



㊦ 特集 ㊦ 東北地方で行われている研究プロジェクト(V)

東北6県における雪水量分布の長期再現と応用

秋田大学教育文化学部 本谷 研

1. はじめに

積雪現象は時間的・空間的な変動が大きいため、その時空間分布を推定することは難しい。これまで、気象官署やアメダス観測点などから離散的に得られる積雪深分布から内外挿して等値線を引く方法があるほか、最大積雪深分布のメッシュ気候値なども作られている。しかし、雪水量分布について高い時空間解像度かつ長期間の再現を行った例は少ない。今回、1980年から2011年までの30冬季+ α について、ルーチン気象データと簡素な融雪モデルから東北6県における雪水量分布を日単位、1kmグリッド平均で再現したほか、長期における平均値や年々変動における標準偏差などを求めたので紹介する。

2. 方法・データ

診断型積雪モデル (Motoya et al., 2001) による計算では、日平均および最高・最低気温 ($^{\circ}\text{C}$)、日降水量 (mm)、日平均風速 (ms^{-1})、水蒸気圧 (hPa)、日照時間 (hr)、日平均気圧 (hPa) などの気象要素分布をアメダス (図1の太枠の解析領域内に200から270地点) と気象官署 (同約20地点) のルーチン気象データから推定した。これらの空間的に離散したデータから距離重み付き内挿と高度分布 (10年程度の高層気象データによるプロファイル等から推定) の仮定によって1km四方メッシュの面的な気象要素の分布を推定する。ま

た、標高・土地利用などは国土地理院のデジタル数値地図 (50m ないし 100m格子) から平均または割合が高いものから代表を決めることで得る。なお計算は日単位で行うことができる。

3. 計算結果

【領域全体の総雪水量季節変化】

まず領域全体の総雪水量 (領域で合計した雪水量) の季節変化を調べた。図3は1980-81年冬季から2011-12年冬季までの32シーズンについて、それぞれ11月から翌5月末までの変化を表している。総雪水量の各冬季にお

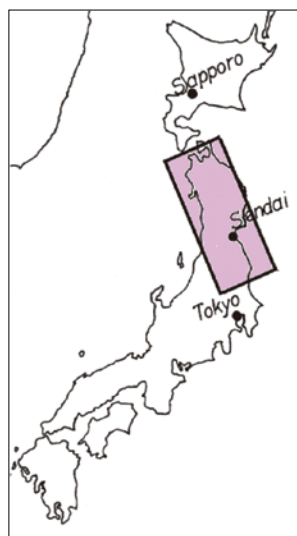


図1 解析領域 (太枠内)

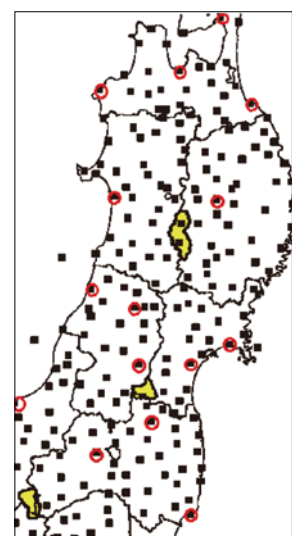


図2 データを使用した観測点の分布 (○: 気象官署、■: アメダス地点)

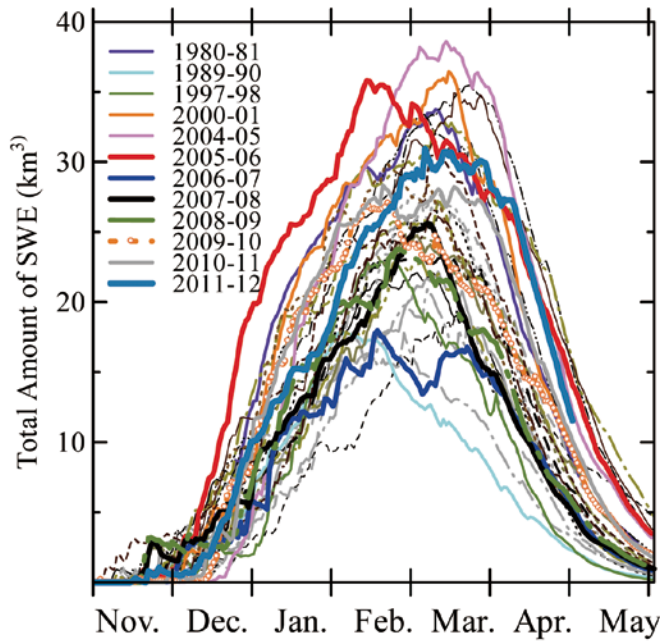


図3 領域全体における総雪水量の季節変化

ける最大値は、1980-2010年の30冬季平均で27.04立方キロであり、黒部ダム湖の約105倍（総貯水量換算）に相当する。この期間における総雪水量の最大値（1シーズン中の最大値）は、2004-05年冬季の38.5km³、最小値は、1988-89年冬季の17.7km³で、最大を最小で割った比が2倍程度になっている。

また図から、いわゆる豪雪年（平成18年豪雪=2005-06年冬季、正確な名称ではないが俗に言う昭和56年豪雪=1980-81年冬季）では、シーズン早期（12月から1月）の総雪水量増加が顕著であり、早期の豪雪が災害をもたらしたという各種報告と符合する。最近の2011-12年冬季に注目すると、気象庁の報告にもあるように降水量は平年並みであったにもかかわらず、寒冷のため1月から3月中旬まで総雪水量の漸増が続いており、その後も減少に転じる時期が遅く、3月末以降でみると平成18年豪雪並の総雪水量となっている。

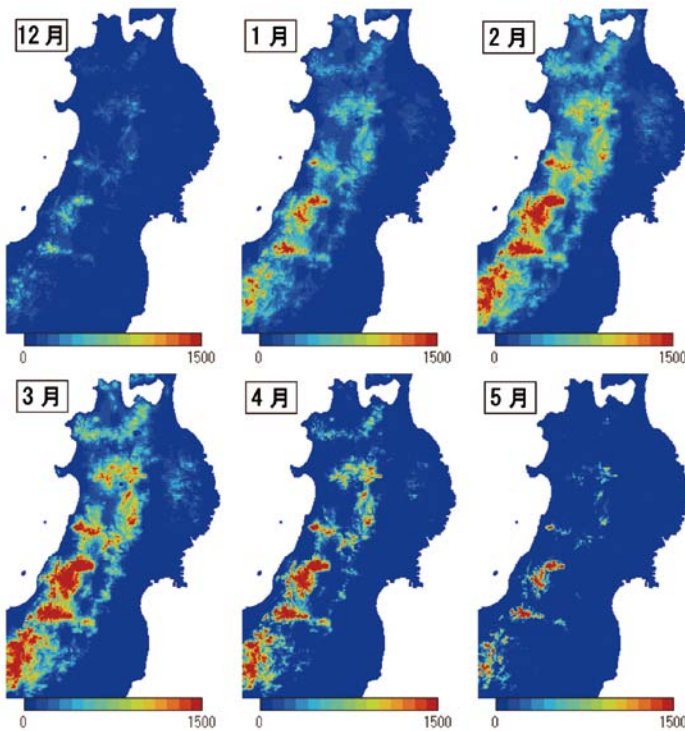


図4：12月（上段左）から翌5月（下段右）までの1980-2010年までにおける雪水量30年平均値（mm）。100mm毎に色を変えてある。1500mm以上（スケールアウト）は赤色で表す。

【月毎雪水量分布の30年平均値・標準偏差】

図4に各シーズンの12月から翌5月まで各月平均した雪水量分布を、さらに1980年から2010までの30冬季で平均したものを示す。同じく30冬季の年々変動における標準偏差（ σ ）を図5に示す。図4で領域の雪水量が最大となるのは2月から3月で、山岳における雪水量は1500mm以上に達している。日本海側の山間部で600-1500mm以上に達するほか、白神山地から八甲田山までの一帯でも500mm以上、北上山地でも200mm程度である。図4は気象要素空間分布や積雪・融雪過程のパラメタリゼーションを含んではいるが、気象観測点を診断型積雪モデルで空間内挿（または外挿）した長期平均値であり、その場所の平均的な雪水量の指標として利用できる。

図5の標準偏差は概ね雪水量が多いほど標準偏差が大きくなる傾向があるが、最大となる3月で、日本海沿岸の平野の大部分、山形盆地、会津盆地および太平洋側一帯で100mm以下、越後山脈から月山、鳥海山に至る一帯で日本海

側300mm以上（最大500mm程度）になる他は日本海側一帯で100-200mm程度が多い、などの個々の地形的特徴を含んでおり、年々変動幅の平均的な指標として応用できる。つまり、各年の雪水量の過多を、図4の長期平均値を基準とした偏差と図5の標準偏差（ σ ）から、より客観的に表すことができる。

4. 考 察

図4、図5の長期平均値および同期間標準偏差（ σ ）を応用して、2011-12年冬季を例に雪水量の寡多について見てみよう。図6は2011年12月から2012年4月までについて月ごとに、図4を基準にした各年の偏差を図5の年々変動標準偏差（ σ ）で割った比標準偏差（無単位、 σ との比）を表している。図6の比標準偏差から山間部でも平年並みからやや多い程度の積雪の地域も広く見られるが、青森県内や秋田県男鹿から内陸部（五城目）へかけてなどで平年値の $+2\sigma$ 以上の積雪になった領域が目立つ。また横手付近（秋田県）、最上・村山・置賜（山形県）といった内陸盆地では3月、4月の比標準偏差が $+2\sigma$ 以上となり、寒冷で融雪期の残雪量が多かったことと符合すると考えられる。

5. ま と め

以上ルーチン気象データと診断型積雪分布モデルによる東北6県の雪水量の時空間分布の再現について紹介した。こうした雪水量推定値は、気象要素空間分布推定の誤差や診断型積雪モデルの仮定を含むが、空間分布をみるクイックルック的な用途に便利である。また、最新平年値と同期間の30シーズンにおける雪水量平均値および年々変動標準偏差を応用することにより、個々の年の雪水量の寡多を偏差比率（ σ との比、比標準偏差）で表すことができ、変動が大きい積雪現象を客観的に捉える手法として応用が可能である。なお今回は割愛したが、本研究の手法で日単位の長期平均値および年々変動標準偏差を求めることも可能であり、日々の積雪状況においても前年や豪雪年との単純比較に

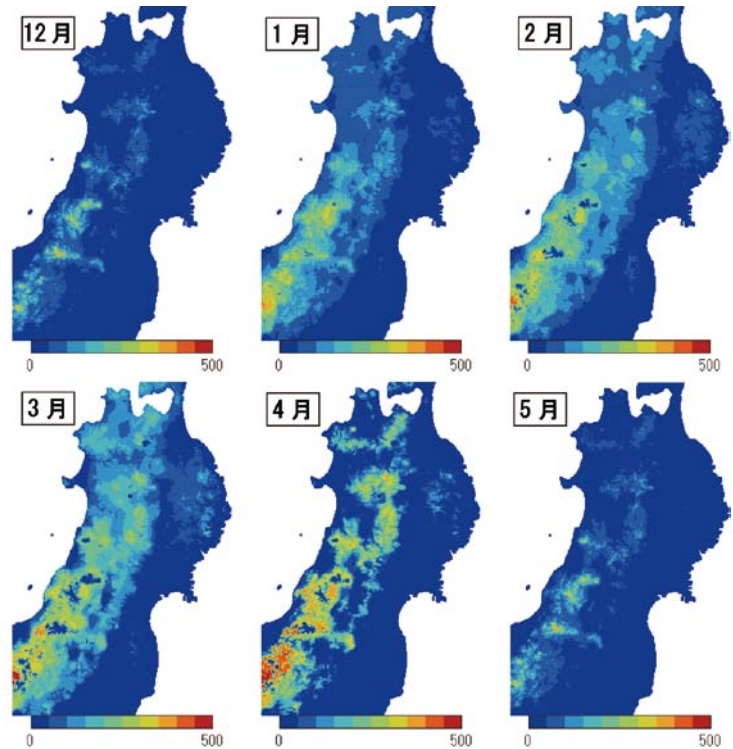


図5：12月(上段左)から翌5月(下段右)までの1980-2010年までにおける30年間の年々変動標準偏差(mm)。50mm毎に色を変えてある。500mm以上(スケールアウト)は赤色で表す。

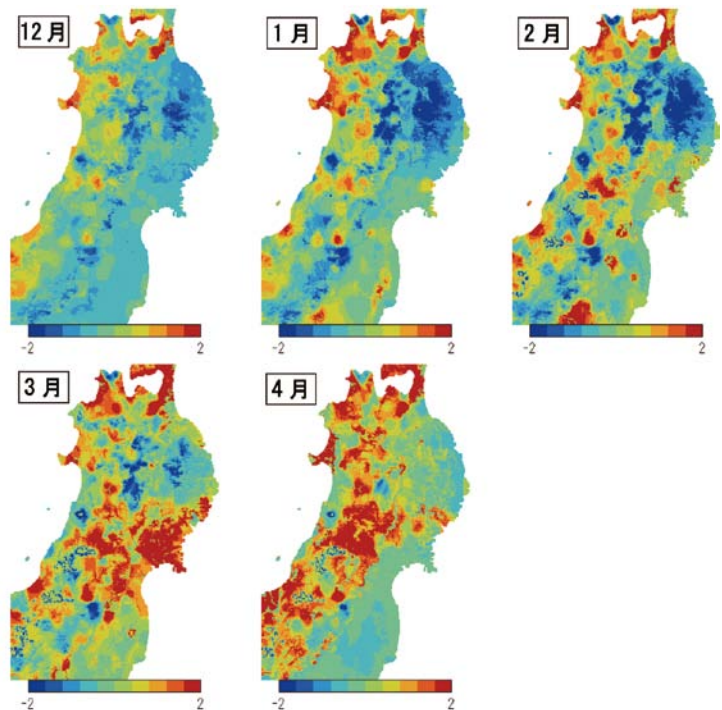


図6：2011年12月(上段左)から2012年4月(下段右)までの各月の積雪水量分布を標準偏差で規格化したもの(単位： σ 、標準偏差に対する割合)

陥りがちな評価法を改善できると期待される。ただし、本手法ではルーチン気象データからの推定が難しい山地の局地的降雪などの影響が起り得るので、こうした気象要素の空間分布推定手法に伴う誤差について十分留意する必要がある。

参考URL・文献：

- ・気象庁ホームページ(気象統計情報, 過去の気象データ検索, 過去の天気図), <http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php>
- ・Motoya, K., T. Yamazaki, N. Yasuda, 2001: Evaluating the Spatial and Temporal Distribution

of Snow Accumulation, Snowmelts and Discharge in a Multi basin Scale: An Application to the Tohoku Region, Japan, Hydrol. Process. 15, 2101-2129.

- ・本谷 研, 2008: 東北地方における積雪水量の27年平均値と豪雪・寡雪, 雪氷, 70 (6), 561-570.

謝辞：

本研究の一部は、文部科学省の委託事業「気候変動適応研究推進プログラム」(「日本海沿岸域における温暖化に伴う積雪の変化予測と適応策のための先進的ダウンスケーリング手法の開発」)において実施されたものです。

ウインドプロファイラ 仙台市と会津若松市に新観測局設置

仙台管区气象台 山田 博文

ウインドプロファイラ(以下、WPRと記す)は1.3GHz帯の電波を上空に向けて発射し、その散乱電波から上空の風を求める観測装置である。

2012年3月1日からは既存の31カ所のWPR観測局に加え、震災被災地での気象観測の強化を図るため、仙台市と会津若松市に新たな観測局を設置し運用を開始して

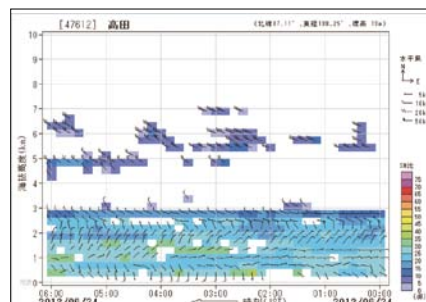
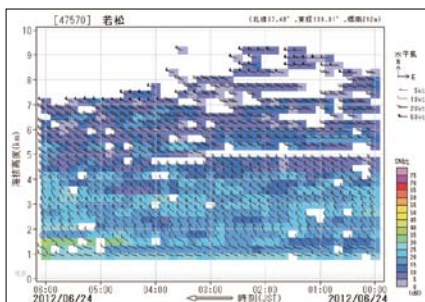
いる。

新たに設置したWPRは、従来までの装置では捉えにくかった高高度・低湿度の領域の観測データを取得するため、送信電力の増大(1.8kW→6.0kW)、ケーブルロスの低減等の改良による高感度化が図られている。

高感度化を表す事例として2012年6月24日の会津若松

と近接する高田(新潟)で観測された水平風とS/N比を図に示す。高田では高度3km以上のデータは散見する程度であるが、会津若松では8km付近までS/N比の小さいデータを連続的に観測している。

東北地方の高層気象観測網に新WPRが加わったことで、より詳細な上層までの大気の流れを把握できるようになった。今後は新しい観測データを活用し局地的大雨や突風等の予測・監視精度の向上を図っていくことになる。



平成24年度気象講演会報告

東北支部の気象講演会を10月31日（水）13時30分から16時30分まで、山形県郷土館「文翔館」議場ホールにて、山形地方気象台の共催、山形県、山形市、やまがたゆきみらい推進機構の後援を得て開催した。

講演のテーマは雪国山形での開催でもあり雪を題材として、科学からみる「雪害対策」と「樹氷今昔」をメインテーマに2題の講演を行った。

（独）防災科学技術研究所 雪氷防災研究センター 新庄支所

阿部 修 支所長

「雪氷防災研究の最前線-科学で雪害を減らせるか？」

山形大学 理学部地球環境学科

柳澤 文孝 教授

「アイスモンスター 100歳、樹氷140歳」

主催者を代表して、東北大学の境田理事から開催挨拶があり、講演に入った。

阿部支所長の講演では、

始めに雪氷防災研究センターの紹介があり、新庄に雪氷センターが設置された経緯や、世界最大規模の人工降雪装置により、真夏でも雪に関する実験研究が可能である等、雪氷研究センターの概要説明があった。講演では、雪崩の現象やその発生過程についての研究内容が報告され、雪の性質に関する分析から雪崩発生メカニズムの解明、そして雪崩の発生予測へと話が進められた。今年2月に秋田県の玉川温泉で発生した雪崩災害の現地での調査等の成果も紹介された。最後に科学とは何かを話題提起され、私達の生活を豊かにすることを最終目標として日々研究を続けている、との熱い話で講演を結ばれた。



柳澤教授の講演では、

山形県を代表する蔵王の冬の風物詩「アイスモンスター・樹氷」の発生状況について、年代を追って変化している状況が報告された。樹氷が確認されている状況（面積）に関して、1940年代に比べて近年では明らかに減少してきており、その間の気象データ等と対比させながら、地球温暖化との関連を分かりやすく解説された。また、雪に含まれる不純物等の調査から、大気汚染の状況も確認されており、汚染源の調査等、地球環境の観点からも注目される報告であった。蔵王で見られるアイスモンスターと、樹氷と呼ばれる現象の微妙な違いについて注目し、過去の資料から記録（命名）されている年代を調査され、それぞれアイスモンスターはおおよそ100年前、樹氷についてはさらに古くおおよそ140年前から記録されている。アイスモンスターは気温と風速の微妙なバランスで成長するとのことで、国内でも数か所しか確認されておらず、いずれもその面積は著しく減少している、とのこと。地元にとってはたいへん興味深いテーマであった。

会場への入場者は70名程度とやや少なめではあったが、それぞれの講演後には熱心で活発な質疑もあり、地元での関心高さがうかがえた。当日の講演会の模様はテ



山形県郷土館「文翔館」

レジや新聞でも取りあげられており、地元山形市民への気象に関する周知広報に多少なりとも貢献できたものと安堵している。

来場者からのアンケートでは、講演の内容について70～80%の方々から分かりやすかった等の回答が得られた。次の講演テーマの希望としては、地震津波、異常気象、局地的大雨、地球温暖化の順に要望が多く、開催頻度では毎年開催の希望が特に目立っていた。次年度の支部講演会は他県での開催となるが、今後山形県で開催する講演会等でも、これらの希望を参考に計画していきたいと考えている。

最後に会場の文翔館について、

山形市の中心部にある文翔館は旧山形県庁であり、大正5年に建てられたイギリス・ルネッサンス様式のレンガ作りの建物。山形地方気象台のはじまりである「山形県立山形測候所」は、この県庁内の農事講習所内で明治22年7月1日に気象観測を開始している。

旧県庁舎及び旧県会議事堂は、国の重要文化財に指定されており、一般に無料公開されているので、ぜひご覧いただきたい。

【山形地方気象台 川原田義春】

講演会および日本気象学会東北支部気象研究会

12月11日（火）に仙台管区気象台会議室において、講演会と2012年度の日本気象学会東北支部気象研究会が開催された。

講演会は気象研究会に先立ち行われたもので、気象研究所環境・応用気象研究部長三上正男氏が「気象研にお

ける大気環境と地域気候研究」と題して講演された。概要は以下の通り。

「近年、大陸からの越境大気汚染、黄砂、光化学スモッグなど大気環境問題が顕在化し、それらの問題への的確な情報提供が求められつつある。また、地球温暖化影響評価も、我が国社会における適応策策定のために、より

地域的にきめ細かな近未来の情報提供が求められている。こうした社会的要請に応えるために、環境・応用気象研究部では、観測・解析・モデル手法を駆使しつつ大気環境及び地域気候に関する研究を推進している。本講演では、当部の最新の研究の中でも、特に黄砂予測・光化学スモッグ情報などに係わる大気環境モデルならびに温暖化情報第8巻に係わる地域気候モデルの概要と研究成果について簡単に紹介を行う。」

続いて、2012年度 日本気象学会東北支部気象研究会が行われた。秋田大学工学資源学部 附属鉱業博物館、気象台（仙台航空測候所・秋田地方気象台）、会津大学、東北大学大学院、東北学院大学から7件の発表があった。約30名が聴講し、活発な質疑応答が行われた。

第1部では、地球温暖化におよぼす化石燃料の消費にともなう排熱の影響、2007年1月福島県中通りで観測された強風に関する数値実験、ENVI-metを用いた庄内空港の乱流についての調査、2007年9月17日の停滞前線による大雨事例の解析、についての発表があった。第2部では、JMA-NHMを使用した台風Choi-wan（2009）の再現実験、JMA-NHMを用いた温暖化時における日本の水資源への影響評価、Navier-Stokes（NS）方程式の新しい2次元軸対称解と台風モデル、について発表があった。

例年になく分野や大学からの発表者が参加したこともあり、多様な視点からの質問や意見が出され、活発な研究会となった。



・気象研究会の発表演題、著者と要旨（発表者に○）

地球温暖化におよぼす化石燃料の消費にともなう排熱の影響

○今清水 雄二

（秋田大学 工学資源学部附属鉱業博物館）

化石燃料の消費にともなう排熱量を世界一次エネルギー消費統計により概算し、大気中の二酸化炭素濃度の増加による放射強制力と比較した。その結果、前者は後者と同程度であり、地球温暖化におよぼす影響は無視されないと推測される。このことは、単位質量の二酸化炭素を排出する排熱量は化石燃料に含まれる化合物の種類によって異なると考えられるので、地球温暖化の要因として検討されるべきと思われる。

2007年1月福島県中通りで観測された強風に関する数値実験

○三瓶 岳昭

（会津大学 先端情報科学研究センター）

2007年1月7日、強い冬型の気圧配置のもとで福島県中通りに起こった強風について解析と数値実験を行った。白河では7日21時前後に最大風速と露点温度低下、地表気圧低下が観測された。数値モデルCReSSによる再現実験では、上流側に強い逆転層は見られないが、奥羽山脈上空に強い山岳波が発生していた。山脈上にあった地表の強風域はある時刻から下流へ移動しており、その通過時に白河などで強風が観測されたと考えられる。

ENVI-metを用いた庄内空港の乱流についての調査

○佐藤 真樹（仙台航空測候所 庄内空港出張所）

平成23年度、庄内空港27側滑走路着陸時における強風・乱流による着陸復行が7事例あった。その中で、北西よりの風の3事例では、明瞭な風向風速の変化を示さないが、09側と27側の風速差が大きい傾向を示した。北西風時に27側の北の小丘を越える風による乱流の影響が推定され、また着陸時に急に向い風が強まる影響での着陸復行があった。そこで、風の状況を微細規模都市気候モデル（ENVI-met）で再現し、北西風条件で滑走路端に弱風域、着陸域に強風域ができることを確認した。

2007年9月17日の停滞前線による大雨事例の解析

○小笠原 敦・藤本 広美・高野 健志

(秋田地方気象台)

秋田県では大雨による顕著な災害の中で停滞前線による事例が多く、過去にも調査が行われているが、多くは総観スケールの現象に着目したものである。

本調査では、気象庁地方共同研究「東北地方のシビア現象に関する解析的研究」の一環として、2007年9月17日の大雨事例について、メソ解析や気象庁非静力学モデル(NHM)の再現実験の結果を用いて強雨の特徴を解析する。また、気象庁では予報現業作業において、大雨を予想するための着目すべき要素として500m高度面データが提供されているが、これについて本事例で大雨や強雨の目安になるか確認する。

JMA-NHMを使用した台風Choi-wan(2009)の再現実験

○濱田 真之・岩崎 俊樹

(東北大学 大学院理学研究科)

領域モデルによる台風の強度予測の可能性を調べている。台風の進路及び強度予報の精度は数値モデルそのものの性能に加えて、初期値や境界値の精度に依存する。

本研究では、JCDAS (Japan Climate Data Assimilation System) とERA-interim (ECMWF re-analysis) の2つの再解析データを初期値と境界値に使用した場合に、進路や強度がどの程度異なるか調べる。2009年に発生した台風Choi-wanを対象として気象庁非静力学モデル(JMA-NHM)を用いて再現実験を行い、進路と強度変化について比較をした。実験結果から台風Choi-wan(2009)の場合では、進路は側面境界値へ、強度は初期値への依存性が大きいことを示した。



JMA-NHMを用いた温暖化時における日本の水資源への影響評価

○五十嵐 明・山崎 剛

(東北大学 大学院理学研究科)

気候システムの温暖化に伴い、日本においては渇水洪水リスクの高まりが懸念されている。本研究では、温暖化時の水循環場の変化の正確な把握のために、JMA-NHMを用いて日本域における夏季と冬季の水資源量の将来変化を調べた。初期・境界条件にはCMIP3のMIROC3_2_HIRES、温暖化予測はSRES A1Bシナリオを用いた。実験結果から、特に冬季の北日本日本海側で降雪量が大きく減少し、水資源量は減少の傾向を示した。

Navier-Stokes (NS) 方程式の新しい2次元軸対称解と台風モデル

○高橋 光一 (東北学院大学 人間情報学研究科)

NS方程式によって記述される2次元流体の速度場の新しい関数形を提案する。それはEuler方程式では記述できない無粘性流に相当するもので、台風の構造を記述するために広く用いられている現象論的なモデル関数とよく似た振る舞いを示す。この解と過去の台風のデーター最大風速と気圧差ーとの比較を試みる。

【日本気象学会東北支部事務局】

編集後記

この冬、勤務先のある青森県の津軽地方では、記録的な大雪となっています。特に、弘前市の方が青森市より積雪が多いという例年とは逆の状況に関心が持たれています。

原因について報道関係から問い合わせを受けますが、弘前市の降雪イベント毎に状況の違いもあり、答えるのはなかなか難しい質問です。自然を相手にする仕事は、なにか事が起こると急に忙しくなるものです。 児玉