

選択的観測領域における雪片検出に基づく降雪レベル推定 Snowfall Level Estimation based on Snowflakes Detection in Selective Observation Area

和田 直史[†]
Naofumi Wada

松崎 博季[†]
Hiroki Matsuzaki

真田 博文[†]
Hirofumi Sanada

1. はじめに

北海道においては、中心都市の札幌をはじめ、多くの自治体で多額の雪対策費が財政を圧迫する問題が起きている。平成 30 年度の札幌市の雪対策費は約 215 億円であり、その約 8 割を道路除雪費が占めている [1]。道路除雪費の内訳をみると、運搬排雪費が最も多く、除排雪の効率化が一つの課題となっている。一般的に、除雪車による除排雪を行う地域やタイミングは、作業員が天気予報や目視により降雪状況を確認し、出動の判断を行っている。しかしながら、地域による積雪量・降雪量の違いを正確に把握し、除排雪が本当に必要な地域へピンポイントで除雪車を送ることは現状難しい。したがって、除排雪の効率化のためには、まず局所的な地域の降雪量をリアルタイムに把握し、その地域の適切な除雪タイミングを知る必要がある。

本研究では、降雪状況を知りたい地点に設置した定点観測カメラの映像から、画像処理によって降雪レベルを推定する手法について検討を行った。

2. センサを用いた降雪量の観測方法

気象庁の地域気象観測システムであるアメダスでは、図 1 のように、送受波器から雪面にレーザー光を当て、反射してくるまでの時間によって積雪深を計測し、一定時間の積雪深の差により降雪量を計測している [2]。これにより、cm 単位で降雪量を計測することが可能であるが、北海道内でも機器の設置数が少ないことや新たな設置には多額の費用がかかるという問題がある。また、設置可能な場所も限られるため、局地的な降雪量を正確に把握することは難しい。

一方、市販されているセンサとして、主にロードヒーティングの効率化を目的として用いられる降雪センサがある。降雪センサには水分検知型と赤外線検知型の 2 種類があり、いずれも降雪の有無や強度を検知可能である。しかしながら、降雪を検知できる範囲はセンサ周辺に限定され、範囲が広い地域の降雪状況を把握することは難しい。

3. 提案手法

本研究では、定点観測カメラの映像から降雪量を推定することを目的とする。ここでは、厳密な cm 単位の降雪量ではなく、除雪作業が必要か否かを判断するための指標となる“降雪レベル”を推定する。提案手法の流れを図 2 に示す。提案手法は大きく分けて step1~3 の 3 つの処理で構成される。以下、step1~3 の処理について詳しく述べる。

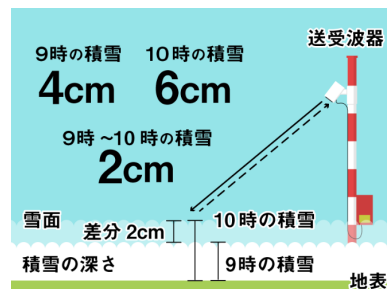


図 1: 積雪計による降雪量計測の概念図 [2]

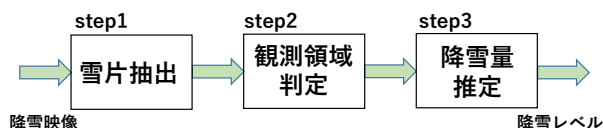


図 2: 提案手法の流れ

[step1] 雪片抽出

step1 ではまず、雪片抽出を行うために雪片のない背景画像を生成する。背景画像は降雪画像とのアルファブレンディングにより逐次更新される。時刻 t の降雪画像を I_t 、背景画像を I_t^B とすると、時刻 $t+1$ の背景画像 I_{t+1}^B は次式で表すことが出来る。

$$I_{t+1}^B = \alpha I_t^B + (1 - \alpha) I_t \quad (0 \leq \alpha \leq 1) \quad (1)$$

本手法では、入力映像の最初のフレームを背景画像の初期値とし、 α の値を 0.97 に設定した。これにより、動きが速い雪片が徐々に消え、一定時間が経過すると雪片のない背景画像が生成される。

次に、上記で生成した背景画像を用い、雪片画素を抽出する。 I_t と I_t^B の差分絶対値をとり、しきい値 th_m 以上となる画素を抽出する。また、雪片の彩度が低いという特徴を利用し、 I_t の彩度 (S_t) がしきい値 th_s 以下となる条件を加え、次式により二値化した雪片画像 M^S を生成する。

$$M^S = \begin{cases} 1 & (|I_t - I_t^B| \geq th_m \cap S_t \leq th_s) \\ 0 & otherwise \end{cases} \quad (2)$$

[step2] 観測領域判定

step2 では、観測領域の判定を行う。本来降雪は画面全体に一樣に観測されるが、曇り空や雪面など背景の輝度が高い領域では雪が視認できず、step1 の処理でも

[†]北海道科学大学 工学部 情報工学科

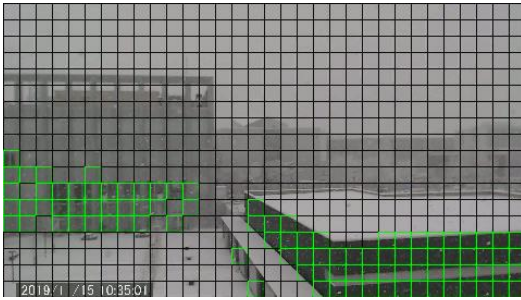


図 3: 降雪画像と観測領域



図 4: 背景画像

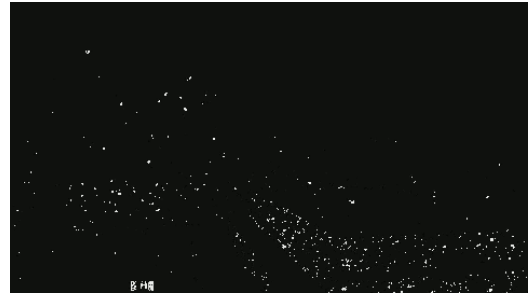


図 5: 雪片画像

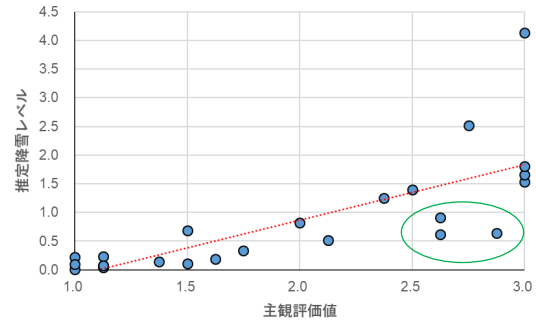


図 6: 主観評価値と推奨降雪レベルの関係

雪片として検出されない。そこで、提案手法では降雪レベルの推定に有効な領域、具体的には背景の輝度が低い領域を観測領域とする。ここでは、背景画像 I^B を幅 w 、高さ h の矩形ブロックに分割し、 n 番目のブロックを D_n としたとき、しきい値 th^o を用いた次式の条件を満たすブロックを観測領域とする。

$$\frac{\sum_{x,y \in D_n} I_t^B(x,y)}{(w \times h)} < th^o \quad (3)$$

[step3] 降雪量推定

step3 では、step2 で設定した観測領域における 1 画像あたりの雪片画素の割合によって推奨降雪レベルを次式により算出する。

$$Level = \frac{\sum_{(x,y,t) \in D^S} M^S(x,y,t)}{N \times w \times h \times T} \times 100 \quad (4)$$

ここで、 D^S は観測領域ブロックの集合であり、 N は観測領域のブロック数、 T は観測期間を決めるフレーム数である。

4. 評価実験

実際に建物 3 階の窓に設置した Web カメラで撮影した降雪映像を用いて降雪レベルの推定実験を行った。カメラは Logicool C922n を使用し、解像度は 1920×1080 画素、フレームレートは 30fps、オートフォーカスは無効とした。提案手法における各パラメータは、しきい値を $th_m = 20$, $th_s = 45$, $th_o = 100$ 、ブロックサイズは $w = h = 60$ 、観測期間は $T = 30$ とした。撮影した降雪画像と選択された観測領域の例を図 3 に示す。図中の緑で示したブロックが観測領域である。また、生成された背景画像を図 4、雪片画像を図 5 に示す。

本実験では 2019 年 11 月 15 日から 12 月 12 日の昼間に撮影した降雪レベルが異なる 24 シーンの映像、それぞれ約 10 秒間を用いて評価を行った。各映像ごとに被験者 8 名に 1 (少ない) ~ 3 (多い) の 3 段階で降雪量を評価してもらい、8 名の平均値をその映像の正解降雪レベルとした。各映像における主観評価値と提案手法による推奨降雪レベルの関係をプロットしたグラフを図 6 に示す。グラフより主観と推奨降雪レベルには正の相関が見られ、相関係数は 0.76 であった。しかしながら、グラフ中の丸で囲んだ点では主観よりも推奨値が低くなる傾向が見られた。これについては、猛吹雪によって画像コントラストが低下したことによる雪片の未検出が問題となっていると考えられる。

5. おわりに

本研究では、定点観測カメラの映像から画像処理によって降雪レベルを推定する手法について検討を行った。実際に撮影した降雪映像を用いた実験の結果、主観による評価値と正の相関があることを確認できた。一方で、雪以外の動物体の誤検出や猛吹雪状況下での雪片の未検出を低減し、推奨精度を向上させることが今後の課題である。

参考文献

- [1] 札幌市ホームページ, “雪対策費実績”, <https://www.city.sapporo.jp/kensetsu/yuki/jigyuu/budget.html>
- [2] ウェザーニュース, “降雪と積雪の違いとは”, <https://weathernews.jp/s/topics/201711/290155/>