

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2013 年 10 月 3 日(03.10.2013)



(10) 国際公開番号

WO 2013/146489 A1

- (51) 国際特許分類:
F23G 5/50 (2006.01) F23M 11/04 (2006.01)
F23G 5/00 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2013/057952
- (22) 国際出願日: 2013 年 3 月 21 日(21.03.2013)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2012-078468 2012 年 3 月 30 日(30.03.2012) JP
- (71) 出願人: 日立造船株式会社(HITACHI ZOSEN CORPORATION) [JP/JP]; 〒5598559 大阪府大阪市住之江区南港北 1 丁目 7 番 8 9 号 Osaka (JP).
- (72) 発明者: 藤吉 誠(FUJIYOSHI, Makoto). 川端 馨(KAWABATA, Kaoru). 市橋 秀友(ICHIHASHI, Hidetomo). 堅多 達也(KATADA, Tatsuya).
- (74) 代理人: 特許業務法人森本国際特許事務所(MORIMOTO INT'L PATENT OFFICE); 〒5500005 大阪府大阪市西区西本町 1 丁目 4 番 1 号オリックス本町ビル 4 階 Osaka (JP).

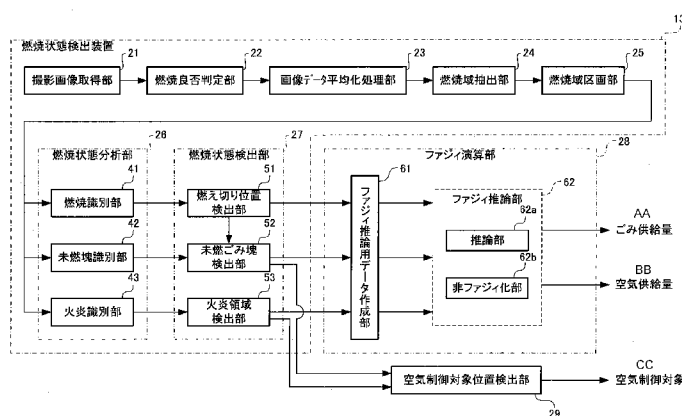
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

(54) Title: COMBUSTION CONTROL DEVICE AND COMBUSTION STATE DETECTION DEVICE IN INCINERATOR

(54) 発明の名称: 焼却炉における燃焼状態検出装置および燃焼制御装置



- | | | | |
|----|--|----|---|
| 13 | Combustion state detection device | 42 | Uncombusted clump identification unit |
| 21 | Captured image acquisition unit | 43 | Flame identification unit |
| 22 | Combustion quality determination unit | 44 | Completely burned position detection unit |
| 23 | Image data averaging-processing unit | 45 | Uncombusted garbage clump detection unit |
| 24 | Combustion region extraction unit | 46 | Flame region detection unit |
| 25 | Combustion region compartmentalization unit | 47 | Fuzzy inference data production unit |
| 26 | Combustion state analysis unit | 48 | Fuzzy inference unit |
| 27 | Combustion state detection unit | 49 | Defuzzification unit |
| 28 | Fuzzy computation unit | 50 | Inference unit |
| 29 | Detection unit for position that is subject to air control | 51 | Defuzzification unit |
| 41 | Combustion identification unit | 52 | Inference unit |
| | | 53 | Defuzzification unit |
| | | 54 | Inference unit |
| | | 55 | Defuzzification unit |
| | | 56 | Inference unit |
| | | 57 | Defuzzification unit |
| | | 58 | Inference unit |
| | | 59 | Defuzzification unit |
| | | 60 | Inference unit |

(57) Abstract: The present invention is configured from: a combustion region extraction unit (24) that extracts a combustion region comprising a primary combustion stage portion with regards to a combustion fire grate and a post-combustion stage portion with regards to a post-combustion fire grate from image data obtained from a captured image acquisition unit (21); a combustion region compartmentalization unit (25) that compartmentalizes the combustion region extracted by the combustion region extraction unit into first compartments, and second compartments and third compartments larger than the first compartments to obtain three sizes of image data; a combustion state analysis unit (26) that uses the fuzzy c-means to analyze the state of combustion in the image data of each compartment obtained by the combustion region compartmentalization unit; and a combustion state detection unit (27) that detects the combustion state on the basis of the analysis data obtained by the combustion state analysis unit.

(57) 要約: 撮影画像取得部 21 で取得された画像データから燃焼用火格子に係る主燃焼段階部分及び後燃焼用火格子に係る後燃焼段階部分から成る燃焼域を抽出する燃焼域抽出部 24 と、この燃焼域抽出部で抽出された燃

焼域を第 1 区画並びに、この第 1 区画よりも大きい第 2 区画および第 3 区画をもってそれぞれ区画して 3 種類の大きさの画像データを得る燃焼域区画部 25 と、この燃焼域区画部で得られた各区画の画像データに対して燃焼状態をファジィ c 平均法を用いて分析する燃焼状態分析部 26 と、この燃焼状態分析部で得られた各分析データに基づき燃焼状態を検出する燃焼状態検出部 27 とから構成したもの。

明 細 書

発明の名称：

焼却炉における燃焼状態検出装置および燃焼制御装置

技術分野

[0001] 本発明は、ごみ焼却炉における燃焼室内の燃焼状態を検出するための燃焼状態検出装置およびこの燃焼状態検出装置により検出された燃焼状態に基づきごみの燃焼を制御する燃焼制御装置に関するものである。

背景技術

[0002] 従来、ごみ焼却炉においては、炉内のごみの燃焼状態を認識する場合、すなわち燃焼状態を検出する場合、焼却炉における燃焼室内を撮影カメラにより撮影し、この撮影画像に画像処理を施すとともにその輝度値に基づき、例えば燃え切り位置などが検出されていた（例えば、特許文献1参照）。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：2004-85094号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] しかし、従来の燃焼状態を検出する場合には撮影画像に画像処理を施すとともにその輝度値により燃え切り位置などの燃焼状態を検出するものにあつては、その検出精度が良いとは言えず、外乱等に左右され制御に使用できない。したがって、燃焼状態の悪化、火炎の変化などに十分に対処し得ないという問題があった。

[0005] そこで、本発明は、ごみの燃え切り位置などの燃焼状態を精度良く検出し得るとともに、燃焼状態の悪化、火炎の変化などに十分に対処し得るごみ焼却炉における燃焼状態検出装置および当該燃焼状態検出装置を用いた燃焼制御装置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

[0006] 上記課題を解決するため、本発明の第1の側面は、焼却炉における燃烧状態検出装置は、燃烧室の底壁部に燃烧用火格子およびその下手側に後燃烧用火格子が配置された焼却炉におけるごみの燃烧状態を検出する燃烧状態検出装置であって、

燃烧室内を下手側から撮影カメラにより撮影した撮影画像を所定時間間隔でもって取得する撮影画像取得部と、

この撮影画像取得部で取得された画像データから燃烧用火格子が設けられた主燃烧段部分および後燃烧用火格子が設けられた後燃烧段部分から成る燃烧域を抽出する燃烧域抽出部と、

この燃烧域抽出部で抽出された燃烧域を第1区画並びに、この第1区画よりも大きい第2区画および第3区画でもってそれぞれ区画して3種類の大きさの画像データを得る燃烧域区画部と、

この燃烧域区画部で得られた第1区画、第2区画および第3区画の画像データに対して燃烧状態をファジィc平均法を用いてそれぞれ分析する燃烧状態分析部と、

この燃烧状態分析部で得られた各分析データに基づき燃烧状態を検出する燃烧状態検出部とから構成したものである。

[0007] また、本発明の第2の側面は、第1の側面の燃烧状態検出装置における燃烧状態分析部を、

第1区画の画像データを入力してこれら各第1区画毎に、燃烧状態か未燃状態であるかをファジィc平均法を用いた識別器により識別する燃烧識別部と、

第3区画の画像データを入力してこれら第3区画毎に、未燃塊の有無をファジィc平均法を用いた識別器により識別する未燃塊識別部と、

第2区画の画像データを入力してこれら第2区画毎に、火炎の強度をファジィc平均法を用いた識別器により識別する火炎識別部とから構成したものである。

[0008] また、本発明の第3の側面は、第1の側面の燃焼状態検出装置における燃焼状態検出部を、

燃焼状態分析部の燃焼識別部で得られた燃焼状態の第1区画を検出して燃焼塊を検出するとともにこの燃焼塊の下端位置を検出することにより燃え切り位置を検出する燃え切り位置検出部と、

この燃え切り位置検出部で検出された燃え切り位置および燃焼状態分析部の未燃塊識別部で得られた未燃塊の区画データに基づき、未燃ごみ塊である度合いおよびその位置を検出する未燃ごみ塊検出部と、

燃焼状態分析部の火炎識別部で得られた火炎の区画データに基づき火炎の強度およびその位置を検出する火炎領域検出部とから構成したものである。

[0009] また、本発明の第4の側面は、上記第1～第3の側面に記載のいずれかの燃焼状態検出装置と、当該燃焼状態検出装置で検出された燃え切り位置、未燃ごみ塊である度合いおよびその位置、並びに火炎の強度およびその位置のデータを入力するとともにこれら各データに基づきファジィ推論を行い、燃焼用空気およびごみの供給量の制御指令を出力するファジィ演算部と、上記燃焼状態検出装置で検出された未燃ごみ塊の位置および火炎の位置のデータを入力して上記ファジィ演算部から出力される燃焼用空気の制御対象位置を検出する空気制御対象位置検出部とを具備したものである。

[0010] さらに、本発明の第5の側面は、上記第4の側面の燃焼制御装置におけるファジィ演算部を、

時系列で入力される複数個のデータの平均値およびこの平均値の変化率を求めるファジィ推論用データ作成部と、

このファジィ推論用データ作成部で求められた平均値および変化率を入力するとともに、これら平均値および変化率に所定のファジィルールを適用して燃焼用空気およびごみの供給量の制御用出力値を求めるファジィ推論部とから構成したものである。

発明の効果

[0011] 上記燃焼状態検出装置の構成によると、燃焼室内を燃焼用火格子に係る主

燃焼段部分および後燃焼用火格子に係る後燃焼段部分から成る燃焼域を抽出するとともに、この燃焼域抽出部で抽出された燃焼域を異なる大きさの第1区画、第2区画および第3区画でもってそれぞれ区画して3種類の画像データを得るとともに、これら得られた第1区画、第2区画および第3区画の画像データに対して燃焼状態をファジィc平均法を用いてそれぞれ分析するようにしたので、燃焼室内の燃焼状態を精度良く検出することができる。

[0012] また、上記燃焼制御装置の構成によると、上記燃焼状態検出装置により検出された燃焼状態、すなわち燃え切り位置、未燃ごみ塊である度合い、火炎の強度などの燃焼状態を示す各データを入力するとともに、その平均値および変化率を所定のファジィルールに適用することにより推論を行うようにしたので、燃焼の傾向を加味した制御を行うことができ、したがって燃焼状態の悪化、火炎の変化などに十分に対処することができる。

図面の簡単な説明

[0013] [図1]本発明の実施例に係るごみ焼却炉の概略構成を示す模式図である。

[図2]同実施例に係るごみ焼却炉における燃焼制御装置の概略構成を示すブロック図である。

[図3]同燃焼制御装置にて用いられるFCM識別器の概略構成を示すブロック図である。

[図4]同FCM識別器によるファジィクラスタリングの説明図である。

[図5]同燃焼制御装置のファジィ推論部で用いられる入力用のファジィ集合を示すグラフである。

[図6]同燃焼制御装置のファジィ推論部で用いられる出力用のファジィ集合を示すグラフである。

[図7]同ファジィ推論部で用いられるファジィルールを示す表である。

[図8]同ファジィ推論部で用いられるファジィルールを示す表である。

[図9]同ファジィ推論部にて用いられるファジィルールを示す表である。

[図10]同ファジィ推論部で用いられるファジィルールを示す表である。

[図11]同ファジィ推論部で用いられるファジィルールを示す表である。

[図12]同ごみ焼却炉における燃焼室内の撮影画像の燃焼段部分を抽出した燃焼状態を示す図である。

[図13]同ごみ焼却炉における燃焼室内の撮影画像の燃焼段部分を抽出した燃焼状態を示す図である。

[図14]同ごみ焼却炉における燃焼室内の撮影画像の燃焼段部分を抽出した燃焼状態を示す図である。

[図15]同ごみ焼却炉における燃焼室内の撮影画像の燃焼段部分を抽出した燃焼状態を示す図である。

[図16]同ごみ焼却炉における燃焼室内の撮影画像の燃焼段部分を抽出した燃焼状態を示す図である。

発明を実施するための形態

[0014] 以下、本発明の実施例に係るごみ焼却炉における燃焼状態検出装置および燃焼制御装置について説明する。

[0015] なお、本実施例においては、ごみ焼却炉内でのごみ（廃棄物）の燃焼状態を検出した後、この検出データを用いて焼却炉における燃焼、すなわち少なくともごみ供給量および燃焼用空気供給量を制御するようにしたものであり、このため、燃焼状態検出装置を含めた燃焼制御装置について説明する。

[0016] まず、本発明に係る燃焼制御装置が用いられるごみ焼却炉の概略構成について説明する。

[0017] 図1に示すように、ごみ焼却炉はストーカ炉であって、炉本体1内の下部に配置され前部にごみ投入口2が設けられるとともに後部に焼却残渣取出口3が設けられてごみを燃焼させ且つ前寄り上方にフリーボード空間部が設けられた燃焼室4と、この燃焼室4で発生した排ガスを外部に導くための第1煙道6および熱回収用のボイラ部7が配置された第2煙道8とから構成されている。また、炉本体1の前寄りの燃焼室4の左右の側壁部には、燃焼室4内の左右にそれぞれ燃焼用空気を吹き込むための空気供給ノズル9が設けられている。

[0018] 上記燃焼室4の底部には、主燃焼段（主燃焼段部分とも言う）Aを構成す

る可動式の燃焼用火格子 10 (10A) および後燃焼段 (後燃焼段部分とも言う) B を構成する後燃焼用火格子 (10B) が設けられている。この燃焼室 4 には、ごみが供給されるとともに上記左右の空気供給ノズル 9 から燃焼用空気が供給されており、これらの供給量については本発明に係る燃焼制御装置 11 により制御されている。また、燃焼室 4 の後壁部 1a には、前方を撮影する撮影用カメラ (例えば、CCD カメラなどの工業用カメラが用いられる) 12 が設けられており、この撮影用カメラ 12 にて撮影された撮影画像、すなわち画像データが燃焼制御装置 11 に入力される。

[0019] 以下、燃焼制御装置 11 について説明するが、簡単に言うと、燃焼室 4 内を後壁側 (焼却残渣取出口側) から前壁側 (ごみ投入口側) に向かって撮影し、この撮影画像にファジィクラスタリングを適用し、燃焼の有無、火炎の強弱つまり火炎の強度などの燃焼状態を検出し、これらの検出データを用いて、最適な燃焼が行われるように、燃焼室 4 に供給される燃焼用空気およびごみの供給量をそれぞれ制御するものである。

[0020] 以下、この燃焼制御装置 11 を図 2 に基づき説明する。

[0021] この燃焼制御装置 11 においては、ファジィ c 平均法 (fuzzy c-means ; 以下、FCM 識別法とも言う) を用いたファジィクラスタリングが行われるため、ファジィ c 平均法による識別器 (以下、FCM 識別器とも言い、ソフトウェアにより構成されている) が具備されている。

[0022] この FCM 識別器によるクラスタリングが複数個所で行われており、その適用箇所は異なるが、識別方法そのものは同じであり、ここで説明しておく。

[0023] ここでは、燃焼状態の検出に、特に後述する燃焼識別部に用いられる識別方法について説明するが、このファジィ c 平均法の適用に際しては、各種パラメータを選定する予備工程と実際に識別が行われる実工程とがある。

[0024] 予備工程では、最初に訓練用データを用いて、燃焼状態 (クラス 1 と称す) と未燃状態 (クラス 2 と称す) とに分類するとともに、クラス毎についても、複数個のクラスターに例えば 2 つのクラスターに分類し、そしてこのと

き得られたクラスター中心位置（以下、クラスター中心という）、分散共分散行列などのデータおよび評価用データを用いて、メンバーシップ関数（後述する）の各パラメータの最適化が図られる。なお、訓練用データは、予め撮影された燃焼室での燃焼状態の画像データであり、評価用データについても、撮影用カメラにて撮影された燃焼室での燃焼状態の画像データである。

[0025] 次に、ファジィ c 平均法について説明する。

[0026] このファジィ c 平均法は繰返し重み付き最小二乗法を用いるので目的関数 J_i は下記（１）式のように設定される。

[0027] [数1]

$$J_i = \sum_{k=1}^c \sum_{k=1}^N u_{ki} (D(x_k, v_i, S_i) + \log |S_i|) \quad \dots(1)$$

[0028] 但し、（１）式中、 u_{ki} はメンバーシップ、 D はマハラノビス距離で下記（２）式にて表わされる。

[0029] [数2]

$$D(x_k, v_i, S_i) = (x_k - v_i)^T S_i^{-1} (x_k - v_i) \quad \dots(2)$$

[0030] S_i は分散共分散行列（ファジィ分散共分散行列）、 v_i はデータの平均値つまりクラスター（ i ）の中心で、それぞれ下記（３）式および（４）式にて表わされる。なお、 k はデータ番号である。

[0031]

[数3]

$$S_i = \frac{\sum_{k=1}^N u_{ki} (x_k - v_i)(x_k - v_i)^T}{\sum_{k=1}^N u_{ki}} \quad \dots(3)$$

$$v_i = \frac{\sum_{k=1}^N u_{ki} x_k}{\sum_{k=1}^N u_{ki}} \quad \dots(4)$$

[0032] また、クラスター（i）の混合比率 α を下記（5）式にて表わす。

[0033] [数4]

$$\alpha_i = \frac{\sum_{k=1}^N u_{ki}}{\sum_{j=1}^c \sum_{k=1}^N u_{kj}} = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N u_{ki} \quad \dots(5)$$

[0034] 上記（2）式～（5）式を（1）式で示す目的関数値が収束するまで繰り返し求めるのがF C M識別器によるクラスタリングである。

[0035] そして、予備工程には、マハラノビス距離を計算するためのクラスター中心と分散共分散行列を求めるために訓練用データのクラスタリングをクラス毎に行う第1フェーズと、メンバーシップ関数のパラメータの最適化を行うために評価用データをクラス毎に分類する第2フェーズとが具備されている。

[0036] ところで、k番目のデータ x_k のクラスqへのメンバーシップ（値）（チルダ u_{qk} ）は下記（6）式にて表わされる。式中では、uの頭に、チルダの記号（～）を付加しており、この「チルダu」を文章中では、「*u」として表記する。なお、メンバーシップ関数については、下記に示すように「u*」と表記する。

[0037]

[数5]

$$\tilde{u}_{qk} = \frac{\pi_q \sum_{j=1}^c u_{qkj}^*}{\sum_{s=1}^Q \pi_s \sum_{j=1}^c u_{skj}^*} \quad \dots(6)$$

[0038] (6) 式中、 u_{qkj}^* はクラスター j に対するメンバーシップ関数で、下記 (7) 式で表わされる。

[0039] π_q はクラス q の混合比率 (訓練用データの混合比率)、すなわち事前確率であり、 c はクラス毎のクラスター j の数で、本実施例では 2 ($c=2$) である。

[0040] [数6]

$$u_{qkj}^* = \frac{\alpha_{qj} |S_{qj}|^{\frac{1}{\gamma}}}{(D(x_k, v_{qj}; S_{qj}) / 0.1 + v)^{\frac{1}{m}}} \quad \dots(7)$$

[0041] 上記 (7) 式のメンバーシップ関数 u_{qkj}^* には複数のパラメータが含まれており、これらのパラメータは、訓練用データおよび評価用データを用いて (訓練用データだけを用いてもよい) 最適化が行われる。

[0042] そして、クラスタリングを行う際に、計算時間の短縮化を図るために、セミハードクラスタリングが行われる。このセミハードクラスタリングにおいては、メンバーシップとして離散値 (例えば、0.6 とか、0.8 など) が用いられる。

[0043] また、このセミハードクラスタリングにおいては、上述したように、クラスを 2 つに分けるとともに、これら各クラスを 2 つのクラスターに分けるものとする。これは、経験上、各クラスを 2 つのクラスターに分割するのが、効率良くクラスタリングを行い得ることが判っているからである。なお、クラスター個数については、2 つに限定されるものでもなく、例えば 1 つまたは 3 つ以上であってもよい。例えば、上記離散値を 0.5 とすると、クラス

ター数は1となり、離散値を1. 0とすると、ハード（ファジィではない）な2つのクラスターとなる。勿論、クラスの個数についても、2つに限定されるものでもなく、3つ以上であってもよい。

[0044] 第1フェーズでは、訓練用データを用いて、クラス毎に、つまり燃烧状態の画像データに対して、セミハードクラスタリングが行われる。

[0045] すなわち、ハードとファジィの中間的なセミハードクラスタリングをするために、メンバーシップ u_{ki} を下記（8）式のように設定する。

[0046] [数7]

$$u_{ki} = \begin{cases} \beta & (i = \arg \min_{1 \leq j \leq c} D(x_k, v_j; S_j) + \log |S_j|) \\ \frac{1-\beta}{c-1} & (otherwise) \end{cases} \quad \dots(8)$$

[0047] 以下、具体的な手順について説明する（クラスター数（i）は2個とする）。なお、 β は上述した離散値で指定される。

[0048] まず、クラスター毎の初期メンバーシップ（ u_{k1} , u_{k2} ）を下記（9）式および（10）式のように設定する。

[0049] [数8]

$$u_{k1} = \begin{cases} 1-\beta & (f_k \leq 0) \\ \beta & (otherwise) \end{cases} \quad \dots(9)$$

$$u_{k2} = \begin{cases} \beta & (f_k \leq 0) \\ 1-\beta & (otherwise) \end{cases} \quad \dots(10)$$

[0050] なお、上記式中、 f_k は1つのクラスの画像データ x_k の主成分得点である。

[0051] 上記の式により、メンバーシップが与えられると、（4）式から v を、（

3) 式から S を求め、そして (2) 式と (3) 式とからマハラノビス距離 D を求め、(8) 式でメンバーシップ u を更新する。この更新は、メンバーシップが収束するまで繰り返し行われる。

[0052] 次に、訓練用データを用いて、各クラス毎 (クラス 1, 2) にクラスタリングを行う。すなわち、各クラスをそれぞれ 2 つのクラスターに分割する。

[0053] このとき、目的関数 J を用いてセミハードクラスタリングを行う。

[0054] すなわち、目的関数 J が最小となるような訓練用データ毎のメンバーシップ u を求める。これにより、各クラスターの中心 v とそのメンバーシップ u とが求められる。

[0055] そして、上記求められたメンバーシップ u に基づき、各クラス毎にクラスタリングが行われる。

[0056] 第 2 フェーズでは、評価用データを用いてクラスタリングが行われる。

[0057] すなわち、第 1 フェーズにて求められた各クラスターの中心 v に対して、マハラノビス距離 D を求める。このとき、第 1 フェーズで求められたメンバーシップ u が用いられる。

[0058] そして、予め定められた (6) 式にて示すメンバーシップ関数 u^* に、上記求められたマハラノビス距離 D を適用して (用いて)、メンバーシップ関数 u^* における各パラメータ (m , γ , ν , α ; これらを自由パラメータまたはハイパーパラメータともいう) の最適化を図る。この最適化においては、粒子群最適化法 (PSO) が用いられる。

[0059] ここで、この粒子群最適化法を簡単に説明しておく。

[0060] この粒子群最適化法は、メンバーシップ関数 u^* における 3 つのパラメータ (m , γ , ν) と同じくパラメータであるクラスターの混合比率 α の最適化が行われる。

[0061] すなわち、この粒子群最適化法では、粒子群の最良位置の探索が、以下に示す (11) 式および (12) 式の更新式により行われる。

[0062]

[数9]

$$Para^{t+1} = Para + Velo^{t+1} \quad \dots(11)$$

$$\begin{aligned} Velo^{t+1} &= \omega_0 Velo^t \\ &+ c_1 Rand_1(pbest - Para^t) \\ &+ c_2 Rand_2(gbest - Para^t) \quad \dots(12) \end{aligned}$$

[0063] 上記式中、Paraは粒子の位置を示すパラメータで、 α 、 m 、 γ 、 ν からなるベクトルである。Veloは粒子の速度ベクトルである。Randは「0」と「1」との間の乱数の対角行列である。 w_0 、 c_1 、 c_2 はスカラー定数である。pbset と gbest はそれぞれ pbset と gbest の位置ベクトルである。

[0064] そして、これらの自由パラメータは、評価用データの誤識別率を最小にするように決定される。

[0065] すなわち、上記メンバーシップ関数 u^* を用いたメンバーシップ $*u$ が、正しいクラスに属するように、言い換えれば、正しいクラスのメンバーシップ $*u$ の方が大きくなるように、最適化が図られる。

[0066] 上述した準備工程にて、メンバーシップ関数 u^* が求められる。

[0067] 次に、上記 FCM 識別器を用いて燃焼状態を検出する場合の実工程について簡単に説明しておく。ここでは、燃焼室 4 内の燃焼状態と未燃状態とを識別する場合について説明する。

[0068] まず、撮影され且つ所定の処理（後述する）が施された画像データの、上記準備工程で求められた各クラスターの中心 v に対するマハラノビス距離 D を求めるとともに、このマハラノビス距離を上記（6）式に代入して求められるメンバーシップ関数値 u^* を上記（5）式に代入し、各クラスのクラスターに対するメンバーシップ $*u$ を求める。そして、クラスター毎に求められたメンバーシップ $*u$ を加算し、クラス毎のメンバーシップ $*u_i$ を求め、その中で、クラス 1 のメンバーシップ $*u_1$ とクラス 2 のメンバーシップ $*u_2$

とを比較し、値の大きい方が、当該画像データが所属するクラスと判断する。

[0069] 具体的には、クラス1のメンバーシップ $*u_1$ が大きい場合には、燃焼状態であると判断され、クラス2のメンバーシップ $*u_2$ が大きい場合には、未燃状態であると判断される。

[0070] また、未燃塊の有無の判断時には、メンバーシップ $*u$ の値に基づき、未燃ごみ塊である度合いすなわち確率が出力される。

[0071] 以下、上述した準備工程および燃焼状態の実工程を実行する燃焼状態検出装置13を含む燃焼制御装置11について説明する。

[0072] なお、以下の説明において、自由パラメータ (m, γ, ν, α) およびクラスター中心 ν 、分散共分散行列 S 、クラスの混合比率 π などが識別に関わる要素であり、識別用パラメータでもある。

[0073] この燃焼制御装置11は、図2に示すように、撮影用カメラ12にて後壁部1a側から撮影した燃焼室4内の撮影画像（静止画像である）を第1所定時間間隔でもって、例えば1秒間隔でもって取得（入力）する撮影画像取得部21と、この撮影画像取得部21で取得された撮影画像すなわち画像データにおける燃焼状態のバランス（ごみの燃え切り点などが比較的明瞭に分かる程度を、バランスが整っていると言うことができる）を判定するためのFCM識別器が具備された燃焼良否判定部22と、この燃焼良否判定部22で判定された画像データを第2所定時間間隔、例えば、10秒間隔でもって平均化する画像データ平均化処理部23と、この画像データ平均化処理部23で平均化された画像データを入力して、図12に示すように、燃焼域である主燃焼用火格子10（10A）および後燃焼用火格子10（10B）、つまり主燃焼段部分Aおよび後燃焼段部分B以外の部分を黒色にてマスキング処理を行い燃焼域を抽出する燃焼域抽出部24と、この燃焼域抽出部24で抽出された燃焼域に対して3種類の大きさでもって区画（ブロック化）する燃焼域区画部25と、この燃焼域区画部25で得られた3種類の画像データを入力するとともにFCM識別器を用いて燃焼状態の分析を行う燃焼状態分析

部 2 6 と、この燃焼状態分析部 2 6 で分析された分析データを入力するとともに F C M 識別器を用いて燃焼状態を検出する燃焼状態検出部 2 7 と、この燃焼状態検出部 2 7 で検出された検出データを入力しファジィ推論を行うことにより、燃焼用空気の供給量（以下、空気供給量という）およびごみの供給量（以下、ごみ供給量という）の制御指令（制御信号）つまり現在の指令値に対する補正指令（補正信号）を出力するファジィ演算部 2 8 と、上記燃焼状態検出部 2 7 で検出された未燃ごみ塊の位置および火炎の位置のデータを入力して上記ファジィ演算部 2 8 から出力される燃焼用空気の制御対象位置すなわち左右いずれかの空気供給ノズル 9 を検出する空気制御対象位置検出部 2 9 とから構成されている。

[0074] 上記燃焼良否判定部 2 2 では、F C M 識別器により、見た目に燃焼状態が全体的に良好で燃え切り点である燃え切り位置がはっきりとしている状態（バランス良好）、見た目に燃焼状態が悪く燃え切り位置がはっきりとしない状態（バランス不良）、または灰の舞い上がり、水蒸気の充満などにより、燃焼状態が目視で確認できない状態（判定不能）であるかが判定される。

[0075] そして、この燃焼良否判定部 2 2 では、例えば 1 0 枚分の撮影画像を判定した後、半数以上がバランス不良であった場合に、バランス異常警報が出力され、バランス良好のものが 1 枚もない場合には、以後の処理は停止される。

[0076] 上記画像データ平均化処理部 2 3 では、燃焼良否判定部 2 2 でバランス良好であると判断された画像データ（例えば、4 8 0 × 6 4 0 画素）に対して、画素毎に、R G B 成分値（輝度値）の平均値が求められる。

[0077] 上記燃焼域区画部 2 5 では、燃焼域抽出部 2 4 で抽出された燃焼域が、3 種類の大きさに、すなわち第 1 区画（1 0 × 1 0 画素程度；幅が小さい正方形の小区画ともいえる）、第 2 区画（3 0 × 8 0 画素程度；幅が中ぐらいで縦に長い長方形の中長区画ともいえる）および第 3 区画（6 0 × 6 0 画素程度；幅が大きい正方形の大区画ともいえる）に区画される。簡単に言えば、燃焼域が、正方形の第 1 区画、この第 1 区画よりも大きい面積を有する長方

形の第2区画およびこの第1区画より大きい面積を有する正方形の第3区画でもってそれぞれ区画されている。なお、第2区画と第3区画との違いは形状であり、またこれら両区間の面積の大小については、火炎の状態に応じて選ばれることになるため、いずれが大きいかを定めることはできない。したがって、燃焼域で見ると、図13に示すように、第1区画(D1)は500個程度、図14に示すように、第3区画(D3:1区画を斜線で示す)は14個、図15に示すように、第2区画(D2:1区画を斜線で示す)は40個得られる。なお、これら各区画の個数および各区画に対する画素数については、必要に応じて変更し得るものである。

[0078] ところで、第3区画(D3)および第2区画(D2)については、区画する際に、隣接する区画同士はその一部が重なるように、例えば左右方向および上下方向で、その区画の半分の距離でもってずらして配置される。このように、隣接する区画同士をずらせたのは、大きい区画でありながら、燃焼状態を適確に判断し得るように、すなわちその燃焼状態を呈する位置をできるだけ狭い範囲で特定するためである。

[0079] 上記燃焼状態分析部26では、FCM識別器により、燃焼・未燃の状態、未燃塊の有無つまり未燃塊である度合い、火炎の強度などが識別される。

[0080] すなわち、図2に示すように、この燃焼状態分析部26には、燃焼域区画部25で得られた各第1区画の画像データをFCM識別器で、燃焼／未燃の2つのクラスに分ける燃焼識別部41と、同じく燃焼域区画部25で得られた各第3区画の画像データをFCM識別器で、未燃塊の有無を判断する未燃塊識別部42と、同じく燃焼域区画部25で得られた第2区画の画像データをFCM識別器で、火炎の強度に応じて4つのクラスに、例えば強火炎、中火炎、小火炎、火炎無しに識別する火炎識別部43とが具備されている。

[0081] 上記燃焼状態検出部27では、燃焼ごみの燃え切り位置、未燃ごみの塊である度合い(未燃ごみである確率である)およびその位置、並びに火炎の強度すなわち火炎の強い領域(例えば、強火炎)およびその位置が検出される。

- [0082] 図2に示すように、上記燃焼状態検出部27には、上記燃焼状態分析部26の燃焼識別部41で得られた燃焼状態の第1区画に基づき燃焼塊を検出するとともにこの燃焼塊に基づき燃焼塊の下端位置を検出することにより燃え切り位置を検出する燃え切り位置検出部51と、この燃え切り位置検出部51で検出された燃え切り位置および燃焼状態分析部26の未燃塊識別部42で得られた未燃塊のデータに基づき、未燃ごみ塊である度合いおよびその位置を検出する未燃ごみ塊検出部52と、燃焼状態分析部26の火炎識別部43で得られた火炎のデータに基づき火炎の強い領域を検出する火炎領域検出部53とが具備されている。
- [0083] 上記燃え切り位置検出部51では、燃焼識別部41で得られた燃焼状態の第1区画のデータを用いて、燃焼している塊である燃焼塊を抽出するとともにこの燃焼塊を例えば上方から走査して当該塊部が無くなった位置が、燃え切り位置と判断される（逆に、下方から走査して塊部が現れた位置を燃え切り位置と判断してもよい）（図16参照）。
- [0084] なお、燃焼塊については、第1区画に対してラベリング処理を行い、燃焼している第1区画が例えば8個以上連続する場合（8連結ラベリング処理）に検出される。
- [0085] 上記未燃ごみ塊検出部52では、未燃塊識別部42で得られた第3区画のデータに基づき、すなわち燃え切り位置より上側で燃えていない第3区画がある場合、未燃ごみ塊である度合いおよびその位置（第3区画の位置）が検出される。
- [0086] また、上記火炎領域検出部53では、未燃ごみ塊検出部52同様に、火炎識別部43で得られた第2区画のデータに基づき、強く燃えている火炎（強火炎）の強度およびその位置（第2区画の位置）が検出さる。
- [0087] なお、ここでは火炎の強度として、FCM識別器により識別した際のメンバーシップの値（識別の確からさを表す確率でもある）に基づき、0～100（％）の数値が用いられる。また、隣接する第3区画または第2区画が存在する場合には、それぞれの位置は、両区画が重なっている部分が位置とし

て出力される。つまり、両方とも、比較的大きい区画でありながら、狭い部分を特定することができる。

[0088] 上記ファジィ演算部28は、時系列で入力される燃焼状態の検出データの複数個、例えば10個の平均値およびこの平均値の変化率を求めるファジィ推論用データ作成部（以下、データ作成部という）61と、このデータ作成部61で求められたデータを入力するとともに、このデータをファジィルールに適用して推論を行うことにより出力としての燃焼用空気およびごみの供給量の制御指令（補正指令）を得るファジィ推論部62とから構成されている。

[0089] まず、データ作成部61について説明する。

[0090] すなわち、燃え切り位置を示すデータ、未燃ごみ塊の検出データ（未燃ごみ塊である度合い）、火炎の検出データ（火炎の強度）が時系列でデータ作成部61に入力されて、それぞれ10個分のデータの平均値 E が求められるとともに、この得られた前後における2つの平均値 E の差分を求めてその変化率 $[(E_k - E_{k-1}) / \Delta t]$ が求められる。

[0091] 次に、ファジィ推論部62について説明する。

[0092] このファジィ推論部62には、図示しないが、上記データ作成部61で求められたデータの平均値（以下に示すファジィ集合では現在値と称す）およびその変化率に基づき、それぞれに対応する入力用メンバーシップ関数（前件部に相当する）から出力用メンバーシップ関数（後件部に相当する）を推論するファジィルール（後述する）を有する推論部62aと、この推論部62aで求められた出力用メンバーシップ関数からその出力を例えばミニ・マックス法により非ファジィ化（数値化）する非ファジィ化部62bが具備されている。なお、以下、メンバーシップ関数をMSFと称して説明する。

[0093] 例えば、入力用のファジィ集合としては、図5に示すように、それぞれ3つのMSF[VS（小）、ME（中）、VB（大）]からなるものが用いられ、また出力用のファジィ集合としては、図6に示すように、5つのMSF[VS（非常に少なく）、MS（やや少なく）、ME（ゼロ）、MB（やや

多く), VB (非常に多く)] かなるものが用いられる。なお、具体的なファジィ集合を表すグラフについては、後で説明する。

[0094] 以下、ファジィ推論部62で行われる推論内容を具体的に説明する。

(1) まず、ごみ供給量を求める場合について説明する。

[0095] ごみ供給量については、未燃ごみ塊である度合い、火炎の強度、および燃え切り位置が考慮される。

[0096] 例えば、未燃ごみ塊である度合いが50% (0~100%の範囲の値) で、その変化率が-5% (-50~+50%の範囲の値) である場合、図7に示すように、入力用MSFは、それぞれ、ME (50%に対応) およびME (-5%に対応) となり、出力用MSFとしてはME (ゼロ) が選択される。

[0097] そして、この場合、2つの入力用MSFのグレードの小さい方が選択され、このグレードが出力用のMSFに適用される。例えば、出力用MSF (ME) が三角形形状である場合には、そのグレード値から上の部分が切除された台形状のグラフが出力となる。

[0098] 同様に、火炎の強度および燃え切り位置についても、出力用のMSFが求められる。

[0099] そして、このようにして求められた3つのMSFが合成されるとともに、その重心が求められて出力値が得られる。

[0100] この出力値としては、未燃ごみ塊がある場合には、その度合いに応じて供給速度 (つまり、火格子の送り速度である) が遅くされる。これは、ごみを乾燥させるためである。また、火炎の強度が大きい場合には、供給速度が速くされる。

[0101] なお、火炎の強度のファジィルールを図8に、燃え切り位置のファジィルールを図9に示しておく。

(2) 次に、空気供給量を求める場合について説明する。

[0102] 空気供給量については、未燃ごみ塊の度合いおよび火炎の強度に加えてそれぞれの位置が考慮される。

- [0103] 以下、ごみ供給量の場合と同様の手順ではあるが説明しておく。
- [0104] すなわち、未燃ごみ塊である度合いが50%（0～100%の範囲の値）で、その変化率が-5%（-50～+50%の範囲の値）である場合、図10に示すように、入力用MSFは、それぞれ、ME（50%に対応）およびME（-5%に対応）となり、出力用MSFとしてはME（ゼロ）が選択される。
- [0105] そして、この場合、2つの入力用MSFのグレードの小さい方が選択され、このグレードが出力用のMSFに適用される。例えば、出力用MSF（ME）が三角形形状である場合には、そのグレード値から上の部分が切除された台形状のグラフが出力となる。
- [0106] 同様にして、火炎の強度についても、出力用のMSFが求められる。
- [0107] そして、このようにして求められた未燃ごみ塊および火炎の強度用の2つのMSFが合成されるとともに、例えばその重心が求められて、制御指令としての出力値つまり空気供給量が得られる。この出力値としては、火炎が強い場合には、空気供給量が減らされ、また未燃ごみ塊がある場合には、空気供給量が増やされる。なお、火炎の強度についてのファジィルールを図11に示しておく。
- [0108] また、上記空気制御対象位置検出部29では、上述したように、ファジィ演算部28により空気供給量が制御される際に、未燃ごみ塊検出部52から出力された第3区画の位置データおよび火炎領域検出部53から出力された第2区画の位置データが入力されて、左右いずれの空気供給ノズル9からの空気供給量を制御するかが判断（選択）される。
- [0109] したがって、空気供給量の制御指令とともに制御対象となる空気供給ノズル9の選択指令が出力されることになる。
- [0110] ここで、上述したFCM識別器の構成について説明しておく。
- [0111] ここでは、燃焼状態分析部26の燃焼識別部41に設けられて燃焼状態であるかまたは未燃状態であるかを識別するものとして説明する。
- [0112] このFCM識別器は、図3に示すように、燃焼域区画部25から入力され

た第1区画の画像データを1024（縦横ともに32区画して同一のデータ個数にする）に区画する正規化部71と、この正規化部71で正規化された画像データを1024次元のベクトルにするベクトル化部72と、このベクトル化部72でベクトル化されたベクトルデータの次元を主成分分析により例えば50次元のデータに圧縮する次元圧縮部73と、この次元圧縮部73で次元圧縮された画像データの予め求められたクラスターの中心に対するマハラノビス距離を求めるマハラノビス距離計算部74と、このマハラノビス距離計算部74で求められたマハラノビス距離に基づきメンバーシップ関数 u^* およびメンバーシップ $*u$ を求める上記（7）式および（6）式が具備されたメンバーシップ計算部75と、このメンバーシップ計算部75で求められたメンバーシップ $*u$ に基づき、当該画像データが、どのクラスに属するかつまり燃焼状態か未燃状態であるかを判断する状態判断部76とから構成されている。なお、次元圧縮部73、マハラノビス距離計算部74、メンバーシップ計算部75および状態判断部76での計算に際しては、データベース部（図示せず）から適切な燃焼室位置情報、画像圧縮係数、識別用パラメータなどが読み込まれて使用される。なお、実稼動時において、読み込まれる識別用パラメータは訓練などにより最適に調整された値である（説明を省略するが、パラメータの調整部などが具備されている）。

[0113] 具体的には、マハラノビス距離計算部74では、画像データの予め求められているクラスター中心に対するマハラノビス距離 D が求められ、そしてメンバーシップ計算部75では、マハラノビス距離 D に基づきメンバーシップ関数 u^* （関数値）が求まり、このメンバーシップ関数 u^* に基づきメンバーシップ $*u$ が求められる。つまり、各クラスターに対してメンバーシップ $*u_1$ 、 $*u_2$ が求められる。そして、各クラス毎において、メンバーシップが加算されて、クラスにおけるメンバーシップ $*u_{c1}$ 、 $*u_{c2}$ が求められる。

[0114] そして、状態判断部76において、これら求められた各クラスでのメンバーシップ $*u_{c1}$ 、 $*u_{c2}$ 同士が比較されて、その値が大きい方に、この画像データが属していると判断される。

[0115] 例えば、この判断時の各クラスにおけるメンバーシップを図4に示す。図4は、2つのクラス1およびクラス2に、それぞれ2つのクラスター1およびクラスター2をそれぞれ形成したもので、クラス1側には、 v_{11} のクラスター1と v_{12} のクラスター2とがあり、またクラス2側にも、 v_{21} のクラスター1と、 v_{22} のクラスター2とがある。図4において、Xの地点が判断すべき画像データであるとする、クラス1における一方のクラスター1に対するXのメンバーシップを u_{11} 、他方のクラスター2に対するXのメンバーシップを u_{12} とし、またクラス2の一方のクラスター1に対するXのメンバーシップを u_{21} 、他方のクラスター2に対するXのメンバーシップを u_{22} とすると、Xのクラス1に対するメンバーシップ u_1 は、 $u_{11} + u_{12}$ となり、またXのクラス2に対するメンバーシップ u_2 は、 $u_{21} + u_{22}$ となる。つまり、各クラスにおける各クラスターのメンバーシップの合計値（両クラスターに対するメンバーシップの高さの合計である）が各クラスに対するメンバーシップとなる。そして、そのメンバーシップ u_1 、 u_2 のうち、大きい方のクラスに所属していることになる。クラス1に所属していれば、燃焼状態であり、またクラス2に所属していれば、未燃状態を示している。

[0116] なお、上述した粒子群最適化法にて誤識別率が最小となるように自由パラメータが探索されるが、例えばクラスターの混合比率 α を変化させると、図4のクラスターの領域（等高線で示す）の形状が変化することになり、したがって2つのクラスの境界線も非線形に変化する。

[0117] 次に、上記燃焼制御装置11による燃焼状態の全体的な制御方法について説明する。

[0118] 燃焼状態検出装置13にて、予め、訓練用データおよび評価用データにより、各種識別用のパラメータが決定されている状態において、燃焼室4内の状態が撮影カメラ12で撮影画像取得部21にて取り込まれると、まず、燃焼良否判定部22で燃焼室4内の燃焼が適正に行われているか否かが判定される。この燃焼良否判定部22では、取り込まれた燃焼室4の画像データにFCM識別法が適用されて、燃焼が正常に行われているか否かが判断される。

。正常な場合とは、燃焼の制御が可能な状態であり、例えば燃焼室４内の燃え切り位置などが比較的明瞭に写っている場合を言う。一方、正常でない場合つまり異常である場合は、燃焼の制御をすることができないような状態であり、例えば燃焼室４内に灰が舞い上がり、または水蒸気などが充満して燃え切り位置が不明であるような場合を言う。このような状態が、画像１０枚（１０秒程度）続いた場合には、燃焼状態が異常（バランス不良）である旨の警報が出力される。

[0119] そして、燃焼良否判定部２２で燃焼が異常でなく、正常であると判断された場合には、その画像データが画像データ平均化処理部２３に入力されて、画像データの平均化、つまり、各画素毎のＲＧＢデータの平均化が行われる。

[0120] この平均化された画像データは燃焼域抽出部２４に入力されて、燃焼室４における主燃焼域部分Ａおよび後燃焼域部分Ｂが抽出される。

[0121] 次に、抽出された燃焼域が燃焼域区画部２５に入力されて、３種類の区画に、すなわち第１区画、第２区画、第３区画の画像データに区画される。なお、第１区画および第３区画は、燃焼域全体１０Ａ、１０Ｂに対して行われるが、第２区画は主燃焼域１０Ａに対して行われる。

[0122] 次に、これら区画された画像データが燃焼状態分析部２６に入力される。

[0123] すなわち、第１区画の画像データが燃焼識別部４１に入力され、第１区画毎にＦＣＭ識別器にて燃焼状態か未燃状態かが判断される。

[0124] また、第３区画の画像データは未燃塊識別部４２に入力され、第３区画毎にＦＣＭ識別器にて燃焼している燃焼状態であるか燃焼していない未燃状態かが判断される。

[0125] さらに、第２区画の画像データは火炎識別部４３に入力され、第２区画毎にＦＣＭ識別器にて、火炎の強度、つまり、火炎の有無および火炎の強弱など４つに分類される。すなわち、強火炎、中火炎、弱火炎および火炎無しの４つに分類される。

[0126] 次に、上記燃焼状態検出部２７にて燃焼状態が検出される。

- [0127] すなわち、燃え切り位置検出部 5 1 では、燃焼識別部 4 1 で得られた第 1 区画毎の燃焼・未燃データを入力するとともに、燃焼している第 1 区画に対して例えば 8 連結ラベリング処理を行うことにより、燃焼塊が検出される。なお、8 連結より少ない塊については、部分的に燃えている状態であると考えられるため考慮しない。
- [0128] そして、燃焼塊であると判断された領域に対して、例えば上方から第 1 区画の列毎に走査して、その下端列の位置を求める。この位置が燃え切り位置として検出される。
- [0129] 次に、未燃ごみ塊検出部 5 2 では、上記燃え切り位置検出部 5 1 で検出された燃え切り位置を入力するとともに、未燃塊検出部 4 2 で検出された未燃塊の第 3 区画データを入力し、この第 3 区画の位置が燃え切り位置より上方であるか否かを判断し、上方にある場合には、未燃ごみ塊が存在していると判断され、その第 3 区画の位置が検出される。この第 3 区画の位置としては、燃焼域の全長を 0～100（%）とし前側からの数値として表したものが用いられる。また、未燃ごみ塊である度合いについても、0～100%の範囲の数値で出力される。この数値としては、FCM識別器により第 3 区画に対して燃焼・未燃のクラス分けを行ったときに得られたメンバーシップ値が用いられる。
- [0130] 次に、火炎領域検出部 5 3 では、火炎識別部 4 3 で強火炎、中火炎、弱火炎および火炎無しの 4 つに識別された識別結果を入力して、火炎の強度が最も高い第 2 区画の位置（この場合も、燃焼域の全長を 0～100（%）とし前側からの数値として表したもの）とその強度が数値として検出される。
- [0131] 次に、上記求められた値、すなわち燃え切り位置のデータ（前後方向における燃焼域を 0～100%の範囲とした場合の数値）、未燃ごみ塊である度合い（0～100%の範囲とした場合の数値）、火炎の強度（0～100%の範囲とした場合の数値）のデータが、ファジィ演算部 2 8 に入力される。
- [0132] そして、ファジィ演算部 2 8 のデータ作成部 6 1 では、上述したように、それぞれ入力されたデータに基づき、ファジィ推論用のデータとして、例え

ば10個分の平均値およびその変化率が求められる。

[0133] 次に、これら平均値および変化率が、それぞれに用意されたファジィルールが適用されて推論が行われた後、非ファジィ化されてごみ供給量および空気供給量が求められるとともに、空気制御対象位置検出部29にて検出された空気制御対象である空気供給ノズル9が選択される。そして、これら求められたごみ供給量および空気供給量並びにその制御対象となる空気供給ノズル9の位置が、焼却炉におけるごみ供給制御部および燃焼空気制御部に出力されて、最適な燃焼状態となるように制御される。例えば、燃え切り位置が前寄りにある場合には、ごみ供給量が増加されつまりごみ供給速度が速くされ、また未燃ごみ塊がある場合には、それに対応する空気供給ノズル9からの空気供給量が増加され、また火炎が強い場合には、それに対応する空気供給ノズル9からの空気供給量が減少される。

[0134] 上述した燃焼状態検出装置およびこれを用いた燃焼制御装置の構成によると、燃焼室内を燃焼用火格子に係る主燃焼段部分および後燃焼用火格子に係る後燃焼段部分から成る燃焼域を抽出するとともに、この燃焼域抽出部で抽出された燃焼域を大きさ・形状などが異なる第1区画、第2区画および第3区画でもってそれぞれ区画して3種類の画像データを得、そしてこれら得られた第1区画、第2区画および第3区画の画像データに対して燃焼状態をファジィc平均法を用いてそれぞれ分析するようにしたので、燃焼室内の燃焼状態を精度良く検出することができる。

[0135] また、これら検出された燃焼状態、すなわち燃え切り位置、未燃ごみ塊である度合い、火炎の強度などの燃焼状態を示す各データを入力するとともに、その平均値および変化率を所定のファジィルールに適用して推論を行うようにしたので、燃焼の傾向を加味した制御を行うことができ、したがって燃焼状態の悪化、火炎の変化などに十分に対処することができる。例えば、焼却炉内で未燃ごみ塊が発生した場合でも、直ちに、それを解消し得る最適な燃焼を行うことができる。

[0136] より具体的に言えば、従来、燃焼状態を検出する場合、燃焼室内の画像を

客観的に分析するだけで、例えば輝度値の大小だけで炎の有無を判定して燃え切り位置を検出することになるため、大勢に影響のない小さな炎の塊などを検出してしまい、その検出精度が低いという問題がある。これに対して、本実施例では、ベテラン運転員の経験が生かされた燃焼状態判定用アルゴリズムを組み込んだFCM識別器を用いることにより、焼却炉における、特にストーカ炉におけるごみの燃え切り位置などの燃焼状態を精度良く検出するようにしたものである。すなわち、燃焼室内の燃焼状態はごみを燃やしている関係上、非常に複雑であり、計算や流量・温度などのセンサから得られるデータに基づき再現できない性質のものであるが、FCM識別器を用いることにより、火炎状態を直接に学習し判断モデルを自己生成できるので、燃焼状態を精度良く検出することができる。なお、従来の輝度値を用いた方法では、判断のもとになる指標は、人が何らかの数値を与えるものであり、ごみ質や運転条件によってその適正值が変化してしまうため、やはり、精度の低下に繋がる。

[0137] なお、上述したFCM識別器の構成を一般的に且つ簡単に説明すると、以下ようになる。

[0138] このFCM識別器は、撮影用カメラにより撮影された撮影画像データ（区画の画像データ）から複数の代表値を取得して正規化する正規化部と、この正規化部で得られた代表値よりなる画像データをベクトル化するベクトル化部と、このベクトル化部でベクトル化されたベクトルデータの次元を圧縮する次元圧縮部と、この次元圧縮部で圧縮されたベクトルデータの予め訓練用データで求められたクラスター中心に対するマハラノビス距離を求めるマハラノビス距離計算部と、このマハラノビス距離計算部で求められたマハラノビス距離を下記（13）式に示すメンバーシップ関数（ u^* ）に代入するとともにこの関数値を下記（14）式に代入してメンバーシップ（ μ ）を求めるメンバーシップ計算部と、このメンバーシップ計算部で求められたメンバーシップを用いて撮影画像を、例えば2つのクラス（燃焼している燃焼状態および燃焼していない未燃状態のいずれかのクラス）に分ける状態判断

部とを具備したものである。

[0139] [数10]

$$u_{qkj}^* = \frac{\alpha_{qj} |S_{qj}|^{\frac{1}{\gamma}}}{(D(x_k, v_{qj}; S_{qj}) / 0.1 + \nu)^{\frac{1}{m}}} \quad \dots (13)$$

$$\tilde{u}_{qk} = \frac{\pi_q \sum_{j=1}^c u_{qkj}^*}{\sum_{s=1}^Q \pi_s \sum_{j=1}^c u_{skj}^*} \quad \dots (14)$$

[0140] 但し、上記式中、 α_{qj} はクラスq内のクラスターjの混合比率、Sは分散共分散行列、 π_q はクラスqの混合比率である。

[0141] また、次元圧縮部にて次元を圧縮する際に、主成分分析法を用いたものである。

[0142] さらに、(13)式にて示すメンバーシップ関数(u^*)における各パラメータ(m, γ, ν, α)の最適化を行う際に、粒子群最適化法が用いられている。

請求の範囲

[請求項1] 燃焼室の底壁部に燃焼用火格子およびその下手側に後燃焼用火格子が配置された焼却炉におけるごみの燃焼状態を検出する燃焼状態検出装置であって、

燃焼室内を下手側から撮影カメラにより撮影した撮影画像を所定時間間隔でもって取得する撮影画像取得部と、

この撮影画像取得部で取得された画像データから燃焼用火格子が設けられた主燃焼段部分および後燃焼用火格子が設けられた後燃焼段部分から成る燃焼域を抽出する燃焼域抽出部と、

この燃焼域抽出部で抽出された燃焼域を第1区画並びに、この第1区画よりも大きい第2区画および第3区画でもってそれぞれ区画して3種類の大きさの画像データを取得する燃焼域区画部と、

この燃焼域区画部で得られた第1区画、第2区画および第3区画の画像データに対して燃焼状態をファジィc平均法を用いてそれぞれ分析する燃焼状態分析部と、

この燃焼状態分析部で得られた各分析データに基づき燃焼状態を検出する燃焼状態検出部と

から構成したことを特徴とする焼却炉における燃焼状態検出装置。

[請求項2] 燃焼状態分析部を、

第1区画の画像データを入力してこれら各第1区画毎に、燃焼状態か未燃状態であるかをファジィc平均法を用いた識別器により識別する燃焼識別部と、

第3区画の画像データを入力してこれら第3区画毎に、未燃塊の有無をファジィc平均法を用いた識別器により識別する未燃塊識別部と、

第2区画の画像データを入力してこれら第2区画毎に、火炎の強度をファジィc平均法を用いた識別器により識別する火炎識別部と

から構成したことを特徴とする請求項1に記載の焼却炉における燃

焼状態検出装置。

[請求項3]

燃焼状態検出部を、

燃焼状態分析部の燃焼識別部で得られた燃焼状態の第1区画を検出して燃焼塊を検出するとともにこの燃焼塊の下端位置を検出することにより燃え切り位置を検出する燃え切り位置検出部と、

この燃え切り位置検出部で検出された燃え切り位置および燃焼状態分析部の未燃塊識別部で得られた未燃塊の区画データに基づき、未燃ごみ塊である度合いおよびその位置を検出する未燃ごみ塊検出部と、

燃焼状態分析部の火炎識別部で得られた火炎の区画データに基づき火炎の強度およびその位置を検出する火炎領域検出部と

から構成したことを特徴とする請求項1に記載の焼却炉における燃焼状態検出装置。

[請求項4]

請求項1乃至3のいずれかに記載の燃焼状態検出装置と、当該燃焼状態検出装置で検出された燃え切り位置、未燃ごみ塊である度合いおよびその位置、並びに火炎の強度およびその位置のデータを入力するとともにこれら各データに基づきファジィ推論を行い、燃焼用空気およびごみの供給量の制御指令を出力するファジィ演算部と、

上記燃焼状態検出装置で検出された未燃ごみ塊の位置および火炎の位置のデータを入力して上記ファジィ演算部から出力される燃焼用空気の制御対象位置を検出する空気制御対象位置検出部と

を具備したことを特徴とする焼却炉における燃焼制御装置。

[請求項5]

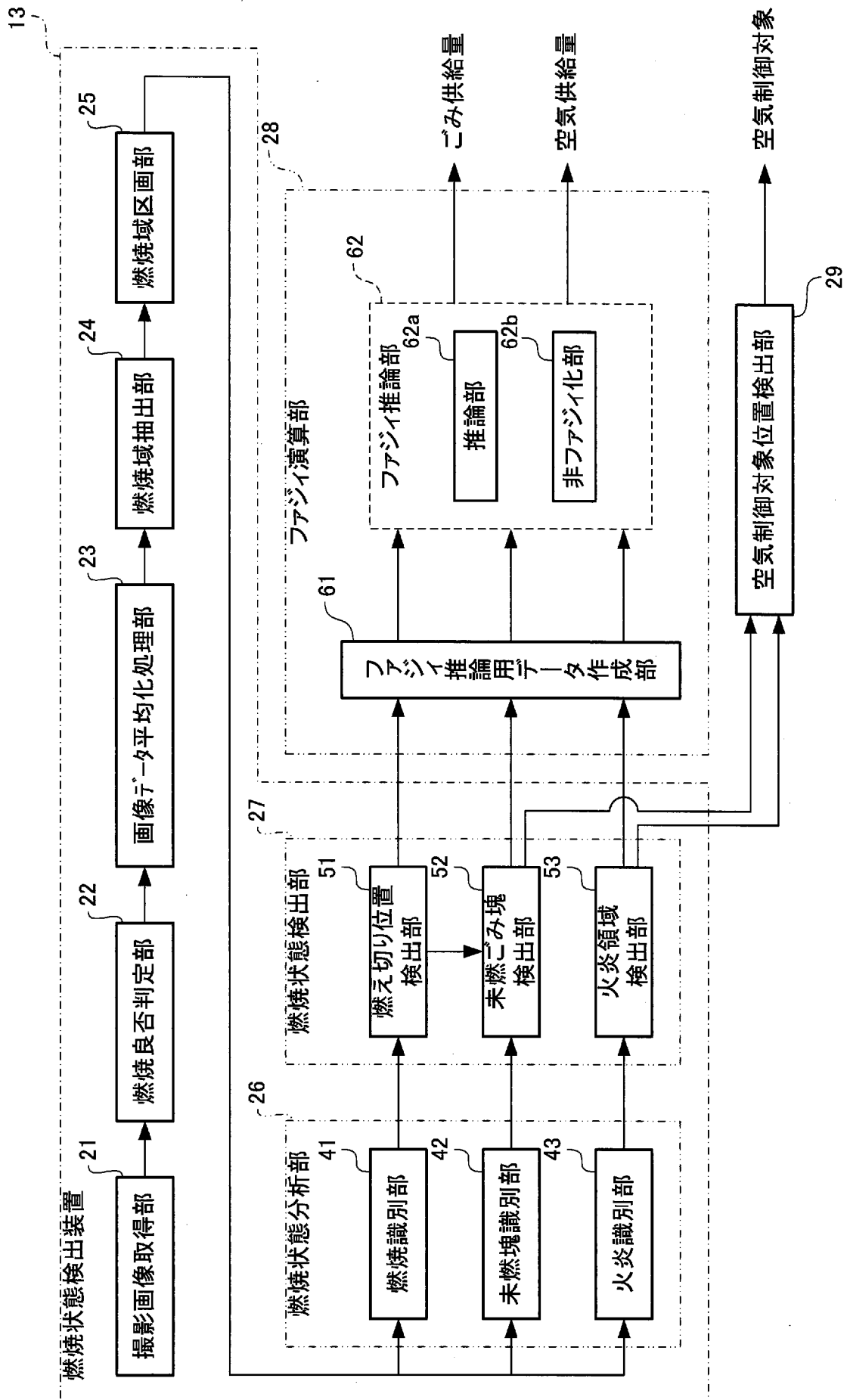
ファジィ演算部を、

時系列で入力される複数個のデータの平均値およびこの平均値の変化率を求めるファジィ推論用データ作成部と、

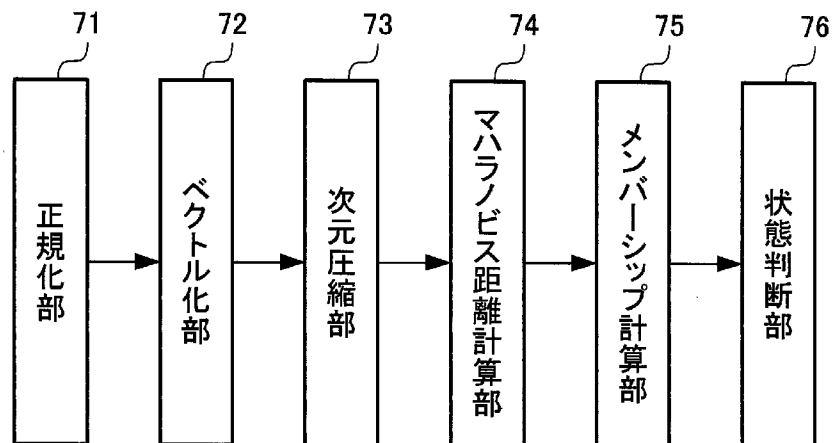
このファジィ推論用データ作成部で求められた平均値および変化率を入力するとともに、これら平均値および変化率に所定のファジィルールを適用して燃焼用空気およびごみの供給量の制御用出力値を求めるファジィ推論部と

から構成したことを特徴とする請求項 4 に記載の焼却炉における燃焼制御装置。

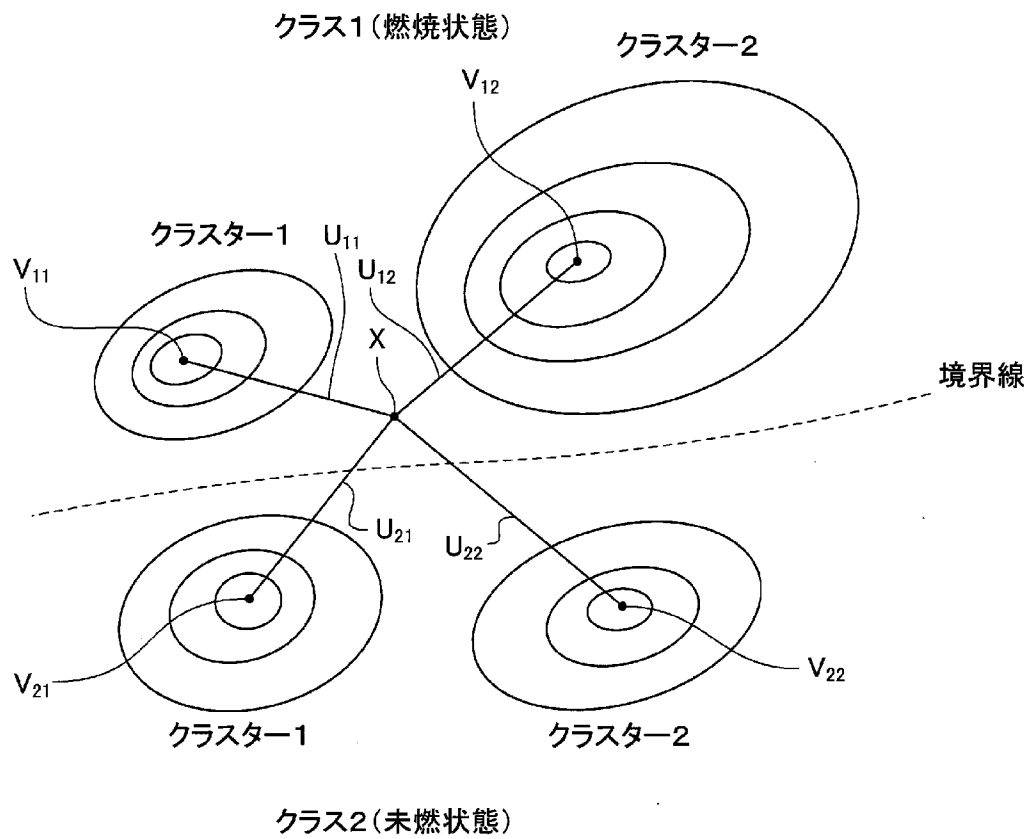
[図2]



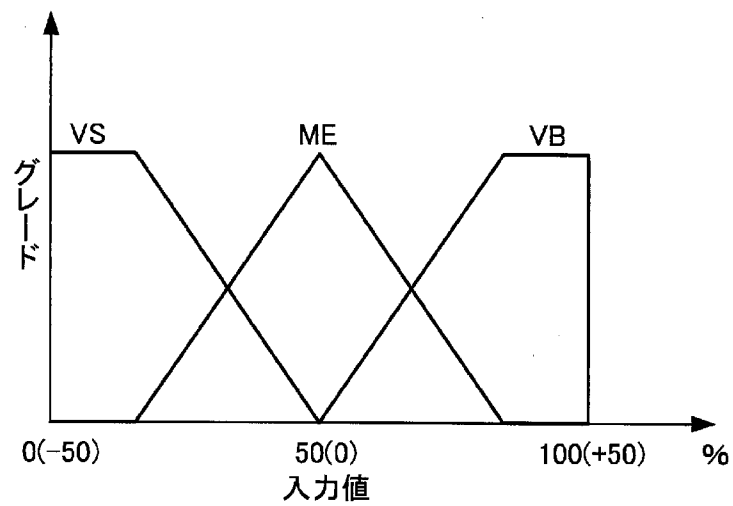
[図3]



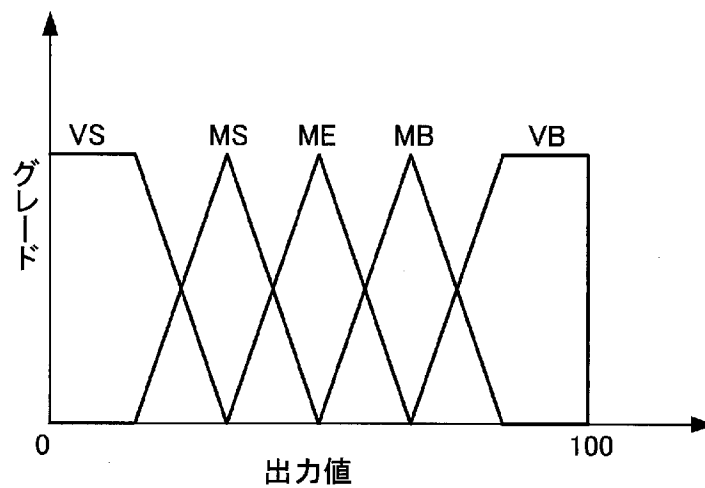
[図4]



[図5]



[図6]



[図7]

現在値 変化率	VS (小さい)	ME (中くらい)	VB (大きい)
VS (非常に少ない)	-	MS	ME
ME (ゼロ)	MS	ME	MB
VB (非常に大きい)	ME	MB	VB

VS: 非常に少なく
 MS: やや少なく
 ME: ゼロ
 MB: やや多く
 VB: 非常に多く

[図8]

現在値 変化率	VS (短い)	ME (中くらい)	VB (長い)
VS (非常に少ない)	VB	MB	ME
ME (ゼロ)	MB	ME	MS
VB (非常に大きい)	ME	MS	VS

VS:非常に少なく
MS:やや少なく
ME:ゼロ
MB:やや多く
VB:非常に多く

[図9]

現在値 変化率	VS (前)	ME (中)	VB (後)
VS (非常に少ない)	VB	MB	ME
ME (ゼロ)	MB	ME	MS
VB (非常に大きい)	ME	MS	VS

VS:非常に少なく
MS:やや少なく
ME:ゼロ
MB:やや多く
VB:非常に多く

[図10]

現在値 変化率	VS (小さい)	ME (中くらい)	VB (大きい)
VS (非常に少ない)	-	-	ME
ME (ゼロ)	MS	ME	MB
VB (非常に大きい)	ME	MS	VS

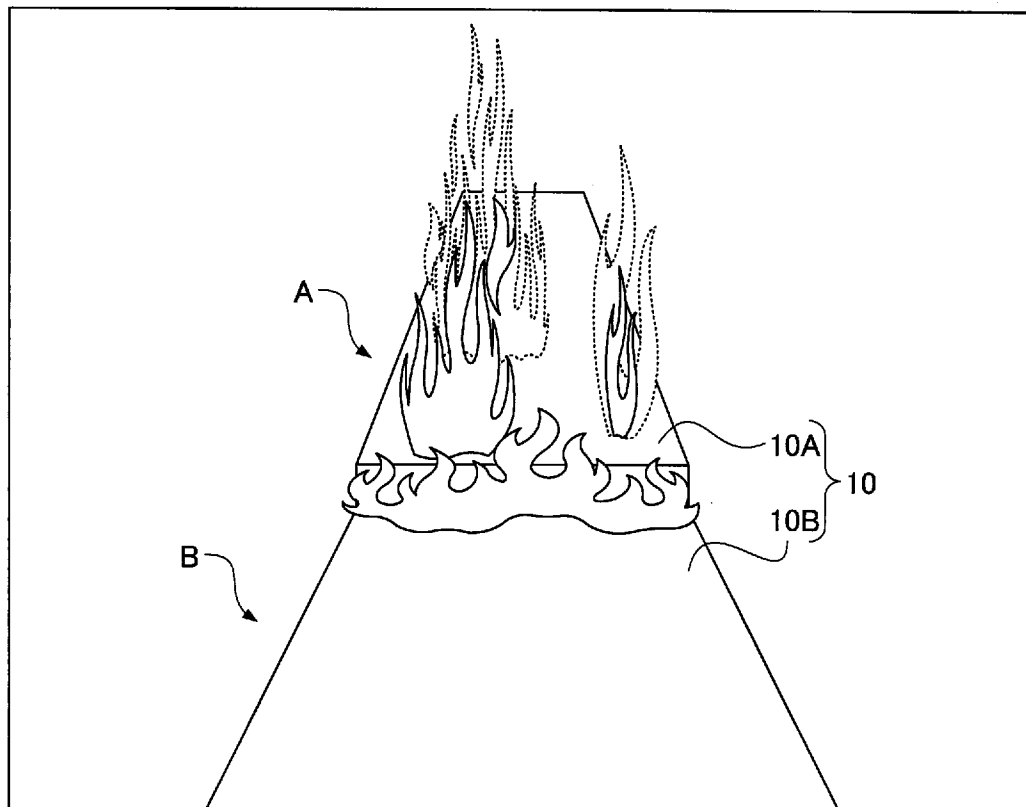
VS:非常に少なく
MS:やや少なく
ME:ゼロ
MB:やや多く
VB:非常に多く

[図11]

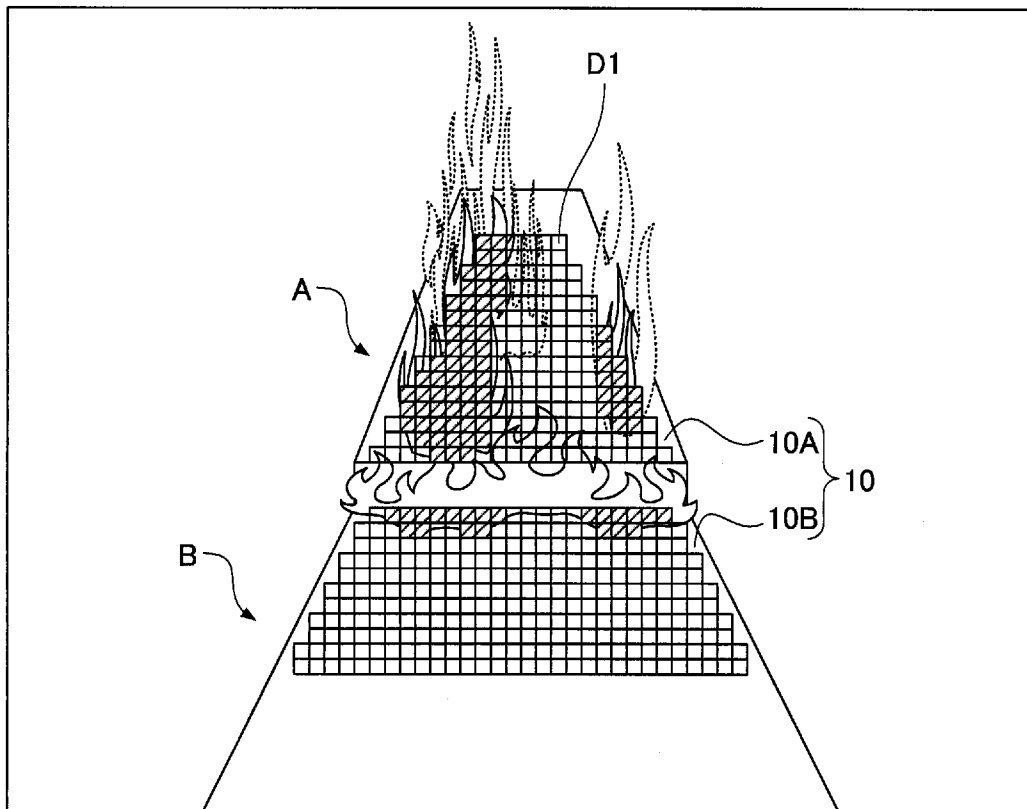
現在値 変化率	VS (短い)	ME (中くらい)	VB (長い)
VS (非常に少ない)	-	-	ME
ME (ゼロ)	-	ME	MB
VB (非常に大きい)	ME	MS	VS

VS: 非常に少なく
MS: やや少なく
ME: ゼロ
MB: やや多く
VB: 非常に多く

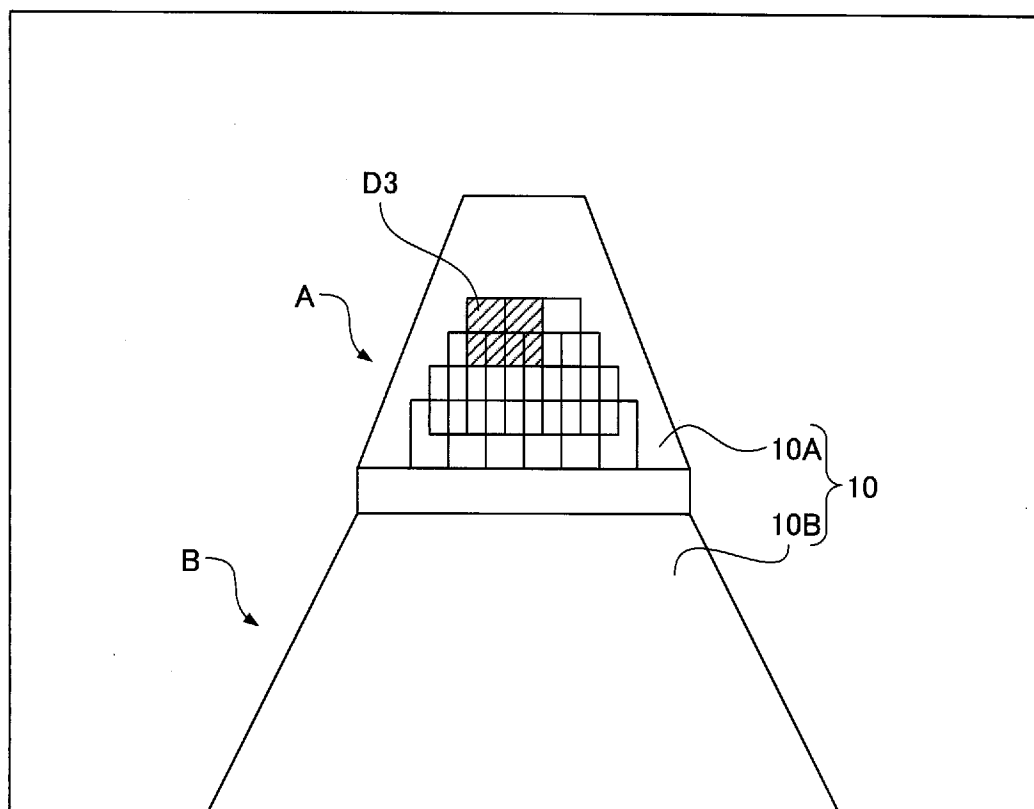
[図12]



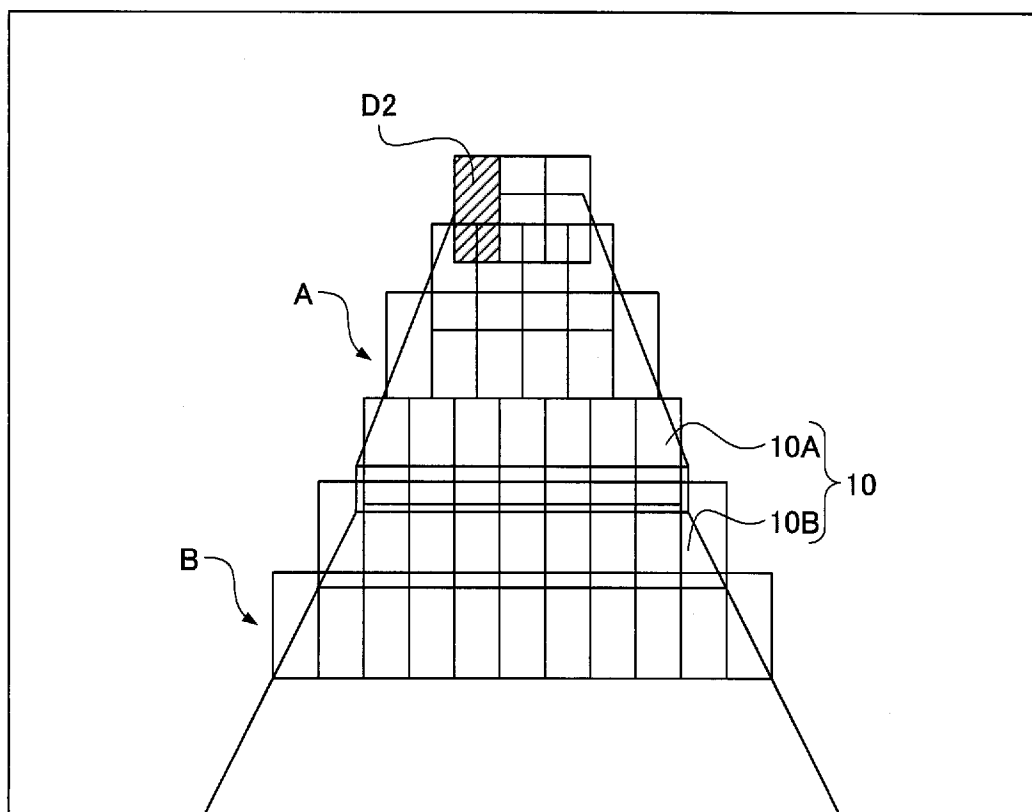
[図13]



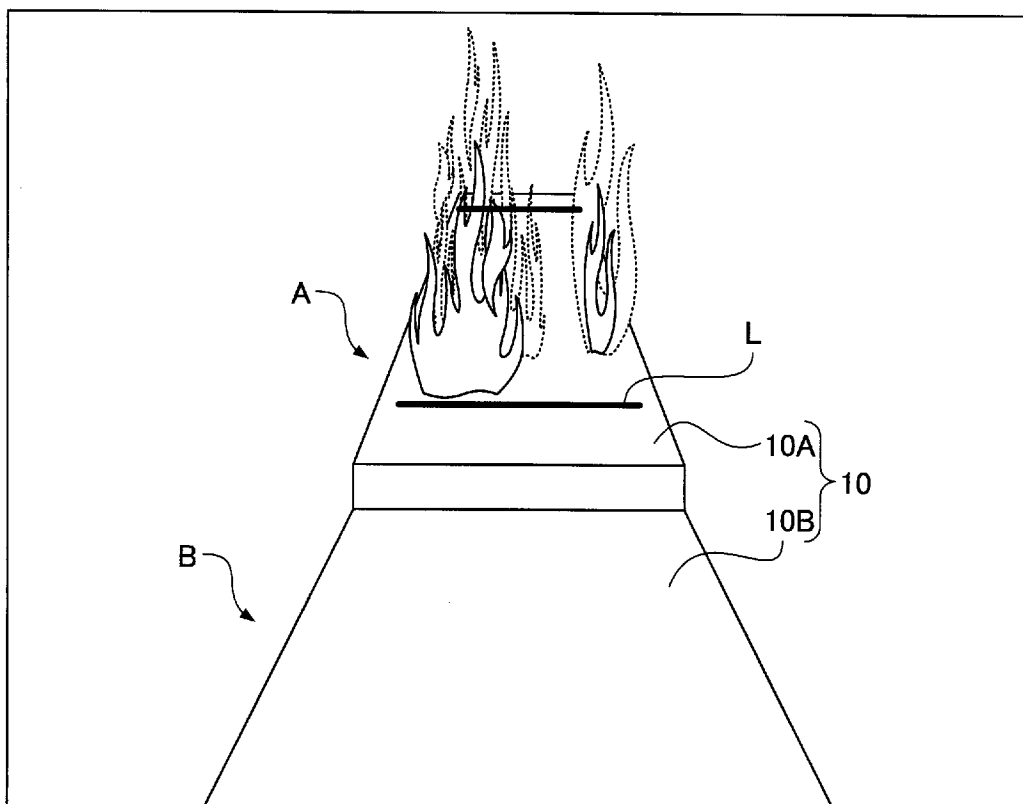
[図14]



[図15]



[図16]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2013/057952

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

F23G5/50(2006.01)i, F23G5/00(2006.01)i, F23M11/04(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

F23G5/50, F23G5/00, F23M11/04

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2013

Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2013 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2013

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2007-57398 A (Hitachi Zosen Corp.), 08 March 2007 (08.03.2007), entire text; all drawings (Family: none)	1-5
A	JP 8-178247 A (Kubota Corp.), 12 July 1996 (12.07.1996), entire text; all drawings (Family: none)	1-5
A	JP 8-54903 A (Hitachi Zosen Corp.), 27 February 1996 (27.02.1996), entire text; all drawings (Family: none)	1-5

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
04 June, 2013 (04.06.13)Date of mailing of the international search report
11 June, 2013 (11.06.13)Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2013/057952

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 8-296828 A (Sumitomo Heavy Industries, Ltd.), 12 November 1996 (12.11.1996), entire text; all drawings (Family: none)	1-5
A	JP 8-94055 A (Kubota Corp.), 12 April 1996 (12.04.1996), entire text; all drawings (Family: none)	1-5
A	JP 2003-161422 A (Hitachi Zosen Corp.), 06 June 2003 (06.06.2003), entire text; all drawings (Family: none)	1-5
A	JP 2000-274675 A (Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.), 03 October 2000 (03.10.2000), entire text; all drawings (Family: none)	1-5
A	JP 2004-85094 A (JFE Engineering Corp.), 18 March 2004 (18.03.2004), entire text; all drawings (Family: none)	1-5

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. F23G5/50(2006.01)i, F23G5/00(2006.01)i, F23M11/04(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. F23G5/50, F23G5/00, F23M11/04

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 3 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 3 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 3 年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2007-57398 A（日立造船株式会社）2007.03.08, 全文, 全図（ファミリーなし）	1 - 5
A	JP 8-178247 A（株式会社クボタ）1996.07.12, 全文, 全図（ファミリーなし）	1 - 5
A	JP 8-54903 A（日立造船株式会社）1996.02.27, 全文, 全図（ファミリーなし）	1 - 5

☒ C 欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

0 4 . 0 6 . 2 0 1 3

国際調査報告の発送日

1 1 . 0 6 . 2 0 1 3

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / J P）

郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

藤原 弘

3 T

3 9 2 8

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 3 9 5

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 8-296828 A (住友重機械工業株式会社) 1996. 11. 12, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1 - 5
A	JP 8-94055 A (株式会社クボタ) 1996. 04. 12, 全文, 全図 (ファミ リーなし)	1 - 5
A	JP 2003-161422 A (日立造船株式会社) 2003. 06. 06, 全文, 全図 (フ ァミリーなし)	1 - 5
A	JP 2000-274675 A (三菱重工業株式会社) 2000. 10. 03, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1 - 5
A	JP 2004-85094 A (J F E エンジニアリング株式会社) 2004. 03. 18, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1 - 5