

明 細 書

発明の名称：

検知装置、検知方法、検知プログラム、および検知システム

技術分野

[0001] 本発明は、ホッパにおけるブリッジの発生を検知する検知装置等に関する。

背景技術

[0002] 一般的なごみの焼却施設には、ホッパと呼ばれる漏斗状の装置が設けられている。ごみピットと呼ばれる貯留設備に貯留されたごみは、クレーン等により掴み上げられてホッパに投入され、ホッパから焼却炉に送り込まれて焼却される。このような焼却施設では、ホッパに投入されたごみが、ホッパ内で架橋状に詰まることがあり、この現象はブリッジと呼ばれている。

[0003] ブリッジが発生すると、ブリッジの上部のごみは同じ位置に留まり続けるため、ホッパ内に蓄積されているごみの高さ（ごみレベル）は高い状態が維持される。一般に、ごみレベルの下降をトリガとしてホッパへのごみの投入は行われるから、ブリッジが生じるとホッパへの新たなごみの投入は行われなくなる。その一方で、ブリッジの下方のごみは、焼却炉に送り込まれて順次焼却されるため、ブリッジを放置すると焼却炉内のごみの量が減少し、さらに放置すると焼却炉内に燃やすごみがない状態となってしまう。

[0004] 焼却炉内のごみの量が減少したり、ごみが無くなったりすると、焼却炉内の温度が低下してバーナー等による加温が必要になったり、場合によっては焼却炉を停止させる必要が生じたりすることもある。このような事態を避けるための技術としては、例えば、下記の特許文献1が挙げられる。特許文献1には、周期的に計測したホッパレベルに基づいてブリッジを検出することが記載されている。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：日本国特開平10-238735号

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] しかしながら、ごみは様々な物体を含んでいるため形状が一定せず、また、一部のごみがホッパへの投入時に跳ね上がったり、ホッパの上部に引っかかったりすることもあるため、ホッパレベルを安定して正確に計測することは難しい。このため、ホッパレベルに基づいてブリッジを検出する場合、誤検知が頻発しない程度の検出閾値を設定せざるを得ず、これによりブリッジの発生から検出までの間に大きなタイムラグが生じることがあった。なお、このような問題は、ごみの焼却炉に設置されたホッパに限られず、ブリッジが発生し得る任意の用途のホッパに共通して生じる問題点である。

[0007] 本発明の一態様は、前記の問題点に鑑みてなされたものであり、その目的は、ブリッジの発生を早期に検知することができる検知装置等を提供することにある。

課題を解決するための手段

[0008] 上記の課題を解決するために、本発明の一態様に係る検知装置は、対象物を収容するホッパを上方から撮影した時系列の複数の画像から、複数の当該画像が撮影された期間における前記対象物の移動状態を示す移動データを生成する移動データ生成部と、前記移動データ生成部が生成した前記移動データに基づいて、前記ホッパにおけるブリッジの発生を検知する検知部と、を備える。

[0009] また、上記の課題を解決するために、本発明の一態様に係る検知方法は、
1 または複数の情報処理装置が実行するブリッジの検知方法であって、対象物を収容するホッパを上方から撮影した時系列の複数の画像から、複数の当該画像が撮影された期間における前記対象物の移動状態を示す移動データを生成する移動データ生成ステップと、前記移動データ生成ステップで生成した前記移動データに基づいて、前記ホッパにおけるブリッジの発生を検知する検知ステップと、を含む。

[0010] また、上記の課題を解決するために、本発明の一態様に係る検知装置は、対象物を収容するホッパを上方から撮影した時系列の複数の画像から、複数の当該画像が撮影された期間における前記対象物の移動状態を示す移動データを生成する移動データ生成部と、対象物の移動状態と当該対象物が当該移動状態であるときのブリッジの発生の有無との関係を学習した学習済みモデルに前記移動データを入力して得られる出力値に基づいて、前記ホッパにおけるブリッジの発生を検知する検知部と、を備える。

[0011] また、上記の課題を解決するために、本発明の一態様に係る検知システムは、対象物を収容するホッパを上方から撮影する撮影装置と、前記撮影装置が撮影した時系列の複数の画像から生成された、複数の当該画像が撮影された期間における前記対象物の移動状態を示す移動データに基づいて、前記ホッパにおけるブリッジの発生を検知する検知装置と、前記検知装置がブリッジの発生を検知したときに、ブリッジの発生を報知する報知装置と、を含む。

発明の効果

[0012] 本発明の一態様によれば、ブリッジの発生を早期に検知することができる。

図面の簡単な説明

[0013] [図1]本発明の実施形態1に係る検知装置の要部構成の一例を示すブロック図である。

[図2]本発明の実施形態1に係る検知システムの構成例を示す図である。

[図3]ごみの有無の判定方法の例を示す図である。

[図4]移動データの生成方法の例を示す図である。

[図5]ブリッジの発生の検知方法を説明する図である。

[図6]上記検知装置が実行する処理の一例を示すフローチャートである。

[図7]本発明の実施形態2に係る検知装置の要部構成の一例を示すブロック図である。

発明を実施するための形態

[0014] 〔実施形態１〕
 （システム構成）

本実施形態に係る検知システム１００の構成を図２に基づいて説明する。図２は、検知システム１００の構成例を示す図である。図２には、検知システム１００をごみ焼却施設に設けられたホッパＡのブリッジ検出に適用した例を示している。なお、検知システム１００は、ホッパＡに限られず、ブリッジが発生し得る任意の用途のホッパに適用することができる。ホッパＡに収容される対象物のごみＧであるが、検知システム１００は、ごみＧ以外の任意の対象物を収容するホッパについてもブリッジを検出することができる。

[0015] 図２に示すごみ焼却施設には、ごみＧを貯留するごみピットＢと、ごみＧを焼却する焼却炉Ｃが設けられている。ごみピットＢ内のごみＧは、クレーンによりホッパＡに投入される。ホッパＡの上部には外側に拡がるように傾斜した傾斜面Ａ１が形成されており、ごみＧはこの傾斜面Ａ１上を滑り落ちてホッパＡの内部に入り、ここで一時的に収容される。そして、ホッパＡ内のごみＧは、その下部の開口部Ａ２から焼却炉Ｃに順次送り込まれて焼却される。なお、図２の例では、開口部Ａ２付近は、ごみＧが存在しない空洞になっている。これは、ホッパＡ内でごみが架橋状に詰まっていること、つまりブリッジが発生していることによる。ブリッジが発生していない正常な動作状態では開口部Ａ２付近にもごみＧが詰まっている。

[0016] 検知システム１００は、上述のように、ホッパＡにおけるブリッジの発生を検知するシステムであり、検知装置１と撮影装置２と報知装置３を含む。撮影装置２はホッパＡの上方に配置されており、ホッパＡを所定時間毎に上方から撮影する。また、検知装置１は、撮影装置２が撮影した各画像を取得し、それらの画像を用いてホッパＡにおけるブリッジの発生を検知する。そして、報知装置３は、検知装置１がブリッジの発生を検知したときにブリッジの発生を検知システム１００のユーザに報知する。

[0017] なお、図２には、音声によりブリッジの発生を報知する例、つまり報知装

置 3 が音声出力装置である例を示しているが、この例に限られない。報知方法は、報知対象者にブリッジが発生したことを認識させることができるようなものであればよく、報知装置 3 も報知方法に応じた装置を適用すればよい。例えば、報知装置 3 を警報ランプや表示装置等としてもよい。

[0018] より詳細には、撮影装置 2 は、ホッパ A について時系列の複数の画像を撮影する。そして、検知装置 1 は、撮影装置 2 が撮影した時系列の複数の画像から生成された、複数の当該画像が撮影された期間におけるごみ G の移動状態を示す移動データに基づいて、ホッパ A におけるブリッジの発生を検知する。

[0019] ここで、本発明の発明者らは、各種ホッパを上方から撮影した画像を精査することにより、ブリッジが発生したときに撮影された画像には、ブリッジが発生していないときに撮影された画像とは異なる特徴が表れることを見出した。より詳細には、ブリッジの発生時と正常な動作時とでは、画像に写る対象物の移動状態に差異があることを見出した。

[0020] 検知装置 1 はこの知見に基づいてブリッジの発生を検知する。上述のように、ブリッジの発生時と正常な動作時とでは、画像に写るごみ G の移動状態に差異がある。このため、時系列の複数の画像から生成された、複数の当該画像が撮影された期間におけるごみ G の移動状態を示す移動データに基づいてブリッジの発生を検知することができる。なお、この検知方法の詳細は後述する。

[0021] また、ブリッジの発生時に特有の移動状態はブリッジの発生直後の画像において観察されるため、前記の構成によれば、ブリッジの発生を早期に検知することができる。さらに、前記の構成によれば、ホッパレベルに基づいたブリッジ検出と比べて、安定して高精度な検知が可能になる。これは、不定型な対象物の高さをホッパレベル計で安定して正確に計測することが難しいのに対し、ホッパ A を上方から撮影した画像にはブリッジの発生時に特有の移動状態が安定して観察されるためである。

[0022] 以上のように、検知システム 100 は、検知装置 1 と、撮影装置 2 と、報

知装置 3 とを含む。撮影装置 2 は、ごみ G を収容するホッパ A を上方から撮影する。検知装置 1 は、撮影装置 2 が撮影した時系列の複数の画像から生成された、複数の当該画像が撮影された期間におけるごみ G の移動状態を示す移動データに基づいて、ホッパ A におけるブリッジの発生を検知する。報知装置 3 は、検知装置 1 がブリッジの発生を検知したときに、ブリッジの発生を報知する。この構成によれば、ブリッジの発生を早期に検知し、報知することができる。

[0023] なお、検知装置 1 の配置場所は特に限定されず、例えば、ごみ焼却施設に配置してもよいし、複数のごみ焼却施設の監視を行う監視センター等に配置してもよい。また、図 2 には、1 つの検知装置 1 により、1 つのホッパ A のブリッジの発生の監視および検知を行う例を示しているが、1 つの検知装置 1 により複数のホッパのブリッジの発生の監視および検知を行うことも可能である。この場合、例えば検知装置 1 をクラウドサーバとしてもよい。

[0024] また、ブリッジの発生を検知したときに行う処理は上述の例に限られない。例えば、ごみ焼却施設にブリッジを解消するためのブリッジ除去装置が設けられている場合、検知装置 1 は、ブリッジの発生を検知したときにブリッジ除去装置を動作させて、ブリッジを自動で解消するようにしてもよい。ブリッジ除去装置は、ブリッジを解消できるような装置であればよく、例えばホッパに詰まったごみを押下する押下体を備えた装置等であってもよい。

[0025] (検知装置の構成)

図 1 に基づいて検知装置 1 の構成を説明する。図 1 は、検知装置 1 の要部構成の一例を示すブロック図である。図示のように、検知装置 1 は、検知装置 1 の各部を統括して制御する制御部 10 と、検知装置 1 が使用する各種データを記憶する記憶部 11 を備えている。また、検知装置 1 は、検知装置 1 が他の装置と通信するための通信部 12、検知装置 1 に対する各種データの入力を受け付ける入力部 13、検知装置 1 が各種データを出力するための出力部 14 を備えている。

[0026] また、制御部 10 には、データ取得部 101、判定部 102、移動データ

生成部１０３、検知部１０４、および報知制御部１０５が含まれている。そして、記憶部１１には、画像ＤＢ１１１が記憶されている。

[0027] データ取得部１０１は、ホッパＡを上方から撮影した時系列の複数の画像を取得する。上述のように、検知システム１００では、撮影装置２がホッパＡを上方から撮影した時系列の複数の画像を撮影するから、データ取得部１０１は、撮影装置２が撮影した画像を取得すればよい。なお、データ取得部１０１は、通信部１２を介した通信により撮影装置２から画像を取得してもよいし、入力部１３を介して入力された画像を取得してもよい。データ取得部１０１は、取得した画像を画像ＤＢ１１１に記録する。なお、撮影装置２は、動画像を撮影するものであってもよい。この場合、データ取得部１０１は、撮影装置２が撮影した動画像から時系列の複数の画像（例えば、所定時間おきのフレーム画像）を取得すればよい。

[0028] 判定部１０２は、データ取得部１０１が取得した画像における、ブリッジの発生の有無を検知するための解析の対象となる対象領域にごみが写っているか否かを判定する。対象領域におけるごみの判定方法の詳細は図３に基づいて後述する。

[0029] 移動データ生成部１０３は、データ取得部１０１が取得し、画像ＤＢ１１１に記録した時系列の複数の画像から、複数の当該画像が撮影された期間におけるごみの移動状態を示す移動データを生成する。移動データの生成方法の詳細は図４に基づいて後述する。

[0030] 検知部１０４は、移動データ生成部１０３が生成した移動データに基づいて、ホッパＡにおけるブリッジの発生を検知する。ブリッジの発生の検知方法の詳細は図５に基づいて後述する。

[0031] 報知制御部１０５は、検知部１０４がブリッジの発生を検知したときに、ブリッジの発生を報知する。具体的には、報知制御部１０５は、検知部１０４がブリッジの発生を検知したときに、報知装置３にブリッジの発生を示す音声を出力させることによりブリッジの発生を報知する。なお、ブリッジの発生の報知方法は、報知対象者にブリッジが発生したことを認識させること

ができるようなものであればよく、特に限定されない。例えば、報知対象者の付近に検知装置 1 を配置している場合、報知制御部 105 が出力部 14 にブリッジが発生したことを示す情報を出力させるようにしてもよい。また、例えば、報知制御部 105 は、報知対象者の所持する端末装置にメッセージを送信する等の方法で報知を行ってもよい。

[0032] 以上のように、検知装置 1 は、移動データ生成部 103 と、検知部 104 と、を備える。移動データ生成部 103 は、ホッパ A を上方から撮影した時系列の複数の画像から、複数の当該画像が撮影された期間におけるごみの移動状態を示す移動データを生成する。検知部 104 は、移動データ生成部 103 が生成した移動データに基づいて、ホッパ A におけるブリッジの発生を検知する。この構成によれば、ブリッジの発生を早期に検知することができる。

[0033] また、詳細は後述するが、移動データは、異なるタイミングで撮影された 2 枚の画像があれば生成することができる。このため、機械学習等を行う必要がなく、ごみ焼却施設において検知装置 1 の運用をすぐに開始することができる。また、撮影装置 2 の設置場所や撮影角度が多少変更されても特に影響なく検知を行うことができる。さらに、ごみ焼却施設内に設置した撮影装置 2 のレンズには汚れが付着することも想定されるが、付着した汚れには動きがないため、そのような汚れが移動データの生成に与える影響も限定的である。つまり、検知装置 1 を含む検知システム 100 には、導入が容易であり、かつ安定した運用が可能であるという利点がある。

[0034] (ごみの有無の判定について)

判定部 102 によるごみの有無の判定について図 3 に基づいて説明する。図 3 は、ごみの有無の判定方法の例を示す図である。図 3 に示す画像 D は、ホッパを上方から撮影した画像である。画像 D には、ホッパの傾斜面を滑り落ちていくごみが写っているが、傾斜面の全体にごみが写っていない。具体的には、ホッパの傾斜面のうち下流側の領域 d2 にはごみが写っているが、上流側の領域 d1 にはごみは写っていない。

[0035] ここで、移動データ生成部 103 が、領域 d1 のようにごみが写っていない領域について移動データを生成したとすると、移動データが示す移動量がゼロまたはゼロに近い値となる可能性がある。そして、移動量がゼロまたはゼロに近い値となったときには、実際にはごみがなく、ブリッジが発生していないにもかかわらず、ブリッジが発生したと誤検知してしまう可能性がある。

[0036] 上記のような誤検知を回避するため、検知装置 1 は判定部 102 を備えている。判定部 102 は、画像中の対象領域にごみが写っているか否かを判定する。そして、移動データ生成部 103 は、判定部 102 が対象領域にごみが写っていると判定した画像間における移動量を示す移動データを生成する。これにより、対象領域に対象物が写っていない画像がブリッジの検知に用いられなくなるため、上述のような誤検知を防ぐことができる。なお、詳細は後述するが、対象領域はホッパの傾斜面上、より詳細には領域 d2 のように下流側の傾斜面上に設定することが好ましい。

[0037] ごみが写っているか否かは撮影された画像を用いて判定してもよいし、撮影された画像に所定の画像処理を施すことによりごみの有無を判定しやすくなった上で判定してもよい。上記画像処理としては、例えば Canny 法が挙げられる。Canny 法は、画像におけるエッジ検出のためのアルゴリズムである。図 3 に示す画像 D1 は、画像 D から Canny 法でエッジ検出することにより生成された画像である。一般にごみの外観は、ホッパの表面形状と比べてはるかに複雑である。このため、図 3 の例では、ごみが写っていない領域 d1 と比べて、ごみが写る領域 d2 では多数のエッジが検出されている。

[0038] よって、判定部 102 は、ホッパを撮影した画像に Canny 法を適用してエッジ検出し、対象領域で検出されたエッジの数が閾値以上の画像をごみが写っている画像と判定し、対象領域で検出されたエッジの数が閾値未満の画像をごみが写っていない画像と判定してもよい。

[0039] 無論、Canny 法以外のエッジ検出手法を適用してもよい。また、エッ

ジ検出以外の手法によりごみの有無を判定することもできる。例えば、判定部102は、画像を構成する各画素の輝度値およびRGB値の少なくとも何れかを解析することによりごみの有無を判定してもよい。また、例えば、判定部102は、ごみの有無を判別できるように学習させた学習済みモデル（例えばニューラルネットワークモデル）によりごみの有無を判定してもよい。

[0040] （移動データの生成方法）

移動データ生成部103による移動データの生成方法について図4に基づいて説明する。図4は、移動データの生成方法の例を示す図である。より詳細には、図4には、時刻 t にホッパの傾斜面上を撮影した画像E1と、時刻 $t + \Delta t$ にホッパの傾斜面上を撮影した画像E2との間におけるごみの移動状態を示す移動データFを、画像相関法により生成する例を示している。なお、図4において、 y 方向はごみが下降する方向、つまりホッパの傾斜面（図2の傾斜面A1参照）の上流側から下流側に向かう方向であり、 x 方向は上記傾斜面上における y 方向に垂直な方向である。

[0041] 画像相関法は、時系列の2枚の画像について、各画像に写る各粒子の移動量を画像処理で演算して、算出した移動量をベクトルとして表す手法である。例えば、画像E1において、破線の枠囲みで示すごみは位置 $e1$ に写っているが、画像E2では位置 $e1$ よりも下方の位置 $e2$ に写っている。このごみの移動状態は、移動データFでは、位置 $e1$ から位置 $e2$ までの変位を示すベクトル $f1$ として表される。また、他の位置についても同様にベクトルが算出される。

[0042] このように、移動データFでは、画像E1およびE2における各位置におけるごみの移動状態が表される。具体的には、移動データFからは、画像E1およびE2における各位置におけるごみは、 y 方向（ホッパの傾斜面の下流側つまり下降方向）に向かって移動していることが分かる。なお、移動データFにおいて、 y 方向成分の値が閾値以上のベクトルについては実線の矢印で示し、閾値未満のベクトルについては破線の矢印で示している。これに

より、ごみの移動が速い位置と遅い位置があることも分かる。

[0043] 以上のように、移動データ生成部 103 は、画像 E 1、E 2 に写る傾斜面に設定された複数の所定の位置のそれぞれに写る画像要素について、当該画像要素が画像 E 1、E 2 間で下降方向に移動した移動量を示す移動データを生成してもよい。

[0044] ホッパの傾斜面においては、ごみは概ね同じ下降方向に向けて滑り落ちていくため、ホッパの傾斜面は、ごみがスムーズに下降しているか、下降が滞っているかの判定に好適な位置である。よって、前記の構成によれば、ごみがスムーズに下降しているか、下降が滞っているかを的確に示す移動データを生成することができる。そして、この移動データを用いてブリッジの発生を検知することにより、信頼性の高い検知を行うことができる。

[0045] なお、移動データは、傾斜面以外が写る画像部分についてもまとめて生成してもよい。この場合、検知部 104 は、移動データ生成部 103 が生成した移動データのうち、傾斜面が写る部分に設定された対象領域内の移動データを用いてブリッジを検知すればよい。

[0046] 無論、ごみの移動方向が概ね同様の方向となる領域を対象領域とすればよいのであり、傾斜面以外の領域を対象領域としてもよい。例えば、ホッパの内表面のうち、傾斜面の下流側で該傾斜面と接続する内表面上の領域（通常は垂直方向に延在する）を対象領域としてもよく、傾斜面上とそれ以外の部分の両方を含む領域を対象領域としてもよい。

[0047] また、移動データは、ごみの移動状態を示すデータであればよく、上述の例に限られない。例えば、ごみの移動速度を移動データとしてもよい。また、異なる時刻に撮影された 2 枚の画像の差分を示す差分画像を移動データとしてもよい。

[0048] （ブリッジの発生の検知方法）

検知部 104 によるブリッジの発生の検知方法について図 5 に基づいて説明する。図 5 は、ブリッジの発生の検知方法を説明する図である。より詳細には、図 5 には、ホッパを上方から撮影した時系列の複数の画像から生成し

た移動データHを用いてブリッジの発生を検知する例を示している。なお、移動データHは、上述した画像相関法を用いて生成されたものであり、ホッパを撮影した画像に設定された複数の所定の位置のそれぞれに写る画像要素の移動ベクトルを示すデータである。また、図5では、移動データHにおいて、ブリッジの発生の有無を検知するための解析の対象となる対象領域を枠囲みh1で示している。

[0049] 図5に示す画像Jは、ホッパを撮影した画像における対象領域を拡大したものである。また、この画像Jにおいては、移動ベクトルが算出された各位置をプロットしている。例えば、位置j1においては移動ベクトルが(−1, 3)と算出されている。図示のように、移動ベクトルが算出される位置は、画像Jの全体に均一に設定されている。より詳細には、複数の位置がごみの下降方向と垂直な方向、すなわち図5のx方向に一行に配列されていると共に、その列がごみの下降方向、すなわち図5のy方向に沿って複数配列されている。

[0050] ブリッジが発生しているか否かを判定する際、まず、検知部104は、x方向に一行に配列した複数の位置のそれぞれについて、ごみの移動量が正常範囲内であるか否かを判定する。

[0051] 例えば、移動ベクトルのy値、すなわちごみの下降方向への移動量をDとしたとき、Dの正常範囲を $D \geq m1$ と定めておいてもよい。m1は正常範囲の下限値である。なお、位置によっては移動量Dが負の値となることがある。これは、その位置において、ごみが下降方向とは逆向きに移動していることを示す。このような移動は通常生じないため、移動量Dが負の値となった位置については判定不能としてもよい。

[0052] 例えば、検知部104は、下記の条件式(1)～(3)により各位置を3段階で評価してもよい。

$$D \geq m1 \quad (1)$$

$$m1 > D > 0 \quad (2)$$

$$D \leq 0 \quad (3)$$

条件式（１）の条件を満たす位置は、ごみがスムーズに下降している正常な移動状態であるといえる。一方、条件式（２）の条件を満たす位置は、ごみの移動量が小さく、ブリッジが発生しているときに特有の異常な移動状態に該当するといえる。よって、検知部１０４は、例えば、上記条件式（１）の条件を満たす位置については評価値を１（異常なしを示す値）とし、上記条件式（２）の条件を満たす位置については評価値を０（異常ありを示す値）としてもよい。また、検知部１０４は、上記条件式（３）の条件を満たす位置については、評価値を－１（判定不能を示す値）としてもよい。

[0053] 例えば、 $m1 = 1$ とした場合、図５の画像Ｊにおける位置ｊ１は、移動ベクトルのｙ値が３であるから上記条件式（１）の条件を満たす。よって、この場合、位置ｊ１の評価値は１となる。他の位置についても同様に評価値が算出される。

[0054] 次に、検知部１０４は、各位置についての移動量が正常範囲内であるか否かの判定の結果から、ｘ方向に並んだ位置の列ごとに、ごみが正常に移動しているか否かを判定する。例えば、検知部１０４は、上述のようにして各位置について１、０、または－１の評価値を算出した場合、下記の条件式（４）～（６）により、各列を３段階で評価してもよい。なお、 $Sum(D)$ は、ｘ方向に一行に並んだ位置の移動量の評価値の和である。

$$Sum(D) > 0 \quad (4)$$

$$Sum(D) = 0 \quad (5)$$

$$Sum(D) < 0 \quad (6)$$

条件式（４）の条件を満たす列は、全体としてごみがスムーズに下降している正常な移動状態であるといえる。一方、条件式（５）の条件を満たす列は、全体としてごみの移動量が小さく、ブリッジが発生しているときに特有の異常な移動状態に該当するといえる。このため、検知部１０４は、上記条件式（４）の条件を満たす列については評価値を１とし、上記条件式（５）の条件を満たす列については評価値を０としてもよい。また、検知部１０４は、上記条件式（６）の条件を満たす列については評価値を－１としてもよい。

い。

[0055] 例えば、図5の画像Jにおける列K1には、位置j1を含めて合計5つの位置が含まれている。よって、列K1については、これら5つの位置のそれぞれについて算出された移動量の評価値の和であるSum(D)が算出され、算出されたSum(D)に基づいて条件式(4)～(6)により列K1の評価値が算出される。また、他の列についても同様に評価値が算出される。図5では、各列の評価値を欄Lに示している。この例では、全ての列の評価値が1、すなわち正常となっている。

[0056] 最後に、検知部104は、上述した各列の判定の結果に基づいて総合的な判定結果を生成し、その判定結果に基づいてブリッジの発生を検知する。例えば、上述のようにして算出した各列の評価値をJとし、全ての列の評価値の和をSum(J)とした場合、検知部104は、下記の条件式(7)～(9)により、総合判定結果を生成し、その総合判定結果に基づいてブリッジの発生を検知してもよい。なお、m2は予め定めた閾値である。

$$\text{Sum}(J) \geq m2 \quad (7)$$

$$\text{Sum}(J) < m2 \quad (8)$$

$$-1 \in J \quad (9)$$

条件式(7)の条件を満たす場合、全体としてごみがスムーズに下降している正常な移動状態であるといえるから、検知部104は総合判定結果を1とし、ブリッジが発生していないと判定する。一方、条件式(8)の条件を満たす場合は、全体としてごみの移動量が小さく、ブリッジが発生しているときに特有の異常な移動状態に該当するといえるから、検知部104は総合判定結果を0とし、ブリッジが発生したと判定する。なお、条件式(9)の条件を満たす場合は、少なくとも1つの列で判定不能となった場合である。この場合、検知部104は、総合判定結果を-1とし、ブリッジの発生の有無は判定不能とすればよい。

[0057] 以上のように、検知部104は、(i)×方向に一行に配列した複数の位置のそれぞれについて、移動量が正常範囲内であるか否かを判定し、(i i

）前記（i）の判定の結果から、前記一列においてごみが正常に移動しているか否かを判定し、（iii）前記（ii）の判定結果に基づいてブリッジの発生を検知してもよい。

[0058] 一般に、ごみは複数の物体から構成されたものである。このため、下降方向と垂直な方向に一列に並んだ位置にあるごみの構成要素は、概ねその列を維持したままホッパ上を滑り落ちていくため、下降方向と垂直な方向の列に沿ってブリッジの発生時に特有の移動状態を検出することは有効である。ただし、ホッパ上の位置に応じてごみの構成要素の移動量にばらつきが生じることがある。このため、例えば、全体としてはごみがスムーズに下降している場合であっても、一部の位置の移動量が正常範囲外となることも想定される。

[0059] そこで、前記の構成によれば、一列に配列した各位置における移動量が正常範囲内であるか否かの判定結果に基づき、その一列においてごみが正常に移動しているか否かを判定する、という構成を採用している。これにより、 $\times$ 方向に並んだ各位置における移動量にばらつきが生じた場合であっても、ごみが正常に移動しているか否かを適切に判定し、その判定結果に基づいてブリッジの発生を精度よく検知することが可能になる。

[0060] また、以上のように、検知部104は、複数の前記列のそれぞれについて前記（i）および前記（ii）の判定を行い、各列の判定結果に基づいて前記ホッパにおけるブリッジの発生を検知してもよい。この構成によれば、各列におけるごみが正常に移動しているか否かの判定結果に基づいてブリッジの発生を検知するので、各列における判定結果にばらつきが生じた場合であっても、ブリッジの発生を精度よく検知することが可能になる。

[0061] なお、上記の判定方法は一例にすぎず、移動データに基づくブリッジの発生検知方法としては様々な手法が適用できる。例えば、検知部104は、移動データから対象領域内の各位置における移動量を特定し、特定した移動量の和あるいは平均値を所定の閾値と比較して、閾値以上であれば正常、閾値未満であれば異常すなわちブリッジが発生したと判定してもよい。

[0062] また、例えば、検知部 104 は、x 方向に並んだ各位置（例えば、図 5 の列 K 1 に含まれる各位置）の移動データのみを用いてブリッジの発生を検知してもよい。この場合、例えば、検知部 104 は、上述の条件式（4）～（6）による評価結果から、ブリッジの発生を検知してもよい。

[0063] また、上述の閾値 m 1 を含めた、ブリッジの発生検知に用いる各種閾値は、固定値としてもよいし、変動値としてもよい。例えば、ホッパから焼却炉にごみを送り込む速度（給じん速度）が速い場合には、ホッパ上部におけるごみの移動速度も速くなる。このため、閾値 m 1 を給じん速度に連動して変化させてもよい。具体的には、給じん速度が速いほど閾値 m 1 を大きな値に設定してもよい。これにより、給じん速度が速いにもかかわらずホッパ上部におけるごみの移動が緩慢になっている場合に、ブリッジが発生したと検知することができる。

[0064] （処理の流れ）

検知装置 1 が実行する処理の流れ（検知方法）について図 6 に基づいて説明する。図 6 は、検知装置 1 が実行する処理の一例を示すフローチャートである。なお、図 6 の処理は、例えば、撮影装置 2 が新たな画像を撮影する毎に行われる。

[0065] S 1 では、データ取得部 101 が、ホッパを上方から撮影した時系列の画像を取得し、画像 D B 1 1 1 に記録する。上述のように、これらの画像は撮影装置 2（図 2 参照）が撮影するので、データ取得部 101 は撮影装置 2 が撮影した画像を取得すればよい。

[0066] S 2 では、判定部 102 が、S 1 で取得された画像における対象領域にごみが写っているか否かを判定する。対象領域にごみが写っているか否かの判定方法は図 3 に基づいて説明したとおりであるからここでは説明を繰り返さない。S 2 で Y E S と判定された場合には S 3 に進み、S 2 で N O と判定された場合には図 6 の処理は終了する。

[0067] S 3（移動データ生成ステップ）では、移動データ生成部 103 が、S 1 で取得された画像と、該画像より前に撮影された画像から、それら画像が撮

影された期間におけるごみの移動状態を示す移動データを生成する。例えば、S1で時刻 $t + \Delta t$ に撮影された画像が取得された場合、移動データ生成部103は、画像DB111から時刻 t に撮影された画像を読み出す。そして、移動データ生成部103は、時刻 t から時刻 $t + \Delta t$ までの期間におけるごみの移動状態を示す移動データを生成する。移動データの生成方法は図4に基づいて説明したとおりであるからここでは説明を繰り返さない。

[0068] S4では、検知部104が、S3で生成された移動データを用いて、S1で取得された画像に設定された対象領域内の各位置について、移動量が正常範囲内であるか否かを判定する。続くS5では、検知部104は、S4の判定結果に基づいて、ごみの下降方向と垂直な方向（図5のx方向）に上記位置が配列した各列における移動状態が正常である否かを判定する。そして、S6では、検知部104は、S5における各列の判定結果に基づいて総合判定結果を生成する。なお、S4～6の判定方法は図5に基づいて説明したとおりであるから、ここでは詳細な説明は繰り返さない。

[0069] S7（検知ステップ）では、検知部104は、S6の総合判定結果に基づいてブリッジの発生を検知する。例えば、総合判定結果を、1（異常なし）、0（異常あり）、および-1（判定不能）の何れかの数値で表す場合、検知部104は、S6の総合判定結果が1であればブリッジは発生していない（S7でNO）と判定する。この場合、図6の処理は終了する。一方、S6の総合判定結果が0であれば、検知部104は、ブリッジは発生した（S7でYES）と判定する。つまり、この場合に検知部104はブリッジの発生を検知する。この後、処理はS8に進む。

[0070] なお、判定不能の場合の処理は予め定めておけばよい。例えば、検知部104は、判定不能の場合に図6の処理を終了してもよいし、S8に進んで判定不能であったことをユーザに報知させてもよい。

[0071] S8では、報知制御部105が、ブリッジの発生を報知する。具体的には、報知制御部105は、報知装置3にブリッジの発生を示す音声を出力させることによりブリッジの発生を報知する。なお、ごみ焼却施設にブリッジを

解消するためのブリッジ除去装置が設けられている場合、S 8では、報知制御部 105は、報知を行うと共に、あるいは報知を行う代わりに、ブリッジ除去装置を動作させてブリッジを解消させてもよい。

[0072] 以上のように、本実施形態に係る検知方法は、移動データ生成ステップ（S 3）と、検知ステップ（S 7）と、を含む。移動データ生成ステップ（S 3）では、ごみを収容するホッパを上方から撮影した時系列の複数の画像から、複数の当該画像が撮影された期間におけるごみの移動状態を示す移動データを生成する。検知ステップ（S 7）では、移動データ生成ステップ（S 3）で生成した前記移動データに基づいてブリッジの発生を検知する。この検知方法によれば、ブリッジの発生を早期に検知することができる。

[0073] なお、実施形態 1 の冒頭で述べた通り、検知システム 100は、ごみ焼却施設のホッパに限られず、ブリッジが発生し得る任意の用途のホッパに適用することができ、ホッパに収容される対象物はごみに限られない。つまり、上述した実施形態に記載した「ごみ」は、任意の「対象物」に読み替えることができる。

[0074] 〔実施形態 2〕

本発明の他の実施形態について、以下に説明する。なお、説明の便宜上、上記実施形態にて説明した部材と同じ機能を有する部材については、同じ符号を付記し、その説明を繰り返さない。

[0075] （検知装置の構成）

図 7 に基づいて本実施形態に係る検知装置 1 A の構成を説明する。図 7 は、検知装置 1 A の要部構成の一例を示すブロック図である。検知装置 1 A は、図 1 に示した検知装置 1 と比べて、検知部 104 が検知部 104 A に変わっている点、および記憶部 11 に学習済みモデル 112 が記憶されている点で相違している。

[0076] 検知部 104 A は、対象物の移動状態と当該対象物が当該移動状態であるときのブリッジの発生の有無との関係を学習した学習済みモデル 112 に、移動データ生成部 103 が生成した移動データを入力して得られる出力値に

基づいて、ホッパにおけるブリッジの発生を検知する。なお、上記移動データは実施形態１と同様に移動データ生成部１０３が生成する。また、上記対象物は、ごみであってもよいし、ごみ以外のものであってもよい。

[0077] 以上のように、検知装置１Ａは、移動データ生成部１０３と、検知部１０４Ａと、を備える。移動データ生成部１０３は、対象物を収容するホッパを上方から撮影した時系列の複数の画像から、複数の当該画像が撮影された期間における前記対象物の移動状態を示す移動データを生成する。検知部１０４Ａは、対象物の移動状態と当該対象物が当該移動状態であるときのブリッジの発生の有無との関係を学習した学習済みモデル１１２に前記移動データを入力して得られる出力値に基づいて、前記ホッパにおけるブリッジの発生を検知する。

[0078] 前記の構成は、実施形態１の検知装置１と同様に、ブリッジの発生時と正常な動作時とでは、画像に写る対象物の移動量に差異があるという知見に基づくものである。上述のように、ブリッジの発生時と正常な動作時とでは、画像に写る対象物の移動状態に差異があるから、検知装置１Ａが備える前記の構成によれば、ブリッジの発生を検知することができる。

[0079] また、ブリッジの発生時に特有の移動状態はブリッジの発生直後の画像において観察されるため、検知装置１Ａによれば、実施形態１の検知装置１と同様に、ブリッジの発生を早期に検知することができる。さらに、検知装置１Ａによれば、実施形態１の検知装置１と同様に、ホッパレベルに基づいたブリッジ検出と比べて、安定して高精度な検知が可能になる。

[0080] （学習済みモデルについて）

学習済みモデル１１２は、上述のように、対象物の移動状態と当該対象物が当該移動状態であるときのブリッジの発生の有無との関係を学習することにより生成されたものである。

[0081] 学習済みモデル１１２の生成に用いる教師データを生成する場合、まず、ブリッジ発生時においてホッパを上方から撮影した時系列の複数の画像と、正常に動作しているホッパを上方から撮影した時系列の複数の画像と、をそ

れぞれ収集する。

[0082] 次に、上記のようにして収集した画像から移動データを生成する。具体的には、複数の上記画像を時系列順にペアにし、各ペアについて移動データを生成する。この処理は、ブリッジ発生時に撮影された画像と、正常時に撮影された画像のそれぞれについて行う。これにより、ブリッジ発生時の移動データと、正常時の移動データがそれぞれ生成される。なお、移動データは、対象物の移動状態を示すものであればよい。例えば、実施形態1と同様に、画像相関法により移動データを生成してもよい。

[0083] そして、ブリッジ発生時の移動データには、異常があることつまりブリッジが発生していることを示す正解データを対応付けて教師データとする。また、正常時の移動データには、正常であることつまりブリッジが発生していないことを示す正解データを対応付けて教師データとする。

[0084] これらの教師データを用いて機械学習を行うことにより、入力された移動データを、正常時の移動データと異常時の移動データに分類する学習済みモデル112が生成される。なお、機械学習のアルゴリズムは、入力された移動データを正常時の移動データと異常時の移動データに分類することが可能な学習済みモデル112を生成できるものであればよい。例えば、画像の分類精度の高い畳み込みニューラルネットワーク等が好適であるが、この例に限られない。

[0085] なお、学習済みモデル112の教師データとしては、移動データから抽出した特徴量を用いてもよい。このような特徴量も対象物の移動量を示すものであって、移動データの種類である。また、学習済みモデル112の教師データに移動データ以外のデータを含めてもよい。例えば、ホッパを上方から撮影した画像からCanny法で算出したエッジ数や、当該画像のRGB値等を教師データに含めてもよい。

[0086] (処理の流れ)

検知装置1Aが実行する処理の流れは図6と同様である。ただし、図6のS4～S6の処理は、学習済みモデル112に移動データを入力して出力値

を得る処理に置き換えられる。また、S 7（検知ステップ）では、学習済みモデル 1 1 2 の出力値に基づいてブリッジの発生が検知される。

[0087] つまり、本実施形態に係る検知方法は、移動データ生成ステップと、検知ステップと、を含む。移動データ生成ステップでは、対象物を収容するホッパを上方から撮影した時系列の複数の画像から、複数の当該画像が撮影された期間における前記対象物の移動状態を示す移動データを生成する。検知ステップでは、対象物の移動状態と当該対象物が当該移動状態であるときのブリッジの発生の有無との関係を学習した学習済みモデル 1 1 2 に前記移動データを入力して得られる出力値に基づいて、前記ホッパにおけるブリッジの発生を検知する。この検知方法によれば、ブリッジの発生を早期に検知することができる。

[0088] 〔変形例〕

上述の各実施形態で説明した各処理の実行主体は任意であり、上述の例に限られない。つまり、上述の各実施形態で説明した各処理を実行可能であれば、検知システム 1 0 0 を構成する装置は適宜変更することができる。

[0089] 例えば、図 1 の検知システム 1 0 0 では、検知装置 1 と報知装置 3 とをそれぞれ別の装置としているが、検知装置 1 が報知装置 3 を備えている構成としてもよい。また逆に、検知装置 1 の機能を複数の情報処理装置（コンピュータ）に分散させてもよい。例えば、移動データの生成をクラウド上の情報処理装置に行わせ、この移動データをごみ焼却施設に配置された情報処理装置に送信して、該情報処理装置にブリッジを検知させてもよい。

[0090] 〔ソフトウェアによる実現例〕

検知装置 1 および 1 A（以下、「装置」と呼ぶ）の機能は、当該装置としてコンピュータを機能させるためのプログラムであって、当該装置の各制御ブロック（特に制御部 1 0 に含まれる各部）としてコンピュータを機能させるためのプログラム（検知プログラム）により実現することができる。

[0091] この場合、上記装置は、上記プログラムを実行するためのハードウェアとして、少なくとも 1 つの制御装置（例えばプロセッサ）と少なくとも 1 つの

記憶装置（例えばメモリ）を有するコンピュータを備えている。この制御装置と記憶装置により上記プログラムを実行することにより、上記各実施形態で説明した各機能が実現される。

[0092] 上記プログラムは、一時的ではなく、コンピュータ読み取り可能な、1または複数の記録媒体に記録されていてもよい。この記録媒体は、上記装置が備えていてもよいし、備えていなくてもよい。後者の場合、上記プログラムは、有線または無線の任意の伝送媒体を介して上記装置に供給されてもよい。

[0093] また、上記各制御ブロックの機能の一部または全部は、論理回路により実現することも可能である。例えば、上記各制御ブロックとして機能する論理回路が形成された集積回路も本発明の範疇に含まれる。この他にも、例えば量子コンピュータにより上記各制御ブロックの機能を実現することも可能である。

[0094] 本発明は上述した各実施形態に限定されるものではなく、請求項に示した範囲で種々の変更が可能であり、異なる実施形態にそれぞれ開示された技術的手段を適宜組み合わせて得られる実施形態についても本発明の技術的範囲に含まれる。

符号の説明

[0095] 100 検知システム
1 検知装置
102 判定部
103 移動データ生成部
104 検知部
2 撮影装置
3 報知装置
1A 検知装置
104A 検知部

請求の範囲

- [請求項1] 対象物を収容するホッパを上方から撮影した時系列の複数の画像から、複数の当該画像が撮影された期間における前記対象物の移動状態を示す移動データを生成する移動データ生成部と、
前記移動データ生成部が生成した前記移動データに基づいて、前記ホッパにおけるブリッジの発生を検知する検知部と、を備える検知装置。
- [請求項2] 前記移動データ生成部は、前記画像に写る前記ホッパの傾斜面に設定された複数の所定の位置のそれぞれに写る画像要素について、当該画像要素が前記画像間で下降方向に移動した移動量を示す前記移動データを生成する、請求項1に記載の検知装置。
- [請求項3] 前記検知部は、
(1) 前記下降方向と垂直な方向に一系列に配列した複数の前記位置のそれぞれについて、前記移動量が正常範囲内であるか否かを判定し、
(2) 前記(1)の判定の結果から、前記一系列において前記対象物が正常に移動しているか否かを判定し、
(3) 前記(2)の判定結果に基づいて前記ホッパにおけるブリッジの発生を検知する、請求項2に記載の検知装置。
- [請求項4] 前記下降方向と垂直な方向に配列した複数の前記位置からなる列は、前記下降方向に沿って複数配列されており、
前記検知部は、複数の前記列のそれぞれについて前記(1)および前記(2)の判定を行い、各列の判定結果に基づいて前記ホッパにおけるブリッジの発生を検知する、請求項3に記載の検知装置。
- [請求項5] 前記画像中の前記位置が設定されている領域である対象領域に前記対象物が写っているか否かを判定する判定部を備え、
前記移動データ生成部は、前記判定部が前記対象領域に前記対象物が写っていると判定した前記画像間における移動量を示す前記移動デ

ータを生成する、請求項2から4の何れか1項に記載の検知装置。

[請求項6] 対象物を収容するホッパを上方から撮影した時系列の複数の画像から、複数の当該画像が撮影された期間における前記対象物の移動状態を示す移動データを生成する移動データ生成部と、

対象物の移動状態と当該対象物が当該移動状態であるときのブリッジの発生の有無との関係を学習した学習済みモデルに前記移動データを入力して得られる出力値に基づいて、前記ホッパにおけるブリッジの発生を検知する検知部と、を備える検知装置。

[請求項7] 1または複数の情報処理装置が実行するブリッジの検知方法であって、

対象物を収容するホッパを上方から撮影した時系列の複数の画像から、複数の当該画像が撮影された期間における前記対象物の移動状態を示す移動データを生成する移動データ生成ステップと、

前記移動データ生成ステップで生成した前記移動データに基づいて、前記ホッパにおけるブリッジの発生を検知する検知ステップと、を含む検知方法。

[請求項8] 請求項1または6に記載の検知装置としてコンピュータを機能させるための検知プログラムであって、前記移動データ生成部および前記検知部としてコンピュータを機能させるための検知プログラム。

[請求項9] 対象物を収容するホッパを上方から撮影する撮影装置と、

前記撮影装置が撮影した時系列の複数の画像から生成された、複数の当該画像が撮影された期間における前記対象物の移動状態を示す移動データに基づいて、前記ホッパにおけるブリッジの発生を検知する検知装置と、

前記検知装置がブリッジの発生を検知したときに、ブリッジの発生を報知する報知装置と、を含む検知システム。