

アニーリングマシンによる除排雪最適化システムの開発 —冬道データを活用した凍結路面对策手法の提案—

1. 背景

日本は世界的に見ても降雪量の多い国であり、国土の約半分を占める豪雪地帯には多くの都市が位置している。こうした都市での生活や経済活動にとって、除排雪は欠かせない存在である。除排雪は、雪を取り除く「除雪」、雪を郊外の堆積場まで運ぶ「排雪」、路面への砂や凍結防止剤の「散布」という、大きく三つの作業に分けられる。豪雪地帯では除排雪に関連した社会問題は多く存在するが、本プロジェクトでは「散布」に関連する、冬期の自己転倒や車のスリップ事故が毎年多く発生しているという問題に注目した。

2. 目的

豪雪地帯の都市では凍結防止剤の散布をすることで路面のスリップを防止しているが、より良い散布を行って事故を減らすためには、事故が起きる可能性が高い地点を事前に把握する必要がある。こうした地点の多くはその地域に暮らす市民が把握しているが、現状では行政が市民から冬道の情報を効率的に得るための手段がない。また、事故などのデータを上手く活用した除排雪作業の例自体も少ない。こうした状況を変えるべく、本プロジェクトでは市民間や市民・行政間で共有された路面情報を生かした、効率の良い除排雪が行える環境づくりを目指した。そのような環境づくりを通して、豪雪地帯の人々の生活の質を向上させていくことが最終的な目標である。

3. ソフトウェア開発内容

本プロジェクトでは凍結防止剤の散布経路最適化とモバイルアプリケーション「Kotan」(図1)の開発を行った。Kotan は北海道の市民が冬道の危険な地点を共有するためのモバイルアプリケーションである。



図1 モバイルアプリケーション「Kotan」

3.1 散布経路最適化

札幌市の中心部を対象に凍結防止剤の散布経路最適化を行った。通常の札幌市の散布は区ごとで分担して行われているが、本プロジェクトでは、札幌市の中心部のうち複数の区にまたがる地域について、区ごとの分担をせずに、過去に事故が起きた地点や滑りやすく危険な地点のみを重点的に対策することを想定した散布経路を考えた。ここで、過去に事故が起きた地点や滑りやすく危険な地点を、まとめてホットスポットと呼ぶことにする。ホット

スポットのサンプルとして、警察庁で公開されている 2019 年 1 月に発生した事故のオープンデータを利用した。実際の最適化計算には、株式会社フィックスターズ提供のフレームワーク「Amplify」を利用して、Python によるコーディングを行った。また、アニーリングマシンには「Amplify Annealing Engine」を利用した。以下、最適化計算の詳細を述べる。

散布経路最適化は、散布車両の総移動距離を短くするという目的と、散布車両が訪れた地点の重要度の合計を大きくするという目的の二つの目的がある。すなわち、総移動距離と重みの二種類の目的関数があり、多目的最適化問題に分類される。

対象とした地域は、北緯 43.053 度から 43.07 度、東経 141.325 度から 141.38 度の地点である。この領域に注目した理由は、札幌駅や繁華街のすすきのエリアを含んでおり、人通りや交通量が多く事故が発生しやすく、かつ、複数の区にまたがる地域であるためである。この領域にある 2019 年 1 月のホットスポット(事故が起きた地点)の 35 地点から 20 地点を巡回するとし、また、各地点の重み w を $5 \leq w \leq 30$ の範囲で人為的に設定した上で経路最適化を行った。ホットスポットが大量にある場合、散布時間の制約などから、全てのホットスポットを巡回することはできず地点を絞って散布する必要が生じる。そのような状況にも対応可能にするため、限られたホットスポットのみ散布する状況を検討した。

図2に実際の経路の多目的最適化結果を示す。訪問した地点の重みを散布車両の走行距離で割った値を、ここでは「効率」と呼ぶことにし、これを散布経路の良さを表す指標として採用した。各円の大きさは重みの大きさを示し、赤い円が経路の中で訪れた地点を表している。また、図2の右中央部のピンは散布車両の実際の車庫を表している。これに加え、貪欲法といった手法でも最適化を行ったり、重みの大きい上位 20 地点での巡回セールスマン問題に問題を置き換えたりして、各効率について比較検討を行ったが、現状では多目的最適化が一番効率の良い経路を得ることが見出された。

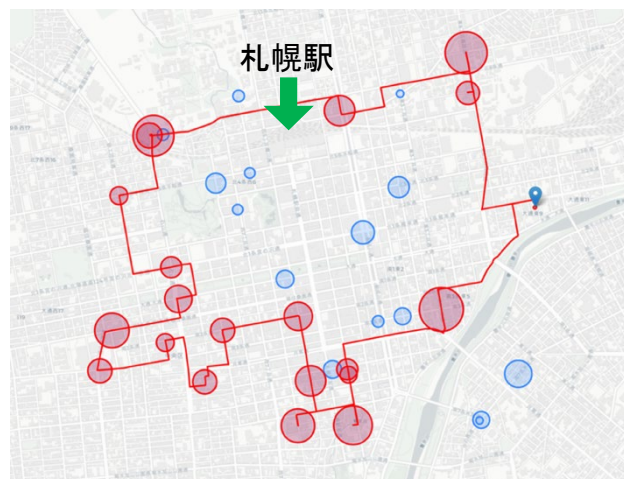


図2 距離と重みによる多目的最適化。円は 2019 年 1 月に事故が起きた地点(ホットスポット)を表す。円の大きさは重みの大きさを表し、赤い円が訪れた地点である。また右中央部のピンは散布車両の車庫の実際の位置を表す。

3.2 モバイルアプリケーションの開発

散布経路最適化において「重み」を適切に設定するためには、事故の起きた地点に加え

て、市民が知っている滑りやすく危険な地点の情報収集が必要不可欠である。しかし、現状では市民がホットスポットの情報を発信・共有するためのサービスがないため、Kotan の開発を行うことになった。

Kotan では大きく二つの機能を提供している。一つ目は、前年に北海道で起きた全ての人身事故の地点をプロットした地図である。これには警察庁で公開しているオープンデータ(2019 年分)を利用した。各月ごと、北海道内の5つのエリアに分けて表示をしている。図3に事故のマップと事故の詳細情報の画面を示す。

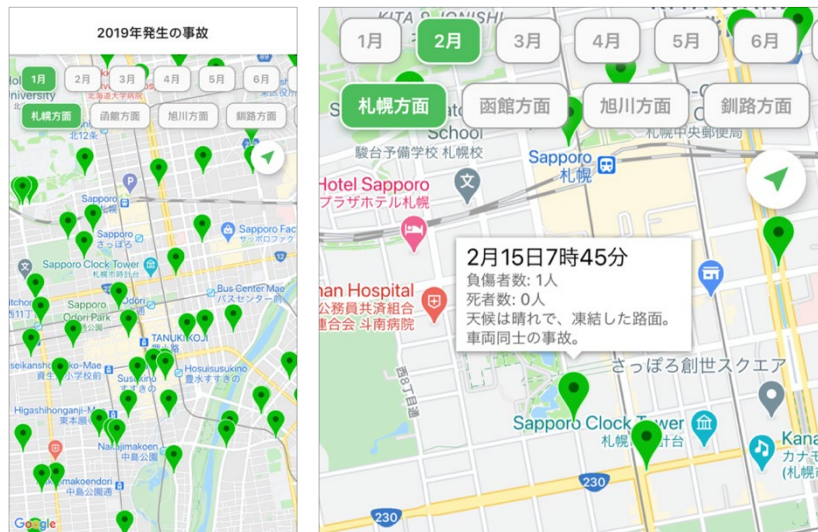


図3 2019年の事故データマップ

二つ目は、市民が日常生活の中で転んだ・危険だと感じた地点をシェアする機能である。ホットスポットは事故が起きた地点と、今後事故が起きそうな危険な地点の二種類に分けられる。先に述べた通り、事故が起きた地点はオープンデータから取得可能であるが、今後事故が起きそうな危険な地点は市民から直接集める必要がある。市民に対してそのような発信の場を提供し、ホットスポットに関する「集合知」を街全体で作っていくことが Kotan の主たる目的である。実際にシェアされたスポットのマップとスポットの例を図4に示す。



図4 実際に市民によってシェアされた情報

4. 新規性・優位性

本プロジェクトでは、過去に実際に起きた事故データを元に凍結防止剤の散布経路最適化を行った。除排雪の作業現場では、デジタル技術を用いた方針決定はまだ一般的ではなく、最適化計算にアニーリングマシンを用いたという点においても新たな試みであった。実際の除排雪は天候や道幅、交通量などの条件を考慮する必要がある高度な作業である。今後、そのような除排雪の様々な要素を考慮に入れて最適化問題を解く場合でも、アニーリングマシンはコスト関数や制約などを自由にカスタマイズして計算ができるため、問題の複雑さに耐える柔軟な開発環境であると考えている。

また、「ハインリッヒの法則」によると、実際に起きた事故の数に対して約 10 倍のヒヤリハットが存在していると考えられている。しかし、どこにどのようなヒヤリハットが潜んでいるかを簡単に知ることは難しい。これはヒヤリハットの情報を集めるようなサービスが存在しないためである。Kotan のような路面の危険度に関する情報プラットフォームは現状だと他にはなく、新しいコンセプトのサービスとなっている。

5. 期待されるユーザー価値と社会へのインパクト

凍結路面对策を含む一般的な除排雪作業は、市民の生活を維持するためであるのと同時に、安全な路面環境を維持し事故を防ぐ目的で行われている。過去に事故が起きた地点には何かしらの要因があり、また同じ場所で事故が起きる可能性は高い。今回行った散布経路最適化の結果を実際に現場で活用できれば、事故の再発防止に一定程度の効果が期待できるのではないかと考えている。

また、事故をさらに減らすという点では、ヒヤリハットを市民や行政がしっかりと把握することは必要不可欠である。これは「ハインリッヒの法則」からも分かるように、ヒヤリハットの数には実際に事故が起きた地点の数より圧倒的に多いためである。市民にヒヤリハットの情報を発信する場を提供し、冬の路面に関する「集合知」を街全体で作っていくことで、「集合知」を生かした除排雪作業の見直しや市民一人一人の危機意識の向上など、社会に様々な新しい価値を生むことになると考えている。

6. 氏名（所属）

北村 友(北海道大学)

(参考) 関連 URL

・ Kotan iOS 版

<https://apps.apple.com/jp/app/kotan/id1543674754>

・ Kotan Android 版

<https://play.google.com/store/apps/details?id=com.kotan.kotan>

・「HOKKAIDO LIKERS」による記事

<https://hokkaidolikers.com/?p=33786&preview=1&ppp=8406d08002>