

新潟県とその周辺における降積雪量の1927～2005年の経年変化

—鉄道駅構内の露場で観測された降積雪量データを用いた解析—

鈴木 博 人*

要 旨

新潟県とその周辺地域において14の鉄道駅構内の露場で観測された降積雪量の資料を整理・解析することにより、1927～2005年における年降雪深、年最大積雪深、及び年最大日降雪深の経年変化を調べた。また、年降雪深及び年最大積雪深と気温及び降水量の関係を分析した。

降積雪量は、1927～2005年の期間では減少傾向にあるとともに、数10年スケールの変動がみられる。降積雪量は、1940年代半ばまで大きく、1940年代後半から1950年代まで小さい傾向にある。その後、再び1960年代から1980年代半ばまで大きく、1980年代後半以降は小さい傾向にある。

年降雪深と年最大積雪深は全ての箇所でも冬期平均気温と関係が深く、冬期平均気温の低い（高い）年は年降雪深と年最大積雪深は大きく（小さく）なる。また、冬期平均気温の平均値が高い（低い）箇所ほど、冬期平均気温が上昇した場合に年降雪深と年最大積雪深が減少する割合が大きい（小さい）。年降雪深と年最大積雪深はほとんどの箇所でも冬期降水量と関係があり、冬期降水量の多い（少ない）年は年降雪深と年最大積雪深は大きく（小さく）なる。また、冬期平均気温の平均値が低い（高い）箇所ほど、冬期降水量が増加した場合に年降雪深と年最大積雪深の増加量は大きい（小さい）。

1. はじめに

新潟県とその周辺地域、特に山間地域は世界でも有数の多雪地帯である。これらの地域は、積雪期間中に気温がプラスになることや降雨が観測されることのある温暖積雪地域に位置することから、気候変化に伴うわずかな気温の変化によって降積雪量が大きく変化することが予想される。20世紀は地球温暖化などに伴って気温が上昇したといわれており（IPCC (2001) や気象庁 (2001) など）、気温の変化が温暖積雪地域の降積雪現象にどのような影響を与えてきたかを明らかにすることは、気象学・気候学的に興味深いだけでなく、降積雪は生活環境、交通機関や水資源などの様々な分野に影響を及ぼすことから社会的にも重要なことである。

降積雪の深さを表す物理量には、年降雪深、年最大積雪深、及び年最大日降雪深などがある。これらの長期間の変化を調べるためには、観測資料の収集と整理が欠かせないが、これには膨大な時間と労力を必要とする。そのため、長期間の観測資料に基づいた降積雪量の変化に関する研究は余り多くは行われていないのが現状である。

このような中でも研究事例が多いのは、長期間の観測データを比較的入手しやすい年最大積雪深についての事例である。年最大積雪深の経年変化を半世紀以上にわたって調べた研究事例としては、秋田を対象にした伊藤 (1979) や新潟県を対象にした田村 (1988) などがある。田村 (1988) は新潟県の1889～1986年の年最大積雪深を調べて、1903～1986年の間に少雪期、多雪傾向と少雪傾向が周期的に繰り返す移行期、多雪期の繰り返しが2サイクルあったとしている。また、Nakamura and Shimizu (1996) は長岡（新潟県）における1905～1994年の年最大積雪深と冬期平均気温を調べて、これらには負の相関があるとしている。同様

* 東日本旅客鉄道株式会社 上信越工事事務所
（現所属：JR 東日本研究開発センター）
h-suzuki@jreast.co.jp

—2005年6月14日受領—

—2006年1月19日受理—

第1表 新潟県とその周辺地域についての鉄道の降積雪量の観測資料。

観測記録	記載内容	降積雪量の単位	期間(年)	出典等
冬期天候聴取表	新潟支社管内の観測箇所12～3月の毎日の午前と午後の降雪の深さ、積雪の深さ、気圧、最低・最高気温、風向・風速、天気。なお、必要に応じて10, 11, 4月の記録がある。	1 cm	1961-2005	新潟支社施設指令室が毎日の午前と午後保線区から報告を受けた観測値を記録した日毎の気象観測原簿。
日本国有鉄道 新潟支社施設部 (1963)	新潟支社管内の観測箇所の年降雪深、年最大積雪深と起日、年最大日降雪深と起日、初・終雪日、降雪日数、年最低気温と起日	1 cm	1945-1963	新潟支社施設部が保線区で観測したものをまとめたもの。
鉄道統計報告(全国版) 運輸省鉄道総局施設局 (1946) など	国鉄の主な観測箇所の年降雪深、年最大積雪深と起日、年最大日降雪深と起日、初・終雪日、降雪日数	5 cm	1946-1960	国鉄本社が各支社からの報告によりまとめたもので毎年発行。
鉄道統計報告(新潟支社版) 日本国有鉄道新潟支社 (1961) など	新潟支社管内の主な観測箇所の年降雪深、年最大積雪深と起日、年最大日降雪深と起日、初・終雪日、降雪日数、年最低気温と起日	5 cm または 1 cm	1961-1997	国鉄新潟支社が施設指令室や保線区の資料を基にまとめたもので毎年発行。
鉄道技術研究所防災研究室 (1984)	国鉄の主な観測箇所の年降雪深、年最大積雪深、年最大日降雪深	5 cm	1927-1982	鉄道統計報告を基にまとめたもの。日本国有鉄道施設局(1962)に1962～1982年を追加。

に、飯倉ほか(1997)は塩沢(新潟県)の1948～1997年の記録から、これらには負の相関があるとしている。一方、年降雪深の経年変化を調べた研究事例は、日本全国を対象にした気象庁(2001)や福島県を対象にした渡辺(2002)などがあるが、対象期間は半世紀以下である。気象庁(2001)は、東日本の日本海側の年降雪深は1954～1999年では1980年代半ばにかけて増加し、1980年代後半から1990年代前半にかけて急減し、その後はやや増加しているとしている。また、年最大日降雪深の長期間の変化を調べた事例は見当たらない。

ところで、鉄道では冬期の列車運行を確保することを目的に、降雪の深さ、積雪の深さ、気温、及び気圧などの気象観測を行ってきた。鉄道の降積雪量の観測記録の特徴は、1927年からの長期間の記録が残っていること、観測箇所が平野部から山間部まで分布していること、及び年最大積雪深だけでなく年降雪深や年最大日降雪深の記録があることである。

本研究では、新潟県、山形県、及び福島県において14の鉄道駅構内の露場で観測された降積雪量の資料を整理・解析することにより、この地域の1927～2005年における年降雪深、年最大積雪深、及び年最大日降雪深の経年変化を調べた。また、年降雪深及び年最大積雪深と気温及び降水量の関係を分析した。

2. 降積雪量データ

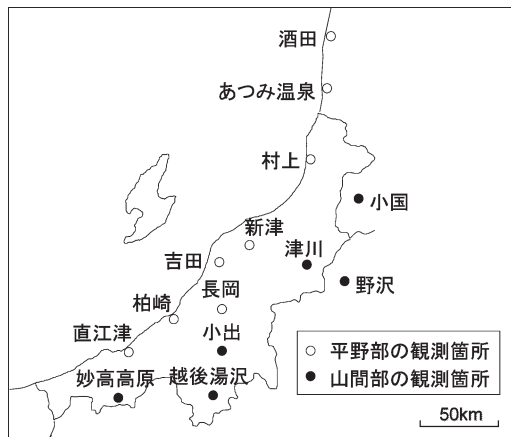
鉄道では、駅構内に設置された観測露場において、雪板による降雪の深さの観測と雪尺による積雪の深さの観測を1987年までは8:00と16:00、1988年からは8:30と17:00の1日2回行ってきた。本研究では、年降雪深は午前と午後観測された降雪の深さの年合計、年最大積雪深は午前観測された積雪の深さのうちの年最大値、年最大日降雪深は当日の午後と翌日の午前に観測された降雪の深さの合計の年最大値と定義する。なお、観測時刻の変更による降積雪量への影響はないものと考えた。また、降積雪量の当年の記録は前年から当年にかけての一冬期の観測記録とする。

新潟県、山形県、及び福島県において鉄道で観測した降積雪量に関する資料は第1表のように複数存在する。そこで、本研究の降積雪量は以下の資料を使用した。1927～1944年は鉄道技術研究所防災研究室(1984)を用いた。1945～1960年は、日本国有鉄道新潟支社(1963)を用いた。ただし、一部に鉄道統計報告(運輸省鉄道総局施設局、1946など)と値が異なる場合があり、その場合は隣接する観測箇所の値と比較して日本国有鉄道新潟支社(1963)に記載された値が誤りであると推測される場合は鉄道統計報告の値を用いた。また、1961～2005年は冬期天候調査表の観測値を集計し

第2表 解析の対象にする観測箇所，観測期間，降積雪量の平年値，位置，及び最寄の気象庁の観測箇所の観測値。

観測箇所 (駅名)	観測期間			降積雪量の平年値 (1951-1980年)			位置			最寄の気象庁の 観測箇所の観測値 (1981-2000年)			地域
	年降雪深	年最大 積雪深	年最大 日降雪深	年 降雪深 (cm)	年最大 積雪深 (cm)	年最大 日降雪 深 (cm)	緯度 (度)	経度 (度)	標高 (m)	観測 箇所	冬期 平均 気温 (°C)	冬期 降水量 (mm)	
直江津	1927-2005			372	107	55	37.172	138.244	3	大潟	3.6	777	平野部
柏崎	1927-2001			333	89	48	37.363	138.557	6	柏崎	3.5	792	
長岡	1927-2005			630	140	59	37.445	138.853	22	長岡	2.2	802	
新津	1927-1942, 1945-2001			282	65	38	37.799	139.121	5	新津	2.5	529	
吉田	1928-1942, 1945-2001			290	77	43	37.687	138.879	9	巻	2.7	486	
村上	1927-2005		1927-1942 1945-2005	259	64	34	38.221	139.464	6	村上	2.2	577	
あつみ温泉	1927-2001			154	36	22	38.626	139.589	11	鼠ヶ関	2.7	490	山間部
酒田	1927-1937, 1943-2005			198	40	24	38.923	139.846	4	酒田	2.6	476	
妙高高原*	1927-1987	1927-2005	1927-1999	1201	251	86	36.873	138.212	509	関山	0.9	804	
越後湯沢	1927-2005			1535	276	94	36.935	138.811	352	湯沢	0.4	767	
小出*	1927-2001	1927-2005	1927-2001	1239	245	80	37.233	138.954	93	小出	0.9	907	
津川*	1927-1942 1945-1996	1927-1942 1945-1996 2002-2005	1927-1942 1945-1996	660	158	60	37.688	139.447	56	津川	1.0	733	
野沢*	1927-1942 1946-2001	1927-1942 1946-2005	1927-1942 1946-2001	759	176	65	37.591	139.644	157	西会津	0.3	479	
小国*	1936-2001	1936-2005	1936-2001	1070	234	63	38.061	139.750	140	小国	0.5	931	

※観測箇所の*は、2002年から積雪深計で観測している箇所。ただし、妙高高原は2000年から積雪深計で観測。
 ※降積雪量は、前年から当年にかけての一冬期の観測記録である。
 ※冬期平均気温と冬期降水量は、前年の12月から当年の2月の平均気温と降水量である。

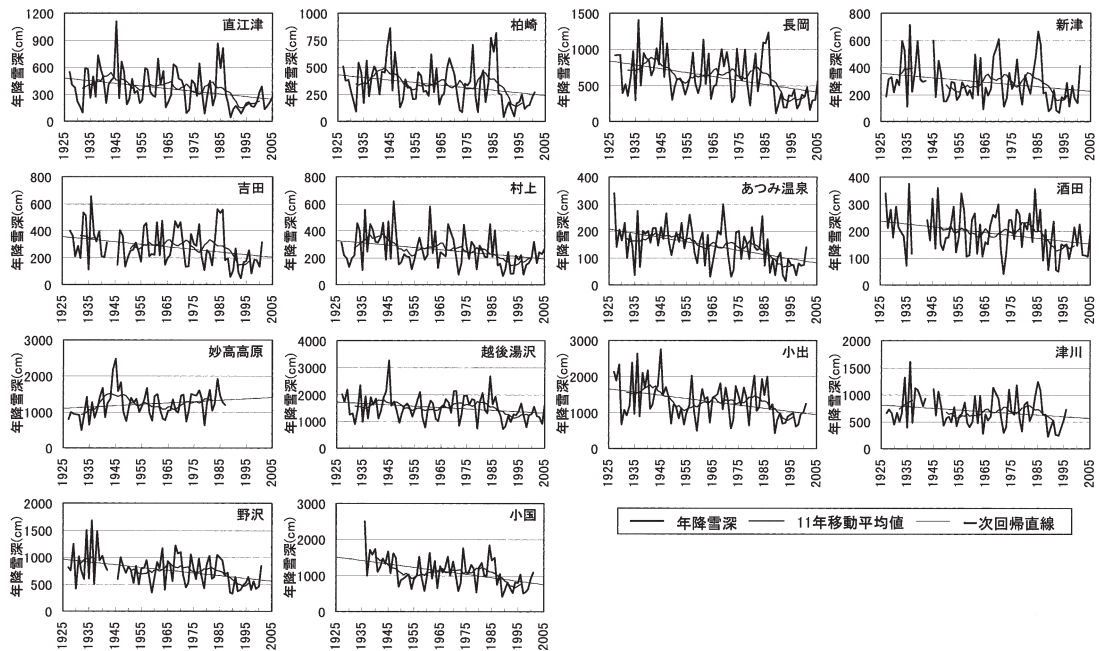


第1図 解析の対象にする観測箇所（駅名）。

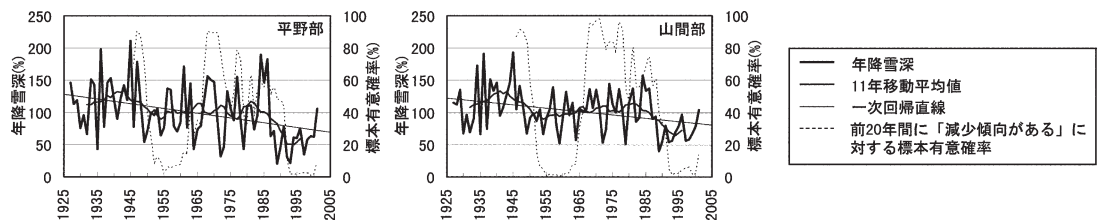
い年が一部にあり、その年は鉄道統計報告の値を用いた。なお、観測値の分解能は5cm単位(2捨3入あるいは7捨8入)の期間があること及び観測精度から、5cm単位とした。

解析の対象にする箇所は、1927～2005年の観測記録がほぼそろっている第2表と第1図に示す14駅とした。なお、観測開始が1927年以降の箇所、2005年以前に観測を中止した箇所、及び戦時中に欠測がある箇所が一部にある。第2表には、全ての箇所以降積雪量の記録がそろっている1951～1980年における降積雪量の平年値、各箇所の位置、及び各箇所の最寄の気象庁の観測箇所における1981～2000年の20年間の冬期(前年の12月から当年の2月)の平均気温と降水量を示した。なお、新潟県とその周辺地域では標高が高くなるのに従って、冬期平均気温は低下し、降積雪量は増加する傾向にある。また、対象箇所は第2表と第1図に示すように標高50m以下に位置する8箇所とそれ以上に位置する6箇所に区分し、それぞれの属する地域を平

て用いた。ただし、冬期天候調査表は鉄道統計報告(日本国有鉄道新潟支社、1961など)の初雪日や終雪日が11月や4月であるにも係わらず11月や4月の資料がな



第2図 各箇所の年降雪深の時系列, 11年移動平均値, 1927～2005年の観測値に基づく一次回帰直線。



第3図 地域別の1951～1980年の平年値で規格化した年降雪深の時系列, 11年移動平均値, 一次回帰直線, 及び Kendall 型のトレンドの検定手法による前20年間に「減少傾向がある」に対する標本有意確率。

野部と山間部とした。なお、冬期平均気温の平均値は平野部の箇所は2℃以上、山間部の箇所は1℃以下である。

3. 降積雪量の経年変化

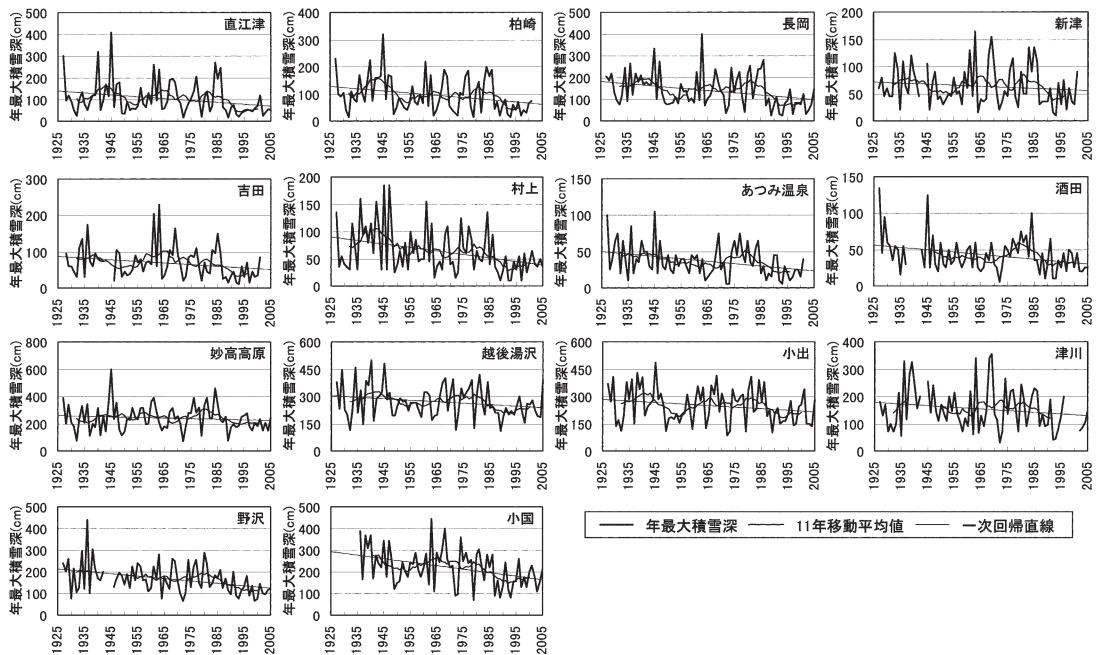
3.1 年降雪深

第2図は、各箇所の1927～2005年の年降雪深の時系列である。また、第3図は1927～2001年の各地域の年降雪深で、箇所毎に各年の年降雪深を1951～1980年の平年値で規格化した後に年毎に算術平均することで求めた。

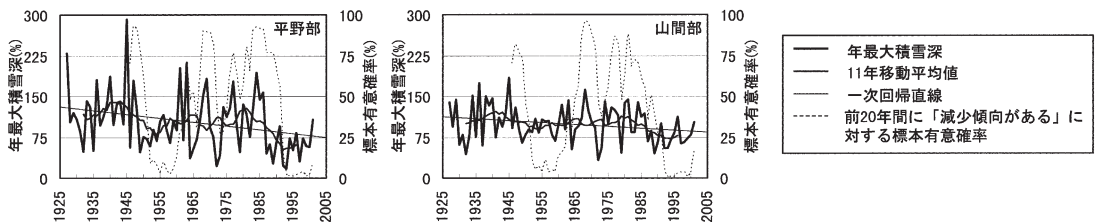
初めに、年降雪深の単調な傾向をみるために、年降雪深の一次回帰分析を行った。箇所別では、1927～2005

年の記録のある期間から求めた一次回帰直線の傾きは、1987年までの記録しかない妙高高原を除いて負である。また、地域別では平野部と山間部における1927～2001年の一次回帰直線の傾きはいずれも負である。

年降雪深の単調な傾向の有意性をみるために、トレンドの検定を行った。トレンドの検定には、ノンパラメトリック検定の一つで、時系列データのデータ間の差の符号の情報に基づいて傾向性を検定する Kendall 型のトレンドの検定手法を用いた(白旗(編), 1987など)。ここでは、対立仮説を年降雪深に「減少傾向がある」とすると、「減少傾向がある」に対する標本有意確率(下側確率)が5%より小さければ、「減少傾向がある」は有意水準5%で有意であり、帰無仮説である年



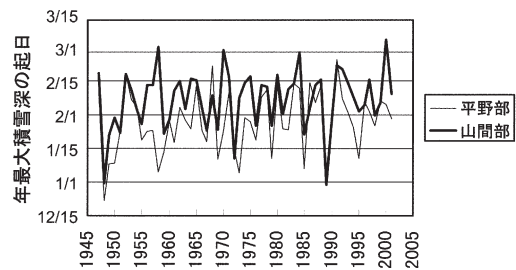
第4図 各箇所の年最大積雪深の時系列, 11年移動平均値, 1927～2005年の観測値に基づく一次回帰直線。



第5図 地域別の1951～1980年の平均値で規格化した年最大積雪深の時系列, 11年移動平均値, 一次回帰直線, 及びKendall型のトレンドの検定手法による前20年間に「減少傾向がある」に対する標本有意確率。

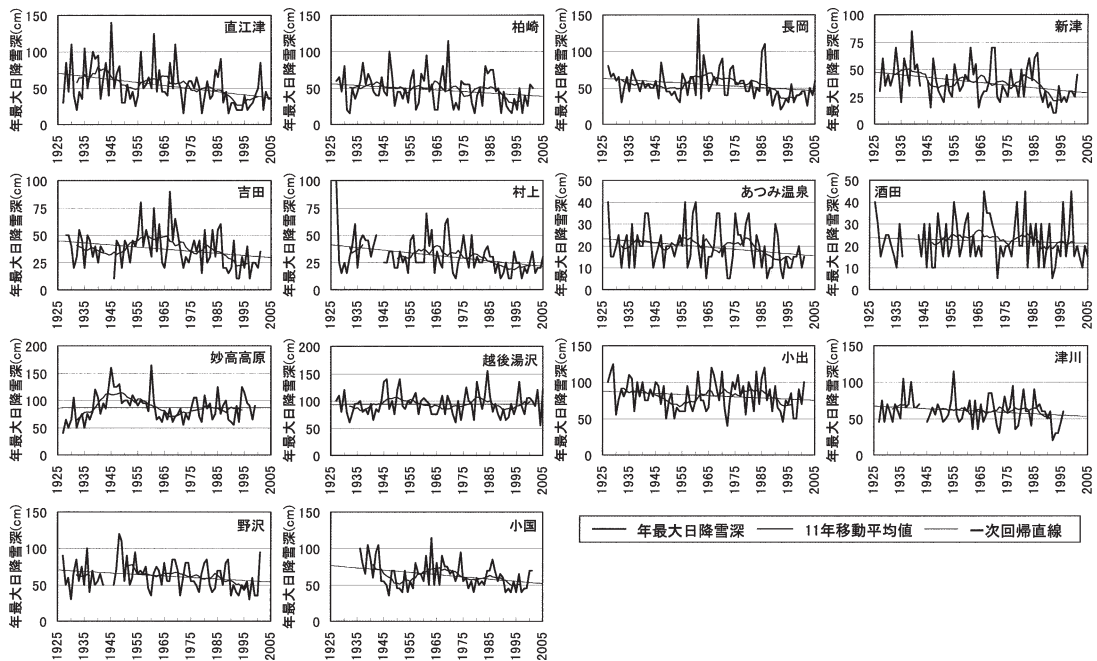
降雪深に「傾向がない」は棄却される。検定を行った結果、妙高高原を除いた箇所、及び平野部と山間部の年降雪深は「減少傾向がある」に対する標本有意確率が5%より小さく、減少傾向は有意水準5%で有意である。また、妙高高原は増加傾向が有意水準5%で有意である。

次に、年降雪深の11年移動平均値を求めて数年程度の変動を取り除くことで、1927～2005年における年降雪深の変動傾向を概観した。第2図と第3図の11年移動平均値から、年降雪深は一次回帰直線に対して1940年代半ばまでは大きい年が続いており、この時期は1927～2005年の間で年降雪深が最も大きい時期である。その後、1940年代後半から1950年代までは比較的

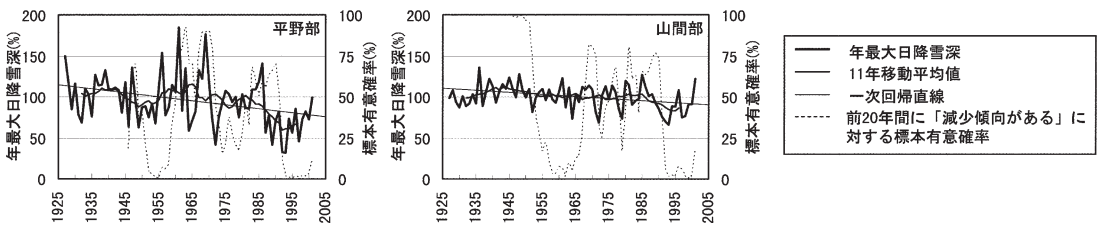


第6図 1947～2001年の年最大積雪深の起日の地域別の平均日。

小さく、1960年代から1980年代半ばまでは比較的大きい傾向にある。1980年代後半以降は小さい年が続いて



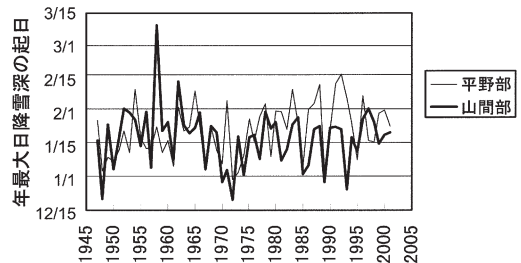
第7図 各箇所の年最大日降雪深の時系列, 11年移動平均値, 1927～2005年の観測値に基づく一次回帰直線。



第8図 地域別の1951～1980年の平年値で規格化した年最大日降雪深の時系列, 11年移動平均値, 一次回帰直線, 及び Kendall 型のトレンドの検定手法による前20年間に「減少傾向がある」に対する標本有意確率。

おり, この時期は年降雪深が最も小さい時期である。このように, 年降雪深には数10年スケールの変動がみられる。

また, 年降雪深の数10年スケールの変動にみられる増加及び減少傾向の有意性を検定するために, 1年毎に移動して20年間のトレンドの検定を行った。第3図には, 前20年間の年降雪深に「減少傾向がある」に対する標本有意確率を点線で示した。なお, 「増加傾向がある」に対する標本有意確率は第3図の右側の縦軸を反転させたものにはほぼ相当することから図示は省略した。地域別では, 平野部と山間部には1950年代半ばから1960年前半までを含む前20年間, 及び1990年代以降



第9図 1947～2001年の年最大日降雪深の起日の地域別の平均日。

を含む前20年間に減少傾向が有意水準5%で有意な場合がある。また, 山間部は1960年代後半から1970年代

後半までを含む前20年間に増加傾向が有意水準5%で有意な場合がある。箇所別では、標本有意確率の図示は省略するが、全ての箇所に1950年代半ばから1960年代半ばまでを含む前20年間、及び1990年代以降を含む前20年間に減少傾向が有意水準5%で有意な場合がある。また、一部の箇所に1940年代後半を含む前20年間、及び1960年代後半から1970年代後半を含む前20年間に増加傾向が有意水準5%で有意な場合がある。このように、年降雪深は1950年代後半にかけてと1990年代後半にかけての減少傾向が顕著である。

なお、年降雪深の変化傾向は東日本の日本海側の年降雪深の経年変化を調べた気象庁(2001)と対象期間が重なる期間ではほぼ一致する。

3.2 年最大積雪深

第4図と第5図には、第2図と第3図と同様に各箇所と各地域における年最大積雪深の時系列を示した。箇所別では、1927～2005年の記録のある期間から求めた年最大積雪深の一次回帰直線の傾きは全ての箇所で負である。また、地域別では1927～2001年の一次回帰直線の傾きはいずれも負である。トレンドの検定を行うと、新津、妙高高原、小出、津川を除いた10箇所、及び平野部と山間部で減少傾向は有意水準5%で有意である。

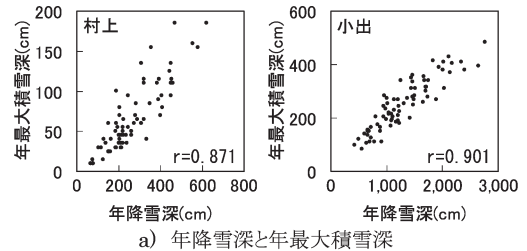
また、年最大積雪深にも数10年スケールの変動がみられる。年最大積雪深は、一次回帰直線に対して1940年代半ばまでは大きい年が続いており、この時期は1927～2005年の間で年最大積雪深が最も大きい時期である。その後、1940年代後半から1950年代までは比較的小さく、1960年代から1980年代半ばまでは比較的大きい傾向にある。1980年代後半以降は小さい年が続いており、この時期は年最大積雪深が最も小さい時期である。

なお、年最大積雪深が大きい時期と小さい時期は新潟県の年最大積雪深の経年変化を調べた田村(1988)と対象期間が重なる期間ではほぼ一致する。

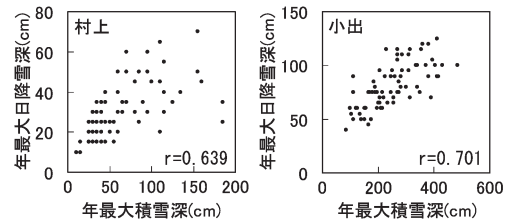
第6図は、1947～2001年の年最大積雪深の起日の地域別の平均日である。この期間の年最大積雪深の起日は、箇所別では11月下旬から3月下旬に分布するが、平均すると平野部は1月下旬、山間部は2月上旬である。

3.3 年最大日降雪深

第7図と第8図には、第2図と第3図と同様に各箇所と各地域における年最大日降雪深の時系列を示した。箇所別では、1927～2005年の記録のある期間から求めた年最大日降雪深の一次回帰直線の傾きは全ての



a) 年降雪深と年最大積雪深



b) 年最大積雪深と年最大日降雪深

第10図 村上と小出における各年の年降雪深、年最大積雪深、及び年最大日降雪深の関係。図中の r は相関係数。

箇所別で負である。また、地域別では1927～2001年の一次回帰直線の傾きはいずれも負である。トレンドの検定を行うと、酒田、妙高高原、越後湯沢、小出、津川を除く9箇所、及び平野部と山間部で減少傾向は有意水準5%で有意である。

また、年最大日降雪深にも数10年スケールの変動がみられるが、山間部はやや不明瞭である。年最大日降雪深は、一次回帰直線に対して1940年代半ばまではやや大きく、1940年代後半から1950年代まではやや小さい傾向にある。その後、1960年代から1980年代半ばまでは大きく、特に平野部で大きい傾向にある。この時期は、1927～2005年の間で年最大日降雪深が最も大きい時期である。1980年代後半以降は年最大日降雪深は小さく、この時期は年最大日降雪深が最も小さい時期である。

第9図は、1947～2001年の年最大日降雪深の起日の地域別の平均日である。この期間の年最大日降雪深の起日は、箇所別では11月下旬から3月下旬に分布するが、平均すると平野部は1月下旬、山間部は1月中旬である。

3.4 降積雪量間の関係

年降雪深、年最大積雪深、及び年最大日降雪深は、それぞれの大きい時期と小さい時期はほぼ一致し、またこれらは独立ではないことからそれぞれの間に相関があることは十分予想される。第10図は、村上と小出

第3表 新潟, 高田, 酒田(以上は気象庁), 及び十日町(森林総合研究所)の1981～2000年の冬期平均気温の平均值, 各年の冬期平均気温の間の相関係数(ゴシック体, 網掛け), 及び一次回帰直線の傾き(斜字).

	新潟	高田	酒田	十日町
冬期平均気温の平均值(°C)	3.6	3.2	2.6	1.3
新潟	—	0.966	0.974	0.917
高田	0.957	—	0.947	0.950
酒田	0.933	0.897	—	0.911
十日町	0.955	0.998	1.022	—

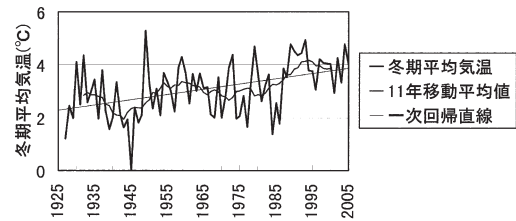
※統計期間は酒田は1938～2005年, その他は1927～2005年.

の各年の年降雪深と年最大積雪深, 及び年最大積雪深と年最大日降雪深の関係と相関係数である. なお, 他の箇所, 及び年降雪深と年最大日降雪深の関係の図示は省略した. また, 年最大日降雪深には分解能が5 cm であることの影響がみられる.

年降雪深と年最大積雪深の相関係数の最大と最小は小出の0.901と妙高高原の0.744であり, 全ての箇所ですべての相関が有意水準5%で有意である. このように, これらの間の相関は高いことから, 観測資料が比較的入手しやすい年最大積雪深から年降雪深の多寡の傾向を推定することができることが分かる. 年降雪深及び年最大積雪深と年最大日降雪深の相関係数の最大と最小はそれぞれ, 新潟の0.803と越後湯沢の0.395, 及び新潟の0.747と越後湯沢の0.457である. このように, これらの間の相関は年降雪深と年最大積雪深の相関に比べると低い.

4. 降積雪量と気温及び降水量の関係

新潟県とその周辺地域では, 降水が固体(雪, 霰, 霰)と液体(雨)になる割合が50%ずつになる気温は1°Cから3°C程度と分析されており(長谷美, 1991), この地域の冬期平均気温とほぼ同じである. また, 気温が高いほど, 降雪時の雪の密度が大きく, 積雪の圧密や融雪も進行しやすい傾向にある(高橋・中村, 1986など). そのため, 新潟県とその周辺地域では, 立地の冬期(前年の12月から当年の2月)の平均気温が, 年降雪深及び年最大積雪深と冬期の平均気温及び降水量の関係に大きな影響を及ぼしている可能性がある. そこで, これらの関係について分析した. なお, 年降雪深に占める12月から2月の日降雪深の合計の割合は



第11図 新潟(気象庁)の冬期平均気温の時系列, 11年移動平均値, 及び一次回帰直線.

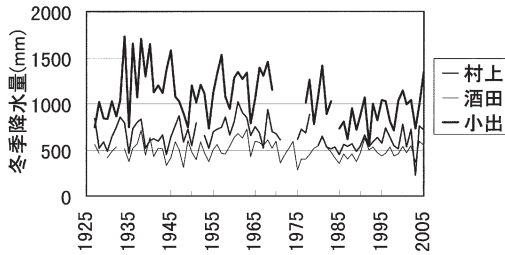
1961～2001年の平均で平野部は91%, 山間部は88%である. また, 年最大積雪深の起日は第6図のように1947～2001年の平均で平野部は1月下旬, 山間部は2月上旬である. なお, 気温と降水量のデータは新潟や高田などの気象官署は気象庁年報CD-ROM, 新津や小出などの地域気象観測所及び旧区内観測所はアメダス観測年報CD-ROMや気象庁(1976)など, 森林総合研究所の十日町は山野井ほか(2000)などを用いた.

4.1 年降雪深及び年最大積雪深と気温の関係

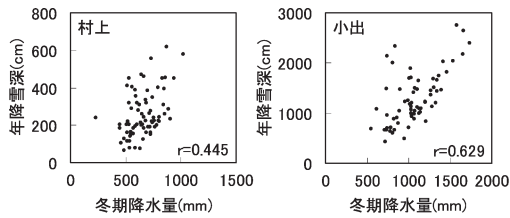
第3表は, 新潟県とその周辺地域で長期間の冬期平均気温を求めることのできる新潟, 高田, 酒田, 及び十日町の冬期平均気温の1981～2000年の平均值, 及び各年の冬期平均気温の間の相関係数と一次回帰直線の傾きである. 各箇所の冬期平均気温の平均值は異なるが, 冬期平均気温の間の相関は有意水準5%で有意であるとともに相関は非常に高い. また, 一次回帰直線の傾きは1に近い. これから, 新潟県とその周辺地域では冬期平均気温の平均值は異なるが, 年々変動はほとんど同じであると考えられる. そこで, 新潟県とその周辺地域の冬期平均気温の年々変動の代表値として, 新潟の冬期平均気温を用いることにした.

第11図は, 新潟の冬期平均気温の1927～2005年の時系列, 11年移動平均値, 及び一次回帰直線である. 冬期平均気温には, 数10年スケールの変動がみられるとともに, テレンドの検定から上昇傾向が有意水準5%で有意である.

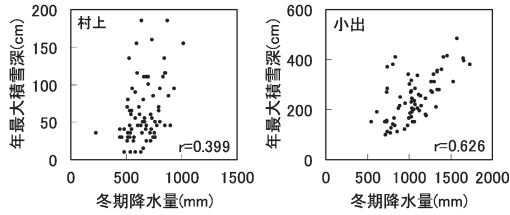
第12図は, 村上と小出の各年の年降雪深及び年最大積雪深とその年の新潟の冬期平均気温の関係である. なお, 他の箇所の図示は省略した. 年降雪深及び年最大積雪深と新潟の冬期平均気温の相関係数の絶対値の最大と最小はそれぞれ, 長岡の-0.842と野沢の-0.655, 及び柏崎の-0.734と新潟の-0.435であり, 全ての箇所ですべての相関が有意水準5%で有意である. よって, 年降雪深及び年最大積雪深は, 冬期平均気温



第15図 村上、酒田、及び小出の冬期降水量の時系列。



a) 年降雪深と冬期降水量

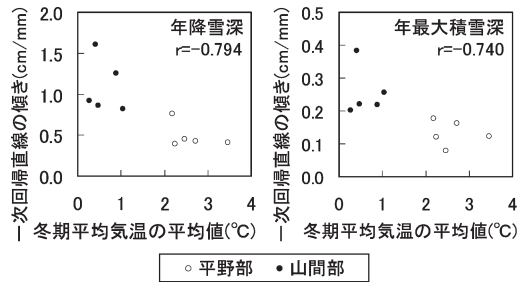


b) 年最大積雪深と冬期降水量

第16図 村上と小出における各年の年降雪深及び年最大積雪深とその年の冬期降水量（最寄の気象庁の観測箇所）の関係。図中の r は相関係数。

水量の記録がそろった年数が少ないことから解析の対象から除いた。また、横山ほか（2003）は降水量計の雪の捕捉損失から、冬期の降水量は多くの場合に補正する必要があるとしているが、本研究では冬期降水量の補正は行っていない。

第15図は、村上、酒田、及び小出の1927～2005年の冬期降水量の時系列である。なお、11年移動平均値と一次回帰直線の図示は省略するとともに、他の箇所の図示は省略した。1927～2005年の記録のある時期から求めた冬期降水量の一次回帰直線の傾きは全ての箇所で負であるが、トレンドの検定から減少傾向が有意水準5%で有意なのは、柏崎、長岡、新津、巻（吉田）、村上、小出、及び西会津（野沢）の8箇所である。また、冬期降水量には数10年スケールの変動がみられる。



第17図 各箇所における年降雪深及び年最大積雪深と冬期降水量（最寄の気象庁の観測箇所）の一次回帰直線の傾きと各箇所の冬期平均気温（最寄の気象庁の観測箇所）の1981～2000年の平均値の関係。図中の r は相関係数。

第16図は、村上と小出の各年の年降雪深及び年最大積雪深とその年の冬期降水量の関係である。なお、他の箇所の図示は省略した。年降雪深及び年最大積雪深と冬期降水量の相関係数の最大と最小はそれぞれ、小出の0.629とあつみ温泉の0.150、及び越後湯沢の0.773とあつみ温泉の0.059であり、いずれもあつみ温泉と酒田を除いて正の相関が有意水準5%で有意である。よって、年降雪深と年最大積雪深は、ほとんどの箇所で冬期降水量と関係があり、冬期降水量の多い年は大きく、冬期降水量の少ない年は小さくなる。なお、年降雪深及び年最大積雪深と冬期降水量との相関は冬期平均気温との相関に比べて弱く、年降雪深と年最大積雪深は冬期降水量よりも冬期平均気温との関係が深い。

年降雪深及び年最大積雪深と冬期降水量の一次回帰直線の傾きは、冬期降水量が1mm変化した場合の年降雪深と年最大積雪深の変化量である。第17図は、酒田とあつみ温泉を除いた箇所における年降雪深及び年最大積雪深と冬期降水量の一次回帰直線の傾きと各箇所の冬期平均気温の平均値の関係である。これらの一次回帰直線の傾きは、その箇所の冬期平均気温の1981～2000年の平均値と負の相関が有意水準5%で有意であり、冬期平均気温の平均値が低い箇所ほど正の値が大きい。よって、冬期平均気温の平均値が低い箇所ほど、冬期降水量が1mm変化した場合の年降雪深と年最大積雪深の変化量が大きく、冬期降水量が増加した場合にはこれらの増加量が大きい。つまり、冬期平均気温が低い箇所ほど、降水量が変化した場合には年降雪深と年最大積雪深に大きな影響を及ぼすことになる。

5. まとめ

本研究では、新潟県、山形県、及び福島県において14の鉄道駅構内の露場で観測された降積雪量の資料を整理・解析することにより、この地域の1927～2005年における年降雪深、年最大積雪深、及び年最大日降雪深の経年変化を調べた。また、年降雪深及び年最大積雪深と気温及び降水量の関係を分析した。その結果、下記のことが分かった。

①年降雪深、年最大積雪深、及び年最大日降雪深は数10年スケールの変動をしながら減少している。降積雪量は、1940年代半ばまで大きく、1940年代後半から1950年代まで小さい傾向にある。その後、再び1960年代から1980年代半ばまで大きく、1980年代後半以降は小さい傾向にある。

②年降雪深と年最大積雪深の相関は高く、観測値が比較的入手しやすい年最大積雪深が分かれば年降雪深の多寡の傾向を推定することができる。

③年降雪深及び年最大積雪深と冬期平均気温は負の相関が深く、冬期平均気温の低い(高い)年は年降雪深と年最大積雪深は大きく(小さく)なる。また、年降雪深は冬期平均気温との相関が年最大積雪深に比べて高いことから、年降雪深は年最大積雪深よりも冬期平均気温との関係が深い。

各箇所における規格化された年降雪深及び年最大積雪深と冬期平均気温の一次回帰直線の傾きは、その箇所の冬期平均気温の平均値と負の相関があり、年降雪深と年最大積雪深は冬期平均気温の平均値が高い(低い)箇所ほど負の値が大きい(小さい)。よって、冬期平均気温の平均値が高い(低い)箇所ほど、冬期平均気温が1℃変化した場合の年降雪深と年最大積雪深の変化率が大きく(小さく)、冬期平均気温の平均値が上昇した場合には年降雪深と年最大積雪深が減少する割合が大きい(小さい)。つまり、冬期平均気温が高い箇所ほど、気温が変化した場合には年降雪深と年最大積雪深に大きな影響を及ぼすことになる。

④年降雪深及び年最大積雪深と冬期降水量はほとんどの箇所で相関があり、冬期降水量の多い(少ない)年は年降雪深と年最大積雪深は大きく(小さく)なる。

各箇所における年降雪深及び年最大積雪深と冬期降水量の一次回帰直線の傾きは、その箇所の冬期平均気温の平均値と負の相関が有意水準5%で有意であり、冬期平均気温の平均値が低い(高い)箇所ほど正の値が大きい(小さい)。よって、冬期平均気温の平均値が低い(高い)箇所ほど、冬期降水量が変化した場合の

年降雪深と年最大積雪深の変化量が大きく(小さく)、冬期降水量が増加した場合には年降雪深と年最大積雪深の増加量は大きい(小さい)。つまり、冬期平均気温が低い箇所ほど、降水量が変化した場合には年降雪深と年最大積雪深に大きな影響を及ぼすことになる。

謝辞

本研究で用いた降積雪量データは鉄道で観測・保存していたものであり、降積雪量の観測及びデータの保存に従事された鉄道保線従事員及び鉄道技術研究所の方々に心より感謝致します。また、貴重なデータを快く貸し出して頂いた東日本旅客鉄道株式会社新潟支社保線課の島田藤男施設指令長に感謝申し上げます。本論文をまとめるにあたりまして有益なご助言を頂きました新潟大学の河島克久助教授と東京学芸大学の高橋日出男助教授に篤くお礼を申し上げるとともに、貴重なご意見を頂きました査読者2名と担当編集委員の方々に深く感謝申し上げます。なお、本研究で用いた気温と降水量のデータは気象庁と森林総合研究所から提供を受けました。

参考文献

- 長谷美達雄, 1991: 冬季降水における降雪の発生割合と地上気温の関係 (1) - 発生割合の地域性と雨雪判別の的中率について -, 雪氷, 53, 33-43.
- 飯倉茂弘, 遠藤 徹, 河島克久, 藤井俊茂, 今井俊昭, 1997: 塩沢における50年間の気象観測 (その1) 積雪深と冬季の気温, 1997年度日本雪氷学会全国大会講演予講集, 60.
- IPCC, 2001: Climate change 2001: The scientific basis, Contribution of Working Group I to the third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Houghton, J. T. *et al.* (eds.)]. Cambridge University Press, 881pp.
- 伊藤 駿, 1979: 秋田市における積雪極値の時系列変動解析, 雪氷, 41, 37-45.
- 気象庁, 1976: 観測所気象年報昭和50年, 247pp.
- 気象庁, 2001: 20世紀の日本の気候, 財務省印刷局, 116pp.
- Nakamura, T. and M. Shimizu, 1996: Variation of snow, winter precipitation and winter air temperature during the last century at Nagaoka, Japan, Journal of Glaciology, 42, 136-140.
- 日本国有鉄道新潟支社, 1961: 昭和35年度鉄道統計年報(鉄道編), 281pp.
- 日本国有鉄道新潟支社施設部, 1963: 降積雪量調査雪害

- 対策調査委員会昭和19年度～昭和37年度, 78pp.
- 日本国有鉄道施設局, 1962: 国鉄線の雪量統計昭和元年度から昭和35年度まで, 55pp.
- 白旗慎吾(編), 1987: パソコン統計解析ハンドブックIV ノンパラメトリック編, 共立出版, 406pp.
- 高橋 博, 中村 勉, 1986: 雪氷防災—明るい雪国を創るために—, 白亜書房, 478pp.
- 田村伸夫, 1988: 新潟県の最深積雪について, 日本雪工学会誌, 4, 3-24.
- 鉄道技術研究所防災研究室, 1984: 多雪線区の確率雪量(2), 鉄道技術研究所速報, A-84-126, 163pp.
- 渡辺 明, 2002: 福島県内の降水量, 降雪量変動の異常性について, 東北地域災害科学研究, 38, 173-178.
- 運輸省鉄道総局施設局, 1946: 昭和20年度施設統計, 294pp.
- 山野井克己, 遠藤八十一, 小南裕志, 庭野昭二, 大関義男, 2000: 新潟県十日町市の気象80年報1918～1997年(大正7年～平成9年), 森林総研研報, 377, 99pp.
- 横山宏太郎, 大野宏之, 小南靖弘, 井上 聡, 川方俊和, 2003: 冬期における降水量計の捕捉特性, 雪氷, 65(3), 303-316.

Long-term Changes in Snowfall Depth and Snowcover Depth in and around Niigata Prefecture from 1927 to 2005 : Analysis Using Data Observed at Railway Stations

Hiroto SUZUKI*

* *Research and Development Center of JR East Group, East Japan Railway Company,
2-0 Nisshin-cho, Kita-ku, Saitama, Saitama 331-8513, Japan.*

(Received 14 June 2005 ; Accepted 19 January 2006)

Abstract

The objective of this study is to clarify the long-term changes in snowfall depth and snowcover depth and the dependences of snowfall depth and snowcover depth on temperature and precipitation in Niigata, Yamagata, and Fukushima prefecture, and these were analyzed by using data observed at 14 railway stations from 1927 to 2005.

Annual snowfall depth, annual maximum snowcover depth, and annual maximum daily snowfall depth have a decreasing trend from 1927 to 2005. These also have decadal cyclic variations, and there were high before the middle 1940's, low from the late 1940's to the 1950's, high from the 1960's to the middle 1980's, and low after the late 1980's.

Annual snowfall depth and annual maximum snowcover depth show negative correlation with the winter (from December to February) mean temperature at all stations. Furthermore, in case of the winter mean temperature rising, the higher the winter mean temperature of the site, the larger the decreasing rates of annual snowfall depth and annual maximum snowcover depth become. Annual snowfall depth and annual maximum snowcover depth show positive correlation with the winter precipitation at most of the stations. Furthermore, in case of the winter precipitation increasing, the lower the winter mean temperature of the site, the larger the increase of annual snowfall depth and annual maximum snowcover depth become.