

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号
特開2010-54283
(P2010-54283A)

(43) 公開日 平成22年3月11日(2010.3.11)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
GO 1 B 11/16 (2006.01)	GO 1 B 11/16 H	2 F 0 6 5
GO 6 T 17/40 (2006.01)	GO 6 T 17/40 A	5 B 0 5 0
GO 6 T 1/00 (2006.01)	GO 6 T 1/00 3 1 5	5 B 0 5 7

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 17 頁)

(21) 出願番号	特願2008-218317 (P2008-218317)	(71) 出願人	000002107
(22) 出願日	平成20年8月27日 (2008. 8. 27)		住友重機械工業株式会社
			東京都品川区大崎二丁目1番1号
		(74) 代理人	100091340
			弁理士 高橋 敬四郎
		(74) 代理人	100105887
			弁理士 来山 幹雄
		(74) 代理人	100141302
			弁理士 鶴飼 伸一
		(72) 発明者	森田 洋
			神奈川県横須賀市夏島町19番地 住友重
			機械工業株式会社横須賀製造所内
		(72) 発明者	安藤 学
			神奈川県横須賀市夏島町19番地 住友重
			機械工業株式会社横須賀製造所内
			最終頁に続く

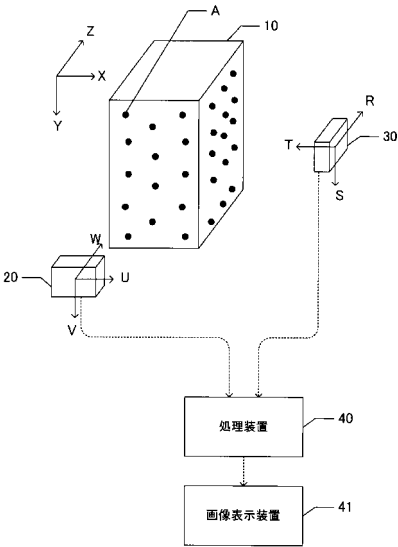
(54) 【発明の名称】 形状変化測定装置及び方法

(57) 【要約】

【課題】 観測対象物の形状の変化の表示することが可能な形状変化測定装置を提供する。

【解決手段】 第1の観測装置が、測定対象マークを観測し、該測定対象マークの位置情報を取得する。画像出力装置が画像を出力する。制御装置が、第1の観測装置及び画像出力装置を制御する。制御装置は、測定対象物に対応する解析モデルを複数の有限要素に区分し、有限要素の節点の位置を記憶し、測定対象物上に定義された複数の測定対象マークの位置を記憶し、測定対象マークの各々の位置情報の時刻暦を、前記第1の観測装置から取得し、第1の観測装置から取得した位置情報の時刻暦に基づいて、節点の各々の変位を算出し、節点の各々の変位に基づいて、測定対象物の形状または姿勢の変化を、画像出力装置表示させる。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

測定対象マークを観測し、該測定対象マークの位置情報を取得する第 1 の観測装置と、
画像を出力する画像出力装置と、
前記第 1 の観測装置及び前記画像出力装置を制御する制御装置と
を有し、
前記制御装置は、
測定対象物に対応する解析モデルを複数の有限要素に区分し、該有限要素の節点の位置
を記憶し、
前記測定対象物上に定義された複数の測定対象マークの位置を記憶し、
前記測定対象マークの各々の位置情報の時刻暦を、前記第 1 の観測装置から取得し、
前記第 1 の観測装置から取得した前記位置情報の時刻暦に基づいて、前記節点の各々の
変位を算出し、
前記節点の各々の変位に基づいて、前記測定対象物の形状または姿勢の変化を、前記画
像出力装置に表示させる形状変化測定装置。

10

【請求項 2】

前記第 1 の観測装置は、レンズと受像面とを含み、前記レンズを介して前記受像面上に
投影された画像の画像データを前記制御装置に出力し、
前記制御装置は、
前記第 1 の観測装置から取得した前記画像データの時刻暦に基づいて、前記受像面内
における前記測定対象マークの位置の時刻暦を求め、
前記受像面内における前記測定対象マークの位置の時刻暦から、該測定対象マークの変
位の時刻暦を算出し、
前記測定対象マークの変位の時刻暦に基づいて、前記節点の変位の時刻暦を算出する請
求項 1 に記載の形状変化測定装置。

20

【請求項 3】

前記第 1 の観測装置の前記レンズの光軸に一致する W 軸、該レンズの主点を通過して W
軸に直交し、かつ相互に直交する U 軸及び V 軸により第 1 のローカル座標系を定義したと
き、
前記制御装置は、
前記受像面上における像の変位を、W 軸を基準とした極角の変化量、及び U W 平面を基
準とした方位角の変化量に換算し、
前記節点の各々の変位を、W 軸を基準とした極角の変化量と U V 平面を基準とした方位
角の変化量とで表し、
前記節点の各々の、W 軸を基準とした極角の変化量と、U V 平面を基準とした方位角の
変化量とに基づいて、該節点の変位を算出する請求項 2 に記載の形状変化測定装置。

30

【請求項 4】

さらに、測定対象マークを観測し、該測定対象マークの位置情報を取得する第 2 の観測
装置を有し、
前記第 2 の観測装置は、レンズと受像面とを含み、該レンズを介して該受像面上に投影
された画像の画像データを前記制御装置に出力し、
前記第 2 の観測装置の前記レンズの光軸に一致する T 軸、該レンズの主点を通過して T
軸に直交し、かつ相互に直交する R 軸及び S 軸により第 2 のローカル座標系を定義したと
き、
前記制御装置は、
前記節点の各々の変位を算出する際に、W 軸を基準とした極角の変化量及び U V 平面を
基準とした方位角の変化量のみならず、T 軸を基準とした極角の変化量及び R T 平面を基
準とした方位角の変化量に基づいて、前記節点の各々の変位を算出する請求項 3 に記載の
形状変化測定装置。

40

【請求項 5】

50

測定対象物に対応する解析モデルを複数の有限要素に区分し、有限要素同士の節点の位置を確定する工程と、

前記測定対象物に固定された複数の測定対象マークの位置の時刻暦を測定する工程と、

前記測定対象マークの位置の時刻暦に基づいて、前記節点の各々の変位の時刻暦を算出する工程と、

前記節点の各々の変位の時刻暦に基づいて、前記測定対象物の形状の変化を画像として表示する工程と

を有する形状変化測定方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

10

【0001】

本発明は、測定対象物に固定された複数の測定対象マークの変位を測定し、測定結果に基づいて測定対象物の形状の変化を画像として表示する形状変化測定装置及び方法に関する。

【背景技術】

【0002】

2台のカメラを用いて同一のマークを撮像することにより、ステレオ計測を行うことができる（特許文献1）。一般的なステレオ計測を行う際には、2つのカメラのレンズの光軸を相互に平行に配置し、光軸方向に関して、2つのカメラのレンズの主点の位置を一致させる。1つの目標マークを2つのカメラで同時に撮像することにより、目標マークの位置を検出することができる。

20

【0003】

【特許文献1】特開2003-242485号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

従来のステレオ計測においては、2つのカメラの位置及び姿勢に高い精度が要求される。また、1つのマークを2つのカメラで同時に撮像する必要があるため、計測時のカメラの設置条件が制約を受ける。また、静止したマークの位置の測定には有用であるが、マークの位置の変位の時刻暦の測定には適さない。

30

【課題を解決するための手段】

【0005】

本発明の一観点によると、

測定対象マークを観測し、該測定対象マークの位置情報を取得する第1の観測装置と、画像を出力する画像出力装置と、

前記第1の観測装置及び前記画像出力装置を制御する制御装置とを有し、

前記制御装置は、

測定対象物に対応する解析モデルを複数の有限要素に区分し、該有限要素の節点の位置を記憶し、

40

前記測定対象物上に定義された複数の測定対象マークの位置を記憶し、

前記測定対象物に力学的作用を与えたときの、前記測定対象マークの各々の位置情報の時刻暦を、前記第1の観測装置から取得し、

前記第1の観測装置から取得した前記位置情報の時刻暦に基づいて、前記節点の各々の変位を算出し、

前記節点の各々の変位に基づいて、前記測定対象物の形状または姿勢の変化を、前記画像出力装置表示させる形状変化測定装置が提供される。

【0006】

本発明の他の観点によると、

測定対象物に対応する解析モデルを複数の有限要素に区分し、有限要素同士の節点の位

50

置を確定する工程と、

前記測定対象物に固定された複数の測定対象マークの位置の時刻暦を測定する工程と、
前記測定対象マークの位置の時刻暦に基づいて、前記節点の各々の変位の時刻暦を算出する工程と、

前記節点の各々の変位の時刻暦に基づいて、前記測定対象物の形状の変化を画像として表示する工程と

を有する形状変化測定方法が提供される。

【発明の効果】

【0007】

実際に観測した観測対象マークの変位量から、節点の変位量を算出することにより、観測対象物の形状の変化を画像表示することが可能になる。これにより、形状の変化を容易に視認することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0008】

図1に、実施例による形状変化測定装置の概略図を示す。XYZ直交座標系（グローバル座標系）が定義された空間に、測定対象物10が配置される。測定対象物10の表面に、複数の測定対象マークAが固定されている。測定対象マークAは、測定対象物10の表面に直接描画することにより形成してもよいし、マークが形成された部材を測定対象物10の表面に貼り付けてもよい。

【0009】

測定対象物10は、外力が加えられることにより変形する。測定対象物10が変形すると、測定対象マークAが変位する。

【0010】

第1の観測装置20及び第2の観測装置30が、測定対象マークAを観測する。第1の観測装置20及び第2の観測装置30には、例えば、デジタルカメラが用いられる。観測対象マークAに、1からnまで通番を付したとき、一部の観測対象マーク $A_1 \sim A_i$ が第1の観測装置20で観測され、他の観測対象マーク $A_{i+1} \sim A_n$ が第2の観測装置30で観測される。なお、すべての観測対象マーク $A_1 \sim A_n$ が、両方の観測装置20及び30で観測されるようにしてもよいし、一部の観測対象マーク $A_j \sim A_{j+m}$ が、両方の観測装置20及び30で観測されるようにしてもよい。

【0011】

第1の観測装置20及び第2の観測装置30の各々は、レンズと受像面とを含む。第1の観測装置20に固定された第1のローカル座標系が定義され、第2の観測装置30に固定された第2のローカル座標系が定義される。第1のローカル座標系は、第1の観測装置20のレンズの光軸に一致するW軸、W軸に垂直で、かつ相互に直交するU軸及びV軸で定義され、その原点は、レンズの主点に一致する。受像面は、UV面に平行である。第2のローカル座標系は、第2の観測装置30のレンズの光軸に一致するT軸、T軸に垂直で、かつ相互に直交するR軸及びS軸で定義され、その原点は、レンズの主点に一致する。受像面は、RS面に平行である。

【0012】

第1の観測装置20及び第2の観測装置30で撮像された画像データが、処理装置40に入力される。処理装置40は、入力された画像データを処理し、観測対象物10の形状変化の時刻暦を求める。形状変化の時刻暦は、画像表示装置41に画像として表示される。

【0013】

図2に、実施例による形状変化測定方法のフローチャートを示す。まず、ステップSA1において、CADを用いて測定対象物の形状を定義する。測定対象物の形状は、CAD座標系内に定義される。

【0014】

ステップSA2において、CAD座標系と関連付けたグローバル座標系（XYZ座標系

10

20

30

40

50

）を定義する。通常は、C A D座標系をグローバル座標系として採用すればよい。

【0015】

ステップS A 3において、C A Dで定義された測定対象物を、仮想的に複数の有限要素に分割する。

【0016】

図3に、有限要素に分割された測定対象物10を示す。測定対象物10の表面に複数の測定対象マークAが固定されている。図3は、測定対象物10が立方体の多数の要素に分割された例を示している。各要素の頂点に節点Bが画定される。各要素を、多角形の表面を持つ任意の立体形状としてもよい。この場合、多角形の表面の頂点が節点Bとなる。制御装置40は、グローバル座標系における各節点Bの位置を記憶する。

10

【0017】

ステップS A 4において、実際の測定対象物10に取り付けられている測定対象マークAのグローバル座標系における位置を、制御装置40に記憶させる。

【0018】

ステップS A 5において、グローバル座標系が定義された空間内に、第1の観測装置20及び第2の観測装置30を配置し、固定する。制御装置40に、第1の観測装置20及び第2の観測装置30の、グローバル座標系内における位置と姿勢を記憶させる。第1の観測装置20の位置は、そのレンズの主点のグローバル座標で特定される。第1の観測装置20の姿勢は、そのレンズの光軸、即ちW軸の方向と、U軸の方向とで特定される。同様に、第2の観測装置30の位置は、そのレンズの主点のグローバル座標で特定され、姿勢は、T軸及びR軸の方向で特定される。

20

【0019】

実施例では、第1の観測装置20に固定された第1のローカル座標系のW軸が、グローバル座標系のZ軸に平行になり、第2の観測装置30に固定された第2のローカル座標系のT軸が、グローバル座標系のX軸に平行になるように、第1及び第2の観測装置20、30を配置した。この配置の場合、第1の観測装置20は、W軸に直交する方向、すなわちX Y面内方向の変位を観測し、第2の観測装置30は、T軸に直交する方向、すなわちY Z面内方向の変位を観測することができる。

【0020】

観測対象物10に予想される変形に応じて、第1及び第2の観測装置20、30を配置することが好ましい。例えば、外力の向きがX Y面に平行であり、その大きさがZ方向に関してほぼ一定であれば、測定対象物10の変形は、ほぼX Y面に平行な方向に生じると予測される。この変形は、主として第1の観測装置20によって観測することができる。

30

【0021】

以下の説明では、観測対象物10が、主としてX Y面内に平行な方向に変形すると予測される場合について説明する。

【0022】

ステップS A 6において、測定対象物10に外力を加えながら、観測対象マークAを、第1の観測装置20及び第2の観測装置30で撮像する。撮像された画像データは、制御装置40に入力される。制御装置40は、画像解析を行うことにより、受像面内における観測対象マークAの像の位置を計測する。以下の工程では、第1の観測装置20で取得された画像データの処理について説明する。第2の観測装置30で取得された画像データの処理も、同様に行われる。

40

【0023】

第1の観測装置20の受像面は、第1のローカル座標系のU V面に平行である。このため、受像面内の位置は、U座標及びV座標で特定される。観測時刻 t_0 、 t_1 、 $t_2 \cdots$ における画像データを解析することにより、これらの観測時刻における観測対象マークAの受像面内の位置、すなわち(U, V)座標を検出する。以下、観測対象マークA₁の位置の検出方法の一例について説明する。

【0024】

50

まず、画像データから、観測対象マーク A_1 を含む長方形の領域を切り取る。切り取られた領域の (U, V) 座標、例えば長方形の1つの頂点の (U, V) 座標を記憶する。切り取られた画像データに、ノイズ除去を目的として、低域通過フィルタ、または収縮膨張操作等の処理を行う。ノイズが除去された画像データを用い、切り取られた領域内における観測対象マーク A_1 の位置を検出する。

【0025】

マーク位置の検出には、重心演算かピーク値検出法を用いることが好ましい。マークの像がぼやけている場合があるため、エッジ検出法やパターンマッチング法による位置検出は適さない。光強度にしきい値を設定し、しきい値以上の画素についてのみ重心演算を行うことにより、背景の光強度の強弱の影響を受けにくくすることができる。

10

【0026】

切り取られた領域の位置、及び切り取られた領域内における観測対象マーク A_1 の位置により、受像面内における観測対象マーク A_1 の (U, V) 座標を算出することができる。同様の方法で、他の観測対象マーク $A_2 \sim A_n$ の (U, V) 座標を求める。

【0027】

図4に示すように、観測対象マーク $A_1, A_2 \dots$ ごとに、座標及び変位量の時刻暦テーブルが準備されている。この時刻暦テーブルには、時刻ごとに、 (U, V) 座標及び変位量 $(\Delta U, \Delta V)$ を記憶する領域が確保されている。求められた (U, V) 座標の値を、図4に示した時刻暦テーブルの (U, V) 座標記憶領域に記憶する。

20

【0028】

ステップS A 7において、観測対象マーク A の各々の受像面内における時刻暦から、観測対象マーク A の各々について、観測時刻ごとの変位を計算する。例えば、観測対象マーク A_1 の時刻 t_0 及び t_1 における位置が (U_{10}, V_{10}) 及び (U_{11}, V_{11}) である場合、観測時刻 t_1 における観測対象マーク A_1 の変位 $(\Delta U_{11}, \Delta V_{11})$ は、 $(U_{11} - U_{10}, V_{11} - V_{10})$ になる。図4に示した時刻暦テーブルの変位量記憶領域に、計算により求められた変位量 $(\Delta U, \Delta V)$ を記憶する。

【0029】

次に、観測対象マークごと、及び観測時刻ごとの変位量から、 (U, V) 座標上で抽出された複数の点（抽出点）における変位量を観測時刻ごとに算出し、算出結果を記憶する。以下、抽出点の変位量を算出する方法について説明する。

30

【0030】

図5に、算出された変位量を記憶するテーブルの一例を示す。観測時刻ごとに、抽出点の変位量を記憶するテーブルが準備されている。抽出点は、例えば、 U 軸方向及び V 軸方向に、ある格子間隔で設けた正方格子の格子点に一致するように抽出される。抽出点の U 座標は、 $U_1, U_2, U_3 \dots$ となり、 V 座標は、 $V_1, V_2, V_3 \dots$ となる。抽出点ごとに、変位量 $(\Delta U, \Delta V)$ を記憶する領域が確保されている。

【0031】

図6を参照して、抽出点 (U_i, V_j) における変位量の算出方法について説明する。 (U, V) 平面上に、複数の観測対象マーク $A_1 \sim A_n$ が分布する。観測時刻 t_1 における観測対象マーク $A_1 \sim A_n$ の各々の U 軸方向の変位量 ΔU は、図4に示したように既に求められている。抽出点 (U_i, V_j) における変位量は、変位量が既知の複数の点の変位量から、例えば補間演算等により推測することができる。 V 軸方向の変位量 ΔV も、同様に推測することができる。観測時刻 t_2 以降の各観測時刻について同様の処理を行い、観測時刻ごとに、図5に示したテーブルの変位量記憶領域に、算出された変位量を格納する。

40

【0032】

なお、図5に示した変位量記憶用のテーブルを準備する代わりに、変位量の近似関数を決定してもよい。変位量の近似関数 f_u, f_v は、受像面上の位置を (U, V) とし、経過時間を t として、下記のように表記することができる。

$$\Delta U = f_u(U, V, t)$$

50

$$\Delta V = f_v(U, V, t)$$

ステップ S A 8 において、レンズ特性を考慮して、受像面上の (U, V) 座標を、第 1 のローカル座標系の W 軸を基準とした極角 θ 、及び U W 面を基準とした方位角 ϕ に変換する。さらに、変位量 ΔU 及び ΔV も、極角の変化量 $\Delta \theta$ 及び方位角の変化量 $\Delta \phi$ に変換する。以下、変換方法について説明する。

【0033】

図 7 に示すように、レンズが薄い単レンズの場合、レンズの主点 2 1 から受像面 2 2 までの距離 L が既知であれば、観測対象マーク A の像 A I の (U, V) 座標を、(θ , ϕ) に変換することができる。さらに、変位量 (ΔU , ΔV) を、角度の変化量 ($\Delta \theta$, $\Delta \phi$) に変換することができる。なお、複合レンズを用いる場合にも、レンズ特性に基づいて、変位量 (ΔU , ΔV) を角度の変化量 ($\Delta \theta$, $\Delta \phi$) に変換することができる。

10

【0034】

図 8 に示すように、観測時刻ごとに、抽出点に対応する (θ , ϕ) 座標と、角度の変化量 ($\Delta \theta$, $\Delta \phi$) との関係を示す角度変化量テーブルが準備されている。角度変化量テーブルには、抽出点ごとに、角度変化量を記憶する領域が確保されている。変換により算出された角度変化量 ($\Delta \theta$, $\Delta \phi$) を、角度変化量の記憶領域に格納する。

【0035】

なお、図 8 に示した角度変化量テーブルの代わりに、角度変化量の近似関数を決定してもよい。角度変化量の近似関数 f_θ 、 f_ϕ は、極角を θ 、方位角を ϕ 、経過時間を t として、下記のように表記することができる。

20

$$\Delta \theta = f_\theta(\theta, \phi, t)$$

$$\Delta \phi = f_\phi(\theta, \phi, t)$$

ステップ S A 9 において、図 8 に示した角度変化量テーブルに基づいて、第 1 の観測装置 2 0 で観測されている表面上の節点 B の各々の角度変化量 ($\Delta \theta$, $\Delta \phi$) を、観測時刻ごとに算出する。

【0036】

節点 B のグローバル座標は、ステップ S A 3 で既に記憶されている。グローバル座標系と第 1 のローカル座標系との関係は、ステップ S A 5 で既に記憶されているため、節点 B のグローバル座標から、当該節点 B のローカル座標 (θ , ϕ) を求めることができる。図 8 に示した角度変化量テーブルを参照して、節点 B のローカル座標 (θ , ϕ) から、その角度変化量 ($\Delta \theta$, $\Delta \phi$) を、補間演算等により算出することができる。

30

【0037】

図 9 に示すように、節点 B₁、B₂・・・の角度変化量 ($\Delta \theta$, $\Delta \phi$) の時刻暦を記憶するためのテーブルが準備されている。このテーブルには、節点ごと、及び観測時刻ごとに、角度変化量 ($\Delta \theta$, $\Delta \phi$) を記憶する領域が確保されている。算出された角度変化量 ($\Delta \theta$, $\Delta \phi$) を、図 9 に示したテーブルの角度変化量記憶領域に格納する。

【0038】

ステップ S A 1 0 において、第 1 の観測装置 2 0 で観測されている表面上の節点 B の各々の角度変化量 ($\Delta \theta$, $\Delta \phi$) を、グローバル座標系における変位量 (ΔX , ΔY) に変換する。

40

【0039】

図 1 0 を参照して、節点 B₁ の角度変化量 ($\Delta \theta$, $\Delta \phi$) を、グローバル座標系における変位量 (ΔX , ΔY) に変換する方法について説明する。第 1 の観測装置 2 0 では、第 1 のローカル座標系の W 軸に垂直な方向への変位を計測することとしたため、節点 B₁ の変位方向は、W 軸に垂直であると仮定する。

【0040】

節点 B₁ を含み W 軸に垂直な仮想平面 S_w を定義する。第 1 のローカル座標系において (θ , ϕ) 方向に延びる仮想直線と仮想平面 S_w との交点が、時刻 $t = t_i$ における節点 B₁ に一致する。($\theta + \Delta \theta$, $\phi + \Delta \phi$) 方向に延びる仮想直線と仮想平面 S_w との交点が、時刻 $t = t_{i+1}$ における節点 B₁ に一致する。このようにして、時刻 t_i から t_{i+1}

50

+ 1 までの節点 B_1 の変位 (ΔX , ΔY) を算出することができる。

【0041】

外力が Z 方向に関して均一であり、その向きが XY 面に平行である場合には、各節点の変位量は、Z 方向に関してほぼ一定であると考えられる。この条件下で、第 1 の観測装置 20 で観測される表面上の節点以外の節点の変位量を算出することができる。具体的には、点 (X , Y , Z) の節点の変位量は、(X , Y) 座標が、この節点の (X , Y) 座標と等しく、かつ第 1 の観測装置 20 で観測される表面上に位置する節点の変位量と同一であると推測される。

【0042】

図 11 に示すように、節点 B_1 、 B_2 ・・・の各々の変位 (ΔX , ΔY) を記憶する変位時刻暦テーブルが準備されている。このテーブルには、節点ごと、及び観測時刻ごとに、変位 (ΔX , ΔY) を記憶するための領域が確保されている。算出された変位量を、この変位量時刻暦テーブルの該当記憶領域に格納する。

10

【0043】

第 2 の観測装置 30 で得られた画像データにより、同様の方法で、第 2 の観測装置 30 で観測される表面上の節点の各々の観測時刻ごとの変位 (ΔY , ΔZ) が求まる。第 2 の観測装置 30 で得られた画像データに基づいて算出された各節点の変位 ΔY が、Z 方向に関してほぼ一定であれば、第 1 の観測装置 20 で得られた画像データに基づいて算出された変位 (ΔX , ΔY) が Z 方向に関してほぼ一定であるという予測が妥当であったことがと確認される。

20

【0044】

ステップ SA11 において、図 11 に示した節点の変位量時刻暦テーブルに基づいて、測定対象物 10 の形状の変化の様子を、画像表示装置 41 に動画として表示する。

【0045】

図 12 に、画像表示装置 41 の概略図を示す。表示画面内に対象物表示領域 42 が確保されており、その外側に、操作部 43、経過時間表示バー 44、及び表示指令部 45 が表示されている。対象物表示領域 42 内に、対象物が 3 次元的に表示される。操作部 43 を通して、表示開始、表示停止、表示一時停止等の操作を行う。経過時間表示バー 44 には、現在表示されている時刻までの経過時間が棒状に表示される。また、経過時間表示バーを介して観測開始からの経過時間を指定して、指定された時刻からの形状の変化を表示させることができる。

30

【0046】

表示指令部 45 を通して、対象物表示領域 42 内に表示されている画像の拡大、縮小、回転等の指示を行う。このため、種々の視点から観測対象物 10 の変形を確認することができる。なお、各節点の変位量を拡大して表示することができる。観測対象物の形状の変化が僅かである場合には、変位量を拡大して表示することにより、形状の変化を視認しやすくなる。

【0047】

測定対象物の形状を、時間の経過と共に連続的に表示することにより、測定対象物 10 の形状の変化を、視覚的に容易に把握することができる。各部の変形量を容易に把握できるようにするために、等変位量線を表示したり、変位量に応じて表示色を変えるコンター表示を行ってもよい。

40

【0048】

上記実施例では、観測対象物 10 が、主として XY 面に平行な方向にのみ変位するという条件を仮定した。次に、第 2 の観測装置 30 により、Z 方向への変位が検出された場合について説明する。

【0049】

図 13 に示すように、観測対象物 10 上の観測対象マーク A_i が、第 1 の観測装置 20 で観測され、観測対象マーク A_j が、第 2 の観測装置 30 で観測される。第 1 の観測装置 20 で取得された画像データの解析により、観測対象マーク A_i が、W 軸に垂直な方向、

50

すなわち XY 面に平行な方向に、 $A_i(t=t_i)$ から $A_i(t=t_{i+1})$ に変位したと推測される。同様に、第 2 の観測装置 30 で取得された画像データの解析により、観測対象マーク A_j が、 T 軸に垂直な方向、すなわち YZ 面に平行な方向に、 $A_j(t=t_i)$ から $A_j(t=t_{i+1})$ に変位したと推測される。

【0050】

観測対象マーク A_i 及び A_j の近傍の節点 B_k の変位は、観測対象マーク A_i 及び A_j の変位の影響を受ける。観測対象マーク A_i の変位のみを考慮すると、節点 B_k の変位先は、 XY 面に平行な方向に変位した点 B_{ki} と予測される。観測対象マーク A_j の変位のみを考慮すると、節点 B_k の変位先は、 YZ 面に平行な方向に変位した点 B_{kj} と予測される。実際の変位は、変位先 B_{ki} への変位と、変位先 B_{kj} への変位とを合成したものとなる。変位先 B_{ki} への変位と、変位先 B_{kj} への変位とを重み付けして合成することにより、実際の変位先 $B_k(t=t_{i+1})$ が求まる。重み付けは、節点 B_k から観測対象マーク A_i 及び A_j までの距離等を考慮して行う。

10

【0051】

一般的なステレオ計測においては、1 つの観測対象マークを 2 台のカメラで同時に観測しなければならない。上記実施例による方法では、2 台の観測装置 20、30 で、異なる観測対象マーク A_i 、 A_j を観測しても、節点 B_k の 3 次元方向の変位を推測することができる。なお、観測装置の数は、1 台または 2 台に限定されない。3 台以上の観測装置を用いてもよい。

【0052】

次に、1 つの観測対象マークを 2 台の観測装置 20、30 で観測する場合の変位の算出方法について説明する。

20

【0053】

図 14 に示すように、1 つの観測対象マーク A_i を第 1 の観測装置 20 及び第 2 の観測装置 30 の両方で観測している。第 1 の観測装置 20 で取得された画像データの解析により、 W 軸に対して垂直な方向への変位先 $A_{i1}(t=t_{i+1})$ が決定される。第 2 の観測装置 30 で取得された画像データの解析により、 T 軸に対して垂直な方向への変位先 $A_{i2}(t=t_{i+1})$ が決定される。実際の変位先 $A_i(t=t_{i+1})$ は、第 1 のローカル座標系の原点と変位先 $A_{i1}(t=t_{i+1})$ とを結ぶ直線 SL_1 と、第 2 のローカル座標系の原点と変位先 $A_{i2}(t=t_{i+1})$ とを結ぶ直線 SL_2 との交点に一致する。このようにして、実際の変位先 $A_i(t=t_{i+1})$ を算出することができる。

30

【0054】

上記実施例では、ステップ SA8 において、ローカル座標系における極角 θ 及び方位角 ϕ で、抽出点の位置及び変位を表している。極角 θ 及び方位角 ϕ は、観測装置と観測対象マークとの距離に依存する倍率の影響を受けない。倍率の違いを考慮して演算を行う必要がないため、変位量算出のための演算時間を短縮することが可能になる。

【0055】

次に、図 15 を参照して、観測対象物 10 に測定対象マークを固定する他の構成例について説明する。

【0056】

図 15 に示すように、例えば観測対象物 10 の 1 つの表面 14 が、第 1 の観測対象物 20 に対向している。第 1 の観測装置 20 から見て横方向を向く表面 15 に、複数のマーク表示部材 11 が取り付けられている。マーク表示部材 15 の各々は、表面 15 から突出しており、第 1 の観測装置 20 に対向する表面を含む。第 1 の観測装置 20 に対向する表面に、観測対象マーク C が表示されている。

40

【0057】

表面 15 が W 軸に平行である場合、表面 15 に直接描画したマークを第 1 の観測装置 20 で観測することはできない。図 15 に示したように、表面 15 から突出したマーク表示部材 11 を取り付けることにより、表面 15 に対して固定された観測対象マーク C を第 1 の観測装置 20 で観測することができる。

50

【0058】

図1に示した第2の観測装置30では、図15の表面15に固定された観測対象マークのX軸方向の変位を検出することができない。マーク表示部材11を用いて表面15に固定された観測対象マークCを、第1の観測装置20で観察することにより、観測対象マークCのX軸方向の変位を検出することが可能になる。

【0059】

W軸に直交し、表面15に含まれる方向（図15においてはV軸方向）に関して、マーク表示部材11同士が重ならないように配置することが好ましい。このように配置すると、表面15に固定されたすべての観測対象マークCを第1の観測装置20で観測することができる。

10

【0060】

W軸方向に関して異なる位置に配置される観測対象マークCのうち、第1の観測装置20の被写界深度内に位置するものは、受像面上に結像させることができる。被写界深度からはずれて受像面上に結像しない場合でも、重心演算等の手法を用いて、観測対象マークCの像の（U，V）座標を検出することができる。

【0061】

図16に、上記実施例による形状変化測定装置を搭載することができる射出成型機の正面図を示す。射出成型機340が、射出装置350及び型締装置370を含んで構成される。

【0062】

20

射出装置350は、加熱シリンダ351を備え、加熱シリンダ351に、樹脂を供給するホッパ352が配設される。また、加熱シリンダ351内に、スクリュー353が進退自在かつ回転自在に配設される。スクリュー353の後端は、支持部材354によって回転自在に支持される。支持部材354に、サーボモータ等の計量モータ355が駆動部として取り付けられている。計量モータ355の回転が、計量モータ355の出力軸361に取り付けられたタイミングベルト356を介して、被駆動部のスクリュー353に伝達される。計量モータ355の出力軸361の後端に、検出器362が直結している。検出器362は、計量モータ355の回転数または回転量を検出する。検出器362により検出された回転数または回転量に基づいて、スクリュー353の回転速度が求められる。

【0063】

30

射出装置350はさらに、スクリュー353と平行なねじ軸357を回転自在に備える。ねじ軸357の後端は、サーボモータ等の射出モータ359の出力軸363に取り付けられたタイミングベルト358を介して、射出モータ359に連結されている。従って、射出モータ359によってねじ軸357を回転させることができる。ねじ軸357の前端は支持部材354に固定されたナット360と螺合させられる。駆動部である射出モータ359を駆動し、タイミングベルト358を介して駆動伝達部であるねじ軸357を回転させると、支持部材354が前後進する。

【0064】

支持部材354に、荷重の検出器であるロードセル365が取り付けられている。支持部材354の前後進運動が、ロードセル365を介してスクリュー353に伝えられることにより、スクリュー353が前後進する。ロードセル365により検出された力に対応するデータが、制御装置310に送出される。射出モータ359の出力軸363の後端に、検出器364が直結している。検出器364は、射出モータ359の回転数または回転量を検出する。検出器364により検出された回転数及び回転量に基づいて、スクリュー353の前後進方向の移動速度または前後進方向の位置が求められる。

40

【0065】

型締装置370は、可動側の金型371が取り付けられた可動プラテン372と、固定側の金型373が取り付けられた固定プラテン374とを含む。可動プラテン372と固定プラテン374とは、タイバー375によって連結される。可動プラテン372はタイバー375に沿って摺動可能である。また、型締装置370は、トグル機構377を含む

50

。トグル機構 377 は、一端が可動プラテン 372 と連結し、他端がトグルサポート 376 と連結する。トグルサポート 376 の中央において、ボールねじ軸 379 が回転自在に支持されている。トグル機構 377 に設けられたクロスヘッド 380 に固定されたナット 381 が、ボールねじ軸 379 に螺合させられている。また、ボールねじ軸 379 の後端にプーリ 382 が配設され、サーボモータ等の型締モータ 378 の出力軸 383 とプーリ 382 との間に、タイミングベルト 384 が架け渡されている。

【0066】

型締装置 370 において、駆動部である型締モータ 378 を駆動すると、型締モータ 378 の回転が、タイミングベルト 384 を介して、駆動伝達部であるボールねじ軸 379 に伝達される。そして、ボールねじ軸 379 及びナット 381 によって、運動方向が回転運動から直線運動に変換され、トグル機構 377 が作動させられる。トグル機構 377 の作動により、可動プラテン 372 がタイバー 375 に沿って摺動し、型閉じ、型締め及び型開きが行われる。

【0067】

型締モータ 378 の出力軸 383 の後端に、検出器 385 が直結している。検出器 385 は、型締モータ 378 の回転数または回転量を検出する。検出器 385 により検出された回転数または回転量に基づいて、ボールねじ軸 379 の回転に伴って進退するクロスヘッド 380 の位置、または、トグル機構 377 によってクロスヘッド 380 に連結された被駆動部である可動プラテン 372 の位置が求められる。制御装置 310 が、計量モータ 355、射出モータ 359、型締モータ 378 を制御する。

【0068】

可動側の金型 371 と固定側の金型 373 との間に、キャビティ c a v が形成される。キャビティ c a v と加熱シリンダ 351 の内部とが連通している。

【0069】

型締めを行うと、可動側の金型 371 及び固定側の金型 373 に応力が印加され、これらの金型がわずかに変形する。射出成形品の形状の精密度を高めるために、金型のわずかな変形を観測することが望まれる。

【0070】

可動側の金型 371 と固定側の金型 373 の側面に複数の観測対象マークが固定される。これらの観測対象マークを、上記実施例による形状変化装置を用いて観測することにより、金型の変形の様子を画像により確認することができる。

【0071】

上記実施例では、観測対象マーク A の変位量を検出するための観測装置 20。30 にデジタルカメラを用いたが、他の方法で変位量を検出してもよい。例えば、レーザ変位計を用いて観測対象マークの変位量を検出することも可能である。

【0072】

以上実施例に沿って本発明を説明したが、本発明はこれらに制限されるものではない。例えば、種々の変更、改良、組み合わせ等が可能なことは当業者に自明であろう。

【図面の簡単な説明】

【0073】

【図 1】実施例による形状変化測定装置の概略図である。

【図 2】実施例による形状変化測定方法を示すフローチャートである。

【図 3】測定対象物を仮想的に複数の有限要素に分割した状態を示す線図である。

【図 4】観測対象マークの座標及び変位量の時刻暦を記憶するテーブルを示す線図である。

【図 5】抽出点 (U, V) の変位量 (ΔU , ΔV) を記憶するテーブルを示す線図である。

【図 6】観測対象マークの変位量から、抽出点の変位量を算出方法を説明するためのグラフである。

【図 7】受像面上の (U, V) 座標を、(θ , ϕ) 座標に変換する方法を説明するための

10

20

30

40

50

線図である。

【図 8】抽出点 (θ , ϕ) の角度変化量 ($\Delta \theta$, $\Delta \phi$) を記憶するテーブルを示す線図である。

【図 9】節点の角度変化量 ($\Delta \theta$, $\Delta \phi$) の時刻暦を記憶するテーブルを示す線図である。

【図 10】角度変化量 ($\Delta \theta$, $\Delta \phi$) を、グローバル座標系の変位量 (ΔX , ΔY) に変換する方法を説明するための線図である。

【図 11】節点の変位量 (ΔX , ΔY) の時刻暦を記憶するテーブルを示す線図である。

【図 12】実施例による形状変化測定装置に用いられる画像表示装置の概略図である。

【図 13】第 1 の観測装置で観測された観測対象マークの変位と、第 2 の観測装置で観測された他の観測対象マークの変位とに基づいて、節点の変位量を算出する方法を説明するための線図である。

【図 14】1 つの観測対象マークを、第 1 及び第 2 の観測装置で観測した場合に、観測対象マークの変位量を算出する方法を説明するための線図である。

【図 15】観測対象マークの固定方法の他の例を示す斜視図である。

【図 16】実施例による形状変化測定装置を装着することが可能な射出成型機の正面図である。

【符号の説明】

【0074】

10 観測対象物

11 マーク表示部材

20 第 1 の観測装置

30 第 2 の観測装置

40 処理装置

41 画像表示装置

42 対象物表示領域

43 操作部

44 経過時間表示バー

45 表示指令部

A、C 観測対象マーク

B 節点

X Y Z グローバル座標系

U V W 第 1 のローカル座標系

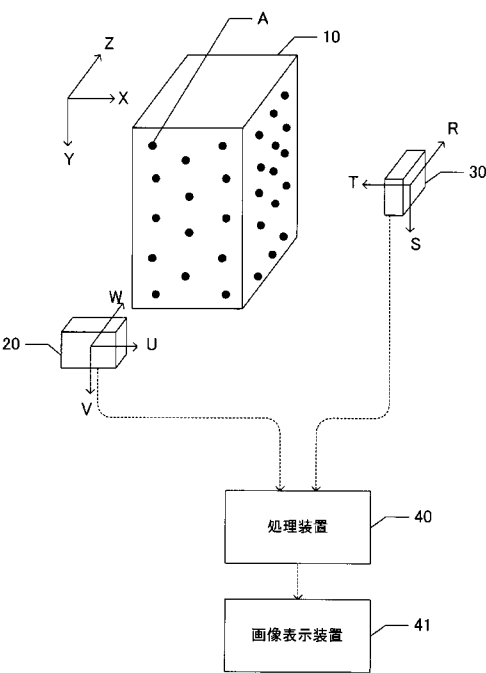
R S T 第 2 のローカル座標系

10

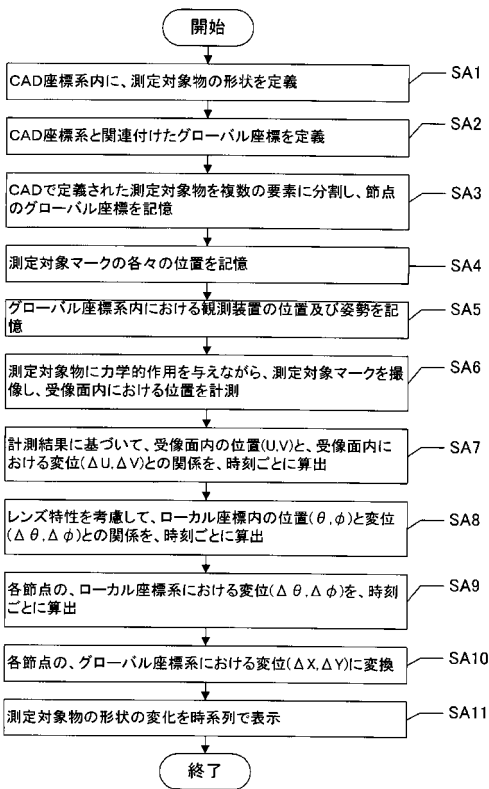
20

30

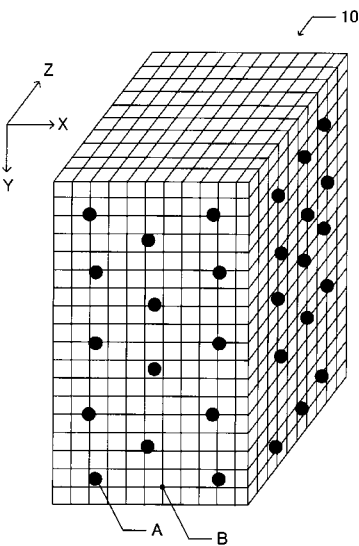
【 図 1 】



【 図 2 】



【 図 3 】



【 図 4 】

観測対象マーク A ₁		
時刻	座標	変位置
t ₀	(U ₁₀ , V ₁₀)	-
t ₁	(U ₁₁ , V ₁₁)	(ΔU ₁₁ , ΔV ₁₁)
t ₂	(U ₁₂ , V ₁₂)	(ΔU ₁₂ , ΔV ₁₂)
t ₃	(U ₁₃ , V ₁₃)	(ΔU ₁₃ , ΔV ₁₃)
t ₄	(U ₁₄ , V ₁₄)	(ΔU ₁₄ , ΔV ₁₄)
t ₅	(U ₁₅ , V ₁₅)	(ΔU ₁₅ , ΔV ₁₅)
t ₆	(U ₁₆ , V ₁₆)	(ΔU ₁₆ , ΔV ₁₆)
t ₇	(U ₁₇ , V ₁₇)	(ΔU ₁₇ , ΔV ₁₇)
・	・	・

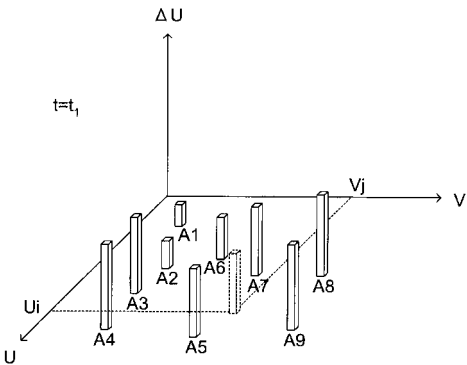
観測対象マーク A ₂		
時刻	座標	変位置
t ₀	(U ₂₀ , V ₂₀)	-
t ₁	(U ₂₁ , V ₂₁)	(ΔU ₂₁ , ΔV ₂₁)
t ₂	(U ₂₂ , V ₂₂)	(ΔU ₂₂ , ΔV ₂₂)
t ₃	(U ₂₃ , V ₂₃)	(ΔU ₂₃ , ΔV ₂₃)
t ₄	(U ₂₄ , V ₂₄)	(ΔU ₂₄ , ΔV ₂₄)
t ₅	(U ₂₅ , V ₂₅)	(ΔU ₂₅ , ΔV ₂₅)
t ₆	(U ₂₆ , V ₂₆)	(ΔU ₂₆ , ΔV ₂₆)
t ₇	(U ₂₇ , V ₂₇)	(ΔU ₂₇ , ΔV ₂₇)
・	・	・

【図 5】

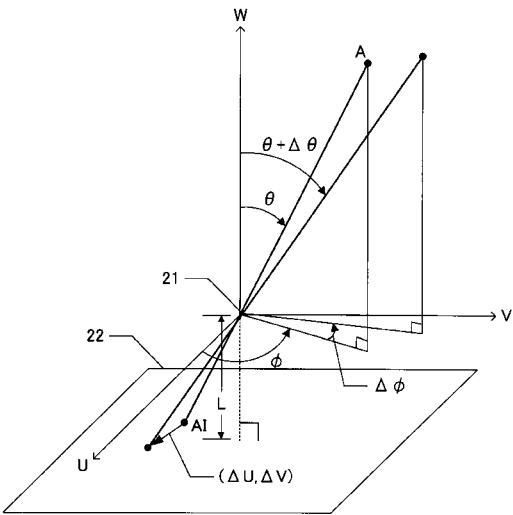
時刻 t_1						
	U_1	U_2	U_3	U_4	U_5	$\cdot$
V_1	$(\Delta U, \Delta V)$					
V_2						
V_3						
V_4						
V_5						
$\cdot$						

時刻 t_2						
	U_1	U_2	U_3	U_4	U_5	$\cdot$
V_1	$(\Delta U, \Delta V)$					
V_2						
V_3						
V_4						
V_5						
$\cdot$						

【図 6】



【図 7】



【図 8】

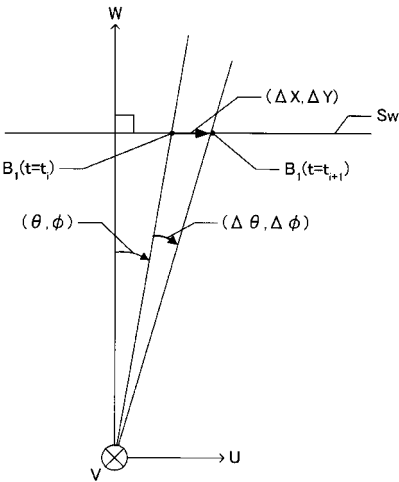
時刻 t_1						
	θ_1	θ_2	θ_3	θ_4	θ_5	$\cdot$
φ_1	$(\Delta\theta, \Delta\varphi)$					
φ_2						
φ_3						
φ_4						
φ_5						
$\cdot$						

時刻 t_2						
	θ_1	θ_2	θ_3	θ_4	θ_5	$\cdot$
φ_1	$(\Delta\theta, \Delta\varphi)$					
φ_2						
φ_3						
φ_4						
φ_5						
$\cdot$						

【図 9】

	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄	B ₅	•
t ₁	(Δθ, Δφ)					
t ₂						
t ₃						
t ₄						
t ₅						
•						

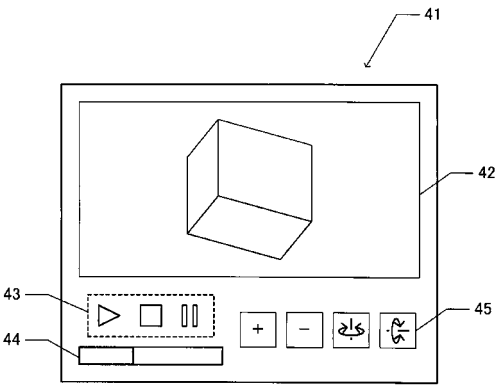
【図 1 0】



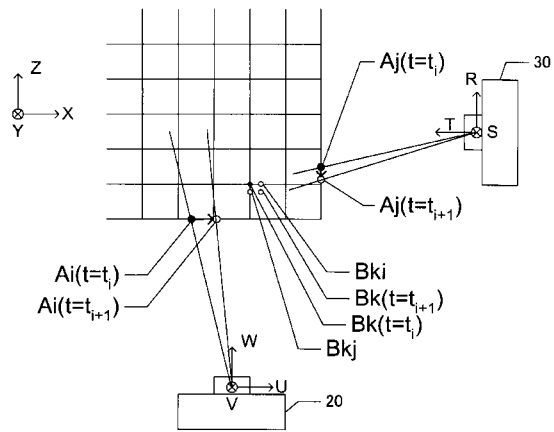
【図 1 1】

	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄	B ₅	•
t ₁	(ΔX, ΔY)					
t ₂						
t ₃						
t ₄						
t ₅						
•						

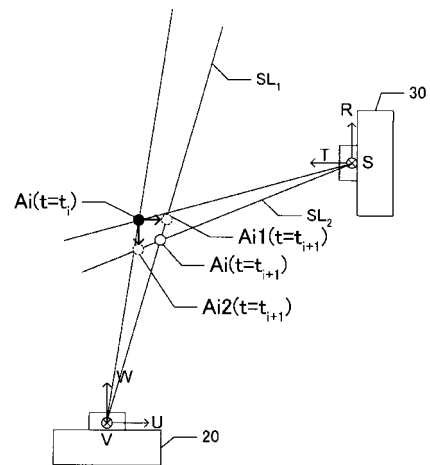
【図 1 2】



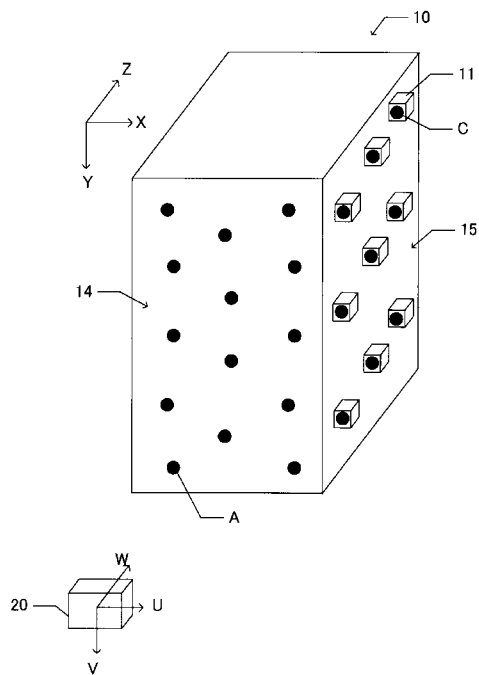
【図 13】



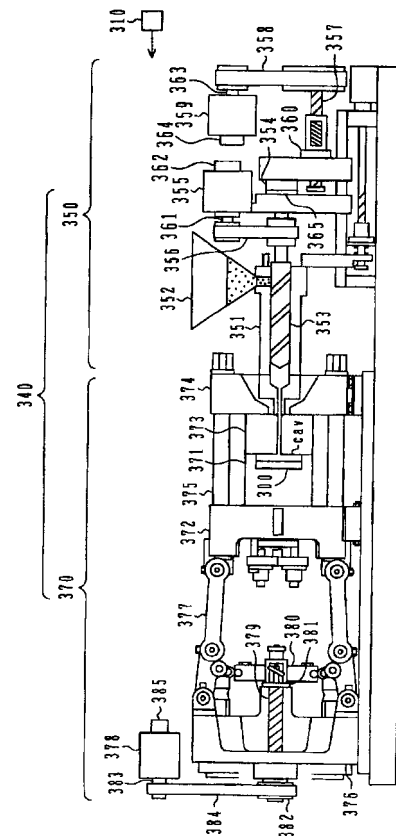
【図 14】



【図 15】



【図 16】



フロントページの続き

(72)発明者 加藤 敦

神奈川県横須賀市夏島町 1 9 番地 住友重機械工業株式会社横須賀製造所内

Fターム(参考) 2F065 AA03 AA09 AA17 AA31 AA53 AA65 BB27 DD06 FF04 FF32

JJ03 JJ05 JJ26 QQ33 QQ34 SS02 SS13

5B050 AA03 BA09 EA05 EA13 EA24 EA27 EA28 FA02

5B057 DA07 DB03 DC03 DC05 DC08 DC09 DC32