

豪雪地帯の積雪深の同時観測及び 秋田市の降雪強度

伊藤 駿・金澤 徳雄

Simultaneous Snow Survey in Heavy Snowfall Regions and Observations of Snowfall Intensity

TAKESHI ITO and NORIO KANAZAWA

This paper describes the following new observations on snowcover depth and snowfall intensity by a newly developed apparatus.

- (1) Snow survey maps in heavy snow regions in Akita-ken, north-western Honshu island of Japan during the two years of 1983 and 1984 by a simultaneous survey method.
- (2) Relationship between snowfall intensity and snowcover in Akita-shi.

From data analysis, several tentative equations with respect to snowfall intensity are conducted and regional characteristics on distribution of snowcover depth are discussed.

1. まえがき

1983年2月28日と1984年2月28日に、秋田県の県南豪雪都市（大曲、横手、湯沢）における積雪深の同時観測を行なった。観測は三市合わせて105地点である。兩年共、同一地点で同一時間帯で行なわれた。1983年は暖冬であったが1984年は翻って寒冬となった。これによって得られた観測値は寒暖兩年の特徴的積雪マップとして作製された。1984年の場合は10年ぶりの大雪を記録したので、兩年の積雪深は今後、暖冬年と寒冬年の典型的な積雪マップとして除排雪対策等に有効に利用できるものと考えられる。

また秋田市において、秋田地方気象台、日本気象協会秋田支部の協力を得て降雪強度を観測した。降雨強度



図1 積雪深の同時観測領域

の観測については古くから行なわれているが降雪に関するものは北陸地方などで数例あるにすぎない。今回のこれら観測は秋田県では初めての試みなのでここに紹介する。また積雪の広域的な同時観測も類例がなく、豪雪地帯の積雪分布を知る上で貴重な資料であるので以下にその分析結果の概要を報告する。

2. 豪雪地帯の積雪深の同時観測

秋田県の豪雪地帯で1983年と1984年の2ヶ年にわたって積雪深を測定した。観測地点は仙北土木事務所によって大曲周辺が43地点、平鹿土木事務所によって横手周辺が31地点、雄勝土木事務所によって湯沢周辺が31地点、合計105地点である。これらの都市は雄物川中・上流域に位置し、平年積雪でも1mを越す豪雪都市である。しかもここは秋田県の穀倉地帯に属し、秋田県と山形、宮城、岩手の各県を結ぶ陸の要衝で

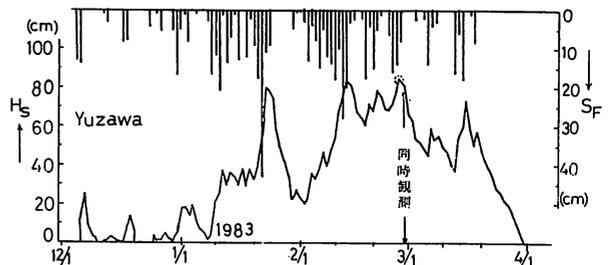


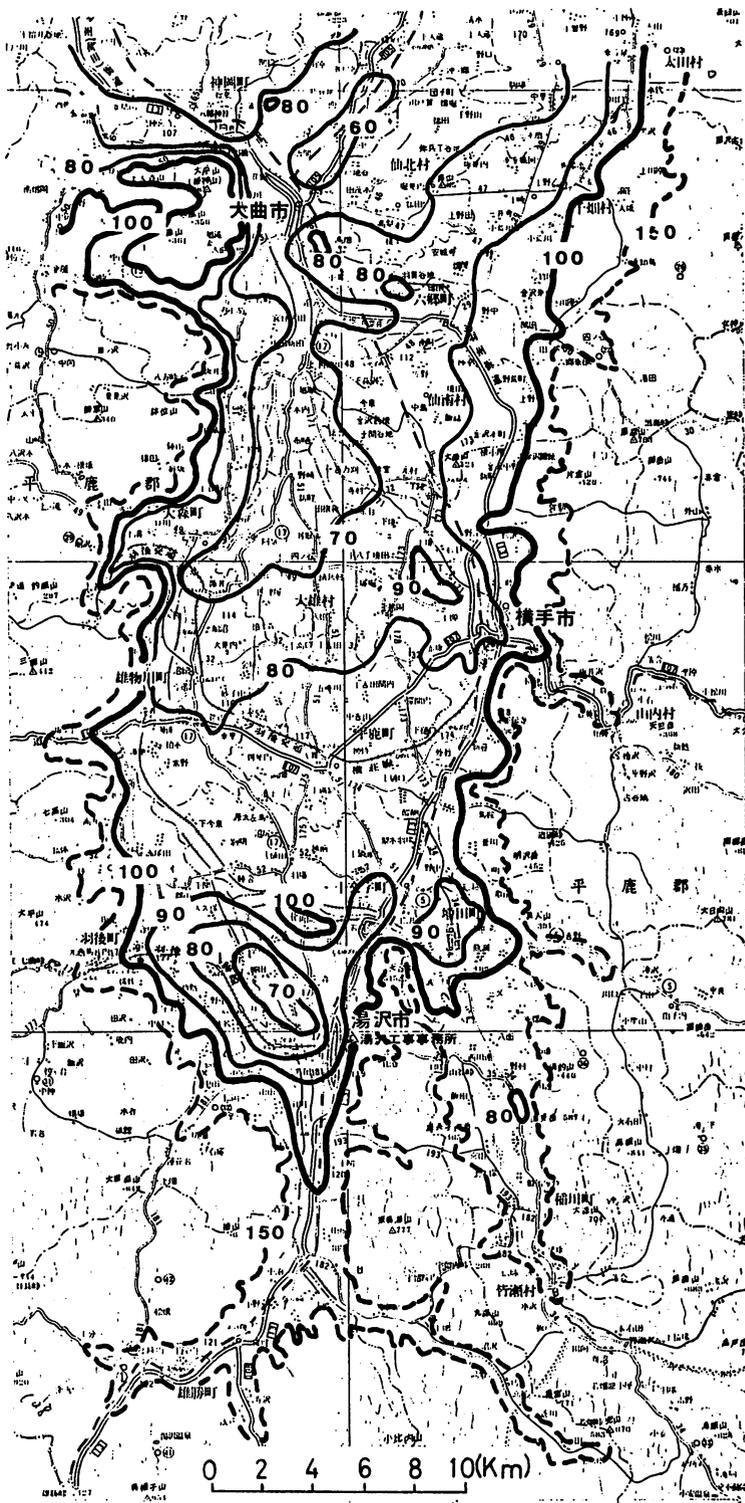
図2 湯沢における1982～1983年の積雪深(Hs)降雪深(S_F)の日変化(気象台資料による)

豪雪地帯の積雪深の同時観測及び秋田市の降雪強度

あり、将来の発展に期待の大きい所である。しかし、雪による中央との生活格差が著しく、このため克雪技術や定住化のための施策や情報に対しては強い関心が払われてきた。しかし降積雪の資料は未だ整理されておらず、降積雪の地域特性に関する詳細な分析は全くないと言ってよい。本研究では、まず積雪深に関してはどこにどの位の雪が積るかの基本的情報を得ることが急務であるとの観点より、積雪マップ作りを行なった。観測月日は兩年とも2月28日である。

図-1は観測領域を示す。観測地点は国道13号線沿いとその周辺に属する。このうち1983年(暖冬年)の雪況について湯沢市の事例を図-2に示す。この図の H_s は9時の日積雪深、 S_F は9時~9時の24時間降雪深を示している。同時観測は図にみられるように、2月27日のシーズン中の最大積雪深が記録された翌日であることから、積雪傾向を知る上で時宜を得たものと考えられる。この日各市街地の積雪深は大曲で60~80(70)cm、横手で75~100(77)cm、湯沢で70~90(81)cmの範囲にあった。()内は気象月報による9時積雪深を示す。105地点の観測値を地図に落とし等深線を描くと図-3のようである。

まずこの図の特徴を述べると、第一にこれは豪雪地帯の暖冬少雪年の分布形態であること、第二は多雪都市をつなぐ国道13号線(奥州街道)沿いの積雪深の連続的分布を示していることである。さらに各都市における積雪分布の特



□
図3 1983年2月28日の大曲、横手、湯沢周辺の積雪深

徴を挙げると、例えば大曲の西方に 300 m 級の山が幾つか団塊状に並んでいる。このため北西から入る風が迂回し、淀んだところで雪が多く、風の通り抜ける市の北東部に少な目の領域が形成されていた。また横手の場合は、北西側にやや多く、また市の東側にも 1 m ラインが迫っている。一方、湯沢の場合、市の北西側柳田橋付近は開平度が大きいため少雪域があるが、これを取り囲んでリング状に次第に増えている。このように同一市内でもどこで多いか少ないかが明らかにされた他、これら都市間を埋める地域の積雪深もつかめるようになってきた。

これに対し 1984 年は厳しい寒さとなった。その雪況の事例を挙げると図-4 の如くである。図には上に大曲、下に湯沢の場合を示している。積雪深はいずれの地点も累年平均値（大曲 113cm, 湯沢 129cm）を上回っている。1984 年の場合は、大方の地点で 10 年ぶりの大雪となり、特に太平洋側では記録的な降雪と低温に見舞われ、交通機関の障害はもとより、各種の雪害が発生した。シーズン中の最大積雪深は図示のようにいずれの地点も 3 月上旬に現われたが、2 月 28 日の同時観測とは 10cm 程度の相違があった。即ち当日の観測値は大曲で 110~160 (138)cm, 横手で 120~170 (150)cm, 湯沢で 138~240 (138)cm である。これは昨年より 100~150cm 以上も多い値である。()内は前記同様気象月報による 9 時積雪深である。雪の降り方を比較すると、1983 年の湯沢は暖冬とは言え 43cm の降雪深が一度記録された。20cm を越す降雪が発生したのはこれを含めわずか 2 回であった。これに対し、1984 年は著しい変化はないが、かなり定常的に寒波が襲来し、20cm を越すものが 8 回を数えた。しかし 30cm を越すものは一度も発生していない。このように暖冬年と寒冬年では降り方にも差異がみられ寒波の持続性や強さが積雪深に強い影響を与えている。このことは大曲においても同様に起っている。昨シーズンは 20cm を越す降雪が 2 回、今シーズンは 6 回を数え今シーズンは降雪現象に著しいムラがなかった。大曲は湯沢より平均積雪は小さいが、降雪量が定常的に多かったため湯沢を上回る最大積雪深 (153cm) を記録した。今シーズンはこのような違いはあったが両者の最大積雪深の地点相関は極めて良好で 90 年間の資料によると 81% の高精度である。こうした関係はシーズン中の日積雪深変化の上にも現われている。図-4 によると全体的に積雪パターンが同じであること、積雪ピークにも余りズレがないことがわかる。同時観測はいずれも 1 m 以上の積雪深であったため、雪堀り作業は困難を極め、尋常ひ

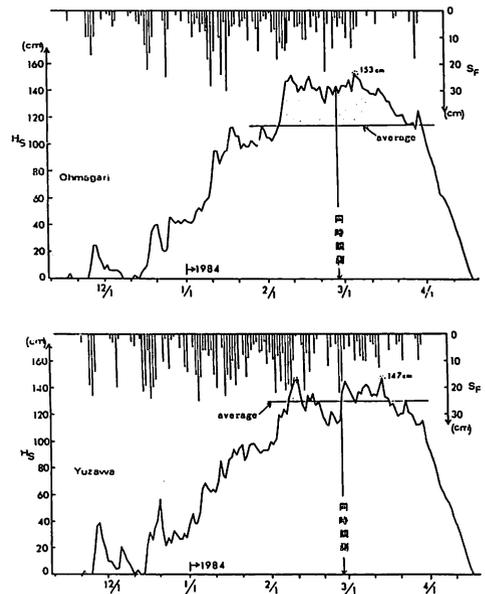


図4 大曲(上)と湯沢(下)における 1983~1984 年の積雪深と降雪深の日変化

とかならぬ労苦を強いられた。しかも 105 地点という多地点の観測値であることを考慮すれば、こうした資料は容易には得難いものと思われる。

図-5 はこのような寒冬の積雪マップを示している。まずこの図と前年の場合を比較すると、1983 年では 1 m 以上の所はないが 1984 年では 1 m 以下の所は見当らない。また両年に積雪深の大小はあるが、分布の傾向は大体似ていることが挙げられる。例えば横手の場合、市の北西部に多雪域が再び形成された。さらにその北西部後三年駅付近はやや少雪となっていること、市の東側には多雪域 (2 m ライン) が複雑に屈曲して迫っている。また湯沢の場合、市の北西部の柳田橋付近は今冬も他よりやや少な目の雪となったこと、その北側にやや多く積もる領域が形成されていた。一方、大曲付近はやや複雑な様相を呈している。即ち角間崎付近に多雪域が存在するが、大曲一六郷に至る区間で積雪深に変化が大きいこと、市の北東~南東の一部に少雪域がみられた。こうした積雪深のうち、大曲~湯沢間の国道 13 号線西域の仙南村、大雄村、平鹿町、十文字町の観測値が得られていないのでこの付近は推定の域を出ないが、地形に起伏がなく低平で開放度の高い広大な水田地帯であることから、積雪深に差程変化はないと考えられる。全体に 150cm の積雪は、標高が 50~150 m

豪雪地帯の積雪深の同時観測及び秋田市の降雪強度

以内のコンターに沿うこと、200cmの積雪深は200mのコンターに沿って分布する傾向がみられた。このような積雪深の分布域は南北に舌端状に延びている。これはこの地区が盆地を形成しているためである。即ち、この盆地の縁部は積雪深が200cmを構成し、千畑村、六郷町、増田町、稲川町、雄勝町、羽後町、雄物川町、大森町等の豪雪地帯がリング状に立地し、13号線がこの中を南北に縫うように走っている。従って13号線と連結するいわば東西肋骨路線の除排雪整備が当該地区における大きな課題となっている。こうした除排雪に対する投資は毎年莫大な額に達するが、住民の住家周辺排雪の個人負担も大きく、1984年は平均30万円程度とも見積もられている。こういう土地では平均積雪深で150~200cmまでは生活機能が一応維持されているが、特に200cm以上の山間部になると除排雪車はほとんど入れず、一たびドカ雪が来ると孤立化し全く機能を失うので集落はわずか点在するに過ぎない。ここで描いた観測結果は、当該地区の大雪の基礎周期が6年、9年、11年と分析されていることから、そのような年数でもたらされる積雪深の目安となる分布図と言える。特に両年の積雪深は、寒暖の性格がかなり反映された積雪マップなので、この種の資料は多雪都市はもとより、雪国ならば、雪処理対策や産業計画立案にとっても欠かせない基本的資料である。今後、寒暖両年の特徴的積雪マップとして当該地区に有効に利用できる

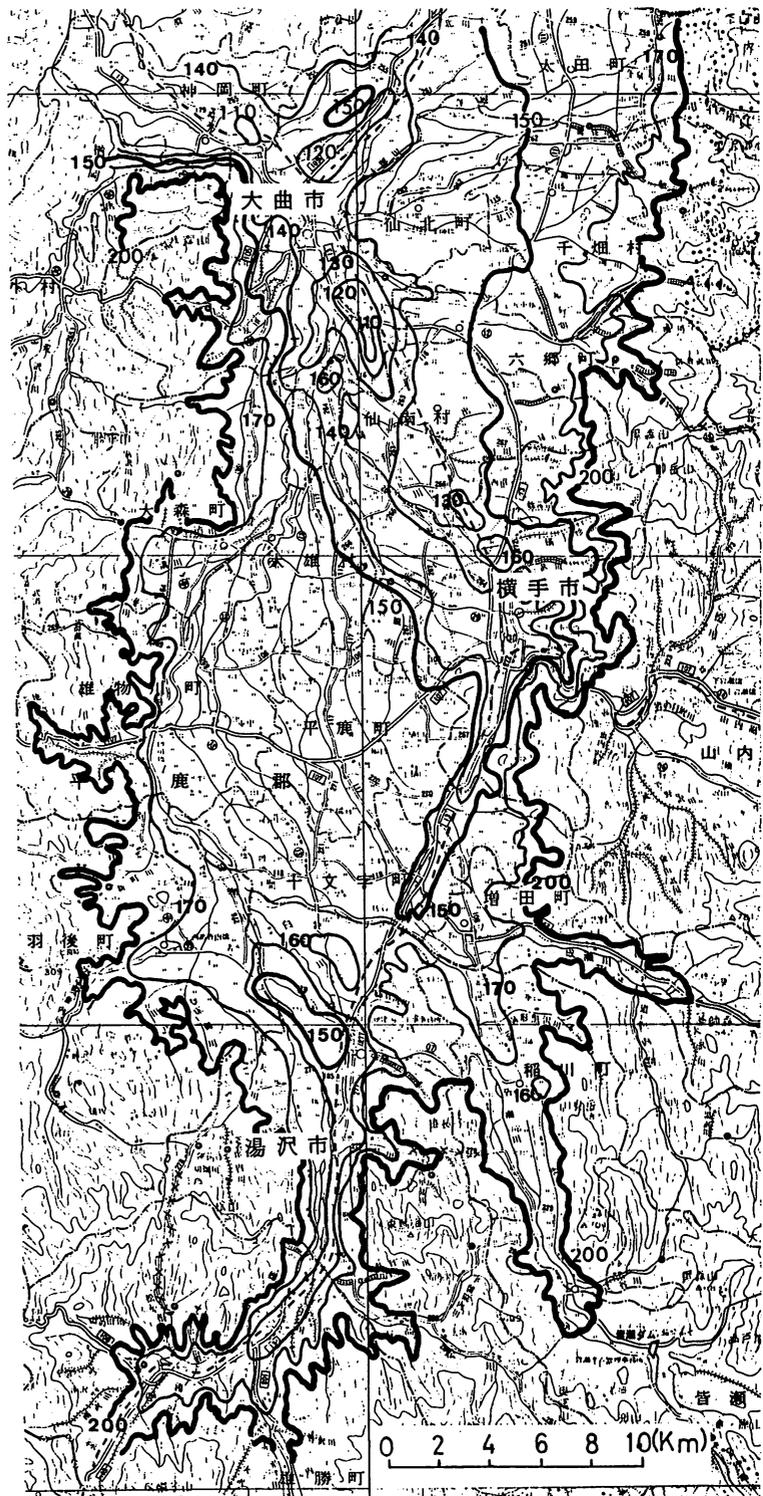


図5 1984年2月28日の大曲、横手、湯沢周辺の積雪深

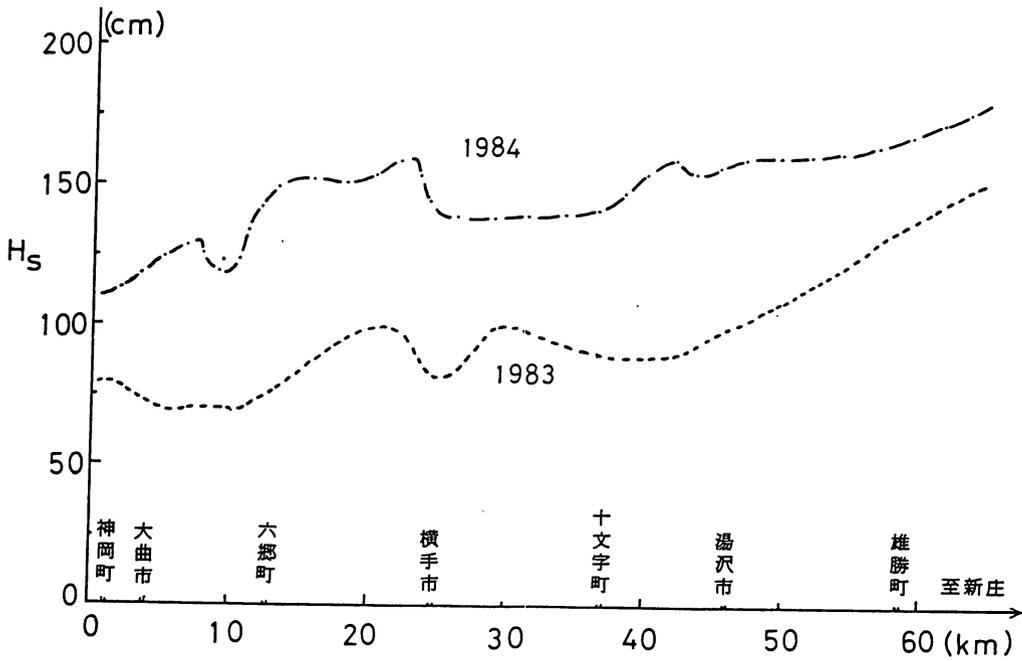


図6 国道13号線沿いの積雪深(2ヶ年の比較)

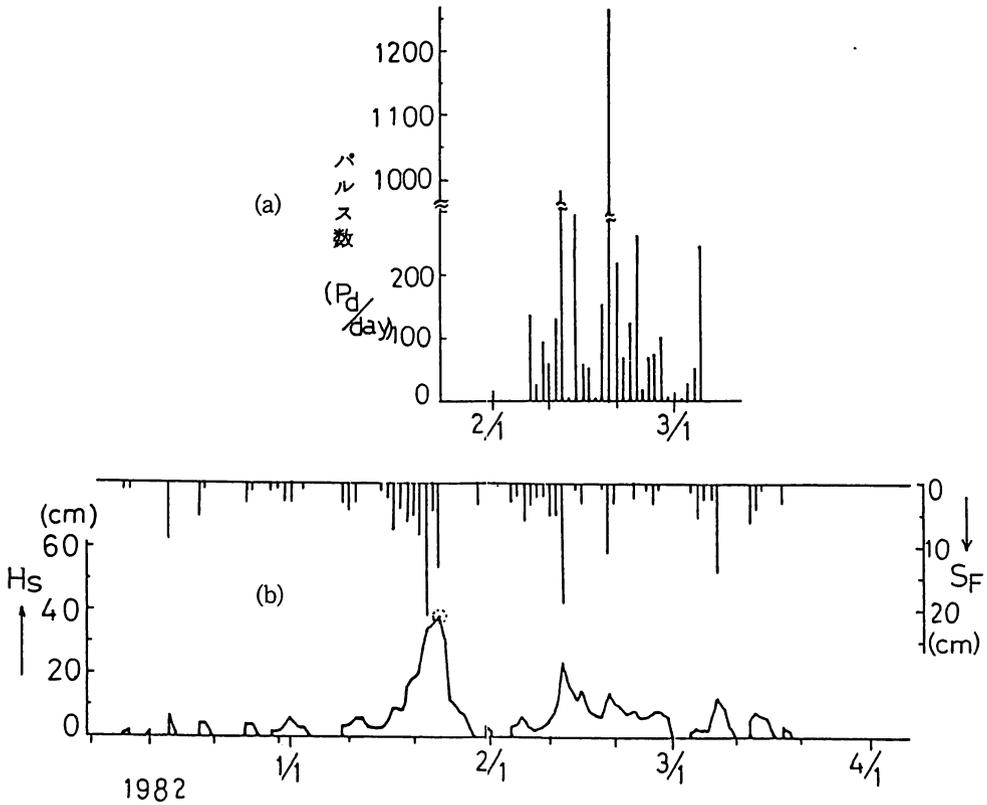


図7 (a)秋田高専における降雪強度と(b)1983年度の秋田市の降積雪深の日変化

豪雪地帯の積雪深の同時観測及び秋田市の降雪強度

ものと考えられる。

なお2ヶ年の観測分布図より、国道13号線沿いの積雪深の変化を調べてみると図-6のようである。これは大曲市の北、神岡町(神宮寺)を起点に湯沢市の南、雄勝町までの追跡結果である。図をみると明らかにいずれの地区でも1984年が1983年を上回っているが両者になんかなり併行性のあることも認められる。しかし1984年では六郷町～横手間、十文字町～湯沢市の間で格差の大きいところも出現した。兩年共、山形県境の雄勝峠に向うにつれ標高による積雪増加率の増大がみられる。特に1984年の観測結果の全般的な特徴としては、積雪深は線的にも面的にも変動幅が大きいことが挙げられる。その一例として大曲市～横手市間の積雪深に図示のような屈曲がみられ、また十文字町～湯沢市の間でも兩年でやや変化がみられた。また横手市の市街地ではいずれもその北部は南部より少な目になっており、大曲市から横手市に入る手前にやや積雪深の大きい所が形成されていたことがわかる。

3. 降雪強度の観測

降って来る雪の量の強さを表わす方法は色々考えられる。ここでは新しく開発された降雪検知器(PC-01, 坂田電機(株)製)による測定結果を述べることにする。この降雪検知器は、電子ビームを発信してそれに照射された降雪片のパルス数を蓄積し、単位時間内にそれを自動記録させる装置であるので昼夜を問わず連続測定が可能である。従ってパルス数で降雪量を推定する。気象台では積雪板上で6～12時間に1cm以上の積雪が積っていないと無降雪状態として取り扱われる。これに対し、この装置では少量でも5分刻みの降雪状態が把握できる。

図-7(a)は1983年の秋田高専における観測事例を示す。この年は暖冬年であったため、降雪強度の記録は1ヶ月程度に留めたが、2月の中・下旬に強い降雪をとらえることができた。降雪量は図-7(b)に示す秋田地方気象台のデータに照合している。こうした降雪状況をパルス数(P_d)と降雪量(S_F)の対応関係で示してみると、2月8日～3月5日の間の関係は次式

$$S_F(\text{cm}) = 1.209 \times 10^{-2} + 1.696 \times 10^{-2} (P_d) \quad (1)$$

のようになった(相関係数r_s=0.807)。この関係から降雪量1cmを記録するのに58のパルスが生じていることになる(予測精度81%)。これをドカ雪(20cm

昭和60年2月

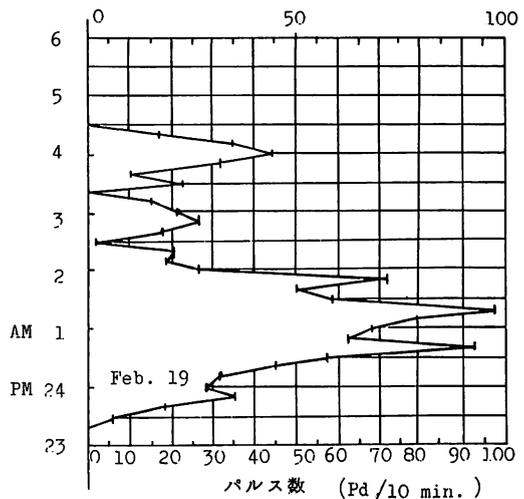


図8 1983.2.19の降雪検知器による記録

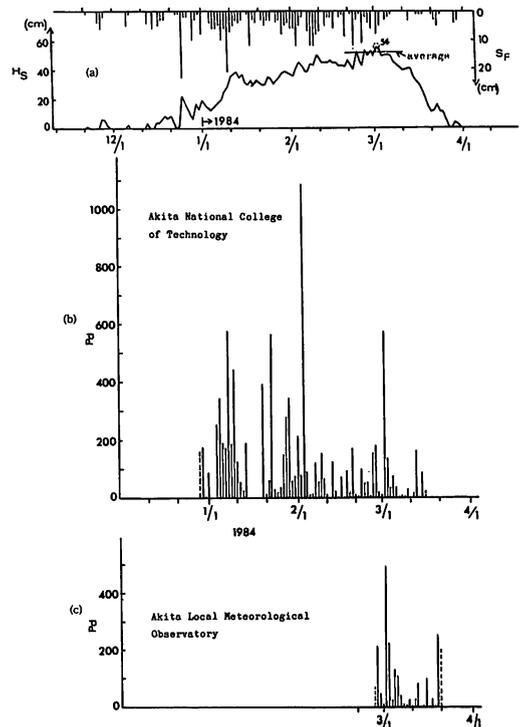


図9 (a)1984年の降積雪深の日変化、(b)秋田高専での降雪強度、(c)気象台での降雪強度

以上)に換算すると1200以上のパルス数と見積もられる。2月19日に約1300のパルスが記録されたがこの時の降雪量は11cmであり、差異が現われた。当時の模様を示すと図-8の如くである。2月19日午前0時から午前2時までの間に著しい降雪がみられ

たが、記録は気象台の降雪深とそれほど合致していない。その理由として気象台の観測は9時、15時、21時の3回とするため、降雪最盛期と観測時にズレがあって飛雪や積雪の圧密沈降が進行していること、観測地点の空間距離が約4 km隔っていた等のことが挙げられる。

そこで1984年は降雪深とパルス数を同一地点で観測することを計画し、日本気象協会（秋田地方気象台内）に観測を依頼し、2月27日から3月21日まで観測を行った。これに先立ち、秋田高専では12月下旬より観測を開始した。これらの観測結果は、図-9に示されている。図-9(a)は秋田市における降積雪深の日変化を示す。1984年は各地で10年ぶりの大雪を記録し、低温も持続した年であるが、秋田市における積雪深は平年をやや上回ったにすぎない。積雪深は低温時特有の積雪パターン（北海道型）³⁾を形成し、他より豪雪の出現も少なく気象台の観測によれば20cm/dayを越える強い降雪（ドカ雪）はわずか2回の出現に留まっている（図-9(a)）。このような観測値のうち、降雪検知器によるパルスの相関を2地点について取ってみると、気象台内（ P_M ）と秋田高専（ P_T ）で、

$$P_M = 17.50 + 0.8591(P_T) \quad (2)$$

となる関係を得た（ $r_s=0.904$ ）。しかしパルス数において高精度の関係を示したものの、 S_F は追随しないところも現われた。これは3月における観測が主であったため、短期間内で P_M と S_F の関係を推定するのは不十分であったためと考えられる。 P_T を媒介変数として求める方法も試みたが、精度にやや問題があったため目下別の方法を検討している。

なお、両地点共3月2日に大きなパルスを記録した（図-9(b), (c)）。この時の S_F は8cmであったが、昨年の式からみて、 $P_d=500\sim 600$ の範囲なので妥当な値である。この時の検知記録を描き直すと、図-10のようになる。両地点の日変化の関係に90%の精度で合致していたが、部分的に若干異なった降り方も認められた。特に1984年の降雪量（ S_F ）は P_M との間にムラが目立ったが、これは強風が多かったのが原因と考えられる。このことを調べてみると、図-11のようであり、例えば強風時に降雪は少なく気温が低く、日照時間と湿度も低くなっていることがわかる。前述のように寒冬年では比較的安定した降雪強度を示したが、パルス数と降雪深とが特に合わなかった点を挙げると気温が高く風も強い湿雪時における着雪現象とか、地ふぶき性の降雪時に多い。

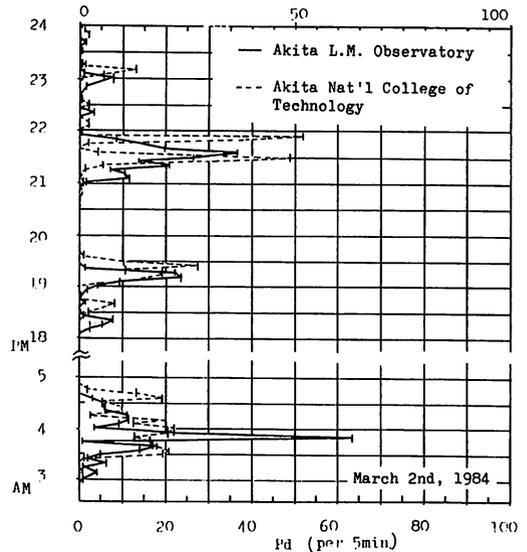


図10 秋田高専と秋田地方気象台における降雪強度（1984.3.2）

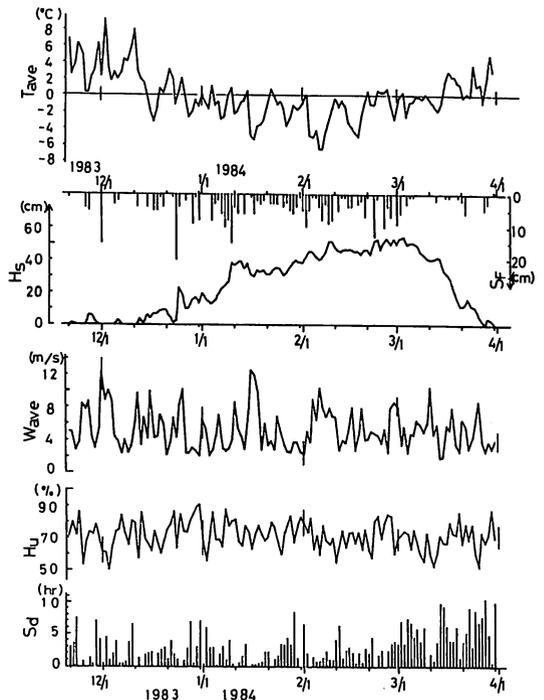


図11 秋田市における1983.11～1984.3の平均気温（ T_{ave} ）、積雪深（ H_s ）、降雪深（ S_F ）、平均風速（ $Wave$ ）、相対湿度（ H_u ）、日照時間（ S_d ）の日変化

この点を改良すれば、レーダーなどと並行して利用

豪雪地帯の積雪深の同時観測及び秋田市の降雪強度

すると、降雪の時間的変化が短時間毎に分析できるので、除排雪など交通機関確保の点でも一段と優れた情報源になると考えられる。

なお、秋田市における強い降雪による積雪増加の発生状況を92年間に亘って調べてみた。秋田市の標準偏差値(σ)が20cmなので、 $\sigma/2 \sim \sigma$ 以上の発生状況を求めてみると、 $\sigma \geq 20\text{cm}$ は非常に少ないが $\sigma/2 \geq 10\text{cm}$ のものは頻繁に出現している。秋田市の平均積雪深が50cmなので、この上に一気に $\sigma/2 \sim \sigma$ 程度の雪が増えれば交通混乱を始め雪害の発生は免れない。この被害の程度には地域差がある。雪においても、平均値はいわばその土地の許容値のようなものである。これを一気に越す積雪増加には強い注意が喚起される。秋田市における、10cm、15cm、20cm以上の出現確率を調べると図-12のような分布であった。図中のnは標本数である。図示のようにこれらはいずれも二重指数分布則に従う統計量とみなせる。そこで増加積雪深 S_N を考慮した極値変量(y)を求め、それぞれの分布則を示すと次のようである。

非超過確率($P_{(y)}$)の基本式は、

$$P_{(y)} = e^{-e^{-y}} \quad (3)$$

$$y = a(S_N - b) \quad (4)$$

図-12の3つについて非超過確率のyの値を求めてみると

$$\left. \begin{aligned} 20\text{cm 以上} : y &= 1.378(S_N - 23.88) \\ 15\text{cm 以上} : y &= 1.060(S_N - 18.26) \\ 10\text{cm 以上} : y &= 0.891(S_N - 11.75) \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

となり、定数 a, b は発生頻度の少ない大雪ほど大きくなることが示された。また20cm以上の積雪は豪雪とみなされるが、50cm級の急激な積雪増加は99%現われることはなく、現われても数百年に一度の期待値であることがこのような図から判読できる。

4. あとがき

以上、これまで秋田県で類例のなかった豪雪都市の積雪深の同時観測を行ない当該地区における地域特性に関する知見を得た。また秋田市における強い降雪は雄物川流域の豪雪都市にどのような影響を与えているかという問題を探る一方法として、降雪検知器による結果を検討した。本器は少ない降雪にも十分反応することを確かめ、さらに降雪検知器による降雪強度は離れた地点でも十分対応していることを確認した。ここで示した事例によってさらに広域的に

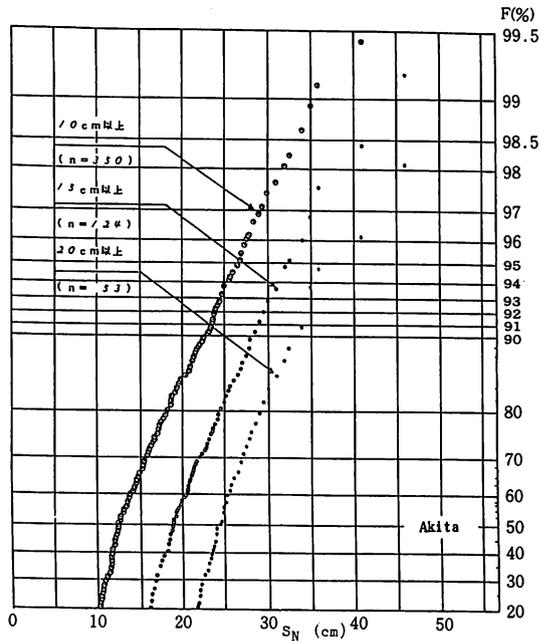


図12 秋田市における増加積雪深(S_N)の確率分布図

応用できる目途を得たが、強い降雪は狭い領域に集中的に発生し易い現象であるから、さらに数ヶ所に設置して、地点間の相関性を検討することが必要である。このため、今年度からさらに密な調査を行うことを計画している。これと併行して、積雪深の観測は非常に重要なので、引き続き行なうことがぜひとも必要であり、雄物川流域のみならず、米代川流域や子吉川流域へも発展させ、国道・県道など主要道沿いの積雪状況を早急に把握することが望まれる。

〔謝 辞〕

多雪都市の雪処理に関する研究を行なうため、積雪深の測定について秋田県仙北土木事務所前所長・富樫亨氏(現・国際航業(株)秋田支店長)に相談したところ、さっそく同事務所と平鹿土木事務所、雄勝土木事務所合同の同時観測が遂行された。ここに富樫氏の指揮に厚く感謝すると共に当時道路課長として積雪測定を指導された工藤涌治氏(現・秋田県土木部河川課)、伊勢礼之助氏(現・仙北土木事務所)、佐藤猛氏(現・雄勝土木事務所)並びに関係各位の皆様重ねて厚く御礼申し上げます。

また降雪検知器の設置について秋田地方気象台角俊治台長、日本気象協会富手昌三秋田支部長に便宜

をはかって頂いたことに対し厚く御礼申し上げます。

さらに、降雪検知器による計測に当っては坂田電機㈱及び内外計測機械産業・田代義曠代表取締役役に大変お世話になった。ここに記して感謝の意を表します。

参 考 文 献

- 1) 伊藤驍・富樫亨：東北地域災害科学研究報告，20巻，PP.66—71，1984.
- 2) 伊藤驍：東北地方の多雪都市における雪処理に関する研究（昭和58年度，文部省科学研究費自然災害特別研究(1)58020009），PP.83—94，1984.
- 3) 伊藤驍：雪水，第45巻，第2号，PP.57—63，1983.