

(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2021-157474

(P2021-157474A)

(43) 公開日 令和3年10月7日(2021.10.7)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード(参考)
GO6T 7/254 (2017.01)	GO6T 7/254 A	5 L 0 9 6
GO1W 1/00 (2006.01)	GO1W 1/00 A	

審査請求 未請求 請求項の数 10 O L (全 19 頁)

(21) 出願番号 特願2020-56803 (P2020-56803)
 (22) 出願日 令和2年3月26日(2020.3.26)

(71) 出願人 504258527
 国立大学法人 鹿児島大学
 鹿児島県鹿児島市郡元一丁目21番24号
 (74) 代理人 100095407
 弁理士 木村 満
 (74) 代理人 100162259
 弁理士 末富 孝典
 (74) 代理人 100168114
 弁理士 山中 生太
 (74) 代理人 100146916
 弁理士 廣石 雅紀
 (72) 発明者 中谷 剛
 鹿児島県鹿児島市郡元一丁目21番24号
 国立大学法人 鹿児島大学内

最終頁に続く

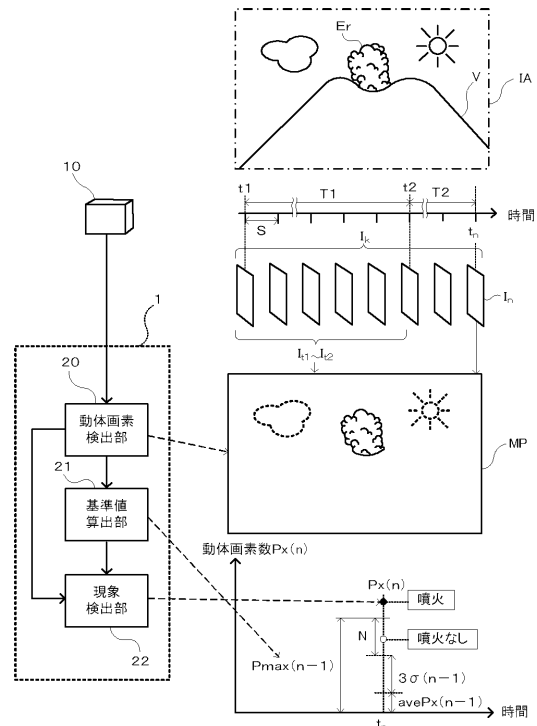
(54) 【発明の名称】 監視システム、監視方法及びプログラム

(57) 【要約】

【課題】 厳しい環境条件下であっても現象の発生を正確に検出する。

【解決手段】 動体画素検出部 20 は、火山 V の最新の画像データ I_n が得られる度に、最新の画像データ I_n と過去の画像データ $I_{t_1} \sim I_{t_2}$ との比較により、最新の画像データ I_n を構成する画素のうち、動体画素数 $P_x(n)$ を検出する。基準値算出部 21 は、動体画素数 $P_x(n)$ が得られる度に、過去の期間 T1 を 1 サンプルング周期 S だけ後にずらしつつ、期間 T1 に撮像された複数枚の画像データ $I_{t_1} \sim I_{t_2}$ における動体画素数 $P_x(t_1) \sim P_x(t_2)$ の平均値 $ave P_x(n-1)$ 、標準偏差 $\sigma(n-1)$ 及びノイズ成分 N に基づく基準値 $P_{max}(n-1)$ を算出する。現象検出部 22 は、基準値算出部 21 で算出された基準値 $P_{max}(n-1)$ に対する動体画素検出部 20 で検出された動体画素数 $P_x(n)$ の比率が閾値を超えた場合に、火山 V の噴火の発生を検出する。

【選択図】 図 1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

一定のサンプリング周期で撮像される監視対象の最新の画像が得られる度に、前記最新の画像と過去の画像との比較により、前記最新の画像を構成する画素のうち、被写体の動きを示す動体画素の数である動体画素数を検出する動体画素検出部と、

前記動体画素検出部で前記動体画素数が検出される度に、算出対象となる過去の期間を1サンプリング周期後にずらしつつ、前記期間に撮像された複数枚の画像における前記動体画素数の平均値、標準偏差及び画像に含まれるノイズ成分に基づく基準値を算出する基準値算出部と、

前記基準値算出部で前記基準値が算出される度に、前記基準値算出部で算出された前記基準値に対する前記動体画素検出部で検出された前記最新の画像における前記動体画素数の比率が閾値を超えた場合に、前記監視対象における現象の発生を検出する現象検出部と

10

、
を備える監視システム。

【請求項 2】

前記基準値算出部は、

前記動体画素数の平均値と、標準偏差の3倍と、前記ノイズ成分を加算した値を、前記基準値として算出する、

請求項 1 に記載の監視システム。

【請求項 3】

20

前記期間の終期は、前記最新の画像が撮像された時点よりも少なくともM（Mは2以上の自然数）サンプリング前の時点となるように規定されている、

請求項 1 又は 2 に記載の監視システム。

【請求項 4】

前記基準値算出部は、

前記監視対象における現象の発生が検出される前の前記動体画素数の最大値を、前記ノイズ成分として設定する、

請求項 1 から 3 のいずれか一項に記載の監視システム。

【請求項 5】

前記動体画素検出部は、

30

前記最新の画像における輝度値に対する画素数の分布を示す混合ガウス分布モデルを推定し、

前記過去の画像から推定されている混合ガウス分布モデルに含まれる正規分布に属しない画素を、前記動体画素として前記最新の画像から抽出する、

請求項 1 から 4 のいずれか一項に記載の監視システム。

【請求項 6】

前記動体画素検出部は、

前記最新の画像をグレースケール画像に変換し、

前記グレースケール画像に対して輝度値に対する画素数を示すヒストグラムを作成し、

前記ヒストグラムを正規化し、

40

前記正規化されたヒストグラムに基づいて、前記混合ガウス分布モデルを推定する、

請求項 5 に記載の監視システム。

【請求項 7】

前記動体画素検出部は、

前記抽出された前記動体画素のうち、孤立する前記動体画素をノイズとして除去し、

前記抽出された前記動体画素のうち、除去されなかった前記動体画素の数を、前記動体画素数としてカウントする、

請求項 5 又は 6 に記載の監視システム。

【請求項 8】

前記動体画素検出部は、

50

前記最新の画像における前記監視対象において現象が発生する領域の部分画像に対して処理を行って、前記動体画素数を算出する、

請求項 1 から 7 のいずれか一項に記載の監視システム。

【請求項 9】

コンピュータが、一定のサンプリング周期で撮像される監視対象の最新の画像が得られる度に、前記最新の画像と過去の画像との比較により、前記最新の画像を構成する画素のうち、被写体の動きを示す動体画素の数である動体画素数を検出する動体画素検出ステップと、

コンピュータが、前記動体画素検出ステップで前記動体画素数が検出される度に、対象となる過去の期間を 1 サンプル周期後にずらしつつ、前記期間に撮像された複数枚の画像における前記動体画素数の平均値、標準偏差及び画像に含まれるノイズ成分に基づく基準値を算出する基準値算出ステップと、

コンピュータが、前記基準値算出ステップで前記基準値が算出される度に、前記基準値算出ステップで算出された前記基準値に対する前記動体画素検出ステップで検出された前記最新の画像における前記動体画素数の比率が閾値を超えた場合に、前記監視対象における現象の発生を検出する現象検出ステップと、

を含む監視方法。

【請求項 10】

コンピュータを、

一定のサンプリング周期で撮像される監視対象の最新の画像が得られる度に、前記最新の画像と過去の画像との比較により、前記最新の画像を構成する画素のうち、被写体の動きを示す動体画素の数である動体画素数を検出する動体画素検出部、

前記動体画素検出部で前記動体画素数が検出される度に、算出対象となる過去の期間を 1 サンプル周期後にずらしつつ、前記期間に撮像された複数枚の画像における前記動体画素数の平均値、標準偏差及び画像に含まれるノイズ成分に基づく基準値を算出する基準値算出部、

前記基準値算出部で前記基準値が算出される度に、前記基準値算出部で算出された前記基準値に対する前記動体画素検出部で検出された前記最新の画像における前記動体画素数の比率が閾値を超えた場合に、前記監視対象における現象の発生を検出する現象検出部、
として機能させるプログラム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、監視システム、監視方法及びプログラムに関する。

【背景技術】

【0002】

日本で最も活発な活動をしている火山の一つである桜島は、10 km 西に鹿児島市の中心部が位置する、都市圏に近い火山として知られている。このため、桜島の噴火は、中規模なものであっても観光、農業、漁業等の産業に経済的損失を与えて地域の発展を妨げたり、県民の生活・健康に影響を与えたりするおそれがある。そこで、噴火があったことをいち早く知るために、桜島は 24 時間監視対象となっている。

【0003】

現状では、桜島のような火山の噴火の判断は、目視に頼らざるを得ないのが実情であり、監視には大変な労力が必要となる。このため、監視画像を利用して噴火を自動的に検出する方法の開発が望まれている。

【0004】

監視対象における現象の発生を自動的に検出する一般的な方法に、「差分画像」を利用する方法がある。この方法では、現象が発生する前の背景画像を予め準備しておき、その現象が発生した後の画像と背景画像との差分、すなわち相違点を求めることで、現象が発生したことを検出する。

10

20

30

40

50

【0005】

屋内などの環境変化が小さい空間又は環境を制御可能な空間であれば、「差分画像」を利用する方法は有効である。一方、環境変化が大きい屋外では、検出対象である現象の発生とは無関係な環境変化により背景画像が変化するので、「差分画像」を利用する方法で現象の発生を検出することが難しくなっている。

【0006】

このような点を改善するため、直前の画像を背景画像として更新していく方法や、差分後の画像から現象の発生に関連する動体の速度ベクトルを求めることで、背景と動体とを分離する方法等が開示されている（例えば、特許文献1参照）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0007】

【特許文献1】特開2002-90471号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

しかしながら、現象の発生の自動的な検出を妨げるものは、背景画像の変化には限られない。防災を目的として野外に設置されたカメラで監視対象を監視する場合には、カメラが設置される環境条件が厳しくなる。例えば、風によりカメラが振動したり、カメラのレンズが汚れたりして画質が劣化する。このような環境条件の厳しさが、現象の発生の自動的な検出の妨げとなっている。

【0009】

本発明は、上記実情の下になされたものであり、厳しい環境条件下であっても現象の発生を正確に検出することができる監視システム、監視方法及びプログラムを提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0010】

上記目的を達成するために、本発明の第1の観点に係る監視システムは、一定のサンプリング周期で撮像される監視対象の最新の画像が得られる度に、前記最新の画像と過去の画像との比較により、前記最新の画像を構成する画素のうち、被写体の動きを示す動体画素の数である動体画素数を検出する動体画素検出部と、

前記動体画素検出部で前記動体画素数が検出される度に、算出対象となる過去の期間を1サンプリング周期後にずらしつつ、前記期間に撮像された複数枚の画像における前記動体画素数の平均値、標準偏差及び画像に含まれるノイズ成分に基づく基準値を算出する基準値算出部と、

前記基準値算出部で前記基準値が算出される度に、前記基準値算出部で算出された前記基準値に対する前記動体画素検出部で検出された前記最新の画像における前記動体画素数の比率が閾値を超えた場合に、前記監視対象における現象の発生を検出する現象検出部と

を備える。

【0011】

この場合、前記基準値算出部は、前記動体画素数の平均値と、標準偏差の3倍と、前記ノイズ成分を加算した値を、前記基準値として算出する、こととしてもよい。

【0012】

また、前記期間の終期は、前記最新の画像が撮像された時点よりも少なくともM（Mは2以上の自然数）サンプリング前の時点となるように規定されている、こととしてもよい。

【0013】

前記基準値算出部は、
前記監視対象における現象の発生が検出される前の前記動体画素数の最大値を、前記ノイズ成分として設定する、
こととしてもよい。

【0014】

前記動体画素検出部は、
前記最新の画像における輝度値に対する画素数の分布を示す混合ガウス分布モデルを推定し、
前記過去の画像から推定されている混合ガウス分布モデルに含まれる正規分布に属しない画素を、前記動体画素として前記最新の画像から抽出する、
こととしてもよい。

10

【0015】

前記動体画素検出部は、
前記最新の画像をグレースケール画像に変換し、
前記グレースケール画像に対して輝度値に対する画素数を示すヒストグラムを作成し、
前記ヒストグラムを正規化し、
前記正規化されたヒストグラムに基づいて、前記混合ガウス分布モデルを推定する、
こととしてもよい。

【0016】

前記動体画素検出部は、
前記抽出された前記動体画素のうち、孤立する前記動体画素をノイズとして除去し、
前記抽出された前記動体画素のうち、除去されなかった前記動体画素の数を、前記動体画素数としてカウントする、
こととしてもよい。

20

【0017】

前記動体画素検出部は、
前記最新の画像における前記監視対象において現象が発生する領域の部分画像に対して処理を行って、前記動体画素数を算出する、
ようにしてもよい。

【0018】

また、本発明の第2の観点に係る監視方法は、
コンピュータが、一定のサンプリング周期で撮像される監視対象の最新の画像が得られる度に、前記最新の画像と過去の画像との比較により、前記最新の画像を構成する画素のうち、被写体の動きを示す動体画素の数である動体画素数を検出する動体画素検出ステップと、

30

コンピュータが、前記動体画素検出ステップで前記動体画素数が検出される度に、対象となる過去の期間を1サンプリング周期後にずらしつつ、前記期間に撮像された複数枚の画像における前記動体画素数の平均値、標準偏差及び画像に含まれるノイズ成分に基づく基準値を算出する基準値算出ステップと、

コンピュータが、前記基準値算出ステップで前記基準値が算出される度に、前記基準値算出ステップで算出された前記基準値に対する前記動体画素検出ステップで検出された前記最新の画像における前記動体画素数の比率が閾値を超えた場合に、前記監視対象における現象の発生を検出する現象検出ステップと、
を含む。

40

【0019】

また、本発明の第3の観点に係るプログラムは、
コンピュータを、
一定のサンプリング周期で撮像される監視対象の最新の画像が得られる度に、前記最新の画像と過去の画像との比較により、前記最新の画像を構成する画素のうち、被写体の動きを示す動体画素の数である動体画素数を検出する動体画素検出部、

50

前記動体画素検出部で前記動体画素数が検出される度に、算出対象となる過去の期間を1サンプリング周期後にずらしつつ、前記期間に撮像された複数枚の画像における前記動体画素数の平均値、標準偏差及び画像に含まれるノイズ成分に基づく基準値を算出する基準値算出部、

前記基準値算出部で前記基準値が算出される度に、前記基準値算出部で算出された前記基準値に対する前記動体画素検出部で検出された前記最新の画像における前記動体画素数の比率が閾値を超えた場合に、前記監視対象における現象の発生を検出する現象検出部、
として機能させる。

【発明の効果】

【0020】

本発明によれば、過去のある期間に撮像された複数枚の画像における被写体の動きを示す動体画素の数である動体画素数の平均値、標準偏差及びノイズ成分に基づく基準値に対する最新の画像における動体画素数の比率が閾値を超えた場合に、現象が発生したことを検出する。現象が発生していなかった過去の期間に撮像された複数枚の画像における動体画素数の変動は、現象とは関係のない他の要因によるものであると考えられるため、この変動を考慮した基準値を用いることにより、他の要因による誤検出を防止することができる。この結果、厳しい環境条件下であっても現象の発生を正確に検出することができる。

【図面の簡単な説明】

【0021】

【図1】本発明の実施の形態に係る監視システムの構成を示す模式図である。

【図2】図1の監視システムのハードウェア構成を示すブロック図である。

【図3】図1の監視システムの動作を示すフローチャートである。

【図4】動体画素検出ステップの流れを示すフローチャートである。

【図5】(A)はグレースケール画像の一例を示す図である。(B)は、ヒストグラム補正が施された画像の一例を示す図である。(C)は、抽出された動体画素の一例を示す図である。(D)は、ノイズが除去された動体画素の一例を示す図である。(E)は、動体画素を撮像された画像と重ね合わせて示す図である。

【図6】(A)は、現在の画像から生成されるヒストグラムの一例を示す図である。(B)は、正規化されたヒストグラムの一例を示す図である。(C)は、正規化されたヒストグラムから推定される混合ガウス分布モデルの一例を示す図である。

【図7】推定される混合ガウス分布モデルの時間変化を示すグラフである。

【図8】基準値が更新される様子を示すグラフである。

【図9】噴火が検出される様子を示すグラフである。

【図10】警告表示の一例を示す図である。

【図11】噴火前後の動体画素数の変動を示すグラフである。

【図12】縦ライン及び横ラインが表示された画像の一例を示す図である。

【図13】複数のカメラで監視対象を撮像する様子を示す模式図である。

【図14】(A)及び(B)は、河川における土石流の発生を検出するための画像の一例を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0022】

以下、本発明の実施の形態について図面を参照して詳細に説明する。全図において、同一又は相当する構成要素には、同一の符号が付されている。

【0023】

図1に示すように、本実施の形態に係る監視システム1には、カメラ10が無線通信可能に接続されている。カメラ10は、撮像視野IA内に山頂の火口を含む火山Vの大部分とその周辺が収められるように屋外に設置されている。このため、カメラ10は、風などの自然環境の影響を受け易くなっている。

【0024】

カメラ10は、一定のサンプリング周期Sで火山Vを撮像する。この撮像により、各サ

10

20

30

40

50

ンプリング時点 t_k ($k = 0, 1, 2, \dots$) での火山 V 及び周辺の画像データ I_k が得られる。カメラ 10 は、撮像を行う度に、その撮像により得られた画像データ I_k を、無線通信により、監視システム 1 に送っている。なお、サンプリング周期 S に特に制限はなく、監視対象の動きに応じた時間（例えば $1/30$ 秒）とすることができる。

【0025】

監視システム 1 は、情報処理を行うコンピュータである。火山 V が噴火すれば、火山 V から噴煙柱 E_r が上がる。監視システム 1 は、カメラ 10 から送られる各サンプリング時点 t_k ($k = 0, 1, 2, \dots$) で撮像された画像データ I_k に基づいて、監視対象における現象が発生した、すなわち火山 V の噴火が発生したことを検出する。噴火は、噴煙柱 E_r により検出される。この検出を行うため、監視システム 1 は、動体画素検出部 20 と、基準値算出部 21 と、現象検出部 22 と、を備えている。

10

【0026】

動体画素検出部 20 は、カメラ 10 から送られた各サンプリング時点 t_k ($k = 0, 1, 2, \dots$) での火山 V 及び周辺の画像データ I_k を受信する。動体画素検出部 20 は、画像データ I_k を記憶する。

【0027】

動体画素検出部 20 は、一定のサンプリング周期 S で撮像される火山 V の最新の画像データ I_n が得られる度に、最新の画像データ I_n と過去の画像データ $I_{t_1} \sim I_{t_2}$ とを比較する。この比較により、動体画素検出部 20 は、最新の画像データ I_n を構成する画素のうち、被写体の動きを示す動体画素 MP を検出する。動体画素 MP には、例えば、噴煙柱 E_r の他にも、雲、太陽による逆光、飛行機、鳥、車、鉄道、船舶等の移動する物体、影を示す画素が含まれる。さらに、動体画素検出部 20 は、動体画素 MP の数を示す動体画素数 $P_x(n)$ を検出する。

20

【0028】

基準値算出部 21 は、動体画素検出部 20 で動体画素数 $P_x(n)$ が検出される度に、動体画素検出部 20 から動体画素数 $P_x(n)$ を入力し、記憶する。

【0029】

基準値算出部 21 は、動体画素検出部 20 で動体画素数 $P_x(n)$ が検出される度に、算出対象となる過去の期間 T_1 を 1 サンプリング周期 S 後にずらす。本実施の形態では、期間 T_1 の始期を時点 t_1 とし、終期を時点 t_2 とする。時点 t_2 は、最新の画像データ I_n が撮像された時点 t_n よりも少なくとも M (M は 2 以上の自然数) サンプリング前、すなわち期間 T_2 前の時点となるように設定されている。

30

【0030】

さらに、基準値算出部 21 は、期間 T_1 に撮像された複数枚の画像データ $I_{t_1} \sim I_{t_2}$ における動体画素数 $P_x(t_1) \sim P_x(t_2)$ の平均値 $ave P_x(n-1)$ 、標準偏差 $\sigma P_x(n-1)$ 及び画像データ I_k に含まれるノイズ成分 N に基づく基準値 $P_{max}(n-1)$ を算出する。 $P_x(t_1)$ は、時点 t_1 で撮像された画像データ I_{t_1} から得られる動体画素数であり、 $P_x(t_2)$ は、時点 t_2 で撮像された画像データ I_{t_2} から得られる動体画素数である。基準値 $P_{max}(n-1)$ は、噴火前に想定される動体画素数 $P_x(n)$ の最大値である。ここで、 $n-1$ は、 n の 1 サンプリング前のデータという意味ではなく、最新の画像データ I_n よりも過去の期間 T_1 における画像データ $I_{t_1} \sim I_{t_2}$ に基づいて定められる値という意味で用いられている。

40

【0031】

現象検出部 22 は、動体画素検出部 20 から動体画素数 $P_x(n)$ を入力するとともに、基準値算出部 21 から基準値 $P_{max}(n-1)$ を入力する。現象検出部 22 は、基準値 $P_{max}(n-1)$ に対する動体画素数 $P_x(n)$ の比率が閾値 θ を超えた場合に、火山 V における現象の発生、すなわち噴火の発生を検出する。

【0032】

このように、基準値算出部 21 及び現象検出部 22 は、以下の式 (1) (基準値 $P_{max}(n-1)$ の算出式) 及び式 (2) (噴火の判定) を実行して、基準値 $P_{max}(n-$

50

1) の算出及び火山Vの噴火の判定を行う。

$$P_{max}(n-1) = ave P_x(n-1) + 3 \cdot (n-1) + N \cdot \dots (1)$$

$$P_x(n) / P_{max}(n-1) > \dots (2)$$

【0033】

なお、現象検出部22は、火山Vの噴火の発生が検出される前の動体画素数 $P_x(n)$ の最大値を、ノイズ成分Nとして設定することができる。ノイズ成分Nは、カメラ10で撮像された画像データ I_k に現れる固有のものであり、予め計測しておき、その計測値を設定しておくことが可能である。また、閾値の値は、任意であるが、例えば1.0又は1.0以上の値を用いることができる。図1では、 $= 1.0$ の場合での比較の様子が示されている。

10

【0034】

上述の監視システム1の機能は、図2に示すハードウェア構成で実現されている。図2に示すように、監視システム1は、制御部31、主記憶部32、外部記憶部33、操作部34、表示部35及び無線通信回路36をハードウェア構成として備えている。主記憶部32、外部記憶部33、操作部34、表示部35及び無線通信回路36はいずれも内部バス30を介して制御部31に接続されている。

【0035】

制御部31は、CPU(Central Processing Unit)を備えている。このCPUが、外部記憶部33に記憶されているプログラム39に従って処理を実行することにより、図1に示す監視システム1の各構成要素が実現される。

20

【0036】

主記憶部32は、RAM(Random-Access Memory)を備えている。主記憶部32のRAMには、外部記憶部33に記憶されているプログラム39がロードされる。CPUは、RAMにロードされたプログラム39を実行する。その他、主記憶部32は、制御部31の作業領域(データの一時記憶領域)として用いられる。

【0037】

外部記憶部33は、フラッシュメモリ、ハードディスク、DVD-RAM(Digital Versatile Disc Random-Access Memory)、DVD-RW(Digital Versatile Disc Rewritable)等の不揮発性メモリを備える。外部記憶部33の不揮発性メモリには、制御部31に実行させるためのプログラム39があらかじめ記憶されており、このプログラム39が、主記憶部32に読み込まれる。また、外部記憶部33は、制御部31の指示に従って、このプログラム39の実行の際に用いられるデータを制御部31に供給し、制御部31から供給されたデータを記憶する。

30

【0038】

本実施の形態では、監視システム1の動体画素検出部20、基準値算出部21及び現象検出部22は、制御部31、主記憶部32及び外部記憶部33に対応している。

【0039】

操作部34は、操作者によって操作されるマンマシンインターフェイスである。操作部34は、キーボード及びマウスなどのポインティングデバイスと、キーボードとを備える。操作部34への操作入力は、制御部31に送られる。制御部31は、操作入力の内容に従ってプログラム39を実行する。

40

【0040】

表示部35は、画像を表示するマンマシンインターフェイスである。表示部35は、CRT(Cathode Ray Tube)またはLCD(Liquid Crystal Display)を備える。表示部35には、例えば、火山Vの画像データ I_k 及び噴火が発生したことを知らせる警告が表示される(例えば図10参照)。すなわち、本実施の形態では、現象検出部22が、表示部35に対応する。

【0041】

無線通信回路36は、カメラ10から送信される無線信号を受信する通信回路である。無線信号には、Wifi(登録商標)、FM波又はBluetooth(登録商標)等の

50

短距離通信などが用いられる。監視システム 1 の動体画素検出部 20 は、制御部 31 及び無線通信回路 36 を用いて、カメラ 10 から画像データ I_n を受信する。

【0042】

なお、外部記憶部 33 は、一時的でない記録媒体 37 と接続することが可能である。記録媒体 37 にはプログラム 39 が記憶されている。プログラム 39 は、記録媒体 37 から外部記憶部 33 へ転送され、書き込まれるようにしてもよい。

【0043】

次に、本発明の実施の形態に係る監視システム 1 の動作について説明する。

【0044】

図 3 に示すように、まず、監視システム 1 の動体画素検出部 20 は、受信した画像データ I_n のサンプリング番号を示すカウンタ値 n を 0 に初期化する（ステップ S1）。 10

【0045】

続いて、動体画素検出部 20 は、画像データ I_n を受信するまで待つ（ステップ S2；No）。画像データ I_n を受信すると（ステップ S2；Yes）、動体画素検出部 20 は、カウンタ値 n を 1 インクリメントする（ステップ S3）。

【0046】

続いて、動体画素検出部 20 は、カウンタ値 n が所定の数 n_c 以上であるか否かを判定する（ステップ S4）。ここで、 n_c は、動体画素数 $P_x(n)$ 及び基準値 $P_{max}(n-1)$ などの算出が可能となる画像データ I_k の数である。 n_c には、最初の画像データ I_1 が取得されてから、少なくとも期間 T_1 及び期間 T_2 が経過するまでに得られる画像データ I_k の数が設定される。 20

【0047】

カウンタ値 n が所定の数 n_c より少ない場合（ステップ S4；No）、動体画素検出部 20 は、ステップ S2 に戻る。以降、画像データ受信待ち（ステップ S2）、カウンタ値 n のインクリメント（ステップ S3）、カウンタ値 n が n_c 以上であるか否かの判定（ステップ S4）が繰り返される。カウンタ値 n が所定の数 n_c 以上となれば（ステップ S4；Yes）、動体画素検出部 20 は、噴火が検出された後であるか否かを判定する（ステップ S5）。

【0048】

ここでは、噴火がまだ検出されていないので（ステップ S5；No）、監視システム 1 の動体画素検出部 20 は、動体画素検出ステップを実行する（ステップ S6）。ここでは、動体画素検出部 20 は、最新の画像データ I_n と過去の画像データ $I_{t_1} \sim I_{t_2}$ との比較により、最新の画像データ I_n を構成する画素のうち、動体画素 MP の数である動体画素数 $P_x(n)$ を検出する（図 1 参照）。 30

【0049】

続いて、監視システム 1 の基準値算出部 21 は、基準値算出ステップを実行する（ステップ S7）。ここでは、基準値算出部 21 は、対象となる過去の期間 T_1 を 1 サンプル周期 S 後にずらしつつ、期間 T_1 に撮像された複数枚の画像データ $I_{t_1} \sim I_{t_2}$ における動体画素数 $P_x(t_1) \sim P_x(t_2)$ の平均値 $ave P_x(n-1)$ 、標準偏差 $(n-1)$ 及び画像データ I_k に含まれるノイズ成分 N に基づく基準値 $P_{max}(n-1)$ を算出する。 40

【0050】

続いて、監視システム 1 の現象検出部 22 は、基準値算出部 21 で算出された基準値 $P_{max}(n-1)$ に対する動体画素検出部 20 で検出された動体画素数 $P_x(n)$ の比率が閾値 θ を超えるか否かを判定する（ステップ S8；現象検出ステップ）。基準値 $P_{max}(n-1)$ に対する動体画素数 $P_x(n)$ の比率が、閾値 θ を超えていなければ（ステップ S8；No）、監視システム 1 は、ステップ S2 に戻る。

【0051】

以降、ステップ S1～ステップ S8 が繰り返され、画像データ I_n を受信する度に、動体画素検出部 20 による動体画素数 $P_x(n)$ の検出、基準値算出部 21 による基準値 P 50

$\max(n-1)$ の算出、基準値 $P_{\max}(n-1)$ に対する動体画素数 $P_x(n)$ の比率が閾値 θ を超えているか否かの判定が行われる。ここで、監視システム 1 は、表示部 35 に最新の画像データ I_n を表示させるようにしてもよい。

【0052】

基準値 $P_{\max}(n-1)$ に対する動体画素数 $P_x(n)$ の比率が、閾値 θ を超えると (ステップ S8; Yes)、現象検出部 22 は、“噴火”を表示出力する (ステップ S9; 図 10 参照)。ここで、警報又は警告を発生させるようにしてもよい。また、SNS (Social Networking Service) に情報を流すようにしてもよい。ステップ S9 の終了後、監視システム 1 は、ステップ S2 に戻る。

【0053】

以降、画像データ受信待ち (ステップ S2)、カウンタ値 n のインクリメント (ステップ S3)、カウンタ値 n が n_c 以上であるか否かの判定 (ステップ S4)、カウンタ値 n の判定 (ステップ S5) が行われ、噴火検出後なので (ステップ S5; Yes)、ステップ S2 ~ S5 が繰り返される。このように、噴火検出後も、画像データ I_k の受信は継続される。

【0054】

(動体画素検出ステップ)

動体画素検出ステップについてさらに詳細に説明する。図 4 に示すように、動体画素検出部 20 は、最新の画像データ I_n を、グレースケール画像に変換する (ステップ S20)。この変換により、例えば、カラー画像である画像データ I_n から、図 5 (A) に示すグレースケール画像が生成される。

【0055】

図 4 に戻り、続いて、動体画素検出部 20 は、グレースケール画像に対してヒストグラム補正を行う (ステップ S21)。具体的には、動体画素検出部 20 は、例えば、図 6 (A) に示すように、グレースケール画像の輝度値に対する画素数を示すヒストグラムを生成する。さらに、動体画素検出部 20 は、輝度値の最低値から最高値までヒストグラムが広がるように、図 6 (B) に示すように、ヒストグラムを正規化する。これにより、図 5 (A) に示す画像から、図 5 (B) に示す画像が生成される。

【0056】

図 4 に戻り、続いて、動体画素検出部 20 は、正規化されたヒストグラムに基づいて、クラスタリングを行って、輝度値に対する画素数の分布を示す混合ガウス分布モデルを推定する (ステップ S22)。図 6 (C) には、図 6 (B) に示すヒストグラムから推定された混合ガウス分布モデルの一例が示されている。混合ガウス分布モデルは、複数の正規分布が合成されて形成されるモデルである。ここでは、合成すると、混合ガウス分布モデルに最も近くなる複数の正規分布が推定され、各正規分布の平均値 (図 6 (C) の μ_1 , μ_2)、標準偏差 (図 6 (C) の σ_1 , σ_2) が求められる。なお、正規分布の数は、その数における情報量基準同士の比較で決定することができる。

【0057】

図 4 に戻り、続いて、動体画素検出部 20 は、現在の画像データ I_n から推定された混合ガウス分布モデルに基づいて、過去の画像データ I_k から推定された混合ガウス分布モデルに含まれる正規分布に属しない画素を、動体画素として最新の画像データ I_n から抽出する画素判定を行う (ステップ S23)。例えば、図 7 に示すように、時点 t_A での画像データ I_{t_A} から、正規分布 C_1 、 C_2 が混合した混合ガウス分布モデルが推定されているものとする。この場合、時点 t_B での画像データ I_{t_B} における各画素の判定は、時点 t_A での過去の画像データ I_{t_A} から推定された混合ガウス分布モデルを背景モデルとして用いて行われる。時点 t_B の画像データ I_{t_B} から推定される混合ガウス分布モデルに、新たに正規分布 C_3 が混合している場合には、正規分布 C_3 に対応する画素が、動体画素 MP として抽出される。時点 t_B での混合ガウス分布モデルは、時点 t_C での背景モデルとなる。時点 t_C では、正規分布 C_3 については背景となっているが、新たな正規分布 C_4 が生成されており、正規分布 C_4 に対応する画素が動体画素 MP として抽出される

10

20

30

40

50

。これにより、図 5 (B) に示す画像から、図 5 (C) に示す動体画素 M P の画像が生成される。

【 0 0 5 8 】

図 4 に戻り、続いて、動体画素検出部 2 0 は、抽出された動体画素 M P のうち、孤立する動体画素 M P をノイズとして除去するノイズ処理を行う (ステップ S 2 4) 。具体的には、動体画素検出部 2 0 は、周囲に動体画素 M P が存在しない動体画素 M P を除去する。これにより、例えば、図 5 (C) に示す画像から図 5 (D) に示す画像が生成される。

【 0 0 5 9 】

図 4 に戻り、続いて、動体画素検出部 2 0 は、ノイズ処理で除去されなかった動体画素 M P の数を、動体画素数 $P \times (n)$ としてカウントする (ステップ S 2 5) 。最後に、動体画素検出部 2 0 は、動体画素数 $P \times (n)$ を基準値算出部 2 1 に出力する (ステップ S 2 6) 。なお、図 5 (E) に示す画像では、枠で囲まれた部分が動体画素 M P であり、この動体画素 M P の数が、動体画素数 $P \times (n)$ となる。

10

【 0 0 6 0 】

このように、混合ガウス分布モデルの手法を用いるようにすれば、背景モデルの平均値及び標準偏差の情報のみ記憶するだけで良い。したがって、背景画像を記憶し、演算する必要がなくなるため、差分画像を求める場合に比べ、処理時間を短縮して、現象の発生を検出するためのリアルタイム処理が可能となる。

【 0 0 6 1 】

なお、本実施の形態では、混合ガウス分布モデルにより、動体画素 M P を抽出したが、本発明はこれには限られない。k - m e a n s クラスタリングなど、他のクラスタリング手法を用いて、動体画素 M P を抽出するようにしてもよい。

20

【 0 0 6 2 】

(基準値算出ステップ)

次に、基準値算出ステップについて説明する。図 1 に示すように、基準値算出部 2 1 は、最新の画像データ I_n を期間 T 1 における複数枚の画像データ $I_{t_1} \sim I_{t_2}$ における動体画素数 $P \times (t_1) \sim P \times (t_2)$ の平均値 $a v e P \times (n - 1)$ 、標準偏差 $(n - 1)$ 、ノイズ成分 N を加算して、基準値 $P m a x (n - 1)$ を算出する。したがって、図 8 に示すように、基準値 $P m a x (n - 1)$ は、サンプリング周期 S 毎に異なる値となる。

30

【 0 0 6 3 】

(現象検出ステップ)

次に、現象検出ステップについて説明する。図 9 に示すように、平均値 $a v e P \times (n - 1)$ と標準偏差 $(n - 1)$ の 3 倍である $3 (n - 1)$ と、ノイズ成分 N の加算値を基準値 $P m a x (n - 1)$ とする。この基準値 $P m a x (n - 1)$ に対する最新の画像データ I_n の動体画素数 $P \times (n)$ の比率が、閾値 θ を上回れば、現象検出部 2 2 は、火山に噴火が発生したことを検出する。なお、図 9 では、閾値 θ を 1 としているが、これには限定されない。また、ノイズ成分 N は、例えば 1 0 0 画素程度とすることができるが、これに限定されない。

40

【 0 0 6 4 】

動体画素数 $P \times (n)$ が基準値 $P m a x (n - 1)$ を上回り、噴火を検出すれば、例えば、図 1 0 に示すように、現象検出部 2 2 は、表示部 3 5 に、火山 V の画像データ I_k とともに、" E r u p t i o n " の文字を表示出力させる。

【 0 0 6 5 】

図 1 1 では、噴火前後の動体画素数 $P \times (n)$ の変動の複数の観測結果が、噴火の時点を中心に重ね合わせて表示されている。図 1 1 に示すように、噴火の時点から動体画素数 $P \times (n)$ は、急激に増加している。噴火による動体画素数 $P \times (n)$ の増加は、他の要因による変化に比べ急峻である。したがって、基準値 $P m a x (n - 1)$ を設定しても、噴火を正確に検出することが可能となる。

50

【 0 0 6 6 】

本実施の形態に係る監視システム 1 によれば、噴煙柱 E_r の高度、噴煙速度、横幅等を計測することも可能である。例えば、図 1 2 に示すように、監視システム 1 は、画像データ I_k に横ライン H_L 及び縦ライン V_L をメッシュ状に設定しておき、噴煙柱 E_r と横ライン H_L の位置関係に基づいて、噴煙柱 E_r の高度 H 、噴煙速度 B_V を検出するようにしてもよい。さらに、監視システム 1 は、噴煙柱 E_r と縦ライン V_L との位置関係に基づいて、噴煙柱 E_r の横幅 W を計測するようにしてもよい。噴煙速度 B_V は、噴煙柱 E_r の上端が異なる横ライン H_L にそれぞれ到達する時間差と、横ライン H_L 間に相当する距離から求めることができる。この距離は、火山とカメラ 1 0 の位置関係から、予め設定しておくことができる。

【 0 0 6 7 】

また、監視システム 1 は、複数の横ライン H_L への噴煙柱 E_r の到達時間を測定し、噴煙速度 B_V に基づいて、噴火の規模を判定するようにしてもよい。この場合、監視システム 1 は、噴火が大規模であることを検出した場合には、防災情報を出し、噴火が中規模であることを検出した場合には、注意喚起情報を出すようにしてもよい。また、監視システム 1 は、災害の心配のない小規模な噴火を検出した場合には、噴火情報を観光のために用いるようにしてもよい。

【 0 0 6 8 】

また、図 1 3 に示すように、カメラ 1 0 を複数の地点に設置しておき、監視システム 1 が、火山 V の噴火を複数のカメラ 1 0 で同時に撮像し、それらの視差を利用して噴煙柱 E_r の立体画像を生成し、その立体画像に基づいて、噴煙柱 E_r の体積を算出するようにしてもよい。カメラ 1 0 は 3 台以上設置されていてもよい。

【 0 0 6 9 】

監視システム 1 は、火山 V の噴火の検出情報を、緊急メールとして送信するようにしてもよい。また、この検出情報を、噴火を検出したときに、通常はスリープしており噴火時に起動する必要がある装置の電源をオンにするトリガー信号として用いるようにしてもよい。また、火山 V の噴火の観測結果は、防災教育に用いることも可能である。

【 0 0 7 0 】

以上詳細に説明したように、本実施の形態によれば、過去のある期間 T_1 に撮像された複数枚の画像データ $I_{t_1} \sim I_{t_2}$ における被写体の動きを示す動体画素 M_P の数である動体画素数 $P_x(t_1) \sim P_x(t_2)$ の平均値 $ave P_x(n-1)$ 、標準偏差 $(n-1)$ 及びノイズ成分 N に基づく基準値 $P_{max}(n-1)$ に対する最新の画像データ I_n における動体画素数 $P_x(n)$ の比率が閾値を超えた場合に、噴火が発生したことを検出する。噴火が発生していなかった過去の期間 T_1 に撮像された複数枚の画像データ $I_{t_1} \sim I_{t_2}$ における動体画素数 $P_x(t_1) \sim P_x(t_2)$ の変動は、現象とは関係のない他の要因によるものであると考えられるため、この変動を考慮した基準値 $P_{max}(n-1)$ を用いることにより、他の要因による誤検出を防止することができる。この結果、厳しい環境条件下であっても火山 V における噴火の発生を正確に検出することができる。

【 0 0 7 1 】

本実施の形態では、動体画素数 $P_x(n)$ の抽出に、直近の期間 T_1 における複数枚の画像データ $I_{t_1} \sim I_{t_2}$ が用いられる。このため、画像データ I_n に含まれるノイズ、逆光、カメラ 1 0 の汚れやぶれによる動体画素数 $P_x(n)$ の変動に左右されることなく、動体画素数 $P_x(n)$ の変動により、火山 V の噴火を精度良く検出することが可能となる。

【 0 0 7 2 】

また、本実施の形態によれば、期間 T_1 の終期は、最新の画像データ I_n が撮像された時点 T_n よりも少なくとも M (M は 2 以上の自然数) サンプル前、すなわち期間 T_2 前の時点 t_2 となっている。時点 T_n の直前の画像データ I_{n-1} 等を動体画素数 $P_x(n)$ の算出及び基準値 $P_{max}(n-1)$ の算出から除外するようにすれば、噴火が検出される前の動体画素数 $P_x(n)$ の増加により動体画素数 $P_x(n)$ の平均のレベルが増

10

20

30

40

50

大する。これにより、基準値 $P_{max}(n-1)$ が大きくなりすぎて噴火が検出できなくなるのを防止することができる（図9参照）。

【0073】

また、本実施の形態によれば、火山Vの噴火が発生していないときの動体画素数 $P_x(n)$ の最大値を、ノイズ成分Nとして設定する。動体画素数 $P_x(n)$ は、図9に示すように、周期的に大きくなったり、ランダムに変動したりしている。このような変動は、画像データ I_k に含まれるノイズ成分Nであると考えられる。そこで、それらの極大値の中の最大値をノイズ成分Nとすることができる。実際には、このノイズ成分Nが適切な値に設定されてから、噴火の検出が開始される。本実施の形態では、このような変動に基づく値を画像データ I_k のノイズ成分Nとして基準値 $P_{max}(n-1)$ に加算することにより、火山Vの噴火の誤検出を防止することができる。

10

【0074】

また、本実施の形態によれば、最新の画像データ I_n の輝度値に対する画素数の分布を示す混合ガウス分布モデルを推定し、最新の画像データ I_n の各画素が、過去の画像データ I_k により背景となった正規分布に属するか否かを判定し、背景モデルに属しないと判定される画素を、動体画素MPとして抽出する。このようにすれば、統計的な手法を用いて、動体画素MPを高精度に抽出することが可能となるうえ、差分画像を求める必要がなくなる。この結果、処理時間を縮小し、リアルタイムな処理が可能となる。

【0075】

しかしながら、本発明では、他の方法で、動体画素MPを抽出するようにしてもよい。例えば、最新の画像データ I_n と、期間 T_1 における画像データ $I_{t_1} \sim I_{t_2}$ の平均画像との差分画像を求めて、その差分画像で輝度値が所定値以上となる画素を動体画素MPとして抽出するようにしてもよい。

20

【0076】

また、動体画素MPを抽出する前に、画像データ I_n はグレースケール化され、ヒストグラム補正により正規化される。これにより、画像データ I_n 全体の色変化や、輝度値の変化の影響を極力低減した状態で、動体画素MPを精度良く抽出することが可能となる。

【0077】

また、本実施の形態では、抽出された動体画素MPのうち、孤立する動体画素MPはノイズとして除去される。このようにすれば、抽出される動体画素MPを、火山Vの噴火、すなわち噴煙柱 E_r を示す動体画素MPに絞り込むことが可能となる。

30

【0078】

なお、画像データ I_k のグレースケール化、ヒストグラム補正、ノイズ処理は、必ずしも必要ではない。

【0079】

また、監視システム1による監視結果と、地震情報、空振計で計測される空気振動、傾斜計で計測される火山Vの傾斜の変化、ワイヤセンサ、振動センサ、音響センサ等による火山堆積物の土砂移動の検出結果とを組み合わせるようにしてもよい。このようにすれば、火山Vを自動的かつ多角的に観測して、その噴火の発生を正確に検出することができる。

40

【0080】

なお、上記実施の形態では、火山Vの噴火を検出したが、本発明はこれには限られない。例えば、図14(A)に示すように、河川を監視対象とし、土石流または増水等の発生を検出するようにしてもよい。その他、地滑りの自動検出にも、上記実施の形態に係る監視システム1を適用することができる。

【0081】

また、動体画素検出部20は、最新の画像データ I_n における監視対象において現象が発生する領域の部分画像DAに対して処理を行って、動体画素数 $P_x(n)$ を算出するようにしてもよい。部分画像DAの大きさは、画像データ I_k の1/3程度とすることができるが、これに限定されない。このようにしても、図14(A)及び図14(B)に示す

50

画像データ I_k における被写体の動きから、図 14 (B) に示すように、土石流等の動体画素 MP を検出することができる。霧又は降雨によるノイズ成分 N が画像データ I_k に含まれていたとしても、動体画素 MP の検出領域を部分画像 DA に狭めることで、それらのノイズ成分 N の影響を低減し、現象の発生をより正確に検出することができるようになる。

【0082】

上記実施の形態では、カメラ 10 を通常の可視光線のカメラとしたが、赤外線画像などを撮像するカメラを用いてもよい。本発明は、カメラの種類には限定されない。

【0083】

また、上記実施の形態では、カメラ 10 と監視システム 1 とを、無線により接続したが、本発明はこれには限られない。カメラ 10 と監視システム 1 とを、有線により接続するようにしてもよい。

10

【0084】

その他、監視システム 1 のハードウェア構成やソフトウェア構成は一例であり、任意に変更および修正が可能である。

【0085】

制御部 31、主記憶部 32、外部記憶部 33、操作部 34、表示部 35 及び無線通信回路 36、内部バス 30 などから構成される監視システム 1 の処理を行う中心となる部分は、上述のように、専用のシステムとして構築されるようにしてもよいし、通常のコンピュータシステムを用いて実現されるようにしてもよい。例えば、前記の動作を実行するためのコンピュータプログラムを、コンピュータが読み取り可能な一時的でない記録媒体（フレキシブルディスク、CD-ROM、DVD-ROM 等）に格納して配布し、当該コンピュータプログラムをコンピュータにインストールすることにより、前記の処理を実行する監視システム 1 を構成してもよい。また、インターネット等の通信ネットワーク上のサーバ装置が有する記憶装置に当該コンピュータプログラムを格納しておき、通常のコンピュータシステムがダウンロード等することで監視システム 1 を構成してもよい。

20

【0086】

コンピュータの機能を、OS（オペレーティングシステム）とアプリケーションプログラムの分担、または OS とアプリケーションプログラムとの協働により実現する場合などには、アプリケーションプログラム部分のみを記録媒体や記憶装置に格納してもよい。

30

【0087】

搬送波にコンピュータプログラムを重畳し、通信ネットワークを介して配信することも可能である。たとえば、通信ネットワーク上の掲示板（BBS, Bulletin Board System）にコンピュータプログラムを掲示し、ネットワークを介してコンピュータプログラムを配信してもよい。そして、このコンピュータプログラムを起動し、OS の制御下で、他のアプリケーションプログラムと同様に実行することにより、前記の処理を実行できるように構成してもよい。

【0088】

この発明は、この発明の広義の精神と範囲を逸脱することなく、様々な実施の形態及び変形が可能とされるものである。また、上述した実施の形態は、この発明を説明するためのものであり、この発明の範囲を限定するものではない。すなわち、この発明の範囲は、実施の形態ではなく、特許請求の範囲によって示される。そして、特許請求の範囲内及びそれと同等の発明の意義の範囲内で施される様々な変形が、この発明の範囲内とみなされる。

40

【産業上の利用可能性】

【0089】

本発明は、屋外における監視対象の急峻な動きの検出に適用することができる。

【符号の説明】

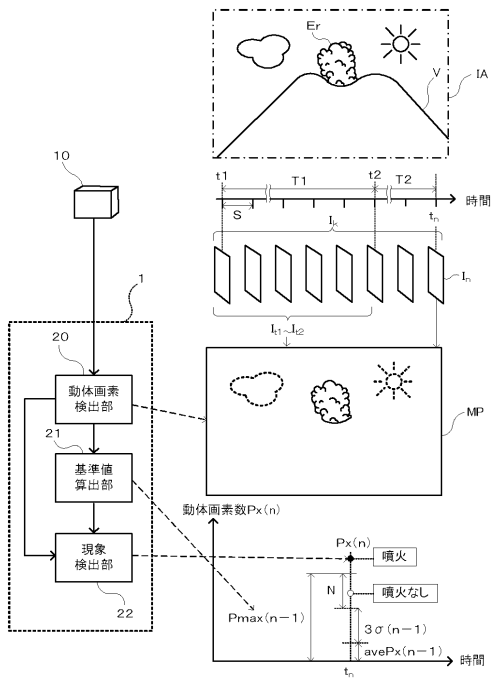
【0090】

1 監視システム、10 カメラ、20 動体画素検出部、21 基準値算出部、22

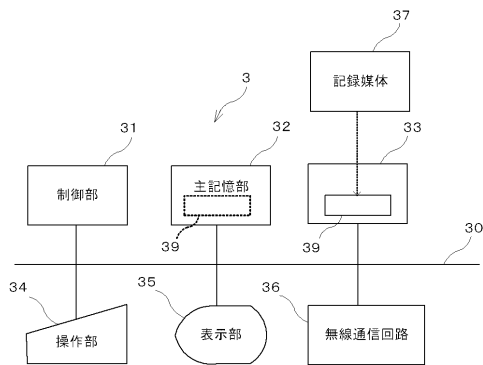
50

現象検出部、30 内部バス、31 制御部、32 主記憶部、33 外部記憶部、34 操作部、35 表示部、36 無線通信回路、37 記録媒体、39 プログラム、DA 部分画像、Er 噴煙柱、MP 動体画素、HL 横ライン、IA 撮像視野、V 火山、VL 縦ライン

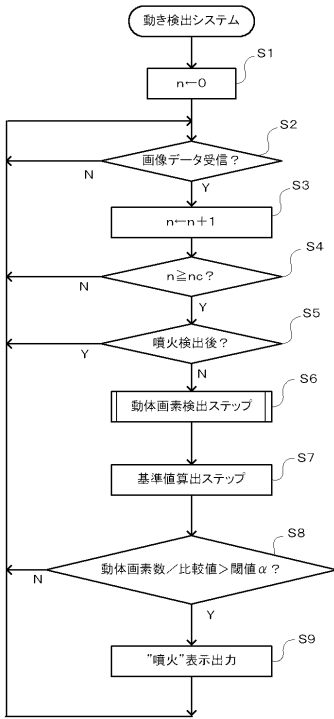
【図1】



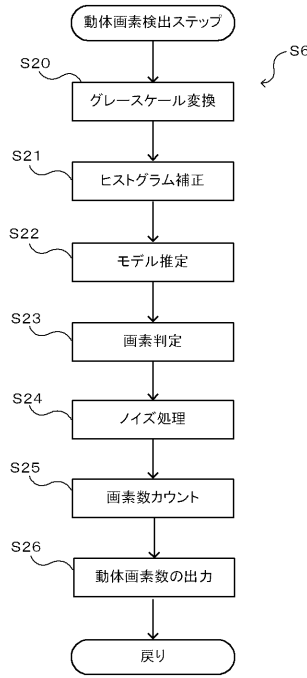
【図2】



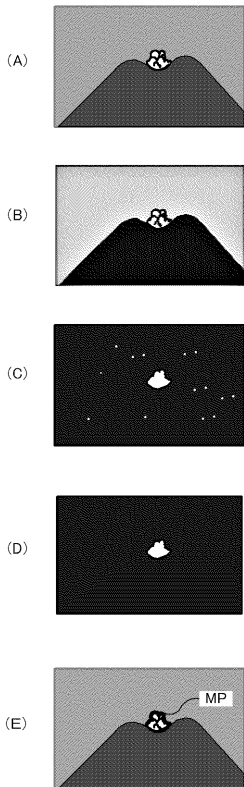
【 図 3 】



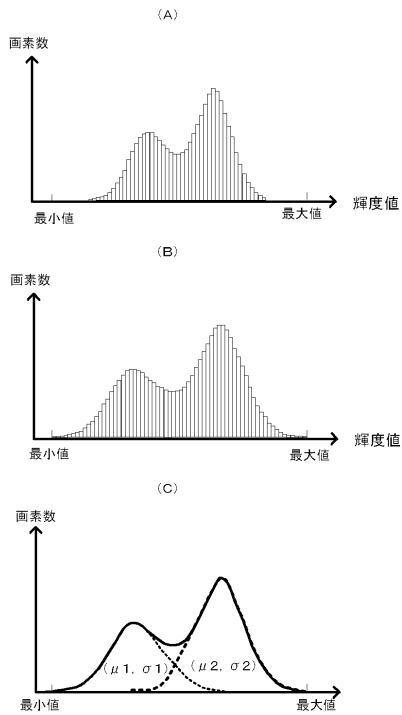
【 図 4 】



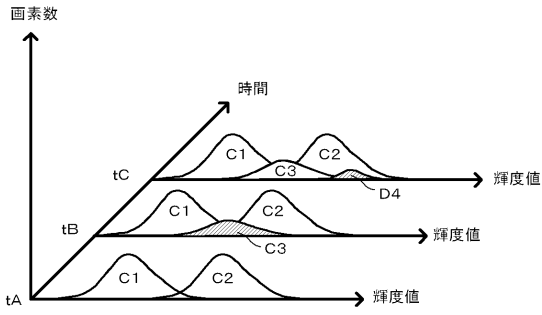
【 図 5 】



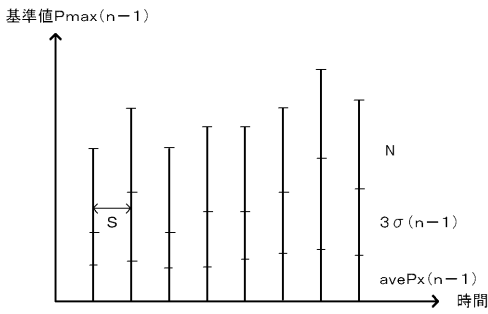
【 図 6 】



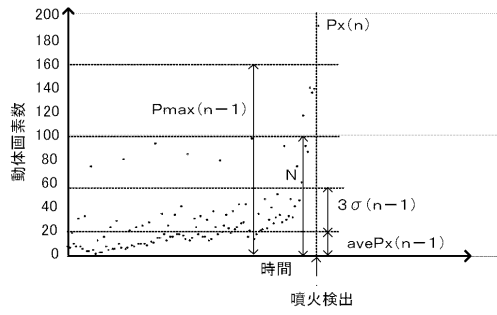
【 図 7 】



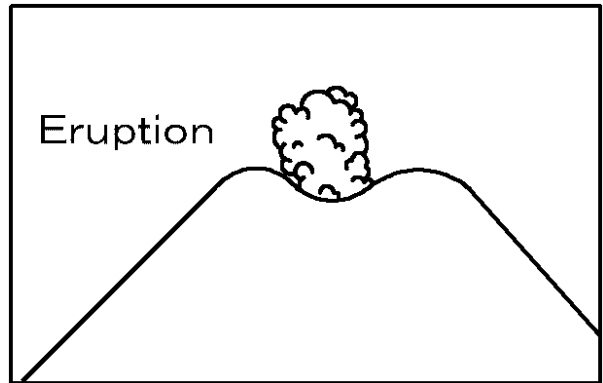
【 図 8 】



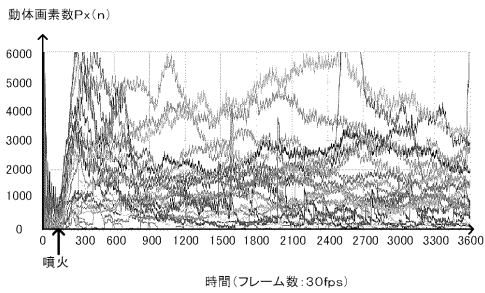
【 図 9 】



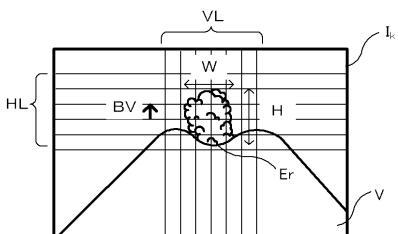
【 図 10 】



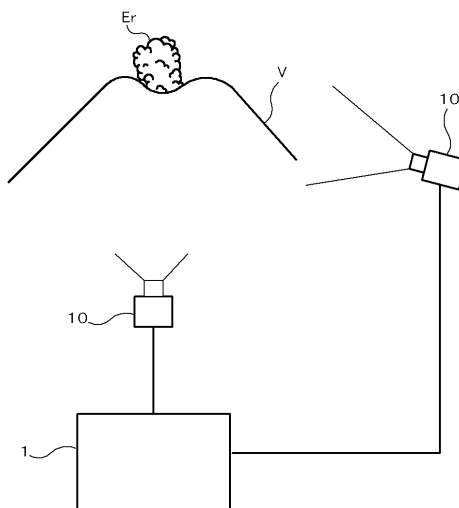
【 図 11 】



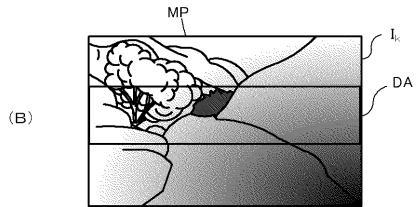
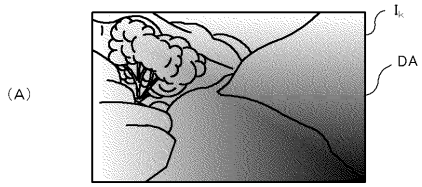
【 図 12 】



【 図 13 】



【 図 1 4 】



フロントページの続き

Fターム(参考) 5L096 AA06 BA02 CA04 DA01 DA03 EA11 FA32 FA33 FA37 FA54
GA51 MA07