

(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2010-49501

(P2010-49501A)

(43) 公開日 平成22年3月4日 (2010. 3. 4)

(51) Int. Cl.	F I	テーマコード (参考)
GO 6M 11/00 (2006.01)	GO 6M 11/00 A	
GO 6M 7/00 (2006.01)	GO 6M 11/00 D	
	GO 6M 7/00 351	

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 17 頁)

(21) 出願番号 特願2008-213370 (P2008-213370)
 (22) 出願日 平成20年8月21日 (2008. 8. 21)

(71) 出願人 000005832
 パナソニック電工株式会社
 大阪府門真市大字門真1048番地
 (74) 代理人 100084375
 弁理士 板谷 康夫
 (74) 代理人 100121692
 弁理士 田口 勝美
 (74) 代理人 100125221
 弁理士 水田 慎一
 (72) 発明者 バネガス オスカル
 大阪府門真市大字門真1048番地 松下
 電工株式会社内

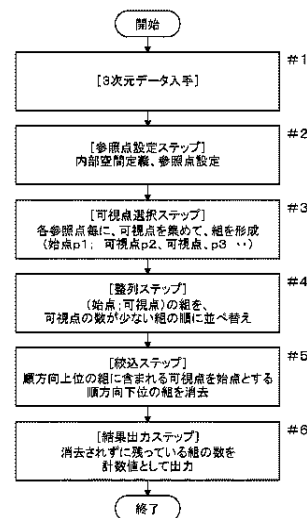
(54) 【発明の名称】 粒状物体の計数方法およびその方法を用いる計数装置

(57) 【要約】

【課題】 粒状物体の計数方法およびその方法を用いる計数装置において、粒状物体が3次元的に複雑に重なった場合であっても2次元画像に基づく計数方法よりも適用範囲を拡張可能とすると共に、計数精度を向上可能とする。

【解決手段】 粒状物体の集合物の外観表面に対して粒状物体の内部に相当する内部空間を定義し、内部空間に参照点を設定する参照点設定ステップ（#2）と、参照点を始点として内部空間のみを通して見える参照点を可視点とし、各始点について始点と可視点の組を形成する可視点選択ステップ（#3）と、前記組を可視点の数が少ない組の順に並べ替える整列ステップ（#4）と、可視点の数が少ない組から順に当該組に含まれる可視点と同一の点を始点とする順方向下位の組を消去する絞込ステップ（#5）と、絞込の後に残っている組の数を粒状物体の個数とする結果出力ステップ（#6）とを含む。外観表面の凸部に始点が生き残って、個数が求まる。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】**【請求項1】**

粒状物体の集合物の外観表面位置を計測して得られた3次元データを与えられて該3次元データを構成する粒状物体の個数を求める計数方法であって、

前記3次元データによって定義される外観表面に対して粒状物体の内部に相当する内部空間を定義し、外観表面の全面について該外観表面から所定の距離だけ内側に入った内部空間に所定の密度で参照点を設定する参照点設定ステップと、

前記参照点の任意の1点について、その点を始点とし他の参照点を終点とする直線のうち内部空間のみを通過する直線の終点を可視点として選択し、前記選択された可視点を前記始点に関連づけて1つの始点と1または複数の可視点とからなる組を形成する処理を、全ての参照点について行う可視点選択ステップと、

前記可視点選択ステップによって形成された始点と可視点とからなる複数の組を、可視点の数が少ない組の順に並べ替える整列ステップと、

前記整列ステップの後に可視点の数が少ない組から順に、当該組に含まれるいずれかの可視点と同一の点を始点とする順方向下位の組を消去する処理を、全ての組について行う絞込ステップと、

前記絞込ステップの後に消去されずに残っている組の数を粒状物体の個数として出力する結果出力ステップと、を含むことを特徴とする計数方法。

【請求項2】

前記参照点設定ステップでは、近傍の外観表面の曲率が大きいところほど前記密度を高くして参照点を設定することを特徴とする請求項1に記載の計数方法。

【請求項3】

前記曲率が所定値以下の場合には参照点を設定しないことを特徴とする請求項2に記載の計数方法。

【請求項4】

前記曲率の中心が内部空間側でない場合には参照点を設定しないことを特徴とする請求項2または請求項3に記載の計数方法。

【請求項5】

前記参照点設定ステップにおいて用いられる外観表面は、粒状物体の集合物を載置した基台面から粒状物体表面位置までの高さ分布によって定義され、前記内部空間は前記外観表面と前記基台面との間の空間として定義されることを特徴とする請求項1乃至請求項4のいずれか一項に記載の計数方法。

【請求項6】

前記基台面からの高さは、該基台面に垂直ではない一定方向における、基台面と粒状物体表面位置との距離で定義され、前記内部空間は前記距離の分布によって定義された外観表面と該外観表面を前記一定方向から前記基台面に射影してなる像面との間の空間として定義されることを特徴とする請求項5に記載の計数方法。

【請求項7】

粒状物体の集合物の外観表面位置を計測して得られた3次元データに基づいて、前記3次元データのもととなった粒状物体の個数を求める計数装置であって、

前記3次元データおよび該データに基づいて得られるデータを記憶する記憶手段と、

前記3次元データによって定義される外観表面に対して粒状物体の内部に相当する内部空間を定義し、外観表面の全面について該外観表面から所定の距離だけ内側に入った内部空間に所定の密度で参照点を設定する参照点設定手段と、

前記参照点設定手段によって設定された参照点の任意の1点について、その点を始点とし他の参照点を終点とする直線のうち内部空間のみを通過する直線の終点を可視点として選択し、前記選択された可視点を前記始点に関連づけて1つの始点と1または複数の可視点とからなる組を形成する処理を、全ての参照点について行う可視点選択手段と、

前記可視点選択手段によって形成された始点と可視点とからなる複数の組を、可視点の

の全てを相互に結ぶ直線によって囲まれる領域が、いわば仮想的な単一錠剤領域と見做される。なお、この単一錠剤領域は領域境界における接線ベクトルの回転方向が一定である領域、すなわち凸領域となる。

【特許文献1】特開2006-234518号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

しかしながら、上述したパターンマッチングによる計数方法や、特許文献1に示されるような基準点を抽出する計数方法においては、基本的に2次元画像に基づく計数方法であり、粒状物体が3次的に複雑に重なった場合や、大きな粒状物体の画像中に小さな粒状物体の画像が含まれる場合（この場合、小さな粒状物体の輪郭線を抽出できない）などには適用できないか、または計数精度が低下するという問題がある。

【0008】

本発明は、上記課題を解消するものであって、粒状物体が3次的に複雑に重なった場合であっても2次元画像に基づく計数方法よりも適用範囲を拡張できると共に、計数精度を向上できる粒状物体の計数方法およびその方法を用いる計数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】

【0009】

上記課題を達成するために、請求項1の発明は、粒状物体の集合物の外観表面位置を計測して得られた3次元データを与えられて該3次元データを構成する粒状物体の個数を求める計数方法であって、前記3次元データによって定義される外観表面に対して粒状物体の内部に相当する内部空間を定義し、外観表面の全面について該外観表面から所定の距離だけ内側に入った内部空間に所定の密度で参照点を設定する参照点設定ステップと、前記参照点の任意の1点について、その点を始点とし他の参照点を終点とする直線のうち内部空間のみを通過する直線の終点を可視点として選択し、前記選択された可視点を前記始点に関連づけて1つの始点と1または複数の可視点とからなる組を形成する処理を、全ての参照点について行う可視点選択ステップと、前記可視点選択ステップによって形成された始点と可視点とからなる複数の組を、可視点の数が少ない組の順に並べ替える整列ステップと、前記整列ステップの後に可視点の数が少ない組から順に、当該組に含まれるいずれかの可視点と同一の点を始点とする順方向下位の組を消去する処理を、全ての組について行う絞込ステップと、前記絞込ステップの後に消去されずに残っている組の数を粒状物体の個数として出力する結果出力ステップと、を含むものである。

【0010】

請求項2の発明は、請求項1に記載の計数方法において、前記参照点設定ステップでは、近傍の外観表面の曲率が大きいところほど前記密度を高くして参照点を設定するものである。

【0011】

請求項3の発明は、請求項2に記載の計数方法において、前記曲率が所定値以下の場合には参照点を設定しないものである。

【0012】

請求項4の発明は、請求項2または請求項3に記載の計数方法において、前記曲率の中心が内部空間側でない場合には参照点を設定しないものである。

【0013】

請求項5の発明は、請求項1乃至請求項4のいずれか一項に記載の計数方法において、前記参照点設定ステップにおいて用いられる外観表面は、粒状物体の集合物を載置した基台面から粒状物体表面位置までの高さ分布によって定義され、前記内部空間は前記外観表面と前記基台面との間の空間として定義されるものである。

【0014】

請求項6の発明は、請求項5に記載の計数方法において、前記基台面からの高さは、該

基台面に垂直ではない一定方向における、基台面と粒状物体表面位置との距離で定義され、前記内部空間は前記距離の分布によって定義された外観表面と該外観表面を前記一定方向から前記基台面に射影してなる像面との間の空間として定義されるものである。

【0015】

請求項7の発明は、粒状物体の集合物の外観表面位置を計測して得られた3次元データに基づいて、前記3次元データのもととなった粒状物体の個数を求める計数装置であって、前記3次元データおよび該データに基づいて得られるデータを記憶する記憶手段と、前記3次元データによって定義される外観表面に対して粒状物体の内部に相当する内部空間を定義し、外観表面の全面について該外観表面から所定の距離だけ内側に入った内部空間に所定の密度で参照点を設定する参照点設定手段と、前記参照点設定手段によって設定された参照点の任意の1点について、その点を始点とし他の参照点を終点とする直線のうち内部空間のみを通過する直線の終点を可視点として選択し、前記選択された可視点を前記始点に関連づけて1つの始点と1または複数の可視点とからなる組を形成する処理を、全ての参照点について行う可視点選択手段と、前記可視点選択手段によって形成された始点と可視点とからなる複数の組を、可視点の数が少ない組の順に並べ替える整列手段と、前記整列手段によって整列された各組について可視点の数が少ない組から順に、当該組に含まれるいずれかの可視点と同一の点を始点とする順方向下位の組を消去する処理を、全ての組について行う絞込手段と、前記絞込手段によって絞り込まれた後に消去されずに残っている組の数を粒状物体の個数として出力する結果出力手段と、を備えたものである。

【0016】

請求項8の発明は、請求項7に記載の計数装置において、前記3次元データを取得するための3次元計測手段をさらに備えたものである。

【発明の効果】

【0017】

請求項1の発明によれば、2次元画像よりも情報量の多い3次元データに基づいて計数するので、粒状物体が3次元的に複雑に重なった場合や、大きな粒状物体の上に小さな粒状物体が含まれるように重なっている場合（画像では小さな粒状物体の輪郭線を抽出できない）であっても2次元画像に基づく計数方法よりも計数の適用範囲を拡張できると共に、計数精度を向上できる。この計数方法では、参照点（始点）と可視点の組から絞り込まれて残った組の始点（以下、これを主点、またはプリンシパルポイントと呼ぶ）が、前記絞込によって、外観表面を構成する個々の粒状物体の代表点を抽出するように選択されることになり、残った組の数、つまり前記主点の数によって計数値が得られる。これらの主点は、3次元データによって定義された外観表面の形状を反映するように自動的に絞り込まれて選択された点である。

【0018】

請求項2の発明によれば、一般に、外観表面形状の変化が小さいところには主点の存在率が低く、変化が大きいところでは主点の存在率が高いので、より存在率、従って必要性の高いところに重点的に参照点を設定して、計数精度を高めると共に、計数処理速度を高めることができる。また、主点は、最終的にどの参照点、つまり他のいずれの主点、からも見えない点であり、凸部において存在率が高い。

【0019】

請求項3の発明によれば、より確実に計数処理速度を高めることができる。

【0020】

請求項4の発明によれば、可視点となる可能性の高い参照点を初めから設定しないことにより、参照点の数を減らして高速処理を実現できる。

【0021】

請求項5の発明によれば、容易に得られる3次元データによって、外観表面と内部空間とを容易に矛盾なく定義できる。

【0022】

請求項6の発明によれば、異なる方向から計測して得られる3次元データに基づく外観

表面と内部空間とを用いて複数回の異なる計数を行うことにより、計数結果を比較することができ、計数精度の向上が図れる。

【0023】

請求項7の発明によれば、粒状物体の集合物の外観表面の3次元データを与えられることにより、粒状物体が3次元的に複雑に重なった場合であっても、精度良く計数できる。

【0024】

請求項8の発明によれば、3次元データを自ら取得でき、自己完結した計数装置を実現できる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0025】

以下、本発明の一実施形態に係る粒状物体の計数方法およびその方法を用いる計数装置について、図面を参照して説明する。図1は計数処理のフローチャートを示し、図2、図3、図4は本方法と装置が計数対象とする粒状物体を示し、図5は計数対象としない粒状物体を示す。

【0026】

本計数方法は、図1に示すように、3次元データ入手ステップ(#1)に続く、粒状物体の集合物の外観データである外観表面に対して粒状物体の内部に相当する内部空間を定義し、内部空間に参照点を設定する参照点設定ステップ(#2)と、参照点を始点として内部空間のみを通して見える参照点を可視点とし、各始点について始点と可視点の組を形成する可視点選択ステップ(#3)と、前記組を可視点の数が少ない組の順に並べ替える整列ステップ(#4)と、可視点の数が少ない組から順に当該組に含まれる可視点と同一の点を始点とする順方向下位の組を消去する絞込ステップ(#5)と、絞込の後に残っている組の数を粒状物体の個数とする結果出力ステップ(#6)とを含んで構成され、外観表面の形状データ、すなわち凹凸情報から、その凹凸形状を構成する粒状物体の個数を求める方法である。以下、各ステップ毎に詳細説明する。

【0027】

(3次元データ入手ステップ#1)

本計数方法の最初のステップにおいて、まず、3次元データが入手される(#1)。3次元データは、図2、図3に示すように、集合状態にある粒状物体の凹凸データ、すなわち、ある方向から見たときの、基準面から外観表面位置までの高さ分布データである。これらのデータは、レーザ距離計などを用いて容易に取得できる。

【0028】

ここで、本方法の適用範囲に関する説明を行う。本方法は、粒状物体、特に、錠剤やカプセルなどを計数対象とすることができる。さらに述べると、図2、図3に示すように、それぞれ球体、円板、円柱である粒状物体M0、M1、M2(代表または総称して、粒状物体Mとも記す)の形状や寸法が複数種類混在していても計数可能である。また、粒状物体は、例えば、図4(a)~(f)に示すような、球体や楕円体、四角体、円板、三角錐、凸多面体などのように、一般に、凹部のない凸状の粒状物体であれば計数対象とすることができる。

【0029】

なお、図5(a)(b)における矢印kで示す凹部を有する物体Kや、図5(c)に示すような穴部kを有する物体Kなどは計数対象とすることはできない。これらを本計数方法で計数すると、誤って計数する可能性がある。また、本方法では、隠蔽された物体、つまり他の物体の下に重なって完全に見えなくなっている物体は、計数できない。

【0030】

以下では、図6乃至図9を参照して、簡単で具体的な計数サンプルについて説明する。図6は計数サンプルを示し、1つの孤立した粒状物体M1と、一方が他方に乗り上げた状態の2つの粒状物体M2、M3が、基台面2aの上に存在している。基台面2aは直交座標系xyzのxy面にある。

【0031】

上述の計数サンプル(粒状物体M1, M2, M3)の外観表面位置を、z軸上方から計測して、基台面2a(基準面)から外観表面位置までの高さ分布データとして取得すると、図7に示す外観表面S1, S2, S3(代表または総称して、外観表面Sとも記す)のデータが得られる。この外観表面Sのデータは、図6に示されている外観表面の高さ分布データ(z値のx y分布データ)である。このようなデータが、上述の3次元データ入手ステップ(#1)において、取得されるか、または入手したデータを加工して得られる。

【0032】

(参照点設定ステップ#2)

上述のように、3次元データによって外観表面Sが定義されると、図8に示すように、外観表面S1, S2, S3に対して粒状物体の内部に相当する内部空間s_pが定義される。内部空間s_pは、外観表面Sと、この外観表面Sをz方向に沿って基準面(基台面2a)に射影してできた像との間の空間として定義される。この内部空間s_pの側壁(外観表面S1等の端部と基台面2aとを結ぶ面)は、z方向に平行であり、基台面2aに垂直である。また、内部空間s_pは、粒状物体M3の下部空間などを含むので、各粒状物体の堆積空間より大きな空間となっている。

【0033】

内部空間が定義されると、外観表面Sの全面について外観表面から所定の距離dだけ内側に入った内部空間s_pに所定の密度で参照点q1, p1・・・(代表または総称して、参照点pとも記す)を設定する。距離dは、一般に、小さくすれば計数精度が上がり、大きくすれば下がる。また、距離dは、粒状物体の寸法にも依存して最適範囲が存在するので、実験的に定めればよい。

【0034】

また、参照点pの密度、従って参照点数は、一般に、多ければ計数精度が上がり、少なければ精度が落ちる。余り多すぎても、計算処理負担が増大するにもかかわらず、精度向上率は飽和することになるので、最適範囲が存在する。従って、計数精度を検査しながら、参照点数を増減すればよい。参照点pの設定によって、参照点設定ステップ(#2)の処理が終了する。

【0035】

(可視点選択ステップ#3)

上記のように定義された参照点pの任意の1点(例えば参照点q1)について、その点を始点とし他の参照点を終点とする直線のうち内部空間s_pのみを通過する直線の終点を可視点として選択し(例えば参照点q2, q3)、選択された可視点を前記始点に関連づけて1つの始点と1または複数の可視点とからなる組を形成する。可視かどうかの判定は、例えば2点を結ぶ直線上のボクセル(voxel)の値が、内部空間s_pとしての値を持つかどうかを逐一調べればよい。また、内部空間の境界面を数式で表現して、その面を前記直線が通過するかどうかを計算により判断するようにしてもよい。

【0036】

上述のようにして得られた組を、例えば、組(q1; q2, q3)と表す。このような処理を、全ての参照点について行って、可視点選択ステップ(#3)の処理が終了する。この処理によって得られた結果が、図9(a)に示されている。

【0037】

(整列ステップ#4)

上記可視点選択ステップ(#3)によって形成された始点と可視点とからなる複数の組を、可視点の数が少ない組の順に並べ替える(#4)。図9(a)に示される本例の場合、既に整列、すなわちソーティングされた状態となっている。

【0038】

(絞込ステップ#5)

上記整列ステップ(#4)の後に、可視点の数が少ない組(順方向上位の組)から順に、当該組に含まれるいずれかの可視点と同一の点を始点とする順方向下位の組を消去する処理を、全ての組について行う。例えば、図9(b)に示すように、参照点q1を始点と

する組 ($q_1; q_2, q_3$) には、可視点 q_2, q_3 があり、これらの可視点 q_2, q_3 を始点とする組 ($q_2; q_1, q_3$), ($q_3; q_1, q_2$) が消去される。さらに、組 ($p_1; p_2, p_6$) の可視点 p_2, p_6 によって、組 ($p_2; p_1, p_5, p_6$), ($p_6; p_1, p_2, p_3, p_4, p_5$) が消去される。消去された組は、その後の処理に寄与しない。このような消去が全ての組について行われると、絞込ステップ (#5) の処理が終了する。

【0039】

(結果出力ステップ#6)

上記絞込ステップ (#5) の後に消去されずに残っている組の数を粒状物体の個数として出力する (#6)。本例の場合、図9 (b) に示されるように、参照点 q_1, p_1, p_3 を始点とする組が残っており、計数結果が3とされる。

【0040】

上記の例では説明の簡単のために、図8に示すように、I-I線断面内で参照点を設定して、本計数方法を説明したが、一般的には、2次元または3次元に広がった外観表面 S_1, S_2, S_3 の下部に、3次元的に参照点 p を設定して、上記可視点選択ステップ (#3) を実行することになる。なお、I-I線断面は対称面になっており、このような対称面がある場合は、その対象面内に参照点を設定して粒状物体の個数を計数できる。

【0041】

次に、図10乃至図13を参照して、本計数方法を適用する他の例を説明する。図10は計数サンプルを示し、互いに大きさの異なる3つの粒状物体 M_1, M_2, M_3 が、基台面 $2a$ の上に、大きな順に階段状に重ねられて存在している。基台面 $2a$ は直交座標系 xyz の xy 面にある。このような計数サンプルを上方から撮影して画像処理によって計数する場合、粒状物体 M_1 しか計数できない。

【0042】

図11には、上述の計数サンプル (粒状物体 M_1, M_2, M_3) の外観表面位置を、 z 軸上方 (白抜き矢印の方向 L) から計測して設定した外観表面 S_1, S_2, S_3 が示されている。外観表面 S_1, S_2, S_3 は全て基台面 $2a$ に平行である。また、外観表面 S_1, S_2, S_3 と基台面 $2a$ によって定義される内部空間 s_p は、各粒状物体 M_1, M_2, M_3 の内部空間 s_{p1}, s_{p2}, s_{p3} の総和に一致している。参照点 p が、各外観表面 S_1, S_2, S_3 の下方に設定されている。

【0043】

図12 (a) (b) は、説明の便のために参照点の数を減らしているが、参照点の3次元分布の例を示している。参照点 E, F, D は外観表面 S_1 の下部の内部空間 s_{p1} にあり、参照点 A, C は外観表面 S_2 の下部の内部空間 s_{p2} にあり、参照点 B は外観表面 S_3 の下部の内部空間 s_{p3} にある。破線両矢印は、互いに可視となる参照点同士を結ぶ線である。また、非可視点の例が、参照点 A, F について示されている。

【0044】

図13 (a) は、図12 (a) (b) の例について、始点と可視点の組 ($A; B, C, E$) 等を示している。なお、図中の点数は、各組における可視点の数を示す。図13 (a) に対して、上述の整列ステップ (#4) を行うと、図13 (b) に示す結果となる。

【0045】

上述の整列ステップ (#4) 後の結果に、上述の絞込ステップ (#5) の処理を行うと、図13 (c) に示す結果となる。本例の場合、参照点 B, C, F を始点とする組が残っており、計数結果が3とされる。

【0046】

なお、図14は、上述の整列ステップ (#4) を行わずに、図13 (a) の結果に対して、上述の絞込ステップ (#5) の処理を行った例を示す。この場合、始点が消され過ぎて、参照点 A, D を始点とする2つの組だけが残っており、正しく計数することができていない。

【0047】

(実施例の効果)

本計数方法によれば、2次元画像よりも情報量の多い3次元データに基づいて計数するので、粒状物体が3次的に複雑に重なった場合であっても2次元画像に基づく計数方法よりも計数の適用範囲を拡張できると共に、計数精度を向上できる。この計数方法では、参照点(始点)と可視点の組から絞り込まれて残った組の始点(以下、これを主点、またはプリンシパルポイントと呼ぶ)が、前記絞込によって、外観表面を構成する個々の粒状物体の代表点を抽出するように選択されることになり、残った組の数、つまり前記主点の数によって計数値が得られる。これらの主点は、3次元データによって定義された外観表面の形状を反映するように自動的に絞り込まれて選択された点である。また、主点は、最終的にどの参照点、つまり他のいずれの主点からも見えない点である。

【0048】

さらに述べると、本計数方法における内部空間 s_p は、その上部表面に位置する外観表面 S の凹凸(さらに厳密には、その凸部分)に、個々の粒状物体の形状の一部を残している。そして、その凸部を、効率的なアルゴリズムによって検出することにより、粒状物体の計数を行うことができる。その、効率的なアルゴリズムは、上述の可視点選択ステップ(#3)、整列ステップ(#4)、絞込ステップ(#5)を核とするものである。そして、これらのステップは、計算機におけるソフトウェアとして、容易に組込可能であり、また、処理も単純で高速並列処理化が可能である。

【0049】

本計数方法の基礎は、外観表面 S が、個々の粒状物体 M の外観の全体または一部の寄せ集めからなり、また、個々の粒状物体 M は、互いに他の物体内に侵入したり、他の物体を変形したりすることがない点にある(観点1)。このことから、上述のように、外観表面 S の凸部分に、個々の粒状物体 M の形状の一部が残ることになる。

【0050】

また、全体が凸状の粒状物体 M は、その内部空間に設定された如何なる参照点も互いに可視である(観点2)。図5(a)(b)(c)に示したように、一部に凹部があると、その内部空間における参照点の可視性は阻害される。この観点1、2を、凹凸を有する外観表面 S を上部表面に備えた内部空間 s_p について適用して考えると、外観表面 S の凸部に、絞込ステップ(#5)の処理によって消去されない参照点(主点、プリンシパルポイント)が互いにいずれからも可視とはならず生き残ることが分かる。また、自己の内部では、互いに可視であるから、絞込ステップ(#5)の処理によって1点だけが生き残り、他は消去されることになる。例えば、図6における孤立した粒状物体 M_1 において、参照点 q_1 が残っている。

【0051】

(参照点設定について)

次に、図15(a)(b)(c)を参照して、参照点設定ステップ(#2)における参照点の効率的な設定方法について説明する。参照点は、図15(a)に示すように、近傍の外観表面 S の曲率が大きいところほど密度を高くし、逆に、図15(b)に示すように、曲率が小さいところほど密度を低くして参照点 p を設定する。上述の議論から、一般に、曲率が小さくて外観表面形状の変化が小さいところには主点の存在率が低く、曲率が大きくて変化が大きいところでは主点の存在率が高い。従って、このような設定方法によると、より存在率(従って必要性)の高いところに重点的に参照点を設定して、計数精度を高めると共に、計数処理速度を高めることができる。

【0052】

さらに、外観表面 S の曲率が所定値以下の場合には参照点を設定しないようにする。このような設定方法によると、計数精度を損なうことなく、確実に計数処理速度を高めることができる。

【0053】

また、図15(c)に示すように、外観表面 S の曲率の中心が内部空間 s_p 側でない場合には参照点を設定しないようにする。可視点となる可能性の高い参照点を初めから設定

しないことにより、参照点の数を減らして高速処理を実現できる。以上を要約すると、互いに見えにくそうなところには参照点を多く、逆に、互いに見えやすそうなところには参照点を少なく設定ればよい、といえる。

【0054】

(計数装置)

次に、図16を参照して、上記計数方法を実行する計数装置を説明する。図16に示す計数装置1は、図1に示した計数方法を実行する装置である。すなわち、計数装置1は、粒状物体の集合物の外観表面位置を計測して得られた3次元データに基づいて、その3次元データのもととなった粒状物体の個数を求める装置である。そこで、計数装置1は、上述の計数方法に対応して、3次元データおよび該データに基づいて得られるデータを記憶する記憶手段11と、上述した各処理ステップ(#2~#6)を実行するための手段である、参照点設定手段12、可視点選択手段13、整列手段14、絞込手段15、および結果出力手段16を備えている。また、計数装置1は、データ入力手段17と、操作手段18と、計数装置1の各手段を制御する中央制御手段10とを備えている。

【0055】

記憶手段11は、3次元データなどを記憶する他に、計数方法を実行するためのプログラム、その実行時に必要なパラメータ、ライブラリなどを記憶する記憶装置からなる。この記憶手段11は、処理中の作業用記憶装置としても用いられる。参照点設定手段12は、図1における参照点設定ステップ(#2)を実行する手段であり、3次元データによって定義される外観表面Sに対して粒状物体Mの内部に相当する内部空間 s_p を定義し、外観表面Sの全面について該外観表面Sから所定の距離だけ内側に入った内部空間 s_p に所定の密度で参照点Pを設定する。

【0056】

可視点選択手段13は、可視点選択ステップ(#3)を実行する手段であり、参照点設定手段12によって設定された参照点Pの任意の1点について、その点を始点とし他の参照点を終点とする直線のうち内部空間のみを通過する直線の終点を可視点として選択し、前記選択された可視点を前記始点に関連づけて1つの始点と1または複数の可視点とからなる組を形成する処理を、全ての参照点について行う。

【0057】

整列手段14は、整列ステップ(#4)を実行する手段であり、可視点選択手段13によって形成された始点と可視点とからなる複数の組を、可視点の数が少ない組の順に並べ替える。絞込手段15は、絞込ステップ(#5)を実行する手段であり、整列手段14によって整列された各組について可視点の数が少ない組から順に、当該組に含まれるいずれかの可視点と同一の点を始点とする順方向下位の組を消去する処理を、全ての組について行う。

【0058】

結果出力手段16は、結果出力ステップ(#6)を実行する手段であり、絞込手段15によって絞り込まれた後に消去されずに残っている組の数を粒状物体Mの個数として出力する。結果出力手段16は、計数結果や画像を表示するためのモニタ装置を備えている。

【0059】

データ入力手段17は、他の装置が粒状物体の集合物の外観表面位置を計測して取得した3次元データを計数装置1に取り込むための装置からなる。データ入力手段17は、各種の通信媒体を用いる通信装置、磁気メモリ、メモリカード、メモリスティック、コンパクトディスクなどの各種の記録媒体からデータを読み取る読取装置などによって構成される。操作手段18は、マウスやトラックボール、ジョイスティックなどの各種ポインタ、さらにキーボードなどの操作信号入力装置、および、計数装置1からの応答を表示または報知するためのモニタ装置、音響装置、光点滅装置などによって構成される。

【0060】

中央制御手段10は、CPUやメモリや外部記憶装置や表示装置や入力装置などを備えた一般的な構成を備えた電子計算機、およびその上のプロセスまたは機能の集合によって

構成される。中央制御手段10として、周辺機器とのインターフェースを有し、OSを組み込まれているパーソナルコンピュータ(PC)一式を用いることができる。この場合、上記各ステップ(#2)からステップ(#6)に対応する各手段(参照点設定手段12から結果出力手段16まで)は、PC上のソフトウェアによって構成される。

【0061】

このような計数装置1によれば、粒状物体Mの集合物の外観表面Sの3次元データを与えられることにより、粒状物体Mが3次的に複雑に重なった場合であっても、精度良く粒状物体Mの個数を計数できる。

【0062】

(計数装置の他の例)

次に、図17を参照して、上記計数装置1を拡張した構成例を説明する。この拡張した計数装置1は、基台面2aに載置された各種形状の粒状物体M0, M1, M2等の集合物の外観表面位置の3次元データを取得してそのデータを計数装置1に出力する3次元計測手段2をさらに備えて構成される。

【0063】

3次元計測手段2は、3次元データを取得するために、制御計算装置20と、照明装置21と、撮像用カメラ22とを備えて構成される。制御計算装置20は、照明や撮像のタイミングを制御するために、照明装置21と撮像用カメラ22とを制御したり、照明光の明暗パターンを生成したりする。また、制御計算装置20は、3次元データを生成するために撮像用カメラ22からの出力信号を計算処理し、その結果、得られた3次元データを計数装置1に出力する。

【0064】

このような3次元計測手段2は、周知の位相シフト法を用いる外観表面位置計測装置として構成することができる。この場合、照明装置21から互いに位相の異なる複数の明暗縞パターンの照明光で粒状物体M0, M1, M2等の集合物を照明し、撮像用カメラ22は各照明パターン毎に撮像し、制御計算装置20が撮像画像のデータを処理して3次元データを取得する。照明装置21は1つでもよいが、複数備えると照明条件の異なる3次元データを取得できる。この場合、カメラ22の位置を変えるとよい。

【0065】

また、3次元計測手段2は、照明装置21からスリット状のレーザービームを出力し、カメラ22で間欠的に撮像しつつ、基台面2aを矢印x方向に前後動させることにより、3次元データを取得するようにしてもよい。また、3次元計測手段2は、照明装置21と撮像用カメラ22とに代えて、レーザービームによる測距装置を用いて、粒状物体M0, M1, M2等の集合物をスキャンして3次元データを取得するようにしてもよい。3次元計測手段2は、上記構成に限らず、一般に、所望の計測時間と所望の計測精度のもとで3次元データを取得できる装置であればよい。このような3次元計測手段2を備えた計数装置1は、3次元データを自ら取得でき、自己完結した計数装置1を計数システムとして実現できる。

【0066】

(外観表面および内部空間について)

次に、図18、図19、図20を参照して、内部空間の設定方法について一般的な説明する。図18(a)は、基台面2a上の球体を基台面2aに垂直な方向L(図中の白抜き矢印の方向)から見たときの外観表面Sと内部空間 s_p を示す。内部空間 s_p は外観表面Sと基台面2aの間の空間として定義される。内部空間 s_p の側壁Tは方向Lに平行に設定された境界面である。このような内部空間 s_p を直交内部空間 N_{s_p} と呼ぶことにする。先に示した図8における内部空間 s_p は、この直交内部空間 N_{s_p} に分類される。

【0067】

上記の直交内部空間 N_{s_p} を言い換えると、参照点設定ステップ(#2)において用いられる外観表面Sは、粒状物体Mの集合物を載置した基台面2aから粒状物体Mの表面位置までの高さ(高さhと表記する)の分布によって定義され、直交内部空間 N_{s_p} は、こ

の外観表面Sと基台面2 aとの間の空間として定義される、と表現される。

【0068】

ところで、方向Lは、必ずしも基台面2 aに垂直である必要はない。例えば、図1 8 (b) は、基台面2 aの法線に対して角度 θ を有する方向Lから見たときの外観表面Sと内部空間s pを示している。この場合、側壁Tは方向Lに平行に設定された境界面であって、基台面2 aに対して傾斜している。このような種類の内部空間s pを傾斜内部空間K s pと呼ぶことにする。

【0069】

上記の傾斜内部空間K s pを言い換えると、基台面2 aから粒状物体Mの表面位置までの前記高さhは、基台面2 aに垂直ではない一定方向に沿って測定された距離であって、の基台面2 aと粒状物体Mの表面位置との間の距離で定義され、傾斜内部空間K s pは、前記距離の分布によって定義された外観表面Sと外観表面Sを前記一定方向から前記基台面2 aに射影してなる像が形成する面（像面）との間の空間として定義される、と表現される。

【0070】

図1 9、図2 0に示される内部空間s pは、傾斜内部空間K s pの例を示す。すなわち、これら図は、図6に示した計数サンプルに対して、図8の直交内部空間N s pとは異なる外観表面および内部空間を定義した傾斜内部空間K s pを示すものである。図1 9において、外観表面S aが外観表面として測定されており、この外観表面S aに対して参照点p aが設定されている。外観表面S aと参照点p aは、図8の場合に対する追加の情報となっている。また、側壁Tは、基台面2 aに垂直ではなく、方向Lに平行に設定されている。また、図2 0において、図1 9の場合と同様に、外観表面S aと参照点p aが、図8の場合に対する追加の情報となっており、側壁Tが方向Lに平行に設定されている。

【0071】

上述の図1 9、図2 0、図8などにおける外観表面S（総称）は、使用目的にあわせて測定するのではなく、情報量のより多い外観表面Sのデータから、例えば、図1 9に適合させるための外観表面Sのデータを抽出して図1 9に示す内部空間を定義するようにしてもよい。つまり、種々の方向Lのもとで、広い範囲の外観表面Sのデータ、すなわち3次元形状データを測定し、そのデータに基づいて、直交内部空間N s pや、傾斜内部空間K s pを定義して、それぞれについて計数処理を行うことができる。

【0072】

上述のように、内部空間s pを直交内部空間N s pによって定義すれば、容易に得られる3次元データによって、外観表面と内部空間とを容易に矛盾なく定義できる。また、傾斜内部空間K s pを用いる方法によれば、異なる方向から計測して得られる3次元データに基づく外観表面と内部空間とを用いて計数するので、計数結果を比較することができ、計数精度の向上が図れる。例えば、被計測物体が3次元形状であることにより発生する自己隠蔽（いわゆるオクルージョン）に起因する計数結果の違いなどを比較検証したり、補正したりして、計数精度を向上することができる。

【0073】

また、内部空間s pは、上述の直交内部空間N s pや、傾斜内部空間K s pに限らず、より一般的な空間とすることができる。少なくとも、参照点を内部に設定でき、各参照点が互いに可視か、可視でないかを判断できる空間であれば、内部空間s pとして採用できる。従って、例えば、粒状物体Mを載置するための基台面2 aによる平面は、必ずしも内部空間s pを規定する面として用いなくてもよい。この基台面2 a側の空間境界は、少なくとも参照点を内部空間s pの内部に含み、外観表面Sに交わらない範囲で、もとの基台面2 aの位置よりも外観表面S側に近づけることができ、また、遠ざけることができる。また、この基台面2 a側の境界は平面でなくてもよい。また、内部空間s pは、上述の直交内部空間N s pや種々の傾斜内部空間K s pを組み合わせて形成される外観表面Sを用いて、形成することができる。また、外観表面Sとして、基台面2 a側から（裏面側から）計測して得られた外観表面Sを含むものとすることができる。

【図面の簡単な説明】

【0074】

【図1】本発明の一実施形態に係る計数方法と計数装置における計数処理のフローチャート。

【図2】同上計数方法と計数装置が計数対象とする粒状物体の集合物の例を示す斜視図。

【図3】図2の粒状物体の集合物を上方から見た斜視図。

【図4】(a)～(f)は同上計数方法と計数装置が計数対象とすることができる粒状物体の例を示す斜視図。

【図5】(a)～(c)は同上計数方法と計数装置が計数対象とすることができない粒状物体の例を示す斜視図。

【図6】同上計数方法と計数装置を用いる計数例を説明するための粒状物体の集合物の斜視図。

【図7】図6の粒状物体の集合物の外観表面を示す側面図。

【図8】同上集合物の外観表面、内部空間および内部空間に設定された参照点を示す、図6におけるI-I線断面図。

【図9】(a)は図8の参照点について求めた参照点と可視点の組の図、(b)は同上計数方法による絞込ステップを説明する図。

【図10】同上計数方法と計数装置が計数対象とする粒状物体の集合物の他の例を示す斜視図。

【図11】同上集合物の外観表面、内部空間および内部空間に設定された参照点を示す、図10のII面における断面図。

【図12】(a)は同上集合物における参照点間の可視不可視状態を示す斜視図、(b)は(a)を他の角度から見た斜視図。

【図13】(a)は図12(a)(b)の参照点について求めた参照点と可視点の組の図、(b)は同組を可視点の数の順に並べ替えた図、(c)は同上計数方法における絞込ステップを説明する図。

【図14】図13(a)の状態から絞込ステップを実施した場合の不具合を説明する図。

【図15】(a)(b)(c)は同上計数方法を適用する際の参照点の設定方法を説明する断面図。

【図16】同上計数方法を用いる計数装置のブロック構成図。

【図17】同上計数装置に3次元計測手段を備えて計数を行う状況を示す斜視図。

【図18】(a)(b)は同上計数方法における外観表面および内部空間を定義する際の3次元データの用い方の違いを説明するための断面図。

【図19】図6に示した計数対象物に対して図8の場合とは異なる3次元データの用い方で外観表面および内部空間を定義した断面図。

【図20】図6に示した計数対象物に対して図8の場合とはさらに異なる3次元データの用い方で外観表面および内部空間を定義した断面図。

【符号の説明】

【0075】

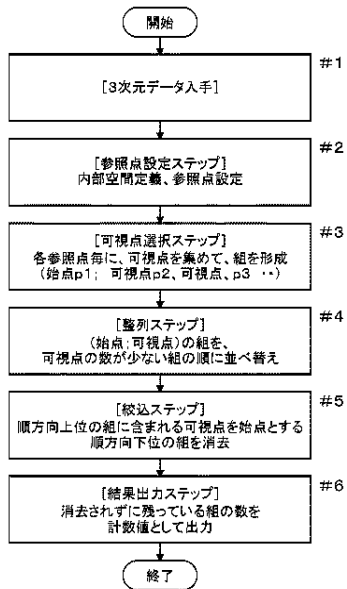
- 1 計数装置
- 2 3次元計測手段
- 11 記憶手段
- 12 参照点設定手段
- 13 可視点選択手段
- 14 整列手段
- 15 絞込手段
- 16 結果出力手段
- 2a 基台面

A～F, p, p1～p6, q1～q3 参照点

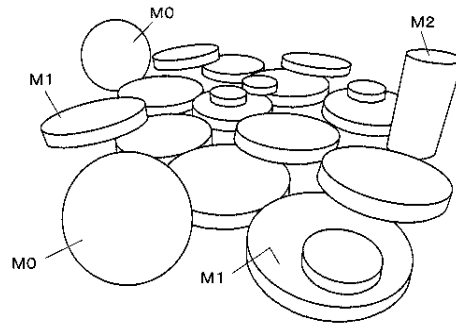
M, M1, M2, M3 粒状物体

sp, sp1, sp2, sp3 内部空間
S, Sa, S1, S2, S3 外観表面

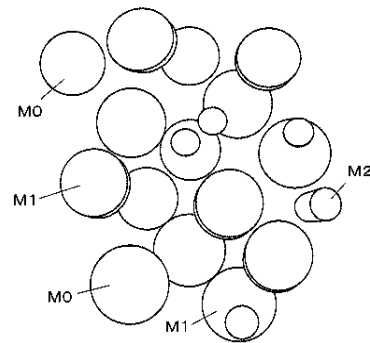
【図1】



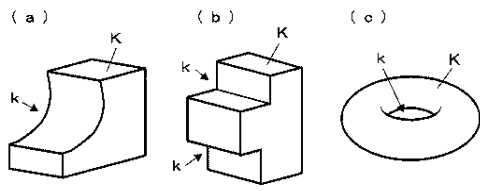
【図2】



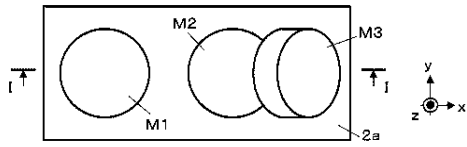
【図3】



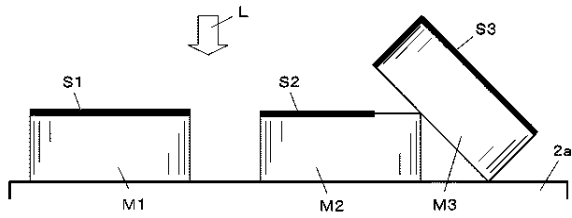
【図5】



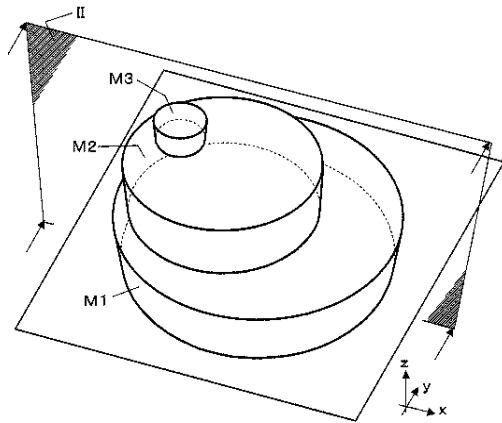
【図6】



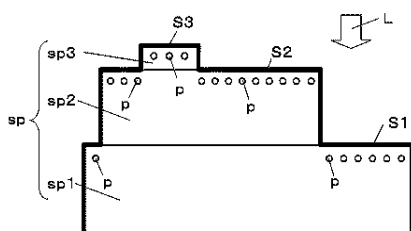
【図7】



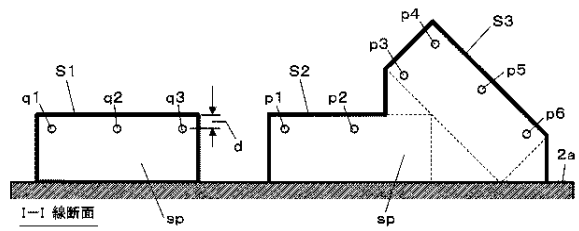
【図10】



【図11】



【図8】



【図9】

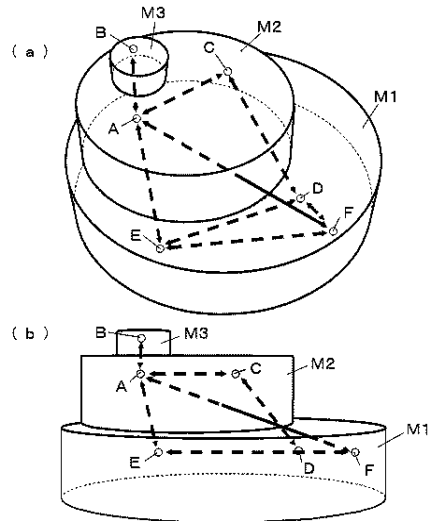
(a)

始点	可視点
q1	q2, q3
q2	q1, q3
q3	q1, q2
p1	p2, p6
p2	p1, p5, p6
p3	p4, p5, p6
p4	p3, p5, p6
p5	p2, p3, p4, p6
p6	p1, p2, p3, p4, p5

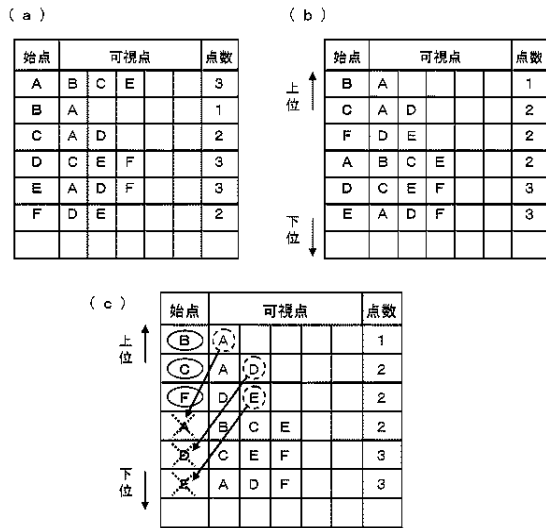
(b)

始点	可視点
q1	q2, q3
q2	q1, q3
q3	q1, q2
p1	p2, p6
p2	p1, p5, p6
p3	p4, p5, p6
p4	p3, p5, p6
p5	p2, p3, p4, p6
p6	p1, p2, p3, p4, p5

【図12】



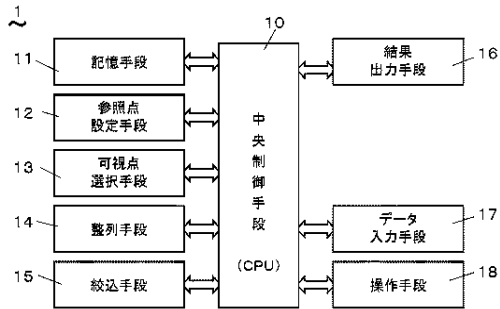
【図13】



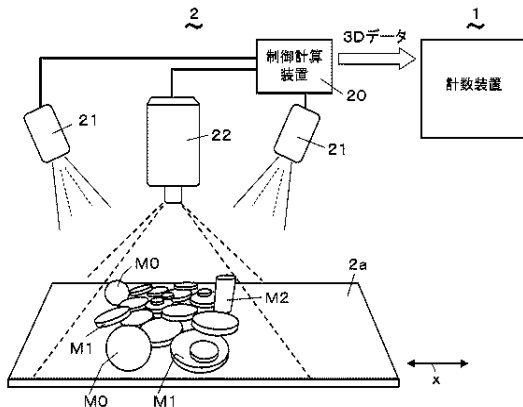
【図14】



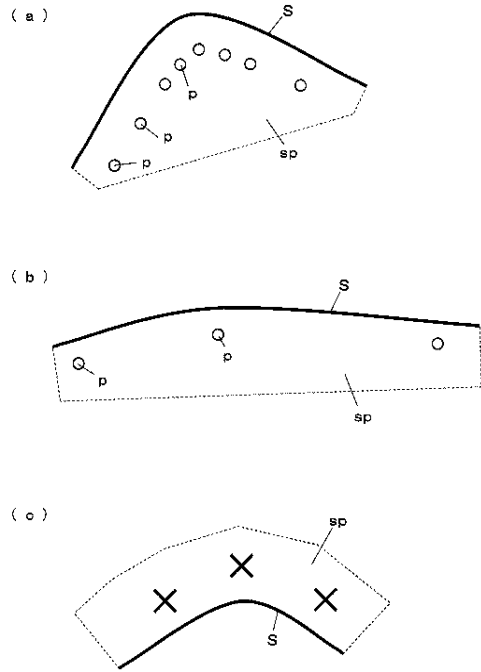
【図16】



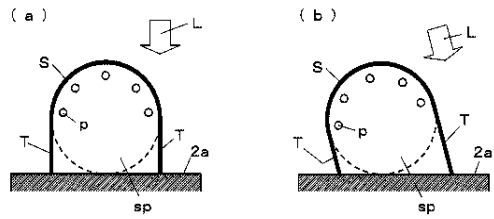
【図17】



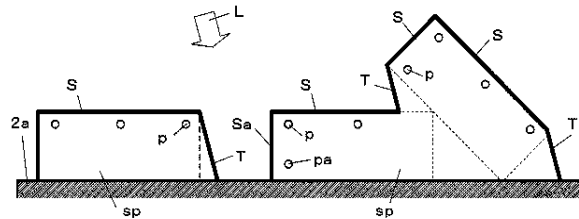
【図15】



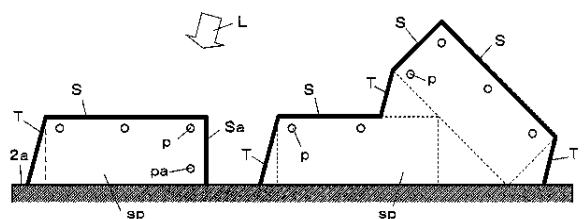
【図18】



【図19】

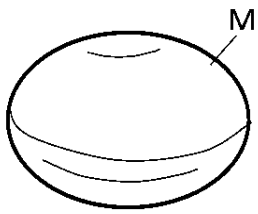


【図20】

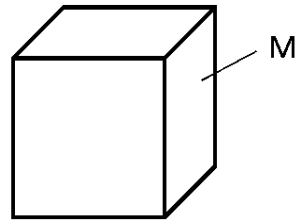


【図4】

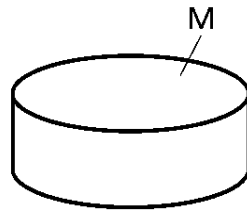
(a)



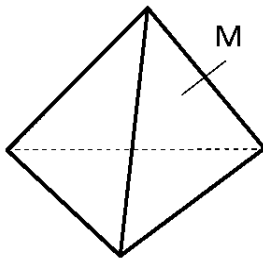
(b)



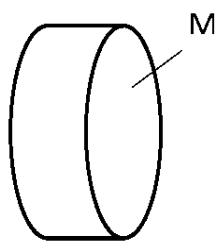
(c)



(d)



(e)



(f)

