

吹雪時の視程推定技術と 情報提供

国立研究開発法人 土木研究所 寒地土木研究所
雪氷チーム 原田 裕介

＜発表内容＞

- 1) 吹雪災害発生過程と対応策
- 2) 暴風雪・大雪の評価技術および
冬期道路管理への活用案

吹雪災害発生 の 過程 と 対応策

誘因

吹雪災害を引き起こす直接的な要因
(暴風雪、吹きだまり、視界不良)

素因

被害対象 (道路、ドライバー等) の吹雪災害の誘因に対する強靱さ~防災力

災害

渋滞、視界不良事故、立ち往生、通行止め

正の素因 (素因を強くする・防災力を高める)

吹雪対策施設の整備、吹きだまりにくい道路構造

十分な除雪予算・体制 (機械力、人員)

ドライブ時の十分な装備

道路管理者・利用者の適切な判断・対応

地域の組織・住民等の協力連携 など

ハード

ソフト

吹雪時の視程推定技術を活用した 暴風雪・大雪の評価技術および 冬期道路管理への活用案

冬期に台風並みに
発達した低気圧



日本海寒帯気団収束
帯による集中降雪



・通行止, 視程低下



暴風雪

大雪



・車両1000台立往生

暴風雪・大雪災害を軽減するためには…

一回の極端な暴風雪や大雪の厳しさを
「評価指標」にもとづき適切に表現



- ハザードマップの提示 (頻度や地域性)
- 道路管理における判断支援方策を提案



暴風雪・大雪災害の被害軽減に資する。

<現状>



- 暴風雪・大雪の道路通行規制基準は未確立
- 道路ネットワーク機能への影響の最小化が目標

規模による道路交通障害発生の推移

① 大雪・吹雪に伴い，除雪作業の必要が生じ，併せて旅行速度が低下する。

② 大雪・吹雪が局所的にある強度以上となり，
個々の路線・区間で交通障害に至る。

障害度

③ ある強度以上の大雪・吹雪の範囲が広がり，複数の路線・区間で交通障害に至り，
道路ネットワークの機能低下が生じる。

警戒レベル

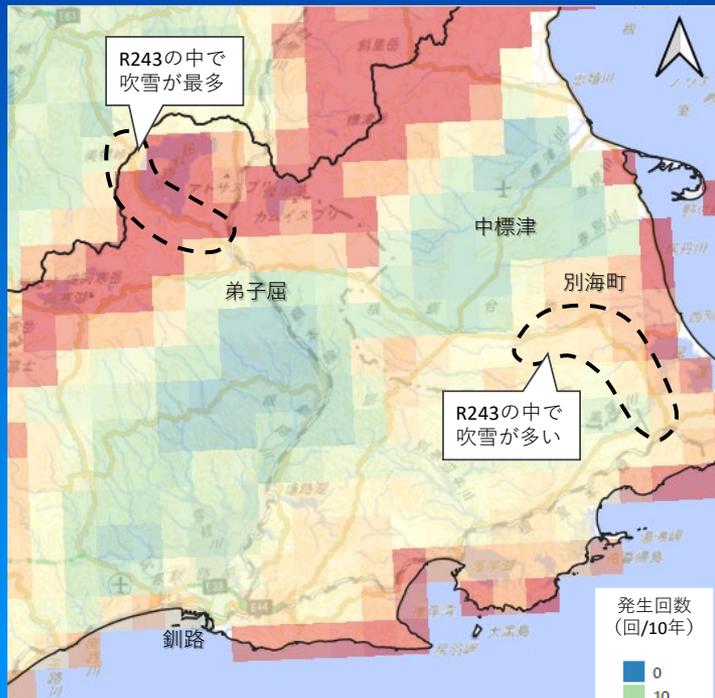
④ ある強度以上の大雪・吹雪が継続し，道路上の吹きだまりがより大きくなることで，
交通障害の解消に多大な時間を要し，
道路ネットワークの機能低下が長時間継続。

一回の暴風雪・大雪の厳しさを表す指標

厳しさ指標	概要
(1) 障害度 (線的指標)	道路管理者が担当区間の通行規制などを判断するための、個々の路線・区間の障害を示す段階的な指標
(2) 警戒 レベル (面的指標)	管轄する区域の責任者が、該当区域の警戒・非常体制の発令を判断するための、道路ネットワークの障害や地域の災害の規模を示す指標

障害度・警戒レベルの図化イメージ

<障害度:3-4段階>



<警戒レベル:5段階>



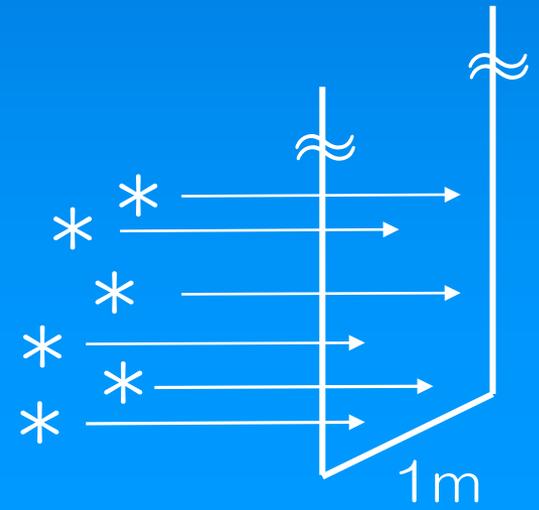
※気象格子データを用いた場合

暴風雪における「障害度」の 評価指標の設定

吹雪の厳しさを示す物理量として時間吹雪量（ kg/m/h ）を用い「吹雪による通行止め＝交通障害」とみなし，吹雪障害の基準数値と吹雪による通行止めとの関係を整理することで，障害度の評価指標を4つに区分し段階的に設定。

吹雪量とは

吹雪の度合いを示す指標の1つ
風に直交する単位幅を単位時間
に通過する吹雪粒子の質量



吹雪障害の基準数値の設定

暴風雪による交通障害を想定して1)-3)を設定

視程障害

1) 視程50-100m

- 走行速度低下,
- 車両の速度差大

2) 視程50m未満

- 上記が顕著になる

加治屋ら(2004)

吹きだまり

写真提供：
北海道開発局

3) 吹きだまり20cm/3h

- 吹きだまり20cmで,
軽自動車走行不能

金子ら(2013)

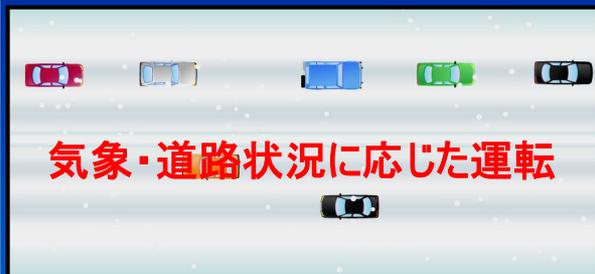
- 道路除雪1サイクル3時間

国土交通省(2018)

※除雪での対応不可を想定

視程低下が交通に与える影響

視程100~200m



- ・ 視程障害に応じて**速度低下**が始まる
- ・ 車両による**速度差は小さい**
- ・ アクセルやブレーキ操作は**安定**

視程50~100m



- ・ 走行速度がさらに低下。
- ・ アクセル操作が**頻繁**になり、**車両による速度差が大きくなる**。
- ・ このため**追従や車群走行が多くなる**。

視程50m未満



- ・ ブレーキ操作による**減速・停止**が発生する
- ・ **左右への挙動も多く不安定**になる



※ 郊外部の中央分離帯のある4車線道路での調査結果より

暴風雪の障害度：評価指標

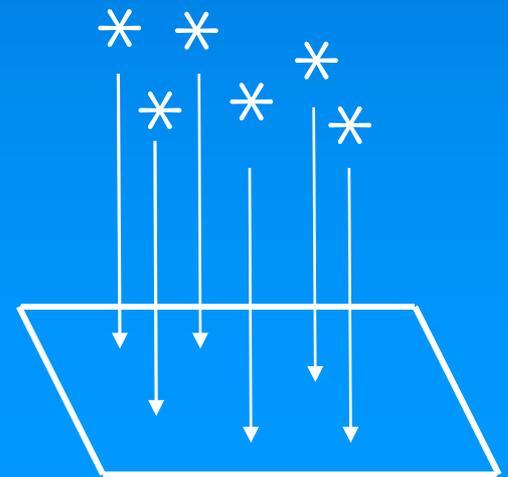
障害度	推定される状況	評価指標
障害度0	視程低下により走行環境が悪化	視程50m未満 (吹雪量300kg/m/h以上)が 0～3時間継続
障害度1		視程50m未満 (吹雪量300kg/m/h以上)が 3～6時間継続
障害度2	通行止めが必要なほどの 障害が発生	視程50m未満 (吹雪量300kg/m/h以上)が 6時間以上継続
障害度3	軽自動車の発進が困難と なる吹きだまりが発生	吹きだまり20cm以上/3h (吹雪量3000kg/m/3h以上)が 発生

大雪における「障害度」の 評価指標の設定

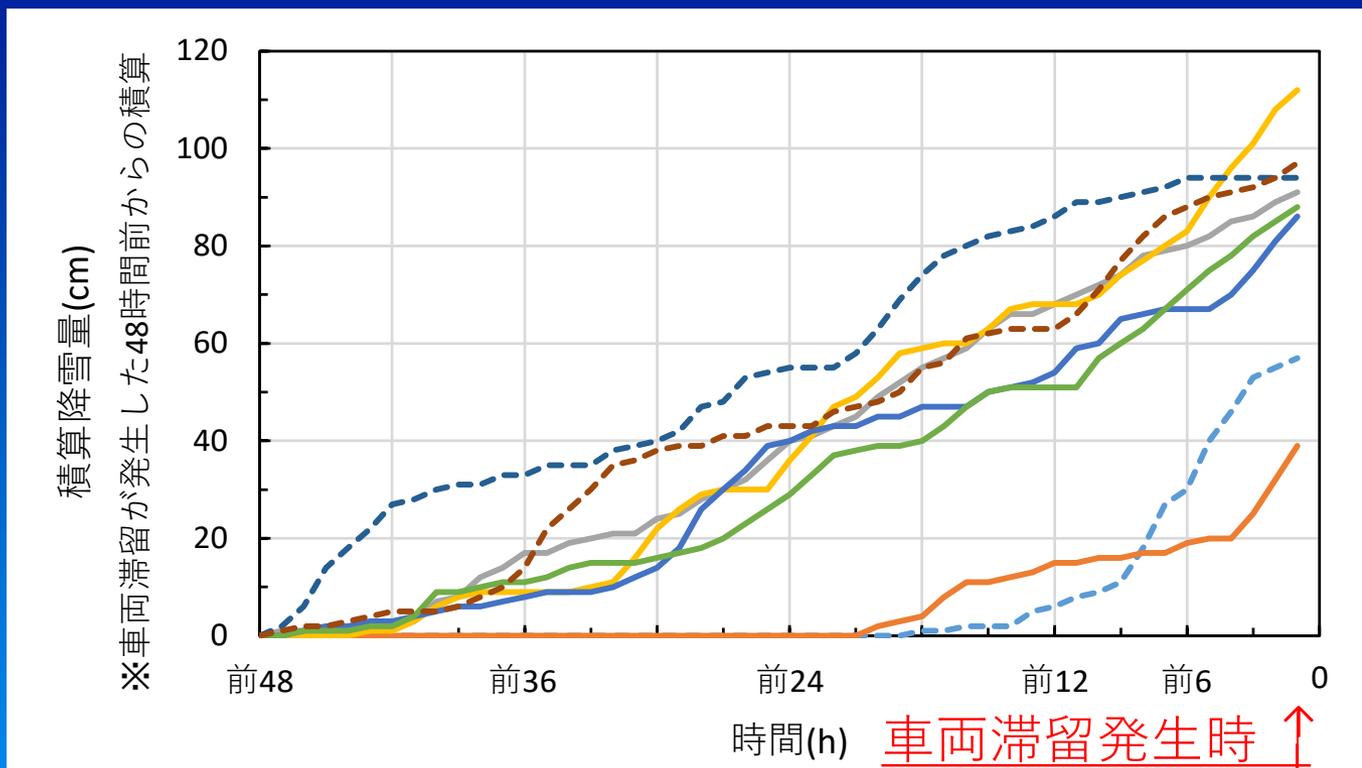
大雪の厳しさを示す物理量として時間降雪量（ cm/h ）を用い、「車両滞留に至る多量降雪＝一定時間に積算された降雪量」の関係を整理することで障害度の評価指標を3つに区分し段階的に設定。

時間降雪量とは

1時間積雪深の増加量（ cm/h ）



車両滞留発生までの積算降雪量(cm)



• 車両滞留発生時の降雪量：40～60cm/24hが多い

• 前48hと前24hが0cmの2事例：

22～30cm/前6h、11～19cm/前3h

• 前48hと前24hの差が36～54cmと大きい4事例：

前6h、3hの積算降雪量が6～12cmと小さい。

大雪の障害度：評価指標

障害度	推定される状況	評価指標
障害度1	車両滞留，通行止めが発生する程度	時間降雪量の積算値 40cm以上/24h
障害度2	半日で車両滞留，通行止めが発生する程度	時間降雪量の積算値 40cm以上/12h
障害度3	除雪1サイクル程度の時間で，路面状況の悪化，視程低下	時間降雪量の積算値 20cm以上/3h

暴風雪・大雪「警戒レベル」の評価指標

警戒レベル	暴風雪災害の規模	判断基準	気象情報(参考)	閾値の再現確率
5	通行止め+集落孤立(自衛隊派遣等)	<ul style="list-style-type: none"> ・ 広範囲に立往生や集落孤立状態が2日以上継続 ・ 自衛隊派遣 	過去に経験のない	10年以上
4	通行止め+除雪作業困難(他開建・地整に応援, 災害対策本部の設定)	<ul style="list-style-type: none"> ・ 同時に広範囲で一般国道通行止め発生 ・ 立往生発生, 集落孤立 ・ 社会活動影響有 	数年に1度	2~10年
3	通行止め または 立ち往生発生(多重)事故発生	<ul style="list-style-type: none"> ・ 一般国道通行止め発生 ・ 社会活動影響小 	警報	1~2年
2	平均旅行速度の低下 事故発生 等	<ul style="list-style-type: none"> ・ 一般国道通行止めなし ・ 吹雪の新聞記事あり 	注意報 ・ 警報	—
1	除雪	<ul style="list-style-type: none"> ・ 一般国道通行止めなし ・ 吹雪の新聞記事なし 	注意報	—

「障害度」基準数値：暴風雪（視程50m未満）・大雪（40cm以上/24h）のバツ最大の広がりの割合を閾値とする（地域毎）

暴風雪および大雪の ハザードマップの作成

暴風雪・大雪のハザードマップのコンセプト

＜暴風雪・大雪における「ハザード」＞

・事象の「規模」のみでなく、それに伴う交通障害などの「発生頻度」もあげられる。



＜理由＞

- 暴風雪や大雪は、主に交通障害などを誘発することにより災害へと発展する
- 長期間で考えた場合、重要な表示要素として
 - ① 既往最大の「規模」
 - ② 交通障害などが発生する「規模」における「発生頻度」

ハザードマップの表示要素・表示方法

表示要素

＜暴風雪・大雪の「規模」：表示要素＞

- 評価指標のうち「障害度」
- 既往最大の厳しさ
(吹きだまり深さ・降雪量の24時間最大値)
- 一冬期間の累積吹雪量および降雪量

＜暴風雪・大雪の「発生頻度」：表示要素＞

- (1) 1回未満/10年
- (2) 1回以上/10年
- (3) 5回以上/10年 (1回/2年以上)
- (4) 10回以上/10年 (1回/1年以上)

表示方法

- ①：統計値（規模・発生頻度）を直接表示
- ②：複数の要素を組み合わせて表示
- ③：複数の要素を組み合わせた危険性を階級化

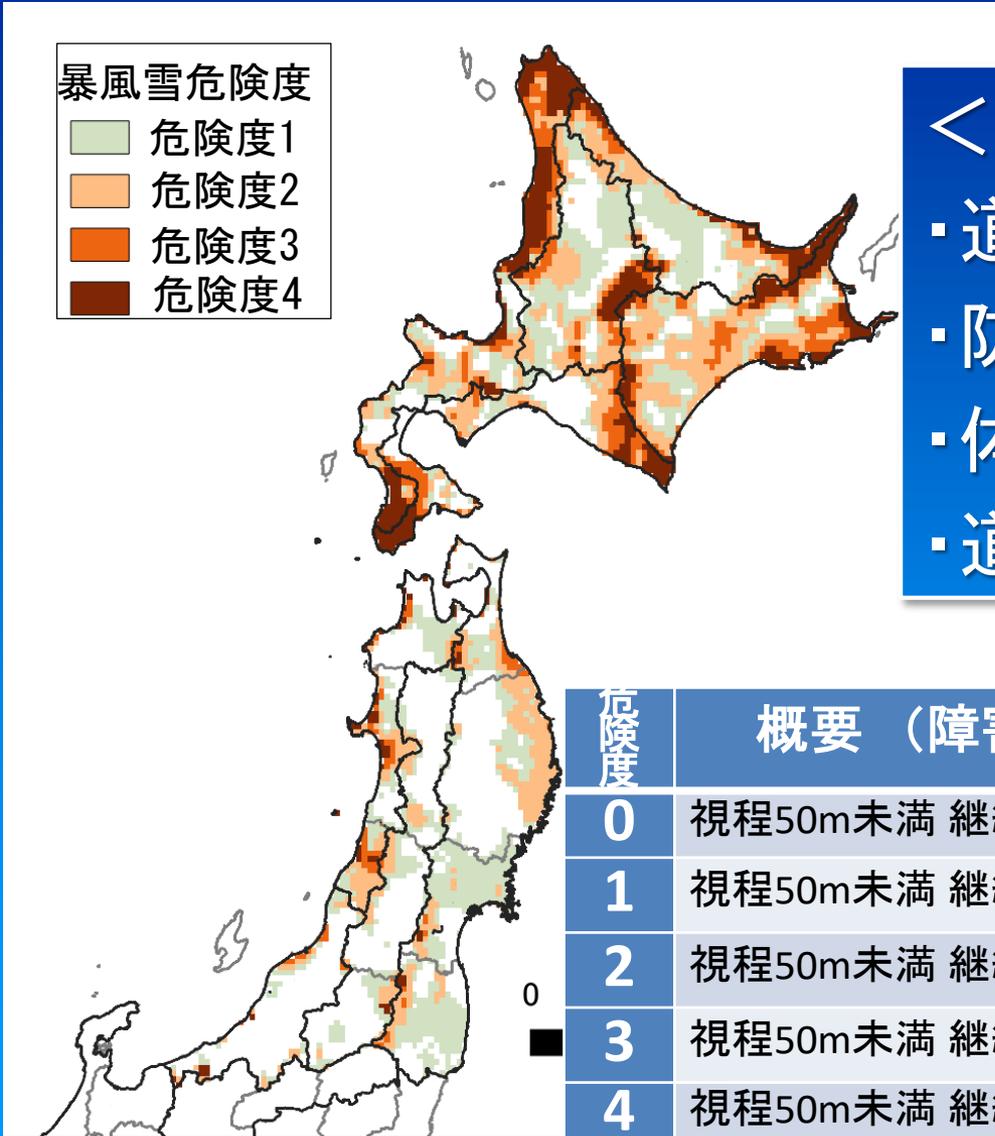
暴風雪のハザードマップ：③階級化

交通
障害
通行
規制

低
↓
頻発

暴風雪危険度

- 危険度1
- 危険度2
- 危険度3
- 危険度4



<用途>

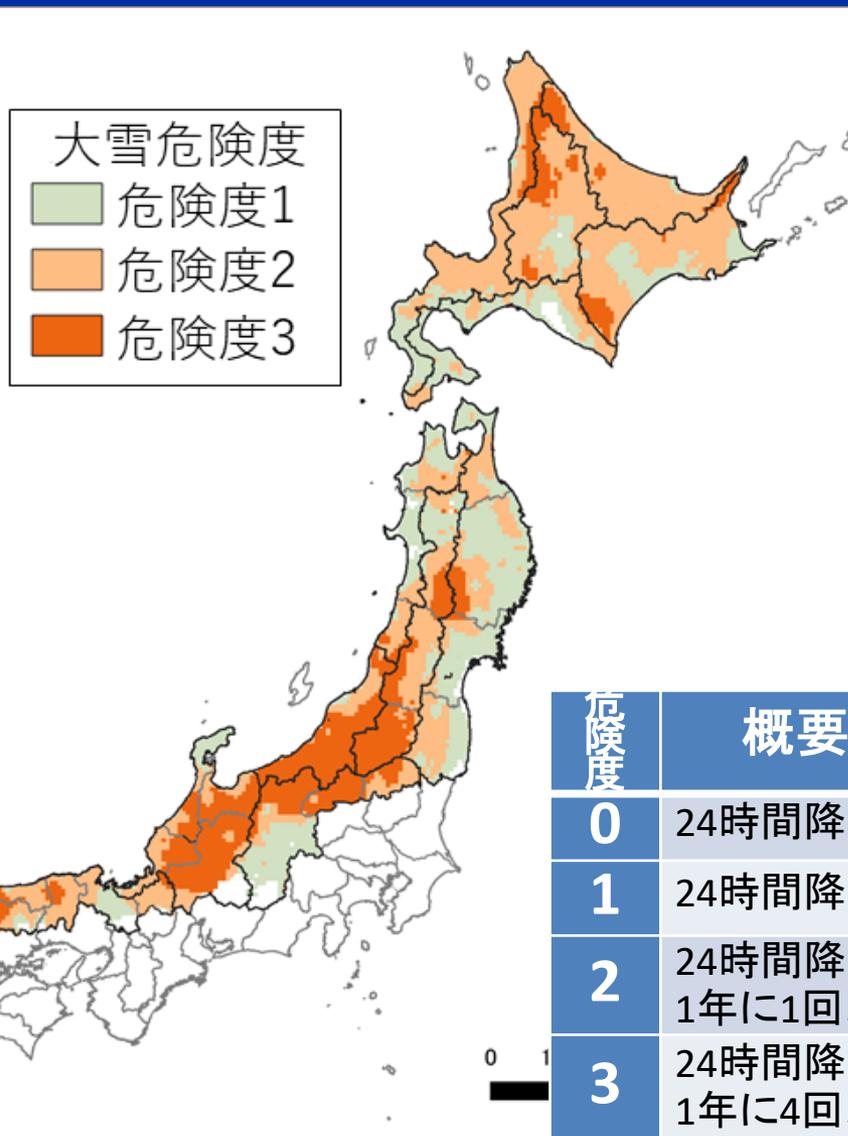
- ・道路整備計画
- ・防雪計画
- ・体制検討
- ・道路利用者啓蒙

危険度	概要（障害度×頻度＝危険度）
0	視程50m未満 継続3～6時間が1回/10年未満
1	視程50m未満 継続3～6時間が1回/10年以上
2	視程50m未満 継続6時間以上が1回/10年以上
3	視程50m未満 継続6時間以上が1回/2年以上
4	視程50m未満 継続6時間以上が1回/1年以上

大雪のハザードマップ：③階級化

交通
障害
通行
規制

低
↓
頻発



大雪危険度
危険度1
危険度2
危険度3

<用途>

- ・道路整備計画
- ・防雪計画
- ・体制検討
- ・道路利用者啓蒙

危険度	概要（障害度×頻度＝危険度）
0	24時間降雪量の既往最大値が40cm未満
1	24時間降雪量の既往最大値が40cm以上
2	24時間降雪量40cm以上の発生頻度が1年に1回以上
3	24時間降雪量40cm以上の発生頻度が1年に4回以上

評価指標やハザードマップの活用案

	a) 計画時	b) 事象発生時
(1) 本省 本局	道路ネットワーク強化優 先路線の把握 →ハザードマップ	現業の道路管理者や関 係機関との連絡体制確 保や情報収集 →警戒レベルの予測値
(2) 現業の 道路管理者 (開発建設部 本部、 道路事務所) 除雪業者	・道路の防雪計画 ・道路利用者啓蒙 →ハザードマップ ・事象発生時におけ る体制検討(タイムラ イン、維持管理体制) →障害度に相当す る気象条件を基準と した道路管理案	情報を収集し、タイムラ インに沿って①体制の構築 や対応を検討・判断し、 ②除雪等の維持管理作 業に加え、③道路利用 者への情報提供を実施 →障害度の予測値 (路線に応じた)

道路管理における判断支援方策

段階移行の判断基準案

段階	気象	道路管理者の行動 (想定)	道路利用者の行動 (想定)
平常	吹雪なし	通常除雪	通常走行
注意 (通行止め準備)	吹雪なし または 吹雪開始	巡回除雪	注意・減速走行
通行止め	暴風雪	危険区間の作業中止 優先区間の集中除雪・広域除雪支援	立ち往生・救助要請
解除準備 (通行止め継続)	暴風雪の減衰 (天候回復)	利用者への情報提供 通行規制	迂回路選択・運転中止 情報収集
平常 (通行止め解除)	吹雪継続 または 吹雪なし	通常除雪	通常走行

なし

24時間以内に障害度2

障害度2が出力

障害度3が出力

障害度1・なしが出力

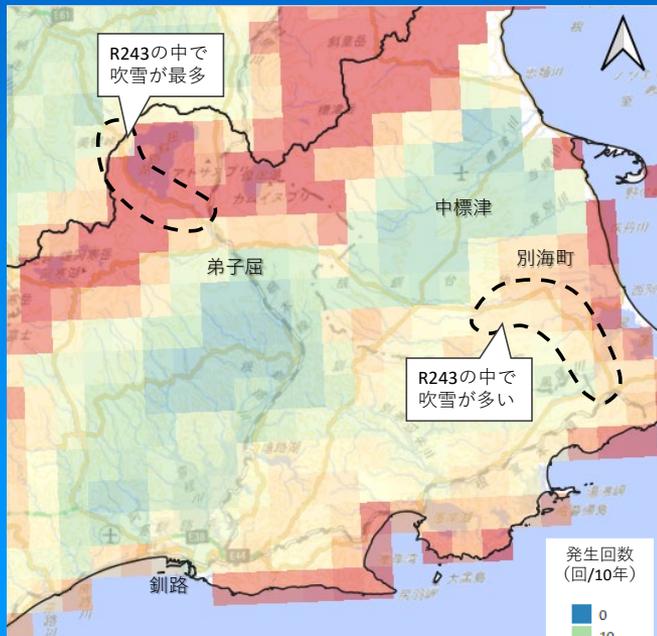
時間

道路管理における判断支援方策

- 評価指標の予測値を表示し効果的な事前通行規制や関係者の調整に活用

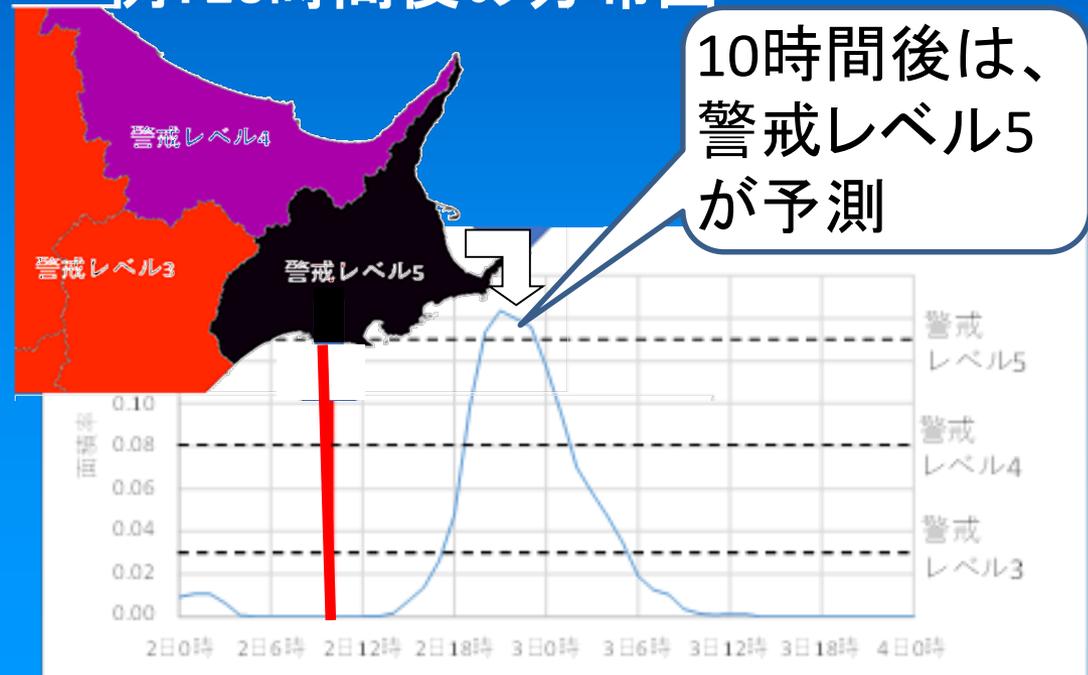
<障害度>

例：3時間後の分布図



<警戒レベル>

例：10時間後の分布図



ご清聴 ありがとうございました

寒地土木研究所 雪氷チームでは、雪氷災害に対する
防災・減災に関する技術の研究開発、
技術的課題への指導・助言を実施しています。
上記に関するお問い合わせは、下記までお願いします。

寒地土木研究所 技術相談

検索

<https://chouseikan.ceri.go.jp/suishin/soudan/>

今後の取組

統計解析

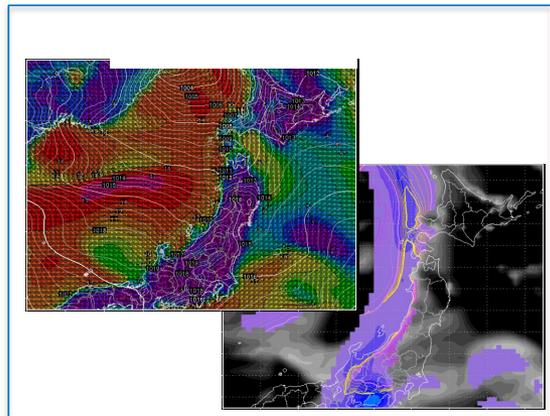
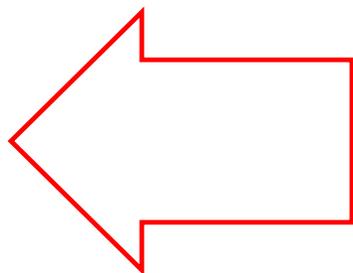
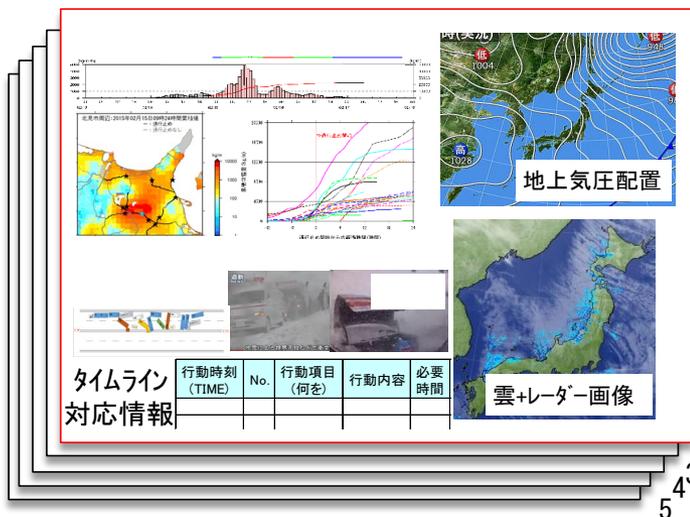
現在 1-2日後 **道路維持管理に重要**

過去 評価指標・ハザードマップ

予測値

- ・自然災害の激甚化・頻発化
- ・生産年齢人口の減少

評価指標の予測値を表示し、効果的な事前通行規制や関係者の調整に活用できるシステムの構築(R4年度～)



今後想定される留意事項等を提示

【インターフェース開発】
 道路管理の意思決定支援や、
 管理者と維持業者との情報共有に活用
 類似したデジタルアーカイブの表示
 報提示:「X月X日X時頃、〇〇で▲▲の被害の可能性」

冬期道路管理の予測値
 (想定される留意事項等)
 例)3時間後に視程△△m以下(吹雪量〇〇kg/m以上)
 となる確率は**%

障害度警戒レベル