

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2010-97430

(P2010-97430A)

(43) 公開日 平成22年4月30日 (2010.4.30)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
G08B 17/12 (2006.01)	G08B 17/12 B	5B057
G08B 25/00 (2006.01)	G08B 25/00 510M	5C085
G06T 1/00 (2006.01)	G06T 1/00 280	5C087

審査請求 未請求 請求項の数 9 O L (全 18 頁)

(21) 出願番号	特願2008-267841 (P2008-267841)	(71) 出願人	504132881
(22) 出願日	平成20年10月16日 (2008.10.16)		国立大学法人東京農工大学
特許法第30条第1項適用申請有り 平成20年6月11日 画像センシング技術研究会主催の「第14回画像センシングシンポジウム」において文書をもって発表		(74) 代理人	100122884
			弁理士 角田 芳末
		(74) 代理人	100133824
			弁理士 伊藤 仁恭
		(72) 発明者	田中 聡久
			東京都府中市晴見町3-8-1 国立大学法人東京農工大学内
		(72) 発明者	井上 裕功
			東京都府中市晴見町3-8-1 国立大学法人東京農工大学内
		最終頁に続く	

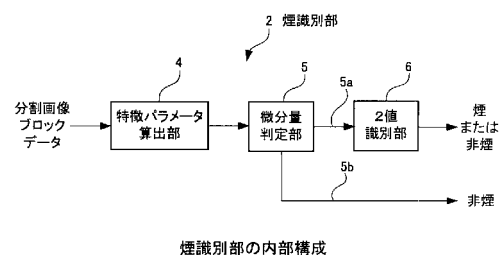
(54) 【発明の名称】 煙検出装置及び煙検出方法

(57) 【要約】

【課題】タバコの煙などの少量の煙を精度よく検出できる簡易な構成の煙検出装置及び煙検出方法を提供する。

【解決手段】分割画像群生成部と、特徴パラメータ算出部と、識別部とを備える煙検出装置を提供する。分割画像群生成部は、所定の時間間隔で撮像された複数の画像のそれぞれを複数の分割画像に分割して、所定の時間間隔で配列された複数の分割画像からなる分割画像群を複数生成する。特徴パラメータ算出部は、分割画像群のヒストグラムの分布形状に関する特徴量、及び、分割画像群中の所定画素の画素値の時間変化に関する微分量を算出する。そして、識別部は、特徴量算出部及び微分量算出部でそれぞれ求めた特徴量及び微分量に基づいて、分割画像群が煙画像群であるか否かを識別する。

【選択図】 図3



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

所定の時間間隔で撮像された複数の画像のそれぞれを複数の分割画像に分割して、前記所定の時間間隔で配列された複数の前記分割画像からなる分割画像群を複数生成する分割画像群生成部と、

前記分割画像群のヒストグラムの分布形状に関する特徴量、及び、前記分割画像群中の所定画素の画素値の時間変化に関する微分量を算出する特徴パラメータ算出部と、

前記特徴量及び前記微分量に基づいて、前記分割画像群が煙の画像群であるか否かを識別する識別部と、

を備える煙検出装置。

10

【請求項 2】

前記特徴量が、前記ヒストグラムの分布形状の広がりに関する第 1 特徴量、前記ヒストグラムの分布形状の左右対称性に関する第 2 特徴量、及び、前記ヒストグラムの分布形状の急峻性に関する第 3 特徴量を含み、

前記微分量が、所定の分割画像内の所定位置の画素の画素値と該所定の分割画像の一時刻後の分割画像内の前記所定位置の画素の画素値との差分に関する第 1 微分量、及び、所定時刻の前記差分と該所定時刻より一時刻後の前記差分との差に関する第 2 微分量を含むことを特徴とする請求項 1 に記載の煙検出装置。

【請求項 3】

前記特徴パラメータ算出部が、各画素における背景の画素値を抽出し、所定画素の画素値と該所定画素で抽出された背景の画素値との差を用いて前記特徴量を求めることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の煙検出装置。

20

【請求項 4】

前記分割画像内の所定位置の画素の前記背景の画素値が、前記分割画像群内の複数の前記所定位置の画素の画素値の平均値であることを特徴とする請求項 3 に記載の煙検出装置。

【請求項 5】

さらに、第 1 微分量と所定の閾値とを比較し、第 1 微分量が所定の閾値より小さくなる前記分割画像群の前記特徴量及び前記微分量を前記識別部に出力する判定部を備える請求項 2 ～ 4 のいずれか一項に記載の煙検出装置。

30

【請求項 6】

前記識別部が学習機能を有することを特徴とする請求項 1 ～ 5 のいずれか一項に記載の煙検出装置。

【請求項 7】

さらに、複数の前記分割画像群の識別結果を統合し、その統合結果に基づいて警報を出力する結果出力部を備える請求項 1 ～ 6 のいずれか一項に記載の煙検出装置。

【請求項 8】

さらに、前記所定の時間間隔で複数の画像を撮像する撮像部を備える請求項 1 ～ 7 のいずれか一項に記載の煙検出装置。

【請求項 9】

所定の時間間隔で撮像された複数の画像のそれぞれを複数の分割画像に分割して、前記所定の時間間隔で配列された複数の前記分割画像からなる分割画像群を複数生成するステップと、

前記分割画像群のヒストグラムの分布形状に関する特徴量、及び、前記分割画像群中の所定画素の画素値の時間変化に関する微分量を算出するステップと、

前記特徴量及び前記微分量に基づいて、前記分割画像群が煙の画像群であるか否かを識別するステップと、

を含む煙検出方法。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】**

40

50

【 0 0 0 1 】

本発明は、煙検出装置及び煙検出方法に関し、より詳細には、画像処理技術を用いた煙検出装置及び煙検出方法に関する。

【 背景技術 】

【 0 0 0 2 】

従来、画像処理により煙を検出する技術が種々提案されている。例えば、従来、山林、工場、プラント等の大規模な火災を検知するための煙検出装置が提案されている（例えば、非特許文献 1 及び 2 参照）。非特許文献 1 及び 2 で提案されている煙検出装置は、遠方より撮影された画像から火災により発生した煙の固まりを検出する装置である。なお、非特許文献 2 で提案されている技術では、専用の撮像装置と演算装置を必要とする。

10

【 0 0 0 3 】

また、従来、室内の火災のような小規模な火災を検知するための煙検出装置も提案されている（例えば、特許文献 1 参照）。特許文献 1 では、室内の監視カメラで撮影した画像内に所定の検出領域を設定し、フレーム差分によりその検出領域内で動き画素を抽出し、そして、数種類の検出手段（演算手段）を用いて煙の有無を判定している。

【 0 0 0 4 】

さらに、煙検出ではないが、火災炎を画像処理により検出する技術も従来提案されている（例えば、非特許文献 3 及び 4 参照）。

【 0 0 0 5 】

【特許文献 1】特開 2 0 0 8 - 4 6 9 1 7 号公報

20

【非特許文献 1】寺田、宮原、新居：「オプティカルフローを用いた火災煙の検出」，電学論 D，p.413-419，2 0 0 4

【非特許文献 2】吉田、尾崎、永田、黒川、松尾、山浦：「テクスチャ解析による煙認識アルゴリズムについて」，信学総，D - 1 1 - 1 1，p.112，2 0 0 2

【非特許文献 3】山岸、山口：「輪郭変動情報を用いた火災炎検知」，信学総，D - 1 1 - 9 1，p.91，1 9 9 9

【非特許文献 4】水上、寺田、星川、山口：「カラー画像を用いた火災炎の自動検出」，信学技報，PRMU 2 0 0 1 - 1 1 1，2 0 0 1 年 1 0 月

【 発明の開示 】

【 発明が解決しようとする課題 】

30

【 0 0 0 6 】

上述のように、従来、様々な煙検出装置が提案されているが、非特許文献 1 及び 2 で提案されている技術は大規模な火災の煙を対象としており、その技術を、初期火災やタバコの火のような小規模な火災の検知にそのまま適用することはできない。すなわち、非特許文献 1 及び 2 で提案されている技術を、近距離から少量の煙を検出する目的に利用することは難しい。さらに、非特許文献 1 で提案されている技術では、オプティカルフローと呼ばれる処理技術により煙検出を行うので、莫大な計算コストを必要とする。

【 0 0 0 7 】

一方、小規模な火災において煙検出が可能な特許文献 1 で提案されている技術では、煙検出のために、検出領域内で動き画素を抽出する動き検出画像作成手段、画素の平均輝度の時系列データを周波数スペクトル分析する周波数分析手段など、様々な演算手段が必要である。それゆえ、装置構成が複雑となり、検出時の計算量も多くなるという問題がある。

40

【 0 0 0 8 】

また、非特許文献 3 及び 4 は火災炎の検出技術であり、明確に炎が上がらないと検出できない。それゆえ、初期火災やタバコの火のような小規模の火災には対応できない。

【 0 0 0 9 】

本発明は、上記問題を解決するためになされたものであり、本発明の目的は、例えば、タバコの煙などの少量の煙を精度よく検出できる簡易な構成の煙検出装置及び煙検出方法を提供することである。

50

【課題を解決するための手段】

【0010】

上記問題を解決するため、本発明の煙検出装置は、分割画像群生成部と、特徴パラメータ算出部と、識別部とを備える構成とし、各部の機能を次の通りとした。分割画像群生成部は、所定の時間間隔で撮像された複数の画像のそれぞれを複数の分割画像に分割して、所定の時間間隔で配列された複数の分割画像からなる分割画像群を複数生成する。特徴パラメータ算出部は、分割画像群のヒストグラムの分布形状に関する特徴量、及び、分割画像群中の所定画素の画素値の時間変化に関する微分量を算出する。そして、識別部は、特徴量算出部及び微分量算出部でそれぞれ求めた特徴量及び微分量に基づいて、分割画像群が煙の画像群であるか否かを識別する。

10

【0011】

また、上記問題を解決するため、本発明の煙検出方法では、次のよう手順で煙検出を行うようにした。まず、所定の時間間隔で撮像された複数の画像のそれぞれを複数の分割画像に分割して、所定の時間間隔で配列された複数の分割画像からなる分割画像群を複数生成する。次いで、分割画像群のヒストグラムの分布形状に関する特徴量、及び、分割画像群中の所定画素の画素値の時間変化に関する微分量を算出する。そして、算出した特徴量及び微分量に基づいて、分割画像群が煙の画像群であるか否かを識別する。

【発明の効果】

【0012】

本発明では、分割画像群が煙画像群であるか否かを判定するための特徴パラメータとして、分割画像群のヒストグラムの分布形状に関する特徴量及び分割画像群中の所定画素の画素値の時間変化量（微分量）を用いる。これにより、比較的小規模な煙を精度よく検出することができる。また、後述するように、上記特徴量及び微分量は、単純な四則演算で算出することができる。それゆえ、分割画像群が煙画像群であるか否かの識別に用いる特徴パラメータの計算コストは小さく、それらを算出するための構成も簡易になる。すなわち、本発明によれば、少量の煙を精度よく検出できるとともに、煙検出装置の構成をより簡易にすることができる。

20

【発明を実施するための最良の形態】

【0013】

以下に、本発明の一実施形態の例を、添付図面を参照しながら説明する。なお、本発明は以下の実施形態に限定されるものではない。

30

【0014】

[装置構成]

図1は、本実施形態の煙検出装置のブロック構成図である。煙検出装置10は、図1に示すように、分割ブロック生成部1と、煙識別部2と、結果統合出力部3とを備える。なお、本実施形態では、煙検出装置10が撮像装置11を含まない構成例を説明するが、本発明はこれに限定されず、煙検出装置10が撮像装置11を含んでいてもよい。以下に、煙検出装置10を構成する各部の機能を簡単に説明する。

【0015】

分割ブロック生成部1（分割画像群生成部）は、内部にバッファ（メモリ）を有し、撮像装置11（固定カメラ）により所定の時間間隔で撮像された所定枚数の画像（以下、画像フレームともいう）をメモリに記憶する。また、分割ブロック生成部1は、メモリに記録された各画像フレームを所定数で分割し、所定の時間間隔で時系列に配列された所定枚数の分割画像からなる分割画像ブロック（分割画像群）を生成する。

40

【0016】

図2に、分割ブロック生成部1で生成する分割画像ブロックの概略構成を示す。分割ブロック生成部1は、撮像装置11により所定の時間間隔 Δt で連続撮影されたT枚の画像フレーム20をメモリに記憶し、各画像フレーム20をそれぞれ所定数の分割画像21（ $m \times n$ 画素）に分割する。これにより、所定の時間間隔 Δt で時系列に配列されたT枚の分割画像21からなる3次元の分割画像ブロック22（図2中の太破線で囲まれたブロッ

50

ク)が生成される。

【0017】

煙識別部2は、入力された分割画像ブロック22が、煙の画像ブロックであるか、それ以外の画像ブロックであるかを識別する。図3に、煙識別部2の内部構成を示す。煙識別部2は、図3に示すように、特徴パラメータ算出部4と、微分量判定部5と、2値識別部6とで構成される。

【0018】

特徴パラメータ算出部4は、分割画像ブロック22のヒストグラムの分布形状に関する種々の特徴量と、分割画像ブロック22中の分割画像間の画素値(輝度値)の変化に関する種々の微分量を算出する。

【0019】

微分量判定部5(判定部)は、特徴パラメータ算出部4で算出する後述の1次微分G(第1微分量)と所定の閾値との大小関係を判定する。これにより、その微分量を有する分割画像ブロック22が高速に移動する対象物(人や車等)の画像を含むブロックであるかを判定する。微分量判定部5において分割画像ブロック22が高速に移動する対象物の画像を含むブロックであると判断された場合には、算出された種々の特徴量及び微分値を2値識別部6を介さずに結果統合出力部3に出力する(図3中の信号5b)。それ以外の場合には、微分量判定部5は、算出された種々の特徴量及び微分値を2値識別部6に出力する(図3中の信号5a)。

【0020】

2値識別部6(識別部)は、特徴パラメータ算出部4で算出された種々の特徴量及び微分量からなる多次元の特徴ベクトルを生成する。そして、2値識別部6は、その多次元の特徴ベクトルに基づいて、分割画像ブロック22が、煙の画像ブロックであるか、それ以外の画像ブロックであるかを識別する。

【0021】

本実施形態では、2値識別部6としてSVM(Support Vector Machine)を用いる。SVMは2クラスの分類を行う学習装置である。SVMでは、与えられた2種類の学習データを用いて、それらを分類する分離超平面を求め、分類すべき入力データ(特徴ベクトル)が分離超平面のどちらの側に存在するかを判定して特徴ベクトルの種類を識別する。なお、分離超平面は、2種類の学習データの境界近傍の学習データと、分離超平面との距離(マージン)が最大となるように決められる。また、SVMで非線形な分類を行う際には、カーネル関数を用いて、入力空間をより高次の特徴空間に写像し、そこで線形分離を行う。なお、2値識別部6としては、複数の特徴パラメータから構成される多次元の特徴ベクトルの種類を識別でき且つ学習機能を有する識別装置であれば任意の装置を用いることができる。

【0022】

ここで、再度図1に戻って、結果統合出力部3(結果出力部)の機能を説明する。結果統合出力部3は、各分割画像ブロック22の識別結果を統合し、その統合された結果を出力する。本実施形態では、結果統合出力部3は、統合結果を表示する表示ディスプレイ(不図示)を備えており、統合結果を表示することができる。なお、本発明はこれに限定されず、表示装置が煙検出装置10の外部にあってもよい。

【0023】

また、本実施形態では、結果統合出力部3は、統合結果を人間の視覚及び/または聴覚に訴える情報(警報)として出力する警報部(不図示)を備えている。警報部としては、例えば、警報ランプや警報を音により発するスピーカ装置等、あるいは、これらの組み合わせを用いることができる。このような警報部を結果統合出力部3に設けることにより、例えば、喫煙者に禁煙区域にいることを自動的に伝えたり、火災の発生を通知したりすることができる。なお、本発明はこれに限定されず、警報部が煙検出装置10の外部にあってもよい。例えば、煙検出装置10を既存の警報システム等に組み込む場合などは、その警報システムに備わっている警報装置を用いればよい。

10

20

30

40

50

【 0 0 2 4 】

[煙検出に用いる特徴パラメータ]

次に、本実施形態の煙検出装置 10 で煙検出のために用いる特徴パラメータを図 4 及び 5 を参照しながら説明する。

【 0 0 2 5 】

一般に、煙は以下の特徴を持っている。

(1) 時間的に変動する。

(2) 透過性を持っている。

それゆえ、煙が存在する領域での画像の輝度値は、背景の特徴を残しつつ、僅かに時間変化する。図 4 に、画像対象物別の輝度値の時間変化の様子を示す。なお、図 4 には、分割画像ブロック 22 が煙画像のブロックである場合（丸印の特性）、背景画像のブロックである場合（バツ印の特性）、及び、分割画像ブロック 22 中に高速に移動する対象物の画像が存在する場合（四角印の特性）の輝度値の時間変化を示す。図 4 の横軸は分割画像の時系列番号であり、これは分割画像 21 が分割画像ブロック 22 中の何枚目の画像であるかを示している。また、図 4 の縦軸は輝度値である。

10

【 0 0 2 6 】

分割画像ブロック 22 が背景画像のブロックである場合は、輝度値はほとんど時間変化しない。また、分割画像ブロック 22 中に高速に移動する対象物の画像が存在する場合には、その移動物体が画像中に移り込んだ時点でその輝度値が大きく変化する。これらに対して、分割画像ブロック 22 が煙画像のブロックである場合には、上記 2 つの場合の中間的な振る舞いをする。それゆえ、分割画像ブロック 22 中の輝度値の時間変化（微分量）は、分割画像ブロック 22 が煙画像のブロックであるか否かを識別するための指標にすることができる。

20

【 0 0 2 7 】

また、分割画像ブロック 22 が煙画像のブロックである場合、背景画像のブロックである場合、及び、分割画像ブロック 22 中に高速に移動する物体の画像が存在する場合で、それぞれヒストグラムの分布形状が異なる。その一例を図 5 に示す。なお、図 5 は、上記場合においてそれぞれ別個の分割画像ブロック 22 で求めたヒストグラムを一つのグラフにまとめたものである。図 5 の横軸は輝度値であり、縦軸は画素数（画素頻度数）である。図 5 から明らかなように、分割画像ブロック 22 のヒストグラムの分布形状もまた、分割画像ブロック 22 が煙画像のブロックであるか否かを識別するための指標にすることができる。

30

【 0 0 2 8 】

本実施形態では、上述した煙の分割画像ブロック 22 の特徴に着目し、分割画像ブロック 22 毎にヒストグラムの分布形状及び輝度値の時間変化を表す特徴パラメータを算出し、その特徴パラメータに基づいて煙の有無を判定する。

【 0 0 2 9 】

まず、各分割画像ブロック 22 のヒストグラムの分布形状に関する特徴量について説明する。本実施形態では、下記数式 1 ~ 3 で表される 3 つの特徴量（統計量）を用いる。

【 0 0 3 0 】

40

【 数 1 】

$$\text{2次モーメント: } V = \frac{1}{mnT} \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{t=1}^T \{x(i, j, t) - y(i, j)\}^2$$

【 0 0 3 1 】

【 数 2 】

$$\text{3次モーメント: } S = \frac{1}{mnT} \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{t=1}^T \{x(i, j, t) - y(i, j)\}^3$$

50

【 0 0 3 2 】

【 数 3 】

$$\text{4次モーメント: } K = \frac{1}{mnT} \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{t=1}^T \{x(i, j, t) - y(i, j)\}^4$$

【 0 0 3 3 】

上記数式 1 ~ 3 中の m 及び n は、各分割画像 2 1 の横の画素数及び縦の画素数であり、T は、分割画像ブロック 2 2 を構成する分割画像 2 1 の枚数である（図 2 参照）。

【 0 0 3 4 】

10

上記数式 1 ~ 3 中の $x(i, j, t)$ は、原画像の画素の輝度値である。 $x(i, j, t)$ のインデックス i 及び j は、 $m \times n$ 画素のサイズを有する分割画像 2 1 中のどの位置の画素であるかを示している。また、インデックス t は、分割画像ブロック 2 2 中の何枚目の分割画像 2 1 であるかを示しており、時間に関するインデックスでもある。 $y(i, j)$ は、各画素における予測された背景の輝度値である。なお、各インデックスの範囲は、それぞれ、 $1 \leq i \leq m$ 、 $1 \leq j \leq n$ 及び $1 \leq t \leq T$ となる。

【 0 0 3 5 】

2 次モーメント V（第 1 特徴量）は、分割画像ブロック 2 2 のヒストグラムの分散を示しており、ヒストグラムの分布形状の幅（広がり）を示す特徴量である。

【 0 0 3 6 】

20

3 次モーメント S（第 2 特徴量）は、分割画像ブロック 2 2 のヒストグラムの分布形状の左右対称性を示す特徴量である。ヒストグラムの分布形状が左右対称に近いほど、3 次モーメント S は小さくなる（ゼロに近づく）。また、分割画像ブロック 2 2 中で、人等が高速に移動した場合には、ヒストグラムの分布は非対称になる傾向があり、その場合には、3 次モーメント S の値は大きくなる。それゆえ、3 次モーメント S は、分割画像ブロック 2 2 中で人等が高速に移動したか否かを示すパラメータの一つになり得る。

【 0 0 3 7 】

4 次モーメント K（第 3 特徴量）は、分割画像ブロック 2 2 のヒストグラムの分布の峰部分の急峻性（尖り具合）を示す特徴量である。ヒストグラムの分布形状の急峻度が大きくなるほど、4 次モーメント K の値は小さくなる。なお、分割画像ブロック 2 2 中で移動している対象物の動きが速い場合（例えば、人等が分割画像を横切った場合）には、分割画像ブロック 2 2 のヒストグラムの分布形状はより尖った形状になる傾向がある。逆に、対象物の動きが遅い場合（例えば、葉っぱや煙がゆらゆら動いている場合）には、分割画像ブロック 2 2 のヒストグラムの分布形状は、なだらかな形状になる傾向がある。それゆえ、4 次モーメント K もまた、分割画像ブロック 2 2 中で人等が高速に移動したか否かを示すパラメータの一つになり得る。

30

【 0 0 3 8 】

なお、上記数式 1 ~ 3 では、画素の輝度値 $x(i, j, t)$ から背景の輝度値 $y(i, j)$ を差し引いている。すなわち、画素の輝度値 x を背景の輝度値 y で正規化している。これは、背景の明暗の影響が識別結果に影響を与えないようにするためである。なお、本発明はこれに限定されず、煙識別部 2 の性能等によっては、背景の輝度値 y を求めなくてもよい。

40

【 0 0 3 9 】

また、背景の輝度値 y の抽出方法としては、分割画像ブロック 2 2 中で時系列に並んだ複数の所定位置の画素（分割画像 2 1 内の位置が同じである複数の画素）から、それらの輝度値の平均値（ヒストグラムの 1 次モーメント）を背景の輝度値 y とする方法（以下では、平均法ともいう）が用い得る。また、分割画像ブロック 2 2 中で時系列に並んだ所定位置の複数の画素から、それらの輝度値の最頻度値を背景の輝度値 y とする方法（以下では、最頻値取得法ともいう）を用いてもよい。また、分割画像ブロック 2 2 中で時系列に並んだ所定位置の複数の画素から、最小 2 乗法や最小 2 乗メディアン法により背景の輝度

50

値 y を求めてもよい。なお、背景の輝度値 y は画素毎に求める。

【 0 0 4 0 】

また、本実施形態では、上記数式 1 ~ 3 で表される特徴量を画素の輝度値を用いて算出しているが、本発明はこれに限定されない。カラー画像の場合には、原画像の R (赤)、G (緑)、B (青) の各成分に対して上記種々の特徴量を算出してもよい。

【 0 0 4 1 】

次に、各分割画像ブロック 2 2 内の画素の輝度値の時間変化 (フレーム間変化) に関する微分量について説明する。本実施形態では、下記数式 4 及び 5 で表される 2 つの微分量を用いる。なお、下記数式 4 及び 5 中の $\max$ は最大値を求める演算を示している。

【 0 0 4 2 】

【 数 4 】

$$1\text{次微分: } G = \max_{i,j,t} (x(i,j,t+1) - x(i,j,t))$$

【 0 0 4 3 】

【 数 5 】

$$2\text{次微分: } L = \max_t (x_M(t+1) - x_M(t))$$

$$\text{ここで、 } x_M(t) = \frac{1}{mn} \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \{x(i,j,t+1) - x(i,j,t)\}$$

【 0 0 4 4 】

1 次微分 G (第 1 微分量) は、所定時刻 t (t 枚目) の分割画像 2 1 中の所定位置の画素の輝度値と、一時刻後の時刻 $t + 1$ ($t + 1$ 枚目) の分割画像 2 1 の所定位置の画素の輝度値との差 (以下、フレーム差分ともいう) の絶対値の最大値である。

【 0 0 4 5 】

また、2 次微分 L (第 2 微分量) は、所定時刻 t (t 枚目) の分割画像 2 1 におけるフレーム差分の平均値 $x_M(t)$ と、一時刻後の時刻 $t + 1$ ($t + 1$ 枚目) の分割画像 2 1 におけるフレーム差分の平均値 $x_M(t + 1)$ との差の絶対値の最大値である。

【 0 0 4 6 】

本実施形態では、上述した 3 つの特徴量 V 、 S 、 K 及び 2 つの微分量 G 、 L からなる 5 次元の特徴ベクトルを用いて、煙の有無を判定する。なお、上記数式 1 ~ 5 に示すように、本実施形態の煙検出で用いる特徴パラメータは、単純な四則演算で算出することができる。それゆえ、煙検出における計算コストは小さく、上記特徴パラメータを算出する特徴パラメータ算出部 4 の構成も簡易になる。

【 0 0 4 7 】

[煙の検出処理]

次に、本実施形態における煙の検出処理を図 6 を参照しながら説明する。図 6 は、本実施形態の煙検出処理の手順を示したフローチャートである。

【 0 0 4 8 】

まず、撮像装置 1 1 により、所定時間間隔 Δt で所定枚数 (T 枚) の画像フレーム 2 0 を撮像する (ステップ S 1)。そして、撮像された所定枚数 (T 枚) の画像フレーム 2 0 は、分割画像ブロック生成部 1 に記憶される。

【 0 0 4 9 】

次いで、分割画像ブロック生成部 1 は、記憶された画像フレーム 2 0 を平均化処理してノイズを除去する (ステップ S 2)。

【 0 0 5 0 】

次いで、分割画像ブロック生成部 1 は、各画像フレーム 2 0 を所定数の分割画像 2 1 に分割し、図 2 に示すような所定の時間間隔 Δt で時系列に配列された複数の分割画像 2 1

10

20

30

40

50

からなる分割画像ブロック 22 を生成する（ステップ S 3）。

【0051】

次いで、検出処理の繰り返し回数を制御する制御カウンタ $k = 1$ を初期化する（ステップ S 4）。なお、この処理は、図 1 に示していない制御部により行う。そして、分割画像ブロック生成部 1 は、制御カウンタ $k = 1$ に対応する所定の分割画像ブロック 22 のデータを煙識別部 2 の特徴パラメータ算出部 4 に出力する。

【0052】

次いで、特徴パラメータ算出部 4 は、分割画像ブロック 22 中の各画素の背景の輝度値 $y(i, j)$ を予測（抽出）する（ステップ S 5）。本実施形態では、背景の輝度値 y の抽出方法として、上述した平均法、最頻値取得法、最小 2 乗法及び最小 2 乗メディアン法のいずれかを用いる。

10

【0053】

次いで、特徴パラメータ算出部 4 は、上記数式 1 ~ 5 にしたがって煙検出に用いる特徴パラメータ（2 次モーメント V 、3 次モーメント S 、4 次モーメント K 、1 次微分 G 及び 2 次微分 L ）を算出する（ステップ S 6）。そして、特徴パラメータ算出部 4 は、算出した特徴パラメータを微分量判定部 5 に出力する。

【0054】

次に、微分量判定部 5 は、ステップ S 6 で算出した 1 次微分 G を所定の閾値と比較する（ステップ S 7）。このステップ S 7 では、分割画像ブロック 22 が高速に移動する対象物（人や車等）の画像を含む画像ブロックであるか否かを判定する。分割画像ブロック 22 が高速に移動する対象物の画像を含む場合には、その移動物体が画像に入り込んだ時点で輝度値が大きく変化するので（図 4 参照）、その時点での 1 次微分 G は大きくなる。それゆえ、1 次微分 G に対して所定の閾値を設定することにより、分割画像ブロック 22 内で移動する対象物画像が、高速に移動する物体の画像であるか、あるいは、煙のようにゆっくり移動する物体の画像であるかを判定することができる。なお、ステップ S 7 で判定に用いる閾値は、煙検出装置の使用環境等に応じて適宜設定される。

20

【0055】

分割画像ブロック 22 の 1 次微分 G が所定の閾値以上である場合は、分割画像ブロック 22 内で移動する対象物が煙以外の高速に移動する物体であると判断できる。それゆえ、そのような場合（ステップ S 7 で NO 判定の場合）には、その後、後述する煙の識別処理（ステップ S 9）は行わず、ステップ S 10 に移る。

30

【0056】

一方、分割画像ブロック 22 の 1 次微分 G が所定の閾値より小さい場合は、分割画像ブロック 22 が、背景等の移動しない対象物あるいは煙のようにゆっくりと移動する対象物の画像ブロックであると判断できる。それゆえ、そのような場合（ステップ S 7 で YES 判定の場合）には、微分量判定部 5 は、ステップ S 6 で算出した特徴パラメータを 2 値識別部 6 に出力する。

【0057】

次いで、2 値識別部 6 は、入力された 5 つの特徴パラメータ V 、 S 、 K 、 G 及び L を下記数式 6 を用いて正規化する（ステップ S 8）。そして、2 値識別部 6 は、正規化された 5 つの特徴パラメータの組み合わせからなる特徴ベクトル $C = [V_N, S_N, K_N, G_N, L_N]^T$ を生成する。なお、各変数の添え字 N は正規化されたパラメータであることを示している。

40

【0058】

【数 6】

$$c_N = \frac{c - c_M}{\sigma}$$

【0059】

なお、上記数式 6 中の c_N は正規化された特徴パラメータ V_N 、 S_N 、 K_N 、 G_N 及び

50

L_N のいずれかである。また、上記式中の c はステップ S_6 で算出した特徴パラメータ V 、 S 、 K 、 G 及び L のいずれかであり、 c_M は各特徴パラメータのサンプル平均であり、 σ は各特徴パラメータの標準偏差である。

【0060】

次いで、2 値識別部 6 (SVM) は、5 次元の特徴ベクトル $C = [V_N, S_N, K_N, G_N, L_N]^T$ に基づいて分割画像ブロック 22 が煙の画像ブロックであるかそれ以外であるかを判別する (ステップ S_9)。

【0061】

次いで、2 値識別部 6 は、ステップ S_9 での判定結果を結果統合出力部 3 に入力する (ステップ S_{10})。

【0062】

次いで、制御カウンタ k を分割ブロック数と比較する (ステップ S_{11})。制御カウンタ k が分割ブロック数より小さい場合 (ステップ S_{11} で YES 判定の場合) には、制御カウンタ k を更新し (ステップ S_{12} : $k = k + 1$)、ステップ S_5 に戻り、上記ステップ $S_5 \sim S_{10}$ の処理を繰り返す。なお、この制御カウンタ k の判定及び更新の制御は図 1 には示していない制御部で行う。

【0063】

そして、上記ステップ $S_5 \sim S_{12}$ を分割したブロック数だけ繰り返すと、ステップ S_{11} で NO 判定となる。この場合、結果統合出力部 3 は、分割画像ブロック毎の識別結果を統合して出力する (ステップ S_{13})。この際、結果統合出力部 3 は、統合結果を表示装置に表示するとともに、上記ステップ $S_5 \sim S_{12}$ で煙画像のブロックと判定された分割画像ブロック 22 が存在する場合には、結果統合出力部 3 の警報部 (不図示) が警報を出力する。

【0064】

なお、統合結果を表示装置で表示する場合には、例えば、煙の画像ブロックであると判定された分割画像ブロック 22 に対しては、別の色で表示する。そして、煙以外の画像ブロックであると判定された分割画像ブロック 22 に対しては分割画像ブロック 22 内の所定の分割画像 21 をそのまま表示する。このように表示することにより、煙の有無及び煙の存在領域をユーザに一目で認識させることができる。

【0065】

本実施形態では、上述のようにして、所定の時間間隔 Δt で連続撮像した複数の画像フレーム 20 中に煙が存在するか否かを判定する。なお、上記処理例では、ステップ $S_5 \sim S_{10}$ の工程を分割画像ブロックの数だけ繰り返す例を説明したが、本発明はこれに限定されない。図 6 中のステップ $S_5 \sim S_{10}$ の工程を各分割画像ブロック 22 で平行して同時処理してもよい。そのような場合の煙検出装置の構成を図 7 に示す。

【0066】

図 7 に示す煙検出装置 30 は、分割画像ブロック数に対応した数の煙識別部 2 を備える。なお、図 7 の煙識別部 2 の内部構成は図 3 に示した構成と同様である。煙検出装置 30 では、分割ブロック生成部 1 から各分割画像ブロックのデータが、煙識別部 2 の数だけ平行して出力され、各出力信号は、それぞれ対応する煙識別部 2 に入力される。そして、各煙識別部 2 の識別結果は平行して結果統合出力部 3 に入力される。このような構成にすることにより、各分割画像ブロック 22 を平行して同時処理することができ、さらに処理時間を短縮することができる。

【0067】

[具体例]

次に、上述した煙検出処理の具体例を説明する。本具体例では、まず、上述した 5 つの特徴パラメータの組み合わせ及び背景の輝度値の抽出方法を変えた場合の煙の識別率の変化を調べた。本具体例の検出条件は次の通りである。

【0068】

画像フレーム 20 の撮像枚数 T は 30 枚とし、フレームレートは 15 fps とした。す

10

20

30

40

50

なわち、図 2 中の画像フレーム間の時間間隔 $\Delta t = 1 / 15$ 秒とし、撮像時間は 2 秒とした。

【 0 0 6 9 】

また、画像フレーム 20 のサイズは 240×320 画素とし、分割画像 21 のサイズは 4×4 画素 ($m = n = 4$) とした。すなわち、この例では、画像フレーム 20 を 60×80 個の分割画像 21 に分割し、分割画像ブロック 22 のサイズを 4 画素 $\times$ 4 画素 $\times$ 30 枚とした。

【 0 0 7 0 】

図 6 中のステップ S 2 の平均化処理で用いる平均値フィルタとして、 3×3 の平均値フィルタを用いた。すなわち、所定画素の輝度値を平均化してノイズ除去する際に、所定画素及びその所定画素の周囲に隣接する 8 つの画素で平均輝度値を求め、その平均輝度値を所定画素の輝度値とした。

10

【 0 0 7 1 】

図 6 中のステップ S 7 で用いる、高速移動する物体を除外するための閾値は 80 とした。また、ステップ S 8 における特徴パラメータの正規化処理では、零平均で分散 1 に正規化した (上記数式 7 参照)。

【 0 0 7 2 】

また、2 値識別部 6 (SVM) のソフトマージンは 1、カーネル関数は $\gamma = 1$ のガウスカーネルとした。また、SVM に用いる学習データセットには、煙画像のデータを 6000 ブロック、その他の画像のデータを 22000 ブロック使用した。なお、これらの学習データは、様々な状況で撮像した煙画像データ及び煙以外の画像データである。また、学習データの 1 ブロックのサイズは、識別する分割画像ブロック 22 のサイズに合わせて、4 画素 $\times$ 4 画素 $\times$ 30 枚とした。

20

【 0 0 7 3 】

本具体例では、5 つの特徴パラメータ V、S、K、G 及び L の全ての組み合わせ (全部で 31 通り) においてそれぞれ煙の検出処理を行い、識別率を算出した。なお、識別率は 10-fold Cross Validation により導出した。10-fold Cross Validation は重回帰分析を応用したものであり、10 個に分割された標本群それぞれをテスト事例として 10 回検定を行う。それにより得られた 10 回の結果を平均して 1 つの推定値を得る手法である。

【 0 0 7 4 】

30

また、本具体例では、背景画像の輝度値 $y(i, j)$ の抽出方法として、上述した平均法、最頻値取得法、最小 2 乗法及び最小 2 乗メディアン方法を用い、各抽出方法においてそれぞれ識別率を求めた。その結果を下記表 1 ~ 4 に示した。

【 0 0 7 5 】

【表 1】

背景抽出方法:平均法

組合せ	煙[%]	その他[%]	合計[%]
V+S+K+G+L	94.0	97.6	96.8571
V+S+G+L	94.0	97.6	96.8214
V+S+K+L	93.4	97.0	96.2500
V+S+L	93.2	97.0	96.1607
S+K+G+L	94.0	96.7	96.0964

40

【 0 0 7 6 】

【表 2】

背景抽出方法:最頻値取得法

組合せ	煙[%]	その他[%]	合計[%]
V+S+K+G+L	94.0	97.4	96.7000
V+S+G+L	94.0	97.4	96.6821
V+S+K+G	93.4	96.3	95.6893
V+S+K+L	93.1	96.4	95.6786
V+S+L	92.8	96.3	95.5036

10

【0077】

【表 3】

背景抽出方法:最小2乗法

組合せ	煙[%]	その他[%]	合計[%]
V+S+K+G+L	93.9	97.6	96.8500
V+S+G+L	94.0	97.6	96.8071
V+S+K+L	93.4	97.0	96.2329
V+S+L	93.1	97.0	96.1429
V+S+K+G	94.0	96.7	96.1071

20

【0078】

【表 4】

背景抽出方法:最小2乗メディアン法

組合せ	煙[%]	その他[%]	合計[%]
V+S+K+G+L	94.1	97.3	96.6500
V+S+G+L	94.0	97.4	96.6357
V+K+G+L	93.1	97.1	96.2143
V+G+L	93.0	97.1	96.2000
V+S+K+L	93.4	96.7	96.0071

30

40

【0079】

表1～4は、背景画像の輝度値をそれぞれ平均法、最頻値取得法、最小2乗法及び最小2乗メディアン法を用いて算出した場合の評価結果である。また、各表には、合計欄の識別率の高い順に5つの組み合わせを記載している。

【0080】

なお、各表中の「組合せ」の欄は、識別に用いる特徴パラメータ（特徴ベクトルの要素）の組み合わせを示しており、例えば、「V+S+K+G+L」は5つの特徴パラメータV、S、K、G及びLを全て用いて識別した場合を示す。

【0081】

50

また、各表中の「煙」の欄の識別率は、実際に煙が存在する分割画像ブロック 22 を、煙の画像ブロックであると判定できた割合である。各表中の「その他」の欄の識別率は、実際に煙以外の対象物（背景等）が存在する分割画像ブロック 22 を、煙以外の対象物の画像ブロックであると判定できた割合である。そして、各表中の「合計」の欄の識別率は、実際に煙が存在する分割画像ブロック 22 を煙の画像ブロックであると判定でき、且つ、実際に煙以外の対象物（背景等）が存在する分割画像ブロック 22 を煙以外の対象物の画像ブロックであると判定できた割合である。

【0082】

表 1～4 の結果から明らかなように、背景輝度の抽出方法に関係なく、上記数式 1～5 で示した 5 つの特徴パラメータ V、S、K、G 及び L を全て用いて識別した場合に最も識別率が高くなっている。特に、5 つの特徴パラメータ V、S、K、G 及び L を全て用い且つ背景の輝度値の抽出方法に平均法を用いた場合に、最も高い識別率（96.8571%）が得られた。すなわち、この結果から、上記数式 1～5 で示した 5 つの特徴パラメータ V、S、K、G 及び L は全て煙の検出に有効であることが分かる。

【0083】

また、表 1～4 の結果から明らかなように、5 つの特徴パラメータ V、S、K、G 及び L を全て用いなくても、高い識別率が得られることも分かる。例えば、4 つの特徴パラメータ V、S、G 及び L を用いて識別した場合には、いずれの背景輝度の抽出方法においても 2 番目に高い識別率が得られている。

【0084】

また、本具体例では、最も識別率の高かった条件、すなわち、5 つの特徴パラメータ V、S、K、G 及び L を全て用い、且つ、背景の輝度値 y の抽出方法に平均法を用いた場合において、タバコの煙検出を行い、その結果を画像表示した。その結果を図 8 及び 9 に示した。なお、煙の検出結果を画像表示する際、分割画像ブロック 22 が煙の画像ブロックであると判定された分割画像ブロック 22 は白抜きで表示した。また、煙以外の画像ブロックであると判定された分割画像ブロック 22 は、分割画像ブロック 22 中の最初（一枚目）の画像を表示した。

【0085】

図 8 及び 9 から明らかなように、本実施形態の煙検出装置を用いることにより、タバコの煙の存在領域を精度よく明確に表すことができることが分かる。なお、図 9 中の人物画像の頭上の一部には、背景等を煙として誤認識しているブロックも存在するが、画像フレーム全体で見れば、煙の存在領域を精度よく明確に表すことができている。

【0086】

また、本具体例では、1 回の煙検出にかかる時間は約 5 秒であり、その内訳は、画像の取得（図 6 中のステップ S1）に約 2 秒、それ以降の検出処理（図 6 中のステップ S2～S13）に約 3 秒である。検出処理に要した約 3 秒の間は煙の検出を行うことができないが、煙はそれより長い時間浮遊しているので、本実施形態の煙検出装置では、ほぼリアルタイムで煙の検出が可能であることが分かる。

【0087】

上述のように、本発明の煙検出装置及び煙検出方法によれば、簡易な構成及び低計算コストで画像フレームから精度よく煙を検出できる。

【0088】

なお、本発明は、上述した効果以外に、上記特許文献 1 や非特許文献 2 に対して次のような利点も有する。特許文献 1 に記載の煙検出の技術では、撮像した画像フレーム内の一部の領域（検出領域）で煙検出を行うので、その検出領域に煙が入ってこないと検出できない。それに対して、本実施形態では、分割画像群毎に独立して煙の有無を判定し、画像フレーム全域にわたって煙検出を行う。それゆえ、特許文献 1 に記載の煙検出技術のように、画像フレーム内の一部の領域（検出領域）に煙が入ってこないと検出できないという問題も解消することができる。

【0089】

10

20

30

40

50

また、上述した非特許文献 2 で提案されている技術では、専用の撮像装置を必要とするので、既存の監視カメラ等に設置することはできない。しかしながら、本発明の煙検出装置及び煙検出方法では、上述のように、煙検出原理と対応した専用の撮像装置を必要とせず、所定の時間間隔で連続して画像を撮像できる撮像装置であれば、任意の撮像装置に適用することができる。それゆえ、本発明は、駅、繁華街、ビル内などの様々な場所に設置された監視カメラと組み合わせて使用することができる。

【 0 0 9 0 】

例えば、駅や駅前の公共空間に設置された監視カメラと本発明とを組み合わせることにより、禁煙区域における喫煙者を検出し、喫煙者に禁煙区域にいることを自動的に伝えることができる。これにより、禁煙区域での喫煙者と、それを注意した人との間のトラブルを減らすことができる。

10

【 0 0 9 1 】

また、室内に設置したネットワークカメラと本発明とを組み合わせることにより、留守中の火災の発生を通知することができる。さらに、屋外や天井の高い場所など、従来煙センサを設置することが困難であるような場所に設置されている監視カメラと本発明とを組み合わせる煙検知をすることも可能になる。

【 0 0 9 2 】

このように、本発明によれば、既設のカメラ設備を置き換えることなく、本発明の煙検出ユニットを既設のカメラ設備に接続するだけで、煙検知をすることが可能になる。また、本発明を既設のカメラ設備と組み合わせることにより、既存の監視カメラを映像の記録手段としてだけでなく、煙センサとして利用することができるので、資源の有効活用にもつながる。

20

【図面の簡単な説明】

【 0 0 9 3 】

【図 1】本発明の一実施形態に係る煙検出装置のブロック構成図である。

【図 2】分割画像ブロックの概略構成図である。

【図 3】煙識別部の内部構成図である。

【図 4】分割画像ブロック中の画素の輝度値の時間変化を示した図である。

【図 5】分割画像ブロックのヒストグラムを示した図である。

【図 6】本発明の一実施形態に係る煙検出装置における煙検出処理の手順を示したフローチャートである。

30

【図 7】分割画像ブロックを同時処理する場合の煙検出装置のブロック構成図である。

【図 8】煙検出結果の表示例である。

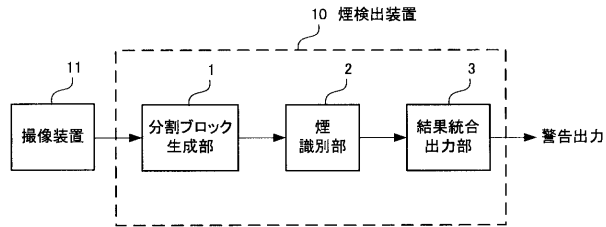
【図 9】煙検出結果の表示例である。

【符号の説明】

【 0 0 9 4 】

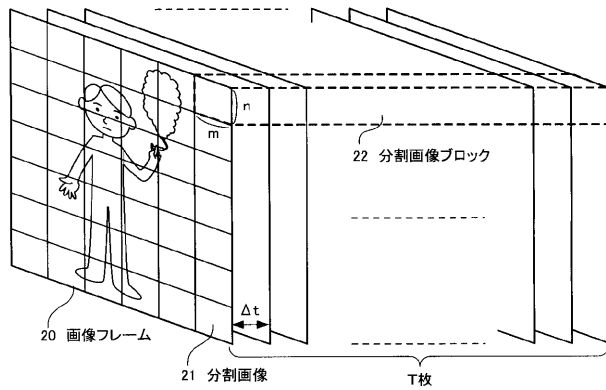
1 ... 分割ブロック生成部、 2 ... 煙識別部、 3 ... 結果統合出力部、 4 ... 特徴パラメータ算出部、 5 ... 微分量判定部、 6 ... 2 値識別部、 1 0 ... 煙検出装置、 1 1 ... 撮像装置、 2 0 ... 画像フレーム、 2 1 ... 分割画像、 2 2 ... 分割画像ブロック

【図1】



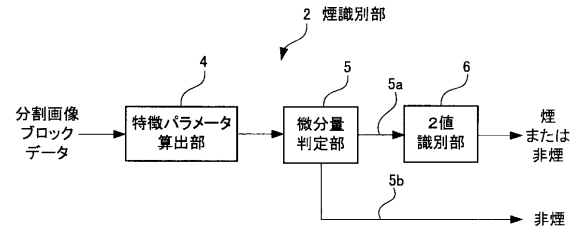
煙検出装置のブロック構成

【図2】



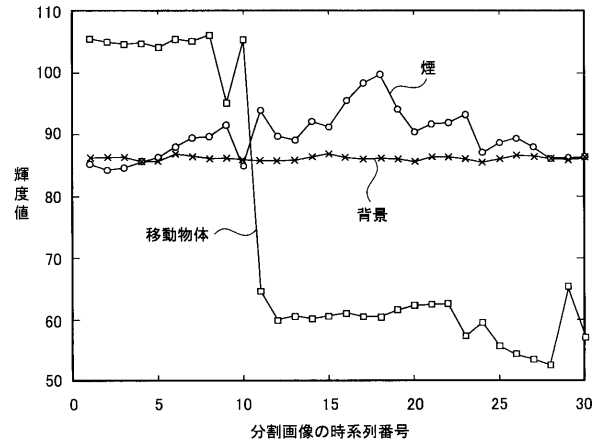
分割画像ブロックの概略構成

【図3】



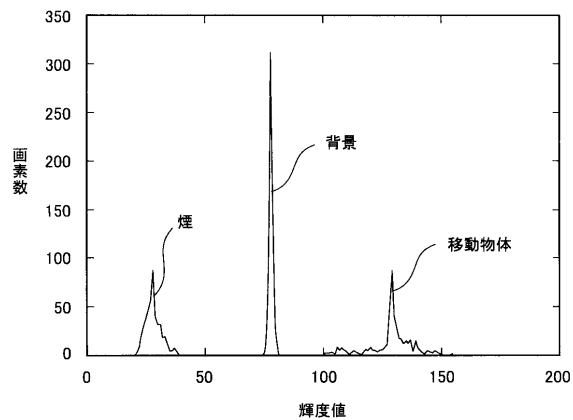
煙識別部の内部構成

【図4】



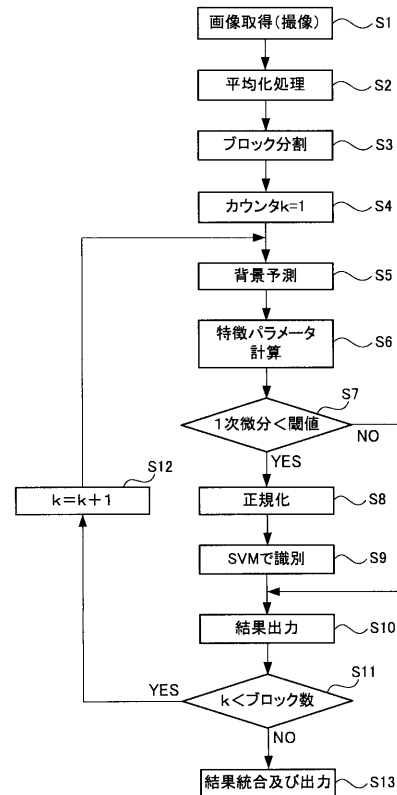
輝度値の時間変化

【図5】



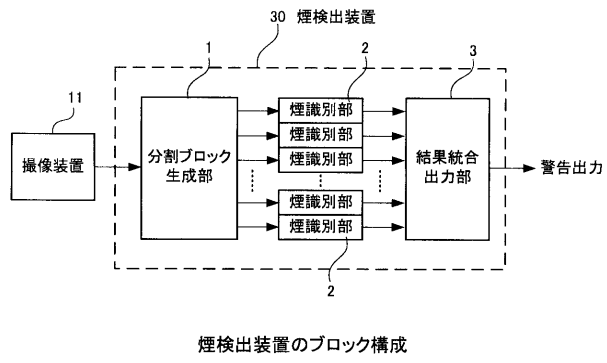
ヒストグラムの分布形状

【図6】

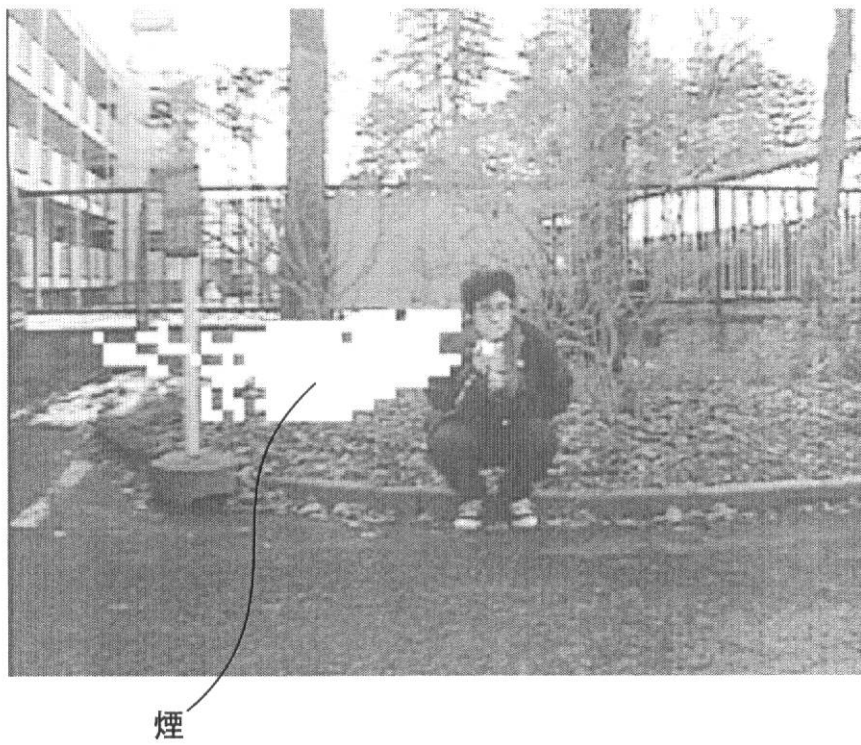


煙検出処理のフローチャート

【図 7】



【図 8】



煙検出の表示例

【図 9】



煙検出の表示例

フロントページの続き

(72)発明者 岩本 健太郎

東京都府中市晴見町 3 - 8 - 1 国立大学法人東京農工大学内

F ターム(参考) 5B057 AA19 BA02 CA08 CA12 CA16 CF04 DA06 DB02 DB09 DC23
DC32
5C085 AA03 AC18 BA36 CA03 DA16 DA17
5C087 AA11 AA23 AA40 AA44 DD04 EE07 EE08 FF02 FF04 FF22
GG02 GG18