

降雪視程障害時における道路監視用カメラを用いた降雪強度及び視程計測手法に関する基礎研究

北海道大学大学院工学研究科 井口学
関西大学システム理工学部 植村知正

1. はじめに

降雪量の多い積雪寒冷地では、降雪によって発生する視程障害は自動車の運転者にとって非常に危険な問題である。そのため、降雪による視程障害発生時において、安全運転の支援となる適切な気象情報を高速道路利用者へ提供することは非常に重要である。

そこで本研究では、降雪による視程障害時に前方視界を遮る降雪粒子を除去する画像照合技術を応用し、既に設置されている道路管理用ビデオカメラの画像データを処理することにより、リアルタイムに降雪強度を算出できるシステムを開発する。

2. 画像解析手法

本研究で扱う画像処理手法は、二枚の画像を比較し高輝度ピクセルを置換する方法、および、カラーデフォーカス法からなる。前者は、時刻 t と $t+\Delta t$ において降雪画像を撮影し、それら二枚の画像の同じ位置における画素の輝度値（ピクセル値）を比較し、低い輝度値を持つピクセルを選択すると、背景物体よりも輝度値の高い粒子部分（雪粒子の画素）が画像から削除される。さらに、輝度値 i に対する処理前の画素数分布を $N_b(i)$ 、処理後の画素数を $N_s(i)$ としたとき、 $\Delta N(i) = N_s(i) - N_b(i)$ が負になる画素の総数が降雪量に対応する。

一方、後者のカラー・デフォーカス法は、道路画像から降雪による視程障害時の視程を判読する解析手法であり、撮影画像の輝点像のボケを利用して、移動粒子の3次元位置を計測する画像解析手法であるデフォーカス手法を発展させて、計測可能範囲と検出能力を改善した方法である。カラー・デフォーカス法を利用することで、道路画像から視程障害時の降雪粒子の立体的動きを可視化して降雪粒子の大きさと個数を判読できる。

なお、これらの実験において、高感度特性に優れた CMOS カメラ (Nikon D700) を使用する。このカメラは、光量が不十分な条件下でも高速シャッターで撮影することが可能である。

3. 結果および考察

3. 1. 高輝度ピクセル置換処理

図1は室内蛍光灯環境下において、黒色背景上に白色球形粒子（個数 $n=1, 3, 5, 9$ ）を貼り付け粒子ピクセル数 N_p を算出した結果である。ただし、縦軸は $n=1$ のときの粒子ピクセル数 N_{p1} で規格化してある。背景画像の総ピクセル数 N_b に対する白色粒子ピクセル数 N_p の割合が小さくなるほど、演算精度は低下する。その影響を併せて検証するため、図1では粒子位置からの撮影距離を 42cm, 60cm, 65cm と変化させている。参考のため、黒色背景板に3個の白色粒子を貼り付けた際の画像処理結果を図2に示しておく（撮影距離は 65cm であり、 N_p/N_b は最も小さい）。これらの結果から分かるように、 N_p/N_b が十分小さくなった場合でも、粒子数 n に対して粒子ピクセル数 N_p は良い精度で比例関係にあり、本画像処理の演算精度は十分であることが分かる。紙面の都合上、結果の掲載は割愛するが、白色球形粒子が落下することによって生じる被写体ブレによる演算精度の検証も行い、本画像処理手法は実用上問題ないことを確認している。

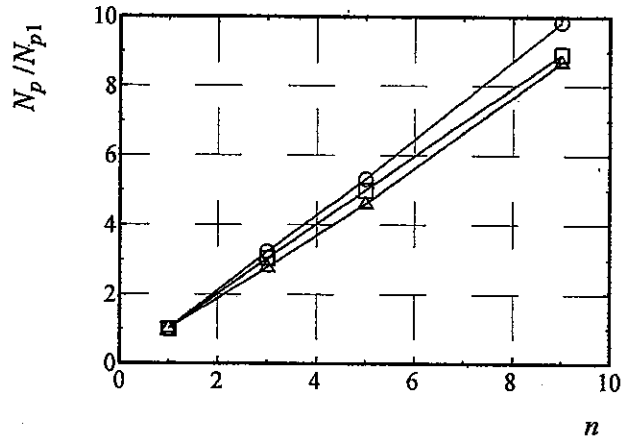


図1 粒子数 n に対する演算粒子ピクセル数 N_p/N_{p1} (MF Micro Nikkor 55mm/F2.8). 撮影距離は粒子位置からそれぞれ(白丸)42cm, (白三角)60cm, (白四角)65cm.

本画像処理手法の実利用に対する検証として、新潟県新庄市にて降雪実験を行った(図3にその一例を示す)。その結果、降雪強度と雪粒子ピクセル数は概ね比例関係にあり、本演算手法の有効性を確認した。

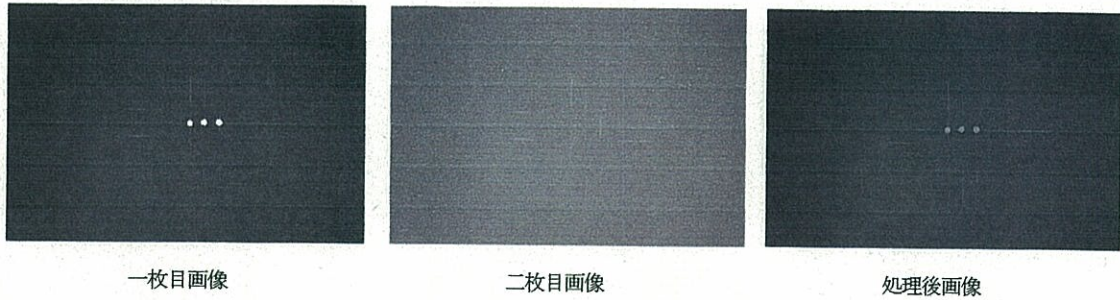


図2 黒色板に貼り付けられた白色粒子の演算(MF Micro Nikkor 55mm/F2.8)

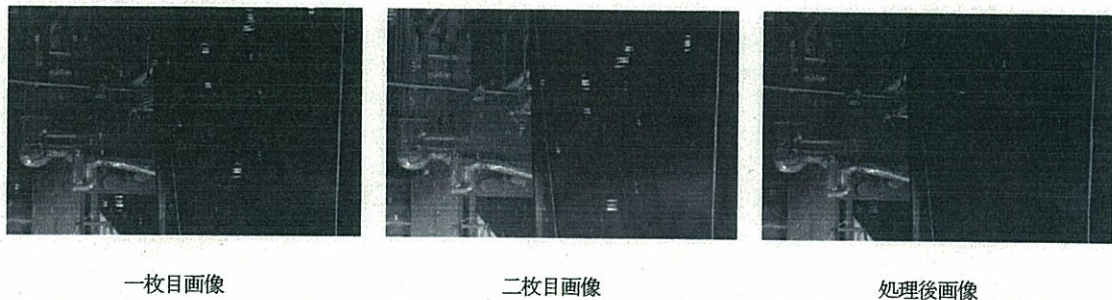


図3 降雪実験での撮影画像および処理後画像(黒色背景, 明るさ 1,000lux, 降雪強度 3)。

3. 2. カラーデフォーカス法

道路画像から視程障害時の降雪粒子の立体的動きを可視化して降雪粒子の大きさと個数を判読して降雪粒子の落下速度から降雪密度を推定することができれば、飛雪流量をより高い精度で推定できるため、走行時の吹雪視程計測に応用できると考えられる。

カラー・デフォーカス法は図4のようなR(レッド), G(グリーン), B(ブルー)の3色分離フィルタを装着したフィルタマスクをレンズ後方に取り付けて撮影するため、暗い背景の中の明るい対象物を撮影する必要がある。本年度は、暗い視界でも撮影できるように、レンズ後方のフィルター改良を行った結果、室内の降雪条件では降雪粒子の立体的動きを可視化できることを検証した(図5)。

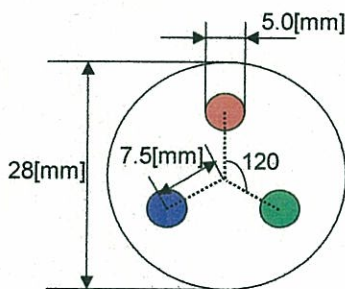


図4 カラー・デフォーカス法のフィルタマスク例

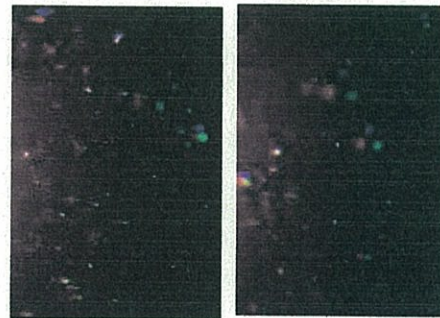


図5 カラー・デフォーカス法による降雪粒子の動き

4. おわりに

本研究は、道路画像から降雪強度を判読する背景抽出システムの開発を目指して、リアルタイム処理に適したシンプルなアルゴリズムに基づく画像処理手法について検討した。本研究では、高輝度ピクセル置換処理に関して、光量を調節できる室内実験において本画像処理手法の有効性を確認した。今後、実利用に向けて、露出が不均一となる屋外にて校正実験を行う必要がある。

また、カラー・デフォーカス法による画像視程の判読システムについても、実際の降雪時に静止状態・走行状態で現行の視程計との比較試験を行なって、本システムの有効性を検証する必要がある。