

(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2005-24370

(P2005-24370A)

(43) 公開日 平成17年1月27日(2005.1.27)

(51) Int. Cl.⁷

GO1C 15/00
GO6T 7/00

F I

GO1C 15/00 101
GO6T 7/00 C

テーマコード(参考)

5L096

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願2003-189659(P2003-189659)
(22) 出願日 平成15年7月1日(2003.7.1)

(71) 出願人 800000068
学校法人東京電機大学
東京都千代田区神田錦町2-2
(74) 代理人 100112335
弁理士 藤本 英介
(74) 代理人 100101144
弁理士 神田 正義
(74) 代理人 100101694
弁理士 宮尾 明茂
(72) 発明者 近津 博文
埼玉県比企郡鳩山町石坂 学校法人東京電
機大学 理工学部内
Fターム(参考) 5L096 AA06 AA09 EA16 FA33 FA67
MA01

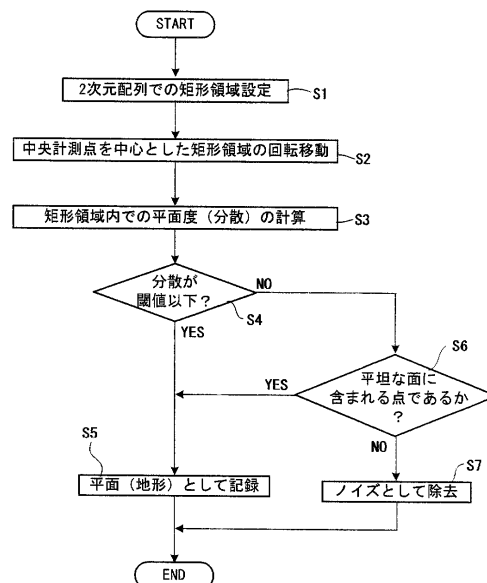
(54) 【発明の名称】 測量データの処理方法

(57) 【要約】

【課題】 汎用性の高いノイズ除去とブレイクライン抽出が可能な測量データの処理方法を提供する。

【解決手段】 レーザスキャニング装置1の3次元点群データに対して二次元の矩形領域4を設定し、該矩形領域4に対応する測定点5の合成法線ベクトルE_oを求め、該合成法線ベクトルE_oがZ軸方向と一致するように計測点5を回転移動させ、該回転移動させた計測点5のZ軸方向に対する標準偏差を求め、該標準偏差が所定値を超えた場合、上記矩形領域4の中心点と対応する計測点5をノイズとして取り扱う。

【選択図】 図2



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

レーザスキャニング装置の計測データからノイズを除去する方法であって、上記レーザスキャニング装置の 3 次元点群データに対して二次元の評価領域を設定し、該評価領域に対応する測定点の合成法線ベクトルを求め、該合成法線ベクトルが基準方向と一致するように上記計測点を回転移動させ、該回転移動させた計測点の上記基準方向に対する標準偏差を求め、該標準偏差が所定値を超えた場合、上記計測点のうちの一つを上記ノイズとして取り扱うことを特徴とする測量データの処理方法。

【請求項 2】

上記評価領域が各隅に計測点を配置した矩形領域であって、該矩形領域の中心に対応する計測点を上記ノイズとして取り扱うことを特徴とする請求項 1 に記載の測量データの処理方法。 10

【請求項 3】

レーザスキャニング装置の計測データからブレイクラインを抽出する方法であって、上記レーザスキャニング装置の 3 次元点群データに対して二次元の評価領域を設定し、該評価領域に対応する測定点の合成法線ベクトルを求め、該合成法線ベクトルが基準方向と一致するように上記計測点を回転移動させ、該回転移動させた計測点の上記基準方向に対する標準偏差を求め、該標準偏差が上記計測点の周囲にある他の領域の標準偏差に較べて大きい場合、上記計測点のうちの一つをブレイクラインとすることを特徴とする測量データの処理方法。 20

【請求項 4】

上記評価領域が各隅に計測点を配置した矩形領域であって、該矩形領域の中心に対応する計測点を上記ブレイクラインとすることを特徴とする請求項 3 に記載の測量データの処理方法。

【請求項 5】

上記両領域の標準偏差を比較するに際し、周囲にある領域の標準偏差を、中央にある領域の中心からの距離による重みを付けて補正することを特徴とする請求項 4 に記載の測量データの処理方法。

【発明の詳細な説明】**【0001】**

30

【発明の属する技術分野】

本発明は、レーザスキャニング装置の計測データからノイズの除去とブレイクラインの抽出を自動的に行なう測量データの処理方法に関する。

【0002】**【従来の技術】**

近年、レーザスキャニング装置は、広範囲の三次元データをリアルタイムで取得できる有用な計測機器として注目を集め、数多くの分野への適用が検討されている。適用先の一つとして地形計測が挙げられる。地形計測で一般的な手法であるトラバース測量では、二次元地形図しか作成できないため、三次元計測が可能なレーザスキャニング装置が注目を集めているのである。 40

【0003】

しかし、レーザスキャニング装置による計測には問題もある。その最たるものが、木や草、電柱などによるノイズが計測結果に多く含まれてしまうという問題である。計測結果からノイズを除去する技術として、Z 値（高さ方向の情報）を検討し、ある計測点より低い位置に他の計測点が存在する場合には、その計測点をノイズとして除去する方法が知られている（非特許文献 1）。

【0004】

一方、地形が大きく変化している部分や建物の角などの稜線を表すブレイクラインに関しては、レーザスキャナ装置による抽出方法はまだ確立されていない。また、計測データの変化量を追跡する方法としては、画像処理などの波形解析の分野でのエッジ抽出手法が知 50

られている（非特許文献2）。

【0005】

【非特許文献1】

K. Kraus, N. Pfeifer, 2001. IAPRS Vol XXIV, Part 3/W4, Annapolis, Maryland, USA
"ADVANCED DTM GENERATION FROM LIDAR DATA"

【非特許文献2】

田中亮介、横山大、近津博文：2003、地上据置型レーザスキャナを用いたビジュアルトラバースシステムの構築に関する研究、日本写真測量学会平成14年度秋季学術講演会、pp. 117 - 120

【0006】

【発明が解決しようとする課題】

しかし、ノイズ除去に関する公知技術においては、Z値と呼ばれる高さ方向のデータに対して検討を行っているため、建物などを対象とした場合には、地表面に近い部分は計測データが残るものの、それより上方の計測データが削除されてしまい、汎用性に問題がある。

【0007】

一方、画像処理分野におけるエッジ抽出法では、細やかな変化までを検出するため、ブレイクラインのみを抽出することは難しい。細やかな変化を考慮することが可能なCanny法と呼ばれる画像処理手法においては、大きな変化のある部分をエッジとして残すため、ノイズと平坦な地形部分との境目などもブレイクラインとして抽出するなどの問題が発生していた。さらに、レーザスキャナの計測結果である受光強度画像や距離画像に対して、Canny法などの画像処理を適用しても正確なブレイクラインを抽出できなかった。図13に受光強度画像と距離画像に対してCanny法を適用した結果を示す。

【0008】

本発明は、このような事情に鑑み、汎用性の高いノイズ除去とブレイクライン抽出が可能な測量データの処理方法を提供することを目的とする。

【0009】

【課題を解決するための手段】

汎用性の高いノイズ除去を行なうための、本発明の測量データの処理方法は、レーザスキャニング装置の3次元点群データに対して二次元の評価領域を設定し、該評価領域に対応する測定点の合成法線ベクトルを求め、該合成法線ベクトルが基準方向と一致するように上記計測点を回転移動させ、該回転移動させた計測点の上記基準方向に対する標準偏差を求め、該標準偏差が所定値を超えた場合、上記計測点のうちの一つを上記ノイズとして取り扱うことを特徴とする。

上記評価領域が各隅に計測点を配置した矩形領域であって、該矩形領域の中心に対応する計測点を上記ノイズとして取り扱うのが好ましい。

【0010】

ブレイクラインの抽出を行なうための、本発明の測量データの処理方法は、レーザスキャニング装置の3次元点群データに対して二次元の評価領域を設定し、該評価領域に対応する測定点の合成法線ベクトルを求め、該合成法線ベクトルが基準方向と一致するように上記計測点を回転移動させ、該回転移動させた計測点の上記基準方向に対する標準偏差を求め、該標準偏差が上記計測点の周囲にある他の領域の標準偏差に較べて大きい場合、上記計測点のうちの一つをブレイクラインとすることを特徴とする。

上記評価領域が各隅に計測点を配置した矩形領域であって、該矩形領域の中心に対応する計測点を上記ブレイクラインとするのが好ましい。

上記両領域の標準偏差を比較するに際し、周囲にある領域の標準偏差を、中央にある領域の中心からの距離による重みを付けて補正するのが好ましい。

【0011】

10

20

30

40

50

【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施の形態について、図面を参照しながら詳細に説明する。

図1はレーザスキャニング装置1による計測イメージを示している。レーザスキャニング装置1は、発光部と受光部（図示せず）が装置本体に対して上下方向及び左右方向に（X軸及びZ軸の回りに）移動可能に取り付けられている。

【0012】

つまり、レーザスキャニング装置1は、予め指定された計測範囲2に対し、上下方向及び左右方向に所定のピッチでレーザ光を照射し、予め指定された点数での計測を行なう。また、レーザ光の往復時間により計測点までの距離を計測する。つまり、計測結果としては、計測点の三次元座標値と、レーザ光の受光強度との集合体である点群データが記録される。この点群データは、上下方向と左右方向の計測点数が一定となることから、2次元配列状のデータとしての整理が可能となる。

10

【0013】

受光強度データを上下方向と左右方向の計測点数に従って整理すると、受光強度画像（図示せず）が得られる。つまり、この受光強度画像上では、計測結果が各点の三次元座標に対応付けられており、受光強度の代わりにレーザスキャニング装置1からの距離の違いを色で表すことで距離画像も作成される。なお、レーザスキャニング装置1の計測データはパーソナルコンピュータ3に送られて、種々の処理が施される。

【0014】

次に、本発明のノイズの除去方法について、図2のフローチャートを参照しながら説明する。

20

ノイズの除去に際しては、まず2次元配列上の注目点（全計測点のうちの1点）を中心として矩形領域（評価領域）を設定する（ステップS1）。図3に矩形領域4の設定のイメージを示す。この矩形領域は、計測点数にしたがって整理されている2次元配列に対して設定し、最初に設定する矩形領域のサイズとしては、最低ドット数を5×5とする。なお、2次元配列に整理された各点には、実際の計測結果である3次元座標が対応付けられている。つぎに、図3（b）として設定されている矩形領域4に対し、各点に対応付けられている三次元座標を用いて2次元配列の状態から3次元での状態に矩形領域の表現方法を変換し、矩形領域4について各店の3次元座標を用いて辺長が縦横方向共に0.3mとなるかを検討する。辺長が0.3mに満たない場合には、図3（d）に示すように、2次元配列でのドット数を拡大した後に、図3（c）の3次元座標を用いた状態にて辺長の再検討を繰返し、辺長が0.3mとなる2次元配列での矩形領域サイズを検討する。このように矩形領域4を拡大させるのは、距離が大きくなる程、レーザ光の照射範囲が拡大し、計測点の密度が小さくなるために、一定範囲内での評価を行うことが難しくなるためである。

30

【0015】

このとき、2次元配列上に計測された点データが存在しない場合があるが、このような場合には、矩形領域4のドット数に制限を設け、制限以上のドット数とならないようにすることで対応する。

【0016】

本発明では、前述のように矩形領域4の辺長の上限を0.3mとしているが、その根拠としては、IRI（国際ラフネス指数、International Roughness Index）と呼ばれる路面の状態評価手法において、評価を実施するための範囲を0.3mと定義されていることが挙げられる。しかし、この長さは特に0.3mという値に限定されるものではなく、状況に応じて変更することも可能とする。

40

【0017】

次に、図4（a）に示すように矩形領域4を構成する8つの端点を2次元配列による内容から、各点に対応付けられている3次元座標を用いた内容に置き換え、その中央に位置する点に対応する計測点5から形成される曲面6を考える。この曲面6については、各計測点5を頂点とする三角形7に分割し、その法線ベクトルEを求める。法線ベクトルEは以

50

下の式で求めることが可能である。

【 0 0 1 8 】

【 数 1 】

$$X_c = (y_1 - y_0)(z_3 - z_0) - (z_1 - z_0)(y_3 - y_0)$$

$$Y_c = (z_1 - z_0)(x_3 - x_0) - (x_1 - x_0)(z_3 - z_0)$$

$$Z_c = (x_1 - x_0)(y_3 - y_0) - (y_1 - y_0)(x_3 - x_0)$$

(X_c, Y_c, Z_c) =法線ベクトルEの成分 (x_i, y_i, z_i) =三角形頂点の三次元

座標

10

【 0 0 1 9 】

そして、曲面6を構成する全ての三角形7について法線ベクトルE_nを求め(同図(b)参照)、各法線ベクトルE_nを一つにまとめて合成法線ベクトルE_oを求める(同図(c)参照)。このようにして合成法線ベクトルE_oを求めると、曲面6の座標系に対する傾きが分かる。

【 0 0 2 0 】

合成法線ベクトルE_oを求めるにあたっては、空と建物の境界線のように、設定した矩形領域4内に計測点が存在しない場合があり、矩形領域4内に作成される三角形7の数が少なくなる。このようなケースについては、三角形7が1つでも作成されたならば、合成法線ベクトルE_oを求め、その後の作業を継続する。図6にこのような場合の三角形の設定イメージを、2次元配列として表現されている受光強度画像を用いて示す。

20

【 0 0 2 1 】

次に、図4(d)に示すように、合成法線ベクトルE_oがZ軸と一致するように中央の計測点5cを中心として2次元配列にて設定された矩形領域内に含まれる全ての計測点について回転移動を行う(ステップS2)。この作業によって、3次元座標を用いて表現されている矩形領域の向きがほぼX-Y平面と平行な状態になる。なお、基準軸はレーザスキャニング装置1の高さ方向を表すZ軸にするのが普通であるが、基準となり得るものであれば、その方向は特に問わない。

【 0 0 2 2 】

次に、回転移動を行った後の曲面6(矩形領域端点を用いて作成された曲面)内に含まれる各計測点について、Z値の標準偏差(平面度)を次の式から求める(ステップS3)。図5は矩形領域内に含まれる各計測点のX-Y平面に対する標準偏差を表すイメージ図である。

30

【 0 0 2 3 】

【 数 2 】

$$\sigma_{ij} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n (Z_{ij} - M)^2}{(N_Z - 1)}}$$

σ_{ij} :分散、 Z_{ij} :回転移動後のZ値、 M :回転移動後の矩形領域内でのZ値の平均

40

N_Z :矩形領域内の計測点数

【 0 0 2 4 】

次に、求めた標準偏差が閾値以下であるか否かを判断する(ステップS4)。標準偏差が閾値以下の場合は、曲面6の中心にある計測点5が平坦な地形を構成する点であり、ノイズではないと判断する(ステップS5)。一方、標準偏差が閾値を超えている場合には、曲面6の中心にある計測点5が平坦な面に含まれる点であるか否かを判断する(ステップS6)。つまり、自分以外の点を中心とした検討を行う際に、当該矩形領域が平坦であると評価されると同時に、自身が矩形領域に含まれており、かつ標準偏差を求める際

50

の平均値との回転移動後の自分自身の点についてZ値の差が閾値以内に入っている点であるかを検討する。

【0025】

その結果、他の計測点5を中心として検討を行った際にはその点の標準偏差が閾値以下であり、回転移動を行ったときの平均値とのZ値の差が閾値以内に入る場合には、先に調べた計測点5に関する標準偏差が閾値を超えていても、その計測点5のデータはノイズではないと判断する。これは、斜面と平坦面の境にある計測点がノイズとして判定され易く、誤判定を防止するためである。図7は計測点の傾斜と標準偏差の関係を示すイメージ図である。一方、他の計測点に関する標準偏差についても閾値を超えている場合には、計測点をノイズとして除去する(ステップS7)。

標準偏差というのは、平均値 ± 1 標準偏差の範囲内には全データの68.27%が含まれるという意味をもつ。よって、中央点が平坦であると表現されたことで、平行移動後の矩形領域内の計測点について検討を行い、平均値からのZ値の差が閾値以内にはいることで、その点も平面を構成する点に含まれると判断される。

【0026】

つまり、これら一連の作業によって、計測点5の標準偏差が閾値以下である場合、または計測点5の曲面6内での処理によってノイズでないと判断された場合、その計測点を地形情報として記録し(ステップS5)、いずれの条件も満たさない場合には、その計測点をノイズとして計測結果から除外するのである(ステップS7)。

【0027】

段落〔0014〕からここまでの作業を2次元配列に存在する全計測点について繰り返すことで、ノイズの除去が行われる。

【0028】

ところで、本発明では標準偏差の閾値として、前述の国際ラフネス指数IRIを用いている。本発明の主たる適用先として考えられる地形計測に関しては、“雨水に侵食された溝および深くぼみ状態”でのIRIは8~20(m/km)としているが、これを従来からの日本の路面評価に用いられている標準偏差に置き換えた場合、両者の間には、 $IRI = 0.74 \cdot \sigma_m + 1.77$ の関係があるので、 $IRI = 20$ とすると、標準偏差 σ_m は0.025mとなる。そこで、平坦な地形である場合の、平面度として標準偏差閾値を0.025mとして設定した。

【0029】

図8は、本発明のノイズ除去を行なった場合の実験結果を示している。同図(b)では、同図(a)の、樹木などの平面度としての評価が低い部分が除去されているのが分かる。

【0030】

次に、ノイズ除去を行う際に求めた標準偏差を用いて、ブレイクラインの抽出を行う方法について説明する。

図9(b)はブレイクラインの抽出に用いる標準偏差画像を示している。この標準偏差画像は、各点において求められた標準偏差の値を画素の輝度値(0~255)として表したものである。本発明では、ノイズでない(平坦な地形である)と判断された点の輝度値を5、それ以外の点については、標準偏差量が0.025m~0.15mの間を輝度値10~255として段階的に表現している。なお、ブレイクラインの抽出結果の判断を容易にするため、ブレイクラインの抽出に関しては地形ではなく、建物を対象とした場合について説明する。

【0031】

図11はブレイクラインの抽出法を説明する図である。ブレイクラインの抽出にあたっては、標準偏差の値が大きい部分にブレイクラインが存在するとの考えに沿い、まず、標準偏差画像において5x5のマスキングで平滑化を実施する。これは、平坦であると判断された部分(輝度値=5)とノイズである(標準偏差が大きい)とされた場所の境目をブレイクラインとして誤検出するのを防止するためである。つまり、平滑化の前は、図11のBの位置にブレイクラインが抽出されるが、平滑化を行なうと、Aの位置にブレイクライン

10

20

30

40

50

が抽出される。ブレイクラインが何本抽出されるかは、対象物の幅 D に依存する。

【0032】

平滑化にあたっては、標準偏差画像において任意の画素を中心として 5×5 のマスクを設定し、このマスク内で輝度値の平均を求め、その値を新しい輝度値としてマスク内の中心画素に与える。次に、標準偏差画像中の任意の画素の輝度値を g_0 、その周囲の画素の輝度値を g_n とするとき、中央にある画素の輝度値 g_0 について、次の式で距離による重みを付けた補正值 g_0' を求める。図 10 は画素の位置関係を示す図で、実際には 5×5 のマスクを使用しているが、この図では簡略化のため 3×3 のマスクとして示す。

【0033】

【数 3】

$$g_0' = \frac{\sum p_i (g_0 - g_i)}{\sum p_i}$$

g = 分散画像輝度値、 p_i = 中心画素からの距離 (重み係数)

【0034】

ブレイクラインは標準偏差値が大きいという特徴があるが、この特徴を誇張すべく、輝度値 g_0 を距離による重みを付けて補正しているのである。すなわち、中央の画素の標準偏差値が大きければ大きい程、補正值 g_0' の値が大きくなり、かつ、正の値となる。よって、以上の式で求められる補正值 g_0' が正になった点をブレイクラインとして抽出する。なお、この処理によって線幅が 2 ドット以上になった場合には、細線化と呼ばれる線幅を細くする処理を行えばよい。

【0035】

図 12 は本発明のブレイクライン抽出法による実験結果を示している。本発明の方法によれば、同図 (b) に示すように、Canny 法では抽出できなかった建物のブレイクラインの抽出が可能になるのが確認された。

【0036】

本発明とは直接関連しないので、詳細な説明は省略するが、レーザスキャニング装置 1 で複数位置から計測を行ない、その計測データから前述のようにしてノイズ除去を行ない、一つの座標系に統合することで、地形モデルを作成でき、地形情報 (DTM) の作成の支援に役立つことになる。

【0037】

なお、以上の実施形態では、平坦度を調べるための評価領域は矩形に形成してあるが、その形状は必ずしも矩形に限定されるものではなく、円形や三角形に形成してもよい。また、合成法線ベクトル E_0 を一致させる基準方向についても、必ずしも Z 方向である必要はなく、測量対象に応じて適宜設定すればよい。

【0038】

【発明の効果】

本発明によれば、評価領域に対応する測定点の合成法線ベクトルを求め、その向きが基準方向と一致するように計測点を回転移動させ、その状態で計測点の基準方向に対する標準偏差を求めているので、つまり、測定点を含む曲面を基準方向と垂直な面に変換して、計測点の標準偏差を評価しているため、地形の急激な変化面や建物の壁面などを計測する場合でも、その傾斜を気にせず、平面度の評価を行なうことができ、汎用性の高いノイズ除去が可能になる。

【0039】

さらに、平面度の評価に用いる標準偏差を利用し、周囲に対して標準偏差の変動が大きい箇所をブレイクラインとしているので、ブレイクラインの抽出が正確かつ容易になるという効果もある。

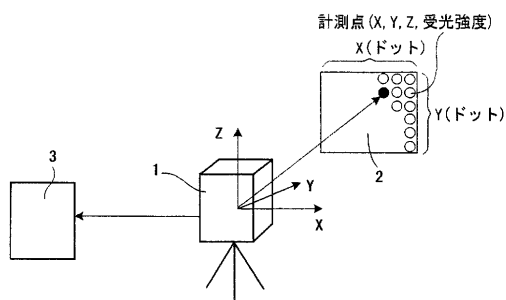
【図面の簡単な説明】

- 【図1】レーザスキャニング装置の計測方法を説明する図である。
- 【図2】本発明のノイズ除去方法を示すフローチャートである。
- 【図3】矩形領域の設定方法を説明する図である。
- 【図4】計測点の回転移動させる方法を説明する図である。
- 【図5】計測点の標準偏差を説明する図である。
- 【図6】合成法線ベクトルの求め方を説明する図である。
- 【図7】傾斜面と平坦面の境を判定する方法を説明する図である。
- 【図8】受光強度画像を示す図で、(a)はノイズ除去前の状態を示す図、(b)はノイズ除去後の状態を示す図である。
- 【図9】(a)は実画像、(b)は標準偏差画像である。
- 【図10】標準偏差画像における画素の位置関係を示す図である。
- 【図11】ブレイクラインの抽出方法を説明する図である。
- 【図12】(a)は実画像、(b)はブレイクラインを抽出した標準偏差画像である。
- 【図13】(a)は実画像、(b)は受光強度画像にCanny法を適用した図、(c)は距離画像にCanny法を適用した図である。

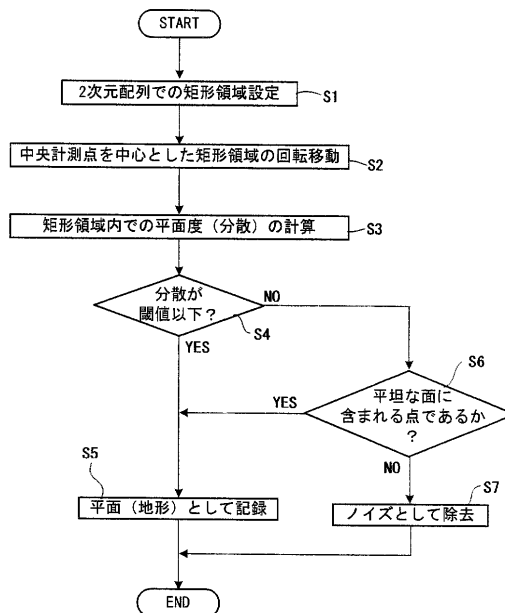
【符号の説明】

- 1 レーザスキャニング装置
- 2 計測範囲
- 3 パーソナルコンピュータ
- 4 矩形領域
- 5 計測点
- 7 三角形
- E 法線ベクトル
- E o 合成法線ベクトル

【図1】



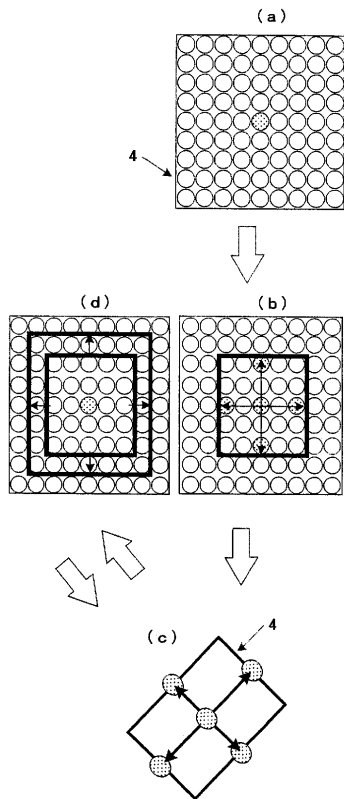
【図2】



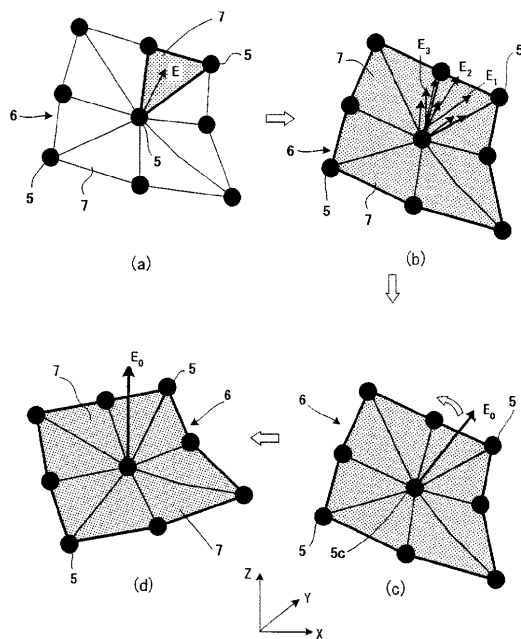
10

20

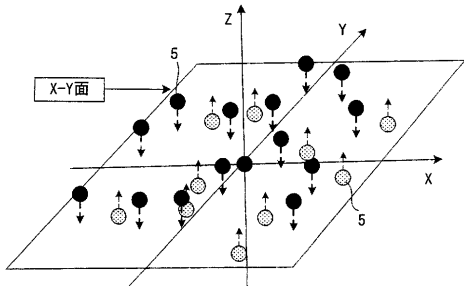
【 図 3 】



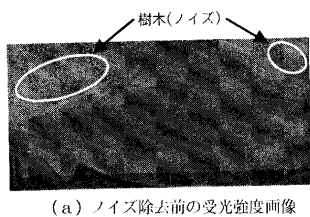
【 図 4 】



【 図 5 】

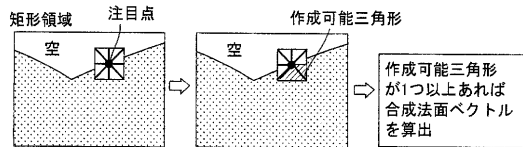


【 図 8 】



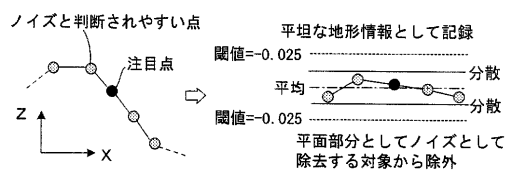
(a) ノイズ除去前の受光強度画像

【 図 6 】

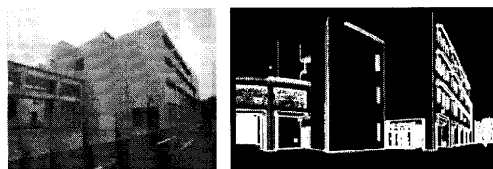


(b) ノイズ除去後の受光強度画像

【 図 7 】



【 図 9 】



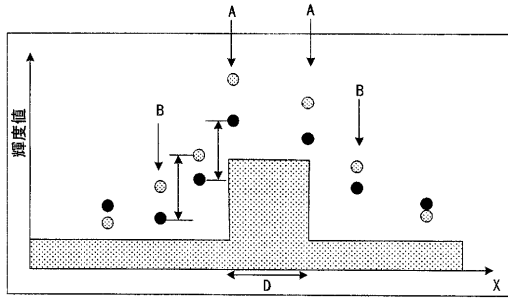
(a) 実画像

(b) 分散画像

【 図 1 0 】

g1	g2	g3
g8	g0	g4
g7	g6	g5

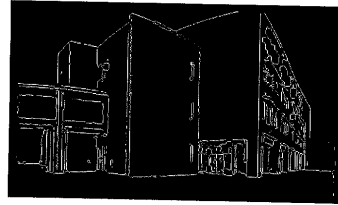
【 図 1 1 】



【 図 1 2 】

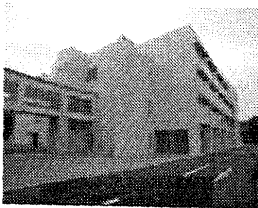


(a) 実画像



(b) ブレークライン抽出

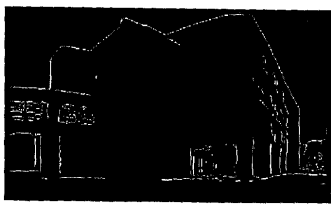
【 図 1 3 】



(a) 実画像



(b) 変光強度画像への適用



(c) 距離画像への適用