

テクスチャ特徴と AdaBoost を用いた煙検出手法の検討 A Study of Smoke Detection Using Texture Features and AdaBoost

飯田 裕介[†] 丸田 英徳[†] 黒川不二雄[†]
Yusuke Iida Hidenori Maruta Fujio Kurokawa

1. まえがき

煙は、火災と同時に発生、広範囲に拡散し、炎を直接検出する手法による火災の発見が困難な状況において、観測可能であることが多いため、火災検出のための情報源として有効である。しかし、透過性などに起因した背景への依存などにより、ロバストな検出が難しい。本稿では、前処理として移動物体領域を抽出し、それらの領域が煙か煙以外かの識別に、顔検出に用いられている AdaBoost[1]-[3]を煙検出に応用した手法を提案し、正解率を求めることにより、その有用性を検討したので報告する。入力特徴としては、領域から算出される複数のテクスチャ特徴量を用いる。また、正規化相関による 2 クラス判別により、AdaBoost における弱識別器を構成する。AdaBoost を用いることで、異なる環境条件においても適応可能な煙検出手法の検討を行う。

2. 提案手法

2.1 前処理

前処理として、背景差分、画像累積、2 値化、モルフォロジー処理などによりノイズを除去し、フィル径による矩形の移動物体領域（フィル領域）の検出を行う。これらの前処理により画像列中のフィル領域を、画像中に存在する煙領域の候補として抽出する。

2.2 テクスチャ解析

前処理により煙領域の候補として抽出したフィル領域から、テクスチャ特徴量[4]を抽出する。本稿では入力ベクトルとして、同時生起行列に基づく 14 種類のテクスチャ特徴量を各フィル領域から算出し、特徴ベクトルの成分とする。

2.3 AdaBoost による煙の判定

フィル領域により近似された移動物体領域について、煙かどうかの判定のために、識別器として AdaBoost を用いる。AdaBoost は、入力ベクトル x に対し、複数の識別精度の高くない弱識別器 $h_m(x)$ ($m = 1, 2, \dots, M$) を重み付け加算し、多数決で高精度な識別を行う強識別器 $H(x)$ を構成する手法である。このとき得られる強識別器は次式となる。

$$H(x) = \text{sign} \left(\sum_{m=1}^M \alpha_m h_m(x) \right) \quad (1)$$

ここで α_m は m 番目の弱識別器の信頼度である。

弱識別器には正規化相関を用いており、次式によって求められる。

$$C(x, M) = \frac{\sum x(i) \cdot M(i)}{\sqrt{\sum x(i)^2} \sqrt{\sum M(i)^2}} \quad (2)$$

ここで M は煙または煙以外の平均ベクトル (M_s, M_n) を表している。これを用いて、煙および煙以外の 2 つのクラスと注目フィル領域との正規化相関の差に基づく弱識別器を以下とする。

$$h_m(x) = \begin{cases} +1 & \text{if } C(x, M_s) - C(x, M_n) > \theta_m \\ -1 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (3)$$

学習用データを識別したときの誤り率が最小となるように m ごとに調節した閾値 θ_m よりも入力画像 x が煙に類似しているならば煙、煙以外に類似しているならば煙以外と判別しラベルを付ける。

2.4 判定結果の時間的累積による精度向上

煙は、背景などの環境条件により安定した検出が難しいため、安定した判別結果を得られないことが考えられる。一方で、時間の経過により発生源から変化および拡散するのみで、鎮火しない限り、一度煙領域と判定された場所は、常に煙が観測されると考えられる。そこで AdaBoost の判定結果を時間的に累積させることで、判別精度を向上させる手法[6]を検討する。AdaBoost の判別結果を、差分画像 $g(t)$ のフィル領域に反映させたとき、ある t 番目の画像 $g(x, y; t)$ について、

$$l_g(x, y; t) = \begin{cases} 1 & \text{if } (x, y) \text{ が煙領域と判定されたとき} \\ 0 & \text{それ以外} \end{cases} \quad (4)$$

と画素単位でのラベル付けを行い、時間 T の間、各画素について以下のように累積を行う。

$$A_g(x, y; t) = \sum_{\tau=t}^{\tau+T} l_g(x, y; \tau) \quad (5)$$

$A_g(x, y; t)$ の値は、その画素が煙と判定された回数となる。この値に応じて、各画素が煙領域に含まれるかどうかの判定を行い、煙領域の抽出を行う。本稿では、 $A_g(x, y; t)$ の値が設定された閾値以上の画素を 1 つでも含むフィル領域を、煙領域として検出する。

3. 実験

実験では、煙の移動速度を考慮し、映像から 1fps で取得した画像列を用いる。学習用データとして手動で選択した煙のフィル領域を 500 枚、煙以外のフィル領域 1500 枚を用意し、合計 2000 枚の領域情報を用いて、その領域が煙か煙以外かの 2 値の識別器を学習する。AdaBoost の学習性

[†] 長崎大学大学院工学研究科
Graduate School of Engineering, Nagasaki University

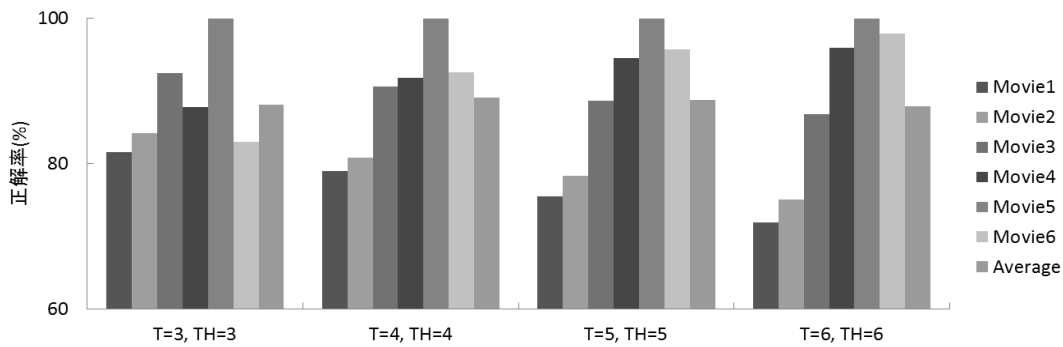


図 4 累積時間 T と煙判定閾値 TH を変化させたときの正解率

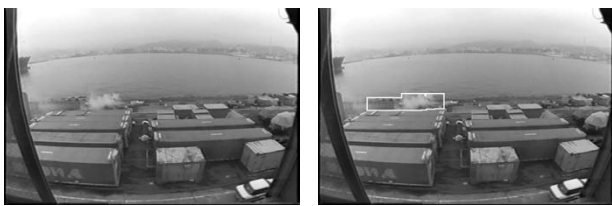


図 1 Movie1 での検出結果例 (左:元画像, 右:検出された煙領域, 累積時間 6 秒, 煙判定閾値 6 秒)



図 2 Movie2 での検出結果例 (左:元画像, 右:検出された煙領域, 累積時間 6 秒, 煙判定閾値 6 秒)

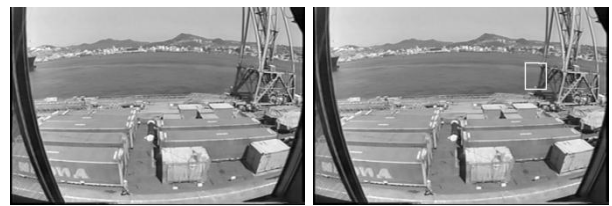


図 3 Movie4 での検出結果例 (左:元画像, 右:検出された煙領域, 累積時間 6 秒, 煙判定閾値 6 秒)

能を上記データを用いて, 10-fold Cross-Validation により評価したところ, 86.4%の識別精度となった。また収束結果から弱識別器の個数を 20 個とした。異なる環境で撮影された複数の画像列における煙検出の結果の例を図 1, 図 2 および図 3 に示す。図中の実線で囲まれた領域が, 煙と判定された領域である。また表 1 に実験で用いた映像の詳細を示す。図 4 に実験で用いた映像において, 累積時間と煙判定閾値を変化させたときの正解率を示す。正解率とは, 事前に手動で求めた煙の存在に対する提案している手法を用いて得られる 1 フレームに 1 つでも煙と判定されたフィ

レ領域の存在によって算出した値である。実験で用いた映像の各累積時間と煙判定閾値の正解率の平均では, 累積時間 4 秒, 煙判定時間 4 秒および累積時間 5 秒, 煙判定時間 5 秒のときに最大で, 89%の正解率を得た。この結果より背景が異なる映像でも, 煙検出が可能であることを確認した。

4. まとめ

本稿では, テクスチャ特徴と AdaBoost を用いた煙検出手法の検討を行った。提案している手法では, 画像列から前処理により, 移動物体領域であるフィレ領域を煙領域候補として抽出し, 各フィレ領域からテクスチャ特徴量を算出する。提案している手法の評価実験として, 異なる環境で撮影された映像を用い, 煙検出が可能であることを確認した。

今後の課題として, より多くのデータによる評価, 入力特徴の検討や時間的累積の際の, 累積時間および煙判定閾値の設定などが上げられる。

表 1 実験に用いた画像列

映像	煙の有無	煙以外の移動物体
Movie1	有	人, 車, 水面, ビニールシート
Movie2	有	人, 水面
Movie3	有	クレーン
Movie4	無	人, 車, クレーン, ビニールシート
Movie5	無	人, 木の葉
Movie6	無	人, ライト

参考文献

- [1] T. Hastie, R. Tibshirani, and J. Friedman, "The elements of statistical learning: datamining, inference, and prediction", Springer (2009).
- [2] 麻生 秀樹, 津田 宏治, 村田 昇, "パターン認識と学習の統計学", 岩崎書店 (2003).
- [3] 三田 雄志, "AdaBoost の原理と顔検出への応用", IPSJ SIG Technical Report, 2007-CVIM-159(32)pp. 265-272 (2007).
- [4] 高橋 幹雄, 下田 明久, "新編 画像解析ハンドブック", 東京大学出版会 (2004).
- [5] H. Maruta, Y. Kato, and F. Kurokawa, "Smoke detection using time series property of texture features", IEEJ Tran. Electrical and Electronic Engineering, Vol. 6, pp. 390-391 (2011).