

事例ベース推論を用いた凍結防止剤散布支援システム

池田 芳紀[†] 仲谷 善雄[‡]立命館大学 情報理工学部[¶]

1. はじめに

これまで、雪氷作業における路面への凍結防止剤散布の可否などは自治体の散布計画や現場作業員、作業指示者の豊富な経験則に基づく人的判断に頼ってきたが、熟練の指示担当者はその多くが定年による急速な世代交代を迫られている。後任者である未熟練者は、効率やサービスの水準を落とすことなく今後の事態にも対応しなければならないが、その支援のために道路上に路温センサを設置して路面状態を予測することは自治体の財政上困難である。本研究は、市街地の凍結防止剤散布指示業務を対象として、過去の散布事例に基づいて新たな散布作業に関する未熟練指示担当者の意思決定支援を図る事例ベース型システムを提案するものである。

2. 研究の背景

本研究の調査のため、2006 年 5 月に札幌市建設局雪対策室、同 9 月に国土交通省滋賀国道事務所に対しヒアリング調査を実施した。要約したものを以下に列挙する。

- ・ 凍結防止剤は主に塩化ナトリウムなどの塩化物で、道路への散布により氷点降下を狙う。ただし、気温が -10°C を下回ると効果が出にくい。
- ・ 散布後 1～3 時間後に効果が出始め、凍結前の散布に効果を発揮する。凍結後の散布は効果が薄い。
- ・ 散布は通勤・通学の時間帯に合わせて行うが、明確な散布基準はなく、気温や天候から人の勘による判断で決定される。
- ・ 始めに大まかな計画を立てた上で現場に向かい、最終的な散布判断は現場で行う。

以上は両者に共通する見解であった。さらに、札幌市では広大な市街地から来る費用と時間の問題、滋賀国道事務所では普段雪の降らない箇所での散布車両不足の問題が聞かれた。

凍結防止剤の散布は国道や大都市に限った話ではなく、交通事故防止の観点から小規模な自治体でも行っている。こうした散布は保険的な意味合いも込めて過剰に散布されることもあり、効率化が求められている。

また、最も効果の上がる凍結の 1～3 時間前での散布を実際に実施するには同時に複数箇所でも散布できる体制が望ましい。しかし、自治体の財政の厳しさを考えると頻繁な散布や 1 台 2500 万円の散布車両の購入は困難であると考えられる。

こうした散布の計画は熟練の指示担当者によってある程度の効率が保たれてきたが、担当者の高齢化と新人育成の難しさによってサービスレベルの低下が懸念されている。



図 1：散布作業の様子

3. 研究動向

2 項で挙げた問題を解決する手段として、東北や北陸、北海道の国土交通省や開発局で散布計画支援や散布自体の自動化などの研究がなされている。そのいくつかは実際に試験で効果を上げており、一部で実用化への動きもある。

しかしこれらの研究の多くは高価なセンサや路側マーカーなどを駆使したものであるため、高コスト体質となりがちであり、財政的な問題を抱える地方自治体では導入が難しい。

また、対象が国道などの特定道路に特化した仕組みのため、局地的な精度は出るものの汎用性に乏しい。そのため他地域への転用が効きにくく、管理範囲の広い市街地での運用は難しい。

4. 提案方針

既存の研究では道路に新たなセンサを設置するなどの初期投資を必要とするものが大半のため、この仕組みをそのまま市道などに導入するのは現実的でない。そこで、本研究では既存の気象センサなどを用いるなど極力新規のデバイス設置をしない形での指示支援システム実現を目指す。気象センサ類の数が大幅に減少することになるため推論精度の低下が予想されるが、過去の散布事例を分析・利用することでそれを補うこととする。

5. 提案内容

過去の事例を参考にして今後の散布計画案を作るため、事例ベース推論を用いることとした。事例ベース推論（Case-Based Reasoning：CBR）は、元々は判例を探し出すことで、現在直面している裁判の解決策を探る手段として 1980 年代に J.Kolodner らの Roger Schank グループによって開発されたものである。蓄積された過去の経験事例を検索、修正・再利用することで現在直面している問題を解決することの特徴としている。そのため、柔軟な類似検索機能を持ち、探索キーワードと完全に一致した事例がない場合にも、類似の事例を探索できるという点で、ルールベース推論やモデルベース推論とは異なる。現在の問題に対する解法は、解決の手順や評価、反省材料と共に新たな事例として登録することで更に蓄積されていく。事例の数が増えるほど推論の精度が高まり、失敗事例を参考にすることで失敗の回避も期待することが出来る。また、既存の事例を利用して新たな事例を作成するので提案内容をパターン化しやすいという特徴を持つ。

また、自治体の予算割合の中の大部分を占める除雪作業でなく凍結防止剤の散布を選んだ理由として、凍結前の散布を要する凍結防止剤散布は積雪後の判断で良い除雪に比べて予測の重要性が高い点、および事例の評価が比較的容易な点がある。さらに、作業の全体的な統計は電子データで保存されていることが多いが、個別の作業履歴の記録は紙媒体での保存である場合がほとんどである。元来記録用でそれを使った分析をするようには作られていないフォーマットのため、過去の事例を使用した研究などが過去にあったとは考えにくい。

実際の散布報告では散布箇所、散布した凍結防止剤の種類、散布量などが記録されている。これを参考に、気温や風速、降雪などの気象条件と車両通行量などと合わせて散布判断を行う。要散布と判断した場合は地図上に要散布箇所とその方法を強調表示することで実際の指示担当者に提案を行う。低コスト化の実現の一環として、地図表示には Google Maps、サーバやデータベースも Tomcat や PostgreSQL など全てフリーウェアを用いることとした。

システム概要と画面例を図 2 に示す。気象センサから得られた気温や湿度、風向などの天候情報と積雪などの道路状況を基に、現在の状況と近似の事例を探し出す。それを線形補完することで現在の状況に最適化した上で指示担当者に散布指示案を提示する。担当者はこの提示案を参考に散布プランを作成し（あくまで最終決定者は人間）、実際の散布作業へと移る。現在の散布は新たな事例として登録され、次回以降の散布へと役立てられることとなる。

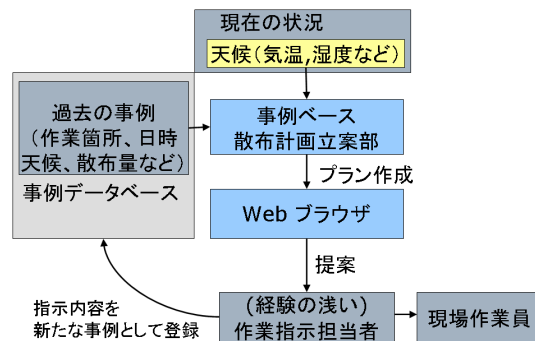


図 2：システム概要

作業提案時の画面例を図 3 に示す。要散布と判断した箇所の地図上にマーカーを表示し、提案内容と直近の散布内容を表示する。担当者は提案を受けて実際に散布をするかの判断をする。Web ブラウザ上に実装し、データ処理は全てサーバ上で行うため、現場にはインターネットに繋がった PC さえあればよい。

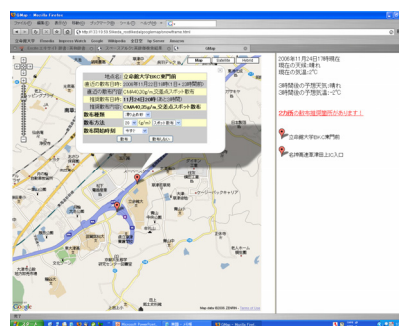


図 3：システム画面例

6. 現状と展望

現状調査は札幌市で実施したものの、札幌市から散布事例を入手できなかった。しかし、北海道苫小牧市から事例情報の提供を受けることが出来たため、これを解析することで具体的なアルゴリズム作成に取り組む予定である。大量のセンサ類を用いた既存の研究での推論精度（熟練の指示担当者との意見一致）が約 7 割なので、当面はその精度を目指す。

また、水分が凍結になってからでは遅いので散布作業は時間との勝負になる。広大な市街地を少ない散布車両で短時間のうちに廻るにはその都度のルートの最適化が必要となる。要散布の判断だけではなく散布ルートの提示も行うことで、より効率的な散布手法の提案を行いたい。

文献

- [1] 日本建設機械化協会, “除雪・防雪ハンドブック(除雪編)”, pp192-215, (社)雪センター, 2004.
- [2] 藤崎太一, 武藤正広, 長澤輝, “凍結防止剤散布の効率化に関する研究”, ”第 17 回ふゆトピア研究発表会 2005.