

39. 凍結防止剤散布の自動化技術の開発

建設省東北技術事務所：菊地 幹雄，*落合 信孝

1. 開発の目的

冬期における道路交通の確保のため、道路除雪と路面凍結防止対策を実施しているが、特にスパイクレス化と共にその重要性が増しており、年々散布量及び除雪費用の増大も問題となってきている。

東北地方の冬の気象の特徴として、冬日日数が長く、かつ豪雪地域から少雪地域及び橋梁部、日陰部までと同一路線でも種々様々な路面状況が存在する。その状況に応じて、熟練オペレータの経験と判断により散布作業を行い、各路面状況に対して均一で経済的な散布を実施することは非常に困難である。オペレータの違いによっては散布判断も異なり、作業中の苦渋性も大きいものとなっている。また、オペレータの高年齢化に伴う熟練運転員不足から、散布作業のワンマン化、簡略化も望まれてきている。

このような背景の中、オペレータに左右されない、均一で経済的な散布の確立のため凍結防止剤散布の自動化技術の開発を検討するものである。また、本自動化が開発されると次の効果が期待される。

- ① 防滑作業における適正散布の実現（散布量・除雪費用の節減）
- ② 一定質・高レベルな冬期道路管理の実現
- ③ 凍結防止剤散布の単純化（ワンマン化・熟練運転員不足への対応）

2. 開発の全体計画

本開発は、平成7年度から平成9年度の予定で図-1に示す開発フローにより実施するものである。

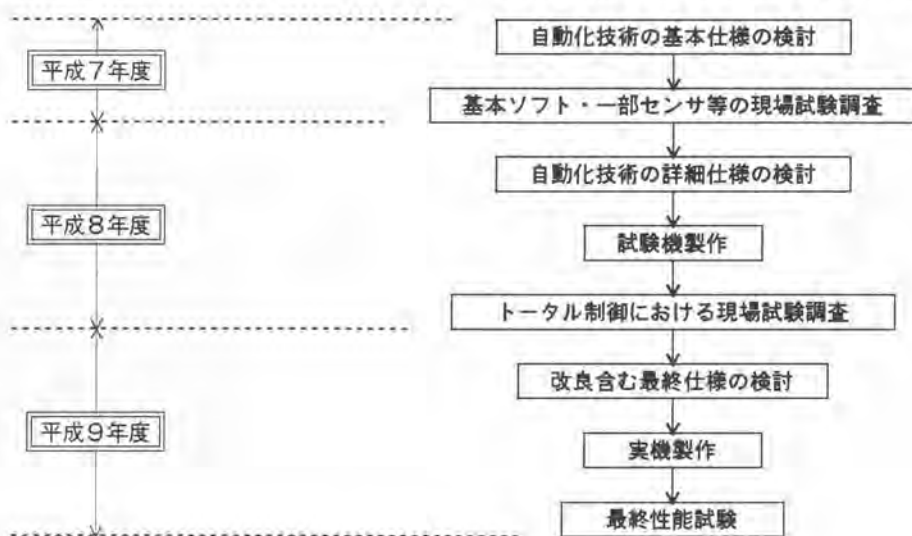


図-1 開発全体フロー

3. 検討概要

3. 1 基本仕様の検討

散布作業の現場として、事前散布と降雪中散布を行うときの散布区間は散布作業時期になる前に、事前に現場の調査（道路パトロール）を行ったり、過去の作業データを調べることであらかじめ散布が必要と思われる区間を決め散布作業を行っている。しかし再凍結防止散布と滑面除去散布については、あらかじめ決められた散布作業予定区間以外の現場も、その時の路面状態に応じて散布を行っている。

以上のことから、散布作業の自動化を進めるにあたって表-1の機能が必要となる。

表-1 自動化に必要な機能一覧表

必要機能	機能の内容
あらかじめ決められた散布区間の位置データを記憶しておくメモリ機能	散布区間の位置情報の他にその区間における散布密度、散布幅等の散布に関する情報を記憶しておく。(メモリカード)
車両走行時に現在位置を常時検知できる走行測位機能	散布車の現在位置の緯度、経度を検知する。
車両走行時に路面状態を判別できる路面判別機能	乾燥・湿潤・新雪・圧雪・氷膜・氷板の路面状況を、走行しながら瞬時に判別する。
トータル制御	上記の機能を総括し、一連の制御を行う制御器の開発をする。

次に、これらのシステムの流れを図-2に示す。

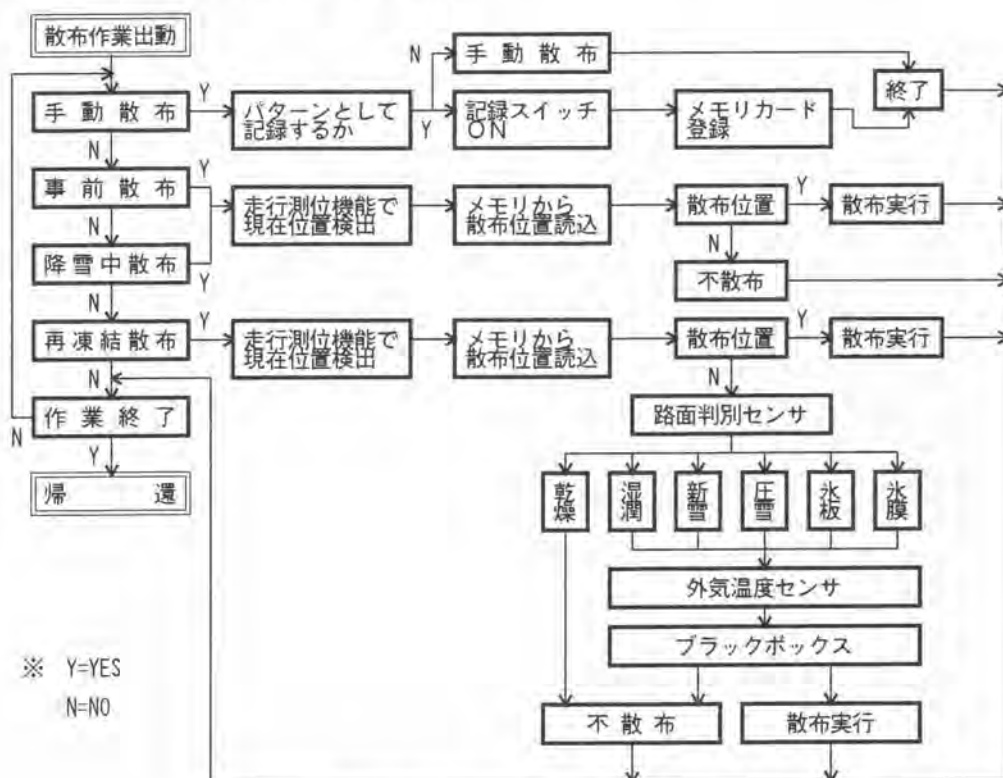


図-2 システム全体フロー

3. 2 検討項目

3. 2. 1 道路状況パターン

道路状況パターンの位置データ及び散布密度、散布幅等の各散布データを保存するメモリ機能には次の条件が必要となる。

- 1) パソコン等で入力、編集が可能であること。
- 2) 制御器に装着しティーチング方式によりデータ入力が可能であること。
- 3) 車載の際、振動等による物理的な問題が起りにくいこと。
- 4) 記憶容量が十分なこと。

橋梁、日陰、トンネル等の各道路状況パターンの情報は、最終的には散布区間又は、散布解除区間の情報として大別される。また、作業区間全体は散布区間と散布解除区間が連続している状態と考えられる。従ってメモリカードに登録するデータは散布区間、散布解除区間を各ステップと考え連続した番号を付けることによって表すことになる。また各ステップ毎に車両の散布作業状態のデータ（車両位置データ、設定散布密度、設定湿式割合等）を1グループにまとめて一緒に登録する。各グループ毎のデータは各道路状況パターン区間を、車両が走行した時に通過する順番に並べることにした。

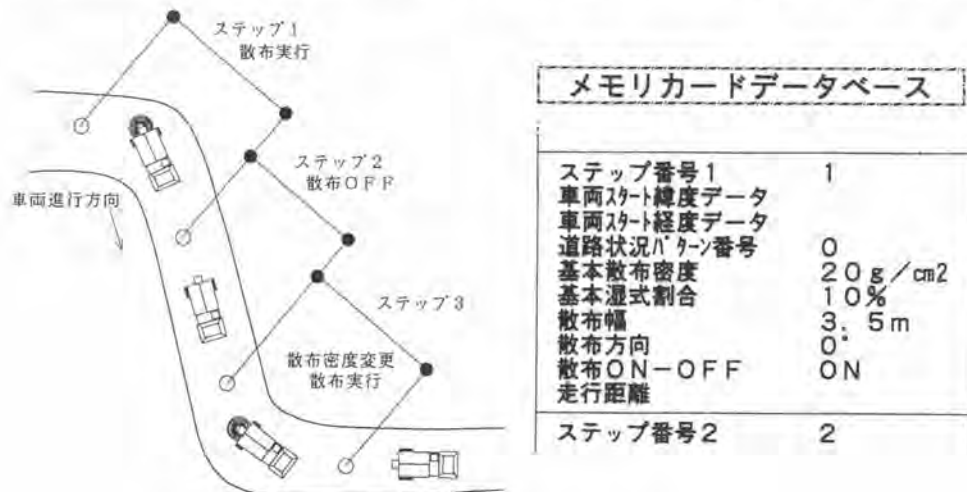


図-3 道路状況パターンと散布作業

3. 2. 2 走行測位システム

走行測位システムは散布区間、散布解除区間、又は橋梁、日陰、トンネル等の道路状況を含めた道路状況パターンの位置を検知するために使用する。各道路状況パターンの位置を検知する方法は、あらかじめメモリ機能に各道路状況パターンの位置情報を用意しておき、車両走行中に位置検出センサから得られる位置情報と、照らし合わせることで行なう。自車位置検出方法の候補として走行パルスによる方法とGPSが考えられるが、実作業中に作業を中断し、逆方向に戻りながら作業を行なう等の途中変更がある場合を考えると、走行中の車両の絶対位置検出が必要不可欠になる。従って位置検出センサはGPSをメインに考え、市販のカーナビゲーションシステムを用いることにした。



- GPSアンテナ
- ユニット本体
- ディスプレー
- ジャイロユニット
- CD-ROM (地図データ等)

写真-1 GPSシステム

3. 2. 3 路面状況判別センサ技術の検討

1) 路面判別センサ

路面状態を乾燥・湿潤・新雪・圧雪・ICE1（圧雪の凍結状態）・ICE2（ブラックアイス）の6種類に類別し検出するセンサを使用する。非接触型であり、パソコンのRS232Cを使用し外部にデータを出力できる。また、路面判別以外に速度、走行距離も検出できる。判別可能な対応速度は、5～120km/hである。

2) 路面判別アシストセンサ

非接触温度センサを使用し、路面温度を検知することによって路面判別センサの路面状態判断の補助をする。



写真-2 路面判別センサ



写真-3 非接触温度センサ

4. 現場確認試験

4. 1 試験概要

走行測位システムの性能試験・路面状況判別センサの性能試験・非接触温度センサの性能試験・トータル制御システムの確認試験を表-2のとおり実施した。

- 試験場所：岩手県盛岡市雫石町 国道46号地内
- 試験期間：平成8年2月20日～23日

表-2 試験概要

試験項目	走行測位システム	試験区間十数kmの中で、橋及び跨線橋（1～3km）を目印に利用し散布区間、散布解除区間を決めティーチング方式でメモリカードにパターン記憶した。その後スタート位置より走行し、データレコーダに記録し、ずれ量を計測した。（上り・下り 2パターン実施）
	路面状況判別センサ	乾燥、湿潤、新雪、圧雪、氷板、氷膜それぞれの路面状態で試験区間を30～40m設定し、試験車両を走行しながら検知した判別結果の正誤割合を調査した。
	非接触温度センサ	非接触温度センサを装着した試験車両を走行させ、別に計測した各位置での路面温度と非接触温度センサから取込んだ、路面温度データ値を比較調査した。
	トータル制御システム	試験車両走行中に散布区間をGPSによって検知し、自動散布する作動の確認試験を行った。散布区間のデータは1度手動散布を行いティーチング方式により、散布区間の開始位置と終了位置の経度・緯度データをメモリカードに登録した。再び試験区間を走行し自動散布を行い、ずれ量を計測した。

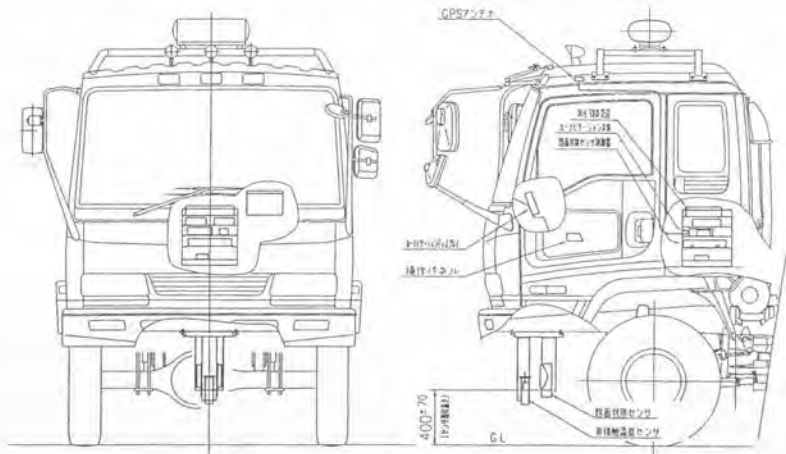


図-4 各種センサ取付位置



写真-4 路面判別センサ・路面温度センサ



写真-5 制御器ユニット等

4. 2 試験結果

各試験結果の要約を表-3に示す。

表-3 試験結果

試 験 項 目	走行測位システム	パターン1 平均ずれ量 2.0m 最大ずれ量 5.1m パターン2 平均ずれ量 7.1m 最大ずれ量 26.6m
	路面状況判別センサ	路面判別一致率：乾燥=5% 湿潤=94% 新雪=21% 圧雪=17% 湿潤路面以外については、総じて信頼できる判別結果にはならなかった。今回は非接触温度センサからの温度データを、判定結果の補助として利用していないため、温度データを取込んだ結果にするべと思われる。また、車両走行速度及びセンサ設置高さによる影響は、ほとんど無いという結果であった。
	非接触温度センサ	接触型温度計：非接触型温度計=+側最大0.4°C -側最大0.6°C 車両走行速度による影響もなく、充分実用可能な誤差レベルであり路面判別センサのアシストセンサとして利用できる結果であった。
	トータル制御システム	走行速度20km/h 最小ずれ量 1.2m 最大ずれ量 78.0m 平均 26.5m 走行速度40km/h 最小ずれ量 11.1m 最大ずれ量208.9m 平均 71.8m GPSが行う車両進行方向の検知は、ジャイロユニットから送信する信号を使用して演算している。試験区間走行中に交差点等があり進行方向が変わるとき、その変化の度合いが大きくなるほど、GPSの進行方向検知の処理に時間がかかり追従性が悪くなる。この時に車両速度が速いとGPSで演算処理した車両位置と実際の位置とでは、大きく差がでる結果となった。

5. 問題点等今後の課題

今回実施した走行測位システム・路面状況判別センサ・非接触温度センサの3要素技術の試験で、実用レベルの結果が得られたのが、非接触温度センサのみという結果であった。走行測位システムにおいてはジャイロユニットの追従性の悪さが、精度に大きく影響しているため、今後の十分な検討が必要であり、仮に数十mのずれ量でも一定の範囲の誤差にまともれば、ソフトにおいてその分を見越したプログラムにすることで、対応したいと考えている。路面状況判別センサについては、非接触温度センサを補助としての判別試験等を実施し、実用化に向けて更なる検討を続けるものである。

最終的には、均一で経済的な散布の確立・散布作業の省人化・開発機の低コスト化を実現するため、開発を進めるものである。