2. 3. 研究終了報告

本節には、気象研究所が実施し、平成 17 年度に終了した研究課題のうち気象研究所予算による下記課題について、課題毎に計画と研究成果等を掲載した。

2.	3.1.特別研究費による研究	
	・火山活動評価手法の開発研究 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	98
2.	3.2.一般経常研究	
	・マイクロ波データ等を利用した台風構造変化の研究 ・・・・・・・・・・・・・・	106
	・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 ・・・・・・・・・・	114
	・津波の発生・伝播に関する基礎的研究 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・	118
	・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 ・・・・・・	121
	・北西太平洋の力学的海況予報に関する研究 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	126
2.	3. 3. 地方共同研究	
	・非静力学数値予報モデルによる地域気象特性の研究 ・・・・・・・・・・・・・・・	130
	・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 ・・・・・・・・・	134
	・強風災害をもたらす風の特性調査 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	138
	・メソ降水系の実態解明と予測技術の開発 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	142
	・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 ・・・・・・・・・・	145
	・2004 年の台風第 16 号による瀬戸内海の高潮に関する数値解析的研究 ・・・・・・・	147
	・火山性地震の震源決定精度向上に関する研究 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	149

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: 吉田明夫 D、浜田信生 D、伊藤秀美 B (地震火山研究部長)

課題構成及び担当者

(1)火山活動評価手法の開発

吉田明夫¹⁾、浜田信生²⁾、伊藤秀美³⁾、山本哲也、福井敬一、藤原健治⁴⁾、北川貞之⁵⁾、高木朗充、坂井孝行、山崎 明(地震火山研究部)

(2) 評価手法開発のための観測

吉田明夫¹⁾、浜田信生²⁾、伊藤秀美³⁾、山本哲也、福井敬一、藤原健治⁴⁾、北川貞之⁵⁾、高木朗充、坂井孝行(地震火山研究部)

研究の目的

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。

研究の概要

本研究では、マグマの振る舞いを地殻変動などから把握する力学的モデルに焦点を絞って開発を進めた。マグマの蓄積から噴火に至る過程の地殻変動や地磁気変化などを推定するために、有限要素法を用いた火山の力学的な数値モデルを作成し、火山活動を評価する手法を開発することを目的とした。

また、本手法の開発と検証に有用なデータを収集し、数値モデルを適用して、地殻変動に関する解析を行った。その結果、これらの手法を取り入れた火山用地殻活動解析支援ソフトウェアを開発した。

研究成果の要約

有限要素法を用いたモデルにより地殻変動や応力変化を推定する手法を開発し、地殻変動や全磁力データの解析、変化抽出のための火山用地殻活動解析支援ソフトウェア(MaGCAP-V)を開発し、霧島山を中心に、活動的な火山において観測及びデータ収集とマグマ蓄積等の数値モデル化を行った。その結果、伊豆大島の静穏期のマグマ蓄積過程、浅間山 2004 年噴火前後のマグマ供給系を推定し、樽前山及び霧島山の地殻変動の評価が可能となった。三宅島においては、精密な地殻変動の推定と従来行われている解析の系統的誤差の評価が可能となった。

今後に残された問題点

気象庁では、火山活動の活発さを6段階に区分けした火山活動度レベルを定め発表しているが、現状では、過去の噴火活動における観測データをもとにした経験的な基準に依存している。火山活動度レベルの信頼度を向上させるためには、噴火シナリオなどに基づくシミュレーションを実施して火山活動を予測しておくとともに、火山活動の解析、評価手法を高度化して活動度レベル判断にその知見を取り入れる必要がある。今後の研究では、本研究の成果を活かし、静穏期から大規模噴火にいたるマグマの上昇に伴う地殻変動変化をシミュレーションにより詳細に評価するとともに、その地殻活動を検知する観測手法を開発する必要がある。

成果の活用に対する意見

本研究において開発された火山用地殻活動解析支援ソフトウェア (MaGCAP-V) は、気象庁火山監視・情報センターに提供し、既に業務において活用されている。また、本研究において実施した観測の結果は、随時、火山噴火予知連絡会に提出し、浅間山における地殻変動観測結果は、2004 年浅間山の火山活動の総合評価に大きく貢献した。また、火山噴火予知連絡会(伊豆部会)による伊豆大島の中長

¹⁾ 平成 13 年度、2) 平成 14~16 年度、3) 平成 17 年度、4) 平成 13~17 年 7 月、5) 平成 17 年 8 月~

期的な火山活動の検討においても得られたモデルによる議論が行われている。今後の情報高度化のためにモデル化対象火山を増やすとともに、本研究で開発した手法に関する技術的情報を技術報告等に取りまとめる必要がある。

成果発表状況

- · 印刷発表件数 19件
- ・口頭発表件数 33件

(1) 火山活動評価手法の開発

研究の方法

これまでの噴火事例をもとに、マグマの蓄積から噴火にいたる過程の圧力源を想定し、概念モデルを作成、これに基づいて有限要素法を用いたモデルを作成し地殻変動や応力変化を推定する手法を開発する。また、以上の手法を適用して、地殻変動や全磁力データを解析し、変化を抽出するための火山用地殻活動解析支援ソフトウェアを開発する

研究の結果

・有限要素モデルの開発

マグマの火山体への蓄積、マグマの貫入、噴火についての概念モデルに基づいて、マグマ溜まりを 模式した楕円体(球を含む)状、火道を想定した円柱状、マグマ貫入を想定した板状の圧力源を想定 し、有限要素法を用いた火山の力学的な数値モデル(有限要素モデル)を作成し、これによって火山 周辺の地殻変動、応力変化などをシミュレーションする手法を構築した。

茂木モデル(半無限弾性体内に小さな圧力源がある場合の地殻変動モデル)を有限要素モデルで再現して解析解との比較を行うことにより、数値モデルの計算精度を確立した。具体的には、球圧力源の深さに比して深さ方向にも水平方向にも充分大きな計算領域を設定することによって、モデル端の影響が軽減され、充分高い計算精度を実現することができた。

・有限要素モデルによる数値シミュレーション

火山の地形、地下構造、圧力源の形状等を含む有限要素モデルによって、火山の地形、構造、マグマ溜まりの形状等が観測される地殻変動にどのように影響するかを明らかにした。火口地形や標高が地殻変動の観測量にもたらす影響の評価を行い、従来の簡単な解析手法(茂木モデルなどの地形、地下構造を簡略化したモデル)を用いた場合との違いを量的に明らかにした。

有限要素法を用いることで、様々な形状の圧力源における地表での地殻変動を計算できる。例えば、単純な球ではなく、楕円体状の圧力源があった場合の地表における地殻変動も有限要素モデルを用いて計算できる。例えば、鉛直変位でみると、偏平率(縦長の楕円体の場合)が概ね 0.5 以上になると圧力源直上より離れたところで鉛直変位が最大になる。

火口地形の影響評価の分析の結果、火口付近の垂直方向の変位は火口の有無によってそれほど変化しないが、水平方向の変位は火口の縁で2倍を越える大きさになることもあり、その影響量は、火口地形の体積と良い相関のあることがわかった。火口付近のような特殊な地形における地殻変動データを扱う場合には十分な注意が必要であることがわかった。

球状圧力源による地表面の変形として用いられている茂木モデルを変形して、圧力源の深さを観測点からの深さに置き換えたものを用いれば地表の起伏の影響をある程度考慮したモデル推定が可能になると考えられる(ここでは、「標高補正茂木モデル」と呼ぶ)。この手法の有効性を確認するために、有限要素法で求めた種々の円錐山体上における地殻変動量を観測量として、茂木モデル及び標高補正茂木モデルによるパラメータ推定を行った。その結果、①山体が特別に急峻でなければ標高補正茂木モデルによって正しい深さを推定することができる、②上下変動データに対して標高補正茂木モデルを適用すると良い推定結果を与える、③茂木モデルによって推定される圧力源の深さは地表面からの深さと考えると真の値に近い、④山頂部付近の水平変動データのみを使用して標高補正茂木モデルを適用すると誤った結果が得られることが分かった。

マグマ溜りの圧力上昇に伴う地磁気変化(ピエゾ磁気効果)についても、火山地形の影響がどの程度あるのかを評価した。計算モデルとして円錐形の火山体が存在する場合について地上に生じる磁場変化を計算しその特徴を調べた。その結果、特に火山の裾野において半無限モデルと大きく異なるピ

エゾ磁気効果が生じるなど、地形は無視できない影響を及ぼすことが明らかとなった。 最終的に、実地形を取り込んで、実際の火山の地殻変動を従来よりも精密に計算できる手法を開発 した。

・火山用地殻活動解析支援ソフトウェア (MaGCAP-V) の開発

GPS データ、傾斜計データ、地磁気データを総合的に解析し変動源を抽出するための火山用地殻活動解析支援ソフトウェア(MaGCAP-V)を開発した。

地殻変動データについては、有限要素法を用いた地殻変動シミュレーション結果データベースを利用して、モデル推定を行う方法を組み込んだ。具体的には、伊豆大島、浅間山、霧島山について、実地形を考慮し種々の変動源に対する有限要素法を用いた地殻変動パターンの計算を行い、ソフトウェアにそのシミュレーション結果のデータベースを種々の形式で地形図上に表示できる機能、最適モデルの選択機能、内挿推定する機能を追加した。

これにより、マグマの蓄積、上昇、貫入の各段階に対応した面的パターン、時間的パターンと実際の観測データを対比することでマグマのより正確なふるまいを推定することが出来る。

本ソフトウェアは、観測データをもとにマグマの変化を把握するために利用されるだけでなく、火山監視のために観測網を展開する際にどのような観測点配置が効率的かを判断するためにも利用できる。

研究の成果

有限要素法による火山の力学的な数値モデルを開発するとともに、地殻変動や全磁力データを解析し、変化を抽出するための火山用地殻活動解析支援ソフトウェア(MaGCAP-V)を開発した。一部の火山について、実地形を考慮し種々の変動源に対する有限要素法を用いた地殻変動パターンの計算を行い、MaGCAP-V にそのシミュレーション結果のデータベースを種々の形式で地形図上に表示できる機能を盛り込んだ

(2) 評価手法開発のための観測

研究の方法

火山活動評価手法の開発と検証に有用な観測データを収集するため、活動的な火山において、火山活動評価手法の基礎となる地殻変動、地磁気変化、熱的変化、地震等の観測及びデータ収集を行う。

これらの観測データについて、地殻変動等の数値モデルを適用し、マグマ蓄積等のモデル化を行い地殻変動に関する解析を行う。

研究の結果

• 火山観測

火山活動評価手法の開発と検証に有用なデータを得る目的で、霧島山を中心に伊豆大島、樽前山、 浅間山、雲仙岳において、GPS 繰り返し観測、傾斜観測、地磁気観測、光波測距などの火山観測を 実施するとともに、関係するデータの収集を行った。得られた観測成果は以下のとおりである。 霧島山:

2003 年 12 月の火山活動が多少活発化した期間、御鉢火口付近で発生した継続時間が 5 分以上の火山性微動に対応して、火口方向が下がる傾斜変動を荒襲観測点(火口の南約 1.3km)で 4 例捉えた。 2006 年 2 月 1 日には新燃岳で発生した火山性微動に対応して新燃岳山頂部観測点で傾斜変動を捉えた。この傾斜変動の様相は御鉢のものとは異なっていたが、微動前後で比較すると火口方向下がりであった。

伊豆大島:

山頂部に GPS 連続点を設置するともに、26 カ所の GPS 繰り返し観測と光波測距繰り返し観測を 実施し、静穏期に見られる島の膨張を示す地殻変動の空間的分布を詳しく捉えた。 浅間山:

2002 年頃からの地震多発や噴煙活発化、微噴火発生など浅間山の火山活動の高まりに注目し、GPS や光波測距での地殻変動観測を強化した結果、2004 年噴火に伴う噴火活動開始前に山体が膨張する変動を捉え、噴火活動期間に山頂部が膨張する変動を観測した。噴火前後の火山活動に伴う変動をとらえることに成功した。GPS繰り返し観測では、4月~7月にかけて山頂付近を中心とした山体の膨張を観測。そのデータから山頂直下および海抜程度の深さの2箇所に圧力源が存在することを推定し

た。この圧力変化は。深部からのマグマの供給に伴うものと考えられる。また、光波測距の大気状態変化による誤差の補正に、新たな手法として気象庁の数値予報計算で使用されるグリッドポイントデータの気象要素を、時間・空間的に内挿して補正する方法を用いることで、斜距離が 7km 以上と長く、標高差が約 1500m と大きい地点からでも高精度な観測が可能となった。その結果、浅間山の噴火活動期を含む 2004 年 6~12 月に斜距離は約 2cm 短縮したことがわかった。この変化量は、従来の手法であれば測定誤差の範囲内であった。このように、数値予報データを用いた光波測距データの補正を行うことで、浅間山の噴火活動前後の山頂部地殻変動の再評価が可能になった。

1999 年 7 月に GPS 観測網を設け、1 周波型 GPS による繰り返し観測を年 2 回実施した。また、札幌管区気象台では 1998 年より年 $1\sim2$ 回の割合でプロトン磁力計による地磁気繰り返し観測を実施している。これらの観測によって 1999 年から 2000 年にかけて山体膨張や、熱消磁に伴う全磁力の変化が観測された。1999 年から 2000 年の GPS 観測結果を標高補正茂木モデルに当てはめて圧力源を推定するとドーム中心直下海抜 730 m、体積増加量 2×10^4 m³、地磁気観測結果を双極子モデル(球状の消磁モデル)に当てはめると消磁域はドームの北西部海抜 670m、半径 130m となり、圧力源と熱消磁域はほとんど同じ位置に推定された。MaGCAP-V を用いると、剛性率や岩石磁化率を仮定することで、地殻変動データと地磁気データを組み合わせて圧力源の位置、大きさ、圧力変化量を推定することができる。剛性率を 4 GPa、岩石磁化率を 1 A/m とするとドーム直下標高 730 m、半径 120 m の領域で 13 MPa の圧力変化と、熱消磁が生じたと推定される。雲仙岳:

溶岩ドームの塑性変形と自重沈降と考えられる地殻変動を捉えた。

・有限要素法による数値シミュレーション手法の適用

観測等により収集したデータに基づき、開発した手法を活用して地殻変動に関する解析を行った。 霧島山:

火山性微動に同期した傾斜変動は荒襲観測点(御鉢火口の南, 1.3 km)で観測され、湯之野観測点 (御鉢火口の西, 4.2km)新燃岳山頂部観測点(御鉢火口の北, 4.4km)ではノイズレベルを越える 変動は認められなかった。このことから、荒襲と湯之野あるいは新燃岳山頂部観測点における傾斜変 動の比は 0.1 よりも小さい。この傾斜変動源は海面下 1km より浅い所、変動源における体積変化量 と放出物の量も考慮すれば、新噴気孔からの物質の放出に伴ったごく浅部の減圧によって生じたと推 定される。

地震波速度構造から推定した 3 層からなる P 波成層構造を仮定し、密度については重力探査から推定された値などを参考に与え、各層の剛性率を下表のように与えた有限要素モデルを作成し、霧島山御鉢の火山性微動に対応した傾斜変動源によって生じる傾斜分布を求めた。 3 層モデルによる傾斜変動量は 1 層モデルの数倍になり、変動パターンもやや異なっている。荒襲における傾斜変動量は前で用いた 1 層モデルの数倍になる。一方、湯之野では 2 倍程度であった。このため、 3 層モデルによる両地点の傾斜比は 1 層モデルで求められた比の 1/3 程度となる。このことから, 1 層モデルから推定された変動源の深さに対する制約はより荒いものになる可能性(深くなる可能性)がある。より精密な議論のためにはより現実的な構造を用いる必要がある。 浅間山:

噴火前後の地殻変動の解析から、浅部(山頂直下約350m)、やや浅部(山体下のほぼ海抜)及び深部の3つの圧力源からなるマグマ供給系を推定した。山頂部のような複雑な地形の浅部における圧力計算は、解析解では誤差が大きいので、有限要素法の適用は有効であった。また、火口内にたまった溶岩の荷重による山体変形を有限要素法を用いてシミュレーションすることにより、光波測距により観測された山頂部の変動を評価することが可能になった。伊豆大島:

GPS 繰り返し観測で得られた島の膨張を示す地殻変動の詳細な空間的分布について、実地形を組み込んだ数値モデルを適用した。その結果、深部の球状圧力源と浅部の板状圧力源の存在が推定され、深部のマグマ溜まりだけでなく浅部の開口割れ目にマグマが蓄積されている可能性を示唆した。これは、伊豆大島の今後の噴火を考える上で重要な知見である。

三宅島:

近似地形と5層の水平層構造を組み込んだ有限要素モデルで地殻変動の数値シミュレーションを行

ったところ、三宅島では地下構造の影響が顕著であり、海岸部の GPS 観測点付近で変動量が 2 倍以上に増幅されうること、従来の簡単な解析手法で推定されるマグマ溜まりの深さは、実際よりも約 30%も浅いことが分かった。

樽前山:

溶岩ドームがせり出す特異な地形をしているため、解析において地形による影響が大きいと考えられるが、有限要素法によりその影響を除去することができた。GPS繰り返し観測により捉えられた1999年から2000年にかけての山体膨張について、地形の影響を厳密に考慮した解析を行った。

国土地理院作成の 50m メッシュ数値地図を用いて樽前山のモデルを作成し、三次元有限要素法によって圧力源モデルを推定した。想定されるソースの深さが 1000m、大きさが 200m より小さいと考えられるため、モデルの大きさはその 10 倍以上をとり、1 辺 12km 高さ 15km の六角柱とした。誤差を少なくし、計算時間を考慮して、表面のメッシュの大きさを 30m、150m、600m の 3 段階に分けてモデルを作成し、圧力源付近のメッシュを細かくした。計算の結果、観測値を最もよく説明する圧力源は海抜 720m 付近を中心とする直径 120m の球形圧力源に 13MPa の圧力を加えることで観測値を説明できた。この解析結果は解析解(茂木モデル)によって推定された深さよりもやや浅い。詳細な有限要素法による解析結果により、従来の解析解による手法と比べてより現実的な解を決定できたものと考えられる。

研究の成果

霧島山、浅間山、伊豆大島、三宅島、樽前山において観測データによるマグマ蓄積等の数値モデル化を行い、その結果、伊豆大島の静穏期のマグマ蓄積過程、浅間山 2004 年噴火前後のマグマ供給系を推定し、樽前山及び霧島山の地殻変動の評価が可能となった。三宅島においては、精密な地殻変動の推定と従来行われている解析の系統的誤差の評価が可能となった。

成果発表一覧

(論文)

- 1. Uhira, K., T. Baba, H. Mori, H. Katayama and N. Hamada, 2005: Earthquake swarms preceding the 2000 eruption of Miyakejima volcano. *Bulletin of Volcanology*, **67**, 219-230.
- 2. 岡崎紀俊, 高橋浩晃, 笠原 稔, 石丸 聡, 森 済, 北川貞之, 藤原健治, 中禮正明, 2002: 高密度 GPS 観測による 2000 年有珠山噴火の地殻変動. 火山, 47, 547-557.
- 3. 高木朗充, 西村裕一, 宮村淳一, 2002: セオドライト観測による 2000 年有珠山噴火後の地殻変動. 火山, 47, 559-569.
- 4. 上野 寛, 森 博一, 碓井勇二, 宮村淳一, 吉川一光, 浜田信生, 2002: 広域の地震観測網で捕らえた平成 12 年 (2000 年) 有珠山噴火開始前後の地震活動. 火山, 47, 689-694.
- 5. 藤原健治,田中圭介,北川貞之,瀉山弘明,松島 功,内田直邦,中禮正明,徳永規一,増成友宏, 2002:有珠山周辺に展開した準リアルタイム GPS 観測システムについて,火山,47,695-698.
- 6. 高木朗充,福井敬一,藤原健治,上田義浩,飯島 聖,山本哲也,坂井孝行,菅野智之,瀉山弘明, 2005:地殻変動から推定される 2004 年浅間山噴火前後の浅部マグマ供給系. 火山, 50, 363-375.
- 7. 坂井孝行, 山本哲也, 福井敬一, 藤原健治, 高木朗充, 中禮正明, 2006: 有限要素法による火山性地 殻変動の計算精度の確立 – 茂木・山川モデルの再現 – . *気象研究所研究報告*, **56**, 投稿中.
- 8. 坂井孝行, 山本哲也, 福井敬一, 藤原健治, 高木朗充, 中禮正明, 2006: 深さに比して相対的に大きな半径を有する球圧力源による地表面変位-有限要素法による計算-. *気象研究所研究報告*, **56**, 投稿中.

(論文以外の著作物)

- 1. 高木朗充, 2002: GPS 地殻変動データから伊豆大島のマグマだまりを探る. 月刊地球号外, 39, 83-90.
- 2. 福井敬一, 中禮正明, 2002: 有珠山 2000 年噴火活動と火山性微動との対応-2000 年 4 月 3,19 日の 例. 火山噴火予知連絡会会報, 77, 25-27.
- 3. 高木朗充, 西村裕一, 宮村淳一, 2002: 有珠山 2000 年噴火後のセオドライト稜線観測による地殻変動 -2000 年 5 月~2001 年 6 月 . *火山噴火予知連絡会会報*, **77**, 43-45.
- 4. 福井敬一, 2002: 有珠山北西山麓火口からの放熱率時間推移. 火山噴火予知連絡会会報, 77, 74-75.

- 5. 福井敬一, 中禮正明, 2002: 有珠山金比羅山火口における 2000 年 4 月 3 日の噴火活動. *火山噴火 予知連絡会会報*, **77**, 76-77.
- 6. 高木朗充, 大島測候所, 東京大学地震研究所, 2002: 伊豆大島で発生した地震の発震機構―1999年 ~2002年1月―. 火山噴火予知連絡会会報, 81, 39-40.
- 7. 福井敬一, 2003: 噴煙活動の解析. *気象庁技術報告「平成12年(2000年)有珠山噴火調査報告」*, **124**, 32-44.
- 8. 藤原健治, 2003: 有珠山周辺で実施した GPS 観測について. *気象庁技術報告「平成 12 年(2000年)有珠山噴火調査報告」*, **124**, 77-81.
- 9. 高木朗充, 2003: 気象庁によるセオドライト観測. *気象庁技術報告「平成 12 年(2000 年)有珠山噴火調査報告」*, **124**, 81-91.
- 10. 福井敬一, 2003: 三宅島からの放熱率時間推移(2000年9月~2002年9月), 火山噴火予知連絡 会会報, 83, 62-63.
- 11. 高木朗充, 雲仙岳測候所, 2003 : 雲仙岳の地殻変動 1999 年 ~ 2002 年 , *火山噴火予知連絡会会報*, **84**, 70·71.
- 12. 福井敬一, 2003: 噴煙活動の定量的評価と火山活動監視への活用. 鹿児島大学多島圏研究センター, 南太平洋海域調査研究報告, 37, 172-180.
- 13. Takagi, A., 2004: A Geodetic Study of the Magma Supply System at Izu-Oshima Volcano by Using High-Density GPS Observation Network, Ph.D. thesis, Kyushu University, 112p.
- 14. 福井敬一, 中禮正明, 北川貞之, 藤原健治, 坂井孝行, 高木朗充, 高見雅三, 田村慎, 岡崎紀俊, 石丸聡, 2004: 樽前山における地殻変動観測結果(1999 年 7 月~2003 年 10 月). *火山噴火予知連絡会会報* **86**, 11-13.
- 15. 福井敬一, 山本哲也, 藤原健治, 高木朗充, 坂井孝行, 2005: 2003 年 12 月から 2004 年 5 月に霧島山御鉢で発生した火山性微動に対応した傾斜変動. 火山噴火予知連絡会会報, 88, 127-130.
- 16. Yamazaki, A., M. Churei, S. Tsunomura, S. Nakajima, 2005: Analysis of the variation of geomagnetic total force at the Kusatsu-Shirane Volcano: the remarkable changes in the geomagnetic total force in 1990 and the estimated thermal demagnetization model. Technical Report of the Kakioka Magnetic Observatory, 3, 49-59.
- 17. 高木朗充, 2005: 浅間山の山体変動-2004年7~10月-. 火山噴火予知連絡会会報, 89, 44-46.
- 18. 福井敬一, 2005: 三宅島からの放熱率時間推移(2000年9月~2004年10月). 火山噴火予知連絡会会報, **89**, 62-63.
- 19. 福井敬一, 2005: 噴煙観測から求めた放熱量. 気象庁技術報告「平成 12 年 (2000 年) 三宅島噴火 及び新島・神津島近海の地震活動調査報告」, 印刷中.

- 1. Takagi, A., M. Churei, M. Odai, Y. Ikeda, M. Asanuma, S. Tari, T. Yamamoto, K. Fukui, K. Fujiwara, and T. Sakai, 2003: Crustal deformation of Izu-Oshima volcano, Japan by the repeated GPS observation. IUGG 2003, V12/01P/D-006, Sapporo, July, 2003.
- 2. Nishimura, Y., T. Matsuhima, E. Saito, S. Takarada, T. Hasaka, and A. Takagi, 2003: Deformation monitoring by EDM and theodolite surveys at the western part of Usu volcano, Hokkaido, northern Japan. IUGG 2003, V11/03P/D-017, Sapporo, July, 2003.
- 3. Fukui., K., 2003: Usefulness of volcanic plume observation for volcano monitoring and prediction. IUGG 2003, V11/03P/D-035, Sapporo, July, 2003.
- 4. Fukui K., T. Sakai, T. Yamamoto, K. Fujiwara, and A. Takagi, 2004: Verification of the availability and limitations of an "altitude-modified Mogi model" to estimate the pressure source from volcanic crustal deformation by using FEM. IAVCEI 2004, s08a_pf_100, Pucon, Chile, Nov., 2004.
- 5. 中禮正明, 福井敬一, 北川貞之, 2001: GPS による樽前山の地殻変動(1999 年-2000 年)と火山活動. 2001 年地球惑星科学関連学会合同大会, 予稿 CD-ROM, Jp-P009.
- 6. 福井敬一, 2001: 噴煙活動の解析に基づく有珠山 2000 年噴火活動の終息時期予測の試み. 2001年

地球惑星科学関連学会合同大会, 予稿 CD-ROM, Jp-014.

- 7. 高木朗充, 池田靖, 2002: 伊豆大島の繰り返し GPS 観測と地震の発震機構. 2002 年地球惑星科学関連学会合同大会、予稿 CD-ROM, S049-015.
- 8. 坂井孝行, 山本哲也, 福井敬一, 藤原健治, 高木朗充, 中禮正明, 2002: 有限要素法による基礎的な圧力源モデルの計算. 日本火山学会 2002 年秋季大会予稿集,111
- 9. 中禮正明,福井敬一,山本哲也,藤原健治,高木朗充,坂井孝行,山崎 明,潟山弘明,瀧沢倫明, 2002:火山用地設活動解析支援ソフトウェアの開発.日本火山学会 2002 年秋季大会稿集,164
- 10. 福井敬一, 2002: 噴煙活動の定量的評価と火山活動監視への活用. 多島域フォーラム「列島火山の噴煙活動を探る」, 鹿児島大学多島圏研究センター, 2002年11月.
- 11. 藤原健治, 坂井孝行, 山本哲也, 福井敬一, 高木朗充, 中禮正明, 2003: 有限要素法による基礎的な 圧力源モデルの計算(第2報). 2003 年地球惑星科学関連学会合同大会, 予稿 CD-ROM, D007-P014.
- 12. 山崎 明, 坂井孝行, 2003: 地殻内圧力源に伴うピエゾ磁気効果への地形の影響について. 2003 年 地球惑星科学関連学会合同大会、予稿 CD-ROM, E074-P003.
- 13. 福井敬一, 2003: 火山活動の監視と予測のための映像観測. 2003 年地球惑星科学関連学会合同大会, 予稿 CD-ROM, J077-005.
- 14. 山崎 明, 坂井孝行, 2003: 地殻内圧力源に伴うピエゾ磁気効果への地形の影響について. 日本火山学会 2003 年秋季大会予稿集, 43.
- 15. 福井敬一, 坂井孝行, 山本哲也, 藤原健治, 高木朗充, 中禮正明, 2003: 標高補正茂木モデルの有用性とその限界. 日本火山学会 2003 年秋季大会予稿集, 35.
- 16. 高木朗充, 中禮正明, 2003: 歪み場から見た伊豆大島の地殻変動. 日本火山学会 2003 年秋季大会予稿集. 37.
- 17. 山崎 明, 坂井孝行, 2003: 地殻内圧力源に伴うピエゾ磁気効果への地形の影響について. 日本火山 学会 2003 年秋季大会予稿集, 43.
- 18. 藤原健治, 坂井孝行, 山本哲也, 福井敬一, 高木朗充, 中禮正明, 2003: 有限要素法による円柱圧力源モデルの計算. 日本火山学会 2003 年秋季大会予稿集, 135.
- 19. 坂井孝行, 山本哲也, 福井敬一, 藤原健治, 高木朗充, 中禮正明, 2003: 火山地形が火山性地殻変動 に及ぼす影響. 日本火山学会 2003 年秋季大会予稿集.172.
- 20. 坂井孝行, 山本哲也, 福井敬一, 藤原健治, 高木朗充, 中禮正明, 2004: 有限要素法による回転楕円 体圧力源モデルの計算. 2004 年地球惑星科学関連学会合同大会、予稿 CD-ROM, D007-P009.
- 21. 高木朗充, 清水洋, 中禮正明, 2004: 稠密 GPS 観測による伊豆大島火山のマグマ蓄積過程. 2004 年 地球惑星科学関連学会合同大会, 予稿 CD-ROM, V055-021.
- 22. 山本哲也, 坂井孝行, 高木朗充, 福井敬一, 藤原健治, 2004: 三宅島における構造と地形を考慮した地設変動の推定. 2004 年地球惑星科学関連学会合同大会, 予稿 CD-ROM, V055-024.
- 23. 福井敬一, 山本哲也, 藤原健治, 高木朗充, 坂井孝行, 中村政道, 福岡管区気象台火山監視, 情報センター・鹿児島地方気象台, 2004: 霧島山における傾斜観測-2003年12月, 2004年1月霧島山御鉢で発生した火山性微動に伴う傾斜変動. 2004年地球惑星科学関連学会合同大会, 予稿CD-ROM, V055-P033.
- 24. 山本哲也, 2004: 火山活動解析手法の高度化をめざしてーマグマの動きをとらえるー. 気象研究所研究活動報告会, 気象庁講堂, 2004/7/21.
- 25. 福井敬一, 高木朗充, 坂井孝行, 山本哲也, 藤原健治, 2004: 霧島山御鉢における火山性微動に対応 して発生した傾斜変動 - 有限要素法を用いた圧力源推定 - . 日本火山学会 2004 年秋季大会予 稿集 83
- 26. 坂井孝行, 山本哲也, 福井敬一, 藤原健治, 高木朗充, 中禮正明, 2004:回転楕円体圧力源による変位を表す経験式-FEM 解析結果からの導出-. 日本火山学会 2004 年秋季大会予稿集, 91.
- 27. 山本哲也, 福井敬一, 坂井孝行, 藤原健治, 高木朗充, 2004: 霧島山御鉢火口周辺での全磁力連続観測. 日本火山学会 2004 年秋季大会予稿集, 171.
- 28. 高木朗充, 藤原健治, 坂井孝行, 上田義浩, 飯島聖, 潟山弘明, 菅野智之 2004, 2004 年浅間山噴火 前後の地殻変動. 日本火山学会 2004 年秋季大会予稿集, 207.

- 29. 高木朗充, 福井敬一, 長谷川嘉彦, 上田義浩, 飯島聖, 2005: 光波測距観測の数値予報気象モデルに基づく補正方法-浅間山への適用-. 2005 年地球惑星科学関連学会合同大会, 予稿 CD-ROM, V055-007.
- 30. 福井敬一, 山本哲也, 藤原健治, 高木朗充, 坂井孝行, 2005: 火山用地殻活動解析支援ソフトウェアの開発(2). 2005 年地球惑星科学関連学会合同大会, 予稿 CD-ROM, V055-P33.
- 31. 北川貞之,福井敬一,中禮正明,山本哲也,高木朗充,坂井孝行,藤原健治,宮村淳一,高橋祐二, 佐藤十一,谷口貴康,2005: 樽前山における 1999~2000 年の火山活動-GPS,地磁気,温度観 測データに見られた同期した変動. 日本火山学会 2005 年秋季大会予稿集,57.
- 32. 高木朗充, 山本哲也, 福井敬一, 坂井孝行, 上田義浩, 飯島聖, 藤原健治, 潟山弘明, 菅野智之, 2005: 地殻変動から推定される 2004 年浅間山噴火前後の浅部マグマ供給系. 日本火山学会 2005 年秋季大会予稿集, 70.
- 33. 山本哲也,福井敬一,坂井孝行,高木朗充,藤原健治,2005:霧島山御鉢および新燃岳における全磁力繰り返し観測.日本火山学会 2005 年秋季大会予稿集,164.

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: 北畠尚子、楠 研一 D、別所康太郎、星野俊介、森 一正 D、田中恵信 B (台風研究部)

研究の目的

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。

衛星(可視、赤外、水蒸気、マイクロ波散乱計、放射計、探査計)、ドップラーレーダー等の観測データおよび客観解析データを利用し、またドップラーレーダー、ゾンデ等による研究観測を行い、台風の発生過程から温帯低気圧化過程までの台風の構造変化を明らかにする。

本研究では「台風に発達する擾乱の判別法の開発」、「台風強度推定法の改善」、「台風構造の変化にかかわる力学過程、物理過程の解明」に重点を置き、台風関連業務へ役立てるとともに、台風数値モデルの改善に資する。

研究の方法

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。

研究の結果

• 台風発生

衛星センターで作成されている台風へと発達する擾乱の早期判別結果を用いて、台風へと発達する 擾乱、発達しない擾乱について調査し、それぞれに特徴的な月毎の発生頻度や、発生領域、持続時間 等がわかった。北西太平洋で発生した擾乱および台風を AMSU の観測データなどを利用して事例解 析した結果、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。これより、発生期におい ても温暖核の有無を追跡することにより、台風の発生判別が可能となる。

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 輝度温度からパラメータを算出し、ベストトラックおよびマイクロ波散乱計(QuikSCAT および SeaWinds)の最大風速との関連を調べ、最大風速を求める手法を開発した。この手法を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た検証の結果、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。

1999 年から 2002 年までのハリケーンのうち、AMSU が QuikSCAT などと同期して観測を行った 事例を抽出した。それらの事例について、AMSU データからハリケーンにおける三次元の気温分布・風分布を求めた。地上付近の風分布は降水や水蒸気などの影響で、精度よく風分布が求められない。そのため、AMSU から求めた 850hPa 付近の風分布を QuikSCAT などの海上風分布と比較し、AMSU の 850hPa 付近の風分布から海上風分布を推定する手法を開発した。また、2 つのハリケーンについて検証を行った。その結果、風向についてはその推定手法に改善すべき点が依然としてあるが、風速については高い精度で推定できることを証明した。

2003年の台風について、TMI や AMSR-E、AMSR などのマイクロ波放射計の輝度温度 (19GHz、37GHz、85GHz、89GHz) と、台風の強度 (最大風速) との関係を統計的に求めた。その結果、TMI

 $^{^{1)}}$ 平成 17 年、 $^{2)}$ 平成 16 年、 $^{3)}$ 平成 $13{\sim}15$ 年

からの推定では 8m/s ほどの最小自乗平均誤差だったが、AMSR-E や AMSR では 5m/s と小さくなっていた。

• 台風構造変化

 $2001\sim2002$ 年に温帯低気圧化した台風について、環境場と関連付けて構造変化を warm seclusion、open wave、cold advection の 3 種類に分類した。warm seclusion は上層に顕著な短波長トラフがあるときに生じ、比較的強い勢力で日本付近を北上する傾向があった。また cold advection は下層の強い寒気が南下しているときに比較的低緯度で生じることや、open wave はそれらの中間の性質を持っていることがわかった。これらは上層の流れと下層の前線帯の関係によって決まり、特に渦位の三次元分布を見ることが有効であることがわかった。

日本本土に接近・上陸した台風のうち、温帯低気圧化した台風とそれ以外の台風について、いくつかの事例解析を行った。夏期に日本本土付近に北上した台風 0111 号の場合は、上層の短波長トラフの影響はあったが、下層の寒気が南下しておらず、温帯低気圧化しなかった。秋に日本の南で台風となりその 24 時間後に温帯低気圧化した台風 0219 号の場合は、発生当初から傾圧性を持っていたが、AMSU データでは暖気核の存在が認められ、ハイブリッド発達をしたことが示唆された。

温帯低気圧化しながら関東地方を通過した台風 0221 号の構造について、ウィンドプロファイラを含む現業観測網、及びドップラーレーダーや GPS ゾンデ特別観測データも用いて解析を行ったところ、台風の北には下層に強い温暖前線が見られた。その前線沿いには幅の狭い弱風帯が分布しており、それに対応して負の絶対渦度がメソスケールで分布していたため、台風の循環中心は前線上ではなく前線から数 10km 離れた暖気内を進んでいた。このことから、温帯低気圧化過程では暖気核の消失より下層の非対称化が先に進むが、台風近傍での前線の発生がそのまま温帯低気圧化に結びつくわけではないことが確かめられた。

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

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

研究成果の要約

• 台風発生

熱帯海洋上に分布する擾乱のうち、台風になったものとならなかったものの発生頻度や発生領域などの特徴などを調査し、それを踏まえて、数例の事例解析を行った結果、マイクロ波探査計(AMSU)から推定される温暖核の有無が重要な判別因子の可能性があることがわかった。

台風強度推定

マイクロ波放射計を用いた強度推定法については、風速誤差 5~8m/s で最大風速を推定する手法を 開発することができ、目標を達成できた。

改良型マイクロ波探査計(AMSU)を用いた台風強度、特に台風の海上風の2次元分布を求める手法の開発に成功した。風向分布には改善すべき点はまだあるものの、風速分布についてはマイクロ波散乱計(QuikSCAT)による海上風速分布と同程度の精度であることが確認された。

• 台風構造変化

台風の温帯低気圧化について、下層起源のじょう乱である台風と、中緯度偏西風帯に特有な上層じょう乱(短波長トラフ)の相互作用について、特に渦位分布の解析が有効であることがわかった。 温帯低気圧化過程にある台風のメソスケール構造について、現業ウィンドプロファイラやドップラーレーダーなど研究観測データも用いて解析を行い、台風の非対称化と暖気核消失に時間的なずれがあるために遷移期間が生じること、その際に独特なメソスケール現象が生じていることが確認された。

今後に残された問題点

台風の発生判別法は、台風へと発達する擾乱の早期判別結果や AMSU の観測データといった良質の

データセットを準備し、数例ではあるが事例解析を行い、AMSUを用いた台風の発生判別の可能性を示すことができたが、更にマイクロ波データの種類や事例数を増やし、かつ検証を行い、手法の確立をめざす必要がある。

台風強度推定については、マイクロ波データを用いた熱帯低気圧の強度推定法のプロトタイプとして 定性的には有用、定量的にもある程度の誤差で熱帯低気圧の監視に有効な手法を開発できたことは、今 後現業および研究の面でマイクロ波データの利用を進めていく上で一つの足がかりになると考える。し かし、今回の手法はまだ発展途上の域にあり、今後、熱帯低気圧の構造(輝度温度などのパターン)変 化に注目して、改良を行って行く必要がある。AMSU から海上風分布を求める手法は、他に例を見ない ものであり、さらに多数の事例での検証を行った上で、数値予報・防災情報への応用が待たれる。

台風構造変化については調査した事例数は必ずしも少ない数ではなかったと考えるが、本研究計画の期間の事例に限られていた。台風の温帯低気圧化のパターンには年々変動もあるようであり、結果の一般性を十分確保するためには、さらに長期間の多数の事例を調査すると効果的であると思われる。また、温帯低気圧化過程にある台風に伴うメソスケール現象は環境場との関係により多様なものが生じる可能性もあり、防災の観点ではそのような現象に関する知見の蓄積も重要なので、今後さらに多くの事例解析が必要である。

成果の活用に対する意見

本研究で開発したマイクロ波放射計データを用いた台風最大風速の推定手法や、マイクロ波探査計データによる風分布の推定手法は、気象衛星センターに提供し、現業での利用に向けての準備が行われている。今後は、探査計の上空風速から海上風を推定する手法の一層の高度化と、放射計データによる中心気圧推定法の開発を目指す必要がある。台風の温帯低気圧化過程について詳細な解析を行ない、渦位の3次元分布が重要であることを明らかにし、これまで主観的に行われていた温帯低気圧化の判断に力学的な概念と物理量を導入したことや、温帯低気圧化過程にある台風に伴って、各種のメソスケール現象が生じていることを明らかにしたことは、科学的に重要であるのみならず、防災の観点からも重要であり、さらに事例解析を進めていく必要がある。

成果発表状況

- 印刷発表件数 28 件
- ・口頭発表件数 81件

成果発表一覧

(論文)

- 1. Sumi, A. and T. Nakazawa, 2002: Satellite monitoring for the season-to interannual climate fluctuations, *Korean J. Atmos. Sci.*, **5**(S), 13-28.
- 2. Kitabatake, N., 2002: Extratropical transformation of Typhoon Vicki (9807): Structural change and the role of upper-tropospheric disturbances. *J. Meteor. Soc. Japan*, **80**, 229-247.
- 3. Kitabatake, N., 2002: Structure of an atypical midsummer tropical cyclone in the East China Sea and the environmental effects on it. *Pap. Met. Geophysics*, **53**, 59-73.
- 4. 北畠尚子, 2002: 2000 年 9 月 11-12 日の東海地方の豪雨に対する対流不安定と前線強化に伴う循環の 役割. *気象研究所研究報告*, **53**, 91-108.
- Zhu C.W., T. Nakazawa, J.-P. Lin and L.-X. Chen, 2003: The 30-60 day intraseasonal oscillation over the western North Pacific Ocean and its impacts on summer flooding in China during 1998. Geophys. Res. Letters, 30, doi:10.1029/2003GL017817.
- Zhu C.-W., T. Nakazawa and J.-P. Lin, 2003: Modulation of twin tropical cyclogenesis by the MJO
 westerly wind burst during the onset period of 1997/98 ENSO. Adv. Atmos. Sci. 20, 882-898.
- Rajendran, K. and T. Nakazawa, 2005: Systematic differences between TRMM 3G68 PR and TMI rainfall estimates and the possible association with life cycle of convection, SOLA, 1, 165-168.
- 8. Bessho, K., M. DeMaria and J. Knaff, 2005: Tropical Cyclone Wind Retrievals from the Advanced Microwave Sounder Unit (AMSU): Application to Surface Wind Analysis. *J. Appl. Met.*, **45**,

399-415.

(論文以外の著作物)

- 1. 斉藤和雄, 中澤哲夫, 2003: メソ気象現象の予測と観測に関するミニフォーラム報告. *天気*, 539-542.
- 2. 別所康太郎, 他 6 名, 2001: 第 24 回米国気象学会台風・熱帯気象会議参加報告. 天気, 393-401
- 3. 中澤哲夫他 17 名, 2003: 第 1 回熱帯降雨観測衛星 (TRMM) 国際科学会議報告. 天気, 341-350.
- 4. 北畠尚子(訳), 2003: 温暖型閉塞・寒冷型閉塞・前方傾斜型寒冷前線. 測候時報, 70, 9-2
- 5. 別所康太郎, 2003: 第57回米国政府機関ハリケーン会議参加報告. 天気, 21-28
- Bessho, K., M. DeMaria and J. Knaff, 2004: Tropical Cyclone Wind Retrievals from the Advanced Microwave Sounding Unit (AMSU): Application to Surface Wind Analysis. *Proceedings of* 26th Conference on Hurricanes and Tropical Meteorology, 120-121.
- 7. 別所康太郎, 2004: 台風の観測と予報改善に向けた最新の研究状況. 2004 年度日本気象学会九州支部気象教室テキスト, 18-28.
- 8. 中澤哲夫, 経田正幸, 山口宗彦, 2005: 気象庁週間アンサンブル予報データに見る台風発生. *日本風工 学会誌*, **30**, 23-27.
- 9. 中澤哲夫,経田正幸,山口宗彦,2005: 週間アンサンブルに見る台風発生. *京都大学防災研究所研究* 集会16K-6「台風災害低減へ向けた挑戦 一我々は何をなすべきかー」報告書,118-123.
- 10. 北畠尚子, 田中恵信, 2005: 台風の中緯度における構造変化 関東地方通過通の台風 0221 号の風 . 京都大学防災研究所研究集会 16K-6「台風災害低減へ向けた挑戦 我々は何をなすべき かー」報告書, 11-14.
- 11. 中澤哲夫, 2005: 2004 年台風の発生·日本最多上陸に果たした季節内変動の役割. *月刊海洋*, **号外 42**, 12-19.
- 12. 北畠尚子, 星野俊介, 別所康太郎, 藤部文昭、2005: 台風 0418 の構造と強度の変化、及びそれに対する環境場の影響. 月刊海洋, 号外 42, 76-85.
- 13. 藤部文昭, 北畠尚子, 別所康太郎, 星野俊介, 2005: 台風0418の強風分布の特徴 -台風9119との比較-. 月刊海洋, 号外 42, 128-135.
- 14. 北畠尚子, 香月麻由(訳), 2005: 湿潤絶対不安定: 静的安定性の6番目の状態. 測候時報, 72, 23-52.
- 15. 北畠尚子, 2005: 前線の考え方の過去と現在. 気象庁研究時報, 57, 27-57.
- 16. 北畠尚子, 2005: 温帯低気圧と前線の構造と時間発展 概念モデルにおける表現-. 天気, 742-750.
- 17. Nakazawa, T., 2005: Madden-Julian Oscillation activity and its role on typhoon landing to Japan in 2004. Extended Abstract Volume of WMO International Workshop on Tropical Cyclone Landfall Processes, 39-41.
- 18. Chen, D., T. Nakazawa and C.-H. Cho, 2005: Activities of Asian THORPEX and in cooperation with TMRP. Extended Abstract Volume of WMO International Workshop on Tropical Cyclone Landfall Processes, 105-113.
- 19. Kitabatake, N., 2005: Structure and intensity of Typhoon Songda (2004) undergoing extratropical transition. *Extended Abstract Volume of WMO International Workshop on Tropical Cyclone Landfall Processes*, 88-91.

- 1. T. Nakazawa and Zhu C.-W., 2001: Estimation of typhoon position and intensity from NSCAT data, Workshop on typhoon forecasting research, ESCAP/WMO Typhoon Committee.
- 2. T. Nakazawa, 2001: New observation data for tropical cyclone study Scatterometer and Aerosonde, The third international symposium on Asian monsoon system.
- 3. 中澤哲夫, 2001: 無人小型気象観測機による台風観測. 台風インパクトシンポジウム.
- 4. 北畠尚子, 2001: 眼の大きくなった台風の構造とその環境. 日本気象学会 2001 年度秋季大会講演予稿集, B208.

5. 別所康太郎, 中澤哲夫, 田中恵信, 玉井孝昭, 加藤輝之, 2002: Baiu Hunter 2001 におけるエアロゾンデ観測-6月14日九州南西海域を通過した雲システムの事例解析-.日本気象学会 2002 年度春季学会講演予稿集, P112.

- 6. 中澤哲夫, 別所康太郎, 2002: 無人気象観測機による機動的な台風・梅雨観測の現状と展望、日本気象学会 2002 年度春季学会講演予稿集, C352.
- 7. 中田 隆, 城岡竜一, 牛山朋来, 陳 敬陽, 久保田尚之, 岩崎杉紀, 竹内謙介, 中澤哲夫, 別所康太郎, 2002: Aerosonde を用いたパラオ周辺海上での対流圏下層の観測、日本気象学会 2002 年度春季学会講演予稿集, C353.
- 8. 北畠尚子, 2002: 台風 0111 号の構造変化とそれに対する上部対流圏の流れの影響. 日本気象学会 2002 年度春季大会講演予稿集, A202.
- 9. 星野俊介, 中澤哲夫, 2002: QuikSCAT を用いた熱帯低気圧の強度等の推定に関する研究.日本気象 学会 2002 年度春季大会講演予稿集, P312.
- 10. Nakazawa, T., 2002: Tropical cyclone intensity estimation from satellite, The 2nd joint meeting on Asian monsoon variability.
- 11. 中澤哲夫, 2002: 宇宙から見た台風・エルニーニョ、サイエンス・フロンティアつくば 2002
- 12. 鈴木教雄, 穂積弘毅, 中澤哲夫, 2002: 国産無人気象観測機の開発、日本気象学会 2002 年度秋季大会講演予稿集, D209.
- 13. 北畠尚子, 2002: 台風 0111 号の構造変化とそれに対する上部対流圏の流れの影響 (2) .日本気象学会 2002 年度秋季大会講演予稿集, C214.
- 14. 星野俊介, 中澤哲夫, 2002: QuikSCAT による海上風の精度の検証.日本気象学会 2002 年度秋季大会講演予稿集, C208.
- 15. 中澤哲夫, 星野俊介, 2002: マイクロ波放射計からの台風強度推定.日本気象学会 2002 年度秋季大会講演予稿集, C354.
- 16. 中澤哲夫, 2002: 熱帯降雨観測衛星 (TRMM) の成果 (その2: 実用的意義)、熱帯降雨観測衛星 5周年記念国際シンポジウム
- 17. Nakazawa, T., 2002: TRMM and NSCAT/QuikSCAT applications for tropical cyclones, WMO International Workshop on Tropical Cyclones.
- 18. Nakazawa, T., 2003: What we have learned about tropical cyclone from TRMM and microwave sensors, The Simpson Symposium, American Meteorological Society.
- 19. 中澤哲夫, 2003: 無人気象観測機エアロゾンデによる観測の現状、極地研究所「自律型模型飛行機 の現状と研究観測に関する研究会」
- 20. Nakazawa, T. and S. Hoshino, 2003: Validation of QuikSCAT ocean surface data by a small island data, IUGG 2003, XXIII General Assembly of the IUGG.
- 21. Nakazawa, T. N. Kitabatake, K. Bessho, Y. Tanaka, M. Mori and B. Zhou, 2003: Baiu Hunter 2003 in Kyushu by Aerosonde, IUGG 2003, XXIII General Assembly of the IUGG.
- 22. Nakazawa, T. and C.-W. Zhu, 2003: Modulation of tropical cyclone by Madden-Julian Oscillation, IUGG 2003, XXIII General Assembly of the IUGG.
- 23. Kitabatake, N., 2003: Extratropical transition of tropical cyclones in the western North Pacific: Their frontal evolution, IUGG2003 Abstracts, B407.
- 24. Kitabatake, N., 2003: Extratropical transition of tropical cyclones in the western North Pacific: Their frontal evolution. International Workshop on Extratropical Transition II.
- 25. 北畠尚子, 2003: 温帯低気圧化する台風とその周辺の総観規模前線の特徴. 日本気象学会 2003 年度 春季大会講演予稿集, P148.
- 26. 北畠尚子, 2003: 関東地方における台風 0221 号とメソ前線の変化. 日本気象学会 2003 年度春季大会講演予稿集, A412.
- 27. 星野俊介, 中澤哲夫, 2003: QuikSCAT 海上風の精度検証(その 2).日本気象学会 2003 年度春季大会 講演予稿集, P358.
- 28. 中澤哲夫, 田中恵信, 北畠尚子, 星野俊介, 2003: 雲解像モデルの検証・改良のための梅雨観測 Baiu Hunter 2003-. 日本気象学会 2003 年度秋季大会講演予稿集, C155.

- 29. 星野俊介, 中澤哲夫, 2003: マイクロ波センサーのデータを用いた台風の強度推定法についての研究. 日本気象学会 2003 年度秋季大会講演予稿集, B104.
- 30. 北畠尚子, 別所康太郎, J. Knaff, 2003: 台風 0219 号の構造 -本当に台風だったのか?. 日本気象 学会 2003 年度秋季大会講演予稿集, B106.
- 31. 北畠尚子, 2003: 温帯低気圧化末期の台風 0221 号の構造. 日本気象学会 2003 年度秋季大会講演予稿集, C152.
- 32. Surendran, S. and T. Nakazawa, 2003: 2002 Indian summer monsoon characteristics as inferred from TRMM/SSMI and QuikSCAT products. 日本気象学会 2003 年度秋季大会講演予稿集, B357.
- 33. 中澤哲夫, 2003: マイクロ波から見た台風. 京都大学防災研究所「台風に関する研究会」
- 34. Zehr, R., M. DeMaria, J. A. Knaff, K. Mueller and K. Bessho, 2003: Tropical Cyclone Surface Wind Analysis using Satellite Data: Dvorak, Microwave, Scatterometer, and Cloud Motion Winds. 57th Interdepartmental Hurricane Conference.
- 35. 別所康太郎, 2003: 衛星搭載マイクロ波探査計(AMSU)を用いたハリケーン域内における風分布の 算出とその評価. 京都大学防災研究所「台風に関する研究会」
- 36. Hoshino, S. and T. Nakazawa, 2004: Method to estimate tropical cyclone intensity using TRMM / TMI Data. 20th Conference on Weather Analysis and Forecasting/16th Conference on Numerical Weather Prediction, 13.4.
- 37. Nakazawa, T., N. Kitabatake, K. Bessho and Y. Tanaka, 2004: Baiu Hunter 2003 –Enhanced Observation of Baiu Frontal System, The International Conference on High-Weather and Climate.
- 38. Nakazawa, T., M. Kyoda and M. Yamaguchi, 2004: Predictability of tropical cyclogenesis in JMA ensemble prediction system. 26th conference on Hurricanes and Tropical Meteorology, American Met. Society.
- 39. Bessho, K., M. DeMaria and J. Knaff, 2004: Tropical Cyclone Wind Retrievals from the Advanced Microwave Sounding Unit (AMSU): Application to Surface Wind Analysis. 26th Conference on Hurricanes and Tropical Meteorology, American Met. Society.
- 40. 中澤哲夫, 経田正幸, 山口宗彦, 2004: 週間アンサンブル予報に見る台風の発生 ~ T0313 号の事 例解析 ~ . 日本気象学会 2004 年度春季大会講演予稿集, P268.
- 41. 中澤哲夫, 2004: THORPEX 計画における台風の観測と予報. 第23回メソ気象研究会
- 42. 北畠尚子, 2004: 温帯低気圧化末期の台風 0221 号の構造(2). 日本気象学会 2004 年度春季大会 講演予稿集, P366.
- 43. 別所康太郎, 2004: 改良型マイクロ波探査計を用いた台風域内における海上風の導出. 日本気象学会 2004 年度春季大会講演予稿集, P267
- 44. 星野俊介, 中澤哲夫, 2004: マイクロ波センサーのデータを用いた台風の強度推定法についての研究(第2報).日本気象学会 2004 年度春季大会講演予稿集, P368.
- 45. Nakazawa, T. and K. Rajendran, 2004: Asian monsoon rainfall variability from TRMM satellite. The first annual meeting of the Asia Oceania Geosciences Society.
- 46. Nakazawa, T. and S. Hoshino, 2004: Tropical cyclone intensity estimation by TRMM microwave data. The first annual meeting of the Asia Oceania Geosciences Society.
- 47. 中澤哲夫, 2004: 宇宙から雨を測る. 第 11 回日本気象学会中部支部公開気象講座「台風研究の最前線」
- 48. Nakazawa, T. and K. Rajendran, 2004: Asian monsoon rainfall characteristics over land by TRMM satellite and surface station data. The 2nd TRMM International Science Conference.
- 49. Hoshino, S., T. Nakazawa, 2004: Tropical Cyclone Intensity Estimation by TRMM/TMI and PR Data. The 2nd TRMM International Science Conference, 6.3.
- 50. 北畠尚子, 田中恵信, 2004: 関東地方における台風 0221 号とメソ前線の変化. 第 24 回メソ気象研究会.

51. 北畠尚子, 2004: 温帯低気圧と前線の構造と時間発展 - 概念モデルにおける表現-. 日本気象学会 2004 年度秋季大会シンポジウム「極東域の温帯低気圧」要旨集, 7-14.

- 52. 中澤哲夫, K. Rajendran, 2004: TRMM PR/TMI から算出された陸上の月降水量比較.日本気象学会 2004 年度秋季大会講演予稿集,D305.
- 53. 中澤哲夫, 北畠尚子, 森 一正, 別所康太郎, 星野俊介, 周 兵, 2004: Baiu Hunter 2004 の観測概要について.日本気象学会 2004 年度秋季大会講演予稿集, P117.
- 54. 北畠尚子, 田中恵信, 2004: 移動速度の速い台風の中心位置と構造の対応. 日本気象学会 2004 年度 秋季大会講演予稿集, C363.
- 55. 別所康太郎, 中澤哲夫, 北畠尚子, 森 一正, 星野俊介, 2004: Baiu Hunter 2004 エアロゾンデ観 測の概要.日本気象学会 2004 年度秋季大会講演予稿集, P118.
- 56. 森 一正, 周 兵, 別所康太郎, 星野俊介, 北畠尚子, 中澤哲夫, 田中恵信, 2004: Baiu Hunter 2004 ドップラーレーダー観測速報.日本気象学会 2004 年度秋季大会講演予稿集, P119.
- 57. 星野俊介, 中澤哲夫, 2004: マイクロ波センサーのデータを用いた台風の強度推定法についての研究(第3報).日本気象学会 2004 年度秋季大会講演予稿集, C359.
- 58. 中澤哲夫,経田正幸,山口宗彦,2004: 週間アンサンブルから見た台風発生、「台風災害低減へ向けた挑戦一我々は何をなすべきか一」. 京都大学防災研究所シンポジウム
- 59. Nakazawa, T., 2004: On Asian THORPEX Regional Campaign (ATReC). First THORPEX Science Symposium.
- 60. 別所康太郎, 2004: Baiu Hunter 2004 エアロゾンデ観測の概要.極地研究所,「第二回小型無人航空機の現状と科学観測への応用に関する研究会」
- 61. 中澤哲夫,経田正幸,山口宗彦,2005: 週間アンサンブルに見る台風発生. 京都大学防災研究所研究集会 16K-6「台風災害低減へ向けた挑戦 我々は何をなすべきかー」
- 62. 北畠尚子, 田中恵信, 2005: 台風の中緯度における構造変化 関東地方通過通の台風 0221 号の風 京都大学防災研究所研究集会 16K-6「台風災害低減へ向けた挑戦 我々は何をなすべき かー」
- 63. Nakazawa, T., 2005: New paradigm for weather forecast system in Asia. WMO-JMA Public Forum Workshop at World Conference on Disaster Reduction.
- 64. Nakazawa, T., 2005: Interactive Weather Prediction System. International Workshop on Flash Flood Disaster Mitigation in Asia.
- 65. Nakazawa, T., 2005: Madden-Julian Oscillation activity and its role on typhoon landings to Japan in 2004. WMO International Workshop on tropical cyclone landfall processes.
- 66. Kitabatake, N., 2005: Structure and intensity of Typhoon Songda (2004) undergoing extratropical transition. WMO International Workshop on tropical cyclone landfall processes.
- 67. 中澤哲夫, 2005: 2004 年台風の発生・日本最多上陸に果たした季節内変動の役割. 日本気象学会 2005 年度春季大会講演予稿集, A452.
- 68. 北畠尚子, 星野俊介, 別所康太郎, 藤部文昭, 2005: 台風 0418 の構造と強度の変化, 及びそれに対する環境場の影響. 日本気象学会 2005 年度春季大会講演予稿集, A462.
- 69. 星野俊介, 中澤哲夫, Zhou Bing, 2005: マイクロ波センサーのデータを用いた台風の強度推定法に関する研究(第4報).日本気象学会 2005 年度春季大会講演予稿集, P263.
- 70. 森 一正, 2005: 台風 0423 号(TOKAGE)に伴う雲・降水系の構造と時間変化(序報). 日本気象学会 2005 年度春季大会講演予稿集, A466.
- 71. 森 一正, 2005: 台風発生過程における MCS. 日本気象学会 2005 年度春季大会講演予稿集, C205.
- 72. Rajendran, K. and T. Nakazawa, 2005: Characteristics of systematic difference in TRMM 3G68 PR and TMI rainfall estimates. The 9th IAMAS Assembly.
- 73. Nakazawa, T., B. Zhou and S. Hoshino, 2005: Estimating tropical cyclone intensity over the north western Pacific by TMI and AMSR-E data. The 9th IAMAS Assembly.
- Nakazawa, T., 2005: Asian THORPEX activities. The 5th International Symposium on Asian monsoon system.

- 75. Nakazawa, T., 2005: TRMM status in Japan. The 3rd GPM International Workshop.
- 76. 中澤哲夫, 2005: 日本に接近・上陸台風の多かった年と少なかった年での循環場の違いについて. 日本気象学会 2005 年度秋季大会講演予稿集, A355.
- 77. 初鹿宏壮, 筒井純一, 門倉真二, 和田浩治, 釜堀弘隆, 中澤哲夫, 2005: JRA-25 長期再解析データによる台風の移動と大規模場の関係. 日本気象学会 2005 年度秋季大会講演予稿集, A362.
- 78. 星野俊介, 中澤哲夫, 2005: TRMM/TMI 輝度温度データを用いた台風の強度推定法.日本気象学会 2005 年度秋季大会講演予稿集, A367.
- 80. 別所康太郎, 中澤哲夫, 北畠尚子, 楠 研一, 星野俊介, 鈴木教雄, 穂積弘毅, 牧 緑, 2005: Baiu Hunter 2005 における無人機による気象観測、日本気象学会 2005 年度秋季大会講演予稿集, P170.
- 81. 楠 研一, 益子 渉, 2005: 台風 0418 号のインナーコアの構造と時間変化.日本気象学会 2005 年度 秋季大会講演予稿集, A310.

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: 柴田 彰¹⁾、小林隆久²⁾(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、廣瀬保雄3、酒井 哲40(気象衛星・観測システム研究部)

研究の目的

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、オゾンやエー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。

対流圏下層のオゾン観測について、昼間の観測を可能とし、地表近くに多量に存在することが多いエーロゾルの影響を受けにくくするため、ソーラーブラインドとなる波長帯での使用波長の選択や送受信系の狭帯域化を計る。また、観測可能高度範囲を低高度側へ拡大するため、送受信光学系や受信信号処理の最適化を行う。検討した結果に従って実際に装置を開発して試験的な観測を行い、観測精度などの検証を行うとともに解析アルゴリズムの高度化を行う。対流圏エーロゾルについて、多波長観測や偏光観測などから多様なエーロゾルの種類・形状などの検出が可能となるよう、観測手法や解析アルゴリズムの高度化を図る。

研究の方法

対流圏下層のオゾン観測について、昼間の観測を可能とし、地表近くに多量に存在することが多いエーロゾルの影響を受けにくくするため、ソーラーブラインドとなる波長帯での使用波長の選択や送受信系の狭帯域化を図る。また、観測可能高度範囲を低高度側へ拡大するため、送受信光学系や受信信号処理の最適化をおこなう。検討した結果に従って実際に装置を開発して試験的な観測を行い、観測精度などの検証を行うとともに解析アルゴリズムの高度化を行う。対流圏エーロゾルについて、多波長観測や偏光観測などから多様なエーロゾルの種類・形状などの検出が可能となるよう、観測手法や解析アルゴリズムの高度化を図る。

対流圏オゾンについて、使用波長の選択、送・受信部の狭帯域化などの手法の調査、検討を行い、対流圏下層のオゾン観測法やソーラーブラインド領域を用いた日中観測を可能とするための差分吸収法ライダーの開発を行う。

対流圏エーロゾルについて、粒径の情報を得るための多波長観測や粒子の形状に関する情報を取得するための偏光観測などを行い、対流圏エーロゾルの多様な光学特性に応じた解析が可能となるよう解析手法の高度化を行う。

研究の結果

オゾンライダーについて、高度 3km 程度以下の対流圏を観測対象とする受信系の開発を行い、開発した上層用受信系(高度 3km 以上)、送信部及びデータ処理部と合わせ対流圏全層観測が可能なシステムを完成させた。また、観測データを解析するための処理プログラムを開発した。試験的な観測を行ったところ、まだノイズ逓減等問題はあるものの高度 2~10km までの領域でオゾン濃度 0.8~1.4×10¹⁸ m³ 程度の値が得られ、昼夜共に十分な強度の信号が安定して受信でき正常に動作すること確認できた。三波長のライダー観測から特定起源エーロゾルの混在割合抽出手法を開発し、モデル大気でシミュレーションを行い手法が有効であることを確認した。また、黄砂飛来時の観測データから、黄砂と他のエーロゾルの割合を推定し、偏光観測と良く合うことが分かった。

研究成果の要約

対流圏オゾン観測装置を開発した。太陽光強度の小さい 276, 287, 299nm のレーザー光を二酸化炭素の誘導で生成するという新しい手法で、昼夜を問わず観測できるようにしたものである。これまでは水素と重水素など 2 つの気体でレーザー光を生成していたため 2 つの気体を入れるセルが必要だったが、本装置では 1 つですみ装置構成がシンプルになる等の利点がある。オゾンゾンデと比較した結果良い一致を示した。

¹⁾ 平成 13~14 年度、2) 平成 15 年度~、3) 平成 15~16 年度、4) 平成 18 年 1 月~

オゾンの連続観測を行い成層圏から対流圏への輸送と見られる成層圏・対流圏相互作用に関連するデータが得られた。

4 波長でのエーロゾル観測装置を開発した。0.355、0.532、0.735、 1.064μ m o 4 波長で観測するもので、2 波長では困難なガンマ関数のような粒径分布を持つエーロゾルについてもサイズが抽出できるものである。

エーロゾルの種類・タイプ判別等のアルゴリズムを開発した。特定起源のエーロゾルが他の起源のものと混在している場合に、特定起源エーロゾルの混合割合を推定するもので、黄砂飛来時に、2 波長ライダーで観測したデータに適用し黄砂の含有割合を推定し、偏光観測結果と比較した結果良い一致が見られた。

今後に残された問題点

オゾンライダーの開発では、誘導ラマンに二酸化炭素を使いオゾン観測に適したレーザーの発振波長 選択を行うなどユニークな成果を得ている。しかし試験観測は行っているものの初期の性能試験はまだ 十分にできていない。研究で影響の程度が明らかになったエーロゾルの補正を図るとともに、オゾンゾ ンデ等との比較による検証を重ねることが次の課題として残されている。

成果の活用に対する意見

オゾンライダー、エーロゾルライダーは地球環境の監視、不明確な気候変動のメカニズムの解析に重要な観測機器である。この研究で測器部分の開発はほぼ完成しており、両課題の連携を図ったもう一歩の研究を進め、他機関に先駆け早急に観測手法を完成させることが必要である。

成果発表状況

- · 印刷発表件数 4件
- ・口頭発表件数 29件

成果発表一覧

(論文)

- 1. T.Y. Tanaka, Y. Kurosaki, M. Chiba, T. Matsumura, T. Nagai, A. Yamazaki, A. Uchiyama, N. Tsunematsu, K. Kai, Possible transcontinental dust transport from North Africa and the Middle East to East Asia, 2005: *Atmos. Env.*, **39**(21), 3901-3909, DOI: 10.1016/j.atmosenv. 2005.03.034.
- Streibel, M. Rex, P. von der Gathen, R. Lehmann, N. R. P. Harris, G. O. Braathen3, E. Reimer, H. Deckelmann, M. Chipperfield, G. Millard, M. Allaart, S. B. Andersen, H. Claude, J. Davies, H. De Backer, H. Dier, V. Dorokov, H. Fast, M. Gerding, E. Kyrö, Z. Litynska, D. Moore, E. Moran, T. Nagai, H. Nakane, C. Parrondo, P. Skrivankova, R. Stübi, G. Vaughan, P. Viatte, and V. Yushkov, 2005: Chemical ozone loss in the Arctic winter 2002/2003 determined with Match. Atmos. *Chem. Phys. Discuss.*, 5(7), 4311-4333, SRef-ID: 1680-7375/acpd/2005-5-4311.
- 3. Nobumitsu Tsunematsu, Tomonori Sato, Fujio Kimura, Kenji Kai, Yasunori Kurosaki, Tomohiro Nagai, Hongfei Zhou, and Masao Mikami, Extensive dust outbreaks following the morning inversion breakup in the Taklimakan Desert, *J. Geophys. Res.*, **110**(D21), D21207, doi 10.1029/2005JD005994, 2005.

(論文以外の著作物)

1. 永井智広, 2005: レーザーハンドブック 第2版(編集委員長 豊田 浩一、部分執筆),オーム社.

- 1. 中里真久, 永井智広, 内野修, 2001: 対流圏オゾンライダーの開発と試験観測. 第27回リモートセンシングシンポジウム論文集.
- 2. 中里真久, 永井智広, 内野修, 2001: ラマンセルを用いた対流圏オゾン DIAL の開発. 第21回レーザ

- ーセンシングシンポジウム論文集.
- 3. 中里真久, 永井智広, 藤本敏文, 内野修, 2001: 差分吸収ライダーによるオゾン鉛直分布観測県, 施 設等機関県報告会.
- 4. 中里真久, 永井智広, 一木明紀, 藤本敏文, 内野修, 2001: ラマンセルを用いたライダーによる対流 圏オゾン観測実験, 日本気象学会, 2001 年春期大会予稿集.
- 5. 中里真久, 永井智広, 内野修, 2001: ラマンセルを用いた対流圏オゾンライダーの開発と試験観測, 第8回大気ライダー観測研究会.
- 6. 竹内一男, 堤之智, 斉藤篤思, 永井智広, 2001: 気象庁が岩手県綾里に設置を計画しているライダー の紹介, 第8回大気ライダー観測研究会.
- 7. 中里真久, 永井智広, 内野修, 2001: オゾン DIAL に解析アルゴリズムの改良, 日本気象学会, 2001 年秋期大会予稿集.
- 8. 永井智広, 中里真久, 内野修, 2001: 気象研究所での成層圏エーロゾルのライダー観測―ピナツボ火 山噴火からの 10 年. 第8回大気ライダー観測研究会.
- 9. 中里真久, 永井智広, 酒井哲, 松村貴嗣, 内野修, 2003: ライダーによる中上部対流圏オゾンの観測. 日本気象学会, 2002 年春期大会予稿集.
- 10. 中里真久, 永井智広, 松村貴嗣, 酒井哲, 内野修, 2003: ラマンチャンネルを装備したライダーのオゾン観測測定精度の検証, 日本気象学会, 2002 年秋期大会予稿集.
- 11. 中里真久, 永井智広, 酒井哲, 松村貴嗣, 内野修, 2002: ラマンセルを用いたオゾンライダーの最適波長と誤差評価. 日本気象学会, 第28回リモートセンシングシンポジウム.
- 12. 中里真久, 永井智広, 酒井哲, 松村貴嗣, 内野修, 2002, 対流圏オゾン DIAL による観測誤差の波長 組依存性. 第9回大気ライダー観測研究会.
- 13. Nakazato, M. et al., 2002: Development of a tropospheric ozon DIAL using hydrogen and deuterium raman shifters, The CRL International Symposium on Light Propagation and Sensing Technologies for Future Applications.
- 14. 中里真久, 永井智広, 松村貴嗣, 酒井哲, 2003: 二酸化炭素による誘導ラマン散乱に DIAL 送信系への応用. 第 22 回レーザセンシングシンポジウム予稿集, 2003 年 6 月.
- 15. 永井智広,中里真久,松村貴嗣, 2003: 那覇およぼつくばにおける風送ダストのライダー観測. 第 22 回レーザセンシングシンポジウム予稿集, 2003 年 6 月.
- 16. 永井智広, 内野修, 中里真久, 板部敏和, 水谷耕平, 安井元昭, 石井昌憲, 柴田隆, 林政彦, 藤原玄夫, 酒井哲, Hans Fast, 2003: 北極オゾン層破壊に効果的な硝酸を含む大粒子をライダーで検出か, 第22回レーザセンシングシンポジウム予稿集.
- 17. 永井智広, 長澤親生, 鍵和田哲史, 2003: 946nm 波長帯 LD 励起 Nd:YAG レーザーを用いたオゾン・水蒸気・エーロゾル同時観測用 DIAL の開発, 気象学会 2003 年秋期大会予稿集.
- 18. 酒井哲, 永井智広, 中里真久, 松村貴嗣, 2003: ラマンライダーで観測した寒冷前線通過時の水蒸 気・エアロゾルの鉛直構造, 日本気象学会, 2003 年秋期大会予稿集.
- 19. 中里真久, 廣瀬保雄, 永井智広, 松村貴嗣, 酒井哲, 片野元, 二酸化炭素誘導ラマン散乱を用いたライダーによる対流圏オゾン観測, 日本気象学会 2004 年秋季大会
- 20. 中里真久, 2004DIALによる対流圏オゾン観測-CO2誘導ラマン効果の高次Stokes線の利用-, 第 23 回レーザセンシングシンポジウム.
- 21. Nagai, T., 2004: Development of seed lasers for 946nm water vapor DIAL, The 22nd International Laser Radar Conference.
- 22. Nagai, T., 2004: Lidar observations of aeolian dust vertical profiles over Tsukuba and Naha, Japan, The 22nd International Laser Radar Conference.
- 23. 小林隆久, 2004: 大気粒子の普遍的複合リモートセンシング手法. 日本気象学会 2004 年秋季大会
- 24. 小林隆久, 2004: ライダーによる大気粒子の混合状態測定手法. 第23回レーザセンシングシンポジウム.
- 25. 小林隆久, 2004: リモートセンシングによる特定起源エーロゾルの混合割合推定手法. 第30回リモートセンシングシンポジウム.
- 26. 中里真久, 廣瀬保雄, 永井智広, 酒井哲, 2005: 二酸化炭素誘導ラマン散乱を用いた差分吸収ライ

ダーによる対流圏オゾン観測. 第15回大気化学シンポジウム研究集会.

- 27. 中里真久, 2005: 対流圏オゾンライダーを用いた冬季における対流圏オゾンの鉛直分布の特徴. 第 11 回大気ライダー観測研究会.
- 28. 中里真久, 永井智広, 2005: 対流圏オゾンライダーを用いた都市大気汚染計測の可能性. 第31回 リモートセンシングシンポジウム.
- 29. 小林隆久, 2005: 衛星搭載ライダーによる雲・エーロゾルの観測. 日本気象学会 2005 年秋季大会.

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: 神定健二 1)、谷岡勇市郎 1)、長谷川洋平 2)、林 豊 2) (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)

研究の目的

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。

津波予報の精度向上に向けて次の技術開発・調査・研究を行う。

津波を後続波まで精度良く再現できる数値計算技術を開発する。

地震の大きさに比べて異常に大きな津波地震 (1896 明治三陸津波地震及び 1946 アリューシャン津波 地震) の発生メカニズムを解明する。

研究の方法

線形長波近似が使えない様な津波を精度良く再現できる数値計算手法の開発を行い、短周期及び後続波の津波波形再現性を向上させる。

地震波から予想されるよりも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モデル化を進める。また津波地震の津波記録や発生域での地殻構造に基づいて津波発生原因を調査する。

研究の結果

津波後続波の再現性を良くするため、非線形な移流項と摩擦項を取り入れた数値計算プログラムを作成した。また、非線形項が入ってもメッシュサイズが違う計算領域を適切に接続する方法を開発した。 津波観測データとして、検潮所における津波波形データの他に遡上高データも利用できるようにするため、非線形な津波先端移動処理アルゴリズムを持つ津波遡上数値計算プログラムを移植・導入した。 これを 2003 年十勝沖地震の津波再現計算に応用した結果、津波の高さが概ね震源から離れるほど小さな値を示している中、厚岸町末広では極めて狭い範囲で周辺の約2倍にあたる 4m 前後の高さが出現していることを見出した。この特異な分布を再現すべく詳細な非線形津波伝播・遡上計算を行った結果、 Yamanaka and Kikuchi (2003) の遠地地震波形解析による断層モデルや、単純な矩形一様すべり断層を襟裳岬の東方沖合の特定の場所に設定した断層モデルを使った場合に、観測された遡上高分布パターンを良く説明できることが分かった。この数値実験の過程では、海岸付近に現れる後続波の津波高・遡上高は、波源初期条件により大きく異なる場合があること、計算格子の大きさにも依存すること、また、再現する空間スケールの小さい遡上高等の数値計算を行う際にはこれらの点に留意して初期設定を行う必要があることが判明した。

プレート境界で発生する逆断層大地震で海溝近傍の堆積層が変動し、地震波から予想されるより津波が大きくなるという津波地震の発生メカニズムについての仮説を立て、非常に単純なモデル化を行った。それに基づいた計算波形と観測波形を比較することによって、海溝近傍の堆積層が津波発生に寄与する効果が大きいことを確認した。

1896 年三陸津波地震の発生地域での海溝近くの付加体構造のデータをもとに、逆断層大地震の発生時に海溝近傍の堆積層が変動し津波が予想より大きくなるという仮説を立て、単純なモデル化を行い津波数値計算を行った結果、津波発生に寄与する堆積層の効果が大きい事を確認した。

1946年アリューシャン津波地震の際にハワイホノルルで観測された津波波形の第2波は、通常の地震断層による津波励起だけでは説明できないと従来考えられてきたが、同様なモデル化と精密な津波数値計算を行った結果、地震断層モデルで再現可能なことが明らかになった。しかし、このモデルではすべり量を地震規模から推定される量より相当大きく設定する必要があり、さらなるモデルの改善が必要である。

¹⁾ 平成 13~14 年度、2) 平成 15~17 年度

研究成果の要約

津波後続波の再現性を良くするため、非線形な移流項と摩擦項を取り入れた数値計算プログラムを作成した。

プレート境界で発生する逆断層大地震で海溝近傍の堆積物の付加的隆起が生ずるという津波地震の新しい発生メカニズムの仮説を立て、モデル化して定量的な評価を行い、その重要性を確認した。津波地震の発生モデルの一つとして、海溝付近の地下構造に基づく津波地震の発生場所の予測につながるものと期待される。

今後に残された問題点

プレート境界で発生する逆断層大地震で海溝近傍の堆積物の付加的隆起が生ずるという津波地震の新しい発生メカニズムの仮説によるモデルは、通常の地震断層による津波励起だけでは説明できない事例でも地震断層モデルで再現可能なことが明らかにしたが、このモデルではすべり量を地震規模から推定される量より相当大きく設定する必要があり、さらなるモデルの改善が必要である。

成果の活用に対する意見

津波後続波の再現性を良くするため、非線形な移流項と摩擦項を取り入れた数値計算プログラムを作成した。このプログラムは本庁へ移植され、量的津波予報データベースの更新計算に用いられているほか、津波予報を行うような地震が発生した際には事後検証のための津波再現計算などにも活用されている。後続波まで精度良く再現できるようになり、さらに津波遡上数値計算プログラムの移植・導入により、検潮所における津波波形データの他に遡上高データも利用して、断層モデルの推定・評価に活用されている。津波地震について新しい発生メカニズムの仮説を立て、モデル化して定量的な評価を行い、その重要性を確認した。津波地震の発生モデルの一つとして、海溝付近の地下構造に基づく津波地震の発生場所の予測につながるものと期待される。

成果発表状況

- · 印刷発表件数 4件
- ・口頭発表件数 8件

成果発表一覧

(論文)

- 1. Tanioka, Y and T. Seno, 2001: Sediment effect on tsunami generation of 1896 Sanriku tsunami earthquake. *Geophys. Res. Lett.*, **28**, 3389-3392.
- 2. Hino. R, Y. Tanioka, T. Kanazawa, S. Sakai, M. Nishino, and K. Suyehiro, 2001: Micro-tsunami from a local interplate earthquake detected by cabled tsunami observation in northeastern Japan. *Geophys. Res. Lett.*, **28**, 3533-3536.
- 3. Tanioka, Y and T. Seno, 2002: Detailed analysis of tsunami waveforms generated by the 1946 Aleutian tsunami earthquake. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, **1**, 171-175.

(論文以外の著作物)

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

- 1. 谷岡勇市郎, 佐竹健治, 2001: 2000 年 11 月 16 日ニューアイルランド地震とその津波. *地球惑星科学 関連学会合同大会予稿集*, Sn-P012
- 2. Tanioka, Y, 2001: Mechanism of Tsunami Earthquakes. *Proceeding of GEOCON2001 in Philippines*
- 3. 谷岡勇市郎, 2002: 1992 年 5 月 17 日に発生した 2 つのミンダナオ地震. *地球惑星科学関連学会合同大会予稿集*, S051-011
- 4. 谷岡勇市郎, 2002: 2002 年 9 月と 1998 年 7 月にパプアニューギニア沖で発生した地震津波の比較,

日本地震学会秋季大会予稿集, P110

- 5. Tanioka, Y., 2002: Effect of structure near trenches on tsunami generation of tsunami earthquakes, *Abstracts of JUDGE International Workshop*
- 6. 長谷川洋平, 林 豊, 2004: 2003 年十勝沖地震により厚岸町に出現した高い津波遡上高の数値計算による検証, 日本地震学会秋季大会予稿集, C66
- 7. Hayashi, Y, 2005: The largest tsunami run-up caused by the Tokachi-oki earthquake (September 26, 2003) was observed distant from the source region. *Abstracts of AOGS 2nd Annual Meeting 2005*, SEOpen/1A-01-1
- 8. 長谷川洋平, 桑山辰夫, 谷岡勇市郎, 山中佳子, 吉田康宏, 岡田正実, 林 豊, 2005: 2005 年 8 月 16 日の宮城県沖の地震に伴った津波の観測波形と種々の断層モデルによる数値計算波形, 日本地 震学会秋季大会予稿集, PM30

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 1)、北川貞之 2)、高木朗充、坂井孝行(地震火山研究部)

研究の目的

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。

本研究では、自然電位、重力など新たな要素の観測を行い、各観測・解析技術の改善・開発と、それらの火山現象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、解析を行う。特に空振については、他機関で実施している例があるとはいえ、国内の火山における空振観測では気象庁の果たしている役割が非常に大きい。それらの観測データの解析を通して、空振発生機構などの基礎的研究を進める。その他に、地震や様々なリモートセンシング等のデータ取得、解析を行う。

研究の方法

安達太良山をテストフィールドとして、自然電位、重力等の観測を行い、各観測・解析技術の改善・ 開発を進める。原因として、地下の熱源と熱水対流を想定し、観測される火山現象の物理的意味の解明 を目指す。

また、有珠山、三宅島、桜島などにおける火山噴火時の地震、空振、様々なリモートセンシング等の観測データを収集、取得し、解析を行う。

研究の結果

・テストフィールドにおける観測と解析

安達太良山でGPS、自然電位、重力、熱映像等の繰り返し観測を行い、データの蓄積を進めた。これまでの観測から、火口地下の温度低下が進行していること、火口付近の地殻変動に収縮の傾向のあることがわかっており、これらは火山活動の低下を示すと考えられる。この1年間については、顕著な変動は観測されず、現在火山活動は静穏化の過程にあるとみられる。また、これまでに観測されている様々な現象の理解を進めるために、地下の熱源と地下水の数値解析に取り組み、それに基づいて安達太良山で観測されたデータの定性的な解釈を行った。

重力観測では、観測点の標高変化の影響を除去できる手法を開発し、活動の低下に伴う地下水位の変動によるとみられる重力変化を明らかにした。また、自然電位観測では、温度変化のある地熱地域のデータに対して補正を行い、小さいスケールの地熱活動の存在を示唆するデータを得た。この他、地磁気観測、GPS 観測の解析から火口地下の温度低下や火口付近の収縮など、火山活動が低下傾向にあることを明らかにする等、テストフィールドとした安達太良山において各種の観測によって活動を捉えた。

・熱源と熱水対流の数値シミュレーション

地下の熱源と熱水対流の数値シミュレーションを行い、安達太良山の一連の活動では、火口底の南部と北部に深部からの高温の熱水の供給があったことを明らかにした。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ことを明らかにした。なお、重力については、富士山山頂付近、伊豆大島などでも観測を行い、今後の観測における基準となる重力値を得た。

・空振データの解析

2004 年 9 月 1 日から始まった浅間山の中規模噴火の爆発空振の波形記録を解析した。最初の爆発では、空振の振幅が非常に大きく、爆発音に対応する高周波成分も確認された。その後の爆発空振には微

¹⁾ 平成 13~17年7月、2) 平成 17年8月~

弱ながら先行相が見られ、爆発が火道の深い所で発生したと推定される。2003 年十勝沖地震の際、北海道の火山における空振記録を解析した。地震動によって放射されたとみられる超低周波音が観測されたが、その放射効率は理論値より低かった。また、地震動が収まった後に超低周波音後続波が存在することを初めて明らかにし、空振観測の特性把握に貢献した。カリムスキー火山で観測された空振データの解析を進め、桜島と比較した周波数、振幅の特徴を明らかにした。また、桜島の空振、地震の解析から、BH型と呼ばれる地震にも空振をともなう例のあることを示した。これはBH型地震の発生機構を解明する手がかりとなる。

・地震データの解析

硫黄鳥島火山の地震観測データを収集し、規模は小さいものの地球潮汐に連動した活発な地震活動があることを明らかにした。ほとんどの地震は卓越周波数のある単色地震で相似性が高かった。また低周波の連続的な微動が観測された。これらから、2 種類の噴気の共鳴体が存在することが推定された。富士山山頂周辺の地震観測データの収集を行い、冬季に富士山山頂部で観測される微小な地震の解析を行った。その結果、この地震は山頂の気温が短時間に低下した時に多発すること、震源は山頂直下の標高3000m付近であることを明らかにした。また、2000年三宅島噴火やその後観測された地震、空振などのデータを収集し低周波地震、空振などの調査を行った。

・火山ガスの観測

噴煙中をヘリコプターで飛行することによって火山ガス(SO_2 , CO_2)の濃度比を精度よく測定する手法を確立し、三宅島における火山ガス濃度比(CO_2/SO_2)の繰り返し観測を行った。濃度比は 2000年 10月の観測開始以来ほぼ一定しており、マグマからの脱ガスを支配する環境(圧力、温度)に大きな変化はないことが推測される。浅間山、霧島山で新型 SO_2 測定器(miniDOAS)の試験観測を実施した。霧島山御鉢に 2003年末に新しく出現した噴気中の SO_2 は検出限界以下であった。

研究成果の要約

安達太良山のような火山では、地磁気、重力、自然電位、火口付近のGPS観測など複数の観測を熱水シミュレーションと組み合わせることが、火山活動を総合的に把握する有力な手法であることが明らかになった。この手法は同様の火山における水蒸気爆発のポテンシャルを持つ熱水活動のモニタリングに活用できる。

今後に残された問題点

本研究は、多くの観測種目のデータを扱っており、また当初の計画にはなかった調査も行っている。これは、気象庁における火山監視観測が発展途上にあり、調査研究によって解決すべき課題をいくつも抱えていることに関係が深く、本庁火山課で対応がむずかしい課題を、気象研究所が調査を行うという例も多いためである。当研究室は火山物理学を手がけるただ一つの研究室であり、それらの調査を臨機応変に受け入れてきた。今後の研究を効率的に進めるためには研究分野を絞り込むことも必要である。また、査読論文として出版されたのは、空振、火山ガス、地震に関する研究であり、主ターゲットの安達太良山に関するものがなく、早急に成果を取りまとめる必要がある。

成果の活用に対する意見

安達太良山のような火山では、地磁気、重力、自然電位、火口付近のGPS観測など複数の観測を熱水シミュレーションと組み合わせることが、火山活動を総合的に把握する有力な手法であることが明らかにした。この手法は同様の火山における水蒸気爆発のポテンシャルを持つ熱水活動のモニタリングに活用できる。また、安達太良山の地磁気および GPS の繰り返し観測が仙台管区の火山監視・情報センターの監視に引き継がれたのは一定の成果であるが、シミュレーション技術を組み合わせた総合的な把握技術の導入・移転までにいたらなかった。これらに関する結果を論文・報告等にまとめ公表する必要がある。

成果発表状況

- · 論文発表件数 25件
- ・口頭発表件数 31件

成果発表一覧

(論文)

- 1. 山里平, 宮村淳一, 森博一, 碓井勇二, 佐久間喜代志, 渡辺精久, 佐藤十一, 高橋裕二, 坂井孝行, 2002: 空振データから見た 2000 年有珠山の噴火活動, 火山, **47**, 255-262.
- Shinohara H., K. Kazahaya, G. Saito, K. Fukui, M. Odai, 2003: Variation of CO2/SO2 ratio in volcanic plumes of Miyakejima: Stable degassing deduced from heliborne measurements, Geophysical Research Letters, 30, 10.1029/2002GL016105.
- 3. Uhira K., H. Mori, H. Katayama, N. Hamada and T. Baba, 2005: Earthquake swarms preceding the 2000 eruption of Miyakejima Volcano, Japan, *Bulletin of Volcanology*, **67**, 219-230.
- 4. 坂井孝行, 宮村淳一, 2005: 平成 15 年 (2003 年) 十勝沖地震に伴い北海道内の火山観測用空振計で観測された超低周波音, *験震時報*, **68**, 105-120.

(論文以外の著作物)

- 1. 福井敬一, 斉藤祥司, 桜田正美, 長谷川嘉彦, 2001: 火山監視への衛星データの活用の現状と将来, *自然災害科学*, **20**, 131-133.
- 篠原宏志,福井敬一,風早康平,斉藤元治,2001:三宅島の脱ガス活動-火山ガス観測の意義-,月 刊地球,23,770-775.
- 3. 篠原宏志, 伊藤久夫, 福井敬一, 2002: 雲仙火山平成新山噴火における脱ガス過程, *月刊地球*, **24**, 873-877.
- 4. 高木朗充, 2002: 三宅島で発生する火山性地震と微動-2000 年 6 月~2001 年 5 月), *火山噴火予 知連絡会会報*, 第 78 号, 14-23.
- 5. 篠原宏志, 風早康平, 斉藤元治, 松島喜雄, 西祐司, 佐藤久夫, 福井敬一, 尾台正信, 2002: 三宅島火山噴煙観測結果(2000年9月~2001年5月), 火山噴火予知連絡会会報, 第78号, 109-112.
- 6. 篠原宏志, 風早康平, 斉藤元治, 松島喜雄, 西祐司, 福井敬一, 尾台正信, 2002: 三宅島火山噴煙観測結果(~2001年10月), 火山噴火予知連絡会会報, 第80号, 61-62.
- 7. 高木朗充, 2002: 伊豆大島で発生した地震の発生機構-1999年~2002年11月-, 火山噴火予知連絡会会報, 第81号, 39-40.
- 8. 篠原宏志, 風早康平, 松島喜雄, 福井敬一, 尾台正信, 2002: 三宅島火山噴煙観測結果(~2002年1月), *火山噴火予知連絡会会報*, 第81号, 66·67.
- 9. 篠原宏志, 風早康平, 松島喜雄, 福井敬一, 尾台正信, 2003: 三宅島火山噴煙観測結果(~2002年5月), *火山噴火予知連絡会会報*, 第82号, 77-78.
- 10. 高木朗充, 2003: 安達太良山沼ノ平火口の地殻変動-1998年~2002年10月-, 火山噴火予知連絡会会報, 第83号, 20.
- 11. 篠原宏志, 風早康平, 松島喜雄, 福井敬一, 尾台正信, 2003: 三宅島火山噴煙観測結果(~2002年9月), 火山噴火予知連絡会会報, 第83号, 58-60.
- 12. 高木朗充, 2003: 強震動からみた、噴火前後の地震活動の推移、特徴, *気象庁技術報告*, 第 124 号, 51-57.
- 13. H. Shinohara, K. Fukui, K. Kazahaya and G. Saito, 2003: Degassing process of Miyakejima volcano: Implications of gas emission rate and inclusion data, Melt Inclusions in Volcanic Systems: Methods, Applications and Problems. Developments in Volcanology 5(eds. B. De Vivo and R.J. Bodnar), Elsevier, 147-161.
- 14. 藤原健治, 高木朗充, 山本哲也, 福井敬一, 坂井孝行, 2004: 富士山の浅部地震活動, *月刊地球*, 号 外 48, 62-66.
- 15. 大久保修平, 高木朗充, 新谷昌人, 松本滋夫, 福井敬一, 孫文科, 2004: 富士山頂における絶対重力 測定, *月刊地球*, 号外 No.48, 56-61.
- 16. 篠原宏志, 風早康平, 松島喜雄, 福井敬一, 宮下誠, 中堀康弘, 飯野秀樹, 2004: 三宅島火山噴煙観 測結果(~2003年5月), *火山噴火予知連絡会会報*, 第85号, 56-57.
- 17. 気象庁火山課火山監視・情報センター, 気象研究所, 2004: 三宅島の火山性地震及び微動-2001

年 6 月 \sim 2003 年 10 月-,*火山噴火予知連絡会会報*,第 86 号, 74-80.

- 18. 地磁気観測所, 気象研究所, 2004: 安達太良山・沼の平火口における地磁気全磁力変化, 火山噴火 予知連絡会会報, 第87号, 3-4.
- 19. 高木朗充, 防災科学技術研究所, 2005: 富士山の浅部地震活動 2002 年 ~ 2004 年 , *火山噴火予 知連絡会会報*, 第 89 号, 59-61.
- 20. 篠原宏志, 風早康平, 松島喜雄, 福井敬一, 中堀康弘, 飯野秀樹, 宮下誠, 菅野智之, 近澤心, 2005: 三宅島火山噴煙観測結果(-2004年10月), 火山噴火予知連絡会会報, 第89号, 64-65.
- 21. 高木朗充, 東京大学地震研究所, 2005: 硫黄鳥島の地震活動-2004年7~10月-, *火山噴火予知連絡会会報*, 第89号, 94-97.

- 1. 篠原宏志, 風早康平, 斉藤元治, J.A.Sutton, 松枝秀和, 福井敬一, 中堀康弘, 森博一, 尾台正信, 2001: 三宅島火山噴煙の CO₂/SO₂ 比観測, *地球惑星科学関連学会 2001 年合同大会予稿集*, VO-P001.
- 2. 高木朗充, 山里平, 2001: 三宅島の最近の地震活動, *地球惑星科学関連学会 2001 年合同大会予稿集*, V0-032.
- 3. 坂井孝行, 宮村純一, 佐藤十一, 山里平, 2001: 有珠火山 K-A 火口と K-B 火口の炸裂型噴火に伴う 空振波形の特徴, *日本火山学会予稿集 2001*, No.2, P46.
- 4. 坂井孝行, 中禮正明, 吉田明夫, 2001: 桜島火山およびカリムスキー火山の爆発的噴火に伴う空振波 形の先行相の存在, *日本火山学会予稿集 2001*, No.2, A16.
- 5. 藤原善明, 中村政道, 小窪則夫, 坂井孝行, 考橋孝行, 2001: 桜島南岳の爆発的噴火に伴う空振波走時と表面現象および時系列との関連について, *日本火山学会予稿集 2001*, No.2, A17
- 6. 高木朗充, 2001: 2000 年三宅島噴火後の低周波地震活動, *日本火山学会予稿集 2001*, No.2, A20.
- 7. Shinohara H., Fukui K., Kazahaya K., Saito G., Matsushima N., 2002: Degassing process of Miyakejima volcano: volcanic gas flux, melt inclusion and degassing mechanism, Workshop-short course on volcanic systems: Melt inclusion: Methods, applications and problems, Proceedings.
- 8. 浦井稔, 福井敬一, 2002: ASTER によるグローバル火山観測計画と火山画像データベース, *日本リモートセンシング学会学術講演会論文集*, 75-76.
- 9. 坂井孝行, 高木朗充, 吉田明夫, 2002: 火山周辺の地震活動の b 値について, *地球惑星科学関連学会 2002 年合同大会予稿集*, S041-P019.
- 10. 篠原宏志, 風早康平, 松島喜雄, 福井敬一, 平林順一, 尾台正信, 中堀康宏, 飯野英樹, 森博一, 2002: 三宅島火山の脱ガス活動(その1): 噴煙観測結果, *日本火山学会予稿集 2002*, No.2, P05.
- 11. 篠原宏志, 風早康平, 斉藤元治, 福井敬一, 三宅島火山の脱ガス活動(その3)火山ガス組成から推定されるマグマ溜まりの脱ガス, *日本火山学会予稿集 2002*, No.2, A03.
- 12. 高木朗充, 山本哲也,福井敬一,藤原健治,坂井孝行,大和田毅,長谷川浩,伊藤信和,瀧沢倫明, 2002:安達太良山沼ノ平火口の地殻変動及び全磁力繰り返し観測 1997-2002年,日本火山学 会予稿集 2002, No.2, P76.
- 13. 坂井孝行, 中村雅道, 小窪則夫, 2002: 桜島火山のBH型地震に伴う微弱な空振の存在, *日本火山 学会予稿集 2002*, No.2, P16.
- 14. 高木朗充, 2003: 気象庁強震データから求められたS波の距離減衰と観測点増幅率, *地球惑星科学 関連学会 2003 年合同大会予稿集*, S051-P009.
- 15. 高木朗充, 宇平幸一, 吉本充宏, 2003: パプアニューギニア, パゴ火山における地震及び熱赤外観 測, *地球惑星科学関連学会 2003 年合同大会予稿集*, V055-005.
- 16. 吉本充宏, 中田節也, 宇平幸一, 高木朗充, Ima Itikarai, 2003: パプアニューギニアパゴ火山 2002 年噴火, *地球惑星科学関連学会 2003 年合同大会予稿集*, V055-004.
- 17. K. Fukui, 2003 : Dome growth and degassing during the 1991-1995 eruption of Unzen Volcano, Japan, *IUGG2003 Abstracts*, V10/01A/D-019.

- 18. T. Sakai, 2003: Infrasonic events accompanying six types of seismic events at Sakurajima Volcano, *IUGG2003 Abstracts*, JSV04/01P/D-005.
- 19. H. Shinohara, K. Fukui, M. Odai, K. Kazahaya and G. Saito, 2003: Degassing activity of Miyakejima Volcano: 3. Variation of CO₂/SO₂ in the plume, *IUGG2003 Abstracts*, V11/03P/D-002.
- 20. T. Yamamoto, T. Oowada and N. Shigeno, 2003: Geomagnetic change related to volcanic activity in Adatara, *IUGG2003 Abstracts*, JSA06/02P/D-013.
- 21. 松本滋夫, 新谷昌人, 孫文科, 大久保修平, 高木朗充, 2003: 富士山頂における絶対重力測定(1) 準備段階のノウハウ, 日本測地学会第100回講演会予稿集, 149-150.
- 22. 大久保修平, 松本滋夫, 新谷昌人, 孫文科, 高木朗充, 福井敬一, 2003: 富士山頂における絶対重力 測定(2) - 測定結果, 日本測地学会第100回講演会予稿集, 151·152.
- 23. 大久保修平, 高木朗充, 松本滋夫, 新谷昌人, 福井敬一, 孫文科, 2004: 富士山頂における絶対重力 測定, *地球惑星科学関連学会 2004 年合同大会予稿集*, V055-P018.
- 24. 高木朗充, 高山博之, 前田憲二, 中村雅基, 黒木英州, 卜部卓, 2004: 硫黄鳥島火山の地震活動, 日本火山学会予稿集 2004, B12.
- 25. 藤原健治, 高木朗充, 山本哲也, 福井敬一, 坂井孝行, 2004: 富士山山頂部及びその周辺での地震観測, *日本火山学会予稿集 2004*, P09.
- 26. 高木朗充, 鵜川元雄, 藤原健治, 2004: 富士山浅部で発生する微小地震, *日本火山学会予稿集 2004*, P10.
- 27. 坂井孝行, 上田義浩, 飯島聖, 中村政道, 藤原善明, 山里平, 中禮正明, 2004: 2004年9月1日の 浅間山の爆発的噴火に伴う空振波形, *日本火山学会予稿集 2004*, S21.
- 28. 藤原善明, 坂井孝行, 加藤幸司, 中村政道, 内藤宏人, 山里平, 中禮正明, 平松秀行, 上田義浩, 飯島聖, 2004:全国規模で観測された 2004 年 9 月浅間山噴火の空振, *日本火山学会予稿集 2004*, S22
- 29. Fujiwara, K., A.Takagi, T.Yamamoto, K.Fukui, T.Sakai, 2004: The seismic observation on and around summit area of Fuji Volcano, *Abstracts IAVSEI General Assembly 2004*, S08d_pf_110.
- 30. 山本哲也, 福井敬一, 高木朗充, 藤原健治, 坂井孝行, 2005: 安達太良山の地磁気変化から推定される地下の熱水活動, *地球惑星科学関連学会 2005 年合同大会予稿集*, V055-P010.
- 31. 藤原善明, 中禮正明, 山里平, 高木朗充, 潟山弘明, 2005: 三宅島における 2001 年 12 月 2 日の小噴火以降の地震活動パターンについて 地球惑星科学関連学会 2005 年合同大会予稿集, V055-P019.

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: 北村佳照 ¹⁾、石崎 廣 ²⁾、(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3(海洋研究部)、

湊 慎也 ¹⁾、吉田久美 ⁴⁾、金子秀毅 ⁵⁾、倉賀野連 ⁶⁾、石崎士郎 ⁷⁾(気象庁地球環境·海洋部

海洋気象課)

研究の目的

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。このため、粗い格子の広域太平洋モデルに対してネスティングにより高解像度の北西太平洋海域モデルを設定し、さらにそこに高度な海洋データ同化手法に基づく同化システムを構築する。そこで得られる初期値により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、その精度向上に努める。

研究の方法

高解像度の北西太平洋領域モデルを開発し、これをもとにした同化・予測システムを構築する。黒潮流路を始めとする海流、海水温、海氷などについて、200km 前後、1 カ月前後の空間、時間規模の変動を主たる対象とした力学的予測実験を行いシステムの予測性能を評価する。具体的には以下の通りである。

・北西太平洋領域モデルの構築

気象研究所共用海洋モデル(MRI.COM)をもとに、解像度の粗い全球モデルからネスティングで境界値を受け取る北西太平洋領域モデルの中解像版(東西 1/3 度、南北 1/5 度、48 層)を作成する。

・三次元変分法に基づく海洋データ同化システムの構築

三次元変分法に基づく同化システムを作成し、季節変動同化実験を行い、同化結果の評価を行う。また、黒潮の流路を始めとする海流、海水温、海氷などの季節変動より短い短期変動を対象とした予備的な予測実験を行う。領域モデルの東西、南北分解能を 1/10 度程度に高解像化し、同化手法にも改良を加え、高度化した同化システムを作成する。

・データ同化実験

構築したシステムで、季節変動同化実験をおこない同化結果を評価する。また、経年変動の再解析計算を行い予測実験用の初期値データを準備するとともに黒潮の流路を始めとする海流、海水温、海 水などの短期変動を対象とした予測実験を行う。

海況予測実験

海流・海水温・海氷等の本格的予測実験を行う。

・システムの改良による予測性能の向上

システムの改良を行って、予測性能の向上を図る。

研究の結果

ネスティングの手法を確立して、北太平洋全域モデル(親モデル、1/2 度格子)と北西太平洋領域(子モデル、1/10 度格子)を確定し、各種パラメータ調整を行った結果、黒潮は現実に即して、日本沿岸から離岸することを確認した。

混合層過程及び海面熱フラックス計算の改良により、夏季海面水温の再現が改善した。

海沢予測用モデル(水平解像度 1/10 度) に関して、全領域で使用している倍調和 Smagorinsky スキームに加え、日本南岸で調和型水平粘性を加えて、粘性パラメタリゼーションの改良を行った。

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

海洋データ同化・解析・予報システムを用いた黒潮の流路変動をターゲットとした予測実験予測実験を行い、同化再解析実験の結果と比較することにより評価した。さらに、その計算データを用いて流路変動のメカニズムについての解析を行った。その結果、予報が有意である期間は 40~60 日間で、予報

¹⁾ 平成 13 年度、2) 平成 14~17 年度、3) 平成 15~17 年度、4) 平成 14 年度、5) 平成 13~15 年度

⁶⁾ 平成 15~16 年度、⁷⁾ 平成 17 年度

結果の良くない領域は、九州東方と東海沖であった。

研究成果の要約

・北西太平洋領域モデルの構築

気象研究所共用海洋モデル (MRI.COM) における、ネスティング手法を確立した。

海氷の運動をより正確に表現するため、海氷動力学過程の開発・導入をおこなった。

高解像度版を作成し、基本性能の確認、モデルパラメータの選定を行った結果、黒潮は現実に即して離岸することを確認した。

最近広く使われるようになった、Noh and Kim (1999) の海面乱流過程パラメタリゼーションを開発・導入した結果、亜寒帯域の夏季における SST の高温バイアスの解消に有効であった。

高解像度版の粘性パラメタリゼーションに関して、全領域で使用している倍調和型 Smagorinsky スキームに加え、日本南岸で調和型水平粘性を加えることにより、モデルにおける頻繁な大蛇行形成は抑えられるようになった。しかしながら、非大蛇行接岸流路はあまり安定せず、非大蛇行離岸流路を頻繁にとるため、さらなる調整が必要である。

・三次元変分法に基づく海洋データ同化システムの構築

低解像度版に対する、三次元変分法に基づく同化システムを作成した。

上記同化システムから、ネスティングにより側面境界値を受け取る、高解像度版用の同化システムを作成した。

・データ同化実験

低解像度版に対する、1993~2002年の季節変動同化実験を数例行い、同化手法(海域分け、塩分を同化すること)の有効性が確認されたため、論文を投稿し、受理された(Usui et al. 2005)。

高解像度版を用いた本格的予測実験に備え、経年変動の同化再解析計算により作成した、1993~2003年にわたる各月3回の検証・初期値用データは本研究の予測実験用としてだけではなく、過去に遡って海洋内部の状況を理解するのに利用することも可能で、非常に有用な海洋データセットである。

•海況予測実験

黒潮の流路変動をターゲットとした本格的予測実験を行い、予測結果を同化再解析実験の結果と比較することにより評価した。予測が有意である期間は 40~60 日間で、予測結果が良くないのは、九州東方沖と、東海沖である。前者は、九州東方沖における低気圧性擾乱の表現がよくないこと、後者は、東海沖の離岸流路が直進流路に遷移する時期が早めであることが原因であった。これらに対しては、次項のシステムの改良で対処した。

北西太平洋領域モデルで表現された、黒潮の非大蛇行から大蛇行への遷移過程の解析を行った結果、大蛇行への遷移は、トカラ海沢南方の低気圧性渦の形成、北方への移動がきっかけとなっており、九州東方沖に達した時点で、傾圧不安定波が生じ、黒潮により東方に運ばれながら発達することが分かった。紀伊半島に達した時点での発達具合により、大蛇行になる場合、そうならない場合に分かれることがわかった。

・システムの改良による予測性能の向上

予測実験結果の予測スコアの悪い事例について、その原因と予測精度向上のための対策について検討した。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することとした。これらにより予測限界を約10日間延ばすことができた。

今後に残された問題点

北西太平洋領域モデルへの海面乱流過程パラメタリゼーションの導入は、亜寒帯域の夏季における

SST の高温バイアスの解消に有効であったが、冬期には逆に高温バイアスを生じさせる傾向も生じた。今後この件については、特定研究「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」の中で対応していく。また、高解像度版の粘性パラメタリゼーションに関して、日本南岸での調和型水平粘性の付加においても、非大蛇行接岸流路はあまり安定せず、非大蛇行離岸流路を頻繁にとるため、さらなる調整が必要である。この件および本システムのさらなる予測性能の向上に関しては、経常研究「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」の中で対応していく。

成果の活用に対する意見

本研究では、海況変動のメカニズムを考慮することにより、予測結果の解釈や予測性能向上へ向けてより明確な見通しを持って取り組むことが可能となり、予測限界を延ばすことができた。これらは、実際に生じる現象を再現する能力を持つ数値モデルを用いることによって初めて可能となった。今後さらなる予測性能の向上を目指すにあたっては、適切な初期状態を設定することが非常に重要である。予測の成否の鍵となるような、特別な観測地点・観測項目が設定できれば、より効率的な観測システムの設計にもつながる。また、限られた観測データを最大限に生かすことを可能とするため、データ同化手法のさらなる改良も必要といえる。本システムは、気象庁における海況監視・予測業務の次期システムとして供される予定であり、気象庁での業務実験の結果も見ながら、今後さらに予測精度向上の研究を続ける必要がある。

成果発表状況

- · 印刷発表件数 7件
- ・口頭発表件数 16件

成果発表一覧

(論文)

- 1. Usui, Y., Y. Fujii, S. Ishizaki, H. Tsujino, T. Yasuda, M. Kamachi, 2005: Introduction of the Meteorological Research Institute Multi-Variate Ocean Variational Estimation System (MOVE-System). *Journal of Advanced Space Research* (in press).
- 2. Usui, N., H. Tsujino, Y. Fujii and M. Kamachi, 2005: Short-range prediction experiments of the Kuroshio path variabilities south of Japan, *Ocean Dynamics* (submitted)
- 3. Tsujino, H., N. Usui, and H.Nakano, 2005: Dynamics of Kuroshio path variations in a high-resolution GCM, *J. Geophys. Res.* (submitted)

(論文以外の著作物)

- 1. 蒲地政文, 倉賀野連, 杉本悟史, 吉田久美, 桜井敏之, 碓氷典久, 藤井陽介, 辻野博之, 2005: 気象庁, 気象研究所における海況予報システムの現状 月刊 「海洋」, vol.37, 257-262.
- 2. 碓氷典久, 2005: データ同化の基本原理、*海洋データ同化セミナー2004*、日本海洋科学振興財団、 11-22
- 3. 石崎士郎, 藤井陽介, 碓氷典久, 蒲地政文, 2005: 気象庁における海洋データ同化システム、*海洋データ同化セミナー2004*、日本海洋科学振興財団、81-102
- 4. 石川一郎, 辻野博之, 平原幹俊, 中野英之, 安田珠幾, 石崎廣, 2005: 気象研究所共用海洋モデル (MRI.COM) 解説、*気象研究所技術報告*, **No.47**, 189pp.

- 1. Kamachi M., Y. Fujii, S. Ishizaki, N. Usui, T. Nakano, T. Yasuda, and H. Tsujino, 2003: Three-dimensional analyses of salinity and temperature in the Pacific using a variational method with vertical coupled temperature-salinity EOF modes Salinity impacts in the Equatorial and North Pacific Assimilation -. *Proceedings of the First Argo Science workshop*
- 2. 碓氷典久, 2004: データ同化の基本原理. 海洋データ同化セミナー2004 講義禄, 日本海洋科学振興

財団、11-22

- 3. 石崎士郎,藤井陽介,碓氷典久,蒲地政文,2004: 気象庁における海洋データ同化システム、海洋デー タ同化セミナー2004 講義禄、日本海洋科学振興財団、81-102
- 4. 倉賀野連, 蒲地政文, 碓氷典久, 辻野博之, 藤井陽介, 石崎士郎, 安田珠幾, 杉本悟史, 吉田久美, 桜井敏之, 2004: 気象庁・気象研究所における海況予報システムの現状. 日本海洋学会, 2004 年度 秋季大会講演要旨集
- 5. 碓氷典久, 辻野博之, 藤井陽介, 蒲地政文, 2004: 気象研北西太平洋データ同化システム (MOVE) のパフォーマンス. 日本海洋学会, 2004 年度秋季大会講演要旨集
- 6. Kamachi, M., Y. Fujii, S. Ishizaki, N. Usui, T. Nakano, T. Kuragano, S. Sugimoto, T. Sakurai, K. Yoshita, N. Yoshioka, 2004: Data assimilation in the Pacific Ocean as an application of observing system to physical oceanography and climate research. *Proceedings of the PICES 13th Annual Meeting*
- 7. Usui, N., H. Tsujino, Y. Fujii and M. Kamachi, 2004: MRI Multi-Variate Ocean Variational Estimation (MOVE) System. Part 3: Western North Pacific Experiment and Reanalysis Product, *Proceedings of the Second Symposium on the Global Ocean Data Assimilation System "GODAE in Operation: Demonstrating Utility"*
- 8. Tsujino, H. Nakano, N. Usui, and M. Kamachi, 2005: Dynamics of Kuroshio path variations in a high resolution GCM. *Proceedings of the Colloquium in honour and in memory of Christian Le Provost*
- 9. Usui, N., H. Tsujino, Y. Fujii, S. Ishizaki and M. Kamachi, 2005: Short-range prediction experiments of the Kuroshio path variabilities south of Japan, *Proceedings of the Colloquium in honour and in memory of Christian Le Provost*
- 10. 辻野博之, 碓氷典久, 中野英之, 2005: 高解像度モデルにおける黒潮蛇行の特性. *日本海洋学会,* 2005 年度春季大会講演要旨集
- 11. 碓氷典久, 辻野博之, 藤井陽介, 蒲地政文, 2005: 気象研北西太平洋海沢予測システムによる黒潮流路予測実験. 日本海洋学会, 2005 年度春季大会講演要旨集
- 12. Kamachi, M., 2005: An overview of application of ocean data assimilation. *Proceedings of the Fourth WMO International Symposium on Assimilation of Observations in Meteorology and Oceanography*
- 13. Usui, N., H. Tsujino, Y. Fujii, S. Ishizaki, M. Kamachi, 2005: Reanalysis experiment using MRI Multivariate Ocean Variational Estimation (MOVE) System in the Western North Pacific. Proceedings of the Fourth WMO International Symposium on Assimilation of Observations in Meteorology and Oceanography
- 14. Fujii, Y., N. Usui, H. Tsujino, H. Nakano, S. Ishizaki, and M. Kamachi, 2005: The Kuroshio meandering south of Japan: Prediction with the MRI multivariate ocean variational estimation (MOVE) system and a sensitivity study with an adjoint code. *Proceedings of the EGU*
- 15. 碓氷典久, 辻野博之, 藤井陽介, 蒲地政文, 2005: 黒潮流路予測実験に見られた誤差発展の特性. *日本海洋学会*. 2005 年度秋季大会講演要旨集 P101
- 16. 辻野博之, 中野英之, 2005: 対馬海流の形成および変動要因について. *日本海洋学会 2005 年度秋 季大会講演要旨集*, 234

2.3. 研究終了報告 2.3.3. 地方共同研究

非静力学数値予報モデルによる地域気象特性の研究

研究期間: 平成15年度~平成17年度

研究代表者: 大窪 浩(札幌管区気象台技術部予報課)

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

研究の目的

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 (NHM) を利用し、顕著なメソ現象を総合的に理解することを主目的に、それに伴う降雨・降雪等の機構の把握と分析を行い、管内の地域気象特性を把握し、予報官署における実況監視・解析能力の向上及び概念モデルや降水等の定量的予測手法への応用を目指す。

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

研究の方法

- ・参考文献の収集・参照
- ・データ収集と利用環境の整備 非静力学数値予報モデルによるシミュレーションの検証を行うためのデータを収集する。
- ・数値予報モデルによる事例解析、擾乱構造の解析、降雨・降雪等の機構の解析 本庁ミニスーパー版及びパソコン版の非静力学数値予報モデルによるシミュレーションを行い、メ ソ現象表現の現業用静力学モデルの予想との違いや構造の解析結果などの検証を行う。特に、北海道 の地理的・気象的要因に着目した事例解析とメソ気象現象自体の構造や降雨・降雪等の機構を重点に 解析する。
- ・メソ天気系概念モデルや定量的予測手法への進展の検討 シビア現象などの発生を具体的に特定する実況監視・解析及び予測用ワークシートへの応用の検討、 降水量・降雪量の定量的予測手法への応用の検討、地方ガイダンスへの発展の検討を行う。
- ・報告書の作成 札幌管区気象台技術時報に成果をまとめ報告する。

研究の結果

- ・熱的不安定降水:地上収束線、予想降水域の移動や下層風向別分布等の特徴のまとめやワークシートを作成した。
- ・太平洋側の大雨:渡島半島の下層南西風系での大雨に関する概念モデル化、及び下層ジェットによる 大雨発現確率と日変化傾向の把握をおこなった。また、オロフレ山系南東斜面等の大雨構造を NHM により従来知見の有効性を確認した。
- ・冬型降雪:日本海での気団変質の効果を考慮した最適初期条件を提示し、管内官署でのNHM 統合環境による日本海側の冬型降雪研究の土台を築いた。日本海側の冬型降雪について、850hPa 風向風速別降雪分布や地上収束線の特性を把握した。事例解析により、後志地方の大雪をもたらす雲域に、メソαスケールのトラフが、北海道西岸で最も深くなる対流混合層を通過するときに発生・発達し、その発達が収束線を維持する傾向があることを把握した。
- ・局地風と低層ウインドシヤー:旭川空港における地形性強風特性・弟子屈強風におけるショルダー効果とおろし風の重複構造・知床半島羅臼おろしの構造について概念モデルやワークシート化し現業化した。旭川空港・新千歳空港における低層ウインドシヤー発生条件の概念モデル化や監視・解析のための有効な着眼点を把握・提供した。新千歳空港での山岳波発生につながる大気鉛直構造特性をワークシート化し現業化した。
- ・下層雲: オホーツク海側の下層雲消散構造を把握し、下層風向風速別の解消の目安を作成。太平洋側東部の下層雲について非静力学モデルの予想特性を調査し、実況監視の着眼点を把握した。
- ・低温:非静力学モデルの雲量計算方法を、「相対湿度から計算する方法」から、「予報変数の雲水・雲

2.3. 研究終了報告 2.3.3. 地方共同研究

氷から計算する方法」に変更することで、雲域予測の改善を通じて気温予測が改善される可能性を提示。最低気温と、平均蒸気圧・降雪量との関係を把握し、低温予測ワークシートを作成した。

・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した。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研究利用に向けての環境整備を実施し、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。

研究成果の要約

従来地方官署では不可能であった非静力学モデルによる数値実験を基に、地域気象特性を把握し、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・提供した。モデル利用研究の手法浸透により人材育成が促進された。

今後に残された問題点

事例解析とそれから得られた現象の着目点の整理により、ライフステージ毎にみられる気象要素(収束、温度分布、冷気の存在等)の特徴について理解を深めることができた。これは、現業での効率的な予測・監視を行うために役立つものと期待できるが、さらに、何が現象の発達に最も重要な役割を果たしているのか、また、現象の振る舞いに地形の影響や気象要素がどのように関係しあっているかを調べるために、非静力学モデルを用いて、気象現象の環境や地形等を変更した再現実験を行い、これらの影響の評価を検討している。

成果の活用に対する意見

数値モデルを用いて多くの事例解析を行なうことは、現象のメカニズム解明、モデルの予測精度改善の両方にとって非常に重要であり、研究の成果は、気象研側担当者にとっても、今後の研究を進める上でのよき指標となった。今後もこのような研究を継続していくことを期待する。多くの研究結果が得られており、概念モデル化や現業用ワークシート化等の防災気象情報の質的向上につながる具体的指標を作成したが、今後は成果を総合的な報告書並びに査読つき論文にとりまとめることに期待する。

成果発表状況

・口頭発表件数 35件

成果発表一覧

- 1. 望月隆史, 今泉貴嗣, 川合亜紀夫, 佐鯉央教, 千葉正紀, 佐々木稔, 南 敏文, 三浦 明, 小林 勉, 滝沢厚詩, 2004: NHM を用いた北海道北部における熱的不安定に起因する収束線の調査, 平成 15 年度札幌管区気象台研究会誌, 平成 16 年 3 月刊行, 20-21
- 2. 米川博志, 柴田俊治, 中村 保, 本舘 豊, 2004: オホーツク海側の熱的不安定降水に関する非静力 学モデルを用いた数値実験(第2報), 平成15年度札幌管区気象台研究会誌, 平成16年3月刊行, 50-51
- 3. 大我一憲, 佐藤多佳夫, 鈴木淳浩, 堀川裕司, 2004: NHM 数値実験からみるオロフレ山系の地形性降水について, 平成 15 年度札幌管区気象台研究会誌、平成 16 年 3 月刊行, 106-107
- 4. 柴田誠司, 今井達也, 齋藤幸太郎, 覚元一行, 大関武美, 矢口久美子, 定森尚人, 突廻憲次, 川村一広, 山内博行, 平野雅美, 2004: 南茅部の局地的豪雨における NHM を用いた数値実験 2002 年 11 月 11 日~12 日の事例 、平成 15 年度札幌管区気象台研究会誌、平成 16 年 3 月刊行, 108-109
- 5. 市川 敬, 川村貴史, 2004: NHM 数値実験による後志地方の冬型時の気象特性について(基礎調査), *平成 15 年度札幌管区気象台研究会誌*、平成 16 年 3 月刊行, 120-121
- 6. 水野裕之, 矢野由和, 2004: 非静力学モデルによる冬型降雪の数値実験について, 平成 15 年度札幌 管区気象台研究会誌、平成 16 年 3 月刊行, 118-119
- 7. 中山 寛, 2004: 冬季北海道西岸の収束線上で発生, 発達する雲クラスター-2002 年 12 月 13 日の後 志北部の大雪-, *平成 15 年度札幌管区気象台研究会誌*, 平成 16 年 3 月刊行, 122-123

2.3. 研究終了報告 2.3.3. 地方共同研究

8. 中山 寛, 2004: 2002 年 12 月 13 日の後志地方の大雪, *地方におけるメソモデルを用いた調査研究に 関する打合せ会(気象庁モデル技術開発推進本部主催)*, 平成 16 年 3 月 10 日

- 9. 藤原弘章, 千葉達雄, 丹野咲里, 2004: NHM を用いた宗谷地方の冬季西岸収束線に関する調査, *平成* 15 年度札幌管区気象台研究会誌, 平成 16 年 3 月刊行, 12-13
- 10. 吉田正博, 窪田芳徳, 高橋裕二, 2004: NHM を使用した留萌地方の冬の収束線調査, 平成15年度札 幌管区気象台研究会誌, 平成16年3月刊行, 14-15
- 11. 松川和靖, 加賀俊博, 新井隆之, 宮本聖史, 越田弘一, 長谷川尚也, 2004: 冬期における内陸高気圧の生成と留萌地方の寒冷気の吹き出しの数値実験, 平成 15 年度札幌管区気象台研究会誌, 平成16 年 3 月刊行, 16-17
- 12. 畠中準裕, 米川博志, 分木恭朗, 中田健嗣, 2004: NHM を用いたオホーツク海側の霧, 下層雲に関する調査, 平成 15 年度札幌管区気象台研究会誌, 平成 16 年 3 月刊行, 44-45
- 13. 青木康友, 高田数実, 樋口敏雄, 田辺一博, 大山哲男, 村島 巧, 柏木清司, 吉田誠哉, 2004: 弟子 屈の強風について(NHM 統合環境を用いた数値実験), 平成 15 年度札幌管区気象台研究会誌, 平成 16 年 3 月刊行, 36-37
- 14. 前田和也, 市川伸介, 藤原真一, 斉藤 創, 安部公也, 2004: NHM を利用した旭川空港の風の調査 (第2報), 平成 15 年度札幌管区気象台研究会誌, 平成 16 年 3 月刊行, 24-25
- 15. 森谷貞幸, 加賀俊博, 新井隆之, 飯野直末, 梅林浩一, 青木美樹, 谷口育子, 2004: NHM を用いた上 川地方の冬の低温特性の調査. 平成15年度札幌管区気象台研究会誌. 平成16年3月刊行, 10-11
- 16. 今村和久, 松川和靖, 加賀俊博, 岸 隆幸, 黒田英二, 宮本聖史, 越田弘一, 斉藤宏明, 新井隆之, 2005: 冬期における寒冷気の吹き出しと収束線の数値実験(第2報), 平成 16 年度札幌管区気象 台研究会誌, 平成 17 年 3 月刊行, 1
- 17. 梅林浩一, 2005: 統計的に見た旭川の低温特性(第2報)積雪が放射冷却に与える影響, 平成16年度 札幌管区気象台研究会誌, 平成17年3月刊行,3
- 18. 前田和也, 市川伸介, 藤原真一, 斉藤 創, 2005: NHM を利用した旭川空港の風の調査(第3報), 平成 16 年度札幌管区気象台研究会誌, 平成 17 年 3 月刊行, 5
- 19. 窪田芳徳, 吉田正博, 高橋賢二, 2005: NHM を使用した留萌地方の冬の収束線調査(第2報), 平成 16 年度札幌管区気象台研究会誌, 平成17年3月刊行, 6
- 20. 丹野咲里, 藤原弘章, 山下龍平, 平沢朋美, 千葉達雄, 森田克也, 吉田誠哉, 米川博志, 入江美貴, 2005: 北海道北部の冬型季節風時における地域特性, 平成 16 年度札幌管区気象台研究会誌, 平成 17 年 3 月刊行, 10
- 21. 川合亜紀夫, 志水菊広, 米川博志, 千葉正紀, 中川雅夫, 鎌田匡俊, 高橋輝行, 森 耕平, 松下雄哉, 2005: NHM を用いた北海道北部における熱的不安定に関する調査(第2報), 平成 16 年度札幌 管区気象台研究会誌、平成 17 年 3 月刊行, 11
- 22. 青木康友, 田辺一博, 村島 巧, 長尾里視「羅臼のだし風」について**NHM** による数値実験**〜**, 2005: *平成 16 年度札幌管区気象台研究会誌*, 平成 17 年 3 月刊行, 16
- 23. 福島秀明, 守谷昌己, 水野裕之, 2005: NHM による羅臼の強風について, *平成16年度札幌管区気象 台研究会誌*、平成17年3月刊行,18
- 24. 水野裕之, 森本真一, 松木博幸, 2005: 非静力学モデルによる太平洋側の下層雲の数値実験, 平成 16 年度札幌管区気象台研究会誌、平成 17 年 3 月刊行, 19
- 25. 柴田俊治, 佐藤英一, 水嶋浩文, 中村 保, 山下日出雄, 2005: オホーツク海側の熱的不安定降水に関する非静力学モデルを用いた数値実験(第3報), 平成 16 年度札幌管区気象台研究会誌, 平成17年3月刊行, 23
- 26. 畠中準裕, 中田健嗣, 佐々木健次, 山下日出雄, 柴田俊治, 2005: NHM を用いたオホーツク海側の霧, 下層雲に関する調査(第2報), 平成16年度札幌管区気象台研究会誌, 平成17年3月刊行, 24
- 27. 鈴木淳浩, 大作千加男, 佐藤多佳夫, 坂井英治, 2005: NHM 数値実験からみるオロフレ山系の地形性降水について(第2報), 平成 16 年度札幌管区気象台研究会誌, 平成 17年3月刊行, 35
- 28. 柴田誠司, 輪島 淳, 今井達也, 覚元一行, 久保田勲, 定森尚人, 滝口明宏, 長谷川貴彦, 齋藤幸太郎, 金森祥一, 小寺裕之, 2005: 下層南西風系での渡島半島の大雨について, 平成16年度札幌管区気象台研究会誌、平成17年3月刊行, 39

- 29. 今井達也, 金森祥一, 渡島半島の大雨について-2004年2月22日 \sim 23日の事例解析-, 平成16年度 札幌管区気象台研究会誌, 平成17年3月刊行,41
- 30. 市川 敬, 川村貴史, NHM 数値実験による後志地方の冬型時の気象特性について(第2報), 平成16年度札幌管区気象台研究会誌、平成17年3月刊行,45
- 31. 上田崇裕, 山本忠文, 小柳吉晴, 2005: NHM による空知地方の降雪特性, *平成16 年度札幌管区気象 台研究会誌*, 平成17 年 3 月刊行, 47
- 32. 坂本明大, 宮腰紀之, 富樫 暁, 大関武美, 2005: 新千歳周辺で発生する山岳波, *平成 16 年度札幌 管区気象台研究会誌*, 平成 17 年 3 月刊行, 49
- 33. 本舘 豊, 大窪 浩, 2005: NHM による熱的不安定降水の予報特性の一端について-2002年6月18日の事例から・、 *平成16年度札幌管区気象台研究会誌*、 平成17年3月刊行, 61
- 34. 原朋憲, 2005: Linux パソコンにおける防災情報モデルの利用について, 平成 16 年度札幌管区気象 台研究会誌、平成 17 年 3 月刊行, 62
- 35. 高見英治, 佐藤直喜, 2005: 江差の強風について, 平成 16 年度札幌管区気象台研究会誌, 平成 17 年 3 月刊行, 31

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: 阿久津俊幸 1)、近藤 満 2)、(仙台管区気象台技術部予報課) 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

研究の目的

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。

レーダー・アメダス解析雨量(以下解析雨量)を統計分析して、①短時間強雨の発現分布と地形との 対応性を把握する。②注警報二次細分区域についての特徴を把握する。

短時間強雨をもたらした事例をレーダー3次元データやWPRなど最新の観測データも加えて解析し、③短時間強雨をもたらすメソスケール降雨帯の発達の特徴を把握する。④下層の風のシヤーや温度の変化等実況監視で着目すべき要素を判別し、ワークシートを改善する。また、⑤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。

研究の方法

・メソスケール降雨系の分析

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。下層シャ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。下層シャ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 $\mathrm{CD-R}$ 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。

研究の結果

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の事例数を、大雨の頻度として扱った。大雨の定義は、「注意報級閾値以上の雨が観測された事例」とし、大雨時の降水量として、一連現象降水期間(各格子の降り始めから止むまで)の、各格子最大値 1 個を用いた。閾値は東北地方の注意報基準、警報基準に近い値として 1 時間降水量(以下 R1)、3 時間降水量(以下 R3)、24 時間降水量(R24)でそれぞれ次のように定義した。

注意報級の大雨: R1: 20mm、R3: 40mm、R24: 70mm

警報級の大雨: R1: 40mm、R3: 80mm、R24: 150mm

東北地方近辺の領域を 2.5km の水平分解能で 96×200 格子で切り出し、設定した領域で 1 格子でも 降水量が注意報級閾値以上となった大雨の事例を全て抽出し、次の 8 種類の擾乱ごとに分類した。

N: 北海道以北を通る低気圧、J: 日本海低気圧、J2: 日本海低気圧を主低とする二つ玉

S: 南岸低気圧、S2: 南岸低気圧を主低とする二つ玉、T: 台風、F: 停滞前線・停滞前線上の小擾乱

H: 地上に明瞭な擾乱を伴わない不安定性降水

¹⁾ 平成 16 年度、2) 平成 17 年度

これらの大雨事例から、全ての格子点について階級別に大雨の頻度を算出した。

まず、全ての擾乱を含む場合の大雨頻度の水平分布では、R1、R3、R24 に共通して、海に面した斜面(日本海側では南西斜面、太平洋側では東斜面)で頻度が高い特徴があることがわかった。日本海側では白神山地、出羽山地、丁岳山地、越後山脈の南西側、太平洋側では北上山地、奥羽山脈の宮城県部分、阿武隈高地の東側で頻度が高い。この特徴はR24でより顕著に現れている。福島県の中通り南部を除けば、日本海側の方が頻度が高い。

警報級の大雨頻度についての水平分布では R1、R3 では、前述の特徴が失われ、ほぼランダムな分布となった。ただし、R1 で、福島県の中通り南部が他の地域に比べて極端に頻度が高い。R24 では、第 2 図と同じく海に面した斜面で頻度が高い。太平洋側が日本海側と同等の頻度になっている。R3 では、R1 より頻度が低い。

擾乱別に算出した注意報級の大雨頻度の水平分布では、R1、R3、R24 に共通して、以下のような特徴がみられた。T型(台風)、S型(南岸低気圧)、S2型(南岸低を主低とする二つ玉)では、太平洋側で頻度が高く、N型(北海道以北を通る低気圧)では日本海側で頻度が高いが、J型(日本海低気圧)、F型(停滞前線・前線上の小擾乱)と H型(不安定降水)では、地形性大雨域の頻度は日本海側の方が頻度が高い。それ以外では東西の偏りが少ない。H型は R1 で全域的、F型は R1,R3,R24 で全域的である。F型の R1,R3、H型の R1,R3,R24で、福島の中通りと会津などの内陸部に高頻度が見られる。また、S型は、太平洋側北部の頻度が S2型より高い。N型と J型では日本海側の南西斜面で頻度が高い特徴があり、さらに J型では太平洋側の東斜面側でも頻度が高い特徴が見られた。

(まとめ)

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。なぜなら、擾乱別の頻度の水平分布から、海に面した斜面の頻度が高いのは T 型、S 型、S 2 型、N 型、J 型と、大規模な擾乱の場合だからである。この結果は、二宮(1977)が気象官署の最大降水量について調べた結果と整合する。一方で、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。R1 についても、T 型、S 型、S 2 型、N 型、J 型で海に面した斜面で頻度が高い特徴がみられたことから、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。ただし、その比率は R24 ほどではないと考えられる。T 型、S 型、S 2 型、S

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。この結果は、R24 に比べて R1 では、H型と F型の頻度が高いことで説明される。なぜなら、H型と F型は内陸部でも頻度が高いからである。H型と F型で内陸部での頻度が高い理由は陸面からの加熱が対流性降水のきっかけとなるためと考え、H型と F型の事例を午前($0\sim12$ 時)の事例と午後(12 時 ~24 時)の事例とに分けて頻度分布を作った。午後の頻度は午前の頻度より明らかに高く、陸面からの加熱の影響を示唆している。F型についても、H型ほど顕著ではないが、同様の結果となった。また、T型、S型、S2型、N型、J型、では午前と午後とで頻度の差は見られず、陸面からの加熱があまり影響していないと考えられる。以上から注意報級の頻度について、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。警報級の場合も、注意報級の頻度分布と同様の理由で、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。ただし、警報の事例数は少なく、外山・水野(2002)の結果と整合の悪い地域も多いため、その信頼度は注意報級に比べて低い。

擾乱別頻度の水平分布については、S型、S2型については、低気圧が本州南岸を通過する際の持続的な東風の影響が、水平分布に現れていると考えられる。T型についても、S型、S2型と同様に太平洋側で頻度が高い特徴があったが、南岸を通る台風が多いのか、進路以外の原因があるのかを知るにはさらに調査が必要である。N型とJ型にみられた日本海側の南西斜面で頻度が高い特徴は、寒冷前線前面の持続する南西風の影響が強いことを示唆する。J型では太平洋側の東斜面で頻度が高い特徴もあり、日本海低気圧に吹き込む東風の影響が出ていると考えられる。F型とH型では他の型に比べて斜面の向きによる傾向があまり見られないのは、先に述べた陸面からの加熱の影響があるからと考えられる。特に、H型では陸面からの加熱の影響が強いため、他の型と大きく分布が異なると考えられる。

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。この表示ソフトは仙台管区気象台のサーバーに搭載し、管内の官署からいつでも使用できる状態にする予定である。表示可能な図は、R1、R3、R24 それぞれの注意報級、警報

級の頻度についての水平分布図で、全擾乱を合わせたものと擾乱別のもの全てとし、府県ごとに拡大した図も作成した。さらに、全格子点について作成した R1 と R24のヒストグラムも全て表示可能である。アメダス地点に直近のヒストグラムには、外山・水野(2002)による結果もプロットした。ヒストグラムは、東北地方の地図にレーダー・アメダス解析雨量の格子を重ねた図をマウスでクリックすることにより表示することができ、目的の格子点へのアクセスをしやすくしてある。

研究成果の要約

東北地方の解析雨量データやデータ処理ソフトを作成し FTP サーバー上で共同利用する環境を整備した。管区で、1994 年から 2003 年までの解析雨量を用いて、東北地方の各格子毎 1 時間・3 時間・6 時間・24 時間最大雨量値の分布、および大雨の発生頻度の地域特徴を見るため、統計分析を行った。また、解析雨量で基準値($R1 \ge 20$ 、 $R3 \ge 40$ 、 $R24 \ge 70$)を超えた事例すべてについて気象じょう乱別に分類し、統計分析を行った。

各府県では、統計分析を基に、各県の短時間強雨と地形との対応性や二次細分区域毎の出現度数の特徴、メソスケール降雨系の特徴をまとめ、業務に利用しやすいように、モデル図やワークシートを作成した。

今後に残された問題点

統計分析および各県での事例解析については、おおむねまとめることはできたが、災害との関連については、短時間強雨時の災害事例数が少ないこと、災害の起こった時刻等が明確でなく雨量との対応が十分把握できないことから、十分な成果としてまとめきれていない。

また、統計分析の手法ついては、「大雨極値に関する統計手法も活用するように」とのアドバイスを予報研究部から受けた。これについては本研究では対象としなかったが、別途、調査を開始した。

成果の活用に対する意見

東北地方の二次細分区域における短時間強雨の発現分布と地形との対応性を把握するため、東北地方の解析雨量データやデータ処理ソフトを作成し FTP サーバー上で共同利用する環境を整備しており、本研究において作成した統計資料は、今後、注・警報基準や2次細分の見直しをする時に活用できると期待できる。

成果発表状況

· 口頭発表件数 18件

成果発表一覧

- 1. 砂子幸弘, 渋谷克之, 田中啓介, 2005: 2005 年 8 月 9 日から 10 日の津軽半島北部における短時間強雨. 平成 17 年度仙台管区調査研究会資料, 5-6
- 2. 渡邊好範, 2005: NHM 統合環境を用いた短時間強雨の数値実験について 第二報. 平成17年度仙台 管区調査研究会資料, 9-10
- 3. 奈良岡潤, 畠山康憲, 平岡利明, 2005: 2002 年 8 月 7 日の深浦での短時間強雨の特徴. 平成17 年度仙 台管区調査研究会資料, 21-22
- 4. 小畑英樹, 佐々木伏実緒, 中山力, 紺野友希, 山鹿康平, 2005: 2002 年 8 月 2 日の湯田での大雨について. 平成 17 年度仙台管区調査研究会資料, 31-32.
- 5. 小畑英樹, 佐々木伏実緒, 中山力, 紺野友希, 山鹿康平, 2005: 2002 年 8 月 19 日から 20 日にかけて の小本での大雨について. 平成 17 年度仙台管区調査研究会資料, 33-34
- 6. 大高隆広, 枡谷清隆, 石井邦男, 2005: 短時間強雨時における大気構造の調査. 平成17年度仙台管区 調査研究会資料, 67-78
- 7. 北条仁一, 佐々木秀樹, 田中光一, 2005: 秋田県南部で発生した線上降水帯の事例解析. 平成 17 年度 仙台管区調査研究会資料, 73-74
- 8. 鈴木隆雄, 佐々木秀樹, 若生勝, 杠力男, 2005: 秋田県の短時間強雨と災害の関係について. 平成 17 年度仙台管区調査研究会資料, 73-74

9. 長谷川栄治, 木村安志, 2005: NHMを用いた山形県の不安定降水による大雨. 平成 17 年度仙台管 区調査研究会資料, 93-94

- 10. 小野寺雄司, 植村恵子, 西村建志, 2005: 短時間強雨直前の状態. 平成 17 年度仙台管区調査研究会 資料, 95-96
- 11. 吉田洋一, 高田正伸, 阿部泉, 植村恵子, 2005: 山形県における大雨時の特性. 平成 17 年度仙台管 区調査研究会資料, 99-100
- 12. 山本克広, 細谷毅州, 2005: 2005 年 6 月 27 日の大雨事例. *平成 17 年度仙台管区調査研究会資料*, 109-110
- 13. 安久津俊幸, 2005: 梅雨期の日本海側の大雨システムの特徴. *平成17年度仙台管区調査研究会資料*, 129-130
- 14. 倉橋永, 平野喜芳, 長畑和博、2005 年、解析雨量から見る東北地方の大雨の頻度分布(第2報). *平 成17 年度仙台管区調査研究会資料*, 143-144
- 15. 小川智恵, レーダー班, 2005: 擾乱別エコーの統計分析. *平成 17 年度仙台管区調査研究会資料*, 153-154
- 16. 田中秀一, 田浦俊太郎、河村伸治, 2005: NHM による 2005 年 8 月 20 日短時間強雨事例の予測. *平 成 17 年度仙台管区調査研究会資料*, 189-190
- 17. 中塚斉, 2005: 短時間強雨時の市町村別解析雨量について. *平成 17 年度仙台管区調査研究会資料*, 193-194
- 18. 加藤寿明, 板谷宏之, 2005: 福島県における部外雨量による解析雨量の検証. 平成 17 年度仙台管区 調査研究会資料, 199-200

強風災害をもたらす風の特性調査

研究期間: 平成15年度~平成17年度

研究代表者: 市川 寿 (東京管区気象台技術部気候・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

研究の目的

平成14年を例にとれば、東京管区気象台管内での強風災害の発生数は、65件と大雨災害に匹敵する多さとなっている。また、大きな被害をもたらすことが多い竜巻等の瞬発性の強風災害も即時的現地調査を行ったものだけでも12件発生している。これらは報道機関に取り上げられ、社会的にも注目を集めている。このような強風災害に対し的確な防災気象情報の発表や解説が求められているところである。強風災害をもたらす風を一般的な強風と竜巻やダウンバースト等の瞬発性強風に分けて調査し、強風災害をもたらす風の特性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。

研究の方法

一般的な強風と瞬発性強風に分けて調査を行う。瞬発性強風についてはドップラーレーダーデータが利用できる関東地方を主な解析対象領域とし、一般的な強風については、気候の異なる関東地方と北陸地方を主たる対象領域とするが、「強風の地域特性」については一部の地方気象台とも共同で調査を行う。

一般的な強風の特性調査(解析対象領域:関東地方、北陸地方) 強風と災害の関係の調査

地域や気象条件で分けた強風域や突風率の解析強風をもたらす気象条件の調査

・瞬発性強風の特性調査 (解析対象領域:関東地方)

発生環境の調査

ドップラーレーダー等を用いた詳細な解析 (主な対象領域は関東地方とする)

これらの結果から、瞬発性強風の予測可能性の検討

研究の結果

一般的強風の特性調査

強風と災害の関係については、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)。

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。

・瞬発性強風の特性調査

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として、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。

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。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。

・予測可能性に関する検討

昨年度までの知見に今年度のものを総合し、サンプル数は少ないながら、竜巻について、次のようなまとめを行った。

1日程度前のポテンシャル予測として、台風の接近時に限れば、24時間先の進路予測の精度は十分にあることから、台風時の竜巻発生確率の図(昨年度作成)を利用して、東京管区の空間スケールでのポテンシャル予測は可能である。また台風の進行方向から、陸地からどの距離まで接近した時に内陸若しくは沿岸部で相対的に竜巻が起こりやすいか、目安とすることもできる。

 $1\sim3$ 時間程度前のポテンシャル予測として WINDAS データを用いてリアルタイムで SReH 推定値を計算・提示することができれば、その絶対値や変化、地域分布を常時監視することで、メソ $\alpha\sim\beta$ スケールで、スーパーセル発生のポテンシャルを把握できると思われる。この資料だけでは竜巻の発生時刻、発生場所を絞ることは不可能だが、レーダーエコーの形態や地上風系の監視を同時に行うことで、発生場所をある程度絞ることは可能と思われる。

1時間以内の実況監視として、SReH 推定値からスーパーセルの発生ポテンシャルが高まったと予想された場合には、ドップラーレーダーでのメソサイクロンの検出に注視し、メソサイクロンが確認された場合にはドップラーレーダーでこれを追跡し、その下層での渦度の変化を監視することで、メソサイクロンの経路下流にナウキャスト情報を発することができる可能性がある。

研究成果の要約

5 年前後の期間の部外データを収集、データベース化を行なった。本データ収録地点数は気象庁観測地点数を上回るものであり、地域的な粗密はあるもののきめ細かい解析に有効である。また、本データを基に、典型的な擾乱の際の強風事例について、地域分布、気象官署の風速との比、気象官署の風速がある値を越えたときに他の観測地点で風速がその値を越える確率などを求めた。

最大風速・最大瞬間風速と被害の関係については従来から指摘されている経験則を確認した。 また、突風率と風向との関係では、突風率は地勢の開放方向で大きいことが判った。

強風の地域分布の再現を主な目的とした NHM による実験を行ない、2km 以下の格子サイズであれば局地風がほぼ再現できることを確認した。

竜巻データベースの整備を整備し、竜巻とダウンバーストの詳細な事例解析と、環境場の解析を実施し、知見を得た。予測可能性については、予測因子のデータベース化と事例解析において有効性を検討した。瞬発性強風と総観場の特徴の調査については、台風時の竜巻しか対象にできなかったものの、ポテンシャル予想につながるいくつかの知見を得た。

本研究計画での調査研究の成果は、東京管区気象台が行っている、現地災害調査とそれに基づく気象速報の作成・発表に活用されている。気象状況、現地調査結果などから成る気象速報は、東京管区気象台ホームページに、遅くとも翌日夕方までに公開するようにしている。平成15年度から17年度に発表した突風に関する気象速報は、以下に示す13例である。

今後に残された問題点

部外データの収集・整理は、今回の調査・研究におけるきめ細かい解析につながった上、今後の気象業務に寄与しうる大きな成果であったが、入手した大量のデータに対しての客観的(自動的)品質管理の適用はできておらず、品質管理手法の確立が、データをより有効活用する上で、今後の課題として残る。また、本研究で得られた成果を現業で具体的に活かす方法については、必ずしも十分ではなく今後

の課題である。

成果の活用に対する意見

本研究計画での調査研究の成果は、東京管区気象台が行っている現地災害調査とそれに基づく気象速報の作成・発表にも活用されている。気象状況、現地調査結果などから成る気象速報は、東京管区気象台ホームページに、翌日までに公開される。本研究期間中に発表した突風に関する気象速報は 13 例あり、気象台職員による現地調査、その結果の部外への速報、有機的な事例解析の実施を定常的に行う体制ができたことは、大きな成果であった。本研究終了後もこの体制を継続していくことを期待する。

成果発表状況

- · 印刷発表件数 4件
- ・口頭発表件数 31件

成果発表一覧

(論文)

- 1. 大久保篤・柴田のり子・川上正志・小泉友延・本田耕平,2003: ドップラーレーダーがとらえたメソ低 気圧の盛衰と竜巻発生の関係. *気象庁研究時報*, **55**, 153-160.
- 2. 大久保篤・柴田のり子・他, 2004: 2003 年 10 月 13 日に千葉県, 茨城県で発生したダウンバーストについて, 天気, **51**, 5-11.
- 3. 柴田のり子, 2005: 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」 投稿中)

(論文以外の著作物)

1. 東京管区気象台, 2004: 「現地災害調査速報」および「台風等に関する気象速報」について.

- 1. 柴田のり子, 大久保篤, 2003: 2003 年 10 月 13 日茨城県・千葉県でダウンバーストによる被害をもたらした低気圧の解析. 平成 15 年度東京管区調査研究会誌
- 2. 水科進, 斎藤寿秋, 須藤正成, 足達晋平, 土田覚, 2003: 強風被害調査. 平成 15 年度東京管区調査研究会誌
- 3. 水科進, 斎藤寿秋, 須藤正成, 足達晋平, 2003: ミニスーパー版 NHM による, だし風のシミュレーション. 平成 15 年度東京管区調査研究会誌, 平成 15 年 12 月
- 4. 工藤玲, 2003: ミニスーパー版 NHM による T0310 の進路を変えた感度実験. 平成 15 年度東京管区 調査研究会誌
- 5. 大久保篤, 2004: 平成 15 年 10 月 13 日に千葉県成田市、茨城県神栖町で発生した突風について,日本気象学会
- 6. 松田亜希子, 2004: 東京管区気象台管内で発生した竜巻の統計的な特徴. 平成 16 年度東京管区調査 研究会誌
- 7. 柴田のり子, 2004: 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 一竜巻の発生の予測に向けて一. 平成 16 年度東京管区調査研究会誌
- 8. 落合毅博, 2004: 2002 年 10 月 7 日神奈川県横須賀市に被害をもたらした竜巻の環境場の解析. 平成16 年度東京管区調査研究会誌
- 9. 近慎一, 田中敏郎, 2004: 東京都に強風をもたらす気象条件 〜総観場の特徴〜. 平成 16 年度東京管区調査研究会誌
- 10. 田中敏郎, 大橋ゆう子, 2004: 東京都における風の観測地点の代表性について. 平成 16 年度東京管 区調査研究会誌
- 11. 田中敏郎, 2004: 東京都における強風の地域分布について(概要) 風速 10m/s 以上の強風の出現率. 平成 16 年度東京管区調査研究会誌
- 12. 稲垣秀司 他, 2004: 伊豆諸島北部における風の特性について. 平成 16 年度東京管区調査研究会誌

13. 稲垣秀司 他, 2004: 伊豆諸島とその周辺における台風経路別の強風の分布. 平成 16 年度東京管区調査研究会誌

- 14. 稲垣秀司 他, 2004: 伊豆諸島北部に発生する地形性収束線に伴う強風の分布. 平成 16 年度東京管 区調査研究会誌
- 15. 斉藤充, 須藤正成, 2004: 水科進, 村規子, 工藤玲, 2004: 強風被害調査(第2報). 平成16年度東京管区調査研究会誌
- 16. 村規子, 2004: ミニスーパー版 NHM による, 冬型時の風分布再現実験. 平成 16 年度東京管区調査研究会誌
- 17. 菅谷晴臣, 江上浩樹, 萩原裕子, 武井康郎, 2004:強風の地域分布. 平成 16 年度東京管区調査研究会 誌
- 18. 田中明夫, 原与志治, 竹内将之, 町頭大輔, 2004: 南系強風の特徴と 2004 年の台風事例. 平成 16 年 度東京管区調査研究会誌
- 19. 名取洋晃, 2004: 2001 年 2 月 16 日の低気圧による強風の事例解析. 平成 16 年度東京管区調査研究会誌
- 20. 大溝英哉、伊藤智志、2004: 福井県の強風地域分布調査. 平成 16 年度東京管区調査研究会誌
- 21. 村田俊長, 大井昌茂, 伊藤昇, 太田卓也, 春日貴志, 2004: 静岡県の強風分布調査, 静岡地方気象台, 平成 16 年度東京管区調査研究会誌
- 22. 落合毅博, 竜巻発生時における SReH 竜巻発生予測に向けて-. 平成 17 年度東京管区調査研究会誌
- 23. 滿田沙恵子, 落合毅博, 中村直治, 2005: 2001 年 9 月 10 日に多摩南部で発生したスーパーセル竜巻の解析. 平成 17 年度東京管区調査研究会誌
- 24. 中村直治, 2005: たつ巻発生時における降水エコー及び地上風の特徴. 平成 17 年度東京管区調査研究会誌
- 25. 立石貴広, 村方栄真, 山本暁子, 2005: 2005 年 5 月 15 日東京都八王子市と町田市に突風災害をもたらした雷雲の特徴について. 平成 17 年度東京管区調査研究会誌
- 26. 山本暁子, 落合毅博, 市川寿, 2005: 2005 年 5 月 15 日東京都八王子市と町田市に突風災害をもたらした雷雲とその環境場について. 平成 17 年度東京管区調査研究会誌
- 27. 石川治美, 2005: 強風と被害の関係の調査 日本海低気圧(台風)に伴う強風. 平成 17 年度東京管 区調査研究会誌
- 28. 斉藤充, 西島幸紀, 桑田路子, 石川治美, 須藤正成, 村紀子, 2005: 日本海低気圧に伴う新潟県の風 分布. 平成 17 年度東京管区調査研究会誌
- 29. 須藤正成, 2005: 突風発生の地形調査. 平成 17 年度東京管区調査研究会誌
- 30. 村紀子, 2005: 気象庁非静力学モデルによる, 冬型時の風分布再現実験その2一地表面粗度が地上 風速に与える影響について一. 平成17年度東京管区調査研究会誌
- 31. 桑田路子, 2005: 気象庁非静力学モデルによる, 日本海低気圧時の風分布再現実験. 平成 17 年度東京管区調査研究会誌

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

研究の目的

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。

研究の方法

過去の衛星資料およびレーダー資料やアメダス資料から数十キロスケールの降水系を抽出し、その解析をおこなう。これと並行してミニスーパー非静力学モデルにより対流系発生の環境を調査し、現象の再現を試みる。これらにより大雨の発生発達衰弱の各フェーズに対応する主要な気流の流れや成層状態のモデル図を作成し、大雨予測のワークシートの作成・地方ガイダンスの作成を目指す。

- ・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

研究の結果

過去の大雨事例を抽出、発生要因別に分類し、対馬海峡を前線が南下するパターン、諫早ラインや前線南下時の線状強雨域、甑島ライン、弁財天ラインについて構造解析を行い、予測用ワークシートを作成した。また、構造解析した線状降水域についての再現実験と、降水系の形成・維持に必要な地形等の条件を調査するためのインパクト実験をNHMを用いておこない、概念モデルを作成した。

これにより、主に以下のことについて確認した。

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

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

2003 年 7 月 20 日の甑島ラインによる大雨、2005 年 6 月 23 日の鹿児島県川辺町の大雨は、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、V: 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。

甑島ラインの発生時は、下層風向が西よりから南よりに変わり、風速が強まっていることから、甑島ラインによる集中豪雨の予測にウィンドプロファイラ (WPR) が有用であることが分かった。

2004 年 11 月 11 日、鹿児島県種子島南部で発生した集中豪雨は屋久島の南側を迂回した風(高相当温位域の気流)と、種子島の南東海上の風(低相当温位域の気流)により収束が形成され、発生した可能性がある。

新しい知見による複数のパターンのワークシートを作成して、地方ガイダンス化の作業を行った。

研究成果の要約

NHM を活用した再現実験によって、ライン状降水系の構造や発生・維持機構について多くの知見を得ることができた。また、WPR や SATAID(衛星画像と数値予報資料の合成)による、新たな視点からの構造解析や実況監視の手法が見いだせた。これらの成果から、一部の大雨現象について、より精密

で迅速な防災気象情報の提供が可能になった。また、同様の目標・手法による研究が九州の各官署でも 実施されるようになり、甑島ラインなど NHM での再現実験が困難な現象でも、WPR の資料を活用す ることによる予測可能性が確認できたことなど、各種の観測資料や技術を複合させることにより、多様 な予測手法の可能性が見いだせた。

今後に残された問題点

多くの成果が得られているが、研究の中で、類似と思われた降水系が異なる要因によって発生していることなどが判明し、現業作業で予測資料として使用するためには、まだ多くの調査・研究が必要である。

成果の活用に対する意見

本研究は、気象庁非静力学モデル(NHM)やウィンドプロファイラ(WPR)などの各種の観測資料を用いて、降水系の構造及び発生・発達・衰弱のメカニズムを調査し、予報作業に反映させるという視点から実施しており、同様の目標・手法による研究が九州の各官署でも実施されるようになった。九州における「メソ降水系の実態解明と予測技術の開発」という研究の方向性が示せたのでこれを更に発展させることを期待する。

成果発表状況

・口頭発表件数 26件

成果発表一覧

(論文以外の著作物)

- 1. 松本積, 2004: 2003 年 7 月 19 日九州北部豪雨の降水システムについての考察, 天気 2005 年 3 月 第 24 回「メソ気象研究会」の報告, 54-55
- 2. 藤貴志, 2004: 平成15年7月20日の伊佐郡菱刈町付近を中心とした大雨の数値実験, 2003年度日本 気象学会九州支部発表会 講演要旨集, 第25号, 41-42
- 3. 用貝敏郎, 2004: 2003 年 7 月 20 日、鹿児島県伊佐郡菱刈町で発生した豪雨の特徴, 2004 年度秋季大会講演予稿集, 86, A110
- 4. 用貝敏郎, 2005: 2004 年 11 月 11 日、鹿児島県種子島南部で発生した集中豪雨の事例解析 ーミニ・スーパー版 NHM (気象庁非静力学モデル) を用いてー, 2004 年度日本気象学会九州支部発表会
- 5. 馬場添諭, 2004: 2003 年 7 月 20 日の薩摩地方北部の豪雨 (PC 版 NHM による数値実験)」. 平成 15 年度福岡管区気象研究会誌、第 64 号, 284-285
- 6. 藤貴志, 2004: 平成 15 年 7 月 20 日の伊佐郡菱刈町付近を中心とした大雨の数値実験. 平成 15 年度 福岡管区気象研究会誌, 第 64 号, 286-287
- 7. 藤貴志, 2004: 平成 15 年 7 月 29 日の鹿児島市を中心とした雷を伴った大雨の数値実験. 平成 15 年 度福岡管区気象研究会誌, 第 64 号, 288-289
- 8. 松本積, 2004: 梅雨期における福岡県の大雨の特徴. 平成 15 年度福岡管区気象研究会誌, 第 64 号, 50-51
- 9. 松浦健次, 2004: 梅雨前線南下時の大雨の発生要因と予測法. 平成 15 年度福岡管区気象研究会誌, 第 64 号, 52-53
- 10. 用貝敏郎, 2005: 2004 年 11 月 11 日、鹿児島県種子島南部で発生した集中豪雨の事例解析, 2005 年度春季大会講演予稿集, 87, C308
- 11. 用貝敏郎, 2005: 甑島ライン (2003 年 7 月 18 日から 21 日) の発生と維持のメカニズム ーウィンドプロファイラ (WPR) によるアプローチー, 2005 年度秋季大会講演予稿集, 88, A101
- 12. 馬場添論, 2005: 甑島と弁財天山をトリガーとする大雨のワークシートについて」. 平成 16 年度福岡管区気象研究会誌, 第 65 号, 264-265

13. 用貝敏郎, 2005: 2003 年 7 月 20 日、鹿児島県伊佐郡菱刈町で発生した豪雨ー各種資料による事例解析 - . 平成 16 年度福岡管区気象研究会誌, 第 65 号, 268-269

- 14. 用貝敏郎・折口征二, 2005: 2003 年 7 月 20 日、鹿児島県伊佐郡菱刈町で発生した豪雨 ーミニスーパー版と P C版 NHM を用いた数値シミュレーションー. 平成 16 年度福岡管区 気象研究会誌, 第 65 号, 270-271
- 15. 折口征二, 2005: 2003 年 7 月 20 日鹿児島県伊佐郡菱刈町で発生した豪雨の様々な条件下での数値 実験. 平成 16 年度福岡管区気象研究会誌, 第 65 号, 272-273
- 16.溝本崇・金子法史, 2005: PC 版 NHM による梅雨期の地形性線状降水域再現実験. 平成 16 年度福岡 管区気象研究会誌. 第 65 号, 38·39
- 17. 金子法史・松本積, 2005: 2003 年 7 月 19 日の九州北部での大雨に関する考察. 平成 16 年度福岡管 区気象研究会誌、第 65 号, 40-41
- 18. 谷川孝一、永田和也, 2005: 2004 年 6 月 26 日の大雨事例解析. 平成 16 年度福岡管区気象研究会誌, 第 65 号, 44-45
- 19. 松浦健治, 2005: 予警報に関わる適切な防災時系列の検討(平成 16 年 6 月 26 日の前線南下による 大雨事例). 平成 16 年度福岡管区気象研究会誌, 第 65 号, 46-47
- 20. 用貝敏郎, 2006: 2005 年 06 月 23 日、鹿児島県川辺町で発生した猛烈な雨の事例解析 その 1 NHM (気象庁非静力学モデル) の精度検証-. 平成 17 年度福岡管区気象研究会誌, 第 66 号
- 21. 用貝敏郎, 2006: 2005 年 06 月 23 日、鹿児島県川辺町で発生した猛烈な雨の事例解析 その 2 ー 再現がうまくいった場合に NHM (気象庁非静力学モデル) から分かることー. 平成 17 年度福 岡管区気象研究会誌, 第 66 号
- 22. 用貝敏郎, 2006: 2004 年 11 月 11 日、鹿児島県種子島南部で発生した集中豪雨の事例解析 -NHM (気象庁非静力学モデル)を用いた数値シミュレーション-. 平成 17 年度福岡管区気象研究会 誌、第 66 号
- 23. 用貝敏郎, 2006: 甑島ライン (2003 年 7 月 18 日から 21 日) の発生と維持のメカニズム ーウィンドプロファイラ (WPR) によるアプローチー. 平成 17 年度福岡管区気象研究会誌. 第 66 号
- 24. 後藤貴士, 2006: スプリットフロントによる過去の大雨事例のSATAIDによる解析. 平成17年度福岡管区気象研究会誌, 第 66 号
- 25. 後藤貴士, 2006: 渦位を利用した中層乾燥空気流入の実況監視. 平成17年度福岡管区気象研究会誌, 第66号
- 26. 村田和人, 2006: 2005 年 8 月 6 日の顕著気象現象解析. 平成 17 年度福岡管区気象研究会誌, 第 66 号

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(福岡管区気象技術部観測課) 研究担当者等: 釜堀弘隆(気候研究部)、福岡管区気象台

研究の目的

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。

研究の方法

管内地上気象観測官署のデータ(気温、相対湿度、降水量、蒸気圧等)の再整理を行い、蒸気圧の観測値のない期間については気温、相対湿度から求め、データセットを整える。

観測点ごとに長期的な変動(トレンド、周期、ジャンプ)を調査し、長期傾向や変動周期等を解析する。

さらに、地点間の変動の差異を調べ、風や土地利用・人口密度の変化等のデータと比較することにより、地域的な変動要因の解明を行う。

解析には年平均値、季節平均値、月平均値を用いるが、必要に応じて海洋に関するデータや、時別値などを用いた解析を行う。

研究の結果

- ・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に、数十年スケールの変動も卓越しており、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。
- ・月降水量は各年の変動が大きく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。

研究成果の要約

管内各官署の観測データの整理・品質チェックを行い、気温・相対湿度・降水量・蒸気圧のトレンドの有無をほぼ検出することができた。その結果、九州・山口県地方の全域で気温の上昇トレンドが見られることがわかったほか、上空の気温も含めた上昇トレンドであるという特徴や都市化による気温上昇が加わっている可能性についても確認できた。他に、蒸気圧には数十年スケールの変動が明瞭であることなど気温以外の要素の長期変動の特徴が明らかにされた。

今後に残された問題点

本研究では、九州・山口県地方全域における気温・相対湿度・降水量・蒸気圧の長期変動と、その地域

ごとの特徴を明らかにしたが、その要因を解明するまでには至らなかった。都市化の影響等については ある程度考察できたが、その他の要因についてはさらに調査する必要がある。

成果の活用に対する意見

これまで地域平均や年別値に限られていた気候変動資料について、地点別・月別累年値を対象として 九州・山口県地方における長期変化傾向の実態を調査した知見や資料は、関係する地方ブロック機関や 地方自治体等における地球温暖化に係る施策策定の基礎資料となるとともに、地域住民に対する地球環 境関連の啓発普及活動に利用されることが見込まれる。そのためには、本研究によって得られた成果を 早急にまとめ上げ、技術時報や測候時報等による公表を期待する。

成果発表状況

· 口頭発表件数 1件

成果発表一覧

(口頭発表)

1. 別府秀樹,青木玲子,2005: 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,平成17年度福岡県気象研究会

2004年の台風 16号による瀬戸内海の高潮に関する数値解析的研究

研究期間: 平成17年度

研究代表者: 高野洋雄(台風研究部)

研究担当者等: 大阪管区気象台、高松地方気象台

研究の目的

瀬戸内海(高松付近)における海岸形状と高潮とのかかわり、高潮の局地的特性について把握するため、2004年の台風第16号によって発生した高松市付近における高潮について数値計算を行い、瀬戸内海(高松付近)の海岸形状が高潮に果たした役割と高潮発生の機構について調べる。

研究の方法

2004年の台風16号による瀬戸内海における高潮の事例について、作成した詳細な海底地形データと台風の解析値に基づいた気象条件を与えて、数値計算をおこなう。結果を実況値と比較しながら、海岸形状や台風位置などと高潮の関係について検討を行い、高潮の発生機構と地域特性について調査する。

- 瀬戸内海の細密海底地形作成
- ・台風 16 号による瀬戸内海の高潮状況の把握
- ・高潮予測で高度化すべき点の把握
- ・高潮の数値解析による再現実験
- ・台風の強度・位置、海岸形状と高潮のかかわりの調査
- ・実験結果の解析と、高潮発生メカニズムの調査

研究の結果

- ・気象庁の所有する7箇所(下関、松山、宇野、高松、姫路、神戸、大阪)の検潮所に加え、海上保安 庁の所有する4箇所(門司、徳山、広島、呉)、自治体の所有する9箇所(今治、観音寺、丸亀、坂 出、三本松、土庄、笠岡、水島、牛窓)の潮位データを収集した。このデータから、台風の北東進に 伴い、潮位の高偏差が西から東へ移ったことが確認された。また、海域の幅が狭い今治・尾道間より 東側では、台風の最接近時より最大潮位偏差の出現が遅れることが確認された。(気象研・高松)
- ・高潮モデルによる再現実験を行うために、海底地形データと台風の解析値より気象データの作成を行った
- ・高潮モデルによる再現実験・仮想実験により、高潮の発生には台風最接近時より時間差がある場合があることが明らかになった。
- ・瀬戸内海での高潮は吹き寄せ効果が主要因であるが、その寄与率は海域によって異なり約 60~85% であることが分かった。その特性や海岸形状等を考慮して瀬戸内海を6つの海域に分類することができ、これらの海域それぞれの、風の状態と吹き寄せ効果との対応を把握し、高潮の発生経過を確認できた。
- ・吸い上げ効果については、動的に計算した高潮モデルの結果から、地形の影響を受けて海水の流れが妨げられ、瀬戸内海東部では静水圧平衡の見積もりより現象が遅れることがわかった。
- ・また、仮想的に豊後水道、紀伊水道を塞いだ数値実験を行った結果、太平洋側からの海水の流入が高 潮偏差に影響することが確認できた。
- ・紀伊水道における海水の流入には、この付近の風向が大きく影響しているが、この風向は四国と中国 山地の地形などの影響を受けていると考えられ、海上風の推算精度の向上を今後検討する必要性が示 唆された。

研究成果の要約

気象庁や海上保安庁のほか自治体の観測した潮位データを収集し、台風 16 号による瀬戸内海の高潮の特性を把握した。高潮モデルを用いた数値計算により、瀬戸内海の潮位偏差の時空間分布の特性と主要メカニズムについて把握できた。また、高潮の主要要因である吹き寄せ効果の働き方と瀬戸内海の地形との関係を調べ、その特性を明らかにした。

今後に残された問題点

計算結果と実況との比較により、台風16号による瀬戸内海の高潮の発生メカニズムの解明をしたが、 今後の高潮予測精度向上のためには、海上風(特に風向)の精度や紀伊水道における海水の流入の問題 などの検討を進める必要がある。

成果の活用に対する意見

地方気象台と気象研究所がうまく連携して1年の短期間に十分な成果を挙げ、さらに、学会等において研究成果を発表しており、本研究をとおして高松地方気象台が、高潮の数値解析についての基礎知識を得ることが出来たのは大きな成果である。今後、この成果を地方気象台において継承し、さらに発展させることに期待する。また、数値計算結果と実況との比較により、海上風の精度や紀伊水道における海水の流入の問題など、今後の高潮予測精度向上のための課題を明らかにしたが、このことに対しての解決方策についても今後の検討に期待する。

成果発表状況

· 口頭発表件数 3件

成果発表一覧

- 1. 鎌倉和夫, 久重和久, 佐藤祐一, 福永昭史, 依岡幸広, 谷脇由彦, 谷條薫一, 峯松宏明, 高野洋雄, 2005: 数値モデルを用いての高潮の再現について (2004 年台風第 16 号での瀬戸内海の地形特性による影響). 日本気象学会 2005 年度秋季大会講演予稿集. P193.
- 2. 鎌倉和夫, 久重和久, 佐藤祐一, 福永昭史, 依岡幸広, 谷脇由彦, 谷條薫一, 峯松宏明, 高野洋雄, 2005: 2004 年台風 16 号による瀬戸内海の高潮についての実況解析.日本気象学会 2005 年度四国地区例会講演要旨集第、P47.
- 3. 鎌倉和夫, 久重和久, 清水栄一, 佐藤祐一, 福永昭史, 依岡幸広, 谷脇由彦, 谷條薫一, 峯松宏明, 2005: 高潮モデルによる瀬戸内海の高潮発生メカニズムの解明. 香川県気象研究会会誌, P39.

火山性地震の震源決定精度向上に関する研究

研究期間: 平成17年度

研究代表者: 山本哲也(地震火山研究部)

研究担当者等: 札幌管区気象台

研究の目的

火山性地震の震源決定精度向上の方法を評価し、今後の火山研究に資するとともに、より高度な火山 監視に貢献することを最終的な目的とする。

火山によって、地震観測点の数・密度や配置の適正さ、地震の発生頻度、速度構造が既知であるか否か、速度構造自体の違い、及び観測される波形データの質等が異なり、全ての火山で同様の手法でアプローチをすることは難しい。そのため、研究対象とする火山を選び、観測点補正の評価・導入や既存の震源決定手法の改良などをとおして、それぞれの方法の有効性を比較評価する。

研究の方法

・験測値データセットの構築及び観測点補正データベースの作成

これまでに火山体で決定された地震の験測値データセットを整理し、また研究期間中に得られたデータをこれに追加し、解析に使用しやすいデータセットを完成させる。

火山体における震源決定の際、観測点近傍の速度異常が大きな問題になる場合が少なくない。これを回避する方法として、その異常(走時残差)を観測点固有のずれとする手法(観測点補正)がある。観測点補正は、個々の火山の観測点全てにおいて、統計的に算出するものである。一次的調査として、現状の観測網及び震源決定手法で得られた、走時及び震源要素から各観測点補正値を算出し、データベース化する。

また、改良震源決定手法を用いた震源再計算結果からの観測点補正を算出し、これまでの結果との比較検討を行う。

・ 震源決定手法の改良と 震源計算

既存の震源決定手法は、観測点高度の問題等、改良する余地がある。観測点毎に走時表を計算すること等で、既存の震源決定手法の改良が測られる可能性がある。

アルゴリズムの構築、及びプログラミングを行い。改良震源決定手法による震源再計算を行う。また、既存の計算手法との比較、検討を行う。

・震源決定精度の比較、評価

火山によって、地震観測点の数・密度や配置の適正さ、地震の発生頻度、波形データの質等には、様々な違いがある。それぞれ火山で、観測点補正を行った場合、あるいは改良震源決定手法を用いた場合の結果と、従来の結果の比較を行い、どの手法が震源決定精度の向上に効果を及ぼすかを評価する。

研究の結果

今回の研究では、各観測点直下の地下構造を仮定し、それぞれの地層に対して地震波速度(Vp および Vp/Vs)を設定するという、いわば観測点毎に一次元的に地下構造を考慮した速度構造を設定することで、各観測点毎に異なる補正を施し、震源精度の比較を試みた。三次元の速度構造を設定しているわけではないので、観測点直下ではない場所で発生した地震の実際の伝播状況を反映してはないが、この一次元的な補正でどこまで精度の向上を目指せるかを模索することが今回の目的の一つである。また、震源計算プログラムを改良することで、各観測点の高度を加味した計算を可能とした。よって、実際の高度と今まで仮定されていた海面高度との差に相当する伝播状況も反映されるため、浅い震源に対して精度の向上が見込まれる。

・ 速度構造の設定

観測点毎の走時表作成のため、有珠A点、虻田泉北、源太川、壮瞥公園、北屏風の5ヶ所の震動観測点直下の地下速度構造を推定し、それぞれの地層構造におけるVp およびVs を仮定した。

・各震動観測点下層の地下構造の推定

有珠山の地下構造について、八幡(2002)をもとに、観測点付近直下の構成地層の仮定を行った。 八幡(2002)では、ボーリングデータなどを参考に、地表地質データを推定している。この地質データをもとに、震動観測点と基線上の地質データを結びつけ、大まかな地質構造を仮定した。

仮定した地質構造(地層)の大部分を構成している 6 種の地層に対して、Vp および Vp/Vs の推定を行った。Vp/Vs については、鬼澤(2003)を参考に、「深さ 4km において Vp/Vs=1.5(固定)、表層部分では $Vp/Vs=2.0\sim3.5$ 程度、その間は線形補間」とした。

観測点毎の走時表作成

現用は水平、垂直ともに 2km 間隔のメッシュの走時表を 500mメッシュに変更し、5 観測点についてそれぞれの走時表を作成し任意の深さに対して、任意の速度を与えることを可能とした。得られた走時表の違いの確認のため、北屏風観測点を対象に、A: 2km 間隔メッシュ+現用走時表、B: 0.5km 間隔メッシュ+作成した走時、の 2 つを比較のしたところ、メッシュと走時の変更で、以下の特徴が見られた。

- ・全体的に到達時間が遅くなった。
- ・深さが 1.0km 以浅の走時曲線は、A:の場合はほぼ直線であるが、B:の場合は直線的ではなく、 浅くなるにつれて緩やかになっている。

・震源計算プログラムの改良

現在 VOIS で使用している有珠山を対象とした震源計算プログラムをと下記のとおり改良した。

- ・これまでの2km メッシュ固定から、500m メッシュまで細かくした走時表に対応
- ・観測点毎に作られた走時表を読み込めるように修正
- ・観測点の標高を加味した震源計算が可能。

・ 震源再計算・ 比較

過去に求めた震源データと、改良した震源計算プログラムを用い、震源の再計算と比較を行った。

・走時データメッシュ変更に伴う震源精度の比較

VOIS によるルーチン処理で求めた震源データとメッシュを 500m に変えて計算した結果との比較 を行った結果、震央分布については、500m メッシュは 2km メッシュの条件よりやや集中して分布す る傾向が見られた。2km メッシュで計算された震源の深さ分布は、概ね-0.5~-1.2km 程度に集中し ていたが、500m メッシュで再計算した震源の深さは概ね 0~-2.0km 前後と、深さ方向に広がりを持 って分布するようになった。2km メッシュで計算した震源は全て解が収束していたが (解が収束して いるものをフリーと呼んでいる)、500m メッシュでの計算結果には、深さを未知数として計算した場 合に解が収束せずに 50m 間隔で震源が求まる(スライスと呼んでいる)ものが約1割程度認められ た。これらの震源の深さは、いずれも海抜より浅く求まっている。震源の位置が変化するのは、メッ シュを細かくすることによって、特に浅い部分について走時の深さ微分の改善効果が顕著に現れた結 果だと推測される。この走時の距離微分量については、地震が起こっていると考えられる深さ 1km 前 後では、500m と 2km で倍くらい違うケースもみられた。 スライスで求まるのもこのことが影響して いる可能性が考えられる。相の走時残差(以下 O-C と記す)については、多くの観測点の相で良くな っている。これは上述したように、走時の深さ微分量の改善によるものであると考えられるが、深さ がスライスで求まっている震源も約1割あることから、有珠山に展開する気象庁観測点直下の全てに 同一の鬼澤モデルを仮定した速度構造を適用するということは、500m 刻みでの走時を与え精度を上 げようとした場合に、上手く合わないと考えられる。

・最適な速度構造における震源計算

次に、仮定した各地層の速度設定範囲の中で、どの程度の速度設定値が最も妥当であるかを大まかに把握するため、Vp および Vp/Vs それぞれに対して 3 つのパターンを設定し、それぞれのパターンを組み合わせることで、合計 9 つの Vp-Vp/Vs のパターンを作った。Vp が大きくなると、震源がスライスで求まるケースが増えてくることから、最適な速度設定値は、VP および VP/VS の値を、それぞれ「小」に設定した場合よりもさらに小さい側にある可能性も考えられる。そこで、表層の Vp を 1.6 から 2.5 (km/s) まで 0.1 刻みに 10 段階、Vp/Vs を 1.6 から 2.5 まで 0.1 刻みに 10 段階変化させ

た計 100 通りの震源計算を実施して最適な速度構造をグリッドサーチ的に求める手法をとった。速度構造としては、表層の Vp および Vp/Vs のパラメータの値に合わせ、全地層の速度構造を変化させるように改めた。このパラメータの条件において観測点補正値を算出・適用し、震源計算を実施したところ、ほぼ全ての震源が深さ 1km 付近の浅いところに発生していることが分かった。また、鬼澤モデル 2km メッシュの現行 VOIS 震源と比べると、水平方向・深さ方向とも震源が集中している様子がわかった。また、深さがスライスで求まる地震は3個求まっているだけに留まっている。これらのことから、実際に検測された相をほぼ満足する構造が仮定できていると考えられる。

•標高補正

改良したプログラムでは観測点毎に速度構造を読み込む方法を導入したため、観測点に対する震源の見かけの深さを計算することで標高を加味することが可能となった。観測点毎に表層から一定の深さまで速度構造を仮定した後、震源計算のルーチンの中で、震源の深さに観測点の標高を足し、見かけの震源の深さを変えて走時を計算するというものである。この補正により、観測点の標高の最も低い点の標高分だけ全体に震源が浅く求まる効果が期待でき、さらに標高の高い観測点の効果で、地震の発生場所によっては震源がさらに浅く求まるようになる場合も予想される。計算結果は、期待された通り、震源の位置が全体的に数百 m 程度浅く求まるようになった。また、観測点 KBBY の東側や、USUA の北西側にあったやや深めの震源は、山頂火口原に分布している浅いグループの地震よりも浅いほうへの移動量が大きいことがわかった。さらに、震央分布図に着目してみると、山頂火口原浅部の地震の震央がわずかながら(100m 程度)北西方向に移動していた。これは標高を加味しない震源計算に比べ、観測点 KBBY の走時が周辺の観測点に比べ相対的に大きく計算されるように改善され、震源を北西方向に移動させる結果となったと考えることができる。

残差については、標高補正を行うことで良くなる相と悪くなる相が混在しており、一様な精度の良し悪しを判断することはできないが、2km メッシュの鬼沢モデルと比較すると、残差の大きさが大きく改善されていることが分かった。

研究成果の要約

- ・有珠山を対象として、基礎データとなる火山性地震の験測値データセット、及びこれまでに調査された観測点補正データベースを作成した。これは本研究だけではなく今後の調査研究でも活用が期待できる。
- ・従来の火山性地震の震源計算には全観測点で同一の走時表が用いられていたが、観測点毎に個別の走時表を読み込んで震源計算をするプログラムを開発した。その結果、観測点毎の局所的な地下構造を 反映させた震源計算が可能となった。
- ・これまでに行われた地下構造の調査結果、研究成果等を収集し、また各地質に対応する適切な地震波 速度を求めることで、観測点毎に局所的な地震波速度構造をえた。これによって各観測点に固有の走 時表の作成が可能になった。
- ・現在火山業務の震源計算で用いられる走時表は 2km メッシュで与えられており、火山性地震が発生している火山体浅部の地下構造を反映させるには間隔が粗い。そのため、500m メッシュで走時計算ができるように走時計算プログラムを改良した。あわせて、500m メッシュに対応できるように震源計算プログラムも改良した。これらにより、震源決定の空間分解能が向上した。
- ・現在監視業務で有珠山の震源計算に使用しているプログラムは、各震動観測点の標高を考慮していない。本研究では、より正確な震源を求めるために、走時計算および震源計算の改良を行い、各震動観測点の標高を反映した震源計算ができるプログラムを開発した。
- ・以上の改良を重ね、有珠山の震源計算を実施した結果、走時残差の大きさが従来の半分以下となり、 震源決定精度が大幅に向上した。
- ・新たに得られた有珠山の震源分布によれば、従来求められていた震源分布よりも浅いところ(深さ数百m付近)で火山性地震が発生している可能性がある。

今後に残された問題点

有珠山以外にも地下構造が調査されている火山が幾つかあるが、本研究ではそれらの火山を対象とした検証は、有珠山の解析に多大な時間を要したため実施できなかった。それらの火山についても本研究の手法を適用することで、震源分布について新たな見解を見出せる可能性がある。

各火山に対する地下構造の調査・類推の精度の差により、本研究の手法を用いた震源計算の改善効果

に違いが出てくると考えられる。

成果の活用に対する意見

火山性地震の震源決定というテーマに取り組み、精度の大幅な改善を実現した。これまでは地下の構造として均質半無限あるいは層状の構造を仮定していた。この研究では火山近傍の局所的な構造の影響を地震波到達時刻の系統的ずれを補正する手法で取り扱っている。手法自体はオーソドックスなものであるが、丹念に行うことにより所期の目標を達成した。ここでの手法は有珠山を対象に開発したものであるが、汎用性もあり、全国的な導入に向けた検討もはじめてもらいたい。

成果発表状況