青森県津軽平野で行われた冬季季節風とヤマセの高層気象観測, および気象庁非静力学モデルを用いたダウンスケール再現実験

> 脰 玉安正*1•佐 藤 **悠*2**•石 Ħ 祐 官*1 堀 内 征太郎*³•瀬 古 弘*⁴•津 敏 隆*5 Ħ 浩之*5•古本淳一*5•東 橋 邽 昭*5

要 旨

青森県の日本海側にある津軽平野において、冬季季節風と夏季のヤマセを対象とした高層気象観測を行った、津 軽平野南部で行った冬季季節風の観測で、下層500m以下の弱風層が寒気吹き出し時に、また厚さ100m程度の薄 い冷気層が季節風の一時的な止み間に観測された.津軽平野北部で行ったヤマセの観測では、高度200m付近に集 中した強風が観測された。気象庁非静力学モデルを用いて、水平格子をネストして間隔を5kmと1kmに順に細 かくしたダウンスケール再現実験を行った。格子間隔5kmでも冬季季節風やヤマセの鉛直構造はかなり再現され たが、1kmにするとモデルの地形が現実に近づき、鉛直スケールの小さな現象の再現が一部改善された。上流 の山岳による遮蔽効果で冬季季節風時に津軽平野南部上空に弱風層が形成されること、ヤマセ時に観測された上空 の強風は、ヤマセが津軽山地を越えるときのおろし風であることがわかった。

1. はじめに

青森県は本州の北端に位置し, 脊梁山脈が途絶え三方を海に囲ま れ,さらに広大な陸奥湾を有する など,地形が変化に富む(第1 図).陸奥湾の西側に津軽半島, 東側に下北半島があるが,いずれ も湾の東西に隣接する部分は標高 が低い.このため,陸奥湾は東西 風が通りやすく,冬季の季節風 (西風)と夏季のヤマセ(東風)

- *1 弘前大学大学院理工学研究科. kodama@cc.hirosaki-u.ac.jp
- *2 弘前大学大学院理工学研究科 (現:(株) 気象工学研究所).
- *3 弘前大学理工学部。
- *4 気象庁気象研究所.
- *5 京都大学生存圈研究所. -2012年5月9日受領--2012年10月30日受理-
- © 2013 日本気象学会



の通り道となっている(二部 1989)、陸奥湾周辺で は、年間を通して風が強いことを利用した風力発電が 盛んであり、青森県内の総風力発電量は北海道と全国 1~2位を競っている。ヤマセは東北地方で夏季に観 測される湿った背の低い偏東風で、オホーツク海高気 圧の発達時に現れる(工藤 1984). Kodama (1997), Kodama et al. (2009) は、太平洋沿岸で観測される ヤマセの鉛直構造に,海上のヤマセの吹走経路が関係 することを指摘した。児玉ほか(1995)は、冬季季節 風時の日本海側の降水特性と、卓越するメソ擾乱との 関係を示し、青森県・道南地域の特徴を指摘した。青 森県では太平洋側の三沢で高層気象観測(以下、高層

図,我々が高層観測を行った地点(藤崎:弘前大学藤 崎農場,金木:弘前大学金木農場),および参照とし て用いた高層観測点(三沢)の位置も示されている。 冬季の観測を行った藤崎は,季節風の上流側に岩木山 や白神山地があり、地形の影響を受けた季節風の観測 に適している.夏季の観測を行った金木は、津軽山地 の鞍部(標高はおよそ200m)の西側に位置し、ヤマ セの上流側に高い山が無いため,陸奥湾を経由して日 本海側に流入するヤマセの観測に適している。

2. 観測結果1 一冬季季節風一

高層観測は2009年の1月31日から2月15日までの週



第3図 冬季季節風を観測した期間の藤崎上空の風速(a)と風向(b),気温 (c) と相対湿度(d)の時系列. 放球は6時間毎(00,06,12,18 UTCの原則としておよそ30分前)に行った。

観測)が行われているが、 日本海側における高層観測 の実施はまれであった。 我々は、2009年の冬季と夏 季に津軽平野で高層観測を 実施した。GPS ゾンデを 用い,対流圏下層ではおよ そ10mの鉛直分解能で観 測した。航空局から放球が 許可されたのは週末だけで あったが、冬季季節風やヤ マセを観測することがで き,これらの鉛直構造を青 森県の日本海側において初 めて示すことができた。本 論文では,この観測結果を 紹介すると共に,気象庁非 静力学モデル (JMA-NHM) (Saito et al. 2006, 2007) を用い、水平 格子をネストして間隔を5 kmから1kmの順に細か くしたダウンスケール実験 を行い,モデルが観測をど の程度再現できたかを検証 する。さらに観測と再現実 験結果より,冬季季節風や ヤマセ時の青森県上空の三 次元的大気場について調べ る.

第1図には,青森県の冬 季季節風とヤマセの概念 周

末(土曜日,日曜日)に行った。このうち、2月14日 から15日には、日本列島に春一番をもたらした低気圧 が発達しながら北海道を通過し、低気圧通過後に強い 季節風が観測された。そこで本論文ではこのケースを 報告する。第2図に気象庁天気図の時間推移を示す。 低気圧に伴う寒冷前線の通過後(14日00UTC)に寒 気の吹き出しがあり,その後,弱いトラフが通過した ときに吹き出しが止まり(15日00UTC),トラフの通 過後に再度寒気の吹き出し(15日12UTC)があった. 我々は、14日00UTCから15日12UTCまで、6時間 毎にGPS ゾンデを放球した。第3 図に風速と風向, 気温と相対湿度のプロファイルの時系列を示す。2回 の寒気吹き出し時に風速が増加し、そのときに気温が 低下した。しかし、吹き出し時でも950 hPa 面高度 (およそ高度500m)以下では、風速がおよそ10m/s 以下にとどまり、あまり強まらなかった、気候学的特 徴として,冬季季節風時の地上風速は,津軽平野北部 の方が強く (例えば金木は地吹雪で有名である), そ れに比べて観測地点を設けた津軽平野南部では弱いこ とが知られている(二部 1989). 4章で再現実験に基 づき,津軽平野南部の地上風速に対する上流側の地形 の影響を議論する。2回の寒気吹き出しの間、寒気の 吹き出しの止み間があった.このとき地表付近の薄い 層で南よりの風が観測された.この南風層は湿潤で, 後に第12図でも示すように厚さはおよそ100m(1010 hPaから1000 hPa付近まで)で、上部(1000 hPa付 近)に温度逆転層を伴う薄い冷気層であった。第4図 に、季節風吹き出し時と藤崎で南風が観測された時間 帯の地上風の分布 (アメダスによる)を示す。二部 (1989)は、季節風吹き出し時の青森県内の地上風の 分布として,津軽地方南部からの南西風,日本海から 岩木山の北側を回り込む西風、津軽地方北部からの北 西風が収束するというモデルを提示している、季節風 吹き出し時の風の状況(第4図上)をみると、津軽地 方北部の五所川原で西北西風,南部の黒石や弘前で西 南西風であった。風向の違いからこの間に収束帯が存 在すると考えられ、収束帯の場所は二部のモデルとよ く一致していた。一方, 寒気吹き出しの止み間に観測 された南風は1~3m/s程度の強さで、碇ヶ関から 五所川原まで津軽平野南部全域で観測されていた(第 4図下).津軽平野は秋田県との県境の山地がある南 側ほど標高が高いので、この南風は、 津軽平野に蓄積 した下層寒気が北に流れ下る冷気流であった可能性が ある。



第4図 アメダスで観測された地上風と気温.旗は5m/s,長い羽は1m/s,短い羽は0.5m/s,を示す.上図は2月14日06UTC,下図は2月14日18UTC.等値線は標高100mを表わす.

3. 観測結果 2 ーヤマセー

高層観測は2009年の7月25日から8月9日までの週 末に行ったが、このうち7月31日から8月2日にはオ ホーツク海高気圧の張り出しに伴い青森県でヤマセが 観測された。そこで本論文では7月31日18UTCから 8月2日06UTCの間、6時間毎に行われた高層観測 の結果(第5図)を検討する。観測地点の金木では、 上空200m(~970hPa面)付近の薄い層内で風速が 10m/s以上に達する強い東風(ヤマセ)が観測され た。この強風のヤマセ層は、およそ2日間にわたり、 強度の変化を伴いながらも持続的に観測された。ヤマ セ層より上方では2日間の間で風向や相対湿度の変化 があり、天気図や衛星雲画像(図は省略)を観察する と期間の後半は梅雨前線の影響があったと考えられ る。ヤマセ吹走時、観測地点の上流側にある津軽山地

7



第5図 第3図と同じ、ただし、ヤマセを観測した期間の金木上空。



シ雲(卜蔵 1975)が観測 された(第6図).ダシ雲 は山脈を越えたおろし風 (ダシ)に伴って発生する 雲である。第7図に示され るように,アメダスの地上 風には青森県全域にわたっ て東風(ヤマセ)が観測さ れていたが、太平洋沿岸に 比べて陸奥湾周辺や日本海 側の多くの地点でより強い 風が観測された.青森県の 太平洋側にある三沢で行わ れている12時間毎(00 UTC、12UTC)の高層観 測と比較した(第8図). 興味深いことに、三沢では 高度200m付近に集中した 強風層は観測されず, ヤマ セの風向は南東で,1000 m (~900 hPa 面) 付近に 観測された。8月1日00 UTC にはヤマセが弱まっ たが、12時間後の12UTC の観測では回復しており, 周囲のアメダス観測などか ら,この変化は一時的で局 地的なものであったと考え られる. Takai et al. (2006)は、衛星データを

の稜線に沿ってヤマセのダ

第6図 ヤマセのダシ雲の写真(2009年8月1日,金木より東方の津軽山地を望 む).



用いたヤマセ時の海上風の解析から、ヤマセが北上山 地を迂回して津軽海峡に向かう傾向を有することを指 摘した。今回、ヤマセの風向が金木と異なり南東で あったのは、この迂回効果によると考えられる。太平 洋側と日本海側のヤマセの鉛直プロファイルの違いに ついては、4章で再現実験の結果を用いて検討する。

4. 気象庁非静力学メソモデルによる再現実験

4.1 モデルの設定

本研究では数値モデルとして JMA-NHM を採用 し、水平格子をネストして間隔を5kmと1kmの順 に細かくして、再現実験を行った(それぞれ、5km-NHM、1km-NHM と呼ぶ).

"天気"60.1.



第8図 第3図と同じ,ただし三沢で放球は12時間毎(00,12UTC)に行われた.



第9図 気象庁非静力学モデルによる再現実験で用いられた青森県周辺の地形. 1kmと5kmの分解能について示す.上図と中図は、それぞれ北緯 40.9度と北緯40.67度における高度、下図は高度分布で、各分解能の計 算領域を下図中の右上に示す。

(40.67°Nの断面)の標高 や,金木で観測されたヤマ セの上流側にある津軽山地 の鞍部の表現(40.9°Nの 断面)など、大きく改善さ れることがわかる.1km-NHM の 再 現 結 果 は, 5 km-NHM で得られるもの に比べ、より詳細な地形の 影響が反映されたものにな ることが期待される.鉛直 座標には、地形に沿いつつ 上層ほど一様になるハイブ リッド座標を採用した。5 km-NHM, 1 km-NHM の鉛直層数はともに50で、 地形のない海上での最下層 の高度は20m、モデルの 上端の高度は22.6 km であ る.

5 km-NHM のパラメタ リゼーションは、気象庁の 予報現業で用いられている ものとほぼ同じものを採用 L (Saito et al. 2006, 2007),積雲対流パラメタ リゼーションは Kain and Fritsch (1993) をもとに パラメーターを調整したも の, 雲物理過程は, 氷晶の 数濃度,雨水,雲水,氷 晶,雪,あられの混合比を 陽に予報する氷相を含むバ ルクモデルを用いた。境界 層のパラメタリゼーション は、改良された Mellor-Yamada Level-3 (Nakanishi and Niino 2006) を用いた.1km-NHM で

5 km-NHM と1 km-NHM の計算領域とモデル内 の青森県の地形を第9 図に示す.青森県の複雑な地形 は、5 km では十分に表現できているとはいえず、1 km にすると、例えば、観測点に対し季節風の風上側 にあって観測に影響を与えると考えられる岩木山 は,格子間隔が1kmと細かいことから,対流パラメ タリゼーションを使用しないが,それ以外は5km-NHMと同じとした.初期値と境界値は,5km-NHMは気象庁のメソ解析から作成し,1km-NHM は5km-NHMの予報結果から作成した.冬季季節風

とヤマセの事例の5km-NHM の積分開始時刻は, それぞれ2009年2月13日06 UTC と2009年 7 月30日18 UTCで、1 km-NHMの 予報開始時刻はそれらの 6時間後とした。これらの 1km-NHM の予報開始時 刻は、津軽地方で行われた 観測開始時刻の12~18時 間前になっていて、5 km-NHMと1km-NHMとも に、spin-upの影響のない 再現結果を観測と比較する ことができる。我々が今回 行った観測は、気象庁のメ ソ解析には取り入れられて いないため、観測と再現実 験とは独立であり,再現実 験の検証に適する.

4.2 再現実験

第10図、第11図に1km-NHM の再現実験で示され た各観測地点における対流 圏下層の気温,風,相対湿 度,の鉛直分布の時間変化 を示す、高層観測結果(第 3図, 第5図)と比較する と、モデルは気温や風の変 動や鉛直分布をかなりよく 再現していることがわか る、冬季の結果では気温の 低下を伴う2回の寒気の吹 き出しや, 吹き出しの止み 間に観測された下層の南風 や寒気層、およびその上端 の逆転層がみられる。2回 の寒気吹き出しの止み間に みられた下層寒気の鉛直プ



第10図 1 km-NHMの再現実験で得られた風速 (a),風向 (b),気温 (c) と 相対湿度 (d)の時系列.場所と期間は第3図と同じ.



第11図 第10図と同じ、ただし場所と期間は第5図と同じ。

ロファイルについて、2種類の分解能のモデル結果と 観測とを比較した(第12図).どちらの分解能でも、 湿った寒気層の再現に成功している.気温について は、5 km-NHM よりも1 km-NHM のほうが観測に 近いプロファイルを示している.風向、風速、相対湿 度については1km-NHM のほうが改善しているとは いえない.

ヤマセについては、金木で観測された背の低い強風 層(第5図a)や、三沢と金木の鉛直プロファイルの 違いは、どちらの分解能のモデルでもある程度再現さ



気候学的特徴と一致する。 風速の大きな平野北部では 風上側が海に開けているの に対して, 平野南部では岩 木山や津軽平野の風下にあ たる。 地形の影響を検討す るため,津軽平野の地上風 と上空の風の関係を鉛直断 面図で見ると,大気下層の 風速低下が津軽平野南部に 見られ、岩木山の風下では 特に風速が低下しており, 上流側の地形の影響が明ら かである。白神山地や岩木 山による障壁効果が,津軽 平野南部の弱風層形成の主 要な原因と考えられる。ま た津軽平野北部の41.03°N 付近では特に風が強いが,

11



れた.しかし、5 km-NHM で計算された金木にお ける風の鉛直プロファイルの時間変化(第13図)を 1 km-NHM で計算された第11図 a と比較すると、 金木における強風層の風速のピークや強風層の開始時 刻など、定量的な再現は1 km-NHM のほうが観測に 近い.

第14図に、1 km-NHM で計算した季節風吹き出し 時の地上風と津軽平野を通る140.42°E に沿った風速 の鉛直断面を示す。40.7°N を境に北の津軽平野北部 に比べて津軽平野南部では地上風速が2m/sほど小 さく、これは、これまで知られていた冬季季節風時の この理由として、十三湖という湖があり地表面粗度が 小さいこと、及び下流側の41.05°N 付近に津軽山地の 鞍部があり、風が通過しやすいことが考えられる.

4.3 ヤマセのおろし風

三沢で観測された太平洋側に比べて金木のほうがヤマセの背が低かった原因を検討するため,第15図に金木を通る40.9°Nに沿った温位と東西風速の鉛直断面を示す.40.9°N線の位置は第9図に示される.

夏泊半島と津軽山地の風下で,等温位線が下方に低下し,風速が強まっていることがわかる.断熱過程を 仮定すると,等温位線に沿って空気塊が下降したと考 えられる.これらのことから,観測されたケースでは ヤマセが津軽山地の影響を受けておろし風となってお り,これが金木で観測されたヤマセの背が低く強風を 伴っていた原因であり,また,太平洋沿岸よりも地上 風が強い地点が内陸部でみられた(第7図)原因と考 えられる.

山を越える浅水波の振る舞いを扱った理論的研究 (Saito 1992) と比較した。流れのレジームは、上流 側の流れの深さで無次元化した山の高さ Mc = mc/ho(mc は山の高さ, ho は流れの深さ) と重力波の位相 速度で無次元化した上流側の流速 $Fo = Uo/\sqrt{g \times ho}$ (Uo は上流側の流速, g は重力加速度) で整理され る。本事例では、安定層で挟まれた 2 層流体と近似で きるので、重力加速度として $g \times \Delta\theta/\thetao$ ($\Delta\theta$ は安定



第14図 1 km-NHMの再現実験における,季節風吹き出し時の地上風の分布 (左図),及び津軽平野の東経140.42度線に沿った南北地上風速分布(中 図)と東西風速の鉛直断面(右図).



(141.4°E以東)の物理量 を用いてパラメータを求め た、安定層は温位勾配の大 きさから292 K から296 K 付近にあると思われる. $Uo = 3.5 \text{ m/s}, \theta o = 290$ K, $\Delta \theta = 296 - 290 = 6$ K, *mc*=200 m,安定層の下 面である292 Kの等値線 (960 hPa) と 最 下 層 (1010 hPa) の気圧差がお よそ50 hPa であることか bho = 500 m と す る と,Mc = 0.4, $Fo = 0.34 \ge t_{3}$ る. Saito (1992) が示し ている2次元ベル型山に対 する流れのレジーム図にこ れらのパラメータを適用す ると,山の上流側のせき止 めと下流側の定常的な跳ね 水が予想される領域に相当 し,おろし風が発生しう る. 観測が行われた金木の 上流では,津軽山地は鞍部 になっている. Saito (1992)は、流れが山の鞍 部を越える場合は、レジー ム図では山の高さを実際よ りも高めた,つまり Mc を 大きめにした状況に近づく ことを指摘している。レ ジーム図においてFo= 0.34で Mc を0.4~1 の間 で変化させても跳ね水の領 域に留まるので, 鞍部の影 響を考えても結論は変わら ない

5.まとめ

本稿では,青森県津軽地 方で観測された冬季季節風 とヤマセの鉛直構造につい

層の上下の温位差, 60 は下層の温位)を用いた。上 流側で地形の影響が少ないと思われる太平洋上 て報告し、それに対する数値実験結果を示した。青森県の日本海側では、高層観測と JMA-NHM を用い

"天気"60.1.

たダウンスケール実験の比較から,津軽平野南部では 上流の地形の影響で季節風が対流圏下層で弱められて いることが確認された.現在の気象庁の現業予報では 水平格子間隔5kmのJMA-NHMが使用されてい る.今回解析したケースでは,観測された冬季季節風 やヤマセの鉛直構造は,5km-NHMでもかなり良く 再現され,モデルの性能の高さが確認された.1km-NHMでは,青森県内の複雑な地形の表現が格段に改 善され,気温や風の鉛直分布や変動の再現実験では, 5km-NHMと比べて観測とより良い一致を示すもの もあった.

青森県では地形の影響を受けたヤマセや冬の季節風 が山越えをする際の風の3次元的な振る舞いについて の研究はほとんど行われてこなかった.JMA-NHM が高層観測結果をかなり再現したことから,このモデ ルは青森県での3次元的な気流構造の研究にも活用で きると思われる。今回見いだされたヤマセのおろし風 は,従来あまり注目されていなかった。ヤマセは安定 層を伴うことが特徴で,その高度は100 m から数1000 m まで変化する(Kojima *et al.* 2006;Kodama *et al.* 2009).この高度が山の高さを少し上回る場合には おろし風が発生し、山の風下側の風速が強まる可能性 がある.

青森県では、風はりんごの落果や海難事故など災害 の原因となるだけでなく、風力発電のための資源でも あり、風の定量的な予報に対する高い需要がある。格 子間隔1kmのJMA-NHMを用いることにより、地 形の影響を受けた風の予報精度が向上することが期待 される。今後の課題として1km-NHMの計算結果の 検証を青森県内の各地で行うことがある。アメダスの 空間分解能は、1km-NHMの検証には十分ではない ため、道路、鉄道、農業関係など、気象庁管轄以外の データの利用も検討していく必要があると思われる。

謝 辞

高層観測の実施にあたり,関係機関との調整の労を とられた国土交通省東京航空局三沢空港事務所,観測 場所を提供された弘前大学農学生命科学部藤崎農場・ 金木農場の関係各位,および観測に参加した弘前大学 理工学部ならびに弘前大学大学院理工学研究科の学生 各位に感謝する.編集委員の川島正行氏,および査読 者の方からの丁寧なコメントは論文の改良に役立っ た.気象庁非静力学モデル (JMA-NHM)の計算 は,気象庁気象研究所の林 修吾氏により同研究所の 計算機を用いて行われた.初期・境界条件は,気象庁 数値予報課のメソ解析を用いた.また,京都大学生存 基盤科学研究ユニット萌芽研究「青森における陸域・ 大気圏の物質交換・輸送・混合過程の精密測定」(代 表者:津田敏隆),及び文部科学省科学研究費「縁辺 海が大気の擾乱・雲形成・大規模循環に果たす役割」 (代表者:立花義裕)より研究費の支援を受けた.

参考文献

- ト蔵健治,1975:やませ吹走時に八甲田山風背に生ずる雲 について.農業気象,31,1-5.
- Kain, J.S. and J.M. Fritsch, 1993 : Convective parameterization for mesoscale models : The Kain-Fritsch scheme. The Representation of Cumulus Convection in Numerical Models, Meteor. Monogr., 24, Amer. Meteor. Soc., 165-170.
- Kodama, Y.-M., 1997 : Airmass transformation of the Yamase air-flow in the summer of 1993. J. Meteor. Soc. Japan, 75, 737-751.
- 児玉安正,中山高徳,尾崎尚則,1995:冬季季節風時にみ られる東北日本の100 km から数100 km スケールの降 水変動.天気,42,85-96.
- Kodama, Y.-M., Y. Tomiya and S. Asano, 2009 : Air mass transformation along trajectories of airflow and its relation to vertical structures of the maritime atmosphere and clouds in Yamase events. J. Meteor. Soc. Japan, 87, 665-685.
- Kojima, M., S. Asano and H. Iwabuchi, 2006 : Timevariations of optical and microphysical properties of Yamase clouds estimated from shipboard experiments and satellite remote sensing in June 2003. SOLA, 2, 45-48.
- 工藤泰子,1984:典型的なヤマセ時のオホーツク海気団の 特性-1981年6月18日~21日の事例解析-.天気,31, 411-419.
- Nakanishi, M. and H. Niino, 2006 : An improved Mellor-Yamada Level-3 model : Its numerical stability and application to a regional prediction of advection fog. Bound.-Layer Meteor., **119**, 397-407.

二部濱男, 1989:あおもりの天気.北方新社, 282pp.

- Saito, K., 1992: Shallow water flow having a lee hydraulic jump over a mountain range in a channel of variable width. J. Meteor. Soc. Japan, **70**, 775-782.
- Saito, K., T. Fujita, Y. Yamada, J. Ishida, Y. Kumagai, K. Aranami, S. Ohmori, R. Nagasawa, S. Kumagai, C. Muroi, T. Kato, H. Eito and Y. Yamazaki, 2006 : The operational JMA nonhydrostatic mesoscale model. Mon. Wea. Rev., 134, 1266–1298.

Saito, K., J. Ishida, K. Aranami, T. Hara, T. Segawa, M. Narita and Y. Honda, 2007 : Nonhydrostatic atmospheric models and operational development at JMA. J. Meteor. Soc. Japan, 85B, 271-304. Takai, H., H. Kawamura and O. Isoguchi, 2006 : Characteristics of the Yamase winds over oceans around Japan by the scatterometer-derived ocean surface vector winds. J. Meteor. Soc. Japan, 84, 365-373.

Campaign Observations of Yamase and Winter Monsoon in Tsugaru Plain, Aomori Prefecture, and Downscale Experiments Using the Nonhydrostatic Meso-scale Numerical Prediction Model of Japan Meteorological Agency

Yasu-Masa KODAMA^{*1}, Yu SATO^{*2}, Sachinobu ISHIDA^{*3}, Seitaro HORIUCHI^{*4}, Hiromu SEKO^{*5}, Toshitaka TSUDA^{*6}, Hiroyuki HASHIGUCHI^{*6}, Junichi FURUMOTO^{*6} and Kuniaki HIGASHI^{*6}

- *1 (Corresponding author) Graduate School of Science and Technology, Hirosaki University, 3 Bunkyo-Cho, Hirosaki, Aomori, 036-8561, Japan.
- *2 Graduate School of Science and Technology, Hirosaki University (Present affiliation: Meteorological Engineering Center).
- *3 Graduate School of Science and Technology, Hirosaki University.
- *4 Faculty of Science and Technology, Hirosaki University.
- *5 Meteorological Research Institute, Japan Meteorological Agency.
- *6 Research Institute for Sustainable Humanosphere, Kyoto University.

(Received 9 May 2012; Accepted 30 October 2012)

Abstract

Campaign aerological observations of winter monsoon and Yamase (cool easterly observed in summer in the northeastern part of the Honshu island) were performed in Tsugaru Plain in the western part of Aomori Prefecture, Japan. We found that wind speed of winter monsoon was reduced over the southern part of Tsugaru Plain below 500 m AGL and that a very shallow (100 m) wet cold air appeared during a short period when the monsoon weakened. In Yamase observations, a thin strong wind layer concentrated around 200 m AGL in the northern part of Tsugaru Plain. Downscale experiments are performed using the nonhydrostatic meso-scale numerical prediction model of Japan Meteorological Agency (JMA) by changing horizontal resolution from 5 km to 1 km. Although vertical structure of winter monsoon and Yamase were simulated even in the 5 km run, that is a condition similar to operational prediction use of JMA, 1 km run showed fairly higher performance for simulating vertically confined thin phenomena, i.e., the shallow wet cold layer and the concentrated strong wind of Yamase. Observation and model simulation suggested that winter monsoon was weakened in the southern part of Tsugaru Plain by a shadow effect of upstream mountains and that the upper strong wind of Yamase was a down-slope wind caused by the Tsugaru mountain range in the upstream.