

ISSN 1346-7328

国総研資料 第342号

平成18年10月

# 国土技術政策総合研究所資料

TECHNICAL NOTE of  
National Institute for Land and Infrastructure Management

No.342

October 2006

ITを用いた凍結防止剤散布作業の  
効率化に関する技術資料

DEVELOPMENT OF THE ROAD SURFACE ICING PREVENTION MEASURES  
APPLYING INFORMATION TECHNOLOGY

国土交通省 国土技術政策総合研究所

National Institute for Land and Infrastructure Management  
Ministry of Land, Infrastructure and Transport, Japan

ITを用いた凍結防止剤散布作業の効率化に関する資料

田中洋一\*, 関本義秀\*, 金澤文彦\*

DEVELOPMENT OF THE ROAD SURFACE ICING  
PREVENTION MEASURES APPLYING  
INFORMATION TECHNOLOGY

Youichi Tanaka , Yoshihide Sekimoto , Fumihiko Kanazawa

概要

本研究では、除雪費用全体に占める割合の高い路面凍結抑制剤散布に着目した。そして、路面凍結抑制剤散布作業における作業コスト低減や品質維持の課題に対して、IT技術の一端である位置特定技術やGISデータを応用して、作業の簡素化と作業管理の支援による品質向上の検討を行った。

キーワード

凍結防止散布、冬期道路管理、高精度位置特定技術、ITS

Synopsis

The management and prevention of a road surface icing are one of the most important tasks in winter road. It is the best way to spray salt before road surface icing. In order to improve this management level, it is necessary to control the prevention work by accurate assessment of the actual road situation. Moreover, reduction of the cost is also required in order to curb increases in budget spending. This paper reports on the research results of meeting these demands applying ITS technology.

Key Words

Salt spreader , Winter road maintenance , Highly accurate positioning , ITS

# 目次

1. はじめに	1-1
2. 開発の経緯	2-1
3. 位置特定パッケージの実装設計	3-1
3.1. 位置特定パッケージの実装設計	3-1
3.2. 位置特定パッケージのプロトタイプ製作およびテスト	3-1
4. 凍結防止剤散布作業支援システムの開発	4-1
4.1. 凍結防止剤散布作業支援システムの要件定義の整理	4-1
4.1.1. 基礎調査	4-1
4.1.2. 要件定義のとりまとめ	4-3
4.2. 操作支援システムの製作	4-13
4.2.1. 操作支援システムの基本設計	4-13
4.2.2. 操作支援システムの詳細設計	4-37
4.2.3. 操作支援システムの実装設計	4-37
4.2.4. 操作支援システムの製作	4-37
4.3. 計画支援システムの製作	4-38
4.3.1. 計画支援システムの基本設計	4-38
4.3.2. 計画支援システムの詳細設計	4-46
4.3.3. 計画支援システムの実装設計	4-46
4.3.4. 計画支援システムの製作	4-46
4.4. 巡回支援システムの製作	4-47
4.4.1. 巡回支援システムの基本設計	4-47
4.4.2. 巡回支援システムの詳細設計	4-61
4.4.3. 巡回支援システムの実装設計	4-61
4.4.4. 巡回支援システムの製作	4-62
4.5. レーンマーカの効率的な配置の試算	4-63
5. 現地実証試験	5-1
5.1. 散布車への取付け	5-1
5.1.1. 機器構成	5-1
5.1.2. 取付け状況	5-2
5.1.3. 散布支援機器の設置状況	5-6

5.2. 結合・総合動作試験	5-8
5.3. 実道実験時の取扱説明	5-9
5.3.1. 取扱い説明会の実施	5-9
5.4. 実道実験機の性能評価	5-11
5.4.1. 実道実験機に関するヒアリング	5-11
5.4.2. 散布位置誤差の検討	5-14
5.4.3. システム全体における散布位置の誤差	5-15
5.5. 長岡国道の実験データ分析	5-17
5.5.1. 長岡国道実験の概要	5-17
6. まとめ	6-1
6.1. 本業務で実施した内容	6-1

## 〔別添資料〕

### 別添資料1 位置パッケージの開発

1. 位置特定パッケージの実装設計・・・・・・・・・・・・・・・・・・別 1-1-1
  - 1.1. モジュール設計・・・・・・・・・・・・・・・・・・別 1-1-1
2. 位置特定パッケージのプロトタイプ製作およびテスト・・・・・・・・・・別 1-2-229

### 別添資料2 凍結防止剤散布作業支援システムの開発

1. 基礎調査・・・・・・・・・・・・・・・・・・別 2-1-1
  - 1.1. 凍結防止剤散布作業の実態およびシステム要望に関する調査・・・・・・・・・・別 2-1-1
  - 1.2. 散布車とのデータ交換調整・・・・・・・・・・・・・・・・・・別 2-1-5
  - 1.3. 現地測位状況に関する調査・・・・・・・・・・・・・・・・・・別 2-1-9
2. 操作支援システムの製作・・・・・・・・・・・・・・・・・・別 2-2-1
  - 2.1. 操作支援システムの基本設計・・・・・・・・・・・・・・・・・・別 2-2-1
  - 2.2. 操作支援システムの詳細設計・・・・・・・・・・・・・・・・・・別 2-2-43
  - 2.3. 操作支援システムの実装設計・・・・・・・・・・・・・・・・・・別 2-2-125
  - 2.4. 操作支援システムの製作・・・・・・・・・・・・・・・・・・別 2-2-352
  - 2.5. 操作支援システムの試験（単体）・・・・・・・・・・・・・・・・・・別 2-2-353
3. 計画支援システムの製作・・・・・・・・・・・・・・・・・・別 2-3-1
  - 3.1. 計画支援システムの基本設計・・・・・・・・・・・・・・・・・・別 2-3-1
  - 3.2. 計画支援システムの詳細設計・・・・・・・・・・・・・・・・・・別 2-3-80
  - 3.3. 計画支援システムの実装設計・・・・・・・・・・・・・・・・・・別 2-3-241
  - 3.4. 計画支援システムの製作・・・・・・・・・・・・・・・・・・別 2-3-669
  - 3.5. 計画支援システムの試験（単体）・・・・・・・・・・・・・・・・・・別 2-3-670
4. 巡回支援システムの製作・・・・・・・・・・・・・・・・・・別 2-4-1
  - 4.1. 巡回支援システムの基本設計・・・・・・・・・・・・・・・・・・別 2-4-1
  - 4.2. 巡回支援システムの詳細設計・・・・・・・・・・・・・・・・・・別 2-4-22
  - 4.3. 巡回支援システムの実装設計・・・・・・・・・・・・・・・・・・別 2-4-41
  - 4.4. 試験巡回支援システムの製作・・・・・・・・・・・・・・・・・・別 2-4-98
  - 4.5. 巡回支援システムの試験（単体）・・・・・・・・・・・・・・・・・・別 2-4-99

### 別添資料3 現地実証試験・・・・・・・・・・・・・・・・・・別 3-1-1

### 別添資料4 長岡国道の実験データ分析（散布計画・履歴・巡回記録データ）

1. 散布計画 散布履歴メッシュ図・・・・・・・・・・・・・・・・・・別 4-1-1

- 2. 自動散布 散布履歴メッシュ図 . . . . . 別 4-2-1
- 3. 手動散布 散布履歴メッシュ図 . . . . . 別 4-3-1

別添資料 5 道路巡回日報

別添資料 6 道路 GIS スタータキット Web Master Service API 仕様書

別添資料 7 操作マニュアル

別添資料 8 ソースコード

## 1. はじめに

積雪寒冷地は、約2,800万人の生活圏として、日本の国土の約60%を占めている。そして、これらの地域は交通手段として自動車への依存度が高く、冬期間における道路交通の確保は、道路管理者にとって重要な役割となっている。その結果、毎年、冬期道路管理には、多大な費用が投じられている。

特に、平成5年からスパイクタイヤの使用規制が施行され、路面凍結によるスリップ事故を抑制するための凍結抑制剤の散布作業が重要視されるようになった。同時に、この作業に要する費用も年々増加傾向にある。図 1-1 は、除雪全体費用に占める薬剤散布費の割合と薬剤使用量の推移を示している。

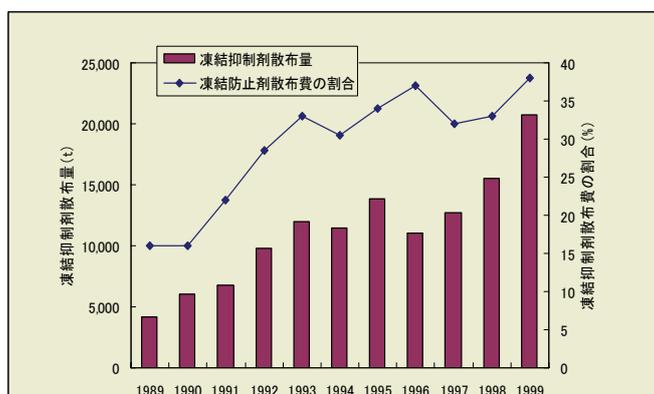


図 1-1 除雪費に占める薬剤散布費の割合と薬剤使用量の推移

(東北地方整備局資料)

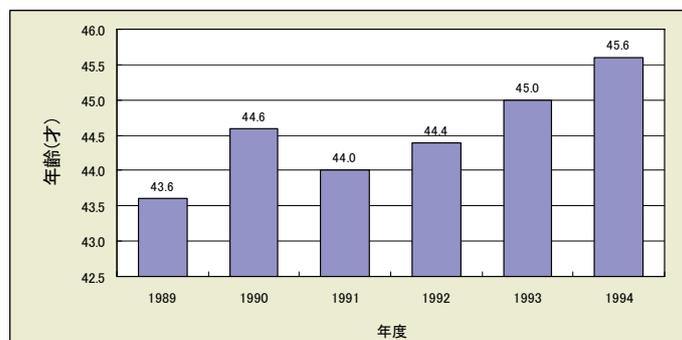


図1-2 オペレータの平均年齢の経年推移(出典:雪センターアンケート)

また、少子・高齢化に伴い除雪作業を行うオペレータも高齢化が進んでいる。そのため、将来的に労働力確保と作業品質の低下が懸念されている。図 1-2 にオペレータの平均年齢の経年推移を示す。図に示されるとおり、平均年齢の上昇が明らかであり、新規労働者の減少による将来的な労働力の確保や管理技術(ノウハウ)が継承されずに作業品質を維持できなくなることが予想される。

## 2. 開発の経緯

### 現在の凍結抑制剤の作業状況

路面凍結抑制作業は、凍結抑制剤（主に塩化ナトリウム）を車両後方から散布する方法が一般的である。写真 2-1 に路面凍結抑制剤散布車による作業状況を示す。この作業は、運転手と助手が同乗して2人1組で作業を行っている。多くの場合、運転手は凍結防止剤散布車の運転を行い、助手は路面凍結抑制作業装置の操作及び作業時の道路状況の記録を行っている。



写真2-1 凍結抑制剤散布車による作業状況

さらに、作業終了後の散布量や路面状況等の帳票作成による煩雑な作業管理は、手作業で行われているのが現状である。

散布作業コストは、凍結抑制剤として使用している塩については、輸入自由化などもあり、低価格化しているが、凍結抑制剤散布作業の約6割を人件費が占めている。

また、抑制剤散布方法は、あらかじめ指示された数量を、均一に散布することを基本としている。しかし、実際の現場では路面状況や特定の箇所(橋梁や急勾配区間,交差点)により散布量を変化させている。その判断はオペレータにより行われているため、オペレータ自身に凍結抑制のための道路管理に必要なノウハウが蓄積されている。

このため路面凍結抑制作業コストを低下させるためには、人件費を減らすことと作業後の業務改善を行うことが必要である。また、作業品質を確保するためには、オペレータの作業履歴を詳細に取得し解析する必要があると考えられる。

### **3. 位置特定パッケージの実装設計**

#### **3.1. 位置特定パッケージの実装設計**

「ハイブリッド型高精度位置特定に関する技術資料」に示された詳細設計をもとに、位置特定パッケージの実装設計として、各クラスのモジュール設計を行った。(別添資料 1 参照)

#### **3.2. 位置特定パッケージのプロトタイプ製作およびテスト**

位置特定パッケージの実装設計をもとに、プロトタイプを製作し、テストを行った。(別添資料 1 参照)

## 4. 凍結防止剤散布作業支援システムの開発

### 4.1. 凍結防止剤散布作業支援システムの要件定義の整理

#### 4.1.1. 基礎調査

凍結防止剤散布作業支援システムの構築に向けて、凍結防止剤散布作業の実態およびシステム要望に関する調査を行った。また、システムで活用する道路 GIS サーバおよび散布制御装置に関する調査を行い、実道実験工区における現地測位状況に関する調査を行った。

#### (1) 凍結防止剤散布作業の実態およびシステム要望に関する調査

現場に即したシステムを構築するためには、散布作業の実態を把握するとともに、システムの操作性等について、現場の方々の意見を伺う必要がある。このため、凍結防止剤散布作業の実態およびシステム要望に関する調査を行った。(別添資料 2 参照)

#### ■調査概要

○日 時：平成 15 年 9 月 17 日

- ・ 10:30-12:00 散布経路の現地確認（車中からの確認）
- ・ 13:00-15:00 散布作業の実態に関するヒアリング
- ・ 15:00-17:00 散布作業支援システムに関するヒアリング

○場 所：北陸地方整備局 長岡国道事務所

○出席者：

- ・ 国土技術政策総合研究所 : 関本研究官, 都鳥研究官
- ・ 長岡国道事務所長岡国道維持出張所 : 池田係長
- ・ 福田道路株式会社 (除雪作業委託業者) : 新保主任
- ・ 株式会社 長大 : 桂木, 石濱

#### (2) 道路 GIS サーバに関する調査

国土技術政策総合研究所において整備中の道路 GIS サーバに関する資料として、「道路 GIS スタートキット Web Map Service API 仕様書」を収集した。(別添資料 6 参照)

#### (3) 散布制御装置とのデータ交換に関する調査

凍結防止剤散布作業支援システムで実装する散布車の資料収集を行った。また、散布車メーカー（範多機械(株)）と凍結防止剤散布作業支援システムと散布制御装置とのデータ交換について調整を行った。

##### a) 散布制御装置の概要

範多機械（株）の自動制御装置の現状構成と変更予定箇所を図 4-1 に示す。

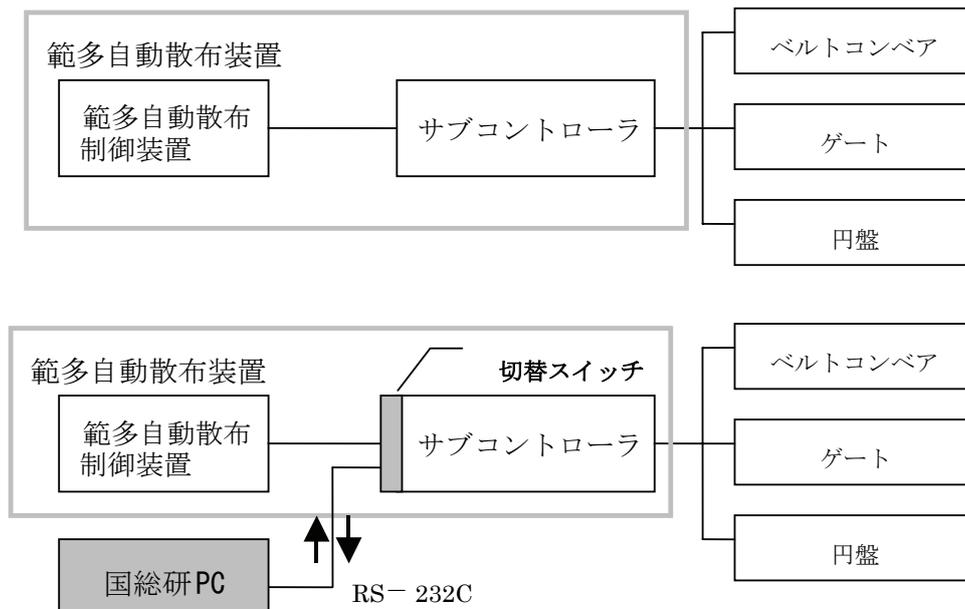


図 4-1 現状の構成と変更予定箇所

**b) データ交換調整**

範多機械（株）製の自動散布制御装置とのデータ交換等に関する調整を行った。

**(4) 現地測位状況に関する調査**

実道実験を実施する長岡国道事務所宮本工区におけるGPS測位状況やFM多重によるDGPS受信状況について調査した結果を別添資料に示す。

#### 4.1.2. 要件定義のとりまとめ

凍結防止剤散布作業の実態およびシステム要望に関する調査結果を踏まえて、散布作業支援システムの要件定義について整理した。

##### (1) 散布作業支援システムの背景

近年、道路管理業務においては、事業費が削減される中、社会生活の高度化に伴う道路に対するニーズの高度化・多様化への対応が求められている。これらのニーズへ対応するためには、道路管理業務の高度化・効率化が必要である。

道路管理業務のうち、冬期道路管理業務、とりわけ、凍結防止剤散布作業については、雪寒地域における道路交通を確保する上で重要な役割を担っている。しかし、除雪予算の逼迫、オペレータ不足が深刻化する中、一層の冬期道路交通の安全性・円滑化が求められている。

これらのニーズに対応するためには、凍結防止剤散布作業の効率化が必要である。そのためには、適切な散布作業計画の作成を支援するとともに、従来、オペレータと助手の2人で行われてきた散布作業を1人で行うこと（ワンマン化）が可能なシステムが必要である。

##### (2) 開発システムの目的

本システムは、ワンマン化を実現するため、散布装置の操作を支援する。また、適切な散布作業計画の実現に向けて、散布計画作成を支援するものである。

##### (3) 目標

ワンマン化による散布装置の操作を支援するため、オペレータに自車位置情報および散布計画箇所の情報提供を行い、自動散布を行うとともに、オペレータの音声による巡回記録の入力支援を行う。

また、散布計画作成を支援するため、散布履歴表示、散布計画データの作成・編集・出力を行う。

##### (4) システム化の範囲設定

###### a) システム化の範囲

###### ■ システムで対象とする支援内容

凍結防止剤散布作業支援システムで対象とする支援内容の範囲を図 4-2 に示す。

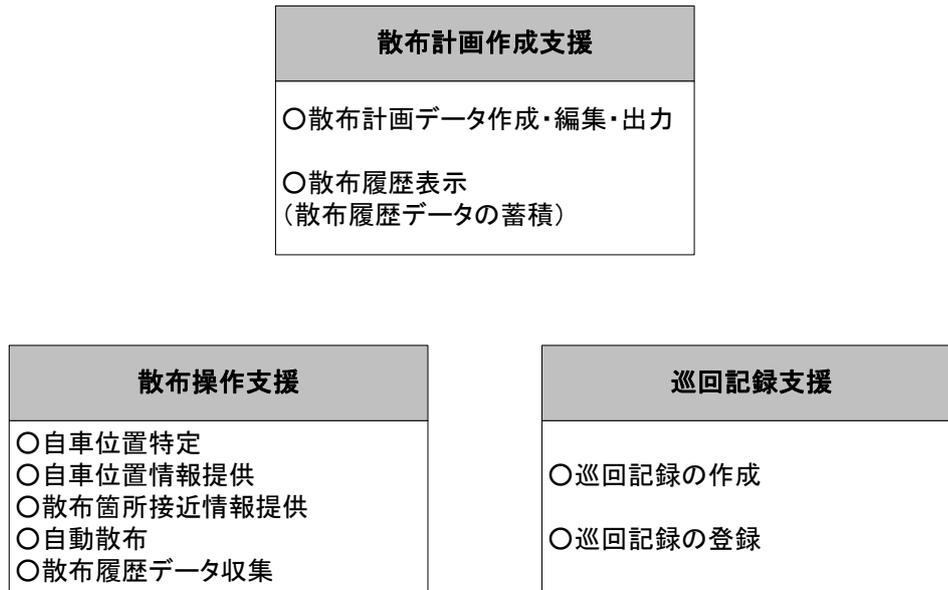


図 4-2 システムで対象とする支援内容

### ■ システム化対象箇所

システム化対象箇所については、次に示す路線とする。

北陸地方整備局 長岡国道事務所 長岡維持出張所 宮本工区 国道 8 号 (59.7kp~76.9kp)
--

### b) 利用するエンドユーザ

本システムを利用するエンドユーザについては、次に示すとおり。

- 散布計画作成支援：除雪作業監督職員，除雪作業委託業者現場代理人
- 操作支援：散布車オペレータ
- 巡回記録支援：散布車オペレータ

## (5) システムに対する要件整理

システムに求められる要件を次に示す。

### a) 散布計画作成支援

#### ■ 散布履歴表示

- 過去の散布履歴データの中から最新あるいは任意の散布履歴データの地図表示ができること。

#### ■ 散布計画データの作成・編集・出力

- 散布対象箇所を選択と作業内容の登録ができること。
- 登録した散布作業計画の内容の編集ができること。
- 散布作業計画の内容を地図上に表示できること。
- 車両へ受け渡す散布作業計画データが出力できること。
- 収集した散布履歴情報を時系列・場所に関連づけて管理できること。
- 蓄積した散布履歴データを CSV 形式でできること。

### b) 操作支援

#### ■ 自車位置特定

- 位置特定機器から位置情報を収集し、常に最適な位置情報を選択・補正できること。

#### ■ 自車位置情報提供

- 自車位置情報および自車位置周辺の地物等の情報をオペレータへ提供できること。

#### ■ 散布箇所接近情報提供

- 散布制御変更箇所に車両が接近した場合に、距離情報や制御変更箇所での制御変更情報をオペレータに提供できること。

#### ■ 自動散布

- 散布計画データに基づいて散布装置を自動的に制御できること。

#### ■ 散布履歴情報収集

- 作業履歴情報を作業装置から収集し蓄積できること。

### c) 巡回記録支援

- 散布作業を兼ねた巡回において、オペレータの目視判別結果（口頭）を位置と関連づけて記録できること。

## (6) システム運用体制

システム構築後の運用体制・人員や必要スキル、運用に対しての注意要件事項については、表 4-1 に示すとおり。

表 4-1 システム運用体制

項目	要件
運用時間	・ 24 時間連続運用
運用体制の人員 (組織)	・ 国土交通省 職員 ・ 除雪作業委託業者 (現場代理人, オペレータ)
必要スキル	・ 運用前に操作方法等のユーザ教育を行い、必要なスキルを身につけること。

## (7) システムの機能

システムに求められる機能を表 4-2 に示す。

表 4-2 システムの機能

要件	機能	機能概要	
散布計画作成支援	散布履歴検索機能	過去の散布履歴データの中からユーザの指定した散布履歴データを検索する機能。	
	散布履歴表示機能	検索した散布履歴データを地図上に表示する機能。	
散布計画データの作成・編集・出力	散布計画箇所選択支援機能	地図上から散布計画箇所を任意に選択できるようにする機能。	
	散布計画内容登録支援機能	ユーザが選択した散布計画箇所の計画内容を登録できるようにする機能。	
	散布計画表示機能	登録した散布計画箇所および内容を地図上に表示する機能。	
	散布計画編集支援機能	登録した散布計画箇所および内容を変更・登録できるようにする機能。	
	車両用散布計画データ出力機能	ユーザが指定した任意の散布計画データを車両提供用記憶媒体に出力する機能	
散布履歴データの蓄積	散布履歴データ蓄積機能	散布履歴情報を蓄積する機能。	
散布履歴データの CSV 出力	散布履歴データ検索機能	ユーザの指定した過去の散布履歴データを検索する機能。	
	散布履歴データの CSV 出力機能	検索した散布履歴データを CSV 形式でファイルに出力する機能。	
操作支援	自車位置特定	位置情報収集機能	位置特定機器から自車位置情報を収集する機能。
		位置情報選択・補正機能	最適な位置情報を選択し、補正する機能。
	自車位置情報等の提供	道路地物等検出機能	自車位置周辺の道路地物等を検出する機能。
		自車位置情報提供機能	自車位置周辺の道路地物等の位置情報をオペレータに提供する機能。
	散布箇所接近情報提供	散布制御変更箇所接近検出機能	自車両と接近した散布制御変更箇所を検出する機能。
		散布制御変更箇所の位置情報提供機能	散布制御変更箇所の存在をオペレータに注意喚起する機能。

要件		機能	機能概要
	自動散布	散布制御変更箇所検出機能	自車両が散布制御変更箇所に存在するかを検出する機能。
		自動散布機能	散布計画データに基づいて散布装置を自動的に制御する機能。
	散布履歴情報収集	散布履歴情報収集機能	散布履歴情報を収集する機能。
		散布履歴データの CSV 出力機能	検索した散布履歴データを CSV 形式でファイルに出力する機能。
巡回記録支援	巡回自動記録	音声入力機能	オペレータの音声による目視判別結果を入力する機能。
		気温取得機能	外気温を温度計から自動取得し、データを登録する機能。
		自動記録機能	巡回地点の位置と関連付けて、目視判別結果を登録する機能。

## (8) データ要求の定義

本システムで扱うデータを表 4-3 に示す。

表 4-3 本システムで扱うデータ一覧

要件		機能	取り扱う主な情報
散布計画作成支援	散布履歴表示	散布履歴検索機能	○散布履歴情報
		散布履歴表示機能	・作業者名 ・散布位置 ・散布量 ・散布幅 ・散布方向 ・湿式割合 ・散布剤種類・散布時刻
	散布計画データの作成・編集・出力	散布計画箇所選択支援機能	○道路地物情報
		散布計画内容登録支援機能	○散布計画情報
		散布計画表示機能	・作業者名 ・散布位置 ・散布量 ・散布幅 ・散布方向 ・湿式割合
		散布計画編集支援機能	・散布剤種類
	散布履歴データの蓄積	散布履歴データ蓄積機能	○散布履歴情報
		散布履歴データの CSV 出力	散布履歴データ検索機能
			散布履歴データの CSV 出力機能
	操作支援	自車位置特定	位置情報収集機能
位置情報選択・補正機能			○位置特定機器出力信号情報 ○自車位置情報 ○道路地物等情報
自車位置情報等の提供		道路地物等検出機能	○自車位置情報
		自車位置情報提供機能	○道路地物等情報
散布箇所接近情報提供		散布制御変更箇所接近検出機能	○自車位置情報 ○散布計画情報 ○散布制御変更箇所との距離情報
		散布制御変更箇所の位置情報提供機能	○自車位置情報 ○散布計画情報 ○道路地物等情報 ○注意喚起情報 ・散布制御変更箇所までの距離情報 ・散布制御変更情報
自動散布		散布制御変更箇所検出機能	○自車位置情報 ○散布計画情報

要件		機能	取り扱う主な情報
操作支援	自動散布	自動散布機能	○散布計画情報
	散布履歴情報収集機能	散布履歴情報収集機能	○散布履歴情報
巡回記録支援	巡回自動記録	音声入力機能	○天候 ○路面状況 ○交通状況 ○消雪パイプ稼働状況 ○雪種別 ○積雪量
		気温取得機能	○気温
		自動記録機能	○天候 ○路面状況 ○交通状況 ○消雪パイプ稼働状況 ○雪種別 ○積雪量 ○気温

### (9) 既存通信インターフェース定義

既存システムとの通信インターフェースを表 4-4 に示す。

表 4-4 既存システムとの通信インターフェース

送信側	受信側	データ種類	入出力頻度・周期
本システム	道路 GIS サーバ	API 引数	随時
道路 GIS サーバ	本システム	API レスポンス	随時
本システム	散布装置	散布計画情報	随時 (1 秒間隔以上)
散布装置	本システム	散布履歴情報	制御変更時 (1 秒間隔以上)

## (10) システムに求められる性能

システムに求められる性能について表 4-5 に示す。

表 4-5 システムに求められる性能

要件	機能	目標とする性能	
散布計画作成支援	散布履歴表示	散布履歴検索機能	○検索範囲：登録されたすべての散布履歴データ
		散布履歴表示機能	○表示方法：地図上表示
	散布計画データの作成・編集・出力	散布計画箇所選択支援機能	○選択方法：地図上での選択
		散布計画内容登録支援機能	○登録方法：ラジオボタン、チェックでの入力
		散布計画表示機能	○表示方法：地図上表示
		散布計画編集支援機能	○編集方法：変更箇所を地図上で選択
	車両用散布計画データ出力機能	○出力形式：CSV 形式	
	散布履歴データの蓄積	散布履歴データ蓄積機能	○蓄積可能データ数：全出動回数分（11月～3月の1シーズン分）
	散布履歴データの CSV 出力	散布履歴データ検索機能	○検索範囲：登録されたすべての散布履歴データ
		散布履歴データの CSV 出力機能	○データ形式：CSV 形式
操作支援	自車位置特定	位置情報収集機能	○収集間隔：100msec
		位置情報選択・補正機能	○位置精度：2m 以内 ○対応速度：60km/h ○対象範囲：工区全域
	自車位置情報等の提供	道路地物等検出機能	○対応速度：60km/h ○対象範囲：工区全域
		自車位置情報提供機能	○表示方法：ヘディングアップ地図上表示 ○表示切替周期：4 秒以上
	散布箇所接近情報提供	散布制御変更箇所検出機能	○対応速度：60km/h ○対象範囲：工区全域
		散布制御変更箇所の位置情報提供機能	○情報提供手段： ・地図画面上での地物の強調表示 ・注意喚起音
	自動散布	散布制御変更箇所検出機能	○対応速度：60km/h ○対象範囲：工区全域
		自動散布機能	○制御タイミング：制御変更箇所通過時（1秒間隔以上）
	散布履歴情報収集機能	散布履歴情報収集機能	○収集タイミング：制御変更時（1秒間隔以上）

### **(11) システムのアーキテクチャ**

システム構築にあたっての要望・条件を次に示す。

- 除雪作業での使用条件を考慮し、システムを構築すること。
- オペレータへの情報提供については、画面表示や注意喚起音によるものとする。
- 地図データについて、管轄路線の道路地物のデータについては、道路 GIS データを用いること。
- 散布履歴データおよび散布計画データの登録・管理・地図表示については、国土技術政策総合研究所の道路 GIS サーバを利用すること。

### **(12) その他、開発に対する条件**

その他、システム開発にあたっての要望・条件を次に示す。

- 実道実験を実施する前に、国土技術政策総合研究所の試走路にて試走・調整を行い、システムが安全・正確に稼働することを確認すること。
- 関係する他システム等と十分な調整を行うこと。

## 4.2. 操作支援システムの製作

### 4.2.1. 操作支援システムの基本設計

#### (1) 適用範囲

本節は、散布操作支援システムにおける基本設計についてのみ記載するものとする。

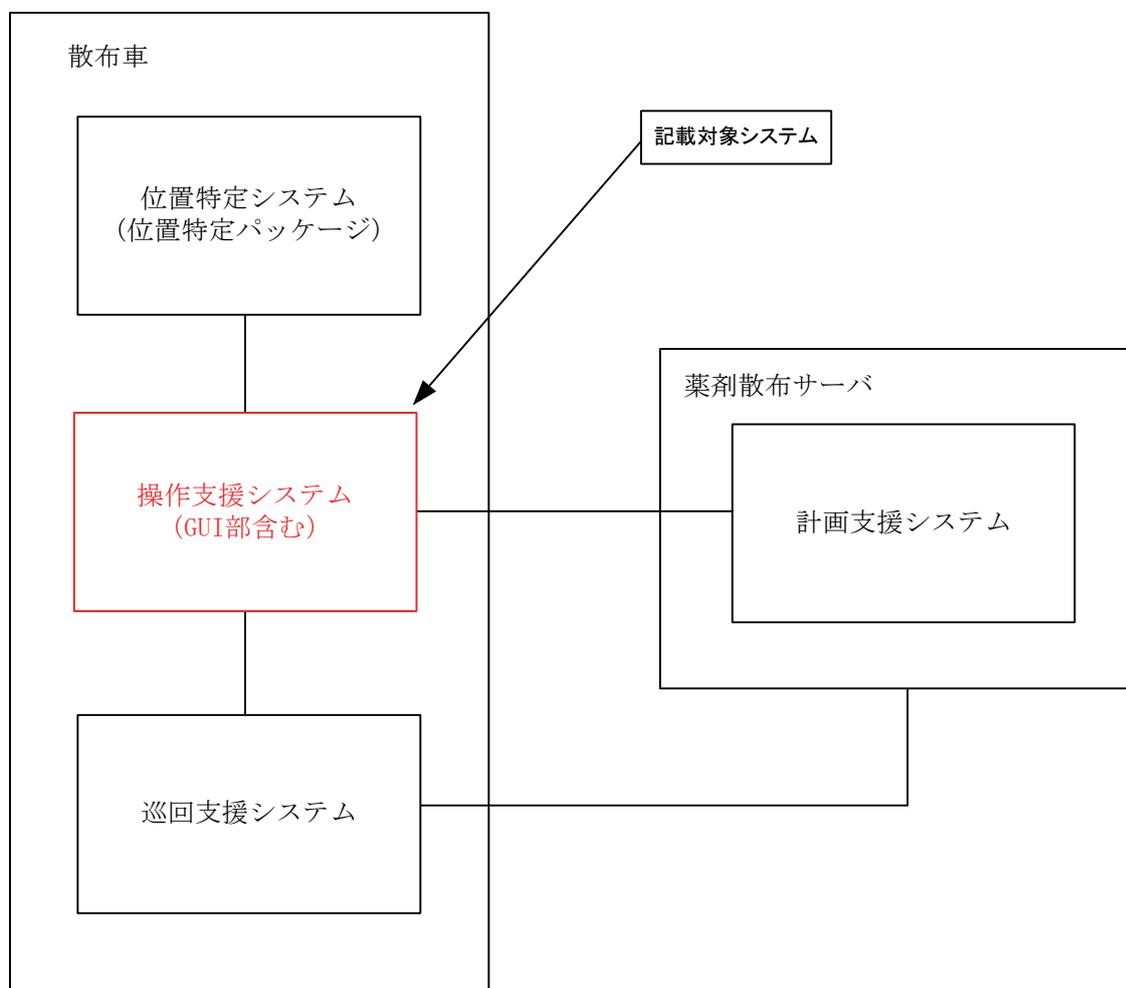


図 4-3 記載範囲

## (2) 要件定義の確認

本システム全体における要件を以下のユースケース図に示す。

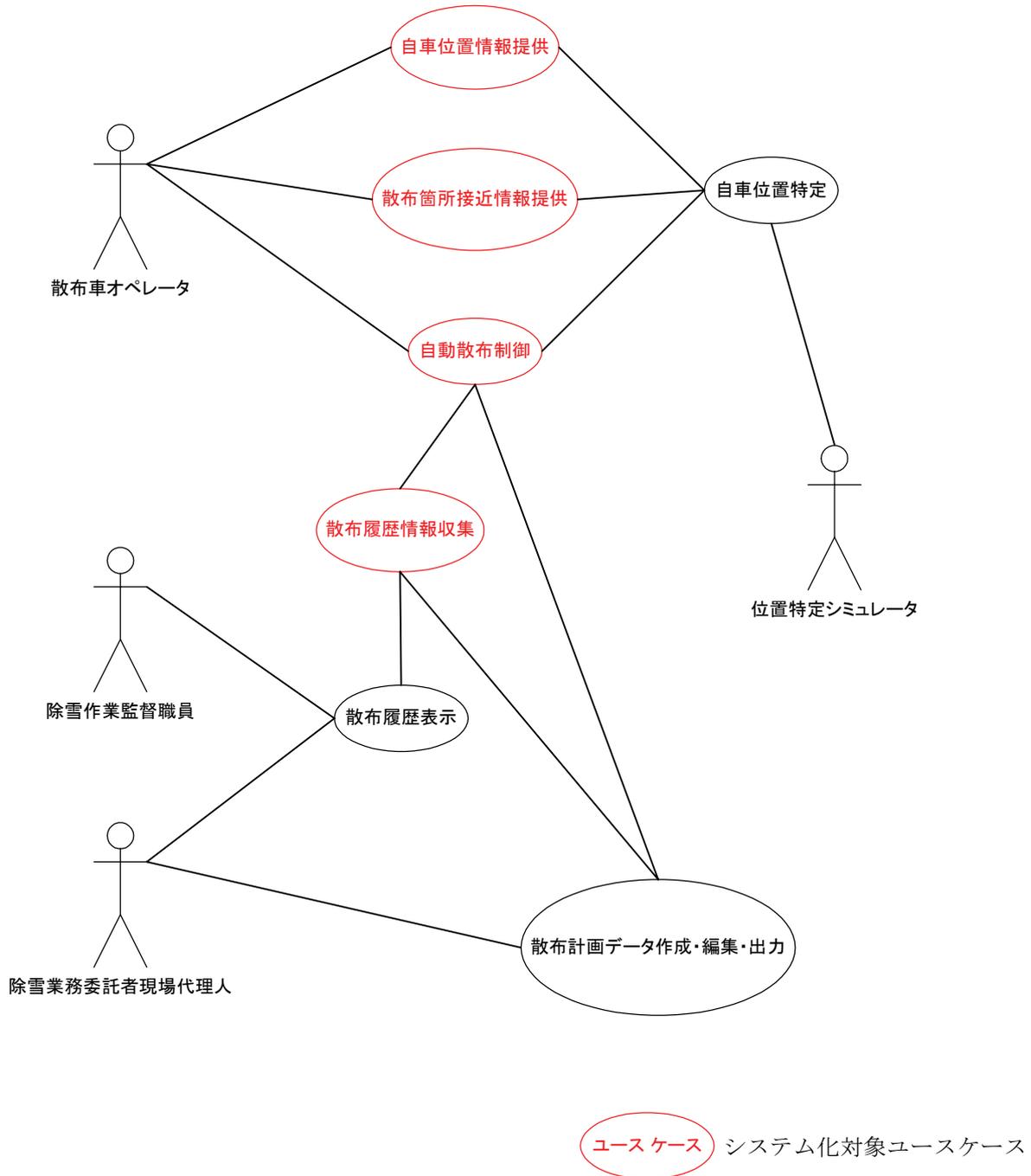


図 4-4 システム全体ユースケース図

## (3) システム全体構成

システムの全体構成および処理の流れを以下に示す。

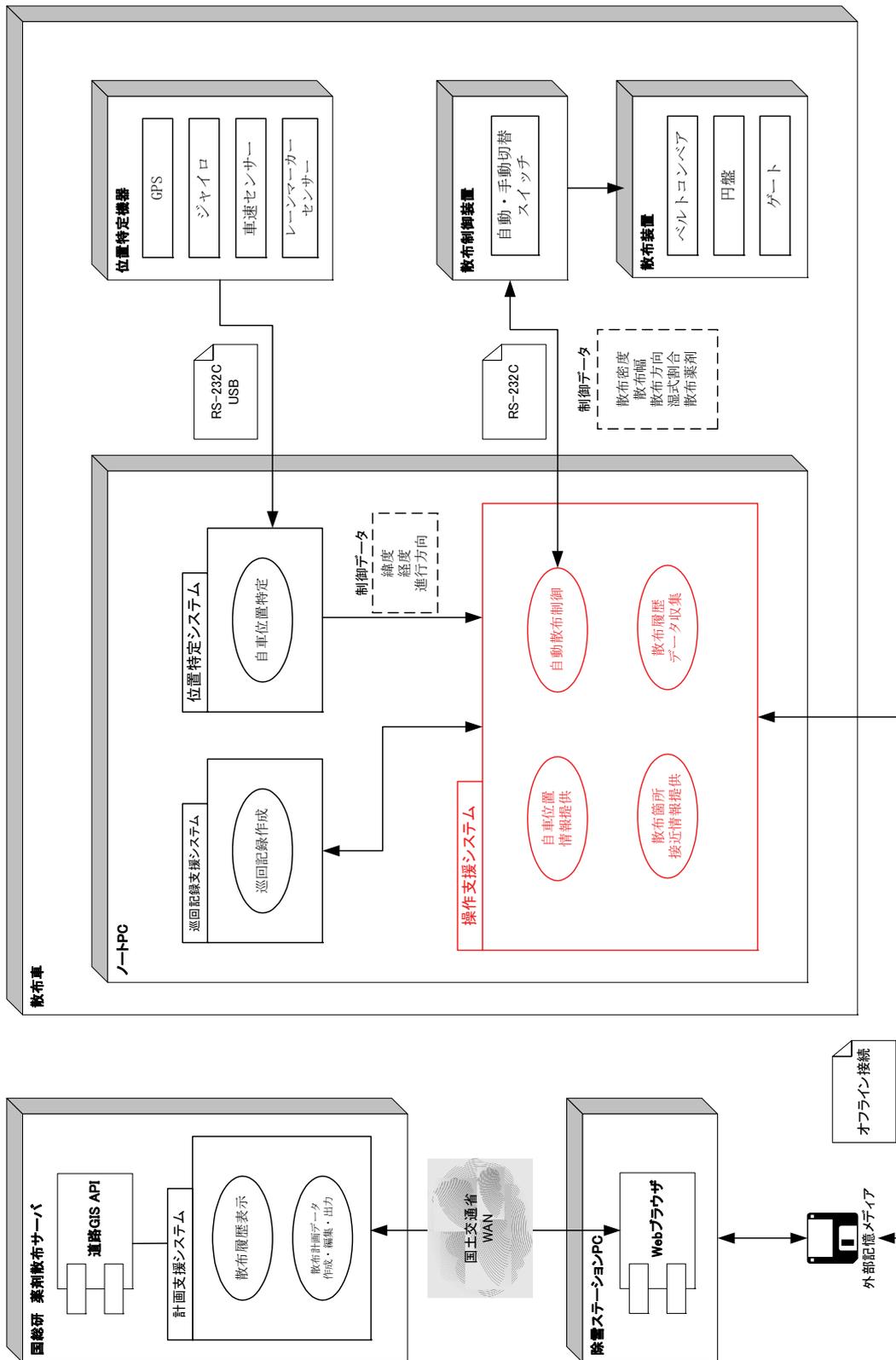


図 4-5 システム全体構成図

#### (4) 機能設計

システムとして必要な機能を詳細化したために、各ユースケースをさらに詳細化した。詳細化した機能を表 4-6 に示す。

表 4-6 システムに必要な機能

機能		詳細機能	機能概要
散布操作支援	自車位置情報提供	道路地物検出機能	自車位置周辺の道路地物等を検出する機能。
		自車位置情報提供機能	自車位置周辺の道路地物等の位置情報をオペレータに提供する機能。
	散布箇所接近情報提供	散布制御変更箇所検出機能	自車両と接近した散布制御変更箇所を検出する機能。
		散布制御変更箇所の位置情報提供機能	散布制御変更箇所の存在をオペレータに注意喚起する機能。
	自動散布制御	散布制御変更箇所検出機能	自車両が散布制御変更箇所に存在するかを検出する機能。
		自動散布機能	散布計画データに基づいて散布装置を自動的に制御する機能。
	散布履歴情報収集	散布履歴情報収集機能	散布履歴情報を収集する機能。

#### ■ 自車位置情報提供機能

自車位置情報提供機能は、予め登録しておいた道路地物を検索し、画面地図上にその位置を表示するとともに、その地物までの距離を画面上に表示する機能（道路地物検出機能）およびカーナビゲーションのように自車の現在位置を画面地図上に表示（自車位置情報提供機能）するものである。機能の制約としては、以下とする。

検索対象地物の変更が容易なこと

エリア広域を簡易表示する全体地図と、現在位置を中心として周辺を詳細に表示する2つの地図画面を有すること

自車位置を表示する詳細地図はヘディングアップ機能を持たせること

詳細地図には道路 GIS データを用いることとし、他の市販地図にも対応可能なこと

詳細地図は、拡大・縮小が可能なこと

詳細地図に表示する地物は表示切替えが可能なこと

なお、ヘディングアップ機能には、位置特定システムから得られる自車の進行方向をもとに地図を回転させることによって実現する。このため、背景地図として利用できる地図データの形式はベクターデータ型の地図の使用に限定する。

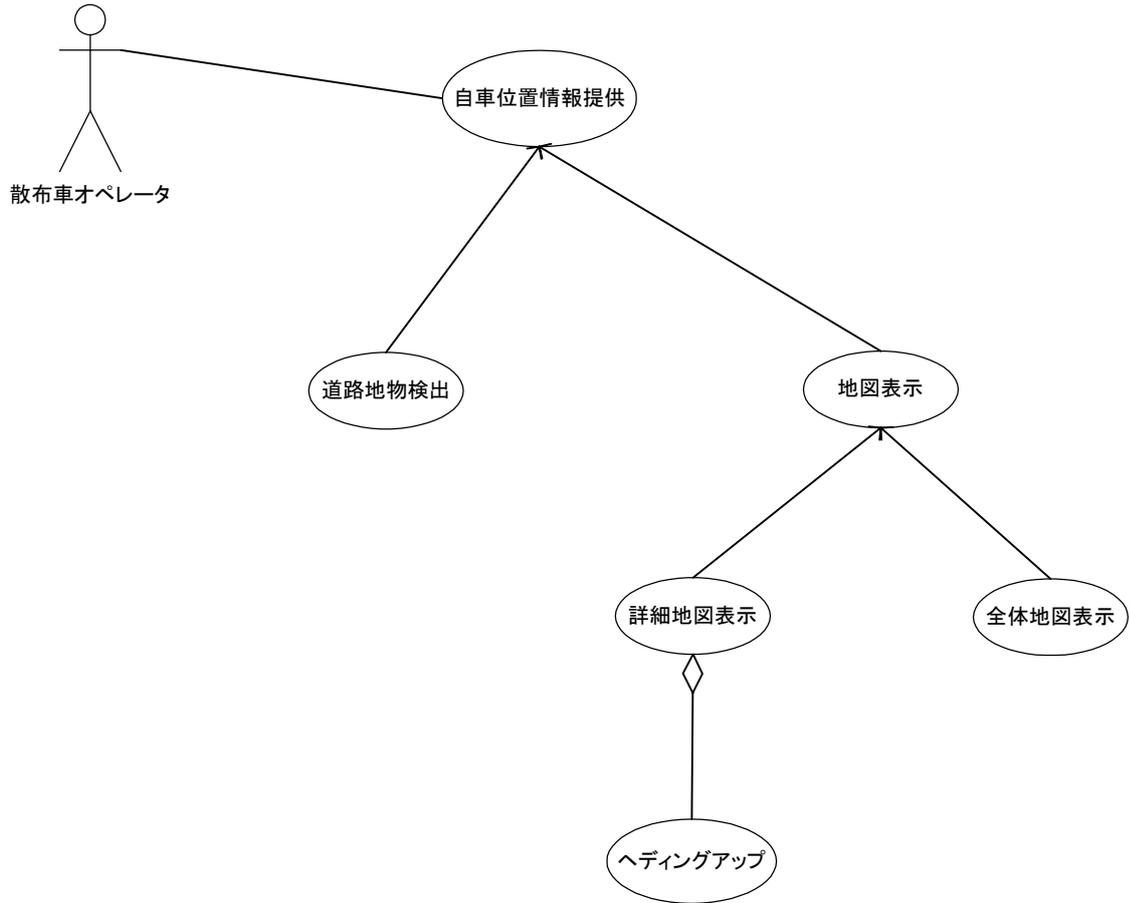


図 4-6 自転車位置情報提供 詳細ユースケース図

表 4-7 自転車位置情報提供 ユースケースシナリオ

ユースケース	自転車位置情報提供	主アクタ	散布車オペレータ
事前条件	<p>操作支援システムが起動され、背景地図、道路 GIS および表示設定ファイルが読み込まれていること。</p> <p>散布車の発進箇所は、除雪ステーションとする。</p>		
メインフロー	<p>散布車オペレータは、画面上の「開始」ボタンを押す。</p> <p>散布車オペレータは、散布車を発進する。</p> <p>本システムは、位置特定パッケージより、緯度、経度、進行方向方位角を取得する。</p> <p>本システムは、緯度、経度より地図の表示位置を算出し、進行方向方位角に合わせて地図を回転し、表示する。</p> <p>設定ファイルに予め設定された検索地物情報に従い地物を検索し、現在走行中の車線上で最も近い地物の名称とその地物までの距離を表示する。また、地図上に地物の箇所を点滅して表示する。</p> <p>設定ファイルに予め設定された表示周期で、地図を表示する。</p> <p>2 から 4 の処理を繰り返す</p> <p>散布車オペレータは、地図の表示範囲を変更するため、「拡大」または「縮小」ボタンを押す：例外処理 1</p> <p>散布車オペレータは、表示する地物を変更するため、「表示変更」ボタンを押す：例外処理 2</p> <p>散布車オペレータは、散布車を停止する。</p> <p>散布車オペレータは、画面上の「停止」ボタンを押して、本システムを終了する。</p>		
事後条件	<p>散布車の停止箇所は、除雪ステーションとする。</p>		
例外フロー	<p>例外処理 1：本システムは、設定ファイルに予め設定された拡大・縮小率で背景地図を拡大・縮小して表示する。</p> <p>例外処理 2：本システムは、設定ファイルに予め設定された表示地物設定の地物表示情報設定ウィンドウを表示し、散布車オペレータが変更した設定情報に従って地物の表示・非表示を切り替え地図を表示する。</p>		

### 地物検索機能

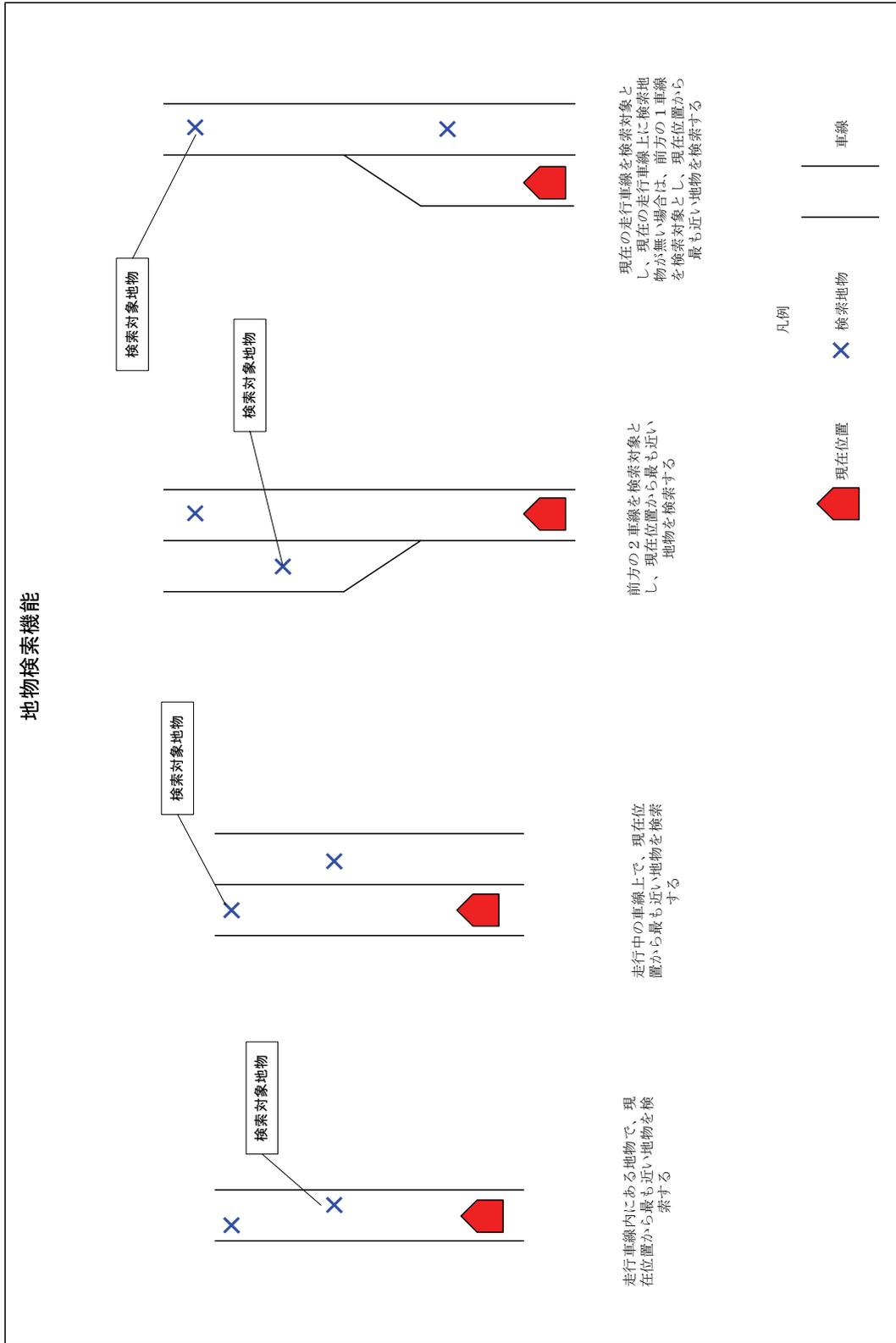


図 4-7 地物検索機能

# 地物検索アルゴリズム

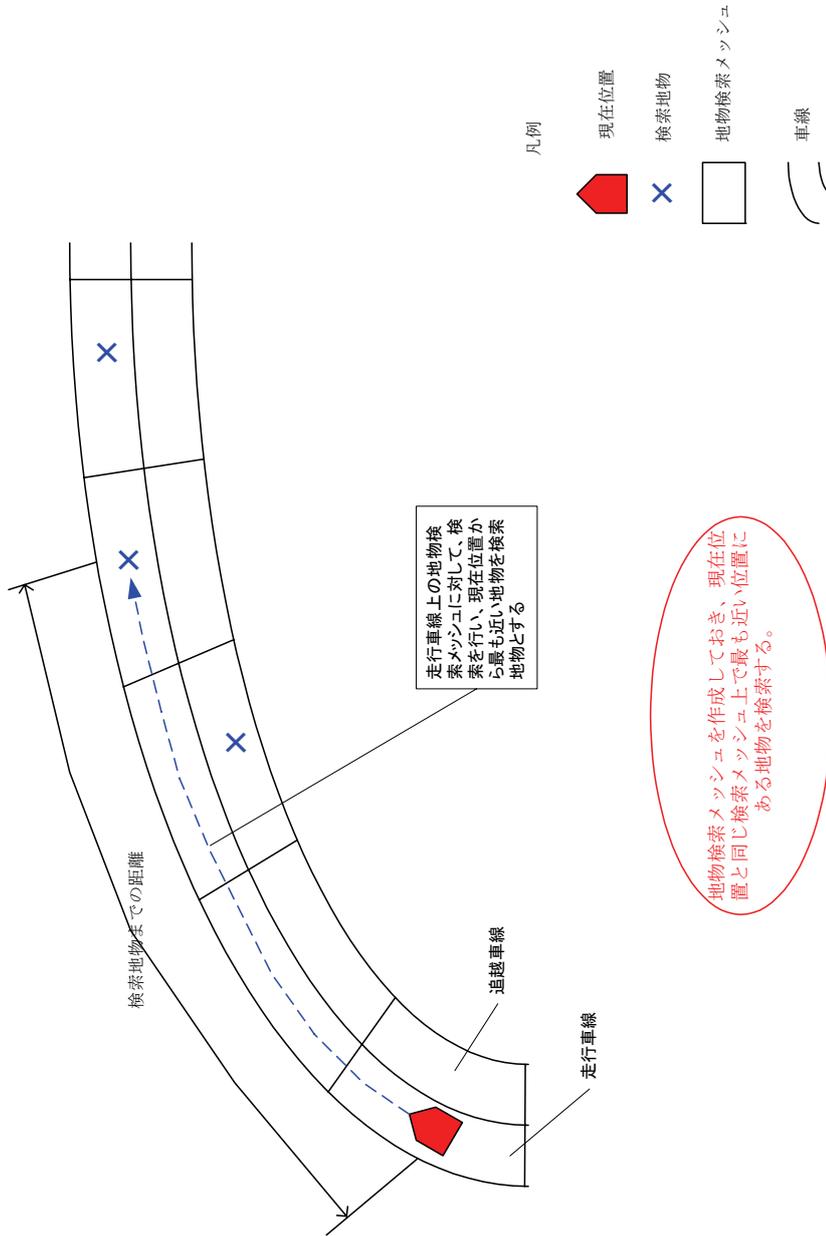


図 4-8 地物検索アルゴリズム

## ■ 散布箇所接近情報提供機能

散布箇所接近情報提供機能は、散布開始位置や散布停止位置、散布量や散布幅などの散布情報が変わる地点などの散布条件が変更する箇所の検索を行うものである。機能の制約としては、以下とする。

散布変更箇所までの距離を表示する

散布情報変更時には、音声（ビープ音）で知らせる

散布予定箇所を地図画面上に表示する

散布済箇所を地図上に表示する

散布変更位置検索アルゴリズムを図 2-15 に、音声案内イメージを図 2-16 に示す。

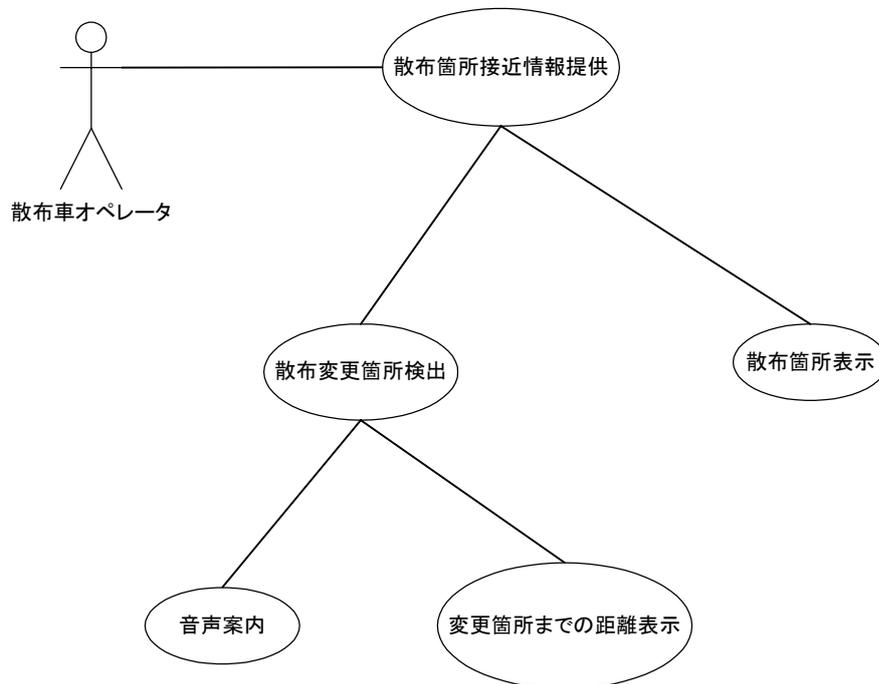


図 4-9 散布箇所接近情報提供 詳細ユースケース図

表 4-8 散布箇所接近情報提供 ユースケースシナリオ

ユースケース	散布箇所接近情報提供	主アクタ	散布車オペレータ
事前条件	<p>散布制御用のデータが作成され、PC内あるいは、外部記憶装置に記録されていること。</p> <p>散布車オペレータの名前が、本システムに登録されていること。</p> <p>散布車の発進箇所は、除雪ステーションとする。</p>		
メインフロー	<p>散布車オペレータは、システムを起動する。</p> <p>散布車オペレータは、作業者名選択画面画面が表示されるので、自分の名前を選択する。</p> <p>散布車オペレータは、散布計画ファイル選択画面が表示されるので、これから散布制御する散布計画ファイルを選択する（例外処理1）。</p> <p>散布車オペレータは、画面上の「開始」ボタンを押す。</p> <p>散布車オペレータは、散布車を発進する。</p> <p>本システムは、現在位置より、散布箇所の検索を行い、現在の散布状況により、「散布開始まで」「散布変更まで」「散布停止まで」の表示を切り換え、その地点までの距離を表示する（例外処理2）。</p> <p>本システムは、散布の制御情報が開始または停止、変更になった時点で、音声（ビーブ音）のより散布車オペレータに散布制御変更を知らせる。</p> <p>散布車オペレータは、散布車を停止する。</p> <p>散布車オペレータは、画面上の「停止」ボタンを押して、本システムを終了する。</p>		
事後条件	<p>散布車の停止箇所は、除雪ステーションとする。</p>		
例外フロー	<p>例外処理1：設定ファイルに予め設定された散布計画ファイル格納ディスク（コンパクトフラッシュ等の外部記憶装置）が存在しない場合は、格納ディスクの挿入を促すメッセージを表示して、格納ディスクの挿入を待つ。</p> <p>例外処理2：走行中の車線上に、散布箇所が存在しないまたは全て散布済みの場合には、何も表示しない。</p>		

# 散布制御アルゴリズム

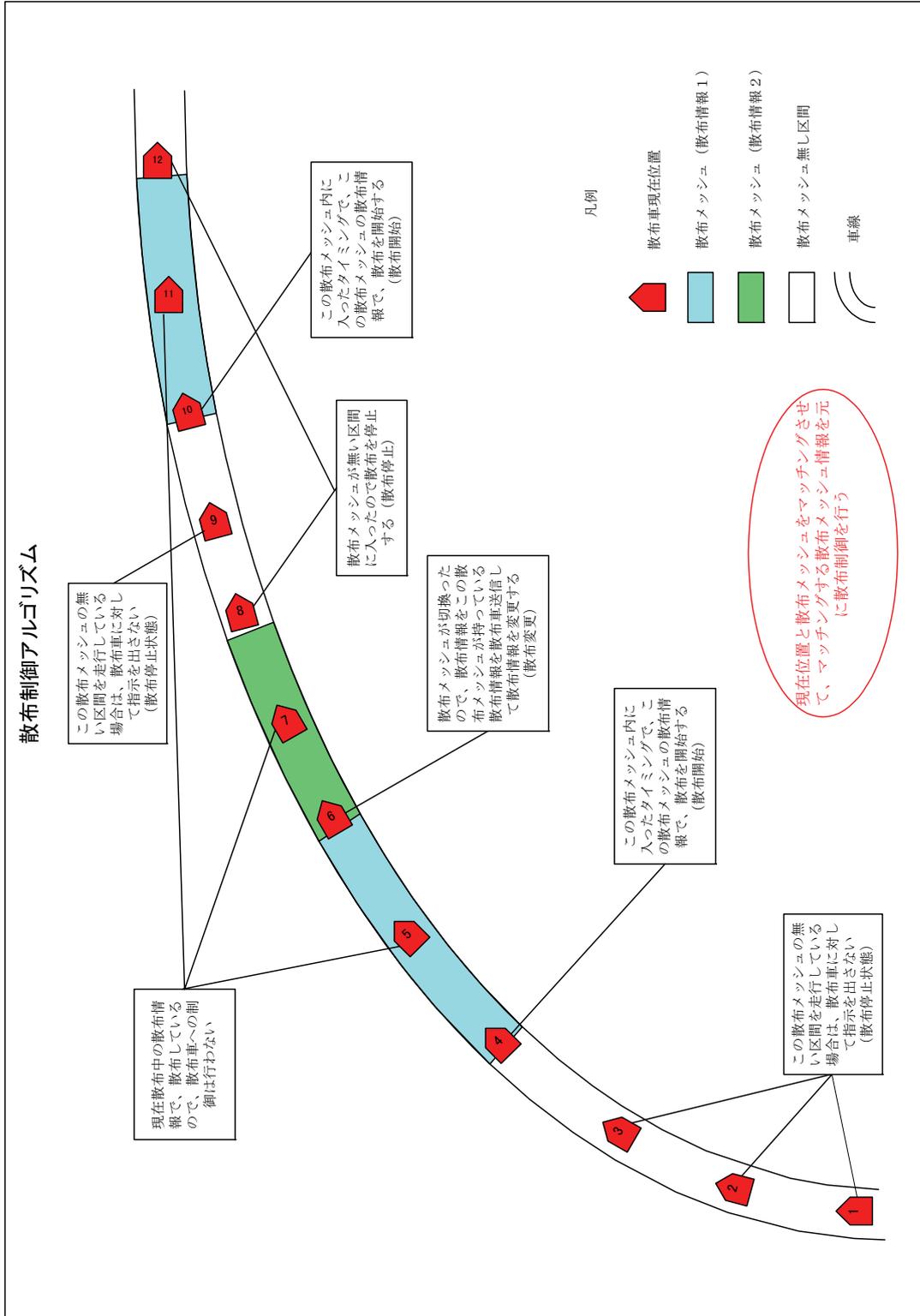


図 4-10 散布変更位置アルゴリズム

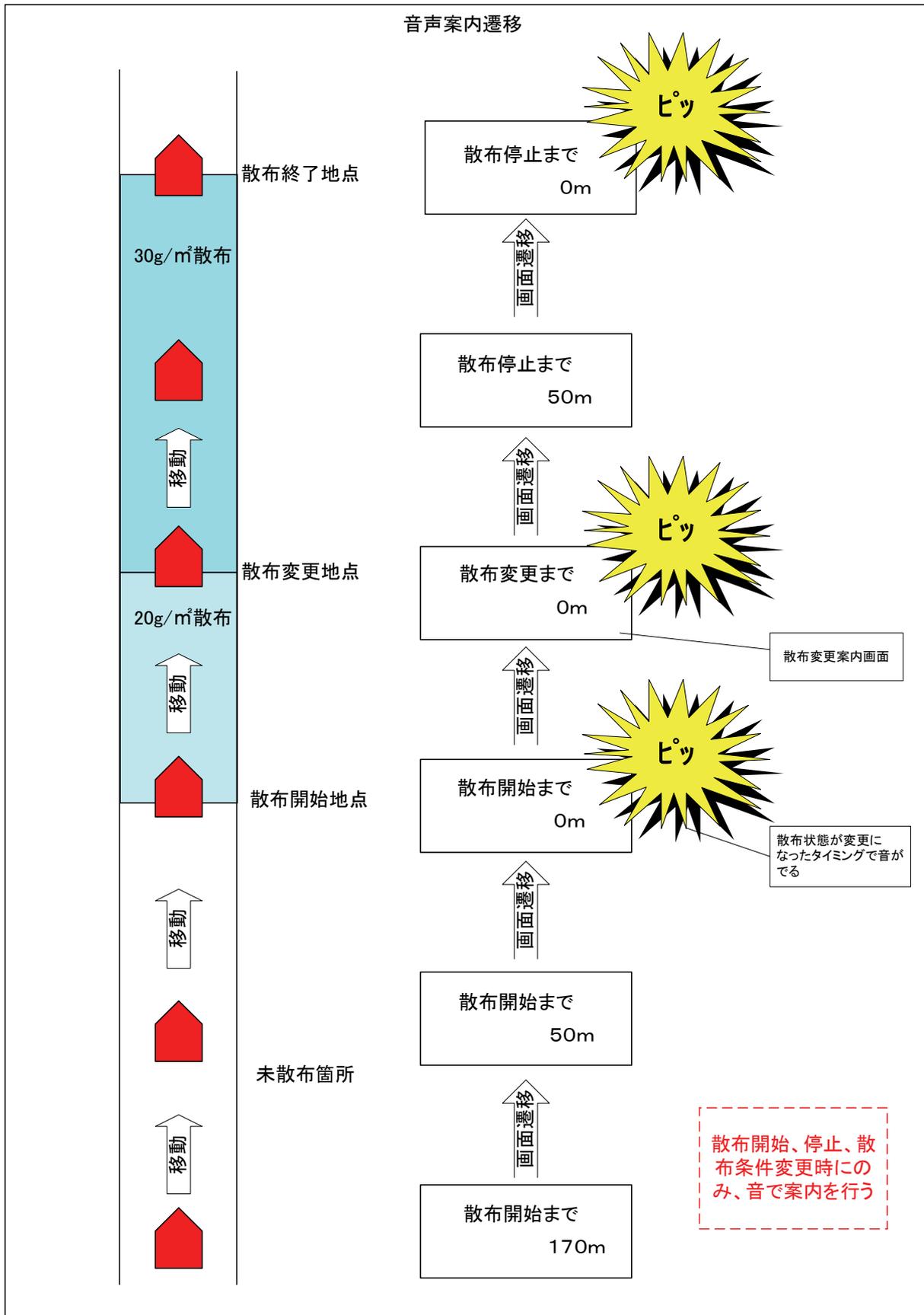


図 4-11 音声案内イメージ

## ■ 自動散布制御機能

自動散布制御機能は、散布計画支援システムによって作成された作業計画ファイルを利用して、散布装置の自動制御を行うものである。機能の制約としては、以下とする。

散布制御ファイルに従って、散布の ON、OFF を自動的に切り替える

散布制御ファイルに従って、散布量や散布幅などの散布情報を自動的に切り替える

使用する散布制御ファイルを使い分けることにより、散布制御を変更することができる

散布制御ファイルを散布途中で切り替える

散布制御アルゴリズムを図 2-18 に、散布制御対応パターンを図 2-13～図 2-16 に、散布条件切替パターンを図 2-19 に、未対応機能を図 2-18 に示す。

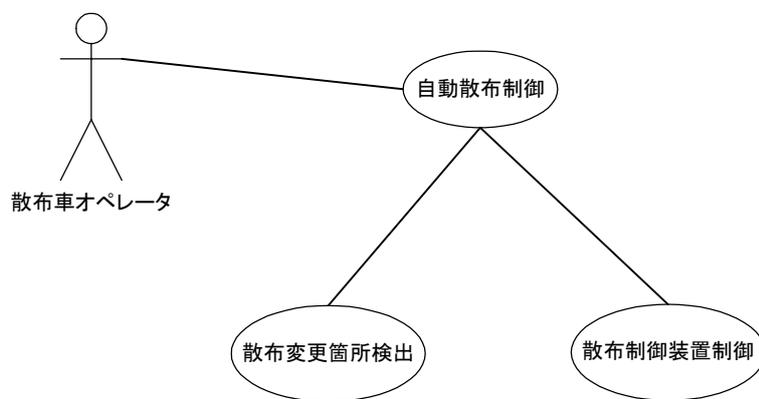


図 4-12 自動散布制御 詳細ユースケース図

表 4-9 自動散布制御機能 ユースケースシナリオ

ユースケース	自動散布制御機能	主アクタ	散布車オペレータ
事前条件	<p>操作支援システムが起動され、散布計画ファイル選択画面が表示されていること。</p> <p>散布制御用のデータが作成され、PC内あるいは、外部記憶装置に記録されていること。</p> <p>散布車の発進箇所は、除雪ステーションとする。</p>		
メインフロー	<p>散布車オペレータは、散布計画ファイル選択画面が表示されるので、これから散布制御する散布計画ファイルを選択する（例外処理1）。</p> <p>散布車オペレータは、画面上の「開始」ボタンを押す。</p> <p>散布車オペレータは、散布車を発進する。</p> <p>本システムは、現在位置と散布計画ファイルによる散布箇所により、散布箇所箇所かどうかの判断を行い、散布開始、停止、変更の処理を行う。</p> <p>本システムは、散布中の情報（自動・手動の区別、散布量、散布幅）を画面上に表示する。</p> <p>散布車オペレータは、走行途中で、最初に選択した散布計画を変更する必要があるため、散布計画ファイルを変更する（例外処理2）。</p> <p>散布車オペレータは、散布車を停止する。</p> <p>散布車オペレータは、画面上の「停止」ボタンを押して、本システムを終了する。</p>		
事後条件	<p>散布車の停止箇所は、除雪ステーションとする。</p>		
例外フロー	<p>例外処理1：設定ファイルに予め設定された散布計画ファイル格納ディスク（コンパクトフラッシュ等の外部記憶装置）が存在しない場合は、格納ディスクの挿入を促すメッセージを表示して、格納ディスクの挿入を待つ。</p> <p>例外処理2：散布車オペレータは、「停止」ボタンを押し、散布計画ファイルを再度選択してから「開始」ボタンを押す。本システムは、新たな散布制御ファイルに従って散布制御を行う。</p>		

# 散布変更位置検索アルゴリズム

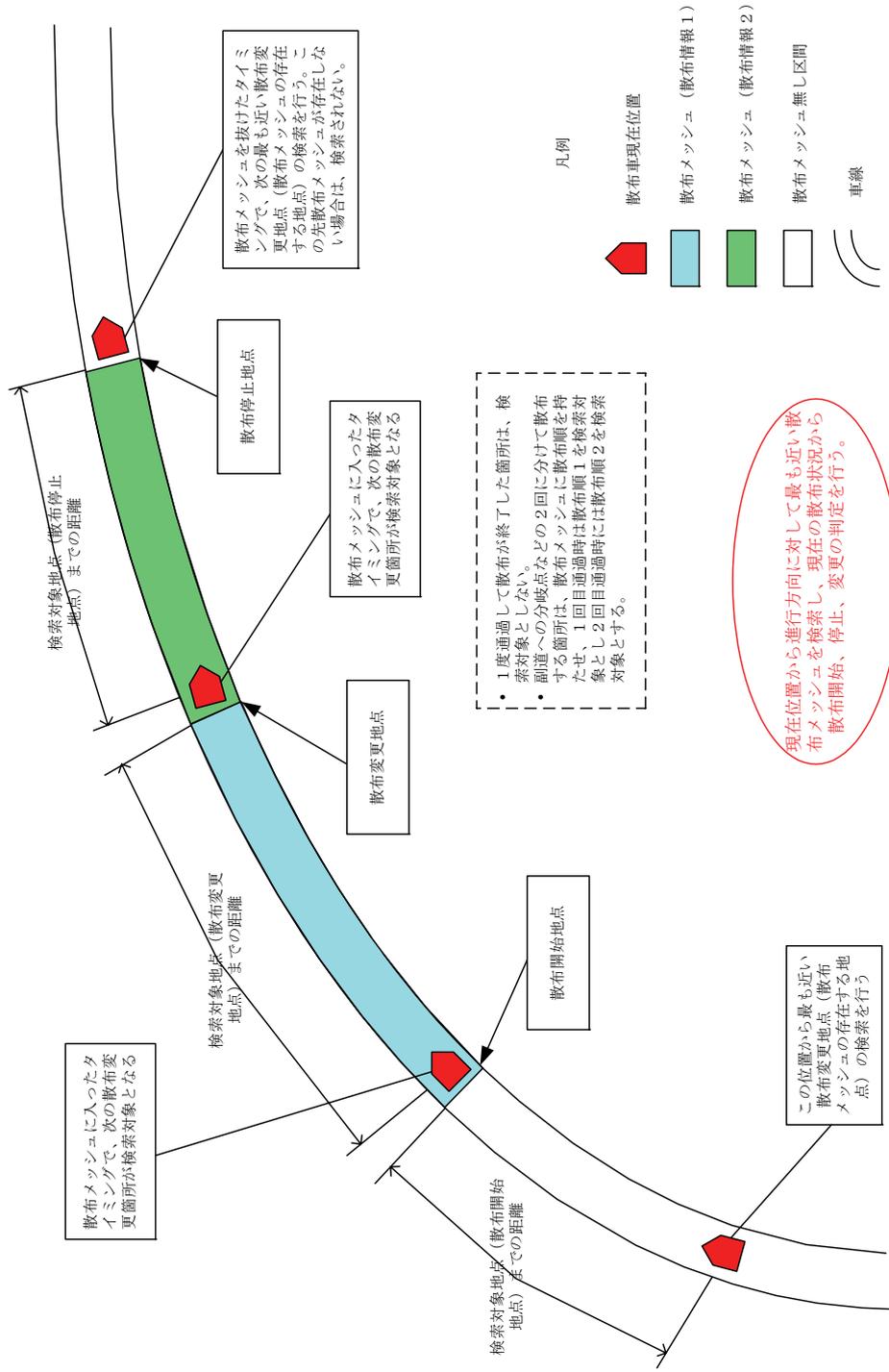


図 4-13 散布制御アルゴリズム

散布制御対応パターン（その1）

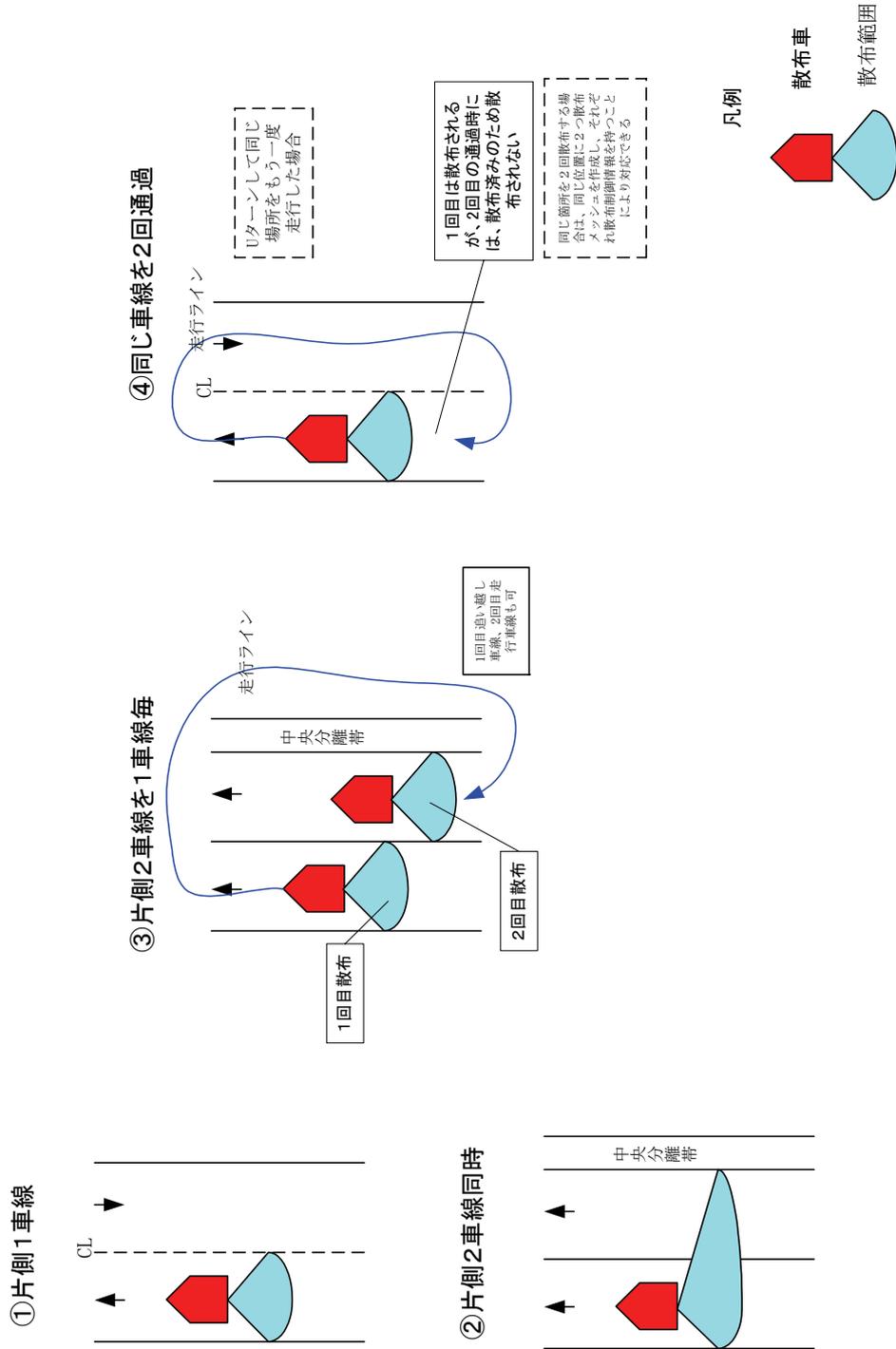
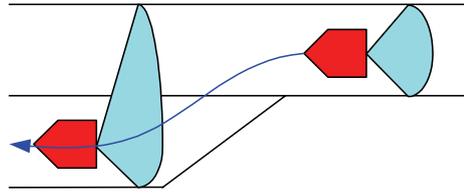


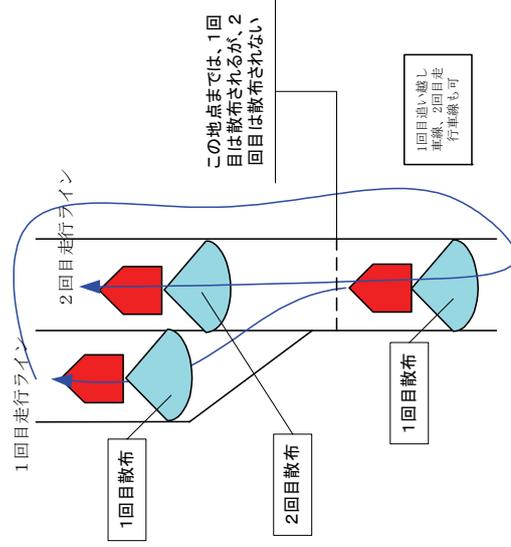
図 4-14 散布制御対応パターン（その1）

散布制御対応パターン (その2)

⑤ 片側1車線から2車線へ拡大



⑥ 2車線へ拡大時に1車線毎



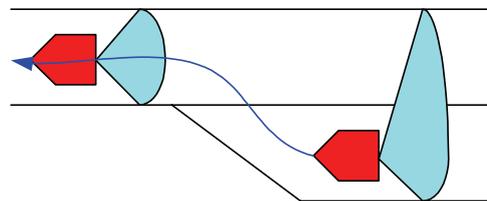
凡例



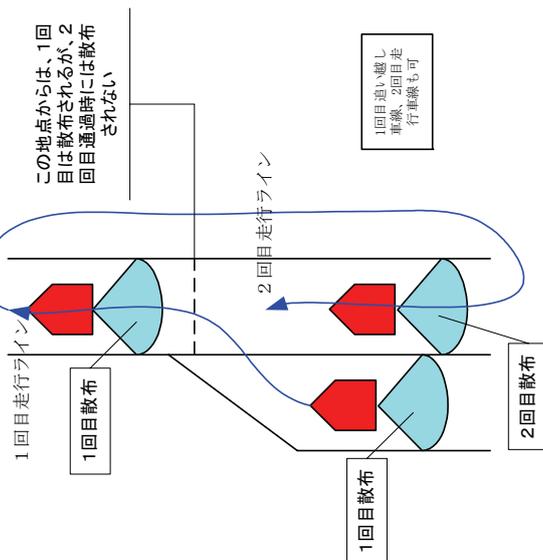
図 4-15 散布制御対応パターン (その2)

散布制御対応パターン (その3)

⑦2車線から片側1車線へ縮小



⑧1車線へ縮小時に1車線毎



凡例

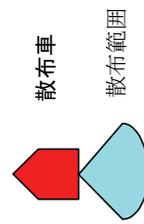
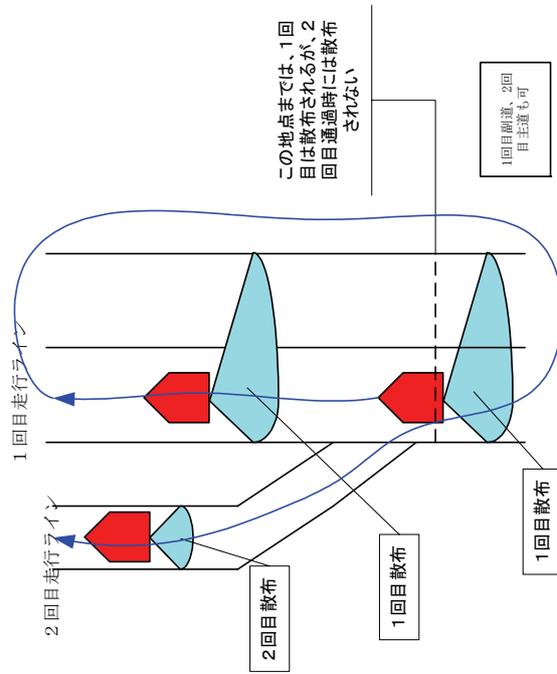


図 4-16 散布制御対応パターン (その3)

散布制御対応パターン（その4）

⑨ 主道から副道



⑩ 主道走行車線、追越車線から副道

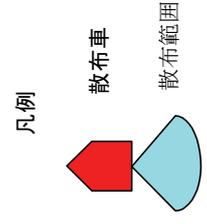
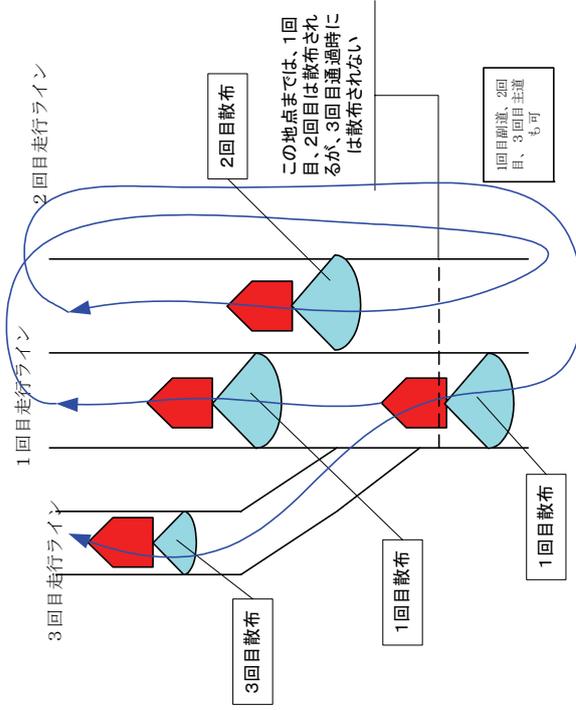
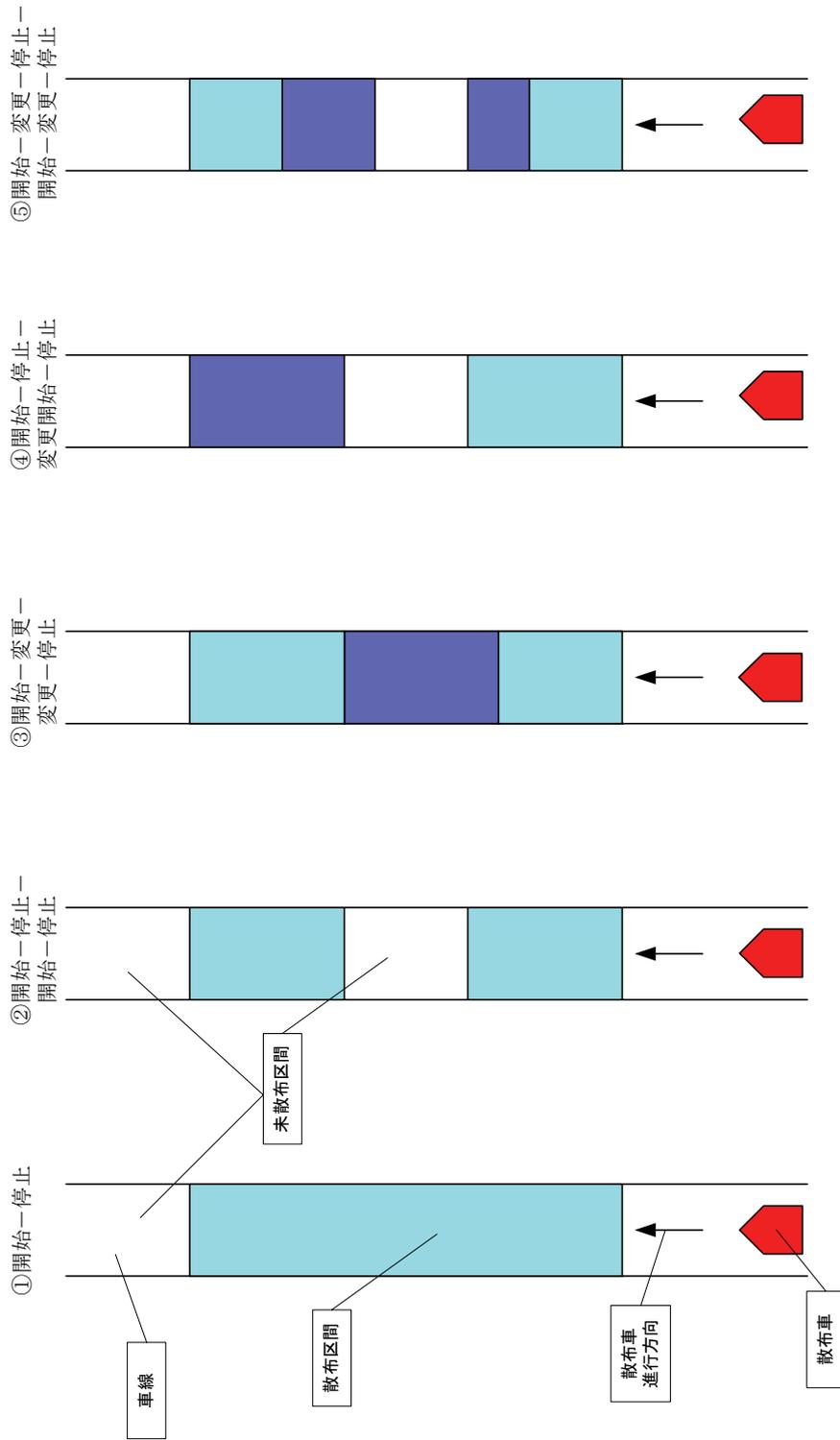


図 4-17 散布制御対応パターン（その4）

### 散布条件切替パターン



凡例

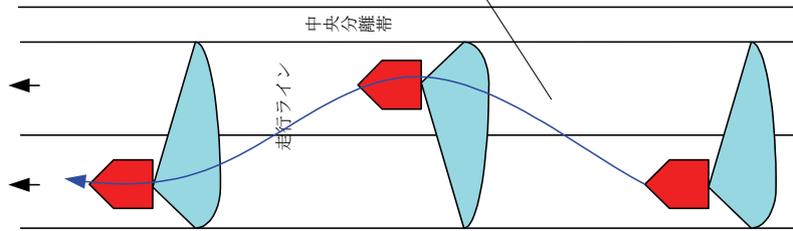


※散布条件とは、散布量、散布幅、散布方向等の条件を表す

図 4-18 散布条件切替パターン

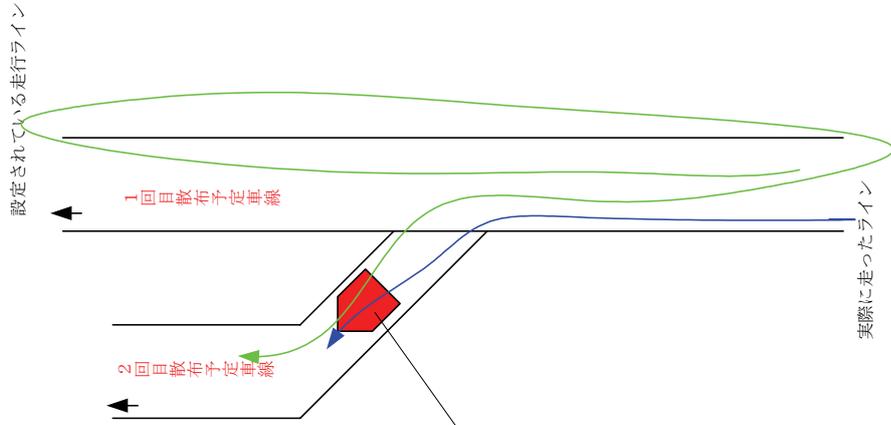
未対応機能

①車線変更



散布装置が、散布方向を変える場合、円盤の回転を反転させる必要があり、反転するためには、一旦回転が止まってから反転が開始されるため、一時的に散布されない状態が生じる。このため、車線変更の際には、自動制御を行うと未散布区間が生じてしまうため、対応しない。車線変更が必要な場合は、手道散布により行うものとする。

②散布順違い



分岐箇所の手前でどちらの車線に対して指示を出すかを識別するため、散布順を指定しているが、散布順を間違えて走行した場合、散布指示を出している車線と違う車線を走行してしまうため、散布量などの散布情報が本来散布すべき箇所とは違う箇所に散布してしまう恐れがあるため、この機能については対応しない。

図 4-19 散布制御未対応パターン

## ■ 散布履歴情報収集機能

散布履歴情報収集機能は、実際に散布された箇所や散布時間、散布量や散布幅などの散布情報を記録し、計画支援システムにデータを登録することによって、散布履歴の表示を行えるようにするためのものである。機能の制約としては、以下とする。

作業記録として、作業者名、作業計画ファイル名を記録する

作業記録として、散布時刻を記録する

作業記録として、散布位置を KP 単位で記録する

作業記録として、散布量、散布幅、散布方向など散布車の制御項目を記録する

作業記録として、散布状態（自動散布または手動散布）を記録する

記録するデータは、散布が切替ったタイミングで記録する

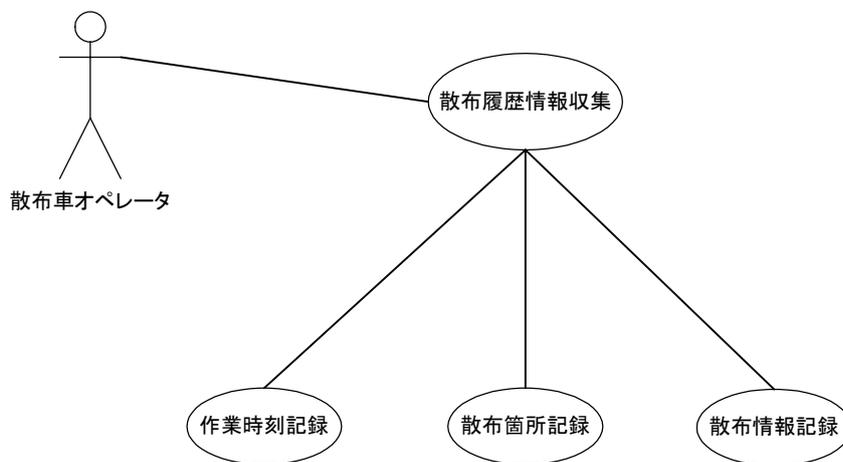


図 4-20 散布履歴情報収集 詳細ユースケース図

表 4-10 散布履歴情報収集 ユースケースシナリオ

ユースケース	散布履歴情報収集	主アクタ	散布車オペレータ
事前条件	<p>操作支援システムが起動され、作業員名、散布計画ファイルが選択されていること。 散布車の発進箇所は、除雪ステーションとする。</p>		
メインフロー	<p>散布車オペレータは、画面上の「開始」ボタンを押す。 散布車オペレータは、散布車を発進する。 本システムは、散布計画ファイルに従って散布制御装置に散布制御情報を渡し散布を制御する。 本システムは、散布制御装置から返される散布制御結果をシステム内に記録する。 散布車オペレータは、散布車を停止する。 散布車オペレータは、画面上の「停止」ボタンを押して、本システムを終了する。 本システムは、設定ファイルに予め設定された散布履歴格納ディスクに散布履歴情報を格納する（例外処理1）。</p>		
事後条件	<p>散布車の停止箇所は、除雪ステーションとする。</p>		
例外フロー	<p>例外処理1：設定ファイルに予め設定された散布履歴ファイル格納ディスク（外部記憶装置）が存在しない場合は、格納ディスクの挿入を促すメッセージを表示して、格納ディスクの挿入を待つ。</p>		

## (5) 画面設計

本システムにおける画面および画面内の表示例を以下に示す。(別添資料2 参照)



図 4-21 画面イメージ

#### 4.2.2. 操作支援システムの詳細設計

本システムの詳細設計として、以下の設計について行った。(別添資料2 照)

- コード設計
- ファイル設計
- プログラム設計
- 通信インターフェース設計

#### 4.2.3. 操作支援システムの実装設計

本システムの実装設計として、各クラスのモジュール設計を行った。(別添資料2 照)  
また、ソフトウェアの基本構成を図 4-22 に示す。

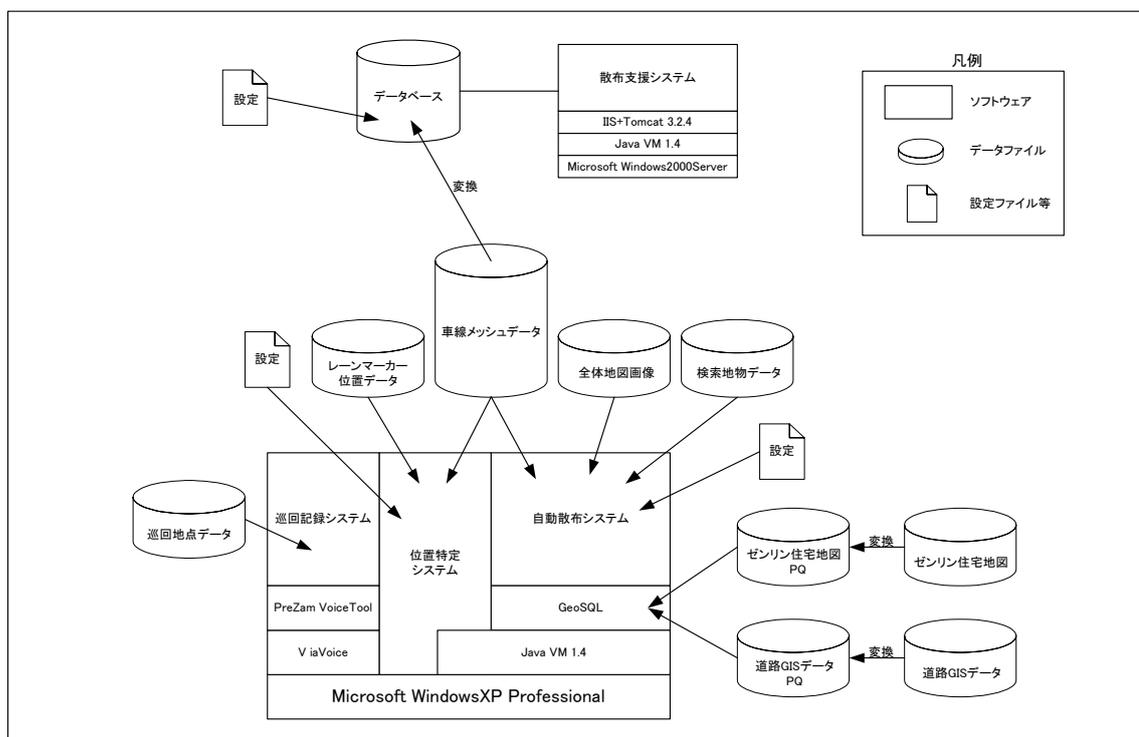


図 4-22 ソフトウェア構成図

#### 4.2.4. 操作支援システムの製作

位置特定パッケージの実装設計をもとに、プロトタイプを製作し、テストを行った。(別添資料2 照)

### 4.3. 計画支援システムの製作

#### 4.3.1. 計画支援システムの基本設計

##### (1) 適用範囲

本節は、散布計画支援システムにおける基本設計についてのみ記載するものとする。

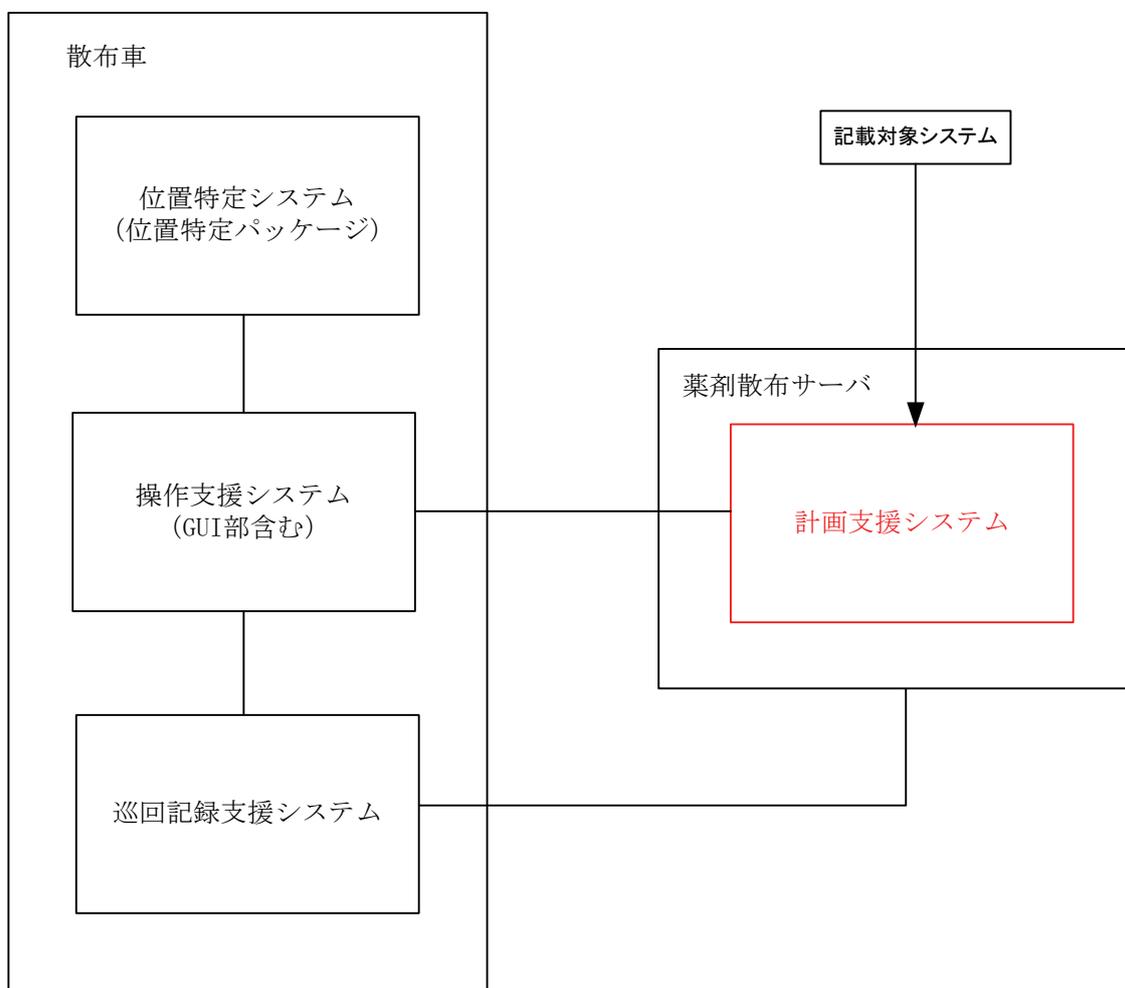


図 4-23 記載範囲

## (2) 要件定義の確認

本システム全体における要件を以下のユースケース図に示す。なお、本書に記載する要件については、赤色で示されるユースケース部分である。

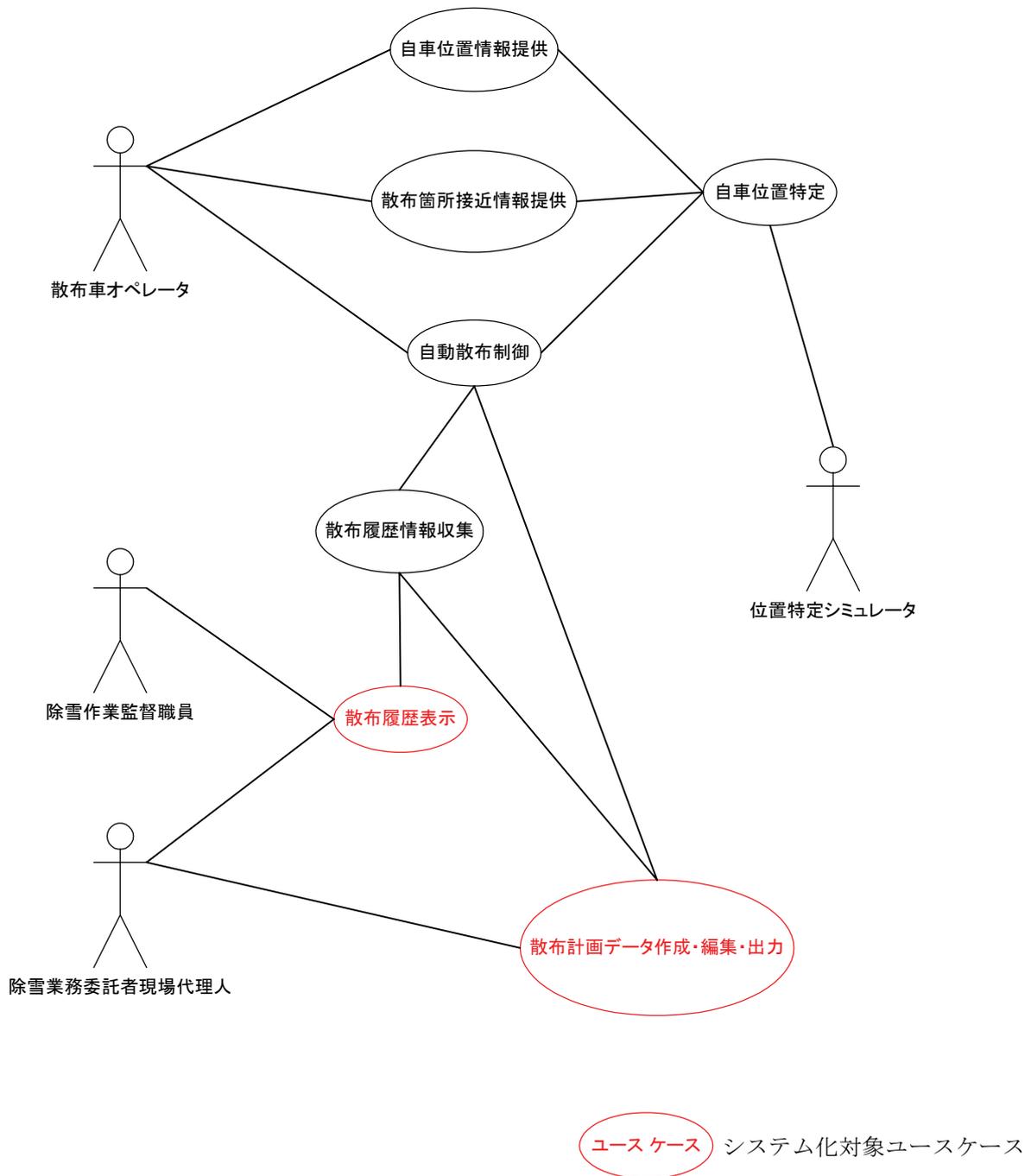


図 4-24 システム全体ユースケース図

## (3) システム全体構成

システムの全体構成図を以下に示す。

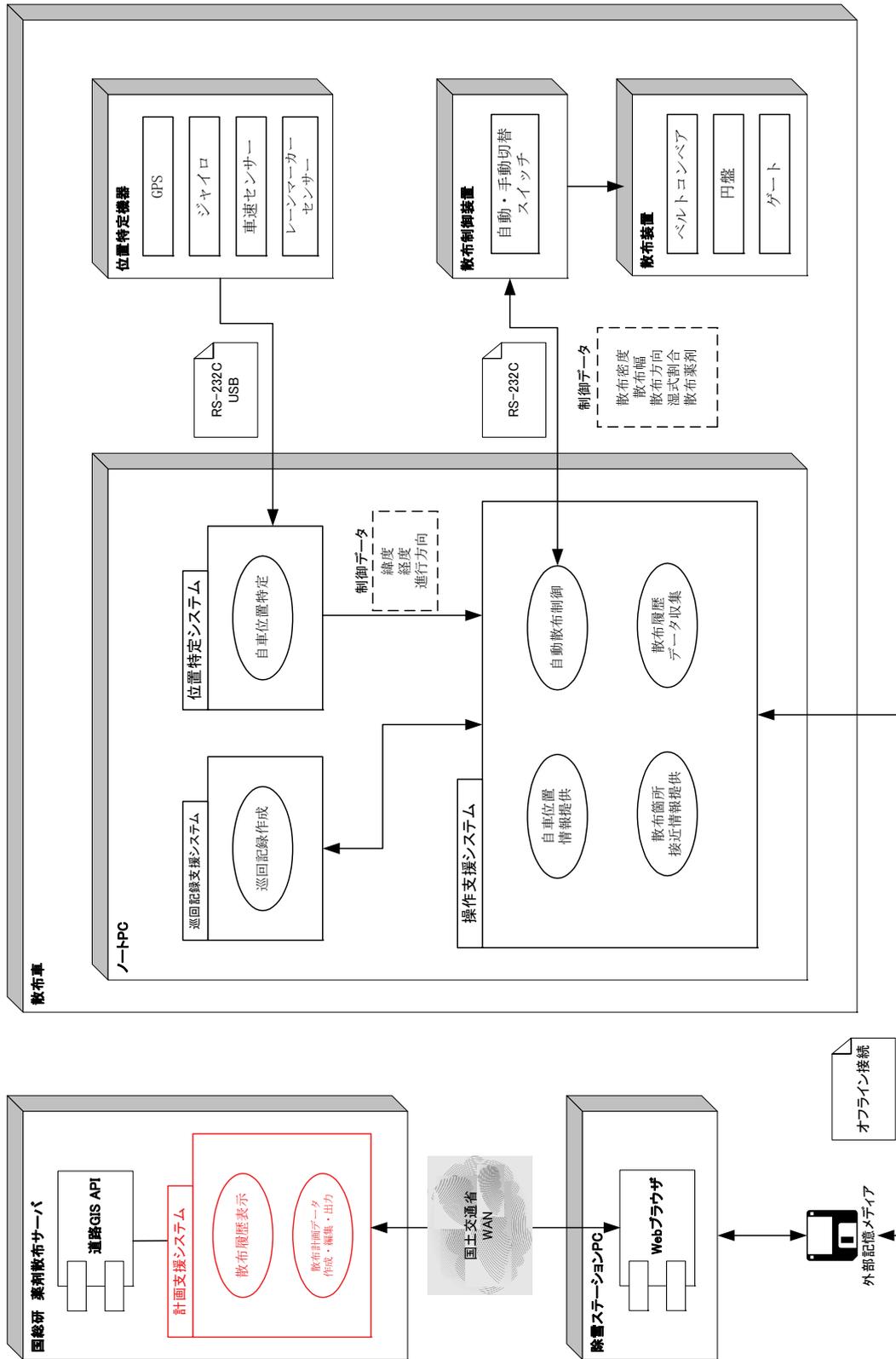


図 4-25 システム全体構成図

#### (4) 機能設計

システムとして必要な機能を詳細化したために、各ユースケースをさらに詳細化した。詳細化した機能を下表に示す。

表 4-11 システムに必要な機能

機能	詳細機能	機能概要	
散布計画作成支援	散布履歴表示	散布履歴検索機能	過去の散布履歴データの中からユーザの指定した散布履歴データを検索する機能。
		散布履歴表示機能	検索した散布履歴データを地図上に表示する機能。
		気温情報表示機能	過去の気温データをの中からユーザの指定した地図上に表示する機能。
	散布計画データの作成・編集・出力	散布計画箇所選択支援機能	地図上から散布計画箇所を任意に選択できるようにする機能。
		散布計画内容登録支援機能	ユーザが選択した散布計画箇所の計画内容を登録できるようにする機能。
		散布計画表示機能	登録した散布計画箇所および内容を地図上に表示する機能。
		散布計画編集支援機能	登録した散布計画箇所および内容を変更・登録できるようにする機能。
		車両用散布計画データ出力機能	ユーザが指定した任意の散布計画データを車両提供用記憶媒体に出力する機能。
	作業員登録	作業員リスト登録支援機能	実験システムの作業員を変更・登録する機能。

以下に、散布履歴表示機能を例にとり示す。

## ■ 散布履歴表示機能

散布履歴表示機能は、散布操作支援システムによって散布時に自動生成された散布結果データを登録後、道路 GIS サーバに登録されている地図を背景として、散布結果を表示するものである。また、気温取得システム（仮名）によって得られた気温データを本システムに登録し表示するものである。機能の制約としては、以下とする。

- 道路 GIS サーバを使用したシステムとすること
- 背景地図には道路 GIS API を使用すること
- 背景地図上に、散布領域（メッシュ）を表示し、その領域をクリックした時に散布履歴情報が確認できること
- 地図表示には、拡大・縮小およびスクロール機能があること
- 散布履歴および気温に関しては、最新情報の表示と過去の履歴が選択可能なこと

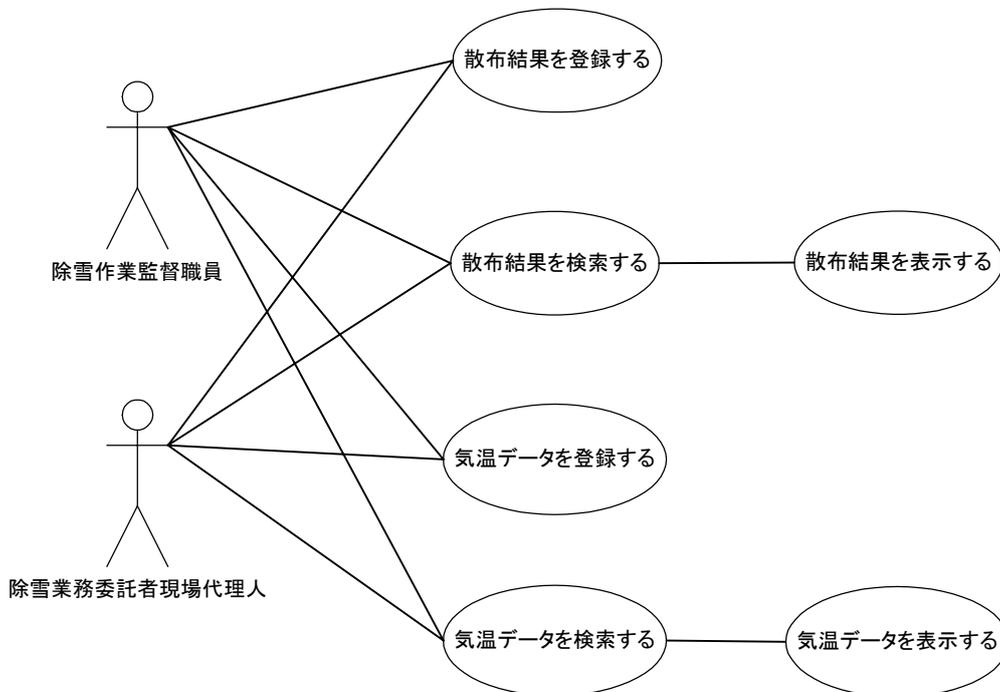


図 4-26 散布履歴表示 詳細ユースケース図

## ■ 散布計画データの作成・編集・出力機能

○散布計画データの作成・編集・出力機能は、散布計画の基本となる散布メッシュや散布量、散布幅などの散布情報の登録・編集およびこの基本データを組み合わせて散布車の制御を行うための散布計画データの作成、車両提供用記録媒体に保存するものである。機能の制約としては、以下とする。

- ・道路 GIS サーバを使用したシステムとすること
- ・背景地図には道路 GIS API を使用すること

- ・ 散布計画データの基本となる散布メッシュおよび散布情報の登録・編集可能なこと
- ・ 散布メッシュおよび散布情報を組み合わせて、散布計画データが作成可能なこと
- ・ 背景地図上に、散布メッシュを表示し、その領域をクリックした時に散布計画情報が確認でき、さらに編集して散布計画データに出力できること
- ・ 地図表示には、拡大・縮小およびスクロール機能があること

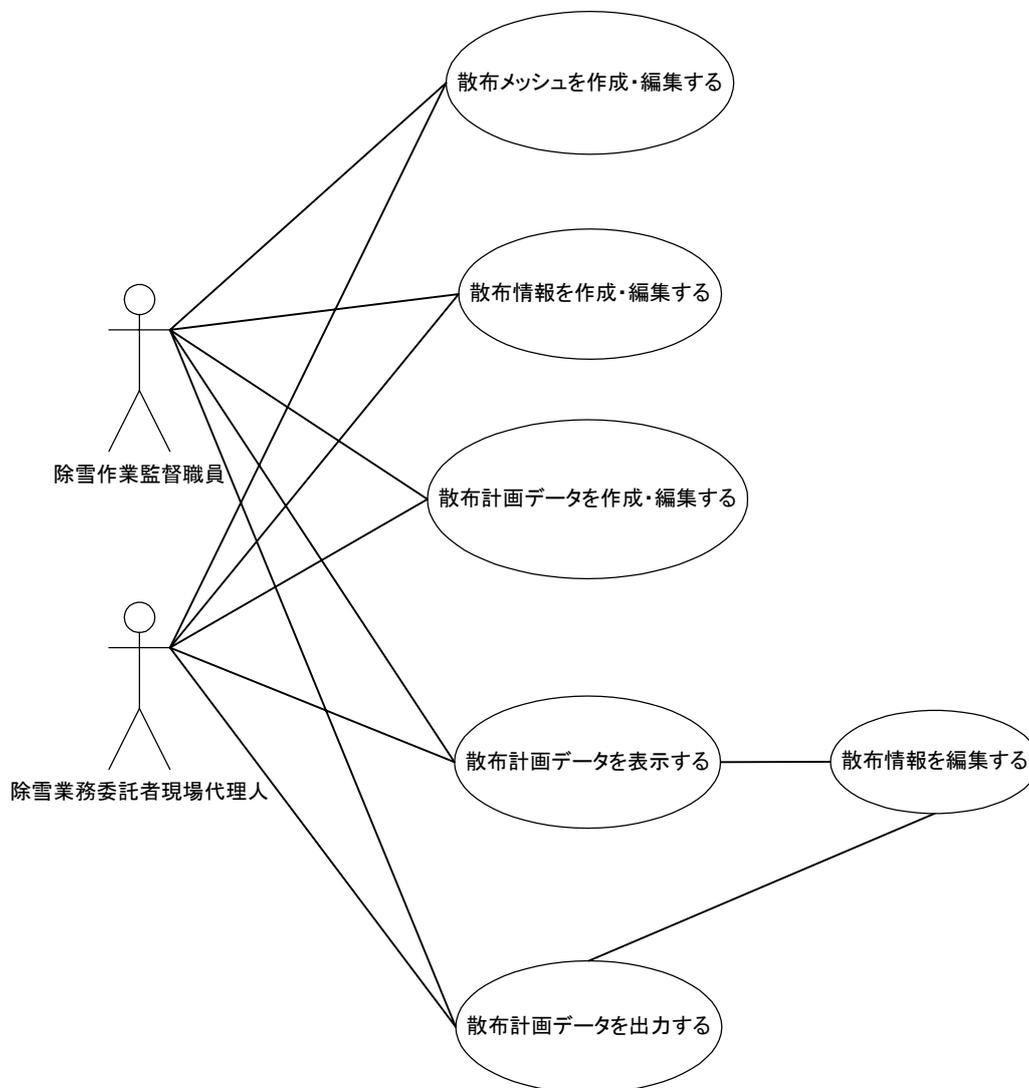


図 4-27 散布計画データの作成・編集・出力 詳細ユースケース図

## (5) 画面設計

本システムにおける画面構成、画面および遷移図を以下に示す。

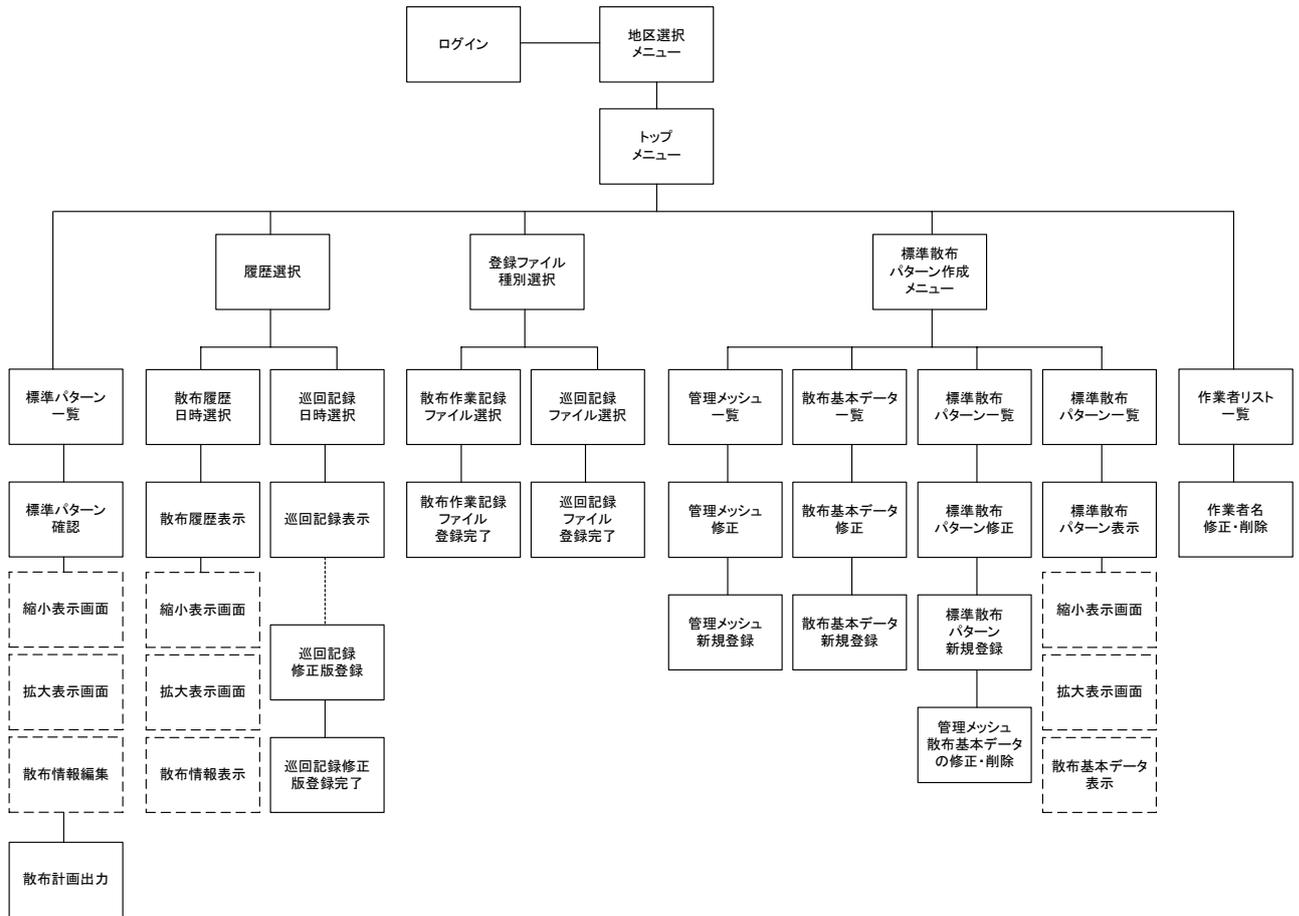
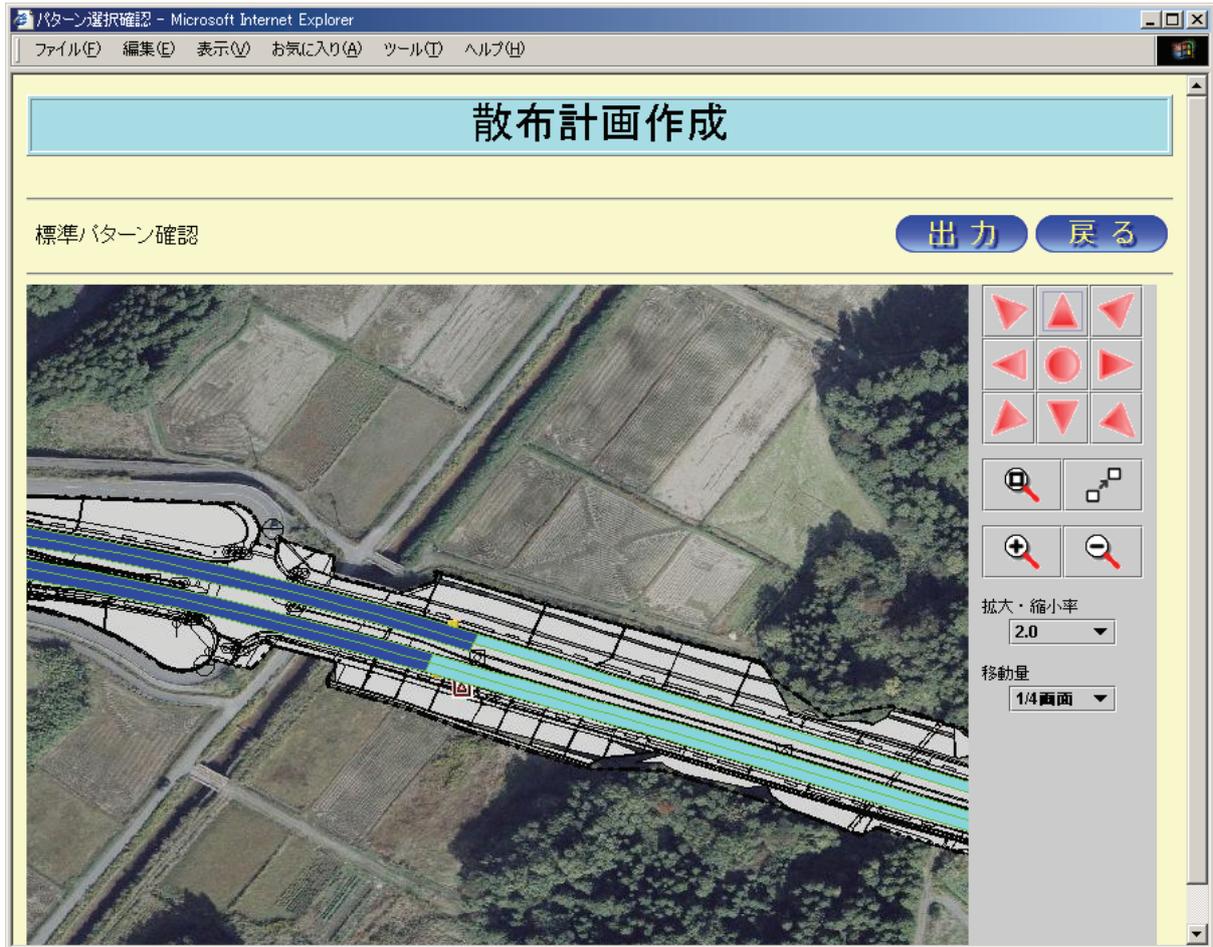


図 4-28 画面構成

表 4-12 画面レイアウト例

画面名	散布計画作成：標準パターン確認（拡大画面）		
概要	登録されている標準散布パターンを背景地図上に散布メッシュとして表示する 地図画面はアプレットにより、縮小画面、拡大画面、散布情報修正ダイアログの表示を切替える		
遷移元	標準パターン名一覧	遷移先	散布計画出力完了



項目名	型	説明
出力	ボタン	散布計画ファイルを出力（保存）する
戻る	ボタン	遷移元へ戻るためのボタン
地図	アプレット	背景地図と散布情報を表示する

#### 4.3.2. 計画支援システムの詳細設計

本システムの詳細設計として、以下の設計について行った。(別添資料2 参照)

- コード設計
- ファイル設計
- プログラム設計
- 通信インターフェース設計

#### 4.3.3. 計画支援システムの実装設計

本システムの実装設計として、各クラスのモジュール設計を行った。(別添資料2 参照)  
ソフトウェアの基本構成を以下に示す。

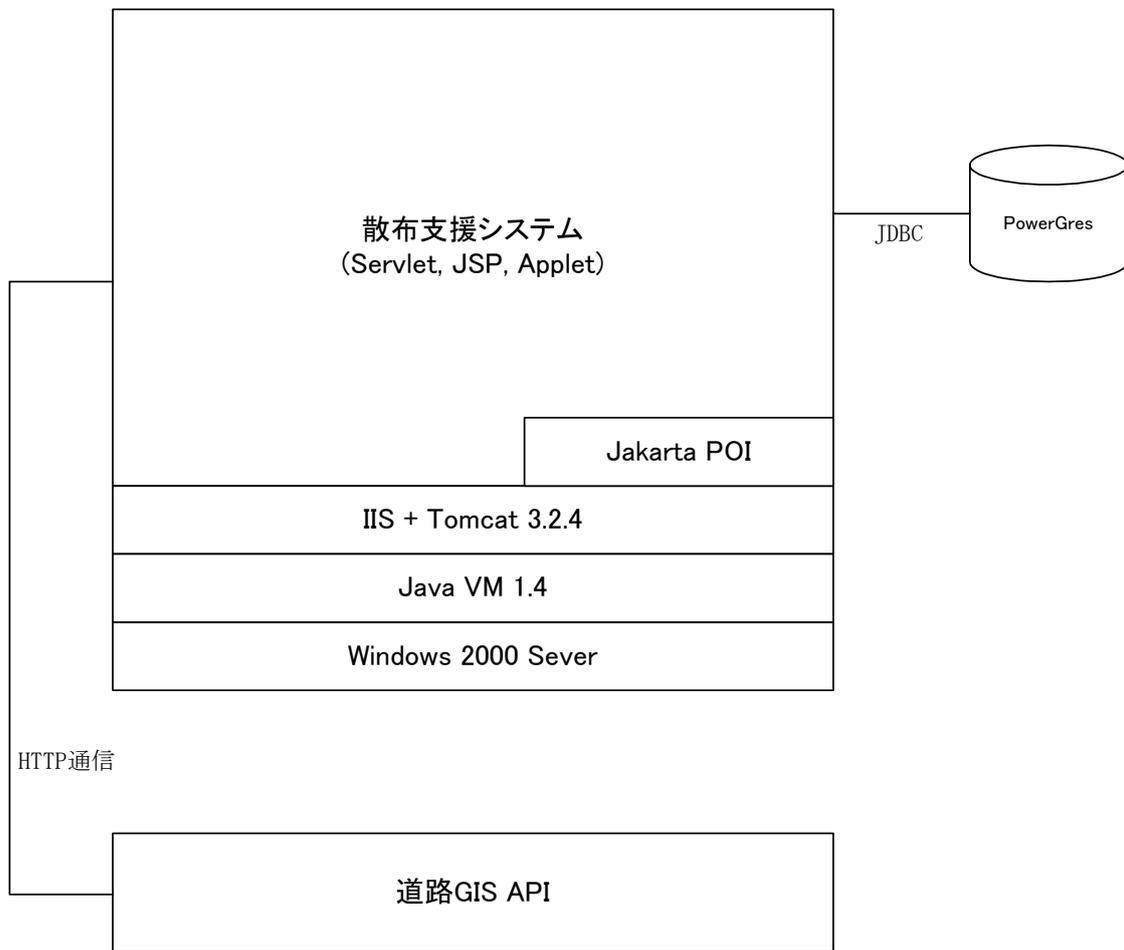


図 4-29 ソフトウェア構成

#### 4.3.4. 計画支援システムの製作

本システムの実装設計をもとに、プロトタイプを製作し、テストを行った。(別添資料2 参照)

#### 4.4. 巡回支援システムの製作

##### 4.4.1. 巡回支援システムの基本設計

###### (1) 適用範囲

本節は、巡回支援システムにおける基本設計についてのみ記載するものとする。なお、巡回記録表示機能は計画支援システムに含まれるためここでは記載しない。

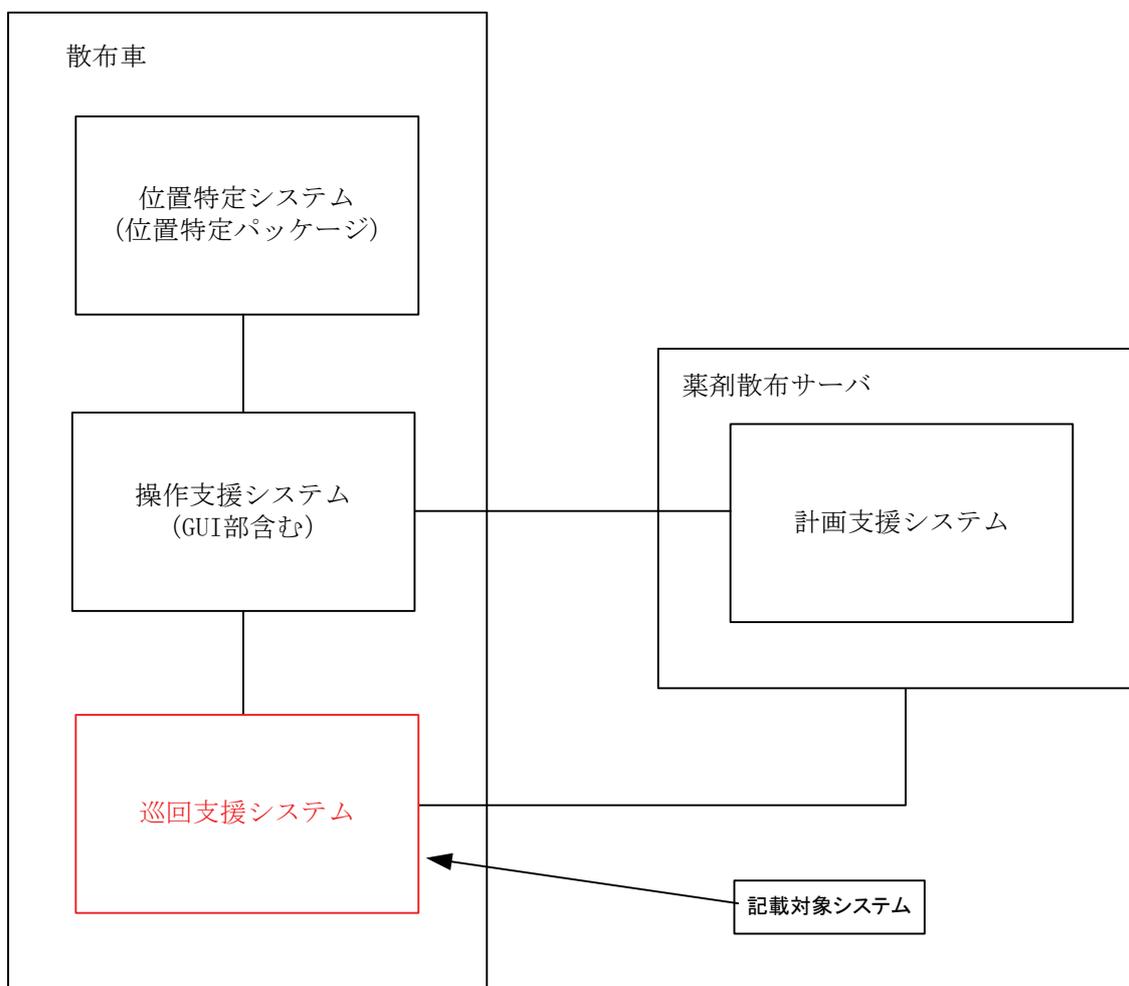


図 4-30 記載範囲

## (2) 要件定義の確認

本システム全体における要件を以下のユースケース図に示す。なお、本文に記載する要件については、赤色で示されるユースケース部分である。

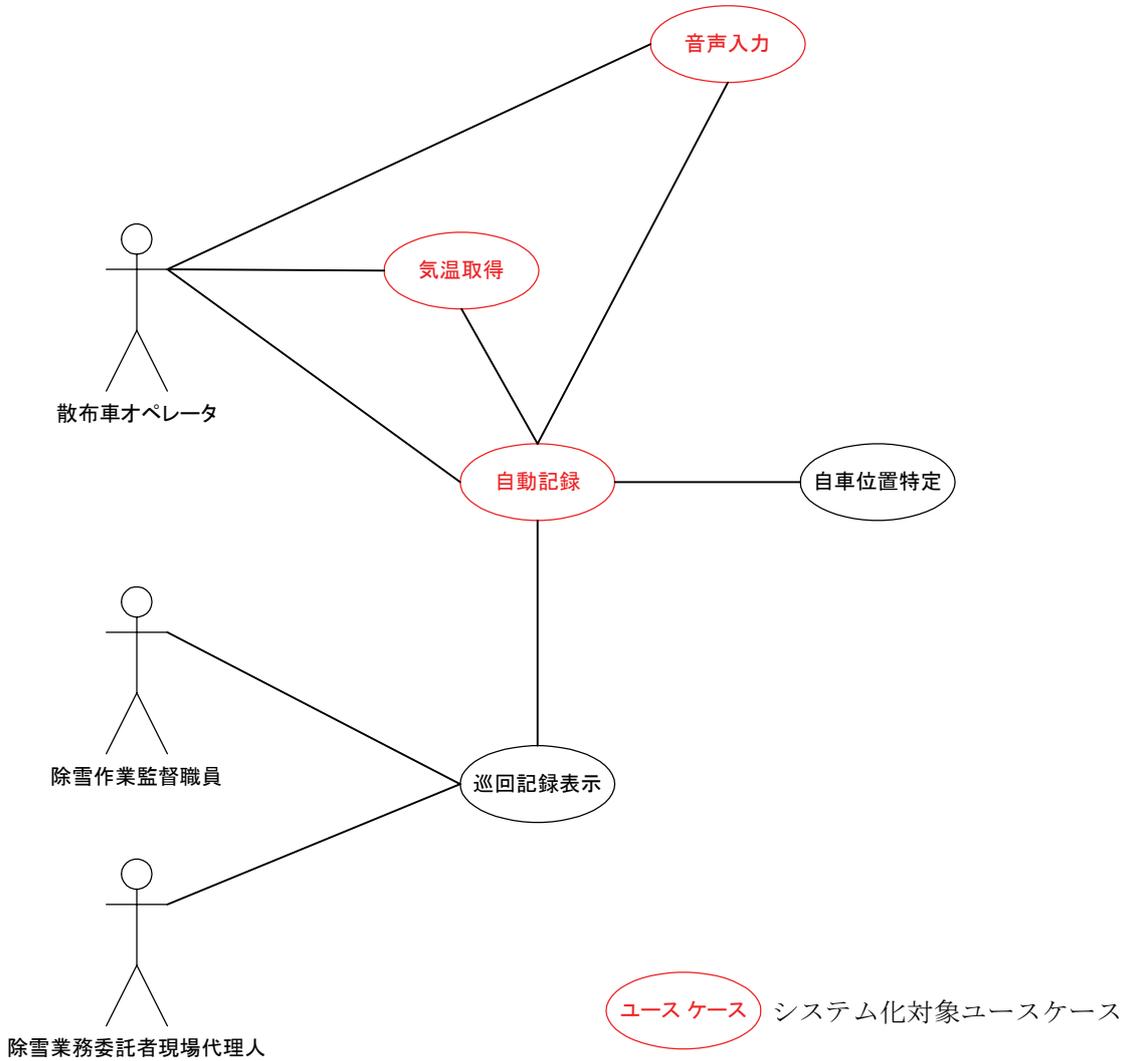


図 4-31 システム全体ユースケース図

## (3) システム全体構成

システムの全体構成および処理の流れを以下に示す。

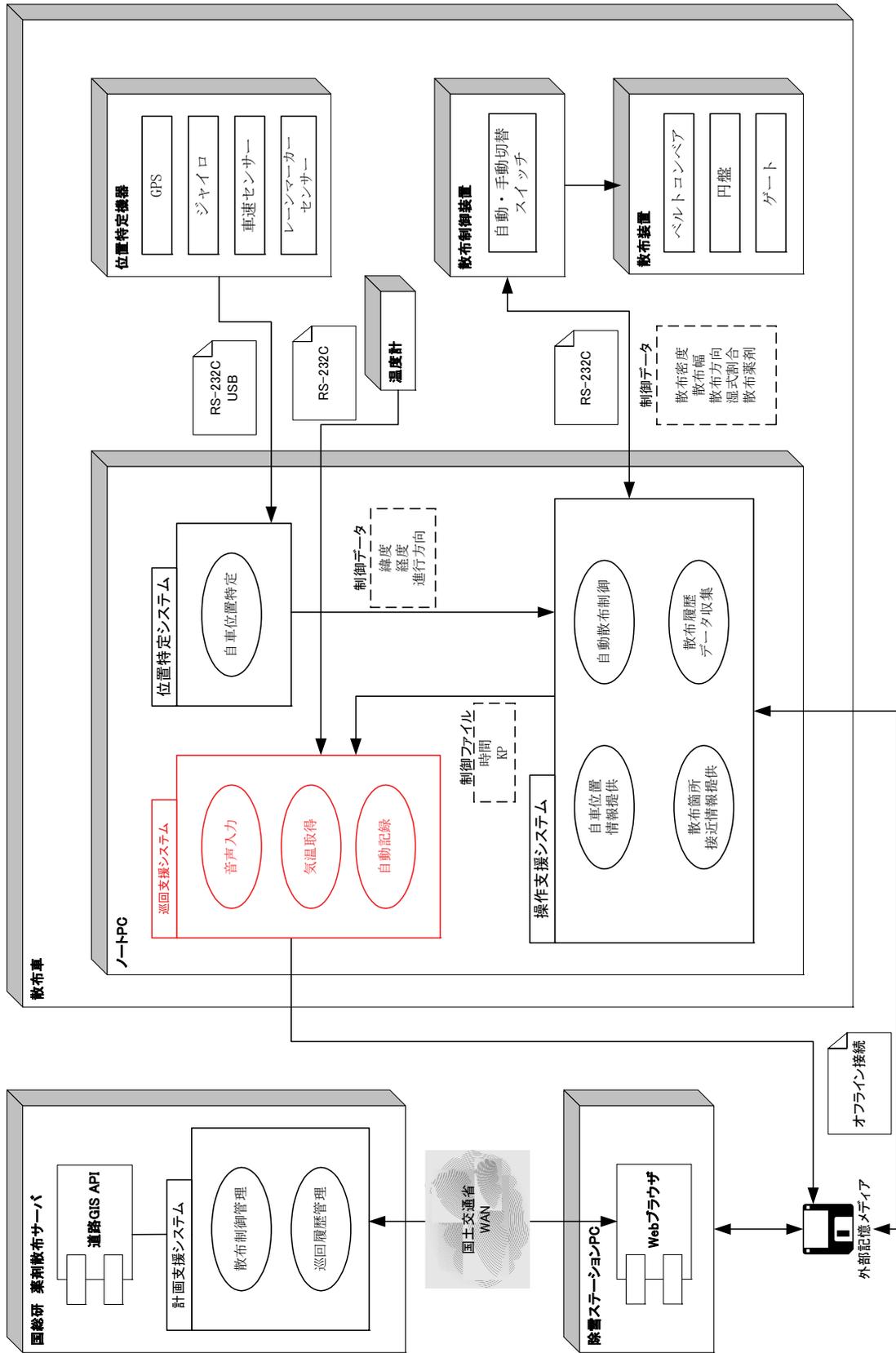


図 4-32 システム全体構成図

#### (4) 機能設計

システムとして必要な機能を詳細化したために、各ユースケースをさらに詳細化した。詳細化した機能を表 4-55 に示す。

表 4-13 システムに必要な機能

機能		詳細機能	機能概要
巡回支援	音声入力	音声入力機能	巡回地点の状況を音声によってシステム上に入力する機能。
		入力状況音声案内機能	巡回地点の状況が音声によって正しくシステム上に反映されたことを知らせるため、反映された状況を音声によって知らせる機能。
		設定状況表示機能	現在の設定巡回状況を画面上に表示する機能。
	気温取得	自動気温取得機能	外気温を温度計から自動的に取得し、巡回記録に反映させる機能。
		気温表示機能	現在の気温を画面上に表示する機能。
	自動記録	時間取得機能	巡回地点の通過時刻を自動的に取得する機能。
		巡回地点自動判定機能	巡回地点を通過した時の操作を行わずに、巡回地点の判定を行う機能。
		巡回地点情報収集機能	音声入力された巡回地点の情報をファイルに格納し、計画支援システム上で巡回記録を自動生成するためのデータを自動作成する機能。

## ■ 音声入力機能

音声入力機能は、巡回記録に必要な情報をスイッチやパソコンの操作を行わず、音声によって入力を行うものである。機能の制約としては、以下とする。

- 音声は散布者オペレータ（運転手）が発声するものとし、運転中は音声以外の操作が不要なものとする
- 音声はシンプルなものとし、発声し易くなおかつ、巡回記録の出力に忠実なものとする
- 発声した音声は、散布車の騒音状況によっては認識が悪くなる可能性があるため、認識された場合には、認識された音声をパソコンの音声で知らせることができること
- 現在の設定の状況が分からなくなった時のために、画面上に文字で現在の設定が表示されること

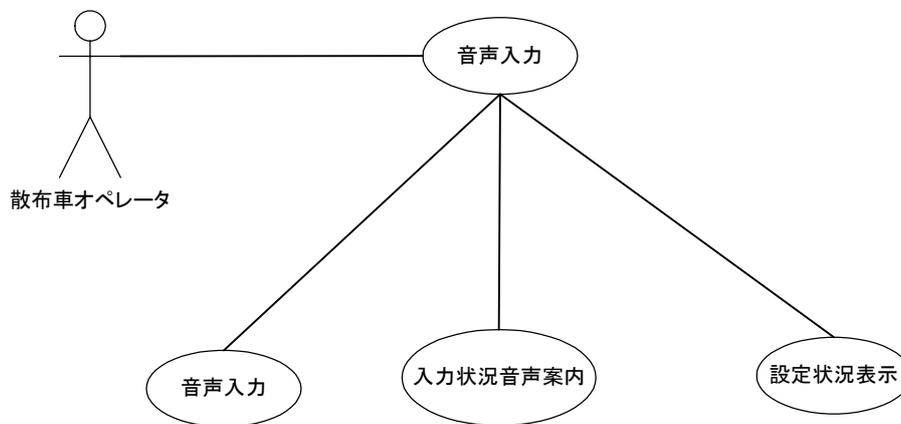


図 4-33 音声入力 詳細ユースケース図

表 4-14 音声入力 ユースケースシナリオ

ユースケース	音声入力	主アクタ	散布車オペレータ
事前条件	<p>マイクがパソコンに正しく接続されており、音声認識ができること。 散布車の発進箇所は、除雪ステーションとする。</p>		
メインフロー	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 散布車オペレータは、画面上の「開始」ボタン（操作支援システム）を押す。</li> <li>2. 散布車オペレータは、散布車を発進する。</li> <li>3. 散布車オペレータは、巡回地点に来たので、巡回地点の状況（天候、路面状況、交通状況、雪種別、積雪深、消雪パイプ稼働状況）を音声で発音する。</li> <li>4. 本システムは、散布車オペレータの発声した音声を認識した場合、認識した状況をPC上の音声で発生する。</li> <li>5. 散布車オペレータの発声した音声を認識しない場合は、PC上の音声は何も発生しない（散布車オペレータは再度発声を行う）。</li> <li>6. 本システムは、現在の巡回情報を作業ファイルに保存する。</li> <li>7. 3から6の処理を繰り返す</li> <li>8. 散布車オペレータは、散布車を停止する。</li> <li>9. 散布車オペレータは、画面上の「停止」ボタン（操作支援システム）を押す。</li> <li>10. 本システムは、操作支援システムの時間-KP対応ファイルを読み込んで、巡回地点の情報をマッチングし、巡回記録ファイルを生成し、システムを終了する：</li> </ol> <p>例外処理 1</p>		
事後条件	<p>散布車の停止箇所は、除雪ステーションとする。</p>		
例外フロー	<p>例外処理 1：巡回支援システムをそのまま終了するか、引き続き、別の箇所の巡回を実施するかを選択して終了する。別の箇所の巡回を実施する場合は、巡回記録ファイルは作成せず、次回本システム起動時に前回の設定を読み込んで巡回情報をマージする。</p>		

<b>天 候</b>	はれ 晴	くもり 曇り	あめ 雨	ゆき 雪
<b>路面状況</b>	かんそー 乾燥	とーけつ 凍結	ざくれ ザクシ	ぬれ 濡れ
<b>交通状況</b>	りよーこー 良好	じゅーたい 渋滞		
<b>消雪パイプ</b>	てーし 停止	かどー 稼動		
<b>雪種別</b>	しんせつ 新雪	あっせつ 圧雪		
<b>積 雪</b>	なし なし	いっせんち 1cm	にせんち 2cm	さんせんち 3cm
	ごせんち 5cm以上			よんせんち 4cm

図 4-34 音声一覧

## ■ 気温取得機能

気温取得機能は、散布車両に気温計を取り付け、自動的に気温を取得し巡回記録として取り込むものである。機能の制約としては、以下とする。

- 気温計から気温を取得する
- 取得した気温を PC の画面に表示する
- 取得した気温を巡回記録に反映させる

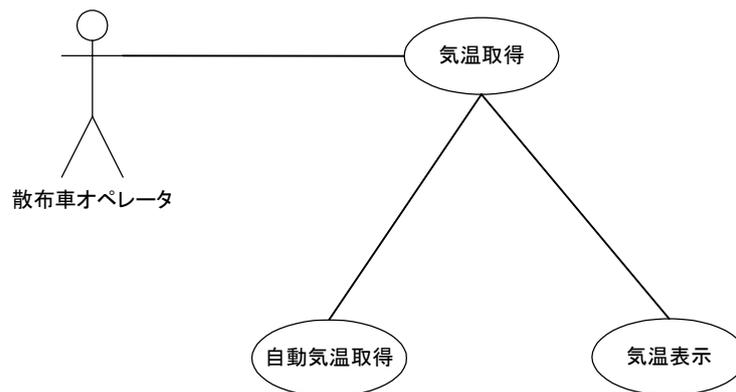


図 4-35 気温取得 詳細ユースケース図

表 4-15 気温取得 ユースケースシナリオ

ユースケース	気温取得	主アクタ	散布車オペレータ
事前条件	<p>気温計が散布車に設置されており、PC との通信が可能な状態になっていること。</p>		
メインフロー	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 本システムは、システム起動時に、気温計との通信を確立する：例外処理 1</li> <li>2. 本システムは、気温計から気温を取得する。</li> <li>3. 取得した気温を PC の画面上に数値（摂氏）で表示する。</li> <li>4. 気温を作業ファイルに記録する。</li> <li>5. 散布車オペレータが本システムを終了するときに、気温計との通信を切断する。</li> </ol>		
事後条件			
例外フロー	<p>例外処理 1：気温計の電源が入っていない場合は、電源の投入を促すメッセージを表示する。</p>		

## ■ 自動記録機能

自動記録機能は、巡回地点の位置と散布車の走行位置とのマッチングを行い、巡回地点の通過時間や巡回地点の状況を自動的に生成するものである。機能の制約としては、以下とする。

- 巡回地点の位置と散布車の走行位置とのマッチングを行う
- 巡回地点の通過時刻を自動的に取得する
- 巡回地点の自動判定を行う
- 位置情報と音声入力された巡回地点の情報および気温をマッチングさせ、巡回記録生成用のデータファイルを作成する

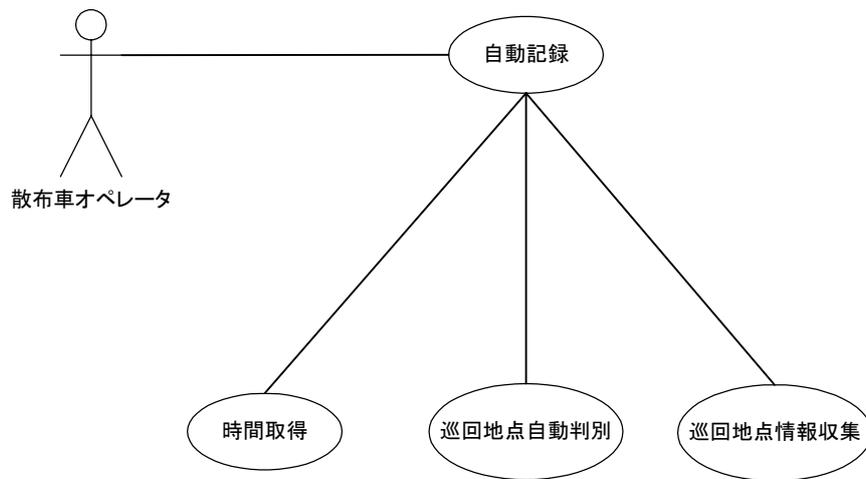


図 4-36 自動記録 詳細ユースケース図

表 4-16 自動記録機能 ユースケースシナリオ

ユースケース	自動記録機能	主アクタ	散布車オペレータ
事前条件	<p>操作支援システム、音声入力、気温計が正常に動作していること。</p> <p>操作支援システムで、時間-KP 対応ファイルが正しく生成されていること。</p> <p>外部記憶メディアが PC に接続されていること。</p>		
メインフロー	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 本システムを開始する：例外処理 1</li> <li>2. 時間および気温、巡回情報を設定インターバル毎に作業ファイルに出力する。</li> <li>3. 本システムを停止する。</li> <li>4. 本システムは、操作支援システムで生成された時間-KP 対応ファイルを読み込み、時間をキーとして KP と気温および巡回情報を対応させる。</li> <li>5. 4での処理をもとに巡回地点の KP と対応を行い、巡回地点の情報のみを抜き出し、外部記憶メディアに保存する。</li> <li>6. 5の処理後、本システムを終了する。</li> <li>7. 外部記憶装置に保存されたファイルを、計画支援システムに登録する。</li> <li>8. 除雪作業監督職員または除雪業務委託者現場代理人は、計画支援システムを利用して、巡回記録を閲覧する。</li> </ol>		
事後条件			
例外フロー	<p>例外処理 1：前回の巡回記録作業ファイルが存在している場合には、そのファイルを読み込んで前回の巡回情報を保持してから、システムを開始する。</p>		

## (5) 画面設計

本システムの画面設計を行った。以下にその設計例を示す。(別添資料 2 参照)

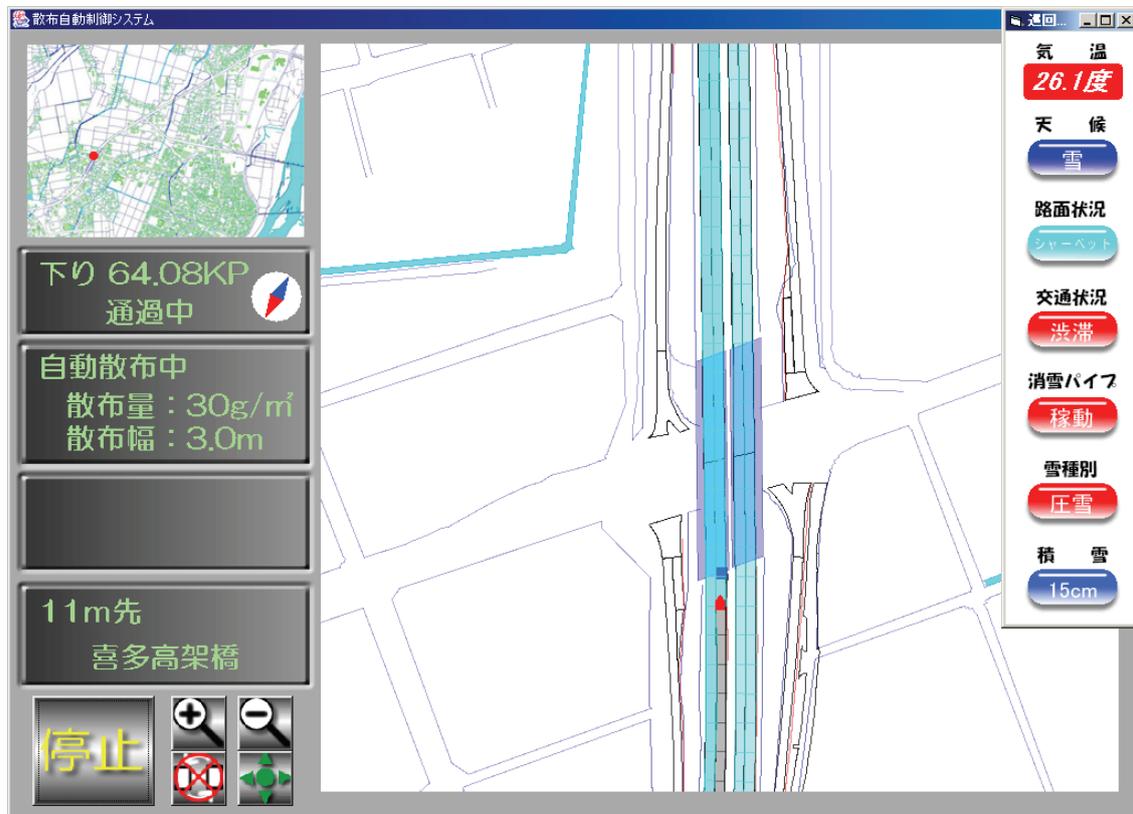


図 4-37 操作支援システム結合画面イメージ

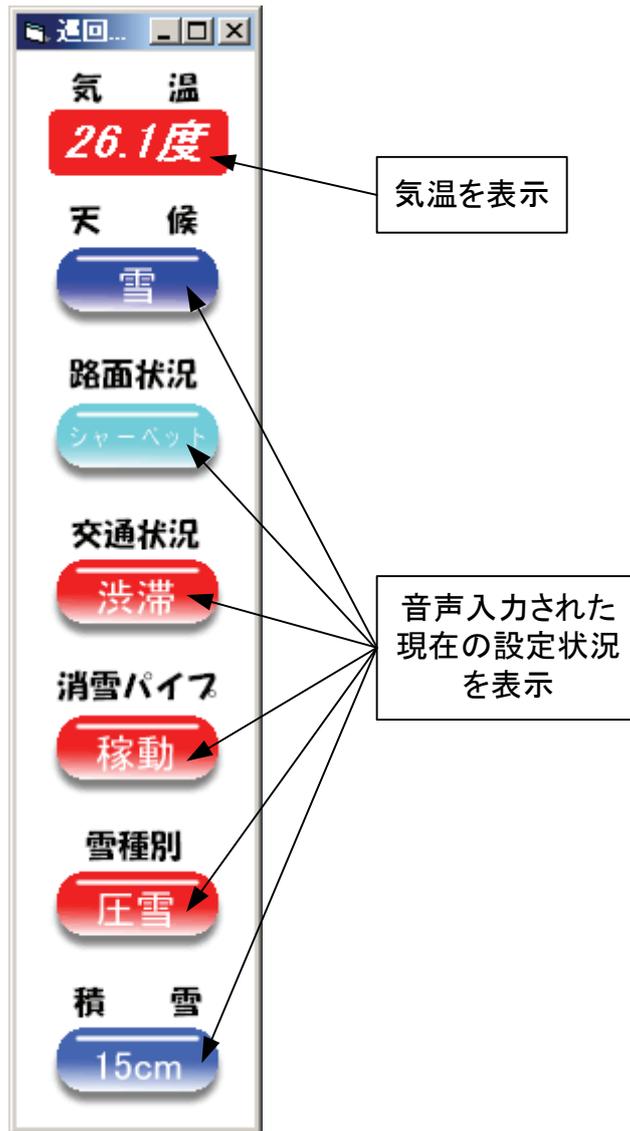


図 4-38 画面イメージ

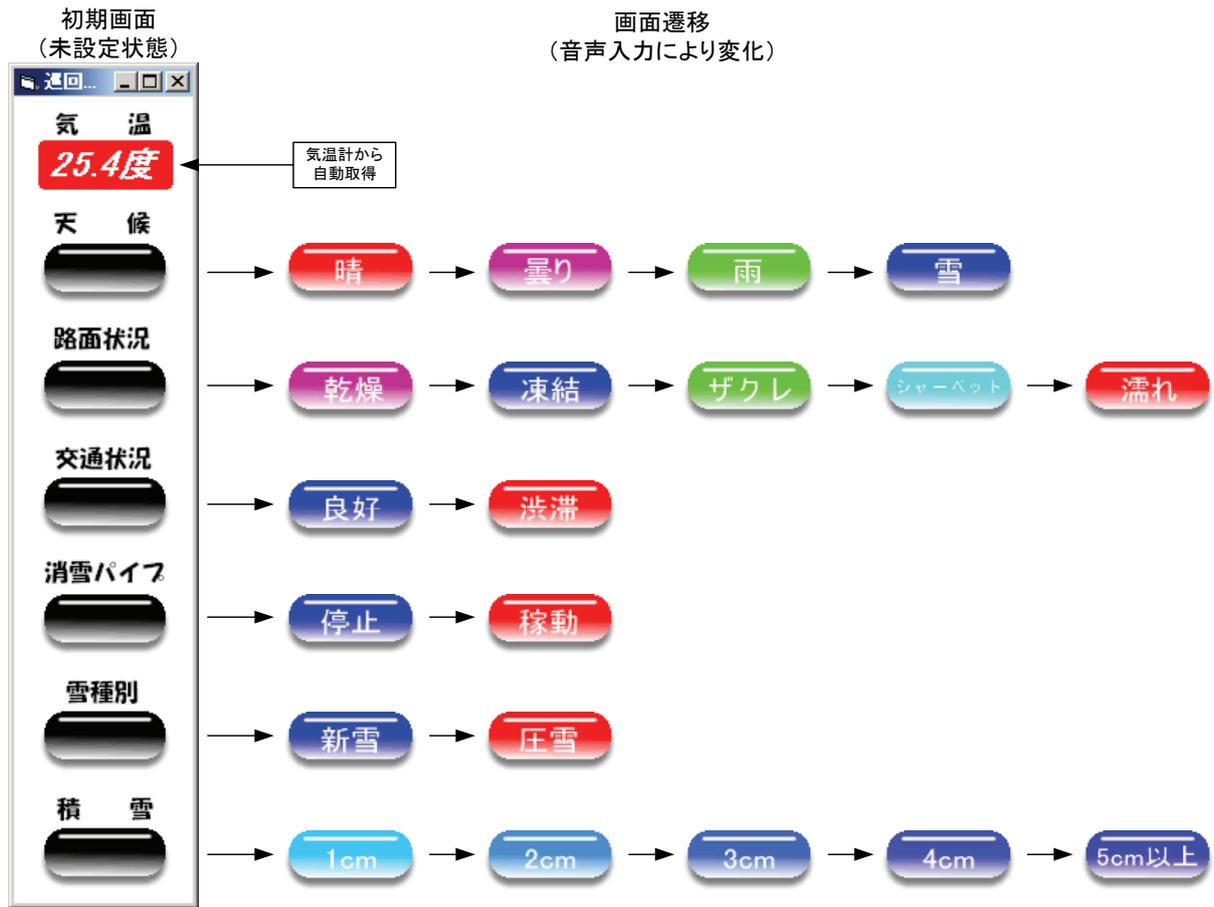


図 4-39 画面遷移

#### 4.4.2. 巡回支援システムの詳細設計

本システムの詳細設計として、以下の設計について行った。(別添資料2 参照)

- コード設計
- ファイル設計
- プログラム設計
- 通信インターフェース設計

#### 4.4.3. 巡回支援システムの実装設計

本システムの実装設計として、各クラスのモジュール設計を行った。(別添資料 2 参照) また、本システムのソフトウェア構成図およびハードウェア構成図を以下に示す。

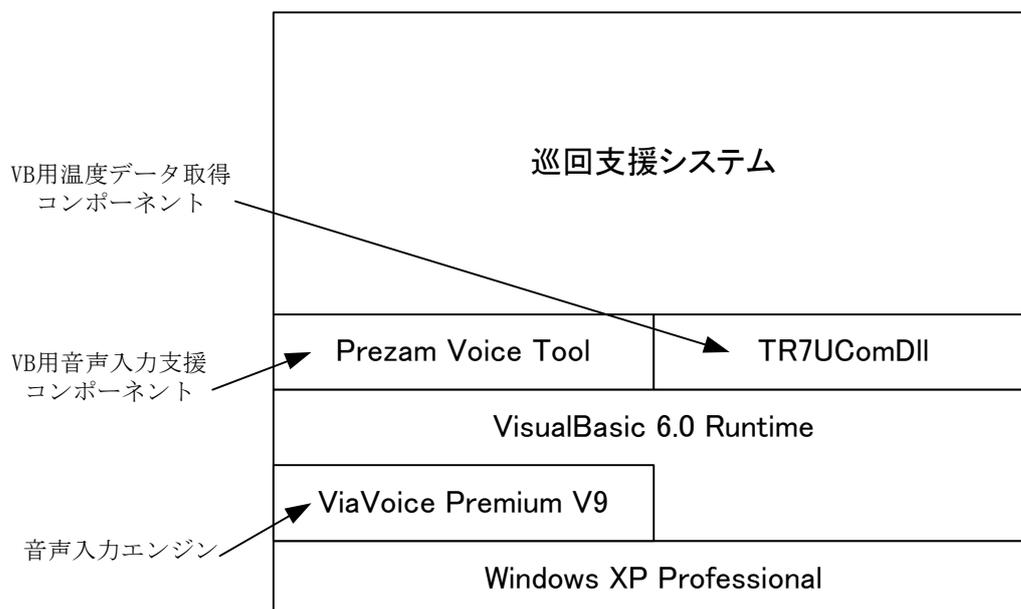


図 4-40 ソフトウェア構成

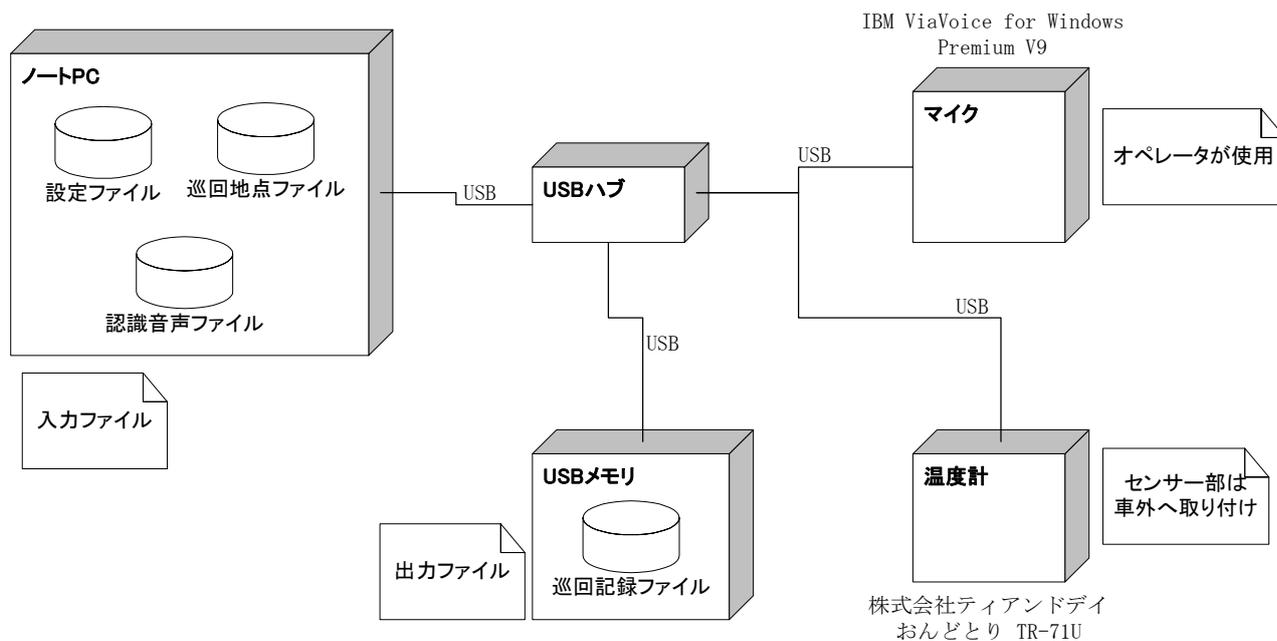


図 4-41 ハードウェアウェア構成

#### 4.4.4. 巡回支援システムの製作

本システムのの実装設計をもとに、プロトタイプを製作し、テストを行った。(別添資料2 参照)

## 4.5. レーンマーカの効率的な配置の試算

### (1) ハイブリッド式におけるレーンマーカの用途

車両などの移動体で位置計測を行った場合、高性能な GPS を使っても、トンネルや高層ビルによるマルチパスの影響により、正しい位置が計測できなくなってしまう現象が発生する。

この場合、方位ジャイロ、車速パルスや前後加速度による自律航法を組み合わせること（ハイブリッド方式）により、トンネルでも位置が更新されたり、位置飛びが無くなるなど安定して位置を計測することができるようになる。

ただし、長いトンネルを走行した場合、例えば、直線かつ平坦な道路であった場合でも、方位ジャイロのドリフトや前後加速度計のオフセットの変動により、方位や距離の誤差が拡大していく現象が発生する。したがって、自律航法センサによる位置計測を行う場合、適切なタイミング（ジャイロや加速度計の性能と要求される位置精度の関係により定まる）において、絶対的な位置を参照し、ジャイロや加速度計の出力値を補正する必要がある。

レーンマーカの用途については、補正の際の絶対的な位置を把握するために用いるものである。

### (2) レーンマーカ配置の基本的な考え方

レーンマーカによる絶対的な位置の抽出方法、上下線および車線判別方法について示す。

#### a) 絶対位置の抽出方法について

レーンマーカを検出した際、GPS による位置データ取得し、その位置に該当する（一番近い）レーンマーカを GIS データより抽出することにより、絶対的な位置データを取得する。

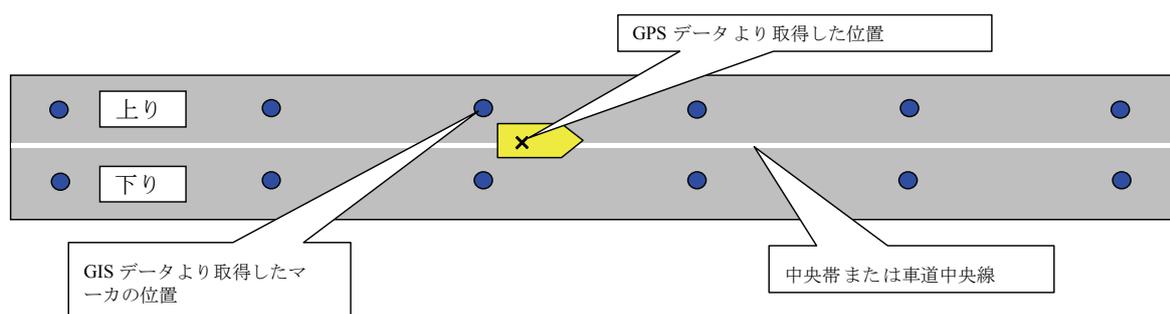


図 4-42 絶対位置の抽出方法

#### b) 上下線の判別について

GPS の誤差が大きい場合、GPS 非測位で走行した場合、自律での方位変動等が大きい場合等、反対車線のレーンマーカを抽出してしまう恐れがある。

このため、レーンマーカの GIS データとして、道路延長方向（進行方向）のベクトル情報を付与することで対応する。

### c) 車線の判別について

複数車線の場合においては、車線を区別できるようなレーンマーカ配置パターンにより車線を判別する。このため、図 4-43 に示すように、2 種類のマーカ（●：Aマーカ、●：Bマーカ）を組み合わせる。

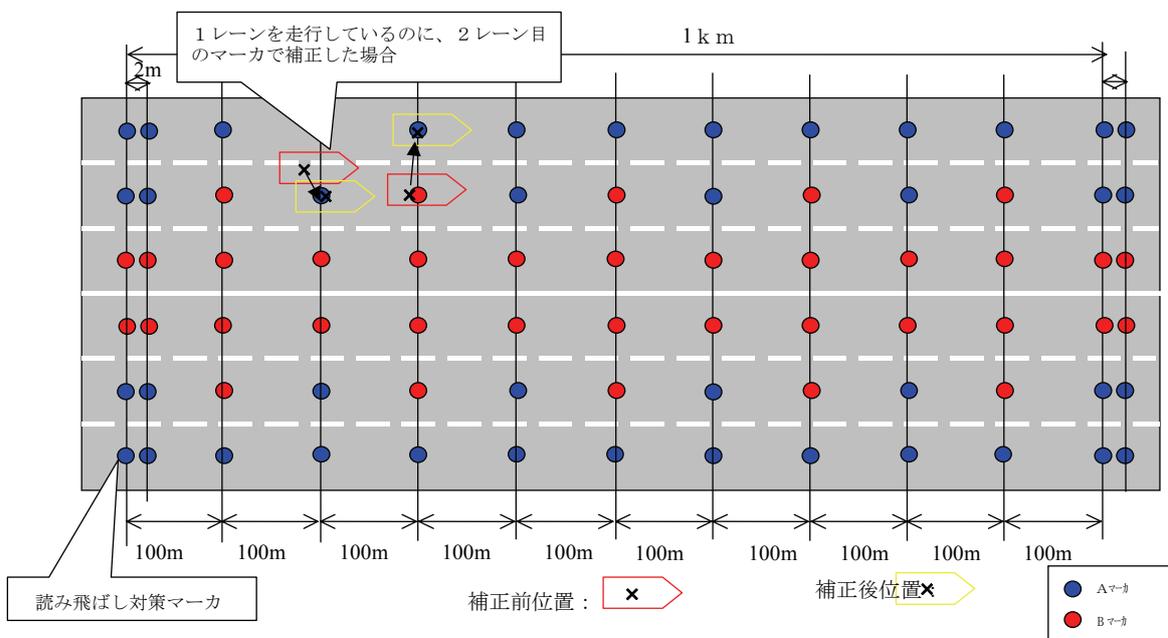


図 4-43 車線判別のためのレーンマーカ配置パターン例

### d) 読み飛ばし対策

レーンマーカを読み飛ばした場合の対策として、連続配置（縦 2m 程度の間隔で配置）することが考えられる。しかし、すべてのレーンマーカに対して複数配置することは、コスト的に困難である。このため、図 4-43 に示すように、1km 毎に連続配置させることにより、読み飛ばしによるマッチング不良を回避する。

## (3) 電波式レーンマーカの選択

本業務では、「GPS 測位状態調査業務」（以下、別途業務という）でも実績のある「電波式レーンマーカ」を選択した。

### a) 電波式レーンマーカ形状

直径：φ 130mm

厚さ：30mm



図 4-44 電波式レーンマーカ

**b) 設置仕様**

埋設深 A : 90mm (マーカ底面) 誤差±10mm

コアリング径 : 150mm

方向性指定 : あり 誤差道路線形に対し±10° 以内

水平度指定 : あり (道路線形方向) ±10° 以内 管理値 A に対し B,D:±13.0

(道路線形直角方向) ±5° 以内 管理値 A に対し C,E:±6.5

調整モルタル厚 : CO モルタル 10mm

埋戻材 : CO モルタル

(図 3-22 参照)

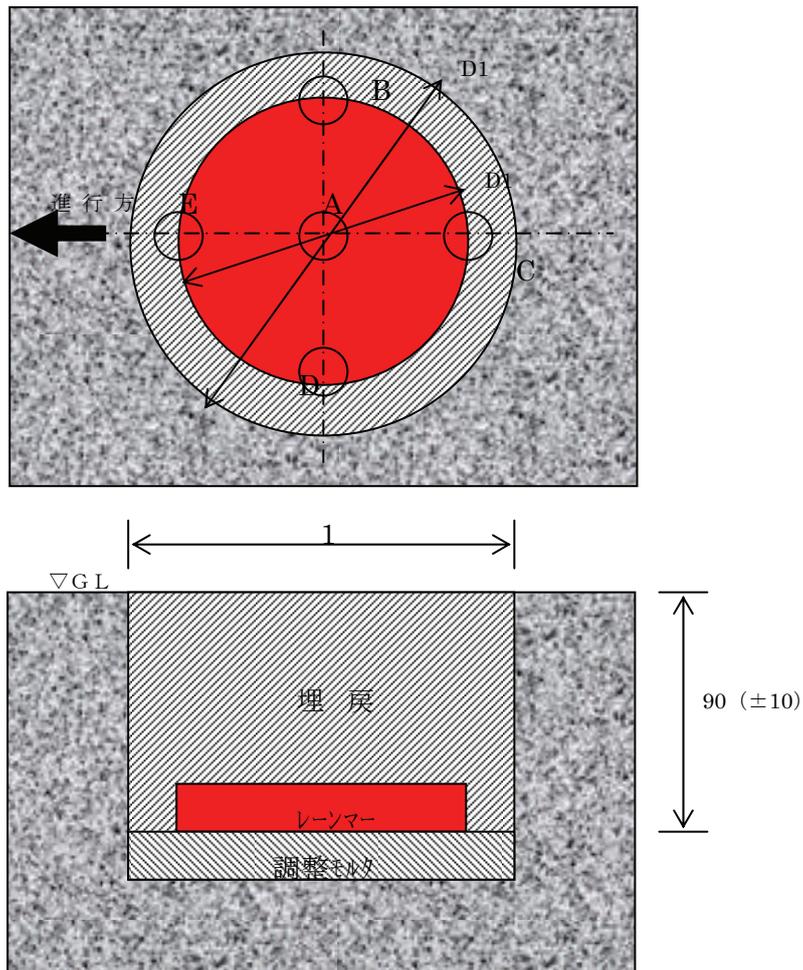


図 4-45 設置仕様

#### (4) 目標精度

目標とする精度は、前後左右方向に対して±2m以内の誤差とする。

#### (5) レーンマーカの配置検討

コストを削減するためのマーカ配置を検討する。また、GPS受信地域は、マーカを極力少なく配置しても精度が出せるように検討した。

##### a) 誤差試算

誤差については、縦方向と横方向それぞれに次のような誤差が推定される。

##### ■ 縦方向

主に車速パルスの誤差が大きく影響するものと考えられる。今回、ミッションシャフトにパルス発生器が取り付けがあるので、1%以内の誤差と推定する。(パルススケールを実測値より設定し、精度を高める。)

##### ■ 横方向

マップマッチング機能により車線離脱を回避すれば、横方向の誤差はある程度おさえられる。

##### b) 配置検討方針

2m以内の精度を目標とするために、200m間隔での配置をベースとし、下記条件に当てはまる場合、100m間隔で配置する。

##### ■ 線形条件

急なカーブの区間

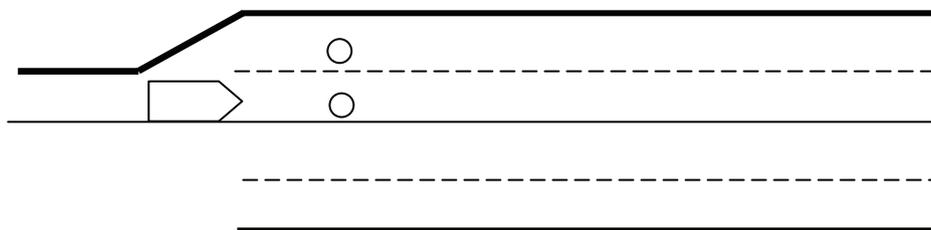
##### ■ 勾配条件

急な勾配の区間

### c) マーカ配置のポイント

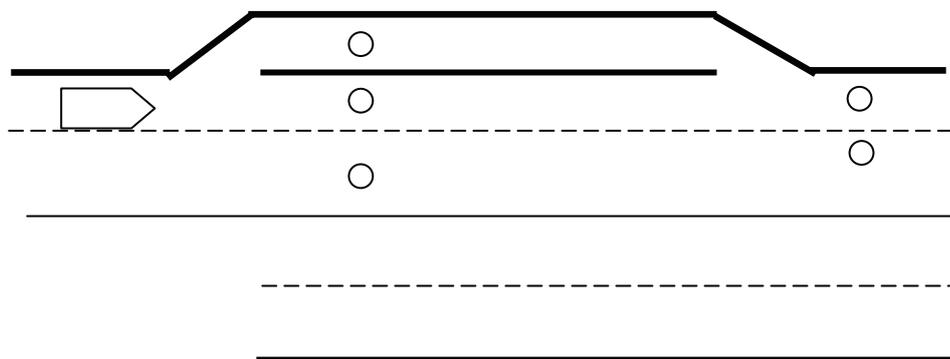
#### ■ 車線変更開始地点および計測開始地点

単車線から複数車線に変わるとき、レーンの識別可能な配置とする。



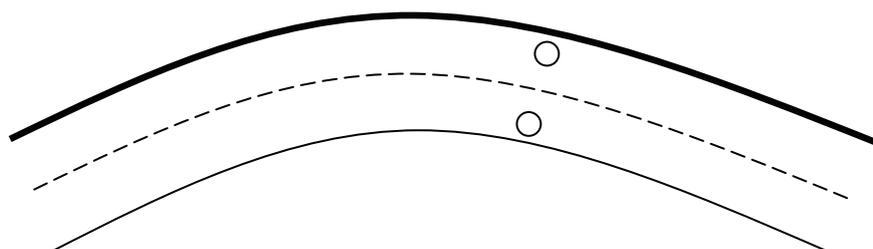
#### ■ ランプ出入り地点

ランプ出口付近には、本線（レーン）とランプ出口の識別可能な配置とする。ランプ入口付近には、本線進入後、レーンが識別可能な配置とする。



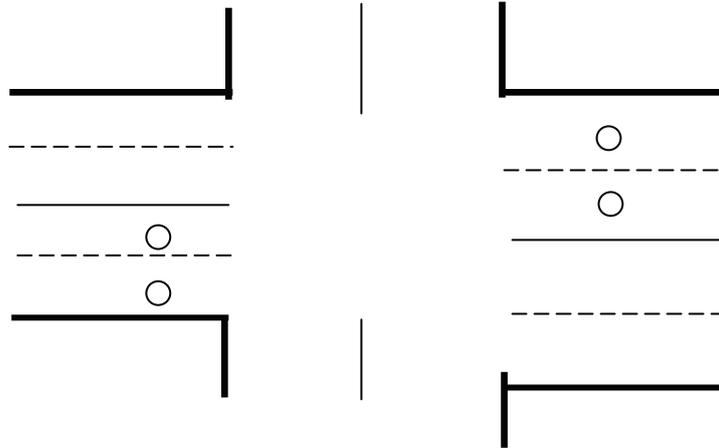
#### ■ カーブ

急なカーブ（別途定義）でのレーン識別可能な配置とする。



## ■ 交差点

交差点通過点付近にレーン識別可能な配置とする。



## ■ 1 km毎

誤認識を修正する最終手段として用いる。

## ■ その他

ステーションから車線進入付近

待機場所から車線進入付近

### d) 長岡国道事務所 宮本工区へのレーンマーカの配置

前項に示した配置方針に基づいて、長岡国道事務所 国道8号宮本工区へレーンマーカ配置を検討した結果を示す。

レーンマーカー配置図(北陸地整長岡宮本工区一般国道8号線)

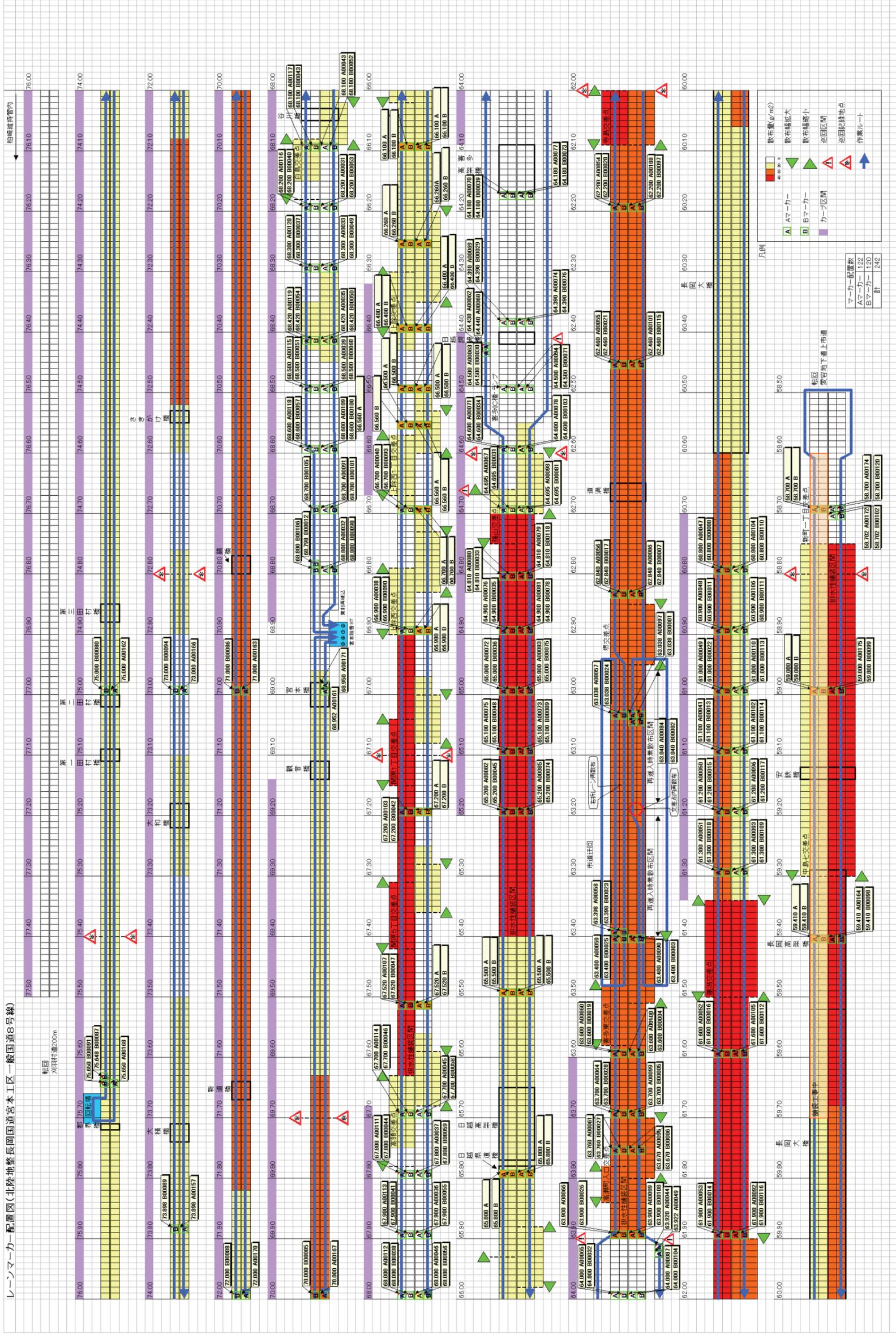


図 4-46 長岡宮本工区のレーンマーカー配置

## 5. 現地実証試験

### 5.1. 散布車への取付け

#### 5.1.1. 機器構成

散布車の機器構成図を以下に示す。

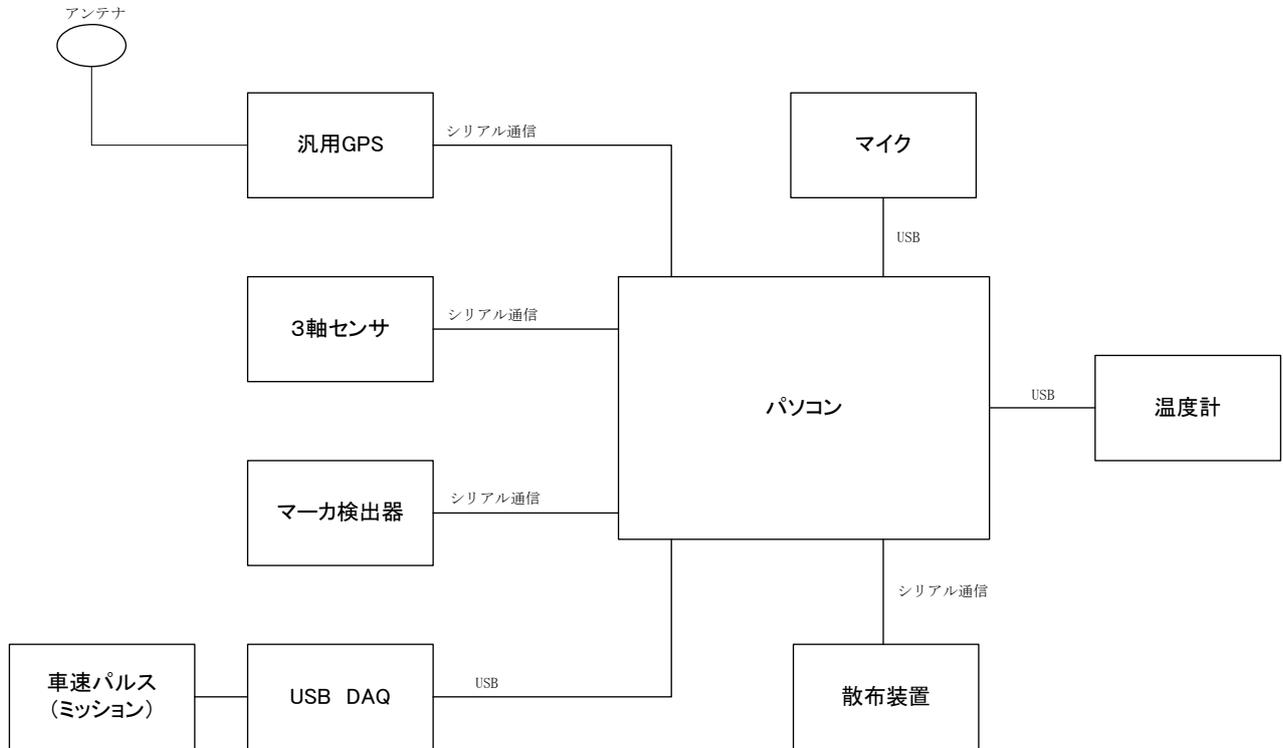


図 5-1 散布車機器構成図

### 5.1.2. 取付け状況

薬剤散布車への位置特定機器の設置状況を写真 5-2 から図 5-8 に示す。



図 5-2 薬剤散布車への位置特定機器の設置状況（ノート PC）

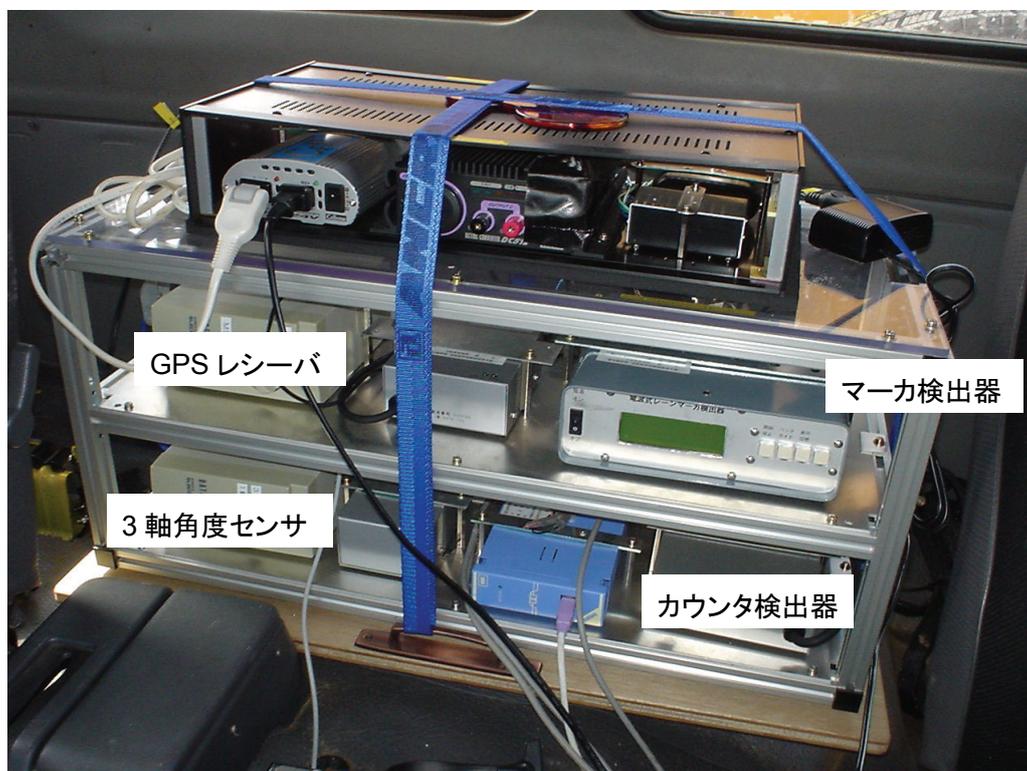


図 5-3 薬剤散布車への位置特定機器の設置状況（3 軸角度センサなど）



図 5-4 薬剤散布車への位置特定機器の設置状況（1 軸角度センサ）



図 5-5 薬剤散布車への位置特定機器の設置状況（マーカセンサ前方）



図 5-6 薬剤散布車への位置特定機器の設置状況（マーカセンサ横方）



図 5-7 薬剤散布車への位置特定機器の設置状況（GPS アンテナ）



図 5-8 薬剤散布車への位置特定機器の設置状況（FM アンテナ）

### 5.1.3. 散布支援機器の設置状況

薬剤散布車への散布支援機器の設置状況を図 5-9 から図 5-11 に示す。



図 5-9 薬剤散布車への散布支援機器の設置状況（自動散布制御装置）



図 5-10 薬剤散布車への散布支援機器の設置状況（おんどとり）

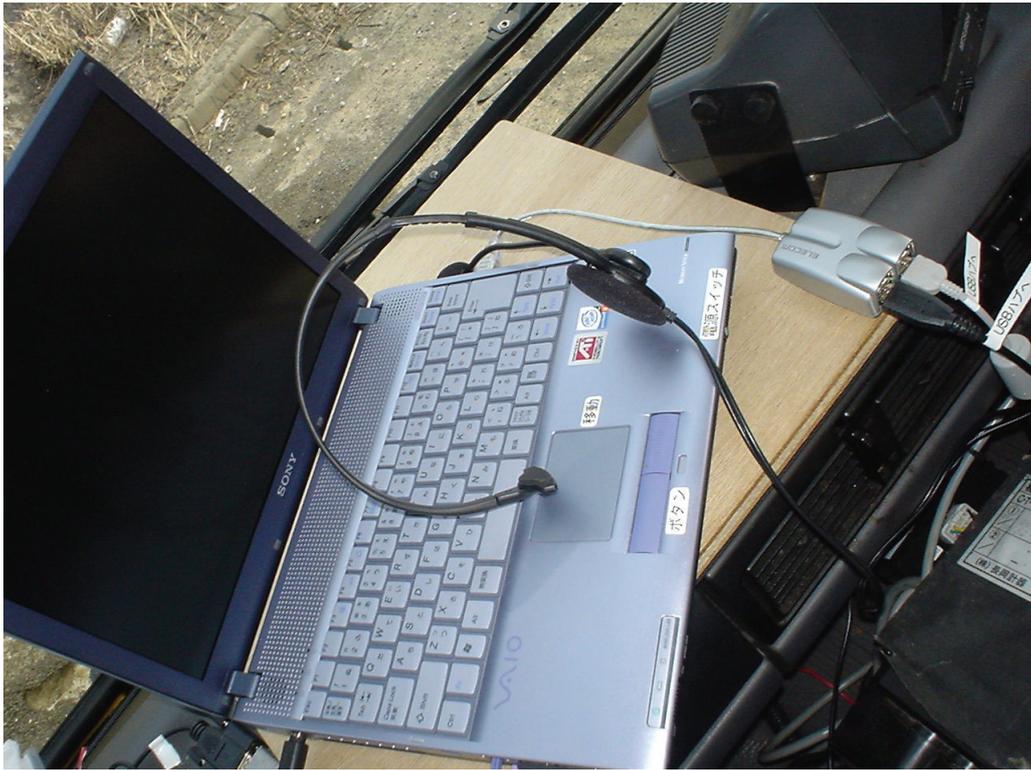


図 5-11 薬剤散布車への散布支援機器の設置状況（USB ハブとマイク）

## 5.2. 結合・総合動作試験

結合・総合動作試験は、位置特定パッケージ、操作支援システム（散布車制御装置との結合）、計画支援システム、巡回支援システムを各サブシステム完成毎に結合を行い順次試験を行った。総合動作試験の実施状況および実施結果を別添資料 3 に示す。

### 5.3. 実道実験時の取扱説明

北陸地方整備局においては、本業務において試作した実道実験機を用いて、実道実験を行う予定であった。このため、実道実験機の操作マニュアルを作成するとともに、実道実験機の取扱い説明会を実施した。

#### 5.3.1. 取扱い説明会の実施

次に示すような取扱い説明会を実施した。

○日時：平成 16 年 2 月 17 日

○場所：北陸地方整備局 長岡国道事務所 長岡国道維持出張所 宮本除雪ステーション

○対象者：

- ・北陸地方整備局 機械課：池田課長、山下補佐、柴澤補佐
- ・北陸地方整備局 長岡国道事務所：小川副所長、小野島課長、機械課 1 名
- ・北陸地方整備局 長岡国道事務所 長岡維持出張所：遠藤所長、池田係長
- ・北陸地方整備局 北陸技術事務所：樋口課長、以倉係長
- ・宮本除雪ステーション 除雪工事請負業者：現場代理人、オペレータ 3 名

○内容：実道実験機の操作方法を説明し、試乗していただいた。また、計画支援システムの操作方法を説明し、操作していただいた。説明会当日のスケジュールを次に示す。

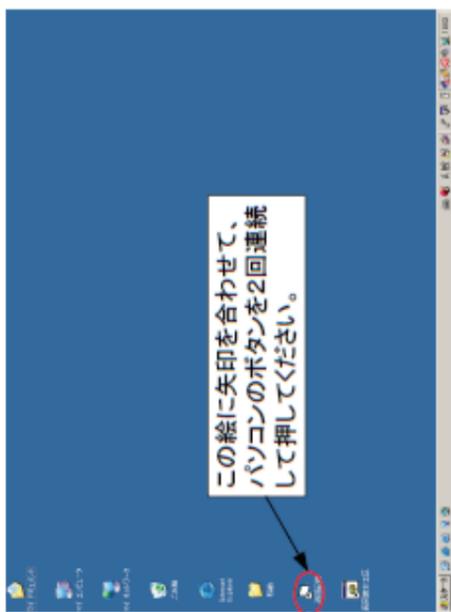
<スケジュール>

- ・ 9：00～10：00 準備作業
- ・ 10：00～10：40 操作支援システム（車両側）操作説明（オペレータ①）
- ・ 10：40～11：20 操作支援システム（車両側）操作説明（オペレータ②）
- ・ 11：20～12：00 操作支援システム（車両側）操作説明（オペレータ③）
- ・ 13：30～14：00 計画支援システム（端末側）操作説明  
(関係者・現場代理人・オペレータ)
- ・ 14：00～16：30 試乗（操作支援システム動作状況確認）
- ・ 16：30～17：00 後片付け
- ・ 17：00～ 北陸地方整備局側で試験運用開始

なお、北陸地方整備局における実道実験については、2月17日より3月22日まで実施された。この間、システムの操作等に関するサポート作業を実施した。

# 巡回記録、自動散布システム簡易説明書

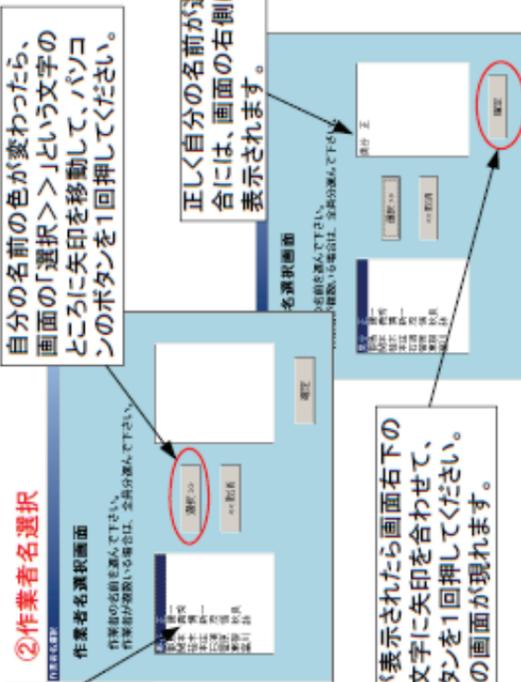
## ①システム起動



この絵に矢印を合わせて、パソコンのボタンを2回連続して押してください。

矢印を自分の名前に合わせ、パソコンのボタンを1回押すと自分の名前が変わります。

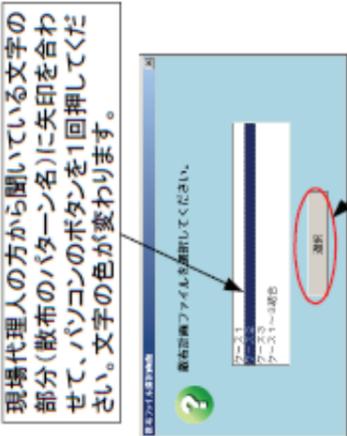
## ②作業者名選択



自分の名前が変わったら、画面の「選択」>「>」という文字のところに矢印を移動して、パソコンのボタンを1回押してください。

正しく自分の名前が選ばれた場合には、画面の右側に自分が表示されます。

## ③散布計画選択

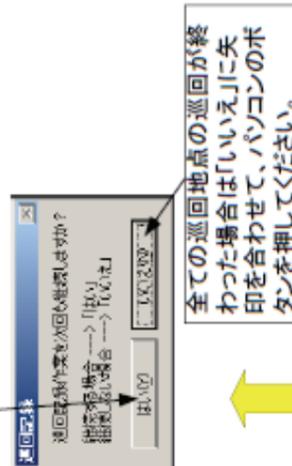


現場代理人の方から聞いている文字の部分(散布のパターン名)に矢印を合わせて、パソコンのボタンを1回押してください。文字の色が変わります。

選んだ文字に間違いがなければ、画面の「選択」に矢印を合わせてパソコンのボタンを1回押してください。成功すると次の画面が現れます。

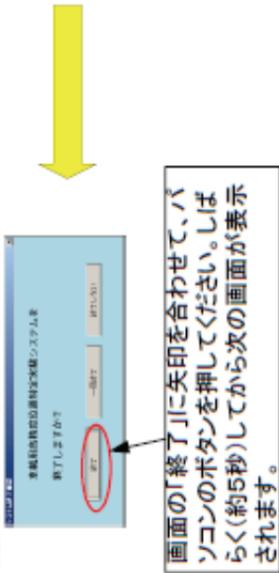
まだ巡回地点が残っていて巡回する場合は「はい」に矢印を合わせて、パソコンのボタンを押してください。

## ⑦システム終了



全ての巡回地点の巡回が終わった場合は「はい」に矢印を合わせて、パソコンのボタンを押してください。

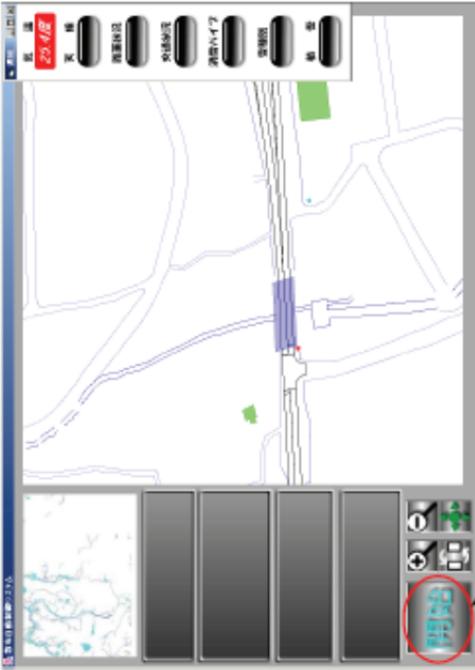
## ⑥自動散布システム終了



画面の「終了」に矢印を合わせて、パソコンのボタンを押してください。しばらく(約5秒)してから次の画面が表示されます。

この画面が表示されている間は散布車を走らせなさい。この画面が消えたら散布車の出発準備完了です。

## ④自動散布システム開始



画面の「開始」という文字に矢印を合わせてパソコンのボタンを1回押してください。しばらく、画面の真ん中に次の画面が表示されます。

## ⑤自動散布システム停止



巡回地点に来たら、マイクで巡回地点の状況をしゃべってください。正しく状況が認識された場合は、音声で案内されます。

散布が終わりに着いたら、画面の「停止」の文字に矢印を合わせて、パソコンのボタンを1回押してください。次の画面が表示されます。

図 5-12 簡易操作マニュアル

## 5.4. 実道実験機の性能評価

現場の方々に対して、ヒアリングを実施し、実道実験機の操作性に関する性能を評価した。

### 5.4.1. 実道実験機に関するヒアリング

実道実験機に関するヒアリング実施概要およびヒアリング結果について示す。

#### (1) ヒアリング実施概要

実道実験機に関するヒアリング実施概要を次に示す。

○日時：平成 16 年 3 月 16 日 13:30～15:00

○場所：北陸地方整備局 長岡国道事務所 宮本除雪ステーション

○出席者：

- ・長岡国道事務所 長岡維持出張所：池田係長
- ・福田道路(株)：新保主任
- ・(株)長大：桂木，石濱

○内容：システムの操作性，障害発生状況，システムに対する要望等についてヒアリングを行った。

#### (2) ヒアリング結果

##### a) 実験車両および現況車両の運用状況について

###### ■ 実験車両の運用状況

○稼働日数：19 日

○稼働時間：25.5 時間

○出動回数：24 日

###### ■ 現況車両の運用状況

○巡回工（総稼働時間：25 時間）

○凍結防止工（総稼働時間：198.2 時間）

##### b) 操作支援システムについて

###### ■ 操作性について

○センサデータ入力用スロットルとして利用している、PC カードのスロットルの接触が悪く改善してもらいたい。

○年配のオペレータの方にとっては、操作が難しく、操作の不要なシステムが望まれる。  
例えば、散布計画データの選択については、予め散布計画毎に格納した IC カードを PC 等に差し込むだけですむようなもの、あるいは、無線 LAN 等を活用することが考えられる。

○センサの初期化に時間がかかる。即出動が求められる場合に問題が生じる。こういう場

合には、手動で対応するしかないと考えられる。

#### ■ 障害発生状況について

- 散布したのにもかかわらず、履歴が蓄積されない場合があった。(境交差点付近, ステーションから都市部に向かった最初のカーブ部分, はすがた付近)
- この原因については、計画データを作成し忘れたのか、システムの不具合によるものなのかは不明である。マーカをまたがなかった等により、位置特定がうまくいかなかったことも考えられる。
- 散布計画位置と実際の散布位置の誤差については、現場では確認できなかった。

#### ■ その他

○コストのかからない車線判別方法については、スイッチによりオペレータに入力させる方法が考えられる。

#### c) 計画支援システムについて

##### ■ 操作性について

- 散布計画のデータ作成が大変である。
- 入力については、地図から入力するよりも、模式的な地図(エクセルシートで作成した、道路を直線化した地図)が良い。その際、マウスで入力できると良い。

#### d) 巡回システムについて

- 音声入力の認識状況については、声の小さい人や発音の良くない人については、認識状況が悪い場合があった。これについては、オペレータ個別に音声を登録していく必要がある。
- 巡回日報に「特記事項」を記入する欄がある。現在は、巡回後、助手が記入するようにしている。ワンマン化の上では、この部分を音声入力等で入力できると良い。国総研サーバへのデータ登録の際に入力することも考えられるが、時間がかかってしまう。
- ワンマン化を図る上では、上記の改善は必要である。

#### e) 今後の要望、その他

- 低コストでの導入が可能なので、来年是非とも導入したい。
- 各種車載センサの制御装置については、きれいにラックにまとめて収納してもらいたい。
- レーンマーカセンサについては、丈夫のものにしてもらいたい。取付け位置については、車両前方ではなく、中央、あるいは、後方が良いと思われる。
- 来年、システムを導入する場合、同じ業者にしてもらいたい。(毎回、システムが変わると操作を覚えるのが大変である)

- 塩分濃度の要素をシステムに採り入れることも考えられる。(経験的には、散布材の持続時間は、3時間～4時間程度)
- 助手の役割として、薬剤残量を確認することが挙げられる。ワンマン化する場合、残量が検知できると良い。(これについては、散布車の大型化で対応すれば、残量を気にしないで済む)
- 散布履歴を確実に記録する等、システムの信頼性を高めてもらいたい。

### **(3) 性能評価**

前項で示したヒアリング結果、実道実験機の性能評価を行った。現場の方からは、来年是非とも導入したい、との意見をいただいたが、同時に運用する側からのいくつかの課題や改善点等の指摘を受けた。これらについて示す。

#### **a) 操作支援システム**

- 障害発生状況の現場確認
  - ・特定地点において散布履歴が蓄積されない場合があったとの報告を受けた。原因がシステムにあるのか、データ作成等に問題があるのか、明確ではないが、今後、原因を究明する必要がある。
- レーンマーカセンサの取付け位置に関する見直し
  - ・取付け位置を車両前方では、雪提等に接触し破損する恐れがあるため、中央または後方に配置する。また、レーンマーカセンサのステイについては、丈夫なものにする必要がある。
- センサと PC の接続方法の改良
  - ・RS232C のインターフェイスを持つセンサ (GPS, ジャイロ, レーンマーカセンサ) を PC に取り込む際には、センサの接続をまとめて 1 つの PC カードスロットルから取り込んでいるが、動作が不安定になる場合がある。
  - ・このため、空いている USB ポートからの入力や RS232C のインターフェイスを有する PC を選定する等の対応が考えられる。
- 車載器の収納
  - ・各種センサの制御装置については、頑強なラックに収納する必要がある。

#### **b) 巡回支援システム**

- 各オペレータの音声登録
  - ・オペレータによっては、音声認識状況が良くない場合があった。各オペレータの音声をシステムに登録する必要がある。

#### **c) 計画支援システム**

- 散布計画データ入力画面の工夫

- ・ 散布計画データの作成を容易にするために、マウスによる入力が可能となるように改良する必要がある。

#### 5.4.2. 散布位置誤差の検討

散布計画データと実際の散布位置の誤差については、次の3つの要因が挙げられ、これら2つの誤差の合計値が、散布計画データと実際の散布位置の誤差となる。

- 位置特定における誤差（走行中の緯度、経度）
- 散布制御周期による誤差
- 散布車制御装置のタイムラグによる誤差

##### (1) 位置特定における誤差

位置特定における誤差については、位置特定パッケージの性能評価を実施した結果（表 5-1）より、最も高精度の構成を用いた場合で、縦方向 1.3m、横方向 0.79m の誤差となっている。

表 5-1 精度評価試験の概要および評価結果

No.	走行時刻	基本構成	マーカ 補正	マップ マッチング	縦方向誤差 [m]	横方向誤差 [m]
1	14:59	DGPS+3 軸角度センサ	—	—	12.56 (10.56)	1.78
2	15:34	DGPS+3 軸角度センサ	○	—	3.39 (1.39)	1.54
3	16:13	DGPS+3 軸角度センサ	○	○	3.30 (1.30)	0.79

※) 誤差は、レーンマーカの位置に対するレーンマーカ検出直前での位置特定値の誤差であり、2m 程度の算出誤差が生じている。

※) ( ) 内は、上記の算出誤差を差し引いた値である。

##### (2) 散布制御周期による誤差

散布制御周期による誤差は、散布車制御装置への指示を 1 秒以上あける必要があるため、1 秒周期ごとに位置データ（緯度、経度）を取得して散布制御が行われ、その 1 秒間に走行してしまう距離によって生じる誤差である（図 5-13）。この誤差は走行する速度に比例するもので、時速 60km/h で走行した場合最大 16.7m の誤差を生じることになる（この値はあくまで最大誤差であり、取得したタイミングによっては 0m となる場合もある）。また、横方向の誤差については、車線が正しく識別できていれば現在の車線の散布データを元に制御を行うため誤差は生じることはない。

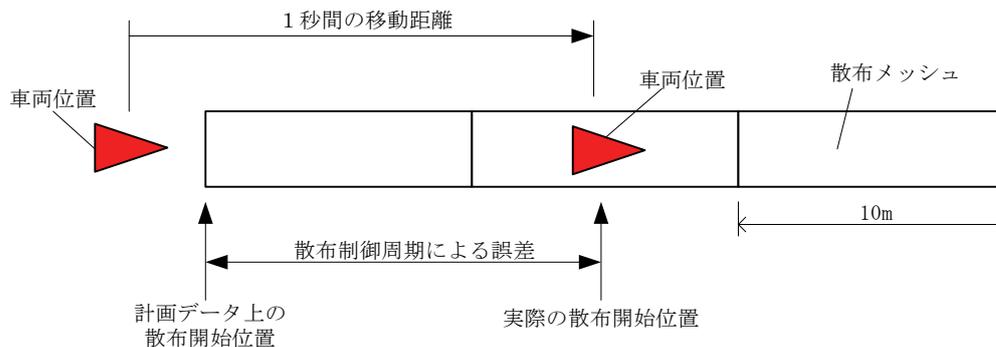


図 5-13 散布制御周期誤差概念図

### (3) 散布車制御装置のタイムラグによる誤差

散布車制御装置のタイムラグによる誤差は、散布車制御装置へ指示を出してから実際に薬剤が出てくるまでのタイムラグによる誤差である。これは散布車制御装置が指示を受けてベルトコンベアが回転を開始し薬剤の散布口から実際に薬剤が出るまでの時間であり、この間に走行してしまう距離によって生じるものである。

このタイムラグは散布車両や散布の開始、散布量の変更などの制御情報によって値が異なるため一概に決めることはできないが、ここで仮にこのタイムラグを 0.2 秒と仮定すると、時速 60km/h では約 3.3m の誤差を生じることになる。

#### 5.4.3. システム全体における散布位置の誤差

以上示した 3 つの縦方向の最大誤差を速度毎に整理した結果を表 5-2 に示す。

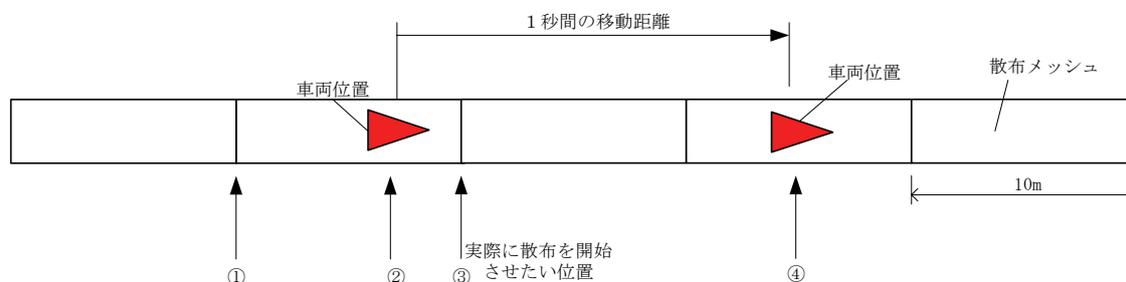
表 5-2 速度毎の縦方向散布位置誤差

速度 (km/h)	位置特定誤差 (m)	制御周期誤差 (m)	散布車タイムラグ誤差 (m)	最大誤差 (m)
20	1.3	5.6	1.1	8.0
40	1.3	11.1	2.2	14.6
60	1.3	16.7	3.3	21.3
80	1.3	22.2	4.4	27.9

※散布車制御装置のタイムラグを 0.2 秒と仮定

これらの誤差は全て散布制御に対する遅れとして生じるものであることから、実際に散布制御を行う位置を現実の位置より手前に設定することによって対応する必要がある (図 5-14)。実際、今回長岡で用いた散布計画データについてもこの制御の遅れを考慮して散布計画データを作成しており基本的には 50m 手前から散布を制御するようなデータとなっている。これは、手動散布において現在行われているように、散布車制御装置のタイムラグを考慮して実際の散布開始箇所よりも手前からスイッチを入れているのと同じと考えてもらえばよい。

横方向の誤差については、車線判別の精度に関わっており、基本的に車線変更しない場合については散布制御誤差は生じないが、車線変更があった場合はヨーレート（横方向の加速度）により車線変更を検知している。ただし、この機能は現地でのテストの結果、カーブ途中に車線変更した場合は認識率が著しく低下する。その場合、レーンマーカにより車線を判別するまでの間、最大1車線分の誤差を生じる。



③の実際に散布を開始させたい位置で散布計画データを作成すると、実際には④の位置で散布が開始され散布位置が遅れてしまう。このため、③の位置で散布を開始させたい場合には、散布計画データを①の位置で作成することによって、実際には②の位置から散布が開始され、③では散布が開始されている状態となる。

図 5-14 散布計画データ作成イメージ

## (1) 総括

自動散布による発生誤差は以上のとおりであり、実作業を鑑みて、考察すると以下のとおりとなる。

実作業では概ね最大でも時速60km/h程度の作業速度であり、この条件から従来の手動操作と比較した誤差量は最大で位置特定誤差（1.3m）+制御周期誤差（16.7m）の18mである。これはあくまでも最大値であり、最小では1.3mとなる。

この対処方法としては、前項でもコメントしたとおり、計画データを手前側に余裕を持たせる事で十分に回避できるものである。（今年度使用した計画データも基本的にこれを考慮している）

また、車線認識については、現状のヨーレートによる判別が完全でないことから、レーンマーカ間かつカーブ部で走行車線側へ変更した場合、車線変更認識が出来ずに走行車線側の散布計画データのまま作業を続行する（散布幅が縮小されない）が、レーンマーカを通過することで修正され、未散布となることは無い。

さらに、散布作業中に急遽、計画エリア外で散布を行いたい場合には、手動の切替スイッチにて1アクションで強制散布が可能であり、急な道路状況の変化にも対応が可能である。

よって、実運用にあたって、現状より路面管理レベルを低下させる要因はないも考える。

## 5.5. 長岡国道の実験データ分析

平成 15 年度に実施した北陸地方整備局 長岡国道事務所 長岡国道維持出張所 国道 8 号 宮本工区で実施した実験データの分析を行った。

### 5.5.1. 長岡国道実験の概要

#### (1) 目的

平成 15 年度に実施した散布作業支援システムの実道実験において収集したデータを分析し、以下について明らかにする。

○散布パターンの選択理由（「事前散布の変化点を整理する」）

○手動散布の使用理由（「手動散布の状況を整理する」）

#### (2) 平成 15 年度試験の概要

○実施時期：平成 15 年 2 月 18 日～平成 15 年 3 月 14 日（システム稼働回数：24 回）

○実施場所：北陸地方整備局長岡国道事務所 国道 8 号（宮本工区）

#### (3) 分析に際して

実道試験の目的は、システムの動作確認、位置特定精度検証、システムの妥当性検証を第 1 の目的としたものである。

また、現場の方がシステムの取り扱いに十分ではなかったことが考えられる。

このため、本分析結果は、現場の方の運用や散布実態をすべて反映したものではないと考える。

#### (4) 散布計画パターンの整理

分析に際しては、以下のデータをもとに実施した。

○散布計画データ

○散布履歴データ

○巡回データ（気象データ等）

#### (5) 散布計画パターン選択理由の分析

##### a) 散布計画パターンの種類と概要

散布計画パターンの種類と概要を以下に示す。（網掛けは実際に使用されたパターンを示す。）

表 5-3 散布計画パターンの種類と概要

NO	散布パターン名	内容
1	<u>都市部消雪パイプ稼働</u>	宮本ステーションより都市部での散布。消雪パイプ稼働中のため、喜多 IC、蓮漕交差点、中島 7 交差点は散布しない
2	<u>都市部消雪パイプ停止</u>	宮本ステーションより都市部での散布。消雪パイプ停止中のため、喜多 IC、蓮漕交差点、中島 7 交差点も散布する
3	<u>都市部交差点と長岡大橋</u>	宮本ステーションより都市部での散布。交差点、勾配区間、カーブ区間、長岡大橋のみの散布
4	<u>都市部長岡大橋のみ</u>	長岡大橋のみの散布。長岡大橋以外は散布しない
5	<u>山間部行き 5 m 帰り 3 m</u>	宮本ステーションより山間部での散布。行き散布幅 5 m、帰り散布幅 3 m の散布
6	<u>山間部行き 5 m 帰り 5 m</u>	宮本ステーションより山間部での散布。行き、帰りとも散布幅 5 m の散布
7	<u>都市部消雪パイプ稼働 + 山間部行き 5 m 帰り 3 m</u>	(全体作業パターン) 宮本ステーションより都市部は消雪パイプ稼働中の喜多 IC、蓮漕交差点、中島 7 交差点は散布しない。山間部は行き 5 m、帰り 3 m
8	<u>都市部消雪パイプ稼働 + 山間部行き 5 m 帰り 5 m</u>	(全体作業パターン) 宮本ステーションより都市部は消雪パイプ稼働中の喜多 IC、蓮漕交差点、中島 7 交差点は散布しない。山間部は行き 5 m、帰り 5 m
9	<u>都市部消雪パイプ停止 + 山間部行き 5 m 帰り 3 m</u>	(全体パターン) 宮本ステーションより都市部は消雪パイプ停止中の喜多 IC、蓮漕交差点、中島 7 交差点も散布する。山間部は行き 5 m、帰り 3 m
10	<u>都市部消雪パイプ停止 + 山間部行き 5 m 帰り 5 m</u>	(全体パターン) 宮本ステーションより都市部は消雪パイプ停止中の喜多 IC、蓮漕交差点、中島 7 交差点も散布する。山間部は行き 5 m、帰り 5 m
11	<u>都市部交差点と長岡大橋 + 山間部行き 5 m 帰り 3 m</u>	宮本ステーションより都市部は交差点、勾配区間、カーブ区間、長岡大橋のみの散布。山間部は行き 5 m、帰り 3 m
12	<u>都市部交差点と長岡大橋 + 山間部行き 5 m 帰り 5 m</u>	宮本ステーションより都市部は交差点、勾配区間、カーブ区間、長岡大橋のみの散布。山間部は行き 5 m、帰り 5 m
13	<u>都市部交差点と長岡大橋 + 山間部行き 5 m 帰り 3 m (1.5 撒き)</u>	宮本ステーションより都市部は交差点、勾配区間、カーブ区間、長岡大橋のみの散布。山間部は行き 5 m、帰り 3 m (1.5 撒き)
14	<u>都市部交差点と長岡大橋 + 山間部行き 5 m 帰り 5 m (1.5 撒き)</u>	宮本ステーションより都市部は交差点、勾配区間、カーブ区間、長岡大橋のみの散布。山間部は行き 5 m、帰り 5 m (1.5 撒き)
15	<u>都市部消雪パイプ停止 + 山間部行き 5 m 帰り 3 m (1.5 撒き)</u>	(全体パターン) 宮本ステーションより都市部は消雪パイプ停止中の喜多 IC、蓮漕交差点、中島 7 交差点も散布する。山間部は行き 5 m、帰り 3 m (1.5 撒き)
16	<u>都市部消雪パイプ停止 + 山間部行き 5 m 帰り 5 m (1.5 撒き)</u>	(全体パターン) 宮本ステーションより都市部は消雪パイプ停止中の喜多 IC、蓮漕交差点、中島 7 交差点も散布する。山間部は行き 5 m、帰り 5 m (1.5 撒き)
17	<u>都市部交差点と長岡大橋 (1.5 撒き)</u>	宮本ステーションより都市部は交差点、勾配区間、カーブ区間、長岡大橋のみの散布 (1.5 撒き)
18	<u>都市部消雪パイプ停止 (1.5 撒き)</u>	(全体パターン) 宮本ステーションより都市部は消雪パイプ停止中の喜多 IC、蓮漕交差点、中島 7 交差点も散布する (1.5 撒き)
19	<u>長岡大橋 + 山間部</u>	長岡大橋のみの散布。長岡大橋以外は散布しない
20	<u>1.5 撒き交差点・勾配部・大橋 + 山間部</u>	宮本ステーションより都市部は交差点、勾配区間、カーブ区間、長岡大橋のみの散布。山間部は行き 5 m、帰り 3 m (1.5 撒き)
21	<u>1.5 撒き全線</u>	(全体パターン) 宮本ステーションより都市部は消雪パイプ停止中の喜多 IC、蓮漕交差点、中島 7 交差点も散布する。山間部は行き 5 m、帰り 3 m (1.5 撒き)
22	<u>通常撒き全線</u>	(全体パターン) 宮本ステーションより都市部は消雪パイプ停止中の喜多 IC、蓮漕交差点、中島 7 交差点も散布する。山間部は行き 5 m、帰り 5 m
23	<u>通常交差点 勾配 大橋 + 山間部</u>	宮本ステーションより都市部は交差点、勾配区間、カーブ区間、長岡大橋のみの散布。山間部は行き 5 m、帰り 5 m
24	散布なし	



## b) 散布計画データに関する補足（経緯）

- 散布計画データについては、本来運用者側（出張所および散布作業を請け負っている工事業者）で、現地に適合したものを作成して運用を行ってもらうべきであるが、今回は、初めての運用および運用試験ということもあって、現地でのヒアリングを元にシステム開発者側で、数パターンの散布計画データを作成し、ある程度運用に慣れた段階で、実際の運用に必要な散布計画データを作成してもらう形で運用を行った。
- このため、2月末くらいまでは、当初システム開発者側で用意したデータを使用し、2月末くらいから運用者側で作成した散布計画データを含めた形で、運用を行ってもらった。
- なお、ヒアリング結果から事前に作成した散布計画データは、以下の観点により作成している。
- 散布は消雪パイプの稼働状況によって異なり、消雪パイプ稼働中の場合は散布を行わず、消雪パイプ停止中には散布を行う。このため、同じ散布計画であっても消雪パイプの稼働中と停止中の2種類の散布計画を作成する必要がある。
- 散布は、山間部においては全線散布を行い、都市部においては、全線、交差点部、勾配部、長岡大橋の散布を路面状況や気温、天候に応じて使い分ける。
- 山間部に関しては、行き帰りとも5m幅散布と、行き5m幅帰り3m幅の2種類のパターンがある。
- 通常期は、20～30g/m<sup>2</sup>の散布であるが、春先になってそれほど気温が下がらず降雪も少ない場合には15g/m<sup>2</sup>の散布が基本となるので、このパターンも作成する必要がある。
- 実際の運用においては、上記観点を考慮して、事前に18パターンを作成し、その後運用時の現地対応で5パターンを追加して運用を行っている。

### c) 散布計画と気象状況

○散布計画パターンは、気象状況に関係があり、これらについて整理した。

○整理に際しては、散布計画パターンは多岐に亘ることから、以下のタイプに分類した。

表 5-5 散布計画パターンの分類

散布パターンの分類	該当パターン
全線散布	<a href="#">都市部消雪パイプ稼働+山間部行き5m帰り3m</a>
	<a href="#">15撒き全線</a>
都市部交差点+勾配部+長岡大橋+山間部	<a href="#">15撒き交差点・勾配部・大橋+山間部</a>
	<a href="#">通常交差点 勾配 大橋+山間地</a>
都市部交差点+長岡大橋+山間部	<a href="#">都市部交差点と長岡大橋+山間部行き5m帰り3m</a>
	<a href="#">都市部交差点と長岡大橋+山間部行き5m帰り3m(15撒き)</a>
	<a href="#">都市部交差点と長岡大橋+山間部行き5m帰り5m(15撒き)</a>
長岡大橋+山間部	<a href="#">長岡大橋+山間部</a>
長岡大橋のみ	<a href="#">都市部長岡大橋のみ</a>
散布なし	散布なし

※実際に使用されたパターンのみ整理

表 5-6 散布パターンと気象状況一覧

散布パターンの分類	回数	天候			路面状態				気温			
		晴	曇	雪	乾燥	濡れ	ザク レ	シャーベット	0℃越え	0℃以下 -1度越え	-1℃以下 -2℃越え	-2℃以下
									0	1	2	
全線散布	6	0	4	2	1	4	0	1	3	1	1	1
都市部交差点+ 勾配部+長岡大橋 +山間部	6	1	3	2	2	2	2	0	2	1	1	2
都市部交差点+ 長岡大橋+山間部	5	3	0	2	2	3	0	0	3	0	2	
長岡大橋+山間 部	2	1	0	1	1	0	1	0	0	2	0	0
長岡大橋のみ	1	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0
散布なし	2	2	0	0	1	1		0	1	0	0	1
合計	22	7	8	7	8	10	3	1	9	5	4	4

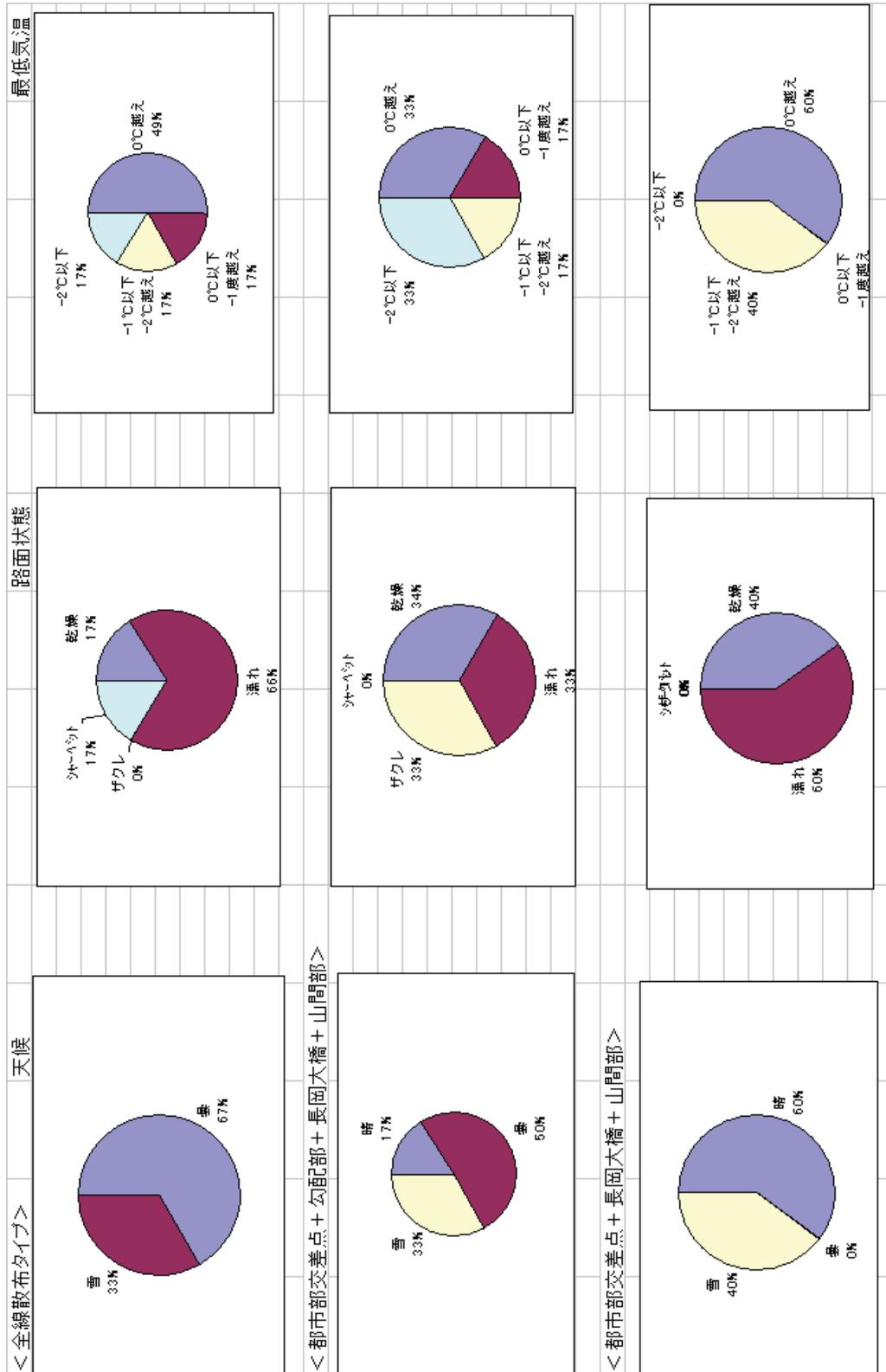


図 5-15 散布パターンと気象状況 (その1)

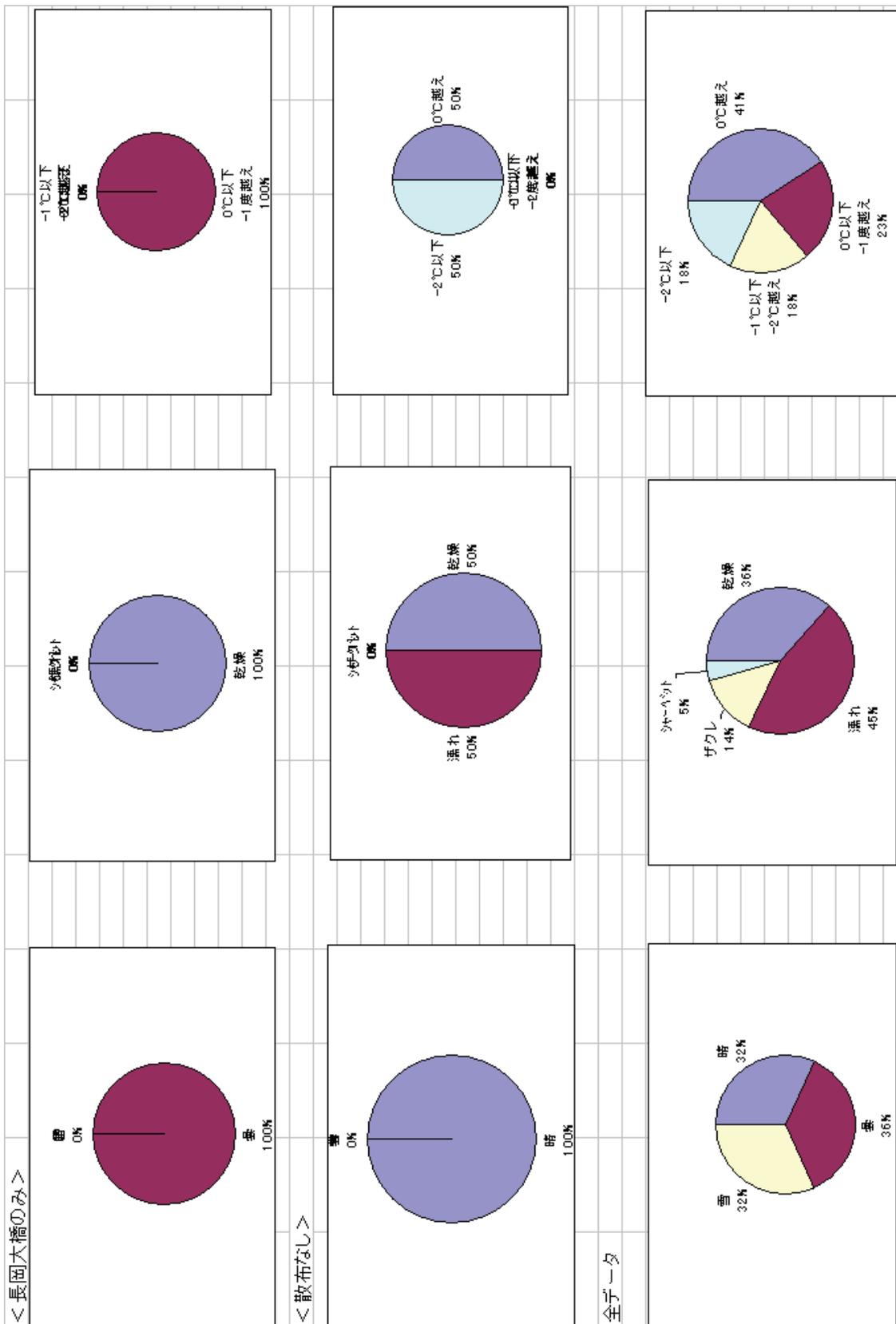


図 5-16 散布パターンと気象状況 (その2)

#### d) 散布パターンの選定理由の考察

##### ■ 全線散布

○グラフより、路面状態が濡れ、ザクレであり、比較的低温の場合に選定されている傾向がある。

##### ■ 都市部交差点＋勾配部＋長岡大橋＋山間部

○グラフより、気象状況と明確な関係は、見られない。

○強いてあげれば、比較的気温が低く、路面状態が乾燥の場合に使用されている傾向がある。

○気象状況との明確な関係があまり見られないということは、散布の基本パターンであり、現地の状況が見えない場合に使用する無難なパターンである可能性も考えられる。

##### ■ 都市部交差点＋長岡大橋＋山間部

○グラフより、路面状態が濡れており、比較的気温が高い場合に使用されている傾向がある。

##### ■ 長岡大橋＋山間部、長岡大橋のみ

○都市部の気温が比較的高く、山間部の気温が低い場合に使用されている傾向がある。

#### e) 散布量に関する考察

○散布量に関しては、基本的に運用時期は春先（2/23以降）であったので  $15\text{g}/\text{m}^2$  が基本であったが、降雪時に路面に雪があった場合や気温が低い場合には  $20\sim 30\text{g}/\text{m}^2$  のパターンも使用されている場合もあった。（2/27,3/2,3/3）

#### (6) 手動散布への切り替え理由の分析

手動散布の状況を表5に示す。

手動散布の使用理由は、次のように考えられる。

○山間部において、散布なしで行った場合に現地の状況を見て、手動で散布を実施（2回）。

○山間部において、 $15\text{g}/\text{m}^2$ で散布予定であったが、現地状況により散布量を増量（3回）。

○都市部において、未散布予定であったが、現地状況により散布（1回）。

○自動散布を使用せず、全て手動散布（1回）。ただし、理由は不明。

○都市部、山間部を散布後、ステーションから都市部に向かって2回目の散布を実施（7回）。理由は不明であるが、恐らく薬剤が余ったためステーション周辺で2回目の散布を行ったものと考えられる。



## 6. まとめ

### 6.1. 本業務で実施した内容

本業務では、「ハイブリッド型位置特定に関する技術資料」を応用し、凍結防止剤散布作業の効率化に向けて、以下に示す項目について検討整理した。

- 凍結防止剤散布作業支援システムの開発
- 現地実証試験

#### (1) 凍結防止剤散布作業支援システムの開発

凍結防止剤散布作業支援システムの要件定義を検討した上で、以下に示すものを製作した。

- 操作支援システム
- 計画支援システム
- 巡回支援システム

#### (2) 現地実証試験

凍結防止剤散布車へのシステム機器の取り付けを行い、北陸地方整備局 長岡国道事務所 長岡国道維持出張所 国道 8 号（宮本工区）において、現地試験を実施し、実道でのシステムの性能を評価した。

### 6.2. 今後の課題

本業務の検討成果を踏まえ、今後においては、次に示す課題に取り組む必要がある。

#### (1) 凍結防止剤散布作業支援システムの実導入技術サポート

- 現場において、凍結防止剤散布作業支援システムを導入する際、技術的な側面でのサポートを行う必要がある。

#### (2) システム蓄積データを活用した効率的な凍結防止剤散布作業

- 凍結防止剤散布作業支援システムでは、散布履歴や道路巡回日誌で収集した気象データを蓄積する。実導入した事務所においては、これらのデータの他、道路交通データや各種気象データを活用し、凍結防止剤散布作業の評価や作業改善内容の把握を行い、凍結防止剤散布作業の効率化に努める必要がある。

## 執筆者一覧

### 執筆者

国土技術政策総合研究所 高度情報化研究センター 情報基盤研究室

研究官 田中洋一

研究官 関本義秀

室長 金澤文彦

元研究官 都鳥健一（現 国土交通省東北地方整備局山形河川国道事務所  
新庄国道維持出張所 機械係長）

元室長 上坂克巳（現 国土交通省中国地方整備局広島国道事務所長）

元室長 奥谷 正（現 国土技術政策総合研究所道路研究部道路研究室長）

---

国土技術政策総合研究所資料

TECHNICAL NOTE of N I L I M

No. 342

October 2006

編集・発行 ©国土技術政策総合研究所

---

本資料の転載・複写の問い合わせは

〒305-0804 茨城県つくば市旭1番地

企画部研究評価・推進課 TEL 029-864-2675