

山形県内の雪処理情報システムの構想

松田益義・西村 寛

株式会社MTS雪氷研究所

中島次男

山形県企画調整部地域振興課

Conception of Snow Information Network System in Yamagata Prefecture

By

Masuyoshi MATSUDA, Hiroshi NISHIMURA

MTS Institute Inc.

and

Tsugio NAKASHIMA

Regional Planning Division, Yamagata Prefectural Government

Abstract

Yamagata Prefecture, located in northern Honshu, Japan, is covered with snow for four months during winter season. Heavy snowfall, blizzard and road-surface freezing cause not only hazard to the traffic, but sufferings to all the corners of the people's daily life and socio-economic activities.

The present study aims at elaborating the plan of the network system regarding the snow information in Yamagata Prefecture and building up its prototype, after careful inspection of the meteorological and snow/ice hazard conditions in this prefecture.

Key words: Yamagata, snow, road, snow information network system, traffic hazard.

キーワード：山形，雪，道路，雪処理情報システム，交通障害

1. はじめに

山形県は、東北地方の日本海沿岸から内陸部にまたがっており、冬季には県内全域が多量の積雪に覆われ、日本海側の庄内地方をはじめとする多くの地域では激しい地吹雪にしばしば見舞われる。多量の積雪や地吹雪更には路面の凍結は、県内の道路交通に対し著しい障害となっているばかりでなく、県民の生活環境や社会経済活動に多大の影響を与えている。県内全域の冬季の気象特性並びに雪氷障害特性を分析し、冬季の道路交通網の確保と県民生活機能並びに住環境の改善を図るための雪処理情報システムとはいかにあるべきかを構想し、そのプロトタイプを構築した。

2. 山形県の冬季気象特性

(1) 降積雪特性

県内の気象官署の積雪データを用いて年最大積雪深の(1979～88年の平均値)の分布を画いた結果を図1に示す。月山が最も多く(400 cm以上)、酒田と山形付近が最も少ない(約50 cm)。新庄と米沢周辺がその中間(100～150 cm)となっている。

日降雪深の年間累計値(1983～87年の平均値)の分布(図2)も積雪深と同様の分布傾向を示す。月山付近が最も多く(3000 cm)、庄内平野と山形盆地が最も少ない(400 cm以下)。新庄地方と米沢地方がその中間(500～1000 cm)となっている。

県内の多くの道路では、除雪開始の基準値積雪は10 cmである。そこで、日降雪深が10 cm以上となる年間日数(1982～87年度の平均値)を集計し、その分布を画き図3に示す。庄内平野と山形盆地では10日前後、米沢市と新庄市では30日前後、月山付近では70日を越えている。

(2) 気温特性

1年で気温が最も低下する1月の平均(1967～82年)気温分布図を作成し、図4に示す。庄内平野と内陸地域の新庄市、山形市、米沢市とでは2℃以上の差がある。

酒田市、新庄市、山形市及び米沢市の各年1月における平均気温の年々変化を図5に示す。年による変動は4℃程度にも及んでいることがわかる。

酒田市と山形市の11～4月にかけての気温平年値(1951～80年の平均値)を図6に示す。月平均、日最高、日最低のいずれの気温も山形の方が低く、かつマイナス気温の期間が長い。路面の凍結は、路温がプラスからマイナスに変化した時に発生する現象である。厳冬期には山岳部を除く山形県内のほぼ全域で、路面凍結が発生しやすい気温条件となっている。

(3) 日照特性

路面凍結の発生については気温ばかりでなく、日射量も深く関与する。1月の月間日照時間(1967～82年の平均値)の分布図を作成し、図7に示す。庄内平野と新庄市は50時間程度

山形県内の雪処理情報システムの構想

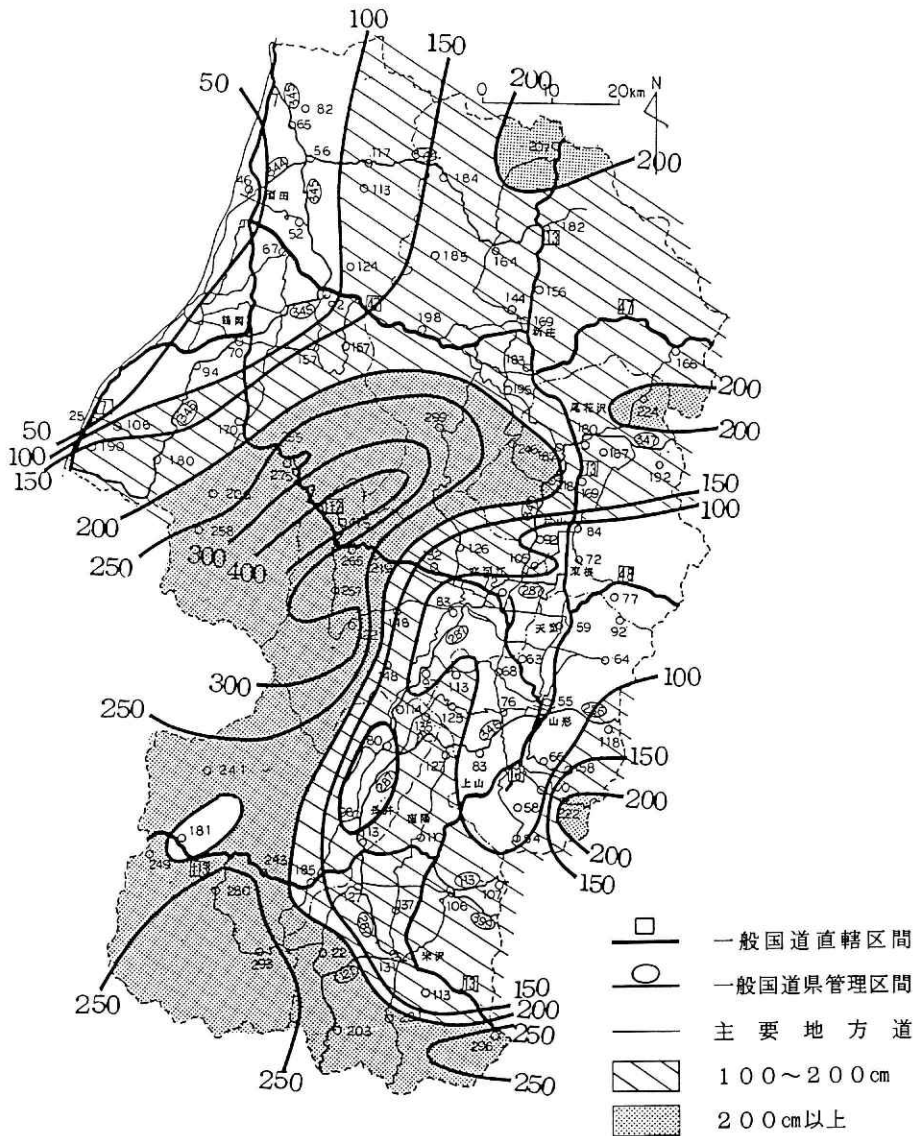


図1 年最大積雪深(1979~88年平均)の分布図, 図中の丸と数値は観測点と観測値(単位: cm)

と少なく, 山形市は100時間以上もあり, 大きな差異がある。

(4) 風特性

1月における最多風向の分布状況を図8に示す。日本海からの季節風がまともに吹き付ける庄内平野では北西風が顕著であるが, 内陸地域での風向は地形の影響を受け, 複雑である。

1月の月平均風速は, 図9に示す通り, 庄内平野で5 m/sを越え, 内陸地域では3~1 m/s

である。酒田市と山形市の冬期間(11月から4月)における月最大風速を図10に示す。海に面した酒田市では1月最大風速は21 m/sにもおよぶが、内陸地域の山形市では8 m/s程度である。

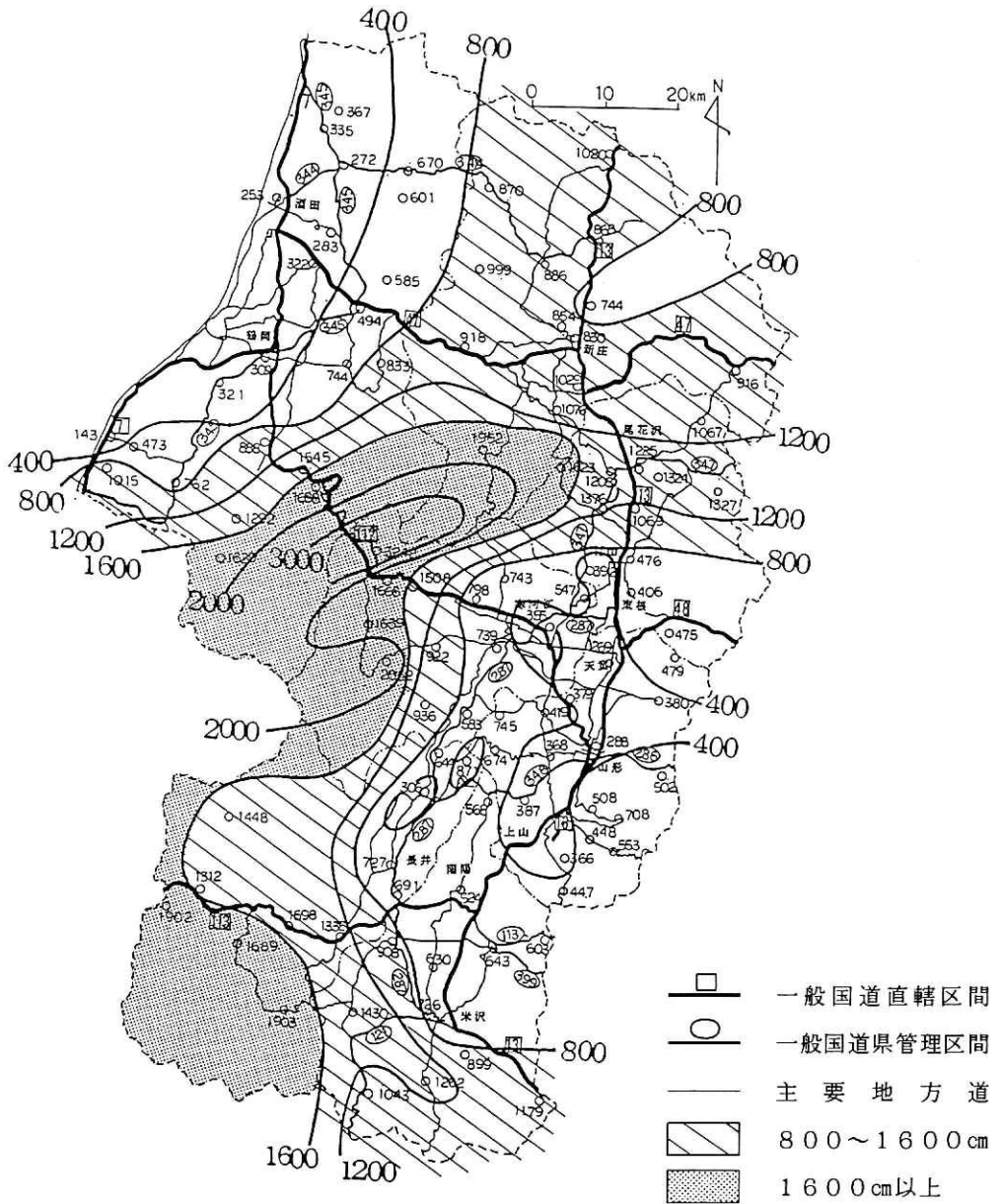


図2 日降雪深の年間累計値(1983~87年度の平均)の分布図, 図中の丸と数値は観測点と観測値(単位: cm)

山形県内の雪処理情報システムの構想

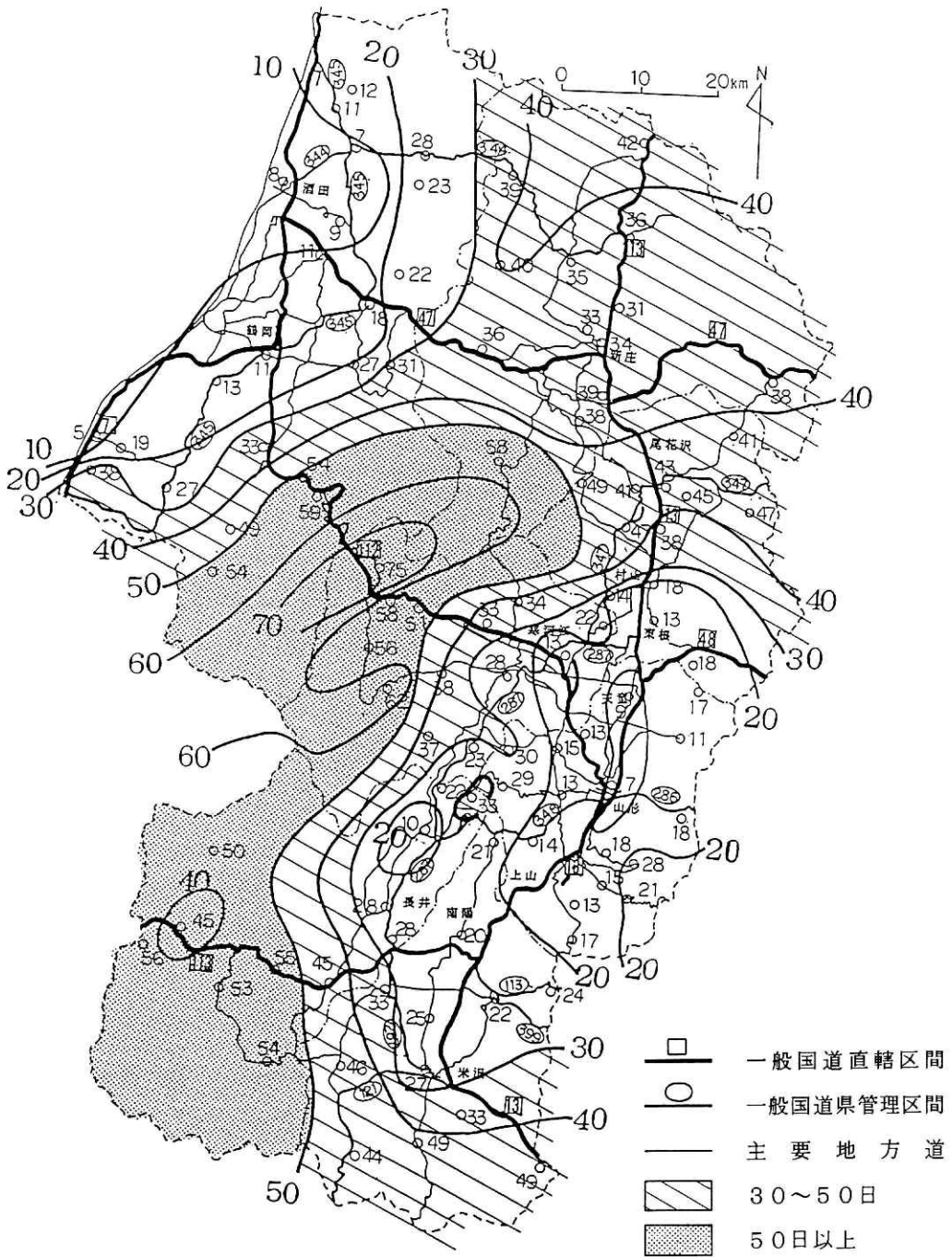


図3 日降雪深が10cm以上の日数(1982~87年度の平均), 図中の丸と数値は観測点と観測値(単位: 日)

山形県内の雪処理情報システムの構想

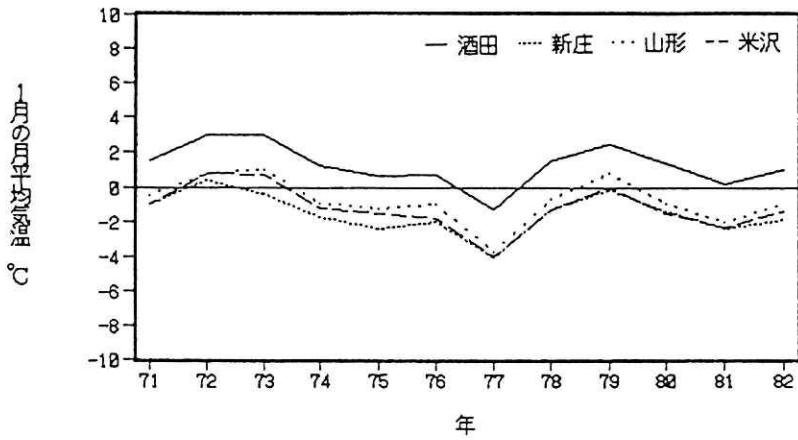
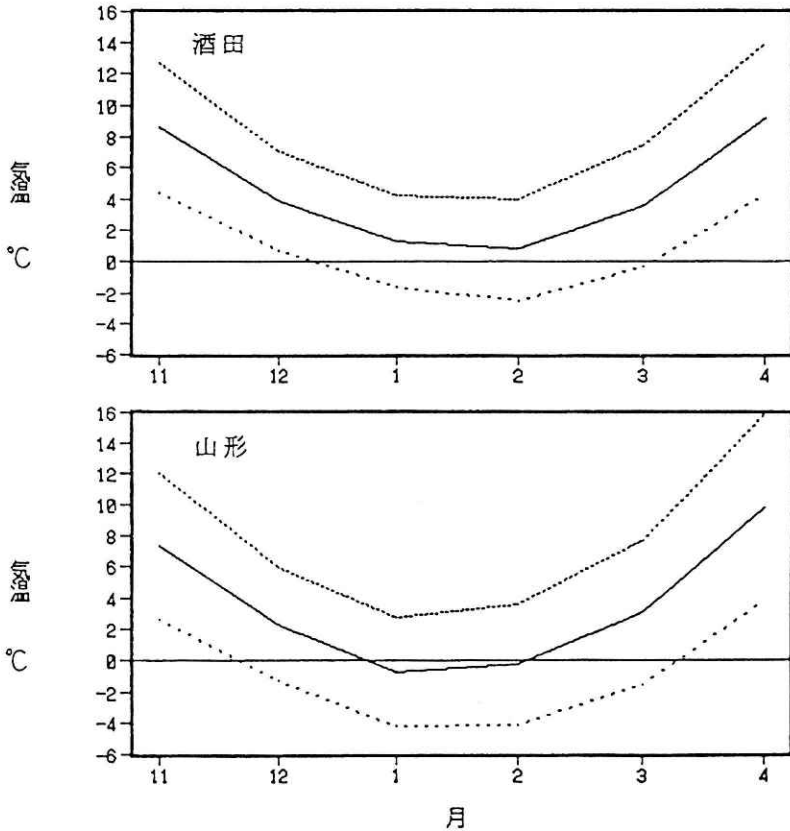


図5 1月の平均気温の年々変化



— 一月平均 ··· 月平均日最高 ··· 月平均日最低

図6 11～4月の気温平年値(1951～80年の平均)

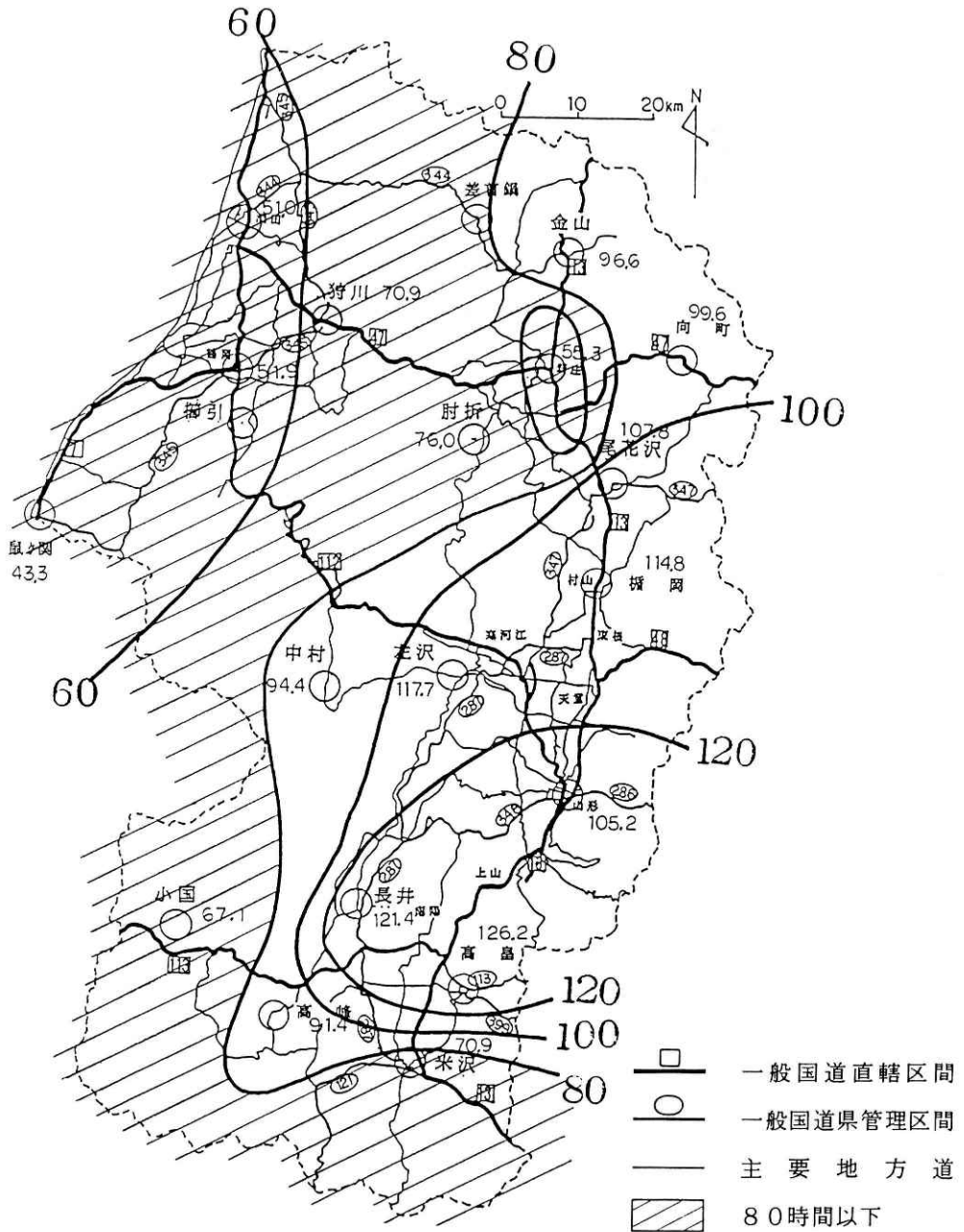


図7 1月の月間日照時間(1967~82年の平均), 図中の丸と数値は観測点と観測値(単位: 時間)

山形県内の雪処理情報システムの構想

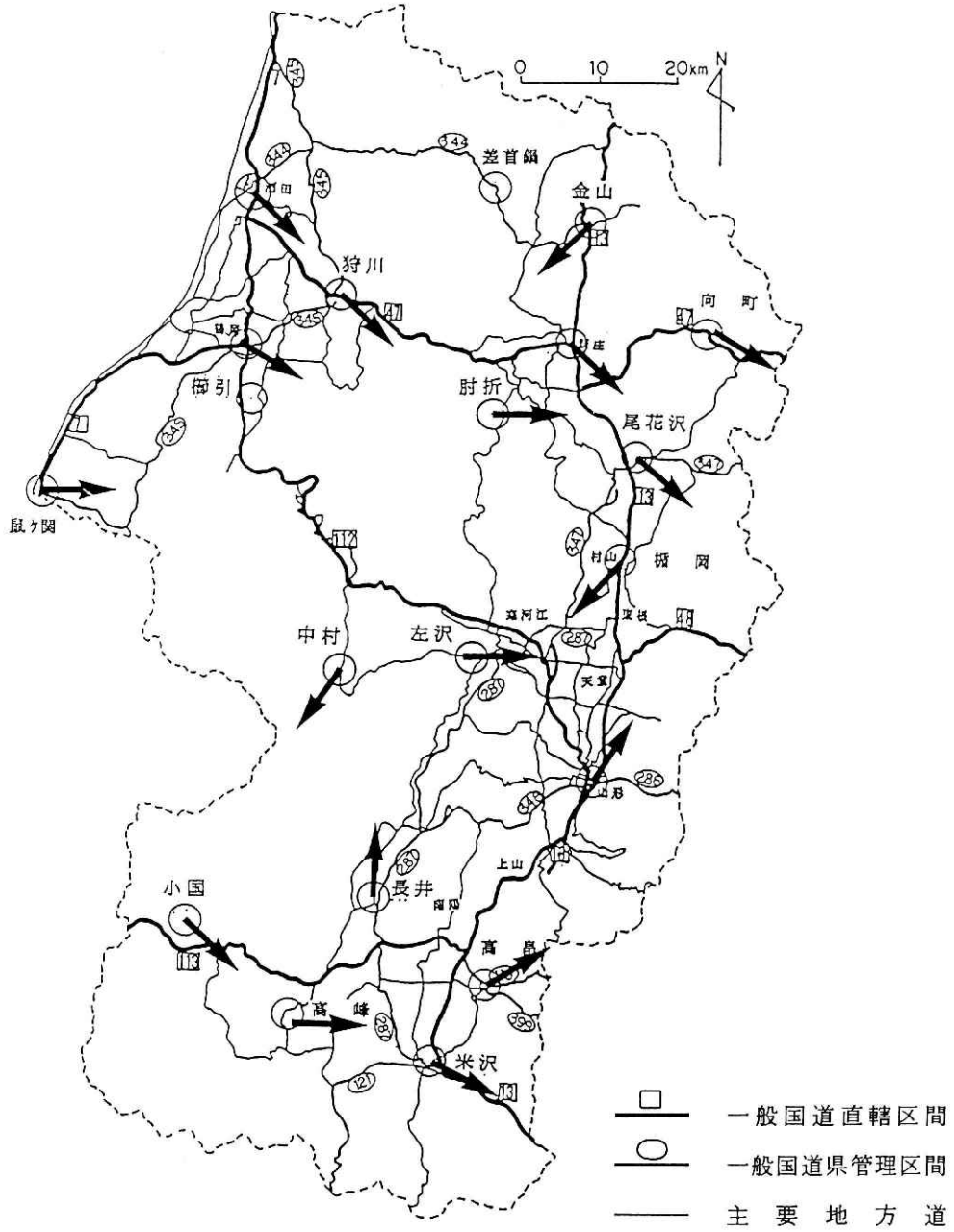


図8 1月の最多風向(1967~82年の平均)

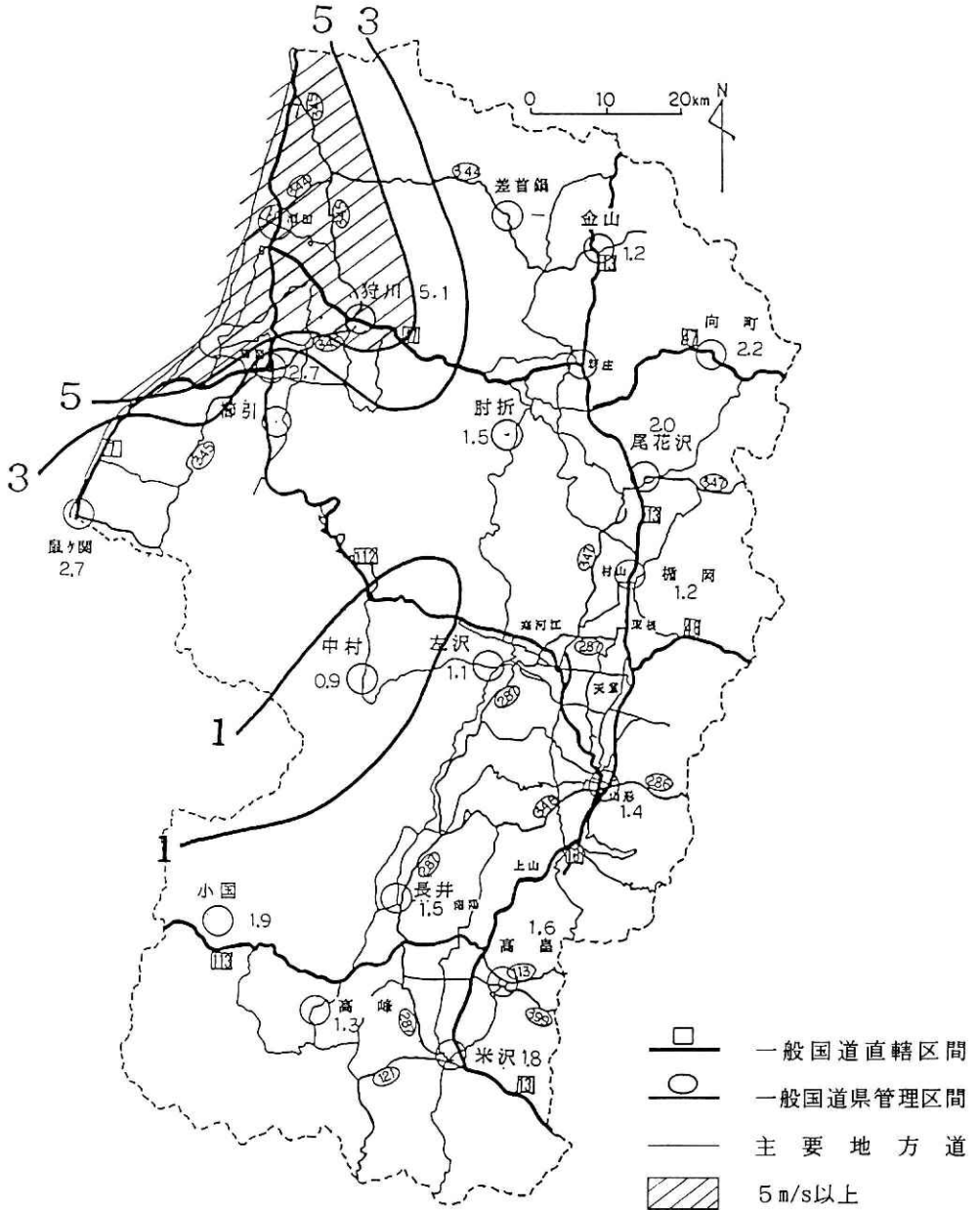


図9 1月の月平均風速分布(1967~82年の平均), 図中の丸と数値は観測点と観測値(単位: m/s)

山形県内の雪処理情報システムの構想

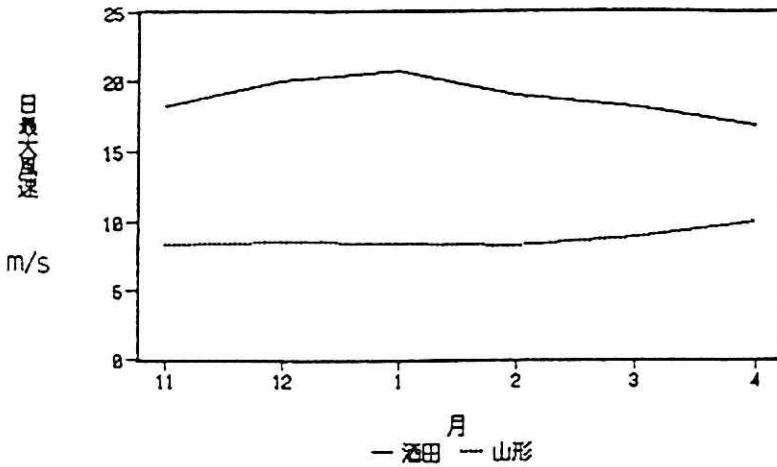


図10 月最大風速(1951~80年度の平均)

表1 山形県の除雪区分

区 分	日交通量のおよその基準	除 雪 目 標
第 1 種	1,000台/日以上	2車線以上の幅員確保を原則とし、異常な降雪時以外は常時交通を確保する。 異常降雪時には、降雪後約5日以内に2車線確保をはかる。
第 2 種	500~1,000台/日未満	2車線幅員確保を原則とするが、状況によって1車線幅員で待避所を設ける。 異常降雪時には約10日以内に2車線または1車線の確保をはかる。
第 3 種	500台/日未満	1車線幅員で必要な待避所を設けることを原則とする。 異常降雪時には一時交通不能になってもやむを得ない。

3. 山形県の除雪状況

県管理の道路の除雪水準に関する区分は、次の3種となっている。

①第1種除雪

②第2種除雪

③第3種除雪

除雪区分は、表1に示すように日交通量、道路の状況、その他交通確保の必要性に応じて決定されている。

冬期に除雪が実施されているのは、図11に示すように県管理道路の全区間(2865 km)の80~90%である。冬期交通閉鎖は、積雪及び道路構造等の理由で除雪が困難な区間である。

県管理道路の除雪経費と降雪量の関係を図12に示す。過去9年間(昭和54~62年度)の実績では、降雪量1 cmの除雪に要する費用は170~280万円程度である。

4. 山形県の雪氷障害状況

(1) 吹雪、地吹雪時の視程障害並びに吹き溜り障害

県管理道路区間における最近10年程の吹雪、地吹雪時の視程障害並びに吹き溜り障害の発生箇所を図13に示す。県の道路管理公所別に、障害発生箇所数、障害発生により通行不能となった箇所数、障害発生後の対策(吹き溜り防止柵の設置等)済箇所数を集計した結果を図14と表2に示す。

障害の発生箇所数及び通行不能箇所数ともに庄内支庁管内が圧倒的に多く、それぞれ160箇所と90箇所となっている。障害発生箇所の半数以上で通行不能障害が生じている。庄内支庁管内の次に多いのが新庄建設事務所管内であり、次いで米沢建設事務所管内、村山建設事務所管内の順となっている。

障害対策は障害発生の多い管内で重点的に推進されているが、庄内支庁管内では160箇所の内、40箇所程が未対策で残っている。長井建設事務所管内では障害の程度が低いため、対

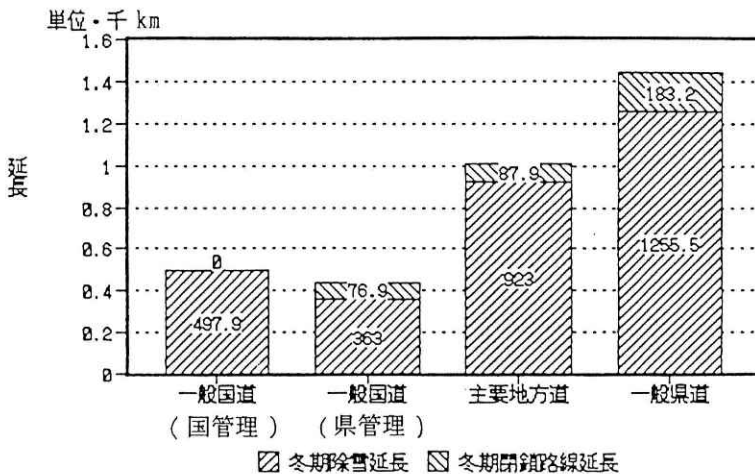


図11 冬季の道路除雪区間延長と冬季閉鎖道路延長(昭和63年度計画)

山形県内の雪処理情報システムの構想

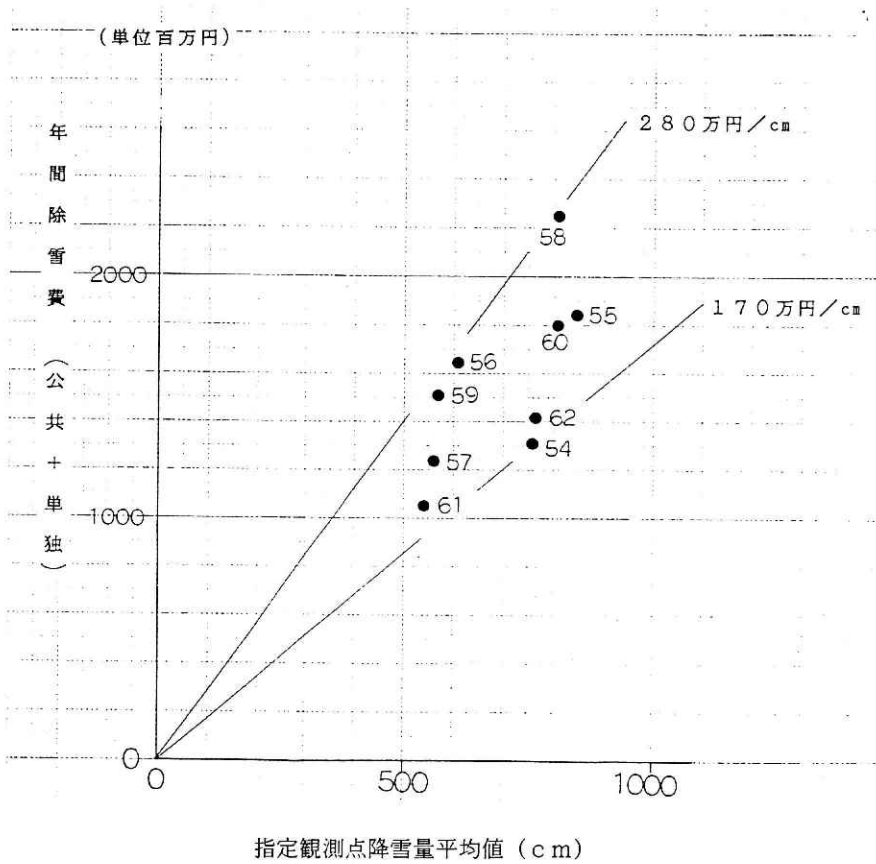


図12 山形県管理道路除雪費と降雪量の関係

策箇所は比較的少ない。

庄内支庁管内の発生箇所の特徴としては、庄内平野の海岸部を除く平坦部に多く、庄内平野の海岸線から約3 km以内の地区と山岳部の道路はの発生件数が少ない。また、冬季の卓越風向に直交する南北方向の道路区間に障害が多く、東西方向に走る道路区間に障害が少ない。また、市街地での発生は比較的少なく、周囲が田畑等の平坦地の区間に多い。新庄建設事務所管内ではほとんどの県管理道路で障害が発生しているが、庄内支庁管内と同じく市街地付近では発生が少ない。しかし、道路の走行方向による違いは庄内支庁管内ほど顕著ではない。米沢建設事務所管内でも障害箇所は、市街地を除く平野部の区間に障害が多く発生している。米沢盆地の西側（一般国道13号の西側）も比較的多く発生している。

(2) 路面凍結障害

路面凍結は、県内全域で発生しており、顕著な障害区間を特定することができない。しかし、橋梁部及びトンネル出口付近、更には地形の影響で日陰になり易い地点ではその前後区

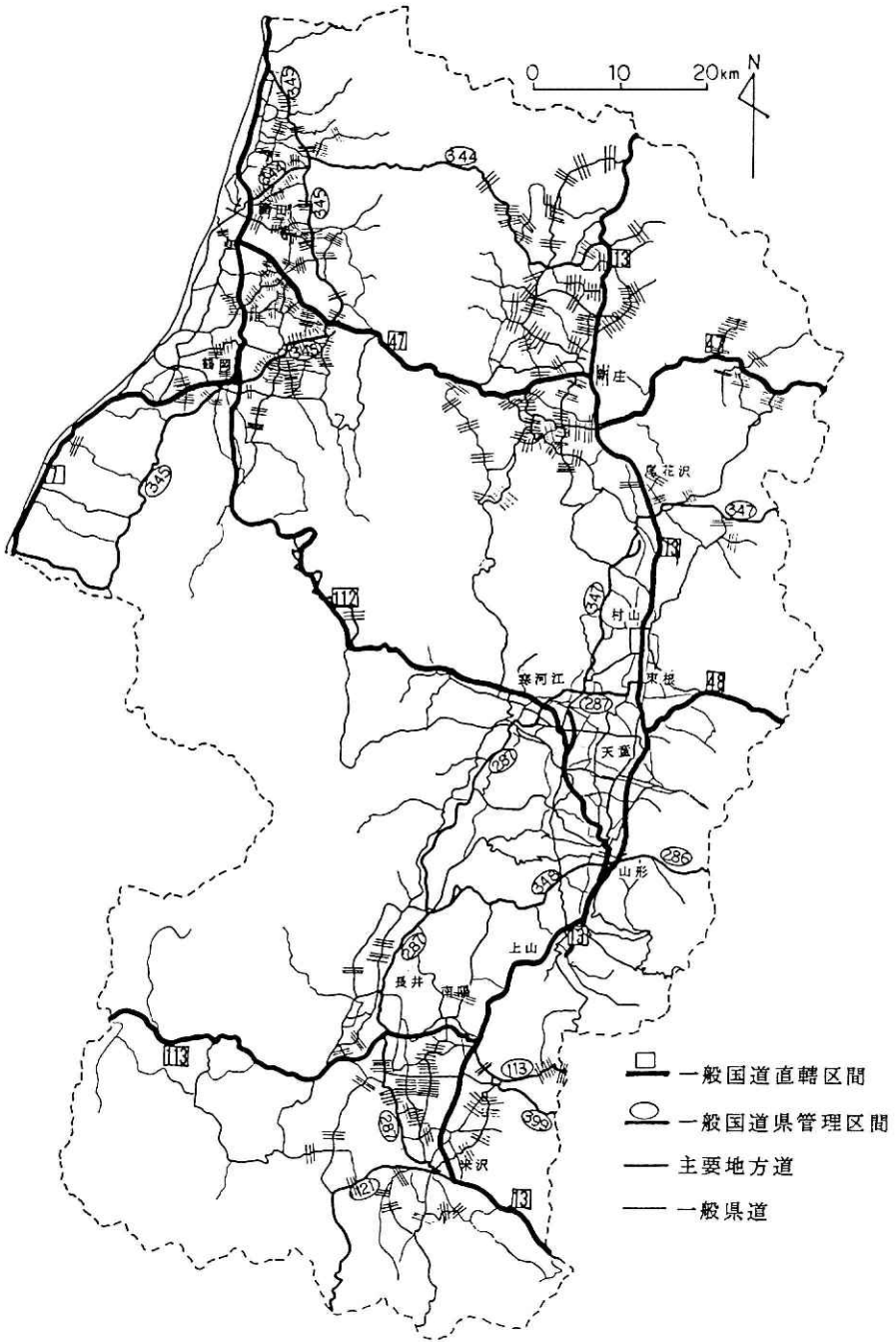


図13 視程と吹き溜りによる県管理道路の障害発生箇所，斜線部が発生箇所

山形県内の雪処理情報システムの構想

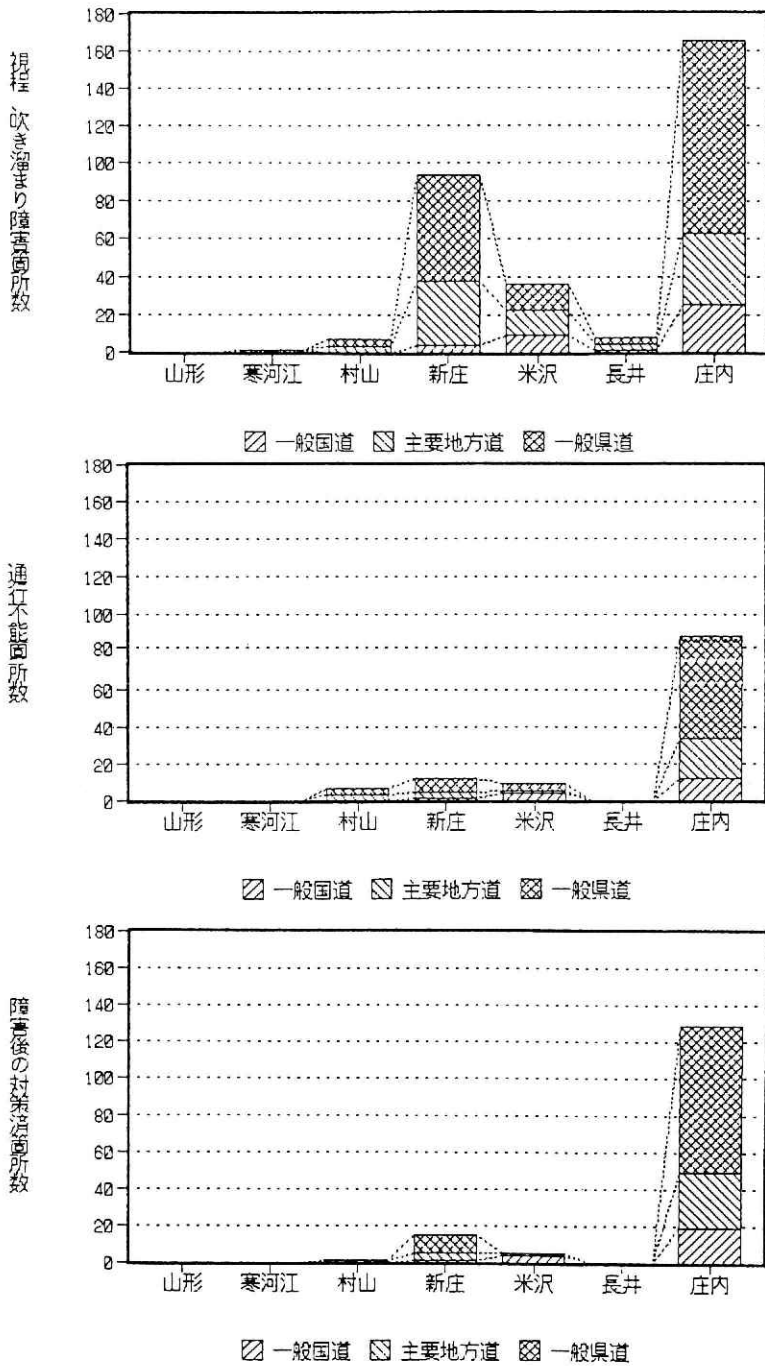


図14 道路管理地域別の視程と吹き溜り（地吹雪）の障害発生状況（県管理道路のみ）

表2 道路管理地域別の視程と吹き溜まり（地吹雪）の障害発生状況（県管理道路のみ）

地 域		一般国道 県管理区間	主要地方道	一般県道	計
山 形	地吹雪障害発生箇所数	0	0	0	0
	通行不能箇所数	0	0	0	0
	障害後対策済箇所数	0	0	0	0
長 井	地吹雪障害発生箇所数	1	3	3	7
	通行不能箇所数	0	0	0	0
	障害後対策済箇所数	0	0	0	0
米 沢	地吹雪障害発生箇所数	9	13	14	36
	通行不能箇所数	4	1	4	9
	障害後対策済箇所数	4	1	0	5
寒 河 江	地吹雪障害発生箇所数	1	0	0	1
	通行不能箇所数	0	0	0	0
	障害後対策済箇所数	0	0	0	0
村 山	地吹雪障害発生箇所数	0	3	4	7
	通行不能箇所数	0	3	3	6
	障害後対策済箇所数	0	1	0	1
新 庄	地吹雪障害発生箇所数	4	34	56	94
	通行不能箇所数	1	3	7	11
	障害後対策済箇所数	1	4	10	15
庄 内	地吹雪障害発生箇所数	25	37	103	165
	通行不能箇所数	12	22	54	88
	障害後対策済箇所数	19	30	80	129
計	地吹雪障害発生箇所数	40	90	180	310
	通行不能箇所数	17	29	68	114
	障害後対策済箇所数	24	36	90	150

山形県内の雪処理情報システムの構想

間で路面状態が異なるので、車両の安全走行にとって障害となる。また、下り勾配の急カーブ区間は路面凍結による障害が発生しやすい。山形県では、冬期間を通して気温がプラスとマイナスの間を上下するので、常時マイナス気温の北海道やプラス気温の方が多い北陸地方に比べ、融解再凍結による路面凍結の発生頻度は一般に高い。

(3) 雪崩障害

近年の雪崩の発生箇所を整理し、その結果を図15に示す。県の道路管理公所別の雪崩発生箇所数、雪崩発生によって通行不能となった箇所数、雪崩発生後の対策（雪崩防止柵の設置等）済箇所数を集計した結果を図16と表3に示す。

雪崩の発生箇所数および通行不能箇所数は、新庄建設事務所管内が圧倒的に多く、それぞれ80箇所と30箇所以上となっている。また、雪崩発生箇所の半数弱では通行不能となっている。新庄建設事務所管内以外の地域では、通行不能箇所が少ない。これは対策済箇所数の比率が高いことによるものと考えられる。

雪崩発生箇所は、県内を南北に走る鳥海山から月山にかけての山岳部及び朝日山塊の東側山岳部に多い。その他の地域では庄内平野南側の山岳部及び米沢の南側山岳部に多い。県の東側県境の山岳域では比較的少ない。雪崩発生箇所の多い地域は、降雪又は積雪の多い地域とほぼ一致している。

5. 雪処理情報システムの構想

(1) 雪処理情報システムの目的

山形県雪処理情報システムの目的とするところは、冬期間における山形県民の生活水準の維持と向上、および地域産業の振興を図る上で有為な雪情報を関係行政機関や県民に提供することにある。

(2) システムの構成と情報の種類

システムは、以下の4種類のサブシステムで構成する。

- ①情報“収集”システム
- ②情報“処理”システム
- ③情報“提供”システム
- ④上記のシステムを連結する“通信”システム

システムが扱う情報の種類は、以下の3種類である。

- ①気象情報（現況及び予測）
- ②道路情報（道路障害、交通量等）
- ③除雪情報

上記の3種の情報量を概算した結果は表4に示すとおりである。

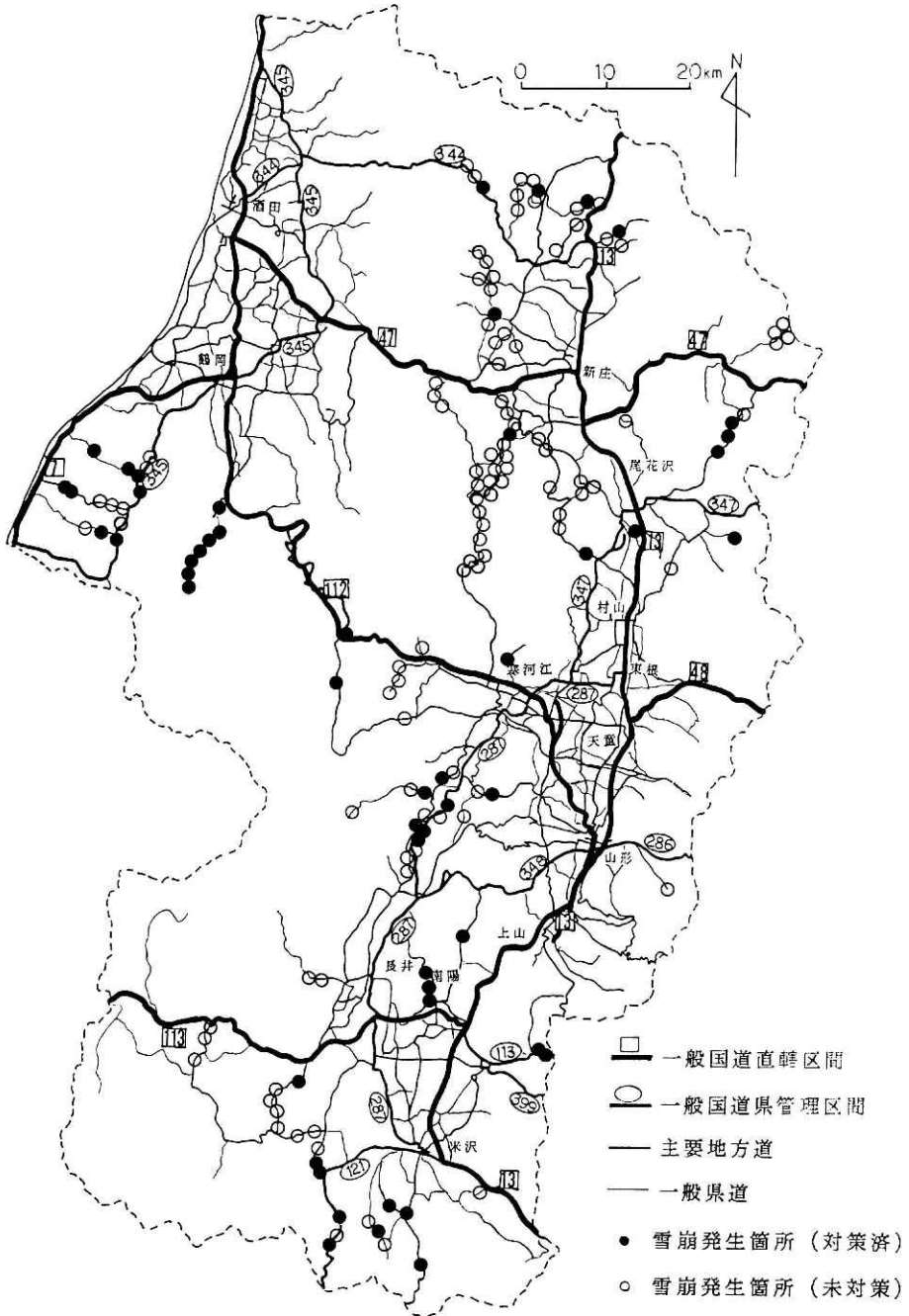


図15 雪崩による道路障害発生箇所(県管理道路のみ)

山形県内の雪処理情報システムの構想

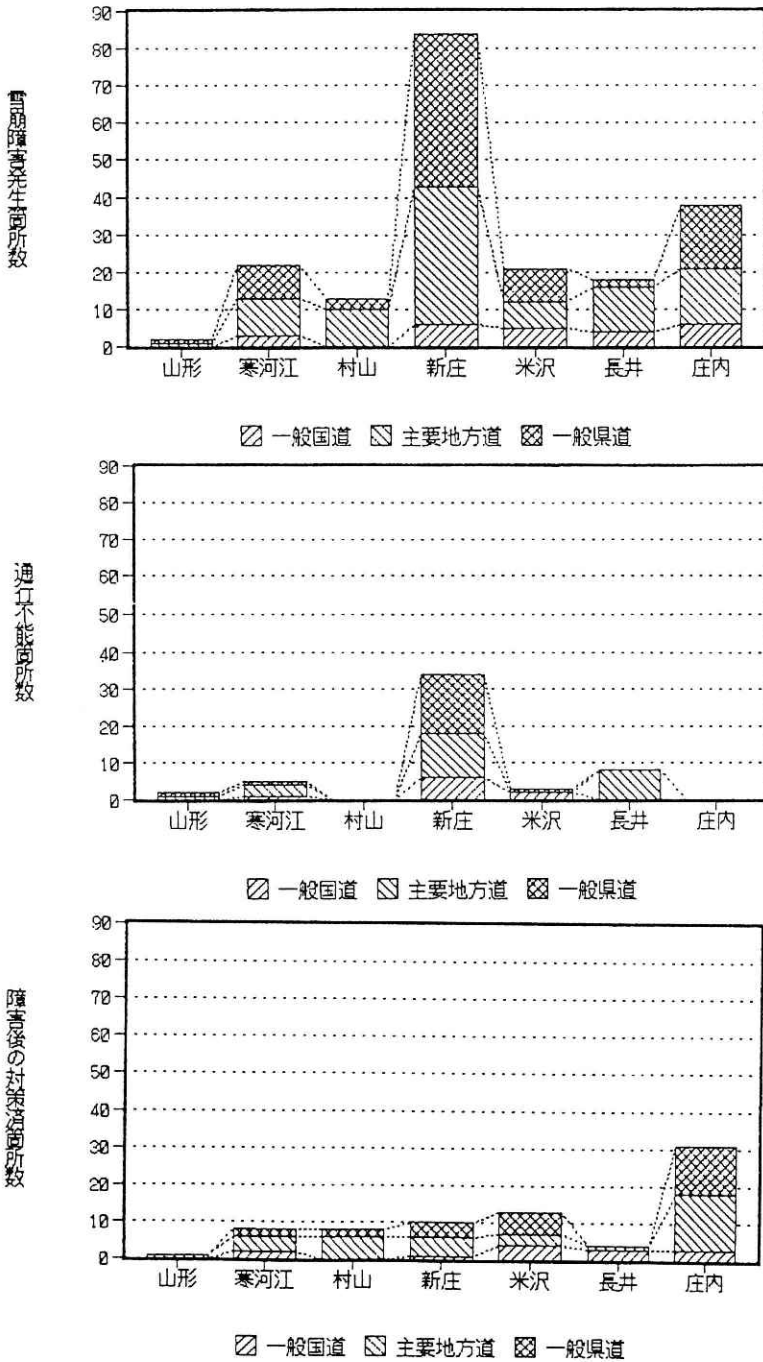


図16 道路管理地域別の雪崩障害発生状況(県管理道路のみ)

表3 道路管理地域別の雪崩障害発生状況 (県管理道路のみ)

地 域		一般国道 県管理区間	主要地方道	一般県道	計
山 形	雪崩障害発生箇所数	0	1	1	2
	通行不能箇所数	0	1	1	2
	障害後対策済箇所数	0	1	0	1
長 井	雪崩障害発生箇所数	4	12	2	18
	通行不能箇所数	0	8	0	8
	障害後対策済箇所数	3	1	0	4
米 沢	雪崩障害発生箇所数	5	7	9	21
	通行不能箇所数	2	0	1	3
	障害後対策済箇所数	4	3	6	13
寒 河 江	雪崩障害発生箇所数	3	10	9	22
	通行不能箇所数	1	3	1	5
	障害後対策済箇所数	2	4	2	8
村 山	雪崩障害発生箇所数	0	10	3	13
	通行不能箇所数	0	0	0	0
	障害後対策済箇所数	0	6	2	8
新 庄	雪崩障害発生箇所数	6	37	41	84
	通行不能箇所数	6	12	16	34
	障害後対策済箇所数	1	5	4	10
庄 内	雪崩障害発生箇所数	6	15	17	38
	通行不能箇所数	0	0	0	0
	障害後対策済箇所数	3	15	13	31
計	雪崩障害発生箇所数	24	92	82	198
	通行不能箇所数	9	24	19	52
	障害後対策済箇所数	13	35	27	75

山形県内の雪処理情報システムの構想

(3) システムの目標水準

システムが最終的に目指すべき目標水準を、県内の冬期間の気象特性、雪氷障害特性並びに現在の関連行政水準に基づき検討し、その結果を図17に示す。

(4) システムの活用効果

冬期間の除雪作業等の現況と、雪処理情報システム導入後の活用効果を以下の項目について整理し、表5に示す。

- ①除雪時の除雪車の出動判断
- ②薬剤散布等の路面凍結対策作業の実施判断
- ③交通規制の判断
- ④道路利用者（ドライバー）への情報伝達

いずれの項目においても雪処理情報システムの導入によって客観化、効率化が計られ、道路管理水準の向上が期待できる。

6. 雪処理情報システムのプロトタイプ作成

雪処理情報システムのプロトタイプ（試作品）を、以下のコンセプトに基づいて設計した。

- ①雪処理情報システムとしての最も原理的機能を有しているミニチュア版であること。
- ②対象地域を限定して稼働させる事が可能であること。
- ③ミニチュア版であることから、収集情報と処理情報を最も基本的なものに限定すること。
- ④情報の通信手段はオンラインではなく、FAXによるオフライン（非自動）を基本とすること。

上記コンセプトに基づき、県内のモデル地域（酒田市と新庄市に設定）に対して気象現況と予測情報を出力できるミニチュア版の処理システムを構築した。プロトタイプ概念図と処理機能は、図18と表6に示すとおりである。

このプロトタイプの特徴は、モデル地域の降雪量、吹き溜り、路面凍結の3項目の予測処理をリアルタイムで行うとともに、予測のために収集された各種気象データと予測結果をデータ・ベースに収録する機能を有している点である。上記3項目の予測処理は、以下に示す手続きに従って実施される。

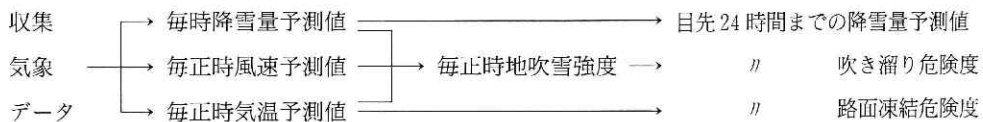


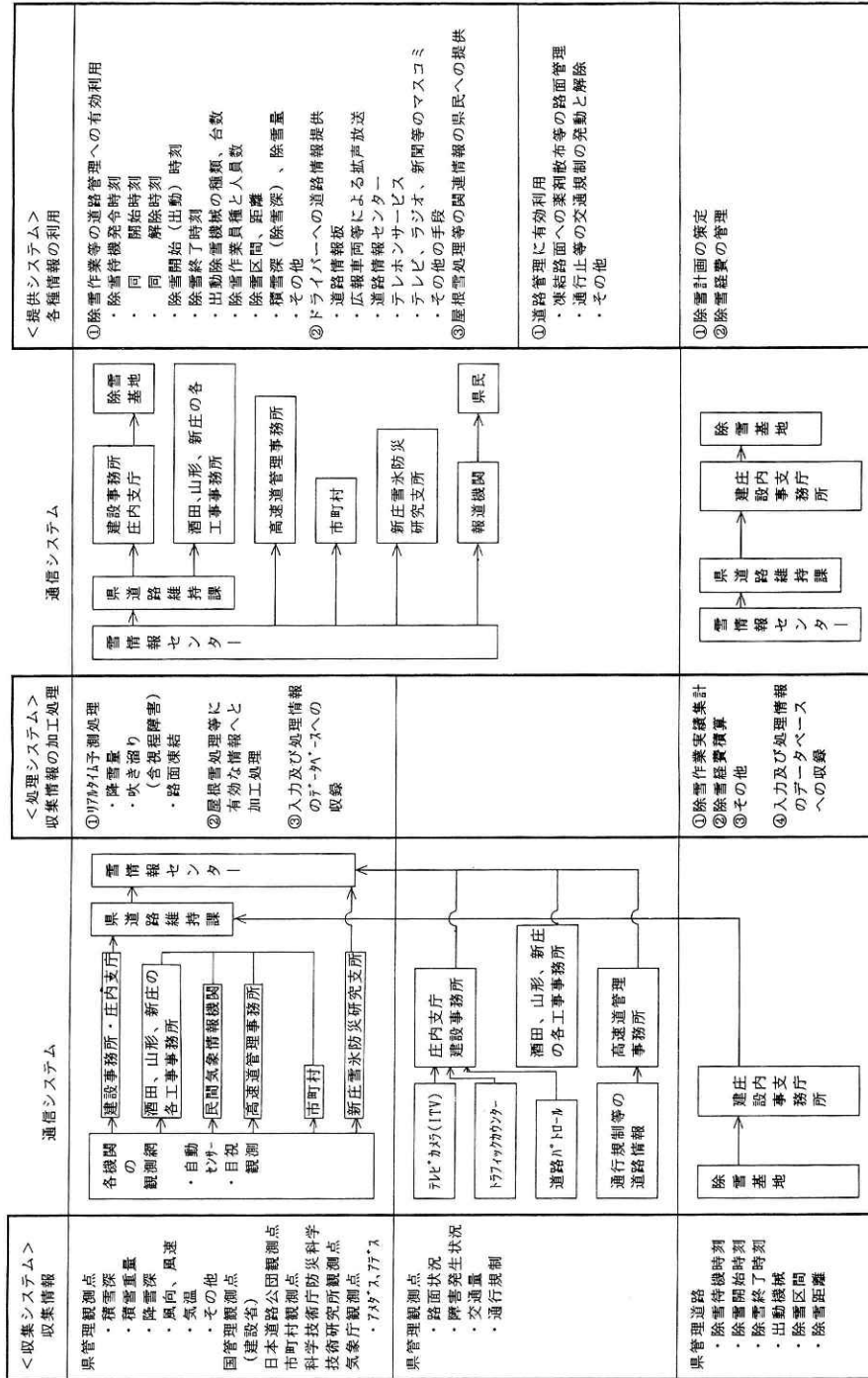
表4 雪処理情報システムの情報量

収 集 デ ー タ 名	地 点 数			データ量 bite/day
	山形県	気象庁	科技厅	
気象情報 降雪深	(103)	11	1	(13920)
積雪深	103	11	1	13920
積雪重量			1	120
風向	7	11	1	2280
風速	7	11	1	2280
気温	7	11	1	2280
高層気象		3	—	450
道路情報 路面状況	7			4200
交通状況	7			4200
障害発生状況	7			4200
交通量	7			4200
除雪情報 除雪作業状況	7			4200
除雪機械の種類、台数	7			4200
除雪作業人員数	7			4200
除雪区間	7			4200
除雪深	7			4200
計	290	58	6	73050b/日 (=8.7Mb /1冬)

*）データは1時間毎の収集として計算。

降雪深は1時間毎の積雪深差として算出。

山形県内の雪処理情報システムの構想



気象情報

道路情報

除雪情報

図17 山形県の雪処理情報システムの目標水準

表5 雪処理情報システム導入の効果

項目	現在の状況	システム導入の活用効果	システム導入の間接的効果
降雪時の除雪車の 出動判断	<ul style="list-style-type: none"> 降雪は通常午前3時の除雪基地における降雪深等の観測(目視)結果に基づき出動判断が行われている。出動判断は最多雪区間の降雪量と、除雪車到着時の積雪量を経験的に推定し、出動のタイミミングを判定している。 	<ul style="list-style-type: none"> 除雪基地での気象観測値(降雪深、地吹雪、気温)のみに基づき経験的に除雪車出動の判断を行っている現状を、担当路線の沿線の定量的かつ客観的な降雪量情報(実測値または推算値)に基づいて行えるように改良される。(点情報→線情報) 除雪基地には発生していない地吹雪に対してもその発生区間や強度についての情報が得られる。 	<ul style="list-style-type: none"> 降雪量情報を除雪基地だけでなく建設事務所や道路維持課でも受信でき、県内全域の降雪状況を常に面的に把握できるので交通規制等の判断に役立つ。 各除雪区間での線的な降雪量情報が得られることから、除雪作業が行われた場合に各区間毎に総除雪量(ボリューム)を簡単に集計でき、除雪経費の算出に対しても有効に利用できる。
薬剤散布等の路面凍結対策作業の実施判断	<ul style="list-style-type: none"> 道路パトロールによる情報と除雪基地での気温に基づき、経験的に出動のタイミミングと作業区間を判断している。 	<ul style="list-style-type: none"> スパイクタイヤの禁止に向け、路面の凍結に対する管理基準を上げることが要請されている。除雪剤は凍結後の散布よりも凍結前の散布が効果的であり、路面凍結防止のための融雪剤散布は、路面温度的確な把握と初時間先の温度低下傾向の予測が必要となる。沿線の気温の現況の予測に基づいて融雪剤の散布のタイミミングと集中散布区間の判断を、客観的に行うことができるようになる。 	<ul style="list-style-type: none"> 薬剤散布のコスト・パーホーミングを高めることができる。
交通規制の判断	<ul style="list-style-type: none"> 過去の大規模な冬期道路気象災害はすべて対応が後手に回ったときに発生しており、道路閉鎖等の交通規制は、実態としては車両が立ち往生して動けなくなり、実質的に交通不能になった後に行われたものであり、従って回復が遅れて長時間に及んでいる。 	<ul style="list-style-type: none"> 地吹雪、路面凍結、降雪量の子割情報が得られることにより、降雪発生危険性の危険性と対象区間を予知でき、対応を先手打てるようになる。 子割情報が入手できることにより迂回路のドライバーへの提示や交通規制の開始時刻を早めると同時に終了時刻も早めることができ、結果として規制時間を大幅に短縮することが可能になる。 	<ul style="list-style-type: none"> 放置車両の解消 渋滞の軽減
道路利用者への情報伝達	<ul style="list-style-type: none"> 道路情報板、立て札等の手段によっているが、地吹雪降雪は降雪の発生を知らないドライバーが降雪区間に入り込み立ち往生してしまう場合が多く、それによって車両が路上に放置され各種対策の妨げとなり、障害を拡大させる結果になりやすい。 	<ul style="list-style-type: none"> 情報内容がより正確で豊富になる。また現況情報であってもドライバーに伝達しうる情報が線情報化することによってドライバーにとっては、路線を移動する時間があることから実質的には予割情報に等しい価値となり、道路除雪行政上のサービス向上となる。 将来的には、道路情報板や路側ラジオが充実するにつれ、路線の気象状況に対する正確な情報の入手とドライバーへの提供が必要となるが、人のいない区間に対しても対応が可能になる。 	

山形県内の雪処理情報システムの構想

気象情報

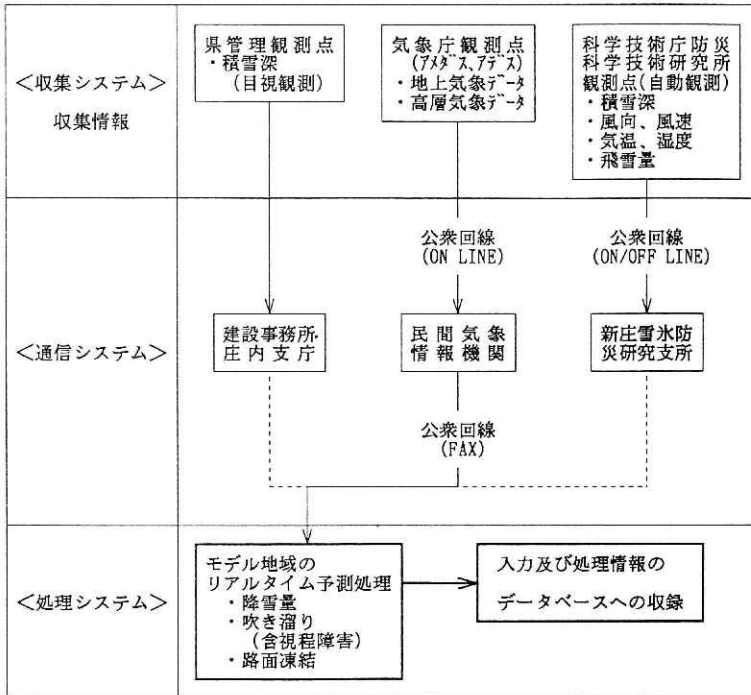


図18 プロトタイプ概念図

表6 プロトタイプの処理機能

項目	機能												
入力	気象情報の受信 ① 県管理観測点の積雪深 ・FAXまたはTELより入手したデータをキーボード入力 ② 気象庁観測点の気象データ ・民間気象情報機関を通じ、FAXにて入手したデータをキーボード入力 ③ 科学技術庁新庄雪氷防災研究所データ ・オンラインによる自動受信												
演算処理	予測対象地域及び項目 リアルタイム予測対象地域と項目は以下の通り。 <table border="1" style="margin-left: 20px;"> <thead> <tr> <th>モデル地域 \ 予測項目</th> <th>路上吹き溜り</th> <th>路面凍結</th> <th>降雪量</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>酒田市</td> <td>○</td> <td>-</td> <td>○</td> </tr> <tr> <td>新庄市</td> <td>-</td> <td>○</td> <td>○</td> </tr> </tbody> </table>	モデル地域 \ 予測項目	路上吹き溜り	路面凍結	降雪量	酒田市	○	-	○	新庄市	-	○	○
	モデル地域 \ 予測項目	路上吹き溜り	路面凍結	降雪量									
	酒田市	○	-	○									
新庄市	-	○	○										
予測対象時刻	目先24時間までの毎正時												
	データベースへの収納	受信情報と処理情報を一定の企画に合わせてデータベースに収納する。											
出力	現況状況の表示	受信情報に基づき、現在気象状況をCRT画面及びプリンターに表示する。											
	予測情報の表示	予測された気象値に従い、予測気象情報をCRT画面及びプリンターに表示する。											
その他	予測作業時刻	2回/日 (11:00, 17:00)											

7. おわりに

本研究は、官民特定共同研究「交通路における雪氷防災情報システムの開発に関する研究」の一環として、山形県が(株)MTS 雪氷研究所に委託して実施したものである。

参 考 文 献

- 山形県企画調整部(1989)：昭和63年度雪処理情報システム構想調査報告書
- 山形県企画調整部(1990)：平成元年度雪処理情報システム構想調査報告書
- 山形県企画調整部(1991)：平成2年度雪処理情報システム構想調査報告書

(1992年12月28日 原稿受理)