

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2017 年 7 月 13 日(13.07.2017)



(10) 国際公開番号
WO 2017/119154 A1

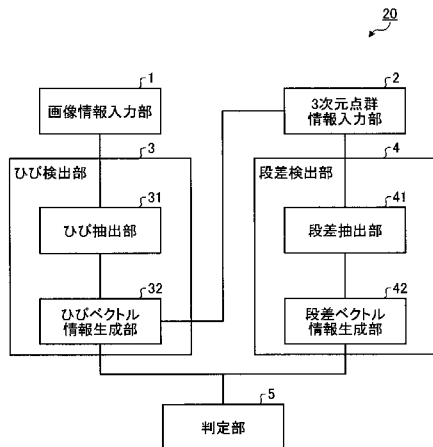
- (51) 国際特許分類:
G01N 21/88 (2006.01) *G06T 1/00* (2006.01)
G01B 11/30 (2006.01) *G01N 21/954* (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2016/073615
- (22) 国際出願日: 2016 年 8 月 10 日(10.08.2016)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2016-001994 2016 年 1 月 7 日(07.01.2016) JP
- (71) 出願人: 三菱電機株式会社(MITSUBISHI ELECTRIC CORPORATION) [JP/JP]; 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目 7 番 3 号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 入江 恵(IRIE, Megumi); 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目 7 番 3 号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 高村 順(TAKAMURA, Jun); 〒1000013 東京都千代田区霞が関 3 丁目 8 番 1 号 虎の門三井ビルディング 特許業務法人酒井国際特許事務所 Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE,

[続葉有]

(54) Title: DETECTION DEVICE AND DETECTION METHOD

(54) 発明の名称: 検出装置および検出方法

[図1]



- 1 Image information input unit
- 2 Three-dimensional point-cloud information input unit
- 3 Cracking detection unit
- 4 Level difference detection unit
- 5 Determination unit
- 31 Cracking extraction unit
- 32 Cracking vector information generation unit
- 41 Level difference extraction unit
- 42 Level difference vector information generation unit

(57) Abstract: The present invention obtains a detection device capable of detecting a cracking state. The detection device is provided with a cracking detection unit (3) for detecting surface deformation in a structure from image information for the structure, a level difference detection unit (4) for detecting level differences on the surface of the structure from three-dimensional point-cloud information for the structure measured using a laser, and a determination unit (5) for determining a deformation state using deformation information generated by the cracking detection unit (3) and level difference information generated by the level difference detection unit (4).

(57) 要約: ひび割れがどのような状態にあるかを検出可能な検出装置を得ること。構造物の画像情報から構造物の表面の変状を検出するひび検出部(3)と、レーザにより計測された構造物の3次元点群情報から構造物の表面の段差を検出する段差検出部(4)と、ひび検出部(3)で生成された変状の情報、および段差検出部(4)で生成された段差の情報を用いて、変状の状態を判定する判定部(5)と、を備える。

WO 2017/119154 A1



ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, 添付公開書類:

MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK,

SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ,

GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

明 細 書

発明の名称： 検出装置および検出方法

技術分野

[0001] 本発明は、検査対象の変状を検出する検出装置および検出方法に関するものである。

背景技術

[0002] 従来、検査対象の構造物に発生するひび割れ、浮きなどの変状を検出する技術には様々な方法がある。特許文献1には、打音法または目視法などの診断結果とともに、画像機器、赤外線検出器、非接触タイプ電磁波レーダなどの各種機器による測定結果を組み合わせてひび割れなどを診断する技術が開示されている。また、特許文献2には、検査対象の可視画像および赤外線画像を重畳にしてひび割れなどを診断する技術が開示されている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特許第4 5 8 8 9 0 1号公報

特許文献2：特許第5 7 9 5 8 5 0号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] しかしながら、上記従来の技術によれば、打音法および目視法では、人力による作業時間が多大であるとともに、異常箇所を見分けて、または異常音を聞き分けて判断する必要がある。そのため、ひび割れなどの検出精度が調査員の経験や技術に依存する、という問題があった。また、赤外線画像は、検査対象の表面温度の差異を撮影し、表面温度の差異で変状部を特定するものであるが、構造物表面の凹凸による受熱量または伝熱の違いの影響を受けるため精度が低い、という問題があった。すなわち、調査員の経験および技術に依存せず、ひび割れの状態を精度良く検出することが難しい。

[0005] 本発明は、上記に鑑みてなされたものであって、ひび割れの状態を検出す

る精度を向上可能な検出装置を得ることを目的とする。

課題を解決するための手段

[0006] 上述した課題を解決し、目的を達成するために、本発明の検出装置は、構造物の画像情報から構造物の表面の変状を検出する変状検出部を備える。また、検出装置は、レーザにより計測された構造物の3次元点群情報から構造物の表面の段差を検出する段差検出部を備える。また、検出装置は、変状検出部で生成された変状の情報、および段差検出部で生成された段差の情報をを用いて、変状の状態を判定する判定部を備えることを特徴とする。

発明の効果

[0007] 本発明によれば、ひび割れの状態を検出する精度を向上できる、という効果を奏する。

図面の簡単な説明

[0008] [図1]実施の形態1にかかる検出装置の構成例を示すブロック図

[図2]実施の形態1にかかる検出装置において検出したひびの状態を判定する処理を示すフローチャート

[図3]実施の形態1にかかる画像情報入力部に入力される画像情報の内容を示す図

[図4]実施の形態1にかかる3次元点群情報入力部に入力される3次元点群情報の内容を示す図

[図5]実施の形態1にかかるひび抽出部が抽出したひびの画像情報の内容を示す図

[図6]実施の形態1にかかるひびベクトル情報生成部においてひびフラグONの画素の3次元座標を算出する処理を示すフローチャート

[図7]実施の形態1にかかるひびベクトル情報生成部が算出したひびフラグONの画素の3次元座標の情報の内容を示す図

[図8]実施の形態1にかかるひびベクトル情報生成部において生成したひびベクトル情報の内容を示す図

[図9]実施の形態1にかかる段差抽出部が抽出した段差箇所についての段差フ

ラグの情報を付与した3次元点群情報の内容を示す図

[図10]実施の形態1にかかる段差ベクトル情報生成部において生成した段差ベクトル情報の内容を示す図

[図11]実施の形態1にかかる判定部においてひびベクトルと段差ベクトルとを比較したときのイメージの第1の例を示す図

[図12]実施の形態1にかかる判定部においてひびベクトルと段差ベクトルとを比較したときのイメージの第2の例を示す図

[図13]実施の形態1にかかる判定部においてひびベクトルと段差ベクトルとを比較したときのイメージの第3の例を示す図

[図14]実施の形態1にかかる判定部においてひびベクトルと段差ベクトルとを比較したときのイメージの第4の例を示す図

[図15]実施の形態1にかかる判定部において浮き剥離を伴うひびと判定したひびについての浮き剥離ひび情報の内容を示す図

[図16]実施の形態1にかかる検出装置を専用のハードウェアで構成する場合の例を示す図

[図17]実施の形態1にかかる検出装置をCPUおよびメモリで構成する場合の例を示す図

[図18]実施の形態2にかかる検出装置の構成例を示すブロック図

[図19]実施の形態2にかかるひび3次元情報生成部において糊代範囲を1画素とした場合の3次元画像を得る対象の画素の範囲の例を示す図

[図20]実施の形態2にかかるひび3次元情報生成部が算出したひびフラグONおよび糊代範囲の画素の3次元座標の情報の内容を示す図

[図21]実施の形態2にかかる検出装置において検出したひびの状態を判定する処理を示すフローチャート

[図22]実施の形態2にかかる判定部において段差ベクトルの3次元空間での存在率を算出したときのイメージの第1の例を示す図

[図23]実施の形態2にかかる判定部において段差ベクトルの3次元空間での存在率を算出したときのイメージの第2の例を示す図

[図24]実施の形態2にかかる判定部において段差ベクトルの3次元空間での存在率を算出したときのイメージの第3の例を示す図

[図25]実施の形態2にかかる判定部において段差ベクトルの3次元空間での存在率を算出したときのイメージの第4の例を示す図

[図26]実施の形態3にかかる検出装置の構成例を示すブロック図

[図27]実施の形態3にかかる検出装置において検出したひびの状態を判定する処理を示すフローチャート

[図28]実施の形態3にかかる判定部において、ひびベクトルを境界にして3次元点群情報入力部から抽出した3次元点群情報を2つの点群グループに分類した状態、および構造物表面位置の例を示す図

[図29]実施の形態4にかかる検出装置の構成例を示すブロック図

[図30]実施の形態4にかかる検出装置において検出したひびの状態を判定する処理を示すフローチャート

[図31]実施の形態5にかかる検出装置の構成例を示すブロック図

[図32]実施の形態6にかかる検出装置の構成例を示すブロック図

[図33]実施の形態6にかかる検出装置において検出したひびの状態を判定する処理を示すフローチャート

[図34]実施の形態6にかかる検出装置においてひびの状態を判定する対象となる構造物および計測により得られた情報の例を示す図

[図35]実施の形態6にかかる類似度判定部においてひびベクトルと段差ベクトルとを比較したときのイメージの第1の例を示す図

[図36]実施の形態6にかかる類似度判定部においてひびベクトルと段差ベクトルとを比較したときのイメージの第2の例を示す図

[図37]実施の形態6にかかる類似度判定部においてひびベクトルと段差ベクトルとを比較したときのイメージの第3の例を示す図

[図38]実施の形態6にかかる類似度判定部においてひびベクトルと段差ベクトルとを比較したときのイメージの第4の例を示す図

[図39]実施の形態6にかかる類似度判定部において浮き剥離を伴うひびと判

定された浮き剥離ひび情報に類似度の値を付与したときの内容を示す図

[図40]実施の形態7にかかる検出装置の構成例を示すブロック図

[図41]実施の形態7にかかる検出装置において検出したひびの状態を判定する処理を示すフローチャート

発明を実施するための形態

[0009] 以下に、本発明の実施の形態にかかる検出装置および検出方法を図面に基づいて詳細に説明する。なお、この実施の形態によりこの発明が限定されるものではない。

[0010] 実施の形態1.

図1は、本発明の実施の形態1にかかる検出装置20の構成例を示すブロック図である。検出装置20は、画像情報入力部1と、3次元点群情報入力部2と、ひび検出部3と、段差検出部4と、判定部5と、を備える。検出装置20は、検査対象である構造物の表面の変状を検出する装置である。変状については、ひび、汚れ、析出物、漏水などがあるが、ここでは、ひびを例にして説明し、以降の実施の形態についても同様とする。検出装置20では、構造物表面の変状であるひびを検出し、検出したひびが、構造物の表面だけのひびであるのか、構造物の内部において浮き剥離などを伴うひびであるのかを判定する。なお、検出装置20については、検出する対象の変状はひびに限定されるものではなく、ひび以外の変状にも適用可能である。

[0011] 画像情報入力部1は、構造物の表面の画像情報を入力する。画像情報入力部1は、例えば、デジタルカメラなどでデジタル撮影された画像処理可能な画像情報を入力するものであり、デジタルカメラそのものでもよい。画像情報入力部1は、デジタルカメラなどで撮影された画像情報を記録媒体経由でデータ読み取りを行うデータ読み取り装置、または、デジタルカメラなどで撮影された画像情報を有線通信または無線通信によって受信する通信装置であってもよい。

[0012] 3次元点群情報入力部2は、構造物の表面の3次元点群情報を入力する。3次元点群情報入力部2は、高密度レーザスキャナで計測および取得された

3次元座標を有する点群情報を入力するものであり、高密度レーザスキャナそのものでもよい。3次元点群情報入力部2は、高密度レーザスキャナで計測および取得された3次元点群情報を記録媒体経由でデータ読み取りを行うデータ読み取り装置、または、高密度レーザスキャナで計測および取得された3次元点群情報を有線通信または無線通信によって受信する通信装置であってもよい。

[0013] 変状検出部であるひび検出部3は、構造物の画像情報から構造物の表面の変状を検出する。ひび検出部3は、ひび抽出部31と、ひびベクトル情報生成部32と、を備える。

[0014] 変状抽出部であるひび抽出部31は、画像情報入力部1に入力された画像情報を解析して、画像情報から構造物表面の変状、具体的にはひびを抽出する。ひび抽出部31は、例えば、2値化处理、エッジ検出処理などの画像処理の手法により、入力された画像情報を解析してひびを抽出する。ひび抽出部31は、抽出したひびの画素に、ひび部分の画素にひびであることを示すひびフラグを付与してひびの画像情報を生成する。なお、前述の画像処理の手法は一例であり、これらに限定されるものではない。

[0015] 変状ベクトル情報生成部であるひびベクトル情報生成部32は、ひび抽出部31で抽出されたひびの画像情報に、3次元点群情報入力部2に入力された3次元点群情報を用いて、3次元座標を付与してベクトル化する。具体的に、ひびベクトル情報生成部32は、ひび抽出部31で生成されたひびの画像情報の各画素に対して、画像情報を撮影時のカメラの光学中心位置である3次元位置座標の情報、3軸方向によるカメラの姿勢についての情報、および3次元点群情報入力部2から入力された3次元点群情報に基づいて、ひびの各画素に対して構造物表面上の3次元絶対座標を算出し、ひびの画像情報についての3次元情報を得る。

[0016] ひびベクトル情報生成部32は、ひびの画像情報の3次元情報に対して、規定された一定空間内にあるひびをグルーピングし、同一グループの点に対して最小二乗法による直線近似などの手法により一定空間ごとに線分化して

3次元のひびベクトル情報を生成する。ひびベクトル情報生成部32は、生成した複数の線分の端点距離が規定された距離より小さい場合には、端点同士を接続して同一のひびベクトル情報として記憶する。

[0017] 段差検出部4は、レーザにより計測された構造物の3次元点群情報から構造物の表面の段差を検出する。段差検出部4は、段差抽出部41と、段差ベクトル情報生成部42と、を備える。

[0018] 段差抽出部41は、3次元点群情報から構造物の表面の微小な段差を抽出する。微小な段差とは、例えば、1mm程度の高低差を有する段差のことである。段差抽出部41は、例えば、平滑化处理により構造物の表面をなだらかな面として近似し、近似した構造物表面に対して各点の垂直方向の位置座標を計算し、各点の位置が近似した構造物表面から規定された距離以上離れている点を凹凸部分として抽出する。段差抽出部41は、抽出した凹凸部分を段差とし、段差を構成する各点に、段差部分であることを示す段差フラグを付与して段差の3次元点群情報を生成する。なお、ここで挙げた3次元点群情報からの段差検出処理の手法は一例であり、これに限定されるものではない。また、段差の大きさについても、1mm程度の高低差に限定されるものではない。

[0019] 段差ベクトル情報生成部42は、段差抽出部41で抽出された段差の3次元点群情報をベクトル化する。段差ベクトル情報生成部42は、段差抽出部41で抽出された段差の3次元点群情報に対して、規定された一定空間内にある点をグルーピングし、同一グループの点に対して最小二乗法による直線近似などの手法により一定空間ごとに線分化して3次元の段差ベクトル情報を生成する。段差ベクトル情報生成部42は、生成した複数の線分の端点距離が規定された距離より小さい場合には、端点同士を接続して同一の段差ベクトル情報として記憶する。

[0020] 判定部5は、ひびベクトル情報生成部32で生成された変状の情報であるひびベクトル情報、および段差ベクトル情報生成部42で生成された段差の情報である段差ベクトル情報を用いて、構造物の表面に発生したひびの状態

を判定する。具体的に、判定部 5 は、ひび検出部 3 のひびベクトル情報生成部 3 2 で生成された 3 次元のひびベクトル情報によるひびベクトルの各線分において、段差検出部 4 の段差ベクトル情報生成部 4 2 で生成された 3 次元の段差ベクトル情報による段差ベクトルの各線分のうち一番近い線分との距離を算出する。判定部 5 は、1 つのひびベクトルにおいて、同一の段差ベクトルとの線分間距離が規定された値より小さくなるポイントが閾値以上の比率で存在する場合、ひびベクトルに対応するひびは浮き剥離を伴う、安全性の低いひびであると判定する。

[0021] 判定部 5 については、前述の 3 次元のひびベクトルと段差ベクトルとの線分同士の距離に基づく判定の他、構造物表面を 2 次元平面に投影し、2 次元平面上において 2 次元化されたひびベクトルと段差ベクトルとの位置関係、すなわち 2 次元平面上での距離に基づいて判定してもよい。構造物表面を 2 次元平面へ投影する方法については、例えば、展開図を生成して 2 次元化する手法があるが、これに限定されるものではない。

[0022] つぎに、検出装置 20 における、構造物の表面で検出された変状が単なるひびか、浮き剥離を伴うひびか否かを判定する処理について説明する。図 2 は、実施の形態 1 にかかる検出装置 20 において検出したひびの状態を判定する処理を示すフローチャートである。

[0023] まず、検出装置 20 では、画像情報入力部 1 において、構造物の表面をデジタルカメラなどで撮影された画像情報を入力する（ステップ S 1）。図 3 は、実施の形態 1 にかかる画像情報入力部 1 に入力される画像情報の内容を示す図である。画像情報は、各画素について、R（Red）値、G（Green）値、および B（Blue）値により構成される。図 3 に示す画像情報については、画像情報入力部 1 内部の記憶部で記憶してもよいし、図示しない外部の記憶部で記憶してもよい。

[0024] また、検出装置 20 では、3 次元点群情報入力部 2 において、画像情報の撮影と同じタイミングでレーザ計測された 3 次元点群情報を入力する（ステップ S 2）。図 4 は、実施の形態 1 にかかる 3 次元点群情報入力部 2 に入力

される３次元点群情報の内容を示す図である。３次元点群情報は、各点について、Ｘ座標、Ｙ座標、およびＺ座標により構成される。図４に示す３次元点群情報については、３次元点群情報入力部２内部の記憶部で記憶してもよいし、図示しない外部の記憶部で記憶してもよい。

[0025] なお、Ｘ座標、Ｙ座標、およびＺ座標については、例えば、平面直角座標系を用いて、ＸＹ軸を水平面上にとり、Ｚ軸を高さ方向にとることができる。または、任意の点を原点として、例えば、東向き方向をＸ軸方向、北向き方向をＹ軸方向、鉛直上向き方向をＺ軸方向とする座標系でもよい。各点の座標値を示すデータの単位については、メートル（ｍ）などを使用することができるが、これに限定されるものではない。画像情報および３次元点群情報については、例えば、ＭＭＳ（Mobile Mapping System）により計測された情報を用いることができる。ＭＭＳでは、デジタルカメラおよびレーザなどの測定装置を搭載した車両において、ＧＰＳ（Global Positioning System）および慣性航法装置などを用いて、自車両の位置と姿勢を正確に計測できる。そのため、ＭＭＳでは、自車両の位置にレーザで計測された構造物などの位置を加算することで、構造物の位置を正確に取得することができる。

[0026] 図２のフローチャートの説明に戻る。ひび検出部３のひび抽出部３１は、画像情報入力部１から入力された画像情報を解析し、画像情報からひびを抽出する（ステップＳ３）。ひび抽出部３１は、ひび部分の画素にひびであることを示すひびフラグにＯＮ情報を付与して記憶する。図５は、実施の形態１にかかるひび抽出部３１が抽出したひびの画像情報の内容を示す図である。図５に示す画像情報のうち、ひびフラグにＯＮ情報が付与された画素がひびを示す画像情報となる。図５に示す画像情報のうち、ひびが抽出されていない画素のひびフラグにはＯＦＦ情報が付与されている。図５に示すひびの画像情報については、ひび抽出部３１内部の記憶部で記憶してもよいし、図示しない外部の記憶部で記憶してもよい。

[0027] ひびベクトル情報生成部３２は、ひびの画像情報のうちひびフラグがＯＮ

になっている全画素を対象に、各画素に対応する3次元座標を算出する（ステップS4～S7）。具体的に、ひびベクトル情報生成部32は、図3に示す画像情報から処理対象画素を1つ選択する（ステップS4）。ひびベクトル情報生成部32は、図5に示すひびの画像情報を確認し、処理対象画素はひびフラグONか否かを確認する（ステップS5）。ひびフラグOFFの場合（ステップS5：No）、ひびベクトル情報生成部32は、ステップS4に戻って図3に示す画像情報からつぎの処理対象画素を1つ選択する（ステップS4）。ひびフラグONの場合（ステップS5：Yes）、ひびベクトル情報生成部32は、3次元点群情報に基づいて、ひびフラグONの画素の3次元座標を算出する（ステップS6）。

[0028] 図6は、実施の形態1にかかるひびベクトル情報生成部32においてひびフラグONの画素の3次元座標を算出する処理を示すフローチャートである。まず、ひびベクトル情報生成部32は、画像情報を撮影時のカメラの光学中心位置である3次元位置座標、3軸方向によるカメラの姿勢についての情報、および処理対象画素の画像上の位置から、処理対象画素の撮影時の3次元座標位置、および撮影時の3次元座標位置から画像情報を撮影したときの方向を示す撮影方向ベクトルを算出する（ステップS21）。

[0029] ひびベクトル情報生成部32は、3次元点群情報入力部2から入力された3次元点群情報の中から、ステップS21で算出した処理対象画素の撮影時の3次元座標位置から、ステップS21で算出した撮影方向ベクトル進んだ方向に位置する点群を抽出する（ステップS22）。

[0030] ひびベクトル情報生成部32は、抽出した点群および抽出した点群周辺の点群を含む面片を、最小二乗法の面近似などの手法により生成する（ステップS23）。

[0031] ひびベクトル情報生成部32は、処理対象画素について算出した3次元座標位置からの撮影方向ベクトルと生成した面片との交差点を、処理対象画素の3次元座標として算出して記憶する（ステップS24）。図7は、実施の形態1にかかるひびベクトル情報生成部32が算出したひびフラグONの画

素の3次元座標の情報の内容を示す図である。ひびベクトル情報生成部32は、ひびフラグONの各画素について3次元座標を算出し、各画素の3次元座標をX座標、Y座標、およびZ座標により記憶する。図7に示すひびフラグONの画素の3次元座標については、ひびベクトル情報生成部32内部の記憶部で記憶してもよいし、図示しない外部の記憶部で記憶してもよい。

[0032] 図2のフローチャートの説明に戻る。ひびベクトル情報生成部32は、画像情報の全画素について処理済みか否か、すなわちひびフラグONの全画素に対して3次元座標を算出済みか否か確認する（ステップS7）。全画素処理済みでない場合（ステップS7：No）、ひびベクトル情報生成部32は、ステップS4に戻って図3に示す画像情報からつぎの処理対象画素を1つ選択する（ステップS4）。

[0033] 全画素処理済みの場合（ステップS7：Yes）、ひびベクトル情報生成部32は、ひびフラグONの画素の3次元座標の情報をグルーピングまたは最小二乗法による、直線近似または線分接続などの処理により、1本毎のひびベクトルを生成する（ステップS8）。図8は、実施の形態1にかかるひびベクトル情報生成部32において生成したひびベクトル情報の内容を示す図である。ひびベクトル情報生成部32で生成された各ひびベクトルは折線形状をしているものとする。各ひびベクトルは折線形状をしているため、ひびベクトルの形状を、両端の2つの端点、および複数の頂点により表すことができる。そのため、1つのひびベクトルについて、端点および頂点の位置を各々X座標、Y座標、Z座標により記憶する。図8に示すひびベクトル情報については、ひびベクトル情報生成部32内部の記憶部で記憶してもよいし、図示しない外部の記憶部で記憶してもよい。

[0034] 段差検出部4の段差抽出部41は、3次元点群情報入力部2から入力された3次元点群情報を解析し、3次元点群情報から段差を抽出する（ステップS9）。段差抽出部41は、段差部分の点群には段差箇所であることを示すフラグにON情報を付与して記憶する。図9は、実施の形態1にかかる段差抽出部41が抽出した段差箇所についての段差フラグの情報を付与した3次

元点群情報の内容を示す図である。図4に示す各点の3次元点群情報に段差フラグの情報を付与したものである。図9に示す段差フラグの情報を付与した3次元点群情報については、段差抽出部41内部の記憶部で記憶してもよいし、図示しない外部の記憶部で記憶してもよい。なお、3次元点群情報の各点に段差フラグの情報を付与する場合、図9のように3次元点群情報および段差フラグの情報を一緒に記憶せず、画像情報のときのように、図3に示す画像情報および図5に示すひびフラグの情報のように別々に記憶してもよい。

[0035] 段差ベクトル情報生成部42は、段差フラグONとなっている3次元点群情報をグルーピングまたは最小二乗法による、直線近似または線分接続の処理により、1本毎の段差ベクトルを生成する（ステップS10）。図10は、実施の形態1にかかる段差ベクトル情報生成部42において生成した段差ベクトル情報の内容を示す図である。段差ベクトル情報生成部42で生成された各段差ベクトルは折線形状をしているものとする。各段差ベクトルは折線形状をしているため、段差ベクトルの形状を、両端の2つの端点、および複数の頂点により表すことができる。そのため、1つの段差ベクトルについて、端点および頂点の位置を各々X座標、Y座標、Z座標により記憶する。図10に示す段差ベクトル情報については、段差ベクトル情報生成部42内部の記憶部で記憶してもよいし、図示しない外部の記憶部で記憶してもよい。

[0036] 判定部5は、ひびベクトル情報生成部32で生成されたひびベクトルと、段差ベクトル情報生成部42で生成された段差ベクトルとを用いてベクトル比較を行う（ステップS11）。判定部5は、具体的に、ひびベクトルおよび段差ベクトルの各々のベクトルの各線分の距離が最短となる線分同士の距離を算出し、1つのひびベクトルにおいて同一の段差ベクトルに対して距離が規定された閾値より小さくなるポイントの比率により、浮き剥離を伴うひびか否かを判定する（ステップS12）。

[0037] 図11から図14は、実施の形態1にかかる判定部5においてひびベクト

ルと段差ベクトルとを比較したときのイメージの例を示す図である。ここでは、一例として、線分間距離の閾値を閾値 γ とし、判定部5は全ポイントに対する閾値 γ 以下のポイントの比率が50%以上のときに浮き剥離を伴うひびと判定するものとする。判定部5では、50%の値についてはユーザからの操作を受け付けて設定し、変更できるものとする。

[0038] 判定部5は、図11に示すひびベクトル101と段差ベクトル201を比較した場合、ひびベクトル101の線分区間Aと段差ベクトル201との距離は β_1 、ひびベクトル101の線分区間Bと段差ベクトル201との距離は0、ひびベクトル101の線分区間Cと段差ベクトル201との距離は0、ひびベクトル101の線分区間Dと段差ベクトル201との距離は0、ひびベクトル101の線分区間Eと段差ベクトル201との距離は β_2 、ひびベクトル101の線分区間Fと段差ベクトル201との距離は0、ひびベクトル101の線分区間Gと段差ベクトル201との距離は0となる。判定部5は、 β_1 および β_2 はともに閾値 γ より小さいため閾値 γ 以下のポイント数が7となり、閾値 γ 以下のポイントの比率が $7/7=100\%$ のため、ひびベクトル101は浮き剥離を伴うひびと判定する。

[0039] 判定部5は、図12に示すひびベクトル101と段差ベクトル202を比較した場合、ひびベクトル101の線分区間Aと段差ベクトル202との距離は α_1 、ひびベクトル101の線分区間Bと段差ベクトル202との距離は β_1 、ひびベクトル101の線分区間Cと段差ベクトル202との距離は0、ひびベクトル101の線分区間Dと段差ベクトル202との距離は0、ひびベクトル101の線分区間Eと段差ベクトル202との距離は β_2 、ひびベクトル101の線分区間Fと段差ベクトル202との距離は β_3 、ひびベクトル101の線分区間Gと段差ベクトル202との距離は β_4 となる。判定部5は、 α_1 は閾値 γ 以上、 $\beta_1 \sim \beta_4$ は閾値 γ より小さいため閾値 γ 以下のポイント数が6となり、閾値 γ 以下のポイントの比率が $6/7=85.7\%$ のため、ひびベクトル101は浮き剥離を伴うひびと判定する。

[0040] 判定部5は、図13に示すひびベクトル101と段差ベクトル203を比

較した場合、ひびベクトル101の線分区分間Aと段差ベクトル203との距離は $\alpha 1$ 、ひびベクトル101の線分区分間Bと段差ベクトル203との距離は $\alpha 2$ 、ひびベクトル101の線分区分間Cと段差ベクトル203との距離は $\beta 1$ 、ひびベクトル101の線分区分間Dと段差ベクトル203との距離は $\beta 2$ 、ひびベクトル101の線分区分間Eと段差ベクトル203との距離は $\beta 3$ 、ひびベクトル101の線分区分間Fと段差ベクトル203との距離は $\beta 4$ 、ひびベクトル101の線分区分間Gと段差ベクトル203との距離は $\beta 5$ となる。判定部5は、 $\alpha 1$ および $\alpha 2$ はともに閾値 γ 以上、 $\beta 1 \sim \beta 5$ は閾値 γ より小さいため閾値 γ 以下のポイント数が5となり、閾値 γ 以下のポイントの比率が $5 / 7 = 71.4\%$ のため、ひびベクトル101は浮き剥離を伴うひびと判定する。

[0041] 判定部5は、図14に示すひびベクトル101と段差ベクトル204を比較した場合、ひびベクトル101の線分区分間Aと段差ベクトル204との距離は $\alpha 1$ 、ひびベクトル101の線分区分間Bと段差ベクトル204との距離は $\alpha 2$ 、ひびベクトル101の線分区分間Cと段差ベクトル204との距離は $\alpha 3$ 、ひびベクトル101の線分区分間Dと段差ベクトル204との距離は $\alpha 4$ 、ひびベクトル101の線分区分間Eと段差ベクトル204との距離は $\alpha 5$ 、ひびベクトル101の線分区分間Fと段差ベクトル204との距離は $\alpha 6$ 、ひびベクトル101の線分区分間Gと段差ベクトル204との距離は $\alpha 7$ となる。判定部5は、 $\alpha 1 \sim \alpha 7$ は閾値 γ 以上のため閾値 γ 以下のポイント数が0となり、閾値 γ 以下のポイントの比率が $0 / 7 = 0\%$ のため、ひびベクトル101は浮き剥離を伴うひびではないと判定する。

[0042] 判定部5では、ひびベクトルおよび段差ベクトルの各線分間の距離の算出方法については2次元座標でも3次元座標でも、どちらでも算出は可能である。判定部5は、浮き剥離を伴うひびと識別したひびについては、浮き剥離ひび情報として、対応するひびベクトルおよび段差ベクトルの情報を記憶する。図15は、実施の形態1にかかる判定部5において浮き剥離を伴うひびと判定したひびについての浮き剥離ひび情報の内容を示す図である。浮き剥

離を伴うひびと判定した各浮き剥離ひびについて、ひびベクトルおよび段差ベクトルの情報を記憶する。図 15 に示す浮き剥離ひび情報については、判定部 5 内部の記憶部で記憶してもよいし、図示しない外部の記憶部で記憶してもよい。

[0043] 判定部 5 は、ひびベクトルと段差ベクトルとを比較し、図 11 から図 13 のように閾値 γ 以下のポイントの比率が 50% 以上となった場合にはひびベクトル 101 は浮き剥離を伴うひびと判定して浮き剥離ひびの情報として記憶し、図 14 のように閾値 γ 以下のポイントの比率が 50% 未満となった場合にはひびベクトル 101 は浮き剥離を伴うひびではないと判定して浮き剥離ひびの情報として記憶しない。なお、判定部 5 では、閾値 γ 以下のポイントの比率により浮き剥離を伴うひびか否かを判定していたが、閾値 γ 以下のポイント数により浮き剥離を伴うひびか否かを判定してもよい。

[0044] 全てのひびベクトルについてベクトル比較が終了していない場合（ステップ S13 : No）、判定部 5 は、ステップ S11 に戻って、つぎのひびベクトルを選択してベクトル比較を行う。全てのひびベクトルについてベクトル比較が終了した場合（ステップ S13 : Yes）、判定部 5 は、処理を終了する。

[0045] つづいて、検出装置 20 のハードウェア構成について説明する。検出装置 20 において、画像情報入力部 1 は、デジタルカメラなどの計測装置、または画像情報をデータで取得するインターフェース回路により実現される。3 次元点群情報入力部 2 は、高密度レーザスキャナなどの計測装置、または 3 次元点群情報をデータで取得するインターフェース回路により実現される。ひび抽出部 31 およびひびベクトル情報生成部 32 を備えるひび検出部 3、段差抽出部 41 および段差ベクトル情報生成部 42 を備える段差検出部 4、および判定部 5 については、処理回路により実現される。すなわち、検出装置 20 は、画像情報からひびベクトルを生成し、3 次元点群情報から段差ベクトルを生成し、ひびベクトルと段差ベクトルとを比較してひびベクトルで表されるひびが浮き剥離を伴うひびか否かを判定するための処理回路を備え

る。処理回路は、専用のハードウェアであってもよいし、メモリに格納されるプログラムを実行するCPU (Central Processing Unit) およびメモリであってもよい。

[0046] 図16は、実施の形態1にかかる検出装置20を専用のハードウェアで構成する場合の例を示す図である。処理回路が専用のハードウェアである場合、図16に示す処理回路91は、例えば、単回路、複合回路、プログラム化したプロセッサ、並列プログラム化したプロセッサ、ASIC (Application Specific Integrated Circuit)、FPGA (Field Programmable Gate Array)、またはこれらを組み合わせたものが該当する。検出装置20の各機能を機能別に処理回路91で実現してもよいし、各機能をまとめて処理回路91で実現してもよい。

[0047] 図17は、実施の形態1にかかる検出装置20をCPUおよびメモリで構成する場合の例を示す図である。処理回路がCPU92およびメモリ93で構成される場合、検出装置20の機能は、ソフトウェア、ファームウェア、またはソフトウェアとファームウェアとの組み合わせにより実現される。ソフトウェアまたはファームウェアはプログラムとして記述され、メモリ93に格納される。処理回路では、メモリ93に記憶されたプログラムをCPU92が読み出して実行することにより、各機能を実現する。すなわち、検出装置20は、検出装置20が処理回路により実行されるときに、画像情報からひびベクトルを生成するステップ、3次元点群情報から段差ベクトルを生成するステップ、ひびベクトルと段差ベクトルとを比較してひびベクトルで表されるひびが浮き剥離を伴うひびか否かを判定するステップが結果的に実行されることになるプログラムを格納するためのメモリ93を備える。また、これらのプログラムは、検出装置20の手順および方法をコンピュータに実行させるものであるともいえる。ここで、CPU92は、処理装置、演算装置、マイクロプロセッサ、マイクロコンピュータ、プロセッサ、またはDSP (Digital Signal Processor) などであってもよい。また、メモリ93とは、例えば、RAM (Random Access Memory)、ROM (Read Only

Memory)、フラッシュメモリ、E P R O M (Erasable Programmable R O M)、E E P R O M (Electrically E P R O M)などの、不揮発性または揮発性の半導体メモリ、磁気ディスク、フレキシブルディスク、光ディスク、コンパクトディスク、ミニディスク、またはD V D (Digital Versatile Disc)などが該当する。

[0048] なお、検出装置20の各機能について、一部を専用のハードウェアで実現し、一部をソフトウェアまたはファームウェアで実現するようにしてもよい。例えば、画像情報からひびベクトルを生成する機能、および3次元点群情報から段差ベクトルを生成する機能については専用のハードウェアとしての処理回路91でその機能を実現し、ひびベクトルと段差ベクトルとを比較してひびベクトルで表されるひびが浮き剥離を伴うひびか否かを判定する機能についてはC P U 92がメモリ93に格納されたプログラムを読み出して実行することによってその機能を実現することが可能である。

[0049] このように、処理回路は、専用のハードウェア、ソフトウェア、ファームウェア、またはこれらの組み合わせによって、上述の各機能を実現することができる。

[0050] 以上説明したように、本実施の形態によれば、検出装置20では、レーザ計測によって得られた3次元点群情報から段差ベクトルを生成し、レーザ計測と同時に撮影して得られた画像情報からひびベクトルを生成し、ひびベクトルと段差ベクトルとを比較して、各ベクトルを構成する線分同士の距離に基づいて、ひびベクトルで表されるひびの状態を判定することとした。これにより、検出装置20では、多大な人力による作業時間を不要とし、かつ調査員の経験および技術によらず、構造物の表面に発生したひびが、単なるひびか、浮き剥離を伴うひびかを自動で判定することができる。検出装置20では、ひび割れの状態を検出する精度を向上することができる。

[0051] 実施の形態2.

実施の形態1では、検査装置20が、画像情報からひびベクトルを生成し、3次元点群情報から段差ベクトルを生成し、各ベクトルを比較することに

よって、ひびが浮き剥離を伴うひびか否かを判定していた。実施の形態 2 では、検査装置において、画像情報から得られるひびをベクトル化せずにひびの状態を判定する場合について説明する。

[0052] 図 18 は、実施の形態 2 にかかる検出装置 20a の構成例を示すブロック図である。検出装置 20a は、検出装置 20 に対して、ひび検出部 3 および判定部 5 を削除し、ひび検出部 3a および判定部 5a に置き換えたものである。ひび検出部 3a は、ひび検出部 3 に対して、ひびベクトル情報生成部 32 を削除し、ひび 3 次元情報生成部 33 に置き換えたものである。

[0053] 変状 3 次元情報生成部であるひび 3 次元情報生成部 33 は、ひびベクトル情報生成部 32 と同様、ひび抽出部 31 で生成されたひびの画像情報の各画素に対して、画像情報を撮影時のカメラの光学中心位置である 3 次元位置座標の情報、3 軸方向によるカメラの姿勢についての情報、および 3 次元点群情報入力部 2 から入力された 3 次元点群情報に基づいて、ひびの各画素に対して構造物表面上の 3 次元絶対座標を算出し、ひびの画像情報についての 3 次元情報を得る。ただし、ひび 3 次元情報生成部 33 では、ひびの画像情報についての 3 次元情報を得る画素について、ひび抽出部 31 で抽出されたひびの画像情報に一定の糊代範囲を付加した範囲までの各画素を対象とする。実施の形態 2 では、ひびの各画素に対して一定の糊代範囲を付加した範囲の画素を変状の範囲とする。ひび 3 次元情報生成部 33 は、ひびベクトル情報生成部 32 のようにひびベクトル情報の生成までは実施せず、ひび部分に該当する画素および糊代範囲の画素について 3 次元情報を得るところまでを実施する。

[0054] ひびの画像情報に一定の糊代範囲を付加する方法について説明する。図 19 は、実施の形態 2 にかかるひび 3 次元情報生成部 33 において糊代範囲を 1 画素とした場合の 3 次元画像を得る対象の画素の範囲の例を示す図である。一定の糊代範囲として、ひびフラグ ON の画素の周囲 1 画素分を糊代範囲としたものである。ひび 3 次元情報生成部 33 は、ひびフラグ ON の画素、およびひびフラグ OFF であるが糊代範囲の画素について 3 次元情報を得る

。ひび３次元情報生成部３３は、ひびフラグＯＦＦであり糊代範囲でもない画素については、３次元情報を得ることはしない。

[0055] 図２０は、実施の形態２にかかるひび３次元情報生成部３３が算出したひびフラグＯＮおよび糊代範囲の画素の３次元座標の情報の内容を示す図である。ひび３次元情報生成部３３は、ひびフラグＯＮおよび糊代範囲の各画素について３次元座標を算出し、変状の３次元情報として、各画素の３次元座標をＸ座標、Ｙ座標、およびＺ座標により記憶する。図２０に示すひびフラグＯＮおよび糊代範囲の画素の３次元座標については、ひび３次元情報生成部３３内部の記憶部で記憶してもよいし、図示しない外部の記憶部で記憶してもよい。

[0056] 判定部５ａは、変状の情報である変状の３次元情報、および段差のベクトル情報を用いて、変状の状態を判定する。具体的に、判定部５ａは、ひび３次元情報生成部３３で生成されたひびフラグＯＮおよび糊代範囲の画素の３次元座標の情報から、ひびフラグＯＮおよび糊代範囲の画素の座標の全てを含む３次元空間を生成する。判定部５ａは、段差ベクトル情報生成部４２で生成された３次元の段差ベクトルが３次元空間に存在する比率である存在率を算出する。判定部５ａは、３次元空間での段差ベクトルの存在率が閾値以上の場合、ひびフラグＯＮの画素で表されるひびは浮き剥離を伴うひびであると判定して記憶する。

[0057] 判定部５ａについては、ひびフラグＯＮおよび糊代範囲の画素の座標の全てを含む３次元空間における３次元の段差ベクトルの存在率を算出して判定する方法の他、前述の３次元空間および３次元の段差ベクトルをともに２次元平面に投影し、２次元平面上において、２次元化されたひびフラグＯＮおよび糊代範囲の画素を含む領域の面積範囲と２次元の段差ベクトルとの位置関係で判定してもよい。

[0058] つぎに、検出装置２０ａにおける、構造物の表面で検出された変状が単なるひびか、浮き剥離を伴うひびか否かを判定する処理について説明する。図２１は、実施の形態２にかかる検出装置２０ａにおいて検出したひびの状態

を判定する処理を示すフローチャートである。図2に示す実施の形態1のフローチャートと異なる部分について説明する。

[0059] ひび3次元情報生成部33は、ひび抽出部31で抽出されたひびの画素、すなわちひびフラグONの画素に対して糊代範囲を設定する（ステップS31）。ひび3次元情報生成部33は、ステップS4で選択した処理対象画素は、ひびフラグONまたは糊代範囲の画素か否かを確認する（ステップS32）。ひびフラグONまたは糊代範囲のいずれでもない場合（ステップS32：No）、ひび3次元情報生成部33は、ステップS4に戻って図3に示す画像情報からつぎの処理対象画素を1つ選択する（ステップS4）。ひびフラグONまたは糊代範囲の場合（ステップS32：Yes）、ひび3次元情報生成部33は、3次元点群情報に基づいて、ひびフラグONの画素または糊代範囲の画素の3次元座標を算出する（ステップS6）。3次元座標を算出する対象の画素が実施の形態1と異なるが、ひび3次元情報生成部33がひびフラグONの画素または糊代範囲の画素の3次元座標を算出する処理は、実施の形態1においてひびベクトル情報生成部32がひびフラグONの画素の3次元座標を算出する処理と同様である。

[0060] 判定部5aは、ひび3次元情報生成部33で生成されたひびフラグONおよび糊代範囲の画素の3次元座標の情報から、ひびフラグONおよび糊代範囲の画素を全て含む3次元空間を生成する（ステップS33）。そして、判定部5aは、段差ベクトル情報生成部42で生成された3次元の段差ベクトルの3次元空間での存在率を算出する（ステップS34）。判定部5aは、算出された存在率に基づいて、浮き剥離を伴うひびであるか否かを判定する（ステップS12）。

[0061] 図22から図25は、実施の形態2にかかる判定部5aにおいて段差ベクトルの3次元空間での存在率を算出したときのイメージの例を示す図である。ここでは、一例として、糊代範囲を2画素とし、判定部5aは存在率が50%以上のときに浮き剥離を伴うひびと判定するものとする。

[0062] 判定部5aは、図22に示す3次元空間に段差ベクトル201が存在する

存在率が100%の場合、ひびフラグONの画素で表されるひびは浮き剥離を伴うひびと判定する。判定部5aは、図23に示す3次元空間に段差ベクトル202が存在する存在率が100%の場合、ひびフラグONの画素で表されるひびは浮き剥離を伴うひびと判定する。

[0063] 判定部5aは、図24に示す3次元空間に段差ベクトル203が存在する存在率が10%の場合、ひびフラグONの画素で表されるひびは浮き剥離を伴わないひびと判定する。判定部5aは、図25に示す3次元空間に段差ベクトル204が存在する存在率が0%の場合、ひびフラグONの画素で表されるひびは浮き剥離を伴わないひびと判定する。

[0064] 全ての段差ベクトルについて存在率を算出していない場合（ステップS35：No）、判定部5aは、ステップS34に戻って、つぎの段差ベクトルを選択して存在率を算出する。全ての段差ベクトルについて存在率の算出が終了した場合（ステップS35：Yes）、判定部5aは、処理を終了する。

[0065] なお、検出装置20aのハードウェア構成については、実施の形態1の検出装置20と同様の構成により実現可能である。

[0066] 以上説明したように、本実施の形態によれば、検出装置20aでは、レーザ計測によって得られた3次元点群情報から段差ベクトルを生成し、レーザ計測と同時に撮影して得られた画像情報からひびフラグONおよび糊代範囲の画素の3次元情報を生成し、ひびフラグONおよび糊代範囲の画素を含む3次元空間での段差ベクトルの存在率によって、ひびの状態を判定することとした。これにより、検出装置20aでは、実施の形態1と同様、多大な人力による作業時間を不要とし、かつ調査員の経験および技術によらず、構造物の表面に発生したひびが、単なるひびか、浮き剥離を伴うひびかを自動で判定することができる。さらに、検出装置20aでは、ひびベクトルを生成せずに浮き剥離を伴うひびか否かを判定できるため、実施の形態1と比較して、判定方法が容易になり、判定にかかる処理時間を削減することができる。

[0067] 実施の形態 3.

実施の形態 1 では、検査装置 20 が、画像情報からひびベクトルを生成し、3次元点群情報から段差ベクトルを生成し、各ベクトルを比較することによって、ひびが浮き剥離を伴うひびか否かを判定していた。実施の形態 3 では、検出装置において、3次元点群情報から得られる段差をベクトル化せずにひびの状態を判定する場合について説明する。

[0068] 図 26 は、実施の形態 3 にかかる検出装置 20b の構成例を示すブロック図である。検出装置 20b は、検出装置 20 に対して、段差検出部 4 および判定部 5 を削除し、構造物表面位置算出部 6 および判定部 5b に置き換えたものである。

[0069] 構造物表面位置算出部 6 は、3次元点群情報入力部 2 から入力された 3次元点群情報から、例えば、平滑化処理により構造物の表面をなだらかな面として近似し、構造物表面の位置を算出する。

[0070] 判定部 5b は、変状の情報であるひびベクトル情報、構造物表面の位置の情報、および 3次元点群情報を用いて、ひびの状態を判定する。具体的に、判定部 5b は、ひびベクトル情報生成部 32 で生成されたひびベクトルに基づいて、ひびベクトルから規定された範囲の空間にある 3次元点群情報を、3次元点群情報入力部 2 から抽出する。判定部 5b は、抽出した 3次元点群情報を、構造物表面位置算出部 6 で算出された構造物表面位置に対して垂直の方向でひびベクトルを境界にして、2つの点群グループに分類する。判定部 5b は、分類した各点群グループの各点について、構造物表面位置からの垂直距離を算出し、各点群グループにおける構造物表面位置からの垂直距離平均値を算出して記憶する。判定部 5b は、全てのひびベクトルに対して同様の処理を実施する。

[0071] また、判定部 5b は、1つのひびベクトルを境界にして隣接する 2つの点群グループについて、算出した構造物表面位置からの垂直距離平均値の差分が規定された閾値以上の場合、2つの点群グループの境界にあるひびベクトルで表される構造物表面のひびの周辺には段差があると判定する。判定部 5

bは、さらに、判定した段差の情報を用いて、ひびの状態、すなわち浮き剥離を伴うひびか否かを判定する。判定部5bは、全てのひびベクトルに対して同様の処理を実施する。

[0072] つぎに、検出装置20bにおける、構造物の表面で検出された変状が単なるひびか、浮き剥離を伴うひびか否かを判定する処理について説明する。図27は、実施の形態3にかかる検出装置20bにおいて検出したひびの状態を判定する処理を示すフローチャートである。図2に示す実施の形態1のフローチャートと異なる部分について説明する。

[0073] 構造物表面位置算出部6は、3次元点群情報入力部2から入力された3次元点群情報から、平滑化処理などの手法により、構造物表面位置を算出する（ステップS41）。

[0074] 判定部5bは、ひびベクトルに基づいて、ひびベクトルから規定された範囲の空間にある3次元点群情報を、3次元点群情報入力部2から抽出する（ステップS42）。

[0075] 判定部5bは、抽出した3次元点群情報を、構造物表面位置に対して垂直の方向でひびベクトルを境界にして、2つの点群グループに分類する（ステップS43）。

[0076] 判定部5bは、各点群グループの各点について構造物表面位置からの垂直距離を算出し、各点群グループについて構造物表面位置からの垂直距離平均値を算出する（ステップS44）。

[0077] 判定部5bは、1つのひびベクトルを境界にして隣接する2つの点群グループについて、垂直距離平均値の差分を算出する（ステップS45）。判定部5bは、算出された垂直距離平均値の差分に基づいて、浮き剥離を伴うひびであるか否かを判定する（ステップS12）。

[0078] 図28は、実施の形態3にかかる判定部5bにおいて、ひびベクトル102を境界にして3次元点群情報入力部2から抽出した3次元点群情報を2つの点群グループに分類した状態、および構造物表面位置301の例を示す図である。判定部5bは、3次元点群情報入力部2から抽出した3次元点群情

報を、ひびベクトル 102 を境界にして左側の点群グループおよび右側の点群グループに分類する。判定部 5 b は、左側の点群グループの各点と構造物表面位置 301 との垂直距離を算出し、左側の点群グループにおける構造物表面位置からの垂直距離平均値 (a) を算出する。同様に、判定部 5 b は、右側の点群グループの各点と構造物表面位置 301 との垂直距離を算出し、右側の点群グループにおける構造物表面位置からの垂直距離平均値 (−b) を算出する。判定部 5 b は、各点群グループの垂直距離平均値の差分である「(a) − (−b)」の値が規定された閾値 c より大きい場合、ひびベクトル 102 で表されるひびは浮き剥離を伴うひびであると判定する。

[0079] 全てのひびベクトルについて隣接する 2 つの点群グループの垂直距離平均値の差分を算出していない場合 (ステップ S 46 : No)、判定部 5 b は、ステップ S 45 に戻って、未処理のひびベクトルについて、1 つのひびベクトルを境界にして隣接する 2 つの点群グループについて、垂直距離平均値の差分を算出する。全てのひびベクトルについて隣接する 2 つの点群グループの垂直距離平均値の差分を算出した場合 (ステップ S 46 : Yes)、判定部 5 b は、処理を終了する。

[0080] なお、検出装置 20 b のハードウェア構成については、実施の形態 1 の検出装置 20 と同様の構成により実現可能である。

[0081] 以上に説明したように、本実施の形態によれば、検出装置 20 b では、レーザ計測によって得られた 3 次元点群情報から構造物表面位置を算出し、レーザ計測と同時に撮影して得られた画像情報からひびベクトルを生成し、ひびベクトルを境界とする 2 つ点群グループにおける各点の構造物表面位置からの垂直距離平均値の差分によって、ひびの状態を判定することとした。これにより、検出装置 20 b では、実施の形態 1 と同様、多大な人力による作業時間を不要とし、かつ調査員の経験および技術によらず、構造物の表面に発生したひびが、単なるひびか、浮き剥離を伴うひびかを自動で判定することができる。さらに、検出装置 20 b では、段差ベクトルを生成せずに浮き剥離を伴うひびか否かを判定できるため、実施の形態 1 と比較して、判定方

法が容易になり、判定にかかる処理時間を削減することができる。

[0082] なお、実施の形態 1 を例にして説明したが、実施の形態 2 にも適用可能である。この場合の検出装置では、ひびベクトルおよび段差ベクトルをともに生成せずに浮き剥離を伴うひびか否かを判定できるため、実施の形態 1, 2 と比較して、さらに、判定方法が容易になり、判定にかかる処理時間を削減することができる。

[0083] 実施の形態 4.

実施の形態 4 では、検出装置において、ひびベクトルを編集する方法について説明する。実施の形態 1 を例にして説明するが、実施の形態 3 についても適用可能である。

[0084] 図 29 は、実施の形態 4 にかかる検出装置 20c の構成例を示すブロック図である。検出装置 20c は、検出装置 20 に対して、表示部 7 およびひびベクトル情報編集部 8 を追加したものである。

[0085] 表示部 7 は、画像情報入力部 1 から入力された画像情報、およびひびベクトル情報生成部 32 で生成されたひびベクトルの情報を、ユーザが目視により認識できる形式で表示を行う。表示部 7 は、画像情報およびひびベクトルを別々に表示してもよいし、重畳表示してもよい。表示部 7 は、例えば、検出装置 20c を構成するパーソナルコンピュータなどに搭載されたディスプレイなどに表示を行うものである。なお、表示部 7 は、ディスプレイ部にひびベクトルなどを表示する表示制御部のみを備え、ディスプレイ部については検出装置 20c に外付けで接続される外部のディスプレイなどを用いる形態でもよい。表示部 7 では、例えば、実施の形態 1 の図 11 から図 14、実施の形態 2 の図 22 から図 25、実施の形態 3 の図 28 などに示すものを表示してもよい。

[0086] 編集部であるひびベクトル情報編集部 8 は、ユーザが表示部 7 に表示された画像情報およびひびベクトルを確認し、ひびベクトルの頂点を追加または削除する、ひびベクトルを構成する線分を長くするまたは短くするなどのユーザによる補正処理を受け付けて、ひびベクトル情報生成部 32 で生成され

たひびベクトル情報を編集して補正する。ひびベクトル情報編集部 8 は、図 8 に示すひびベクトル情報生成部 32 で生成されたひびベクトル情報に対して補正した内容のひびベクトル情報を記憶する。なお、ひびベクトル情報編集部 8 において編集されていないひびベクトル情報は、ひびベクトル情報生成部 32 で生成されたひびベクトル情報と同一となる。

[0087] 判定部 5 では、ひびベクトル情報編集部 8 で補正されたひびベクトル情報と、段差ベクトル情報生成部 42 で生成された段差ベクトル情報とを用いて、構造物の表面に発生したひびが、浮き剥離を伴うひびか否かを判定する。判定部 5 における判定方法は、実施の形態 1 と同様である。

[0088] つぎに、検出装置 20c における、構造物の表面で検出された変状が単なるひびか、浮き剥離を伴うひびか否かを判定する処理について説明する。図 30 は、実施の形態 4 にかかる検出装置 20c において検出したひびの状態を判定する処理を示すフローチャートである。図 2 に示す実施の形態 1 のフローチャートと異なる部分について説明する。

[0089] 検出装置 20c では、ひびベクトル情報編集部 8 が、表示部 7 に表示された画像情報およびひびベクトルを確認したユーザからの補正処理を受け付けて、ステップ S8 で生成されたひびベクトル情報を編集する（ステップ S51）。検出装置 20c では、編集後のひびベクトル情報については、ひびベクトル情報編集部 8 内部の記憶部で記憶してもよいし、図示しない外部の記憶部で記憶してもよい。検出装置 20c におけるその他の処理は、実施の形態 1 と同様である。

[0090] 検出装置 20c のハードウェア構成については、表示部 7 でディスプレイなどが必要となるが、その他の部分については実施の形態 1 の検出装置 20 と同様の構成により実現可能である。

[0091] 以上説明したように、本実施の形態によれば、検出装置 20c では、画像情報およびひびベクトルをユーザが確認でき、画像情報に対して生成されたひびベクトルが実際のひびを正確に表せていないとユーザが判断した場合、ユーザがひびベクトルの情報を編集できるようにした。これにより、検出装

置 20c では、実施の形態 1 と同様の効果を得るとともに、より正確なひびベクトルの情報を入力情報とすることで、構造物の表面に発生したひびが、単なるひびか、浮き剥離を伴うひびかを自動で判定する際の精度を向上することができる。

[0092] 実施の形態 5.

実施の形態 5 では、検出装置において、ひびベクトルの情報、段差ベクトルの情報などを表示する場合について説明する。実施の形態 1 を例にして説明するが、実施の形態 2 から 4 についても適用可能である。

[0093] 図 31 は、実施の形態 5 にかかる検出装置 20d の構成例を示すブロック図である。検出装置 20d は、検出装置 20 に対して、表示部 7d を追加したものである。

[0094] 表示部 7d は、画像情報入力部 1 から入力された画像情報、ひび抽出部 31 で生成されたひびの画像情報、ひびベクトル情報生成部 32 で生成されたひびベクトル情報、3次元点群情報入力部 2 から入力された 3次元点群情報、段差抽出部 41 で生成された段差フラグ付きの 3次元点群情報、段差ベクトル情報生成部 42 で生成された段差ベクトル情報、判定部 5 で生成された浮き剥離ひび情報を、ユーザが目視により認識できる形式で表示を行う。表示部 7d は、例えば、検出装置 20d を構成するパーソナルコンピュータなどに搭載されたディスプレイなどに表示を行うものである。なお、表示部 7d は、ディスプレイ部にひびベクトルなどを表示する表示制御部のみを備え、ディスプレイ部については検出装置 20d に外付けで接続される外部のディスプレイなどを用いる形態でもよい。表示部 7d は、例えば、実施の形態 1 の図 11 から図 14、実施の形態 2 の図 22 から図 25、実施の形態 3 の図 28 などに示すものを表示する。実施の形態 4 に適用する場合には、表示部 7d で表示部 7 を兼用してもよい。

[0095] 表示部 7d は、例えば、段差フラグ付きの 3次元点群情報について、段差フラグ ON の点には段差を示す色で表示し、その上にひびベクトルを重畳表示することで、段差とひびの位置関係をユーザが直感的に把握することを支

援する。また、表示部 7 d は、段差フラグ付きの 3 次元点群情報とひびベクトルとを重畳表示する場合、各表示を別の階層に表示することで各表示のオンオフが可能であり、より見やすくすることもできる。また、表示部 7 d は、重畳表示するのは、ひびベクトルと段差ベクトルであってもよいし、ひびフラグ ON のひびの画像情報の画素にはひびであることを示す色で表示し、その上に段差ベクトルを表示してもよい。また、表示部 7 d は、ひびフラグ ON の画像情報の画素にはひびであることを示す色で表示し、その上に段差フラグ付きの 3 次元点群情報において段差フラグ ON の点には段差であることを示す色で表示してもよい。また、表示部 7 d は、全ての情報を異なる階層に表示し、ユーザからの選択を受け付けて必要な情報のみを表示してもよい。なお、表示部 7 d では、各情報を 3 次元で表示してもよいし、2 次元上に展開した情報でひびおよび段差の両方を表示してもよい。

[0096] 表示部 7 d では、判定部 5 で生成された浮き剥離ひびの情報に対して、どのひびとどの段差とが対応付けられて浮き剥離と判定されたのかについて、入力情報である画像情報および 3 次元点群情報とを重畳して表示することもできる。

[0097] 実施の形態 5 の検出装置 20 d において、検出したひびの状態を判定する処理を示すフローチャートは、図 2 に示す実施の形態 1 のフローチャートと同様である。

[0098] 検出装置 20 d のハードウェア構成については、表示部 7 d でディスプレイなどが必要となるが、その他の部分については実施の形態 1 の検出装置 20 と同様の構成により実現可能である。

[0099] 以上説明したように、本実施の形態によれば、検出装置 20 d では、画像情報、3 次元点群情報、ひびの画像情報、ひびベクトル情報、段差情報付きの 3 次元点群情報、段差ベクトル情報、浮き剥離ひび情報の全てを各層に割り当てて重畳表示することができる。これにより、検出装置 20 d では、実施の形態 1 と同様の効果を得るとともに、ユーザに対してひびと段差との位置関係が確認可能な表示をすることで、ユーザはひびの状態を把握すること

ができる。

[0100] 実施の形態 6.

実施の形態 6 では、検出装置において、浮き剥離ひび情報に類似度を付与する方法について説明する。実施の形態 1 を例にして説明するが、実施の形態 2 から 5 についても適用可能である。

[0101] 図 3 2 は、実施の形態 6 にかかる検出装置 20 e の構成例を示すブロック図である。検出装置 20 e は、検出装置 20 に対して、類似度判定部 9 を追加したものである。

[0102] 類似度判定部 9 は、判定部 5 でのひびの状態の判定結果を用いて、変状と段差との類似度を判定する。類似度判定部 9 は、例えば、実施の形態 1 の判定部 5 で算出されたひびベクトルと段差ベクトルとの各線分間の距離、および閾値 γ 以下のポイントの比率などを用いて、さらに、各ベクトルの距離に関係なくひびベクトルおよび段差ベクトルの形状などを比較し、ひびベクトルおよび段差ベクトルの類似度を判定する。または、類似度判定部 9 は、例えば、実施の形態 2 の判定部 5 a で算出されたひびおよび糊代範囲の画素を含む 3 次元空間に段差ベクトルが存在する存在率などを用いて、さらに、ひびフラグ ON の画素で表される形状および段差ベクトルの形状などを比較し、ひびフラグ ON の画素および段差ベクトルの類似度を判定する。類似度判定部 9 は、判定した類似度の情報を、判定部 5 において判定した結果である浮き剥離ひび情報に、類似度の情報を付与して記憶する。

[0103] つぎに、検出装置 20 e における、構造物の表面で検出された変状が単なるひびか、浮き剥離を伴うひびか否かを判定する処理について説明する。図 3 3 は、実施の形態 6 にかかる検出装置 20 e において検出したひびの状態を判定する処理を示すフローチャートである。図 2 に示す実施の形態 1 のフローチャートと異なる部分について説明する。

[0104] 検出装置 20 e において、ステップ S 1 3 までの処理は図 2 に示す実施の形態 1 のフローチャートと同様である。類似度判定部 9 は、判定部 5 での処理が終了すると、ひびベクトルおよび段差ベクトルの類似度を判定する（ス

テップS 6 1)。

[0105] 図34は、実施の形態6にかかる検出装置20eにおいてひびの状態を判定する対象となる構造物および計測により得られた情報の例を示す図である。ここでは、ひびの状態を検出する対象の構造物をトンネル401とし、さらに計測された範囲のうち壁面箇所402の範囲を対象にして説明する。検出装置20eは、実施の形態1と同様、デジタルカメラなどにより撮影された画像情報403に基づいてひびフラグONの画素からひびベクトルを生成する。また、検出装置20eは、実施の形態1と同様、高密度レーザスキャナなどにより計測された3次元点群情報404に基づいて段差フラグONの点から段差ベクトルを生成する。画像情報403から得られたひびベクトルおよび3次元点群情報404から得られた段差ベクトルを重畳したものが図35から図38である。

[0106] 図35から図38は、実施の形態6にかかる類似度判定部9においてひびベクトルと段差ベクトルとを比較したときのイメージの例を示す図である。類似度判定部9は、実施の形態1で判定部5が算出した各ベクトルの線分間距離に基づいて位置の類似度を判定する。また、類似度判定部9は、各線分間距離のばらつきによって形状の類似度を判定する。類似度判定部9は、例えば、ひびベクトルと段差ベクトルとの間に距離があっても、線分間距離が等間隔に離れている場合は形状の類似度は高いと判定する。類似度判定部9は、さらに位置類似度および形状類似度から総合類似度を判定する。類似度判定部9は、総合類似度については、位置類似度および形状類似度の平均値をとってもよいし、値の低い方の類似度の値を総合類似度の値としてもよい。

[0107] なお、図35から図38において、ひびベクトル101および段差ベクトル201～204は、実施の形態1で示した図11から図14のひびベクトル101および段差ベクトル201～204と同様とする。この場合、類似度判定部9では、位置の類似度を、判定部5で算出された閾値 γ 以下のポイントの比率に基づいて判定する。

- [0108] 類似度判定部 9 は、図 3 5 に示すひびベクトル 1 0 1 と段差ベクトル 2 0 1 を比較した場合、判定部 5 での線分間距離の算出結果に基づいて位置類似度を「5」、線分間距離のばらつきに基づいて形状類似度を「5」と判定し、値がともに「5」であることから総合類似度を「5」と判定する。
- [0109] 類似度判定部 9 は、図 3 6 に示すひびベクトル 1 0 1 と段差ベクトル 2 0 2 を比較した場合、判定部 5 での線分間距離の算出結果に基づいて位置類似度を「5」、線分間距離のばらつきに基づいて形状類似度を「4」と判定し、値が低い方が「4」であることから総合類似度を「4」と判定する。
- [0110] 類似度判定部 9 は、図 3 7 に示すひびベクトル 1 0 1 と段差ベクトル 2 0 3 を比較した場合、判定部 5 での線分間距離の算出結果に基づいて位置類似度を「2」、線分間距離のばらつきに基づいて形状類似度を「4」と判定し、値が低い方が「2」であることから総合類似度を「2」と判定する。
- [0111] 類似度判定部 9 は、図 3 8 に示すひびベクトル 1 0 1 と段差ベクトル 2 0 4 を比較した場合、判定部 5 での線分間距離の算出結果に基づいて位置類似度を「1」、線分間距離のばらつきに基づいて形状類似度を「1」と判定し、値がともに「1」であることから総合類似度を「1」と判定する。
- [0112] 類似度判定部 9 は、判定した類似度の情報を、判定部 5 において判定した結果である浮き剥離ひび情報に、類似度の情報を付与して記憶する。図 3 9 は、実施の形態 6 にかかる類似度判定部 9 において浮き剥離を伴うひびと判定された浮き剥離ひび情報に類似度の値を付与したときの内容を示す図である。図 1 5 に示す浮き剥離ひび情報に対して、各浮き剥離ひびに類似度の情報を付与したものである。図 3 9 に示す類似度の値を付与した浮き剥離ひび情報については、類似度判定部 9 内部の記憶部で記憶してもよいし、図示しない外部の記憶部で記憶してもよい。
- [0113] 総合類似度が高い程、対象のひびベクトルで表されるひびは浮き剥離を伴っていると可能性が高いと想定される。一方、総合類似度が低い程、対象のひびベクトルで表されるひびは段差との関連性は無く浮き剥離を伴っている可能性は低いと想定される。類似度判定部 9 は、総合類似度が高い浮き剥離

ひびについては、ユーザに対して判定内容を通知するようにしてもよい。例えば、実施の形態5のように表示部7dがある場合、類似度判定部9は、表示部7dを介してユーザへ総合類似度の内容を通知してもよい。位置類似度、形状類似度、および総合類似度の値を5段階にした場合について説明したが、類似度の値を細分化してもよい。この場合、類似度判定部9は、総合類似度の値によって、ユーザへの通知方法および通知内容を変更してもよい。

[0114] なお、検出装置20eのハードウェア構成については、実施の形態1の検出装置20と同様の構成により実現可能である。

[0115] 以上に説明したように、本実施の形態によれば、検出装置20eでは、ひびベクトルおよび段差ベクトルについて類似度を判定し、類似度を数値化することとした。これにより、検出装置20eでは、実施の形態1と同様の効果を得るとともに、ユーザは、類似度の数値を確認することで検出されたひびの安全性を直感的に把握することができる。

[0116] 実施の形態7.

実施の形態1から6では、デジタルカメラなどでデジタル撮影された画像情報、および高密度レーザスキャナで計測された3次元点群情報を用いて、検出されたひびが、単なるひびか、浮き剥離を伴うひびか否かを判定していた。実施の形態7では、検出装置において、さらに、レーダによる内部変状の検出結果を用いる場合について説明する。実施の形態1を例にして説明するが、実施の形態2から6についても適用可能である。

[0117] 図40は、実施の形態7にかかる検出装置20fの構成例を示すブロック図である。検出装置20fは、検出装置20に対して、判定部5を削除して判定部5fに置き換え、さらに、レーダ情報入力部10および内部変状検出部11を追加したものである。

[0118] レーダ情報入力部10は、構造物の内部のレーダ情報を入力する。レーダ情報入力部10は、レーダで計測および取得されたレーダ情報を入力するものであり、レーダそのものでもよい。レーダ情報入力部10は、レーダで計測および取得されたレーダ情報を記録媒体経由でデータ読み取りを行うデー

タ読み取り装置、または、レーダで計測および取得された情報を有線通信または無線通信によって受信する通信装置であってもよい。

[0119] 内部変状検出部 11 は、レーダ情報入力部 10 で入力されたレーダ情報から構造物の内部の変状として空洞を検出し、検出した空洞の位置を記憶する。内部変状検出部 11 における空洞の検出方法については、特に限定されない。

[0120] 判定部 5 f は、浮き剥離ひび情報に記録されているひびベクトルおよび段差ベクトルの 3 次元位置情報と、内部変状検出部 11 で検出された空洞の位置情報とに基づいて、ひびベクトルと空洞との距離、および段差ベクトルと空洞との距離を算出する。判定部 5 f は、算出した距離が規定された閾値以下の場合、空洞を伴うひびと判定する。なお、判定部 5 f では、いずれか一方のベクトルと空洞との距離のみを算出するものでもよい。また、判定部 5 f では、実施の形態 1 の判定部 5 と同様、ひびベクトルと段差ベクトルとの比較を行って浮き剥離を伴うひびか否かを判定し、さらに、前述のように 1 つまたは 2 つのベクトルを用いて空洞との距離を求めて空洞を伴うひびか否かを判定してもよい。

[0121] つぎに、検出装置 20 f における、構造物の表面で検出された変状が単なるひびか、浮き剥離を伴うひびか否かを判定する処理について説明する。図 41 は、実施の形態 7 にかかる検出装置 20 f において検出したひびの状態を判定する処理を示すフローチャートである。図 2 に示す実施の形態 1 のフローチャートと異なる部分について説明する。

[0122] 検出装置 20 f では、レーダ情報入力部 10 において、構造物の内部を、例えば、レーダで計測されたレーダ情報を入力する（ステップ S 71）。

[0123] 内部変状検出部 11 は、レーダ情報入力部 10 から入力されたレーダ情報から構造物の内部の空洞を検出する（ステップ S 72）。

[0124] 判定部 5 f は、ステップ S 12 において浮き剥離を伴うひびであるか否かを判定すると、さらに、ひびベクトルおよび段差ベクトルの 3 次元位置情報と、空洞の位置情報とに基づいて、ひびベクトルと空洞との距離および段差

ベクトルと空洞との距離、またはいずれか1つのベクトルと空洞との距離を算出する（ステップS 7 3）。なお、判定部5 fは、ステップS 1 1, S 1 2の処理については省略してもよい。また、判定部5 fは、算出した距離に基づいて、ひびベクトルで表されるひびが空洞を伴うひびであるか否かを判定する（ステップS 7 4）。

[0125] なお、検出装置2 0 fのハードウェア構成については、実施の形態1の検出装置2 0と同様の構成により実現可能である。この場合、レーダ情報入力部1 0は、計測装置、またはレーダ情報をデータで取得するインターフェース回路により実現される。内部変状検出部1 1は、処理回路により実現される。

[0126] 以上に説明したように、本実施の形態によれば、検出装置2 0 fでは、レーザ計測によって得た3次元点群情報、レーザ計測と同時に撮影した画像情報、およびレーザ計測によって得た内部空洞情報を組み合わせて、ひびベクトルで表されるひびの状態を判定することとした。これにより、検出装置2 0 fでは、構造物の表面に発生したひびが、単なるひびか、浮き剥離を伴うひびかを自動で判定することができ、さらに空洞を伴うひびかを自動で判定することができる。

[0127] 以上の実施の形態に示した構成は、本発明の内容の一例を示すものであり、別の公知の技術と組み合わせることも可能であるし、本発明の要旨を逸脱しない範囲で、構成の一部を省略、変更することも可能である。

符号の説明

[0128] 1 画像情報入力部、2 3次元点群情報入力部、3, 3 a ひび検出部、4 段差検出部、5, 5 a, 5 b, 5 f 判定部、6 構造物表面位置算出部、7, 7 d 表示部、8 ひびベクトル情報編集部、9 類似度判定部、1 0 レーダ情報入力部、1 1 内部変状検出部、2 0, 2 0 a, 2 0 b, 2 0 c, 2 0 d, 2 0 e, 2 0 f 検出装置、3 1 ひび抽出部、3 2 ひびベクトル情報生成部、3 3 ひび3次元情報生成部、4 1 段差抽出部、4 2 段差ベクトル情報生成部。

請求の範囲

- [請求項1] 構造物の画像情報から前記構造物の表面の変状を検出する変状検出部と、
- レーザにより計測された前記構造物の3次元点群情報から前記構造物の表面の段差を検出する段差検出部と、
- 前記変状検出部で生成された前記変状の情報、および前記段差検出部で生成された前記段差の情報を用いて、前記変状の状態を判定する判定部と、
- を備えることを特徴とする検出装置。
- [請求項2] 前記変状検出部は、
- 前記画像情報から前記構造物の表面の変状を抽出する変状抽出部と、
- 、
- 前記構造物の表面の前記3次元点群情報を用いて、抽出された前記変状のベクトル情報を生成する変状ベクトル情報生成部と、
- を備え、
- 前記段差検出部は、
- 前記3次元点群情報から前記構造物の表面の段差を抽出する段差抽出部と、
- 抽出された前記段差のベクトル情報を生成する段差ベクトル情報生成部と、
- を備え、
- 前記判定部は、前記変状の情報である前記変状のベクトル情報、および前記段差の情報である前記段差のベクトル情報を用いて、前記変状の状態を判定する、
- ことを特徴とする請求項1に記載の検出装置。
- [請求項3] 前記変状検出部は、
- 前記画像情報から前記構造物の表面の変状を抽出する変状抽出部と、
- 、

前記構造物の表面の前記 3 次元点群情報を用いて、抽出された前記変状の 3 次元情報を生成する変状 3 次元情報生成部と、

を備え、

前記段差検出部は、

前記 3 次元点群情報から前記構造物の表面の段差を抽出する段差抽出部と、

抽出された前記段差のベクトル情報を生成する段差ベクトル情報生成部と、

を備え、

前記判定部は、前記変状の情報である前記変状の 3 次元情報、および前記段差の情報である前記段差のベクトル情報を用いて、前記変状の状態を判定する、

ことを特徴とする請求項 1 に記載の検出装置。

[請求項4]

前記画像情報、前記変状の情報、前記 3 次元点群情報、前記段差の情報、および前記判定部での前記変状の状態の判定結果を表示する表示部、

を備えることを特徴とする請求項 1 から 3 のいずれか 1 つに記載の検出装置。

[請求項5]

構造物の画像情報から前記構造物の表面の変状を検出する変状検出部と、

レーザにより計測された前記構造物の 3 次元点群情報から前記構造物の表面の位置を算出する構造物表面位置算出部と、

前記変状検出部で検出された前記変状の情報、および前記構造物表面位置算出部で算出された前記構造物の表面の位置の情報を用いて、前記変状の状態を判定する判定部と、

を備え、

前記変状検出部は、

前記画像情報から前記構造物の表面の変状を抽出する変状抽出部と

、

前記構造物の表面の前記３次元点群情報を用いて、抽出された前記変状のベクトル情報を生成する変状ベクトル情報生成部と、

を備え、

前記判定部は、前記変状の情報である前記変状のベクトル情報、前記構造物の表面の位置の情報、および前記３次元点群情報を用いて、前記変状を境界にして前記構造物の表面に段差があるか否かを判定し、さらに、前記構造物の表面の段差の情報を用いて、前記変状の状態を判定する、

ことを特徴とする検出装置。

[請求項6]

前記画像情報および前記変状のベクトル情報を表示する表示部と、ユーザからの操作を受け付けて前記変状のベクトル情報を補正する編集部と、

を備え、

前記判定部は、前記編集部で補正された前記変状のベクトル情報を用いて、前記変状の状態を判定する、

ことを特徴とする請求項２または５に記載の検出装置。

[請求項7]

前記判定部での前記変状の状態の判定結果を用いて、前記変状と前記段差との類似度を判定する類似度判定部、

を備えることを特徴とする請求項１から６のいずれか１つに記載の検出装置。

[請求項8]

レーダ情報から前記構造物の内部の変状を検出する内部変状検出部、

を備え、

前記判定部は、さらに、前記内部変状検出部で検出された前記構造物の内部の変状の情報を用いて、前記変状の状態を判定する、

ことを特徴とする請求項１から７のいずれか１つに記載の検出装置

。

[請求項9] 構造物の表面の変状を検出する検出装置における検出方法であって、

、

 変状検出部が、前記構造物の画像情報から前記構造物の表面の変状を検出する変状検出ステップと、

 段差検出部が、レーザにより計測された前記構造物の3次元点群情報から前記構造物の表面の段差を検出する段差検出ステップと、

 判定部が、前記変状検出ステップにおいて検出された前記変状の情報、および前記段差検出ステップにおいて検出された前記段差の情報を用いて、前記変状の状態を判定する判定ステップと、

 を含むことを特徴とする検出方法。

[請求項10] 構造物の表面の変状を検出する検出装置における検出方法であって、

、

 変状検出部が、構造物の画像情報から前記構造物の表面の変状を検出する変状検出ステップと、

 構造物表面位置算出部が、レーザにより計測された前記構造物の3次元点群情報から前記構造物の表面の位置を算出する構造物表面位置算出ステップと、

 判定部が、前記変状検出ステップにおいて検出された前記変状の情報、および前記構造物表面位置算出ステップにおいて算出された前記構造物の表面の位置の情報を用いて、前記変状の状態を判定する判定ステップと、

 を含み、

 前記変状検出ステップは、

 変状抽出部が、前記画像情報から前記構造物の表面の変状を抽出する変状抽出ステップと、

 変状ベクトル情報生成部が、前記構造物の表面の前記3次元点群情報を用いて、抽出された前記変状のベクトル情報を生成する変状ベクトル情報生成ステップと、

を含み、

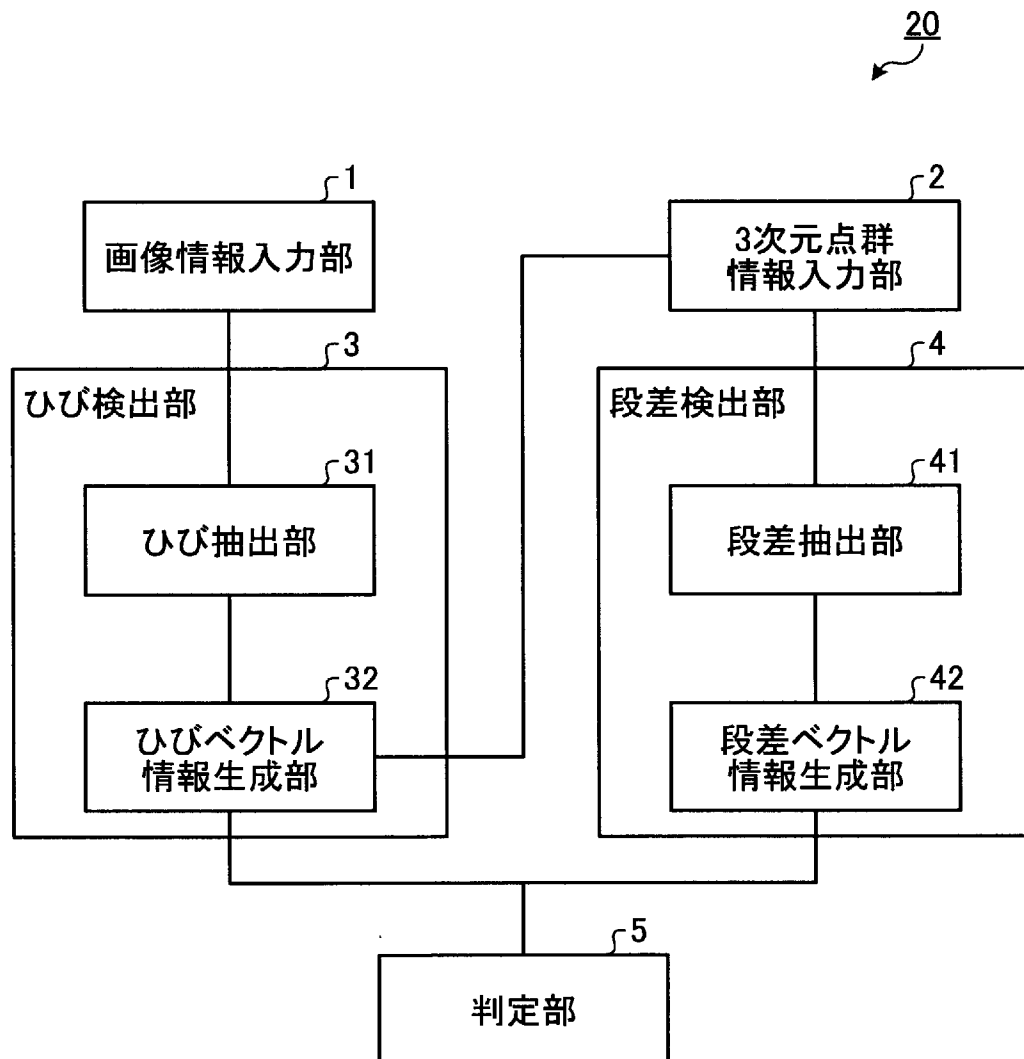
前記判定ステップは、

前記判定部が、前記変状の情報である前記変状のベクトル情報、前記構造物の表面の位置の情報、および前記3次元点群情報を用いて、前記変状を境界にして前記構造物の表面に段差があるか否かを判定する段差判定ステップと、

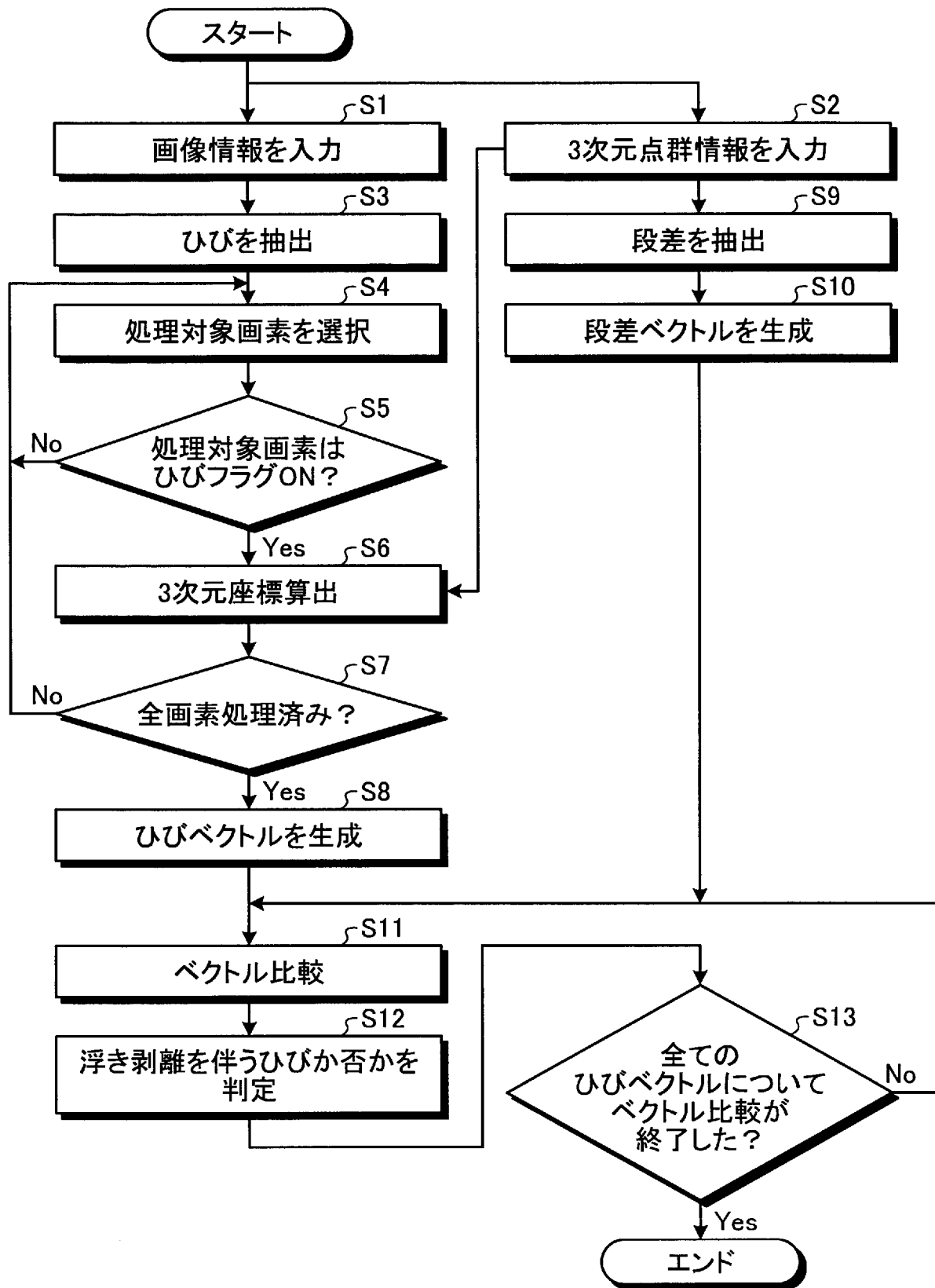
前記判定部が、さらに、前記構造物の表面の段差の情報を用いて、前記変状の状態を判定する変状状態判定ステップと、

を含むことを特徴とする検出方法。

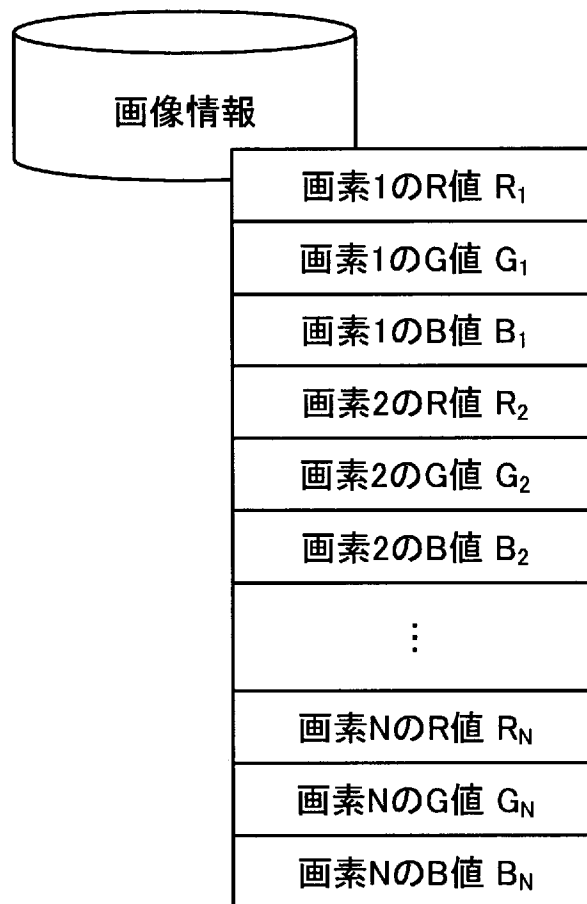
[図1]



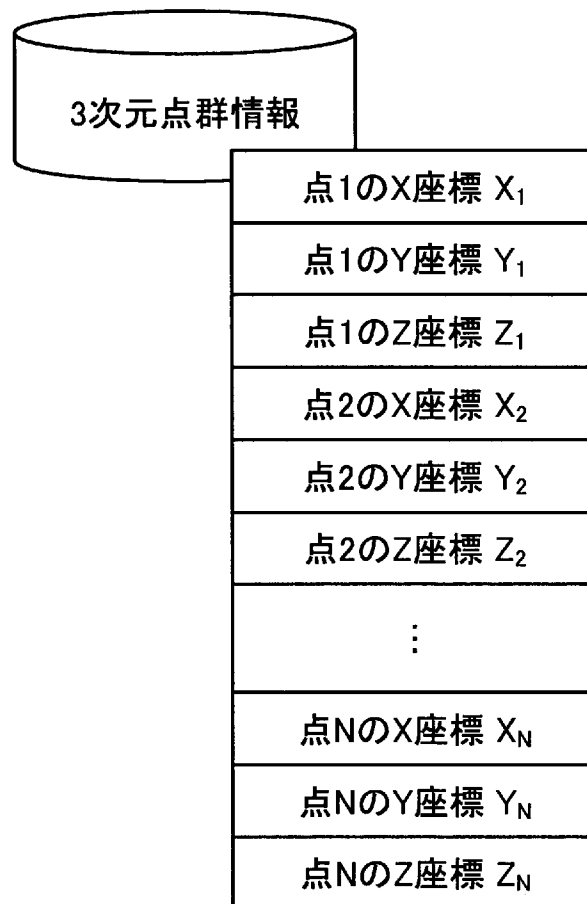
[図2]



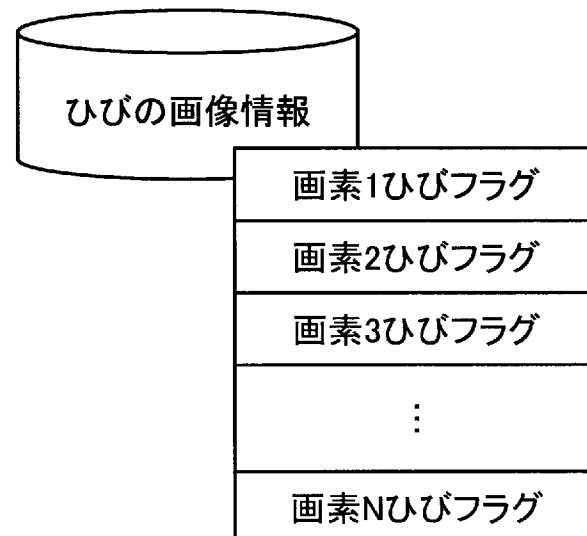
[図3]



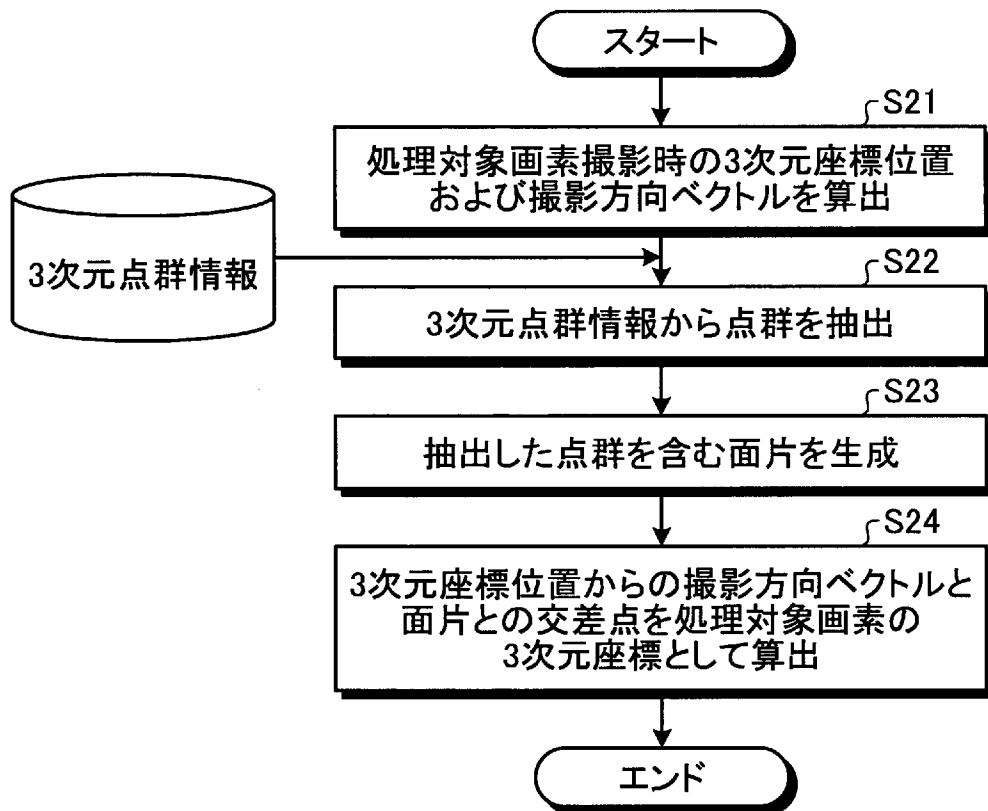
[図4]



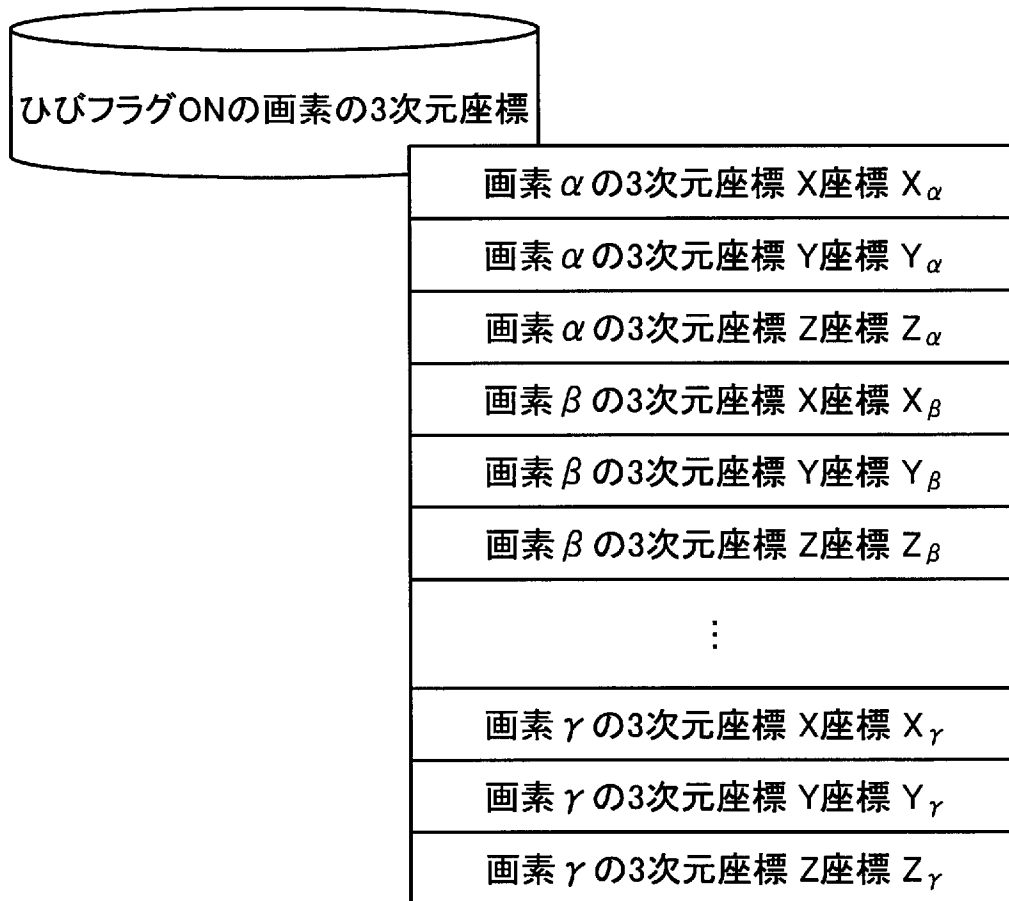
[図5]



[図6]

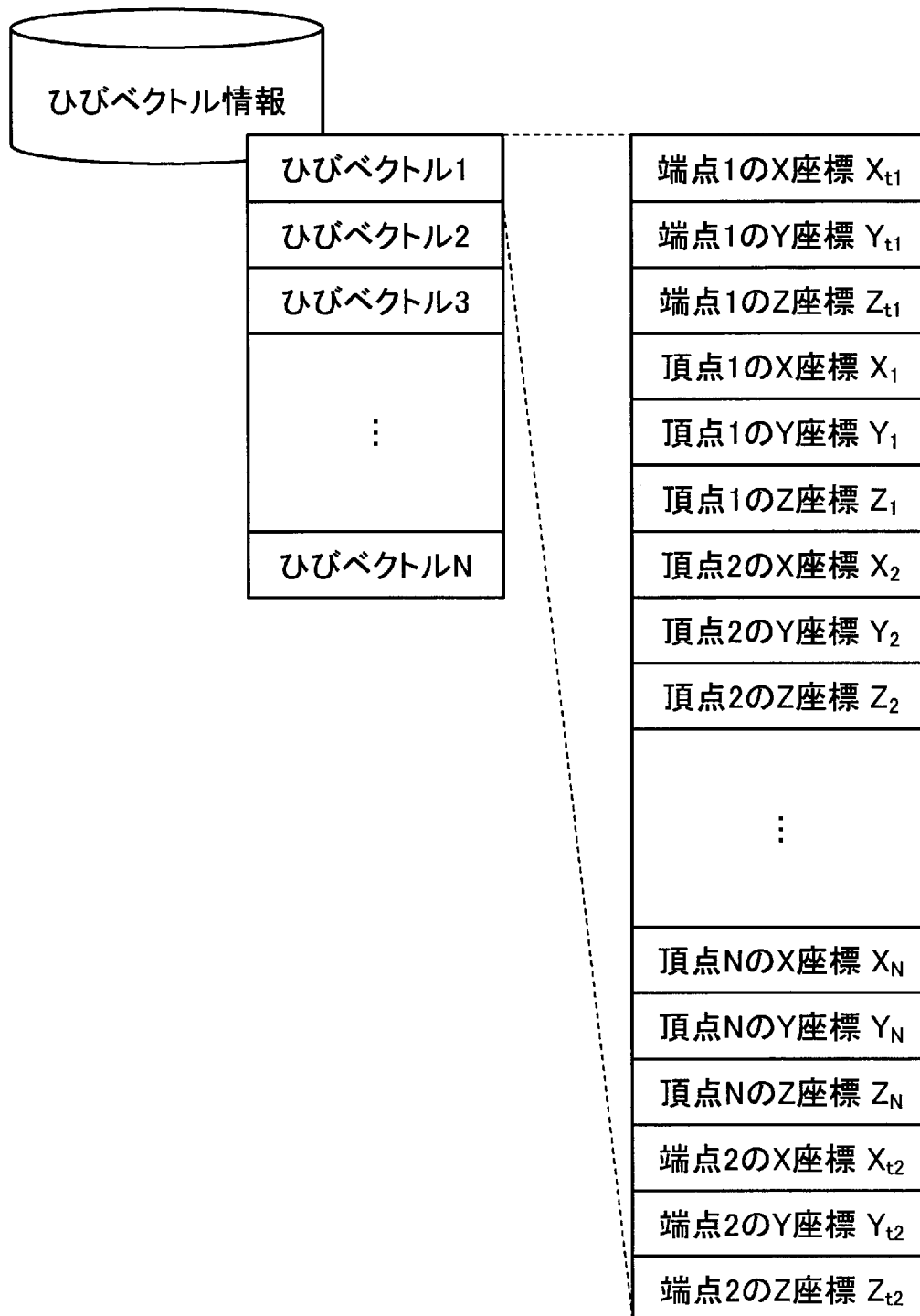


[図7]

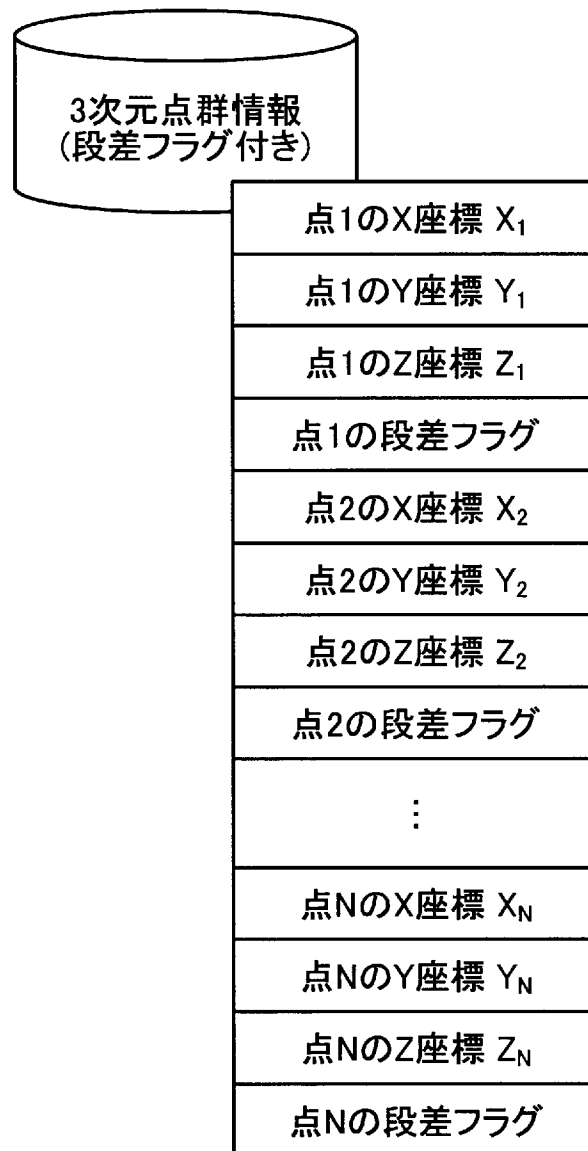


α 、 β 、 γ :ひびフラグONの画素

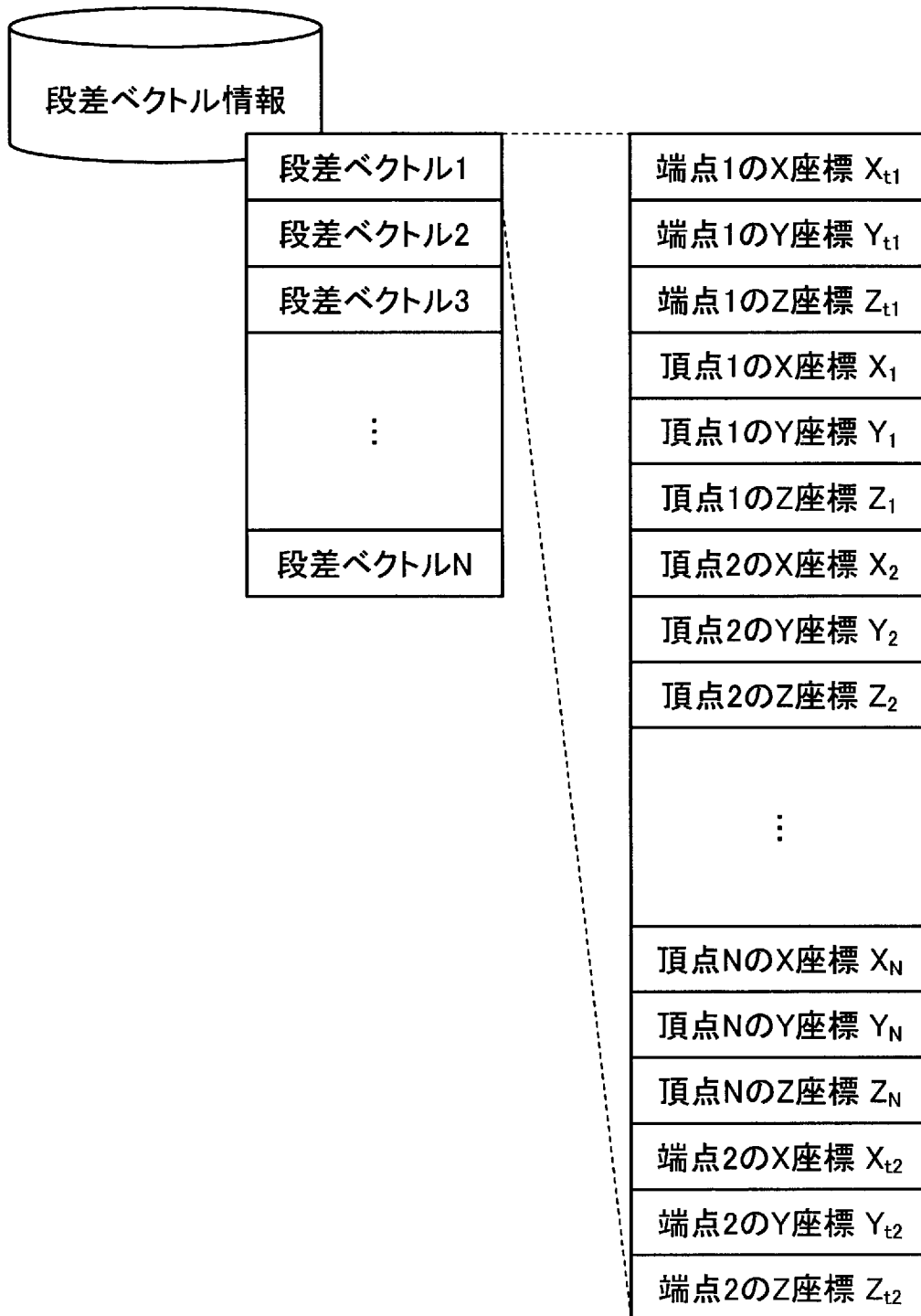
[図8]



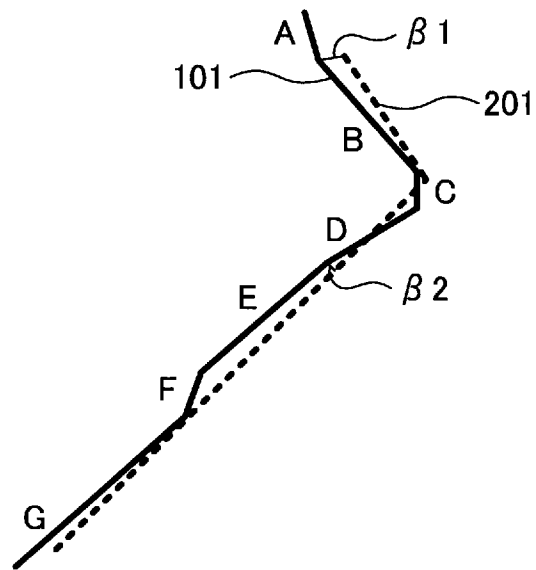
[図9]



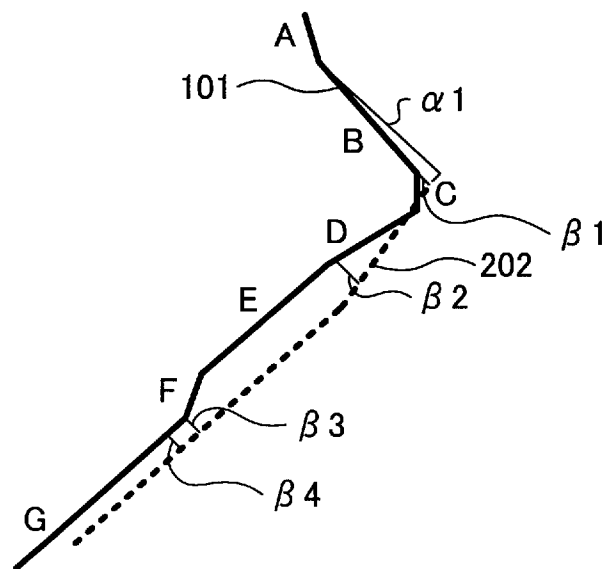
[図10]



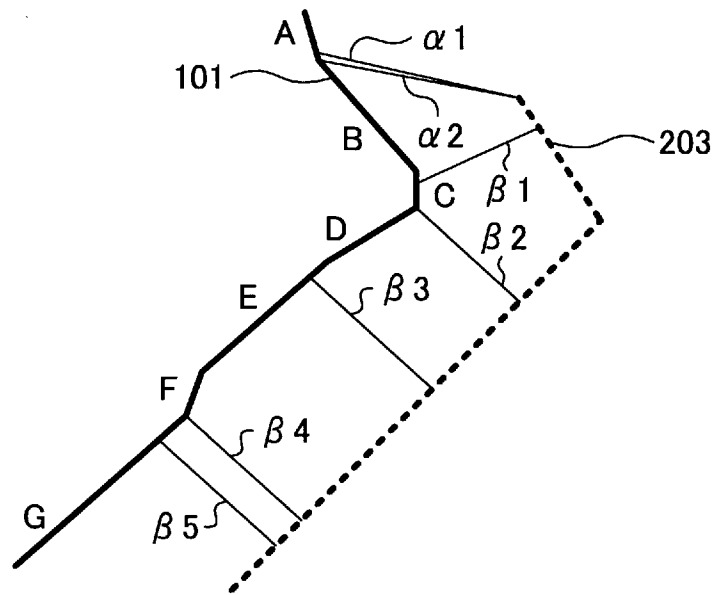
[図11]



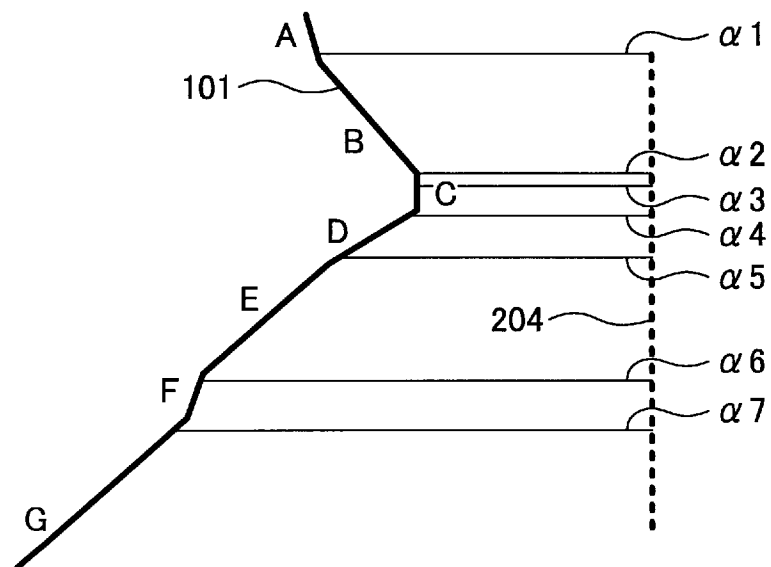
[図12]



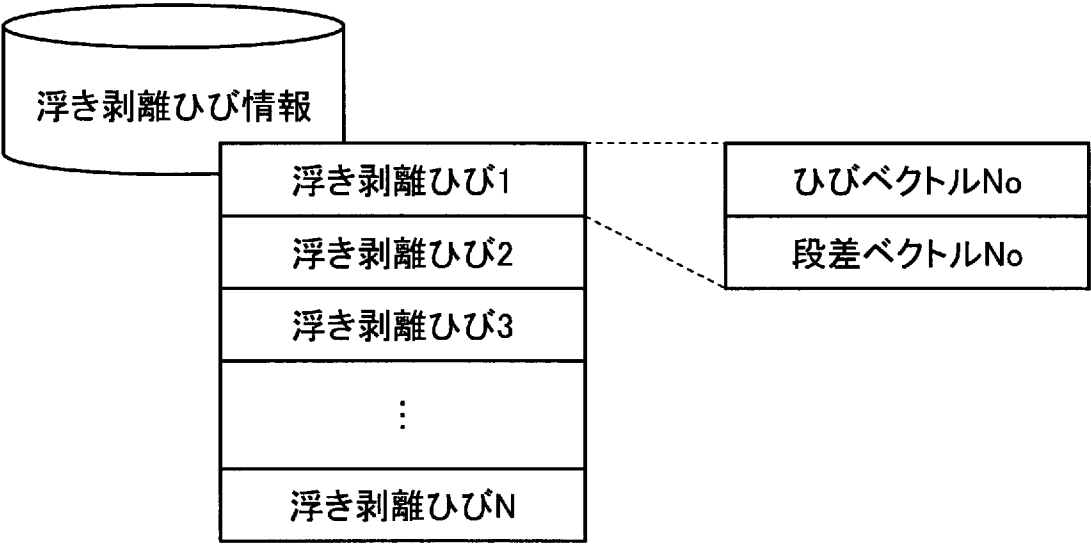
[図13]



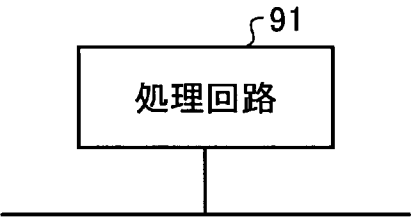
[図14]



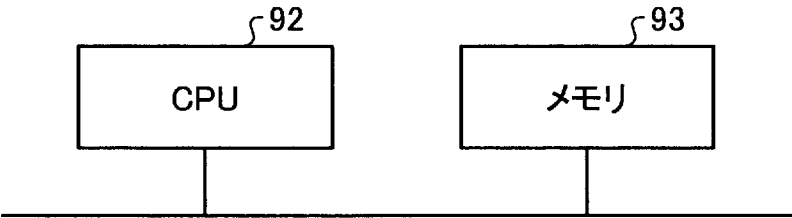
[図15]



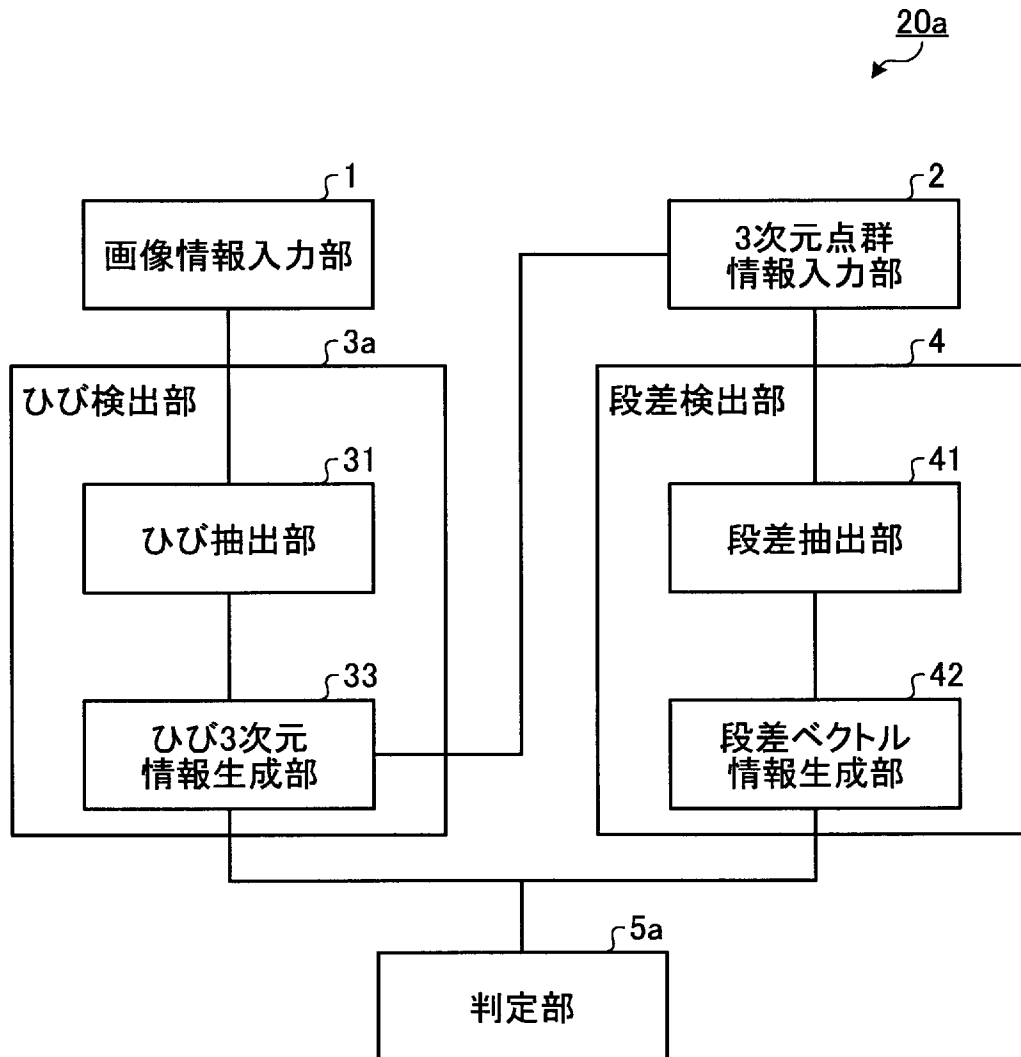
[図16]



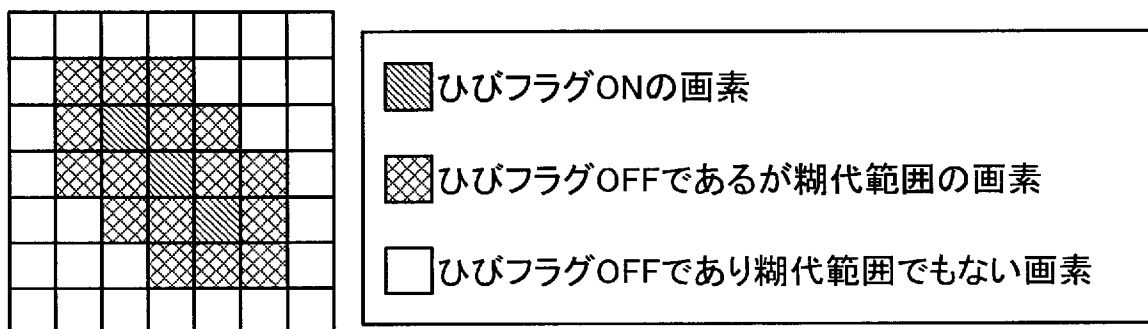
[図17]



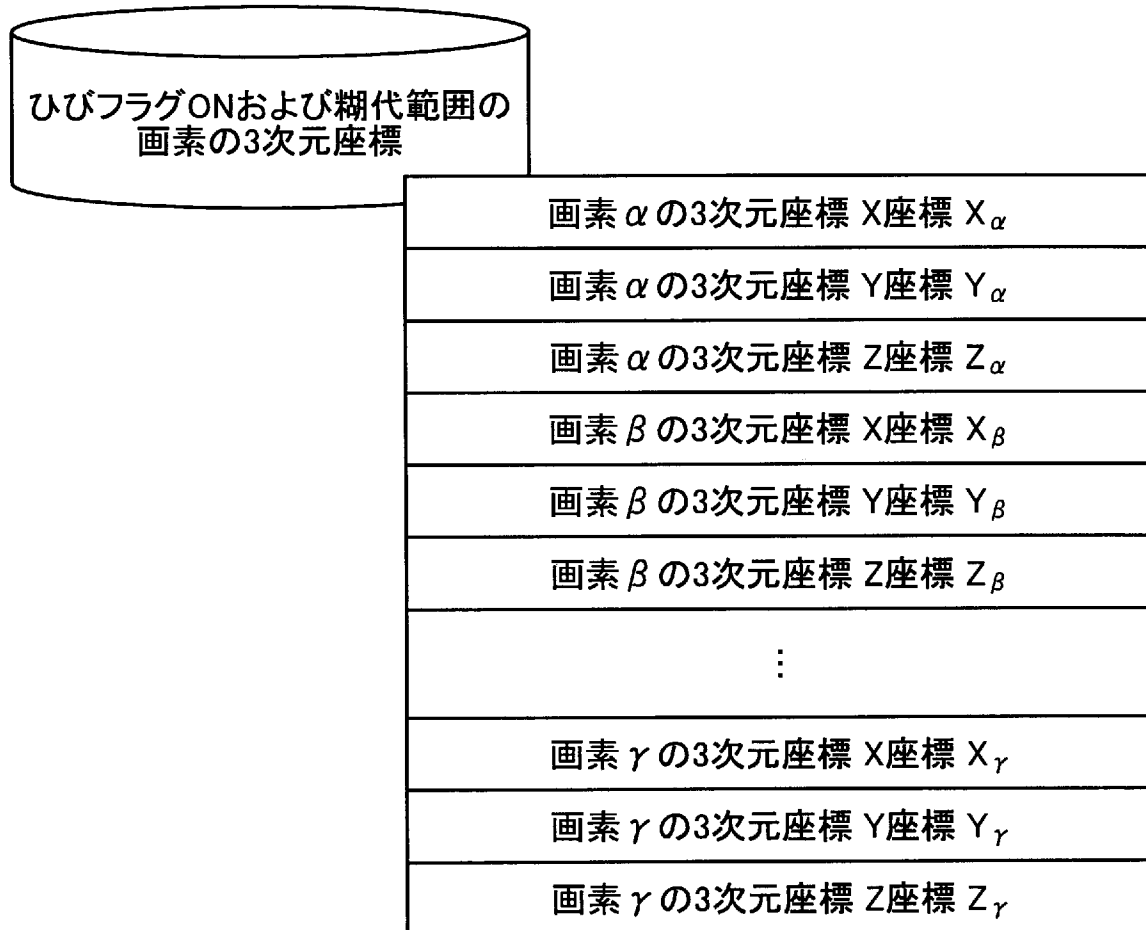
[図18]



[図19]

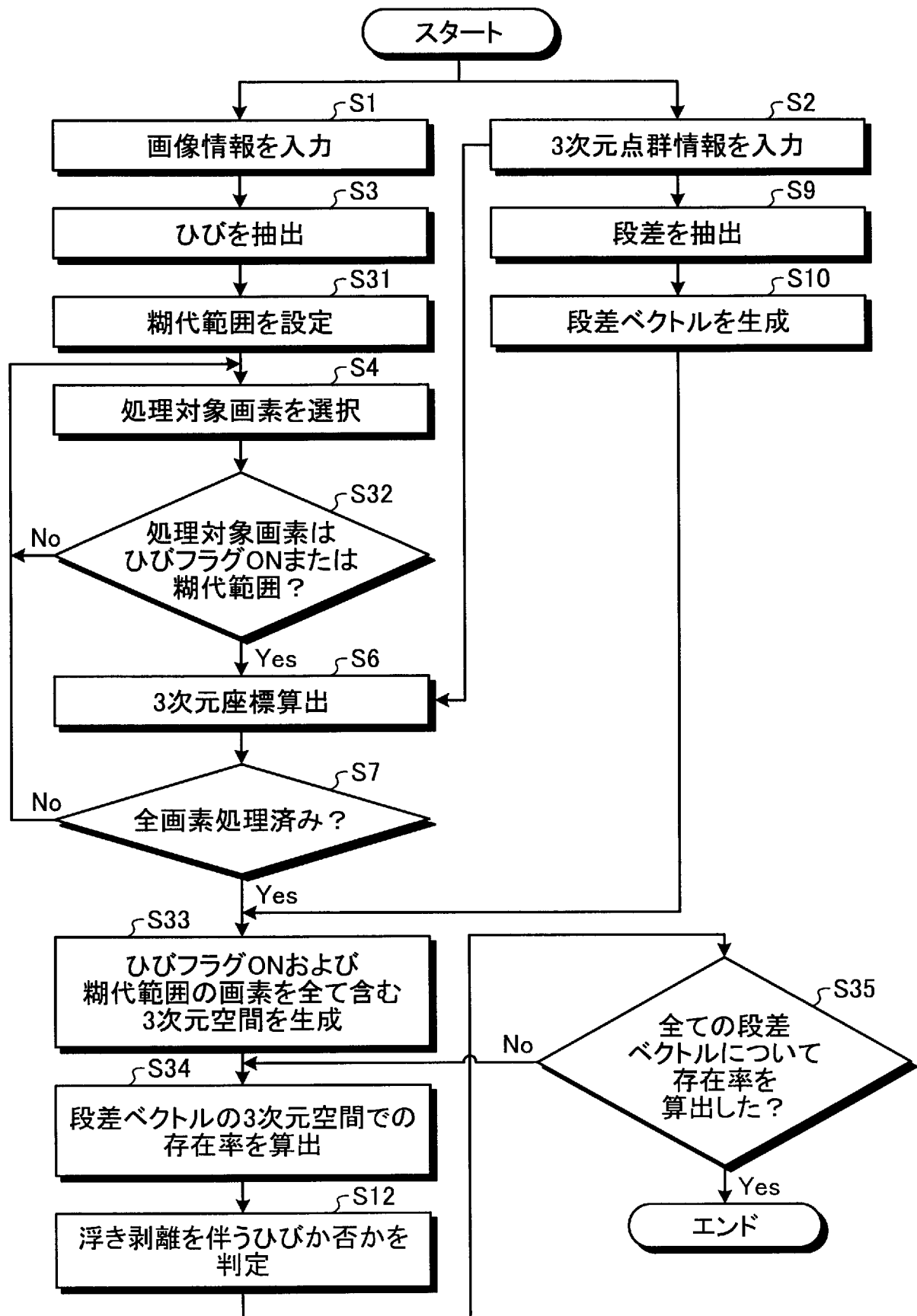


[図20]

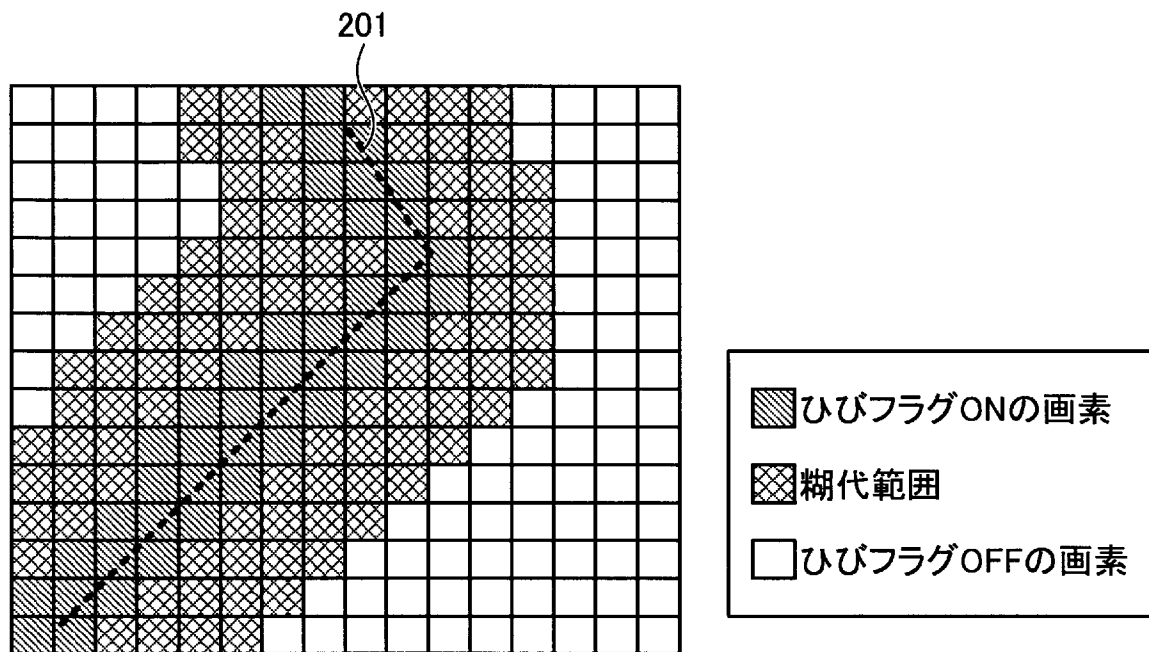


α 、 β 、 γ :ひびフラグONおよび糊代範囲の画素

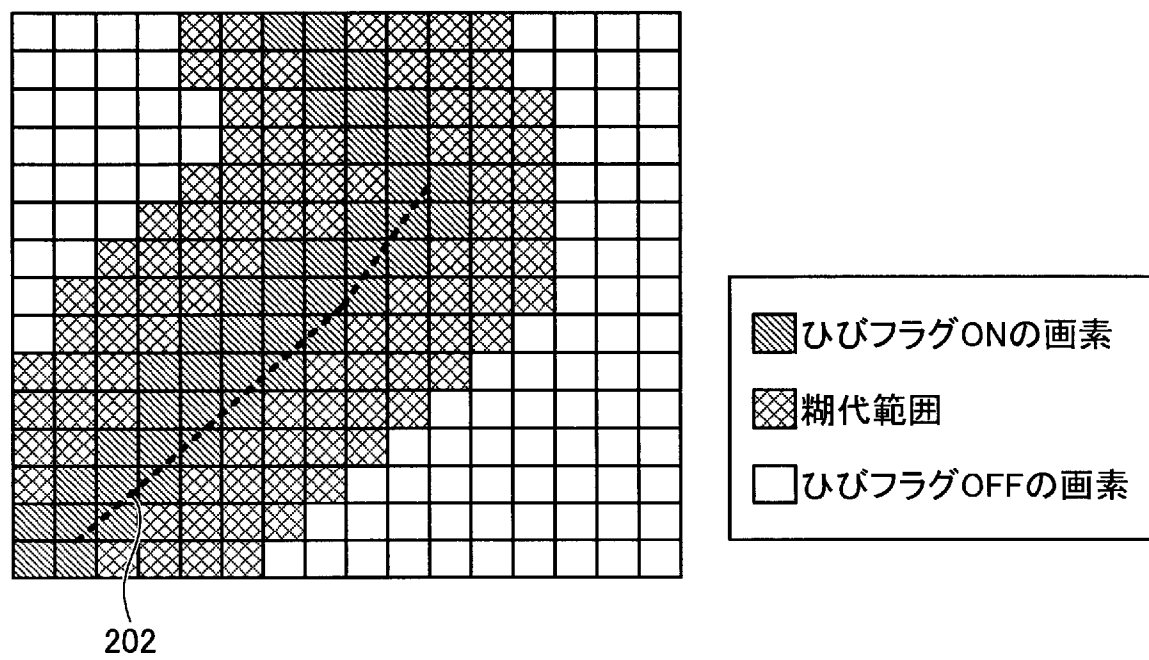
[図21]



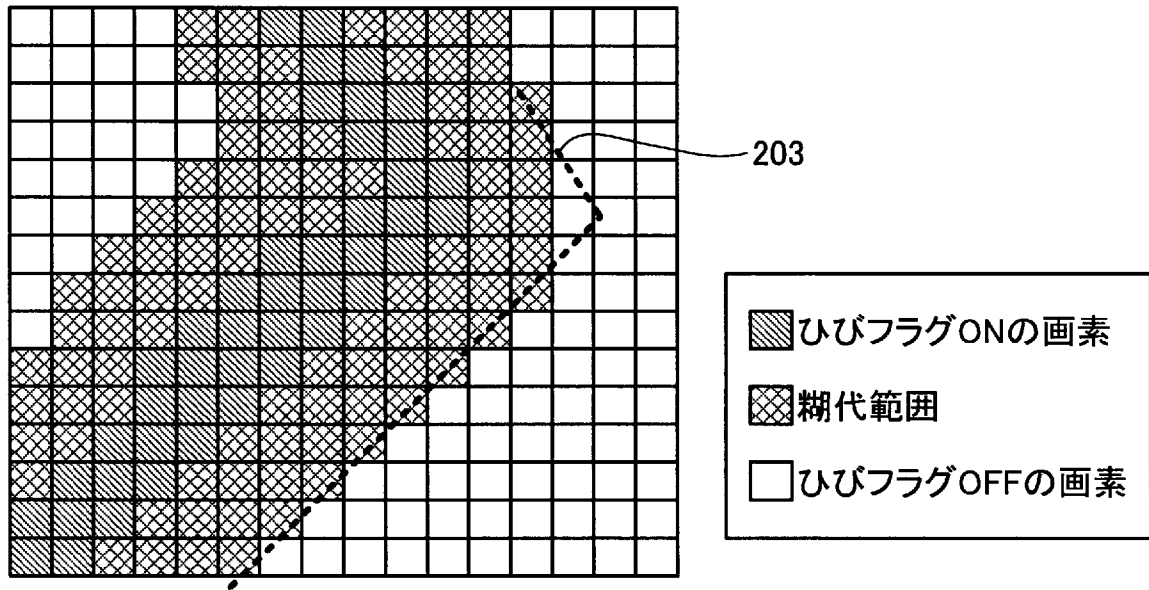
[図22]



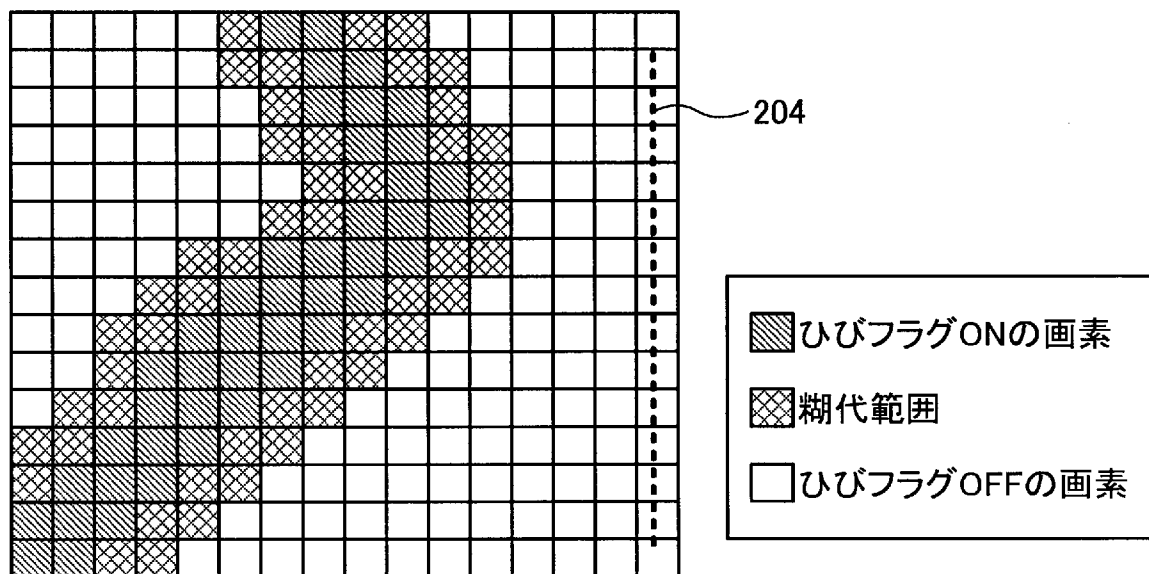
[図23]



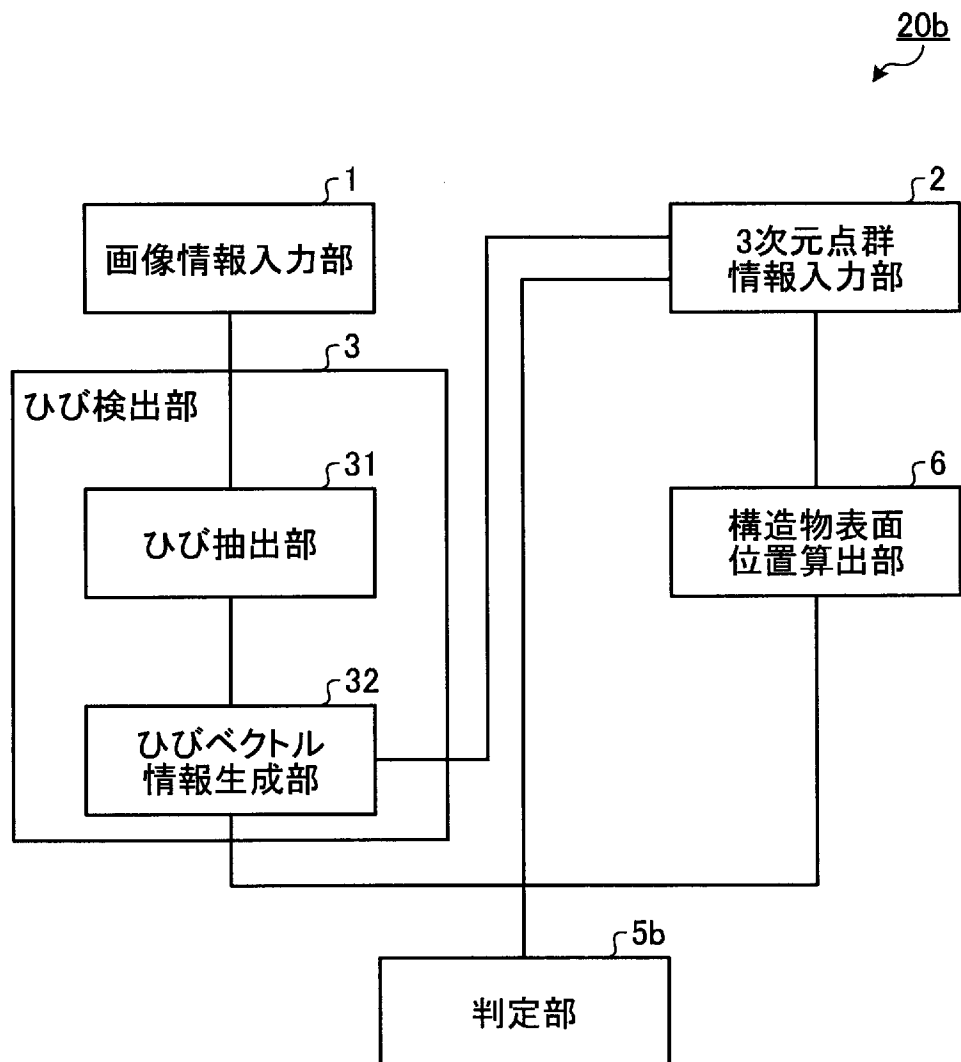
[図24]



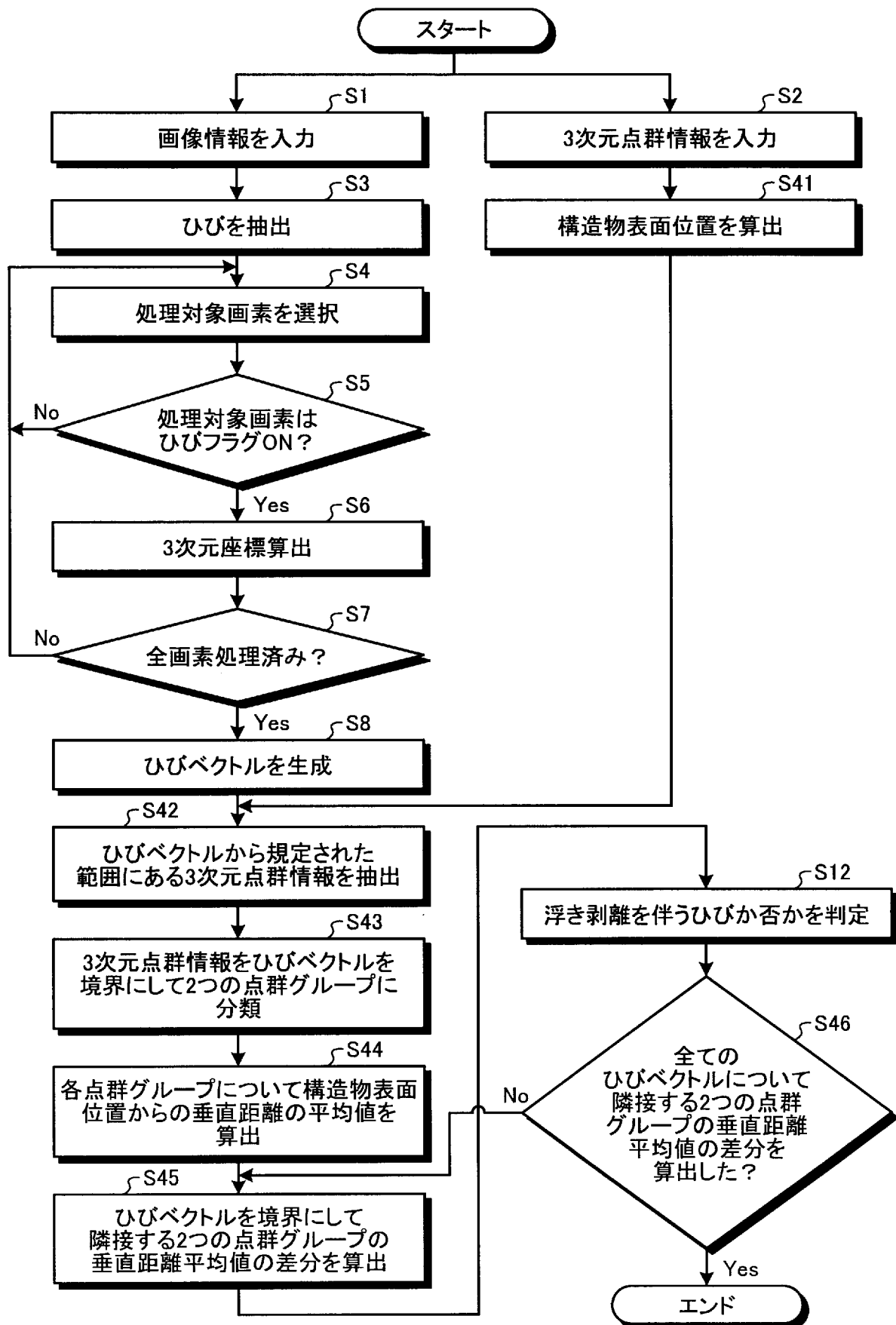
[図25]



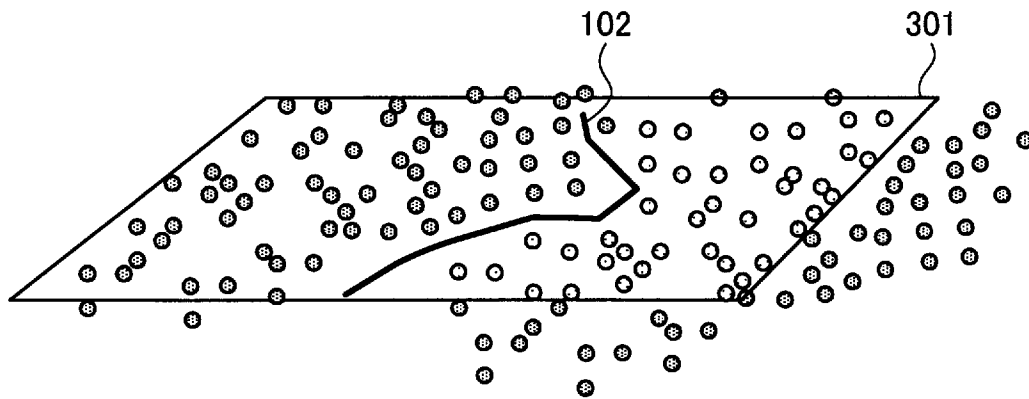
[図26]



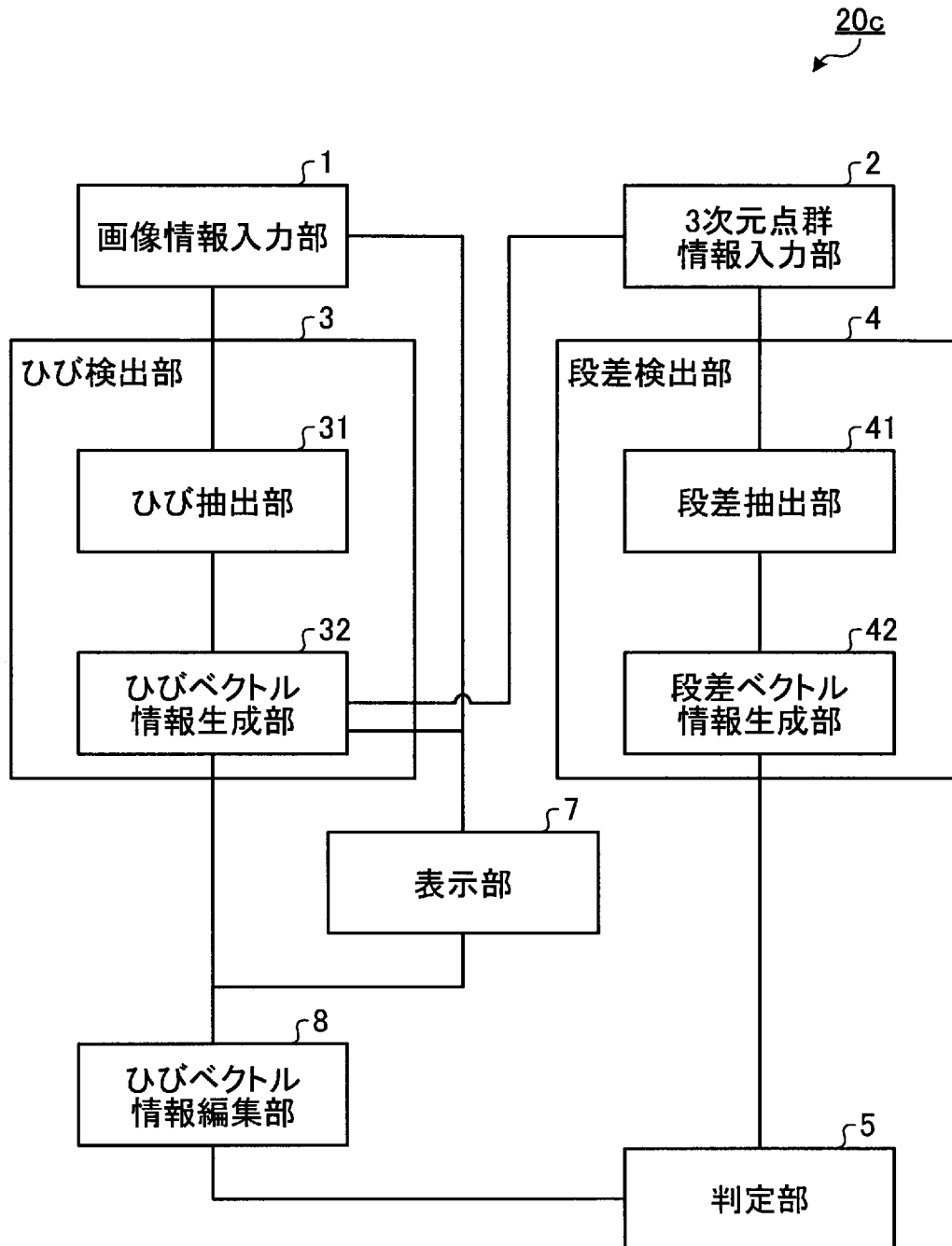
[図27]



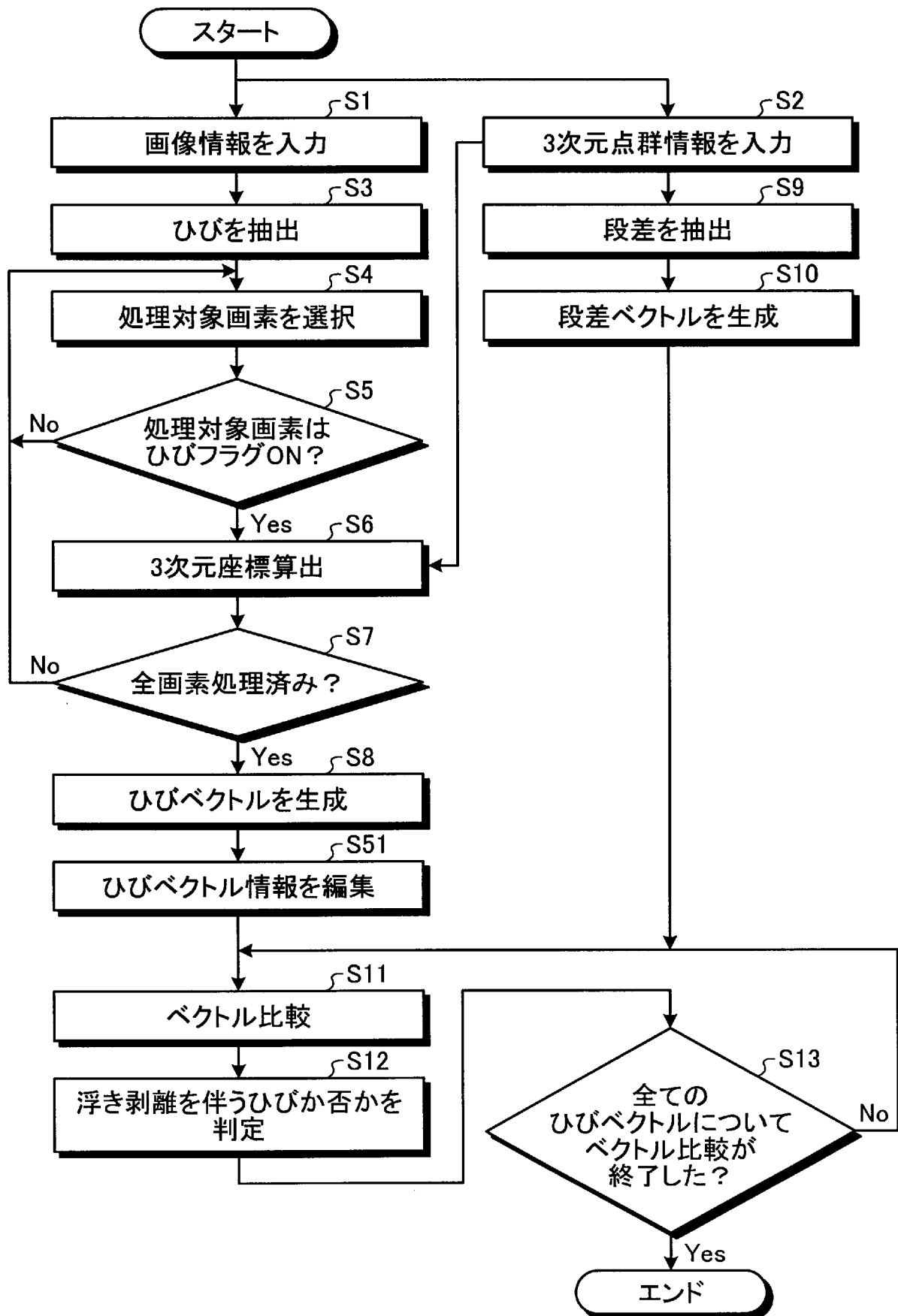
[図28]



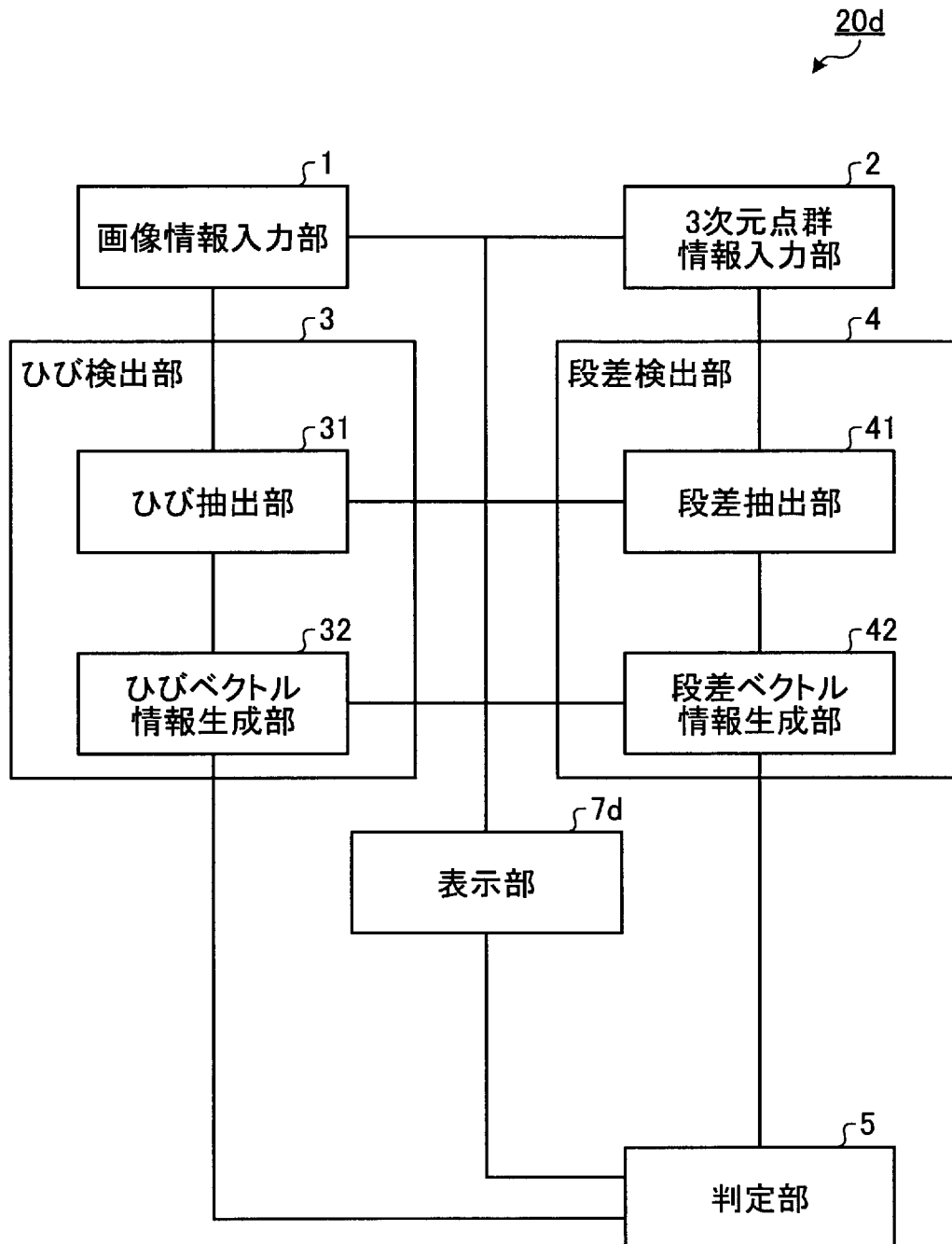
[図29]



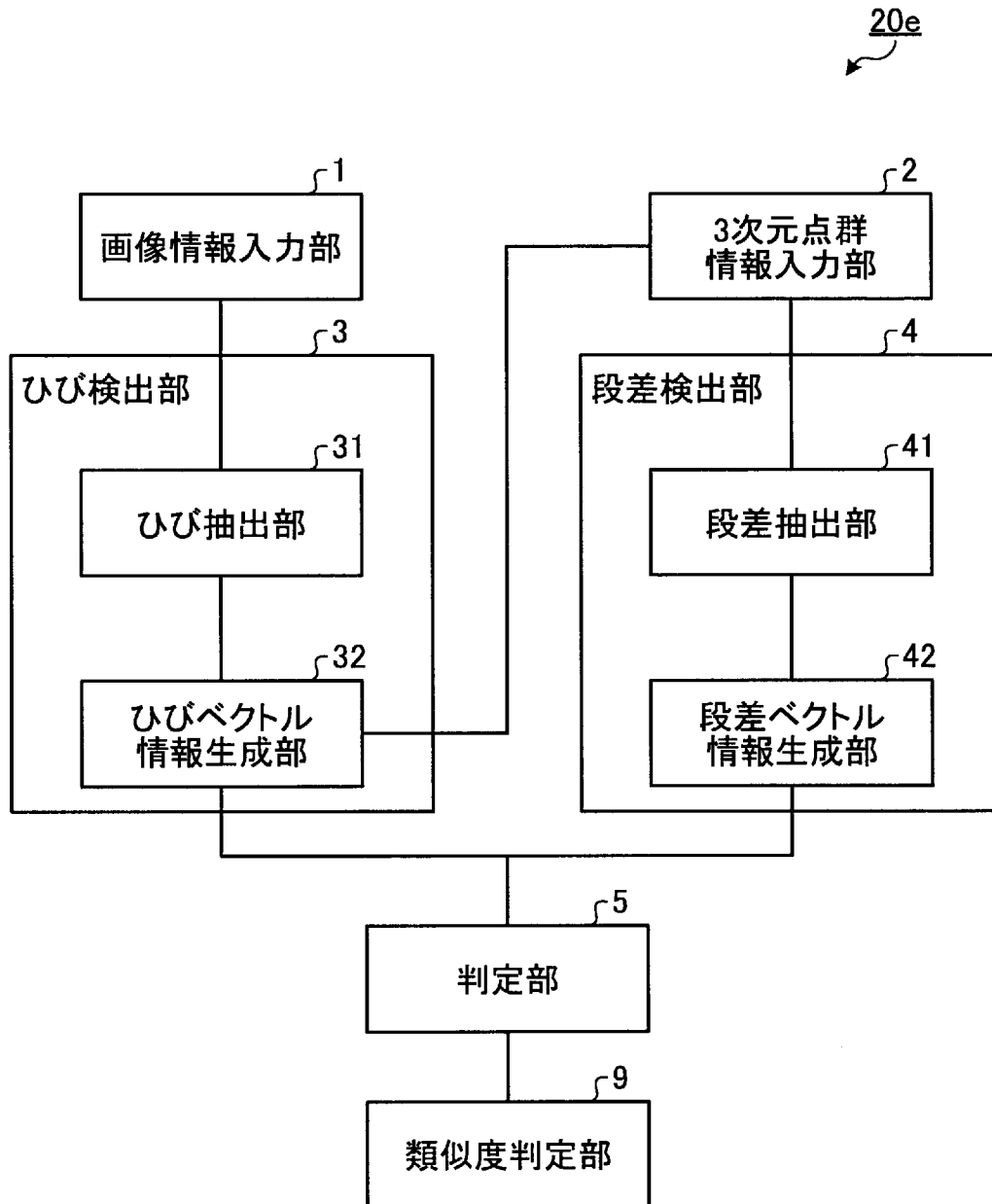
[図30]



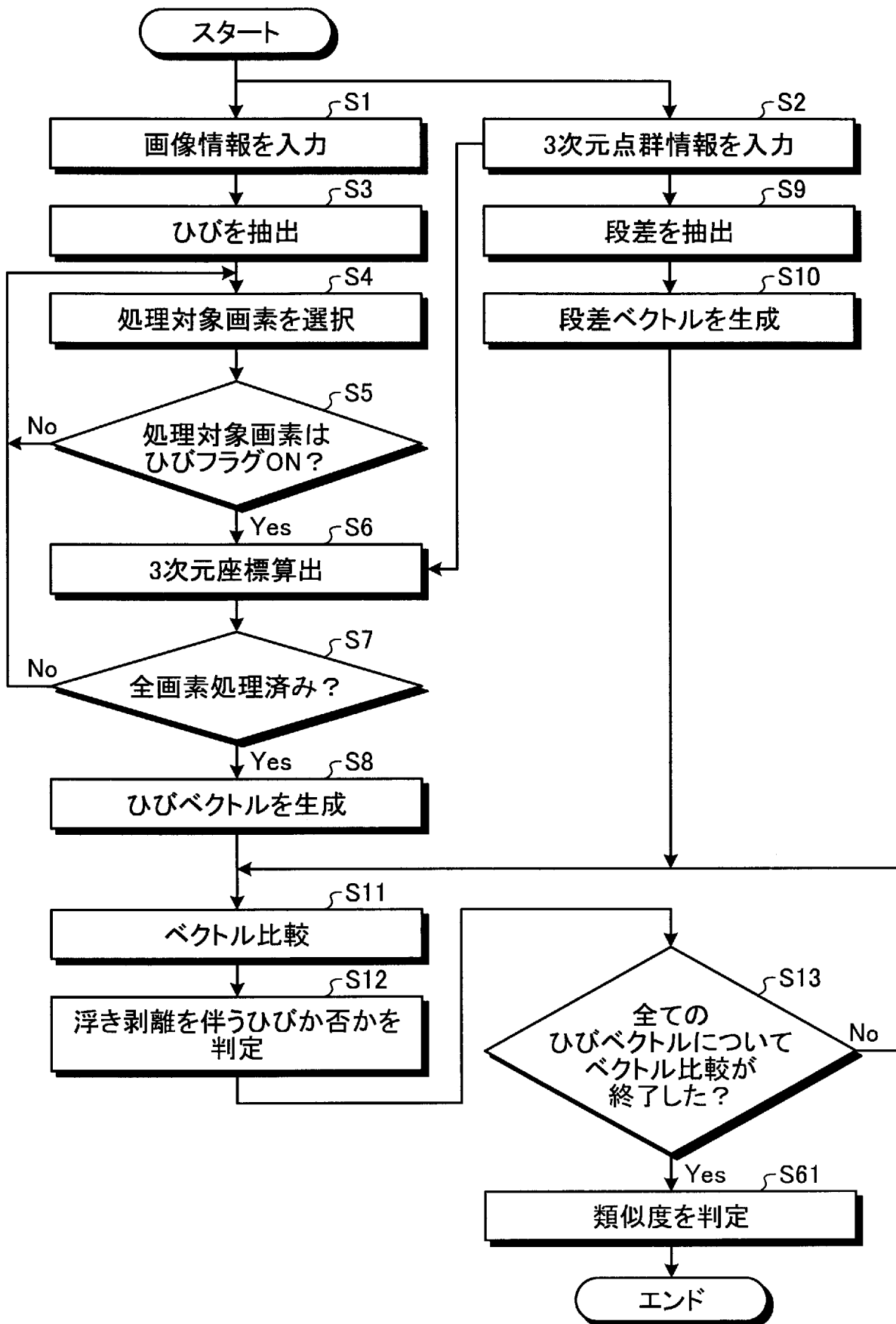
[図31]



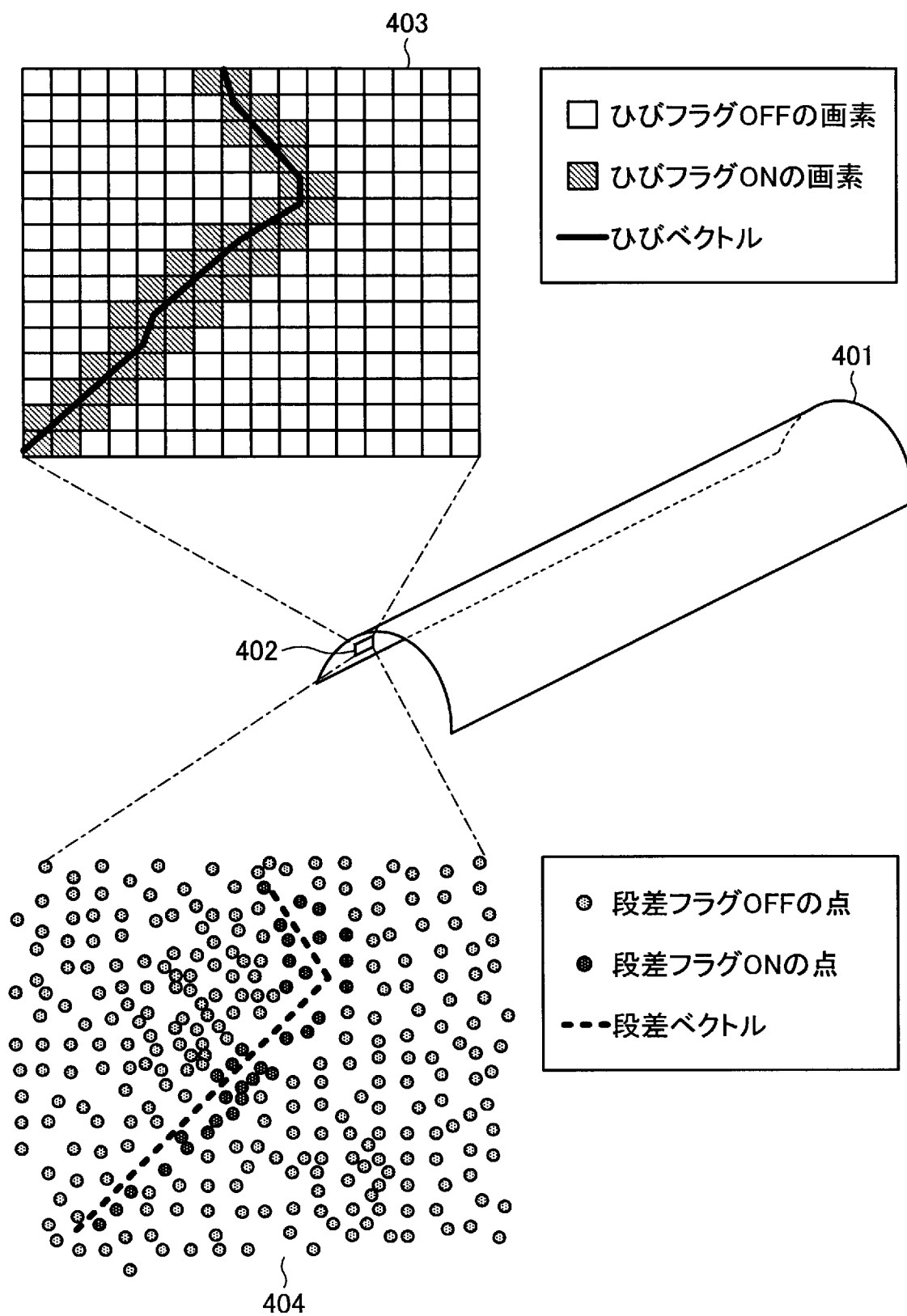
[図32]



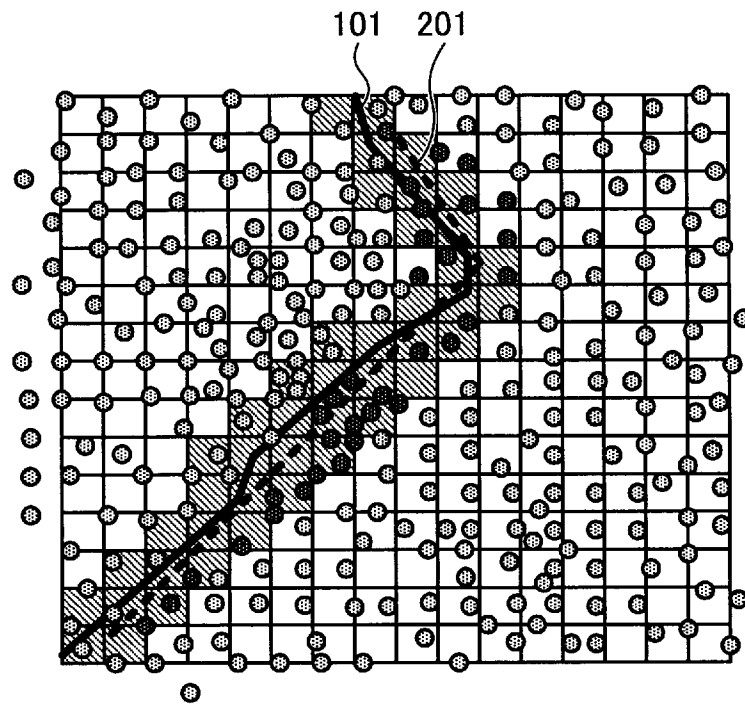
[図33]



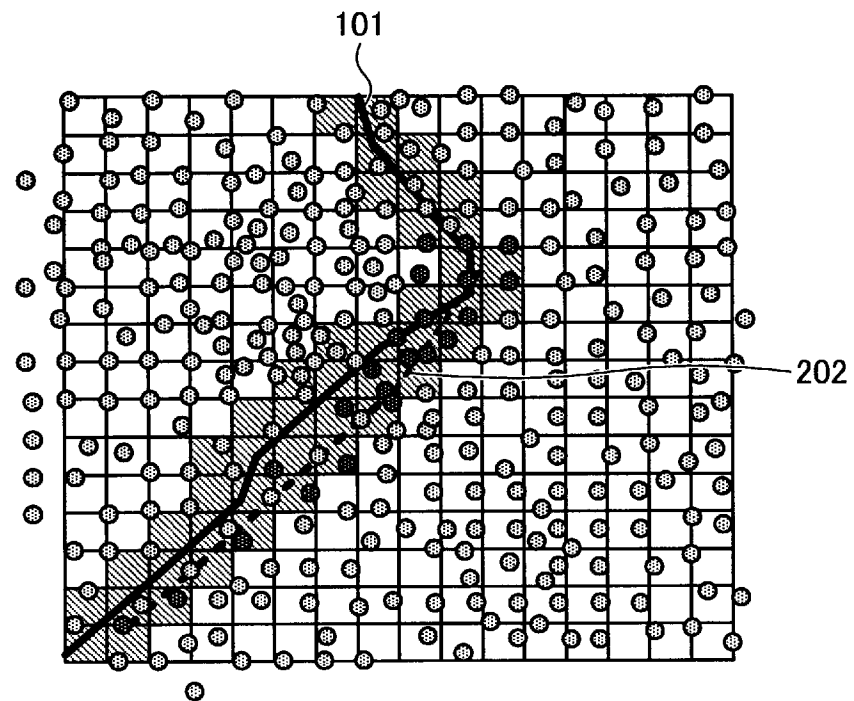
[図34]



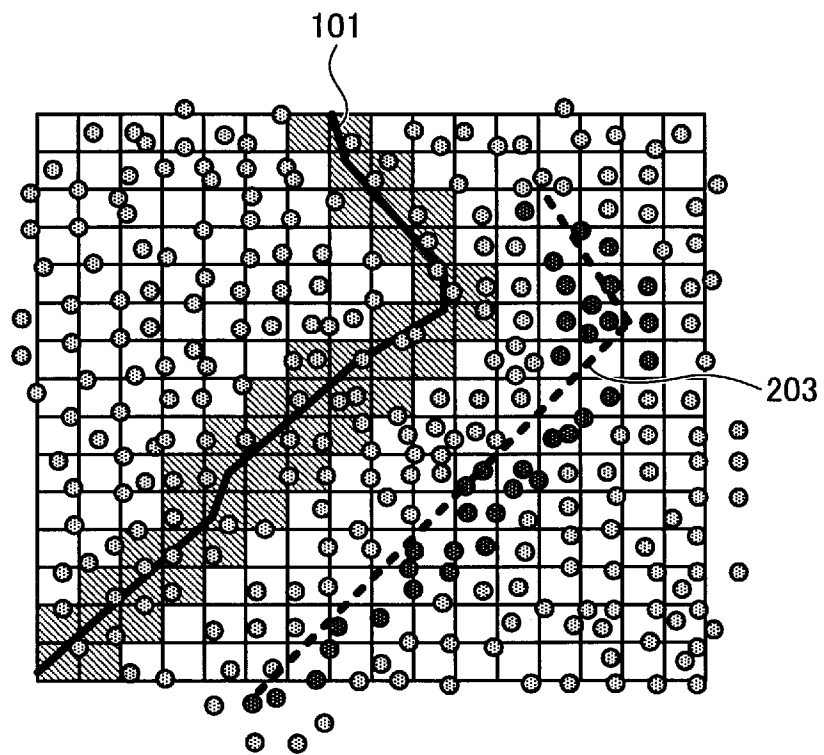
[図35]



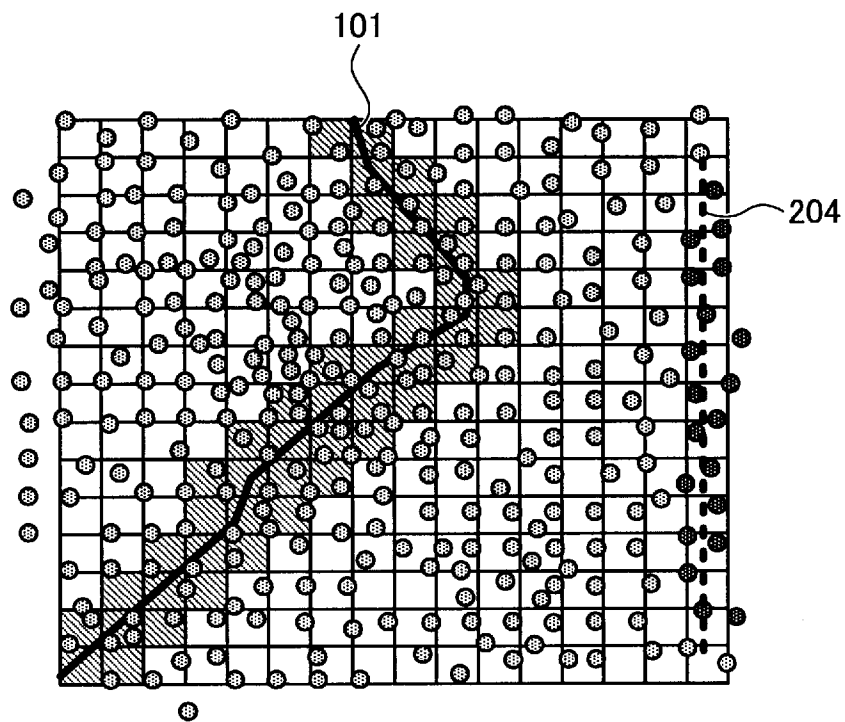
[図36]



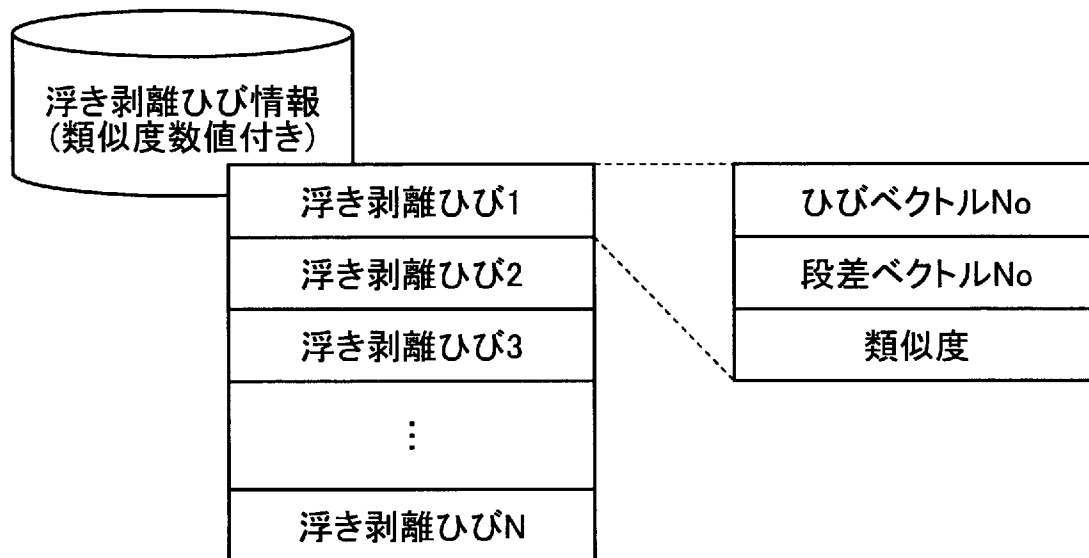
[図37]



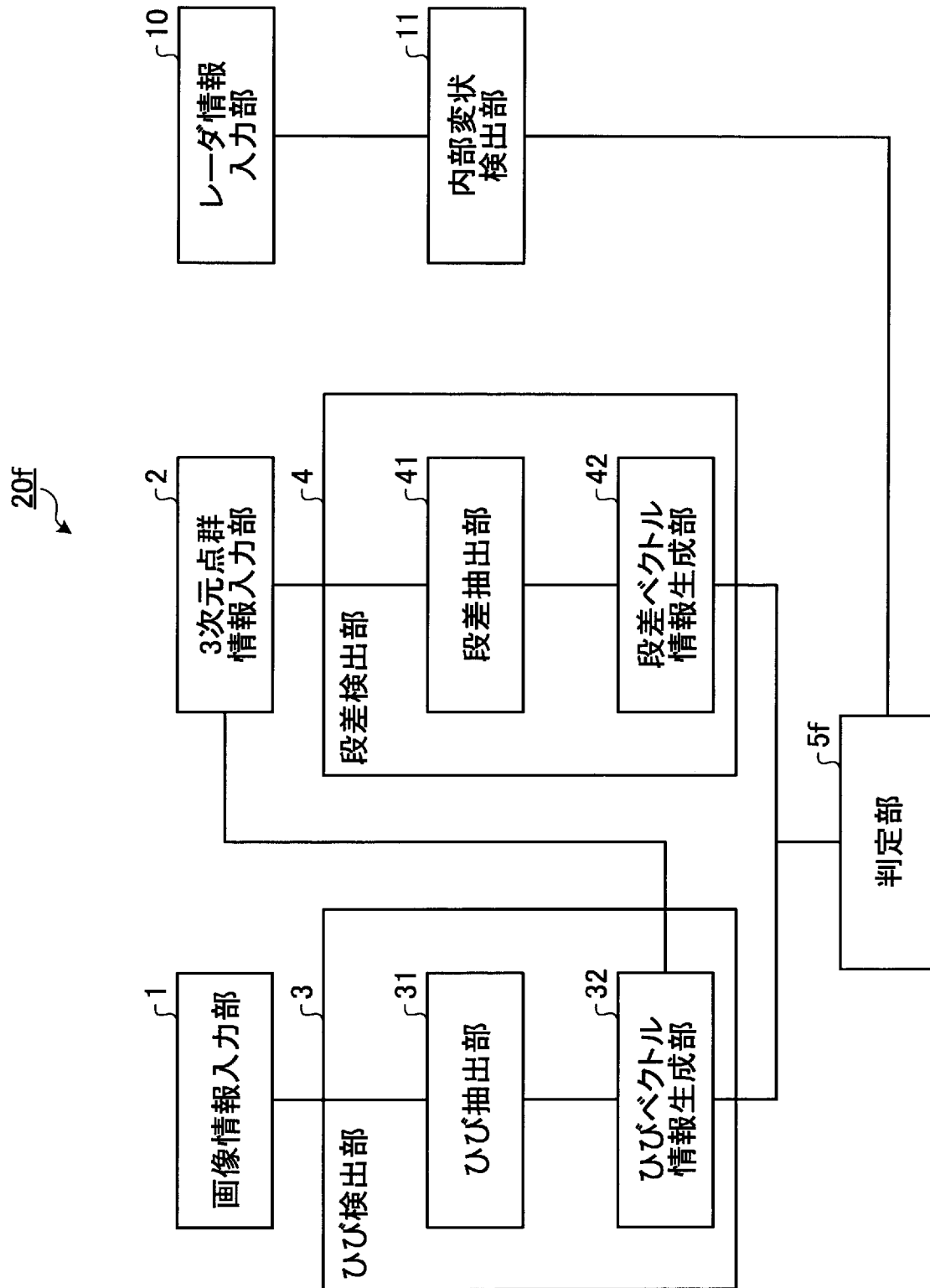
[図38]



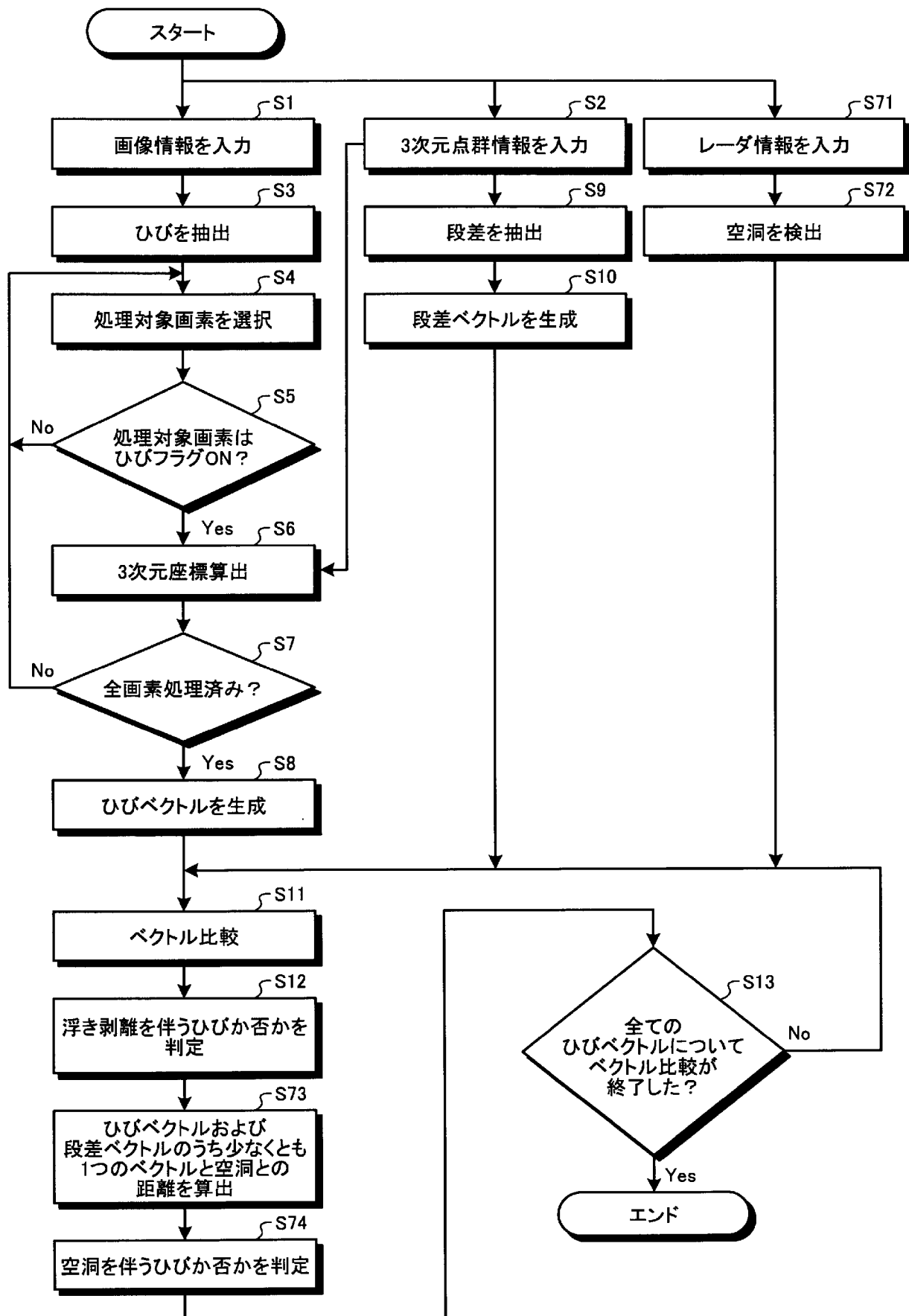
[図39]



[図40]



[図41]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2016/073615

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01N21/88(2006.01)i, G01B11/30(2006.01)i, G06T1/00(2006.01)i, G01N21/954(2006.01)n

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G01N21/84-21/958, G01B11/00-11/30, G06T1/00-9/40

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2016
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2016	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2016

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

JSTPlus/JST7580(JDreamIII)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y	JP 2012-220471 A (Mitsubishi Electric Corp.), 12 November 2012 (12.11.2012), claims 1, 2; paragraphs [0021], [0034], [0038], [0053], [0086]; fig. 1 to 4 (Family: none)	1-7, 9, 10 8
Y	JP 2002-257744 A (Takenaka Corp.), 11 September 2002 (11.09.2002), claim 4 (Family: none)	8
A	JP 2015-004588 A (Pasco Corp.), 08 January 2015 (08.01.2015), entire text; all drawings (Family: none)	1-10



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

06 October 2016 (06.10.16)

Date of mailing of the international search report

18 October 2016 (18.10.16)

Name and mailing address of the ISA/

Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2016/073615

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2004-037419 A (Kabushiki Kaisha Nakata Sokuryo), 05 February 2004 (05.02.2004), entire text; all drawings (Family: none)	1-10
A	JP 2011-095222 A (Toetsu Civil Engineering Consultant Inc.), 12 May 2011 (12.05.2011), entire text; all drawings (Family: none)	1-10

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. G01N21/88(2006.01)i, G01B11/30(2006.01)i, G06T1/00(2006.01)i, G01N21/954(2006.01)n

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. G01N21/84-21/958, G01B11/00-11/30, G06T1/00-9/40

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 6 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 6 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 6 年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

JSTPlus/JST7580 (JDreamIII)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X Y	JP 2012-220471 A（三菱電機株式会社）2012.11.12, 請求項1、2、段落 [0021]、[0034]、[0038]、[0053]、[0086]、図1-4（ファミリーなし）	1-7, 9, 10 8
Y	JP 2002-257744 A（株式会社竹中工務店）2002.09.11, 請求項4（ファミリーなし）	8
A	JP 2015-004588 A（株式会社パスコ）2015.01.08, 全文、全図（ファミリーなし）	1-10

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

0 6 . 1 0 . 2 0 1 6

国際調査報告の発送日

1 8 . 1 0 . 2 0 1 6

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / J P）

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

佐々木 龍

2W

5361

電話番号 03-3581-1101 内線 3258

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリ*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2004-037419 A (株式会社中田測量) 2004. 02. 05, 全文、全図 (ファミリーなし)	1-10
A	JP 2011-095222 A (株式会社東設土木コンサルタント) 2011. 05. 12, 全文、全図 (ファミリーなし)	1-10