

画像処理による煙量推定に関する研究

情報科学科 新保 勇人

指導教員：村上 和人

1 はじめに

近年、マスクの需要が高まっているが、顔とマスクの間から空気の漏れが発生すると、その効果が低減する。人の吐き出す空気と吸い込む空気には温度差がある。そこで、その温度差をサーモビジョンカメラで計測し、空気漏れの量を推定できないかと考えた。温度変化と漏れ出す空気量との関係を求める際、温度の変化はサーモビジョンカメラで計測可能である。しかし、漏れ出す空気量を計測するには何らかの工夫をする必要がある。

本研究では漏れ出す空気量を計測するため、可視光カメラを用いて煙の量を推定する。本稿では、2.で非接触に煙の量を推定するため、一定照明環境下において煙を可視光カメラで撮影した時の画像の輝度値と煙の濃度の関係について述べ、3.でその関係を利用した煙量推定手法を提案し、4.でその手法を用いた煙量推定実験と提案手法の有効性について考察する。

2 煙量と輝度値との関係

煙濃度と観測輝度の関係を調べる予備実験を行った。容量が既知の容器の一つの面に黒い紙を貼り、シリンジを用いて電子タバコの煙をためる。可視光カメラにより対面から黒い紙を撮影し、煙濃度と観測輝度の関係を調べた。照明環境、カメラパラメータ等は一定とした。この予備実験により以下の3つの関係を確認した。

- ① 煙量（濃度）と観測される輝度は線形関係にある
- ② 煙量（濃度）が一定のとき、煙の奥行（厚さ）と観測される輝度は線形関係にある
- ③ 煙が容器内全体に拡散したとき、時間経過とともに観測輝度はゆるやかに低下していく

3 煙量推定手法

視体積交差法を用いた煙量推定手法を以下に示す。煙量の絶対量は計測が困難なため、ある煙量を基準として、相対的な煙量を推定する。撮影は同一の照明環境で行い、使用するカメラの台数を N とし、 k 番目のカメラを C_k ($k = 1, 2, \dots, N$)とする。

Step.1 一定量の煙を容器の中に溜め、容器の一つの面に貼った黒い紙を背景にして、全てのカメラで輝度を計測する。容器に煙を溜めた時のカメラ C_k による観測輝度の平均を L_k 、容器に煙を溜めていない時のカメラ C_k による観測輝度の平均を L'_k 、ボクセルの一边の大きさを B 、カメラと背景との距離（煙の奥行）を D として、カメラ C_k の濃度 100%の基準とする輝度 S_k を次の式で計算する。

$$S_k = \frac{(L_k - L'_k) \times B}{D} \quad (1)$$

Step.2 N 台のカメラで煙の存在する空間を同時に撮影し、背景差分により各々の方向から見た煙のシルエット画像を作成する。視体積交差法により各カメラから得た煙のシルエット画像を三次元ボクセル空間に逆投影し、煙の三次元形状を取得する。

Step.3 カメラ C_k から得た煙のシルエット画像を用いて、煙の写っている画像と背景画像のシルエット部分の差分をとり、差分画像 F_k を作成する。シルエット部分以外の領域の輝度値は0とする。

Step.4 差分画像の画素 $F_k(i, j)$ と濃度基準輝度 S_k を用いて、カメラ C_k で計測した煙濃度 d_k をボクセルへ逆投影する。煙濃度 d_k は次の式で求める。

$$d_k = \frac{F_k(i, j)}{S_k} \quad (2)$$

任意のボクセルへ一つのカメラから複数の濃度が逆投影される時、それらの平均値をそのボクセルへの逆投影結果とする。各ボクセルの濃度値は各カメラからの逆投影結果の最小値とする。

Step.5 (煙量) = (体積) × (濃度) としてボクセルごとの煙量を計算し、全ボクセルの煙量を加算することで、全体の煙量を計算する。

4 煙量推定実験

図1に示すように4台のカメラを使用して提案手法による煙量推定実験を行った。煙の真値を 950cm^3 とし、ボクセルの一边の大きさを 1.0cm

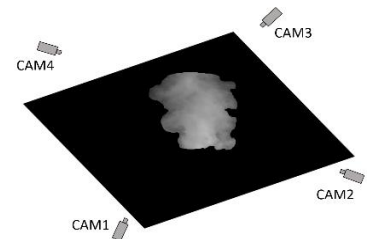


図1：計測の様子

と 10cm の2通りに対して実験した。煙量と煙の体積を推定した結果を表1に示す。

表1：煙量と体積の推定結果

ボクセルの一边の大きさ	1.0cm	10cm
体積 (cm^3)	8752	7000
煙量 (cm^3)	6044	380

ボクセルが一边 1.0cm のとき、煙量の計算結果は 6044cm^3 で真値の約6倍となった。提案手法ではボクセルが小さいほど、また、煙に奥行があるほど濃度が高く計算される。一方、一边 10cm のとき煙量の推定値が小さく計算されているのは、三次元形状の誤差が大きいためであると考えられる。正確な煙量を推定するには、多方向からの逆投影結果の関係から煙の濃度分布をCTのように計算すると求められる可能性がある。一方、Step.4において逆投影結果の最小値を用いる方法では少ない計算量で煙の存在範囲を推定することができるが、煙の正確な濃度分布を推定することは難しい。そのため、煙の存在範囲を短時間で得たい場合にはこの手法が有効であると考えられる。

5 おわりに

本研究では、視体積交差法を用いた煙量推定手法を提案し、その提案手法の有効性と、より正確な濃度分布を推定するための方法について考察した。今後は、CTのように濃度分布の推定する方法の検討と、それを用いてマスクから漏れ出す空気量を推定することが課題である。