

平成 21 年 5 月 27 日現在

| |
|---|
| 研究種目：若手研究（B） |
| 研究期間：2007～2008 |
| 課題番号：19760274 |
| 研究課題名（和文） 視差画像による画像明瞭化手法とその応用に関する研究 |
| 研究課題名（英文） A Study on the removal and restoration of adherent noises in images |
| 研究代表者 杉田 泰則（SUGITA YASUNORI） 長岡技術科学大学 電気系 助教 研究者番号：30401780 |

研究成果の概要：

本研究では、画像センサーを用いた対象物の認識性向上を目的として、画像取得時に含まれる遮蔽物（ここでは、カメラレンズやフロントガラス等に付着する「水滴陰影」）を検出・除去し、認識処理に適した明瞭な画像の生成するシステムの構築を検討した。このようなシステムの構築に対して、特に、車載システムで使用する場合について検討を行い、結果として、画像中に存在する水滴陰影の約80～90%が検出可能であることを確認した。

交付額

(金額単位：円)

| | 直接経費 | 間接経費 | 合計 |
|--------|-----------|---------|-----------|
| 2007年度 | 2,200,000 | 0 | 2,200,000 |
| 2008年度 | 700,000 | 210,000 | 910,000 |
| 年度 | | | |
| 年度 | | | |
| 年度 | | | |
| 総計 | 2,900,000 | 210,000 | 3,110,000 |

研究分野：デジタル信号・画像処理

科研費の分科・細目：電気電子工学・計測工学

キーワード：遮へい物、画像明瞭化、高度道路交通システム、画像認識、水滴陰影

1. 研究開始当初の背景

カメラ（画像センサー）の性能向上・小型化・低価格化、さらにはコンピュータの高性能化により、画像認識技術の利用分野が急速に拡大している。高度道路交通システム（ITS：Intelligent Transport System）や産業用ロボットなどは、まさにそのような分野である。画像センサーには、画像自体に含まれる多くの情報を生かした利用が期待されている。例えば、見通しの悪い道路にカメラ

を設置し、停止車両や落下物といった障害物を自動認識しドライバーに伝えたり、カメラを車両に搭載し、歩行者や障害物、道路標識、信号機等を自動認識しドライバーに伝えることで事故を未然に防ぐことができる。また、走行制御に認識情報を取り入れることで、より安全で快適な走行、さらには自動運転も可能になると考えられ、その意義は非常に大きい。しかしながら、画像センサーを用いた対象物の認識技術は、「時間経過や

雲の動きによる照明条件の変化に大きく影響する」、「雨、雪、霧など悪天候による視界不良により、明瞭な画像を取得できず、安定した認識率を確保できない」といった問題点がある。また、交通監視カメラや車載カメラなど、長時間雨風にさらされる屋外での使用を考えた場合、カメラレンズ自体あるいは防護ガラス・フロントガラス等に付着する水滴、ホコリ、水あかななどによる影響も無視することは出来ない。すなわち、夜間や悪天候下における認識率の確保が実用化への大きな鍵であり、現在もなお、季節や天候変化にロバストな認識技術を実現するための研究が盛んに行われている。

2. 研究の目的

本研究課題では、画像センサーを用いた対象物の認識性向上を目的として、画像取得時に含まれる遮蔽物を検出・除去し、認識処理に適した明瞭な画像の生成する「遮蔽物除去システム」の開発を計画する。ここでは、カメラレンズやフロントガラス等に付着する「水滴陰影」を遮蔽物として取り上げる。このとき、遮蔽物除去システムを交通監視カメラのように、カメラが固定された状況下で使用する場合(以降、固定カメラと呼ぶ)と、移動物体(例えば、車載システムや災害救助ロボット)など、カメラ自体も動く(傾いたりする)状況下で使用する場合について検討する。特に、後者では、各カメラに取り付けたジャイロセンサから得られるカメラの姿勢情報や車速を考慮することで、より高精度な遮蔽物除去システムが実現できるかを検証する。

3. 研究の方法

まず、画像センサー、自動絞り焦点レンズ、コンピュータ等のハード的結合を行い、オペレーティングシステム、画像処理ソフト(HALCON)等の基盤を整備した。次に、構築した画像入力装置等を車載し、実際に街中等を走行し、雪、雨等のさまざまな気象・日照条件下における走行画像を蓄積・整理した。このとき、各カメラに設置したジャイロセンサから得られる姿勢情報(角速度パラメータ等)や車速も画像と共に記録した。それら収集したサンプル画像を精査し、画像センサーを車載した際に生じる遮蔽物の種類やそれらの特徴について詳細に精査し、それらの特徴を利用した検出手法を検討した。

4. 研究成果

本研究課題では、主に車載環境での遮蔽物

の検出手法について検討を行ったので、以下に、検討内容と成果の概要をまとめる。

構築した画像入力装置等を車載し、雨・雪等の様々な気象条件下における走行画像を多数収集・整理した。それらのサンプル画像を精査し、画像センサーを車載した際に生じる遮蔽物の種類やそれらの特徴について詳細に検討した。遮蔽物として、フロントガラスに付着する「水滴」を考えた場合、「水滴陰影」は背景領域に比べて輝度値が高い、あるいは低く、また、1つ1つの水滴はそれほど大きくはない上、形状も円形に近いといった幾つかの特徴を有することが分かった(図1参照)。そこで、それらの特徴を用いた水滴陰影の検出手法を検討した。



(a) 高輝度 (b) 低輝度

図1. 水滴陰影の例

検討した水滴陰影の検出手法の処理手順を図2.に示す。以下では、本検出手法における主要な処理内容とその効果について述べる。

(1) 加算平均画像

フロントガラスに付着した水滴の位置は、車載カメラから見た場合、相対的に不動である(ただし、車両振動等の影響により若干変化する)。一方、走行中における背景は相対的に変動している。そこで、フレーム間で動きの大きい複雑な背景部分(水滴以外の物体)を除去するため、フレーム加算平均画像を生成する。図3.に30フレーム(1秒間)による加算平均画像を示す。なお、加算フレーム数は、30~60km/h 走行時で、20~30フレームが適当であることを実験により確認した。



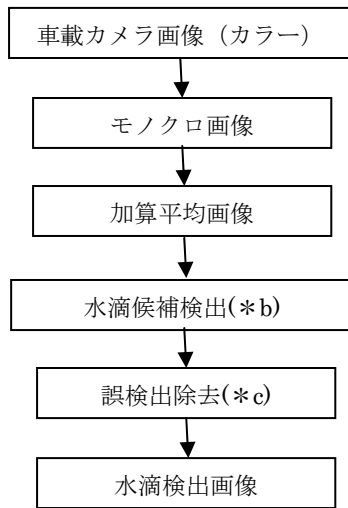
(a) 30フレーム前

(b) 現在のフレーム

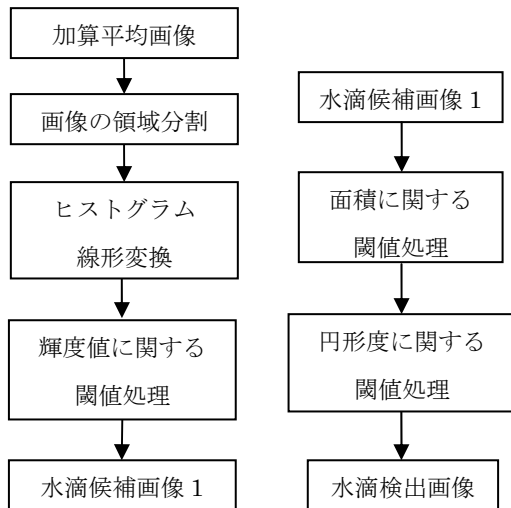


(c) 加算平均画像

図3. 加算平均画像の生成



(a) 全体の流れ



(b) 水滴候補検出

(c) 誤検出除去

図 2. 水滴検出の流れ

(2) 画像の領域分割

加算平均画像により、水滴陰影が強調され、輝度値に関する閾値処理により背景と水滴陰影を分離可能となるが、その閾値は画像の位置によって異なる (図4. 参照)。すなわち、画像全体を同じ閾値で2値化しても、水滴陰影は検出できない。そこで、画像を小領域に分割し、その小領域別に適切な閾値を用いて水滴陰影の検出を行う。様々なサンプル画像に対して分割数と検出率との関係を調査した結果、概ね16分割以上で良好な結果が得られることを確認した。図5. から、分割数は多い方が検出率も高くなるが、処理時間も増加することに注意する必要がある。

(3) ヒストグラム線形変換

16分割した各小領域のヒストグラムは、輝

度が一部に偏っている。そこで、画像の輝度が0から255となるように小領域ごとに線形変換を行う。



図4. 領域と輝度

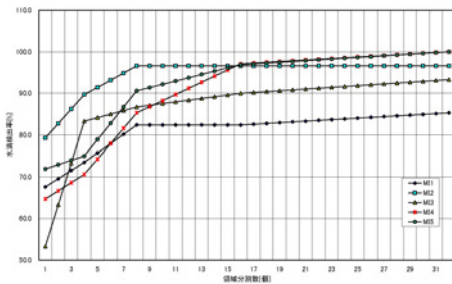


図 5. 分割数と検出率

(4) 輝度値に関する閾値処理

小領域に分割した画像に対して、それぞれの領域に応じた閾値処理を行う。ここでは分割された小領域に対して、背景領域と思われる濃度値をパラメータとする以下の簡単な一次式を用いて2値化する。

$$Th = \alpha \times k$$

ここで、 Th は閾値であり、 k は処理対象となる小領域画像の背景部分の平均濃度値である。また、 α は調査の結果、256 階調では 0.87 で良好な結果が得られることを確認した。以上により、周辺よりも高輝度な領域を検出できる。なお、対象とする小領域画像をネガポジ反転させ、同様の処理を行うことで、周辺よりも低輝度な領域を検出できる。

(5) 面積に関する閾値処理

主に、孤立点の除去及び空領域の除去を目的として、面積に関する閾値処理を行う。輝度値に関する閾値処理により検出された水滴候補画像に対してラベリングを行い、ラベル付けされた画素数を面積 (area) として以下の範囲以外を水滴候補から除外する。

$$10 < \text{area} < 1000 \text{ [pixels]}$$

(6) 円形度に関する閾値処理

水滴陰影が円形に近い形状をしていることに着目し、円形度を用いた判別を行う。円形度 e は次式により算出できる。

$$e = 4\pi S / l^2$$

ここで、 S は面積、 l は周囲長である。図 6. に円形度の例を示す。円形度 e は、円に近いほど 1 に近い値をとり、複雑な形状のものほど小さい値をとる。これにより、白線など、周辺領域よりも高輝度ではあるが明らかに水滴ではない領域の誤検出を低減できる。図 7. より、円形度は 0.4 付近で誤検出が大幅に減少する一方で、水滴検出率はそれほど低下しないことが分かる。

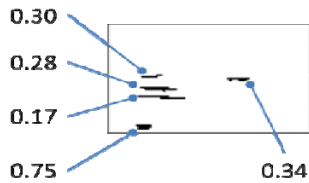


図 6. 円形度の例

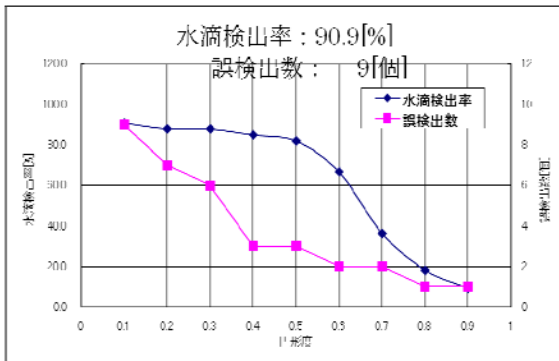


図 7. 円形度と検出・誤検出の関係

【検出実験】

本検出実験では、撮影された動画像（フレームレート：30[fps]）を1フレームずつ静止画像へ変換した画像（サイズ：720 × 480[pixels]）を用いた。図8(a)にモノクロ入力画像、(b)に入力画像から過去30フレームまでを用いて加算平均した画像を示す。フレーム加算平均をとることにより、フレーム間で動きの大きい物体をぼかし、水滴領域を強調できることが分かる。次に、加算平均画像に対して閾値処理を行った(図8(c))。また、2値化された画像に対してラベリングを行い、面積に関する閾値処理及び円形度による閾値処理を行った結果を図8. (d), (e)にそれぞれ示す。この例では、画像中に存在する水滴の約90%を検出できている。

【現状と今後の課題】

本手法を様々なサンプル画像に適用した結果、画像中に存在する水滴の約 80~90%を検出できることが分かった。しかし現時点では、車両振動等の影響を受け、カメラから見た水滴陰影の位置にずれが生じ、その結果、水滴

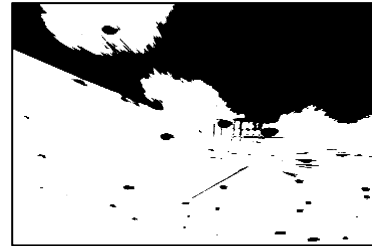
陰影の形状を正確に検出できないという問題がある。そこで、ジャイロセンサから得られるカメラの姿勢情報を用いて、そのずれを補正する方法について現在検討中である。また本手法で用いている各パラメータの妥当性の検証や水滴検出率を低下させずに誤検出領域を除去する手法、さらに検出した遮へい領域の復元手法について今後検討する予定である。



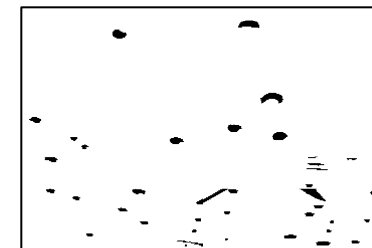
(a) 入力モノクロ画像



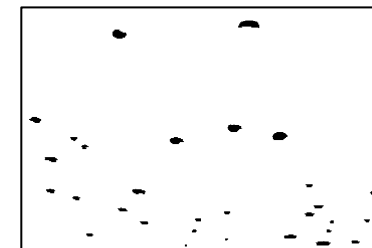
(b) 加算平均画像



(c) 輝度値による閾値処理



(d) 面積により閾値処理



(e) 円形度による閾値処理

図 8. 検出実験

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 2 件)

1. Yasunori Sugita, Naoyuki Aikawa, and Toshinori Yoshikawa, Design Method of FIR Digital Filters with Specified Group Delay Errors using Successive Projection, International Journal of Innovative Computing, Information and Control, Vol.4, No.2, pp.445-455, 2008.2.
2. 杉田泰則, 磯辺亮, 吉川敏則, 相川直幸, パラメータ可変型2次補間カーネルによるデジタル画像の解像度向上, システム制御情報学会, Vol. 21, No. 11, pp.349-357, 2008.11.

[学会発表] (計 5 件)

1. 佐々木亨, 杉田泰則, 吉川敏則, 色空間の変換による劣化カラー画像復元法の検討, 電子情報通信学会信越支部大会講演論文集, 6B-2, p.107, 2007. 9.29 (長野・長野市:9/29)
2. 宮田統馬, 相川直幸, 杉田泰則, 吉川敏則, A Design Method of Separable Denominator 2D IIR Filters using Stability Criterion Method with Necessary and Sufficient Condition, 電子情報通信学会 第22回信号処理シンポジウム講演論文集 CD-ROM, A1-3, 2007.11.7 (仙台・東北大学・青葉記念会館:11/7, 8, 9)
3. Yasunori Sugita, Naoyuki Aikawa, and Toshinori Yoshikawa, Designing FIR Digital Filters with the Specified Maximum Group Delay Errors, 14th IEEE International Conference on Electronics, Circuits and Systems, Conference proceeding, pp.258-261, 2007.12.11-14, Morocco.
4. 佐々木亨, 杉田泰則, 吉川敏則, インパルス性雑音重畳カラー画像の復元に優れた色空間の探索について, 電子情報通信学会信越支部大会講演論文集, 5D-1, p.93, 2008. 9.27 (新潟・長岡市, 長岡高専)
5. 右山学, 杉田泰則, 吉川敏則, 車載カメラ画像中の水滴検出に関する一検討, 電子情報通信学会信越支部大会講演論文集, 5B-2, p.84, 2008. 9.27 (新潟・長岡市, 長岡高専)