

2 研究課題名 東アジア域の地域気象と物質輸送モデリングの総合化

2.1 代表研究者 九州大学応用力学研究所 海洋大気力学部門
教授 鶴野 伊津志

2.2 概要

東アジア地域の気象環境予測は、土地利用の改変や植生変化に伴う地域気候変化の他に、中国等の発展途上国の急速な経済発展による汚染物質排出量の増大に伴う越境大気汚染（酸性雨）の影響の重要性が指摘されている。そのため、我が国を含めた地域の詳細な気象環境予測・評価のための研究開発が必要であり、大気中微量成分の空間分布・時間変化を示す「化学天気予報図」等を作成することが重要である。

本研究では地域気候・気象モデルによる東アジア域の気候・気象変動解析と対流圏物質輸送モデリングを高速ネットワークを用いて複数の機関が密接にデータ交換しつつ並列に進め、その結果をもとに「化学天気予報図」の作成と可視化を行うことで実現する。

2.3 研究開発実施内容

本研究では地域気候・気象モデルによる東アジア域の気候・気象変動解析と対流圏物質輸送モデリングの2つの研究を統合することで、東アジア域の高精度の物質輸送モデルを確立することを目的としている。

そのため、まず、地域気象モデリングシステム CSU-RAMS (Regional Atmospheric Modeling System) を用い東アジア地域に焦点を当て、この地域の特性を高精度に反映させた地域スケールの気候モデルの構築を目指した。その主な研究成果は以下の通りである。

- 全球解析データ（ヨーロッパ中期予報センターECMWF や全球大循環モデル GCM 結果）を境界条件として、地域気象モデルを用いた過去の地域気象（冷夏や夏の猛暑等の異常気象）の再現性の検討を行い、1993、1994年の冷夏と猛暑の再現実験を行った。また、APN (アジア太平洋地球変動研究ネットワーク) のサポートにより行われているアジア域の地域気候モデル相互比較プロジェクトに参加した。アジア全域を含む領域で1年半の地域気候モデル計算を行い、結果を提出し、本研究で構築している地域気象モデルの性能比較を行った。
- 長期間の地域気象の数値シミュレーションを、Pentium-III Linux Cluster System (16CPU) に導入し、1994年4月から1995年3月までの東アジア域の地域気象シミュレーションの並列計算を行い、CPU 時間40時間で実行できることを確認した。更に、ECMWF (ヨーロッパ中期予報センター) 客観解析データを境界条件として、1994年の各月の降水分布の再現性の検討を、年間を通して行った。
- 以上の成果を取りまとめて、化学天気予報の実現のキーとなる3日先までの気象予報システムを、Pentium Linux クラスタ上に構築した。このシステムを用いて2001年春に実施された ACE (Aerosol Characterization Experiment)-Asia の大規模観測時の支援を平成13年5月まで行った。

以上により、本研究プロジェクトの重要な一翼である地域気候・気象モデルによる東アジア域の気象シミュレーションの目処はついた。

対流圏物質輸送モデルの開発に関しては、上記の地域気象モデル CSU-RAMS から得られる雲・降水を含む詳細な微気象データを用いる物質輸送モデルの開発・応用の研究を進めた。これは具体的には、地域気象モデルの出力とリモートセンシング結果を総合的に用いて、物質輸送モデルの開発とその性能評価を行い、対流圏物質輸送モデルの確立を行うものである。その主な研究成果は以下の通りである。

- 気象モデル RAMS にオンライントレーサーモデルを組み込み、 SO_2/SO_4 の線形反応・沈着モデルを構築した。モデルの性能試験を目的として、世界銀行が資金を援助してアジア域を対象として行っている広域の酸性雨研究である RAINS-ASIA phase-II の長距離越境汚染モデルの相互比較実験に参加し、1993年1月及び5月の東アジア域の長距離越境汚染の観測データをもとに比較解析を行った。その結果、開発されたモデルは、比較実験に参加した他の7つのモデルのなかでは、水平方向に平滑化される結果を与えているが、観測値との一致はよいことが示された。
- 米国 EPA(環境保護庁)が開発を進めている第3世代の物質輸送モデル(Models-3/CMAQ、以下 CMAQ)のアジア域への応用を U.S. EPA と共同で進めた。東アジア域における硫酸エアロゾルのシミュレーションを行なった。1997年の1月に九州北部で観測された硫酸エアロゾル高濃度の濃度・時期についてよい再現を確認した。また、乾性・湿性沈着について分布および量を観測と比較して検討した。分布はおおむね再現され、また量についてもファクター2以内の誤差におさまっていることが確認できた。CMAQ のプロセス解析(PA)ルーチンを使用して、硫酸エアロゾルおよびオゾンの濃度変化についての各物理化学プロセスの寄与を解析した。
- 東アジア地域における毎日の化学天気を翌日に解析(ハインドキャスト・アナリシス)する化学天気解析システムを構築した。これは、RAMS の結果をもとに、STEM(Sulfur Transport Eulerian Model)で精密な化学反応を含む物質輸送計算を行うものであり、2001年春に実施された ACE(Aerosol Characterization Experiment)-Asia の大規模観測時の支援を目的として、平成13年5月まで運用することができた。これらの計算結果を検証するために、地域気象モデル RAMS に結合した粒子輸送モデル HYPACT を導入し、東アジア域におけるモデル開発を行った。
- 「化学天気予報システム(Chemical weather FORecast System; 通称 CFORS シーホース)」が完成し、運用を開始した。このシステムは、気象予測の計算と同時に人為起源大気汚染質(CO , NO_x , SO_2/SO_4 , 黒色炭素, 炭化水素)と自然起源物質(黄砂, DMS, 海塩粒子, 雷による NO_x , ラドン, 火山ガス)等の大気中の化学物質の流れを任意の空間スケールで予測する「化学」天気予報システムと成っている。本システムは、2001年3月に開始された NASA GTE TRACE-P プロジェクト、及び、4月から始まった IGAC core research project ACE-Asia 集中観測期間中に正式に運用され、結果は毎日ネットワークを用いて公開された。モデル計算では、大規模な黄砂現象については正確に再現することができたが、小規模な黄砂については発源地域の同定が今後の課題とされた。また、東南アジアの焼き畑に起因する CO , ススの日本上空への輸送がシミュレートされ、これらの一部は航空機観測でもとらえることができた。
- 本研究で開発された NOAA や GMS データから算出される Aerosol Vapor Index 画像によって黄砂と火山性エアロゾルを鮮明に捉える事が明らかにされた。2001年春季には、CFORS によ

るシミュレーションによる予報が実現したのに対応して衛星データ解析と公開を進め、ACE-Asia 観測期間の GCM データの解析結果を取りまとめた。また、火山性エアロゾルについては、桜島および薩摩半島の南 40km の薩摩硫黄島の噴煙継続観測と衛星画像解析を行い、火山周辺や遠隔地の二酸化硫黄濃度連続モニタリングデータと合わせて火山噴出物の大気拡散の研究を行った。更に、三宅島噴火による噴煙と火山ガスの移流拡散について衛星画像解析による研究を行った。

2.4 項目別実施内容

(1) 研究開発項目 地域気候・気象モデルによる東アジア域の気候・気象変動解析

(総括担当者 江守正多)

地域気象モデリングシステム CSU-RAMS (Regional Atmospheric Modeling System) を用い東アジア地域に焦点を当て、この地域の特性を高精度に反映させた地域スケールの気候モデルの構築を行った。その内容は、以下の通りである。

- ・ 全球解析データ (ヨーロッパ中期予報センター ECMWF や全球大循環モデル GCM 結果) を境界条件として、地域気象モデルを用いた過去の地域気象 (冷夏や夏の猛暑等の異常気象) の再現性の検討を行った。検討は 1993, 1994 年の冷夏と猛暑の再現を中心に行った。
- ・ 地域気象モデルに土地利用・植生の変化を導入し、それに伴う地域水循環変化の解析を行った。モデル解析は、世界銀行が資金を援助してアジア域を対象として行っている広域の酸性雨研究である RAINS-ASIA phase-II の長距離越境汚染モデルの相互比較実験のための共通気象データの作成・降水量への蒸発効率の感度解析を通じて遂行した。これらの結果は 1993 年 1 月及び 5 月の 1 月間の気象データとして、各国のモデル開発者に配布した。
- ・ APN (アジア太平洋地球変動研究ネットワーク) のサポートにより行われているアジア域の地域気候モデル相互比較プロジェクトに参加した。アジア全域を含む領域で 1 年半の地域気候モデル計算を行い、結果を提出した。今後、世界の他のモデルとの相互比較を通じて、モデル性能のさらなる向上が期待される。
- ・ 全球気候モデル CCSR/NIES AGCM (大気大循環モデル) の物理過程ルーチンを、プログラム上の変更を最小限にして RAMS に接続することができるようにプラグイン化した。これにより、AGCM 上で改良された物理過程ルーチンをその都度 RAMS に導入することが容易になった。
- ・ 長期間の地域気象の数値シミュレーションを、Pentium-III Linux Cluster System (16CPU) に導入し、1994 年 4 月から 1995 年 3 月までの東アジア域の地域気象シミュレーションの並列計算を行い、CPU 時間 40 時間で実行できることを確認した。更に、ECMWF (ヨーロッパ中期予報センター) 客観解析データを境界条件として、1994 年の各月の降水分布の再現性を検討を、年間を通して行なった。
- ・ 以上の成果をもとにして、化学天気予報の実現のキーとなる 3 日先までの気象予報システムを開発した。このシステムを用いて 2001 年春に実施されている ACE (Aerosol Characterization Experiment)-Asia の大規模観測時の支援を平成 13 年 5 月まで運用した。

以上により、本研究プロジェクトの重要な一翼である地域気候・気象モデルによる東アジア域の気象シミュレーションの目処はついた。

(2) 研究開発題目 2 対流圏物質輸送モデルによる化学天気予報図の作成と可視化

(総括担当者 鶴野伊津志)

上記の地域気象モデル CSU-RAMS から得られる雲・降水を含む詳細な微気象データを用いる物質輸送モデルの開発・応用の研究を進めた。これは具体的には、地域気象モデルの出力とリモートセンシング結果を総合的に用いて、物質輸送モデルの開発とその性能評価を行うものである。

研究項目 a 第 3 世代物質輸送モデル CMAQ の東アジア域への応用

(担当者 菅田誠治)

- ・ 米国 EPA (環境保護庁) が進めている第 3 世代の物質輸送モデル (MODELS-3) の基本構造、基本操作、共通データフォーマット (netCDF 及び IO-API Format) について調査を行い、入力データとして CSU-RAMS の雲・降水を含む気象データを用いるためのインターフェースを確立した。RAMS で用いている土地利用・植生データと同じデータを用いるようにインターフェースを改良した。
- ・ 1997 年 1 月を対象として、RAMS と CMAQ を用いた物質輸送の計算を行い、モデル結果を野外観測結果と比較し、CMAQ の結果が観測された濃度変化の特徴をよく再現することを確認した。また、CMAQ のプロセス解析 (PA) ルーチンを使用して、硫酸エアロゾルおよびオゾンの濃度変化についての各物理化学プロセスの寄与を解析し、東アジア域の硫酸塩生成の支配因子を検討した。

研究項目 b 物質輸送モデル STEM を用いた化学天気解析システムの構築

(担当者 大原利眞)

地域気象モデル RAMS で生成されるデータを有効に使用するために、物質輸送モデル STEM (Sulfur Transport Eulerian Model) を改良した STEM/RAMS の開発を行った。その主要な成果は、

- ・ RAMS で計算された気象・水象データを直接使用できるようにポーラステレオ座標系に変換し、RAMS の水平・鉛直グリッドと完全に一致させ、湿性・乾性沈着の計算時に RAMS 計算データを最大限活用できるようにした。また、RAMS の放射データから雲の日傘効果による光解離定数の変化を表現した。
- ・ 日本上空で高濃度のオゾンとエアロゾルが観測された 1993 年 4 月に適用し、東アジア地域における対流圏オゾンや酸性物質の越境大気汚染をシミュレートした。この結果、サルフェイト及びナイトレートが中国大陸から日本列島に輸送される様子がシミュレートされた。また、日本上空で観測された高濃度エアロゾルが大陸からの越境大気汚染によるものであることが確認した。

更に、以上の成果をもとに、東アジア地域における毎日の化学天気を翌日に解析 (ハインドキャスト・アナリシス) する化学天気解析システムを構築し運用を開始した。本システムの概要は次のとおりである。

- ・ 毎日 2 回、気象庁の GPV データ (解析データ) を自動取得し、その結果をもとに 前日 24 時間の地域気象を CSU-RAMS4.3 によって計算する。更に、計算された地域気象データを使って物質輸送モデル STEM を駆動し、化学物質の時空間濃度分布を計算する。

- ・ 計算データをポスト処理し時空間濃度分布を Web で公開する。結果は Web サイト において、SO₂、NO₂、HNO₃、サルフェイト、ナイトレート、O₃ の濃度分布を公開した。本システムは、2001 年春に実施された ACE (Aerosol Characterization Experiment)-Asia の大規模観測時の支援を目的として、平成 13 年 5 月まで運用することができた。
- ・ これらの計算結果を検証するために、地域気象モデル RAMS に結合した粒子輸送モデル HYPACT を導入し、東アジア域におけるモデル開発を行った。

研究項目 c 衛星データによる黄砂と火山性エアロゾル解析

(研究担当者 木下紀正)

対流圏物質輸送モデルの結果を検証することを目的として、衛星データを用いた黄砂と火山ガスの輸送過程の解析手法の開発を進めた。本研究で開発された Aerosol Vapor Index 画像によって黄砂と火山性エアロゾルを鮮明に捉える事が判明した。その成果は、

- ・ 黄砂については、鹿児島大学受信の気象衛星ノアデータを用いて 1997 年から 2000 年にかけての中国大陆から太平洋にわたる大規模な移流拡散を検出した。
- ・ 上記の方法による静止気象衛星の GMS-5 (ひまわり) データの 2000 年春季の解析を行い、大規模な黄砂が度々発生し日本の周辺を經由して移流していることが示した。特に、1998 年と 2000 年については、研究代表者鶴野氏による対流圏物質輸送モデルに基づくシミュレーションとの詳細な比較検討がほぼ完了し、このモデルが現象を良く再現していることを確認した。
- ・ 2001 年春季には研究項目 d での化学天気予報シミュレーションが実現したのに対応して衛星データ解析と公開を引き続き進めるとともに、水蒸気効果の分離による定量化法の研究を進めた。
- ・ 火山性エアロゾルについては、桜島および薩摩半島の南 40km の薩摩硫黄島の噴煙継続観測と衛星画像解析を行い、火山周辺や遠隔地の二酸化硫黄濃度連続モニタリングデータと合わせて火山噴出物の大気拡散の研究を進めた。現在は、物質輸送モデルに基づく火山ガス拡散シミュレーションと併せて固定放出源からの大気拡散として三宅島火山ガスの動態解明を行っている。

研究項目 d 化学天気予報システムの実用化 (研究担当者 鶴野伊津志)

地域気象モデルの結果と物質輸送モデルの結果を統合化する化学天気予報システムの開発を以下の手順で進めた。

- ・ まず、地域気象モデル RAMS にオンライントレーサーモデルを組み込み、SO₂/SO₄ の線形反応・沈着モデルを構築した。モデルの性能試験を目的として、世界銀行が資金を援助してアジア域を対象として行っている広域の酸性雨研究である RAINS-ASIA phase-II の長距離越境汚染モデルの相互比較実験に参加し、1993 年 1 月及び 5 月の東アジア域の長距離越境汚染の観測データをもとに比較解析を行った。その結果、開発されたモデルは、比較実験に参加した他の 7 つのモデルのなかでは、水平方向に平滑化される結果を与えているが、観測値との一致はよいことが示された。
- ・ 上記のオンライントレーサーモデルを拡張して、自然起源の物質輸送として、15 粒径の黄砂輸送モデルを確立した。そのモデルを用いて、1998 年 4 月に広範囲で観測された黄砂現

象の数値シミュレーションを行い、観測結果と非常によく一致をみた。

- ・ 以上の成果をすべて統合することで「化学天気予報システム(Chemical weather FORecast System; 通称 CFORS シーホース)」が完成し、運用を開始した。このシステムは、気象の変化と同時に人為起源大気汚染質(CO, NO_x, SO₂/SO₄, 黒色炭素, 炭化水素)と自然起源物質(黄砂, DMS, 海塩粒子, 雷による NO_x, ラドン, 火山ガス)等の大気中の化学物質の流れを任意の空間スケールで予測する「化学」天気予報システムと成っており、気象庁の予報結果を用いることで3日先までの予報可能である。
- ・ CFORS システムは、2001年3月に開始された NASA GTE TRACE-P プロジェクト、及び、4月から始まった IGAC core research project ACE-Asia 集中観測期間中に正式に運用され、結果は毎日ネットワークを用いて公開された。モデル計算では、大規模な黄砂現象については正確に再現することができたが、小規模な黄砂については発生源地域の同定が今後の課題とされた。また、東南アジアの焼き畑に起因する CO, ススの日本上空への輸送がシミュレートされ、これらの一部は航空機観測でもとらえることができた。

2.5 全体の総括と今後の課題

本研究では地域気候・気象モデルによる東アジア域の気候・気象変動解析と対流圏物質輸送モデリングの2つの研究を統合することで、東アジア域の高精度の物質輸送モデルを確立することを目的とした。

そのため、まず、地域気象モデリングシステム CSU-RAMS(Regional Atmospheric Modeling System)を用い東アジア地域に焦点を当て、この地域の特性を高精度に反映させた地域スケールの気候モデルの構築を行った。

対流圏物質輸送モデルの開発に関しては、上記の地域気象モデル CSU-RAMS から得られる雲・降水を含む詳細な微気象データを用いる物質輸送モデルの開発・応用の研究を行った。これは具体的には、地域気象モデルの出力とリモートセンシング結果を総合的に用いて、物質輸送モデルの開発とその性能評価を行い、対流圏物質輸送モデルの確立を行うものであった。

その結果、米国 EPA(環境保護庁)が開発を進めている第3世代の物質輸送モデル Models-3/CMAQ のアジア域での初めての適用が可能となった。更に、東アジア地域における毎日の化学天気を翌日に解析(ハインドキャスト・アナリシス)する化学天気解析システム RAMS/STEM(Sulfur Transport Eulerian Model)で精密な化学反応を含む物質輸送計算を行うもので、過去の現象の詳細な再現が可能となった。

これらの知見を総合する形で、地域気象モデル CSU-RAMS に化学物質輸送モデルを組み込む「化学天気予報システム(Chemical weather FORecast System; 通称 CFORS シーホース)」が完成し、運用を開始した。このシステムは、気象予測の計算と同時に人為起源大気汚染質(CO, NO_x, SO₂/SO₄, 黒色炭素, 炭化水素)と自然起源物質(黄砂, DMS, 海塩粒子, 雷による NO_x, ラドン, 火山ガス)等の大気中の化学物質の流れを任意の空間スケールで予測する「化学」天気予報システムと成っている。本システムは、2001年3月に開始された NASA GTE TRACE-P プロジェクト、及び、4月から始まった IGAC core research project ACE-Asia 集中観測期間中に正式に運用され、結果は毎日ネットワークを用いて公開された。モデル計算では、大規模な黄砂現象については正確に再現することができたが、小規模な黄砂については発生源地域の同定が今後の課題とされた。また、東南アジアの焼き畑に起因する CO, ススの日本上空への輸送がシミュレートされ、これらの一部

は航空機観測でもとらえることができた。このような化学天気予報の運用は、我が国では初めての試みであり、新聞等で大きく取り上げられ、大きな注目を集めている。

このシステムの具体的な用途としては、越境大気汚染研究・観測、黄砂による環境影響の事前把握、航空機・船舶等への視程等の情報の提供などが考えられる。特に、越境大気汚染の野外観測には、多額の費用とマンパワーが必要となるが、このシステムを活用することで汚染濃度の上昇が予想される日時と地点に細かな観測を展開し、越境汚染のおこらない時には、測定頻度を減らす観測に切り替えることが可能になる。そのため、従来の観測態勢を根本的に変えるような利用が考えられる。

開発されたシステムは現在アジア域を対象としているが、このシステムは任意の地点、任意の空間分解能に変更することが可能である。より具体的には、関東地域の広域光化学大気汚染予報、原子力発電所等の事故発生時の拡散予測、桜島や三宅島等の活火山からの火山性ガスの拡散予測などへの適用があげられる。また、過去の現象を再現すること(Hindcast)も可能であり、大気質濃度についての「化学気候図」の作成も考えられている。

このような化学天気予報システムの開発は世界的に端緒についたばかりである。米国では、全米大気科学センター(NCAR)が中心となって、次世代の地域気象モデル WRF (Weather Research Forecast model)に化学輸送モデルを組み込む形での化学天気予報システムの開発プロジェクトが2002年秋のリリースを目指して開始されている。同様な研究プロジェクトは、ヨーロッパでもドイツのマックスプランク研究所が中心となって提案されている。

ここで述べた化学天気予報システム CFORS も、今後は、精密な対流圏化学反応の導入、全球大気輸送モデルとのネステイング、エアロゾル・雲核形成・大気放射とのフィードバックの導入、衛星観測データの用いたデータ同化、生態系モデルとの結合によるCO₂やCH₄濃度変化の導入など、将来的に大きな発展の必要性和可能性を持っており、今後、これらの研究課題に取り組む必要がある。

2.6 研究開発実施体制

代表研究者氏名 鶴野 伊津志

所属・役職 九州大学応用力学研究所海洋大気力学部門・教授

(1) 研究開発題目 1：対流圏物質輸送モデルの開発と化学天気図の作成

A. 参加研究者氏名、所属、役職、研究開発項目(事業団が雇用・派遣した研究者等を含む)

氏名	所属	役職	研究開発項目
鶴野 伊津志	九州大学応用力学研究所	教授	本研究開発の総括 対流圏物質輸送モデルの開発と東アジア 域化学天気図の可視化
辰野 正和	九州大学応用力学研究所	助教授	物質輸送に及ぼす乱流拡散プロセスの室内モデル
石井 幸治	九州大学応用力学研究所	技官	可視化システムの設計と画像解析
石原 浩二	科学技術振興事業団 (平成11年7月～ 平成13年3月)	研究補助員	対流圏物質輸送モデルの開発と東アジア 域化学天気図の可視化の研究補助
伊賀 啓太	九州大学応用力学研究所	助教授	東アジアスケールの物質輸送プロセスの地球流体力学的解析
大屋 裕二	九州大学応用力学研究所	教授	物質輸送に及ぼす乱流拡散プロセスのモデル化
E.-S. Jang	科学技術振興事業団 (平成11年4月～ 平成12年3月)	研究員	対流圏物質輸送モデルの開発と東アジア 域化学天気図の可視化

B. 研究協力者名氏名、所属、役職、研究開発項目

氏名	所属	役職	研究開発項目
神田学	東京工業大学 (平成11年度のみ)	助教授	地域気象モデルのダウンスケール手法
D. W. Byun	U. S. EPA National Exposure Assessment Laboratory	Senior Researcher	EPA 次世代物質輸送モデルとその可視化手法の共同研究
G. R. Carmichael	University of Iowa Center for Gobal and Regional Environment	Professor	対流圏物質輸送モデルの開発とその可視化手法の共同研究
木下紀正	鹿児島大学教育学部 (平成11年度のみ)	教授	広域の黄砂輸送過程の可視化解析
竹村俊彦	東京大学気候システム研究センター	博士課程 大学院生	対流圏物質輸送モデルの開発
Dr. Xiaoming Cai	School of Geography and Environ. Sci. University of Birmingham (平成12年度のみ)	講師	対流圏物質輸送モデルの開発

Dr. Marina Baldi	Institute of Atmospheric Physics (IFA-CNR)	研究員	対流圏物質輸送モデルのアジア域への応用
Mahesh J. Phadnis	Princeton Environmental Institute's Cleveland Dodge Fellow	博士研究員	対流圏物質輸送モデルのアジア域への応用
Dr. Tang, Youhua	Center for Global and Regional Environmental Research University of Iowa	博士研究員	対流圏物質輸送モデルのアジア域への適用に関する共同研究
田代永史	九州大学大学院総合理工学府大気海洋環境システム学専攻	修士課程 大学院生	対流圏物質輸送モデルの開発
佐竹晋輔	九州大学大学院総合理工学府大気海洋環境システム学専攻	修士課程 大学院生	対流圏物質輸送モデルの開発
Dr. Bill Hibberd	Wisconsin University/SSEC	研究員	対流圏物質輸送モデルの可視化の指導

C. 招聘研究協力者氏名、所属、役職、招聘の目的、滞在先、滞在期間

氏名 (所属、役職)	招聘の目的	滞在先	滞在期間
D. W. Byun U. S. EPA National Exposure Assessment Laboratory (Senior Researcher)	EPA 次世代物質輸送モデルとその可視化手法の共同研究	国立環境研究所 及び九州大学応用力学研究所	平成 12 年 2 月 1 日～2 月 20 日
Dr. Xiaoming Cai School of Geography and Environ. Sci. University of Birmingham Edgbaston, Birmingham B15 2TT United Kingdom (講師)	対流圏物質輸送モデルの開発	九州大学	平成 12 年 6 月 29 日～8 月 4 日
Mahesh J. Phadnis Princeton Environmental Institute's Cleveland Dodge Fellow Woodrow Wilson School of Public & International Affairs / Princeton University, Princeton (博士研究員)	対流圏物質輸送モデルのアジア域への応用	九州大学	平成 12 年 7 月 26 日～8 月 17 日
Dr. Marina Baldi Institute of Atmospheric Physics (IFA-CNR) Via Fosso del Cavaliere, 100	対流圏物質輸送モデルのアジア域への応用	九州大学	平成 12 年 11 月 2 日～12 月 4 日

00133 Rome - Italy (研究員)			
Dr. Bill Hibberd Wisconsin University/SSEC (研究員)	対流圏物質輸送モデル の可視化の指導	九州大学	平成12年11 月10日～11 月21日
Dr. Tang, Youhua Center for Global and Regional Environmental Research University of Iowa (博士研究員)	対流圏物質輸送モデル のアジア域への適用に 関する共同研究	九州大学	平成13年2月 19日～3月2 0日

(2) 研究開発題目2：物質輸送モデルへの応用のための地域気象モデルの開発と改良

A. 参加研究者氏名、所属、役職、研究開発項目（事業団が雇用・派遣した研究者等を含む）

氏名	所属	役職	研究開発項目
江守正多	環境庁国立環境研究所	主任研究 員	地域気象モデルの開発・改良と東アジア 域の気象再現性の検討
野沢 徹	環境庁国立環境研究所	研究員	地域気象モデルの開発・改良と東アジア 域の気象再現性の検討
菅田誠治	環境庁国立環境研究所	主任研究 員	地域気象モデルの物質輸送モデルへの 応用

(3) 研究開発題目（3A）：衛星リモートセンサーによる物質分布の抽出手法の開発（平成11年度のみ）

A. 参加研究者氏名、所属、役職、研究開発項目（事業団が雇用・派遣した研究者等を含む）

氏名	所属	役職	研究開発項目
中島映至	東京大学気候システム研 究センター	教授	NOAA/AVHRR センサーデータを用いた物質濃度分 布の解析
沼口敦	東京大学気候システム研 究センター	助教授	東アジアスケールの物質輸送プロセスの 地球流体力学的解析

研究開発題目（3B）：黄砂と火山性エアロゾルの衛星画像解析（平成12年～平成13年9月）

A. 参加研究者氏名、所属、役職、研究開発項目（事業団が雇用・派遣した研究者等を含む）

氏名	所属	役職	研究開発項目
木下 紀正	鹿児島大学教育学部	教授	NOAA/AVHRR センサーデータを用いた物質濃度分 布の解析
矢野 利明	鹿児島大学工学部	教授	NOAA/AVHRR センサーデータを用いた物質濃度分 布の解析
飯野 直子	鹿児島大学工学部	教務職員	NOAA/AVHRR センサーデータを用いた物質濃度分 布の解析
菊川 浩行	鹿児島大学水産学部 (平成13年度のみ)	教授	NOAA/AVHRR センサーデータを用いた物質濃度分 布の解析

(4) 研究開発題目4：次世代物質輸送モデルの東アジア域への応用に関する研究

A. 参加研究者氏名、所属、役職、研究開発項目（事業団が雇用・派遣した研究者等を含む）

氏名	所属	役職	研究開発項目
大原 利眞	静岡大学工学部システム工学科	教授	次世代物質輸送モデル MODESL-3/CMAQ の東アジア域への応用
雨森 恵理子	財団法人計量計画研究所 (平成11年度のみ)	研究助手	次世代物質輸送モデルの開発と改良の補助
馬場 剛	財団法人計量計画研究所 (平成11年度のみ)	研究員	次世代物質輸送モデルの開発と改良の補助

注1) 事業団が直接雇用し派遣している共同研究提案者は、所属は派遣先研究機関、役職は科学技術振興事業団研究員(又は技術員、事務員等)となります。

注2) 招聘研究協力者は、招聘した外国人研究者(主として海外の研究協力者)を指します。

2.7 本事業により得られた研究成果

(1) 外部発表等

(a) 原著論文

発表年	論文タイトル	掲載雑誌名 巻・号・ページ	著者名	整理番号
1999年 4月	東アジアスケールの物質 輸送と流体運動	ながれ 18、141-146	鵜野 伊津志	11/10C-2- 発 01
2000年 2月	“環八雲”の数値シミュレ ーション	天気 47、2、83-96	神田 学、 井上裕史、 鵜野 伊津志	12/10C-2- 発 03
2000年	数値標高モデルと衛星デー ータを用いた教育用3次 元動画像表示提供システ ムの構築	鹿児島大学教育学部 教育実践研究紀要第 10巻、85-92	戸越浩嗣、 富岡乃夫也、 木下紀正	12/10C-2- 発 27
2001年	Numerical simulation of the Springtime Trans-Boundary Air pollution in East Asia	The Journal of water, Air and Soil Pollution	T. Ohara, I. Uno, S. Wakamatsu and K. Murano	12/10C-2- 発 18
2001年 2月	Characterization of atmospheric air pollutants at two sites in northern Kyushu, Japan-chemical form, and chemical reaction	Atmospheric Environment, 35, 667-681	T. Shimohara, O. Oishi, A. Utsunomiya, H. Mukai, S. Hatakeyama, Jang Eun-Suk, I. Uno, K. Murano	13/10C-2- 発 07
2001年 2月	CHEMICAL TRANSPORT MODEL ON-LINE COUPLED WITH RAMS FOR REGIONAL CHEMICAL CLIMATE	Air Pollution Modeling and Its Application XIV, 75-85	Itsushi Uno, Seita Emori, and Marina Baldi	13/10C-2- 発 08
2001年 2月	SIMULATION OF SULFATE AEROSOL IN EAST ASIA USING MODELS-3/CMAQ WITH RAMS METEOROLOGICAL DATA	Air Pollution Modeling and Its Application XIV, 267-275	S. Sugata, Daewon W. Byun, and I. Uno	13/10C-2- 発 09
2001年 8月	Tropospheric Chemical Transport Modeling over East Asia	Present and future of Modeling Global Environmental Change : Toward Integrated Modeling, 89-99	Itsushi Uno	13/10C-2 発 10
2001年 8月	Importance of Cumulus Parameterization for Precipitation Simulation over East Asia in June	Journal of Meteorological Society of Japan, Vol. 79, No. 4, 939-947	S. Emori, T. Nozawa, A. Numaguti, I. Uno	13/10C-2- 発 11
2001年 2月	三宅島火山ガスの動態と気 象条件	自然災害科学研究西部 地区部会報第 25 号, pp145-148	木下紀正、小山田 恵、飯野直子、 金柿主税	13/10C-2- 発 01

2001年 3月30日	噴煙と火山ガスの動態を探 る-三宅島2000年噴火にあ たって-		木下紀正、金柿主 税、飯野直子、戸越 浩嗣、小山田恵	13/10C-2- 発02
2001年 8月27日	Trans-Pacific yellow sand transport observed in April 1998: A numerical simulation	Journal of Geophysical Research - Atmospheres - Vol. 106, No. D16, p. 18, 331	I. Uno, H. Amano, S. Emori, K. Kinoshita, I. Matsui, N. Sugimoto	13/10C-2- 発21
2001年 8月27日	Ground-based network observation of Asian dust events of April 1998 in east Asia	Journal of Geophysical Research - Atmospheres - Vol. 106, No. D16, p. 18, 345	T. Murayama, N. Sugimoto, I. Uno, K. Kinoshita, K. Aoki, N. Hagiwara, Z. Liu, I. Matsui, T. Sakai, T. Shibata, K. Arao, B. J. Sohn, J. G. Won, S. C. Yoon, T. Li, J. Zhou, H. Hu, M. Abo, K. Iokibe, R. Koga, Y. Iwasaka,	13/10C-2- 発22

(b) 口頭・ポスター発表

発表年月日 開催場所	発表タイトル	学会等の名称(予稿集 名、掲載ページ)	発表者	整理番号
1998年12 月	A Numerical Study of the Transport of Asian Pollutants across the Pacific Ocean	アメリカ地球科学協 会秋季大会アブスト ラクト集 (AGU fall meeting)	I. UNO, Greg. R. Carmichael, Dan Jaffe	10/10C-2- 発 01
1999年4月	気象モデルRAMSと結合した 物質輸送モデルによる黄砂 の輸送解析	日本気象学会春季大 会講演要旨集	鶴野伊津志、天野 宏欣、木下紀正、 西之園雅靖	10/10C-2- 発 02
1999年6月	Numerical modeling of trans-Pacific yellow sand (KOSA) transport observed in April 1998	Workshop on Mineral Dust, Boulder, Colorado	I. Uno	11/10C-2- 発02
1999年7月	Model intercomparison study of long range transport and sulfur deposition in East Asia (MICS - ASIA)	Workshop on the Transport of Air Pollutants in Asia	G. R. Carmichael H. Hayami G. Calori I. Uno	11/10C-2- 発03

1999年7月	The behavior of acid rain precursors in East Asia simulated by a long-range Transport Model	Workshop on the Transport of Air Pollutants in Asia	E. -S. Jang I. Uno K. Murano O. Oishi, T. Shimohara A. Utsunomiya	11/10C-2- 発 04
1999年7月	Development of meteorology-chemistry coupled on-line tracer model for long-range transport analysis over Asia-Pacific region	Workshop on the Transport of Air Pollutants in Asia	I. Uno S. Sugata E. -S. Jang S. Emori	11/10C-2- 発 05
1999年7月	Development of a regional climate model for east Asia based on CSU-RAMS	国際測地学・地球物理学連合(IUGG)第22回総会/高分解能気候モデルの開発に関するワークショップ	S. Emori T. Nozawa A. Numaguti I. Uno	11/10C-2- 発 06
1999年9月	オンライン物質輸送モデルを用いた東アジア域のソース・リセプター解析	大気環境学会 1999 年年会	鶴野伊津志 張 恩淑 村野健太郎	11/10C-2- 発 07
1999年11月 29-30日	Numerical Simulation of High Ozone Pollution over the North Kanto Mountainous Area	International Symposium on Oxidants/Acidic Species and Forest Decline in East Asia	大原利眞	11/10C-2- 発 08
2000年1月	大気質モデリングシステム MODELS-3/CMAQ を用いた東アジアにおける硫酸エアロゾルシミュレーション	第10回大気化学シンポジウム	菅田誠治 鶴野伊津志	11/10C-2- 発 09
2000年1月	A regional climate change projection over east Asia	11th Symposium on global change studies	S. Emori, T. Nozawa, A. Numaguchi, I. Uno	11/10C-2- 発 10
2000年1月	Trans-pacific yellow sand and trace gas transport in April 1998	11th Joint Conference on the Applications of Air Pollution Meteorology with the A& WMA	I. Uno S. Emori S. Sugata	11/10C-2- 発 11
2000年 3月14日	The long range transport of pollutants in the springtime in East Asia	The 5th International Workshop on the Comparison of Trans-boundary Air Pollution Model and Harmonization of the Meteorology of Emission Inventories of Air Pollutants in East Asia	T. Ohara, I. Uno and K. Murano	12/10C-2- 発 04

2000年 5月15-19日	Simulation of sulfate aerosol in East Asia using Models-3/CMAQ with RAMS meteorological data	Millennium NATO/CCMS meeting, 164-171	S. Sugata, Daewon W. Byun, and I. Uno	12/10C-2- 発 05
2000年 5月15-19日	Chemical transport modeling on-line coupled with RAMS for regional chemical climate	Millennium NATO/CCMS international technical meeting on air pollution modelling and its application, 35-44	I. Uno, S. Emori and M. Baldi	12/10C-2- 発 06
2000年 5月22-24日	Regional climate modeling of East Asian region based on RAMS	4th RAMS Users Workshop	S. EMORI, T. NOZAWA, A. NUMAGUTI, I. UNO	12/10C-2- 発 07
2000年 5月22-24日	Application of RAMS 4.28 to transboundary air pollution studies in East Asia by Pentium Linux Cluster- Performance, Tips and Problems-	4th RAMS Users Workshop	I. UNO, M. Baldi, S. Emori	12/10C-2- 発 08
2000年 7月27-29日	Contributions of biofuels and biomass burning to tropospheric ozone, carbon monoxide and NO _x across the North Pacific Ocean	First International Conference on Trans-pacific Transport of Atmospheric Contaminants	Mahesh J. Phadnis, Meredith K. Granter, Gregory R. Carmichael and Hiram Levy II	12/10C-2- 発 09
2000年 7月27-29日	Springtime export of anthropogenic and natural gaseous and particulate pollutants from East Asia to the North Pacific Osean : A model study	First International Conference on Trans-pacific Transport of Atmospheric Contaminants	Mahesh J. Phadnis and Gregory R. Carmichael	12/10C-2- 発 10
2000年 7月27-29日	The meteorological conditions for trans-pacific atmospheric transport as revealed by a regional-scale meteorological model	First International Conference on Trans-pacific Transport of Atmospheric Contaminants	I. Uno	12/10C-2- 発 11
2000年 7月30-8月2日	火山ガスとインターネットによる環境教育	日本地学教育学会第54回全国大会・鹿児島大会	金柿主税、木下紀正、池辺伸一郎、小山田恵	12/10C-2- 発 26
2000年 9月26日	関西地域の春季高濃度汚染に及ぼす越境大気汚染の影響- 東アジアスケールにおける長距離輸送シミュレーション-	第41回大気環境学会年会, p338	大原利眞、 鶴野伊津志、 若松伸司、 村野健太郎	12/10C-2- 発 12
2000年 9月26日	地域大気モデリングシステム(RAMS)を用いた関東地域の気象シミュレーション	第41回大気環境学会年会, p257	大原利眞、 鶴野伊津志、 森川多津子	12/10C-2- 発 13

2000年 9月26-28日	地域気象・化学輸送モデル の長期積分による東アジア 域の化学気候解析	第41回大気環境学会年 会, p458	鶴野伊津志	12/10C-2- 発14
2000年 9月26-28日	大気質モデリングシステム の現状と精度向上のための 問題点	第41回大気環境学会年 会大気化学分科会	菅田誠治	12/10C-2- 発28
2000年 10月3-6日	Tropospheric chemical transport modeling over East Asia	The 14th TOYOTA Conference, The Present and Future of Modeling Global Environmental Change-Toward Integrated Modeling-, p22-23	I. Uno	12/10C-2- 発15
2000年 10月31日	Numerical simulation of the springtime trans-boundary air pollution in east asia in the present And future	7 th International Conference on Atmospheric Sciences and Applications to AirQuality (ASAAQ-2000)	T. Ohara, I. Uno, S. Wakamatsu and K. Murano	12/10C-2- 発16
2000年 12月10日	Numerical simulation of the Springtime Trans-Boundary Air pollution in East Asia	6th International Conference on Acidic Deposition(Acid rain 2000)	T. Ohara, I. Uno, S. Wakamatsu and K. Murano	12/10C-2- 発17
2000年 10月18-20日	黄砂輸送モデルの改良と大 規模黄砂を対象とした輸送 解析	日本気象学会 2000年度 秋季大会, p144	吉井啓貴、 鶴野伊津志、 天野宏欣	12/10C-2- 発19
2000年 10月18-20日	地域気候・化学輸送モデル を用いた東アジア域の化学 気候解析	日本気象学会 2000年度 秋季大会, p118	鶴野伊津志、 江守正多、 菅田誠治	12/10C-2- 発20
2000年 10月31- 11月2日	Modeled response of photochemical oxidants to systematic reductions in nmhc and nox emissions in the wintertime in east asia	7 th International Conference on Atmospheric Sciences and Applications to Air Quality (ASAAQ-2000) and Exhibition, p74	M. Zhang, I. Uno, S. Sugata and H. Akimoto	12/10C-2- 発21
2000年 10月31- 11月2日	Development and application of chemical weather forecasting system over east asia	7 th International Conference on Atmospheric Sciences and Applications to Air Quality (ASAAQ-2000) and Exhibition, p189	I. Uno, Z. Wang and K. Ishihara	12/10C-2- 発22

2000年 10月31- 11月2日	Application of models-3/CMAQ with RAMS meteorological data to sulfate aerosol in east asia	7 th International Conference on Atmospheric Sciences and Applications to Air Quality (ASAAQ-2000) and Exhibition, p159	S. Sugata, Daewon W. Byun and I. Uno	12/10C-2- 発 23
2000年 12月10-16 日	Satellite analysis of volcanic clouds and transport of acidic substances from Mt. Aso and Mt. Sakurajima	6th International Conference on Acidic Deposition, p1-6	K. Kinoshita, N. Iino, I.Uno, A. Mori, S. Ikebe and J. Kohno	12/10C-2- 発 24
2000年 12月15-19日	Development of a multi-layered integerated model for interactions between land surface process and vegetation dynamics	AGU Fall Meeting (アメリカ地球物理学連合秋季大会)	江守正多、 渡辺 力、 横沢正幸、 高田久美子、 原 登志彦、 隅田明洋	12/10C-2- 発 25
2001年 1月	人為起源トレーサーを用いた東アジア域の物質輸送解析	大気環境学会九州支部総会研究発表会	鶴野 伊津志	13/10C-2- 発 12
2001年 1月23- 25日	環八雲の数値シミュレーション	第50回理論応用力学講演会, p297-298	神田 学、 鶴野 伊津志	13/10C-2- 発 13
2001年 1月23- 25日	人為起源トレーサーを用いた東アジア域の物質輸送解析	第50回理論応用力学講演会, p307-308	鶴野 伊津志	13/10C-2- 発 14
2001年 2月22-23日	Satellite imagery of ash clouds of the 2000 eruption of Miyake-jima Volcano	CEReS International Symposium On "Remote Sensing of the Atmosphere and Validation of Satellite Data"	N. Iino, K. Kinoshita, M. Koyamada, S. Saitoh, K. Maeno and C. Kanagaki	13/10C-2- 発 04
2001年 2月22-23日	Observation of Asian dusts during 1997-2000 by NOAA/AVHRR	CEReS International Symposium On "Remote Sensing of the Atmosphere and Validation of Satellite Data"	K. Kinoshita, R. Iwasaki, M. Koyamada, N. Iino, T. Yano, I. Uno, H. Amano, and T. Masumizu	13/10C-2- 発 03
2001年 2月22-23日	Detection of Asian dust aerosol over land using SeaWiFS data	CEReS International Symposium On "Remote Sensing of the Atmosphere and Validation of Satellite Data"	H. Fukushima, M. Miura, T. Takaoka, M. Toratani, and I. Uno	13/10C-2- 発 15
2001年 3月21-23日	Development of a nested air quality modeling system and its application in regional and urban scale	Annual Symposium "Predicting Global Change in the 21st Century", p105-106	Z. Wang, I. Uno, M. Zhang, H. Akimoto	13/10C-2- 発 16

2001年 3月21-23日	Modeling study of wintertime ozone in East Asia and its sensitivity to anthropogenic precursors	Annual Symposium “Predicting Global Change in the 21st Century”, p107-108	M. Zhang, I. Uno, Z. Wang, H. Akimoto	13/10C-2- 発 17
2001年 5月7-9日	気象衛星画像にみる桜島噴煙の長距離移流	日本リモートセンシング学会第30回学術講演会	飯野直子、木下紀正、櫻井仁人	13/10C-2- 発 05
2001年 5月7-9日	三宅島噴煙と火山ガス移流の衛星データによる検討II - 2000年10-12月-	日本リモートセンシング学会第30回学術講演会	小山田恵、木下紀正、飯野直子、金柿主税	13/10C-2- 発 06
2001年 5月8-10日	化学天気予報システムの開発と東アジア域への応用	日本気象学会春季大会, p82	鶴野伊津志、石原浩二、佐竹晋輔、王自発	13/10C-2- 発 18
2001年 5月8-10日	A MODELING STUDY OF LONG-RANGE TRANSPORT OF YELLOW SAND IN SPRING 2000	日本気象学会春季大会, p261	Z. WANG, I. UNO, M. ZHANG, and H. AKIMOTO	13/10C-2- 発 19
2001年 5月8-10日	Intercomparison of chemical mechanisms in the Models-3 Community Multi-scale Air Quality (CMAQ) modeling system	日本気象学会春季大会, p329	M. Zhang, I. Uno, Z. Wang, S. Hatakeyama, H. Akimoto	13/10C-2- 発 20
2001年 10月6-8日	STEM/RAMS を用いた化学天気解析システムの構築と運用	第42回大気環境学会年会	大原利眞、坂田智之、鶴野伊津志	13/10C-2- 発 25
2001年 10月6-8日	物質輸送モデルCMAQを用いた列島スケールにおける汚染物質の収支解析	第42回大気環境学会年会	松七五三健士、大原利眞、菅田誠治、村野健太郎	13/10C-2- 発 26
2001年 10月6-8日	RAMS/HYPACTによる東アジア域におけるソース・リセプター解析	第42回大気環境学会年会	片山学、大原利眞、鶴野伊津志、村野健太郎	13/10C-2- 発 27
2001年 10月6-8日	化学天気予報システムCFORSによる2001年春の黄砂シミュレーション	第42回大気環境学会年会	鶴野伊津志	13/10C-2- 発 23
2001年 10月6-8日	RAMS/CMAQによるACE-Asia観測期間の対流圏オゾンシミュレーション	第42回大気環境学会年会	鶴野伊津志、田代永史、張美根、菅田誠治	13/10C-2- 発 24

(2) 成果プログラム等

化学天気予報システムコード(商用の地域気象モデルRAMSの内部を改造した対流圏物質輸送モデルを毎日自動計算するプログラムシステム)

(3) 特許出願記録

なし

(4) 新聞記事、雑誌記事、テレビ報道等

朝日新聞朝刊九州版（平成13年2月21日）
西日本新聞朝刊（平成13年4月12日）
読売新聞全国版 夕刊（平成13年5月26日）
共同通信関係

- ・ 南日本新聞（平成13年4月13日）
- ・ 熊本日日新聞（平成13年4月13日）
- ・ 秋田さきがけ（平成13年4月18日）
- ・ 北日本新聞（平成13年5月15日）
- ・ 信濃毎日新聞（平成13年5月21日）
- ・ 河北新報（平成13年5月21日）
- ・ 大分合同新聞 夕刊（平成13年5月21日）
- ・ 神戸新聞 夕刊（平成13年5月22日）
- ・ 愛媛新聞（平成13年6月18日）

NHK 教育放送 サイエンスアイ（平成13年10月6日）

(5) 受賞等

大気環境学会学術賞 鶴野 伊津志（平成13年10月7日）

(6) ワークショップ等

月 日	名 称	場 所	内 容	参加人数	備 考
2000年11月9日-10日	研究集会「東アジア域の地域気象と物質輸送モデリングの総合化」	九州大学応用力学研究所	東アジア域の地域気象と物質輸送に関わる研究者が参加して、観測データ解析、モデル結果について議論を行った。	42名	
2001年6月28日-29日	第2回 研究集会「東アジア域の地域気象と物質輸送モデリングの総合化」	九州大学応用力学研究所	東アジア域の地域気象と物質輸送に関わる研究者が参加して、TRACE-P と ACE-Asia 観測期間のデータについて議論を行った。	30名	