

(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
2020年9月3日(03.09.2020)



(10) 国際公開番号

WO 2020/175708 A1

(51) 国際特許分類:
G06T 9/00 (2006.01)

イト 200, マリナー アベニュー
20000 California (US).

(21) 国際出願番号: PCT/JP2020/008540

(72) 発明者: 杉 尾 敏 康 (SUGIO, Toshiyasu);
〒5718501 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6
番地 パナソニック株式会社内 Osaka (JP).
井口 賀敬(IGUCHI, Noritaka).

(22) 国際出願日: 2020年2月28日(28.02.2020)

(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:
62/811,806 2019年2月28日(28.02.2019) US

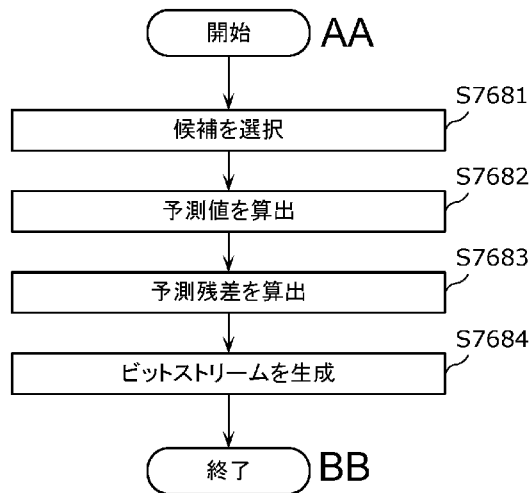
(74) 代理人: 新 居 広 守, 外 (NII, Hiromori et al.);
〒5320011 大阪府大阪市淀川区西中島 5 丁目
3 番 1 0 号タナカ・イトーピア新大阪ビル 6
階新居国際特許事務所内 Osaka (JP).

(71) 出願人: パナソニック インテレクチュアル
プロパティ コーポレーション オブ アメ
リカ(PANASONIC INTELLECTUAL PROPER-
TY CORPORATION OF AMERICA) [US/US];
90503 カリフォルニア州トーランス, ス

(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, DJ, DK, DM, DO,

(54) Title: THREE-DIMENSIONAL DATA ENCODING METHOD, THREE-DIMENSIONAL DATA DECODING METHOD, THREE-DIMENSIONAL DATA ENCODING DEVICE, AND THREE-DIMENSIONAL DATA DECODING DEVICE

(54) 発明の名称: 三次元データ符号化方法、三次元データ復号方法、三次元データ符号化装置、及び三次元データ復号装置



S7681 Select candidates
S7682 Calculate prediction value
S7683 Calculate prediction residual
S7684 Generate bitstream
AA Start
BB End

(57) Abstract: A three-dimensional data encoding device that, as a three-dimensional data encoding method for encoding a plurality of three-dimensional points, selects, from among the plurality of three-dimensional points, N second three-dimensional points from among a plurality of second three-dimensional points that are around a first three-dimensional point in order of proximity to the first three-dimensional point as candidates for calculating a prediction value for attribute information for the first three-dimensional point (S7681), calculates the prediction value using attribute information for the N second three-dimensional points selected as candidates (S7682), calculates a prediction residual that is the difference between the attribute information for the first three-dimensional point and the calculated prediction value (S7683), and generates a bitstream that includes the prediction residual (S7684). When selecting candidates, if the plurality of

DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, 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, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, 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, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, 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).

添付公開書類:

- 一 国際調査報告 (条約第21条(3))

second three-dimensional points include a plurality of third three-dimensional points that are the same distance from the first three-dimensional point, the three-dimensional data encoding device selects candidates from the plurality of third three-dimensional points in an order of priority that is based on a first Morton code for the first three-dimensional point.

(57) 要約: 三次元データ符号化装置は、複数の三次元点を符号化する三次元データ符号化方法であって、複数の三次元点のうちで、第1三次元点の周囲の複数の第2三次元点の中から、第1三次元点と距離に近い順にN個の第2三次元点を、第1三次元点の属性情報の予測値を算出するための候補として選択し(S 7 6 8 1)、候補として選択したN個の第2三次元点の属性情報を用いて予測値を算出し(S 7 6 8 2)、第1三次元点の属性情報と、算出された予測値との差分である予測残差を算出し(S 7 6 8 3)、予測残差を含むビットストリームを生成し(S 7 6 8 4)、候補の選択では、複数の第2三次元点の中に第1三次元点との間の距離が等しい複数の第3三次元点がある場合、第1三次元点の第1モートンコードに基づく優先順に複数の第3三次元点から候補を選択する。

明 細 書

発明の名称：

三次元データ符号化方法、三次元データ復号方法、三次元データ符号化装置、及び三次元データ復号装置

技術分野

[0001] 本開示は、三次元データ符号化方法、三次元データ復号方法、三次元データ符号化装置、及び三次元データ復号装置に関する。

背景技術

[0002] 自動車或いはロボットが自律的に動作するためのコンピュータビジョン、マップ情報、監視、インフラ点検、又は、映像配信など、幅広い分野において、今後、三次元データを活用した装置又はサービスの普及が見込まれる。三次元データは、レンジファインダなどの距離センサ、ステレオカメラ、又は複数の単眼カメラの組み合わせなど様々な方法で取得される。

[0003] 三次元データの表現方法の1つとして、三次元空間内の点群によって三次元構造の形状を表すポイントクラウドと呼ばれる表現方法がある。ポイントクラウドでは、点群の位置と色とが格納される。ポイントクラウドは三次元データの表現方法として主流になると予想されるが、点群はデータ量が非常に大きい。よって、三次元データの蓄積又は伝送においては二次元の動画像（一例として、MPEGで規格化されたMPEG-4 AVC又はHEVCなどがある）と同様に、符号化によるデータ量の圧縮が必須となる。

[0004] また、ポイントクラウドの圧縮については、ポイントクラウド関連の処理を行う公開のライブラリ（Point Cloud Library）などによって一部サポートされている。

[0005] また、三次元の地図データを用いて、車両周辺に位置する施設を検索し、表示する技術が知られている（例えば、特許文献1参照）。

先行技術文献

特許文献

[0006] 特許文献1：国際公開第2014／020663号

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0007] 三次元データの符号化において符号化効率を向上させることができることが望まれている。

[0008] 本開示は、符号化効率を向上させることができる三次元データ符号化方法、三次元データ復号方法、三次元データ符号化装置又は三次元データ復号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] 本開示の一態様に係る三次元データ符号化方法は、複数の三次元点を符号化する三次元データ符号化方法であって、前記複数の三次元点のうち、第1三次元点の周囲の複数の第2三次元点の中から、前記第1三次元点に距離が近い順にN個の第2三次元点を、前記第1三次元点の属性情報の予測値を算出するための候補として選択し、前記候補として選択した前記N個の第2三次元点の属性情報を用いて予測値を算出し、前記第1三次元点の属性情報と、算出された前記予測値との差分である予測残差を算出し、前記予測残差を含むビットストリームを生成し、前記候補の選択では、前記複数の第2三次元点の中に前記第1三次元点との間の距離が等しい複数の第3三次元点がある場合、前記第1三次元点の第1モートンコードに基づく優先順に前記複数の第3三次元点から前記候補を選択する。

[0010] また、本開示の一態様に係る三次元データ復号方法は、複数の三次元点を復号する三次元データ復号方法であって、ビットストリームを取得することで前記複数の三次元点のうちの第1三次元点の予測残差を取得し、前記複数の三次元点のうち、前記第1三次元点の周囲の複数の第2三次元点の中から、前記第1三次元点に距離が近い順にN個の第2三次元点を、前記第1三次元点の属性情報の予測値を算出するための候補として選択し、前記候補として選択した前記N個の第2三次元点の属性情報を用いて予測値を算出し、前記予測値と前記予測残差とを加算することで、前記第1三次元点の属性情

報を算出し、前記候補の選択では、前記複数の第2三次元点の中に前記第1三次元点との間の距離が等しい複数の第3三次元点がある場合、前記第1三次元点の第1モーションコードに基づく優先順に前記複数の第3三次元点から前記候補を選択する。

[0011] なお、これらの全般的または具体的な態様は、システム、装置、集積回路、コンピュータプログラムまたはコンピュータ読み取り可能なCD-ROMなどの記録媒体で実現されてもよく、システム、装置、集積回路、コンピュータプログラム及び記録媒体の任意な組み合わせで実現されてもよい。

発明の効果

[0012] 本開示は、符号化効率を向上できる三次元データ符号化方法、三次元データ復号方法、三次元データ符号化装置、又は三次元データ復号装置を提供できる。

図面の簡単な説明

[0013] [図1]図1は、実施の形態1に係る符号化三次元データの構成を示す図である。

[図2]図2は、実施の形態1に係るGOSの最下層レイヤに属するSPC間の予測構造の一例を示す図である。

[図3]図3は、実施の形態1に係るレイヤ間の予測構造の一例を示す図である。

[図4]図4は、実施の形態1に係るGOSの符号化順の一例を示す図である。

[図5]図5は、実施の形態1に係るGOSの符号化順の一例を示す図である。

[図6]図6は、実施の形態1に係る三次元データ符号化装置のブロック図である。

[図7]図7は、実施の形態1に係る符号化処理のフローチャートである。

[図8]図8は、実施の形態1に係る三次元データ復号装置のブロック図である。

[図9]図9は、実施の形態1に係る復号処理のフローチャートである。

[図10]図10は、実施の形態1に係るメタ情報の一例を示す図である。

[図11]図 1 1 は、実施の形態 2 に係る SWLD の構成例を示す図である。

[図12]図 1 2 は、実施の形態 2 に係るサーバ及びクライアントの動作例を示す図である。

[図13]図 1 3 は、実施の形態 2 に係るサーバ及びクライアントの動作例を示す図である。

[図14]図 1 4 は、実施の形態 2 に係るサーバ及びクライアントの動作例を示す図である。

[図15]図 1 5 は、実施の形態 2 に係るサーバ及びクライアントの動作例を示す図である。

[図16]図 1 6 は、実施の形態 2 に係る三次元データ符号化装置のブロック図である。

[図17]図 1 7 は、実施の形態 2 に係る符号化処理のフローチャートである。

[図18]図 1 8 は、実施の形態 2 に係る三次元データ復号装置のブロック図である。

[図19]図 1 9 は、実施の形態 2 に係る復号処理のフローチャートである。

[図20]図 2 0 は、実施の形態 2 に係る WLD の構成例を示す図である。

[図21]図 2 1 は、実施の形態 2 に係る WLD の 8 分木構造の例を示す図である。

[図22]図 2 2 は、実施の形態 2 に係る SWLD の構成例を示す図である。

[図23]図 2 3 は、実施の形態 2 に係る SWLD の 8 分木構造の例を示す図である。

[図24]図 2 4 は、実施の形態 3 に係る三次元データ作成装置のブロック図である。

[図25]図 2 5 は、実施の形態 3 に係る三次元データ送信装置のブロック図である。

[図26]図 2 6 は、実施の形態 4 に係る三次元情報処理装置のブロック図である。

[図27]図 2 7 は、実施の形態 5 に係る三次元データ作成装置のブロック図で

ある。

[図28]図28は、実施の形態6に係るシステムの構成を示す図である。

[図29]図29は、実施の形態6に係るクライアント装置のブロック図である。

[図30]図30は、実施の形態6に係るサーバのブロック図である。

[図31]図31は、実施の形態6に係るクライアント装置による三次元データ作成処理のフローチャートである。

[図32]図32は、実施の形態6に係るクライアント装置によるセンサ情報送信処理のフローチャートである。

[図33]図33は、実施の形態6に係るサーバによる三次元データ作成処理のフローチャートである。

[図34]図34は、実施の形態6に係るサーバによる三次元マップ送信処理のフローチャートである。

[図35]図35は、実施の形態6に係るシステムの変形例の構成を示す図である。

[図36]図36は、実施の形態6に係るサーバ及びクライアント装置の構成を示す図である。

[図37]図37は、実施の形態7に係る三次元データ符号化装置のブロック図である。

[図38]図38は、実施の形態7に係る予測残差の例を示す図である。

[図39]図39は、実施の形態7に係るボリュームの例を示す図である。

[図40]図40は、実施の形態7に係るボリュームの8分木表現の例を示す図である。

[図41]図41は、実施の形態7に係るボリュームのビット列の例を示す図である。

[図42]図42は、実施の形態7に係るボリュームの8分木表現の例を示す図である。

[図43]図43は、実施の形態7に係るボリュームの例を示す図である。

[図44]図44は、実施の形態7に係るイントラ予測処理を説明するための図である。

[図45]図45は、実施の形態7に係る回転及び並進処理を説明するための図である。

[図46]図46は、実施の形態7に係るRT適用フラグ及びRT情報のシンタックス例を示す図である。

[図47]図47は、実施の形態7に係るインター予測処理を説明するための図である。

[図48]図48は、実施の形態7に係る三次元データ復号装置のブロック図である。

[図49]図49は、実施の形態7に係る三次元データ符号化装置による三次元データ符号化処理のフローチャートである。

[図50]図50は、実施の形態7に係る三次元データ復号装置による三次元データ復号処理のフローチャートである。

[図51]図51は、実施の形態8に係る三次元点の例を示す図である。

[図52]図52は、実施の形態8に係るL o Dの設定例を示す図である。

[図53]図53は、実施の形態8に係るL o Dの設定に用いる閾値の例を示す図である。

[図54]図54は、実施の形態8に係る予測値に用いる属性情報の例を示す図である。

[図55]図55は、実施の形態8に係る指数ゴロム符号の一例を示す図である。

[図56]図56は、実施の形態8に係る指数ゴロム符号に対する処理を示す図である。

[図57]図57は、実施の形態8に係る属性ヘッダのシンタックス例を示す図である。

[図58]図58は、実施の形態8に係る属性データのシンタックス例を示す図である。

[図59]図59は、実施の形態8に係る三次元データ符号化処理のフローチャートである。

[図60]図60は、実施の形態8に係る属性情報符号化処理のフローチャートである。

[図61]図61は、実施の形態8に係る指数ゴロム符号に対する処理を示す図である。

[図62]図62は、実施の形態8に係る残り符号とその値との関係を示す逆引きテーブルの例を示す図である。

[図63]図63は、実施の形態8に係る三次元データ復号処理のフローチャートである。

[図64]図64は、実施の形態8に係る属性情報復号処理のフローチャートである。

[図65]図65は、実施の形態8に係る三次元データ符号化装置のブロック図である。

[図66]図66は、実施の形態8に係る三次元データ復号装置のブロック図である。

[図67]図67は、実施の形態8に係る三次元データ符号化処理のフローチャートである。

[図68]図68は、実施の形態8に係る三次元データ復号処理のフローチャートである。

[図69]図69は、実施の形態9に係る各予測モードにおいて算出される予測値を示すテーブルの第1の例を示す図である。

[図70]図70は、実施の形態9に係る予測値に用いる属性情報の例を示す図である。

[図71]図71は、実施の形態9に係る各予測モードにおいて算出される予測値を示すテーブルの第2の例を示す図である。

[図72]図72は、実施の形態9に係る各予測モードにおいて算出される予測値を示すテーブルの第3の例を示す図である。

[図73]図73は、実施の形態9に係る各予測モードにおいて算出される予測値を示すテーブルの第4の例を示す図である。

[図74]図74は、実施の形態10に係る参照関係の例を示す図である。

[図75]図75は、実施の形態10に係る参照関係の例を示す図である。

[図76]図76は、実施の形態10に係るL o D毎に探索回数を設定する例を示す図である。

[図77]図77は、実施の形態10に係る参照関係の例を示す図である。

[図78]図78は、実施の形態10に係る参照関係の例を示す図である。

[図79]図79は、実施の形態10に係る参照関係の例を示す図である。

[図80]図80は、実施の形態10に係る属性情報ヘッダのシンタックス例を示す図である。

[図81]図81は、実施の形態10に係る属性情報ヘッダのシンタックス例を示す図である。

[図82]図82は、実施の形態10に係る三次元データ符号化処理のフローチャートである。

[図83]図83は、実施の形態10に係る属性情報符号化処理のフローチャートである。

[図84]図84は、実施の形態10に係る三次元データ復号処理のフローチャートである。

[図85]図85は、実施の形態10に係る属性情報復号処理のフローチャートである。

[図86]図86は、実施の形態10に係る周囲点探索処理のフローチャートである。

[図87]図87は、実施の形態10に係る周囲点探索処理のフローチャートである。

[図88]図88は、実施の形態10に係る周囲点探索処理のフローチャートである。

[図89]図89は、実施の形態10に係る三次元データ符号化処理のフローチャートである。

ャートである。

[図90]図90は、実施の形態10に係る三次元データ復号処理のフローチャートである。

[図91]図91は、実施の形態11に係るN個の三次元点を選択する方法について説明するための図である。

[図92]図92は、実施の形態11に係るグループG_kのバウンディングボックスの一例を示す図である。

[図93]図93は、実施の形態11に係る第1三次元点と複数の第2三次元点とが同一のグループに属する場合のN個の三次元点の候補を選択する処理について説明するための図である。

[図94]図94は、実施の形態11に係る第1三次元点と複数の第2三次元点とが異なるグループに属する場合のN個の三次元点の候補を選択する処理について説明するための図である。

[図95]図95は、実施の形態11に係る異なる階層に属する複数の第2三次元点から三次元点候補を選択する処理について説明するための図である。

[図96]図96は、実施の形態11に係る初期グループ前後のグループから三次元点候補を選択もしくは更新する処理について説明するための図である。

[図97]図97は、実施の形態11に係るバウンディングボックスが小さいグループを優先する例について説明するための図である。

[図98]図98は、実施の形態11に係る三次元データ符号化装置による三次元データ符号化処理のフローチャートである。

[図99]図99は、実施の形態11に係る属性情報符号化処理のフローチャートである。

[図100]図100は、実施の形態11に係る三次元データ復号装置による三次元データ復号処理のフローチャートである。

[図101]図101は、実施の形態11に係る属性情報復号処理のフローチャートである。

[図102]図102は、実施の形態11に係る周囲点の探索処理のフローチャー

トである。

[図103]図103は、実施の形態11に係る周囲点の探索処理のフローチャートである。

[図104]図104は、実施の形態11に係る三次元データ符号化装置が備える属性情報符号化部の構成を示すブロック図である。

[図105]図105は、実施の形態11に係る三次元データ復号装置が備える属性情報復号部の構成を示すブロック図である。

[図106]図106は、実施の形態11に係る三次元データ符号化処理のフローチャートである。

[図107]図107は、実施の形態11に係る三次元データ復号処理のフローチャートである。

発明を実施するための形態

[0014] 本開示の一態様に係る三次元データ符号化方法は、複数の三次元点を符号化する三次元データ符号化方法であって、前記複数の三次元点のうち、第1三次元点の周囲の複数の第2三次元点の中から、前記第1三次元点に距離が近い順にN個の第2三次元点を、前記第1三次元点の属性情報の予測値を算出するための候補として選択し、前記候補として選択した前記N個の第2三次元点の属性情報を用いて予測値を算出し、前記第1三次元点の属性情報と、算出された前記予測値との差分である予測残差を算出し、前記予測残差を含むビットストリームを生成し、前記候補の選択では、前記複数の第2三次元点の中に前記第1三次元点との間の距離が等しい複数の第3三次元点がある場合、前記第1三次元点の第1モートンコードに基づく優先順に前記複数の第3三次元点から前記候補を選択する。

[0015] これにより、符号化対象の第1三次元点に近い第2三次元点を、予測値を算出するために用いる候補として選択することができるため、符号化効率を向上させることができる。

[0016] 例えば、前記優先順は、前記複数の第3三次元点のモートンコードで定められる順序であって、前記第1モートンコードに近いモートンコードを有す

る第3三次元点の順序であってもよい。

[0017] 例えば、前記優先順は、前記複数の第3三次元点のうちで前記第1モーションコードに近いモーションコードを有する第4三次元点の第2モーションコードより小さいモーションコードを有する複数の第3三次元点を含む第1グループと、前記第2モーションコードよりも大きいモーションコードを有する複数の第3三次元点を含む第2グループとから交互に1つずつ前記候補を選択するときの、前記第2モーションコードに近い第3三次元点の順序であってもよい。

[0018] 例えば、前記第1三次元点と、前記複数の第3三次元点とは、互いに異なる階層に属してもよい。

[0019] 例えば、前記優先順は、前記第1モーションコードより小さいモーションコードを有する複数の第3三次元点を含む第1グループと、前記第1モーションコードよりも大きいモーションコードを有する複数の第3三次元点を含む第2グループとの一方に属する複数の第3三次元点のモーションコードで定められる順序であって、前記第1モーションコードに近い第3三次元点の順序であってもよい。

[0020] 例えば、前記第1三次元点と、前記複数の第3三次元点とは、同一の階層に属してもよい。

[0021] 本開示の一態様に係る三次元データ復号方法は、複数の三次元点を復号する三次元データ復号方法であって、ビットストリームを取得することで前記複数の三次元点のうちの第1三次元点の予測残差を取得し、前記複数の三次元点のうちで、前記第1三次元点の周囲の複数の第2三次元点の中から、前記第1三次元点に距離が近い順にN個の第2三次元点を、前記第1三次元点の属性情報の予測値を算出するための候補として選択し、前記候補として選択した前記N個の第2三次元点の属性情報を用いて予測値を算出し、前記予測値と前記予測残差とを加算することで、前記第1三次元点の属性情報を算出し、前記候補の選択では、前記複数の第2三次元点の中に前記第1三次元点との間の距離が等しい複数の第3三次元点がある場合、前記第1三次元点の第1モーションコードに基づく優先順に前記複数の第3三次元点から前記候

補を選択する。

[0022] これによれば、処理対象の第1三次元点の属性情報を適切に復号することができる。

[0023] 例えば、前記優先順は、前記複数の第3三次元点のモーションコードで定められる順序であって、前記第1モーションコードに近いモーションコードを有する第3三次元点の順序であってもよい。

[0024] 例えば、前記優先順は、前記複数の第3三次元点のうちで前記第1モーションコードに近いモーションコードを有する第4三次元点の第2モーションコードより小さいモーションコードを有する複数の第3三次元点を含む第1グループと、前記第2モーションコードよりも大きいモーションコードを有する複数の第3三次元点を含む第2グループとから交互に1つずつ前記候補を選択するときの、前記第2モーションコードに近い第3三次元点の順序であってもよい。

[0025] 例えば、前記第1三次元点と、前記複数の第3三次元点とは、互いに異なる階層に属してもよい。

[0026] 例えば、前記優先順は、前記第1モーションコードより小さいモーションコードを有する複数の第3三次元点を含む第1グループと、前記第1モーションコードよりも大きいモーションコードを有する複数の第3三次元点を含む第2グループとの一方に属する複数の第3三次元点のモーションコードで定められる順序であって、前記第1モーションコードに近い第3三次元点の順序であってもよい。

[0027] 例えば、前記第1三次元点と、前記複数の第3三次元点とは、同一の階層に属してもよい。

[0028] 本開示の一態様に係る三次元データ符号化装置は、複数の三次元点を符号化する三次元データ符号化装置であって、プロセッサと、メモリとを備え、前記プロセッサは、前記メモリを用いて、前記複数の三次元点のうちで、第1三次元点の周囲の複数の第2三次元点の中から、前記第1三次元点に距離が近い順にN個の第2三次元点を、前記第1三次元点の属性情報の予測値を算出するための候補として選択し、前記候補として選択した前記N個の第2

三次元点の属性情報を用いて予測値を算出し、前記第1三次元点の属性情報と、算出された前記予測値との差分である予測残差を算出し、前記予測残差を含むビットストリームを生成し、前記候補の選択では、前記複数の第2三次元点の中に前記第1三次元点との間の距離が等しい複数の第3三次元点がある場合、前記第1三次元点の第1モーションコードに基づく優先順に前記複数の第3三次元点から前記候補を選択する。

[0029] これにより、符号化対象の第1三次元点に近い第2三次元点を、予測値を算出するために用いる候補として選択することができるため、符号化効率を向上させることができる。

[0030] 本開示の一態様に係る三次元データ復号装置は、複数の三次元点を復号する三次元データ復号装置であって、プロセッサと、メモリとを備え、ビットストリームを取得することで前記複数の三次元点のうちの第1三次元点の予測残差を取得し、前記複数の三次元点のうちで、前記第1三次元点の周囲の複数の第2三次元点の中から、前記第1三次元点に距離が近い順にN個の第2三次元点を、前記第1三次元点の属性情報の予測値を算出するための候補として選択し、前記候補として選択した前記N個の第2三次元点の属性情報を用いて予測値を算出し、前記予測値と前記予測残差とを加算することで、前記第1三次元点の属性情報を算出し、前記候補の選択では、前記複数の第2三次元点の中に前記第1三次元点との間の距離が等しい複数の第3三次元点がある場合、前記第1三次元点の第1モーションコードに基づく優先順に前記複数の第3三次元点から前記候補を選択する。

[0031] これによれば、処理対象の第1三次元点の属性情報を適切に復号することができる。

[0032] なお、これらの包括的または具体的な態様は、システム、方法、集積回路、コンピュータプログラムまたはコンピュータ読み取り可能なCD-ROMなどの記録媒体で実現されてもよく、システム、方法、集積回路、コンピュータプログラム及び記録媒体の任意な組み合わせで実現されてもよい。

[0033] 以下、実施の形態について、図面を参照しながら具体的に説明する。なお

、以下で説明する実施の形態は、いずれも本開示の一具体例を示すものである。以下の実施の形態で示される数値、形状、材料、構成要素、構成要素の配置位置及び接続形態、ステップ、ステップの順序などは、一例であり、本開示を限定する主旨ではない。また、以下の実施の形態における構成要素のうち、最上位概念を示す独立請求項に記載されていない構成要素については、任意の構成要素として説明される。

[0034] (実施の形態1)

まず、本実施の形態に係る符号化三次元データ（以下、符号化データとも記す）のデータ構造について説明する。図1は、本実施の形態に係る符号化三次元データの構成を示す図である。

[0035] 本実施の形態では、三次元空間は、動画像の符号化におけるピクチャに相当するスペース（SPC）に分割され、スペースを単位として三次元データが符号化される。スペースは、さらに、動画像符号化におけるマクロブロックなどに相当するボリューム（VLM）に分割され、VLMを単位として予測及び変換が行われる。ボリュームは、位置座標が対応付けられる最小単位である複数のボクセル（VXL）を含む。なお、予測とは、二次元画像で行われる予測と同様に、他の処理単位を参照し、処理対象の処理単位と類似する予測三次元データを生成し、当該予測三次元データと処理対象の処理単位との差分を符号化することである。また、この予測は、同一時刻の他の予測単位を参照する空間予測のみならず、異なる時刻の予測単位を参照する時間予測を含む。

[0036] 例えば、三次元データ符号化装置（以下、符号化装置とも記す）は、ポイントクラウドなどの点群データにより表現される三次元空間を符号化する際には、ボクセルのサイズに応じて、点群の各点、又は、ボクセル内に含まれる複数点をまとめて符号化する。ボクセルを細分化すれば点群の三次元形状を高精度に表現でき、ボクセルのサイズを大きくすれば点群の三次元形状をおおまかに表現できる。

[0037] なお、以下では、三次元データがポイントクラウドである場合を例に説明

を行うが、三次元データはポイントクラウドに限定されず、任意の形式の三次元データでよい。

[0038] また、階層構造のボクセルを用いてもよい。この場合、 n 次の階層では、 $n - 1$ 次以下の階層（ n 次の階層の下層）にサンプル点が存在するかどうかを順に示してもよい。例えば、 n 次の階層のみを復号する際において、 $n - 1$ 次以下の階層にサンプル点が存在する場合は、 n 次階層のボクセルの中心にサンプル点が存在するとみなして復号できる。

[0039] また、符号化装置は、点群データを、距離センサ、ステレオカメラ、単眼カメラ、ジャイロ、又は慣性センサなどを用いて取得する。

[0040] スペースは、動画像の符号化と同様に、単独で復号可能なイントラ・スペース（ $I - SPC$ ）、単方向の参照のみ可能なプレディクティブ・スペース（ $P - SPC$ ）、及び、双方向の参照が可能なバイディレクショナル・スペース（ $B - SPC$ ）を含む少なくとも3つの予測構造のいずれかに分類される。また、スペースは復号時刻と表示時刻との2種類の時刻情報を有する。

[0041] また、図1に示すように、複数のスペースを含む処理単位として、ランダムアクセス単位であるGOS（Group Of Space）が存在する。さらに、複数のGOSを含む処理単位としてワールド（WLD）が存在する。

[0042] ワールドが占める空間領域は、GPS又は緯度及び経度情報などにより、地球上の絶対位置と対応付けられる。この位置情報はメタ情報として格納される。なお、メタ情報は、符号化データに含まれてもよいし、符号化データとは別に伝送されてもよい。

[0043] また、GOS内では、全てのSPCが三次元的に隣接してもよいし、他のSPCと三次元的に隣接しないSPCが存在してもよい。

[0044] なお、以下では、GOS、SPC又はVLM等の処理単位に含まれる三次元データに対する、符号化、復号又は参照等の処理を、単に、処理単位を符号化、復号又は参照する等とも記す。また、処理単位に含まれる三次元データは、例えば、三次元座標等の空間位置と、色情報等の特性値との少なくとも

も一つの組を含む。

[0045] 次に、GOSにおけるSPCの予測構造について説明する。同一GOS内の複数のSPC、又は、同一SPC内の複数のVLMは、互いに異なる空間を占めるが、同じ時刻情報（復号時刻及び表示時刻）を持つ。

[0046] また、GOS内で復号順で先頭となるSPCはI-SPCである。また、GOSにはクローズドGOSとオープンGOSとの2種類が存在する。クローズドGOSは、先頭I-SPCから復号開始する際に、GOS内の全てのSPCを復号できるGOSである。オープンGOSでは、GOS内で先頭I-SPCよりも表示時刻が前となる一部のSPCは異なるGOSを参照しており、当該GOSのみで復号を行うことができない。

[0047] なお、地図情報などの符号化データでは、WLDを符号化順とは逆方向から復号することがあり、GOS間に依存性があると逆方向再生が困難である。よって、このような場合には、基本的にはクローズドGOSが用いられる。

[0048] また、GOSは、高さ方向にレイヤ構造を有し、下のレイヤのSPCから順に符号化又は復号が行われる。

[0049] 図2はGOSの最下層レイヤに属するSPC間の予測構造の一例を示す図である。図3はレイヤ間の予測構造の一例を示す図である。

[0050] GOS内には1つ以上のI-SPCが存在する。三次元空間内には、ヒト、動物、車、自転車、信号、又はランドマークとなる建物などのオブジェクトが存在するが、特にサイズが小さいオブジェクトはI-SPCとして符号化すると有効である。例えば、三次元データ復号装置（以下、復号装置とも記す）は、GOSを低処理量又は高速に復号する際には、GOS内のI-SPCのみを復号する。

[0051] また、符号化装置は、WLD内のオブジェクトの粗密さに応じてI-SPCの符号化間隔又は出現頻度を切替えてもよい。

[0052] また、図3に示す構成において、符号化装置又は復号装置は、複数のレイヤを下層（レイヤ1）から順に符号化又は復号する。これにより、例えば自

動走行車などにとってより情報量の多い地面付近のデータの優先度を上げることができる。

[0053] なお、ドローンなどで用いられる符号化データでは、GOS内において高さ方向で上のレイヤのSPCから順に符号化又は復号してもよい。

[0054] また、符号化装置又は復号装置は、復号装置が荒くGOSを把握でき、徐々に解像度を上げるようにできるように、複数のレイヤを符号化又は復号してもよい。例えば、符号化装置又は復号装置は、レイヤ3、8、1、9…の順に符号化又は復号してもよい。

[0055] 次に、静的オブジェクト及び動的オブジェクトの扱い方について説明する。

[0056] 三次元空間には、建物又は道路など静的なオブジェクト又はシーン（以降、まとめて静的オブジェクトと呼ぶ）と、車又はヒトなどの動的なオブジェクト（以降、動的オブジェクトと呼ぶ）とが存在する。オブジェクトの検出は、ポイントクラウドのデータ、又は、ステレオカメラなどのカメラ映像などから特徴点を抽出するなどして、別途行われる。ここでは、動的オブジェクトの符号化方法の例について説明する。

[0057] 第1方法は、静的オブジェクトと動的オブジェクトとを区別せずに符号化する方法である。第2方法は、静的オブジェクトと動的オブジェクトとを識別情報により区別する方法である。

[0058] 例えば、GOSが識別単位として用いられる。この場合、静的オブジェクトを構成するSPCを含むGOSと、動的オブジェクトを構成するSPCを含むGOSとが、符号化データ内、又は符号化データとは別途格納される識別情報により区別される。

[0059] または、SPCが識別単位として用いられてもよい。この場合、静的オブジェクトを構成するVLMを含むSPCと、動的オブジェクトを構成するVLMを含むSPCとが、上記識別情報により区別される。

[0060] または、VLM或いはVXLが識別単位として用いられてもよい。この場合、静的オブジェクトを含むVLM又はVXLと、動的オブジェクトを含む

V L M又はV X L とが上記識別情報により区別される。

[0061] また、符号化装置は、動的オブジェクトを1以上のV L M又はS P Cとして符号化し、静的オブジェクトを含むV L M又はS P Cと、動的オブジェクトを含むS P Cとを、互いに異なるG O Sとして符号化してもよい。また、符号化装置は、動的オブジェクトのサイズに応じてG O Sのサイズが可変となる場合には、G O Sのサイズをメタ情報として別途格納する。

[0062] また、符号化装置は、静的オブジェクトと動的オブジェクトとを互いに独立に符号化し、静的オブジェクトから構成されるワールドに対して、動的オブジェクトを重畳してもよい。このとき、動的オブジェクトは1以上のS P Cから構成され、各S P Cは、当該S P Cが重畳される静的オブジェクトを構成する1以上のS P Cに対応付けられる。なお、動的オブジェクトをS P Cではなく、1以上のV L M又はV X Lにより表現してもよい。

[0063] また、符号化装置は、静的オブジェクトと動的オブジェクトとを互いに異なるストリームとして符号化してもよい。

[0064] また、符号化装置は、動的オブジェクトを構成する1以上のS P Cを含むG O Sを生成してもよい。さらに、符号化装置は、動的オブジェクトを含むG O S (G O S__M) と、G O S__Mの空間領域に対応する静的オブジェクトのG O Sとを同一サイズ(同一の空間領域を占める)に設定してもよい。これにより、G O S単位で重畳処理を行うことができる。

[0065] 動的オブジェクトを構成するP-S P C又はB-S P Cは、符号化済みの異なるG O Sに含まれるS P Cを参照してもよい。動的オブジェクトの位置が時間的に変化し、同一の動的オブジェクトが異なる時刻のG O Sとして符号化されるケースでは、G O Sを跨いだ参照が圧縮率の観点から有効となる。

[0066] また、符号化データの用途に応じて、上記の第1方法と第2方法とを切替えてもよい。例えば、符号化三次元データを地図として用いる場合は、動的オブジェクトを分離できることが望ましいため、符号化装置は、第2方法を用いる。一方、符号化装置は、コンサート又はスポーツなどのイベントの三

次元データを符号化する場合に、動的オブジェクトを分離する必要がなければ、第1方法を用いる。

[0067] また、GOS又はSPCの復号時刻と表示時刻とは符号化データ内、又はメタ情報として格納できる。また、静的オブジェクトの時刻情報は全て同一としてもよい。このとき、実際の復号時刻と表示時刻は、復号装置が決定するものとしてもよい。あるいは、復号時刻として、GOS、あるいは、SPC毎に異なる値が付与され、表示時刻として全て同一の値が付与されてもよい。さらに、HEVCのHRD (Hypothetical Reference Decoder) など動画像符号化におけるデコーダモデルのように、デコーダが所定のサイズのバッファを有し、復号時刻に従って所定のビットレートでビットストリームを読み込めば破綻なく復号できることを保証するモデルを導入してもよい。

[0068] 次に、ワールド内におけるGOSの配置について説明する。ワールドにおける三次元空間の座標は、互いに直交する3本の座標軸 (x軸、y軸、z軸) により表現される。GOSの符号化順に所定のルールを設けることで、空間的に隣接するGOSが符号化データ内で連続するように符号化を行える。例えば、図4に示す例では、xz平面内のGOSを連続的に符号化する。あるxz平面内の全てのGOSの符号化終了後にy軸の値を更新する。すなわち、符号化が進むにつれて、ワールドはy軸方向に伸びていく。また、GOSのインデックス番号は符号化順に設定される。

[0069] ここで、ワールドの三次元空間は、GPS、或いは緯度及び経度などの地理的な絶対座標と1対1に対応付けておく。或いは、予め設定した基準位置からの相対位置により三次元空間が表現されてもよい。三次元空間のx軸、y軸、z軸の方向は、緯度及び経度などに基づいて決定される方向ベクトルとして表現され、当該方向ベクトルはメタ情報として符号化データと共に格納される。

[0070] また、GOSのサイズは固定とし、符号化装置は、当該サイズをメタ情報として格納する。また、GOSのサイズは、例えば、都市部か否か、又は、

室内か外かなどに応じて切替えられてもよい。つまり、GOSのサイズは、情報としての価値があるオブジェクトの量又は性質に応じて切替えられてもよい。あるいは、符号化装置は、同一ワールド内において、オブジェクトの密度などに応じて、GOSのサイズ、又は、GOS内のI-SPCの間隔を適応的に切替えてもよい。例えば、符号化装置は、オブジェクトの密度が高いほど、GOSのサイズを小さくし、GOS内のI-SPCの間隔を短くする。

[0071] 図5の例では、3番目から10番目のGOSの領域では、オブジェクトの密度が高いため、細かい粒度でのランダムアクセスを実現するために、GOSが細分化されている。なお、7番目から10番目のGOSは、それぞれ、3番目から6番目のGOSの裏側に存在する。

[0072] 次に、本実施の形態に係る三次元データ符号化装置の構成及び動作の流れを説明する。図6は、本実施の形態に係る三次元データ符号化装置100のブロック図である。図7は、三次元データ符号化装置100の動作例を示すフローチャートである。

[0073] 図6に示す三次元データ符号化装置100は、三次元データ111を符号化することで符号化三次元データ112を生成する。この三次元データ符号化装置100は、取得部101と、符号化領域決定部102と、分割部103と、符号化部104とを備える。

[0074] 図7に示すように、まず、取得部101は、点群データである三次元データ111を取得する(S101)。

[0075] 次に、符号化領域決定部102は、取得した点群データに対応する空間領域のうち、符号化対象の領域を決定する(S102)。例えば、符号化領域決定部102は、ユーザ又は車両の位置に応じて、当該位置の周辺の空間領域を符号化対象の領域に決定する。

[0076] 次に、分割部103は、符号化対象の領域に含まれる点群データを、各処理単位に分割する。ここで処理単位とは、上述したGOS及びSPC等である。また、この符号化対象の領域は、例えば、上述したワールドに対応する

。具体的には、分割部103は、予め設定したGOSのサイズ、又は、動的オブジェクトの有無或いはサイズに基づいて、点群データを処理単位に分割する（S103）。また、分割部103は、各GOSにおいて符号化順で先頭となるSPCの開始位置を決定する。

[0077] 次に、符号化部104は、各GOS内の複数のSPCを順次符号化することで符号化三次元データ112を生成する（S104）。

[0078] なお、ここでは、符号化対象の領域をGOS及びSPCに分割した後に、各GOSを符号化する例を示したが、処理の手順は上記に限らない。例えば、一つのGOSの構成を決定した後にそのGOSを符号化し、その後、次のGOSの構成を決定する等の手順を用いてもよい。

[0079] このように、三次元データ符号化装置100は、三次元データ111を符号化することで符号化三次元データ112を生成する。具体的には、三次元データ符号化装置100は、三次元データを、ランダムアクセス単位であって、各々が三次元座標に対応付けられている第1処理単位（GOS）に分割し、第1処理単位（GOS）を複数の第2処理単位（SPC）に分割し、第2処理単位（SPC）を複数の第3処理単位（VLM）に分割する。また、第3処理単位（VLM）は、位置情報が対応付けられる最小単位である1以上のボクセル（VXL）を含む。

[0080] 次に、三次元データ符号化装置100は、複数の第1処理単位（GOS）の各々を符号化することで符号化三次元データ112を生成する。具体的には、三次元データ符号化装置100は、各第1処理単位（GOS）において、複数の第2処理単位（SPC）の各々を符号化する。また、三次元データ符号化装置100は、各第2処理単位（SPC）において、複数の第3処理単位（VLM）の各々を符号化する。

[0081] 例えば、三次元データ符号化装置100は、処理対象の第1処理単位（GOS）がクローズドGOSである場合には、処理対象の第1処理単位（GOS）に含まれる処理対象の第2処理単位（SPC）を、処理対象の第1処理単位（GOS）に含まれる他の第2処理単位（SPC）を参照して符号化す

る。つまり、三次元データ符号化装置１００は、処理対象の第１処理単位（ＧＯＳ）とは異なる第１処理単位（ＧＯＳ）に含まれる第２処理単位（ＳＰＣ）を参照しない。

[0082] 一方、処理対象の第１処理単位（ＧＯＳ）がオープンＧＯＳである場合には、処理対象の第１処理単位（ＧＯＳ）に含まれる処理対象の第２処理単位（ＳＰＣ）を、処理対象の第１処理単位（ＧＯＳ）に含まれる他の第２処理単位（ＳＰＣ）、又は、処理対象の第１処理単位（ＧＯＳ）とは異なる第１処理単位（ＧＯＳ）に含まれる第２処理単位（ＳＰＣ）を参照して符号化する。

[0083] また、三次元データ符号化装置１００は、処理対象の第２処理単位（ＳＰＣ）のタイプとして、他の第２処理単位（ＳＰＣ）を参照しない第１タイプ（Ｉ－ＳＰＣ）、他の一つの第２処理単位（ＳＰＣ）を参照する第２タイプ（Ｐ－ＳＰＣ）、及び他の二つの第２処理単位（ＳＰＣ）を参照する第３タイプのうちいずれかを選択し、選択したタイプに従い処理対象の第２処理単位（ＳＰＣ）を符号化する。

[0084] 次に、本実施の形態に係る三次元データ復号装置の構成及び動作の流れを説明する。図８は、本実施の形態に係る三次元データ復号装置２００のブロックのブロック図である。図９は、三次元データ復号装置２００の動作例を示すフローチャートである。

[0085] 図８に示す三次元データ復号装置２００は、符号化三次元データ２１１を復号することで復号三次元データ２１２を生成する。ここで、符号化三次元データ２１１は、例えば、三次元データ符号化装置１００で生成された符号化三次元データ１１２である。この三次元データ復号装置２００は、取得部２０１と、復号開始ＧＯＳ決定部２０２と、復号ＳＰＣ決定部２０３と、復号部２０４とを備える。

[0086] まず、取得部２０１は、符号化三次元データ２１１を取得する（Ｓ２０１）。次に、復号開始ＧＯＳ決定部２０２は、復号対象のＧＯＳに決定する（Ｓ２０２）。具体的には、復号開始ＧＯＳ決定部２０２は、符号化三次元デ

ータ 2 1 1 内、又は符号化三次元データとは別に格納されたメタ情報を参照して、復号を開始する空間位置、オブジェクト、又は、時刻に対応する S P C を含む G O S を復号対象の G O S に決定する。

[0087] 次に、復号 S P C 決定部 2 0 3 は、G O S 内で復号する S P C のタイプ (I 、 P 、 B) を決定する (S 2 0 3) 。例えば、復号 S P C 決定部 2 0 3 は、(1) I - S P C のみを復号するか、(2) I - S P C 及び P - S P C を復号するか、(3) 全てのタイプを復号するかを決定する。なお、全ての S P C を復号するなど、予め復号する S P C のタイプが決定している場合は、本ステップは行われなくてもよい。

[0088] 次に、復号部 2 0 4 は、G O S 内で復号順 (符号化順と同一) で先頭となる S P C が符号化三次元データ 2 1 1 内で開始するアドレス位置を取得し、当該アドレス位置から先頭 S P C の符号化データを取得し、当該先頭 S P C から順に各 S P C を順次復号する (S 2 0 4) 。なお、上記アドレス位置は、メタ情報等に格納されている。

[0089] このように、三次元データ復号装置 2 0 0 は、復号三次元データ 2 1 2 を復号する。具体的には、三次元データ復号装置 2 0 0 は、ランダムアクセス単位であって、各々が三次元座標に対応付けられている第 1 処理単位 (G O S) の符号化三次元データ 2 1 1 の各々を復号することで第 1 処理単位 (G O S) の復号三次元データ 2 1 2 を生成する。より具体的には、三次元データ復号装置 2 0 0 は、各第 1 処理単位 (G O S) において、複数の第 2 処理単位 (S P C) の各々を復号する。また、三次元データ復号装置 2 0 0 は、各第 2 処理単位 (S P C) において、複数の第 3 処理単位 (V L M) の各々を復号する。

[0090] 以下、ランダムアクセス用のメタ情報について説明する。このメタ情報は、三次元データ符号化装置 1 0 0 で生成され、符号化三次元データ 1 1 2 (2 1 1) に含まれる。

[0091] 従来の二次元の動画像におけるランダムアクセスでは、指定した時刻の近傍となるランダムアクセス単位の先頭フレームから復号を開始していた。一

方、ワールドにおいては、時刻に加えて、空間（座標又はオブジェクトなど）に対するランダムアクセスが想定される。

[0092] そこで、少なくとも座標、オブジェクト、及び時刻の3つの要素へのランダムアクセスを実現するために、各要素とGOSのインデックス番号とを対応付けるテーブルを用意する。さらに、GOSのインデックス番号とGOSの先頭となるI-SPCのアドレスを対応付ける。図10は、メタ情報に含まれるテーブルの一例を示す図である。なお、図10に示す全てのテーブルが用いられる必要はなく、少なくとも一つのテーブルが用いられればよい。

[0093] 以下、一例として、座標を起点とするランダムアクセスについて説明する。座標（ x_2 、 y_2 、 z_2 ）にアクセスする際には、まず、座標-GOSテーブルを参照して、座標が（ x_2 、 y_2 、 z_2 ）である地点は2番目のGOSに含まれることが分かる。次に、GOSアドレステーブルを参照し、2番目のGOSにおける先頭のI-SPCのアドレスがaddr（2）であることが分かるため、復号部204は、このアドレスからデータを取得して復号を開始する。

[0094] なお、アドレスは、論理フォーマットにおけるアドレスであっても、HDD又はメモリの物理アドレスであってもよい。また、アドレスの代わりにファイルセグメントを特定する情報が用いられてもよい。例えば、ファイルセグメントは、1つ以上のGOSなどをセグメント化した単位である。

[0095] また、オブジェクトが複数のGOSに跨る場合には、オブジェクト-GOSテーブルにおいて、オブジェクトが属するGOSを複数示してもよい。当該複数のGOSがクローズドGOSであれば、符号化装置及び復号装置は、並列に符号化又は復号を行うことができる。一方、当該複数のGOSがオープンGOSであれば、複数のGOSが互いに参照しあうことでより圧縮効率を高めることができる。

[0096] オブジェクトの例としては、ヒト、動物、車、自転車、信号、又はランドマークとなる建物などがある。例えば、三次元データ符号化装置100は、ワールドの符号化時に三次元のポイントクラウドなどからオブジェクトに特

有の特徴点を抽出し、当該特徴点に基づきオブジェクトを検出し、検出したオブジェクトをランダムアクセスポイントとして設定できる。

[0097] このように、三次元データ符号化装置 100 は、複数の第 1 処理単位 (GOS) と、複数の第 1 処理単位 (GOS) の各々に対応付けられている三次元座標とを示す第 1 情報を生成する。また、符号化三次元データ 112 (211) は、この第 1 情報を含む。また、第 1 情報は、さらに、複数の第 1 処理単位 (GOS) の各々に対応付けられている、オブジェクト、時刻及びデータ格納先のうち少なくとも一つを示す。

[0098] 三次元データ復号装置 200 は、符号化三次元データ 211 から第 1 情報を取得し、第 1 情報を用いて、指定された三次元座標、オブジェクト又は時刻に対応する第 1 処理単位の符号化三次元データ 211 を特定し、当該符号化三次元データ 211 を復号する。

[0099] 以下、その他のメタ情報の例について説明する。ランダムアクセス用のメタ情報の他に、三次元データ符号化装置 100 は、以下のようなメタ情報を生成及び格納してもよい。また、三次元データ復号装置 200 は、このメタ情報を復号時に利用してもよい。

[0100] 三次元データを地図情報として用いる場合などには、用途に応じてプロファイルが規定され、当該プロファイルを示す情報がメタ情報に含まれてもよい。例えば、市街地或いは郊外向け、又は、飛行物体向けのプロファイルが規定され、それぞれにおいてワールド、SPC又はVLMの最大又は最小サイズなどが定義される。例えば、市街地向けでは、郊外向けよりも詳細な情報が必要なため、VLMの最小サイズが小さく設定される。

[0101] メタ情報は、オブジェクトの種類を示すタグ値を含んでもよい。このタグ値はオブジェクトを構成するVLM、SPC、又はGOSと対応付けられる。例えば、タグ値「0」は「人」を示し、タグ値「1」は「車」を示し、タグ値「2」は「信号機」を示す、などオブジェクトの種類ごとにタグ値が設定されてもよい。または、オブジェクトの種類が判定しにくい又は判定する必要がない場合はサイズ、又は、動的オブジェクトか静的オブジェクトかな

どの性質を示すタグ値が用いられてもよい。

[0102] また、メタ情報は、ワールドが占める空間領域の範囲を示す情報を含んでもよい。

[0103] また、メタ情報は、符号化データのストリーム全体、又は、GOS内のSPCなど、複数のSPCに共通のヘッダ情報として、SPC又はVXLのサイズを格納してもよい。

[0104] また、メタ情報は、ポイントクラウドの生成に用いた距離センサ或いはカメラなどの識別情報、又は、ポイントクラウド内の点群の位置精度を示す情報を含んでもよい。

[0105] また、メタ情報は、ワールドが静的オブジェクトのみから構成されるか、動的オブジェクトを含むかを示す情報を含んでもよい。

[0106] 以下、本実施の形態の変形例について説明する。

[0107] 符号化装置又は復号装置は、互いに異なる2以上のSPC又はGOSを並列で符号化又は復号してもよい。並列で符号化又は復号するGOSは、GOSの空間位置を示すメタ情報などに基づいて決定できる。

[0108] 三次元データを車又は飛行物体などが移動する際の空間地図として用いる、又はこのような空間地図を生成するケースなどでは、符号化装置又は復号装置は、GPS、経路情報、又はズーム倍率などに基づいて特定される空間に含まれるGOS又はSPCを符号化又は復号してもよい。

[0109] また、復号装置は、自己位置又は走行経路に近い空間から順に復号を行ってもよい。符号化装置又は復号装置は、自己位置又は走行経路から遠い空間を、近い空間に比べて優先度を落として符号化又は復号してもよい。ここで、優先度を落とすとは、処理順を下げる、解像度を下げる（間引いて処理する）、又は、画質を下げる（符号化効率を上げる。例えば、量子化ステップを大きくする。）等である。

[0110] また、復号装置は、空間内で階層的に符号化されている符号化データを復号する際は、低階層のみを復号してもよい。

[0111] また、復号装置は、地図のズーム倍率又は用途に応じて、低階層から優先

的に復号してもよい。

[0112] また、車又はロボットの自律走行時に行う自己位置推定又は物体認識などの用途では、符号化装置又は復号装置は、路面から特定高さ以内の領域（認識を行う領域）以外は解像度を落として符号化又は復号を行ってもよい。

[0113] また、符号化装置は、室内と室外との空間形状を表現するポイントクラウドをそれぞれ個別に符号化してもよい。例えば、室内を表現するGOS（室内GOS）と室外を表現するGOS（室外GOS）とを分けることで、復号装置は、符号化データを利用する際に、視点位置に応じて復号するGOSを選択できる。

[0114] また、符号化装置は、座標が近い室内GOSと室外GOSとを、符号化ストリーム内で隣接するように符号化してもよい。例えば、符号化装置は、両者の識別子を対応付け、符号化ストリーム内、又は別途格納されるメタ情報内に対応付けた識別子を示す情報を格納する。これにより、復号装置は、メタ情報内の情報を参照して、座標が近い室内GOSと室外GOSとを識別できる。

[0115] また、符号化装置は、室内GOSと室外GOSとで、GOS又はSPCのサイズを切替えてもよい。例えば、符号化装置は、室内では室外に比べてGOSのサイズを小さく設定する。また、符号化装置は、室内GOSと室外GOSとで、ポイントクラウドから特徴点を抽出する際の精度、又はオブジェクト検出の精度などを変更してもよい。

[0116] また、符号化装置は、復号装置が動的オブジェクトを静的オブジェクトと区別して表示するための情報を符号化データに付加してもよい。これにより、復号装置は、動的オブジェクトと赤枠又は説明用の文字などとを合わせて表示できる。なお、復号装置は、動的オブジェクトの代わりに赤枠又は説明用の文字のみを表示してもよい。また、復号装置は、より細かいオブジェクト種別を表示してもよい。例えば、車には赤枠が用いられ、ヒトには黄色枠が用いられてもよい。

[0117] また、符号化装置又は復号装置は、動的オブジェクトの出現頻度、又は、

静的オブジェクトと動的オブジェクトとの割合などに応じて、動的オブジェクトと静的オブジェクトとを異なるSPC又はGOSとして符号化又は復号するかどうかを決定してもよい。例えば、動的オブジェクトの出現頻度又は割合が閾値を超える場合には、動的オブジェクトと静的オブジェクトとが混在するSPC又はGOSが許容され、動的オブジェクトの出現頻度又は割合が閾値を超えない場合には、動的オブジェクトと静的オブジェクトとが混在するSPC又はGOSが許容されない。

[0118] 動的オブジェクトをポイントクラウドではなく、カメラの二次元画像情報から検出する際には、符号化装置は、検出結果を識別するための情報（枠又は文字など）とオブジェクト位置とを別途取得し、これらの情報を三次元の符号化データの一部として符号化してもよい。この場合、復号装置は、静的オブジェクトの復号結果に対して、動的オブジェクトを示す補助情報（枠又は文字）を重畳して表示する。

[0119] また、符号化装置は、静的オブジェクトの形状の複雑さなどに応じて、SPCにおけるVXL又はVLMの粗密さを変更してもよい。例えば、符号化装置は、静的オブジェクトの形状が複雑なほど、VXL又はVLMを密に設定する。さらに、符号化装置は、空間位置又は色情報を量子化する際の量子化ステップなどをVXL又はVLMの粗密さに応じて決定してもよい。例えば、符号化装置は、VXL又はVLMが密なほど量子化ステップを小さく設定する。

[0120] 以上のように、本実施の形態に係る符号化装置又は復号装置は、座標情報を有するスペース単位で空間の符号化又は復号を行う。

[0121] また、符号化装置及び復号装置は、スペース内において、ボリューム単位で符号化又は復号を行う。ボリュームは、位置情報が対応付けられる最小単位であるボクセルを含む。

[0122] また、符号化装置及び復号装置は、座標、オブジェクト、及び時間等を含む空間情報の各要素とGOPとを対応付けたテーブル、又は各要素間を対応付けたテーブルにより任意の要素間を対応付けて符号化又は復号を行う。ま

た、復号装置は、選択された要素の値を用いて座標を判定し、座標からボリューム、ボクセル又はスペースを特定し、当該ボリューム又はボクセルを含むスペース、又は特定されたスペースを復号する。

[0123] また、符号化装置は、特徴点抽出又はオブジェクト認識により、要素により選択可能なボリューム、ボクセル又はスペースを判定し、ランダムアクセス可能なボリューム、ボクセル又はスペースとして符号化する。

[0124] スペースは、当該スペース単体で符号化又は復号可能な I-SPC と、任意の 1 つの処理済みスペースを参照して符号化又は復号される P-SPC と、任意の二つの処理済みスペースを参照して符号化又は復号される B-SPC との 3 種類のタイプに分類される。

[0125] 1 以上のボリュームが、静的オブジェクト又は動的なオブジェクトに対応する。静的オブジェクトを含むスペースと動的オブジェクトを含むスペースとは互いに異なる GOS として符号化又は復号される。つまり、静的オブジェクトを含む SPC と、動的オブジェクトを含む SPC とが異なる GOS に割り当てられる。

[0126] 動的オブジェクトはオブジェクトごとに符号化又は復号され、静的オブジェクトを含む 1 以上のスペースに対応付けられる。つまり、複数の動的オブジェクトは個別に符号化され、得られた複数の動的オブジェクトの符号化データは、静的オブジェクトを含む SPC に対応付けられる。

[0127] 符号化装置及び復号装置は、GOS 内の I-SPC の優先度を上げて、符号化又は復号を行う。例えば、符号化装置は、I-SPC の劣化が少なくなるように（復号後に元の三次元データがより忠実に再現されるように）符号化を行う。また、復号装置は、例えば、I-SPC のみを復号する。

[0128] 符号化装置は、ワールド内のオブジェクトの疎密さ又は数（量）に応じて I-SPC を用いる頻度を変えて符号化を行ってもよい。つまり、符号化装置は、三次元データに含まれるオブジェクトの数又は粗密さに応じて、I-SPC を選択する頻度を変更する。例えば、符号化装置は、ワールド内のオブジェクトが密であるほど I-Space を用いる頻度を上げる。

- [0129] また、符号化装置は、ランダムアクセスポイントをGOS単位で設定し、GOSに対応する空間領域を示す情報をヘッダ情報に格納する。
- [0130] 符号化装置は、GOSの空間サイズとして、例えば、デフォルト値を使用する。なお、符号化装置は、オブジェクト又は動的オブジェクトの数（量）又は粗密さに応じてGOSのサイズを変更してもよい。例えば、符号化装置は、オブジェクト或いは動的オブジェクトが密なほど、又は数が多いほど、GOSの空間サイズを小さくする。
- [0131] また、スペース又はボリュームは、デプスセンサ、ジャイロ、又はカメラ等のセンサで得られた情報を用いて導出された特徴点群を含む。特徴点の座標はボクセルの中心位置に設定される。また、ボクセルの細分化により位置情報の高精度化を実現できる。
- [0132] 特徴点群は、複数のピクチャを用いて導出される。複数のピクチャは、実際の時刻情報と、スペースに対応付けられた複数のピクチャで同一の時刻情報（例えば、レート制御等に用いられる符号化時刻）との少なくとも2種類の時刻情報を有する。
- [0133] また、1以上のスペースを含むGOS単位で符号化又は復号が行われる。
- [0134] 符号化装置及び復号装置は、処理済みのGOS内のスペースを参照して、処理対象のGOS内のPスペース又はBスペースの予測を行う。
- [0135] または、符号化装置及び復号装置は、異なるGOSを参照せず、処理対象のGOS内の処理済スペースを用いて処理対象のGOS内のPスペース又はBスペースの予測を行う。
- [0136] また、符号化装置及び復号装置は、1以上のGOSを含むワールド単位で符号化ストリームを送信又は受信する。
- [0137] また、GOSは少なくともワールド内で1方向にレイヤ構造を持ち、符号化装置及び復号装置は、下位レイヤから符号化又は復号を行う。例えば、ランダムアクセス可能なGOSは最下位レイヤに属する。上位レイヤに属するGOSは同一レイヤ以下に属するGOSを参照する。つまり、GOSは、予め定められた方向に空間分割され、各々が1以上のSPCを含む複数のレイ

ヤを含む。符号化装置及び復号装置は、各SPCを、当該SPCと同一レイヤ又は当該SPCより下層のレイヤに含まれるSPCを参照して符号化又は復号する。

[0138] また、符号化装置及び復号装置は、複数のGOSを含むワールド単位内で、連続してGOSを符号化又は復号する。符号化装置及び復号装置は、符号化又は復号の順序（方向）を示す情報をメタデータとして書き込む又は読み出す。つまり、符号化データは、複数のGOSの符号化順を示す情報を含む。

[0139] また、符号化装置及び復号装置は、互いに異なる2以上のスペース又はGOSを並列で符号化又は復号する。

[0140] また、符号化装置及び復号装置は、スペース又はGOSの空間情報（座標、サイズ等）を符号化又は復号する。

[0141] また、符号化装置及び復号装置は、GPS、経路情報、又は倍率など、自己の位置又は／及び領域サイズに関する外部情報に基づいて特定される特定空間に含まれるスペース又はGOSを符号化又は復号する。

[0142] 符号化装置又は復号装置は、自己の位置から遠い空間は、近い空間に比べて優先度を落として符号化又は復号する。

[0143] 符号化装置は、倍率又は用途に応じて、ワールドのある1方向を設定し、当該方向にレイヤ構造を持つGOSを符号化する。また、復号装置は、倍率又は用途に応じて設定されたワールドのある1方向にレイヤ構造を持つGOSを、下位レイヤから優先的に復号する。

[0144] 符号化装置は、室内と室外とでスペースに含まれる特徴点抽出、オブジェクト認識の精度、又は空間領域サイズなどを変化させる。ただし、符号化装置及び復号装置は、座標が近い室内GOSと室外GOSとをワールド内で隣接して符号化又は復号し、これらの識別子も対応付けて符号化又は復号する。

[0145] （実施の形態2）

ポイントクラウドの符号化データを実際の装置又はサービスにおいて使用

する際には、ネットワーク帯域を抑制するために用途に応じて必要な情報を送受信することが望ましい。しかしながら、これまで、三次元データの符号化構造にはそのような機能が存在せず、そのための符号化方法も存在しなかった。

[0146] 本実施の形態では、三次元のポイントクラウドの符号化データにおいて用途に応じて必要な情報のみを送受信する機能を提供するための三次元データ符号化方法及び三次元データ符号化装置、並びに、当該符号化データを復号する三次元データ復号方法及び三次元データ復号装置について説明する。

[0147] 特徴量を一定以上持つボクセル（VXL）を特徴ボクセル（FVXL）と定義し、FVXLで構成されるワールド（WLD）をスパースワールド（SWLD）と定義する。図11は、スパースワールド及びワールドの構成例を示す図である。SWLDには、FVXLで構成されるGOSであるFGOSと、FVXLで構成されるSPCであるFSPCと、FVXLで構成されるVLMであるFVLMと含まれる。FGOS、FSPC及びFVLMのデータ構造及び予測構造はGOS、SPC及びVLMと同様であっても構わない。

[0148] 特徴量とは、VXLの三次元位置情報、又はVXL位置の可視光情報を表現する特徴量であり、特に立体物のコーナー及びエッジ等で多く検出される特徴量である。具体的には、この特徴量は、下記のような三次元特徴量又は可視光の特徴量であるが、その他、VXLの位置、輝度、又は色情報などを表す特徴量であれば、どのようなものでも構わない。

[0149] 三次元特徴量として、SHOT特徴量（Signature of Histograms of Orientations）、PFH特徴量（Point Feature Histograms）、又はPPF特徴量（Point Pair Feature）が用いられる。

[0150] SHOT特徴量は、VXL周辺を分割し、基準点と分割された領域の法線ベクトルとの内積を計算してヒストグラム化することで得られる。このSHOT特徴量は、次元数が高く、特徴表現力が高いという特徴を有する。

- [0151] P F H特徴量は、V X L近傍の多数の2点組を選択し、その2点から法線ベクトル等を算出してヒストグラム化することで得られる。このP F H特徴量は、ヒストグラム特徴なので、多少の外乱に対してロバスト性を有し、特徴表現力も高いという特徴を有する。
- [0152] P P F特徴量は、2点のV X L毎に法線ベクトル等を用いて算出される特徴量である。このP P F特徴量には、全V X Lが使われるため、オクルージョンに対してロバスト性を有する。
- [0153] また、可視光の特徴量として、画像の輝度勾配情報等の情報を用いたS I F T (S c a l e - I n v a r i a n t F e a t u r e T r a n s f o r m)、S U R F (S p e e d e d U p R o b u s t F e a t u r e s)、又はH O G (H i s t o g r a m o f O r i e n t e d G r a d i e n t s)等を用いることができる。
- [0154] S W L Dは、W L Dの各V X Lから上記特徴量を算出し、F V X Lを抽出することで生成される。ここで、S W L DはW L Dが更新される度に更新しても構わないし、W L Dの更新タイミングに関わらず、一定時間経過後に定期的に更新するようにしても構わない。
- [0155] S W L Dは特徴量毎に生成しても構わない。例えば、S H O T特徴量に基づくS W L D 1とS I F T特徴量に基づくS W L D 2とのように、特徴量毎に別々のS W L Dが生成され、用途に応じてS W L Dを使い分けるようにしても構わない。また、算出した各F V X Lの特徴量を特徴量情報として各F V X Lに保持するようにしても構わない。
- [0156] 次に、スパースワールド (S W L D) の利用方法について説明する。S W L Dは特徴ボクセル (F V X L) のみを含むため、全てのV X Lを含むW L Dと比べて一般的にデータサイズが小さい。
- [0157] 特徴量を利用して何らかの目的を果たすアプリケーションにおいては、W L Dの代わりにS W L Dの情報を利用することで、ハードディスクからの読み出し時間、並びにネットワーク転送時の帯域及び転送時間を抑制することができる。例えば、地図情報として、W L DとS W L Dとをサーバに保持し

ておき、クライアントからの要望に応じて、送信する地図情報をWLD又はSWLDに切り替えることにより、ネットワーク帯域及び転送時間を抑制することができる。以下、具体的な例を示す。

[0158] 図12及び図13は、SWLD及びWLDの利用例を示す図である。図12に示すように、車載装置であるクライアント1が自己位置判定用途として地図情報を必要な場合は、クライアント1はサーバに自己位置推定用の地図データの取得要望を送る(S301)。サーバは、当該取得要望に応じてSWLDをクライアント1に送信する(S302)。クライアント1は、受信したSWLDを用いて自己位置判定を行う(S303)。この際、クライアント1はレンジファインダなどの距離センサ、ステレオカメラ、又は複数の単眼カメラの組合せ等の様々な方法でクライアント1の周辺のVXL情報を取得し、得られたVXL情報とSWLDとから自己位置情報を推定する。ここで自己位置情報は、クライアント1の三次元位置情報及び向き等を含む。

[0159] 図13に示すように、車載装置であるクライアント2が三次元地図等の地図描画の用途として地図情報が必要な場合は、クライアント2はサーバに地図描画用の地図データの取得要望を送る(S311)。サーバは、当該取得要望に応じてWLDをクライアント2に送信する(S312)。クライアント2は、受信したWLDを用いて地図描画を行う(S313)。この際、クライアント2は、例えば、自己が可視光カメラ等で撮影した画像と、サーバから取得したWLDとを用いてレンダリング画像を作成し、作成した画像をカーナビ等の画面に描画する。

[0160] 上記のように、サーバは、自己位置推定のような各VXLの特徴量を主に必要とする用途ではSWLDをクライアントに送信し、地図描画のように詳細なVXL情報が必要な場合はWLDをクライアントに送信する。これにより、地図データを効率よく送受信することが可能となる。

[0161] なお、クライアントは、自分でSWLDとWLDのどちらが必要かを判断し、サーバへSWLD又はWLDの送信を要求しても構わない。また、サーバは、クライアント又はネットワークの状況に合わせて、SWLDかWLD

のどちらを送信すべきかを判断しても構わない。

[0162] 次に、スパースワールド（SWLD）とワールド（WLD）との送受信を切り替える方法を説明する。

[0163] ネットワーク帯域に応じてWLD又はSWLDを受信するかを切替えるようにしてもよい。図14は、この場合の動作例を示す図である。例えば、LTE（Long Term Evolution）環境下等の使用できるネットワーク帯域が限られている低速ネットワークが用いられている場合には、クライアントは、低速ネットワーク経由でサーバにアクセスし（S321）、サーバから地図情報としてSWLDを取得する（S322）。一方、Wi-Fi（登録商標）環境下等のネットワーク帯域に余裕がある高速ネットワークが用いられている場合には、クライアントは、高速ネットワーク経由でサーバにアクセスし（S323）、サーバからWLDを取得する（S324）。これにより、クライアントは、当該クライアントのネットワーク帯域に応じて適切な地図情報を取得することができる。

[0164] 具体的には、クライアントは、屋外ではLTE経由でSWLDを受信し、施設等の屋内に入った場合はWi-Fi（登録商標）経由でWLDを取得する。これにより、クライアントは、屋内のより詳細な地図情報を取得することが可能となる。

[0165] このように、クライアントは、自身が用いるネットワークの帯域に応じてサーバにWLD又はSWLDを要求してもよい。または、クライアントは、自身が用いるネットワークの帯域を示す情報をサーバに送信し、サーバは当該情報に応じて当該クライアントに適したデータ（WLD又はSWLD）を送信してもよい。または、サーバは、クライアントのネットワーク帯域を判別し、当該クライアントに適したデータ（WLD又はSWLD）を送信してもよい。

[0166] また、移動速度に応じてWLD又はSWLDを受信するかを切替えるようにしてもよい。図15は、この場合の動作例を示す図である。例えば、クライアントが高速移動をしている場合は（S331）、クライアントはSWL

Dをサーバから受信する（S 3 3 2）。一方、クライアントが低速移動をしている場合は（S 3 3 3）、クライアントはW L Dをサーバから受信する（S 3 3 4）。これにより、クライアントは、ネットワーク帯域を抑制しながら、速度に合った地図情報を取得することができる。具体的には、クライアントは、高速道路を走行中にはデータ量の少ないS W L Dを受信することにより、大まかな地図情報を適切な速度で更新することができる。一方、クライアントは、一般道路を走行中にはW L Dを受信することにより、より詳細な地図情報を取得することが可能となる。

[0167] このように、クライアントは、自身の移動速度に応じてサーバにW L D又はS W L Dを要求してもよい。または、クライアントは、自身の移動速度を示す情報をサーバに送信し、サーバは当該情報に応じて当該クライアントに適したデータ（W L D又はS W L D）を送信してもよい。または、サーバは、クライアントの移動速度を判別し、当該クライアントに適したデータ（W L D又はS W L D）を送信してもよい。

[0168] また、クライアントは、最初にS W L Dをサーバより取得し、その中で重要な領域のW L Dを取得しても構わない。例えば、クライアントは、地図データを取得する際に、最初に大まかな地図情報をS W L Dで取得し、そこから建物、標識、又は人物等の特徴が多く出現する領域を絞り込み、絞り込んだ領域のW L Dを後から取得する。これにより、クライアントは、サーバからの受信データ量を抑制しつつ、必要な領域の詳細な情報を取得することが可能となる。

[0169] また、サーバは、W L Dから物体毎に別々のS W L Dを作成し、クライアントは、用途に合わせて、それぞれを受信してもよい。これにより、ネットワーク帯域を抑制できる。例えば、サーバは、W L Dから予め人又は車を認識し、人のS W L Dと車のS W L Dを作成する。クライアントは、周囲の人の情報を取得したい場合には人のS W L Dを、車の情報を取得したい場合には車のS W L Dを受信する。また、このようなS W L Dの種類はヘッダ等に付加された情報（フラグ又はタイプ等）によって区別するようにしても構わ

ない。

[0170] 次に、本実施の形態に係る三次元データ符号化装置（例えばサーバ）の構成及び動作の流れを説明する。図16は、本実施の形態に係る三次元データ符号化装置400のブロック図である。図17は、三次元データ符号化装置400による三次元データ符号化処理のフローチャートである。

[0171] 図16に示す三次元データ符号化装置400は、入力三次元データ411を符号化することで符号化ストリームである符号化三次元データ413及び414を生成する。ここで、符号化三次元データ413はWLDに対応する符号化三次元データであり、符号化三次元データ414はSWLDに対応する符号化三次元データである。この三次元データ符号化装置400は、取得部401と、符号化領域決定部402と、SWLD抽出部403と、WLD符号化部404と、SWLD符号化部405とを備える。

[0172] 図17に示すように、まず、取得部401は、三次元空間内の点群データである入力三次元データ411を取得する（S401）。

[0173] 次に、符号化領域決定部402は、点群データが存在する空間領域に基づいて、符号化対象の空間領域を決定する（S402）。

[0174] 次に、SWLD抽出部403は、符号化対象の空間領域をWLDと定義し、WLDに含まれる各VXLから特徴量を算出する。そして、SWLD抽出部403は、特徴量が予め定められた閾値以上のVXLを抽出し、抽出したVXLをFVXLと定義し、当該FVXLをSWLDへ追加することで、抽出三次元データ412を生成する（S403）。つまり、入力三次元データ411から特徴量が閾値以上の抽出三次元データ412が抽出される。

[0175] 次に、WLD符号化部404は、WLDに対応する入力三次元データ411を符号化することでWLDに対応する符号化三次元データ413を生成する（S404）。このとき、WLD符号化部404は、符号化三次元データ413のヘッダに、当該符号化三次元データ413がWLDを含むストリームであることを区別するための情報を付加する。

[0176] また、SWLD符号化部405は、SWLDに対応する抽出三次元データ

4 1 2 を符号化することで SWLD に対応する符号化三次元データ 4 1 4 を生成する (S 4 0 5)。このとき、SWLD 符号化部 4 0 5 は、符号化三次元データ 4 1 4 のヘッダに、当該符号化三次元データ 4 1 4 が SWLD を含むストリームであることを区別するための情報を付加する。

[0177] なお、符号化三次元データ 4 1 3 を生成する処理と、符号化三次元データ 4 1 4 を生成する処理との処理順は上記と逆でもよい。また、これらの処理の一部又は全てが並列に行われてもよい。

[0178] 符号化三次元データ 4 1 3 及び 4 1 4 のヘッダに付与される情報として、例えば、「world__type」というパラメータが定義される。world__type = 0 の場合はストリームが WLD を含むことを表し、world__type = 1 の場合はストリームが SWLD を含むことを表す。更にその他の多数の種別を定義する場合には、world__type = 2 のように割り当てる数値を増やすようにしても構わない。また、符号化三次元データ 4 1 3 及び 4 1 4 の一方に特定のフラグが含まれてもよい。例えば、符号化三次元データ 4 1 4 に、当該ストリームが SWLD を含むことを含むフラグが付与されてもよい。この場合、復号装置は、フラグの有無により WLD を含むストリームか、SWLD を含むストリームかを判別できる。

[0179] また、WLD 符号化部 4 0 4 が WLD を符号化する際に使用する符号化方法と、SWLD 符号化部 4 0 5 が SWLD を符号化する際に使用する符号化方法とは異なってもよい。

[0180] 例えば、SWLD ではデータが間引かされているため、WLD に比べ、周辺のデータとの相関が低くなる可能性がある。よって、SWLD に用いられる符号化方法では、WLD に用いられる符号化方法よりもイントラ予測及びインター予測のうちインター予測が優先されてもよい。

[0181] また、SWLD に用いられる符号化方法と WLD に用いられる符号化方法とでは、三次元位置の表現手法が異なってもよい。例えば、SWLD では、三次元座標により F V X L の三次元位置を表現し、WLD では、後述する 8 分木により三次元位置が表現されてもよいし、その逆でもよい。

[0182] また、SWLD符号化部405は、SWLDの符号化三次元データ414のデータサイズがWLDの符号化三次元データ413のデータサイズより小さくなるように符号化を行う。例えば、上述したようにSWLDは、WLDに比べ、データ間の相関が低くなる可能性がある。これにより、符号化効率が下がり、符号化三次元データ414のデータサイズがWLDの符号化三次元データ413のデータサイズより大きくなる可能性がある。よって、SWLD符号化部405は、得られた符号化三次元データ414のデータサイズが、WLDの符号化三次元データ413のデータサイズより大きい場合には、再符号化を行うことで、データサイズを低減した符号化三次元データ414を再生成する。

[0183] 例えば、SWLD抽出部403は、抽出する特徴点の数を減らした抽出三次元データ412を再生成し、SWLD符号化部405は、当該抽出三次元データ412を符号化する。または、SWLD符号化部405における量子化の程度をより粗くしてもよい。例えば、後述する8分木構造において、最下層のデータを丸め込むことで、量子化の程度を粗くすることができる。

[0184] また、SWLD符号化部405は、SWLDの符号化三次元データ414のデータサイズをWLDの符号化三次元データ413のデータサイズより小さくできない場合は、SWLDの符号化三次元データ414を生成しなくてもよい。または、WLDの符号化三次元データ413がSWLDの符号化三次元データ414にコピーされてもよい。つまり、SWLDの符号化三次元データ414としてWLDの符号化三次元データ413がそのまま用いられてもよい。

[0185] 次に、本実施の形態に係る三次元データ復号装置（例えばクライアント）の構成及び動作の流れを説明する。図18は、本実施の形態に係る三次元データ復号装置500のブロック図である。図19は、三次元データ復号装置500による三次元データ復号処理のフローチャートである。

[0186] 図18に示す三次元データ復号装置500は、符号化三次元データ511を復号することで復号三次元データ512又は513を生成する。ここで、

符号化三次元データ 511 は、例えば、三次元データ符号化装置 400 で生成された符号化三次元データ 413 又は 414 である。

[0187] この三次元データ復号装置 500 は、取得部 501 と、ヘッダ解析部 502 と、WLD 復号部 503 と、SWLD 復号部 504 とを備える。

[0188] 図 19 に示すように、まず、取得部 501 は、符号化三次元データ 511 を取得する (S501)。次に、ヘッダ解析部 502 は、符号化三次元データ 511 のヘッダを解析し、符号化三次元データ 511 が WLD を含むストリームか、SWLD を含むストリームかを判別する (S502)。例えば、上述した `world_type` のパラメータが参照され、判別が行われる。

[0189] 符号化三次元データ 511 が WLD を含むストリームである場合 (S503 で Yes)、WLD 復号部 503 は、符号化三次元データ 511 を復号することで WLD の復号三次元データ 512 を生成する (S504)。一方、符号化三次元データ 511 が SWLD を含むストリームである場合 (S503 で No)、SWLD 復号部 504 は、符号化三次元データ 511 を復号することで SWLD の復号三次元データ 513 を生成する (S505)。

[0190] また、符号化装置と同様に、WLD 復号部 503 が WLD を復号する際に使用する復号方法と、SWLD 復号部 504 が SWLD を復号する際に使用する復号方法とは異なってもよい。例えば、SWLD に用いられる復号方法では、WLD に用いられる復号方法よりもイントラ予測及びインター予測のうちインター予測が優先されてもよい。

[0191] また、SWLD に用いられる復号方法と WLD に用いられる復号方法とでは、三次元位置の表現手法が異なってもよい。例えば、SWLD では、三次元座標により FVXL の三次元位置を表現し、WLD では、後述する 8 分木により三次元位置が表現されてもよいし、その逆でもよい。

[0192] 次に、三次元位置の表現手法である 8 分木表現について説明する。三次元データに含まれる VXL データは 8 分木構造に変換された後、符号化される。図 20 は、WLD の VXL の一例を示す図である。図 21 は、図 20 に示す WLD の 8 分木構造を示す図である。図 20 に示す例では、点群を含む V

X L（以下、有効V X L）である3つV X L 1～3が存在する。図2 1に示すように、8分木構造はノードとリーフで構成される。各ノードは最大で8つのノードまたはリーフを持つ。各リーフはV X L情報を持つ。ここで、図2 1に示すリーフのうち、リーフ1、2、3はそれぞれ図2 0に示すV X L 1、V X L 2、V X L 3を表す。

[0193] 具体的には、各ノード及びリーフは三次元位置に対応する。ノード1は、図2 0に示す全体のブロックに対応する。ノード1に対応するブロックは8つのブロックに分割され、8つのブロックのうち、有効V X Lを含むブロックがノードに設定され、それ以外のブロックはリーフに設定される。ノードに対応するブロックは、さらに8つのノードまたはリーフに分割され、この処理が木構造の階層分繰り返される。また、最下層のブロックは、全てリーフに設定される。

[0194] また、図2 2は、図2 0に示すW L Dから生成したS W L Dの例を示す図である。図2 0に示すV X L 1及びV X L 2は特徴量抽出の結果、F V X L 1及びF V X L 2と判定され、S W L Dに加えられている。一方で、V X L 3はF V X Lと判定されず、S W L Dに含まれていない。図2 3は、図2 2に示すS W L Dの8分木構造を示す図である。図2 3に示す8分木構造では、図2 1に示す、V X L 3に相当するリーフ3が削除されている。これにより、図2 1に示すノード3が有効V X Lを持たなくなり、リーフに変更されている。このように一般的にS W L Dのリーフ数はW L Dのリーフ数より少なくなり、S W L Dの符号化三次元データもW L Dの符号化三次元データより小さくなる。

[0195] 以下、本実施の形態の変形例について説明する。

[0196] 例えば、車載装置等のクライアントは、自己位置推定を行う場合に、S W L Dをサーバから受信し、S W L Dを用いて自己位置推定を行い、障害物検知を行う場合は、レンジファインダなどの距離センサ、ステレオカメラ、又は複数の単眼カメラの組合せ等の様々な方法を用いて自分で取得した周辺の三次元情報に基づいて障害物検知を実施してもよい。

- [0197] また、一般的にSWLDには平坦領域のVXLデータが含まれにくい。そのため、サーバは、静的な障害物の検知用に、WLDをサブサンプルしたサブサンプルワールド（subWLD）を保持し、SWLDとsubWLDをクライアントに送信してもよい。これにより、ネットワーク帯域を抑制しつつ、クライアント側で自己位置推定及び障害物検知を行うことができる。
- [0198] また、クライアントが三次元地図データを高速に描画する際には、地図情報がメッシュ構造である方が便利な場合がある。そこで、サーバは、WLDからメッシュを生成し、メッシュワールド（MWLD）として予め保持してもよい。例えばクライアントは、粗い三次元描画を必要としている場合にはMWLDを受信し、詳細な三次元描画を必要としている場合にはWLDを受信する。これにより、ネットワーク帯域を抑制することができる。
- [0199] また、サーバは、各VXLのうち、特徴量が閾値以上であるVXLをFVXLに設定したが、異なる方法にてFVXLを算出しても構わない。例えば、サーバは、信号又は交差点などを構成するVXL、VLM、SPC、又はGOSを、自己位置推定、運転アシスト、又は自動運転等に必要と判断し、FVXL、FVLM、FSPC、FGOSとしてSWLDに含めるようにしても構わない。また、上記判断は手動で行われてもよい。なお、特徴量に基づき設定されたFVXL等に、上記方法で得られたFVXL等を加えてもよい。つまり、SWLD抽出部403は、さらに、入力三次元データ411から予め定められた属性を有する物体に対応するデータを抽出三次元データ412として抽出してもよい。
- [0200] また、それらの用途に必要な旨を特徴量とは別にラベリングするようにしても構わない。また、サーバは、SWLDの上位レイヤ（例えばレーンワールド）として、信号又は交差点などの自己位置推定、運転アシスト、又は自動運転等に必要なFVXLを別途保持してもよい。
- [0201] また、サーバは、WLD内のVXLにもランダムアクセス単位又は所定の単位毎に属性を付加してもよい。属性は、例えば、自己位置推定に必要或いは不要かを示す情報、又は、信号或いは交差点などの交通情報として重要か

どうかなどを示す情報を含む。また、属性は、レーン情報（G D F : G e o g r a p h i c D a t a F i l e s など）における F e a t u r e （交差点又は道路など）との対応関係を含んでもよい。

[0202] また、W L D 又は S W L D の更新方法として下記のような方法を用いても構わない。

[0203] 人、工事、又は並木（トラック向け）の変化などを示す更新情報が点群又はメタデータとしてサーバにアップロードされる。サーバは、当該アップロードに基づき、W L D を更新し、その後、更新した W L D を用いて S W L D を更新する。

[0204] また、クライアントは、自己位置推定時に自身で生成した三次元情報とサーバから受信した三次元情報との不整合を検知した場合、自身で生成した三次元情報を更新通知とともにサーバに送信してもよい。この場合、サーバは、W L D を用いて S W L D を更新する。S W L D が更新されない場合、サーバは、W L D 自体が古いと判断する。

[0205] また、符号化ストリームのヘッダ情報として、W L D か S W L D かを区別する情報が付加されたとしたが、例えば、メッシュワールド又はレーンワールド等、多種類のワールドが存在する場合には、それらを区別する情報がヘッダ情報に付加されても構わない。また、特徴量が異なる S W L D が多数存在する場合には、それぞれを区別する情報がヘッダ情報に付加されても構わない。

[0206] また、S W L D は、F V X L で構成されたとしたが、F V X L と判定されなかった V X L を含んでもよい。例えば、S W L D は、F V X L の特徴量を算出する際に使用する隣接 V X L を含んでもよい。これにより、S W L D の各 F V X L に特徴量情報が付加されない場合でも、クライアントは、S W L D を受信した際に F V X L の特徴量を算出することができる。なお、その際には、S W L D は各 V X L が F V X L か V X L かを区別するための情報を含んでもよい。

[0207] 以上のように、三次元データ符号化装置 4 0 0 は、入力三次元データ 4 1

1（第1三次元データ）から特徴量が閾値以上の抽出三次元データ412（第2三次元データ）を抽出し、抽出三次元データ412を符号化することで符号化三次元データ414（第1符号化三次元データ）を生成する。

[0208] これによれば、三次元データ符号化装置400は、特徴量が閾値以上のデータを符号化した符号化三次元データ414を生成する。これにより、入力三次元データ411をそのまま符号化する場合に比べてデータ量を削減できる。よって、三次元データ符号化装置400は、伝送するデータ量を削減できる。

[0209] また、三次元データ符号化装置400は、さらに、入力三次元データ411を符号化することで符号化三次元データ413（第2符号化三次元データ）を生成する。

[0210] これによれば、三次元データ符号化装置400は、例えば、使用用途等に応じて、符号化三次元データ413と符号化三次元データ414とを選択的に伝送できる。

[0211] また、抽出三次元データ412は、第1符号化方法により符号化され、入力三次元データ411は、第1符号化方法とは異なる第2符号化方法により符号化される。

[0212] これによれば、三次元データ符号化装置400は、入力三次元データ411と抽出三次元データ412とにそれぞれ適した符号化方法を用いることができる。

[0213] また、第1符号化方法では、第2符号化方法よりもイントラ予測及びインター予測のうちインター予測が優先される。

[0214] これによれば、三次元データ符号化装置400は、隣接するデータ間の相関が低くなりやすい抽出三次元データ412に対して、インター予測の優先度を上げることができる。

[0215] また、第1符号化方法と第2符号化方法とでは、三次元位置の表現手法が異なる。例えば、例えば、第2符号化方法では、8分木により三次元位置が表現され、第1符号化方法では、三次元座標により三次元位置を表現される

。

[0216] これによれば、三次元データ符号化装置400は、データ数（ $V \times L$ 又は $F \times V \times L$ の数）が異なる三次元データに対して、より適した三次元位置の表現手法を用いることができる。

[0217] また、符号化三次元データ413及び414の少なくとも一方は、当該符号化三次元データが入力三次元データ411を符号化することで得られた符号化三次元データであるか、入力三次元データ411のうちの一部を符号化することで得られた符号化三次元データであるかを示す識別子を含む。つまり、当該識別子は、符号化三次元データがWLDの符号化三次元データ413であるかSWLDの符号化三次元データ414であることを示す。

[0218] これによれば、復号装置は、取得した符号化三次元データが符号化三次元データ413であるか符号化三次元データ414であることを容易に判定できる。

[0219] また、三次元データ符号化装置400は、符号化三次元データ414のデータ量が符号化三次元データ413のデータ量より小さくなるように抽出三次元データ412を符号化する。

[0220] これによれば、三次元データ符号化装置400は、符号化三次元データ414のデータ量を符号化三次元データ413のデータ量より小さくできる。

[0221] また、三次元データ符号化装置400は、さらに、入力三次元データ411から予め定められた属性を有する物体に対応するデータを抽出三次元データ412として抽出する。例えば、予め定められた属性を有する物体とは、自己位置推定、運転アシスト、又は自動運転等に必要な物体であり、信号又は交差点などである。

[0222] これによれば、三次元データ符号化装置400は、復号装置で必要となるデータを含む符号化三次元データ414を生成できる。

[0223] また、三次元データ符号化装置400（サーバ）は、さらに、クライアントの状態に応じて、符号化三次元データ413及び414の一方をクライアントに送信する。

- [0224] これによれば、三次元データ符号化装置400は、クライアントの状態に応じて適切なデータを送信できる。
- [0225] また、クライアントの状態は、クライアントの通信状況（例えばネットワーク帯域）、又はクライアントの移動速度を含む。
- [0226] また、三次元データ符号化装置400は、さらに、クライアントの要求に応じて、符号化三次元データ413及び414の一方をクライアントに送信する。
- [0227] これによれば、三次元データ符号化装置400は、クライアントの要求に応じて適切なデータを送信できる。
- [0228] また、本実施の形態に係る三次元データ復号装置500は、上記三次元データ符号化装置400により生成された符号化三次元データ413又は414を復号する。
- [0229] つまり、三次元データ復号装置500は、入力三次元データ411から抽出された特徴量が閾値以上の抽出三次元データ412が符号化されることで得られた符号化三次元データ414を第1復号方法により復号する。また、三次元データ復号装置500は、入力三次元データ411が符号化されることで得られた符号化三次元データ413を、第1復号方法とは異なる第2復号方法により復号する。
- [0230] これによれば、三次元データ復号装置500は、特徴量が閾値以上のデータを符号化した符号化三次元データ414と、符号化三次元データ413とを、例えば、使用用途等に応じて選択的に受信できる。これにより、三次元データ復号装置500は、伝送するデータ量を削減できる。さらに、三次元データ復号装置500は、入力三次元データ411と抽出三次元データ412とにそれぞれ適した復号方法を用いることができる。
- [0231] また、第1復号方法では、第2復号方法よりもイントラ予測及びインター予測のうちインター予測が優先される。
- [0232] これによれば、三次元データ復号装置500は、隣接するデータ間の相関が低くなりやすい抽出三次元データに対して、インター予測の優先度を上げ

ることができる。

[0233] また、第1復号方法と第2復号方法とでは、三次元位置の表現手法が異なる。例えば、例えば、第2復号方法では、8分木により三次元位置が表現され、第1復号方法では、三次元座標により三次元位置を表現される。

[0234] これによれば、三次元データ復号装置500は、データ数（ $V \times L$ 又は $F \times V \times L$ の数）が異なる三次元データに対して、より適した三次元位置の表現手法を用いることができる。

[0235] また、符号化三次元データ413及び414の少なくとも一方は、当該符号化三次元データが入力三次元データ411を符号化することで得られた符号化三次元データであるか、入力三次元データ411のうちの一部を符号化することで得られた符号化三次元データであることを示す識別子を含む。三次元データ復号装置500は、当該識別子を参照して、符号化三次元データ413及び414を識別する。

[0236] これによれば、三次元データ復号装置500は、取得した符号化三次元データが符号化三次元データ413であるか符号化三次元データ414であるかを容易に判定できる。

[0237] また、三次元データ復号装置500は、さらに、クライアント（三次元データ復号装置500）の状態をサーバに通知する。三次元データ復号装置500は、クライアントの状態に応じて、サーバから送信された符号化三次元データ413及び414の一方を受信する。

[0238] これによれば、三次元データ復号装置500は、クライアントの状態に応じて適切なデータを受信できる。

[0239] また、クライアントの状態は、クライアントの通信状況（例えばネットワーク帯域）、又はクライアントの移動速度を含む。

[0240] また、三次元データ復号装置500は、さらに、符号化三次元データ413及び414の一方をサーバに要求し、当該要求に応じて、サーバから送信された符号化三次元データ413及び414の一方を受信する。

[0241] これによれば、三次元データ復号装置500は、用途に応じた適切なデー

タを受信できる。

[0242] (実施の形態3)

本実施の形態では、車両間での三次元データを送受信する方法について説明する。例えば、自車両と周辺車両との間での三次元データの送受信が行われる。

[0243] 図24は、本実施の形態に係る三次元データ作成装置620のブロック図である。この三次元データ作成装置620は、例えば、自車両に含まれ、三次元データ作成装置620が作成した第1三次元データ632に、受信した第2三次元データ635を合成することで、より密な第3三次元データ636を作成する。

[0244] この三次元データ作成装置620は、三次元データ作成部621と、要求範囲決定部622と、探索部623と、受信部624と、復号部625と、合成部626とを備える。

[0245] まず、三次元データ作成部621は、自車両が備えるセンサで検知したセンサ情報631を用いて第1三次元データ632を作成する。次に、要求範囲決定部622は、作成した第1三次元データ632の中でデータが不足している三次元空間範囲である要求範囲を決定する。

[0246] 次に、探索部623は、要求範囲の三次元データを所有する周辺車両を探索し、探索により特定した周辺車両に要求範囲を示す要求範囲情報633を送信する。次に、受信部624は、周辺車両から、要求範囲の符号化ストリームである符号化三次元データ634を受信する(S624)。なお、探索部623は、特定範囲に存在する全ての車両に対し、無差別にリクエストを出し、応答があった相手から符号化三次元データ634を受信してもよい。また、探索部623は、車両に限らず、信号機又は標識などの物体にリクエストを出し、当該物体から符号化三次元データ634を受信してもよい。

[0247] 次に、復号部625は、受信した符号化三次元データ634を復号することで第2三次元データ635を取得する。次に、合成部626は、第1三次元データ632と第2三次元データ635とを合成することで、より密な第

3 三次元データ 6 3 6 を作成する。

[0248] 次に、本実施の形態に係る三次元データ送信装置 6 4 0 の構成及び動作を説明する。図 2 5 は、三次元データ送信装置 6 4 0 のブロック図である。

[0249] 三次元データ送信装置 6 4 0 は、例えば、上述した周辺車両に含まれ、周辺車両が作成した第 5 三次元データ 6 5 2 を自車両が要求する第 6 三次元データ 6 5 4 に加工し、第 6 三次元データ 6 5 4 を符号化することで符号化三次元データ 6 3 4 を生成し、符号化三次元データ 6 3 4 を自車両に送信する。

[0250] 三次元データ送信装置 6 4 0 は、三次元データ作成部 6 4 1 と、受信部 6 4 2 と、抽出部 6 4 3 と、符号化部 6 4 4 と、送信部 6 4 5 とを備える。

[0251] まず、三次元データ作成部 6 4 1 は、周辺車両が備えるセンサで検知したセンサ情報 6 5 1 を用いて第 5 三次元データ 6 5 2 を作成する。次に、受信部 6 4 2 は、自車両から送信された要求範囲情報 6 3 3 を受信する。

[0252] 次に、抽出部 6 4 3 は、第 5 三次元データ 6 5 2 から、要求範囲情報 6 3 3 で示される要求範囲の三次元データを抽出することで、第 5 三次元データ 6 5 2 を第 6 三次元データ 6 5 4 に加工する。次に、符号化部 6 4 4 は、第 6 三次元データ 6 5 4 を符号化することで、符号化ストリームである符号化三次元データ 6 3 4 を生成する。そして、送信部 6 4 5 は、自車両へ符号化三次元データ 6 3 4 を送信する。

[0253] なお、ここでは、自車両が三次元データ作成装置 6 2 0 を備え、周辺車両が三次元データ送信装置 6 4 0 を備える例を説明するが、各車両が、三次元データ作成装置 6 2 0 と三次元データ送信装置 6 4 0 との機能を有してもよい。

[0254] (実施の形態 4)

本実施の形態では、三次元マップに基づく自己位置推定における異常系の動作について説明する。

[0255] 車の自動運転、又は、ロボット、或いはドローンなどの飛行体などの移動体を自律的に移動させるなどの用途が今後拡大すると予想される。このよう

な自律的な移動を実現する手段の一例として、移動体が、三次元マップ内における自らの位置を推定（自己位置推定）しながら、マップに従って走行する方法がある。

[0256] 自己位置推定は、三次元マップと、自車に搭載したレンジファインダー（L i D A R など）又はステレオカメラなどのセンサにより取得した自車周辺の三次元情報（以降、自車検知三次元データ）とをマッチングして、三次元マップ内の自車位置を推定することで実現できる。

[0257] 三次元マップは、H E R E 社が提唱するH D マップなどのように、三次元のポイントクラウドだけでなく、道路及び交差点の形状情報など二次元の地図データ、又は、渋滞及び事故などの実時間で変化する情報を含んでもよい。三次元データ、二次元データ、実時間で変化するメタデータなど複数のレイヤから三次元マップが構成され、装置は、必要なデータのみを取得、又は、参照することも可能である。

[0258] ポイントクラウドのデータは、上述したS W L D であってもよいし、特徴点ではない点群データを含んでもよい。また、ポイントクラウドのデータの送受信は、1 つ、または、複数のランダムアクセス単位を基本として行われる。

[0259] 三次元マップと自車検知三次元データとのマッチング方法として以下の方法を用いることができる。例えば、装置は、互いのポイントクラウドにおける点群の形状を比較し、特徴点間の類似度が高い部位が同一位置であると決定する。また、装置は、三次元マップがS W L D から構成される場合、S W L D を構成する特徴点と、自車検知三次元データから抽出した三次元特徴点とを比較してマッチングを行う。

[0260] ここで、高精度に自己位置推定を行うためには、（A）三次元マップと自車検知三次元データが取得できており、かつ、（B）それらの精度が予め定められた基準を満たすことが必要となる。しかしながら、以下のような異常ケースでは、（A）又は（B）が満たせない。

[0261] （1）三次元マップを通信経由で取得できない。

- [0262] (2) 三次元マップが存在しない、又は、三次元マップを取得したが破損している。
- [0263] (3) 自車のセンサが故障している、又は、悪天候のために、自車検知三次元データの生成精度が十分でない。
- [0264] これらの異常ケースに対処するための動作を、以下で説明する。以下では、車を例に動作を説明するが、以下の手法は、ロボット又はドローンなど、自律的に移動する動物体全般に対して適用できる。
- [0265] 以下、三次元マップ又は自車検知三次元データにおける異常ケースに対応するための、本実施の形態に係る三次元情報処理装置の構成及び動作を説明する。図26は、本実施の形態に係る三次元情報処理装置700の構成例を示すブロック図である。
- [0266] 三次元情報処理装置700は、例えば、自動車等の動物体に搭載される。図26に示すように、三次元情報処理装置700は、三次元マップ取得部701と、自車検知データ取得部702と、異常ケース判定部703と、対処動作決定部704と、動作制御部705とを備える。
- [0267] なお、三次元情報処理装置700は、二次元画像を取得するカメラ、又は、超音波或いはレーザーを用いた一次元データのセンサなど、自車周辺の構造物又は動物体を検知するための図示しない二次元又は一次元のセンサを備えてもよい。また、三次元情報処理装置700は、三次元マップを4G或いは5Gなどの移動体通信網、又は、車車間通信或いは路車間通信により取得するための通信部（図示せず）を備えてもよい。
- [0268] 三次元マップ取得部701は、走行経路近傍の三次元マップ711を取得する。例えば、三次元マップ取得部701は、移動体通信網、又は、車車間通信或いは路車間通信により三次元マップ711を取得する。
- [0269] 次に、自車検知データ取得部702は、センサ情報に基づいて自車検知三次元データ712を取得する。例えば、自車検知データ取得部702は、自車が備えるセンサにより取得されたセンサ情報に基づき、自車検知三次元データ712を生成する。

- [0270] 次に、異常ケース判定部 703 は、取得した三次元マップ 711 及び自車検知三次元データ 712 の少なくとも一方に対して予め定められたチェックを実施することで異常ケースを検出する。つまり、異常ケース判定部 703 は、取得した三次元マップ 711 及び自車検知三次元データ 712 の少なくとも一方が異常であるかを判定する。
- [0271] 異常ケースが検出された場合、対処動作決定部 704 は、異常ケースに対する対処動作を決定する。次に、動作制御部 705 は、三次元マップ取得部 701 など、対処動作の実施に必要となる各処理部の動作を制御する。
- [0272] 一方、異常ケースが検出されない場合、三次元情報処理装置 700 は、処理を終了する。
- [0273] また、三次元情報処理装置 700 は、三次元マップ 711 と自車検知三次元データ 712 とを用いて、三次元情報処理装置 700 を有する車両の自己位置推定を行う。次に、三次元情報処理装置 700 は、自己位置推定の結果を用いて、当該車両を自動運転する。
- [0274] このように、三次元情報処理装置 700 は、第 1 の三次元位置情報を含むマップデータ（三次元マップ 711）を通信路を介して取得する。例えば、第 1 の三次元位置情報は、三次元の座標情報を有する部分空間を単位として符号化され、各々が 1 以上の部分空間の集合体であり、各々を独立に復号可能な複数のランダムアクセス単位を含む。例えば、第 1 の三次元位置情報は、三次元の特徴量が所定の閾値以上となる特徴点が符号化されたデータ（SWLD）である。
- [0275] また、三次元情報処理装置 700 は、センサで検知した情報から第 2 の三次元位置情報（自車検知三次元データ 712）を生成する。次に、三次元情報処理装置 700 は、第 1 の三次元位置情報又は第 2 の三次元位置情報に対して異常判定処理を実施することで、第 1 の三次元位置情報又は前記第 2 の三次元位置情報が異常であるかどうかを判定する。
- [0276] 三次元情報処理装置 700 は、第 1 の三次元位置情報又は第 2 の三次元位置情報が異常であると判定された場合、当該異常に対する対処動作を決定す

る。次に、三次元情報処理装置 700 は、対処動作の実施に必要な制御を実施する。

[0277] これにより、三次元情報処理装置 700 は、第 1 の三次元位置情報又は第 2 の三次元位置情報の異常を検知し、対処動作を行うことができる。

[0278] (実施の形態 5)

本実施の形態では、後続車両への三次元データ送信方法等について説明する。

[0279] 図 27 は、本実施の形態に係る三次元データ作成装置 810 の構成例を示すブロック図である。この三次元データ作成装置 810 は、例えば、車両に搭載される。三次元データ作成装置 810 は、外部の交通監視クラウド、前走車両又は後続車両と三次元データの送受信を行うとともに、三次元データを作成及び蓄積する。

[0280] 三次元データ作成装置 810 は、データ受信部 811 と、通信部 812 と、受信制御部 813 と、フォーマット変換部 814 と、複数のセンサ 815 と、三次元データ作成部 816 と、三次元データ合成部 817 と、三次元データ蓄積部 818 と、通信部 819 と、送信制御部 820 と、フォーマット変換部 821 と、データ送信部 822 とを備える。

[0281] データ受信部 811 は、交通監視クラウド又は前走車両から三次元データ 831 を受信する。三次元データ 831 は、例えば、自車両のセンサ 815 で検知不能な領域を含む、ポイントクラウド、可視光映像、奥行き情報、センサ位置情報、又は速度情報などの情報を含む。

[0282] 通信部 812 は、交通監視クラウド又は前走車両と通信し、データ送信要求などを交通監視クラウド又は前走車両に送信する。

[0283] 受信制御部 813 は、通信部 812 を介して、対応フォーマット等の情報を通信先と交換し、通信先との通信を確立する。

[0284] フォーマット変換部 814 は、データ受信部 811 が受信した三次元データ 831 にフォーマット変換等を行うことで三次元データ 832 を生成する。また、フォーマット変換部 814 は、三次元データ 831 が圧縮又は符号

化されている場合には、伸張又は復号処理を行う。

[0285] 複数のセンサ 815 は、L i D A R、可視光カメラ又は赤外線カメラなどの、車両の外部の情報を取得するセンサ群であり、センサ情報 833 を生成する。例えば、センサ情報 833 は、センサ 815 が L i D A R などのレーザセンサである場合、ポイントクラウド（点群データ）等の三次元データである。なお、センサ 815 は複数でなくてもよい。

[0286] 三次元データ作成部 816 は、センサ情報 833 から三次元データ 834 を生成する。三次元データ 834 は、例えば、ポイントクラウド、可視光映像、奥行き情報、センサ位置情報、又は速度情報などの情報を含む。

[0287] 三次元データ合成部 817 は、自車両のセンサ情報 833 に基づいて作成された三次元データ 834 に、交通監視クラウド又は前走車両等が作成した三次元データ 832 を合成することで、自車両のセンサ 815 では検知できない前走車両の前方の空間も含む三次元データ 835 を構築する。

[0288] 三次元データ蓄積部 818 は、生成された三次元データ 835 等を蓄積する。

[0289] 通信部 819 は、交通監視クラウド又は後続車両と通信し、データ送信要求などを交通監視クラウド又は後続車両に送信する。

[0290] 送信制御部 820 は、通信部 819 を介して、対応フォーマット等の情報を通信先と交換し、通信先と通信を確立する。また、送信制御部 820 は、三次元データ合成部 817 で生成された三次元データ 832 の三次元データ構築情報と、通信先からのデータ送信要求とに基づき、送信対象の三次元データの空間である送信領域を決定する。

[0291] 具体的には、送信制御部 820 は、交通監視クラウド又は後続車両からのデータ送信要求に応じて、後続車両のセンサでは検知できない自車両の前方の空間を含む送信領域を決定する。また、送信制御部 820 は、三次元データ構築情報に基づいて送信可能な空間又は送信済み空間の更新有無等を判断することで送信領域を決定する。例えば、送信制御部 820 は、データ送信要求で指定された領域であり、かつ、対応する三次元データ 835 が存在す

る領域を送信領域に決定する。そして、送信制御部 820 は、通信先が対応するフォーマット、及び送信領域をフォーマット変換部 821 に通知する。

[0292] フォーマット変換部 821 は、三次元データ蓄積部 818 に蓄積されている三次元データ 835 のうち、送信領域の三次元データ 836 を、受信側が対応しているフォーマットへ変換することで三次元データ 837 を生成する。なお、フォーマット変換部 821 は、三次元データ 837 を圧縮又は符号化することでデータ量を削減してもよい。

[0293] データ送信部 822 は、三次元データ 837 を交通監視クラウド又は後続車両に送信する。この三次元データ 837 は、例えば、後続車両の死角になる領域を含む、自車両の前方のポイントクラウド、可視光映像、奥行き情報、又はセンサ位置情報などの情報を含む。

[0294] なお、ここでは、フォーマット変換部 814 及び 821 にてフォーマット変換等が行われる例を述べたが、フォーマット変換は行われなくてもよい。

[0295] このような構成により、三次元データ作成装置 810 は、自車両のセンサ 815 では検知できない領域の三次元データ 831 を外部から取得し、三次元データ 831 と自車両のセンサ 815 で検知したセンサ情報 833 に基づく三次元データ 834 とを合成することで三次元データ 835 を生成する。これにより、三次元データ作成装置 810 は、自車両のセンサ 815 で検知できない範囲の三次元データを生成できる。

[0296] また、三次元データ作成装置 810 は、交通監視クラウド又は後続車両からのデータ送信要求に応じて、後続車両のセンサでは検知できない自車両の前方の空間を含む三次元データを、交通監視クラウド又は後続車両等へ送信できる。

[0297] (実施の形態 6)

実施の形態 5 において、車両等のクライアント装置が、他の車両又は交通監視クラウド等のサーバに三次元データを送信する例を説明した。本実施の形態では、クライアント装置は、サーバ又は他のクライアント装置にセンサで得られたセンサ情報を送信する。

[0298] まず、本実施の形態に係るシステムの構成を説明する。図28は、本実施の形態に係る三次元マップ及びセンサ情報の送受信システムの構成を示す図である。このシステムは、サーバ901と、クライアント装置902A及び902Bを含む。なお、クライアント装置902A及び902Bを特に区別しない場合には、クライアント装置902とも記す。

[0299] クライアント装置902は、例えば、車両等の移動体に搭載される車載機器である。サーバ901は、例えば、交通監視クラウド等であり、複数のクライアント装置902と通信可能である。

[0300] サーバ901は、クライアント装置902に、ポイントクラウドから構成される三次元マップを送信する。なお、三次元マップの構成はポイントクラウドに限定されず、メッシュ構造等、他の三次元データを表すものであってもよい。

[0301] クライアント装置902は、サーバ901に、クライアント装置902が取得したセンサ情報を送信する。センサ情報は、例えば、LiDAR取得情報、可視光画像、赤外画像、デプス画像、センサ位置情報及び速度情報のうち少なくとも一つを含む。

[0302] サーバ901とクライアント装置902との間で送受信されるデータは、データ削減のために圧縮されてもよいし、データの精度を維持するために非圧縮のままでも構わない。データを圧縮する場合、ポイントクラウドには例えば8分木構造に基づく三次元圧縮方式を用いることができる。また、可視光画像、赤外画像、及びデプス画像には二次元の画像圧縮方式を用いることができる。二次元の画像圧縮方式とは、例えば、MPEGで規格化されたMPEG-4 AVC又はHEVC等である。

[0303] また、サーバ901は、クライアント装置902からの三次元マップの送信要求に応じてサーバ901で管理する三次元マップをクライアント装置902に送信する。なお、サーバ901はクライアント装置902からの三次元マップの送信要求を待たずに三次元マップを送信してもよい。例えば、サーバ901は、予め定められた空間にいる1つ以上のクライアント装置90

2に三次元マップをブロードキャストしても構わない。また、サーバ901は、一度送信要求を受けたクライアント装置902に、一定時間毎にクライアント装置902の位置に適した三次元マップを送信してもよい。また、サーバ901は、サーバ901が管理する三次元マップが更新される度にクライアント装置902に三次元マップを送信してもよい。

[0304] クライアント装置902は、サーバ901に三次元マップの送信要求を出す。例えば、クライアント装置902が、走行時に自己位置推定を行いたい場合に、クライアント装置902は、三次元マップの送信要求をサーバ901に送信する。

[0305] なお、次のような場合に、クライアント装置902はサーバ901に三次元マップの送信要求を出してもよい。クライアント装置902の保持する三次元マップが古い場合に、クライアント装置902はサーバ901に三次元マップの送信要求を出してもよい。例えば、クライアント装置902が三次元マップを取得してから一定期間が経過した場合に、クライアント装置902はサーバ901に三次元マップの送信要求を出してもよい。

[0306] クライアント装置902が保持する三次元マップで示される空間から、クライアント装置902が外に出る一定時刻前に、クライアント装置902はサーバ901に三次元マップの送信要求を出してもよい。例えば、クライアント装置902が、クライアント装置902が保持する三次元マップで示される空間の境界から予め定められた距離以内に存在する場合に、クライアント装置902はサーバ901に三次元マップの送信要求を出してもよい。また、クライアント装置902の移動経路及び移動速度が把握できている場合には、これらに基づき、クライアント装置902が保持する三次元マップで示される空間から、クライアント装置902が外に出る時刻を予測してもよい。

[0307] クライアント装置902がセンサ情報から作成した三次元データと三次元マップとの位置合せ時の誤差が一定以上の場合に、クライアント装置902はサーバ901に三次元マップの送信要求を出してもよい。

[0308] クライアント装置 902 は、サーバ 901 から送信されたセンサ情報の送信要求に応じて、サーバ 901 にセンサ情報を送信する。なお、クライアント装置 902 はサーバ 901 からのセンサ情報の送信要求を待たずにセンサ情報をサーバ 901 に送ってもよい。例えば、クライアント装置 902 は、一度サーバ 901 からセンサ情報の送信要求を得た場合、一定期間の間、定期的にセンサ情報をサーバ 901 に送信してもよい。また、クライアント装置 902 は、クライアント装置 902 がセンサ情報を元に作成した三次元データと、サーバ 901 から得た三次元マップとの位置合せ時の誤差が一定以上の場合、クライアント装置 902 の周辺の三次元マップに変化が生じた可能性があると判断し、その旨とセンサ情報とをサーバ 901 に送信してもよい。

[0309] サーバ 901 は、クライアント装置 902 にセンサ情報の送信要求を出す。例えば、サーバ 901 は、クライアント装置 902 から、GPS等のクライアント装置 902 の位置情報を受信する。サーバ 901 は、クライアント装置 902 の位置情報に基づき、サーバ 901 が管理する三次元マップにおいて情報が少ない空間にクライアント装置 902 が近づいていると判断した場合、新たな三次元マップを生成するためにクライアント装置 902 にセンサ情報の送信要求を出す。また、サーバ 901 は、三次元マップを更新したい場合、積雪時或いは災害時などの道路状況を確認したい場合、渋滞状況、或いは事件事故状況等を確認したい場合に、センサ情報の送信要求を出してもよい。

[0310] また、クライアント装置 902 は、サーバ 901 から受け取るセンサ情報の送信要求の受信時における通信状態又は帯域に応じて、サーバ 901 に送信するセンサ情報のデータ量を設定してもよい。サーバ 901 に送信するセンサ情報のデータ量を設定するというのは、例えば、当該データそのものを増減させること、又は圧縮方式を適宜選択することである。

[0311] 図 29 は、クライアント装置 902 の構成例を示すブロック図である。クライアント装置 902 は、サーバ 901 からポイントクラウド等で構成され

る三次元マップを受信し、クライアント装置902のセンサ情報に基づいて作成した三次元データからクライアント装置902の自己位置を推定する。また、クライアント装置902は、取得したセンサ情報をサーバ901に送信する。

[0312] クライアント装置902は、データ受信部1011と、通信部1012と、受信制御部1013と、フォーマット変換部1014と、複数のセンサ1015と、三次元データ作成部1016と、三次元画像処理部1017と、三次元データ蓄積部1018と、フォーマット変換部1019と、通信部1020と、送信制御部1021と、データ送信部1022とを備える。

[0313] データ受信部1011は、サーバ901から三次元マップ1031を受信する。三次元マップ1031は、WLD又はSWLD等のポイントクラウドを含むデータである。三次元マップ1031には、圧縮データ、及び非圧縮データのどちらが含まれていてもよい。

[0314] 通信部1012は、サーバ901と通信し、データ送信要求（例えば、三次元マップの送信要求）などをサーバ901に送信する。

[0315] 受信制御部1013は、通信部1012を介して、対応フォーマット等の情報を通信先と交換し、通信先との通信を確立する。

[0316] フォーマット変換部1014は、データ受信部1011が受信した三次元マップ1031にフォーマット変換等を行うことで三次元マップ1032を生成する。また、フォーマット変換部1014は、三次元マップ1031が圧縮又は符号化されている場合には、伸張又は復号処理を行う。なお、フォーマット変換部1014は、三次元マップ1031が非圧縮データであれば、伸張又は復号処理を行わない。

[0317] 複数のセンサ1015は、LiDAR、可視光カメラ、赤外線カメラ、又はデプスセンサなど、クライアント装置902が搭載されている車両の外部の情報を取得するセンサ群であり、センサ情報1033を生成する。例えば、センサ情報1033は、センサ1015がLiDARなどのレーザセンサである場合、ポイントクラウド（点群データ）等の三次元データである。な

お、センサ１０１５は複数でなくてもよい。

[0318] 三次元データ作成部１０１６は、センサ情報１０３３に基づいて自車両の周辺の三次元データ１０３４を作成する。例えば、三次元データ作成部１０１６は、ＬｉＤＡＲで取得した情報と、可視光カメラで得られた可視光映像とを用いて自車両の周辺の色情報付きのポイントクラウドデータを作成する。

[0319] 三次元画像処理部１０１７は、受信したポイントクラウド等の三次元マップ１０３２と、センサ情報１０３３から生成した自車両の周辺の三次元データ１０３４とを用いて、自車両の自己位置推定処理等を行う。なお、三次元画像処理部１０１７は、三次元マップ１０３２と三次元データ１０３４とを合成することで自車両の周辺の三次元データ１０３５を作成し、作成した三次元データ１０３５を用いて自己位置推定処理を行ってもよい。

[0320] 三次元データ蓄積部１０１８は、三次元マップ１０３２、三次元データ１０３４及び三次元データ１０３５等を蓄積する。

[0321] フォーマット変換部１０１９は、センサ情報１０３３を、受信側が対応しているフォーマットへ変換することでセンサ情報１０３７を生成する。なお、フォーマット変換部１０１９は、センサ情報１０３７を圧縮又は符号化することでデータ量を削減してもよい。また、フォーマット変換部１０１９は、フォーマット変換をする必要がない場合は処理を省略してもよい。また、フォーマット変換部１０１９は、送信範囲の指定に応じて送信するデータ量を制御してもよい。

[0322] 通信部１０２０は、サーバ９０１と通信し、データ送信要求（センサ情報の送信要求）などをサーバ９０１から受信する。

[0323] 送信制御部１０２１は、通信部１０２０を介して、対応フォーマット等の情報を通信先と交換し、通信を確立する。

[0324] データ送信部１０２２は、センサ情報１０３７をサーバ９０１に送信する。センサ情報１０３７は、例えば、ＬｉＤＡＲで取得した情報、可視光カメラで取得した輝度画像、赤外線カメラで取得した赤外画像、デプスセンサで

取得したデプス画像、センサ位置情報、及び速度情報など、複数のセンサ 1015 によって取得した情報を含む。

[0325] 次に、サーバ 901 の構成を説明する。図 30 は、サーバ 901 の構成例を示すブロック図である。サーバ 901 は、クライアント装置 902 から送信されたセンサ情報を受信し、受信したセンサ情報に基づいて三次元データを作成する。サーバ 901 は、作成した三次元データを用いて、サーバ 901 が管理する三次元マップを更新する。また、サーバ 901 は、クライアント装置 902 からの三次元マップの送信要求に応じて、更新した三次元マップをクライアント装置 902 に送信する。

[0326] サーバ 901 は、データ受信部 1111 と、通信部 1112 と、受信制御部 1113 と、フォーマット変換部 1114 と、三次元データ作成部 1116 と、三次元データ合成部 1117 と、三次元データ蓄積部 1118 と、フォーマット変換部 1119 と、通信部 1120 と、送信制御部 1121 と、データ送信部 1122 とを備える。

[0327] データ受信部 1111 は、クライアント装置 902 からセンサ情報 1037 を受信する。センサ情報 1037 は、例えば、L i D A R で取得した情報、可視光カメラで取得した輝度画像、赤外線カメラで取得した赤外画像、デプスセンサで取得したデプス画像、センサ位置情報、及び速度情報などを含む。

[0328] 通信部 1112 は、クライアント装置 902 と通信し、データ送信要求（例えば、センサ情報の送信要求）などをクライアント装置 902 に送信する。

[0329] 受信制御部 1113 は、通信部 1112 を介して、対応フォーマット等の情報を通信先と交換し、通信を確立する。

[0330] フォーマット変換部 1114 は、受信したセンサ情報 1037 が圧縮又は符号化されている場合には、伸張又は復号処理を行うことでセンサ情報 1132 を生成する。なお、フォーマット変換部 1114 は、センサ情報 1037 が非圧縮データであれば、伸張又は復号処理を行わない。

- [0331] 三次元データ作成部 1116 は、センサ情報 1132 に基づいてクライアント装置 902 の周辺の三次元データ 1134 を作成する。例えば、三次元データ作成部 1116 は、L i D A R で取得した情報と、可視光カメラで得られた可視光映像とを用いてクライアント装置 902 の周辺の色情報付ポイントクラウドデータを作成する。
- [0332] 三次元データ合成部 1117 は、センサ情報 1132 を元に作成した三次元データ 1134 を、サーバ 901 が管理する三次元マップ 1135 に合成することで三次元マップ 1135 を更新する。
- [0333] 三次元データ蓄積部 1118 は、三次元マップ 1135 等を蓄積する。
- [0334] フォーマット変換部 1119 は、三次元マップ 1135 を、受信側が対応しているフォーマットへ変換することで三次元マップ 1031 を生成する。なお、フォーマット変換部 1119 は、三次元マップ 1135 を圧縮又は符号化することでデータ量を削減してもよい。また、フォーマット変換部 1119 は、フォーマット変換をする必要がない場合は処理を省略してもよい。また、フォーマット変換部 1119 は、送信範囲の指定に応じて送信するデータ量を制御してもよい。
- [0335] 通信部 1120 は、クライアント装置 902 と通信し、データ送信要求（三次元マップの送信要求）などをクライアント装置 902 から受信する。
- [0336] 送信制御部 1121 は、通信部 1120 を介して、対応フォーマット等の情報を通信先と交換し、通信を確立する。
- [0337] データ送信部 1122 は、三次元マップ 1031 をクライアント装置 902 に送信する。三次元マップ 1031 は、W L D 又は S W L D 等のポイントクラウドを含むデータである。三次元マップ 1031 には、圧縮データ、及び非圧縮データのどちらが含まれていてもよい。
- [0338] 次に、クライアント装置 902 の動作フローについて説明する。図 31 は、クライアント装置 902 による三次元マップ取得時の動作を示すフローチャートである。
- [0339] まず、クライアント装置 902 は、サーバ 901 へ三次元マップ（ポイン

トクラウド等)の送信を要求する(S1001)。このとき、クライアント装置902は、GPS等で得られたクライアント装置902の位置情報を合わせて送信することで、その位置情報に関連する三次元マップの送信をサーバ901に要求してもよい。

[0340] 次に、クライアント装置902は、サーバ901から三次元マップを受信する(S1002)。受信した三次元マップが圧縮データであれば、クライアント装置902は、受信した三次元マップを復号して非圧縮の三次元マップを生成する(S1003)。

[0341] 次に、クライアント装置902は、複数のセンサ1015で得られたセンサ情報1033からクライアント装置902の周辺の三次元データ1034を作成する(S1004)。次に、クライアント装置902は、サーバ901から受信した三次元マップ1032と、センサ情報1033から作成した三次元データ1034とを用いてクライアント装置902の自己位置を推定する(S1005)。

[0342] 図32は、クライアント装置902によるセンサ情報の送信時の動作を示すフローチャートである。まず、クライアント装置902は、サーバ901からセンサ情報の送信要求を受信する(S1011)。送信要求を受信したクライアント装置902は、センサ情報1037をサーバ901に送信する(S1012)。なお、クライアント装置902は、センサ情報1033が複数のセンサ1015で得られた複数の情報を含む場合、各情報を、各情報に適した圧縮方式で圧縮することでセンサ情報1037を生成してもよい。

[0343] 次に、サーバ901の動作フローについて説明する。図33は、サーバ901によるセンサ情報の取得時の動作を示すフローチャートである。まず、サーバ901は、クライアント装置902へセンサ情報の送信を要求する(S1021)。次に、サーバ901は、当該要求に応じてクライアント装置902から送信されたセンサ情報1037を受信する(S1022)。次に、サーバ901は、受信したセンサ情報1037を用いて三次元データ1134を作成する(S1023)。次に、サーバ901は、作成した三次元デ

ータ 1 1 3 4 を三次元マップ 1 1 3 5 に反映する (S 1 0 2 4)。

[0344] 図 3 4 は、サーバ 9 0 1 による三次元マップの送信時の動作を示すフローチャートである。まず、サーバ 9 0 1 は、クライアント装置 9 0 2 から三次元マップの送信要求を受信する (S 1 0 3 1)。三次元マップの送信要求を受信したサーバ 9 0 1 は、クライアント装置 9 0 2 へ三次元マップ 1 0 3 1 を送信する (S 1 0 3 2)。このとき、サーバ 9 0 1 は、クライアント装置 9 0 2 の位置情報に合わせてその付近の三次元マップを抽出し、抽出した三次元マップを送信してもよい。また、サーバ 9 0 1 は、ポイントクラウドで構成される三次元マップを、例えば 8 分木構造による圧縮方式等を用いて圧縮し、圧縮後の三次元マップを送信してもよい。

[0345] 以下、本実施の形態の変形例について説明する。

[0346] サーバ 9 0 1 は、クライアント装置 9 0 2 から受信したセンサ情報 1 0 3 7 を用いてクライアント装置 9 0 2 の位置付近の三次元データ 1 1 3 4 を作成する。次に、サーバ 9 0 1 は、作成した三次元データ 1 1 3 4 と、サーバ 9 0 1 が管理する同エリアの三次元マップ 1 1 3 5 とのマッチングを行うことによって、三次元データ 1 1 3 4 と三次元マップ 1 1 3 5 との差分を算出する。サーバ 9 0 1 は、差分が予め定められた閾値以上の場合は、クライアント装置 9 0 2 の周辺で何らかの異常が発生したと判断する。例えば、地震等の自然災害によって地盤沈下等が発生した際などに、サーバ 9 0 1 が管理する三次元マップ 1 1 3 5 と、センサ情報 1 0 3 7 を基に作成した三次元データ 1 1 3 4 との間に大きな差が発生することが考えられる。

[0347] センサ情報 1 0 3 7 は、センサの種類、センサの性能、及びセンサの型番のうち少なくとも一つを示す情報を含んでもよい。また、センサ情報 1 0 3 7 に、センサの性能に応じたクラス I D 等が付加されてもよい。例えば、センサ情報 1 0 3 7 が L i D A R で取得された情報である場合、数 m m 単位の精度で情報を取得できるセンサをクラス 1、数 c m 単位の精度で情報を取得できるセンサをクラス 2、数 m 単位の精度で情報を取得できるセンサをクラス 3 のように、センサの性能に識別子を割り当てることが考えられる。また

、サーバ901は、センサの性能情報等を、クライアント装置902の型番から推定してもよい。例えば、クライアント装置902が車両に搭載されている場合、サーバ901は、当該車両の車種からセンサのスペック情報を判断してもよい。この場合、サーバ901は、車両の車種の情報を事前に取得していてもよいし、センサ情報に、当該情報が含まれてもよい。また、サーバ901は取得したセンサ情報1037を用いて、センサ情報1037を用いて作成した三次元データ1134に対する補正の度合いを切り替えてもよい。例えば、センサ性能が高精度（クラス1）である場合、サーバ901は、三次元データ1134に対する補正を行わない。センサ性能が低精度（クラス3）である場合、サーバ901は、三次元データ1134に、センサの精度に応じた補正を適用する。例えば、サーバ901は、センサの精度が低いほど補正の度合い（強度）を強くする。

[0348] サーバ901は、ある空間にいる複数のクライアント装置902に同時にセンサ情報の送信要求を出してもよい。サーバ901は、複数のクライアント装置902から複数のセンサ情報を受信した場合に、全てのセンサ情報を三次元データ1134の作成に利用する必要はなく、例えば、センサの性能に応じて、利用するセンサ情報を選択してもよい。例えば、サーバ901は、三次元マップ1135を更新する場合、受信した複数のセンサ情報の中から高精度なセンサ情報（クラス1）を選別し、選別したセンサ情報を用いて三次元データ1134を作成してもよい。

[0349] サーバ901は、交通監視クラウド等のサーバのみに限定されず、他のクライアント装置（車載）であってもよい。図35は、この場合のシステム構成を示す図である。

[0350] 例えば、クライアント装置902Cが近くにいるクライアント装置902Aにセンサ情報の送信要求を出し、クライアント装置902Aからセンサ情報を取得する。そして、クライアント装置902Cは、取得したクライアント装置902Aのセンサ情報を用いて三次元データを作成し、クライアント装置902Cの三次元マップを更新する。これにより、クライアント装置9

02Cは、クライアント装置902Aから取得可能な空間の三次元マップを、クライアント装置902Cの性能を活かして生成できる。例えば、クライアント装置902Cの性能が高い場合に、このようなケースが発生すると考えられる。

[0351] また、この場合、センサ情報を提供したクライアント装置902Aは、クライアント装置902Cが生成した高精度な三次元マップを取得する権利が与えられる。クライアント装置902Aは、その権利に従ってクライアント装置902Cから高精度な三次元マップを受信する。

[0352] また、クライアント装置902Cは近くにいる複数のクライアント装置902（クライアント装置902A及びクライアント装置902B）にセンサ情報の送信要求を出してもよい。クライアント装置902A又はクライアント装置902Bのセンサが高性能である場合には、クライアント装置902Cは、この高性能なセンサで得られたセンサ情報を用いて三次元データを作成できる。

[0353] 図36は、サーバ901及びクライアント装置902の機能構成を示すブロック図である。サーバ901は、例えば、三次元マップを圧縮及び復号する三次元マップ圧縮／復号処理部1201と、センサ情報を圧縮及び復号するセンサ情報圧縮／復号処理部1202とを備える。

[0354] クライアント装置902は、三次元マップ復号処理部1211と、センサ情報圧縮処理部1212とを備える。三次元マップ復号処理部1211は、圧縮された三次元マップの符号化データを受信し、符号化データを復号して三次元マップを取得する。センサ情報圧縮処理部1212は、取得したセンサ情報から作成した三次元データの代わりに、センサ情報そのものを圧縮し、圧縮したセンサ情報の符号化データをサーバ901へ送信する。この構成により、クライアント装置902は、三次元マップ（ポイントクラウド等）を復号する処理を行う処理部（装置又はLSI）を内部に保持すればよく、三次元マップ（ポイントクラウド等）の三次元データを圧縮する処理を行う処理部を内部に保持する必要がない。これにより、クライアント装置902

のコスト及び消費電力等を抑えることができる。

[0355] 以上のように、本実施の形態に係るクライアント装置 902 は、移動体に搭載され、移動体に搭載されたセンサ 1015 により得られた、移動体の周辺状況を示すセンサ情報 1033 から、移動体の周辺の三次元データ 1034 を作成する。クライアント装置 902 は、作成された三次元データ 1034 を用いて移動体の自己位置を推定する。クライアント装置 902 は、取得したセンサ情報 1033 をサーバ 901 又は他の移動体 902 に送信する。

[0356] これによれば、クライアント装置 902 は、センサ情報 1033 をサーバ 901 等に送信する。これにより、三次元データを送信する場合に比べて、送信データのデータ量を削減できる可能性がある。また、三次元データの圧縮又は符号化等の処理をクライアント装置 902 で行う必要がないので、クライアント装置 902 の処理量を削減できる。よって、クライアント装置 902 は、伝送されるデータ量の削減、又は、装置の構成の簡略化を実現できる。

[0357] また、クライアント装置 902 は、さらに、サーバ 901 に三次元マップの送信要求を送信し、サーバ 901 から三次元マップ 1031 を受信する。クライアント装置 902 は、自己位置の推定では、三次元データ 1034 と三次元マップ 1032 とを用いて、自己位置を推定する。

[0358] また、センサ情報 1033 は、レーザセンサで得られた情報、輝度画像、赤外画像、デプス画像、センサの位置情報、及びセンサの速度情報のうち少なくとも一つを含む。

[0359] また、センサ情報 1033 は、センサの性能を示す情報を含む。

[0360] また、クライアント装置 902 は、センサ情報 1033 を符号化又は圧縮し、センサ情報の送信では、符号化又は圧縮後のセンサ情報 1037 を、サーバ 901 又は他の移動体 902 に送信する。これによれば、クライアント装置 902 は、伝送されるデータ量を削減できる。

[0361] 例えば、クライアント装置 902 は、プロセッサと、メモリとを備え、プロセッサは、メモリを用いて、上記の処理を行う。

- [0362] また、本実施の形態に係るサーバ901は、移動体に搭載されるクライアント装置902と通信可能であり、移動体に搭載されたセンサ1015により得られた、移動体の周辺状況を示すセンサ情報1037をクライアント装置902から受信する。サーバ901は、受信したセンサ情報1037から、移動体の周辺の三次元データ1134を作成する。
- [0363] これによれば、サーバ901は、クライアント装置902から送信されたセンサ情報1037を用いて三次元データ1134を作成する。これにより、クライアント装置902が三次元データを送信する場合に比べて、送信データのデータ量を削減できる可能性がある。また、三次元データの圧縮又は符号化等の処理をクライアント装置902で行う必要がないので、クライアント装置902の処理量を削減できる。よって、サーバ901は、伝送されるデータ量の削減、又は、装置の構成の簡略化を実現できる。
- [0364] また、サーバ901は、さらに、クライアント装置902にセンサ情報の送信要求を送信する。
- [0365] また、サーバ901は、さらに、作成された三次元データ1134を用いて三次元マップ1135を更新し、クライアント装置902からの三次元マップ1135の送信要求に応じて三次元マップ1135をクライアント装置902に送信する。
- [0366] また、センサ情報1037は、レーザセンサで得られた情報、輝度画像、赤外画像、デプス画像、センサの位置情報、及びセンサの速度情報のうち少なくとも一つを含む。
- [0367] また、センサ情報1037は、センサの性能を示す情報を含む。
- [0368] また、サーバ901は、さらに、センサの性能に応じて、三次元データを補正する。これによれば、当該三次元データ作成方法は、三次元データの品質を向上できる。
- [0369] また、サーバ901は、センサ情報の受信では、複数のクライアント装置902から複数のセンサ情報1037を受信し、複数のセンサ情報1037に含まれるセンサの性能を示す複数の情報に基づき、三次元データ1134

の作成に用いるセンサ情報 1037 を選択する。これによれば、サーバ 901 は、三次元データ 1134 の品質を向上できる。

[0370] また、サーバ 901 は、受信したセンサ情報 1037 を復号又は伸張し、復号又は伸張後のセンサ情報 1132 から、三次元データ 1134 を作成する。これによれば、サーバ 901 は、伝送されるデータ量を削減できる。

[0371] 例えば、サーバ 901 は、プロセッサと、メモリとを備え、プロセッサは、メモリを用いて、上記の処理を行う。

[0372] （実施の形態 7）

本実施の形態では、インター予測処理を用いた三次元データの符号化方法及び復号方法について説明する。

[0373] 図 37 は、本実施の形態に係る三次元データ符号化装置 1300 のブロック図である。この三次元データ符号装置 1300 は、三次元データを符号化することで符号化信号である符号化ビットストリーム（以下、単にビットストリームとも記す）を生成する。図 37 に示すように、三次元データ符号化装置 1300 は、分割部 1301 と、減算部 1302 と、変換部 1303 と、量子化部 1304 と、逆量子化部 1305 と、逆変換部 1306 と、加算部 1307 と、参照ボリュームメモリ 1308 と、イントラ予測部 1309 と、参照スペースメモリ 1310 と、インター予測部 1311 と、予測制御部 1312 と、エントロピー符号化部 1313 とを備える。

[0374] 分割部 1301 は、三次元データに含まれる各スペース（SPC）を符号化単位である複数のボリューム（VLM）に分割する。また、分割部 1301 は、各ボリューム内のボクセルを 8 分木表現化（Octree 化）する。なお、分割部 1301 は、スペースとボリュームを同一サイズとし、スペースを 8 分木表現化してもよい。また、分割部 1301 は、8 分木化に必要な情報（深度情報など）をビットストリームのヘッダ等に付加してもよい。

[0375] 減算部 1302 は、分割部 1301 から出力されたボリューム（符号化対象ボリューム）と、後述するイントラ予測又はインター予測によって生成される予測ボリュームとの差分を算出し、算出された差分を予測残差として変

換部1303に出力する。図38は、予測残差の算出例を示す図である。なお、ここで示す符号化対象ボリューム及び予測ボリュームのビット列は、例えば、ボリュームに含まれる三次元点（例えばポイントクラウド）の位置を示す位置情報である。

[0376] 以下、8分木表現とボクセルのスキャン順について説明する。ボリュームは8分木構造に変換（8分木化）された後、符号化される。8分木構造はノードとリーフとで構成される。各ノードは8つのノード又はリーフを持ち、各リーフはボクセル（ $V \times L$ ）情報を持つ。図39は、複数のボクセルを含むボリュームの構造例を示す図である。図40は、図39に示すボリュームを8分木構造に変換した例を示す図である。ここで、図40に示すリーフのうち、リーフ1、2、3はそれぞれ図39に示すボクセル $V \times L$ 1、 $V \times L$ 2、 $V \times L$ 3を表し、点群を含む $V \times L$ （以下、有効 $V \times L$ ）を表現している。

[0377] 8分木は、例えば0、1の二値列で表現される。例えば、ノード又は有効 $V \times L$ を値1、それ以外を値0とすると、各ノード及びリーフには図40に示す二値列が割当てられる。そして、幅優先又は深さ優先のスキャン順に応じて、この二値列がスキャンされる。例えば幅優先でスキャンされた場合、図41のAに示す二値列が得られる。深さ優先でスキャンした場合は図41のBに示す二値列が得られる。このスキャンにより得られた二値列はエントロピー符号化によって符号化され情報量が削減される。

[0378] 次に、8分木表現における深度情報について説明する。8分木表現における深度は、ボリューム内に含まれるポイントクラウド情報を、どの粒度まで保持するかをコントロールするために使用される。深度を大きく設定すると、より細かいレベルまでポイントクラウド情報を再現することができるが、ノード及びリーフを表現するためのデータ量が増える。逆に深度を小さく設定すると、データ量が減少するが、複数の異なる位置及び色の異なるポイントクラウド情報が同一位置かつ同一色であるとみなされるため、本来のポイントクラウド情報が持つ情報を失うことになる。

[0379] 例えば、図42は、図40に示す深度＝2の8分木を、深度＝1の8分木で表現した例を示す図である。図42に示す8分木は図40に示す8分木よりデータ量が少なくなる。つまり、図42に示す8分木は図42に示す8分木より二値列化後のビット数が少ない。ここで、図40に示すリーフ1とリーフ2が図41に示すリーフ1で表現されることになる。つまり、図40に示すリーフ1とリーフ2とが異なる位置であったという情報が失われる。

[0380] 図43は、図42に示す8分木に対応するボリュームを示す図である。図39に示すVXL1とVXL2が図43に示すVXL12に対応する。この場合、三次元データ符号化装置1300は、図43に示すVXL12の色情報を、図39に示すVXL1とVXL2との色情報から生成する。例えば、三次元データ符号化装置1300は、VXL1とVXL2との色情報の平均値、中間値、又は重み平均値などをVXL12の色情報として算出する。このように、三次元データ符号化装置1300は、8分木の深度を変えることで、データ量の削減を制御してもよい。

[0381] 三次元データ符号化装置1300は、8分木の深度情報を、ワールド単位、スペース単位、及びボリューム単位のいずれの単位で設定しても構わない。またその際、三次元データ符号化装置1300は、ワールドのヘッダ情報、スペースのヘッダ情報、又はボリュームのヘッダ情報に深度情報を付加してもよい。また、時間の異なる全てのワールド、スペース、及びボリュームで深度情報として同一の値を使用してもよい。この場合、三次元データ符号化装置1300は、全時間のワールドを管理するヘッダ情報に深度情報を付加してもよい。

[0382] ボクセルに色情報が含まれる場合には、変換部1303は、ボリューム内のボクセルの色情報の予測残差に対し、直交変換等の周波数変換を適用する。例えば、変換部1303は、あるスキャン順で予測残差をスキャンすることで一次元配列を作成する。その後、変換部1303は、作成した一次元配列に一次元の直交変換を適用することで一次元配列を周波数領域に変換する。これにより、ボリューム内の予測残差の値が近い場合には低域の周波数成

分の値が大きくなり、高域の周波数成分の値が小さくなる。よって、量子化部 1304 においてより効率的に符号量を削減することができる。

[0383] また、変換部 1303 は、一次元ではなく、二次元以上の直交変換を用いてもよい。例えば、変換部 1303 は、あるスキャン順で予測残差を二次元配列にマッピングし、得られた二次元配列に二次元直交変換を適用する。また、変換部 1303 は、複数の直交変換方式から使用する直交変換方式を選択してもよい。この場合、三次元データ符号化装置 1300 は、どの直交変換方式を用いたかを示す情報をビットストリームに付加する。また、変換部 1303 は、次元の異なる複数の直交変換方式から使用する直交変換方式を選択してもよい。この場合、三次元データ符号化装置 1300 は、どの次元の直交変換方式を用いたかをビットストリームに付加する。

[0384] 例えば、変換部 1303 は、予測残差のスキャン順を、ボリューム内の 8 分木におけるスキャン順（幅優先又は深さ優先など）に合わせる。これにより、予測残差のスキャン順を示す情報をビットストリームに付加する必要がないので、オーバーヘッドを削減できる。また、変換部 1303 は、8 分木のスキャン順とは異なるスキャン順を適用してもよい。この場合、三次元データ符号化装置 1300 は、予測残差のスキャン順を示す情報をビットストリームに付加する。これにより、三次元データ符号化装置 1300 は、予測残差を効率よく符号化することができる。また、三次元データ符号化装置 1300 は、8 分木のスキャン順を適用するか否かを示す情報（フラグ等）をビットストリームに付加し、8 分木のスキャン順を適用しない場合に、予測残差のスキャン順を示す情報をビットストリームに付加してもよい。

[0385] 変換部 1303 は、色情報の予測残差だけでなく、ボクセルが持つその他の属性情報を変換してもよい。例えば、変換部 1303 は、ポイントクラウドを L i D A R 等で取得した際に得られる反射度等の情報を変換し、符号化してもよい。

[0386] 変換部 1303 は、スペースが色情報等の属性情報を持たない場合は、処理をスキップしてもよい。また、三次元データ符号化装置 1300 は、変換

部 1 3 0 3 の処理をスキップするか否かを示す情報（フラグ）をビットストリームに付加してもよい。

[0387] 量子化部 1 3 0 4 は、変換部 1 3 0 3 で生成された予測残差の周波数成分に対し、量子化制御パラメータを用いて量子化を行うことで量子化係数を生成する。これにより情報量が削減される。生成された量子化係数はエントロピー符号化部 1 3 1 3 に出力される。量子化部 1 3 0 4 は、量子化制御パラメータを、ワールド単位、スペース単位、又はボリューム単位で制御してもよい。その際には、三次元データ符号化装置 1 3 0 0 は、量子化制御パラメータをそれぞれのヘッダ情報等に付加する。また、量子化部 1 3 0 4 は、予測残差の周波数成分毎に、重みを変えて量子化制御を行ってもよい。例えば、量子化部 1 3 0 4 は、低周波数成分は細かく量子化し、高周波成分は粗く量子化してもよい。この場合、三次元データ符号化装置 1 3 0 0 は、各周波数成分の重みを表すパラメータをヘッダに付加してもよい。

[0388] 量子化部 1 3 0 4 は、スペースが色情報等の属性情報を持たない場合は、処理をスキップしてもよい。また、三次元データ符号化装置 1 3 0 0 は、量子化部 1 3 0 4 の処理をスキップするか否かを示す情報（フラグ）をビットストリームに付加してもよい。

[0389] 逆量子化部 1 3 0 5 は、量子化制御パラメータを用いて、量子化部 1 3 0 4 で生成された量子化係数に逆量子化を行うことで予測残差の逆量子化係数を生成し、生成した逆量子化係数を逆変換部 1 3 0 6 に出力する。

[0390] 逆変換部 1 3 0 6 は、逆量子化部 1 3 0 5 で生成された逆量子化係数に対し逆変換を適用することで逆変換適用後予測残差を生成する。この逆変換適用後予測残差は、量子化後に生成された予測残差であるため、変換部 1 3 0 3 が出力した予測残差とは完全には一致しなくてもよい。

[0391] 加算部 1 3 0 7 は、逆変換部 1 3 0 6 で生成された逆変換適用後予測残差と、量子化前の予測残差の生成に用いられた、後述するイントラ予測又はインター予測により生成された予測ボリュームとを加算して再構成ボリュームを生成する。この再構成ボリュームは、参照ボリュームメモリ 1 3 0 8、又

は、参照スペースメモリ 1310 に格納される。

[0392] イントラ予測部 1309 は、参照ボリュームメモリ 1308 に格納された隣接ボリュームの属性情報を用いて、符号化対象ボリュームの予測ボリュームを生成する。属性情報とは、ボクセルの色情報又は反射度を含む。イントラ予測部 1309 は、符号化対象ボリュームの色情報又は反射度の予測値を生成する。

[0393] 図 44 は、イントラ予測部 1309 の動作を説明するための図である。例えば、イントラ予測部 1309 は、図 44 に示す、符号化対象ボリューム（ボリューム $idx = 3$ ）の予測ボリュームを、隣接ボリューム（ボリューム $idx = 0$ ）から生成する。ここで、ボリューム idx とはスペース内のボリュームに対し付加される識別子情報であり、各ボリュームに異なる値が割当てられる。ボリューム idx の割当ての順番は符号化順と同じ順番であってもよいし、符号化順とは異なる順番であってもよい。例えば、イントラ予測部 1309 は、図 44 に示す符号化対象ボリュームの色情報の予測値として、隣接ボリュームであるボリューム $idx = 0$ 内に含まれるボクセルの色情報の平均値を用いる。この場合、符号化対象ボリューム内に含まれる各ボクセルの色情報から、色情報の予測値が差し引かれることで予測残差が生成される。この予測残差に対して変換部 1303 以降の処理が行われる。また、この場合、三次元データ符号化装置 1300 は、隣接ボリューム情報と、予測モード情報とをビットストリームに付加する。ここで隣接ボリューム情報とは、予測に用いた隣接ボリュームを示す情報であり、例えば、予測に用いた隣接ボリュームのボリューム idx を示す。また、予測モード情報とは、予測ボリュームの生成に使用したモードを示す。モードとは、例えば、隣接ボリューム内のボクセルの平均値から予測値を生成する平均値モード、又は隣接ボリューム内のボクセルの中間値から予測値を生成する中間値モード等である。

[0394] イントラ予測部 1309 は、予測ボリュームを、複数の隣接ボリュームから生成してもよい。例えば、図 44 に示す構成において、イントラ予測部 1

309は、ボリューム $idx = 0$ のボリュームから予測ボリューム0を生成し、ボリューム $idx = 1$ のボリュームから予測ボリューム1を生成する。そして、イントラ予測部1309は、予測ボリューム0と予測ボリューム1の平均を最終的な予測ボリュームとして生成する。この場合、三次元データ符号化装置1300は、予測ボリュームの生成に使用した複数のボリュームの複数のボリューム idx をビットストリームに付加してもよい。

[0395] 図45は、本実施の形態に係るインター予測処理を模式的に示す図である。インター予測部1311は、ある時刻 T_Cur のスペース (SPC) を、異なる時刻 T_LX の符号化済みスペースを用いて符号化 (インター予測) する。この場合、インター予測部1311は、異なる時刻 T_LX の符号化済みスペースに回転及び並進処理を適用して符号化処理を行う。

[0396] また、三次元データ符号化装置1300は、異なる時刻 T_LX のスペースに適用した回転及び並進処理に関わるRT情報をビットストリームに付加する。異なる時刻 T_LX とは、例えば、前記ある時刻 T_Cur より前の時刻 T_L0 である。このとき、三次元データ符号化装置1300は、時刻 T_L0 のスペースに適用した回転及び並進処理に関わるRT情報 RT_L0 をビットストリームに付加してもよい。

[0397] または、異なる時刻 T_LX とは、例えば、前記ある時刻 T_Cur より後の時刻 T_L1 である。このとき、三次元データ符号化装置1300は、時刻 T_L1 のスペースに適用した回転及び並進処理に関わるRT情報 RT_L1 をビットストリームに付加してもよい。

[0398] または、インター予測部1311は、異なる時刻 T_L0 及び時刻 T_L1 の両方のスペースを参照して符号化 (双予測) を行う。この場合には、三次元データ符号化装置1300は、それぞれのスペースに適用した回転及び並進に関わるRT情報 RT_L0 及び RT_L1 の両方をビットストリームに付加してもよい。

[0399] なお、上記では T_L0 を T_Cur より前の時刻、 T_L1 を T_Cur より後の時刻としたが、必ずしもこれに限らない。例えば、 T_L0 と T

__L 1 は共に T__C u r より前の時刻でもよい。または、T__L 0 と T__L 1 は共に T__C u r より後の時刻でもよい。

[0400] また、三次元データ符号化装置 1300 は、複数の異なる時刻のスペースを参照して符号化を行う場合には、それぞれのスペースに適用した回転及び並進に関わる R T 情報をビットストリームに付加してもよい。例えば、三次元データ符号化装置 1300 は、参照する複数の符号化済みスペースを 2 つの参照リスト（L 0 リスト及び L 1 リスト）で管理する。L 0 リスト内の第 1 の参照スペースを L 0 R 0 とし、L 0 リスト内の第 2 の参照スペースを L 0 R 1 とし、L 1 リスト内の第 1 の参照スペースを L 1 R 0 とし、L 1 リスト内の第 2 の参照スペースを L 1 R 1 とした場合、三次元データ符号化装置 1300 は、L 0 R 0 の R T 情報 R T__L 0 R 0 と、L 0 R 1 の R T 情報 R T__L 0 R 1 と、L 1 R 0 の R T 情報 R T__L 1 R 0 と、L 1 R 1 の R T 情報 R T__L 1 R 1 とをビットストリームに付加する。例えば、三次元データ符号化装置 1300 は、これらの R T 情報をビットストリームのヘッダ等に付加する。

[0401] また、三次元データ符号化装置 1300 は、複数の異なる時刻の参照スペースを参照して符号化を行う場合、参照スペース毎に回転及び並進を適用するか否かを判定する。その際、三次元データ符号化装置 1300 は、参照スペース毎に回転及び並進を適用したか否かを示す情報（R T 適用フラグ等）をビットストリームのヘッダ情報等に付加してもよい。例えば、三次元データ符号化装置 1300 は、符号化対象スペースから参照する参照スペース毎に I C P (I n t e r a c t i v e C l o s e s t P o i n t) アルゴリズムを用いて R T 情報、及び I C P エラー値を算出する。三次元データ符号化装置 1300 は、I C P エラー値が、予め定められた一定値以下の場合には、回転及び並進を行う必要がないと判定して R T 適用フラグをオフに設定する。一方、三次元データ符号化装置 1300 は、I C P エラー値が上記一定値より大きい場合は、R T 適用フラグをオンに設定し、R T 情報をビットストリームに付加する。

[0402] 図46は、RT情報及びRT適用フラグをヘッダに付加するシンタックス例を示す図である。なお、各シンタックスに割り当てるビット数は、そのシンタックスが取りうる範囲で決定してもよい。例えば、参照リストL0内に含まれる参照スペース数が8つの場合、MaxRefSpc__l0には3bitが割り当てられてもよい。割り当てるビット数を、各シンタックスが取りうる値に応じて可変にしてもよいし、取りうる値に関わらず固定にしてもよい。割り当てるビット数を固定にする場合は、三次元データ符号化装置1300は、その固定ビット数を別のヘッダ情報に付加してもよい。

[0403] ここで、図46に示す、MaxRefSpc__l0は、参照リストL0内に含まれる参照スペース数を示す。RT__flag__l0[i]は、参照リストL0内の参照スペースiのRT適用フラグである。RT__flag__l0[i]が1の場合、参照スペースiに回転及び並進が適用される。RT__flag__l0[i]が0の場合、参照スペースiに回転及び並進が適用されない。

[0404] R__l0[i]及びT__l0[i]は、参照リストL0内の参照スペースiのRT情報である。R__l0[i]は、参照リストL0内の参照スペースiの回転情報である。回転情報は、適用された回転処理の内容を示し、例えば、回転行列、又はクォータニオン等である。T__l0[i]は、参照リストL0内の参照スペースiの並進情報である。並進情報は、適用された並進処理の内容を示し、例えば、並進ベクトル等である。

[0405] MaxRefSpc__l1は、参照リストL1内に含まれる参照スペース数を示す。RT__flag__l1[i]は、参照リストL1内の参照スペースiのRT適用フラグである。RT__flag__l1[i]が1の場合、参照スペースiに回転及び並進が適用される。RT__flag__l1[i]が0の場合、参照スペースiに回転及び並進が適用されない。

[0406] R__l1[i]及びT__l1[i]は、参照リストL1内の参照スペースiのRT情報である。R__l1[i]は、参照リストL1内の参照スペースiの回転情報である。回転情報は、適用された回転処理の内容を示し、例え

ば、回転行列、又はクォータニオン等である。 $T_{L1}[i]$ は、参照リスト $L1$ 内の参照スペース i の並進情報である。並進情報は、適用された並進処理の内容を示し、例えば、並進ベクトル等である。

[0407] インター予測部1311は、参照スペースメモリ1310に格納された符号化済みの参照スペースの情報を用いて符号化対象ボリユームの予測ボリユームを生成する。上述したように、インター予測部1311は、符号化対象ボリユームの予測ボリユームを生成する前に、符号化対象スペースと参照スペースの全体的な位置関係を近づけるために、符号化対象スペースと参照スペースでICP (Interactive Closest Point) アルゴリズムを用いてRT情報を求める。そして、インター予測部1311は、求めたRT情報を用いて参照スペースに回転及び並進処理を適用することで参照スペースBを得る。その後、インター予測部1311は、符号化対象スペース内の符号化対象ボリユームの予測ボリユームを参照スペースB内の情報を用いて生成する。ここで、三次元データ符号化装置1300は、参照スペースBを得るために用いられたRT情報を符号化対象スペースのヘッダ情報等に付加する。

[0408] このように、インター予測部1311は、参照スペースに回転及び並進処理を適用することにより符号化対象スペースと参照スペースとの全体的な位置関係を近づけてから、参照スペースの情報を用いて予測ボリユームを生成することで予測ボリユームの精度を向上できる。また、予測残差を抑制できるので符号量を削減できる。なお、ここでは、符号化対象スペースと参照スペースとを用いてICPを行う例を示したが、必ずしもこれに限らない。例えば、インター予測部1311は、処理量を削減するために、ボクセル又はポイントクラウド数を間引いた符号化対象スペース、及び、ボクセル又はポイントクラウド数を間引いた参照スペースの少なくとも一方を用いてICPを行うことで、RT情報を求めてもよい。

[0409] また、インター予測部1311は、ICPの結果得られるICPエラー値が、予め定められた第1閾値より小さい場合、つまり、例えば符号化対象ス

ペースと参照スペースの位置関係が近い場合には、回転及び並進処理は必要ないと判断し、回転及び並進を行わなくてもよい。この場合、三次元データ符号化装置1300は、RT情報をビットストリームに付加しないことによりオーバーヘッドを抑制してもよい。

[0410] また、インター予測部1311は、ICPエラー値が、予め定められた第2閾値より大きい場合には、スペース間の形状変化が大きいと判断し、符号化対象スペースの全てのボリュームにイントラ予測を適用してもよい。以下、イントラ予測を適用するスペースをイントラスペースと呼ぶ。また、第2閾値は上記第1閾値より大きい値である。また、ICPに限定せず、2つのボクセル集合、又は、2つのポイントクラウド集合からRT情報を求める方法であれば、どのような手法を適用してもよい。

[0411] また、三次元データに形状又は色等の属性情報が含まれる場合には、インター予測部1311は、符号化対象スペース内の符号化対象ボリュームの予測ボリュームとして、例えば参照スペース内で符号化対象ボリュームと最も形状又は色等の属性情報が近いボリュームを探索する。また、この参照スペースは、例えば、上述した回転及び並進処理が行われた後の参照スペースである。インター予測部1311は、探索により得られたボリューム（参照ボリューム）から予測ボリュームを生成する。図47は、予測ボリュームの生成動作を説明するための図である。インター予測部1311は、図47に示す符号化対象ボリューム（ボリュームid_x=0）を、インター予測を用いて符号化する場合、参照スペース内の参照ボリュームを順にスキャンしながら、符号化対象ボリュームと参照ボリュームとの差分である予測残差が一番小さいボリュームを探索する。インター予測部1311は、予測残差が一番小さいボリュームを予測ボリュームとして選択する。符号化対象ボリュームと予測ボリュームとの予測残差が変換部1303以降の処理により符号化される。ここで、予測残差とは、符号化対象ボリュームの属性情報と予測ボリュームの属性情報との差分である。また、三次元データ符号化装置1300は、予測ボリュームとして参照した参照スペース内の参照ボリュームのボリ

ューム idx をビットストリームのヘッダ等に付加する。

[0412] 図 47 に示す例では、参照スペース $LOR0$ のボリューム $idx = 4$ の参照ボリュームが符号化対象ボリュームの予測ボリュームとして選択される。そして、符号化対象ボリュームと参照ボリュームとの予測残差と、参照ボリューム $idx = 4$ とが符号化されてビットストリームに付加される。

[0413] なお、ここでは属性情報の予測ボリュームを生成する例を説明したが、位置情報の予測ボリュームについても同様の処理が行われてもよい。

[0414] 予測制御部 1312 は、符号化対象ボリュームをイントラ予測、及びインター予測のいずれを用いて符号化するかを制御する。ここで、イントラ予測、及びインター予測を含むモードを予測モードと呼ぶ。例えば、予測制御部 1312 は、符号化対象ボリュームをイントラ予測で予測した場合の予測残差と、インター予測で予測した場合の予測残差とを評価値として算出し、評価値が小さい方の予測モードを選択する。なお、予測制御部 1312 は、イントラ予測の予測残差とインター予測の予測残差とに、それぞれ直交変換、量子化、及び、エントロピー符号化を適用することで実際の符号量を算出し、算出した符号量を評価値として予測モードを選択してもよい。また、評価値に予測残差以外のオーバーヘッド情報（参照ボリューム idx 情報など）を加えるようにしてもよい。また、予測制御部 1312 は、符号化対象スペースをイントラスペースで符号化すると予め決定されている場合には、常にイントラ予測を選択してもよい。

[0415] エントロピー符号化部 1313 は、量子化部 1304 からの入力である量子化係数を可変長符号化することにより符号化信号（符号化ビットストリーム）を生成する。具体的には、エントロピー符号化部 1313 は、例えば、量子化係数を二値化し、得られた二値信号を算術符号化する。

[0416] 次に、三次元データ符号化装置 1300 により生成された符号化信号を復号する三次元データ復号装置について説明する。図 48 は、本実施の形態に係る三次元データ復号装置 1400 のブロック図である。この三次元データ復号装置 1400 は、エントロピー復号部 1401 と、逆量子化部 1402

と、逆変換部1403と、加算部1404と、参照ボリュームメモリ1405と、イントラ予測部1406と、参照スペースメモリ1407と、インター予測部1408と、予測制御部1409とを備える。

- [0417] エントロピー復号部1401は、符号化信号（符号化ビットストリーム）を可変長復号する。例えば、エントロピー復号部1401は、符号化信号を算術復号して二値信号を生成し、生成した二値信号から量子化係数を生成する。
- [0418] 逆量子化部1402は、エントロピー復号部1401から入力された量子化係数を、ビットストリーム等に付加された量子化パラメータを用いて逆量子化することで逆量子化係数を生成する。
- [0419] 逆変換部1403は、逆量子化部1402から入力された逆量子化係数を逆変換することで予測残差を生成する。例えば、逆変換部1403は、逆量子化係数を、ビットストリームに付加された情報に基づいて逆直交変換することで予測残差を生成する。
- [0420] 加算部1404は、逆変換部1403で生成された予測残差と、イントラ予測又はインター予測により生成された予測ボリュームとを加算して再構成ボリュームを生成する。この再構成ボリュームは、復号三次元データとして出力されるとともに、参照ボリュームメモリ1405、又は、参照スペースメモリ1407に格納される。
- [0421] イントラ予測部1406は、参照ボリュームメモリ1405内の参照ボリュームとビットストリームに付加された情報とを用いてイントラ予測により予測ボリュームを生成する。具体的には、イントラ予測部1406は、ビットストリームに付加された隣接ボリューム情報（例えばボリュームid）と、予測モード情報とを取得し、隣接ボリューム情報で示される隣接ボリュームを用いて、予測モード情報で示されるモードにより予測ボリュームを生成する。なお、これらの処理の詳細は、ビットストリームに付与された情報が用いられる点を除き、上述したイントラ予測部1309による処理と同様である。

- [0422] インター予測部 1408 は、参照スペースメモリ 1407 内の参照スペースとビットストリームに付加された情報とを用いてインター予測により予測ボリュームを生成する。具体的には、インター予測部 1408 は、ビットストリームに付加された参照スペース毎の R T 情報を用いて参照スペースに対して回転及び並進処理を適用し、適用後の参照スペースを用いて予測ボリュームを生成する。なお、参照スペース毎の R T 適用フラグがビットストリーム内に存在する場合には、インター予測部 1408 は、R T 適用フラグに応じて参照スペースに回転及び並進処理を適用する。なお、これらの処理の詳細は、ビットストリームに付与された情報が用いられる点を除き、上述したインター予測部 1311 による処理と同様である。
- [0423] 予測制御部 1409 は、復号対象ボリュームをイントラ予測で復号するか、インター予測で復号するかを制御する。例えば、予測制御部 1409 は、ビットストリームに付加された、使用する予測モードを示す情報に応じてイントラ予測又はインター予測を選択する。なお、予測制御部 1409 は、復号対象スペースをイントラスペースで復号すると予め決定されている場合は、常にイントラ予測を選択してもよい。
- [0424] 以下、本実施の形態の変形例について説明する。本実施の形態ではスペース単位で回転及び並進が適用される例を説明したが、より細かい単位で回転及び並進が適用されてもよい。例えば、三次元データ符号化装置 1300 は、スペースをサブスペースに分割し、サブスペース単位で回転及び並進を適用してもよい。この場合、三次元データ符号化装置 1300 は、サブスペース毎に R T 情報を生成し、生成した R T 情報をビットストリームのヘッダ等に付加する。また、三次元データ符号化装置 1300 は、符号化単位であるボリューム単位で回転及び並進を適用してもよい。この場合、三次元データ符号化装置 1300 は、符号化ボリューム単位で R T 情報を生成し、生成した R T 情報をビットストリームのヘッダ等に付加する。さらに、上記を組み合わせてもよい。つまり、三次元データ符号化装置 1300 は、大きい単位で回転及び並進を適用し、その後、細かい単位で回転及び並進を適用しても

よい。例えば、三次元データ符号化装置 1300 は、スペース単位で回転及び並進を適用し、得られたスペースに含まれる複数のボリュームの各々に対して、互いに異なる回転及び並進を適用してもよい。

[0425] また、本実施の形態では参照スペースに回転及び並進を適用する例を説明したが、必ずしもこれに限らない。例えば、三次元データ符号化装置 1300 は、例えば、スケール処理を適用して三次元データの大きさを変化させてもよい。また、三次元データ符号化装置 1300 は、回転、並進及びスケールのうち、いずれか 1 つ又は 2 つを適用してもよい。また、上記のように多段階で異なる単位で処理を適用する場合には、各単位に適用される処理の種類が異なってもよい。例えば、スペース単位では回転及び並進が適用され、ボリューム単位では並進が適用されてもよい。

[0426] なお、これらの変形例については、三次元データ復号装置 1400 に対しても同様に適用できる。

[0427] 以上のように、本実施の形態に係る三次元データ符号化装置 1300 は、以下の処理を行う。図 48 は、三次元データ符号化装置 1300 によるインター予測処理のフローチャートである。

[0428] まず、三次元データ符号化装置 1300 は、対象三次元データ（例えば符号化対象スペース）と異なる時刻の参照三次元データ（例えば参照スペース）に含まれる三次元点の位置情報を用いて予測位置情報（例えば予測ボリューム）を生成する（S1301）。具体的には、三次元データ符号化装置 1300 は、参照三次元データに含まれる三次元点の位置情報に回転及び並進処理を適用することで予測位置情報を生成する。

[0429] なお、三次元データ符号化装置 1300 は、回転及び並進処理を第 1 の単位（例えばスペース）で行い、予測位置情報の生成を第 1 の単位より細かい第 2 の単位（例えばボリューム）で行ってもよい。例えば、三次元データ符号化装置 1300 は、回転及び並進処理後の参照スペースに含まれる複数のボリュームのうち、符号化対象スペースに含まれる符号化対象ボリュームと位置情報の差が最小となるボリュームを探索し、得られたボリュームを予測

ボリュームとして用いる。なお、三次元データ符号化装置 1300 は、回転及び並進処理と、予測位置情報の生成とを同一の単位で行ってもよい。

[0430] また、三次元データ符号化装置 1300 は、参照三次元データに含まれる三次元点の位置情報に第 1 の単位（例えばスペース）で第 1 回転及び並進処理を適用し、第 1 回転及び並進処理により得られた三次元点の位置情報に、第 1 の単位より細かい第 2 の単位（例えばボリューム）で第 2 回転及び並進処理を適用することで予測位置情報を生成してもよい。

[0431] ここで、三次元点の位置情報及び予測位置情報は、例えば図 4 1 に示すように、8 分木構造で表現される。例えば、三次元点の位置情報及び予測位置情報は、8 分木構造における深度と幅とのうち、幅を優先したスキャン順で表される。または、三次元点の位置情報及び予測位置情報は、8 分木構造における深度と幅とのうち、深度を優先したスキャン順で表される。

[0432] また、図 4 6 に示すように、三次元データ符号化装置 1300 は、参照三次元データに含まれる三次元点の位置情報に回転及び並進処理を適用するかどうかを示す R T 適用フラグを符号化する。つまり、三次元データ符号化装置 1300 は、R T 適用フラグを含む符号化信号（符号化ビットストリーム）を生成する。また、三次元データ符号化装置 1300 は、回転及び並進処理の内容を示す R T 情報を符号化する。つまり、三次元データ符号化装置 1300 は、R T 情報を含む符号化信号（符号化ビットストリーム）を生成する。なお、三次元データ符号化装置 1300 は、R T 適用フラグにより回転及び並進処理を適用することが示される場合に R T 情報を符号化し、R T 適用フラグにより回転及び並進処理を適用しないことが示される場合に R T 情報を符号化しなくてもよい。

[0433] また、三次元データは、例えば、三次元点の位置情報と、各三次元点の属性情報（色情報等）とを含む。三次元データ符号化装置 1300 は、参照三次元データに含まれる三次元点の属性情報を用いて予測属性情報を生成する（S 1302）。

[0434] 次に、三次元データ符号化装置 1300 は、対象三次元データに含まれる

三次元点の位置情報を、予測位置情報を用いて符号化する。例えば、三次元データ符号化装置1300は、図38に示すように対象三次元データに含まれる三次元点の位置情報と予測位置情報との差分である差分位置情報を算出する(S1303)。

[0435] また、三次元データ符号化装置1300は、対象三次元データに含まれる三次元点の属性情報を、予測属性情報を用いて符号化する。例えば、三次元データ符号化装置1300は、対象三次元データに含まれる三次元点の属性情報と予測属性情報との差分である差分属性情報を算出する(S1304)。次に、三次元データ符号化装置1300は、算出された差分属性情報に変換及び量子化を行う(S1305)。

[0436] 最後に、三次元データ符号化装置1300は、差分位置情報と、量子化後の差分属性情報とを符号化(例えばエントロピー符号化)する(S1306)。つまり、三次元データ符号化装置1300は、差分位置情報と差分属性情報とを含む符号化信号(符号化ビットストリーム)を生成する。

[0437] なお、三次元データに属性情報が含まれない場合には、三次元データ符号化装置1300は、ステップS1302、S1304及びS1305を行わなくてもよい。また、三次元データ符号化装置1300は、三次元点の位置情報の符号化と、三次元点の属性情報の符号化とのうち、一方のみを行ってもよい。

[0438] また、図49に示す処理の順序は一例であり、これに限定されない。例えば、位置情報に対する処理(S1301、S1303)と、属性情報に対する処理(S1302、S1304、S1305)とは互いに独立しているため、任意の順序で行われてもよいし、一部が並列処理されてもよい。

[0439] 以上により、本実施の形態に三次元データ符号化装置1300は、対象三次元データと異なる時刻の参照三次元データに含まれる三次元点の位置情報を用いて予測位置情報を生成し、対象三次元データに含まれる三次元点の位置情報と予測位置情報との差分である差分位置情報を符号化する。これにより、符号化信号のデータ量を削減できるので符号化効率を向上できる。

- [0440] また、本実施の形態に三次元データ符号化装置 1300 は、参照三次元データに含まれる三次元点の属性情報を用いて予測属性情報を生成し、対象三次元データに含まれる三次元点の属性情報と予測属性情報との差分である差分属性情報を符号化する。これにより、符号化信号のデータ量を削減できるので符号化効率を向上できる。
- [0441] 例えば、三次元データ符号化装置 1300 は、プロセッサと、メモリとを備え、プロセッサは、メモリを用いて、上記の処理を行う。
- [0442] 図 48 は、三次元データ復号装置 1400 によるインター予測処理のフローチャートである。
- [0443] まず、三次元データ復号装置 1400 は、符号化信号（符号化ビットストリーム）から、差分位置情報と差分属性情報とを復号（例えばエントロピー復号）する（S1401）。
- [0444] また、三次元データ復号装置 1400 は、符号化信号から、参照三次元データに含まれる三次元点の位置情報に回転及び並進処理を適用するか否かを示す RT 適用フラグを復号する。また、三次元データ復号装置 1400 は、回転及び並進処理の内容を示す RT 情報を復号する。なお、三次元データ復号装置 1400 は、RT 適用フラグにより回転及び並進処理を適用することが示される場合に RT 情報を復号し、RT 適用フラグにより回転及び並進処理を適用しないことが示される場合に RT 情報を復号しなくてもよい。
- [0445] 次に、三次元データ復号装置 1400 は、復号された差分属性情報に逆量子化及び逆変換を行う（S1402）。
- [0446] 次に、三次元データ復号装置 1400 は、対象三次元データ（例えば復号対象スペース）と異なる時刻の参照三次元データ（例えば参照スペース）に含まれる三次元点の位置情報を用いて予測位置情報（例えば予測ボリューム）を生成する（S1403）。具体的には、三次元データ復号装置 1400 は、参照三次元データに含まれる三次元点の位置情報に回転及び並進処理を適用することで予測位置情報を生成する。
- [0447] より具体的には、三次元データ復号装置 1400 は、RT 適用フラグによ

り回転及び並進処理を適用することが示される場合に、R T 情報で示される参照三次元データに含まれる三次元点の位置情報に回転及び並進処理を適用する。一方、R T 適用フラグにより回転及び並進処理を適用しないことが示される場合には、三次元データ復号装置 1400 は、参照三次元データに含まれる三次元点の位置情報に回転及び並進処理を適用しない。

[0448] なお、三次元データ復号装置 1400 は、回転及び並進処理を第 1 の単位（例えばスペース）で行い、予測位置情報の生成を第 1 の単位より細かい第 2 の単位（例えばボリューム）で行ってもよい。なお、三次元データ復号装置 1400 は、回転及び並進処理と、予測位置情報の生成とを同一の単位で行ってもよい。

[0449] また、三次元データ復号装置 1400 は、参照三次元データに含まれる三次元点の位置情報に第 1 の単位（例えばスペース）で第 1 回転及び並進処理を適用し、第 1 回転及び並進処理により得られた三次元点の位置情報に、第 1 の単位より細かい第 2 の単位（例えばボリューム）で第 2 回転及び並進処理を適用することで予測位置情報を生成してもよい。

[0450] ここで、三次元点の位置情報及び予測位置情報は、例えば図 41 に示すように、8 分木構造で表現される。例えば、三次元点の位置情報及び予測位置情報は、8 分木構造における深度と幅とのうち、幅を優先したスキャン順で表される。または、三次元点の位置情報及び予測位置情報は、8 分木構造における深度と幅とのうち、深度を優先したスキャン順で表される。

[0451] 三次元データ復号装置 1400 は、参照三次元データに含まれる三次元点の属性情報を用いて予測属性情報を生成する（S 1404）。

[0452] 次に、三次元データ復号装置 1400 は、符号化信号に含まれる符号化位置情報を予測位置情報を用いて復号することで対象三次元データに含まれる三次元点の位置情報を復元する。ここで、符号化位置情報とは、例えば、差分位置情報であり、三次元データ復号装置 1400 は、差分位置情報と予測位置情報とを加算することで対象三次元データに含まれる三次元点の位置情報を復元する（S 1405）。

[0453] また、三次元データ復号装置 1400 は、符号化信号に含まれる符号化属性情報を予測属性情報を用いて復号することで対象三次元データに含まれる三次元点の属性情報を復元する。ここで、符号化属性情報とは、例えば、差分属性情報であり、三次元データ復号装置 1400 は、差分属性情報と予測属性情報とを加算することで対象三次元データに含まれる三次元点の属性情報を復元する（S1406）。

[0454] なお、三次元データに属性情報が含まれない場合には、三次元データ復号装置 1400 は、ステップ S1402、S1404 及び S1406 を行わなくてもよい。また、三次元データ復号装置 1400 は、三次元点の位置情報の復号と、三次元点の属性情報の復号とのうち、一方のみを行ってもよい。

[0455] また、図 50 に示す処理の順序は一例であり、これに限定されない。例えば、位置情報に対する処理（S1403、S1405）と、属性情報に対する処理（S1402、S1404、S1406）とは互いに独立しているため、任意の順序で行われてもよいし、一部が並列処理されてもよい。

[0456] （実施の形態 8）

三次元点群の情報は、位置情報（*geometry*）と属性情報（*attribute*）とを含む。位置情報は、ある点を基準とした座標（*x* 座標、*y* 座標、*z* 座標）を含む。位置情報を符号化する場合は、各三次元点の座標を直接符号化する代わりに、各三次元点の位置を 8 分木表現で表現し、8 分木の情報を符号化することで符号量を削減する方法が用いられる。

[0457] 一方、属性情報は、各三次元点の色情報（*RGB*、*YUV* など）、反射率、及び法線ベクトルなどを示す情報を含む。例えば、三次元データ符号化装置は、属性情報を、位置情報とは別の符号化方法を用いて符号化することができる。

[0458] 本実施の形態では属性情報の符号化方法について説明する。なお、本実施の形態では属性情報の値として整数値を用いて説明する。例えば色情報 *RGB* 又は *YUV* の各色成分が 8 *bit* 精度である場合、各色成分は 0～255 の整数値をとる。反射率の値が 10 *bit* 精度である場合、反射率の値は 0

～1023の整数値をとる。なお、三次元データ符号化装置は、属性情報のビット精度が小数精度である場合、属性情報の値が整数値になるように、当該値にスケール値を乗じてから整数値に丸めてもよい。なお、三次元データ符号化装置は、このスケール値をビットストリームのヘッダ等に付加してもよい。

[0459] 三次元点の属性情報の符号化方法として、三次元点の属性情報の予測値を算出し、元の属性情報の値と予測値との差分（予測残差）を符号化することが考えられる。例えば、三次元点 p の属性情報の値が A_p であり、予測値が P_p である場合、三次元データ符号化装置は、その差分絶対値 $Diff_p = |A_p - P_p|$ を符号化する。この場合、予測値 P_p を高精度に生成することができれば、差分絶対値 $Diff_p$ の値が小さくなる。よって、例えば、値が小さい程発生ビット数が小さくなる符号化テーブルを用いて差分絶対値 $Diff_p$ をエントロピー符号化することで符号量を削減することができる。

[0460] 属性情報の予測値を生成する方法として、符号化対象の対象三次元点の周囲にある別の三次元点である参照三次元点の属性情報を用いることが考えられる。ここで参照三次元点とは、対象三次元点から予め定められた距離範囲内にある三次元点である。例えば、対象三次元点 $p = (x_1, y_1, z_1)$ と三次元点 $q = (x_2, y_2, z_2)$ とが存在する場合、三次元データ符号化装置は、(式A1)に示す三次元点 p と三次元点 q とのユークリッド距離 $d(p, q)$ を算出する。

[0461] [数1]

$$d(p,q) = \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2 + (z_1 - z_2)^2} \quad \dots \text{(式A1)}$$

[0462] 三次元データ符号化装置は、ユークリッド距離 $d(p, q)$ が予め定められた閾値 TH_d より小さい場合、三次元点 q の位置が対象三次元点 p の位置に近いと判定し、対象三次元点 p の属性情報の予測値の生成に三次元点 q の属性情報の値を利用すると判定する。なお、距離算出方法は別の方法でもよ

く、例えばマハラノビス距離等が用いられてもよい。また、三次元データ符号化装置は、対象三次元点から予め定められた距離範囲外の三次元点を予測処理に用いないと判定してもよい。例えば、三次元点 r が存在し、対象三次元点 p と三次元点 r との距離 $d(p, r)$ が閾値 THd 以上である場合、三次元データ符号化装置は、三次元点 r を予測に用いないと判定してもよい。なお、三次元データ符号化装置は、閾値 THd を示す情報を、ビットストリームのヘッダ等に付加してもよい。

[0463] 図51は、三次元点の例を示す図である。この例では、対象三次元点 p と三次元点 q との距離 $d(p, q)$ が閾値 THd より小さい。よって、三次元データ符号化装置は、三次元点 q を対象三次元点 p の参照三次元点と判定し、対象三次元点 p の属性情報 A_p の予測値 P_p の生成に三次元点 q の属性情報 A_q の値を利用すると判定する。

[0464] 一方、対象三次元点 p と三次元点 r との距離 $d(p, r)$ は、閾値 THd 以上である。よって、三次元データ符号化装置は、三次元点 r を対象三次元点 p の参照三次元点でないと判定し、対象三次元点 p の属性情報 A_p の予測値 P_p の生成に三次元点 r の属性情報 A_r の値を利用しないと判定する。

[0465] また、三次元データ符号化装置は、対象三次元点の属性情報を予測値を用いて符号化する場合、既に属性情報を符号化及び復号済みの三次元点を参照三次元点として利用する。同様に、三次元データ復号装置は、復号対象の対象三次元点の属性情報を予測値を用いて復号する場合、既に属性情報を復号済みの三次元点を参照三次元点として利用する。これにより、符号化時と復号時とで同一の予測値を生成することができるので、符号化で生成した三次元点のビットストリームを復号側で正しく復号することができる。

[0466] また、三次元点の属性情報を符号化する場合に、三次元点の位置情報を用いて各三次元点を複数階層に分類してから符号化することが考えられる。ここで、分類した各階層を LoD (Level of Detail) と呼ぶ。 LoD の生成方法について図52を用いて説明する。

[0467] まず、三次元データ符号化装置は、初期点 a_0 を選択し、 LoD_0 に割当

てる。次に、三次元データ符号化装置は、点 a_0 からの距離が $L_{OD}0$ の閾値 $Thres_L_{OD}[0]$ より大きい点 a_1 を抽出し $L_{OD}0$ に割当てて。次に、三次元データ符号化装置は、点 a_1 からの距離が $L_{OD}0$ の閾値 $Thres_L_{OD}[0]$ より大きい点 a_2 を抽出し $L_{OD}0$ に割当てて。このように、三次元データ符号化装置は、 $L_{OD}0$ 内の各点の間の距離が閾値 $Thres_L_{OD}[0]$ より大きくなるように $L_{OD}0$ を構成する。

[0468] 次に、三次元データ符号化装置は、まだ L_{OD} が未割当ての点 b_0 を選択し、 $L_{OD}1$ に割当てて。次に、三次元データ符号化装置は、点 b_0 からの距離が $L_{OD}1$ の閾値 $Thres_L_{OD}[1]$ より大きく、 L_{OD} が未割当ての点 b_1 を抽出し $L_{OD}1$ に割当てて。次に、三次元データ符号化装置は、点 b_1 からの距離が $L_{OD}1$ の閾値 $Thres_L_{OD}[1]$ より大きく、 L_{OD} が未割当ての点 b_2 を抽出し $L_{OD}1$ に割当てて。このように、三次元データ符号化装置は、 $L_{OD}1$ 内の各点の間の距離が閾値 $Thres_L_{OD}[1]$ より大きくなるように $L_{OD}1$ を構成する。

[0469] 次に、三次元データ符号化装置は、まだ L_{OD} が未割当ての点 c_0 を選択し、 $L_{OD}2$ に割当てて。次に、三次元データ符号化装置は、点 c_0 からの距離が $L_{OD}2$ の閾値 $Thres_L_{OD}[2]$ より大きく、 L_{OD} が未割当ての点 c_1 を抽出し $L_{OD}2$ に割当てて。次に、三次元データ符号化装置は、点 c_1 からの距離が $L_{OD}2$ の閾値 $Thres_L_{OD}[2]$ より大きく、 L_{OD} が未割当ての点 c_2 を抽出し $L_{OD}2$ に割当てて。このように、三次元データ符号化装置は、 $L_{OD}2$ 内の各点の間の距離が閾値 $Thres_L_{OD}[2]$ より大きくなるように $L_{OD}2$ を構成する。例えば、図53に示すように、各 L_{OD} の閾値 $Thres_L_{OD}[0]$ 、 $Thres_L_{OD}[1]$ 、及び $Thres_L_{OD}[2]$ が設定される。

[0470] また、三次元データ符号化装置は、各 L_{OD} の閾値を示す情報を、ビットストリームのヘッダ等に付加してもよい。例えば、図53に示す例の場合、三次元データ符号化装置は、閾値 $Thres_L_{OD}[0]$ 、 $Thres_L_{OD}[1]$ 、及び $Thres_L_{OD}[2]$ をヘッダに付加してもよい。

[0471] また、三次元データ符号化装置は、L o Dの最下層にL o Dが未割当ての三次元点全てを割当ててもよい。この場合、三次元データ符号化装置は、L o Dの最下層の閾値をヘッダに付加しないことでヘッダの符号量を削減できる。例えば、図53に示す例の場合、三次元データ符号化装置は、閾値Thres__L o D [0]とThres__L o D [1]をヘッダに付加し、Thres__L o D [2]をヘッダに付加しない。この場合、三次元データ復号装置は、Thres__L o D [2]の値0と推定してもよい。また、三次元データ符号化装置は、L o Dの階層数をヘッダに付加してもよい。これにより、三次元データ復号装置は、L o Dの階層数を用いて最下層のL o Dを判定できる。

[0472] また、L o Dの各層の閾値の値を図53に示すように上位層ほど大きく設定することで、上位層（L o D 0に近い層）ほど三次元点間の距離が離れた疎点群（sparse）となり、下位層ほど三次元点間の距離が近い密点群（dense）となる。なお、図53に示す例では、L o D 0が最上位層である。

[0473] また、各L o Dを設定する際の初期三次元点の選択方法は、位置情報符号化時の符号化順に依存してもよい。例えば、三次元データ符号化装置は、L o D 0の初期点a 0として、位置情報符号化時に最初に符号化された三次元点を選択し、初期点a 0を基点に、点a 1、点a 2を選択してL o D 0を構成する。そして、三次元データ符号化装置は、L o D 1の初期点b 0として、L o D 0に属していない三次元点の中で、最も早く位置情報が符号化された三次元点を選択してもよい。つまり、三次元データ符号化装置は、L o D nの初期点n 0として、L o D nの上層（L o D 0～L o D n-1）に属していない三次元点の中で、最も早く位置情報が符号化された三次元点を選択してもよい。これにより、三次元データ復号装置は、復号時に同様の初期点選択方法を用いることで、符号化時と同一のL o Dを構成できるので、ビットストリームを適切に復号できる。具体的には、三次元データ復号装置は、L o D nの初期点n 0として、L o D nの上層に属していない三次元点の中

で、最も早く位置情報が復号された三次元点を選択する。

[0474] 以下、三次元点の属性情報の予測値を、L o D の情報を用いて生成する手法について説明する。例えば、三次元データ符号化装置は、L o D 0 に含まれる三次元点から順に符号化する場合、L o D 1 に含まれる対象三次元点を、L o D 0 及びL o D 1 に含まれる符号化かつ復号済み（以下、単に「符号化済み」とも記す）の属性情報を用いて生成する。このように、三次元データ符号化装置は、L o D n に含まれる三次元点の属性情報の予測値を、L o D n' ($n' \leq n$) に含まれる符号化済みの属性情報を用いて生成する。つまり、三次元データ符号化装置は、L o D n に含まれる三次元点の属性情報の予測値の算出に、L o D n の下層に含まれる三次元点の属性情報を用いない。

[0475] 例えば、三次元データ符号化装置は、三次元点の属性情報の予測値を、符号化対象の対象三次元点の周辺の符号化済みの三次元点のうち、N個以下の三次元点の属性値の平均を算出することで生成する。また、三次元データ符号化装置は、Nの値を、ビットストリームのヘッダ等に付加してもよい。なお、三次元データ符号化装置は、Nの値を三次元点毎に変更し、三次元点毎にNの値を付加してもよい。これにより、三次元点毎に適切なNを選択することができるので、予測値の精度を向上できる。よって、予測残差を小さくできる。また、三次元データ符号化装置は、Nの値をビットストリームのヘッダに付加し、ビットストリーム内でNの値を固定してもよい。これにより、三次元点毎にNの値を符号化、又は復号する必要がなくなるので、処理量を削減できる。また、三次元データ符号化装置は、L o D 毎にNの値を別々に符号化してもよい。これによりL o D 毎に適切なNを選択することで符号化効率を向上できる。

[0476] または、三次元データ符号化装置は、三次元点の属性情報の予測値を、周囲の符号化済みのN個の三次元点の属性情報の重み付け平均値により算出してもよい。例えば、三次元データ符号化装置は、対象三次元点と周囲のN個の三次元点とのそれぞれの距離情報を用いて重みを算出する。

[0477] 三次元データ符号化装置は、L o D毎にNの値を別々に符号化する場合、例えばL o Dの上位層ほどNの値を大きく設定し、下位層ほどNの値を小さく設定する。L o Dの上位層では属する三次元点間の距離が離れるため、Nの値を大きく設定して複数の周囲の三次元点を選択して平均化することで予測精度を向上できる可能性がある。また、L o Dの下位層では属する三次元点間の距離が近いため、Nの値を小さく設定して平均化の処理量を抑えつつ、効率的な予測を行うことが可能となる。

[0478] 図54は、予測値に用いる属性情報の例を示す図である。上述したように、L o D Nに含まれる点Pの予測値は、L o D N' (N' ≤ N)に含まれる符号化済みの周囲点P'を用いて生成される。ここで、周囲点P'は、点Pとの距離に基づき選択される。例えば、図54に示す点b2の属性情報の予測値は、点a0、a1、a2、b0、b1の属性情報を用いて生成される。

[0479] 上述したNの値に応じて、選択される周囲点は変化する。例えばN=5の場合は点b2の周囲点としてa0、a1、a2、b0、b1が選択される。N=4の場合は距離情報を元に点a0、a1、a2、b1を選択される。

[0480] 予測値は、距離依存の重み付け平均により算出される。例えば、図54に示す例では、点a2の予測値a2pは、(式A2)及び(式A3)に示すように、点a0及び点a1の属性情報の重み付け平均により算出される。なお、A_iは点a_iの属性情報の値である。

[0481] [数2]

$$a2p = \sum_{i=0}^1 w_i \times A_i \quad \dots \text{(式A2)}$$

$$w_i = \frac{\frac{1}{d(a2, ai)}}{\sum_{j=0}^1 \frac{1}{d(a2, aj)}} \quad \dots \text{(式A3)}$$

[0482] また、点b2の予測値b2pは、(式A4)～(式A6)に示すように、

点 a_0 、 a_1 、 a_2 、 b_0 、 b_1 の属性情報の重み付け平均により算出される。なお、 B_i は点 b_i の属性情報の値である。

[0483] [数3]

$$b2p = \sum_{i=0}^2 wa_i \times A_i + \sum_{i=0}^1 wb_i \times B_i \quad \dots \text{ (式A4)}$$

$$wa_i = \frac{\frac{1}{d(b2, ai)}}{\sum_{j=0}^2 \frac{1}{d(b2, aj)} + \sum_{j=0}^1 \frac{1}{d(b2, bj)}} \quad \dots \text{ (式A5)}$$

$$wb_i = \frac{\frac{1}{d(b2, bi)}}{\sum_{j=0}^2 \frac{1}{d(b2, aj)} + \sum_{j=0}^1 \frac{1}{d(b2, bj)}} \quad \dots \text{ (式A6)}$$

[0484] また、三次元データ符号化装置は、三次元点の属性情報の値と、周囲点から生成した予測値との差分値（予測残差）を算出し、算出した予測残差を量子化してもよい。例えば、三次元データ符号化装置は、予測残差を量子化スケール（量子化ステップとも呼ぶ）で除算することで量子化を行う。この場合、量子化スケールが小さいほど量子化によって発生しうる誤差（量子化誤差）が小さくなる。逆に量子化スケールが大きいほど量子化誤差は大きくなる。

[0485] なお、三次元データ符号化装置は、使用する量子化スケールを $L \times D$ 毎に変えてもよい。例えば、三次元データ符号化装置は、上位層ほど量子化スケールを小さくし、下位層ほど量子化スケールを大きくする。上位層に属する三次元点の属性情報の値は、下位層に属する三次元点の属性情報の予測値として使用される可能性があるため、上位層の量子化スケールを小さくして上位層で発生しうる量子化誤差を抑え、予測値の精度を高めることで符号化効率を向上できる。なお、三次元データ符号化装置は、 $L \times D$ 毎に使用する量子化スケールをヘッダ等に付加してもよい。これにより、三次元データ復号装置は、正しく量子化スケールを復号できるので、ビットストリームを適切に復号できる。

[0486] また、三次元データ符号化装置は、量子化後の予測残差である符号付整数値（符号付量子化値）を符号なし整数値（符号なし量子化値）に変換してもよい。これにより予測残差をエントロピー符号化する場合に、負の整数の発生を考慮する必要がなくなる。なお、三次元データ符号化装置は、必ずしも符号付整数値を符号なし整数値に変換する必要はなく、例えば符号ビットを別途エントロピー符号化してもよい。

[0487] 予測残差は、元の値から予測値を減算することにより算出される。例えば、点 a_2 の予測残差 a_{2r} は、（式 A 7）に示すように、点 a_2 の属性情報の値 A_2 から、点 a_2 の予測値 a_{2p} を減算することで算出される。点 b_2 の予測残差 b_{2r} は、（式 A 8）に示すように、点 b_2 の属性情報の値 B_2 から、点 b_2 の予測値 b_{2p} を減算することで算出される。

$$[0488] \quad a_{2r} = A_2 - a_{2p} \quad \cdots \quad (\text{式 A 7})$$

$$[0489] \quad b_{2r} = B_2 - b_{2p} \quad \cdots \quad (\text{式 A 8})$$

[0490] また、予測残差は、QS（量子化ステップ（Quantization Step））で除算されることで量子化される。例えば、点 a_2 の量子化値 a_{2q} は、（式 A 9）により算出される。点 b_2 の量子化値 b_{2q} は、（式 A 10）により算出される。ここで、QS__L o D 0 は、L o D 0 用の QS であり、QS__L o D 1 は、L o D 1 用の QS である。つまり、L o D に応じて QS が変更されてもよい。

$$[0491] \quad a_{2q} = a_{2r} / \text{QS_L o D 0} \quad \cdots \quad (\text{式 A 9})$$

$$[0492] \quad b_{2q} = b_{2r} / \text{QS_L o D 1} \quad \cdots \quad (\text{式 A 10})$$

[0493] また、三次元データ符号化装置は、以下のように、上記量子化値である符号付整数値を符号なし整数値に変換する。三次元データ符号化装置は、符号付整数値 a_{2q} が 0 より小さい場合、符号なし整数値 a_{2u} を $-1 - (2 \times a_{2q})$ に設定する。三次元データ符号化装置は、符号付整数値 a_{2q} が 0 以上の場合、符号なし整数値 a_{2u} を $2 \times a_{2q}$ に設定する。

[0494] 同様に、三次元データ符号化装置は、符号付整数値 b_{2q} が 0 より小さい場合、符号なし整数値 b_{2u} を $-1 - (2 \times b_{2q})$ に設定する。三次元デ

ータ符号化装置は、符号付整数値 $b \cdot 2^q$ が 0 以上の場合、符号なし整数値 $b \cdot 2^u$ を $2 \times b \cdot 2^q$ に設定する。

[0495] また、三次元データ符号化装置は、量子化後の予測残差（符号なし整数値）を、エントロピー符号化によって符号化してもよい。例えば符号なし整数値を二値化したうえで、二値の算術符号化を適用してもよい。

[0496] なお、この場合、三次元データ符号化装置は、予測残差の値に応じて二値化方法を切替えてもよい。例えば、三次元データ符号化装置は、予測残差 p_u が閾値 R_{TH} より小さい場合は、閾値 R_{TH} を表現するために必要な固定ビット数で予測残差 p_u を二値化する。また、三次元データ符号化装置は、予測残差 p_u が閾値 R_{TH} 以上の場合は、閾値 R_{TH} の二値化データと $(p_u - R_{TH})$ の値を指数ゴロム（Exponential-Golomb）等を用いて二値化する。

[0497] 例えば、三次元データ符号化装置は、閾値 R_{TH} が 63 であり、予測残差 p_u が 63 より小さい場合は、予測残差 p_u を 6 bit で二値化する。また、三次元データ符号化装置は、予測残差 p_u が 63 以上である場合は、閾値 R_{TH} の二値データ（111111）と $(p_u - 63)$ とを指数ゴロムを用いて二値化することで算術符号化を行う。

[0498] より具体的な例では、三次元データ符号化装置は、予測残差 p_u が 32 である場合、6 bit の二値データ（100000）を生成し、このビット列を算術符号化する。また、三次元データ符号化装置は、予測残差 p_u が 66 の場合、閾値 R_{TH} の二値データ（111111）と値 3（ $66 - 63$ ）を指数ゴロムで表したビット列（00100）とを生成し、このビット列（111111 + 00100）を算術符号化する。

[0499] このように、三次元データ符号化装置は、予測残差の大きさに応じて二値化の方法を切替えることで、予測残差が大きくなった場合の二値化ビット数の急激な増加を抑えながら符号化することが可能となる。なお、三次元データ符号化装置は、閾値 R_{TH} をビットストリームのヘッダ等に付加してもよい。

[0500] 例えば、高ビットレートで符号化が行われる場合、つまり、量子化スケールが小さい場合、量子化誤差が小さく予測精度が高くなり、結果として予測残差が大きくなる可能性はある。よって、この場合には、三次元データ符号化装置は、閾値 R_TH を大きく設定する。これにより、閾値 R_TH の二値化データを符号化する可能性が低くなり、符号化効率が向上する。逆に、低ビットレートで符号化が行われる場合、つまり、量子化スケールが大きい場合、量子化誤差が大きく予測精度が悪くなり、結果として予測残差が大きくなる可能性はある。よって、この場合には、三次元データ符号化装置は、閾値 R_TH を小さく設定する。これにより、二値化データの急激なビット長増加を防ぐことができる。

[0501] また、三次元データ符号化装置は、 $L \circ D$ 毎に閾値 R_TH を切り替え、 $L \circ D$ 毎の閾値 R_TH をヘッダ等に付加してもよい。つまり、三次元データ符号化装置は、 $L \circ D$ 毎に二値化の方法を切替えてもよい。例えば、上位層では三次元点間の距離が遠いため、予測精度が悪く結果として予測残差が大きくなる可能性はある。よって、三次元データ符号化装置は、上位層に対しては閾値 R_TH を小さく設定することで二値化データの急激なビット長増加を防ぐ。また、下位層では三次元点間の距離が近いため、予測精度が高く結果として予測残差が小さくなる可能性はある。よって、三次元データ符号化装置は、階層に対しては閾値 R_TH を大きく設定することで符号化効率を向上する。

[0502] 図55は、指数ゴロム符号の一例を示す図であって、二値化前の値（多値）と、二値化後のビット（符号）との関係を示す図である。なお、図55に示す0と1とを反転させてもよい。

[0503] また、三次元データ符号化装置は、予測残差の二値化データに算術符号化を適用する。これにより、符号化効率を向上できる。なお、算術符号化の適用時に、二値化データのうち、 n ビットで二値化した部分である n ビット符号（ $n\text{-bit code}$ ）と、指数ゴロムを用いて二値化した部分である残り符号（ remaining code ）とで、各ビットの0と1の出現

確率の傾向は異なる可能性がある。よって、三次元データ符号化装置は、 n ビット符号と残り符号とで、算術符号化の適用方法を切替えてもよい。

[0504] 例えば、三次元データ符号化装置は、 n ビット符号に対しては、ビット毎に異なる符号化テーブル（確率テーブル）を用いて算術符号化を行う。この際、三次元データ符号化装置は、ビット毎に使用する符号化テーブルの数を変えてもよい。例えば、三次元データ符号化装置は、 n ビット符号の先頭ビット b_0 には 1 個の符号化テーブルを用いて算術符号化を行う。また、三次元データ符号化装置は、次のビット b_1 に対しては 2 個の符号化テーブルを用いる。また、三次元データ符号化装置は、 b_0 の値（0 又は 1）に応じてビット b_1 の算術符号化に用いる符号化テーブルを切替える。同様に、三次元データ符号化装置は、更に次のビット b_2 に対しては 4 個の符号化テーブルを用いる。また、三次元データ符号化装置は、 b_0 及び b_1 の値（0～3）に応じて、ビット b_2 の算術符号化に用いる符号化テーブルを切替える。

[0505] このように、三次元データ符号化装置は、 n ビット符号の各ビット b_{n-1} を算術符号化する際に、 2^{n-1} 個の符号化テーブルを用いる。また、三次元データ符号化装置は、 b_{n-1} より前のビットの値（発生パターン）に応じて、使用する符号化テーブルを切替える。これにより、三次元データ符号化装置は、ビット毎に適切な符号化テーブルを使用できるので、符号化効率を向上できる。

[0506] なお、三次元データ符号化装置は、各ビットで使用する符号化テーブルの数を削減してもよい。例えば、三次元データ符号化装置は、各ビット b_{n-1} を算術符号化する際に、 b_{n-1} より前の m ビット（ $m < n-1$ ）の値（発生パターン）に応じて 2^m 個の符号化テーブルを切替えてもよい。これにより各ビットで使用する符号化テーブルの数を抑えつつ、符号化効率を向上できる。なお、三次元データ符号化装置は、各符号化テーブルにおける 0 と 1 の発生確率を、実際に発生した二値化データの値に応じて更新してもよい。また、三次元データ符号化装置は、一部のビットの符号化テーブルにおける 0 と 1 の発生確率を固定化してもよい。これにより、発生確率の更新回数を

抑制できるので処理量を削減できる。

[0507] 例えば、 n ビット符号が $b_0 b_1 b_2 \dots b_{n-1}$ である場合、 b_0 用の符号化テーブルは1個 (CT_{b_0}) である。 b_1 用の符号化テーブルは2個 ($CT_{b_1 0}$ 、 $CT_{b_1 1}$) である。また、 b_0 の値 ($0 \sim 1$) に応じて使用する符号化テーブルが切替えられる。 b_2 用の符号化テーブルは、4個 ($CT_{b_2 0}$ 、 $CT_{b_2 1}$ 、 $CT_{b_2 2}$ 、 $CT_{b_2 3}$) である。また、 b_0 及び b_1 の値 ($0 \sim 3$) に応じて使用する符号化テーブルが切替えられる。 b_{n-1} 用の符号化テーブルは 2^{n-1} 個 ($CT_{b_{n-1} 0}$ 、 $CT_{b_{n-1} 1}$ 、 $\dots$ 、 $CT_{b_{n-1} (2^{n-1}-1)}$) である。また、 $b_0 b_1 \dots b_{n-2}$ の値 ($0 \sim 2^{n-1}-1$) に応じて使用する符号化テーブルを切替えられる。

[0508] なお、三次元データ符号化装置は、 n ビット符号に対しては、二値化せずに $0 \sim 2^n - 1$ の値を設定する m -ary による算術符号化 ($m = 2^n$) を適用してもよい。また、三次元データ符号化装置が、 n ビット符号を m -ary で算術符号化する場合は、三次元データ復号装置も m -ary の算術復号により n ビット符号を復元してもよい。

[0509] 図56は、例えば、残り符号が指数ゴロム符号の場合の処理を説明するための図である。指数ゴロムを用いて二値化した部分である残り符号は、図56に示すように $prefix$ 部と $suffix$ 部とを含む。例えば、三次元データ符号化装置は、 $prefix$ 部と $suffix$ 部とで符号化テーブルを切替える。つまり、三次元データ符号化装置は、 $prefix$ 部に含まれる各ビットを、 $prefix$ 用の符号化テーブルを用いて算術符号化し、 $suffix$ 部に含まれる各ビットを、 $suffix$ 用の符号化テーブルを用いて算術符号化する。

[0510] なお、三次元データ符号化装置は、各符号化テーブルにおける0と1の発生確率を、実際に発生した二値化データの値に応じて更新してもよい。または、三次元データ符号化装置は、どちらかの符号化テーブルにおける0と1の発生確率を固定化してもよい。これにより、発生確率の更新回数を抑制できるので処理量を削減できる。例えば、三次元データ符号化装置は、 pre

f i x部に対して発生確率を更新し、s u f f i x部に対して発生確率を固定化してもよい。

[0511] また、三次元データ符号化装置は、量子化後の予測残差を、逆量子化及び再構成することで復号し、復号した予測残差である復号値を符号化対象の三次元点以降の予測に利用する。具体的には、三次元データ符号化装置は、量子化後の予測残差（量子化値）に量子化スケールを乗算することで逆量子化値を算出し、逆量子化値と予測値とを加算して復号値（再構成値）を得る。

[0512] 例えば、点a 2の逆量子化値a 2 i qは、点a 2の量子化値a 2 qを用いて（式A 1 1）により算出される。点b 2の逆量子化値b 2 i qは、点b 2の量子化値b 2 qを用いて（式A 1 2）により算出される。ここで、Q S__L o D 0は、L o D 0用のQ Sであり、Q S__L o D 1は、L o D 1用のQ Sである。つまり、L o Dに応じてQ Sが変更されてもよい。

[0513] $a_{2\ i\ q} = a_{2\ q} \times Q S_L o D 0 \quad \dots$ （式A 1 1）

[0514] $b_{2\ i\ q} = b_{2\ q} \times Q S_L o D 1 \quad \dots$ （式A 1 2）

[0515] 例えば、点a 2の復号値a 2 r e cは、（式A 1 3）に示すように、点a 2の逆量子化値a 2 i qに、点a 2の予測値a 2 pを加算することで算出される。点b 2の復号値b 2 r e cは、（式A 1 4）に示すように、点b 2の逆量子化値b 2 i qに、点b 2の予測値b 2 pを加算することで算出される。

[0516] $a_{2\ r\ e\ c} = a_{2\ i\ q} + a_{2\ p} \quad \dots$ （式A 1 3）

[0517] $b_{2\ r\ e\ c} = b_{2\ i\ q} + b_{2\ p} \quad \dots$ （式A 1 4）

[0518] 以下、本実施の形態に係るビットストリームのシンタックス例を説明する。図5 7は、本実施の形態に係る属性ヘッダ（a t t r i b u t e__h e a d e r）のシンタックス例を示す図である。属性ヘッダは、属性情報のヘッダ情報である。図5 7に示すように、属性ヘッダは、階層数情報（N u m L o D）と、三次元点数情報（N u m O f P o i n t [i]）と、階層閾値（T h r e s__L o d [i]）と、周囲点数情報（N u m N e i g h o r P o i n t [i]）と、予測閾値（T H d [i]）と、量子化スケール（Q S [

$i]$) と、二値化閾値 ($R_TH[i]$) とを含む。

[0519] 階層数情報 ($NumLoD$) は、用いられる LoD の階層数を示す。

[0520] 三次元点数情報 ($NumOfPoint[i]$) は、階層 i に属する三次元点の数を示す。なお、三次元データ符号化装置は、三次元点の総数を示す三次元点総数情報 ($AllNumOfPoint$) を別のヘッダに付加してもよい。この場合、三次元データ符号化装置は、最下層に属する三次元点の数を示す $NumOfPoint[NumLoD-1]$ をヘッダに付加しなくてもよい。この場合、三次元データ復号装置は、(式 A15) により $NumOfPoint[NumLoD-1]$ を算出できる。これにより、ヘッダの符号量を削減できる。

[0521] [数4]

$$NumOfPoint[NumLoD-1] = AllNumOfPoint - \sum_{j=0}^{NumLoD-2} NumOfPoint[j] \quad \dots (式 A15)$$

[0522] 階層閾値 ($Thres_LoD[i]$) は、階層 i の設定に用いられる閾値である。三次元データ符号化装置及び三次元データ復号装置は、 $LoDi$ 内の各点の間の距離が閾値 $Thres_LoD[i]$ より大きくなるように $LoDi$ を構成する。また、三次元データ符号化装置は、 $Thres_LoD[NumLoD-1]$ (最下層) の値をヘッダに付加しなくてもよい。この場合、三次元データ復号装置は、 $Thres_LoD[NumLoD-1]$ の値を 0 と推定する。これによりヘッダの符号量を削減できる。

[0523] 周囲点数情報 ($NumNeighborPoint[i]$) は、階層 i に属する三次元点の予測値の生成に用いる周囲の点数の上限値を示す。三次元データ符号化装置は、周囲の点数 M が $NumNeighborPoint[i]$ に満たない場合 ($M < NumNeighborPoint[i]$) は、 M 個の周囲の点数を用いて予測値を算出してもよい。また、三次元データ符号化装置は、各 LoD で $NumNeighborPoint[i]$ の値を分ける必要がない場合は、全ての LoD で使用される 1 個の周囲点数情報 ($NumNe$

ighorPoint) をヘッダに付加してもよい。

[0524] 予測閾値 (THd [i]) は、階層 i にて符号化又は復号対象の対象三次元点の予測に用いる周囲の三次元点と対象三次元点との距離の上限値を示す。三次元データ符号化装置及び三次元データ復号装置は、対象三次元点からの距離が THd [i] より離れている三次元点を予測に用いない。なお、三次元データ符号化装置は、各 LOD で THd [i] の値を分ける必要がない場合は、全ての LOD で使用される 1 個の予測閾値 (THd) をヘッダに付加してもよい。

[0525] 量子化スケール (QS [i]) は、階層 i の量子化及び逆量子化で用いられる量子化スケールを示す。

[0526] 二値化閾値 (R__TH [i]) は、階層 i に属する三次元点の予測残差の二値化方法を切替えるための閾値である。例えば、三次元データ符号化装置は、予測残差が閾値 R__TH より小さい場合は、固定ビット数で予測残差 p u を二値化し、予測残差が閾値 R__TH 以上の場合は、閾値 R__TH の二値化データと (p u - R__TH) の値を指数ゴロムを用いて二値化する。なお、各 LOD で R__TH [i] の値を切替える必要がない場合は、三次元データ符号化装置は、全ての LOD で使用される 1 個の二値化閾値 (R__TH) をヘッダに付加してもよい。

[0527] なお、R__TH [i] は n b i t で表せる最大値であってもよい。例えば 6 b i t では R__TH は 63 であり、8 b i t では R__TH は 255 である。また、三次元データ符号化装置は、二値化閾値として n b i t で表せる最大値を符号化する代わりに、ビット数を符号化してもよい。例えば、三次元データ符号化装置は、R__TH [i] = 63 の場合は値 6 を、R__TH [i] = 255 の場合は値 8 をヘッダに付加してもよい。また、三次元データ符号化装置は、R__TH [i] を表すビット数の最小値 (最小ビット数) を定義し、最小値からの相対ビット数をヘッダに付加してもよい。例えば、三次元データ符号化装置は、R__TH [i] = 63 で最小ビット数が 6 の場合は値 0 をヘッダに付加し、R__TH [i] = 255 で最小ビット数が 6 の場合

は値 2 をヘッダに付加してもよい。

[0528] また、三次元データ符号化装置は、`NumLoD`、`Thres__LoD[i]`、`NumNeighborPoint[i]`、`THd[i]`、`QS[i]` 及び `R__TH[i]` の少なくとも一つをエントロピー符号化してヘッダに付加してもよい。例えば、三次元データ符号化装置は、各値を二値化して算術符号化してもよい。また、三次元データ符号化装置は、処理量を抑えるために各値を固定長で符号化してもよい。

[0529] また、三次元データ符号化装置は、`NumLoD`、`Thres__LoD[i]`、`NumNeighborPoint[i]`、`THd[i]`、`QS[i]`、及び `R__TH[i]` の少なくとも一つをヘッダに付加しなくてもよい。例えば、これらのうちの少なくとも一つの値が、規格等の `profile` 又は `level` 等で規定されてもよい。これによりヘッダのビット量を削減することができる。

[0530] 図 58 は、本実施の形態に係る属性データ (`attribute__data`) のシンタックス例を示す図である。この属性データは、複数の三次元点の属性情報の符号化データを含む。図 58 に示すように属性データは、`n` ビット符号 (`n-bit code`) と、残り符号 (`remaining code`) とを含む。

[0531] `n` ビット符号は (`n-bit code`) は、属性情報の値の予測残差の符号化データ又はその一部である。`n` ビット符号のビット長は `R__TH[i]` の値に依存する。例えば `R__TH[i]` の示す値が 63 の場合、`n` ビット符号は 6 `bit` であり、`R__TH[i]` の示す値が 255 の場合、`n` ビット符号は 8 `bit` である。

[0532] 残り符号 (`remaining code`) は、属性情報の値の予測残差の符号化データのうち、指数ゴロムで符号化された符号化データである。この残り符号は、`n` ビット符号が `R__TH[i]` と同じ場合に符号化又は復号される。また、三次元データ復号装置は、`n` ビット符号の値と残り符号の値を加算して予測残差を復号する。なお、`n` ビット符号が `R__TH[i]` と同

じ値でない場合は、残り符号は符号化又は復号されなくてもよい。

[0533] 以下、三次元データ符号化装置における処理の流れを説明する。図59は、三次元データ符号化装置による三次元データ符号化処理のフローチャートである。

[0534] まず、三次元データ符号化装置は、位置情報（*geometry*）を符号化する（S3001）。例えば、三次元データ符号化は、8分木表現を用いて符号化を行う。

[0535] 三次元データ符号化装置は、位置情報の符号化後に、量子化等によって三次元点の位置が変化した場合に、変化後の三次元点に元の三次元点の属性情報を再割り当てする（S3002）。例えば、三次元データ符号化装置は、位置の変化量に応じて属性情報の値を補間することで再割り当てを行う。例えば、三次元データ符号化装置は、変化後の三次元位置に近い変化前の三次元点をN個検出し、N個の三次元点の属性情報の値を重み付け平均する。例えば、三次元データ符号化装置は、重み付け平均において、変化後の三次元位置から各N個の三次元までの距離に基づいて重みを決定する。そして、三次元データ符号化装置は、重み付け平均により得られた値を変化後の三次元点の属性情報の値に決定する。また、三次元データ符号化装置は、量子化等によって2個以上の三次元点が同一の三次元位置に変化した場合は、その変化後の三次元点の属性情報の値として、変化前の2個以上の三次元点の属性情報の平均値を割り当ててもよい。

[0536] 次に、三次元データ符号化装置は、再割り当て後の属性情報（*Attribute*）を符号化する（S3003）。例えば、三次元データ符号化装置は、複数種類の属性情報を符号化する場合は、複数種類の属性情報を順に符号化してもよい。例えば、三次元データ符号化装置は、属性情報として、色と反射率とを符号化する場合は、色の符号化結果の後に反射率の符号化結果を付加したビットストリームを生成してもよい。なお、ビットストリームに付加される属性情報の複数の符号化結果の順番は、この順に限らず、どのような順番でもよい。

[0537] また、三次元データ符号化装置は、ビットストリーム内の各属性情報の符号化データ開始場所を示す情報をヘッダ等に付加してもよい。これにより、三次元データ復号装置は、復号が必要な属性情報を選択的に復号できるので、復号が不必要な属性情報の復号処理を省略できる。よって、三次元データ復号装置の処理量を削減できる。また、三次元データ符号化装置は、複数種類の属性情報を並列に符号化し、符号化結果を1つのビットストリームに統合してもよい。これにより、三次元データ符号化装置は、高速に複数種類の属性情報を符号化できる。

[0538] 図60は、属性情報符号化処理（S3003）のフローチャートである。まず、三次元データ符号化装置は、LODを設定する（S3011）。つまり、三次元データ符号化装置は、各三次元点を複数のLODのいずれかに割り当てる。

[0539] 次に、三次元データ符号化装置は、LOD単位のループを開始する（S3012）。つまり、三次元データ符号化装置は、LOD毎にステップS3013～S3021の処理を繰り返し行う。

[0540] 次に、三次元データ符号化装置は、三次元点単位のループを開始する（S3013）。つまり、三次元データ符号化装置は、三次元点毎にステップS3014～S3020の処理を繰り返し行う。

[0541] まず、三次元データ符号化装置は、処理対象の対象三次元点の予測値の算出に用いる、対象三次元点の周囲に存在する三次元点である複数の周囲点を探索する（S3014）。次に、三次元データ符号化装置は、複数の周囲点の属性情報の値の重み付け平均を算出し、得られた値を予測値Pに設定する（S3015）。次に、三次元データ符号化装置は、対象三次元点の属性情報と予測値との差分である予測残差を算出する（S3016）。次に、三次元データ符号化装置は、予測残差を量子化することで量子化値を算出する（S3017）。次に、三次元データ符号化装置は、量子化値を算術符号化する（S3018）。

[0542] また、三次元データ符号化装置は、量子化値を逆量子化することで逆量子

化値を算出する（S3019）。次に、三次元データ符号化装置は、逆量子化値に予測値を加算することで復号値を生成する（S3020）。次に、三次元データ符号化装置は、三次元点単位のループを終了する（S3021）。また、三次元データ符号化装置は、L o D単位のループを終了する（S3022）。

[0543] 以下、上記の三次元データ符号化装置により生成されたビットストリームを復号する三次元データ復号装置における三次元データ復号処理について説明する。

[0544] 三次元データ復号装置は、三次元データ符号化装置によって生成されたビットストリーム内の属性情報の二値化データを、三次元データ符号化装置と同様の方法で算術復号することで、復号された二値化データを生成する。なお、三次元データ符号化装置において、 n ビットで二値化した部分（ n ビット符号）と、指数ゴロムを用いて二値化した部分（残り符号）とで算術符号化の適用方法を切替えた場合は、三次元データ復号装置は、算術復号適用時に、それに合わせて復号を行う。

[0545] 例えば、三次元データ復号装置は、 n ビット符号の算術復号方法において、ビット毎に異なる符号化テーブル（復号テーブル）を用いて算術復号を行う。この際、三次元データ復号装置は、ビット毎に使用する符号化テーブルの数を変えてもよい。例えば、 n ビット符号の先頭ビット b_0 には1個の符号化テーブルを用いて算術復号を行う。また、三次元データ復号装置は、次のビット b_1 に対しては2個の符号化テーブルを用いる。また、三次元データ復号装置は、 b_0 の値（0又は1）に応じてビット b_1 の算術復号に用いる符号化テーブルを切替える。同様に、三次元データ復号装置は、更に次のビット b_2 に対しては4個の符号化テーブルを用いる。また、三次元データ復号装置は、 b_0 及び b_1 の値（0～3）に応じて、ビット b_2 の算術復号に用いる符号化テーブルを切替える。

[0546] このように、三次元データ復号装置は、 n ビット符号の各ビット b_{n-1} を算術復号する際に、 2^{n-1} 個の符号化テーブルを用いる。また、三次元デー

タ復号装置は、 b_{n-1} より前のビットの値（発生パターン）に応じて、使用する符号化テーブルを切替える。これにより、三次元データ復号装置は、ビット毎に適切な符号化テーブルを使用して符号化効率を向上したビットストリームを適切に復号できる。

[0547] なお、三次元データ復号装置は、各ビットで使用する符号化テーブルの数を削減してもよい。例えば、三次元データ復号装置は、各ビット b_{n-1} を算術復号する際に、 b_{n-1} より前の m ビット（ $m < n-1$ ）の値（発生パターン）に応じて 2^m 個の符号化テーブルを切替えてもよい。これにより、三次元データ復号装置は、各ビットで使用する符号化テーブルの数を抑えつつ、符号化効率を向上したビットストリームを適切に復号できる。なお、三次元データ復号装置は、各符号化テーブルにおける0と1の発生確率を、実際に発生した二値化データの値に応じて更新してもよい。また、三次元データ復号装置は、一部のビットの符号化テーブルにおける0と1の発生確率を固定化してもよい。これにより、発生確率の更新回数を抑制できるので処理量を削減できる。

[0548] 例えば、 n ビット符号が $b_0 b_1 b_2 \dots b_{n-1}$ である場合、 b_0 用の符号化テーブルは1個（ CT_{b_0} ）である。 b_1 用の符号化テーブルは2個（ $CT_{b_1 0}$ 、 $CT_{b_1 1}$ ）である。また、 b_0 の値（0～1）に応じて符号化テーブルが切替えられる。 b_2 用の符号化テーブルは4個（ $CT_{b_2 0}$ 、 $CT_{b_2 1}$ 、 $CT_{b_2 2}$ 、 $CT_{b_2 3}$ ）である。また、 b_0 及び b_1 の値（0～3）に応じて符号化テーブルが切替えられる。 b_{n-1} 用の符号化テーブルは、 2^{n-1} 個（ $CT_{b_n 0}$ 、 $CT_{b_n 1}$ 、 $\dots$ 、 $CT_{b_n (2^{n-1}-1)}$ ）である。また、 $b_0 b_1 \dots b_{n-2}$ の値（0～ $2^{n-1}-1$ ）に応じて符号化テーブルが切替えられる。

[0549] 図61は、例えば、残り符号が指数ゴロム符号である場合の処理を説明するための図である。三次元データ符号化装置が指数ゴロムを用いて二値化して符号化した部分（残り符号）は、図61に示すようにprefix部とsuffix部とを含む。例えば、三次元データ復号装置は、prefix部

と *s u f f i x* 部とで符号化テーブルを切替える。つまり、三次元データ復号装置は、*p r e f i x* 部に含まれる各ビットを、*p r e f i x* 用の符号化テーブルを用いて算術復号し、*s u f f i x* 部に含まれる各ビットを、*s u f f i x* 用の符号化テーブルを用いて算術復号する。

[0550] なお、三次元データ復号装置は、各符号化テーブルにおける 0 と 1 の発生確率を、復号時に発生した二値化データの値に応じて更新してもよい。または、三次元データ復号装置は、どちらかの符号化テーブルにおける 0 と 1 の発生確率を固定化してもよい。これにより、発生確率の更新回数を抑制できるので処理量を削減できる。例えば、三次元データ復号装置は、*p r e f i x* 部に対して発生確率を更新し、*s u f f i x* 部に対して発生確率を固定化してもよい。

[0551] また、三次元データ復号装置は、算術復号した予測残差の二値化データを、三次元データ符号化装置で用いられた符号化方法に合わせて多値化することで量子化後の予測残差（符号なし整数値）を復号する。三次元データ復号装置は、まず *n* ビット符号の二値化データを算術復号することで復号した *n* ビット符号の値を算出する。次に、三次元データ復号装置は、*n* ビット符号の値と R_TH の値とを比較する。

[0552] 三次元データ復号装置は、*n* ビット符号の値と R_TH の値とが一致した場合、指数ゴロムで符号化されたビットが次に存在すると判定し、指数ゴロムで符号化された二値化データである残り符号を算術復号する。そして、三次元データ復号装置は、復号した残り符号から、残り符号とその値との関係を示す逆引きテーブルを用いて残り符号の値を算出する。図 6 2 は、残り符号とその値との関係を示す逆引きテーブルの例を示す図である。次に、三次元データ復号装置は、得られた残り符号の値を R_TH に加算することで多値化された量子化後の予測残差を得る。

[0553] 一方、三次元データ復号装置は、*n* ビット符号の値と R_TH の値とが一致しない（ R_TH より値が小さい）場合、*n* ビット符号の値をそのまま、多値化された量子化後の予測残差に決定する。これにより、三次元データ復

号装置は、三次元データ符号化装置で予測残差の値に応じて二値化方法を切替えて生成したビットストリームを適切に復号できる。

[0554] なお、三次元データ復号装置は、閾値 R_TH がビットストリームのヘッダ等に付加されている場合は、閾値 R_TH の値をヘッダから復号し、復号した閾値 R_TH の値を用いて復号方法を切替えてもよい。また、三次元データ復号装置は、 L_OD 毎に閾値 R_TH がヘッダ等に付加されている場合、 L_OD 毎に復号した閾値 R_TH を用いて復号方法を切替える。

[0555] 例えば、閾値 R_TH が 63 であり、復号した n ビット符号の値が 63 である場合、三次元データ復号装置は、残り符号を指数ゴロムにより復号することで残り符号の値を得る。例えば、図 62 に示す例では、残り符号が 00100 であり、残り符号の値として 3 が得られる。次に、三次元データ復号装置は、閾値 R_TH の値 63 と、残り符号の値 3 とを加算することで予測残差の値 66 を得る。

[0556] また、復号した n ビット符号の値が 32 である場合、三次元データ復号装置は、 n ビット符号の値 32 を予測残差の値に設定する。

[0557] また、三次元データ復号装置は、復号した量子化後の予測残差を、例えば、三次元データ符号化装置における処理と逆の処理により、符号なし整数値から符号付整数値に変換する。これにより、三次元データ復号装置は、予測残差をエントロピー符号化する場合に、負の整数の発生を考慮せずに生成したビットストリームを適切に復号できる。なお、三次元データ復号装置は、必ずしも符号なし整数値を符号付整数値に変換する必要はなく、例えば符号ビットを別途エントロピー符号化して生成されたビットストリームを復号する場合は、符号ビットを復号してもよい。

[0558] 三次元データ復号装置は、符号付整数値に変換した量子化後の予測残差を、逆量子化及び再構成によって復号することで復号値を生成する。また、三次元データ復号装置は、生成した復号値を、復号対象の三次元点以降の予測に利用する。具体的には、三次元データ復号装置は、量子化後の予測残差に、復号した量子化スケールを乗算することで逆量子化値を算出し、逆量子化

値と予測値とを加算して復号値を得る。

- [0559] 復号された符号なし整数値（符号なし量子化値）は、以下の処理により符号付整数値に変換される。三次元データ復号装置は、復号された符号なし整数値 a_{2u} の LSB (least significant bit) が 1 である場合、符号付整数値 a_{2q} を $-(a_{2u} + 1) \gg 1$ に設定する。三次元データ復号装置は、符号なし整数値 a_{2u} の LSB が 1 でない場合、符号付整数値 a_{2q} を $(a_{2u} \gg 1)$ に設定する。
- [0560] 同様に、三次元データ復号装置は、復号された符号なし整数値 b_{2u} の LSB が 1 である場合、符号付整数値 b_{2q} を $-(b_{2u} + 1) \gg 1$ に設定する。三次元データ復号装置は、符号なし整数値 n_{2u} の LSB が 1 でない場合、符号付整数値 b_{2q} を $(b_{2u} \gg 1)$ に設定する。
- [0561] また、三次元データ復号装置による逆量子化及び再構成処理の詳細は、三次元データ符号化装置における逆量子化及び再構成処理と同様である。
- [0562] 以下、三次元データ復号装置における処理の流れを説明する。図 63 は、三次元データ復号装置による三次元データ復号処理のフローチャートである。まず、三次元データ復号装置は、ビットストリームから位置情報 (geometry) を復号する (S3031)。例えば、三次元データ復号装置は、8 分木表現を用いて復号を行う。
- [0563] 次に、三次元データ復号装置は、ビットストリームから属性情報 (Attribute) を復号する (S3032)。例えば、三次元データ復号装置は、複数種類の属性情報を復号する場合は、複数種類の属性情報を順に復号してもよい。例えば、三次元データ復号装置は、属性情報として色と反射率とを復号する場合は、ビットストリームに付加されている順に従い、色の符号化結果と反射率の符号化結果とを復号する。例えば、ビットストリームにおいて、色の符号化結果の後に反射率の符号化結果が付加されている場合、三次元データ復号装置は、色の符号化結果を復号し、その後に反射率の符号化結果を復号する。なお、三次元データ復号装置は、ビットストリームに付加される属性情報の符号化結果をどのような順番で復号してもよい。

[0564] また、三次元データ復号装置は、ビットストリーム内の各属性情報の符号化データ開始場所を示す情報を、ヘッダ等を復号することで取得してもよい。これにより、三次元データ復号装置は、復号が必要な属性情報を選択的に復号できるので、復号が不必要な属性情報の復号処理を省略できる。よって、三次元データ復号装置の処理量を削減できる。また、三次元データ復号装置は、複数種類の属性情報を並列に復号し、復号結果を1つの三次元点群に統合してもよい。これにより、三次元データ復号装置は、高速に複数種類の属性情報を復号できる。

[0565] 図64は、属性情報復号処理（S3032）のフローチャートである。まず、三次元データ復号装置は、LODを設定する（S3041）。つまり、三次元データ復号装置は、復号された位置情報を有する複数の三次元点の各々を複数のLODのいずれかに割り当てる。例えば、この割り当て方法は、三次元データ符号化装置で用いられた割り当て方法と同じ方法である。

[0566] 次に、三次元データ復号装置は、LOD単位のループを開始する（S3042）。つまり、三次元データ復号装置は、LOD毎にステップS3043～S3049の処理を繰り返し行う。

[0567] 次に、三次元データ復号装置は、三次元点単位のループを開始する（S3043）。つまり、三次元データ復号装置は、三次元点毎にステップS3044～S3048の処理を繰り返し行う。

[0568] まず、三次元データ復号装置は、処理対象の対象三次元点の予測値の算出に用いる、対象三次元点の周囲に存在する三次元点である複数の周囲点を探索する（S3044）。次に、三次元データ復号装置は、複数の周囲点の属性情報の値の重み付け平均を算出し、得られた値を予測値Pに設定する（S3045）。なお、これらの処理は三次元データ符号化装置における処理と同様である。

[0569] 次に、三次元データ復号装置は、ビットストリームから量子化値を算術復号する（S3046）。また、三次元データ復号装置は、復号した量子化値を逆量子化することで逆量子化値を算出する（S3047）。次に、三次元

データ復号装置は、逆量子化値に予測値を加算することで復号値を生成する（S3048）。次に、三次元データ復号装置は、三次元点単位のループを終了する（S3049）。また、三次元データ復号装置は、L o D単位のループを終了する（S3050）。

[0570] 次に、本実施の形態に係る三次元データ符号化装置及び三次元データ復号装置の構成を説明する。図65は、本実施の形態に係る三次元データ符号化装置3000の構成を示すブロック図である。この三次元データ符号化装置3000は、位置情報符号化部3001と、属性情報再割り当て部3002と、属性情報符号化部3003とを備える。

[0571] 属性情報符号化部3003は、入力点群に含まれる複数の三次元点の位置情報（*geometry*）を符号化する。属性情報再割り当て部3002は、入力点群に含まれる複数の三次元点の属性情報の値を、位置情報の符号化及び復号結果を用いて再割り当てする。属性情報符号化部3003は、再割り当てされた属性情報（*attribute*）を符号化する。また、三次元データ符号化装置3000は、符号化された位置情報及び符号化された属性情報を含むビットストリームを生成する。

[0572] 図66は、本実施の形態に係る三次元データ復号装置3010の構成を示すブロック図である。この三次元データ復号装置3010は、位置情報復号部3011と、属性情報復号部3012とを含む。

[0573] 位置情報復号部3011は、ビットストリームから複数の三次元点の位置情報（*geometry*）を復号する。属性情報復号部3012は、ビットストリームから複数の三次元点の属性情報（*attribute*）を復号する。また、三次元データ復号装置3010は、復号した位置情報と復号した属性情報とを結合することで出力点群を生成する。

[0574] 以上のように、本実施の形態に係る三次元データ符号化装置は、図67に示す処理を行う。三次元データ符号化装置は、属性情報を有する三次元点を符号化する。まず、三次元データ符号化装置は、三次元点の属性情報の予測値を算出する（S3061）。次に、三次元データ符号化装置は、三次元点

の属性情報と、予測値との差分である予測残差を算出する（S3062）。次に、三次元データ符号化装置は、予測残差を二値化することで二値データを生成する（S3063）。次に、三次元データ符号化装置は、二値データを算術符号化する（S3064）。

[0575] これによれば、三次元データ符号化装置は、属性情報の予測残差を算出し、さらに、当該予測残差を二値化及び算術符号化することで、属性情報の符号化データの符号量を削減できる。

[0576] 例えば、算術符号化（S3064）では、三次元データ符号化装置は、二値データのビット毎に異なる符号化テーブルを用いる。これによれば、三次元データ符号化装置は、符号化効率を向上できる。

[0577] 例えば、算術符号化（S3064）では、二値データの下位ビットほど、使用する符号化テーブルの数が多い。

[0578] 例えば、算術符号化（S3064）では、三次元データ符号化装置は、二値データに含まれる対象ビットの上位ビットの値に応じて、対象ビットの算術符号化に使用する符号化テーブルを選択する。これによれば、三次元データ符号化装置は、上位ビットの値に応じて符号化テーブルを選択できるので符号化効率を向上できる。

[0579] 例えば、三次元データ符号化装置は、二値化（S3063）では、予測残差が閾値（ R_TH ）より小さい場合、固定ビット数で予測残差を二値化することで二値データを生成し、予測残差が閾値（ R_TH ）以上である場合、閾値（ R_TH ）を示す固定ビット数の第1符号（ n ビット符号）と、予測残差から閾値（ R_TH ）を減算した値を指数ゴロムで二値化した第2符号（残り符号）とを含む二値データを生成する。三次元データ符号化装置は、算術符号化（S3064）では、第1符号と第2符号とに異なる算術符号化方法を用いる。

[0580] これによれば、三次元データ符号化装置は、例えば、第1符号と第2符号との各々に適した算術符号化方法により第1符号と第2符号を算術符号化できるので符号化効率を向上できる。

- [0581] 例えば、三次元データ符号化装置は、予測残差を量子化し、二値化（S 3 0 6 3）では、量子化された予測残差を二値化する。閾値（R__TH）は、量子化における量子化スケールに応じて変更される。これによれば、三次元データ符号化装置は、量子化スケールに応じた適切な閾値を用いることができるので符号化効率を向上できる。
- [0582] 例えば、第2符号は、p r e f i x部と、s u f f i x部とを含む。三次元データ符号化装置は、算術符号化（S 3 0 6 4）では、p r e f i x部とs u f f i x部とに異なる符号化テーブルを用いる。これによれば、三次元データ符号化装置は、符号化効率を向上できる。
- [0583] 例えば、三次元データ符号化装置は、プロセッサと、メモリとを備え、プロセッサは、メモリを用いて、上記の処理を行う。
- [0584] また、本実施の形態に係る三次元データ復号装置は、図68に示す処理を行う。三次元データ復号装置は、属性情報を有する三次元点を復号する。まず、三次元データ復号装置は、三次元点の属性情報の予測値を算出する（S 3 0 7 1）。次に、三次元データ復号装置は、ビットストリームに含まれる符号化データを算術復号することで二値データを生成する（S 3 0 7 2）。次に、三次元データ復号装置は、二値データを多値化することで予測残差を生成する（S 3 0 7 3）。次に、三次元データ復号装置は、予測値と予測残差とを加算することで、三次元点の属性情報の復号値を算出する（S 3 0 7 4）。
- [0585] これによれば、三次元データ復号装置は、属性情報の予測残差を算出し、さらに、当該予測残差を二値化及び算術符号化することで生成された属性情報のビットストリームを適切に復号できる。
- [0586] 例えば、算術復号（S 3 0 7 2）では、三次元データ復号装置は、二値データのビット毎に異なる符号化テーブルを用いる。これによれば、三次元データ復号装置は、符号化効率が向上されたビットストリームを適切に復号できる。
- [0587] 例えば、算術復号（S 3 0 7 2）では、二値データの下位ビットほど、使

用する符号化テーブルの数が多い。

[0588] 例えば、算術復号（S 3 0 7 2）では、三次元データ復号装置は、二値データに含まれる対象ビットの上位ビットの値に応じて、対象ビットの算術復号に使用する符号化テーブルを選択する。これによれば、三次元データ復号装置は、符号化効率が向上されたビットストリームを適切に復号できる。

[0589] 例えば、三次元データ復号装置は、多値化（S 3 0 7 3）では、二値データに含まれる固定ビット数の第1符号（nビット符号）を多値化することで第1の値を生成する。三次元データ復号装置は、第1の値が閾値（R__TH）より小さい場合、第1の値を予測残差に決定し、第1の値が閾値（R__TH）以上の場合、二値データに含まれる指数ゴロム符号である第2符号（残り符号）を多値化することで第2の値を生成し、第1の値と第2の値とを加算することで予測残差を生成する。三次元データ復号装置は、算術復号（S 3 0 7 2）では、第1符号と第2符号とに異なる算術復号方法を用いる。

[0590] これによれば、三次元データ復号装置は、符号化効率が向上されたビットストリームを適切に復号できる。

[0591] 例えば、三次元データ復号装置は、予測残差を逆量子化し、加算（S 3 0 7 4）では、予測値と、逆量子化された予測残差とを加算する。閾値（R__TH）は、逆量子化における量子化スケールに応じて変更される。これによれば、三次元データ復号装置は、符号化効率が向上されたビットストリームを適切に復号できる。

[0592] 例えば、第2符号は、p r e f i x部と、s u f f i x部とを含む。三次元データ復号装置は、算術復号（S 3 0 7 2）では、p r e f i x部とs u f f i x部とに異なる符号化テーブルを用いる。これによれば、三次元データ復号装置は、符号化効率が向上されたビットストリームを適切に復号できる。

[0593] 例えば、三次元データ復号装置は、プロセッサと、メモリとを備え、プロセッサは、メモリを用いて、上記の処理を行う。

[0594] （実施の形態9）

実施の形態8とは別の手法で予測値を生成してもよい。以下では、符号化対象の三次元点を第1三次元点と称し、その周囲の三次元点を第2三次元点と称する場合がある。

[0595] 例えば、三次元点の属性情報の予測値の生成において、符号化対象の三次元点の符号化済みかつ復号済みの周囲の三次元点のうち、最も距離が近い三次元点の属性値をそのまま予測値として生成しても構わない。また、予測値の生成では、予測モード情報 (Pred Mode) を三次元点毎に付加し、複数の予測値から1つの予測値を選択することで予測値を生成できるようにしても構わない。つまり、例えば、総数Mの予測モードにおいて、予測モード0に平均値、予測モード1に三次元点Aの属性値、・・・、予測モードM-1に三次元点Zの属性値を割り当て、予測に使用した予測モードを三次元点毎にビットストリームに付加することが考えられる。このように、周囲の三次元点の属性情報の平均が予測値として算出される第1予測モードを示す第1予測モード値は、周囲の三次元点の属性情報そのものが予測値として算出される第2予測モードを示す第2予測モード値よりも小さくてもよい。ここで、予測モード0において算出される予測値である「平均値」は、符号化対象の三次元点の周囲の三次元点の属性値の平均値である。

[0596] 図69は、実施の形態9に係る各予測モードにおいて算出される予測値を示すテーブルの第1の例を示す図である。図70は、実施の形態9に係る予測値に用いる属性情報の例を示す図である。図71は、実施の形態9に係る各予測モードにおいて算出される予測値を示すテーブルの第2の例を示す図である。

[0597] 予測モード数Mは、ビットストリームに付加されても構わない。また、予測モード数Mは、ビットストリームに付加されずに規格のprofile、level等で値が規定されても構わない。また、予測モード数Mは、予測に用いる三次元点数Nから算出された値が用いられても構わない。例えば予測モード数Mは、 $M = N + 1$ により算出されても構わない。

[0598] なお、図69に示されるテーブルは、予測に用いる三次元点数 $N = 4$ 、か

つ、予測モード数 $M=5$ の場合の例である。点 b_2 の属性情報の予測値は、点 a_0 、 a_1 、 a_2 、 b_1 の属性情報を用いて生成され得る。複数の予測モードから1つの予測モードを選択する場合、点 b_2 からの各点 a_0 、 a_1 、 a_2 、 b_1 までの距離情報を元に、各点 a_0 、 a_1 、 a_2 、 b_1 の属性値を予測値として生成する予測モードを選択してもよい。予測モードは、符号化対象の三次元点毎に付加される。予測値は、付加された予測モードに応じた値に応じて算出される。

[0599] 図71に示されるテーブルは、図69と同様に、予測に用いる三次元点数 $N=4$ 、かつ、予測モード数 $M=5$ の場合の例である。点 a_2 の属性情報の予測値は、点 a_0 、 a_1 の属性情報を用いて生成され得る。複数の予測モードから1つの予測モードを選択する場合、点 a_2 からの各点 a_0 、 a_1 までの距離情報を元に、各点 a_0 、 a_1 の属性値を予測値として生成する予測モードを選択してもよい。予測モードは、符号化対象の三次元点毎に付加される。予測値は、付加された予測モードに応じた値に応じて算出される。

[0600] なお、上記の点 a_2 のように隣接点数、つまり、周囲の三次元点数 N が4個に満たない場合、テーブルにおいて予測値が未割当てである予測モードを `not available`としてもよい。

[0601] なお、予測モードの値の割当ては、符号化対象の三次元点からの距離順で決定しても構わない。例えば、複数の予測モードを示す予測モード値は、予測値として用いる属性情報を有する周囲の三次元点までの符号化対象の三次元点からの距離が近いほど小さい。図69の例では、点 b_1 、 a_2 、 a_1 、 a_0 の順に符号化対象の三次元点である点 b_2 への距離が近いことが示される。例えば、予測値の算出では、2以上の予測モードのうちの予測モード値が「1」で示される予測モードにおいて点 b_1 の属性情報を予測値として算出し、予測モード値が「2」で示される予測モードにおいて点 a_2 の属性情報を予測値として算出する。このように、点 b_1 の属性情報を予測値として算出する予測モードを示す予測モード値は、点 b_2 からの距離が点 b_1 よりも遠い位置にある点 a_2 の属性情報を予測値として算出する予測モードを示

す予測モード値よりも小さい。

[0602] これにより、距離が近いこと予測が当たりやすく選ばれやすい可能性のある点に小さい予測モード値を割り振ることができ、予測モード値を符号化するためのビット数を削減することができる。また、符号化対象の三次元点と同一のL o Dに属する三次元点に優先的に小さい予測モード値を割当ててもよい。

[0603] 図72は、実施の形態9に係る各予測モードにおいて算出される予測値を示すテーブルの第3の例を示す図である。具体的には、第3の例は、予測値に用いられる属性情報が周囲の三次元点の色情報（Y U V）による値である場合の例である。このように、予測値に用いられる属性情報は、三次元点の色を示す色情報であってもよい。

[0604] 図72に示されるように、予測モード値が「0」で示される予測モードにおいて算出される予測値は、Y U V色空間を定義するY U Vそれぞれの成分の平均である。具体的には、当該予測値は、点b 1、a 2、a 1、a 0にそれぞれ対応するY成分の値であるY b 1、Y a 2、Y a 1、Y a 0の重み付き平均Y a v eと、点b 1、a 2、a 1、a 0にそれぞれ対応するU成分の値であるU b 1、U a 2、U a 1、U a 0の重み付き平均U a v eと、点b 1、a 2、a 1、a 0にそれぞれ対応するV成分の値であるV b 1、V a 2、V a 1、V a 0の重み付き平均V a v eと、を含む。また、予測モード値が「1」～「4」で示される予測モードにおいて算出される予測値は、それぞれ、周囲の三次元点b 1、a 2、a 1、a 0の色情報を含む。色情報は、Y成分、U成分およびV成分の値の組み合わせで示される。

[0605] なお、図72では、色情報は、Y U V色空間で定義される値で示されているが、Y U V色空間に限らずに、R G B色空間で定義される値で示されてもよいし、他の色空間で定義される値で示されてもよい。

[0606] このように、予測値の算出では、予測モードの予測値として、2以上の平均または属性情報を算出してもよい。また、2以上の平均または属性情報は、それぞれ、色空間を定義する2以上の成分の値を示していてもよい。

[0607] なお、例えば、図72のテーブルにおいて予測モード値が「2」で示される予測モードが選択された場合、符号化対象の三次元点の属性値のY成分、U成分およびV成分をそれぞれ予測値 Y_{a2} 、 U_{a2} 、 V_{a2} として用いて符号化してもよい。この場合、予測モード値としての「2」がビットストリームに付加される。

[0608] 図73は、実施の形態9に係る各予測モードにおいて算出される予測値を示すテーブルの第4の例を示す図である。具体的には、第4の例は、予測値に用いられる属性情報が周囲の三次元点の反射率情報による値である場合の例である。反射率情報は、例えば、反射率Rを示す情報である。

[0609] 図73に示されるように、予測モード値が「0」で示される予測モードにおいて算出される予測値は、点 b_1 、 a_2 、 a_1 、 a_0 にそれぞれ対応する反射率 R_{b1} 、 R_{a2} 、 R_{a1} 、 R_{a0} の重み付き平均 R_{ave} である。また、予測モード値が「1」～「4」で示される予測モードにおいて算出される予測値は、それぞれ、周囲の三次元点 b_1 、 a_2 、 a_1 、 a_0 の反射率 R_{b1} 、 R_{a2} 、 R_{a1} 、 R_{a0} である。

[0610] なお、例えば、図73のテーブルにおいて予測モード値が「3」で示される予測モードが選択された場合、符号化対象の三次元点の属性値の反射率を予測値 R_{a1} として用いて符号化してもよい。この場合、予測モード値としての「3」がビットストリームに付加される。

[0611] 図72および図73で示されるように、属性情報は、第1属性情報と、第1属性情報とは異なる種類の第2属性情報とを含んでいてもよい。第1属性情報は、例えば、色情報である。第2属性情報は、例えば、反射率情報である。予測値の算出では、第1属性情報を用いて第1予測値を算出し、かつ、第2属性情報を用いて第2予測値を算出してもよい。

[0612] (実施の形態10)

三次元点の属性情報をLODの情報を用いて符号化する別の例として、LODの上位層に含まれる三次元点から順に複数の三次元点を符号化する方法を説明する。例えば、三次元データ符号化装置は、 LOD_n に含まれる三次

元点の属性値（属性情報）の予測値を算出する場合に、どのL o Dに含まれる三次元点の属性値を参照してもよいかを、フラグ等を用いて切替えてもよい。例えば、三次元データ符号化装置は、符号化対象の対象三次元点と同一のL o D内の他の三次元点の参照を許可するか否かを示す情報であるE n a b l e R e f e r r i n g S a m e L o D（同一層参照許可フラグ）を生成する。例えば、E n a b l e R e f e r r i n g S a m e L o Dが値1の場合は、同一L o D内の参照が許可され、E n a b l e R e f e r r i n g S a m e L o Dが値0の場合は、同一L o D内の参照は禁止される。

[0613] 例えば、三次元データ符号化装置は、E n a b l e R e f e r r i n g S a m e L o Dに基づいて対象三次元点の周囲の三次元点を選択し、選択された周囲の三次元点のうち、予め定められたN個以下の三次元点の属性値の平均を算出することで対象三次元点の属性情報の予測値を生成する。また、三次元データ符号化装置は、Nの値をビットストリームのヘッダ等に付加する。なお、三次元データ符号化装置は、Nの値を、予測値を生成する三次元点ごとに付加してもよい。これにより、予測値を生成する三次元点ごとに適切なNを選択できるので、予測値の精度を向上して予測残差を小さくできる。

[0614] または、三次元データ符号化装置は、Nの値をビットストリームのヘッダに付加し、ビットストリーム内でNの値を固定してもよい。これにより、三次元点ごとにNの値を符号化、又は復号する必要がなくなり、処理量を削減できる。

[0615] または、三次元データ符号化装置は、L o D毎にNの値を示す情報を別々に符号化してもよい。これにより、L o D毎に適切なNの値を選択することで符号化効率を向上できる。なお、三次元データ符号化装置は、三次元点の属性情報の予測値を、周囲のN個の三次元点の属性情報の重み付け平均値から算出してもよい。例えば、三次元データ符号化装置は、対象三次元点とN個の三次元点とのそれぞれの距離情報を用いて重みを算出する。

[0616] このように、E n a b l e R e f e r r i n g S a m e L o Dは、同一L o D内の三次元点の参照を許可するか否かを示す情報である。例えば、値1

は参照可能を示し、値0は参照不可を示す。なお、値1の場合、同一L o D内の三次元点のうち、既に符号化又は復号済みの三次元点が参照可能であってもよい。

[0617] 図74は、EnableReferringSameL o D=0の場合の参照関係の例を示す図である。L o D Nに含まれる点Pの予測値は、L o D Nより上層のL o D N' ($N' < N$)に含まれる再構成値P'を用いて生成される。ここで、再構成値P'とは、符号化及び復号済みの属性値（属性情報）である。例えば、距離に基づく隣接点の再構成値P'が用いられる。

[0618] また、図74に示す例では、例えばb2の予測値は、a0、a1、a2の属性値のいずれかを用いて生成される。b0、b1が符号化及び復号済みの場合でも、b0、b1の参照は禁止される。

[0619] これにより、三次元点データ符号化装置及び三次元データ復号装置は、b2の予測値を、b0、b1の符号化又は復号処理が完了することを待たずに生成できる。つまり、三次元点データ符号化装置及び三次元データ復号装置は、同一L o D内の複数の三次元点の属性値に対する複数の予測値を並列に算出できるので処理時間を削減できる。

[0620] 図75は、EnableReferringSameL o D=1の場合の参照関係の例を示す図である。L o D Nに含まれる点Pの予測値は、L o D Nと同層又は上層のL o D N' ($N' \leq N$)に含まれる再構成値P'を用いて生成される。ここで、再構成値P'とは、符号化及び復号済みの属性値（属性情報）である。例えば、距離に基づく隣接点の再構成値P'が用いられる。

[0621] また、図75に示す例では、例えばb2の予測値は、a0、a1、a2、b0、b1の属性値のいずれかを用いて生成される。つまり、b0、b1が既に符号化及び復号済みの場合に参照可能である。

[0622] これにより、三次元データ符号化装置は、b2の予測値を、多くの隣接三次元点の属性情報を用いて生成できる。よって、予測精度が向上し、符号化効率が改善する。

[0623] 以下、三次元点の属性情報の予測値生成に用いるN個の三次元点を選択する際に、その探索回数を制限する手法について説明する。これにより、処理量を削減できる。

[0624] 例えば、`SearchNumPoint`（探索点数情報）が定義される。`SearchNumPoint`は、`LOD`内の三次元点群から予測に用いるN個の三次元点を選択する際の探索回数を示す。例えば、三次元データ符号化装置は、`LOD`に含まれる計T個の三次元点から`SearchNumPoint`で示される数と同一の個数の三次元点を選択し、選択した三次元点の中から予測に用いるN個の三次元点を選択してもよい。これにより、三次元データ符号化装置は、`LOD`に含まれるT個全ての三次元点を探索する必要がなくなるので、処理量を削減できる。

[0625] なお、三次元データ符号化装置は、`SearchNumPoint`の値の選択方法を、参照する`LOD`の位置に応じて切替えてもよい。例を下記に示す。

[0626] 例えば、三次元データ符号化装置は、参照する`LOD`である参照`LOD`が対象三次元点の属する`LOD`より上位階層である場合、参照`LOD`に含まれる三次元点のうち対象三次元点に距離が最も近い三次元点Aを探索する。次に、三次元データ符号化装置は、三次元点Aの前後に隣接する`SearchNumPoint`で示される数の三次元点を選択する。これにより、三次元データ符号化装置は、対象三次元点に距離が近い上位層の三次元点を効率よく探索できるので予測効率を向上できる。

[0627] 例えば、三次元データ符号化装置は、参照`LOD`が対象三次元点の属する`LOD`と同一層である場合、対象三次元点よりも先に符号化及び復号された`SearchNumPoint`で示される数の三次元点を選択する。例えば、三次元データ符号化装置は、対象三次元点の直前に符号化及び復号された`SearchNumPoint`で示される数の三次元点を選択する。

[0628] これにより、三次元データ符号化装置は、低処理量で`SearchNumPoint`で示される数の三次元点を選択できる。なお、三次元データ符号

化装置は、対象三次元点より先に符号化及び復号された三次元点の中から対象三次元点と距離が近い三次元点Bを選択し、三次元点Bの前後に隣接する `SearchNumPoint` で示される数の三次元点を選択してもよい。これにより、三次元データ符号化装置は、対象三次元点と距離が近い同一層の三次元点を効率よく探索できるので予測効率を向上できる。

[0629] また、三次元データ符号化装置は、`SearchNumPoint` で示される数の三次元点から予測に利用するN個の三次元点を選択する際に、例えば、対象三次元点と距離が近い上位N個の三次元点を選択してもよい。これにより予測精度を向上できるので符号化効率を改善できる。

[0630] なお、`SearchNumPoint` をL o D毎に用意し、L o D毎に探索回数を変えてもよい。図76は、L o D毎に探索回数を設定する例を示す図である。例えば、図76のように、L o D 0用の`SearchNumPoint` [L o D 0] = 3とL o D 1用の`SearchNumPoint` [L o D 1] = 2とが定義される。このように、L o D毎に探索回数を切替えることで処理量と符号化効率とのバランスをとることができる。

[0631] 図76に示す例では、b 2の予測に用いる三次元点として、L o D 0からa 0、a 1及びa 2が選択され、L o D 1からb 0及びb 1が選択される。選択されたa 0、a 1、a 2、b 0及びb 1の中からN個の三次元点を選択され、選択されたN個の三次元点を用いて予測値が生成される。

[0632] また、L o D Nに含まれる点Pの予測値は、L o D Nと同層又は上層のL o D N' (N' ≤ N)に含まれる再構成値P'を用いて生成される。ここで、再構成値P'とは、符号化及び復号済みの属性値（属性情報）である。例えば、距離に基づく隣接点の再構成値P'が用いられる。

[0633] また、`SearchNumPoint` は、全てのL o Dの探索回数の総数を示してもよい。例えば、`SearchNumPoint` = 5である場合において、L o D 0で3回探索が行われた場合には、L o D 1では残りの2回探索可能である。これにより、探索回数のワースト回数を保障できるので、処理時間を安定化できる。

[0634] 三次元データ符号化装置は、`SearchNumPoint`をヘッダ等に付加してもよい。これにより、三次元データ復号装置は、ヘッダから`SearchNumPoint`を復号することで、三次元データ符号化装置と同一の予測値を生成でき、ビットストリームを適切に復号できる。また、`SearchNumPoint`は必ずしもヘッダに付加される必要はなく、例えば、`SearchNumPoint`の値が規格等のプロファイル（`profile`）又はレベル（`level`）等で規定されてもよい。これにより、ヘッダのビット量を削減できる。

[0635] `LoDn`に含まれる三次元点の属性値の予測値を算出する場合に、下記`EnableReferenceLoD`を定義してもよい。これにより、三次元データ符号化装置及び三次元データ復号装置は、`EnableReferenceLoD`（参照許可層情報）を参照して、どの`LoD`に含まれる三次元点の属性値を参照してよいかを判定できる。

[0636] `EnableReferenceLoD`は、対象三次元点が`LoDn`に属する場合に、対象三次元点が`LoD (n - EnableReferenceLoD)`以上の階層の三次元点を参照することを許可するか否かを示す情報である。例えば、`EnableReferenceLoD = 0`であれば、`LoDn`及び`LoDn`よりも上位階層に含まれる三次元点の参照が許可される。 `EnableReferenceLoD = 1`であれば、`LoDn - 1`以上の上位階層に含まれる三次元点の参照が許可される。また、`EnableReferenceLoD = 2`であれば、`LoDn - 2`以上の上位階層に含まれる三次元点の参照が許可される。このように`EnableReferenceLoD`の設定値に応じて参照可能な`LoD`の階層を設定できるので、並列処理可能な階層を制御することで符号化効率と処理時間とのバランスをとることが可能となる。なお、各層に含まれる既に符号化又は復号済みの三次元点が参照可能であってもよい。

[0637] 図77は、`EnableReferenceLoD = 0`の場合の参照関係を示す図である。図77に示すように、例えば`c2`の予測値は、`a0`、`a1`

、 a_2 、 b_0 、 b_1 、 b_2 、 c_0 、 c_1 の属性値のいずれかを用いて生成される。各三次元点は既に符号化又は復号済みの場合に参照可能であってもよい。これにより、 c_2 の予測値が、より多くの隣接三次元点の属性情報を用いて生成されるため、予測精度を向上し、符号化効率を改善できる。

[0638] 図78は、 $EnableReferenceLoD=1$ の場合の参照関係を示す図である。図78に示すように、例えば c_2 の予測値は、 a_0 、 a_1 、 a_2 、 b_0 、 b_1 、 b_2 の属性値のいずれかを用いて生成される。 c_0 、 c_1 は符号化又は復号済みでも参照が禁止される。これにより、三次元データ符号化装置及び三次元データ復号装置は、 c_2 の予測値を c_0 、 c_1 の符号化又は復号処理が完了することを待たずに生成できる。つまり、三次元データ符号化装置及び三次元データ復号装置は、同一 LoD 内の三次元点の属性値に対する予測値を並列に算出できるので、処理時間を削減できる。

[0639] 図79は、 $EnableReferenceLoD=2$ の場合の参照関係を示す図である。図79に示すように、例えば c_2 の予測値は、 a_0 、 a_1 、 a_2 の属性値のいずれかを用いて生成される。 c_0 、 c_1 、 b_0 、 b_1 、 b_2 は符号化又は復号済みでも参照が禁止される。これにより、三次元データ符号化装置及び三次元データ復号装置は、 c_2 の予測値を c_0 、 c_1 、 b_0 、 b_1 、 b_2 の符号化又は復号処理が完了することを待たずに生成できる。つまり、三次元データ符号化装置及び三次元データ復号装置は、 $LoD1$ と $LoD2$ の三次元点の属性値に対する予測値を並列に算出できるので、処理時間を削減できる。

[0640] 図80は、本実施の形態に係る属性情報ヘッダ (`attribute_header`) のシンタックス例を示す図である。属性情報ヘッダは属性情報のヘッダ情報である。図80に示すように、属性情報ヘッダは、同一層参照許可フラグ (`EnableReferringSameLoD`) と、階層数情報 (`NumLoD`) と、探索点数情報 (`SearchNumPoint[i]`) と、周囲点数情報 (`NumNeighborPoint[i]`) とを含む。

- [0641] `EnableReferringSameLOD`は、対象三次元点と同一のLOD内の三次元点の参照を許可するか否かを示す情報である。例えば、値1は参照可能を示し、値0は参照不可（参照禁止）を示す。なお、値1の場合、同一LOD内の三次元点のうち、既に符号化又は復号済みの三次元点が参照可能であってもよい。`NumLOD`は、用いられるLODの階層数を示す。
- [0642] `SearchNumPoint[i]`は、 i 番目のLOD内の三次元点群から予測に用いる N 個の三次元点を選択する際の探索回数を示す。例えば、三次元データ符号化装置は、LODに含まれる計 T 個の三次元点から`SearchNumPoint`で示される数と同一の個数の三次元点を選択し、選択した三次元点の中から予測に用いる N 個の三次元点を選択してもよい。これにより、三次元データ符号化装置は、LODに含まれる T 個全ての三次元点を探索する必要がなくなるので、処理量を削減できる。
- [0643] `NumNeighborPoint[i]`は、階層 i に属する三次元点の予測値の生成に用いる周囲の点数の上限値 N を示す。三次元データ符号化装置は、周囲の三次元点の数 M が`NumNeighborPoint[i]`に満たない場合（ $M < \text{NumNeighborPoint}[i]$ ）は、 M 個の周囲の三次元点を用いて予測値を算出してもよい。また、三次元データ符号化装置は、各LODで`NumNeighborPoint[i]`の値を分ける必要がない場合は、全てのLODで使用される1個の`NumNeighborPoint`をヘッダに付加してもよい。
- [0644] 三次元データ符号化装置は、`EnableReferringSameLOD`、及び`SearchNumPoint`を、エントロピー符号化してヘッダに付加してもよい。例えば、三次元データ符号化装置は、各値を二値化したうえで算術符号化する。また、三次元データ符号化装置は、処理量を抑えるために固定長で符号化を行ってもよい。
- [0645] また、`EnableReferringSameLOD`、及び`SearchNumPoint`は、必ずしもヘッダに付加される必要はなく、例えば規

格等のプロファイル又はレベル等でこれらの値が規定されてもよい。これによりヘッダのビット量を削減できる。

[0646] また、三次元データ符号化装置は、`EnableReferringSameLOD`、及び`SearchNumPoint`を、`WLD`、`SPC`又はボリューム単位で切替えるために、`WLD`、`SPC`又はボリュームのヘッダに付加してもよい。また、三次元データ符号化装置は、階層に応じて同一階層の参照を許可するか否かを示す情報をビットストリームに付加し、階層に応じて同一階層の参照を許可するか否かを切り替えてもよい。

[0647] 属性値の符号化方式によって`EnableReferringSameLOD`の設定値に制約が設けられてもよい。例えば、`LOD`の下位層内に含まれる三次元点の属性値の予測残差を一旦すべて算出し、その予測残差を上位層にフィードバックして符号化するような符号化方式Lが用いられる場合、同一層に含まれる三次元点は符号化又は復号処理が完了していないため予測値の生成に参照できない。このような符号化方式Lを用いる場合は、`EnableReferringSameLOD`の値を0に制約してもよい。また、そのような符号化方式Lを用いた場合に`EnableReferringSameLOD`の値が1であれば、三次元データ復号装置は、規格のコンフォーマンスエラーであると判断してもよい。

[0648] また、三次元データ符号化装置は、符号化方式Lで符号化が行われたか否かを示す情報をビットストリームに付加し、符号化方式Lで符号化が行われなかった場合に`EnableReferringSameLOD`の値をビットストリームに付加し、符号化方式Lで符号化が行われた場合は`EnableReferringSameLOD`をビットストリームに付加しなくてもよい。これにより三次元データ復号装置は、符号化方式Lで符号化が行われたか否かを示す情報をヘッダから復号することで、`EnableReferringSameLOD`がビットストリームに付加されているか否かを判断でき、ビットストリームを正しく復号できる。なお、符号化方式Lで符号化が行われていない場合は、三次元データ復号装置はヘッダの`EnableR`

e f e r r i n g S a m e L o Dを復号し、符号化方式Lで符号化が行われた場合は、E n a b l e R e f e r r i n g S a m e L o Dの値を0と推定してもよい。

[0649] なお、三次元データ符号化装置は、E n a b l e R e f e r r i n g S a m e L o Dをヘッダに付加しなくてもよい。この場合、三次元データ復号装置は、処理対象のビットストリームが符号化方式Lで符号化が行われたビットストリームである場合はE n a b l e R e f e r r i n g S a m e L o Dの値を0と推定し、そうでなければE n a b l e R e f e r r i n g S a m e L o Dの値を1と推定して復号処理を行ってもよい。

[0650] 図81は、本実施の形態に係る属性情報ヘッダ (a t t r i b u t e _ h e a d e r) の別のシンタックス例を示す図である。図81に示す属性情報ヘッダは、図80に示す属性情報ヘッダに対して、同一層参照許可フラグ (E n a b l e R e f e r r i n g S a m e L o D) の代わりに、参照許可層情報 (E n a b l e R e f e r e n c e L o D) を含む。なお、他の情報の意味は図80と同様である。

[0651] E n a b l e R e f e r e n c e L o Dは、対象三次元点がL o D nに属する場合に、L o D (n - E n a b l e R e f e r e n c e L o D) 以上の階層の三次元点の参照を許可するか否かを示す情報である。例えば、E n a b l e R e f e r e n c e L o D = 0であれば、L o D n及びL o D nよりも位階層に含まれる三次元点の参照が許可される。E n a b l e R e f e r e n c e L o D = 1であれば、L o D n - 1以上の上位階層に含まれる三次元点の参照が許可される。また、E n a b l e R e f e r e n c e L o D = 2であれば、L o D n - 2以上の上位階層に含まれる三次元点の参照が許可される。このようにE n a b l e R e f e r e n c e L o Dの設定値に応じて参照可能なL o Dの階層を設定できるので、並列処理可能な階層を制御することで符号化効率と処理時間とのバランスをとることが可能となる。なお、各層に含まれる既に符号化又は復号済みの三次元点が参照可能であってもよい。

- [0652] 三次元データ符号化装置は、`EnableReferenceLoD`、及び`SearchNumPoint`を、エントロピー符号化してヘッダに付加してもよい。例えば、三次元データ符号化装置は、各値を二値化したうえで算術符号化する。また、三次元データ符号化装置は、処理量を抑えるために固定長で符号化を行ってもよい。
- [0653] また、`EnableReferenceLoD`、及び`SearchNumPoint`は、必ずしもヘッダに付加される必要はなく、例えば規格等のプロファイル又はレベル等でこれらの値が規定されてもよい。これによりヘッダのビット量を削減できる。
- [0654] また、三次元データ符号化装置は、`EnableReferenceLoD`、及び`SearchNumPoint`を、`WLD`、`SPC`又はボリューム単位で切替えるために、`WLD`、`SPC`又はボリュームのヘッダに付加してもよい。
- [0655] 属性値の符号化方式によって`EnableReferenceLoD`の設定値に制約が設けられてもよい。例えば、上述した符号化方式Lを用いる場合は、`EnableReferenceLoD`の値は1以上に制約されてもよい。また、符号化方式Lを用いた場合に`EnableReferenceLoD`の値が0であれば、三次元データ復号装置は、規格のコンフォーマンスエラーであると判断してもよい。
- [0656] 図82は、本実施の形態に係る三次元データ符号化処理のフローチャートである。まず、三次元データ符号化装置は、位置情報(`geometry`)を符号化する(S6901)。例えば、三次元データ符号化装置は、8分木表現を用いて符号化を行う。
- [0657] 次に、三次元データ符号化装置は、属性情報を変換する(S6902)。例えば、三次元データ符号化装置は、位置情報の符号化後に、量子化等によって三次元点の位置が変化した場合に、変化後の三次元点に元の三次元点の属性情報を再割当てする。なお、三次元データ符号化装置は、位置の変化量に応じて属性情報の値を補間して再割当てを行ってもよい。例えば、三次元

データ符号化装置は、変化後の三次元位置に近い変化前の三次元点をN個検出し、N個の三次元点の属性情報の値を、変化後の三次元位置から各N個の三次元までの距離に基づいて重み付け平均し、得られた値を変化後の三次元点の属性情報の値に設定する。また、三次元データ符号化装置は、量子化等によって2個以上の三次元点が同一の三次元位置に変化した場合は、その変化後の属性情報の値として、変化前の2個以上の三次元点における属性情報の平均値を割当ててもよい。

[0658] 次に、三次元データ符号化装置は、属性情報を符号化する（S 6 9 0 3）。例えば、三次元データ符号化装置は、複数の属性情報を符号化する場合は、複数の属性情報を順に符号化してもよい。例えば、三次元データ符号化装置は、属性情報として、色と反射率を符号化する場合は、色の符号化結果の後に反射率の符号化結果を付加したビットストリームを生成する。なお、ビットストリームに付加される属性情報の複数の符号化結果はどのような順番でもよい。

[0659] また、三次元データ符号化装置は、ビットストリーム内の各属性情報の符号化データの開始場所を示す情報をヘッダ等に付加してもよい。これにより、三次元データ復号装置は、復号が必要な属性情報を選択的に復号できるので、復号が不必要な属性情報の復号処理を省略できる。よって、三次元データ復号装置の処理量を削減できる。また、三次元データ符号化装置は、複数の属性情報を並列に符号化し、符号化結果を1つのビットストリームに統合してもよい。これにより、三次元データ符号化装置は、高速に複数の属性情報を符号化できる。

[0660] 図83は、属性情報符号化処理（S 6 9 0 3）のフローチャートである。まず、三次元データ符号化装置は、L o Dを設定する（S 6 9 1 1）。つまり、三次元データ符号化装置は、各三次元点を複数のL o Dのいずれかに割り当てる。

[0661] 次に、三次元データ符号化装置は、L o D単位のループを開始する（S 6 9 1 2）。つまり、三次元データ符号化装置は、L o D毎にステップS 6 9

13～S6921の処理を繰り返し行う。

[0662] 次に、三次元データ符号化装置は、三次元点単位のループを開始する（S6913）。つまり、三次元データ符号化装置は、三次元点毎にステップS6914～S6920の処理を繰り返し行う。

[0663] まず、三次元データ符号化装置は、処理対象の対象三次元点の予測値の算出に用いる、対象三次元点の周囲に存在する三次元点である複数の周囲点を探索する（S6914）。次に、三次元データ符号化装置は、複数の周囲点の属性情報の値の重み付け平均を算出し、得られた値を予測値Pに設定する（S6915）。次に、三次元データ符号化装置は、対象三次元点の属性情報と予測値との差分である予測残差を算出する（S6916）。次に、三次元データ符号化装置は、予測残差を量子化することで量子化値を算出する（S6917）。次に、三次元データ符号化装置は、量子化値を算術符号化する（S6918）。

[0664] また、三次元データ符号化装置は、量子化値を逆量子化することで逆量子化値を算出する（S6919）。次に、三次元データ符号化装置は、逆量子化値に予測値を加算することで復号値を生成する（S6920）。次に、三次元データ符号化装置は、三次元点単位のループを終了する（S6921）。また、三次元データ符号化装置は、L o D単位のループを終了する（S6922）。

[0665] 図84は、本実施の形態に係る三次元データ復号処理のフローチャートである。まず、三次元データ復号装置は、ビットストリームから位置情報（geometry）を復号する（S6931）。例えば、三次元データ復号装置は、8分木表現を用いて復号を行う。

[0666] 次に、三次元データ復号装置は、ビットストリームから属性情報を復号する（S6932）。例えば、三次元データ復号装置は、複数の属性情報を復号する場合は、複数の属性情報を順に復号してもよい。例えば、三次元データ復号装置は、属性情報として、色と反射率を復号する場合は、ビットストリームに付加されている順に従い、色の符号化結果、及び反射率の符号化結

果を復号する。例えば、ビットストリームにおいて、色の符号化結果の後に、反射率の符号化結果が付加されている場合、三次元データ復号装置は、色の符号化結果を復号し、その後に反射率の符号化結果を復号する。なお、三次元データ復号装置は、ビットストリームに付加される属性情報の符号化結果をどのような順番で復号してもよい。

[0667] また、三次元データ復号装置は、ビットストリーム内の各属性情報の符号化データの開始場所を示す情報をヘッダ等を復号することで取得してもよい。これにより、三次元データ復号装置は、復号が必要な属性情報を選択的に復号できるので、復号が不必要な属性情報の復号処理を省略できる。よって、三次元データ復号装置の処理量を削減できる。また、三次元データ復号装置は、複数の属性情報を並列に復号し、復号結果を1つの三次元点群に統合してもよい。これにより、三次元データ復号装置は、高速に複数の属性情報を復号できる。

[0668] 図85は、属性情報復号処理（S6932）のフローチャートである。まず、三次元データ復号装置は、LODを設定する（S6941）。つまり、三次元データ復号装置は、復号された位置情報を有する複数の三次元点の各々を複数のLODのいずれかに割り当てる。例えば、この割り当て方法は、三次元データ符号化装置で用いられた割り当て方法と同じ方法である。

[0669] 次に、三次元データ復号装置は、LOD単位のループを開始する（S6942）。つまり、三次元データ復号装置は、LOD毎にステップS6943～S6949の処理を繰り返し行う。

[0670] 次に、三次元データ復号装置は、三次元点単位のループを開始する（S6943）。つまり、三次元データ復号装置は、三次元点毎にステップS6944～S6948の処理を繰り返し行う。

[0671] まず、三次元データ復号装置は、処理対象の対象三次元点の予測値の算出に用いる、対象三次元点の周囲に存在する三次元点である複数の周囲点を探索する（S6944）。次に、三次元データ復号装置は、複数の周囲点の属性情報の値の重み付け平均を算出し、得られた値を予測値Pに設定する（S

6945)。なお、これらの処理は三次元データ符号化装置における処理と同様である。

[0672] 次に、三次元データ復号装置は、ビットストリームから量子化値を算術復号する（S6946）。また、三次元データ復号装置は、復号した量子化値を逆量子化することで逆量子化値を算出する（S6947）。次に、三次元データ復号装置は、逆量子化値に予測値を加算することで復号値を生成する（S6948）。次に、三次元データ復号装置は、三次元点単位のループを終了する（S6949）。また、三次元データ復号装置は、L o D単位のループを終了する（S6950）。

[0673] 図86は、周囲点探索処理（S6914）のフローチャートである。まず、三次元データ符号化装置は、対象三次元点が属する層よりも上位のL o D層に含まれるS e a r c h N u m P o i n t [上位L o D] 個の三次元点を選択し、選択した三次元点から予測値生成用のN個の三次元点を算出する（S6961）。次に、三次元データ符号化装置は、E n a b l e R e f e r r i n g S a m e L o Dが1であるかを判定する（S6962）。E n a b l e R e f e r r i n g S a m e L o Dが1である場合（S6962でY e s）、三次元データ符号化装置は、対象三次元点が属する層と同一のL o D層に含まれるS e a r c h N u m P o i n t [同一L o D] 個の三次元点を選択し、予測値生成用のN個の三次元点を更新する（S6963）。例えば、三次元データ符号化装置は、ステップS6961で選択したS e a r c h N u m P o i n t [上位L o D] 個の三次元点と、ステップS6963で選択したS e a r c h N u m P o i n t [同一L o D] 個の三次元点とからN個の三次元点を算出する。

[0674] 一方、E n a b l e R e f e r r i n g S a m e L o Dが0である場合（S6962でN o）、ステップS6961で選択されたN個の三次元点がそのまま用いられる。

[0675] 図87は、周囲点探索処理（S6914）の別の例を示すフローチャートである。まず、三次元データ符号化装置は、E n a b l e R e f e r r i n g

g SameLoDが1であるかを判定する（S6971）。EnableReferringSameLoDが1である場合（S6971でYes）、三次元データ符号化装置は、対象三次元点が属する層と同一のLoD層に含まれるSearchNumPoint [同一LoD] 個の三次元点を選択し、選択した三次元点から予測値生成用のN個の三次元点を算出する（S6972）。次に、三次元データ符号化装置は、対象三次元点が属する層よりも上位のLoD層に含まれるSearchNumPoint [上位LoD] 個の三次元点を選択し、予測値生成用のN個の三次元点を更新する（S6973）。例えば、三次元データ符号化装置は、ステップS6972で選択したSearchNumPoint [同一LoD] 個の三次元点と、ステップS6973で選択したSearchNumPoint [上位LoD] 個の三次元点とからN個の三次元点を算出する。

[0676] 一方、EnableReferringSameLoDが0である場合（S6971でNo）、三次元データ符号化装置は、対象三次元点が属する層よりも上位のLoD層に含まれるSearchNumPoint [上位LoD] 個の三次元点を選択し、選択した三次元点から予測値生成用のN個の三次元点を算出する（S6973）。

[0677] 図88は、周囲点探索処理（S6914）の別の例を示すフローチャートである。まず、三次元データ符号化装置は、LoD（n-EnableReferenceLoD）以上の階層に含まれるSearchNumPoint 個の三次元点を選択し、選択した三次元点から予測値生成用のN個の三次元点を算出する（S6981）。

[0678] なお、三次元データ復号装置における周囲点探索処理（S6944）も三次元データ符号化装置における周囲点探索処理（S6914）と同様である。

[0679] 以上のように、本実施の形態に係る三次元データ符号化装置は、図89に示す処理を行う。三次元データ符号化装置は、点群データに含まれる複数の三次元点を、複数の三次元点の位置情報に基づき複数の階層（例えばLoD

）に分類する（S 6 9 9 1）。次に、三次元データ符号化装置は、複数の三次元点に含まれる処理対象の三次元点に対して、処理対象の三次元点と同じ階層に属する他の三次元点の属性情報を参照することを許可するか否かを示す第1情報（例えばEnableReferringSameLoD）を生成する（S 6 9 9 2）。次に、三次元データ符号化装置は、第1情報に従い、他の三次元点の属性情報を参照し、又は参照せず、処理対象の三次元点の属性情報を符号化することでビットストリームを生成する（S 6 9 9 3）。このビットストリームは、第1情報を含む。

[0680] 例えば、三次元データ符号化装置は、第1情報により同じ階層に属する他の三次元点の属性情報を参照することが許可されていることが示される場合、処理対象の三次元点と同じ階層に属する三次元点を参照して、処理対象の三次元点の属性情報を符号化し、第1情報により同じ階層に属する他の三次元点の属性情報を参照することが許可されていないこと（禁止されていること）が示される場合、処理対象の三次元点と同じ階層に属する三次元点を参照せずに、処理対象の三次元点の属性情報を符号化する。また、三次元点を参照するとは、例えば、予測値の生成に三次元点を用いることである。この場合、処理対象の三次元点の属性情報と予測値の差分値（予測残差）が算出され、算出された差分値が符号化（例えば量子化及びエントロピー符号化）される。

[0681] これによれば、当該三次元データ符号化装置は、同一階層の他の三次元点を参照するか否かを切り替えることができるので、適切に符号化を行える。

[0682] 例えば、三次元データ符号化装置は、第1情報により他の三次元点の属性情報を参照することが許可されていることが示される場合、処理対象の三次元点と同じ階層に属する三次元点のうち、符号化済みの三次元点の属性情報を参照して、処理対象の三次元点の属性情報を符号化する。

[0683] 例えば、三次元データ符号化装置は、処理対象の三次元点の属性情報の符号化では、第1情報に関わらず、処理対象の三次元点が属する階層よりも上位の階層に属する三次元点の属性情報を参照して、処理対象の三次元点の属

性情報を符号化する。

[0684] 例えば、三次元データ符号化装置は、プロセッサと、メモリとを備え、プロセッサは、メモリを用いて、上記の処理を行う。

[0685] また、本実施の形態に係る三次元データ復号装置は、図90に示す処理を行う。三次元データ復号装置は、点群データに含まれる複数の三次元点を、複数の三次元点の位置情報に基づき複数の階層（例えばL o D）に分類する（S 6 9 9 5）。次に、三次元データ復号装置は、ビットストリームから、複数の三次元点に含まれる処理対象の三次元点に対して、処理対象の三次元点と同じ階層に属する他の三次元点の属性情報を参照することを許可するか否かを示す第1情報（例えばE n a b l e R e f e r r i n g S a m e L o D）を取得する（S 6 9 9 6）。次に、三次元データ復号装置は、第1情報に従い、他の三次元点の属性情報を参照し、又は参照せず、ビットストリームから、処理対象の三次元点の属性情報を復号する（S 6 9 9 7）。

[0686] 例えば、三次元データ復号装置は、第1情報により同じ階層に属する他の三次元点の属性情報を参照することが許可されていることが示される場合、処理対象の三次元点と同じ階層に属する三次元点を参照して、処理対象の三次元点の属性情報を復号し、第1情報により同じ階層に属する他の三次元点の属性情報を参照することが許可されていないこと（禁止されていること）が示される場合、処理対象の三次元点と同じ階層に属する三次元点を参照せずに、処理対象の三次元点の属性情報を復号する。また、三次元点を参照するとは、例えば、予測値の生成に三次元点を用いることである。この場合、三次元データ復号装置は、処理対象の三次元点の属性情報と予測値の差分値（予測残差）をビットストリームから復号（例えばエントロピー復号及び逆量子化）し、得られた差分値に予測値を加算することで属性情報を復元する。

[0687] これによれば、当該三次元データ復号装置は、第1情報に基づき、同一階層の他の三次元点を参照するか否かを切り替えることができる。よって、当該三次元データ復号装置は、適切に符号化が行われることで生成されたビッ

トストリームを復号できる。

[0688] 例えば、三次元データ復号装置は、第1情報により他の三次元点の属性情報を参照することが許可されていることが示される場合、処理対象の三次元点と同じ階層に属する三次元点のうち、復号済みの三次元点の属性情報を参照して、処理対象の三次元点の属性情報を復号する。

[0689] 例えば、三次元データ復号装置は、処理対象の三次元点の属性情報の復号では、第1情報に関わらず、処理対象の三次元点が属する階層よりも上位の階層に属する三次元点の属性情報を参照して、処理対象の三次元点の属性情報を復号する。

[0690] 例えば、三次元データ復号装置は、プロセッサと、メモリとを備え、プロセッサは、メモリを用いて、上記の処理を行う。

[0691] (実施の形態11)

三次元点の属性情報を予測して符号化する別の例として、予測に用いるN個の三次元点を効率よく選択する方法について説明する。

[0692] 例えば、まず、三次元データ符号化装置は、L o D nに含まれる符号化対象の第1三次元点の属性情報の予測値を算出するために用いるN個の第2三次元点であって、符号化対象の三次元点の周囲のN個の第2三次元点の候補を選択する。この場合、三次元データ符号化装置は、参照可能な全ての第2三次元点のそれぞれと、符号化対象の第1三次元点との間の距離等の評価値を算出することで、評価値の順（評価値が高い順、または、評価値が低い順）にN個の第2三次元点を選択することが考えられる。なお、属性情報の予測値を算出するために用いるN個の三次元点の候補のことを予測値生成用の三次元点候補とも呼ぶことがある。

[0693] また、三次元データ符号化装置は、第1三次元点と全ての第2三次元点のそれぞれとの間の距離を算出する代わりに、全ての第2三次元点を複数の集合に分割し、分割した集合毎に集合単位の評価値を算出してもよい。つまり、この場合、三次元データ符号化装置は、集合毎に、1つの集合に対する1つの評価値を算出する。そして、三次元データ符号化装置は、集合毎に算出

した評価値がある条件を満たした場合に、ある条件を満たした集合に含まれる全ての複数の第2三次元点のそれぞれと第1三次元点との間の距離を算出することが考えられる。これにより、三次元データ符号化装置は、評価値がある条件を満たさない集合に含まれる複数の第2三次元点のそれぞれと第1三次元点との間の距離の算出を省略することができるため、全ての参照可能な三次元点との間の距離を符号化対象三次元点毎に算出する必要がなくなり、処理量を削減できる。

[0694] 以下、同一L o D階層の参照可能な複数の第2三次元点から予測値生成用のN個の三次元点の候補を選択する例を、図91を用いて説明する。図91は、N個の三次元点を選択する方法について説明するための図である。

[0695] まず、三次元データ符号化装置は、実施の形態8（例えば図51～図53を用いた説明）のような方法にて、L o Dを生成する。図91では、L o Dで生成される複数階層のうちL o D_n階層の三次元点b₀～b₄₇が示されている。なお、三次元データ符号化装置は、入力された三次元点を、例えばモートンコードを用いて昇順に並べ替えてからL o Dを生成してもよい。これにより、比較的距離が近い三次元点をまとめて符号化することができ、属性情報の予測精度を向上させることができるため、符号化効率を改善できる。

[0696] そして、三次元データ符号化装置は、L o D_n階層の複数の三次元点b₀～b₄₇を、各集合がM個（本実施の形態ではM=8）の三次元点を有するように、複数の集合（グループともいう）G₀～G₅に分割する。

[0697] 次に、三次元データ符号化装置は、図92に示すように、各グループG内に含まれる三次元点から各グループの（max__x, max__y, max__z）および（min__x, min__y, min__z）を算出し、各グループG₀～G₅の複数の三次元点を含む空間（バウンディングボックス）を定義してもよい。図92は、グループG_k（kは、0以上の整数）のバウンディングボックスの一例を示す図である。

[0698] なお、max__xは、グループG_kに含まれる複数の三次元点のx座標の

最大値を示す。 $\max_y$ は、グループG_kに含まれる複数の三次元点のy座標の最大値を示す。 $\max_z$ は、グループG_kに含まれる複数の三次元点のz座標の最大値を示す。 $\min_x$ は、グループG_kに含まれる複数の三次元点のx座標の最小値を示す。 $\min_y$ は、グループG_kに含まれる複数の三次元点のy座標の最小値を示す。 $\min_z$ は、グループG_kに含まれる複数の三次元点のz座標の最小値を示す。

[0699] この場合、三次元データ符号化装置は、ある三次元点A (point_x , point_y , point_z) とグループG_kのバウンディングボックスとの距離 dist を下記のように算出してもよい。 point_x は、三次元点Aのx座標であり、 point_y は、三次元点Aのy座標であり、 point_z は、三次元点Aのz座標である。

[0700]
$$\begin{aligned} dx &= \max(\max(\min_x - \text{point_x}, 0), \text{point_x} - \max_x) \\ dy &= \max(\max(\min_y - \text{point_y}, 0), \text{point_y} - \max_y) \\ dz &= \max(\max(\min_z - \text{point_z}, 0), \text{point_z} - \max_z) \\ \text{dist}_{Gk} &= dx * dx + dy * dy + dz * dz \quad (*は乗算を表す) \end{aligned}$$

(式N1)

[0701] 仮に三次元点AがグループG_kのバウンディングボックス内に含まれる場合、上記式N1を用いて得られた距離 dist_{Gk} の値は0となる。また、三次元点AがグループG_kのバウンディングボックスから三次元空間上で離れた点であるほど、 dist_{Gk} の値は大きくなる。

[0702] 三次元データ符号化装置は、各グループに含まれる三次元点の個数Mを、ビットストリームに含めてもよい。例えば、個数Mを示す情報は、ビットストリームのヘッダ等に付加されてもよい。これにより三次元データ復号装置は、ビットストリームを取得する、または、ビットストリームに含まれるヘッダを復号することで、復号対象の複数の三次元点をM個毎にグループ化し

て復号処理することを知ることができ、ビットストリームを正しく復号できる。また、個数Mは、規格の *profile* 等で規定されてもよい。

[0703] 三次元データ符号化装置は、符号化対象の第1三次元点の予測に用いるN個の三次元点の候補を選択する際、まずは符号化対象の第1三次元点と同一のグループ内に存在する、第1三次元点の周囲の複数の第2三次元点のうち、参照可能な複数の第2三次元点のそれぞれと第1三次元点との間の三次元空間における距離を算出する。三次元データ符号化装置は、算出した距離が近い第2三次元点を予測に用いるN個の三次元点の候補に含めるようにしてもよい。ここで参照可能な三次元点とは、例えば、符号化対象の第1三次元点より前に符号化もしくは復号される三次元点であってもよい。また、算出する2点間の距離は、ユークリッド距離等であってもよい。

[0704] 図93は、第1三次元点と複数の第2三次元点とが同一のグループに属する場合のN個の三次元点の候補を選択する処理について説明するための図である。

[0705] 図93では、三次元データ符号化装置は、符号化対象の三次元点b26の属性情報の予測値を算出するために用いるN個の三次元点を選択する際、まずは三次元点b26が含まれるグループG3内において参照可能な三次元点b24、b25のそれぞれに対し、三次元点b26との間の三次元空間における距離を算出する。この場合、三次元データ符号化装置は、Nが2以上であれば、三次元点b24、b25の両方を予測値生成用の三次元点候補として設定する。三次元データ符号化装置は、N=1であれば、三次元点b24、b25のうち、符号化対象の三次元点b26との間の距離が近い方の三次元点を予測値生成用の三次元点候補として設定する。三次元データ符号化装置は、例えば、三次元点b26と三次元点b25との間の距離が *dist0* であり、かつ、三次元点b26と三次元点b24との間の距離が *dist1* であり、かつ、 $dist0 < dist1$ である場合、三次元点候補[0]として三次元点b25を設定し、三次元点候補[1]として三次元点b24を設定することが考えられる。つまり、三次元データ符号化装置は、三次元点

候補〔０〕が三次元点 b_{25} であることを示す情報と、三次元点候補〔１〕が三次元点 b_{24} であることを示す情報とをメモリに記憶する。なお、三次元点候補〔０〕は、三次元点候補〔１〕よりも優先順位が高い候補であることを示していてもよい。つまり、三次元データ符号化装置は、三次元点 b_{24} 、 b_{25} のうちで符号化対象の三次元点 b_{26} により近い三次元点 b_{25} を優先順位が高い候補として設定してもよい。

[0706] 次に、三次元データ符号化装置は、第１三次元点と同一のグループにある複数の第２三次元点と第１三次元点との間の距離を算出して、算出した距離に応じて三次元点候補を設定した後で、第１三次元点と異なるグループと第１三次元点との間の距離を算出する。異なるグループに属する複数の第２三次元点との距離を算出する処理について図９４を用いて説明する。図９４は、第１三次元点と複数の第２三次元点とが異なるグループに属する場合の N 個の三次元点の候補を選択する処理について説明するための図である。

[0707] 三次元データ符号化装置は、式 $N1$ を用いて、第１三次元点 b_{26} とグループ $G2$ のバウンディングボックスとの間の距離 $dist_{G2}$ を算出する（図９４における（１））。例えば、 $dist_{G2}$ が三次元点候補〔１〕の $dist_1$ より小さければ、グループ $G2$ 内に含まれる第２三次元点 b_{16} 、 b_{17} 、 $\dots$ 、 b_{23} のそれぞれと第１三次元点 b_{26} と間の距離を算出し（図９４における（２））、第１三次元点 b_{26} により近い（つまり算出した距離が小さい）順を優先順として、予測値生成用の三次元点候補に設定してもよい。三次元データ符号化装置は、例えば、第２三次元点 b_{17} と第１三次元点 b_{26} との間の距離 $dist_2$ が $dist_0$ および $dist_1$ よりも小さい場合、既に三次元点候補〔０〕に記憶されている第２三次元点 b_{25} よりも優先されるため、第２三次元点 b_{17} を三次元点候補〔０〕に設定する。三次元データ符号化装置は、その結果、三次元点候補〔０〕に設定されていた第２三次元点 b_{25} を三次元点候補〔１〕に設定し、かつ、第２三次元点 b_{24} を三次元点候補から外して（削除して）もよい。

[0708] このように、三次元データ符号化装置は、三次元点候補〔０〕に第１三次

元点 b_{26} との間の距離が小さい三次元点を割り当て、そこから距離の昇順に三次元点候補を設定してもよい。ここで、 $dist_{G2} = 0$ である場合、つまり三次元点 b_{26} がグループ $G2$ のバウンディングボックス内に存在する場合、三次元データ符号化装置は、グループ $G2$ 内に含まれる第2三次元点 b_{16} , b_{17} , $\dots$, b_{23} のそれぞれと第1三次元点 b_{26} との間の距離を算出し、第1三次元点 b_{26} により近い（つまり算出した距離が小さい）順を優先順として、予測値生成用の三次元点候補に設定してもよい。

[0709] なお、第1三次元点 b_{26} との間の距離が小さい三次元点とは、第1三次元点 b_{26} との間の距離が所定の距離よりも小さい1以上の三次元点のうちの1つであってもよいし、第1三次元点 b_{26} との間の距離が最も小さい三次元点であってもよい。以下、一の三次元点との間の距離が、所定の距離よりも小さい他の三次元点、または、最も小さい他の三次元点のことを、一の三次元点との間の距離が小さい三次元点という。なお、三次元点は、グループに読み替えても同様のことが言える。

[0710] グループ $G2$ についての処理の後で、三次元データ符号化装置は、次のグループ $G1$ に対して上述したグループ $G2$ に対する処理と同様の処理を行う（図94における（3））。

[0711] なお、 $dist_{G2}$ が $dist_1$ 以上の場合、三次元データ符号化装置は、第1三次元点 b_{26} とグループ $G2$ 内の複数の第2三次元点とは距離が離れていると判断し、グループ $G2$ 内の複数の第2三次元点のそれぞれと第1三次元点 b_{26} との間の距離の算出をスキップして、次のグループ $G1$ に対して上述したグループ $G2$ に対する処理と同様の処理を行うようにしてもよい。これにより、距離算出処理を削減でき、処理時間を削減できる。

[0712] なお、三次元データ符号化装置は、参照可能な複数の第2三次元点の最大個数 $search_range$ を定義し、 $search_range$ の範囲内にある複数の第2三次元点から三次元点の候補を選択してもよい。また、三次元データ符号化装置は、 $search_range$ をビットストリームに含めてもよい。例えば、 $search_range$ は、ビットストリーム

のヘッダ等に付加されてもよい。これにより、`search_range`を調整することで、符号化対象の三次元点の予測値生成用の三次元点候補の選択にかかる処理量を制御することができる。

[0713] このように、三次元データ符号化装置は、参照可能な複数の第2三次元点を複数のグループG0～G5に分類し、符号化対象の第1三次元点が属するグループG3内の複数の第2三次元点との間の距離を算出する。そして、三次元データ符号化装置は、算出した距離に基づいて、第1三次元点b26により近い（つまり算出した距離が小さい）順を優先順として、予測値生成用の三次元点候補に設定する。次に、三次元データ符号化装置は、符号化対象の第1三次元点と、第1三次元点が属するグループG3とは異なる各グループGkのバウンディングボックスの情報を用いて各グループGkとの間の $dist_{Gk}$ を算出し、算出した $dist_{Gk}$ がその時点で設定されている三次元点候補[N-1]の $dist_{(N-1)}$ よりも小さい場合、当該グループGk内に含まれる複数の第2三次元点のそれぞれと第1三次元点との間の距離を算出する。そして、三次元データ符号化装置は、算出した距離に基づいて、第1三次元点b26により近い（つまり算出した距離が小さい）順を優先順として、予測値生成用の三次元点候補に設定する。 $dist_{Gk}$ が $dist_{(N-1)}$ よりも大きい場合、三次元データ符号化装置は、当該グループGk内の複数の第2三次元点と第1三次元点との間の距離を算出せずに、次のグループG(k-1)と第1三次元点との間の $dist_{G(k-1)}$ を算出し、グループGkに対する処理と同様の処理を行うようにしてもよい。これにより、符号化対象の第1三次元点の有する属性情報の予測値生成用の三次元点候補を選択する処理量を削減することができる。

[0714] 次に、符号化対象の第1三次元点が属するLoDn階層より上位のLoD(n-1)階層の参照可能な三次元点から予測値生成用のN個の三次元点候補を選択する例を、図95を用いて説明する。図95は、異なる階層に属する複数の第2三次元点から三次元点候補を選択する処理について説明するための図である。

- [0715] 三次元データ符号化装置は、 $L \circ D \ n$ 階層に属する符号化対象の第1三次元点の予測値生成用の N 個の三次元点候補を、 $L \circ D \ n$ 階層よりも上位の $L \circ D \ (n - 1)$ 階層に属する複数の第2三次元点から選択する場合、まず、符号化対象の第1三次元点 $c \ 0$ と距離が近い三次元点を含む可能性がある $L \circ D \ (n - 1)$ 階層の初期グループ $G \ k$ を選択する。三次元データ符号化装置は、例えば、符号化対象の第1三次元点のモートンコードと値が近いモートンコードを有する三次元点を $L \circ D \ (n - 1)$ 階層から選択し、選択した三次元点が属するグループ $G \ k$ を初期グループとして選択してもよい。
- [0716] このように、モートンコードを用いた選択もしくは探索により、低処理量で上位の $L \circ D \ (n - 1)$ 階層に属する複数の第2三次元点が分類された複数のグループの中から初期グループを選択することができる。図95の(1)に示すように、三次元データ符号化装置は、符号化対象の第1三次元点 $c \ 0$ が有するモートンコードに近いモートンコードを有する第2三次元点 $b \ 2 \ 6$ を選択し、第2三次元点 $b \ 2 \ 6$ が属するグループ $G \ 3$ を初期グループとして選択する。
- [0717] なお、 $L \circ D \ (n - 1)$ 階層の複数のグループの中から初期グループを選択する方法は、これに限らない。三次元データ符号化装置は、例えば、符号化対象の第1三次元点 $c \ 0$ にユークリッド距離等の三次元空間における距離が近い三次元点を、 $L \circ D \ (n - 1)$ に属する複数の第2三次元点の中から選択もしくは探索し、選択した三次元点が属するグループを初期グループとして選択してもよい。これにより、符号化対象の第1三次元点に距離が近い三次元点を含む可能性がある初期グループをより正確に求めることができ、符号化効率を向上させることができる。
- [0718] 三次元データ符号化装置は、図95の(2)に示すように、上位の $L \circ D \ (n - 1)$ 階層に属する初期グループ $G \ 3$ を選択した後、初期グループ $G \ 3$ 内に存在する複数の第2三次元点 $b \ 2 \ 4$, $b \ 2 \ 5$, $b \ 2 \ 6$, $\dots$, $b \ 3 \ 1$ のうちの参照可能な複数の第2三次元点と符号化対象の三次元点 $c \ 0$ との間の三次元空間における距離を算出し、第1三次元点 $c \ 0$ により距離が近い(

つまり算出した距離が小さい) 順を優先順として、予測値生成用の三次元点候補に設定してもよい。例えば、三次元データ符号化装置は、第2三次元点 b_{24} , b_{25} , b_{26} , $\dots$, b_{31} のうち、第1三次元点 c_0 と第2三次元点 b_{25} と間の距離 $dist_0$ が最小であり、その次に第1三次元点 c_0 と第2三次元点 b_{24} との間の距離 $dist_1$ が小さい場合、第1三次元点 c_0 の予測値生成用の三次元点候補 [0] に第2三次元点 b_{25} を設定し、かつ、三次元点候補 [1] に第2三次元点 b_{24} を設定することが考えられる。

[0719] ここで参照可能な複数の第2三次元点とは、例えば、符号化対象の第1三次元点より前に符号化もしくは復号される三次元点であってもよい。また、参照可能な複数の第2三次元点は、 $L \circ D (n-1)$ 階層に属する複数のグループのうち、上記方法にて選択した初期グループの前後のそれぞれに並ぶ L 個のグループに属する複数の第2三次元点であってもよい。このように参照可能な複数の第2三次元点を、符号化対象の第1三次元点によって切替えることで、符号化効率と処理量とのバランスを図ることができる。また、算出される2点間の距離はユークリッド距離等を用いてもよい。

[0720] なお、初期グループの選択方法は、上記に限らない。三次元データ符号化装置は、例えば、符号化対象の第1三次元点 c_0 と参照可能な複数の第2三次元点の属する各グループ G_k のバウンディングボックスの情報を用いて各グループ G_k との間の $dist_{Gk}$ を算出し、算出した $dist_{Gk}$ が最小となるグループを初期グループに設定してもよい。これにより、符号化対象の第1三次元点 c_0 と距離が近い第2三次元点を含む可能性があるグループを初期グループに設定でき、符号化効率を改善できる。

[0721] また、三次元データ符号化装置は、 $dist_G$ の値が同一となる複数のグループが見つかった場合、符号化対象の第1三次元点 c_0 のモートンコードと、 $dist_G$ が同一となる複数のグループ内の1以上の第2三次元点に割当てられたモートンコードとを比較する。そして、三次元データ符号化装置は、第1三次元点 c_0 のモートンコードに近いモートンコード(つまり、第

1 三次元点 c_0 のモートンコードとの差分が小さいモートンコード) を有する第2 三次元点が属するグループを初期グループに設定してもよい。

[0722] なお、第1 三次元点 c_0 のモートンコードに近いモートンコードを有する第2 三次元点とは、第1 三次元点 c_0 のモートンコードとの差分が所定値よりも小さいモートンコードを有する1 以上の第2 三次元点のうちの1 つであってもよいし、当該差分が最も小さいモートンコードを有する第2 三次元点であってもよい。

[0723] これにより、三次元データ符号化装置は、複数のグループの $dist_G$ が同一になる場合に、 $dist_G$ が同一になる複数のグループの中から符号化対象の第1 三次元点に距離が近い三次元点を含むグループを初期グループに設定でき、符号化効率を改善できる。

[0724] なお、三次元データ符号化装置は、モートンコードを比較する代わりに、符号化対象の第1 三次元点と複数の第2 三次元点との間の三次元空間における距離を算出し、距離が小さい三次元点を含むグループを初期グループに設定してもよい。これにより、符号化対象の第1 三次元点に距離が近い第2 三次元点を含む初期グループを適切に選択でき、符号化効率を改善できる。また、 $dist_G$ の値が複数のグループで同一の場合、バウンディングボックスのサイズが小さいものを初期グループに設定してもよい。これにより、符号化対象の第1 三次元点に距離が近い第2 三次元点を含む初期グループを適切に選択でき、符号化効率を改善できる。

[0725] 三次元データ符号化装置は、初期グループ内から三次元点候補を選択した後、初期グループ前後のグループから三次元点候補を選択もしくは更新する例を、図9 6 を用いて説明する。図9 6 は、初期グループ前後のグループから三次元点候補を選択もしくは更新する処理について説明するための図である。

[0726] 例えば、三次元データ符号化装置は、図9 6 の(1) に示すように、第1 三次元点 c_0 の三次元点座標とグループ G_2 のバウンディングボックスの情報とを用いて、式N 1 を用いて、第1 三次元点 c_0 とグループ G_2 のバウン

ディングボックスとの間の距離 $dist_{G2}$ を算出する。

[0727] 次に、三次元データ符号化装置は、図96の(2)に示すように、 $dist_{G2}$ が三次元点候補[1]の $dist_1$ より小さければ、グループG2内に含まれる複数の第2三次元点 b_{16} , b_{17} , $\dots$, b_{23} のそれぞれと第1三次元点 c_0 との間の距離を算出し、第1三次元点 c_0 により距離が近い(つまり算出した距離が小さい)順を優先順として、予測値生成用の三次元点候補に設定してもよい。また、例えば、三次元データ符号化装置は、第2三次元点 b_{17} との間の距離 $dist_2$ が $dist_0$ および $dist_1$ よりも小さい場合、第2三次元点 b_{17} を三次元点候補[0]に設定する。三次元データ符号化装置は、その結果、三次元点候補[0]に設定されていた第2三次元点 b_{25} を三次元点候補[1]に設定し、かつ、第2三次元点 b_{24} を三次元点候補から外して(削除して)もよい。

[0728] このように、三次元データ符号化装置は、三次元点候補[0]に第1三次元点 c_0 との間の距離が小さい三次元点を割り当て、そこから距離の昇順に三次元点候補を設定してもよい。ここで、 $dist_{G2} = 0$ である場合、つまり三次元点 c_0 がグループG2のバウンディングボックス内に存在する場合、三次元データ符号化装置は、グループG2内に含まれる第2三次元点 b_{16} , b_{17} , $\dots$, b_{23} のそれぞれと第1三次元点 c_0 との距離を算出し、第1三次元点 c_0 により近い(つまり算出した距離が小さい)順を優先順として、予測値生成用の三次元点候補に設定してもよい。

[0729] また、 $dist_{G2}$ が $dist_1$ 以上の場合、三次元データ符号化装置は、第1三次元点 c_0 とグループG2内の複数の第2三次元点とは距離が離れていると判断し、グループG2内の複数の第2三次元点のそれぞれと第1三次元点 c_0 との間の距離の算出をスキップして、次のグループG1またはグループG4に対して上述したグループG2に対する処理と同様の処理を行うようにしてもよい。これにより、距離算出処理を削減できる。

[0730] なお、三次元データ符号化装置は、参照可能な複数の第2三次元点の最大個数 $search_range$ を定義し、 $search_range$ の範囲

内にある複数の第2三次元点から三次元点の候補を選択してもよい。また、三次元データ符号化装置は、`search__range`をビットストリームに含めてもよい。例えば、`search__range`は、ビットストリームのヘッダ等に付加されてもよい。これにより、`search__range`を調整することで、符号化対象の三次元点の予測値生成用の三次元点候補の選択にかかる処理量を制御することができる。

[0731] 三次元データ符号化装置は、上記のように $L o D (n - 1)$ 階層の参照可能な複数の再2三次元点を複数のグループに分類し、符号化対象の三次元点と距離が近い三次元点を含む可能性がある初期グループを選択する。そして、三次元データ符号化装置は、初期グループ内の複数の第2三次元点のそれぞれと第1三次元点との間の距離を算出し、算出した距離に基づいて、第1三次元点 c_0 により近い（つまり算出した距離が小さい）順を優先順として、予測値生成用の三次元点候補に設定する。次に、三次元データ符号化装置は、符号化対象の第1三次元点と、初期グループの前後の複数のグループのバウンディングボックスの情報を用いて各グループ G_k との間の $d i s t G_k$ を算出し、算出した $d i s t G_k$ がその時点で設定されている三次元点候補 $[N - 1]$ の $d i s t (N - 1)$ よりも小さい場合、当該グループ G_k 内に含まれる複数の第2三次元点のそれぞれと第1三次元点との間の距離を算出する。そして、三次元データ符号化装置は、算出した距離に基づいて第1三次元点により近い（つまり算出した距離が小さい）順を優先順として、予測値生成用の三次元点候補に設定する。 $d i s t G_k$ が $d i s t (N - 1)$ よりも大きい場合、三次元データ符号化装置は、当該グループ G_k 内の複数の第2三次元点との間の距離を算出せずに、次のグループ $G (k - 1)$ と第1三次元点との間の $d i s t G (k - 1)$ を算出し、グループ G_k に対する処理と同様の処理を行うようにしてもよい。これにより、符号化対象の三次元点候補を選択する処理量を削減することができる。

[0732] なお、本実施の形態では、三次元データ符号化装置は、符号化対象の第1三次元点の初期グループを選択した後、初期グループ内の複数の第2三次元

点のそれぞれと第1三次元点との間の距離を算出する例を示したが、必ずしもこれに限らない。例えば、三次元データ符号化装置は、符号化対象の第1三次元点と初期グループのバウンディングボックスの情報とを用いて $d_{ist}G$ を算出し、 $d_{ist}G$ が所定の閾値 T_H より大きいかな否かを判定する。三次元データ符号化装置は、判定の結果、 $d_{ist}G$ が所定の閾値 T_H より大きい場合、初期グループ内の複数の第2三次元点のそれぞれと第1三次元点との間の距離の算出をスキップしてもよい。これにより、距離算出処理を削減でき、処理時間を削減できる。

[0733] また、三次元データ符号化装置は、別のグループから初期グループを選択してもよい。例えば、三次元データ符号化装置は、最初の初期グループの前後のグループのバウンディングボックスの情報と第1三次元点とを用いて各グループとの間で $d_{ist}G$ を算出し、 $d_{ist}G$ が小さいグループを初期グループに再設定してもよい。これにより、最初の初期グループ内に符号化対象の第1三次元点が含まれない可能性がある場合でも、その前後のグループから初期グループを選択することで、処理量を抑えつつ、符号量を改善できる。

[0734] また、三次元データ符号化装置が三次元点候補を探索する順番は、どのような順でも構わない。例えば、三次元データ符号化装置は、初期グループの前後のグループを順に探索してもよい。三次元データ符号化装置は、図96において、初期グループ G_3 を基準に、 $G_3 \rightarrow G_2 \rightarrow G_4 \rightarrow G_1 \rightarrow G_5$ の順、または、 $G_3 \rightarrow G_4 \rightarrow G_2 \rightarrow G_5 \rightarrow G_1$ の順のように、初期グループにモートンオーダで近い三次元点を含む前後のグループ G_2 もしくはグループ G_4 から探索してもよい。これにより、より早く符号化対象三次元点に距離が近い三次元点候補を見つけることができ、途中で探索を打ち切る等の高速化を行うことができる。また、三次元データ符号化装置は、初期グループ G_3 を基準に、 $G_3 \rightarrow G_2 \rightarrow G_1 \rightarrow G_4 \rightarrow G_5$ の順、または、 $G_3 \rightarrow G_4 \rightarrow G_5 \rightarrow G_2 \rightarrow G_1$ の順のようにどちらか一方の方向を優先して探索してもよい。これにより、参照可能な三次元点の情報を格納するメモリへのアクセス効率

を改善することができる。

[0735] なお、三次元データ符号化装置は、上位のL o D ($n - 1$) 階層に属する複数の第2三次元点を複数のグループに分割する場合、1個の三次元点を有するように複数のグループに分割してもよい。また、複数のグループが1個の三次元点を有する場合、つまり、 $M = 1$ で分割された場合において、 $d i s t G$ の値が同一となる複数のグループが見つかった場合の処理を行ってもよい。この場合、複数の第2三次元点の中に符号化対象の第1三次元点との間の距離が等しい複数の第3三次元点があることになる。

[0736] このような場合において、三次元データ符号化装置は、予測値生成用の三次元点候補の選択において、第1三次元点の第1モートンコードに基づく優先順に複数の第3三次元点から三次元点候補を選択してもよい。例えば、三次元データ符号化装置は、複数の第3三次元点のモートンコードで定められる順序であって、第1モートンコードに近いモートンコードを有する第3三次元点の順序を優先順として三次元点候補を選択してもよい。

[0737] 三次元データ符号化装置は、上記で説明したように初期グループとして、複数の第3三次元点のうちで第1三次元点の第1モートンコードに近い第2モートンコードを有する第4三次元点を選択する。そして、三次元データ符号化装置は、初期グループG3を基準に、 $G3 \rightarrow G2 \rightarrow G4 \rightarrow G1 \rightarrow G5$ の順、または、 $G3 \rightarrow G4 \rightarrow G2 \rightarrow G5 \rightarrow G1$ の順のように、初期グループにモートンコードで近い三次元点を含む前後のグループG2もしくはグループG4から探索してもよい。つまり、三次元データ符号化装置は、初期グループG3としての第4三次元点の第2モートンコードより小さいモートンコードを有する複数の第3三次元点を含む第1グループと、第2モートンコードよりも大きいモートンコードを有する複数の第3三次元点を含む第2グループとから交互に1つずつ三次元点候補を選択するときの、第2モートンコードに近い第3三次元点の順序を優先順として三次元点候補を選択してもよい。

[0738] $G3 \rightarrow G2 \rightarrow G4 \rightarrow G1 \rightarrow G5$ の順、または、 $G3 \rightarrow G4 \rightarrow G2 \rightarrow G5 \rightarrow$

G 1 の順の場合、第 1 グループに属する第 3 三次元点は、グループ G 1、G 2 にそれぞれ含まれる 1 個の三次元点であり、第 2 グループに属する第 3 三次元点は、グループ G 4、G 5 にそれぞれ含まれる 1 個の三次元点である。なお、この場合の第 1 三次元点と、複数の第 3 三次元点とは、互いに異なる階層に属する。

[0739] また、三次元データ符号化装置は、初期グループ G 3 を基準に、G 3 → G 2 → G 1 → G 4 → G 5 の順、または、G 3 → G 4 → G 5 → G 2 → G 1 の順のように、グループ G 3 の前後の一方において初期グループにモートンオーダで近い三次元点を含むグループを選択した後で、他方において初期グループにモートンオーダで近い三次元点を含むグループを選択してもよい。つまり、三次元データ符号化装置は、第 1 モートンコードより小さいモートンコードを有する複数の第 3 三次元点を含む第 1 グループと、第 1 モートンコードよりも大きいモートンコードを有する複数の第 3 三次元点を含む第 2 グループとの一方に属する複数の第 3 三次元点のモートンコードで定められる順序であって、第 1 モートンコードに近い第 3 三次元点の順序を優先順として三次元点候補を選択してもよい。

[0740] G 3 → G 2 → G 1 → G 4 → G 5 の順、または、G 3 → G 4 → G 5 → G 2 → G 1 の順の場合、第 1 第 1 グループに属する第 3 三次元点は、グループ G 1、G 2 にそれぞれ含まれる 1 個の三次元点であり、第 2 グループに属する第 3 三次元点は、グループ G 4、G 5 にそれぞれ含まれる 1 個の三次元点である。なお、この場合の第 1 三次元点と、複数の第 3 三次元点とは、同一の階層に属する。

[0741] 本実施の形態では、三次元データ符号化装置は、`search_range` の範囲内で各グループ G k と第 1 三次元点との間の距離 `dist G k` を算出し、算出した `dist G k` が三次元点候補 [N - 1] の `dist (N - 1)` より小さければ、グループ G k 内の複数の三次元点のそれぞれと第 1 三次元点との間の距離を算出し、第 1 三次元点により近い（つまり算出した距離が小さい）順を優先順として、予測値生成用の三次元点候補に設定する例を

示したが、必ずしもこれに限らない。三次元データ符号化装置は、例えば、ある条件を満たした場合に、三次元点候補の探索または追加を止めるようにしてもよい。

[0742] 例えば、三次元データ符号化装置は、三次元点候補 $[N-1]$ の $\text{dist}(N-1)$ が閾値 α より小さくなれば、符号化対象の第1三次元点に距離が比較的近い N 個の三次元点候補が見つかったと判定し、それ以上の探索または追加を止めてもよい。これにより処理量を削減できる。なお、閾値 α は、 LOD 階層毎に設定できるようにしてもよい。これにより、 LOD 階層毎に適切な閾値を設定することで、処理量および符号化効率のバランスを図ることができる。また、閾値 α は、ビットストリームに含まれてもよいし、ビットストリームのヘッダ等に付加されてもよい。また、閾値 α は、規格等で規定されてもよい。

[0743] また、例えば、三次元データ符号化装置は、 $\text{dist } G$ が $\text{dist}(N-1)$ より小さくなることで、各グループ内の複数の第2三次元点のそれぞれと第1三次元点との間の距離の算出を行った回数をカウントし、カウント数が閾値 β を越えた時点で三次元点候補の探索または追加を止めてもよい。これにより処理量を削減できる。なお、閾値 β は LOD 階層毎に設定できるようにしてもよい。これにより、 LOD 階層毎に適切な閾値を設定することで、処理量および符号化効率のバランスを図ることができる。また、閾値 β は、ビットストリームに含まれてもよいし、ビットストリームのヘッダ等に付加されてもよい。また、閾値 β は、規格等で規定されてもよい。

[0744] また、例えば、三次元データ符号化装置は、 $\text{dist } G$ が $\text{dist}(N-1)$ 以上になることで、各グループ内の複数の第2三次元点のそれぞれと第1三次元点との間の距離の算出をスキップした回数をカウントし、スキップ回数に応じて、 search_range の値を変えてもよい。具体的には、三次元データ符号化装置は、スキップ回数が増えるほど search_range の値を大きくしてもよい。また、三次元データ符号化装置は、スキップ回数が少ないほど、 search_range の値を小さくしてもよい。

。このように、三次元データ符号化装置は、スキップ回数に応じて `search_range` の値を変えることで処理量および符号化効率のバランスを図ることができる。

[0745] また、例えば、三次元データ符号化装置は、`search_range` を大きくした場合でも、探索回数を抑制するために、各グループを s 個 (s は 1 以上) ずつ飛ばしで参照しながら三次元点候補を追加または更新してもよい。これにより処理量を削減できる。

[0746] なお、本実施の形態では、三次元データ符号化装置は、符号化対象の第 1 三次元点と各グループのバウンディングボックスの情報とに基づいて `distGk` を算出し、`distGk` とその時点の三次元点候補 $[N-1]$ の `dist(N-1)` とを比較し、グループ G_k 内の複数の第 2 三次元点のそれぞれとの間の距離を求めるか否かを判定したが、`dist(N-1)` を用いる代わりに三次元点候補 $[0]$ の `dist0` を用いて判定してもよい。これにより、三次元点候補に含まれる最小の距離よりも更に距離が近い三次元点がグループ G に含まれる場合に、そのグループ内の三次元点との距離を算出することで処理量を削減することができる。

[0747] なお、三次元データ符号化装置は、各グループから三次元点候補を探索する場合、各グループのバウンディングボックスの大きさによって、探索の優先度を変えても構わない。例えば、図 97 に示すように、バウンディングボックスが小さいグループを優先して初期グループに設定したり、または、探索を行うようにしてもよい。つまり、図 97 の (b) に示すグループ G_2 よりも (a) に示すグループ G_1 を優先して処理するようにしてもよい。

[0748] グループ G_1 およびグループ G_2 のそれぞれと符号化対象の第 1 三次元点との間の距離 `distG1` および `distG2` は、第 1 三次元点が両方のグループ G_1 、 G_2 のバウンディングボックスに含まれるため、両方とも 0 である。しかし、バウンディングボックスが小さい G_1 の方が符号化対象の第 1 三次元点に距離が近い三次元点を含む可能性が高い。そこで、バウンディングボックスが小さいグループを優先して初期グループに設定したり、また

は、優先して探索するようにしてもよい。

[0749] 以下、三次元データ符号化装置における処理の流れを説明する。図98は、三次元データ符号化装置による三次元データ符号化処理のフローチャートである。

[0750] まず、三次元データ符号化装置は、位置情報（*geometry*）を符号化する（S7601）。例えば、三次元データ符号化は、8分木表現を用いて符号化を行う。

[0751] 三次元データ符号化装置は、位置情報の符号化後に、量子化等によって三次元点の位置が変化した場合に、変化後の三次元点に元の三次元点の属性情報を再割り当てする（S7602）。例えば、三次元データ符号化装置は、位置の変化量に応じて属性情報の値を補間することで再割り当てを行う。例えば、三次元データ符号化装置は、変化後の三次元位置に近い変化前の三次元点をN個検出し、N個の三次元点の属性情報の値を重み付け平均する。例えば、三次元データ符号化装置は、重み付け平均において、変化後の三次元位置から各N個の三次元までの距離に基づいて重みを決定する。そして、三次元データ符号化装置は、重み付け平均により得られた値を変化後の三次元点の属性情報の値に決定する。また、三次元データ符号化装置は、量子化等によって2個以上の三次元点が同一の三次元位置に変化した場合は、その変化後の三次元点の属性情報の値として、変化前の2個以上の三次元点の属性情報の平均値を割り当ててもよい。

[0752] 次に、三次元データ符号化装置は、再割り当て後の属性情報（*Attribute*）を符号化する（S7603）。例えば、三次元データ符号化装置は、複数種類の属性情報を符号化する場合は、複数種類の属性情報を順に符号化してもよい。例えば、三次元データ符号化装置は、属性情報として、色と反射率とを符号化する場合は、色の符号化結果の後に反射率の符号化結果を付加したビットストリームを生成してもよい。なお、ビットストリームに付加される属性情報の複数の符号化結果の順番は、この順に限らず、どのような順番でもよい。

[0753] また、三次元データ符号化装置は、ビットストリーム内の各属性情報の符号化データ開始場所を示す情報をヘッダ等に付加してもよい。これにより、三次元データ復号装置は、復号が必要な属性情報を選択的に復号できるので、復号が不必要な属性情報の復号処理を省略できる。よって、三次元データ復号装置の処理量を削減できる。また、三次元データ符号化装置は、複数種類の属性情報を並列に符号化し、符号化結果を1つのビットストリームに統合してもよい。これにより、三次元データ符号化装置は、高速に複数種類の属性情報を符号化できる。

[0754] 図99は、属性情報符号化処理（S7603）のフローチャートである。まず、三次元データ符号化装置は、LODを設定する（S7611）。つまり、三次元データ符号化装置は、各三次元点を複数のLODのいずれかに割り当てる。

[0755] 次に、三次元データ符号化装置は、LOD単位のループを開始する（S7612）。つまり、三次元データ符号化装置は、LOD毎にステップS7613～S7621の処理を繰り返し行う。

[0756] 次に、三次元データ符号化装置は、三次元点単位のループを開始する（S7613）。つまり、三次元データ符号化装置は、三次元点毎にステップS7614～S7620の処理を繰り返し行う。

[0757] まず、三次元データ符号化装置は、処理対象の対象三次元点の予測値の算出に用いる、対象三次元点の周囲に存在する三次元点である複数の周囲点を探索する（S7614）。具体的には、三次元データ符号化装置は、図91～図97を用いて説明した方法で複数の周囲点を探索し、予測値生成用の三次元点候補を決定する。複数の周囲点の探索処理の詳細は、図102を用いて後述する。

[0758] 次に、三次元データ符号化装置は、対象三次元点の予測値Pを算出する（S7615）。

[0759] 次に、三次元データ符号化装置は、対象三次元点の属性情報と予測値との差分である予測残差を算出する（S7616）。

- [0760] 次に、三次元データ符号化装置は、予測残差を量子化することで量子化値を算出する（S 7 6 1 7）。
- [0761] 次に、三次元データ符号化装置は、量子化値を算術符号化する（S 7 6 1 8）。
- [0762] また、三次元データ符号化装置は、量子化値を逆量子化することで逆量子化値を算出する（S 7 6 1 9）。
- [0763] 次に、三次元データ符号化装置は、逆量子化値に予測値を加算することで復号値を生成する（S 7 6 2 0）。
- [0764] 次に、三次元データ符号化装置は、三次元点単位のループを終了する（S 7 6 2 1）。
- [0765] また、三次元データ符号化装置は、L o D単位のループを終了する（S 7 6 2 2）。
- [0766] 以下、三次元データ復号装置における処理の流れを説明する。図 1 0 0 は、三次元データ復号装置による三次元データ復号処理のフローチャートである。まず、三次元データ復号装置は、ビットストリームから位置情報（g e o m e t r y）を復号する（S 7 6 3 1）。例えば、三次元データ復号装置は、8分木表現を用いて復号を行う。
- [0767] 次に、三次元データ復号装置は、ビットストリームから属性情報（A t t r i b u t e）を復号する（S 7 6 3 2）。例えば、三次元データ復号装置は、複数種類の属性情報を復号する場合は、複数種類の属性情報を順に復号してもよい。例えば、三次元データ復号装置は、属性情報として色と反射率とを復号する場合は、ビットストリームに付加されている順に従い、色の符号化結果と反射率の符号化結果とを復号する。例えば、ビットストリームにおいて、色の符号化結果の後に反射率の符号化結果が付加されている場合、三次元データ復号装置は、色の符号化結果を復号し、その後に反射率の符号化結果を復号する。なお、三次元データ復号装置は、ビットストリームに付加される属性情報の符号化結果をどのような順番で復号してもよい。
- [0768] また、三次元データ復号装置は、ビットストリーム内の各属性情報の符号

化データ開始場所を示す情報を、ヘッダ等を復号することで取得してもよい。これにより、三次元データ復号装置は、復号が必要な属性情報を選択的に復号できるので、復号が不必要な属性情報の復号処理を省略できる。よって、三次元データ復号装置の処理量を削減できる。また、三次元データ復号装置は、複数種類の属性情報を並列に復号し、復号結果を1つの三次元点群に統合してもよい。これにより、三次元データ復号装置は、高速に複数種類の属性情報を復号できる。

- [0769] 図101は、属性情報復号処理（S7632）のフローチャートである。まず、三次元データ復号装置は、LODを設定する（S7641）。つまり、三次元データ復号装置は、復号された位置情報を有する複数の三次元点の各々を複数のLODのいずれかに割り当てる。例えば、この割り当て方法は、三次元データ符号化装置で用いられた割り当て方法と同じ方法である。
- [0770] 次に、三次元データ復号装置は、LOD単位のループを開始する（S7642）。つまり、三次元データ復号装置は、LOD毎にステップS7643～S7649の処理を繰り返し行う。
- [0771] 次に、三次元データ復号装置は、三次元点単位のループを開始する（S7643）。つまり、三次元データ復号装置は、三次元点毎にステップS7644～S7648の処理を繰り返し行う。
- [0772] まず、三次元データ復号装置は、処理対象の対象三次元点の予測値の算出に用いる、対象三次元点の周囲に存在する三次元点である複数の周囲点を探査する（S7644）。なお、この処理は三次元データ符号化装置における処理と同様である。
- [0773] 次に、三次元データ復号装置は、対象三次元点の予測値Pを算出する（S7645）。
- [0774] 次に、三次元データ復号装置は、ビットストリームから量子化値を算術復号する（S7646）。
- [0775] また、三次元データ復号装置は、復号した量子化値を逆量子化することで逆量子化値を算出する（S7647）。

- [0776] 次に、三次元データ復号装置は、逆量子化値に予測値を加算することで復号値を生成する（S 7 6 4 8）。
- [0777] 次に、三次元データ復号装置は、三次元点単位のループを終了する（S 7 6 4 9）。
- [0778] また、三次元データ復号装置は、L o D単位のループを終了する（S 7 6 5 0）。
- [0779] 図 1 0 2 および図 1 0 3 は、周囲点の探索処理（S 7 6 1 4）のフローチャートである。まず、三次元データ符号化装置は、符号化対象の第 1 三次元点の上位のL o d階層における複数の第 2 三次元点をM個（Mは、1 以上の整数）ずつの複数のグループに分類する（S 7 6 5 1）。
- [0780] 次に、三次元データ符号化装置は、複数のグループの中から初期グループを選択する（S 7 6 5 2）。
- [0781] 次に、三次元データ符号化装置は、予測値生成用のN個の三次元点候補を選択する（S 7 6 5 3）。
- [0782] 次に、三次元データ符号化装置は、 $T = 1$ に設定する（S 7 6 5 4）。
- [0783] 次に、三次元データ符号化装置は、初期グループ-Tと処理対象の第 1 三次元点との間の距離d i s t Gを算出する（S 7 6 5 5）。
- [0784] 次に、三次元データ符号化装置は、距離d i s t Gが三次元点候補 [N - 1] のd i s t (N - 1) より小さいか否かを判定する（S 7 6 5 6）。
- [0785] 次に、三次元データ符号化装置は、距離d i s t Gがd i s t (N - 1) より小さい場合（S 7 6 5 6 でY e s）、初期グループ-T内の複数の第 2 三次元点のそれぞれと第 1 三次元点との間の距離を算出し、予測値生成用の三次元点候補を更新する（S 7 6 5 7）。一方で、三次元データ符号化装置は、距離がd i s t (N - 1) 以上である場合（S 7 6 5 6 でN o）、ステップS 7 6 5 8に進む。
- [0786] 次に、三次元データ符号化装置は、初期グループ+Tと処理対象の第 1 三次元点との間の距離d i s t Gを算出する（S 7 6 5 8）。
- [0787] 次に、三次元データ符号化装置は、距離d i s t Gが三次元点候補 [N -

1] の $\text{dist}(N-1)$ より小さいか否かを判定する (S7659)。

[0788] 次に、三次元データ符号化装置は、距離 $\text{dist}G$ が $\text{dist}(N-1)$ より小さい場合 (S7659でYes)、初期グループ+T内の複数の第2三次元点のそれぞれと第1三次元点との間の距離を算出し、予測値生成用の三次元点候補を更新する (S7660)。一方で、三次元データ符号化装置は、距離が $\text{dist}(N-1)$ 以上である場合 (S7659でNo)、ステップS7661に進む。

[0789] 次に、三次元データ符号化装置は、上位のLOD階層において参照可能な全グループを処理したか否かを判定する (S7661)。

[0790] 次に、三次元データ符号化装置は、参照可能な全グループを処理していない場合 (S7661でNo)、Tを現状のTに1インクリメントした値に更新する (S7662)。一方で、三次元データ符号化装置は、参照可能な全グループを処理した場合 (S7661でYes)、ステップS7663に進む。

[0791] 次に、三次元データ符号化装置は、EnableReferringSameLODが1であるか否かを判定する (S7663)。

[0792] 次に、三次元データ符号化装置は、EnableReferringSameLODが1である場合 (S7663でYes)、符号化対象の第1三次元点と同一のLOD階層における複数の第2三次元点をM個ずつ複数のグループに分類する (S7664)。

[0793] 次に、三次元データ符号化装置は、符号化対象の第1三次元点と同一のグループに属する複数の第2三次元点を選択する (S7665)。

[0794] 次に、三次元データ符号化装置は、符号化対象の第1三次元点と同一のグループ内の複数の第2三次元点のそれぞれと、第1三次元点との間の距離を算出し、予測値生成用の三次元点候補を選択する (S7666)。

[0795] 次に、三次元データ符号化装置は、 $T=1$ に設定する (S7667)。

[0796] 次に、三次元データ符号化装置は、同一グループ-Tと処理対象の第1三次元点との間の距離 $\text{dist}G$ を算出する (S7668)。

- [0797] 次に、三次元データ符号化装置は、距離 $dist G$ が三次元点候補 $[N-1]$ の $dist(N-1)$ より小さいか否かを判定する (S7669)。
- [0798] 次に、三次元データ符号化装置は、距離 $dist G$ が $dist(N-1)$ より小さい場合 (S7669でYes)、同一グループT内の複数の第2三次元点のそれぞれと第1三次元点との間の距離を算出し、予測値生成用の三次元点候補を更新する (S7670)。一方で、三次元データ符号化装置は、距離が $dist(N-1)$ 以上である場合 (S7669でNo)、ステップS7671に進む。
- [0799] 次に、三次元データ符号化装置は、同一のLod階層において参照可能な全グループを処理したか否かを判定する (S7671)。
- [0800] 次に、三次元データ符号化装置は、参照可能な全グループを処理していない場合 (S7671でNo)、Tを現状のTに1インクリメントした値に更新する (S7672)。一方で、三次元データ符号化装置は、参照可能な全グループを処理した場合 (S7671でYes)、周囲点の探索処理を終了する。
- [0801] なお、周囲点の探索処理は、三次元データ復号装置においても、ステップS7644において上記と同様に行われる。つまり、図102および図103を用いた周囲点の探索処理の説明において、三次元データ符号化装置を三次元データ復号装置に読み替えることもできる。
- [0802] 図104は、三次元データ符号化装置が備える属性情報符号化部7600の構成を示すブロック図である。なお、図104には、三次元データ符号化装置が備える、位置情報符号化部と、属性情報再割り当て部と、属性情報符号化部とのうち、属性情報符号化部の詳細を示している。
- [0803] 属性情報符号化部7600は、Lod生成部7601と、周囲探索部7602と、予測部7603と、予測残差算出部7604と、量子化部7605と、算術符号化部7606と、逆量子化部7607と、復号値生成部7608と、メモリ7609と、を含む。
- [0804] Lod生成部7601は、三次元点の位置情報 (geometry) を用

いてL o Dを生成する。

- [0805] 周囲探索部7602は、L o D生成部7601によるL o Dの生成結果と各三次元点間の距離を示す距離情報とを用いて、各三次元点に隣接する近隣三次元点を探索する。
- [0806] 予測部7603は、符号化対象の対象三次元点の属性情報の予測値を生成する。具体的には、予測部7603は、予測モード値が「0」～「M-1」で示される予測モードに予測値を割り当て、予測モードを選択する。予測部7603は、選択した予測モード、具体的には、予測モードを示す予測モード値を算術符号化部に出力する。予測部7603は、例えば、ステップS7615の処理を行う。なお、予測値の算出では、予測モードを用いずに、予測値を算出してもよい。例えば、三次元点候補のうちの1つを選択し、選択した三次元点の属性情報を予測値として算出してもよい。
- [0807] 予測残差算出部7604は、予測部7603により生成された属性情報の予測値の予測残差を算出（生成）する。予測残差算出部7604は、ステップS7616の処理を行う。
- [0808] 量子化部7605は、予測残差算出部7604により算出された属性情報の予測残差を量子化する。
- [0809] 算術符号化部3106は、量子化部3105により量子化された後の予測残差を算術符号化する。算術符号化部7606は、算術符号化した予測残差を含むビットストリームを、例えば、三次元データ復号装置に出力する。
- [0810] なお、予測残差は、算術符号化部7606によって算術符号化される前に、例えば量子化部7605によって二値化されてもよい。なお、算術符号化部7606は、各種ヘッダ情報を生成、符号化してもよい。また、算術符号化部7606は、Prediction blockから符号化に使用した予測モードを取得し、算術符号化してビットストリームに付加してもよい。
- [0811] 逆量子化部7607は、量子化部7605によって量子化された後の予測残差を逆量子化する。逆量子化部7607は、ステップS7619の処理を行う。

- [0812] 復号値生成部 7608 は、予測部 7603 により生成された属性情報の予測値と、逆量子化部 7607 により逆量子化された後の予測残差とを加算することで復号値を生成する。
- [0813] メモリ 7609 は、復号値生成部 7608 により復号された各三次元点の属性情報の復号値を記憶するメモリである。例えば、予測部 7603 は、まだ符号化していない三次元点の予測値を生成する場合に、メモリ 7609 に記憶されている各三次元点の属性情報の復号値を利用して予測値を生成する。
- [0814] 図 105 は、三次元データ復号装置が備える属性情報復号部 7610 の構成を示すブロック図である。なお、図 105 には、三次元データ復号装置が備える、位置情報復号部と、属性情報復号部とのうち、属性情報復号部の詳細を示している。
- [0815] 属性情報復号部 7610 は、L o D 生成部 7611 と、周囲探索部 7612 と、予測部 7613 と、算術復号部 7614 と、逆量子化部 7615 と、復号値生成部 7616 と、メモリ 7617 と、を含む。
- [0816] L o D 生成部 7611 は、位置情報復号部（不図示）により復号された三次元点の位置情報（*geometry* 情報）を用いて L o D を生成する。
- [0817] 周囲探索部 7612 は、L o D 生成部 7611 による L o D の生成結果と各三次元点間の距離を示す距離情報とを用いて、各三次元点に隣接する近隣三次元点を探索する。
- [0818] 予測部 7613 は、復号対象の対象三次元点の属性情報の予測値を生成する。予測部 7613 は、例えば、ステップ S 7645 の処理を行う。
- [0819] 算術復号部 7614 は、属性情報符号化部 7600 より取得したビットストリーム内の予測残差を算術復号する。算術復号部 7614 は、各種ヘッダ情報を復号してもよい。また、算術復号部 7614 は、算術復号した予測モードを予測部 7613 に出力してもよい。この場合、予測部 7613 は、算術復号部 7614 において算術復号されることで得られた予測モードを用いて予測値を算出してもよい。

- [0820] 逆量子化部 7615 は、算術復号部 7614 が算術復号した予測残差を逆量子化する。
- [0821] 復号値生成部 7616 は、予測部 7613 により生成された予測値と逆量子化部 7615 により逆量子化された後の予測残差とを加算して復号値を生成する。復号値生成部 7616 は、復号された属性情報データを他の装置へ出力する。
- [0822] メモリ 7617 は、復号値生成部 7616 により復号された各三次元点の属性情報の復号値を記憶するメモリである。例えば、予測部 7613 は、まだ復号していない三次元点の予測値を生成する場合に、メモリ 7617 に記憶されている各三次元点の属性情報の復号値を利用して予測値を生成する。
- [0823] 以上のように、本実施の形態に係る三次元データ符号化装置は、図 106 に示す処理を行う。三次元データ符号化装置は、複数の三次元点を符号化する三次元データ符号化方法であって、複数の三次元点のうちで、第 1 三次元点の周囲の複数の第 2 三次元点の中から、前記第 1 三次元点に距離が近い順に N 個の第 2 三次元点を、前記第 1 三次元点の属性情報の予測値を算出するための候補として選択する (S7681)。三次元データ符号化装置は、前記候補として選択した前記 N 個の第 2 三次元点の属性情報を用いて予測値を算出する (S7682)。三次元データ符号化装置は、前記第 1 三次元点の属性情報と、算出された前記予測値との差分である予測残差を算出する (S7683)。三次元データ符号化装置は、前記予測残差を含むビットストリームを生成する (S7684)。三次元データ符号化装置は、前記候補の選択 (S7681) では、前記複数の第 2 三次元点の中に前記第 1 三次元点との間の距離が等しい複数の第 3 三次元点がある場合、前記第 1 三次元点の第 1 モートンコードに基づく優先順に前記複数の第 3 三次元点から前記候補を選択する。
- [0824] これにより、符号化対象の第 1 三次元点に近い第 2 三次元点を、予測値を算出するために用いる候補として選択することができるため、符号化効率を向上させることができる。

- [0825] 例えば、前記優先順は、前記複数の第3三次元点のモーションコードで定められる順序であって、前記第1モーションコードに近いモーションコードを有する第3三次元点の順序である。
- [0826] 例えば、前記優先順は、前記複数の第3三次元点のうちで前記第1モーションコードに近いモーションコードを有する第4三次元点の第2モーションコードより小さいモーションコードを有する複数の第3三次元点を含む第1グループと、前記第2モーションコードよりも大きいモーションコードを有する複数の第3三次元点を含む第2グループとから交互に1つずつ前記候補を選択するときの、前記第2モーションコードに近い第3三次元点の順序である。
- [0827] 例えば、前記第1三次元点と、前記複数の第3三次元点とは、互いに異なる階層に属する。
- [0828] 例えば、前記優先順は、前記第1モーションコードより小さいモーションコードを有する複数の第3三次元点を含む第1グループと、前記第1モーションコードよりも大きいモーションコードを有する複数の第3三次元点を含む第2グループとの一方に属する複数の第3三次元点のモーションコードで定められる順序であって、前記第1モーションコードに近い第3三次元点の順序である。
- [0829] 例えば、前記第1三次元点と、前記複数の第3三次元点とは、同一の階層に属する。
- [0830] 例えば、三次元データ符号化装置は、プロセッサと、メモリとを備え、プロセッサは、メモリを用いて、上記の処理を行う。
- [0831] また、本実施の形態に係る三次元データ復号装置は、図107に示す処理を行う。三次元データ復号装置は、複数の三次元点を復号する三次元データ復号方法であって、ビットストリームを取得することで前記複数の三次元点のうちの第1三次元点の予測残差を取得する（S7691）。三次元データ復号装置は、前記複数の三次元点のうちで、前記第1三次元点の周囲の複数の第2三次元点の中から、前記第1三次元点に距離が近い順にN個の第2三次元点を、前記第1三次元点の属性情報の予測値を算出するための候補として選択する（S7692）。三次元データ復号装置は、前記候補として選択

した前記N個の第2三次元点の属性情報を用いて予測値を算出する（S7693）。三次元データ復号装置は、前記予測値と前記予測残差とを加算することで、前記第1三次元点の属性情報を算出する（S7694）。三次元データ復号装置は、前記候補の選択（S7692）では、前記複数の第2三次元点の中に前記第1三次元点との間の距離が等しい複数の第3三次元点がある場合、前記第1三次元点の第1モーションコードに基づく優先順に前記複数の第3三次元点から前記候補を選択する。

[0832] これによれば、処理対象の第1三次元点の属性情報を適切に復号することができる。

[0833] 例えば、前記優先順は、前記複数の第3三次元点のモーションコードで定められる順序であって、前記第1モーションコードに近いモーションコードを有する第3三次元点の順序である。

[0834] 例えば、前記優先順は、前記複数の第3三次元点のうちで前記第1モーションコードに近いモーションコードを有する第4三次元点の第2モーションコードより小さいモーションコードを有する複数の第3三次元点を含む第1グループと、前記第2モーションコードよりも大きいモーションコードを有する複数の第3三次元点を含む第2グループとから交互に1つずつ前記候補を選択するときの、前記第2モーションコードに近い第3三次元点の順序である。

[0835] 例えば、前記第1三次元点と、前記複数の第3三次元点とは、互いに異なる階層に属する。

[0836] 例えば、前記優先順は、前記第1モーションコードより小さいモーションコードを有する複数の第3三次元点を含む第1グループと、前記第1モーションコードよりも大きいモーションコードを有する複数の第3三次元点を含む第2グループとの一方に属する複数の第3三次元点のモーションコードで定められる順序であって、前記第1モーションコードに近い第3三次元点の順序である。

[0837] 例えば、前記第1三次元点と、前記複数の第3三次元点とは、同一の階層に属する。

[0838] 例えば、三次元データ復号装置は、プロセッサと、メモリとを備え、プロ

セッサは、メモリを用いて、上記の処理を行う。

[0839] 上記実施の形態では、 $L \circ D_n$ 階層より上位の階層を $L \circ D(n-1)$ 階層と定義したが、 $L \circ D_n$ 階層より上位の階層を $L \circ D(n+1)$ 階層と定義してもよい。つまり、 n が示す数値が小さいほどより上位の階層を示していてもよいし、 n が示す数値が大きいほどより上位の階層を示していてもよい。

[0840] 以上、本開示の実施の形態に係る三次元データ符号化装置及び三次元データ復号装置等について説明したが、本開示は、この実施の形態に限定されるものではない。

[0841] また、上記実施の形態に係る三次元データ符号化装置及び三次元データ復号装置等に含まれる各処理部は典型的には集積回路であるLSIとして実現される。これらは個別に1チップ化されてもよいし、一部又は全てを含むように1チップ化されてもよい。

[0842] また、集積回路化はLSIに限るものではなく、専用回路又は汎用プロセッサで実現してもよい。LSI製造後にプログラムすることが可能なFPGA(Field Programmable Gate Array)、又はLSI内部の回路セルの接続や設定を再構成可能なリコンフィギュラブル・プロセッサを利用してもよい。

[0843] また、上記各実施の形態において、各構成要素は、専用のハードウェアで構成されるか、各構成要素に適したソフトウェアプログラムを実行することによって実現されてもよい。各構成要素は、CPUまたはプロセッサなどのプログラム実行部が、ハードディスクまたは半導体メモリなどの記録媒体に記録されたソフトウェアプログラムを読み出して実行することによって実現されてもよい。

[0844] また、本開示は、三次元データ符号化装置及び三次元データ復号装置等により実行される三次元データ符号化方法又は三次元データ復号方法等として実現されてもよい。

[0845] また、ブロック図における機能ブロックの分割は一例であり、複数の機能

ブロックを一つの機能ブロックとして実現したり、一つの機能ブロックを複数に分割したり、一部の機能を他の機能ブロックに移してもよい。また、類似する機能を有する複数の機能ブロックの機能を単一のハードウェア又はソフトウェアが並列又は時分割に処理してもよい。

[0846] また、フローチャートにおける各ステップが実行される順序は、本開示を具体的に説明するために例示するためのものであり、上記以外の順序であってもよい。また、上記ステップの一部が、他のステップと同時（並列）に実行されてもよい。

[0847] 以上、一つまたは複数の態様に係る三次元データ符号化装置及び三次元データ復号装置等について、実施の形態に基づいて説明したが、本開示は、この実施の形態に限定されるものではない。本開示の趣旨を逸脱しない限り、当業者が思いつく各種変形を本実施の形態に施したものや、異なる実施の形態における構成要素を組み合わせて構築される形態も、一つまたは複数の態様の範囲内に含まれてもよい。

産業上の利用可能性

[0848] 本開示は、三次元データ符号化装置及び三次元データ復号装置に適用できる。

符号の説明

[0849] 1 0 0、4 0 0 三次元データ符号化装置
 1 0 1、2 0 1、4 0 1、5 0 1 取得部
 1 0 2、4 0 2 符号化領域決定部
 1 0 3 分割部
 1 0 4、6 4 4 符号化部
 1 1 1 三次元データ
 1 1 2、2 1 1、4 1 3、4 1 4、5 1 1、6 3 4 符号化三次元データ
 2 0 0、5 0 0 三次元データ復号装置
 2 0 2 復号開始G O S決定部
 2 0 3 復号S P C決定部

204、625 復号部
212、512、513 復号三次元データ
403 SWLD抽出部
404 WLD符号化部
405 SWLD符号化部
411 入力三次元データ
412 抽出三次元データ
502 ヘッダ解析部
503 WLD復号部
504 SWLD復号部
620、620A 三次元データ作成装置
621、641 三次元データ作成部
622 要求範囲決定部
623 探索部
624、642 受信部
626 合成部
631、651 センサ情報
632 第1三次元データ
633 要求範囲情報
635 第2三次元データ
636 第3三次元データ
640 三次元データ送信装置
643 抽出部
645 送信部
652 第5三次元データ
654 第6三次元データ
700 三次元情報処理装置
701 三次元マップ取得部

- 702 自車検知データ取得部
- 703 異常ケース判定部
- 704 対処動作決定部
- 705 動作制御部
- 711 三次元マップ
- 712 自車検知三次元データ
- 810 三次元データ作成装置
- 811 データ受信部
- 812、819 通信部
- 813 受信制御部
- 814、821 フォーマット変換部
- 815 センサ
- 816 三次元データ作成部
- 817 三次元データ合成部
- 818 三次元データ蓄積部
- 820 送信制御部
- 822 データ送信部
- 831、832、834、835、836、837 三次元データ
- 833 センサ情報
- 901 サーバ
- 902、902A、902B、902C クライアント装置
- 1011、1111 データ受信部
- 1012、1020、1112、1120 通信部
- 1013、1113 受信制御部
- 1014、1019、1114、1119 フォーマット変換部
- 1015 センサ
- 1016、1116 三次元データ作成部
- 1017 三次元画像処理部

1 0 1 8、1 1 1 8 三次元データ蓄積部
1 0 2 1、1 1 2 1 送信制御部
1 0 2 2、1 1 2 2 データ送信部
1 0 3 1、1 0 3 2、1 1 3 5 三次元マップ
1 0 3 3、1 0 3 7、1 1 3 2 センサ情報
1 0 3 4、1 0 3 5、1 1 3 4 三次元データ
1 1 1 7 三次元データ合成部
1 2 0 1 三次元マップ圧縮／復号処理部
1 2 0 2 センサ情報圧縮／復号処理部
1 2 1 1 三次元マップ復号処理部
1 2 1 2 センサ情報圧縮処理部
1 3 0 0 三次元データ符号化装置
1 3 0 1 分割部
1 3 0 2 減算部
1 3 0 3 変換部
1 3 0 4 量子化部
1 3 0 5、1 4 0 2 逆量子化部
1 3 0 6、1 4 0 3 逆変換部
1 3 0 7、1 4 0 4 加算部
1 3 0 8、1 4 0 5 参照ボリュームメモリ
1 3 0 9、1 4 0 6 イントラ予測部
1 3 1 0、1 4 0 7 参照スペースメモリ
1 3 1 1、1 4 0 8 インター予測部
1 3 1 2、1 4 0 9 予測制御部
1 3 1 3 エントロピー符号化部
1 4 0 0 三次元データ復号装置
1 4 0 1 エントロピー復号部
3 0 0 0 三次元データ符号化装置

- 3 0 0 1 位置情報符号化部
- 3 0 0 2 属性情報再割り当て部
- 3 0 0 3 属性情報符号化部
- 3 0 1 0 三次元データ復号装置
- 3 0 1 1 位置情報復号部
- 3 0 1 2 属性情報復号部
- 7 6 0 0 属性情報符号化部
- 7 6 0 1 L o D 生成部
- 7 6 0 2 周囲探索部
- 7 6 0 3 予測部
- 7 6 0 4 予測残差算出部
- 7 6 0 5 量子化部
- 7 6 0 6 算術符号化部
- 7 6 0 7 逆量子化部
- 7 6 0 8 復号値生成部
- 7 6 0 9、7 6 1 7 メモリ
- 7 6 1 0 属性情報復号部
- 7 6 1 1 L o D 生成部
- 7 6 1 2 周囲探索部
- 7 6 1 3 予測部
- 7 6 1 4 算術復号部
- 7 6 1 5 逆量子化部
- 7 6 1 6 復号値生成部

請求の範囲

- [請求項1] 複数の三次元点を符号化する三次元データ符号化方法であって、
前記複数の三次元点のうちで、第1三次元点の周囲の複数の第2三次元点の中から、前記第1三次元点に距離が近い順にN個の第2三次元点を、前記第1三次元点の属性情報の予測値を算出するための候補として選択し、
前記候補として選択した前記N個の第2三次元点の属性情報を用いて予測値を算出し、
前記第1三次元点の属性情報と、算出された前記予測値との差分である予測残差を算出し、
前記予測残差を含むビットストリームを生成し、
前記候補の選択では、前記複数の第2三次元点の中に前記第1三次元点との間の距離が等しい複数の第3三次元点がある場合、前記第1三次元点の第1モートンコードに基づく優先順に前記複数の第3三次元点から前記候補を選択する
三次元データ符号化方法。
- [請求項2] 前記優先順は、前記複数の第3三次元点のモートンコードで定められる順序であって、前記第1モートンコードに近いモートンコードを有する第3三次元点の順序である
請求項1に記載の三次元データ符号化方法。
- [請求項3] 前記優先順は、前記複数の第3三次元点のうちで前記第1モートンコードに近いモートンコードを有する第4三次元点の第2モートンコードより小さいモートンコードを有する複数の第3三次元点を含む第1グループと、前記第2モートンコードよりも大きいモートンコードを有する複数の第3三次元点を含む第2グループとから交互に1つつ前記候補を選択するときの、前記第2モートンコードに近い第3三次元点の順序である
請求項1に記載の三次元データ符号化方法。

- [請求項4] 前記第1三次元点と、前記複数の第3三次元点とは、互いに異なる階層に属する
- 請求項3に記載の三次元データ符号化方法。
- [請求項5] 前記優先順は、前記第1モートンコードより小さいモートンコードを有する複数の第3三次元点を含む第1グループと、前記第1モートンコードよりも大きいモートンコードを有する複数の第3三次元点を含む第2グループとの一方に属する複数の第3三次元点のモートンコードで定められる順序であって、前記第1モートンコードに近い第3三次元点の順序である
- 請求項1に記載の三次元データ符号化方法。
- [請求項6] 前記第1三次元点と、前記複数の第3三次元点とは、同一の階層に属する
- 請求項5に記載の三次元データ符号化方法。
- [請求項7] 複数の三次元点を復号する三次元データ復号方法であって、
- ビットストリームを取得することで前記複数の三次元点のうちの第1三次元点の予測残差を取得し、
- 前記複数の三次元点のうちで、前記第1三次元点の周囲の複数の第2三次元点の中から、前記第1三次元点に距離が近い順にN個の第2三次元点を、前記第1三次元点の属性情報の予測値を算出するための候補として選択し、
- 前記候補として選択した前記N個の第2三次元点の属性情報を用いて予測値を算出し、
- 前記予測値と前記予測残差とを加算することで、前記第1三次元点の属性情報を算出し、
- 前記候補の選択では、前記複数の第2三次元点の中に前記第1三次元点との間の距離が等しい複数の第3三次元点がある場合、前記第1三次元点の第1モートンコードに基づく優先順に前記複数の第3三次元点から前記候補を選択する

三次元データ復号方法。

[請求項8] 前記優先順は、前記複数の第3三次元点のモーションコードで定められる順序であって、前記第1モーションコードに近いモーションコードを有する第3三次元点の順序である

請求項7に記載の三次元データ復号方法。

[請求項9] 前記優先順は、前記複数の第3三次元点のうちで前記第1モーションコードに近いモーションコードを有する第4三次元点の第2モーションコードより小さいモーションコードを有する複数の第3三次元点を含む第1グループと、前記第2モーションコードよりも大きいモーションコードを有する複数の第3三次元点を含む第2グループとから交互に1つつ前記候補を選択するときの、前記第2モーションコードに近い第3三次元点の順序である

請求項7に記載の三次元データ復号方法。

[請求項10] 前記第1三次元点と、前記複数の第3三次元点とは、互いに異なる階層に属する

請求項9に記載の三次元データ復号方法。

[請求項11] 前記優先順は、前記第1モーションコードより小さいモーションコードを有する複数の第3三次元点を含む第1グループと、前記第1モーションコードよりも大きいモーションコードを有する複数の第3三次元点を含む第2グループとの一方に属する複数の第3三次元点のモーションコードで定められる順序であって、前記第1モーションコードに近い第3三次元点の順序である

請求項7に記載の三次元データ復号方法。

[請求項12] 前記第1三次元点と、前記複数の第3三次元点とは、同一の階層に属する

請求項11に記載の三次元データ復号方法。

[請求項13] 複数の三次元点を符号化する三次元データ符号化装置であって、プロセッサと、

メモリとを備え、

前記プロセッサは、前記メモリを用いて、

前記複数の三次元点のうちで、第1三次元点の周囲の複数の第2三次元点の中から、前記第1三次元点に距離が近い順にN個の第2三次元点を、前記第1三次元点の属性情報の予測値を算出するための候補として選択し、

前記候補として選択した前記N個の第2三次元点の属性情報を用いて予測値を算出し、

前記第1三次元点の属性情報と、算出された前記予測値との差分である予測残差を算出し、

前記予測残差を含むビットストリームを生成し、

前記候補の選択では、前記複数の第2三次元点の中に前記第1三次元点との間の距離が等しい複数の第3三次元点がある場合、前記第1三次元点の第1モートンコードに基づく優先順に前記複数の第3三次元点から前記候補を選択する

三次元データ符号化装置。

[請求項14]

複数の三次元点を復号する三次元データ復号装置であって、

プロセッサと、

メモリとを備え、

ビットストリームを取得することで前記複数の三次元点のうちの第1三次元点の予測残差を取得し、

前記複数の三次元点のうちで、前記第1三次元点の周囲の複数の第2三次元点の中から、前記第1三次元点に距離が近い順にN個の第2三次元点を、前記第1三次元点の属性情報の予測値を算出するための候補として選択し、

前記候補として選択した前記N個の第2三次元点の属性情報を用いて予測値を算出し、

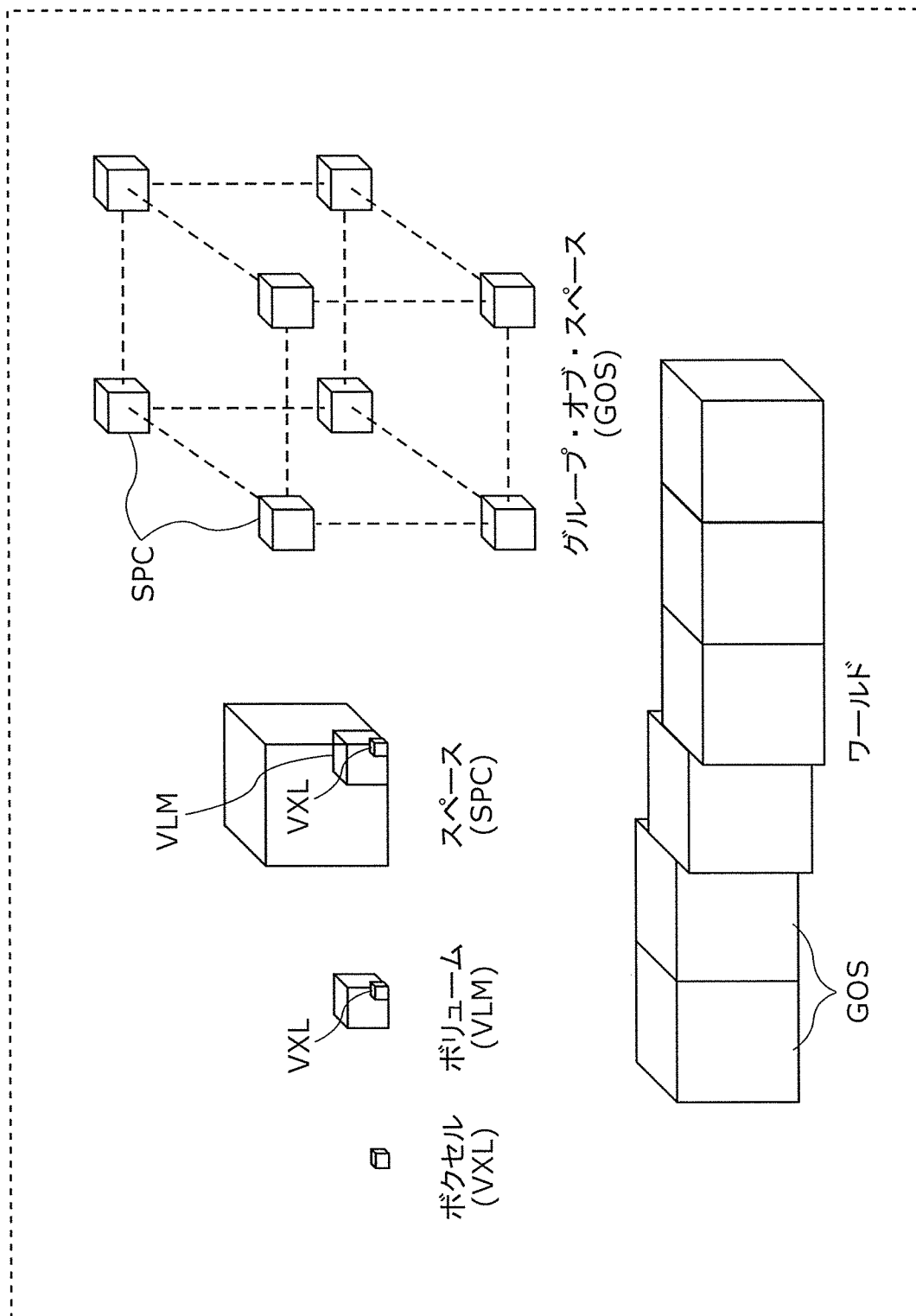
前記予測値と前記予測残差とを加算することで、前記第1三次元点

の属性情報を算出し、

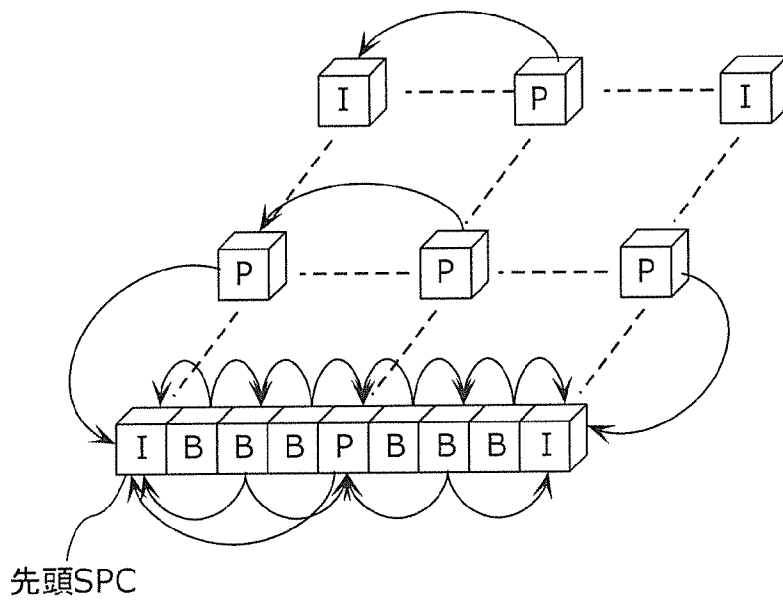
前記候補の選択では、前記複数の第2三次元点の中に前記第1三次元点との間の距離が等しい複数の第3三次元点がある場合、前記第1三次元点の第1モーションコードに基づく優先順に前記複数の第3三次元点から前記候補を選択する

三次元データ復号装置。

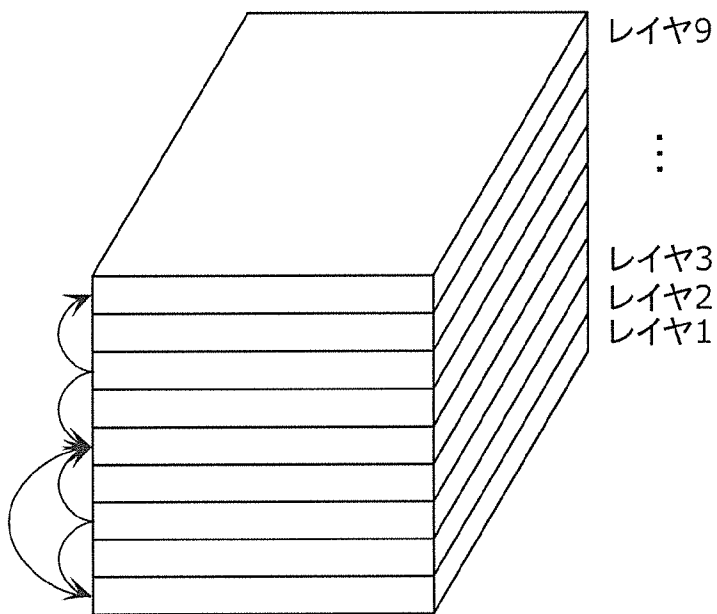
[図1]



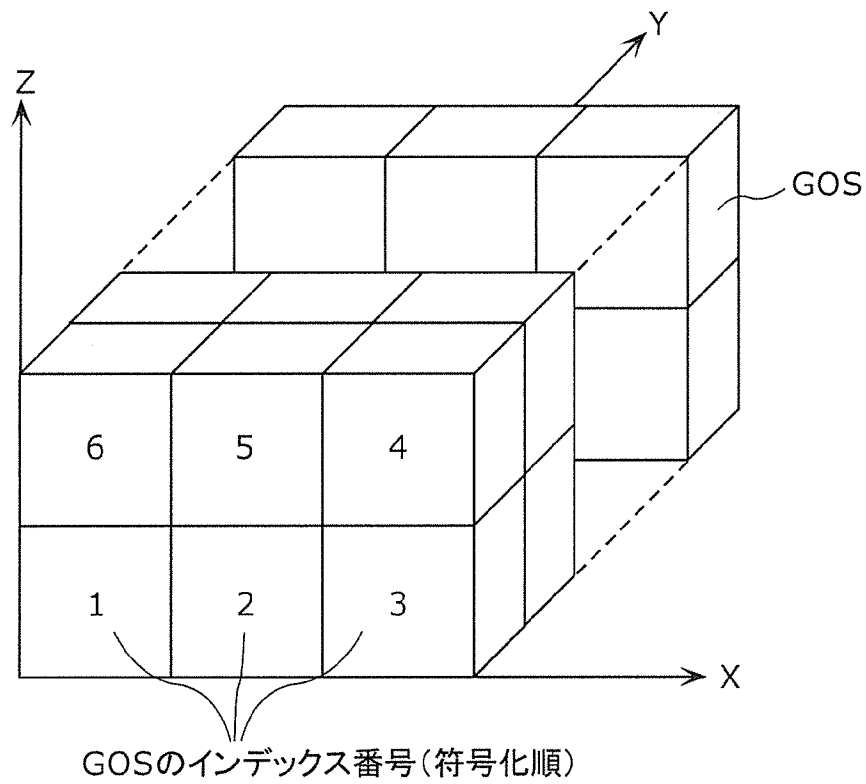
[図2]



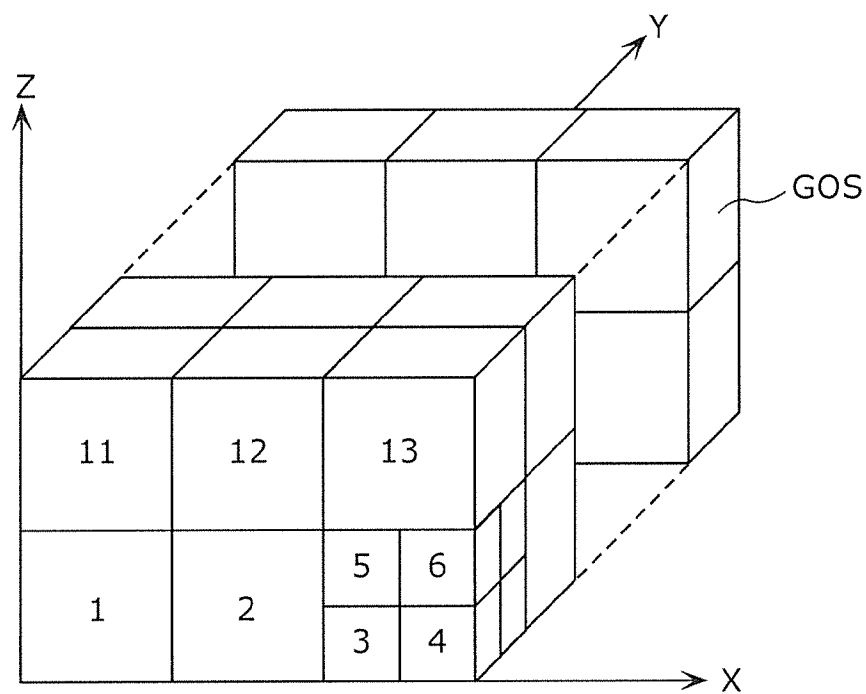
[図3]



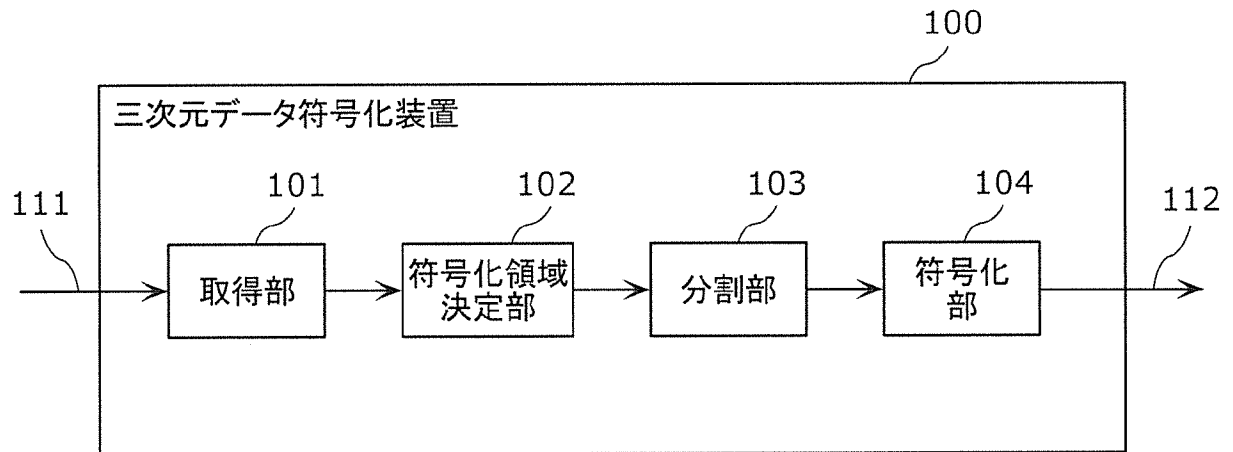
[図4]



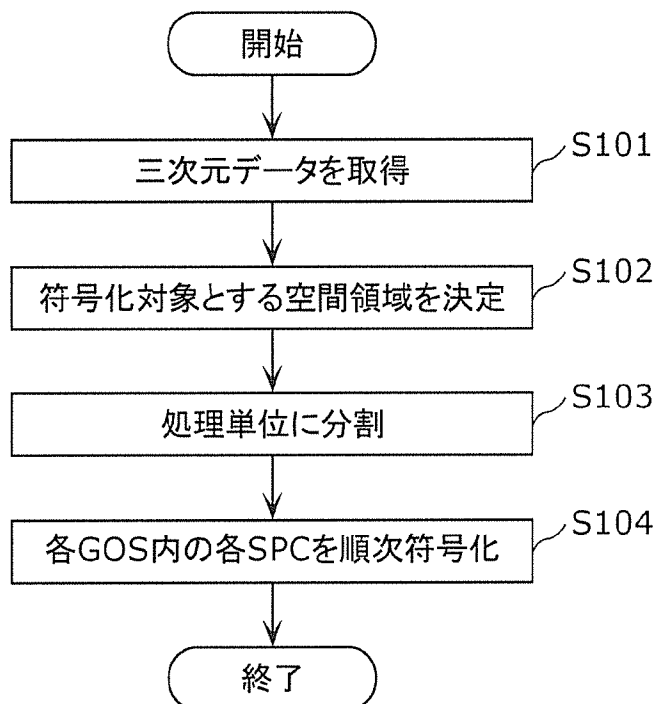
[図5]



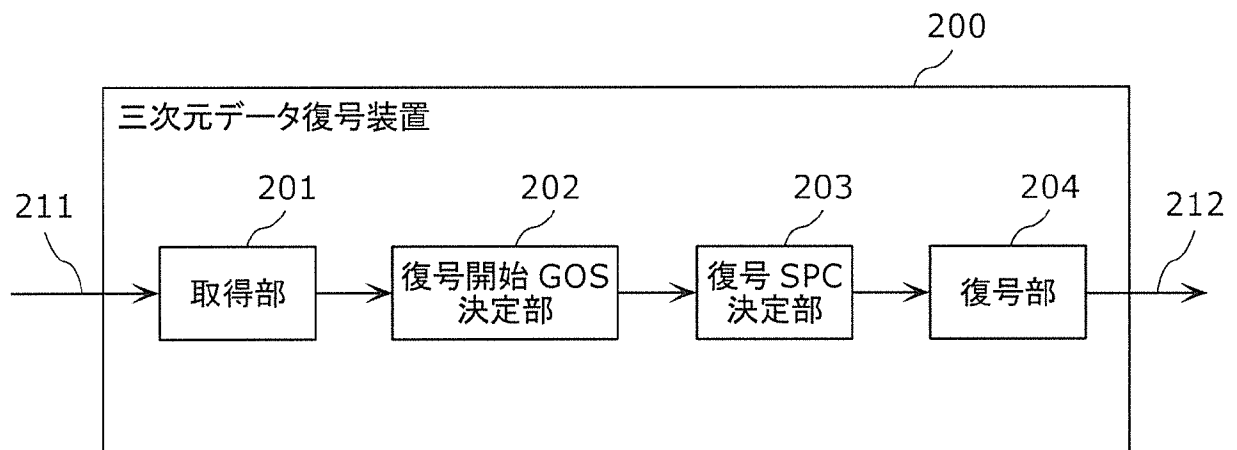
[図6]



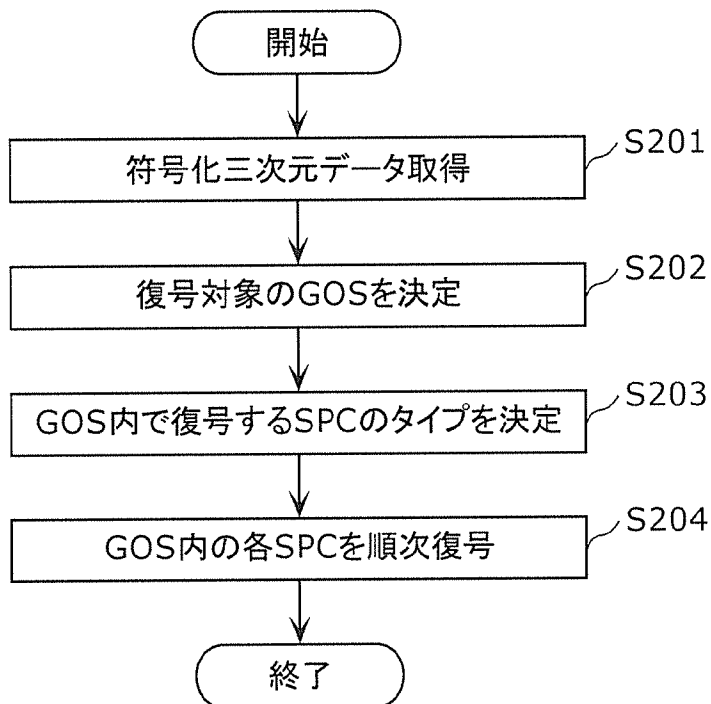
[図7]



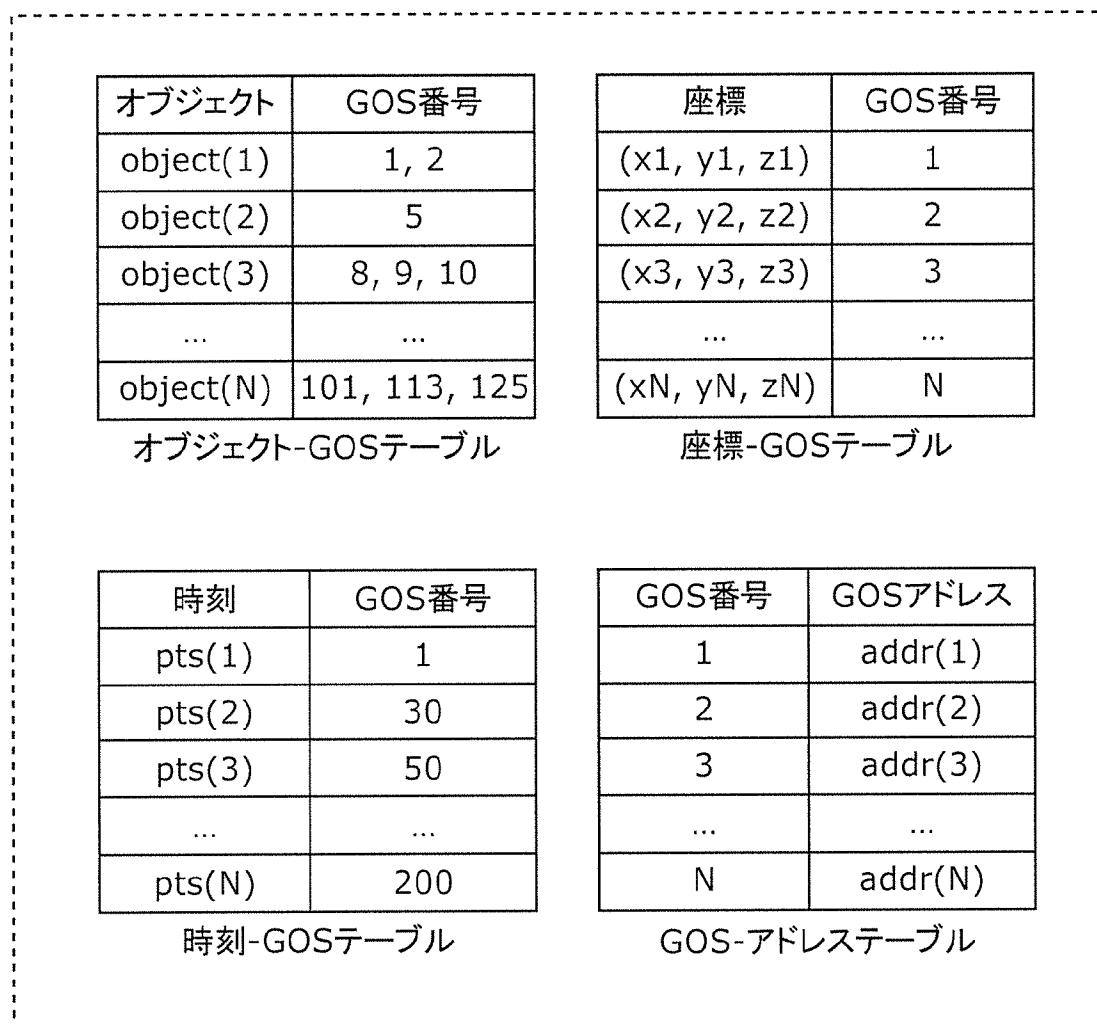
[図8]



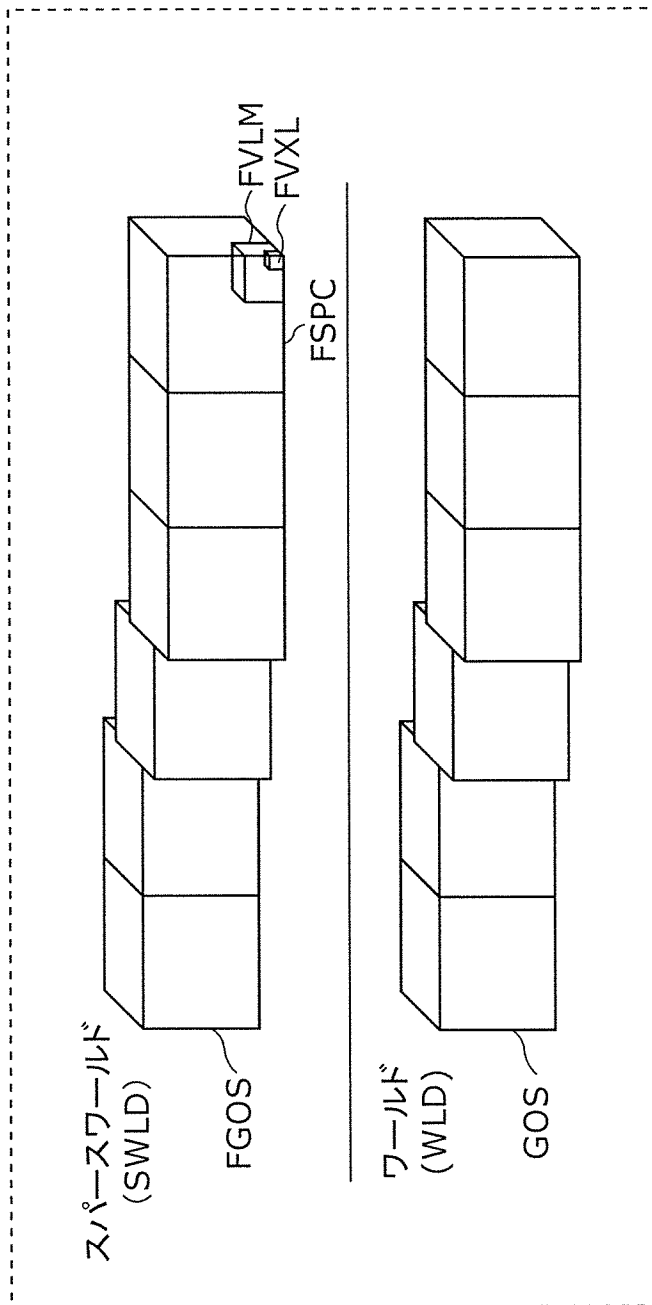
[図9]



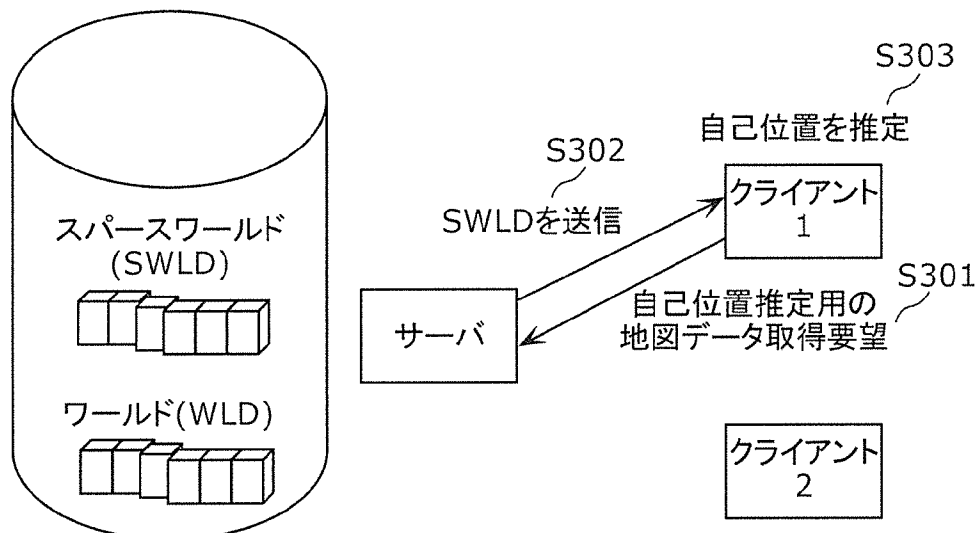
[図10]



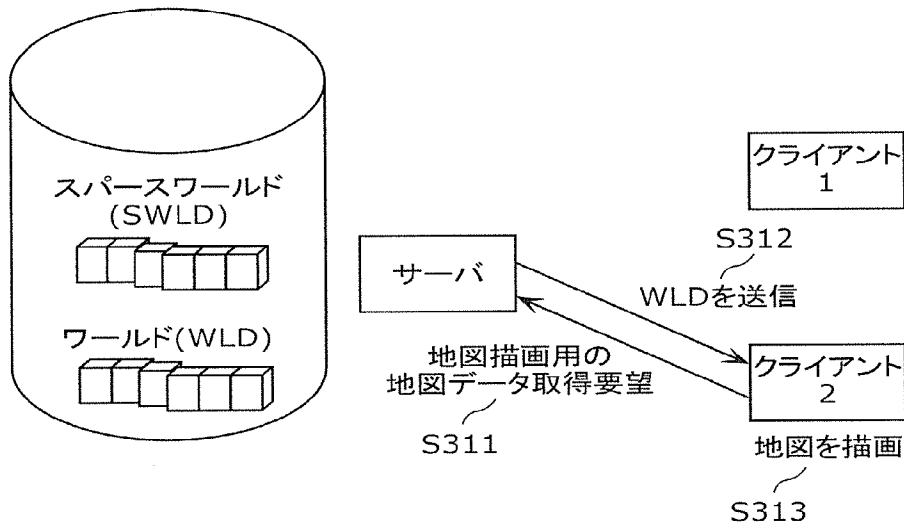
[図11]



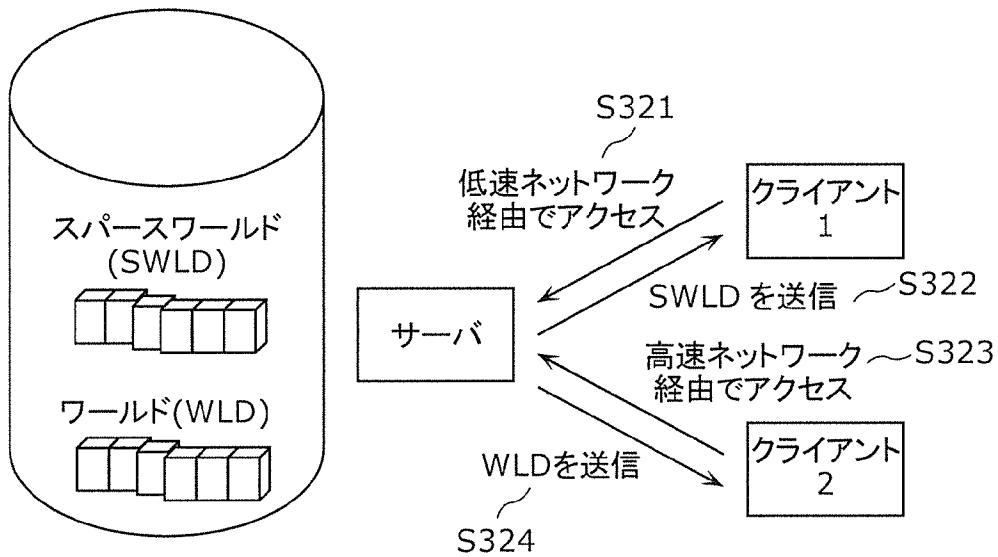
[図12]



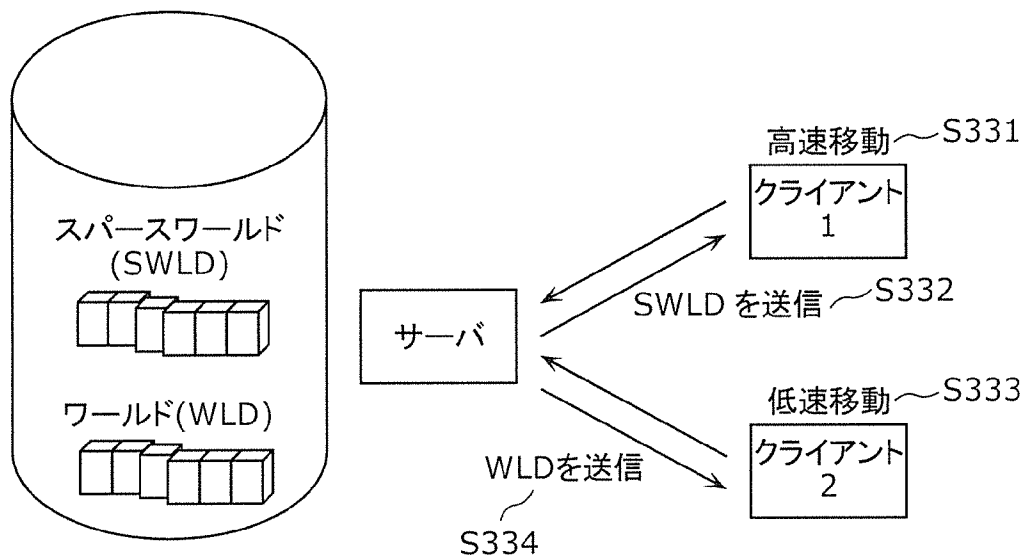
[図13]



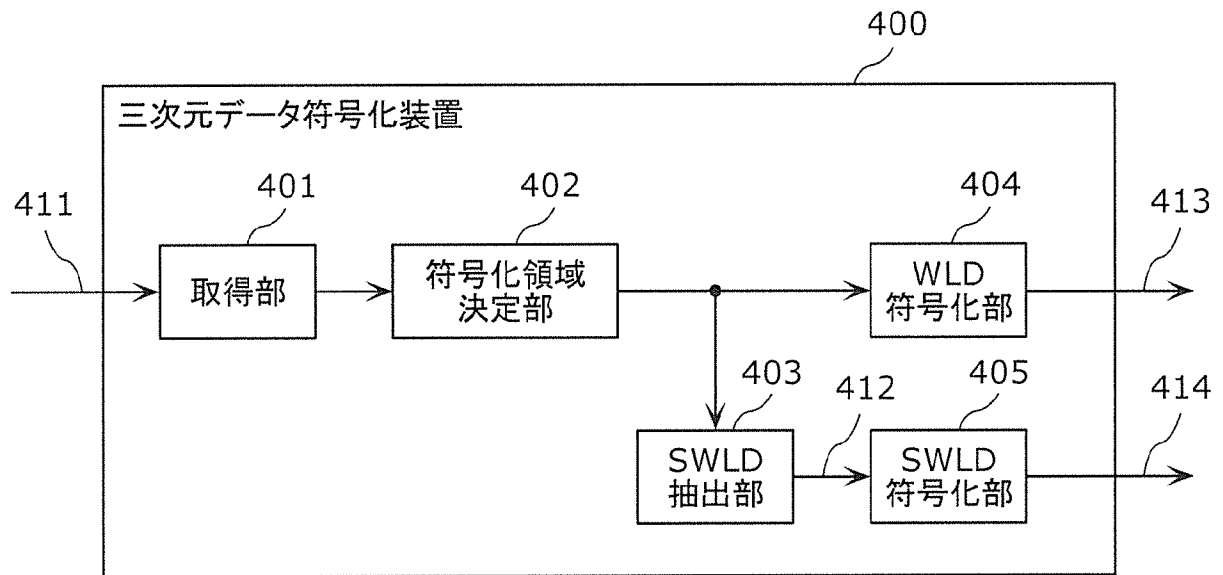
[図14]



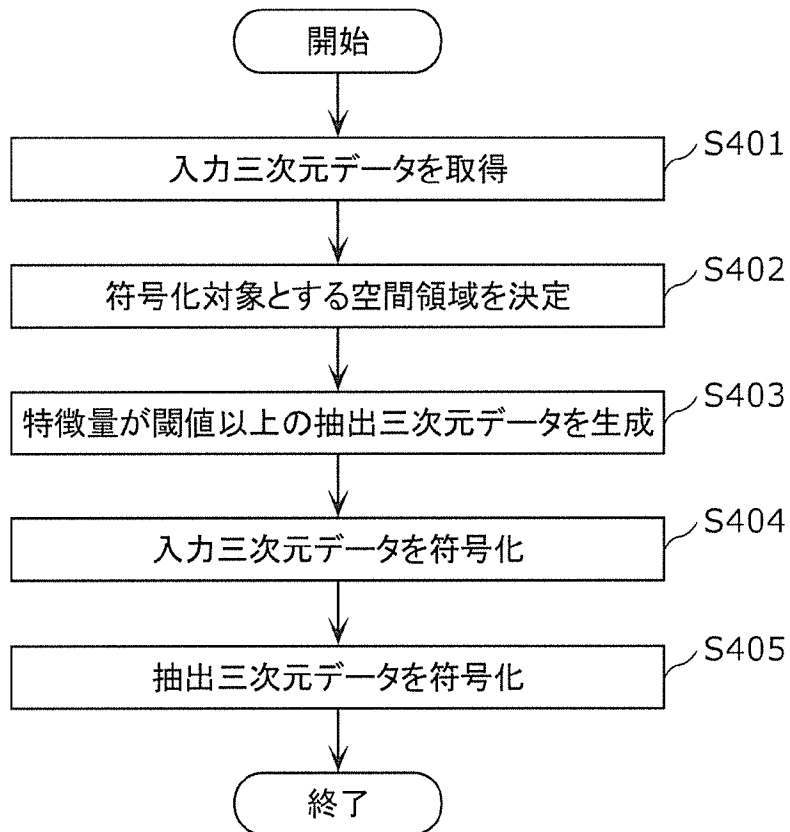
[図15]



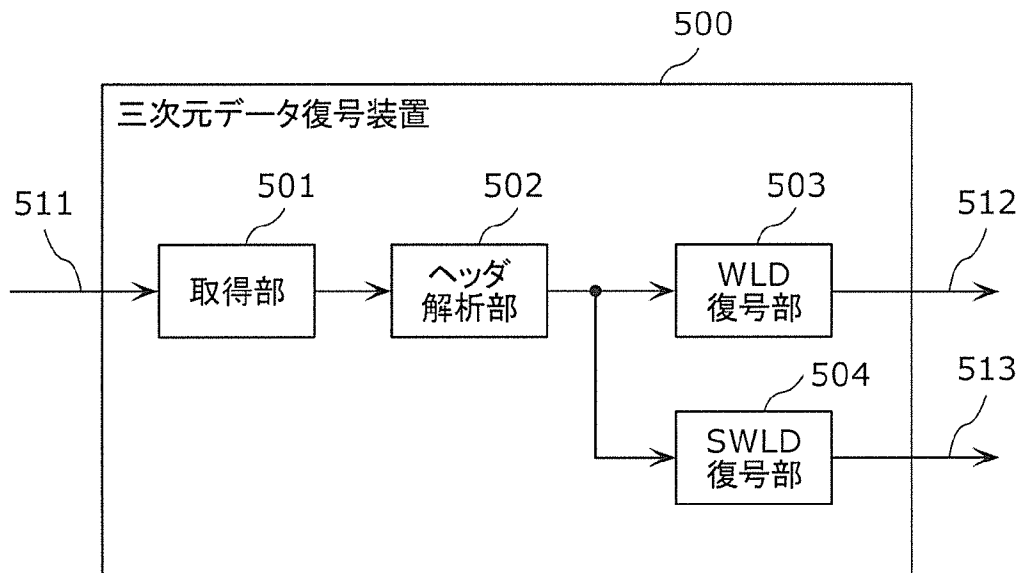
[図16]



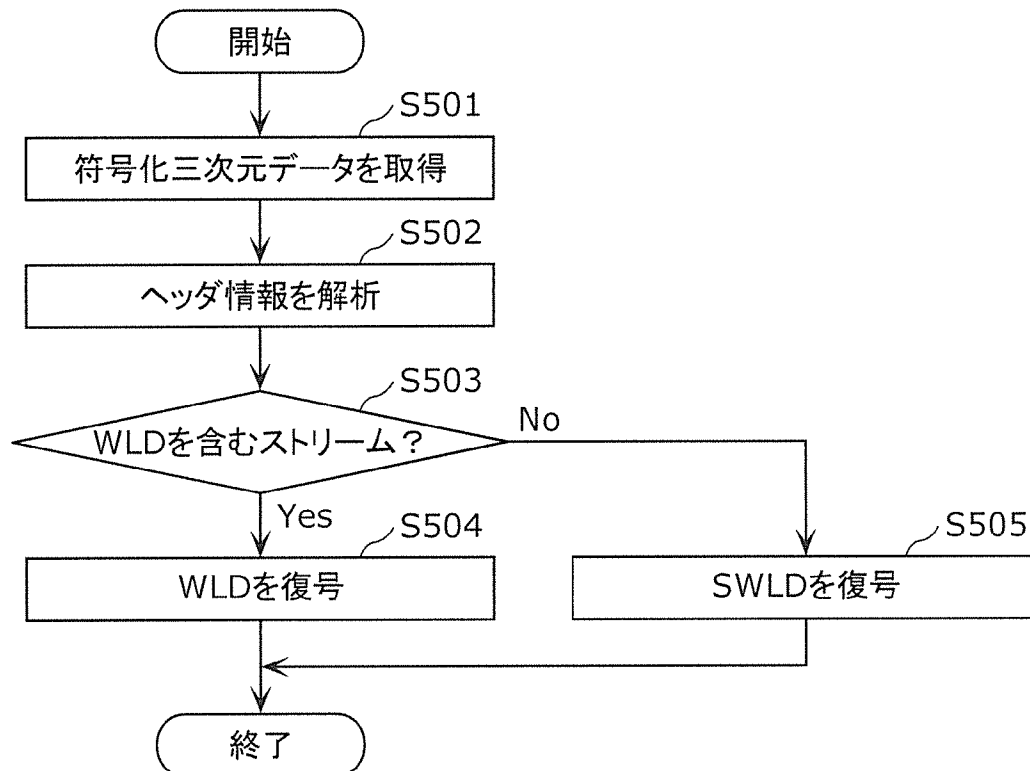
[図17]



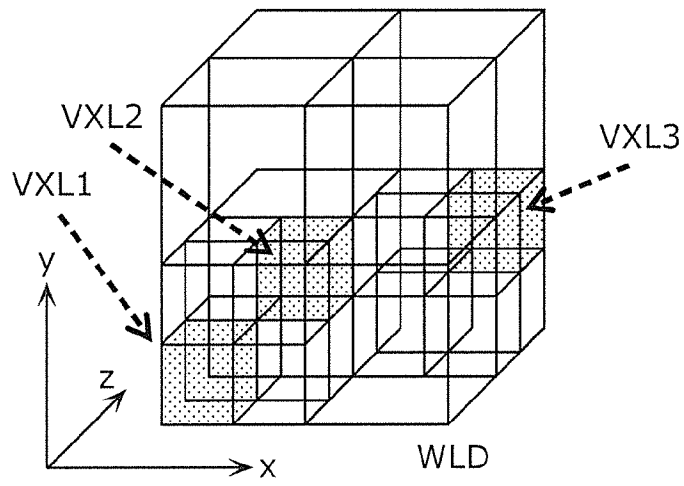
[図18]



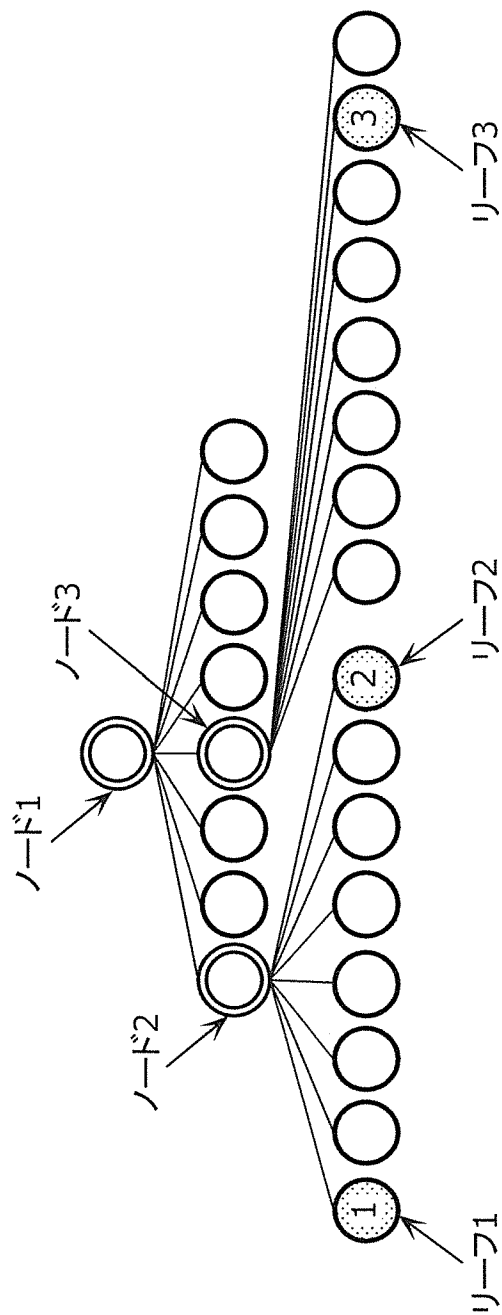
[図19]



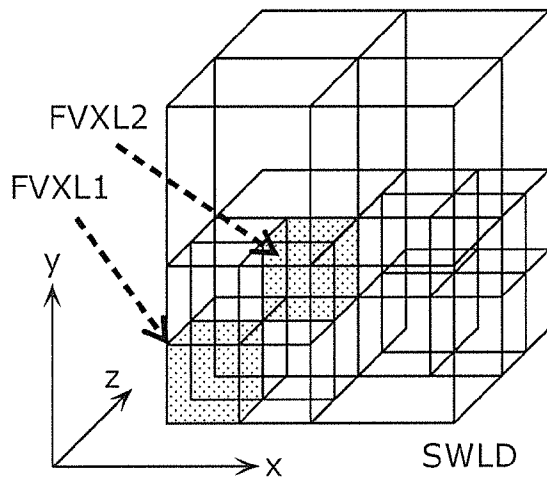
[図20]



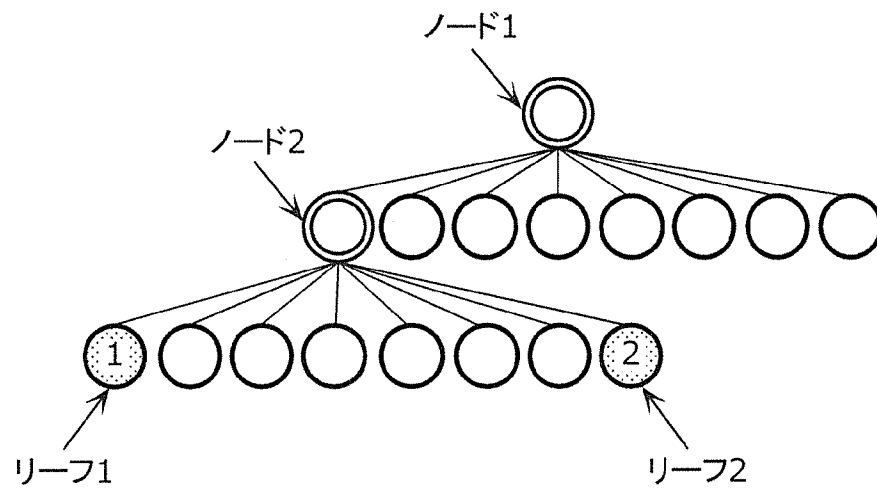
[図21]



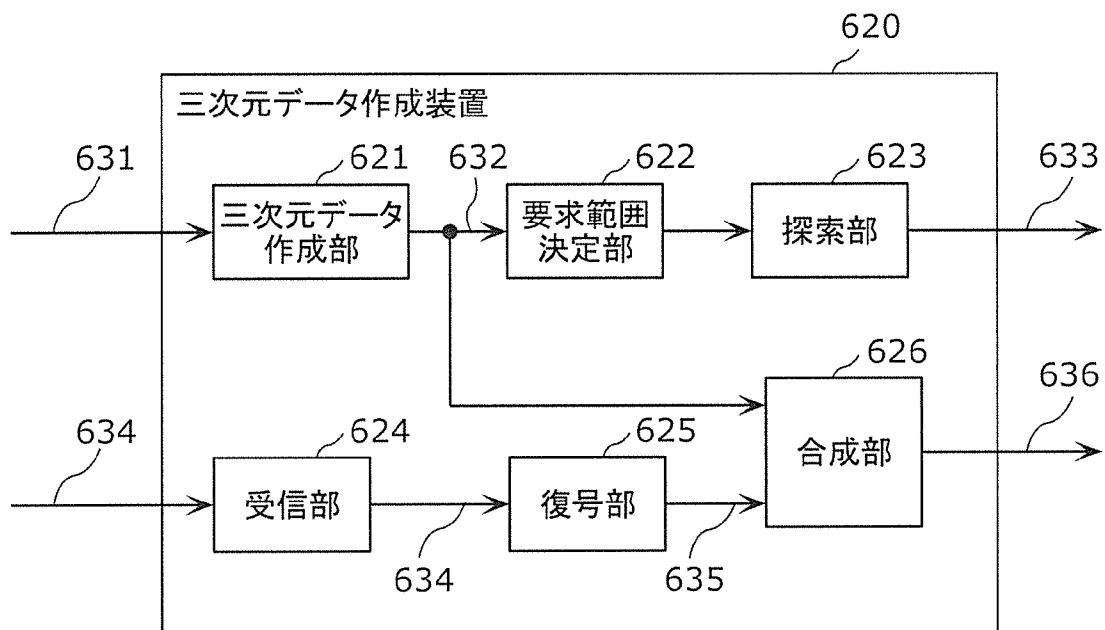
[図22]



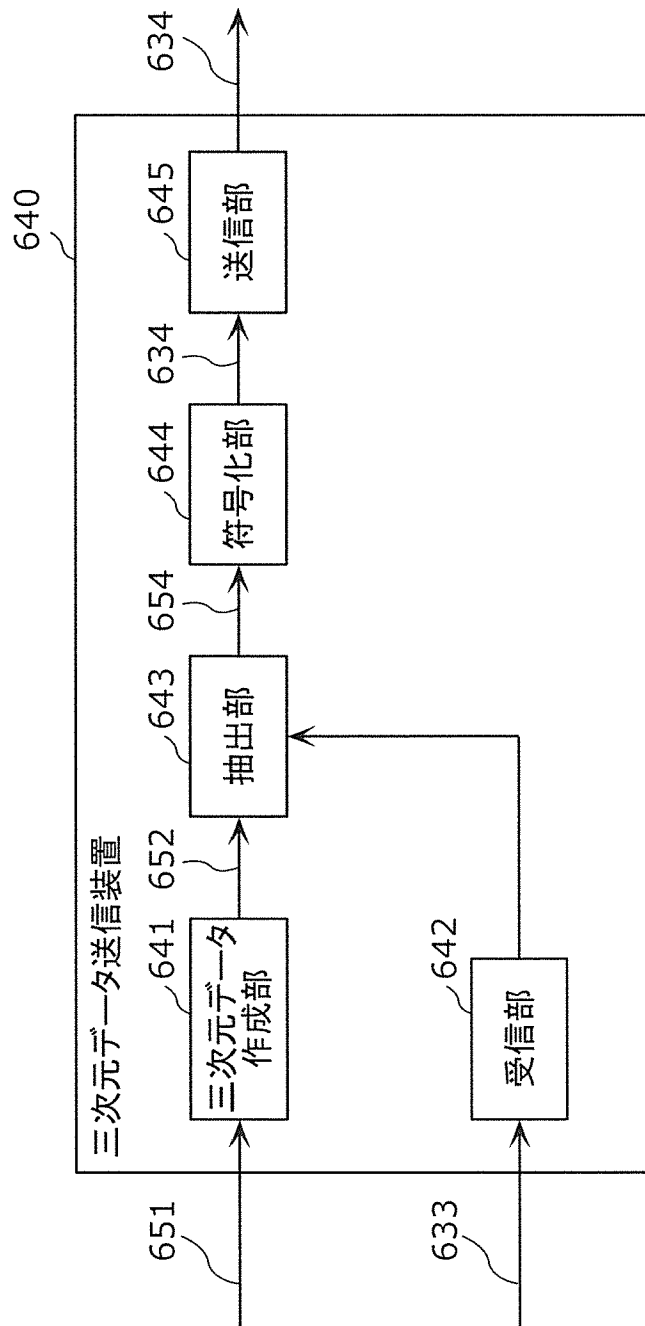
[図23]



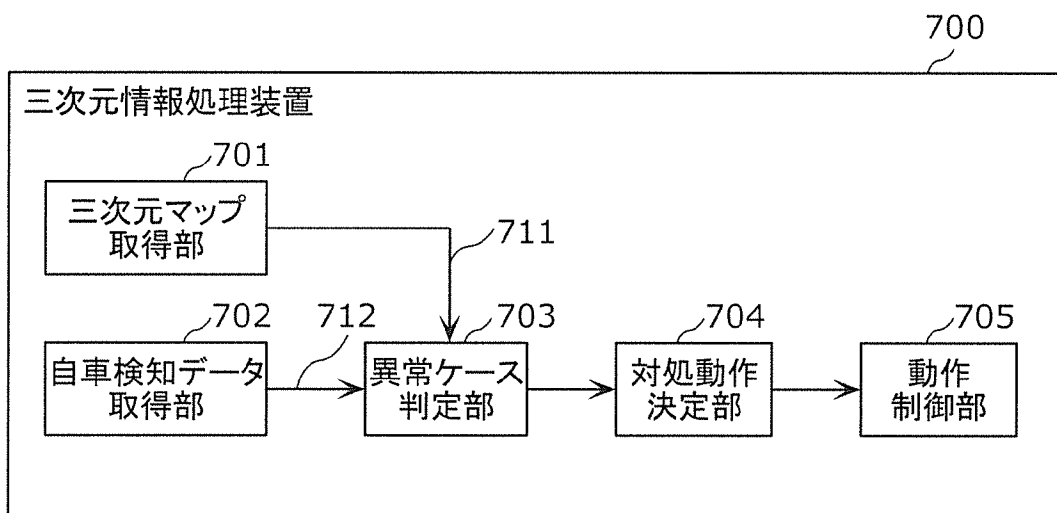
[図24]



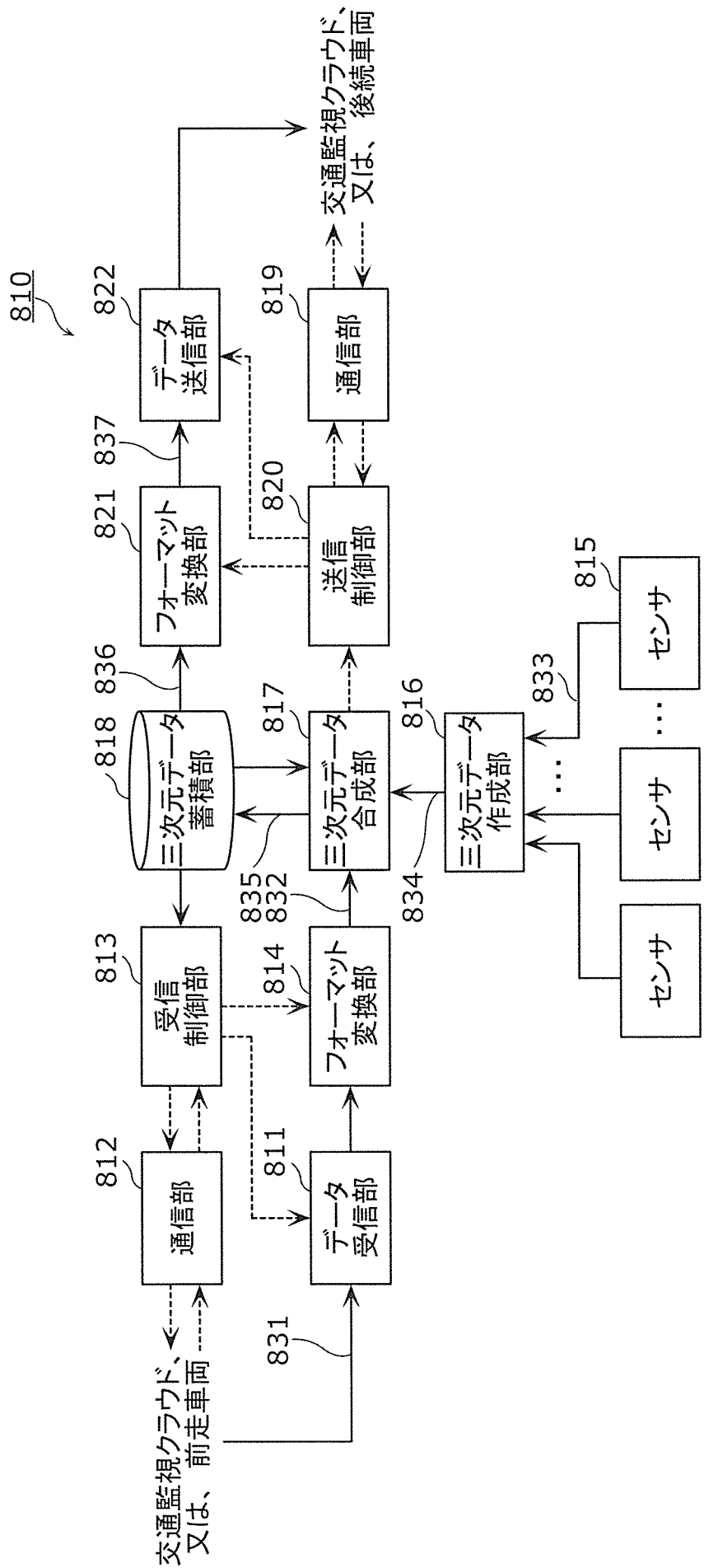
[図25]



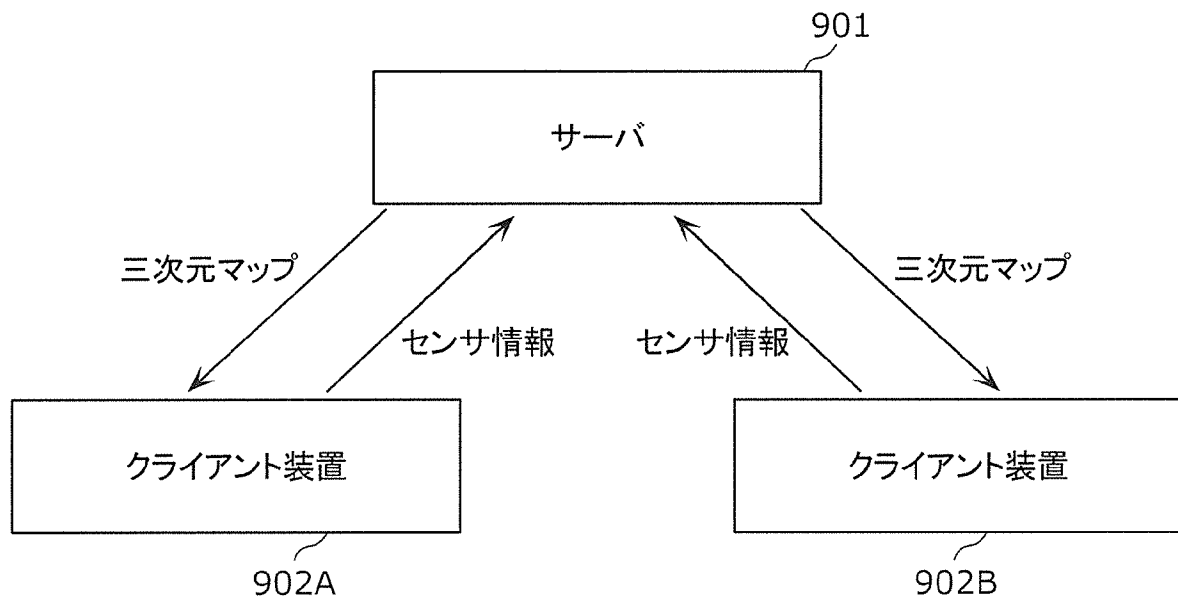
[図26]



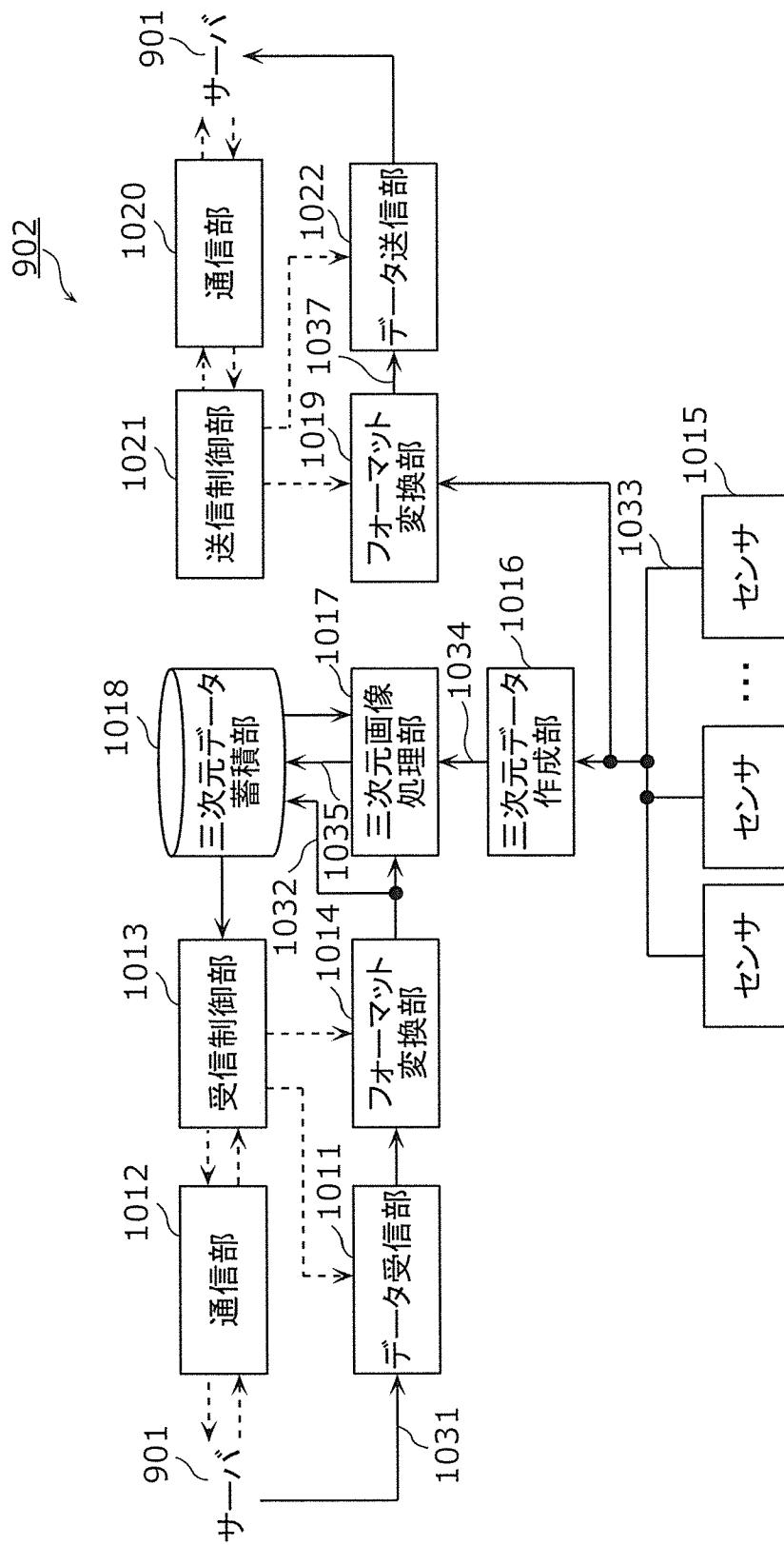
[図27]



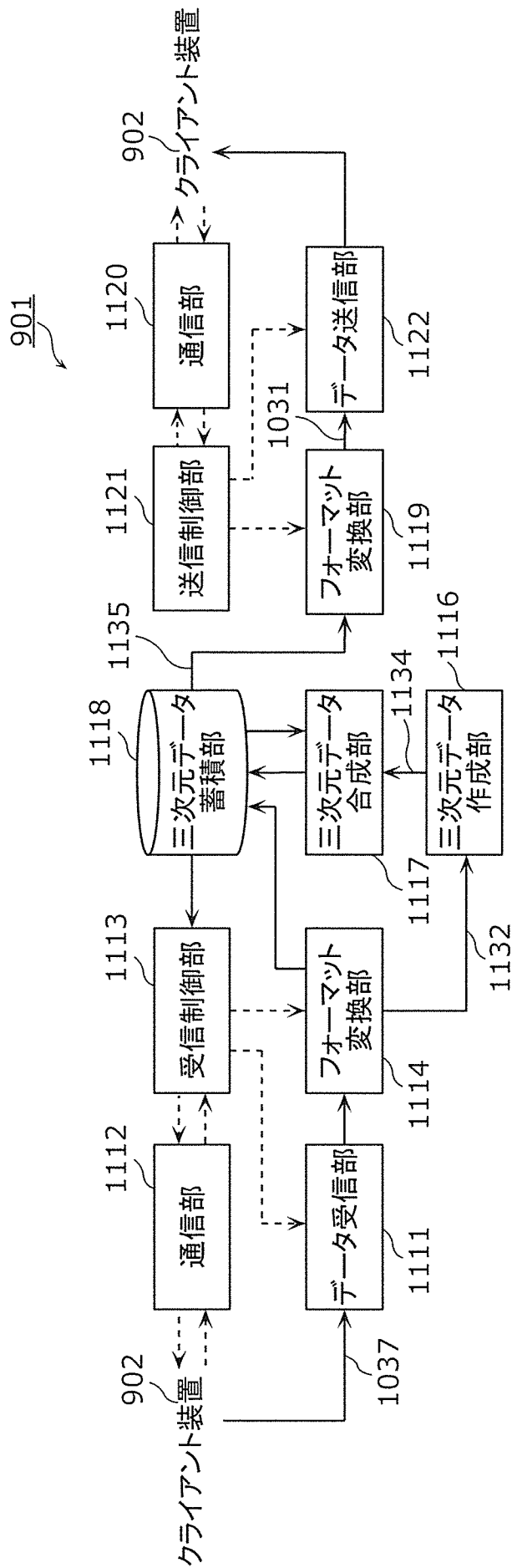
[図28]



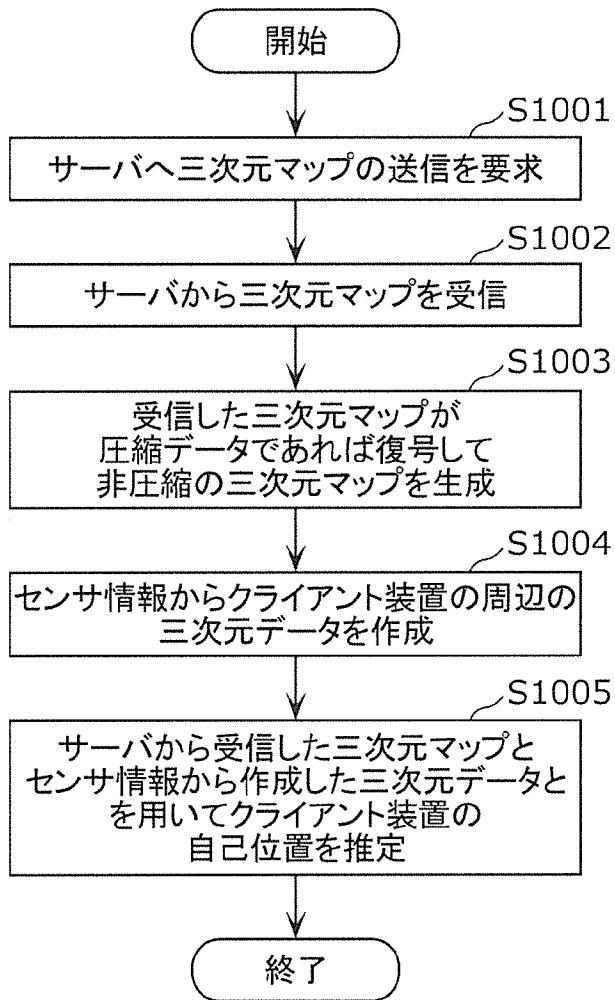
[図29]



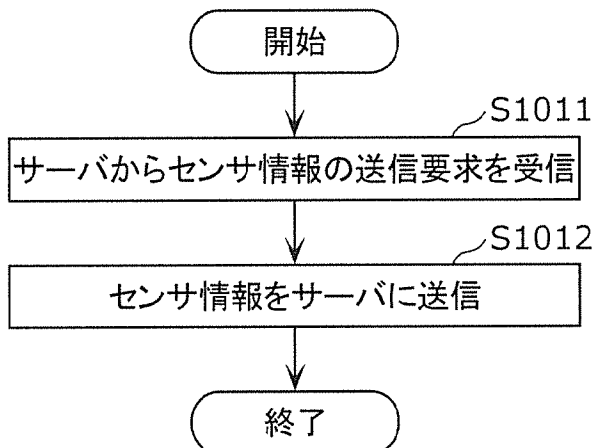
[図30]



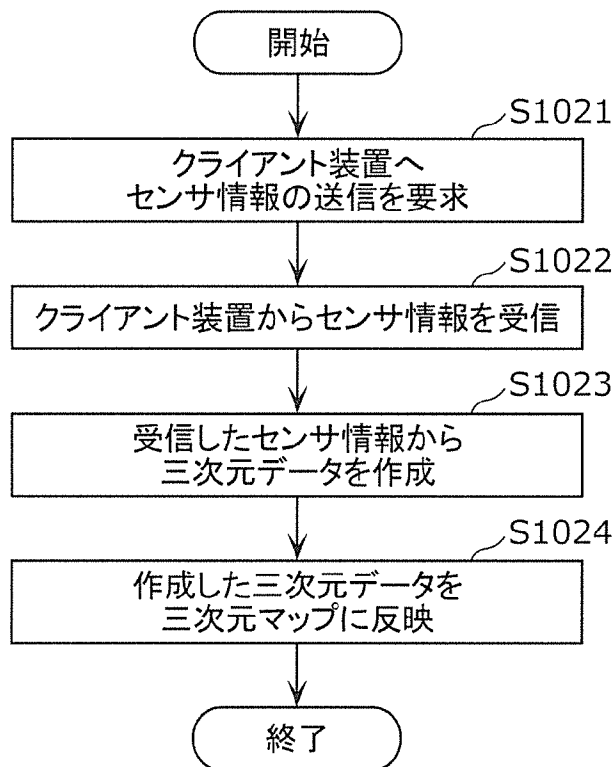
[図31]



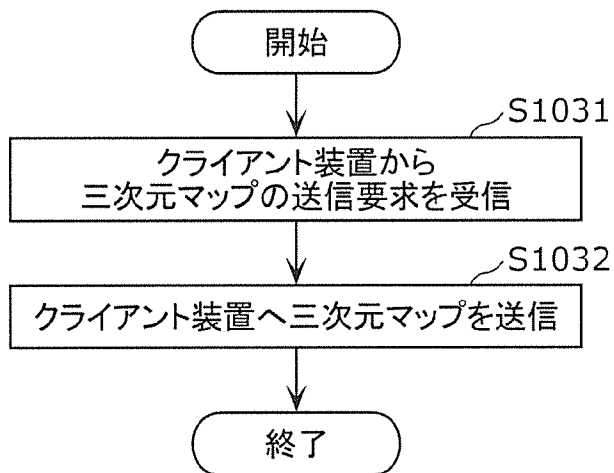
[図32]



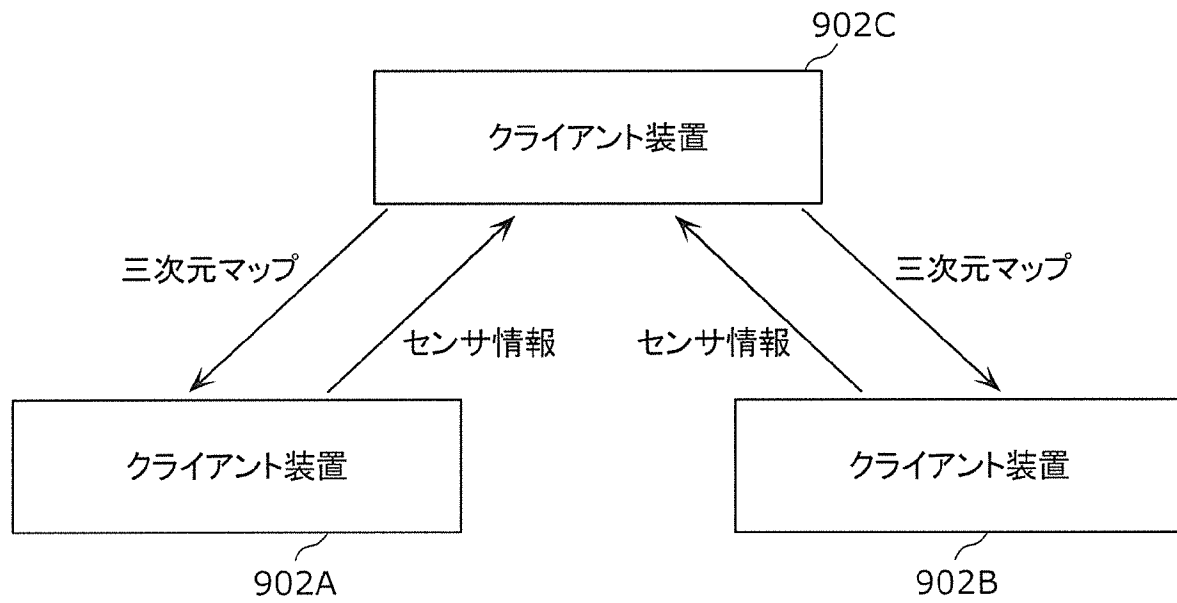
[図33]



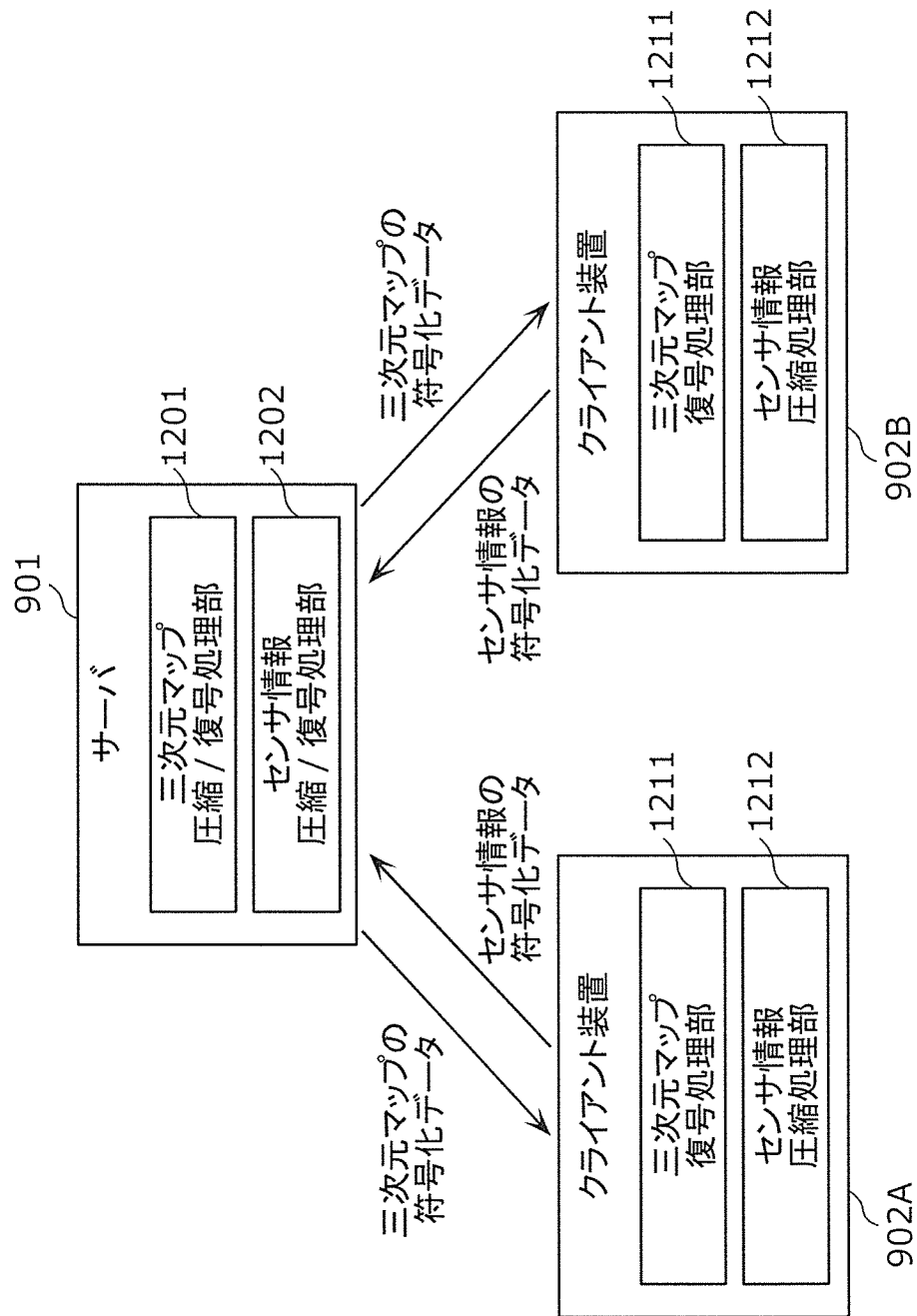
[図34]



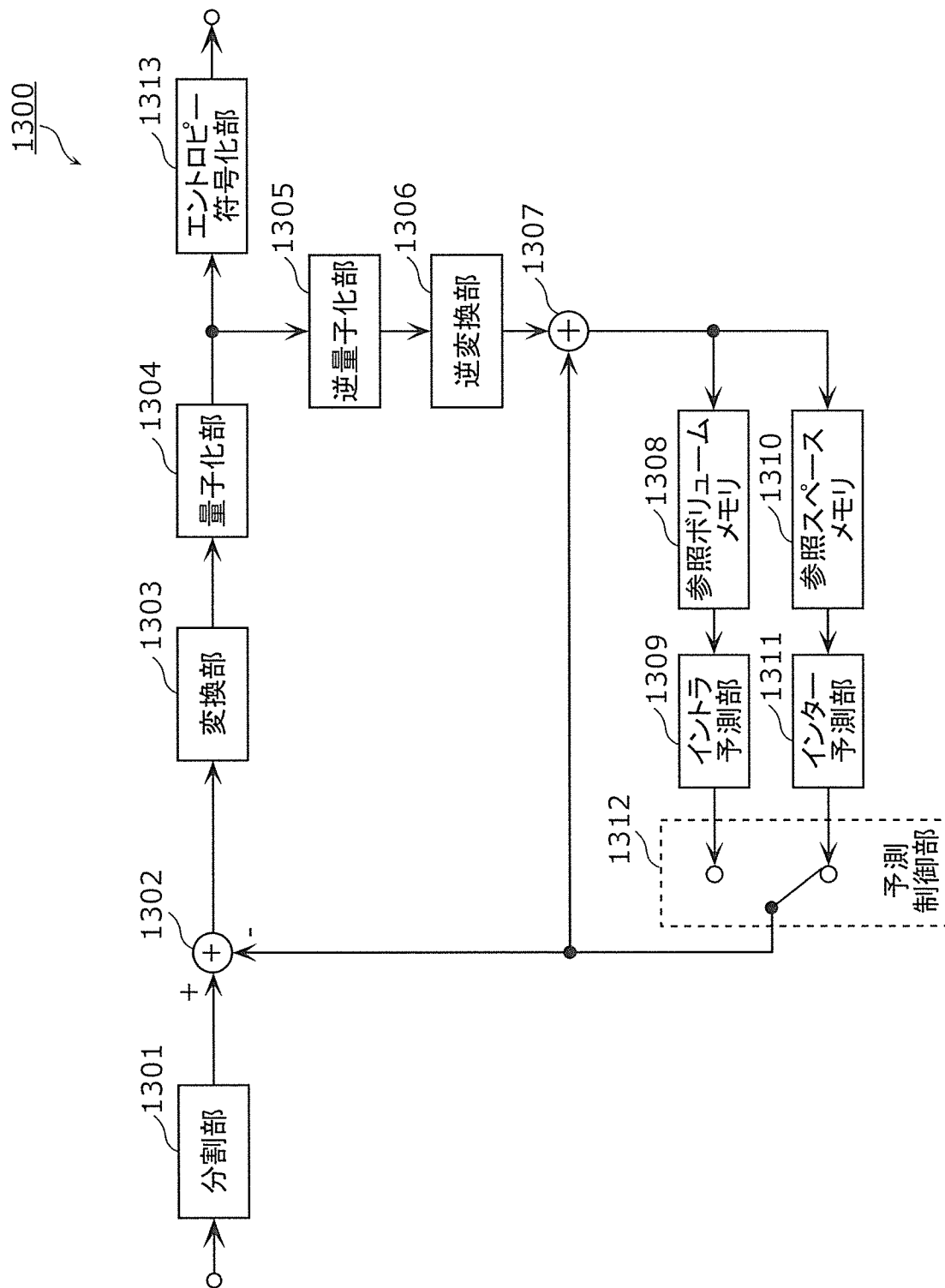
[図35]



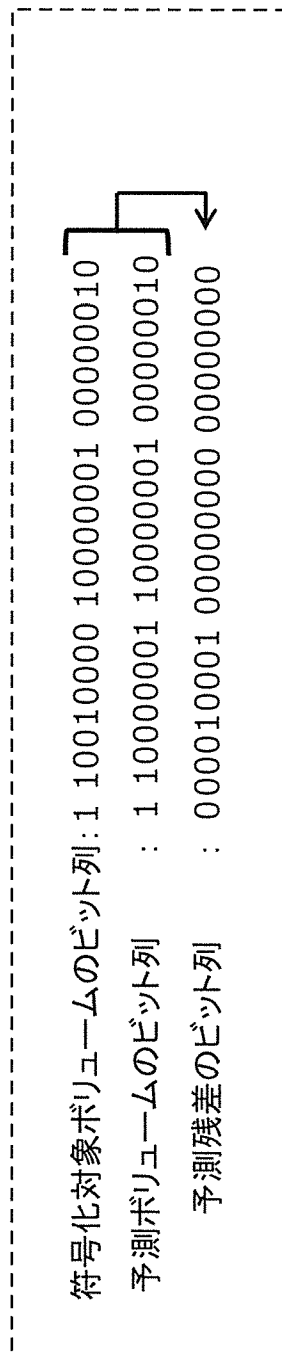
[図36]



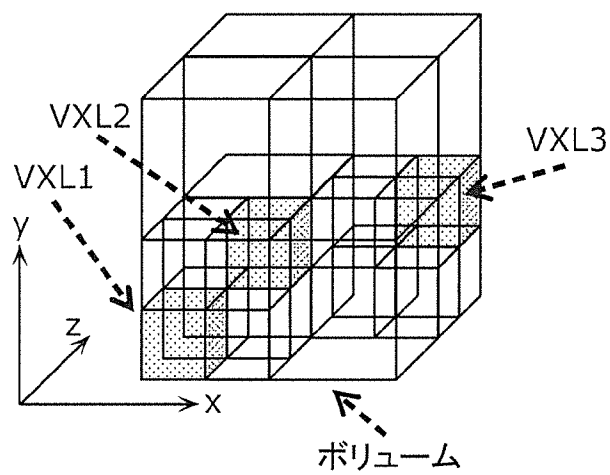
[図37]



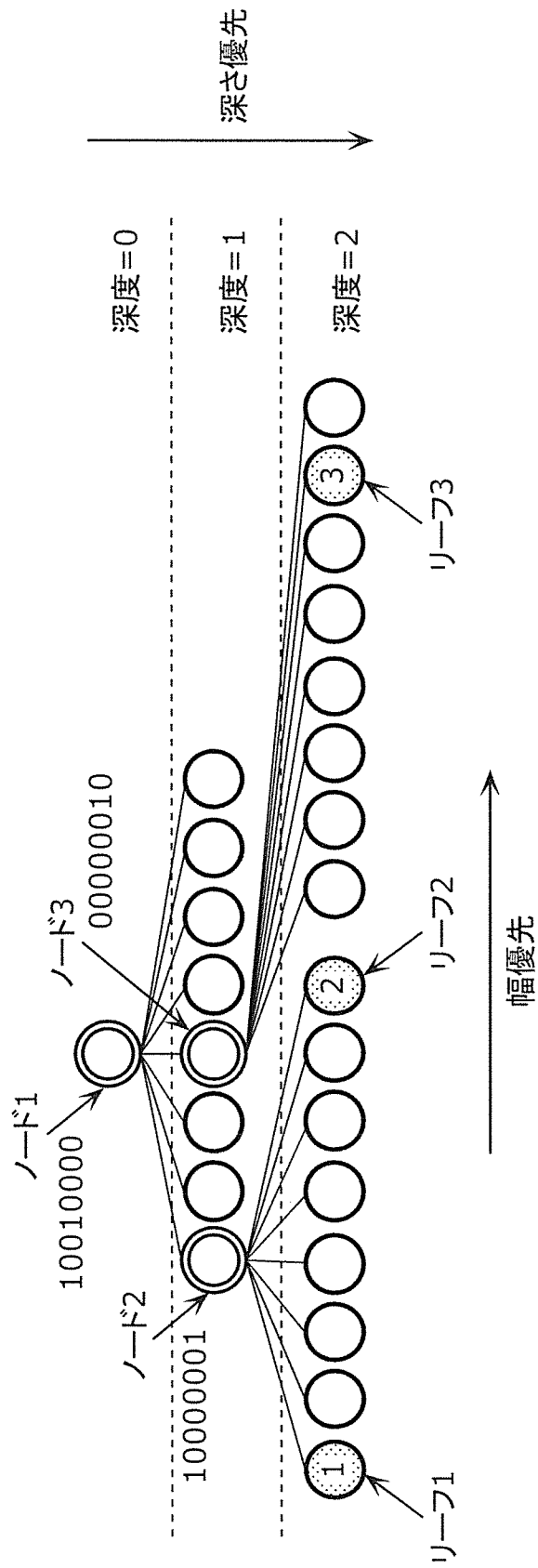
[図38]



[図39]



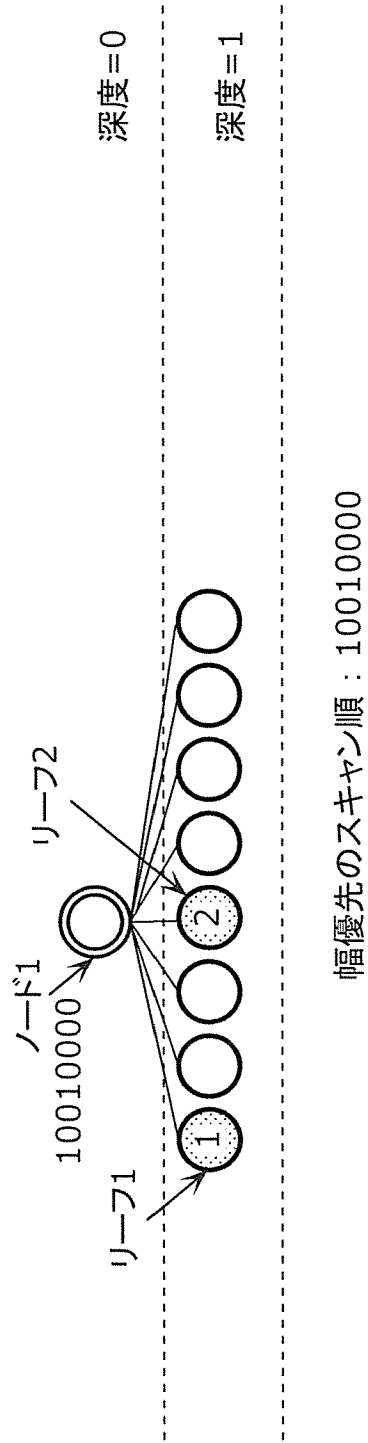
[図40]



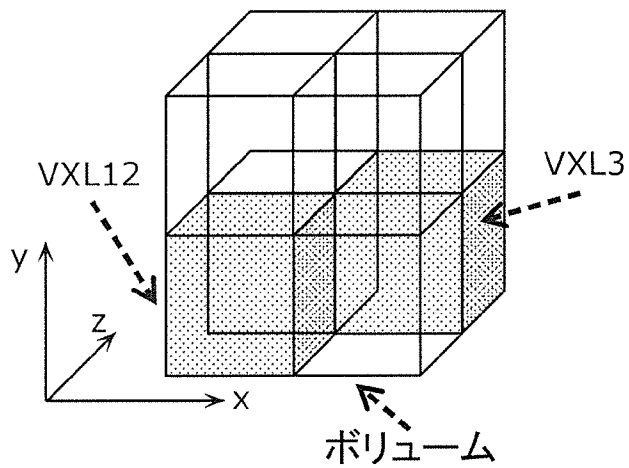
[図41]

- A 幅優先でノードとリーフをスキャンした場合のビット列 : 10010000 10000001 00000010 leaf1 leaf2 leaf3
- B 深さ優先でノードとリーフをスキャンした場合のビット列: 10010000 10000001 leaf1 leaf2 00000010 leaf3

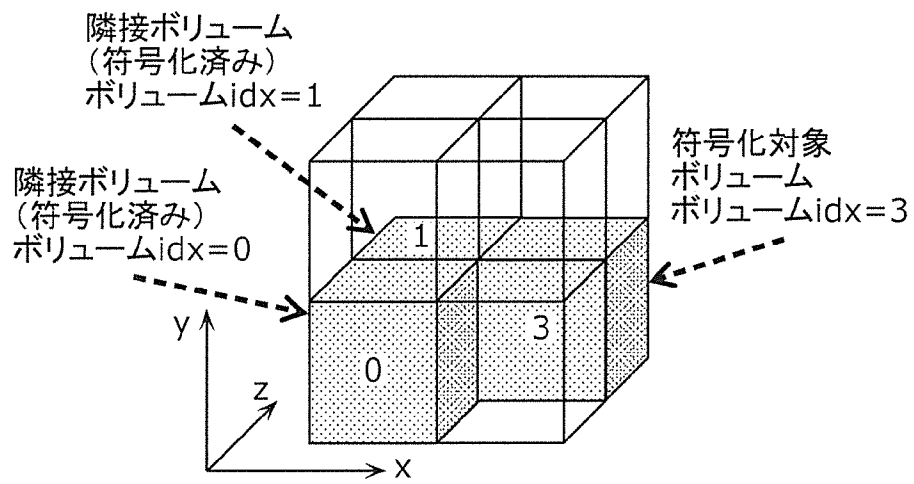
[図42]



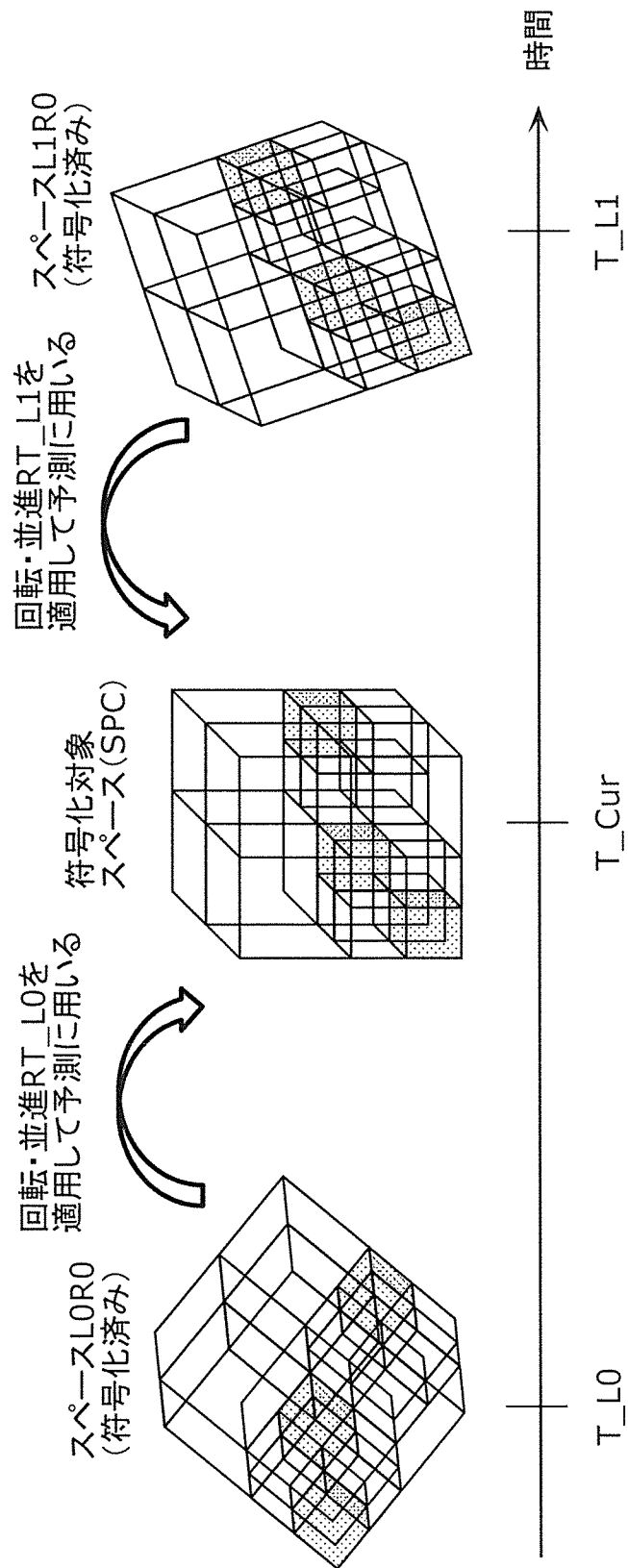
[図43]



[図44]



[図45]



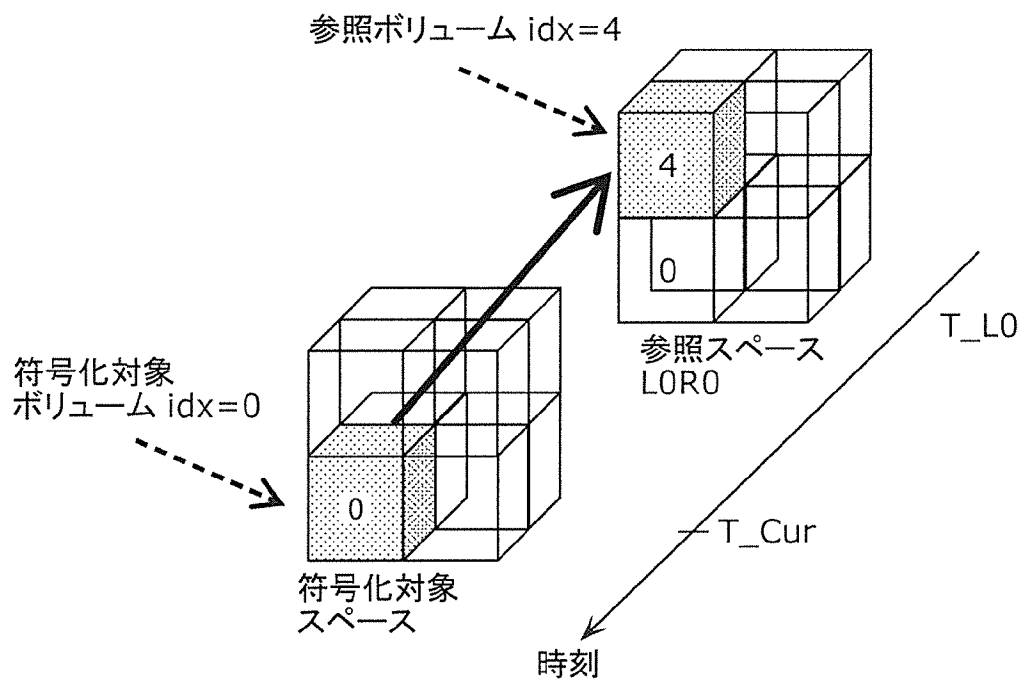
[図46]

```

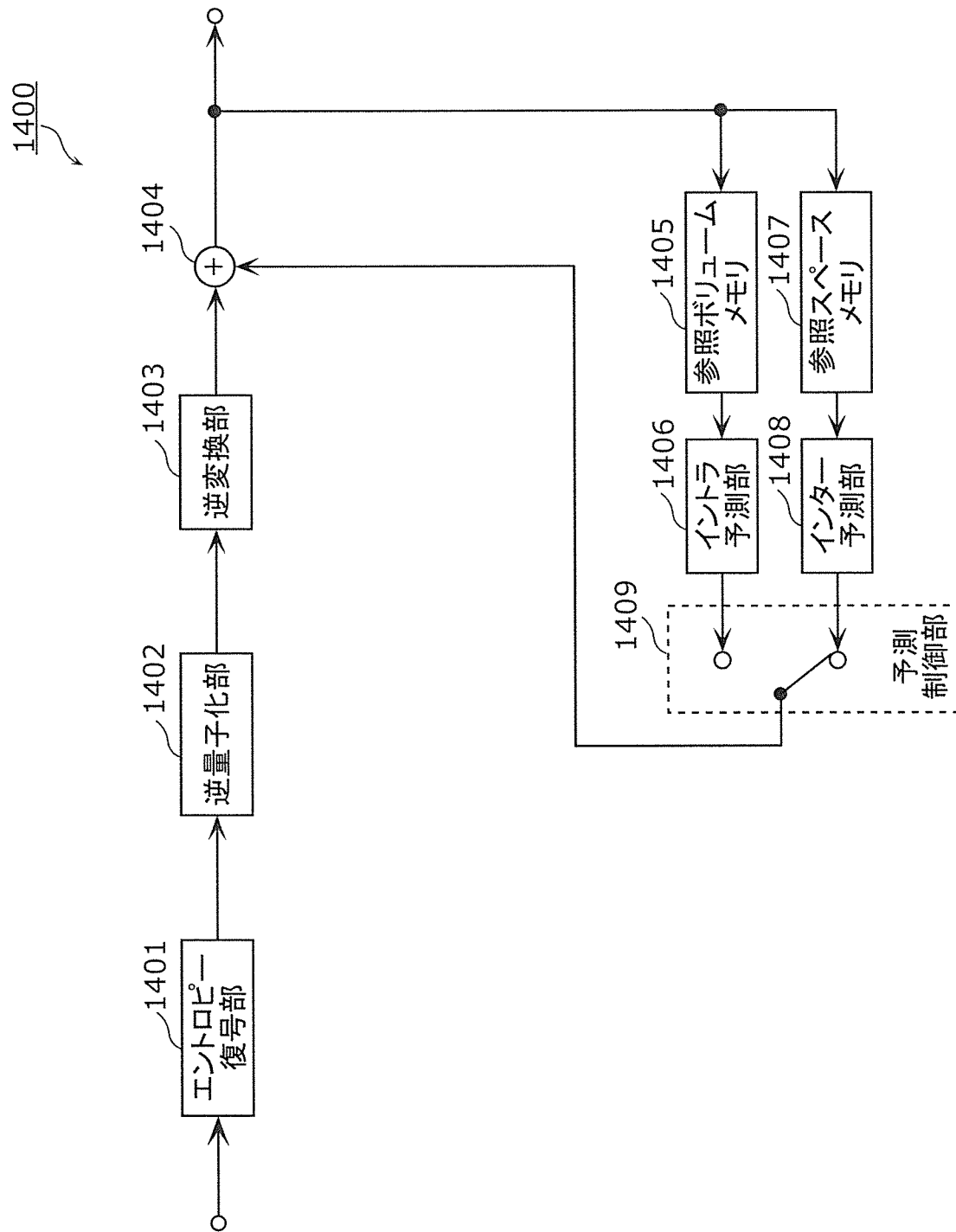
space_header() {
...
for (i=0; i<MaxRefSpc_l0;i++) {
  RT_flag_l0[i]
  if (RT_flag_l0[i]) {
    R_l0[i]
    T_l0[i]
  }
}
...
for (i=0; i<MaxRefSpc_l1;i++) {
  RT_flag_l1[i]
  if (RT_flag_l1[i]) {
    R_l1[i]
    T_l1[i]
  }
}
...
}

```

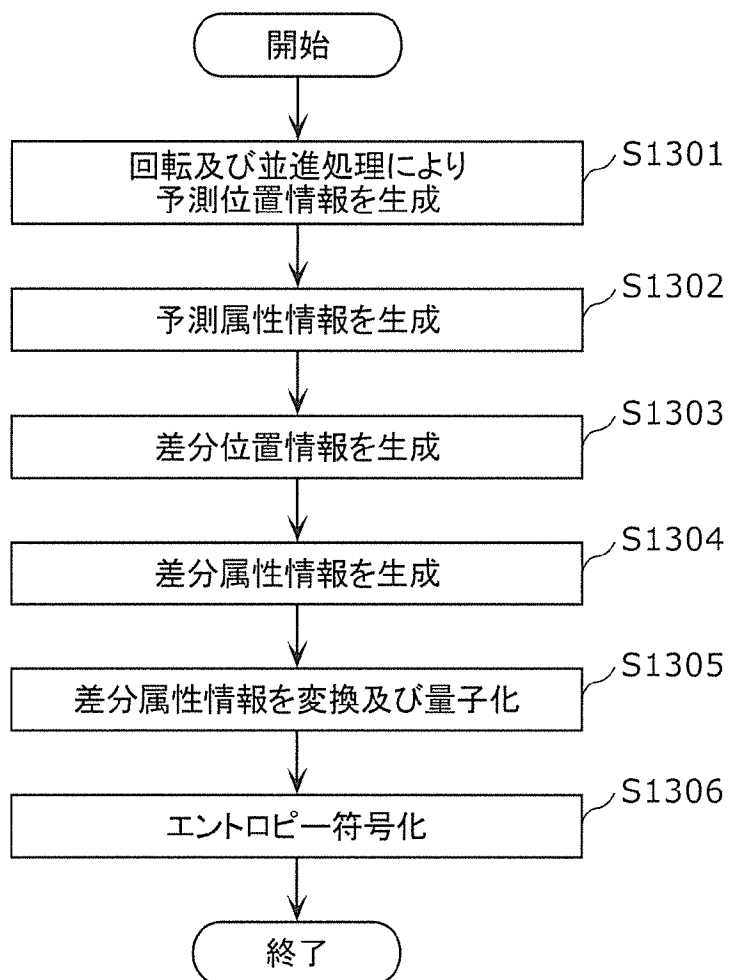
[図47]



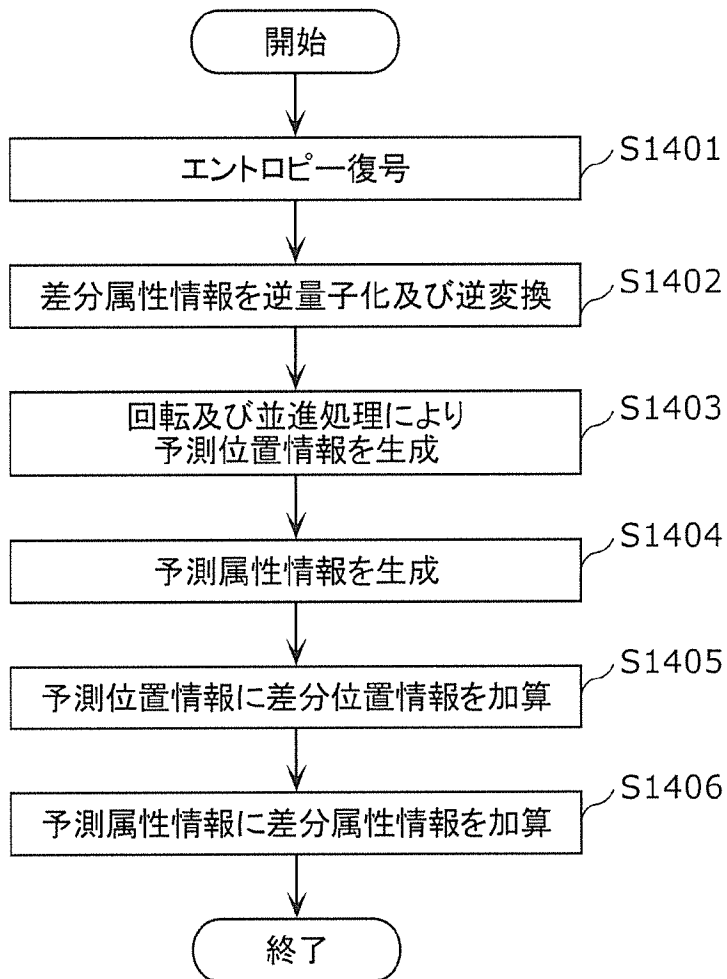
[図48]



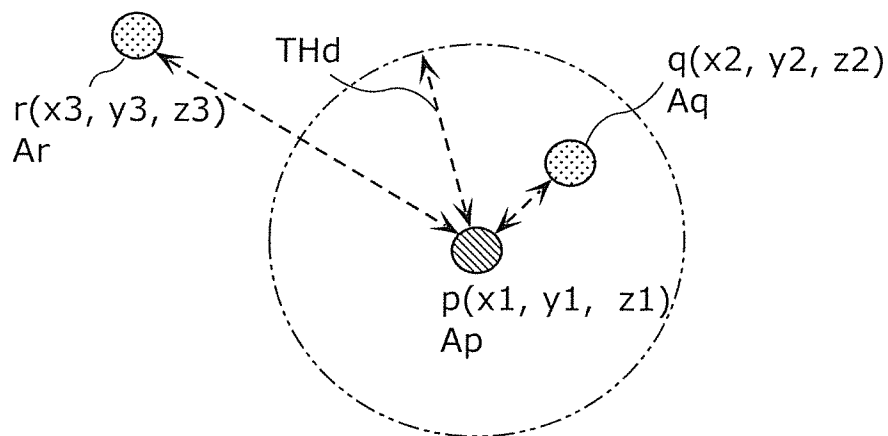
[図49]



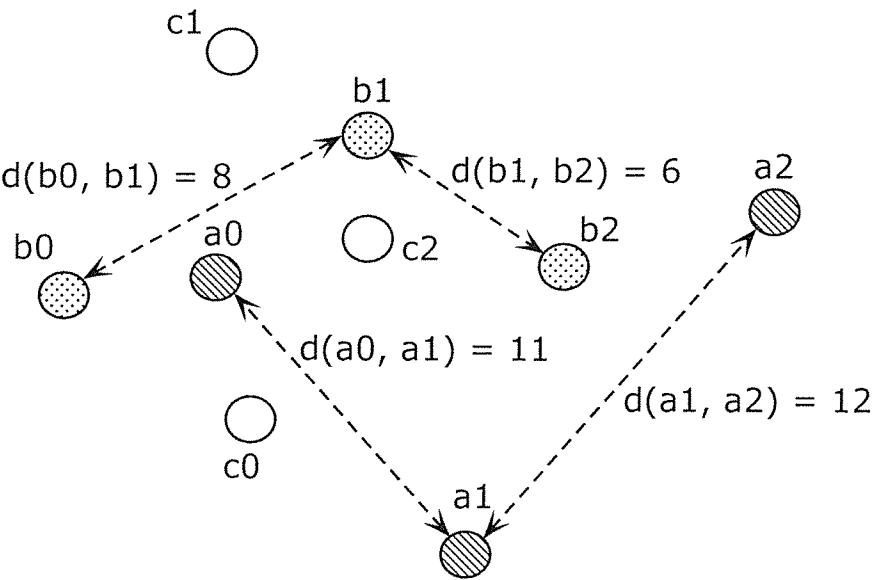
[図50]



[図51]



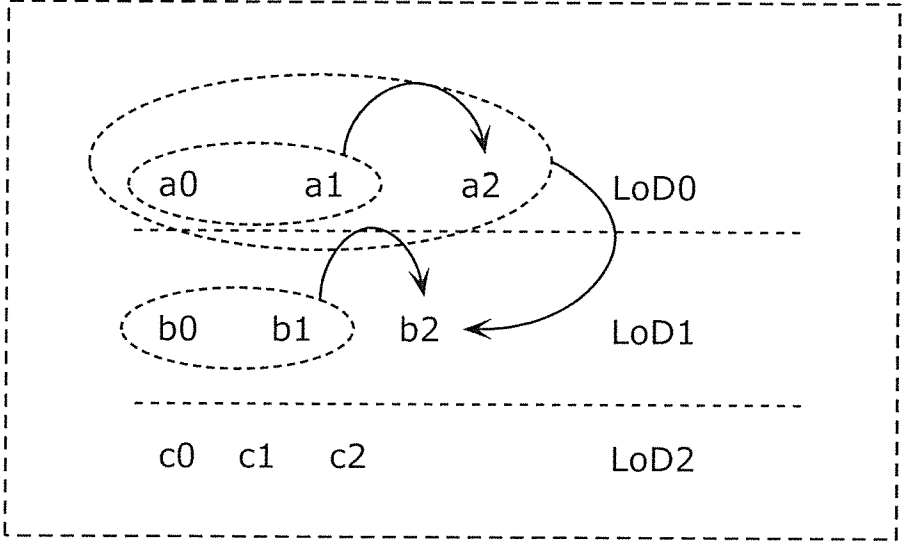
[図52]



[図53]

a0	a1	a2	LoD0	Thres_LoD[0] = 10	疎 ↕ 密
b0	b1	b2	LoD1	Thres_LoD[1] = 5	
c0	c1	c2	LoD2	Thres_LoD[2] = 0	

[図54]

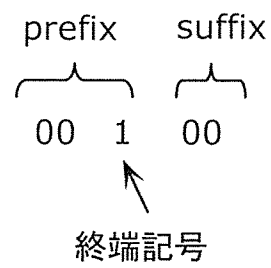


[図55]

値	ビット
0	1
1	010
2	011
3	00100
4	00101
5	00110
6	00111
7	0001000
...	...

[図56]

値	ビット
3	00100
4	00101
5	00110
6	00111



[図57]

```

attribute_header{
...
NumLoD
...
for (i=0; i<NumLoD; i++) {
  NumOfPoint[i]
}
...
for (i=0; i<NumLoD-1; i++) {
  Thres_Lod[i]
}
...
for (i=0; i<NumLoD; i++) {
  NumNeighborPoint[i]
}
...
for (i=0; i<NumLoD; i++) {
  THd[i]
}
...
for (i=0; i<NumLoD; i++) {
  QS[i]
}
...
for (i=0; i<NumLoD; i++) {
  R_TH[i]
}
...
}

```

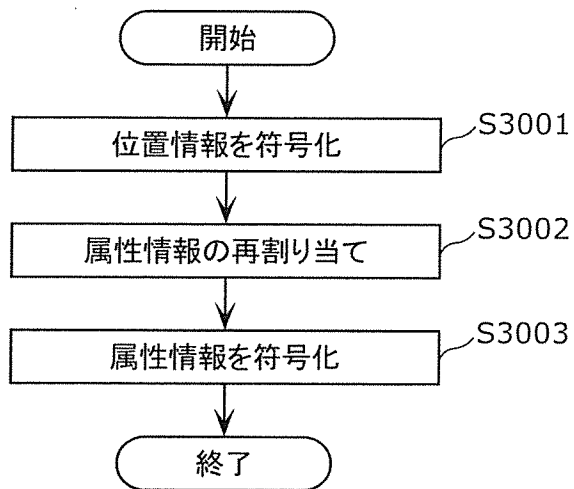
[図58]

```

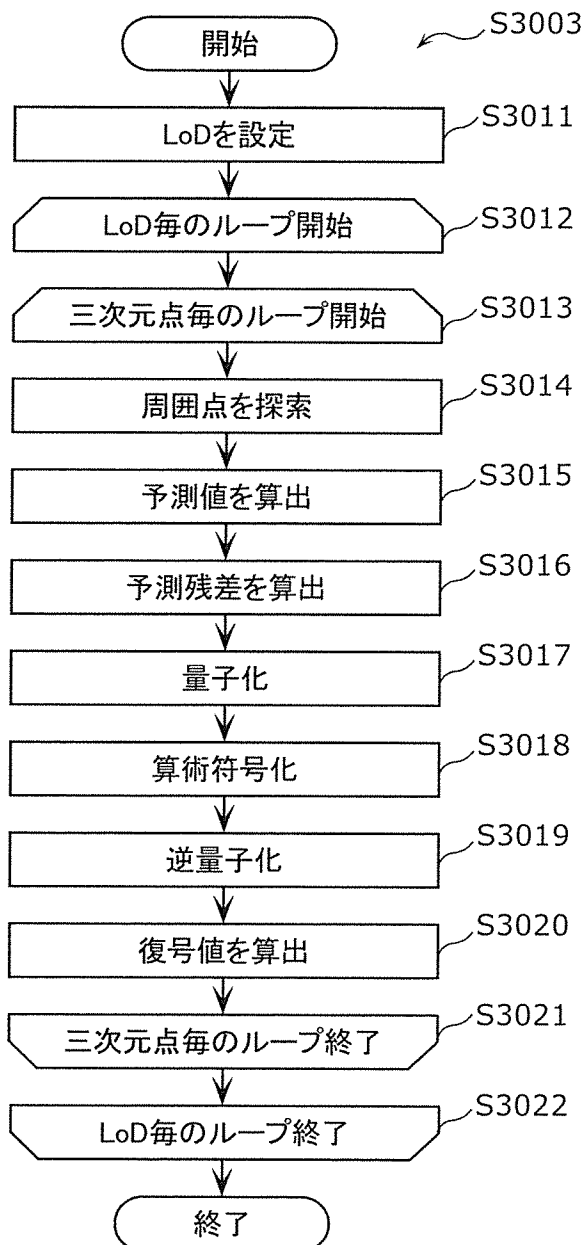
attribute_data{
...
for (i=0; i<NumLoD; i++) {
  for (j=0; j<NumOfPoint[i]; j++) {
    n-bit code
    if (n-bit code == R_TH[i])
      remaining code
  }
}
...
}

```

[図59]



[図60]



[図61]

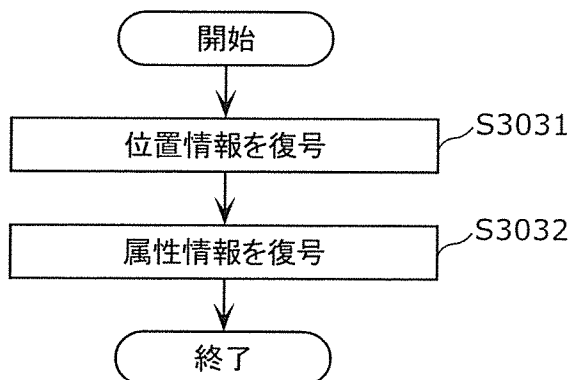
値	ビット
3 ←	00100 ←
4	00101
5	00110
6	00111

prefix suffix
 { {
 00 1 00
 ↑
 終端記号

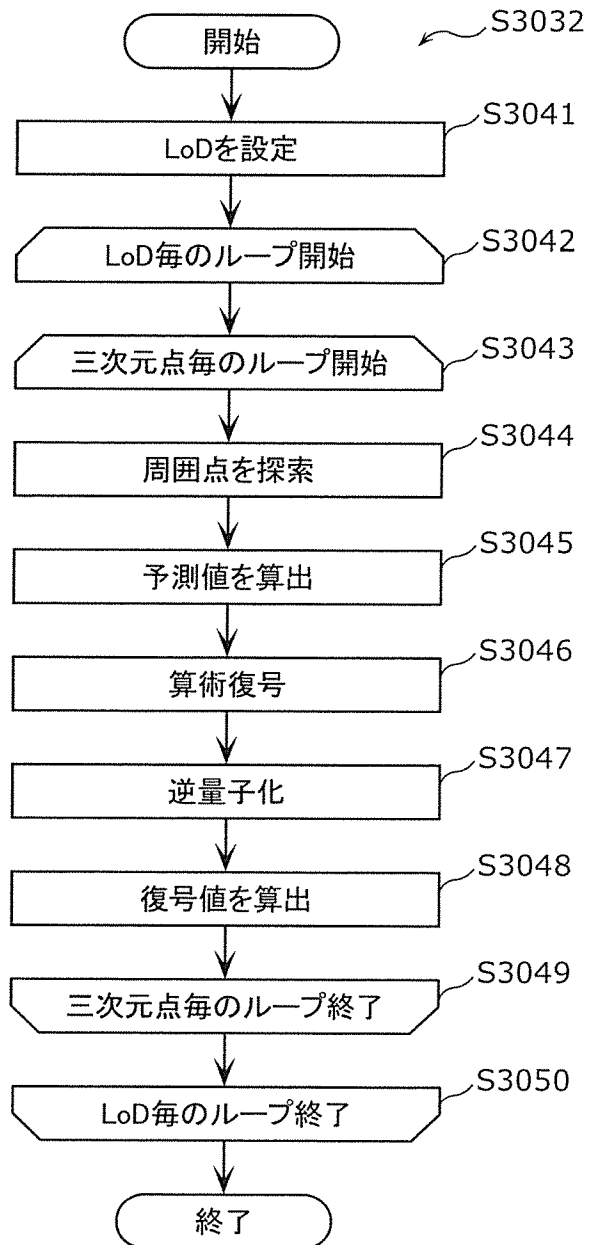
[図62]

値	ビット
0	1
1	010
2	011
3 ←	00100 逆引き
4	00101
5	00110
6	00111
7	0001000
...	...

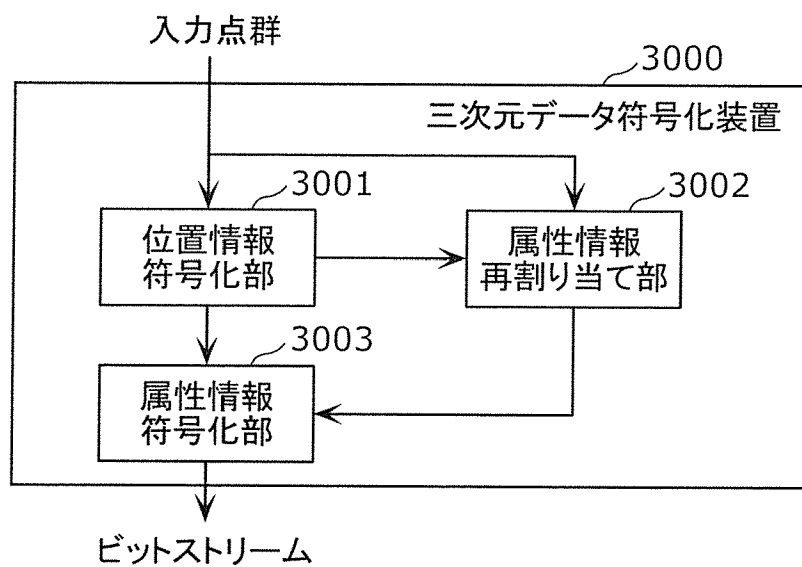
[図63]



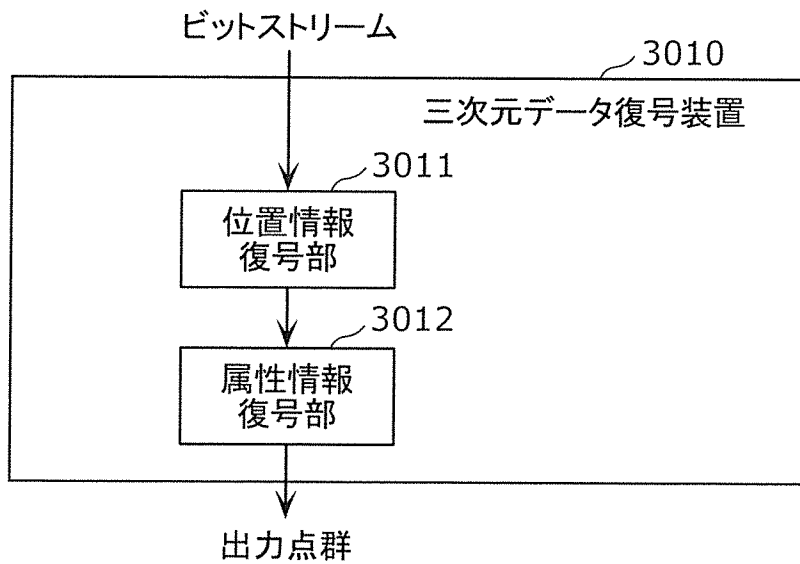
[図64]



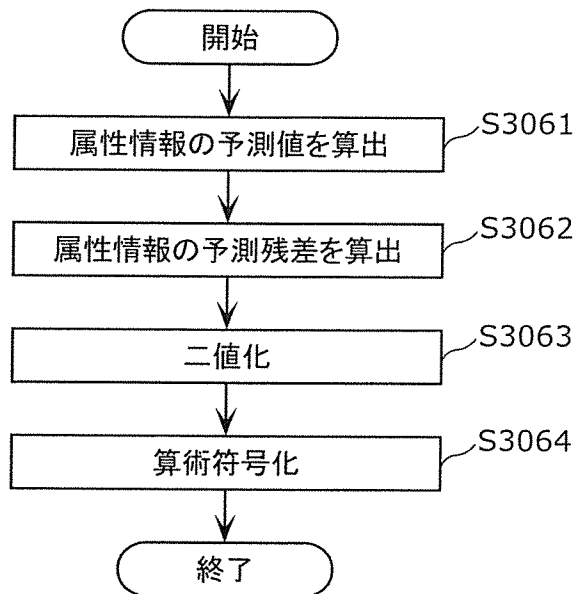
[図65]



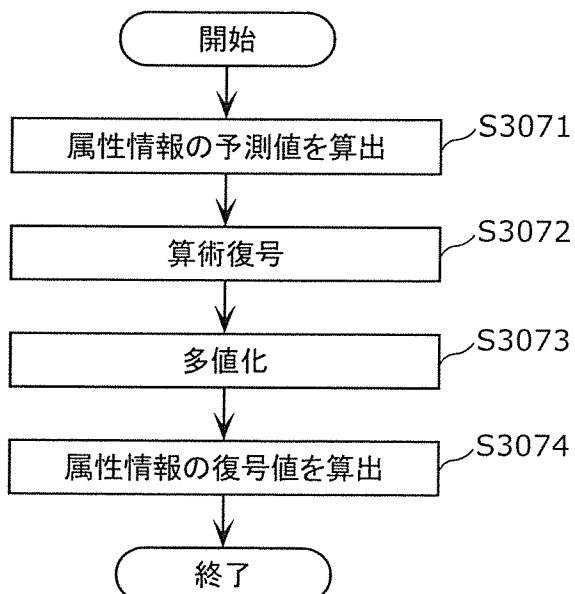
[図66]



[図67]



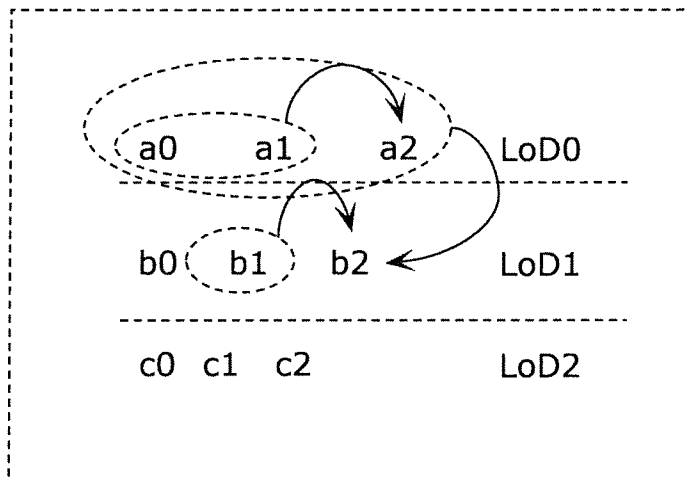
[図68]



[図69]

予測モード	予測値
0	a0,a1,a2,b1の平均値
1	b1
2	a2
3	a1
4	a0

[図70]



[図71]

予測モード	予測値
0	a0とa1の平均値
1	a1
2	a0
3	not available
4	not available

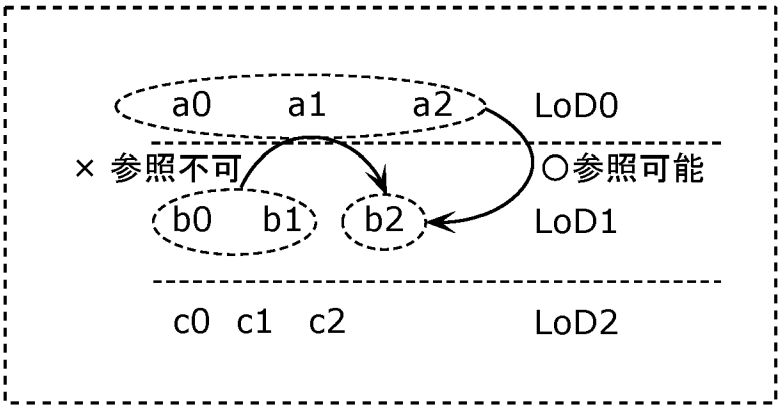
[図72]

予測モード	予測値
0	a0,a1,a2,b1の平均値 (Yave,Uave,Vave)
1	b1=(Yb1,Ub1,Vb1)
2	a2=(Ya2,Ua2,Va2)
3	a1=(Ya1,Ua1,Va1)
4	a0=(Ya0,Ua0,Va0)

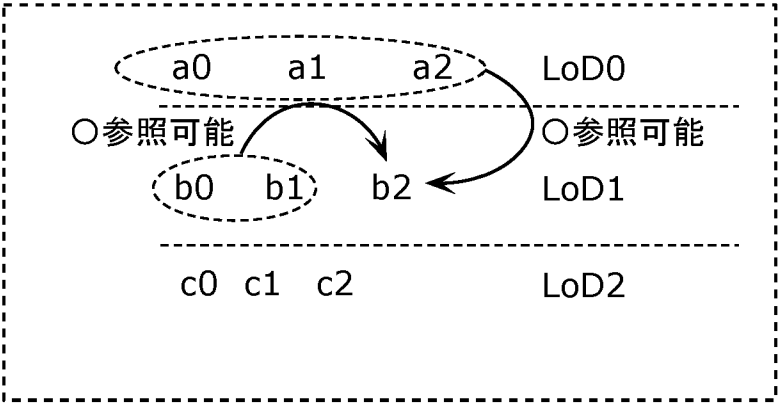
[図73]

予測モード	予測値
0	a0,a1,a2,b1の平均値 Rave
1	b1=Rb1
2	a2=Ra2
3	a1=Ra1
4	a0=Ra0

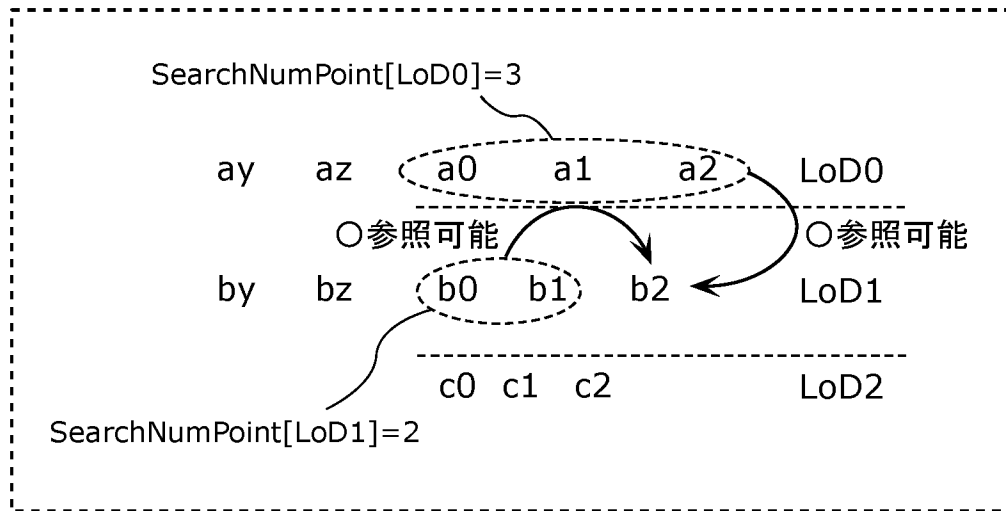
[図74]



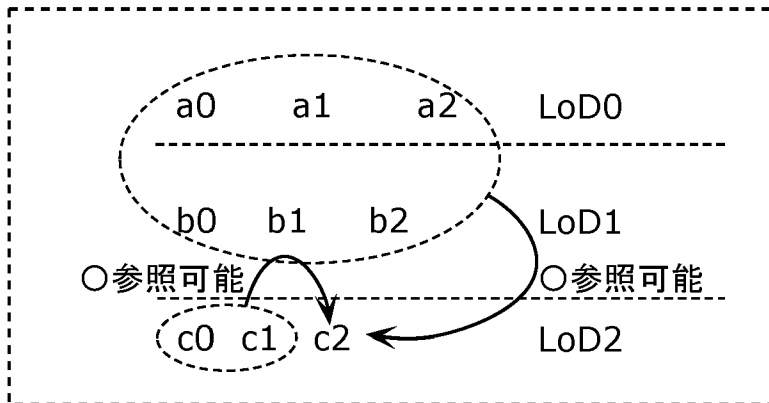
[図75]



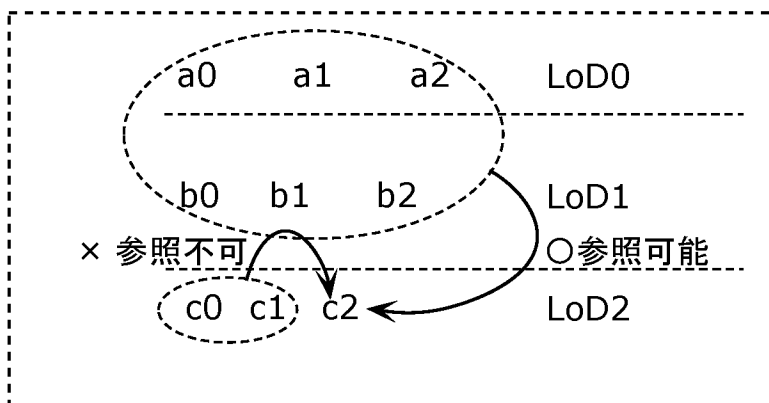
[図76]



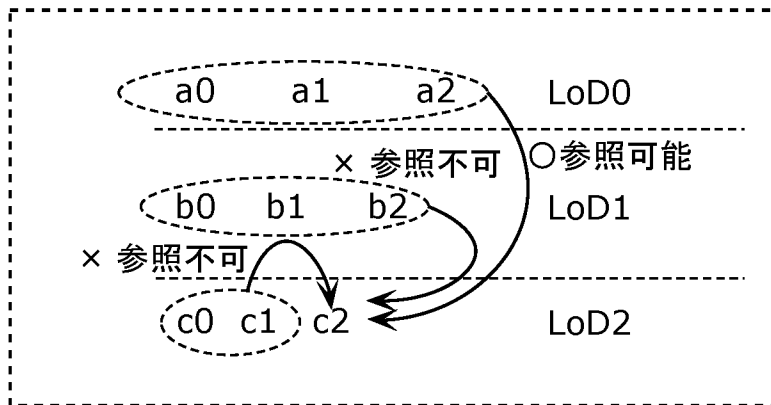
[図77]



[図78]



[図79]



[図80]

```

attribute_header {
...
EnableReferringSameLoD
...
NumLoD
...
for (i=0; i<NumLoD; i++) {
    SearchNumPoint[i]
}

for (i=0; i<NumLoD; i++) {
    NumNeighborPoint[i]
}
...
}

```

[図81]

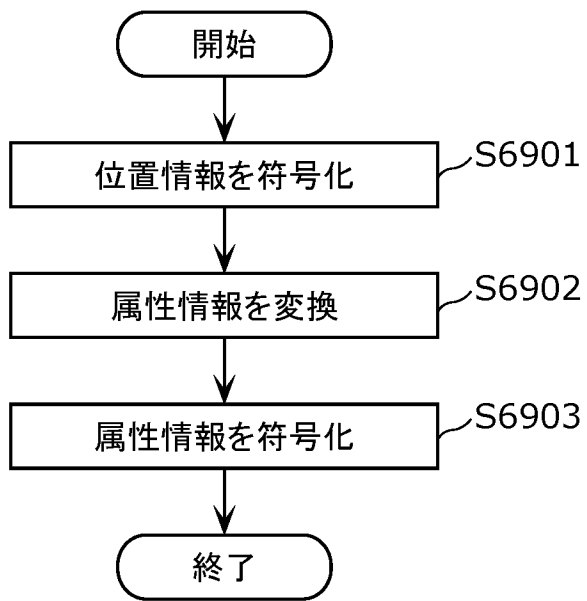
```

attribute_header {
...
EnableReferenceLoD
...
NumLoD
...
for (i=0; i<NumLoD; i++) {
    SearchNumPoint[i]
}

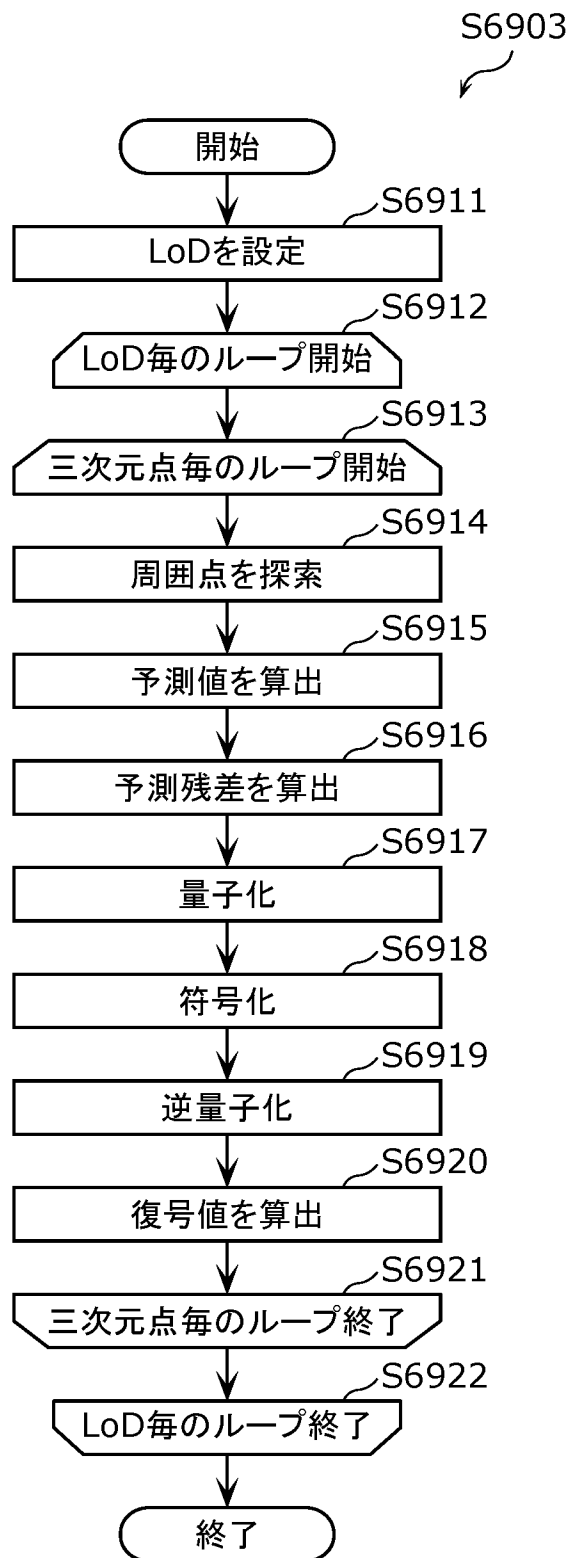
for (i=0; i<NumLoD; i++) {
    NumNeighborPoint[i]
}
...
}

```

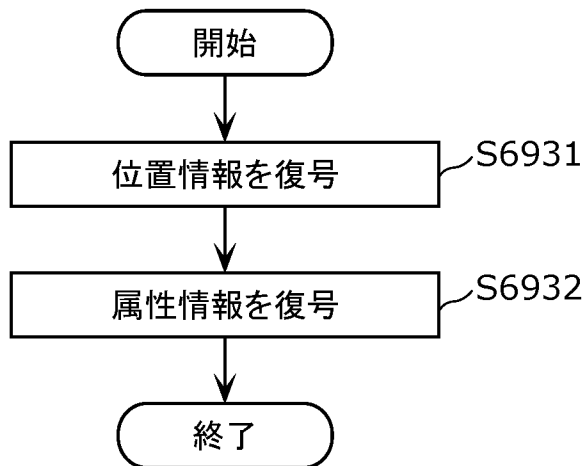
[図82]



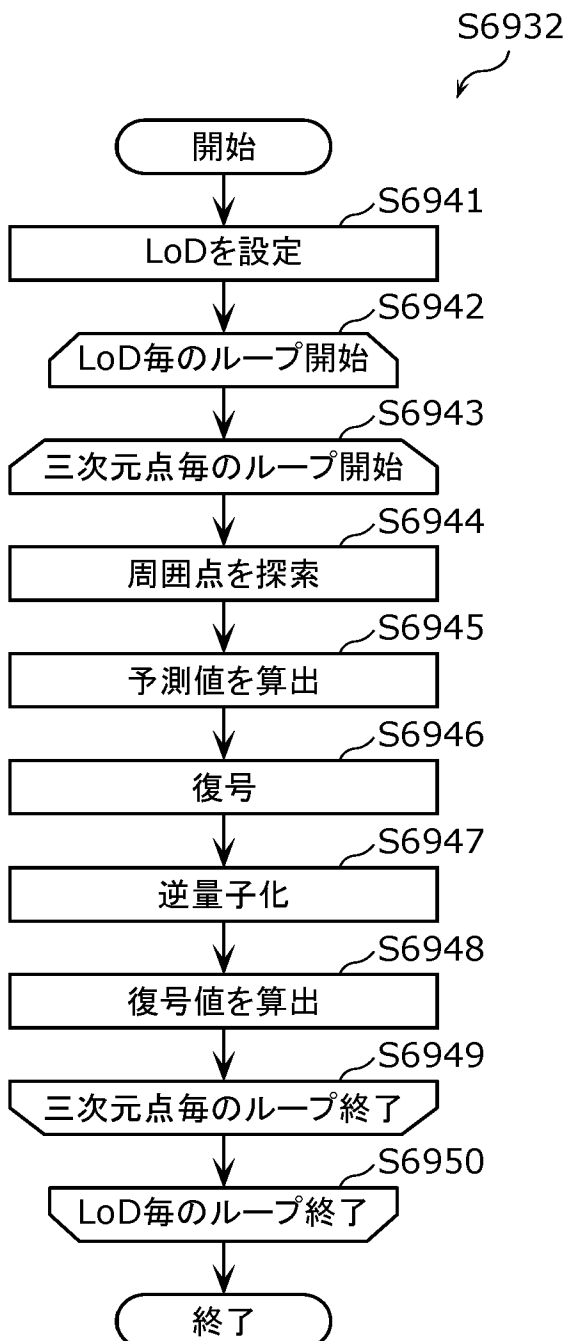
[図83]



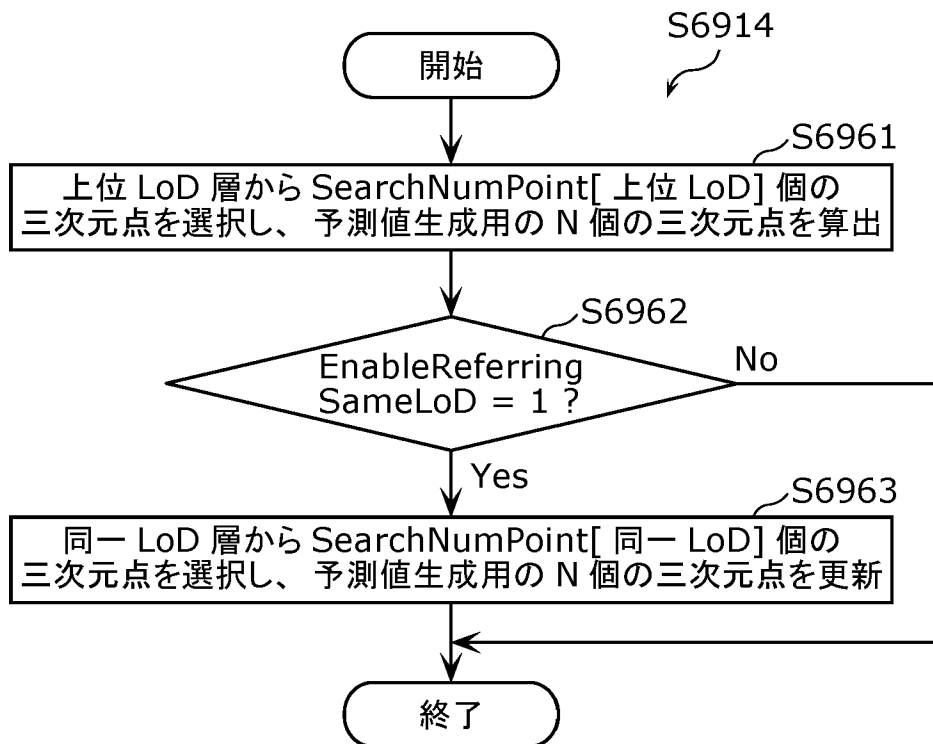
[図84]



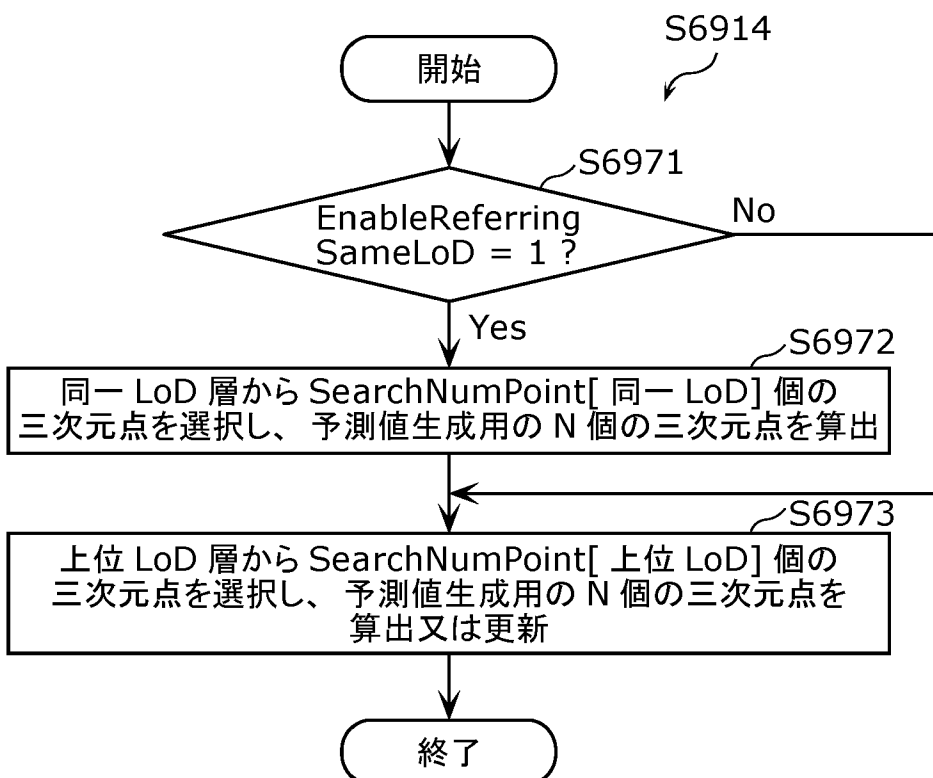
[図85]



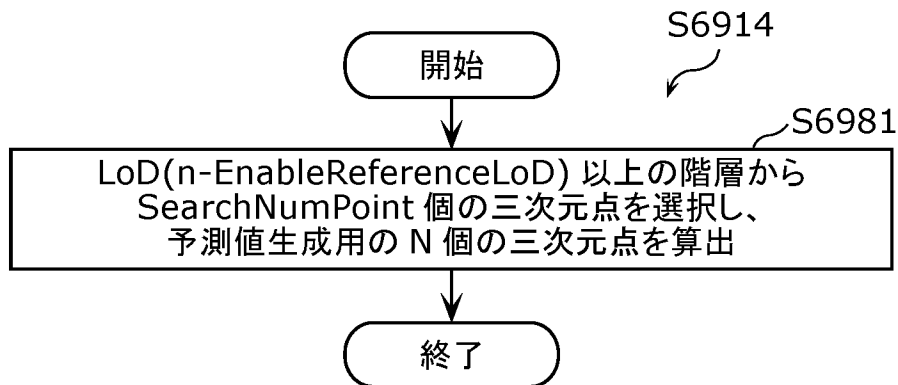
[図86]



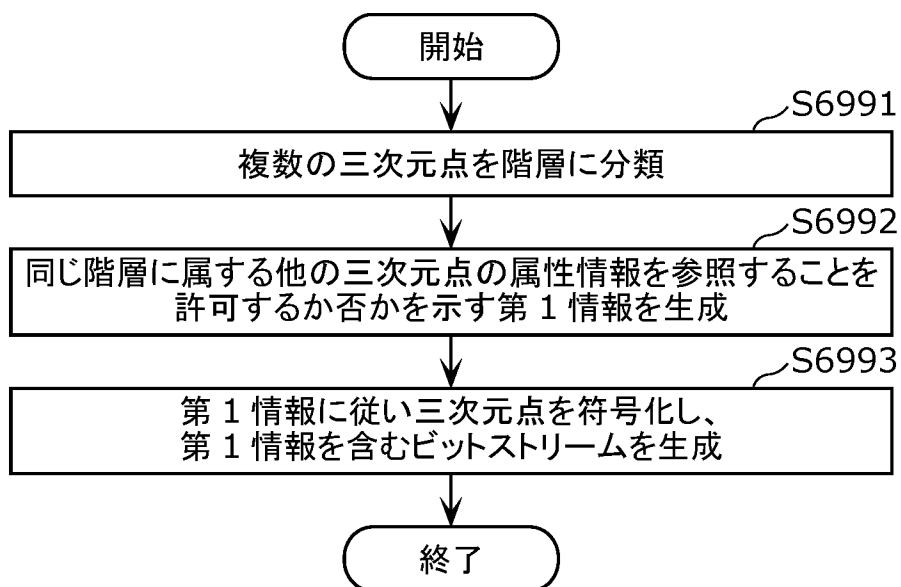
[図87]



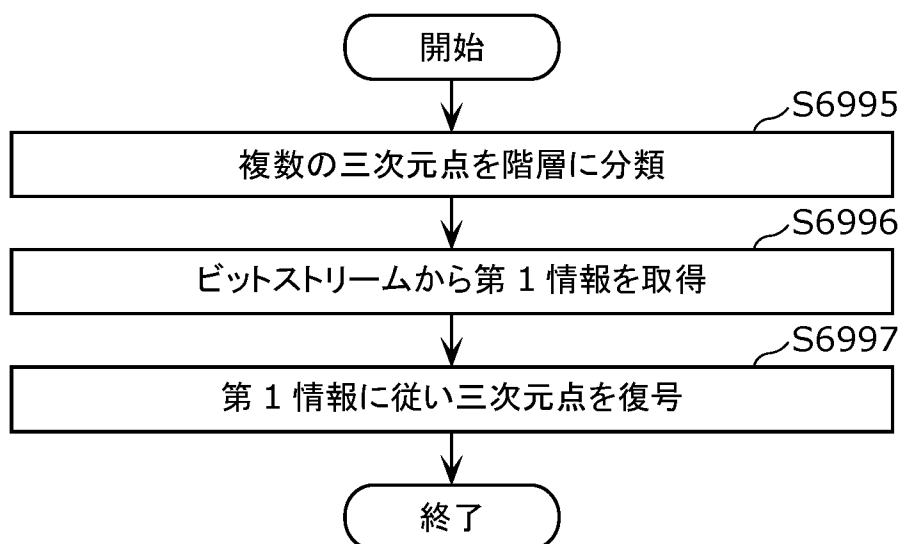
[図88]



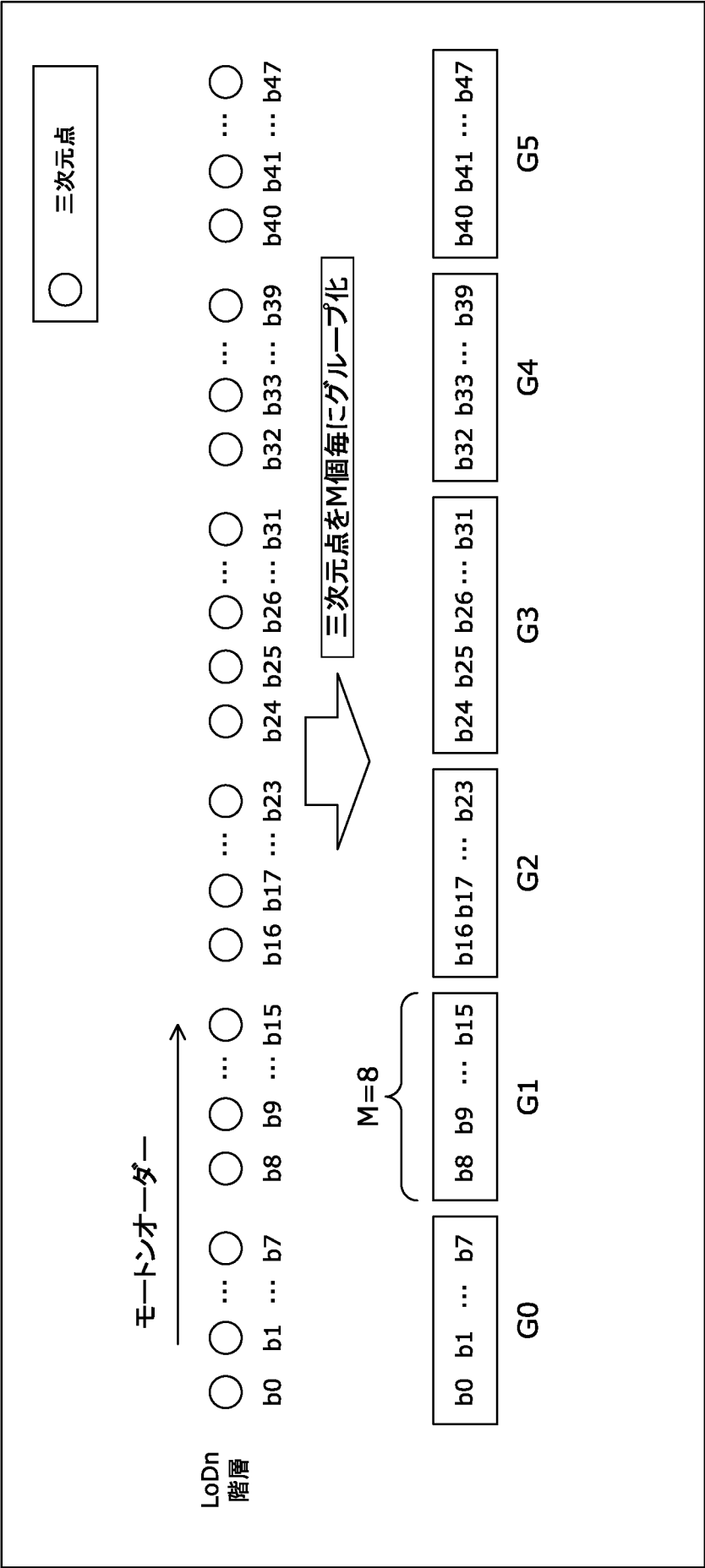
[図89]



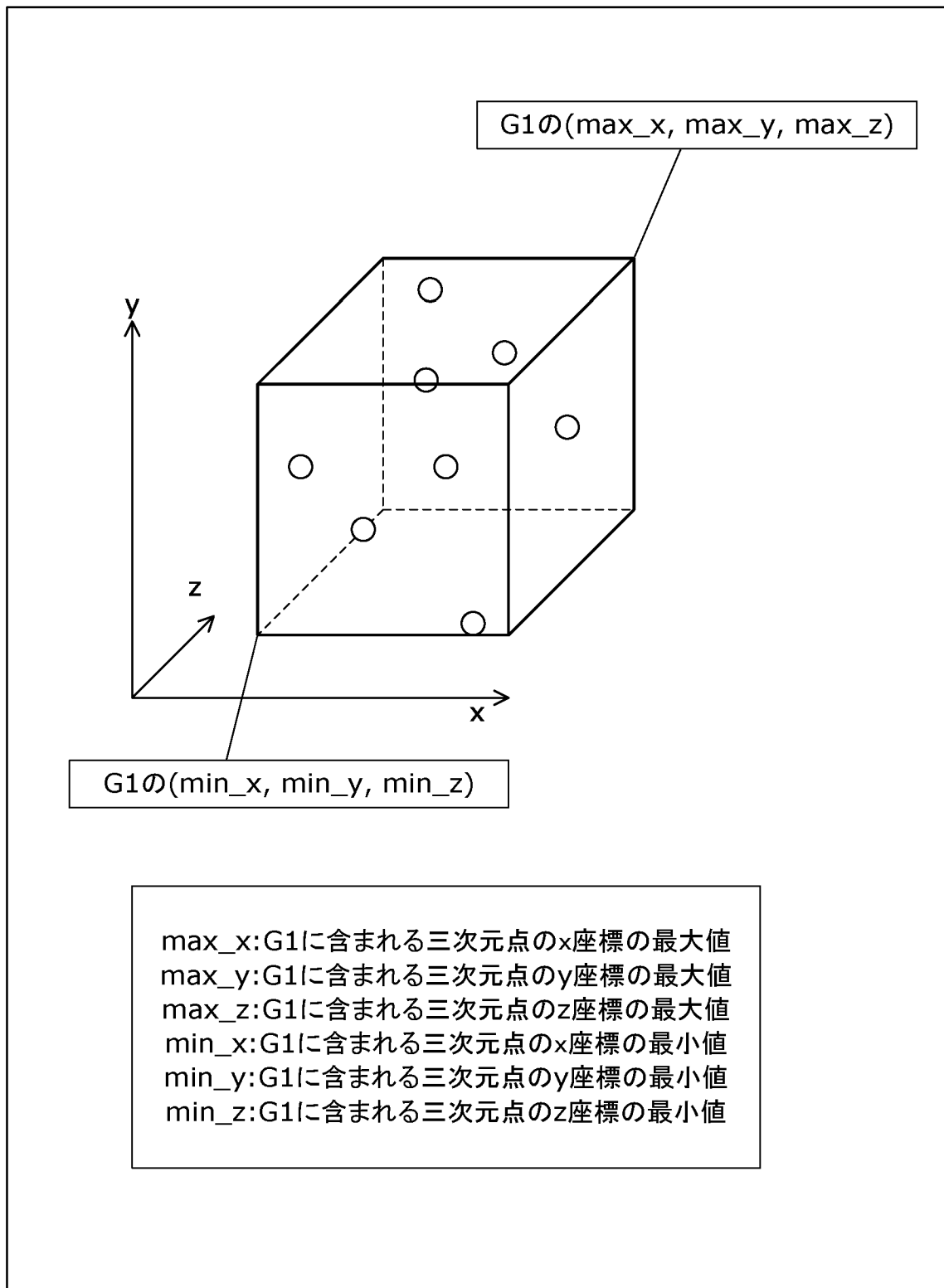
[図90]



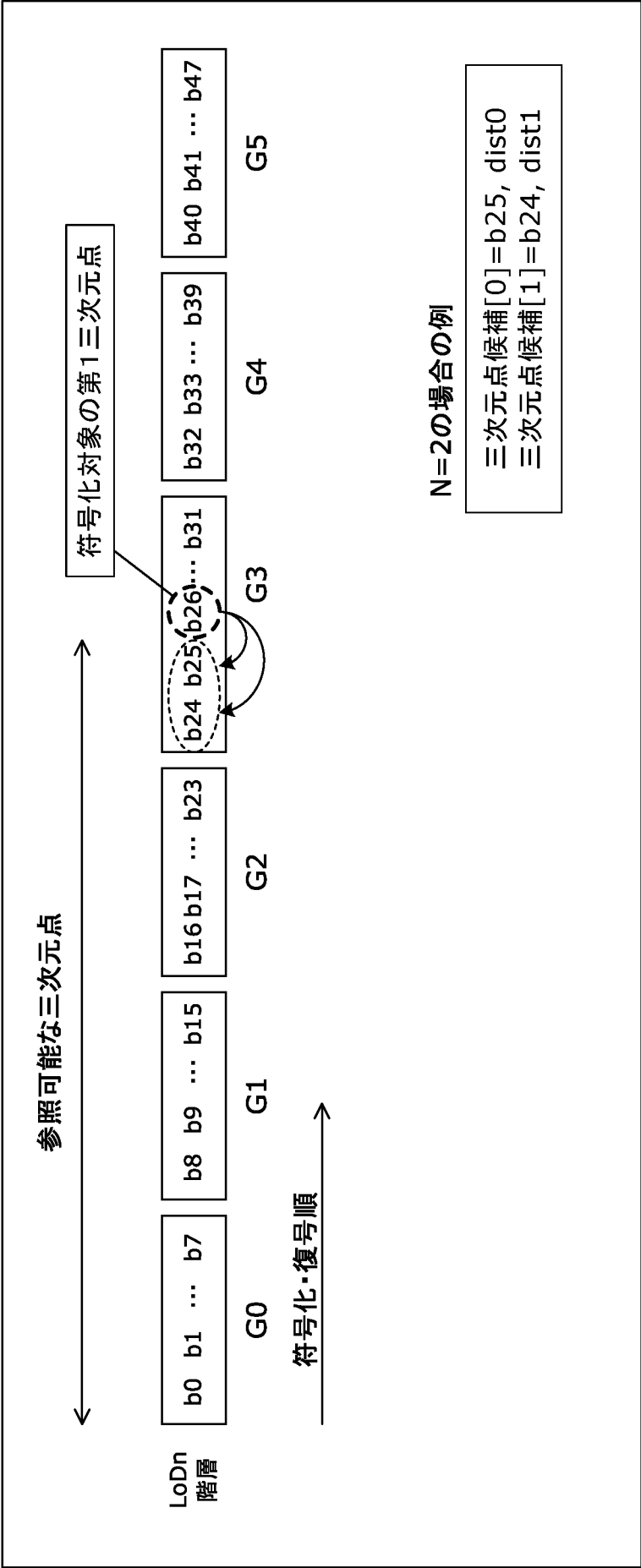
[図91]



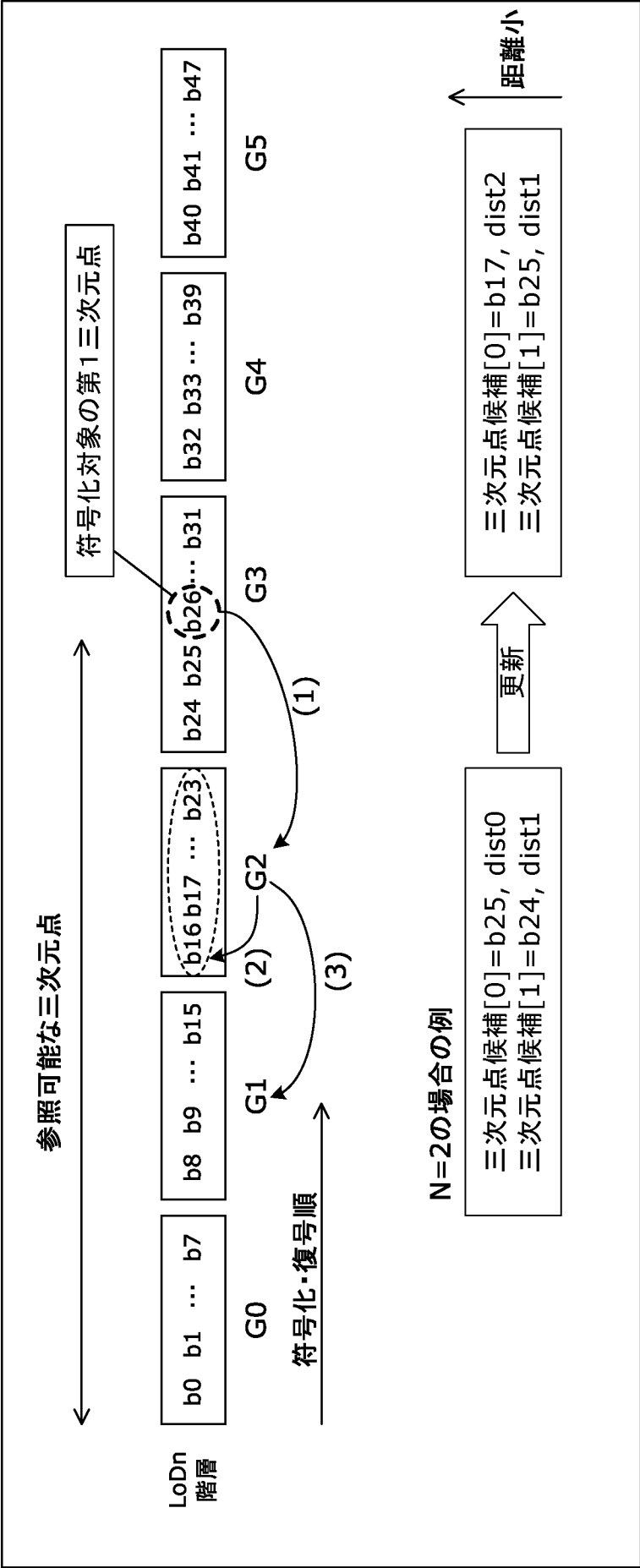
[図92]



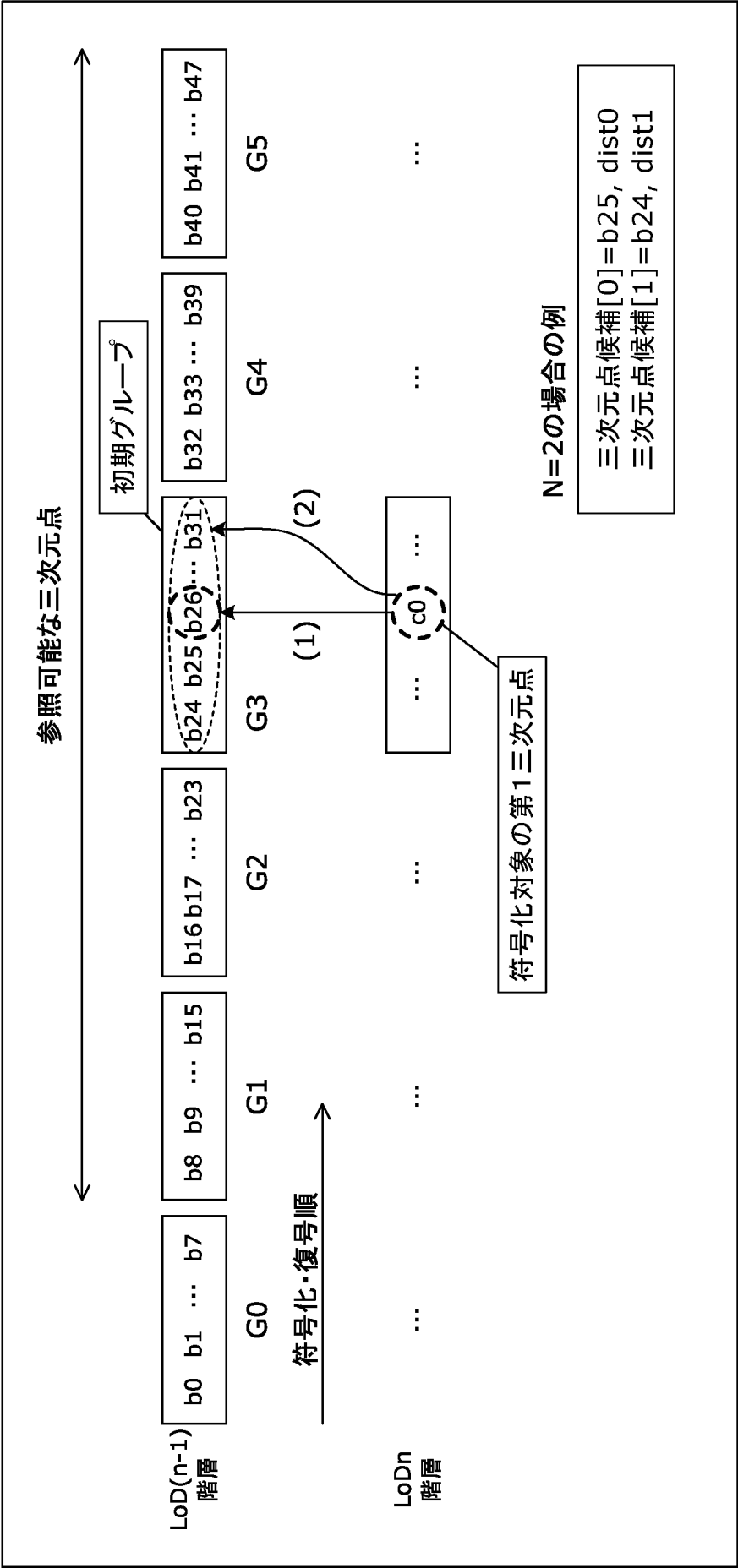
[図93]



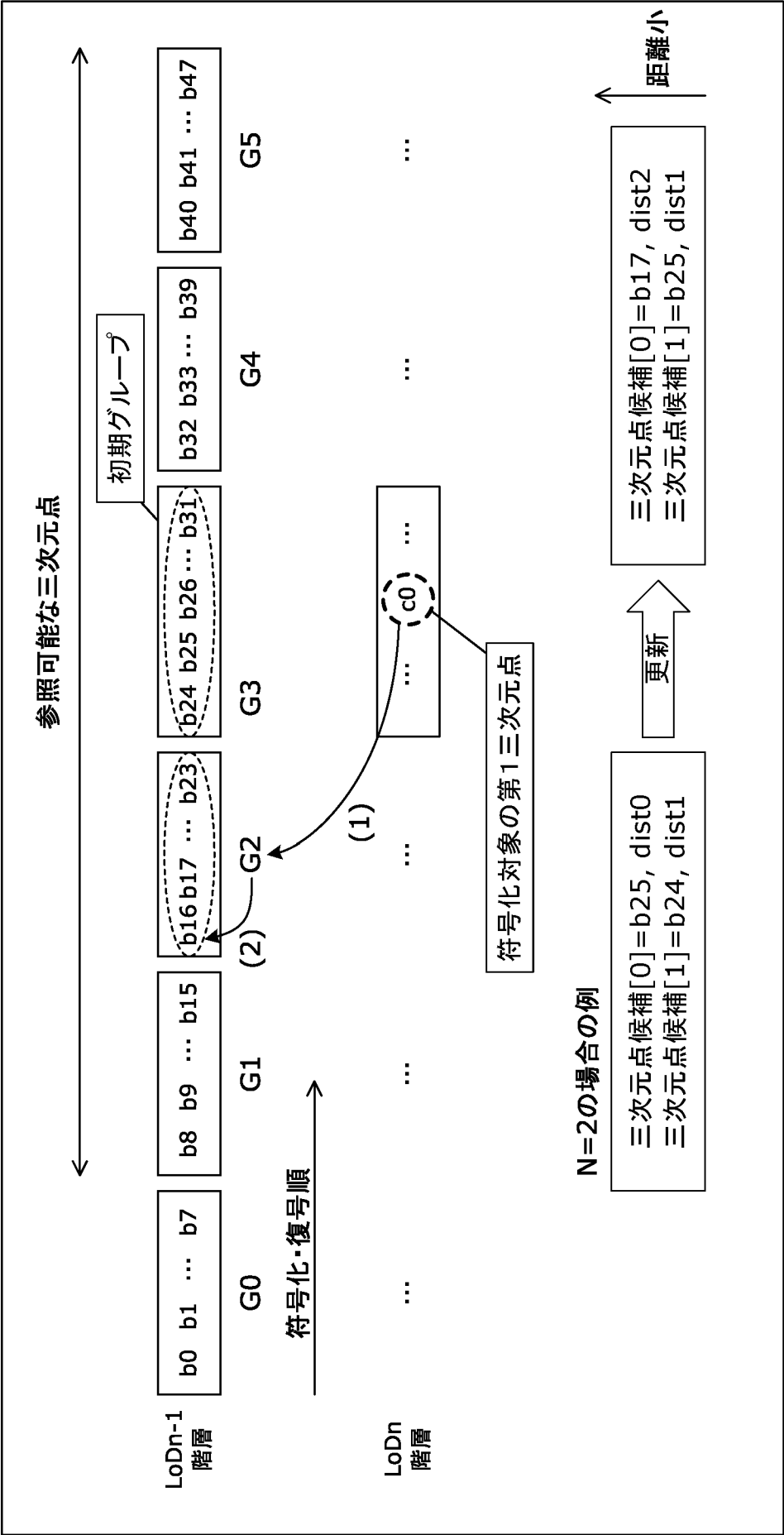
[図94]



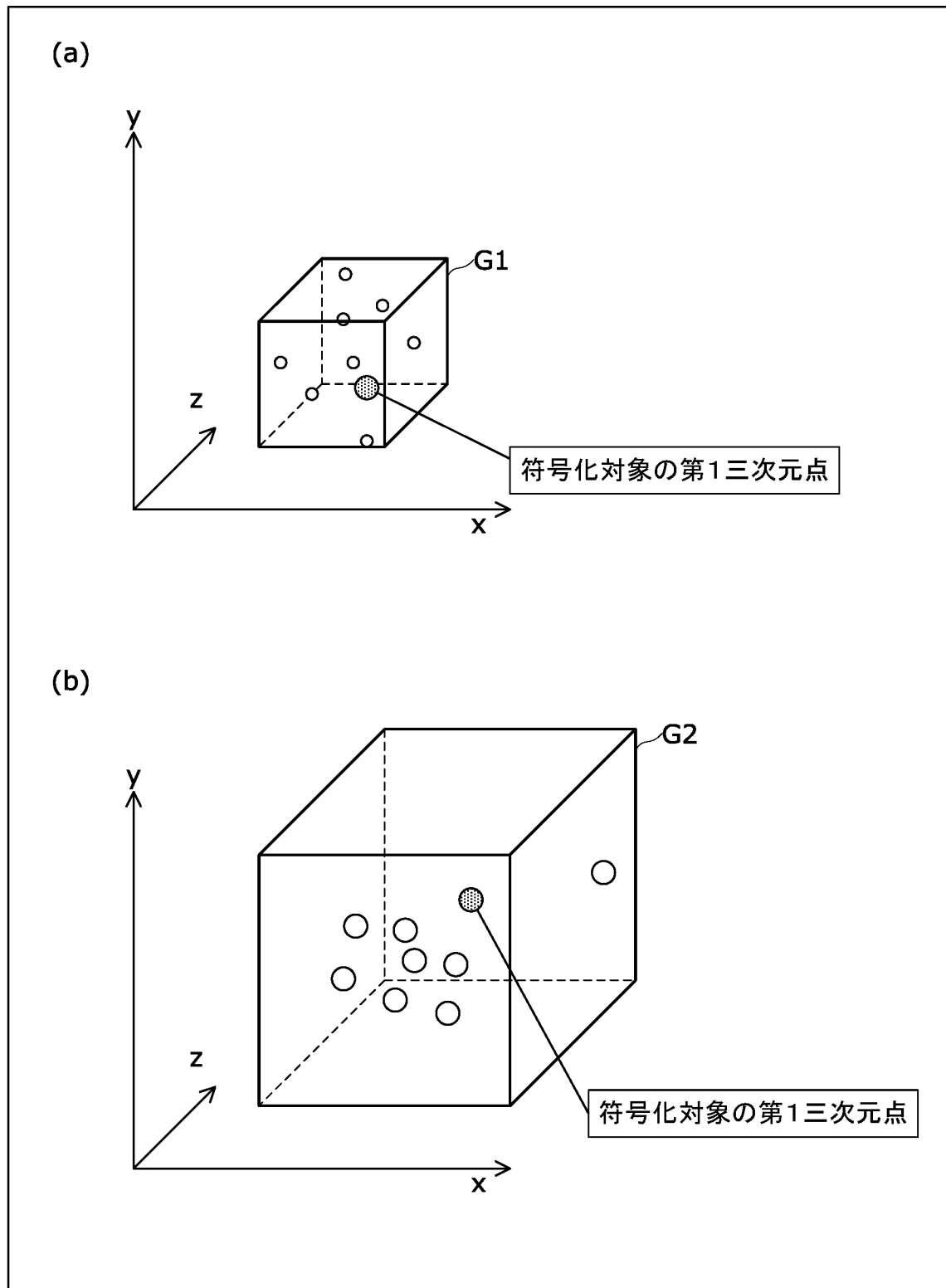
[図95]



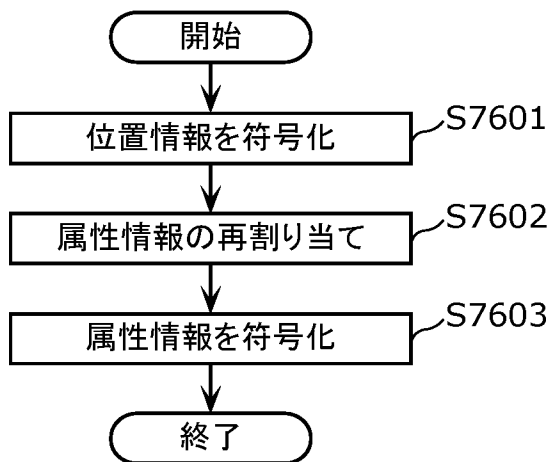
[図96]



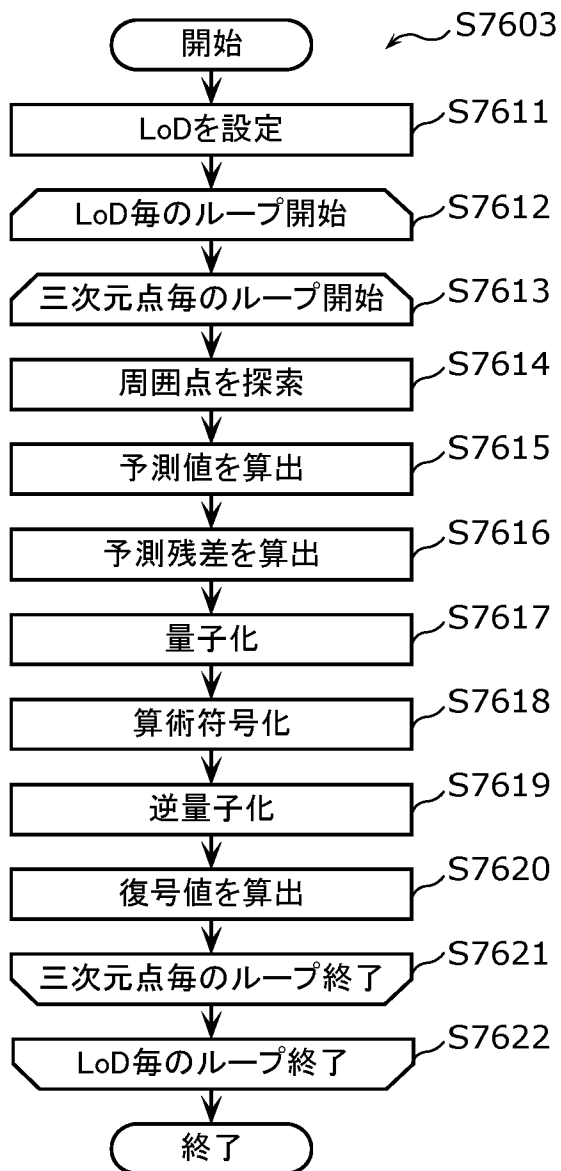
[図97]



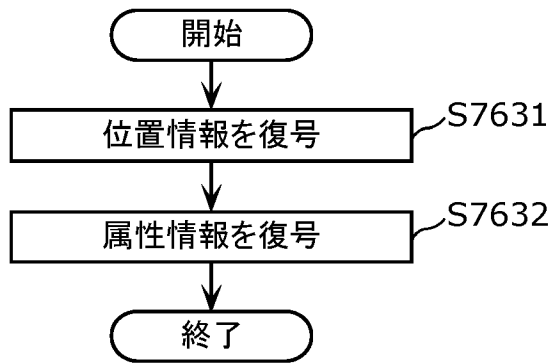
[図98]



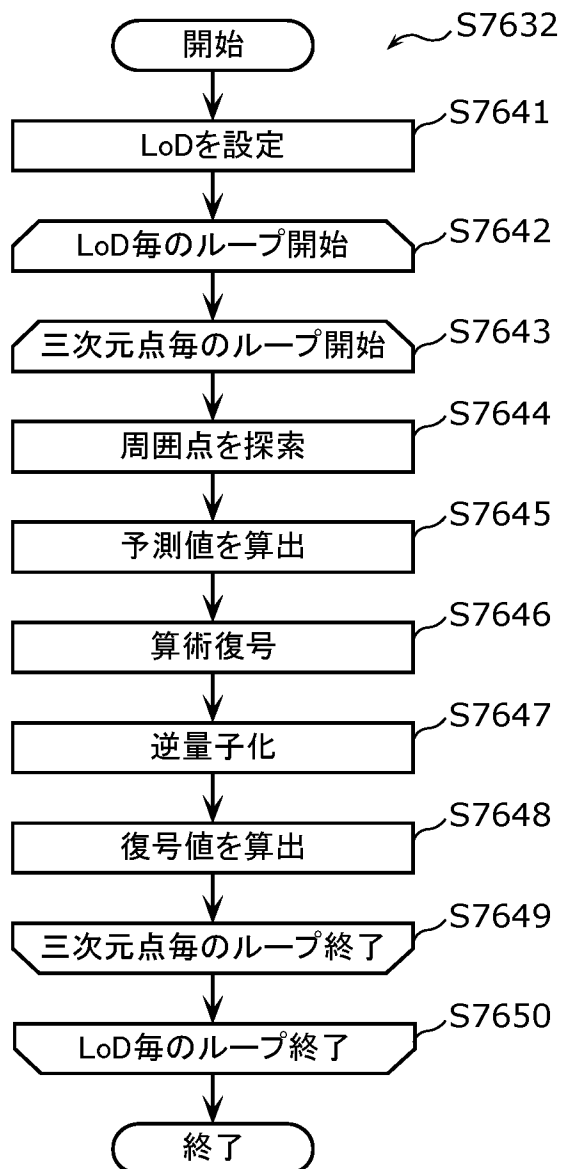
[図99]



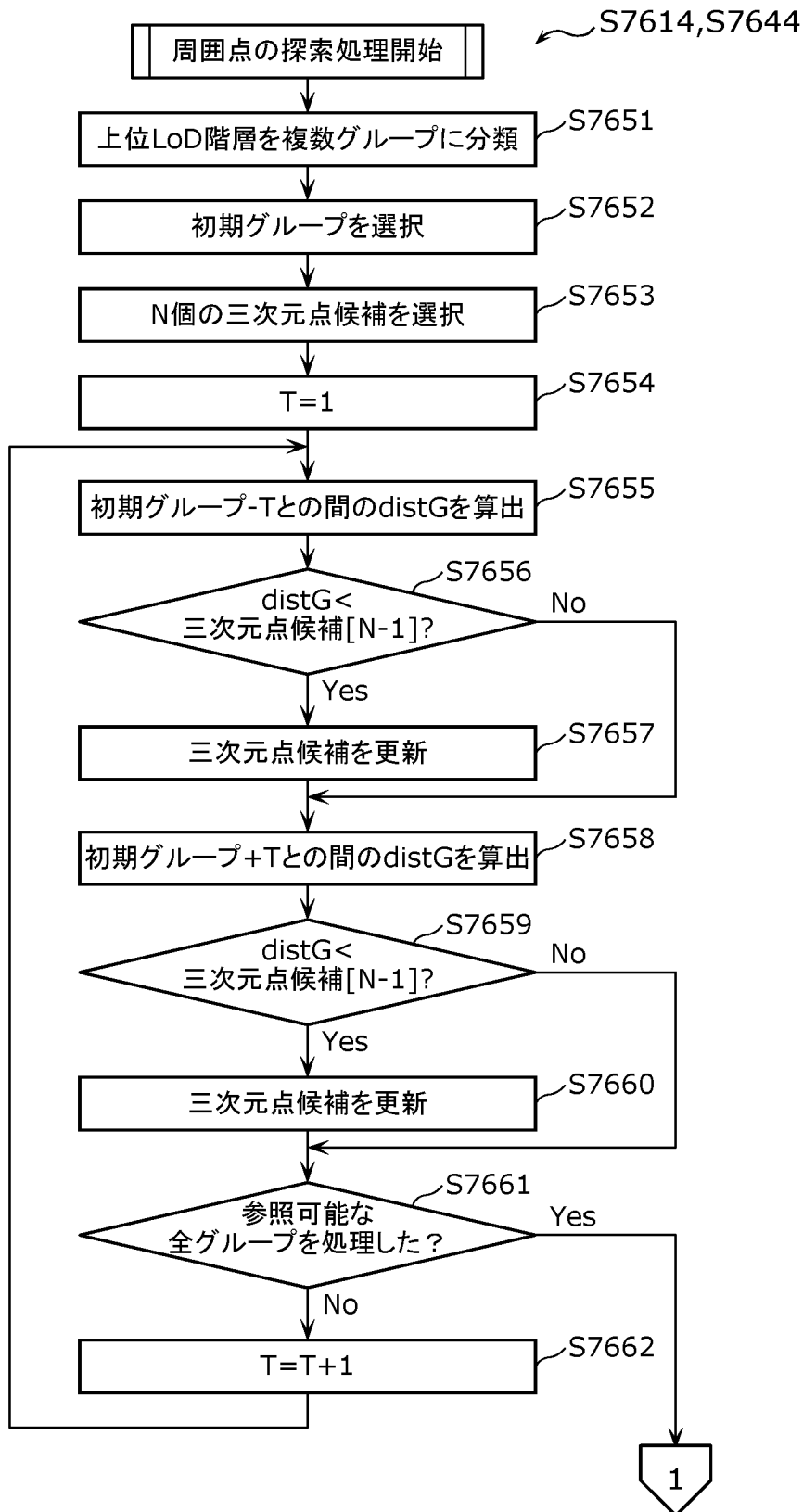
[図100]



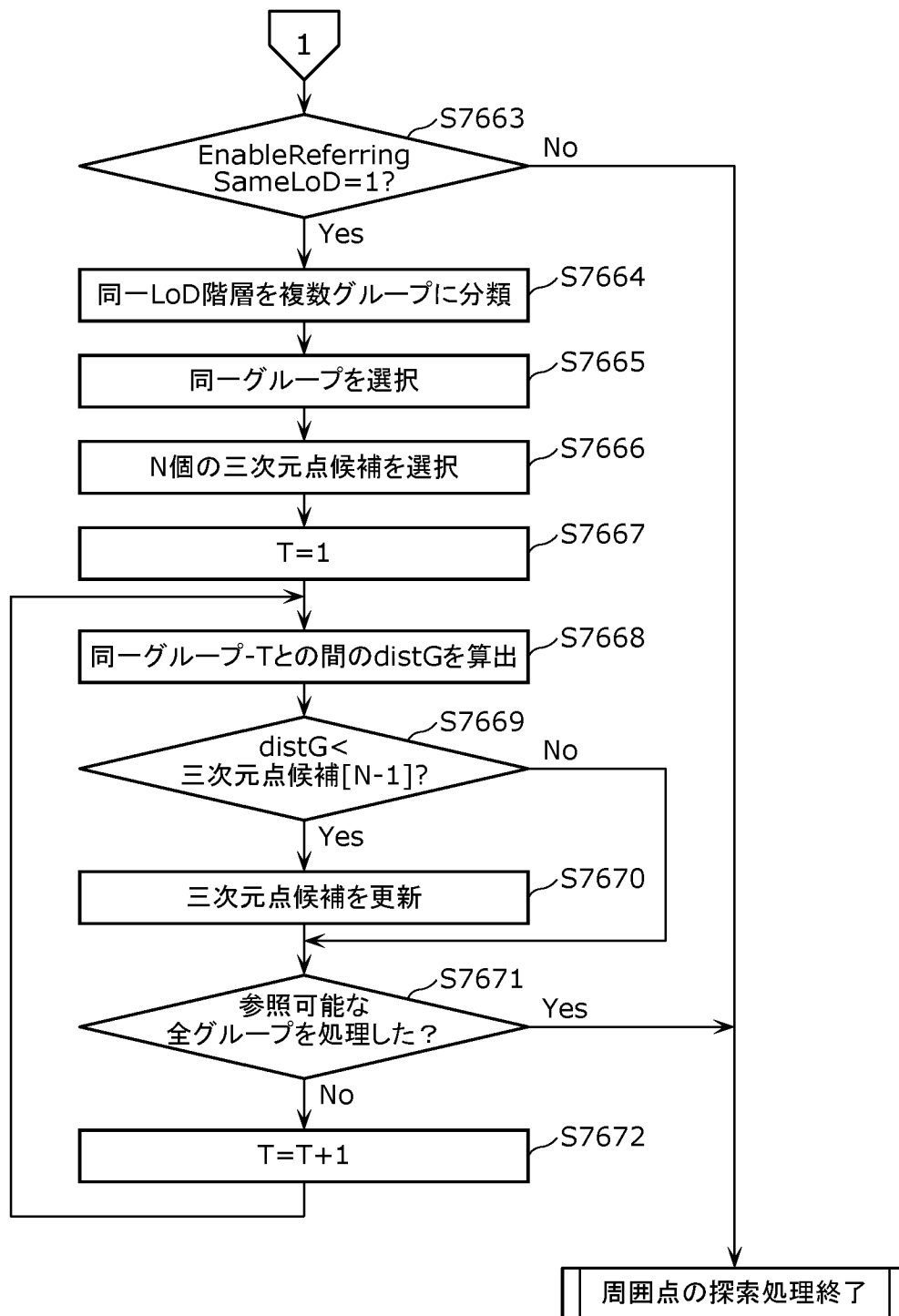
[図101]



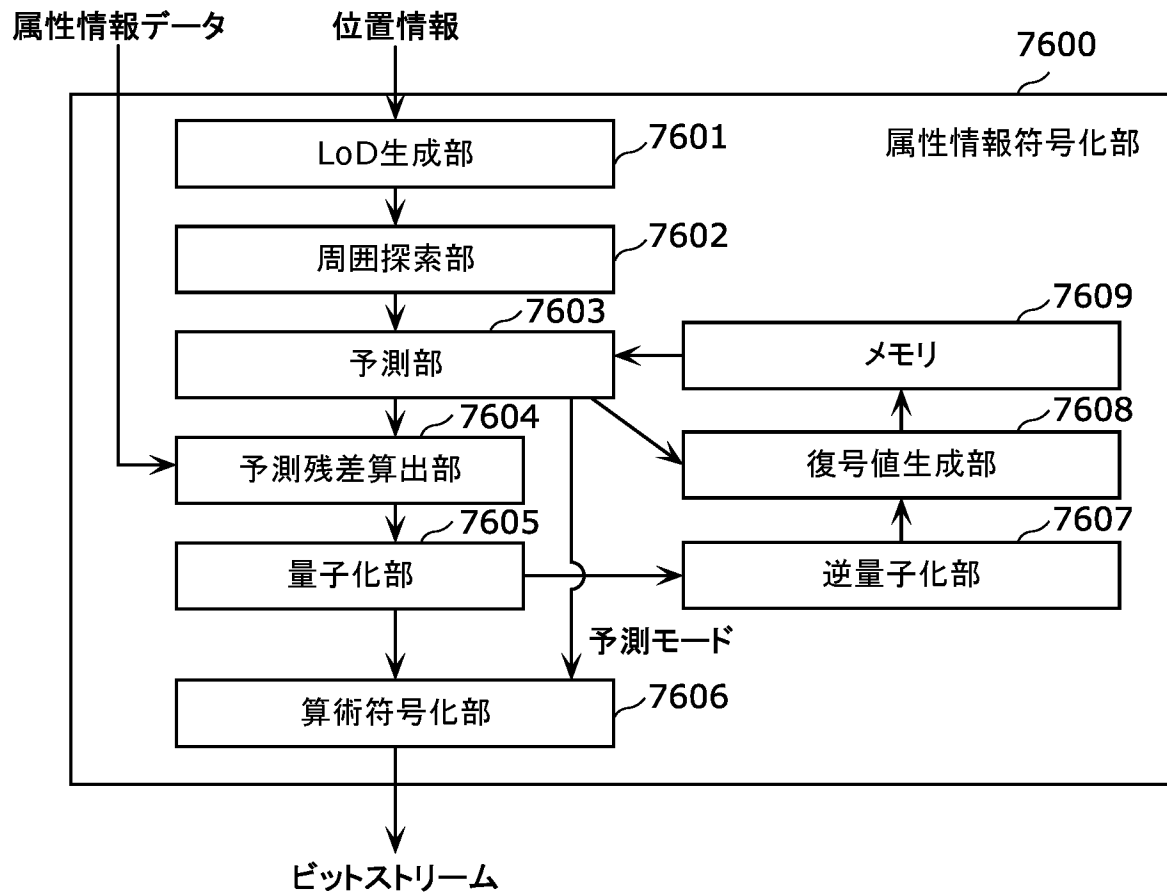
[図102]



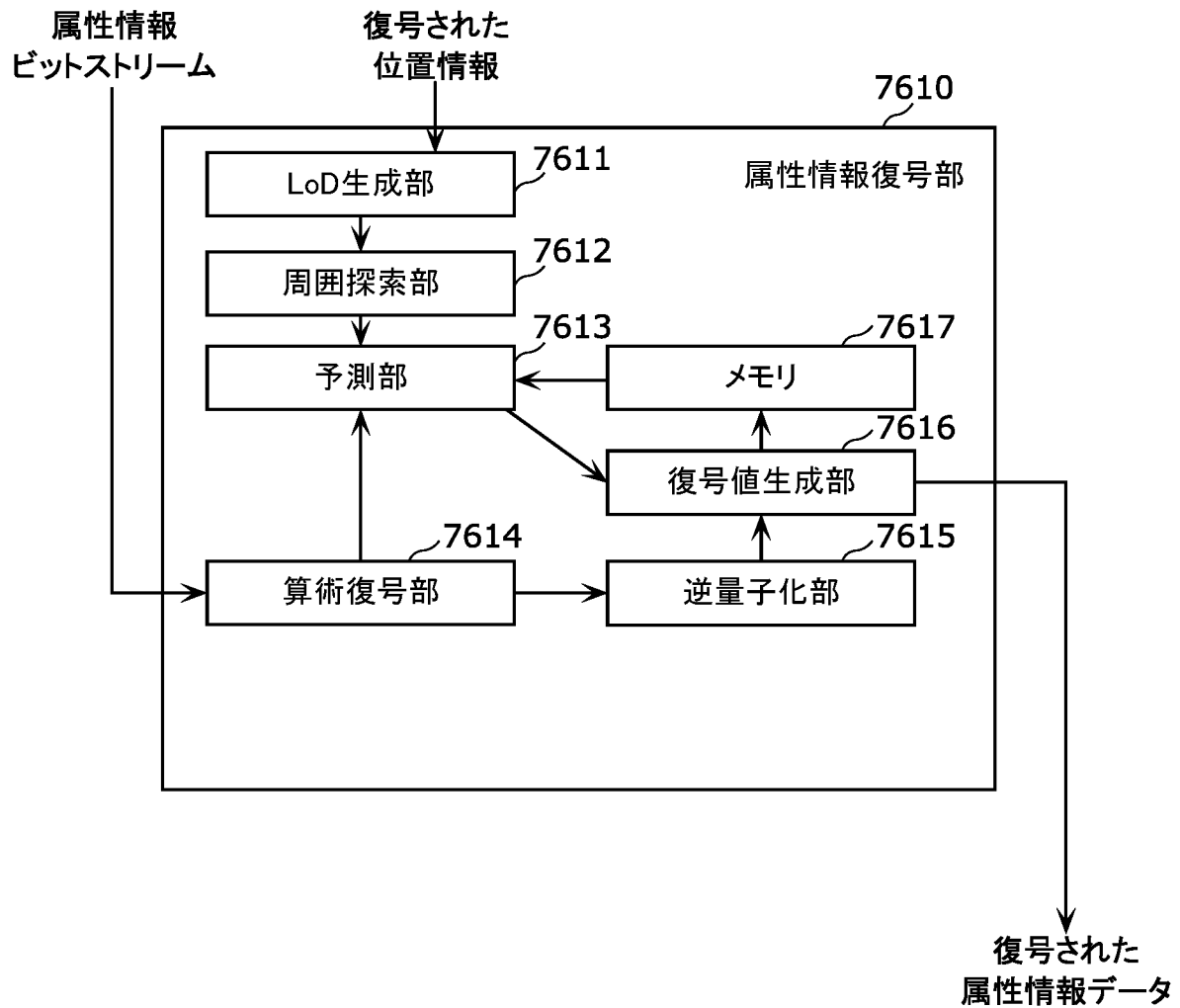
[図103]



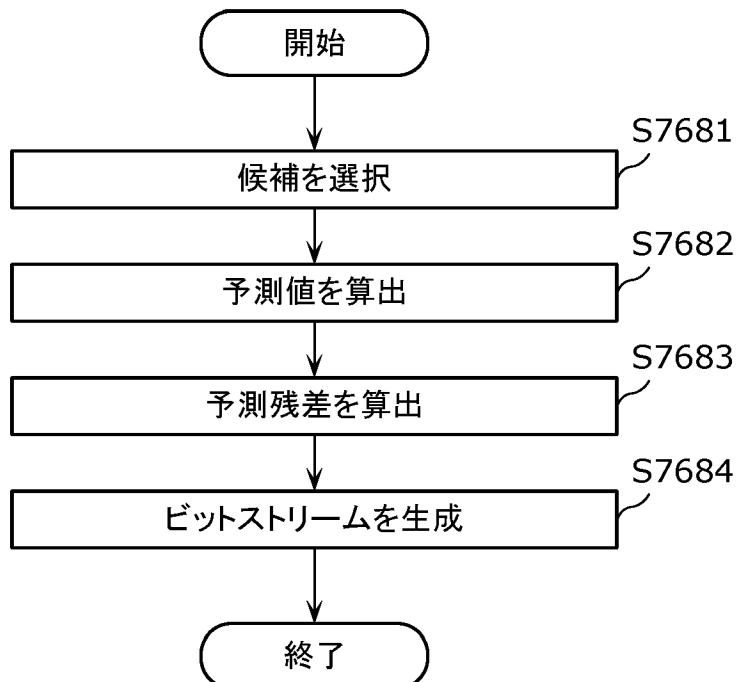
[図104]



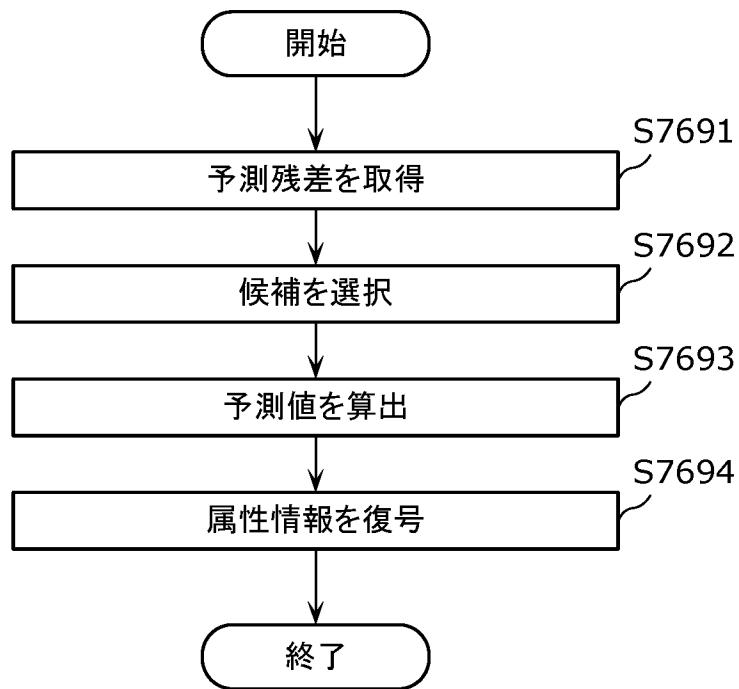
[図105]



[図106]



[図107]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2020/008540

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G06T 9/00 (2006.01) i

FI: G06T9/00

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)

G06T9/00

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

Published examined utility model applications of Japan	1922-1996
Published unexamined utility model applications of Japan	1971-2020
Registered utility model specifications of Japan	1996-2020
Published registered utility model applications of Japan	1994-2020

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	SHAO, Yiting et al., "HYBRID POINT CLOUD ATTRIBUTE COMPRESSION USING SLICE-BASED LAYERED STRUCTURE AND BLOCK-BASED INTRA PREDICTION", [online], 28 April 2018, [retrieved on 11 May 2020], Retrieved from the Internet: <URL:https://arxiv.org/pdf/1804.10783v1.pdf> entire text	1-14
A	WO 2018/071011 A1 (HEWLETT-PACKARD DEVELOPMENT COMPANY, LP) 19.04.2018 (2018-04-19) paragraph [0022]	1-14

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"I" 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
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"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
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"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
"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)	"&" document member of the same patent family
"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	

Date of the actual completion of the international search
11 May 2020 (11.05.2020)

Date of mailing of the international search report
19 May 2020 (19.05.2020)

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
Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2020/008540

Patent Documents
referred in the
Report

Publication
Date

Patent Family

Publication
Date

WO 2018/071011 A1

19 Apr. 2018

JP 2019-524503 A

US 2019/0114829 A1

EP 3471945 A1

KR 10-2019-0030720 A

CN 109643457 A

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） G06T 9/00(2006.01)i FI: G06T9/00										
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（IPC）） G06T9/00 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 <table border="0"> <tr> <td>日本国実用新案公報</td> <td>1922 - 1996年</td> </tr> <tr> <td>日本国公開実用新案公報</td> <td>1971 - 2020年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996 - 2020年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994 - 2020年</td> </tr> </table> 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）			日本国実用新案公報	1922 - 1996年	日本国公開実用新案公報	1971 - 2020年	日本国実用新案登録公報	1996 - 2020年	日本国登録実用新案公報	1994 - 2020年
日本国実用新案公報	1922 - 1996年									
日本国公開実用新案公報	1971 - 2020年									
日本国実用新案登録公報	1996 - 2020年									
日本国登録実用新案公報	1994 - 2020年									
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								
A	SHA0, Yiting et al., HYBRID POINT CLOUD ATTRIBUTE COMPRESSION USING SLICE-BASED LAYERED STRUCTURE AND BLOCK-BASED INTRA PREDICTION, [online], 2018.04.28, [retrieved on 2020.05.11], Retrieved from the Internet: <URL: https://arxiv.org/pdf/1804.10783v1.pdf > 全文	1-14								
A	WO 2018/071011 A1 (HEWLETT-PACKARD DEVELOPMENT COMPANY, LP) 19.04.2018 (2018 - 04 - 19) 段落[0022]	1-14								
☐ 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、一般的な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抵触するものではなく、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 11.05.2020		国際調査報告の発送日 19.05.2020								
名称及びあて先 日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号		権限のある職員（特許庁審査官） ▲広▼島 明芳 5H 9853 電話番号 03-3581-1101 内線 3531								

国際出願番号
PCT/JP2020/008540

引用文献			公表日	パテントファミリー文献			公表日
WO	2018/071011	A1	19.04.2018	JP	2019-524503	A	
				US	2019/0114829	A1	
				EP	3471945	A1	
				KR	10-2019-0030720	A	
				CN	109643457	A	