

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第3738291号

(P3738291)

(45) 発行日 平成18年1月25日(2006.1.25)

(24) 登録日 平成17年11月11日(2005.11.11)

(51) Int. Cl.	F I	
<b>GO 1 B</b> 11/25 (2006.01)	GO 1 B	11/24 E
<b>GO 3 B</b> 15/00 (2006.01)	GO 3 B	15/00 T
<b>GO 6 T</b> 1/00 (2006.01)	GO 6 T	1/00 3 1 5
<b>GO 6 T</b> 7/20 (2006.01)	GO 6 T	7/20 A
<b>GO 1 B</b> 11/24 (2006.01)	GO 1 B	11/24 K

請求項の数 7 (全 23 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号	特願2003-163503 (P2003-163503)	(73) 特許権者	000183266
(22) 出願日	平成15年6月9日(2003.6.9)		住友大阪セメント株式会社
(65) 公開番号	特開2005-3367 (P2005-3367A)		東京都千代田区六番町6番地28
(43) 公開日	平成17年1月6日(2005.1.6)	(73) 特許権者	899000079
審査請求日	平成17年2月8日(2005.2.8)		学校法人慶應義塾
早期審査対象出願			東京都港区三田2丁目15番45号
		(74) 代理人	100097320
			弁理士 宮川 貞二
		(74) 代理人	100097744
			弁理士 東野 博文
		(74) 代理人	100123892
			弁理士 内藤 忠雄
		(74) 代理人	100100398
			弁理士 柴田 茂夫

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 三次元形状測定装置

(57) 【特許請求の範囲】

## 【請求項1】

対象領域にパターン光を投影する投影装置と、前記投影装置から第1の間隔をもって配置され前記パターン光が投影された対象領域を撮像する第1の撮像装置とを有する第1の三次元センサと；

前記対象領域にパターン光を投影する投影装置と、前記投影装置から前記第1の間隔よりも長い第2の間隔をもって配置され前記パターン光が投影された対象領域を撮像する第2の撮像装置とを有する第2の三次元センサと；

前記第1の三次元センサで得られた像上のパターンの移動に基づいて、前記対象領域に存在する対象物の外形情報を得る三次元情報演算手段と；

前記第2の三次元センサで得られた像上のパターンの移動に基づいて、前記対象物の変動情報を得る変動情報演算手段と；

前記外形情報と前記変動情報を合成する情報合成手段とを備えた；

三次元形状測定装置。

## 【請求項2】

前記情報合成手段は、前記外形情報に基づいて、前記変動情報を補正することを特徴とする；

請求項1に記載の三次元形状測定装置。

## 【請求項3】

前記情報合成手段は、前記合成を、前記対象物の各部位毎の動きが解るように行うこと

を特徴とする；

請求項 1 又は請求項 2 に記載の三次元形状測定装置。

【請求項 4】

前記情報合成手段の合成結果を表示する情報出力手段を備えた；

請求項 1 乃至請求項 3 のいずれか 1 項に記載の三次元形状測定装置。

【請求項 5】

前記投影装置の投影するパターン光は、輝点が配列されたものであることを特徴とする

；

請求項 1 乃至請求項 4 のいずれか 1 項に記載の三次元形状測定装置。

【請求項 6】

前記三次元情報演算手段は、前記外形情報の不足部位について補間を行うことを特徴とする；

請求項 1 乃至請求項 5 のいずれか 1 項に記載の三次元形状測定装置。

【請求項 7】

前記情報合成手段は、前記変動情報に基づいて前記対象物の体積変動量を算出する；

請求項 1 乃至請求項 6 のいずれか 1 項に記載の三次元形状測定装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、三次元形状測定装置に関し、特に対象物の状態を容易且つ正確に把握できる三次元形状測定装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

空間内、例えば風呂場やトイレ等での対象物、例えば人物の動きを検出する動き検出装置として、従来から、動き検出センサが提案されている。代表的な例としては、ベッド上の就寝者にパターンを投影し、投影されたパターンを連続的に撮像した画像からパターンの移動量を算出することで、就寝者の呼吸を監視する監視装置があった（例えば、特許文献 1 参照。）。

【0003】

【特許文献 1】

特開 2002 - 175582 号公報（第 5 - 9 頁、第 1 - 13 図）

【0004】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら以上のような従来の装置によれば、対象物の各部位毎の状態、例えば対象物の形状とその動き（例えば呼吸のような小さな動きを含む）の状態を同時に把握するのが困難であった。また、対象物の部位（例えば対象物が人物である場合にはその胸部や腹部等）によって、動きの測定結果に、若干ではあるが誤差が生じる場合があった。

【0005】

そこで本発明は、対象物の状態を容易且つ正確に把握できる三次元形状測定装置を提供することを目的としている。

【0006】

【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するために、請求項 1 に係る発明による三次元形状測定装置 1 は、例えば図 1、図 3 に示すように、対象領域にパターン光を投影する投影装置 11 と、投影装置 11 から第 1 の間隔  $d_1$  をもって配置され前記パターン光が投影された対象領域を撮像する第 1 の撮像装置 12 a とを有する第 1 の三次元センサ 10 a と；前記対象領域にパターン光を投影する投影装置 11 と、投影装置 11 から第 1 の間隔  $d_1$  よりも長い第 2 の間隔  $d_2$  をもって配置され前記パターン光が投影された対象領域を撮像する第 2 の撮像装置 12 b とを有する第 2 の三次元センサ 10 b と；第 1 の三次元センサ 10 a で得られた像上のパターンの移動に基づいて、前記対象領域に存在する対象物 2 の外形情報を得る三次元情

10

20

30

40

50

報演算手段 2 2 と；第 2 の三次元センサ 1 0 b で得られた像上のパターンの移動に基づいて、対象物 2 の変動情報を得る変動情報演算手段 2 3 と；前記外形情報と前記変動情報を合成する情報合成手段 2 4 とを備える。

【 0 0 0 7 】

このように構成すると、対象領域にパターン光を投影する投影装置 1 1 と、投影装置 1 1 から第 1 の間隔  $d_1$  をもって配置され前記パターン光が投影された対象領域を撮像する第 1 の撮像装置 1 2 a とを有する第 1 の三次元センサ 1 0 a と、前記対象領域にパターン光を投影する投影装置 1 1 と、投影装置 1 1 から第 1 の間隔  $d_1$  よりも長い第 2 の間隔  $d_2$  をもって配置され前記パターン光が投影された対象領域を撮像する第 2 の撮像装置 1 2 b とを有する第 2 の三次元センサ 1 0 b とを備えているので、例えば各三次元センサの各々  
10  
で、像上のパターンの移動を得ることができる。さらに、三次元情報演算手段 2 2 で、第 1 の三次元センサ 1 0 a で得られた像上のパターンの移動に基づいて、対象物 2 の外形情報を得ることができ、変動情報演算手段 2 3 で、第 2 の三次元センサ 1 0 b で得られた像上のパターンの移動に基づいて、対象物 2 の変動情報を得ることができる。またさらに、情報合成手段 2 4 により、前記外形情報と前記変動情報を合成することで、対象物の状態を容易且つ正確に把握できる三次元形状測定装置を提供できる。

【 0 0 0 8 】

また、典型的には第 1 の三次元センサ 1 0 a と第 2 の三次元センサ 1 0 b は、投影装置 1 1 を共通としているが、第 1 の撮像装置 1 2 a と第 2 の撮像装置 1 2 b が共通で、投影装置 1 1 が 2 つあってもよい。  
20

【 0 0 0 9 】

また請求項 2 に記載のように、請求項 1 に記載の三次元形状測定装置 1 では、情報合成手段 2 4 は、前記外形情報に基づいて、前記変動情報を補正するように構成するとよい。このように構成すると、前記補正により、より正確な変動情報を得ることができる。

【 0 0 1 0 】

また請求項 3 に記載のように、請求項 1 又は請求項 2 に記載の三次元形状測定装置 1 では、情報合成手段 2 4 は、前記合成を、対象物 2 の各部位毎の動きが解るように行うことを特徴とするとよい。

【 0 0 1 1 】

また請求項 4 に記載のように、請求項 1 乃至請求項 3 のいずれか 1 項に記載の三次元形状測定装置 1 では、情報合成手段 2 4 の合成結果を表示する情報出力手段 4 0 を備える。  
30

【 0 0 1 2 】

このように構成すると、情報出力手段 4 0 により、情報合成手段 2 4 の合成結果を表示することで、例えば、対象物 2 上の各部位での動きを表示により容易に把握できる。

【 0 0 1 3 】

また請求項 5 に記載のように、請求項 1 乃至請求項 4 のいずれか 1 項に記載の三次元形状測定装置 1 では、投影装置 1 1 の投影するパターン光は、輝点が配列されたものであることを特徴とするとよい。

【 0 0 1 4 】

また請求項 6 に記載のように、請求項 1 乃至請求項 5 のいずれか 1 項に記載の三次元形状測定装置 1 では、三次元情報演算手段 2 2 は、前記外形情報の不足部位について補間を行うことを特徴とするとよい。  
40

さらに、請求項 7 に記載のように、請求項 1 乃至請求項 6 のいずれか 1 項に記載の三次元形状測定装置 1 では、前記情報合成手段 2 4 は、前記変動情報に基づいて前記対象物の体積変動量を算出するように構成してもよい。

【 0 0 1 5 】

【 発明の実施の形態 】

以下、本発明の実施の形態について、図面を参照して説明する。なお、各図において互いに同一あるいは相当する部材には同一符号を付し、重複した説明は省略する。

【 0 0 1 6 】

10

20

30

40

50

図1は、本発明による第1の実施の形態である三次元形状測定装置としての監視装置1の模式的な外観図である。監視装置1は、対象領域を監視するように構成されている。監視装置1は、対象領域にパターン光を投影する投影装置11と、投影装置11から第1の間隔をもって配置され、前記パターン光が投影された対象領域を撮像する第1の撮像装置12aとを有する第1の三次元センサとしての第1のFGセンサ10aを備えている。また、監視装置1は、前記対象領域にパターン光を投影する投影装置11と、投影装置11から前記第1の間隔よりも長い第2の間隔をもって配置され、前記パターン光が投影された対象領域を撮像する第2の撮像装置12bとを有する第2の三次元センサとしての第2のFGセンサ10bを備えている。さらに監視装置1は、第1のFGセンサ10a及び第2のFGセンサ10bを制御する演算装置20を備えている。即ち、監視装置1は、第1のFGセンサ10aと、第2のFGセンサ10bと、演算装置20とを含んで構成される。以下、第1のFGセンサ10aと第2のFGセンサ10b、第1の撮像装置12aと第2の撮像装置12bをそれぞれ特に区別しないときには、それぞれ単にFGセンサ10、撮像装置12と呼ぶ。また、第1のFGセンサ10aと第2のFGセンサ10bは投影装置11を共通とする。

10

**【0017】**

さらに、FGセンサ10は、撮像装置12により撮像された像上のパターンの移動を測定する測定装置14を有している。本実施の形態では、第1のFGセンサ10aと第2のFGセンサ10bは測定装置14を共通とする。即ち、測定装置14は、第1の撮像装置12aと第2の撮像装置12bで各々撮像された像上のパターンの移動をそれぞれ測定する。また、投影装置11と撮像装置12は、測定装置14に電気的に接続され、測定装置14に制御されている。なお、本実施の形態では、測定装置14は、演算装置20と一体に構成されている。

20

**【0018】**

また、対象領域には対象物が存在している。本実施の形態では、対象領域はベッド3上である。また対象物は、典型的には呼吸運動を行うものである。即ち対象物は、人物や動物である。さらに本実施の形態では、対象物は人物2である。

**【0019】**

図中ベッド3上には、人物2が横たわって存在している。即ちパターン光は、人物2に投影される。なお、ベッド3上に人物2が存在していないときには、パターン光は、そのままベッド3上に投影される。また、例えば人物2の上に寝具をかけてもよい。この場合には、パターン光は、寝具の上に投影される。

30

**【0020】**

さらに、投影装置11の投影するパターン光は、典型的には輝点が配列されたものである。言い換えれば、投影されるパターン光は、複数の輝点である。ここでは、投影されるパターン光は、図2で後述するような略正方格子状に配列された複数の輝点11bで形成されたパターン11aである。図中投影装置11は、ベッド3上にパターン11aを投影している。そして、ベッド3上に投影された複数の輝点は、ベッド3上の複数の測定点にそれぞれ対応する。即ち各輝点の位置は測定点の位置である。測定点とは、後述するように人物2の高さ方向の動き、高さを測定できる点である。なお、ここで高さとはベッド3からの高さである。以下、上記各構成について詳細に説明する。

40

**【0021】**

まず、FGセンサ10の設置について説明する。投影装置11と、撮像装置12は、ベッド3の上方に配置されている。図示では、ベッド3のおよそ中央部上方に投影装置11と第1の撮像装置12aが、人物2のおよそ頭部上方に第2の撮像装置12bが配置されている。第1の撮像装置12aは、投影装置11から第1の間隔d1をもって、第2の撮像装置12bは第2の間隔d2をもって配置されている。ここでは、投影装置11、第1の撮像装置12a、第2の撮像装置12bは、同一直線上に配置される。即ちここでは、第1のFGセンサ10aの基線方向と、第2のFGセンサ10bの基線方向は平行であり、さらに同一直線上にある。なお、第2の間隔d2は、第1の間隔d1の例えば2~20倍程

50

度、好ましくは5～15倍程度とする。本実施の形態では、10倍としている。例えば、第1の間隔 $d_1$ を60mmとすると第2の間隔 $d_2$ は600mmである。なおここでは各撮像装置12の画角は、およそベッド3の中央部分を撮像できるように設定されている。なお、投影装置11と撮像装置12の距離を基線長という。基線長は、三角測量法の基線方向の投影装置11と撮像装置12の間隔である。なお、ここでは投影装置11、第1の撮像装置12a、第2の撮像装置12bは、同一直線上に配置される場合で説明するが、これに限られない。同一直線上にない場合には、例えば、後述の合成の際に、見え方の補正を行なうことにより対応できる。

#### 【0022】

ここで基線長について説明する。ここでは、FGセンサ10は、図4で後述するように、パターンを形成する輝点の移動を測定するものである。この際に、例えば、対象物（ここでは人物2）の高さ又は高さ方向の動きが大きくなればなるほど、輝点の移動量も大きくなる。このため、図4で後述する概念によると、輝点の移動量が大きいと、比較すべき輝点の隣の輝点を飛び越してしまう現象が起こることがある。この場合、隣の輝点から移動したと判断され、測定される輝点の移動量は小さくなってしまふことがある。即ち、正確に輝点の移動量を測定できない。第1のFGセンサ10aのように、基線長が短い（第1の間隔 $d_1$ ）場合には、輝点の移動量は小さく、上記の飛び越えが起こりにくい。微小な動きに対してはノイズとの区別が難しくなる。また、第2のFGセンサ10bのように、基線長が長い（第2の間隔 $d_2$ ）場合には、例えば対象物の僅かな動きであっても、輝点の移動量に大きく反映されるので、微小な高さ又は高さ方向の動きの測定することができるが、例えば大きな動きがあった場合に飛び越えが起きることがある。

#### 【0023】

このため、例えば人物2の形状を測定するためには、基線長を短く設定し、微細な動き、例えば呼吸運動を測定するために基線長を長く設定することが望ましい。言い換えれば、本実施の形態のように、第1のFGセンサ10aで得られたパターンの移動に基づいて、人物2の形状を測定し、第2のFGセンサ10bで得られたパターンの移動に基づいて、人物2の動きを測定するようにすることが望ましい。

#### 【0024】

このように、投影装置11と第2の撮像装置12bとは、ある程度距離を離して設置するとよい。このようにすることで、基線長が長くなるので、変化を敏感に検出できるようになる。

#### 【0025】

投影装置11は、ここでは、その光軸（レーザ光束L1の投射方向）を、図示のように、ベッド3の上面の垂直方向に対して、およそ平行方向に設置する。なおここでは、上記のように、投影装置11は、その光軸をベッド3の上面の垂直方向に対しておよそ平行方向に設置するが、前記垂直方向に対して、傾けて設置してもよい。

#### 【0026】

またここでは、第1の撮像装置12aは、その光軸をベッド3の上面の垂直方向に対し、およそ平行方向に設置される。即ち、第1の撮像装置12aの光軸は、投影装置11の光軸と平行方向に設置される。また第2の撮像装置12bは、ベッド3の上面の垂直方向に対して、その光軸を傾けて設置する。このようにすることで、例えば第2の撮像装置12bと投影装置11との距離を離して設置することが容易に行える。即ち容易に第2の間隔 $d_2$ を長く取れる。さらに言い換えれば、三角測量法の基線長を長く取ることが容易に行える。また、投影装置11、第1の撮像装置12a、第2の撮像装置12bのそれぞれの光軸を、互いに平行方向に向けて設置してもよい。

#### 【0027】

なお、図示では、FGセンサ10と演算装置20とは別体として示してあるが、一体に構成してもよい。このようにすると、監視装置1を小型化することができる。

#### 【0028】

図2の模式的斜視図を参照して、監視装置1に適した投影装置11について説明する。な

10

20

30

40

50

おここでは、説明のために、対象領域を平面102とし、後述のレーザ光束L1を平面102に対して垂直に投射する場合で説明する。投影装置11は、可干渉性の光束を発生する光束発生手段としての光束発生部105と、ファイバグレーティング120（以下、単にグレーティング120という）とを備えている。光束発生部105により投射される可干渉性の光束は、典型的には赤外光レーザである。光束発生部105は、平行光束を発生するように構成されている。光束発生部105は、典型的には不図示のコリメータレンズを含んで構成される半導体レーザ装置であり、発生される平行光束は、レーザ光束L1である。そしてレーザ光束L1は、断面が略円形状の光束である。ここで平行光束とは、実質的に平行であればよく、平行に近い光束も含む。

**【0029】**

またここでは、グレーティング120は、平面102に平行に（Z軸に直角に）配置される。グレーティング120に、レーザ光L1を、Z軸方向に入射させる。するとレーザ光L1は、個々の光ファイバー121により、そのレンズ効果を持つ面内で集光したのち、発散波となって広がって行き、干渉して、投影面である平面102に複数の輝点アレイであるパターン11aが投影される。なお、グレーティング120を平面102に平行に配置するとは、例えば、グレーティング120を構成するFG素子122の各光ファイバー121の軸線を含む平面と、平面102とが平行になるように配置することである。

**【0030】**

また、グレーティング120は、2つのFG素子122を含んで構成される。本実施の形態では、各FG素子122の平面は、互いに平行である。以下、各FG素子122の平面を素子平面という。また、本実施の形態では、2つのFG素子122の光ファイバー121の軸線は、互いにほぼ直交している。

**【0031】**

FG素子122は、例えば、直径が数10ミクロン、長さ10mm程度の光ファイバー121を数10～数100本程度、平行にシート状に並べて構成したものである。また、2つのFG素子122は、接触して配置してもよいし、それぞれの素子平面の法線方向に距離を空けて配置してもよい。この場合には、2つのFG素子122の互いの距離は、パターン11aの投影に差支えない程度とする。レーザ光束L1は、典型的には、グレーティング122の素子平面に対して垂直に入射させる。

**【0032】**

このように、投影装置11は、2つのFG素子122を含んで構成されたグレーティング120が光学系となるので、複雑な光学系を必要とすることなく、光学筐体を小型化できる。さらに投影装置11は、グレーティング120を用いることで、単純な構成で、複数の輝点11bをパターン11aとして対象領域に投影できる。なお、パターン11aは、典型的には正方格子状に配列された複数の輝点11bである。また、輝点の形状は楕円形を含む略円形である。

**【0033】**

図1に戻って説明する。撮像装置12は、典型的にはCCDカメラである。撮像装置12は、結像光学系13a（図4参照）と撮像素子15（図4参照）を有するものである。撮像素子15は、典型的にはCCD撮像素子である。また、撮像素子15として、CCDの他にCMOS構造の素子が最近盛んに発表されており、それらも当然使用可能である。特にこれらの中には、素子自体にフレーム間差算や二値化の機能を備えたものがあり、これらの素子の使用は好適である。

**【0034】**

撮像装置12は、前述の光束発生部105（図2参照）により発生されるレーザ光束L1の波長の周辺部以外の波長の光を減光するフィルタ13b（図4参照）を備えるとよい。フィルタ13bは、典型的には干渉フィルタ等の光学フィルタであり、結像光学系13aの光軸上に配置するとよい。このようにすると、撮像装置12は、撮像素子15に受光する光のうち、投影装置11より投影されたパターン11aの光の強度が相対的にあがるので、外乱光による影響を軽減できる。また、光束発生部105により発生されるレーザ光

10

20

30

40

50

束L1は、典型的には赤外光レーザの光束である。また、レーザ光L1は、継続的に照射してもよいし、断続的に照射してもよい。断続的に照射する場合には、撮像装置12による撮像を、照射のタイミングに同期させて行うようにする。

#### 【0035】

図3のブロック図を参照して、監視装置1の構成例について説明する。前述のように、演算装置20は、測定装置14と一体に構成されている。さらにここでは、測定装置14は、後述の制御部21に一体に構成される。そして投影装置11と、2つの撮像装置12は、測定装置14に電氣的に接続されており、制御されている。本実施の形態では、演算装置20は、投影装置11と、2つの撮像装置12に対し遠隔的に配置されている。具体的には、例えば、ベッド3の脇や、ベッド3が設置されている部屋とは別の部屋、さらには言

10

#### 【0036】

まず測定装置14について説明する。測定装置14は、撮像装置12で撮像された像上のパターンの移動を測定するものである。測定装置14は、撮像装置12で撮像した像を取得できるように構成されている。さらに測定装置14は、撮像装置12により撮像された像上の各輝点の移動を測定するように構成されている。なおここでは、投影された輝点も撮像された像上の輝点の像も、便宜上単に輝点という。またここでは、輝点の移動を測定するとは、輝点の移動の量(以下移動量という)を測定することをいう。さらに、測定される輝点の移動量は、輝点の移動方向を含む概念である。即ち、測定される輝点の移動量

20

#### 【0037】

ここで、測定装置14による輝点の移動の測定について詳述する。測定装置14は、2つの撮像装置12からそれぞれ取得した異なる2時点の像に基づいて、輝点の移動を測定するように構成されている。さらに本実施の形態では、異なる2時点の像は、第1の異なる2時点の像と、第2の異なる2時点の像との各々に基づいて、輝点の移動を測定するように構成される。なお、第1の異なる2時点の像は、第1の撮像装置12aから、第2の異なる2時点の像は、第2の撮像装置12bから取得するように構成されている。

#### 【0038】

まず、第1の異なる2時点の像に基づく、輝点の移動の測定について説明する。第1の異なる2時点は、任意の時点(現在)と人物2がベッド3上に存在しない時点とする。以下、任意の時点(現在)で取得した像を取得像、人物2がベッド3上に存在しない時点で取得した像を基準像として説明する。なお、基準像は、記憶部31内に保存される。

30

#### 【0039】

ここで、取得像と基準像は、例えば撮像装置12(ここでは第1の撮像装置12a)により撮像された像であるが、それぞれの像上での、輝点の位置情報も含む概念である。即ち、取得像と基準像は、各々の時点で、投影装置11の投影により形成されたパターン11aの像である。なお、本実施の形態では、基準像は、例えば、いわゆる像としてではなく、各輝点の位置に関する、座標等の位置情報の形で、記憶部31に保存される。このようにすると、後述する輝点の移動量を測定する際に、例えば輝点の座標や方向を比較するだけ

40

#### 【0040】

また、輝点の移動量は、記憶部31に保存された基準像上の各輝点の位置情報と、取得像上の各輝点の位置情報とを比較することで、輝点の移動量を測定する。なお、それぞれの移動量は、例えば、輝点の位置が移動した画素数(何画素移動したか)を計数することで求められる。このようにすると、後述のように、差分像を生成しないで済むので処理を単純化できる。

#### 【0041】

なお上記では、輝点の位置情報を比較する場合で説明したが、基準像と取得像との差分像

50

を作成してもよい。この場合、この差分像から対応する輝点の位置に基づいて、輝点の移動量を測定する。このようにすると、移動した輝点のみが差分像上に残るので、処理量を減らすことができる。

【0042】

さらに、測定装置14により測定された輝点の移動量は、過去一定回数測定された、または過去一定期間内に測定された輝点の移動量の移動平均値、または期間平均値としてもよい。このようにすることで、ランダムノイズや窓から差し込む日光のちらつきなどによる突発的なノイズが軽減でき、測定した輝点の移動量の信頼性が向上する。

【0043】

測定装置14は、以上のような、輝点の移動の測定を、パターン11aを形成する各輝点 10  
毎に行うように構成される。即ち複数の輝点の位置が複数の測定点となる。測定装置14は、パターン11aを形成する各輝点毎に測定した輝点の移動、即ち測定した輝点の移動量を測定結果として制御部21へ出力する。即ち、測定結果は、第1の異なる2時点の像に基づいて測定した輝点の移動量である。さらにこの測定結果は人物2の高さに対応している。以下、この測定結果を高さ情報と呼ぶ。測定装置14は、各測定点での前記測定結果を高さ情報として出力する。

【0044】

次に、第2の異なる2時点の像に基づく、輝点の移動の測定について説明する。この測定は、上述した第1の異なる2時点の像に基づく輝点の移動の測定と同様に行う。但し、第2の異なる2時点は、任意の時点とそのわずかに前の時点とする。わずかに前とは、人物 20  
2の動きを検出するのに十分な時間間隔だけ前であればよい。この場合、人物2のわずかな動きも検出したいときは短く、例えば人物2の動きが大きくなり過ぎず、実質的にはほぼ動き無しとみなせる程度の時間、例えば0.1秒程度とすればよい。あるいはテレビ周期の1~10周期(1/30~1/3)とするとよい。また、人物2の大まかな動きを検出したいときは長く、例えば10秒程度としてもよい。但し、本実施の形態のように、人物2の呼吸も検出する場合では長くし過ぎると、正確な呼吸の検出が行えなくなるので、例えば1分などにするのは適切でない。

【0045】

以下、上述の取得像よりわずかに前(過去)に取得した像を参照像として説明する。即ち、第2の異なる2時点の像は、前述の取得像と参照像である。なお参照像も、基準像と同様に、撮像装置12(ここでは第2の撮像装置12b)により撮像された像であるが、それぞれの像上での輝点の位置情報も含む概念であり、本実施の形態では、各輝点の位置に関する座標等の位置情報の形で、記憶部31に保存される。また同様に、輝点の位置は、輝点の重心位置とする。

【0046】

さらに、本実施の形態では、第2の異なる2時点の像は、取得像(Nフレーム)と、取得像の1つ前に取得した像(N-1フレーム)とする。即ち参照像は、取得像の1つ前に取得した像である。また、像の取得間隔は、例えば装置の処理速度や、上述のように検出したい動きの内容により適宜決めるとよいが、例えば0.1~3秒、好ましくは0.1~0.5秒程度とするとよい。また、より短い時間間隔で像を取得し、平均化またはフィルタ 40  
リングの処理を行うことで、例えばランダムノイズの影響を低減できるので有効である。

【0047】

なお、任意の時点とそのわずかに前の時点の異なる2時点の像に基づく、輝点の移動の測定で得られる波形(例えば輝点の移動量の総和など)は、距離の微分波形、即ち速度変化を表す波形になる。また例えば、高さ変化を表すような波形を得たいときは、前記波形を積分すれば距離の波形、即ち高さ変化を示す波形になる。

【0048】

さらに測定装置14は、第1の異なる2時点の場合と同様にして、記憶部31に保存された参照像上の各輝点の位置情報と、取得像上の各輝点の位置情報とを比較することで、輝点の移動方向を含む輝点の移動量を測定するように構成される。さらに同様に、測定装置 50

14は、各輝点毎に測定した輝点の移動量を測定結果として制御部21へ出力する。即ち、測定結果は、第2の異なる2時点の像に基づいて測定した輝点の移動量である。さらにこの測定結果は図4で後述するように、各輝点(測定点)での対象物ここでは人物2の高さ方向の動きに対応している。以下、この測定結果を動き情報と呼ぶ。測定装置14は、各測定点での前記測定結果を動き情報として出力する。なお、人物2の高さ方向の動きは、例えば人物2の呼吸に伴う動きである。

【0049】

ここで、図4の概念的斜視図を参照して、輝点の移動の概念について説明する。ここでは、解りやすく、対象領域を平面102、対象物を物体103として説明する。さらにここでは、説明のために、前述の第1の異なる2時点の像即ち基準像と取得像を用いる場合で説明する。なお基準像は、物体103が平面102に存在しないときのパターン11aの像であり、取得像は、物体103が平面102に存在しているときのパターン11aとして説明する。またここでは説明のために、撮像装置12は1つの場合で説明する。

10

【0050】

図中物体103が、平面102上に載置されている。またXY軸を平面102内に置くように、直交座標系XYZがとられており、物体103はXY座標系の第1象限に置かれている。一方、図中Z軸上で平面102の上方には、投影装置11と、撮像装置12とが配置されている。撮像装置12は、投影装置11によりパターン11aが投影された平面102を撮像する。即ち平面102上に載置された物体103を撮像する。

【0051】

撮像装置12の結像光学系としての結像レンズ13aは、ここでは、その光軸がZ軸に一致するように配置されている。そして、結像レンズ13aは、平面102あるいは物体103上のパターン11aの像を、撮像装置12の撮像素子15の結像面15'(イメージプレーン)に結像する。結像面15'は、典型的にはZ軸に直交する面である。さらに、結像面15'内にxy直交座標系をとり、Z軸が、xy座標系の原点を通るようにする。平面102から結像レンズ13aと等距離で、結像レンズ13aからY軸の負の方向に距離d(基線長d)だけ離れたところに、投影装置11が配置されている。物体103と平面102には、投影装置11により複数の輝点11bが形成するパターン11aが投影される。なお、y軸方向は、三角測量法の基線方向でもある。

20

【0052】

投影装置11により平面102に投影されたパターン11aは、物体103が存在する部分では、物体103に遮られ平面102には到達しない。ここで物体103が存在していれば、平面102上の点102aに投射されるべき輝点11bは、物体103上の点103aに投射される。輝点11bが点102aから点103aに移動したことにより、また結像レンズ13aと投影装置11とが距離d(基線長d)だけ離れているところから、結像面15'上では、点102a'(x,y)に結像すべきところが点103a'(x,y+d)に結像する。即ち、物体103が存在しない時点と物体103が存在する時点とは、輝点11bの像がy軸方向に距離dだけ移動することになる。

30

【0053】

これは、例えば図5に示すように、撮像素子15の結像面15'に結像した輝点は、高さのある物体103により、dだけy軸方向に移動することになる。

40

【0054】

このように、この輝点の移動量を測定することにより、物体103上の点103aの位置が三次元的に特定できる。即ち、例えば点103aの高さがわかる。このように、ある点が、物体103が存在しなければ結像面15'上に結像すべき点と、結像面15'上の実際の結像位置との差を測定することにより、物体103の高さの分布、言い換えれば三次元形状が測定できる。あるいは物体103の三次元座標が測定できる。また、輝点11bの対応関係が不明にならない程度に、パターン11aのピッチ、即ち輝点11bのピッチを細かくすれば、物体103の高さの分布はそれだけ詳細に測定できることになる。

【0055】

50

以上のような概念に基づいて、測定装置 1 4 は、輝点の移動量を測定することで、基づいて対象物の高さが測定できる。但し、前述のように、第 2 の異なる 2 時点の像に基づいて、輝点の移動を測定する場合、即ち取得像と参照像に基づいて、輝点の移動を測定する場合には、輝点の移動の変化量を見ることになるので、例えば人物 2 の絶対的な高さは測定できなくなるが、対象物の高さ方向の変化を測定できるので、人物 2 の高さ方向の動きを測定する場合には好適である。以上の概念は、第 1 の F G センサ 1 0 a と、第 2 の F G センサ 1 0 b の両方に適応できる。

【 0 0 5 6 】

また、測定装置 1 4 は、第 1 の撮像装置 1 2 a で撮像された像上のパターン 1 1 a と、第 2 の撮像装置 1 2 b で撮像された像上のパターン 1 1 a との対応付けを行うように構成されている。なおここでは、パターン 1 1 a を形成する各輝点 1 1 b の対応付けを行う。このようにすることで、高さ情報と動き情報の、各輝点の位置、言い換えれば各測定点の位置での輝点の移動量の対応を取ることができる。例えば、予め 2 つの撮像装置 1 2 からの対象領域即ちベッド 3 上の見え方を調べておけば対応をとることができる。

10

【 0 0 5 7 】

ここで、図 6、図 7 を参照して、上記対応付けの具体的な例について説明する。準備として第 1 の撮像装置 1 2 a と第 2 の撮像装置 1 2 b の光軸合わせを行なう。さらに具体的には、例えば各撮像装置 1 2 の撮像範囲が出来ただけ重なるように光軸を調整しておく。そして、対応付けは以下の方法によって行う。

【 0 0 5 8 】

まず、第 1 の撮像装置 1 2 a でパターンの像を取得し、パターンの各輝点の三次元座標を算出する。そして、三次元座標と各撮像装置 1 2 の配置に基づいて、図 6 に示す座標系の変換を行う。ここでは図示のように、各輝点の三次元座標を座標系 ( X<sub>1</sub> , Y<sub>1</sub> , Z<sub>1</sub> ) から座標系 ( X<sub>2</sub> , Y<sub>2</sub> , Z<sub>2</sub> ) に変換する。なお第 2 の撮像装置 1 2 b の結像レンズ 1 3 a " を座標系 ( X<sub>2</sub> , Y<sub>2</sub> , Z<sub>2</sub> ) の原点とする。またこの際には、相似を利用し、パターン ( 輝点 ) が撮像される第 2 の撮像装置 1 2 b の結像面 1 5 b 上の位置を算出する ( 図 7 参照 ) 。

20

【 0 0 5 9 】

また変換の際には、座標系 ( X<sub>1</sub> , Y<sub>1</sub> , Z<sub>1</sub> ) を第 1 の撮像装置 1 2 a の三次元座標とし、( X<sub>2</sub> , Y<sub>2</sub> , Z<sub>2</sub> ) を第 2 の撮像装置 1 2 b の三次元座標とする。第 2 の撮像装置 1 2 b の結像レンズ 1 3 a " を座標系 ( X<sub>2</sub> , Y<sub>2</sub> , Z<sub>2</sub> ) の原点とし、第 1 の撮像装置 1 2 a と第 2 の撮像装置 1 2 b の距離を d x とする。さらに、光学配置を考慮し、座標系の変換には以下の式を使用する。

30

【 数 1 】

$$\begin{pmatrix} X_2 \\ Y_2 \\ Z_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos \theta & 0 & -\sin \theta \\ 0 & 1 & 0 \\ \sin \theta & 0 & \cos \theta \end{pmatrix} \begin{pmatrix} X_1 - dx \\ Y_1 \\ h - Z_1 \end{pmatrix} \dots\dots\dots (1)$$

40

また、第 2 の撮像装置 1 2 b の光軸がベッド上面に対してなす角度を θ は、次式で求めることができる。

$$\theta = \arctan ( dx / h ) \dots\dots\dots ( 2 )$$

【 0 0 6 0 】

次に、第 2 の撮像装置 1 2 b でパターンの像を取得する。そして、前記算出された位置と、第 2 の撮像装置 1 2 b で取得したパターン像との比較を行い、最も近い位置にある輝点を同一輝点とみなし、対応付けを行う。

【 0 0 6 1 】

なお、以上の対応付けの処理は、像上の全ての輝点に関して行うが、第 1 の撮像装置 1 2

50

aと第2の撮像装置12bの撮像範囲の相違から、対応付けができない輝点が現れる場合がある。このような輝点は、消失スポットとして扱い、測定には使用しない。

【0062】

図3に戻って、演算装置20について説明する。演算装置20は、監視装置1を制御する制御部21を有している。さらに制御部21には、記憶部31が接続されている。記憶部31は、撮像装置12から取得した像を時系列的に記憶するようにするとよい。また記憶部31には算出された情報等のデータが記憶できる。

【0063】

制御部21には、後述の情報合成手段としての出力情報生成部24の合成結果を表示する情報出力手段としてのディスプレイ40が接続されている。ディスプレイ40は典型的にはLCDである。ディスプレイ40は、例えば後述の出力情報生成部24から出力される解析情報を入力、表示する。なお、その場で情報を入力する必要のない場合（例えば合成結果を保存するだけの場合）には、ディスプレイ40を備える必要は特にない。

10

【0064】

また制御部21には、監視装置1を操作するための情報を入力する入力装置35が接続されている。入力装置35は例えばタッチパネル、キーボードあるいはマウスである。本図では、入力装置35は、演算装置20に外付けするものとして図示されているが、内蔵されていてもよい。また本実施の形態では、入力装置35を備える場合で説明するが、特に備えなくても問題ない。

【0065】

20

さらに、制御部21内には、第1のFGセンサ10aで得られた像上のパターンの移動に基づいて、ベッド3上に存在する人物2の外形情報を得る三次元情報演算手段としての三次元形状生成部22と、第2のFGセンサ10bで得られた像上のパターンの移動に基づいて、人物2の変動情報を得る変動情報演算手段としての変動情報演算部23と、外形情報と変動情報を合成する情報合成手段としての出力情報生成部24とが備えられている。外形情報と変動情報については以下で説明する。以下、上記各構成について詳細に説明する。

【0066】

三次元形状生成部22は、前述のように、ベッド3上に存在する人物2の外形情報を得るものである。本実施の形態では、外形情報は、三次元形状を示す画像（以下単に三次元形状という）である。三次元形状生成部22は、第1のFGセンサ10aの測定装置14の測定結果即ち高さ情報に基づいて、外形情報として三次元形状を生成する。

30

【0067】

ここで、三次元形状生成部22による三次元形状の生成について説明する。三次元形状生成部22は、測定装置14の測定結果である高さ情報に基づいて、三次元形状を生成するように構成されている。

【0068】

前述のように、測定装置14での測定結果である高さ情報は、複数の測定点での人物2の高さに対応するものであるが、ここでは高さ情報から実際に高さを算出する。この場合、高さ情報の各測定点での輝点の移動量に基づいて、三角測量法により、各測定点での人物2の高さを算出する。さらに言えば、ベッド3上からの高さを算出する。以下、図8を参照して、人物2の高さの算出について説明する。なお、ここでは、図4と同様に、解りやすく、対象領域を平面102、対象物を物体103として説明する。

40

【0069】

図8は、投影装置11、撮像装置12、物体103、平面102との関係をX軸方向（図4参照）に見た線図である。ここでは、物体103の高さがZ1である場合で説明する。投影装置11の中心（パターン光源の中心）と結像レンズ13aの中心とは、平面102に平行に距離dだけ離して配置されており、結像レンズ13aから結像面15'（撮像素子15）までの距離はl（エル）（結像レンズ13aの焦点とほぼ等しい）、結像レンズ13aから平面102までの距離はh、物体103の点103aの平面102からの高さ

50

はZ1である。物体103が平面102上に置かれた結果、結像面15'上の点102a'はだけ離れた点103a'に移動したとする。

【0070】

図中結像レンズ13aの中心と点103aとを結ぶ線が平面102と交差する点を102a"とすれば、点102aと点102a"との距離Dは、三角形103a'-102a'-13aと三角形102a"-102a-13aとに注目すれば、D = ・h / l であり、三角形13a-11-103aと三角形102a"-102a-103aに注目すれば、D = (d・Z1) / (h - Z1) である。この両式からZ1を求めると次式のようになる。

Z1 = (h<sup>2</sup>・) / (d・l + h・) ..... (3)

10

以上のように、物体103の高さを算出することができる。

【0071】

さらに、三次元形状生成部22は、外形情報即ち三次元形状の不足部位について補間を行うように構成されている。なお、外形情報が必要十分に取得できる場合には、特に補間を行なう必要はない。

【0072】

ここで補間について説明する。上述のしたように、三次元形状生成部22は、測定装置14の測定結果である高さ情報から各測定点での高さを算出し、算出した高さに基づいて三次元形状を生成する。なお、人物2の高さは、各測定点(輝点)が間隔を空けて配置されているため、各測定点の間の位置の高さは解らない。このため、算出した各測定点での人物2の高さからそのまま三次元形状を生成したのでは、人物2の外形は解り辛い。これを補うために、三次元形状生成部22は、人物2の高さの不足部位について補間を行う。

20

【0073】

具体的には、例えば、補間したい三次元座標(X, Y, Z)から近傍にある4個の測定点を探索する。但し、4個の測定点は、それぞれ(X, Y)を基準として4つの象現に属するものとする。

これら4個の各測定点の三次元座標を(x<sub>i</sub>, y<sub>i</sub>, z<sub>i</sub>)とし、次式(4)から距離を算出する。

r<sub>i</sub> = { (X - x<sub>i</sub>)<sup>2</sup> + (Y - y<sub>i</sub>)<sup>2</sup> }<sup>1/2</sup> ..... (4)

また、

30

SUM\_A = r<sub>i</sub> ..... (5)

とする。そして、次式(6)を用いて、(X, Y)の高さZを算出する。

【数2】

Z = Σ<sub>i=1</sub><sup>4</sup> (SUM\_A - δ<sub>i</sub>)z<sub>i</sub> / 3・SUM\_A ..... (6)

なお、z<sub>i</sub>は各測定点での高さである。

以上の計算を補間したい座標について行うことで、各測定点の間の座標の人物2の高さを補間できる。三次元形状生成部22は、以上のような補間を行うことで三次元形状を生成する。

40

図9に、このようにして生成した三次元形状の例を示す。なお、図示の三次元形状は、ディスプレイ40に表示された際の画像のイメージである。

【0074】

なお、補間に関しては、上記した例に限られるものではなく、各種補間方法あるいはグリッド法(例えば、Triangulation、Radial Basis Function補間、Polynomial Regression、Nearest Neighborグリッド法、Natural Neighborグリッド法、Modified Shepard's Method、Minimum Curvature、Inve

50

rse Distance to a Powerグリッド法、Kriging等)が適用可能である。

【0075】

変動情報演算部23は、前述のように、人物2の変動情報を得るものである。本実施の形態では、変動情報は、各測定点での人物2の高さ方向の動きの位相を含む人物2の高さ方向の動きに関する情報である。さらにここでは変動情報には、後述の高さ変化量も含まれるものとする。

【0076】

変動情報演算部23は、測定装置14での測定結果である動き情報から、各測定点の動きの位相を識別するように構成される。変動情報演算部23は、各測定点での識別した動きの位相を、変動情報として得る。ここでは、位相とは、動きの方向を含む概念である。さらにここでは、変動情報演算部23による動きの位相の識別は、測定装置14により各測定点で測定された動きが、上方向の動きであるか、又は下方向の動きであるかを識別することである。このようにすることで、例えば、人物2の身体上のどの部位が、上方向又は下方向の動きをしているかを知ることが可能である。

10

【0077】

さらに変動情報演算部23は、動き情報に基づいて、変動情報として各測定点での人物2の高さ変化の量(以下高さ変化量という)を算出するように構成されている。変動情報演算部23は、第2のFGセンサ10bの測定装置14の測定結果即ち動き情報に基づいて、高さ変化量を算出する。

20

【0078】

ここで、変動情報演算部23による高さ変化量の算出について説明する。変動情報演算部23は、動き情報に基づいて、高さ変化量を算出するように構成されている。前述のように、動き情報は、各測定点での人物2の高さ方向の動きに対応するものであるが、ここでは動き情報から実際の高さ変化量を算出する。この場合、図8で前述した高さの算出と同様にして、動き情報の各測定点での輝点の移動量に基づいて、三角測量法により、各測定点での人物2の高さ変化量を算出する。また、高さ変化量も三次元形状と同様な、補間を行うようにしてもよい。

【0079】

次に、出力情報生成部24について説明する。出力情報生成部24は、三次元形状と変動情報を合成するものである。出力情報生成部24は、三次元形状生成部22で得られた三次元形状と、変動情報演算部23で得られた変動情報を合成して表示するための解析情報を生成するように構成されている。生成された解析情報は、ディスプレイ40へ出力され、ディスプレイ40により表示される。なおここでは、合成とは、例えば三次元形状に変動情報を重ねることである。

30

なお、表示される合成結果には、例えば後述する人物2の体積変化とその波形等の情報も含んでいる。

【0080】

ここでは、出力情報生成部24は、三次元形状に、変動情報を、それぞれの測定点(輝点)が対応するように合成した画像を解析情報として生成する。なお、後述の異常判定部26による判定結果も、生成される解析情報に含まれるものとする。

40

【0081】

また、出力情報生成部24は、前記合成を、人物2の各部位毎の動きが解るように行うように構成されている。具体的には、三次元形状に、変動情報である各測定点での識別した動きの位相を、各々座標が対応するように重ねる。このようにすることで、例えば人物2の身体上のどの部位が、上方向又は下方向の動きをしているかが容易に解る。

【0082】

ここで、図10の模式図を参照して、三次元形状と変動情報を合成する際の例、言い換えれば生成される解析情報の例について説明する。なおここでは説明のために、生成された解析情報の例は、ディスプレイ40により表示される際の画像で示す。図示するように、

50

図9で説明した三次元形状に、変動情報を、各々の位置が対応するように合成する。このように三次元形状に、変動情報を合成する際には、各測定点での動きの位相が識別できるようにする。

**【0083】**

なお、図10(a)は、人物2の腹部が上方向の動きをしている場合、さらに言えば腹式呼吸の吸気の場合を示している。また図10(b)は、人物2の胸部が下方向の動きをしている場合、さらに言えば胸式呼吸の呼気の場合を示している。

**【0084】**

さらにここでは、動きの位相が上方向と下方向との場合で、それぞれの位相の測定点を、模様を変えて示してあるが(図示では上方向が白抜き、下方向が塗り潰し)、それぞれ色を変えようにしてもよい(例えば上方向を青、下方向を赤のように)。また、例えば矢印(図中一部測定点に破線で表示)により、動きの位相を示すようにしてもよい。このようにすることで、人物2の身体上のどの部位が、上方向又は下方向の動きをしているかを容易に認識することが可能である。監視装置1は、このように生成した解析情報をディスプレイ40に表示する。また、この際に波形の動きの変化の大きさによって、模様の色の濃さを変えたり、模様の幅を変えたり、矢印の太さ、長さを変えたりして表示すれば、さらに動きの変化がわかりやすい表示となる。さらに、動きの変化を積分した高さの変化データの場合も同様にして、例えば高くなっている部位は、その量を反映させて色を明るくしたり、矢印を長くしたりすることによって、高さの変化がわかりやすい表示となる。

**【0085】**

さらに、出力情報生成部24は、人物2の体積変動量を算出するように構成されている。体積変動量は、変動情報である高さ変化量から算出することができる。この際には、例えば、高さ変動量の総和を体積変動量としてもよい。このように、体積変動量を算出することで、例えば、人物2の呼吸の際の吸入量を知ることができる。算出した体積変動量は、解析情報に含めることで、ディスプレイ40に表示するようにする。また、仮にディスプレイ40に表示しない場合には、電子媒体等(例えばここでは記憶部31)に保存するようにすればよい。

**【0086】**

さらに、出力情報生成部24は、外形情報ここでは三次元形状に基づいて、変動情報を補正するように構成されている。ここで補正するのは、変動情報である高さ変化量である。

**【0087】**

ここで、再び図4を参照して、この補正について説明する。まず、図8で説明した式(3)でわかるように、対象物の高さを算出するためには、結像レンズ13aから平面102までの距離 $h$ が必要である。同様に、高さ変化量を算出する際にも、適当な距離 $h$ を設定し、これを用いて式(3)により高さ変化量を算出していた。ほとんどの場合、これで問題はないが、より詳細な測定を行う場合には、投影された輝点が当たっている点までの距離を正確に知る必要がある。即ち、各測定点での結像レンズ13aから物体103までの距離 $h$ を知る必要がある。

**【0088】**

そこで、出力情報生成部24は、三次元形状生成部22により得た三次元形状を用いて、高さ変化量を補正する。具体的には、三次元形状を形成する各点での人物2の高さを距離 $h'$ として、この各点にそれぞれ対応する高さ変化量を補正する。

**【0089】**

さらに具体的な例で説明する。例えば、第2のFGセンサ10bの、基線長を600mm、第2の撮像装置12bの結像レンズ13aの焦点距離 $l$ を12mmとする。そして、結像レンズ13aから平面102までの距離 $h$ を2.3mとしたときに、結像面15'上で輝点が5 $\mu$ m移動したとすると、高さ変化量は3.67mmと算出される。また、結像レンズ13aから物体103までの距離が2.0m(即ち物体103の高さが0.3m)であったとし、これを $h$ として計算すると、高さ変化量は2.77mmと算出される。この高さ変化量の差1.1mmが測定誤差となる。

10

20

30

40

50

## 【0090】

このように、出力情報生成部24は、上記補正により、正確な距離hを用いて高さ変化量が算出できるので、より正確な高さ変化量を知ることができる。さらに、このように補正した高さ変化量に基づいて、体積変動量を算出することで、より正確に人物2の体積変動を測定することができる。これは、呼吸のような微細な動きの量を測定するのに極めて有効である。

## 【0091】

図3に戻って説明する。さらに制御部21内には、第2のFGセンサ10bの測定装置14で測定された動き情報に基づいて、人物2の動きの種類を判別する動き判別部25が備えられている。即ち、動き判別部25は、測定装置14により複数の測定点で測定された動き情報即ち人物2の高さ方向の動きに基づいて、人物2の動きの種類を判別する。動き判別部25により判別される人物2の動きの種類は、典型的には呼吸、体動、動き無し(不動)である。さらに、動き判別部25は、動き情報に基づいて、人物2の呼吸を検出するように構成される。なお体動とは、人物2の体の動きであり、例えば立ったり座ったりといった動きの他、手足の動きを広く含む概念である。

10

## 【0092】

また、動き判別部25は、人物2の呼吸を判別した場合には、その呼吸を検出するように構成するとよい。動き判別部25による呼吸の検出は、前記平均値の時間変化の周期的変化の振幅と周期(周波数)の両方又はいずれか一方に所定の上限下限の閾値を設定し、この閾値と比較して呼吸か否かを判定し、呼吸を検出するようにしてもよい。周期の上限下限の閾値は、例えば人物の呼吸の周期を含む範囲、例えば、下限を毎分5サイクル、上限を毎分60サイクルに設定するとよい。ところで、大人の呼吸数は、毎分5~30回程度の範囲にあるが、幼児の場合にはさらに呼吸数が多くなる傾向がある。これにより、検出された人物2の呼吸は、波形パターンを形成する。

20

図11は、呼吸の波形パターンの例を示した図である。

## 【0093】

さらに、動き判別部25は、呼吸数の検出を行うようにするとよい。呼吸数の検出は、例えば、動きが呼吸と判別された領域の輝点の移動量の総和の時間変化をフーリエ変換等のデータ処理を行うことで検出できる。

## 【0094】

さらに制御部21内には、第2のFGセンサ10bの測定装置14により測定された人物2の高さ方向の動きに基づいて、人物2の異常を判定する異常判定部26を備えている。さらに具体的に言えば、異常判定部26は、動き判別部25による人物2の呼吸の検出結果に基づいて、人物2の異常を判定する。また、異常判定部26は、変動情報演算部23により得られた変動情報に基づいて、人物2の異常を判定する異常判定手段でもある。なお、人物2の異常を判定するとは、ここでは人物2が危険な状態にあるか否かを判定することである。

30

## 【0095】

異常判定部26による人物2の危険な状態の判定基準は、以下のようなことを考慮して、設定するようにするとよい。例えば、動き判別部25により呼吸が検出されているときに、短時間に呼吸パターンの持つ周期が乱れた場合又は、呼吸パターンの持つ周期が急激に変化した場合には、例えば、自然気胸、気管支喘息などの肺疾患、うっ血性心不全などの心疾患、または、脳出血などの脳血管疾患であると推測できるので、危険な状態であると判定するように設定する。また、呼吸パターンの消失が続いた場合には、人物2の呼吸が停止したと推測できるので、危険な状態であると判定するように設定する。そして、短時間に呼吸パターンではなく人物2の体動が頻出した場合には、人物2が何らかの理由で苦しんで暴れているような状況が推測できるので、危険な状態であると判定するように設定する。

40

## 【0096】

また、上述したような異常判定部26による判定結果は、ディスプレイ40に表示するよ

50

うに構成される。異常判定部 26 は、判定結果を出力情報生成部 24 へ出力する。この場合には、出力情報生成部 24 は、判定結果を含めて解析情報を生成し、ディスプレイ 40 へ出力する。これにより、異常判定部 26 による判定結果がディスプレイ 40 に表示されることで、例えば測定者は、人物 2 の異常を容易に認識することができる。

#### 【0097】

以上では、ベッド 3 上に投影するパターンを複数の輝点とした場合で説明したが、図 12 に示すように、輝線としてもよい。即ち光切断法を用いて人物 2 の高さ方向の動きを測定するようにしてもよい。この場合には、投影手段には、ベッド 3 上にパターン光としての輝線を投影するように構成された投影装置 111 を用いる。投影する輝線の数は、典型的には複数であるが、1 本であってもよい。また 1 本の場合には、例えば 1 本の輝線を走査 10 するような方式であってもよい。以下、輝線は複数の場合で説明する。複数の輝線 111b は、等間隔に複数本投影される。複数本の輝線 111b は、パターン 111a' を形成する。また、輝線 111b の方向と三角法の基線方向は、ほぼ垂直である。

#### 【0098】

なお輝線の場合には、例えば図 13 に示すように、図 5 で説明した輝点の場合と同様に、撮像素子 15 の結像面 15' に結像した輝線の像は、高さのある物体により、だけ y 軸方向に移動することになる。さらに同様に、この を測定することにより、物体上の点の位置が三次元的に特定できる。なお、 の測定は、輝線の像の中心線の位置で測定するようにする。さらに輝線の場合には、測定点が、輝線の像の位置にある撮像素子 15 の画素 1 つに対応する。 20

#### 【0099】

以上のように、パターン光を複数本の輝線とし、輝線の移動を測定することで、パターン光を複数の輝点とした場合に比べて、輝線上の任意の点の移動を測定でき、輝線方向の連続的形狀が認識できる。言い換えれば、輝線方向の測定の分解能を向上することができる。

#### 【0100】

また以上では、対象物は人物 2 の場合で説明したが、例えば、モータ等の機械としてもよい。この場合には、比較的微細な動きであるモータの振動を測定することができる。

#### 【0101】

さらに以上では、第 1 の三次元センサと第 2 の三次元センサは、投影装置を共通としているが、しかしこれに限らず、第 1 の撮像装置と第 2 の撮像装置が共通で、投影装置が 2 つあってもよい。即ち、以上では、図 1 に示すように、第 1 の FG センサ 10a と第 2 の FG センサ 10b は、投影装置 11 を共通としているが、図 14 に示すように、第 1 の FG センサ 10a が投影装置としての第 1 の投影装置 11-1 を有し、第 2 の FG センサ 10b が投影装置としての第 2 の投影装置 11-2 を有し、第 1 の撮像装置 12a と第 2 の撮像装置 12b とを共通の撮像装置 12 としてもよい。 30

#### 【0102】

この場合には、第 1 の FG センサ 10a 及び第 2 の FG センサ 10b の設置は、ベッド 3 のおよそ中央部上方に第 1 の投影装置 11-1 と撮像装置 12 を、人物 2 のおよそ頭部上方に第 2 の投影装置 11-2 を配置する。そして、第 1 の投影装置 11-1 は、撮像装置 12 から第 1 の間隔 d1 をもって、第 2 の投影装置 11-2 は第 2 の間隔 d2 をもって配置される。 40

#### 【0103】

またこの場合には、投影されるパターンが共通ではない、即ち第 1 の投影装置 11-1 から投影されたパターン 11a と、第 2 の投影装置 11-2 から投影されたパターン 11a' が存在するため、出力情報生成部 24 による三次元形状と変動情報の合成が若干異なる。具体的には、出力情報生成部 24 による合成は、三次元形状と変動情報を、各 FG センサ 10 の各測定点に対応するよう合成するのではなく、ベッド 3 上での座標に対応するよう合成する。このようにすることで、各 FG センサ 10 のパターンの投影位置や輝点のピッチが異なっても、三次元形状と変動情報の合成が正確に行える。 50

## 【0104】

さらにこの場合は、撮像装置12でパターンを撮像する際には、第1の投影装置11-1と第2の投影装置11-2のどちらで投影されたパターンかを区別する必要がある。これは、例えば、各投影装置が同時のパターンを投影しないようにし、第1の投影装置11-1でパターン11aを投影しているときに撮像した画像と、第2の投影装置11-2でパターン11a'を投影しているときに撮像した画像とを区別して処理すればよい。このようにすることで、パターン11aの移動と、パターン11a'の移動を各々測定できるので、三次元形状及び変動情報が得られる。

## 【0105】

このように、第1の撮像装置と第2の撮像装置が共通で、投影装置が2つの場合には、撮像装置が共通であるので、例えば画像の処理量を低減できる。

10

## 【0106】

以上のように、監視装置1は、第1のFGセンサ10aと、第2のFGセンサ10bと、三次元形状生成部22と、変動情報演算部23とを備えているので、三次元形状生成部22により、第1のFGセンサ10aで得られた高さ情報に基づいて、人物2の三次元形状を得ることができ、変動情報演算部23により、第2のFGセンサ10bで得られた動き情報に基づいて、人物2の変動情報を得ることができる。さらに、出力情報生成部24を備え、三次元形状と変動情報を合成することで、例えば人物2の身体上のどの部位が、上方向又は下方向の動きをしているかを容易に認識できる画像を生成できるので、人物2の状態特に呼吸の状態を容易且つ正確に把握できる。

20

## 【0107】

第1のFGセンサ10aは、投影装置と撮像装置の配置間隔(基線長)が比較的短いので、前述した輝点の飛び越えが発生しにくく、例えば人物2の外形を測定するのに好適である。また、第2のFGセンサ10bは、第1のFGセンサ10aに比べて、投影装置と撮像装置の配置間隔(基線長)が長いので、より詳細な動き、例えば人物2の呼吸のような小さな動きでも正確に測定できる。

## 【0108】

さらに、三次元形状生成部22は、人物2の身体形状を認識できる三次元形状を生成するので、人物2の呼吸の状態を明確に把握しやすい。また、三次元センサとしてFGセンサ10を用いることで、単純でありながら、正確に人物2の高さ方向の動きを測定できる。さらにFGセンサ10は、測定を非接触で行えるので、測定される人物への負担が少ない。

30

## 【0109】

また、出力情報生成部24は、三次元形状に基づいて、変動情報を補正するので、より正確に人物2の高さ変化量を算出することができる。さらには、体積変動量は、この高さ変化量に基づいて算出されるので、より正確な体積変動量を測定できる。

## 【0110】

また、監視装置1は、出力情報生成部24の合成結果を表示するディスプレイ40を備えている。これにより、監視装置1は、出力情報生成部24による合成結果、即ち人物2の身体上の動きを示す変動情報を人物2の身体の外形を示す三次元形状に重ねた解析情報を、ディスプレイ40により表示することができるので、身体の部位毎の動き(特に呼吸による動き)が容易に認識できる。これは例えば医師の診断の参考になる。

40

## 【0111】

さらに、三次元形状生成部22は、三次元形状の不足部位について補間を行うので、測定点が間隔を空けて配置されている場合でも、人物2の連続した外形を得ることができる。

## 【0112】

## 【発明の効果】

以上のように、本発明によれば、対象領域にパターン光を投影する投影装置と、前記投影装置から第1の間隔をもって配置され前記パターン光が投影された対象領域を撮像する第1の撮像装置とを有する第1の三次元センサと、前記対象領域にパターン光を投影する投

50

影装置と、前記投影装置から前記第1の間隔よりも長い第2の間隔をもって配置され前記パターン光が投影された対象領域を撮像する第2の撮像装置とを有する第2の三次元センサと、前記第1の三次元センサで得られた像上のパターンの移動に基づいて、前記対象領域に存在する対象物の外形情報を得る三次元情報演算手段と、前記第2の三次元センサで得られた像上のパターンの移動に基づいて、前記対象物の変動情報を得る変動情報演算手段と、前記外形情報と前記変動情報を合成する情報合成手段とを備えるので、対象物の状態を容易且つ正確に把握できる三次元形状測定装置を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施の形態である監視装置の概略を示す模式的な外観図である。

【図2】本発明の実施の形態である投影装置を説明する模式的な斜視図である。

10

【図3】本発明の実施の形態である監視装置の構成例を示すブロック図である。

【図4】本発明の実施の形態での輝点の移動の概念について説明する概念的な斜視図である。

【図5】図4の場合での結像面に結像した輝点について説明する模式図である。

【図6】本発明の実施の形態での第1の撮像装置と第2の撮像装置との輝点の対応付けの際の座標の変換について説明する線図である。

【図7】図6の場合での相似の利用について説明する線図である。

【図8】本発明の実施の形態での対象物の高さの算出について説明する線図である。

【図9】本発明の実施の形態である三次元形状生成部により生成された三次元形状について説明する模式図である。

20

【図10】図9の場合での三次元形状に変動情報を合成した結果の例を示す、(a)は腹部に上方向の動きがある場合を示す模式図、(b)は胸部に下方向の動きがある場合を示す模式図である。

【図11】本発明の実施の形態で用いる、呼吸の波形パターンについて示した線図である。

【図12】本発明の実施の形態である投影装置により投影するパターン光に複数の輝線を用いた場合の監視装置の概略を示す模式的な外観図である。

【図13】図12の場合での結像面に結像した輝線について説明する模式図である。

【図14】本発明の実施の形態である第1の撮像装置と第2の撮像装置を共通とし、投影装置を2つ備える場合の監視装置の概略を示す模式的な外観図である。

30

【符号の説明】

1 監視装置

2 人物

3 ベッド

10 F G センサ

10a 第1のF G センサ

10b 第2のF G センサ

11 投影装置

11a パターン

11b 輝点

40

12 撮像装置

12a 第1の撮像装置

12b 第2の撮像装置

14 測定装置

20 演算装置

21 制御部

22 三次元形状生成部

23 変動情報演算部

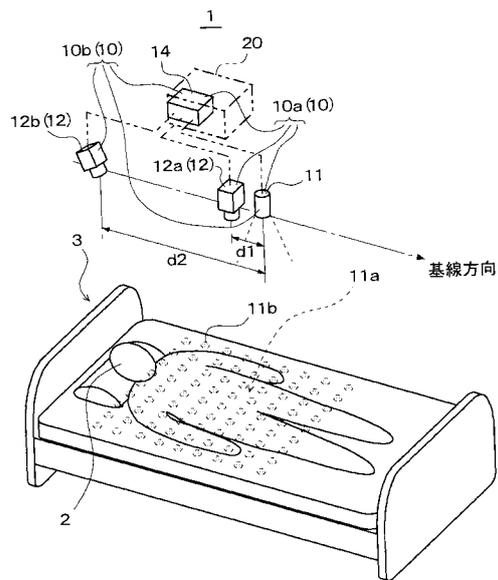
24 出力情報生成部

25 動き判別部

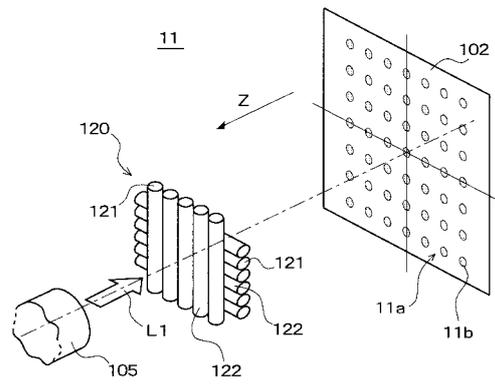
50

- 2 6 異常判定部
- 4 0 ディスプレイ
- 1 0 2 平面
- 1 0 3 物体
- 1 0 5 光束発生部
- 1 2 0 グレーティング
- 1 2 1 光ファイバー
- 1 2 2 F G 素子

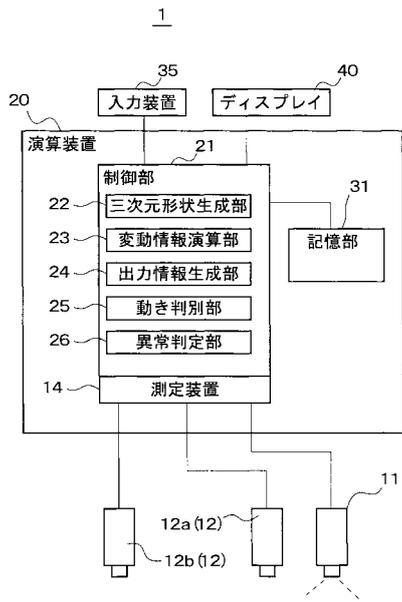
【 図 1 】



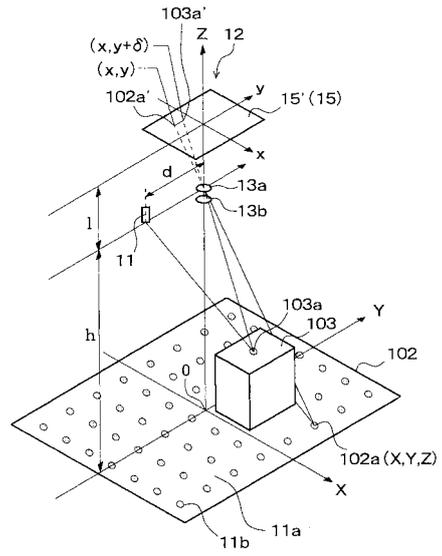
【 図 2 】



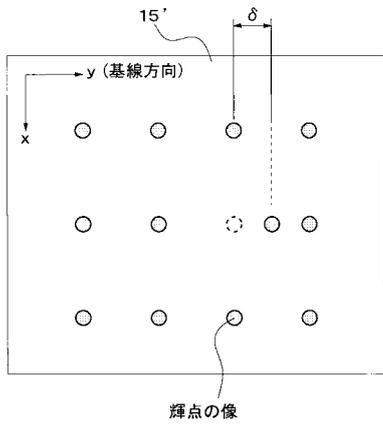
【 図 3 】



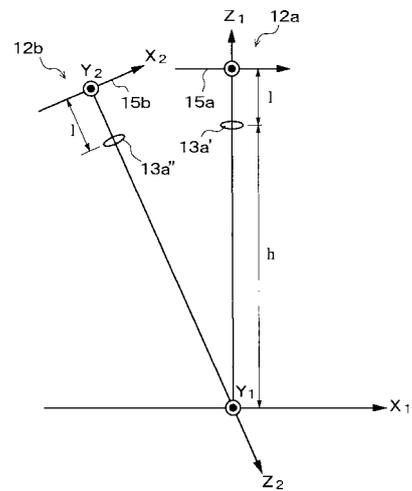
【 図 4 】



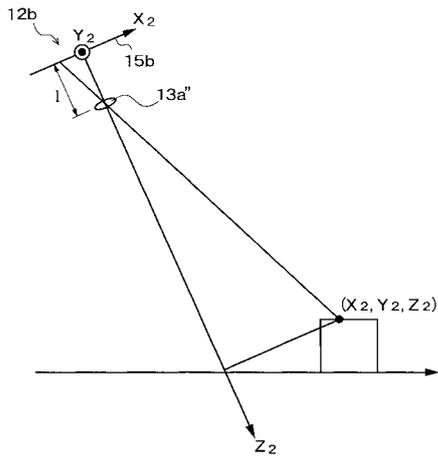
【 図 5 】



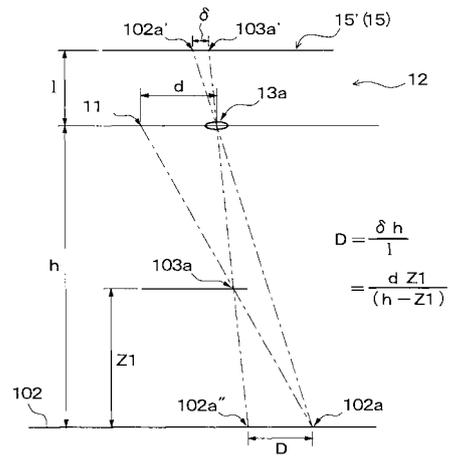
【 図 6 】



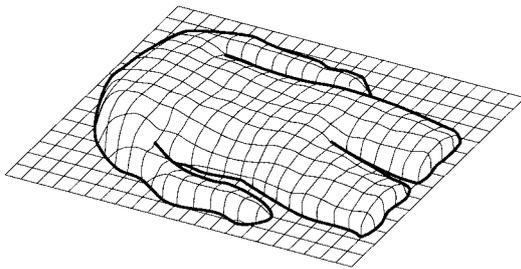
【 図 7 】



【 図 8 】

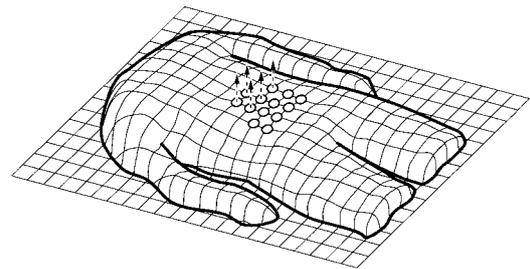


【 図 9 】

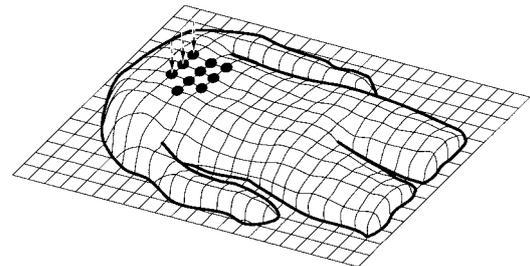


【 図 10 】

(a)



(b)





## フロントページの続き

(51) Int.Cl. F I  
**A 6 1 B 5/11 (2006.01)** A 6 1 B 5/10 3 1 0 A

- (72)発明者 佐藤 勲  
 神奈川県横浜市港北区日吉3 - 1 4 - 1 慶應義塾大学大学院理工学研究科内
- (72)発明者 青木 広宙  
 神奈川県横浜市港北区日吉3 - 1 4 - 1 慶應義塾大学大学院理工学研究科内
- (72)発明者 中島 真人  
 神奈川県横浜市港北区日吉3 - 1 4 - 1 慶應義塾大学理工学部内
- (72)発明者 味村 一弘  
 東京都千代田区六番町6番地28 住友大阪セメント株式会社内
- (72)発明者 竹村 安弘  
 東京都千代田区六番町6番地28 住友大阪セメント株式会社内
- (72)発明者 加藤 圭  
 東京都千代田区六番町6番地28 住友大阪セメント株式会社内
- (72)発明者 武居 利治  
 東京都千代田区六番町6番地28 住友大阪セメント株式会社内

審査官 岡田 卓弥

- (56)参考文献 特開2002 - 175582 (JP, A)  
 特開2001 - 037742 (JP, A)  
 特開2002 - 122416 (JP, A)  
 特表2001 - 505302 (JP, A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)  
 G01B 11/00-11/30  
 A61B 5/00- 5/10