

I S S N 0386—5878  
土木研究所資料 第3003号

# 土木研究所資料

## 降雪等の予測に関する報告書

平成3年6月

建設省土木研究所  
新 潟 試 験 所

「Copyright © (1991) by P.W.R.I.

All rights reserved. No part of this book may be reproduced by any means, nor transmitted, nor translated into a machine language without the written permission of the Director General of P.W.R.I.

この報告書は、土木研究所長の承認を得て刊行したものである。したがって、本報告書の全部又は一部の転載、複製は、土木研究所長の文書による承認を得ずしてこれを行ってはならない。」

## 降雪等の予測に関する報告書

新潟試験所 所 長 下村忠一\*  
主任研究員 石平貞夫  
研究員 安藤和彦

### 要旨

今後の気象を予測する情報は、積雪寒冷地の合理的、効率的な雪寒対策に役立つ情報として重要なものとなる。そこで新潟試験所では、気象予測の一環として、降雪及び気温を予測する手法について検討を行ってきた。

本報告は、これらの予測に関するこれまでの検討結果を、予測手法を実用化に向けて発展させることを念頭にとりまとめたものである。

報告の内容としては、降雪予測の現状把握、降雪現象の基礎的検討、降雪予測手法に関する検討、予測手法の運用に関する検討の各項目を、章立てて述べている。

キーワード：気象、降雪、気温、予測、道路管理、雪寒対策

\* ) 現(社)雪センター

## はじめに

積雪寒冷地の道路交通管理、道路維持管理においては、冬期の雪寒体制や交通規制の実施時期の決定等に際して、降雪現象の検知情報、予測情報等は有効な判断材料となる。

しかし降雪予測の情報としては、気象庁が発表する広範囲を対象とした予報や注意報、警報に頼っているのが現状である。このような予測情報は、雪寒体制の目安にはなっても、具体的な雪寒対策を的確に行うための情報としては不足の面が多い。効率的な雪寒対策を行うためには、必要に応じた最新の情報が、正確、かつ容易に入手できるような体制が必要である。さらに予測の内容として、空間的には、広範囲の地域や連続した路線を対象とするものの外に、狭い範囲、区間を対象とした予測情報も必要である。

また、時間的には

- 除雪計画策定に供する長期（1～7日）予測
- 除雪作業の時期、除雪機械類の選定等に供する中期（6～24時間）予測
- 時々刻々と変化する降雪状況に対応するための短期（0～6時間）予測

等が必要である。

これらの予測情報のうち、短期予測に関しては、線的あるいは面的な気象観測網の整備により、降雪区域の移動や現地の降雪状況を監視することで、置き換えることが考えられる。一方、中期、長期的な降雪情報は、何等かの形で長時間先を予測する作業を行わなければならない。そこで、新潟試験所においては、予測情報を得るための手段の一つとして、判別関数式を用いた降雪の中期予測手法の開発を行い、「道路気象情報システムの実用開発計画（3）—降雪の中期予測手法（3～24時間）—：昭和54年12月，土木研究所資料第1539号」にその成果をとりまとめた。

本報告書は、これに引き続いて、降雪の長期予測及び気温の予測手法について検討した結果をとりまとめたものである。



# 目 次

はじめに

第1章 気象予測の現状	1
1. 気象予測に用いられる気象情報	1
1.1 天気図	1
1.2 アメダス情報	1
1.3 テレメータ情報	1
2. 気象庁における気象予測の現状	2
2.1 気象予測の概要	2
2.2 500mb面5日平均北半球天気図	4
2.3 東西指数	4
2.4 波数分析(調和解析)	5
2.5 超長波・長波	6
2.6 数値予報資料	6
3. 道路管理機関の降雪予測の現状	8
4. 現在の降雪予測に関する問題点	9
第2章 本研究の概要	10
1. 道路管理者が用いる気象情報	10
1.1 一般的に利用されている気象情報	10
1.2 雪寒対策に必要となる予測情報	11
2. 研究の内容	13
2.1 研究目的	13
2.2 研究範囲	13
2.3 研究項目	13
第3章 降雪予測の基礎的検討	14
1. 検討内容	14
1.1 検討項目	14
1.2 対象地域	14
2. 日本海沿岸地方の降雪現象	15
2.1 降雪時の天気の特徴	15
2.2 対象地域における降雪深の状況	23
3. 降雪と地上気象との関係	25
3.1 地上気圧	25
3.2 地上気温	29

4. 降雪と高層気象との関係	30
4.1 高層の高度	30
4.2 高層の湿度	34
4.3 高層の気温	37
5. 降雪と等高度線との関係	40
5.1 検討の対象とする等高度線	40
5.2 等高度線の形と日降雪深	42
5.3 等高度線間の緯度の差	49
5.4 等高度線の日変化量	52
5.5 等高度線の張り出し量	55
第4章 降雪の時間的予測の検討	58
1. 長期予測の目的	58
2. 検討方法	58
2.1 予測手法に関する考え方	58
2.2 類似パターン抽出による検討	66
2.3 判別関数法による検討	67
2.4 臨界値の設定	75
3. 予測精度の検証	82
3.1 予測精度の求め方	82
3.2 検証結果	85
4. 中期予測	91
4.1 気象要素と予測対象時間帯との関係	91
4.2 予測式の種類	91
4.3 検討結果	92
4.4 予測上の注意点	94
5. 予測式作成上の留意点	95
6. 今後の課題	96
第5章 降雪の持続性に関する検討	98
1. 検討の目的	98
2. 検討方法	98
2.1 使用データ	98
2.2 累積降雪（ひとゆき）の定義	99
2.3 ひとゆきの選定基準	101
2.4 ひとゆきのパターン分類	101

3. 検討結果 .....	106
3.1 予測式の作成 .....	106
3.2 精度検証 .....	108
4. 今後の課題 .....	109
第6章 降雪予測情報の面的利用に関する検討 .....	110
1. 検討の目的 .....	110
2. 地点情報の面的利用上の課題 .....	110
3. 検討方法 .....	111
3.1 地点情報の面的利用の考え方 .....	111
3.2 対象地域 .....	111
3.3 検討の手順 .....	112
4. 検討結果 .....	113
4.1 降雪深の相関関係 .....	113
4.2 相関係数と降雪の傾向 .....	114
4.3 地点情報の適用可能範囲 .....	115
4.4 上越地区の面的予測の検討 .....	119
5. 今後の課題 .....	119
第7章 気温予測に関する検討 .....	120
1. 検討の目的 .....	120
2. 予測の基本式 .....	120
3. 使用データ .....	121
4. 検討結果 .....	122
4.1 気温と各種変数との相関関係 .....	122
4.2 説明変数の選択 .....	125
4.3 予測式の精度 .....	126
4.4 現地気温を併用した予測 .....	129
5. 今後の課題 .....	129
第8章 運用方法の検討 .....	130
1. 予測式作成に必要なデータ .....	130
1.1 データの種類 .....	130
1.2 データの読み取り .....	131
2. 運用システム .....	133
2.1 機器構成 .....	133
2.2 情報センターから複数の事務所へのデータ転送方法 .....	134

3. 運用手順 .....	137
3.1 作業手順 .....	137
3.2 情報センターの利用 .....	140
4. 予測結果の利用 .....	142
4.1 利用の考え方 .....	142
4.2 予測結果の表示 .....	143

第9章 結論 .....	144
--------------	-----

おわりに

参考文献

巻末資料

## 第1章 気象予測の現状

### 1. 気象予測に用いられる気象情報

気象予測を行うために、様々な気象情報が観測され、解析整理されている。これらの情報の主な提供源は気象庁であるが、道路管理者等でも独自の気象観測機器を整備し、予測の気象要素として利用している場合もある。

気象庁や道路管理者等が利用している気象情報の主なものを挙げると、次のようになる。

#### 1. 1 天気図<sup>1)</sup>

天気図は、天気予報を行うために必要な気圧配置を示した図であり、主なものとして地上天気図、高層天気図の実況および予想天気図がある。天気図作成の対象となる範囲は、全球から局地（都道府県単位）までに分けられる。地上天気図は地表面の気象について、気圧、気温、風、雲、天気等の一般的気象要素が記入され、等圧線、前線、高・低気圧が書き込まれている天気図で、新聞、テレビ等でみられるものである。高層天気図は、高層の状態を解析するための天気図であり、上空における特定気圧の面（等圧面）について、面の高さや温度分布を描いてある天気図のことである。等圧面天気図としては、1,000mb面から30mb面まで様々なものがあり、それぞれ表す大気の状態が異なるため、予報の内容に応じて各々が利用されている。中でも、1,000mb面は地表付近の気圧の状態が分かりやすいこと、850mb面～500mb面は寒気、暖気、水蒸気量の流入状況等の大気の状態が分かりやすいこと等から、予測によく利用される天気図となっている。特に500mb面は、大気のほぼ重心にあたる高さにあるため、大規模な大気の運動を理解しやすいので、数値予報の基本となる等圧面である。

#### 1. 2 アメダス情報

アメダスは、気象庁の地域気象観測システム（Automated Meteorological Data Acquisition System: AMeDAS）の略であり、全国約1,000箇所に設置された自動気象観測機器によって、雨量、風向風速、気温、日照等が観測され、データの収集整理及び解析が行われるシステムである。アメダスで収集されたデータは、1時間毎に全国の気象実況として入手することができる。この他全国のレーダー情報と合わせ、レーダーアメダス情報としても利用できるようになっている。

#### 1. 3 テレメータ情報

現地の気象実況を知るための気象情報として、アメダス情報の他に、現地の降水量、気温、風向風速等を観測するテレメータ装置も、道路管理機関等により設置され情報として利用されている。

## 2. 気象庁における気象予測の現状

気象庁から発表される天気予報は、新聞やテレビで一般に目にする明日や明後日までの短期間の予報や、1週間、数カ月先までの長期予報等がある。

本研究で対象とする長期予測に着目し、気象庁の関連する予測概要を示すと次のようになる。

### 2. 1 気象予測の概要

気象庁が行っている長期的な予報には次のようなものがある。

- 季節予報 : 寒候期、暖候期等の数カ月間の天候を平年値と比べて、その違いの傾向を大まかに解説したもの。
- 3カ月予報 : 向こう3カ月間の天気傾向を平年値と比べて解説したもの。
- 1カ月予報 : 旬単位で、向こう1カ月間の天気傾向を解説したもの。
- 週間予報 : 向こう1週間分の毎日の予想天気図を基に、1週間の天気傾向を解説したもの。

これらの長期予報は、図1-1のフローに示すように、500mb面5日平均北半球天気図、東西指数、波数分析、超長波、長波や数値予報資料等を基にして、予報官が今後の天気を判断して発表するものである。ここに述べた予報のための基礎資料の概要は表1-1のようなものである。

週間予報は、短期予報と本質的には同じ予測手法が使われており、短期予報の手法で予報可能な期間まで取り扱うものといえることができる。これが1ヶ月予報やそれ以上の予報期間になると、短期予報とは異なった予測手法が使われる。

予報は曇、雨、雪等の天気をもたらす大気の流れ（じょう乱）に着目して行われる。短期予報では、数日程度の寿命を持つ総観規模じょう乱（高気圧、低気圧、前線等）が最も関連の深い大気じょう乱であるが、週間予報では、寿命の長い波長や超波長のような大規模じょう乱の動向に着目することが必要となる。

予報期間が長くなると、大規模じょう乱の追跡範囲も広くなるので、週間予報では主として北半球高層天気図が使用される。一般に、大規模じょう乱は、1日に経度で10度くらいの東進速度を持つものが多いが、この場合、1週間後に日本に到来するじょう乱は、東経60度付近の中央アジア付近に位置することになる（図1-2）。

毎日の天気図についてみると、大気の流れは、大規模じょう乱に小規模のじょう乱が重なっている状態にある。そこで大規模じょう乱の実態を正確に把握するため、各種の時間平均や空間平均が利用されている。また、長波や超長波を分離するため、調和分析の方法も取られる。

次に週間予報に使われる特有な手法を述べる。

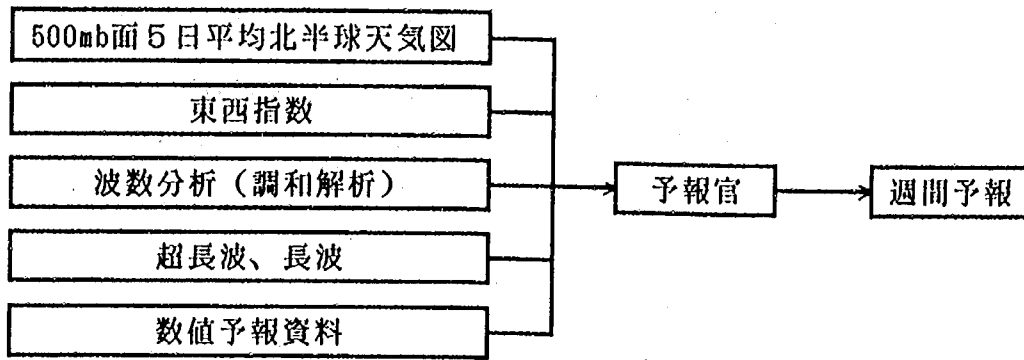


図1-1 気象庁における週間予報

表1-1 週間予報に用いる情報の概略

500mb面 5日平均北半球天気図	500mb面北半球天気図を5日平均したもの。長波や超長波の谷や尾根の追跡に利用する。
東西指数	500mb等圧面高度を2つの緯度線に沿って平均を取り、その差を求めたもの。北半球の偏西風の状況把握に用いる。
波数分析(調和解析)	波数とは、北極の周りの緯度にそった偏西風の波動が幾つあるかを示す数。
超長波、長波	超長波：極の周りの波長9,000~10,000Kmの波動で、波数は1~4のもの。 長波：波長5,000~6,000Kmで波数5~9のもの。
数値予報資料	電算機による予想天気図。8日先までの毎日21時における地上天気図と、850mb面の気温、500mb面の天気図、渦度分布。

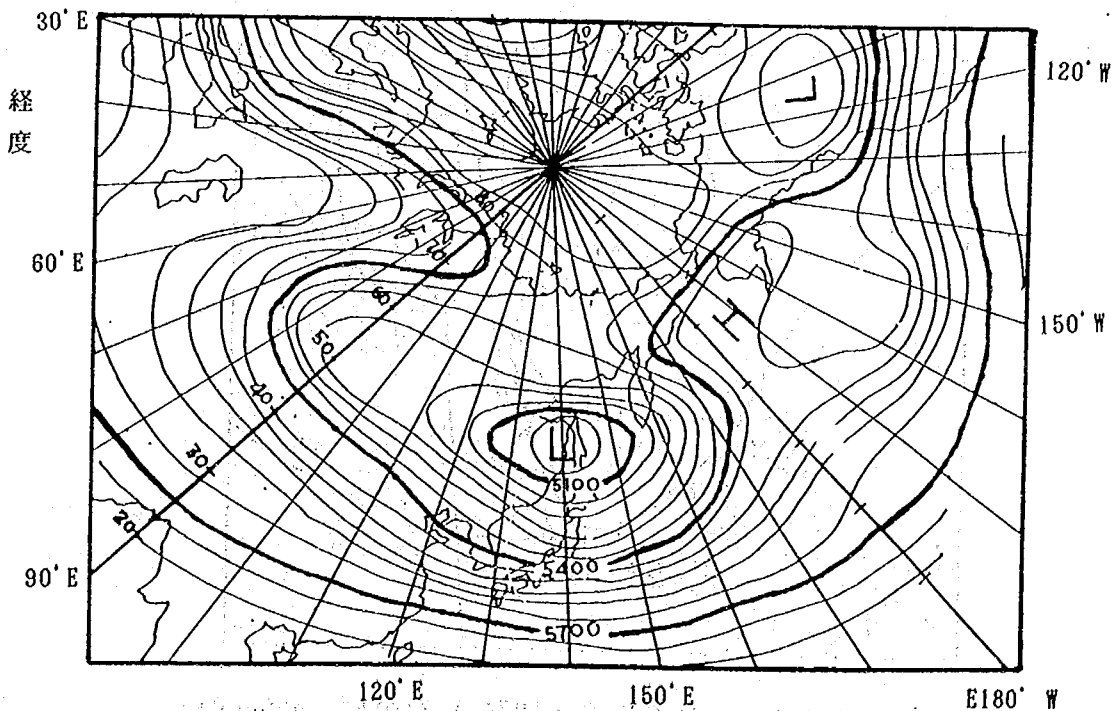


図1-2 日本を中心とした北半球規模の高層天気図(500mb面)

## 2. 2 500mb面5日平均北半球天気図

大規模じょう乱の状態を把握するため、当日及び2日前までの3枚の天気図に、数値予報による明日、明後日の予想天気図を加えて平均し、5日間の500mb面北半球天気図（1日1枚）を作成する。この平均天気図で、長波や超長波の谷や尾根を追跡し、今後1週間の位置を予想する。

## 2. 3 東西指数

大規模じょう乱の移動速度は、偏西風の強弱に左右される。一般に、じょう乱は偏西風が強いほど、速く移動する。このため北半球の偏西風の状態を把握するために、一種の平均空間として、東西指数が計算されている。これは500mb等圧面高度を2つの緯度線に沿って平均を取り、その差を取ったものである。気象庁では北緯30度と50度の緯度線上で東経100度から西経170度の間の平均を取った北緯40度の東西指数と、40度と60度の線上で平均した50度の東西指数が使われている。

これらの指数の高低は、偏西風の強弱に対応しており、赤道から極への熱の輸送に関連して、高指数と低指数の間を循環的に変化しており、指数サイクルと呼ばれている。

指数の高低に応じて、偏西風の長波の性質に大きな違いが認められる。低指数の時は、長波の振幅が大きくなり、尾根と谷が切り離されてしばしば閉じた高気圧や低気圧が形成される。このとき高気圧の南に低気圧が位置して、偏西風の分離を起こし、いわゆるブロッキングが形成される。このブロッキング現象は停滞性が強いため、持続的な異常天候になることが多い。ブロッキング現象の発生の物理的な機構は、まだよく分かっていない。顕著なブロッキング現象の起こった例を図1-3に示す。

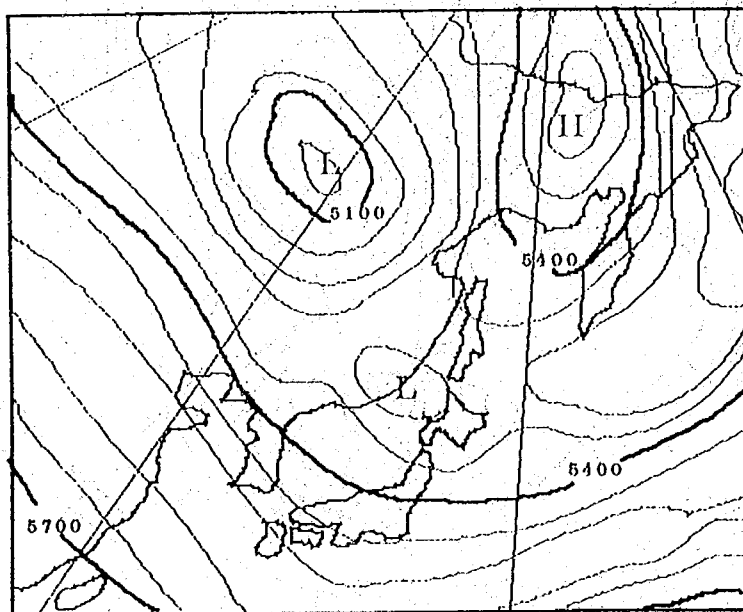


図1-3 顕著なブロッキング現象（1974.1.31の例 500mb面）



高指数の場合は、長波の振幅が小さく、偏西風の位置も低指数のときに比べ北に偏っている。このような長波の性質の違いに応じて、地上の高気圧や低気圧の移動や発達にも大きな差がある。したがって、今後1週間の東西指数を予測することは、週間予報の基本的な作業の一つとなっている。

なお、東西指数の利用方法として、これと、500mb面の気圧の谷の位置から、北陸地方の大雪型との関係を図1-4に示す。東西指数は北緯35度～55度、東経100度～西経170度のものを使用している。これによると、定性的ではあるが、谷が東経140度以西で、東西指数が約14m/s以下になると、里雪と山雪の混合型が現れはじめ、約10m/s以下になると、里雪の出現率が高くなっている。

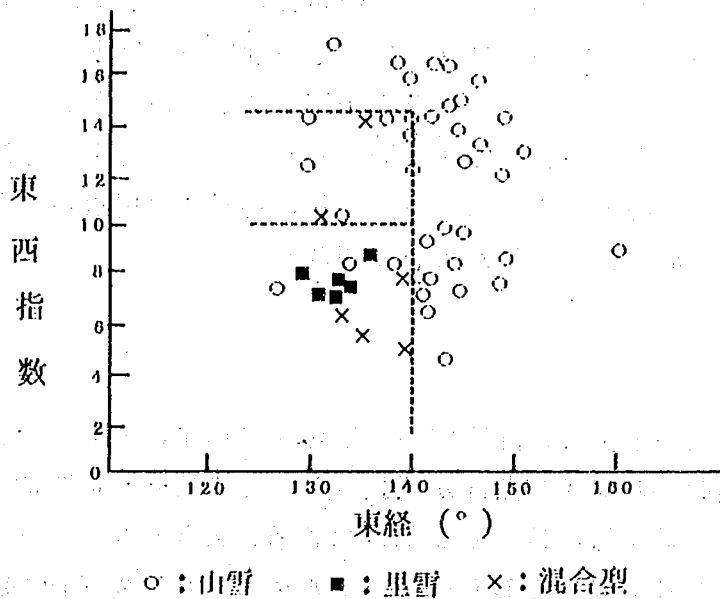


図1-4 東西指数と40°Nにおける500mb面の谷の位置との関係(大雪時)

## 2. 4 波数分析(調和解析)

500mb天気図上で、卓越している長波や超長波の代表的な波数、振幅、位相(谷や尾根の位置)を客観的に求めるために、いくつかの緯度に沿った等圧面高度の値を調和解析する方法が取られている。ここで波数とは、偏西風が極の周りで緯度線に沿っていくつ波があるかを示す数で、実際の偏西風波動は、色々の波数の波が合成されて成り立っているものと考えられる。長波や超長波の移動は、その波数に関係しており、一般に、波数の小さい波、いかえれば波長の長い波ほど、東進速度が遅く、場合によっては逆に西進することもある。

## 2. 5 超長波・長波

超長波は、上層大気中に認められる最も波長の長い気象波で、波長が9,000~10,000km以上で、波数1から4のものをいう。平均差の天気図や月平均天気図に現れる波や気象場（高層場）・風場などのスペクトル分析で検出される。超長波は1週間以上にわたる天気のベースを決定すると考えられ、超長波の谷が停滞すると、その場所では悪天が続きやすく、反対に尾根の部分では晴天が続く。ブロッキング現象もその一つである。

長波は、上層大気中にみられる波長の長い気象波で、波長が5,000~6,000km位の波を指し、波数は5から9位、周期は2から3日のものをいう。毎日の高層天気図に認められ、また、気圧場（高度場）、風場などの波数分析でも検出される。長波は中高緯度の天気現象を直接支配しており、ベースとしての超長波と重なって、長波の東進に従って天気が変わる。すなわち、長波の谷に伴う低気圧や前線系、尾根に伴う高気圧は、長波の谷や尾根を追うことによって、その経路を予測することができる。ベースとしての超長波の谷が停滞しているときは、低気圧が発達しやすく、前線帯も停滞しがちとなり、その結果として、悪天が持続するようになる。反対に超長波の尾根が停滞すると、低気圧の活動は、力学的に認められて天気が大きく崩れない。

## 2. 6 数値予報資料

近年、数値予報の技術の進歩と、計算機の大型化・高速化にともない、分解能の高い数値予報モデルが実用化されて予報期間が延長され、その精度が飛躍的に向上してきた。このため、週間予報が数値予報に依存する割合は急激に大きくなってきている。

現在気象庁では、北半球を対象とした数値モデルによる8日先（192時間）までの予想天気図を、毎日第1気象無線模写通報によって送画している。予想天気図は、8日先までの毎日21時のもので、地上天気図と850mbの気温、500mb天気図と渦度分布である。気象庁が開発した数値モデルは、4日先（96時間）から5日先（120時間）の予想については精度がよいといわれている。なお、気象庁ではヨーロッパ中期予報センターや英国の数値モデルについての資料も入手し、各々の予想特性を考慮して、総合解析を行っている。中でもヨーロッパ中期予報センターの数値モデルの評価は高く、赤道付近の風のデータも入っていることから、太平洋高気圧の消長、台風の動向を予測するためにも利用されている。

数値予報の技術には次のような欠点があるとされている。

- 予報期間が長くなれば、計算に使った初期値に含まれる誤差が拡大され、また、計算誤差も加算される。
- 予報期間が長くなると、放射による熱の出入りとか、地表面からの熱や水蒸気の供給が大きく影響してくるが、まだ表現が十分でない。
- 超長波の機構がまだよく分かっておらず、モデルに十分取り入れられていない。
- 南半球の大気の影響が予報結果にまだ反映されていない。

しかし、これらの原因は、数値予報の技術の進歩と、計算機の性能の向上によって、モデルの更新とともに少しずつ克服されている。既に、気象庁の数値モデルには放射過程が組み込まれており、近い将来全球モデルの採用も考えられている。そうなれば、南半球からの大気の影響も取り入れられることになる。

これら数値モデルの予想図に基づいて、5日平均天気図、東西指数の予想、波数分析などから天気ベースの判断、卓越した波の谷の位置の予想、数値予報モデルのエラー特性の検知、類似パターンの検出などを行い、経験則等による予報と併せて総合的に判断して、1週間予報天気図を作成する。

1週間先までの予想天気図が求められると、これを天気に翻訳する。天気への翻訳の要領は、短期予報の場合と同様である。予想された長波や東西指数の値などに対応して、前線や低気圧の通過や発達のプロセスを考慮し、モデル的な天気分布を適用する。

### 3. 道路管理機関の降雪予測の現状

気象情報には、新聞、ラジオ、テレビ、電話等を介して、簡単に得られるものと、専用の受信装置があれば得られる気象衛星からの画像や気象FAX等がある。

積雪寒冷地を管理区間に抱える建設省等の管理事務所等では、これら生の気象情報を収集して利用するほかに、必要に応じて気象技術者に委託して各種の気象予報等の情報を得ているところもある。また、小数ではあるが、電子計算機を導入して、気象庁からのデータや、道路沿線に設置した気象観測局の観測データをオンラインで入力し、独自の気象予測を行っている機関もある。これらの気象予測を行っている機関における降雪予測手法の概略を表1-2に示す。

なお、現在の段階では半日から1日程度先までの予測を行っている機関がほとんどで、数時間先、あるいは1週間先というような短期、長期予測は行われていないようである。

これらの降雪予測に関連して、これまで行われてきた研究を巻末資料1に示す。

表1-2 道路管理機関の降雪予測手法比較

機 関	予 測 項 目	予 測 方 法	使 用 因 子
建設省 長岡国道 工事事務所	12時間先までの降雪量 24時間先までの降雪量	降雪>5cm ：判別式 降雪量 ：重回帰	<ul style="list-style-type: none"> <li>測候所6箇所の500mb、700mb、850mb、1000mbの高度、温度、風向風速</li> <li>測候所10箇所の気温、気圧等</li> </ul>
建設省 高崎国道 工事事務所	当日の夕方から翌日の朝までの降雪量 降雪開始、終了時間帯	降雪有無 ：専門家の判断 降雪量 ：重回帰式	<ul style="list-style-type: none"> <li>測候所5箇所の500mb、700mb、850mbの高度、気温、風向風速湿度</li> <li>測候所4箇所の地上気圧差高層の総観場</li> </ul>
富 山 県	6時間先までの降雪量 24時間先までの降雪量 48時間降雪量(大雪時)	面予測 ：類似法 地点降雪 ：統計手法	<ul style="list-style-type: none"> <li>測候所3箇所及び日本海の500mb、700mb、850mbの高度、気圧、渦度、寒気移流、安定度指数、海面蒸発</li> </ul>
日本道路 公 団	12時間先までの降雪量	経験則 統計手法	<ul style="list-style-type: none"> <li>地上気圧、高層気象</li> <li>気象レーダデータ</li> <li>テレメータデータ</li> </ul>
札 幌 市	3時間先までの降雪量	降雪雲運動 解析手法	<ul style="list-style-type: none"> <li>気象レーダデータ</li> <li>テレメータデータ</li> </ul>
土木研究所	12時間先までの降雪量 24時間先までの降雪量 1週間先までの毎日の降雪量	2群判別式	<ul style="list-style-type: none"> <li>500mb面等高度線</li> <li>秋田、輪島850mb気温</li> <li>地上気圧</li> <li>アメダスデータ</li> </ul>

#### 4. 現在の降雪予測に関する問題点

降雪予測に関する情報として、現在の段階で実質的に得られるのは、一部の機関を除外すると、気象庁による通常の天気予報、週間予報が主である。これらの予報は、予報対象地域が都道府県をいくつかの地域に分割した程度の広い地域を対象としたものであり、道路のように長く伸びた線状の地域を管理する場合には、十分な情報とはいえない。すなわち、道路管理として求められる降雪情報としては、

- どこで
- どの程度の降雪、低温状態が
- いつからいつまで続くか

という情報が、必要とされている。このため、現状では各々の道路管理者が民間の気象協会等に委託して、必要な情報を得ているという状況である。この場合の予測方法は、気象技術者が現地の気象データや天気図その他の情報を基にして、その知識、経験から予測するものである。このためには道路管理者側が、毎日気象データを観測し気象技術者に提供する作業が必要となり、事務の煩雑は免れない。また、以上の情報は半日から1日程度までの中期的な降雪情報であるが、これとは別に、除・排雪の計画、実施においては数日先程度までの降雪情報が必要である。これについては、気象庁発表の週間天気予報があるが、量的、地域的な具体性に関する問題がある。

## 第2章 本研究の概要

### 1. 道路管理者が用いる気象情報

道路管理者は、道路管理に必要となる各種の気象情報を入手し、除排雪の実施時期の判断や雪寒体制の策定等に利用している。その内容は次のようなものとなっている。

#### 1. 1 一般的に利用されている気象情報

入手する気象情報の種類や入手方法等は各道路管理者によって異なるが、一般的には表2-1のようなものが用いられている。

表2-1 道路管理者が一般的に利用している気象情報<sup>2)</sup>

情報の提供元	気象情報源	情報内容	情報媒体・機器
気象庁	気象概況 天気予報 気象通報 防災気象情報 長期予報 週間天気予報	大規模な天気の変動 1～2日の天気 各地の天気、気象 災害の恐れのある注意報、警報 1カ月、3カ月の各天気予報 1週間の天気予報	ラジオ、テレビ、新聞  ラジオ 専用電話（NTT） 印刷紙、ラジオ、テレビ等
道路巡回車	交通管理巡回 特別巡回 警察巡回 等	道路沿線における気象情報 気象障害の状況 気象観測データ その他の状況	携帯電話 無線機
定点観測者	見張所の観測者による通報	道路の1地点の気象情報 気象障害の状況 気象観測データ	専用電話（NTT）
自動気象観測 テレメータ	道路各点に設置された自動気象観測機器	気温 路温 地中温度 路面水分 降雨・降雪 積雪・吹き溜り 風向風速 霧・地吹雪（ITV） 透過率、視程 放射・日射 露点・湿度 その他	気象情報専用線 記路計盤 警報表示盤 監視盤 表示盤 データロガー CPU ITV専用線 ITVモニタ 現地制御盤 情報盤

表2-1で示した情報には、雪寒対策で特に必要となる路線や小地域を対象とした、気象の予測情報が含まれていない。また現在これらの予測情報は、表1-2で示したように専門的に行うことはあっても、一般に入手する手段は確立されていない。

## 1. 2 雪寒対策に必要となる予測情報

### 1. 2. 1 必要となる降雪予測情報の種類

雪寒対策における、各種の除排雪活動の何れにおいても、その実施時期を判断するための降積雪や気温等に関する情報は重要なものである。これらの除排雪活動と、必要となる気象予測情報との係わりをみると、次のようである。

表2-2 降雪予測の種類

予測項目	予測範囲	内容及び利用方法
短期予測	1～6時間	障害発生初期段階における、障害発生箇所の状況監視、及び予測 即時的な作業に関する予測情報
中期予測	6～24時間	主に夜間の気象予測 夜間待機 雪寒対策の準備、作業実施時期の判断
長期予測	1～7日	降雪の持続性、降雪量等の予測情報 一斉除排雪時期の判断 除排雪コストの軽減

0～6時間先までの短期予測情報は、今現在、降積雪による障害が発生している場合や、短時間内に障害発生が予想される場合等のように、障害発生の初期段階において、障害の発生する場所や状況等を予測、監視することにより、除雪機械や人員の配置、有効な作業運行経路の策定等の、具体的な雪寒作業の指針ともなる情報である。

次に6～24時間先までの中期予測情報は、夜間等における除雪作業に必要な人員を確保するかどうか、除雪機械類、薬剤、薬液等、雪寒作業に必要な資材の準備をいつ頃開始するかというような作業計画の作成や、作業実施時期の判断に利用する情報である。

これらの短期、中期の予測に対して、1～7日先までの長期予測情報は降雪が長期に渡って持続するか、それとも近い内に降りやむかということを予測することにより、除排雪の作業の実施時期、必要な作業の種類等の判断のために利用し、除排雪コストの軽減、作業の二重手間等を防ぐためのものである。

## 1. 2. 2 長期予測の必要性

本研究では、1.2.1で述べた予測の種類のうち、特に長期予測に着目して検討を行うこととした。

長期予測情報は、次のような作業について特に必要になるものと考えられる。また気温予測等と組み合わせることにより、雪崩の発生予測情報、雪庇対策としての利用も考えられる。

表2-3 雪寒作業と気象情報

	作業の種類	作業の概要	問題点及び必要とする気象情報
道路上の雪処理	路面整正	積雪や圧雪路面上に生じるわだち等を整正する作業	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 出勤、開始時期の判断のための降雪情報が必要となる。</li> <li>・ 週間予測があれば、路面整正のみか、圧雪処理まで行うかの判断が可能であり、二重処理を省いて雪処理コストを下げる事ができる。</li> </ul>
	圧雪処理	圧雪をすべて除去し排雪する作業	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 圧雪処理後に再度降雪に見舞われ、圧雪処理効果が解消されることがある。これを防ぐには1週間の降雪予測が必要となる。</li> </ul>
	拡幅除排雪	雪堤によって狭められた道路幅員を拡幅または雪堤そのものを除去する除雪作業	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 処理時間がかかるため、この処理を行うときは道路の交通機能が低下する。</li> <li>・ 長期予測で無降雪期間が分かれば、交通量の少ない時間帯に処理を行うことができる。</li> </ul>
市街地の屋根雪処理	排雪	流雪溝利用、またはトラック等による排雪作業	<p>流雪溝で排雪する場合</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 流雪溝への水が不十分なために大量の排雪を行った場合に、溢水状態が発生し、床下浸水等の二次災害が発生することがある。</li> <li>・ 長期予測情報を利用することにより、計画的な排雪を行うことが可能となる。</li> </ul>
			<p>機械除雪の場合</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 排雪車両等の重機の借り上げ費が大きい。</li> <li>・ 重機の借り上げを経済的に行うためには、長期の降雪予測情報が必要となる。</li> </ul>
			<p>雪捨て場の問題</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 河川を雪捨て場に行っている場合融雪に十分注意しないと融雪出水（洪水）を招く場合がある。</li> <li>・ 気温の変化、持続性等の情報が必要となる。</li> </ul>



## 2. 研究の内容

道路管理者が必要とする気象の予測情報を、簡易な予測計算により一般的に利用できる手法を開発するため、次のような内容について検討を行った。

### 2. 1 研究目的

積雪寒冷地においては、冬期の降積雪による道路交通機能、都市機能の低下を防ぐための除雪、排雪等の雪寒対策は重要な問題である。しかし、これら雪寒対策の実施時期を決定するために必要不可欠な気象情報、特に降雪や気温等の長期予測情報としては、広範囲の地域を対象とした気象庁の予報しかなく、雪寒対策に必要とされる小地域毎の詳細な予測情報を入手する手段はほとんどない状態である。

本研究においては、これらのことから雪寒対策に有効に利用できる地点あるいは小地域の気象予測を行うため、降雪等の長期予測手法の開発を目的として検討を行った。

### 2. 2 研究範囲

日本海側地方の降雪現象を主として、1週間先までの降雪の長期予測の手法の検討を基本として、次の検討を行った。

- 新潟県上越地区と山形県庄内地区を対象とした手法開発及び適用性の検討
- 長期予測と同じ手法を用いた中期予測の可能性の検討
- 降雪の持続性に関する検討
- 地点の降雪予測結果がどの程度の地域に利用できるかの面的利用に関する検討
- 長期予測の応用としての気温予測の可能性の検討
- これらの予測手法を実用化する場合のシステム等の具体的な検討

### 2. 3 研究項目

2.2で設定した研究の範囲に基づき、具体的に次の項目について検討を行った。

- 降雪予測の現状の把握
- 降雪時の天気の特徴、気象データの特徴把握
- 降雪予測に利用できる気象情報の検討
- 判別関数法による降雪予測の気象因子の選択と予測式の作成
- 予測精度向上のための臨界値の設定とその組合せ
- ひとゆき持続性に関する検討
- ある地点の予測結果に対する面的適用範囲の検討
- 長期予測の応用としての気温予測の検討
- 予測を行う場合の運用方法の検討
- 降雪、気温予測の問題点の整理

### 第3章 降雪予測の基礎的検討

#### 1. 検討内容

降雪現象と気象との関係について把握するため、次のような基礎的検討を行った。

##### 1.1 検討項目

ここでは、降雪予測を行うにあたり、日本海側の降雪現象の基本的特性を検討するとともに、実際の降雪深データを用いて、種々の気象データとの関連性を検討し、降雪予測の可能性や降雪予測を行う場合に利用できるデータの処理方法等を検討することとした。

##### 1.2 対象地域

検討の対象地域は、北陸地方の新潟県上越地区、東北地方の山形県庄内地区とし、これらの地域について、解析の対象となる地点を選んだ(図3-1)。

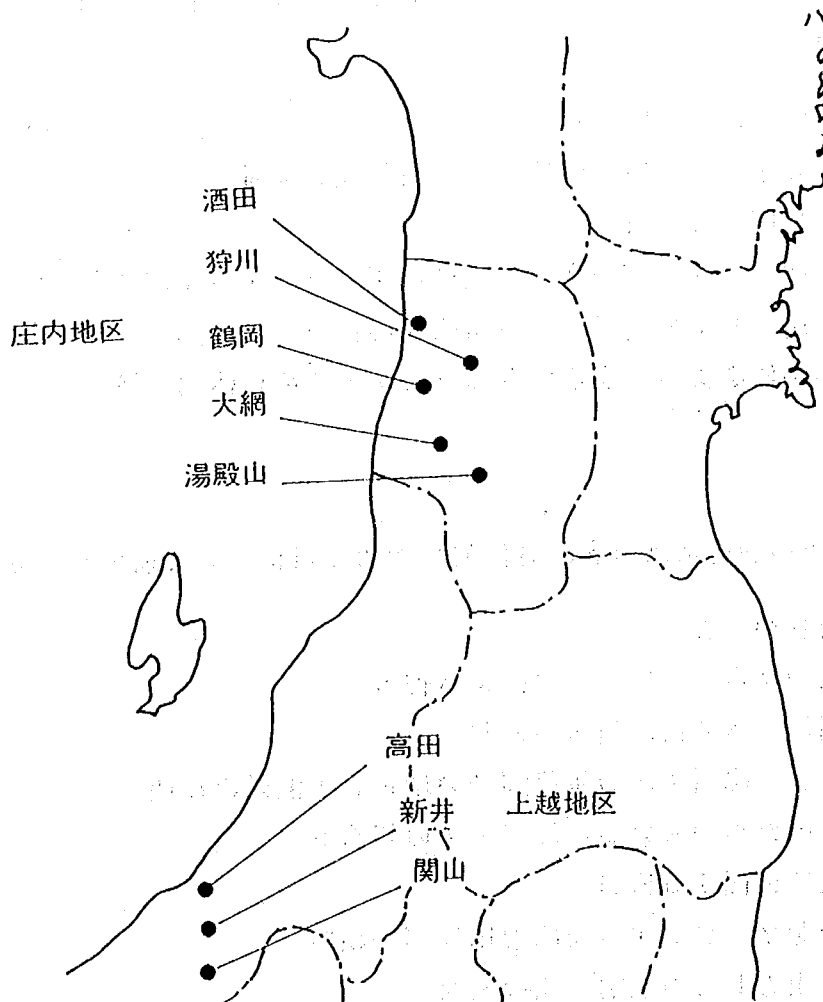


図3-1 降雪予測対象地点

## 2. 日本海沿岸地方の降雪現象

ここでは検討対象地点について、気圧配置等と降雪現象の特徴との関係を検討した。

### 2. 1 降雪時の天気の特徴

日本海沿岸地方の降雪時の天気の特徴をみるために、地上天気図パターン別の降雪現象について、その概況をまとめた。

大雪時の天気図にみられる特徴を約10冬期間にわたって集計した結果を表3-1に示す。この表のA～Dは渦性じょう乱によってもたらされ、E、Fは渦を含まないときである。これを雪が地上に達するときの様子で、前者を低気圧型、後者を季節風型とに分けるとその頻度はそれぞれ、3：7となり、後者が圧倒的に多い。

表3-1 日本で多雪となる天気型とその特徴<sup>3)</sup>

	気圧配置	多降雪地域	日数と頻度(%)
A 南方海上低気圧	発達した低気圧が南方海上を通過	中部山岳地域、関東、甲信、東日本、東北、太平洋側、東北海道	36( 6.1)
B 南海及び日本海低気圧	発達した低気圧が南方海上と日本海をよぎる		35( 5.9)
C 日本海東部低気圧	季節風型ではない	内陸の各地	35( 5.9)
	季節風型で発生する	日本海側各地	10( 1.7)
D 日本海低気圧	季節風型ではない	内陸各地	45( 7.6)
	季節風型の中で低気圧が通過する	日本海側各地	12( 2.0)
E 寒冷前線	季節風型ではない	内陸地方	60(10.2)
	季節風型の中で前線が通過する	日本海海岸地区	32( 5.3)
F 季節風	高圧部が本州までおよんでおおっている	北海道全域、日本列島内陸の一部	79(13.4)
	小低気圧が北海道の西海岸沖にあって等圧線が袋型に曲がっている	日本海沿岸部を含む内陸全域に広く及ぶ	77(13.0)
	発達した季節風	日本海に面した本州各地とその隣接する各地	99(16.8)
	衰退中の季節風	本州内陸部の一部	70(11.9)

### 2. 1. 1 低気圧型の降雪

寒気が緩んだときなど、日本海上で発達した低気圧によって生じる降雪の型である。この型の降雪は、低気圧の経路によって降雪の地域分布が異なる。また、この型の場合低気圧の通過時に局地的な大雪を降らせることがあるが、降雪の継続時間としては後述の季節風型に比べると短い傾向にある。図3-2は、低気圧型の降雪時の地上天気図の例である。この日の場合は、日本海中部の低気圧の影響により日本海側での降雪がみられた。

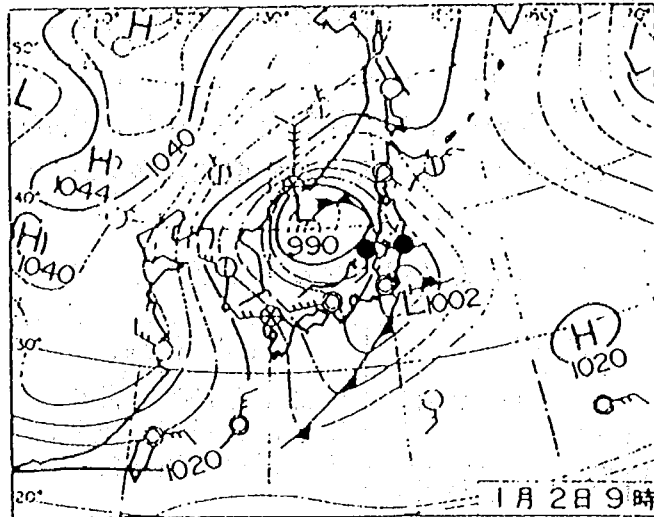


図3-2 低気圧型の地上天気図（昭和56年1月2日）

### 2. 1. 2 季節風型

季節風型の降雪は、いわゆる西高東低の冬型気圧配置の時の降雪であり、日降雪深そのものは極端に多いものではないが、この気圧配置は何日間か持続する傾向があり、総降雪深としては相当量に達することがある。図3-3は、季節風型の降雪時の天気図の例である。この日は高田で45cm、新井34cmの降雪があった。

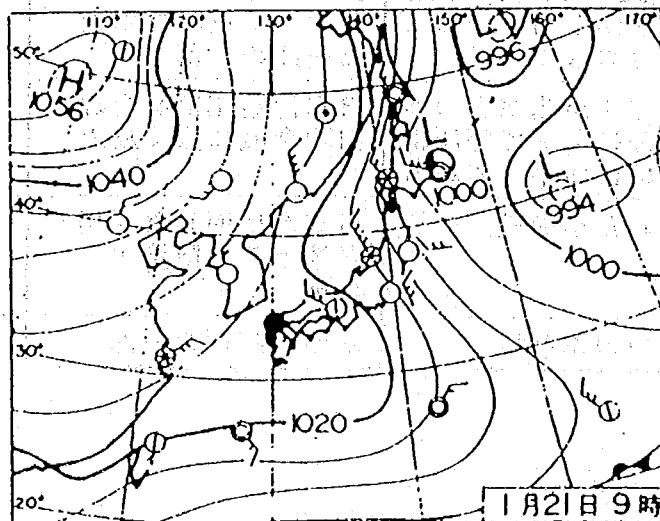
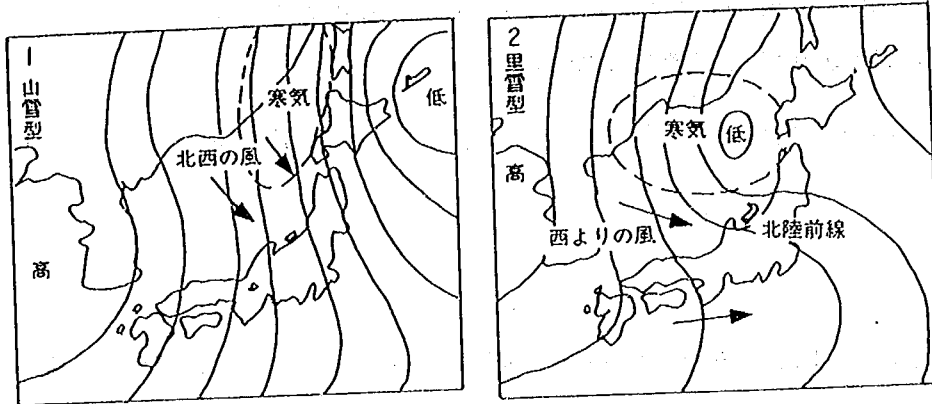


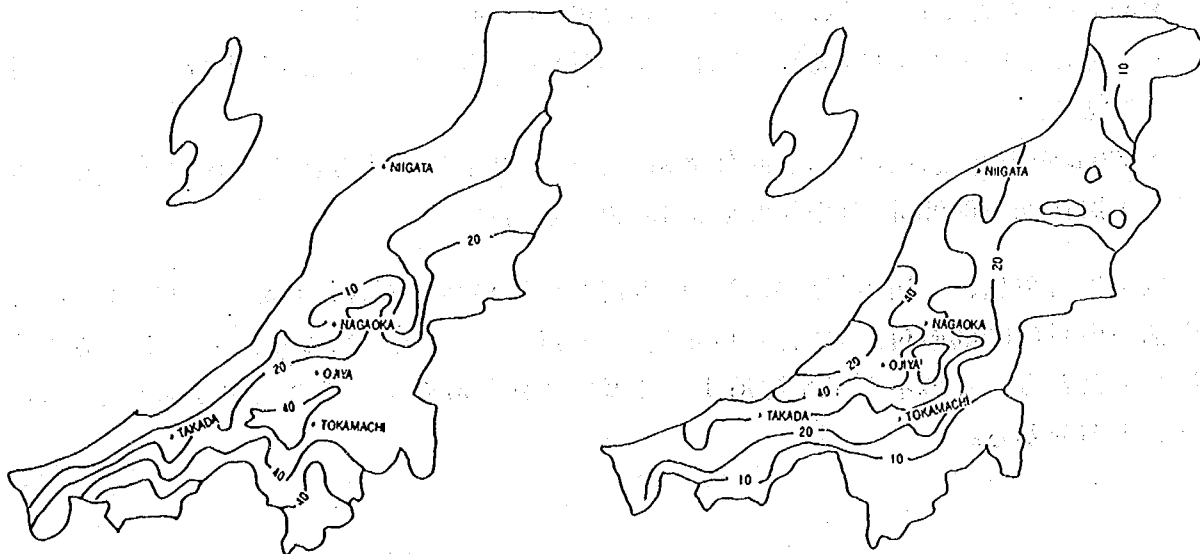
図3-3 季節風型の地上天気図（昭和56年1月21日）

## 2. 1. 3 上越地区の天気の特徴

山間部でも降るが、主に海岸に近い平野部に大雪がみられる場合を里雪、平野部には雪が降らず山間部のみに大雪がもたらされる場合を山雪という。天気図でみた違いは図2-4のように、いずれの場合も上空に寒気の張り出しがあり、山雪型は日本海上の等圧線が南北に平行して密になっているのに対し、里雪型ではその間隔が少し緩く、しかも中央部が西へふくらむ袋型になっているのが特徴である。



山雪型と里雪型の天気図



山雪型の日降雪深  
(昭和28年12月31日)

里雪型の日降雪深  
(昭和31年1月9日)

図3-4 山雪型と里雪型との比較

上越地区の山雪、里雪時の天気図の特徴を、天気図によりまとめると次のようになる。

### 1) 山雪型

- 地上天気図では日本海上の等圧線が南北に平行で、間隔が密である。
- 輪島上空の850~500mb天気図において、風向はそれぞれの高度でほぼ一定であり、北西を示す。
- 上下方向の対流は不活発。700mb(上空約3,000m)付近に気温の逆転層があり、雲頂はこの高さで抑えられる。
- 500mb面の谷は日本列島(ほぼ140°E)以東にあることが多い。
- 500mb面の寒気軸は日本列島上空にある。

以上、山雪型は寒冷な大陸高気圧からの季節風の吹き出しによってもたらされることが分かる。

### 2) 里雪型

- 地上天気図では日本海上の等圧線の間隔はゆるく、中央部では西へ膨らむ袋型になっている。
- 輪島上空850mb面では低気圧の移動につれ風向は南東から北西へと変わり風向の定常性は小さいが、500mb面ではほぼ南西となっていて定常性がある。
- 上下方向の対流が活発であり、雲頂は5~6kmに及ぶ。
- 500mb面の谷は140°E以西にあり、45°Nの一般的な風の流れは14m/s以下である。
- 十分な上層の寒気(輪島850mb面で-35°C以下なら豪雪となる)と十分な低気圧性渦度がある。
- 500mb面の寒気軸は日本海西部にあり、山雪型よりもさらに4~5°C低温である。
- 上層1000~600mb間の相対湿度は85%以上と高い。

以上里雪型は、上層の気圧の谷が日本海西部に移動してきたために、日本海西部から中部の中層(500mb面付近)に著しい寒気(-40°以下)の侵入が起こり、中層が極めて不安定になったとき、その不安定を解消すべく低気圧性対流が起こることによってもたらされることが分かる。

## 2. 1. 4 庄内地区の天気の特徴

庄内地区5地点を地形的にみれば、湯殿山と大網が山間部に位置し、鶴岡、狩川、酒田が平野部に位置していて、酒田が海岸に最も近い。庄内地区では、山間部で降雪深、降雪日数ともに多く、これに反して平野部で少ないという傾向を持っている。

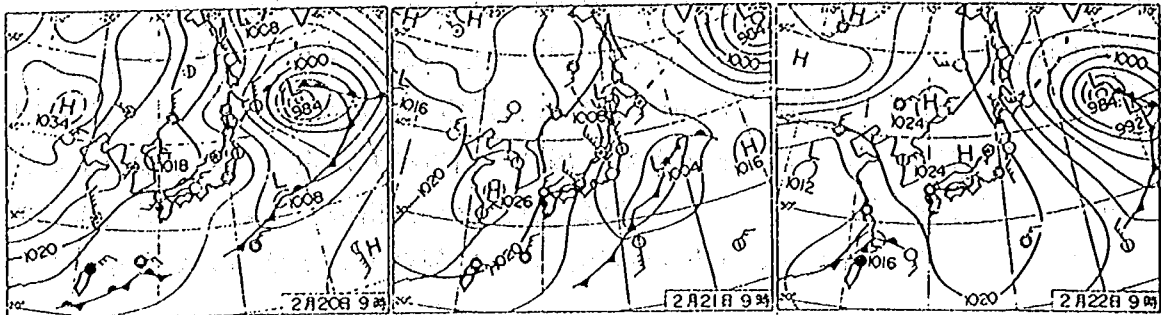
庄内地区にも上越地区のような山雪、里雪の区別があるかどうか調べるために、昭和52年度～61年度(12月～3月)の10年間における日降雪深を比較した。その結果、山間地である湯殿山または大網において最大となる場合(山雪型)が全日数の9割以上を占めることが分かった。反対に平野部である鶴岡、狩川及び酒田のいずれかで最大値を取る場合(里雪型)が25例あったが、全体1211例からみて割合としては極めて少ないと判断される。

これらのうち、最大値が10cm以下の場合の8例を除き、17例について天気図を調べた結果を、表3-2に示す。

表3-2 平野部で降雪深が最大となった時の天気図の特徴

No.	日付 年 月 日	各地点の降雪深(cm)					天気図の特徴 等圧線形状と風向	
		湯殿山	大網	鶴岡	狩川	酒田		
鶴岡で最大値をとる場合								
1	53 01 06	0	29	40	19	10	等圧線袋状	南
2	53 02 25	25	24	25	6	12	日本海低気圧	北西
3	54 01 15	45	30	47	25	28	等圧線袋状	北西
4	54 01 21	20	8	30	20	13	等圧線袋状	南西
5	55 02 07	10	8	11	8	7	等圧線袋状	北西
6	55 02 09	10	15	15	15	3	日本海低気圧	南
7	56 02 21	20	8	25	15	16	日本海低気圧	南西
8	58 12 18	16	18	18	12	15	等圧線袋状	南西
9	60 12 17	12	11	16	11	10	日本海低気圧	南西
狩川で最大値をとる場合								
10	53 12 19	15	8	5	15	1	南岸低気圧	北東
11	55 02 09	10	15	15	15	3	日本海低気圧	南西
12	59 03 05	13	6	12	15	5	日本海低気圧	南東
13	59 03 14	12	7	5	14	4	等圧線袋状	北西
14	61 02 08	5	7	7	15	2	等圧線袋状	西
酒田で最大値をとる場合								
15	58 02 07	8	10	5	7	11	日本海低気圧	南東
16	58 12 25	5	5	3	0	15	日本海低気圧	南
17	60 12 12	9	8	11	8	12	日本海低気圧	南西

平野部で積雪が最大となった天気の例として表中のNo. 7、昭和56年2月20日21時の地上天気図を示す(図3-5)。



20日(金)曇冷

午後、九州の南にもL発生。よわい谷の通過で北陸以北所々雪、その他所々●。降水は一部で10~20mmの程度だが、日中気温上らず平年比-3°前後。水戸、梅まつり始まる。

21日(土)出水のツル北帰行

例年より10日遅く第1陣。冬型は弱い、本州上空の気温ほぼ10日ぶりに平年をわり雪30cm前後の所も。午後は北陸以西も①。太陽観測衛星「アストロA」打上げ愛称「ひのとり」

22日(日)寒冬再び

吹き出しによる雪、北海道を除いて午後は次第に止む。関東うす曇で肌寒い、二分咲きの彼岸園に17万人。東シナ海のL、やゝ北上して東進、夜半には九州一円に●。

図3-5 昭和56年2月20日から22日までの地上気象の変化<sup>4)</sup>

表3-2に示す天気で特徴的にみられる傾向は次のとおりである。

- 地上気圧配置の大勢としては、大陸に高気圧、北海道の東海上に発達した低気圧があるという西高東低型であるが、日本海付近の等圧線間隔はゆるく、日本海に小さな副低気圧が存在する。またこの低気圧が存在しない場合でも等圧線は袋状に日本海に張り出しており、このため地上の風は沿海州から大きく日本海を蛇行して、新潟に達するときは西ないし南成分を持っている。
- 上層には強い寒気が侵入している。
- 上層500mbの谷は140°E以西にあることが多く、このため酒田付近は上層の谷の前面にあたる。

これらは17例の全てにみられることであり、北陸地方の里雪のパターンと同じものである。また、この時は鶴岡で降雪が最大となったが、狩川、酒田が最大値をとる場合も天気図上では同様の特徴がみられ、この3点のうちいずれが最大となるかは天気図上からは読み取れない。



次に平野部で多量の降雪を記録した場合の、天気図の特徴と各地点との降雪深の比較を試みた。平野部で大雪となる例として、最も降雪の少ない地点である酒田が11cm以上の降雪を記録する場合を調べたところ、43例が該当した。これを表3-3に示す。

表3-3 酒田が11cm以上の降雪時の天気図の特徴

No.	日付			各地点の降雪深(cm)					天気図の特徴	
	年	月	日	湯殿山	大網	鶴岡	狩川	酒田	等圧線形状	と風向
1	53	02	25	25	24	25	6	12	日本海北低気圧	北西
2	53	02	26	49	15	10	13	15	日本海北低気圧	南東
3	54	01	15	45	30	47	25	28	等圧線袋状	北西
4	54	01	21	20	8	30	20	13	等圧線袋状	南西
5	55	01	23	30	22	28	21	11	等圧線袋状	西
6	55	02	03	51	40	17	18	12	等圧線袋状	南西
7	55	02	04	70	48	28	37	18	等圧線袋状	南西
8	55	02	06	51	18	13	12	20	日本海低気圧	南西
9	55	02	15	45	47	32	20	23	等圧線袋状	南西
10	56	01	15	30	15	15	26	20	日本海低気圧	南西
11	56	01	16	30	37	20	15	13	日本海低気圧	南西
12	56	01	17	32	16	16	13	15	日本海低気圧	南西
13	56	02	21	20	8	25	15	16	等圧線袋状	南西
14	56	02	27	43	37	39	21	22	袋状、間隔密	南
15	57	01	07	20	6	5	9	13	日本海低気圧	南東
16	57	01	13	35	23	17	23	13	日本海低気圧	南東
17	57	01	14	50	40	31	20	22	等圧線袋状	南東
18	57	01	15	67	56	33	27	25	等圧線袋状	南東
19	57	01	19	28	20	6	10	17	日本海低気圧	南東
20	57	02	02	34	35	18	19	18	等圧線南北	北西
21	57	02	16	25	16	14	21	15	等圧線袋状	南西
22	58	01	24	34	18	5	8	15	等圧線袋状	西
23	58	02	07	8	10	5	7	11	日本海低気圧	南
24	58	02	10	36	23	20	10	13	日本海低気圧	南西
25	58	02	12	30	39	20	20	12	等圧線袋状	南東
26	58	03	08	58	40	23	8	12	等圧線南北	西
27	58	12	18	16	18	18	12	15	等圧線袋状	北東
28	58	12	25	5	5	3	0	15	日本海低気圧	南
29	58	12	30	22	15	9	19	14	日本海低気圧	南東
30	59	01	06	32	20	11	5	12	日本海低気圧	西
31	59	01	10	25	12	6	9	15	日本海低気圧	南東
32	59	01	16	115	60	20	14	15	等圧線南北	西
33	59	01	17	44	0	22	5	15	等圧線南北	西
34	59	02	02	21	18	10	5	12	日本海低気圧	南東
35	59	02	06	42	30	18	12	18	日本海低気圧	北西
36	59	02	07	40	10	15	0	15	等圧線南北	西
37	59	12	22	60	26	17	20	15	等圧線袋状	南
38	59	12	25	92	50	20	4	11	等圧線南北	北西
39	60	01	01	13	15	2	10	14	日本海低気圧	南東
40	60	01	16	32	17	10	6	14	等圧線南北	北西
41	60	03	12	28	14	14	10	15	南岸低気圧	南西
42	60	12	12	9	8	11	8	12	日本海低気圧	南東
43	61	02	28	33	25	32	30	30	日本海低気圧	南

酒田で降雪深が11cm以上を記録した日の天気図を分析すると、里雪型の天気図の割合が比較的多いことが分かった。また、風向の南北成分に注目すると北西など北成分を含む風が少なく、南西など南成分を含む風が多いことが分かった。

表3-4 平野部で大雪となる時の天気の状態

	天気の状態	該当例
天気図	里雪型(日本海低気圧、等圧線袋状)	35例
	山雪型(等圧線南北、間隔密)	7例
	その他(南岸低気圧)	1例
風向	南成分を含む風向(里雪型)	29例
	北成分を含む風向(山雪型)	7例
	西風(混合型)	7例

以上から酒田で降雪深が11cm以上となる場合、その多くが里雪型の特徴を持つ天気図パターンの時に起こることが分かったが、山雪型の特徴を持つ天気図パターンのもとでも数例は起こっており、両者の間に明確な区別があるわけではない。

いずれにしても酒田で降雪深が11cm以上となる場合、山間地である湯殿山ではほとんどの場合さらに多量の降雪を記録しており、山間地で少なく、平野部で多いというようなケースは庄内地区ではほとんど起こらないといえる。

以上について、庄内地区の天気の特徴をまとめると、庄内地区の降雪現象はほとんど山雪型であり、里雪型といえるものは極めて少ないが、一応上越地区と同様の降雪パターンを有することが判明した。この場合、降雪予測の観点からみると、庄内地区では山雪型の予測精度を上げれば、全体の予測精度が上がるということが考えられ、上越地区より予測しやすい降雪特性を有するといえよう。

## 2. 2 対象地域における降雪深の状況

上越地区の3地点、庄内地区の5地点における昭和52年度～昭和62年度までの冬期間（12月～3月）の日降雪深の概要を取りまとめた。なお、ここでいう日降雪深とは、上越地区については、前日9時から当日9時まで、庄内地区については前日8時から当日8時までの降雪深である。

### 2. 2. 1 降雪深の比較

観測地点の降雪深を比較すると次のようになる。

表3-5 上越地区の降雪状況比較

地点	平均値	最大値	降雪なしの割合
関山	8.7cm	103cm	50.5%
新井	7.8cm	105cm	56.1%
高田	7.4cm	140cm	55.1%

表3-6 庄内地区の降雪状況比較

地点	平均値	最大値	降雪なしの割合
湯殿山	18.6cm	115cm	24.9%
大網	8.1cm	85cm	41.1%
鶴岡	3.2cm	53cm	56.8%
狩川	2.6cm	54cm	56.5%
酒田	1.6cm	30cm	65.6%

この表によれば、上越地区の場合、庄内地区ほどの違いはみられず、3地点とも同じ程度の平均降雪深となっている。最大降雪深も1mを超え、豪雪地帯であることを示している。ここで、平野部にある高田の降雪深最大値が比較的山間部にある関山のものより大きな値となった。降雪深データは、その数値が観測方法に大きく依存する。高田の場合、降雪深のデータは気象観測所が観測した1日3回（各8時間毎）の雪尺による観測値の合計値であり、1日1回の観測値である新井、あるいは積雪深の毎日の差により降雪深を求めている関山の観測値より、値が大きくなる傾向にある。

庄内地区については、平野部の酒田、狩川、鶴岡等と山岳地帯にある湯殿山では降雪量に大きな差があり、平野部では降雪のある日が冬期の半分程度あるにもかかわらずそれほど降雪量がないのに対して、湯殿山の場合冬期はだいたい毎日降雪があり、かつ平均降雪量でも20cm程度となって有数の豪雪地帯であることが分かる。

## 2. 2. 2 降雪深の階級別出現率

各階級別の累積出現率は次のとおりである。

表3-7 降雪階級別の累積出現率

階級	高田	新井	関山
降雪なし	55.1	56.1	50.5
10cm以下	77.5	77.5	73.6
20cm以下	87.8	86.5	83.5
30cm以下	93.0	92.0	90.3
50cm以下	96.8	97.3	97.2

表3-8 降雪階級別の累積出現率

階級	酒田	狩川	鶴岡	大網	湯殿山
降雪なし	65.6	56.5	56.8	41.1	24.9
10cm以下	96.2	92.8	91.0	70.0	44.1
20cm以下	99.5	98.4	97.3	88.1	59.3
30cm以下	----	99.7	98.8	95.1	75.7
50cm以下	----	99.9	99.9	99.2	94.6

これらの表によると、上越地区ではいずれの地点も30cm以下が90%以上を占めている。庄内地区については、平野部の酒田、狩川、鶴岡では10cm以下で既に90%を超えており、降雪量がそれほど多くないことが分かる。これに対して湯殿山は、30cmを超えても80%までに至っていない。大網は、酒田と湯殿山との中間的な降雪量である。ここで、ひと冬に一度あるかどうかの99%でみると、上越地区ではいずれも60cm程度、庄内地区では酒田と狩川は20cm程度、鶴岡は30cm程度、大網は50cm程度、湯殿山は70cm程度となっている。

### 3. 降雪と地上気象との関係

ここでは、解析対象地点として上越地区の高田を選び、昭和52年度から昭和62年度の期間における高田の日降雪深と地上気圧、地上気温等の資料を用いて、それらの間の関連性について検討した。

#### 3. 1 地上気圧

高田の日降雪深と、地上気圧との関係について検討した。なお、ここで検討した地上気圧は、日本全体の気圧傾向を把握するため、毎日21時の地上天気について次に示す12地点の地上気圧を用いた。このとき地上気圧の読み取りは、気象庁発表の天気図を用いて行った。

表3-9 地上気圧の読み取り交点

	120° E	130° E	140° E	150° E
30° N	○	○	○	○
40° N	○	○	○	○
50° N	○	○	○	○

この地上気圧の読み取り地点を図3-6に示す。

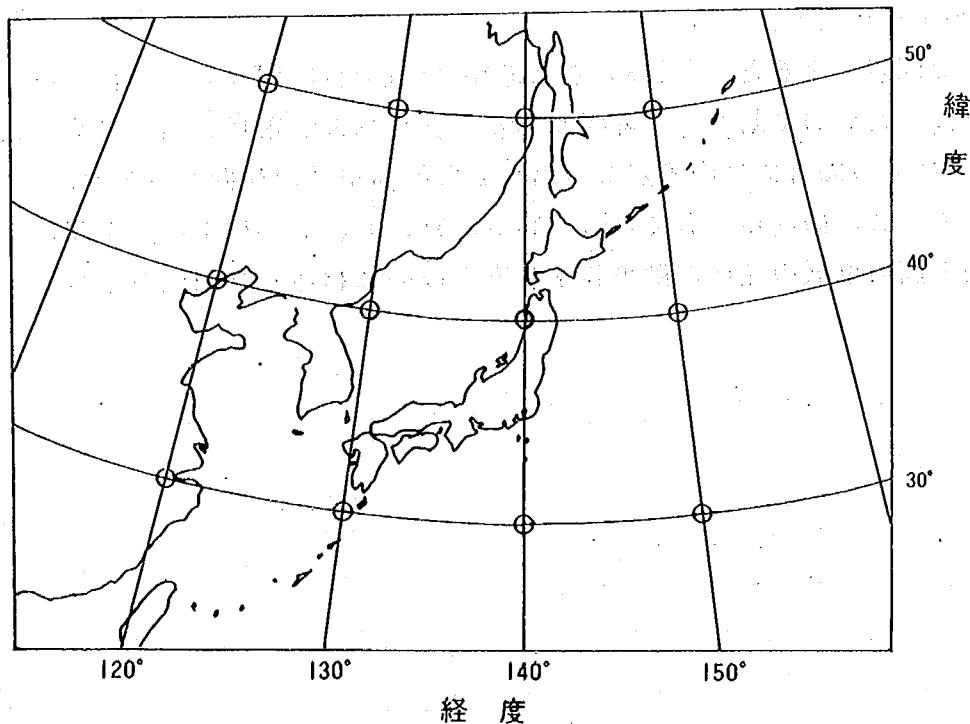


図3-6 地上気圧の読み取り位置

眺みとった地上気圧と高田の日降雪深との相関係数の計算結果は、表3-10のようになった。

この表によると、120°E、130°Eでは正の相関、140°E、150°Eは負の相関となっている。このことは西の方では気圧が高いほど高田の降雪深の値が大きくなり、逆に東の方では気圧が低くなるほど高田の降雪深の値が大きくなることを示している。これは、西高東低の冬型の気圧配置に近いほど高田の降雪深が増大することを意味している。相関係数自体は(30°N、120°E)で0.340、(40°N、120°E)で0.289となり、値そのものは比較的小さい。

表3-10 地上気圧と高田の日降雪深との相関係数

緯度 経度	30°N	40°N	50°N
120°E	0.340	0.289	0.249
130°E	0.239	0.158	0.135
140°E	-0.079	-0.147	-0.063
150°E	-0.258	-0.279	-0.243

ところで、地上気圧と高田の日降雪深との関係をみると、降雪深のピークがある特定の気圧付近に集中するという傾向がみられる(図3-7、巻末資料2)。このため、高田の日降雪深階級別に分類して、各々の階級における地上気圧の平均値を求めると表3-11及び図3-8のようになる。

これらの図表によると、北緯30°や北緯40°付近では降雪なしの場合は東西間の気圧の差がほとんどないのに対して、降雪がある場合には西高東低の傾向が強くなることが分かる。北緯50°の場合には降雪がない場合でも西高東低の傾向があるが、降雪深が増大するに従って、この傾向が大きくなっている。ただし、30cm以上の降雪深になると、降雪深の増加と西高東低の気圧配置の強まり方との間にはあまり関係がみられなくなる。

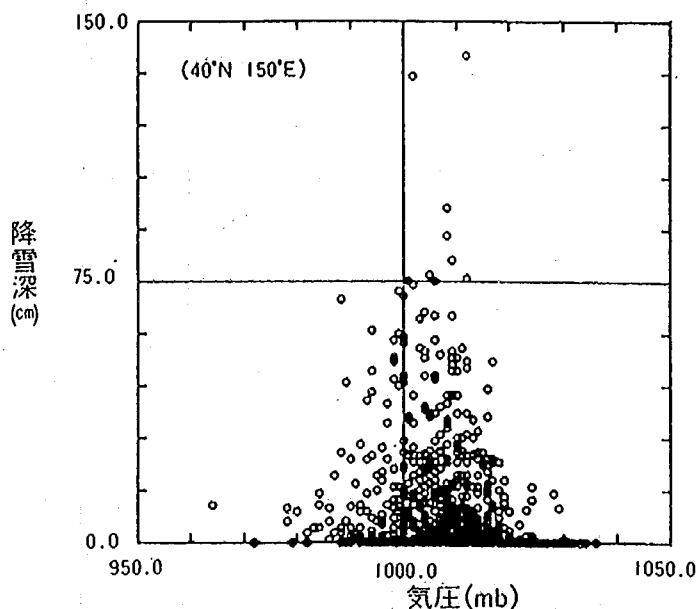


図3-7 日降雪深と地上気圧との関係の例 (40° N 150° E)

表3-11 高田の日降雪深階級別の地上気圧の平均 (mb)

北緯	階級 東経	降雪 有無	10cm	10~	20~	30~	40~	50cm	
			未満	20cm	30cm	40cm	50cm	以上	
30°	120°		1021.2	1025.7	1028.4	1028.8	1029.5	1029.7	1029.6
	130°		1018.3	1021.1	1022.7	1022.6	1024.4	1022.9	1022.7
	140°		1018.3	1016.7	1017.0	1016.2	1018.0	1015.5	1015.6
	150°		1019.1	1014.8	1013.2	1012.1	1013.4	1011.3	1012.7
40°	120°		1022.9	1026.4	1028.9	1030.5	1030.9	1031.5	1029.9
	130°		1018.2	1021.2	1022.5	1022.8	1023.9	1022.2	1021.4
	140°		1017.7	1015.2	1014.6	1013.1	1015.5	1012.6	1012.5
	150°		1016.8	1008.4	1006.2	1006.1	1007.3	1002.7	1004.7
50°	120°		1025.4	1028.4	1030.6	1033.5	1033.1	1033.9	1033.5
	130°		1019.9	1022.2	1023.1	1024.4	1023.7	1024.0	1023.8
	140°		1015.7	1015.5	1015.6	1015.0	1014.6	1014.6	1013.5
	150°		1010.9	1005.9	1005.3	1004.5	999.1	1003.3	999.2

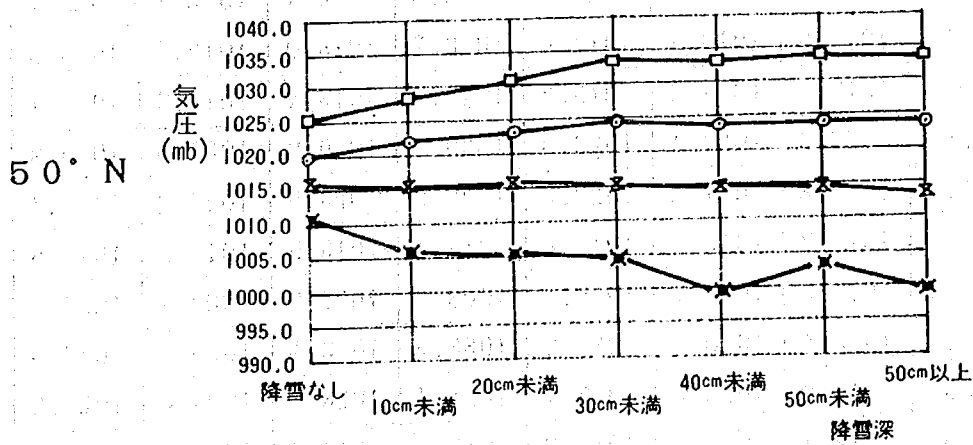
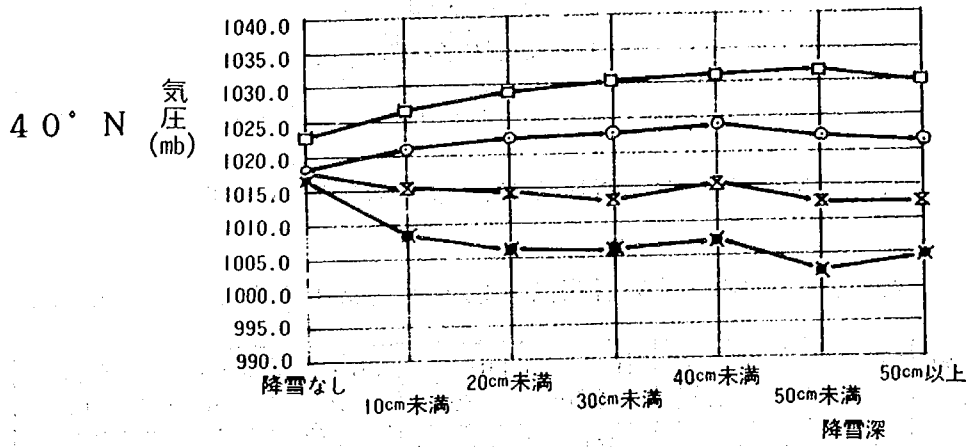
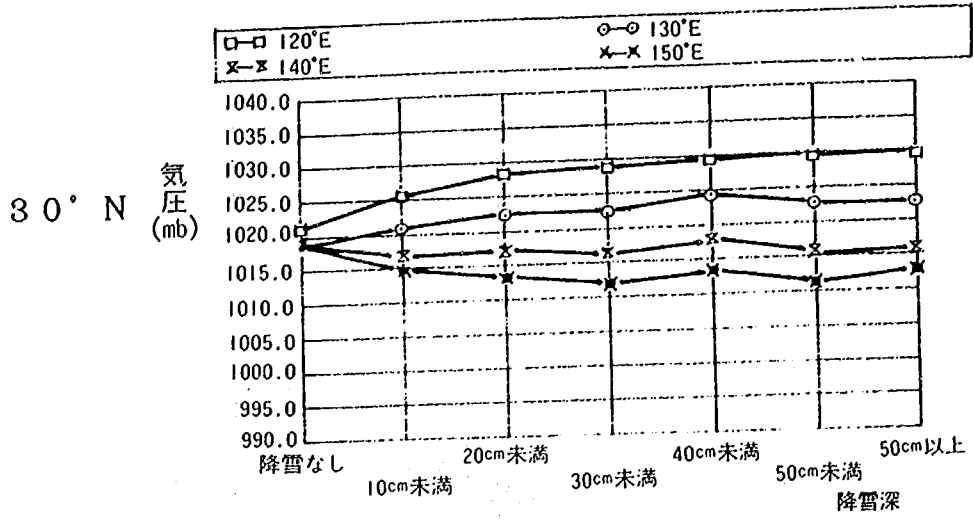


図3-8 日降雪深階級別の地上気圧の平均 (高田)



### 3.2 地上気温

ここでは高田の日降雪深（当日9時～翌日9時までの値）と、高田の当日9時の気温との関係について検討した。

高田の日降雪深と9時の気温との相関係数を求めると、 $-0.420$ の値が得られた。また、降雪深と気温との関係を図示すると、図3-9のようになる。気温の場合も前にみた地上気圧と同様直線的な関係はなく、ある温度範囲にピークを持つような関係となっている。

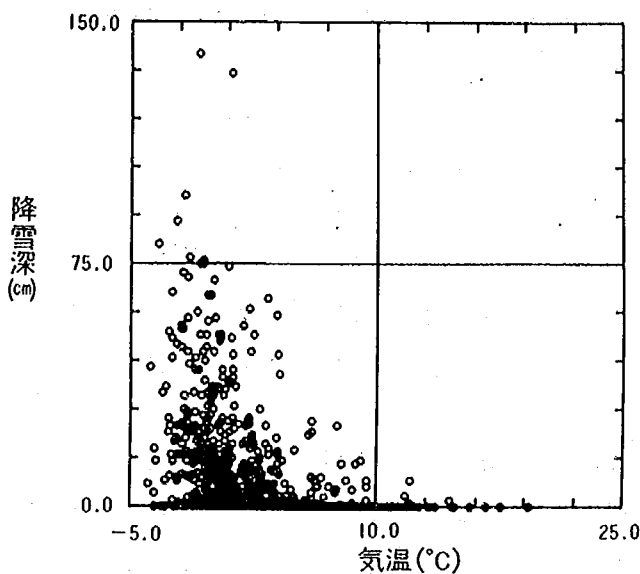


図3-9 日降雪深と9時気温との関係（高田）

地上気圧の場合と同様に、高田の日降雪深階級別の気温の平均値を求めてみると、表3-12及び図3-10のようになる。すなわち、高田の日降雪深が大きくなると、気温が低下する傾向がみられる。また、降雪深が30cm以上になると、気温の変化はほとんどなくなることが分かる。

表3-12 高田の日降雪深階級別の9時の気温の平均（°C）

降雪なし	10cm未満	20cm未満
6.0	2.9	1.0
30cm未満	40cm未満	50cm未満
0.3	-0.1	0.0
50cm以上		
-0.4		

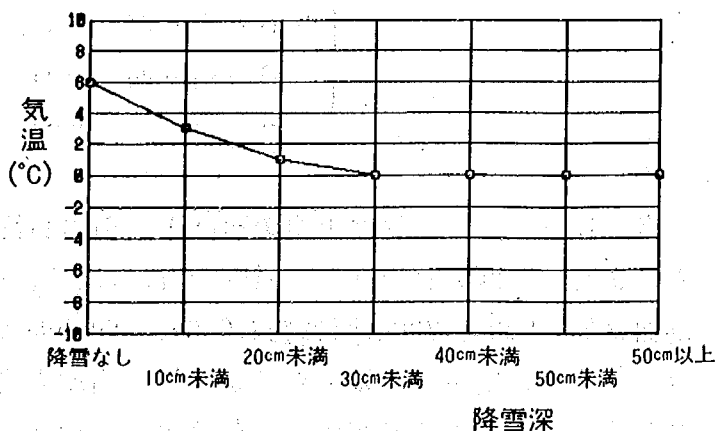


図3-10 日降雪深階級別の9時気温の平均（高田）

#### 4. 降雪と高層気象との関係

ここでは、昭和57年度から昭和61年度までの高田の日降雪深データと輪島高層の850mb、700mb、500mb各面における高度、湿度、気温のデータを用いて、その関連性について検討した。

##### 4. 1 高層の高度

一般に高層天気図は、指定された等気圧面（例えば、1,000mb面、850mb面、700mb面、500mb面等）で観測された気象データをプロットしている。したがって、テレビ、ラジオ等でみられる地上天気図のような気圧の等圧線は描かれない。代わりに等高度線というものが描かれる。ここでいう高度（指定気圧面高度）とは、例えば、気圧が500mbになる地上高度は何メートルであるかを、各地で測定した結果を線で結んだものである。一般には500mb面の高度は地上約5,400m程度にある。ある地点上空の500mb面の高度がこれよりもずっと高ければ、この地点の上空は高圧帯、逆に高度が低ければ、低圧帯と考えられ、一般の地上天気図のように、高度の値が高ければ高気圧、値が小さければ低気圧と便宜上考えることができる。

ここでは、高田に最も近い高層気象観測地点である輪島上空の850mb、700mb、500mb面の高度と高田の日降雪深との関係を見た。なお、高層気象観測データは1日に9時と21時の2回しか観測されないため、ここでは、日降雪深（当日9時～翌日9時までの降雪深を日降雪深とする）の中央の時刻として、21時の観測値との関連について検討した。

まず、高田の日降雪深と輪島の高度との相関係数を計算すると表3-13のようになり、また、そのときの分布図を示すと図3-11のようになる。

表3-13 高田の日降雪深との相関係数

850mb面	-0.252
700mb面	-0.432
500mb面	-0.514

表3-13をみると、輪島上空の高度と高田の日降雪深の間には負の相関関係があること、また、500mb面の高度との相関が最も高く、指定気圧面の高度が低くなるほど（850mb面は約1,500m、700mb面は約3,000m、500mb面は約5,400m）相関が低くなる傾向がみられる。また、図をみれば分かるように、高度と高田の日降雪深とは直線的な関係はあまりみられず、ある特定の高度付近で降雪のピークが多くなり、その上下に離れるに従って、降雪のピークが小さくなる傾向がある。

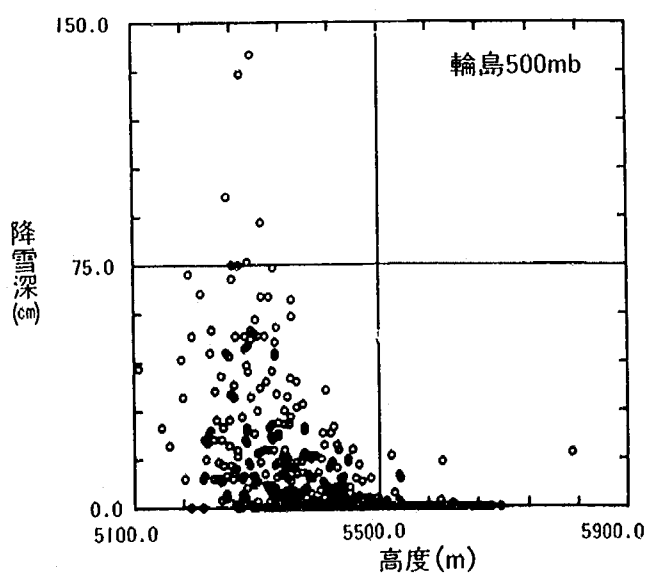
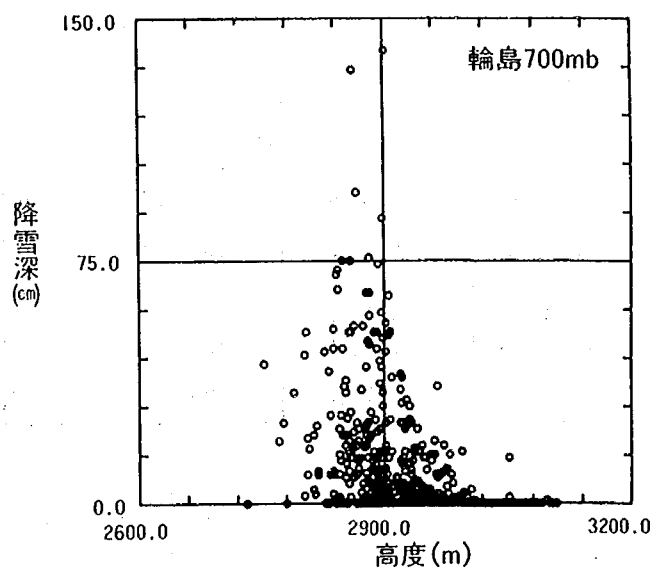
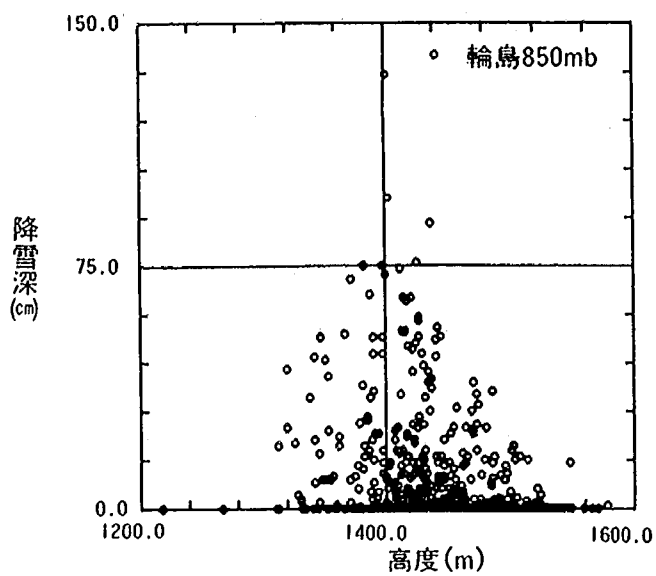


図3-11 輪島の高度と高田の日降雪深との関係

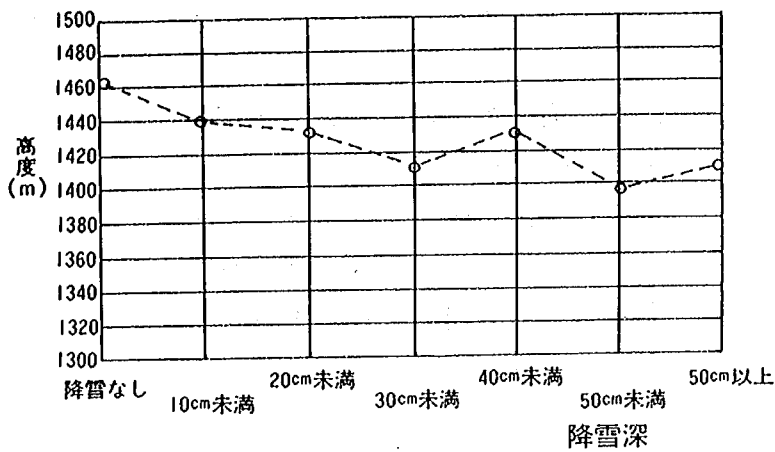
このため、高田の日降雪深階級別に分類した場合の高度の平均値を求めると表3-14及び図3-12のようになる。

これらの図表によると、どの気圧面においても、高田の日降雪深が増加すると、高度が低下する傾向をみせている。このことは、輪島上空が低圧部になったときに、高田の降雪が増加するということを意味する。また気圧面毎の高度の低下状況をみると、850 mb面の低下状況が最も少なく、500mb面での低下状況が最も大きい。また、降雪なしの状況から30cm程度までは、ほぼ比例的に低下しているが、それ以上の降雪になると大きな変化はなくなる。

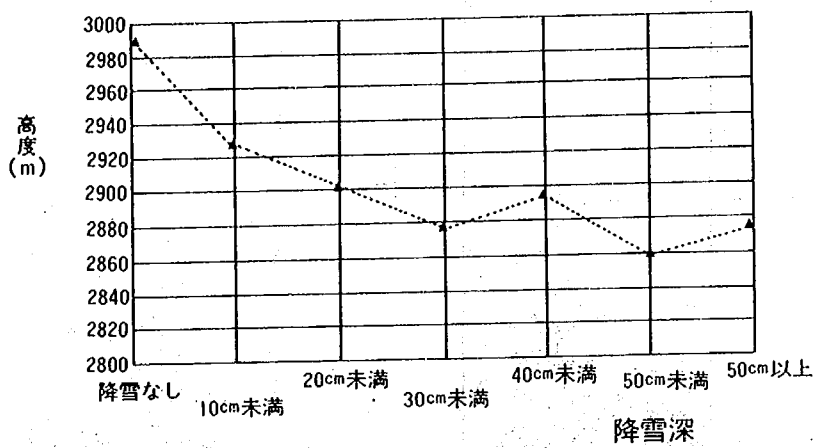
以上の点から、高度に関しては、高田の日降雪深に最も関与するのは500mb面の高度であるといえる。

表3-14 高田の日降雪深階級別の輪島の高度の平均値 (単位: m)

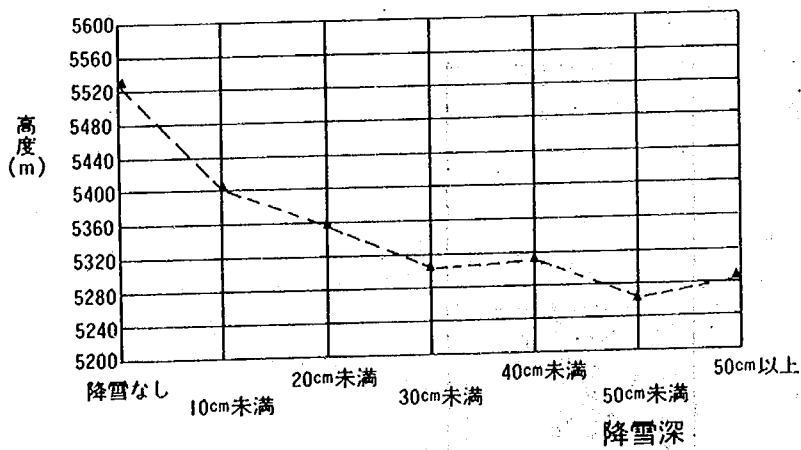
降雪階級	850 mb	700 mb	500 mb
降雪なし	1464.4	2990.5	5528.8
10cm未満	1439.1	2928.0	5405.0
10cm以上20cm未満	1432.7	2902.4	5357.9
20cm以上30cm未満	1412.4	2875.8	5302.3
30cm以上40cm未満	1432.4	2894.4	5309.5
40cm以上50cm未満	1398.2	2858.9	5265.3
50cm以上	1411.6	2874.0	5284.6



850 mb



700 mb



500 mb

図3-12 日降雪深階級別の輪島の高度の平均 (高田)

#### 4. 2 高層の湿度

輪島上空850mb、700mb、500mb面21時の湿度と高田の日降雪深との関連について検討した。まず、両者の相関関係をみると表3-15及び図3-13のとおりである。

表3-15 高田の日降雪深との相関係数

850mb面	0.217
700mb面	0.280
500mb面	-0.102

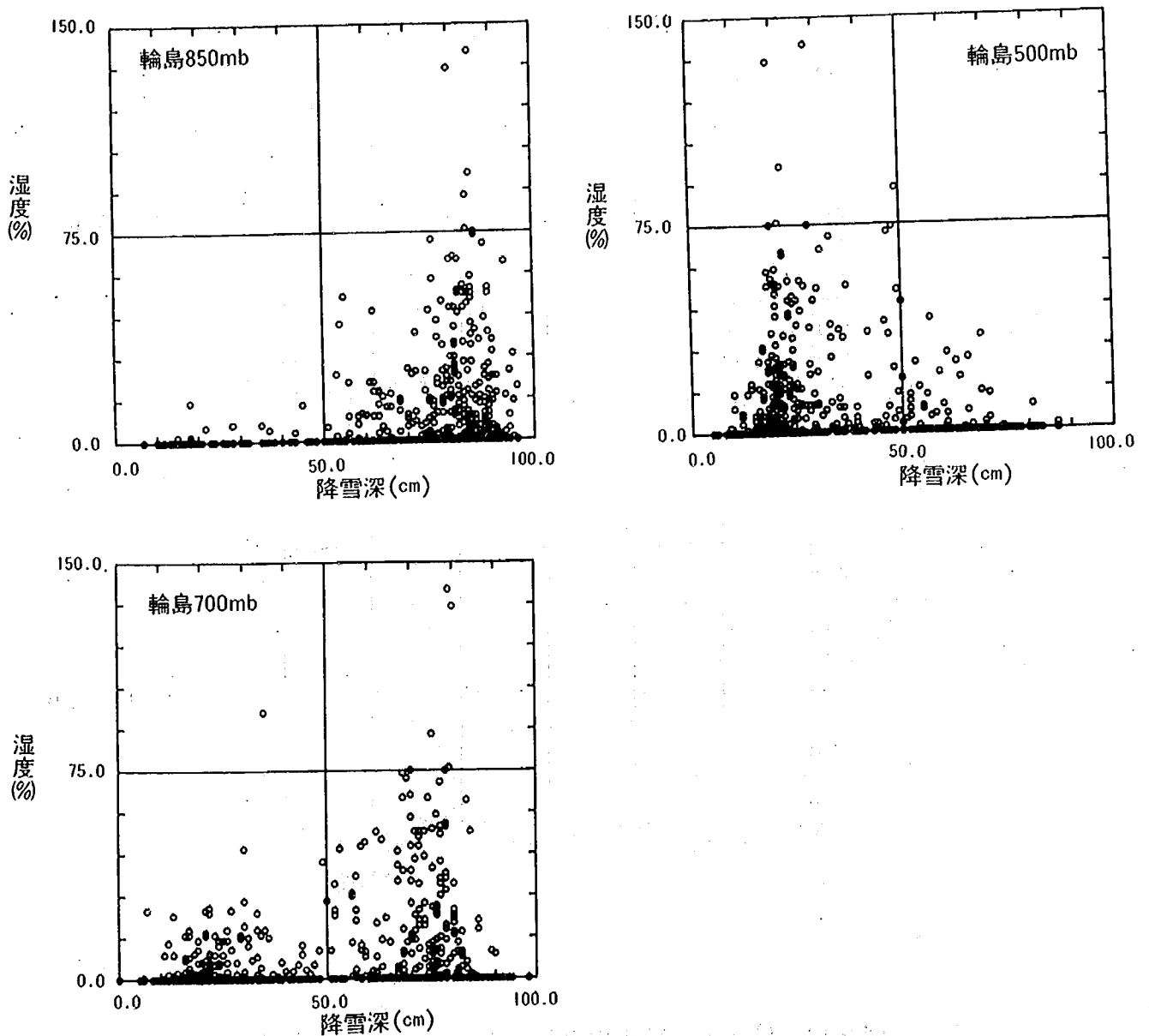


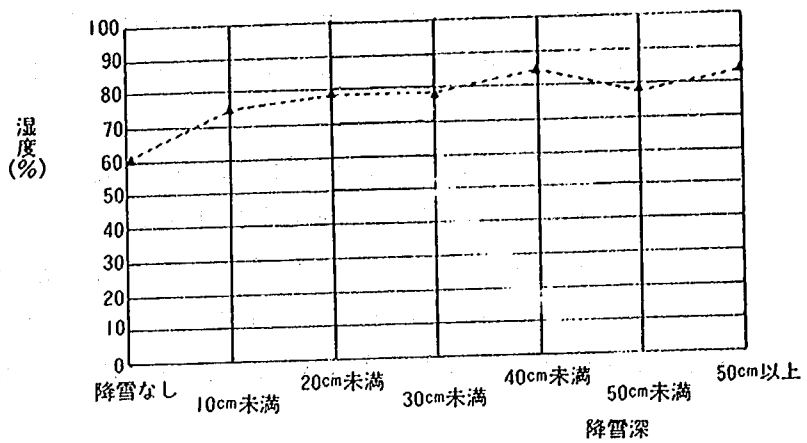
図3-13 輪島上空の湿度と高田の日降雪深との関係

これらを見ると、輪島上空の湿度と高田の日降雪深との相関係数はあまり大きくないこと、また、850mb、700mb面では正の相関があるのに対して、500mb面では負の相関となっていることが分かる。すなわち、850mbや700mb面の低層の湿度が増加すると、高田の日降雪深の値が大きくなる傾向を示すのに対して、高層の湿度は無関係に近いか逆の相関となることを示している。

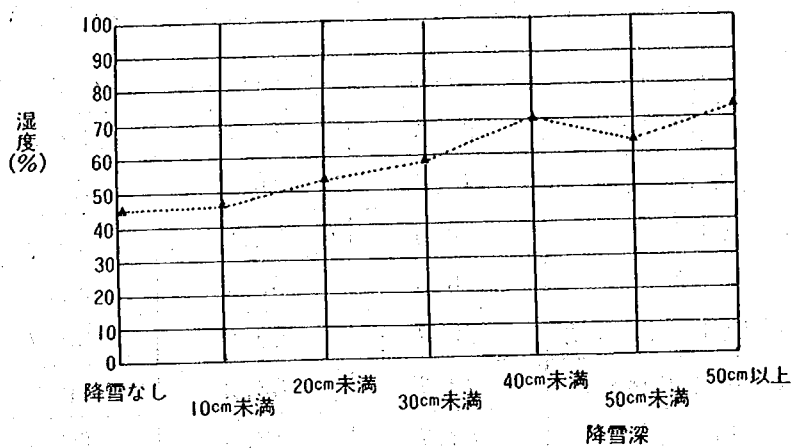
この関係をもっとよく把握するために、高田の日降雪深の階級別の湿度の平均値を求めると表3-16及び図3-14のようになる。これらの図表によると、500mb面は他の等圧面とは逆の変化をしていることが分かり、また、湿度の変化の程度も少ない。高田の日降雪深の変化と最もよく対応しているのは700mb面の湿度である。850mb面では、降雪なしと降雪ありの状況ではその差が割合にはっきりしているが、降雪深の値の大小と湿度との関係はほとんどみられない。

表3-16 高田の日降雪深階級別の輪島上空の湿度の平均（単位：％）

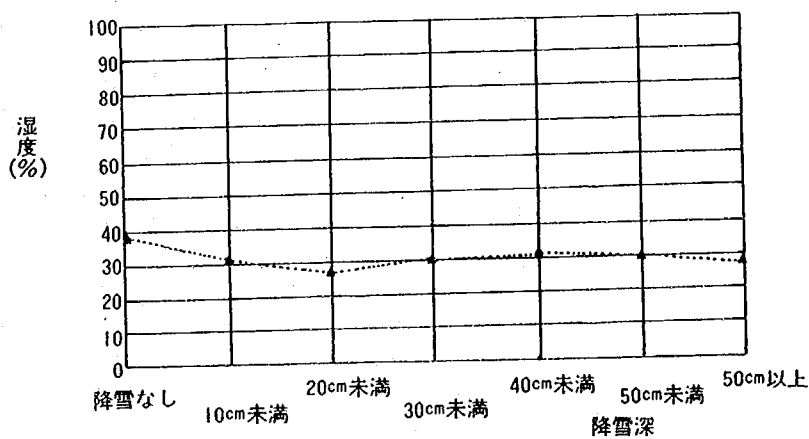
降雪階級	850mb	700mb	500mb
降雪なし	60.5	44.6	37.5
10cm未満	75.2	45.6	30.9
10cm以上20cm未満	78.5	52.6	26.8
20cm以上30cm未満	78.9	58.1	30.3
30cm以上40cm未満	83.7	69.6	30.7
40cm以上50cm未満	78.3	63.2	30.0
50cm以上	82.7	72.6	26.9



850 m b



700 m b



500 m b

図3-14 日降雪深階級別の輪島上空の湿度の平均 (高田)



#### 4. 3 高層の気温

輪島上空850mb、700mb、500mbの21時の気温と高田の日降雪深との関係を検討した。  
 まず、両者の関係を示すと表3-17及び図3-15のようになる。

表3-17 高田の日降雪深との相関係数

850mb面	-0.484
700mb面	-0.549
500mb面	-0.409

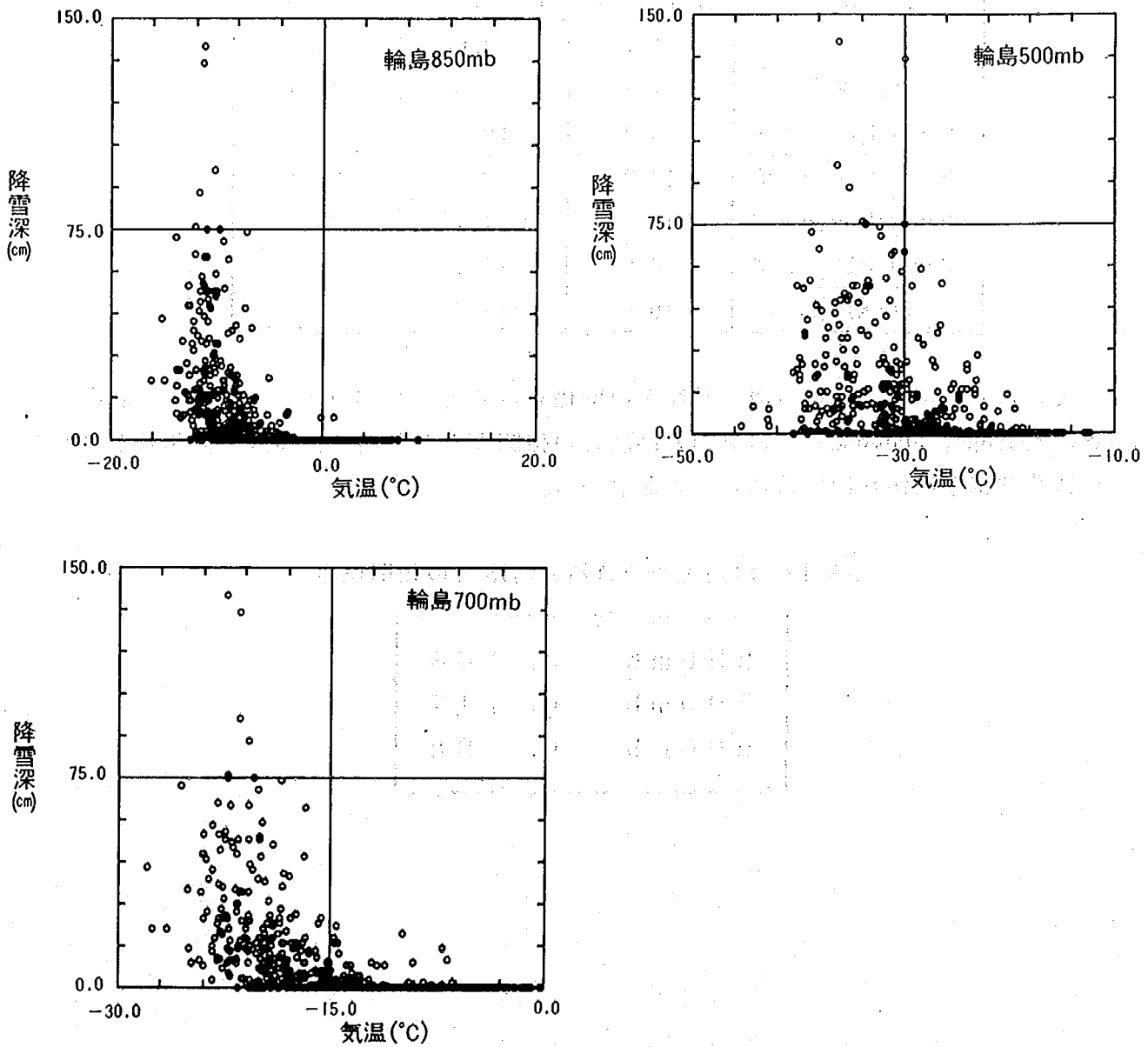


図3-15 輪島上空の気温と高田の日降雪深との関係

相関係数はすべて負の値となり、輪島上空の気温が低下すると高田の日降雪深が増大するという関係を示している。また、相関係数値そのものをみると、700mb面が最も高く、ついで850mb面、500mb面の順となる。図3-15をみると、輪島上空の気温と高田の日降雪深との関係は直線的でない。また、この図によると、850mb面の気温がピークの分布等の点で、最もよくまとまっているように思われる。

次に、高田の日降雪深階級別の輪島上空の気温の平均値を求めると、表3-18及び図3-16のようになる。これらの図表によると、高田の日降雪深が増加すると輪島上空の気温が低下するという傾向がはっきりと捉えられるが、850mb面や700mb面では、降雪深がある程度以上になると降雪深と上空の気温との関係は不明瞭になっている。

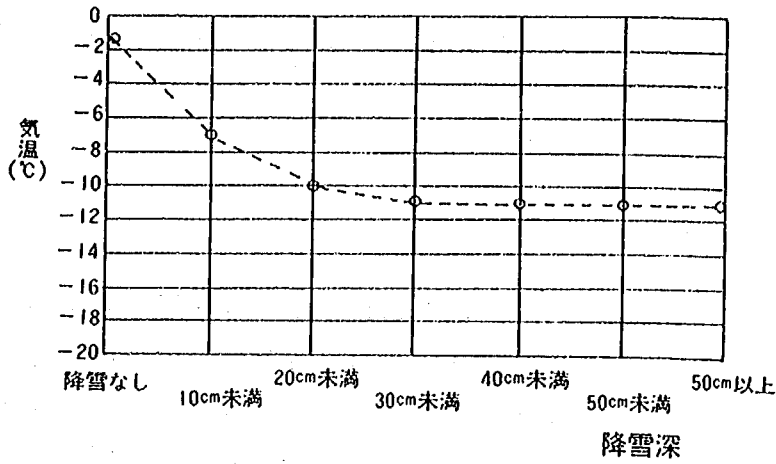
表3-18 高田の日降雪深階級別の輪島上空の気温の平均値（単位：℃）

降雪階級	850mb	700mb	500mb
降雪なし	-1.1	-8.6	-23.9
10cm未満	-7.2	-15.2	-28.9
10cm以上20cm未満	-9.9	-19.0	-31.3
20cm以上30cm未満	-10.7	-20.6	-33.4
30cm以上40cm未満	-10.7	-21.7	-33.6
40cm以上50cm未満	-10.9	-21.7	-35.1
50cm以上	-10.8	-21.4	-33.5

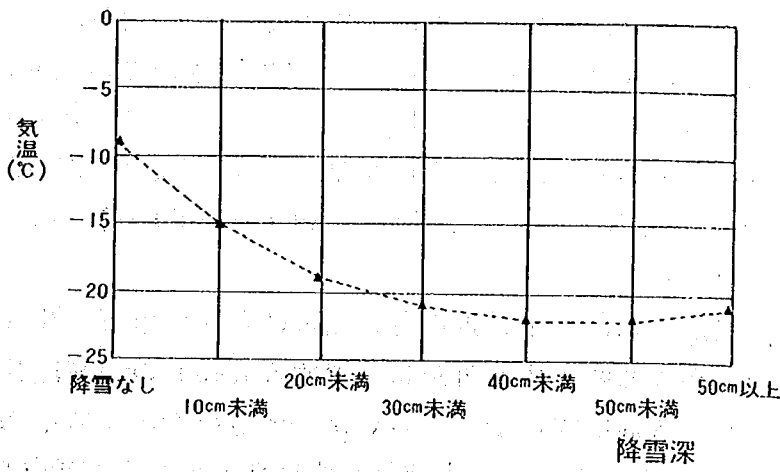
ところで、輪島上空の気温と高度との関係をみると表3-19のようになる。これをみると、700mb面、500mb面等では気温と高度との相関がかなり高く、高度の変化状況と気温の変化状況が密接な関係にあることが分かる。

表3-19 輪島上空の気温と高度との相関係数

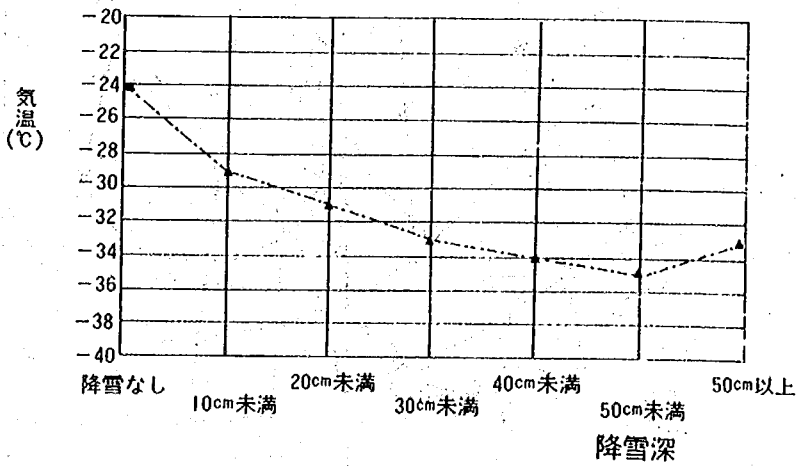
850mb	0.188
700mb	0.717
500mb	0.798



850 mb



700 mb



500 mb

図3-16 日降雪深階級別の輪島上空の気温の平均 (高田)

## 5. 降雪と等高度線との関係

ここでは、昭和52年度から昭和61年度までの冬期（12月～3月）のデータを使用して高田の日降雪深と、前述の解析結果から最も降雪に係わる気象要素と考えられる500mb面等高度線データとの関係について検討した。

### 5. 1 検討の対象とする等高度線

500mb面における等高度線とは、図3-17に示すような形をしている。この等高度線と高田の日降雪深との関係をみようとする場合、等高度線の形をなんらかの形式で数値化する必要がある。また、この数値化に当たっては、客観的にデータが読めるようにしなければならない。そこで図内の○印のように、等高度線と経度線が交差する地点の緯度を読みとる方法を考えた（第4章 2.1.2 予測に用いる気象要素を参照）。

このとき読み取る緯度は、当初、極東地域全体を網羅する経度として、90°E～180°Eについて10'刻みで読み取り、110°E～150°Eは特に日本付近の降雪現象に関与することから5'間隔で読み取ることを考えたが、90°E～120°E、160°E～180°Eのデータは天気図からはみ出してしまうケースがあり、実用上の問題があること、降雪に係わる主要な範囲は130°E～150°Eであることなどから、最終的に130°E～160°Eの範囲で計8本の経度線について読み取ることとした。

また読み取る等高度線は、日本付近の冬の気象に大きな影響を及ぼす500mb面の気温と密接な関係があり、かつ北陸、東北近辺に位置する5,400mの等高度線を、読み取りの基本線とした。さらに、等高度線の混み具合から冬型の気圧配置や季節風の強度を推定するため、5,400mをはさむ形で、読み取りやすい2本の等高度線（5,280m及び5,520m）を選択し、計3本について読み取るものとした。

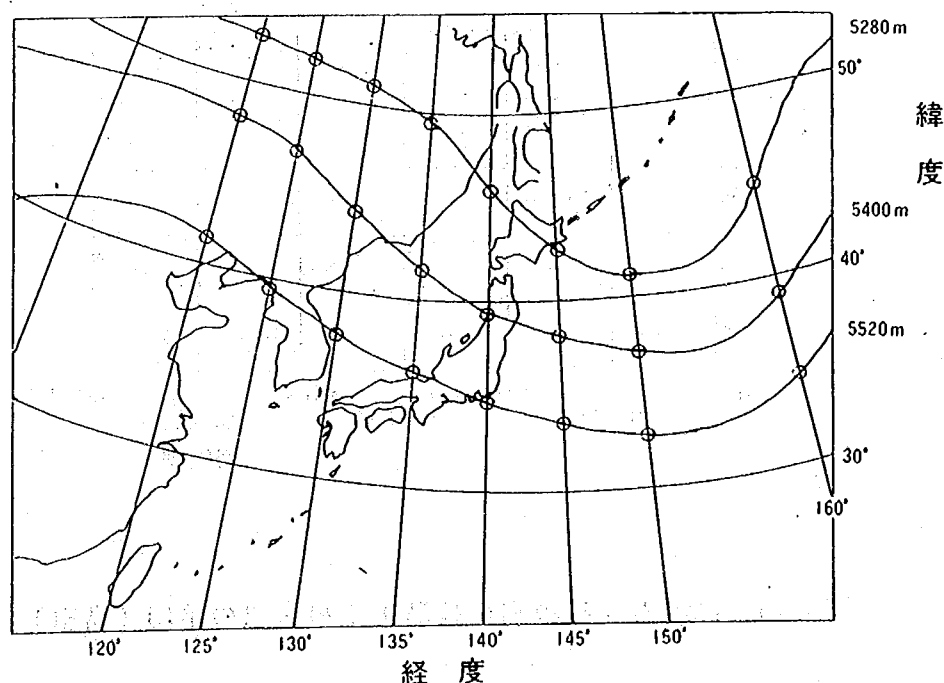


図3-17 500mb等高度線の読み取り位置

具体的なデータの読み取り地点は、各等高度線が以下の経度線と交差する地点の緯度、計24個である。なお、読み取りに使用した500mb面高層天気図は気象庁発行の天気図のうち21時のものを使用した。

表3-20 各等高度線の読み取り位置（経度）

120°E	125°E	130°E	135°E	140°E	145°E	150°E	160°E
-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

以上の方法で読みとった等高度線データについて、読み取り値以外にも次のような変量を二次的に求め、それぞれのデータについても高田の日降雪深との関係について検討した。

- 各等高度線間の緯度の差
- 各等高度線の当日－前日間の変化量
- 各等高度線が特定の緯度線より南に張り出す量（図3-18）

以上の各データと高田の日降雪深との関係について、検討した。

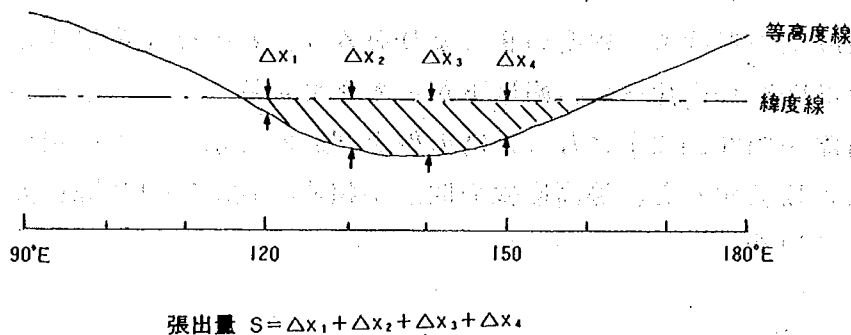


図3-18 等高度線のある緯度線以南の張り出し量

## 5. 2 等高度線の形と日降雪深

ここでは、降雪深の変化に500mb面の等高度線がどのように対応しているのか、いくつかの実例を示すことによって、等高度線の形が高田の日降雪深と深く関わりあっていることを確かめることとした。

以下に示す例によって、次のような概略的傾向が把握できる。

- 降雪のない場合には、等高度線が北に偏り、かつ複雑な形状となる。
- 降雪が多いときには、140°E付近を中心として、等高度線が南下する。また、等高度線間の間隔が狭くなる傾向がある。
- 等高度線の谷の形に着目すると、谷が130°E~140°E付近にある場合に降雪になりやすく、逆に谷の位置が120°Eよりも西側、または160°Eよりも東側にある時には降雪になりにくい傾向がある。

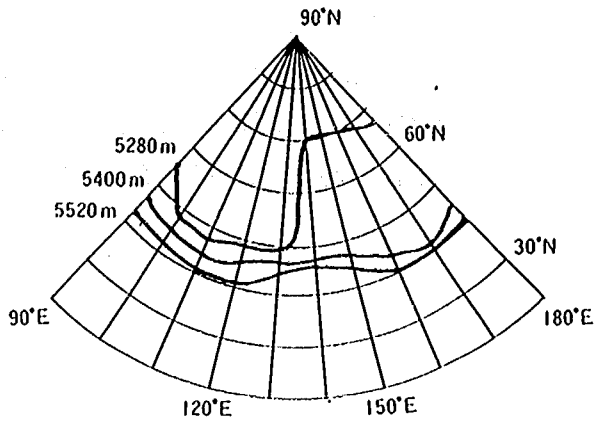
以上のように500mb面の等高度線は高田の日降雪深の変化に対応しており、降雪予測のための説明因子の条件を備えているものと考えられる。

ここで、高田の日降雪深と500mb面の等高度線の形との関連性についてに理解するために、いくつかの例を示す。図3-19は、昭和50年12月初旬の降雪がない場合の例である。

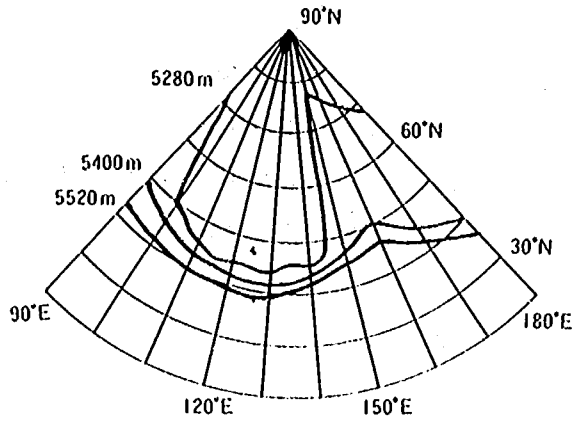
この図によると、等高度線の形は複雑であり、かつ、等高度線は全体に北緯40°よりも北に位置している。

高田で弱い降雪があるときには、図3-20のような形となる。先ほどの降雪のない状態に比べて、等高度線の形はある程度のまとまりをみせ、谷の存在が確認される。また、等高度線の位置は図3-19に比べて、南に下がってきている。

1日間の降雪深が約30cm以上になった時の例を図3-21に示す。この図は先の2つの降雪の少ない場合と比較すると、等高度線の間隔が狭く、120°E~160°E付近で特に等高度線が南に下がっている。

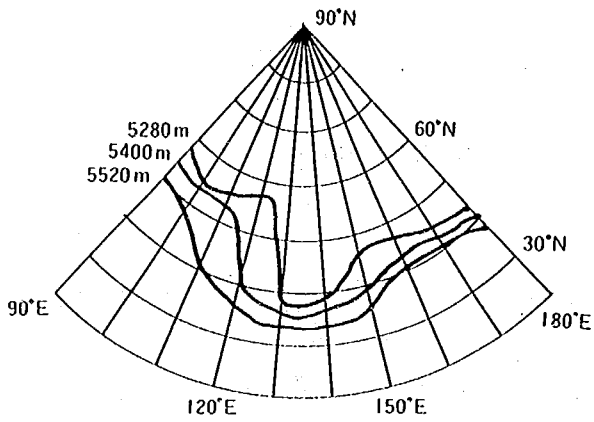


S. 50年12月3日 0 cm

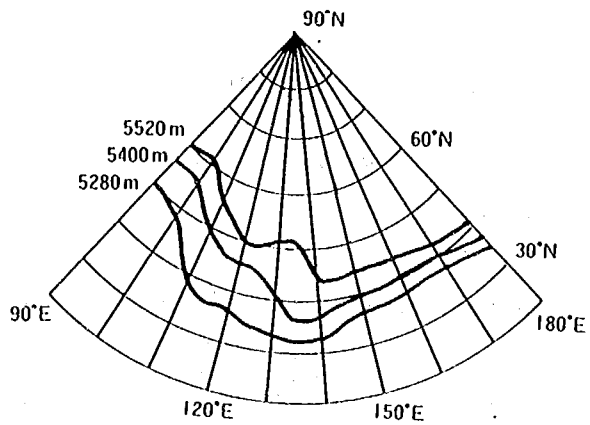


S. 50年12月4日 0 cm

図3-19 高田で降雪がない場合の等高度線の例

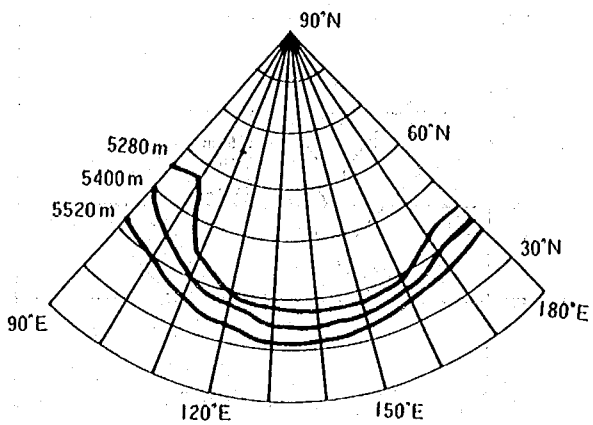


S. 50年12月17日 8 cm

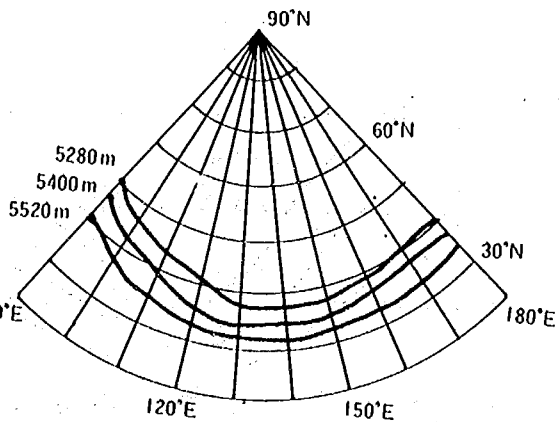


S. 50年12月18日 3 cm

図3-20 高田で弱い降雪がある時の等高度線の例



S. 52年1月21日 40 cm

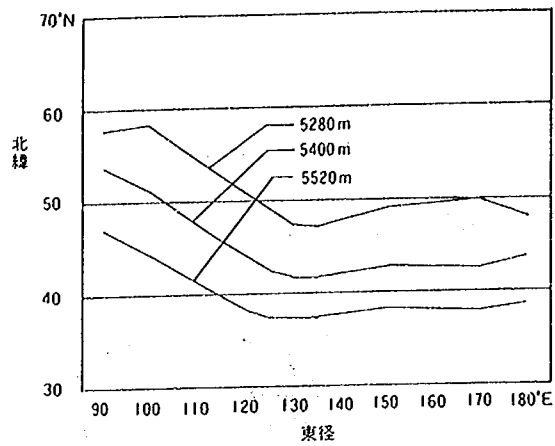


S. 52年1月19日 37 cm

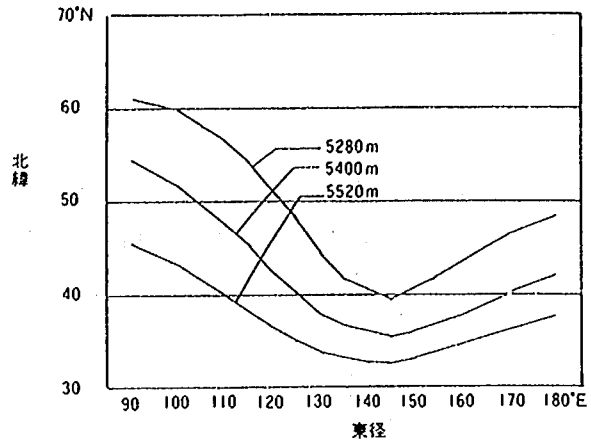
図3-21 高田で強い降雪があったときの等高度線の例

これらの図から、等高線が南下すると、高田の降雪が増すような傾向が読み取れるが、このような状況をよりはっきりさせるために、高田の日降雪深の階級別に等高線の平均値を求め、それを図示したものが図3-22である。これによると、高田に降雪がない場合、各等高線間の間隔は割合に広く、かつ、経度別による位置の変化も小さい。

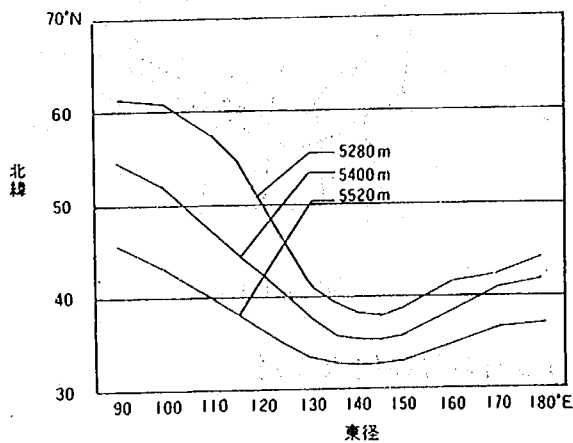
これに対し、高田の日降雪が多いときには、140°E付近を中心とする谷の存在がはっきりし、谷の深さが段々と深くなることが分かる。



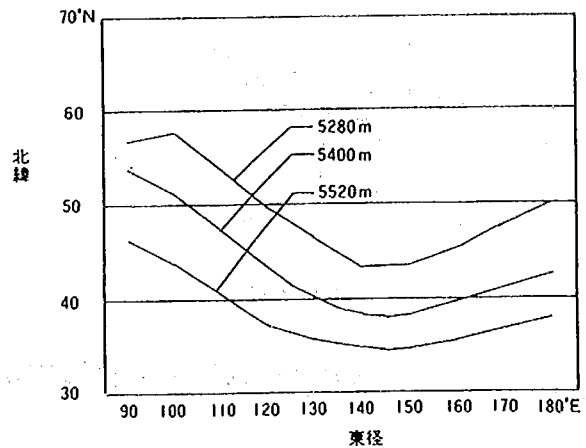
降雪なし



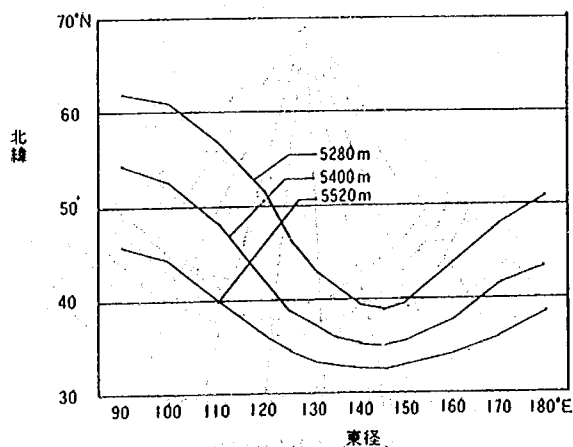
降雪20~30cm



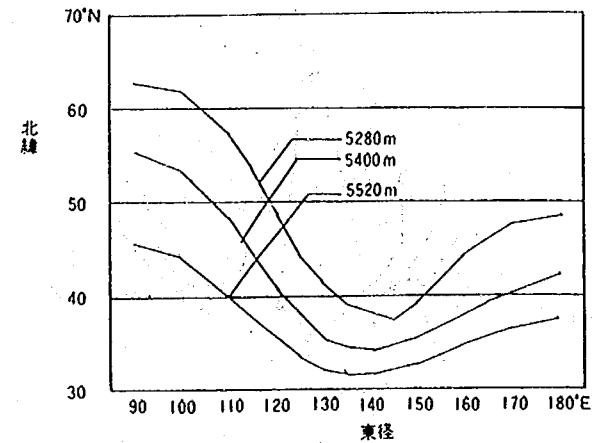
降雪10cm未満



降雪30~40cm



降雪10~20cm



降雪40cm以上

図3-22 高田における日降雪深と等高線の平均位置との関係



次に等高線と高田の日降雪深との相関係数について検討する。過去10年分のデータを用いて求めた高田の日降雪深と等高線との相関係数は表3-21のようになる。これを見ると、すべての要素で相関係数は負の値をとっている。このことは、等高線が南に張り出してくると高田の日降雪深が増加する傾向を意味する。ただし、相関係数が最も高いのは5,400mの140°Eの-0.457程度であり、全体的に大きな相関係数値ではない。また、比較的大きな相関係数値となるのはどの等高線でも大体、130°E~145°Eまでの範囲であり、両端部（120°Eや160°E付近）での相関係数は低い。

表3-21 等高線の緯度と高田の日降雪深との相関係数

等高線	120°E	125°E	130°E	135°E	140°E	145°E	150°E	160°E
5280m	-0.077	-0.179	-0.314	-0.383	-0.393	-0.372	-0.287	-0.152
5400m	-0.204	-0.306	-0.394	-0.447	-0.457	-0.434	-0.387	-0.198
5520m	-0.271	-0.348	-0.403	-0.422	-0.428	-0.393	-0.342	-0.184

そこで、高田の日降雪深と等高線との間にはどのような関係があるかをみるために、縦軸に高田の日降雪深、横軸に特定経度における各等高線の緯度をプロットした、分布図を作成した（巻末資料3）。これらのうち代表例を図3-23に示す。

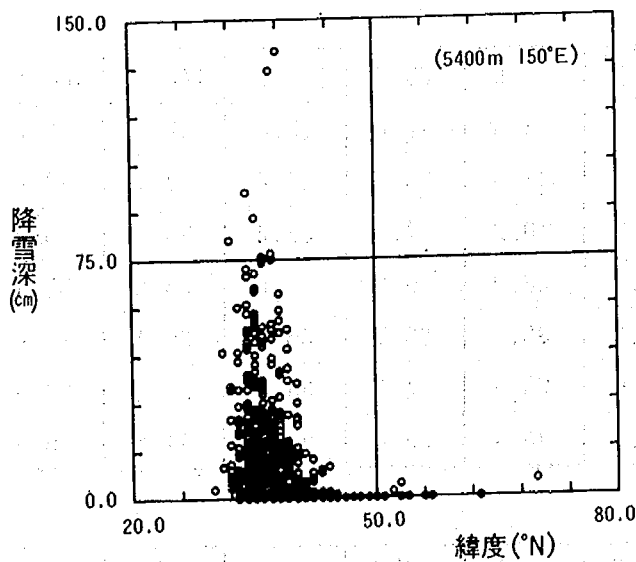


図3-23 高田の日降雪深と等高線の緯度との関係の例

これらによると、ある特定の緯度付近に降雪深のピークが集中し、これから外れるに従って、降雪深は小さくなっている。また、図の右側の方は緩やかに下がっているのに対して、左側は急激に低下する傾向もある。このピークの集中度は等高線の両端部（120°Eや160°E付近）では散漫であるが、中央部付近ではその形がより鋭くなっている。

このように高田の日降雪深と等高度線との関係は、直線的な相関関係としては捉えにくい、その間になんらかの因果関係はあるように考えられる。そこで、高田の日降雪深の階級別に分類して、それぞれの降雪深階級別の等高度線の各要素の平均値を求めてみたものが、表3-22である。これらの表は、高田の日降雪深を、降雪なし、降雪ありで10cm未満、10cm以上20cm未満、20cm以上30cm未満、30cm以上40cm未満、40cm以上50cm未満、50cm以上の7階級に分類して、各等高度線の緯度の平均値を算出したものである。また、図3-24はこの算出結果を、各等高度線別に、縦軸を等高度線と経度線の交点の緯度、横軸を経度線として各降雪深階級別に結んだものである。

5280m 表3-22 高田の日降雪深階級別の等高度線の位置の平均 (°)

日降雪深の階級	120° E	125° E	130° E	135° E	140° E	145° E	150° E	160° E
降雪なし	50.1	48.8	48.0	47.7	47.6	47.6	47.6	47.4
降雪10cm未満	50.1	47.8	45.7	43.9	43.0	42.8	43.0	44.3
10cm以上20cm未満	51.4	47.8	44.2	41.3	39.8	39.5	40.3	43.4
20cm以上30cm未満	49.8	45.4	41.1	39.0	38.2	38.1	39.0	42.8
30cm以上40cm未満	50.9	46.2	41.1	38.8	37.8	37.8	38.4	40.0
40cm以上50cm未満	48.4	44.6	39.1	37.2	37.4	37.9	39.9	43.4
50cm以上	45.6	41.5	38.3	37.2	37.2	37.5	39.7	41.8

5400m

日降雪深の階級	120° E	125° E	130° E	135° E	140° E	145° E	150° E	160° E
降雪なし	44.1	43.0	42.4	42.3	42.3	42.2	42.0	41.5
降雪10cm未満	43.4	41.3	39.5	38.4	37.7	37.6	38.0	39.2
10cm以上20cm未満	42.7	40.2	37.9	36.4	35.8	35.7	36.2	38.0
20cm以上30cm未満	42.2	38.9	36.9	35.5	35.0	35.1	35.7	38.1
30cm以上40cm未満	41.2	38.8	36.7	35.4	35.1	35.0	35.6	37.3
40cm以上50cm未満	40.0	36.5	34.9	34.3	34.2	34.7	35.4	37.9
50cm以上	38.7	36.4	35.0	34.6	34.5	35.1	35.8	37.2

5520m

日降雪深の階級	120° E	125° E	130° E	135° E	140° E	145° E	150° E	160° E
降雪なし	38.9	38.2	38.0	38.0	38.0	37.9	37.7	37.3
降雪10cm未満	37.8	36.4	35.3	34.6	34.3	34.3	34.6	35.7
10cm以上20cm未満	36.7	35.0	33.7	33.1	32.8	32.9	33.3	34.6
20cm以上30cm未満	36.0	34.3	33.2	32.5	32.2	32.4	33.0	34.3
30cm以上40cm未満	36.4	34.6	33.2	32.6	32.4	32.6	33.0	34.6
40cm以上50cm未満	34.8	33.1	32.0	31.7	31.7	32.0	32.8	34.9
50cm以上	34.4	32.9	32.0	31.9	32.0	32.6	33.1	34.6

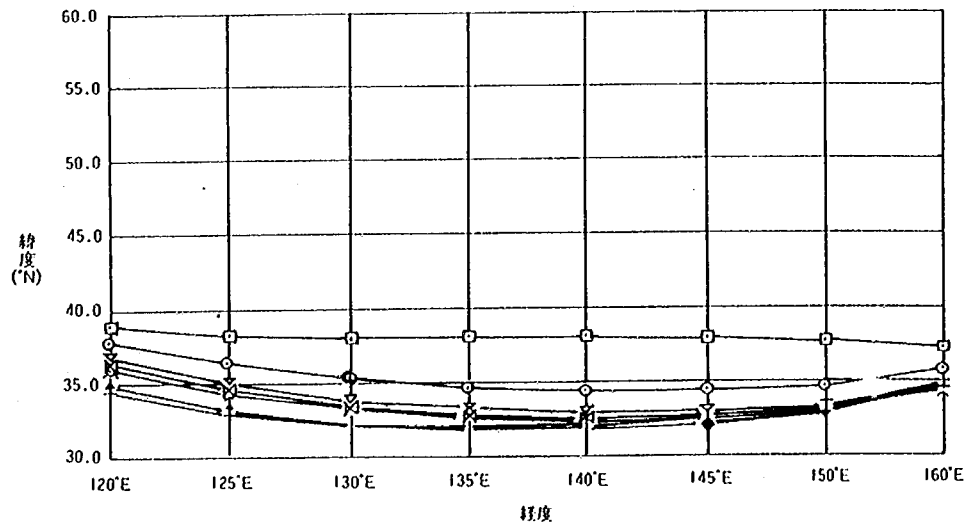
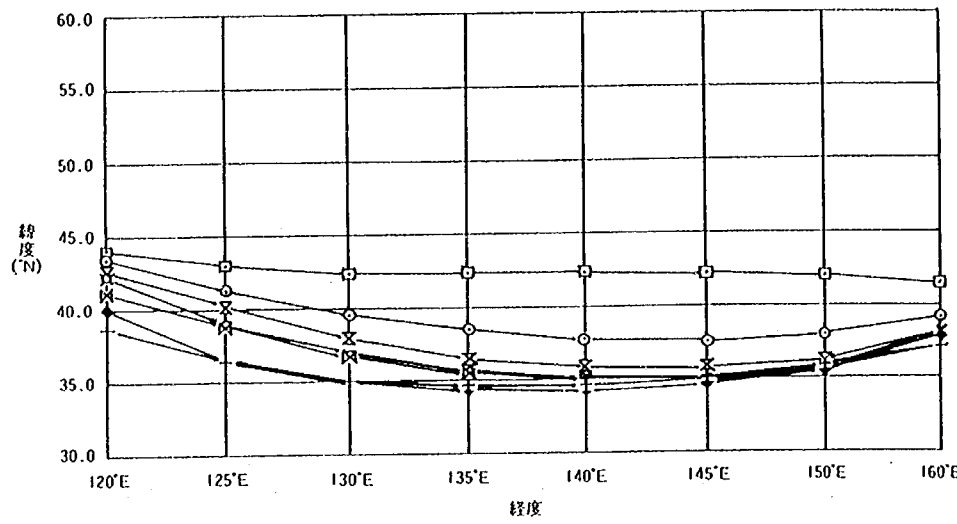
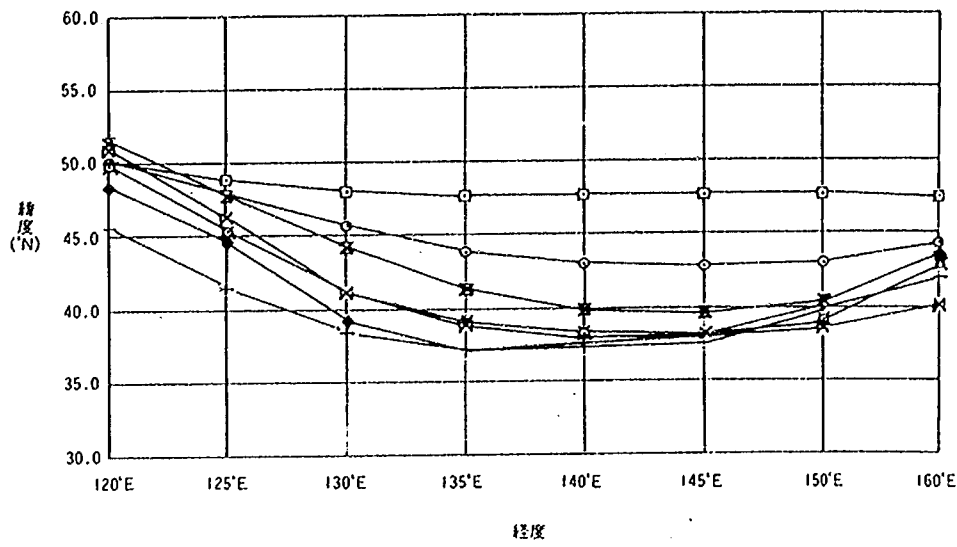
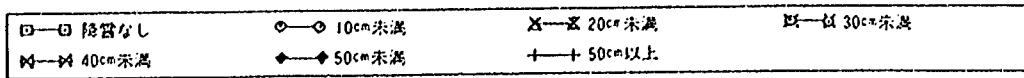


図3-24 日降雪深階級別の等高度線の平均 (高田)

これらの図表をみると、降雪がない場合には、全体的に等高線の位置が高く（北に偏る）、降雪量が多くなるほど等高線が下がる（南に偏る）傾向がはっきりと捉えられる。特にその傾向は $130^{\circ}\text{E}\sim 145^{\circ}\text{E}$ 付近でみられ、両端部付近では変化の度合いが小さいことが分かる。

以上の結果を取りまとめると、等高線と高田の日降雪深との間には、直線的な相関関係はあまりみられないが、特に降雪の多いケースでは、等高線の交点がある特定の緯度付近にあるときにのみ発生することが多く、それから南北どちらかに外れていくと大雪の可能性が少なくなるという関係があると判断される。また、高田の日降雪深の値が大きくなるほど、等高線の中央部付近が大きく南に偏って行く傾向がある。ただし、等高線が南に偏ると必ず大雪になるわけではなく、降雪がない、または少ないケースが少なからず含まれているということを念頭に置く必要がある。

### 5. 3 等高度線間の緯度の差

前節では、高田の日降雪深と等高度線との関係についてみてきたが、ここでは、3本の等高度線の間隔と高田の日降雪深との関わりについて検討する。ここでいう等高度線間の差とは、5,280m、5,400m、5,520mの3本の線の組合せについて、特定の経度における緯度の差を求めたものである。なお、高度の低い等高度線は北の方、高度の高い等高度線は南の方にあり、これらは決して交わることがない。ここでは前者の値から後者の値を減じて等高度線間の差としているため、この値は常に正の値を示す。

前節と同じように、高田の日降雪深との相関係数を求めた結果は、表3-23のとおりである。この表をみると、前節の等高度線と降雪深との相関関係と比較した場合、全体的に相関係数値が低いことが分かる。また、ここで気づくことは、全体的には相関係数値が負であるのに対して、120°E付近に一部、正の値がみえることである。

このことは、多くの経度線との交点では、等高度線間の差が小さくなるほど、高田の日降雪深の値が大きくなるという傾向を示すのに対して、120°E付近では、これらとは逆に、等高度線間の差が大きくなるほど降雪深の値が大きくなるという傾向を示すものである。

表3-23 等高度線間の緯度の差と高田の日降雪深との相関係数

等高度線間	120°E	125°E	130°E	135°E	140°E	145°E	150°E	160°E
5280m-5400m	0.084	0.024	-0.100	-0.149	-0.181	-0.181	-0.108	-0.049
5400m-5520m	-0.025	-0.090	-0.150	-0.230	-0.252	-0.253	-0.208	-0.113
5280m-5520m	0.058	-0.020	-0.141	-0.207	-0.219	-0.220	-0.158	-0.082

この傾向をはっきりさせるために、前節と同様、高田の日降雪深階級別の等高度線間の差の平均値を求めた。その結果が表3-24、及び図3-25である。これらの図表によると、次のような傾向がみられる。

- 5,280mと5,400mとの差

120°Eや125°Eでは、降雪深が大きくなると、等高度線間の差も大きくなるような傾向があるが、あまり降雪深が大きすぎると、差が小さくなる。135°E~150°Eの区間では、降雪深が大きくなると、差が小さくなる傾向がある。しかし、降雪深が10cm未満と降雪なしとの区分はほとんどない。降雪深10cmを境として、その値が大きく変化する。

- 5,400mと5,520mとの差

120°E、125°Eのところではやはり逆転現象がみられるが、5,280mと5,400mとの差のように顕著ではない。130°E~160°Eでは、降雪深が大きくなると、差が小さくなるという傾向が割合にはっきりと見え、降雪ありと降雪なしとの差も比較的明瞭である。

- 5,280mと5,520mとの差

120°Eと125°E、及び130°Eの一部とでやはり、逆転現象がみられる。他は大體、降雪深が大きくなると、差が小さくなる。

表3-24 高田の日降雪深階級別の等高度線の差の平均 (°)

5280m - 5400m

日降雪深の階級	120° E	125° E	130° E	135° E	140° E	145° E	150° E	160° E
降雪なし	6.1	5.8	5.6	5.4	5.3	5.4	5.7	6.0
降雪10cm未満	6.7	6.4	6.2	5.5	5.3	5.2	5.0	5.1
10cm以上20cm未満	8.5	7.3	6.4	4.8	3.9	3.8	4.2	5.6
20cm以上30cm未満	7.6	6.5	4.1	3.6	3.1	3.0	3.3	4.7
30cm以上40cm未満	9.7	7.4	4.4	3.4	2.7	2.8	2.8	2.8
40cm以上50cm未満	8.4	8.1	4.2	3.0	3.1	3.1	4.5	5.5
50cm以上	6.9	5.1	3.3	2.6	2.7	2.5	3.9	4.6

5400m - 5520m

日降雪深の階級	120° E	125° E	130° E	135° E	140° E	145° E	150° E	160° E
降雪なし	5.2	4.7	4.4	4.3	4.3	4.3	4.3	4.2
降雪10cm未満	5.6	4.9	4.2	3.7	3.4	3.3	3.3	3.5
10cm以上20cm未満	6.0	5.2	4.1	3.4	3.0	2.9	2.8	3.4
20cm以上30cm未満	6.2	4.6	3.8	3.0	2.8	2.7	2.6	3.8
30cm以上40cm未満	4.9	4.2	3.5	2.8	2.7	2.4	2.6	2.7
40cm以上50cm未満	5.2	3.4	2.9	2.6	2.5	2.7	2.6	3.0
50cm以上	4.3	3.4	3.0	2.7	2.6	2.5	2.7	2.6

5280m - 5520m

日降雪深の階級	120° E	125° E	130° E	135° E	140° E	145° E	150° E	160° E
降雪なし	11.2	10.5	10.0	9.7	9.6	9.7	10.0	10.2
降雪10cm未満	12.3	11.3	10.4	9.3	8.6	8.5	8.3	8.6
10cm以上20cm未満	14.5	12.5	10.5	8.2	7.0	6.6	7.0	8.9
20cm以上30cm未満	13.9	11.1	7.9	6.6	5.9	5.7	5.9	8.5
30cm以上40cm未満	14.6	11.6	7.8	6.2	5.4	5.2	5.4	5.4
40cm以上50cm未満	13.7	11.5	7.1	5.5	5.7	5.8	7.1	8.5
50cm以上	11.2	8.6	6.3	5.3	5.2	4.9	6.6	7.2

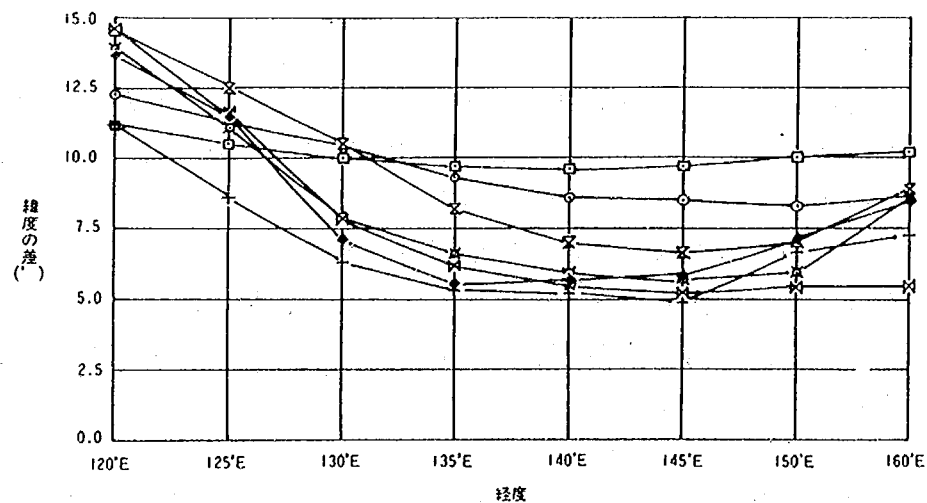
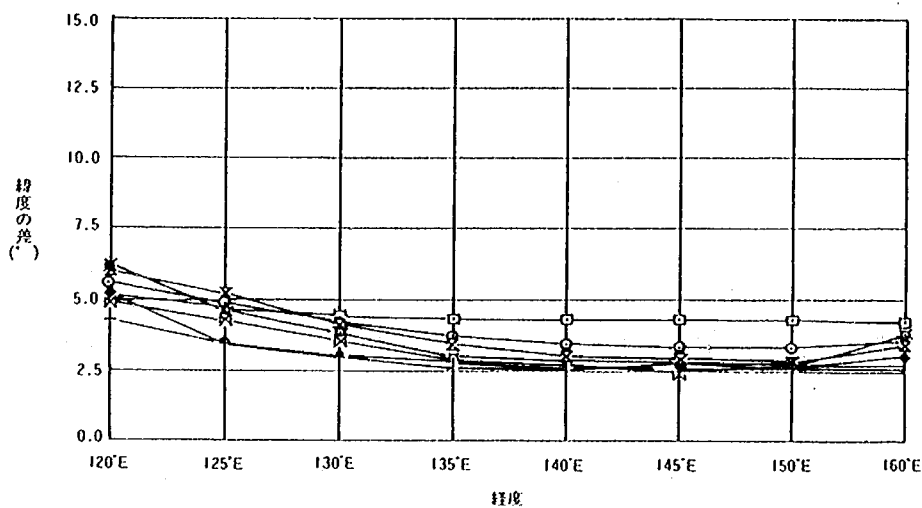
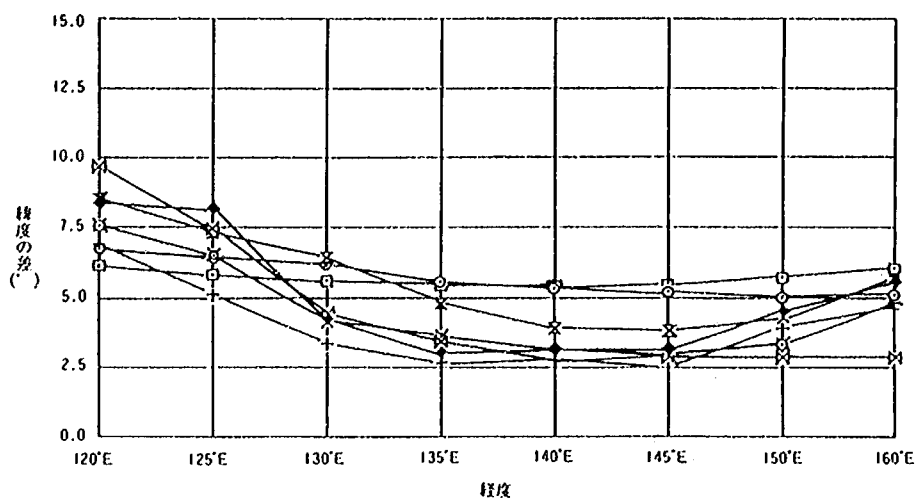
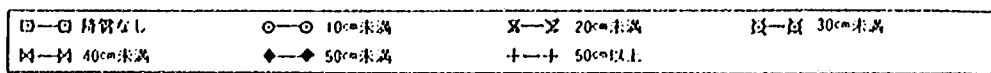


図3-25 日降雪深階級別の等高線の差の平均 (高田)

## 5. 4 等高度線の日変化量

ここでは、各等高度線の日変化量と高田の日降雪深との関係について検討する。日変化量とは、各等高度線と経度線との交点の緯度の変化量として、当日の値から前日の値を差し引いたものである。したがって、この値が正の場合は、等高度線が北に向かって変化している状態であり、逆に負の場合は南に移動していることを示す。

これまでと同様に、これらの日変化量と高田の日降雪深との相関係数を求め、表3-25に取りまとめた。この表によると、相関係数値は非常に小さく、直線的な相関関係はほとんどみられないという傾向を示す。ただ、120°E~130°Eは正の相関関係、他は負の相関関係を示している点に注意する必要がある。すなわち、120°~130°E付近では、等高度線が北上するほど高田の日降雪量が多くなるのに対して、他の経度では等高度線が南下する傾向を示すと降雪量が多くなるということである。これを言い替えると、西の方では気圧の峰が接近し、日本上空付近では気圧の谷が深まりつつあるときに、高田の降雪が多くなる傾向があるといえることができる。

表3-25 等高度線の緯度の1日変化量と高田の日降雪深との相関係数

等高度線	120°E	125°E	130°E	135°E	140°E	145°E	150°E	160°E
5280m	0.118	0.127	0.087	-0.001	-0.058	-0.110	-0.128	-0.070
5400m	0.112	0.086	0.043	-0.032	-0.085	-0.121	-0.130	-0.063
5520m	0.077	0.042	-0.012	-0.080	-0.100	-0.118	-0.127	-0.080

前項と同じように高田の日降雪深階級別の日変化量の平均値を求めると表3-26、及び図3-26のようになる。これらの図表から次のような傾向がうかがえる。

### • 5,280mの日変化量

降雪なしの場合と、降雪ありの場合との平均値の正負を対比すると、これが全く逆転していることが分かる。すなわち、降雪なしの場合は120°E~135°Eの区間で負、他は正の値をとっている。つまり、日本の西の方では等高度線が南下しつつあり、逆に東の方では等高度線が北上しつつある状況の場合には高田での降雪はないということである。降雪がある場合は、上述の傾向と全く逆である。ただし、降雪深の値が大きくなると、負の区間が少しずつ西の方へ広がる傾向がある。図にすると、他の等高度線に比べてかなりまとまりのない形である。

### • 5,400mの日変化量

5,280mの場合と全く同様な傾向を示す。降雪深の値が大きくなると、負の区間が西の方へ拡大する傾向は、5,280mと比べると大きい。図にした場合、降雪ありと降雪なしとの違いは歴然としている。

### • 5,520mの日変化量

他の等高度線に比べて、変化量は少し小さいが、傾向は他と同じである。



表3-26 高田の日降雪深階級別の等高度線の日変化量の平均 (°)

5280m

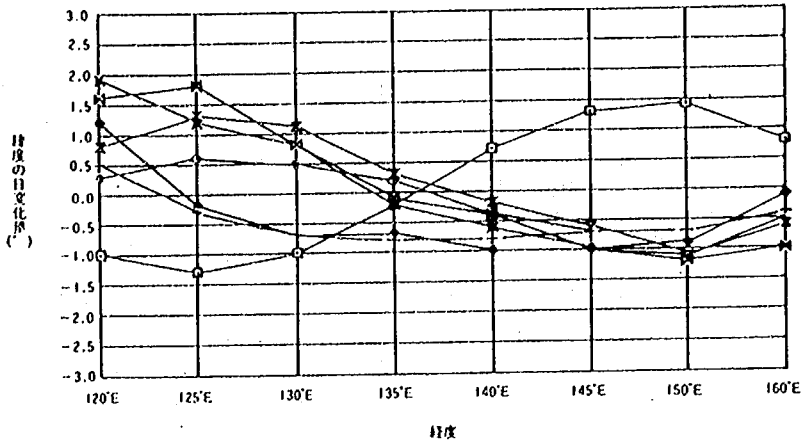
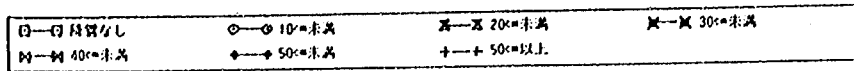
日降雪深の階級	120° E	125° E	130° E	135° E	140° E	145° E	150° E	160° E
降雪なし	-0.8	-1.3	-1.3	-0.4	0.5	1.2	1.5	1.0
降雪10cm未満	-0.2	0.2	0.4	0.1	-0.1	-0.3	-0.5	-0.6
10cm以上20cm未満	1.8	2.1	2.8	1.5	-0.1	-1.0	-1.0	-0.2
20cm以上30cm未満	1.9	1.6	0.8	0.5	-0.6	-1.4	-1.6	-0.5
30cm以上40cm未満	1.6	2.9	1.8	0.3	-0.6	-0.9	-1.2	-2.2
40cm以上50cm未満	1.9	2.7	0.5	-0.7	-0.5	-0.7	-0.9	0.3
50cm以上	0.9	0.7	-1.3	-1.9	-2.0	-2.5	-2.3	-1.9

5400m

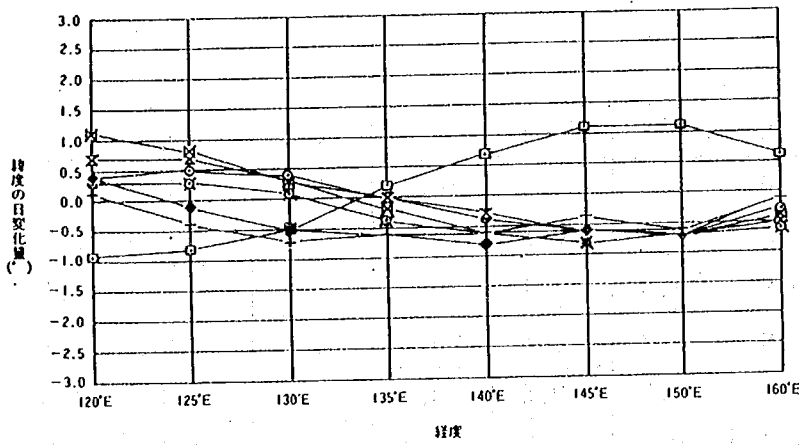
日降雪深の階級	120° E	125° E	130° E	135° E	140° E	145° E	150° E	160° E
降雪なし	-1.0	-1.3	-1.0	-0.2	0.7	1.3	1.4	0.8
降雪10cm未満	0.3	0.6	0.5	0.2	-0.4	-0.7	-0.7	-0.4
10cm以上20cm未満	0.8	1.3	1.1	0.3	-0.2	-0.6	-1.1	-0.6
20cm以上30cm未満	1.9	1.2	0.8	-0.2	-0.6	-1.0	-1.1	-0.5
30cm以上40cm未満	1.6	1.8	0.8	-0.1	-0.4	-1.0	-1.2	-1.0
40cm以上50cm未満	1.2	-0.2	-0.7	-0.7	-1.0	-1.0	-0.9	-0.1
50cm以上	0.5	-0.3	-0.7	-0.8	-0.8	-0.7	-0.7	-0.4

5520m

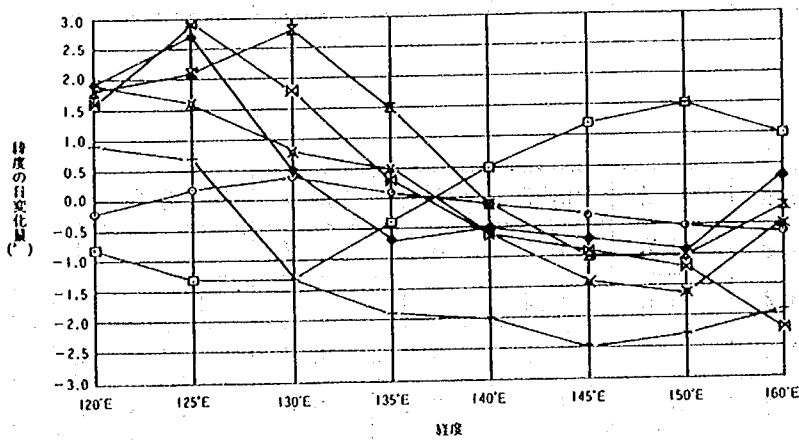
日降雪深の階級	120° E	125° E	130° E	135° E	140° E	145° E	150° E	160° E
降雪なし	-0.9	-0.8	-0.5	0.2	0.7	1.1	1.1	0.6
降雪10cm未満	0.4	0.5	0.4	0.0	-0.4	-0.6	-0.6	-0.3
10cm以上20cm未満	0.7	0.7	0.3	0.0	-0.3	-0.6	-0.7	-0.5
20cm以上30cm未満	0.3	0.3	0.1	-0.4	-0.6	-0.8	-0.7	-0.6
30cm以上40cm未満	1.1	0.8	0.3	-0.2	-0.6	-0.6	-0.7	-0.4
40cm以上50cm未満	0.4	-0.1	-0.5	-0.6	-0.8	-0.6	-0.7	-0.1
50cm以上	0.1	-0.4	-0.7	-0.6	-0.6	-0.4	-0.6	-0.1



5280 m



5400 m



5520 m

図3-26 日降雪深階級別の等高線の日変化量の平均 (高田)

## 5. 5 等高度線の張り出し量

ここでは、特定の緯度線以南に等高度線が張り出した場合の張り出し量と、高田の日降雪深との関係について検討する。以下で用いる張り出し量とは、図3-18で示したように、5,280m、5,400m、5,520mの各等高度線と45°N、40°N、35°Nの各緯度線とに囲まれた範囲を想定している。具体的には、ある等高度線と経度線とが交差する点の緯度が、定められた緯度線よりも南側に位置した場合にその緯度線からの差を考え、これをある等高度線の120°E~160°Eまで積算した値である。

まず、算出された張り出し量と高田の日降雪深との相関係数について検討する。表3-27は、その計算結果を取りまとめたものである（巻末資料4）。この表によると、これまで検討してきた等高度線の他の要素に比べて、相関係数値が大きいことが分かる。また、全体的に正の値を示していることから、この量が大きくなると高田の日降雪深が増大する傾向にあること意味する。ここに用いられている量は、寒気の進入度を示す指標とも解釈できる量であり、この度合が強まることにより、高田での降雪が強まる。

表3-27 等高度線の張り出し量と高田の日降雪深との相関係数

等高度線	5280m	5400m	5520m
緯度線			
45°N	0.590	0.515	0.453
40°N	0.556	0.549	0.474
35°N	0.124	0.330	0.462

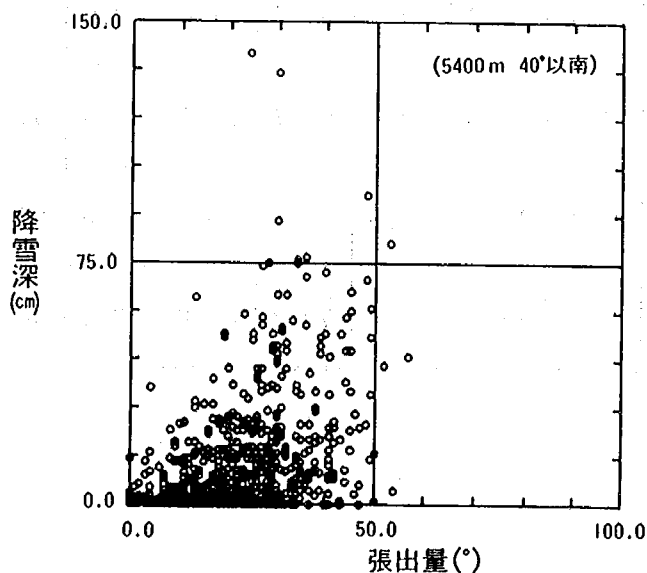


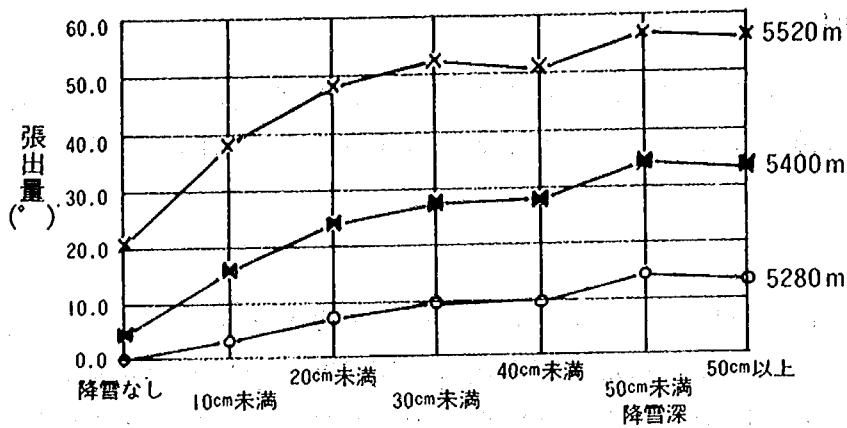
図3-27 高田の日降雪深と等高度線の張り出し量との関係の例

降雪深と張り出し量との関係を示している図3-27をみると分かるように、これらの要素は、いままで検討してきた他の等高高度線の要素より直線的な相関傾向が強まってい  
るものの、相関係数のみで両者の関係を明らかにすることは難しい。

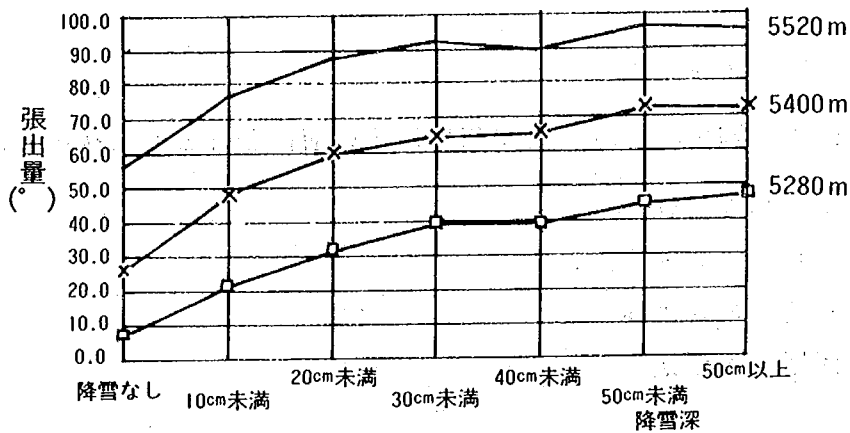
そこで、これまでと同じように高田の日降雪深階級別に張り出し量の平均値を求めて、その値を検討することとする。求められた平均値は表3-28及び図3-28のとおりである。図は、各基準緯度線毎に縦軸に張り出し量、横軸に降雪階級をとって、3つの等高高度線の値をプロットしたものである。これらの図によると、降雪なしから降雪深20cm程度位までは降雪深が増すと張り出し量もそれに比例した形で増大し、降雪深がそれ以上になると張り出し量の増加率が鈍くなっていくことが分かる。また、5,280mの35'N以南の張り出し量はほとんどの場合でほぼ0となっている。

表3-28 高田の日降雪深階級別の等高高度線張り出し量の平均 (°)

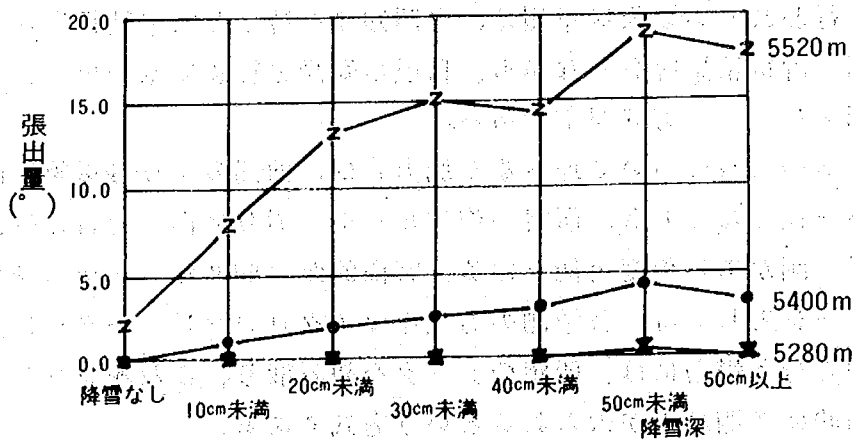
等高高度線	5280m			5400m			5520m		
	45°N	40°N	35°N	45°N	40°N	35°N	45°N	40°N	35°N
降雪なし	7.6	0.5	0.0	26.5	4.6	0.1	56.7	20.8	2.2
10cm未満	21.6	3.4	0.1	48.2	16.1	1.1	77.1	38.4	8.0
10cm以上20cm未満	31.7	7.3	0.1	59.4	24.2	2.0	87.9	48.4	13.3
20cm以上30cm未満	39.2	9.8	0.1	64.7	27.8	2.5	92.2	52.5	15.2
30cm以上40cm未満	39.5	10.0	0.1	65.7	28.1	3.0	90.5	50.8	14.5
40cm以上50cm未満	45.6	14.6	0.5	72.8	34.6	4.5	97.0	57.1	19.1
50cm以上	47.7	13.5	0.2	72.9	33.6	3.5	96.4	56.5	17.9



45° N



40° N



35° N

図3-28 日降雪深階級別の張り出し量の平均 (高田)

## 第4章 降雪の時間的予測の検討

### 1. 長期予測の目的

降雪の長期予測とは第2章でも述べたように、今後1週間先までの毎日の降雪深を量的に予測し、長期的な除雪体制の計画、運用等に資することを目的とするものである。

### 2. 検討方法

ここでは新潟県上越市高田をモデルとして、降雪の長期予測手法の考え方、予測方式開発の具体的手順を示し、作成された予測手法の予測精度について検討するとともに、他の地点（上越地区の新井、関山及び庄内地区の5地点）においても高田と同様な予測方式が適用できるかどうかについても検討した。

#### 2. 1 予測手法に関する考え方

予測方式の具体的な解析、検討に入る前に、その前提条件として次の検討を行った。

- 予測手法開発の基本方針
- 予測に使用する気象要素の選定
- 選定した気象要素の妥当性
- 降雪予測に使用する手法

##### 2. 1. 1 予測手法開発の基本方針

現在、一般に行われている天気予報は、専門知識を持った気象技術者が、各種の観測データや天気図、解析結果等をみながら、自己の知識と経験に基づいて、今後の気象状況の推移を予測するという方式が主である。

これに対し、本報告書において述べる予測方式は、前述のような気象に関する知識を持った技術者が介在しなくても、所定の作業ルーチン通りに作業を行えば、希望する地点や時間の気象予測がある程度可能となる、客観的かつ簡便なシステムを目指している。

具体的なイメージとしては、各予測の方式をマイクロコンピューターに記憶させておき、実際に予測を行う場合には、所定のデータを読み取り、これをコンピューターに入力すれば、自動的に予測結果が得られるという方式である。

このような予測方式の開発にあたり、その基本的な方針として次の点を考慮した。

- 主観的判断を必要としない予測手法であること。
- 予測に使用する気象要素はデジタル的に表現できる要素であること。
- 予測に使用するデータの読み取り作業において、予測者の主観が入り込まないこと。
- 予測に使用するデータは、降雪と深い関係がありもので、入手が容易に可能であり、かつ、欠測となることが少ないものであること。

## 2. 1. 2 予測に用いる気象要素

1週間程度先までの気象現象の推移は、日本近辺の地上や高層の気象条件のみで推測し得るものではなく、広く北半球規模の大気の運動状態を把握した上で予測しなければならない。そのため、1週間程度の気象予測を行おうとする場合の資料としては、北半球規模の大気の運動状態を十分に把握でき、かつ、予測的な情報を含んだもので、容易に入手可能なものである必要がある。

このような目的に合致する資料としては、気象庁から毎日発表される、8日先までの高層500mb面と地上の、毎日21時予想天気図がある。これらの予想天気図は、気象庁の超大型電子計算機を使って数値計算の上で予測されるものであり、現時点で得られる週間予報データとしては、最も信頼性の高いものである。しかも、この予想天気図は、気象用FAX受信設備さえあれば、日本国内のどこにおいても、容易に受信可能なものである。このため、以下で取り扱う降雪の長期予測のための基礎データとしては、これら500mb面と地上の予想天気図を利用するものとした。

500mb面と地上の予想天気図を実際の長期（1日～7日）予測にどのように用いるかという点については、ここでは、次のように考えることとした。

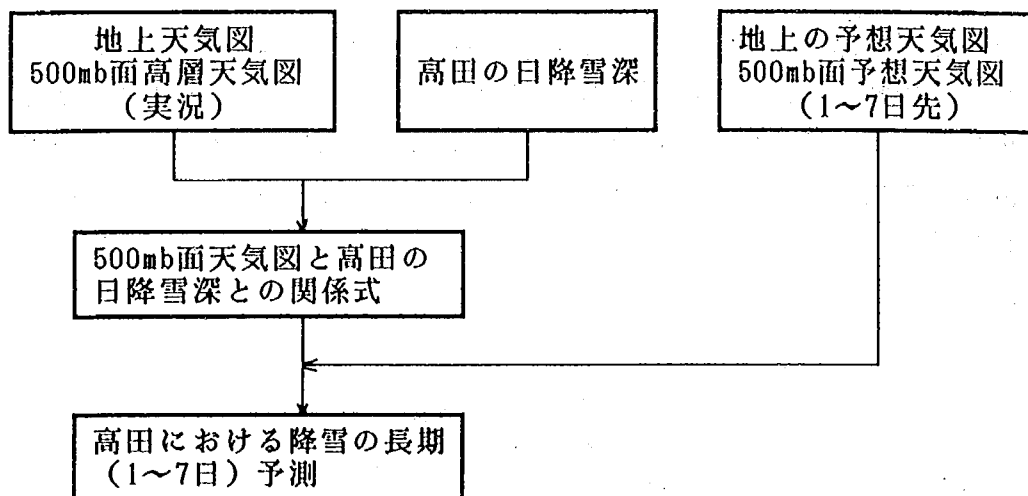


図4-1 降雪の長期予測における予想天気図の役割

すなわち、気象庁から発表される、7日先までの500mb面と地上の予想天気図には予測誤差が含まれているが、この誤差は無視できるほど小さいものとするならば、図4-1のように毎日の高層500mb面及び地上の実況天気図と予測対象地点（高田）の日降雪深との間に何等かの関係を導いておけば、この関係式を500mb面と地上の予想天気図に当てはめることにより、降雪の長期予測が可能となる。このような方式で長期予測を行う場合、最終の予測結果には、関係式に含まれる誤差と予想天気図自体に含まれる予測誤差の和が、実際の誤差となって現れる。

天気図と地上の気象状況との対応関係をどのように導くかについては、種々の方法が考えられる。しかし、基本的には天気図をいくつかの類似パターンに分類し、これと予測対象日の天気図とを照合して、降雪を予測するという方法が、最も一般的であろう。その場合に、この照合作業を人力で行ったり、必要なデータを読み取る作業に気象の専門知識が必要となると、先に述べた予測方式開発の基本方針に反するものである。したがって、500mb面や地上の予想天気図からは必要最小限のデータを読み取ることとし、かつ、そのデータは誰が読み取っても同じ値が得られるものでなければならない。

ところで、500mb面の天気図と地上天気との関係を見ると、大体次のような傾向がみられる。寒冬年となる年の北半球を取り巻く大気の循環特性は、日本付近の谷、シベリア、アラスカ方面の尾根の位置との関係によって特徴づけられる。すなわち、冬期の日本付近は定常的に谷になりやすいのに対して、シベリアやアラスカ方面には尾根が存在しない年があり、尾根が発達すれば寒冬、尾根がなければ暖冬となる傾向があることが知られている<sup>5)</sup>。この特性は、500mb天気図の5,400m等高度線によってもみることができ、前述の尾根の位置によって、日本付近の谷も図4-2に示すモデルパターンのようになり、日本付近に流れ込む極からの寒気の入り方、強さ、持続性などがパターンによってある程度分類できる。

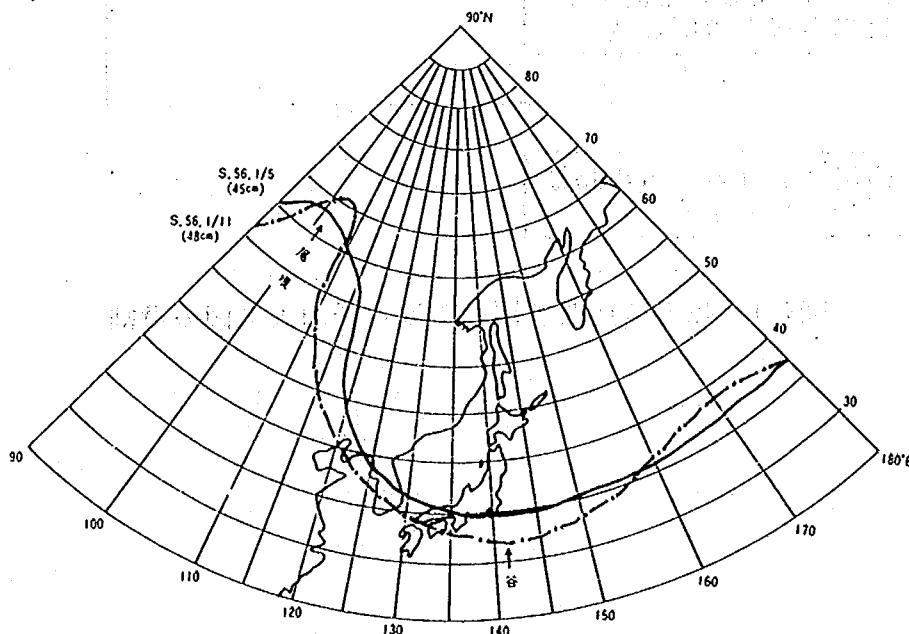


図4-2 高田で大雪になったときの500mb等高度線の例(5400m)



また、500mb面の等高線は、通常は等温線に平行であるために5,400mの等高線は温度場によって変化するといってもよい。冬期に入ると、5,400mの等高線はほぼ-30℃前後に対応して南北変動をしており、かつこの気温-30℃は、地上に雪が降るか降らないかの限界値でもある。過去の北陸地方の大雪は、輪島上空500mb面の気温が-35℃以下で発生することが多く、このようなときには、5,400mの等高線は太平洋岸にまで南下し、強い寒気の手前が通過して気温が上昇すると等高線も北上し、北緯40°N以北まで北上すると、雪はやむ傾向にある。

以上のように日本海側の降雪現象と500mb面の等高線の形との間には、密接な関係があると考えられるために、この等高線の形をうまく表現できるデータを利用すれば、何等かの関係式が得られると考えられる。

このような500mb面での気象状況をデータとして、統計的な解析を行おうとする場合、この高層天気図の状態を何等かの形式で数値化する必要がある。数値化の方法で最も一般的な方法は図4-3に示すような格子点に分割し、その交点の値を読み取る方法である。図の例では緯度、経度で格子を組んでいるが他の座標系を用いても問題はない。

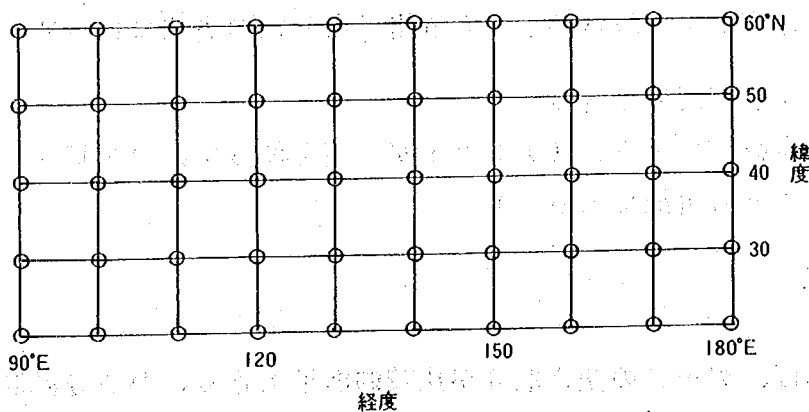


図4-3 格子点分割の例  
(各交点の位置の高度を読み取る)

この方法は平面状の情報を有効に取り出せる方法であるが、以下のような問題もある。

- 格子を区切る範囲や細分の程度にもよるが、一般に読み取りデータ量が多くなる。
- 実際の予想天気図には、等高線の外に渦度や地形、緯度、経度線等が書き込まれており、格子点の高度を等高線から補間して読み取るには手数がかかる。

このような難点を解決し、かつ格子点分割の長所を取り込む方法として、ある特定の等高度線と経度線とが交差する点の緯度を読み取る方法を考えた（図4-4参照）。この方法は言い替えれば、経度線と等高度線とで格子を作り、その各格子点における緯度を読み取るものである。

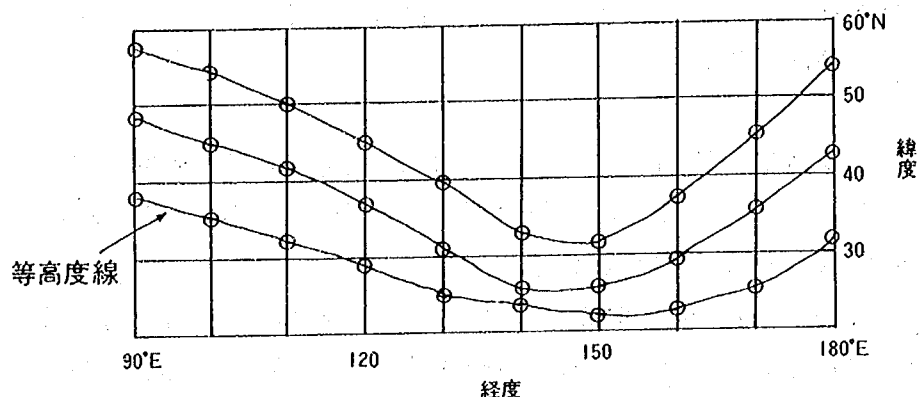


図4-4 等高度線と経度線との交点の緯度を読み取る方法

この方法に場合は緯度線と経度線とによる格子点分割の方法に比べて、

- 読み取りデータ数を削減できる。
- 読み取り作業が軽減できる。（デジタイザ等を使って、コンピューターによる読み取りを行うことも可能である。）

等の利点がある。

この方法であれば、データの読み取りが比較的簡単であり、かつ等高度線の形をうまく表現することができる。この方法において、前述のように、日本付近の降雪現象に深く関与すると考えられる5,400mの等高度線を中心に、日本上空における500mb面の高層気象を面的に捉えるため、5,280m、5,520mの等高度線及び120°E～180°Eの範囲の経度線を格子として設定するものとした。

## 2. 1. 3 予測方式と考え方

長期予測では前節で述べたように、気象庁から発表される7日先までの高層500mb面予想天気図の等高度線と経度線の交差する地点の緯度を使用することとしたが、ここでは、そのデータをどのように処理して予測方式を作成するかについて述べる。

予測の方式は、パターン分類による方法と、判別関数法による方法とについて検討した。その、各々の手法の概要は次のとおりである。

なお、統計的な方法で降雪予測を行う場合には、パターン分類法、判別関数法以外に重回帰分析の方法が用いられることがある。この方法を使った場合、多降雪時での予測精度はそれなりのものが得られるようであるが、降雪深が少ないケースにおいては、予測降雪深が負の値になることが多く、特に降雪の有無を予測するにおいては、その精度に問題があると考えられるため、今回は検討の対象としていない。

### 1) 類似パターン抽出による予測

これまでの結果から、等高度線がある程度類似した形になれば、降雪深もある程度定まるのではないかと考えられる。そこで、予測を行おうとする日の等高度線の形と最も類似する過去の等高度線パターンを抽出し、抽出された日の降雪深を降雪の予測値とする方法を考えた。ここで、過去の等高度線パターンの抽出については、次のような簡単な基準を作り、これに適合するパターンの抽出を行った。

#### (1) 最小誤差による方法

この方法は、予測当日の等高度線と過去のある日の等高度線との各経度における差の二乗を合計し、この合計値が最も少ない日を類似パターンと判定する。この方法をモデル的に示すと、図4-5のようになる。この図における $e_1, e_2, \dots, e_n$ が各経度における誤差であり、過去の毎日の等高度線についてこれを計算し、この値が最も小さいものを類似パターンと判定する。

この方法の利点は、予測当日の等高度線の形がどのようなであっても、必ず一番近いパターンが存在することである。

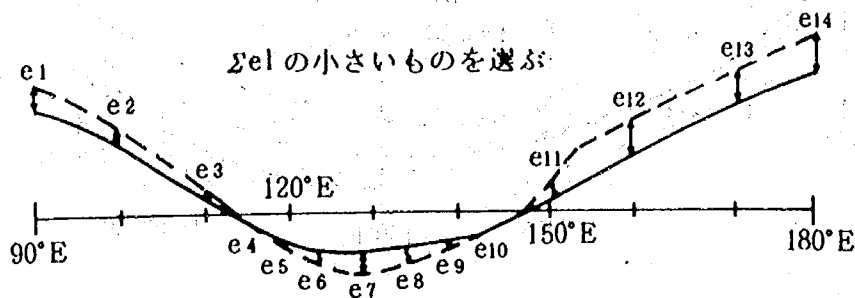


図4-5 最小誤差による方法

## (2) 許容幅の設定による方法 I

この方法は、予測当日の等高線に特定の幅を持たせて、その幅の中に過去の等高線が納まった場合に、これを類似パターンと判定する方法である。この方法を図示すると図4-5のようになる。この場合幅の広さが問題となり、幅を狭くしすぎると、該当するパターンがないケースが発生し、逆に幅を広くすると、全然類似していないパターンが抽出される恐れがある。

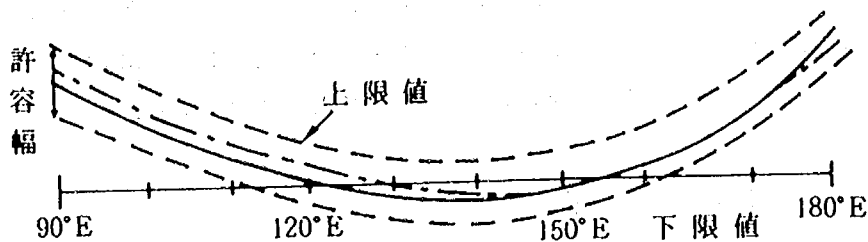


図4-6 許容幅の設定による方法 I

## (3) 許容幅の設定による方法 II

基本的には上記(2)の方法と同じであるが、降雪が多くなると140°E付近の等高線の位置が南下してくることを念頭に置き、また、高田の場合降雪深と130~140°Eの等高線の緯度とが相関が良かったことに着目し、130~140°Eの許容幅を小さく制限し、それ以外の経度における幅を広げて、これに納まるパターンを類似パターンとする方法である。

この方法は、降雪深に係わる類似パターンの抽出としては、有力な方法と考えられるが、類似パターンなしという結果になる可能性が高い。

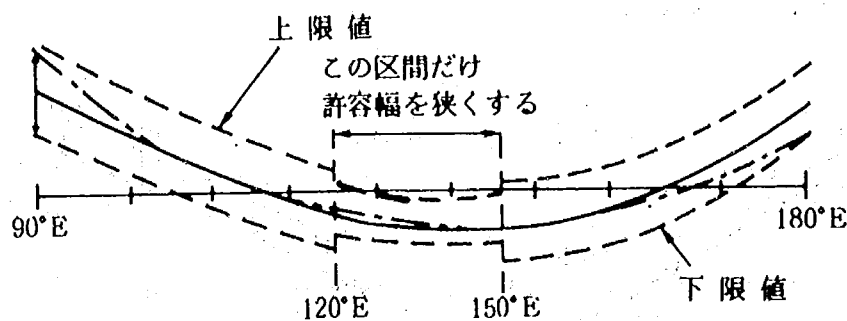


図4-7 許容幅の設定による方法 II

## 2) 判別関数による予測

判別関数とは多変量解析の手法の一つであり、ある2つ以上の状態を全く別の因子の情報に基づいて判別するものである。

例として、降雪有り (A群) と降雪なし (B群) という状況の観測データがいくつかあるとする。各々のケースについては降雪の有無のほかに、そのときの気温 ( $x_1$ ) と気圧 ( $x_2$ ) の2種類の気象要素が測定されていたものとする。

いま、気温 ( $x_1$ ) のみによって降雪の有無を判別しようとするれば、図4-8の  $x_1$  軸に投影した場合のように、A群とB群とが重なり合う部分が生じ、この部分の判定ができなくなる。また、気圧 ( $x_2$ ) のみによって判定しようとしたときにも、図の  $x_2$  軸に投影した場合のように重なり合う部分が生じる。しかし、 $x_1$  と  $x_2$  とをそれぞれ座標系とする  $x_1-x_2$  平面上にプロットすると、A群とB群とは明確に分離することができる。この場合図に示す

$$z = a_1 \cdot x_1 + a_2 \cdot x_2 + a_0 \dots\dots\dots (1)$$

という直線に投影すれば、A群とB群とはほぼ完全に判別できることになる。

一般には、A群とB群とを判別するための説明変数の数はより多くある。説明変数の数を  $n$  個とすると、このA群とB群とを最も効率よく判別するための関数  $z$  を、次式により求めるのが判別関数法である。

$$z = \sum_{i=1}^n a_i \cdot x_i + a_0 \dots\dots\dots (2)$$

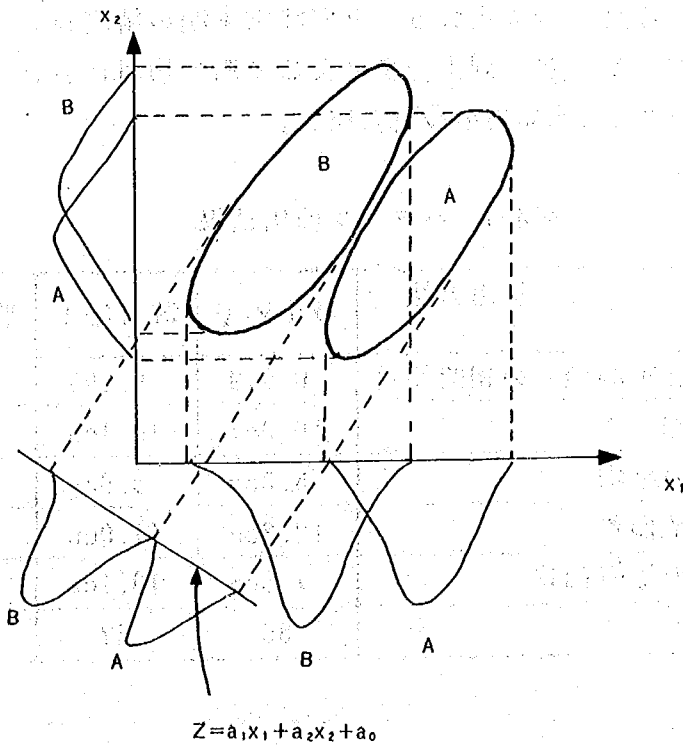


図4-8  $x_1-x_2$  平面上に投影した場合の2群の関係

## 2. 2 類似パターン抽出による検討

2.1.3で述べた、類似パターン抽出による予測方法について、昭和59年の1月、2月の予想天気図を用いて予備的な検討を行った。その結果表4-1が得られた。

ここで最小誤差による方法については、実際に近いパターンを5日分選択し、その平均値を予測降雪深とした。許容幅の設定による方法Ⅰについては、許容幅を1°～5°の幅で検討したところ、適当にパターンが抽出できる幅は3°程度であったため、幅を3°とした。許容幅の設定による方法Ⅱでの幅は、130°～140°Eでは幅を2°とし、それ以外の経度では5°とした。

抽出結果からみると、最小誤差による方法は該当パターンが必ず得られるが分類結果としてはあまりよくなく、許容幅の設定による方法Ⅱが分類結果が一番よいが該当なしのパターンが多くなり、いずれも一長一短の方法との結果になっている。

この理由として、等高度線は高層の気象を表したものであるため、小規模な低気圧が通過した場合とか、ごく局地的な気象状況等で天気図として現れない場合などの降雪がうまく処理できないことが挙げられる。具体的には、降雪がない時に降雪がある時のように非常に等高度線が南下しているケースがあり、これらが降雪のある場合などと混在するため、精度よい分類が困難となっている。このため類似パターンを抽出し、これにより降雪量を予測する方法は、高層の天気を気象要素と用いる限りにおいては、精度よい予測に結び付けることは難しいであろう。

しかし、このパターン抽出の検討において、次のような傾向をつかむことができた。すなわち、等高度線がある緯度よりも北側に位置する場合には、その日の降雪深には限界があり、その限界値以上の降雪にはならないということである。そこで、降雪の限界値を明かにし、これを予測に取り入れることで降雪予測の精度向上に役立つものであると考えられる。これについては、判別分析による予測の検討において、臨界値として取り込むことを考えた(2.4 臨界値の設定参照)。

表4-1 パターン抽出結果

項目 \ 抽出方法	最小誤差	許容幅Ⅰ	許容幅Ⅱ
パターン値と実測値との相関係数	0.319	0.306	0.498
実測値の平均	10.9cm	10.1cm	11.7cm
パターン値の平均	8.5cm	8.6cm	10.3cm
実測値の標準偏差	12.3cm	11.0cm	13.2cm
パターン値の標準偏差	7.5cm	10.1cm	10.6cm
データ数	80	47	50

## 2. 3 判別関数法による検討

### 2. 3. 1 検討の手順

以下においては、判別関数法による降雪予測式を作成した。検討の手順としては、第3章で検討した各気象要素の中から、予測式作成に有効と考えられる気象要素を選択して、判別関数による予測式を作成し、さらに、予測式の精度を高めるために、各気象要素の臨界値等を考慮して、判別関数式に組み合わせる方法について検討した。

### 2. 3. 2 使用データ

降雪の予測式を検討するに当たって、昭和52年度から昭和62年度までの冬期(12月～3月)気象データを収集した。収集した気象データは次のものである。

- 高田測候所観測の日降雪深(当日9時から翌日9時の降雪深)
- 印刷天気図の毎日21時の500mb面高層天気図(実況)から、5,280m、5,400m、5,520mの各等高度線と次の経度線とが交差する下表の地点の緯度(図4-4参照)

表4-2 各等高度線の読み取り位置(経度)

120° E	125° E	130° E	135° E	140° E	145° E	150° E	160° E
--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------

また、解析に当たっては、読み取った等高度線の位置そのものの外に、次に述べるような各等高度線間の密度や、各等高度線の位置の日変化量なども求め、これらの要素についても高田の日降雪深との関係について検討した。

- 等高度線の位置  
5,280m、5,400m、5,520mの各等高度線と経度線との交差する位置の緯度
- 等高度線の位置の日変化量  
5,280m、5,400m、5,520mの各等高度線の前日ー当日緯度変化量
- 等高度線間の差  
5,280mと5,400m、及び5,400mと5,520mの位置の差
- ある緯度よりも等高度線が南側にある部分の張り出し量  
5,280m、5,400m、5,520mの各等高度線が、北緯45° E、40° E、35° Eの各緯度線よりも南にある部分の張り出し量
- 地上気圧(21時)  
印刷天気図から東経120° E～150° E、北緯30° N～50° Nの範囲で囲まれた区間の10'メッシュの地点における地上気圧(表4-3)
- 850mb面における輪島と秋田の気温(21時)

表4-3 地上気圧の読み取り交点

	120° E	130° E	140° E	150° E
30° N	○	○	○	○
40° N	○	○	○	○
50° N	○	○	○	○

このとき、1週間先までの降雪深の予測値（9時－9時）と等高度線等の気象要素（21時天気図）との、時刻における対応関係は、図4-9に示すとおりである。

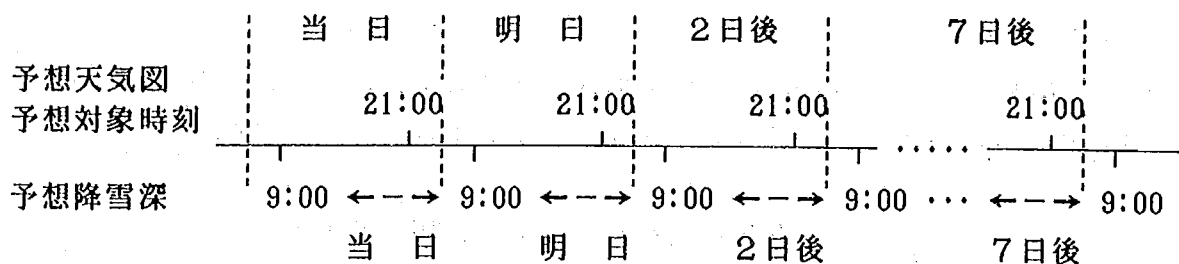


図4-9 予想降雪深と予想天気図の時刻上の対応関係

### 2. 3. 3 判別解析

#### 1) 解析手順

判別関数式は、前述したように、いくつかのグループのデータが混在している場合にこれをいくつかの説明変数を用いて統計的にグループ分けを行おうとする手法である。したがってここでは、説明変数であるいくつかの気象要素 ( $x_1, x_2, \dots, x_n$ ) を用いて、降雪量が  $X_{cm}$  以上になるか、または  $X_{cm}$  未満になるかを判別するための、関数値  $Z$  を求める式を作成する。このような判別関数式を作成する手順を図示すると、図4-10のフローのようになる。



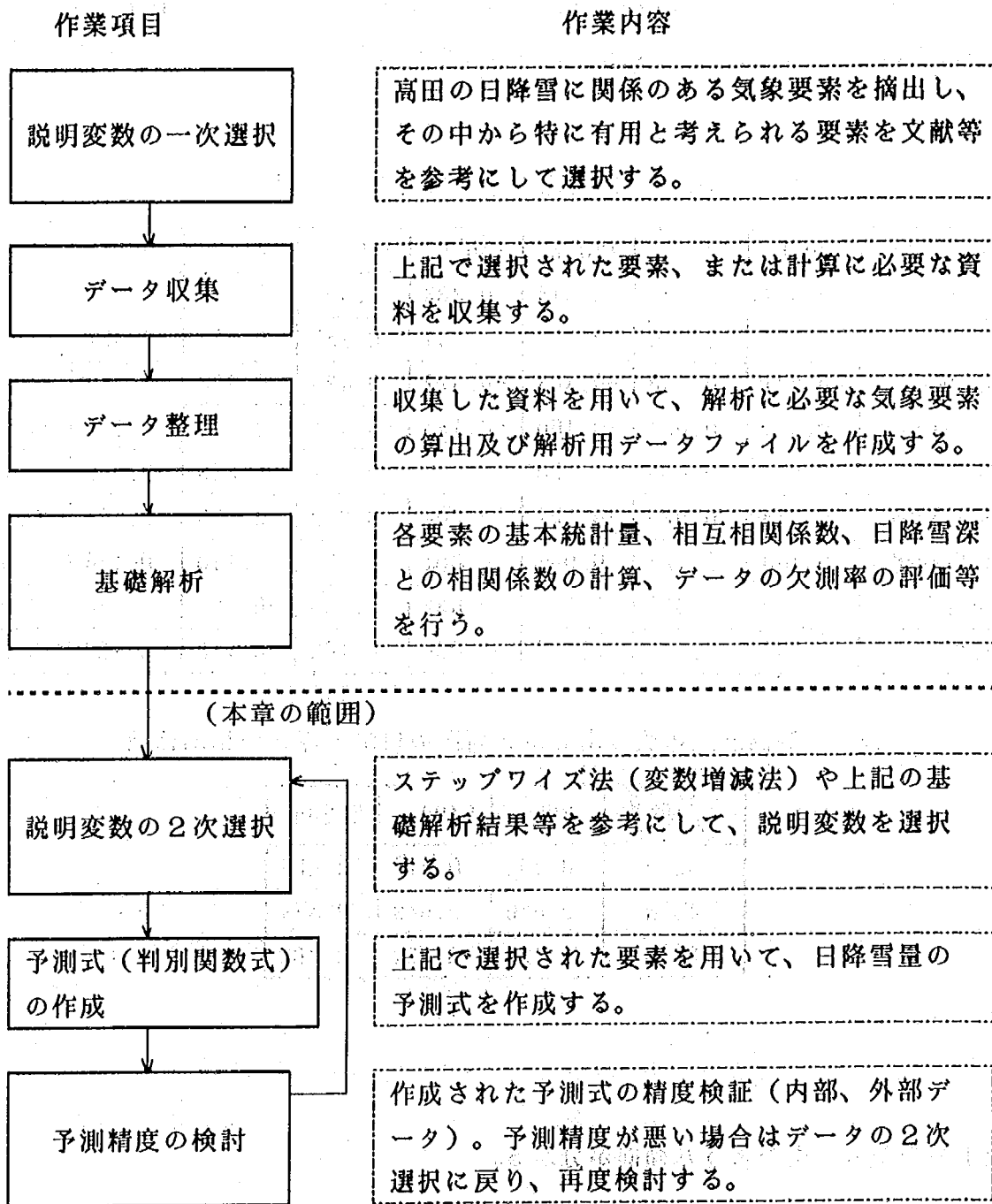


図4-10 判別関数法による降雪の長期予測式の作成

## 2) 説明変数の選択

予測式の説明変数として検討対象となる気象要素は多数あり、これらの気象要素と高田の日降雪深との相関関係については、既に第3章で検討している。その概要を示すと表4-4~4-5のとおりである。

表4-4 高田の日降雪深と各気象要素との相関関係

気象要素	120° E	125° E	130° E	135° E	140° E	145° E	150° E	160° E
5280m 緯度	-0.077	-0.179	-0.314	-0.383	-0.393	-0.372	-0.287	-0.152
5400m 緯度	-0.204	-0.306	-0.394	-0.447	-0.457	-0.434	-0.387	-0.198
5520m 緯度	-0.271	-0.348	-0.403	-0.422	-0.428	-0.393	-0.342	-0.184
5280m-5400m	0.084	0.024	-0.100	-0.149	-0.181	-0.181	-0.108	-0.049
5400m-5520m	-0.025	-0.090	-0.150	-0.230	-0.252	-0.253	-0.208	-0.113
5280m-5520m	0.058	-0.020	-0.141	-0.207	-0.219	-0.220	-0.158	-0.082
5280m日変化	0.118	0.127	0.087	-0.001	-0.058	-0.110	-0.128	-0.070
5400m日変化	0.112	0.086	0.043	-0.032	-0.085	-0.121	-0.130	-0.063
5520m日変化	0.077	0.042	-0.012	-0.080	-0.100	-0.118	-0.127	-0.080

表4-5 等高度線の張り出し量と高田の日降雪深との相関係数

等高度線 緯度線	5280m	5400m	5520m
45° N	0.590	0.515	0.453
40° N	0.556	0.549	0.474
35° N	0.124	0.330	0.462

以上の表から、次のような傾向が分かる。

### (1) 等高度線の位置との関係

高田の日降雪深と各等高度線の要素との相関係数は、どの等高度線においても、140° Eを中心として、135° E~150° Eの区間での相関係数の絶対値が大きい傾向を示している。この範囲での相関係数の値は負の数であり、このことは、130° E~150° Eの付近で等高度線が南下すると、高田での日降雪が増大するという傾向を意味する。

## (2) 等高線の日変化量との関係

各等高線の1日変化量と高田の日降雪深との関係をみると、前項の等高線の位置そのものとの相関に比べて、全体的に小さめの値になる。全体的には、120°E付近の区間で正の相関、130°E~150°Eの区間で負の相関を示している。このことは、130°E~150°Eの区間で等高線が南下傾向を示し、120°E付近で逆の北上する傾向を示すときに、高田での降雪が多くなるということである。すなわち、等高線の谷が西から東に移動するような傾向の時に降雪となりやすい。これを図示すると、次のようになる。

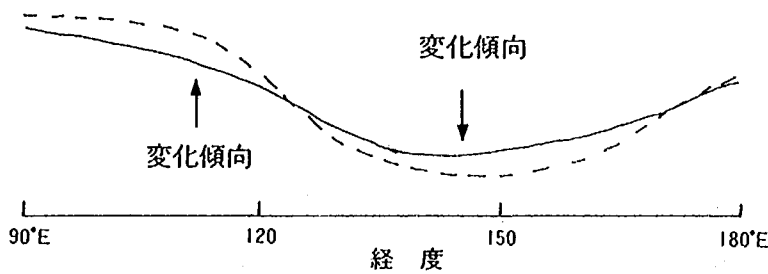


図4-11 降雪の生じやすくなる等高線の変化傾向

## (3) 等高線間の位置の差との関係

等高線間の位置の差と高田の降雪深との相関は全体的には低い値である。120°Eや160°Eの両端部付近は正、135°E~150°E付近は負の相関となる。このことは、両端部付近で等高線間の間隔の差が大きく（等高線の密度が薄く）、中心部付近の等高線が込み入っているときに、降雪が多くなりやすいと解釈される。このことを図示すると、次のようになる。

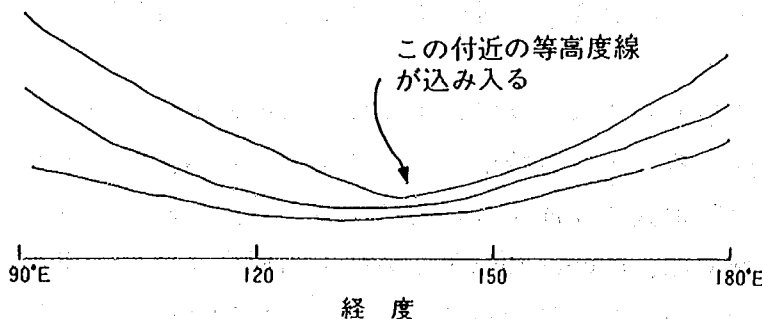


図4-12 降雪が生じやすいつきの等高線の位置関係

#### (4) 等高線の張り出し量との関係

この要素は、他の要素に比べて、全体的に高田の日降雪深との相関が高い。また、この要素はすべて、正の相関であり、等高線が南側に張り出すほど、降雪が多くなる傾向があることを示している。

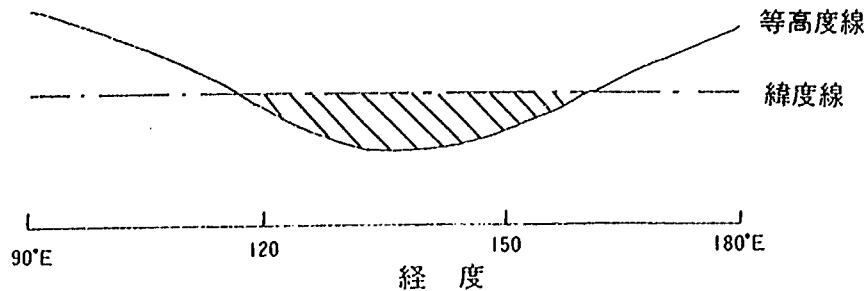


図4-13 緯度線と等高線の張り出し量との関係

以上が、各要素と高田の日降雪量との単相関関係についての概要である。これらの中から、予測に必要な説明変数となる要素を選択する。説明変数の選択は、基本的には高田の日降雪深との相関が高い要素を順番に選び出すが、相互の相関が高い説明変数を集めて予測式を作成しても、精度を向上させることは期待できない。目的変数と説明変数との相関が高く、かつ、説明変数同士の相互相関が低くなるような説明変数の組合せを選ぶ必要がある。このような説明変数の組合せを求めるために、多変量解析法の手法の1つであるステップワイズ法を適用し、対象とした全変数について、変数の選択基準を  $F = 2^6$  として選択を行った。

#### 3) 予測式の作成とランク分け

判別式は10cm間隔での予測が可能ないように、降雪の有無、降雪10cm以上/未満、降雪20cm以上/未満、降雪30cm以上/未満、降雪40cm以上/未満、降雪50cm以上/未満の6ランクの判別式を作成した。その結果、表4-6のような要素が選択された。予測式の例として、高田における降雪有無の予測式を表4-7に示す。なお、予測式の詳細は巻末資料5のとおりである。また、変数番号に対応する気象要素は、表4-8~4-12に示すとおりである。

ここで予測式の種類としては、高田のように降雪量の多い地域では降雪が50cm以上/未満の判別式を作成することは意味があると考えられるが、降雪が少ない地域については、50cm程度までの判別式を作成する必要はないと考えられる。逆に、高田を超えるような降雪がある地域では、60cm、70cmあるいは1m程度までの予測式が必要となる可能性がある。さらに予測のランクについても、ここでは10cm間隔で予測式を作っているが、もっと大きなランク分けで済む場合や、さらに細かい分類が必要となる場合も考えられる。これらについては、予測式の精度との関係もあるので、降雪特性、必要性等を考慮しそれぞれの地点について、検討を行う必要があろう。

表4-6 高田の降雪予測式説明変数一覧表

予測項目	変数数	変数番号
降雪の有無	8	9, 54, 73, 74, 82, 162, 134, 111
10cm以上/未満	10	1, 71, 73, 74, 75, 82, 86, 161, 162, 164
20cm以上/未満	6	73, 74, 75, 160, 162, 159
30cm以上/未満	4	9, 74, 86, 159
40cm以上/未満	3	74, 86, 159
50cm以上/未満	3	74, 75, 159

(注) 説明変数番号は表4-8~4-12を参照。

表4-7 高田の降雪予測式 (降雪の有無) (N=1163)

説明変数	係数	変数番号
輪島の850mb面の気温	+0.42765	164
5280mの40°N以南張出量	-0.14879	74
(40°N, 130°E)-(40°N, 140°E)	-0.13987	134
30°N, 120°E	-0.02833	82
5280mの145°E1日変化量	-0.03628	54
5400m, 120°E	+0.03889	9
40°N, 145°E	-0.03753	162
(40°N, 120°E)-(50°N, 140°E)	-0.02439	111
定数	+69.51170	

表4-8 変数番号 (等高度線)

経度 気象要素	120°E	125°E	130°E	135°E	140°E	145°E	150°E	160°E
5280m 緯度	1	2	3	4	5	6	7	8
5400m 緯度	9	10	11	12	13	14	15	16
5520m 緯度	17	18	19	20	21	22	23	24
5280m-5400m	25	26	27	28	29	30	31	32
5400m-5520m	33	34	35	36	37	38	39	40
5280m-5520m	41	42	43	44	45	46	47	48
5280m変化量	49	50	51	52	53	54	55	56
5400m変化量	57	58	59	60	61	62	63	64
5520m変化量	65	66	67	68	69	70	71	72

表4-9 変数番号 (張り出し量)

等高度線	5280m	5400m	5520m
緯度			
45° N	73	76	79
40° N	74	77	80
35° N	75	78	81

表4-10 変数番号 (850mb気温)

時刻	21時
地点	
秋田	163
輪島	164

表4-11 変数番号 (地上気圧)

経度	120° E	125° E	130° E	135° E	140° E	145° E	150° E
緯度							
30° N	82	----	85	----	88	----	91
40° N	83	160	86	161	89	162	92
50° N	84	----	87	----	90	----	93

表4-12 変数番号 (地上気圧の地点間の差)

経度 X	120° E	130° E	140° E	150° E	130° E	140° E	150° E	140° E	150° E
(30° N, 120° E)-X				(30° N, 130° E)-X			(30° N, 140° E)-X		
30° N	—	96	99	102	—	126	129	—	147
40° N	94	97	100	103	124	127	130	145	148
50° N	95	98	101	104	125	128	131	146	149
(40° N, 120° E)-X				(40° N, 130° E)-X			(40° N, 140° E)-X		
30° N	—	*106	*109	*112	—	*133	*136	—	151
40° N	—	107	110	113	—	134	137	—	152
50° N	105	108	111	114	132	135	138	150	153
X-(50° N, 120° E)				X-(50° N, 130° E)			X-(50° N, 140° E)		
30° N	—	115	118	121	—	139	142	—	154
40° N	—	116	119	122	—	140	143	—	155
50° N	—	*117	*120	*123	—	*141	*144	—	156
(30° N, 150° E)-(40° N, 150° E)				157					
(30° N, 150° E)-(50° N, 150° E)				158					
(40° N, 150° E)-(50° N, 150° E)				159					

\*符号反転

## 2. 4 臨界値の設定

水は、温度が0℃にならないと凍結しない。これを降雪現象の有無に関していえば、地上気温が+10℃の場合には、降水現象は通常は雪ではなく、雨になる。これが+2～+3℃程度になると雨からみぞれや雪に変わってくることが多い。このように各気象要素には、その臨界点となる値が存在するものと考えられる。この臨界点の値が分かれば、それを予測に利用することができる。

気象現象は、各種の気象要素が複雑に影響し合うものであるため、それぞれの気象要素について、臨界点となる値を求めることは容易ではないが、これに近いものとして、過去の統計から、降雪がなかった、あるいは降雪がXcm未満であったときの、気象要素の上限値、下限値を求めることはできる。例えば図4-14のように、横軸に地上気圧、縦軸に降雪深をとり分布図を作成すれば、Xcm以上の降雪は、ある気圧の分布範囲内に入る。つまりXcm以上の降雪のあったときの気圧の上限値と下限値が分かる。そこで、これらの上限値、下限値を臨界点の値の代用（以下臨界値という。）として、予測に利用する方法を検討した。

ここでは、過去11年間のデータを用いて、予測に利用可能と考えられる気象要素として、高層気温、等高度線及び地上気圧に関する臨界値について検討した。

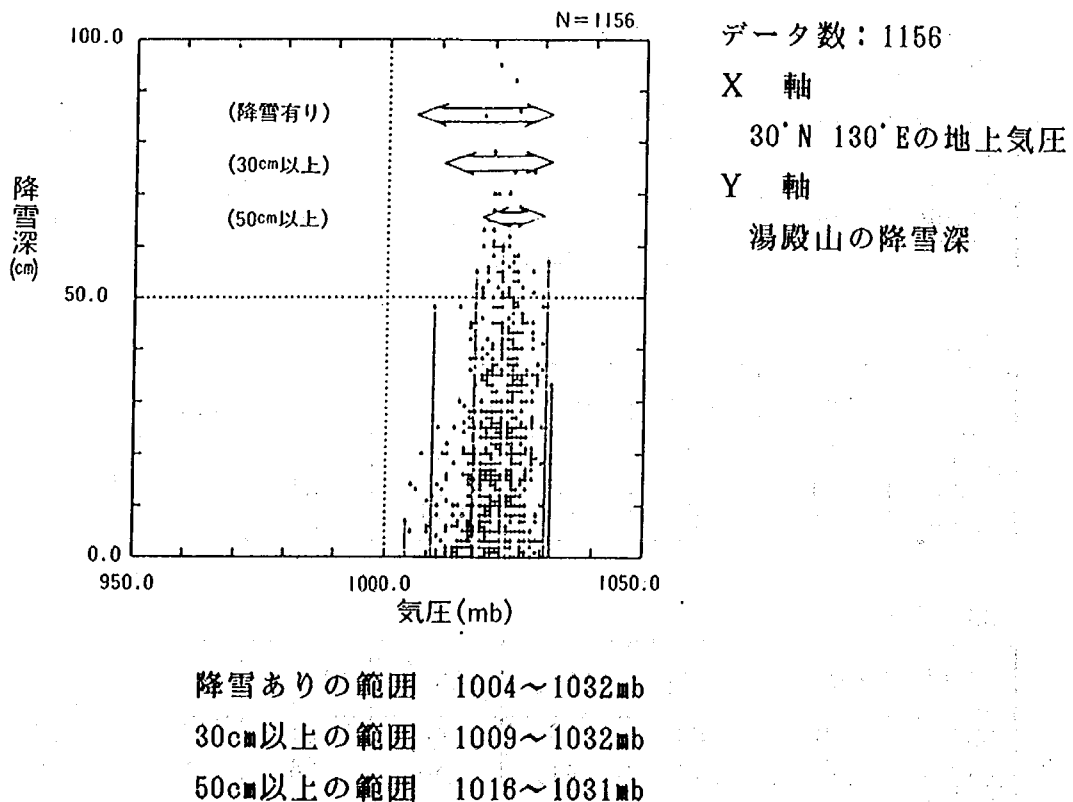


図4-14 各降雪階級における地上気圧の範囲

ところで、臨界値の検討を行う前に、次の点に注意したい。

例えば、気温の臨界値を考える。前述のように、雪が降るためには気温はある程度以下の温度である必要がある。しかし、ある温度以下になればかならず雪になるわけではなく、他の条件が満たされて初めて降雪現象となる。つまり、降雪有り判断するためには、気温は必要十分条件とはなり得ない。逆に降雪なしの場合を考えると、地上気温+20℃では降雪がないということはほぼ100%の確率で断言できる。この100%の信頼性を何℃の値に設定できるかが、ここで問題としている臨界値である。

## 2. 4. 1 等高度線、地上気圧の臨界値

過去11年度分のデータを使って等高度線、地上気圧の臨界値を求めた結果は、表4-13～4-14に示すとおりである。

表4-13 等高度線の臨界値 (単位: 'N)

降雪なし

経度 高度	120° E	125° E	130° E	135° E	140° E	145° E	150° E	160° E
5280m	83	82	81	80	84	85	86	86
5400m	65	64	58	57	47	46	70	73
5520m	58	50	48	43	40	41	45	50

10cm未満

経度 高度	120° E	125° E	130° E	135° E	140° E	145° E	150° E	160° E
5280m	83	82	81	80	77	75	75	84
5400m	64	63	54	48	46	42	42	66
5520m	51	46	39	38	39	38	38	40

20cm未満

経度 高度	120° E	125° E	130° E	135° E	140° E	145° E	150° E	160° E
5280m	73	72	56	53	51	53	75	72
5400m	61	54	52	41	38	39	40	65
5520m	48	46	39	36	36	37	38	40

30cm未満

経度 高度	120° E	125° E	130° E	135° E	140° E	145° E	150° E	160° E
5280m	73	69	49	45	51	53	75	72
5400m	58	48	41	39	38	39	40	45
5520m	44	38	36	36	36	37	38	40



40cm未満

経度 高度	120° E	125° E	130° E	135° E	140° E	145° E	150° E	160° E
5280m	73	69	49	41	51	53	75	72
5400m	58	42	39	37	36	37	38	45
5520m	41	38	35	34	34	35	36	40

50cm未満

経度 高度	120° E	125° E	130° E	135° E	140° E	145° E	150° E	160° E
5280m	69	69	48	39	39	39	75	71
5400m	52	38	36	36	36	37	38	45
5520m	37	35	34	34	34	35	36	40

表4-14 地上気圧の臨界値 (単位: mb)

上限値

経度	120° E			130° E			140° E			150° E		
	30° N	40° N	50° N	30° N	40° N	50° N	30° N	40° N	50° N	30° N	40° N	50° N
降雪なし	1042	1045	1054	1032	1038	1046	1032	1033	1036	1030	1032	1029
10cm未満	1041	1044	1052	1032	1032	1039	1026	1026	1033	1026	1024	1026
20cm未満	1041	1044	1052	1032	1031	1037	1026	1025	1033	1023	1018	1026
30cm未満	1041	1042	1049	1032	1031	1037	1026	1025	1033	1023	1017	1023
40cm未満	1041	1042	1044	1031	1031	1037	1026	1025	1033	1023	1017	1023
50cm未満	1036	1040	1044	1026	1027	1033	1026	1021	1023	1023	1017	1022

下限値

経度	120° E			130° E			140° E			150° E		
	30° N	40° N	50° N	30° N	40° N	50° N	30° N	40° N	50° N	30° N	40° N	50° N
降雪なし	1010	1006	1002	1004	1004	999	996	984	986	995	964	968
10cm未満	1016	1011	1008	1009	1007	1004	1001	996	986	998	964	968
20cm未満	1016	1011	1010	1013	1010	1004	1001	996	986	998	988	968
30cm未満	1016	1011	1010	1016	1010	1005	1006	997	997	998	988	968
40cm未満	1016	1011	1010	1016	1010	1005	1006	997	997	998	988	973
50cm未満	1016	1011	1010	1016	1010	1005	1006	997	999	1004	988	973

## 2. 4. 2 高層気温の臨界値

高層の気温は、地上気圧や等高度線のように複数の地点や線により降雪の臨界を判断することができない。そのため、気温の臨界値を精度よく求めることを考え、天気パターン別の臨界値を求めることとした。

### 1) 天気パターンの分類

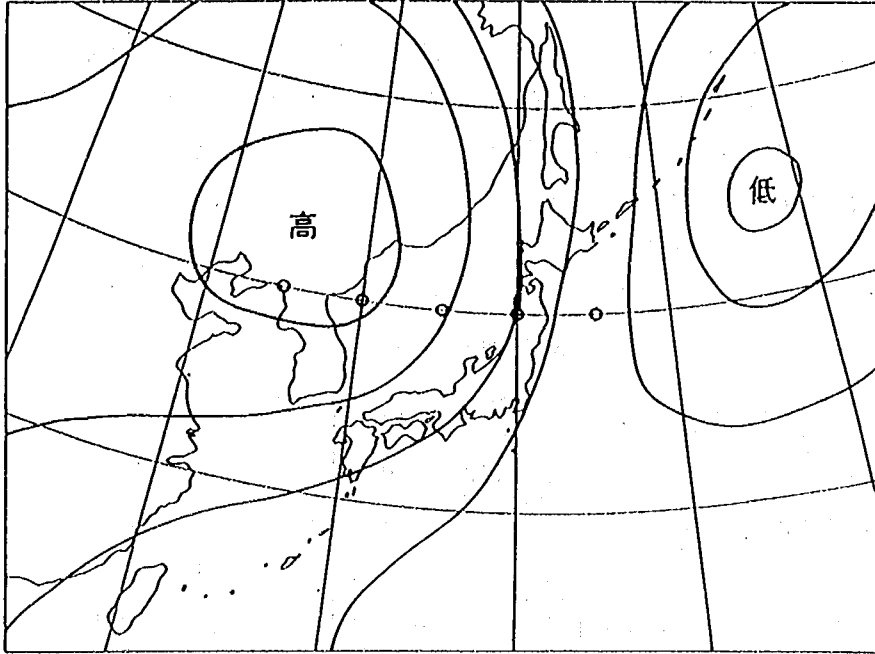
降雪時の気圧配置は西高東低及び低気圧接近時の場合が多い。このような気圧配置の分類は、肉眼による天気図分類が最も一般的であるが、ここでの降雪予測には主観的な情報を含まないことを前提条件として、この天気図分類も数値データから計算機で自動的に分類するような方式を検討した。

西高東低型の気圧配置を判定するためには、同緯度線上の地上気圧を比較すればよい。そこで高田から距離的に近い、読み取りやすい、西高東低の判別能力が最も高い等の理由から北緯40°N線上の気圧分布に注目した。まず40°N線上の125、130、135、140、145°Eの各点における21時の地上気圧を読みとり、この5地点の気圧の平均値を求める。次にこの5地点の気圧がその平均値よりも大きい小さいかによりプラス、マイナスに分類することにした。なお、この分類の基準としては、最も予測の適中率が高くなった数値として、平均値との偏差0.25mbを基準として用いるものとし、平均値よりも0.25mb以上高ければプラス、0.25mb以下の場合はマイナス、偏差が0.25mb未満であれば0とした。

このとき、天気パターンを次の4つのパターンに分類した。

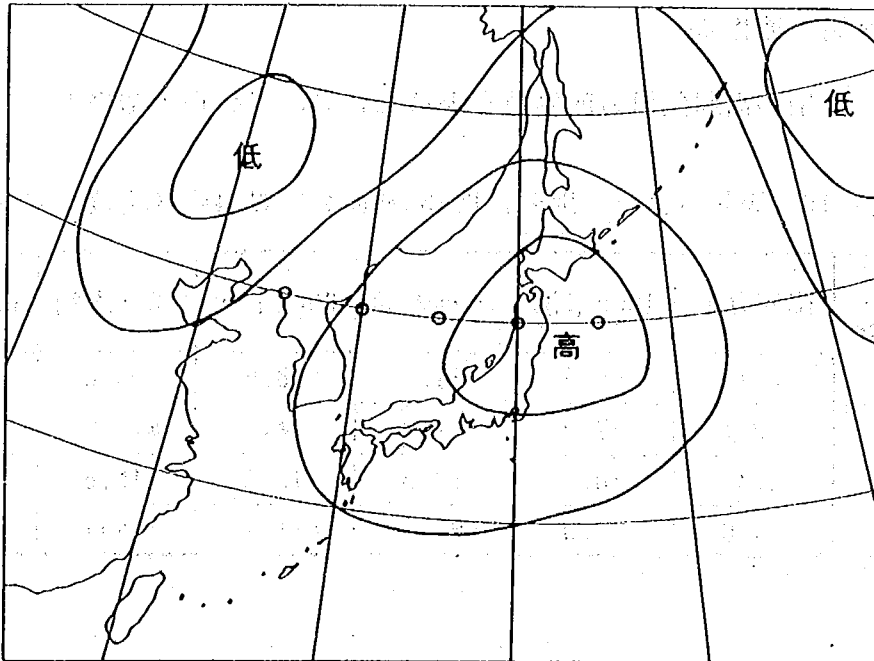
- 冬型 : 「+, +, ?, -, -」または「0, 0, ?, -, -」(図4-15参照)
- 低気圧型 : 冬型以外の「?, ?, -, -, ?」
- 高気圧型 : 「?, ?, +, +, ?」または「?, ?, ?, +, +」(図4-16参照)
- その他 : 上記以外のパターン

この分類された天気パターン毎に、高田の日降雪深と、輪島850mb面の気温との関係を検討し、各天気パターン、降雪深階級別に、気温の臨界値を設定した。



気圧偏差パターン 十十十――

図4-15 冬型の地上天気図（降雪が生じやすい）



気圧偏差パターン ――十十十

図4-16 高気圧型の地上天気図（降雪が生じにくい）

## 2) 天気パターンの分類結果

この方式を使って毎日の天気パターンを分類した結果の例として、高田での判断結果を表4-15に示す。この表によれば、降雪の生じやすい冬型、降雪の生じにくい高気圧型を比較的よくとらえていることが分かる。また、実際の天気図と計算による天気パターンの比較をしたところ、計算による天気パターン分類でも、ほぼ実用上は差し支えないものと判断された（巻末資料6）。

表4-15 天気図パターンの分類結果

天気図型	総数	降雪あり	降雪なし	気圧偏差パターン
全体	1212	764(63.0%)	448(37.0%)	「?, ?, ?, ?, ?」
冬型	772(63.7)	628(81.3%)	144(18.7%)	「+, +, ?, -, -」125', 130' は0でも可
低気圧	100( 8.3)	24(24.0%)	76(76.0%)	冬型以外の「?, ?, -, -, ?」の場合
高気圧	223(18.4)	65(29.1%)	158(70.9%)	「?, ?, +, +, ?」または「?, ?, ?, +, +」
その他	117( 9.7)	47(40.2%)	70(59.8%)	上記以外

(注) 気圧偏差パターンは左から125、130、135、140、145'Eの気圧偏差を表わす。?は+、-、0のいずれでも良いことを表わす。

## 3) 高層気温の臨界値

天気パターン別の高層気温の臨界値を求めた結果、表4-16の結果となった。

表4-16 天気パターン別の輪島850mb面の臨界温度（単位：℃）

降雪状況 天気パターン	降雪なし	10cm未満	20cm未満	30cm未満	40cm未満	50cm未満
冬型	2.1	-5.5	-6.5	-6.5	-6.6	-8.1
低気圧型	-2.1	-7.0	*****	*****	*****	*****
高気圧型	0.4	-9.7	-10.5	-10.5	-10.5	-10.5
その他	-4.0	-7.9	*****	*****	*****	*****

### 2. 4. 3 予測における臨界値の利用

判別関数式による降雪予測の適中精度を向上させるために、等高度線、地上気圧、高層気温に関して、降雪なし、または降雪 $X_{cm}$ 未満の臨界値を設定し、判別関数式による予測の後に、この臨界値によるフィルターを設定した。

この臨界値以上の等高度、地上気圧、気温を示した場合には、この日の降雪深は $X_{cm}$ 未満であると判定し、判別関数式の値に係わらず降雪深は $X_{cm}$ 未満と判断する。

予測への利用として、臨界値と判別解析との組合せを図示すると、次のようになる。

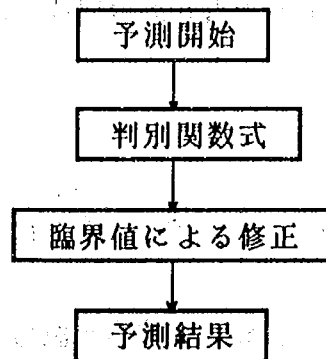


図4-17 予測における臨界値の位置付け

なお、臨界値利用上の留意点として、ここで求められた臨界値はあくまでも過去のデータを使った統計値であるため、臨界値を求めるために使用したデータの母数により値が変化することが挙げられる。母数が少なければ臨界値による予測と逆の結果になる可能性は大きい。またここで用いている臨界値は、予測として $X_{cm}$ 以上降るとされた場合に、それ以下になるかどうかを判断するものである。この逆に降雪がないと予測された場合に、臨界値によって降雪があると予測を変えることはできない。このため、地上気圧の臨界値については、例えば過去に現れた気圧差以上で西高東低が現れると、降雪なしの判断がなされてしまう。

これらのことから、臨界値を使った予測として次のような方法を考えて、予測精度の向上に役立てることが望ましい。

- 臨界値を求める母数のデータを極力多く集める。
- 一つの臨界データのみで判断するのではなく、いくつかのデータを補完的にみて判断する。
- 地上気圧の臨界値は、天候パターンとの関係を考慮して利用する。

### 3. 予測精度の検証

予測精度は、一般的に予測を行った回数と、その内予測が適中した回数の率によって求めることができ、代表的な評価としては、適中率、スコア等がある。

#### 3. 1 予測精度の求め方<sup>7)</sup>

##### 3. 1. 1 適中率

2群判別式の精度を検証する方法としては、予測結果について「当り」、「外れ」の二者択一を行い、全予測回数に対する「当り」の回数の比率をみる方法が最も一般的である。

##### 1) 適中率の求め方

2群判別の予測結果を2×2分割表で示せば、表4-17のようになる。

表4-17 2×2分割表の記号表現

実測 \ 予測	W	NW	計
W	$n_{11}$	$n_{12}$	$n_{1.}$
NW	$n_{21}$	$n_{22}$	$n_{2.}$
計	$n_{.1}$	$n_{.2}$	$n$

ここでそれぞれの記号の意味は、次のとおりである。

W : 予測上の対象として特定の気候状態に着目した場合に、その現象が発生すること。(例 Xcm以上の降雪あり)

NW: 着目した特定の気候状態が発生しないこと。(例 Xcm以上の降雪なし)

$n_{11}$ : Wが発生すると予測され、実際にWが発生した度数(Wの適中数)

$n_{12}$ : Wが発生しないと予測され、実際にはWが発生した度数(見逃し数)

$n_{21}$ : Wが発生すると予測され、実際にはWが発生しなかった度数(空振り数)

$n_{22}$ : Wが発生しないと予測され、実際にWが発生しなかった度数(NWの適中数)

$n_{1.}$ : 実際にWが発生した度数

$n_{2.}$ : 実際にWが発生しなかった度数

$n_{.1}$ : Wが発生すると予測した度数

$n_{.2}$ : Wが発生しないと予測した度数

$n$ : 総数

これらの記号により、適中率P (%)を求める式は、次式として表すことができる。

$$P = \frac{n_{11} + n_{22}}{n} \times 100 \dots\dots\dots (3)$$

### 2) ランダム予測による適中率

上述の適中率を評価する場合の基準となる適中率であり、「意味がある予測」を検証するための精度の最悪値とされるものである。

ランダム予測で適中率を求めるためには、まずランダム予測の分割表を求める。

このとき分割表の要素  $n'_{ij}$  は、次の式で計算される。

$$n'_{ij} = \frac{n_{i.} \cdot n_{.j}}{n} \quad (i=1,2, j=1,2) \dots\dots\dots (4)$$

(4)式の要素を具体的に分割表で示せば、表4-18のようになる。

表4-18 ランダム予測分割表

予測 実測	W	NW	計
W	$n'_{11}$	$n'_{12}$	$n_{1.}$
NW	$n'_{21}$	$n'_{22}$	$n_{2.}$
計	$n_{.1}$	$n_{.2}$	$n$

表内の合計値は、表4-17の値と変わらない。

### 3) 無技術最良予測

ランダム予測と同様、適中率を評価するための手法のひとつであり、2群の気候のうち、発生する度数の多い気候が毎回発生すると予測する方法である。具体的には、表4-17において  $n_{1.} < n_{2.}$  の場合、 $n_{11} = 0$ 、 $n_{12} = n_{1.}$ 、 $n_{21} = 0$ 、 $n_{22} = n_{2.}$  と置き、適中率を求めるものである。

### 3. 1. 2 スコア

予測の技術力によらない気候学的適中数を取り除いて、予測の技術的評価をおこなう方法であり、一般的なものとしてはスキルスコア、スレットスコアが知られている。

#### 1) スキルスコア

上述のランダム予測で当たる度数を、当然当たるべき分として適中数から差し引いて求めたスコア (T) であり、ランダム予測で T = 0、完全予測で T = 1 になる。T < 0 になった場合「意味がない予測」と理解される。

スキルスコアの適中率は、次式により求める。

$$T = \frac{2(n_{11}n_{22} - n_{12}n_{21})}{n_{1.}n_{.2} + n_{.1}n_{2.}} \dots\dots\dots (5)$$

#### 2) スレットスコア

これは、その気候の発生確率が小さく、かつその予測が重要である (例えば、高田に 50cm 以上の降雪がある) 場合に意味のある評価方法である。

この方法では、発生確率が小さいものを発生しないと予測した場合、予測が適中して当然と考え、予測精度の計算から除外する。これを式で示すと、(6) 式となる。

$$T_h = \frac{n_{11}}{n_{11} + n_{12} + n_{21}} \dots\dots\dots (6)$$

ここで  $T_h$ : スレットスコア

このとき  $T_h$  の得点は、全体の予測回数  $n$  に対する  $n_{1.}$  の占める割合  $p$  と、 $n$  に対する  $n_{.1}$  の占める割合  $q$  の関係から、次式により求められるスレットスコアのランダム予測 ( $T_{hr}$ ) 以上の得点を得ることで、「意味のある予測」と判断することができる。

$$T_{hr} = \frac{p \cdot q}{p + q - p \cdot q} \dots\dots\dots (7)$$



### 3. 2 検証結果

#### 3. 2. 1 内部検証

##### 1) 判別式の予測精度

##### (1) 高田の予測式

作成した上越地区3地点の降雪予測式のうち、代表地点として高田について、式作成のために使用したデータを使って適中 度数を2×2分割表により求めた(内部検証)結果、表4-19のとおりとなった。

これらの表についてみると、本研究で作成された予測式の特徴として、見逃し(降雪がないと予測したが、実際には降雪があった。)の度数よりも、空振り(降雪があると予測したが、実際には降雪がなかった。)の度数が多い傾向にあることが分かる。これは、“雪が降りやすい天候でも雪が降らないことは多いが、雪が降りにくい天候で雪が降ることは少ない。”という、冬期の気候の特徴が現れているためと考えられる。

実際の雪寒対策への情報利用を考えた場合は、空振りが少ないという傾向は不利とはならないと考えられる。

表4-19 検証結果(高田)

予測 実測	降雪あり	降雪なし	合 計	予測 実測	10cm以上	10cm未満	合 計
降雪あり	455	51	506	10cm以上	225	48	273
降雪なし	98	559	657	10cm未満	134	754	888
合 計	553	610	1163	合 計	389	802	1161
適 中 率	87.2%			適 中 率	84.3%		
予測 実測	20cm以上	20cm未満	合 計	予測 実測	30cm以上	30cm未満	合 計
20cm以上	124	25	149	30cm以上	64	21	85
20cm未満	140	886	1026	30cm未満	142	948	1090
合 計	264	911	1175	合 計	203	969	1175
適 中 率	86.0%			適 中 率	86.1%		
予測 実測	40cm以上	40cm未満	合 計	予測 実測	50cm以上	50cm未満	合 計
40cm以上	45	15	60	50cm以上	29	10	39
40cm未満	147	968	1115	50cm未満	169	967	1136
合 計	192	983	1175	合 計	198	977	1175
適 中 率	86.2%			適 中 率	84.8%		

次に、表4-19を基に予測の適中率をみたものが表4-20である。

なお、以下では無技術最良予測を無技術予測と略す。

表4-20 降雪予測の適中率 (%)

予測式の種類	有無	10cm	20cm	30cm	40cm	50cm
適中率	82.0	86.1	86.1	86.5	86.2	85.0
ランダム予測適中率	50.3	60.1	70.5	77.8	80.2	80.9
無技術予測適中率	55.1	77.5	87.8	93.0	94.9	96.8

注) 予測式は、基準値以上/未満の予測

表により各予測式の予測精度をみると、いずれの式も80%程度以上の適中率となっている。さらに、「意味のある予測」の精度となっているかどうかを、ランダム予測の適中率により比較してみると、いずれの式もランダム予測の適中率を超える予測精度を得ている。しかし、無技術予測適中率と比較した場合は、20cm以上の降雪予測では精度が下回っている。これは、20cmを超えるような降雪の日の度数が、それ以下の日より大幅に少ないことが原因と考えられる。

これをスコアによる評価でみると、表4-21のとおりとなる。

表内のランダム得点とは、(7)式を用いスレットスコアにおけるランダム予測の計算を行った結果である。

表4-21 降雪予測のスコアによる予測精度

予測式の種類	有無	10cm	20cm	30cm	40cm	50cm
スキルスコア	0.73	0.40	0.22	0.11	0.08	0.05
スレットスコア	0.75	0.55	0.43	0.28	0.22	0.14
ランダム得点	0.29	0.16	0.09	0.05	0.04	0.03

注) 予測式は、基準値以上/未満の予測

上記表によれば、スキルスコア、スレットスコアともにランダム予測以上の得点を得ており、予測として「意味がある」ものと判断できる。

(2) 酒田、湯殿山の予測式

庄内地区の酒田、狩川、鶴岡、大網、湯殿山の5地点についても降雪予測式を作成した。このとき、上越地区に比べて降雪深が少ない酒田、狩川、鶴岡は降雪の有無及び10cm以上/未満の予測式、大網では30cmまで、湯殿山では50cmまでの予測式を作成した(巻末資料7)。

これらの地点のうち、降雪の多い地点として湯殿山、少ない地点として酒田を選び、内部データによる精度検証を行った。その結果、表4-22のとおりとなった(巻末資料-8)。

表によれば、湯殿山は高田より降雪量が多い傾向にあることから、大きい降雪深でのデータも多く収集できた。そのため、湯殿山の50cm以上/未満の予測式が高田の30cm以上/未満の予測式と同様の予測精度を得ている。一方酒田は、降雪量の少ない地点であるため、10cm以上/未満の予測式ですでに高田の40~50cm以上/未満の予測式と同程度の予測精度となっている。

表4-22 降雪予測の適中率(%)

地名	湯殿山				酒田	
	有無	10cm	30cm	50cm	有無	10cm
予測式の種類						
適中率	88.0	86.4	80.0	77.8	79.9	72.4
ランダム予測適中率	60.7	52.0	55.7	69.8	52.0	67.6
無技術予測適中率	74.1	53.3	73.7	93.3	65.6	95.0
スキルスコア	0.45	0.66	0.44	0.12	0.40	0.07
スレットスコア	0.85	0.80	0.53	0.21	0.59	0.13
ランダム得点	0.58	0.43	0.18	0.06	0.24	0.05

注) 予測式は、基準値以上/未満の予測

### 3) 臨界値を併用した場合の予測精度

先の検証結果により、予測式はいずれも予測を行うことに「意味のある」式と判断することができた。しかし、大きい降雪深を判別の対象とした予測式の適中率は、無技術予測の適中率を下回っており、これらの式についてさらに精度を上げる検討が必要である。

そこで、2.4で示した臨界値を併用した場合の予測精度について検討を行った。その結果、表4-23を得ることができた（巻末資料9）。

表により、臨界値を併用した場合の精度に関する特徴として、次のことがいえる。

- 適中率は向上する傾向にある。特に、大きい降雪深を予測する場合にその傾向が伺える。
- 臨界値の技術的評価としてスコアをみた場合、スキルスコアについては臨界値併用の得失を明らかにすることはできないが、まれに発生する気候の予測精度の精度判断に用いるスレットスコアでみると、大きい降雪深を予測する場合に臨界値併用の効果が大きい。

表4-23 降雪予測の適中率 (%)

地名		高田				湯殿山				酒田	
		有無	10cm	30cm	50cm	有無	10cm	30cm	50cm	有無	10cm
適中率	臨界値併	81.6	87.6	90.9	95.7	88.0	86.8	81.5	84.9	82.3	82.7
	式のみ	82.0	86.1	86.5	85.0	88.0	86.4	80.0	77.8	79.9	72.4
ランダム予測適中率		53.1	63.5	83.6	93.9	60.7	51.9	56.3	76.0	52.8	76.9
無技術予測適中率		55.1	77.5	93.0	96.8	74.1	53.3	73.7	93.3	65.6	95.0
スキルスコア		0.68	0.40	0.08	0.03	0.45	0.67	0.45	0.12	0.56	0.08
スレットスコア		0.84	0.62	0.31	0.29	0.85	0.80	0.55	0.28	0.62	0.19
ランダム得点		0.45	0.13	0.04	0.02	0.58	0.43	0.18	0.08	0.23	0.04

注) 予測式は、基準値以上/未満の予測

### 3. 2. 2 外部検証

作成された高田の予測式に臨界値を併用し、昭和63年度、平成元年度のうち5ヶ月間に収集された新しい気象要素による検証（外部検証）を行った。

その結果について第1日目の予測精度を表4-24に示す（巻末資料10）。

また1週間先までの毎日の予測精度について、降雪有無の判別結果を表4-25に示す。

3日目までの予測日数に対して4日目以降の予測日数がかなり少ないのは、曜日により、3日目までの予測を行う日（3日予測）と1週間先までの予測を行う日（1週間予測）に分けて予測を行ったためである。

ここで示した外部検証の適中精度が、実際の運用における予測精度となるものである。

表4-24によれば、降雪有無の適中精度が内部検証結果より悪くなっているが、他の予測式はすべて内部検証結果を超える精度を得ており、十分満足できる精度を有するものと判断される。ただし外部検証を行ったデータが少雪年のものであり、降雪量が少なかったことから、大雪の予測については十分な精度検証が行えたとはいえない。

表4-25では、予測日数が少ないことから、この結果により予測日間の精度の良否を一概に比較することはできないが、1週間先まで同程度の精度で予測が行えるものと推察される。

表4-24 外部検証結果（高田、1日目）

精度内容 予測式	適中率 (%)	ランダム予測 適中率(%)	無技術予測 適中率(%)	スキル スコア	スレット スコア
降雪有無	80.2	54.2	71.8	0.48	0.55
10cm以上/未満	89.3	78.6	92.4	0.14	0.39
20cm以上/未満	93.1	87.0	92.4	0.08	0.36
30cm以上/未満	94.7	90.1	97.7	0.05	0.30
40cm以上/未満	96.2	91.6	97.7	0.05	0.38
50cm以上/未満	96.2	93.1	98.5	0.03	0.29

表4-25 降雪有無の1週間先までの適中率（高田：%）

予測対象日	1日目	2日目	3日目	4日目	5日目	6日目	7日目
適中率	80.2	75.8	82.3	82.6	73.3	75.6	80.5
ランダム予測適中率	54.2	53.9	56.5	56.5	51.1	57.8	61.0
無技術予測適中率	71.8	75.0	78.2	71.7	71.1	75.6	78.0
スキルスコア	0.48	0.42	0.45	0.48	0.38	0.32	0.28
予測日数	131	128	124	46	45	45	41

### 3. 2. 3 検証結果のまとめ

これらの検証結果から、ここで作成した予測式はすべて、技術的に一応「意味のある予測式」とであると判断することができる。しかし、発生する確率の少ない、大きい降雪深を対象とした予測式については、無技術予測の適中精度を下回るものが多く、問題があることも指摘された。これは、作成した予測式はあくまでも統計解析によるものであり、解析の対象となるデータの量、内容に大きく左右されるためである。つまり、地域特性にもよるが、比較的多くのデータが収集できる「降雪の有無」程度の判別であれば、精度良い予測は可能であるが、ひと冬に1度あるかどうかというような量の判別になるとデータ数も限られ、精度良く予測を行うことはむずかしい。

この対処方法として比較的容易に行えるものに、臨界値を併用する方法がある。検討した結果は前述のとおりであるが、臨界値併用により予測精度は向上する傾向がみられ、特に降雪量が多くなるほど効果が上がっている。降雪量が多くなるほど発生する日数が少なくなる（標本数が少なくなる）ため、2群判別式のみでは十分説明できない（判別誤差が大きくなる）場合が多くなることから、これを臨界値の併用で補うことの効果は上がるものであると考えられる。

しかし、臨界値併用はあくまでも便宜的な方法であり、基本となるのは十分なデータ量を確保することである。どの程度の量のデータが必要かは、今回の検討結果からは明かでないが、本検討結果では、作成した予測式の予測精度からみて、2群判別に用いる両群のデータ数の比率が1：3程度以上の開きにならないことが必要となっているようである。

また、作成された予測式について、無技術予測まで含め満足する精度としては、スキルスコア0.4程度以上を得ることが必要と思われる。

#### 4. 中期予測

これまでは、降雪の長期予測としての可能性の検討を行ってきたが、以下においては、降雪の長期予測と同じ手法を用いて、予測の対象時間帯を短くし中期予測とした場合の予測の可能性について検討した。すなわち、500mb面の等高度線データや秋田、輪島上空850mb面の気温、地上気圧等を説明変数として、夜間の降雪深データ（16～08時）が整備されている、庄内地区5地点（酒田、狩川、鶴岡、大網、湯殿山）について検討を行った。

##### 4. 1 気象要素と予測対象時間帯との関係

中期予測は、当日21:00を対象として予想される天気図を用い、この天気図により前後16:00～8:00間の降雪深を予想しようとするものである。

天気図の予想  
対象時刻

21:00

予想降雪深

16:00 ←-----→ 8:00

図4-18 予想降雪深と予想天気図の時刻上の関係

##### 4. 2 予測式の種類

予測式の作成は、地点毎の降雪深の多少を考慮して、各々次の式を検討した（巻末資料11）。

降雪の有無 : 全地点  
10cm以上/未満 : 全地点  
20cm以上/未満 : 大網、湯殿山  
30cm以上/未満 : 湯殿山

### 4. 3 検討結果

解析方法は、これまでに検討した降雪の長期予測の場合と同様に、各地点、降雪深別の判別関数法による予測式の作成と、各気象要素別、降雪深階級別の臨界値の設定を行った。降雪深と各説明変数との相関係数の例として表4-26～4-29に酒田の場合を示している。これらの結果は、第3章で検討した日降雪深の降雪傾向とほぼ同様である。

表4-26 降雪深と気象要素の相関係数（酒田：等高度線）

経度 気象要素	120°E	125°E	130°E	135°E	140°E	145°E	150°E	160°E
5280m 緯度	-0.033	-0.126	-0.231	-0.288	-0.266	-0.215	-0.158	-0.073
5400m 緯度	-0.160	-0.242	-0.304	-0.313	-0.301	-0.266	-0.209	-0.084
5520m 緯度	-0.210	-0.278	-0.295	-0.308	-0.293	-0.260	-0.216	-0.111
5280m-5400m	0.136	0.037	-0.067	-0.137	-0.126	-0.090	-0.060	-0.033
5400m-5520m	-0.019	-0.082	-0.159	-0.152	-0.157	-0.129	-0.088	-0.006
5280m-5520m	0.109	-0.003	-0.014	-0.171	-0.156	-0.115	-0.079	-0.031
5280m変化量	0.120	0.075	0.022	-0.044	-0.069	-0.023	-0.002	-0.013
5400m変化量	0.054	0.032	-0.014	-0.032	-0.041	-0.034	-0.018	-0.027
5520m変化量	0.050	0.009	-0.014	-0.052	-0.047	-0.042	-0.015	0.015

表4-27 相関係数（張り出し量）

等高度線	5280m	5400m	5520m
緯度			
45°N	0.366	0.347	0.320
40°N	0.310	0.361	0.333
35°N	0.111	0.189	0.315

表4-28 相関係数（850mb気温）

時刻	21時
地点	
秋田	-0.244
輪島	-0.288

表4-29 相関係数（地上気圧）

経度	120°E	125°E	130°E	135°E	140°E	145°E	150°E
緯度							
30°N	0.246	-----	0.146	-----	-0.031	-----	-0.153
40°N	0.219	0.202	0.035	-0.086	-0.115	-0.116	-0.107
50°N	0.174	-----	0.072	-----	-0.013	-----	-0.049



長期予測の場合と同様に判別関数式を作成し、内部データによる適中率をとりまとめた。予測式の例として、湯殿山の降雪有無予測式を表4-30に、また精度の検証結果として、湯殿山、酒田の例を表4-31に示す。ここでも、予測式のみ、及び臨界値併用のふたつの適中精度を検討した（巻末資料12）。

なお、適中率以外の値は臨界値併用の精度である。

表4-30 湯殿山の降雪予測式（降雪の有無）（N=793）

説明変数	係数	変数番号
(40° N, 130° E) - (40° N, 140° E)	-0.27588	134
輪島850mb面の気温	+0.20392	164
5400mの45° N以南張出量	-0.06814	76
5280mの40° N以南張出量	+0.11585	74
120° E, 5280mと5520mの緯度の差	+0.02573	41
5520m, 120° E	-0.08078	17
130° E, 5280mと5520mの緯度の差	+0.03957	43
定数	+6.54930	

表4-31 中期予測の適中率（%）

地名		湯殿山				酒田	
		有無	10cm	20cm	30cm	有無	10cm
予測式の種類	臨界値併用	84.4	81.6	78.9	77.8	80.4	84.3
	式のみ	84.2	81.3	78.1	75.0	78.1	74.0
ランダム予測適中率		54.4	50.4	56.9	69.6	55.3	79.2
無技術予測適中率		67.1	58.1	77.3	92.1	72.0	95.9
スキルスコア		0.55	0.62	0.38	0.12	0.45	0.06
スレットスコア		0.79	0.66	0.48	0.22	0.54	0.17
ランダム得点		0.48	0.29	0.16	0.06	0.20	0.03

注) 予測式は、基準値以上/未満の予測

表によれば、作成した式はいずれも技術的評価として「意味のある予測」とすることができるものと考えられる。各予測式についてみると、長期予測と比較すると、降雪量の少ない酒田では、10cm以上/未満の判別ですでに予測精度が低下し、降雪量の多い湯殿山でも30cm以上/未満の判別になると予測精度の低下が著しい。1日毎の降雪量を予測する長期予測より小さい降雪量で予測精度が落ちている。これも統計解析上の問題であり、データ量、内容による影響である。

中期予測は、当日あるいは翌日までどうなるかの予測を行うものである。そこで、中期予測の精度を上げる方法としては、アメダスによる現地の気象現況情報の利用が考えられる。これにより、現地気象を要因として取り込めば、精度の向上が図れるものと考えられる。

#### 4. 4 予測上の注意点

中期予測の問題点として、長期予測との関係があげられる。すなわち、これまでに述べている降雪予測の手法は統計的な方法であり、日降雪深、夜間の降雪深の予測式は各々の関連性を全く考慮しないで、独立的に作成したものである。したがって、場合によっては、夜間に降雪があるという予測結果に対して1日の降雪はないという、相矛盾した予測結果となる可能性が考えられる。将来、実用化する時点においては、この問題についての十分な検討が必要である。

## 5. 予測式作成上の留意点

この章では、新潟県上越地区や山形県庄内地区をモデルとして、高層や地上の予想天気図から得られるデータを基にして、降雪の長期、中期予測式を作成した。その結果として、日本海側の地域においては、判別関数式と臨界値による判別とを組み合わせることにより、ほぼ満足できる程度の精度を持った降雪の予測が可能であるという見通しが得られた。

この予測方式は、等高度線や地上気圧といったデータを基にして予測を行うものであり、予測対象地点現地の気象データを全く使用していないのが特徴である。このことは、現地の気象データがオンラインで得られなくとも、全く関係なく自由な地点の降雪予測ができるということであり、かつ同じデータを用いて多地点の予測が行えるということでもある。当然このような予測を行う為には、予め各々の地点における予測式を作成しておく必要がある。

予測式作成に当たっては、次のような点に注意する必要があると考えられる。

- 観測データは十分あることが望ましい。  
特に、データの入手が困難な大雪の予測を行う場合は、多くの期間のデータが必要となる。
- 予測式の判別限界は、2群のデータ数の比率が1：3程度以内になるかどうかによる。両群にこれ以上の開きがある場合は、その利用に注意する必要がある。
- 観測精度が悪ければ、予測式の精度にも問題が生じる。観測場所や、観測方法を確認する必要がある（特に降雪の有無に関する記録方法）。
- 現地の降雪状況を検討し、どの程度の降雪階級までの予測式を作成するかを検討する。
- 長期予測と中期予測とを行う場合には、結果に矛盾が生じないように利用方法を検討すること。

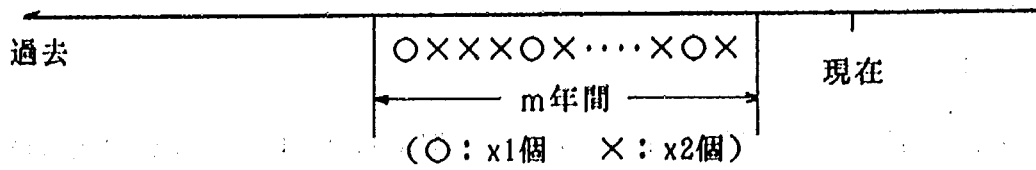
## 6. 今後の課題

降雪の長期予測、中期予測のための気象因子として、本研究では簡易にかつ予想情報として入手できる気象庁の高層及び地上天気図を用いて検討を行った。今後予測精度を高めるためには、特に中期予測について、アメダスデータを活用し、現地の気象現況を利用した予測方法を検討することが必要である。また本研究における予測は、2群判別分析により事象の発生の有無を判断しているが、判別分析は統計手法であることを念頭にいれ、十分データが入手できる範囲の予測を行うことが必要である。

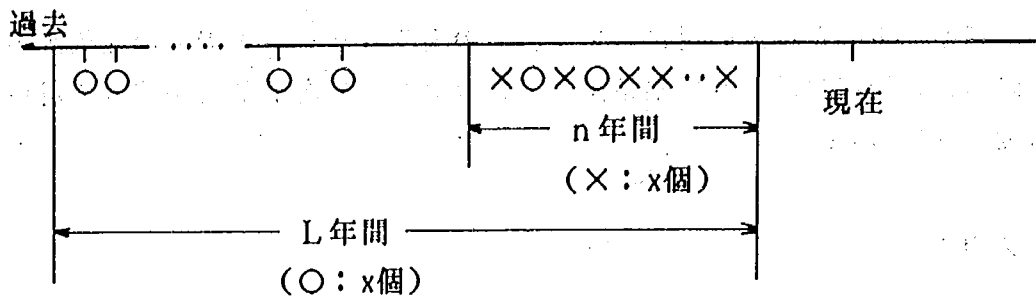
このときデータの収集方法として、a. 一定期間を決めデータを収集する方法と、b. 2群のデータ数がそれぞれ同数となるように収集する方法、が考えられる。これを図に示すと、図4-19のようになる。

これまで行われてきたデータの収集方法はa.の方法であり、同じ期間内に観測された2群のデータを対象とするため、データが十分収集されれば気候学上問題なく、統計処理し精度良い予測式を作成することができる。ただし、ひと冬に一度程度しか発生しないような気候をみた場合、発生しない確率はほぼ99%であり、どれだけ期間を長くにとってデータを収集しても、この率はほとんど変わらない。これは、無技術予測の適中率も常にほぼ99%となることを意味する。予測式が統計処理により求められるものであることを考えれば、99%を超えるような適中率を持つ予測式を作ることは不可能に近い。しかし、実際の雪寒対策を考えた場合、ひと冬に一度現れる大雪は、ぜひ予測情報として必要となるものである。この意味では、現在の大雪を予測する判別式は、精度上の問題はあるにしても利用価値があると考えられる。そこで、今後さらに大雪等の予測情報の精度を上げるために、b.による方法を検討する必要がある。b.の方法は気候学的な意味での位置付けは明かでない。しかし、予測精度を上げるための方法として有力な手段となるものと考えられる。

また、長期予測情報と、中期予測情報の利用の補完性についても検討が残されている。現在長期、中期予測式はそれぞれ独立した式として用いられ、独立した情報として利用される形式になっている。そのため、長期、中期予測情報の間に食い違いが生じ、どちらの情報を信用すべきか、判断に迷う場合があるものと考えられる。さらに、降雪予測は時間を追って行われるものであり、毎日の連続した業務としてその作業量も大きくなることが予想される。そのため、長期、中期の統一のとれた予測及び整合がとれ、かつ精度よい情報内容について検討を行うことが必要である。



a. 一定期間のデータを収集する方法



b. 2群のデータを同じ数だけ収集する方法

図4-19 データ収集方法とデータ収集期間との関係

(O:  $X_{cm}$ 以上の降雪あり、X:  $X_{cm}$ 以上の降雪なし)

## 第5章 降雪の持続性に関する検討

### 1. 検討の目的

冬期における道路管理を効率的に行うために、長期予測の一環として、降雪の持続日数、及び累積降雪深に関する予測の可能性を把握するものである。

### 2. 検討方法

冬型気圧配置が発生した高層の場において、その発生パターンと過去の気象観測データをもとに、降雪日の持続日数、及び累積降雪深について、多変量解析手法等を用いて予測する手法の開発を行った。

#### 2. 1 使用データ

解析に用いる気象要素は第4章の時間的予測と同様とし、昭和50年度～昭和59年度の冬期間（12月～3月）における以下の高層気象データ、地上気圧データ、日降雪深データを使用した。

- 500mb面の等高度線データ

気象庁発行の印刷天気図（21時）から毎日の500mb面における5,280m、5,400m、5,520mの各等高度線が、120°E、125°E、130°E、135°E、140°E、145°E、150°E、160°Eの各経度線と交差する地点の緯度を読みとった。

- 地上気圧データ

気象庁発行の天気図（21時）から、30°N、40°N、50°Nの緯度線と、120°E、130°E、140°E、150°Eの経度線が交わる地点の、毎日の地上気圧を読みとった。

- 日降雪深データ

当日9時～翌日9時までの24時間降雪量として、高田測候所及び新井消防署のデータを使用した。

## 2. 2 累積降雪（ひとゆき）の定義

累積降雪深を定義するためには、まず、累積降雪と大雪の定義について検討する必要がある。

この章で検討の対象としているのは、降雪が連続して降り続く場合の総降雪量と降り続く期間の予測である。新編防雪工学ハンドブック<sup>8)</sup>では、降雪が降り続く一連の期間を「ひとゆき」と称している。本章でもこれに従い「ひとゆき」を用いるものとし、ひとゆきの日数を継続日数、ひとゆきの総降雪量を累積降雪深と呼ぶことにする。

防雪工学ハンドブックによると、ひとゆきは次のように定義されている。

降雪と降雪との間に24時間以上の無降雪帯があると、一応そこで区切って、その前後をそれぞれ「ひとゆき」としている。

次に大雪に関しては、具体的な定義は明かでないが、北陸地方の気象庁における大雪注意報・警報の基準を参考にしてみた。各注意報・警報の発令基準は、今後24時間内の総降雪深が、以下の基準値以上と見込まれる場合に発表されるものとしている。

この表を上越地区の対象地点にあてはめると、高田では40cm以上、新井では40cm～60cm以上の場合が大雪とみなされているようである。

表5-1 北陸地方の大雪注意報・警報の発令基準<sup>9)</sup>

県	区分	大雪注意報	大雪警報
新潟県	平野部	40cm以上	70cm以上
	山沿い	60cm以上	100cm以上
富山県	平地	30cm以上	60cm以上
	山地	50cm以上	90cm以上
石川県	全般	30cm以上	70cm以上
福井県	全般	30cm以上	70cm以上

以上の定義によると、北陸地方における大雪に関するひとゆきとは、24時間以上の無降雪状態を区切りとして、その間の累積降雪深が30cm～数10cm程度と考えることができる。

実際の連続した降雪現象について、上記の定義を当てはめるため、例として昭和55年1月から2月にかけての降雪現象を図5-1に、昭和59年1月から2月にかけての降雪現象を図5-2に示した。

ひとゆきの区切りを24時間以上の無降雪時間帯とした時、図5-1の場合、降雪パターンや天気図からみて一連の降雪パターンとみられる状況が区切られてしまう。この場合、無降雪時間帯の長さは、もっと長くすべきと考えられる。

一方図5-2の場合、上記に従い無降雪時間帯を長くすれば、ひとゆきと解されるべき降雪パターンとなっているが、1月21日、1月30日、2月12日の頃に移動性高気圧があり、一応その前後の降雪は、別々のじょう乱によって引き起こされていると考えられる。したがって、移動性高気圧がひとゆき間に入った場合は、その前後を別々の降雪期間と考える方が適切と思われる（巻末資料13参照）。

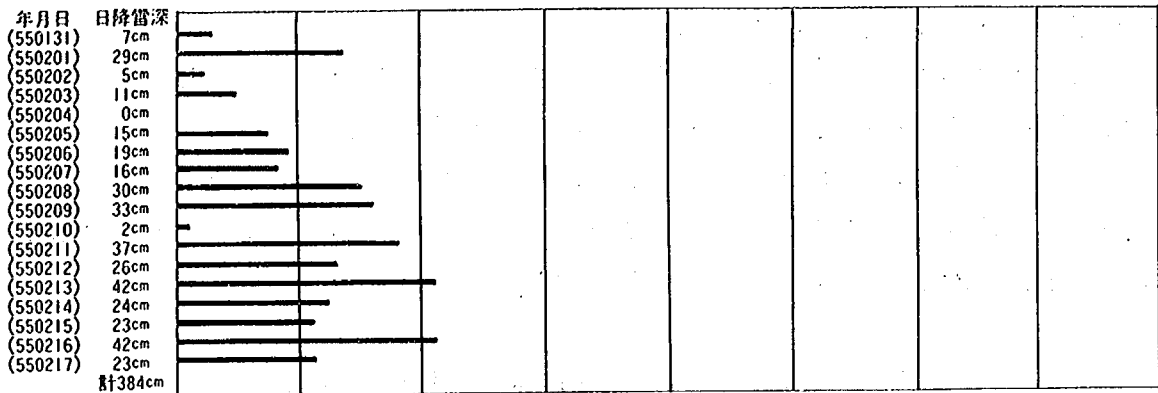


図5-1 日降雪深の変化（高田：昭和55年1月31日～2月17日）

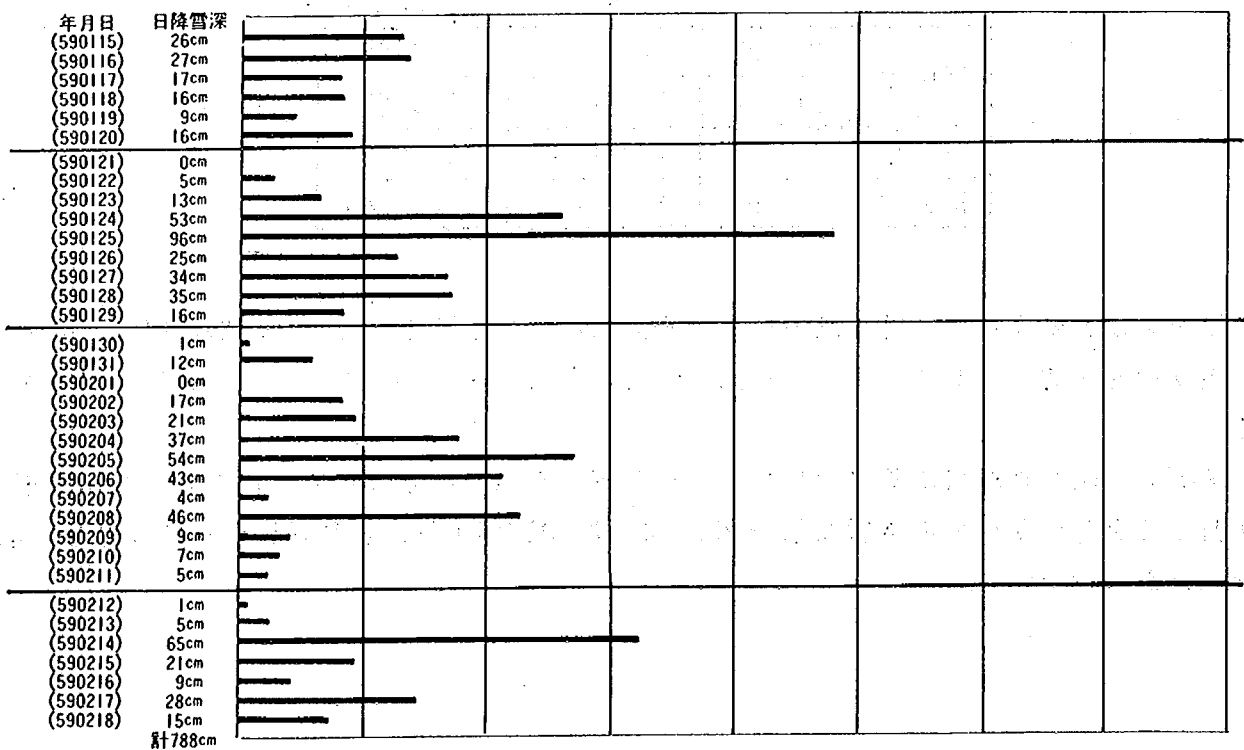


図5-2 日降雪深の変化（高田：昭和59年1月15日～2月18日）



## 2. 3 ひとゆきの選定基準

2.2の検討結果から、降雪の区切りは24時間以上とすることが必要と考えられるが、24時間以上の無降雪期間を設定すると、二つのじょう乱の間隔が24時間以内のものは分離されないことも予想される。

そこで、ひとゆきの選定基準は次のように定めた。

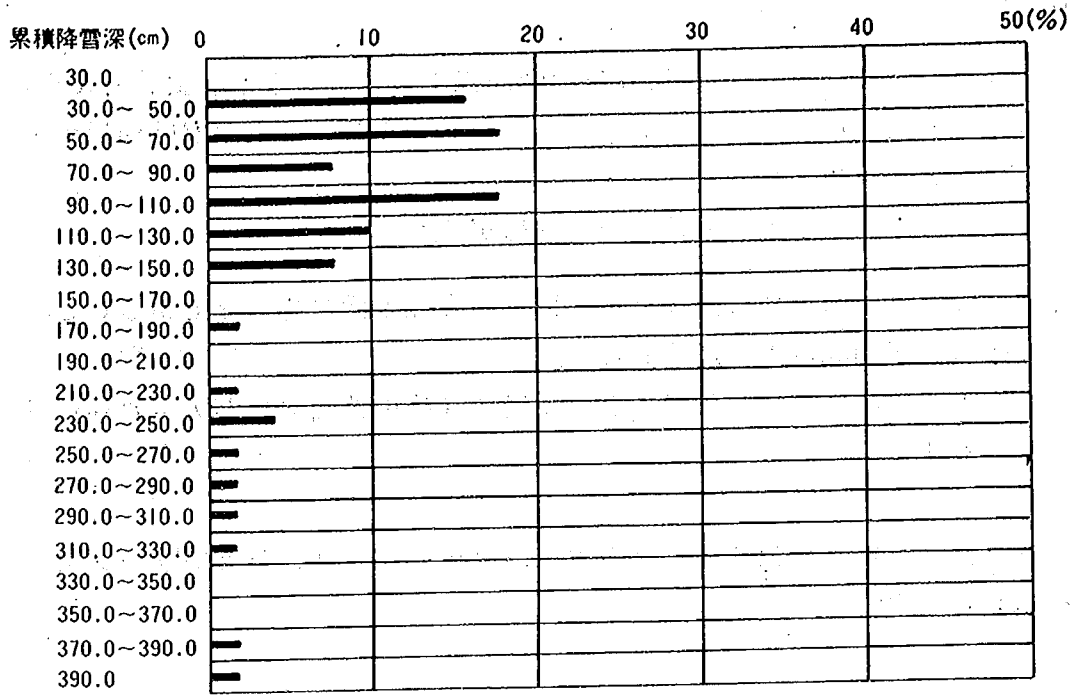
- 降雪と降雪との間が48時間（2日）以上の5cm未満の降雪深であること。
- 累積降雪深が30cm以上に達すること。
- 天気図上で明確に分離して考えられる場合（移動性高気圧が入った場合等）は、これを分離する。

この結果、ひとゆきと認められた降雪は、高田49ケース、新井57ケースであった（巻末資料14）。

## 2. 4 ひとゆきのパターン分類

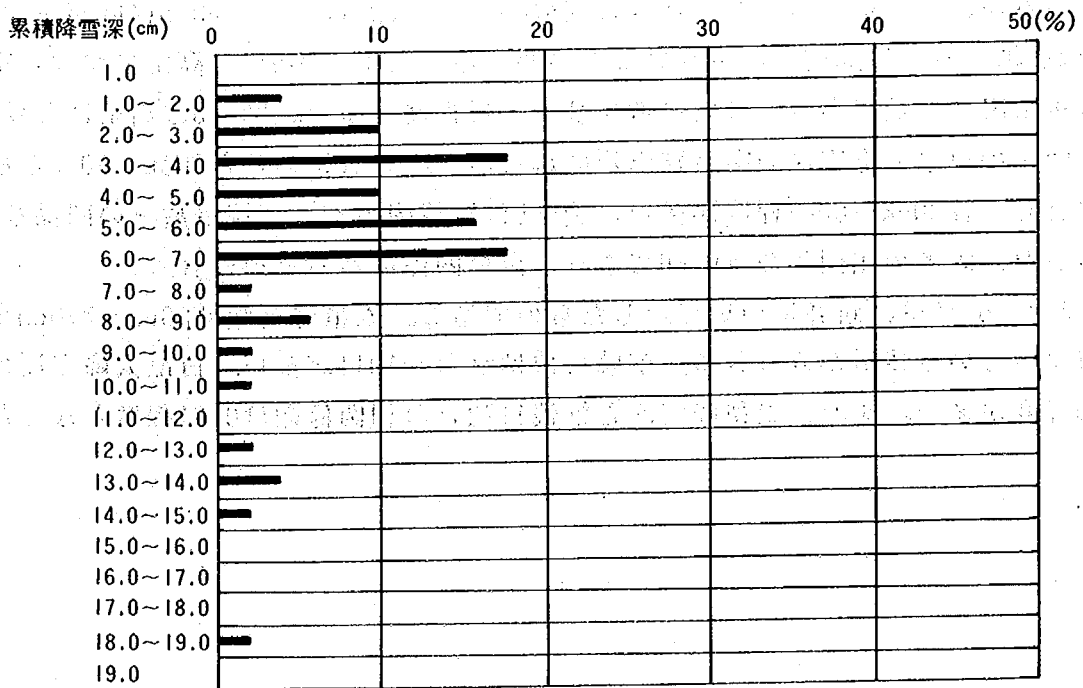
前述したひとゆきのパターンについて、その累積降雪深や継続日数の傾向をみると図5-3～5-10のようになる。図5-3は高田におけるひとゆき間の累積降雪深の階級別出現度数であるが、これによるとひとゆき間の累積降雪深は30cm～150cm程度が主であり、200cmを越える累積降雪深は少ないことがわかる。また、図5-4は高田における継続日数の階級別出現度数であり、継続日数は3～7日程度が多い。図5-5は高田におけるひとゆき期間中の日最大降雪深の階級別出現度数を示す。これによると20cm～30cmが最も多く、全体としては20cm～80cm程度が多い。図5-6は累積降雪深と継続日数との関係をみたものであるが、両者の相関係数は0.86であり、良い関係にあると思われる。

図5-7～5-10は、新井について示したものである。累積降雪深は30cm～270cmまで広く分布するという特徴がみられる。継続日数は2日～10日が多い。日最大降雪深は20cm～50cm程度が多い。また、累積降雪深と継続日数との相関係数は0.81程度となった。



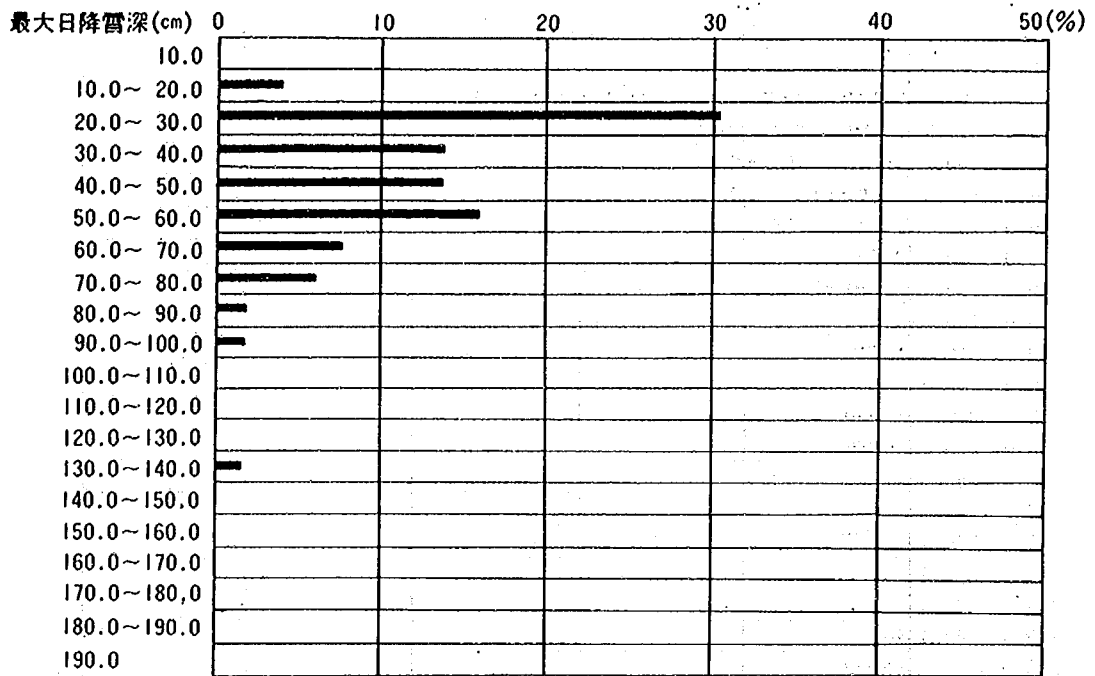
平均=122.8 標準偏差=93.1 最大=410.0 最小=31.0 データ数=49

図5-3 累積降雪深の階級別出現度数 (高田)



平均=5.6 標準偏差=3.5 最大=18.0 最小=1.0 データ数=49

図5-4 継続日数の階級別出現度数 (高田)



平均=43.8 標準偏差=22.5 最大=130.0 最小=10.0 データ数=49

図5-5 ひとゆき期間中の最大日降雪深の階級別出現度数 (高田)

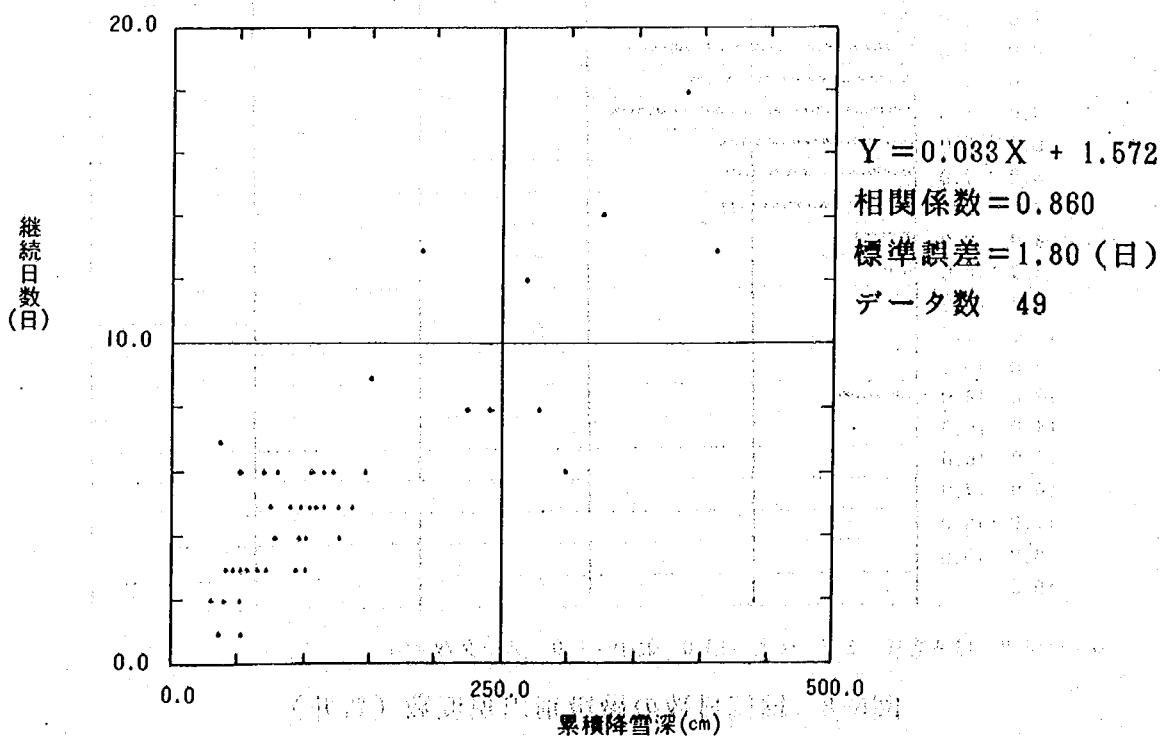
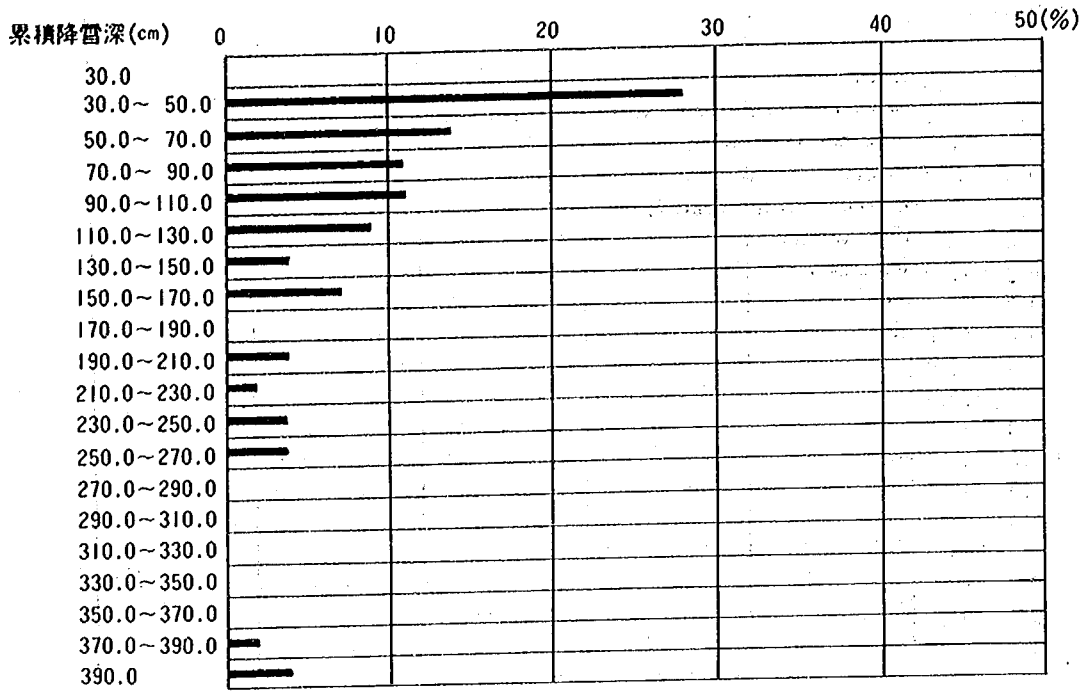
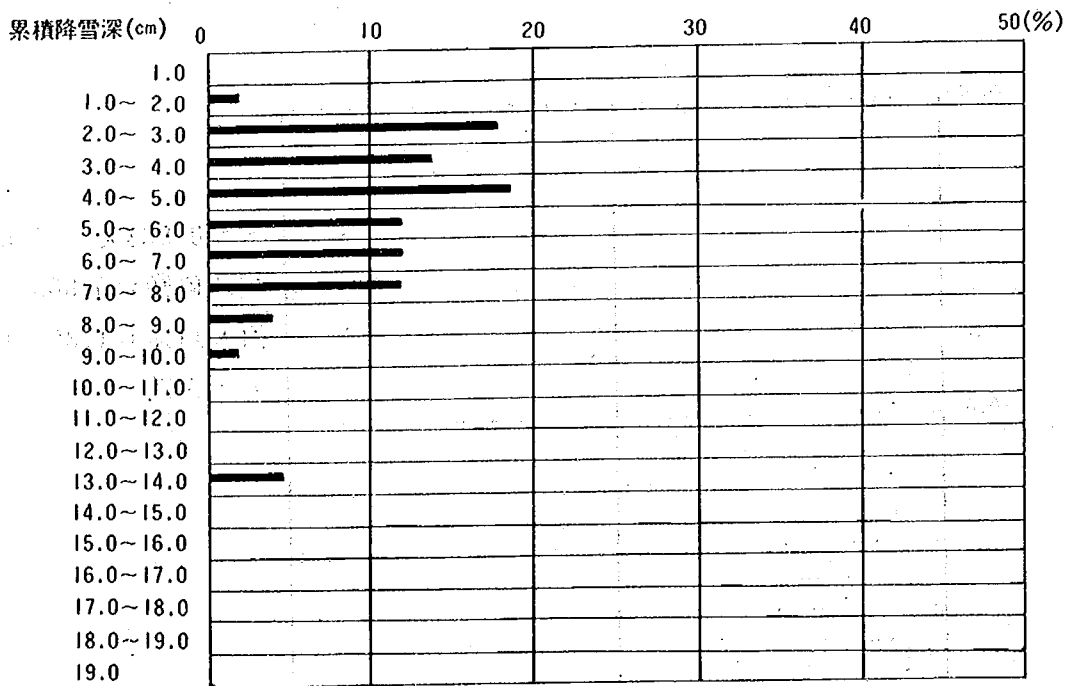


図5-6 累積降雪深と継続日数との関係 (高田)



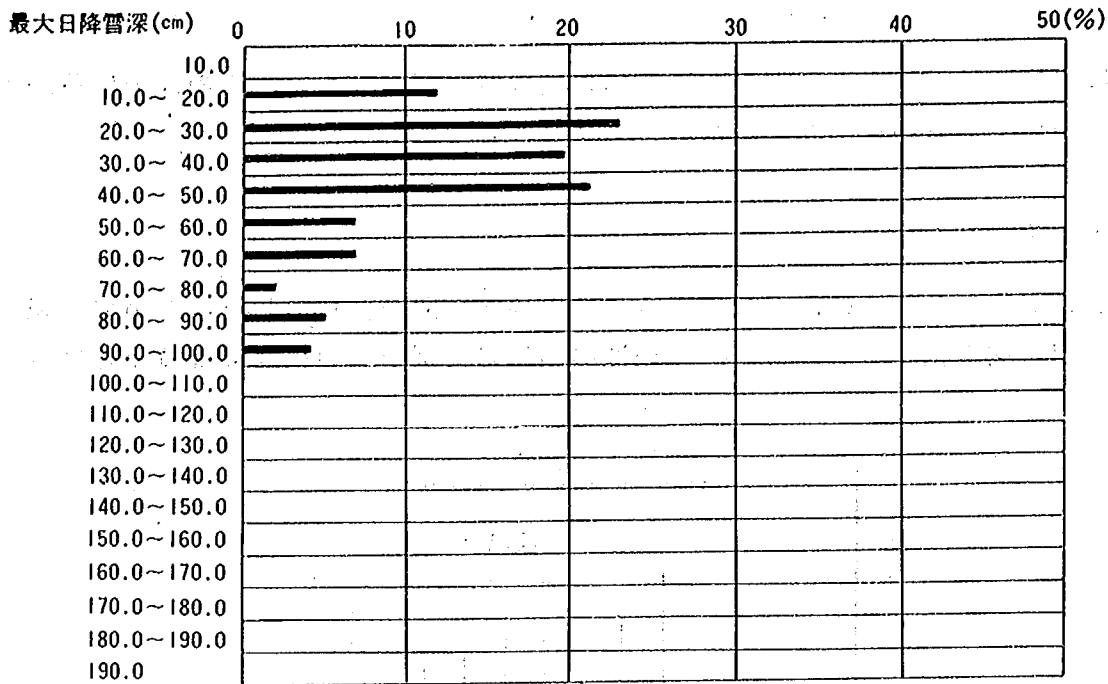
平均=113.9 標準偏差=95.4 最大=455.0 最小=30.0 データ数=57

図5-7 累積降雪深の階級別出現度数(新井)



平均=4.9 標準偏差=2.7 最大=13.0 最小=1.0 データ数=57

図5-8 継続日数の階級別出現度数(新井)



平均=40.2 標準偏差=20.7 最大=96.0 最小=14.0 データ数=57

図5-9 ひとゆき期間中の最大日降雪深の階級別出現度数 (新井)

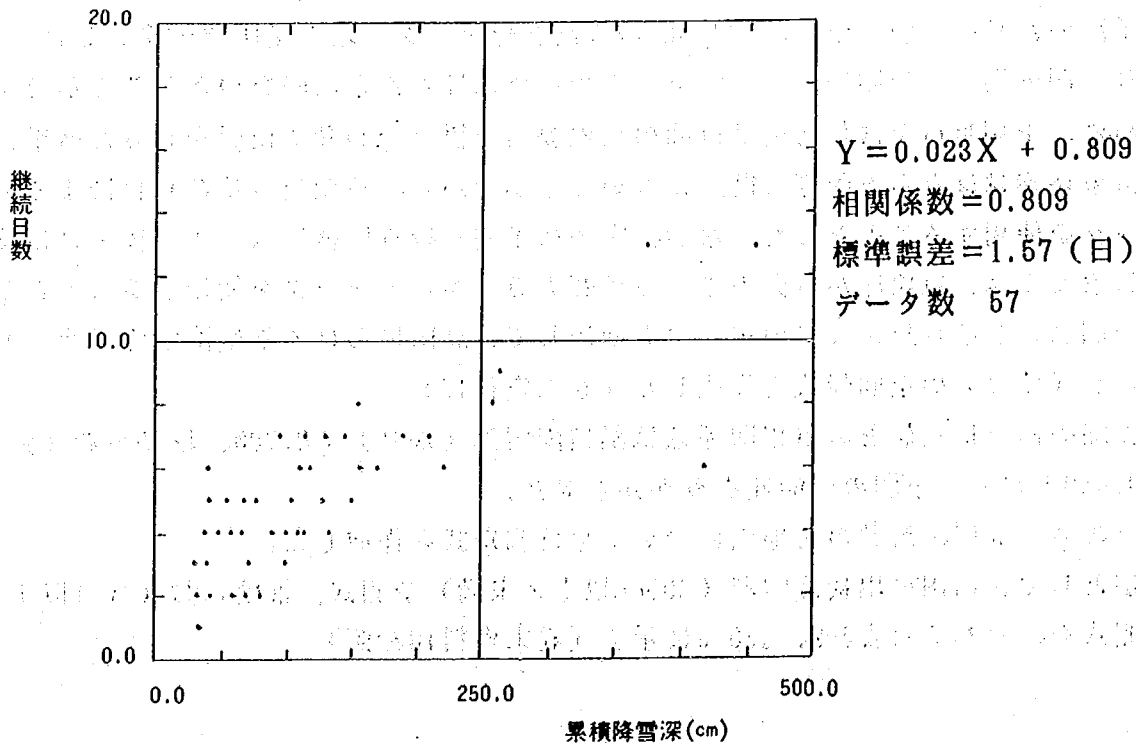


図5-10 累積降雪深と継続日数との関係 (新井)

### 3. 検討結果

以下においては、現在の降雪が今後、何日間程度継続し、また、その間の累積降雪深がどの程度の量であるかを予測するための方式について検討した。

#### 3. 1 予測式の作成

予測の対象としたのは、下図のようにひとゆきの間の任意の時点において、現在の降雪が後何日間継続するか、また、その間の累積降雪深がどの程度になるかということである。

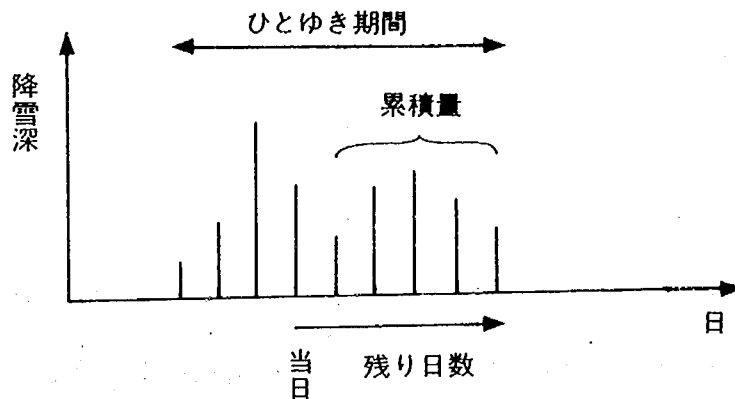


図5-11 予測の対象

予測のための説明変数は、500mb面の等高度線データ、地上気圧データとした。このような予測の場合、予測当日の気象データのみではほとんど傾向をつかむことができないために、予測当日を含む前後7日間の気象要素を組み合わせることで検討を行った結果、過去の気象要素はほとんど予測に役立たないことが分かり、予測当日及び6日後までの気象データを使用することとした。なお、実際に予測を行う場合には、1日後～6日後までの気象要素は、気象庁から発表される予想天気図からのデータを使用することとなる。

予測当日及び6日後までのデータを使用して、高田における累積降雪深（残り）と継続日数（残り）の重回帰式を作成した（巻末資料15）。

実際の値と推定値との重相関係数は累積降雪深（残り）で0.708、継続日数（残り）で0.659となり、予測の可能性をうかがわせた。

そこで、高田、新井の2地点について2群判別式を作成した。

例として、高田の累積降雪深（200cm以上／未満）予測式、継続日数（5日以上／未満）予測式を、それぞれ表5-2、表5-3に示す（巻末資料16参照）。

表5-2 高田の累積降雪深予測式 (200cm以上/未滿)

説明変数	係数
5400mの40°N以南張出量 5日後	-0.23909
5400m, 140°E 5日後	-0.64864
30°N, 120°E 5日後	-0.16398
5400mの40°N以南張出量 3日後	-0.39218
5400m, 140°E 3日後	-0.49136
5400mの35°N以南張出量 3日後	+0.28500
5400mの45°N以南張出量 3日後	+0.16600
5400m, 120°E 1日後	+0.12413
50°N, 150°E 3日後	+0.04379
5400m, 140°E 1日後	-0.22688
30°N, 120°E 当日	-0.08976
5400m, 150°E 3日後	+0.14275
定数	+261.62900

表5-3 高田の継続日数予測式 (5日以上/未滿)

説明変数	係数
5400mの40°N以南張出量 4日後	-0.08425
5400mの40°N以南張出量 2日後	-0.23440
5400m, 140°E 1日後	-0.59264
5400m, 150°E 5日後	+0.10789
50°N, 130°E 1日後	-0.05591
5400mの45°N以南張出量 2日後	+0.18921
5400m, 150°E 3日後	+0.17147
5400m, 120°E 2日後	+0.16925
5400mの35°N以南張出量 4日後	+0.13069
5400m, 130°E 1日後	+0.28746
5400mの40°N以南張出量 6日後	-0.13537
5400m, 140°E 6日後	-0.54264
30°N, 120°E 5日後	-0.07661
5400m, 120°E 6日後	-0.10451
5400m, 150°E 4日後	+0.10694
定数	+148.66800

### 3. 2 精度検証

作成された予測式の精度を内部検証したところ表5-4～5-5のようになった（巻末資料17）。

表5-4 継続日数（残り）予測式の精度

地点 予測式	高 田					新 井				
	R	Rr	Rn	T	Th	R	Rr	Rn	T	Th
2日以上／未満	84.6	65.5	82.6	0.29	0.82	83.5	62.0	79.3	0.35	0.80
3日以上／未満	79.7	53.3	66.8	0.50	0.72	80.2	51.1	60.8	0.57	0.71
4日以上／未満	80.9	50.1	53.1	0.62	0.69	77.6	50.1	55.3	0.55	0.62
5日以上／未満	78.4	51.1	58.9	0.53	0.59	73.4	52.7	69.2	0.39	0.47
6日以上／未満	81.3	54.9	70.1	0.48	0.57	74.7	60.2	79.7	0.24	0.36
7日以上／未満	71.4	58.7	82.2	0.22	0.31	75.9	64.5	86.9	0.18	0.29
8日以上／未満	71.4	58.7	82.2	0.22	0.31	76.8	69.1	90.7	0.11	0.21
9日以上／未満	78.0	64.6	86.3	0.21	0.33	76.8	69.5	93.2	0.10	0.19
10日以上／未満	84.6	72.6	89.2	0.17	0.35	79.7	76.0	94.9	0.05	0.13

注) R：適中率（％）、Rr：ランダム予測適中率（％）、Rn：無技術予測適中率（％）  
T：スキルスコア、Th：スレットスコア

表5-5 累積降雪深（残り）予測式の精度

地点 予測式	高 田					新 井				
	R	Rr	Rn	T	Th	R	Rr	Rn	T	Th
50cm以上／未満	81.7	51.4	60.6	0.59	0.73	78.9	50.8	58.2	0.55	0.69
100cm以上／未満	82.2	51.8	62.2	0.58	0.63	81.0	53.0	65.8	0.53	0.59
150cm以上／未満	85.9	61.2	77.2	0.40	0.58	81.4	62.5	80.6	0.30	0.45
200cm以上／未満	83.8	66.0	83.0	0.27	0.45	85.7	74.6	88.6	0.15	0.35
250cm以上／未満	85.9	76.1	90.0	0.13	0.32	85.2	80.9	94.9	0.05	0.17
300cm以上／未満	81.3	76.0	95.0	0.07	0.17	88.2	83.8	97.5	0.05	0.18
350cm以上／未満	98.3	95.9	98.8	0.03	0.43	94.1	91.8	98.3	0.03	0.18

注) R：適中率（％）、Rr：ランダム予測適中率（％）、Rn：無技術予測適中率（％）  
T：スキルスコア、Th：スレットスコア



この表により継続日数（残り）の予測精度をみると、長期の予測に対しても、予測が「意味のある」ものとなっていることが分かる。また、今回のようにひとゆきの定義を累積降雪深30cm以上とした場合、3～4日以上降り続けるのが通常であり、3～4日以上／未満を予測するのがひとつの目安となることが分かった。その点で、本予測式は十分な予測精度を有するものと考えられる。それより長期の予測については、6日以上／未満の予測程度までは予測式として満足する精度を有しており、実用的である。さらに、それ以上の長期を対象とした予測についても、技術的には有用と判断される予測式となっており、利用方法等を考えれば、今後の検討いかんによっては実用化が図れるものである。

累積降雪深（残り）の予測精度は、150cm以上／未満程度以内の予測については十分な予測精度を有すると判断される。これを超える量の予測については、精度的には落ちるものの、継続日数の長期予測と同様技術的には有用と判断されるものであり、効果的な利用方法を検討することで、実用も可能であると考えられる。

以上から、ここで検討された累積降雪深、継続日数予測は、予測手法として満足する精度を得られるものであり、実用の可能性はかなり大きいものと考えられる。

#### 4. 今後の課題

今回は予測式の可能性を検討したのであるが、ある程度満足する精度を有する予測式が得られた。しかし、説明変数の選択等は十分になされた訳ではなく、また、ひとゆきの検討についてもその降り方による分類等を行って、再検討することにより精度の向上を図ることが必要である。

またこの降雪持続性予測は、第4章で述べた長期予測の一つのバリエーションの情報と考えられ、実際の予測を行う上では、長期予測で1週間先までを予測し、その後どうなるかといった場合の予測情報として利用価値があるものと考えられるので、実用化に向けては、長期予測で大雪が予想された場合に、その後の累積降雪深や継続日数を予測するなど、他の予測情報と併用した場合の、効果的な利用方法を検討することが必要である。

## 第6章 降雪予測情報の面的利用に関する検討

### 1. 検討の目的

第4章で作成した予測式は地点の降雪予測を行うものであるが、予測情報を面積を有する地域全体の予測として展開するために、地点の予測情報が面積情報として利用が可能かどうかを把握することを目的として検討を行った。

### 2. 地点情報の面的利用上の課題

地点予測式の作成には

- 十分な降雪深データが必要となる。
- 予測式の作成から精度検証までに数年を要する。

等の制約があり、地域としての面的な予測を行うため、予測情報の必要となる地点すべてについて予測式を作成することは、かなりの労力を要する。また、近接する地点について予測を行っても、情報として重複し効率的でない状況が生じることも予想される。

こうしたことから地点予測情報についても、路線や地域として広がりを持った、面的予測情報としての利用について検討することが必要であり、実際の予測の運用では、効率的な方法として代表となる地点数点を見い出し、その地点の予測情報を広く面的に利用することが実用的である。その場合、地点予測である現在の予測情報が広がりを持った情報として利用できるのか、あるいはどの程度の広がりを持った情報として利用できるかを明らかにすることが必要となる。

### 3. 検討方法

ここでは、情報の面的利用の可能性について、面的に適用する場合の考え方、手順について検討した。

#### 3. 1 地点情報の面的な適用の考え方

地点予測情報の面的な適用として、図6-1をモデルとして設定した。代表地点を中心として、他の地点と代表地点との降雪の相関性を相関係数により判断し、予測情報を適用可能な面積を設定する。このとき、適用可能な面積の範囲を代表地点との降雪深の相関係数及び地形条件で表す。

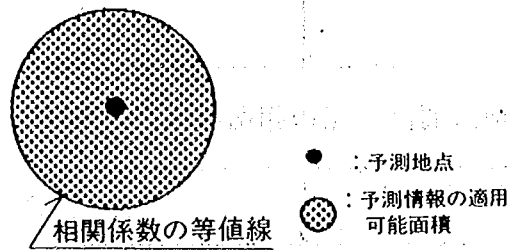


図6-1 地点予測情報の面的な適用の考え方

#### 3. 2 対象地域

検討の対象地域を上越地区とし、地域内から十分な降雪深データを有する地点として図6-2の11地点を選び、これらの地点について、過去11年度（昭和52年度～昭和62年度）の降雪深データを収集した。

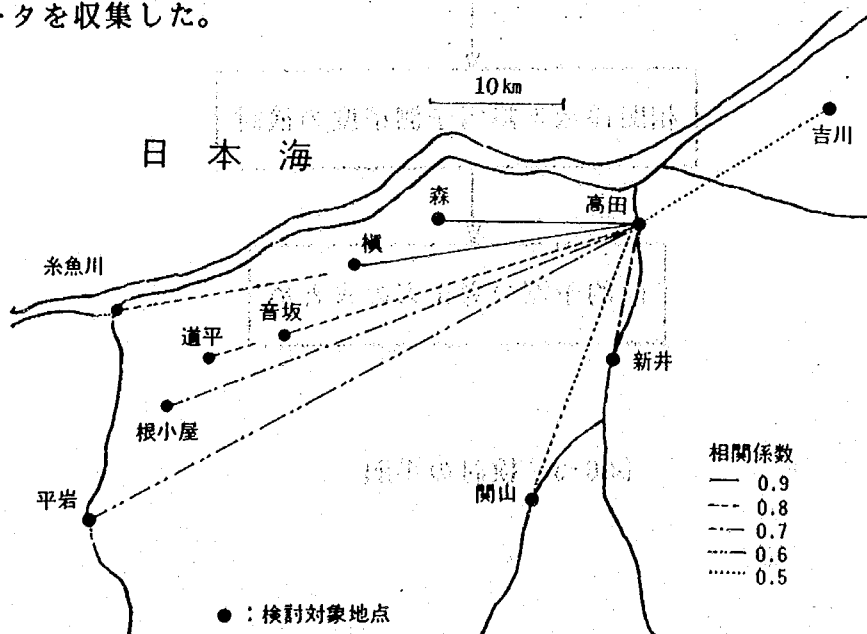


図6-2 解析の対象地点  
高田を中心とした降雪深の相関関係（例）

### 3.3 検討の手順

検討は図6-3に示す手順で行った。

まず収集したデータにより、11地点相互の相関係数を求める。次に相関係数がよい地点間の降雪の傾向を明らかにする。そして、代表となる地点を中心とした予測情報適用範囲について、地形等を説明変数として求める式の検討を行い、相関係数と予測精度の関係を明らかにする。

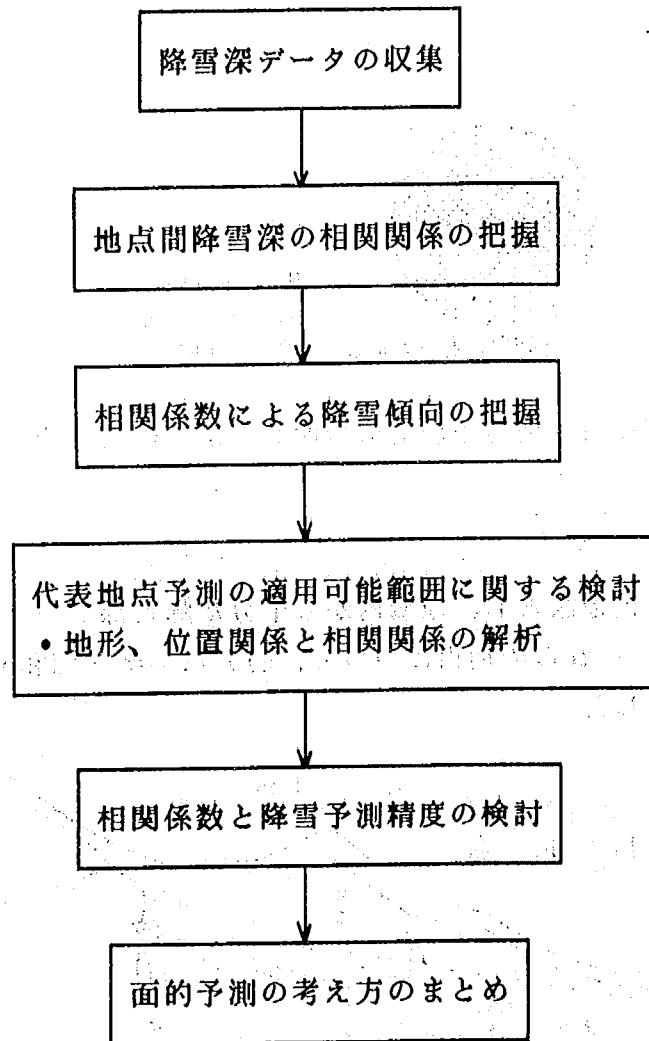


図6-3 検討の手順

#### 4. 検討結果

ここでは、対象地点の点情報から、面的情報として発展させる場合の方法について検討した結果を示す。

##### 4. 1 降雪深の相関関係

地点間の降雪深の相関係数を求めた結果を表6-1に示す。

表によれば相関係数は0.40から0.95まで幅広く分布している。また地点毎の特徴として、高田、道平のように他の地点と比較的相関の良い地点がある反面、関山のように概して相関の悪い地域があることが分かる。

表6-1 地点間の降雪深の相関係数

	森	横	音坂	道平	根小	糸魚	平岩	高田	新井	関山	吉川
森	1	0.88	0.80	0.80	0.68	0.83	0.54	0.93	0.78	0.42	0.75
横	0.88	1	0.88	0.86	0.77	0.85	0.62	0.90	0.84	0.50	0.71
音坂	0.80	0.88	1	0.95	0.87	0.83	0.71	0.83	0.87	0.55	0.62
道平	0.80	0.86	0.95	1	0.91	0.86	0.74	0.82	0.88	0.57	0.61
根小	0.68	0.77	0.87	0.91	1	0.75	0.86	0.74	0.87	0.68	0.55
糸魚	0.83	0.85	0.83	0.86	0.75	1	0.56	0.83	0.79	0.36	0.65
平岩	0.54	0.62	0.71	0.74	0.86	0.56	1	0.61	0.81	0.74	0.47
高田	0.93	0.90	0.83	0.82	0.74	0.83	0.61	1	0.87	0.49	0.81
新井	0.78	0.84	0.87	0.88	0.87	0.79	0.81	0.87	1	0.72	0.69
関山	0.42	0.50	0.55	0.57	0.68	0.36	0.74	0.49	0.72	1	0.40
吉川	0.75	0.71	0.62	0.61	0.55	0.65	0.47	0.81	0.69	0.40	1

#### 4. 2 相関係数と降雪の傾向

2地点間の相関関係が良いと判断される場合、両地点間の降雪深は直線的な相関関係にあるといえる。

例えばA、Bの2地点を考えた場合、Bの降雪深はAの降雪深より常に少ないが良い相関関係にあるとすれば、両地点の降雪深は

$$Y_b = a_0 + a_1 \cdot X_a \dots\dots\dots (8)$$

ここで  $Y_b$  : B地点の降雪深  
 $X_a$  : A地点の降雪深  
 $a_0$ 、 $a_1$  : 1次回帰式の定数

の1次回帰式で表すことができる。

ここで $a_0$ 、 $a_1$ は、2地点間の降雪深の1次回帰を行えばそれぞれ求められ、2地点の降雪深がほぼ同じ量の場合は $a_0=0$ 、 $a_1=1$ となる。

そこで、相関関係を求めた11地点のうち森を代表地点とし、森との相関関係が良い地点から悪い地点まで5地点を選んだ。そして、森の降雪深との1次回帰式を求めたところ表6-2の式が得られた。

表6-2 森と他地点の降雪深の1次回帰式

	榎	道平	根小屋	平岩	関山
相関係数	0.88	0.78	0.69	0.55	0.43
$a_0$	2.08	3.31	3.83	5.78	7.55
$a_1$	0.95	0.78	0.69	0.55	0.43

(n = 500)

この表から分かるように、相関係数が良いほど $a_0$ は0に近づき、 $a_1$ は1に近づく傾向にある。つまり、2地点間の相関関係が良いとき、両地点の降雪時間帯、降雪量はほぼ同じであり、両地点がひとつの降雪現象の及ぼす影響の範囲内にあると判断できる。このため、相関関係の良い2地点はひとつのブロック内にまとめることが可能と考えられる。

#### 4. 3 地点情報の適用可能範囲

4.2の結果を踏まえ、代表地点の降雪量と同じと仮定できる（代表地点の予測情報をそのまま適用できる）範囲について、相関係数により判断する方法を検討した。

##### 4. 3. 1 相関係数と地形、位置条件との関係

表6-1により各地点間の相関係数をみると、2地点間の距離が近い場合は相関係数は大きく、また2地点が海岸線に対して平行な位置関係で相関係数が大きくなる傾向にあることが分かる。例として高田と他の地点との相関係数を図6-2に示した。海岸線に平行な位置関係で相関係数が大きくなる傾向にあるのは、上越地区では海岸線側から山側に向かって吹く季節風が降雪現象の大きな要因となっていること、海岸線から離れるに従って標高が高くなり、季節風の吹き上げにより降雪が生じやすくなることが理由として考えられる。

以上の理由により、相関係数と地形、位置条件との関係を表す式を求めるため、目的変数として相関係数  $R_s$ 、説明変数として2地点間の距離  $L_1$  (km)、2地点間の海岸からの距離の差  $L_2$  (km)、2地点間の標高差  $d$  (m) を用いて重回帰式を作成した（巻末資料18）。

このとき各地点から海岸までの距離の求め方は、地点と海岸との最短距離を求める方法や特定の方位における距離を求める方法があるが、ここでは、2地点間の降雪深の相関係数値と最も相関の良い角度を求めた。その結果、南北線に対して北西方向に  $19.5^\circ$  が最も単相関係数が大きくなった。これにより、計算の便宜上近似値として、各地点から北西に  $20^\circ$  を成す方向の海岸線までの距離の2地点間の差を  $L_2$  とした。

これらによりステップワイズ法を使って説明変数の選択を行い重回帰式を求めたところ、 $F = 2$  ですべての説明変数が採用され、次式が得られた。

$$R_s = 0.987 - 0.0051 \cdot |L_1| - 0.0091 \cdot |L_2| - 0.0005 \cdot |d| \cdots (9)$$

$$r = 0.85$$

さらに変数間の単相関を求めたところ、説明変数の  $L_2$  と  $d$  には比較的高い単相関関係にあることが分かった（表6-3）。

表6-3 各変数間の単相関

	$R_s$	$L_1$	$L_2$	$d$
$R_s$	1	-0.515	-0.667	-0.639
$L_1$	-0.515	1	0.064	0.096
$L_2$	-0.667	0.064	1	0.662
$d$	-0.639	0.096	0.662	1

そこで、 $R_s$  と  $L_1$ 、 $L_2$  について再度重回帰式を求めたところ次式が得られた。

$$R_s = 0.969 - 0.0053 \cdot |L_1| - 0.0134 \cdot |L_2| \dots\dots\dots (10)$$

$$r = 0.82$$

上式を用いると  $R_s$  の等値線 ( $R_s$  を一定とした場合の  $L_1$  と  $L_2$  との関係を示す線) を平面的に表すことができる。よってこの式を用いることにより、代表地点の予測情報を適用できる面積を、概略的に定めることができるものと考えられる。例えば、海岸線が直線で近似できるものとするれば、図6-4に示すような紡錘形状の区画として考えることができる。

また、図内の a, b 地点について相関係数を定め距離を求めると表6-4のとおりとなる。これを上越地区に当てはめてみると、 $R_s$  が 0.9 を超えるような高い相関関係を持つ区画を仮定すると、かなり密な予測地点数が必要となることが分かる。逆に上越地区全体を 1 地点情報で代表させるような区画を仮定すると、最遠地点では  $R_s$  は 0.5 程度まで下がることになる。

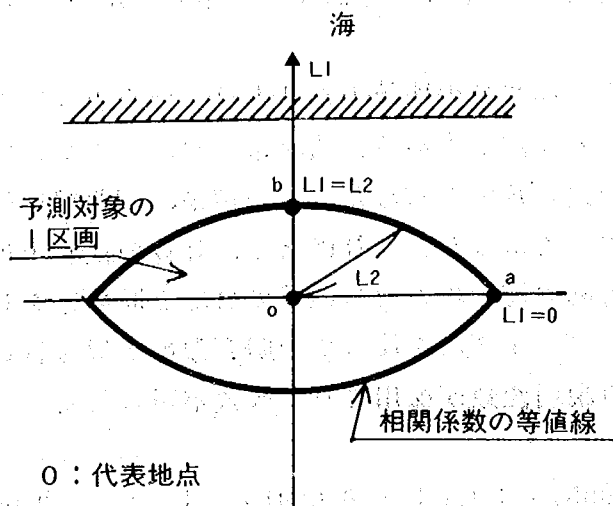


図6-4 相関係数の等値線

表6-4 中心地点から a, b 地点までの距離 (km)

相関係数	a 地点	b 地点
0.9	13	4
0.8	32	9
0.7	51	14
0.6	70	20
0.5	88	25



#### 4. 3. 2 外部地区における検証

前述(10)式を庄内地区に当てはめ、計算により求められる相関係数と実際の相関係数を比較した。その結果、次の関係が得られた。このとき、海岸からの距離は、庄内地区の季節風の特徴を考慮し各地点から海岸線までの、東西方向の距離とするものとした。(巻末資料19)

$$\text{実相関係数} = 1.05 \times \text{相関係数計算値} \dots\dots\dots (11)$$

$$r = 0.88$$

これから、(10)式が庄内地区についても比較的よく当てはまることが分かった(表6-5)。ただし、他の4地点と特に標高の異なる湯殿山、比較的内地部にありながら標高の低い狩川については、実際の相関係数と計算値に多少の差がみられた。

以上から、海岸沿いで海岸線が比較的単調な地域であれば、各地域特有の降雪現象を把握し降雪と相関の高い方位を把握することにより、海岸からの距離や、2地点間の距離、及び標高等の比較的簡単な説明変数を用いることにより、地点間の相関関係を把握することが可能であると考えられる。

表6-5 実際と相関係数と計算値との比較

地点間	相関係数	
	実際	計算
大網-湯殿山	0.79	0.77
鶴岡-狩川	0.79	0.72
酒田-鶴岡	0.72	0.76
鶴岡-大網	0.70	0.68
狩川-大網	0.68	0.79
酒田-狩川	0.67	0.61
鶴岡-湯殿山	0.54	0.48
狩川-湯殿山	0.51	0.63
酒田-大網	0.49	0.49
酒田-湯殿山	0.39	0.28

#### 4. 3. 3 相関係数と予測精度との関係

次に、代表地点の降雪予測情報を面的に適用する場合の、相関係数と予測精度の関係について検討を行った。

今回対象とした11地点の降雪深を予測情報として、10cm間隔のランク別に置き換え（表6-6）、他の地点に当てはめた場合の精度について求めた結果、次の2式が得られた。

$$A_r = 32.8 + 47.5 \cdot R_s \quad r = 0.83 \quad \dots\dots\dots (12)$$

$$A_t = 50.8 + 41.9 \cdot R_s \quad r = 0.66 \quad \dots\dots\dots (13)$$

ここで  $A_r$  : 全ランク適中精度 (%)

$A_t$  : 降雪有無適中精度 (%)

上式により精度をみると、現状の降雪予測情報が持つ予測精度（全ランク適中精度70%程度以上、降雪有無適中精度80%程度以上）と同等以上の精度を得るためには、全ランク適中の場合  $R_s$  は0.8程度以上、降雪有無適中については0.7程度以上必要となる。

表6-6 降雪深のランク分け

ランク	内 容
1	降雪無し
2	1cm以上10cm未満
3	10cm以上20cm未満
4	20cm以上30cm未満
5	30cm以上40cm未満
6	40cm以上50cm未満
7	50cm以上

#### 4. 4 上越地区の面的予測の検討

地域としての広がりを持った予測を行うためには、地点の降雪予測情報を面的情報として取り扱い、地域をいくつかの面積に分割し実施することが実用的である。しかし代表地点を選定するにあたっては、精度よい降雪深の観測データが十分あること、特異な地形のために局地性が強い（他の地点との相関性が悪い）地点は避けることなどの制約があり、これらを考慮して選定することが必要である。

具体的に、上越地区において面的予測を行う場合の区画分け及び代表地点の選択を行った結果を図6-5に示す。代表地点は、幹線道路沿いで降雪深データがある地点を中心に選定した。図中の区画分けは、海岸線をほぼ直線に近似できるものとし、代表地点の降雪予測情報の適用できる面積を相関係数0.8を目安として求めたものである。

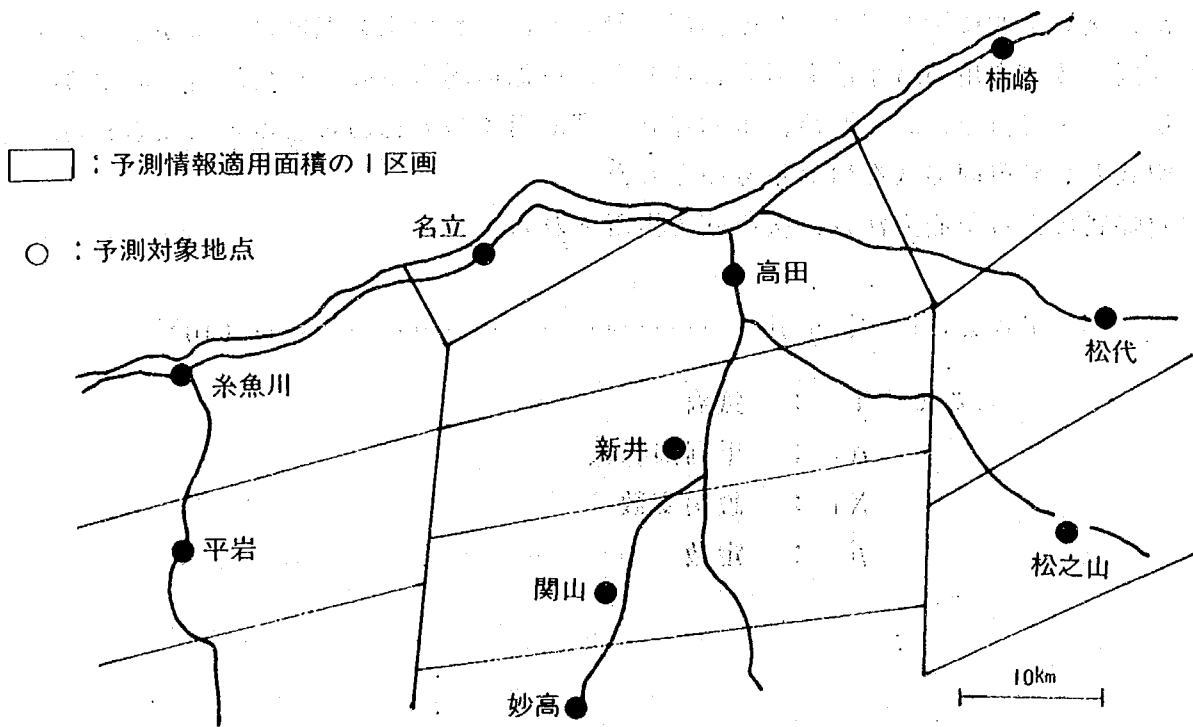


図6-5 上越地区の予測地区分割の例

#### 5. 今後の課題

本検討では、比較的海岸線の単調な日本海側沿岸地域を対象としており、面的な降雪現象を地形条件により求めやすい地域であると考えられる。そのため、海岸からの距離や2点間の距離という、地点の位置条件を表すおおよその説明変数で降雪の傾向を把握することができた。しかし、これを、複雑な海岸の地形条件を有する地域や、山間地、盆地等の内陸部に適用するためには、さらに他の地形条件、位置条件を説明変数として取り入れて検討を行う必要があり、全国的に適用可能な手法の確立を図ることが、課題として残されている。

## 第7章 気温予測に関する検討

### 1. 検討の目的

降雪予測に使用している高層、地上の気象状況と地上の気温とは深い関係があり、等高度線が日本上空に張り出すと、これに伴い寒気が日本上空に流入することが知られている。そこで、上越地区の3地点をモデルとして、降雪予測に使用している気象データを用いて、気温の長期予測が可能かどうかの検討を行った。

### 2. 予測の基本式

予測の方式は、毎日の日最高、日最低、日平均気温を重回帰式によって予測する方式をとった。気温予測に関しては、基準温度を設定し、それ以上の温度になるかどうかを判別する判別関数式を用いる手法も考えられるが、気温の場合は降雪深の場合と異なり、その分布状況も正規分布に近いと見なすため、重回帰式が精度良く当てはめられると考えられる。そこで予測式として重回帰式を用いるものとした。

重回帰式による予測方法は、次の式で表現される。

$$T = \sum \alpha_i \cdot X_i + \beta \dots\dots\dots (10)$$

ここで T : 気温  
α<sub>i</sub> : 重回帰係数  
X<sub>i</sub> : 説明変数  
β : 定数

### 3. 使用データ

高田、新井、関山の3地点について気温の予測式を作成した。  
使用した気温データは以下のとおりである。

- 高田：気象庁高田測候所，昭和52～58年度
- 新井：新井消防署，昭和52～58年度
- 関山：AMeDAS関山観測所，昭和53～58年度

いずれも当日9時～翌日9時の最高、最低、平均気温である。

予測の方式は統計的手法である重回帰式であり，説明変数は降雪の予測の場合と同じように以下の気象データの中から、ステップワイズ法により選択した。

- 高層850mb面の気温(2要素)  
輪島と秋田
- 等高度線データ(24要素)  
高層500mb面の5,280m、5,400m、5,520mと各経度線との交点の緯度
- 張り出し量データ(9要素)  
上記等高度線と北緯45、40、35°の各緯度線とで囲まれた部分の張り出し量
- 地上気圧データ(15要素)  
北緯30、40、50°の各緯度線と東経120、130、140、150°の各経度線との交点及び北緯40°と東経125、135、145°との交点の地上気圧
- 日変化量データ(24要素)  
上記等高度線の各経度における前日と当日との位置の差
- 等高度線間の緯度差(24要素)  
上記等高度線相互間の各経度における緯度の差

(緯度経度) (緯度) (緯度) (緯度)

(緯度) (緯度) (緯度) (緯度)

52.5	52.5
53.0	53.0
53.5	53.5

52.5	53.0	53.5	54.0
54.0	54.5	55.0	55.5
56.0	56.5	57.0	57.5

#### 4. 検討結果

以下では、気温と各気象要素との相関関係、予測式の作成結果及び予測式の精度について検討した結果を示す。

##### 4. 1 気温と各種変数との相関関係

解析に先だて、高田の日最高、最低、平均気温と各種の説明変数との間の相関関係について検討を行った。その結果表7-1~7-12が得られた。これらの表によると、秋田、輪島850mb面の気温(21時)との相関が最も大きいことが分かる。日最高気温や日平均気温との相関係数は0.8以上となり、この要素のみで気温予測の結果がほとんど支配されるような傾向を示している。この他の要素では、等高度線の張り出し量や、145°E、150°E付近の5,400m、5,520m等高度線の緯度等との相関が高い傾向を示している。

また、他の気温要素に比べて、日最低気温に対する相関が低い傾向にあることが分かる。これらは、日最低気温の日変動の幅が、他の気温要素に比べて小さいことに起因するものと考えられる。

表7-1 相関関係(日最高：等高度線)

経度 気象要素	120°E	125°E	130°E	135°E	140°E	145°E	150°E	160°E
5280m 緯度	0.044	0.120	0.239	0.361	0.458	0.512	0.490	0.327
5400m 緯度	0.177	0.274	0.405	0.528	0.643	0.724	0.712	0.460
5520m 緯度	0.303	0.383	0.473	0.574	0.671	0.727	0.715	0.464
5280m-5400m	-0.100	-0.071	-0.012	0.045	0.091	0.120	0.120	0.085
5400m-5520m	-0.050	-0.002	0.059	0.133	0.224	0.305	0.319	0.209
5280m-5520m	-0.111	-0.064	0.008	0.082	0.148	0.198	0.201	0.147
5280m変化量	-0.023	-0.120	-0.182	-0.171	-0.081	0.043	0.130	0.152
5400m変化量	-0.095	-0.171	-0.246	-0.215	-0.084	0.102	0.236	0.224
5520m変化量	-0.096	-0.181	-0.196	-0.127	-0.003	0.167	0.290	0.235

表7-2 相関関係(日最高：張り出し量)

等高度線	5280m	5400m	5520m
緯度			
45°N	-0.631	-0.684	-0.689
40°N	-0.502	-0.642	-0.684
35°N	-0.142	-0.332	-0.560

表7-3 相関関係(日最高：850mb気温)

時刻	21時
地点	
秋田	0.811
輪島	0.824

表7-4 相關關係 (日最高: 地上気圧)

經度	120° E	125° E	130° E	135° E	140° E	145° E	150° E
緯度							
30° N	-0.383	-----	-0.341	-----	0.048	-----	0.407
40° N	-0.283	-0.368	-0.325	-0.197	-0.063	0.143	0.339
50° N	-0.254	-----	-0.224	-----	-0.068	-----	0.281

表7-5 相關關係 (日最低: 等高度線)

經度 气象要素	120° E	125° E	130° E	135° E	140° E	145° E	150° E	160° E
5280m 緯度	0.068	0.155	0.250	0.330	0.385	0.416	0.408	0.303
5400m 緯度	0.220	0.285	0.354	0.427	0.511	0.592	0.609	0.428
5520m 緯度	0.315	0.368	0.403	0.462	0.536	0.605	0.618	0.428
5280m-5400m	-0.108	-0.035	0.045	0.089	0.102	0.092	0.087	0.079
5400m-5520m	0.005	0.040	0.077	0.116	0.173	0.229	0.260	0.197
5280m-5520m	-0.088	-0.012	0.067	0.116	0.143	0.151	0.155	0.137
5280m変化量	-0.031	-0.072	-0.130	-0.158	-0.110	-0.021	0.063	0.104
5400m変化量	-0.060	-0.116	-0.213	-0.247	-0.181	-0.028	0.120	0.162
5520m変化量	-0.049	-0.125	-0.200	-0.192	-0.131	0.032	0.166	0.167

表7-6 相關關係 (日最低: 張出量)

等高度線	5280m	5400m	5520m
緯度			
45° N	-0.541	-0.587	-0.596
40° N	-0.421	-0.557	-0.594
35° N	-0.112	-0.284	-0.504

表7-7 相關關係 (日最低: 850mb気温)

時刻	21時
地点	
秋田	0.718
輪島	0.691

表7-8 相關關係 (日最低: 地上気圧)

經度	120° E	125° E	130° E	135° E	140° E	145° E	150° E
緯度							
30° N	-0.287	-----	-0.288	-----	-0.064	-----	0.250
40° N	-0.194	-0.273	-0.258	-0.213	-0.159	0.004	0.171
50° N	-0.191	-----	-0.167	-----	-0.105	-----	0.159

表7-9 相關關係 (日平均：等高度線)

經度 氣象要素	120° E	125° E	130° E	135° E	140° E	145° E	150° E	160° E
5280m 緯度	0.053	0.140	0.259	0.375	0.462	0.511	0.489	0.337
5400m 緯度	0.230	0.295	0.411	0.528	0.640	0.724	0.718	0.471
5520m 緯度	0.326	0.401	0.478	0.570	0.664	0.724	0.720	0.474
5280m-5400m	-0.111	-0.062	0.009	0.064	0.099	0.118	0.115	0.091
5400m-5520m	-0.034	0.013	0.066	0.143	0.230	0.307	0.323	0.213
5280m-5520m	-0.112	-0.049	0.030	0.102	0.157	0.197	0.198	0.153
5280m變化量	-0.035	-0.115	-0.177	-0.170	-0.089	0.032	0.116	0.144
5400m變化量	-0.095	-0.168	-0.254	-0.231	-0.111	0.074	0.214	0.204
5520m變化量	-0.091	-0.179	-0.209	-0.152	-0.040	0.132	0.262	0.216

表7-10 相關關係 (日平均：張出量)

等高度線	5280m	5400m	5520m
緯度			
45° N	-0.632	-0.689	-0.697
40° N	-0.497	-0.644	-0.690
35° N	-0.132	-0.329	-0.568

表7-11 相關關係 (日平均：850mb氣温)

時刻	21時
地点	
秋田	0.835
輪島	0.836

表7-12 相關關係 (日平均：地上氣压)

經度	120° E	125° E	130° E	135° E	140° E	145° E	150° E
緯度							
30° N	-0.363	-----	-0.336	-----	0.016	-----	0.368
40° N	-0.275	-0.365	-0.337	-0.229	-0.102	0.109	0.300
50° N	-0.254	-----	-0.225	-----	-0.084	-----	0.255



#### 4. 2 説明変数の選択

日最高、日最低、日平均の各気温と関係の深い要素の組合せを求めるために、ステップワイズ法を用いて説明変数の組合せの選択を行った。この場合の変数の取り込み、削除の基準値としては、F検定値を2とした。この方法で選択した結果、各々の気温を予測するための説明変数として8~13個の要素が選ばれ、予測式の作成ができた。さらに1冬期を通してひとつの式を利用する方法と、1冬期を前期(12、1月)、後期(2、3月)に分けて予測する方法、比較的暖期(12、3月)、比較的寒期(1、2月)に分けて予測する方法についても検討を行った(巻末資料20)。

表7-13に、例として高田における気温予測式のを示す。

表7-13 高田の気温予測式(1冬期式)

	説明変数	係数	変数番号	備考
日 最 高 気 温	輪島の850mb面の気温	+0.33584	164	n=1131
	5520m, 150° E	+0.27902	17	
	秋田の850mb面の気温	+0.19729	163	
	5400mの145° E 1日変化量	-0.07999	70	
	5520m, 125° E	+0.11425	18	
	40° N, 140° E	-0.11800	89	
	5400mの40° N以南張出量	-0.05503	77	
	30° N, 120° E	-0.08133	82	
	30° N, 130° E	+0.09236	85	
	120° E, 5280mと5400mの緯度差	+0.02859	25	
5280m, 160° E	+0.01352	8		
	定数	+104.85400		
日 最 低 気 温	秋田の850mb面の気温	+0.16120	163	n=1091
	5520m, 150° E	+0.16929	23	
	5520m, 125° E	+0.15448	18	
	40° N, 145° E	-0.11250	162	
	輪島の850mb面の気温	+0.19976	164	
	5400mの35° N以南張出量	-0.10355	78	
	5520mの145° E 1日変化量	-0.07238	70	
	5280m, 130° E	+0.02363	3	
	30° N, 120° E	+0.02175	82	
	5280mの160° E 1日変化量	-0.01771	56	
5280m, 160° E	+0.01376	8		
	定数	+81.19230		

## 4. 3 予測式の精度

### 4. 3. 1 内部検証結果

作成した予測式について、式を作成するために使用したデータを使って、内部検証した結果を次に示す。また、高田について、1冬期を通してひとつの予測式を使った場合の、予測値と実測値の比較を図7-1に示す。

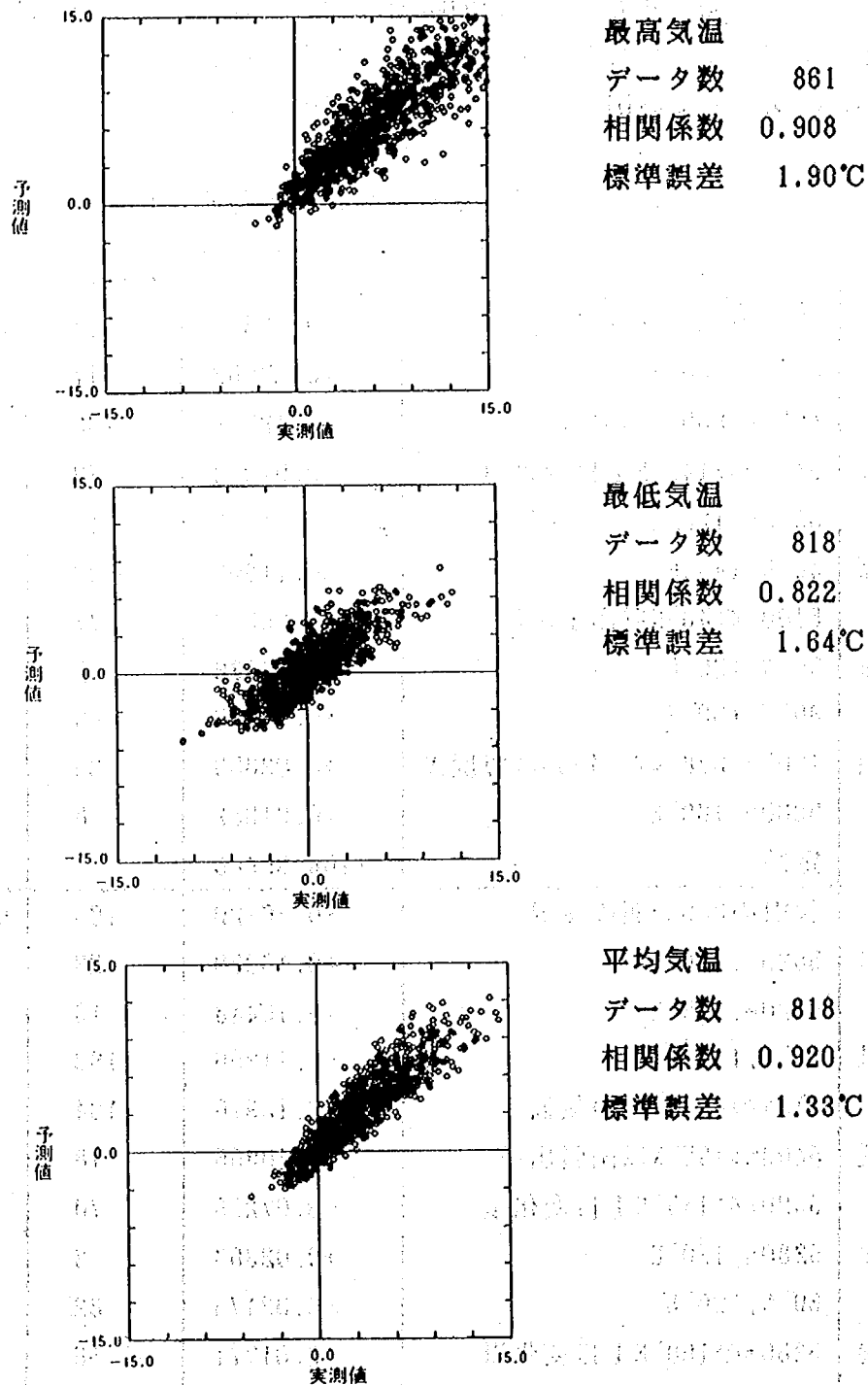


図7-1 高田の気温の予測値と実測値の関係

全般に、毎日の観測値に差の大きい日最高気温の方が、毎日の温度差の変化が少ない日最低気温より、実測値と計算値の相関はよい傾向にある。反面、予測の誤差は、温度差の少ない日最低気温予測の方が小さいものとなっている。全体として、ここで作成された予測式を用いて予測を行った場合、標準誤差は2℃前後であり、1週間の長期的な傾向を把握するためには、満足できる精度を有するものと考えられる。

次に、精度向上の面から、予測期間をふたつに分ける方法については、前期(12、1月)と後期(2、3月)に分ける方法と、比較的暖期(12、3月)と最寒期(1、2月)とに分ける方法とを考え、分けない場合、分けた場合の精度を検証した(表7-14)。

表によれば、高田の最低気温の予測の場合を例にとると、後者に分けた場合1、2月式の標準誤差は小さくなるが、相関係数が悪くなるので、総合的にみて前者を用いることが適当と考えられる。また、高田、新井、関山の3地点の相関係数を比較すると(表7-15)、新井の相関係数が小さく、誤差も大きくなっているが、これは、高田が測候所の観測値であり、関山がアメダス観測基地の観測値であるのに対して、新井の場合消防署で観測されたデータを使っているため、観測の頻度や観測精度が他の2地点に及ばないことが原因と考えられる。

表7-14 高田の最低気温の検証結果

期間	相関係数	標準誤差
通年	0.815	1.67
12,1月 2,3月	0.822 0.818	1.64 1.63
1,2月 12,3月	0.800 0.784	1.41 1.80

表7-15 上越地区3地点の検証結果(通年式)

地点	最低気温		平均気温		最高気温	
	相関係数	標準誤差	相関係数	標準誤差	相関係数	標準誤差
高田	0.815	1.67	0.904	1.44	0.881	2.13
新井	0.725	2.23	0.764	2.26	0.777	2.84
関山	0.865	1.61	0.906	1.54	0.884	2.15

#### 4. 3. 2 外部検証結果

予測された式について、気象庁のアメダスにより観測された高田、関山の新しいデータ4ヶ月分（平成元年12月～平成2年度3月）を使って精度の検証（外部検証）を行った。その結果の内、予測1日目の例を表7-16に示す。また、1週間先までの予測と実測値を比較した結果の例を表7-17に示す。

なおここで示した精度は、内部検証結果から比較的精度よく予測できるとされた、ひとと冬を2期間（12-1月、2-3月）に分けた場合の式の精度である。

表7-16 外部検証結果（1日目）

地 点	高 田			関 山		
	最低気温	平均気温	最高気温	最低気温	平均気温	最高気温
予測式						
相関係数	0.726	0.864	0.809	0.890	0.882	0.834
標準誤差(°C)	1.78	1.72	2.55	1.41	1.71	2.48

表7-17 外部検証結果（関山の最低気温）

予想日	1日目	2日目	3日目	4日目	5日目	6日目	7日目
相関係数	0.890	0.913	0.869	0.829	0.790	0.745	0.606
標準誤差(°C)	1.41	1.34	1.51	1.63	1.66	1.98	2.48

外部検証結果は、新しい観測値による精度検証であることから、実用化を考えた場合の実際の予測精度となるものである。そのため、内部検証結果よりは当然精度が落ちている。具体的には内部検証より相関係数で0.02～0.09、標準誤差で0.1～0.4°C悪くなっている。しかし、いずれの式も相関係数で0.8程度、標準誤差で2°C程度に納まっており、実用的な式であることが確認された。

表7-17により1週間先までの検証結果をみると、予測精度は7日目程度まで徐々に悪くなる傾向にあるが、7日目までの長期的な傾向を把握するには十分な精度を有するものと考えられる。

#### 4. 4 現地気温を併用した予測

長期予測は、気象庁発表の1週間先までの毎日21時の予想天気図を基にしているため、その性格上、予測に用いる気象データには現地での地上気温などは含まれていない。したがって、現地における気象データを気象因子として用いた予測式は、24時間後までの予測にしか用いられないが、精度が向上する可能性がある。

ここではとりあえず、既に入手している各予測地点での日最高気温を説明変数に加え、翌朝までに生じる最低気温を予測する式を作成し、精度向上の可能性を検討した。日最高気温は多くの場合、午後1時から2時頃観測される。

長期予測で用いた説明変数に現地での最高気温を加え、翌朝の最低気温の予測式を作成した。その精度を以下に示すが、予測精度としては各地点とも向上している。ここでも予測期間を前期（12、1月）と後期（2、3月）に分けた方が精度は向上している。

表7-18 現地気温を併用した予測式の内部検証結果（最低気温）

期間	高田		新井		関山	
	相関係数	標準誤差	相関係数	標準誤差	相関係数	標準誤差
通年	0.836	1.58	0.806	1.93	0.875	1.56
12,1月	0.844	1.54	0.808	1.87	0.866	1.54
2,3月	0.845	1.51	0.817	1.92	0.892	1.54
1,2月	0.809	1.38				
12,3月	0.796	1.71				

#### 5. 今後の課題

雪寒対策に必要な情報で、特に気温に係わる予測情報としては、降雨が降雪に変わる2℃近辺以下になるかどうかの予測、凍結や圧雪に深く関係する0℃近辺になる時刻の予測、0℃以下の継続時間の予測等が挙げられる。現在用いている高層等の気象要素に加え、アメダスデータ等の現地データの利用が定常的に可能となれば、本手法の予測精度はさらに向上することが考えられる。そこで、今後は手法の精度向上を図り、数時間先にどのようなようになるかというような短時間予測について検討することが、今後の課題として残っている。

## 第8章 運用方法の検討

### 1. 予測式作成に必要なデータ

これまでに述べてきた長期予測の方式を、新たに別の地点に適用する場合には、次のような観測データが揃っている必要がある。

#### 1. 1 データの種類

- 500mb面の等高度線のデータ（これは、気象庁発行の印刷天気図に毎日の高層天気図が描かれているので、これをそのまま利用することができる。）
- 降雪予測の場合は、予測地点の日降雪深の観測データ（通常は、当日9時～翌朝9時までの24時間の降雪深としているが、その予測地点で毎日決まった時刻に観測されているデータであればよい。ただし、観測精度が高いほど、予測式の精度がよい傾向がある。）
- 気温予測の場合は、予測地点の日最高、日最低、日平均気温（この内のどれか一要素だけでも可能。1日の定義は、降雪の場合同様に、その地点で定義した時間でよい。）

予測式を作成するには、解析のため十分な量のデータを収集することが必要である。特に降雪量が多い日のデータ数が限られるため、予測対象の降雪量が大きいものほど極力データ数を確保するように勤めることが必要である。この目安としては、予測式が統計解析により求められるものであることから、最低でも2群判別の両群それぞれについて50日程度以上の標本が必要となろう<sup>6)</sup>。

## 1. 2 データの読み取り

データは、7日先まで毎日の500mb面予想天気図から、5,280m、5,400m、5,520mの各等高度線と経度線とが交差する位置の緯度を読み取る。この読み取り数値は具体的には表8-1のようなものになる。

データ読み取り上の留意点を上げると、図8-1のように一つの等高度線が同じ経度線と2回以上交差するようなケースが、120°E付近、160°E付近で生じることがある。この場合は、同じ経度線と交差するいくつかの交点のうち、最も南側に位置する交点の位置を読み取ることを原則とする。

また、寒冬年には時々、図8-2のように等高度線が閉塞してしまうことがある。このような場合も先ほどと同様に、同じ経度線と等高度線の交点のうちの最も南側の交点の位置を読み取ることを原則とする。

これら以外に、滅多にないことではあるが、等高度線が北極点の反対側になるケースがある。この場合を等高度線の位置は90°Nとして取り扱うこととする。

表8-1 等高度線読み取り表（昭和60年12月18日の例）

東経		90°	100°	110°	115°	120°	125°	130°	135°	140°	145°	150°	160°	170°	180°
日	高度														
前日	5280	66	63	57	54	51	49	43	37	35	36	39	43	46	46
	5400	61	58	47	42	41	40	36	33	33	34	36	40	43	43
	5520	44	46	39	37	36	36	32	31	31	31	33	37	40	40
当日	5280	65	64	59	51	46	43	41	41	42	41	39	38	41	44
	5400	68	58	51	44	40	38	36	37	37	37	36	36	39	41
	5520	47	46	41	38	36	35	34	34	34	34	34	35	36	38
1日	5280	64	62	59	56	53	45	40	39	40	41	42	43	40	40
	5400	59	52	51	49	44	39	37	36	37	38	39	39	38	37
	5520	47	44	43	40	38	35	34	33	34	35	35	37	36	35
2日	5280	67	63	57	54	51	50	48	44	41	39	38	40	42	40
	5400	60	56	47	49	45	44	43	40	38	36	36	38	39	38
	5520	48	45	40	42	40	39	38	36	35	34	33	35	36	36
3日	5280	68	62	55	51	48	46	45	47	44	43	42	38	37	38
	5400	55	52	47	43	42	41	41	40	40	39	38	36	35	36
	5520	48	45	39	37	37	37	37	37	36	36	35	34	33	34
4日	5280	60	59	51	49	48	46	44	43	43	42	42	42	39	38
	5400	51	49	45	43	42	41	40	39	39	39	39	38	36	35
	5520	46	43	40	38	38	37	36	36	36	36	36	36	34	33
5日	5280	80	58	51	47	46	44	44	42	44	43	43	41	41	40
	5400	51	50	45	42	41	40	40	40	40	40	40	39	38	37
	5520	45	44	40	38	38	37	37	37	37	37	37	36	35	34
6日	5280	77	57	50	48	46	43	42	41	40	41	42	44	43	43
	5400	50	48	45	44	42	40	39	38	38	39	39	40	39	38
	5520	46	43	41	40	39	37	36	36	35	36	37	37	36	35
7日	5280	60	56	50	46	44	42	41	40	39	39	39	41	45	44
	5400	49	47	44	42	40	39	38	37	37	37	37	38	42	41
	5520	44	42	40	38	37	36	36	35	35	35	35	36	38	37

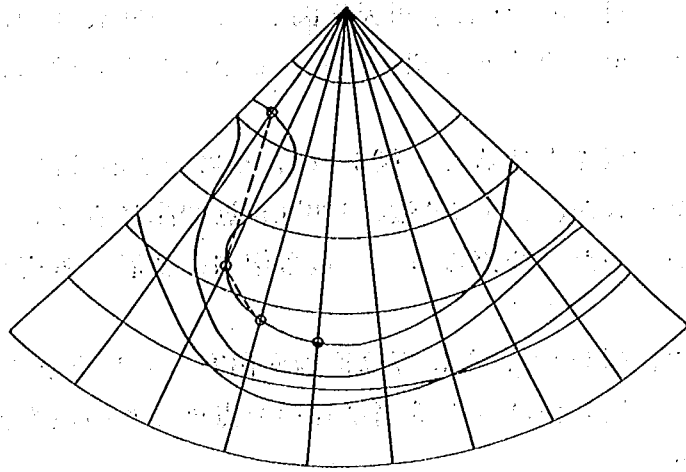


図8-1 ひとつの等高線が同じ経度線と2度以上交差する場合

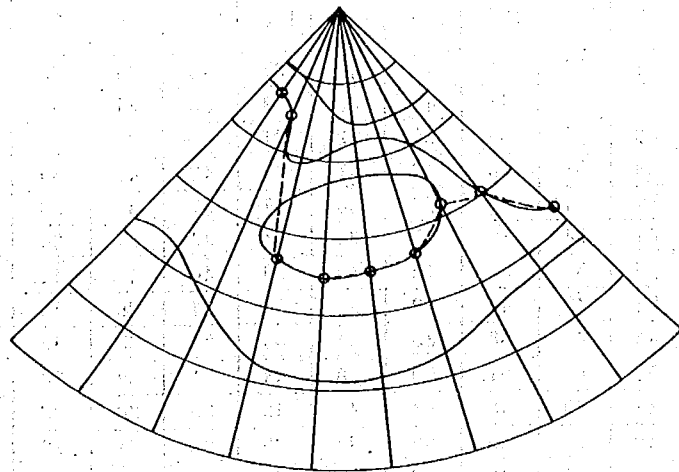


図8-2 同じ等高線がふたつある場合



## 2. 運用システム

この節では、実際に予測を行う場合に必要な機器の構成について述べる。

### 2. 1 機器構成

予測に必要とする機器、及びソフトウェア等は次のものである。

なお、表に示されているデータ通信に必要な設備は、予想天気図の受信および読み取りを外部に依頼する場合必要となる設備である。

表8-2 予測作業に必要な設備

作業内容	必要設備
予想天気図の受信	A)気象用FAX受信装置
予測計算及びデータ入力	B)計算機本体+キーボード C)ディスプレイ D)ディスク装置 E)プリンター F)予測計算用プログラム(データ入力、チェック機能を含む)
データ通信	G)カップラーまたはモデム H)データ通信用プログラム I)計算機→ B)~D)

#### 2. 1. 1 計算機

本体、キーボード、CRTディスプレイ、ディスク装置、プリンター等であり、予測のためのデータ入力、計算、結果表示、印刷、データ保存のために必要な装置である。

各装置の基本機能はソフトウェアによって左右されるが、計算結果をグラフ表示し、これのハードコピーをとり、データを保存する機能を持たせるためには、以下のような機能が必要となる。

##### ①計算機本体

計算機本体は、64Kbyte程度以上の作業用メモリー(RAM)を持ち、グラフィック機能(640x200ドット以上)を有する8ビット、または、16ビットのパソコン程度で十分である。

##### ②CRTディスプレイ

テキスト画面は2000文字以上、グラフィック画面は640x200ドット以上のディスプレイとする。なお、カラーの方が結果は見やすい。

##### ③プリンター

1行80桁以上で、画面コピーの可能な機種。

##### ④ディスク装置

予測プログラム、予測データ等の保管に利用し、特に制限はない。

## 2. 1. 2 デジタイザー

必ずしも必要な装置ではないが、現地の事務所で独自にデータを収集、入力する場合には、作業を効率的に行うことができる。

デジタイザーとは、座標入力装置の一種であって、A3版程度の平坦な装置の上に天気図等を固定し、読み取りたい位置を特殊なペンで押さえると、その位置のX-Y座標がコンピューターに入力できるような装置である。なお、この装置を使うためには、専用のプログラム開発が必要である。

## 2. 1. 3 モデム

現地の事務所でデータ入力を行う場合には必要ではない。例えば、気象情報の収集、整理を行う専門の機関（以下情報センターと称す。3.2 情報センターの利用参照）に気象データの受信、読み取り、入力等を委託する場合にデータ転送用に必要となる装置である。

この装置は、情報センター内のコンピューターに入力されたデータを現地のコンピューターに転送するとき、一般の公衆電話回線で送れるようにコンピューター内の電気信号を変換するものである。なお、この装置を通じて、コンピューター間でデータのやり取りをする場合には、専用のプログラムが必要である（市販のプログラムもある）。

## 2. 1. 4 気象用FAX受信装置

現地の事務所でデータを収集する場合には、必要不可欠の装置である。情報センター等からデータ転送をする場合には不用。

気象庁から送画される予想天気図の受信装置である。積雪の多い地域では、受信用のアンテナに着雪し、これが原因で受信画像が乱れることがあり、その対策が必要である。

## 2. 2 情報センターから複数の事務所へのデータ転送方法

情報センターにおいて、入力された等高度線データは一般公衆電話回線を介したパソコン間通信にて、データ転送が可能である。なお、この場合には送り手側、受け手側のパソコンにデータ通信用のプログラムが必要である。また、機器構成としては、パソコン本体、キーボード、ディスプレイ、ディスク装置の外にモデム、電話機等が必要である。

これらのプログラムや機器構成について、その基本概要を述べると次のようになる。

## 2. 2. 1 情報センター（送り手側）のソフトウェア

情報センターにおいては、次のプログラムとデータファイルが必要である。

表8-3 情報センターが必要とするソフトウェア

プログラム,ファイルの種類	内 容
等高度線データの入力 チェックプログラム	予想天気図から読み取った等高度線データを入力し、そのデータファイルを作成するプログラム。
住所録管理プログラム	データ転送を行う先の名称、電話番号等の住所録データファイルを管理するプログラム
データ転送用プログラム	相手先のパソコンとデータ通信を行うプログラム。ここではの住所録管理プログラムで作成した住所録データファイルを検索しながら、1つの相手へのデータ転送が終了すると、次の相手先に自動的に電話（オートダイヤル機能）し、データ転送を行うシステム
等高度線データファイル	500mb面予想天気図から読み取った等高度線データファイル。このデータファイルをそっくりそのままに、相手先へ転送する。
住所録データファイル	等高度線データを転送する相手の名称、電話番号等を登録したファイル。

以上のプログラム、データファイルの関係を、データ転送用プログラムを中心にして示すと、図8-3のようになる。

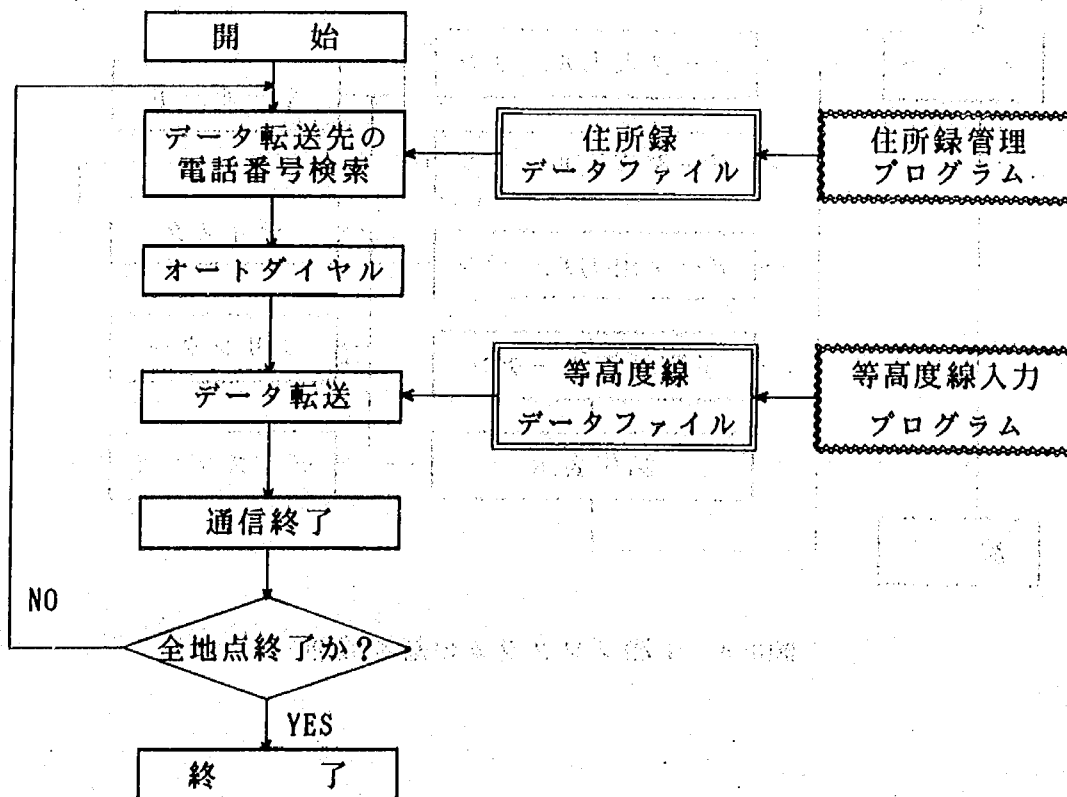


図8-3 データ転送用プログラムのフローチャート

## 2. 2. 2 事務所（受け手側）のソフトウェア

事務所においては、次の2つのプログラムが必要であり、情報センターからデータが転送されてくると、等高度線データファイルが作成される。

表8-4 事務所が必要とするソフトウェア

プログラム,ファイルの種類	内 容
データ通信用プログラム	情報センターのパソコンから等高度線データを受信しディスク装置に記録するためのプログラム
予測計算用プログラム	情報センターから送られてきた等高度線データを使って、降雪や気温の長期予測を行うプログラム。 このプログラムは等高度線データを読み込み、予測計算を行いその結果をディスプレイやプリンターに出力することが主な機能である。このプログラムの基本機能を図8-4に示す。なお、この図には、等高度線データのキーボードからの入力、修正、及びディスク装置への出力機能も付加させている。 このプログラムは、予測計算を行う地点毎に使用する変数や計算式が異なるために、各事務所毎に別個のプログラムを作成しなければならない。

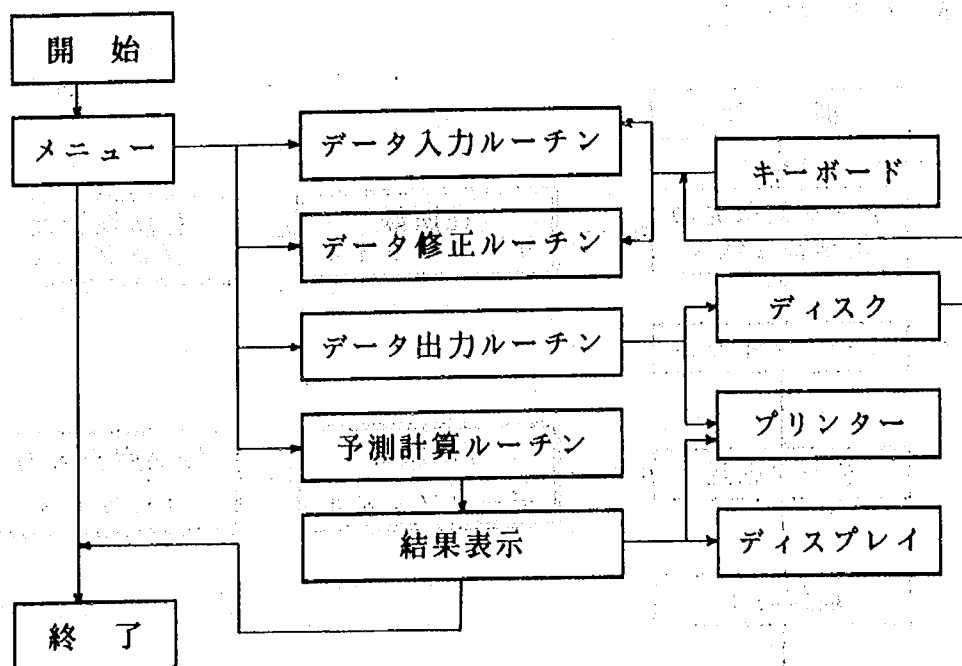


図8-4 予測プログラムの基本機能

### 3. 運用手順

ここでは実際の運用について、作業手順及び情報センターの利用による運用の効率化について述べる。

#### 3. 1 作業手順

作業手順を図示すると、図8-5のようになる。

この図では、独自で行う場合の他、情報センターを利用する場合についても示している。

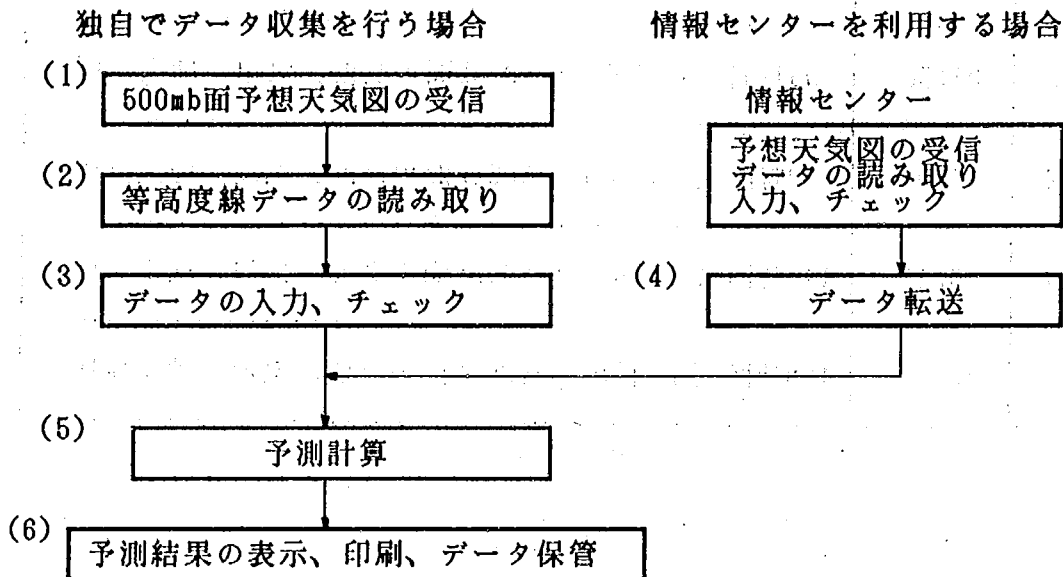


図8-5 予測手順のフローチャート

以上の手順について説明すると、次のようになる。なお、これら手順の内、気象データの収集や入力を独自に行う場合には、(4)のデータ転送以外の全ての作業が必要である。データの受信や読み取りを情報センター等に委託する場合には(4)から(6)の作業のみとなる。

#### • 高層及び地上予想天気図の受信

気象用FAX受信装置を用いて、気象庁から送画される7日先までの予想天気図を受信する。この送画は毎日行われており、送画時間、天気図の名前等は表8-3のとおりである。

この作業を行うに当たっては、図8-7のような気象用FAX受信装置が必要である。気象庁から送画される500mb面の予想天気図は、表8-5にもあるように送画時間が深夜から午前中にかけての時間帯であるために、タイマーを使用するか作業員の深夜勤務の必要がある。さらに、多雪地域ではアンテナ線に着雪することによる受信状態の不良が発生することがあり、これに対する対策も必要である。

表8-5 気象用FAXの送画時間

名称	送画時間	内 容
FE502	03:06	24時間（1日後）の500mb面の高度、渦度、地上気圧
AS504	05:25	48時間（2日後）の500mb面の高度、渦度、地上気圧
AS507	06:01	72時間（3日後）の500mb面の高度、渦度、地上気圧
AS509	07:50	96時間（4日後）の500mb面の高度、気温、地上気圧
AS512	08:08	120時間（5日後）の500mb面の高度、気温、地上気圧
AS514	10:11	144時間（6日後）の500mb面の高度、気温、地上気圧
AS516	10:29	168時間（7日後）の500mb面の高度、気温、地上気圧

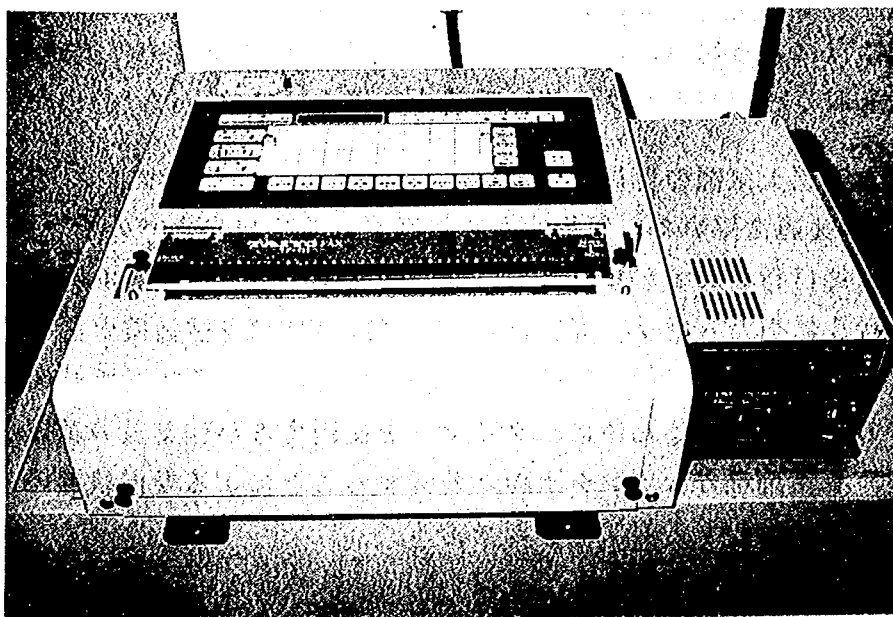


図8-6 気象用FAX受信装置

- データの読み取り

受信されたの予想天気図から必要なデータを読み取る作業であるが、一連の予測作業の中で最も大変な作業である。すなわち、500mb面における5,280m、5,400m、5,520mの各等高度線に関して90°Eから180°Eまでの経度線と交差する位置の緯度を7日分読み取らねばならない。これはデータ数として、294個となり、読み取るだけで2～3時間程度かかる作業量である。なお、前述のようにデジタイザー（データ入力装置の一種）を用いるようにすると、データの読み取り、入力作業が大幅に削減できる。

- データの入力、チェック

読み取ったデータをコンピューターに入力し、入力ミスがないかどうかチェックし、ミスがある場合には修正する。この作業はコンピューターのプログラムの良否によって、作業負担が大きく異なるものである。

- データ転送

現場の事務所等でデータを直接、入力する場合には、この作業はいらないが、後述の情報センター等にデータの受信、読み取りを委託する場合には必要である。この作業は情報センターのコンピューターと現場事務所のコンピューターとを公衆電話回線で接続し、情報センターのコンピューターに入力されているデータを転送するものである。作業自体は、現場事務所のコンピューターにデータ転送用のプログラムを走らせ、情報センターのコンピューターに電話回線を介して、接続するだけである。

- 予測計算

データ入力、または転送が终れば、予測計算を開始する。この場合の具体的な作業内容は、予測用に開発されたプログラムを起動し、コンピューターの指示に従って、作業項目を選択するだけである。

- 予測結果の表示、印刷、データ保管

この作業ルーチンは予測プログラムの中に含まれるものである。作業内容は、予測した結果をCRTディスプレイに表示したり、それを保存するためにプリンターに印字、ディスク装置に書き込む等の作業である。これらはコンピューターの指示に従って行う作業である。

### 3. 2 情報センターの利用

基本的には、気象用FAX受信設備を備え、その地点における長期予測式さえ準備しておけば、長期予測を行うことが可能である。しかし、毎日予想天気図を受信し、必要なデータを読み取り予測計算を行うとなると、かなりの手数となり、担当者には相当の負担がかかることになる。特にデータの読み取り、入力作業は、その手数が多いため、これをできるだけ減らす方法を考えなければならない。

その方法としては、予想天気図の受信、データの読み取り、入力等の作業をすべて、情報センターに委託する方法がある。この場合、情報センターでは、予想天気図から読み取ったデータを一旦、情報センター内のコンピューターに入力し、そのデータを必要に応じて、公衆電話回線を通じて、現地の事務所に伝送するか、あるいは、予測計算結果を知らせるようにする(図8-7)。

このような情報センターを利用する場合のメリットとして、次の点が上げられる。

- 予測を行いたい現地の事務所では、データの読み取り等の負担の大きい作業から免れる。
- 現地の事務所では、FAX受信装置の購入等の経費が不用となる。(ただし、データ伝送装置や伝送のための費用は増える)
- 多数の事務所で予測を行う場合には、共通のデータを使用するため、データの形式を統一しておけば、情報センターで入力したデータがそのまま各事務所で使用できる。

データ転送には電話回線を利用して行う方法が最も簡便な方法であると考えられる。ただし、情報センターから各地の事務所にデータを送る場合、一部の電話FAXで行えるような、一斉に全地点に送信するような方式は、現在のところ電話局ではサービスをしていない。したがって、情報センターのコンピューターのプログラムによって、順次、各事務所を呼び出して、情報を送信するという方法を考えなければならない。



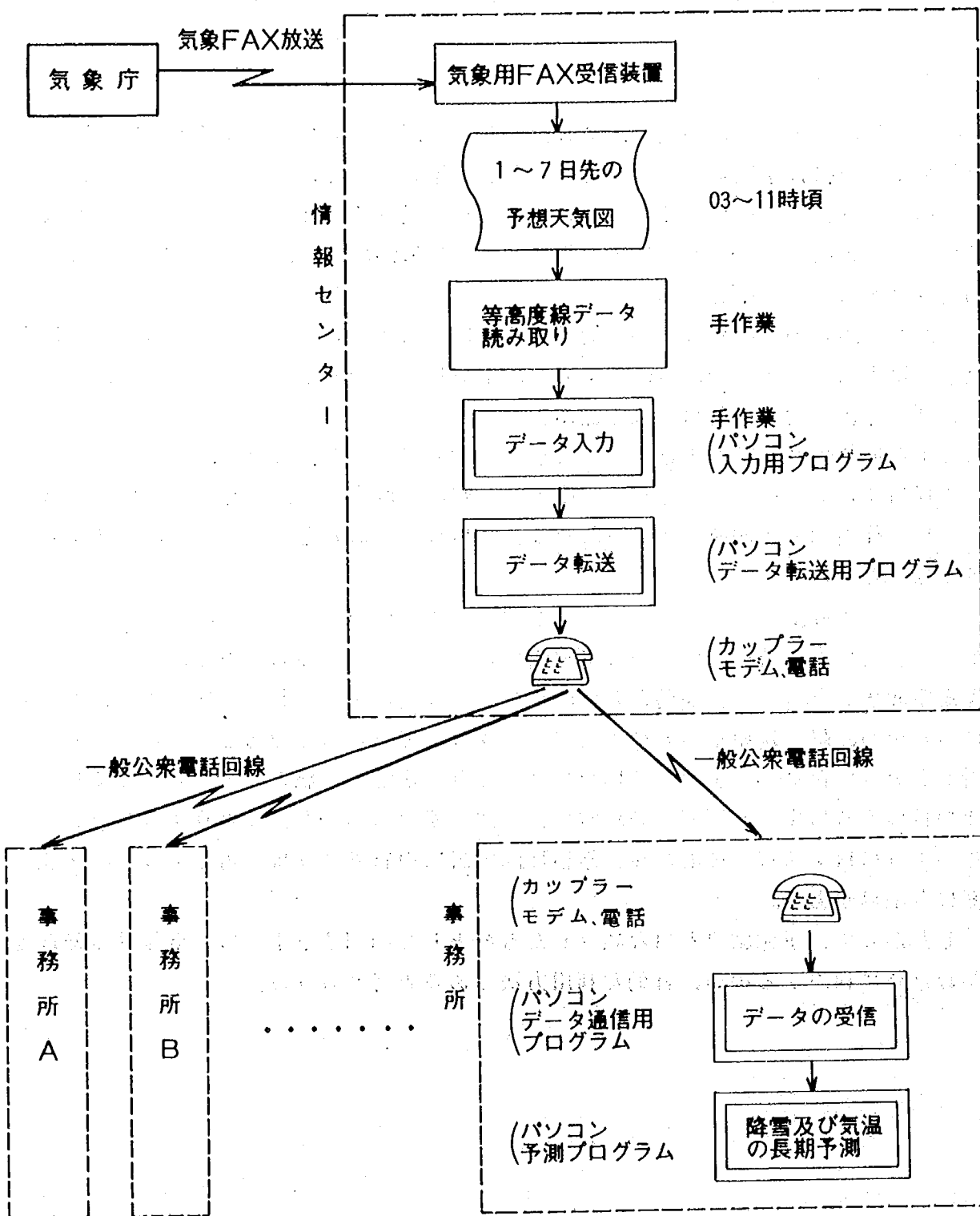


図8-7 情報センターと各事務所における予測手順

## 4. 予測結果の利用

この節では、長期予測の結果をどのように解釈し、また、利用できるかについて示す。

### 4. 1 利用の考え方

降雪、気温のどちらの長期予測においても、予測手法の基本的な考え方は、500mb予想天気図にその根幹を置いているために、もし、予想天気図の予想がずれたり、外れたりした場合には、予測結果自体もその影響を大きく受けることになる。また、予想天気図そのものは正確であっても、地上の降雪現象を100%表現しているものではなく、その予測精度にも自ずから限界がある。

しかし、道路の維持管理上の長期予測の利用を考えた場合、今後1週間の間の毎日の気温や降雪深が正確に予測されなくても、十分に利用価値があるのではないかと考える。例えば、今後1週間の毎日の降雪深がXcmであると言うことが正確に分からなくても、この1週間の中で、前半と後半のどちらに降雪が多いのか、また、現在降っている雪が、あと何日くらい継続するかという程度のことが、精度良く予測できるものであれば、1日1日の降雪深の予測値が多少外れたり、1日程度ずれたとしても大勢にはあまり影響は及ぼさない。

また、この程度の誤差は、降雪現象を考えた場合に根本的に潜む問題でもある。それは、予測式の作成時に必ず必要な降雪深の定義に含まれる問題である。すなわち、降雪深を定義するときには、何時から何時までという具合に時間を区切って決めなければならないが、降雪現象そのものは時間に関係なく現れるものである。したがって、日降雪深という具合に表現された場合には、それが連続したひとゆき分をさしていたり、その日のうちに生じた不連続の降雪の、一部分ずつの合計を表したりすることとなる。このように日降雪深そのものが、厳格に降雪現象の特性を表現し得ない以上、予測の精度にも限界がある。

したがって、予測結果を日々独立したものとして利用するよりも、全体的な傾向をつかむために利用するのが、有効な利用方法であると考えられる。

#### 4. 2 予測結果の表示

予測結果の表示例を図8-8に示す。

ここでは、気象庁が天気図を発表した日を基本として、それより7日先までの降雪量を6段階の予測式を用いて降雪確率（巻末資料21参照）として求め、これを降雪確率の数値で示すほか、グラフにより直感的な判断が可能となるよう工夫をしている。

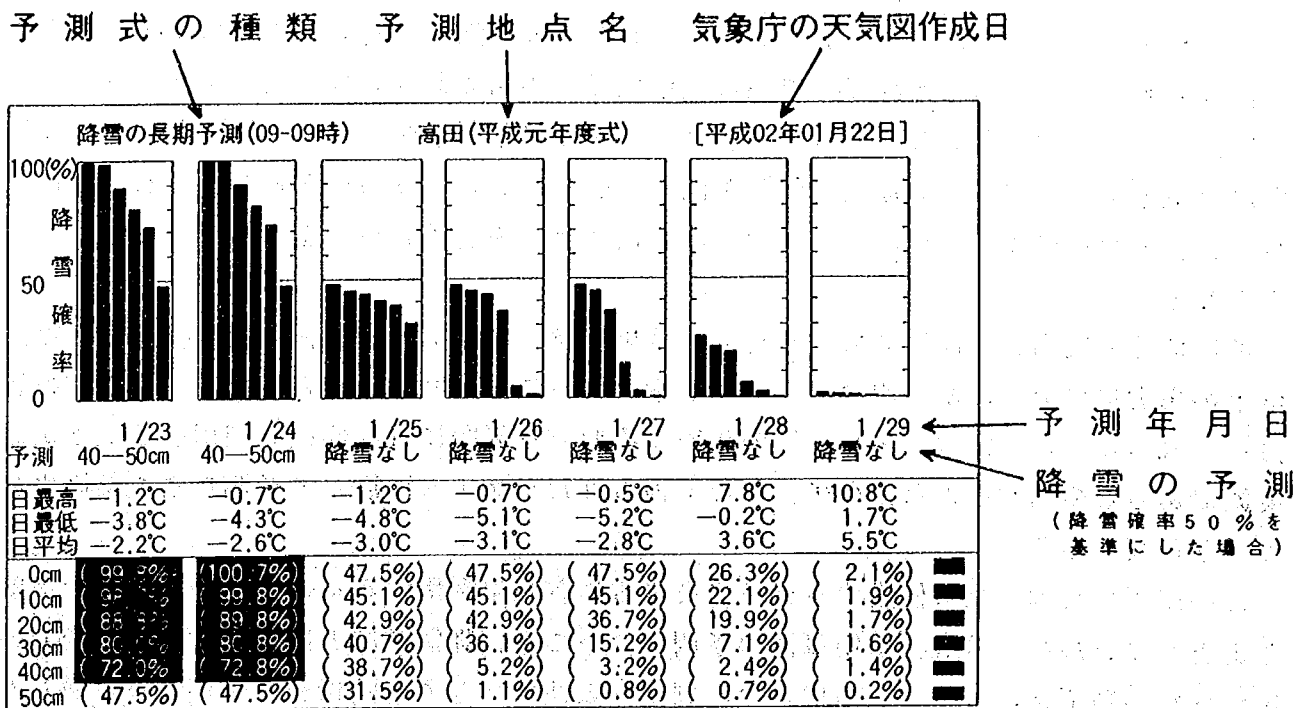


図8-8 予測結果の表示例

## 第9章 結論

主として、日本海側地域における降雪の長期予測の手法について検討した結果、これまでに検討した予測手法によって、今後1週間先までの毎日の降雪深を予測することに関して、ほぼ、満足できる程度の予測精度が得られた。

予測の方式は、予測対象地点の日降雪深を目的変数とし、高層や地上の予想天気図から読みとられる気象データを説明変数として用いる判別関数式とした。この判別関数式による予測精度をさらに向上させるために、各種気象要素に関して、降雪深階級別の臨界値を設定し、これを組み合わせることにより、総合的な予測精度として内部データによる予測適中率80~90%程度が得られた。ここで検討した降雪予測の方式は、気象庁発表の高層と地上の予想天気図から読み取れるデータを使用して各地の降雪予測を行うため、予め予測式が作成されている地点であれば、現地の気象状況が不明であっても予測が可能である。さらに、予測対象地点が異なっても、予測に使用する気象因子が共通であることから、より少ない気象データで多くの地点の降雪予測が可能であるという利点がある。これらのことから、日本海側の多くの地域で、この予測手法による降雪予測が実施可能であるものと考えられる。

予測情報の実用化に向けて検討を行った結果では、気象データの入手方法、予測計算、結果の出力について、基本的なシステムを設計することができた。さらに、予測作業の省力化を図るために、情報センター等の気象読み取りを専門に行う機関を利用することが効果的であるとの結論を得た。今後、ここで得られたシステムに沿って予測作業を実施することが可能である。

この降雪の長期予測に使用するデータをさらに有効に利用するために、降雪以外の気象要素として日最高、最低、平均気温の予測についても、降雪予測と同様な考え方で予測の可能性について検討した。この場合は、判別関数法ではなく重回帰法で予測式を作成したが、気温の長期予測に関しても、一応の予測精度が得られたものと考えられる。

さらに、将来においては、各種の気象予測の組合せにより、路面凍結、雪崩、地吹雪等の冬期間の各種気象障害に対する長期予測の可能性も考えられる。

おわりに

本研究では、冬期の雪寒対策に役立つ情報として、降雪量等の気象予測情報を求める手法について検討を行ってきた。その結果、降雪の長期、中期予測、日最高・日最低・日平均気温予測について実用化が可能となった。ここで述べた各種の予測手法によって得られる情報は、予測情報として精度等の面からさらに検証が必要ではあるが、現段階においても十分利用価値のあるものであり、除雪等の雪寒対策に活用されることを期待してやまない。

今後の課題としては、ここで求められる予測情報をどのように利用することが最も効果的であるかについて、検討を重ねることが残されている。

## 参考文献

- 1) 松澤勳：「自然災害科学事典」、築地書館(株)、1988
- 2) 高速道路調査会：「道路気象情報システムに関する調査研究報告書」、1977
- 3) 福田喜代志：「豪雪」、気象研究ノート第16巻2号、気象学会、1965
- 4) 日本気象協会：「1981～'85 天気図集成」、1989
- 5) 気象庁技術報告、第66号
- 6) 奥野、他：「続多変量解析法」、日科技連出版社、1976
- 7) 菊池原英和：「気象予測の検証と評価」、気象研究ノート第161号、気象学会、1988
- 8) (社)日本建設機械化協会：「新編防雪工学ハンドブック」、森北出版、1988
- 9) 新潟地方気象台：「北陸地方予報作業指針その1」、1971
- 10) 五十嵐、他：「道路気象情報システムの実用開発計画(3)」、土木研究所資料第1539号、1979

卷 末 資 料

## 目 次

資料-1	降雪予測関係研究文献リスト	1
資料-2	高田の日降雪深と地上気圧との関係	4
資料-3	高田の日降雪深と等高度線緯度との関係	6
資料-4	高田の日降雪深と等高度線張出量との関係	10
資料-5	上越地区3地点の降雪長期予測式	12
資料-6	地上気圧値による天気パターン分類の例	15
資料-7	庄内地区5地点の降雪長期予測式	18
資料-8	内部検証分割表(湯殿山、酒田：降雪長期予測)	21
資料-9	内部検証分割表(高田、湯殿山、酒田：降雪長期予測+臨界値)	22
資料-10	外部検証分割表(高田：降雪長期予測+臨界値)	23
資料-11	庄内地区5地点の降雪中期予測式	25
資料-12	内部検証分割表(湯殿山、酒田：降雪中期予測)	28
資料-13	ひとゆき期間の天気図の変化例	30
資料-14	ひとゆき期間の抽出結果	33
資料-15	累積降雪深、継続日数の重回帰式	35
資料-16	累積降雪深、継続日数予測式	37
資料-17	内部検証分割表(高田、新井：ひとゆき予測)	48
資料-18	上越地区11地点の位置関係	50
資料-19	庄内地区5地点の相関関係、位置関係	51
資料-20	上越地区3地点の気温予測式	52
資料-21	降雪確率の求め方	56



## 資料-1 降雪予測関係研究文献リスト

### (1) 気象庁

- 1) 菊池武徳 (金沢測候所)、1955  
積雪量の予想について、：気象庁研究時報第7巻11号
- 2) 宮沢清治 (新潟地方气象台)、1962  
北陸地方の豪雪について—里雪の予報検討—：気象庁研究時報第14巻10号
- 3) 佐藤正夫 (新潟地方气象台)、1964  
北陸地方における雪の長期予報について：気象庁研究時報第16巻3号
- 4) 福原耕三 (新潟地方气象台)、1965  
雪の予報について (第5報)；気象庁研究時報第17巻6号
- 5) 福田喜代志 (富山地方气象台)、1966  
500mb高度分布による日本海岸降雪の長期予報：気象庁研究時報第18巻11号
- 6) 土田米三郎 (東京航空地方气象台)、1973  
羽田空港における降雪予報：東京管区地方気象研究会誌No.6、東京管区气象台
- 7) 土田米三郎 (東京航空地方气象台)、1975  
羽田空港における降雪予報：気象研究時報第27巻2号
- 8) 宮一郎、上村喬、中条屋博 (金沢地方气象台)、1983  
降雪量の予測—ガイダンスの検証と利用 (その1)—：東京管区地方研究会誌  
No.16、東京管区气象台

### (2) 日本道路公団

- 9) 水間雅昭、池内徳彰 (金沢管理局)、1986  
気象予測と道路情報：雪と道路No.9、道路雪氷研究会

### (3) 大学関係

- 10) 樋口敬二 (名古屋大学理学部)、1971  
関ヶ原地区における降雪の機構と予想について：雪氷第33巻3号、日本雪氷学会
- 11) 遊馬芳雄、菊池勝弘、谷口恭、今久 (北海道大学理学部)、1983  
札幌市内の短時間降積雪予測実験：昭和58年度日本気象学会大会予稿集、  
日本気象学会
- 12) 遊馬芳雄、菊池勝弘、今久 (北海道大学理学部)、1984  
簡易気象レーダーによるエコーの移動速度について：  
北海道大学地球物理学研究報告第44巻
- 13) 菊池勝弘、今久、谷口恭、遊馬芳雄 (北海道大学理学部)、1984  
札幌市における最近10冬期間の降水の特徴：北海道大学地球物理研究報告第44巻

- 14) 遊馬芳雄、菊池勝弘、今久（北海道大学理学部）、1984  
簡易気象レーダーによる降雪の短時間予測実験（その1）－概要と予測の可能性－  
：北海道大学地球物理学研究報告第44巻
- 15) 遊馬芳雄、菊池勝弘、今久（北海道大学理学部）、1984  
簡易気象レーダーによる降雪の短時間予測実験（その1）－予測実験例－：  
北海道大学地球物理学研究報告第44巻
- 16) 伊藤驍（秋田工業高等専門学校）、富樫亨（秋田県仙北事務所）、1984  
秋田県雄平仙地区における積雪深の同時観測と積雪予測に関する考察：  
東北地域災害科学研究報告第20巻
- 17) 菊池勝弘（北海道大学理学部）、1988  
季節風時の集中豪雪の発生機構と短時間予測に関する研究：文部省科学研究費重点  
領域研究「自然災害の予測と防災力」ワーキンググループ、研究成果報告書

(4) 地方自治体等

- 18) 和田惇（大阪府）、増田芳太郎、奥住雅彦（建設省）、1985  
冬期道路管理のための気象予測に関する研究：土木学会年次学術講演会概要集  
第4部
- 19) 富山県、1988  
降雪量予測手法の開発の概要
- 20) 河合高行、池田政幸、加藤聖治、1988  
札幌市降雪予測システムの紹介：地方自治コンピュータ第18巻7号
- 21) 札幌市建設局道路維持部維持除雪課・土木技術センター、1988  
札幌市の降雪予測システム
- 22) 志部谷一男（札幌市建設局土木技術センター）、1989  
札幌市の降雪予測システムについて：雪と道路No.18、道路雪氷研究会
- 23) 和田惇（むつ小川原開発株式会社）、増田芳太郎（新潟県土木部）、奥住雅彦  
（建設省北陸地方建設局）、1989  
予測情報を利用した冬期道路管理手法に関する一考察：雪と道路No.18、  
道路雪氷研究会

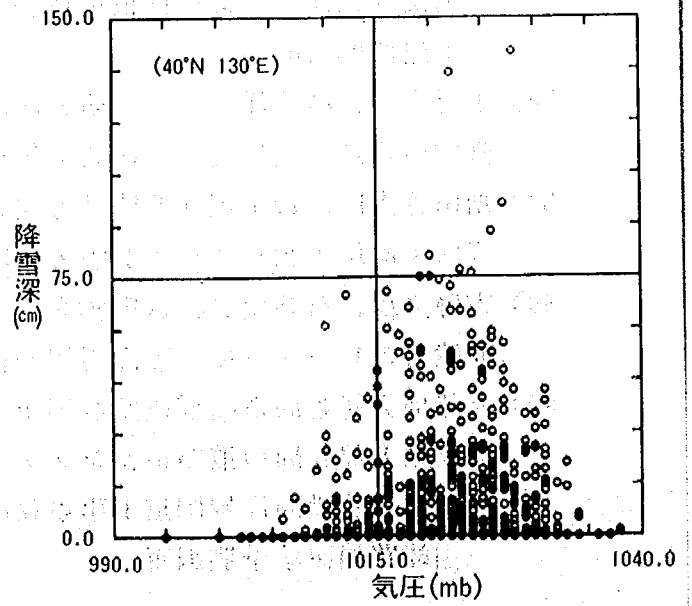
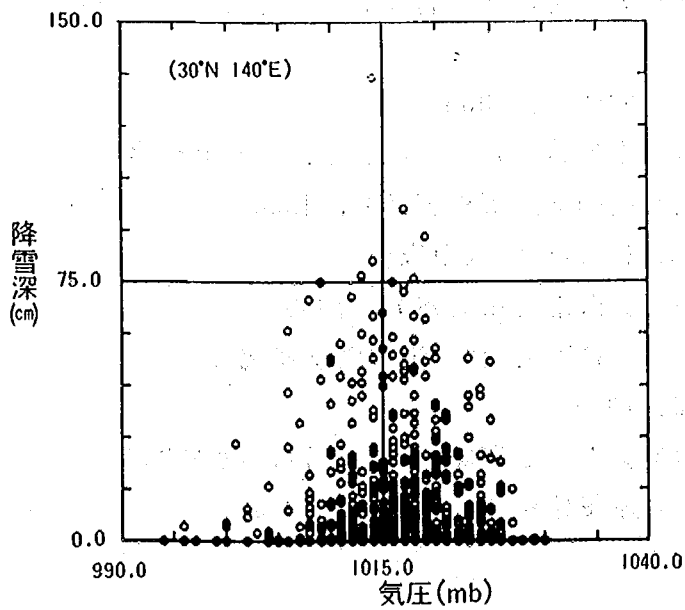
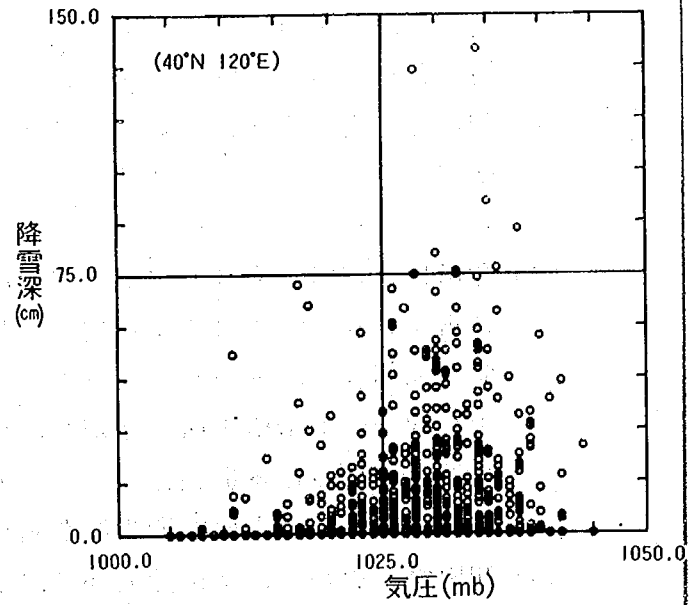
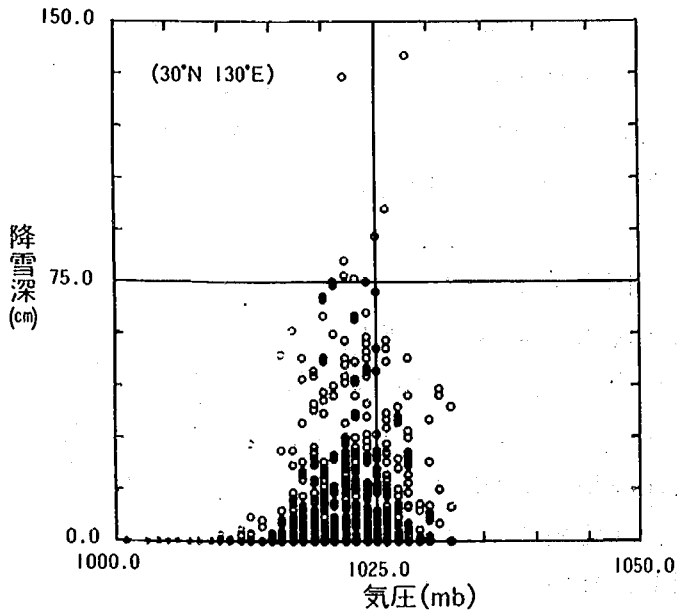
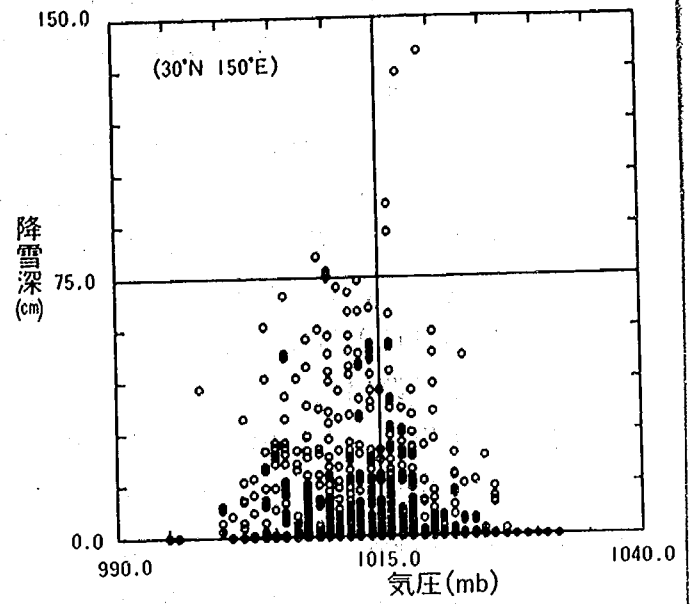
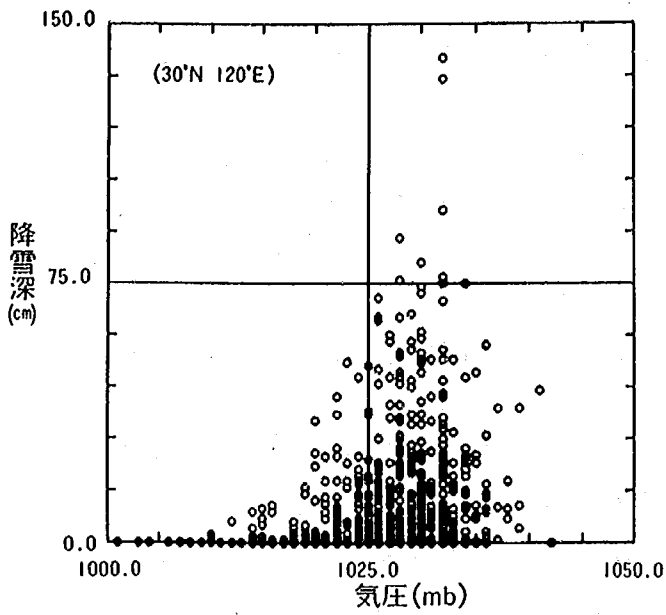
(5) その他の研究機関

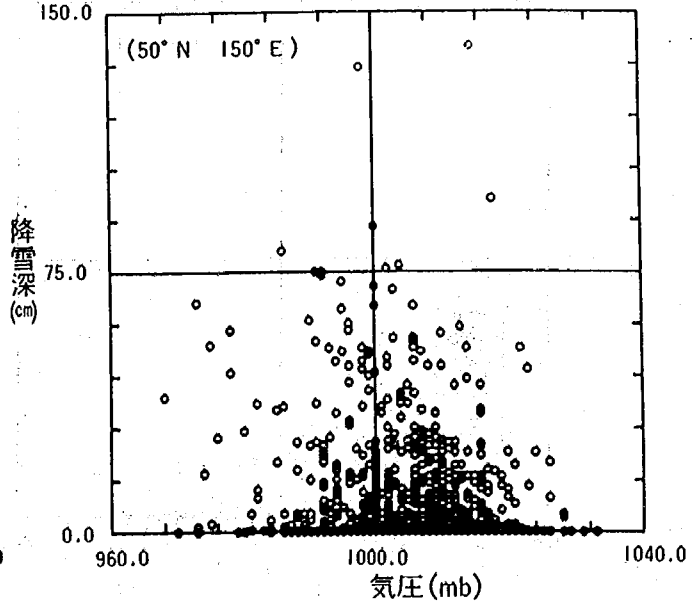
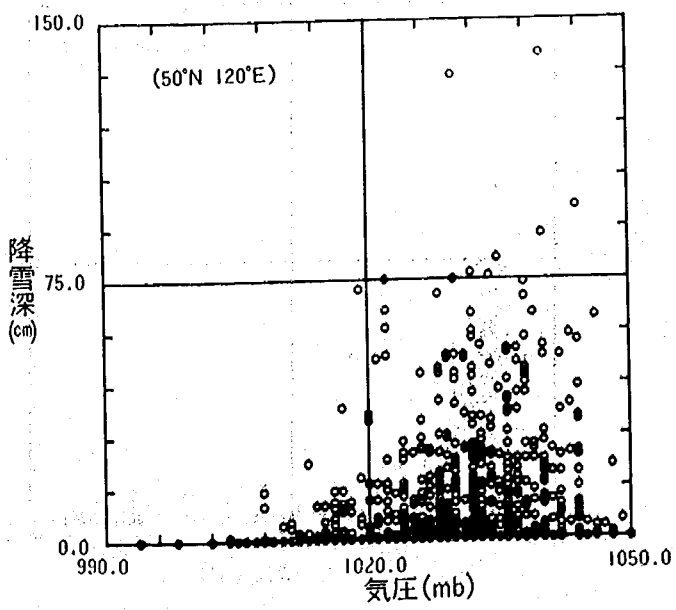
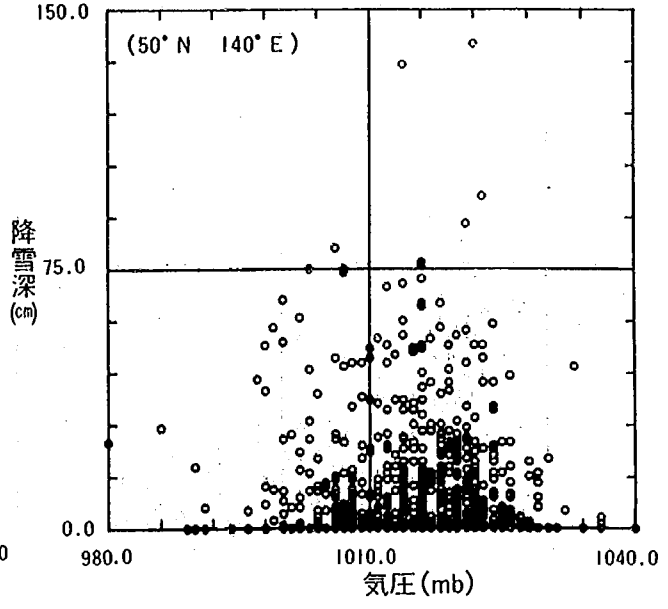
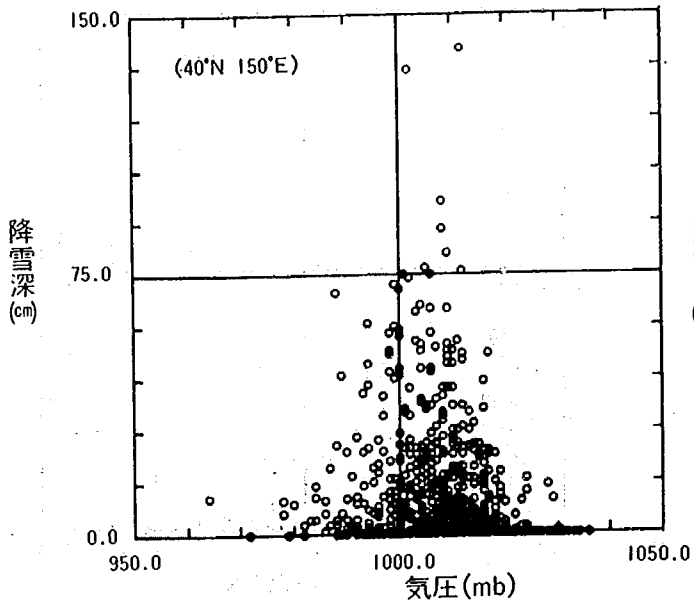
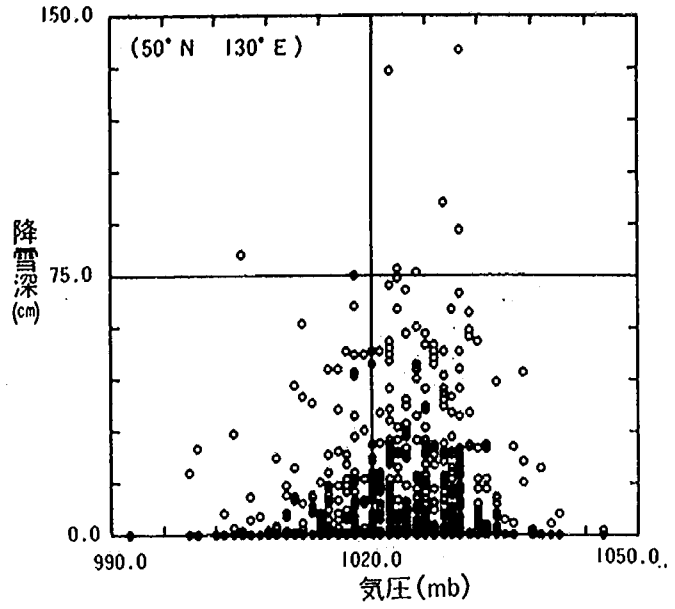
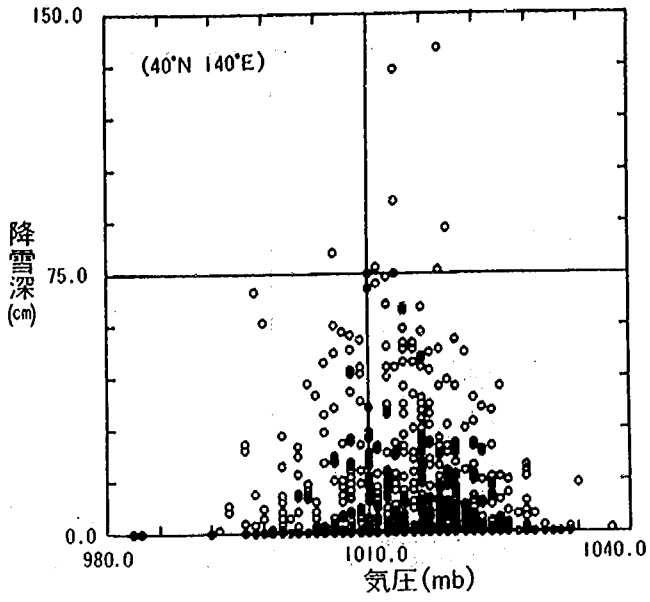
- 24) 石原健二（国際コンピューターサイエンス）、1971  
未完測地点の降雪深の推定：雪氷第33巻3号、日本雪氷学会
- 25) 石原健二（国際コンピューターサイエンス）、1971  
統計的降雪量予測：雪氷第33巻3号、日本雪氷学会

(6) 建設省

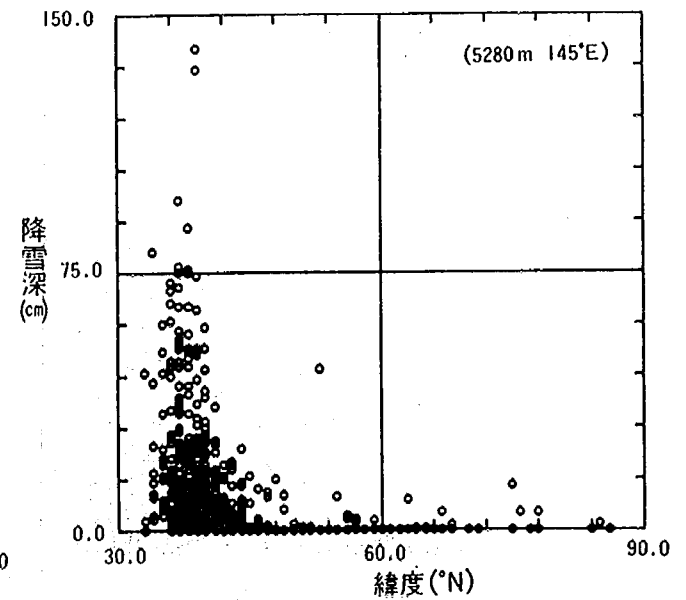
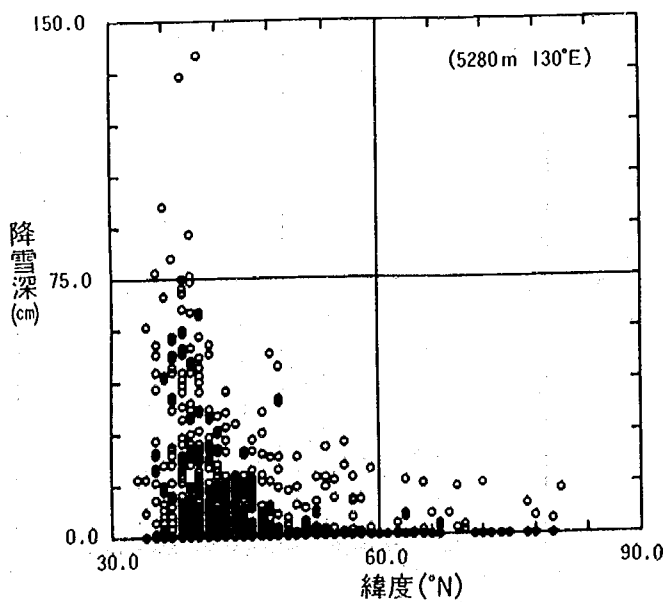
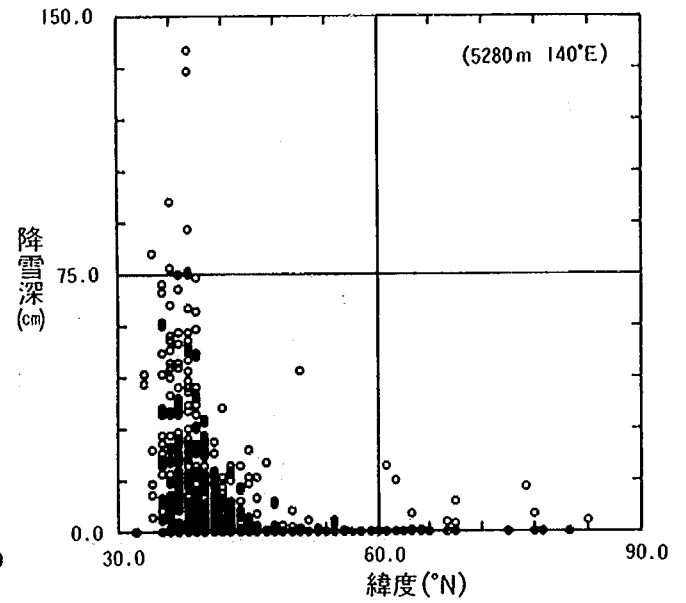
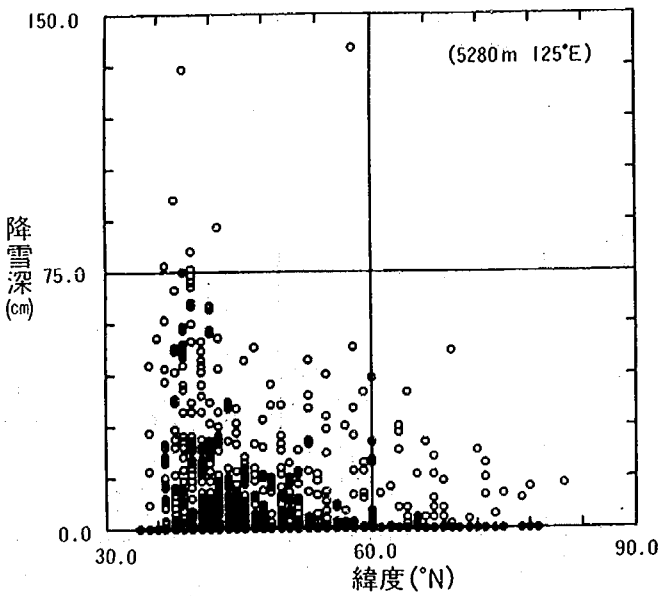
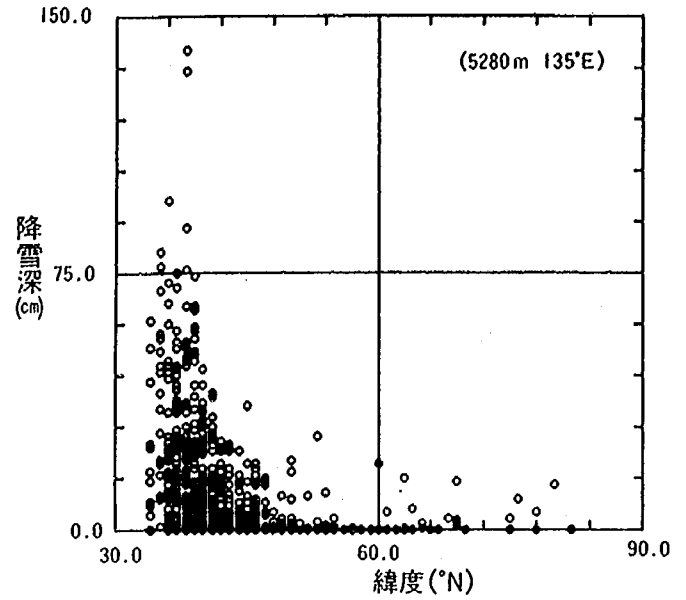
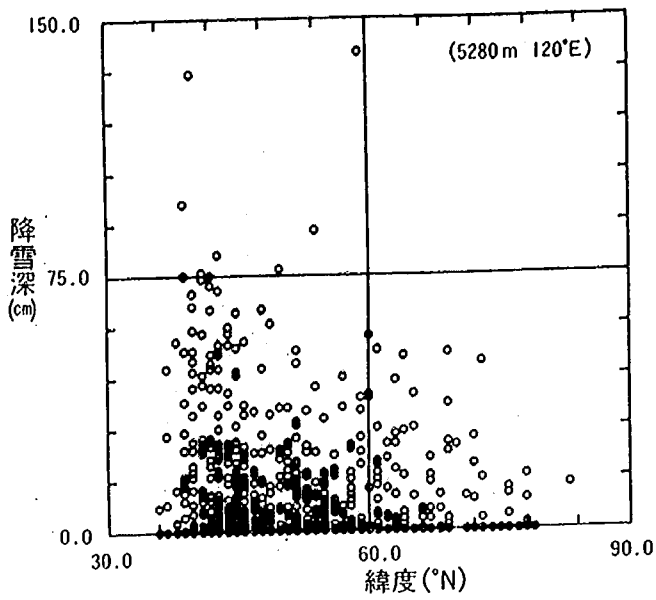
- 26) 間所貢、永田伸之（北陸地方建設局上越国道工事事務所）、1977  
降雪予想に関する一考察：昭和52年度北陸地方建設局管内技術研究会論文集、  
建設省北陸地方建設局
- 27) 五十嵐武、下村忠一、石平貞夫、金子英雄（土木研究所新潟試験所）、1979  
道路気象情報システムの実用開発計画（3）－降雪の中期予測手法（3～24時間）  
－：土木研究所資料第1539号
- 28) 下村忠一、石平貞夫、金子英雄（土木研究所新潟試験所）、1979  
道路管理としての降雪予測の可能性について：第13回日本道路会議一般論文集、  
日本道路協会
- 29) 五十嵐武、下村忠一、石平貞夫、金子英雄（土木研究所新潟試験所）、1980  
道路管理としての降雪予測解析：土木技術資料22-3、土木研究会
- 30) 五十嵐武、下村忠一、石平貞夫、金子英雄（土木研究所新潟試験所）、1980  
道路管理としての降雪予測解析（2）：土木技術資料22-6、土木研究会
- 31) 五十嵐武、下村忠一、石平貞夫、金子英雄（土木研究所新潟試験所）、1980  
道路管理としての降雪予測解析（3）：土木技術資料22-9、土木研究会
- 32) 和田惇、吉田正彦、吉崎郁夫（北陸地方建設局長岡国道工事事務所）、1980  
降雪予測の一手法：昭和55年度北陸地方建設局管内技術研究会論文集、  
建設省北陸地方建設局
- 33) 和田惇、吉田正彦（北陸地方建設局長岡国道工事事務所）、1980  
積雪深さ計の観測による降雪特性分析と降雪予測への応用：  
昭和55年度北陸地方建設局管内技術研究会論文集、建設省北陸地方建設局
- 34) 田中敬一（土木研究所道路部）、1982  
積雪地域における道路確保のための道路技術－2-1道路管理としての降雪予測  
：昭和56年度土木研究所講演会講演集、建設省土木研究所
- 35) 和田惇、酒井孝、増田芳太郎（道路局）、1983  
冬期交通確保のための降積雪情報システム－特に降雪特性分析と降雪予測について  
－：道路No.10
- 36) 下村忠一、酒井洋一（土木研究所新潟試験所）、1985  
降雪の長期予測に関する研究：第16回日本道路会議一般論文集、日本道路協会
- 37) 増田芳太郎、青木茂（北陸地方建設局長岡国道工事事務所）、1986  
降雪・凍結予測システム：雪と道路No.13、道路雪氷研究会
- 38) 吉野文雄、石井典夫、水野雅光（土木研究所水文研究室）、1989  
北陸でのレーダーによる降雪観測例：雪と道路No.18、道路雪氷研究会
- 39) 北陸地方建設局道路部道路計画第二課、1989  
北陸地方建設局の道路情報システムの概要：雪と道路No.18、道路雪氷研究会
- 40) 関東地方建設局高崎国道工事事務所、日本気象協会前橋支部、1980  
三国峠路面凍結予測調査

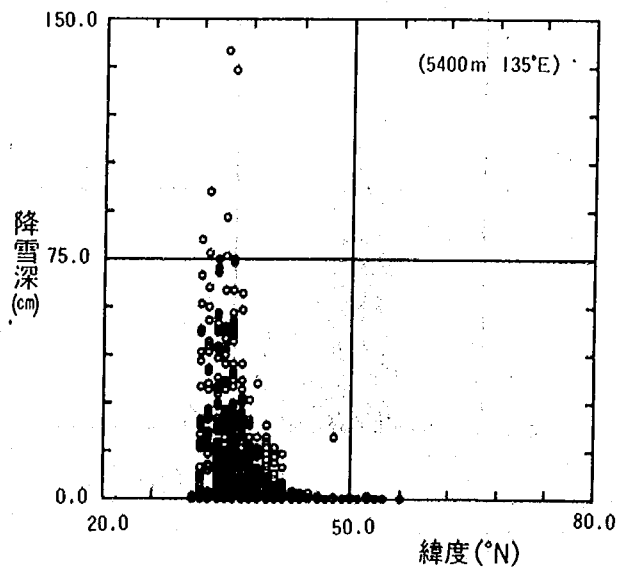
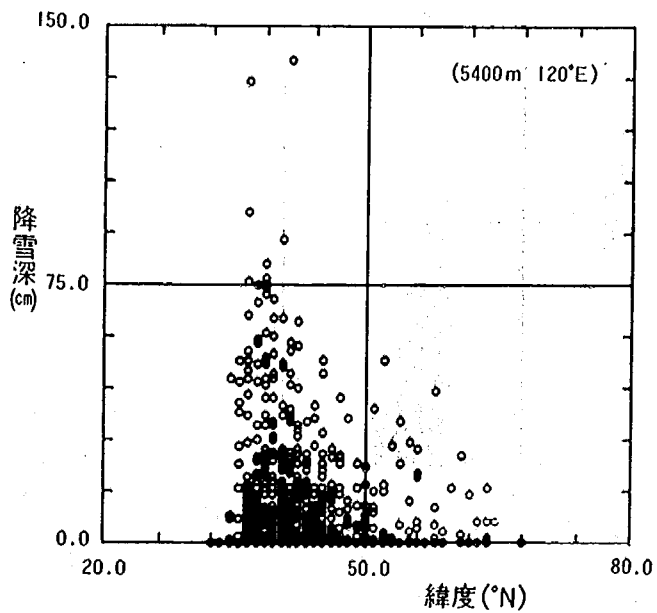
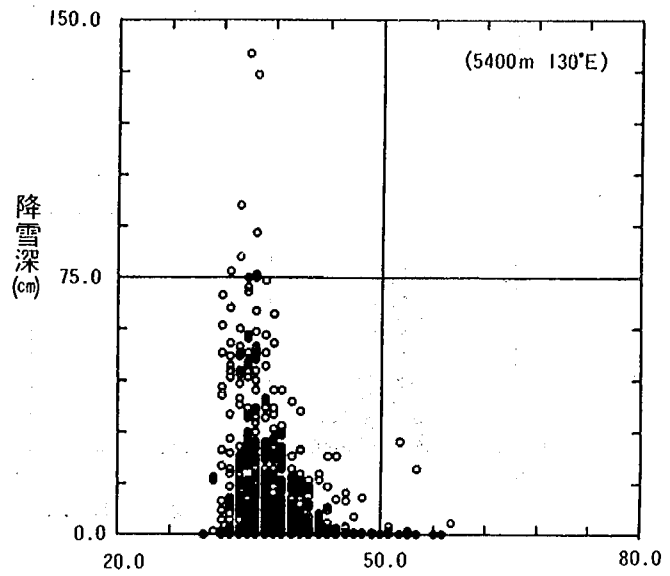
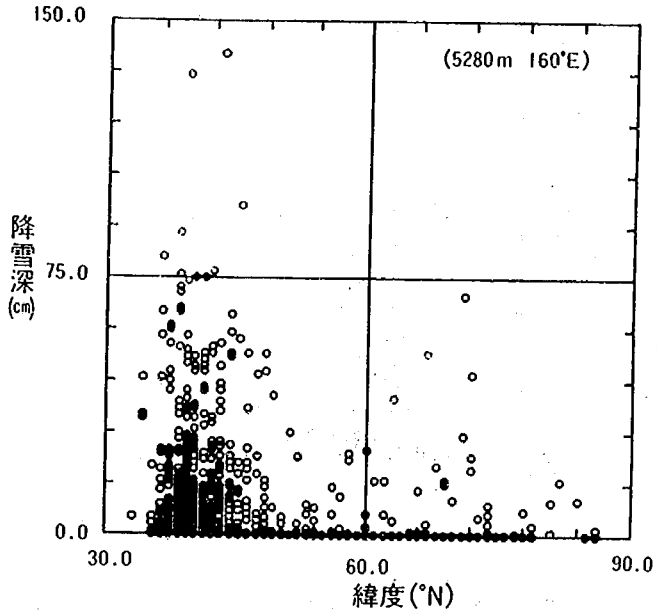
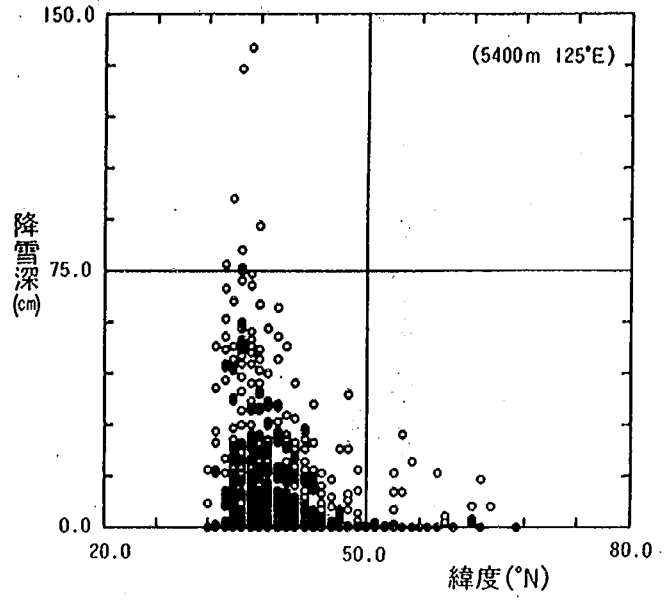
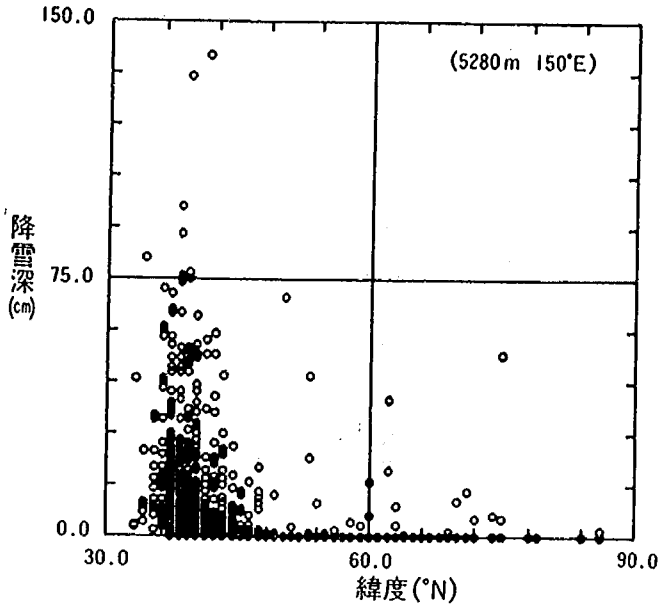
資料-2 高田の日降雪深と地上気圧との関係

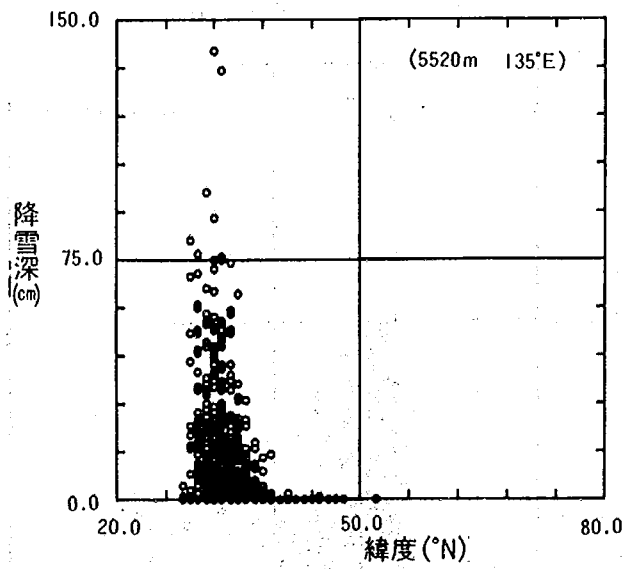
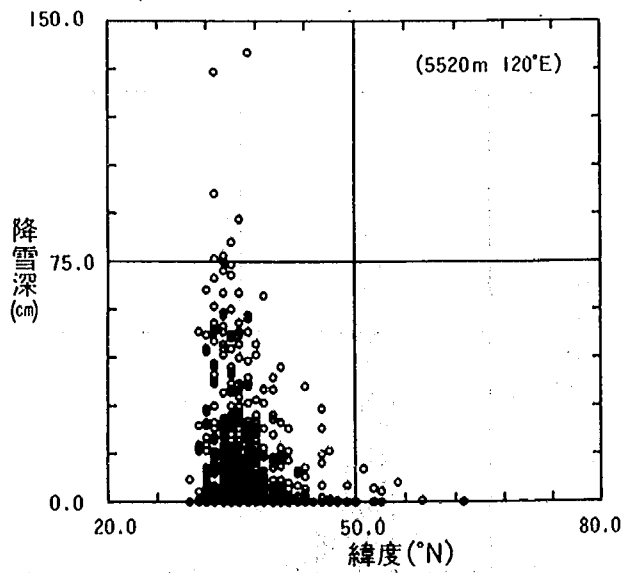
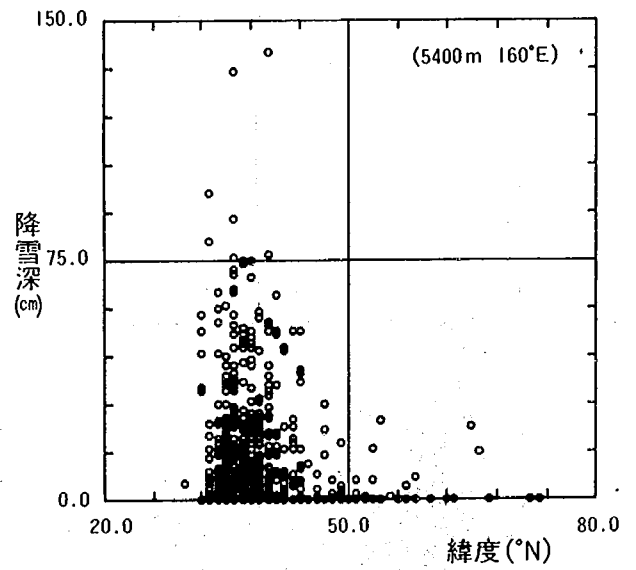
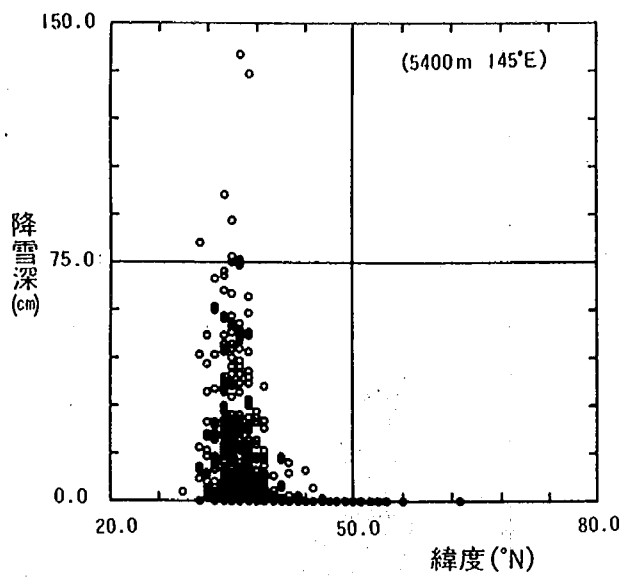
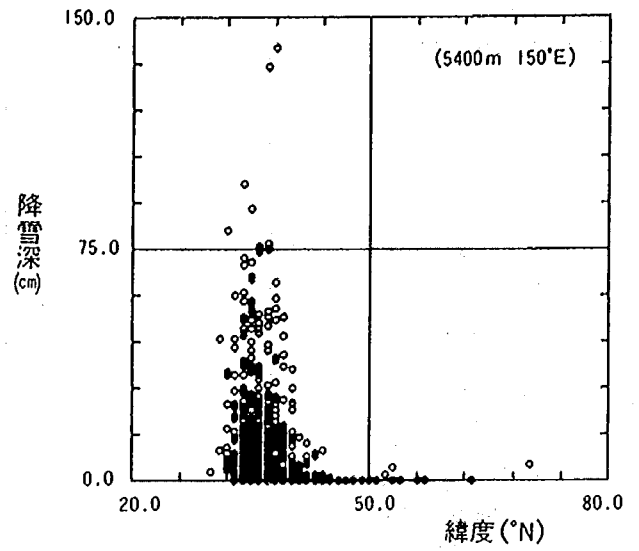
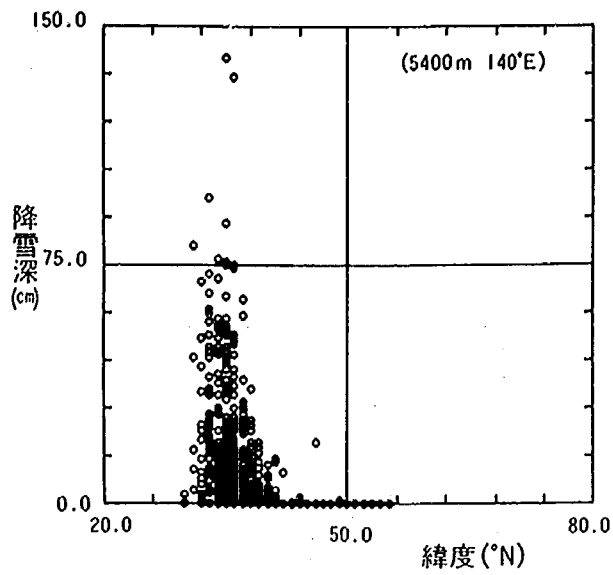




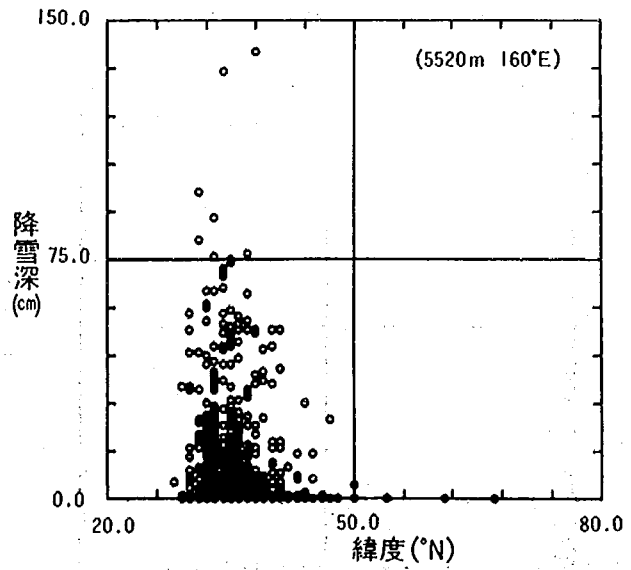
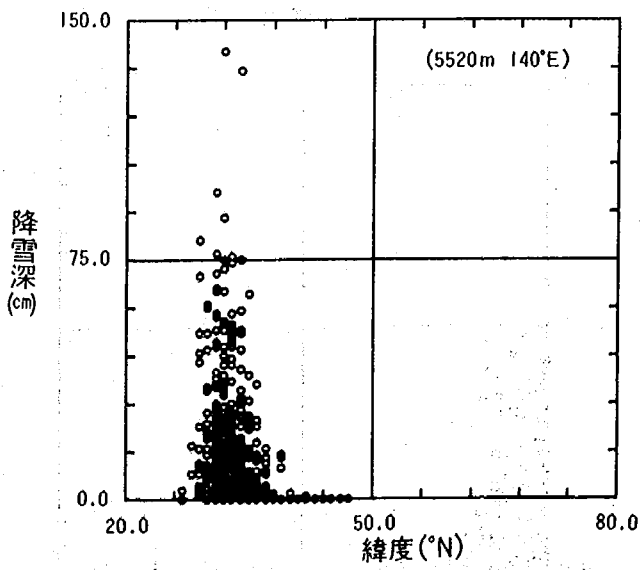
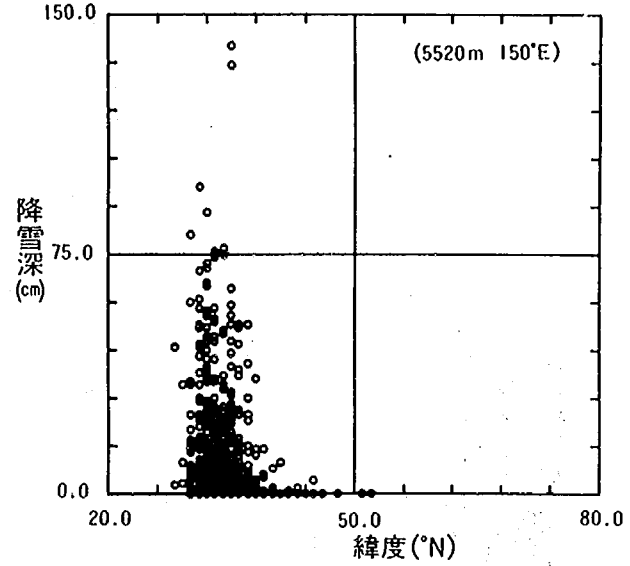
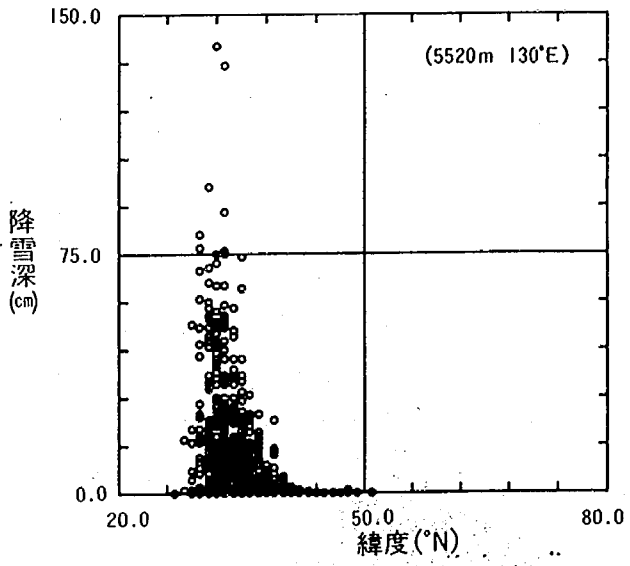
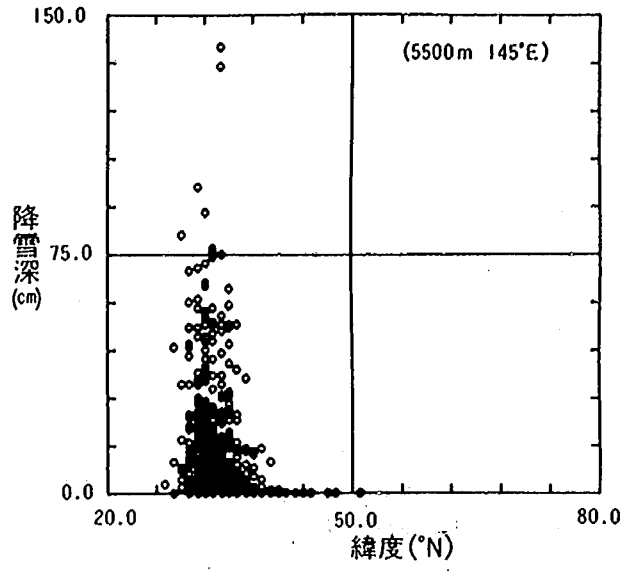
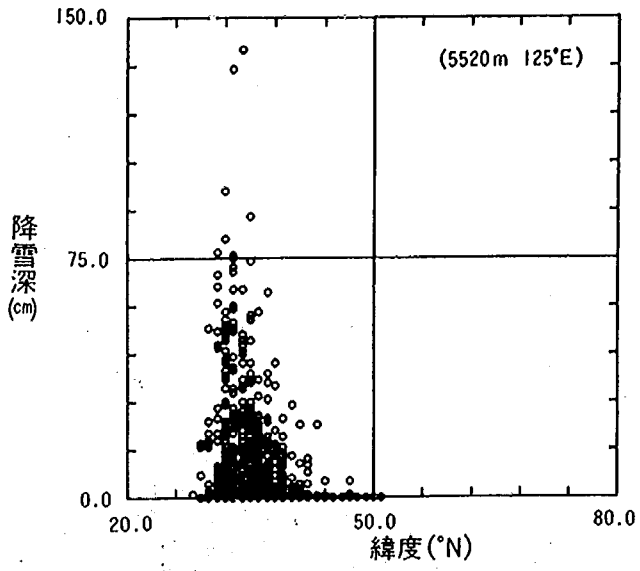
資料-3 高田の日降雪深と等高度線緯度との関係



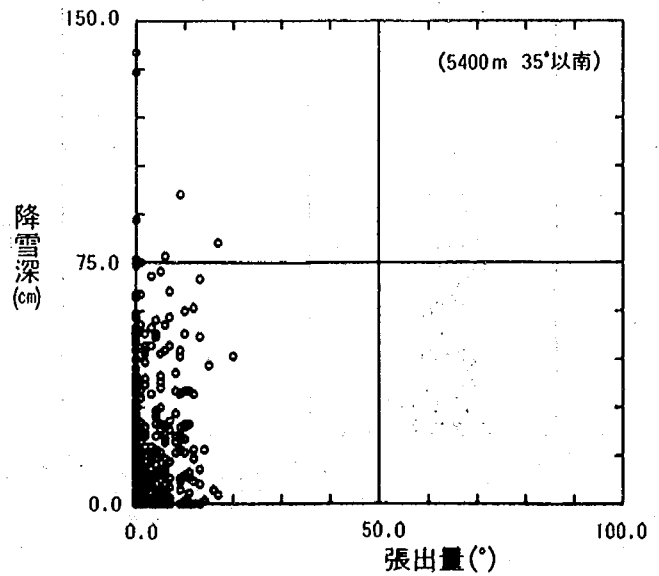
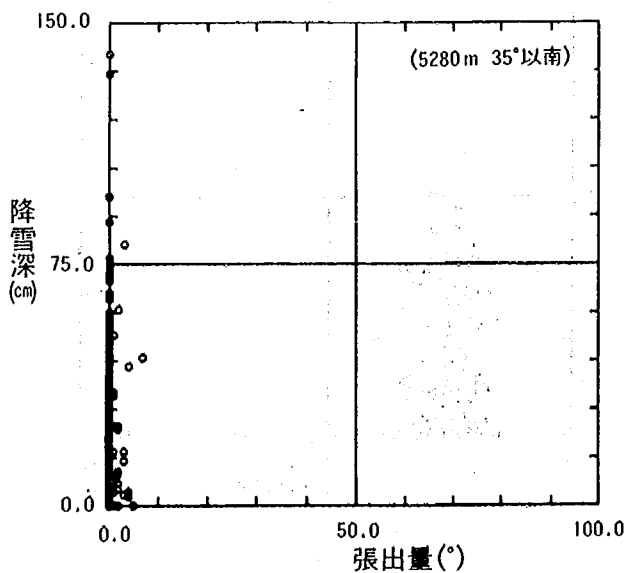
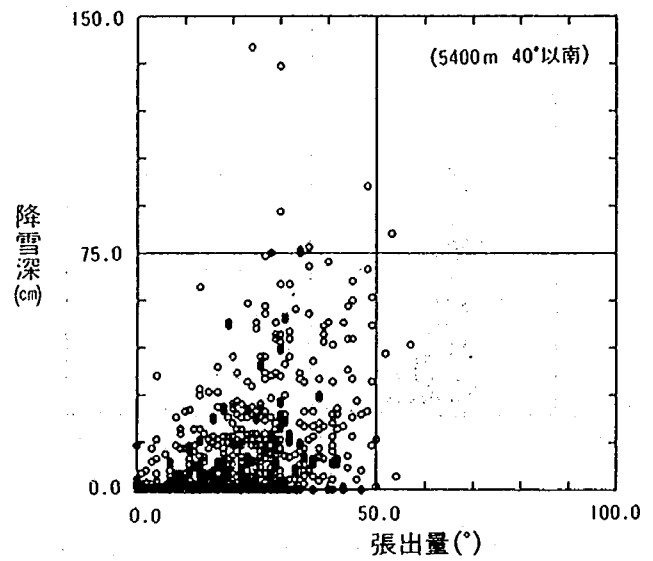
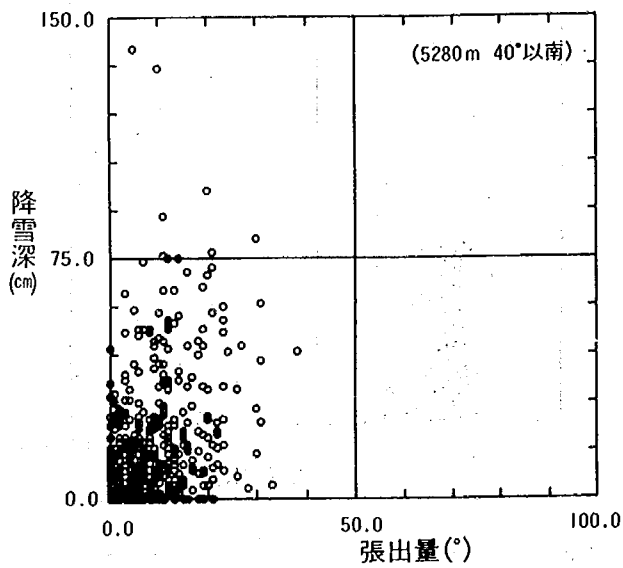
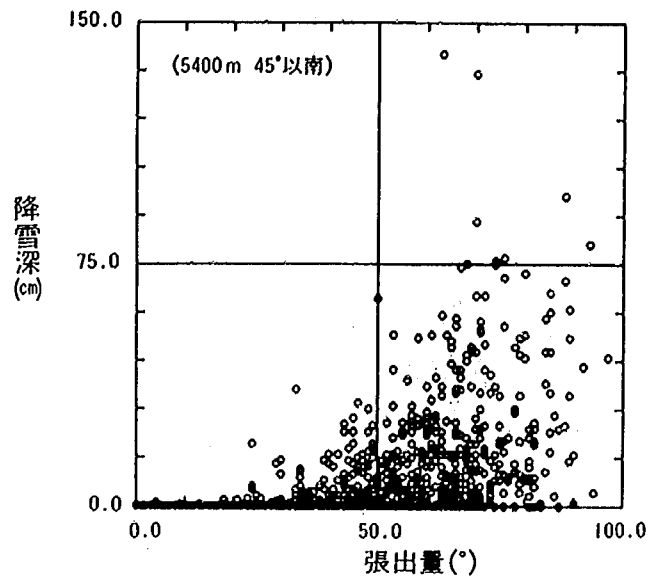
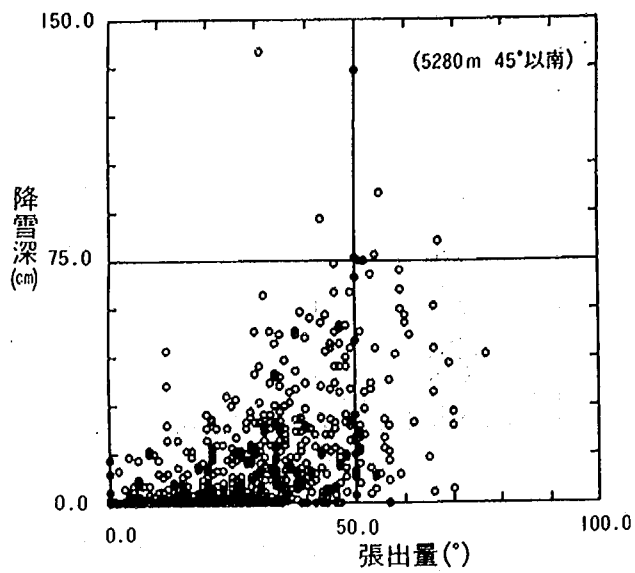


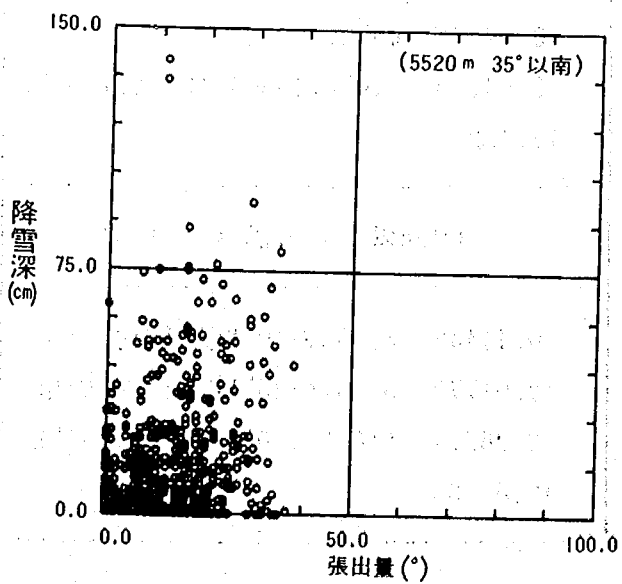
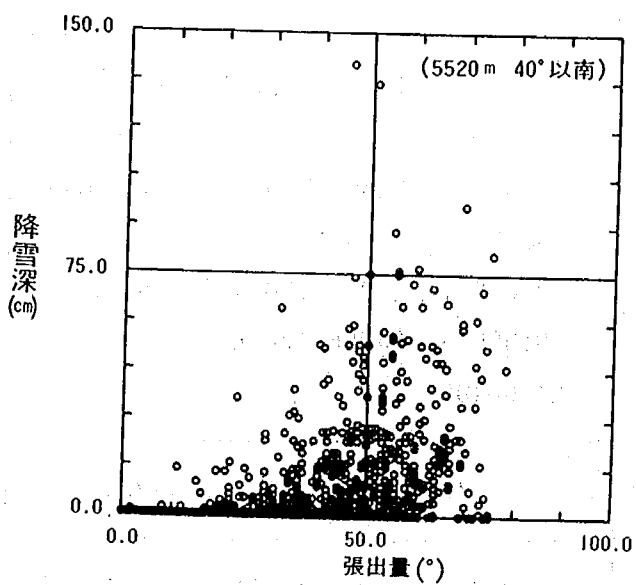
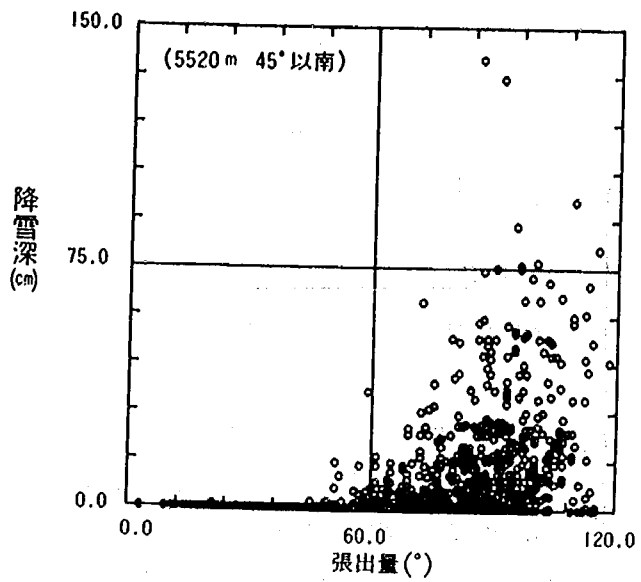






資料-4 高田の日降雪深と等高度線張出量との関係





資料-5 上越地区3地点の降雪長期予測式

高田の降雪予測式

降雪の有無 (N=1163)	20cm以上/未満 (N=1175)
+0.42765 輪島の850mb面の気温	-0.06663 5280mの45°N以南の張出量
-0.14879 5280mの40°N以南の張出量	-0.12579 40°N, 125°E
-0.13987 (40°N, 130°E)-(40°N, 140°E)	-0.26712 5280mの40°N以南の張出量
-0.02833 30°N, 120°E	+1.36070 5280mの35°N以南の張出量
-0.03628 5280mの145°E 1日変化量	-0.02647 (40°N, 150°)-(50°N, 150°E)
+0.03889 5400m, 120°E	-0.03156 40°N, 145°E
-0.03753 40°N, 145°E	+164.77100 輪島の850mb面の気温
-0.02439 (40°N, 120°E)-(50°N, 140°E)	
+69.51170	30cm以上/未満 (N=1175)
10cm以上/未満 (N=1161)	-0.35524 5280mの40°N以南の張出量
-0.07858 5280mの45°N以南の張出量	-0.12232 40°N, 130°E
-0.16045 40°N, 130°E	-0.05801 (40°N, 150°)-(50°N, 150°E)
-0.03739 5280m, 120°E	+0.09545 5400m, 120°E
-0.19313 5280mの40°N以南の張出量	+124.00400
+1.22061 5280mの35°N以南の張出量	40cm以上/未満 (N=1175)
-0.04111 30°N, 120°E	-0.38405 5280mの40°N以南の張出量
+0.11975 輪島の850mb面の気温	-0.07221 40°N, 130°E
-0.06559 5520mの150°E 1日変化量	-0.04159 (40°N, 150°)-(50°N, 150°E)
+0.08360 40°N, 135°E	+77.16210
-0.03294 40°N, 145°E	50cm以上/未満 (N=1175)
+160.04300	-0.41442 5280mの40°N以南の張出量
	+2.01772 5280mの35°N以南の張出量
	-0.06277 (40°N, 150°)-(50°N, 150°E)
	+3.60334

新井の降雪予測式

降雪の有無 (N=1077)	30cm以上/未満 (N=1078)
<p>-0.06233 5280mの45°N以南の張出量                      -0.18851 40°N, 125°E                      -0.04427 5400mの40°N以南の張出量                      +0.50762 5280mの35°N以南の張出量                      +0.07942 40°N, 130°E                      +0.06143 輪島の850mb面の気温                      -0.02647 5280m, 120°E                      +113.34600</p>	<p>-0.31256 5280mの40°N以南の張出量                      -0.14499 40°N, 125°E                      +1.85800 5280mの35°N以南の張出量                      -0.04309 (40°N, 150°)-(50°N, 150°E)                      +0.04146 5280mの130°E 1日変化量                      +151.04100</p>
<p>10cm以上/未満 (N=1077)</p> <p>-0.10853 5280mの45°N以南の張出量                      -0.15659 40°N, 125°E                      +0.04314 40°N, 130°E                      +119.33000</p>	<p>40cm以上/未満 (N=1083)</p> <p>-0.25999 5280mの40°N以南の張出量                      -0.12127 40°N, 125°E                      -0.05804 (40°N, 150°)-(50°N, 150°E)                      +126.72100</p>
<p>20cm以上/未満 (N=1083)</p> <p>-0.10399 5280mの45°N以南の張出量                      -0.14248 40°N, 125°E                      -0.07902 輪島の850mb面の気温                      +0.82397 5280mの35°N以南の張出量                      -0.09579 5280mの40°N以南の張出量                      -0.02208 (40°N, 150°)-(50°N, 150°E)                      +149.21900</p>	<p>50cm以上/未満 (N=1077)</p> <p>-0.45614 5280mの40°N以南の張出量                      +0.46613 5400mの35°N以南の張出量                      -0.04968 (40°N, 150°)-(50°N, 150°E)                      +3.06387</p>

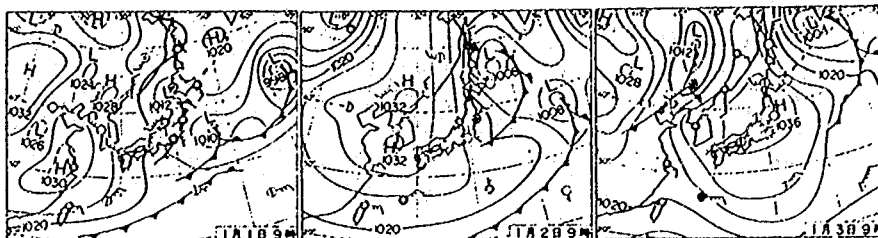
関山の降雪予測式

降雪の有無 (N=1154)	30cm以上/未満 (N=1165)
+0.16941 輪島の850mb面の気温 +0.18977 5400m, 140° E -0.04835 5400m, 120° E -0.04289 5280mの40° N以南の張出量 -4.15034	-0.35842 5280mの40° N以南の張出量 -0.10306 40° N, 125° E +0.36386 5400mの35° N以南の張出量 +0.07975 輪島の850mb面の気温 +108.15200
10cm以上/未満 (N=1077)	40cm以上/未満 (N=1165)
+0.11357 輪島の850mb面の気温 -0.17883 5280mの40° N以南の張出量 -0.05336 40° N, 125° E -0.05822 (40° N, 130°)-(40° N, 150° E) +0.17154 5520mの135° E 1日変化量 +0.21246 5400mの35° N以南の張出量 -0.04660 5400mの40° N以南の張出量 -0.03207 40° N, 135° E -0.01848 5280m, 120° E -0.06215 5520mの145° E 1日変化量 +91.17190	-0.33913 5280mの40° N以南の張出量 -0.11245 40° N, 12530° E +0.38619 5400mの35° N以南の張出量 +0.06513 輪島の850mb面の気温 +0.03012 5280m, 120° E +116.18400
20cm以上/未満 (N=1165)	50cm以上/未満 (N=1165)
+0.08442 輪島の850mb面の気温 -0.22092 5280mの40° N以南の張出量 -0.10908 (40° N, 130°)-(40° N, 140° E) +0.29004 5400mの35° N以南の張出量 -0.06888 40° N, 135° E -0.04529 5400mの40° N以南の張出量 +73.16020	-0.37940 5280mの40° N以南の張出量 +0.39516 5400mの35° N以南の張出量 +0.09993 輪島の850mb面の気温 +3.05637

資料-6 地上気圧値による天気パターン分類の例<sup>4)</sup>

分類 : 冬型 冬型 高気圧型

昭和57年1月  
1982年1月

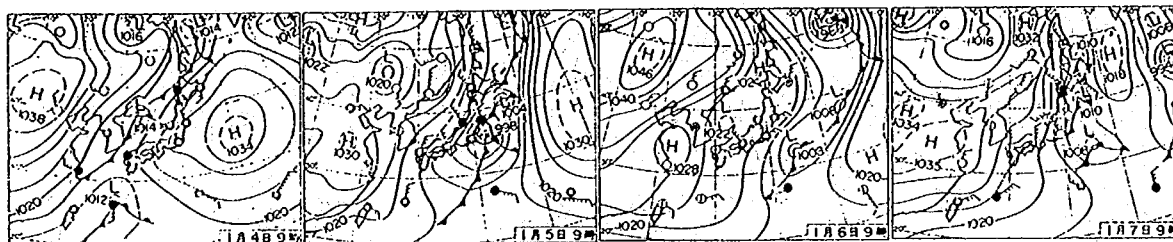


1日(金) 暖かな元旦  
谷通過で冷込み弱くmin+2~3°Cの所多い。東京はF通過で明方曇が増えたが幸うじて初日の出。弱い冬型に戻り太平洋側は晴天。元旦や晴てすずめのものたり 嵐暫

2日(土)熊野灘63人海中へ  
定員を20人オーバーの釣船横波受けて転覆1人死。釣ブームの中、同地は2ヶ月前にも釣客事故。H移動性だがクテ観候はしっかり。冬型分布で北陸降水30~40mm。

3日(日)移動H動き速し  
東日本のみ低気、その他はHの後面で日中暖か。北日本の昔午後には止む。大陸に現われた気圧の谷南北に深く、西日本は朝から☉、南西諸島未明より●で30~40mm

低気圧型 冬型 冬型 その他



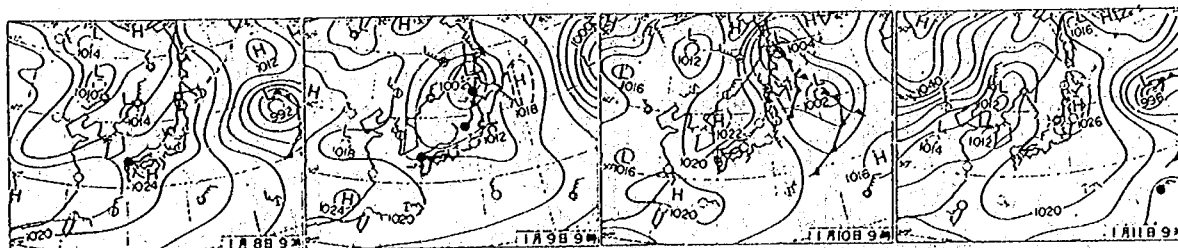
4日(月) 暖雨  
大型移動Hの後面を深い谷車進して5日にかけて全国的に暖かな●。南海上しに伴う●主力で大島72、名瀬178mm。フェーンで北陸高温、金沢17.5\*(+10.6)、東京18.5mm。

5日(火) 引きの冬型  
し東海上で発達(夜986mb)冬型に。熊野灘でまた釣客孤立、ヘリなどで救助。暖気残り全国的に暖か。東京月maxの16.8(+6.9)だが不安定で夜郊外で突、鼓の所も。

6日(水)ベーリング海遭難  
第28あけ17の丸、底引網巻上げ直伏に転覆、死不明32人。冬型早くもゆるみ北陸以北の曇も小康、東・北日本低気ながら穏かな「寒の入り」、宮崎市青島にイルカ160頭暴発。

7日(木) 東京初雪  
昼過ぎ平年より5日遅く風化程度の初雪。その後吹出し強まり1435最大暖間風速26.8m/s、S40年以來の最大記録。この朝園鉄日光線で架線の大量着霜によりパンク故障運休4本。

高気圧型 冬型 高気圧型 高気圧型



8日(金) 冷たい新学期  
全国的に寒い朝。東京min-0.4で今冬初の氷点下。夕刻北東流で突、水戸、千葉は初雪。冬型はすっかり崩れているが、日本海に寒気伴ない北陸以北は少量ながら曇模様の1日。

9日(土)野島崎沖で船没水  
0540頃、パナマ貨物船(11,400t)野島崎沖東1,700キロで流天のため船裂cold.Lの通過と吹出して分弁は冬型立。山口市で、武道クラブの学生2人寒中水泳で水死。

10日(日) 皆既月食  
0416皆既始め、太平洋側の各地晴天に恵まれminも大部分で平年上まわる。本州以北日本海側は曇~☉で明けたが、大陸H依然弱く午後には北陸あたりから次第に☉。

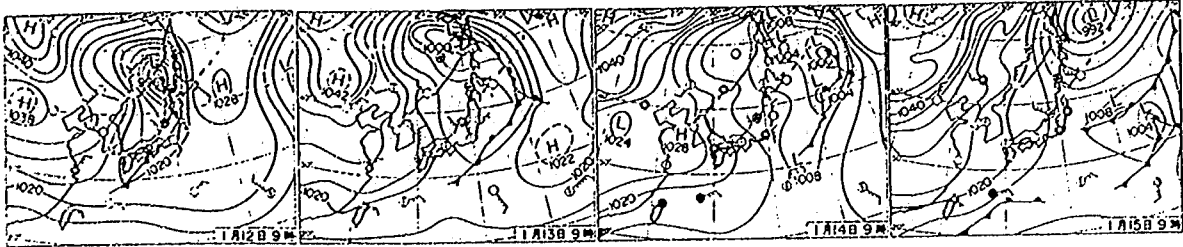
11日(月) 北東気流  
北日本の日本海側一部に残っていた曇り朝の中に止み、南北にのびる日に換われ列島☉上る。西日本は特に暖かでmax+3~8°C。関東のみ北東流で寒く、安房勝浦●10mm。

分類：冬型

冬型

冬型

冬型



12日(火) 大陸に一級寒気Fに浴●未明より降り始めて東進一部で○もあつたが、降水20mm前後、三島芦ノ浜などで40mmを越す。终日全体的に曇りだったが、アムール上流域の上空に-50°C近い寒気。

13日(水) 北日本雪本降り北日本今冬初の雪らしい雪で、都市部でも30cm前後の積雪となる。沿海州上空に-45°位の寒気中心があるが、上空の流れ東西流で、寒気はジワジワ南下というところ。

14日(木)米旅客機橋に激突0515(日本時)頃ワシントンで、翼の着氷が原因らしい。73人死。洋圧線の間隔はゆるやかだが、ナベ型型の寒気ゆっくり南下して09時圏内上空-44.5°の今冬min.

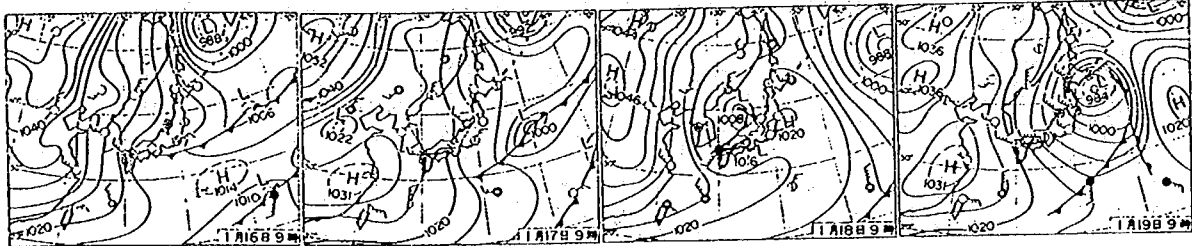
15日(金)セスナ機墜落1330頃晴天の比良山系に、3人乗。上空-30°級山陰まで南下。山陰から北海道まで雪。中心は北陸で30cm前後。恐らく○た奈良若草山々焼。千葉県海岸にアカツクシゴモ12羽。

冬型

高気圧型

冬型

冬型



16日(土) 関東でも雪上空-30°級、今冬始めて関東南部まで下る。Fもかなり北関東5~10cmの積雪も。因幡混乱、夜は奥多摩道通行止めも。都心も朝から夜まで曇りなどチラチラ、max4.0(-5.5)

17日(日) 寒気更に南下船野上空-38.1°の今冬min。大島三原山で30cmの雪。山陰でも短時間で50cmを越す雪の所。北海道は朝の中○たが小しの接近で再び雪。甲府平年より22日遅く初雪。寒土用

18日(月) 日本海L今月4度目。南海上にも弱いしあり南岸でも朝から●や雪の所。午後は東北の太平洋側を除いて全般に●や雪だが、降水は20~30mmの程度。東北線暴走でレール折れ混乱。

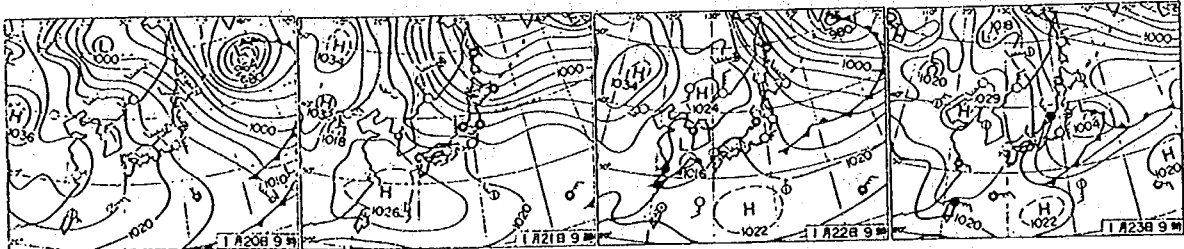
19日(火)名神スリップ事故雪の関ヶ原で50台追突11人重傷。小松空港では航空機のスリップ事故。輪島上空で-40.5°と寒気強く、東北南部~北陸50cm前後の雪。南国宮崎でも平年より3日早い初雪。

冬型

冬型

冬型

冬型



20日(水)「大寒」札幌上空-43.7°の寒気中心。全国的に寒くmax平年比-3°前後。八王子min-6.9°。一連の寒気攻勢は終りに近づいた。インド洋のプレート・ニコバル島でM6.5の地震。

21日(木)北日本冬型上空-30°級線軽薄氷まで後退。北日本も含めmax平年比+3°前後。但し、北日本の気圧配置は冬型で雪20cm前後の所も。関東以西の太平洋側は南の方から移動日に掩われ終日○。

22日(金)ヤンバルグイナ生きたま、保護。小さな二つ玉し。九州から紀伊半島まで雨域広がったが10mm前後。東京終日○れでmin2.9(+2.7)max12.8(+3.4)冬の鋒長く垂れ雨に酔へり。内羅吐天

23日(土)カモ飛来数増える多摩地区月半ばの調査で昨年比、村山貯水池2倍。澁川・奥多摩湖7倍、多摩川は1.6倍の5,500羽。朝から冬型気圧配置に戻り、降水は北陸中心に20mm前後。

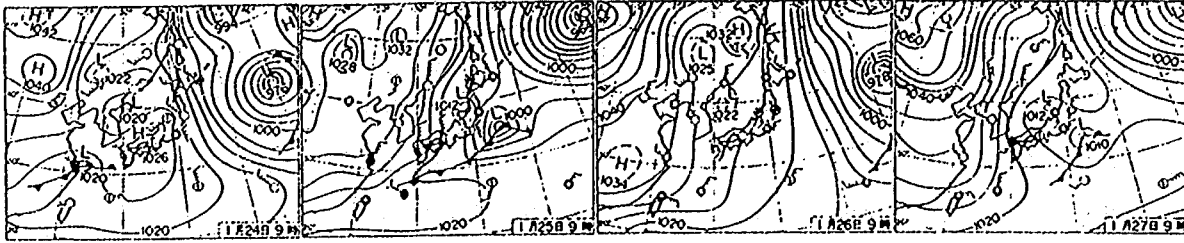


分類 : 冬型

冬型

低気圧型

冬型



24日(日)北海道のみ吹出し  
日本海西部と東シナ海のLを結ぶ谷東進。●城夜近畿の一部まで拡がったがシリすばみ。北海道はヒマワリ写真で終日吹出しの筋雲だが雪は少量。門司山中にアマ小型機墜落。

25日(月) 網走に流氷  
平年より10日遅く流氷初日。日本海の小し東に出たあと一時的に冬型強まり、東京も瞬間風速20m/sを越す。長野県など20cm前後の雪も降ったが夕刻には日本海側で①の所も。

26日(火) 北海道冷込一番  
旭川-23.1(-9.0)母子里-33.6°。東京朝は2.5(+2.1)だったが、日中北東流で①りmax7.9(-1.6)で6日ぶり平年下。ゆるんではいるが冬型で、北日本は終日吹出し雲かいる。

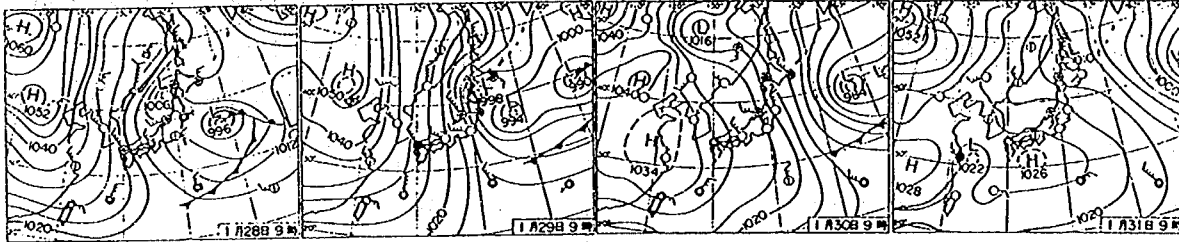
27日(水) 寒気南下  
日本海Lゆっくり東進、そのあとに寒気先ず西日本へ。北陸～山陰の降水20～30mmの所。北海道あたりは①たり雪が降ったりのせわしない変化。北見枝幸、流氷初日。

冬型

冬型

冬型

冬型



28日(木)北見枝幸流氷接岸  
北海道の西に少し残ってはいるが大勢は冬型。夜日本海上空に-45°の寒気中心。輪島-41.9°で今冬min。東京も夜突然の雪、街頭の探照燈をまとい、いっ時ネオンに映える。

29日(金) 東京雪2cm  
今冬初積雪。朝方郊外ではバス混乱道路閉鎖もありここで、強い冬型配置で北陸は昨日50cm前後、今日は東北も含め30cm前後の雪。東京夜風速の外寒く五日の月利輝の如し。

30日(土) 東京-1.0℃  
今冬一番。種子ヶ島で平年より5日遅く初霜。典型的冬型だが、寒気は弱まり始めている。北陸以北の降水も多い所で20mm前後といったところ。max長野-4.1(-7.2)広島0.4

31日(日) 弱い谷  
北日本は弱いながら北西風の場合らずおひね冬型分布で、北海道では20cm前後の雪。南岸を少し通過して夜東海まで●、関東は降らず。全国的に低温だがmax前日比+3～4。

資料-7 庄内地区5地点の降雪長期予測式

湯殿山の降雪予測式

降雪の有無 (N=1121)	30cm以上/未満 (N=1159)
+0.31836 5400m, 140° E +0.26395 輪島の850mb面の気温 +0.17436 5400mの35° N以南の張出量 -0.07706 30° N, 120° E +0.11617 40° N, 140° E +0.10019 5520mの35° N以南の張出量 -0.06640 5400mの45° N以南の張出量 -0.10241 5400m, 120° E +0.08462 5280m, 125° E -0.06612 5280m, 130° E -0.05588 40° N, 145° E +11.12890	+0.12090 輪島の850mb面の気温 +0.16250 40° N, 140° E -0.09177 40° N, 125° E +0.16400 秋田の850mb面の気温 -0.06813 30° N, 130° E +0.08825 5280m, 125° E -0.06974 5520mの35° N以南の張出量 -0.23280 5520m, 140° E -0.08422 5540mの130° E 1日変化量 -0.05587 5400m, 120° E -0.03577 120° Eの5280mと5520mの 緯度の差 +8.46484
10cm以上/未満 (N=1159)	50cm以上/未満 (N=1171)
+0.31349 輪島の850mb面の気温 +0.18045 40° N, 140° E -0.10115 40° N, 125° E +0.17180 秋田の850mb面の気温 -0.07990 5400mの130° E 1日変化量 -0.04601 30° N, 130° E -0.03935 120° Eの5280mと5520mの 緯度の差 -30.97270 5280m, 125° E	+0.31917 秋田の850mb面の気温 +0.17292 40° N, 140° E -0.07485 30° N, 150° E -0.09638 5520mの35° N以南の張出量 -0.29417 5520m, 140° E -0.05260 40° N, 125° E +0.04052 120° Eの5280mと5520mの 緯度の差 -31.48050

大網の降雪予測式

降雪の有無 (N=1121)	10cm以上/未満 (N=1120)
+0.32070 輪島の850mb面の気温	-0.06882 5280mの45°N以南の張出量
-0.05485 5280mの45°N以南の張出量	-0.08252 40°N, 130°E
+0.25538 5280mの40°N以南の張出量	-0.09306 5400mの40°N以南の張出量
-0.12166 5400mの40°N以南の張出量	-0.06440 30°N, 120°E
-0.09595 40°N, 125°E	+0.10253 輪島の850mb面の気温
+0.04412 40°N, 145°E	-0.04145 120°Eの5280mと5400mの 緯度の差
-0.05294 30°N, 150°E	+0.07193 5520mの35°N以南の張出量
+0.14305 秋田の850mb面の気温	-0.09097 150°Eの5400mと5520mの 緯度の差
+0.10661 40°N, 140°E	
-0.07385 40°N, 130°E	
+78.92970	+154.19100
30cm以上/未満 (N=1120)	
-0.09799 5280mの45°N以南の張出量	-0.05048 30°N, 120°E
-0.07616 30°N, 130°E	+0.03163 5540mの130°E 1日変化量
+132.13700	

鶴岡の降雪予測式

降雪の有無 (N=1122)	10cm以上/未満 (N=1120)
+0.19062 輪島の850mb面の気温	-0.10436 5280mの45°N以南の張出量
-0.14814 5400mの40°N以南の張出量	-0.07962 40°N, 150°E
-0.07620 40°N, 125°E	-0.04885 5280mの130°E 1日変化量
+0.06963 140°Eの5280mと5520mの 緯度の差	-0.04855 5280m, 160°E
+0.20932 5400mの35°N以南の張出量	-0.04937 40°N, 125°E
-0.09436 5400m, 150°E	+0.11463 秋田の850mb面の気温
+0.12161 秋田の850mb面の気温	+0.06868 40°N, 135°E
+0.09936 40°N, 135°E	-0.02586 5280m, 125°E
-0.11035 40°N, 130°E	+68.73050
+97.03120	

狩川の降雪予測式

降雪の有無 (N=1096)	10cm以上/未満 (N=1096)
-0.08557 5280mbの45°N以南の張出量	-0.11631 5400mbの45°N以南の張出量
+0.14986 輪島の850mb面の気温	-0.06149 40°N, 150°E
+0.12238 5400m, 135°E	+0.30721 5400mbの35°N以南の張出量
-0.07928 40°N, 125°E	-0.16457 5280mbの40°N以南の張出量
+0.11785 5280mbの40°N以南の張出量	-0.04926 120°Eの5280mと5400mの 緯度の差
-0.03617 5400mbの40°N以南の張出量	-0.19947 5520m, 150°E
-0.02167 5280m, 120°E	+0.09617 秋田の850mb面の気温
+80.43160	+73.33690

酒田の降雪予測式

降雪の有無 (N=1092)	10cm以上/未満 (N=1094)
-0.07055 5280mbの45°N以南の張出量	-0.04171 5280mbの45°N以南の張出量
+0.21897 輪島の850mb面の気温	-0.06516 40°N, 150°E
-0.04693 40°N, 125°E	-0.06817 30°N, 120°E
-0.02295 5280m, 120°E	+0.22183 5400mbの35°N以南の張出量
+0.09412 40°N, 135°E	-0.06840 5400mbの40°N以南の張出量
-0.08344 40°N, 145°E	-0.04153 5280mbの120°E 1日変化量
-0.09076 40°N, 130°E	+138.10200
+0.03925 140°Eの5280mbと5520mbの 緯度の差	
-0.03230 5280mbの135°E 1日変化量	
+0.06038 40°N, 140°E	
+72.11910	

資料-8 内部検証分割表(湯殿山、酒田：降雪長期予測)

湯殿山

予測 実測	降雪あり	降雪なし	合 計	予測 実測	10cm以上	10cm未満	合 計
降雪あり	752	79	831	10cm以上	618	57	675
降雪なし	56	234	290	10cm未満	101	383	484
合 計	808	313	1121	合 計	719	440	1159
適 中 率	88.0%			適 中 率	86.4%		
予測 実測	30cm以上	30cm未満	合 計	予測 実測	50cm以上	50cm未満	合 計
30cm以上	257	48	305	50cm以上	68	10	78
30cm未満	184	670	854	50cm未満	250	843	1093
合 計	441	718	1159	合 計	318	853	1171
適 中 率	80.0%			適 中 率	77.8%		

酒田

予測 実測	降雪あり	降雪なし	合 計	予測 実測	10cm以上	10cm未満	合 計
降雪あり	315	61	376	10cm以上	43	12	55
降雪なし	158	558	716	10cm未満	290	749	1039
合 計	473	618	1092	合 計	333	761	1094
適 中 率	79.9%			適 中 率	72.4%		

資料-9 内部検証分割表(高田、湯殿山、酒田:降雪長期予測+臨界値)

高田

予測 実測	降雪あり	降雪なし	合 計	予測 実測	10cm以上	10cm未満	合 計
降雪あり	472	48	520	10cm以上	150	25	175
降雪なし	41	268	309	10cm未満	68	582	650
合 計	513	316	829	合 計	218	607	825
適 中 率	81.6%			適 中 率	87.6%		
予測 実測	30cm以上	30cm未満	合 計	予測 実測	50cm以上	50cm未満	合 計
30cm以上	35	13	48	50cm以上	12	5	17
30cm未満	66	722	788	50cm未満	24	795	819
合 計	101	735	836	合 計	36	800	836
適 中 率	90.9%			適 中 率	95.7%		

湯殿山

予測 実測	降雪あり	降雪なし	合 計	予測 実測	10cm以上	10cm未満	合 計
降雪あり	752	79	831	10cm以上	618	57	675
降雪なし	56	234	290	10cm未満	96	388	484
合 計	808	313	1121	合 計	714	445	1159
適 中 率	88.0%			適 中 率	88.0%		
予測 実測	30cm以上	30cm未満	合 計	予測 実測	50cm以上	50cm未満	合 計
30cm以上	257	48	305	50cm以上	68	10	78
30cm未満	166	688	854	50cm未満	167	926	1093
合 計	423	736	1159	合 計	235	936	1171
適 中 率	81.5%			適 中 率	84.9%		

酒田

予測 実測	降雪あり	降雪なし	合 計	予測 実測	10cm以上	10cm未満	合 計
降雪あり	315	61	376	10cm以上	43	12	55
降雪なし	132	584	716	10cm未満	177	862	1039
合 計	447	645	1092	合 計	220	874	1094
適 中 率	82.3%			適 中 率	82.7%		

資料-10 外部検証分割表（高田：降雪長期予測+臨界値）

1日目予測

予測 実測	降雪あり	降雪なし	合 計	予測 実測	10cm以上	10cm未満	合 計
降雪あり	32	5	37	10cm以上	9	1	10
降雪なし	21	73	94	10cm未満	13	108	121
合 計	53	78	131	合 計	22	109	131
適 中 率	80.2%			適 中 率	89.3%		
予測 実測	20cm以上	20cm未満	合 計	予測 実測	30cm以上	30cm未満	合 計
20cm以上	5	0	5	30cm以上	3	0	3
20cm未満	9	117	126	30cm未満	7	121	128
合 計	14	117	131	合 計	10	121	131
適 中 率	93.1%			適 中 率	94.7%		
予測 実測	40cm以上	40cm未満	合 計	予測 実測	50cm以上	50cm未満	合 計
40cm以上	3	0	60	50cm以上	2	0	2
40cm未満	5	123	128	50cm未満	5	124	129
合 計	8	123	131	合 計	7	124	131
適 中 率	96.2%			適 中 率	96.2%		

1 週間予測（高田：降雪有無）

2 日目

3 日目

予測 実測	2 日目			予測 実測	3 日目		
	降雪あり	降雪なし	合 計		降雪あり	降雪なし	合 計
降雪あり	28	4	32	降雪あり	26	1	27
降雪なし	27	69	96	降雪なし	21	76	97
合 計	55	73	128	合 計	47	77	124
適 中 率	75.8%			適 中 率	82.3%		

4 日目

5 日目

予測 実測	4 日目			予測 実測	5 日目		
	降雪あり	降雪なし	合 計		降雪あり	降雪なし	合 計
降雪あり	11	2	13	降雪あり	10	3	13
降雪なし	6	27	33	降雪なし	9	23	32
合 計	17	29	46	合 計	19	26	45
適 中 率	82.6%			適 中 率	73.3%		

6 日目

7 日目

予測 実測	6 日目			予測 実測	7 日目		
	降雪あり	降雪なし	合 計		降雪あり	降雪なし	合 計
降雪あり	8	3	11	降雪あり	6	3	9
降雪なし	8	26	34	降雪なし	5	27	32
合 計	16	29	45	合 計	11	30	41
適 中 率	75.6%			適 中 率	80.5%		



資料-11 庄内地区5地点の降雪中期予測式

湯殿山の降雪予測式

降雪の有無 (N= 793)	20cm以上/未満 (N= 809)
<p>-0.27588 40° N, 130° Eの地上気圧 - 40° N, 140° Eの地上気圧</p> <p>+0.20392 輪島850mb面の気温</p> <p>-0.06814 5400mの45° N以南の張出量</p> <p>+0.11585 5280mの40° N以南の張出量</p> <p>+0.02573 120° Eの5280mと5520mの 緯度の差</p> <p>-0.08078 5520m, 120° E</p> <p>+0.03957 130° Eの5280mと5520mの 緯度の差</p> <p>+6.54930</p>	<p>+0.07100 5400m, 130° E</p> <p>+0.13137 秋田850mb面の気温</p> <p>+0.16166 40° N, 140° Eの地上気圧</p> <p>-0.12407 40° N, 125° Eの地上気圧</p> <p>+0.03251 120° Eの5280mと5400mの 緯度の差</p> <p>-38.59380</p>
10cm以上/未満 (N= 896)	30cm以上/未満 (N= 809)
<p>-0.08554 40° N, 130° Eの地上気圧 - 40° N, 140° Eの地上気圧</p> <p>-0.02427 5400mの45° N以南の張出量</p> <p>-0.06907 30° N, 130° Eの地上気圧</p> <p>+0.02988 5280m, 135° E</p> <p>+0.15411 秋田850mb面の気温</p> <p>+0.15172 40° N, 140° Eの地上気圧</p> <p>-0.09283 40° N, 125° Eの地上気圧</p> <p>+13.07030</p>	<p>-0.05566 5400mの40° N以南の張出量</p> <p>+0.16400 40° N, 140° Eの地上気圧</p> <p>-0.13817 40° N, 125° Eの地上気圧</p> <p>+0.07686 40° N, 130° Eの地上気圧 - 40° N, 140° Eの地上気圧</p> <p>-23.98240</p>

大網の降雪予測式

降雪の有無 (N=1147)	20cm以上/未満 (N=1147)
+0.26328 輪島850mb面の気温	-0.06917 5280mの45' N以南の張出量
+0.09866 40' N, 145' Eの地上気圧	-0.27373 150' Eの5400mと5520mの緯度の差
-0.05957 5280mの45' N以南の張出量	-0.13028 5520m, 160' E
+0.20627 5280mの40' N以南の張出量	-0.04965 5400mの40' N以南の張出量
-0.10028 40' N, 125' Eの地上気圧	+0.11174 140' Eの5400mと5520mの緯度の差
-0.10664 5400mの40' N以南の張出量	+8.34650
+0.08524 5400m, 145' E	
+0.04357 40' N, 140' Eの地上気圧 - 40' N, 150' Eの地上気圧	
-0.03866 5400m, 120' E	
+0.04902 5520mの35' N以南の張出量	
+3.81641	
10cm以上/未満 (N=1147)	
-0.03327 5280mの45' N以南の張出量	-0.04282 130' Eの5280mと5400mの緯度の差
-0.08218 40' N, 125' Eの地上気圧	-0.09515 150' Eの5400mと5520mの緯度の差
-0.09537 5400mの40' N以南の張出量	+83.83790
+0.06881 5280m, 135' E	
+0.06182 5520mの35' N以南の張出量	

酒田の降雪予測式

降雪の有無 (N=1130)	10cm以上/未満 (N=1132)
-0.06648 5280mの40' N以南の張出量	-0.09071 5280mの40' N以南の張出量
+0.14293 輪島850mb面の気温	-0.06945 40' N, 150' Eの地上気圧
+0.13605 40' N, 135' Eの地上気圧	-0.05721 120' Eの5280mと54010mの緯度の差
-0.05221 40' N, 145' Eの地上気圧	+73.16020
-0.12489 40' N, 130' Eの地上気圧	
-0.02515 5280m, 120' E	
+0.06693 5400m, 140' E	
+43.19730	

鶴岡の降雪予測式

降雪の有無 (N=1151)	10cm以上/未満 (N=1142)
+0.25925 輪島850mb面の気温	-0.14360 5400mの40°N以南の張出量
-0.14535 5400mの40°N以南の張出量	+0.10842 5520mの35°N以南の張出量
-0.12297 40°N, 125°Eの地上気圧	-0.06809 40°N, 150°Eの地上気圧
+0.06796 40°N, 135°Eの地上気圧	+0.11218 5520m, 125°E
+0.17746 5400mの35°N以南の張出量	-0.17854 5280mの40°N以南の張出量
+0.03598 150°Eの5280mと5400mの緯度の差	+0.26139 5400mの35°N以南の張出量
+0.02924 5520mの40°N以南の張出量	-0.03308 5280mの130°E 1日変化量
-0.06094 160°Eの5400mと5520mの緯度の差	-0.02389 5280m, 160°E
+0.02174 5280m, 130°E	+68.44630
+58.61720	

狩川の降雪予測式

降雪の有無 (N=1118)	10cm以上/未満 (N=1129)
-0.05905 5280mの45°N以南の張出量	-0.06878 5280mの45°N以南の張出量
+0.15643 輪島850mb面の気温	-0.07174 40°N, 150°Eの地上気圧
+0.05669 40°N, 140°Eの地上気圧 -	-0.06597 5400mの40°N以南の張出量
40°N, 150°Eの地上気圧	-0.04374 120°Eの5280mと54010mの緯度の差
+0.06882 5400m, 140°E	-0.10717 5520m, 150°E
-0.06221 40°N, 125°Eの地上気圧	
-0.05977 5400mの40°N以南の張出量	
+0.10169 5280mの40°N以南の張出量	
-0.06123 5520mの120°E 1日変化量	
+63.64060	

資料-12 内部検証分割表（湯殿山、酒田：降雪中期予測）

湯殿山（中期予測式）

実測 \ 予測	降雪あり		合 計	実測 \ 予測	10cm以上		合 計
	降雪あり	降雪なし			10cm以上	10cm未満	
降雪あり	453	79	532	10cm以上	290	48	338
降雪なし	46	215	261	10cm未満	103	365	468
合 計	499	294	793	合 計	393	413	806
適 中 率	84.2%			適 中 率	81.3%		
実測 \ 予測	20cm以上		合 計	実測 \ 予測	30cm以上		合 計
	20cm以上	20cm未満			30cm以上	30cm未満	
20cm以上	157	27	184	30cm以上	50	14	64
20cm未満	150	475	625	30cm未満	188	557	745
合 計	307	502	809	合 計	238	571	809
適 中 率	78.1%			適 中 率	75.0%		

酒田（中期予測式）

実測 \ 予測	降雪あり		合 計	実測 \ 予測	10cm以上		合 計
	降雪あり	降雪なし			10cm以上	10cm未満	
降雪あり	261	55	316	10cm以上	37	9	46
降雪なし	192	622	814	10cm未満	285	801	1086
合 計	453	677	1130	合 計	322	810	1132
適 中 率	78.1%			適 中 率	74.0%		

湯殿山（中期予測式＋臨界値）

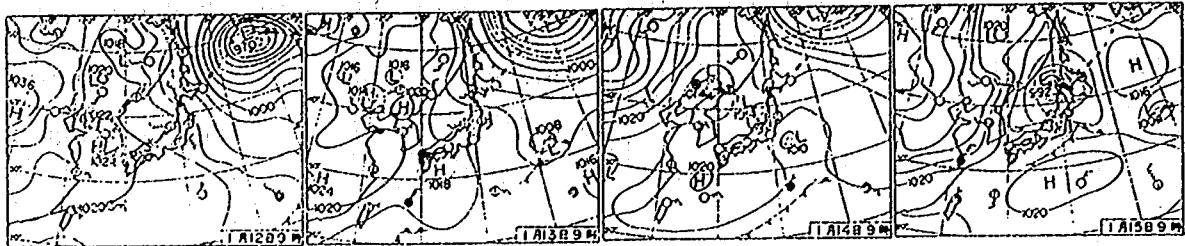
予測 実測	降雪あり	降雪なし	合 計	予測 実測	10cm以上	10cm未満	合 計
降雪あり	453	79	532	10cm以上	290	48	338
降雪なし	45	216	261	10cm未満	100	368	468
合 計	498	295	793	合 計	390	416	806
適 中 率	84.4%			適 中 率	81.6%		
予測 実測	20cm以上	20cm未満	合 計	予測 実測	30cm以上	30cm未満	合 計
20cm以上	157	27	184	30cm以上	50	14	64
20cm未満	144	481	625	30cm未満	166	579	745
合 計	301	508	809	合 計	216	593	809
適 中 率	78.9%			適 中 率	77.8%		

酒田（中期予測式＋臨界値）

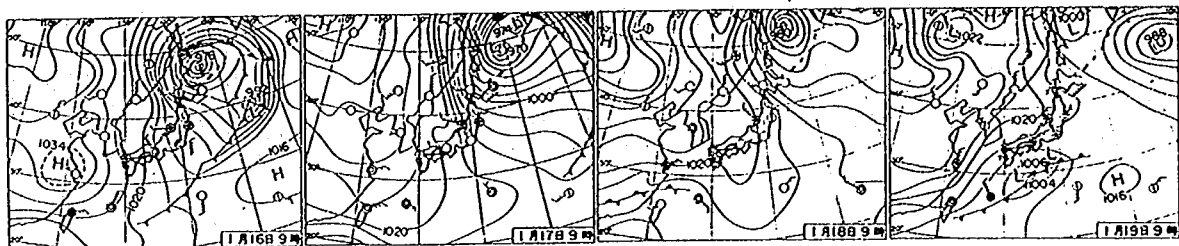
予測 実測	降雪あり	降雪なし	合 計	予測 実測	10cm以上	10cm未満	合 計
降雪あり	261	55	316	10cm以上	37	9	46
降雪なし	166	648	814	10cm未満	168	918	1086
合 計	473	618	1130	合 計	205	927	1132
適 中 率	80.4%			適 中 率	84.3%		

資料-13 ひとゆき期間の天気図の変化例<sup>4)</sup>

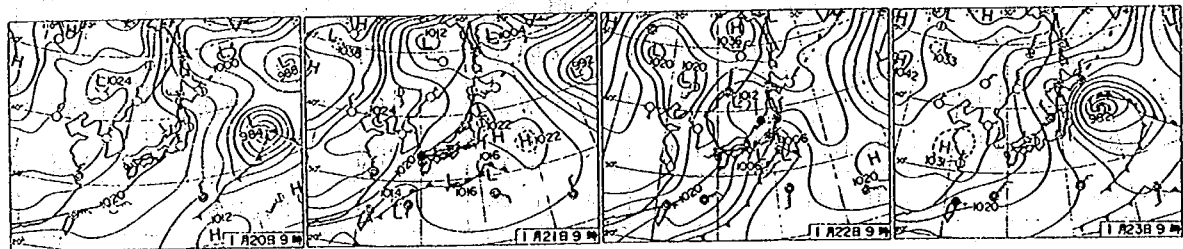
昭和59年 1月



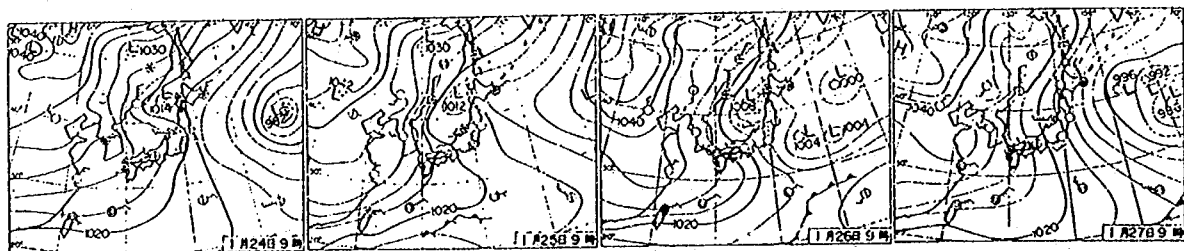
12日(木) 雄武流氷初日    13日(金) 冬型くずれる    14日(土) 紋別流氷初日    15日(日) 日本海L  
降雪深 : 26 cm



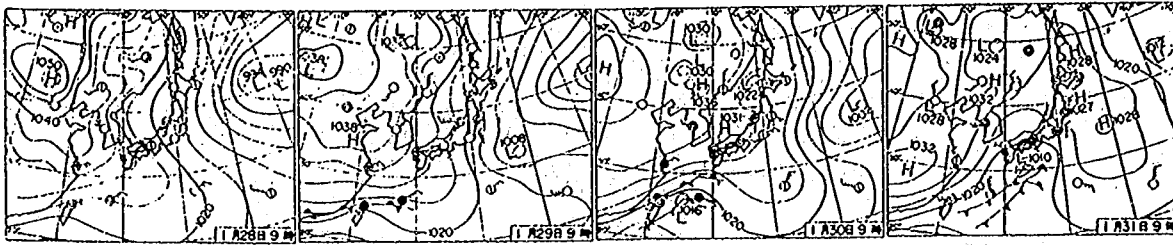
16日(月) 一転して寒風    17日(火) 日本海側大雪    18日(水) 三池有明鉱火災    19日(木) 東京, 雪22cm  
27 cm                      17 cm                      16 cm                      9 cm



20日(金) 雪後遺症    21日(土) ひまわり I に交代    22日(日) 網走流氷初日    23日(月) 「ゆり2号 a」  
16 cm                      0 cm                      5 cm                      13 cm

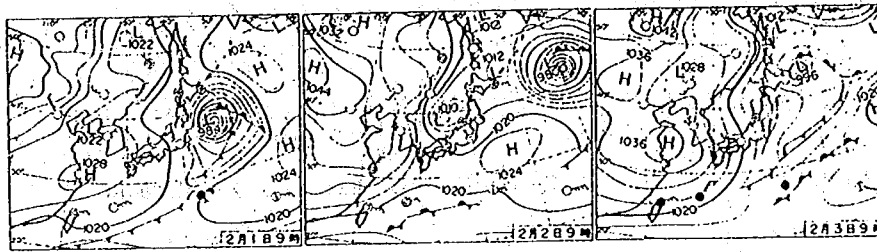


24日(火) 北見枝幸流氷初日    25日(水) 網走流氷接岸    26日(木) 北陸大雪    27日(金) 大雪続く  
53 cm                      96 cm                      25 cm                      34 cm

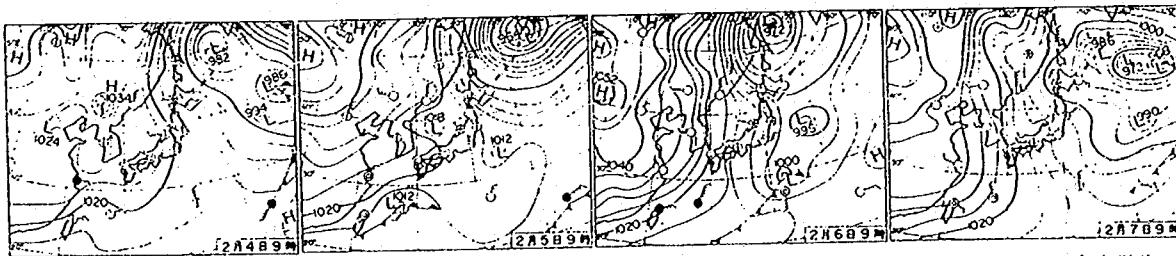


28日(土)新潟豪雪対策本部 29日(日) 富士山-31.3℃ 30日(月) 奥多摩で遭難 31日(火) 台湾して大雪  
 降雪深: 35cm 16cm 1cm 26cm

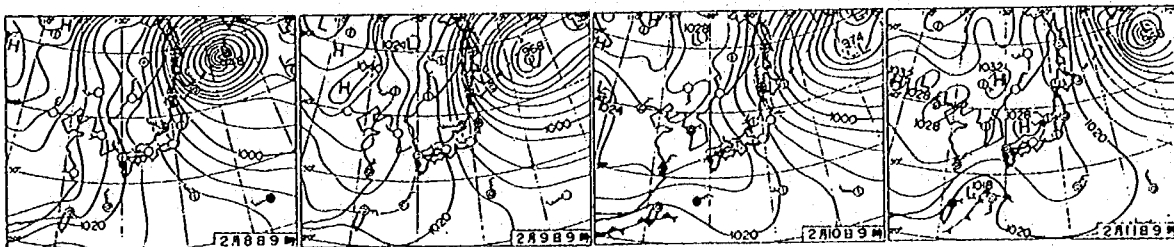
昭和59年2月



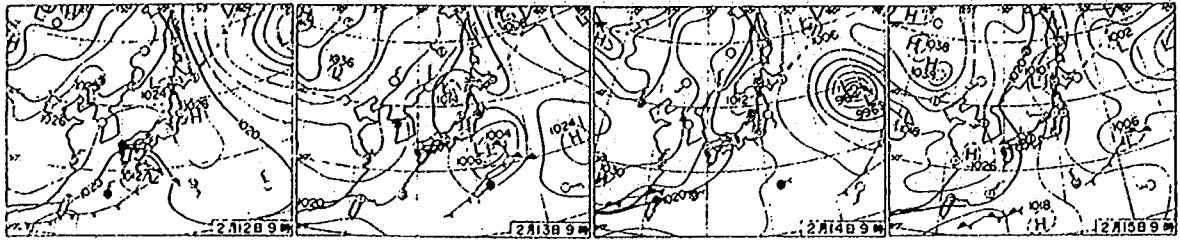
1日(木) 貨物船沈没 2日(木) 暖か旧元旦 3日(金) 雪崩保養所を襲う  
 0cm 17cm 21cm



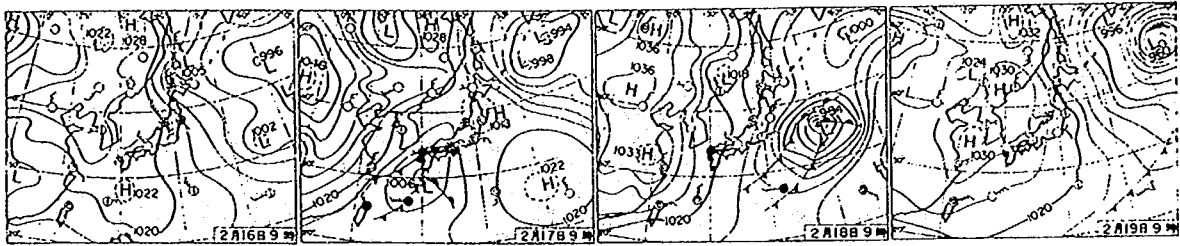
4日(土) 三宅島雪5cm 5日(日) 春遠い「立春」 6日(月) 冬型本格化 7日(火) 命綱なし宇宙散歩  
 37cm 54cm 43cm 4cm



8日(水) 冬季五輪開幕 9日(木) 雪崩旅館5軒襲う 10日(金) 舞鶴積雪83cm 11日(土) スキー場大混乱  
 46cm 9cm 7cm 5cm



12日(日) ボタン雪 降雪深: 1cm  
 13日(月) 首都圏雪化粧 5cm  
 14日(火) 東京震度Ⅲ 65cm  
 15日(水) 九州に黄砂 21cm



16日(木) 寒さ続く 9cm  
 17日(金) 首都圏大雪5度目 28cm  
 18日(土) 東京積雪20cm 15cm  
 19日(日) 厳寒の「雨水」



資料-14 ひとゆき期間の抽出結果

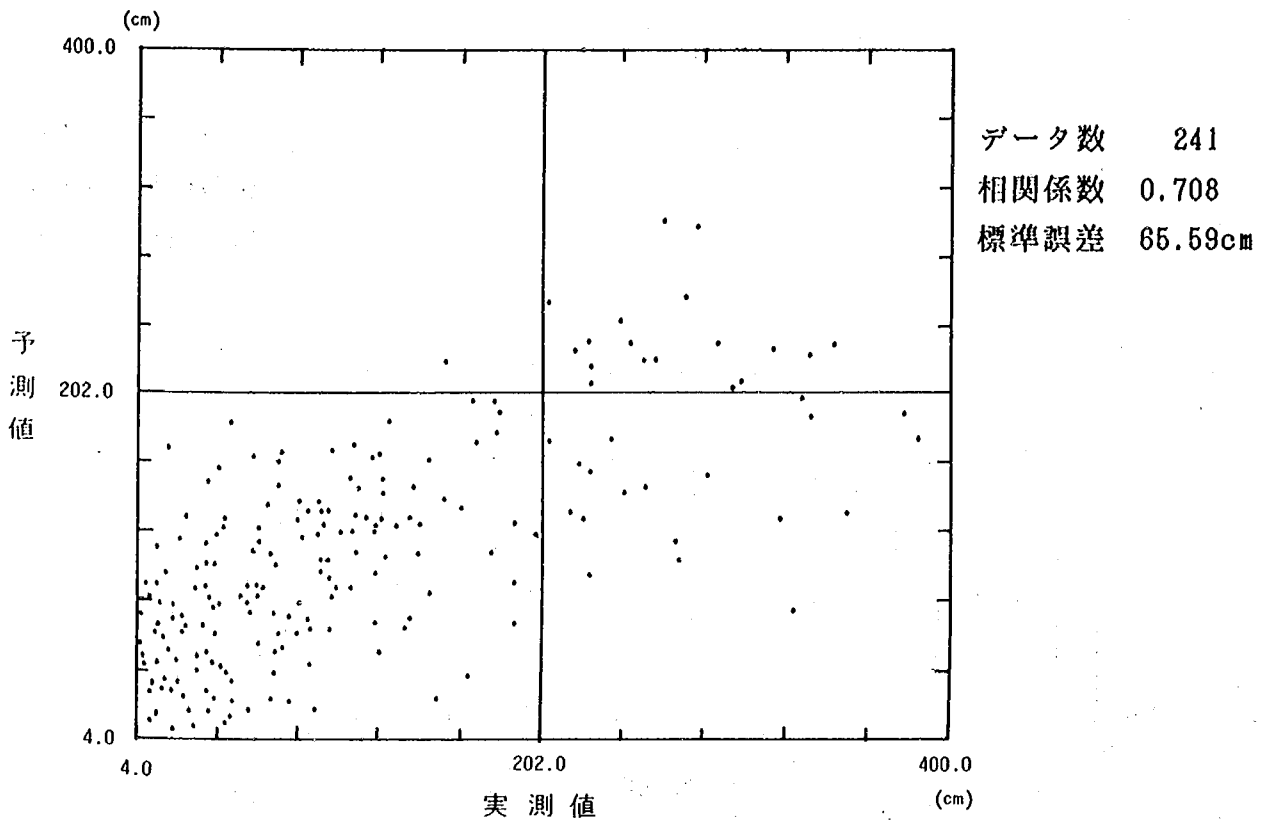
高 田

NO.	累積 降雪深	日最大 降雪深	継続 日数	降雪期間
( 1 )	98cm	61cm	3	(510109-510111)
( 2 )	297cm	130cm	6	(510118-510123)
( 3 )	37cm	22cm	2	(510129-510130)
( 4 )	90cm	30cm	6	(510319-510323)
( 5 )	268cm	75cm	12	(511226-520106)
( 6 )	103cm	51cm	5	(520110-520114)
( 7 )	116cm	40cm	6	(520116-520121)
( 8 )	325cm	71cm	14	(520126-520208)
( 9 )	98cm	28cm	5	(520214-520218)
(10)	62cm	31cm	3	(520303-520305)
(11)	51cm	23cm	6	(530101-530106)
(12)	38cm	10cm	7	(530119-530125)
(13)	244cm	81cm	8	(530129-530205)
(14)	189cm	29cm	13	(530213-530225)
(15)	76cm	40cm	4	(530311-530314)
(16)	52cm	27cm	2	(531219-531220)
(17)	68cm	26cm	6	(540111-540116)
(18)	43cm	20cm	3	(540228-540302)
(19)	38cm	22cm	2	(550107-550108)
(20)	135cm	58cm	5	(550114-550118)
(21)	104cm	49cm	6	(550120-550125)
(22)	384cm	42cm	18	(550131-550217)
(23)	56cm	23cm	3	(551219-551221)
(24)	123cm	70cm	5	(551226-551230)
(25)	112cm	36cm	5	(560102-560106)
(26)	410cm	61cm	13	(560110-560122)
(27)	94cm	31cm	5	(560125-560129)
(28)	31cm	22cm	2	(560203-560204)
(29)	67cm	28cm	3	(560225-560227)
(30)	52cm	52cm	1	(560306-560306)
(31)	73cm	37cm	5	(570114-570118)
(32)	149cm	57cm	9	(570127-570204)
(33)	55cm	26cm	3	(570208-570210)
(34)	38cm	23cm	2	(570213-570214)
(35)	36cm	36cm	1	(571218-571218)
(36)	80cm	39cm	6	(580108-580113)
(37)	100cm	44cm	4	(580119-580122)
(38)	225cm	55cm	8	(580207-580214)
(39)	40cm	15cm	3	(580219-580221)
(40)	146cm	53cm	6	(581214-581219)
(41)	76cm	47cm	4	(581225-581228)
(42)	95cm	40cm	4	(590104-590107)
(43)	50cm	23cm	3	(590110-590112)
(44)	111cm	27cm	6	(590115-590120)
(45)	277cm	96cm	8	(590122-590129)
(46)	243cm	54cm	10	(590202-590211)
(47)	143cm	65cm	6	(590213-590218)
(48)	92cm	66cm	3	(590227-590229)
(49)	126cm	52cm	4	(590305-590308)

新 井

NO.	累積 降雪深	日最大 降雪深	継続 日数	降雪期間
( 1 )	33cm	23cm	2	(501226-501227)
( 2 )	112cm	44cm	7	(510106-510112)
( 3 )	43cm	35cm	2	(510114-510115)
( 4 )	417cm	96cm	6	(510118-510123)
( 5 )	70cm	30cm	3	(510125-510127)
( 6 )	45cm	30cm	2	(510129-510130)
( 7 )	102cm	45cm	5	(510319-510323)
( 8 )	169cm	76cm	6	(511226-511231)
( 9 )	219cm	83cm	6	(520201-520206)
(10)	62cm	23cm	4	(520214-520217)
(11)	35cm	26cm	2	(520221-520222)
(12)	70cm	39cm	3	(520303-520305)
(13)	33cm	18cm	3	(521225-521227)
(14)	51cm	22cm	4	(530101-530104)
(15)	41cm	15cm	6	(530119-530124)
(16)	248cm	81cm	7	(530130-530205)
(17)	246cm	40cm	13	(530213-530225)
(18)	56cm	20cm	4	(530311-530314)
(19)	66cm	35cm	2	(531219-531220)
(20)	72cm	44cm	5	(540111-540115)
(21)	53cm	23cm	5	(540228-540304)
(22)	31cm	25cm	2	(550107-550108)
(23)	76cm	40cm	2	(550110-550111)
(24)	106cm	45cm	4	(550114-550117)
(25)	190cm	85cm	7	(550119-550125)
(26)	374cm	60cm	13	(550205-550217)
(27)	44cm	20cm	4	(551218-551221)
(28)	94cm	45cm	4	(551226-551229)
(29)	152cm	52cm	5	(560103-560107)
(30)	455cm	90cm	13	(560110-560122)
(31)	112cm	33cm	6	(560124-560129)
(32)	38cm	15cm	4	(560201-560204)
(33)	41cm	14cm	5	(560207-560211)
(34)	99cm	45cm	4	(560224-560227)
(35)	32cm	32cm	1	(560306-560306)
(36)	41cm	33cm	2	(561214-561215)
(37)	64cm	18cm	5	(570115-570119)
(38)	95cm	26cm	7	(570127-570202)
(39)	129cm	39cm	7	(570203-570209)
(40)	60cm	47cm	2	(570213-570214)
(41)	154cm	43cm	8	(580109-580116)
(42)	133cm	48cm	7	(580120-580123)
(43)	209cm	53cm	7	(580207-580213)
(44)	41cm	20cm	3	(580219-580221)
(45)	39cm	15cm	3	(580224-580226)
(46)	144cm	52cm	7	(581215-581221)
(47)	115cm	37cm	6	(581224-581229)
(48)	86cm	29cm	4	(590106-590108)
(49)	70cm	30cm	3	(590111-590113)
(50)	127cm	43cm	5	(590116-590120)
(51)	257cm	66cm	8	(590123-590130)
(52)	263cm	58cm	9	(590203-590211)
(53)	156cm	65cm	6	(590214-590219)
(54)	103cm	63cm	3	(590228-590301)
(55)	52cm	20cm	4	(590306-590309)
(56)	35cm	20cm	2	(590312-590313)
(57)	30cm	15cm	3	(590321-590323)

資料-15 累積降雪深、継続日数の重回帰式

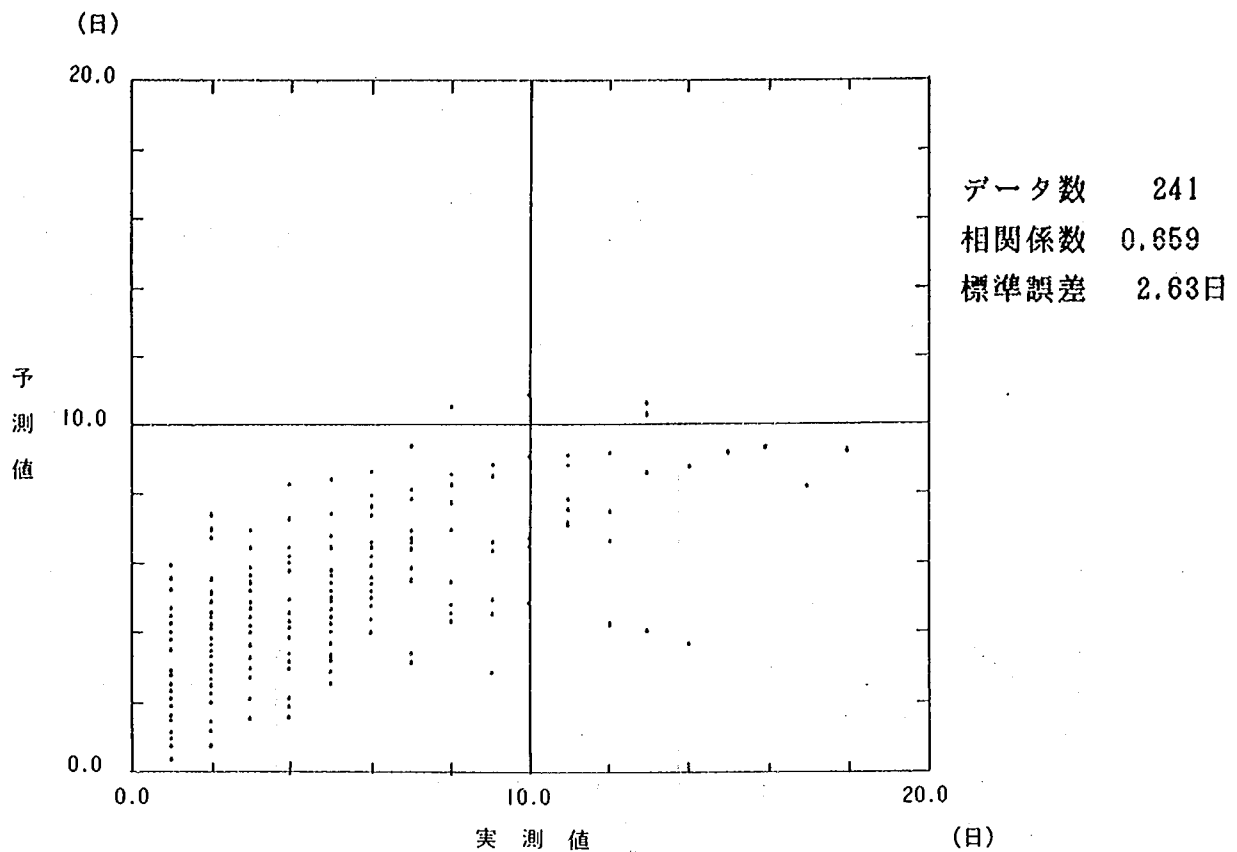


\*\*\*\*\*予測式\*\*\*\*\*

- +4.40751 30° N, 120° E 5日後
- +10.00420 5400mの40° N以南の張出量3日後
- +19.42100 5400mの140° E1日後
- +2.74969 5400mの40° N以南の張出量1日後
- 7.45490 5400mの35° N以南の張出量3日後
- 8.37396 5400mの45° N以南の張出量3日後
- 7.70941 5400mの150° E3日後
- 4.91042 5400mの130° E1日後
- +5.06412 5400mの40° N以南の張出量6日後
- +13.71080 5400mの140° E6日後
- +6.97114 5400mの140° E5日後
- 5.30851 5400mの150° E5日後
- +13.17410 5400mの140° E4日後
- +5.56290 5400mの45° N以南の張出量4日後
- 8.50190 5400mの130° E3日後
- 2.06313 5400mの45° N以南の張出量5日後
- +1.60882 50° N, 130° E 5日後
- +1.83562 30° N, 140° E 2日後
- 9010.96

累積降雪深(残り)の予測式

五部(0.0)の予測式



\*\*\*\*\*予測式\*\*\*\*\*

+0.20141 5400mの40° N以南の張出量4日後	+0.22532 5400mの140° E3日後
+0.12936 30° N, 120° E 5日後	+0.21797 5400mの150° E3日後
+0.31041 5400mの140° E4日後	-0.07213 30° N, 140° E 0日後
-0.26313 5400mの35° N以南の張出量5日後	-0.15611 5400mの150° E5日後
+0.97764 5400mの140° E1日後	-0.20355 5400mの35° N以南の張出量2日後
+0.08429 5400mの40° N以南の張出量2日後	+0.21658 5400mの40° N以南の張出量1日後
-0.29825 5400mの130° E1日後	-0.14419 5400mの45° N以南の張出量1日後
+0.16724 5400mの40° N以南の張出量6日後	-0.05196 50° N, 130° E 0日後
+0.36939 5400mの140° E6日後	-0.07217 5400mの130° E2日後
-0.20140 5400mの130° E0日後	-35.93070
-0.08571 5400mの45° N以南の張出量5日後	

継続日数(残り)の予測式

資料-16 累積降雪深、継続日数予測式

高田の累積降雪深予測式

50cm以上／未滿					
-0.17474	30' N, 120' E	3日後	-0.23424	5400m, 130' E	5日後
-0.07636	50' N, 130' E	3日後	+0.18575	5400mの35' N以南張出量	
+0.27949	5400m, 150' E	3日後		3日後	
-0.36424	5400m, 150' E	1日後	+0.20297	5400m, 130' E	3日後
-0.08230	50' N, 150' E	0日後	+0.11565	5400m, 120' E	1日後
-0.41248	5400mの40' N以南張出量	2日後	+0.06680	50' N, 150' E	1日後
+0.27764	5400mの45' N以南張出量	2日後	-0.08300	30' N, 140' E	1日後
-0.09404	5400mの40' N以南張出量	6日後	-0.07407	30' N, 140' E	5日後
			+0.11221	30' N, 120' E	1日後
			+311.54700		
100cm以上／未滿					
-0.23074	5400mの40' N以南張出量	4日後	+0.09902	5400mの45' N以南張出量	4日後
-0.07526	50' N, 130' E	5日後	+0.08436	5400m, 120' E	1日後
+0.15071	5400m, 130' E	2日後	-0.06125	30' N, 140' E	3日後
-0.10464	30' N, 120' E	5日後	+237.32000		
150cm以上／未滿					
-0.16683	5400mの40' N以南張出量	4日後	-0.09978	50' N, 130' E	5日後
			+0.05624	50' N, 150' E	3日後
-0.08011	30' N, 120' E	5日後	+0.26299	5400mの45' N以南張出量	
-0.34296	5400mの40' N以南張出量	3日後		3日後	
+0.34793	5400mの35' N以南張出量	1日後	-0.14059	5400mの40' N以南張出量	1日後
-0.39046	5400mの40' N以南張出量	0日後	-0.44570	5400m, 140' E	1日後
			+0.14041	5400m, 120' E	2日後
-0.74939	5400m, 140' E	0日後	-0.11466	30' N, 140' E	3日後
+0.19927	5400mの45' N以南張出量	0日後	+0.13734	5400mの35' N以南張出量	3日後
			+279.13700		

高田の累積降雪深予測

200cm以上/未満			
-0.23909	5400mの40°N以南張出量 5日後	+0.16600	5400mの45°N以南張出量 3日後
-0.64864	5400m, 140°E 5日後	+0.12413	5400m, 120°E 1日後
-0.16398	30°N, 120°E 5日後	+0.04379	50°N, 150°E 3日後
-0.39218	5400mの40°N以南張出量 3日後	-0.22688	5400m, 140°E 1日後
-0.49136	5400m, 140°E 3日後	-0.08976	30°N, 120°E 0日後
+0.28500	5400mの35°N以南張出量 3日後	+0.14275	5400m, 150°E 3日後
		+261.62900	
250cm以上/未満			
-0.25618	5400mの40°N以南張出量 5日後	-0.26848	5400mの40°N以南張出量 3日後
-0.24999	5400m, 120°E 0日後	-0.40112	5400m, 140°E 4日後
+0.33286	5400mの35°N以南張出量 5日後	+0.23204	5400mの35°N以南張出量 3日後
-0.56964	5400m, 140°E 5日後	+0.20081	5400m, 150°E 4日後
-0.11415	30°N, 120°E 5日後	+0.13898	5400m, 150°E 3日後
-0.22006	5400m, 150°E 2日後	+199.87700	
-0.82087	5400m, 140°E 3日後		
300cm以上/未満			
+0.23774	50°N, 130°E 0日後	+0.10098	30°N, 140°E 4日後
-0.22393	30°N, 120°E 5日後	-122.55500	
+0.20103	5400m, 130°E 6日後		
350以上/未満			
+0.66361	50°N, 130°E 1日後	-1.09360	5400m, 140°E 1日後
-0.66425	5400mの35°N以南張出量 6日後	-0.53265	30°N, 120°E 2日後
+0.38802	30°N, 140°E 4日後	-0.51362	5400mの35°N以南張出量
+0.82529	5400mの35°N以南張出量 3日後	-0.38673	5400m, 150°E 5日後
		+0.25840	30°N, 140°E 3日後
		-788.97700	
+1.81026	5400m, 150°E 1日後		

高田の継続日数予測式

2日以上/未満

+0.67387	5400m, 140° E	2日後	+0.13088	5400mの45° N以南張出量	
-0.57201	5400m, 140° E	1日後		0日後	
+0.34005	5400m, 120° E	0日後	+0.30244	5400mの35° N以南張出量	
-0.15198	30° N, 120° E	3日後		2日後	
+0.23372	30° N, 140° E	1日後	-0.30844	5400mの40° N以南張出量	
+0.77720	5400m, 140° E	0日後		2日後	
-0.19185	30° N, 140° E	0日後	+0.20972	5400mの45° N以南張出量	
+0.13088	5400mの45° N以南張出量			2日後	
	0日後		-0.21852	5400mの35° N以南張出量	
+0.30244	5400mの35° N以南張出量			0日後	
	2日後		+0.13169	5400m, 150° E	3日後
+55.34370					

3日以上/未満

-0.31514	5400mの40° N以南張出量		+0.16234	5400mの45° N以南張出量	
	3日後			3日後	
+0.14679	5400m, 120° E	1日後	+0.23643	5400m, 150° E	3日後
-0.32399	5400m, 150° E	1日後	-0.09477	50° N 130° E	3日後
-0.12254	30° N, 120° E	3日後	+0.09322	50° N 130° E	2日後
-0.19849	5400mの35° N以南張出量		-0.12139	5400mの40° N以南張出量	
	1日後			6日後	
+0.23340	5400mの35° N以南張出量		-0.36782	5400m, 140° E	6日後
	3日後		+0.14231	5400mの35° N以南張出量	
-0.25299	5400m, 140° E	1日後		5日後	
+0.15612	5400m, 150° E	4日後	+140.89500		

高田の継続日数予測式

4日以上/未満			
-0.09055	5400mの40' N以南張出量 3日後	+0.07813	30' N, 140' E 3日後
-0.08391	30' N, 120' E 4日後	-0.10493	5400mの40' N以南張出量 6日後
+0.19885	5400m, 150' E 4日後	-0.32876	5400m, 140' E 6日後
+0.29230	5400m, 120' E 2日後	+0.31397	5400m, 130' E 1日後
-0.39574	5400mの40' N以南張出量 2日後	+0.08244	5400mの45' N以南張出量 0日後
+0.41010	5400mの45' N以南張出量 2日後	+0.35348	5400m, 130' E 2日後
+0.26283	5400mの35' N以南張出量 3日後	-0.10180	30' N, 140' E 2日後
-0.06822	50' N, 130' E 4日後	-0.11820	5400mの35' N以南張出量 1日後
+0.25291	5400m, 150' E 3日後	-0.07562	30' N, 140' E 5日後
		+198.89800	
5日以上/未満			
-0.08425	5400mの40' N以南張出量 4日後	+0.13069	5400mの35' N以南張出量 4日後
-0.23440	5400mの40' N以南張出量 2日後	+0.28746	5400m, 130' E 1日後
-0.59264	5400m, 140' E 1日後	-0.13537	5400mの40' N以南張出量 6日後
+0.10789	5400m, 150' E 5日後	-0.54264	5400m, 140' E 6日後
-0.05591	50' N, 130' E 1日後	-0.07661	30' N, 120' E 5日後
+0.18921	5400mの45' N以南張出量 2日後	-0.10451	5400m, 120' E 6日後
+0.17147	5400m, 150' E 3日後	+0.10694	5400m, 150' E 4日後
+0.16925	5400m, 120' E 2日後	+148.86800	



高田の継続日数予測式

6日以上/未満

-0.28315	5400mの40°N以南張出量 4日後	+0.29919	5400mの35°N以南張出量 2日後
+0.08165	5400mの45°N以南張出量 4日後	+0.21790	5400m, 150°E 3日後
-0.14209	5400mの40°N以南張出量 6日後	-0.11460	30°N, 120°E 0日後
+0.25597	5400mの35°N以南張出量 5日後	-0.32803	5400mの40°N以南張出量 2日後
+0.06843	5400mの45°N以南張出量 6日後	+0.25353	5400mの45°N以南張出量 2日後
-0.67199	5400m, 140°E 1日後	+0.14991	5400m, 120°E 2日後
+0.25714	5400m, 130°E 1日後	+0.16033	5400m, 150°E 5日後
-0.08394	5400mの40°N以南張出量 1日後	-0.24573	5400m, 140°E 4日後
		-0.03568	50°N, 150°E 2日後
		+152.54700	

7日以上/未満

-0.13511	5400mの40°N以南張出量 4日後	-0.44685	5400m, 140°E 1日後
-0.11802	30°N, 120°E 5日後	+0.13638	30°N, 140°E 1日後
-0.09061	5400mの40°N以南張出量 6日後	-0.08182	5400mの40°N以南張出量 0日後
+0.08096	5400mの45°N以南張出量 5日後	+0.14323	5400mの35°N以南張出量 1日後
+0.19342	5400m, 130°E 0日後	-0.07146	30°N, 120°E 1日後
		+67.77340	

8日以上/未満

-0.14036	5400mの40°N以南張出量 5日後	-0.16257	5400m, 150°E 2日後
-0.10909	30°N, 120°E 5日後	+0.15149	5400m, 130°E 1日後
+0.08990	50°N, 150°E 3日後	+0.13153	5400mの35°N以南張出量 5日後
-0.25157	5400m, 140°E 5日後	+88.75390	
-0.05403	50°N, 150°E 4日後		

高田の継続日数予測式

9日以上／未満			
-0.12216	5400mの40' N以南張出量 6日後	-0.44393	5400m, 140' E 6日後
+0.06620	50' N, 150' E 3日後	-0.08776	30' N, 120' E 5日後
+0.14587	5400m, 130' E 4日後	-0.15902	5400m, 120' E 6日後
+0.16833	5400mの35' N以南張出量 5日後	+0.10580	5400m, 120' E 2日後
		+0.22573	5400m, 130' E 6日後
		+30.91990	
10日以上／未満			
-0.20190	5400mの40' N以南張出量 6日後	-0.36643	5400m, 140' E 6日後
+0.35357	5400mの35' N以南張出量 6日後	+0.23869	5400mの35' N以南張出量 3日後
-0.32288	5400mの40' N以南張出量 3日後	+0.10442	5400mの45' N以南張出量 3日後
-0.48122	5400m, 140' E 3日後	-0.15198	30' N, 120' E 1日後
-0.98699	5400m, 140' E 1日後	+0.07310	50' N, 130' E 0日後
-0.13979	5400mの40' N以南張出量 1日後	+0.09986	30' N, 140' E 0日後
		+56.21090	

新井の累積降雪深予測式

50cm以上/未満

-0.22677	5400mの40°N以南張出量 3日後	+0.13388	5400mの45°N以南張出量 3日後
-0.14458	50°N, 130°E 3日後	+0.07539	5400m, 120°E 6日後
+0.14296	50°N, 130°E 1日後	+0.12225	5400m, 130°E 1日後
-0.16924	30°N, 120°E 3日後	+0.11709	5400mの35°N以南張出量 3日後
+0.17631	5400m, 150°E 3日後		
-0.05620	50°N, 130°E 0日後	+215.48600	

100cm以上/未満

-0.28849	5400mの40°N以南張出量 3日後	+0.17640	5400mの35°N以南張出量 3日後
-0.10536	50°N, 130°E 4日後	+0.08226	5400m, 150°E 5日後
-0.09397	50°N, 130°E 0日後	+0.07769	50°N, 130°E 1日後
+0.10476	5400mの45°N以南張出量 3日後	-0.05894	30°N, 140°E 0日後
		-0.05976	30°N, 140°E 2日後
+0.11131	5400m, 150°E 4日後	+238.45700	

150cm以上/未満

-0.29453	5400mの40°N以南張出量 3日後	+0.71777	5400m, 150°E 1日後
		+0.16246	5400mの45°N以南張出量 5日後
-0.22657	30°N, 140°E 2日後		
-0.22998	5400mの40°N以南張出量 5日後	+0.27842	5400m, 130°E 1日後
		+0.29464	5400m, 120°E 5日後
-0.06464	50°N, 150°E 1日後	+0.06987	50°N, 130°E 2日後
+0.12504	5400mの45°N以南張出量 3日後	-0.39732	5400m, 140°E 1日後
		-0.08446	30°N, 140°E 5日後
+0.08454	5400m, 120°E 2日後	+0.09265	30°N, 140°E 1日後
+0.34823	5400m, 150°E 0日後	+184.95700	

新井の累積降雪深予測式

200cm以上／未満			
-0.28607	5400mの35°N以南張出量 4日後	-0.15023	30°N, 140°E 2日後
		+0.37877	5400m, 150°E 0日後
-0.14897	30°N, 120°E 5日後	-0.19548	5400m, 150°E 2日後
-0.18089	5400mの40°N以南張出量 3日後	-0.22743	5400m, 140°E 4日後
		+0.11447	5400mの35°N以南張出量 1日後
+0.51209	5400m, 150°E 1日後		
-0.58880	5400m, 140°E 0日後	+221.68400	
+0.09208	50°N, 120°E 1日後		
250cm以上／未満			
-0.19531	30°N, 120°E 1日後	+0.07069	50°N, 150°E 2日後
+0.08395	50°N, 130°E 1日後	+0.08882	30°N, 140°E 4日後
-0.43842	5400m, 150°E 2日後	+0.23224	5400m, 150°E 0日後
-0.09215	5400mの40°N以南張出量 2日後	-35.94530	
300cm以上／未満			
-0.29924	30°N, 120°E 5日後	+0.15500	50°N, 130°E 0日後
+0.11788	50°N, 150°E 2日後	-165.53100	
+0.19384	30°N, 140°E 4日後		
350cm以上／未満			
-0.57162	5400mの35°N以南張出量 6日後	+0.24022	5400m, 130°E 3日後
		+0.18089	50°N, 130°E 1日後
+0.14782	50°N, 150°E 2日後	-0.16200	30°N, 120°E 5日後
-0.80360	5400m, 140°E 1日後	-169.58200	
+0.74025	5400m, 150°E 1日後		

新井の継続日数予測式

2日以上/未満

+0.68582	5400m, 140° E	2日後	+0.33353	5400m, 150° E	1日後
-0.63772	5400m, 140° E	1日後	-0.08526	5400m, 150° E	6日後
-0.11057	50° N, 130° E	2日後	+0.09850	30° N, 140° E	1日後
+0.11665	50° N, 130° E	1日後	-0.12219	30° N, 140° E	2日後
+0.16639	5400m, 150° E	0日後	+0.06886	30° N, 140° E	0日後
-0.08804	30° N, 120° E	3日後	+20.44920		

3日以上/未満

-0.30504	5400mの40° N以南張出量	3日後	-0.10138	30° N, 120° E	3日後
+0.18422	5400mの45° N以南張出量	3日後	+0.14669	5400mの35° N以南張出量	3日後
+0.11330	5400m, 120° E	1日後	+0.08133	30° N, 140° E	3日後
-0.12503	50° N, 130° E	3日後	+0.05689	50° N, 130° E	4日後
+0.18924	5400m, 150° E	3日後	-0.05170	30° N, 140° E	5日後
+0.09186	50° N, 130° E	1日後	+33.51950		

4日以上/未満

-0.24808	5400mの40° N以南張出量	3日後	+0.21802	5400m, 150° E	3日後
-0.12781	30° N, 120° E	4日後	+0.16896	5400m, 120° E	2日後
+0.20485	5400mの45° N以南張出量	3日後	+0.16759	5400mの35° N以南張出量	4日後
+0.11021	50° N, 130° E	1日後	+0.04109	5400mの45° N以南張出量	0日後
+0.11195	5400m, 150° E	4日後	+0.06811	5400mの45° N以南張出量	4日後
-0.05541	50° N, 130° E	4日後	-0.09120	5400mの35° N以南張出量	1日後
-0.03615	50° N, 150° E	0日後	+82.18750		
-0.19211	5400mの40° N以南張出量	4日後			

新井の継続日数予測式

5日以上/未満			
-0.19458	5400mの40°N以南張出量 4日後	+0.17021	5400m, 130°E 1日後
		+0.09119	5400mの45°N以南張出量 4日後
-0.06444	5400m, 120°E 4日後		
-0.10111	30°N, 120°E 5日後	+0.09848	5400m, 150°E 5日後
-0.11835	5400mの35°N以南張出量 2日後	+0.04531	50°N, 130°E 2日後
		+59.89650	
-0.28737	5400m, 140°E 1日後		
6日以上/未満			
-0.20421	5400mの40°N以南張出量 4日後	-0.06802	50°N, 150°E 3日後
		+0.08978	5400m, 120°E 1日後
+0.11181	5400mの45°N以南張出量 4日後	-0.04731	5400mの40°N以南張出量 5日後
-0.10867	30°N, 120°E 5日後	-0.07870	5400m, 120°E 3日後
+0.10757	50°N, 130°E 3日後	+64.44530	
+0.12239	5400m, 150°E 3日後		
7日以上/未満			
-0.25469	5400mの40°N以南張出量 5日後	-0.12432	30°N, 140°E 2日後
		+0.37347	5400m, 140°E 6日後
-0.06877	50°N, 150°E 3日後	+0.12424	5400mの45°N以南張出量 5日後
+0.37997	5400m, 150°E 0日後		
-0.17865	5400mの40°N以南張出量 3日後	+0.25413	5400mの35°N以南張出量 6日後
+0.07146	5400mの45°N以南張出量 1日後	+0.33710	5400m, 150°E 1日後
		-0.14627	5400m, 150°E 2日後
-0.50863	5400m, 140°E 0日後	+0.05955	50°N, 130°E 2日後
+0.06877	50°N, 130°E 5日後	+47.28520	

新井の継続日数予測式

8日以上／未満

-0.07232	5400mの40°N以南張出量	+0.13659	5400m, 140°E	6日後
	3日後	+0.09473	50°N, 130°E	5日後
-0.18881	5400m, 150°E	-0.08737	30°N, 120°E	3日後
+0.27570	5400m, 150°E	+0.08378	30°N, 140°E	1日後
-0.06042	50°N, 150°E	-34.44530		4日後

9日以上／未満

-0.06800	5400mの40°N以南張出量	-0.10606	5400mの40°N以南張出量	0日後
	3日後			
+0.13219	5400m, 130°E	-0.05064	50°N, 150°E	3日後
+0.29134	5400m, 150°E	+65.42190		0日後
-0.69573	5400m, 140°E			0日後

10日以上／未満

-0.27598	5400mの35°N以南張出量	+0.14325	5400m, 130°E	6日後
	3日後	+0.25892	5400m, 150°E	0日後
-0.11675	30°N, 120°E	+106.38600		5日後

資料-17 内部検証分割表（高田、新井：ひとゆき予測）

高田（継続日数予測）

予測 実測	2日以上	2日未満	合計	予測 実測	3日以上	3日未満	合計
2日以上	170	29	199	3日以上	128	33	161
2日未満	8	34	42	3日未満	16	64	80
合計	178	63	241	合計	144	97	241
適中率	84.6%			適中率	79.7%		
予測 実測	4日以上	4日未満	合計	予測 実測	5日以上	5日未満	合計
4日以上	103	25	128	5日以上	76	23	99
4日未満	21	92	113	5日未満	29	113	142
合計	124	117	241	合計	238	571	241
適中率	80.9%			適中率	78.4%		
予測 実測	6日以上	6日未満	合計	予測 実測	7日以上	7日未満	合計
6日以上	59	13	72	7日以上	31	12	43
6日未満	32	137	169	7日未満	57	141	198
合計	91	150	241	合計	88	153	241
適中率	81.3%			適中率	71.4%		
予測 実測	8日以上	8日未満	合計	予測 実測	9日以上	9日未満	合計
8日以上	31	12	43	9日以上	26	7	33
8日未満	57	141	198	9日未満	46	162	208
合計	88	153	241	合計	72	169	241
適中率	71.4%			適中率	78.0%		
予測 実測	10日以上	10日未満	合計				
10日以上	20	6	26				
10日未満	31	184	215				
合計	51	190	241				
適中率	84.6%						



高田（累積降雪深予測）

予測 実測	0.5m以上	0.5m未満	合 計	予測 実測	1.0m以上	1.0m未満	合 計
0.5m以上	119	27	146	1.0m以上	75	16	91
0.5m未満	17	78	95	1.0m未満	28	122	150
合 計	136	105	241	合 計	103	138	241
適中率	81.7%			適中率	82.2%		
予測 実測	1.5m以上	1.5m未満	合 計	予測 実測	2.0m以上	2.0m未満	合 計
1.5m以上	46	9	55	2.0m以上	32	9	41
1.5m未満	25	161	186	2.0m未満	30	170	200
合 計	71	170	241	合 計	62	179	241
適中率	85.9%			適中率	83.8%		
予測 実測	2.5m以上	2.5m未満	合 計	予測 実測	3.0m以上	3.0m未満	合 計
2.5m以上	16	8	24	3.0m以上	9	3	12
2.5m未満	26	191	217	3.0m未満	42	187	229
合 計	42	199	241	合 計	51	190	241
適中率	85.9%			適中率	81.3%		
予測 実測	3.5m以上	3.5m未満	合 計				
3.5m以上	3	0	3				
3.5m未満	4	234	238				
合 計	7	234	241				
適中率	98.3%						

資料-18 上越地区11地点の位置関係

地点間の直線距離

		森	横	音坂	道平	根小屋	糸魚川	平岩	高田	新井	関山	吉川
1	森											
2	横	7										
3	音坂	14	7									
4	道平	20.6	13.6	7								
5	根小屋	26	19	12	5.6							
6	糸魚川	23	17	12	6.6	8.6						
7	平岩	33	26	18.5	14	9	17					
8	高田	14	20	26	32.5	37.6	36.5	43				
9	新井	16.5	19.6	23.5	30	34	35.5	37.5	9			
10	関山	22	22	22.5	28	30.6	34	31.5	19	10.5		
11	吉川	29.5	36.5	43.5	50	56	53	61	18.5	26	36	

地点間の海岸からの距離

	海岸からの距離km	森	横	音坂	道平	根小屋	糸魚川	平岩	高田	新井	関山	吉川
1	森	5.5										
2	横	4.8	0.7									
3	音坂	7.3	1.8	2.5								
4	道平	5.8	0.3	1.0	1.5							
5	根小屋	8.7	3.2	3.9	1.4	2.9						
6	糸魚川	0.3	5.2	4.5	7.0	5.6	8.4					
7	平岩	15.7	10.2	10.9	8.4	9.9	7.0	15.4				
8	高田	7.7	2.2	2.9	0.4	1.9	1.0	7.4	8.0			
9	新井	16.3	10.8	11.5	9.0	10.5	7.6	16.0	0.6	8.6		
10	関山	27.5	22.0	22.7	20.2	21.7	18.8	27.2	11.8	19.8	11.2	
11	吉川	6.2	0.7	1.4	1.1	0.4	2.5	5.9	9.5	1.5	10.1	21.3

地点間の標高差

	標高 m	森	横	音坂	道平	根小屋	糸魚川	平岩	高田	新井	関山	吉川
1	森	100										
2	横	100	0									
3	音坂	200	100	100								
4	道平	80	20	20	120							
5	根小屋	80	20	20	120	0						
6	糸魚川	10	90	90	190	70	70					
7	平岩	260	160	160	80	180	180	250				
8	高田	17	83	83	183	63	63	7	243			
9	新井	50	50	50	150	30	30	40	210	33		
10	関山	360	260	260	160	280	280	350	100	343	310	
11	吉川	30	70	70	170	50	50	20	230	13	20	330

資料-19 庄内地区5地点の相関関係、位置関係

庄内地区5地点間の相関係数

		酒田	鶴岡	狩川	大網	湯殿山
1	酒田	1.00	0.72	0.67	0.49	0.39
2	鶴岡	0.72	1.00	0.79	0.70	0.54
3	狩川	0.67	0.79	1.00	0.68	0.51
4	大網	0.49	0.70	0.68	1.00	0.79
5	湯殿山	0.39	0.54	0.51	0.79	1.00

庄内地区5地点間の直線距離

		酒田	鶴岡	狩川	大網	湯殿山
1	酒田	-	25	23	38	49
2	鶴岡	25	-	16.5	17	26
3	狩川	23	16.5	-	25	29
4	大網	38	17	25	-	10
5	湯殿山	49	26	29	10	-

庄内地区5地点間の海岸からの距離差

	海岸からの距離(km)	酒田	鶴岡	狩川	大網	湯殿山
1	酒田	1	-	6	18	32
2	鶴岡	7	6	-	12	26
3	狩川	19	18	12	-	3
4	大網	22	21	15	3	-
5	湯殿山	33	32	26	14	11

庄内地区5地点間の標高差

	標高(m)	酒田	鶴岡	狩川	大網	湯殿山
1	酒田	10	-	4	140	670
2	鶴岡	14	4	-	6	136
3	狩川	20	10	6	-	130
4	大網	150	140	136	130	-
5	湯殿山	680	670	666	660	530

高田の気温予測式

日最高気温 (N=1131)	日最低気温 (N=1091)
+0.33584 輪島の850mb面の気温	+0.16120 秋田の850mb面の気温
+0.27902 5520m, 150° E	+0.16929 5520m, 150° E
+0.19729 秋田の850mb面の気温	+0.15448 5520m, 125° E
-0.07999 5400mの145° E 1日変化量	-0.11250 40° N, 145° E
+0.11425 5520m, 125° E	+0.19976 輪島の850mb面の気温
-0.11800 40° N, 140° E	-0.10355 5400mの35° N以南張出量
-0.05503 5400mの40° N以南張出量	-0.07238 5520mの145° E 1日変化量
-0.08133 30° N, 120° E	+0.02363 5280m, 130° E
+0.09236 30° N, 130° E	+0.02175 30° N, 120° E
+0.02859 120° Eの5280mと5400mの 緯度の差	-0.01771 5280mの160° E 1日変化量
+0.01352 5280m, 160° E	+0.01376 5280m, 160° E
+104.85400	+81.19230
日平均気温 (N=1091)	
+0.27227 輪島の850mb面の気温	
+0.15510 秋田の850mb面の気温	
+0.21572 5520m, 150° E	
-0.06618 40° N, 145° E	
+0.14331 5520m, 125° E	
-0.04396 5280mの40° N以南張出量	
-0.05178 5520mの150° E 1日変化量	
-0.05394 40° N, 140° E	
-0.01440 5400mの45° N以南張出量	
+115.67600	

高田の気温予測式

日最高気温 (12,1月) (N= 575)	日最高気温 (2,3月) (N= 555)
+0.33477 輪島の850mb面の気温	+0.45045 輪島の850mb面の気温
-0.03928 5400mの45° N以南張出量	+0.24427 秋田の850mb面の気温
-0.11718 40° N, 145° E	-0.10002 40° N, 145° E
+0.29143 秋田の850mb面の気温	-0.05298 5400mの45° N以南張出量
+0.04453 5280m, 160° E	+0.08847 30° N, 130° E
-0.06472 5400mの40° N以南張出量	-0.12678 5400mの35° N以南張出量
-0.04151 5280mの145° E 1日変化量	-0.04897 30° N, 120° E
-0.06591 5400m, 120° E	-0.10856 5400m, 140° E
+0.08949 5520m, 125° E	-0.02573 5280mの145° E 1日変化量
+129.63300	+78.99590
日最低気温 (12,1月) (N= 575)	日最低気温 (2,3月) (N= 555)
+0.16218 秋田の850mb面の気温	+0.20297 秋田の850mb面の気温
-0.06099 5400mの40° N以南張出量	-0.10689 40° N, 145° E
-0.11895 40° N, 145° E	-0.04405 5400mの40° N以南張出量
+0.15987 5520m, 125° E	+0.14691 輪島の850mb面の気温
+0.21334 輪島の850mbの面気温	+0.03349 5280m, 130° E
+0.02790 5280m, 160° E	-0.03438 5280mの145° E 1日変化量
-0.02336 5280m, 145° E	-0.07683 5400mの35° N以南張出量
+0.02489 30° N, 120° E	+110.09600
+91.79540	
日平均気温 (12,1月) (N= 575)	日平均気温 (2,3月) (N= 555)
+0.26493 輪島の850mb面の気温	+0.30048 輪島の850mb面の気温
+0.25386 秋田の850mb面の気温	+0.18683 秋田の850mb面の気温
-0.08196 5400mの40° N以南張出量	-0.10061 40° N, 145° E
-0.09509 40° N, 145° E	-0.03775 5400mの45° N以南張出量
+0.03650 5280m, 160° E	-0.09101 5400mの35° N以南張出量
+0.12808 5520m, 125° E	-0.02649 5280mの145° E 1日変化量
-0.02835 5280mの145° E 1日変化量	+109.97600
-0.02377 5400m, 120° E	
+0.02811 5280mの40° N以南張出量	
+98.91450	

新井の気温予測式

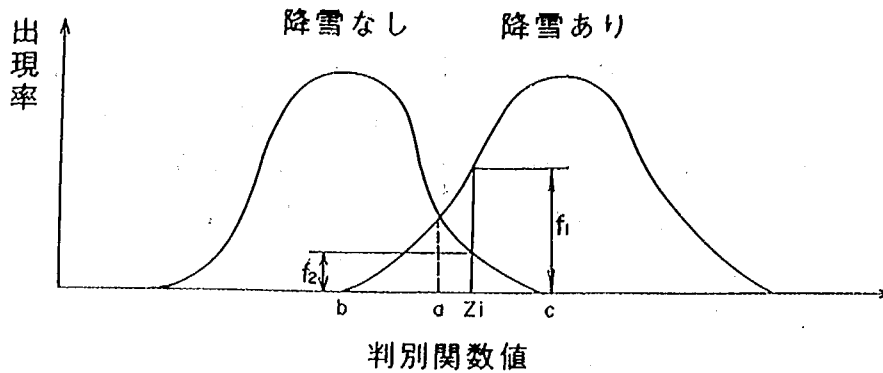
日最高気温 (12,1月) (N= 494)	日最高気温 (12,1月) (N= 445)
+0.31654 秋田の850mb面の気温 -0.09451 5400mの40° N以南張出量 -0.14723 40° N, 145° E +0.28328 輪島の850mb面の気温 -0.09935 5280mの145° E 1日変化量 +0.26155 5520m, 125° E -0.10334 5400mの130° E 1日変化量 -0.07489 5400m, 120° E +154.97400	+0.36224 秋田の850mb面の気温 -0.12329 30° N, 120° E +0.13716 5400m, 120° E -0.05453 5280mの145° E 1日変化量 +0.27587 輪島の850mb面の気温 -0.06735 40° N, 145° E +200.21700
日最低気温 (12,1月) (N= 513)	日最低気温 (2,3月) (N= 449)
+0.33481 輪島の850mb面の気温 +0.07522 5280m, 130° E +0.18137 秋田の850mb面の気温 +0.12759 5520m, 125° E -0.04698 40° N, 145° E +43.88420	+0.18938 秋田の850mb面の気温 +0.25758 輪島の850mb面の気温 +0.05899 5280m, 130° E -0.05063 40° N, 145° E +52.45530
日平均気温 (12,1月) (N= 496)	日平均気温 (2,3月) (N= 439)
+0.23132 秋田の850mb面の気温 -0.07688 5400mの40° N以南張出量 -0.15173 40° N, 145° E +0.25817 輪島の850mb面の気温 +0.14573 5520m, 125° E -0.07804 5280mの145° E 1日変化量 +156.40000	+0.26021 秋田の850mb面の気温 +0.11872 5400m, 120° E -0.06154 30° N, 120° E -0.07873 40° N, 145° E +0.25589 輪島の850mb面の気温 -0.06110 5280mの145° E 1日変化量 +144.94600

関山の気温予測式

日最高気温 (12,1月) (N= 519)	日最高気温 (2,3月) (N= 515)
+0.30949 輪島の850mb面の気温 +0.25498 秋田の850mb面の気温 -0.06310 5280mの145° E 1日変化量 -0.08861 5400mの45° N以南張出量 -0.15148 40° N, 145° E -0.10214 5400m, 120° E -0.08074 5280mの40° N以南張出量 +0.03748 5280m, 160° E -0.09343 5400mの130° E 1日変化量 +168.47600	+0.37878 輪島の850mb面の気温 +0.27708 秋田の850mb面の気温 -0.15248 40° N, 145° E -0.10947 5400mの40° N以南張出量 +165.00200
日最低気温 (12,1月) (N= 522)	日最低気温 (2,3月) (N= 507)
+0.27916 輪島の850mb面の気温 -0.04279 5400mの45° N以南張出量 +0.13256 秋田の850mb面の気温 -0.04791 30° N, 120° E -0.02061 5280mの145° E 1日変化量 +52.12620	+0.31197 輪島の850mb面の気温 -0.09471 30° N, 120° E +0.12552 5520m, 125° E +0.13095 秋田の850mb面の気温 +0.02264 5280m, 130° E +92.23760
日平均気温 (12,1月) (N= 521)	日平均気温 (2,3月) (N= 508)
+0.29615 輪島の850mb面の気温 -0.14330 40° N, 145° E -0.05506 5400mの45° N以南張出量 +0.03839 5280m, 160° E -0.07855 5400m, 120° E -0.05266 5280mの145° E 1日変化量 +0.15692 秋田の850mb面の気温 -0.05522 5400mの40° N以南張出量 +0.03167 30° N, 120° E +121.59300	+0.37140 輪島の850mb面の気温 -0.12978 40° N, 145° E -0.04360 5400mの45° N以南張出量 +0.17389 秋田の850mb面の気温 -0.05181 5280mの145° E 1日変化量 -0.14233 5400mの35° N以南張出量 +0.01516 5280m, 160° E +137.58900

資料-21 降雪確率の求め方

降雪の確率は、下図のように2群の分布を考える。



2群の出現率の関係

判別関数値  $Z_i$  における2群の出現率を  $X_{cm}$  以上の降雪有り  $f_1$ 、また降雪無し  $f_2$  とした場合降雪有りの確率  $P$  は

$$P = \frac{f_1}{f_1 + f_2} = \frac{1}{1 + (f_2 / f_1)} \dots\dots\dots (11)$$

で表現することができる。上図の  $a$  点では  $f_1 = f_2$  となるため、 $P = 1 / (1 + 1) = 0.5$ 、 $b$  点では  $f_1 = 0$  であるから、 $P = 1 / (1 + \infty) = 0$ 、 $c$  点では  $f_2 = 0$  であり、 $P = 1 / (1 + 0) = 1$  となる。

判別関数法では、判別関数値  $Z_i$  と  $f_1 / f_2$  とについて、次のような関係が知られている<sup>10)</sup>。

$$f_1 / f_2 = \exp(Z_i) \dots\dots\dots (12)$$

したがって降雪確率は、次式で表すことができる。

$$P = \frac{1}{1 + \exp(Z_i)} \times 100 (\%) \dots\dots\dots (13)$$

この式により降雪確率を求めることができるので、この確率の基準となる数値以上の場合を  $X_{cm}$  以上降雪ありと判断することができる。このとき基準となる数値予測式が2群判別式であることから  $Z_i = 0$  すなわち  $P = 50\%$  を基準とすることが基本である。この基準値の定め方については、最も予測精度が上がるよう基準値を操作することも考えられるが、実際の運用を考えた場合、毎年変わる予測精度に伴って基準値を変えることは煩雑でありかつ危険な作業といえる。基準値を変える場合は、十分な検討と裏付けが必要となる。



# 降雪等の予測に関する報告書

新潟試験所 所 長 下村 忠一\*  
主任研究員 石平 貞夫  
研究員 安藤 和彦

## 要旨

今後の気象を予測する情報は、積雪寒冷地の合理的、効率的な雪寒対策に役立つ情報として重要なものとなる。そこで新潟試験所では、気象予測の一環として、降雪及び気温を予測する手法について検討を行ってきた。  
本報告は、これらの予測に関するこれまでの研究結果及び予測手法の実用化に関する検討結果を取りまとめたものである。

キーワード：気象、降雪、気温、予測、道路管理、雪寒対策

\*現 (社)雪センター

郵便はがき

944-□□

四十一円切手を  
はって下さい。

建設省土木研究所  
新潟試験所 御中

新潟県新井市錦町二丁目六番八号

No. 3

土木研究所資料第3003号 部

上記のとおり受領しました。

所属(住所)

氏名

印