

7. 暴風雪災害による影響と対策

7.1 活動概要

7.1.1 活動目的

北海道をはじめとする積雪寒冷地では、毎年のように発生する吹雪時の視程障害による単独事故のほか、複数車両による大規模立ち往生や多重事故がたびたび発生しており、冬期道路が抱える大きな課題となっている。吹雪に関する道路管理の課題の 1 つが、発生する吹雪の監視である。雪については積雪深計、雨については雨量計が、多数整備されている。しかし、吹雪量を計測する計器は研究分野での利用に限られており、また視程障害を監視する視程計は道路管理等で使われているが、雨量計等に比べると設置箇所は限られている。吹雪による通行止めは、道路パトロールによる目視での状況把握に依存しているのが実態と言える。

吹雪監視に関しては、国道に多数整備されている道路管理用 CCTV カメラの目視での利用が従来から行われてきた。その一方で、画像処理により視界状況を数値化する技術が実用化されている。この画像処理技術を道路管理用 CCTV カメラ画像に適用し、吹雪の発生状況を数値化して暴風雪事例として蓄積することで、吹雪に対する冬期道路管理に資することを目的に、調査を実施した。

7.1.2 活動項目

活動項目と内容を以下に示す。

(1) 暴風雪時の道路画像収集

令和元年度冬期から令和 3 年度冬期までの 3 冬期、北海道全域における暴風雪時の道路カメラ画像を収集した。

(2) 暴風雪時の道路カメラ画像による視界状況把握

平成 30 年度冬期における比較的顕著な暴風雪事例について、収集済みの道路画像を基に視界レベルを算出し、吹雪時の視界状況を時系列で整理した。

(3) カメラ画像を活用した暴風雪時の視界状況事例の活用方法検討

蓄積した暴風雪時のカメラ画像の暴風雪事例データベースとしての活用について、蓄積データの表示および提供方法等に関する検討を行った。

7.2 暴風雪時の道路画収集

道路管理用 CCTV カメラ画像は、北海道地区道路情報管理者サイト（図 7.1）において、5 分間隔（平成 30 年度冬期以前は 15 分間隔）で提供されている静止画像を収集し、蓄積した。

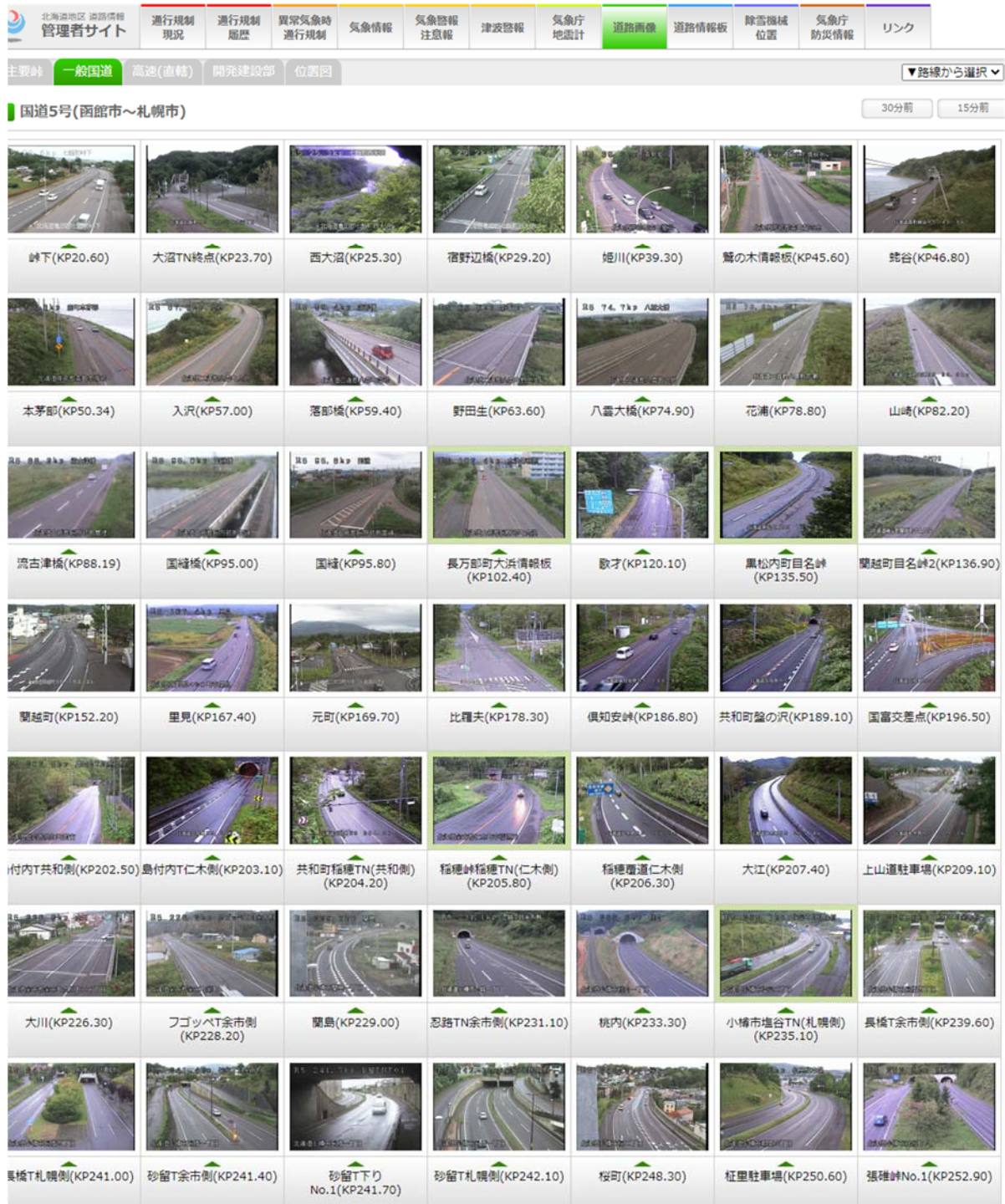


図 7.1 「北海道地区道路情報管理者サイト」の道路画像閲覧画面

7.3 暴風雪時の道路カメラ画像による視界状況把握

7.3.1 画像処理による視界情報算出技術

カメラ画像から視界情報を算出する技術は、北海道大学と（一社）北海道開発技術センターが開発した「視界情報処理システム」の一機能を用いた。データ処理の流れは、以下のとおりである（図7.2）。

- CCTV カメラ画像から視界情報算出エリアの静止画像を切り出し、グレースケールに変換する。
- 画像の各画素の明るさの分布を2次元フーリエ変換により空間周波数成分に分解し、得られた各々の空間周波数に対応するパワースペクトルを算出する。
- パワースペクトルの1.5～18cpdの範囲が人間の感じることのできる空間周波数であることから、この範囲内のパワースペクトルの合計値（WIPS）を求め、視界レベルを決定する。

以上で求めた WIPS は、カメラ画像内の背景や視的目標物の有無などの影響を受ける。同じ好天時においても、撮影場所が異なると WIPS の値は異なるため、単純に WIPS の値を比較するだけでは視界状況を正しく評価できない。そこで、WIPS を基に視界状況をより正確に評価することを目的として、各々の地点の WIPS の値が最大となる好天時からの WIPS の低下量を用いて、視界状況を4段階にレベル化した。

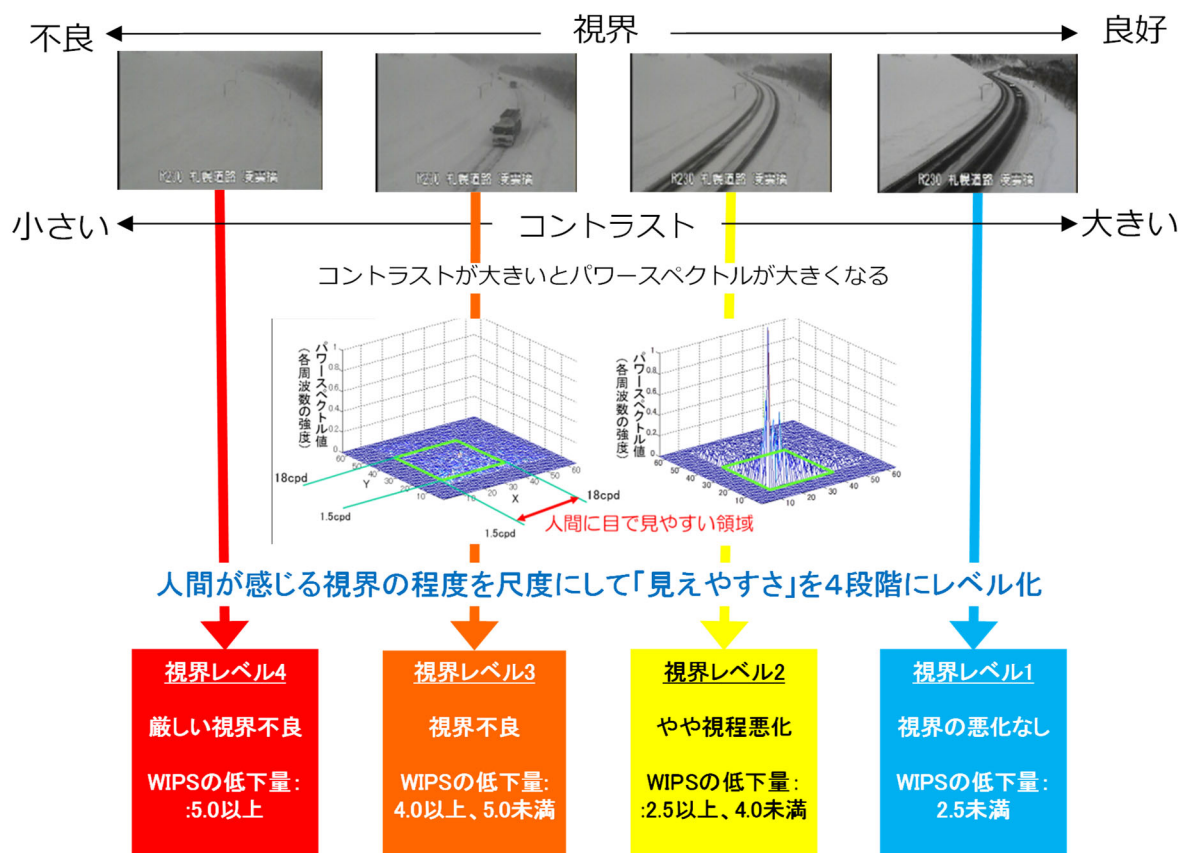


図 7.2 カメラ画像から視界情報（視界レベル）を算出する流れ

7.3.2 画像処理による視界情報の算出結果

平成30年度冬期の比較的顕著な暴風雪事例を表7.1に示す。表の5事例は平成31年1月～2月にかけて発生しており、いずれの事例も吹雪による一般国道または高規格幹線道路の通行止めを伴っている。

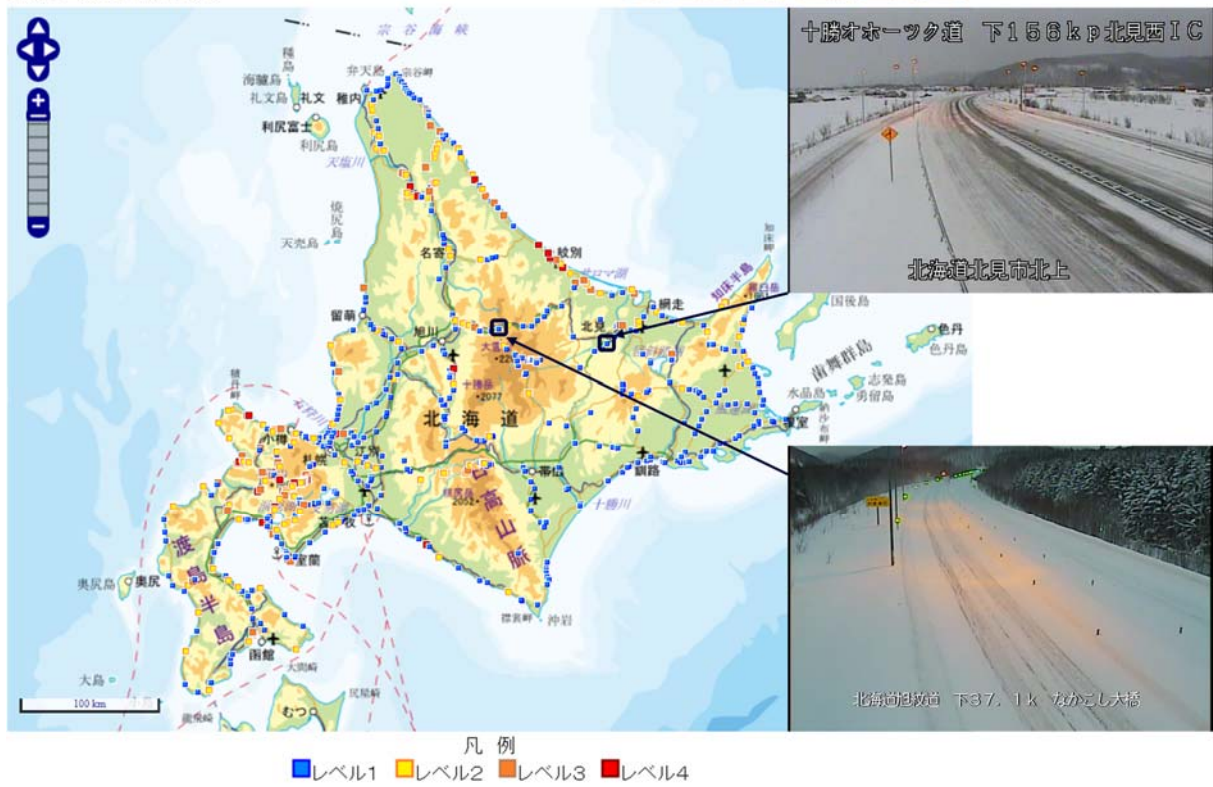
表7.1の事例の内、南北に伸びる前線上の閉塞点（温暖前線と寒冷前線の交わった点）が北海道付近を通過したことで、日本海側を中心に降雪に見舞われ、平成30年度冬期でもっとも多い国道8路線が通行止めとなった平成31年1月24日の事例（No.2）の吹雪視界情報の算出結果を、図7.3～図7.7に示す。

表 7.1 平成30年度冬期の暴風雪事例

No	期間	概要	通行止め路線
1	平成31年 1月16日 ～18日	16日にオホーツク海で低気圧が急発達した。日中からは冬型の気圧配置に変わり寒気が流れ込んだ。17日も冬型の気圧配置となり、北海道の日本海側は雪となり、えりも岬では、最大瞬間風速37.9メートルを記録した。	深川留萌道、R231、 名寄美深道、旭川紋別道
2	平成31年 1月24日	23日は低気圧が北海道に進み、寒冷前線が東北や北陸を通過した。24日には低気圧が北海道付近を東進し、日本海側は雪となった。	名寄美深道、旭川紋別道、 R333、R239、函館江差道、 十勝オホーツク道、 北見道路、R244
3	平成31年 1月31日 ～2月2日	31日は低気圧が北海道の北を東進し、寒冷前線が北日本を通過。北海道北部の朱鞠内などで30センチ前後の降雪。低気圧や前線が東へ抜けて冬型の気圧配置に。日本海側では広く雪が降った。北日本は等圧線の間隔が狭く、最大瞬間風速はえりも岬で32.2メートル。	旭川紋別道、名寄美深道、 R276、深川留萌道
4	平成31年 2月4日 ～5日	4日に低気圧が日本海から北日本へ進み通過。北日本は雪を伴い風が吹き荒れた。北海道の羅臼では最大瞬間風速34.7メートルを観測。	R230、旭川紋別道、R275
5	平成31年 2月8日	7日に前線が本州を南下し、日本海側は雪となった。8日には北海道に記録的な寒気が流れ込み、午前9時の札幌市の上空1500メートル付近では、速報値で統計開始以来最も低い氷点下24度4分を観測。札幌の日中の気温は氷点下12度を下回った。	深川留萌道、旭川紋別道

2019-01-24 07:00

-1日 -3時間 -15分 +15分 +3時間 +1日



2019-01-24 08:00

-1日 -3時間 -15分 +15分 +3時間 +1日

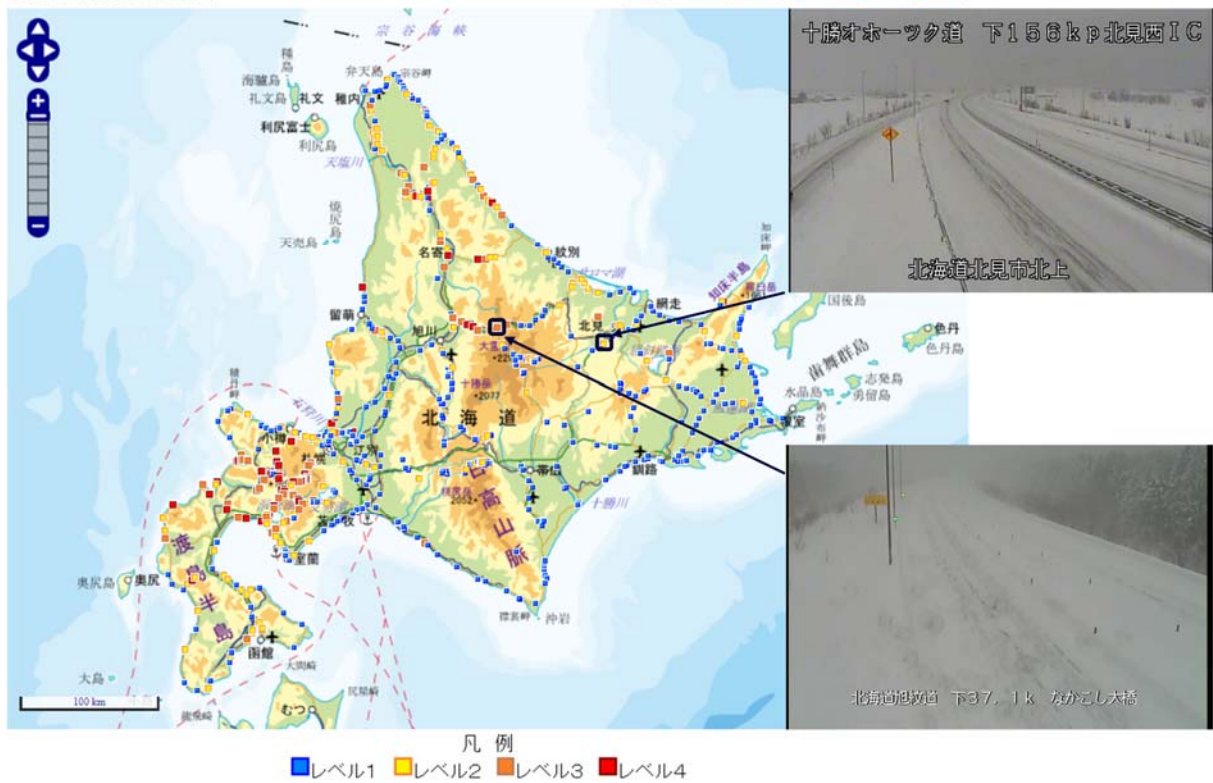
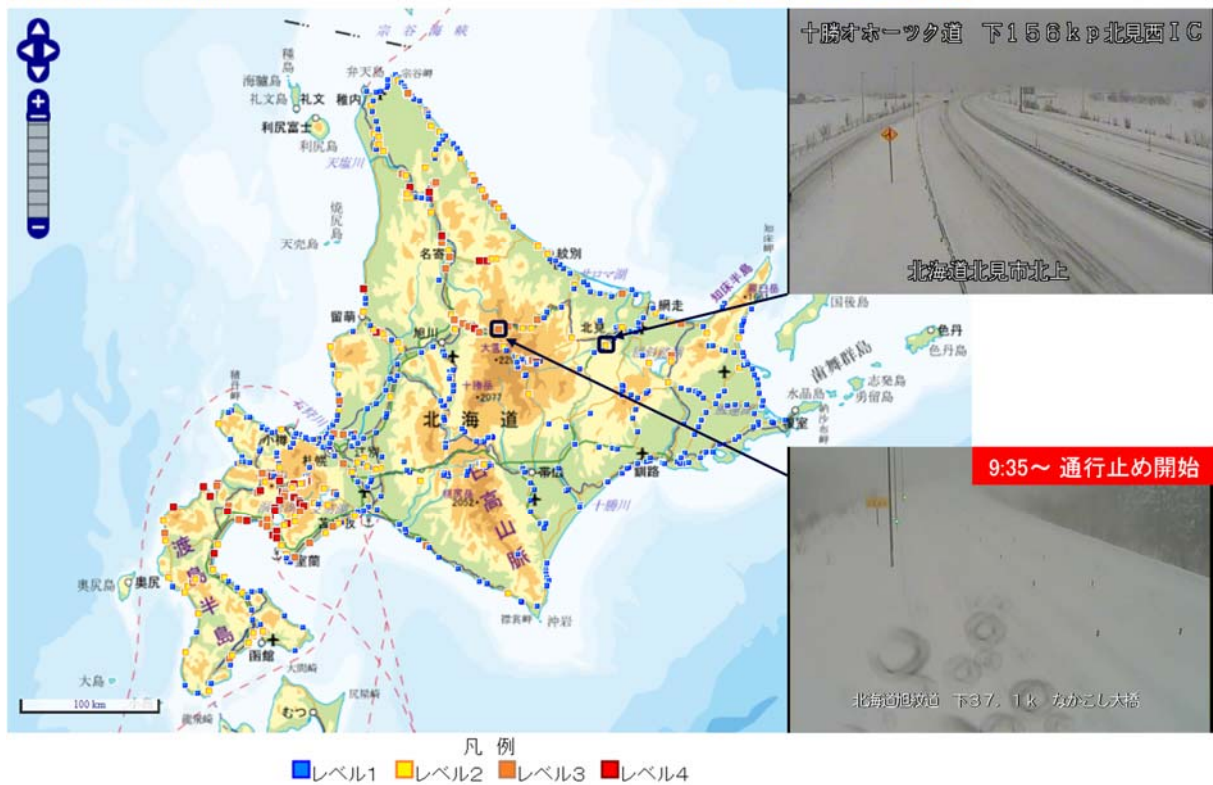


図 7.3 カメラ画像による視界レベルの算出事例 (1)

事例 No.2 : 平成 31 年 1 月 24 日 07 時 (上段)、1 月 24 日 08 時 (下段)

2019-01-24 09:00

-1日 -3時間 -15分 +15分 +3時間 +1日



2019-01-24 10:00

-1日 -3時間 -15分 +15分 +3時間 +1日

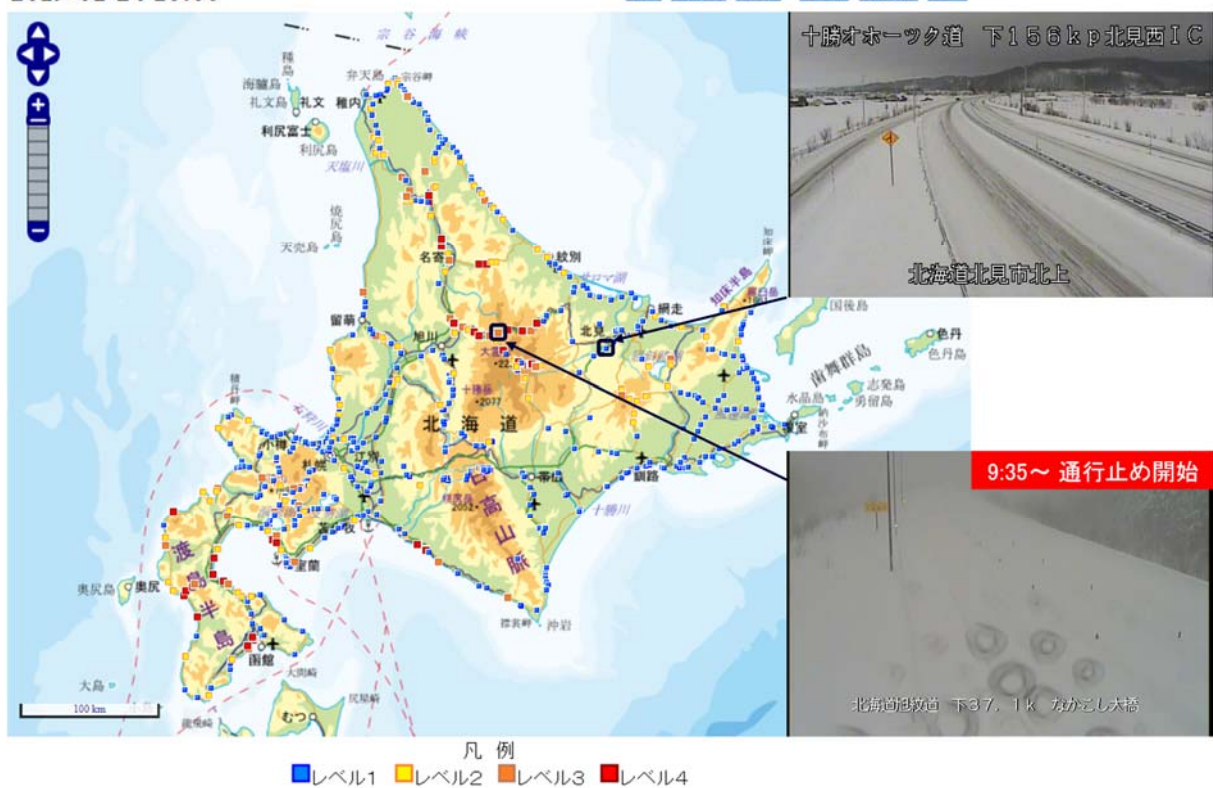


図 7.4 カメラ画像による視界レベルの算出事例 (2)

事例 No.2 : 平成 31 年 1 月 24 日 09 時 (上段)、1 月 24 日 10 時 (下段)

2019-01-24 11:00

-1日 -3時間 -15分 +15分 +3時間 +1日



2019-01-24 12:00

-1日 -3時間 -15分 +15分 +3時間 +1日

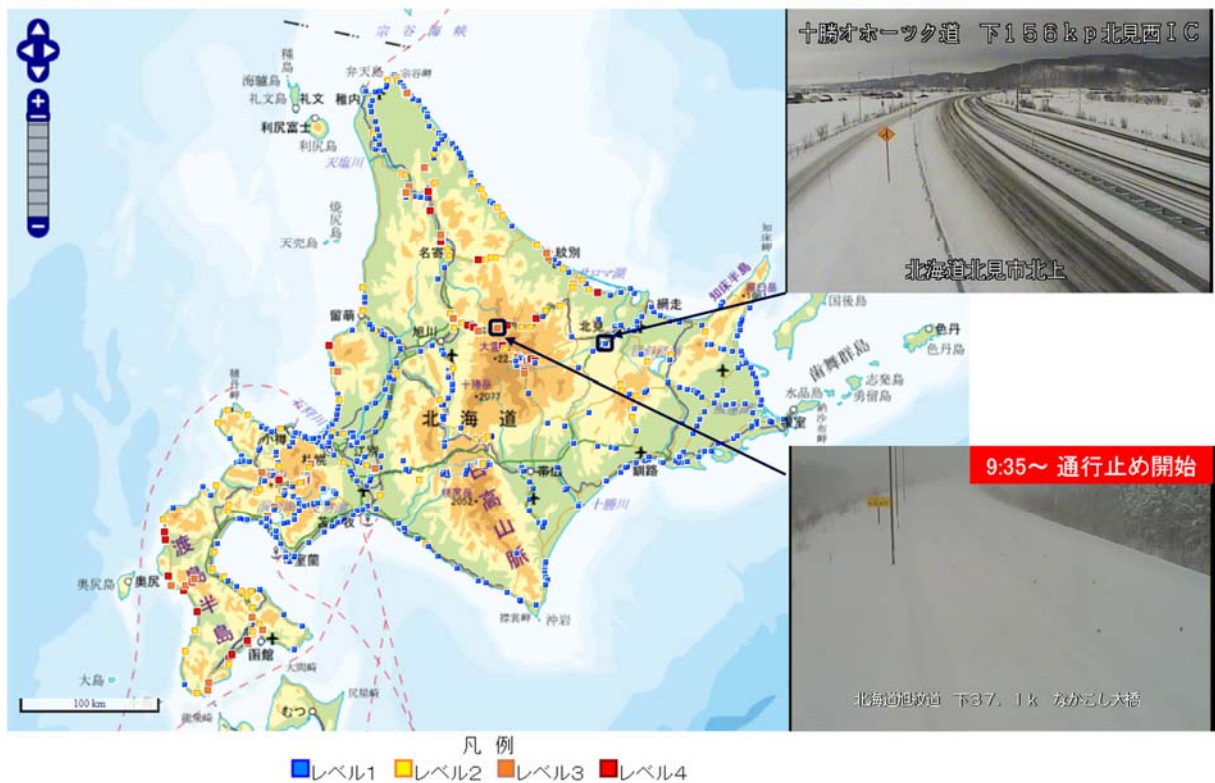
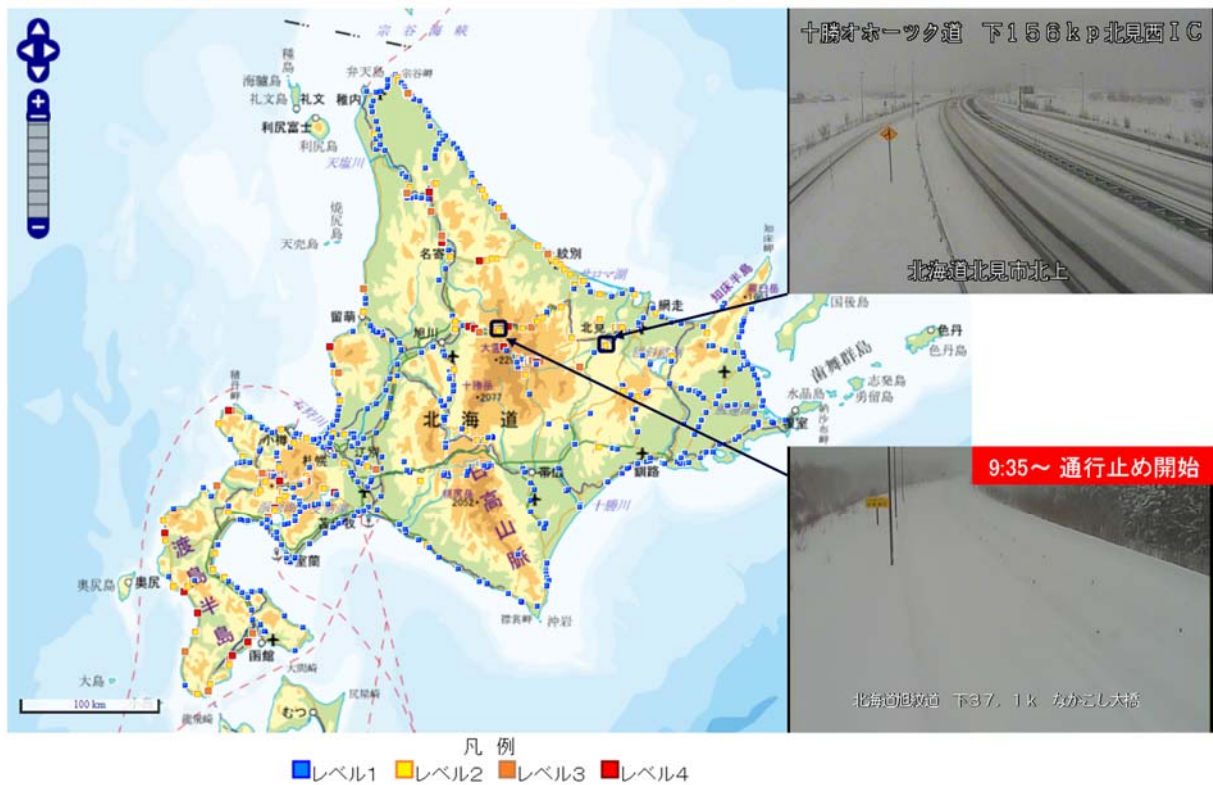


図 7.5 カメラ画像による視界レベルの算出事例 (3)
事例 No.2：平成 31 年 1 月 24 日 11 時（上段）、1 月 24 日 12 時（下段）

2019-01-24 13:00

-1日 -3時間 -15分 +15分 +3時間 +1日



2019-01-24 14:00

-1日 -3時間 -15分 +15分 +3時間 +1日

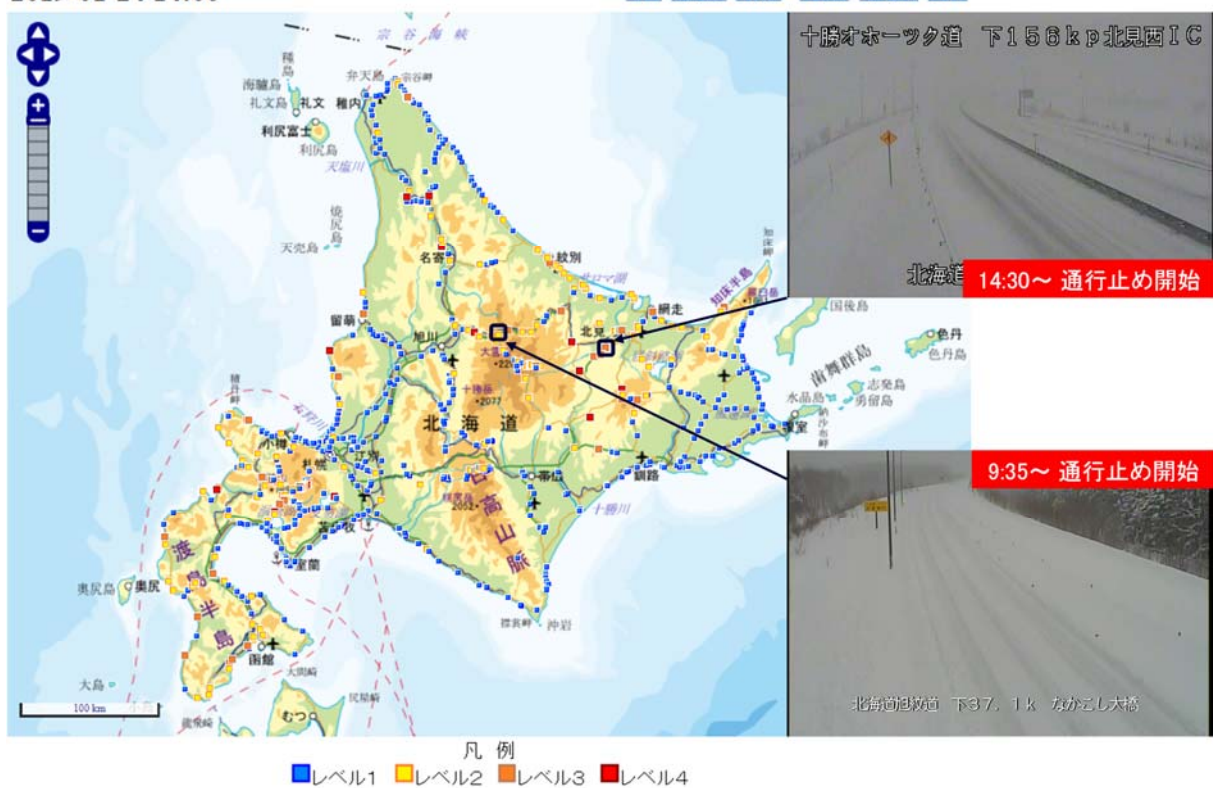
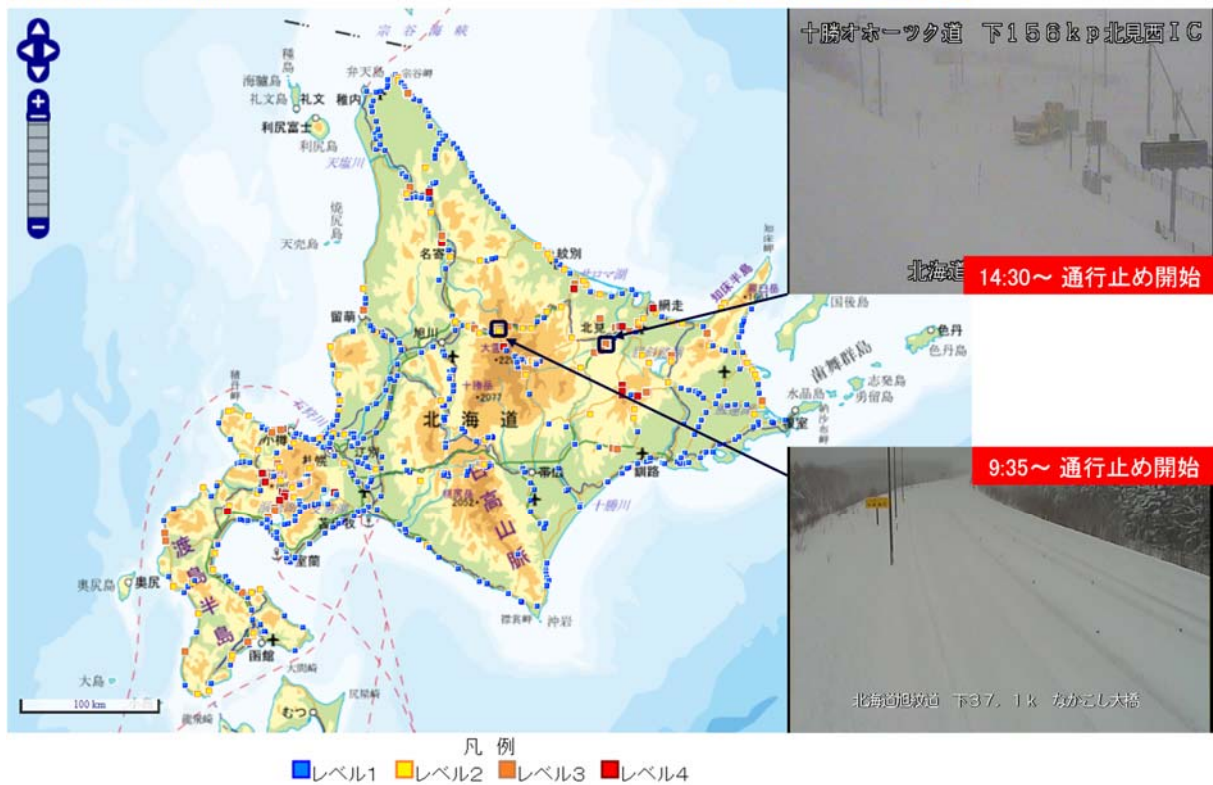


図 7.6 カメラ画像による視界レベルの算出事例 (4)
 事例 No.2 : 平成 31 年 1 月 24 日 13 時 (上段)、1 月 24 日 14 時 (下段)

2019-01-24 15:00

-1日 -3時間 -15分 +15分 +3時間 +1日



2019-01-24 16:00

-1日 -3時間 -15分 +15分 +3時間 +1日

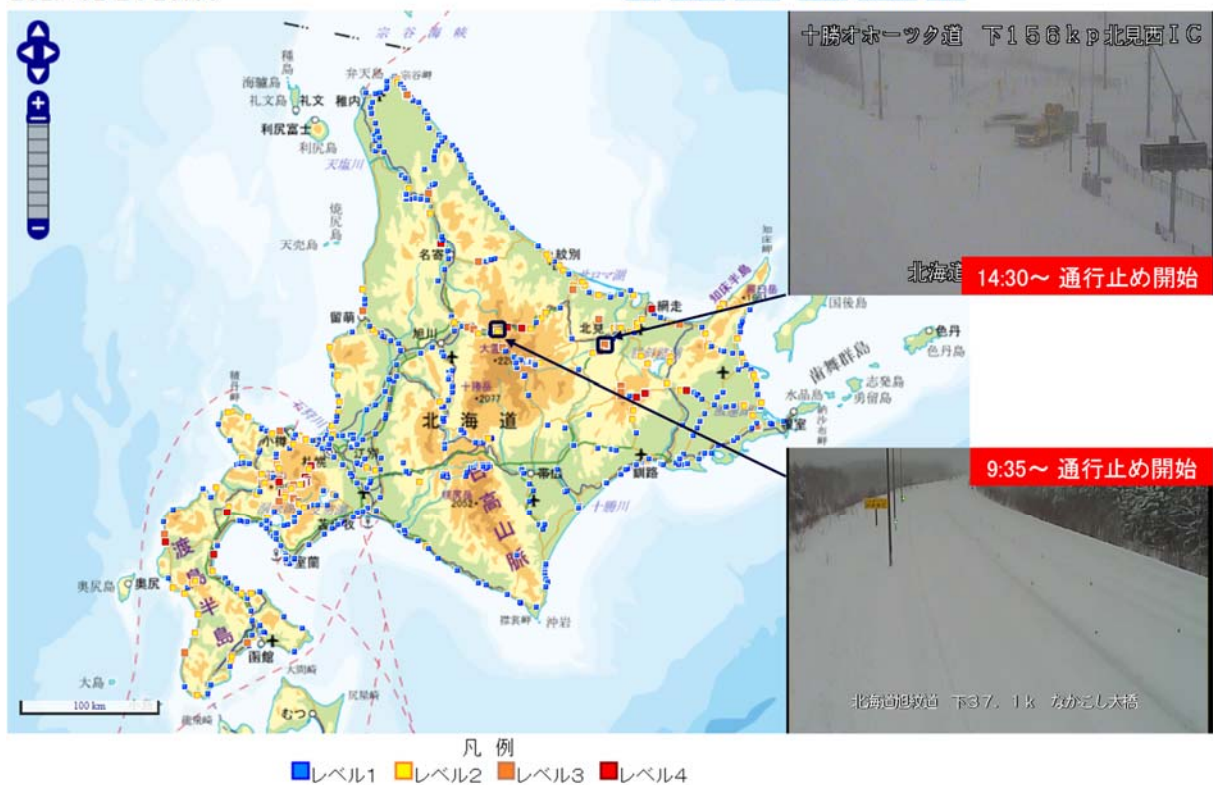


図 7.7 カメラ画像による視界レベルの算出事例 (5)

事例 No.2 : 平成 31 年 1 月 24 日 15 時 (上段)、1 月 24 日 16 時 (下段)

7.4 カメラ画像を活用した暴風雪時の視界状況事例の活用方法検討

7.4.1 暴風雪時の気象パターン分類

暴風雪による視程障害の発生場所や程度は、低気圧や前線の位置と移動経路、および冬の気圧配置などの気象パターン（図 7.8）、また各々の気象擾乱の規模に影響されると考えられる。

図 7.3～図 7.7 で示した平成 31 年 1 月 24 日の暴風雪事例は、図 7.8 の分類の内、「F2（南北に伸びる前線上の閉塞点が北海道中央部付近を通過する気象パターン）」に相当する。

暴風雪事例を蓄積することで、将来的に暴風雪が予想された際、その気象擾乱のパターン（低気圧のコース等）がわかれば、同じ様な気圧配置で過去にどの地域が吹雪の影響を大きく受け、その結果、どこが開発建設部のどの路線で吹雪による通行止めが発生したのかを知ることができ、通行止めの実施や道路パトロールおよび除雪体制の構築の参考資料として活用できる可能性がある。

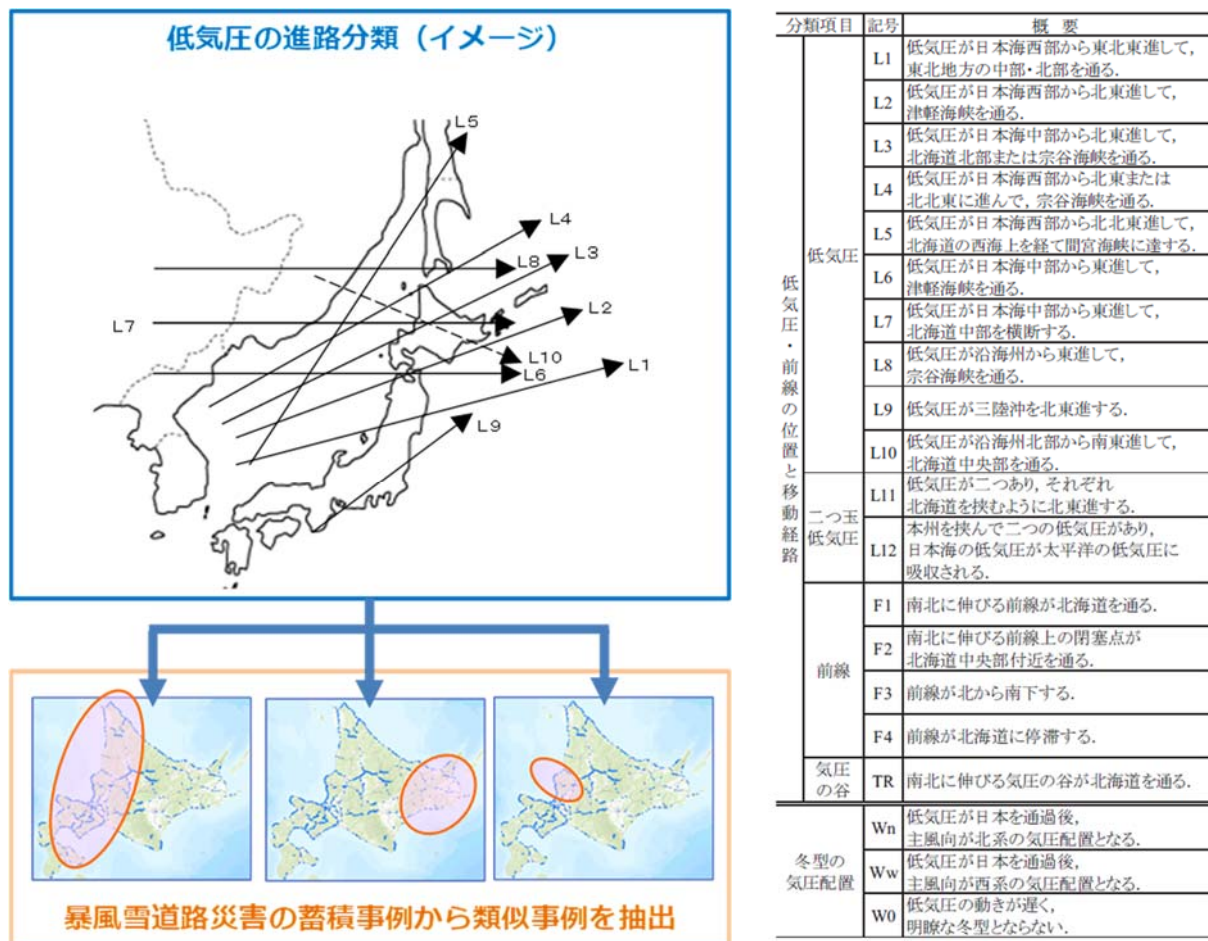


図 7.8 北海道に暴風雪をもたらす気象のパターン分類

7.4.2 暴風雪事例の蓄積

平成27年度から平成30年度冬期に収集・蓄積した暴風雪事例の一覧を、表7.2に示す。特に全道的に通行止め等への影響が大きかったのは、図7.8の気象パターン分類の内、「L7」（H27-③：平成28年2月29日～3月1日）、「L9」（H27-①：平成28年1月19日～1月21日）、「L12」（H29-③：平成30年3月1日～3月3日）の3事例である。表7.2の赤で囲んだ3事例について、各暴風雪期間の初期、中期、後期の地上天気図とCCTVカメラ画像による視界情報の地図表示、および各ステージでの視界不良が多発した開発建設部を整理して図7.9～図7.11に示す。

表 7.2 蓄積した暴風雪事例一覧

分類	事例	札幌	函館	小樽	旭川	室蘭	釧路	帯広	網走	留萌	稚内
L1	H28-③	○			○			○			
L2	H28-①										○
	H30-④	○			○	○					
L4	H30-①	◎			◎						
	H27-②				○					◎	
L7	H27-③	◎		◎	◎	◎	◎	◎	◎	○	◎
	H29-②		◎				◎		◎		
L9	H27-①				◎	○	◎	○	◎		
L11	H29-①	○		◎	○				○	◎	○
L12	H29-③	○	○	◎	◎	○	◎	◎	◎	◎	○
F1	H28-②				○					○	
F2	H30-②		○		◎		○		◎		
	H30-③	○		○	◎						
	H30-⑤	○			○						

注：○：開発建設部管内における吹雪による通行止めが1～3箇所

◎：

〃

4箇所以上

(1) 暴風雪事例：L7（低気圧が日本海中部から東進して北海道中部を横断するパターン）

1. 低気圧が日本海中部から東進して、北海道中部を横断するパターン（L7）

1.1. 概要

低気圧が日本海中部から東進して、北海道中部を横断するパターンであり、初期は道央地方で視界不良が多発し、低気圧の接近に伴い視界不良の多発エリアが道東地方に移動していた。低気圧の通過後は道央地方で再び視界不良が多発するほか、オホーツク海側で視界不良が発生していた。

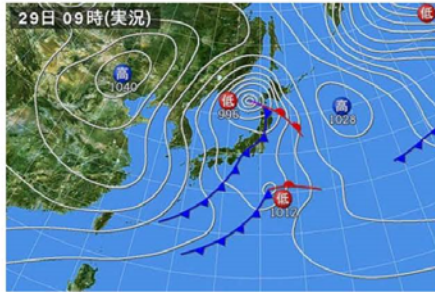
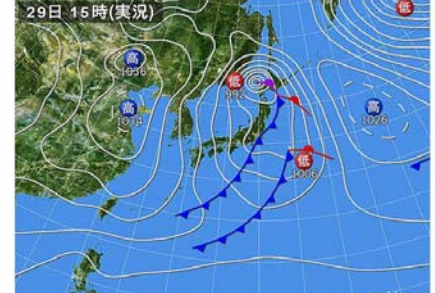
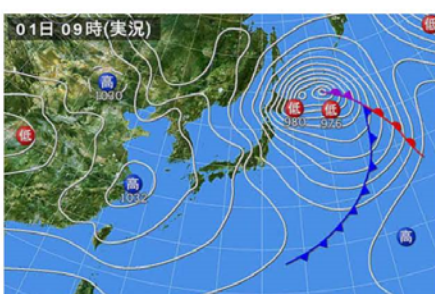
天気図分類	L7	低気圧が日本海中部から東進して、北海道中部を横断する
視界不良が多発している 開発建設部	初期(2/29 09 時): 室蘭、小樽、札幌、網走 中期(2/29 15 時): 帯広、釧路、網走 後期(3/01 09 時): 稚内、小樽、室蘭、釧路、網走	
発生事例日	平成 28 年 2 月 29 日～3 月 1 日	
初期		
	視界不良多発地域	室蘭、小樽、札幌、網走
中期		
	視界不良多発地域	帯広、釧路、網走
後期		
	視界不良多発地域	稚内、小樽、室蘭、釧路、網走

図 7.9 気象パターン「L7」の暴風雪事例の概要

(2) 暴風雪事例：L9（低気圧が三陸沖を北東進するパターン）

2. 低気圧が三陸沖を北東進するパターン（L9）

2.1. 概要

低気圧が三陸沖を北東進するパターンであり、初期は道東の太平洋側で視界不良が多発し、低気圧の北東進に伴い、視界不良の多発エリアがオホーツク海側に移動する。また、低気圧が通過した後は、冬型の気圧配置になることが多く、その場合には、札幌や小樽など日本海側で視界不良が発生する。

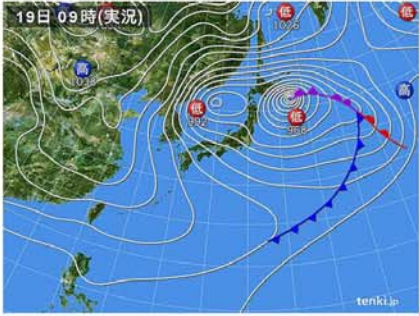
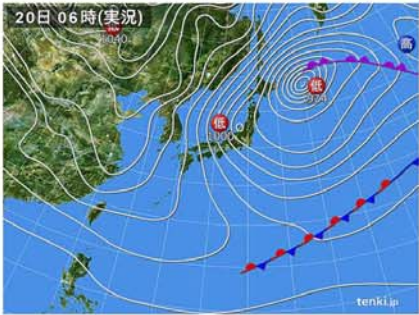
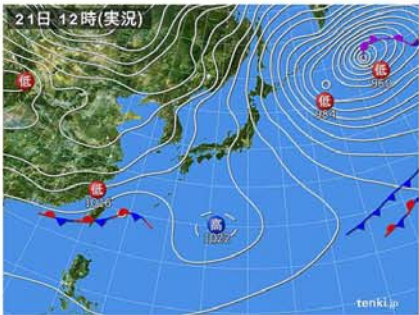
天気図分類	L9	低気圧が三陸沖を北東進するパターン
視界不良が多発している	初期(1/19 07 時): 帯広、釧路、網走 中期(1/20 07 時): 釧路(北部)、網走、稚内、旭川 後期(1/21 12 時): 札幌(日本海側)	
開発建設部	帯広、釧路、網走	
発生事例日	平成 28 年 1 月 19 日～1 月 21 日	
初期		
	視界不良多発地域	帯広、釧路、網走
中期		
	視界不良多発地域	釧路、網走、稚内、旭川
後期		
	視界不良多発地域	札幌

図 7.10 気象パターン「L9」の暴風雪事例の概要

(3) 暴風雪事例：L12（日本海の低気圧が太平洋の低気圧に吸収されるパターン）

3. 日本海の低気圧が太平洋の低気圧に吸収されるパターン（L12）

3.1. 概要

本州を挟んで2つの低気圧があり、日本海の低気圧が太平洋の低気圧に吸収されるパターンであり、初期は道央地方で視界不良が多発し、低気圧の移動に伴い、視界不良の多発エリアが道東や道北地方に移動する。低気圧が吸収された後は、道央や道北地方で視界不良が多発していた。

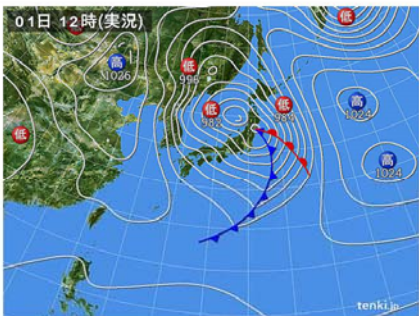
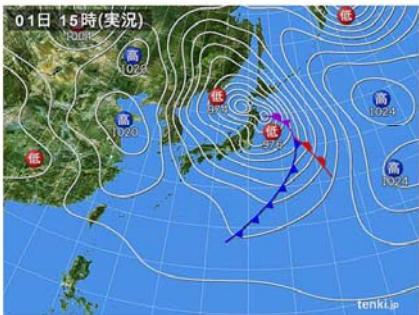
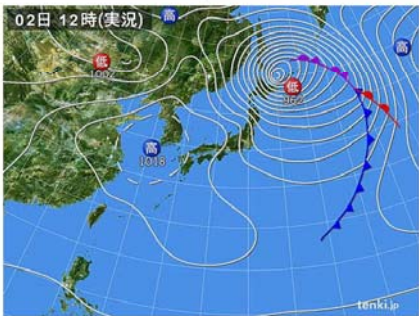
天気図分類	L12	日本海の低気圧が太平洋の低気圧に吸収されるパターン
視界不良が多発している開発建設部	初期(3/1 12時): 室蘭、小樽、札幌、帯広 中期(3/1 16時): 帯広、釧路、稚内 後期(3/2 12時): 小樽、室蘭、旭川、稚内	
発生事例日	平成30年3月1日～3月3日	
初期	 01日 12時(実況)	
	視界不良多発地域	室蘭、小樽、札幌、帯広
中期	 01日 16時(実況)	
	視界不良多発地域	帯広、釧路、稚内
後期	 02日 12時(実況)	
	視界不良多発地域	小樽、室蘭、旭川、稚内

図 7.11 気象パターン「L12」の暴風雪事例の概要

7.4.3 暴風雪事例の表示イメージの検討

蓄積した暴風雪事例データベース（以下、暴風雪 DB）は、特殊なソフトウェアのインストールを必要とせず、ハード上の制約がなく、また事例の追加が容易であることが望ましい。このことから、収集した資料については HTML 形式で蓄積し、図化・表示する方向で具体的なイメージを検討した。

(1) HTML 資料の構造

HTML 資料については、以下の点に留意して構造を検討した。

- ・ページを階層構造として整理する。
- ・1 ページの情報量は、できるだけ印刷時に A4 横用紙サイズに印刷可能な程度とする。
- ・利用者の操作性を考慮し、各ページから関連するページへの行き来を可能にする（リンク）。

図 7.12 に HTML 資料のページ構造（サイトマップ）を示す。図中の矢印はページ間のリンクを表している。また、赤文字と赤矢印は、実際に作成したページとリンクを示している。

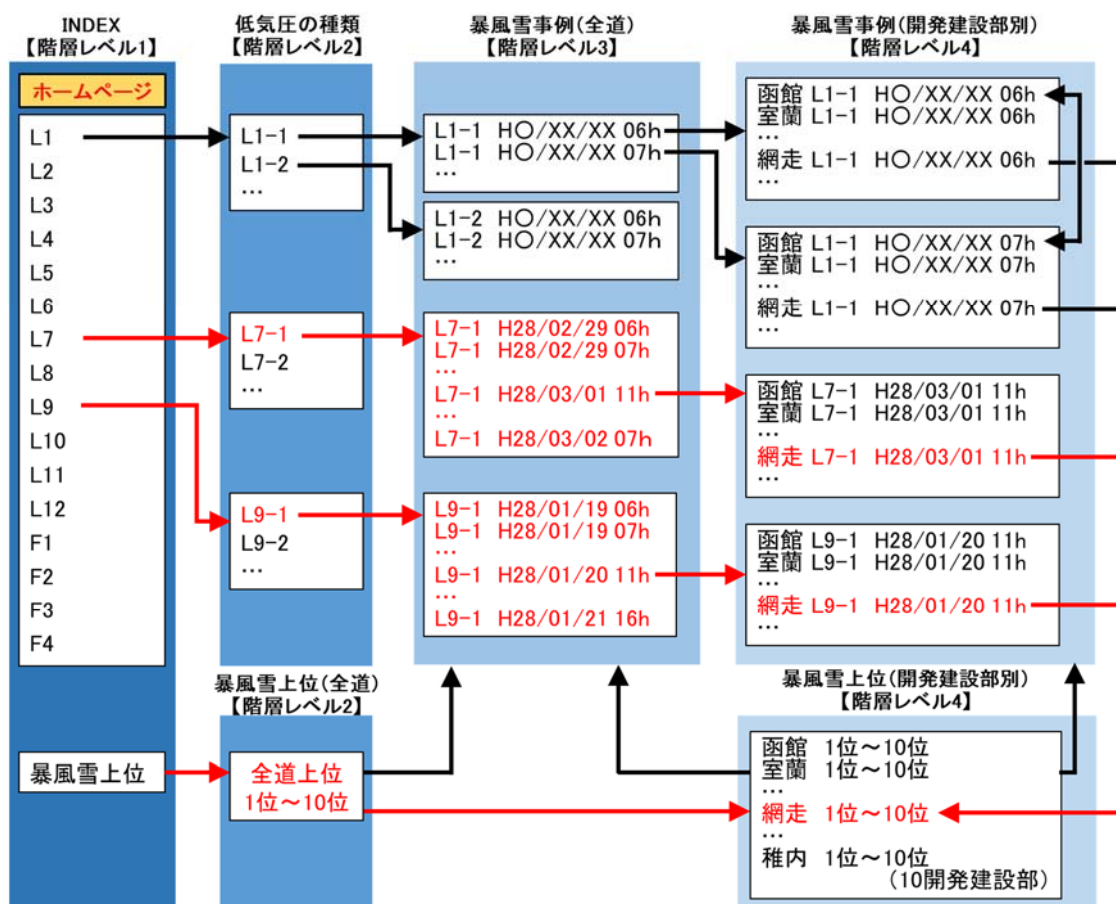


図 7.12 暴風雪 DB の HTML 化のページ構造（サイトマップ）

(2) 暴風雪 DB の各ページの解説

① ホームページ（INDEX ページ）：階層レベル 1

閲覧者が最初に見るページで、気象パターン分類の一覧を掲載し、任意の気象パターンを選択することで、過去の暴風雪事例の一覧を表示させる（図 7.13）。

1) 気象パターン分類一覧（図 7.13 の 1）

- ・記号または概要にカーソルを合わせると、文字色が変わる。連動して、左の低気圧の通過コースの該当する矢印の色が変わる。
- ・クリックすると、リンクするページへ移動する。

2) 低気圧（通過コース）（図 7.13 の 2）

- ・右の低気圧の一覧と連動し、一覧の上にカーソルを合わせると、該当する矢印が赤くなる。

3) 過去の暴風雪の上位 1 位～10 位（図 7.13 の 3）

- ・クリックすると、暴風雪規模（吹雪量）の上位 1 位～10 位ページへ移動する。

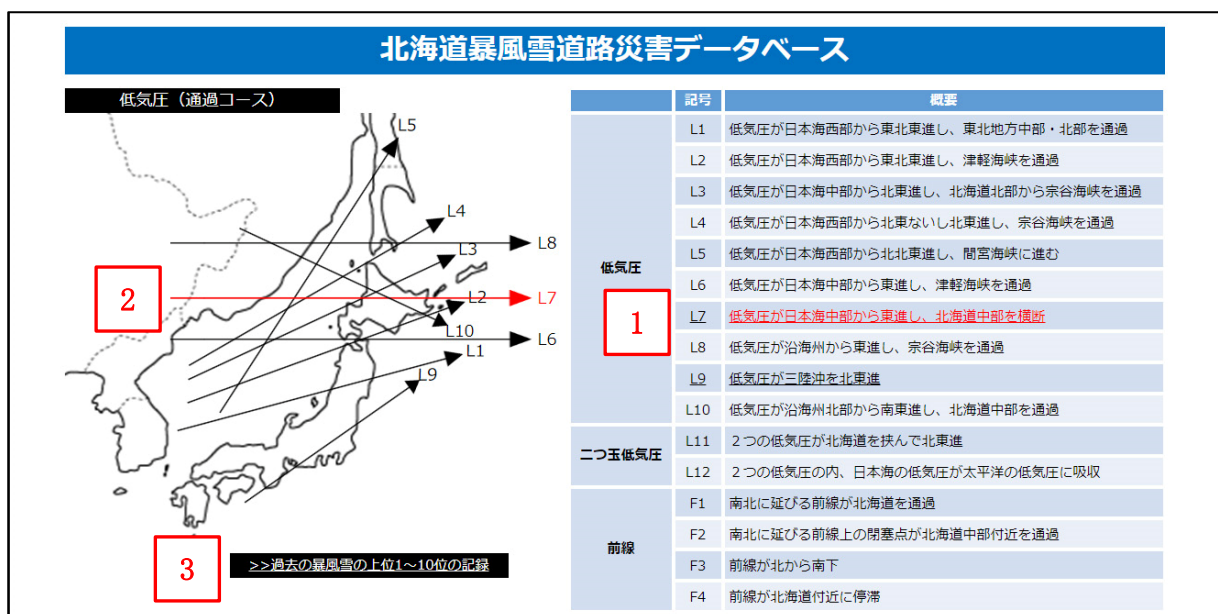


図 7.13 暴風雪データベースサイトの INDEX ページ

② 低気圧の種類：階層レベル 2

気象パターンの種類別に、同じ型の暴風雪事例一覧を掲載する（図 7.14）。

1) HOME へ戻る（図 7.14 の 1）

- ・ 1 つ上の階層（階層レベル 1：INDEX）へ戻る。

2) 暴風雪事例一覧（図 7.14 の 2）

- ・ データベースに登録されている事例の一覧を表示する。
- ・ 事例にカーソルを合わせると、文字色が変わる。
- ・ クリックによって各事例のページへ移動する。

1
<<HOMEへ戻る
低気圧 L7

L7（低気圧が日本海中部から東進し、北海道中部を横断）の事例				
事例 No	期間	総吹雪量		概要
		m ³ /m	既往順位	
L7-1	H28（2016）年 2月29日～3月2日	×××	○/□番目	2月29日、低気圧の接近・通過に伴い、各地で降雪を伴って風が強まり、日本海側や太平洋側を中心に最大風速が統計開始以来の値を更新。道内の広い範囲で暴風雪となり、道路閉鎖を除く9割で通行止めが相次いだ。JRの運休もあり交通機関に大きな乱れが生じた。
L7-2	??（・・・）年 ?月?日～?月?日	×××	○/□番目	・・・・・・・・・・
L7-3	??（・・・）年 ?月?日～?月?日	×××	○/□番目	・・・・・・・・・・
L7-4	??（・・・）年 ?月?日～?月?日	×××	○/□番目	・・・・・・・・・・
L7-5	??（・・・）年 ?月?日～?月?日	×××	○/□番目	・・・・・・・・・・

注1）総吹雪量：暴風雪期間中の全アメダス地点の推計吹雪量の合計
注2）総吹雪量既往順位：過去の記録された全暴風雪における吹雪量の大きい順番

図 7.14 気象パターンの分類別、暴風雪事例の選択ページ

③ 暴風雪事例（全道）：階層レベル 3

暴風雪事例の詳細ページで、北海道全域の暴風雪事例を 6 時～16 時の時間毎に表示する。気象パターンの種類ページから移動した場合には、6 時の状況をデフォルトで表示することとした。図 7.15～図 7.18 にページイメージを示す。

1) 気象パターン（L7 型）へ戻る（図 7.15～図 7.18 の **1**）

- ・ 1 つ上の階層（階層レベル 2：気象パターンの種類）へ戻る。

2) 開発建設部別リストボックス（図 7.15～図 7.18 の **2**）

- ・ リストから選択すると開発建設部別暴風雪事例ページ（階層レベル 4）へ移動する。

3) 表示項目チェックボックス（図 7.15～図 7.18 の **3**）

- ・ 表示項目と各開発建設部の表示と非表示を切り替える。

4) 表示項目（図 7.15～図 7.18 の **4**）

- ・ 時刻をクリックすると、任意の時刻のページへ移動する。
- ・ 視界不良割合：時間毎に視界不良の割合を 4 段階に色分けして表示。
- ・ 通行止め区間：時間毎に通行止め区間の数を 3 段階に色分けして表示。

5) 表示項目凡例（図 7.15～図 7.18 の **5**）

- ・ 表示項目チェックボックスと連動して、凡例も表示/非表示が切り替わる。

6) 地図エリア（図 7.15～図 7.18 の **6**）

- ・ 地図を拡大表示する。最初は視界不良箇所マップが表示され、他の気象関連地図と切り替えが可能。

7) 地図サムネイル（図 7.15～図 7.18 の **7**）

- ・ 地上天気図、雨雲レーダー、風況分布図を表示する。
- ・ 各地図をクリックすると、地図エリアに拡大表示される。

8) 移動ボタン（図 7.15～図 7.18 の **8**）

- ・ 左右の矢印をクリックすると、前の時刻、または次の時刻のページを表示する。

9) 情報エリア（図 7.15～図 7.18 の **9**）

- ・ 気象概況：低気圧の進路や大きさなどの情報を掲載する。
- ・ 気象情報の発表：暴風雪警報などの発表内容を掲載する。
- ・ 吹雪状況：吹雪の発生状況を掲載する。
- ・ 記事（通行規制、事故等）：通行止めが発生した区間などを掲載する。

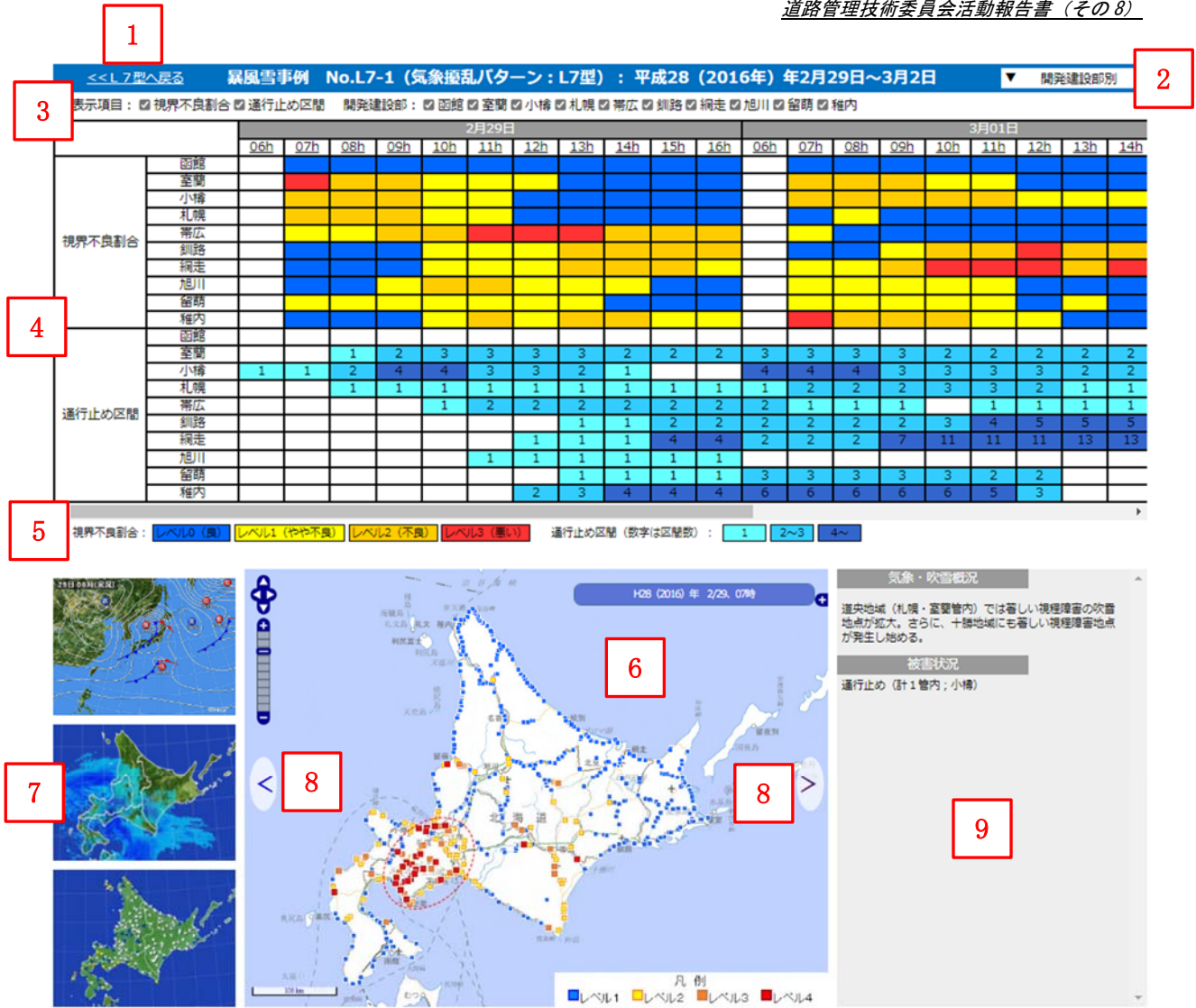


図 7.15 時間毎の暴風雪事例閲覧ページのイメージ（1）

表の表示項目：暴風雪警報・視界不良割合・通行止め区間



7

8



7

9

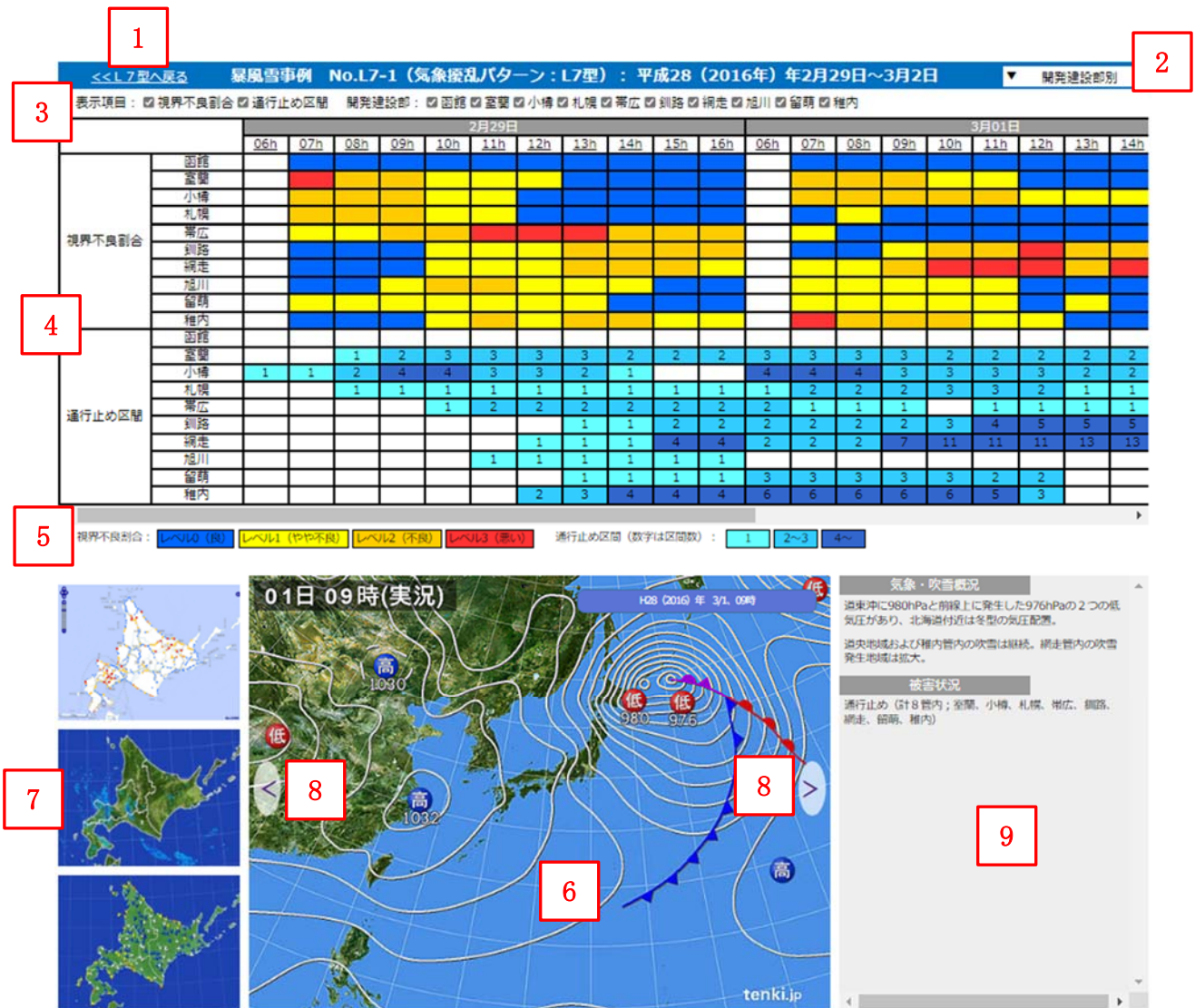


図 7.17 の **7** のサムネイル画像をダブルクリックすることで地上天気図を拡大表示

④ 暴風雪事例（開発建設部別）：階層レベル4

各開発建設部管内の暴風雪事例の詳細ページで、6時～16時の時間毎に表示する（図 7.19）。開発建設部別リストボックスから移動した場合には、6時の状況をデフォルトで表示させる。

1) 全道版へ戻る（図 7.19 の [1]）

・1つ上の階層（階層レベル3：暴風雪事例（全道））へ戻る。

2) 開発建設部別リストボックス（図 7.19 の [2]）

・リストから選択すると各開発建設部ページへ移動する。

3) 通行止め区間表示（図 7.19 の [3]）

・時刻をクリックすると、任意の時刻のページへ移動する。

・路線ごとに通行止めが発生した区間数を表示し、黄色で表示する。

4) 通行止め区間（図 7.19 の [4]）

・通行止めが発生したマス（黄色）にカーソルを合わせると、通行止め区間を表示。

5) 地図エリア（図 7.19 の [5]）

・開発建設部管内の視界不良箇所マップを表示する。

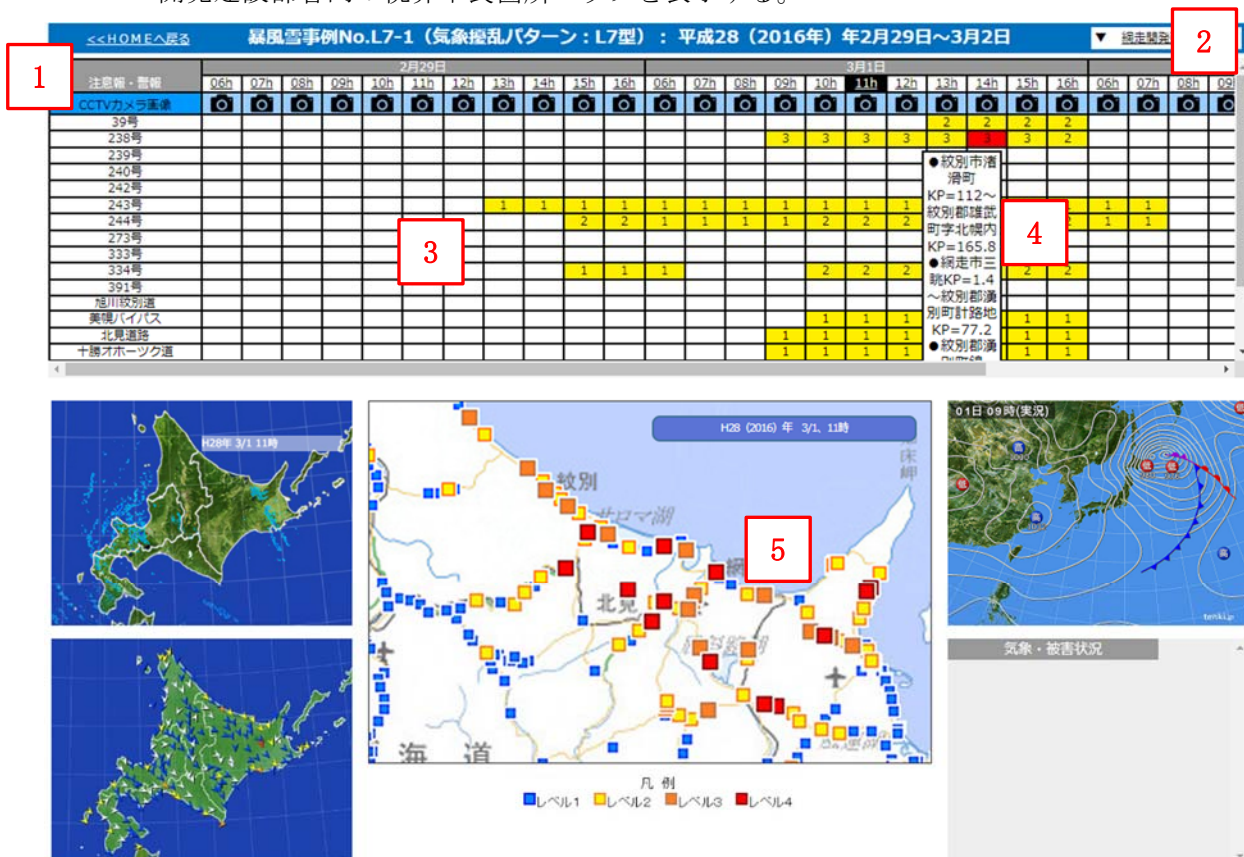


図 7.19 暴風雪事例（開発建設部別）ページ

7.5 暴風雪時例の蓄積に関する今後の調査方針（案）

暴風雪事例に関してはまだ十分な事例が揃っていない段階ではないが、過去に社会的な影響の大きかった暴風雪事例については、事例の表現方法や利用媒体を具体化することで DB 化の検討を行った。実際に道路管理者の方に利用していただくことで、意見を反映させながら利用システムの改修を行い、暴風雪事例をさらに蓄積しつつ、吹雪に対する冬期道路管理で活用できる可能性がある。

今後の調査において、道路管理者にヒアリングしつつ、以下の事項について暴風雪事例 DB を具体化していく必要がある。

a. 提供するコンテンツの検討

- ・カメラ画像による視界状況に加え、気象資料として何を提供すべきか
- ・各コンテンツの見せ方

b. 利用者別の提供コンテンツと表示方法

- ・立場が異なることから、本局道路維持課と開発建設部毎にコンテンツと表示方法を検討

c. 気象パターンの推定

- ・予想天気図から暴風雪の気象パターンを推定する技術の開発

d. 暴風雪 DB のシステム実装

- ・DB サーバーとその運用について具体化