎万代（環境・応用気象研究部）

本年度の計画

- 日本の異常気象の変動実態の解析
気象庁でデジタル化された観測開始以来の日・時別データや、全国展開以来のアメダス資料等を、異常気象の長期変動の解析に利用できるよう編集する。この編集データに基づき、日本における豪雨・干魃、異常高温等について、過去 100 年間の変動を解析する。
- 地域気候モデルを用いた背景場の長期変動の解析
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ための準備を行う。地域気候モデルの改良を、陸面水文過程を中心に行う。

本年度の成果

- 日本の異常気象の変動実態の解析
気象庁観測部で品質チェックされた国内 51 地点の 1901 年以降の日降水量データを利用して、大雨と少雨状態の頻度の長期変化を調べ、以下の結果を得た。
大雨については、日降水量 100mm 以上の日数、年間最大日降水量、累年の上位 100 事例等を使った。これらの指標はすべて、過去 100 年間に有意に増加している。地域的に見ると、増加傾向は西日本で著しい。一方、「大雨」の基準を緩めると、増加傾向は見られなくなる（日降水量 50mm 以上の日数や、年間 10 位日降水量など）。このように、長期的な増加傾向は強い降水にだけ認められる。
少雨については、日降水量 1mm 未満の日数、31 日間降水量の下位 1% 事例などを調べた。これらの日数や回数はいずれも有意に増加しており、後者の増加率は 10%/（10 年）に及ぶ。
- 地域気候モデルを用いた背景場の長期変動の解析
気象庁再解析データの利用に先立ち、NCEP/NCAR 再解析データを使用し連続積分できる 60km 分解能地域気候モデルを開発し、10 年間積分した。その結果を RMIP センターへ提出するとともに、客観解析を境界条件とする連続積分により、東アジアの気候状態を再現できることを確認した。
60km 地域気候モデルを用いた長時間積分結果を解析し、チベットの積雪メカニズムをコンポジットの手法を用いて調べ、この地域の降雪に対する西方擾乱の役割を明らかにした。降雪が高原の南の縁まで広く認められる場合には西方擾乱は 2 本のジェット軸の下で長い寿命を保つのにに対し、西縁に限定される場合には西方擾乱は 1 本のジェット軸の下で寿命が短い。降水形態も南縁と西縁とで異なり、それは水蒸気を山の上に運ぶメカニズムの違いによる。
20km 版大気地域気候モデルの陸面過程について、陸面蒸発量が気候値に比べて過小であることを改善するため、蒸発のバルク式の変更、土壌層の 6 層への増加、バケツの併用などを進めた。
陸面水文過程における植生の重要性を確認するために、植生を精密に取り扱える BAIM2 を組み込んだ地域気候モデル（JSM-BAIM2）による予備的な数値実験結果の検討を行った。

関連論文

159, 196, 231, 236, 339, 342, 343, 344, 345, 346, 392

(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

山崎信雄、高橋清利、田中実、釜堀弘隆、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

- ・東アジア域の異常気象と大気循環場の変動の解析
東アジア域における地上観測資料を整備し、豪雨等の地域特性・時間変動特性の解析を行う。
過去100年間のアジアモンスーンのトレンドを求め、エルニーニョの応答及び東アジア域における異常高温等との関係について解析する。また、中国域を対象にして気候湿潤度の長期変動を解析する。
東アジア域における多雨・少雨発生の時空間特性について、長期再解析データと観測データを比較する。
多雨・少雨をもたらす大気循環場の特徴の解析と、全球モデルによる予備的な実験を行う。
- ・台風経路の長期変動と循環場との関係の解析
衛星及び再解析のデータを用いて台風の接近・上陸数と太平洋高気圧場の長期変動との関係を調べる。

本年度の成果

- ・東アジア域の異常気象と大気循環場の変動の解析
日本・中国・韓国で多くの地域で日降水量で大雨の増加、少雨の減少がみられた。40年間の EOF 解析等から夏季日本付近で大雨や夏の雨が多いときには、アジア大陸上のロスビー波の伝搬、逆 P-J パターン、オホーツク海高気圧の強まりがみられ、さらに大雨が発生した夏季には P-J パターンに似たパターンが見られることが分かった。
20N 付近に出現するモンスーントラフの気圧の変動によるアジアモンスーンの変動は 1911~1940 年頃までは海面気圧が低く、モンスーンは 7・8 月に強く、エルニーニョ年でも高温と小雨の年が出現した。しかし 1951~2000 年はモンスーンが弱く日本付近で 7 月に逆 P-J パターンが出現し、北日本を中心に冷夏が出現しやすい気圧配置になり、エルニーニョ年に低温と梅雨降水量の増加が現れやすくなった。
中国域のポテンシャル蒸発量 E_p の空間分布は西高東低、その長期変動傾向は内陸部で増加、周辺部で減少傾向である。この特徴は、小型 Pan 蒸発計(直径 20cm)蒸発量と同じ傾向である。気候湿潤度 WI と地表面状態はよく対応している。チベット高原上の正規化植生指数 NDVI と WI の間には 1 対 1 の対応関係が見出された。比較のため日本域について同様な解析を行った。日本では E_p は増加傾向、一方 WI は減少傾向であった。 E_p は大型 Pan 蒸発計(直径 1.2m)蒸発量の長期変動と逆の傾向である。これは局所的な観測環境の変化が考えられる。気象台周辺の粗度 z_0 を突風率と境界層理論から推定したところ、大部分の観測所で z_0 の増加傾向が認められた。
1979 年~2001 年の期間について GPCP、CMAP の観測データと長期再解析データの 5 日平均データ降水量データをグリッド毎に全降水量を基準にした降水強度毎の降水階級 10 クラスで定義し、解析を行った。その結果、陸域では明瞭な変化傾向は見られないが、海上では CMAP を除くすべてのデータに 1980 年代末から強い雨クラスの雨が増加する傾向が見られた。
予備実験として、季節予測プロジェクトの枠内で結合モデル予測実験・AMIP 型大気モデル実験・pacemaker 実験を、2000 年まで行い、本プロジェクトに関する解析を開始した。
- ・台風経路の長期変動と循環場との関係の解析
ERA-40 及び JRA-25 の全球再解析データを用いて、6 月から 10 月までの平均循環場と、台風の接近・上陸数との関連について調査を行った。主成分解析を行った結果、日本への台風の接近・上陸数が少なかった年 (64, 73, 77, 80, 84, 83, 87 年) は、太平洋高気圧の西端が中国大陸付近まで西に大きく張り出しており、台風は高気圧にブロックされて北上できず、中国大陸南部や南シナ海へ向かっていた。多い年 (58, 60, 62, 65, 66, 78, 90, 97 年) は、太平洋高気圧の西端が台湾付近にとどまり、西への張り出しが弱かった。さらに、フィリピン付近に、上昇気流を生み出し、台風が中国大陸方向に進むのをブロックするモンスーントラフが強い傾向が見られた。一方、太平洋高気圧が大きく東に退いている場合は、進路のばらつきが大きく、日本への台風の接近・上陸数に明瞭な特長は見られなかった。
気象庁と JTWC のベストトラックの比較の結果、北西太平洋における飛行機観測の中止(1987 年)以降に、顕著な差が現れた。台風の気候学的研究を行う際には、ベストトラックの再解析が必要と考えられる。

関連論文

296, 297, 298, 299, 301, 429

季節予測システムの構築と経年変動機構・予測可能性の研究

研究期間： 平成16年度～平成18年度

研究代表者： 鬼頭昭雄（気候研究部 第一研究室長）

目的

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

（1）エルニーニョ予測システムの構築に関する研究

研究担当者

安田珠幾、吉村裕正、稲葉守生、小寺邦彦（気候研究部）、蒲地政文、松本聡（海洋研究部）

本年度の計画

- ・統一全球大気海洋結合モデルを改良する。
- ・エルニーニョ予測システムを用いた季節予測実験を行う。
- ・海洋データ再解析実験を実行し、その解析と同化システムの改良（EOF解析のための海域分け、水平の相関スケールの変更等）を行う。

本年度の成果

- ・サブ課題2でチューニングされた海洋混合層スキームの2種類のパラメータに対して、エルニーニョ予測実験を行った。海洋鉛直拡散係数が大きい場合、1年先の高い予測成績を持続させることが明らかとなった。
- ・熱帯太平洋での東西風と海洋中の圧力傾度・鉛直循環を解析したところ、東西風と海洋観測データとの不整合性が明らかになった。この結果に基づいて、海面フラックス修正量の基準となる ERA-40 の東西風応力を弱めた海洋初期値を作成してエルニーニョ予測実験を行ったところ、予測開始数ヶ月の初期ショックが軽減され予測成績が改善された。
- ・水平相関スケール等を変更する感度実験を行い、最適なシステムパラメータを設定した。また、GTS による観測データを追加して誤差統計量を再作成し、同化システムの改良を行った。さらに、東西風と海洋中の東西圧力勾配との整合性がとれるようにする新しいスキームの開発と再実験を開始した。

関連論文

58, 110, 111, 114, 115, 331, 338

（2）陸面及び海洋表層モデルの改良に関する研究

担当研究者

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

本年度の計画

- ・陸面モデル改良に関する研究
 - 0.5度河川流路網の組み込みを行う。陸面モデルへの耕作地・水田の導入とその影響評価を行う。植生モデルの多くのパラメータの値の見直しを通じて植生モデルの改良を行う。
 - 降水の、蒸発散量・河川流出への配分の検討を行い、土壌水分の透水を中心にチューニング・土壌モデルの高度化を行う。
 - 非一様性組み込みに関する検討結果に基づき、インパクトの大きい過程のモデルへの組み込み、チュー

ニングを行う。

- ・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の継続—季節変動再現性向上へのチューニング
 - 結合モデルへのチューニング
 - 大気モデルにおける、海洋表層での熱・水・運動量フラックスの評価（継続）

本年度の成果

- ・陸面モデル改良に関する研究
 - 0.5 度河川網のオフラインモデルを作成すると同時に、統一全球モデルへの組み込みを行い、水・エネルギーが保存するようにした。陸上降水の蒸発と河川流出への配分比について検討し、植生タイプや積雪の有無に強く依存することが明らかになった。部分積雪の組み込みを行い、積雪初期・融雪期の表現が改善された。また湖面被覆率データセットの作成を行い、湖面スキームを導入して、格子内に陸面と湖面が共存するような非一様性の組み込みを行った。
- ・海洋表層過程モデリングの改良に関する研究
 - ノー・キム海洋混合層スキームにおいて、鉛直粘性拡散係数を決定するパラメータを2種類採用して比較実験を行った。鉛直粘性拡散係数が小さい場合には赤道での季節変動再現性自体は高まる一方、大きい場合には熱帯太平洋東部表層における海面水温の低温バイアスが改善されることがわかった。またこれらのチューニングを大気海洋結合モデルに対しても適用した。

関連論文

271, 272

(3) 大気・海洋・陸面過程の経年変動機構解明と季節予報可能性に関する研究

研究担当者

山崎信雄、鬼頭昭雄、保坂征宏、足立恭将、坂見智法、仲江川敏之、釜堀弘隆、高橋清利（気候研究部）、石崎廣、石川一郎（海洋研究部）

本年度の計画

- ・長期再解析データの品質管理と検証を引き続き行い、1998 年の異常豪雨の解析を行う。
- ・長期再解析システムによる同化実験を行い、衛星データの降水量などへのインパクトの解析を行う。
- ・改善された陸面水文過程による再実験を実施する。
- ・大気モデルによる季節予測実験を行う。パートナードパラメータアンサンブル実験を行う。
- ・北太平洋渦解像モデル気候値実験の季節変動の解析（サブダクション）。

本年度の成果

- ・気温、風の JRA-25 等の解析値を日本のゾンデデータで比較・検証し、100hPa 以下では、ERA-40 と同程度で、NCEP R1,R2 再解析より高精度であることが分かった。再解析場に表現された台風周辺場のコンポジットから、北大西洋では 1990 年代以降周辺場が不安定化の傾向にありハリケーン活動の活発化と良く対応するが、北西太平洋では周辺場が安定化の傾向にあり台風の南北位置の変動に伴うことが分かった。評価グループへ JRA-25 status report を 2 度報告した。2 次プロダクト（月、半月平均）作成システムを作成し、気候情報課へ提供した。
- ・清瀬システムおよび電中研システムとの同一性試験を行い、ほぼ同一の結果を得た。
- ・パラメータ摂動実験の基準アンサンブルラン（TL95、6 メンバー、COBE の SST）を実施し、気候値再現性と年々変動の再現性が過去のモデルのスキルと同程度であることを確認した。また、パラメータの不確定性に基づく考察から、摂動パラメータを決定した。これらのパラメータ摂動による AMIP ランを実施し、気候値、年々変動再現性を調べた。
- ・大気海洋相互作用において重要な役割を演じる亜熱帯モード水の季節変動性を調べた結果、渦解像モデルにおいて前年に形成されたモード水が海面混合層から密度躍層へと流入される（サブダクション）状況がよく再現された。低解像度モデルでは再現が不十分であった。

関連論文

156

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： 榊原 均（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た。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えることが、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

北島尚子、中澤哲夫、上野 充、村田昭彦、和田章義（台風研究部）、加藤輝之（予報研究部）

本年度の計画

2004年の上陸台風について以下の研究を行う。

- ・台風の移動メカニズムに関する知見を用いて台風の移動と大気・海洋環境場の特徴との関係を示す。
- ・客観解析データ等により大気総観場、海面水温場の特徴と台風の発生・発達等ライフサイクルの関連について調査する。また台風のライフサイクルと海面水温変動の関係を明らかにする。台風による海面水温低下について、その最大量と台風強度及び台風移動との関係を観測データ及び非静力学大気海洋混合層結合モデル実験により示す。
- ・日本本土に上陸した台風の多くが中緯度を北上した際に比較的強い勢力を保持していたことについて、中緯度の傾圧性の影響を明らかにする。またこれらの台風の多くがのちに温帯低気圧化した温帯低気圧化の過程に多様性があった。このような温帯低気圧化過程の違いを生じる環境場の差異と、環境場と台風の相互作用の状況について、客観解析データや数値モデルにより調べる。遷移過程に関する次年度以降の解析に用いるため、つくばへの台風接近時にはゾンデ観測を行い、さらに関連データを収集する。

本年度の成果

・移動

対流圏上、中、下のどの特定層の一般風よりも対流圏全層の平均風から得られるトラジェクトリーが台風移動に最もよく合致することを確認した。2004年に台風が日本に最多上陸した原因の一つに、熱帯域の季節内変動が寄与していることがわかった。地球を1ないし2ヶ月で東進する熱帯域の季節内変動が、熱帯北西太平洋で活発になると、フィリピン東方海上のモンスーントラフが強まり、台風が発生するとともに、強まったモンスーントラフに沿って台風が台湾や南西諸島に移動するため、その後転向して日本に上陸・接近しやすいという関係が示された。

・海洋との相互作用

大気客観解析データ（地表面気圧）と海面水温データによるSVD解析の結果から、海面水温の変動は季節変動が卓越し、夏季における日射による海面水温上昇が顕著であった。一方、地表面気圧の空間分布は季節変動による太平洋高気圧の変動を示し、その時期における台風の経路と整合していた。この移動経路は成熟期の台風による海面水温低下域とも対応していた。

1998～2004年の上陸台風による海面水温低下は台風が成熟期となる海域で顕著に見られた。ただし2004年の上陸台風については、台風前面での停滞前線による海面水温低下が顕著な例もあった。

台風中心気圧と海面水温の関係及び海面水温の経験式で示される潜在強度との比較から、衰退期で

は潜在強度は海面水温に依存することを確認した。ただし台風の発達・成熟期における強度は、海面水温の経験式の方が強度を過大評価していた。非静力学大気海洋混合層結合モデルにより、成熟期の台風は海面水温低下により発達傾向を抑制していることを確認した。

- ・中緯度との相互作用

台風 0418 号の構造は北緯 40 度付近を境に大きく変化していた。その変化前では対流活動により、変化後では高渦位気塊の中上層への流入が絶対渦度の維持に大きく寄与し、その寄与が加わって台風の勢力が維持していたことが分かった。

台風 0418 号が西日本通過時に衰弱が小さかったのは上層ジェットストリークに伴う発散が、また北日本付近で再発達したのは傾圧性と上部対流圏の顕著な短波長トラフの寄与が考えられる。他の上陸台風については温帯低気圧化時の下層前線の強さや上層トラフのスケール・強さに差異があった。

関東に接近した台風 0507 号、0511 号について、気象研究所で GPS ゾンデおよびドップラーレーダーを用いた特別観測を行った。

関連論文

104, 124, 276, 277, 278, 458, 459

(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、北嶋尚子、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）、吉崎正憲、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 18 号、22 号、23 号について、静止気象衛星及びマイクロ波センサー搭載衛星データ等から得られる風分布を、台風および周辺の大気構造と比較して特徴を抽出し、数値モデルによる再現実験も行って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。関東、関西、沖縄にあるドップラーレーダーのデータを用いて、3 次元的な風のデータセットの作成と、局地的な突風が発生した事例についてその解析を行う。
- ・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、数値モデルによる再現実験も行って台風および周辺の大気構造の影響を調べる。
- ・甚大な被害をもたらした高潮について高潮・高波の観測データを解析し、実態の把握を行う。高潮・高波の細密な数値計算を行い、高潮・高波の特性と発生機構を台風の特性（台風の経路、中心気圧、風分布など）と関連させて調べる。

本年度の成果

- ・強風、豪雨

沖縄付近の台風 0418 号の中心域をドップラーレーダーデータにより解析し、地上強風をもたらす小規模スパイラルバンドの存在、眼パターンの波数について海上で 4~5、壁雲上陸時に波数 2 の卓越を示した。台風 0418 号の地上風分布と台風 9119 号との比較解析を行い、中心後方の降雨帯の有無が強風分布の違いを作り出したことを示した。日本海通過中の台風 0418 号と 0416 号の衛星搭載マイクロ波散乱計観測データから、台風中心の渦の西に、傾圧性低気圧の存在を示唆する弱風域を見出した。台風 0422 号により、関東南部では進行方向後面左側の中心近傍で強風が観測された。数値シミュレーションから、強風はごく下層の冷氣層が関東西方の山岳と台風の位置関係により流路幅が狭まる流れとなり生じたことが分かった。1979~2004 年に関東以西に上陸した 70 個の台風について、地上風分布型を 5 つに分類し、それぞれの特徴と季節的・地域的特性を明らかにした。台風 0422 号について、関東域での三次元的な風のデータセットを作成した。横浜で発生した突風では発生時頃に、台風コアの西側（上記冷氣の流れの東端）にスケールが 10km 以下の小低気圧が存在したこと

が分かった。台風 0421 号にともない発生した藤田スケール F1 の竜巻では名護市の被害地付近でメソサイクロンに伴う下層の渦の強化が見られた。

台風 0421 号に伴う紀伊半島での豪雨はそれぞれが特徴的な構造を持ち、影響を及ぼし合う三つの降水系によりもたらされた。台風 0423 号の洪水災害のあった西日本日本海側大雨域では、台風前面で温暖前線の強化に伴った降水と、日本海の比較的高い海面水温の影響による台風後面の寒気内の降水により総降水量が多くなった。台風 0421 号、0422 号、0423 号について中心から半径 100km 以内での時間雨量 30mm 以上の強雨域の出現方位を調べた結果、上陸前後の強雨は鉛直シアベクトルの前方から左方に偏って出現していることが分かった。台風 0421、0422、0423、0514 号で見られた、台風前面から南方に直線状に伸びる長さ数百 km の線状降水系は、低相当温位の東～南風と台風にもなう高相当温位の西～南西風による収束域に発生していた。強雨域と高度 1～2km 付近の収束域は降水系内の西部に分布していた。

- ・高潮

台風 0416 号による瀬戸内海の高潮、台風 0423 号による土佐湾の高潮について数値計算を行った。台風 0416 号による瀬戸内海の高潮では、台風の接近時だけでなく、それ以外の時間にも大きな高潮が発生する、という特徴があった。台風 0423 号により、室戸岬では周囲の地点に比べて特に大きな高潮が発生したが、この高潮は波高と非常によく対応しており、高波による影響を考慮するとほぼ説明できた。

関連論文

57, 174, 347, 361

物質循環モデルの開発改良と地球環境への影響評価に関する研究

研究期間：平成16年度～平成20年度

研究代表者：柴田清孝（環境・応用気象研究部 第一研究室長）

目的

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

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

(1) オゾン化学輸送モデルの開発・改良とオゾンの将来予測に関する研究

研究担当者

柴田清孝、忠鉢 繁、関山 剛、出牛 真（環境・応用気象研究部）

本年度の計画

- ・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（気相反応のみ）。
- ・対流圏化学輸送モデルの解析。

本年度の成果

- ・モデルで再現された赤道成層圏準二年振動（QBO）の加速項を、モデルの分解能で表現される波とパラメタライズされた重力波の2つに対して評価を行った。それぞれの大きさはほぼ同程度であったが、基本場の東西風に対する位相は異なっており、モデルの分解能で表現される波は東西風より位相が1/4波長進んでおり、加速とその応答の関係で理解することが出来た。一方、パラメタライズされた重力波は位相の進みは小さく、基本場が東（西）風中で東（西）に伝搬する重力波による西（東）向きの運動量のデポジションが見られた。
- ・モデルで再現された QBO の二次子午面循環とオゾン場の関係について解析をおこなった。オゾンの放射効果が有り無しとの2つの状態で現実的な QBO を再現している2つのモデルを用意し（周期は31、27ヶ月）、それぞれの状態から放射効果を切った/入れた場合に QBO がどう変化するかを調べた。入れた場合は78%ほど周期が長くなり、切った場合は35%ほど周期が短くなり、オゾンの放射効果は QBO の周期を長くすることが確認された。この原因は太陽放射に対するオゾンの効果であることが判り（地球放射への効果は無視できる）、その結果、正味の放射加熱率を1/2～1/3程度減少させ、これが鉛直による東西の運動量輸送に関連していることが示された。
- ・成層圏オゾン化学輸送モデルにおける極渦内オゾン場の精度向上をおこなった。オゾンホール再現時に生じるバイアスを軽減するため、化学反応プロセスの改良、特に脱窒をとまなう極成層圏雲（PSC）上での不均一化学反応過程について改良をおこなった。
- ・2001年2月14日にヨーロッパ（北緯59度東経23度付近）上空に出現したミニオゾンホールについて解析を行い、オゾン全量と気温の相関は300hPa以下では負の値を示すが、成層圏では逆に正の値を示すこと、成層圏の上昇流、対流圏の下降流を伴っていることが示された。また、オゾン全量の減少時には対流圏は低緯度起源の気塊で覆われ、成層圏は高緯度起源の気塊で覆われていたことを明らかにした。
- ・衛星観測データを使って、北半球冬季の中・高緯度に出現する小さなオゾン全量イベントの発生回数、最低オゾン全量などの統計的調査を行い、北緯45度以北では4月から7月までは220DU以下のオゾン全量は観測されていないこと、出現日数は11月に最も多く観測されていることなどを明らかにした。

関連論文

203, 204, 205, 208, 209, 210, 211, 218, 250

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

栗田清孝、財前祐二、高橋 宙、千葉 長（環境応用気象研究部）

今年度の計画

- ・黄砂モデルの改良。
- ・エーロゾルが雲の生成・維持に関わる過程の開発（第一種間接効果）。

今年度の成果

- ・エーロゾルが雲の粒径を小さくする第一種間接効果について予備的な導入実験を行い、モデルを問題なく長期積分できることを確認した。
- ・気候・気象場の年々スケールの変動に伴う、大気中に浮遊する鉱物ダストの年々発生量変動、および放射に対する強制力の年々変動についての関連について調査した。1958～2001年の44年間における全球平均年々変動について、発生量と浮遊量の相関が0.90、浮遊量と強制力の相関が大気上端において-0.66、地表において-0.99となった。これら発生量～浮遊量～強制力の間の強い相関を確認するとともに、北極振動や北大西洋振動といった気候インデックスとの関連を地域的・季節的に限定される形で見いだした。

関連論文**(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）、増田真次（気象庁地球環境・海洋部海洋気象課）

本年度の計画

- ・炭素循環モデルの前年度の歴史再現実験の結果を参考として、不確実性が大きいと考えられる陸域の生物生産や消費に関する生物係数を変えた場合の感度実験を行うとともに、より精密な陸面過程－生態系モデル（BAIM）の結果と比較して陸域生態系部分の改良を行う。
- ・改良されたBAIMおよびBAIMを組み込んだ気候モデルによる現在気候再現実験を実施および結果の検討を行う。

本年度の成果

- ・炭素循環モデルと気候モデル（MRI-CGCM2）を用いた2100年までの化石燃料炭素排出実験について、気候と炭素循環の結合実験（前年度結果）と非結合実験の比較を行い、気候と炭素循環の相互作用による大気二酸化炭素増加促進効果を評価した。本研究は、欧米各研究機関との比較も兼ねた、炭素循環モデルの性能を総合的に評価する最優先の事項である。その結果、陸域については、現代までは精密なモデルと同様な再現性を示すものの、将来の温暖化における二酸化炭素吸収量が、他の機関の中では多めの傾向にある。但し、結果は各機関の間でばらつきが大きく、将来予測についてはかなりの不確実性が存在する。これらの結果を受けた陸域モデルの改良、特にその精緻化については、気候モデル（CGCM2）の一部を成す陸面過程モデルも含めた大規模な変更が予想されるため、今後も引き続き検討を行う。
- ・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、植物内及び土壌中

炭素蓄積量をモデル内変数として取り入れた BAIM Ver.2 (BAIM2) を開発し、それを組み込んだ気候モデルを用いた数値実験を開始した。BAIM2 においては、炭素蓄積量として、植物の葉、幹、根、リター層、及び腐植土層それぞれに蓄積される炭素量を日単位で見積もられる。葉面積及び樹高は、それぞれの要素に蓄積されている炭素量から見積もられ、植物形態の変動が日単位で再現される。この BAIM2 を、T63L21 全球気候モデルに組み込み、現存植生を与えたコントロール数値実験を実施した。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た実験を行い、モデルで再現された大気中二酸化炭素濃度の年増加量の妥当性、およびその季節変化の地域的な特徴や、主に対流圏下部における空間的な特徴について検討した。モデルの結果は、大気中二酸化炭素濃度の南北半球における季節変化の違いや年々増加の特徴などを、概ね再現できていることが分かった。

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

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

(1) 大気エアロゾル粒子の混合状態に関する研究

研究担当者

岡田菊夫、三上正男、財前祐二、直江寛明（環境・応用気象研究部）

本年度の計画

- ・エアロゾル粒子の組成と混合状態に関する研究
前年度までに確立した採集・分析・測定法を用い、つくばにおいて大気エアロゾル粒子（煤・硫酸粒子に注目）の混合状態を様々な気象状態において観測する。混合状態を含めて表現したエアロゾル粒子の個数粒径分布を明らかにする。既存試料を用いた元素組成・混合状態の電子顕微鏡分析を推進する。
- ・陸面及び海面からの粒子生成に関する研究
鉱物粒子の生成に関するデータの解析を行う。
人工海水からの粒子生成用チャンバーを構築し、人工海水からの粒子生成の予備実験を行う。

本年度の成果

- ・エアロゾル粒子の組成と混合状態に関する研究
既存試料の電子顕微鏡分析から以下のことが明らかになった。(1) 北半球が夏である1995年7月において行われた航空機観測の試料を分析した結果、偏西風帯においては、光学的に重要な半径0.1-0.5 μm の硫酸粒子と硫酸塩粒子の30-70%が植物燃焼を起源とするカリウムや鉍物起源の元素を含むものであった。このことは、これらの粒子が偏西風帯の対流圏中部の硫酸粒子と硫酸塩粒子の形成にかなり寄与していることを示すものである。(2) 1997年の春季にアラスカのバローで採集された大気エアロゾルの試料を用い、個々の粒子（約180個）について、水透析前後の形態観察、EDXによる元素組成分析を行ない、さらに電子回折によって水溶性物質の化学成分の特定を行った。その結果、煤に代表される非水溶性物質のほとんどは水溶性物質と内部混合していることが分かった。水溶性物質は主に硫酸と硫酸塩（特に硫酸アンモニウム）であり、一部海塩も含まれていた。また、水溶性物質が硫酸塩の場合、非水溶性物質が水溶性粒子の表面に付着している混合形態が多かった。
昨年度の1月に実施した観測の結果をもとに、煤粒子の混合状態と質量吸収係数との関連を解析した。その結果、煤の質量吸収係数は13-20 m^2g^{-1} と変動しており、その値の増加と半径0.05-0.5 μm における煤粒子が水溶性物質を含む（内部混合する）ようになる傾向と対応することが示唆された。今年度もつくば（気象研究所放射別棟）において10月に、同様な観測を実施した。
- ・陸面及び海面からの粒子生成に関する研究
中国タクラマカン砂漠南部で得られたエアロゾルの個数粒径分布データを解析し、ダストイベント後のエアロゾル個数粒径分布はダストイベント前に比べ大きな増加を示し、粒径が大きい粒子ほどその増加は大きい事が分かった。2002年4月、2003年3月、2004年3-4月の平均エアロゾル粒径分布は、いずれの期間も個数粒径分布は直径2から3 μm が極大個数を示し、体積粒径分布では直径5 μm 以上の大粒子が支配的であった。つぎに、東アジアにおける鉍物性粒子発生の地域による違いを1988年3月から2004年5月の地上気象データを用いて調べた。土地被覆が砂漠域であるゴビ砂

漠、黄土高原西部、タクラマカン砂漠において鉱物性粒子は頻繁に発生しているが、浮遊鉱物性粒子の出現頻度は地域によって大きく異なっていた。臨界風速を一定（6.5 m/s）としたときの強風発生頻度と鉱物性粒子発生頻度の相関解析から、3月および4月の砂漠域では、主に地上風の状態が鉱物性粒子発生を決定づけることが分かった。また、積雪の臨界風速への影響の考察から、3月の内モンゴルと河西回廊および4月の北モンゴルにおいて、積雪の鉱物性粒子発生への影響が著しく大きいという結果が得られた。

中国現地砂漠で得られた鉱物性粒子の観測データを用いて、既存の粒子生成理論の検討を行った結果、従来用いられている理論では生成粒子の高度-粒径分布が説明できないことを明らかにすると共に、観測データを整合的に表現する非一様粒子生成理論の検討を行った。

人工海水からの粒子生成用チャンバーを構築し、人工海水からの粒子生成の予備実験を行った。

関連論文

75, 368, 372, 373, 374, 375, 376

(2) エロゾルの特性が地表面放射に与える影響に関する研究

研究担当者

内山明博、山崎明宏、古林絵里子、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くとともに、つくば、宮古島、南鳥島で放射・エロゾルの連続観測を行い、データの蓄積を図る。
- ・観測データの解析を行う。その際、組成を考慮する。
- ・エアロゾルの組成を考慮して、エロゾル散乱係数計、エロゾル吸収係数計の光学特性の直接測定データ、パーティクルカウンターのデータを解析し、エロゾルの特性を調べる。

本年度の成果

- ・平成16年度に開発したスカイラジオメーターの解析法について誤差の特性について系統的に調べた。また、2005年3月にEAREX2005で取得した実データに適用し、従来よく使われているSkyrad Packageとの比較を実施した。解析法、特性、比較結果については、結果をとりまとめた。
- ・全天分光日射計のデータ（フラックスデータ）と直達分光日射計のデータを解析する方法を開発した。直達分光日射計から推定した大気窓の波長での光学的厚さと散乱日射量を解析し、エロゾルの粒径分布、波長毎の屈折率を推定可能にした。また、放射伝達を記述する一次散乱光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中である。
- ・全天日射計及び直達日射計の検定法については、2005年4、5月に追加観測し、6種類の方法で検定を行った。その結果、検定定数は2%程度の差があった。検定定数の差は大きいですが、検定観測を行なう時期と観測期間が近い場合、*cosine* 特性のずれも考慮されて検定定数が決まるので、*cosine* 特性がかなり悪い場合を除き、全天日射量の誤差の絶対値は、 $\pm 3\text{W/m}^2$ 以下であった。*cosine* 特性の測定は非常に難しいので、観測値から直達成分を取り出し、*cosine* 特性と検定定数を同時に決定する新しい方法を開発した。
- ・ADECで収集したスカイラジオメーターのデータ、散乱・吸収係数のデータについて解析し、風送ダストの光学特性（吸収特性）について調べた。その結果は、風送ダストは従来言われていたほど吸収が大きくないこと、北京や日本でダスト飛来時に観測される大きな吸収係数は下層に限られ、ダスト層全体では吸収係数は発生域と大きな差がないことが分かった。
- ・エロゾル散乱係数（3波長）、吸収係数、パーティクルカウンターのデータを総合して解析し、粒径分布、屈折率の波長分布を推定する手法を開発した。推定した屈折率と既知の物質の屈折率を比べて組成については推定した。
- ・日射計の検定に関し、東アジア域で観測を行っている研究グループに対しての基準データ提供や、検定定数の転写などによって寄与した。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、国内の研究グループへのサンフォトメーター、スカイラジオメーターの定数の転写を行った。
- ・宮古島、南鳥島、つくばの観測データは、日本国内の放射観測ネットワークの間で相互に提供し合う

ことで、衛星検証、輸送モデル検証の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

64

(3) 地表面の物理特性が放射過程に与える影響に関する研究

研究担当者

青木輝夫（物理気象研究部）、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

- ・大気エアロゾルが雪氷面に取り込まれる物理過程をモデル化する。
- ・非球形粒子の効果を取り入れた雪氷物理量リモセンアルゴリズムの改良を行う。
- ・紫外域モデルの高速化を図る。

本年度の成果

- ・大気大循環モデルの雪氷陸面過程で用いるための積雪アルベド物理モデルを開発した。ここでは太陽光に対して吸収性のある大気エアロゾルであるダストと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積雪アルベドを計算するアルゴリズムを構築した。
- ・非球形粒子の効果を取り入れた積雪物理量抽出アルゴリズムを開発し、TERRA 衛星/MODIS データから南極氷床上表面積雪粒径を求めた結果、気温の低い季節ほど小さいという季節依存性と、標高の高い場所ほど小さいという高度依存性を見いだした。
- ・2001 年以降の衛星リモートセンシングによる積雪物理量の全検証観測をまとめた結果、波長 0.8 μm チャンネルによる積雪粒径（積雪表面から数センチの深さに対応）と積雪表面温度はほぼ満足できる精度を達成し、波長 1.6 μm チャンネルによる積雪粒径（表面から数ミリの深さに対応）と積雪不純物濃度は地上観測との相関が悪かった。後者の原因にはそれぞれアルゴリズム中で仮定した不純物モデルの問題、濡れ雪表面での鏡面反射が原因と考えられる。これらの結果は今後の GCOM/SGLI プロジェクトの雪氷プロダクト目標設定に利用される。
- ・紫外域日射計算用放射伝達モデルの高速化を行った。計算精度は計算速度と反比例し、目的に応じて使い分ける必要がある。しかし、ブリューワー分光光度計と比較するための高精度モデルでも、実用上は問題のない程度の計算速度を達成している。

関連論文

8, 9, 14, 16

シビア現象の危険度診断技術に関する研究

研究期間：平成16年度～平成18年度

研究代表者：中里真久（気象衛星・観測システム研究部 第二研究室 主任研究官）

目的

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

高山陽三、井上豊志郎、中里真久、鈴木 修、足立アホロ、笹岡雅宏、山内 洋（気象衛星・観測システム研究部）、高谷美正（客員研究員）

本年度の計画

①シビア現象の観測手法の高度化

- ・診断パラメータの計算精度の観点からスキャン方法を最適化し、実データを用いて評価する。
- ・二次エコー除去性能の向上させるアルゴリズムを作成し、気象研レーダーに追加する。
- ・晴天エコーから収束線を探知する能力の向上を図り、結果を検証する。
- ・激しい降水の測定精度向上のため、降水粒径分布測定手法を定式化し、実データによる検証をする。
- ・気象研ウィンドプロファイラーと WINDAS へ適用可能な水蒸気鉛直分布の算出プログラムを作成する。

②データベースの構築

- ・強化観測期間の観測データをデータベース化する。
- ・災害発生時に被害現地調査を行い、調査結果をデータベース化する。
- ・シビア現象の事例解析結果をデータベース化する。

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の探知能力向上のため、ドップラー速度の折返し補正手法を改善し、データ欠落の多い領域（晴天エコー域で顕著）、ランダム誤差や速度の空間変化の激しい領域（例えば、シアライン、ダウンバースト、メソサイクロン、台風中心周辺）において、安定してドップラー速度を求められるようになった。

鉛直観測のマイクロレインレーダーのエコー強度から降雨強度の推定を精度良く行うため、降水粒子ミー散乱特性で生じるドップラーспекトル極小位置情報から鉛直風を推定し、降水落下速度の補正を行う方法を定式化し、実データに対して試みた。従来の Z-R 関係から推定した場合に比べ、この補正を行うことにより地上降水強度に近い降雨強度の推定値が得られた。

Cバンドレーダーのエコー強度とマイクロレインレーダーのエコー強度の比較を数事例について行った。地形除去フィルター無しでは、35dBZ 程度以上で両者は良く一致していたが、それ以下では C バンドエコーが過大評価されていた。地形除去フィルター有では、20dBZ 以下で両者の一致が良かったが、それ以上では C バンドレーダーは過小評価していた。サイト近くのデータを使い定量観測の評価を行なうには、地形除去フィルターの影響、エコー強度を考慮する必要があることがわかった。

気象庁のウィンドプロファイラー（WINDAS）の信号強度データを用いて水蒸気プロファイルを推定するプログラムを作成した。

ウィンドプロファイラーから水蒸気を算出するのに用いる 0～2 次モーメントデータ推定精度を向上させる手法を開発した。このアルゴリズムは、クラッターノイズの影響を既存の集合化アルゴリズムを応用して除去するものである。スペクトル上でクラッターノイズが大気信号と重なっている場合でもモーメント推定が精度良くできることをシミュレーションにより確認した。

推定した水蒸気プロファイルの誤差評価のシミュレーションを行い、地上データを参照することが推

定誤差を小さくするのに有効であることや、ジャンプモデルの気温プロファイルを用いて計算しても推定誤差が小さいことを確認した。

②データベースの構築

強化期間中の気象データを追加した。また、既存の気象データについては随時更新するとともに、新規に気象研の400MHz ウィンドプロファイラー(1986-1998)の追加、今年度に関東地方で突風が発生した事例の気象官署1分値データ等の登録を行った。

データベースの観測データを用いて、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~)を求めるプログラムを整備し、出力をデータベースに収録した。

関連論文

26

(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、中里真久、石部 勝、足立アホロ、笹岡雅宏、山内 洋、小野木 茂(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の事例について、現象とその環境場の解析を行う。
- ・解析の結果から、シビア現象の前兆の抽出を行う。

②シビア現象の危険度診断アルゴリズムの開発

- ・危険度診断に用いる「ストームのパラメータ」と「環境場のパラメータ」について、表示プログラムを作成するとともに、過去10年間の関東域でのシビア現象の事例を対象として感度検証を行う。
- ・危険度診断アルゴリズムを開発する。
- ・危険度診断を行うプロトタイプシステムの表示部を作成する。

本年度の成果

①シビア現象と環境場の解析

気象研究所と気象庁の関東域に設置されたウィンドプロファイラー計4台のデータから、暖候期晴天日19例について境界層内で鉛直積算した水蒸気フラックスを算出し、関東地方の雷雨前の水蒸気輸送について調査した。その結果、山地に100kmスケールの雷雨が発生する1~2時間前には、境界層内で南南東からの水蒸気輸送が見られたが、小さな雷雨のまま散在する時や非雷雨時には見られないことがわかった。

関東域の4台のウィンドプロファイラーデータから風と水蒸気フラックス両方の領域的な収束・発散のプロファイルを算出した。このプロファイルから、海陸風循環に対応すると思われる収束が海岸側の領域上空で見られた。また、平野の雷雨発生前には、領域と同じスケールの雷雨が発生する場合に、その領域上空で収束が見られることや、このときの南海岸に設置されているウィンドプロファイラーの水蒸気輸送は南東方向であることを確認した。

台風0421号東側のアウトバースト上で発生した藤田スケールF1の竜巻の事例について、那覇のドップラーレーダーデータを解析した。竜巻を発生させたストーム中のメソサイクロンは、沖縄本島を東経128.0度に沿って北上し、被害のあった名護市豊原及び古宇利島付近では下層で渦度が強化していた。また、古宇利島付近ではメソサイクロンは複数存在していたことがわかった。

2005年5月15日の東京都西部~神奈川県北部で発生した突風現象の解析を行い、被害をもたらしたストームは、総観的には上空の寒冷渦南東側での風の鉛直シアが強い領域で発生したこと、スーパーセルであったこと、スーパーセルとして発達した領域では地上は他より暖湿であったことがわかった。

2005年8月8日つくばで突風と記録的強雨が観測された雷雨事例について解析を行った結果、大気中層と下層の相当温位差が大きな環境場で発生したこと、突風はガストフロントとダウンバーストによ

ってもたらされたこと、降雹を伴っていたこと、ダウンバーストは降水コア（反射強度 42dBZ 以上）の落下後に発生していたことがわかった。また、つくばで観測された記録的な強雨は、ガストフロント衝突線の上空に新たな積乱雲が発生し、既存の積乱雲セルを融合しながら急発達してもたらされたことがわかった。

台風に伴う強風の中に、メソスケールの現象と推定される突風の観測例が複数あったことから、2002年10月1日に関東地方を通過し、つくばで突風(最大 31.6m/s)の観測された台風 0221 号の事例を解析した。その結果、この突風は台風後面において、寒気外出流の影響で発生したものであったこと、高度 200m から上空にかけて 3m/s 以上の強い上昇流及び下降流を伴っていたこと（ウィンドプロファイラーによる）がわかった。

②シビア現象の危険度診断アルゴリズムの開発

危険度診断に使用する環境場のパラメータとして、領域客観解析データから、大気安定度指数等のパラメータ（9種類）の水平分布を計算・表示するプログラムを作成した。

2001年から2005年までの5年間に発生したシビア現象（ダウンバースト6事例、竜巻17事例、その他の突風2事例、雷雨11事例）について、領域客観解析から上記9種類の大気安定度指数の水平分布を計算し、各指数の特徴、シビア現象毎の特徴、レーダーデータとの比較、現地調査に基づくFスケールとの相関を調べた。ダウンバーストや竜巻の発生時には、大気はすべての事例で不安定な状態にあったが、大気安定度指数の水平分布はシビア現象の発生位置に対して特異性はみられなかった。また、竜巻は不安定度が小さい時でも発生する事例があった。

9時JSTのゾンデデータから、雷雨発生時のプロファイルを推定して雷雨発生を予測するインデックスを考案し、評価を開始した。

ドップラーレーダー、ウィンドプロファイラー、アメダス、数値モデルのデータを使用して、ダウンバースト・竜巻・雷・雹・雷雨の検出・直前予測を行うアルゴリズムの第一案を作成し、プログラム作成に着手した。

関連論文

衛星データを用いた大気パラメータ抽出技術に関する研究

研究期間：平成16年度～平成18年度

研究代表者：増田一彦（気象衛星・観測システム研究部 第一研究室長）

目的

予報精度の向上、環境・気候監視強化に資するために、気象衛星や地球観測衛星の新しいセンサデータを用いた気温・水蒸気、雲・エアロゾルなどの大気パラメータ抽出アルゴリズムに関する研究を行う。

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

(1) 衛星搭載新センサデータの解析処理技術に関する研究

研究担当者

増田一彦、真野裕三、石元裕史（気象衛星・観測システム研究部）

深堀正志、藤枝 鋼（物理気象研究部）

本年度の計画

- ・数値予報モデルでのサウンダデータの複合利用に資するために、マイクロ波サウンダ(AMSU)との併用を考慮した AIRS チャンネル選択を行う。
- ・AIRS データによる地表面温度・射出率導出の事例解析を行う。
- ・FTIR による観測実験をおこない、地表面輝度温度データを取得する。
- ・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。
- ・AVHRR による霧の解析事例を増やす。
- ・各種氷晶粒子散乱モデルを用いた POLDER による巻雲の光学的厚さ推定結果の比較を行う。

本年度の成果

- ・マイクロ波と回折格子型サウンダの複合利用による最適チャンネル選択手法のプロトタイプを開発した。
- ・地表面温度・射出率導出を求めるためのチャンネル選択を実施した。
- ・FTIR の室内実験により、水、草および土のスペクトルデータを取得した。
- ・正六角柱が集合した複雑な形状の氷晶粒子の散乱分布関数を使って、MODIS の 1.38 μm チャンネルから光学的厚さで 0.02 程度の薄い巻雲の検出を行った。
- ・AVHRR データを使って、釧路地域での霧の事例解析を行った。
- ・各種氷晶粒子散乱モデルを用いて、POLDER の 0.865 μm チャンネルの偏光・多方向観測データから巻雲の光学的厚さの推定を行った。
- ・「相関 k 分布法」を利用した広帯域赤外放射モデルを開発した。
- ・「厳密解によって求めた非球形粒子散乱分布関数」を利用することにより、MTSAT-1R および AVHRR の可視・近赤外データからの黄砂を含むエアロゾルの光学的厚さ分布図の精度改善を行った。

関連論文

(2) 地球観測に用いる放射伝達モデルの高度化とその利用技術に関する研究

研究担当者

深堀正志、藤枝 鋼（物理気象研究部）

増田一彦、真野裕三、石元裕史（気象衛星・観測システム研究部）

本年度の計画

- ・CO₂ 15 μ m 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 データベースの妥当性を検証し、放射計算の入力パラメータの精密化を図る。
- ・CO₂ 4.3 μ m 帯の帯頭よりも高波数側の吸収スペクトルを室温よりもやや高めの温度下で測定し、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図る。
- ・実験スペクトルと理論計算スペクトルとの比較と評価を行い、両者の差異の原因を究明する。
- ・集合型氷晶粒子などの散乱分布関数計算手法の開発を行う。

本年度の成果

- ・CO₂ 15 μ m 帯の室温下における吸収スペクトルを測定し、CO₂ と O₂ の衝突幅を決定した。昨年度求めた CO₂ と N₂ の衝突幅とを併せて、CO₂ と空気の衝突幅を決定した。その結果、HITRAN データベースの CO₂ と空気の衝突幅はほぼ妥当であることが分かった。
- ・CO₂ 15 μ m 帯の線強度と衝突幅の温度依存性を把握するために、240K 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た。得られたスペクトルから線強度と衝突幅を決定し、それぞれの温度依存性を決定した。
- ・室温下における CO₂ 4.3 μ m 帯の吸収線形を求めるために、光路長を 1km に設定した長光路セルを用いて吸収スペクトルを測定した。Winters 等により提案されたサブローレンツ線形のパラメータを求めた。
- ・CO₂ 4.3 μ m 帯の吸収線形の温度依存性を調べるために、室温よりもやや高めの温度における吸収スペクトルを測定する加熱吸収セルの動作試験を行った。
- ・240K における CO₂ 15 μ m 帯 Q 枝の吸収スペクトルにおいて、実験スペクトルとローレンツ線形を用いた計算スペクトルに差異が見られ、吸収線ミキシングの効果を確認した。
- ・正 6 角柱が集合した複雑な形状の氷晶粒子の散乱分布関数の計算手法を、FDTD 法および幾何光学手法により開発した。

関連論文

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、地殻底部での低周波地震（微動）の発生など今まで予想されなかっ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、林 豊、高山博之、黒木英州、弘瀬冬樹（地震火山研究部）、
 中村雅基（気象大学校）、西政樹（気象庁地震火山部地震予知情報課）

本年度の計画

- ・三次元速度構造の決定
 全国の三次元速度構造の改良、沖縄付近の三次元速度構造の精度向上のための地震観測、富士山速度構造の改良、霧島火山速度構造の決定、三次元速度構造を用いた震源パラメータ決定手法の開発と改良を行う。
- ・地震活動パラメータの決定手法の開発
 応力変化に着目した地震活動パラメータの開発

本年度の成果

- ・三次元地震波速度構造の決定
 日本全国を対象とした三次元地震波速度構造モデルを改良するためのデータおよびOBS等の補正値の整理を進めた。東海地域についてDD トモグラフィーの手法を用いて3次元地震波速度構造を試験的に求めたところ、弾性波探査で求められた既存の速度構造と調和的な結果が得られた。霧島火山付近の3次元地震波速度構造を求めた結果、気象庁で用いられている標準速度構造と比較して、P波およびS波ともに平均的に見てあらゆる深さで数%遅いことが分かった。
- ・地震活動パラメータの決定手法の開発
 2003年十勝沖地震による応力変化により北海道の内陸地方で誘発された地震活動に着目し、速度・状態依存摩擦構成則を基にした地震発生モデルにおける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

242

（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、高山寛美、林 豊、吉田康宏、山崎明、青木重樹（地震火山研究部）、

本年度の計画

- ・過去地震の震源過程解析手法の開発を行う。
- ・低周波地震（微動）解析手法の開発を行う。
- ・地殻構造を解析する手法の改良を進める。
- ・地殻内物性に関するデータを収集する。

本年度の成果

- 1945年三河地震(M6.8)の余震域周辺の現在の地震活動を詳細に調べ、同地震の断層面を同定するとともに、地震時の地殻変動データを用いて断層パラメーターの推定を行った。
- 平成16年(2004年)新潟県中越地震や1945年三河地震などの余震活動の調査や断層パラメーターの推定結果から、本震の主断層以外に複数の断層が形成される場合に余震活動度が高くなる可能性があることを指摘した。
- 2004年11月29日に起きた釧路沖の地震(M7.1)の震源過程を求め、地震活動との対比を行った。その結果、本震で大きくすべった場所を囲むように余震が起きていることがわかった。また、1961年に同地域で起きた地震(M7.2)と今回の地震の波形を比較し、両者はほとんど同じ場所がすべった地震であることを明らかにした。これは、同地域では大きな地震で破壊される領域がだいたい決まっていることを示しており、地震サイクルを考える上で興味深い知見である。
- 2005年8月16日に起きた宮城県沖の地震(M7.1)の震源過程を求め、破壊領域が1978年に同地域で起きた地震の南東領域にあたることがわかった。
- 低周波地震の発生間隔とスロースリップの発生の関係について調査し、低周波地震の発生間隔の変化が、スロースリップによる地殻変動の明瞭な変化に2週間から3ヶ月先行していることを見出した。また、低周波地震の発生要因として、定圧条件の脱水反応である可能性を示した。
- 走時データを用いて不連続面の深さを推定する手法を改良した。座標系を世界測地系に変更し、データを増加させることにより、日本列島下のコンラッド面・モホ面の深さ推定精度向上を果たした。

関連論文

1, 2, 3, 4

(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、長い時定数をもつ降水応答の除去手法を検討する。
- 本庁歪データや他機関地殻変動データの調査・解析を行い、時間依存型変動原因推定手法を開発する。
- 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。

本年度の成果

- 気象庁の歪計によって2005年7月に低周波地震活動と同期して観測された歪変化について解析した結果、この歪変化がプレート境界上の短期的スロースリップにより説明できることを示した。また、歪データを過去にさかのぼって調査し、歪変化のタイプが複数あること、それぞれに対応して低周波地震の発生領域が異なり、その付近でのプレート間すべりによって歪変化が説明できることを示した。
- 最近のGPSと音波測位技術を組み合わせた手法により、地震時の海底地殻変動やプレート移動が検知されていることを確認した。

関連論文

181

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

本研究では、海洋炭酸系（pH、全炭酸濃度、全アルカリ度）の変化と、気候要素や物理学的・生態学的な海洋現象の変化との関係を明らかにし、気候系と海洋の炭素循環の相互作用を評価するために、海洋気象観測船等による観測により、西部北太平洋などの海域で、海洋表層の炭酸系の鉛直分布と、その季節変化・経年変化に関する正確なデータセットを得、季節変化や数年スケールの気候変化にともなう海洋炭酸系変化の実態を正確に把握する。

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

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

研究担当者

緑川貴、石井雅男、斉藤 秀、時枝隆之、松枝秀和（地球化学研究部）

中館 明（気象庁地球環境・海洋部海洋気象課汚染分析センター）

本年度の計画

- ・ 凌風丸・啓風丸等で全炭酸濃度と pH の高精度各層時系列観測を実施し、季節変化・年々変化を明らかにする。データを有する各海域の表層における炭酸系成分や栄養塩等のインベントリの季節変化を解析する。
- ・ CFCs 観測の効率化・分析の自動化に向けた手法の改良を進めるとともに、東経 165 度等において、CFCs の各層観測を実施し、水塊年齢を評価する。

本年度の成果

- ・ 2003 年 1 月以降に気象庁凌風丸・啓風丸で採取した全炭酸濃度や pH 等の炭酸系パラメータのデータを整理し、他の現業観測項目等と合わせて WOCE Exchange Format に変換し、WDCGG に送付した。
- ・ 東経 137 度の表面海水中 CO₂ 分圧が緯度帯によって異なる年々変動を持つことを検出し、その変動要因の違いを明らかにした。特に海面水温と全炭酸濃度の変動の影響が大きく、これらの変動を引き起こす過程を緯度帯ごとに推定することができた。大気-海洋間 CO₂ フラックスの年々変動は、北緯 18 度以南では主に大気-海洋間 CO₂ 分圧差に依存し、北緯 23 度以北では風の変動により引き起こされていることがわかった。
- ・ 東経 137 度の黒潮再循環域亜表層（水深 200m～800m 付近、ポテンシャル密度 24.5～26.8 付近）では、1994 年から 2003 年の 10 年間に、全炭酸濃度が顕著に増加していることがわかった。大気中 CO₂ 濃度の増加に伴う海洋亜表層の全炭酸濃度の増加速度は、ポテンシャル密度 24.5～26.3 付近では平均約 +1 μmol/kg/年となっており、表面の CO₂ 分圧の増加速度から予測される蓄積速度と一致した。また、それ以深では増加速度が低くなる傾向が見られた。同様の CO₂ 増加は東経 165 度の黒潮続流再循環域の海洋亜表層でも検出され、CO₂ が大気中から西部北太平洋亜熱帯循環の北西域の広域に蓄積されていると推測された。
- ・ 北太平洋混乱水域では、CFCs の大気に対する飽和度が、夏季に過飽和になり、水塊が形成される冬季には不飽和になっていることがわかった。また、冬季の不飽和度は年々変化しており、CFCs データに基づいて水塊年齢を評価する際の誤差要因になっていることがわかった。

関連論文

34, 40, 41, 263, 377, 378

(2) 海洋内部の生元素の変動の研究

研究担当者

廣瀬勝己、緑川貴、青山道夫、篠田佳宏（地球化学研究部）

本年度の計画

- ・2000 本スケールで作成された栄養塩標準試料の国際比較実験を行う。栄養塩測定国際スケール確立のため提言を行う。
- ・東経 137 度の亜熱帯域の時系列栄養塩データの簡単なモデルに基づく解析を行う。変動を検出した場合、変動を支配する要因について調査する。
- ・全球規模での栄養塩の時空間変動の解析が可能な海域を選定する。
- ・大西洋等で得られた粒子状物質中に含まれる配位子濃度を求める。

本年度の成果

- ・栄養塩標準試料の国際比較実験を行うための配布用試料の準備を完了した。
- ・東経 137 度の亜熱帯域の時系列栄養塩データの変動の原因を明らかにするため、1985 年に実施された北緯 24.5 度に沿った P3 の栄養塩データについて解析を行った。その結果、東経 137 度で観測された栄養塩の時間変動は、東方海域の栄養塩の空間変動が、移流により西方に輸送されていることによって引き起こされていることが明らかになった。
- ・北太平洋での 2 つの航海 (MR0502 および MR0505) で得られたデータおよび 1993 年の P10 航海、1985 年の P3 航海の WOCE データを水平 1 度、深さ 50m 毎のグリッドデータとして、水温・塩分等の他の項目もあわせて比較検討を行った。さらに、北緯 32 度線に沿う 1994 年 P2 航海と 2004 年 P2 再観測データ、北緯 49 度線に沿う 1985 年 P1 航海および 2002 年 P1 再観測データも水平 1 度、深さ 50m 毎のグリッドデータを作成し、比較検討をおこなった。西部北太平洋東経 149 度線に沿う P10 再観測では分析化学的な不確かさを超える大きな変動は見いだされることが分かった。北緯 24 度線に沿う P3 再観測では、1985 年の観測時と比べるとケイ酸塩濃度は、ハワイ海嶺の東側では減少、西側では増加するという現象が見出された。P2 線での結果でも 1994 年と 2005 年を比較すると北西太平洋海盆に入るとケイ酸塩濃度が増加し、その東側北米大陸までは減少傾向となっている。この海盆スケールでの変動は、季節変動が深層まで伝わった結果ではなく、北太平洋への底層水（ケイ酸塩濃度が低く、水温が低いという特徴を示す海水）の流入が減少するとともに、北東太平洋に存在するケイ酸塩濃度が高い深層水の南側へのリターンフローが弱まっていることを示唆していることがわかった。
- ・海洋の生物地球化学的過程による炭素の鉛直輸送フラックスについては多くの不確かさがある。今回新たに粒子状物質中の ^{230}Th の濃度を用いて炭素の鉛直輸送フラックスを求める手法の提案をすることができた。

関連論文

24, 317, 318

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、斉藤 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、直江寛明、柴田清孝（環境・応用気象研究部）

本年度の計画

- ・大気中の微量気体の観測研究
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実施すると同時に、航空機観測のデータを収集する。
- ・トレーサビリティ検証のための相互比較実験研究
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行い、トレーサビリティを検証する。
- ・南鳥島におけるエアロゾル観測の予備調査研究
条件が整えば、気象庁南鳥島観測所におけるエアロゾルの自動観測に向けた空気取り入れ口の調査・設計を実施する。

本年度の成果

- ・大気中の微量気体の観測研究
気象庁海洋観測船凌風丸並びに気象研究所露場・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。これらのデータは、FTIR 観測手法や輸送モデル高度化のための検証に活用された。一方、与那国島及び南鳥島の2つの気象庁大気観測所にはラドン計を新規に設置して、観測データの収集を開始した。アジア大陸近傍の与那国島と大陸から離れた南鳥島では、陸起源のラドン濃度変動に大きな違いがあることが認められた。
定期航空機を利用した微量気体濃度の観測を継続し、過去13年間の長期データを収集できた。特に、二酸化炭素濃度についてデータ解析を行った結果、エル・ニーニョ現象と連動して、増加速度や南北分布及び鉛直分布等が大きく年々変動している現象が明らかになった。
- ・トレーサビリティ検証のための相互比較実験研究
気象研究所で長期に維持している二酸化炭素及びメタンの標準ガスに関して、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、気象庁のメタン標準ガスにドリフトが生じていることが見出され、その補正が行われた。同様な比較実験をオゾン計についても2回実施し、若干の違いが見られたが、観測における全体誤差の範囲では、トレーサビリティに大きな影響がないことがわかった。
- ・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自動観測の開始に向けた予備調査を行った結果、設置スペースが極めて限られていること及び、空気取り入れ口から測定器までの空気配管が長くなる等の問題点が明らかになった。これらの問題については、さらに詳細な調査・検討が必要であることが認められた。

関連論文

366

(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、広瀬勝己（地球化学研究部）、千葉 長（環境・応用気象研究部）

本年度の計画

- ・ 降水の窒素化合物とダスト変動の研究観測
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。
- ・ 生物学的トレーサーの開発研究
生物・化学的な新規トレーサーに関する基礎技術（培養法、マイクロコロニー法、16SrRNA 法など）について調査検討を行う。
- ・ 降水によるリン化合物の海洋表面への供給量算定に関する研究
窒素・リンの海洋への供給量に関する観測、実験を行う。そのためつくばで採取した降水物の分析を行う。
全球輸送モデルの窒素の発生源データを整備する。また、風送ダストの計算についてその発生域、発生モデルのパラメータ調整、地表面条件などを検討する。

本年度の成果

- ・ 降水の窒素化合物とダスト変動の研究観測
降水の自動採取装置の再調整と動作確認試験を実施し、降水採取方法の確立を図った。また、採取した降水に含まれる NO_3^- 、 NH_4^+ などを測定するためのイオンクロマト装置の調整を行い、標準溶液を利用した精度試験を実施して、降水中の窒素化合物を高精度で測定する分析方法が確立した。
大気中のエアロゾルを捕集してその重量を自動測定するダスト計（TEOM）を導入し、実験室内における装置の安定性を確認した。また、気象研究所構内において試験観測を開始し、地表付近では1桁から2桁にわたる大きなダスト量の変動があることを認めた。さらに、TEOMダスト計と既存のフィルター捕集・重量法との比較を行い、観測精度の検証を図るとともに、ダストイベントにつき集中的な観測を実施した。
- ・ 生物学的トレーサーの開発研究
新規の生物学的トレーサーとして微生物に注目し、滅菌したビーカーに雨水を試験的に採取し、YPD培地で培養を行った結果、数種類の微生物の増殖を確認することが出来た。
- ・ 降水によるリン化合物の海洋表面への供給量算定に関する研究
洋上における降水中のリン化合物濃度を測定するための検討を行った結果、通常の方法では検出限界以下となって測定ができないことが分かった。そのため、変質させずに濃縮する方法について検討を行った結果、100倍程度に濃縮すれば分析が可能であることが認められた。

関連論文

気候システムとその変動特性のモデルによる研究

研究期間： 平成 15 年度～平成 19 年度

研究代表者： 鬼頭昭雄（気候研究部 第一研究室長）

研究参加者： 本井達夫、小寺邦彦、黒田友二、保坂征宏、上口賢治、足立恭将、坂見智法、楠 昌司、
行本誠史、内山貴雄、吉村 純、内山貴雄（気候研究部）、
藪 将吉（気象庁地球環境・海洋部気候情報課）

目的

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

本年度の計画

- ①気候システムに関する基礎的研究
 - ・ モンスーンや ENSO の長期変動機構について気候モデル実験により調べる。
 - ・ 植生分布の変化の気候への影響を調べる。
 - ・ 水惑星実験結果の解析を行う。
 - ・ 結合モデル（MRI-CGCM2）による古気候実験を継続する。
 - ・ 新結合モデル（MRI-CGCM3）の長期積分を開始する。
- ②気候システムのモデル化に関する研究
 - ・ 積雲対流パラメタリゼーションの改良を行う。
 - ・ 重力波抵抗スキームの改良を行う。
 - ・ 植生分布評価スキームを気候モデルに導入する。
 - ・ 気候モデル用の氷床モデルについて検討する。

本年度の成果

- ①気候システムに関する基礎的研究
 - ・ シベリアの植生変化が気候に及ぼす影響について調べた。シベリアの針葉樹林がツンドラ化した場合、その領域では年平均で約 3°C 地上気温が有意に低下する。その影響は晩冬から初夏にかけてみられ、アルベドの変化と対応していると考えられる。
 - ・ 8 種類の異なる海面水温分布を与えた水惑星実験を行い、データを国際比較実験グループに提供した。
 - ・ 大気海洋結合モデル（MRI-CGCM2.3.4）による古気候実験のために、最終氷期最盛期（約 21,000 年前）の氷床分布及び地形データ（ICE-5G）を整備し、制御実験・完新世中期（約 6,000 年前）及び最終氷期最盛期についての実験を開始し、制御実験・完新世中期の実験が終了した。完新世中期の北極海の海氷は夏から秋にかけて現在より後退し海面水温・塩分ともに高く、北極点付近の海氷は氷厚が 1～2m 薄い。このため北極海及びその周辺の気温・湿度ともに高いことがわかった。また ENSO の変調についての解析を開始した。
- ②気候システムのモデル化に関する研究
 - ・ 気候モデルにおける降水の強度の頻度分布を調べ、GPCP 等の観測データと比較した。モデルでは弱い雨の頻度が多く、強い雨の頻度が少ないことがわかった。
 - ・ 改良版重力波抵抗スキームの長期積分動作テストを行った。新重力波抵抗スキームには、Hines の重力波抵抗スキームを用い、準二年振動（QBO）や半年振動（SAO）に対応する現象の表現が可能になった。
 - ・ 植生モデルとして BIOME4 を導入しオフライン実験を開始した。
 - ・ 積雪アルベドに Aoki et al(2003) の手法を導入した。融雪期が早すぎるバイアスが大きく改善した。
 - ・ 気候モデルに河川網および湖面を導入した。
 - ・ 氷床モデルのプロトタイプ（水平・鉛直 2 次元流動モデル）を作成した。

関連論文

126, 128, 130, 132, 133, 134, 137, 139, 142, 143, 147, 148, 149, 171, 172, 173, 352, 426, 434

マイクロ波データ等を利用した台風構造変化の研究

研究期間：平成13年度～平成17年度

研究代表者：中澤哲夫（台風研究部 第二研究室長）

研究参加者：北島尚子、楠 研一、別所康太郎、星野俊介（台風研究部）

目的

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

本年度の計画

マイクロ波探査計やマイクロ波散乱計などの衛星観測データを用いて、台風の発生・発達環境を詳細に調査する。特に熱帯擾乱から台風となる際の温度場の変化などに着目し、台風発生を予測できる指標となる物理量を同定し、検証する。

マイクロ波放射計のデータから求めたパラメータと台風の最大風速との統計的な関係から最大風速を推定する手法（計算式）を構築し、2005年度の台風に対して適用し検証を行う。

台風の構造変化を観測データや客観解析データから推測する方法を確立する。

研究のまとめを行う。

本年度の成果

・台風発生

北西太平洋で発生した擾乱および台風をマイクロ波探査計 AMSU の観測データなどを利用して事例解析した。その結果、台風へと発達する擾乱は早期に小さい気温偏差ながらも明瞭な温暖核構造を持つのに対し、発達しない擾乱には、明瞭な温暖核構造が見られないことがわかった。

・台風強度推定

1999年7月から2003年までに発生した熱帯低気圧について、TRMM搭載のマイクロ波放射計 TMI 輝度温度から算出したパラメータを用いて最大風速を推定する手法を開発した。独立データとして2004年に北西太平洋で発生した熱帯低気圧のデータを用いて検証を行った結果、5～8m/s程度の誤差で最大風速を推定することができた。また、強度の時間変化を見る上でも有用であることがわかった。

・台風温帯低気圧化

3種類に分類していた台風の温帯低気圧化（温低化）について、渦位分布と関連付けて調査を行った。warm seclusion タイプでは、上部対流圏の水平スケール数100kmの強い高渦位偏差域が北上する台風に接近し、温低化完了時には地上低気圧上空に高渦位偏差中心が乗り上げる形になっていた。openwave タイプでは、上部対流圏のやや強い高渦位偏差が台風の西の数100kmまで接近するが地上低気圧の上には乗り上げなかった。cold advection タイプでは、上部対流圏では水平スケール1000km程度とやや大きく弱い渦位偏差があるのみで、台風はそこから数100km以上離れた位置で温低化していた。

関連論文

120, 121, 122, 123, 124, 274, 276, 277, 278, 347, 349

氷晶発生過程に関する研究

研究期間：平成15年度～平成19年度

研究代表者：村上正隆（物理気象研究部 第一研究室長）

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

目的

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

本年度の計画

①氷晶核と雲内初期氷晶分布に関する観測的研究

種々の層状雲について、氷晶核の活性化スペクトルと初期氷晶分布の同時観測データの解析を行う。

②氷晶発生過程に関する実験的研究

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

③数値モデルを用いた氷晶発生過程に関する研究

室内実験の結果と TRUTH モデルの結果の比較から氷晶発生メカニズム（不均質凍結核形成）の定式化を行う。

本年度の成果

①氷晶核と雲内初期氷晶分布に関する観測的研究

初期氷晶濃度の雲頂温度依存性、雲水量依存性などを明らかにした。氷晶核の活性化スペクトルと初期氷晶分布の同時観測はまだ実施できていないので、NCAR との共同研究に基づき、米国中西部で観測された波状雲について解析を進めた。

②氷晶発生過程に関する実験的研究

雲生成チャンバー・氷晶核計は種々の改良を行った。

$-10\sim-30^{\circ}\text{C}$ に生成される層状雲・対流雲内における氷晶発生メカニズムに関する実験を進めた。

③数値モデルを用いた氷晶発生過程に関する研究

雲核・氷晶核、氷粒子の密度を予報変数として含む、詳細雲物理ボックスモデルを開発した。室内実験の結果を基に、TRUTH モデルで取り扱う氷晶発生メカニズム（不均質昇華凝結核形成・不均質凍結核形成）の定式化を進めた。

関連論文

77, 150, 383, 385, 386, 387, 388

高レイノルズ数乱流の速度場に関する実験的研究

研究期間： 平成 17 年度～平成 19 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： 小野木茂、毛利英明（物理気象研究部）

目的

最近の実験・観測的研究から、大気境界層乱流におけるようにレイノルズ数が非常に高い場合には、乱流速度場の振舞いはレイノルズ数にもはや依存せず普遍的であると示唆されている。これらの普遍的な振舞いは、もしも現実に存在するならば、大気境界層乱流を対象とするような **Large Eddy Simulation (LES)** 等のモデルを構築する際に、指針・制限を与えると期待される。そこで高レイノルズ数における乱流速度場の振舞いを実験により調べる。

本年度の計画

乱流速度場の散逸領域における微細構造である渦管のパラメータ（半径、旋回速度など）の普遍性を調べる。

本年度の成果

- ・気象研究所小型風洞を用いた境界層乱流における拡散実験から、床面から境界層全体への物質輸送に、境界層厚さのみに依存する普遍則を見出した [Mouri et al. 2005]。
- ・気象研究所大型風洞を用いた一様等方乱流の実験から、慣性領域における乱流エネルギーの輸送において、通常考えられる大スケールから小スケールへのエネルギー・カスケードとほぼ同じ強さで、小スケールから大スケールへの逆エネルギー・カスケードが発生していることを見出した [Mouri et al. 2006a]。
- ・気象研究所大型風洞において得られた微細長レイノルズ数 300～1900 の乱流の速度変動データから、渦管（乱流微細渦）構造を抽出した。渦管の半径・旋回速度・空間分布のレイノルズ数依存性について調べた [Mouri et al. 2006b]。

関連論文

406, 407, 408

ヒートアイランド現象の再現・予測に関する基礎的研究

研究期間：平成17年度～平成18年度

研究代表者：千葉 長（環境・応用気象研究部 第二研究室長）

研究参加者：千葉 長、栗田 進、清野直子、澤井哲滋（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

- ・ヒートアイランド現象の解析を行う。
- ・ヒートアイランド現象再現可能性の実験を行う。
- ・NHMの高分解能化（1km～数百m）及び都市の地表面状態を設定する。
- ・NHMと都市キャノピーモデルとを結合させる。
- ・LESモデルのレビューを行う。さらに、LESモデル計算結果と風洞実験データとの比較検証を行う。

本年度の成果

関東平野の真夏日の発現は、基本的には太平洋高気圧の日本付近への張出し方にかかっている。太平洋高気圧の圏内にある場合には、大手町の日最高気温が35℃を超えることは少ない。日本の南海上に張出し関東平野がその北側の縁辺に位置する鯨の尾型の天気図では、フェーン現象が重なって35℃を超えることが多い。

関東全体が高温となった平成17年6月25日は関東平野全体が晴れて海陸風が顕著に発達しており、JMANHMはこの状況をよく再現した。一方同年同月28日はJMANHMでは、25日と同様に関東全体が晴れて、高温と再現したが、実際は上空は強い西風が吹き、関東平野北部は雲の覆われていることが衛星観測からわかっている。JMANHMはこの雲の発生を十分に評価できず、関東平野全体が高温となった。雲の評価が重要と考えられる。

高分解能でのJMANHMの再現性を、室戸岬周辺を例にとりて調べた。水平格子間隔1kmから数百mにおいては、気象場の再現性を確保するために、数値粘性およびモデルの側面境界条件の設定に十分な注意を払う必要があることがわかった。

東工大神田教授が開発したLESモデル（LES-CITY）を導入し、気象研のスパコンで計算できるように環境整備を行った。このモデルを用い、5m格子の元で一辺50mの立方体（都市のビル群を想定）を配置し、風洞実験と同様に風上から風を当て、風の水平、鉛直の分布を求めた。風洞実験のデータとの比較を行った結果、平均風、乱れ成分、輸送量それぞれについて良い対応が見出された。

都市キャノピーモデルとして一層モデルである日下モデル、高橋モデル及び多層モデルである近藤モデルを検討した。モデルの鉛直分解能が細かな場合、多層モデルを用いることが求められるが、これについては扱いが複雑でありなお検討を要する。日下モデル、高橋モデルともにモデル化は比較的容易であり、これをJMANHMに組み入れることとした。

関連論文

217

ライダーによる大気微量成分観測法の高度化に関する研究

研究期間：平成13年度～平成17年度

研究代表者：小林隆久（気象衛星・観測システム研究部 第三研究室長）

研究参加者：永井智広、中里真久、酒井 哲（平成18年1月より）（気象衛星・観測システム研究部）

目的

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

本年度の計画

- ・対流圏オゾンライダーについて、前年度に開発した装置を用いた試験観測を行い、オゾンゾンデ観測との比較等を通じ性能の評価を行う。
- ・対流圏エアロゾルについて、多波長ライダー観測またエアロゾル粒子の特性抽出解析方法について、高度化を行う。
- ・課題全体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オゾンライダーとKC型オゾンゾンデとの比較観測を行ったところ、高度変化など全般的に良く合っていたが、対流圏を通して、20%程度、KC型オゾンゾンデの方が小さいバイアスが見られた。この結果から、ライダーで得られた値は、ECC型オゾンゾンデで得られる値に近いものであると考えられる。また、昼夜連続してオゾンライダーを運用した結果、成層圏から対流圏へのオゾンの進入が観測された。ライダーで観測されたデータは、渦位、比湿、水蒸気混合比、水平収束の時間高度断面とよく対応していた。客観解析から得られた等温位面上の渦位、高度、風速の分布と観測データとの比較から、成層圏オゾンの侵入は2度起り、285Kと295Kの等温位面の降下と対応していた。切離低気圧後面の北からの下降流と長江河口付近で見られた暖気移流が重要な役割を持っていたと考えられる。境界層内のオゾンについても、解析した結果、地上の二酸化窒素との間に強い逆相関が見られ、地表付近の逆転層の解消後、窒素酸化物とオゾンとの光化学反応の影響が高度1.6kmにまで及んでいたことが分かった。

対流圏エアロゾルの種類・粒径等の特性を観測するためには多波長でのライダー観測が有効であり、Nd:YAGの3波長、1,064nm（基本波）、532nm（2倍波）、355nm（3倍波）に、色素レーザーを使用した735nm（色素：LDS750）を加え、4波長を用いた観測を行った。今年度は、光電子計数法だけでなく、12bitのA/Dコンバーターと光電子計数装置の複合装置を使用した観測を行った。平成16年度までの方法では、各波長で同時に観測可能な高度範囲が不十分であったが、この方法により改善された。多波長観測データの持っている情報の一つにエアロゾルの起源がある。大気中には、大気汚染、土壌、海洋性といった様々な起源のエアロゾルが混在している。これらは起源特有のサイズや複素屈折率などの物理特性を持っている。この物理特性の差を利用し、多波長ライダーなどの観測データから特定起源のエアロゾルを抽出するプログラムを開発してきたが、放射伝達計算に時間がかかるため、種々の条件で放射特性をあらかじめ計算しておき、表にしておくなど効率化を図り、衛星等大量のデータにも適用できるように改良した。

関連論文

266, 267, 268, 269

津波の発生・伝播に関する基礎的研究

研究期間：平成13年度～平成17年度

研究代表者：高山寛美（地震火山研究部 第一研究室長）

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

目的

現在、気象庁では大地震が海域で発生すると、津波数値計算により、あらかじめ作成されたデータベースを利用して津波の波高を予測し、津波予報を出している。しかしまだその誤差は大きく、より高度な数値計算方法を開発し、予報精度を向上させる事が求められている。また地震の規模に比べて異常に大きな津波を発生させる津波地震の発生メカニズムの解明も急務である。本研究では津波の発生及び伝播に関するこれらの2つのテーマについて研究を行う。

本年度の計画

2003年十勝沖地震による津波等を対象にして、改良した数値計算手法を用いて、種々の条件下でシミュレーションを行い、その結果と観測波形を比較して、最も効率良くまた精度良く後続波まで津波波形を再現できる数値計算方法を確立する。

津波地震のモデルの有効性について、数値計算結果に基づき従来のモデルと比較検討し、その得失をとりまとめる。

本年度の成果

- ・開発した非線形津波伝播計算プログラムを2005年8月の宮城県沖の地震の津波に適用し、観測波形を良く再現できた。この際、海底津波計のデータを用いて地震波や地殻変動から推定された断層モデルのすべり量を補正すると再現精度が上がる事が確認され、沿岸の津波予測に沖合の観測データを利用する有効性が明らかになった。
- ・2003年と1952年の2つの十勝沖地震は、震度分布がほぼ等しい一方、津波分布は大きく異なる。1952年の地震が津波地震の性質を持っていたかどうかを調べるため、2003年の断層すべりに加えて釧路沖にも断層すべりを置き、その立ち上がり時間を変えて津波計算を実施した。その結果、1952年に釧路以東で観測された高い津波は、立ち上がり時間が2～3分程度までならある程度分布傾向が再現されたが、それ以上遅くすると現れなくなることが分かった。
- ・表面波マグニチュードだけではなく、モーメントマグニチュードに比較しても大きな津波マグニチュードの津波地震の発生メカニズムとして、逆断層大地震の発生時に海溝近傍の堆積層が変動し付加的に隆起し津波が予想より大きくなるという仮説が有力であることがわかったが、その確認のためには今後のデータの蓄積が必要である。

関連論文

火山活動に伴う自然電位、重力変化等の観測・解析に関する基礎的研究

研究期間：平成13年度～平成17年度

研究代表者：山本哲也（地震火山研究部 第三研究室長）

研究参加者：福井敬一、藤原健治(4～7月)、北川貞之(8～3月)、高木朗充、坂井孝行（地震火山研究部）

目的

火山活動予測に寄与するため、現在は火山監視業務に導入されていない新たな要素の観測と、それらの観測データの物理的意味を解明するための基礎的研究を行う。また、火山における各種観測データの収集、解析をして、火山現象の発生機構などに関する基礎的研究を進める。

本年度の計画

安達太良山でGPS、地磁気、自然電位、重力、熱等の観測を行う。観測成果、解析結果のとりまとめを行う。

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

本年度の成果

テストフィールドとした安達太良山沼ノ平火口で、火山活動を総合的に捉えるために、引き続き重力、自然電位、GPS等の観測を行った。

重力観測では、観測点の標高変化の影響を除去できるようにGPS観測を並行して行い、2000年以降の火山活動の低下に伴うとみられる重力変化を明らかにした。この変化は標高変化で説明できる大きさを越えており、火口下の地下水の変動に原因があると推定される。

自然電位観測では、温度変化のある地熱地域の連続観測データに対して地中温度の補正を行うことで、従来なら見過ごされていた雑音レベル程度の自然電位変化を検出した。この変化から小さいスケールの単発的な地熱活動の存在が示唆された。

GPS観測から、2000年以降引き続き火口付近が収縮、沈降傾向にあることを明らかにした。これは火山活動が低下傾向にあるためとみられる。

安達太良山では火山活動が熱水の動きに密接に結びついているとみられる。深部から熱水の供給を受けたとき地下水の流れや温度分布がどのように変化するかを調べるために、熱源と熱水循環の数値シミュレーションを行った。沼ノ平火口付近の地下の浸透率や空隙率をモデル化し、様々なケースについて計算を行った。その結果、これまでの地磁気観測から推定されている地下の温度変化を説明するには、火口底深部の南北2箇所の熱水供給源が必要であることが明らかになった。また、活動が活発化した時期には、地下の高温部に蒸気相が現れるため、地表の重力が減少することが推定された。

地磁気、地殻変動、重力、自然電位などの観測を、熱源と熱水対流の数値シミュレーションと組み合わせることで、種々の現象を統一的に説明する手段、総合的に活動を把握する手段となることを示した。これによって、地震で火山活動が捉えにくい火山でも、地磁気や重力の観測、火口付近での地殻変動観測によって活動の様子を詳細に捉えうる。

関連論文

228, 229, 326

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

研究期間： 平成15年度～平成19年度

研究代表者： 石崎 廣（海洋研究部 第一研究室長）

研究参加者： 石川一郎、平原幹俊、辻野博之、中野英之、中野俊也（海洋研究部）、
安田珠幾（気候研究部）

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

- ・非静力学過程開発
- ・北太平洋渦解像モデル歴史的強制実験
- ・全球渦解像モデルの開発、実験初期値の作成
- ・OMIP 実験への参加
- ・沿岸域モデルへの拡張に向けての調査

②計算結果による海洋現象の解析

- ・北太平洋渦解像モデル気候的強制実験に対する北太平洋中緯度域における諸水塊の気候学的形成・維持機構の調査
- ・全球熱・塩分・淡水輸送の見積もり
- ・深層測流結果の解析及びモデル結果との比較
- ・歴史的強制実験結果における水位変動調査

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

- ・非静力学過程開発

楕円方程式を解くのに際して、昨年度、B-Grid に対する最適化として一般的によく使われる双共役勾配法を導入したが、複雑な地形においては双共役残差法の計算効率性が高いことが判明した。その理由として、反復計算の一回当たりの計算は前者が速いが、後者では収束が速いことが挙げられる。

- ・北太平洋渦解像モデル歴史的強制実験

対照実験としての渦許容モデルによる歴史的強制実験は完了し、解析用の5日平均データを約55年分(1949年～2004年)採取した。同一の条件で渦解像モデルによる歴史的強制実験を実行し、同じ55年分のデータを採取した。

- ・全球渦解像モデルの開発、実験初期値の作成

Joukowski 座標系を用いて北極海まで含み、高緯度での格子間隔の縮小もある程度防げるような全球モデルを開発した。実験初期値はPHC気候値データを高解像度格子に内挿して使用した。

- ・OMIP 実験への参加

海面塩分緩和を行わず淡水フラックスを与えて全球モデルで長期積分を行った結果、南半球高緯度に熱塩循環の十数年周期変動（以下AATHO）が生じた。これは低緯度から高緯度への表層低塩分水の輸送と冷却による深い対流の発生に起因することが分かった。

- ・沿岸域モデルへの拡張に向けての調査

台風研究部の協力を得て、2004年の台風16号の接近に伴う瀬戸内海を含む西日本海域の高潮の再

現を試みた結果、従来の大循環モデルからの簡単な転用にもかかわらず、検潮所のデータと比べてよい一致をみた。

- ・その他

モデルコードの改良として、圧力と密度の整合化、バルク式におけるスカラー風速の補正、混合層モデルへの砕波効果の導入等のオプションを追加した。

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気候的強制実験に対する北太平洋中緯度域における諸水塊の気候学的形成・維持機構の調査

亜熱帯モード水の形成・分布過程において、中規模渦の空間規模では水温躍層が深い部分で混合層も厚いので高気圧渦と厚いモード水形成との関係が示され、中規模渦がモード水を保持して南西に進むことで、モード水が広く分布することが判明した。一方、日本東方の混乱水域では、渦許容モデルと比較して渦活動が活発で南北熱塩輸送が強く擾乱の水平スケールが小さい。この結果はこの海域で亜寒帯中層の低塩分水が亜熱帯に輸送される過程(塩分極小の形成)における小規模擾乱の役割の重要性を示した。

- ・全球熱・塩分・淡水輸送の見積もり

熱の南北流量は、緯度的に小規模なスケールの変位が重なっているものの、ローカルに最大2ペタワット程度を示し、現実と比較して妥当であった。大西洋では南半球でも北向きとなる。一方、淡水輸送は定性的には観測と同じパターンを示すが、低緯度での南下流が2倍程度強い。境界条件データの改良も必要と思われる。淡水フラックス駆動であるため塩分輸送は零である。

- ・深層測流結果の解析とモデル結果と比較

2箇所のうち北西部(2S,163E)付近では2500m以深で平均的な南下流、南東部(5S,165E)付近では2250m以浅で平均的な東向流が見られ、それぞれモデル結果と矛盾しない観測結果が得られた。メカニカル流速計と超音波流速計の比較によると、弱い流速に対して前者は後者に比べて系統的に時計回りにずれた流向を示すことが多かった。これは前者の構造に起因すると思われる。

- ・歴史的強制実験結果における水位変動調査

モデル結果は、観測と同様に、北太平洋十年規模振動に伴う大気循環場の変化に応答して、約20年の周期性と、日本と北米西海岸での沿岸水位変動が逆位相となる時空間パターンを示す。また、日本周辺での90年代以降の上昇傾向は、渦なしモデルでNCEP/NCARの再解析を強制力としたとき定性的には再現された。

関連論文

44, 45, 316, 412

北西太平洋の力学的海況予報に関する研究

研究期間：平成13年度～平成17年度

研究代表者：石崎 廣（海洋研究部 第一研究室長）

研究参加者：辻野博之、蒲地政文、碓氷典久（海洋研究部）、石崎士郎（気象庁地球環境・海洋部海洋気象課）

目的

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

本年度の計画

- ・海況予測用モデル本体のパラメータ、及びデータ同化による予報時の初期状態作成等に関するシステムの改良を行って、予測性能の向上を図った。
- ・気象研究所海洋データ同化・解析・予報システムの構築及び予報実験結果に関するこれまでの成果をもとに研究のとりまとめを行う。

本年度の成果

- ・海況予測用モデル本体のパラメータ、及びデータ同化による予報時の初期状態作成等に関するシステムの改良を行って、予測性能の向上を図る

九州東方沖の低気圧性擾乱の再現性が良くないことと、黒潮流路のカオス的な性質に起因して、初期の誤差が急速に増大し、非現実的な黒潮大蛇行を予測する場合への対応として、**breeding**法を用いたアンサンブル予測実験を行った。

東海沖で予測結果が良くないことへの対応として、初期値が力学バランスを満たさないために生じる予測開始直後の初期ショックにより予測スコアを悪化させる場合があることが分かった。この対策として、同化パラメータをモデル誤差が小さくなるように調節することにより、初期ショックを緩和させた。

これらの対策により予測限界を約10日間延ばすことができた。

関連論文

58, 59, 61, 112, 252, 338

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、碓氷典久、藤井陽介（海洋研究部）、石崎士郎（気象庁地球環境・海洋部海洋気象課）

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

・観測データ及び同化実験結果の解析

太平洋での水温・塩分構造と水塊分布の解析：バリエーションの算出蓄熱量・温度躍層の深さ・流れ場の EOF 解析を行い、各モードに対して大気気圧場・海上風との相関をとる解析を昨年度に引き続き行う。

・観測データの解析と同化結果との比較

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

統計量の海域分けを再度検討する。

②ア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

①で作成された水温・塩分場使用、期間2000～2003年、水温・塩分場の再現性の検討を行う。黒潮海域の変動の起源を求める感度実験を開始する。

・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。

本年度の成果

①過去の同化実験と解析並びに同化システムの改善

船舶データによる表層蓄熱量データを用いて、海洋変動の経年から10年変動に関する解析、特に大気気圧場・海上風との関係、および海洋の応答を調べた。温度躍層の深さと流れ場に関して同様の解析を行い、亜熱帯循環の強度と同循環の南北移動が検出できた。これらの変動は大気場からの応答が原因であることが解った。

3次元変分法を用いて1980年から2004年までの同化実験を行い、水温・塩分・流速・海面高度に関する4次元データセットを作成した。このデータセットを用いて、経年から10年変動に関する解析を行っており、次年度以降も続行する。また、同化実験のデータセットを融合型経常研究でのエルニーニョ予測実験の初期値として提供した。

一連の研究において熱帯太平洋で海上風と海洋内部の圧力場とが整合性がとれていなく、予測実験に影響することがわかった。そのため、海上風を修正する新しい同化手法の開発を開始し、次年度本格的に改良・実験を行う。

②アジョイント法の開発

昨年度開発したアジョイント法を用いた北西太平洋に海域を限定した予備的な同化実験を行った。黒潮流軸の予測結果の精度向上と観測網の効率化のための感度実験を開始した。感度実験は次年度以降も続行する。

関連論文

61, 105, 110, 111, 112, 114, 115, 279, 280, 282, 334, 337, 338

非静力学数値予報モデルによる地域気象特性の研究

研究期間：平成15年度～平成17年度

研究代表者：大窪 浩（札幌管区気象台 予報課）

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

目的

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

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

本年度の計画

- ・非静力学数値予報モデルによるシミュレーションによる擾乱の構造解析、降雨・降雪等の機構解析
- ・概念モデル、定量的予測手法への応用の検討
- ・報告書(気象研究所向け及び札幌管区気象台技術時報原稿)作成

本年度の成果

従来地方官署では不可能であった非静力学モデル（以下 NHM）による数値実験を基に、概念モデル化や現業用ワークシート化を行う等、予報現業用に監視・解析のための有効な着眼点を把握し、モデル利用研究の浸透で人材育成を促進した。最終年度として以下を集約した。

- ・熱的不安定降水：地上収束線、下層風向別分布等の特徴把握とワークシート作成。
- ・太平洋側の大雨：渡島半島の大雨概念モデル作成、大雨発現確率と日変化傾向把握。オロフレ山系大雨の構造を NHM で従来知見の有効性を確認。
- ・冬型降雪：850hPa 風向風速別の降雪分布や地上収束線の特性を把握。
- ・局地風と低層ウインドシャー：旭川空港強風・弟子屈強風・羅臼おろしの概念モデル作成やワークシート化。旭川空港・新千歳空港の低層ウインドシャー又は山岳波発生条件の概念モデル化やワークシート化。
- ・下層雲・低温：オホーツク海側や太平洋側東部の下層雲実況監視の着眼点を把握。
- ・パソコンでの非静力学モデル利用システム等開発：防災情報モデル開発システムと同等の非静力学モデルを利用するシステムを Linux パソコン環境で気象研究所が開発。

札幌管区気象台は、Linux 版 NHM について、本庁数値予報課データ利用版の開発、地方官署でのシステム構築、利用説明書作成等の環境整備を実施した。更に、他の地方利用 NHM の出力データ編集や描画プログラムを開発し、研究進展に寄与した。

関連論文

東北地方のレーダー・アメダス解析雨量による短時間強雨の研究

研究期間：平成16年度～平成17年度

研究代表者：近藤 満（仙台管区気象台 予報課）

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

目的

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

本年度の計画

- メソスケール降水系の分析：強雨をもたらしたメソシステムを抽出し、NHMやWPRも用いて解析する。下層シヤーラインの生成過程、レーダーエコーの発達過程等の特徴をまとめる。下層シヤーの消長に関する着目点を抽出する。業務に利用しやすいように、モデル図やワークシートにまとめる。
- 短時間強雨と地形との対応性：気象じょう乱別に、地形との対応性を調べ、業務に利用しやすいように図表にまとめる。
- 災害と短時間強雨との対応調査：災害と雨量と土壌雨量指数との関係を調べ、業務に利用しやすいように相関図を作成する。
- まとめ：研究成果報告および気象データやプログラムをCD-Rに収録し、管内に周知し活用できるようにするとともに、再利用に資す。

本年度の成果

1994年から2003年の5kmおよび2.5kmメッシュのレーダー・アメダス解析雨量を用いて、過去10年間に実際起きた大雨を抽出し、擾乱ごとに分類し、特性を解明した。

- 全擾乱を含めた注意報級の頻度の水平分布は、R24では海に面した斜面で頻度が高い。これは、大規模な擾乱による風で雨が持続することが、R24といった期間の長い大雨を引き起こす事を示唆する。
- 海に面した斜面で頻度が高い特徴は、R1の注意報級の大雨頻度でもみられた。短時間強雨も大規模な擾乱によってもたらされている比率が高いと考えられる。
- 注意報級のR1の頻度では、R24に比べて内陸部でも頻度が高い特徴があった。
- 陸面からの加熱をきっかけとする対流性降水の影響が、R24に比べてR1の頻度分布に強く表れていたと考えられる。
- 警報級の頻度についても、R1とR24とで水平分布が異なった。
- R1では注意報級以上に陸面からの加熱の影響が強いと推測される。
- 擾乱別頻度の水平分布については、持続する風系が、特定斜面における強雨に影響している。
- 2.5kmメッシュという分解能の高いデータを有効に利用できるように、今回の結果を簡単かつ迅速に表示するソフトを開発した。
- 研究成果報告および気象データやプログラムをCD-Rに収録し、管内に周知し活用できるようにした（仙台管区気象台2006）。

関連論文

415

強風災害をもたらす風の特徴調査

研究期間：平成15年度～平成17年度

研究代表者：市川 寿（東京管区気象台 気候・調査課）

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

目的

平成14年を例にとれば、東京管区気象台管内での強風災害の発生数は、65件となっている。また、竜巻等の瞬発性の強風災害も即時的現地調査を行ったものだけでも12件発生し、社会的にも注目を集めている。このような強風災害に対しいかなる防災気象情報の発表や解説が求められている。

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

本年度の計画

①一般的な強風の特徴調査

前年度までの調査を継続し、一般的な強風について強風と災害の関係、強風の特徴について定量化する。

検討結果のとりまとめをおこなう。

管内官署での防災気象情報の発表や解説に資するため、オンラインで利用可能な電子マニュアルを作成する。

②瞬発性強風の特徴調査

前年度までの調査を継続し、総観場～メソスケールまでの瞬発性強風発生時の環境を明らかにする。

前項の結果をもとに予測可能性を検討し、予測因子の抽出と定量化可能なものについては算出ソフトウェアを作成する。

検討結果のとりまとめをおこなう。

瞬発性強風を事例毎に総観場～メソスケールまでの特徴、被害状況等をまとめたオンラインで利用可能なデータベースを作成する。

本年度の成果

①一般的な強風の特徴調査

・強風と災害の関係

新潟県を対象に、最大風速・最大瞬間風速と被害の関係について調べ、従来から指摘されている経験則である、「最大瞬間風速のほうが最大平均風速より被害との相関が高い」、「何れの地域でも最大瞬間風速25m/s以上で災害発生率が急に上昇する」を確認した。

また、東管内のいくつかの気象官署の突風率と風向との関係を調べ、突風率は地勢の開放方向で大きいことが判った。このことが近傍に気象官署が無い地域でも当てはまるか見るために、国土数値情報から求めた開放方向と一般風の向きが一致する地域が被害発生状況とよく対応することを確認した（新潟県中越地方）。

・NHMによる再現実験

強風の地域分布の再現を主な目的としたNHMによる実験を行った。新潟県では冬型の気圧配置時の地域分布の再現において地表面粗度を詳細に取り込むことが有用であることを見出した。

②瞬発性強風の特徴調査

・事例解析と予測可能性の検討

現地調査で竜巻と推定された「2001年9月10日の東京都の竜巻」について2台のドップラーレーダーデータを使った詳細な解析を実施した。その結果、台風に伴うレインバンドの南東端にメソサイクロンが検出され、弱エコー域(WER)やヴォルトなどの特徴的な構造も確認できた。またメソサイクロンの中心付近の渦度は、竜巻発生時において、高度1500m以下の最下層を中心に極大を示

したことも判明した。メソサイクロン発生の環境場としては、ストームに相対的なヘリシティ (SReH) やバルクリチャードソン数 (BRN) が一般的に云われている基準値を越えていたことを示した。

残りの事例については、現地調査、レーダーエコーの特徴、及び発生環境場に関する解析を行った。

- ・瞬発性強風発生時の環境場の調査

現地調査で竜巻と推定された 2001～2005 年の 15 事例について、成層の安定度、ストームに相対的なヘリシティ (SReH)、地上シアラインの有無や振る舞い、親雲レーダーエコーの特徴などをデータベース化した。親雲となる降水システムは、レーダーエコーの形態的特徴としては、線状や団塊状エコーが一系列に整列した形状の場合が多く、関東地方や東海地方で特にその傾向が強いことが判った。また地上風系の特徴では、シアラインを伴っている場合は約 40%、竜巻発生地域が合流場になっている場合が約 70%と、後者の場の多い傾向がみられた。

- ・竜巻データベースの整備と総観場の特徴の調査

昨年度に新野 (1997) を基に作成した Excel 形式の竜巻データベースに、気象庁の災害データベースから抽出した東京管区気象台管内の竜巻を追加し、東管内の竜巻データベース (1961 年～2005 年 8 月 ; Excel 形式) として整備した。今年度は現地調査で竜巻と判明した事例について、前項の成果を取り入れ、直近の成層安定度、SReH などの指数も項目に取り入れた。現在、気象庁のイントラ (行政情報ネットワーク) 上で、閲覧・利用が常時可能である。

関連論文

- *柴田のり子, 2006: 台風に伴うスーパーセル竜巻の予測可能性について—2001 年 8 月 22 日台風第 11 号に伴って埼玉県羽生市で発生した竜巻—. 天気, **53**, 197-205.

メソ降水系の実態解明と予測技術の開発

研究期間：平成15年度～平成17年度

研究代表者：松本 積（福岡管区気象台 予報課）

研究担当者等：吉崎正憲（予報研究部）、福岡管区気象台、鹿児島地方気象台

目的

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

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

本年度の計画

- ・ ミニスーパー非静力学モデル（5km 及び 1km メッシュ）によるインパクト実験による大雨が発生する条件の調査
- ・ これまで抽出した事例について、データベースの作成
- ・ 構造が解析できたケースについてワークシート及び地方ガイダンスの作成
- ・ 研究会・学会での結果発表
- ・ 福岡管区要報の作成

本年度の成果

- ・ NHM を用いたライン状降水帯の再現実験の成果

2005年6月23日に鹿児島県川辺町で猛烈な雨をもたらしたライン状降水帯をNHMによりかなり良い精度で再現することができた。再現実験の結果から6つの豪雨発生条件（Ⅰ：下層収束、Ⅱ：対流不安定、Ⅲ：LCLとLFCの高度が低い、Ⅳ：下層に高相当温位域、Ⅴ：中層に乾燥空気域、Ⅵ：ⅣとⅤから対流不安定が強化される）をすべて満たす環境下で発生したことが判明した。

2004年11月11日の種子島南部での記録的な短時間大雨のNHMによる再現実験からは、ライン状降水帯を形成した気流の収束に屋久島の地形効果が重要な役割を担っていることが判明し、地形効果が山越え気流ではなく迂回流として影響している可能性が大きいことが判明した。

- ・ 予測技術の開発に関する成果

前項で示した豪雨の発生条件の中で、Ⅰ：下層収束は局地性が大きく予想が困難であるために実況監視の果たす役割が大きい。アメダスや毎時風解析を用いた地上風収束と雷雲の発生との調査から、地上風収束の監視が雷雲発生の予測に有効であることが判明した。

その他の豪雨発生条件（Ⅱ～Ⅵ）については、これまでに実施したNHM再現実験や降水帯の構造解析等から、数値予報資料によりある程度予測が可能であることは分かっている。このことから数値予報資料と衛星・レーダー等の実況資料を合成表示するSATAIDを用いて、梅雨期に九州北部での大雨の原因となることが多いスプリットフロントについて予測の可能性を調査し、大雨発生のポテンシャルの把握については十分な実用性があることが判明した。

関連論文

九州地方における気温・湿度・降水量の長期変動に関する調査

研究期間：平成16年度～平成17年度
研究代表者：別府秀樹（福岡管区気象観測課）
研究担当者等：釜堀弘隆（気候研究部）、福岡管区気象台

目的

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

本年度の計画

- ・各官署の差についての見当
引き続き官署間の変動に有意な差があるかどうかの検討を行う。
- ・地域区分の検討
有意な差が認められる地点について、その要因（沿岸部と内陸部といった自然的な条件、人口の増加や土地利用変化など社会的な条件の変化など）について調査する。
- ・研究結果のとりまとめ
- ・研究会・学会での発表
- ・解説用資料、報告書作成

本年度の成果

- ・月平均気温（平均、最高、最低）については、多くの地点、年代（1931～2004、1951～2004、1971～2004）、月において、危険率5%未満で有意な正のトレンドが解析され、九州・山口県地方全域において長期的に気温が上昇していることが確認された。
- ・月平均最高気温より月平均最低気温の方が、年代や地点に関わらず有意な正のトレンドが多く見られた。
- ・気温の変動には長期的な上昇トレンドのほか、数十年スケールの変動も卓越していて、各地点共通して、1960年頃の極大の後、若干下降し、1970年代後半あるいは1980年代以降に上昇している。こうした変動により1971-2004年の期間で最も大きな正のトレンドが解析された。
- ・福岡、鹿児島、名瀬の1961年以降における850hPaや500hPaの年平均気温にも有意な正のトレンドが見られ、九州・山口県地方の対流圏下層全体に気温が上昇している。また、1971-2004年の期間の地上気温の正のトレンドは、都市部の地点で大きい傾向があり、都市化による気温上昇も加わっている可能性が大きい。
- ・地上の蒸気圧には数十年スケールの変動が卓越しているが、トレンドは見られない。
- ・平均相対湿度は各年代で有意な負のトレンドが解析された。これは、気温に正のトレンドがある一方で、蒸気圧にはトレンドがないためと考えられる。
- ・月降水量は有意なトレンドはあまり見出せないが、4月、5月の一部に有意な負のトレンドが解析された。

関連論文

西太平洋におけるバリエイヤーの形成・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：中野俊也（海洋研究部）、神戸海洋気象台

目的

赤道域における大気海洋相互作用の理解のため、西太平洋におけるバリエイヤーの形成域・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、観測結果による実況把握を行うとともに、海洋データ同化システムの結果との比較・検証を通じて、海洋データ同化システムの改良に資する知見を得る。

本年度の計画

（神戸海洋気象台海洋課）

- ・曳航式CTD、CTD+LADCP、ADCP及びXBTによる海洋観測データ（水温、塩分、流速）の取得
- ・取得データセットの構築
- ・バリエイヤーの抽出、形成域及び分布域の把握
- ・TAO/TRITON ブイデータの収集、データセットの構築（気象研究所）
- ・バリエイヤー海域の推定、神戸海台への報告
- ・同化手法によるデータセット作成、客観解析
- ・バリエイヤーの抽出
- ・バリエイヤーの発達条件、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」の航海において、赤道、 137° E 及び 165° E に沿った測線で、曳航式CTD、CTD/LADCP、ADCP及び総合海上気象観測装置により海洋気象観測を3回行った。この観測による赤道周辺海域の海洋気象データと、収集したTAO/TRITON ブイデータ及びJ-OFURO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、バリエイヤーの分布を算出し、解析に必要な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。特に、6月の(KS-0506)航海における赤道に沿った曳航式CTD観測では、初めて夜間曳航観測を行い 157° ～ 165° Eにかけての広範囲の連続観測データを取得できた。得られた曳航式CTDの連続データから、これまで明瞭でなかった、より詳細なバリエイヤー等の海洋構造を観測からみることができた。それによれば、 157° ～ 163° Eにかけての100～200m深には、35.4以上の高塩分水が層構造をしていた。ADCPによる流れのデータと合わせた解析では、高塩分水の存在する深さで北向きの流れとなっていることから、南太平洋回帰線水が層構造をなして貫入してきているものと考えられる。また海上の風向が北から南に変化している 160° $30'$ Eより東に塩分フロントが形成されており、この塩分フロントより東に向かって厚いバリエイヤーが形成されていた。

さらに、気象研究所で開発中の海洋データ同化システムを用い、1993～2004年の同化実験を行って、バリエイヤーの分布を算出し、この海域の広範囲な平均的な分布が把握可能となった。

関連論文

今井正直, 中村哲也, 習田恵三, 2006: 海洋表層の詳細な観測のための曳航式電気伝導度水温水深計(曳航式CTD). 測候時報海洋気象特集号

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：瀬古 弘（予報研究部 第一研究室主任研究官）
研究担当者等：大阪管区气象台

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

- ・線状降水帯の事例を選定する。
- ・ドップラーレーダーやウィンドプロファイラ、GPSなどの観測データを使って解析し、個々の降水帯の構造や維持機構を見出す。
- ・同化システムを利用して、複数の初期値を取得し、それぞれの初期値から非静力学モデルなどを用いて、再現実験を行う。

本年度の成果

官署毎に1～2事例の線状降水帯を選出し、降水帯の解析を進めている。ここでは、解析事例の1例として、気象研究所が取り上げた線状降水帯について報告する。

気象研究所が選定した2003年4月8日の線状降水帯は、寒冷前線の通過後に形成され、その後の中層の乾燥気塊の進入時に減衰した。ドップラーレーダーから求めた風分布などから、この降水帯は、紀伊水道からの南よりの風と瀬戸内海の下層の西風が収束によって形成されていること、また、降水帯の走向が中層の風向と同じで、側面からも湿った気流が供給されていて、“バック アンド サイド ビルディング型”であったことが分かった。また、数値モデルの結果から、降水帯の形成には、寒冷前線によって強化された紀伊水道の南風が寄与し、降水帯の北部分では、瀬戸内海からの下層の西風が吹き込むことによって降水帯が維持強化され、形成された冷氣塊が気圧傾度力を強めることで、速い速度で東に移動していたことが分かった。また、再現された降水帯では、中層の乾燥気塊の進入時に減衰し、その後下層の暖湿気塊の流入が弱まっていたことから、降水帯は乾燥気塊の進入によって減衰していることが分かった。降水帯の気流構造からも、中層の乾燥気塊が雨滴を蒸発させて、強化された冷氣塊によって降水帯が強化されるというメカニズムは働いていないことが示された。

関連論文

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：北島尚子（台風研究部 第二研究室主任研究官）

研究担当者等：福岡管区气象台

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

- ・前線の構造等に関する基礎概念のまとめを行う。
- ・最近の事例のうち、寒候期に下層の前線帯が明瞭となった事例の解析を行うことにより、大規模場と前線の構造の関係を把握する。
- ・過去に調査された事例に新規概念を適用した再解析を行うことにより、従来の考え方との差異・改善点を明らかにする。

本年度の成果

- ・前線の構造等に関する基礎概念のまとめを行い、前線の定義について過去に変遷があったことや、下層前線と上空の前線の相互作用によりレインバンドの発現等に差異が生じるとされる理論について紹介を行った。
- ・最近数年間の寒候期に九州付近に影響した寒冷前線について、3事例を選び解析を行った。2004年11月26日の事例では、初期には下層前線が上層ジェットストリーク出口の真下に位置し、その循環との相互作用により背の高い鉛直運動が生じていたが、その後、下層前線が南下し上層のシステムとの位置関係が変わると同時期に、前線に伴う鉛直運動が弱まった。2003年1月3日の事例でも上層のシステムから南に離れつつある下層前線の解析を行い、アナフロントの性質だが比較的弱かったことを指摘した。2003年12月17日の事例については、上層ジェットストリークの寒気側で、ジェットストリークの出口の循環と日本海上の相対的に不安定な成層のために下層寒冷前線が強化された可能性を指摘した。
- ・過去に九州付近に影響した前線に関する文献調査と再解析を行った。文献となっているのはほとんどが大雨をもたらした暖候期の事例であった。また同じ事例を扱っているものでも、文献により前線として解析された位置が食い違っているものがしばしばあった。これは前線の定義の曖昧さによるものと考えられる。1982年7月の長崎付近の豪雨の事例では、下層前線付近の水平温度傾度が暖候期の事例としては比較的大きかった。これに対して1983年7月の山陰地方の豪雨の事例では、前線とされた領域では下層水平温度傾度は小さく、過去の調査では主に相当温位と鉛直安定度に着目していた。これら長崎豪雨と山陰豪雨の再解析を行い、豪雨域は上層ジェット気流の近傍に位置していたこと、顕著な対流不安定成層が形成されその持ち上げが下層前線に伴う鉛直運動以外の原因で生じていた可能性を指摘した。

関連論文

120, 121

紫外域放射伝達モデルの検証に関する研究

研究期間：平成17年度～平成18年度
研究代表者：青木輝夫（物理気象研究部 第三研究室長）
研究担当者等：札幌管区気象台

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、ブリューワー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

- ・気象研究所から札幌管区気象台への放射伝達モデルシステムの移植を行う。
- ・晴天時、1年分のブリューワー分光光度計等観測データセットを整備する。
- ・放射伝達モデルによる理論計算値と観測の比較及び、最適パラメータの決定、季節依存性の検討を行う。
- ・モデルへの入力パラメータと他の気象要素との関係を調査する。

本年度の成果

- ・晴天時のブリューワー分光光度計観測データ、オゾンゾンデ観測データ、直達日射量のデータセットを整備した。
- ・非積雪期の紫外域日射量を放射伝達モデルによって理論計算し、ブリューワー分光光度計による実測値と比較を行った結果、エアロゾルタイプと光学的厚さが重要であることが分かった。また、春と秋でエアロゾルタイプが異なることが分かった。
- ・モデル計算を行う上で仮定する空気分子の密度をオゾンゾンデ観測値からオゾン濃度を計算する際に用いた空気分子密度と整合性を持たせる必要があることが分かった。

関連論文

15

地球温暖化に伴う地域の気候変動予測に関する研究

研究期間：平成17年度～平成18年度
 研究代表者：栗原和夫（環境・応用気象研究部 第三研究室長）
 研究担当者等：仙台管区气象台、福岡管区气象台、長崎海洋气象台

目的

気象庁では、気象研究所が開発した地域気候モデルによる温暖化予測の成果を地球温暖化予測情報として発表している。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、細かい地域ごとの温暖化予測結果は、まだ検証が十分になされず、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、地域気候モデルの結果を地域ごとに検証し、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、これからの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

- ・地域気候モデルのデータを提供する。
- ・現在気候再現実験の検証に必要な観測データを収集し整理する。
- ・地域気候モデルの小スケール（管区、府県、府県細分化等）での現在気候再現結果の検証を行う。

本年度の成果

- ・気象研究所の地域気候モデルを用いて作成された気候統一シナリオのデータ（現在気候、温暖化時の各20年分のデータ）を担当官署に提供し、担当官署は、各種解析を行えるように環境を整理した。
- ・現在気候再現実験の検証に必要な観測データとして、気象官署の観測データ、アメダスデータ、東シナ海の気候図30年報（長崎海洋气象台）などを整備、整理し、各種解析の準備を整えた。
- ・現在気候再現結果については担当官署ごとに結果の検証を行った。

・仙台管区气象台

管区領域での現在気候再現特性を、月平均気温と月降水量の平均値、それらの年々変動の標準偏差について検証した。その結果、気温については、全般にモデルの気温の方が高い傾向が見られるものの、7月には東北地方の東西方向のコントラストがよく再現され、また年々変動の標準偏差も東北地方では概ね一致していることがわかった。

降水量については、1月の日本海側と太平洋側のコントラストがよく再現されている。また1月の日本海側の年々変動の標準偏差もほぼよい、しかし、1月および7月の太平洋側では降水量及び標準偏差とも過大であることがわかった。

東北地方の特徴的な現象である「やませ」について、その再現性を調べた。東北地方においては、7月の気温の年々変動の標準偏差が太平洋側で大きくなることが観測データの解析により確認された。これはやませの発生する年と発生しない年で、気温が大きく変わることを反映していると考えられる。この傾向はモデルによってもよく再現されている。ただし、この大きな気温の標準偏差は、北海道と東北地方ではよいものの、関東地方では、モデルの再現がよくない。これは平均気温の場で見ると、関東地方での、東北地方などより高い気温のバイアスとなって現れている。

やませの顕著年の状況を、観測データとモデルとで比べた。観測データでは、1983,1988,1993年が顕著年（冷夏年）と考えられるが、モデルでも、1981,1986,1987年などの顕著年が見られ、観測、モデルとも、顕著年においては、東北地方の東西の気温のコントラストが明瞭に現れていた。

・福岡管区气象台

九州地方を、北九州、南九州に細分化した場合の、気温（平均気温、最高気温、最低気温）、降水量および気温と降水量の標準偏差などについて、モデルの現在気候再現実験結果と観測とを比較し、モデルの再現精度を評価した。南九州と北九州では、降水の再現に差があり、北九州では、夏季の降水がモデルの方がやや少ないが、南九州ではほぼ観測に対応するなどの違いがあることがわかった。

・長崎海洋气象台

地域気候モデルの現在気候再現および温暖化予測データ、および東シナ海における観測データの整理と解析ソフトウェアを終え、海上データを用いた海上における現在気候再現結果の特徴と問題点についての解析を開始した。

竜巻やダウンバースト等の瞬発性突風の実態把握と予測可能性に関する研究

研究期間：平成17年度～平成18年度
 研究代表者：鈴木 修（気象衛星・観測システム研究部 第二研究室長）
 研究担当者等：大阪管区气象台、福岡管区气象台

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

福岡管区气象台

- ・瞬発性突風の事例の解析
 過去に突風災害を調査した事例を選び出し、メソ解析を実施して瞬発性突風をもたらした現象を改めて特定する。
 管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い、その現象を特定する。
- ・データベースの構築
 上記について、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。

大阪管区气象台

- ・空港及びその周辺で発生した瞬発性突風の事例の選定と解析
 航空気象観測の自記記録の中から「15m/sを超える突風」の事例を選び出し、時間空間変換を含むメソ解析を実施して、突風をもたらした現象を特定する。
 空港気象ドップラーレーダーで「シアライン」が検出された事例を選び出し、メソ解析を実施し、シアラインを発生させた現象を特定する。
 空港気象ドップラーレーダーで「ダウンバースト」が検出された事例を選び出し、その三次元構造を解析するなどしてダウンバーストであることを確認する。
- ・データベースの構築
 上記について、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。

本年度の成果

福岡管区气象台

九州地方北部で1990年以降に発生した竜巻について過去の調査報告を調査し、発生位置、時刻、現象の判定の信頼性が高いもの9事例（11個）を抽出した。
 大気環境を特徴づけるパラメータの算出プログラム（気象研開発）をPC上で動作するよう移植を行い（気象研、福岡）、直近の福岡高層観測データから各種指数を算出しデータベース化した。事例数が少ないが、5事例でストームに相対的なヘリシティの値がスーパーセル発生を目安となる値に近い大きかった。
 データベース中の2004年9月16日の北九州市の竜巻（F2）について解析し、大気環境の指数のからはスーパーセルの発生環境ではなく、レーダーエコーでもスーパーセルの特徴は見られなかったこと、竜巻親雲はアメダスデータでみて顕著な収束線（ガストフロント）上で発達していたことが判った。

大阪管区气象台

瞬発性突風の事例の解析のため、航空気象観測の自記記録を処理して15m/sを越える突風を自記記録のデータから抽出し、データベース化した。
 ドップラーレーダーの一次データを処理する気象研開発のツール（Draft）が使用できるよう整備した。
 メソ解析は、2005年6月4日（大航）及び2005年7月7日（関空）の事例について実施した。
 2005年6月4日に大航で最大瞬間風速26m/sの突風が、地上気象観測データを用いた解析から降雹を伴ったウェットダウンバーストによることであったこと、ドップラーレーダー等を用いた解析から、降雹を伴うスーパーセルによるものであった可能性が高いことが判った。
 2005年7月7日の事例（関空）では、ドップラーレーダーでシアライン・ダウンバーストが検出されている。この現象は深さ2～4kmの冷気層の前面の明瞭なガストフロント、ガストフロント後面の複数のマイクロバーストに伴って発生していたこと、降水セルの後面には（ダウンバーストの前兆現象と言われている）ノッチが観測されていたことが判った。

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（環境・応用気象研究部 第二研究室長）

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

- ・過去の高ガンマ線量率事象と気象要素との統計解析
- ・数値モデル化上重要なパラメータの抽出及び数値モデル化
- ・モデル計算に必要なデータセット（気象・地表面データ等）の整備
- ・ラドン大気中濃度のデータベース及びラドン発生量マップの作成

本年度の成果

- ・地質学、ラドン発生率観測データ及びこれまで発表されている文献を整理し、中国大陸におけるラドン発生率の分布図を作成した。大陸北部に比べ南部のほうが発生率が高いことが明らかになった（北部の数倍）。地表面条件として考慮した対象は積雪、土壌の凍結度、土壌水分などであり、これらの少ないときのほうが発生率は大きくなる。
- ・旭川、泊、柏崎、輪島、東海、における 1 時間ガンマ線量率の解析を行った。太平洋側と日本海側では季節変化の特性に大きな違いのあることがわかった。日本海側では冬季に高ガンマ線量率事象が多く発生するのに対し、東海や旭川ではほとんど季節による違いが見出されていない。これは大陸起源のラドン壊変物質が冬季日本海側の降雪で落とされるために、日本海側での事象の発現が多くなっていると考えられる。
- ・地表面からの発生率を一定としたシミュレーションを 2000, 2001, 2002, 2003 年について実施した。モデルの分解能が約 200km と粗いために、解析で見られたような太平洋側、日本海側の季節変化の違いは見出せていない。日本付近に降下するラドン壊変物質の量は大気中での輸送及び降水によって変化し、顕著な季節変化を示している。

関連論文

30

大気圏の粒子状放射性核種の長期的動態に関する研究

研究期間：平成13年度～平成17年度

研究代表者：五十嵐康人（地球化学研究部 第二研究室 主任研究官）

研究担当者：広瀬勝己、青山道夫、篠田佳宏（地球化学研究部）

目的

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

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

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

本年度の計画

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

引き続き札幌、仙台、東京、大阪、福岡、秋田、輪島、米子、釧路、稚内、石垣島の11地点において、超微量の人工放射性核種（ ^{90}Sr , ^{137}Cs 等）及び天然放射性核種（ ^7Be 等）の月間降下量の測定を行う。

5カ年の研究のまとめを行う。

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）の降下量データを引き続き2004年分まで取得できた。

1990年代では降下物中の比放射能（濃度）は春季に高く、夏と秋に低いという季節変動を示すことがわかった。この特徴は、 ^{90}Sr , ^{137}Cs に共通していた。同様に、 $^{137}\text{Cs}/^{90}\text{Sr}$ 比は春季に高く、夏と秋に低い。また、降下物重量も春に高いという季節変動パターンを示す。この季節変動パターンは、春季に活発化するアジア起源の風送ダストが、つくばで観測された降下物の主体を占めるということを改めて示唆するとともに、春季と夏・秋季では降下物を占める風送ダストの起源が違う可能性も示した。

また、降下物の ^{90}Sr 濃度は日本の表土よりも高く、 ^{137}Cs 濃度は日本の表土よりも低い傾向にあった。従って、降下物に含まれる土壌性ダストは、元々日本よりも人工放射能降下量が少なく、かつ両核種の分別が少ない低降水量地域から由来したと考えるのが妥当と考えられた。このことから、「風送ダスト仮説」はほぼ証明できたと考える。

農業環境技術研究所圃場の表土を用いて粒度、 $2\text{mm}\sim 710\mu\text{m}$, $710\sim 425\mu\text{m}$, $425\sim 212\mu\text{m}$, $212\sim 106\mu\text{m}$, $106\sim 53\mu\text{m}$, $53\mu\text{m}$ 以下、のように分粒して放射能測定を行った。その結果、 $^{137}\text{Cs}/^{90}\text{Sr}$ 比の変化は3～6の範囲にばらついたが、系統的な変化は見いだせなかった。従って $53\mu\text{m}$ 程度の粒度までは核種比の変化を生ずるような分別等は生じていないように考えられた。

関連論文

32

海洋環境における放射性核種の長期挙動に関する研究

研究期間：平成13年度～平成17年度

研究代表者：青山道夫（地球化学研究部 第二研究室 主任研究官）

研究担当者：廣瀬勝己、五十嵐康人、篠田佳宏（地球化学研究部研究部）

目的

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

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

本年度の計画

- ・1945年からの時空間での変動を再解析し、記述する。
- ・物理的・生物地球化学的素過程を記述する。
- ・深層への移行過程について記述する。
- ・海洋大循環モデルにより2010年の太平洋での分布を求める。

本年度の成果

- ・北太平洋においては、1950年代後半から1960年代前半にかけて北太平洋中緯度の海洋表面に供給された ^{137}Cs の大部分が、40年以上にわたって亜熱帯循環域の亜表層に蓄積されていることがわかった。

(Aoyama *et al.*, 2004)。とくに、亜熱帯循環域の南端にあたる北緯20度付近の深さ200～500mに $2.0\sim 2.5\text{ Bq m}^{-3}$ の ^{137}Cs 濃度の極大が存在する。密度座標では26付近に ^{137}Cs 極大が存在する。1970年代と1980年代に北緯10～20度付近で海水中蓄積量が増加していることはすでに報告している(Aoyama and Hirose, 2003)。また、赤道域での表面海水中 ^{137}Cs 濃度の滞留時間が非常に長いことが見出されており(Hirose and Aoyama, 2003)、 ^{137}Cs の南向きの海洋内部輸送が赤道太平洋での ^{137}Cs の蓄積量や表面海水中濃度の経時変動を支配する要因であると考えられる。南太平洋では、中緯度西側海域で ^{137}Cs が 1.5 Bq m^{-3} と北太平洋中緯度と同程度の放射能であるのに対し、東側海域では 0.1 Bq m^{-3} と表面としては極端に小さい値を示している。また表層だけでなく内部までこの低濃度傾向が及んでいることが明らかとなった(Aoyama *et al.*, 2005)。

北太平洋と南太平洋での $^{239,240}\text{Pu}$ 濃度の比較の結果、表面では大きな差が認められないが、600～1000m深にみられる極大層ではほぼ1桁北太平洋のほうが大きな値を示した。これは、プルトニウムの鉛直輸送を担っている粒子状物質の下向き輸送量が北太平洋に比べて南太平洋で小さいことを示唆している。

- ・生物地球化学過程の研究にはトリウム同位体が広範に用いられている。特に、海水中の ^{230}Th は主に ^{234}U の壊変により生成するので、生成量が容易に評価できる。この性質を利用して、トリウム除去に関する研究が行われてきた。しかし、従来用いられていたモデルから炭素の移出フラックスを求めることができなかった。今回は、炭素の移出フラックスを含む除去モデルを新たに構築し、 ^{230}Th の分布から、炭素移出フラックスを推定する方法を確立することができた。
- ・南半球中緯度での深層までの ^{137}Cs の鉛直分布を明らかにした。海域は、西部南太平洋南緯30度付近である。

表面では 1.5 Bq m^{-3} 程度であり、1000m深までは単調に濃度は減少する。2000～3000m深で極小をしめし、その値は 0.05 Bq m^{-3} 程度となる。さらに深層の4000～6000m深では、増加の傾向にあり、 $0.05\sim 0.1\text{ Bq m}^{-3}$ である。これらは深層での値を正確に評価した世界で最初のデータである。極小を示す理由としては、北太平洋からの深層循環が戻ってくることに関係している可能性が示唆された。また、深層での増加は、南極側から過去に相対的に浅いところにあったものが沈み込んできていることを示唆している。これらの結果は、人工放射性核種の地球化学研究に寄与するだけでなく、海洋大循環モデルの検証や向上の助けとなる。

- ・モデル計算のための10度メッシュの ^{137}Cs ソースタームを作成した。

関連論文

319, 320

大気中の放射性気体の実態把握に関する研究

研究期間：平成13年度～平成17年度

研究代表者：時枝隆之（地球化学研究部 第一研究室主任研究官）

研究担当者：松枝秀和、石井雅男、斉藤 秀、澤 庸介、広瀬勝己、青山道夫、五十嵐康人、篠田佳宏（地球化学研究部）

目的

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

本年度の計画

- ・大気中 ^{85}Kr の連続観測（つくば及び青森）
- ・国内気象官署において、大気中 ^{85}Kr を観測する。
- ・つくばにおけるトリチウム観測。
- ・ ^{85}Kr 分析について、ドイツ方式と気象研方式との比較を、実試料について行う。
- ・研究のまとめを行う。

本年度の成果

- ・つくばにおける大気中バックグラウンド ^{85}Kr 濃度（東海村の核燃料再処理工場からの影響のない北半球中高緯度の平均的な濃度）は増加の傾向を示し、2005年1月現在では、ほぼ 1.5Bq/m^3 であった。
- ・1995年からの大気中 ^{85}Kr の連続観測の結果のうち、東海村の核燃料再処理施設の稼働日のデータを除いたつくばにおける ^{85}Kr のバックグラウンド濃度は、夏季に低濃度、冬季に高濃度という季節変動を伴いながら、1996年以降 $0.03\text{Bq/m}^3/\text{yr}$ の速度で今なお増加し続けていることがわかった。
- ・2003年6月から連続観測を開始した青森県における大気中の ^{85}Kr 濃度は、 ^{85}Kr の発生源が高緯度地域に存在していることを反映して、つくばにおける ^{85}Kr のバックグラウンド濃度に比べてどの季節であっても高くなっていた。
- ・国内気象官署における大気中 ^{85}Kr の観測結果も先の ^{85}Kr の緯度分布同様に、高緯度域で高く、低緯度域で低い傾向が見られた。

関連論文

264

定期航空便による温室効果気体観測のグローバルスタンダード化 観測用測器開発

研究期間：平成15年度～平成17年度

研究担当者：松枝秀和、澤 庸介（地球化学研究部）

目的

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

本年度の計画

- ・機体改造による自動フラスコサンプリング装置の取り付け方法と機内配管の状況を調査した後、試験観測を実施し、フラスコサンプリング装置に記録された採取データを解析し、実機における装置の作動状況を評価する。
- ・自動フラスコサンプリング装置の空気試料を既存の微量気体分析装置に自動導入するためのインターフェース部を構築する。
- ・国立環境研究所と共同で、試験観測で採取された空気の微量気体濃度の分析と解析を実施し、機器の性能の総合的評価を行う。

本年度の成果

- ・日本航空所有のボーイング 747-400 型旅客機に対して、装置固定のラックと空気配管を取り付ける機体の改修を行った。改修した実機に自動フラスコサンプリング装置を取り付け、地上における動作確認実験を実施し、装置のハード並びにソフトが正常に作動することが確認された。また、装置の作動が機体に対して悪影響を与えないことが実証された。
- ・自動フラスコサンプリング装置の空気試料を微量気体分析装置に自動導入するためのインターフェース部を製作し、標準ガス空気をを用いた模擬導入・分析実験を実施した。その結果、採取された空気試料がすべて自動で正常かつ精密に測定できるシステムが構築された。
- ・米国航空局と日本の航空局より装置と機体の改修について承認を受けた後、実際の旅客機運行において試験観測を実施し、得られた試料の分析とデータ解析を行った。その結果、設定した条件下で試料が採取されていると同時に、自動フラスコサンプリング装置と連続二酸化炭素測定装置のデータが良く一致することが確認できた。これらの試験観測を通して、開発した観測システムが旅客機観測に必要なすべて要件を満たしていることが実証された。

関連論文

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

研究期間：平成15年度～平成17年度

研究担当者：蒲地政文、中野俊也、碓氷典久、藤井陽介、石川一郎、平原幹俊、辻野博之（海洋研究部）

目的

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

本年度の計画

- ・蓄熱量データ及びそれに関連する大気データを用いた経年変動の解析を行う。大気データと蓄熱量データとのラグ相関をとり、大気が海面水温と蓄熱量の経年変動に最も影響を及ぼす海域を明らかにする。
- ・GODAE 相互比較実験に引き続き参加する。
- ・研究のとりまとめを行う。

本研究の成果

- ・蓄熱量データ及びそれに関連する大気データ（海上風）を用いた経年変動の解析を行った。北太平洋の海上風の強弱と南北移動が海面水温と蓄熱量の経年変動に影響を及ぼし、その時間変動が一致することを明らかにした。
- ・GODAE 相互比較実験での予備的な実験に参加した。
- ・海面水温データ（新世代海面水温）と同化結果を比較検討し、双方の相違点を明らかにし、研究のとりまとめとした。

関連論文

111, 114, 282

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を推定するプログラムの開発。
- ・スマトラ沖地震の震源過程モデルの収集。

本年度の成果

- ・体積歪計と石井式3成分歪計の波形データを用いて、スマトラ沖地震の震源時間関数を求めた。破壊の継続時間は約700秒、破壊は3つの主要な相を持つことが分かった。またモーメントマグニチュードはMw9.1となった。これらは長周期地震計を用いた結果と調和的である。
- ・地震波の到来方向の方位角は約240°となり、これは観測網からみた震源域の方位角と一致する。しかし、到来方向の時間変化から、破壊の北への伝播を抽出することはできなかった。これは、歪計の観測点が東西に分布しており、南北方向の分解能が十分でないこと等が原因と考えられる。

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 第二研究室長）

研究担当者：萩野谷成徳（物理気象研究部）、釜堀弘隆、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種類パラメータと下層雲の判別能力を高めた手法による衛星画像解析から、下層雲の雲量、形態や発生・消滅について解析し、湿度、安定度、海面温度や風による乱れなどの効果を組み合わせ、気候モデルにおける下層雲のパラメタリゼーション法を開発する。新しいパラメタリゼーションにより、気候モデルの下層雲の表現を改善し、気候変動予測精度の向上を目指す。

本年度の計画

- ・収集した衛星データを用い、可視・赤外多チャンネル法により、下層雲の形態を算定し、蓄積する。
- ・鹿島やつくば等において下層雲発生時にラジオゾンデ・地上測器による雲および気象観測を短時間間隔で行い、衛星で観測される下層雲の時間変化と気象要素の時間変化を調べる。
- ・収集した下層雲の雲量・形態および気象要素から雲量・形態を予測する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る結果と雲気候値の比較検証を行う。

本年度の成果

- ・大気放射計画（ARM）の一環としてカリフォルニア州の Reyes 岬で行われたラジオゾンデ観測データおよび GOES-WEST で観測された画像の収集を行った。収集した 2005 年 4 月から 9 月までの GOES-WEST データを用いてカリフォルニア沖での下層雲の光学的厚さや粒径について算定した。
- ・Reyes 岬で観測されたラジオゾンデデータと対応する雲解析との比較を行った。Reyes 岬を中心とした 20km の領域で、晴天時と曇天時(下層雲量 95%以上)および曇天時の光学的厚さの大小による、大気安定度、湿度および風速の鉛直分布の違いを調べた。その結果、①曇天時には晴天時に比べ逆転層(安定度)がより強く(晴天時にも弱いながらも存在)、逆転層より下層で湿度がより高く、風速が弱い。②地表面近傍の安定度は曇天時に比べ、晴天時により高い。③曇天時には逆転層より上層(850hPa 以下)で非常に湿度が低いことが分かった。また、より光学的に厚い雲が存在するほど、より逆転層が強く、湿度の高い領域がより厚く、風速が弱いことが分かった。曇天時の温度の逆転層の高さの平均値は 950hPa と背が低いことが確認できた。
- ・衛星画像データを用い、雲の空間分布の特徴を調べた。領域を設定し、その領域内で空間相関を距離の関数として計算し、領域内での標準距離を定義した。この空間相関距離を用いることにより、下層雲の形態を表現できることが分かった。層状の雲が存在する領域では空間相関距離が大きく、積雲系の雲が散在している領域では空間相関距離が小さいことが分かり、空間相関距離で下層雲の形態を判別することができる。
- ・ラジオゾンデの観測と雲解析の比較および統一大気モデルでの安定度、湿度の表現力から、安定度を主として地表面での安定度および逆転層より上空の拡散を考慮した下層雲の雲量を算定するパラメタリゼーション法を導入し、ISCCP の下層雲量や ERBE との比較を行った。その結果、大陸西岸近傍に観測に近い下層雲が発生することが確認できた。また、季節変化や日変化についてもよく表現できていることが確認できた。ただし、今回のパラメタリゼーションでは下層雲の出現高度は 940hPa を上限としているため、カリフォルニア沖からハワイ沖にかけて下層雲の雲高が上昇している観測結果については表現できていない。この点については湿度の鉛直分布を考慮した改善を試みている。
- ・統一大気モデルに Tiedke(1993)の雲量および雲水の予報方式を組み込んだ実験を行った。下層雲再現の評価は現在行っている。
- ・「ひまわり」の毎時赤外画像データを 2002 年～2004 年について北緯 60 度～南緯 60 度・東経 90 度～西経 160 度の領域で GrADS と GMSLP（衛星センターの viewer）の 2 種類のフォーマットでデ

ータベース化した。

- **Split Window** を用いた光学的に薄い下層雲について、粒径と光学的厚さの算定を行った。光学的に薄い下層雲は雲塊の端に存在するため部分雲量の影響を調査した。空間分解能の高い可視データ（～2 km）を用いて部分雲量の影響を調べた。可視データのシグナルは雲の存在を示しているが、光学的厚さが真に薄いのか、部分雲量の影響であるかの判別は今回のデータではできなかった（ARM の地上観測では光学的に薄い下層雲の存在が確認されている）。
- 再解析データと **GOES-WEST** の雲画像との比較から、下層雲の雲量との対応は安定度のほうが湿度よりも良好であることが分かった。湿度の空間分布は大きなスケールでの違いは見られるが、全般にほぼ様な高い値を示す。

関連論文

52, 53

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、古林絵里子、工藤 玲（気候研究部）、青木輝夫（物理気象研究部）、千葉 長（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

- ・ 地表面での放射とエアロゾル特性の観測
地上でエアロゾル散乱・吸収係数、エアロゾル、日射量の測定を行う。これらのデータを解析して、エアロゾルの光学特性の湿度依存、放射効果を調べ、パラメータ化する。解析データを検証データとして使えるよう整理する。
- ・ エアロゾル-雪氷相互作用に関する研究
積雪面上において放射、熱収支、積雪、エアロゾル観測を行う。これら観測データから得られた大気エアロゾル濃度と積雪中不純物濃度の関係を解析し、エアロゾル沈着量と積雪不純物濃度の関係をパラメータ化する。
- ・ 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
エアロゾル量放出データの整備を行う。
雪に関する陸面過程のプログラムを改訂し、エアロゾル-雪面モデルの改良の準備を行う。湿度変化に伴う光学特性の変化、雲粒内エアロゾルを考慮した雲光学特性モデルのプログラムを開発する。

本年度の研究成果

- ・ 地表面での放射とエアロゾル特性の観測
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測定するため、それぞれの機器の単体試験を行なった。その後、乾燥状態での測定を行なうため空気取り入れチューブに電源を on/off できる加熱装置を取り付け、試験測定を実施した。
測定した湿度特性と比較するため、OPAC モデルに基づき湿度に対する光学特性の変化を球粒子の仮定で計算し、散乱・吸収係数のデータを作成した。
エアロゾルの放射効果を見積もるために晴天時の日射量データの抽出を行った。
宮古島、南鳥島で散乱係数、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。
- ・ エアロゾル-雪氷相互作用に関する研究
2003/2004 冬期の札幌において、放射収支観測、大気エアロゾル観測、積雪断面観測を行った結果、大気エアロゾルを起源とする積雪不純物濃度は1～2月の積雪涵養期には10ppmw以下であったが、3月11～12日のダストイベントにより、その後の融解期には100ppmw以上を記録した。
可視域のアルベドと積雪不純物濃度の関係は、札幌では積雪涵養期でも可視域のアルベドの低下に不純物が大きな効果を持っており、また、不純物の成分としてダストだけでなく「すす」の寄与が大きいことが示唆された。
ダストイベント中の積雪サンプルからコールターカウンタで測定した不純物粒子の粒径分布を、レーザパーティクルカウンタで測定した大気エアロゾル粒径分布から雪面への乾性・湿性沈着粒子の粒径分布を計算し比較した。その結果、半径2.5 μm 以上の巨大粒子を除いて、大気エアロゾルの湿性沈着からの寄与が重要であることが分かった。
- ・ 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
データベースは主に Global Emission Inventory Activity (GEIA) と Emission Database for Global Atmospheric Research (EDGAR) に基づいて作成した。
人為起源 SO₂ の放出データは、いくつかのデータベースを切替て使えるようにしてあり、他のモデルとの相互比較が容易に行えるようにした。このほか SERS シナリオのデータ、火山起源の SO₂ 放

出データも参照できるようにした。

炭素系のデータは化石燃料燃焼起源、バイオマス燃焼起源、生物活動起源についてそれぞれ放出データを作成した。

光学特性の湿度依存性について従来の研究成果に基づき、モデルの湿度、温度エアロゾルの種類や濃度、粒径の関数として光学特性のテーブルを作成しロックアップ方式による放射計算を行えるようにプログラムの改訂を行った。

雲粒内エアロゾルを考慮した雲光学特性モデルについては、どう扱うか検討した。モデルからエアロゾル量と雲水総量を予測し、平均的な粒径を仮定してエアロゾル数を決め、更に雲粒数と雲の粒径を決める。その際、雲粒内に取り込まれるエアロゾル量も決める。ダストや煤を含む場合は、球形の粒子の周りに水が付いているモデルで放射スキームに必要なパラメータを計算した。

観測に基づいた雪氷面アルベドの変化を沈着エアロゾルと時間の関数として表現する方法に基づき、大気大循環モデルの地表面過程（SiB）のプログラム改訂を進めた。

関連論文

5

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

研究期間： 平成16年度～平成17年度

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

目的

わが国では、各省庁連携体制のもとで、太平洋域の二酸化炭素に関わる海洋観測を積極的に行ってきたことから、二酸化炭素吸収量に関連したデータを内包した様々な海洋・大気観測データセットが存在している。本研究では、これらのデータに対し統合的な解析を行うことにより、太平洋の二酸化炭素吸収量を明らかにすることを目指し、地球規模の炭素循環の解明に貢献することを目的とする。

本年度の計画

- ・引き続き、気象庁観測船により、データの乏しい太平洋熱帯域東経142度付近などの海域において、海洋炭酸系やその他の化学成分に関する鉛直各層観測を実施する。
- ・海洋内部の炭酸系データの時空間変動を解析し、長期的な傾向や変動要因を解析する。
- ・表面水と海洋内部の長期傾向や変動要因を比較しながら、他の物理・化学・生物学的情報なども加味しつつ、海洋における人為起源CO₂の蓄積動向を評価する。

本年度の成果

海洋表層が高温の低塩分水に覆われている太平洋西部赤道域の東経137度では、中部・東部の赤道発散域とは反対に、エルニーニョ時にむしろ低温・高全炭酸濃度、ラニーニャ時に高温・低全炭酸濃度になる傾向のあることが分かった。しかし、水温と全炭酸濃度の年々変化が表面水のCO₂分圧の年々変化に及ぼす影響の強さは、水温が大きな効果を持つ年と、全炭酸濃度の変化がより大きな効果を持つ年があり、その相対的な効果の大きさは、エルニーニョやラニーニャの強さと相関がないため、この海域では、CO₂分圧の年々変化とエルニーニョ南方振動に顕著な相関のないことが分かった。

関連論文

38, 40

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、関山 剛、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

- ・国際モデル比較実験（CCM Validation）で設定されたシナリオ2本に沿って、40年ランを行う。余裕があれば、アンサンブルランを行うか、さらに30年積分する。そのために火山エアロゾルをGCMやCTMで扱えるように改良を行う。
- ・シナリオランの解析を行う。

本年度の成果

- ・SPARCのコアプロジェクトとして次期のWMOによる「オゾン減少の科学的アセスメント」（2006年発行予定）に貢献することを目的とした、国際化学気候モデル比較実験(CCM Validation)に参加し、気象研全球化学気候モデル（CCM）によるオゾンホール将来予測を目的としたシナリオランとその解析を行った。
- ・オゾン化学輸送モデルにおける微量気体成分の中緯度の成層圏—対流圏交換（STE）の再現精度検証を行った。特に、中緯度での成層圏—対流圏交換に対するモデル鉛直分解能依存性について解析し、STEの精度を上げるためには成層圏に関して500m程度の鉛直分解能が必要であることがわかった。
- ・モデルでの赤道成層圏準二年振動（QBO）の再現において、重力波をパラメタライズした場合の重力波の加速と、モデルで陽に表現された波の加速の大きさやタイミングについて比較を行い、QBOの再現における両者の重要性を明らかにした。

関連論文

203, 204, 205

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

開発したBAIM2を導入した全球気候モデルの計算結果のより詳細な検証を行う。さらに、モデルによる森林バイオマス推定手法を確立し、バイオマス変動と気候との関係に関する数値実験を行う。

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るため、植物内及び土壌中炭素蓄積量をモデル内変数として取り入れたBAIM Ver.2 (BAIM2)を開発し、それを、T63L21 全球気候モデルに組み込み、現存植生を与えたコントロール数値実験を実施した。本気候モデルにおいては、大気中の二酸化炭素濃度も予報変数としている。よって、BAIM2 を本気候モデルに直接組み込むことにより、物理的気象要素及び大気中二酸化炭素濃度の時間的・空間的変動と、陸面植生の物理的形態及び植生・土壌内炭素蓄積量の時間的・空間的変動の相互作用が on-line で再現される。

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た実験を行い、モデルで再現された大気中二酸化炭素濃度の年増加量の妥当性、およびその季節変化の地域的な特徴や、主に対流圏下部における空間的な特徴について検討した。モデルの結果は、大気中二酸化炭素濃度の南北半球における季節変化の違い、各緯度帯における季節変化振幅の特徴、および年々増加の特徴などを、概ね再現できていることが分かった。

関連論文

21 世紀の炭素管理に向けたアジア陸域生態系の統合的炭素収支研究（第Ⅱ期） 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（環境・応用気象研究部）

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り組む。

本年度の計画

BAIM2 を導入した地域気候モデルの連続積分を引き続き実行し、モデルの計算結果の検証を行う。さらに、東アジア域の炭素収支の将来予測に関する本実験に向けた準備を行う。

本年度の成果

植物内及び土壌中炭素蓄積量をモデル内変数として取り入れた BAIM Ver.2 (BAIM2)を導入した地域気候モデルを開発した。本地域気候モデルは日本域モデル(JSM)を Lambert projection に変更し、対象領域をシベリア南部、中国、インド、インドシナ半島、フィリピン、及び日本を含む東アジア域に拡張したモデル(基準経度 105° E)である。モデルの水平分解能は Lambert 基準緯度(15° N,50° N)で 60km である。

本地域気候モデルによる東アジア域の陸域炭素収支に関するコントロール数値実験を継続して行った。これと平行して、同じ BAIM2 を導入した全球気候モデルによる全球炭素循環数値実験を行った。全球気候モデルによる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た実験を行い、モデルで再現された大気中二酸化炭素濃度の年増加量の妥当性、およびその季節変化の地域的な特徴や、主に対流圏下部における空間的な特徴について検討した。モデルの結果は、大気中二酸化炭素濃度の南北半球における季節変化の違い、各緯度帯における季節変化振幅の特徴、および年々増加の特徴などを、概ね再現できていることが分かった。全球気候モデルによる数値実験から明らかになった、各植生タイプごとの炭素収支を参考にして、地域気候モデルにおける植生タイプごとの炭素収支について改良点を検証し、地域気候モデルの領域内における炭素収支の精度の向上を図った。

関連論文

大気中の水・エネルギー循環の変化予測を目的とした気候モデルの精度向上に関する研究

対流圏エアロゾル及びオゾン過程モデルの高度化に関する研究

研究期間： 平成15年度～平成17年度

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

目的

主にエアロゾル、オゾンおよび雲・降水過程に着目し、全球気候モデルを用いた地球温暖化予測に伴う不確定性の幅を明らかにすることを目的とする。

本年度の計画

- ・ビン法による硫酸エアロゾルモデルを気象研全球エアロゾルモデルに組み込む。
- ・気象研全球エアロゾルモデルによる感度実験を行い、硫酸エアロゾルの放射強制力の評価を行う。
- ・研究成果のとりまとめ。

本年度の成果

- ・エアロゾルモデルに水蒸気の過飽和度に応じた雲粒子生成モデルを付加することで、エアロゾル及び雲の粒子分布と粒子数の評価を行えるモデルの開発を進めた。ここでは雲粒子による硫酸エアロゾル粒子の併合や雲水の蒸発に伴う大きな粒径の硫酸エアロゾル粒子の形成などの過程も含まれるようにしている。扱う粒子半径のレンジが大きいため、全球エアロゾルモデルへの組み込みは温度、気圧、湿度、硫酸ガス濃度の関数としてルックアップテーブル方式をとることを検討している。
- ・硫酸エアロゾルによる放射強制力（ここではエアロゾルがあるときとないときの差として定義）の評価を進めた。年々変動もあるので数年分の計算を行っているが、2000年の年平均、全球平均で見ると -0.53W/m^2 という値になり、散乱による冷却効果を示していた。
- ・オゾンQBOを再現できる68層モデル(T63L68)の鉛直分解能が細くなるのは熱帯の対流圏界面に相当する100hPaより上空なので、L68では中高緯度の対流圏界面(約300hPa)や亜熱帯の両者の中間的な高度をもつ圏界面を通して成層圏-対流圏交換を精度よく表現できていない。そこで、対流圏も500mの細かい鉛直分解能で表現できる85層モデル(L85)を化学モジュールに適用し、L68の力学モジュールと疎結合させた。結果は、期待したとおり、成層圏-対流圏交換が強くなり、たとえば、オゾンでは下部成層圏の濃度が下がる等の改善が見られた。
- ・化学種の時間積分に質量を保存するインプリシット-エクスプリシット法の導入、溶液反応（4価の硫黄、過酸化水素、オゾン）において解く順番に結果が依存する可能性のある繰り返し法ではなく、リデュースド・ヤコビヤン法の導入等を行った。
- ・気候・気象場の年々の変動に伴う、大気中に浮遊する鉱物ダストの発生量、および放射強制力の相関をしらべた。1958~2001年の44年のシミュレーション結果を用いて解析した結果は全球平均でみて、発生量と大気中浮遊量は相関係数が0.90、浮遊量と大気上端での放射強制力は-0.66、地表に対しては-0.99のとなった。

関連論文

日本におけるオゾンとその前駆物質の季節内・年々変動に及ぼす地域気候変化の影響に関する予備的研究

研究期間： 平成16年度～平成17年度

目的

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

（1）オゾンの高精度データベース作成と季節内・年々変動に及ぼす地域気候変化の影響解析

研究担当者： 澤 庸介、松枝秀和（地球化学研究部）

本年度の計画

データベース化のために必要な測定の連続性を把握するために、気象庁の大気環境観測所で実施されているオゾン測定の精度の維持・管理の状況を調査する。

本年度の成果

- ・気象庁の大気環境観測所で実施されているオゾン測定の状況を把握するため、与那国島大気観測所における実態調査を実施した。その結果、空気採取とその除湿並びにオゾン計についてはこれまでと大きな変更はなく、データの連続性が保たれていることが認められた。
- ・北西太平洋地域の広域濃度場と気候値を導出するための高精度データベースを利用して、オゾンの分布と変動を解析した。その結果、春季の濃度上昇ピークの地理的分布とその時間的変遷が明らかになった。特に、北西太平洋上のリモート・ルーラル（遠隔・郊外）地域でも60ppbを超える高濃度オゾンが春季に広く出現していることがわかった。
- ・西太平洋地域のオゾンの分布と変動の要因を明らかにするため、地域的光化学モデルによる再現実験を行った。その結果、観測された分布と変動をおよそ再現することができ、春季の濃度上昇が大陸からのオゾン前駆体物質の放出に伴う光化学反応によって起こっていることが明らかになった。また、広域の濃度分布の形成には、気象変化に伴う輸送過程が大きく関与していることがわかった。

（2）オゾン測定の標準化と較正体系確立のためのパイロットスタディ

研究担当者： 松枝秀和、澤 庸介（地球化学研究部）

本年度の計画

- ・本研究参加機関以外の国内外のオゾン及びオゾン前駆体（一酸化炭素）を測定している研究機関の実態調査と標準ガス比較実験を実施する。
- ・本研究における調査及び比較実験で得られた結果を総合し、国内外のネットワークと連携したオゾン及びオゾン前駆体物質の精度管理が長期に維持できる体制作りのプランをまとめる。

本年度の成果

- ・昨年に引き続き、本研究の参加3機関で使用しているオゾン及びその前駆体物質である一酸化炭素の較正スケールの比較実験を実施し、測定誤差範囲内で良く一致していることが確認された。また、世界で最も信頼できるドイツのマックスプランク研究所の一酸化炭素標準スケールと比較実験を行った。その結果、国際的な濃度スケールと日本のスケールがほぼ一致していることが確認され、観測データの正確な相互比較が可能となった。これに伴って、今後の世界的にスケールの統一されたデータ

ベースを作成できることが示された。

- 本研究で2年間実施してきた国内外の比較実験の結果、日本の複数の研究機関及び韓国、中国、台湾、ドイツを含めた国際的な校正ネットワークが確立できた。特に、韓国国内では韓国計量研究所の標準が基準となっており、今年度の当研究所訪問の調査を契機として、日韓のトレーサビリティと今後の長期的な標準スケールの維持において、技術的進展の情報交換や定期的な比較実験を推進することが議論された。これらの調査・研究から、オゾン及びオゾン前駆体物質の精度管理が長期に維持できる国内外の体制を構築することができた。

関連論文

200

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：深堀正志、藤枝 鋼（物理気象研究部）

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

- ・CO₂の2.0 μ m帯の高分解能スペクトルを測定し、吸収線強度や線幅などを精密に決定する。
- ・吸収線データベースの作成に必要なパラメータを導出し、既存のデータベースの妥当性を検証する。

本年度の成果

- ・HITRAN データベースの2004年版（HITRAN04）のCO₂の2.0 μ m帯の主要な3個の近赤外吸収帯[(20011~00001)帯、(20012~00001)帯、(20013~00001)帯]の吸収線パラメータを調査した結果、線強度に対して、(20011~00001)帯のみが改訂されており、HITRAN04の線強度は2000年版のそれよりも、吸収帯の裾野の領域において、わずかに小さな値が編集されていることが分かった。
- ・フーリエ変換型赤外分光計と8.75cmの吸収セルを用いて、高分解能吸収スペクトルを室温下で測定した。試料気体には、CO₂とN₂の混合気体とCO₂とO₂の混合気体を使用した。実験スペクトルに対して非線形最小二乗法を適用し、線強度と半値半幅を決定した。
- ・本研究による(20011~00001)帯の線強度は、HITRAN04の値と実験誤差の範囲内で一致する結果が得られた。本研究の(20012~00001)帯の線強度とHITRAN04の値との差異は、R枝の裾野の領域でわずかに大きくなる傾向を示した。このため、Herman-Wallis 因子を表現する回転量子数の2次係数が、本研究とHITRANデータベースの値とでは、符号が異なることが分かった。本研究の値は過去に報告された他研究者の値と同符号であり、HITRAN04の線強度の改善が必要であることが分かった。本研究の(20013~00001)帯の線強度はHITRAN04と比較して、約10%小さい傾向を示した。このことから、HITRAN04の線強度を早急に改善する必要性のあることが分かった。
- ・本研究のCO₂とN₂の衝突幅とCO₂とO₂の衝突幅は、HITRAN04に編集されたCO₂と空気の衝突幅の基礎データとなった高分解能実験結果と実験誤差の範囲内で一致した。この結果、HITRAN04の室温におけるCO₂と空気の衝突幅がほぼ妥当であることが分かった。

関連論文

324, 325