

(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17日(17.09.2020)



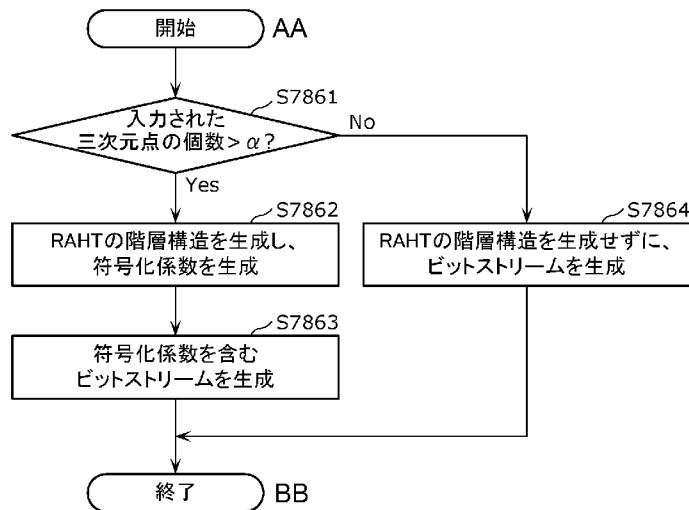
(10) 国際公開番号

WO 2020/184444 A1

- (51) 国際特許分類:
G06T 9/40 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2020/009740
- (22) 国際出願日: 2020年3月6日(06.03.2020)
- (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:
62/815,613 2019年3月8日(08.03.2019) US
- (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
- イト 200, マリナー アベニュー
20000 California (US).
- (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).
- (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).
- (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



S7861 Is number of input three-dimensional points > α ?

S7862 Generate hierarchical structure of RAHT and calculate coding coefficient

S7863 Generate bitstream including coding coefficient

S7864 Generate bitstream without generating hierarchical structure

AA Start

BB End

(57) Abstract: This three-dimensional data encoding method, when the number of three-dimensional points included in point cloud data to be encoded is n that is larger than a predetermined number (Yes in S7861), generates a hierarchical structure in which each of the plurality of pieces of attribute information on the n three-dimensional points is divided into

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:

- 国際調査報告 (条約第21条(3))

high-frequency components and low-frequency components and is layered, and calculates a coding coefficient (S7862), generates a bitstream including the calculated coding coefficient (S7863), and when the number of three-dimensional points included in the point cloud data is m that is equal to or less than the predetermined number (No in S7861), generates a bitstream on the basis of the attribute information on m three-dimensional points without generating a hierarchical structure (S7864).

(57) 要約: 三次元データ符号化方法は、符号化対象の点群データに含まれる三次元点が所定の数よりも多い n 個である場合 (S 7 8 6 1 で Y e s)、n 個の三次元点の複数の属性情報の各々を高周波成分と低周波成分とに分けて階層化した階層構造を生成することで、符号化係数を算出し (S 7 8 6 2)、算出された符号化係数を含むビットストリームを生成し (S 7 8 6 3)、点群データに含まれる三次元点が所定の数以下の m 個である場合 (S 7 8 6 1 で N o)、階層構造を生成せずに m 個の三次元点の属性情報に基づいてビットストリームを生成する (S 7 8 6 4)。

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または復号において、三次元点を適切に符号化または復号できることが望まれている。

[0008] 本開示は、三次元点を適切に符号化または復号す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、符号化対象の点群データに含まれる三次元点が所定の数よりも多い n 個（ n は、2以上の整数）である場合、前記 n 個の三次元点の複数の属性情報の各々を高周波成分と低周波成分とに分けて階層化した階層構造を生成することで、符号化係数を算出し、算出した前記符号化係数を含むビットストリームを生成し、前記点群データに含まれる三次元点が前記所定の数以下の m 個（ m は、1以上の整数）である場合、前記階層構造を生成せずに前記 m 個の三次元点の属性情報に基づいてビットストリームを生成する。

[0010] また、本開示の一態様に係る三次元データ復号方法は、ビットストリームから点群データに含まれる1以上の三次元点および符号化係数を取得し、取得した前記1以上の三次元点が所定の数よりも多い n 個（ n は、2以上の整数）である場合、前記 n 個の三次元点の n 個の属性情報の各々を高周波成分と低周波成分とに分けて階層化した階層構造を生成し、前記階層構造および前記符号化係数を用いて前記 n 個の属性情報を復元し、前記点群データに含まれる三次元点が前記所定の数以下の m 個（ m は、1以上の整数）である場合、前記階層構造を生成せずに前記符号化係数を用いて前記 m 個の三次元点の属性情報を復元する。

[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、三次元点を適切に符号化または復号す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11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12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13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14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。

す図である。

[図15]図15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16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17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18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19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20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21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22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23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24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25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26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27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 6 2 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 6 3 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 6 4 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 6 5 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 6 6 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 6 7 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 6 8 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 6 9 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 7 0 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 7 1 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 7 2 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 7 3 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 7 4 は、実施の形態 10 に係る R A H T を用いた属性情報の符号化を説明するための図である。

[図75]図 7 5 は、実施の形態 10 に係る、階層毎に量子化スケールを設定する例を示す図である。

[図76]図76は、実施の形態10に係る第1符号列及び第2符号列の例を示す図である。

[図77]図77は、実施の形態10に係るトランケットユーナリ符号の例を示す図である。

[図78]図78は、実施の形態10に係る逆H a a r変換を説明するための図である。

[図79]図79は、実施の形態10に係る属性情報のシンタックス例を示す図である。

[図80]図80は、実施の形態10に係る符号化係数とZ e r o C n tの例を示す図である。

[図81]図81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82]図82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83]図83は、実施の形態10に係る符号化係数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11に係る三次元データ符号化方法のフローチャートである。

[図87]図87は、実施の形態11に係るR A H Tを用いた属性情報の符号化を説明するための図である。

[図88]図88は、実施の形態11に係る三次元データ復号装置のフローチャートである。

[図89]図89は、実施の形態11に係るR A H Tを用いた属性情報の復号を説明するための図である。

[図90]図90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91]図91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92]図92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。

[図93]図93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94]図94は、実施の形態11に係る三次元データ符号化装置に含まれる属性情報符号化部のブロック図である。

[図95]図95は、実施の形態11に係る三次元データ復号装置に含まれる属性情報復号部のブロック図である。

[図96]図96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97]図97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、符号化対象の点群データに含まれる三次元点が所定の数よりも多い n 個（ n は、2以上の整数）である場合、前記 n 個の三次元点の複数の属性情報の各々を高周波成分と低周波成分とに分けて階層化した階層構造を生成することで、符号化係数を算出し、算出した前記符号化係数を含むビットストリームを生成し、前記点群データに含まれる三次元点が前記所定の数以下の m 個（ m は、1以上の整数）である場合、前記階層構造を生成せずに前記 m 個の三次元点の属性情報に基づいてビットストリームを生成する。

[0015] これによれば、三次元点が所定の数以下の m 個である場合、階層構造を生成せずに m 個の三次元点の属性情報に基づいてビットストリームを生成するため、三次元点を適切に符号化することができる。

- [0016] 例えば、前記点群データに含まれる三次元点が前記 m 個である場合、前記生成では、前記 m 個の三次元点の属性情報を、符号化係数として含む前記ビットストリームを生成してもよい。
- [0017] 例えば、前記所定数は、1であり、前記 n は、2以上の整数であり、前記 m は、1であってもよい。
- [0018] 例えば、前記階層構造は、RAHT (Region Adaptive Hierarchical Transform) の階層構造であってもよい。
- [0019] 本開示の一態様に係る三次元データ復号方法は、ビットストリームから点群データに含まれる1以上の三次元点および符号化係数を取得し、取得した前記1以上の三次元点が所定の数よりも多い n 個 (n は、2以上の整数) である場合、前記 n 個の三次元点の n 個の属性情報の各々を高周波成分と低周波成分とに分けて階層化した階層構造を生成し、前記階層構造および前記符号化係数を用いて前記 n 個の属性情報を復元し、前記点群データに含まれる三次元点が前記所定の数以下の m 個 (m は、1以上の整数) である場合、前記階層構造を生成せずに前記符号化係数を用いて前記 m 個の三次元点の属性情報を復元する。
- [0020] これによれば、三次元点が所定の数以下の m 個である場合、階層構造を生成せずに符号化係数を用いて m 個の三次元点の属性情報を復元するため、三次元点を適切に復号することができる。
- [0021] 例えば、前記点群データに含まれる三次元点が前記 m 個である場合、前記復元では、前記符号化係数を、前記 m 個の三次元点の属性情報として復元してもよい。
- [0022] 例えば、前記所定数は、1であり、前記 n は、2以上の整数であり、前記 m は、1であってもよい。
- [0023] 例えば、前記階層構造は、RAHT (Region Adaptive Hierarchical Transform) の階層構造であってもよい。

[0024] 本開示の一態様に係る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、前記プロセッサは、前記メモリを用いて、符号化対象の点群データに含まれる三次元点が所定の数よりも多い n 個（ n は、2以上の整数）である場合、前記 n 個の三次元点の複数の属性情報の各々を高周波成分と低周波成分とに分けて階層化した階層構造を生成することで、符号化係数を算出し、算出された前記符号化係数を含むビットストリームを生成し、前記点群データに含まれる三次元点が前記所定の数以下の m 個（ m は、1以上の整数）である場合、前記階層構造を生成せずに前記 m 個の三次元点の属性情報に基づいてビットストリームを生成する。

[0025] これによれば、三次元点が所定の数以下の m 個である場合、階層構造を生成せずに m 個の三次元点の属性情報に基づいてビットストリームを生成するため、三次元点を適切に符号化することができる。

[0026] 本開示の一態様に係る三次元データ復号装置は、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、ビットストリームから点群データに含まれる1以上の三次元点および符号化係数を取得し、取得した前記1以上の三次元点が所定の数よりも多い n 個（ n は、2以上の整数）である場合、前記 n 個の三次元点の n 個の属性情報の各々を高周波成分と低周波成分とに分けて階層化した階層構造を生成し、前記階層構造および前記符号化係数を用いて前記 n 個の属性情報を復元し、前記点群データに含まれる三次元点が前記所定の数以下の m 個（ m は、1以上の整数）である場合、前記階層構造を生成せずに前記符号化係数を用いて前記 m 個の三次元点の属性情報を復元する。

[0027] これによれば、三次元点が所定の数以下の m 個である場合、階層構造を生成せずに符号化係数を用いて m 個の三次元点の属性情報を復元するため、三次元点を適切に復号することができる。

[0028] 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。

[0029] 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。

[0030] (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。

[0031] 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。

[0032] 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。

[0033] 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。

[0034] 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。

[0035] 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。

[0036] 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。

[0037] 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。

[0038] 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。

[0039] 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。

[0040] 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一つの組を含む。

[0041] 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。

[0042] 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。

[0043] 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。

[0044] 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。

[0045] 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。

[0046] 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。

[0047] 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。

[0048] 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。

[0049] 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。

[0050] 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。

[0051] 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。

[0052] 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）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。

[0053] 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。

[0054] 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。

[0055] 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。

- [0056] または、V L M 或いは V X L 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 V L M 又は V X L 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。
- [0057] 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。
- [0058] 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。
- [0059] 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。
- [0060] 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。
- [0061] 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。
- [0062] 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。

[0063] 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。

[0064] 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。

[0065] 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。

[0066] 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。

[0067] 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。

[0068] 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。

[0069] 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。

[0070] 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)。

[0071] 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。

[0072] 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。

[0073] 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)。

[0074] 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。

[0075] 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。

[0076] 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。

[0077] 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(GO

S)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。

[0078] 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。

[0079] 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。

[0080] 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。

[0081] 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。

[0082] 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211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SPCを含むGOSを復号対象のGOSに決定する。

[0083] 次に、復号SPC決定部203は、GOS内で復号するSPCのタイプ（I、P、B）を決定する（S203）。例えば、復号SPC決定部203は、（1）I-SPCのみを復号するか、（2）I-SPC及びP-SPC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SPCを復号するなど、予め復号するSPC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。

[0084] 次に、復号部204は、GOS内で復号順（符号化順と同一）で先頭となるSPCが符号化三次元データ211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SPCの符号化データを取得し、当該先頭SPCから順に各SPCを順次復号する（S204）。なお、上記アドレス位置は、メタ情報等に格納されている。

[0085] このように、三次元データ復号装置200は、復号三次元データ212を復号する。具体的には、三次元データ復号装置200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（GOS）の符号化三次元データ211の各々を復号することで第1処理単位（GOS）の復号三次元データ212を生成する。より具体的には、三次元データ復号装置200は、各第1処理単位（GOS）において、複数の第2処理単位（SPC）の各々を復号する。また、三次元データ復号装置200は、各第2処理単位（SPC）において、複数の第3処理単位（VLM）の各々を復号する。

[0086] 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100で生成され、符号化三次元データ112（211）に含まれる。

- [0087] 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。
- [0088] 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。
- [0089] 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。
- [0090] 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。
- [0091] 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。
- [0092] 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。

[0093] 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。

[0094] 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。

[0095] 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。

[0096] 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。

[0097] 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。

[0098] 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。

[0099] 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。

[0100] 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。

[0101] 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。

[0102] 以下、本実施の形態の変形例について説明する。

[0103] 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。

[0104] 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。

[0105] 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。

[0106] 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。

[0107] 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。

[0108] 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。

[0109] 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。

[0110] 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。

[0111] 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。

[0112] 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。

[0113] 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。

[0114] 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。

[0115] 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。

[0116] 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。

[0117] 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。

[0118] 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G O P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。

[0119] 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。

[0120] 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-S P C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-S P C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-S P Cとの3種類のタイプに分類される。

[0121] 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G O S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S P Cと、動的オブジェクトを含むS P Cとが異なるG O Sに割り当てられる。

[0122] 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S P Cに対応付けられる。

[0123] 符号化装置及び復号装置は、G O S内のI-S P C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-S P C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-S P Cのみを復号する。

[0124] 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-S P C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-

S P C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スペースを用いる頻度を上げる。

[0125] また、符号化装置は、ランダムアクセスポイントをG O S単位で設定し、G O S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。

[0126] 符号化装置は、G O S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G O S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、G O Sの空間サイズを小さくする。

[0127] 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。

[0128] 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。

[0129] また、1以上のスペースを含むG O S単位で符号化又は復号が行われる。

[0130] 符号化装置及び復号装置は、処理済みのG O S内のスペースを参照して、処理対象のG O S内のPスペース又はBスペースの予測を行う。

[0131] または、符号化装置及び復号装置は、異なるG O Sを参照せず、処理対象のG O S内の処理済スペースを用いて処理対象のG O S内のPスペース又はBスペースの予測を行う。

[0132] また、符号化装置及び復号装置は、1以上のG O S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。

[0133] また、G O S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G O Sは最下位レイヤに属する。上位レイヤに属する

G O Sは同一レイヤ以下に属するG O Sを参照する。つまり、G O Sは、予め定められた方向に空間分割され、各々が1以上のS P C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S P Cを、当該S P Cと同一レイヤ又は当該S P Cより下層のレイヤに含まれるS P Cを参照して符号化又は復号する。

[0134] また、符号化装置及び復号装置は、複数のG O Sを含むワールド単位内で、連続してG O S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G O Sの符号化順を示す情報を含む。

[0135] 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G O Sを並列で符号化又は復号する。

[0136] また、符号化装置及び復号装置は、スペース又はG O Sの空間情報（座標、サイズ等）を符号化又は復号する。

[0137] また、符号化装置及び復号装置は、G P S、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G O Sを符号化又は復号する。

[0138] 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。

[0139] 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G O S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G O Sを、下位レイヤから優先的に復号する。

[0140] 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G O Sと室外G O S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。

[0141] (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。

[0142] 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。

[0143] 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。

[0144] 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。

[0145] 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。

[0146] 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。

[0147] PFH特徴量は、VXL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PFH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。

[0148] PPF特徴量は、2点のVXL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PPF特徴量には、全VXL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。

[0149] 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SIFT (Scale-Invariant Feature Transform)、SURF (Speeded Up Robust Features)、又はHOG (Histogram of Oriented Gradients) 等を用いることができる。

[0150] SWLDは、WLDの各VXLから上記特徴量を算出し、FVXLを抽出することで生成される。ここで、SWLDはWLDが更新される度に更新しても構わないし、WLD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。

[0151] SWLDは特徴量毎に生成しても構わない。例えば、SHOT特徴量に基づくSWLD1とSIFT特徴量に基づくSWLD2とのように、特徴量毎に別々のSWLDが生成され、用途に応じてSWLDを使い分けるようにしても構わない。また、算出した各FVXLの特徴量を特徴量情報として各FVXLに保持するようにしても構わない。

[0152] 次に、スパースワールド (SWLD) の利用方法について説明する。SWLDは特徴ボクセル (FVXL) のみを含むため、全てのVXLを含むWLDと比べて一般的にデータサイズが小さい。

[0153] 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、WLDの代わりにSWLD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、WLDとSWLD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。

[0154] 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。

[0155] 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。

[0156] 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。

[0157] 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。

[0158] 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。

[0159] 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。

[0160] 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。

[0161] 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。

[0162] 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SWLDをサーバから受信する（S332）。一方、クライアントが低速移動をしている場合は（S333）、クライアントはWLDをサーバから受信する（S334）。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SWLD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WLD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。

[0163] 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WLD又はSWLD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（WLD又はSWLD）を送信してもよい。または、サーバは、クライアントの移動速度を判別し、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。

[0164] また、クライアントは、最初にSWLDをサーバより取得し、その中で重要な領域のWLD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SWLD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WLD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。

[0165] また、サーバは、WLDから物体毎に別々のSWLD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、WLDから予め人又は車を認識し、人のSWLDと車のSWLD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SWLDを、車の情報を取得したい場合に

は車のSWLDを受信する。また、このようなSWLD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。

[0166] 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。

[0167] 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。

[0168] 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）。

[0169] 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）。

[0170] 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。

[0171] 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。

[0172] また、SWLD符号化部405は、SWLDに対応する抽出三次元データ412を符号化することでSWLDに対応する符号化三次元データ414を生成する(S405)。このとき、SWLD符号化部405は、符号化三次元データ414のヘッダに、当該符号化三次元データ414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。

[0173] なお、符号化三次元データ413を生成する処理と、符号化三次元データ414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。

[0174] 符号化三次元データ413及び414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413及び414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414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。

[0175] また、WLD符号化部404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405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。

[0176] 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。

[0177] 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、W L D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。

[0178] また、S W L D符号化部4 0 5は、S W L Dの符号化三次元データ4 1 4のデータサイズがW L Dの符号化三次元データ4 1 3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S W L Dは、W L D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4 1 4のデータサイズがW L Dの符号化三次元データ4 1 3のデータサイズより大きくなる可能性がある。よって、S W L D符号化部4 0 5は、得られた符号化三次元データ4 1 4のデータサイズが、W L Dの符号化三次元データ4 1 3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4 1 4を再生成する。

[0179] 例えば、S W L D抽出部4 0 3は、抽出する特徴点の数を減らした抽出三次元データ4 1 2を再生成し、S W L D符号化部4 0 5は、当該抽出三次元データ4 1 2を符号化する。または、S W L D符号化部4 0 5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。

[0180] また、S W L D符号化部4 0 5は、S W L Dの符号化三次元データ4 1 4のデータサイズをW L Dの符号化三次元データ4 1 3のデータサイズより小さくできない場合は、S W L Dの符号化三次元データ4 1 4を生成しなくてもよい。または、W L Dの符号化三次元データ4 1 3がS W L Dの符号化三次元データ4 1 4にコピーされてもよい。つまり、S W L Dの符号化三次元データ4 1 4としてW L Dの符号化三次元データ4 1 3がそのまま用いられてもよい。

[0181] 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1 8は、本実施の形態に係る三次元データ復号装置5 0 0のブロック図である。図1 9は、三次元データ復号装置5 0 0による三次元データ復号処理のフローチャートである。

- [0182] 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。
- [0183] 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。
- [0184] 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。
- [0185] 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)。
- [0186] 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。
- [0187] 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。
- [0188] 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VXL（以下、有効VXL）である3つVXL1～3が存在する。図21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VXL情報を持つ。ここで、図21に示すリーフのうち、リーフ1、2、3はそれぞれ図20に示すVXL1、VXL2、VXL3を表す。

[0189] 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20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VXL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。

[0190] また、図22は、図20に示すWLDから生成したSWLDの例を示す図である。図20に示すVXL1及びVXL2は特徴量抽出の結果、FVXL1及びFVXL2と判定され、SWLDに加えられている。一方で、VXL3はFVXLと判定されず、SWLDに含まれていない。図23は、図22に示すSWLDの8分木構造を示す図である。図23に示す8分木構造では、図21に示す、VXL3に相当するリーフ3が削除されている。これにより、図21に示すノード3が有効VXL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SWLDのリーフ数はWLDのリーフ数より少なくなり、SWLDの符号化三次元データもWLDの符号化三次元データより小さくなる。

[0191] 以下、本実施の形態の変形例について説明する。

[0192] 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、SWLDをサーバから受信し、SWLD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。

[0193] 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。

[0194] 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。

[0195] 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。

[0196] 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。

[0197] 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。

[0198] 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。

[0199] 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。

[0200] 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。

[0201] 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。

[0202] 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。

- [0203] 以上のように、三次元データ符号化装置400は、入力三次元データ411（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。
- [0204] 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。
- [0205] 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。
- [0206] 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。
- [0207] 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。
- [0208] 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。
- [0209] 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。
- [0210] 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。
- [0211] 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。

[0212] 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。

[0213] 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。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。

[0214] 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。

[0215] 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。

[0216] 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。

[0217] 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。

[0218] 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。

[0219] 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

トの状態に応じて、符号化三次元データ 4 1 3 及び 4 1 4 の一方をクライアントに送信する。

[0220] これによれば、三次元データ符号化装置 4 0 0 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。

[0221] 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。

[0222] また、三次元データ符号化装置 4 0 0 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 4 1 3 及び 4 1 4 の一方をクライアントに送信する。

[0223] これによれば、三次元データ符号化装置 4 0 0 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。

[0224] また、本実施の形態に係る三次元データ復号装置 5 0 0 は、上記三次元データ符号化装置 4 0 0 により生成された符号化三次元データ 4 1 3 又は 4 1 4 を復号する。

[0225] つまり、三次元データ復号装置 5 0 0 は、入力三次元データ 4 1 1 から抽出された特徴量が閾値以上の抽出三次元データ 4 1 2 が符号化されることで得られた符号化三次元データ 4 1 4 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 5 0 0 は、入力三次元データ 4 1 1 が符号化されることで得られた符号化三次元データ 4 1 3 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。

[0226] これによれば、三次元データ復号装置 5 0 0 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 4 1 4 と、符号化三次元データ 4 1 3 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 5 0 0 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 5 0 0 は、入力三次元データ 4 1 1 と抽出三次元データ 4 1 2 とにそれぞれ適した復号方法を用いることができる。

[0227] 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。

- [0228] 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。
- [0229] 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。
- [0230] 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。
- [0231] 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。
- [0232] 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。
- [0233] 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。
- [0234] 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。
- [0235] 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。
- [0236] 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 4 1 3 及び 4 1 4 の一方を受信する。

[0237] これによれば、三次元データ復号装置 5 0 0 は、用途に応じた適切なデータを受信できる。

[0238] (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。

[0239] 図 2 4 は、本実施の形態に係る三次元データ作成装置 6 2 0 のブロック図である。この三次元データ作成装置 6 2 0 は、例えば、自車両に含まれ、三次元データ作成装置 6 2 0 が作成した第 1 三次元データ 6 3 2 に、受信した第 2 三次元データ 6 3 5 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。

[0240] この三次元データ作成装置 6 2 0 は、三次元データ作成部 6 2 1 と、要求範囲決定部 6 2 2 と、探索部 6 2 3 と、受信部 6 2 4 と、復号部 6 2 5 と、合成部 6 2 6 とを備える。

[0241] まず、三次元データ作成部 6 2 1 は、自車両が備えるセンサで検知したセンサ情報 6 3 1 を用いて第 1 三次元データ 6 3 2 を作成する。次に、要求範囲決定部 6 2 2 は、作成した第 1 三次元データ 6 3 2 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。

[0242] 次に、探索部 6 2 3 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 6 3 3 を送信する。次に、受信部 6 2 4 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 6 3 4 を受信する (S 6 2 4)。なお、探索部 6 2 3 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 6 3 4 を受信してもよい。また、探索部 6 2 3 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 6 3 4 を受信してもよい。

[0243] 次に、復号部 6 2 5 は、受信した符号化三次元データ 6 3 4 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636を作成する。

[0244] 次に、本実施の形態に係る三次元データ送信装置640の構成及び動作を説明する。図25は、三次元データ送信装置640のブロック図である。

[0245] 三次元データ送信装置640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652を自車両が要求する第6三次元データ654に加工し、第6三次元データ654を符号化することで符号化三次元データ634を生成し、符号化三次元データ634を自車両に送信する。

[0246] 三次元データ送信装置640は、三次元データ作成部641と、受信部642と、抽出部643と、符号化部644と、送信部645とを備える。

[0247] まず、三次元データ作成部641は、周辺車両が備えるセンサで検知したセンサ情報651を用いて第5三次元データ652を作成する。次に、受信部642は、自車両から送信された要求範囲情報633を受信する。

[0248] 次に、抽出部643は、第5三次元データ652から、要求範囲情報633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652を第6三次元データ654に加工する。次に、符号化部644は、第6三次元データ654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634を生成する。そして、送信部645は、自車両へ符号化三次元データ634を送信する。

[0249] なお、ここでは、自車両が三次元データ作成装置620を備え、周辺車両が三次元データ送信装置640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620と三次元データ送信装置640との機能を有してもよい。

[0250] (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。

- [0251] 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。
- [0252] 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。
- [0253] 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。
- [0254] 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。
- [0255] 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。
- [0256] 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。

[0257] （１）三次元マップを通信経由で取得できない。

[0258] （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。

[0259] （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。

[0260] 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。

[0261] 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。

[0262] 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。

[0263] 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。

[0264] 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。

[0265] 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。

[0266] 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。

[0267] 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。

[0268] 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。

[0269] 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。

[0270] 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。

[0271] 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。

[0272] 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となる制御を実施する。

[0273] 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。

[0274] (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。

[0275] 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。

[0276] 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。

[0277] 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。

[0278] 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。

[0279] 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。

[0280] 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 8 3 1 にフォーマット変換等を行うことで三次元データ 8 3 2 を生成する。また、フォーマット変換部 8 1 4 は、三次元データ 8 3 1 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。

[0281] 複数のセンサ 8 1 5 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 8 3 3 を生成する。例えば、センサ情報 8 3 3 は、センサ 8 1 5 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 8 1 5 は複数でなくてもよい。

[0282] 三次元データ作成部 8 1 6 は、センサ情報 8 3 3 から三次元データ 8 3 4 を生成する。三次元データ 8 3 4 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。

[0283] 三次元データ合成部 8 1 7 は、自車両のセンサ情報 8 3 3 に基づいて作成された三次元データ 8 3 4 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 8 3 2 を合成することで、自車両のセンサ 8 1 5 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 8 3 5 を構築する。

[0284] 三次元データ蓄積部 8 1 8 は、生成された三次元データ 8 3 5 等を蓄積する。

[0285] 通信部 8 1 9 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。

[0286] 送信制御部 8 2 0 は、通信部 8 1 9 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 8 2 0 は、三次元データ合成部 8 1 7 で生成された三次元データ 8 3 2 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。

[0287] 具体的には、送信制御部 8 2 0 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 8 2 0 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。

[0288] 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。

[0289] 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。

[0290] 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。

[0291] 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。

[0292] 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。

[0293] (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。

[0294] 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。

[0295] 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。

[0296] 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。

[0297] 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、L i D A R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。

[0298] 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、M P E Gで規格化されたM P E G - 4 A V C又はH E V C等である。

[0299] 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902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。

[0300] 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。

[0301] 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。

[0302] 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。

[0303] 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。

[0304] 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。

[0305] 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。

[0306] 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。

- [0307] 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。
- [0308] 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。
- [0309] 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。
- [0310] 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。
- [0311] 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。
- [0312] 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。
- [0313] 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。

[0314] 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。

[0315] 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。

[0316] 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。

[0317] 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。

[0318] 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。

[0319] 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。

[0320] 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。

[0321] 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。

[0322] 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。

[0323] 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、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、及び速度情報などを含む。

[0324] 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。

[0325] 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。

[0326] 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１１

32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。

[0327] 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、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。

[0328] 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。

[0329] 三次元データ蓄積部1118は、三次元マップ1135等を蓄積する。

[0330] 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。

[0331] 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。

[0332] 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。

[0333] 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、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。

[0334] 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。

- [0335] 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。
- [0336] 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）。
- [0337] 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）。
- [0338] 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。
- [0339] 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1134を三次元マップ1135に反映する(S1024)。

[0340] 図34は、サーバ901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901は、クライアント装置902から三次元マップの送信要求を受信する(S1031)。三次元マップの送信要求を受信したサーバ901は、クライアント装置902へ三次元マップ1031を送信する(S1032)。このとき、サーバ901は、クライアント装置902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901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。

[0341] 以下、本実施の形態の変形例について説明する。

[0342] サーバ901は、クライアント装置902から受信したセンサ情報1037を用いてクライアント装置902の位置付近の三次元データ1134を作成する。次に、サーバ901は、作成した三次元データ1134と、サーバ901が管理する同エリアの三次元マップ1135とのマッチングを行うことによって、三次元データ1134と三次元マップ1135との差分を算出する。サーバ901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902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901が管理する三次元マップ1135と、センサ情報1037を基に作成した三次元データ1134との間に大きな差が発生することが考えられる。

[0343] センサ情報1037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1037に、センサの性能に応じたクラスID等が付加されてもよい。例えば、センサ情報1037がLiDARで取得された情報である場合、数mm単位の精度で情報を取得できるセンサをクラス1、数cm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。

[0344] 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。

[0345] 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。

[0346] 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 902C 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。

[0347] 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。

[0348] 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。

[0349] 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。

[0350] 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。

[0351] 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。

[0352] 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。

[0353] 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。

[0354] 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。

[0355] また、センサ情報 1033 は、センサの性能を示す情報を含む。

[0356] 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。

- [0357] 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。
- [0358] 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。
- [0359] 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。
- [0360] 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。
- [0361] 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。
- [0362] 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。
- [0363] また、センサ情報 1037 は、センサの性能を示す情報を含む。
- [0364] 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。
- [0365] 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。

[0366] 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。

[0367] 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。

[0368] （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。

[0369] 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。

[0370] 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。

[0371] 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。

[0372] 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。

[0373] 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。

[0374] 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。

[0375] 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。

[0376] 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。

[0377] 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。

[0378] 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。

[0379] 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示す情報をビットストリームに付加する。

[0380] 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。

[0381] 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。

- [0382] 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 1303 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。
- [0383] 量子化部 1304 は、変換部 1303 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 1313 に出力される。量子化部 1304 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 1300 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 1304 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 1304 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 1300 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。
- [0384] 量子化部 1304 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、量子化部 1304 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。
- [0385] 逆量子化部 1305 は、量子化制御パラメータを用いて、量子化部 1304 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 1306 に出力する。
- [0386] 逆変換部 1306 は、逆量子化部 1305 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 1303 が出力した予測残差とは完全には一致しなくてもよい。
- [0387] 加算部 1307 は、逆変換部 1306 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1308、又は、参照スペースメモリ1310に格納される。

[0388] 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。

[0389] 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。

- [0390] 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 1309 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。
- [0391] 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。
- [0392] 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。
- [0393] 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。
- [0394] 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。

[0395] 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_L1 は共に T_Cur より前の時刻でもよい。または、 T_L0 と T_L1 は共に T_Cur より後の時刻でもよい。

[0396] 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RT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（L0リスト及びL1リスト）で管理する。L0リスト内の第1の参照スペースをL0R0とし、L0リスト内の第2の参照スペースをL0R1とし、L1リスト内の第1の参照スペースをL1R0とし、L1リスト内の第2の参照スペースをL1R1とした場合、三次元データ符号化装置1300は、L0R0のRT情報 RT_L0R0 と、L0R1のRT情報 RT_L0R1 と、L1R0のRT情報 RT_L1R0 と、L1R1のRT情報 RT_L1R1 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RT情報をビットストリームのヘッダ等に付加する。

[0397] 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（RT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ICP（Interactive Closest Point）アルゴリズムを用いてRT情報、及びICPエラー値を算出する。三次元データ符号化装置1300は、ICP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RT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、ICPエラー値が上記一

定値より大きい場合は、RT適用フラグをオンに設定し、RT情報をビットストリームに付加する。

[0398] 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。

[0399] 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。

[0400] 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。

[0401] 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。

[0402] 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 $R T$ 情報である。 $R_I1[i]$ 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。 $T_I1[i]$ 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。

[0403] 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 $R T$ 情報を求める。そして、インター予測部 1311 は、求めた $R T$ 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 $R T$ 情報を符号化対象スペースのヘッダ情報等に付加する。

[0404] 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、 $R T$ 情報を求めてもよい。

- [0405] 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。
- [0406] 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。
- [0407] 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 $idx = 0$ ）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。

[0408] 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。

[0409] 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。

[0410] 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。

[0411] 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。

[0412] 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。

- [0413] 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。
- [0414] 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。
- [0415] 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。
- [0416] 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。
- [0417] 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 *idx*）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。

[0418] 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、上述したイントラ予測部 1311 による処理と同様である。

[0419] 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。

[0420] 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。

[0421] 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。

[0422] 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。

[0423] 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。

[0424] 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。

[0425] 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。

[0426] 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。

[0427] 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。

[0428] また、図46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RT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、RT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RT情報を符号化する。つまり、三次元データ符号化装置1300は、RT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、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情報を符号化し、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情報を符号化しなくてもよい。

[0429] 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 1 3 0 2)。

[0430] 次に、三次元データ符号化装置 1 3 0 0 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 1 3 0 0 は、図 3 8 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 (S 1 3 0 3)。

[0431] また、三次元データ符号化装置 1 3 0 0 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 1 3 0 0 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 (S 1 3 0 4)。次に、三次元データ符号化装置 1 3 0 0 は、算出された差分属性情報に変換及び量子化を行う (S 1 3 0 5)。

[0432] 最後に、三次元データ符号化装置 1 3 0 0 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 (S 1 3 0 6)。つまり、三次元データ符号化装置 1 3 0 0 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。

[0433] 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 1 3 0 0 は、ステップ S 1 3 0 2、S 1 3 0 4 及び S 1 3 0 5 を行わなくてもよい。また、三次元データ符号化装置 1 3 0 0 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。

[0434] また、図 4 9 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 (S 1 3 0 1、S 1 3 0 3) と、属性情報に対する処理 (S 1 3 0 2、S 1 3 0 4、S 1 3 0 5) 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。

[0435] 以上により、本実施の形態に三次元データ符号化装置 1 3 0 0 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。

[0436] 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。

[0437] 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。

[0438] 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。

[0439] 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）。

[0440] 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 R T 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 R T 情報を復号する。なお、三次元データ復号装置 1400 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 情報を復号し、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 情報を復号しなくてもよい。

[0441] 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）。

[0442] 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。

[0443] 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、RT 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、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。

[0444] 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。

[0445] 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。

[0446] 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。

[0447] 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（S1404）。

[0448] 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 1 4 0 5）。

[0449] また、三次元データ復号装置 1 4 0 0 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 1 4 0 0 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（S 1 4 0 6）。

[0450] 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 1 4 0 0 は、ステップ S 1 4 0 2、S 1 4 0 4 及び S 1 4 0 6 を行わなくてもよい。また、三次元データ復号装置 1 4 0 0 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。

[0451] また、図 5 0 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（S 1 4 0 3、S 1 4 0 5）と、属性情報に対する処理（S 1 4 0 2、S 1 4 0 4、S 1 4 0 6）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。

[0452] （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。

[0453] 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。

[0454] 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 *RG*

B又はYUVの各色成分が8bit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10bit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。

[0455] 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。

[0456] 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。

[0457] [数1]

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

[0458] 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。

[0459] 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。

[0460] 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。

[0461] 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。

[0462] 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

。L o Dの生成方法について図5 2を用いて説明する。

[0463] まず、三次元データ符号化装置は、初期点a 0を選択し、L o D 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 o D 0の閾値Thres__L o D [0]より大きい点a 1を抽出しL o D 0に割当てる。次に、三次元データ符号化装置は、点a 1からの距離がL o D 0の閾値Thres__L o D [0]より大きい点a 2を抽出しL o D 0に割当てる。このように、三次元データ符号化装置は、L o D 0内の各点の間の距離が閾値Thres__L o D [0]より大きくなるようにL o D 0を構成する。

[0464] 次に、三次元データ符号化装置は、まだL o Dが未割当ての点b 0を選択し、L o D 1に割当てる。次に、三次元データ符号化装置は、点b 0からの距離がL o D 1の閾値Thres__L o D [1]より大きく、L o Dが未割当ての点b 1を抽出しL o D 1に割当てる。次に、三次元データ符号化装置は、点b 1からの距離がL o D 1の閾値Thres__L o D [1]より大きく、L o Dが未割当ての点b 2を抽出しL o D 1に割当てる。このように、三次元データ符号化装置は、L o D 1内の各点の間の距離が閾値Thres__L o D [1]より大きくなるようにL o D 1を構成する。

[0465] 次に、三次元データ符号化装置は、まだL o Dが未割当ての点c 0を選択し、L o D 2に割当てる。次に、三次元データ符号化装置は、点c 0からの距離がL o D 2の閾値Thres__L o D [2]より大きく、L o Dが未割当ての点c 1を抽出しL o D 2に割当てる。次に、三次元データ符号化装置は、点c 1からの距離がL o D 2の閾値Thres__L o D [2]より大きく、L o Dが未割当ての点c 2を抽出しL o D 2に割当てる。このように、三次元データ符号化装置は、L o D 2内の各点の間の距離が閾値Thres__L o D [2]より大きくなるようにL o D 2を構成する。例えば、図5 3に示すように、各L o Dの閾値Thres__L o D [0]、Thres__L o D [1]、及びThres__L o D [2]が設定される。

[0466] また、三次元データ符号化装置は、各L o D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5 3に示す例の場合、

三次元データ符号化装置は、閾値 $Thres_LoD[0]$ 、 $Thres_LoD[1]$ 、及び $Thres_LoD[2]$ をヘッダに付加してもよい。

[0467] また、三次元データ符号化装置は、 LoD の最下層に LoD 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、 LoD 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 $Thres_LoD[0]$ と $Thres_LoD[1]$ をヘッダに付加し、 $Thres_LoD[2]$ 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、 $Thres_LoD[2]$ 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、 LoD 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、 LoD の階層数を用いて最下層の LoD を判定できる。

[0468] また、 LoD 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（ $LoD0$ 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、 $LoD0$ が最上位層である。

[0469] また、各 LoD 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、 $LoD0$ の初期点 $a0$ 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 $a0$ を基点に、点 $a1$ 、点 $a2$ を選択して $LoD0$ を構成する。そして、三次元データ符号化装置は、 $LoD1$ の初期点 $b0$ として、 $LoD0$ 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、 $LoDn$ の初期点 $n0$ として、 $LoDn$ の上層（ $LoD0 \sim LoDn-1$ ）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 LoD を構成できるので、ピッ

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、 $L \circ D_n$ の初期点 n_0 として、 $L \circ D_n$ 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。

[0470] 以下、三次元点の属性情報の予測値を、 $L \circ D$ 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、 $L \circ D_0$ に含まれる三次元点から順に符号化する場合、 $L \circ D_1$ に含まれる対象三次元点を、 $L \circ D_0$ 及び $L \circ D_1$ 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、 $L \circ D_n$ に含まれる三次元点の属性情報の予測値を、 $L \circ D_{n'}$ （ $n' \leq n$ ）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、 $L \circ D_n$ に含まれる三次元点の属性情報の予測値の算出に、 $L \circ D_n$ の下層に含まれる三次元点の属性情報を用いない。

[0471] 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、 $L \circ D$ 毎に N の値を別々に符号化してもよい。これにより $L \circ D$ 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。

[0472] 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。

[0473] 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。

[0474] 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。

[0475] 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。

[0476] 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。

[0477] [数2]

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

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

[0478] また、点 b_2 の予測値 b_{2p} は、(式 A 4) ~ (式 A 6) 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。

[0479] [数3]

$$b_{2p} = \sum_{i=0}^2 wa_i \times A_i + \sum_{i=0}^1 wb_i \times B_i \quad \dots \text{(式 A 4)}$$

$$wa_i = \frac{\frac{1}{d(b_2, a_i)}}{\sum_{j=0}^2 \frac{1}{d(b_2, a_j)} + \sum_{j=0}^1 \frac{1}{d(b_2, b_j)}} \quad \dots \text{(式 A 5)}$$

$$wb_i = \frac{\frac{1}{d(b_2, b_i)}}{\sum_{j=0}^2 \frac{1}{d(b_2, a_j)} + \sum_{j=0}^1 \frac{1}{d(b_2, b_j)}} \quad \dots \text{(式 A 6)}$$

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。

[0480] 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。

[0481] 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。

[0482] 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。

[0483] $a_{2r} = A_2 - a_{2p} \quad \dots \quad \text{(式 A 7)}$

[0484] $b_{2r} = B_2 - b_{2p} \quad \dots \quad \text{(式 A 8)}$

[0485] 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__L0D0 は、L0D0 用の QS であり、QS__L0D1 は、L0D1 用の QS である。つまり、L0D に応じて QS が変更されてもよい。

[0486] $a_{2q} = a_{2r} / \text{QS_L0D0} \quad \dots \quad \text{(式 A 9)}$

[0487] $b_{2q} = b_{2r} / \text{QS_L0D1} \quad \dots \quad \text{(式 A 10)}$

[0488] 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。

[0489] 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_{2q} が 0 以上の場合、符号なし整数値 b_{2u} を $2 \times b_{2q}$ に設定する。

[0490] 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。

[0491] 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。

[0492] 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。

[0493] 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。

[0494] 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。

[0495] 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。

[0496] 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。

[0497] 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。

[0498] 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。

- [0499] 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。
- [0500] 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。
- [0501] 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。

[0502] 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（0～3）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～ $2^{n-1}-1$ ）に応じて使用する符号化テーブルを切替えられる。

[0503] 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～ 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。

[0504] 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。

[0505] 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、`prefix`部に対して発生確率を更新し、`suffix`部に対して発生確率を固定化してもよい。

[0506] 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。

[0507] 例えば、点 a_2 の逆量子化値 a_{2iq} は、点 a_2 の量子化値 a_{2q} を用いて（式A11）により算出される。点 b_2 の逆量子化値 b_{2iq} は、点 b_2 の量子化値 b_{2q} を用いて（式A12）により算出される。ここで、 QS_Lod0 は、 $Lod0$ 用の QS であり、 QS_Lod1 は、 $Lod1$ 用の QS である。つまり、 Lod に応じて QS が変更されてもよい。

[0508] $a_{2iq} = a_{2q} \times QS_Lod0 \quad \dots$ （式A11）

[0509] $b_{2iq} = b_{2q} \times QS_Lod1 \quad \dots$ （式A12）

[0510] 例えば、点 a_2 の復号値 a_{2rec} は、（式A13）に示すように、点 a_2 の逆量子化値 a_{2iq} に、点 a_2 の予測値 a_{2p} を加算することで算出される。点 b_2 の復号値 b_{2rec} は、（式A14）に示すように、点 b_2 の逆量子化値 b_{2iq} に、点 b_2 の予測値 b_{2p} を加算することで算出される。

[0511] $a_{2rec} = a_{2iq} + a_{2p} \quad \dots$ （式A13）

[0512] $b_{2rec} = b_{2iq} + b_{2p} \quad \dots$ （式A14）

[0513] 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57は、本実施の形態に係る属性ヘッダ（`attribute_header`）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57に示すように、属性ヘッダは、階層数情報（`NumLod`）と、三次元点数情報（`NumOfPoint[i]`）と、階層閾値（`Thres_Lod[i]`）と、周囲点数情報（`NumNeighborPo`

$int[i]$) と、予測閾値 ($THd[i]$) と、量子化スケール ($QS[i]$) と、二値化閾値 ($R_TH[i]$) とを含む。

[0514] 階層数情報 ($NumLoD$) は、用いられる LoD の階層数を示す。

[0515] 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 A 15) 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。

[0516] [数4]

$$NumOfPoint[NumLoD-1] = AllNumOfPoint - \sum_{j=0}^{NumLoD-2} NumOfPoint[j] \quad \dots (式 A 15)$$

[0517] 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。

[0518] 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L o Dで使用される1個の周囲点数情報（N u m N e i g h o r P o i n t）をヘッダに付加してもよい。

[0519] 予測閾値（T H d [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T H d [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L o DでT H d [i] の値を分ける必要がない場合は、全てのL o Dで使用される1個の予測閾値（T H d）をヘッダに付加してもよい。

[0520] 量子化スケール（Q S [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。

[0521] 二値化閾値（R _ T H [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 _ T H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 _ T H以上の場合は、閾値R _ T Hの二値化データと（p u − R _ T H）の値を指数ゴロムを用いて二値化する。なお、各L o DでR _ T H [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L o Dで使用される1個の二値化閾値（R _ T H）をヘッダに付加してもよい。

[0522] なお、R _ T H [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 _ T Hは63であり、8 b i t ではR _ T H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 _ T H [i] = 63の場合は値6を、R _ T H [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 _ T H [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 _ T H [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。

[0523] 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。

[0524] 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。

[0525] 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。

[0526] 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6bitであり、 $R_TH[i]$ の示す値が255の場合、 n ビット符号は8bitである。

[0527] 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。

[0528] 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。

[0529] 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。

[0530] 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。

[0531] 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。

[0532] 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。

[0533] 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。

[0534] 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。

[0535] 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。

[0536] 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）。

[0537] 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）。

[0538] 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。

[0539] 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。

[0540] 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。

[0541] 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。

[0542] 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。

[0543] 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。

[0544] 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s

u f f i x部とを含む。例えば、三次元データ復号装置は、p r e f i x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。

[0545] 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。

[0546] 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。

[0547] 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62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。

[0548] 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。

[0549] 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、 LOD 毎に閾値 R_{TH} がヘッダ等に付加されている場合、 LOD 毎に復号した閾値 R_{TH} を用いて復号方法を切替える。

[0550] 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。

[0551] 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。

[0552] 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。

[0553] 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。

[0554] 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。

[0555] 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。

[0556] 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。

[0557] 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。

[0558] 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。

[0559] 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。

[0560] 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。

[0561] 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。

[0562] 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。

[0563] 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。

[0564] 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）。

[0565] 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。

[0566] 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。

[0567] 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。

[0568] 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。

[0569] 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（S 3 0 6 1）。次に、三次元データ符号化装置は、三次元データの属性情報と、予測値との差分である予測残差を算出する（S 3 0 6 2）。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（S 3 0 6 3）。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（S 3 0 6 4）。

[0570] 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。

[0571] 例えば、算術符号化（S 3 0 6 4）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。

[0572] 例えば、算術符号化（S 3 0 6 4）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。

[0573] 例えば、算術符号化（S 3 0 6 4）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。

[0574] 例えば、三次元データ符号化装置は、二値化（S 3 0 6 3）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（S 3 0 6 4）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。

[0575] 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。

[0576] 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。

[0577] 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。

[0578] 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。

[0579] 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）。

[0580] 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。

[0581] 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。

- [0582] 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。
- [0583] 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。
- [0584] 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。
- [0585] 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。
- [0586] 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。
- [0587] 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。
- [0588] 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。

[0589] (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。

[0590] 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、 $\dots$ 、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。

[0591] 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。

[0592] 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。

[0593] 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。

[0594] 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。

[0595] 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。

[0596] 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。

[0597] 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り当ててもよい。

[0598] 図 7 2 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。

[0599] 図 7 2 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。

[0600] なお、図 7 2 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。

[0601] 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。

[0602] 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。

[0603] 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。

[0604] 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。

[0605] 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。

[0606] 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。

[0607] (実施の形態10)

以下、三次元点の属性情報を符号化する別の方法として、RAHT (Region Adaptive Hierarchical Transfo

r m) を用いた方法を説明する。図 7 4 は、R A H T を用いた属性情報の符号化を説明するための図である。

[0608] まず、三次元データ符号化装置は、三次元点の位置情報に基づきモートン符号 (M o r t o n c o d e) を生成し、モートン符号順に三次元点の属性情報をソートする。例えば、三次元データ符号化装置は、モートン符号の昇順にソートを行ってもよい。なお、ソート順はモートン符号順に限らず、他の順序が用いられてもよい。

[0609] 次に、三次元データ符号化装置は、モートン符号順で隣り合う 2 つの三次元点の属性情報に対し、H a a r 変換を適用することで、階層 L の高周波成分と低周波成分を生成する。例えば、三次元データ符号化装置は、 2×2 行列の H a a r 変換を用いてもよい。生成された高周波成分は階層 L の高周波成分として符号化係数に含められ、生成された低周波成分は階層 L の上位階層 L + 1 の入力値として用いられる。

[0610] 三次元データ符号化装置は、階層 L の属性情報を用いて階層 L の高周波成分を生成後、引き続き階層 L + 1 の処理を行う。階層 L + 1 の処理では、三次元データ符号化装置は、階層 L の属性情報の H a a r 変換によって得られた 2 つの低周波成分に H a a r 変換を適用することで階層 L + 1 の高周波成分と低周波成分を生成する。生成された高周波成分は階層 L + 1 の高周波成分として符号化係数に含められ、生成された低周波成分は階層 L + 1 の上位階層 L + 2 の入力値として用いられる。

[0611] 三次元データ符号化装置は、このような階層処理を繰返し、階層に入力される低周波成分が 1 個になった時点で、最上位階層 L m a x に到達したと判定する。三次元データ符号化装置は、階層 L m a x に入力された階層 L m a x - 1 の低周波成分を符号化係数に含める。そして、符号化係数に含まれる低周波成分又は高周波成分の値を量子化し、エントロピー符号化等を用いて符号化する。

[0612] なお、三次元データ符号化装置は、H a a r 変換適用時に隣り合う 2 つの三次元点として 1 つの三次元点のみが存在する場合は、存在する 1 つの三次

元点の属性情報の値を上位階層の入力値として用いてもよい。

[0613] このように、三次元データ符号化装置は、入力された属性情報に対して階層的にH a a r変換を適用し、属性情報の高周波成分と低周波成分を生成し、後述する量子化等を適用して符号化を行う。これにより、符号化効率を向上できる。

[0614] 属性情報がN次元である場合、三次元データ符号化装置は、次元毎に独立にH a a r変換を適用し、それぞれの符号化係数を算出してもよい。例えば、属性情報が色情報（R G B又はY U V等）である場合、三次元データ符号化装置は、成分毎にH a a r変換を適用し、それぞれの符号化係数を算出する。

[0615] 三次元データ符号化装置は、階層L、L + 1、…、階層L m a xの順にH a a r変換を適用してもよい。階層L m a xに近づくほど入力された属性情報の低周波成分を多く含む符号化係数が生成される。

[0616] 図74に示すw 0及びw 1は、各三次元点に割当てられる重みである。例えば、三次元データ符号化装置は、H a a r変換を適用する隣り合う2つの三次元点間の距離情報等に基づき重みを算出してもよい。例えば、三次元データ符号化装置は、距離が近いほど重みを大きくすることで符号化効率を向上してもよい。なお、三次元データ符号化装置は、この重みを別の手法により算出してもよいし、重みを用いなくてもよい。

[0617] 図74に示す例では、入力属性情報は、a 0、a 1、a 2、a 3、a 4及びa 5である。また、H a a r変換後の符号化係数のうち、T a 1、T a 5、T b 1、T b 3、T c 1、d 0が符号化される。他の符号化係数（b 0、b 2、c 0等）は中間値であり、符号化されない。

[0618] 具体的には、図74に示す例では、a 0とa 1とにH a a r変換が行われることで、高周波成分T a 1と、低周波成分b 0とが生成される。ここで、重みw 0とw 1とが等しい場合には、低周波成分b 0は、a 0とa 1との平均値であり、高周波成分T a 1は、a 0とa 1との差分である。

[0619] a 2には対となる属性情報が存在しないため、a 2がそのままb 1として

用いられる。同様に、 a_3 には対となる属性情報が存在しないため、 a_3 がそのまま b_2 として用いられる。また、 a_4 と a_5 とにH a a r変換が行われることで、高周波成分 $T a_5$ と、低周波成分 b_3 とが生成される。

[0620] 階層 $L + 1$ では、 b_0 と b_1 とにH a a r変換が行われることで、高周波成分 $T b_1$ と、低周波成分 c_0 とが生成される。同様に、 b_2 と b_3 とにH a a r変換が行われることで、高周波成分 $T b_3$ と、低周波成分 c_1 とが生成される。

[0621] 階層 $L_{max} - 1$ では、 c_0 と c_1 とにH a a r変換が行われることで、高周波成分 $T c_1$ と、低周波成分 d_0 とが生成される。

[0622] 三次元データ符号化装置は、H a a r変換適用後の符号化係数を量子化したうえで符号化してもよい。例えば、三次元データ符号化装置は、符号化係数を量子化スケール（量子化ステップ（Q S (Q u a n t i z a t i o n S t e p)）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。

[0623] なお、三次元データ符号化装置は、量子化スケールの値を階層毎に変えてもよい。図75は、階層毎に量子化スケールを設定する例を示す図である。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符号化係数は、下位層よりも低周波成分を多く含むため、人間の視覚特性等で重要な成分である可能性が高い。そのため、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ることで視覚的な劣化を抑え、符号化効率を向上できる。

[0624] なお、三次元データ符号化装置は、階層毎の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、ビットストリームを適切に復号できる。

[0625] また、三次元データ符号化装置は、量子化スケールの値を、符号化対象の対象三次元点の重要度に応じて適応的に切替えてもよい。例えば、三次元デ

ータ符号化装置は、重要度が高い三次元点には小さい量子化スケールを用い、重要度が低い三次元点には大きい量子化スケールを用いる。例えば、三次元データ符号化装置は、H a a r変換時の重み等から重要度を算出してもよい。例えば、三次元データ符号化装置は、 w_0 と w_1 の加算値を用いて量子化スケールを算出してもよい。このように重要度が高い三次元点の量子化スケールを小さくすることで量子化誤差が小さくなり、符号化効率を改善できる。

[0626] また、上位層ほどQ Sの値を小さくしてもよい。これにより、上位層ほどQ Wの値が大きくなり、その三次元点の量子化誤差を抑えることで予測効率を改善できる。

[0627] ここで、属性情報 a_1 の符号化係数 $T a_1$ の量子化後の符号化係数 $T a_{1q}$ は、 $T a_1 / Q S_L$ で表される。なお、Q Sは全ての階層、又は一部の階層で同じ値であってもよい。

[0628] Q W (Q u a n t i z a t i o n W e i g h t) は、符号化対象の三次元点の重要度を表す値である。例えば、Q Wとして、上述した w_0 と w_1 の加算値が用いられてもよい。これにより、上位層ほどQ Wの値が大きくなり、その三次元点の量子化誤差を抑えることで予測効率を改善できる。

[0629] 例えば、三次元データ符号化装置は、最初に全ての三次元点のQ Wの値を1で初期化し、H a a r変換時の w_0 及び w_1 の値を用いて各三次元点のQ Wを更新してもよい。または、三次元データ符号化装置は、全ての三次元点のQ Wを値1で初期化せずに、階層に応じて初期値を変更してもよい。例えば、上位層ほどQ Wの初期値を大きく設定することで上位層の量子化スケールが小さくなる。これにより、上位層の予測誤差を抑えることができるので、下位層の予測精度を高め、符号化効率を改善できる。なお、三次元データ符号化装置は、Q Wを必ずしも用いなくてもよい。

[0630] Q Wを用いる場合、 $T a_1$ の量子化値 $T a_{1q}$ は、(式K 1) 及び(式K 2) により算出される。

[0631]

[数5]

$$Ta1q = \frac{Ta1 + \frac{QS_L}{2}}{QS_LoD1} \times QW Ta1 \quad \dots \quad (\text{式K 1})$$

$$QW Ta1 = 1 + \sum_{i=0}^1 w_i \quad \dots \quad (\text{式K 2})$$

[0632] また、三次元データ符号化装置は、量子化後の符号化係数（符号なし整数値）を、ある順番でスキャンし、符号化する。例えば、三次元データ符号化装置は、上位層に含まれる三次元点から順に下位層に向かって複数の三次元点を符号化する。

[0633] 例えば、図74に示す例の場合、三次元データ符号化装置は、上位層 L_{max} に含まれる $d0q$ から $Tc1q$ 、 $Tb1q$ 、 $Tb3q$ 、 $Ta1q$ 、 $Ta5q$ の順で複数の三次元点を符号化する。ここで、下位層 L になるほど、量子化後の符号化係数が0になりやすい傾向がある。この要因として、以下のことなどが上げられる。

[0634] 下位層 L の符号化係数は、上位層より高い周波数成分を示すため、対象三次元点によっては0になりやすい傾向がある。また、上述した重要度等に応じた量子化スケールの切り替えにより、下位層ほど量子化スケールが大きくなり、量子化後の符号化係数が0になりやすい。

[0635] このように、下位層になるほど、量子化後の符号化係数が0になりやすく、値0が連続して第1符号列に発生しやすい。図76は、第1符号列及び第2符号列の例を示す図である。

[0636] 三次元データ符号化装置は、第1符号列で値0が発生した回数をカウントし、連続した値0の代わりに、値0が連続して発生した回数を符号化する。つまり、三次元データ符号化装置は、第1符号列において連続する値0の符号化係数を0の連続回数（ZeroCnt）に置き換えることで第2符号列を生成する。これにより、量子化後の符号化係数の値0が連続した場合に、多数の0を符号化するよりも0の連続回数を符号化することで符号化効率を

向上できる。

[0637] また、三次元データ符号化装置は、ZeroCntの値をエントロピー符号化してもよい。例えば、三次元データ符号化装置は、符号化三次元点の総数Tのトランケットユニナリ符号 (truncated unary code) でZeroCntの値を二値化し、二値化後の各ビットを算術符号化する。図77は、符号化三次元点の総数がTの場合のトランケットユニナリ符号の例を示す図である。この際、三次元データ符号化装置は、ビット毎に異なる符号化テーブルを用いることで符号化効率を向上してもよい。例えば、三次元データ符号化装置は、1ビット目には符号化テーブル1を用い、2ビット目には符号化テーブル2を用い、それ以降のビットには符号化テーブル3を用いる。このように、三次元データ符号化装置は、ビット毎に符号化テーブルを切り替えることで符号化効率を向上できる。

[0638] また、三次元データ符号化装置は、ZeroCntを指数ゴロム (Exponential-Golomb) で二値化したうえで算術符号化してもよい。これにより、ZeroCntの値が大きくなりやすい場合に、トランケットユニナリ符号による二値化算術符号化よりも効率を向上できる。なお、三次元データ符号化装置は、トランケットユニナリ符号を用いるか指数ゴロムを用いるかを切り替えるためのフラグをヘッダに付加してもよい。これにより、三次元データ符号化装置は、最適な二値化方法を選択することで符号化効率を向上できる。また、三次元データ復号装置はヘッダに含まれるフラグを参照して二値化方法を切り替えて、ビットストリームを正しく復号できる。

[0639] 三次元データ復号装置は、復号した量子化後の符号化係数を、三次元データ符号化装置で行われた方法と逆の方法で符号なし整数値から符号付き整数値に変換してもよい。これにより符号化係数がエントロピー符号化される場合に、三次元データ復号装置は、負の整数の発生を考慮せずに生成され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、符号化係数を必ずしも符号なし整数値から符号付き整数値に変換する必要はない

。例えば、三次元データ復号装置は、別途エントロピー符号化された符号化ビットを含むビットストリームを復号する場合は、当該符号ビットを復号してもよい。

[0640] 三次元データ復号装置は、符号付き整数値に変換した量子化後の符号化係数を、逆量子化、及び逆H a a r変換によって復号する。また、三次元データ復号装置は、復号後の符号化係数を、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、量子化後の符号化係数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する。次に三次元データ復号装置は、逆量子化値に後述する逆H a a r変換を適用することで復号値を得る。

[0641] 例えば、三次元データ復号装置は、復号された符号なし整数値を以下の方法で符号付き整数値に変換する。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、符号付き整数値 $T a_1 q$ は、 $-(a_{2u} + 1) \gg 1$ に設定される。復号された符号なし整数値 a_{2u} のLSBが1でない場合(0である場合)、符号付き整数値 $T a_1 q$ は、 $(a_{2u} \gg 1)$ に設定される。

[0642] また、 $T a_1$ の逆量子化値は、 $T a_1 q \times Q S_L$ で表される。ここで、 $T a_1 q$ は、 $T a_1$ の量子化値である。また、 $Q S_L$ は階層Lの量子化ステップである。

[0643] また、 $Q S$ は全ての階層、又は一部の階層で同じ値であってもよい。また、三次元データ符号化装置は、 $Q S$ 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、三次元データ符号化装置で用いられた $Q S$ と同じ $Q S$ を用いて、正しく逆量子化を行える。

[0644] 次に、逆H a a r変換について説明する。図78は、逆H a a r変換を説明するための図である。三次元データ復号装置は、逆量子化後の符号化係数に、逆H a a r変換を適用することで三次元点の属性値を復号する。

[0645] まず、三次元データ復号装置は、三次元点の位置情報に基づきモートン符号を生成し、モートン符号順に三次元点をソートする。例えば、三次元デー

タ復号装置は、モートン符号の昇順にソートを行ってよい。なお、ソート順はモートン符号順に限らず、他の順序が用いられてもよい。

[0646] 次に、三次元データ復号装置は、階層 $L + 1$ の低周波成分を含む符号化係数と階層 L の高周波成分を含む符号化係数に逆H a a r変換を適用することで、階層 L においてモートン符号順で隣り合う三次元点の属性情報を復元する。例えば、三次元データ復号装置は、 2×2 行列の逆H a a r変換を用いてもよい。復元された階層 L の属性情報は下位階層 $L - 1$ の入力値として用いられる。

[0647] 三次元データ復号装置は、このような階層処理を繰返し、最下層の属性情報が全て復号されたら処理を終了する。なお、逆H a a r変換適用時に階層 $L - 1$ にて隣り合う2つの三次元点として1つの三次元点のみが存在する場合は、三次元データ復号装置は、存在する1つの三次元点の属性値に階層 L の符号化成分の値を代入してもよい。これにより、三次元データ復号装置は、入力された属性情報の全ての値にH a a r変換を適用し、符号化効率を向上したビットストリームを正しく復号できる。

[0648] 属性情報が N 次元である場合、三次元データ復号装置は、次元毎に独立に逆H a a r変換を適用し、それぞれの符号化係数を復号してもよい。例えば、属性情報が色情報（R G B又はY U V等）である場合、三次元データ復号装置は、成分毎の符号化係数に逆H a a r変換を適用し、それぞれの属性値を復号する。

[0649] 三次元データ復号装置は、階層 $L_{\max}$ 、 $L + 1$ 、 $\dots$ 、階層 L の順に逆H a a r変換を適用してもよい。また、図78に示す w_0 及び w_1 は、各三次元点に割当てられる重みである。例えば、三次元データ復号装置は、逆H a a r変換を適用する隣り合う2つの三次元点間の距離情報等に基づき重みを算出してもよい。例えば、三次元データ符号化装置は、距離が近いほど重みを大きくすることで符号化効率を向上したビットストリームを復号してもよい。

[0650] 図78に示す例では、逆量子化後の符号化係数は、 $T a_1$ 、 $T a_5$ 、 $T b$

1、T b 3、T c 1 及び d 0 であり、復号値として a 0、a 1、a 2、a 3、a 4 及び a 5 が得られる。

[0651] 図 7 9 は、属性情報 (a t t r i b u t e _ _ d a t a) のシンタックス例を示す図である。属性情報 (a t t r i b u t e _ _ d a t a) は、ゼロ連続数 (Z e r o C n t) と、属性次元数 (a t t r i b u t e _ _ d i m e n s i o n) と、符号化係数 (v a l u e [j] [i]) とを含む。

[0652] ゼロ連続数 (Z e r o C n t) は、量子化後の符号化係数において値 0 が連続する回数を示す。なお、三次元データ符号化装置は、Z e r o C n t を二値化したうえで算術符号化してもよい。

[0653] また、図 7 9 に示すように、三次元データ符号化装置は、符号化係数が属する階層 L (l a y e r L) が、予め定められた閾値 T H _ _ l a y e r 以上かどうかを判定し、判定結果によってビットストリームに付加する情報を切り替えてもよい。例えば、三次元データ符号化装置は、判定結果が真であれば属性情報の全ての符号化係数をビットストリームに付加する。また、三次元データ符号化装置は、判定結果が偽であれば一部の符号化係数をビットストリームに付加してもよい。

[0654] 具体的には、三次元データ符号化装置は、判定結果が真であれば、色情報の R G B 又は Y U V の三次元情報の符号化結果をビットストリームに付加する。判定結果が偽であれば、三次元データ符号化装置は、色情報のうち、G 又は Y などの一部の情報をビットストリームに付加し、それ以外の成分をビットストリームに付加しなくてもよい。このように、三次元データ符号化装置は、視覚的に劣化が目立ちにくい高周波成分を示す符号化係数を含む階層 (T H _ _ l a y e r より小さい階層) の符号化係数の一部をビットストリームに付加しないことで、符号化効率を向上できる。

[0655] 属性次元数 (a t t r i b u t e _ _ d i m e n s i o n) は、属性情報の次元数を示す。例えば、属性情報が三次元点の色情報 (R G B 又は Y U V など) である場合、色情報は三次元であるため属性次元数は値 3 に設定される。属性情報が反射率である場合、反射率は一次元であるため属性次元数は値

1に設定される。なお、属性次元数はビットストリームの属性情報のヘッダ等に付加されてもよい。

[0656] 符号化係数 (`value[j][i]`) は、*i* 番目の三次元点の *j* 次元番目の属性情報の量子化後の符号化係数を示す。例えば属性情報が色情報の場合、`value[99][1]` は100番目の三次元点の二次元番目（例えばG値）の符号化係数を示す。また、属性情報が反射率情報の場合、`value[119][0]` は120番目の三次元点の1次元番目（例えば反射率）の符号化係数を示す。

[0657] なお、以下の条件を満たす場合、三次元データ符号化装置は、`value[j][i]` から値1を減算し、得られた値をエントロピー符号化してもよい。この場合、三次元データ復号装置は、エントロピー復号後の `value[j][i]` に値1を加算することで符号化係数を復元する。

[0658] 上記の条件は、(1) `attribute_dimension=1` の場合、又は、(2) `attribute_dimension` が1以上で、かつ全ての次元の値が等しい場合である。例えば、属性情報が反射率の場合は `attribute_dimension=1` であるため、三次元データ符号化装置は符号化係数から値1を減算して `value` を算出し、算出した `value` を符号化する。三次元データ復号装置は復号後の `value` に値1を加算して符号化係数を算出する。

[0659] より具体的には、例えば、反射率の符号化係数が10の場合、三次元データ符号化装置は、符号化係数の値10から値1を減算した値9を符号化する。三次元データ復号装置は、復号した値9に値1を加算して符号化係数の値10を算出する。

[0660] また、属性情報が色の場合は `attribute_dimension=3` であるため、三次元データ符号化装置は、例えば、R、G、Bの各成分の量子化後の符号化係数が同じ場合は、各符号化係数から値1を減算し、得られた値を符号化する。三次元データ復号装置は、復号後の値に値1を加算する。より具体的には、例えば、R、G、Bの符号化係数=(1、1、1)の

場合は、三次元データ符号化装置は、(0、0、0)を符号化する。三次元データ復号装置は、(0、0、0)の各成分に1を加算して(1、1、1)を算出する。また、R、G、Bの符号化係数=(2、1、2)の場合は、三次元データ符号化装置は、(2、1、2)をそのまま符号化する。三次元データ復号装置は、復号した(2、1、2)をそのまま符号化係数として用いる。

[0661] このように、ZeroCntを設けることで、valueとして全ての次元が0であるパターンは生成されないので、valueの値から1を減じた値を符号化できる。よって、符号化効率を向上できる。

[0662] また、図79に示すvalue[0][i]は、i番目の三次元点の一次元番目の属性情報の量子化後の符号化係数を示す。図79に示すように符号化係数の属する階層L(layerL)が閾値TH_layerより小さければ、一次元番目の属性情報をビットストリームに付加する(二次元番目以降の属性情報をビットストリーム付加しない)ことで符号量を削減してもよい。

[0663] 三次元データ符号化装置は、attribute_dimensionの値によってZeroCntの値の算出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、attribute_dimension=3の場合は、全ての成分(次元)の符号化係数の値が0となる回数をカウントしてもよい。図80は、この場合の符号化係数とZeroCntの例を示す図である。例えば、図80に示す色情報の場合、三次元データ符号化装置は、R、G、B成分が全て0である符号化係数が連続する数をカウントし、カウントした数をZeroCntとしてビットストリームに付加する。これにより、成分毎にZeroCntを符号化する必要がなくなり、オーバーヘッドを削減できる。よって、符号化効率を改善できる。なお、三次元データ符号化装置は、attribute_dimensionが2以上の場合でも次元毎にZeroCntを算出し、算出したZeroCntをビットストリームに付加してもよい。

[0664] 図81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（S6601）。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。

[0665] 次に、三次元データ符号化装置は、属性情報を変換する（S6602）。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。

[0666] 次に、三次元データ符号化装置は、属性情報を符号化する（S6603）。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。

[0667] 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。

[0668] 図82は、属性情報符号化処理（S6603）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、H a a r変換により属性情報から符号化係数を生成する（S6611）。次に、三次元データ符号化装置は、符号化係数に量子化を適用する（S6612）。次に、三次元データ符号化装置は、量子化後の符号化係数を符号化することで符号化属性情報（ビットストリーム）を生成する（S6613）。

[0669] また、三次元データ符号化装置は、量子化後の符号化係数に逆量子化を適用する（S6614）。次に、三次元データ復号装置は、逆量子化後の符号化係数に逆H a a r変換を適用することで属性情報を復号する（S6615）。例えば、復号された属性情報は、後続の符号化において参照される。

[0670] 図83は、符号化係数符号化処理（S6613）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、符号化係数を符号付き整数値から符号なし整数値に変換する（S6621）。例えば、三次元データ符号化装置は、符号付き整数値を下記のように符号なし整数値に変換する。符号付き整数値T a 1 qが0より小さい場合、符号なし整数値は、 $-1 - (2 \times T a 1 q)$ に設定される。符号付き整数値T a 1 qが0以上である場合、符号なし整数値は、 $2 \times T a 1 q$ に設定される。なお、符号化係数が負の値にならない場合には、三次元データ符号化装置は、符号化係数をそのまま符号なし整数値として符号化してもよい。

[0671] 全ての符号化係数を処理済みでない場合（S6622でN o）、三次元データ符号化装置は、処理対象の符号化係数の値がゼロであるかを判定する（S6623）。処理対象の符号化係数の値がゼロである場合（S6623でY e s）、三次元データ符号化装置は、Z e r o C n tを1インクリメントし（S6624）、ステップS6622に戻る。

[0672] 処理対象の符号化係数の値がゼロでない場合（S6623でN o）、三次

元データ符号化装置は、ZeroCntを符号化し、ZeroCntを0にリセットする（S6625）。また、三次元データ符号化装置は、処理対象の符号化係数を算術符号化し（S6626）、ステップS6622に戻る。例えば、三次元データ符号化装置は、二値算術符号化を行う。また、三次元データ符号化装置は、符号化係数から値1を減算し、得られた値を符号化してもよい。

[0673] また、ステップS6623～S6626の処理が符号化係数毎に繰り返される。また、全ての符号化係数を処理済みである場合（S6622でYes）、三次元データ符号化装置は、処理を終了する。

[0674] 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（S6631）。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。

[0675] 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（S6632）。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。

[0676] 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。

[0677] 図85は、属性情報復号処理（S6632）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符号化係数を復号する（S6641）。次に、三次元データ復号装置は、符号化係数に逆量子化を適用する（S6642）。次に、三次元データ復号装置は、逆量子化後の符号化係数に逆H a a r変換を適用することで属性情報を復号する（S6643）。

[0678] （実施の形態11）

三次元データ符号化装置は、符号化対象の点群データに含まれる三次元点の属性情報をR A H T（R e g i o n A d a p t i v e H i e r a r c h i c a l T r a n s f o r m）を用いて符号化する場合、入力された三次元点の個数が1の場合、R A H Tの処理を適用せずに当該属性情報を符号化してもよい。

[0679] 図86は、本実施の形態に係る三次元データ符号化方法のフローチャートである。

[0680] 三次元データ符号化装置は、入力された三次元点の個数が1より多いか否かを判定する（S7801）。なお、入力された三次元点とは、符号化対象の点群データに含まれる三次元点である。ここで、符号化対象の点群データに含まれる三次元点とは、符号化処理単位において符号化される三次元点である。符号化処理単位とは、例えば、スライス単位、タイル単位などである。

[0681] 三次元データ符号化装置は、入力された三次元点の個数が1より多い場合（S7801でY e s）、複数の三次元点について図87に示すようなR A H Tの階層構造を生成し、実施の形態10において図74などを用いて説明したように、符号化係数を算出する（S7802）。具体的には、三次元データ符号化装置は、入力される複数の三次元点の複数の属性情報 a_0 、 a_1

, a_2 , a_3 , a_4 , a_5 のうちでモートンコード（モートン符号）順で隣り合う2つの属性情報に対してH a a r変換を適用して上位階層の属性情報を順次生成することを繰り返すことで、H a a r変換後の符号化係数 $T a_1$, $T a_5$, $T b_1$, $T b_3$, $T c_1$, d_0 を算出する。そして、三次元データ符号化装置は、算出した符号化係数を含むビットストリームを生成する。

[0682] 一方で、三次元データ符号化装置は、入力された三次元点の個数が1個の場合（S 7 8 0 1でN o）、R A H Tの階層構造を生成する処理をスキップし、三次元点の属性情報の値を符号化係数として量子化し、二値算術符号化を適用して符号化する（S 7 8 0 3）。三次元データ符号化装置は、例えば、1個の三次元点の属性情報 a_0 を、符号化係数として含むビットストリームを生成する。

[0683] これにより、三次元データ符号化装置は、入力された三次元点の個数が1個の場合でも、正しく三次元点を符号化することができる。

[0684] なお、三次元データ符号化装置は、三次元点の属性情報をR A H Tの階層構造を用いて符号化するか否かを示す情報E n a b l e R A H T = 1をビットストリームのヘッダに付加するなどしてビットストリームに含めてもよい。これにより、三次元データ復号装置は、ヘッダのE n a b l e R A H Tを復号することで、R A H Tを用いて復号すべきか否かを判断でき、ビットストリームを正しく復号できる。なお、E n a b l e R A H T = 0の場合は、符号化対象の点群データに含まれる三次元点の属性情報をL o Dの階層構造を生成し、符号化対象の三次元点の属性情報を予測する方法で符号化または復号するとしてもよい。

[0685] なお、三次元データ符号化装置は、属性情報がN次元であれば、次元毎に独立にH a a r変換を適用し、次元毎の符号化係数を算出してもよい。三次元データ符号化装置は、例えば、属性情報が色情報（R G BまたはY U V等）であれば、色情報の成分毎にH a a r変換を適用し、成分毎の符号化係数を算出してもよい。

[0686] 三次元データ符号化装置は、階層L, L + 1, . . . , 階層L m a xの順

にH a a r変換を適用しても構わない。これにより、階層L m a xに近づくほど入力された属性情報の低周波成分を多く含む符号化係数が生成される。

[0687] 三次元データ復号装置は、R A H Tを用いて符号化したビットストリームを復号する場合、逆量子化後の符号化係数について、逆H a a r変換を適用することで三次元点の属性情報を復元する。この場合、三次元データ復号装置は、ビットストリームから取得された復号対象の三次元点の個数が1個の場合、R A H Tの逆H a a r変換処理を適用せずに復号対象の三次元点の属性情報を復号してもよい。

[0688] 図88は、本実施の形態に係る三次元データ復号装置のフローチャートである。

[0689] 三次元データ復号装置は、ビットストリームから1以上の三次元点および符号化係数を取得する(S7811)。

[0690] 三次元データ復号装置は、ビットストリームから取得された復号対象の三次元点の個数が1より多いか否かを判定する(S7812)。なお、復号対象の三次元点の個数とは、復号処理単位において復号される三次元点の数である。復号処理単位とは、例えば、スライス単位、タイル単位などである。

[0691] 三次元データ復号装置は、ビットストリームから取得された復号対象の三次元点の個数が1より多い場合(S7812でY e s)、複数の三次元点について図89に示すようなR A H Tの階層構造を生成し、実施の形態10において図78などを用いて説明したように、属性情報を復元する(S7813)。具体的には、三次元データ復号装置は、逆量子化後の符号化係数T a 1, T a 5, T b 1, T b 3, T c 1, d 0を取得し、生成したR A H Tの階層構造を用いて符号化係数T a 1, T a 5, T b 1, T b 3, T c 1, d 0に対して逆H a a r変換を適用することで複数の三次元点の複数の属性情報a 0, a 1, a 2, a 3, a 4, a 5を復元する。

[0692] 一方で、三次元データ復号装置は、ビットストリームから取得された復号対象の三次元点の個数が1個の場合(S7812でN o)、R A H Tの階層構造を生成する処理をスキップし、逆量子化後の符号化係数を、三次元点の

属性情報の値として復元する（S 7 8 1 4）。三次元データ復号装置は、例えば、ビットストリームに含まれる符号化係数を、属性情報 a 0 として復元する。

[0693] これにより、三次元データ復号装置は、復号対象の三次元点の個数が 1 個の場合でも、正しく三次元点を復号することができる。

[0694] なお、三次元データ復号装置は、属性情報が N 次元であれば、次元毎に独立に逆 H a a r 変換を適用し、次元毎の符号化係数を復号してもよい。三次元データ復号装置は、例えば、属性情報が色情報（R G B または Y U V 等）であれば、色情報の成分毎の符号化係数に逆 H a a r 変換を適用し、成分毎の属性値を復号してもよい。

[0695] 図 9 0 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（g e o m e t r y）を符号化する（S 7 8 2 1）。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。

[0696] 次に、三次元データ符号化装置は、属性情報を変換する（S 7 8 2 2）。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。

[0697] 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 7 8 2 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。

[0698] 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。

[0699] 図91は、属性情報符号化処理（S7823）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、H a a r変換により属性情報から符号化係数を生成する（S7831）。三次元データ符号化装置は、ステップS7831において、具体的には、図86を用いて説明したステップS7801～S7803の一連の処理を行う。次に、三次元データ符号化装置は、符号化係数に量子化を適用する（S7832）。次に、三次元データ符号化装置は、量子化後の符号化係数を符号化することで符号化属性情報（ビットストリーム）を生成する（S7833）。

[0700] また、三次元データ符号化装置は、量子化後の符号化係数に逆量子化を適用する（S7834）。次に、三次元データ復号装置は、逆量子化後の符号化係数に逆H a a r変換を適用することで属性情報を復号する（S7835）。例えば、復号された属性情報は、後続の符号化において参照される。

[0701] 図92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（g e o m e t r y）を復号する（S7841）。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。

[0702] 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（S 7 8 4 2）。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。

[0703] 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。

[0704] 図93は、属性情報復号処理（S 7 8 4 2）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符号化係数を復号する（S 7 8 5 1）。次に、三次元データ復号装置は、符号化係数に逆量子化を適用する（S 7 8 5 2）。次に、三次元データ復号装置は、逆量子化後の符号化係数に逆H a a r変換を適用することで属性情報を復号する（S 7 8 5 3）。三次元データ復号装置は、ステップS 7 8 5 3において、具体的には、図88を用いて説明したステップS 7 8 1 1～S 7 8 1 4の一連の処理を行う。

[0705] 図94は、三次元データ符号化装置に含まれる属性情報符号化部7800

のブロック図である。属性情報符号化部 7800 は、ソート部 7801 と、H a a r 変換部 7802 と、量子化部 7803 と、逆量子化部 7804 と、逆 H a a r 変換部 7805 と、メモリ 7806 と、算術符号化部 7807 とを備える。

[0706] ソート部 7801 は、三次元点の位置情報を用いてモートン符号を生成し、複数の三次元点をモートン符号順にソートする。H a a r 変換部 7802 は、属性情報に H a a r 変換を適用することで符号化係数を生成する。H a a r 変換部 7802 は、具体的には、図 86 を用いて説明したステップ S 7801 ~ S 7803 の一連の処理を行う。量子化部 7803 は、属性情報の符号化係数を量子化する。

[0707] 逆量子化部 7804 は、量子化後の符号化係数を逆量子化する。逆 H a a r 変換部 7805 は、符号化係数に逆 H a a r 変換を適用する。逆 H a a r 変換部 7805 は、具体的には、図 88 を用いて説明したステップ S 7811 ~ S 7814 の一連の処理と同様の処理を行う。メモリ 7806 は、復号済みの複数の三次元点の属性情報の値を記憶する。例えば、メモリ 7806 に記憶される復号済みの三次元点の属性情報は、符号化されていない三次元点の予測等に利用されてもよい。

[0708] 算術符号化部 7807 は、量子化後の符号化係数から Z e r o C n t を算出し、Z e r o C n t を算術符号化する。また、算術符号化部 7807 は、量子化後の非ゼロの符号化係数を算術符号化する。算術符号化部 7807 は、符号化係数を算術符号化前に二値化してもよい。また、算術符号化部 7807 は、各種ヘッダ情報を生成及び符号化してもよい。

[0709] 図 95 は、三次元データ復号装置に含まれる属性情報復号部 7810 のブロック図である。属性情報復号部 7810 は、算術復号部 7811 と、逆量子化部 7812 と、逆 H a a r 変換部 7813 と、メモリ 7814 とを備える。

[0710] 算術復号部 7811 は、ビットストリームに含まれる Z e r o C n t と符号化係数を算術復号する。なお、算術復号部 7811 は、各種ヘッダ情報を

復号してもよい。

[0711] 逆量子化部 7812 は、算術復号した符号化係数を逆量子化する。逆 Haar 変換部 7813 は、逆量子化後の符号化係数に逆 Haar 変換を適用する。逆 Haar 変換部 7813 は、具体的には、図 88 を用いて説明したステップ S7811 ~ S7814 の一連の処理を行う。メモリ 7814 は、復号済みの複数の三次元点の属性情報の値を記憶する。例えば、メモリ 7814 に記憶される復号済みの三次元点の属性情報は、復号されていない三次元点の予測に利用されてもよい。

[0712] なお、上記実施の形態では、符号化順として下位層から上位層の順に三次元点を符号化する例を示したが、必ずしもこれに限らない。例えば、Haar 変換後の符号化係数を上位層から下位層の順にスキャンする方法が用いられてもよい。なお、この場合も、三次元データ符号化装置は、値 0 の連続回数を ZeroCnt として符号化してもよい。

[0713] また、三次元データ符号化装置は、本実施の形態で述べた ZeroCnt を用いた符号化方法を用いるか否かを、WLD、SPC 又はボリューム単位で切替えてもよい。この場合、三次元データ符号化装置は、ZeroCnt を用いた符号化方法を適用したか否かを示す情報をヘッダ情報に付加してもよい。これにより、三次元データ復号装置は、適切に復号を行える。切替え方法の例として、例えば、三次元データ符号化装置は、1 個のボリュームに対して値 0 の符号化係数の発生回数をカウントする。三次元データ符号化装置は、カウント値が予め定められた閾値を越えた場合は、次のボリュームに ZeroCnt を用いた方法を適用し、カウント値が閾値以下の場合、次のボリュームに ZeroCnt を用いた方法を適用しない。これにより、三次元データ符号化装置は、符号化対象の三次元点の特徴に応じて適切に ZeroCnt を用いた符号化方法を適用するか否かを切り替えることができるので、符号化効率を向上できる。

[0714] 本実施の形態に係る三次元データ符号化装置または三次元データ復号装置は、入力された三次元点、または、復号する三次元点が 1 個の場合に、RA

H T の処理をスキップする例を示したが、必ずしもこれに限らない。三次元データ符号化装置または三次元データ復号装置は、例えば、閾値 α (α は、1 以上の整数) を定義し、入力された三次元点、または、復号する三次元点が α 個より多い場合、R A H T の処理を実行して符号化係数を算出し、入力された三次元点、または、復号する三次元点が α 個以下である場合、R A H T の処理をスキップしてもよい。閾値 α は、所定の数の一例である。これにより、符号化対象の三次元点の個数が閾値 α 以下の場合、R A H T の処理をスキップして符号化、もしくは復号処理を行うことで、処理時間を削減しつつ、 α 個以下の三次元点を適切に符号化または復号することができる。なお、閾値 α は、ヘッダ等に付加しても構わないし、規格の `profile` や `level` 等で値が規定されても構わない。

[0715] 本実施の形態に係る三次元データ符号化装置または三次元データ復号装置は、入力された三次元点、または、復号する三次元点が 1 個の場合に、R A H T の処理をスキップする例を示したが、必ずしもこれに限らない。三次元データ符号化装置または三次元データ復号装置は、例えば、入力された三次元点、または、復号する三次元点が 1 個の場合に、R A H T で符号化もしくは復号することを禁止してもよい。三次元データ符号化装置または三次元データ復号装置は、具体的には、入力された三次元点、または、復号する三次元点が 1 個の場合は、`EnableRAHT` の値を 0 に制限することで、R A H T で符号化、もしくは復号することを禁止してもよい。これにより、三次元データ符号化装置または三次元データ復号装置は、1 個の三次元点を適切に符号化、または復号することができる。

[0716] なお、R A H T を適用して三次元点の属性情報を符号化するか否かを切り替えるために用いる情報である `EnableRAHT` は、W L D、S P C、ボリューム単位などの処理単位で処理の切り替えが行われるように、処理単位毎のヘッダに付加されても構わない。また、`EnableRAHT` は、スライス単位で付加されても構わない。例えば、`EnableRAHT` がスライスヘッダに付加されており、スライス内の三次元点の個数が一定数以下、

例えば1個の場合、 $EnableRAHT=0$ としてスライス内の三次元点を符号化し、スライス内の三次元点の個数が一定数より多い場合、例えば、2個以上の場合、 $EnableRAHT=1$ としてスライス内の三次元点を符号化してもよい。これにより、スライス内の三次元点の個数に応じて、RAHTを適用するか否かを切り替えながら適切に三次元点を符号化することができる。

[0717] なお、スライス内の三次元点の個数に応じてRAHTを適用するか否かを切替える例を示したが、必ずしもこれに限らず、例えば、スライス内の三次元点が密点群か疎点群かに応じて、RAHTを適用するか否かを切替えてもよい。ここで、密点群とは、点群内に含まれる三次元点間の距離が比較的近く（つまり、所定の距離よりも小さく）、また、比較的等間隔に配置されているような点群であることを表してもよい。また、疎点群とは、点群内に含まれる三次元点間の距離が比較的遠く（つまり、所定の距離より大きく）、また、各点群間の距離がランダムに配置されているような点群を表してもよい。三次元データ符号化装置は、切替方法の具体的な例として、例えば、スライス内の三次元点が密点群である場合、 $EnableRAHT=0$ 、 $EnableUniformLOD=0$ にすることで、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、入力された三次元点間の距離情報を算出してLOD階層を生成して属性情報を符号化し、そうでない場合、例えば、疎点群である場合、 $EnableRAHT=1$ にすることでRAHTを適用して属性情報を符号化してもよい。このように、三次元データ符号化装置は、入力された三次元点、または、スライス内の三次元点が密点群かどうかに応じて属性情報の符号化方法を切替えることで、符号化効率を改善できる。

[0718] 本実施の形態に係る三次元データ符号化装置は、入力された三次元点の個数が1個の場合、RAHTのHaar変換処理をスキップし、三次元点の属性値の値を符号化係数として生成する例を示したが、必ずしもRAHTの場合に限らず、例えばLODを生成して予測値を算出する方法に適用しても構

わない。具体的には、三次元データ符号化装置は、入力された三次元点の個数が1個の場合、L o Dを生成して予測値を算出する処理をスキップし、三次元点の属性値の値を符号化係数として量子化し、二値算術符号化を適用して符号化してもよい。これにより、入力された三次元点の個数が1個の場合に、処理量を削減しつつ、正しく三次元点を符号化することができる。また、三次元データ復号装置も同様に、復号する三次元点の個数が1個の場合、L o Dを生成して予測値を算出する処理をスキップし、逆量子化後の符号化係数を、三次元点の属性値の値として復号してもよい。これにより、復号する三次元点の個数が1個の場合に、処理量を削減しつつ、正しく三次元点を復号することができる。

[0719] 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96に示す処理を行う。三次元データ符号化装置は、符号化対象の点群データに含まれる三次元点が所定の数 α (α は、1以上の整数)よりも多い n 個 (n は、2以上の整数)である場合 (S7861でYes)、前記 n 個の三次元点の複数の属性情報の各々を高周波成分と低周波成分とに分けて階層化した階層構造を生成することで、符号化係数を算出する (S7862)。三次元データ符号化装置は、算出した前記符号化係数を含むビットストリームを生成する (S7863)。三次元データ符号化装置は、前記点群データに含まれる三次元点が前記所定の数 α 以下の m 個 (m は、1以上の整数)である場合 (S7861でNo)、前記階層構造を生成せずに前記 m 個の三次元点の属性情報に基づいてビットストリームを生成する (S7864)。

[0720] これによれば、三次元点が所定の数以下の m 個である場合、階層構造を生成せずに m 個の三次元点の属性情報に基づいてビットストリームを生成するため、三次元点を適切に符号化することができる。

[0721] 例えば、前記点群データに含まれる三次元点が前記 m 個である場合、前記生成では、前記 m 個の三次元点の属性情報を、符号化係数として含む前記ビットストリームを生成する。

[0722] 例えば、前記所定の数、1であり、前記 n は、2以上の整数であり、前

記 m は、1である。

[0723] 例えば、前記階層構造は、RAHT (Region Adaptive Hierarchical Transform) の階層構造である。

[0724] 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。

[0725] また、本実施の形態に係る三次元データ復号装置は、図97に示す処理を行う。三次元データ復号装置は、ビットストリームから点群データに含まれる1以上の三次元点および符号化係数を取得する(S7871)。三次元データ復号装置は、取得した前記1以上の三次元点が所定の数 α (α は、1以上の整数) よりも多い n 個 (n は、2以上の整数) である場合(S7872でYes)、前記 n 個の三次元点の n 個の属性情報の各々を高周波成分と低周波成分とに分けて階層化した階層構造を生成し、前記階層構造および前記符号化係数を用いて前記 n 個の属性情報を復元する(S7873)。三次元データ復号装置は、前記点群データに含まれる三次元点が前記所定の数以下の m 個 (m は、1以上の整数) である場合(S7872でNo)、前記階層構造を生成せずに前記符号化係数を用いて前記 m 個の三次元点の属性情報を復元する(S7874)。

[0726] これによれば、三次元点が所定の数以下の m 個である場合、階層構造を生成せずに符号化係数を用いて m 個の三次元点の属性情報を復元するため、三次元点を適切に復号することができる。

[0727] 例えば、前記点群データに含まれる三次元点が前記 m 個である場合、前記生成では、前記 m 個の三次元点の属性情報を、符号化係数として含む前記ビットストリームを生成する。

[0728] 例えば、前記所定の数、1であり、前記 n は、2以上の整数であり、前記 m は、1である。

[0729] 例えば、前記階層構造は、RAHT (Region Adaptive Hierarchical Transform) の階層構造である。

[0730] 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。

[0731] 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。

[0732] 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。

[0733] 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。

[0734] 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。

[0735] 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。

[0736] 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の分割したり、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。

[0737] 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。

[0738] 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

[0739] 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

[0740] 100、400 三次元データ符号化装置
101、201、401、501 取得部
102、402 符号化領域決定部
103 分割部
104、644 符号化部
111 三次元データ
112、211、413、414、511、634 符号化三次元データ
200、500 三次元データ復号装置
202 復号開始GOS決定部
203 復号SPC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

- 4 1 1 入力三次元データ
- 4 1 2 抽出三次元データ
- 5 0 2 ヘッダ解析部
- 5 0 3 W L D 復号部
- 5 0 4 S W L D 復号部
- 6 2 0、6 2 0 A 三次元データ作成装置
- 6 2 1、6 4 1 三次元データ作成部
- 6 2 2 要求範囲決定部
- 6 2 3 探索部
- 6 2 4、6 4 2 受信部
- 6 2 6 合成部
- 6 3 1、6 5 1 センサ情報
- 6 3 2 第 1 三次元データ
- 6 3 3 要求範囲情報
- 6 3 5 第 2 三次元データ
- 6 3 6 第 3 三次元データ
- 6 4 0 三次元データ送信装置
- 6 4 3 抽出部
- 6 4 5 送信部
- 6 5 2 第 5 三次元データ
- 6 5 4 第 6 三次元データ
- 7 0 0 三次元情報処理装置
- 7 0 1 三次元マップ取得部
- 7 0 2 自車検知データ取得部
- 7 0 3 異常ケース判定部
- 7 0 4 対処動作決定部
- 7 0 5 動作制御部
- 7 1 1 三次元マップ

7 1 2 自車検知三次元データ
8 1 0 三次元データ作成装置
8 1 1 データ受信部
8 1 2、8 1 9 通信部
8 1 3 受信制御部
8 1 4、8 2 1 フォーマット変換部
8 1 5 センサ
8 1 6 三次元データ作成部
8 1 7 三次元データ合成部
8 1 8 三次元データ蓄積部
8 2 0 送信制御部
8 2 2 データ送信部
8 3 1、8 3 2、8 3 4、8 3 5、8 3 6、8 3 7 三次元データ
8 3 3 センサ情報
9 0 1 サーバ
9 0 2、9 0 2 A、9 0 2 B、9 0 2 C クライアント装置
1 0 1 1、1 1 1 1 データ受信部
1 0 1 2、1 0 2 0、1 1 1 2、1 1 2 0 通信部
1 0 1 3、1 1 1 3 受信制御部
1 0 1 4、1 0 1 9、1 1 1 4、1 1 1 9 フォーマット変換部
1 0 1 5 センサ
1 0 1 6、1 1 1 6 三次元データ作成部
1 0 1 7 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 8 0 0 属性情報符号化部
7 8 0 1 ソート部
7 8 0 2 H a a r 変換部
7 8 0 3 量子化部
7 8 0 4 逆量子化部
7 8 0 5 逆H a a r 変換部
7 8 0 6 メモリ
7 8 0 7 算術符号化部
7 8 1 0 属性情報復号部
7 8 1 1 算術復号部
7 8 1 2 逆量子化部
7 8 1 3 逆H a a r 変換部
7 8 1 4 メモリ

請求の範囲

[請求項1] 符号化対象の点群データに含まれる三次元点が所定の数よりも多い n 個 (n は、2 以上の整数) である場合、

前記 n 個の三次元点の複数の属性情報の各々を高周波成分と低周波成分とに分けて階層化した階層構造を生成することで、符号化係数を算出し、

算出した前記符号化係数を含むビットストリームを生成し、

前記点群データに含まれる三次元点が前記所定の数以下の m 個 (m は、1 以上の整数) である場合、

前記階層構造を生成せずに前記 m 個の三次元点の属性情報に基づいてビットストリームを生成する

三次元データ符号化方法。

[請求項2] 前記点群データに含まれる三次元点が前記 m 個である場合、

前記生成では、前記 m 個の三次元点の属性情報を、符号化係数として含む前記ビットストリームを生成する

請求項 1 に記載の三次元データ符号化方法。

[請求項3] 前記所定の数は、1 であり、

前記 n は、2 以上の整数であり、

前記 m は、1 である

請求項 1 または 2 に記載の三次元データ符号化方法。

[請求項4] 前記階層構造は、RAHT (Region Adaptive Hierarchical Transform) の階層構造である

請求項 1 から 3 のいずれか 1 項に記載の三次元データ符号化方法。

[請求項5] ビットストリームから点群データに含まれる 1 以上の三次元点および符号化係数を取得し、

取得した前記 1 以上の三次元点が所定の数よりも多い n 個 (n は、2 以上の整数) である場合、

前記 n 個の三次元点の n 個の属性情報の各々を高周波成分と低周

波成分とに分けて階層化した階層構造を生成し、

前記階層構造および前記符号化係数を用いて前記 n 個の属性情報を復元し、

前記点群データに含まれる三次元点が前記所定の数以下の m 個 (m は、1 以上の整数) である場合、

前記階層構造を生成せずに前記符号化係数を用いて前記 m 個の三次元点の属性情報を復元する

三次元データ復号方法。

[請求項6] 前記点群データに含まれる三次元点が前記 m 個である場合、

前記復元では、前記符号化係数を、前記 m 個の三次元点の属性情報として復元する

請求項 5 に記載の三次元データ復号方法。

[請求項7] 前記所定数は、1 であり、

前記 n は、2 以上の整数であり、

前記 m は、1 である

請求項 5 または 6 に記載の三次元データ復号方法。

[請求項8] 前記階層構造は、RAHT (Region Adaptive Hierarchical Transform) の階層構造である

請求項 5 から 7 のいずれか 1 項に記載の三次元データ復号方法。

[請求項9] 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、

符号化対象の点群データに含まれる三次元点が所定の数よりも多い n 個 (n は、2 以上の整数) である場合、

前記 n 個の三次元点の複数の属性情報の各々を高周波成分と低周波成分とに分けて階層化した階層構造を生成することで、符号化係数を算出し、

算出された前記符号化係数を含むビットストリームを生成し、
前記点群データに含まれる三次元点が前記所定の数以下の m 個（ m は、1以上の整数）である場合、

前記階層構造を生成せずに前記 m 個の三次元点の属性情報に基づいてビットストリームを生成する

三次元データ符号化装置。

[請求項10]

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、

前記プロセッサは、前記メモリを用いて、

ビットストリームから点群データに含まれる1以上の三次元点および符号化係数を取得し、

取得した前記1以上の三次元点が所定の数よりも多い n 個（ n は、2以上の整数）である場合、

前記 n 個の三次元点の n 個の属性情報の各々を高周波成分と低周波成分とに分けて階層化した階層構造を生成し、

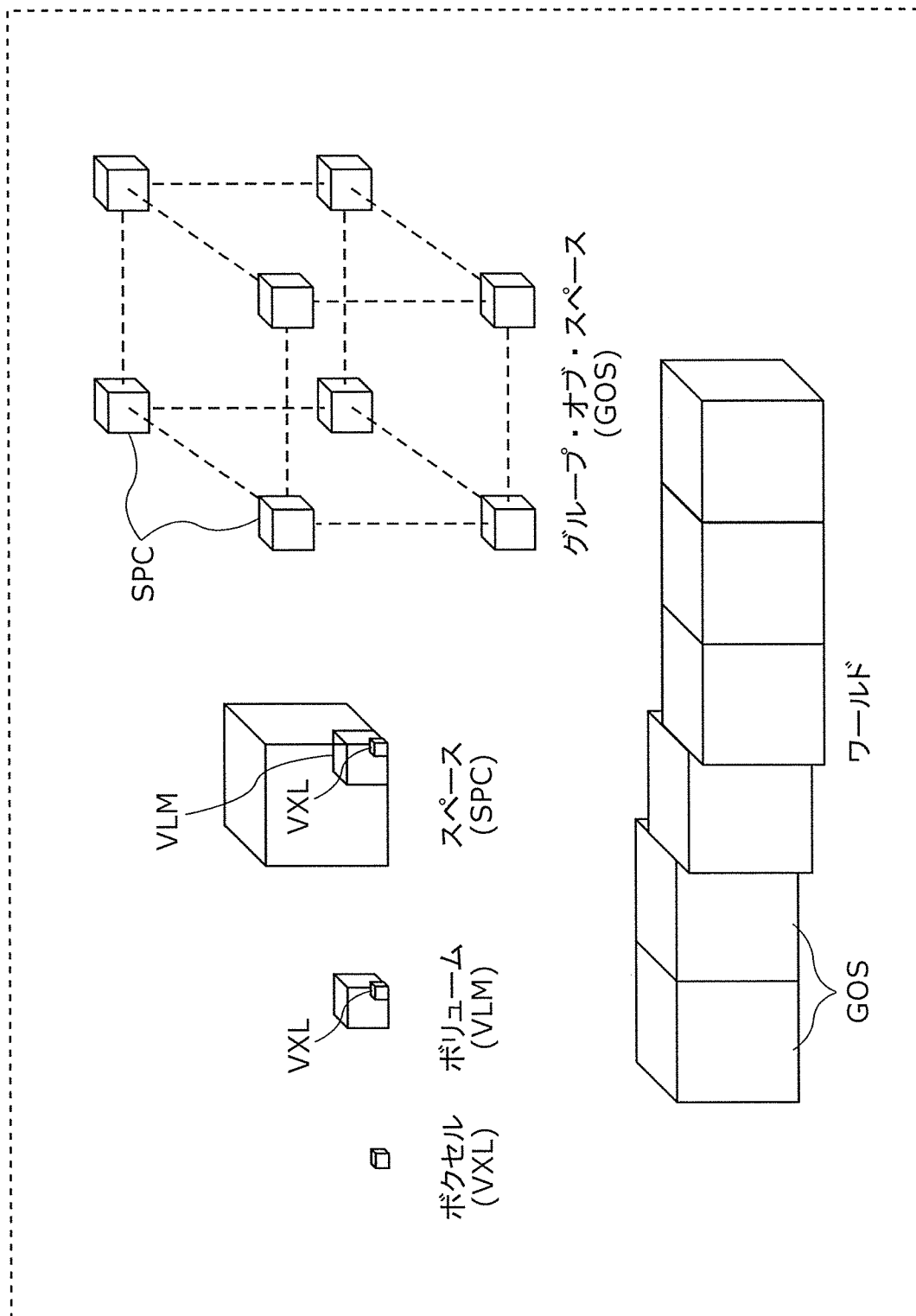
前記階層構造および前記符号化係数を用いて前記 n 個の属性情報を復元し、

前記点群データに含まれる三次元点が前記所定の数以下の m 個（ m は、1以上の整数）である場合、

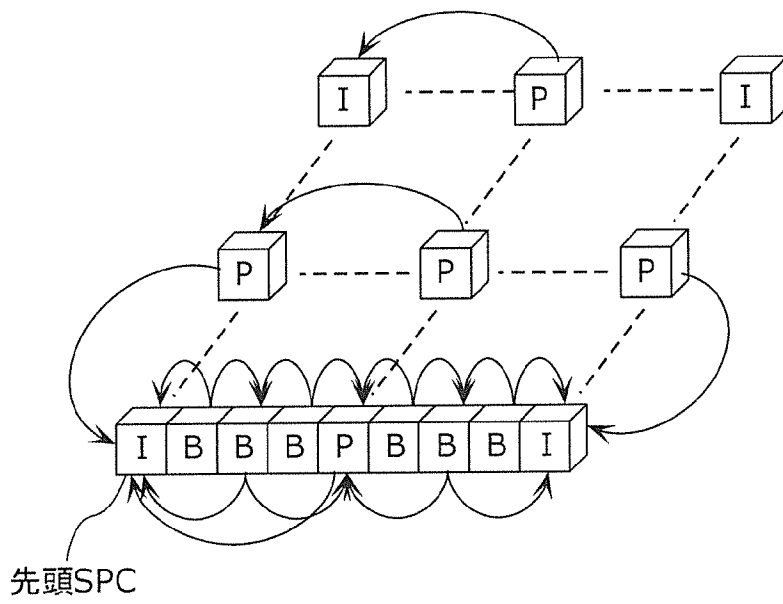
前記階層構造を生成せずに前記符号化係数を用いて前記 m 個の三次元点の属性情報を復元する

三次元データ復号装置。

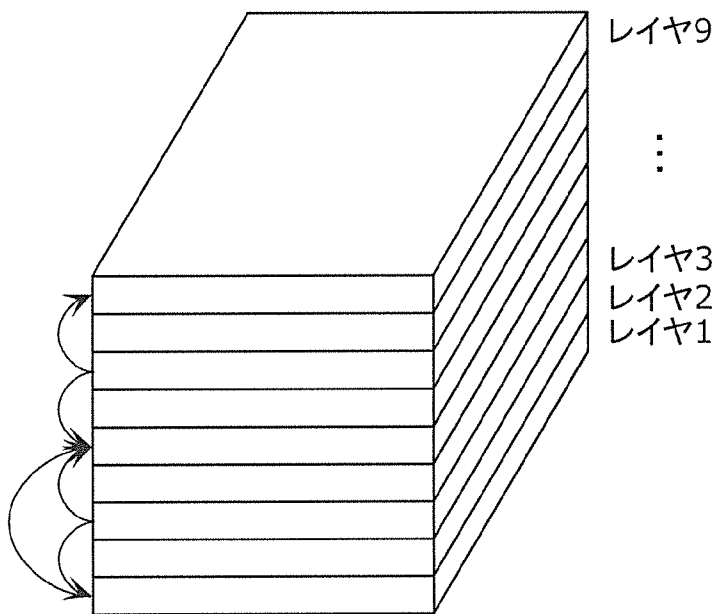
[図1]



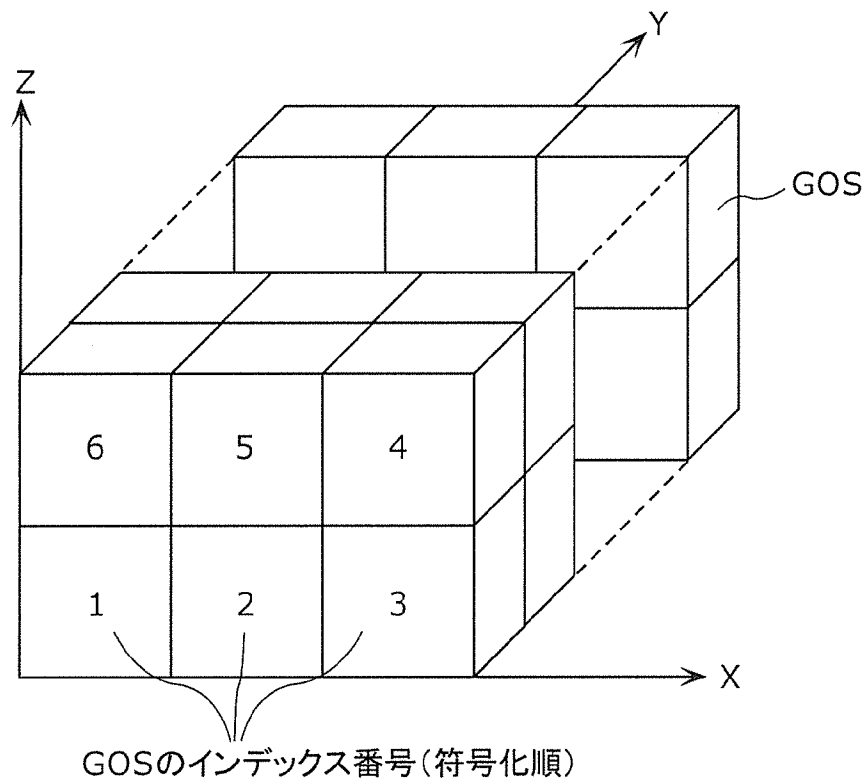
[図2]



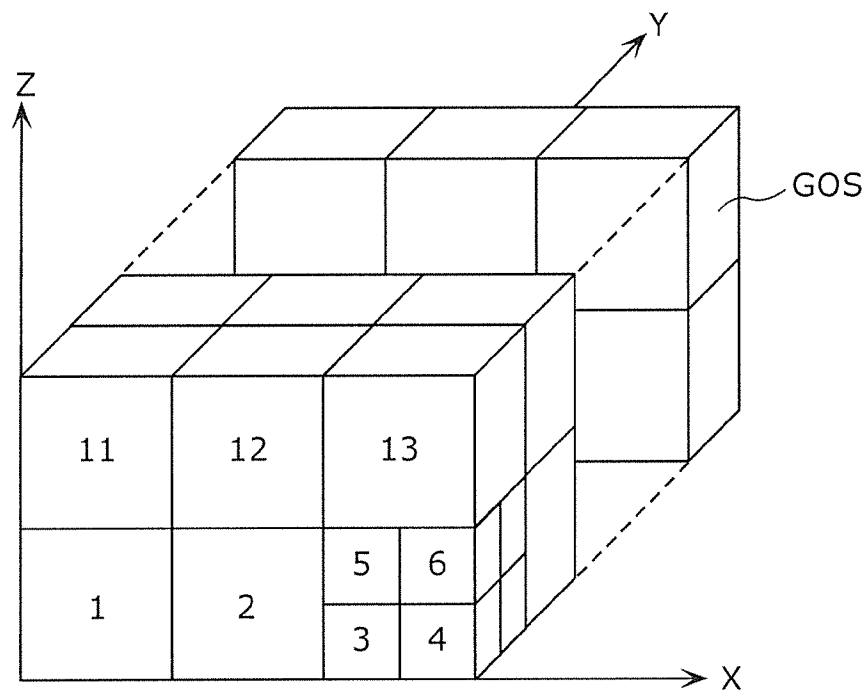
[図3]



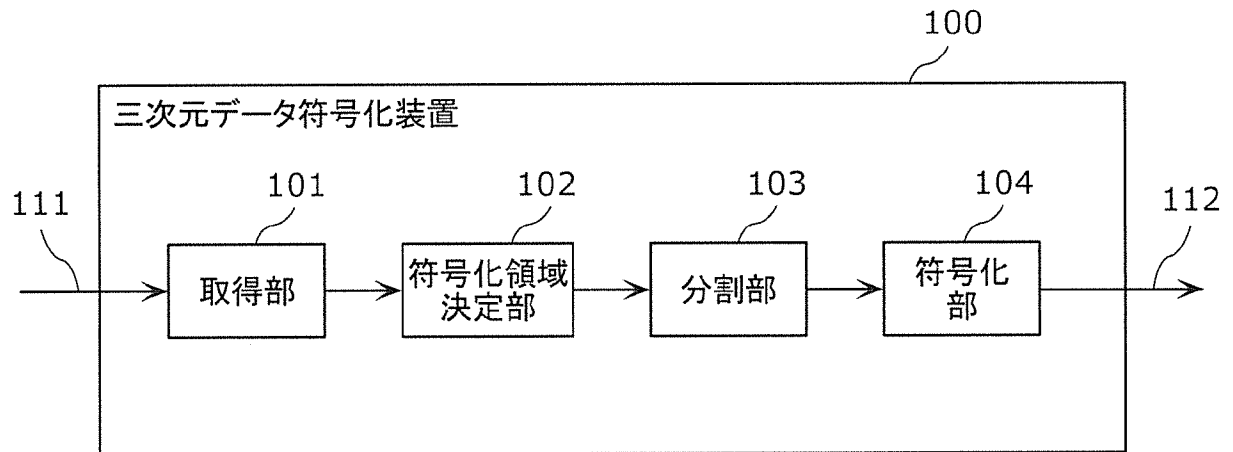
[図4]



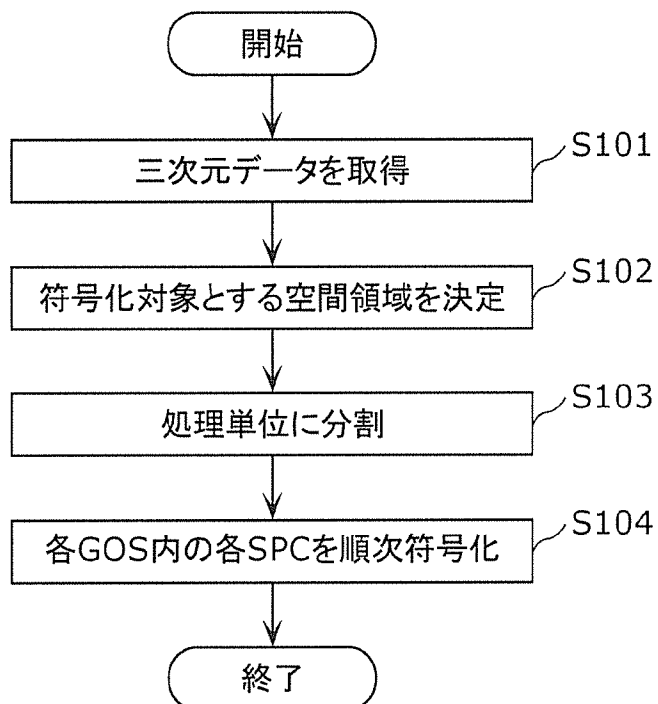
[図5]



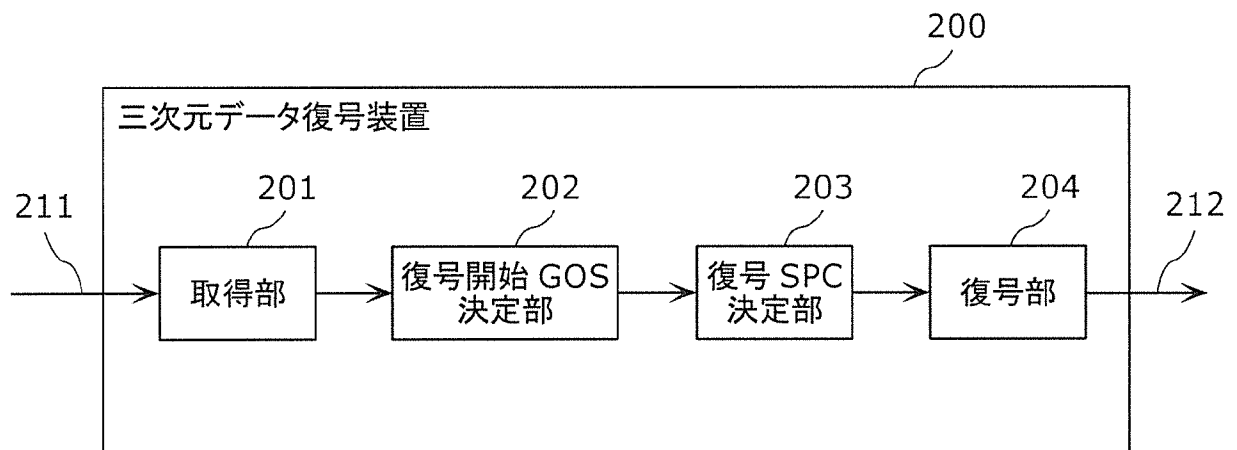
[図6]



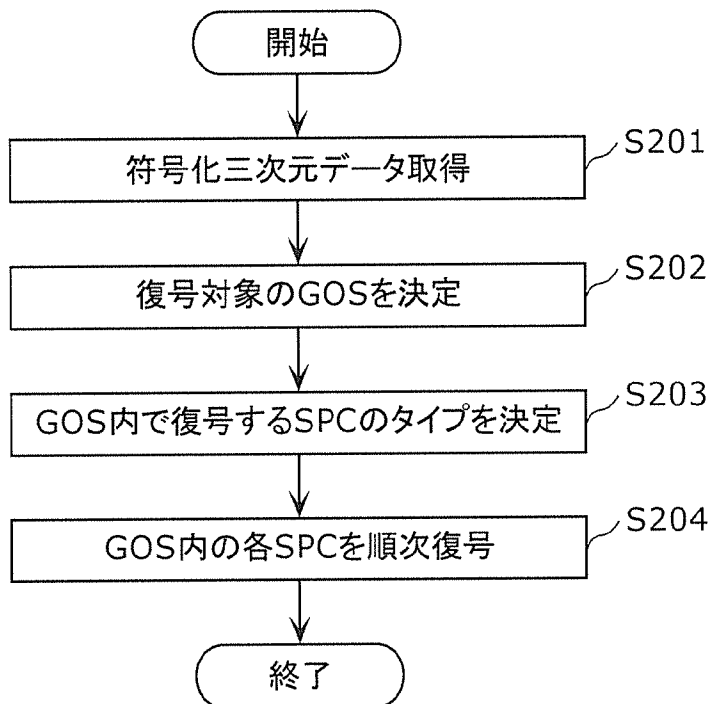
[図7]



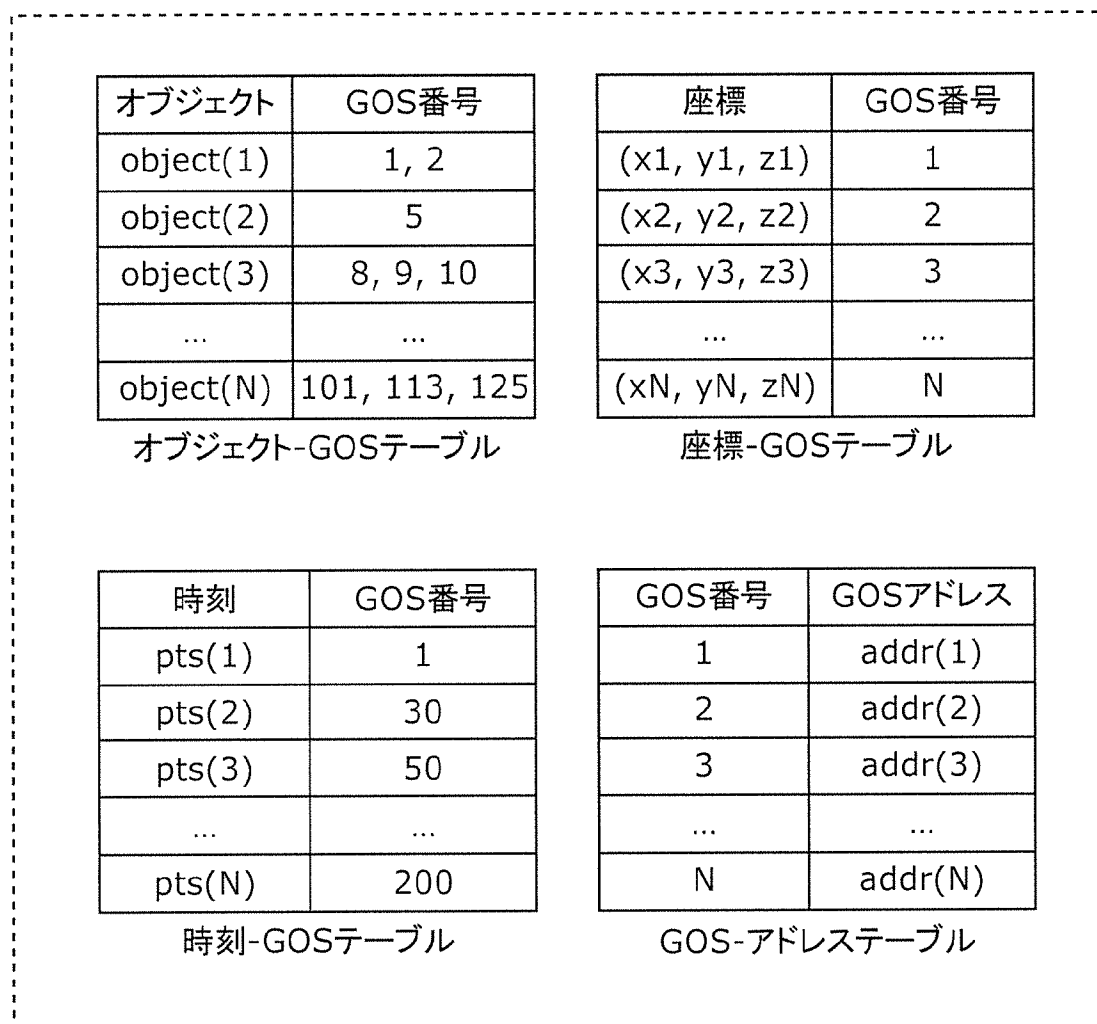
[図8]



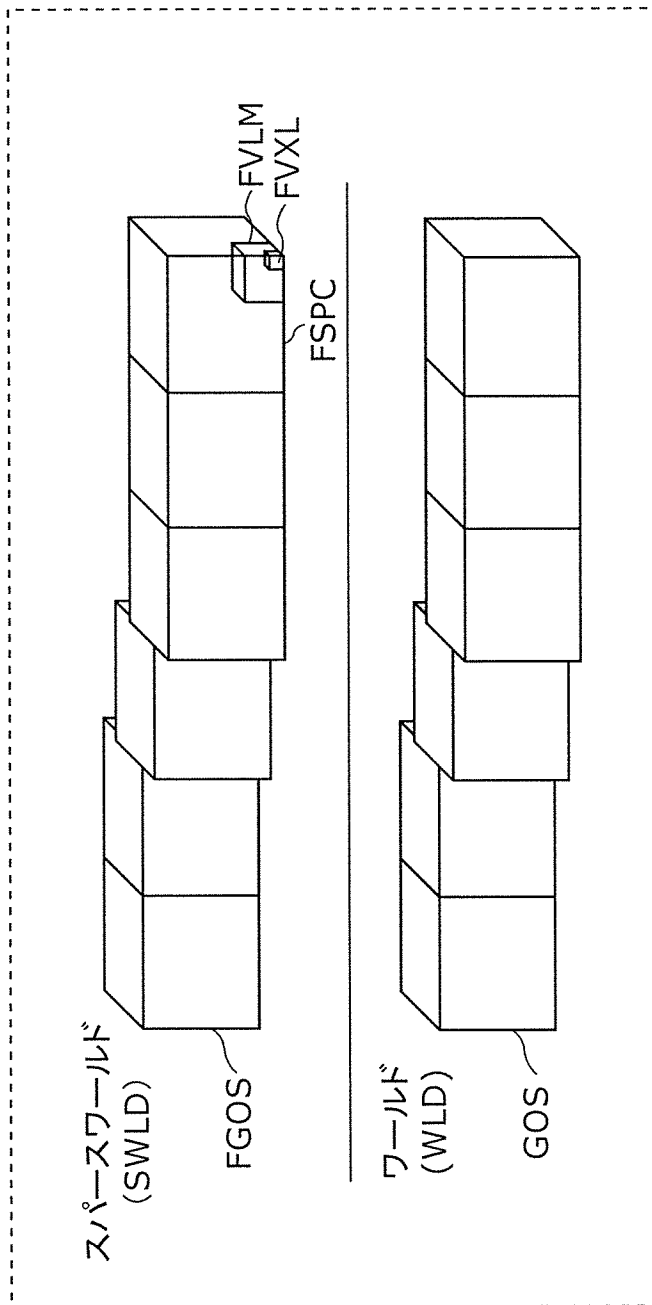
[図9]



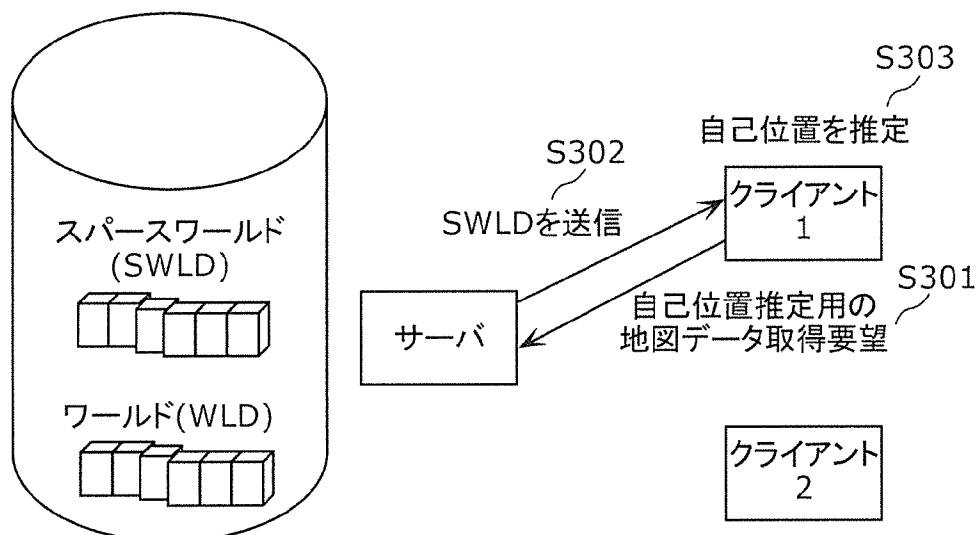
[図10]



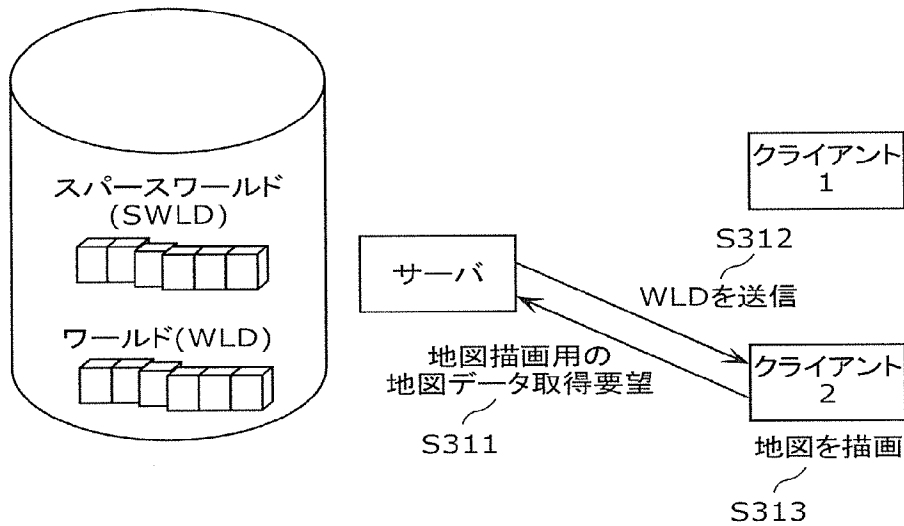
[図11]



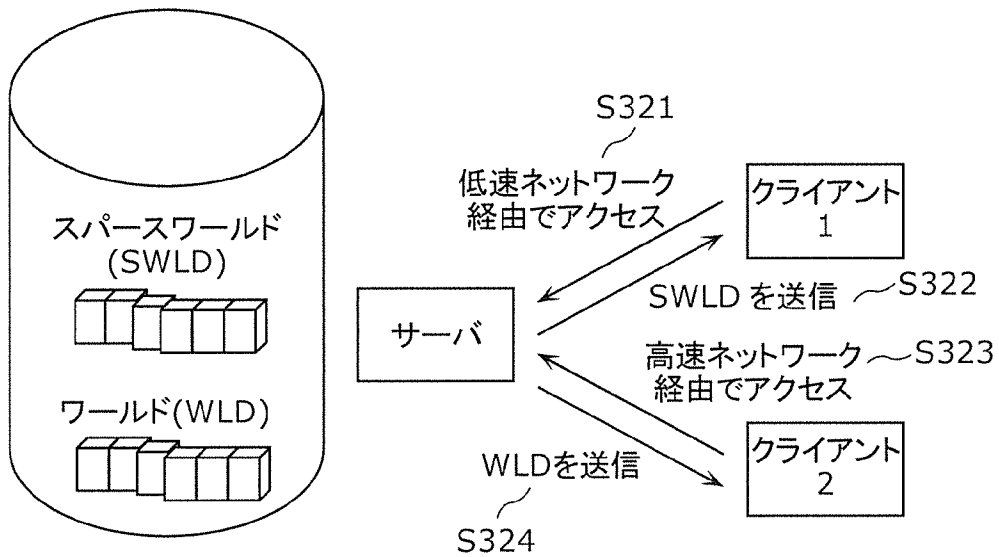
[図12]



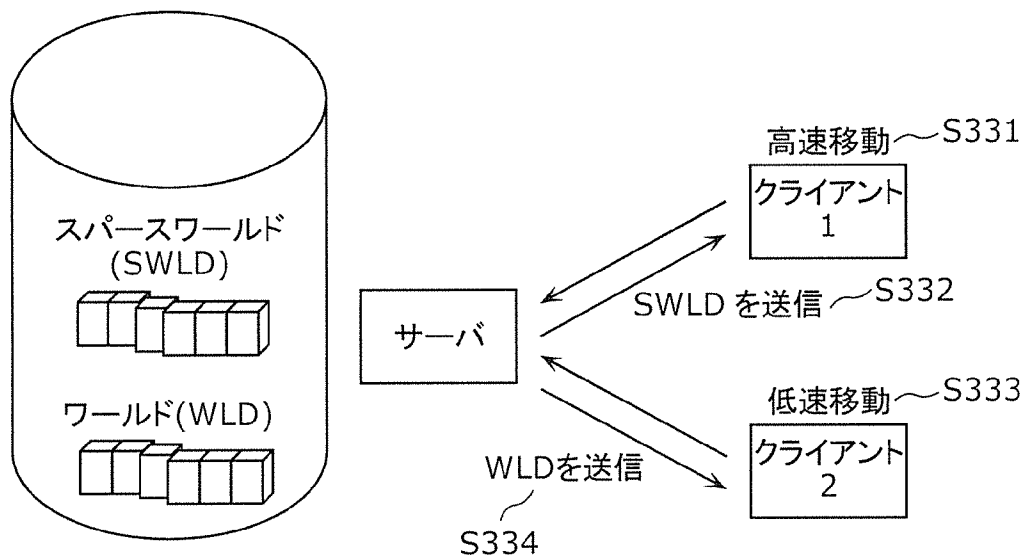
[図13]



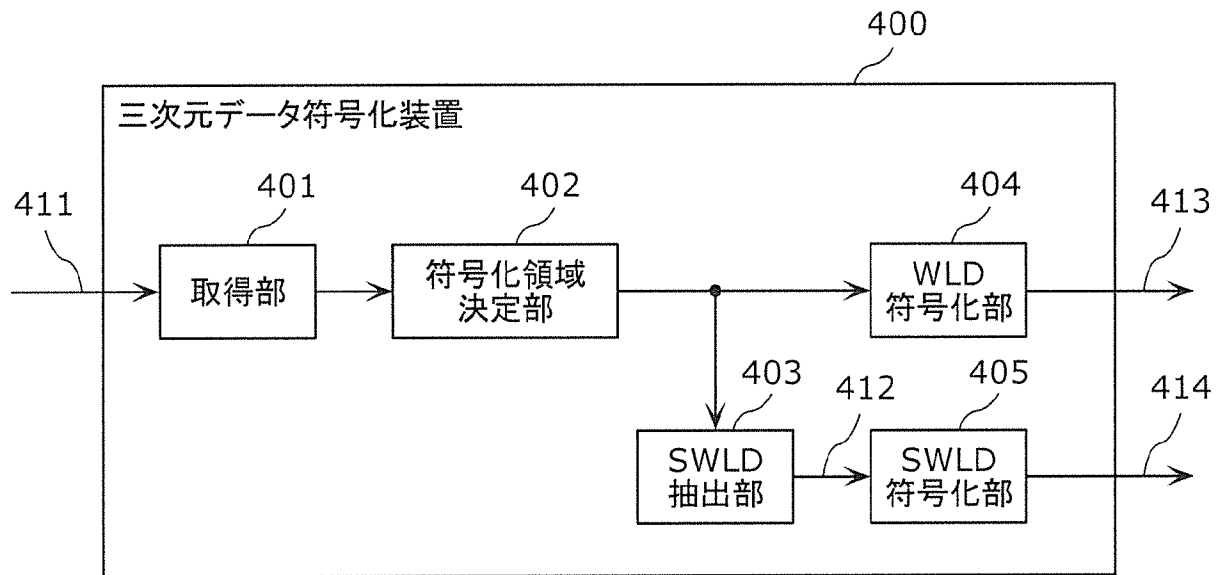
[図14]



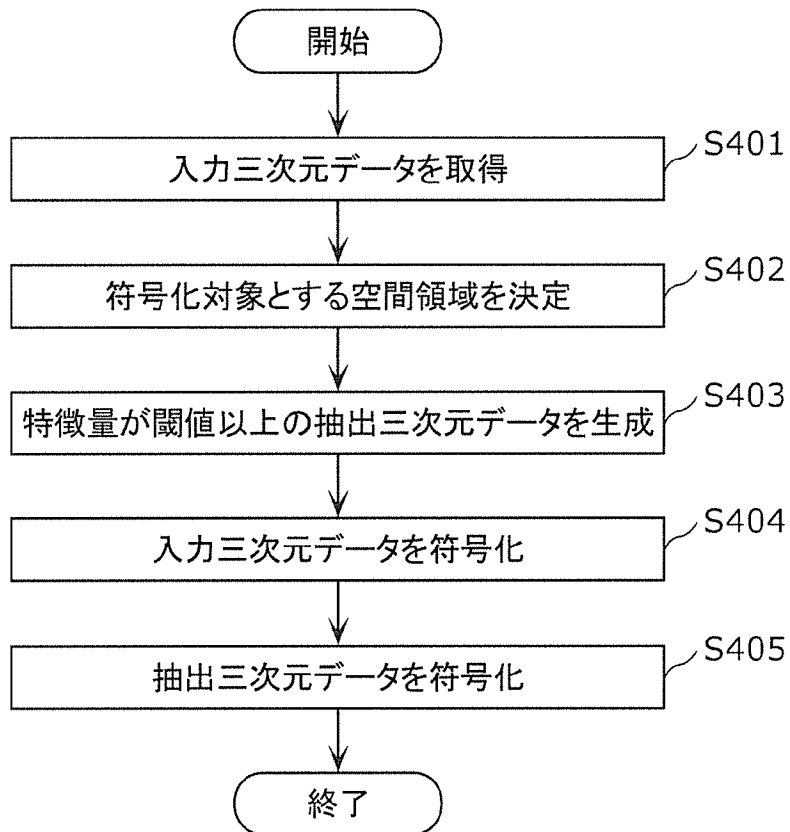
[図15]



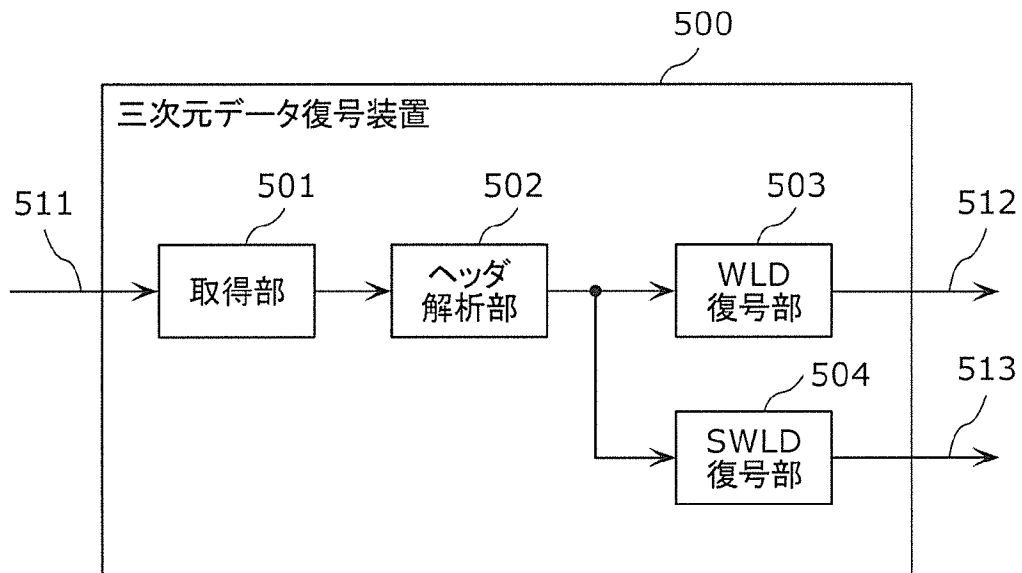
[図16]



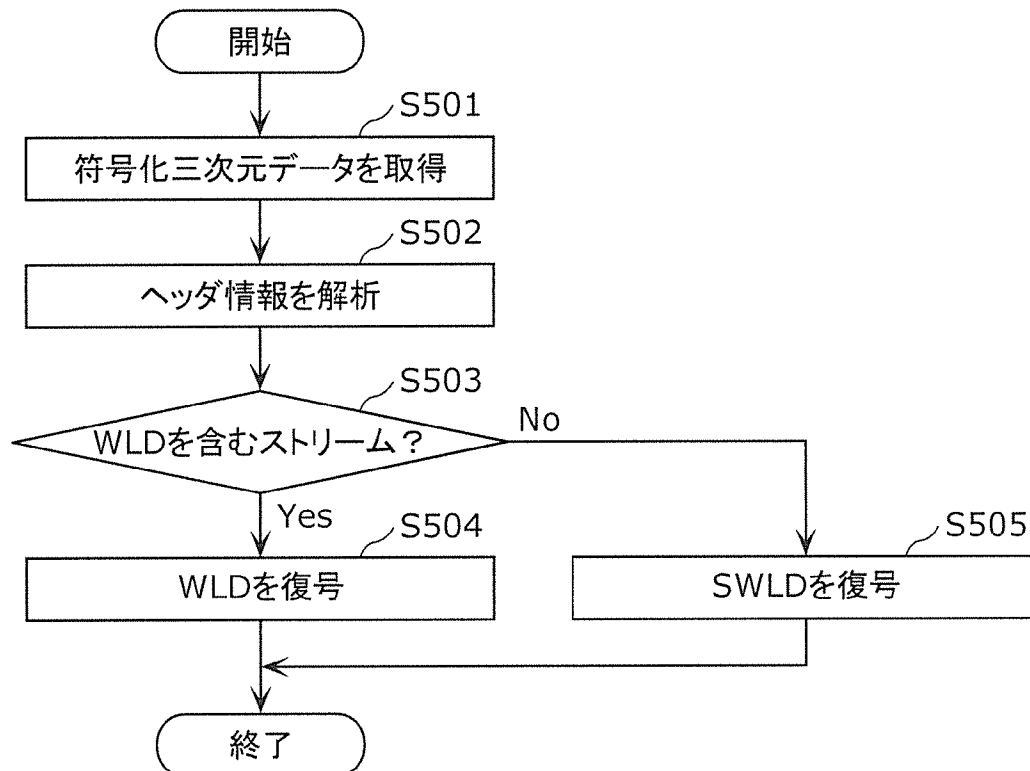
[図17]



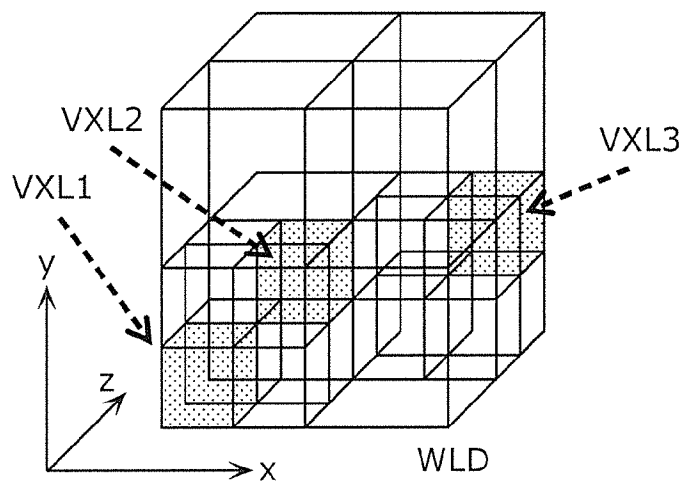
[図18]



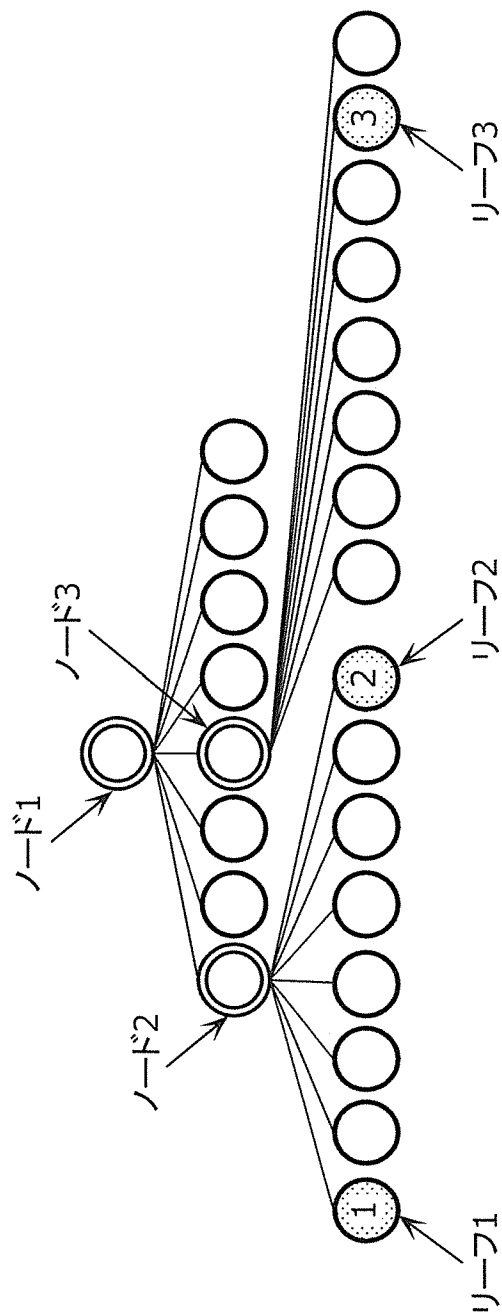
[図19]



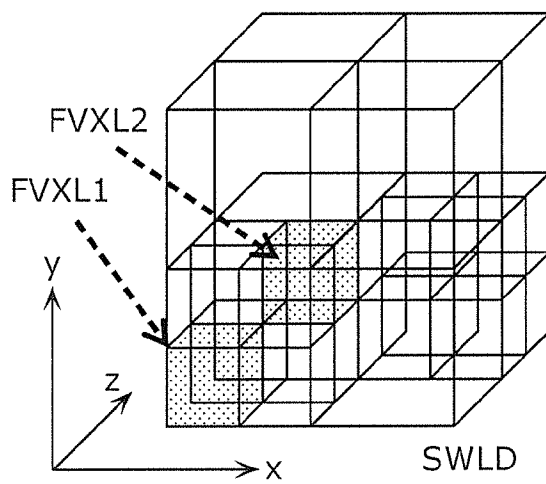
[図20]



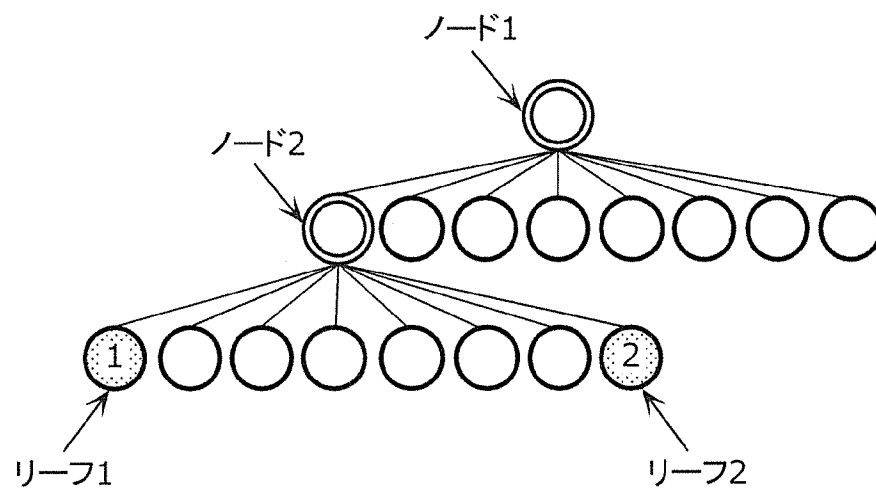
[図21]



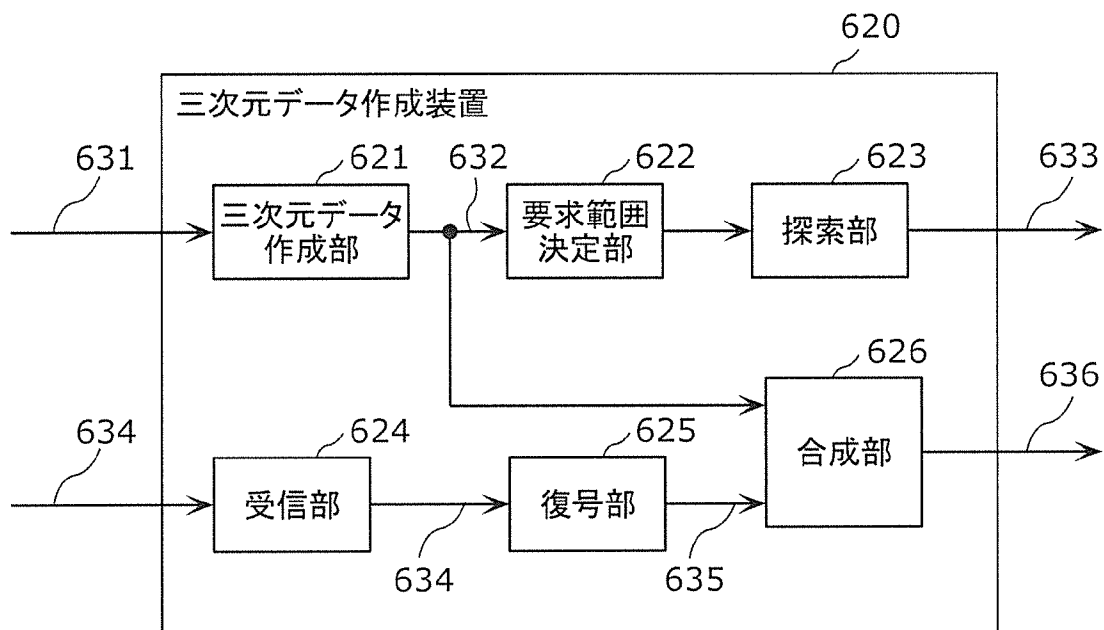
[図22]



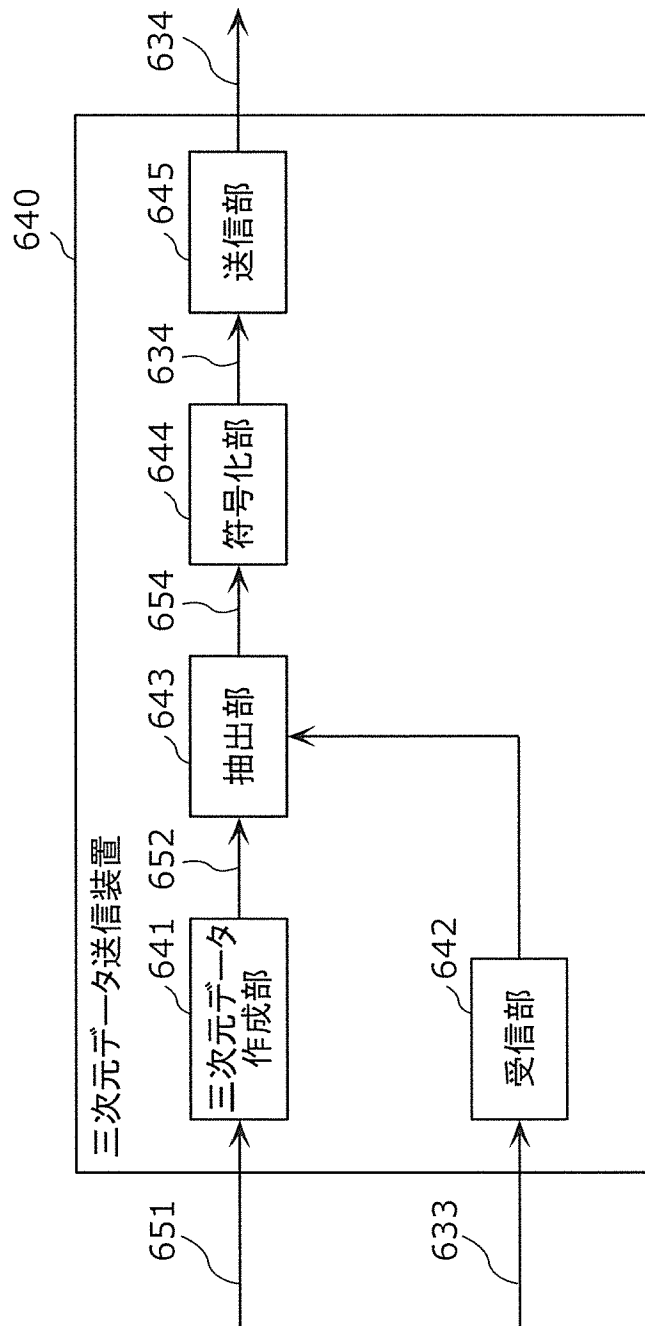
[図23]



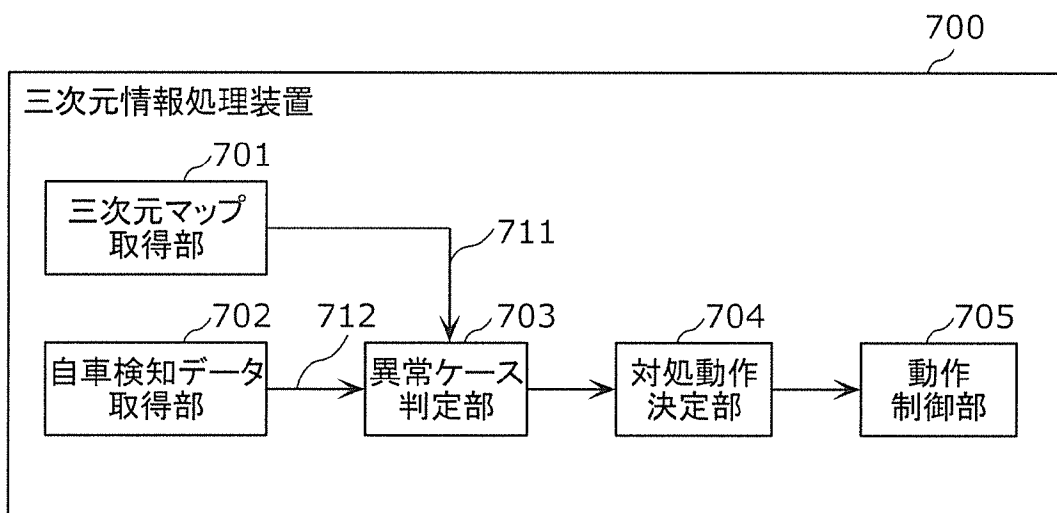
[図24]



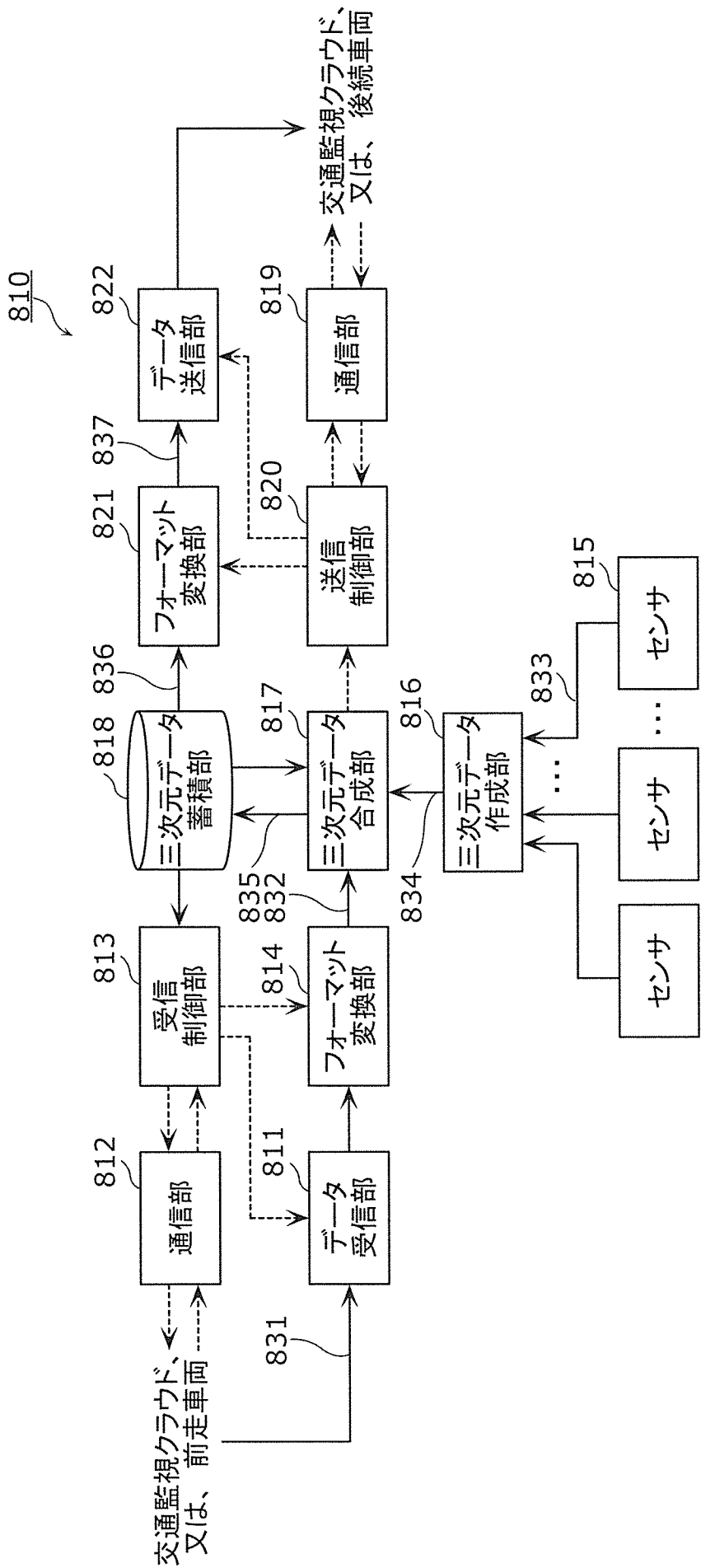
[図25]



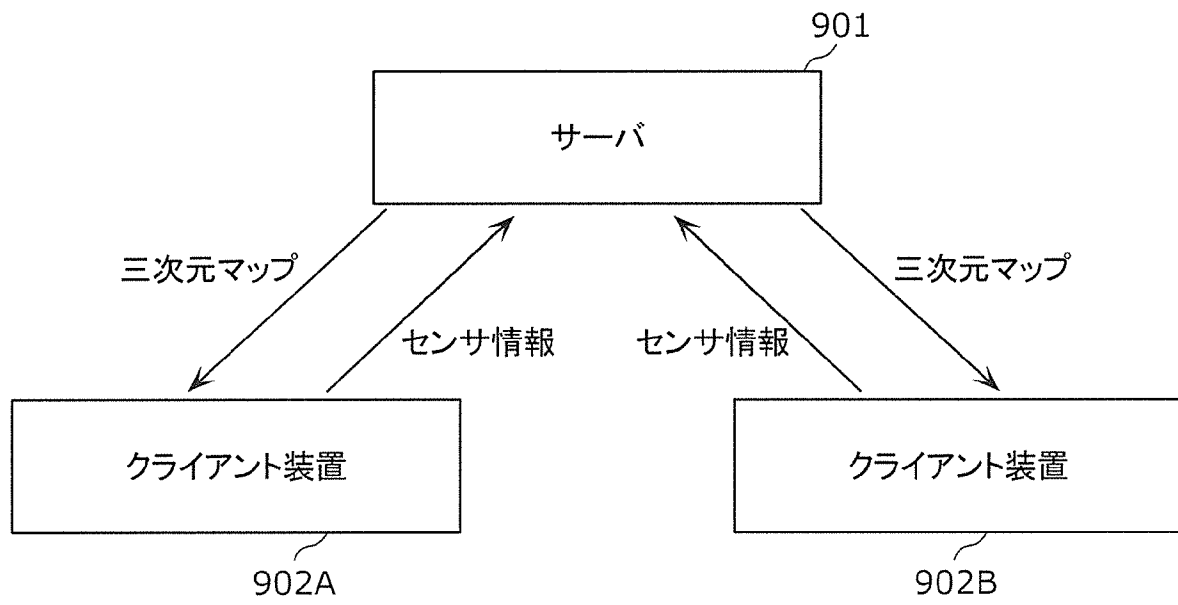
[図26]



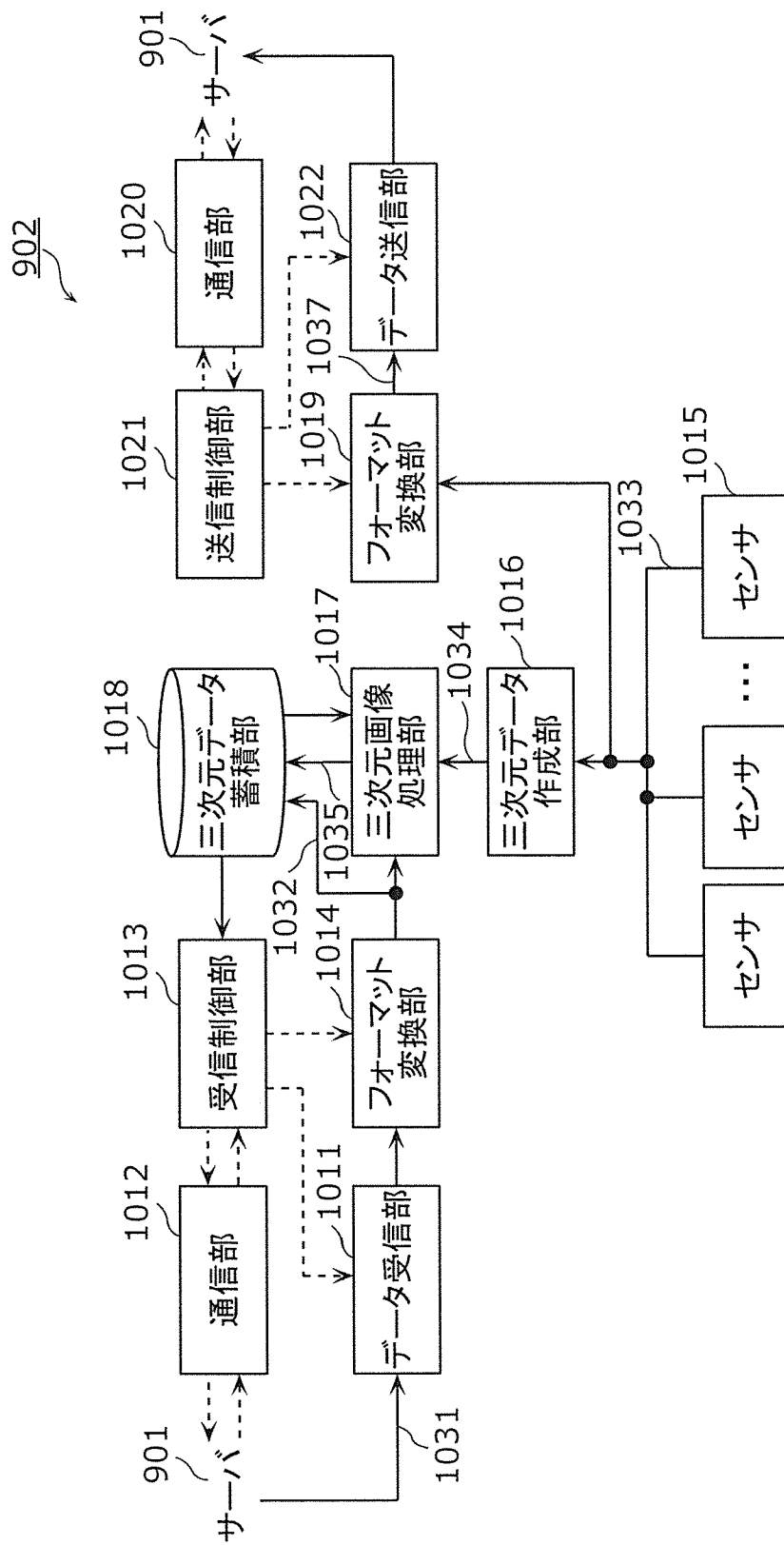
[図27]



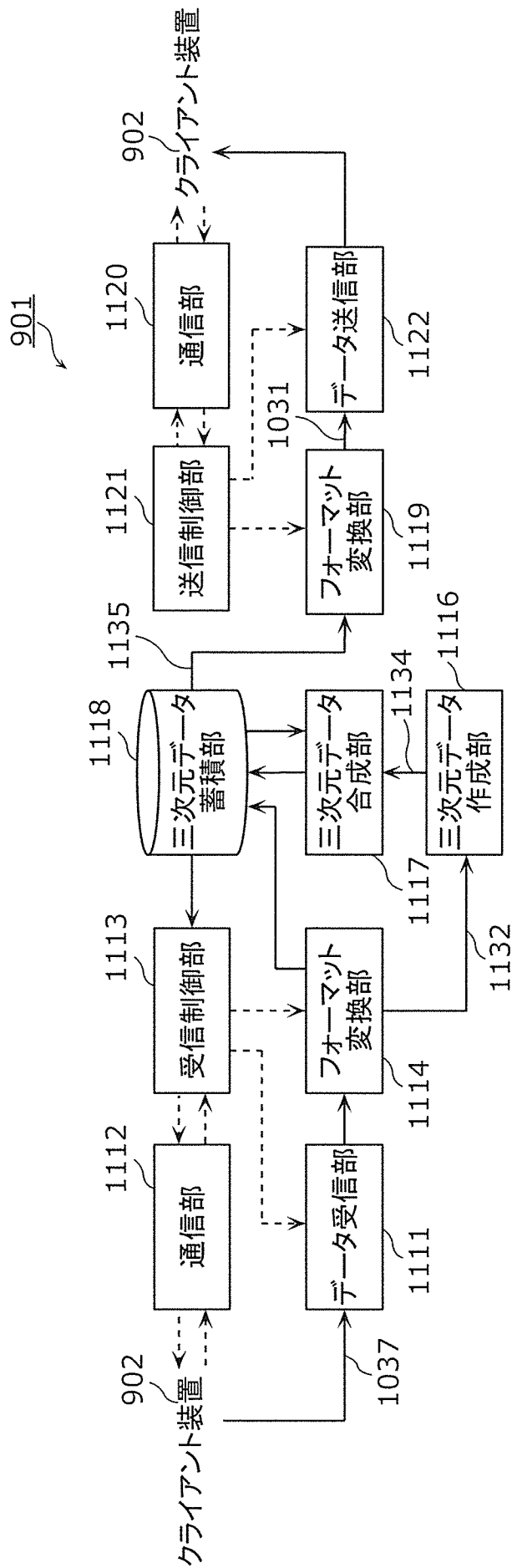
[図28]



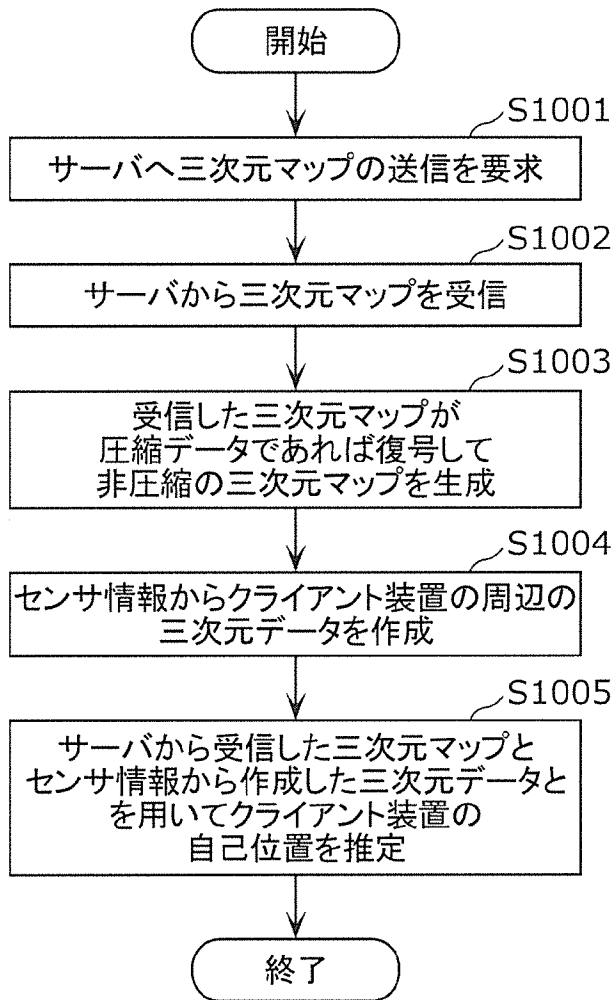
[図29]



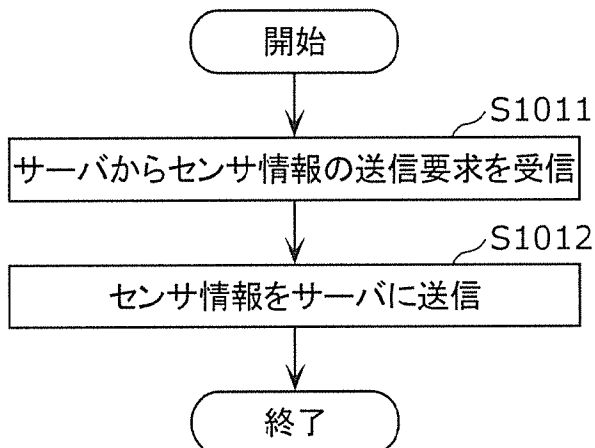
[図30]



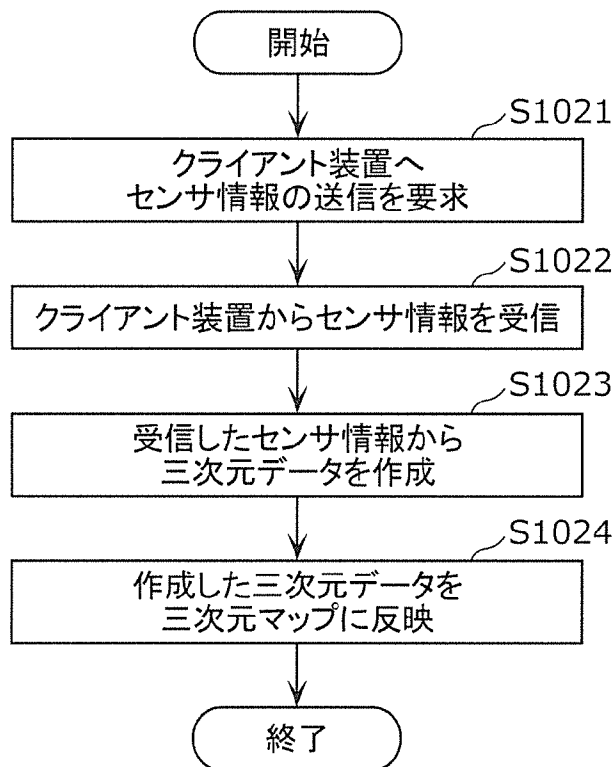
[図31]



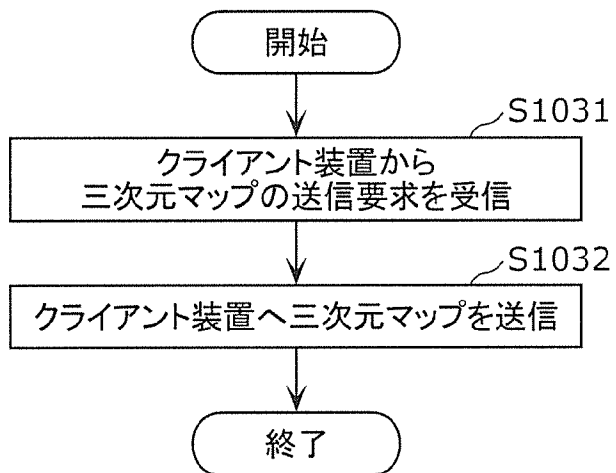
[図32]



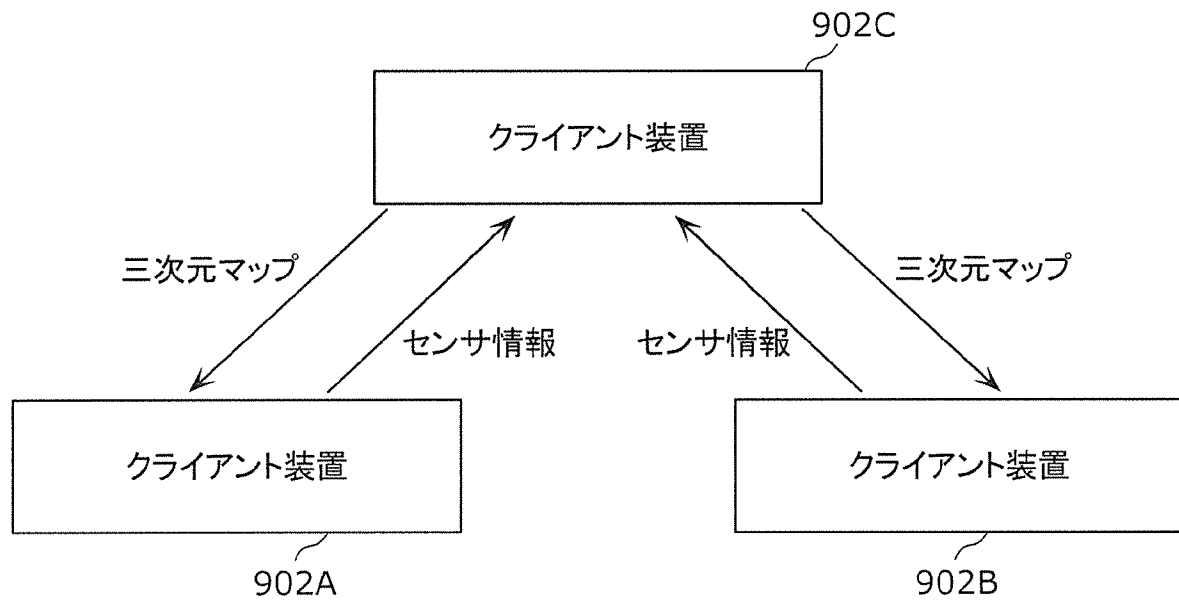
[図33]



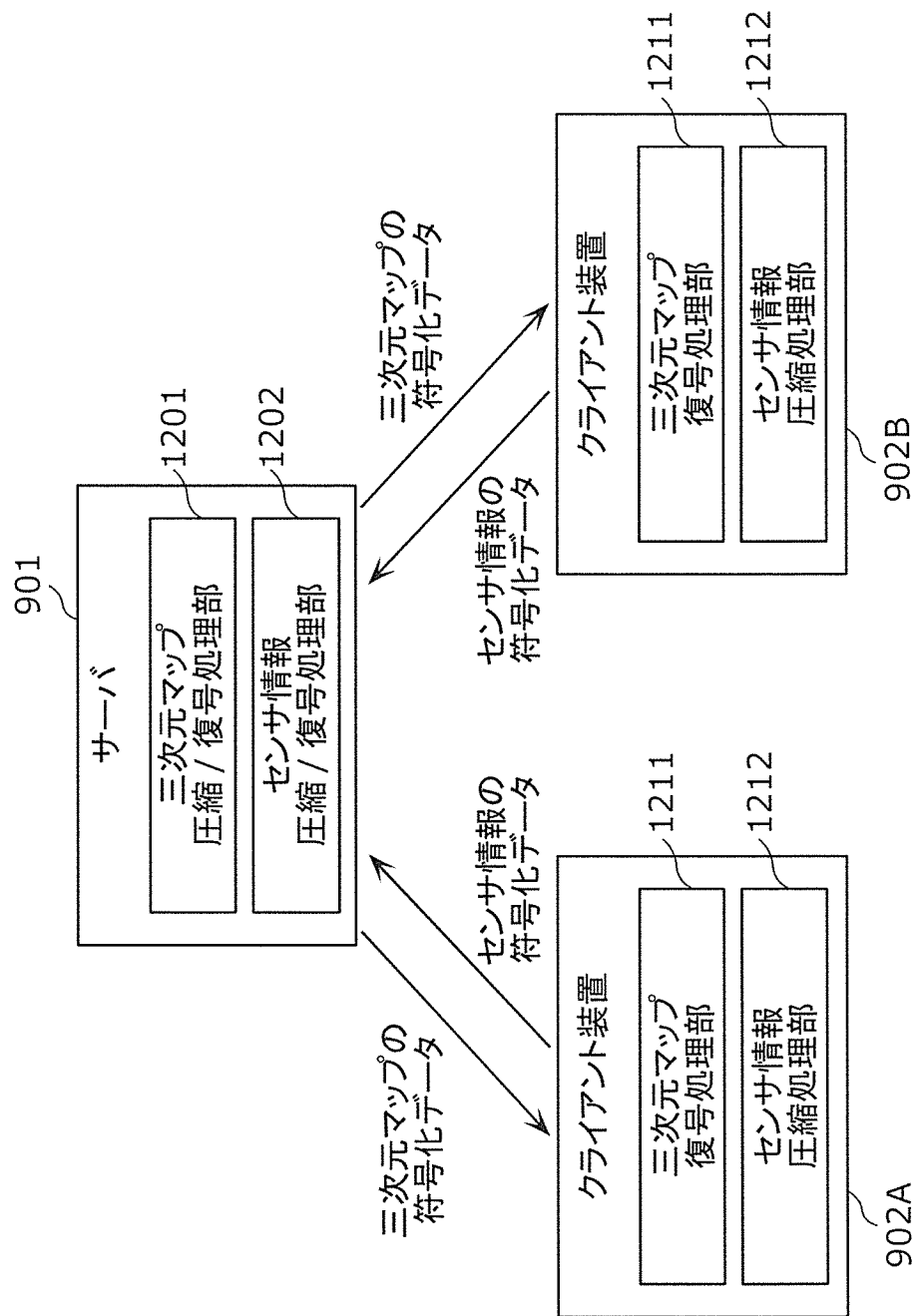
[図34]



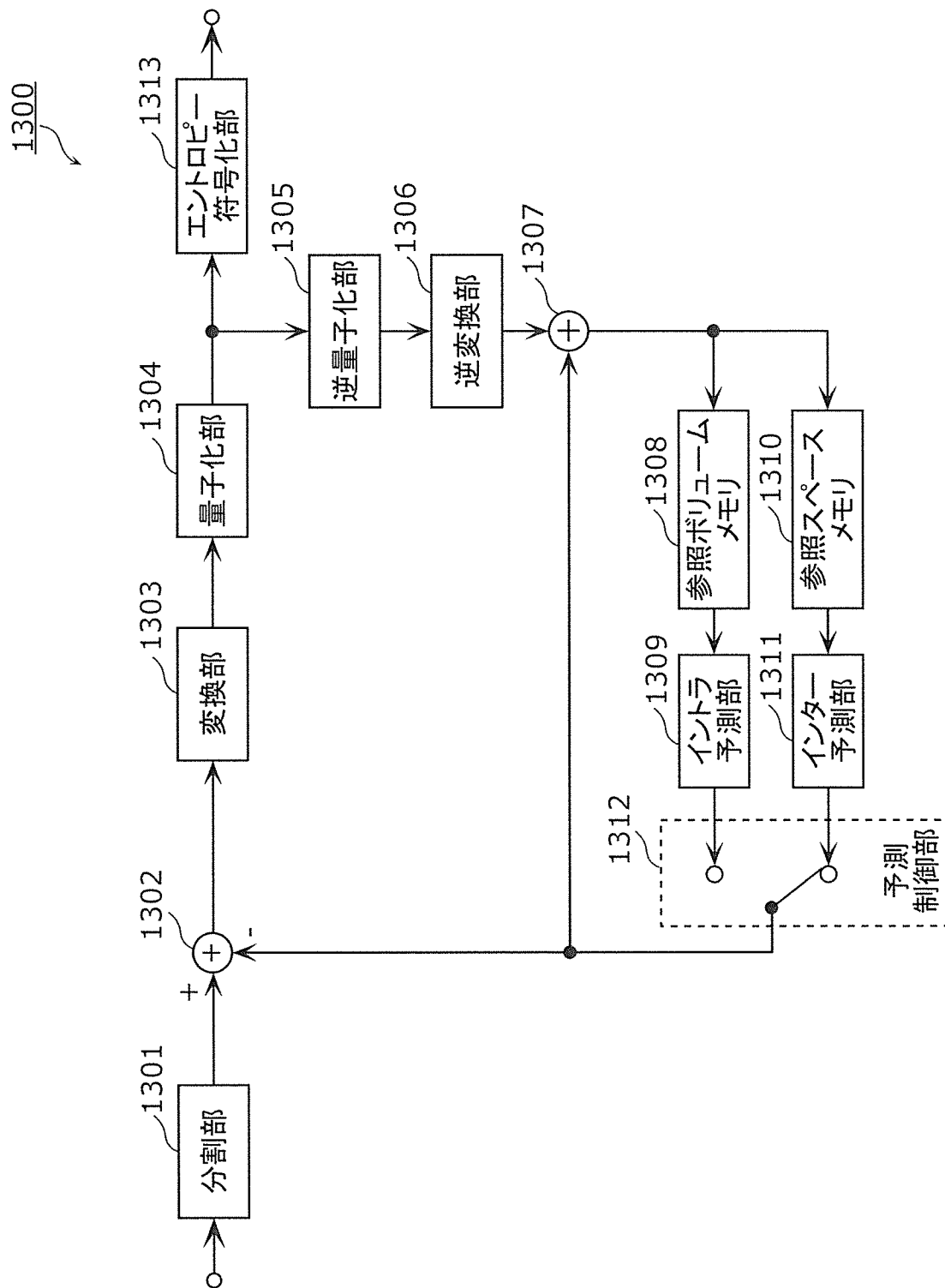
[図35]



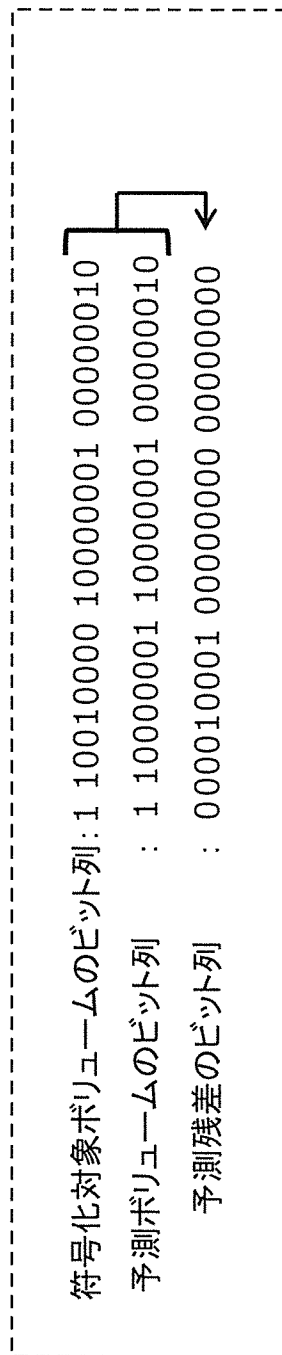
[図36]



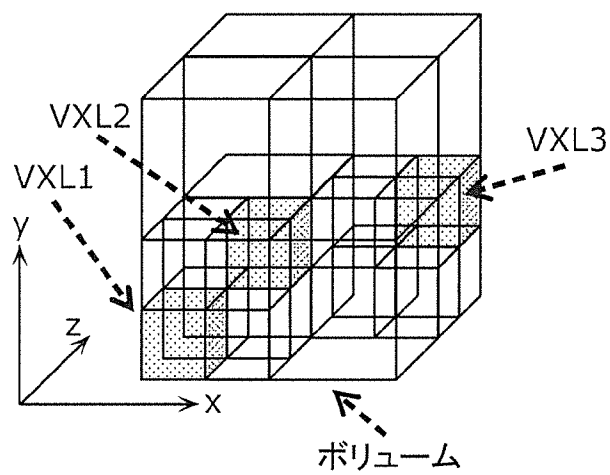
[図37]



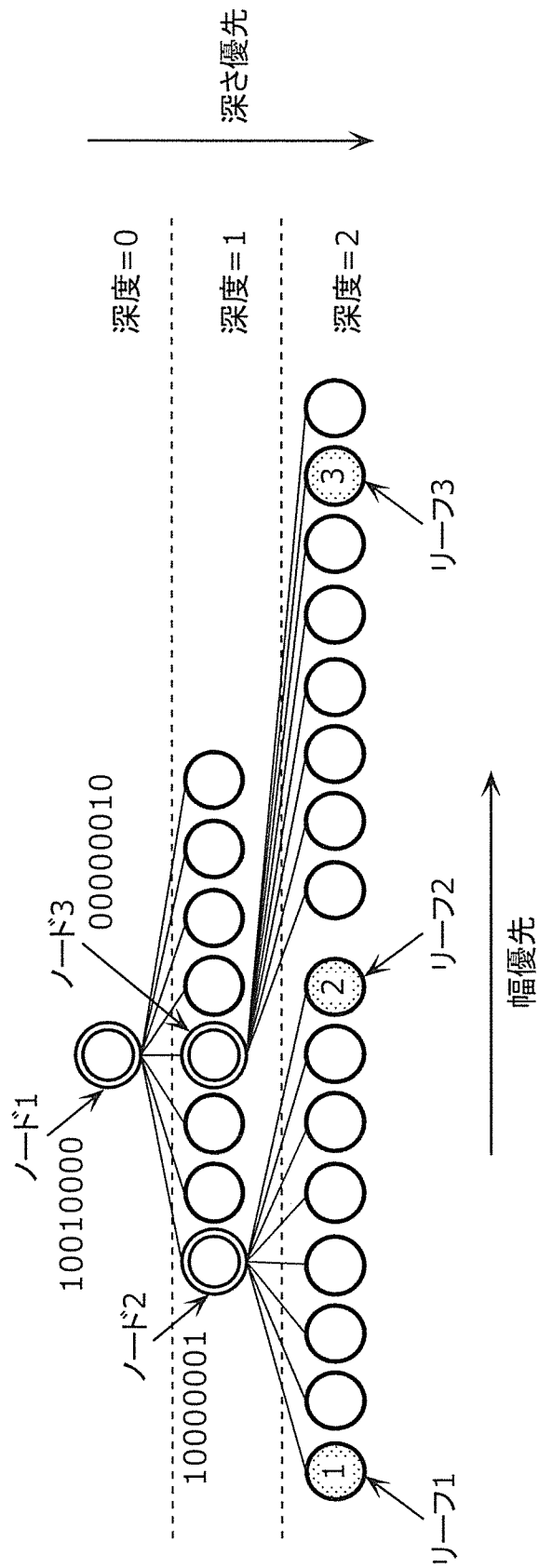
[図38]



[図39]



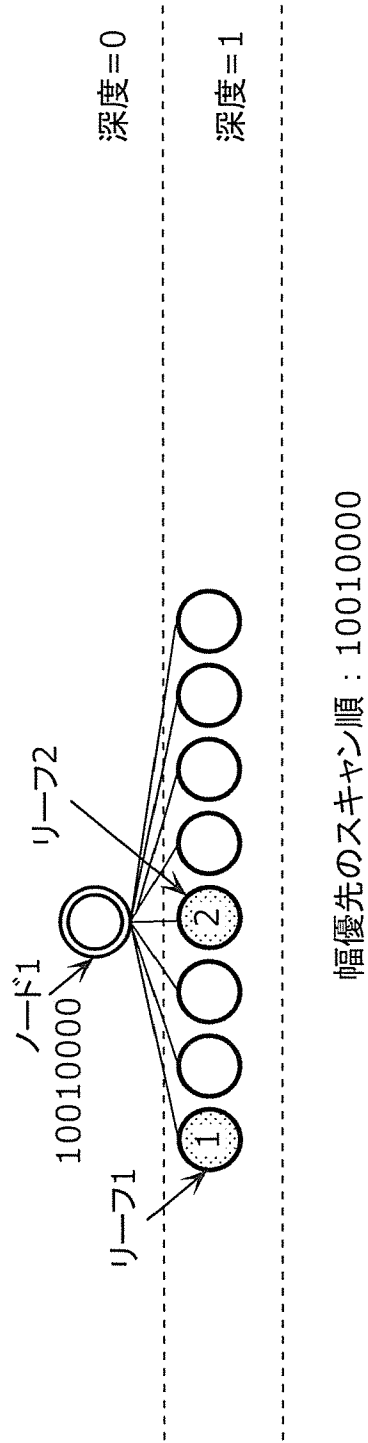
[図40]



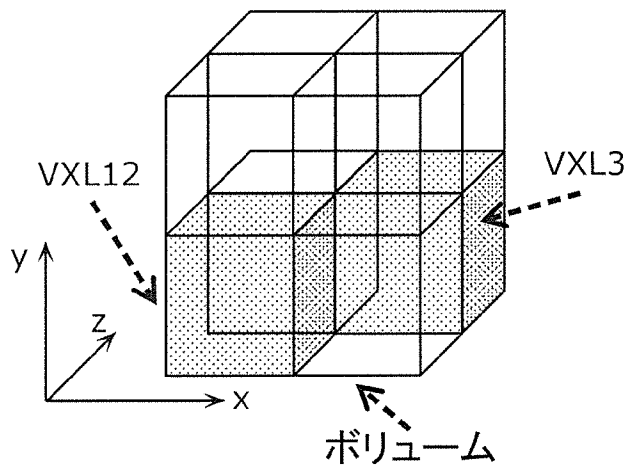
[図41]

- 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

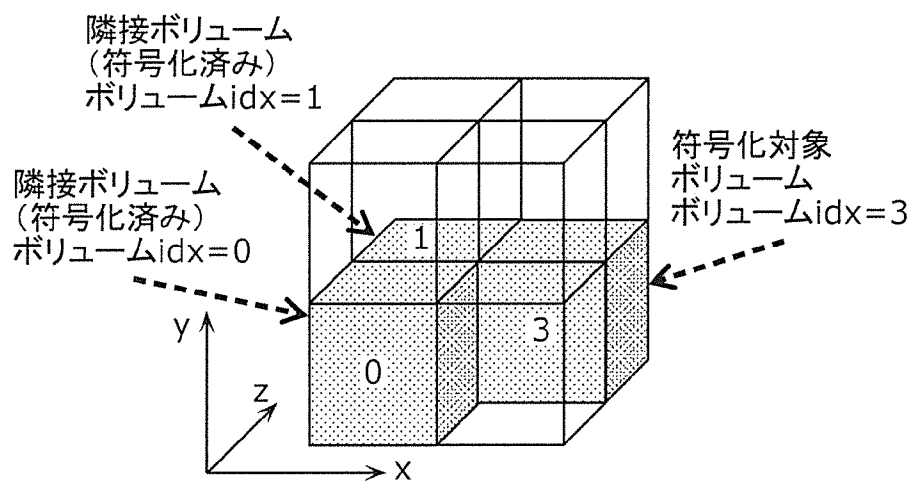
[図42]



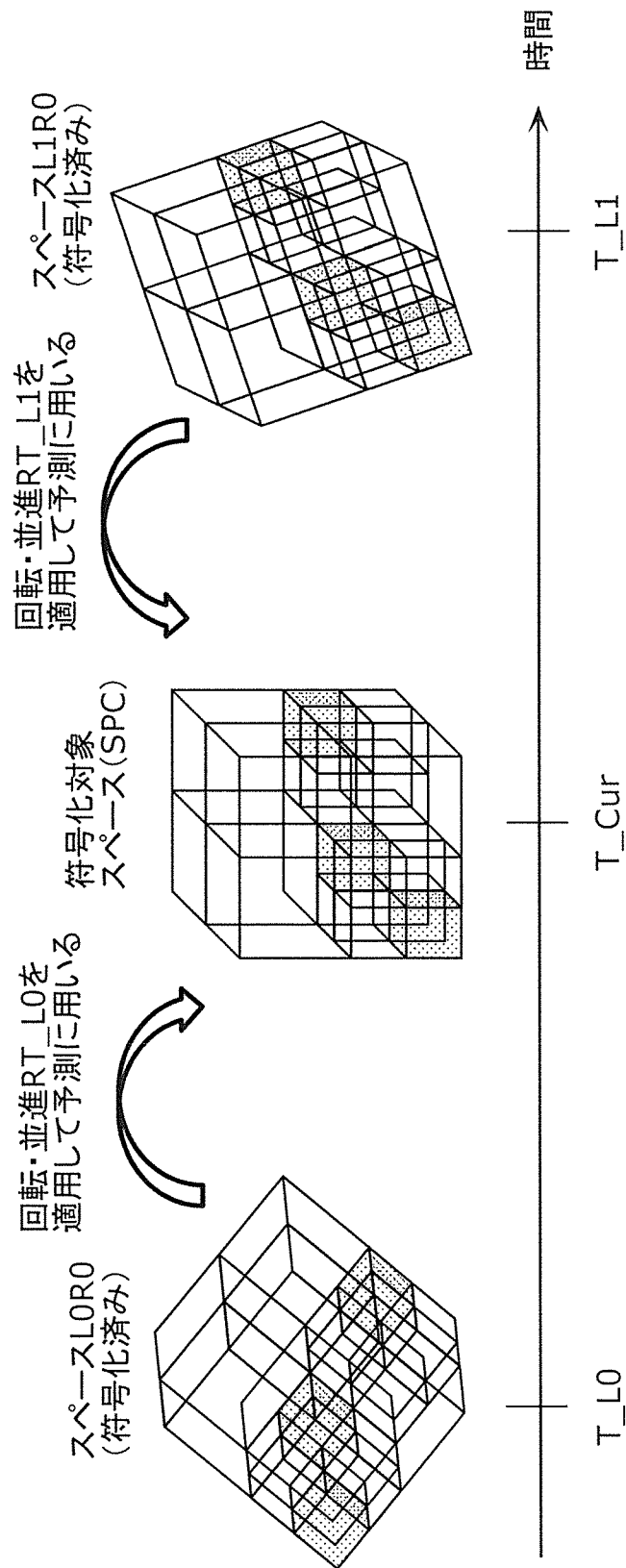
[図43]



[図44]



[図45]



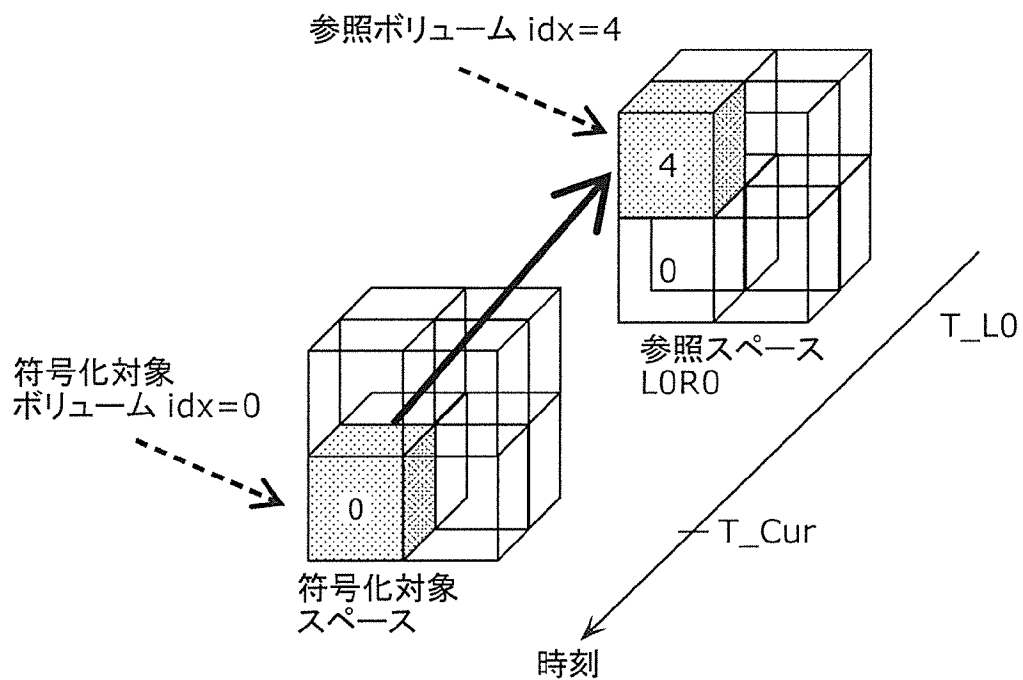
[図46]

```

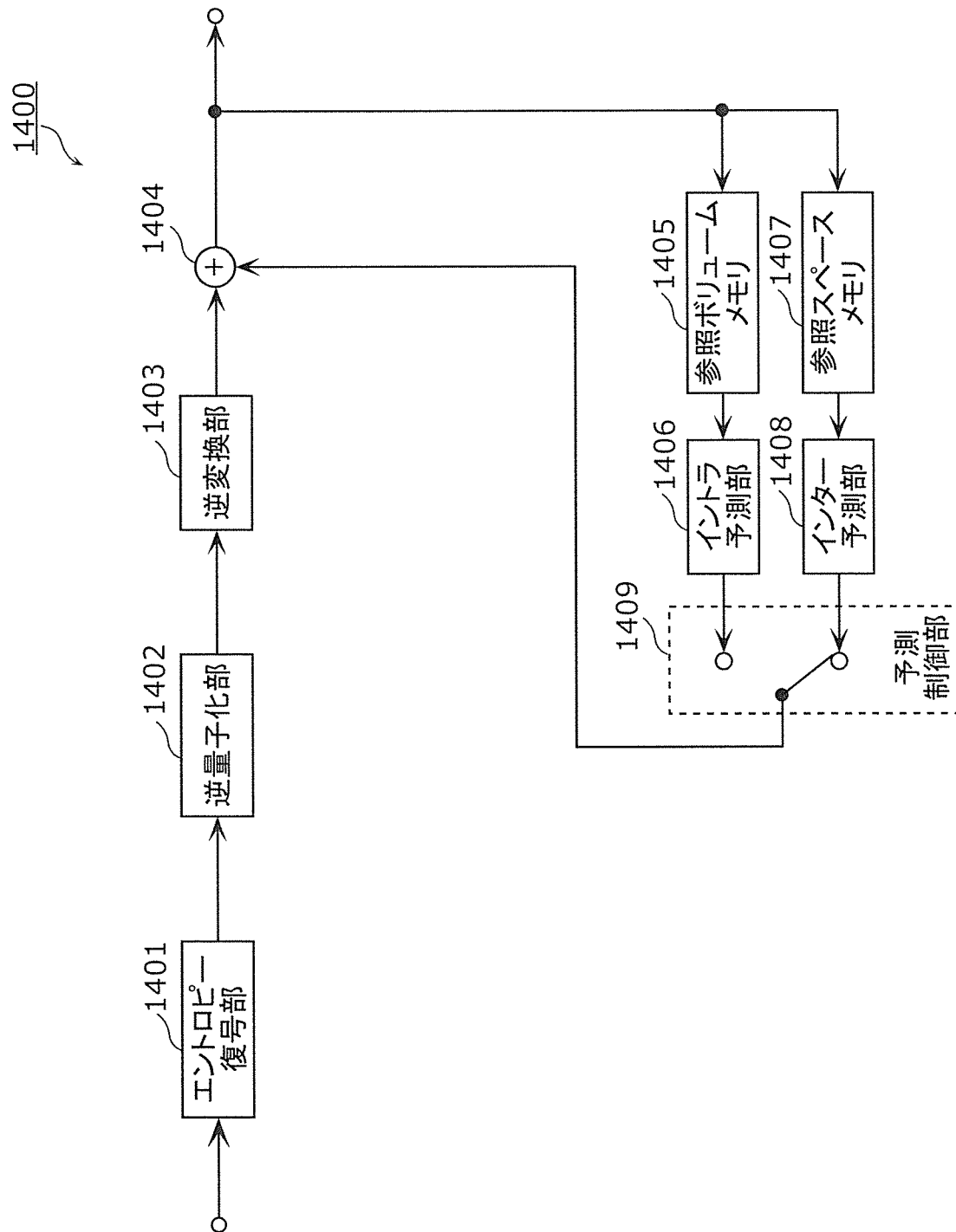
space_header() {
...
for (i=0; i<MaxRefSpc_l0;i++) {
    RT_flag_l0[i]
    if (RT_flag_l0[i]) {
        R_l0[i]
        T_l0[i]
    }
}
...
for (i=0; i<MaxRefSpc_l1;i++) {
    RT_flag_l1[i]
    if (RT_flag_l1[i]) {
        R_l1[i]
        T_l1[i]
    }
}
...
}

```

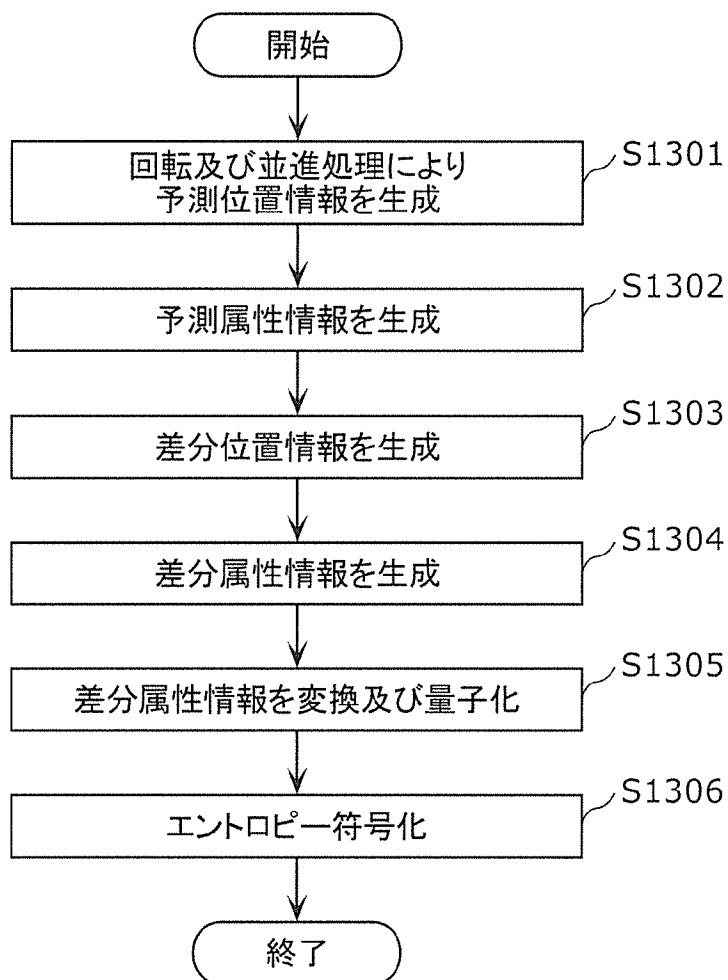
[図47]



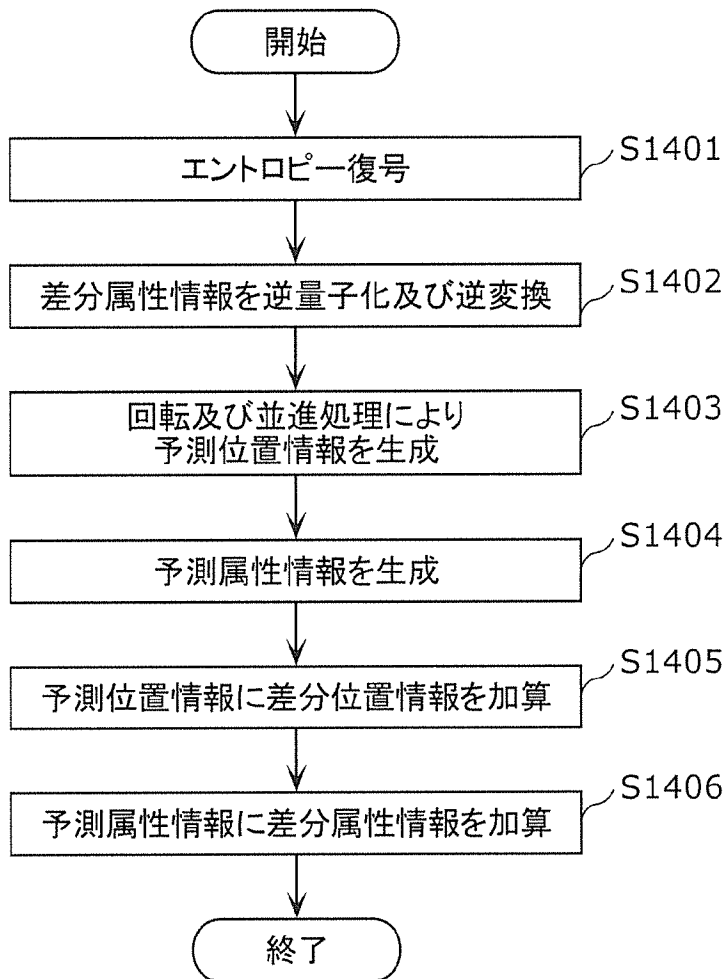
[図48]



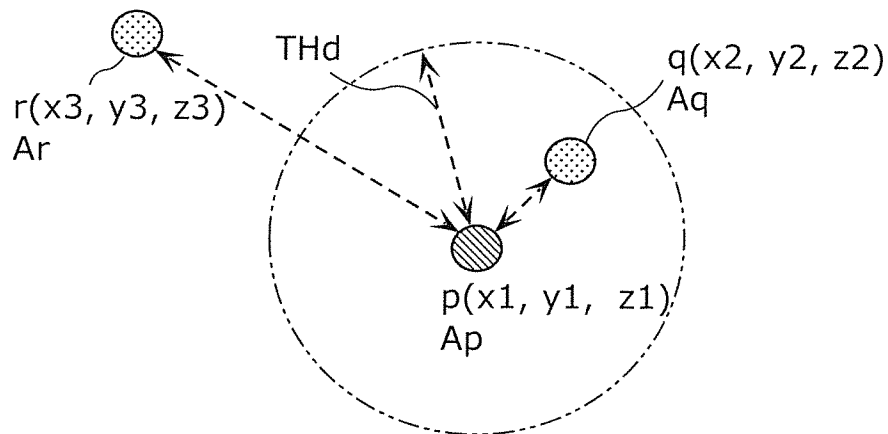
[図49]



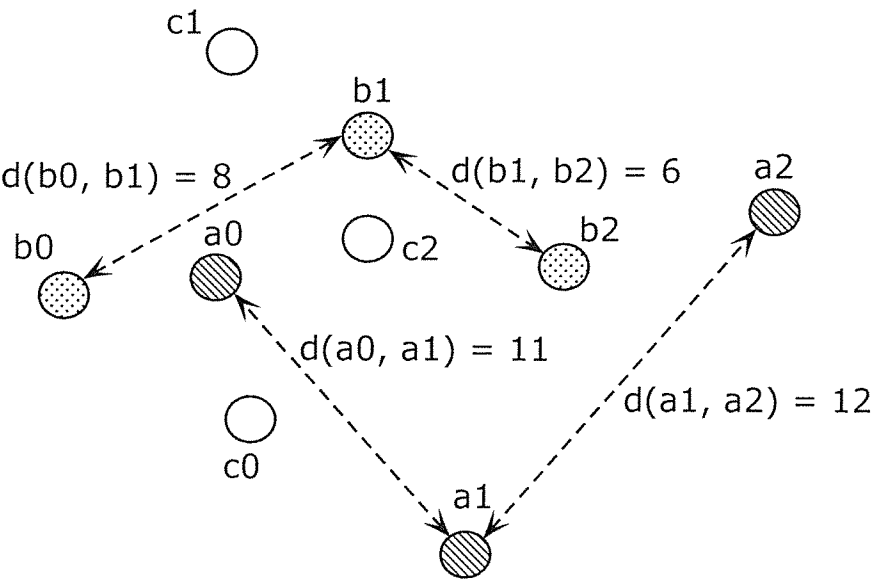
[図50]



[図51]



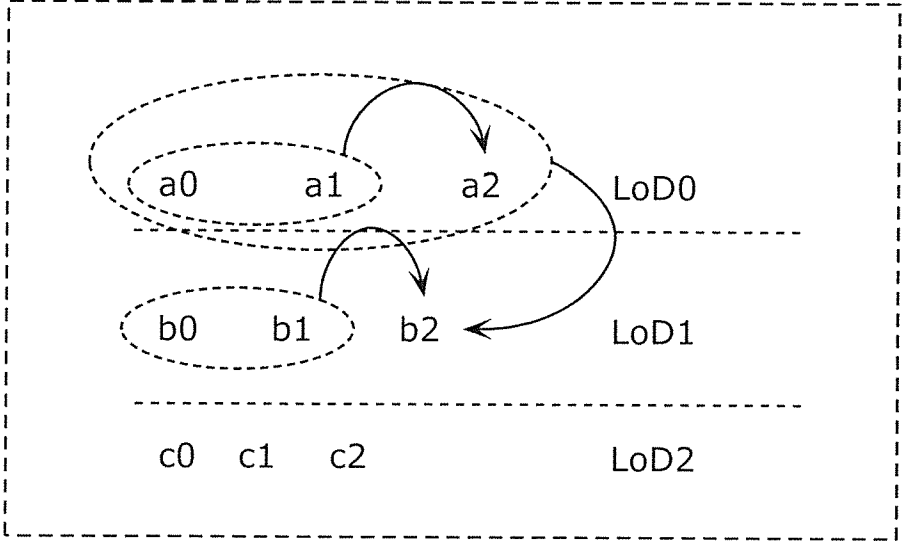
[図52]



[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]

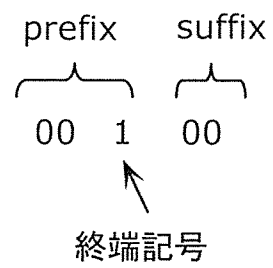


[図55]

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]
}
...
}

```

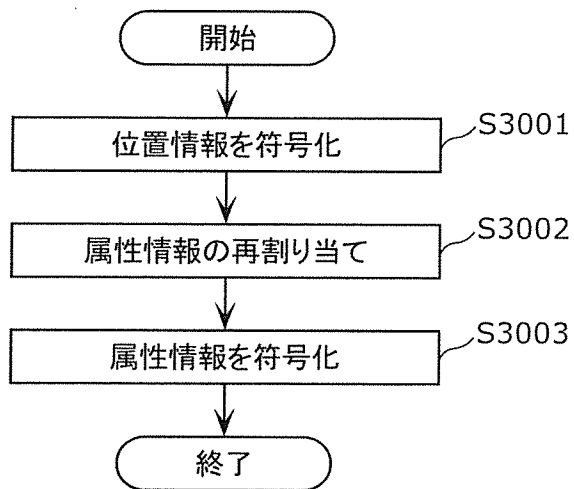
[図58]

```

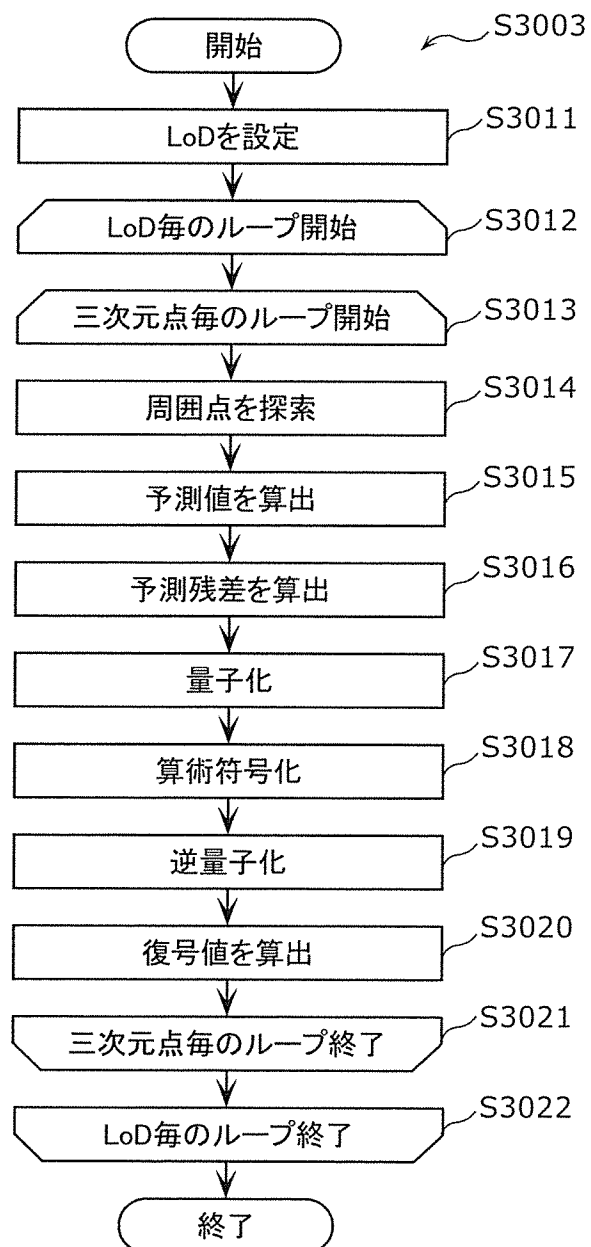
attribute_data{
...
for (i=0; i<NumLoD; i++) {
  for (j=0; j<NumOfPoint[i]; j++) {
    n-bit code
    if (n-bit code == R_TH[i])
      remaining code
  }
}
...
}

```

[図59]



[図60]



[図61]

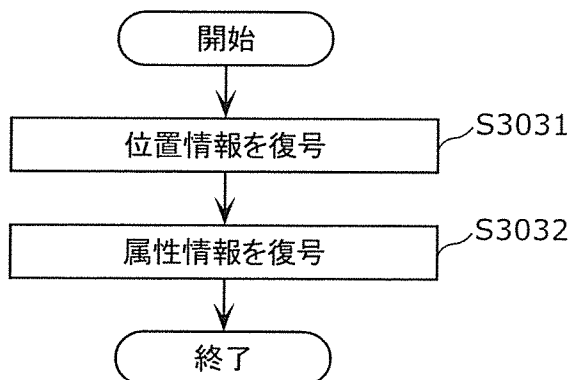
値	ビット
3 ←	00100 ←
4	00101
5	00110
6	00111

prefix suffix
 { {
 00 1 00
 ↑
 終端記号

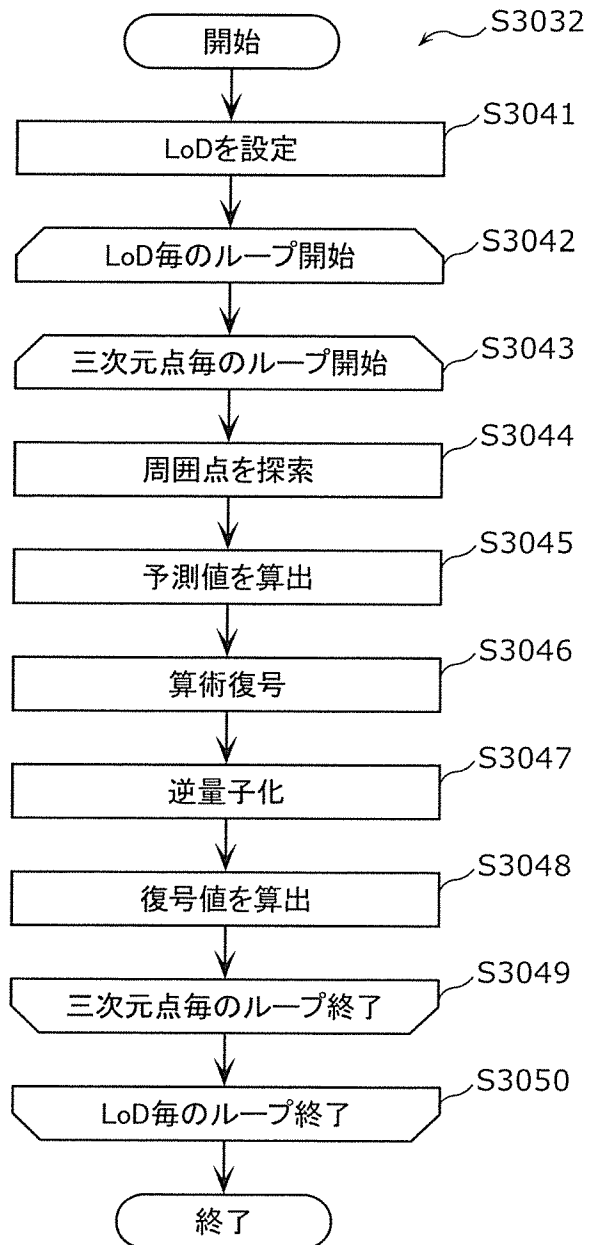
[図62]

値	ビット
0	1
1	010
2	011
3 ←	00100 逆引き
4	00101
5	00110
6	00111
7	0001000
...	...

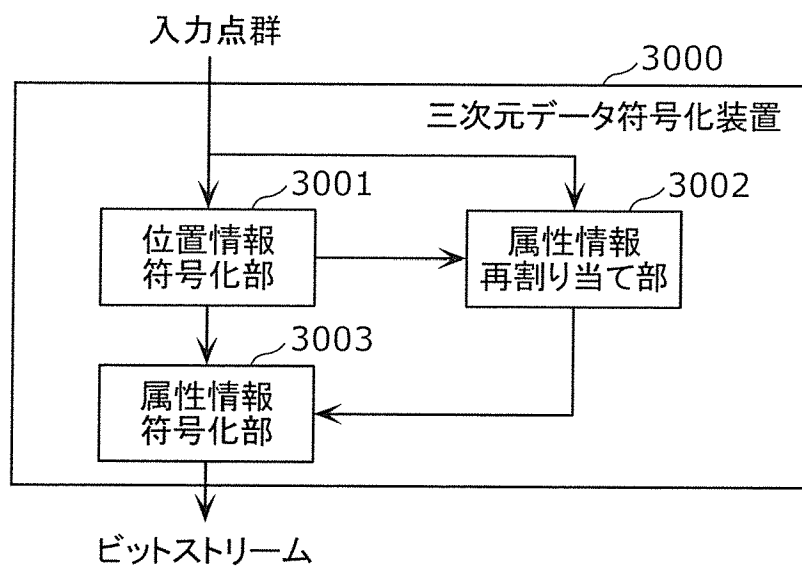
[図63]



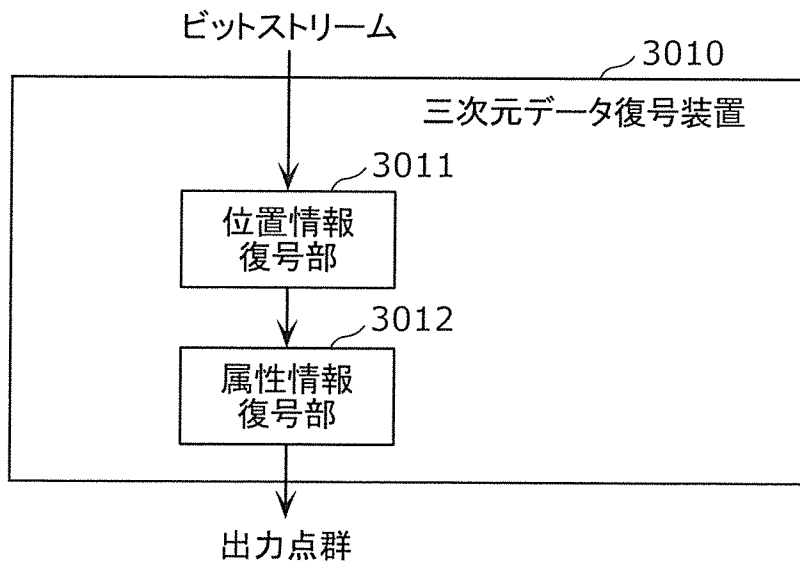
[図64]



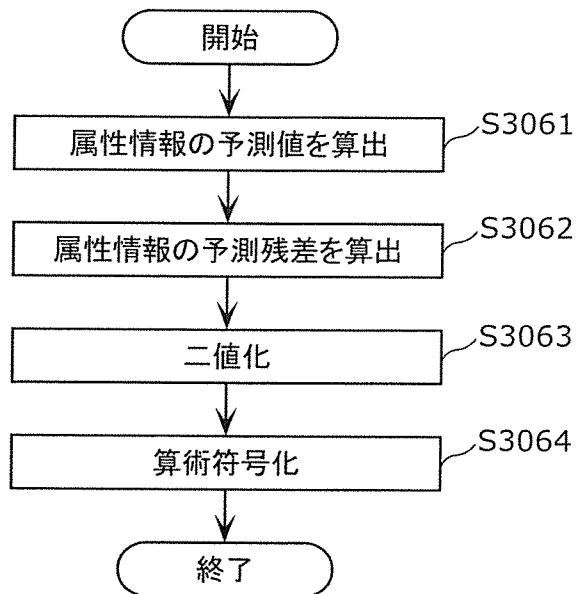
[図65]



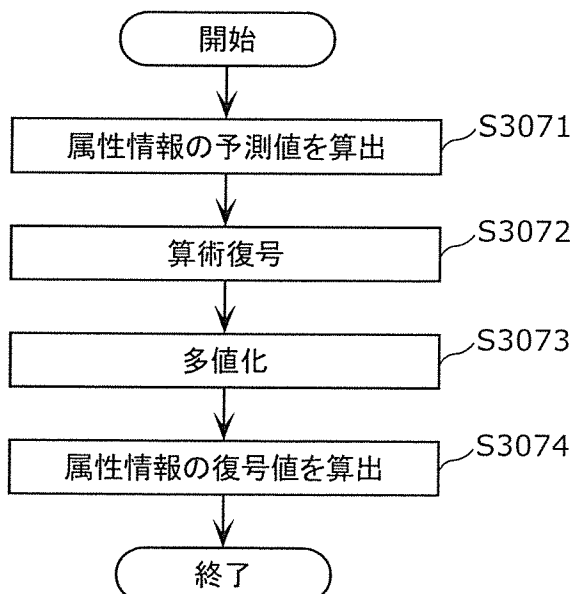
[図66]



[図67]



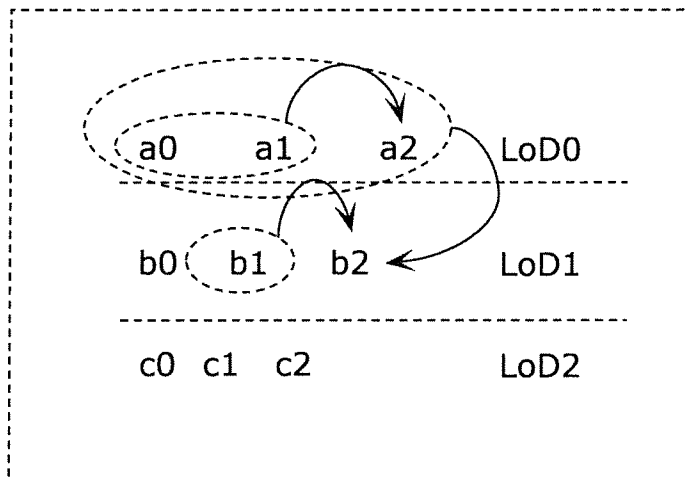
[図68]



[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

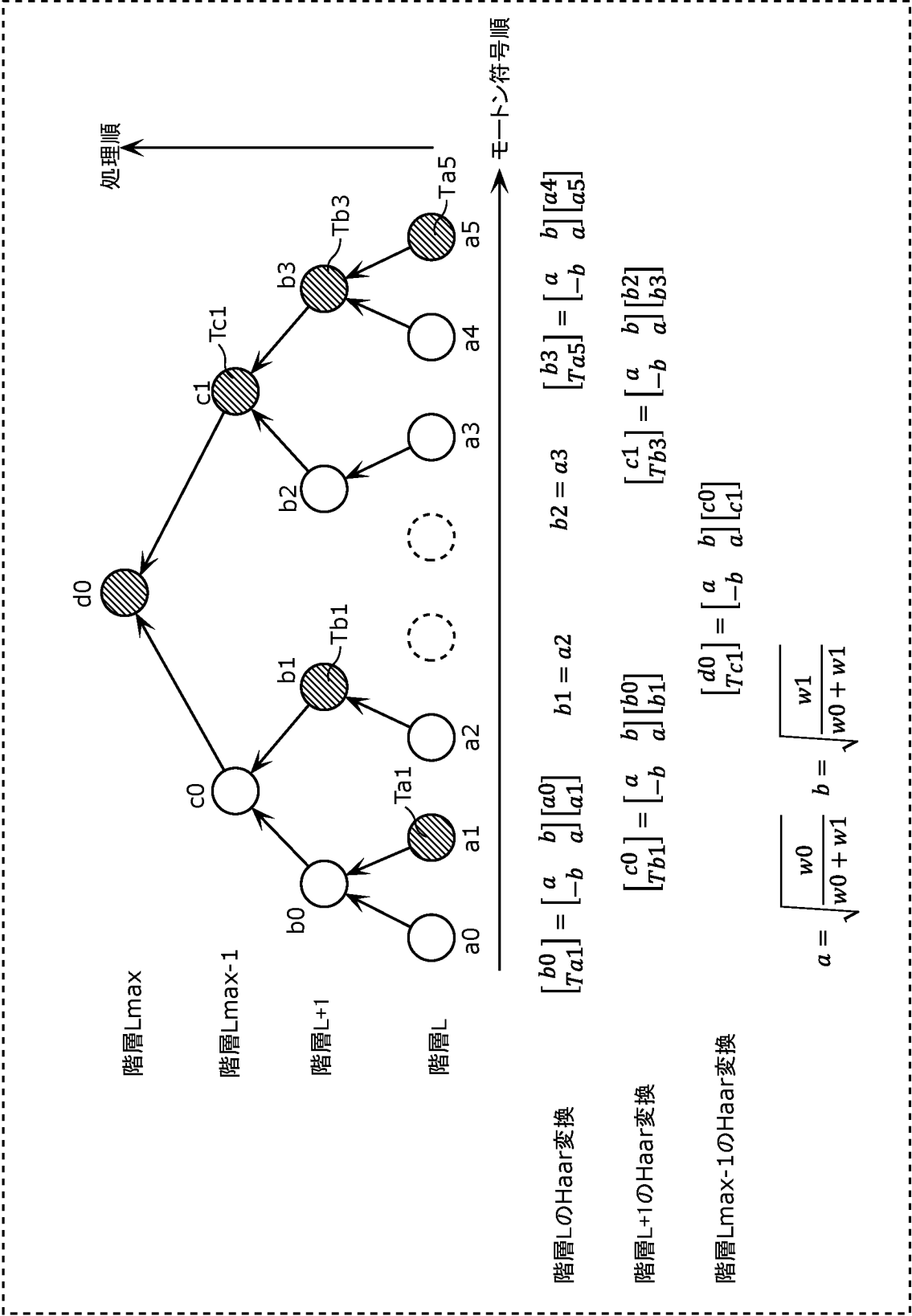
[図72]

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)

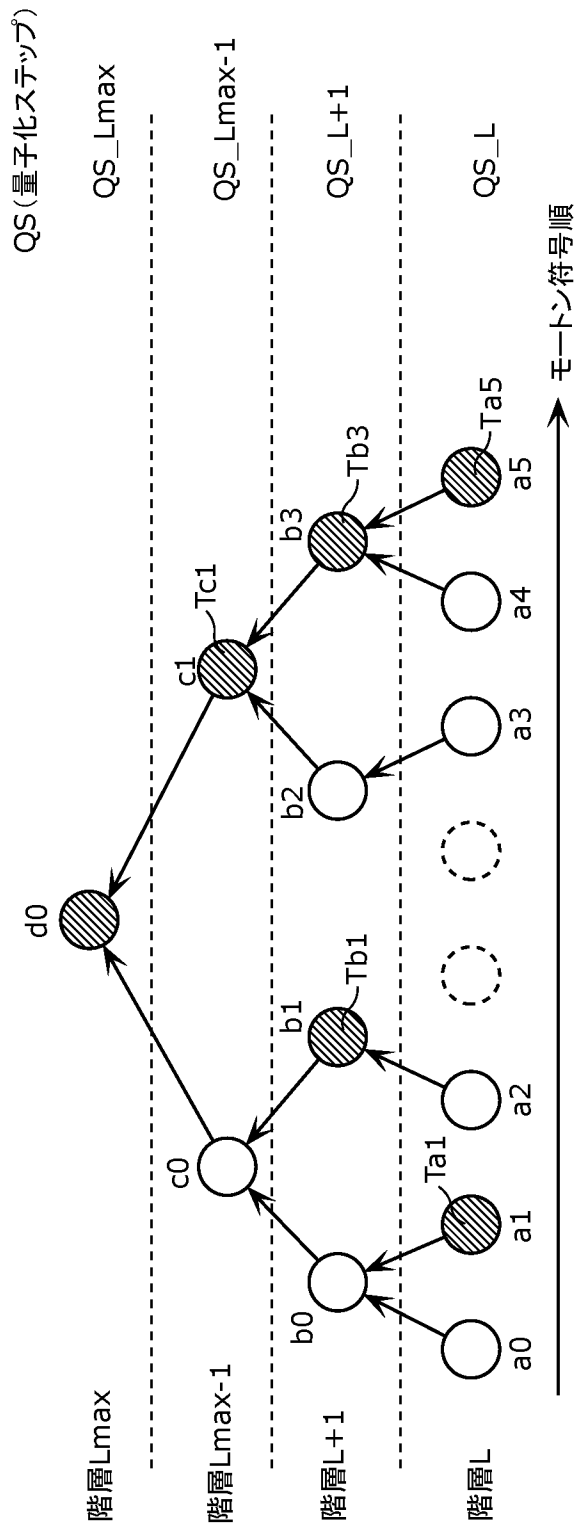
[図73]

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

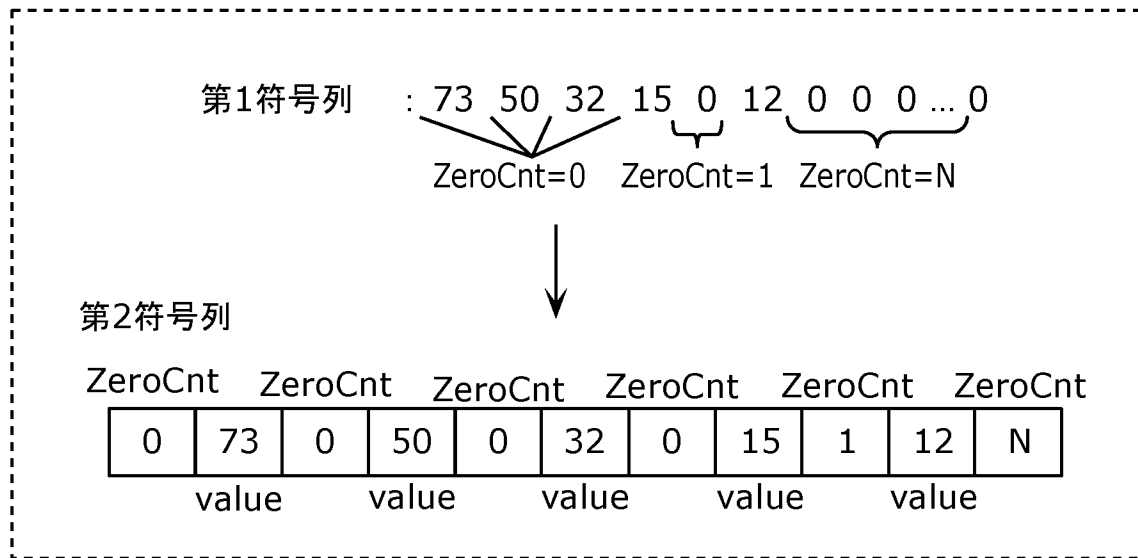
[図74]



[図75]



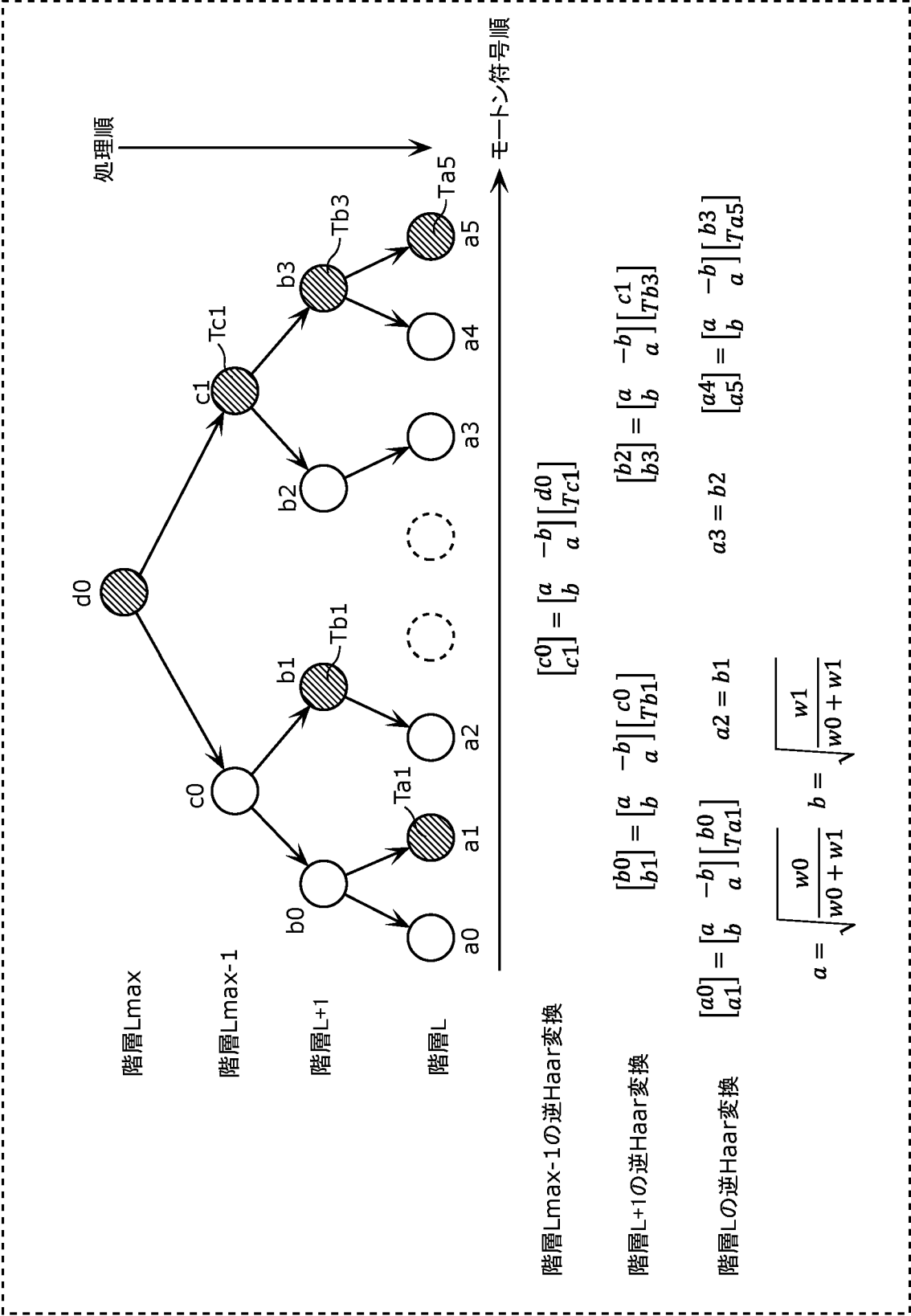
[図76]



[図77]

ZeroCnt	二値化データ
0	0
1	10
2	110
...	...
T-1	11111...10
T	11111...11

[図78]



[図79]

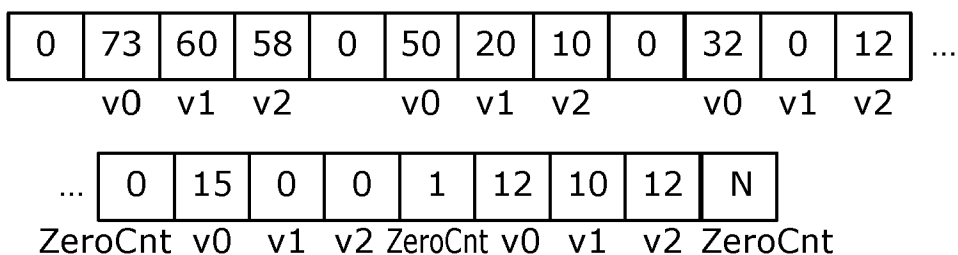
```

attribute_data {
...
ZeroCnt
for (i=0; i<NumOfPoint; i++) {
  if (layerL >= TH_layer) {
    if (ZeroCnt > 0) {
      for (j=0; j<attribute_dimension; j++)
        value[j][i] = 0
      --ZeroCnt
    }
    else {
      for (j=0; j<attribute_dimension; j++)
        value[j][i]
      for(d=1, j=1; j<attribute_dimension; j++)
        if (value[j][i] != value[j-1][i])
          d = 0
      for(j=0; j< attribute_dimension; j++ )
        value[j][i] += d
      ZeroCnt
    }
  }
  else {
    if (ZeroCnt > 0) {
      value[0][i] = 0
      --ZeroCnt
    }
    else {
      value[0][i]
      value[0][i] += 1
      ZeroCnt
    }
  }
}
...
}

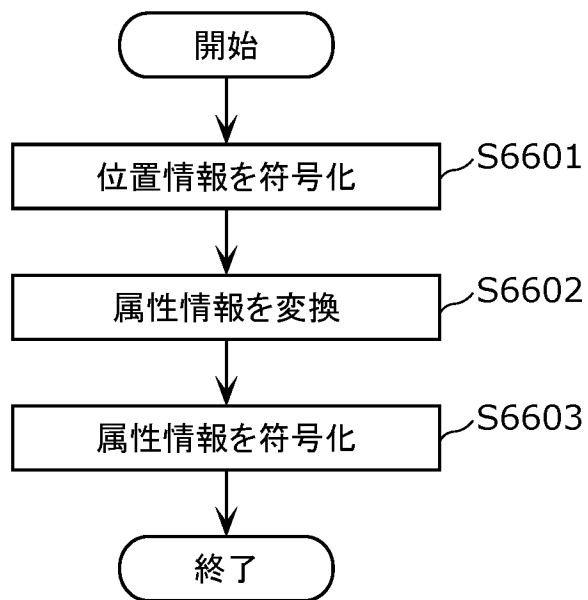
```

[図80]

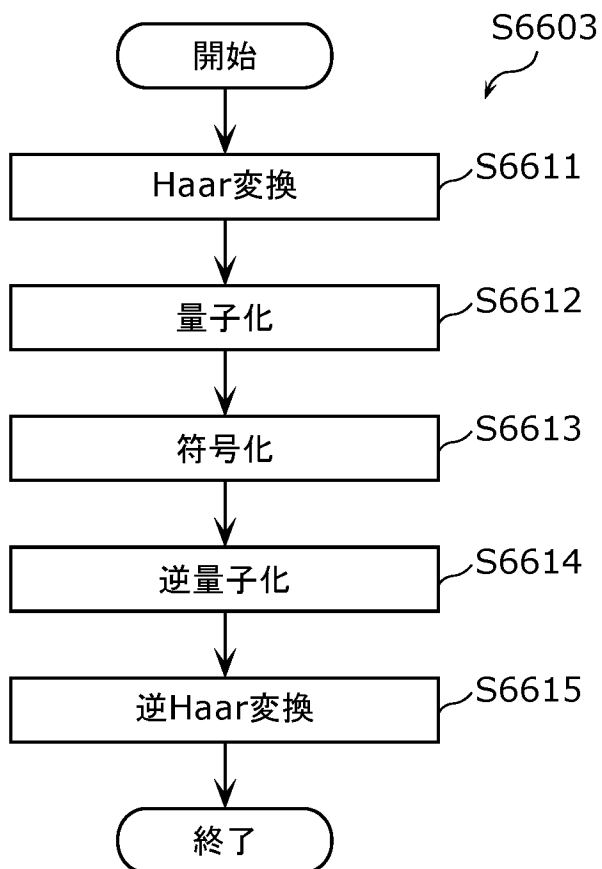
一次元成分(R成分,v0): 73 50 32 15 0 12 0 0 0 ... 0
 二次元成分(G成分,v1): 60 20 0 0 0 10 0 0 0 ... 0
 三次元成分(B成分,v2): 58 10 12 0 0 12 0 0 0 ... 0



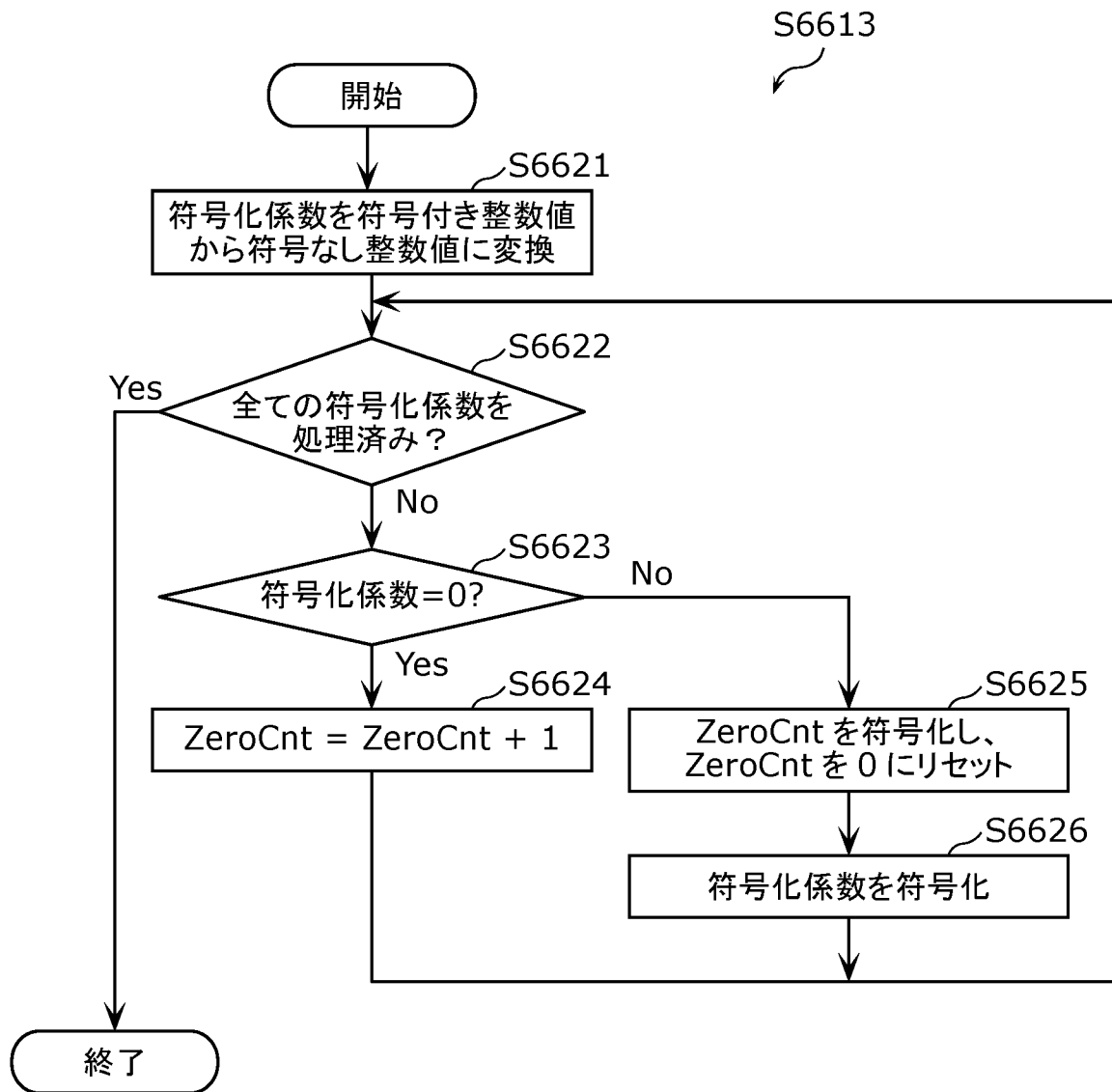
[図81]



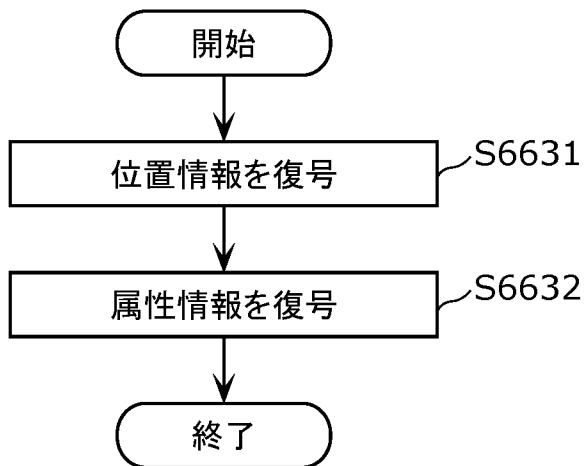
[図82]



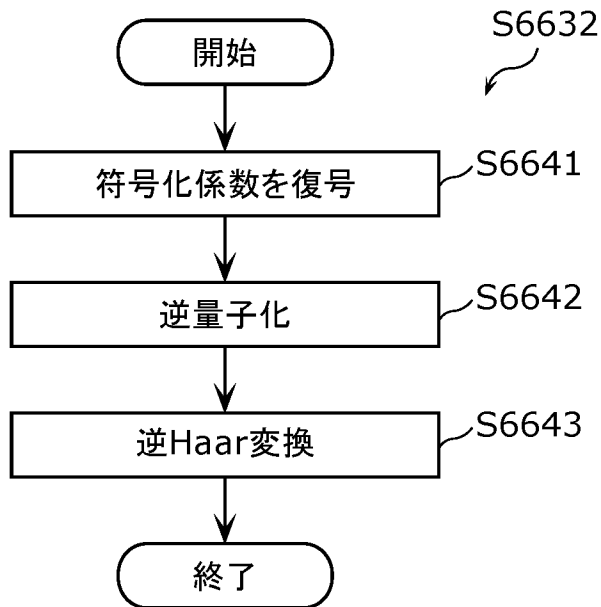
[図83]



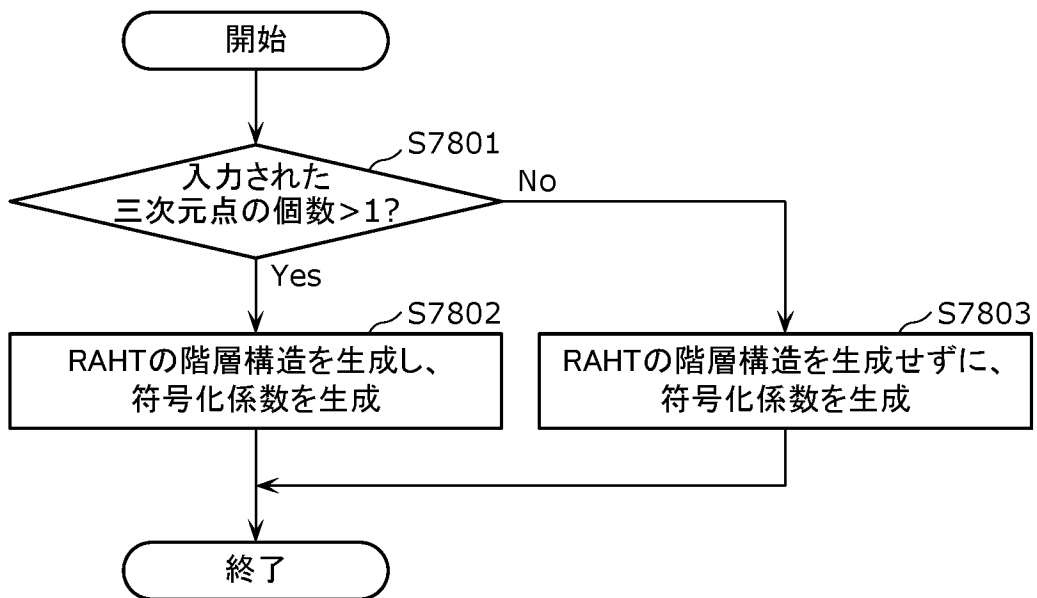
[図84]



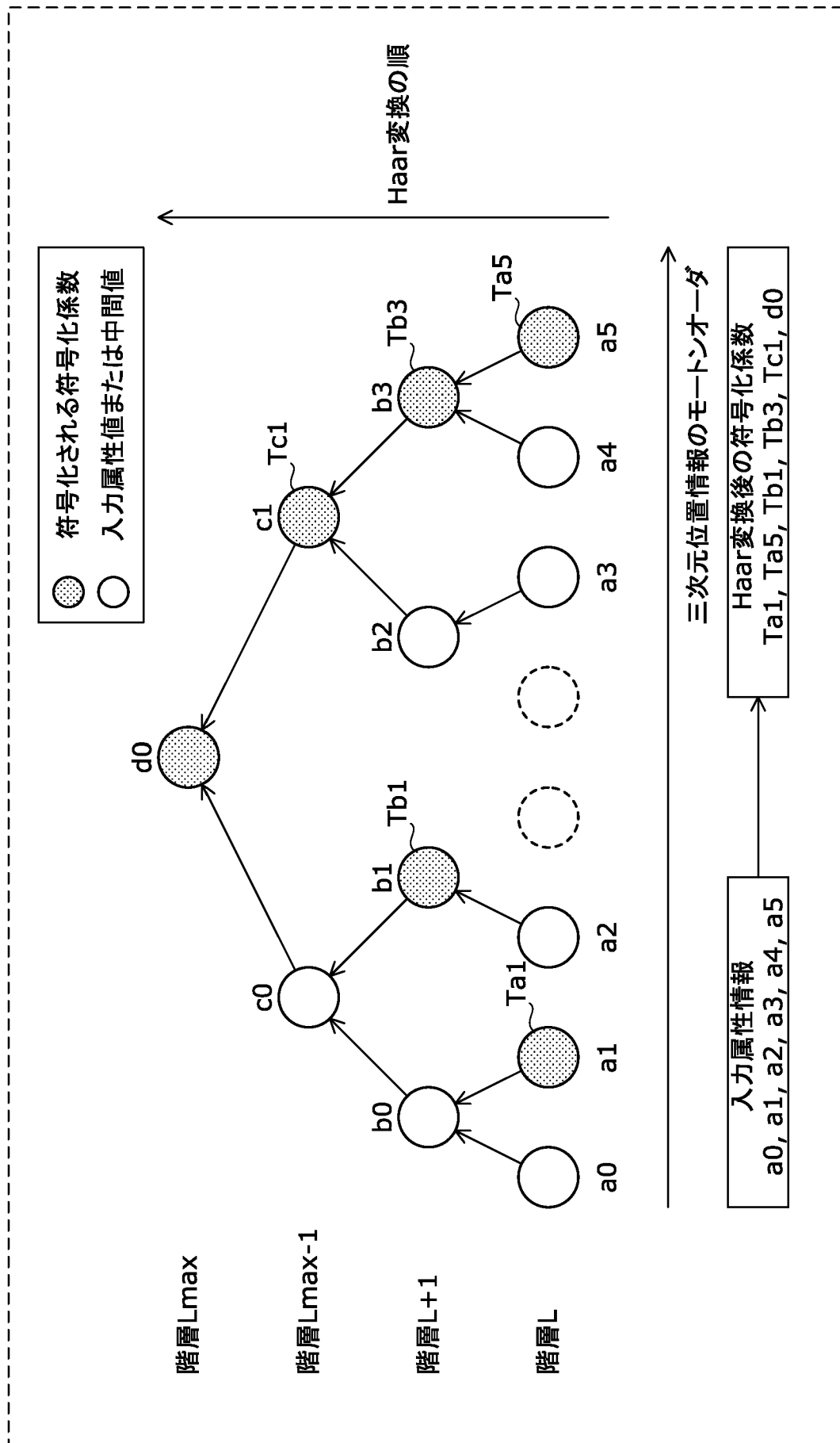
[図85]



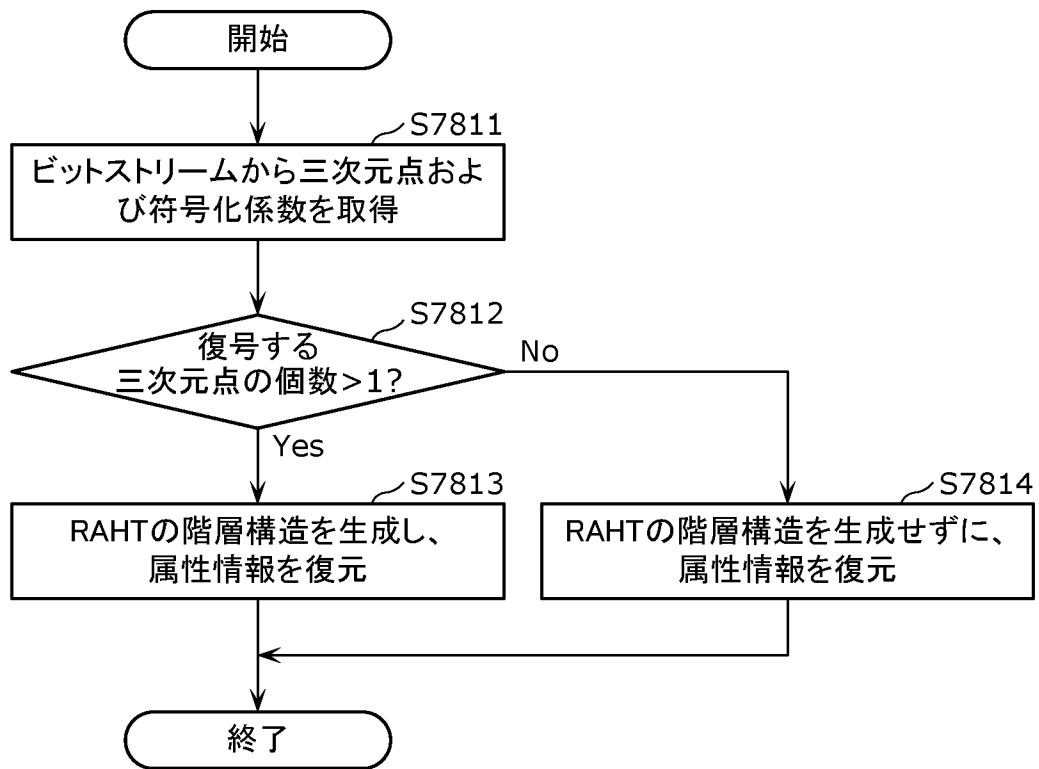
[図86]



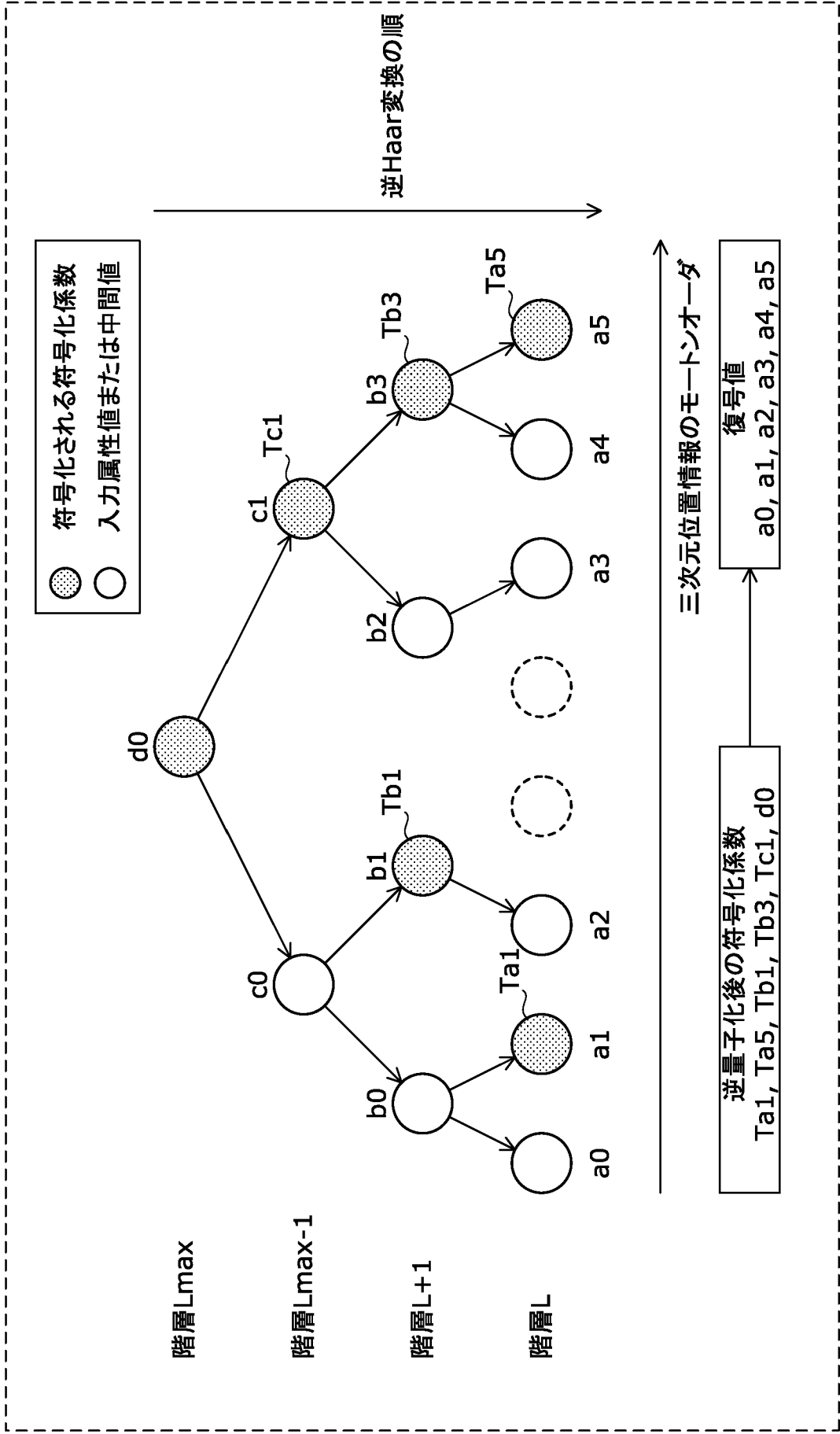
[図87]



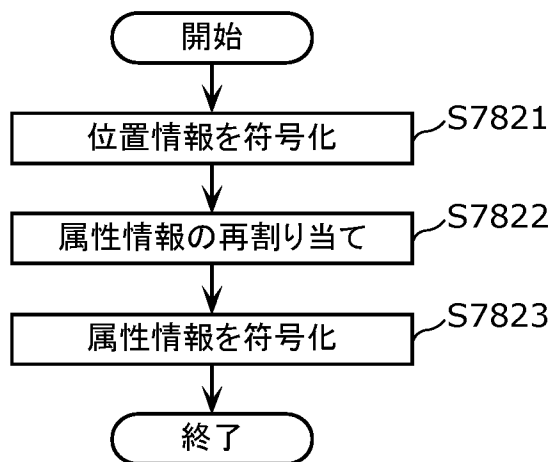
[図88]



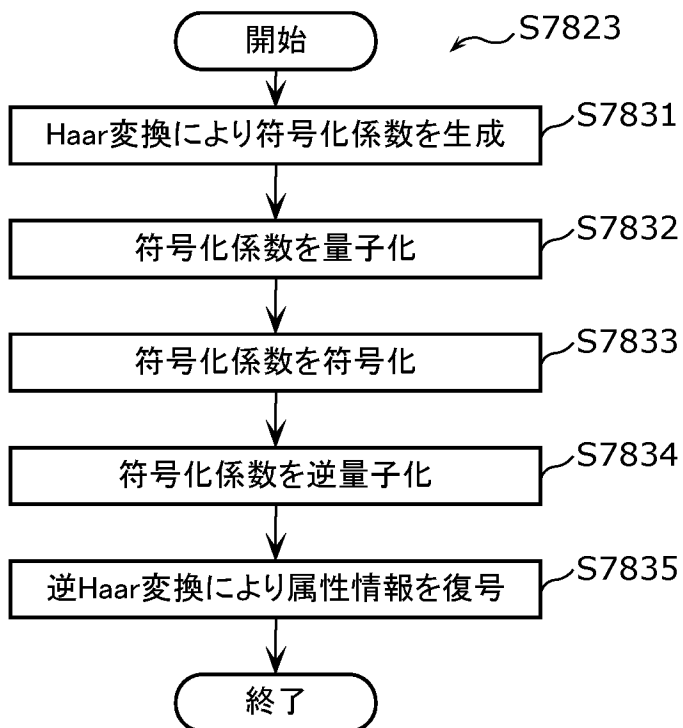
[図89]



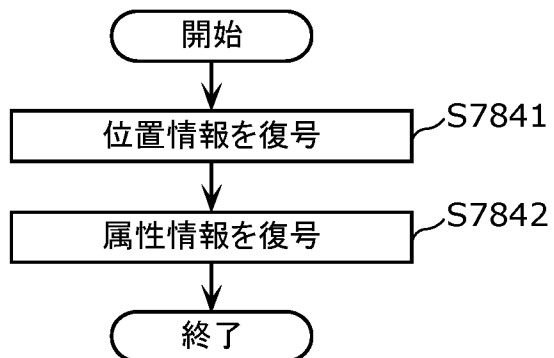
[図90]



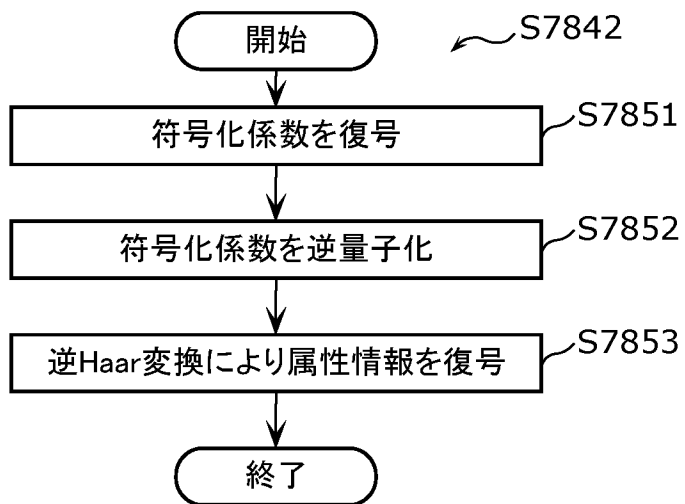
[図91]



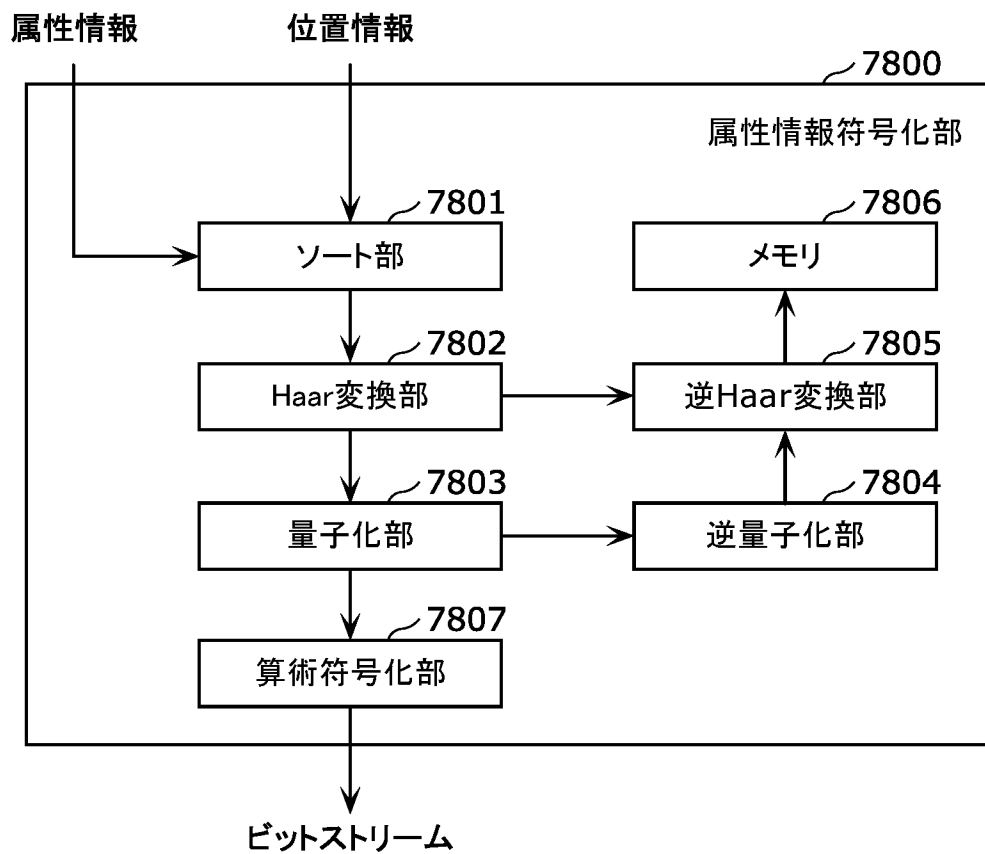
[図92]



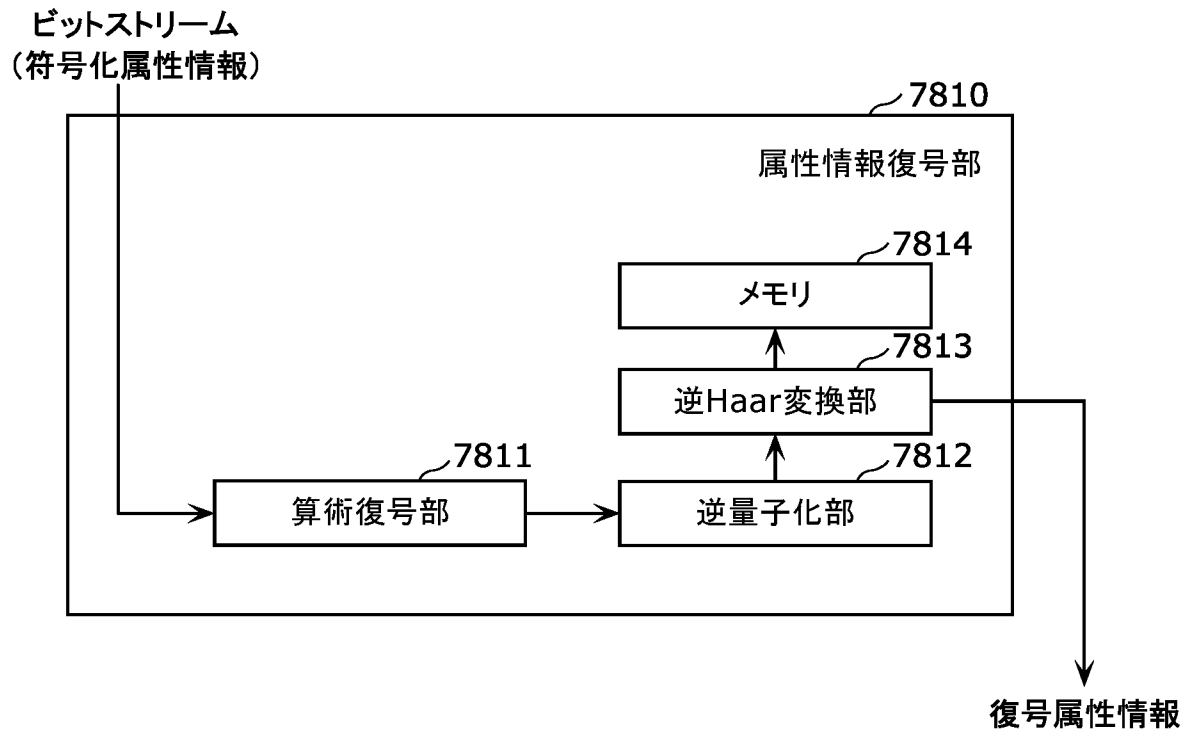
[図93]



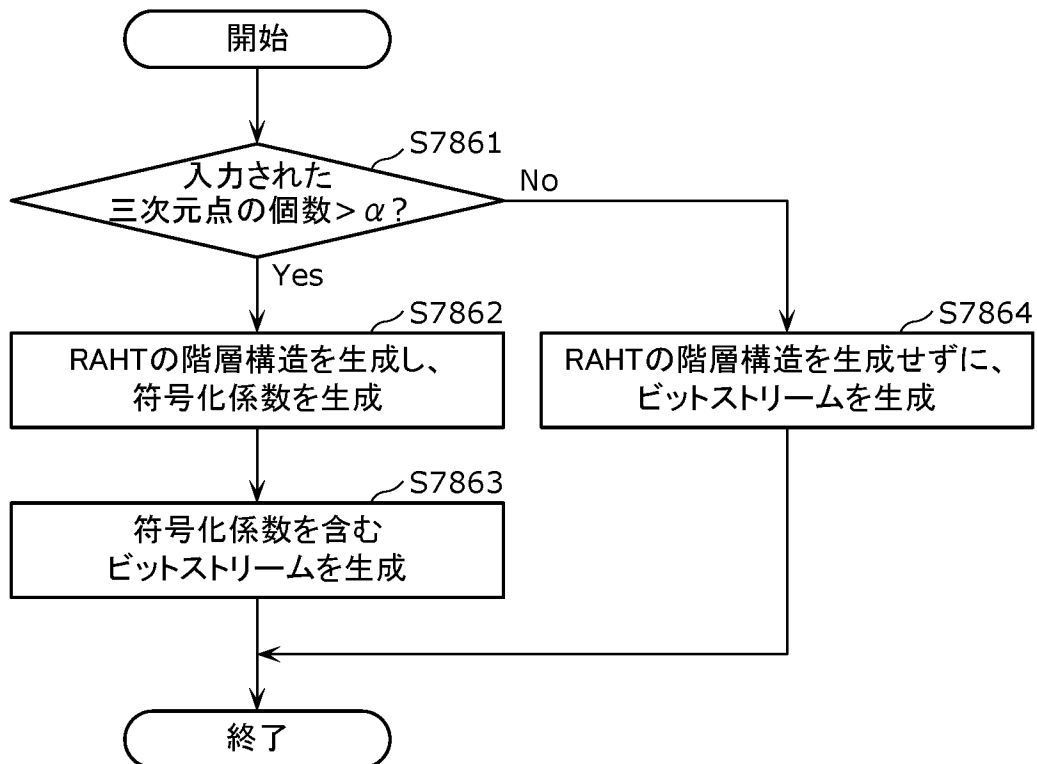
[図94]



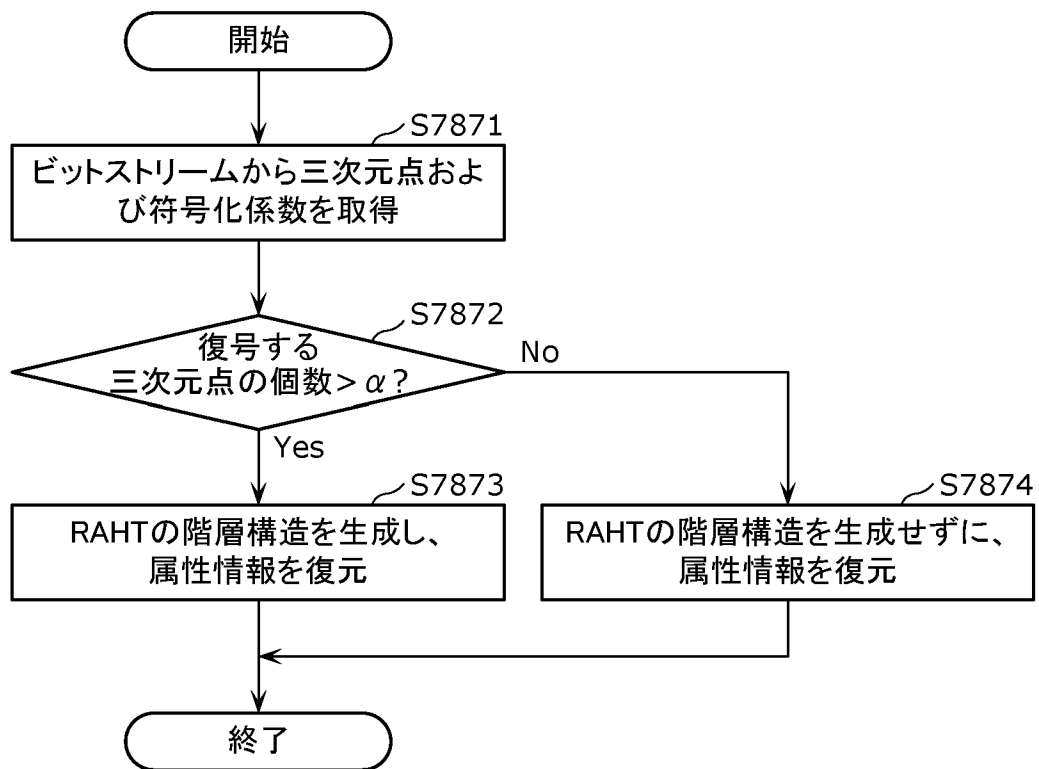
[図95]



[図96]



[図97]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2020/009740

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl. G06T9/40 (2006.01) i

FI: G06T9/40

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)

Int.Cl. G06T9/40

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)

JSTPlus (JDreamIII)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2018-101404 A (DASSAULT SYSTÈMES) 28.06.2018 (2018-06-28), entire text, all drawings	1-10
A	JP 2002-165217 A (KDDI CORP.) 07.06.2002 (2002-06-07), entire text, all drawings	1-10
A	JP 2005-235210 A (SAMSUNG ELECTRONICS CO., LTD.) 02.09.2005 (2005-09-02), entire text, all drawings	1-10
A	JP 2004-185628 A (SAMSUNG ELECTRONICS CO., LTD.; SEOUL NATIONAL UNIV INDUSTRY FOUNDATION) 02.07.2004 (2004-07-02), entire text, all drawings	1-10



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

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

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

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

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

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

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

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

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

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

06.04.2020

Date of mailing of the international search report

21.04.2020

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/JP2020/009740

JP 2018-101404 A	28.06.2018	US 2018/0075622 A1 entire text, all drawings EP 3293702 A1 CN 107819469 A
JP 2002-165217 A	07.06.2002	(Family: none)
JP 2005-235210 A	02.09.2005	US 2005/0180340 A1 entire text, all drawings EP 1566769 A2 KR 10-2005-0082052 A CN 1684109 A
JP 2004-185628 A	02.07.2004	US 2004/0150639 A1 entire text, all drawings EP 1431919 A1 KR 10-2004-0049259 A RU 2003135434 A CN 1549206 A

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） G06T 9/40(2006.01)i FI: G06T9/40		
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）） G06T9/40		
最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの 日本国実用新案公報 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		
国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語） JSTPlus (JDreamIII)		
C. 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2018-101404 A (ダッソー システムズ) 28.06.2018 (2018 - 06 - 28) 全文, 全図	1-10
A	JP 2002-165217 A (ケイディーディーアイ株式会社) 07.06.2002 (2002 - 06 - 07) 全文, 全図	1-10
A	JP 2005-235210 A (三星電子株式会社) 02.09.2005 (2005 - 09 - 02) 全文, 全図	1-10
A	JP 2004-185628 A (三星電子株式会社, 財団法人ソウル大学校産学協力財団) 02.07.2004 (2004 - 07 - 02) 全文, 全図	1-10
☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。 ☒ パテントファミリーに関する別紙を参照。		
* 引用文献のカテゴリー “A” 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの “E” 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの “L” 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す） “O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 “P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献 “T” 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と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 06.04.2020	国際調査報告の発送日 21.04.2020	
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） 佐田 宏史 5H 4189 電話番号 03-3581-1101 内線 3531	

国際調査報告
 パテントファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2020/009740

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP	2018-101404	A	28.06.2018	US 2018/0075622 A1 全文, 全図 EP 3293702 A1 CN 107819469 A	
JP	2002-165217	A	07.06.2002	(ファミリーなし)	
JP	2005-235210	A	02.09.2005	US 2005/0180340 A1 全文, 全図 EP 1566769 A2 KR 10-2005-0082052 A CN 1684109 A	
JP	2004-185628	A	02.07.2004	US 2004/0150639 A1 全文, 全図 EP 1431919 A1 KR 10-2004-0049259 A RU 2003135434 A CN 1549206 A	