

暴風雪・大雪時の災害デジタルアーカイブの作成

原田裕介*1 大宮 哲*1 武知洋太*1 西村敦史*1

1. はじめに

近年、気象変化の影響による極端な暴風雪や大雪に伴い、立ち往生による渋滞、多重事故などの交通障害が度重なって発生しており、道路管理者による適確な対応が求められている。一方で、道路管理者や維持作業従事者の高齢化や人員減少により、培われた暗黙知（現地で天候や道路状況を確認する際の着目点や留意事項、現場での各種対応の経験など）の継承が停滞し、さらには負担の増加につながっている。このため、新たな手法により徹底した一連の冬期道路管理作業の効率化・省力化を目指す必要がある。

このような背景の中、筆者らは過去の暴風雪・大雪時における気象、被災状況をデジタルアーカイブとして作成し、気象予測資料から暴風雪・大雪災害が想定される場合に、過去の類似事例を抽出する技術を開発のうえ、道路気象・交通障害などの予測情報と併せて、想定される留意事項などを提示する研究に着手している。また、上記の研究成果に基づき、北海道地区の道路管理者を対象とした「暴風雪・大雪時における道路管理の判断支援システム」の構築を目指している。上記の実現により、暴風雪や大雪の極端気象がもたらす交通障害の効果的な回避方策の提示を行い、多発化・複雑化する雪氷災害の被害軽減に資するものと考えられる。

筆者らは、暴風雪・大雪時における道路管理の判断支援システムの構築を念頭に、過去に発生した暴風雪・大雪災害時の気象状況や道路交通の障害・災害状況に関するデジタルアーカイブについて、これらの要件を整理のうえ、基本設計を実施した。つぎに、過去28冬期の暴風雪・大雪災害185事例分の基礎資料を収集のうえ、基本設計に基づき、デジタルアーカイブに収録するデータセットを作成した。また、作成したデジタルアーカイブのデータセットの内容を確認するために、Webシステムによる表示ツールを試作した。本稿では、これらの過程とその特徴について示す。

2. デジタルアーカイブの要件の整理

本章では、はじめに暴風雪・大雪時の災害デジタルアーカイブの目的、用途、必要な情報を整理のうえ、これらのコンセプトを設定した。また、現状調査として、既存の情報提供システムの調査、および道路管理者を対象としたヒアリング調査を実施した。つぎに、設定したコンセプトと現状調査の結果に基づき、道路管理に資するデジタルアーカイブの要件を整理した。

2. 1 デジタルアーカイブのコンセプトの設定

2. 1. 1 デジタルアーカイブの目的

デジタルアーカイブの目的は、暴風雪・大雪時の道路管理における効率化と省力化、ならびに現場の負担の軽減にある。過去に発生した暴風雪・大雪時における気象状況や、道路交通を主とした災害・障害・管理状況など、道路管理体制の検討および管理の実施に重要と考えられる知識や情報が、現状では管理に関わった道路管理者と維持業者との共通認識として存在する“暗黙知”となっている場合が散見され、関係者間での共通意識の形成や初任者への教育、技術の継承における障害となっている。このような“暗黙知”を“形式知”とするための手法として、災害時の気象や災害・障害・道路管理状況などをデジタルアーカイブとして収録することは有益であると考えられる。さらに、デジタルアーカイブの収録情報を逐次更新する運用方法を整備することで、道路管理の現場で新たに蓄積された経験・知識がデジタルアーカイブに収録される“知の循環”が形成されることも期待できる。

2. 1. 2 デジタルアーカイブの用途

前項で示した“暗黙知”を、デジタルアーカイブとして“形式知”とした場合に、以下に示す項目の基礎資料としての活用が可能と考えられる。

(1) 平常時

- ・災害時における管理体制の計画立案、実際の発災を想定した道路管理のシミュレーション
- ・客観的かつ定量的なデータに基づく、災害となったメカニズムの分析、対策の検討
- ・長期的な道路管理計画の立案
- ・初任者の教育、関係者間の共通意識の形成

(2) 暴風雪・大雪発生時

- ・予想される現象の発生直前の体制づくり、シミュレーション
- ・災害および障害の規模、経過の予測、対応の検討

2. 1. 3 デジタルアーカイブに必要な情報

利用者である道路管理者が、暴風雪・大雪時の災害デジタルアーカイブで必要とする情報を以下に設定する。

- (1) 顕在化した災害、障害などの情報
- (2) 災害、障害状況と直接的な気象情報
- (3) 暴風雪・大雪の発生、経過を大局的に把握するための気象情報

以降、(1)～(3)について詳述する。

(1) 顕在化した災害、障害などの情報

過去に発生した暴風雪・大雪災害事例において、道路管理者にとって最も必要と考えられる情報は、災害時における通行止め、事故や渋滞などの障害、管理作業履歴、管理体制などの詳細情報であると考えられる。災害や障害状況を表す情報を以下に示す。

- ・道路管理体制 ・通行止め履歴 ・事故の発生
- ・渋滞の発生 ・除雪作業などの管理作業履歴
- ・社会的影響（集落孤立、その他交通機関での障害など）

(2) 災害、障害状況と直接的な気象情報

道路交通において発生する災害や障害状況の想定、通行止め判断などの管理判断を行ううえで、直接的と考えられる気象情報（気象要素や気象に基づく指標）を以下に示す。

- ・視程 ・風速、風向 ・気温 ・降雪量 ・降水量
- ・気象警報（暴風雪・大雪）
- ・障害度^{4), 5)}（個々の路線・区間の障害を示す段階的な指標）
- ・警戒レベル^{4), 5)}（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）

(3) 暴風雪・大雪の発生、経過を大局的に把握するための気象情報

気象予報において基礎的な情報であり、暴風雪・大雪の発生や悪化などを大局的に把握する際に利用される。道路管理者がデジタルアーカイブを閲覧する場合は、上記(1)と(2)を補足する資料として位置付けられる。

- ・地上天気図（気圧配置）
- ・低気圧経路

2. 1. 4 デジタルアーカイブのコンセプトの設定

2. 1. 1項から2. 1. 3項までの結果に基づき、デジタルアーカイブのコンセプトを以下に設定した（図1）。

- ・個々の道路管理対応の担当者に蓄積される暗黙知をデジタルアーカイブとして形式知化し、冬期道路管理の現場の効率化・省力化や、より一層効果的な道路管理の実現を図る。
- ・暴風雪・大雪時における気象状況と、通行止めなどの道路管理対応や事故などの障害の発生状況の関連を、客観的な情報として共有する。
- ・道路管理者による冬期道路管理対応の記録（道路管理履歴資料）を情報資産として蓄積・共有し、将来の道路管理対応の検討や技術の継承に活用する。

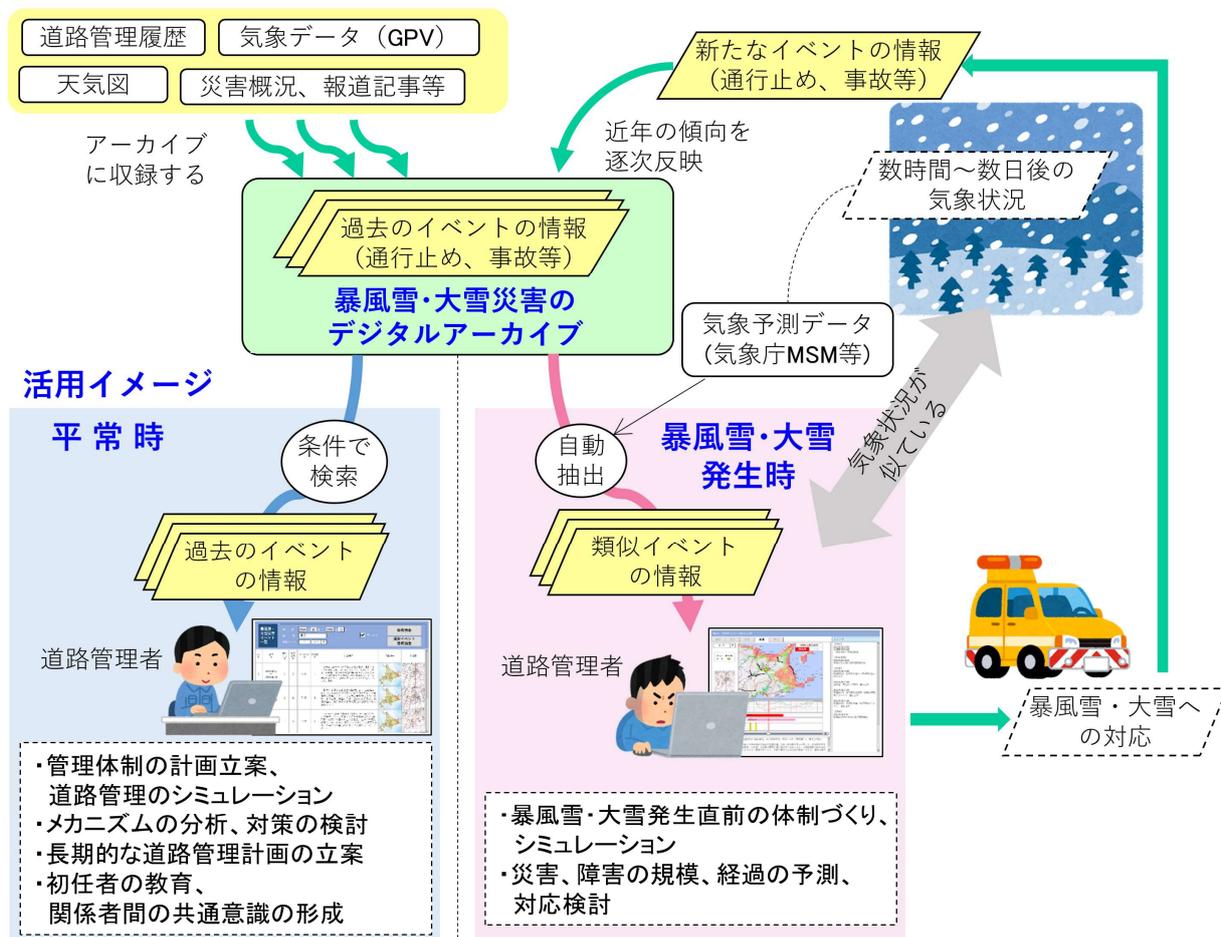


図1 デジタルアーカイブのコンセプト（平常時および暴風雪・大雪発生時の活用イメージ）

2. 2 道路管理に関する現状調査

ここでは、暴風雪・大雪時の災害デジタルアーカイブについて、効果的な情報の表現方法および機能を設計に取り入れるために、既存の情報提供システムの調査結果を整理した。また、暴風雪・大雪時における道路管理の課題、および気象情報やデジタルアーカイブに対する要望について、北海道開発局の道路管理者を対象としたヒアリング調査結果を整理した。詳細は、寒地土木研究所月報 2024 年 11 月号 (No. 863) を参照されたい⁶⁾。

2. 3 道路管理に資するデジタルアーカイブの要件

2. 1 節および 2. 2 節の結果に基づき、道路管理の現場で活用されるデジタルアーカイブの要件を整理した。

2. 3. 1 格納するサーバーシステム

デジタルアーカイブに収録する暴風雪・大雪時の気象状況や、道路交通を主とした障害・災害・管理状況などの情報は、コンピューターネットワークを通じて道路管理者間で広く共有するために、デジタル化または電子化のうえコンピューターサーバー上に保存することを前提とする。また、デジタルアーカイブが提供する情報は、インターネットを通じてアクセス可能な Web システムとして対象とする利用者（道路管理者）に公開する。加えて、情報を参照するユーザーインターフェースは、多様な表現方法が利用可能で、広く普及している Web ブラウザを想定する。

2. 3. 2 情報の閲覧機能および表現方法

利用者（道路管理者）が目的に合致する条件の暴風雪・大雪事例の情報にアクセスできること、選択した暴風雪・大雪事例について、気象状況と暴風雪・大雪の影響が顕在化した事象の発生状況の空間的・時間的な関係が把握できることを念頭に、デジタルアーカイブの情報の閲覧機能および表現方法を以下に示す。

(1) 情報の閲覧機能

① 暴風雪・大雪事例の概要の一覧、検索

情報を閲覧する暴風雪・大雪事例を選択するため、これらの一覧表示機能が必要となる。暴風雪・大雪事例の一覧では、事例ごとに特徴の把握や比較が可能となるよう概要情報を示す。また、目的とする暴風雪・大雪事例の情報に容易にアクセスできるようにするためには、事例の属性や特徴の情報をキーとした検索、フィルタリングの機能が必要となる。

② 表示する情報の時刻の選択

暴風雪・大雪発生時の気象状況と、気象状況の影響が顕在化した障害・災害事象の関係との時系列変化を確認するため、表示する情報の時刻を選択できる機能が求められる。

③ 情報のフィルタリング

ここでは、デジタルアーカイブの利用者を、北海道開発局の道路管理者と想定する。その場合、道路管理者の立場（開発局本局・開発建設部・道路事務所）により、情報を取得したい範囲や地域が異なることから、必要な地域の情報に絞って表示するフィルタリング機能が必要となる。

(2) 情報の表現方法

① 空間分布

災害や障害、通行止めなどの事象（以下、事象という）の発生位置と、気象情報の面的分布を地図に重ねて表示することにより、これらの関係を把握することができる。

② 時系列表示

気象データの時系列グラフに事象の発生状況を併せて表示することにより、事象の推移や傾向を把握できる。また、① 空間分布の情報を時間ごとに表示し比較することで、空間的な変化を把握することができる。

③ テキスト情報

視覚による表現が困難な事象の情報をテキスト（文字）情報として提供することにより、事象の詳細を把握することができる。

④ 電子ファイル形式

暴風雪・大雪事例ごとの道路管理資料、災害概況資料や報道記事を電子ファイル形式で提供することにより、当時の災害の状況や道路管理上の対応内容などを確認することができる。

2. 3. 3 要件の整理

これまでの検討結果に基づき、デジタルアーカイブの基本設計の前提となる要件を以下に整理した。

- ・収録データは、電子データとしてコンピューターサーバー上に保存する。収録データを情報として閲覧する際は、インターネットを介して Web ブラウザを用いて閲覧することを想定する。
- ・暴風雪・大雪事例および事例に紐づく気象状況や発生した事象のデータの関連を、各データの性質に応じて、リレーショナルデータベースなどのソフトウェアやディレクトリ・ファイル構造を用いて管理することにより、情報の検索やフィルタリングの機能を実現する。
- ・暴風雪・大雪事例の気象状況や発生した事象のデータ形式は、情報の性質に応じて、空間分布の把握、時系列変化の把握、テキストや電子ファイル資料の参照による詳細情報の把握が可能となるように設計する。
- ・デジタルアーカイブの収録データは、新たに発生した暴風雪・大雪に関する情報を追加できるよう設計する。
- ・北海道開発局所管の道路を対象とした、過去の暴風雪・大雪災害のデジタルアーカイブについて、2. 1. 3 項の (1) ~ (3) に示す各要素を収録する。

3. デジタルアーカイブの基本設計

2章で取りまとめたデジタルアーカイブの要件の整理結果に基づき、図2に示すデジタルアーカイブを中心とした情報提供のシステムの構築を念頭に、基本設計として表1に示す各項目の収録データ名（2. 1. 3項の（1）～（3）に示す各要素の情報を提供するために必要となるデータに付けた名称）の仕様を策定した。ここでは、道路管理に資する情報を提供するために必要な収録要素を満たすことに加え、利用者である道路管理者が道路管理上の判断を適切に行うための情報の表現が可能となるように、デジタルアーカイブのデータの収録方法を検討する必要がある。本章では、上記を踏まえて、はじめにデジタルアーカイブに収録する各データ名の形式を策定した。つぎに、暴風雪・大雪事例のリスト、気象情報、道路管理の情報、障害や災害の情報の各項目における収録データ名について、それぞれの仕様を策定した。

3. 1 データの形式

過去の暴風雪・大雪災害のデジタルアーカイブに収録するデータの形式は、① データ間の関連を管理しやすく、検索・フィルタリング機能を実装しやすいリレーショナルデータベースなどへの格納を想定した「テーブル型データ」、② 画像データや資料データなどのリレーショナルデータベースに格納しない「ファイル型データ」の2種類に分類される。ここで、リレーショナルデータベースとは、行と列によって構成された表形式の「テーブル」と呼ばれるデータの集合を互いに関連付ける「関係モデ

ル」に基づいて設計されたデータベースを指す。リレーショナルデータベースには、通行止め履歴のように、情報の属性が文字データや数値データで表現でき、テーブル形式でデータの集合を表せる情報を格納する。この方式で表せない気象分布画像データや天気図画像データ、道路管理履歴資料ファイルなどはファイル型データとして取り扱い、ディレクトリ構造やファイル名を利用して情報を管理する。

3. 2 データの仕様

ここでは、表1に示す各項目の収録データ名の仕様の策定に際し、テーブル型データの要素およびデータ型の構成、ファイル型データのファイルフォーマットを決定した。詳細は、寒地土木研究所月報2024年11月号（No.863）を参照されたい⁶⁾。

4. 暴風雪・大雪時の災害デジタルアーカイブのデータセットの作成

3章で検討した基本設計に基づき、基礎資料を収集のうえ、デジタルアーカイブに収録するデータセットを作成した。また、上記で作成したデータセットの内容を確認するための表示ツールを試作した。

4. 1 資料の収集

4. 1. 1 暴風雪・大雪事例の抽出

デジタルアーカイブに収録するデータセットの作成に用いる基礎資料の収集・整理に先立ち、デジタルアーカイブに収録する暴風雪・大雪事例を抽出した。事例を抽

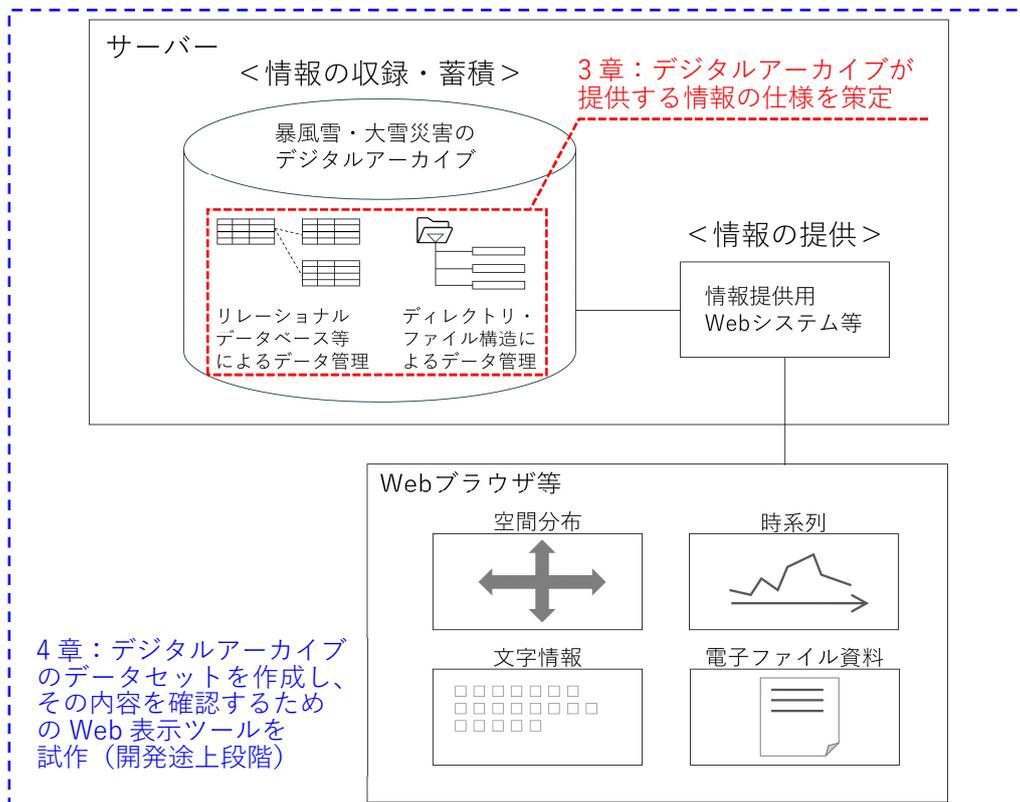


図2 デジタルアーカイブを中心とした情報提供のシステムイメージと3章（赤）、4章（青）での実施内容

表1 デジタルアーカイブに収録する各データ名・内容・データ形式

| 項目 | データ名 | 内容 | データ形式 | |
|--------------|--|--|----------|-------------------------|
| 暴風雪・大雪事例のリスト | 暴風雪・大雪事例リスト | デジタルアーカイブに収録する過去の暴風雪・大雪事例の一覧情報。事例の検索や抽出に利用する属性情報を含む。 | テーブル型データ | - |
| 気象情報 | 気象警報履歴データ | 暴風雪警報や大雪警報（災害対応のトリガーの一つとして）の発生状況 | テーブル型データ | - |
| | 気象等分布画像ファイル | 気象 GPV データを基に生成した気象等分布の画像ファイル（視程、風速、気温、降雪量、降水量、障害度（暴風雪）、障害度（大雪）） | ファイル型データ | PNG |
| | 風向分布ベクトルデータファイル | 気象 GPV データを基に生成した風向分布の画像ファイル | ファイル型データ | GeoJSON |
| | 警戒レベル（暴風雪・大雪）データ | 各開発建設部の管轄区域の単位で算出した警戒レベル（暴風雪・大雪）の時系列データ | テーブル型データ | - |
| | 路線上の気象等統計データ | 気象 GPV データを基に道路事務所の管轄区間単位で路線上の気象値を統計した時系列データ（視程、風速、風向、気温、降雪量、降水量、障害度（暴風雪）、障害度（大雪）） | テーブル型データ | - |
| | 地上天気図画像 | 大気場の概況、気象状況の推移 | ファイル型データ | 各種画像形式 |
| | 低気圧経路データ | 低気圧の経路を地図上に表示するための地理データ | テーブル型データ | - |
| 道路管理の情報 | 通行止め時系列データ | 1時間ごとの全路線の通行止め実施状況データ | テーブル型データ | - |
| | 通行止めセクションリスト | 各路線を道路事務所境界と通行止め実績地点を考慮して区切った区間の定義データ | テーブル型データ | - |
| | 表示用通行止めセクション地理データ | 通行止めセクション単位で路線の区間を地図上に表示するための地理データ | ファイル型データ | GeoJSON |
| | 道路管理体制履歴データ | 本局、部局、道路事務所などの管理体制の履歴 | テーブル型データ | - |
| | 道路管理履歴資料ファイル | 道路管理対応の時系列記録などの履歴ファイル | ファイル型データ | PDF、Excel、Word、各種画像形式など |
| | 資料ファイルリスト（道路管理履歴資料ファイル、災害概況、報道記事の資料ファイルに共通で使用） | 資料ファイルのリスト（保存場所などを格納） | テーブル型データ | - |
| 障害、災害の情報 | 事故等障害履歴データ | 交通事故や障害の発生履歴 | テーブル型データ | - |
| | 災害概況、報道記事の資料ファイル | 災害概況資料や報道記事などの資料ファイル | ファイル型データ | PDF、Excel、Word、各種画像形式など |

出する基準として、暴風雪・大雪の影響が顕在化した事象の一つである一般国道の通行止めの実施状況を用いることとした（収集期間：1984年12月～2023年3月）。また、原田ら（2013）⁷⁾、原田・松澤（2015）⁸⁾が北海道地方を対象に気象条件に基づいて抽出した、1984年度から2014年度までの冬期における87件の暴風雪・大雪事例についてもデジタルアーカイブの収録対象とした。ここでは、既報⁶⁾による抽出の流れに基づいて、暴風雪・大雪事例185件を抽出した。

4. 1. 2 事例期間の資料の収集

抽出した185件の暴風雪・大雪事例を対象として、以下に示す基礎資料を収集した。

- ・ 国道の通行止め記録（道路管理履歴資料）
- ・ 気象速報等
- ・ 全国災害時気象概況⁹⁾

- ・ 災害をもたらした気象事例資料
- ・ 地上天気図（アジア太平洋）
- ・ 地上天気図（日本付近）
- ・ 気象格子点値（Grid Point Value）

4. 2 データセットの作成

前節で抽出した185件の暴風雪・大雪事例の収集資料について、3章で検討した基本設計に基づき、デジタルアーカイブに収録するデータセットを作成した。また、作成したデジタルアーカイブのデータセットの内容を確認するために、Web システムによる表示ツールを試作した（図3）。

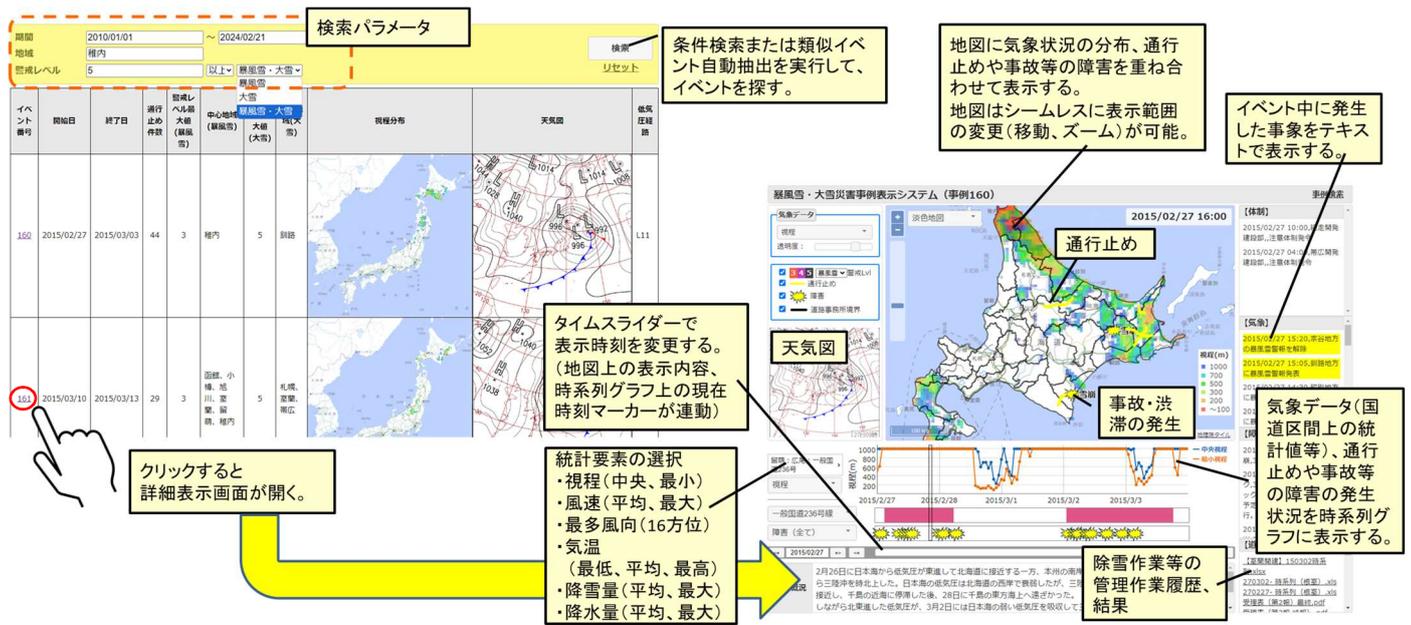


図3 Webシステムによるデジタルアーカイブの表示ツール(左;事例一覧画面、右;事例詳細画面)

5. おわりに

筆者らは、暴風雪・大雪時の災害デジタルアーカイブの作成に際し、道路管理に資するようこれらの要件を整理のうえ、基本設計を実施した。つぎに、過去28冬期の暴風雪・大雪災害185事例分の基礎資料を収集のうえ、基本設計に基づき、デジタルアーカイブに収録するデータセットを作成した。また、作成したデジタルアーカイブのデータセットの内容を確認するために、Webシステムによる表示ツールを試作した。本稿では、これらの過程とその特徴について示した。

今後、本稿で作成とした暴風雪・大雪事例185件のデータセット(収集期間:1984年12月~2023年3月)について、近年の特徴的な極端気象や、冬期道路管理方針の転換などがデジタルアーカイブで確認できるよう検討する。また、2023年3月以降の新たな暴風雪・大雪時の災害デジタルアーカイブの作成に際し、自動で収集可能な項目、手動で対応する項目を整理し、それぞれの対応項目について作成方法を提示のうえ、新たな災害デジタルアーカイブを都度蓄積できるようなシステムを検討する。併せて、気象予測資料から暴風雪・大雪災害が想定される場合に、過去の類似事例を抽出する技術などが、都度最新となるような更新手法を検討する予定である。また、これらの検討に基づき試作したシステムを道路管理者に試用いただき、その有用性を確認することを考えている。

参考文献

- 国土交通省:第5期国土交通省技術基本計画、pp.44-45、2022.
- 国土交通省社会資本整備審議会:持続可能な国土幹線道路システムの構築に向けた取組中間とりまとめ、11pp、2020.
- 国土交通省:大雪時の道路交通確保対策中間とりまとめ(令和3年3月改定)、33pp、2021.
- 原田裕介、大宮哲、武知洋太、西村敦史:一回の暴風雪や大雪の厳しさを評価する指標の検討(その1)、日本雪工学会論文集、Vol.39、No.2、pp.24-40、2023.
- 原田裕介、大宮哲、武知洋太、西村敦史:一回の暴風雪や大雪の厳しさを評価する指標の検討(その2)、日本雪工学会論文集、Vol.39、No.3、pp.22-36、2023.
- 原田裕介、大宮哲、武知洋太、西村敦史:暴風雪・大雪時の災害デジタルアーカイブの作成、寒地土木研究所月報、No.863、pp.46-57、2024.
- 原田裕介、上田真代、松下拓樹、松澤勝:冬期の気圧配置と北海道における大雪・暴風雪の地域別発生状況、寒地土木研究所月報、No.719、pp.33-41、2013.
- 原田裕介、松澤勝:北海道における近年の大雪・暴風雪時の気圧配置と地域別発生の特徴、北海道の雪氷、No.34、pp.31-34、2015.
- 気象庁:全国災害時気象概況
<https://www.jma.go.jp/jma/kishou/books/kishougaikyoku/index.html> (2024年9月5日閲覧)