

寒気吹き出し時の福島県中通り北部の降雪・積雪の特徴

—2018年12月27日～30日の事例—

酒井 貴 紘*

1. はじめに

2018年の年末は、強い冬型の気圧配置となり、寒気吹き出しに伴い(第1図)、太平洋側に位置する福島県中通り北部の福島でもまとまった降雪となった。福島の降雪は2018年12月27日から始まり、30日には、12月の月最深積雪1位の42cm(1970年12月1日と同値)を記録し、通年でも10位の積雪深となる記録的な大雪となった。

今回大雪となった福島県中通り北部は、西を標高2000m程度の吾妻連峰・安達太良山、東を標高500m程度の阿武隈高地に囲まれている。福島の中心部から北西側には、栗子山が位置し、栗子山と吾妻山の鞍部に栗子峠、さらに、吾妻山と安達太良山の鞍部に土湯峠がある。また、東西には吾妻山から飯豊山地が連なっており、福島市を含む福島盆地は、これら吾妻・安達太良山系の奥羽山脈と阿武隈高地に挟まれた南北に延びるチャンネル状地形の底部に位置している(第2図)。

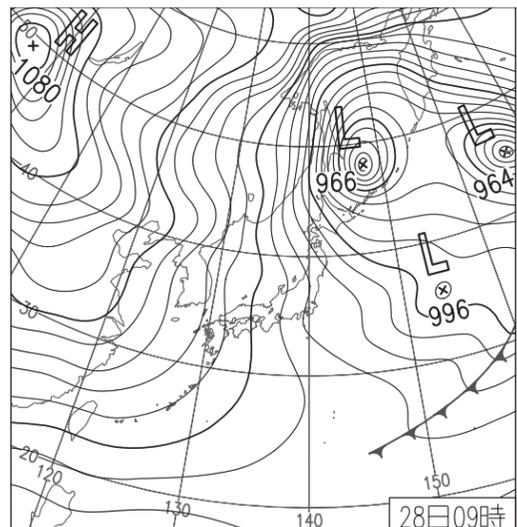
この福島県中通り北部は、冬季の南岸低気圧による大雪だけでなく、本事例のような寒気吹き出し時にも十数cmの降雪がもたらされることがある(例えば佐藤 2008; 渡邊 2016)。この降雪は、冬季の西寄りの季節風に対して、福島盆地の西側の奥羽山脈等の地形的影響を受け、山岳風下にライン状の降雪帯が形成されることによりもたらされるとの指摘があり(佐藤 2008; 高須 2015; 渡邊 1995, 2001, 2016, 2018)。このライン状の降雪帯がかかり続けた地域では、周辺よ

り降雪量が多くなっているものと推測される。しかしながら、この降雪現象の積雪分布を把握するために必要な観測点が不足しているため、寒気吹き出し時の奥羽山脈風下の積雪深を詳細に測定し、降雪の局地性を示した例はほとんどない。

そこで、寒気吹き出し時の大雪となった本事例において、降雪のピークを越えた12月30日、31日に中通り北部の平地を中心に、アルミ製定規を用いて積雪の深さを調査した。この結果を報告し、あわせて降雪分布の特徴について考察する。

2. 気象官署・アメダスの降雪・積雪の状況

第3図から、降雪が始まった27日時点では、福島(気象官署)、茂庭(アメダス)、白石(アメダス)いずれ



第1図 地上天気図2018年12月28日09時(日本時間)。

* Takahiro SAKAI, 福島地方気象台(現:仙台管区気象台気象防災部予報課)。

sakai1990takahiro@gmail.com

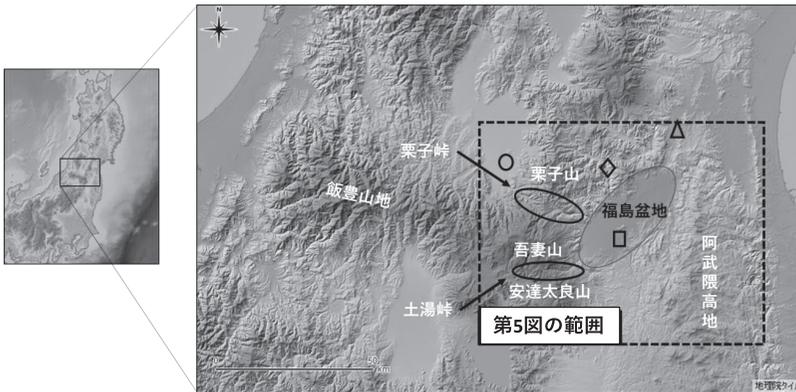
© 2020 日本気象学会

の地点も1 cm以上の積雪はなく、本事例の降雪以前には、福島盆地周辺の平地に積雪はなかったことが分かる。また、当時の生活していた感覚としても、福島盆地周辺は、この降雪現象前に平地・山沿いいずれも積雪はほとんどなかった。福島・茂庭は30日にかけて積雪が増加し、福島では28日の降雪量が22cmと12月の8位を記録した。福島・茂庭の積雪深は30日にかけてさらに増加し、30日8時（日本時間、以下同じ）に福島で12月の月最深積雪1位となる42cmを記録した。一方、福島の北、約30kmに位置する白石では、福島と同じく奥羽山脈東側の平地であり、平年の年最深積

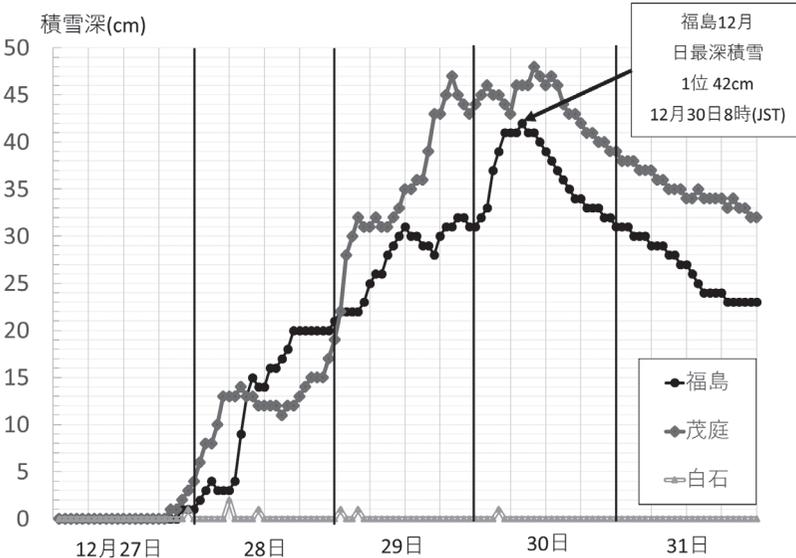
雪も福島25cm（平年値1981年～2010年）、白石17cm（平年値1984年～2010年）と大きな差がないが、今回の一連の降雪の最深積雪が3 cmと福島・茂庭と比較し、かなり少ないという特徴があった。また、一般に平地と山沿いでは、山沿いの方が積雪深が大きいことが多いが、今回の事例では、山沿いにある茂庭の観測点よりも平地にある福島のほうが、積雪深が深い時間帯があることも見て取れる。

3. X/C バンド MP レーダ (XRAIN) リアルタイム雨量情報データによる降雪域の特徴

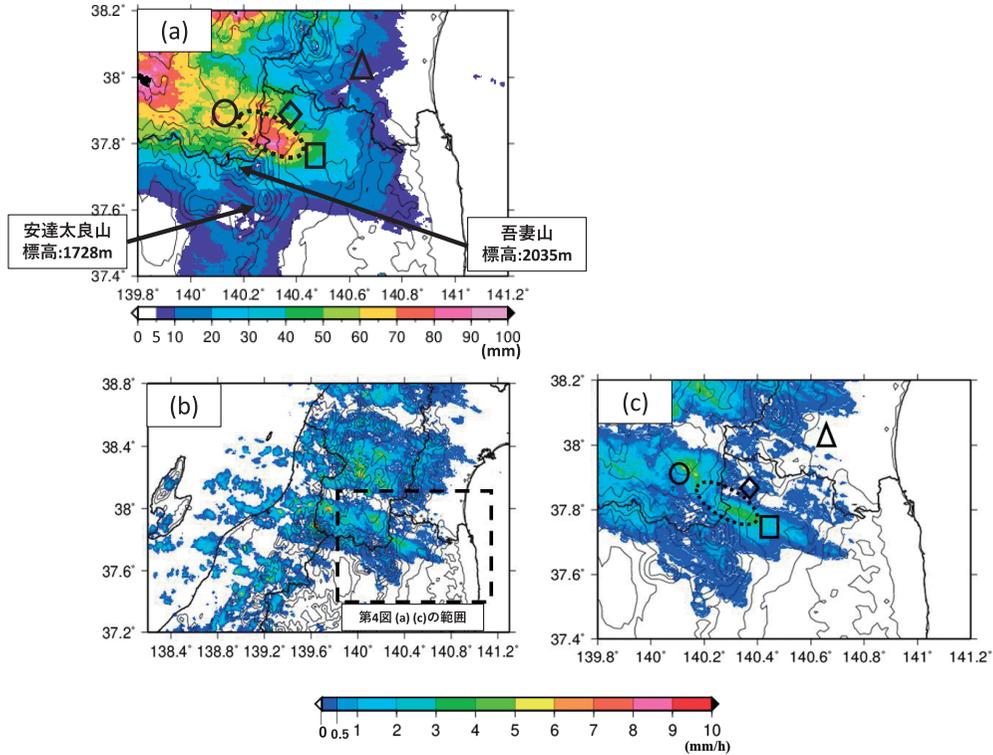
今回の大雪事例の降雪エリアを確認するため、これらの時間帯に対応するXRAINの地域別合成雨量データを確認した。第4図aから、降水量の多いエリアが、米沢側から栗子峠を通過して福島市の平地までのびていることが分かる。一方で、吾妻山・安達太良山の東側（西寄りの季節風に対して風下側）では、降水量が少ないことも見て取れる。また、福島で1時間降雪量の最大値を観測した時間帯（12月28日8時までの5 cm）に着目すると、第4図bより、佐渡付近から飯豊山地の北側にかけて降水域がライン状になり、さらに米沢側から福島盆地にライン状にのびていることが分かる。第4図cより中通り北部周辺を詳細に見ると、この降雪域は吾妻山や栗子山の山岳風下側では弱く、鞍部である栗子峠を通過して福島盆地にかけて集中していた。これは、第4図aの特徴と同一であった。そのため、今回の大雪は、栗子峠の鞍部を通るライン状の降雪帯が断続的に



第2図 福島県中通り北部周辺の地形図. 各シンボルは福島(□), アメダス米沢(○), アメダス白石(△), アメダス茂庭(◇)の位置を示す.



第3図 中通り北部の積雪観測点(福島・茂庭)と白石の積雪深の時系列グラフ(2018年12月27日～31日).



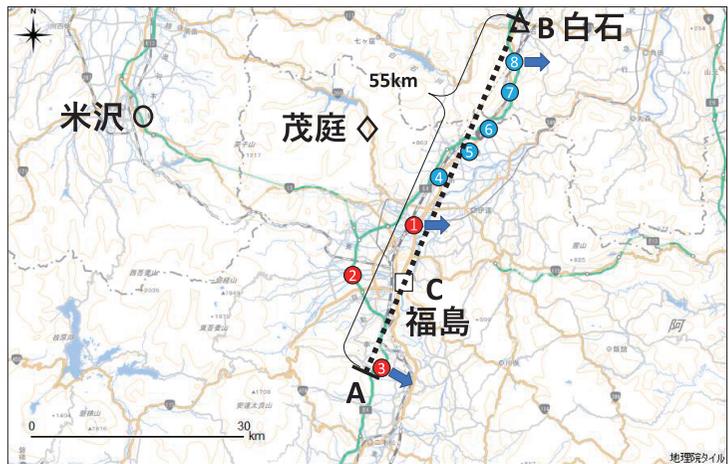
第4図 XRAINデータの地域別合成雨量データ。細黒線は250mごとの標高を示す。破線円は栗子山と吾妻山の鞍部にあたる栗子峠の位置を示す。各シンボルは第2図と同じ。
 (a) 2018年12月27日01時～30日24時までの1時間ごとの降水強度 (mm/h) の積算図 (mm)。
 (b) 2018年12月28日08時 (JST) の XRAIN データの地域別合成雨量データの降水強度 (mm/h)。
 (c) (b) と同時刻の福島県中通り北部周辺の詳細図。

福島盆地にかかることによって、もたらされたものと考えられる。

4. 積雪深の調査結果

福島盆地周辺の南北の平地の積雪深を把握することを目的に、第5図に示す地点で積雪深を測定した。測定場所は、地面が土または芝生で、踏み荒らされていない場所とし、周辺の異なる3点を測定し、単純平均することで、その地点の積雪深とした。積雪深の測定は、2018年12月30日と31日に実施した(30日を調査a、31日を調査bとする)。

調査aでは、地点①～③を調査した。福島市の積雪深は、30日13時に38cm (第6図)、福島周辺の地点①



第5図 福島県中通り北部の積雪観測点。赤丸印は調査a、青丸印は調査b、数字は地点番号を示す。各シンボルは第2図と同じ。点線A-Bは、第6図の積雪深グラフの横軸にあたり、地点①、③、⑧の青矢印は第7図の写真の撮影方向を示す。

(写真：第7図a)，地点②も同様な積雪深であったが，白石は0cm，福島の南の地点③は1cmであった（写真：第7図b）。

調査bでは，福島の北側の地点④～⑧を調査した。福島の積雪深は，31日11時に27cm，白石は0cmであった。地点④～⑧を比較すると，北ほど積雪深が小さくなる傾向がある。特にアメダス白石より南の地点⑧では，積雪がほとんどないことが見て取れる（写真：第7図c）。

第6図より，線分A-B沿いの積雪深を見ると，南北約40kmで積雪深が約40cm異なっていることが分かる。これは，降雪量が福島盆地の中心付近で局地的に多かったことを示している。なお，調査a，bでは，おおよそ1日分の積雪の減少があることや積雪の測定環境が一定でないことといった問題があるが，調査した地点は今回の降雪以前には積雪がなかったことから，福島盆地周辺の積雪深の増加は，今回の降雪現象によるものと推定でき，降雪の局地性を示す資料として本調査は有効であると考えられる。

5. 本事例の降雪現象における地形の影響について—フルード数による流れ場の診断—

今回大雪となった福島盆地は，西寄りの冬季季節風に対し，風上側には南北に吾妻山・安達太良山，東西に吾妻山・飯豊山地がある。力石・登城（2004）は，盆地が多雪になる原因として，周辺を山岳に囲まれているという地形の影響を指摘しており，今回の降雪事例も山塊の複雑な地形の影響を受けて，降雪の集中がもたらされている可能性がある。また，藤吉ほか（1996）は，伊吹山地から濃尾平野にかけて2台のドップラーレーダを用いて水平風を解析することにより，山と鞍部があるような場合は，山を迂回する流れや谷

筋を通過する流れなどが，山岳風下で水平収束を生じて上昇流となって雲を生じること，第4図cで見られたような，ライン状の降雪域は，山脈風下の弱風域，および山脈と山脈の間の谷筋の強風域のどちらにも存在していることを指摘した。今回の降雪事例で，福島の1時間あたりの降雪量が多かった時間帯は，ライン状の降雪帯が吾妻山と栗子山の鞍部にあたる栗子峠付近から福島市方面にのび，これによって盆地の底部の福島まで降雪がもたらされていることが分かる（第4図）。そこで，寒気吹き出しに伴う西寄りの季節風が，福島市の風上に位置する南北に延びる栗子山から安達太良山，東西に延びる飯豊山地から吾妻山の山岳地形の影響を受け，どのような流れが卓越するかについて検討するため東西，南北成分のフルード数（それぞれ， $Fr(u)$ ， $Fr(v)$ と表記する）を算出した（川瀬・木村 2005；佐藤 2008）。

$$Fr(u) = \frac{u}{Nh}$$

$$Fr(v) = \frac{v}{Nh}$$

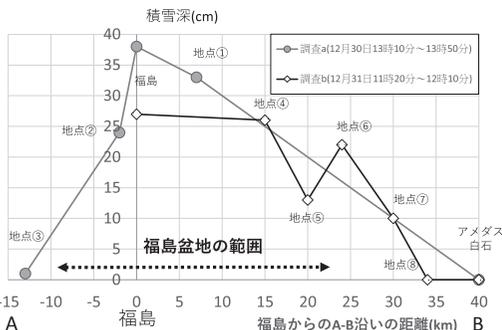
u は風速の東西成分（m/s）， v は風速の南北成分（m/s）， N はブラント・バイサラ振動数（1/s）， h は山の高さ（m）である。

この算出には，西寄りの季節風に対し，福島県中通り北部の上流にあたる輪島，秋田の高層気象観測データを使用し，佐藤（2008）を参考に，吾妻山の標高が2035mであることから， $h=2000m$ とし，風速の東西成分 u ，南北成分 v について高度2000mまで100mごとに線形内挿した値を使用した。また，ブラント・バイサラ振動数 N は，

$$N = \left(\frac{g}{\theta} \times \frac{d\theta}{dz} \right)^{\frac{1}{2}}$$

で与えられる。この温位 θ （K）は，風速の東西・南北成分同様，高度2000mまで100mごとに線形内挿した平均値を使用した。

第8図から，降雪期間内の東西成分のフルード数は秋田で1より大きい時間帯があるが，輪島では期間全体を通して1より小さかった。そのため，栗子山や吾妻山を越えるような流れより，栗子峠といった峠筋の狭窄地に集中するような流れが卓越することが分かっ



第6図 点線A-B沿いの各地点の積雪深グラフ。

た。また、フルード数の南北成分はいずれの時間帯も1より小さく、山塊を越えるような流れではない。そのため、東西に連なる飯豊山地（第2図）を越える流れは卓越せず、飯豊山地に沿うような西寄りの流れが卓越することが考えられる。XRAINデータの地域別合成雨量データから降水域の分布は、飯豊山地の北側から栗子峠周辺にかけて集中していることが見て取れる（第4図b）。これらは、フルード数から考察された卓越する流れ場と整合的な結果であった。

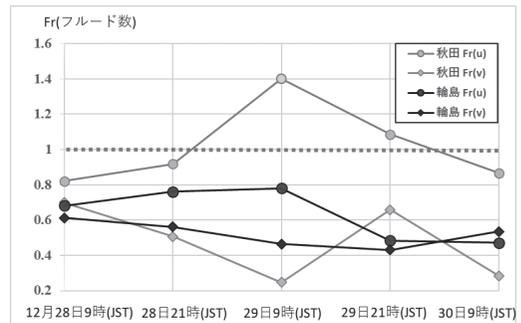


第7図 福島盆地周辺の積雪状況。
 (a) 地点①の写真（2018年12月30日13時10分撮影）
 (b) 地点③の写真（2018年12月30日13時40分撮影）
 (c) 地点⑧の写真（2018年12月31日12時10分撮影）

6. まとめ

2018年12月27日から30日にかけてみられた福島県中

通り北部の大雪事例について、福島盆地を含む南北の積雪深を調査した。今回の事例は、寒気吹き出しによって、福島では12月として1位となる積雪深を記録しながらも、今回の降雪以前は、平地に積雪がなかったことから、積雪深の測定と降雪量が概ね対応するという稀な事例であった。調査の結果、東西方向の積雪の把握はできなかったが、第6・7図より地点③（福島市松川付近）と地点⑧（宮城県白石市付近）は福島と同じ奥羽山脈風下に位置する平地にも関わらず、積雪がほとんどないことが分かった。すなわち、福島盆地周辺のみ南北約40kmの範囲内で積雪深が約40cm程度異なるという局所的・集中的な降雪現象が起っていたことが明らかとなった。また、これら局地的な降雪・積雪は、XRAINデータの地域別合成雨量データから、ライン状の降雪帯によってもたらされており、西よりの冬季季節風に対して、吾妻山・栗子山の峠筋の延長に位置していることが分かった。これは、ほとんどの時間帯で、一般風の東西・南北成分のフルード数が1より小さく、山を越える流れというよりも、栗子峠といった狭窄地に気流が集中する流れ場であったことと整合的である。つまり、本事例は季節風に伴って、降雪雲が鞍部を抜け、この降雪雲が福島盆地の一



第8図 秋田・輪島の高層観測データから算出したフルード数の東西成分 $Fr(u)$ と南北成分 $Fr(v)$ の時間変化。

部に集中的にかかり続けることによって、降雪の集中化がもたらされたと考えられる。

今回の事例解析の結果と気候区分的特徴を単純には比較できないが、福井（1966）は冬季の天気界が脊梁山脈より太平洋側に偏移する際、特に鞍部で張り出しが大きいと指摘している。本事例の降雪現象は、この福井（1966）の指摘と特徴が一致する。一方、谷・設楽（1970）は、山間地域の人々から最深積雪の聞き取り調査を行い、鞍部による吹き抜け地域よりは高海拔

の山塊の風蔭域、すなわち障害物の後方に生じる乱れの大きな領域（例えばウエーク域など）に多雪域が広がることを指摘している。これは、本事例とは異なり、渡邊（2018）が指摘するように、降雪雲が日本海側から単に峠筋のような鞍部を通過することにより降雪がもたらされるだけでなく、山岳風下に降雪帯が形成されるメカニズムがあるためであると推察される。そのため、寒気吹き出し時の脊梁山脈風下の降雪の局地化・集中化を理解するためには、フルード数を用いた流れ場のおおまかな診断だけでなく、山岳周辺の気流構造と降雪現象とを結びつけて理解する必要がある。これらの点についてより詳細な事例解析が望まれる。

謝 辞

本原稿作成にあたり、ご助言・ご支援いただきました福島地方気象台、仙台管区気象台の皆様にご礼申し上げます。また、執筆にあたりご助言・ご指導いただいた福島大学共生システム理工学群理工学類名誉教授渡邊 明様にここに記して感謝いたします。最後に、調査ノート投稿・改訂に有益なコメントを頂いた天気編集委員の皆様にご礼申し上げます。

地図は国土地理院の地理院タイル (<https://maps.gsi.go.jp/development/ichiran.html>) を使用させていただきました。また、海域部は海上保安庁海洋情報部の資料を使用して作成されたものを使用しました。利用した XRAIN データは国土交通省より提供されたものであり、データセットは、文部科学省の委託事業により開発・運用されているデータ統合解析システム (DIAS) の下で、収集・提供されたものです。高層観測データは、ワイオミング大学が Web 上で公開しているデータを使用しました (<http://weather.uwyo.edu/>)。また、地上天気図、アメダス、気象官署の積雪深は、気象庁ホームページ (<https://www.data.jma.go.jp/fcd/yoho/hibiten/index.html>) (<https://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php>) からダウンロードしたものを使用しました。(Web ページはいずれも2020.1.6閲覧)

参 考 文 献

- 藤吉康志, 藤田岳人, 武田喬男, 小尻利治, 寶 馨, 池田繁樹, 1996: 複雑山岳地形が風下の降雪分布に及ぼす効果—濃尾平野を例として—. 天気, 43, 391-408.
- 福井英一郎, 1966: 日本海岸・太平洋岸両気候界の再検討. 地理学評論, 39, 643-655.
- 川瀬宏明, 木村富士男, 2005: 冬の日本列島南海上に見られる筋状雲の出現特性. 地理学評論, 78-3, 147-159.
- 力石國男, 登城ゆかり, 2004: 秋田県横手盆地における降雪特性. 雪氷, 66, 567-580.
- 佐藤拓也, 2008: 宮城県における冬季筋状雲による降雪発生メカニズム. 東北大学大学院理学研究科地球物理学専攻修士論文, 62pp.
- 高須健嗣, 2015: 福島市の降雪事例に関する調査. 平成27年度気象学会東北支部気象研究会・仙台管区気象台東北地方調査研究会.
- 谷 文彦, 設楽 寛, 1970: 奥羽山脈中部東麓における積雪分布. 東北地理, 22, 1-5.
- 渡邊 明, 1995: 冬季モンスーンの気象構造. 東北の雪と生活, 10, 22-27.
- 渡邊 明, 2001: 内陸筋状雲の構造. 東北の雪と生活, 16, 65-68.
- 渡邊 明, 2016: 福島県北部に出現する地形性降雪雲の形成. 東北の雪と生活, 31, 3-7.
- 渡邊 明, 2018: 福島県北部に出現する線状降雪帯. 東北の雪と生活, 33, 33-38.