

(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
2019年8月15日(15.08.2019)



(10) 国際公開番号

WO 2019/156141 A1

- (51) 国際特許分類:
G06T 9/40 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2019/004346
- (22) 国際出願日: 2019年2月7日(07.02.2019)
- (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:
62/627,891 2018年2月8日(08.02.2018) 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).
小山 達也(KOYAMA, Tatsuya).
- (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

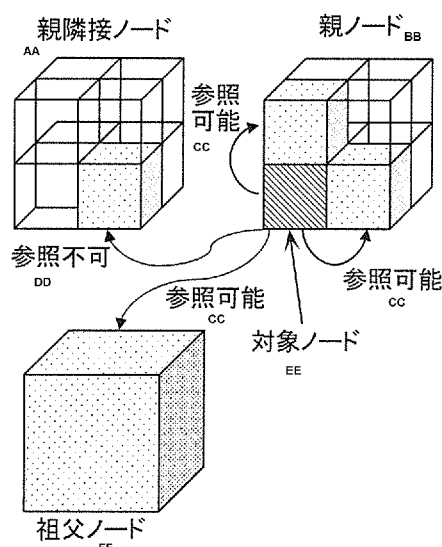


FIG. 137:
AA Parent adjacent node
BB Parent node
CC Referencing possible
DD Referencing not possible
EE Target node
FF Grandfather node

(57) Abstract: This three-dimensional data encoding method encodes information of a target node contained in an N (where N is an integer at least equal to 2) tree structure of a plurality of three-dimensional points included in three-dimensional data, wherein, in the encoding, among a plurality of adjacent nodes spatially adjacent to the target node, reference to information of a first node having a parent node that is the same as that of the target node is allowed, and reference to information of a second node having a different parent node to that of the target node is prohibited. For example, in the three-dimensional data encoding method, a determination may additionally be performed to ascertain whether to prohibit reference to the information of the second node, and a bit stream including prohibition switching information, which is

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, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

- (84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

- 一 国際調査報告 (条約第21条(3))

the result of the determination and indicates whether reference to the information of the second node is to be prohibited, may be generated.

(57) 要約: 三次元データ符号化方法は、三次元データに含まれる複数の三次元点のN (Nは2以上の整数) 分木構造に含まれる対象ノードの情報を符号化し、符号化では、対象ノードと空間的に隣接する複数の隣接ノードのうち、対象ノードと親ノードが同一である第1ノードの情報の参照を許可し、対象ノードと親ノードが異なる第2ノードの情報の参照を禁止する。例えば、三次元データ符号化方法は、さらに、第2ノードの情報の参照を禁止するか否かを決定し、決定の結果であって、第2ノードの情報の参照を禁止するか否かを示す禁止切替情報を含むビットストリームを生成してもよい。

明 細 書

発明の名称：

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

技術分野

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

背景技術

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

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

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

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

先行技術文献

特許文献

[0006] 特許文献1：国際公開第2014／020663号

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0007] 三次元データの符号化において符号化効率を向上できること、及び、処理量を低減できることが望まれている。

[0008] 本開示は、符号化効率を向上できるとともに、処理量を低減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、三次元データに含まれる複数の三次元点の N （ N は2以上の整数）分木構造に含まれる対象ノードの情報を符号化し、前記符号化では、前記対象ノードと空間的に隣接する複数の隣接ノードのうち、前記対象ノードと親ノードが同一である第1ノードの情報の参照を許可し、前記対象ノードと親ノードが異なる第2ノードの情報の参照を禁止する。

[0010] 本開示の一態様に係る三次元データ復号方法は、三次元データに含まれる複数の三次元点の N （ N は2以上の整数）分木構造に含まれる対象ノードの情報を復号し、前記復号では、前記対象ノードと空間的に隣接する複数の隣接ノードのうち、前記対象ノードと親ノードが同一である第1ノードの情報の参照を許可し、前記対象ノードと親ノードが異なる第2ノードの情報の参照を禁止する。

発明の効果

[0011] 本開示は、符号化効率を向上できるとともに、処理量を低減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

[0012] [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。

[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5 1は、実施の形態8に係る配信システムの構成を示す図である。

[図52]図5 2は、実施の形態8に係る符号化三次元マップのビットストリームの構成例を示す図である。

[図53]図5 3は、実施の形態8に係る符号化効率の改善効果を説明するための図である。

[図54]図5 4は、実施の形態8に係るサーバによる処理のフローチャートである。

[図55]図5 5は、実施の形態8に係るクライアントによる処理のフローチャートである。

[図56]図5 6は、実施の形態8に係るサブマップのシンタックス例を示す図である。

[図57]図5 7は、実施の形態8に係る符号化タイプの切り替え処理を模式的に示す図である。

[図58]図5 8は、実施の形態8に係るサブマップのシンタックス例を示す図である。

[図59]図5 9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6 0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61]図6 1は、実施の形態8に係る符号化タイプの切り替え処理の変形例の動作を模式的に示す図である。

[図62]図6 2は、実施の形態8に係る符号化タイプの切り替え処理の変形例の動作を模式的に示す図である。

[図63]図6 3は、実施の形態8に係る符号化タイプの切り替え処理の変形例の動作を模式的に示す図である。

[図64]図6 4は、実施の形態8に係る差分値の算出処理の変形例の動作を模式的に示す図である。

[図65]図6 5は、実施の形態8に係る差分値の算出処理の変形例の動作を模

式的に示す図である。

[図66]図 6 6 は、実施の形態 8 に係る差分値の算出処理の変形例の動作を模式的に示す図である。

[図67]図 6 7 は、実施の形態 8 に係る差分値の算出処理の変形例の動作を模式的に示す図である。

[図68]図 6 8 は、実施の形態 8 に係るボリュームのシンタックス例を示す図である。

[図69]図 6 9 は、実施の形態 9 に係る重要領域の例を示す図である。

[図70]図 7 0 は、実施の形態 9 に係るオキュパンシー符号の一例を示す図である。

[図71]図 7 1 は、実施の形態 9 に係る 4 分木構造の一例を示す図である。

[図72]図 7 2 は、実施の形態 9 に係るオキュパンシー符号及びロケーション符号の一例を示す図である。

[図73]図 7 3 は、実施の形態 9 に係る L i D A R で得られた三次元点の例を示す図である。

[図74]図 7 4 は、実施の形態 9 に係る 8 分木構造の例を示す図である。

[図75]図 7 5 は、実施の形態 9 に係る混合符号化の例を示す図である。

[図76]図 7 6 は、実施の形態 9 に係るロケーション符号化とオキュパンシー符号化との切り替え方法を説明するための図である。

[図77]図 7 7 は、実施の形態 9 に係るロケーション符号化のビットストリームの一例を示す図である。

[図78]図 7 8 は、実施の形態 9 に係る混合符号化のビットストリームの一例を示す図である。

[図79]図 7 9 は、実施の形態 9 に係る重要三次元点のオキュパンシー符号の木構造を示す図である。

[図80]図 8 0 は、実施の形態 9 に係る非重要三次元点のオキュパンシー符号の木構造を示す図である。

[図81]図 8 1 は、実施の形態 9 に係る混合符号化のビットストリームの一例

を示す図である。

[図82]図82は、実施の形態9に係る符号化モード情報を含むビットストリームの一例を示す図である。

[図83]図83は、実施の形態9に係るシンタックス例を示す図である。

[図84]図84は、実施の形態9に係る符号化処理のフローチャートである。

[図85]図85は、実施の形態9に係るノード符号化処理のフローチャートである。

[図86]図86は、実施の形態9に係る復号処理のフローチャートである。

[図87]図87は、実施の形態9に係るノード復号処理のフローチャートである。

[図88]図88は、実施の形態10に係る木構造の一例を示す図である。

[図89]図89は、実施の形態10に係る各枝が持つ有効リーフの数の例を表す図である。

[図90]図90は、実施の形態10に係る符号化方式の適用例を示す図である。

[図91]図91は、実施の形態10に係る密な枝領域の例を示す図である。

[図92]図92は、実施の形態10に係る密な三次元点群の例を示す図である。

[図93]図93は、実施の形態10に係る疎な三次元点群の例を示す図である。

[図94]図94は、実施の形態10に係る符号化処理のフローチャートである。

[図95]図95は、実施の形態10に係る復号処理のフローチャートである。

[図96]図96は、実施の形態10に係る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10に係る復号処理のフローチャートである。

[図98]図98は、実施の形態10に係る符号化処理のフローチャートである。

[図99]図 99 は、実施の形態 10 に係る復号処理のフローチャートである。

[図100]図 100 は、実施の形態 10 に係る三次元点の分離処理のフローチャートである。

[図101]図 101 は、実施の形態 10 に係るシンタックス例を示す図である。

[図102]図 102 は、実施の形態 10 に係る密な枝の例を示す図である。

[図103]図 103 は、実施の形態 10 に係る疎な枝の例を示す図である。

[図104]図 104 は、実施の形態 10 の変形例に係る符号化処理のフローチャートである。

[図105]図 105 は、実施の形態 10 の変形例に係る復号処理のフローチャートである。

[図106]図 106 は、実施の形態 10 の変形例に係る三次元点の分離処理のフローチャートである。

[図107]図 107 は、実施の形態 10 の変形例に係るシンタックス例を示す図である。

[図108]図 108 は、実施の形態 10 に係る符号化処理のフローチャートである。

[図109]図 109 は、実施の形態 10 に係る復号処理のフローチャートである。

[図110]図 110 は、実施の形態 11 に係る木構造の一例を示す図である。

[図111]図 111 は、実施の形態 11 に係るオキュパンシー符号の一例を示す図である。

[図112]図 112 は、実施の形態 11 に係る三次元データ符号化装置の動作を模式的に示す図である。

[図113]図 113 は、実施の形態 11 に係る幾何情報の一例を示す図である。

[図114]図 114 は、実施の形態 11 に係る幾何情報を用いた符号化テーブルの選択例を示す図である。

[図115]図 115 は、実施の形態 11 に係る構造情報を用いた符号化テーブルの選択例を示す図である。

[図116]図 1 1 6 は、実施の形態 1 1 に係る属性情報を用いた符号化テーブルの選択例を示す図である。

[図117]図 1 1 7 は、実施の形態 1 1 に係る属性情報を用いた符号化テーブルの選択例を示す図である。

[図118]図 1 1 8 は、実施の形態 1 1 に係るビットストリームの構成例を示す図である。

[図119]図 1 1 9 は、実施の形態 1 1 に係る符号化テーブルの一例を示す図である。

[図120]図 1 2 0 は、実施の形態 1 1 に係る符号化テーブルの一例を示す図である。

[図121]図 1 2 1 は、実施の形態 1 1 に係るビットストリームの構成例を示す図である。

[図122]図 1 2 2 は、実施の形態 1 1 に係る符号化テーブルの一例を示す図である。

[図123]図 1 2 3 は、実施の形態 1 1 に係る符号化テーブルの一例を示す図である。

[図124]図 1 2 4 は、実施の形態 1 1 に係るオキュパンシー符号のビット番号の一例を示す図である。

[図125]図 1 2 5 は、実施の形態 1 1 に係る幾何情報を用いた符号化処理のフローチャートである。

[図126]図 1 2 6 は、実施の形態 1 1 に係る幾何情報を用いた復号処理のフローチャートである。

[図127]図 1 2 7 は、実施の形態 1 1 に係る構造情報を用いた符号化処理のフローチャートである。

[図128]図 1 2 8 は、実施の形態 1 1 に係る構造情報を用いた復号処理のフローチャートである。

[図129]図 1 2 9 は、実施の形態 1 1 に係る属性情報を用いた符号化処理のフローチャートである。

[図130]図130は、実施の形態11に係る属性情報を用いた復号処理のフローチャートである。

[図131]図131は、実施の形態11に係る幾何情報を用いた符号化テーブル選択処理のフローチャートである。

[図132]図132は、実施の形態11に係る構造情報を用いた符号化テーブル選択処理のフローチャートである。

[図133]図133は、実施の形態11に係る属性情報を用いた符号化テーブル選択処理のフローチャートである。

[図134]図134は、実施の形態11に係る三次元データ符号化装置のブロック図である。

[図135]図135は、実施の形態11に係る三次元データ復号装置のブロック図である。

[図136]図136は、実施の形態12に係る8分木構造における参照関係を示す図である。

[図137]図137は、実施の形態12に係る空間領域における参照関係を示す図である。

[図138]図138は、実施の形態12に係る隣接参照ノードの例を示す図である。

[図139]図139は、実施の形態12に係る親ノードとノードとの関係を示す図である。

[図140]図140は、実施の形態12に係る親ノードのオキュパンシー符号の例を示す図である。

[図141]図141は、実施の形態12に係る三次元データ符号化装置のブロック図である。

[図142]図142は、実施の形態12に係る三次元データ復号装置のブロック図である。

[図143]図143は、実施の形態12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144]図144は、実施の形態12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145]図145は、実施の形態12に係る符号化テーブルの切替え例を示す図である。

[図146]図146は、実施の形態12の変形例1に係る空間領域における参照関係を示す図である。

[図147]図147は、実施の形態12の変形例1に係るヘッダ情報のシンタックス例を示す図である。

[図148]図148は、実施の形態12の変形例1に係るヘッダ情報のシンタックス例を示す図である。

[図149]図149は、実施の形態12の変形例2に係る隣接参照ノードの例を示す図である。

[図150]図150は、実施の形態12の変形例2に係る対象ノード及び隣接ノードの例を示す図である。

[図151]図151は、実施の形態12の変形例3に係る8分木構造における参照関係を示す図である。

[図152]図152は、実施の形態12の変形例3に係る空間領域における参照関係を示す図である。

発明を実施するための形態

[0013] 本開示の一態様に係る三次元データ符号化方法は、三次元データに含まれる複数の三次元点の N （ N は2以上の整数）分木構造に含まれる対象ノードの情報を符号化し、前記符号化では、前記対象ノードと空間的に隣接する複数の隣接ノードのうち、前記対象ノードと親ノードが同一である第1ノードの情報の参照を許可し、前記対象ノードと親ノードが異なる第2ノードの情報の参照を禁止する。

[0014] これによれば、当該三次元データ符号化方法は、対象ノードと空間的に隣接する複数の隣接ノードのうち、対象ノードと親ノードが同一である第1ノードの情報の参照することで符号化効率を向上できる。また、当該三次元デ

ータ符号化方法は、複数の隣接ノードのうち、対象ノードと親ノードが異なる第2ノードの情報の参照をしないことにより、処理量を低減できる。このように、当該三次元データ符号化方法は、符号化効率を向上できるとともに、処理量を低減できる。

[0015] 例えば、前記三次元データ符号化方法は、さらに、前記第2ノードの情報の参照を禁止するか否かを決定し、前記符号化では、前記決定の結果に基づき、前記第2ノードの情報の参照を禁止するか、許可するかを切り替え、前記三次元データ符号化方法は、さらに、前記決定の結果であって、前記第2ノードの情報の参照を禁止するか否かを示す禁止切替情報を含むビットストリームを生成してもよい。

[0016] これによれば、当該三次元データ符号化方法は、第2ノードの情報の参照を禁止するか否かを切り替えることができる。また、三次元データ復号装置は、禁止切替情報を用いて適切に復号処理を行うことができる。

[0017] 例えば、前記対象ノードの前記情報は、前記対象ノードに属する子ノードの各々に三次元点が存在するか否かを示す情報であり、前記第1ノードの情報は、前記第1ノードに三次元点が存在するか否かを示す情報であり、前記第2ノードの情報は、前記第2ノードに三次元点が存在するか否かを示す情報であってもよい。

[0018] 例えば、前記符号化では、前記第1ノードに三次元点が存在するか否かに基づき、符号化テーブルを選択し、選択された符号化テーブルを用いて、前記対象ノードの前記情報をエントロピー符号化してもよい。

[0019] 例えば、前記符号化では、前記複数の隣接ノードのうち、前記第1ノードの子ノードの情報の参照を許可してもよい。

[0020] これによれば、当該三次元データ符号化方法は、隣接ノードのより詳細な情報を参照することができるので符号化効率を向上できる。

[0021] 例えば、前記符号化では、前記対象ノードの親ノード内の空間位置に応じて、前記複数の隣接ノードのうち、参照する隣接ノードを切り替えてもよい。

- [0022] これによれば、当該三次元データ符号化方法は、対象ノードの親ノード内の空間位置に応じて、適切な隣接ノードを参照できる。
- [0023] 本開示の一態様に係る三次元データ復号方法は、三次元データに含まれる複数の三次元点の N （ N は2以上の整数）分木構造に含まれる対象ノードの情報を復号し、前記復号では、前記対象ノードと空間的に隣接する複数の隣接ノードのうち、前記対象ノードと親ノードが同一である第1ノードの情報の参照を許可し、前記対象ノードと親ノードが異なる第2ノードの情報の参照を禁止する。
- [0024] これによれば、当該三次元データ復号方法は、対象ノードと空間的に隣接する複数の隣接ノードのうち、対象ノードと親ノードが同一である第1ノードの情報の参照することで符号化効率を向上できる。また、当該三次元データ復号方法は、複数の隣接ノードのうち、対象ノードと親ノードが異なる第2ノードの情報の参照をしないことにより、処理量を低減できる。このように、当該三次元データ復号方法は、符号化効率を向上できるとともに、処理量を低減できる。
- [0025] 例えば、前記三次元データ復号方法は、さらに、前記第2ノードの情報の参照を禁止するか否かを示す禁止切替情報をビットストリームから取得し、前記復号では、前記禁止切替情報に基づき、前記第2ノードの情報の参照を禁止するか、許可するかを切り替えてもよい。
- [0026] これによれば、当該三次元データ復号方法は、禁止切替情報を用いて適切に復号処理を行うことができる。
- [0027] 例えば、前記対象ノードの前記情報は、前記対象ノードに属する子ノードの各々に三次元点が存在するか否かを示す情報であり、前記第1ノードの情報は、前記第1ノードに三次元点が存在するか否かを示す情報であり、前記第2ノードの情報は、前記第2ノードに三次元点が存在するか否かを示す情報であってもよい。
- [0028] 例えば、前記復号では、前記第1ノードに三次元点が存在するか否かに基づき、符号化テーブルを選択し、選択された符号化テーブルを用いて、前記

対象ノードの前記情報をエントロピー復号してもよい。

[0029] 例えば、前記復号では、前記複数の隣接ノードのうち、前記第1ノードの子ノードの情報の参照を許可してもよい。

[0030] これによれば、当該三次元データ復号方法は、隣接ノードのより詳細な情報を参照することができるので符号化効率を向上できる。

[0031] 例えば、前記復号では、前記対象ノードの親ノード内の空間位置に応じて、前記複数の隣接ノードのうち、参照する隣接ノードを切り替えてもよい。

[0032] これによれば、当該三次元データ復号方法は、対象ノードの親ノード内の空間位置に応じて、適切な隣接ノードを参照できる。

[0033] また、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、三次元データに含まれる複数の三次元点の N （ N は2以上の整数）分木構造に含まれる対象ノードの情報を符号化し、前記符号化では、前記対象ノードと空間的に隣接する複数の隣接ノードのうち、前記対象ノードと親ノードが同一である第1ノードの情報の参照を許可し、前記対象ノードと親ノードが異なる第2ノードの情報の参照を禁止する。

[0034] これによれば、当該三次元データ符号化装置は、対象ノードと空間的に隣接する複数の隣接ノードのうち、対象ノードと親ノードが同一である第1ノードの情報の参照することで符号化効率を向上できる。また、当該三次元データ符号化装置は、複数の隣接ノードのうち、対象ノードと親ノードが異なる第2ノードの情報の参照をしないことにより、処理量を低減できる。このように、当該三次元データ符号化装置は、符号化効率を向上できるとともに、処理量を低減できる。

[0035] また、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、三次元データに含まれる複数の三次元点の N （ N は2以上の整数）分木構造に含まれる対象ノードの情報を復号し、前記復号では、前記対象ノードと空間的に隣接する複数の隣接ノードのうち、前記対象ノードと親ノードが同一である第1ノード

の情報の参照を許可し、前記対象ノードと親ノードが異なる第2ノードの情報の参照を禁止する。

[0036] これによれば、当該三次元データ復号装置は、対象ノードと空間的に隣接する複数の隣接ノードのうち、対象ノードと親ノードが同一である第1ノードの情報の参照することで符号化効率を向上できる。また、当該三次元データ復号装置は、複数の隣接ノードのうち、対象ノードと親ノードが異なる第2ノードの情報の参照をしないことにより、処理量を低減できる。このように、当該三次元データ復号装置は、符号化効率を向上できるとともに、処理量を低減できる。

[0037] 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。

[0038] 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。

[0039] (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。

[0040] 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（ $V \times L$ ）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。

[0041] 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。

[0042] 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。

[0043] 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。

[0044] 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。

[0045] 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（ $I - S P C$ ）、単方向の参照のみ可能なプレディクティブ・スペース（ $P - S P C$ ）、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（ $B - S P C$ ）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。

[0046] 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。

[0047] 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。

[0048] 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。

[0049] 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。

[0050] 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。

[0051] 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。

[0052] 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。

[0053] 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。

[0054] 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。

[0055] 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。

[0056] 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。

[0057] 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。

[0058] 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。

[0059] 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。

[0060] 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。

[0061] 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。

[0062] 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。

[0063] 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。

[0064] 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。

[0065] または、VLM或いはVXLが識別単位として用いられてもよい。この場合、静的オブジェクトを含むVLM又はVXLと、動的オブジェクトを含むVLM又はVXLとが上記識別情報により区別される。

[0066] また、符号化装置は、動的オブジェクトを1以上のVLM又はSPCとして符号化し、静的オブジェクトを含むVLM又はSPCと、動的オブジェクトを含むSPCとを、互いに異なるGOS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GOSのサイズが可変となる場合には、GOSのサイズをメタ情報として別途格納する。

[0067] 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SPCから構成され、各SPCは、当該SPCが重畳される静的オブジェクトを構成する1以上のSPCに対応付けられる。なお、動的オブジェクトをSPCではなく、1以上のVLM又はVXLにより表現してもよい。

[0068] 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。

[0069] 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SPCを含むGOS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GOS(GOS__M)と、GOS__Mの空間領域に対応する静的オブジェクトのGOS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、GOS単位で重畳処理を行うことができる。

[0070] 動的オブジェクトを構成するP-SPC又はB-SPCは、符号化済みの異なるGOSに含まれるSPC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する、同一の動的オブジェクトが異なる時刻のGOSとして符号化されるケースでは、GOSを跨いだ参照が圧縮率の観点から有効となる。

[0071] 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。

[0072] 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。

[0073] 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。G O S 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G O S 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G O S を連続的に符号化する。ある xz 平面内の全てのG O S 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、G O S のインデックス番号は符号化順に設定される。

[0074] 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。

[0075] また、G O S 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、G O S 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、G O S 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、G O S のサイズ、又は、G O S 内のI-S P C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、G O S のサイズを小さくし、G O S 内のI-S P Cの間隔を短くする。

[0076] 図5の例では、3番目から10番目のG O S 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、G O S が細分化されている。なお、7番目から10番目のG O S は、それぞれ、3番目から6番目のG O S の裏側に存在する。

[0077] 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。

[0078] 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。

[0079] 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)。

[0080] 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。

[0081] 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。

[0082] 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)。

[0083] 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。

[0084] 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。

[0085] 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。

[0086] 例えば、三次元データ符号化装置100は、処理対象の第1処理単位（GOS）がクローズドGOSである場合には、処理対象の第1処理単位（GOS）に含まれる処理対象の第2処理単位（SPC）を、処理対象の第1処理単位（GOS）に含まれる他の第2処理単位（SPC）を参照して符号化する。つまり、三次元データ符号化装置100は、処理対象の第1処理単位（GOS）とは異なる第1処理単位（GOS）に含まれる第2処理単位（SPC）を参照しない。

[0087] 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。

[0088] 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。

[0089] 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。

[0090] 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。

[0091] 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。

[0092] 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。

[0093] 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。

[0094] 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。

[0095] 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。

[0096] 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。

[0097] 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。

[0098] 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。

- [0099] 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。
- [0100] また、オブジェクトが複数のGOSに跨る場合には、オブジェクトー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。
- [0101] 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。
- [0102] 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。
- [0103] 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。
- [0104] 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。

[0105] 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。

[0106] 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。

[0107] 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。

[0108] 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。

[0109] 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。

[0110] 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。

[0111] 以下、本実施の形態の変形例について説明する。

[0112] 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、GO

Sの空間位置を示すメタ情報などに基づいて決定できる。

- [0113] 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。
- [0114] 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。
- [0115] 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。
- [0116] 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。
- [0117] 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。
- [0118] 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。
- [0119] 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。

[0120] 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。

[0121] 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。

[0122] 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。

[0123] 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。

[0124] 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、S

PC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。

[0125] 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。

[0126] 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。

[0127] また、符号化装置及び復号装置は、座標、オブジェクト、及び時間等を含む空間情報の各要素とGOPとを対応付けたテーブル、又は各要素間を対応付けたテーブルにより任意の要素間を対応付けて符号化又は復号を行う。また、復号装置は、選択された要素の値を用いて座標を判定し、座標からボリューム、ボクセル又はスペースを特定し、当該ボリューム又はボクセルを含むスペース、又は特定されたスペースを復号する。

[0128] 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。

[0129] スペースは、当該スペース単体で符号化又は復号可能なI-SPCと、任意の1つの処理済みスペースを参照して符号化又は復号されるP-SPCと、任意の二つの処理済みスペースを参照して符号化又は復号されるB-SPCとの3種類のタイプに分類される。

[0130] 1以上のボリュームが、静的オブジェクト又は動的なオブジェクトに対応する。静的オブジェクトを含むスペースと動的オブジェクトを含むスペースとは互いに異なるGOSとして符号化又は復号される。つまり、静的オブジェクトを含むSPCと、動的オブジェクトを含むSPCとが異なるGOSに

割り当てられる。

- [0131] 動的オブジェクトはオブジェクトごとに符号化又は復号され、静的オブジェクトを含む1以上のスペースに対応付けられる。つまり、複数の動的オブジェクトは個別に符号化され、得られた複数の動的オブジェクトの符号化データは、静的オブジェクトを含むSPCに対応付けられる。
- [0132] 符号化装置及び復号装置は、GOS内のI-SPCの優先度を上げて、符号化又は復号を行う。例えば、符号化装置は、I-SPCの劣化が少なくなるように（復号後に元の三次元データがより忠実に再現されるように）符号化を行う。また、復号装置は、例えば、I-SPCのみを復号する。
- [0133] 符号化装置は、ワールド内のオブジェクトの疎密さ又は数（量）に応じてI-SPCを用いる頻度を変えて符号化を行ってもよい。つまり、符号化装置は、三次元データに含まれるオブジェクトの数又は粗密さに応じて、I-SPCを選択する頻度を変更する。例えば、符号化装置は、ワールド内のオブジェクトが密であるほどIスペースを用いる頻度を上げる。
- [0134] また、符号化装置は、ランダムアクセスポイントをGOS単位で設定し、GOSに対応する空間領域を示す情報をヘッダ情報に格納する。
- [0135] 符号化装置は、GOSの空間サイズとして、例えば、デフォルト値を使用する。なお、符号化装置は、オブジェクト又は動的オブジェクトの数（量）又は粗密さに応じてGOSのサイズを変更してもよい。例えば、符号化装置は、オブジェクト或いは動的オブジェクトが密なほど、又は数が多いほど、GOSの空間サイズを小さくする。
- [0136] 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。
- [0137] 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。

[0138] また、1以上のスペースを含むGOS単位で符号化又は復号が行われる。

[0139] 符号化装置及び復号装置は、処理済みのGOS内のスペースを参照して、処理対象のGOS内のPスペース又はBスペースの予測を行う。

[0140] または、符号化装置及び復号装置は、異なるGOSを参照せず、処理対象のGOS内の処理済スペースを用いて処理対象のGOS内のPスペース又はBスペースの予測を行う。

[0141] また、符号化装置及び復号装置は、1以上のGOSを含むワールド単位で符号化ストリームを送信又は受信する。

[0142] また、GOSは少なくともワールド内で1方向にレイヤ構造を持ち、符号化装置及び復号装置は、下位レイヤから符号化又は復号を行う。例えば、ランダムアクセス可能なGOSは最下位レイヤに属する。上位レイヤに属するGOSは同一レイヤ以下に属するGOSを参照する。つまり、GOSは、予め定められた方向に空間分割され、各々が1以上のSPCを含む複数のレイヤを含む。符号化装置及び復号装置は、各SPCを、当該SPCと同一レイヤ又は当該SPCより下層のレイヤに含まれるSPCを参照して符号化又は復号する。

[0143] また、符号化装置及び復号装置は、複数のGOSを含むワールド単位内で、連続してGOSを符号化又は復号する。符号化装置及び復号装置は、符号化又は復号の順序（方向）を示す情報をメタデータとして書き込む又は読み出す。つまり、符号化データは、複数のGOSの符号化順を示す情報を含む。

[0144] また、符号化装置及び復号装置は、互いに異なる2以上のスペース又はGOSを並列で符号化又は復号する。

[0145] また、符号化装置及び復号装置は、スペース又はGOSの空間情報（座標、サイズ等）を符号化又は復号する。

[0146] また、符号化装置及び復号装置は、GPS、経路情報、又は倍率など、自己の位置又は／及び領域サイズに関する外部情報に基づいて特定される特定

空間に含まれるスペース又はGOSを符号化又は復号する。

[0147] 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。

[0148] 符号化装置は、倍率又は用途に応じて、ワールドのある1方向を設定し、当該方向にレイヤ構造を持つGOSを符号化する。また、復号装置は、倍率又は用途に応じて設定されたワールドのある1方向にレイヤ構造を持つGOSを、下位レイヤから優先的に復号する。

[0149] 符号化装置は、室内と室外とでスペースに含まれる特徴点抽出、オブジェクト認識の精度、又は空間領域サイズなどを変化させる。ただし、符号化装置及び復号装置は、座標が近い室内GOSと室外GOSとをワールド内で隣接して符号化又は復号し、これらの識別子も対応付けて符号化又は復号する。

[0150] (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。

[0151] 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。

[0152] 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。

[0153] 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。

[0154] 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。

[0155] 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。

[0156] 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。

[0157] 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。

[0158] 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。

[0159] 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。

[0160] 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。

[0161] 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。

[0162] 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。

[0163] 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。

[0164] 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（S 3 1 1）。サーバは、当該取得要望に応じて W L D をクライアント 2 に送信する（S 3 1 2）。クライアント 2 は、受信した W L D を用いて地図描画を行う（S 3 1 3）。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 W L D 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。

[0165] 上記のように、サーバは、自己位置推定のような各 V X L の特徴量を主に必要とする用途では S W L D をクライアントに送信し、地図描画のように詳細な V X L 情報が必要な場合は W L D 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。

[0166] なお、クライアントは、自分で S W L D と W L D のどちらが必要かを判断し、サーバへ S W L D 又は W L D 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、S W L D か W L D のどちらを送信すべきかを判断しても構わない。

[0167] 次に、スパースワールド（S W L D）とワールド（W L D）との送受信を切り替える方法を説明する。

[0168] ネットワーク帯域に応じて W L D 又は S W L D を受信するかを切替えるようにしてもよい。図 1 4 は、この場合の動作例を示す図である。例えば、L T E（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（S 3 2 1）、サーバから地図情報として S W L D を取得する（S 3 2 2）。一方、W i - F i（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（S 3 2 3）、サーバから W L D を取得する（S 3 2 4）。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。

- [0169] 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。
- [0170] 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。
- [0171] 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。
- [0172] 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。

[0173] 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。

[0174] 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。

[0175] 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。

[0176] 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。

[0177] 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）。

- [0178] 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）。
- [0179] 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。
- [0180] 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。
- [0181] 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。
- [0182] 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。
- [0183] 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 4 1 4 に、当該ストリームが SWLD を含むことを含むフラグが付与されてもよい。この場合、復号装置は、フラグの有無により WLD を含むストリームか、SWLD を含むストリームかを判別できる。

[0184] また、WLD 符号化部 4 0 4 が WLD を符号化する際に使用する符号化方法と、SWLD 符号化部 4 0 5 が SWLD を符号化する際に使用する符号化方法とは異なってもよい。

[0185] 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。

[0186] また、SWLD に用いられる符号化方法と WLD に用いられる符号化方法とでは、三次元位置の表現手法が異なってもよい。例えば、SWLD では、三次元座標により F V X L の三次元位置を表現し、WLD では、後述する 8 分木により三次元位置が表現されてもよいし、その逆でもよい。

[0187] また、SWLD 符号化部 4 0 5 は、SWLD の符号化三次元データ 4 1 4 のデータサイズが WLD 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 SWLD は、WLD に比べ、データ間の相関が低くなる可能性がある。これにより、符号化効率が下がり、符号化三次元データ 4 1 4 のデータサイズが WLD 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、SWLD 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、WLD 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。

[0188] 例えば、SWLD 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、SWLD 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、SWLD 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。

[0189] また、SWLD符号化部405は、SWLDの符号化三次元データ414のデータサイズをWLDの符号化三次元データ413のデータサイズより小さくできない場合は、SWLDの符号化三次元データ414を生成しなくてもよい。または、WLDの符号化三次元データ413がSWLDの符号化三次元データ414にコピーされてもよい。つまり、SWLDの符号化三次元データ414としてWLDの符号化三次元データ413がそのまま用いられてもよい。

[0190] 次に、本実施の形態に係る三次元データ復号装置（例えばクライアント）の構成及び動作の流れを説明する。図18は、本実施の形態に係る三次元データ復号装置500のブロック図である。図19は、三次元データ復号装置500による三次元データ復号処理のフローチャートである。

[0191] 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。

[0192] 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。

[0193] 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。

[0194] 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)。

[0195] 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。

[0196] 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。

[0197] 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。

[0198] 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。

[0199] 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、FVXL

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

[0200] 以下、本実施の形態の変形例について説明する。

[0201] 例えば、車載装置等のクライアントは、自己位置推定を行う場合に、S W L D をサーバから受信し、S W L D を用いて自己位置推定を行い、障害物検知を行う場合は、レンジファインダなどの距離センサ、ステレオカメラ、又は複数の単眼カメラの組合せ等の様々な方法を用いて自分で取得した周辺の三次元情報に基づいて障害物検知を実施してもよい。

[0202] また、一般的に S W L D には平坦領域の V X L 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、W L D をサブサンプルしたサブサンプルワールド (s u b W L D) を保持し、S W L D と s u b W L D 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。

[0203] 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、W L D からメッシュを生成し、メッシュワールド (M W L D) 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 M W L D を受信し、詳細な三次元描画を必要としている場合には W L D 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。

[0204] また、サーバは、各 V X L のうち、特徴量が閾値以上である V X L を F V X L に設定したが、異なる方法にて F V X L 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 V X L 、V L M、S P C、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。

[0205] 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FVXLを別途保持してもよい。

[0206] 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（GDF : Geographic Data Filesなど）におけるFeature（交差点又は道路など）との対応関係を含んでもよい。

[0207] また、WLD又はSWLD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。

[0208] 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、WLDを更新し、その後、更新したWLDを用いてSWLDを更新する。

[0209] 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、WLDを用いてSWLDを更新する。SWLDが更新されない場合、サーバは、WLD自体が古いと判断する。

[0210] また、符号化ストリームのヘッダ情報として、WLDかSWLD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SWLD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。

[0211] また、SWLDは、FVXLで構成されたとしたが、FVXLと判定されなかったVXLを含んでもよい。例えば、SWLDは、FVXLの特徴量を算出する際に使用する隣接VXLを含んでもよい。これにより、SWLDの各FVXLに特徴量情報が付加されない場合でも、クライアントは、SWLDを受信した際にFVXLの特徴量を算出することができる。なお、その際には、SWLDは各VXLがFVXLかVXLかを区別するための情報を含んでもよい。

[0212] 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。

[0213] 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。

[0214] 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。

[0215] 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。

- [0216] また、抽出三次元データ 4 1 2 は、第 1 符号化方法により符号化され、入力三次元データ 4 1 1 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。
- [0217] これによれば、三次元データ符号化装置 4 0 0 は、入力三次元データ 4 1 1 と抽出三次元データ 4 1 2 とにそれぞれ適した符号化方法を用いることができる。
- [0218] 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。
- [0219] これによれば、三次元データ符号化装置 4 0 0 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 4 1 2 に対して、インター予測の優先度を上げることができる。
- [0220] 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。
- [0221] これによれば、三次元データ符号化装置 4 0 0 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。
- [0222] また、符号化三次元データ 4 1 3 及び 4 1 4 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 4 1 1 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 4 1 1 のうちの一部を符号化することで得られた符号化三次元データであるかを示す識別子を含む。つまり、当該識別子は、符号化三次元データが WLD の符号化三次元データ 4 1 3 であるか $SWLD$ の符号化三次元データ 4 1 4 であるかを示す。
- [0223] 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 4 1 3 であるか符号化三次元データ 4 1 4 であるかを容易に判定できる。
- [0224] また、三次元データ符号化装置 4 0 0 は、符号化三次元データ 4 1 4 のデ

ータ量が符号化三次元データ 4 1 3 のデータ量より小さくなるように抽出三次元データ 4 1 2 を符号化する。

[0225] これによれば、三次元データ符号化装置 4 0 0 は、符号化三次元データ 4 1 4 のデータ量を符号化三次元データ 4 1 3 のデータ量より小さくできる。

[0226] また、三次元データ符号化装置 4 0 0 は、さらに、入力三次元データ 4 1 1 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 4 1 2 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。

[0227] これによれば、三次元データ符号化装置 4 0 0 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 4 1 4 を生成できる。

[0228] また、三次元データ符号化装置 4 0 0（サーバ）は、さらに、クライアントの状態に応じて、符号化三次元データ 4 1 3 及び 4 1 4 の一方をクライアントに送信する。

[0229] 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。

[0230] 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。

[0231] 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。

[0232] 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。

[0233] 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。

[0234] 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。

[0235] 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。

[0236] 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。

[0237] これによれば、三次元データ復号装置 5 0 0 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。

[0238] 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。

[0239] これによれば、三次元データ復号装置 5 0 0 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。

[0240] また、符号化三次元データ 4 1 3 及び 4 1 4 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 4 1 1 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 4 1 1 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 5 0 0 は、当該識別子を参照して、符号化三次元データ 4 1 3 及び 4 1 4 を識別する。

[0241] これによれば、三次元データ復号装置 5 0 0 は、取得した符号化三次元デ

ータが符号化三次元データ 4 1 3 であるか符号化三次元データ 4 1 4 であるかを容易に判定できる。

[0242] また、三次元データ復号装置 5 0 0 は、さらに、クライアント（三次元データ復号装置 5 0 0）の状態をサーバに通知する。三次元データ復号装置 5 0 0 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 4 1 3 及び 4 1 4 の一方を受信する。

[0243] これによれば、三次元データ復号装置 5 0 0 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。

[0244] 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。

[0245] また、三次元データ復号装置 5 0 0 は、さらに、符号化三次元データ 4 1 3 及び 4 1 4 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。

[0246] 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。

[0247] （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。

[0248] 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。

[0249] 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。

[0250] 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 631 を用いて第 1 三次元データ 632 を作成する。次に、要求範囲決定部 622 は、作成した第 1 三次元データ 632 の中でデータが不足している三次元空間範囲である要求範囲を決定する。

[0251] 次に、探索部 623 は、要求範囲の三次元データを所有する周辺車両を探索し、探索により特定した周辺車両に要求範囲を示す要求範囲情報 633 を送信する。次に、受信部 624 は、周辺車両から、要求範囲の符号化ストリームである符号化三次元データ 634 を受信する（S624）。なお、探索部 623 は、特定範囲に存在する全ての車両に対し、無差別にリクエストを出し、応答があった相手から符号化三次元データ 634 を受信してもよい。また、探索部 623 は、車両に限らず、信号機又は標識などの物体にリクエストを出し、当該物体から符号化三次元データ 634 を受信してもよい。

[0252] 次に、復号部 625 は、受信した符号化三次元データ 634 を復号することで第 2 三次元データ 635 を取得する。次に、合成部 626 は、第 1 三次元データ 632 と第 2 三次元データ 635 とを合成することで、より密な第 3 三次元データ 636 を作成する。

[0253] 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。

[0254] 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。

[0255] 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。

[0256] 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。

[0257] 次に、抽出部 643 は、第 5 三次元データ 652 から、要求範囲情報 63

3で示される要求範囲の三次元データを抽出することで、第5三次元データ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。

[0258] 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。

[0259] (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。

[0260] 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。

[0261] 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。

[0262] 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。

[0263] 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。

[0264] 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SWLDから構成される場合、SWLD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。

[0265] 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。

[0266] (1) 三次元マップを通信経由で取得できない。

[0267] (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。

[0268] (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。

[0269] 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。

[0270] 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。

[0271] 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。

[0272] 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 4 G 或いは 5 G 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。

[0273] 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。

[0274] 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。

[0275] 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。

[0276] 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。

[0277] 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。

[0278] 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。

[0279] 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。

[0280] 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。

[0281] 三次元情報処理装置 700 は、第 1 の三次元位置情報又は第 2 の三次元位置情報が異常であると判定された場合、当該異常に対する対処動作を決定する。次に、三次元情報処理装置 700 は、対処動作の実施に必要な制御を実施する。

[0282] 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。

[0283] （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。

[0284] 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。

[0285] 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 8 1 6 と、三次元データ合成部 8 1 7 と、三次元データ蓄積部 8 1 8 と、通信部 8 1 9 と、送信制御部 8 2 0 と、フォーマット変換部 8 2 1 と、データ送信部 8 2 2 とを備える。

[0286] データ受信部 8 1 1 は、交通監視クラウド又は前走車両から三次元データ 8 3 1 を受信する。三次元データ 8 3 1 は、例えば、自車両のセンサ 8 1 5 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。

[0287] 通信部 8 1 2 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。

[0288] 受信制御部 8 1 3 は、通信部 8 1 2 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。

[0289] フォーマット変換部 8 1 4 は、データ受信部 8 1 1 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。

[0290] 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。

[0291] 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。

[0292] 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。

[0293] 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。

[0294] 通信部 819 は、交通監視クラウド又は後続車両と通信し、データ送信要求などを交通監視クラウド又は後続車両に送信する。

[0295] 送信制御部 820 は、通信部 819 を介して、対応フォーマット等の情報を通信先と交換し、通信先と通信を確立する。また、送信制御部 820 は、三次元データ合成部 817 で生成された三次元データ 832 の三次元データ構築情報と、通信先からのデータ送信要求とに基づき、送信対象の三次元データの空間である送信領域を決定する。

[0296] 具体的には、送信制御部 820 は、交通監視クラウド又は後続車両からのデータ送信要求に応じて、後続車両のセンサでは検知できない自車両の前方の空間を含む送信領域を決定する。また、送信制御部 820 は、三次元データ構築情報に基づいて送信可能な空間又は送信済み空間の更新有無等を判断することで送信領域を決定する。例えば、送信制御部 820 は、データ送信要求で指定された領域であり、かつ、対応する三次元データ 835 が存在する領域を送信領域に決定する。そして、送信制御部 820 は、通信先が対応するフォーマット、及び送信領域をフォーマット変換部 821 に通知する。

[0297] 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。

[0298] 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。

[0299] 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。

[0300] 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。

[0301] 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。

[0302] （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。

[0303] 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。

[0304] 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。

[0305] 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。

[0306] クライアント装置９０２は、サーバ９０１に、クライアント装置９０２が取得したセンサ情報を送信する。センサ情報は、例えば、ＬｉＤＡＲ取得情

報、可視光画像、赤外画像、デプス画像、センサ位置情報及び速度情報のうち少なくとも一つを含む。

[0307] サーバ901とクライアント装置902との間で送受信されるデータは、データ削減のために圧縮されてもよいし、データの精度を維持するために非圧縮のままでも構わない。データを圧縮する場合、ポイントクラウドには例えば8分木構造に基づく三次元圧縮方式を用いることができる。また、可視光画像、赤外画像、及びデプス画像には二次元の画像圧縮方式を用いることができる。二次元の画像圧縮方式とは、例えば、MPEGで規格化されたMPEG-4 AVC又はHEVC等である。

[0308] 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。

[0309] 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。

[0310] 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90

2はサーバ901に三次元マップの送信要求を出してもよい。

[0311] 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。

[0312] 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。

[0313] 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。

[0314] 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。

[0315] 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。

[0316] 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。

[0317] 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。

[0318] 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。

[0319] 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。

[0320] 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。

[0321] 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。

[0322] 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。

[0323] 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。

[0324] 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。

[0325] 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。

- [0326] 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。
- [0327] 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。
- [0328] 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。
- [0329] 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。
- [0330] 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。
- [0331] 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。

- [0332] データ受信部 1111 は、クライアント装置 902 からセンサ情報 1037 を受信する。センサ情報 1037 は、例えば、L i D A R で取得した情報、可視光カメラで取得した輝度画像、赤外線カメラで取得した赤外画像、デプスセンサで取得したデプス画像、センサ位置情報、及び速度情報などを含む。
- [0333] 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。
- [0334] 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。
- [0335] フォーマット変換部 1114 は、受信したセンサ情報 1037 が圧縮又は符号化されている場合には、伸張又は復号処理を行うことでセンサ情報 1132 を生成する。なお、フォーマット変換部 1114 は、センサ情報 1037 が非圧縮データであれば、伸張又は復号処理を行わない。
- [0336] 三次元データ作成部 1116 は、センサ情報 1132 に基づいてクライアント装置 902 の周辺の三次元データ 1134 を作成する。例えば、三次元データ作成部 1116 は、L i D A R で取得した情報と、可視光カメラで得られた可視光映像とを用いてクライアント装置 902 の周辺の色情報付ポイントクラウドデータを作成する。
- [0337] 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。
- [0338] 三次元データ蓄積部 1118 は、三次元マップ 1135 等を蓄積する。
- [0339] 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。

[0340] 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。

[0341] 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。

[0342] 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。

[0343] 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。

[0344] 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。

[0345] 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）。

[0346] 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）。

[0347] 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。

[0348] 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)。

[0349] 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。

[0350] 以下、本実施の形態の変形例について説明する。

[0351] 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

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。

[0352] 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。

[0353] 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。

[0354] 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。

[0355] 例えば、クライアント装置 902 C が近くにいるクライアント装置 902 A にセンサ情報の送信要求を出し、クライアント装置 902 A からセンサ情報を取得する。そして、クライアント装置 902 C は、取得したクライアント装置 902 A 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 902 C 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 902 C は、クライアント装置 902 A 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 902 C の性能を活かして生成できる。例えば、クライアント装置 902 C 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。

[0356] また、この場合、センサ情報を提供したクライアント装置 902 A は、クライアント装置 902 C 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 902 A は、その権利に従ってクライアント装置 902 C から高精度な三次元マップを受信する。

[0357] また、クライアント装置 902 C 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 902 A 及びクライアント装置 902 B）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 902 A 又はクライアント装置 902 B のセンサが高性能である場合には、クライアント装置 902 C 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。

- [0358] 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。
- [0359] 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。
- [0360] 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。
- [0361] 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。

- [0362] 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。
- [0363] 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。
- [0364] また、センサ情報 1033 は、センサの性能を示す情報を含む。
- [0365] 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。
- [0366] 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。
- [0367] 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。
- [0368] 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。
- [0369] 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。

[0370] 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。

[0371] 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。

[0372] また、センサ情報1037は、センサの性能を示す情報を含む。

[0373] 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。

[0374] 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。

[0375] 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。

[0376] 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。

[0377] (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。

[0378] 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。

[0379] 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。

[0380] 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。

[0381] 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（VXL）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VXL1、VXL2、VXL3を表し、点群を含むVXL（以下、有効VXL）を表現している。

[0382] 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

VXL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。

[0383] 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。

[0384] 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。

[0385] 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。

[0386] 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。

[0387] 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。

[0388] 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。

[0389] 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。

[0390] 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LiDAR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。

[0391] 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。

[0392] 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。

[0393] 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。

[0394] 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。

[0395] 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。

[0396] 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。

[0397] 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。

[0398] 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 $i d x = 0$ 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 $i d x$ 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。

[0399] 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 $i d x = 0$ 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 $i d x = 1$ 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 $i d x$ をビットストリームに付加してもよい。

[0400] 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。

[0401] 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。

[0402] 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。

[0403] 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。

[0404] 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。

[0405] 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。

[0406] 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、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。

[0407] 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。

[0408] 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。

[0409] $R_IO[i]$ 及び $T_IO[i]$ は、参照リスト L_0 内の参照スペース i の RT 情報である。 $R_IO[i]$ は、参照リスト L_0 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。 $T_IO[i]$ は、参照リスト L_0 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。

[0410] $MaxRefSpcl_1$ は、参照リスト L_1 内に含まれる参照スペース数を示す。 $RT_flag_l_1[i]$ は、参照リスト L_1 内の参照スペース i の RT 適用フラグである。 $RT_flag_l_1[i]$ 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。 $RT_flag_l_1[i]$ 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。

[0411] $R_l_1[i]$ 及び $T_l_1[i]$ は、参照リスト L_1 内の参照スペース i の RT 情報である。 $R_l_1[i]$ は、参照リスト L_1 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。 $T_l_1[i]$ は、参照リスト L_1 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。

[0412] 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ュームの予測ボリュームを生成する。上述したように、インター予測部 1311 は、符号化対象ボリュームの予測ボリュームを生成する前に、符号化対象スペースと参照スペースの全体的な位置関係を近づけるために、符号化対象スペースと参照スペースで ICP (Interactive Closest Point) アルゴリズムを用いて RT 情報を求める。そして、インター予測部 1311 は、求めた RT 情報を用いて参照スペースに回転及び並進処理を適用することで参照スペース B を得る。その後、インター予測部 1311 は、符号化対象スペース内の符号化対象ボリュームの予測ボリュームを参照スペース B 内の情報を用いて生成する。ここで、三次元データ符号化装置 1300 は、参

照スペースBを得るために用いられたRT情報を符号化対象スペースのヘッダ情報等に付加する。

[0413] 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ュームを生成することで予測ボリュームの精度を向上できる。また、予測残差を抑制できるので符号量を削減できる。なお、ここでは、符号化対象スペースと参照スペースとを用いてICPを行う例を示したが、必ずしもこれに限らない。例えば、インター予測部1311は、処理量を削減するために、ボクセル又はポイントクラウド数を間引いた符号化対象スペース、及び、ボクセル又はポイントクラウド数を間引いた参照スペースの少なくとも一方を用いてICPを行うことで、RT情報を求めてもよい。

[0414] 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。

[0415] 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。

[0416] 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。

[0417] 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。

[0418] 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。

[0419] 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 i d x 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。

[0420] 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。

[0421] 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。

[0422] 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。

[0423] 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。

[0424] 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。

- [0425] 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。
- [0426] 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。
- [0427] 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 *RT* 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 *RT* 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、*RT* 適用フラグに応じて参照スペースに回転及び並進処理を適用する。なお、これらの処理の詳細は、ビットストリームに付与された情報が用いられる点を除き、上述したインター予測部 1311 による処理と同様である。
- [0428] 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。

[0429] 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。

[0430] 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。

[0431] 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。

[0432] 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。

[0433] 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。

[0434] 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。

[0435] 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。

[0436] 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。

[0437] 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

否かを示す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。

[0438] 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（S1302）。

[0439] 次に、三次元データ符号化装置1300は、対象三次元データに含まれる三次元点の位置情報を、予測位置情報を用いて符号化する。例えば、三次元データ符号化装置1300は、図38に示すように対象三次元データに含まれる三次元点の位置情報と予測位置情報との差分である差分位置情報を算出する（S1303）。

[0440] また、三次元データ符号化装置1300は、対象三次元データに含まれる三次元点の属性情報を、予測属性情報を用いて符号化する。例えば、三次元データ符号化装置1300は、対象三次元データに含まれる三次元点の属性情報と予測属性情報との差分である差分属性情報を算出する（S1304）。次に、三次元データ符号化装置1300は、算出された差分属性情報に変換及び量子化を行う（S1305）。

[0441] 最後に、三次元データ符号化装置1300は、差分位置情報と、量子化後の差分属性情報とを符号化（例えばエントロピー符号化）する（S1306）。つまり、三次元データ符号化装置1300は、差分位置情報と差分属性情報とを含む符号化信号（符号化ビットストリーム）を生成する。

[0442] なお、三次元データに属性情報が含まれない場合には、三次元データ符号化装置1300は、ステップS1302、S1304及びS1305を行わなくてもよい。また、三次元データ符号化装置1300は、三次元点の位置情報の符号化と、三次元点の属性情報の符号化とのうち、一方のみを行ってもよい。

[0443] また、図49に示す処理の順序は一例であり、これに限定されない。例えば、位置情報に対する処理（S1301、S1303）と、属性情報に対する処理（S1302、S1304、S1305）とは互いに独立しているため、任意の順序で行われてもよいし、一部が並列処理されてもよい。

[0444] 以上により、本実施の形態に三次元データ符号化装置1300は、対象三次元データと異なる時刻の参照三次元データに含まれる三次元点の位置情報を用いて予測位置情報を生成し、対象三次元データに含まれる三次元点の位置情報と予測位置情報との差分である差分位置情報を符号化する。これにより、符号化信号のデータ量を削減できるので符号化効率を向上できる。

[0445] 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。

[0446] 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。

[0447] 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。

[0448] 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）。

[0449] また、三次元データ復号装置1400は、符号化信号から、参照三次元データに含まれる三次元点の位置情報に回転及び並進処理を適用するか否かを

示すRT適用フラグを復号する。また、三次元データ復号装置1400は、回転及び並進処理の内容を示すRT情報を復号する。なお、三次元データ復号装置1400は、RT適用フラグにより回転及び並進処理を適用することが示される場合にRT情報を復号し、RT適用フラグにより回転及び並進処理を適用しないことが示される場合にRT情報を復号しなくてもよい。

[0450] 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）。

[0451] 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。

[0452] 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。

[0453] 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。

[0454] 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。

[0455] 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。

[0456] 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）。

[0457] 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（S1405）。

[0458] また、三次元データ復号装置1400は、符号化信号に含まれる符号化属性情報を予測属性情報を用いて復号することで対象三次元データに含まれる三次元点の属性情報を復元する。ここで、符号化属性情報とは、例えば、差分属性情報であり、三次元データ復号装置1400は、差分属性情報と予測属性情報とを加算することで対象三次元データに含まれる三次元点の属性情報を復元する（S1406）。

[0459] なお、三次元データに属性情報が含まれない場合には、三次元データ復号装置1400は、ステップS1402、S1404及びS1406を行わなくてもよい。また、三次元データ復号装置1400は、三次元点の位置情報の復号と、三次元点の属性情報の復号とのうち、一方のみを行ってもよい。

[0460] また、図50に示す処理の順序は一例であり、これに限定されない。例えば、位置情報に対する処理（S1403、S1405）と、属性情報に対する処理（S1402、S1404、S1406）とは互いに独立しているため、任意の順序で行われてもよいし、一部が並列処理されてもよい。

[0461] (実施の形態8)

本実施の形態では、三次元データの符号化における三次元点（ポイントクラウド）の表現手法について説明する。

[0462] 図51は、本実施の形態に係る三次元データの配信システムの構成を示すブロック図である。図51に示す配信システムは、サーバ1501と、複数のクライアント1502とを含む。

[0463] サーバ1501は、記憶部1511と、制御部1512とを含む。記憶部1511は、符号化された三次元データである符号化三次元マップ1513を格納している。

[0464] 図52は、符号化三次元マップ1513のビットストリームの構成例を示す図である。三次元マップは、複数のサブマップ（sub-map）に分割され、各サブマップが符号化される。各サブマップには、サブ座標情報を含むランダムアクセスヘッダ（RA）が付加される。サブ座標情報は、サブマップの符号化効率を向上させるために用いられる。このサブ座標情報は、サブマップのサブ座標（sub-coordinate）を示す。サブ座標は、基準座標（reference coordinate）を基準としたサブマップの座標である。なお、複数のサブマップが含まれる三次元マップを全体マップと呼ぶ。また、全体マップにおいて基準となる座標（例えば原点）を基準座標と呼ぶ。つまり、サブ座標は、全体マップの座標系におけるサブマップの座標である。言い換えると、サブ座標は、全体マップの座標系とサブマップの座標系とのオフセットを示す。また、基準座標を基準とする全体マップの座標系における座標を全体座標と呼ぶ。サブ座標を基準とするサブマップの座標系における座標を差分座標と呼ぶ。

[0465] クライアント1502は、サーバ1501にメッセージを送信する。このメッセージは、クライアント1502の位置情報を含む。サーバ1501に含まれる制御部1512は、受信したメッセージに含まれる位置情報に基づき、クライアント1502の位置に最も近い位置のサブマップのビットストリームを取得する。サブマップのビットストリームは、サブ座標情報を含み

、クライアント1502に送信される。クライアント1502に含まれるデコーダ1521は、このサブ座標情報を用いて、基準座標を基準としたサブマップの全体座標を得る。クライアント1502に含まれるアプリケーション1522は、得られたサブマップの全体座標を用いて、自己位置に関連するアプリケーションを実行する。

[0466] また、サブマップは全体マップの一部領域を示す。サブ座標は全体マップの基準座標空間においてサブマップが位置する座標である。例えばAの全体マップ中に、AAのサブマップA、及びABのサブマップBが存在するとする。車両は、AAの地図を参照したい場合は、サブマップAから復号を開始し、ABの地図を参照したい場合は、サブマップBから復号を開始する。ここでサブマップはランダムアクセスポイントである。具体的には、Aは大阪府、AAは大阪市、ABは高槻市などである。

[0467] 各サブマップはサブ座標情報と共にクライアントに送信される。サブ座標情報は各サブマップのヘッダ情報、又は送信パケット等に含まれる。

[0468] 各サブマップのサブ座標情報の基準の座標となる基準座標は、全体マップのヘッダ情報などサブマップより上位の空間のヘッダ情報に付加されてもよい。

[0469] サブマップは1つのスペース（SPC）で構成されてもよい。また、サブマップは複数のSPCで構成されてもよい。

[0470] また、サブマップは、GOS（Group of Space）を含んでもよい。またサブマップは、ワールドで構成されてもよい。例えば、サブマップの中に複数のオブジェクトがある場合、複数のオブジェクトを別々のSPCに割り当てるとサブマップは複数のSPCで構成される。また複数のオブジェクトを1つのSPCに割り当てるとサブマップは1つのSPCで構成される。

[0471] 次に、サブ座標情報を用いた場合の符号化効率の改善効果について説明する。図53は、この効果を説明するための図である。例えば、図53に示す、基準座標から遠い位置の三次元点Aを符号化するためには、多くのビット

数が必要となる。ここで、サブ座標と三次元点Aとの距離は、基準座標と三次元点Aとの距離よりも短い。よって、基準座標を基準とした三次元点Aの座標を符号化する場合よりも、サブ座標を基準とした三次元点Aの座標を符号化することで、符号化効率を改善できる。また、サブマップのビットストリームは、サブ座標情報を含む。サブマップのビットストリームと基準座標とを復号側（クライアント）に送ることで、復号側においてサブマップの全体座標を復元できる。

[0472] 図54は、サブマップの送信側であるサーバ1501による処理のフローチャートである。

[0473] まず、サーバ1501は、クライアント1502から、クライアント1502の位置情報を含むメッセージを受信する（S1501）。制御部1512は、記憶部1511から、クライアントの位置情報に基づくサブマップの符号化ビットストリームを取得する（S1502）。そして、サーバ1501は、サブマップの符号化ビットストリームと基準座標とをクライアント1502に送信する（S1503）。

[0474] 図55は、サブマップの受信側であるクライアント1502による処理のフローチャートである。

[0475] まず、クライアント1502は、サーバ1501から送信されたサブマップの符号化ビットストリームと基準座標とを受信する（S1511）。次に、クライアント1502は、符号化ビットストリームを復号することでサブマップとサブ座標情報とを取得する（S1512）。次に、クライアント1502は、基準座標とサブ座標とを用いてサブマップ内の差分座標を全体座標に復元する（S1513）。

[0476] 次に、サブマップに関する情報のシンタックス例を説明する。サブマップの符号化において、三次元データ符号化装置は、各ポイントクラウド（三次元点）の座標からサブ座標を減算することで差分座標を算出する。そして、三次元データ符号化装置は、各ポイントクラウドの値として、差分座標をビットストリームに符号化する。また、符号化装置は、サブ座標を示すサブ座

標情報をビットストリームのヘッダ情報として符号化する。これにより、三次元データ復号装置は、各ポイントクラウドの全体座標を得ることができる。例えば、三次元データ符号化装置はサーバ1501に含まれ、三次元データ復号装置はクライアント1502に含まれる。

[0477] 図56は、サブマップのシンタックス例を示す図である。図56に示す `NumOfPoint` は、サブマップに含まれるポイントクラウド数を示す。`sub__coordinate__x`、`sub__coordinate__y`、及び `sub__coordinate__z` は、サブ座標情報である。`sub__coordinate__x` は、サブ座標の x 座標を示す。`sub__coordinate__y` は、サブ座標の y 座標を示す。`sub__coordinate__z` は、サブ座標の z 座標を示す。

[0478] また、`diff__x[i]`、`diff__y[i]`、及び `diff__z[i]` は、サブマップ内の i 番目ポイントクラウドの差分座標である。`diff__x[i]` は、サブマップ内の i 番目ポイントクラウドの x 座標とサブ座標の x 座標との差分値を示す。`diff__y[i]` は、サブマップ内の i 番目ポイントクラウドの y 座標とサブ座標の y 座標との差分値を示す。`diff__z[i]` は、サブマップ内の i 番目ポイントクラウドの z 座標とサブ座標の z 座標との差分値を示す。

[0479] 三次元データ復号装置は、i 番目のポイントクラウドの全体座標である `point__cloud[i]__x`、`point__cloud[i]__y`、及び `point__cloud[i]__z` を下記式を用いて復号する。`point__cloud[i]__x` は、i 番目のポイントクラウドの全体座標の x 座標である。`point__cloud[i]__y` は、i 番目のポイントクラウドの全体座標の y 座標である。`point__cloud[i]__z` は、i 番目のポイントクラウドの全体座標の z 座標である。

[0480]
$$\text{point_cloud}[i]_x = \text{sub_coordinate_x} + \text{diff_x}[i]$$

$$\text{point_cloud}[i]_y = \text{sub_coordinate_y}$$

```
+ d i f f _ _ y [ i ]
    p o i n t _ _ c l o u d [ i ] _ _ z = s u b _ _ c o o r d i n a t e _ _ z
+ d i f f _ _ z [ i ]
```

[0481] 次に、8分木符号化の適用の切り替え処理について説明する。三次元データ符号化装置は、サブマップ符号化時に、各ポイントクラウドを8分木表現で符号化する（以下、8分木符号化（*octree*符号化）と呼ぶ）を用いるか、サブ座標からの差分値を符号化する（以下、非8分木符号化（*non-octree*符号化）と呼ぶ）を用いるかを選択する。図57は、この動作を模式的に示す図である。例えば、三次元データ符号化装置は、サブマップ内のポイントクラウド数が予め定められた閾値以上の場合には、サブマップに8分木符号化を適用する。三次元データ符号化装置は、サブマップ内のポイントクラウド数が上記閾値より小さい場合は、サブマップに非8分木符号化を適用する。これにより、三次元データ符号化装置は、サブマップ内に含まれるオブジェクトの形状及び密度に応じて適切に8分木符号化を用いるか、非8分木符号化を用いるかを選択できるので、符号化効率を向上することができる。

[0482] また、三次元データ符号化装置は、サブマップに8分木符号化と非8分木符号化とのどちらを適用したかを示す情報（以下、8分木符号化適用情報と呼ぶ）を、サブマップのヘッダ等に付加する。これにより、三次元データ復号装置は、ビットストリームが、サブマップが8分木符号化されることで得られたビットストリームであるか、サブマップが非8分木符号化されることで得られたビットストリームであるかを判別できる。

[0483] また、三次元データ符号化装置は、8分木符号化と非8分木符号化とのそれぞれを同一のポイントクラウドに適用した際の符号化効率を算出し、符号化効率が良い符号化方式をサブマップに適用してもよい。

[0484] 図58は、この切り替えを行う場合のサブマップのシンタックス例を示す図である。図58に示す`coding__type`は、符号化タイプを示す情報であり、上記8分木符号化適用情報である。`coding__type=0`

0は、8分木符号化が適用されたことを示す。`coding__type=0`
1は、非8分木符号化が適用されたことを示す。`coding__type=1`
0又は11は、上記外の他の符号化方式などが適用されたことを示す。

[0485] 符号化タイプが非8分木符号化(`non__octree`)の場合、サブマップは、`NumOfPoint`と、サブ座標情報(`sub__coordinate__x`、`sub__coordinate__y`、及び`sub__coordinate__z`)とを含む。

[0486] 符号化タイプが8分木符号化(`octree`)の場合、サブマップは、`octree__info`を含む。`octree__info`は、8分木符号化に必要な情報であり、例えば`depth`情報などを含む。

[0487] 符号化タイプが非8分木符号化(`non__octree`)の場合、サブマップは、差分座標(`diff__x[i]`、`diff__y[i]`、及び`diff__z[i]`)を含む。

[0488] 符号化タイプが8分木符号化(`octree`)の場合、サブマップは、8分木符号化に関する符号化データである`octree__data`を含む。

[0489] なお、ここでは、ポイントクラウドの座標系として`xyz`座標系が用いられる例を示したが、極座標系が用いられてもよい。

[0490] 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。まず、三次元データ符号化装置は、処理対象のサブマップである対象サブマップ内のポイントクラウド数を算出する(S1521)。次に、三次元データ符号化装置は、算出されたポイントクラウド数が予め定められた閾値以上であるか否かを判定する(S1522)。

[0491] ポイントクラウド数が閾値以上の場合(S1522でYes)、三次元データ符号化装置は、対象サブマップに8分木符号化を適用する(S1523)。また、三次元点データ符号化装置は、対象サブマップに8分木符号化を適用したことを示す8分木符号化適用情報をビットストリームのヘッダに付加する(S1525)。

[0492] 一方、ポイントクラウド数が閾値未満の場合(S1522でNo)、三次

元データ符号化装置は、対象サブマップに非8分木符号化を適用する（S1524）。また、三次元点データ符号化装置は、対象サブマップに非8分木符号化を適用したことを示す8分木符号化適用情報をビットストリームのヘッダに付加する（S1525）。

[0493] 図60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、ビットストリームのヘッダから8分木符号化適用情報を復号する（S1531）。次に、三次元データ復号装置は、復号した8分木符号化適用情報に基づき、対象サブマップに適用された符号化タイプが8分木符号化であるか否かを判定する（S1532）。

[0494] 8分木符号化適用情報により示される符号化タイプが8分木符号化である場合（S1532でYes）、三次元データ復号装置は、8分木復号により対象サブマップを復号する（S1533）。一方、8分木符号化適用情報により示される符号化タイプが非8分木符号化である場合（S1532でNo）、三次元データ復号装置は、非8分木復号により対象サブマップを復号する（S1534）。

[0495] 以下、本実施の形態の変形例について説明する。図61～図63は、符号化タイプの切り替え処理の変形例の動作を模式的に示す図である。

[0496] 図61に示すように、三次元データ符号化装置は、8分木符号化を適用するか非8分木符号化を適用するかをスペース毎に選択してもよい。この場合は、三次元データ符号化装置は、8分木符号化適用情報をスペースのヘッダに付加する。これにより、三次元データ復号装置は、8分木符号化が適用されたか否かをスペース毎に判断できる。また、この場合、三次元データ符号化装置は、スペース毎にサブ座標を設定し、スペース内の各ポイントクラウドの座標からサブ座標の値を引いた差分値を符号化する。

[0497] これにより、三次元データ符号化装置は、スペース内のオブジェクトの形状又はポイントクラウド数に応じて8分木符号化を適用するか否かを適切に切り替えることができるので、符号化効率を向上できる。

- [0498] また、図62に示すように、三次元データ符号化装置は、8分木符号化を適用するか非8分木符号化を適用するかをボリューム毎に選択してもよい。この場合は、三次元データ符号化装置は、8分木符号化適用情報をボリュームのヘッダに付加する。これにより、三次元データ復号装置は、8分木符号化が適用されたか否かをボリューム毎に判断できる。また、この場合、三次元データ符号化装置は、ボリューム毎にサブ座標を設定し、ボリューム内の各ポイントクラウドの座標からサブ座標の値を引いた差分値を符号化する。
- [0499] これにより、三次元データ符号化装置は、ボリューム内のオブジェクトの形状又はポイントクラウド数に応じて8分木符号化を適用するか否かを適切に切り替えることができるので、符号化効率を向上できる。
- [0500] また、上記説明では、非8分木符号化として、各ポイントクラウドの座標からサブ座標を引いた差分を符号化する例を示したが、必ずしもこれに限らず、8分木符号化以外のどのような符号化方法で符号化してもよい。例えば、図63に示すように、三次元データ符号化装置は、非8分木符号化として、サブ座標からの差分ではなく、サブマップ、スペース、又はボリューム内のポイントクラウドの値そのものを符号化する方式（以下、原座標符号化と呼ぶ）を用いてもよい。
- [0501] その場合は、三次元データ符号化装置は、対象空間（サブマップ、スペース、又はボリューム）に原座標符号化が適用されたことを示す情報をヘッダに格納する。これにより、三次元データ復号装置は、対象空間に原座標符号化が適用されたか否かを判断できる。
- [0502] また、原座標符号化を適用する場合には、三次元データ符号化装置は、原座標に量子化及び算術符号化を適用せずに符号化を行ってもよい。また、三次元データ符号化装置は、原座標を予め定められた固定のビット長で符号化してもよい。これにより、三次元データ符号化装置は、あるタイミングで一定のビット長のストリームを生成することができる。
- [0503] また、上記説明では、非8分木符号化として、各ポイントクラウドの座標からサブ座標を引いた差分を符号化する例を示したが、必ずしもこれに限ら

ない。

[0504] 例えば、三次元データ符号化装置は、各ポイントクラウドの座標間の差分値を順に符号化してもよい。図64は、この場合の動作を説明するための図である。例えば、図64に示す例では、三次元データ符号化装置は、ポイントクラウドPAを符号化する際に、サブ座標を予測座標として用い、ポイントクラウドPAの座標と予測座標との差分値を符号化する。また、三次元データ符号化装置は、ポイントクラウドPBを符号化する際には、ポイントクラウドPAの座標を予測座標として用い、ポイントクラウドPBと予測座標との差分値を符号化する。また、三次元データ符号化装置は、ポイントクラウドPCを符号化する際には、ポイントクラウドPBを予測座標として用い、ポイントクラウドPBと予測座標との差分値を符号化する。このように、三次元データ符号化装置は、複数のポイントクラウドにスキャン順を設定し、処理対象の対象ポイントクラウドの座標と、対象ポイントクラウドに対してスキャン順で直前のポイントクラウドの座標との差分値を符号化してもよい。

[0505] また、上記説明では、サブ座標は、サブマップの左下手前の隅の座標であったが、サブ座標の位置はこれに限らない。図65～図67は、サブ座標の位置の別の例を示す図である。サブ座標は、サブ座標の設定位置は、対象空間（サブマップ、スペース、又はボリューム）内のどの座標に設定されてもよい。つまり、サブ座標は、上述したように、対象空間の左下手前の隅の座標であってもよい。図65に示すように、サブ座標は、対象空間の中心の座標であってもよい。図66に示すように、サブ座標は、対象空間の右上奥の隅の座標であってもよい。また、サブ座標は、対象空間の左下手前又は右上奥の隅の座標に限らず、対象空間のいずれかの隅の座標であってもよい。

[0506] また、サブ座標の設定位置は、対象空間（サブマップ、スペース、又はボリューム）内のあるポイントクラウドの座標と同一であってもよい。例えば、図67に示す例では、サブ座標の座標は、ポイントクラウドPDの座標と一致する。

- [0507] また、本実施の形態では、8分木符号化を適用するか、非8分木符号化を適用するかを切り替える例を示したが、必ずしもこれには限らない。例えば、三次元データ符号化装置は、8分木以外の別の木構造を適用するかと、当該木構造以外の非木構造を適用するかとを切り替えてもよい。例えば、別の木構造とは、座標軸の1つに垂直な平面を使って分割を行うkd木などである。なお、別の木構造として、どのような方式を用いてもよい。
- [0508] また、本実施の形態では、ポイントクラウドが持つ座標情報を符号化する例を示したが、必ずしもこれには限らない。三次元データ符号化装置は、例えば、色情報、三次元特徴量又は、可視光の特徴量なども座標情報と同様の方法で符号化してもよい。例えば、三次元データ符号化装置は、サブマップ内の各ポイントクラウドが持つ色情報の平均値をサブ色情報（`sub_color`）に設定し、各ポイントクラウドの色情報とサブ色情報との差分を符号化してもよい。
- [0509] また、本実施の形態では、ポイントクラウドの数等に応じて符号化効率が良い符号化方式（8分木符号化又は非8分木符号化）を選択する例を示したが、必ずこれには限らない。例えば、サーバ側である三次元データ符号化装置は、8分木符号化により符号化したポイントクラウドのビットストリーム、非8分木符号化により符号化したポイントクラウドのビットストリーム、及びその両方により符号化したポイントクラウドのビットストリームを保持しておき、通信環境又は三次元データ復号装置の処理能力に応じて、三次元データ復号装置に送信するビットストリームを切り替えてもよい。
- [0510] 図68は、8分木符号化の適用を切り替える場合のボリュームのシンタックス例を示す図である。図68に示すシンタックスは、図58に示すシンタックスと基本的には同じであるが、各情報がボリューム単位の情報である点が異なる。具体的には、`NumOfPoint`は、ボリュームに含まれるポイントクラウド数を示す。`sub_coordinate__x`、`sub_coordinate__y`、及び`sub_coordinate__z`は、ボリュームのサブ座標情報である。

[0511] また、 $\text{diff_x}[i]$ 、 $\text{diff_y}[i]$ 、及び $\text{diff_z}[i]$ は、ボリューム内の i 番目ポイントクラウドの差分座標である。 $\text{diff_x}[i]$ は、ボリューム内の i 番目ポイントクラウドの x 座標とサブ座標の x 座標との差分値を示す。 $\text{diff_y}[i]$ は、ボリューム内の i 番目ポイントクラウドの y 座標とサブ座標の y 座標との差分値を示す。 $\text{diff_z}[i]$ は、ボリューム内の i 番目ポイントクラウドの z 座標とサブ座標の z 座標との差分値を示す。

[0512] なお、スペースにおけるボリュームの相対位置が計算できる場合は、三次元データ符号化装置は、サブ座標情報をボリュームのヘッダに含めなくてもよい。つまり、三次元データ符号化装置は、サブ座標情報をヘッダに含めずに、スペースにおけるボリュームの相対位置を計算し、計算した位置を各ボリュームのサブ座標として用いてよい。

[0513] 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、三次元データに含まれる複数の空間単位（例えば、サブマップ、スペース又はボリューム）のうち対象空間単位を8分木構造で符号化するか否かを判定する（例えば、図59のS1522）。例えば、三次元データ符号化装置は、対象空間単位に含まれる三次元点の数が予め定められた閾値より多い場合、対象空間単位を8分木構造で符号化すると判定する。また、三次元データ符号化装置は、対象空間単位に含まれる三次元点の数が上記閾値以下の場合、対象空間単位を8分木構造で符号化しないと判定する。

[0514] 対象空間単位を8分木構造で符号化すると判定された場合（S1522でYes）、三次元データ符号化装置は、対象空間単位を8分木構造を用いて符号化する（S1523）。また、対象空間単位を8分木構造で符号化しないと判定された場合（S1522でNo）、三次元データ符号化装置は、対象空間単位を8分木構造とは異なる方式で符号化する（S1524）。例えば、三次元データ符号化装置は、異なる方式では、対象空間単位に含まれる三次元点の座標を符号化する。具体的には、三次元データ符号化装置は、異なる方式では、対象空間単位の基準座標と、対象空間単位に含まれる三次元

点の座標との差分を符号化する。

[0515] 次に、三次元データ符号化装置は、対象空間単位を8分木構造で符号化したか否かを示す情報をビットストリームに付加する（S 1 5 2 5）。

[0516] これによれば、当該三次元データ符号化装置は、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。

[0517] 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。

[0518] また、本実施の形態に係る三次元データ復号装置は、三次元データに含まれる複数の対象空間単位（例えば、サブマップ、スペース又はボリューム）のうち対象空間単位を8分木構造で復号するか否かを示す情報をビットストリームから復号する（例えば、図60のS 1 5 3 1）。上記情報により対象空間単位を8分木構造で復号すると示される場合（S 1 5 3 2でYes）、三次元データ復号装置は、対象空間単位を8分木構造を用いて復号する（S 1 5 3 3）。

[0519] 上記情報により前記対象空間単位を8分木構造で復号しないと示される場合（S 1 5 3 2でNo）、三次元データ復号装置は、対象空間単位を8分木構造とは異なる方式で復号する（S 1 5 3 4）。例えば、三次元データ復号装置は、異なる方式では、対象空間単位に含まれる三次元点の座標を復号する。具体的には、三次元データ復号装置は、異なる方式では、対象空間単位の基準座標と、対象空間単位に含まれる三次元点の座標との差分を復号する。

[0520] これによれば、当該三次元データ復号装置は、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。

[0521] 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。

[0522] （実施の形態9）

本実施の形態では、8分木構造等の木構造の符号化方法について説明する。

- [0523] 重要領域 (important area) を識別し、重要領域の三次元データを優先的に復号することで、効率を向上できる。
- [0524] 図 69 は、三次元地図における重要領域の例を示す図である。重要領域は、例えば三次元地図中の三次元点のうち、特徴量の値が大きい三次元点を一定数以上含む領域である。または、重要領域は、例えば、車載等のクライアントが自己位置推定を行う場合に必要な三次元点を一定数以上含む領域であってもよい。または、重要領域は、人の三次元モデルにおける顔の領域であってもよい。このように重要領域は、アプリケーション毎に定義可能であり、アプリケーションに応じて重要領域を切り替えてもよい。
- [0525] 本実施の形態では 8 分木構造等を表現する方式として、オキュパンシー符号化 (オキュパンシー符号化) と、ロケーション符号化 (Location Coding) とが用いられる。また、オキュパンシー符号化により得られたビット列をオキュパンシー符号 (Occupancy code) と呼ぶ。ロケーション符号化により得られたビット列をロケーション符号 (Location code) と呼ぶ。
- [0526] 図 70 は、オキュパンシー符号の一例を示す図である。図 70 は 4 分木構造のオキュパンシー符号の例を示す。図 70 では、各ノードにオキュパンシー符号が割当てられる。各オキュパンシー符号は各ノードの子ノードまたはリーフに三次元点が含まれるか否かを示す。例えば 4 分木の場合は、各ノードが持つ 4 個の子ノードまたはリーフがそれぞれ三次元点を含むか否かを示す情報が 4 ビットのオキュパンシー符号で表される。また、8 分木の場合は、各ノードが持つ 8 個の子ノードまたはリーフがそれぞれ三次元点を含むか否かを示す情報が 8 ビットのオキュパンシー符号で表される。なお、ここでは、説明の簡略化のため 4 分木構造を例に説明を行うが 8 分木構造に対しても同様に適用できる。例えば、図 70 に示すように、オキュパンシー符号は、図 40 等において説明した幅優先でノードとリーフとをスキャンしたビット例である。オキュパンシー符号では、複数の三次元点の情報を固定順で復号するため、任意の三次元点の情報を優先して復号することはできない。な

お、オキュパンシー符号は、図40等において説明した深さ優先でノードとリーフとをスキャンしたビット列であってもよい。

[0527] 以下、ロケーション符号化について説明する。ロケーション符号を用いることで8分木構造における重要な部分を直接的に復号することがきる。また、深層にある重要三次元点を効率的に符号化できる。

[0528] 図71は、ロケーション符号化を説明するための図であり、4分木構造の一例を示す図である。図71に示す例では、4分木構造により三次元点A～Iが表される。また、三次元点A及びCが重要領域に含まれる重要三次元点である。

[0529] 図72は、図71に示す4分木構造における重要三次元点A及びCを表すオキュパンシー符号及びロケーション符号を示す図である。

[0530] ロケーション符号化では、木構造において、符号化対象の三次元点である対象三次元点が属するリーフに至るまでの経路に存在するノードのインデックスと、リーフのインデックスとを符号化する。ここで、インデックスとは、各ノード及びリーフに割り当てる数値である。言い換えると、インデックスとは、対象ノードの複数の子ノードを識別するための識別子である。図71に示すように4分木の場合には、インデックスは0～3のいずれかを示す。

[0531] 例えば、図71に示す4分木構造では、リーフAが対象三次元点である場合、リーフAは $0 \rightarrow 2 \rightarrow 1 \rightarrow 0 \rightarrow 1 \rightarrow 2 \rightarrow 1$ と表現される。ここで、各インデックスの最大値が右図の場合4（2bitで表現可）であるため、リーフAのロケーション符号に必要なビット数は $7 \times 2 \text{ bit} = 14 \text{ bit}$ である。リーフCが符号化対象の場合も同様に必要ビット数は14bitである。なお、8分木の場合は、各インデックスの最大値は8（3bitで表現可）であるため、 $3 \text{ bit} \times$ リーフの深さで必要ビット数を算出できる。なお、三次元データ符号化装置は、各インデックスをバイナリ化後、エントロピー符号化してデータ量を削減してもよい。

[0532] また、図72に示すように、オキュパンシー符号では、リーフA及びCを

復号するためには、その上層の全てのノードを復号する必要がある。一方で、ロケーション符号ではリーフA及びCのデータのみを復号できる。これにより、図72に示すように、ロケーション符号を用いることでオキュパンシー符号に比べて、ビット数を削減できる。

[0533] また、図72に示すように、ロケーション符号の一部又は全てに対して、LZ77等の辞書式圧縮を行うことで、さらに、符号量を削減できる。

[0534] 次に、LiDARで得られた三次元点（ポイントクラウド）に対してロケーション符号化を適用する例を説明する。図73は、LiDARで得られた三次元点の例を示す図である。LiDARで得られた三次元点は、疎である。つまり、この三次元点をオキュパンシー符号で表した場合、値ゼロの数が多くなる。また、この三次元点には、高い三次元精度が要求される。つまり、8分木構造の階層が深くなる。

[0535] 図74は、このような疎な深い8分木構造の例を示す図である。図74に示す8分木構造のオキュパンシー符号は136ビット（ $=8\text{ビット} \times 17\text{ノード}$ ）である。また、深さが6であり、三次元点が6個存在するので、ロケーション符号は、 $3\text{ビット} \times 6 \times 6 = 108\text{ビット}$ である。つまり、ロケーション符号はオキュパンシー符号に対して、20%の符号量の削減が可能である。このように、疎な深い8分木構造に対してロケーション符号化を適用することで符号量を低減できる。

[0536] 以下、オキュパンシー符号とロケーション符号との符号量について説明する。8分木構造の深さが10である場合、三次元点の最大数は、 $8^{10} = 1073741824$ 個である。また、8分木構造のオキュパンシー符号のビット数 L_o は、以下で表される。

[0537] $L_o = 8 + 8^2 + \dots + 8^{10} = 127133512\text{ビット}$

[0538] よって、1三次元点当たりのビット数は、1.143ビットである。なお、オキュパンシー符号では、このビット数は、8分木構造に含まれる三次元点の数が増加しても変化しない。

[0539] 一方、ロケーション符号では、1三次元点当たりのビット数は、8分木構

造の深さに直接影響される。具体的には、1 三次元点当たりのロケーション符号のビット数は、3 ビット×深さ 10 = 30 ビットである。

[0540] よって、8 分木構造のロケーション符号のビット数 L_1 は、以下で表される。

[0541] $L_1 = 30 \times N$

[0542] ここで N は、8 分木構造に含まれる三次元点の数である。

[0543] よって、 $N < L_0 / 30 = 40904450$ 、4 の場合、つまり、三次元点の数が 40904450 個より少ない場合、ロケーション符号の符号量がオキュパンシー符号の符号量より少なくなる ($L_1 < L_0$)。

[0544] このように、三次元点が少ない場合には、オキュパンシー符号の符号量よりロケーション符号の符号量が少なくなり、三次元点が多い場合には、オキュパンシー符号の符号量よりロケーション符号の符号量が多くなる。

[0545] よって、三次元データ符号化装置は、入力された三次元点の数に応じて、ロケーション符号化とオキュパンシー符号化とのいずれを用いるかを切り替えてもよい。この場合、三次元データ符号化装置は、ロケーション符号化とオキュパンシー符号化とのどちらで符号化を行ったかを示す情報をビットストリームのヘッダ情報等に付加してもよい。

[0546] 以下、ロケーション符号化とオキュパンシー符号化とを組み合わせた混合符号化について説明する。密な重要領域を符号化する場合には、ロケーション符号化とオキュパンシー符号化とを組み合わせた混合符号化が有効である。図 75 は、この例を示す図である。図 75 に示す例では、重要三次元点が密に配置されている。この場合、三次元データ符号化装置は、深さの浅い上層についてはロケーション符号化を行い、下層についてはオキュパンシー符号化を用いる。具体的には、最深共通ノードまではロケーション符号化が用いられ、最深共通ノードより深層ではオキュパンシー符号化が用いられる。ここで、最深共通ノードとは、複数の重要三次元点の共通の先祖となるノードのうち、最も深層のノードである。

[0547] 次に、圧縮効率を優先した混合符号化について説明する。三次元データ符

号化装置は、8分木の符号化において予め定められたルールに従い、ロケーション符号化とオキュパンシー符号化とを切り替えてもよい。

[0548] 図76は、このルールの一例を示す図である。まず、三次元データ符号化装置は、各レベル（深さ）における三次元点が含まれるノードの割合を確認する。当該割合が予め定められた閾値より高い場合、三次元データ符号化装置は、対象レベルの上層のいくつかのノードをオキュパンシー符号化する。例えば、三次元データ符号化装置は、対象レベルから最深共通ノードまでのレベルにオキュパンシー符号化を適用する。

[0549] 例えば、図76に示す例では、第3レベルにける三次元点が含まれるノードの割合が閾値より高い。よって、三次元データ符号化装置は、当該第3レベルから最深共通ノードまでの第2レベル及び第3レベルに対してオキュパンシー符号化を適用し、それ以外の第1レベル及び第4レベルに対してはロケーション符号化を適用する。

[0550] 上記閾値の算出方法について説明する。8分木構造の1層には、1個のルートノードと8個の子ノードとが存在する。よって、オキュパンシー符号化では、8分木構造の1層を符号化するために8ビットが必要である。一方、ロケーション符号化では、三次元点が含まれる子ノード毎に3ビットが必要である。よって、三次元点が含まれるノードの数が2より大きい場合、オキュパンシー符号化がロケーション符号化より効果的である。つまり、このケースでは、閾値は2である。

[0551] 以下、上述したロケーション符号化、オキュパンシー符号化又は混合符号化により生成されるビットストリームの構成例を説明する。

[0552] 図77は、ロケーション符号化により生成されるビットストリームの一例を示す図である。図77に示すようにロケーション符号化により生成されるビットストリームは、ヘッダと、複数のロケーション符号とを含む。各ロケーション符号化は、1つの三次元点に対する。

[0553] この構成により、三次元データ復号装置は、複数の三次元点を個別に高精度に復号できる。なお、図77は4分木構造の場合のビットストリームの例

を示す。8分木構造の場合には、各インデックスは0～7の値をとり得る。

[0554] また、三次元データ符号化装置は、1つの三次元点を表すインデックスの列をバイナリ化したうえでエントリピー符号化してもよい。例えば、インデックスの列が0 1 2 1の場合、三次元データ符号化装置は、0 1 2 1を0 0 0 1 1 0 0 1にバイナリ化し、このビット列に算術符号化を行ってもよい。

[0555] 図78は、重要三次元点を含む場合の混合符号化により生成されるビットストリームの一例を示す図である。図78に示すように、上層のロケーション符号と、下層の重要三次元点のオキュパンシー符号と、下層の重要三次元点以外の非重要三次元点のオキュパンシー符号とがこの順に配置される。なお、図78に示すロケーション符号長は、その後に続くロケーション符号の符号量を表す。また、オキュパンシー符号量は、その後に続くオキュパンシー符号の符号量を表す。

[0556] この構成により、三次元データ復号装置は、アプリケーションに応じて異なる復号計画を選択することができる。

[0557] また、重要三次元点の符号化データは、ビットストリームの先頭付近に格納され、重要領域に含まれない非重要三次元点の符号化データは重要三次元点の符号化データの後に格納される。

[0558] 図79は、図78に示す重要三次元点のオキュパンシー符号により表される木構造を示す図である。図80は、図78に示す非重要三次元点のオキュパンシー符号により表される木構造を示す図である。図79に示すように、重要三次元点のオキュパンシー符号においては、非重要三次元点に関する情報は除外されている。具体的には、深さ5のノード0及びノード3には、重要三次元点が含まれないため、ノード0及びノード3には三次元点が含まれないことを示す値0が割り当てられる。

[0559] 一方、図80に示すように、非重要三次元点のオキュパンシー符号においては、重要三次元点に関する情報は除外されている。具体的には、深さ5のノード1には、非重要三次元点が含まれないため、ノード1には三次元点が含まれないことを示す値0が割り当てられる。

- [0560] このように、三次元データ符号化装置は、元の木構造を、重要三次元点を含む第1木構造と、非重要三次元点を含む第2木構造とに分割し、第1木構造と第2木構造とを独立してオキュパンシー符号化する。これにより、三次元データ復号装置は、重要三次元点を優先して復号することができる。
- [0561] 次に、効率を重視した混合符号化により生成されるビットストリームの構成例を説明する。図81は、効率を重視した混合符号化により生成されるビットストリームの構成例を示す図である。図81に示すように、サブツリー毎に、サブツリールートロケーションと、オキュパンシー符号量と、オキュパンシー符号とがこの順に配置される。図81に示すサブツリーロケーションは、サブツリーのルートのロケーション符号である。
- [0562] 上記の構成において、8木構造にロケーション符号化、及びオキュパンシー符号化のうち一方のみが適用される場合には、以下が成り立つ。
- [0563] サブツリーのルートのロケーション符号化の長さが、8分木構造の深さと等しい場合には、サブツリーは子ノードを有さない。つまり、木構造の全てにロケーション符号化が適用されている。
- [0564] サブツリーのルートが8分木構造のルートと等しい場合、木構造の全てにオキュパンシー符号化が適用されている。
- [0565] 例えば、上記のルールに基づき、三次元データ復号装置は、ビットストリームにロケーション符号が含まれるかオキュパンシー符号化が含まれるかを判別できる。
- [0566] また、ビットストリームは、ロケーション符号化、オキュパンシー符号化、及び混合符号化のいずれが用いられているかを示す符号化モード情報を含んでもよい。図82は、この場合のビットストリームの例を示す図である。例えば、図82に示すように、ビットストリームに、符号化モードを示す2ビットの符号化モード情報が付加される。
- [0567] なお、(1)ロケーション符号化における「三次元点数」は、その後にくく、三次元点の数を表す。また、(2)オキュパンシー符号化における「オキュパンシー符号量」は、その後にくくオキュパンシー符号の符号量を表す

。また、(3) 混合符号化 (重要三次元点) における「重要サブツリー数」は重要三次元点を含むサブツリーの数を表す。また、(4) 混合符号化 (効率重視) における「オキュパンシーサブツリー数」はオキュパンシー符号化されたサブツリーの数を表す。

[0568] 次に、オキュパンシー符号化とロケーション符号化との適用を切り替えるために用いるシンタックス例について説明する。図 83 は、このシンタックス例を示す図である。

[0569] 図 83 に示す `isleaf` は、対象ノードがリーフであるか否かを示すフラグである。`isleaf=1` は、対象ノードがリーフであることを示し、`isleaf=0` は、対象ノードがリーフでなくノードであることを示す。

[0570] 対象ノードがリーフである場合に、ビットストリームに `point_flag` が付加される。`point_flag` は、対象ノード (リーフ) が三次元点を含むか否かを示すフラグである。`point_flag=1` は、対象ノードが三次元点を含むことを示し、`point_flag=0` は、対象ノードが三次元点を含まないことを示す。

[0571] 対象ノードがリーフでない場合、ビットストリームに `coding_type` が付加される。`coding_type` は、適用されている符号化タイプを示す符号化タイプ情報である。`coding_type=00` は、ロケーション符号化が適用されていることを示し、`coding_type=01` は、オキュパンシー符号化が適用されていることを示し、`coding_type=10` 又は `11` は、他の符号化方式などが適用されていることを示す。

[0572] 符号化タイプがロケーション符号化である場合、ビットストリームに、`numPoint` と、`num_idx[i]` と、`idx[i][j]` とが付加される。

[0573] `numPoint` は、ロケーション符号化を行う三次元点の数を示す。`num_idx[i]` は、対象ノードから三次元点 i までのインデックスの数 (深さ) を示す。ロケーション符号化を行う三次元点全て同じ深さにある

場合は、`num_idx[i]` は全て同じ値になる。よって、図83に示す、`for`文 (`for (i=0; i<numPoint; i++) {}`) の前に、共通の値として `num_idx` を定義してもよい。

[0574] `idx[i][j]` は、対象ノードから三次元点 i までのインデックスのうち j 番目のインデックスの値を示す。8分木の場合、`idx[i][j]` のビット数は3ビットである。

[0575] なお、上述したように、インデックスとは、対象ノードの複数の子ノードを識別するための識別子である。8分木の場合、`idx[i][j]` は、0～7のいずれかを示す。また、8分木の場合には、8個の子ノードが存在し、各子ノードは、対象ノードに対応する対象ブロックを空間的に8分割することで得られる8個のサブブロックの各々に対応する。よって、`idx[i][j]` は、子ノードに対応するサブブロックの三次元位置を示す情報であってもよい。例えば、`idx[i][j]` は、サブブロックの x 、 y 、 z の各々の位置を示す各1ビットの情報を含む合計3ビット情報であってもよい。

[0576] 符号化タイプがオキュパンシー符号化である場合、ビットストリームに、`occupancy_code` が付加される。`occupancy_code` は、対象ノードのオキュパンシー符号である。8分木の場合、`occupancy_code` は、例えばビット列「00101000」などの8ビットのビット列である。

[0577] `occupancy_code` の $(i+1)$ ビット目の値が1の場合、子ノードの処理へ移行する。つまり、子ノードが次の対象ノードに設定され、再帰的にビット列が生成される。

[0578] 本実施の形態では、リーフ情報 (`isleaf`、`point_flag`) をビットストリームに付加することで、8分木の末端を表す例を示したが、必ずしもこれに限らない。例えば、三次元データ符号化装置は、オキュパンシー符号の開始ノード（ルート）から三次元点が存在する末端（リーフ）までの最大深度 (`depth`) を、開始ノードのヘッダ部に付加してもよい。

そして、三次元データ符号化装置は、開始ノードから深度を増やしながら再帰的に子ノードの情報をビット列化し、深度が最大深度になった時点でリーフに到達したと判定してもよい。また、三次元データ符号化装置は、最大深度を示す情報を、`coding type`がオキュパンシー符号化になった最初のノードに付加してもよいし、8分木の開始ノード（ルート）に付加してもよい。

[0579] 上記のように、三次元データ符号化装置は、各ノードのヘッダ情報として、オキュパンシー符号化とロケーション符号化とを切り替えるための情報をビットストリームに付加してもよい。

[0580] また、三次元データ符号化装置は、上記方法で生成された各ノードの`coding__type`、`numPoint`、`num__idx`、`idx`、`occupancy__code`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、各値を2値化したうえで算術符号化する。

[0581] また、上記シンタックスでは、オキュパンシー符号として8分木構造の深さ優先のビット列が用いられる場合を例示したが、必ずしもこれに限らない。三次元データ符号化装置は、オキュパンシー符号として8分木構造の幅優先のビット列を用いてもよい。三次元データ符号化装置は、幅優先のビット列を用いる場合にも各ノードのヘッダ情報としてオキュパンシー符号化とロケーション符号化とを切り替えるための情報をビットストリームに付加してもよい。

[0582] 本実施の形態では、8分木構造を例に示したが、必ずしもこれに限らず、4分木及び16分木等のN分木（Nは2以上の整数）、又は、その他の木構造に対して、上記手法を適用してもよい。

[0583] 以下、オキュパンシー符号化とロケーション符号化との適用を切り替える符号化処理のフロー例を説明する。図84は、本実施の形態に係る符号化処理のフローチャートである。

[0584] まず、三次元データ符号化装置は、三次元データに含まれる複数の三次元点を8分木構造で表現する（S1601）。次に、三次元データ符号化装置

は、8分木構造におけるルートを対象ノードに設定する（S 1 6 0 2）。次に、三次元データ符号化装置は、対象ノードに対するノード符号化処理を行うことで、8分木構造のビット列を生成する（S 1 6 0 3）。次に、三次元データ符号化装置は、生成されたビット列をエントロピー符号化することでビットストリームを生成する（S 1 6 0 4）。

[0585] 図85は、ノード符号化処理（S 1 6 0 3）のフローチャートである。まず、三次元データ符号化装置は、対象ノードがリーフであるか否かを判定する（S 1 6 1 1）。対象ノードがリーフでない場合（S 1 6 1 1でNo）、三次元データ符号化装置は、リーフフラグ（i s l e a f）を0に設定し、当該リーフフラグをビット列に付加する（S 1 6 1 2）。

[0586] 次に、三次元データ符号化装置は、三次元点を含む子ノードの数が、予め定められた閾値より多いかを判定する（S 1 6 1 3）。なお、三次元データ符号化装置は、この閾値をビット列に付加してもよい。

[0587] 三次元点を含む子ノードの数が、予め定められた閾値より多い場合（S 1 6 1 3でYes）、三次元データ符号化装置は、符号化タイプ（c o d i n g _ t y p e）をオキュパンシー符号化に設定し、当該符号化タイプをビット列に付加する（S 1 6 1 4）。

[0588] 次に、三次元データ符号化装置は、オキュパンシー符号化情報を設定し、当該オキュパンシー符号化情報をビット列に付加する。具体的には、三次元データ符号化装置は、対象ノードのオキュパンシー符号を生成し、当該オキュパンシー符号をビット列に付加する（S 1 6 1 5）。

[0589] 次に、三次元データ符号化装置は、オキュパンシー符号に従って、次の対象ノードを設定する（S 1 6 1 6）。具体的には、三次元データ符号化装置は、オキュパンシー符号が「1」である未処理の子ノードから次の対象ノードに設定する。

[0590] 次に、三次元データ符号化装置は、新たに設定した対象ノードに対してノード符号化処理を行う（S 1 6 1 7）。つまり、新たに設定した対象ノードに対して図85に示す処理が行われる。

- [0591] 全ての子ノードの処理が完了していない場合（S 1 6 1 8でN o）、ステップS 1 6 1 6以降の処理が再度行われる。一方、全ての子ノードの処理が完了した場合（S 1 6 1 8でY e s）、三次元データ符号化装置は、ノード符号化処理を終了する。
- [0592] また、ステップS 1 6 1 3において、三次元点を含む子ノードの数が、予め定められた閾値以下である場合（S 1 6 1 3でN o）、三次元データ符号化装置は、符号化タイプをロケーション符号化に設定し、当該符号化タイプをビット列に付加する（S 1 6 1 9）。
- [0593] 次に、三次元データ符号化装置は、ロケーション符号化情報を設定し、当該ロケーション符号化情報をビット列に付加する。具体的には、三次元データ符号化装置は、ロケーション符号を生成し、当該ロケーション符号化をビット列に付加する（S 1 6 2 0）。ロケーション符号は、`numPoint`、`num__idx`及び`idx`を含む。
- [0594] また、ステップS 1 6 1 1において、対象ノードがリーフである場合（S 1 6 1 1でY e s）、三次元データ符号化装置は、リーフフラグを1に設定し、当該リーフフラグをビット列に付加する（S 1 6 2 1）。また、三次元データ符号化装置は、リーフが三次元点を含むか否かを示す情報であるポイントフラグ（`point__flag`）を設定し、当該ポイントフラグをビット列に付加する（S 1 6 2 2）。
- [0595] 次に、オキュパンシー符号化とロケーション符号化との適用を切り替える復号処理のフロー例を説明する。図85は、本実施の形態に係る復号処理のフローチャートである。
- [0596] 三次元データ復号装置は、ビットストリームをエントロピー復号することでビット列を生成する（S 1 6 3 1）。次に、三次元データ復号装置は、得られたビット列にノード復号処理を行うことで8分木構造を復元する（S 1 6 3 2）。次に、三次元データ復号装置は、復元した8分木構造から三次元点を生成する（S 1 6 3 3）。
- [0597] 図87は、ノード復号処理（S 1 6 3 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、ビット列からリーフフラグ (`isleaf`) を取得 (復号) する (S 1 6 4 1)。次に、三次元データ復号装置は、リーフフラグに基づき対象ノードがリーフであるか否かを判定する (S 1 6 4 2)。

[0598] 対象ノードがリーフでない場合 (S 1 6 4 2でNo)、三次元データ復号装置は、ビット列から符号化タイプ (`coding_type`) を取得する (S 1 6 4 3)。三次元データ復号装置は、符号化タイプがオキュパンシー符号化であるか否かを判定する (S 1 6 4 4)。

[0599] 符号化タイプがオキュパンシー符号化である場合 (S 1 6 4 4でYes)、三次元データ復号装置は、ビット列からオキュパンシー符号化情報を取得する。具体的には、三次元データ復号装置は、ビット列からオキュパンシー符号を取得する (S 1 6 4 5)。

[0600] 次に、三次元データ復号装置は、オキュパンシー符号に従って、次の対象ノードを設定する (S 1 6 4 6)。具体的には、三次元データ復号装置は、オキュパンシー符号が「1」である未処理の子ノードから次の対象ノードに設定する。

[0601] 次に、三次元データ復号装置は、新たに設定した対象ノードに対してノード復号処理を行う (S 1 6 4 7)。つまり、新たに設定した対象ノードに対して図87に示す処理が行われる。

[0602] 全ての子ノードの処理が完了していない場合 (S 1 6 4 8でNo)、ステップS 1 6 4 6以降の処理が再度行われる。一方、全ての子ノードの処理が完了した場合 (S 1 6 4 8でYes)、三次元データ復号装置は、ノード復号処理を終了する。

[0603] また、ステップS 1 6 4 4において符号化タイプがロケーション符号化である場合 (S 1 6 4 4でNo)、三次元データ復号装置は、ビット列からロケーション符号化情報を取得する。具体的には、三次元データ復号装置は、ビット列からロケーション符号を取得する (S 1 6 4 9)。ロケーション符号は、`numPoint`、`num_index`及び`index`を含む。

- [0604] また、ステップS 1 6 4 2において対象ノードがリーフである場合（S 1 6 4 2でY e s）、三次元データ復号装置は、ビット列から、リーフが三次元点を含むか否かを示す情報であるポイントフラグ（p o i n t _ f l a g）を取得する（S 1 6 5 0）。
- [0605] なお、本実施の形態では符号化タイプをノード毎に切り替える例を示したが、必ずしもこれに限らない。符号化タイプは、ボリューム、スペース又はワールド単位で固定されてもよい。その場合、三次元データ符号化装置は、符号化タイプ情報を、ボリューム、スペース又はワールドのヘッダ情報に付加してもよい。
- [0606] 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、三次元データに含まれる複数の三次元点のN（Nは2以上の整数）分木構造を第1方式（ロケーション符号化）で表す第1情報を生成し、第1情報を含むビットストリームを生成する。第1情報は、複数の三次元点の各々に対応する三次元点情報（ロケーション符号）を含む。各三次元点情報は、N分木構造における複数の層の各々に対応するインデックス（i d x）を含む。各インデックスは、対応する層に属するN個のサブブロックのうち、対応する三次元点が属するサブブロックを示す。
- [0607] 言い換えると、各三次元点情報は、N分木構造において、対応する三次元点までの経路を示す。各インデックスは、対応する層（ノード）に属するN個の子ノードのうち、上記経路に含まれる子ノードを示す。
- [0608] これによれば、当該三次元データ符号化方法は、三次元点を選択的に復号可能なビットストリームを生成できる。
- [0609] 例えば、三次元点情報（ロケーション符号）は、当該三次元点情報に含まれるインデックスの数を示す情報（n u m _ i d x）を含む。言い換えると、当該情報は、N分木構造における、対応する三次元点までの深さ（層数）を示す。
- [0610] 例えば、第1情報は、当該第1情報に含まれる三次元点情報の数を示す情報（n u m P o i n t）を含む。言い換えると、当該情報は、N分木構造に

含まれる三次元点の数を示す。

[0611] 例えば、Nは8であり、インデックスは3ビットである。

[0612] 例えば、三次元データ符号化装置は、第1情報を生成する第1符号化モードと、N分木構造を第2方式（オキュパンシー符号化）で表す第2情報（オキュパンシー符号）を生成し、第2情報を含むビットストリームを生成する第2符号化モードとを有する。第2情報は、N分木構造における複数の層に属する複数のサブブロックの各々に対応し、対応するサブブロックに三次元点が存在するか否かを示す1ビットの情報を複数含む。

[0613] 例えば、三次元データ符号化装置は、複数の三次元点の数が予め定められた閾値以下の場合、第1符号化モードを用い、複数の三次元点の数が閾値より多い場合、第2符号化モードを用いる。これによれば、当該三次元データ符号化装置は、ビットストリームの符号量を低減できる。

[0614] 例えば、第1情報及び第2情報は、当該情報がN分木構造を第1方式で表す情報であるか、第2方式で表す情報であるかを示す情報（符号化モード情報）を含む。

[0615] 例えば、三次元データ符号化装置は、図75等に応示するように、N分木構造の一部に第1符号化モードを用い、N分木構造の他の一部に第2符号化モードを用いる。

[0616] 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。

[0617] また、本実施の形態に係る三次元データ復号装置は、ビットストリームから、三次元データに含まれる複数の三次元点のN（Nは2以上の整数）分木構造を第1方式（ロケーション符号化）で表す第1情報（ロケーション符号）を取得する。第1情報は、複数の三次元点の各々に対応する三次元点情報（ロケーション符号）を含む。各三次元点情報は、N分木構造における複数の層の各々に対応するインデックス（idx）を含む。各インデックスは、対応する層に属するN個のサブブロックのうち、対応する三次元点が属するサブブロックを示す。

- [0618] 言い換えると、各三次元点情報は、N分木構造において、対応する三次元点までの経路を示す。各インデックスは、対応する層（ノード）に属するN個の子ノードのうち、上記経路に含まれる子ノードを示す。
- [0619] 三次元データ復号装置は、さらに、三次元点情報を用いて、当該三次元点情報に対応する三次元点を復元する。
- [0620] これによれば、当該三次元データ復号装置は、ビットストリームから三次元点を選択的に復号できる。
- [0621] 例えば、三次元点情報（ロケーション符号）は、当該三次元点情報に含まれるインデックスの数を示す情報（`num__idx`）を含む。言い換えると、当該情報は、N分木構造における、対応する三次元点までの深さ（層数）を示す。
- [0622] 例えば、第1情報は、当該第1情報に含まれる三次元点情報の数を示す情報（`numPoint`）を含む。言い換えると、当該情報は、N分木構造に含まれる三次元点の数を示す。
- [0623] 例えば、Nは8であり、インデックスは3ビットである。
- [0624] 例えば、三次元データ復号装置は、さらに、ビットストリームから、N分木構造を第2方式（オキュパンシー符号化）で表す第2情報（オキュパンシー符号）を取得する。三次元データ復号装置は、第2情報を用いて、複数の三次元点を復元する。第2情報は、N分木構造における複数の層に属する複数のサブブロックの各々に対応し、対応するサブブロックに三次元点が存在するか否かを示す1ビットの情報を複数含む。
- [0625] 例えば、第1情報及び第2情報は、当該情報がN分木構造を第1方式で表す情報であるか、第2方式で表す情報であるかを示す情報（符号化モード情報）を含む。
- [0626] 例えば、図75等に応示するように、N分木構造の一部は第1方式で表され、N分木構造の他の一部は第2方式で表される。
- [0627] 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。

[0628] (実施の形態 10)

本実施の形態では、8分木構造等の木構造の符号化方法の別の例について説明する。図88は、本実施の形態に係る木構造の一例を示す図である。なお、図88は、4分木構造の例を示す。

[0629] 三次元点が含まれるリーフを有効リーフと呼び、三次元点が含まれないリーフを無効リーフと呼ぶ。有効リーフの数が閾値以上である枝 (branch) を密な枝 (dense branch) と呼ぶ。有効リーフの数が閾値より小さい枝を疎な枝 (sparse branch) と呼ぶ。

[0630] 三次元データ符号化装置は、木構造のある層 (レイヤ) において、各枝に含まれる三次元点の数 (つまり有効リーフの数) を算出する。図88は、閾値が5である場合の例を表す。この例では、層1に2つの枝が存在する。左側の枝には7個の三次元点が含まれるため、左側の枝は密な枝と判定される。右側の枝には2個の三次元点が含まれるため、右側の枝は疎な枝と判定される。

[0631] 図89は、例えば、層5の各枝が持つ有効リーフの数 (3D points) の例を表す図である。図89の横軸は、層5の枝の識別番号であるインデックスを示す。図89に示すように、特定の枝に、他の枝に比べて明らかに多くの三次元点が含まれる。このような密な枝には、疎な枝に比べて、オキュパンシー符号化がより有効である。

[0632] 以下、オキュパンシー符号化とロケーション符号化の適用方法について説明する。図90は、層5における各枝に含まれる三次元点の数 (有効リーフの数) と適用する符号化方式との関係を示す図である。図90に示すように、三次元データ符号化装置は、密な枝に対してはオキュパンシー符号化を適用し、疎な枝に対してはロケーション符号化を適用する。これにより、符号化効率を向上できる。

[0633] 図91は、LiDARデータにおける密な枝領域の例を示す図である。図91に示すように、領域によって、各枝に含まれる三次元点の数から算出される三次元点の密度が異なる。

[0634] また、密な三次元点（枝）と疎な三次元点（枝）とを分離することで以下の利点がある。LiDARセンサに近いほど三次元点の密度は高くなる。よって、疎密に応じて枝を分離することで、距離方向の区画が可能となる。このような区画は、特定のアプリケーションでは有効である。また、疎な枝に対しては、オキュパンシー符号化以外の手法を用いることが有効である。

[0635] 本実施の形態では、三次元データ符号化装置は、入力された三次元点群を2つ以上のサブ三次元点群に分離し、各サブ三次元点群に異なる符号化方法を適用する。

[0636] 例えば、三次元データ符号化装置は、入力された三次元点群を密な枝を含むサブ三次元点群A（密な三次元点群：dense cloud）と、疎な枝を含むサブ三次元点群B（疎な三次元点群：sparse cloud）とに分離する。図92は、図88に示す木構造から分離された、密な枝を含むサブ三次元点群A（密な三次元点群）の例を示す図である。図93は、図88に示す木構造から分離された、疎な枝を含むサブ三次元点群B（疎な三次元点群）の例を示す図である。

[0637] 次に、三次元データ符号化装置は、サブ三次元点群Aをオキュパンシー符号化で符号化し、サブ三次元点群Bをロケーション符号化で符号化する。

[0638] なお、ここでは、異なる符号化方法として、異なる符号化方式（オキュパンシー符号化とロケーション符号化）を適用する例を示したが、例えば、三次元データ符号化装置は、サブ三次元点群Aとサブ三次元点群Bとに同じ符号化方式を用い、かつ、サブ三次元点群Aとサブ三次元点群Bとで符号化に用いるパラメータを異ならせてもよい。

[0639] 以下、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流れについて説明する。図94は、本実施の形態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。

[0640] まず、三次元データ符号化装置は、入力された三次元点群を、サブ三次元点群に分離する（S1701）。三次元データ符号化装置は、この分離を自動的に行ってよいし、ユーザにより入力された情報に基づき行ってよい

。例えば、ユーザによりサブ三次元点群の範囲等が指定されてもよい。また、自動的に行う例としては、例えば、入力データがLiDARデータである場合には、三次元データ符号化装置は、各点群までの距離情報を用いて分離を行う。具体的には、三次元データ符号化装置は、計測地点から一定の範囲内にある点群と範囲外にある点群とを分離する。また、三次元データ符号化装置は、重要なエリアとそうでないエリアといった情報を用いて分離を行ってもよい。

[0641] 次に、三次元データ符号化装置は、サブ三次元点群Aを手法Aで符号化することで符号化データ（符号化ビットストリーム）を生成する（S1702）。また、三次元データ符号化装置は、サブ三次元点群Bを手法Bで符号化することで符号化データを生成する（S1703）。なお、三次元データ符号化装置は、サブ三次元点群Bを手法Aで符号化してもよい。この場合、三次元データ符号化装置は、サブ三次元点群Aの符号化に用いた符号化パラメータとは異なるパラメータを用いてサブ三次元点群Bを符号化する。例えば、このパラメータは量子化パラメータであってもよい。例えば、三次元データ符号化装置は、サブ三次元点群Aの符号化に用いた量子化パラメータよりも大きい量子化パラメータを用いて、サブ三次元点群Bを符号化する。この場合、三次元データ符号化装置は、各サブ三次元点群の符号化データのヘッダに当該サブ三次元点群の符号化に用いた量子化パラメータを示す情報を付加してもよい。

[0642] 次に、三次元データ符号化装置は、ステップS1702で得られた符号化データと、ステップS1703で得られた符号化データとを結合することでビットストリームを生成する（S1704）。

[0643] また、三次元データ符号化装置は、ビットストリームのヘッダ情報として、各サブ三次元点群を復号するための情報を符号化してもよい。例えば、三次元データ符号化装置は、下記のような情報を符号化してもよい。

[0644] ヘッダ情報は、符号化されたサブ三次元点の数を示す情報を含んでもよい。この例では、この情報は2を示す。

- [0645] ヘッダ情報は、各サブ三次元点群に含まれる三次元点の数と符号化方法とを示す情報を含んでもよい。この例では、この情報は、サブ三次元点群Aに含まれる三次元点の数と、サブ三次元点群Aに適用した符号化方法（手法A）と、サブ三次元点群Bに含まれる三次元点の数と、サブ三次元点群Bに適用した符号化方法（手法B）とを示す。
- [0646] ヘッダ情報は、各サブ三次元点群の符号化データの開始位置、又は終端位置を識別するための情報を含んでもよい。
- [0647] また、三次元データ符号化装置は、サブ三次元点群Aとサブ三次元点群Bとを並列に符号化してもよい。または、三次元データ符号化装置は、サブ三次元点群Aとサブ三次元点群Bと順に符号化してもよい。
- [0648] また、サブ三次元点群への分離の方法は、上記に限らない。例えば、三次元データ符号化装置は、分離方法を変化させて、複数の分離方法の各々を用いて符号化を行い、各分離方法を用いて得られた符号化データの符号化効率を算出する。そして、三次元データ符号化装置は、最も符号化効率が高い分離方法を選択する。例えば、三次元データ符号化装置は、複数の層の各々で三次元点群を分離し、それぞれの場合における符号化効率を算出し、最も符号化効率が高くなる分離方法（つまり分離を行う層）を選択し、選択した分離方法でサブ三次元点群を生成して符号化を行ってもよい。
- [0649] また、三次元データ符号化装置は、符号化データを結合する際に、重要なサブ三次元点群の符号化情報ほど、ビットストリームの先頭に近い位置に配置してもよい。これにより、三次元データ復号装置は、先頭のビットストリームを復号するだけで重要な情報を取得できるので、重要な情報を早く取得することが可能となる。
- [0650] 次に、三次元データ復号装置による三次元データ復号処理の流れについて説明する。図95は、本実施の形態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。
- [0651] まず、三次元データ復号装置は、例えば、上記三次元データ符号化装置で生成されたビットストリームを取得する。次に、三次元データ復号装置は、

取得したビットストリームからサブ三次元点群Aの符号化データとサブ三次元点群Bの符号化データとを分離する（S 1 7 1 1）。具体的には、三次元データ復号装置は、ビットストリームのヘッダ情報から各サブ三次元点群を復号するための情報を復号し、当該情報を用いて各サブ三次元点群の符号化データを分離する。

[0652] 次に、三次元データ復号装置は、サブ三次元点群Aの符号化データを手法Aで復号することでサブ三次元点群Aを得る（S 1 7 1 2）。また、三次元データ復号装置は、サブ三次元点群Bの符号化データを手法Bで復号することでサブ三次元点群Bを得る（S 1 7 1 3）。次に、三次元データ復号装置は、サブ三次元点群Aとサブ三次元点群Bとを結合する（S 1 7 1 4）。

[0653] なお、三次元データ復号装置は、サブ三次元点群Aとサブ三次元点群Bとを並列に復号してもよい。または、三次元データ復号装置は、サブ三次元点群Aとサブ三次元点群Bとを順に復号してもよい。

[0654] また、三次元データ復号装置は、必要なサブ三次元点群を復号してもよい。例えば、三次元データ復号装置は、サブ三次元点群Aを復号し、サブ三次元点群Bを復号しなくてもよい。例えば、サブ三次元点群AがLiDARデータの重要エリアに含まれる三次元点群である場合、三次元データ復号装置は、その重要エリアの三次元点群を復号する。この重要エリアの三次元点群を用いて車等における自己位置推定などが行われる。

[0655] 次に、本実施の形態に係る符号化処理の具体例を説明する。図96は、本実施の形態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。

[0656] まず、三次元データ符号化装置は、入力された三次元点を疎な三次元点群と密な三次元点群とに分離する（S 1 7 2 1）。具体的には、三次元データ符号化装置は、8分木構造のある層の枝が持つ有効リーフの数をカウントする。三次元データ符号化装置は、各枝の有効リーフ数に応じて、各枝を密な枝又は疎な枝に設定する。そして、三次元データ符号化装置は、密な枝を集めたサブ三次元点群（密な三次元点群）と、疎な枝を集めたサブ三次元点群

(疎な三次元点群) とを生成する。

[0657] 次に、三次元データ符号化装置は、疎な三次元点群を符号化することで符号化データを生成する (S 1 7 2 2)。例えば、三次元データ符号化装置は、ロケーション符号化を用いて疎な三次元点群を符号化する。

[0658] また、三次元データ符号化装置は、密な三次元点群を符号化することで符号化データを生成する (S 1 7 2 3)。例えば、三次元データ符号化装置は、オキュパンシー符号化を用いて密な三次元点群を符号化する。

[0659] 次に、三次元データ符号化装置は、ステップ S 1 7 2 2 で得られた疎な三次元点群の符号化データと、ステップ S 1 7 2 3 で得られた密な三次元点群の符号化データとを結合することでビットストリームを生成する (S 1 7 2 4)。

[0660] また、三次元データ符号化装置は、ビットストリームのヘッダ情報として、疎な三次元点群と密な三次元点群を復号するための情報を符号化してもよい。例えば、三次元データ符号化装置は、下記のような情報を符号化してもよい。

[0661] ヘッダ情報は、符号化されたサブ三次元点群の数を示す情報を含んでもよい。この例では、この情報は 2 を示す。

[0662] ヘッダ情報は、各サブ三次元点群に含まれる三次元点の数と符号化方法とを示す情報を含んでもよい。この例では、この情報は、疎な三次元点群に含まれる三次元点の数と、疎な三次元点群に適用した符号化方法 (ロケーション符号化) と、密な三次元点群に含まれる三次元点の数と、密な三次元点群に適用した符号化方法 (オキュパンシー符号化) とを示す。

[0663] ヘッダ情報は、各サブ三次元点群の符号化データの開始位置、又は終端位置を識別するための情報を含んでもよい。この例では、この情報は、疎な三次元点群の符号化データの開始位置及び終端位置、並びに、密な三次元点群の符号化データの開始位置及び終端位置のすくなくとも一つを示す。

[0664] また、三次元データ符号化装置は、疎な三次元点群と密な三次元点群とを並列に符号化してもよい。または、三次元データ符号化装置は、疎な三次元

点群と密な三次元点群とを順に符号化してもよい。

[0665] 次に、三次元データ復号処理の具体例について説明する。図 9 7 は、本実施の形態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。

[0666] まず、三次元データ復号装置は、例えば、上記三次元データ符号化装置で生成されたビットストリームを取得する。次に、三次元データ復号装置は、取得したビットストリームから疎な三次元点群の符号化データと密な三次元点群の符号化データとに分離する（S 1 7 3 1）。具体的には、三次元データ復号装置は、ビットストリームのヘッダ情報から各サブ三次元点群を復号するための情報を復号し、当該情報を用いて各サブ三次元点群の符号化データを分離する。この例では、三次元データ復号装置は、ビットストリームから疎な三次元点群と密な三次元点群の符号化データをヘッダ情報を用いて分離する。

[0667] 次に、三次元データ復号装置は、疎な三次元点群の符号化データを復号することで疎な三次元点群を得る（S 1 7 3 2）。例えば、三次元データ復号装置は、ロケーション符号化された符号化データを復号するためのロケーション復号を用いて疎な三次元点群を復号する。

[0668] また、三次元データ復号装置は、密な三次元点群の符号化データを復号することで密な三次元点群を得る（S 1 7 3 3）。例えば、三次元データ復号装置は、オキュパンシー符号化された符号化データを復号するためのオキュパンシー復号を用いて密な三次元点群を復号する。

[0669] 次に、三次元データ復号装置は、ステップ S 1 7 3 2 で得られた疎な三次元点群と、ステップ S 1 7 3 3 で得られた密な三次元点群とを結合する（S 1 7 3 4）。

[0670] なお、三次元データ復号装置は、疎な三次元点群と密な三次元点群とを並列に復号してもよい。または、三次元データ復号装置は、疎な三次元点群と密な三次元点群とを順に復号してもよい。

[0671] また、三次元データ復号装置は、一部の必要なサブ三次元点群を復号して

もよい。例えば、三次元データ復号装置は、密な三次元点群を復号し、疎な三次元データを復号しなくてもよい。例えば、密な三次元点群がLiDARデータの重要エリアに含まれる三次元点群である場合、三次元データ復号装置は、その重要エリアの三次元点群を復号する。この重要エリアの三次元点群を用いて車等における自己位置推定などが行われる。

[0672] 図98は、本実施の形態に係る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、入力された三次元点群を疎な三次元点群と密な三次元点群とに分離することで、疎な三次元点群と密な三次元点群を生成する（S1741）。

[0673] 次に、三次元データ符号化装置は、密な三次元点群を符号化することで符号化データを生成する（S1742）。また、三次元データ符号化装置は、疎な三次元点群を符号化することで符号化データを生成する（S1743）。最後に、三次元データ符号化装置は、ステップS1742で得られた疎な三次元点群の符号化データと、ステップS1743で得られた密な三次元点群の符号化データとを結合することでビットストリーム生成する（S1744）。

[0674] 図99は、本実施の形態に係る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、密な三次元点群の符号化データと疎な三次元点群の符号化データとを抽出する（S1751）。次に、三次元データ復号装置は、密な三次元点群の符号化データを復号することで密な三次元点群の復号データを得る（S1752）。また、三次元データ復号装置は、疎な三次元点群の符号化データを復号することで疎な三次元点群の復号データを得る（S1753）。次に、三次元データ復号装置は、ステップS1752で得られた密な三次元点群の復号データと、ステップS1753で得られた疎な三次元点群の復号データとを結合することで三次元点群を生成する（S1754）。

[0675] なお、三次元データ符号化装置及び三次元データ復号装置は、密な三次元点群と疎な三次元点群とのどちらを先に符号化又は復号してもよい。また、

複数のプロセッサ等により、並列に符号化処理又は復号処理が行われてもよい。

[0676] また、三次元データ符号化装置は、密な三次元点群と疎な三次元点群との一方を符号化してもよい。例えば、密な三次元点群に重要な情報が含まれる場合、三次元データ符号化装置は、入力された三次元点群から密な三次元点群と疎な三次元点群とを抽出し、密な三次元点群を符号化し、疎な三次元点群を符号化しない。これにより、三次元データ符号化装置は、ビット量を抑制しつつ、重要な情報をストリームに付加することができる。例えば、サーバとクライアントとの間において、サーバにクライアントからクライアント周囲の三次元点群情報の送信要求があった場合、サーバは、クライアント周囲の重要な情報を密な三次元点群として符号化してクライアントに送信する。これにより、サーバは、ネットワーク帯域を抑えつつ、クライアントが要求する情報を送信することができる。

[0677] また、三次元データ復号装置は、密な三次元点群と疎な三次元点群との一方を復号してもよい。例えば、密な三次元点群に重要な情報が含まれる場合、三次元データ復号装置は、密な三次元点群を復号し、疎な三次元点群を復号しない。これにより、三次元データ復号装置は、復号処理の処理負荷を抑えつつ、必要な情報を取得できる。

[0678] 図100は、図98に示す三次元点の分離処理（S1741）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、層Lと閾値THを設定する（S1761）。なお、三次元データ符号化装置は、設定した層Lと閾値THとを示す情報をビットストリームに付加してもよい。つまり、三次元データ符号化装置は、設定した層Lと閾値THとを示す情報を含むビットストリームを生成してもよい。

[0679] 次に、三次元データ符号化装置は、処理対象の位置を、8分木のルートから層Lの先頭の枝に移動する。つまり、三次元データ符号化装置は、処理対象の枝として、層Lの先頭の枝を選択する（S1762）。

[0680] 次に、三次元データ符号化装置は、層Lの処理対象の枝の有効リーフ数を

カウントする（S 1 7 6 3）。処理対象の枝の有効リーフ数が閾値 T H より多い場合（S 1 7 6 4 で Y e s）、三次元データ符号化装置は、処理対象の枝を密な枝として密な三次元点群に登録する（S 1 7 6 5）。一方、処理対象の枝の有効リーフ数が閾値 T H 以下の場合（S 1 7 6 4 で N o）、三次元データ符号化装置は、処理対象の枝を疎な枝として疎な三次元点群に登録する（S 1 7 6 6）。

[0681] 層 L の全ての枝の処理を完了していない場合（S 1 7 6 7 で N o）、三次元データ符号化装置は、処理対象の位置を、層 L の次の枝に移動する。つまり、三次元データ符号化装置は、処理対象の枝として、層 L の次の枝を選択する（S 1 7 6 8）。そして、三次元データ符号化装置は、選択した次の処理対象の枝に対してステップ S 1 7 6 3 以降の処理を行う。

[0682] 上記の処理が、層 L の全ての枝の処理を完了するまで（S 1 7 6 7 で Y e s）、繰り返される。

[0683] なお、上記説明では層 L と閾値 T H は予め設定されているが、必ずしもこれに限らない。例えば、三次元データ符号化装置は、層 L と閾値 T H との組を複数パターン設定し、各組を用いて密な三次元点群と疎な三次元点群を生成し、それぞれを符号化する。三次元データ符号化装置は、複数の組のうち、生成された符号化データの符号化効率が最も高い層 L と閾値 T H との組で最終的に密な三次元点群と疎な三次元点群を符号化する。これにより符号化効率を高めることができる。また、三次元データ符号化装置は、例えば、層 L 及び閾値 T H を算出してもよい。例えば、三次元データ符号化装置は、木構造に含まれる層の最大値の半分の値を層 L に設定してもよい。また、三次元データ符号化装置は、木構造に含まれる複数の三次元点の総数の半分の値を閾値 T H に設定してもよい。

[0684] また、上記説明では、入力三次元点群を密な三次元点群と疎な三次元点群との 2 種類に分類する例を述べたが、三次元データ符号化装置は、入力三次元点群をを 3 種類以上の三次元点群に分類してもよい。例えば、三次元データ符号化装置は、処理対象の枝の有効リーフ数が閾値 T H 1 以上の場合、処

理対象の枝を第1の密な三次元点群に分類し、処理対象の枝の有効リーフ数が第1閾値 $TH1$ 未満かつ第2閾値 $TH2$ 以上の場合、処理対象の枝を第2の密な三次元点群に分類する。三次元データ符号化装置は、処理対象の枝の有効リーフ数が第2閾値 $TH2$ 未満かつ第3閾値 $TH3$ 以上の場合、処理対象の枝を第1の疎な三次元点群に分類し、処理対象の枝の有効リーフ数が閾値 $TH3$ 未満の場合、処理対象の枝を第2の疎な三次元点群に分類する。

[0685] 以下、本実施の形態に係る三次元点群の符号化データのシンタックス例について説明する。図101は、このシンタックス例を示す図である。`pc_header()`は、例えば、入力された複数の三次元点のヘッダ情報である。

[0686] 図101に示す`num_sub_pc`は、サブ三次元点群の数を示す。`numPoint[i]`は、 i 番目のサブ三次元点群の中に含まれる三次元点の数を示す。`coding_type[i]`は、 i 番目のサブ三次元点群に適用される符号化タイプ（符号化方式）を示す符号化タイプ情報である。例えば、`coding_type=00`はロケーション符号化が適用されていることを示す。`coding_type=01`はオキュパンシー符号化が適用されていることを示す。`coding_type=10`又は`11`は、他の符号化方式が適用されていることを示す。

[0687] `data_sub_cloud()`は、 i 番目のサブ三次元点群の符号化データである。`coding_type_00_data`は、`coding_type`が`00`の符号化タイプが適用された符号化データであり、例えばロケーション符号化が適用された符号化データである。`coding_type_01_data`は、`coding_type`が`01`の符号化タイプが適用された符号化データであり、例えばオキュパンシー符号化が適用された符号化データである。

[0688] `end_of_data`は、符号化データの終端を示す終端情報である。例えば、この`end_of_data`には、符号化データに使用しない固定のビット列が割り当てられる。これにより、三次元データ復号装置は、例え

ば、`end__of__data`のビット列をビットストリームから探索することで、復号の必要のない符号化データの復号処理をスキップできる。

[0689] なお、三次元データ符号化装置は、上記方法で生成された符号化データ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、各値を2値化したうえで算出符号化する。

[0690] また、本実施の形態では、4分木構造又は8分木構造の例を示したが、必ずしもこれに限らず、2分木、16分木等のN分木（Nは2以上の整数）、又は、その他の木構造に対して、上記手法を適用してもよい。

[0691] [変形例]

上記説明では、図93及び図94に示すように、密な枝と、その上層（全体の木構造のルートから密な枝のルートに至る木構造）とを含む木構造が符号化され、疎な枝と、その上層（全体の木構造のルートから疎な枝のルートに至る木構造）とを含む木構造が符号化される。本変形例では、三次元データ符号化装置は、密な枝と疎な枝とを分離し、密な枝と疎な枝とを符号化する。つまり、符号化する木構造には、上層の木構造は含まれない。例えば、三次元データ符号化装置は、密な枝にオキュパンシー符号化を適用し、疎な枝にロケーション符号化を適用する。

[0692] 図102は、図88に示す木構造から分離された、密な枝の例を示す図である。図103は、図88に示す木構造から分離された、疎な枝の例を示す図である。本変形例は、図102及び図103に示す木構造がそれぞれ符号化される。

[0693] また、三次元データ符号化装置は、上層の木構造を符号化しない代わりに、枝の位置を示す情報を符号化する。例えば、この情報は、枝のルートの位置を示す。

[0694] 例えば、三次元データ符号化装置は、密な枝を生成した層を示すレイヤ情報と、密な枝が当該層の何番目の枝であるかを示す枝情報とを、当該密な枝の符号化データとして符号化する。これにより、三次元データ復号装置は、ビットストリームからレイヤ情報及び枝情報を復号し、これらのレイヤ情報

及び枝情報を用いて、復号した密な枝がどの層の何番目の枝の三次元点群であるかを把握できる。また同様に、三次元データ符号化装置は、疎な枝を生成した層を示すレイヤ情報と、疎な枝が当該層の何番目の枝であることを示す枝情報を、疎な枝の符号化データとして符号化する。

[0695] これにより、三次元データ復号装置は、ビットストリームからレイヤ情報及び枝情報を復号し、これらのレイヤ情報及び枝情報を用いて、復号した疎な枝がどの層の何番目の枝の三次元点群であるかを把握できる。これにより、密な枝及び疎な枝より上位の層の情報を符号化することによるオーバーヘッドを削減できるので、符号化効率を向上できる。

[0696] なお、枝情報は、レイヤ情報で示される層内の各枝に割り振られた値を示してもよい。また、枝情報は、8分木のルートを起点として各ノードに割り振られた値を示してもよい。この場合、レイヤ情報は符号化されなくてもよい。また、三次元データ符号化装置は、密な枝と疎な枝をそれぞれ複数生成してもよい。

[0697] 図104は、本変形例における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、入力された三次元点群から1以上の疎な枝と1以上の密な枝とを生成する(S1771)。

[0698] 次に、三次元データ符号化装置は、密な枝を符号化することで符号化データを生成する(S1772)。次に、三次元データ符号化装置は、ステップS1771で生成した全ての密な枝の符号化が完了したか否かを判定する(S1773)。

[0699] 全ての密な枝の符号化が完了していない場合(S1773でNo)、三次元データ符号化装置は、次の密な枝を選択し(S1774)、選択した密な枝を符号化することで符号化データを生成する(S1772)。

[0700] 一方、全ての密な枝の符号化が完了した場合(S1773でYes)、三次元データ符号化装置は、疎な枝を符号化することで符号化データを生成する(S1775)。次に、三次元データ符号化装置は、ステップS1771で生成した全ての疎な枝の符号化が完了したか否かを判定する(S1776

）。

[0701] 全ての疎な枝の符号化が完了していない場合（S 1 7 7 6でN o）、三次元データ符号化装置は、次の疎な枝を選択し（S 1 7 7 7）、選択した疎な枝を符号化することで符号化データを生成する（S 1 7 7 5）。

[0702] 一方、全ての疎な枝の符号化が完了した場合（S 1 7 7 6でY e s）、三次元データ符号化装置は、ステップS 1 7 7 2及びS 1 7 7 5で生成された符号化データを結合してビットストリームを生成する（S 1 7 7 8）。

[0703] 図 1 0 4 は、本変形例における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、密な枝の 1 以上の符号化データと疎な枝の 1 以上の符号化データとを抽出する（S 1 7 8 1）。次に、三次元データ復号装置は、密な枝の符号化データを復号することで密な枝の復号データを得る（S 1 7 8 2）。

[0704] 次に、三次元データ復号装置は、ステップS 1 7 8 1で抽出した全ての密な枝の符号化データの復号が完了したか否かを判定する（S 1 7 8 3）。全ての密な枝の符号化データの復号が完了していない場合（S 1 7 8 3でN o）、三次元データ復号装置は、次の密な枝の符号化データを選択し（S 1 7 8 4）、選択した密な枝の符号化データを復号することで密な枝の復号データを得る（S 1 7 8 2）。

[0705] 一方、全ての密な枝の符号化データの復号が完了した場合（S 1 7 8 3でY e s）、三次元データ復号装置は、疎な枝の符号化データを復号することで疎な枝の復号データを得る（S 1 7 8 5）。

[0706] 次に、三次元データ復号装置は、ステップS 1 7 8 1で抽出した全ての疎な枝の符号化データの復号が完了したか否かを判定する（S 1 7 8 6）。全ての疎な枝の符号化データの復号が完了していない場合（S 1 7 8 6でN o）、三次元データ復号装置は、次の疎な枝の符号化データを選択し（S 1 7 8 7）、選択した疎な枝の符号化データを復号することで疎な枝の復号データを得る（S 1 7 8 5）。

[0707] 一方、全ての疎な枝の符号化データの復号が完了した場合（S 1 7 8 6で

Yes)、三次元データ復号装置は、ステップS1782及びS1785で得られた復号データを結合することで三次元点群を生成する(S1788)。

[0708] なお、三次元データ符号化装置及び三次元データ復号装置は、密な枝と疎な枝とのどちらを先に符号化又は復号してもよい。また、複数のプロセッサ等により、並列に符号化処理、又は復号処理が行われてもよい。

[0709] また、三次元データ符号化装置は、密な枝と疎な枝との一方を符号化してもよい。また、三次元データ符号化装置は、複数の密な枝の一部を符号化してもよい。例えば、特定の密な枝に重要な情報が含まれる場合、三次元データ符号化装置は、入力された三次元点群から密な枝と疎な枝とを抽出し、重要な情報が含まれる密な枝を符号化し、他の密な枝及び疎な枝を符号化しない。これにより、三次元データ符号化装置は、ビット量を抑制しつつ、重要な情報をストリームに付加することができる。例えば、サーバとクライアントとの間において、サーバにクライアントからクライアント周囲の三次元点群情報の送信要求があった場合、サーバは、クライアント周囲の重要な情報を密な枝として符号化してクライアントに送信する。これにより、サーバは、ネットワーク帯域を抑えつつ、クライアントが要求する情報を送信することができる。

[0710] また、三次元データ復号装置は、密な枝と疎な枝との一方を復号してもよい。また、三次元データ復号装置は、複数の密な枝の一部を復号してもよい。例えば、特定の密な枝に重要な情報が含まれる場合、三次元データ復号装置は、その特定の密な枝を復号し、他の密な枝及び疎な枝を復号しない。これにより、三次元データ復号装置は、復号処理の処理負荷を抑えつつ、必要な情報を取得できる。

[0711] 図106は、図104に示す三次元点の分離処理(S1771)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、層Lと閾値THを設定する(S1761)。なお、三次元データ符号化装置は、設定した層Lと閾値THとを示す情報をビットストリームに付加してもよい。

[0712] 次に、三次元データ符号化装置は、処理対象の枝として、層Lの先頭の枝を選択する（S 1 7 6 2）。次に、三次元データ符号化装置は、層Lの処理対象の枝の有効リーフ数をカウントする（S 1 7 6 3）。処理対象の枝の有効リーフ数が閾値THより多い場合（S 1 7 6 4でY e s）、三次元データ符号化装置は、処理対象の枝を密な枝に設定し、ビットストリームにレイヤ情報と枝情報とを付加する（S 1 7 6 5 A）。一方、処理対象の枝の有効リーフ数が閾値TH以下の場合（S 1 7 6 4でN o）、三次元データ符号化装置は、処理対象の枝を疎な枝に設定し、ビットストリームにレイヤ情報と枝情報とを付加する（S 1 7 6 6 A）。

[0713] 層Lの全ての枝の処理を完了していない場合（S 1 7 6 7でN o）、三次元データ符号化装置は、処理対象の枝として、層Lの次の枝を選択する（S 1 7 6 8）。そして、三次元データ符号化装置は、選択した次の処理対象の枝に対してステップS 1 7 6 3以降の処理を行う。上記の処理が、層Lの全ての枝の処理を完了するまで（S 1 7 6 7でY e s）、繰り返される。

[0714] なお、上記説明では層Lと閾値THは予め設定されているが、必ずしもこれに限らない。例えば、三次元データ符号化装置は、層Lと閾値THとの組を複数パターン設定し、各組を用いて密な枝と疎な枝とを生成し、それぞれを符号化する。三次元データ符号化装置は、複数の組のうち、生成された符号化データの符号化効率が最も高い層Lと閾値THとの組で最終的に密な枝と疎な枝を符号化する。これにより符号化効率を高めることができる。また、三次元データ符号化装置は、例えば、層L及び閾値THを算出してもよい。例えば、三次元データ符号化装置は、木構造に含まれる層の最大値の半分の値を層Lに設定してもよい。また、三次元データ符号化装置は、木構造に含まれる複数の三次元点の総数の半分の値を閾値THに設定してもよい。

[0715] 以下、本変形例に係る三次元点群の符号化データのシンタックス例について説明する。図107は、このシンタックス例を示す図である。図107に示すシンタックス例では、図101に示すシンタックス例に対して、レイヤ情報であるlayer__id[i]と、枝情報であるbranch__id[

i] とが追加されている。

[0716] layer__id[i] は、i 番目のサブ三次元点群が属するレイヤ番号を示す。branch__id[i] は、i 番目のサブ三次元点群の layer__id[i] 内における枝番号を示す。

[0717] layer__id[i] 及び branch__id[i] は、例えば 8 分木における枝の場所を表すレイヤ情報及び枝情報である。例えば、layer__id[i] = 2、branch__id[i] = 5 は、i 番目の枝が層 2 の 5 番目の枝であることを示す。

[0718] なお、三次元データ符号化装置は、上記方法で生成された符号化データ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、各値を 2 値化したうえで算出符号化する。

[0719] また、本変形例では、4 分木構造又は 8 分木構造の例を示したが、必ずしもこれに限らず、2 分木、16 分木等の N 分木（N は 2 以上の整数）、又は、その他の木構造に対して、上記手法を適用してもよい。

[0720] 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 108 に示す処理を行う。

[0721] まず、三次元データ符号化装置は、三次元データに含まれる複数の三次元点の N（N は 2 以上の整数）分木構造を生成する（S1801）。

[0722] 次に、三次元データ符号化装置は、N 分木構造に含まれる複数の層のいずれかである第 1 層に含まれる第 1 ノードをルートとする第 1 の枝を第 1 符号化処理で符号化することで第 1 符号化データを生成する（S1802）。

[0723] また、三次元データ符号化装置は、第 1 層に含まれる、第 1 ノードと異なる第 2 ノードをルートとする第 2 の枝を第 1 符号化処理と異なる第 2 符号化処理で符号化することで第 2 符号化データを生成する（S1803）。

[0724] 次に、三次元データ符号化装置は、第 1 符号化データと第 2 符号化データとを含むビットストリームを生成する（S1804）。

[0725] これによれば、三次元データ符号化装置は、N 分木構造に含まれる各々の枝に適した符号化処理を適用できるので符号化効率を向上できる。

[0726] 例えば、第1の枝に含まれる三次元点の数は、予め定められた閾値より少なく、第2の枝に含まれる三次元点の数は、閾値より多い。つまり、三次元データ符号化装置は、処理対象の枝に含まれる三次元点の数が、閾値より少ない場合、処理対象の枝を第1の枝に設定し、処理対象の枝に含まれる三次元点の数が、閾値より多い場合、処理対象の枝を第2の枝に設定する。

[0727] 例えば、第1符号化データは、第1の枝に含まれる複数の第1三次元点の第1N分木構造を第1方式で表す第1情報を含む。第2符号化データは、第2の枝に含まれる複数の第2三次元点の第2N分木構造を第2方式で表す第2情報を含む。つまり、第1符号化処理と第2符号化処理とは、符号化方式が異なる。

[0728] 例えば、第1符号化処理ではロケーション符号化が用いられ、第2符号化処理ではオキュパンシー符号化が用いられる。つまり、第1情報は、複数の第1三次元点の各々に対応する三次元点情報を含む。各三次元点情報は、第1N分木構造における複数の層の各々に対応するインデックスを含む。各インデックスは、対応する層に属するN個のサブブロックのうち、対応する第1三次元点が属するサブブロックを示す。第2情報は、第2N分木構造における複数の層に属する複数のサブブロックの各々に対応し、対応するサブブロックに三次元点が存在するか否かを示す1ビットの情報を複数含む。

[0729] 例えば、第2符号化処理で使用される量子化パラメータは、第1符号化処理で使用される量子化パラメータと異なる。つまり、第1符号化処理と第2符号化処理とは、符号化方式は同一であり、使用されるパラメータが異なる。

[0730] 例えば、図92及び図93に示すように、三次元データ符号化装置は、第1の枝の符号化では、N分木構造のルートから第1ノードに至る木構造と、第1の枝とを含む木構造を第1符号化処理で符号化し、第2の枝の符号化では、N分木構造のルートから第2ノードに至る木構造と、第2の枝とを含む木構造を第2符号化処理で符号化する。

[0731] 例えば、第1符号化データは、第1の枝の符号化データと、N分木構造に

おける第1ノードの位置を示す第3情報とを含む。第2符号化データは、第2の枝の符号化データと、N分木構造における第2ノードの位置を示す第4情報とを含む。

[0732] 例えば、第3情報は、第1層を示す情報（レイヤ情報）と、第1ノードが第1層に含まれるノードのうちいずれのノードであるかを示す情報（枝情報）とを含む。第4情報は、第1層を示す情報（レイヤ情報）と、第2ノードが第1層に含まれるノードのうちいずれのノードであるかを示す情報（枝情報）とを含む。

[0733] 例えば、第1符号化データは、第1の枝に含まれる三次元点の数を示す情報（numPoint）を含み、第2符号化データは、第2の枝に含まれる三次元点の数を示す情報（numPoint）を含む。

[0734] 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。

[0735] また、実施の形態に係る三次元データ復号装置は、図109に示す処理を行う。

[0736] まず、三次元データ復号装置は、ビットストリームから、複数の三次元点のN（Nは2以上の整数）分木構造に含まれる複数の層のいずれかである第1層に含まれる第1ノードをルートとする第1の枝が符号化されることで得られた第1符号化データと、第1層に含まれる、第1ノードと異なる第2ノードをルートとする第2の枝が符号化されることで得られた第2符号化データとを取得する（S1811）。

[0737] 次に、三次元データ復号装置は、第1符号化データを第1復号処理で復号することで第1の枝の第1復号データを生成する（S1812）。

[0738] また、三次元データ復号装置は、第2符号化データを、第1復号処理と異なる第2復号処理で復号することで第2の枝の第2復号データを生成する（S1813）。

[0739] 次に、三次元データ復号装置は、第1復号データと第2復号データとを用いて複数の三次元点を復元する（S1814）。例えば、この三次元点は、

第1復号データで示される複数の三次元点と、第2復号データで示される複数の三次元点とを含む。

[0740] これによれば、三次元データ復号装置は、符号化効率を向上したビットストリームを復号できる。

[0741] 例えば、第1の枝に含まれる三次元点の数は、予め定められた閾値より少なく、第2の枝に含まれる三次元点の数は、閾値より多い。

[0742] 例えば、第1符号化データは、第1の枝に含まれる複数の第1三次元点の第1N分木構造を第1方式で表す第1情報を含む。第2符号化データは、第2の枝に含まれる複数の第2三次元点の第2N分木構造を第2方式で表す第2情報を含む。つまり、第1復号処理と第2復号処理とは、符号化方式（復号方式）が異なる。

[0743] 例えば、第1符号化データにはロケーション符号化が用いられており、第2符号化データにはオキュパンシー符号化が用いられている。つまり、第1情報は、複数の第1三次元点の各々に対応する三次元点情報を含む。各三次元点情報は、第1N分木構造における複数の層の各々に対応するインデックスを含む。各インデックスは、対応する層に属するN個のサブブロックのうち、対応する第1三次元点が属するサブブロックを示す。第2情報は、第2N分木構造における複数の層に属する複数のサブブロックの各々に対応し、対応するサブブロックに三次元点が存在するか否かを示す1ビットの情報を複数含む。

[0744] 例えば、第2復号処理で使用される量子化パラメータは、第1復号処理で使用される量子化パラメータと異なる。つまり、第1復号処理と第2復号処理とは、符号化方式（復号方式）は同一であり、使用されるパラメータが異なる。

[0745] 例えば、図92及び図93に示すように、三次元データ復号装置は、第1の枝の復号では、N分木構造のルートから第1ノードに至る木構造と、第1の枝とを含む木構造を第1復号処理で復号し、第2の枝の復号では、N分木構造のルートから第2ノードに至る木構造と、第2の枝とを含む木構造を第

2 復号処理で復号する。

[0746] 例えば、第 1 符号化データは、第 1 の枝の符号化データと、N 分木構造における第 1 ノードの位置を示す第 3 情報とを含む。第 2 符号化データは、第 2 の枝の符号化データと、N 分木構造における第 2 ノードの位置を示す第 4 情報とを含む。

[0747] 例えば、第 3 情報は、第 1 層を示す情報（レイヤ情報）と、第 1 ノードが第 1 層に含まれるノードのうちいずれのノードであるかを示す情報（枝情報）とを含む。第 4 情報は、第 1 層を示す情報（レイヤ情報）と、第 2 ノードが第 1 層に含まれるノードのうちいずれのノードであるかを示す情報（枝情報）とを含む。

[0748] 例えば、第 1 符号化データは、第 1 の枝に含まれる三次元点の数を示す情報（numPoint）を含み、第 2 符号化データは、第 2 の枝に含まれる三次元点の数を示す情報（numPoint）を含む。

[0749] 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。

[0750] （実施の形態 11）

本実施の形態では、8 分木のオキュパンシー符号に対する適応的なエントロピー符号化（算術符号化）について説明する。

[0751] 図 110 は、4 分木の木構造の一例を示す図である。図 111 は、図 110 に示す木構造のオキュパンシー符号を示す図である。図 112 は、本実施に形態に係る三次元データ符号化装置の動作を模式的に示す図である。

[0752] 本実施の形態に係る三次元データ符号化装置は、8 分木における 8 ビットのオキュパンシー符号化をエントロピー符号化する。また、三次元データ符号化装置は、オキュパンシー符号のエントロピー符号化処理において、符号化テーブルを更新する。また、三次元データ符号化装置は、単一の符号化テーブルを用いるのではなく、三次元点の類似性情報を利用するために適応的な符号化テーブルを用いる。つまり、三次元データ符号化装置は、複数の符号化テーブルを用いる。

- [0753] また、類似性情報とは、例えば、三次元点の幾何情報、8分木の構造情報、又は、三次元点の属性情報である。
- [0754] なお、図110～図112では、4分木を例に示したが、2分木、8分木、16分木等のN分木の場合に同様の手法を適用してもよい。例えば、三次元データ符号化装置は、8分木の場合は8ビットのオキュパンシー符号、4分木の場合は4ビットのオキュパンシー符号、16分木の場合は16ビットのオキュパンシー符号に対して、適応的テーブル（adaptive table：符号化テーブルとも呼ぶ）を用いてエントロピー符号化を行う。
- [0755] 以下、三次元点（ポイントクラウド）の幾何情報（geometry information）を用いた適応的なエントロピー符号化処理について説明する。
- [0756] 木構造内の2つのノードにおいて、各ノードの周辺の幾何学的な配置が類似する場合、子ノードの占有状態（つまり、三次元点が含まれるか否かの状態）が類似する可能性がある。よって、三次元データ符号化装置は、親ノードの周辺の幾何学的な配置を用いて、グループ化を行う。これにより、三次元データ符号化装置は、子ノードの占有状態をグループ化し、グループ毎に異なる符号化テーブルを用いることができる。よって、エントロピー符号化の符号化効率を向上できる。
- [0757] 図113は、幾何情報の一例を示す図である。幾何情報は対象ノードの複数の隣接ノードの各々が占有されているか否か（つまり三次元点を含むか否か）を示す情報を含む。例えば、三次元データ符号化装置は、対象ノードの周辺の幾何学的な配置（Local geometry）を、隣接ノードに三次元点が含まれるか否か（occupied or non-occupied）の情報を用いて算出する。隣接ノードとは、例えば対象ノードの空間的に周囲に存在するノード、または、対象ノードとは異なる時間の同一位置、もしくはその空間的に周囲に存在するノードである。
- [0758] 図113において、ハッチングの立方体は符号化対象の対象ノードを示す。白い立方体は隣接ノードであり、かつ三次元点を含むノードを示す。図1

13において、(2)に示す幾何パターンは(1)に示す幾何パターンを回転した形を表す。よって、三次元データ符号化装置は、これらの幾何パターンは、幾何類似性(geometry similarity)が高いと判断し、これらの幾何パターンに対しては同一の符号化テーブルを用いてエントロピー符号化を行う。また、三次元データ符号化装置は、(3)及び(4)の幾何パターンに対しては幾何類似性が低いと判断し、別の符号化テーブルを用いてエントロピー符号化を行う。

[0759] 図114は、図113に示す(1)～(4)の幾何パターンにおける対象ノードのオキュパンシー符号と、エントロピー符号化に用いられる符号化テーブルの例を示す図である。三次元データ符号化装置は、上記のように幾何パターン(1)と(2)については同じ幾何グループに含まれると判断し、同一の符号化テーブルAを用いる。また、三次元データ符号化装置は、幾何パターン(3)及び(4)にはそれぞれ符号化テーブルB及び符号化テーブルCを用いる。

[0760] また、図114に示すように、同一の幾何グループに含まれる幾何パターン(1)と(2)の対象ノードのオキュパンシー符号が同一になる場合がある。

[0761] 次に、木構造の構造情報(structure information)を用いた適応的なエントロピー符号化処理について説明する。例えば、構造情報は対象ノードが属する層を示す情報を含む。

[0762] 図115は、木構造の一例を示す図である。一般に局所的な物体の形状は、探索の尺度に依存する。例えば、木構造において、下層は上層よりも疎になる傾向がある。よって、三次元データ符号化装置は、図115に示すように上層と下層とで異なる符号化テーブルを用いることで、エントロピー符号化の符号化効率を向上できる。

[0763] つまり、三次元データ符号化装置は、各層のオキュパンシー符号を符号化する際に、層毎に異なる符号化テーブルを用いてもよい。例えば、図115に示す木構造に対して、三次元データ符号化装置は、層N(N=0～6)の

オキュパンシー符号の符号化には層N用の符号化テーブルを用いてエントロピー符号化を行ってもよい。これにより、三次元データ符号化装置は、層毎のオキュパンシー符号の出現パターンに応じて符号化テーブルを切替えることができるので符号化効率を向上できる。

[0764] また、三次元データ符号化装置は、図115に示すように、層0から層2までのオキュパンシー符号には符号化テーブルAを用い、層3から層6までのオキュパンシー符号には符号化テーブルBを用いてもよい。これにより、三次元データ符号化装置は、各層群毎のオキュパンシー符号の出現パターンに応じて符号化テーブルを切替えることができるので符号化効率を向上できる。また、三次元データ符号化装置は、各層で用いる符号化テーブルの情報をビットストリームのヘッダに付加してもよい。または、各層で用いる符号化テーブルが規格等で予め定められていてもよい。

[0765] 次に、三次元点の属性情報（*property information*）を用いた適応的なエントロピー符号化処理について説明する。例えば、属性情報は対象ノードが含まれる物体の情報、又は対象ノードが保持する法線ベクトルの情報を含む。

[0766] 三次元点の属性情報を用いて、類似する幾何学的な配置を有する三次元点をグループ化することができる。例えば、三次元点が有する共通の属性情報として、各三次元点の方向を表す法線ベクトル（*normal vector*）を用いることができる。法線ベクトルを用いることで、木構造内の類似するオキュパンシー符号に関連する幾何学的な配置を見つけることができる。

[0767] また、属性情報として、色又は反射率（反射度）が用いられてもよい。例えば、三次元データ符号化装置は、三次元点の色又は反射度を用いて、類似する幾何学的な配置を有する三次元点をグループ化し、グループ毎に符号化テーブルを切替える等の処理を行う。

[0768] 図116は、法線ベクトルに基づく符号化テーブルの切り替えを説明するための図である。図116に示すように、対象ノードの法線ベクトルが属す

る法線ベクトル群が異なる場合、異なる符号化テーブルが用いられる。例えば、予め定められた範囲に含まれる法線ベクトルが1つの法線ベクトル群に分類される。

[0769] また、対象物の分類が異なる場合、オキュパンシー符号も異なる可能性が高い。よって、三次元データ符号化装置は、対象ノードが属する対象物の分類に応じて、符号化テーブルを選択してもよい。図117は、対象物の分類に基づく符号化テーブルの切り替えを説明するための図である。図117に示すように、対象物の分類が異なる場合、異なる符号化テーブルが用いられる。

[0770] 以下、本実施の形態に係るビットストリームの構成例について説明する。図118は、本実施の形態に係る三次元データ符号化装置により生成されるビットストリームの構成例を示す図である。図118に示すようにビットストリームは、符号化テーブル群と、テーブルインデックスと、符号化オキュパンシーとを含む。符号化テーブル群は、複数の符号化テーブルを含む。

[0771] テーブルインデックスは、後続の符号化オキュパンシーのエントロピー符号化に用いられた符号化テーブルを示すインデックスである。符号化オキュパンシーは、エントロピー符号化後のオキュパンシー符号である。また、図118に示すようにビットストリームは、テーブルインデックスと符号化オキュパンシーとの組を複数含む。

[0772] 例えば、図118に示す例の場合、符号化オキュパンシー0は、テーブルインデックス0で示されるコンテキストモデル（以下コンテキストとも呼ぶ）を用いてエントロピー符号化されたデータである。また、符号化オキュパンシー1は、テーブルインデックス1で示されるコンテキストを用いてエントロピー符号化されたデータである。また、予め規格等で符号化オキュパンシー0を符号化するためのコンテキストを規定しておき、三次元データ復号装置は、符号化オキュパンシー0の復号時にそのコンテキストを使用してもよい。これにより、テーブルインデックスをビットストリームに付加する必要がなくなるので、オーバヘッドを削減できる。

- [0773] また、三次元データ符号化装置は、ヘッダ内に各コンテキストを初期化するための情報を付加してもよい。
- [0774] 三次元データ符号化装置は、対象ノードの幾何情報、構造情報又は属性情報を用いて符号化テーブルを決定し、決定した符号化テーブルを用いてオキュパンシー符号を符号化する。三次元データ符号化装置は、符号化結果と符号化に用いた符号化テーブルの情報（テーブルインデクス等）をビットストリームに付加し、当該ビットストリームを三次元データ復号装置に送信する。これにより、三次元データ復号装置は、ヘッダに付加された符号化テーブルの情報を用いてオキュパンシー符号を復号できる。
- [0775] また、三次元データ符号化装置は、符号化に用いた符号化テーブルの情報をビットストリームに付加せず、三次元データ復号装置は、復号後の対象ノードの幾何情報、構造情報又は属性情報を用いて符号化テーブルを三次元データ符号化装置と同じ方法で決定し、決定した符号化テーブルを用いてオキュパンシー符号を復号してもよい。これにより、ビットストリームに符号化テーブルの情報を付加する必要がなくなるので、オーバーヘッドを削減できる。
- [0776] 図 1 1 9 及び図 1 2 0 は、符号化テーブルの例を示す図である。図 1 1 9 及び図 1 2 0 に示すように、1 つの符号化テーブルは、8 ビットのオキュパンシー符号の値毎に、当該値に対応するコンテキストモデル及びコンテキストモデルタイプを示す。
- [0777] 図 1 1 9 に示す符号化テーブルのように、複数のオキュパンシー符号に同一のコンテキストモデル（コンテキスト）が適用されてもよい。また、各オキュパンシー符号に別々のコンテキストモデルが割り当てられてもよい。これにより、オキュパンシー符号の出現確率に応じてコンテキストモデルを割り当てることができるので、符号化効率を向上することができる。
- [0778] また、コンテキストモデルタイプは、例えば、コンテキストモデルが、オキュパンシー符号の出現頻度に応じて確率テーブルを更新するコンテキストモデルであるか、確率テーブルを固定したコンテキストモデルであるか等を

示す。

[0779] 次に、ビットストリーム及び符号化テーブルの別の例を示す。図121は、ビットストリームの変形例の構成例を示す図である。図121に示すようにビットストリームは、符号化テーブル群と、符号化オキュパンシーとを含む。符号化テーブル群は、複数の符号化テーブルを含む。

[0780] 図122及び図123は、符号化テーブルの例を示す図である。図122及び図123に示すように、1つの符号化テーブルは、オキュパンシー符号に含まれる1ビット毎に、当該1ビットに対応するコンテキストモデル及びコンテキストモデルタイプを示す。

[0781] 図124は、オキュパンシー符号と、オキュパンシー符号のビット番号との関係の一例を示す図である。

[0782] このように、三次元データ符号化装置は、オキュパンシー符号をバイナリデータとして扱い、ビット毎に別々のコンテキストモデルを割り当ててオキュパンシー符号をエントロピー符号化してもよい。これにより、オキュパンシー符号の各ビットの出現確率に応じてコンテキストモデルを割り当てることができるので、符号化効率を向上することができる。

[0783] 具体的には、オキュパンシー符号の各ビットは、対象ノードに対応する空間ブロックを分割したサブブロックに対応する。よって、ブロック内の同じ空間位置のサブブロックに同様の傾向がある場合に符号化効率を向上できる。例えば、地面又は道路の表面がブロック内を横断する場合、8分木では、下の4つのブロックには三次元点が含まれ、上の4つのブロックには三次元点が含まれない。また、水平方向に並ぶ複数のブロックにおいて同様のパターンが現れる。よって、上記のようにビット毎にコンテキストを切り替えることで符号化効率を向上できる。

[0784] また、オキュパンシー符号の各ビットの出現頻度に応じて確率テーブルを更新するコンテキストモデルが用いられてもよい。また、確率テーブルを固定したコンテキストモデルが用いられてもよい。

[0785] 次に、本実施の形態に係る三次元データ符号化処理及び三次元データ復号

処理の流れを説明する。

[0786] 図 1 2 5 は、幾何情報を用いた適応的なエントロピー符号化処理を含む三次元データ符号化処理のフローチャートである。

[0787] 分解処理では、三次元点の初期バウンダリングボックスから 8 分木が生成される。バウンダリングボックス内の三次元点の位置に応じてバウンダリングボックスは分割される。具体的には、空でないサブ空間はさらに分割される。次に、サブ空間に三次元点が含まれるか否かを示す情報がオキュパンシー符号に符号化される。なお、図 1 2 7 及び図 1 2 9 に示す処理においても同様の処理が行われる。

[0788] まず、三次元データ符号化装置は、入力された三次元点を取得する（S 1 9 0 1）。次に、三次元データ符号化装置は、単位長の分解処理が完了したか否かを判定する（S 1 9 0 2）。

[0789] 単位長の分解処理が完了していない場合（S 1 9 0 2 で N o）、三次元データ符号化装置は、対象ノードに分解処理を行うことで 8 分木を生成する（S 1 9 0 3）。

[0790] 次に、三次元データ符号化装置は、幾何情報を取得し（S 1 9 0 4）、取得した幾何情報に基づき符号化テーブルを選択する（S 1 9 0 5）。ここで幾何情報とは、例えば、上述したように、対象ノードの周辺ブロックの占有状態の幾何学的な配置等を示す情報である。

[0791] 次に、三次元データ符号化装置は、選択された符号化テーブルを用いて、対象ノードのオキュパンシー符号をエントロピー符号化する（S 1 9 0 6）。

[0792] 上記ステップ S 1 9 0 3 ～ S 1 9 0 6 の処理が単位長の分解処理が完了するまで繰り返えられる。単位長の分解処理が完了した場合（S 1 9 0 2 で Y e s）、三次元データ符号化装置は、生成した情報を含むビットストリームを出力する（S 1 9 0 7）。

[0793] 三次元データ符号化装置は、対象ノードの幾何情報、構造情報又は属性情報を用いて符号化テーブルを決定し、決定した符号化テーブルを用いてオキ

ュパンシー符号のビット列を符号化する。三次元データ符号化装置は、符号化結果と符号化に用いた符号化テーブルの情報（テーブルインデックスなど）をビットストリームに付加し、当該ビットストリームを三次元データ復号装置に送信する。これにより、三次元データ復号装置は、ヘッダに付加された符号化テーブルの情報を用いてオキュパンシー符号を復号できる。

[0794] また、三次元データ符号化装置は、符号化に用いた符号化テーブルの情報をビットストリームに付加せず、三次元データ復号装置は、復号後の対象ノードの幾何情報、構造情報又は属性情報を用いて符号化テーブルを三次元データ符号化装置と同じ方法で決定し、決定した符号化テーブルを用いてオキュパンシー符号を復号してもよい。これにより、ビットストリームに符号化テーブルの情報を付加する必要がなくなるので、オーバーヘッドを削減できる。

[0795] 図 1 2 6 は、幾何情報を用いた適応的なエントロピー復号処理を含む三次元データ復号処理のフローチャートである。

[0796] 復号処理に含まれる分解処理は、上述した符号化処理に含まれる分解処理と同様であるが、以下の点が異なる。三次元データ復号装置は、復号したオキュパンシー符号を用いて、初期バウンダリングボックスを分割する。三次元データ復号装置は、単位長の処理を終了した場合、バウンダリングボックスの位置を三次元点と位置として保存する。なお、図 1 2 8 及び図 1 3 0 に示す処理においても同様の処理が行われる。

[0797] まず、三次元データ復号装置は、入力されたビットストリームを取得する（S 1 9 1 1）。次に、三次元データ復号装置は、単位長の分解処理が完了したか否かを判定する（S 1 9 1 2）。

[0798] 単位長の分解処理が完了していない場合（S 1 9 1 2でNo）、三次元データ復号装置は、対象ノードに分解処理を行うことで8分木を生成する（S 1 9 1 3）。

[0799] 次に、三次元データ復号装置は、幾何情報を取得し（S 1 9 1 4）、取得した幾何情報に基づき符号化テーブルを選択する（S 1 9 1 5）。ここで幾

何情報とは、例えば、上述したように、対象ノードの周辺ブロックの占有状態の幾何学的な配置等を示す情報である。

[0800] 次に、三次元データ復号装置は、選択された符号化テーブルを用いて、対象ノードのオキュパンシー符号をエントロピー復号する（S 1 9 1 6）。

[0801] 上記ステップS 1 9 1 3～S 1 9 1 6の処理が単位長の分解処理が完了するまで繰り返えられる。単位長の分解処理が完了した場合（S 1 9 1 2でY e s）、三次元データ復号装置は、三次元点を出力する（S 1 9 1 7）。

[0802] 図1 2 7は、構造情報を用いた適応的なエントロピー符号化処理を含む三次元データ符号化処理のフローチャートである。

[0803] まず、三次元データ符号化装置は、入力された三次元点を取得する（S 1 9 2 1）。次に、三次元データ符号化装置は、単位長の分解処理が完了したか否かを判定する（S 1 9 2 2）。

[0804] 単位長の分解処理が完了していない場合（S 1 9 2 2でN o）、三次元データ符号化装置は、対象ノードに分解処理を行うことで8分木を生成する（S 1 9 2 3）。

[0805] 次に、三次元データ符号化装置は、構造情報を取得し（S 1 9 2 4）、取得した構造情報に基づき符号化テーブルを選択する（S 1 9 2 5）。ここで構造情報とは、例えば、上述したように、対象ノードが属する層等を示す情報である。

[0806] 次に、三次元データ符号化装置は、選択された符号化テーブルを用いて、対象ノードのオキュパンシー符号をエントロピー符号化する（S 1 9 2 6）。

[0807] 上記ステップS 1 9 2 3～S 1 9 2 6の処理が単位長の分解処理が完了するまで繰り返えられる。単位長の分解処理が完了した場合（S 1 9 2 2でY e s）、三次元データ符号化装置は、生成した情報を含むビットストリームを出力する（S 1 9 2 7）。

[0808] 図1 2 8は、構造情報を用いた適応的なエントロピー復号処理を含む三次元データ復号処理のフローチャートである。

- [0809] まず、三次元データ復号装置は、入力されたビットストリームを取得する（S 1 9 3 1）。次に、三次元データ復号装置は、単位長の分解処理が完了したか否かを判定する（S 1 9 3 2）。
- [0810] 単位長の分解処理が完了していない場合（S 1 9 3 2でNo）、三次元データ復号装置は、対象ノードに分解処理を行うことで8分木を生成する（S 1 9 3 3）。
- [0811] 次に、三次元データ復号装置は、構造情報を取得し（S 1 9 3 4）、取得した構造情報に基づき符号化テーブルを選択する（S 1 9 3 5）。ここで構造情報とは、例えば、上述したように、対象ノードが属する層等を示す情報である。
- [0812] 次に、三次元データ復号装置は、選択された符号化テーブルを用いて、対象ノードのオキュパンシー符号をエントロピー復号する（S 1 9 3 6）。
- [0813] 上記ステップS 1 9 3 3～S 1 9 3 6の処理が単位長の分解処理が完了するまで繰り返えされる。単位長の分解処理が完了した場合（S 1 9 3 2でYes）、三次元データ復号装置は、三次元点を出力する（S 1 9 3 7）。
- [0814] 図 1 2 9 は、属性情報を用いた適応的なエントロピー符号化処理を含む三次元データ符号化処理のフローチャートである。
- [0815] まず、三次元データ符号化装置は、入力された三次元点を取得する（S 1 9 4 1）。次に、三次元データ符号化装置は、単位長の分解処理が完了したか否かを判定する（S 1 9 4 2）。
- [0816] 単位長の分解処理が完了していない場合（S 1 9 4 2でNo）、三次元データ符号化装置は、対象ノードに分解処理を行うことで8分木を生成する（S 1 9 4 3）。
- [0817] 次に、三次元データ符号化装置は、属性情報を取得し（S 1 9 4 4）、取得した属性情報に基づき符号化テーブルを選択する（S 1 9 4 5）。ここで属性情報とは、例えば、上述したように、対象ノードの法線ベクトル等を示す情報である。
- [0818] 次に、三次元データ符号化装置は、選択された符号化テーブルを用いて、

対象ノードのオキュパンシー符号をエントロピー符号化する（S 1 9 4 6）。

[0819] 上記ステップS 1 9 4 3～S 1 9 4 6の処理が単位長の分解処理が完了するまで繰り返えられる。単位長の分解処理が完了した場合（S 1 9 4 2でY e s）、三次元データ符号化装置は、生成した情報を含むビットストリームを出力する（S 1 9 4 7）。

[0820] 図1 3 0は、属性情報を用いた適応的なエントロピー復号処理を含む三次元データ復号処理のフローチャートである。

[0821] まず、三次元データ復号装置は、入力されたビットストリームを取得する（S 1 9 5 1）。次に、三次元データ復号装置は、単位長の分解処理が完了したか否かを判定する（S 1 9 5 2）。

[0822] 単位長の分解処理が完了していない場合（S 1 9 5 2でN o）、三次元データ復号装置は、対象ノードに分解処理を行うことで8分木を生成する（S 1 9 5 3）。

[0823] 次に、三次元データ復号装置は、属性情報を取得し（S 1 9 5 4）、取得した属性情報に基づき符号化テーブルを選択する（S 1 9 5 5）。ここで属性情報とは、例えば、上述したように、対象ノードの法線ベクトル等を示す情報である。

[0824] 次に、三次元データ復号装置は、選択された符号化テーブルを用いて、対象ノードのオキュパンシー符号をエントロピー復号する（S 1 9 5 6）。

[0825] 上記ステップS 1 9 5 3～S 1 9 5 6の処理が単位長の分解処理が完了するまで繰り返えられる。単位長の分解処理が完了した場合（S 1 9 5 2でY e s）、三次元データ復号装置は、三次元点を出力する（S 1 9 5 7）。

[0826] 図1 3 1は、幾何情報を用いた符号化テーブルの選択処理（S 1 9 0 5）のフローチャートである。

[0827] 三次元データ符号化装置は、幾何情報として、例えば木構造の幾何グループの情報を用いてオキュパンシー符号のエントロピー符号化に用いる符号化テーブルを切替えてもよい。ここで幾何グループの情報とは、対象ノードの

幾何パターンが含まれる幾何グループを示す情報である。

[0828] 図 1 3 1 に示すように、幾何情報で示される幾何グループが幾何グループ 0 である場合 (S 1 9 6 1 で Y e s)、三次元データ符号化装置は符号化テーブル 0 を選択する (S 1 9 6 2)。幾何情報で示される幾何グループが幾何グループ 1 である場合 (S 1 9 6 3 で Y e s)、三次元データ符号化装置は符号化テーブル 1 を選択する (S 1 9 6 4)。それ以外の場合 (S 1 9 6 3 で N o)、三次元データ符号化装置は符号化テーブル 2 を選択する (S 1 9 6 5)。

[0829] なお、符号化テーブルの選択方法は上記に限らない。例えば、三次元データ符号化装置は、幾何情報で示される幾何グループが幾何グループ 2 である場合には、符号化テーブル 2 を用いるなど、幾何グループの値に応じて更に符号化テーブルを切り替えてもよい。

[0830] 例えば、幾何グループは、対象ノードに隣接するノードに点群が含まれるか否かを示す占有情報を用いて決定される。また、回転等の変換を適用することで同じ形状になる幾何パターンは、同一の幾何グループに含まれてもよい。また、三次元データ符号化装置は、対象ノードに隣接する、又は対象ノードの周囲に位置する、対象ノードと同一層に属するノードの占有情報を用いて幾何グループを選択してもよい。また、三次元データ符号化装置は、対象ノードとは別の層に属するノードの占有情報を用いて幾何グループを選択してもよい。例えば、三次元データ符号化装置は、親ノード、又は、親ノードに隣接する、或いは親ノードの周囲に位置するノードの占有情報を用いて幾何グループを選択してもよい。

[0831] なお、三次元データ復号装置における幾何情報を用いた符号化テーブルの選択処理 (S 1 9 1 5) も上記と同様である。

[0832] 図 1 3 2 は、構造情報を用いた符号化テーブルの選択処理 (S 1 9 2 5) のフローチャートである。

[0833] 三次元データ符号化装置は、構造情報として、例えば木構造の層の情報をを用いてオキュパンシー符号のエントロピー符号化に用いる符号化テーブルを

切替えてもよい。ここで、層の情報は、例えば、対象ノードが属する層を示す。

[0834] 図132に示すように、対象ノードが層0に属する場合（S1971でYes）、三次元データ符号化装置は符号化テーブル0を選択する（S1972）。対象ノードが層1に属する場合（S1973でYes）、三次元データ符号化装置は符号化テーブル1を選択する（S1974）。それ以外の場合（S1973でNo）、三次元データ符号化装置は符号化テーブル2を選択する（S1975）。

[0835] なお、符号化テーブルの選択方法は上記に限らない。例えば、三次元データ符号化装置は、対象ノードが層2に属する場合には、符号化テーブル2を用いるなど、対象ノードが属する層に応じて更に符号化テーブルを切り替えてもよい。

[0836] また、三次元データ復号装置における構造情報を用いた符号化テーブルの選択処理（S1935）も上記と同様である。

[0837] 図133は、属性情報を用いた符号化テーブルの選択処理（S1945）のフローチャートである。

[0838] 三次元データ符号化装置は、属性情報として、例えば対象ノードが属する対象物の情報、又は対象ノードの法線ベクトルの情報を用いてオキュパンシー符号のエントロピー符号化に用いる符号化テーブルを切替えてもよい。

[0839] 図133に示すように、対象ノードの法線ベクトルが法線ベクトル群0に属する場合（S1981でYes）、三次元データ符号化装置は符号化テーブル0を選択する（S1982）。対象ノードの法線ベクトルが法線ベクトル群1に属する場合（S1983でYes）、三次元データ符号化装置は符号化テーブル1を選択する（S1984）。それ以外の場合（S1983でNo）、三次元データ符号化装置は符号化テーブル2を選択する（S1985）。

[0840] なお、符号化テーブルの選択方法は上記に限らない。例えば、三次元データ符号化装置は、対象ノードの法線ベクトルが法線ベクトル群2に属する場

合には、符号化テーブル 2 を用いるなど、対象ノードの法線ベクトルが属する法線ベクトル群に応じて更に符号化テーブルを切り替えてもよい。

[0841] 例えば、三次元データ符号化装置は、法線ベクトル群を、対象ノードが持つ法線ベクトルの情報を用いて選択する。例えば、三次元データ符号化装置は、法線ベクトル間の距離が予め定められた閾値以下である法線ベクトルを同一の法線ベクトル群と判定する。

[0842] また、対象ノードが属する対象物の情報とは、例えば人物、車、又は建物等の情報であってもよい。

[0843] 以下、本実施の形態に係る三次元データ符号化装置 1900 及び三次元データ復号装置 1910 の構成を説明する。図 134 は、本実施の形態に係る三次元データ符号化装置 1900 のブロック図である。図 134 に示す三次元データ符号化装置 1900 は、8 分木生成部 1901 と、類似性情報算出部 1902 と、符号化テーブル選択部 1903 と、エントロピー符号化部 1904 とを備える。

[0844] 8 分木生成部 1901 は、入力された三次元点からから、例えば 8 分木を生成し、8 分木に含まれる各ノードのオキュパンシー符号を生成する。類似性情報算出部 1902 は、例えば、対象ノードの幾何情報、構造情報、又は属性情報である類似性情報を取得する。符号化テーブル選択部 1903 は、対象ノードの類似性情報に応じて、オキュパンシー符号のエントロピー符号化に用いるコンテキストを選択する。エントロピー符号化部 1904 は、選択されたコンテキストを用いてオキュパンシー符号をエントロピー符号化することでビットストリームを生成する。なお、エントロピー符号化部 1904 は、選択されたコンテキストを示す情報をビットストリームに付加してもよい。

[0845] 図 135 は、本実施の形態に係る三次元データ復号装置 1910 のブロック図である。図 135 に示す三次元データ復号装置 1910 は、8 分木生成部 1911 と、類似性情報算出部 1912 と、符号化テーブル選択部 1913 と、エントロピー復号部 1914 とを備える。

[0846] 8分木生成部1911は、エントロピー復号部1914から得た情報を用いて、例えば下層から上層へと順に8分木を生成する。類似性情報算出部1912は、対象ノードの幾何情報、構造情報、又は属性情報である類似性情報を取得する。符号化テーブル選択部1913は、対象ノードの類似性情報に応じて、オキュパンシー符号のエントロピー復号に用いるコンテキストを選択する。エントロピー復号部1914は、選択されたコンテキストを用いてオキュパンシー符号をエントロピー復号することで、三次元点を生成する。なお、エントロピー復号部1914は、ビットストリームに付加された、選択されたコンテキストの情報を復号して取得し、当該情報で示されるコンテキストを用いてもよい。

[0847] 以上、図122～図124に示すように、オキュパンシー符号の各ビットに対して複数のコンテキストが設けられる。つまり、三次元データ符号化装置は、三次元データに含まれる複数の三次元点の N （ N は2以上の整数）分木構造を表すビット列を複数の符号化テーブルから選択された符号化テーブルを用いてエントロピー符号化する。ビット列は、 N 分木構造におけるノード毎に N ビットの情報を含む。 N ビットの情報は、対応するノードの N 個の子ノードの各々に三次元点が存在するか否かを示す1ビットの情報を N 個含む。複数の符号化テーブルの各々において、 N ビットの情報の各ビットに対してコンテキストが設けられている。三次元データ符号化装置は、エントロピー符号化では、 N ビットの情報の各ビットを、選択された符号化テーブルにおいて当該ビットに対して設けられているコンテキストを用いてエントロピー符号化する。

[0848] これによれば、三次元データ符号化装置は、ビット毎にコンテキストを切り替えることで符号化効率を向上できる。

[0849] 例えば、三次元データ符号化装置は、エントロピー符号化では、対象のノードに隣接する複数の隣接ノードの各々に三次元点が存在するかに基づき、複数の符号化テーブルから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、隣接ノードに三次元点が存在するか否かに

基づき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。

[0850] 例えば、三次元データ符号化装置は、エントロピー符号化では、複数の隣接ノードのうち三次元点が存在する隣接ノードの配置位置を示す配置パターンに基づき符号化テーブルを選択し、配置パターンのうち、回転により同一の配置パターンとなる配置パターンに対しては、同一の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、符号化テーブルの増加を抑制できる。

[0851] 例えば、三次元データ符号化装置は、エントロピー符号化では、対象のノードが属する層に基づき、複数の符号化テーブルから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、対象ノードが属する層に基づき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。

[0852] 例えば、三次元データ符号化装置は、エントロピー符号化では、対象のノードの法線ベクトルに基づき、複数の符号化テーブルから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、法線ベクトルに基づき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。

[0853] 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。

[0854] また、三次元データ復号装置は、三次元データに含まれる複数の三次元点の N （ N は2以上の整数）分木構造を表すビット列を複数の符号化テーブルから選択された符号化テーブルを用いてエントロピー復号する。ビット列は、 N 分木構造におけるノード毎に N ビットの情報を含む。 N ビットの情報は、対応するノードの N 個の子ノードの各々に三次元点が存在するか否かを示す1ビットの情報を N 個含む。複数の符号化テーブルの各々において、 N ビットの情報の各ビットに対してコンテキストが設けられている。三次元データ復号装置は、エントロピー復号では、 N ビットの情報の各ビットを、選択された符号化テーブルにおいて当該ビットに対して設けられているコンテキストを用いてエントロピー復号する。

[0855] これによれば、三次元データ復号装置は、ビット毎にコンテキストを切り替えることで符号化効率を向上できる。

[0856] 例えば、三次元データ復号装置は、エントロピー復号では、対象のノードに隣接する複数の隣接ノードの各々に三次元点が存在するかに基づき、複数の符号化テーブルから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、隣接ノードに三次元点が存在するか否かに基づき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。

[0857] 例えば、三次元データ復号装置は、エントロピー復号では、複数の隣接ノードのうち三次元点が存在する隣接ノードの配置位置を示す配置パターンに基づき符号化テーブルを選択し、配置パターンのうち、回転により同一の配置パターンとなる配置パターンに対しては、同一の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、符号化テーブルの増加を抑制できる。

[0858] 例えば、三次元データ復号装置は、エントロピー復号では、対象のノードが属する層に基づき、複数の符号化テーブルから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、対象ノードが属する層に基づき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。

[0859] 例えば、三次元データ復号装置は、エントロピー復号では、対象のノードの法線ベクトルに基づき、複数の符号化テーブルから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、法線ベクトルに基づき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。

[0860] 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。

[0861] (実施の形態12)

本実施の形態では、オキュパンシー符号の符号化時における参照の制御方法について説明する。なお、以下では、主に三次元データ符号化装置の動作を説明するが、三次元データ復号装置においても同様の処理が行われてもよい。

[0862] 図136及び図137は、本実施の形態に係る参照関係を示す図である、図136は、参照関係を8分木構造上で示す図であり、図137は、参照関係を空間領域上で示す図である。

[0863] 本実施の形態では、三次元データ符号化装置は、符号化対象のノード（以下、対象ノードと呼ぶ）の符号化情報を符号化する際に、対象ノードが属する親ノード（parent node）内の各ノードの符号化情報を参照する。ただし、親ノードと同一層の他のノード（以下、親隣接ノード）内の各ノードの符号化情報は参照しない。つまり、三次元データ符号化装置は、親隣接ノードの参照を不可に設定する、又は参照を禁止にする。

[0864] なお、三次元データ符号化装置は、親ノードが属する親ノード（以下、祖父ノード（grandparent node）と呼ぶ）内の符号化情報の参照を許可してもよい。つまり、三次元データ符号化装置は、対象ノードが属する親ノード及び祖父ノードの符号化情報を参照して対象ノードの符号化情報を符号化してもよい。

[0865] ここで符号化情報とは、例えばオキュパンシー符号である。三次元データ符号化装置は、対象ノードのオキュパンシー符号を符号化する際に、対象ノードが属する親ノード内の各ノードに点群が含まれるか否かを示す情報（以下、占有情報）を参照する。言い換えると、三次元データ符号化装置は、対象ノードのオキュパンシー符号を符号化する際に、親ノードのオキュパンシー符号を参照する。一方で、三次元データ符号化装置は、親隣接ノード内の各ノードの占有情報は参照しない。つまり、三次元データ符号化装置は、親隣接ノードのオキュパンシー符号を参照しない。また、三次元データ符号化装置は、祖父ノード内の各ノードの占有情報を参照してもよい。つまり、三次元データ符号化装置は、親ノード及び親隣接ノードの占有情報を参照してもよい。

[0866] 例えば、三次元データ符号化装置は、対象ノードのオキュパンシー符号を符号化する際に、対象ノードが属する親ノード又は祖父ノードのオキュパンシー符号を用いて対象ノードのオキュパンシー符号をエントロピー符号化す

る際に用いる符号化テーブルを切替える。なお、この詳細は後述する。この際、三次元データ符号化装置は、親隣接ノードのオキュパンシー符号を参照しなくてもよい。これにより、三次元データ符号化装置は、対象ノードのオキュパンシー符号を符号化する際に、親ノード又は祖父ノードのオキュパンシー符号の情報に応じて適切に符号化テーブルを切替えることができるので、符号化効率を向上できる。また、三次元データ符号化装置は、親隣接ノードを参照しないことで、親隣接ノードの情報の確認処理、及びそれらを記憶するためのメモリ容量を抑制することができる。また、8分木の各ノードのオキュパンシー符号を深さ優先順にスキャンして符号化することが容易となる。

[0867] 以下、親ノードのオキュパンシー符号を用いた符号化テーブル切替例について説明する。図138は、対象ノードと隣接参照ノードの例を示す図である。図139は、親ノードとノードとの関係を示す図である。図140は、親ノードのオキュパンシー符号の例を示す図である。ここで、隣接参照ノードとは、対象ノードに空間的に隣接するノードのうち、対象ノードの符号化の際に参照されるノードである。図138に示す例では、隣接ノードは、対象ノードと同一層に属するノードである。また、参照隣接ノードとして対象ブロックのx方向に隣接するノードXと、y方向に隣接するノードYと、z方向に隣接するノードZとが用いられる。つまり、x、y、zの各方向においてそれぞれ1つの隣接ブロックが参照隣接ブロックに設定される。

[0868] なお、図139に示すノード番号は一例であり、ノード番号とノードの位置との関係はこれに限らない。また、図140では、下位ビットにノード0が割り当てられ、上位ビットにノード7が割り当てられているが、逆の順序で割り当てが行われてもよい。また、各ノードは任意のビットに割り当てられてもよい。

[0869] 三次元データ符号化装置は、対象ノードのオキュパンシー符号をエントロピー符号化する際の符号化テーブルを、例えば下記式により決定する。

[0870]
$$\text{CodingTable} = (\text{FlagX} \ll 2) + (\text{FlagY} \ll 1)$$

+ (F l a g Z)

[0871] ここで、C o d i n g T a b l e は、対象ノードのオキュパンシー符号用の符号化テーブルを示し、値 0 ～ 7 のいずれかを示す。F l a g X は、隣接ノード X の占有情報であり、隣接ノード X が点群を含む（占有）なら 1 を示し、そうでないなら 0 を示す。F l a g Y は、隣接ノード Y の占有情報であり、隣接ノード Y が点群を含む（占有）なら 1 を示し、そうでないなら 0 を示す。F l a g Z は、隣接ノード Z の占有情報であり、隣接ノード Z が点群を含む（占有）なら 1 を示し、そうでないなら 0 を示す。

[0872] なお、隣接ノードが占有であるか否かを示す情報は、親ノードのオキュパンシー符号にに含まれているため、三次元データ符号化装置は、親ノードのオキュパンシー符号に示される値を用いて符号化テーブルを選択してもよい。

[0873] 以上により、三次元データ符号化装置は、対象ノードの隣接ノードに点群が含まれるか否かを示す情報を用いて符号化テーブルを切替えることで符号化効率を向上できる。

[0874] また、三次元データ符号化装置は、図 1 3 8 に示すように、親ノード内の対象ノードの空間位置に応じて隣接参照ノードを切替えてもよい。つまり、三次元データ符号化装置は、対象ノードの親ノード内の空間位置に応じて、複数の隣接ノードのうち、参照する隣接ノードを切り替えてもよい。

[0875] 次に、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例を説明する。図 1 4 1 は、本実施の形態に係る三次元データ符号化装置 2 1 0 0 のブロック図である。図 1 4 1 に示す三次元データ符号化装置 2 1 0 0 は、8 分木生成部 2 1 0 1 と、幾何情報算出部 2 1 0 2 と、符号化テーブル選択部 2 1 0 3 と、エントロピー符号化部 2 1 0 4 とを備える。

[0876] 8 分木生成部 2 1 0 1 は、入力された三次元点（ポイントクラウド）から、例えば 8 分木を生成し、8 分木に含まれる各ノードのオキュパンシー符号を生成する。幾何情報算出部 2 1 0 2 は、対象ノードの隣接参照ノードが占有であるか否かを示す占有情報を取得する。例えば、幾何情報算出部 2 1 0

2は、対象ノードが所属する親ノードのオキュパンシー符号から隣接参照ノードの占有情報を取得する。なお、幾何情報算出部2102は、図138に示すように、対象ノードの親ノード内の位置に応じて隣接参照ノードを切替えてもよい。また、幾何情報算出部2102は、親隣接ノード内の各ノードの占有情報は参照しない。

[0877] 符号化テーブル選択部2103は、幾何情報算出部2102で算出された隣接参照ノードの占有情報を用いて対象ノードのオキュパンシー符号のエントロピー符号化に用いる符号化テーブルを選択する。エントロピー符号化部2104は、選択された符号化テーブルを用いてオキュパンシー符号をエントロピー符号化することでビットストリームを生成する。なお、エントロピー符号化部2104は、選択された符号化テーブルを示す情報をビットストリームに付加してもよい。

[0878] 図142は、本実施の形態に係る三次元データ復号装置2110のブロック図である。図142に示す三次元データ復号装置2110は、8分木生成部2111と、幾何情報算出部2112と、符号化テーブル選択部2113と、エントロピー復号部2114とを備える。

[0879] 8分木生成部2111は、ビットストリームのヘッダ情報等を用いて、ある空間（ノード）の8分木を生成する。8分木生成部2111は、例えば、ヘッダ情報に付加されたある空間のx軸，y軸，z軸方向の大きさを用いて大空間（ルートノード）を生成し、その空間をx軸，y軸，z軸方向にそれぞれ2分割することで8個の小空間A（ノードA0～A7）を生成して8分木を生成する。また、対象ノードとしてノードA0～A7が順に設定される。

[0880] 幾何情報算出部2112は、対象ノードの隣接参照ノードが占有であるか否かを示す占有情報を取得する。例えば、幾何情報算出部2112は、対象ノードが所属する親ノードのオキュパンシー符号から隣接参照ノードの占有情報を取得する。なお、幾何情報算出部2112は、図138に示すように、対象ノードの親ノード内の位置に応じて隣接参照ノードを切替えてもよい。

。また、幾何情報算出部 2 1 1 2 は、親隣接ノード内の各ノードの占有情報は参照しない。

[0881] 符号化テーブル選択部 2 1 1 3 は、幾何情報算出部 2 1 1 2 で算出された隣接参照ノードの占有情報を用いて対象ノードのオキュパンシー符号のエントロピー復号に用いる符号化テーブル（復号テーブル）を選択する。エントロピー復号部 2 1 1 4 は、選択された符号化テーブルを用いてオキュパンシー符号をエントロピー復号することで、三次元点を生成する。なお、符号化テーブル選択部 2 1 1 3 は、ビットストリームに付加された、選択された符号化テーブルの情報を復号して取得し、エントロピー復号部 2 1 1 4 は、取得された情報で示される符号化テーブルを用いてもよい。

[0882] ビットストリームに含まれるオキュパンシー符号（8ビット）の各ビットは、8個の小空間 A（ノード A 0～ノード A 7）にそれぞれ点群が含まれるか否かを示す。また更に、三次元データ復号装置は、小空間ノード A 0 を 8 個の小空間 B（ノード B 0～ノード B 7）に分割して 8 分木を生成し、小空間 B の各ノードに点群が含まれるか否かを示す情報をオキュパンシー符号を復号して取得する。このように、三次元データ復号装置は、大空間から小空間へと 8 分木を生成しながら各ノードのオキュパンシー符号を復号する。

[0883] 以下、三次元データ符号化装置及び三次元データ復号装置による処理の流れを説明する。図 1 4 3 は、三次元データ符号化装置におけ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、入力された三次元点群の一部又は全てが含まれる空間（対象ノード）を決定（定義）する（S 2 1 0 1）。次に、三次元データ符号化装置は、対象ノードを 8 分割して 8 個の小空間（ノード）を生成する（S 2 1 0 2）。次に、三次元データ符号化装置は、各ノードに点群が含まれるか否かに応じて対象ノードのオキュパンシー符号を生成する（S 2 1 0 3）。

[0884] 次に、三次元データ符号化装置は、対象ノードの隣接参照ノードの占有情報を、対象ノードの親ノードのオキュパンシー符号から算出（取得）する（S 2 1 0 4）。次に、三次元データ符号化装置は、決定した対象ノードの隣

接参照ノードの占有情報に基づき、エントロピー符号化に用いる符号化テーブルを選択する（S 2 1 0 5）。次に、三次元データ符号化装置は、選択した符号化テーブルを用いて対象ノードのオキュパンシー符号をエントロピー符号化する（S 2 1 0 6）。

[0885] さらに、三次元データ符号化装置は、各ノードをそれぞれ8分割し、各ノードのオキュパンシー符号を符号化するという処理を、ノードが分割できなくなるまで繰り返す（S 2 1 0 7）。つまり、ステップS 2 1 0 2～S 2 1 0 6までの処理が再帰的に繰り返される。

[0886] 図1 4 4は、三次元データ復号装置における三次元データ復号方法のフローチャートである。まず、三次元データ復号装置は、ビットストリームのヘッダ情報を用いて復号する空間（対象ノード）を決定（定義）する（S 2 1 1 1）。次に、三次元データ復号装置は、対象ノードを8分割して8個の小空間（ノード）を生成する（S 2 1 1 2）。次に、三次元データ復号装置は、対象ノードの隣接参照ノードの占有情報を、対象ノードの親ノードのオキュパンシー符号から算出（取得）する（S 2 1 1 3）。

[0887] 次に、三次元データ復号装置は、隣接参照ノードの占有情報に基づきエントロピー復号に用いる符号化テーブルを選択する（S 2 1 1 4）。次に、三次元データ復号装置は、選択した符号化テーブルを用いて対象ノードのオキュパンシー符号をエントロピー復号する（S 2 1 1 5）。

[0888] さらに、三次元データ復号装置は、各ノードをそれぞれ8分割し、各ノードのオキュパンシー符号を復号するという処理を、ノードが分割できなくなるまで繰り返す（S 2 1 1 6）。つまり、ステップS 2 1 1 2～S 2 1 1 5までの処理が再帰的に繰り返される。

[0889] 次に、符号化テーブルの切替えの例を説明する。図1 4 5は、符号化テーブルの切替え例を示す図である。例えば、図1 4 5に示す符号化テーブル0のように、複数のオキュパンシー符号に同一のコンテキストモデルが適用されてもよい。また、各オキュパンシー符号に別々のコンテキストモデルが割り当てられてもよい。これにより、オキュパンシー符号の出現確率に応じて

コンテキストモデルを割り当てることができるので、符号化効率を向上できる。また、オキュパンシー符号の出現頻度に応じて確率テーブルを更新するコンテキストモデルが用いられてもよい。または、確率テーブルを固定したコンテキストモデルが用いられてもよい。

[0890] なお、図145では、図119及び図120に示す符号化テーブルが用いられる例を示したが、図122及び図123に示す符号化テーブルが用いられてもよい。

[0891] 以下、本実施の形態の変形例1について説明する。図146は、本変形例における参照関係を示す図である。上記実施の形態では、三次元データ符号化装置は、親隣接ノードのオキュパンシー符号を参照しないとしたが、親隣接ノードのオキュパンシー符号化を参照するか否かを、特定の条件に応じて切り替えてもよい。

[0892] 例えば、三次元データ符号化装置は、8分木を幅優先でスキャンしながら符号化を行うときは、親隣接ノード内のノードの占有情報を参照して、対象ノードのオキュパンシー符号を符号化する。一方、三次元データ符号化装置は、8分木を深さ優先でスキャンしながら符号化するときには、親隣接ノード内のノードの占有情報の参照を禁止する。このように8分木のノードのスキャン順（符号化順）に応じて、適切に参照可能なノードを切替えることにより、符号化効率の向上と処理負荷の抑制を実現できる。

[0893] なお、三次元データ符号化装置は、8分木を幅優先で符号化したか、深さ優先で符号化したか等の情報をビットストリームのヘッダに付加してもよい。図147は、この場合のヘッダ情報のシンタックス例を示す図である。図147に示す`octree__scan__order`は、8分木の符号化順を示す符号化順情報（符号化順フラグ）である。例えば、`octree__scan__order`が0の場合、幅優先を示し、1の場合は深さ優先を示す。これにより、三次元データ復号装置は、`octree__scan__order`を参照することで、ビットストリームが幅優先及び深さ優先のどちらで符号化されたかを知ることができるので、ビットストリームを適切に復号でき

る。

[0894] また、三次元データ符号化装置は、親隣接ノードの参照を禁止するか否かを示す情報をビットストリームのヘッダ情報に付加してもよい。図148は、この場合のヘッダ情報のシンタックス例を示す図である。limit__refer__flagは、親隣接ノードの参照を禁止するか否かを示す禁止切替情報（禁止切替フラグ）である。例えば、limit__refer__flagが1の場合は親隣接ノードの参照を禁止することを示し、0の場合は参照制限なし（親隣接ノードの参照を許可する）を示す。

[0895] つまり、三次元データ符号化装置は、親隣接ノードの参照を禁止するか否かを決定し、上記決定の結果に基づき、親隣接ノードの参照を禁止するか、許可するかを切り替える。また、三次元データ符号化装置は、上記決定の結果であって、親隣接ノードの参照を禁止するか否かを示す禁止切替情報を含むビットストリームを生成する。

[0896] また、三次元データ復号装置は、親隣接ノードの参照を禁止するか否かを示す禁止切替情報をビットストリームから取得し、禁止切替情報に基づき、親隣接ノードの参照を禁止するか、許可するかを切り替える。

[0897] これにより三次元データ符号化装置は、親隣接ノードの参照を制御してビットストリームを生成できる。また、三次元データ復号装置は、親隣接ノードの参照が禁止されているか否かを示す情報をビットストリームのヘッダから取得できる。

[0898] また、本実施の形態では、親隣接ノードの参照を禁止する符号化処理の例としてオキュパンシー符号の符号化処理を例として記載したが、必ずしもこれに限らない。例えば、8分木のノードの他の情報を符号化する際にも同様の手法を適用可能である。例えば、ノードに付加された色、法線ベクトル、又は反射率等のその他の属性情報を符号化する際に、本実施の形態の手法を適用してもよい。また、符号化テーブル又は予測値を符号化する際にも同様の手法を適用できる。

[0899] 次に、本実施の形態の変形例2について説明する。上記説明では、図13

8に示すように、3つの参照隣接ノードが用いられる例を示したが4つ以上の参照隣接ノードが用いられてもよい。図149は、対象ノード及び参照隣接ノードの例を示す図である。

[0900] 例えば、三次元データ符号化装置は、図149に示す対象ノードのオキュパンシー符号をエントロピー符号化する際の符号化テーブルを、例えば下記式により算出する。

[0901]
$$\text{CodingTable} = (\text{FlagX}0 \ll 3) + (\text{FlagX}1 \ll 2) + (\text{FlagY} \ll 1) + (\text{FlagZ})$$

[0902] ここで、CodingTableは、対象ノードのオキュパンシー符号用の符号化テーブルを示し、値0～15のいずれかを示す。FlagXNは、隣接ノードXN（N=0, . . . 1）の占有情報であり、隣接ノードXNが点群を含む（占有）なら1を示し、そうでないなら0を示す。FlagYは、隣接ノードYの占有情報であり、隣接ノードYが点群を含む（占有）なら1を示し、そうでないなら0を示す。FlagZは、隣接ノードZの占有情報であり、隣接ノードZが点群を含む（占有）なら1を示し、そうでないなら0を示す。

[0903] この際、もし隣接ノード、例えば図149の隣接ノードX0が参照不可（参照禁止）の場合は、三次元データ符号化装置は、代替値として1（占有）、又は、0（非占有）のような固定値を用いてもよい。

[0904] 図150は、対象ノード及び隣接ノードの例を示す図である。図150に示すように、隣接ノードが参照不可（参照禁止）の場合は、対象ノードの祖父ノードのオキュパンシー符号を参照して、隣接ノードの占有情報を算出してもよい。例えば、三次元データ符号化装置は、図150に示す隣接ノードX0の代わりに、隣接ノードG0の占有情報を用いて上式のFlagX0を算出し、算出したFlagX0を用いて符号化テーブルの値を決定してもよい。なお、図150に示す隣接ノードG0は、祖父ノードのオキュパンシー符号で占有か否かが判別できる隣接ノードである。隣接ノードX1は、親ノードのオキュパンシー符号で占有か否かが判別できる隣接ノードである。

[0905] 以下、本実施の形態の変形例3について説明する。図151及び図152は、本変形例に係る参照関係を示す図である、図151は、参照関係を8分木構造上で示す図であり、図152は、参照関係を空間領域上で示す図である。

[0906] 本変形例では、三次元データ符号化装置は、符号化対象のノード（以下、対象ノード2と呼ぶ）の符号化情報を符号化する際に、対象ノード2が属する親ノード内の各ノードの符号化情報を参照する。つまり、三次元データ符号化装置は、複数の隣接ノードのうち、対象ノードと親ノードが同一である第1ノードの子ノードの情報（例えば占有情報）の参照を許可する。例えば、三次元データ符号化装置は、図151に示す対象ノード2のオキュパンシー符号を符号化する際に、対象ノード2が属する親ノード内に存在するノード、例えば、図151に示す対象ノードのオキュパンシー符号を参照する。図151に示す対象ノードのオキュパンシー符号は、図152に示すように、例えば、対象ノード2に隣接する対象ノード内の各ノードが占有であるか否かを表している。よって、三次元データ符号化装置は、対象ノードのより細かい形状に応じて対象ノード2のオキュパンシー符号の符号化テーブルを切替えることができるので符号化効率を向上できる。

[0907] 三次元データ符号化装置は、対象ノード2のオキュパンシー符号をエントロピー符号化する際の符号化テーブルを、例えば下記式により算出してもよい。

[0908]
$$\text{CodingTable} = (\text{FlagX1} \ll 5) + (\text{FlagX2} \ll 4) + (\text{FlagX3} \ll 3) + (\text{FlagX4} \ll 2) + (\text{FlagY} \ll 1) + (\text{FlagZ})$$

[0909] ここで、CodingTableは、対象ノード2のオキュパンシー符号用の符号化テーブルを示し、値0～63のいずれかを示す。FlagXNは、隣接ノードXN（N=1..4）の占有情報であり、隣接ノードXNが点群を含む（占有）なら1を示し、そうでないなら0を示す。FlagYは、隣接ノードYの占有情報であり、隣接ノードYが点群を含む（占有）なら1

を示し、そうでないなら0を示す。Flag Zは、隣接ノードYの占有情報であり、隣接ノードZが点群を含む（占有）なら1を示し、そうでないなら0を示す。

[0910] なお、三次元データ符号化装置は、符号化テーブルの算出方法を親ノード内における対象ノード2のノード位置に応じて変更してもよい。

[0911] また、三次元データ符号化装置は、親隣接ノードの参照が禁止されていない場合、親隣接ノード内の各ノードの符号化情報を参照してよい。例えば、親隣接ノードの参照が禁止されていない場合、対象ノードと親ノードが異なる第3ノードの子ノードの情報（例えば占有情報）の参照が許可される。例えば、図150に示す例では、三次元データ符号化装置は、対象ノードと親ノードが異なる隣接ノードX0のオキュパンシー符号を参照して、隣接ノードX0の子ノードの占有情報を取得する。三次元データ符号化装置は、取得した隣接ノードX0の子ノードの占有情報に基づき、対象ノードのオキュパンシー符号のエントロピー符号化に用いる符号化テーブルを切替える。

[0912] 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、三次元データに含まれる複数の三次元点のN（Nは2以上の整数）分木構造に含まれる対象ノードの情報（例えばオキュパンシー符号）を符号化する。図136及び図137に示すように、三次元データ符号化装置は、上記符号化では、対象ノードと空間的に隣接する複数の隣接ノードのうち、対象ノードと親ノードが同一である第1ノードの情報（例えば占有情報）の参照を許可し、対象ノードと親ノードが異なる第2ノードの情報（例えば占有情報）の参照を禁止する。言い換えると、三次元データ符号化装置は、上記符号化では、親ノードの情報（例えばオキュパンシー符号）の参照を許可し、親ノードと同一層の他のノード（親隣接ノード）の情報（例えばオキュパンシー符号）の参照を禁止する。

[0913] これによれば、当該三次元データ符号化装置は、対象ノードと空間的に隣接する複数の隣接ノードのうち、対象ノードと親ノードが同一である第1ノードの情報の参照することで符号化効率を向上できる。また、当該三次元デ

ータ符号化装置は、複数の隣接ノードのうち、対象ノードと親ノードが異なる第2ノードの情報の参照をしないことにより、処理量を低減できる。このように、当該三次元データ符号化装置は、符号化効率を向上できるとともに、処理量を低減できる。

[0914] 例えば、三次元データ符号化装置は、さらに、第2ノードの情報の参照を禁止するか否かを決定し、上記符号化では、上記決定の結果に基づき、第2ノードの情報の参照を禁止するか、許可するかを切り替える。三次元データ符号化装置は、さらに、上記決定の結果であって、第2ノードの情報の参照を禁止するか否かを示す禁止切替情報（例えば、図148に示す `limit__refer__flag`）を含むビットストリームを生成する。

[0915] これによれば、当該三次元データ符号化装置は、第2ノードの情報の参照を禁止するか否かを切り替えることができる。また、三次元データ復号装置は、禁止切替情報を用いて適切に復号処理を行うことができる。

[0916] 例えば、対象ノードの情報は、対象ノードに属する子ノードの各々に三次元点が存在するか否かを示す情報（例えばオキュパンシー符号）であり、第1ノードの情報は、第1ノードに三次元点が存在するか否かを示す情報（第1ノードの占有情報）であり、第2ノードの情報は、第2ノードに三次元点が存在するか否かを示す情報（第2ノードの占有情報）である。

[0917] 例えば、三次元データ符号化装置は、上記符号化では、第1ノードに三次元点が存在するか否かに基づき、符号化テーブルを選択し、選択された符号化テーブルを用いて、対象ノードの情報（例えばオキュパンシー符号）をエントロピー符号化する。

[0918] 例えば、三次元データ符号化装置は、上記符号化では、図151及び図152に示すように、複数の隣接ノードのうち、第1ノードの子ノードの情報（例えば占有情報）の参照を許可する。

[0919] これによれば、当該三次元データ符号化装置は、隣接ノードのより詳細な情報を参照することができるので符号化効率を向上できる。

[0920] 例えば、三次元データ符号化装置は、図138に示すように、上記符号化

では、対象ノードの親ノード内の空間位置に応じて、複数の隣接ノードのうち、参照する隣接ノードを切り替える。

[0921] これによれば、当該三次元データ符号化装置は、対象ノードの親ノード内の空間位置に応じて、適切な隣接ノードを参照できる。

[0922] 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。

[0923] また、本実施の形態に係る三次元データ復号装置は、三次元データに含まれる複数の三次元点の N （ N は2以上の整数）分木構造に含まれる対象ノードの情報（例えばオキュパンシー符号）を復号する。図136及び図137に示すように、三次元データ復号装置は、上記復号では、対象ノードと空間的に隣接する複数の隣接ノードのうち、対象ノードと親ノードが同一である第1ノードの情報（例えば占有情報）の参照を許可し、対象ノードと親ノードが異なる第2ノードの情報（例えば占有情報）の参照を禁止する。言い換えると、三次元データ復号装置は、上記復号では、親ノードの情報（例えばオキュパンシー符号）の参照を許可し、親ノードと同一層の他のノード（親隣接ノード）の情報（例えばオキュパンシー符号）の参照を禁止する。

[0924] これによれば、当該三次元データ復号装置は、対象ノードと空間的に隣接する複数の隣接ノードのうち、対象ノードと親ノードが同一である第1ノードの情報の参照することで符号化効率を向上できる。また、当該三次元データ復号装置は、複数の隣接ノードのうち、対象ノードと親ノードが異なる第2ノードの情報の参照をしないことにより、処理量を低減できる。このように、当該三次元データ復号装置は、符号化効率を向上できるとともに、処理量を低減できる。

[0925] 例えば、三次元データ復号装置は、さらに、第2ノードの情報の参照を禁止するか否かを示す禁止切替情報（例えば、図148に示す`limit__refer__flag`）をビットストリームから取得し、上記復号では、禁止切替情報に基づき、第2ノードの情報の参照を禁止するか、許可するかを切り替える。

- [0926] これによれば、当該三次元データ復号装置は、禁止切替情報を用いて適切に復号処理を行うことができる。
- [0927] 例えば、対象ノードの情報は、対象ノードに属する子ノードの各々に三次元点が存在するか否かを示す情報（例えばオキュパンシー符号）であり、第1ノードの情報は、第1ノードに三次元点が存在するか否かを示す情報（第1ノードの占有情報）であり、第2ノードの情報は、第2ノードに三次元点が存在するか否かを示す情報（第2ノードの占有情報）である。
- [0928] 例えば、三次元データ復号装置は、上記復号では、第1ノードに三次元点が存在するか否かに基づき、符号化テーブルを選択し、選択された符号化テーブルを用いて、対象ノードの情報（例えばオキュパンシー符号）をエントロピー復号する。
- [0929] 例えば、三次元データ復号装置は、上記復号では、図151及び図152に示すように、複数の隣接ノードのうち、第1ノードの子ノードの情報（例えば占有情報）の参照を許可する。
- [0930] これによれば、当該三次元データ復号装置は、隣接ノードのより詳細な情報を参照することができるので符号化効率を向上できる。
- [0931] 例えば、三次元データ復号装置は、図138に示すように、上記復号では、対象ノードの親ノード内の空間位置に応じて、複数の隣接ノードのうち、参照する隣接ノードを切り替える。
- [0932] これによれば、当該三次元データ復号装置は、対象ノードの親ノード内の空間位置に応じて、適切な隣接ノードを参照できる。
- [0933] 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。
- [0934] 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。
- [0935] 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。

[0936] 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。

[0937] 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。

[0938] 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。

[0939] 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。

[0940] 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。

[0941] 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で構築される形態も、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

[0942] 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

[0943] 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
411 入力三次元データ
412 抽出三次元データ
502 ヘッダ解析部
503 WLD復号部
504 SWLD復号部
620、620A 三次元データ作成装置

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

815 センサ
816 三次元データ作成部
817 三次元データ合成部
818 三次元データ蓄積部
820 送信制御部
822 データ送信部
831、832、834、835、836、837 三次元データ
833 センサ情報
901 サーバ
902、902A、902B、902C クライアント装置
1011、1111 データ受信部
1012、1020、1112、1120 通信部
1013、1113 受信制御部
1014、1019、1114、1119 フォーマット変換部
1015 センサ
1016、1116 三次元データ作成部
1017 三次元画像処理部
1018、1118 三次元データ蓄積部
1021、1121 送信制御部
1022、1122 データ送信部
1031、1032、1135 三次元マップ
1033、1037、1132 センサ情報
1034、1035、1134 三次元データ
1117 三次元データ合成部
1201 三次元マップ圧縮／復号処理部
1202 センサ情報圧縮／復号処理部
1211 三次元マップ復号処理部
1212 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
- 1 5 0 1 サーバ
- 1 5 0 2 クライアント
- 1 5 1 1 記憶部
- 1 5 1 2 制御部
- 1 5 1 3 符号化三次元マップ
- 1 5 2 1 デコーダ
- 1 5 2 2 アプリケーション
- 1 9 0 0 三次元データ符号化装置
- 1 9 0 1、1 9 1 1 8分木生成部
- 1 9 0 2、1 9 1 2 類似性情報算出部
- 1 9 0 3、1 9 1 3 符号化テーブル選択部
- 1 9 0 4 エントロピー符号化部

- 1 9 1 0 三次元データ復号装置
- 1 9 1 4 エントロピー復号部
- 2 1 0 0 三次元データ符号化装置
- 2 1 0 1、2 1 1 1 8分木生成部
- 2 1 0 2、2 1 1 2 幾何情報算出部
- 2 1 0 3、2 1 1 3 符号化テーブル選択部
- 2 1 0 4 エントロピー符号化部
- 2 1 1 0 三次元データ復号装置
- 2 1 1 4 エントロピー復号部

請求の範囲

- [請求項1] 三次元データに含まれる複数の三次元点の N （ N は2以上の整数）分木構造に含まれる対象ノードの情報を符号化し、
前記符号化では、
前記対象ノードと空間的に隣接する複数の隣接ノードのうち、前記対象ノードと親ノードが同一である第1ノードの情報の参照を許可し、前記対象ノードと親ノードが異なる第2ノードの情報の参照を禁止する
三次元データ符号化方法。
- [請求項2] 前記三次元データ符号化方法は、さらに、
前記第2ノードの情報の参照を禁止するか否かを決定し、
前記符号化では、前記決定の結果に基づき、前記第2ノードの情報の参照を禁止するか、許可するかを切り替え、
前記三次元データ符号化方法は、さらに、
前記決定の結果であって、前記第2ノードの情報の参照を禁止するか否かを示す禁止切替情報を含むビットストリームを生成する
請求項1記載の三次元データ符号化方法。
- [請求項3] 前記対象ノードの前記情報は、前記対象ノードに属する子ノードの各々に三次元点が存在するか否かを示す情報であり、
前記第1ノードの情報は、前記第1ノードに三次元点が存在するか否かを示す情報であり、
前記第2ノードの情報は、前記第2ノードに三次元点が存在するか否かを示す情報である
請求項1又は2記載の三次元データ符号化方法。
- [請求項4] 前記符号化では、前記第1ノードに三次元点が存在するか否かに基づき、符号化テーブルを選択し、選択された符号化テーブルを用いて、前記対象ノードの前記情報をエントロピー符号化する
請求項3記載の三次元データ符号化方法。

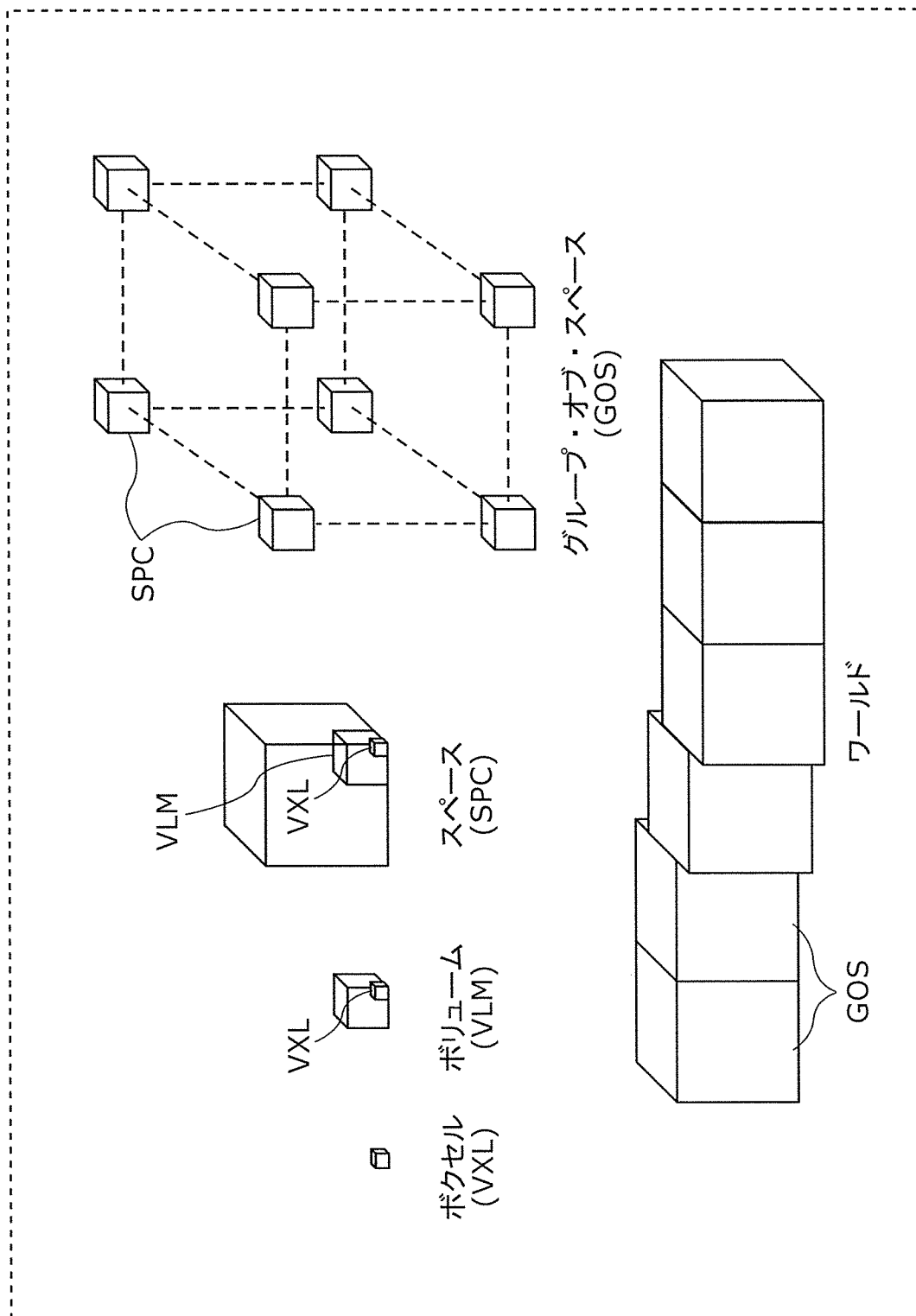
- [請求項5] 前記符号化では、前記複数の隣接ノードのうち、前記第1ノードの子ノードの情報の参照を許可する
請求項1記載の三次元データ符号化方法。
- [請求項6] 前記符号化では、
前記対象ノードの親ノード内の空間位置に応じて、前記複数の隣接ノードのうち、参照する隣接ノードを切り替える
請求項1～5のいずれか1項に記載の三次元データ符号化方法。
- [請求項7] 三次元データに含まれる複数の三次元点のN（Nは2以上の整数）分木構造に含まれる対象ノードの情報を復号し、
前記復号では、
前記対象ノードと空間的に隣接する複数の隣接ノードのうち、前記対象ノードと親ノードが同一である第1ノードの情報の参照を許可し、前記対象ノードと親ノードが異なる第2ノードの情報の参照を禁止する
三次元データ復号方法。
- [請求項8] 前記三次元データ復号方法は、さらに、
前記第2ノードの情報の参照を禁止するか否かを示す禁止切替情報をビットストリームから取得し、
前記復号では、前記禁止切替情報に基づき、前記第2ノードの情報の参照を禁止するか、許可するかを切り替える
請求項7記載の三次元データ復号方法。
- [請求項9] 前記対象ノードの前記情報は、前記対象ノードに属する子ノードの各々に三次元点が存在するか否かを示す情報であり、
前記第1ノードの情報は、前記第1ノードに三次元点が存在するか否かを示す情報であり、
前記第2ノードの情報は、前記第2ノードに三次元点が存在するか否かを示す情報である
請求項7又は8記載の三次元データ復号方法。

- [請求項10] 前記復号では、前記第1ノードに三次元点が存在するか否かに基づき、符号化テーブルを選択し、選択された符号化テーブルを用いて、前記対象ノードの前記情報をエントロピー復号する
請求項9記載の三次元データ復号方法。
- [請求項11] 前記復号では、前記複数の隣接ノードのうち、前記第1ノードの子ノードの情報の参照を許可する
請求項7記載の三次元データ復号方法。
- [請求項12] 前記復号では、
前記対象ノードの親ノード内の空間位置に応じて、前記複数の隣接ノードのうち、参照する隣接ノードを切り替える
請求項7～11のいずれか1項に記載の三次元データ復号方法。
- [請求項13] 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、
三次元データに含まれる複数の三次元点の N （ N は2以上の整数）
分木構造に含まれる対象ノードの情報を符号化し、
前記符号化では、
前記対象ノードと空間的に隣接する複数の隣接ノードのうち、前記対象ノードと親ノードが同一である第1ノードの情報の参照を許可し、
前記対象ノードと親ノードが異なる第2ノードの情報の参照を禁止する
三次元データ符号化装置。
- [請求項14] 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、
三次元データに含まれる複数の三次元点の N （ N は2以上の整数）
分木構造に含まれる対象ノードの情報を復号し、
前記復号では、

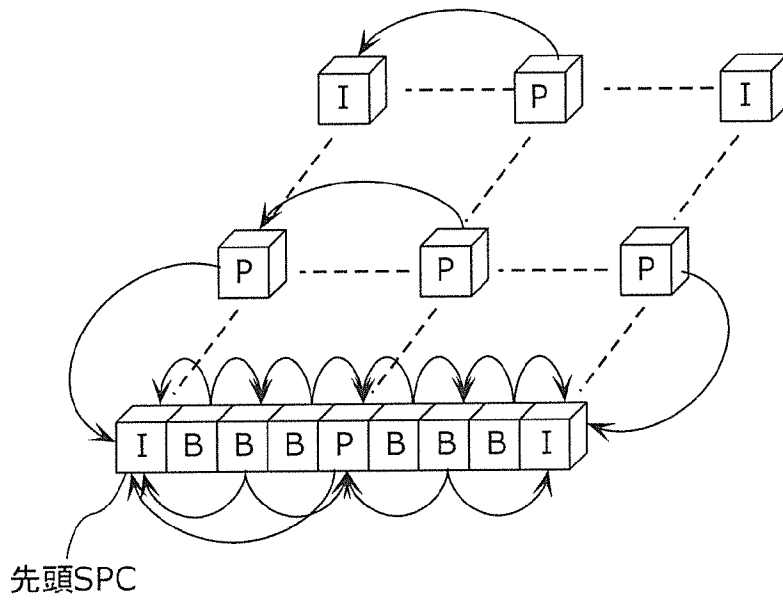
前記対象ノードと空間的に隣接する複数の隣接ノードのうち、前記対象ノードと親ノードが同一である第1ノードの情報の参照を許可し、前記対象ノードと親ノードが異なる第2ノードの情報の参照を禁止する

三次元データ復号装置。

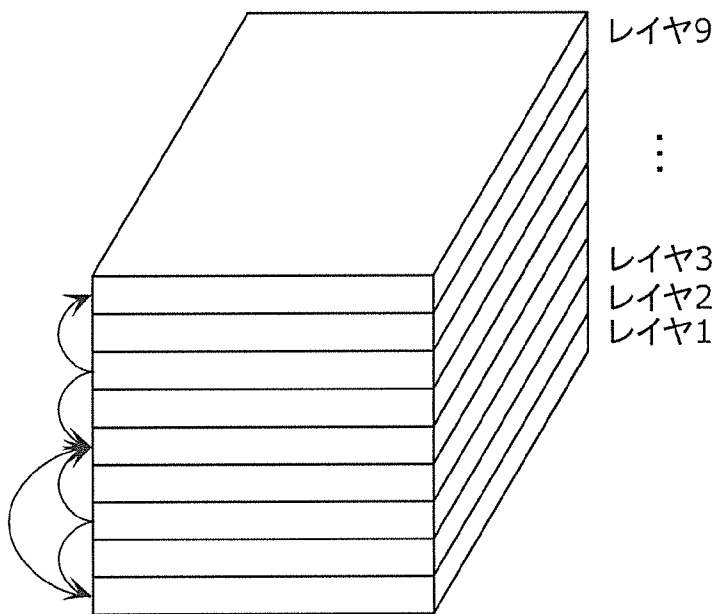
[図1]



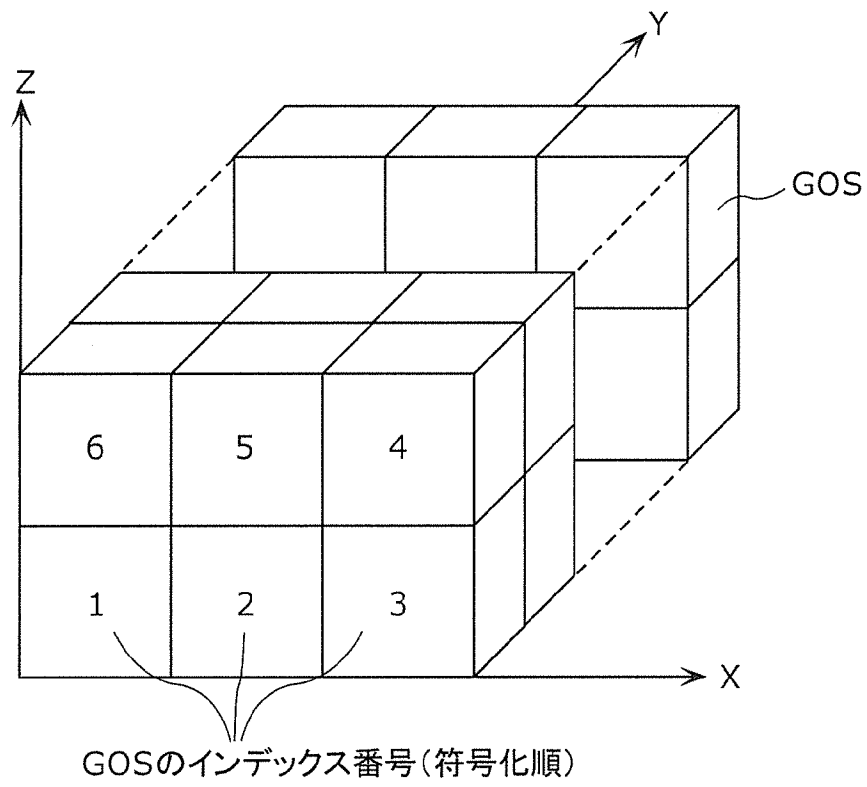
[図2]



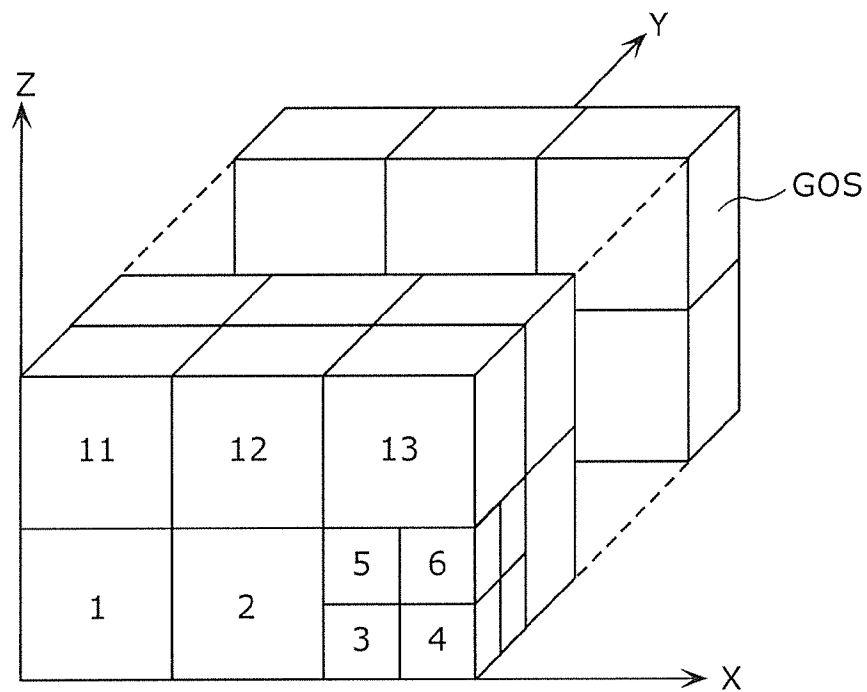
[図3]



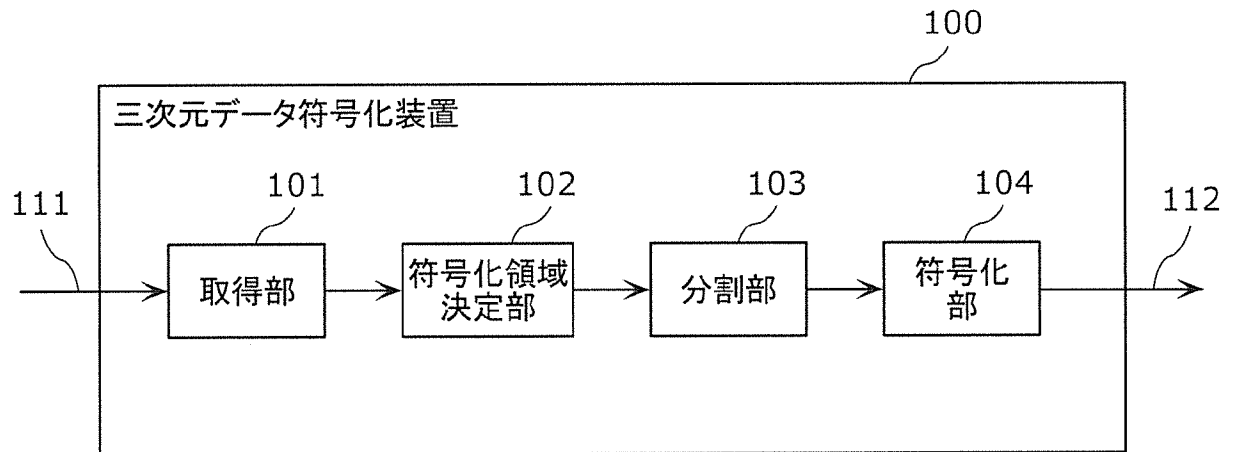
[図4]



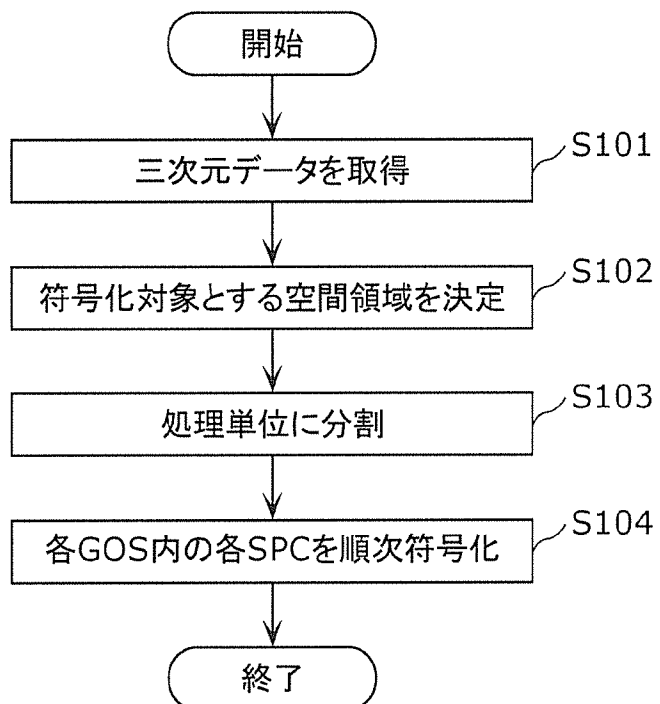
[図5]



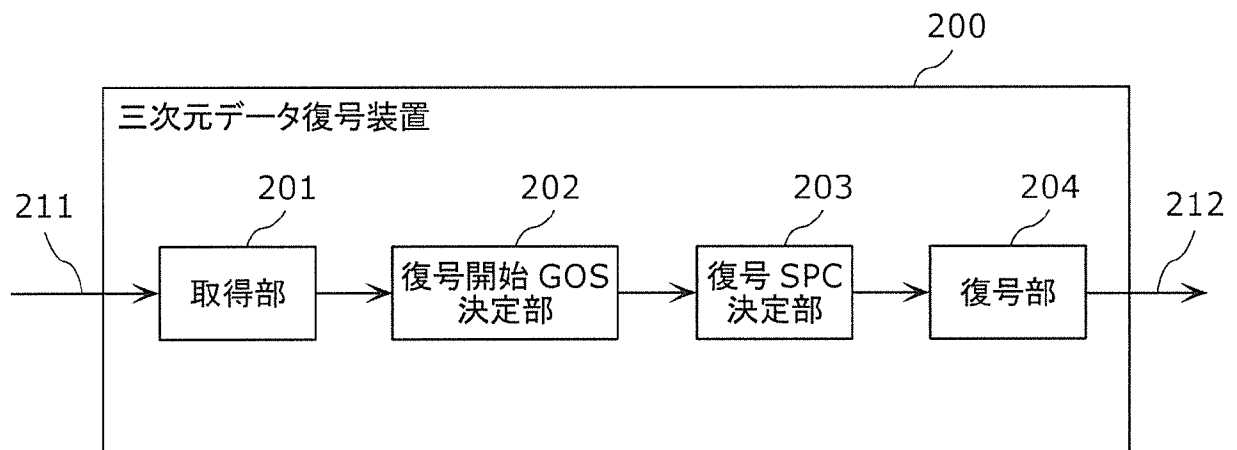
[図6]



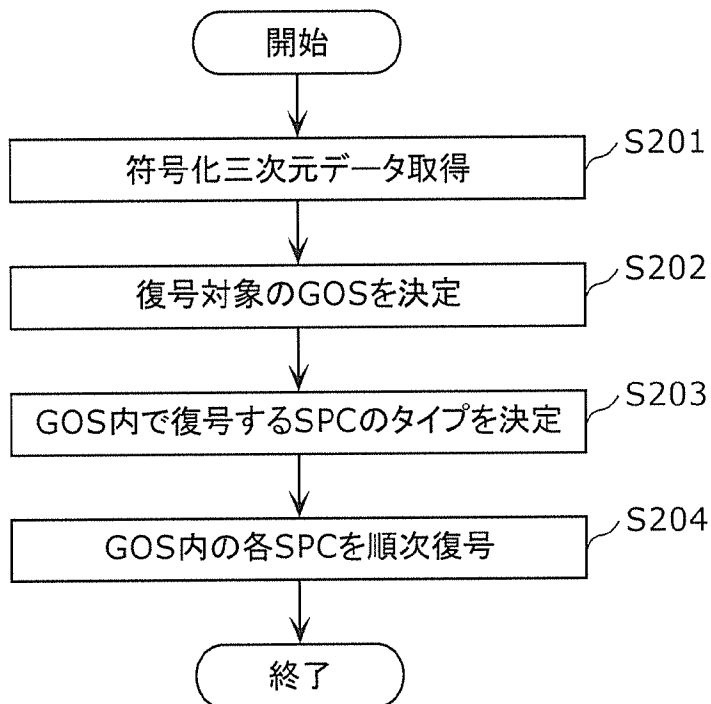
[図7]



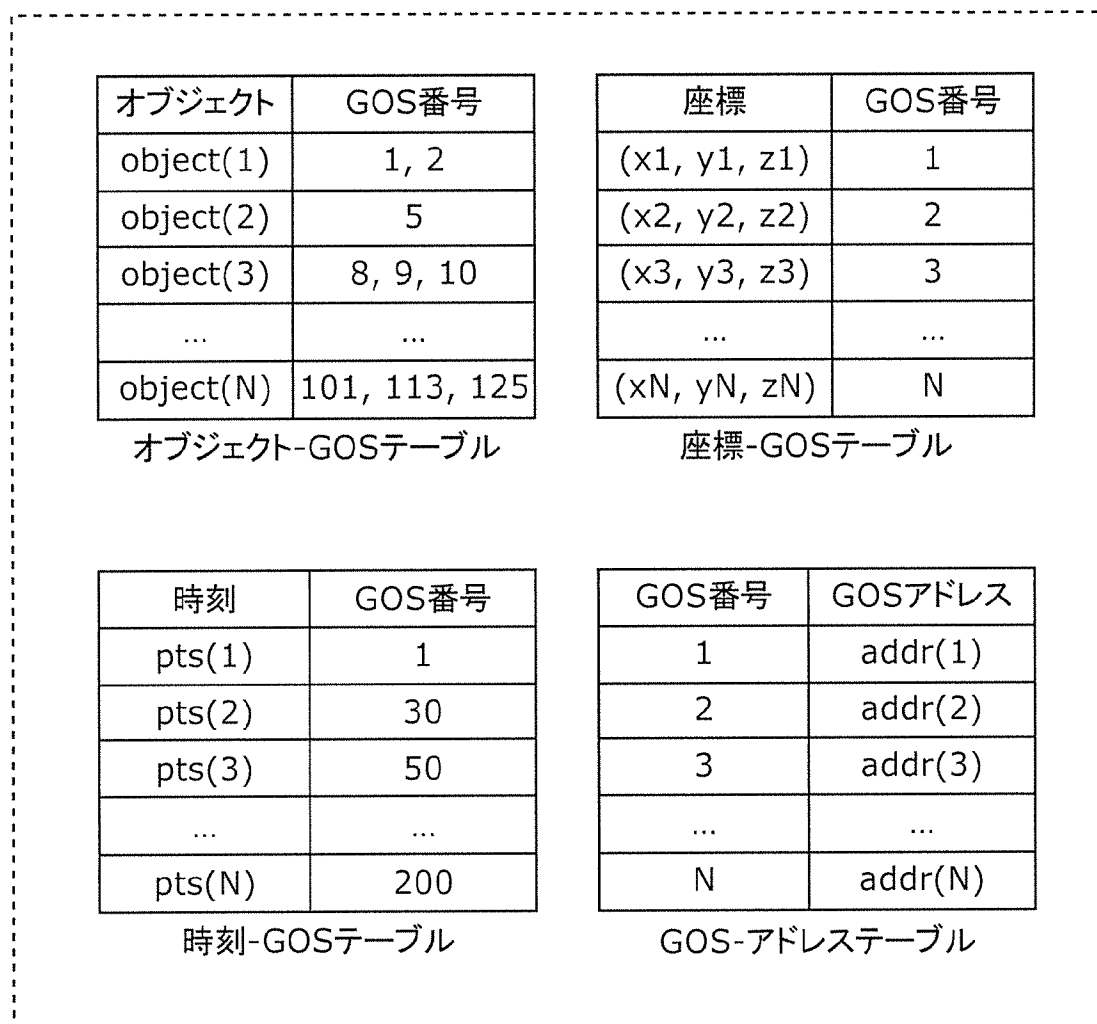
[図8]



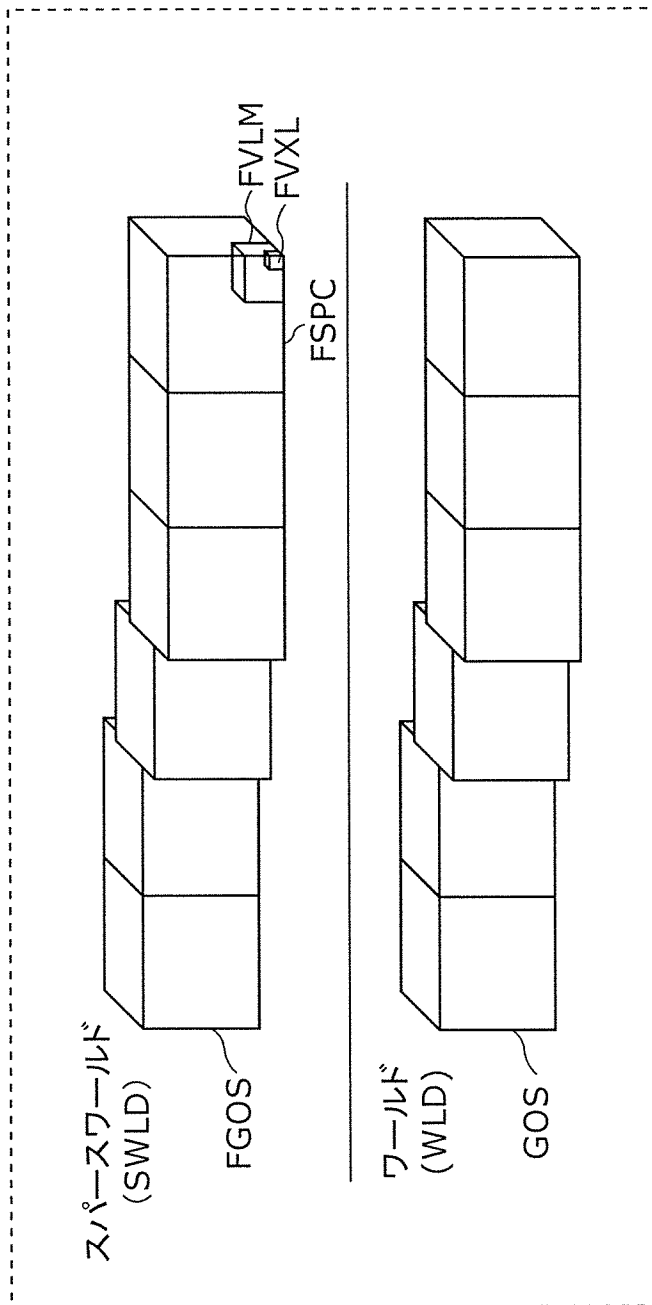
[図9]



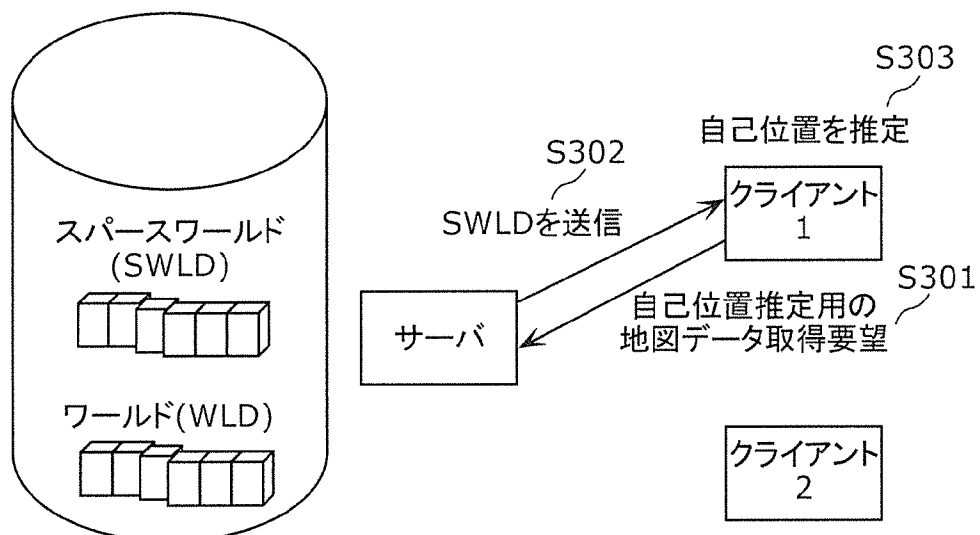
[図10]



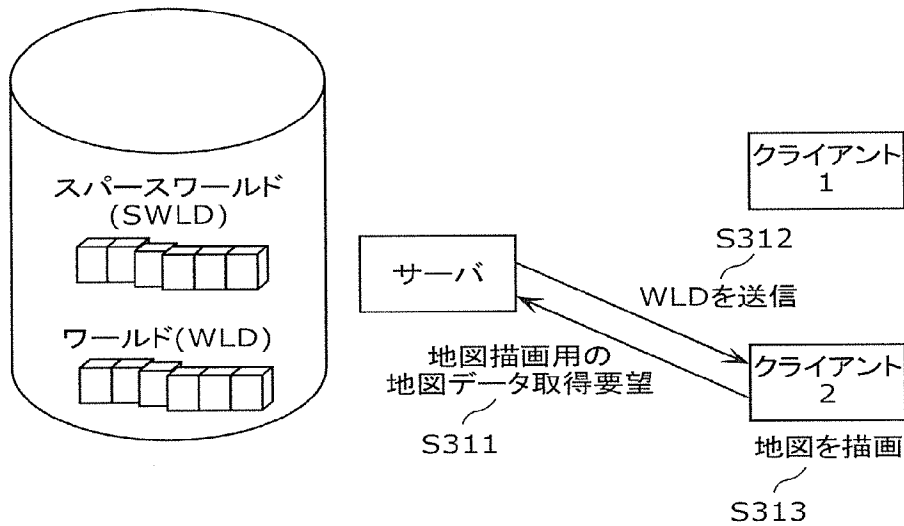
[図11]



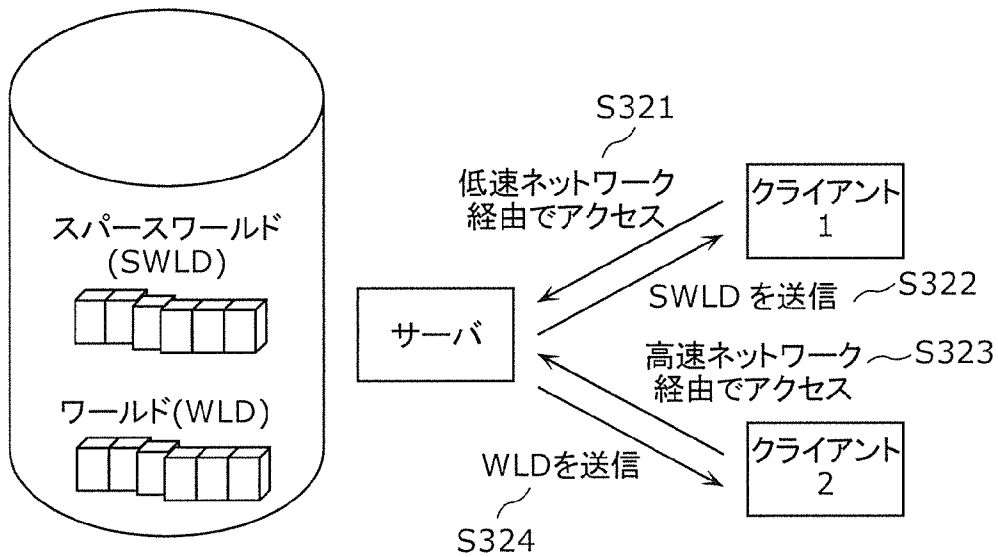
[図12]



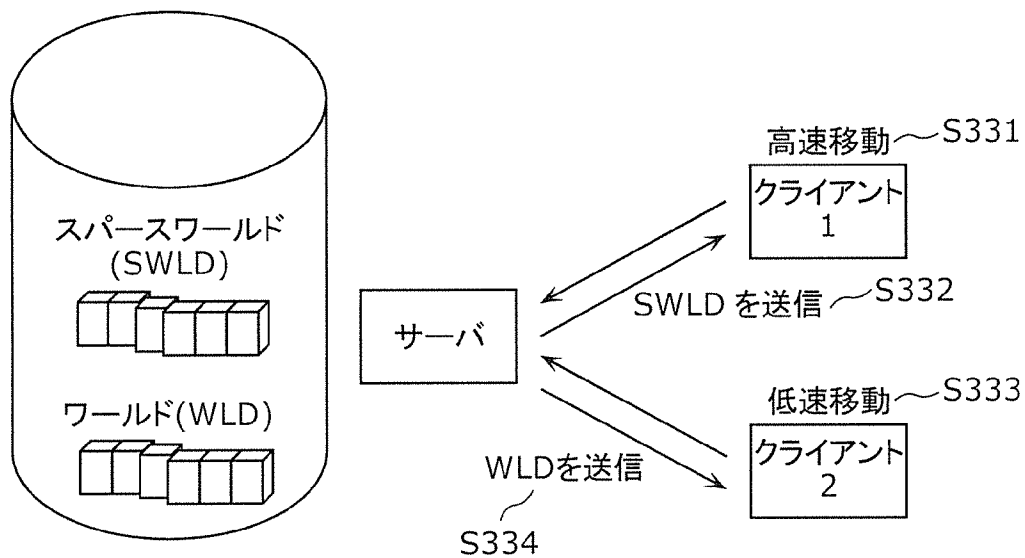
[図13]



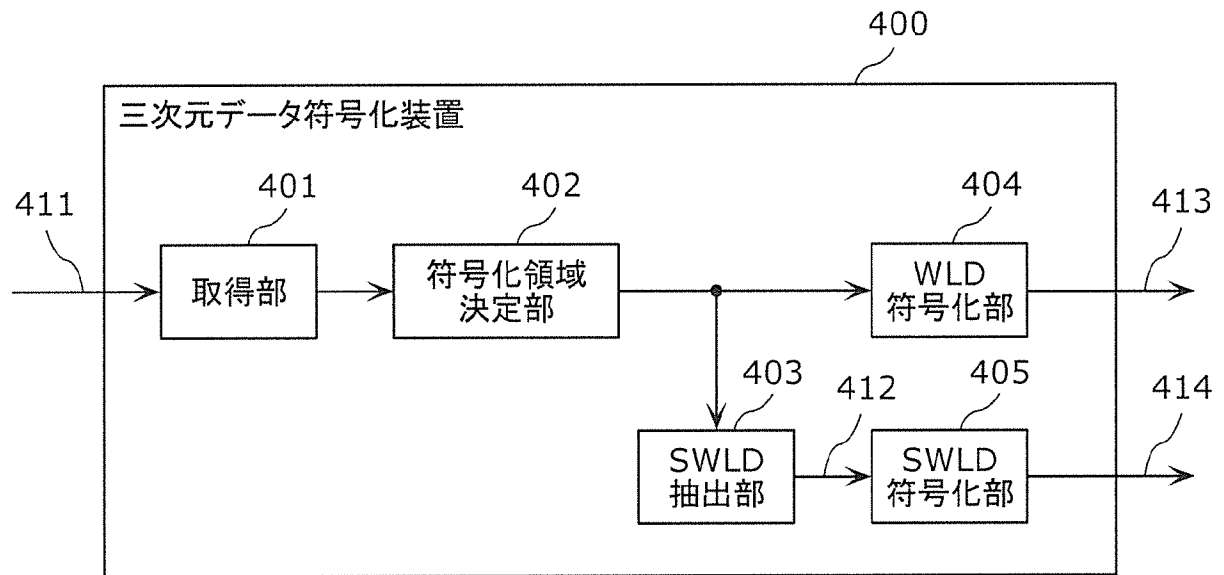
[図14]



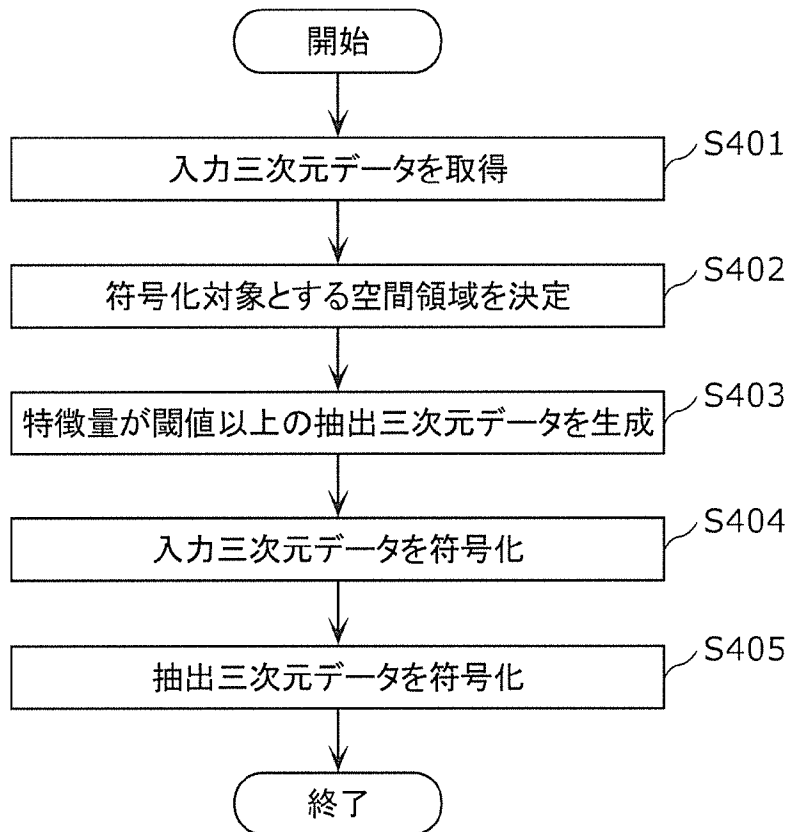
[図15]



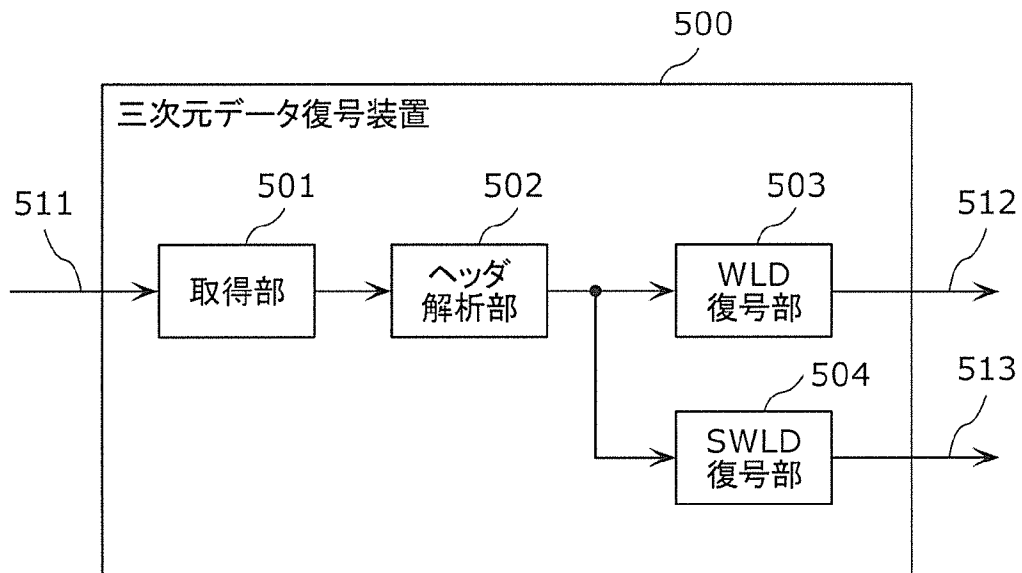
[図16]



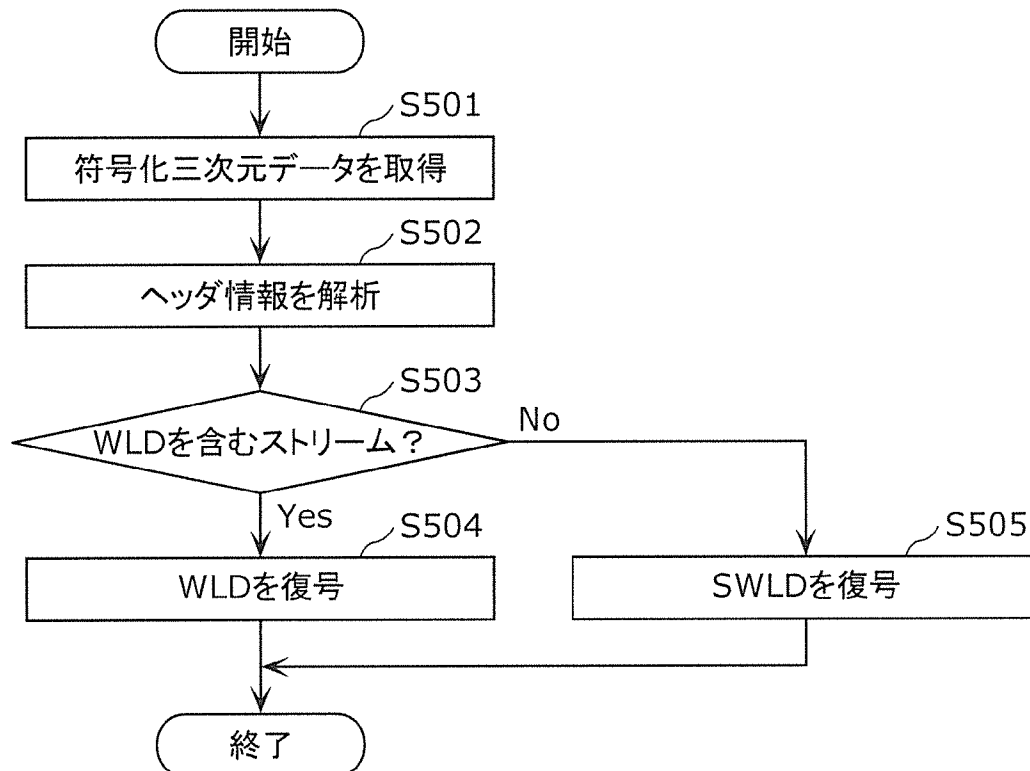
[図17]



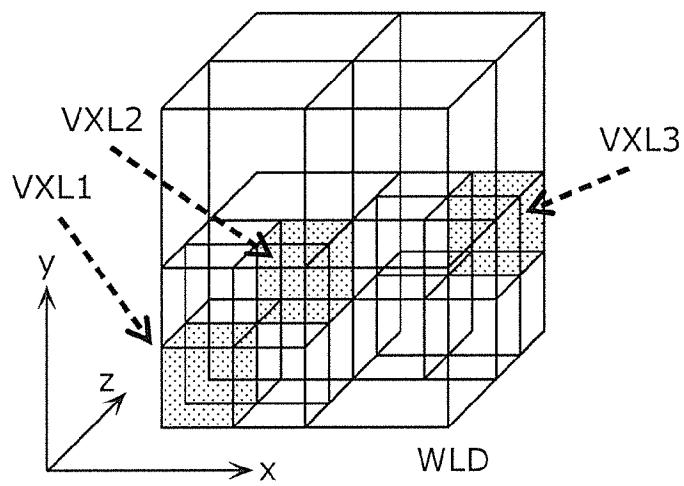
[図18]



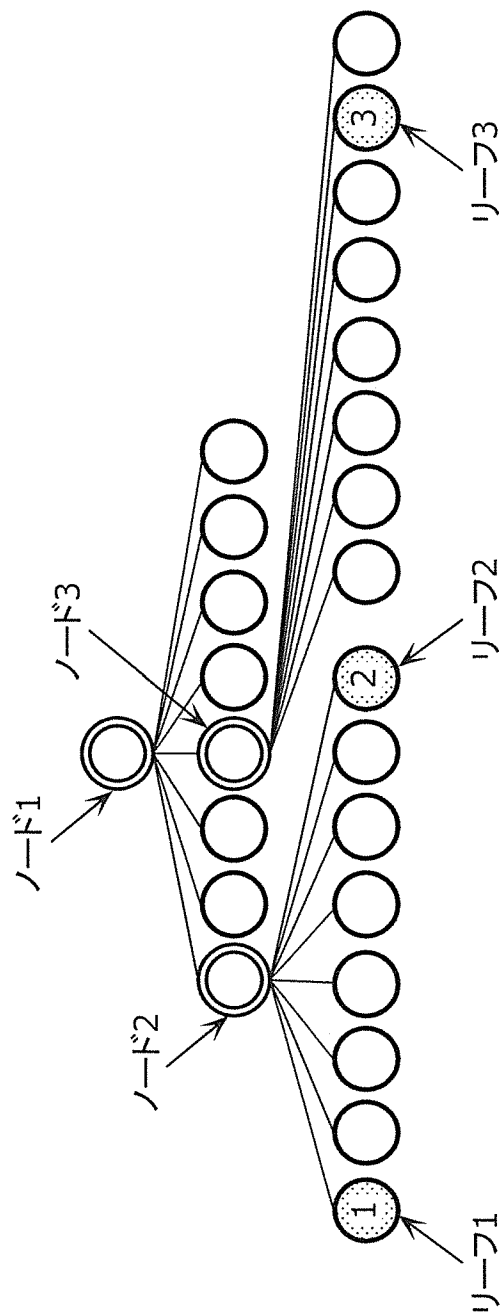
[図19]



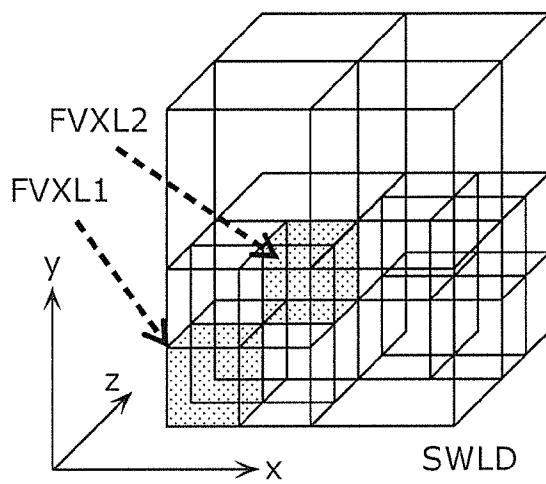
[図20]



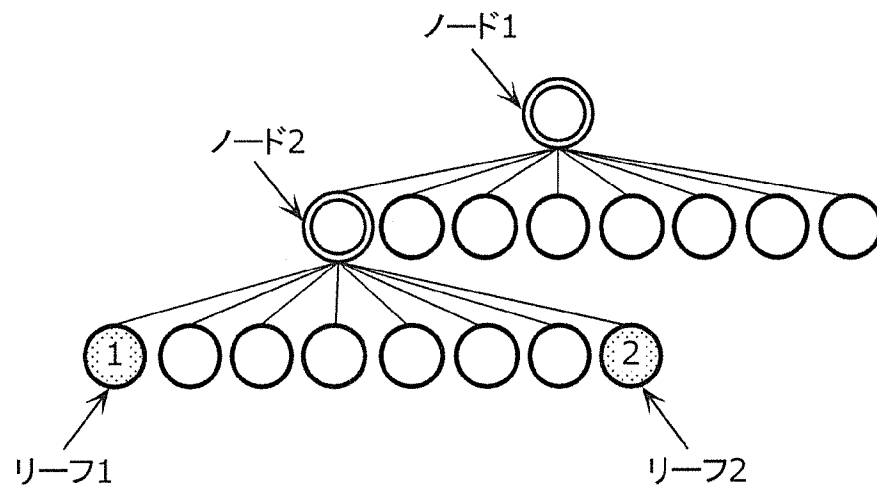
[図21]



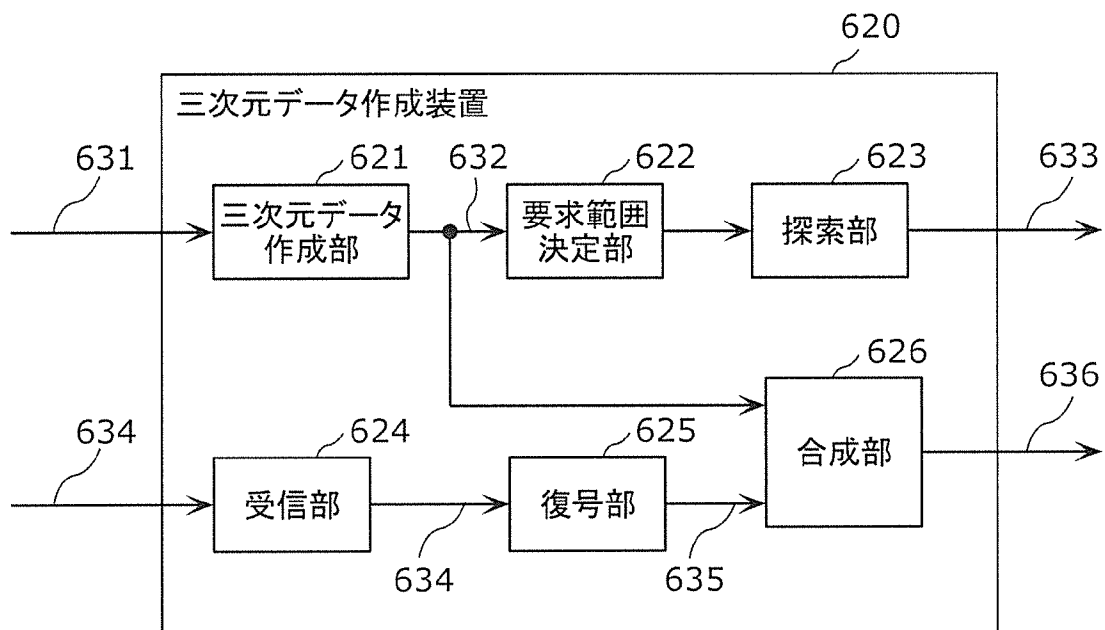
[図22]



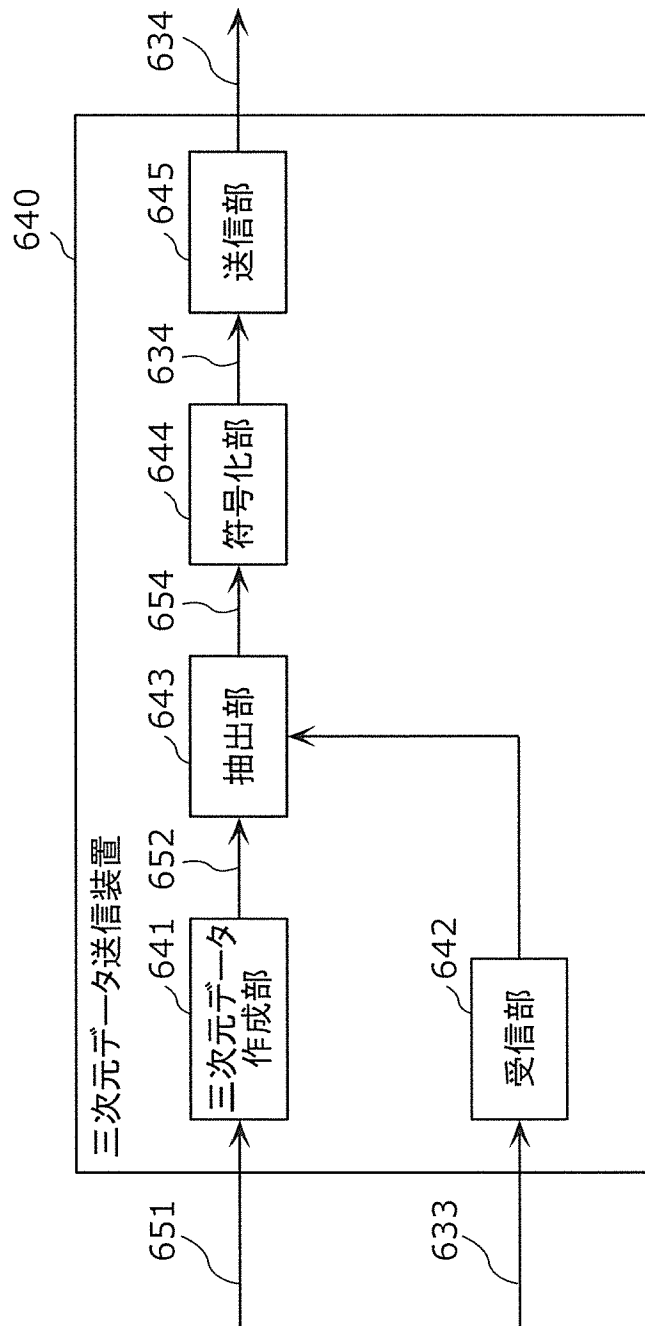
[図23]



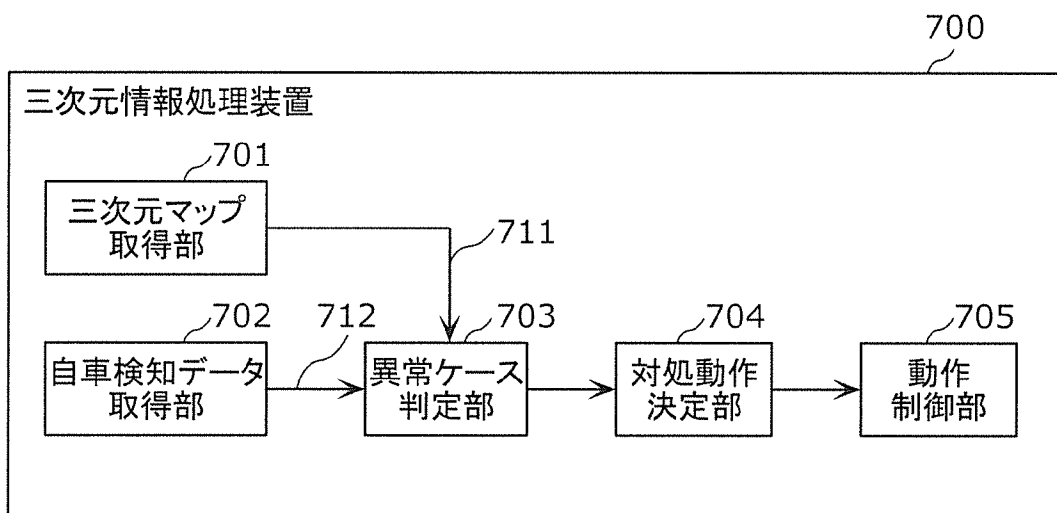
[図24]



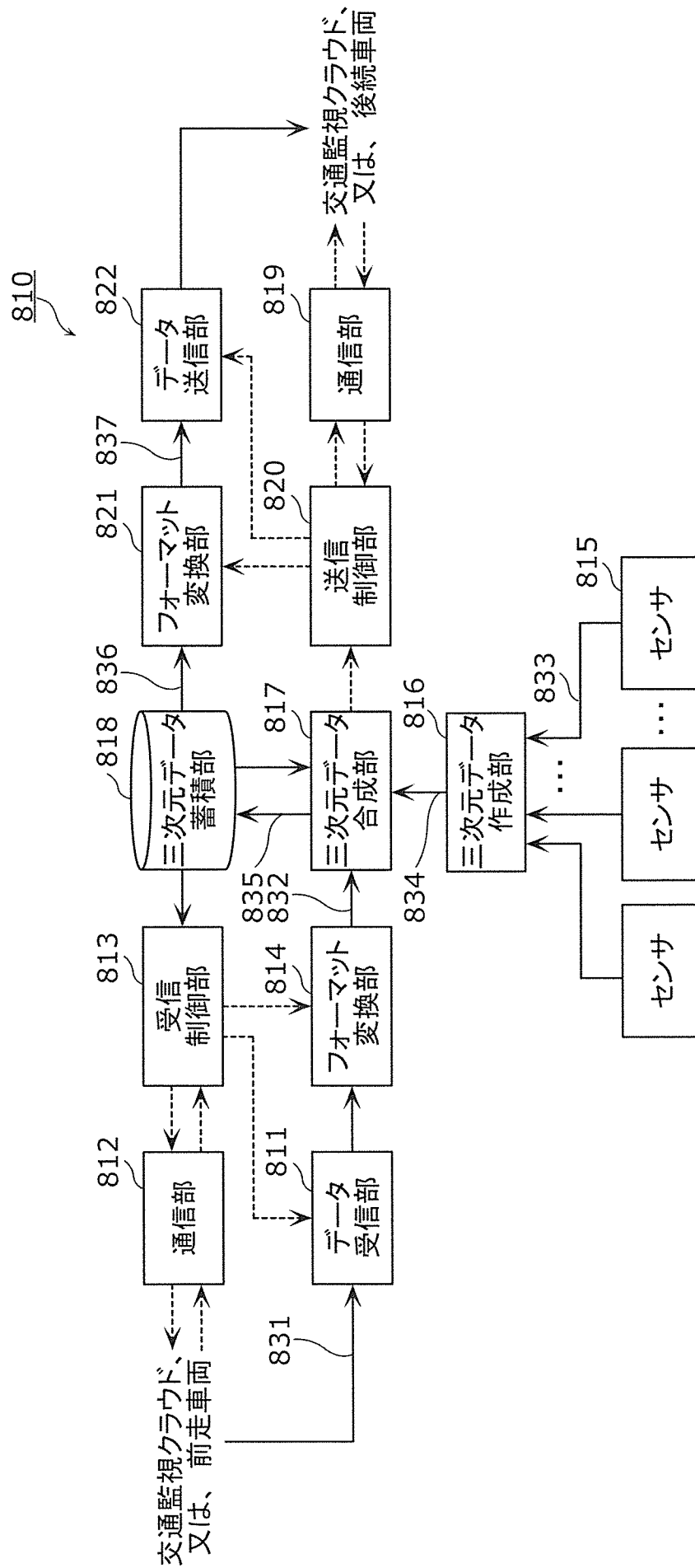
[図25]



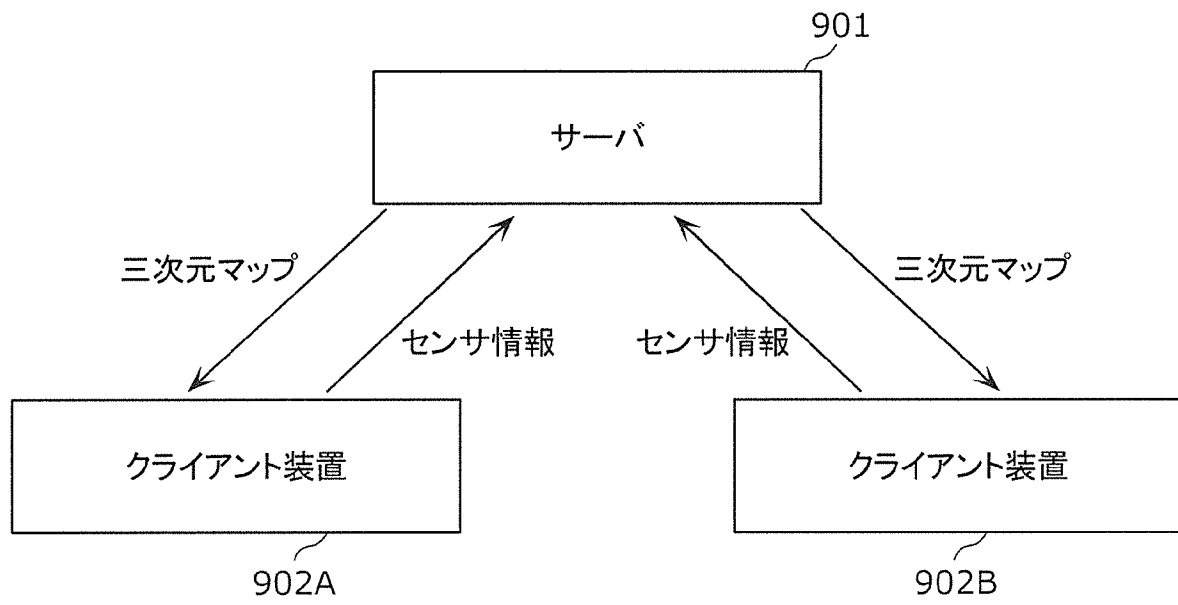
[図26]



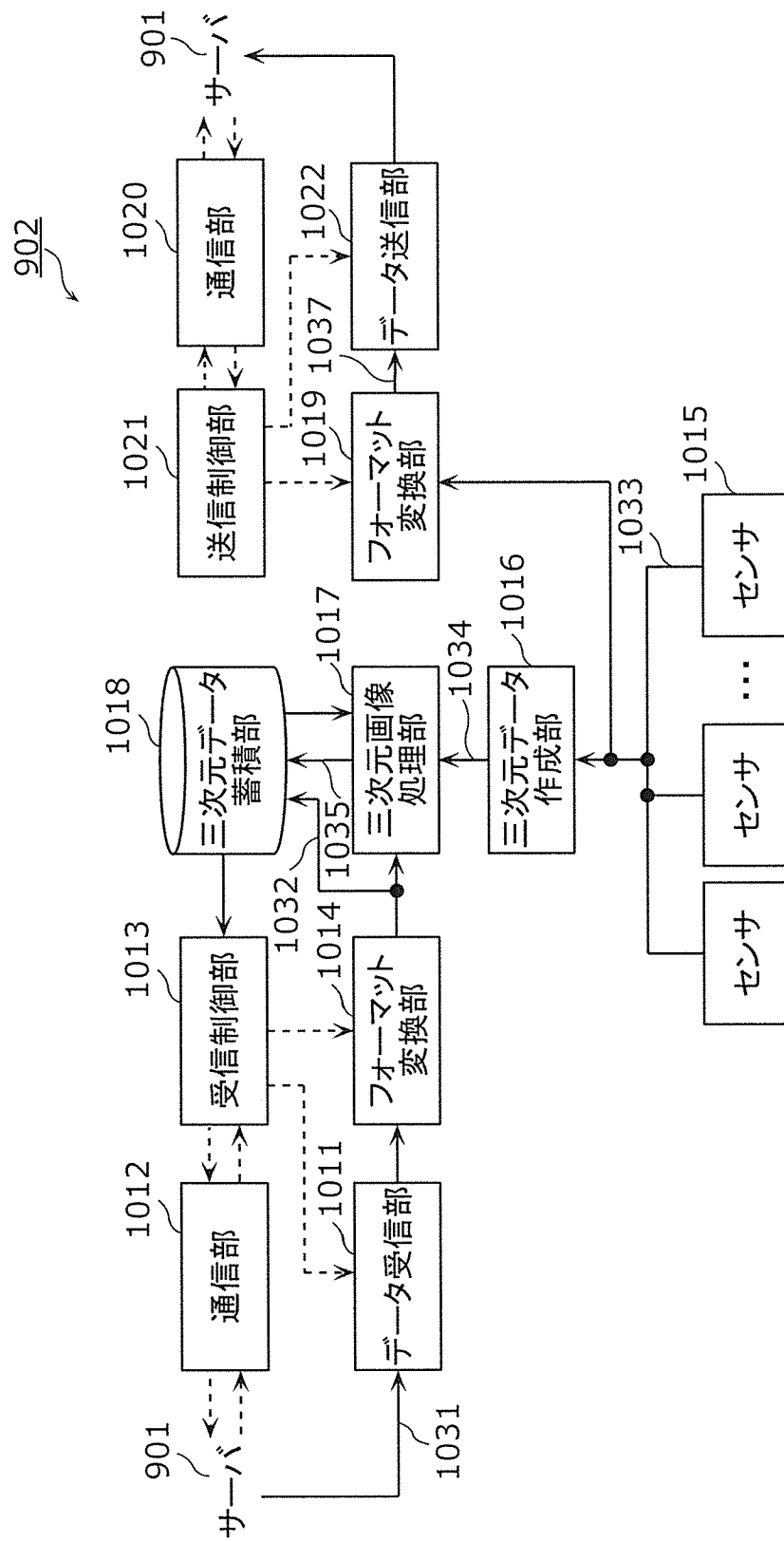
[図27]



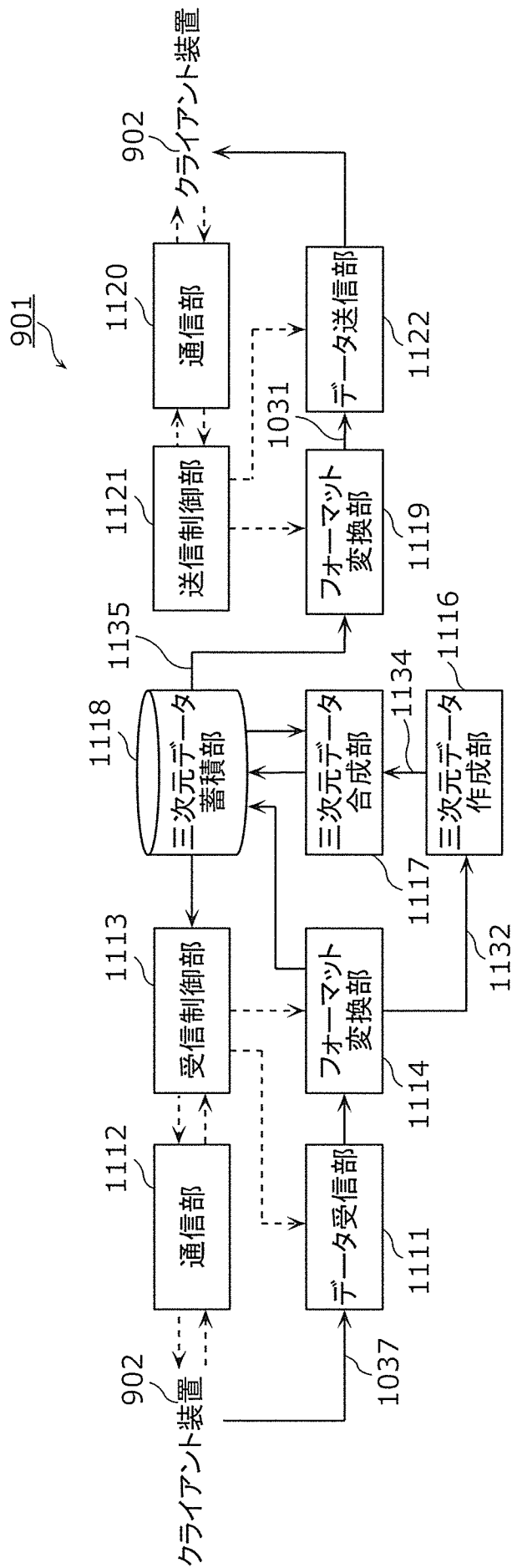
[図28]



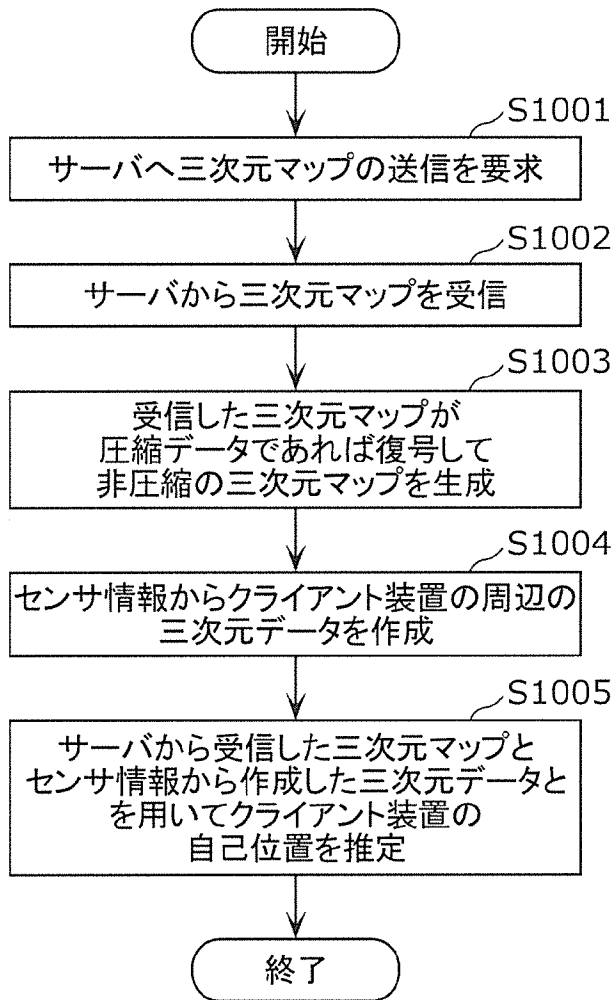
[図29]



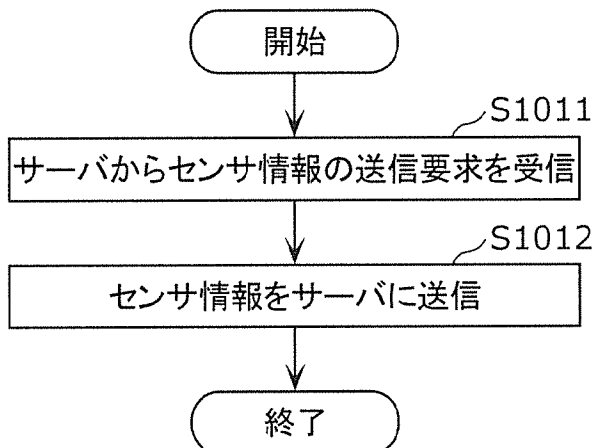
[図30]



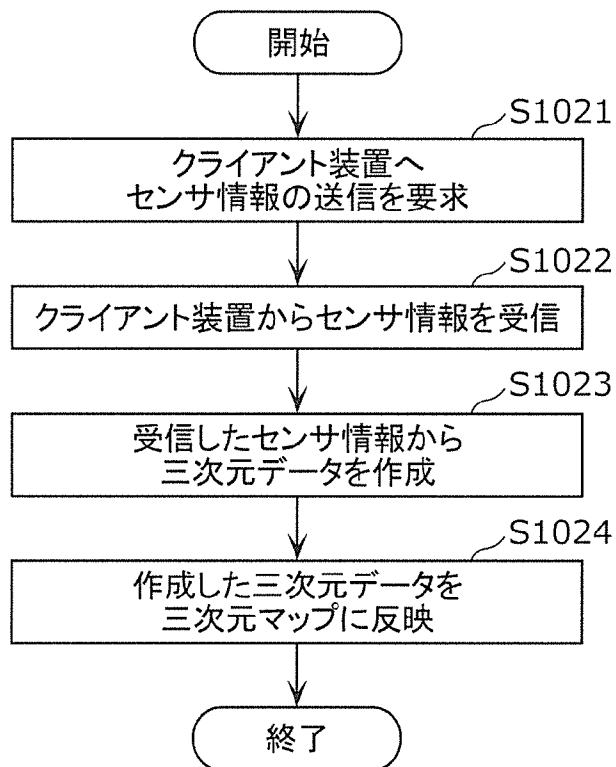
[図31]



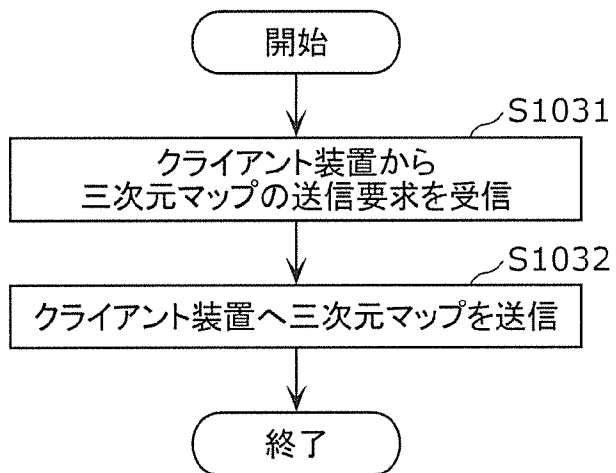
[図32]



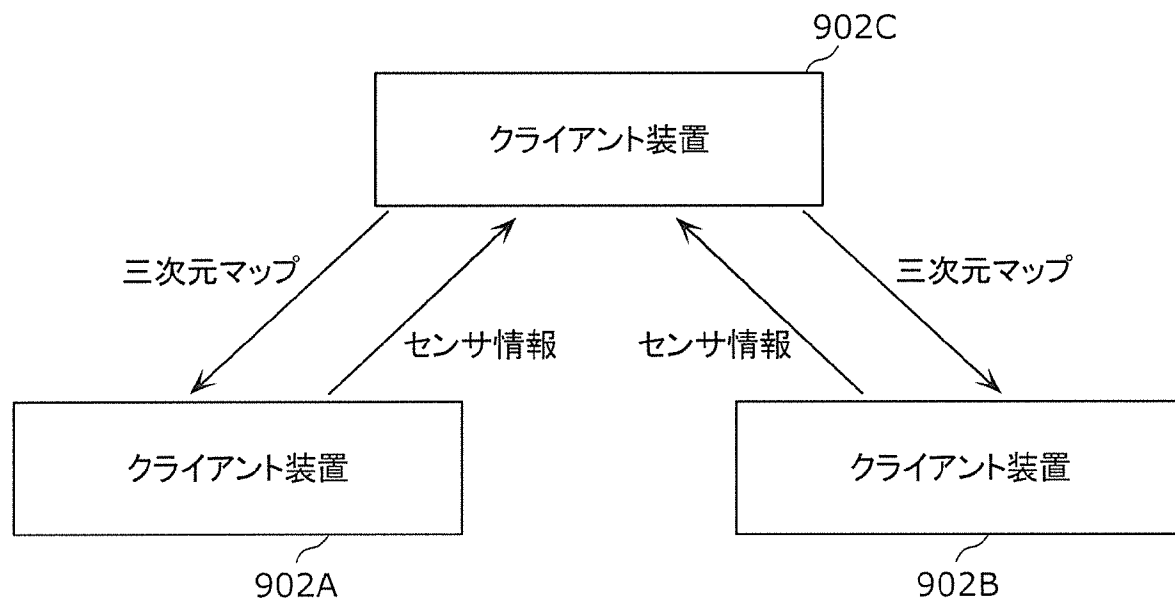
[図33]



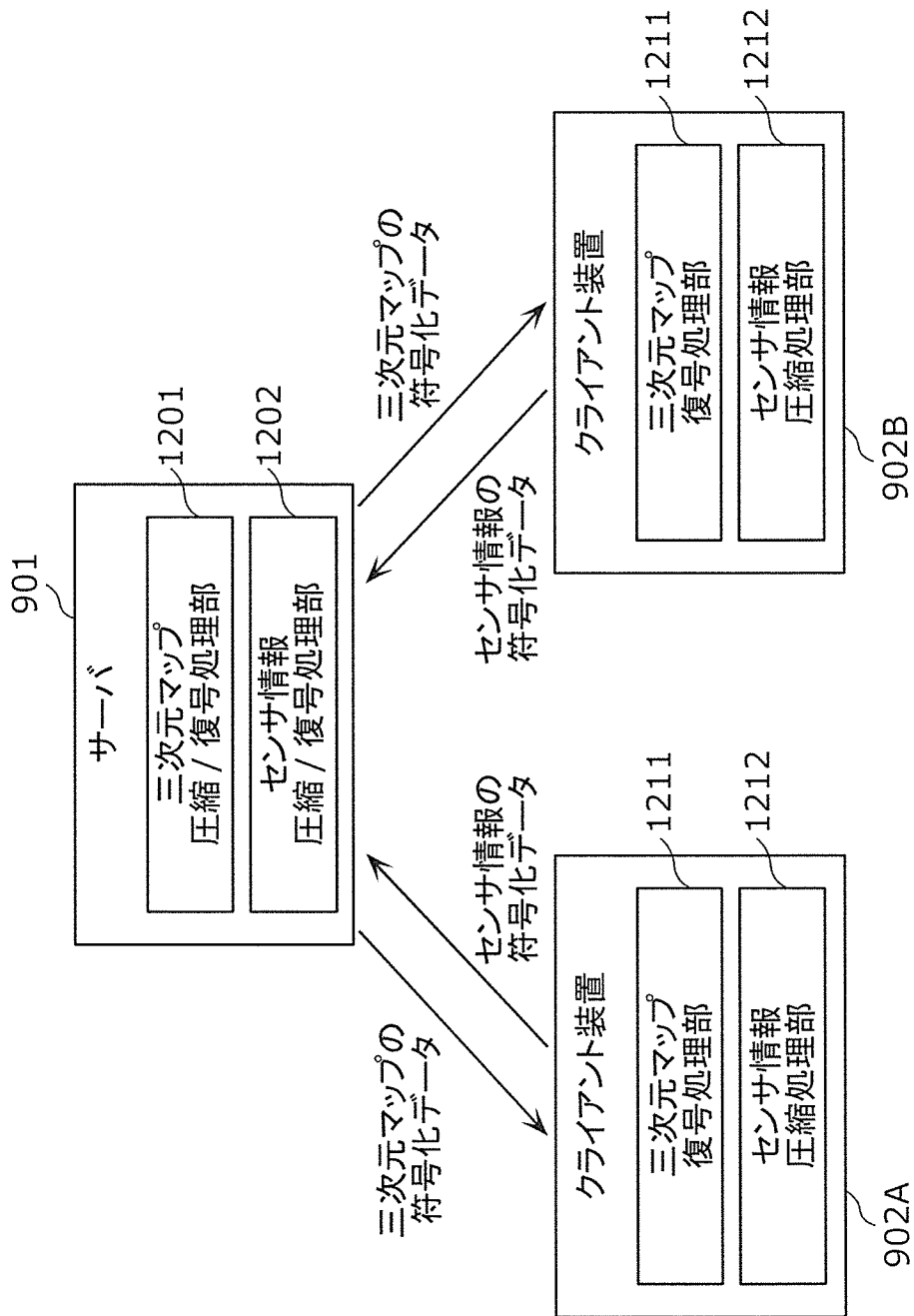
[図34]



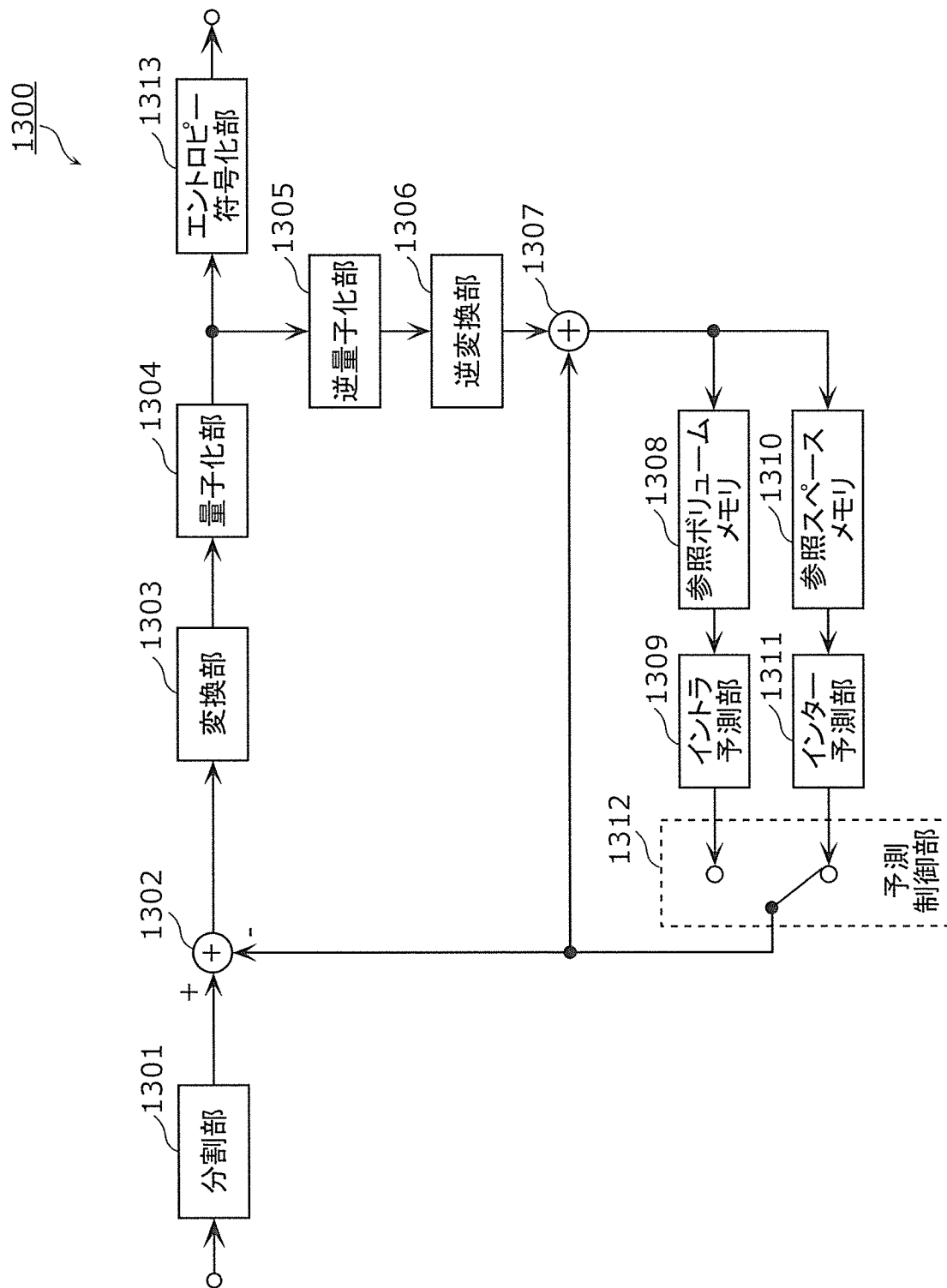
[図35]



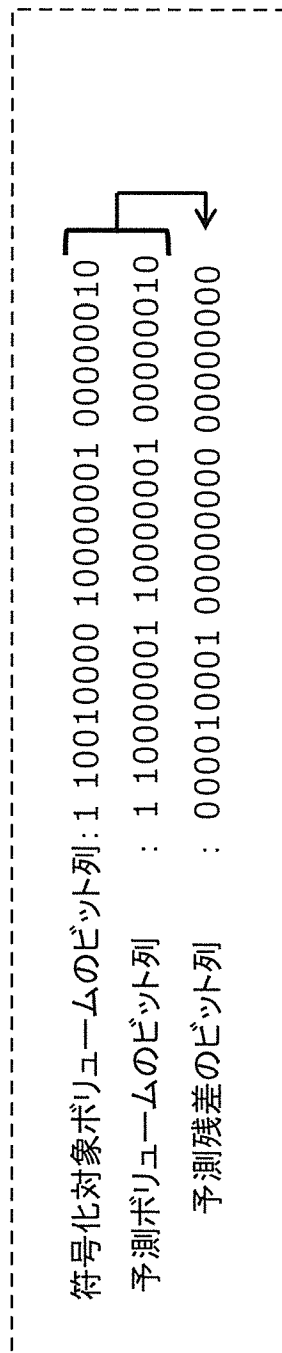
[図36]



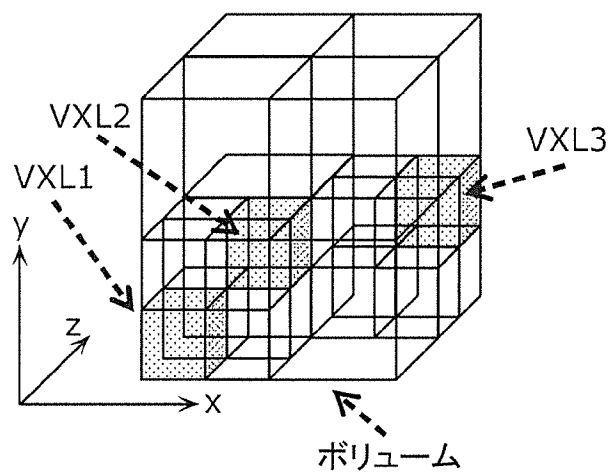
[図37]



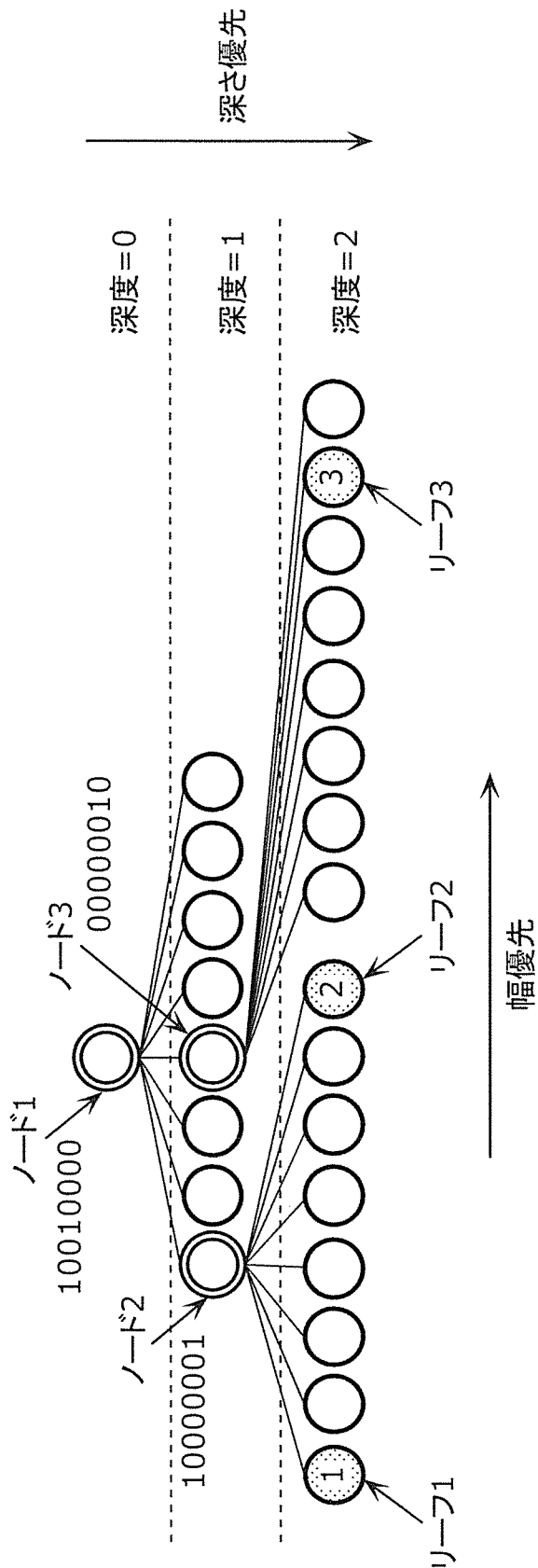
[図38]



[図39]



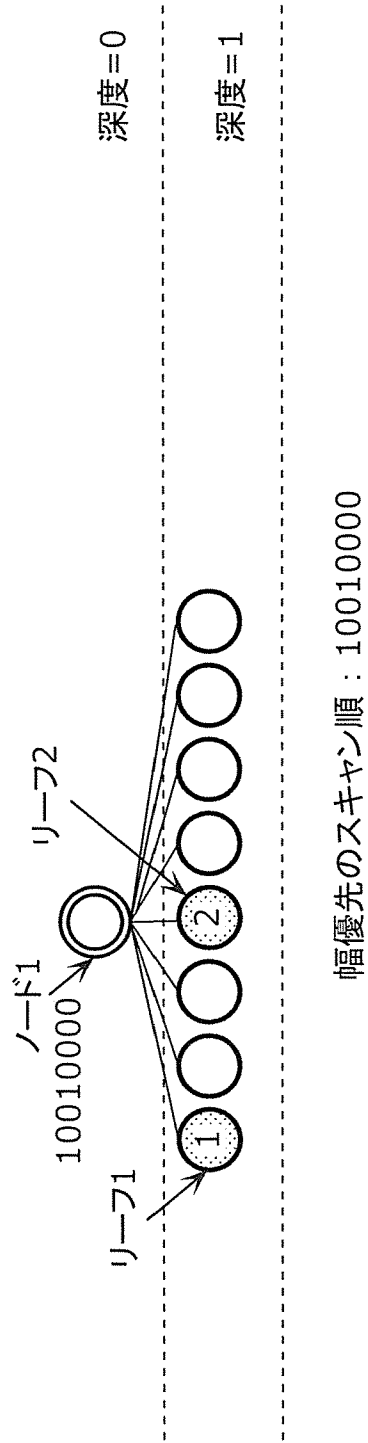
[図40]



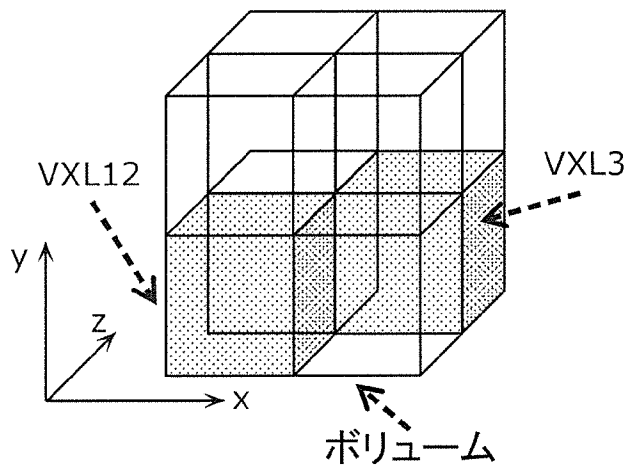
[図41]

- 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

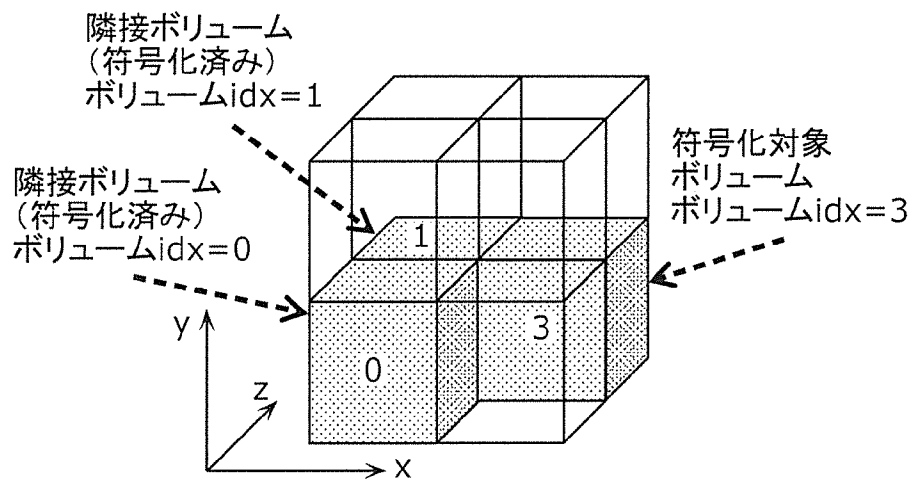
[図42]



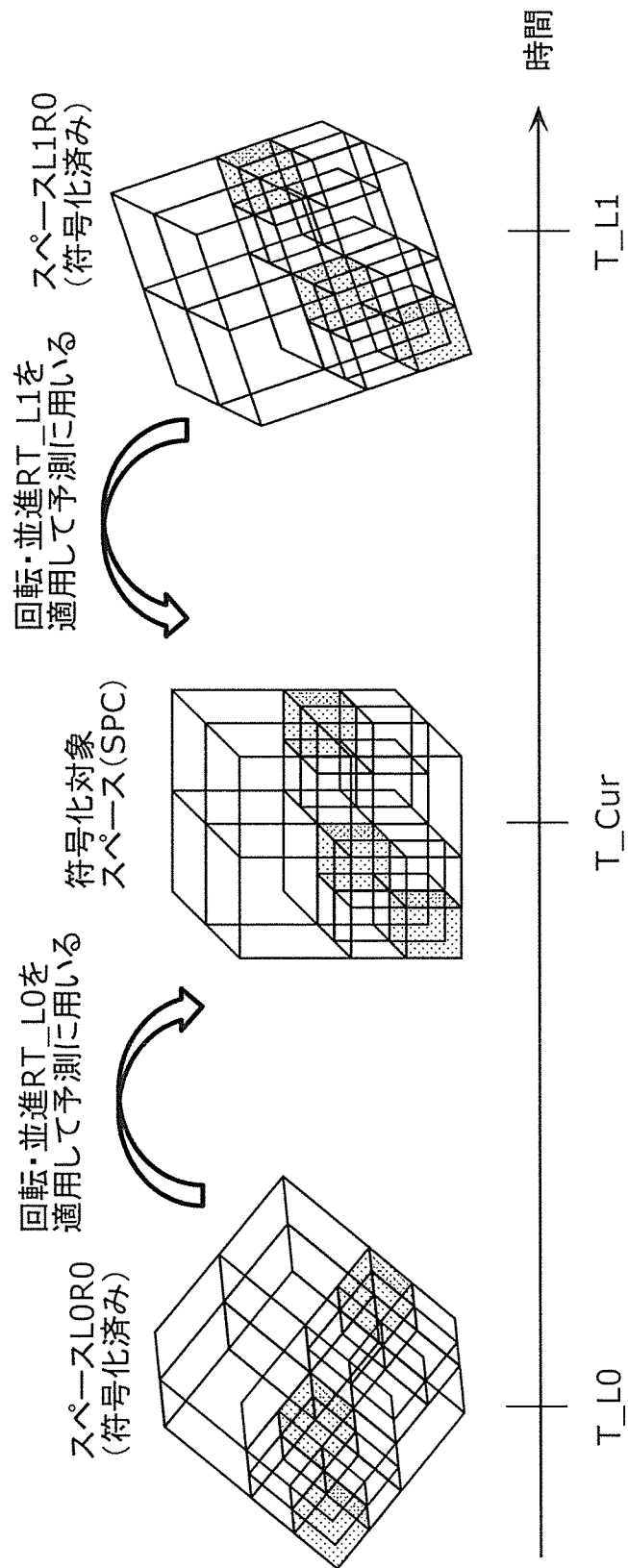
[図43]



[図44]



[図45]



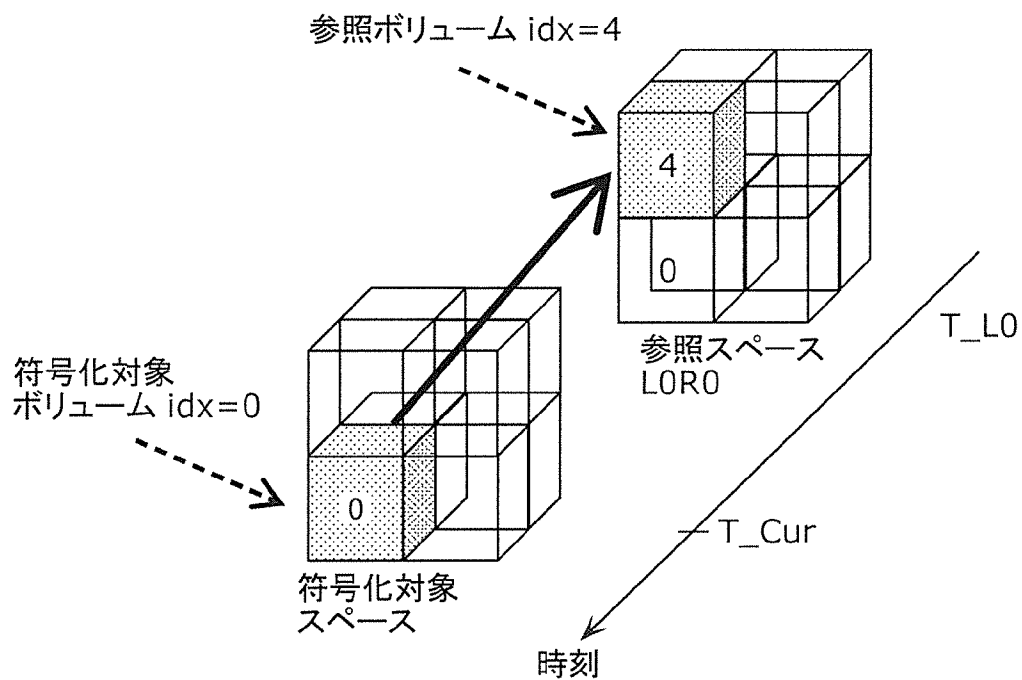
[図46]

```

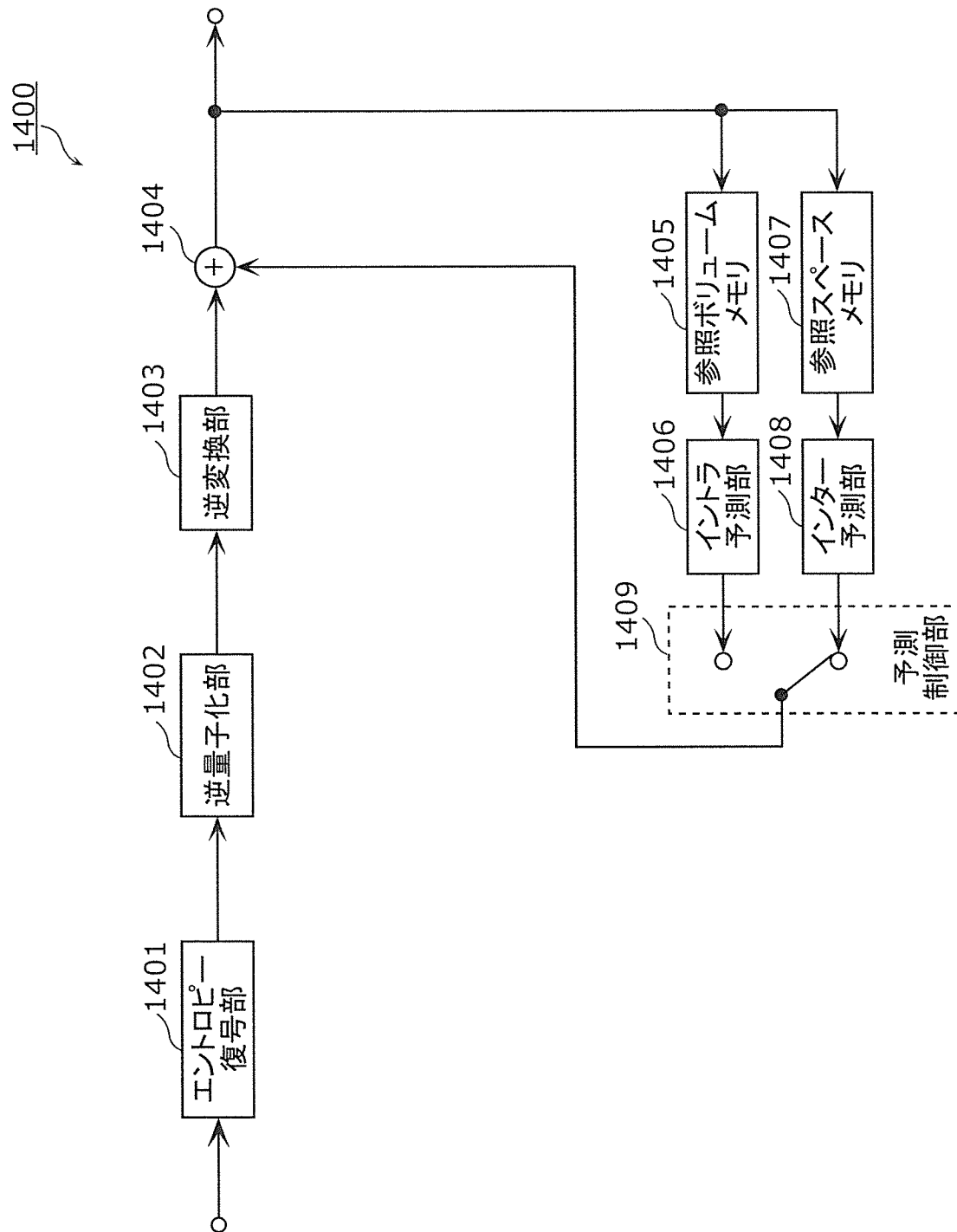
space_header() {
...
for (i=0; i<MaxRefSpc_l0;i++) {
  RT_flag_l0[i]
  if (RT_flag_l0[i]) {
    R_l0[i]
    T_l0[i]
  }
}
...
for (i=0; i<MaxRefSpc_l1;i++) {
  RT_flag_l1[i]
  if (RT_flag_l1[i]) {
    R_l1[i]
    T_l1[i]
  }
}
...
}

```

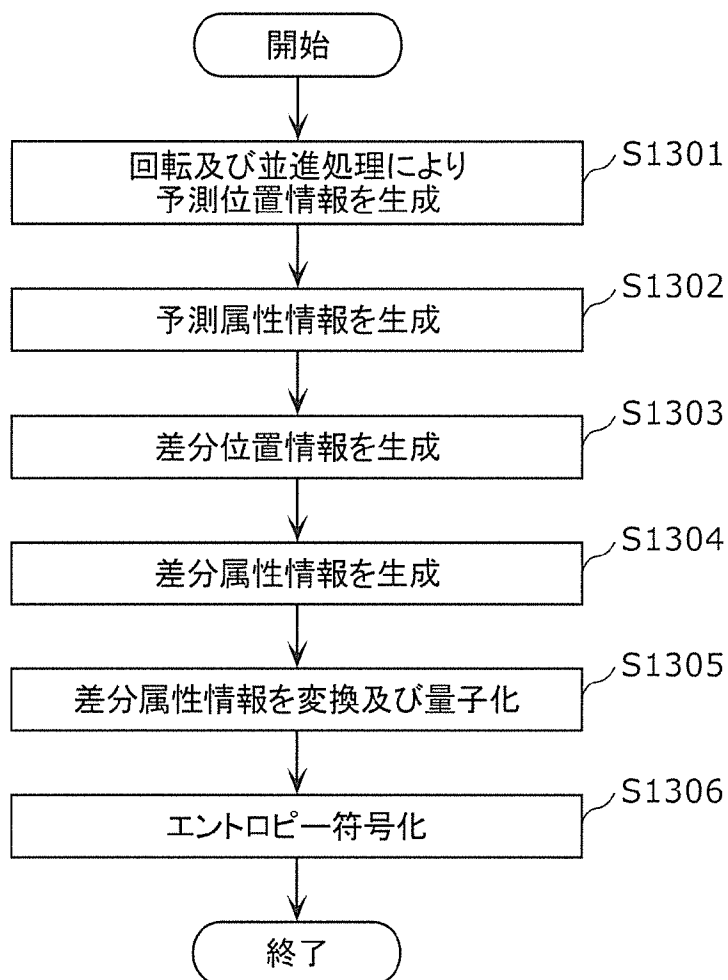
[図47]



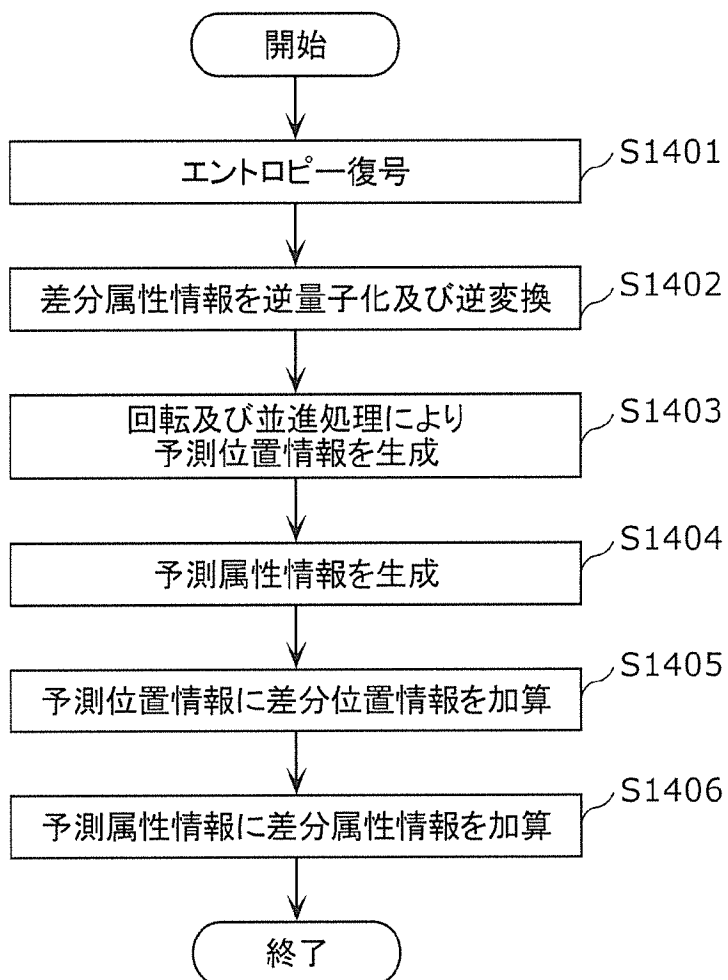
[図48]



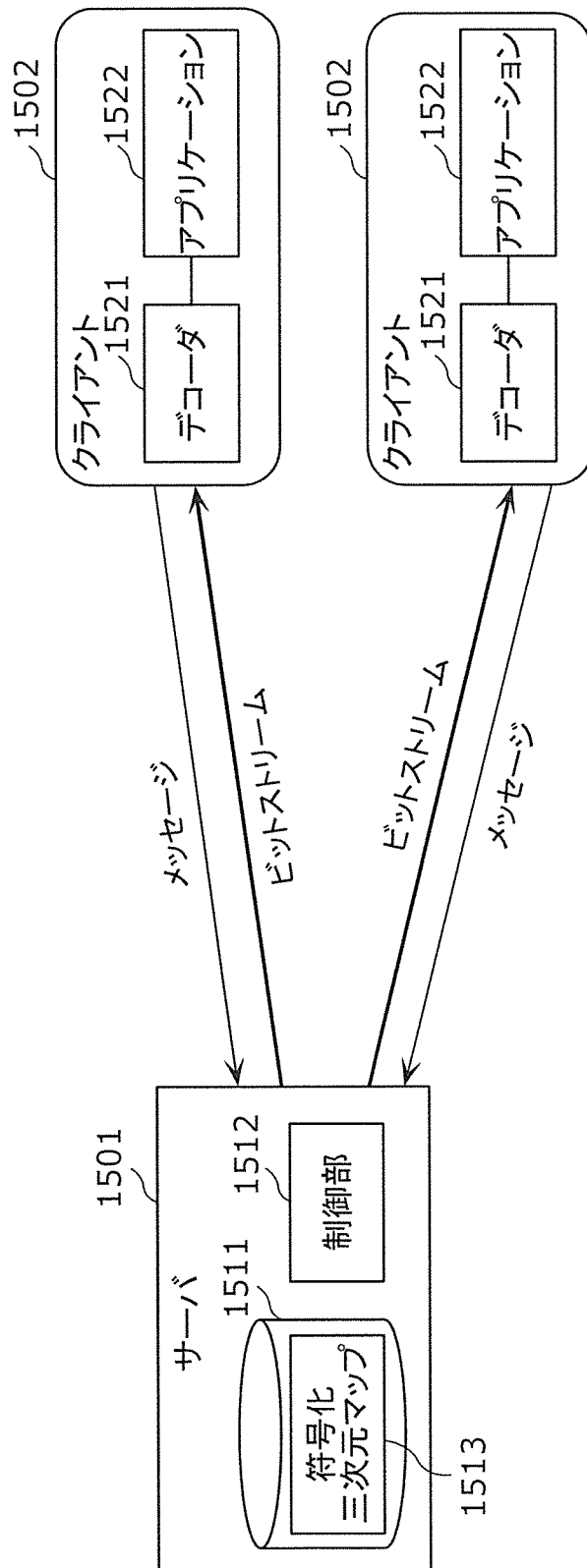
[図49]



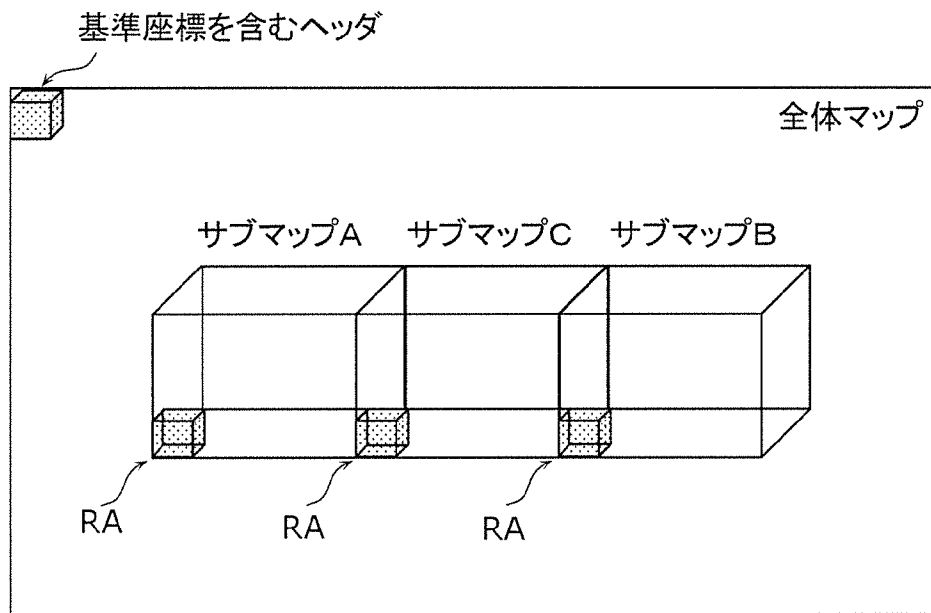
[図50]



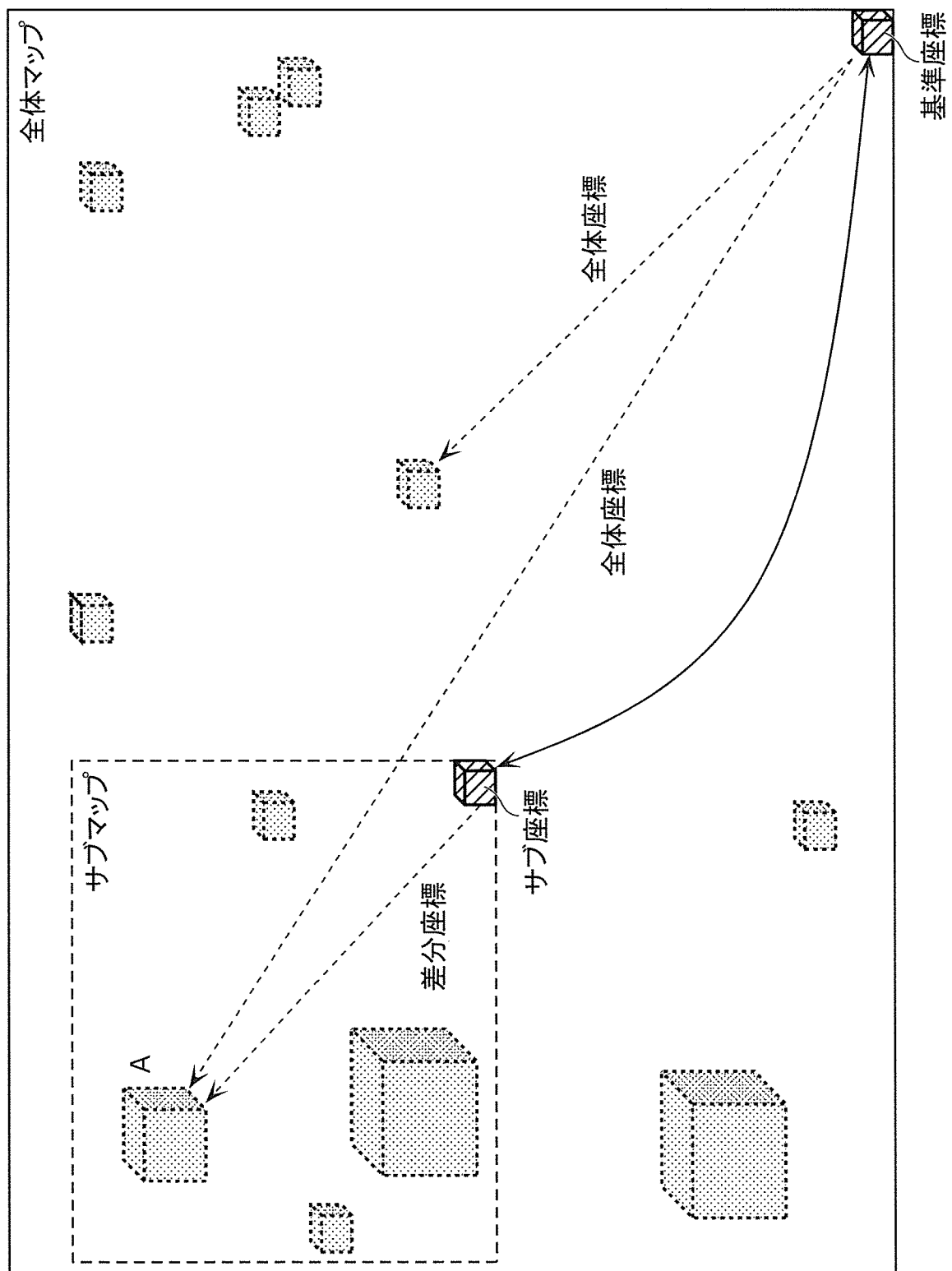
[図51]



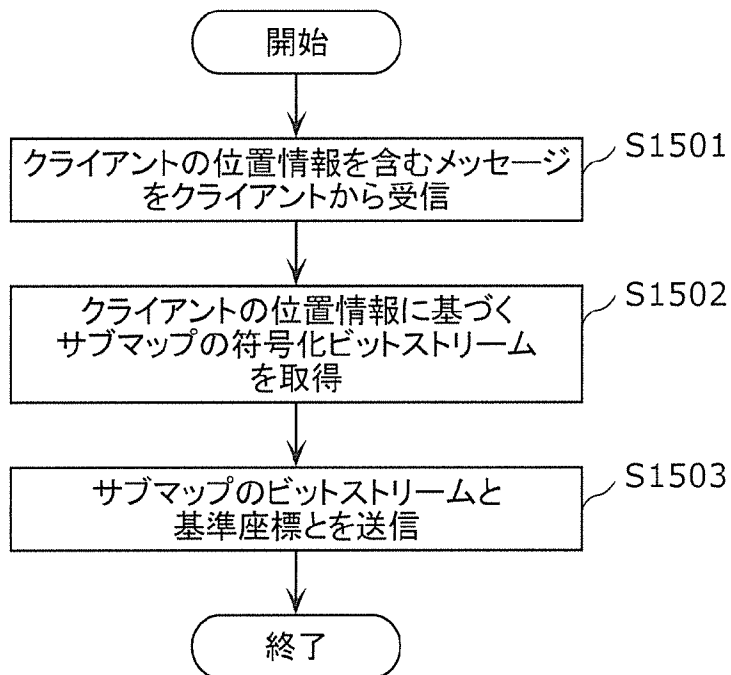
[図52]



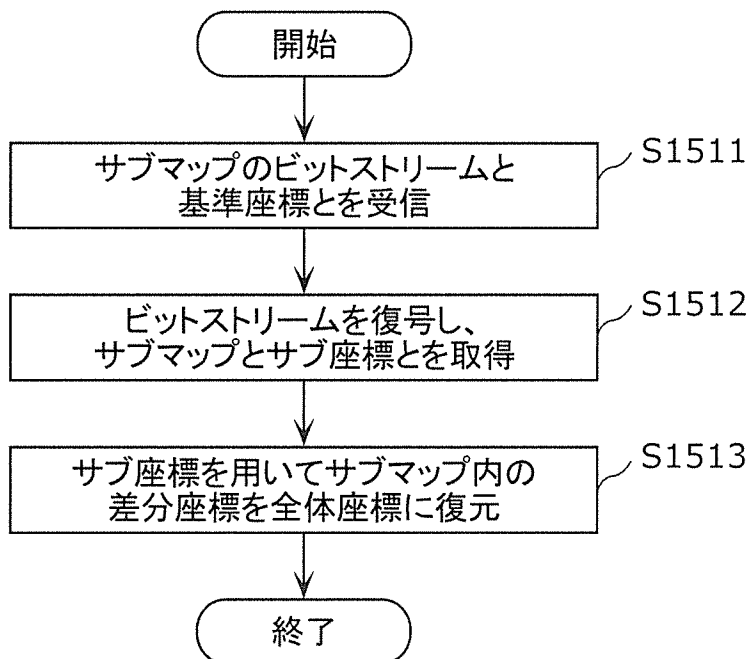
[図53]



[図54]



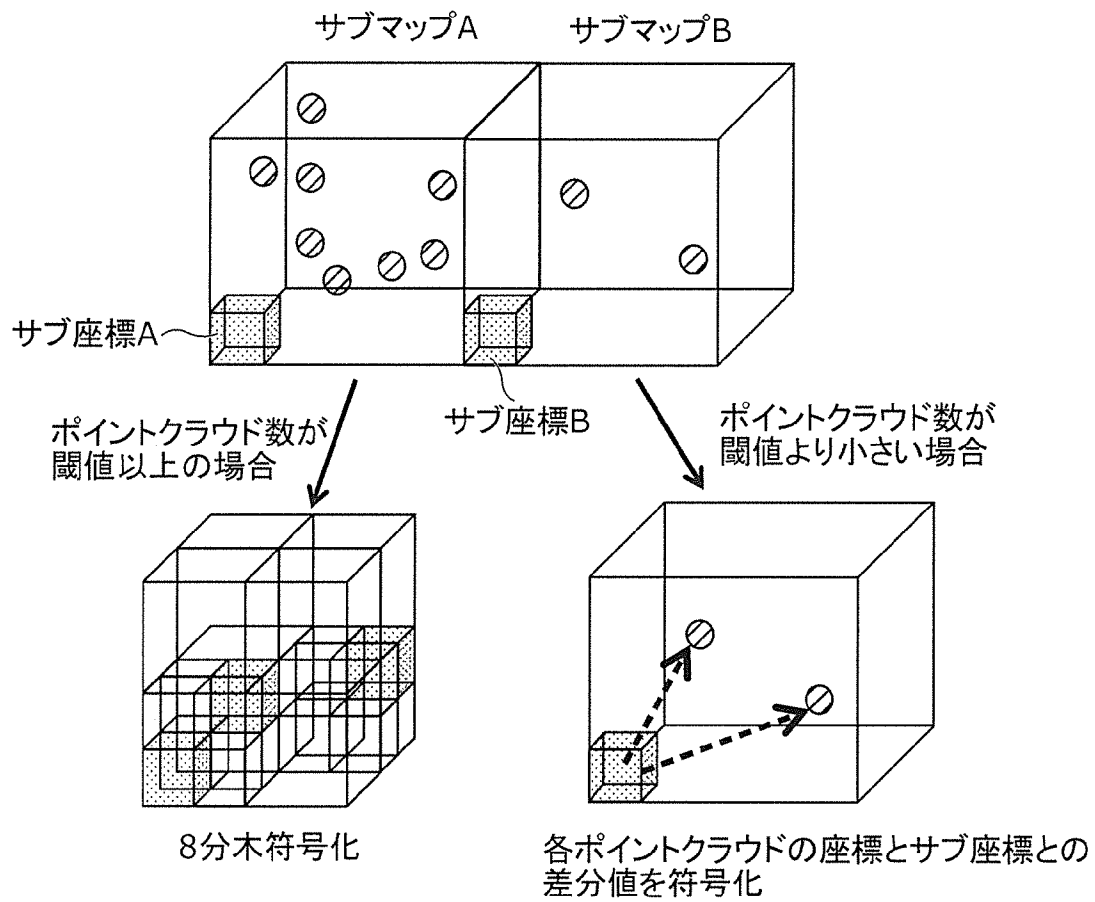
[図55]



[図56]

```
sub-map_header() {  
    ...  
    NumOfPoint  
    sub_coordinate_x  
    sub_coordinate_y  
    sub_coordinate_z  
    ...  
    sub_map_data()  
    ...  
}  
  
sub_map_data() {  
    ...  
    for (i=0; i<NumOfPoint; i++) {  
        diff_x[i]  
        diff_y[i]  
        diff_z[i]  
    }  
    ...  
}
```

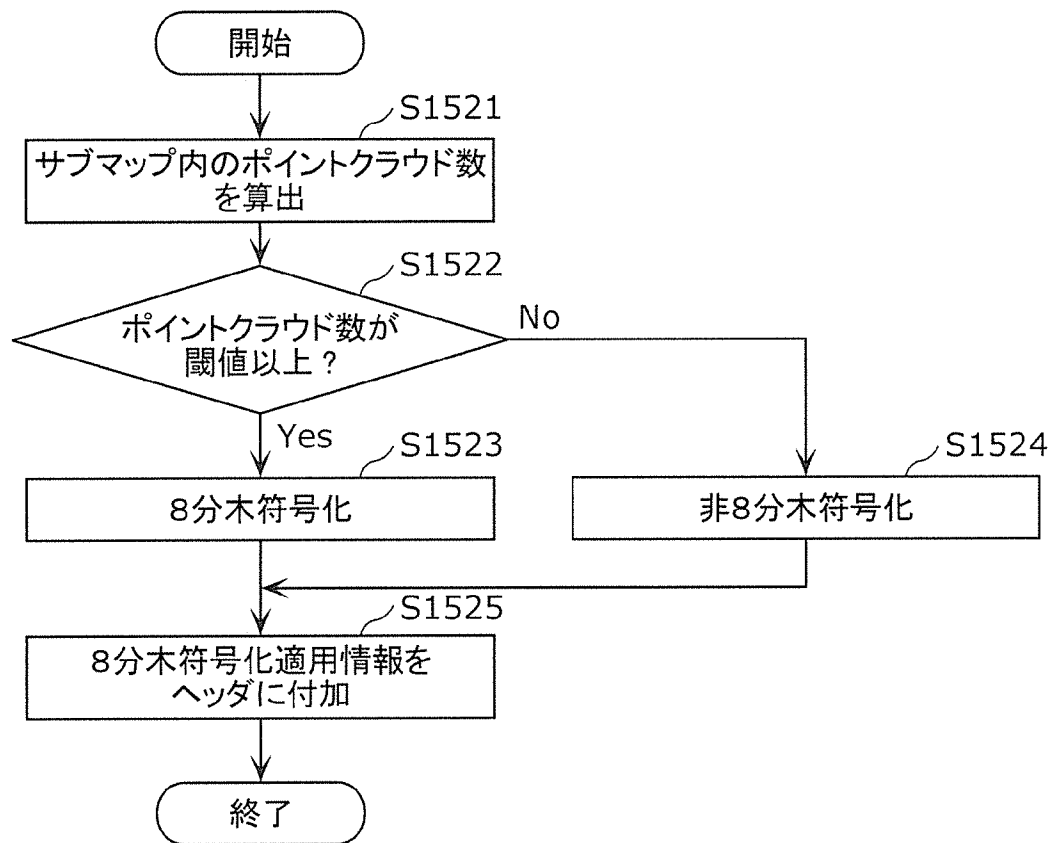
[図57]



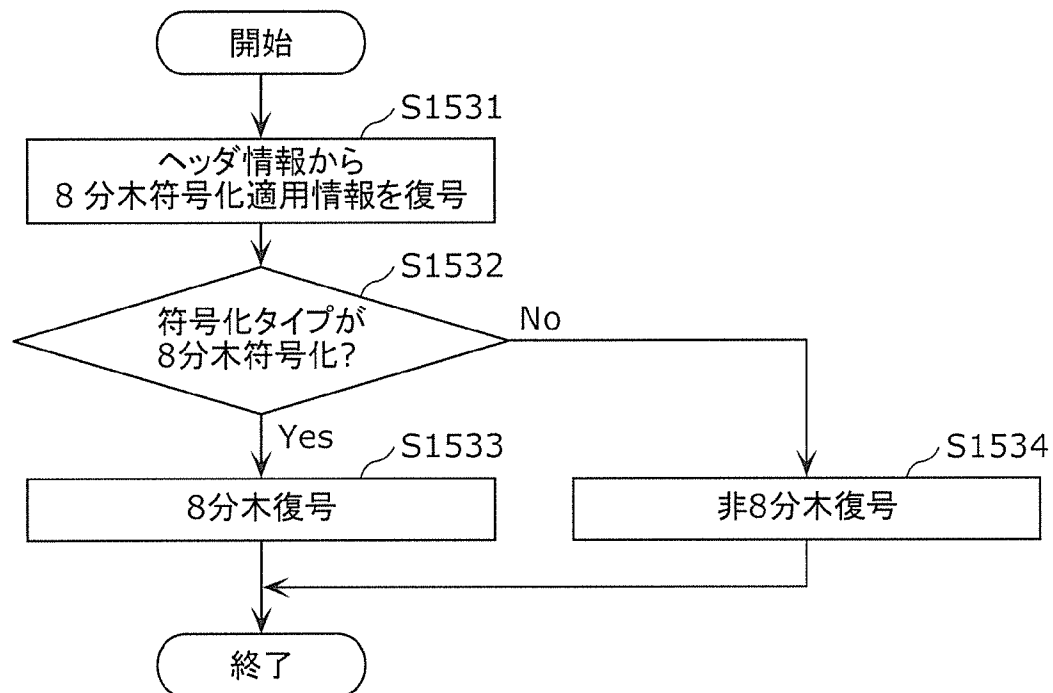
[図58]

```
sub-map_header() {  
    ...  
    coding_type  
    If (coding_type==non_octree)  
    {  
        NumOfPoint  
        sub_coordinate_x  
        sub_coordinate_y  
        sub_coordinate_z  
    }  
    else if (coding_type==octree) {  
    {  
        octree_info()  
    }  
    ...  
    sub_map_data()  
    ...  
}  
  
sub_map_data() {  
    ...  
    if (coding_type==non_octree)  
    {  
        for (i=0; i<NumOfPoint; i++) {  
            diff_x[i]  
            diff_y[i]  
            diff_z[i]  
        }  
    }  
    else (coding_type==octree) {  
        octree_data()  
    }  
    ...  
}
```

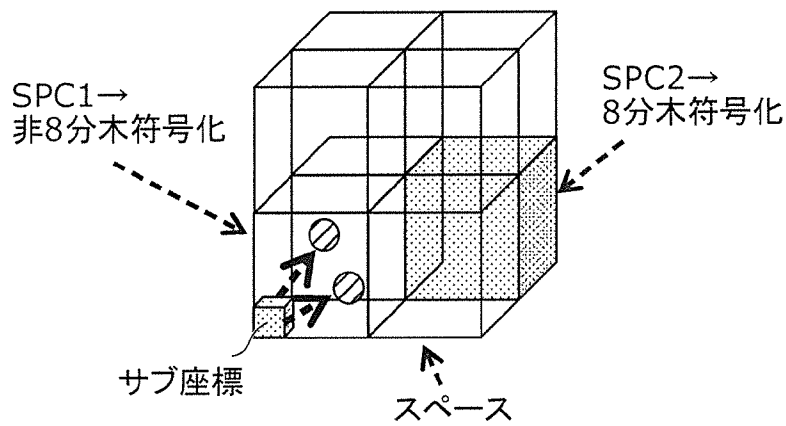
[図59]



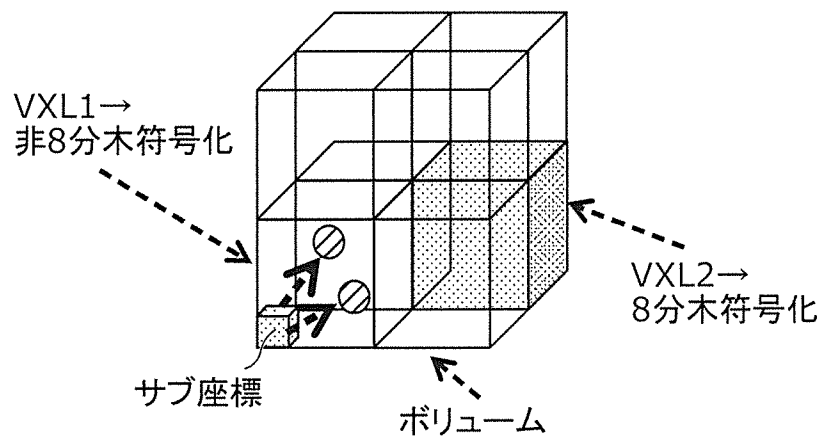
[図60]



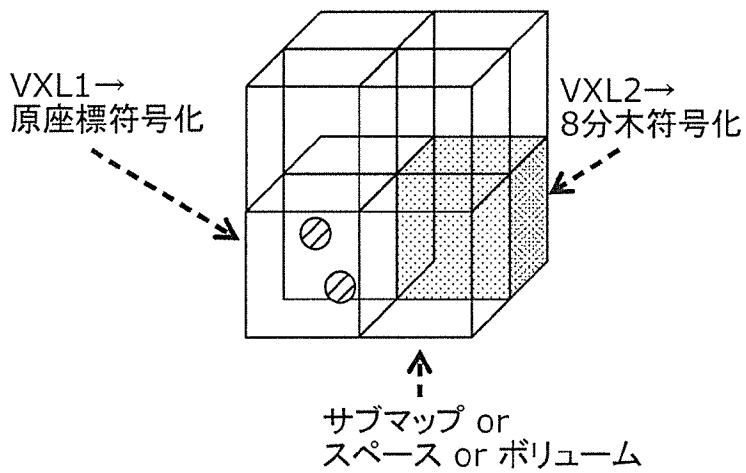
[図61]



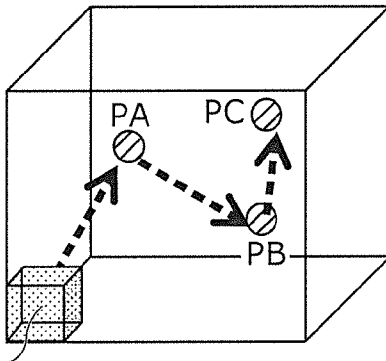
[図62]



[図63]

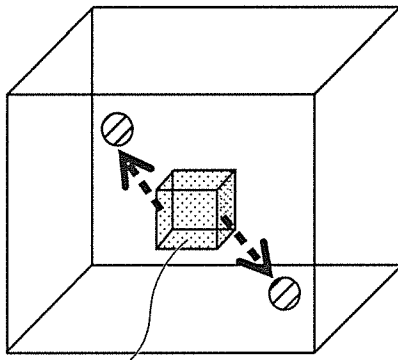


[図64]



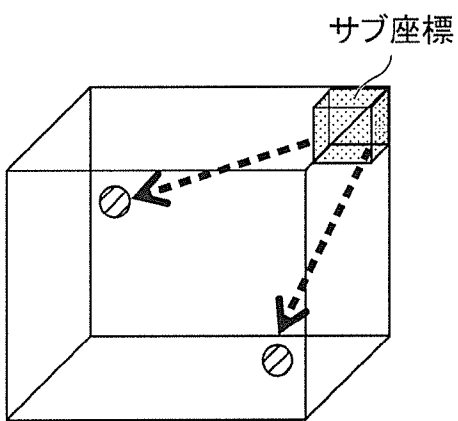
サブ座標

[図65]

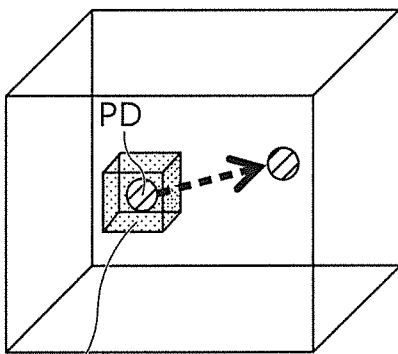


サブ座標

[図66]



[図67]

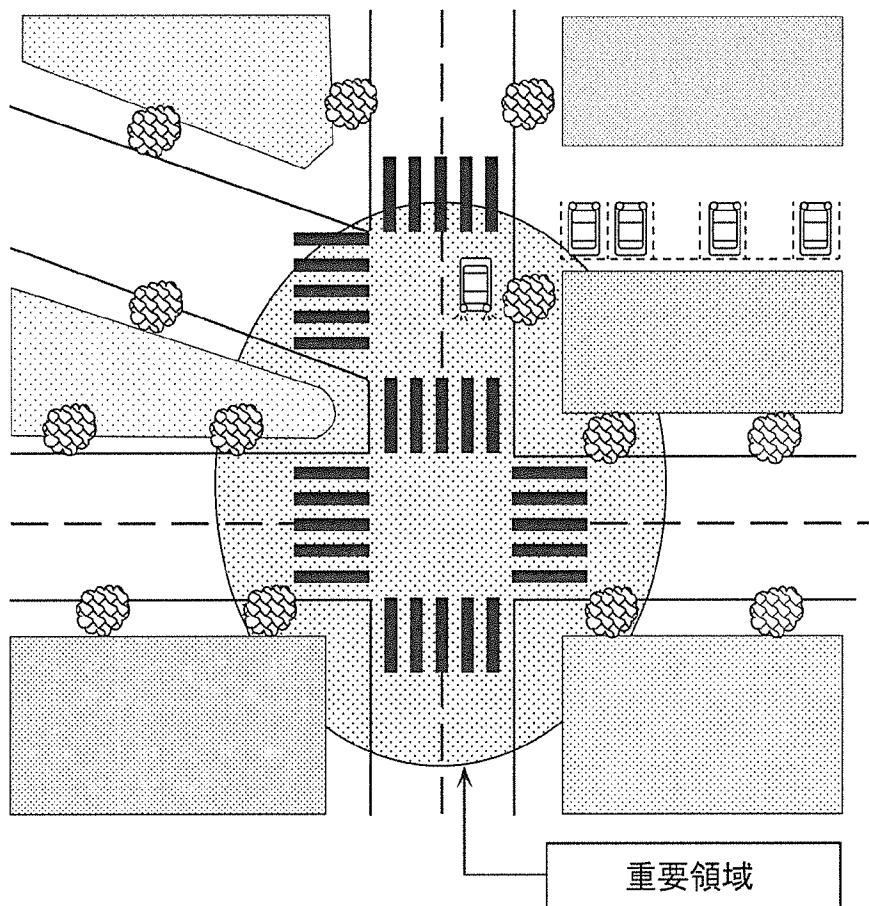


サブ座標

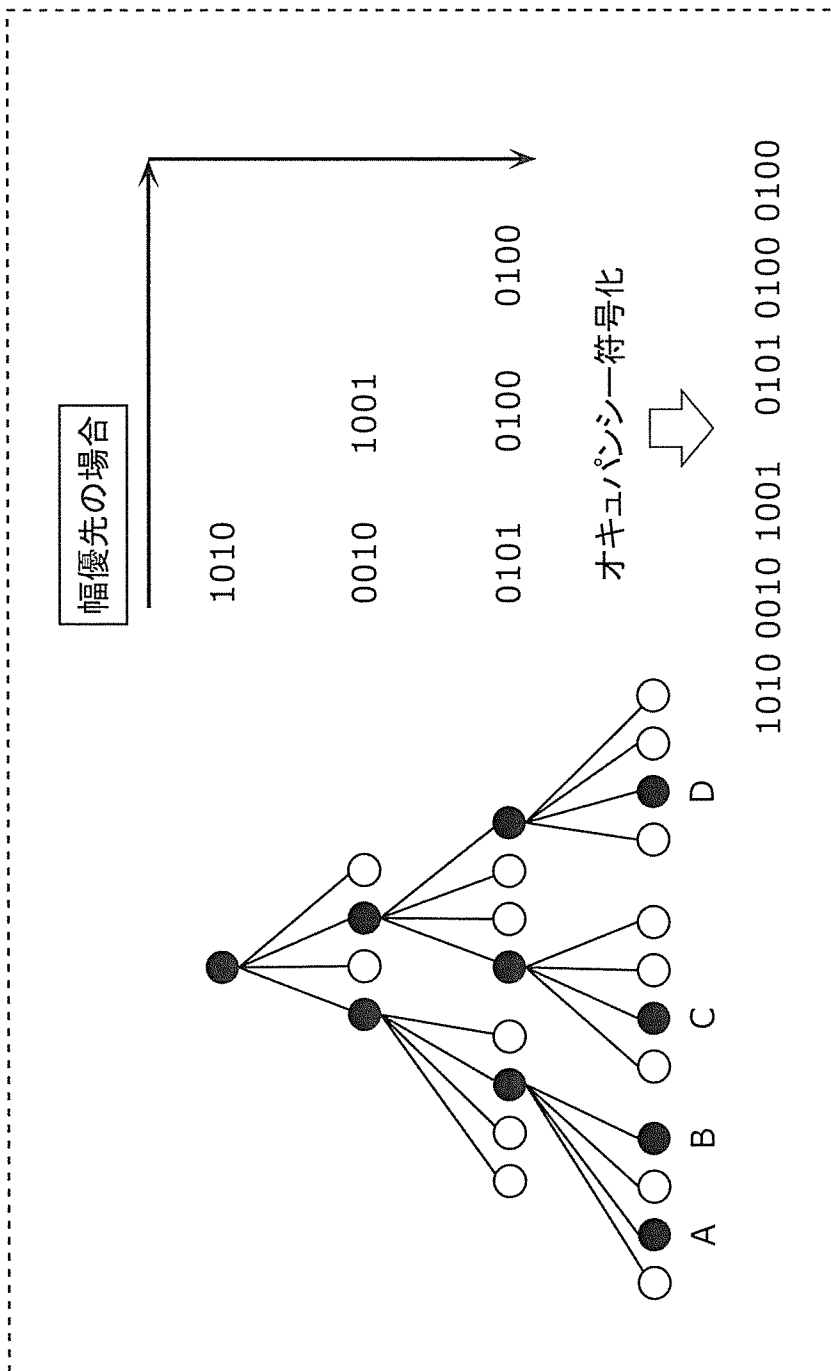
[図68]

```
volume_header() {  
    ...  
    coding_type  
    If (coding_type== non_octree)  
    {  
        NumOfPoint  
        sub_coordinate_x  
        sub_coordinate_y  
        sub_coordinate_z  
    }  
    else if (coding_type==octree) {  
    {  
        octree_info()  
    }  
    ...  
    volume_data()  
    ...  
}  
  
volume_data() {  
    ...  
    if (coding_type==non_octree)  
    {  
        for (i=0; i<NumOfPoint; i++) {  
            diff_x[i]  
            diff_y[i]  
            diff_z[i]  
        }  
    }  
    else (coding_type==octree) {  
        octree_data()  
    }  
    ...  
}
```

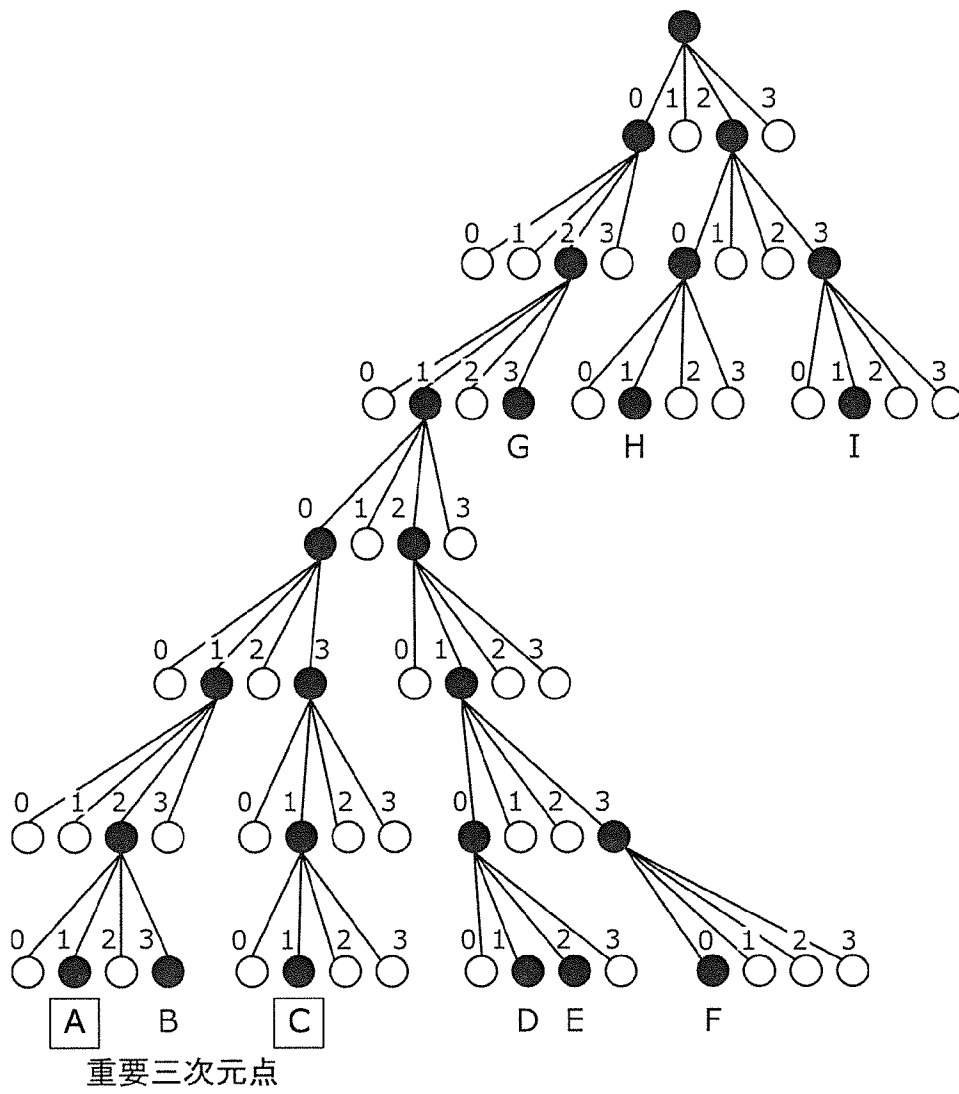
[図69]



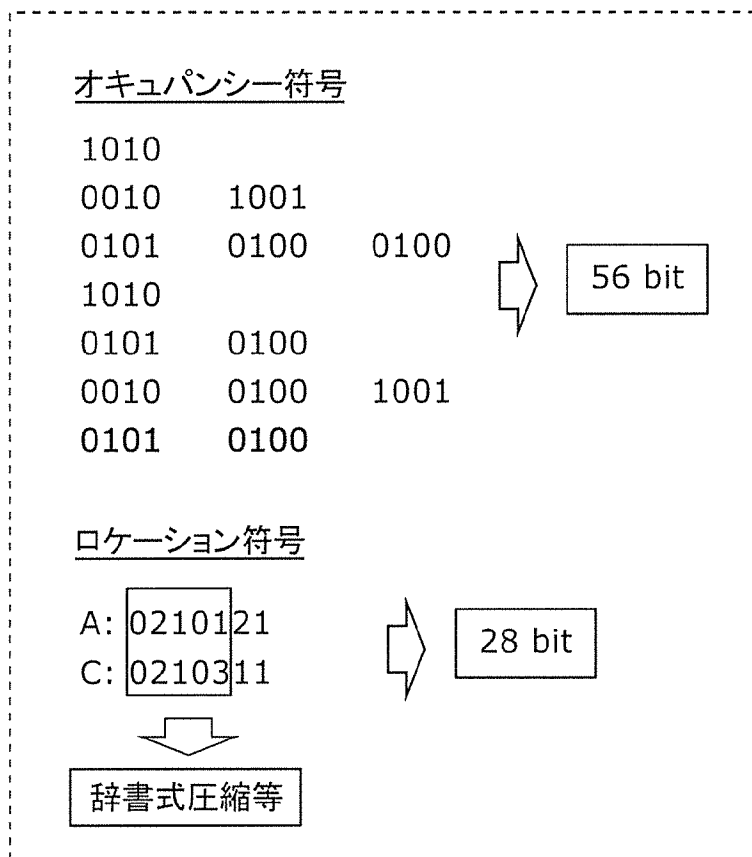
[図70]



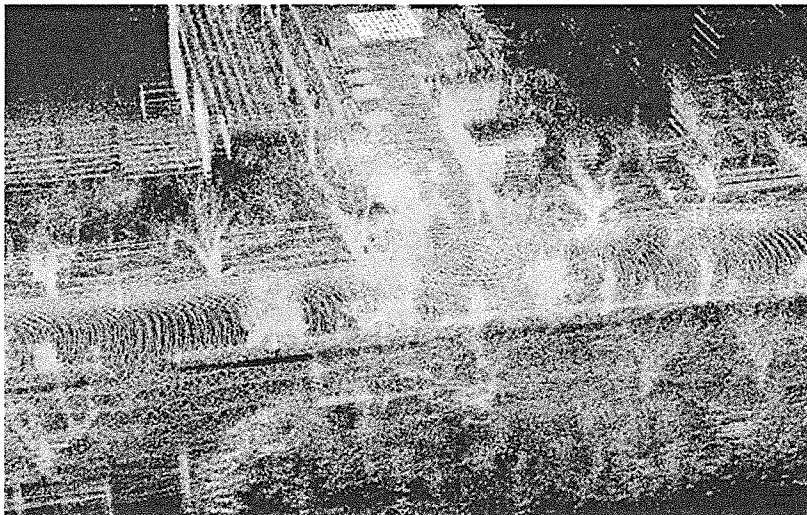
[図71]



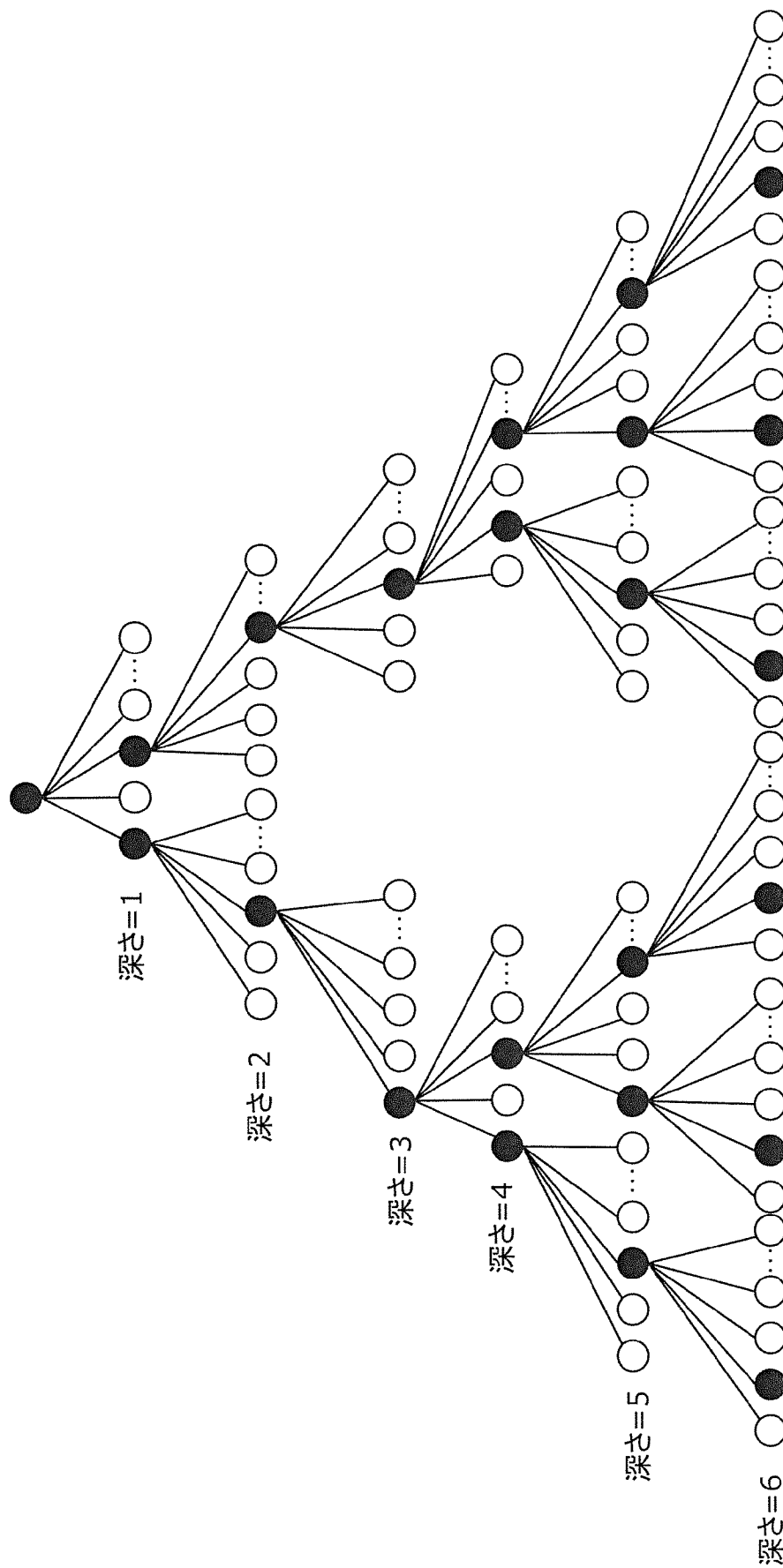
[図72]



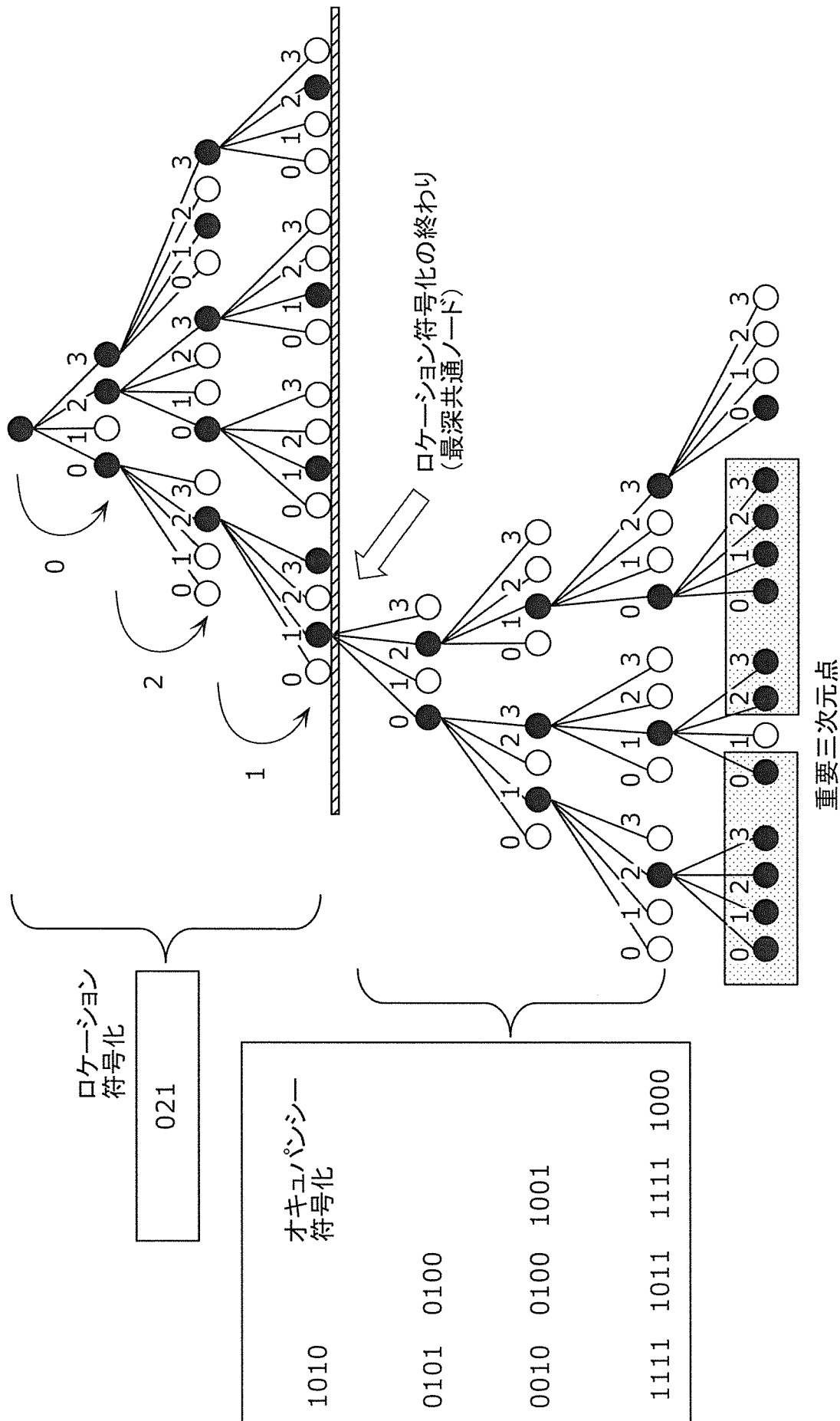
[図73]



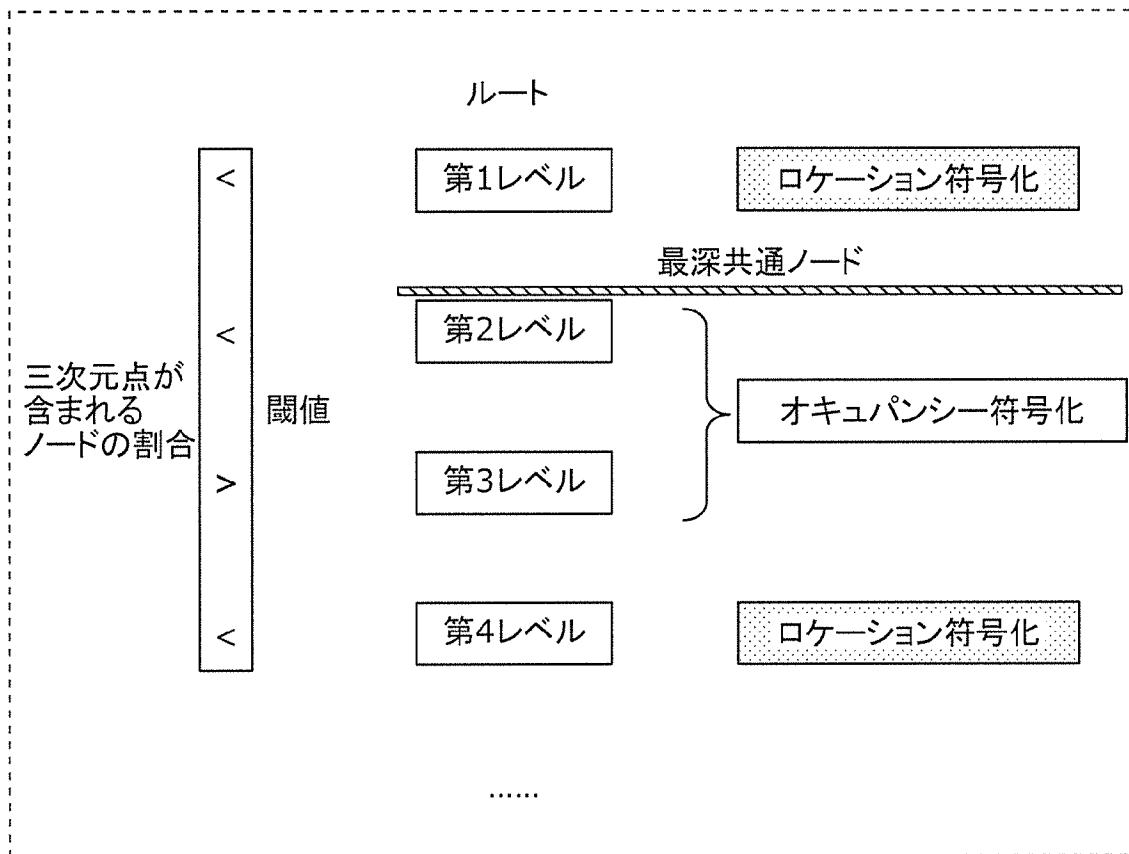
[図74]



[図75]



[図76]

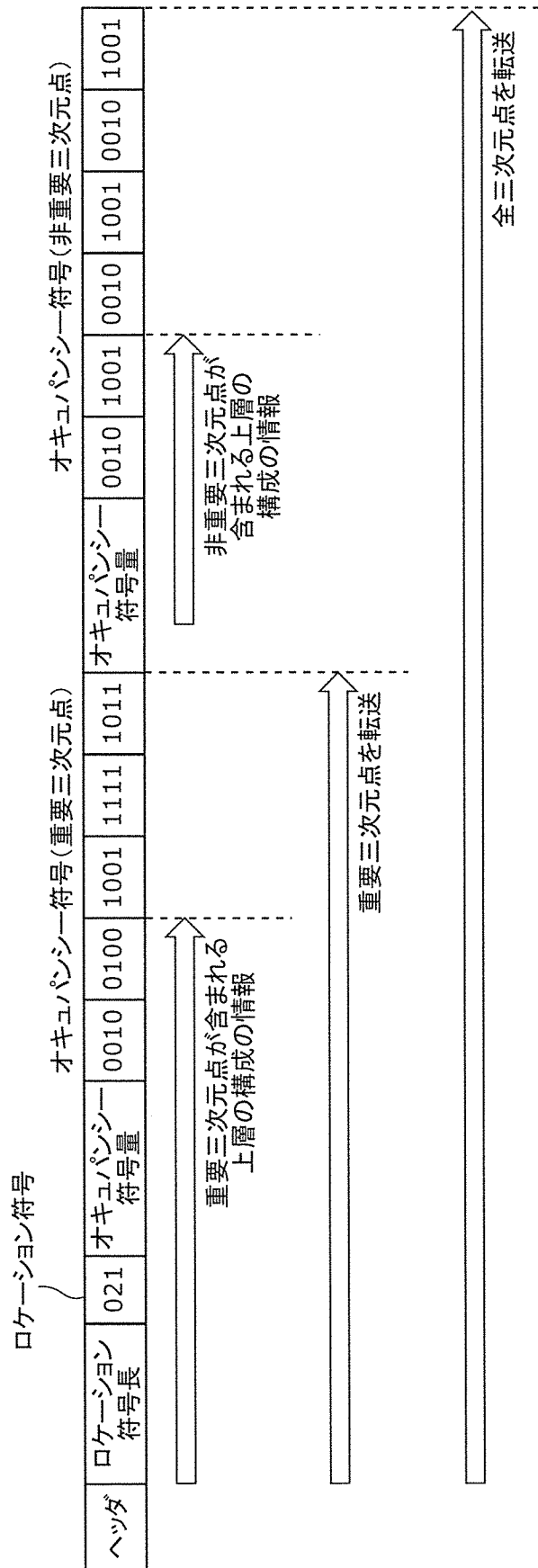


[图77]

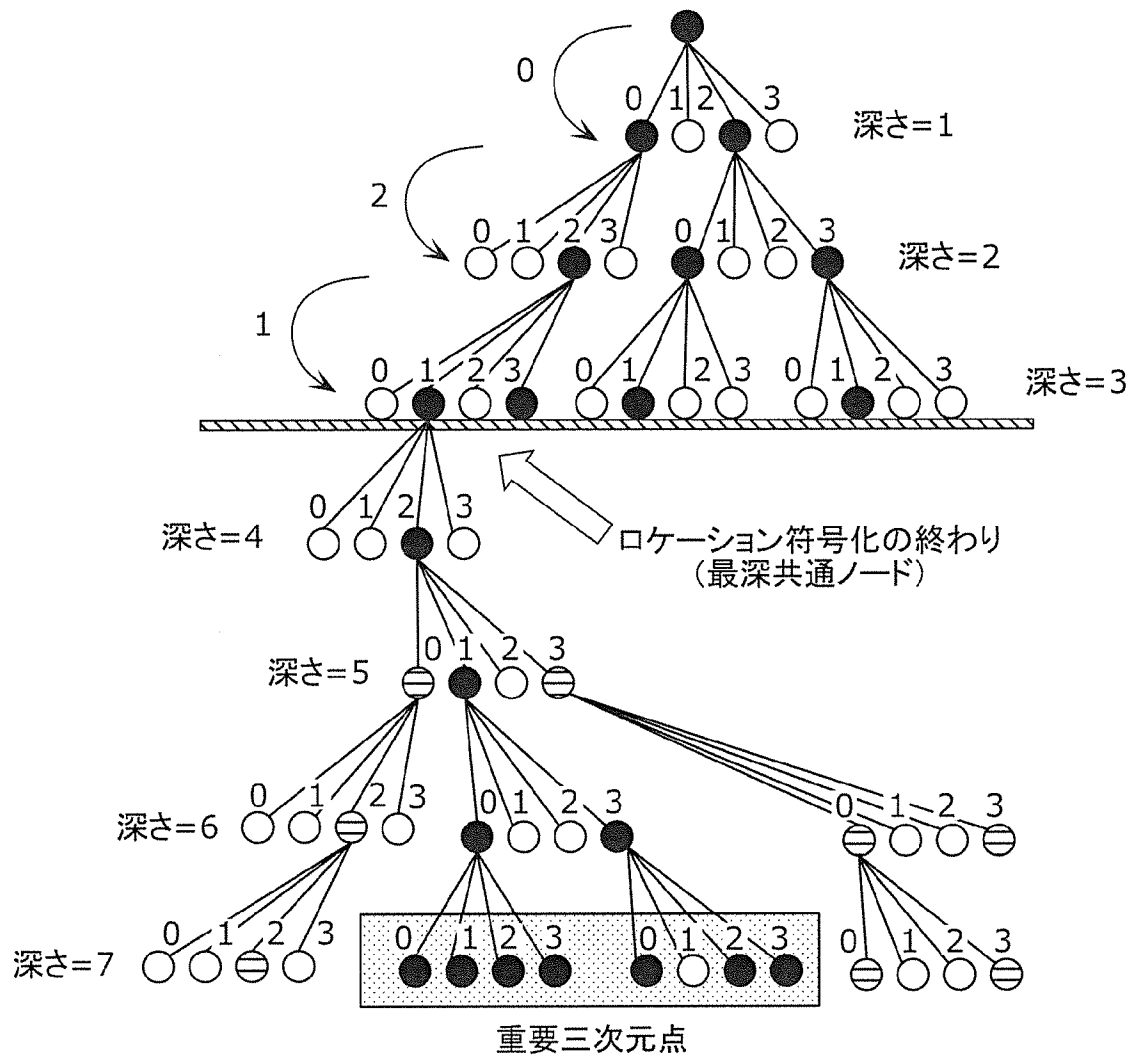
	0101	0121	0123	0212	0221	0223	0233	1121	1201	1221	2101	2121	2201	2222
へッダ	0101	0121	0123	0212	0221	0223	0233	1121	1201	1221	2101	2121	2201	2222

ロケーション番号

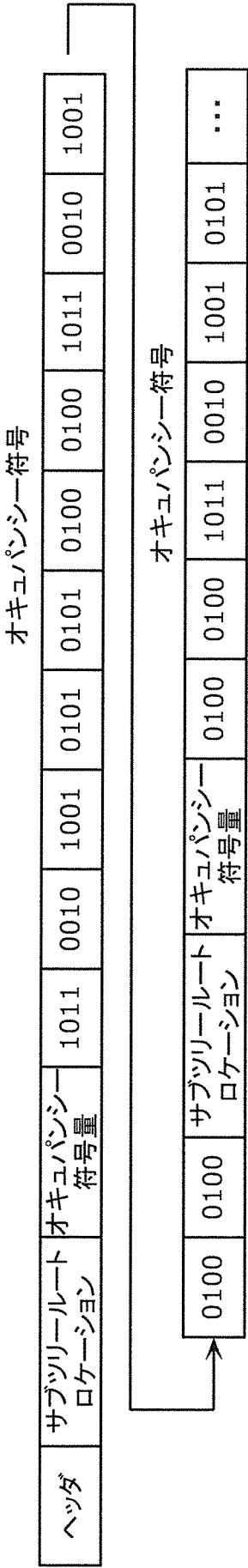
[図78]



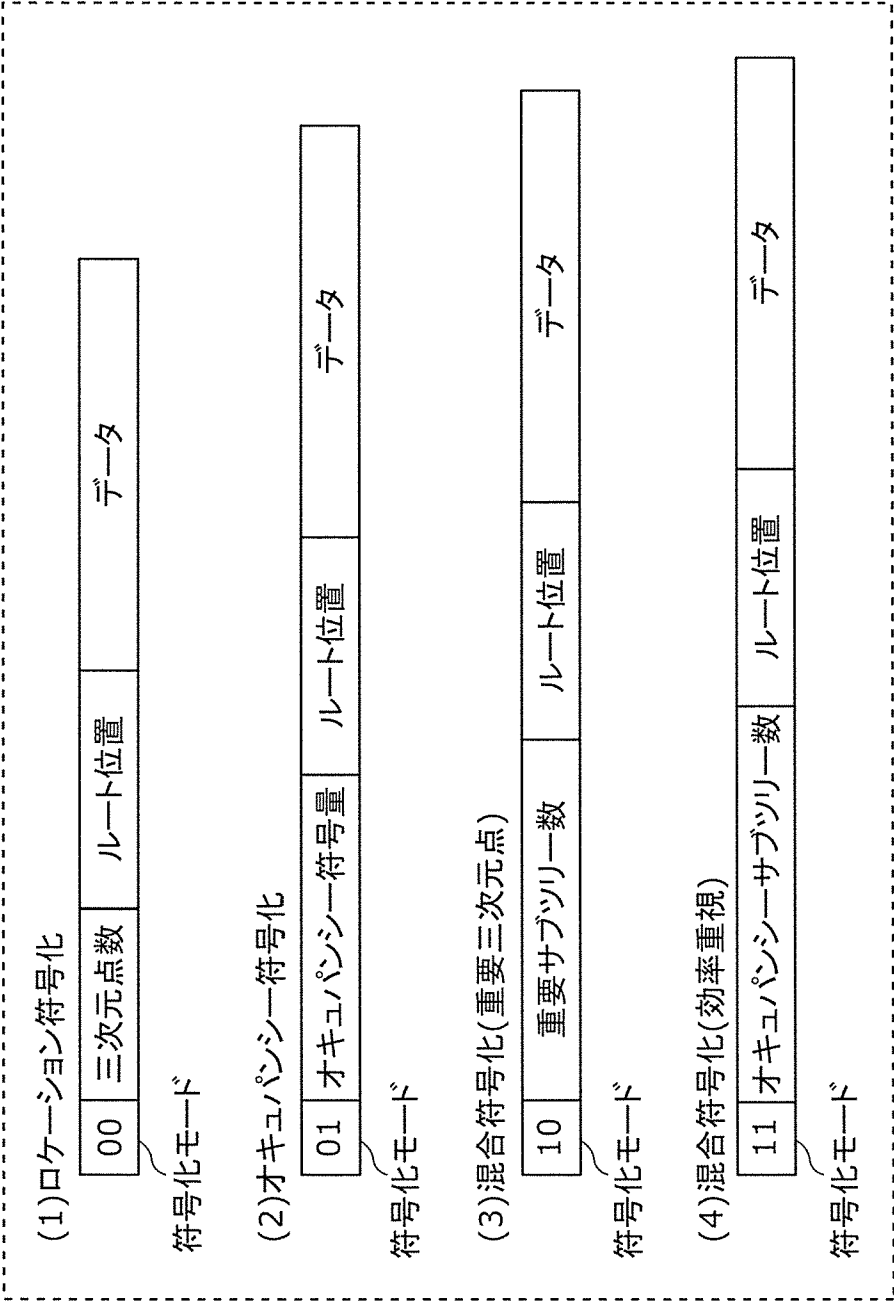
[図79]



[図81]



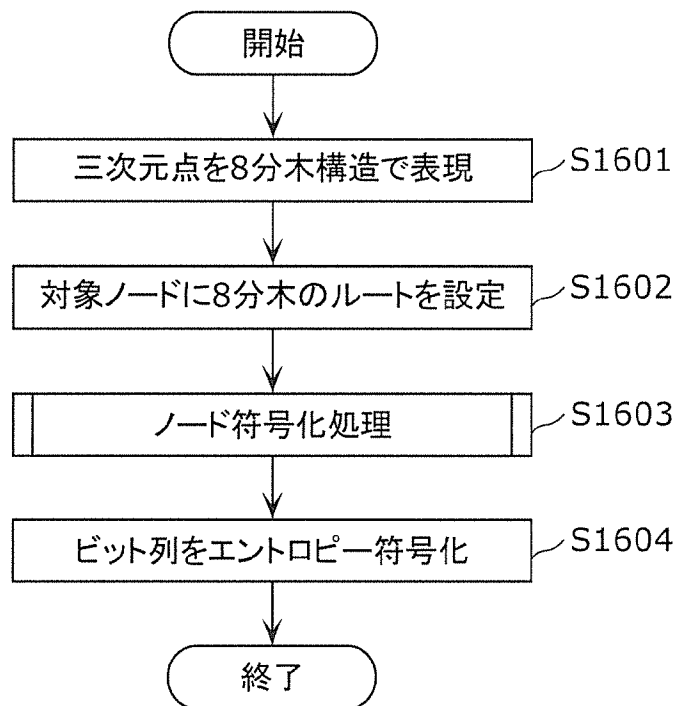
[図82]



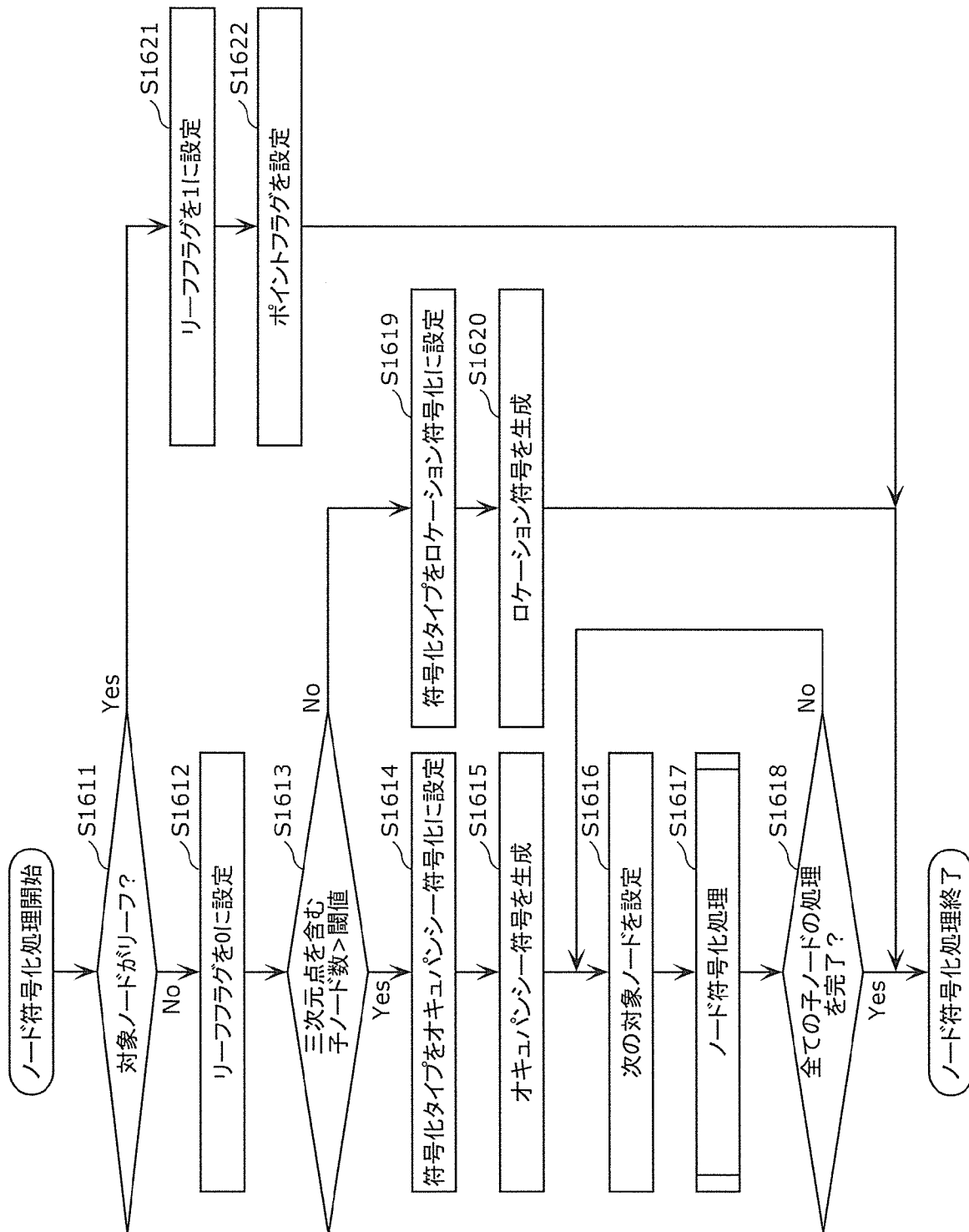
[図83]

```
node(depth, index) {  
  ...  
  isleaf  
  if (isleaf) { //leaf  
    point_flag  
  }  
  else { //node  
    coding_type  
    if (coding_type== location coding)  
    {  
      numPoint  
      for (i=0; i<numPoint; i++) {  
        num_idx[i]  
        for (j=0; j<num_idx[i]; j++) {  
          idx[i][j]  
        }  
      }  
    }  
    else if (coding_type==occupancy coding) {  
    {  
      occupancy_code  
      for (i=0; i<8; i++) {  
        if (occupancy_code&(0x01<<i) == 1) {  
          node(depth+1, i)  
        }  
      }  
    }  
    ...  
  }  
}
```

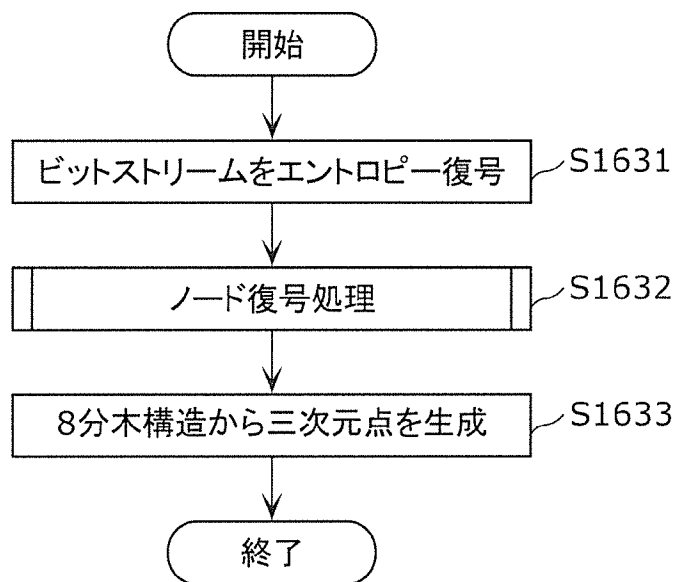
[図84]



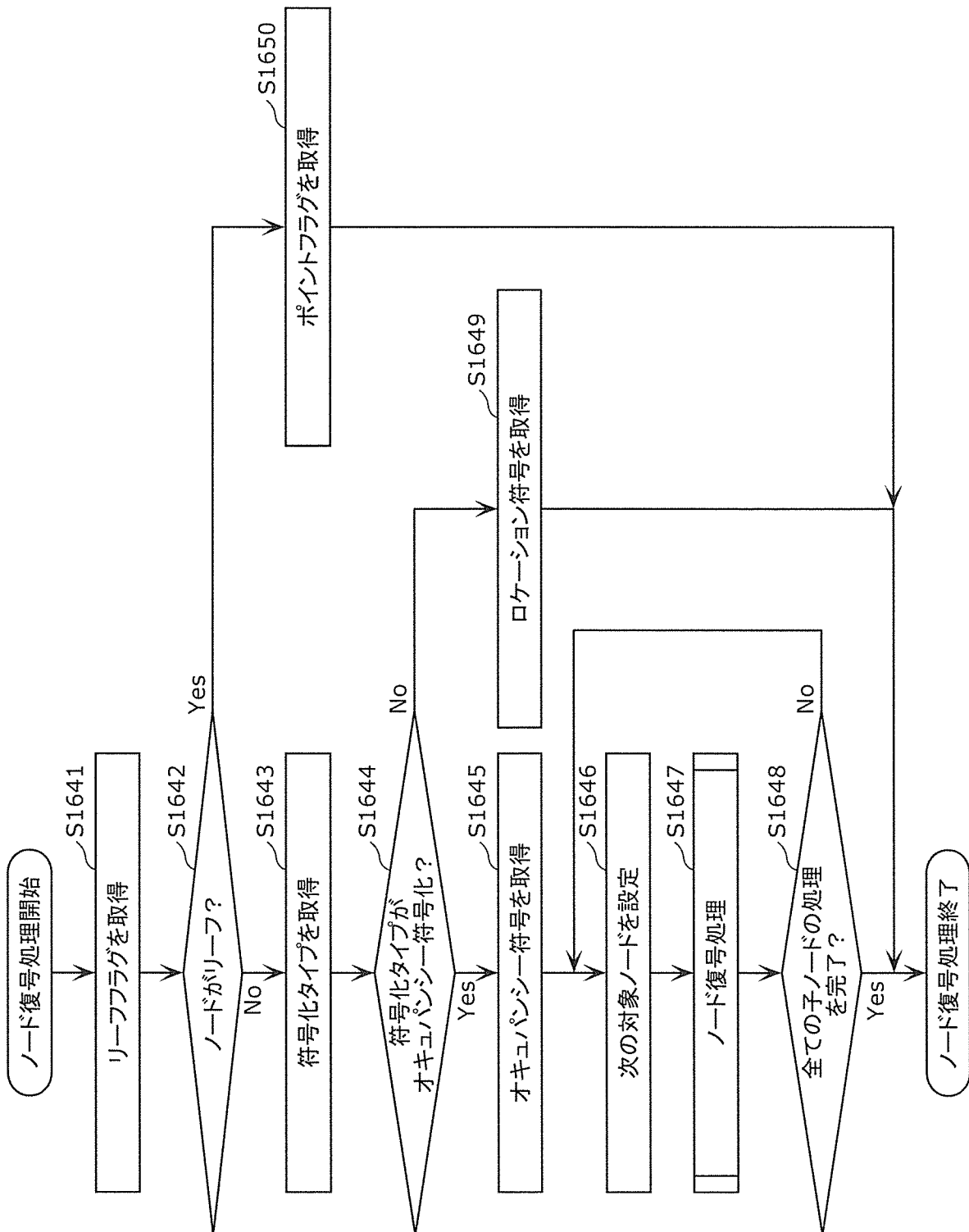
[図85]



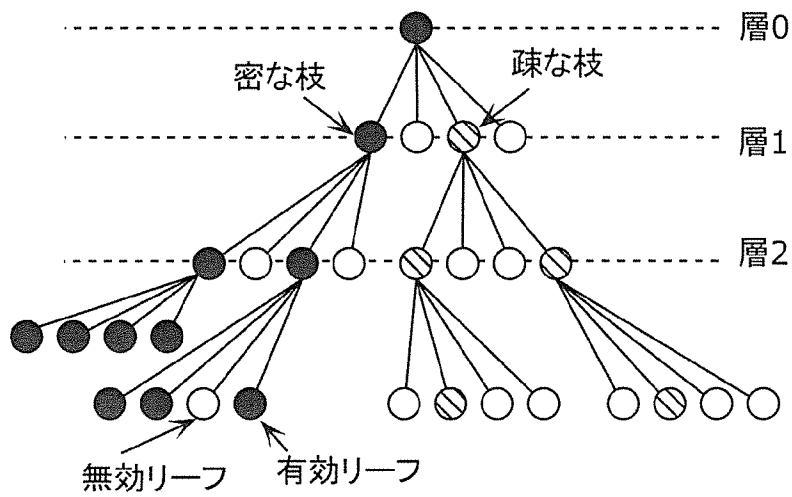
[図86]



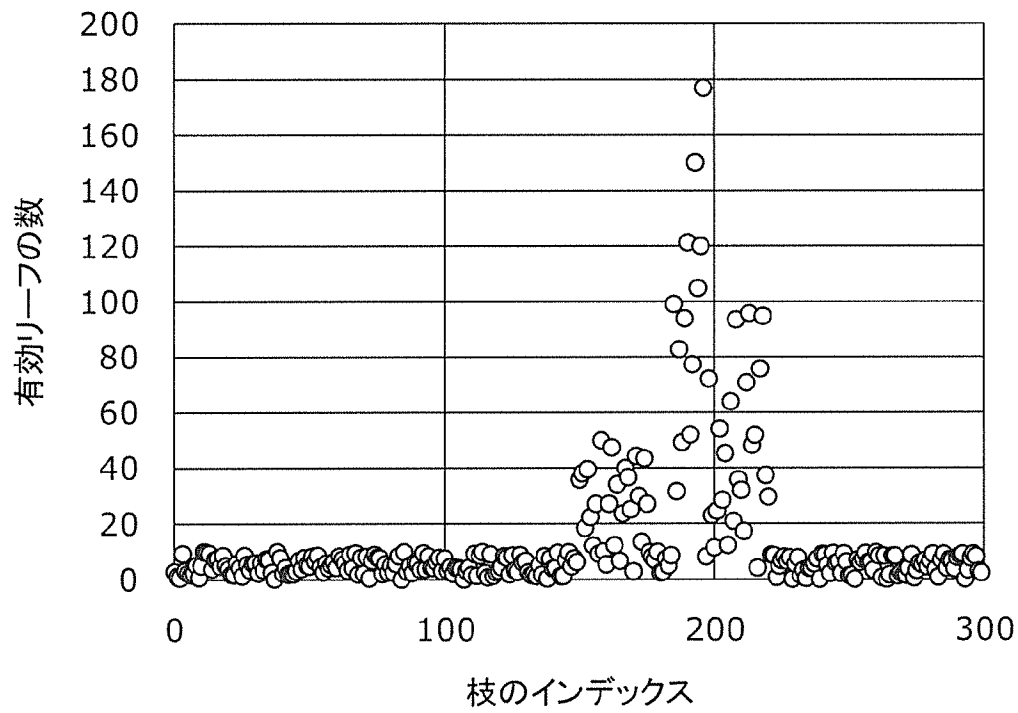
[図87]



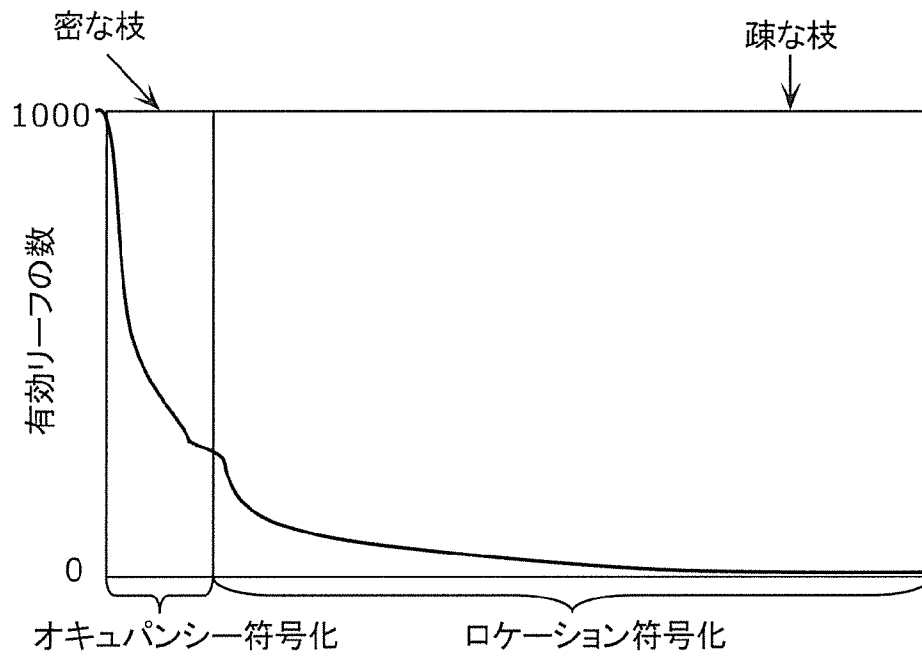
[図88]



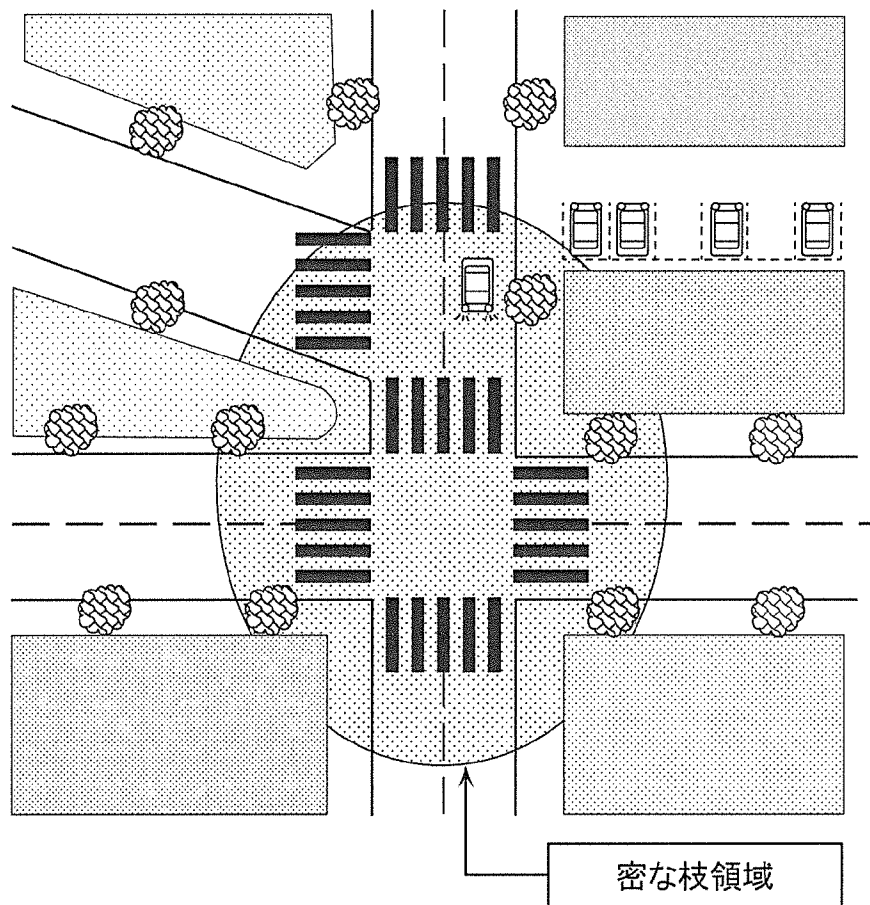
[図89]



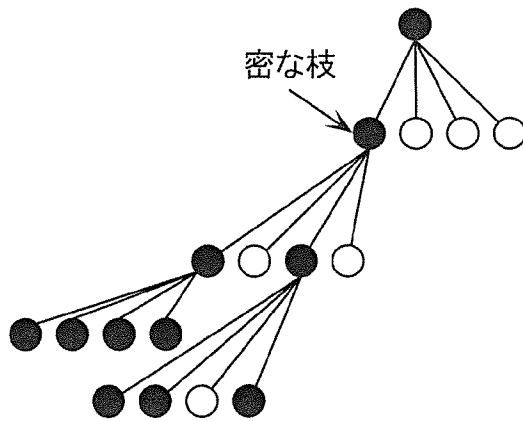
[図90]



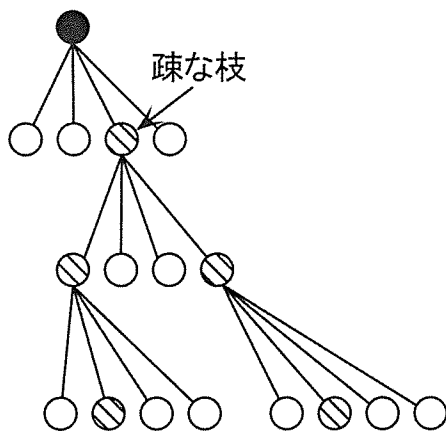
[図91]



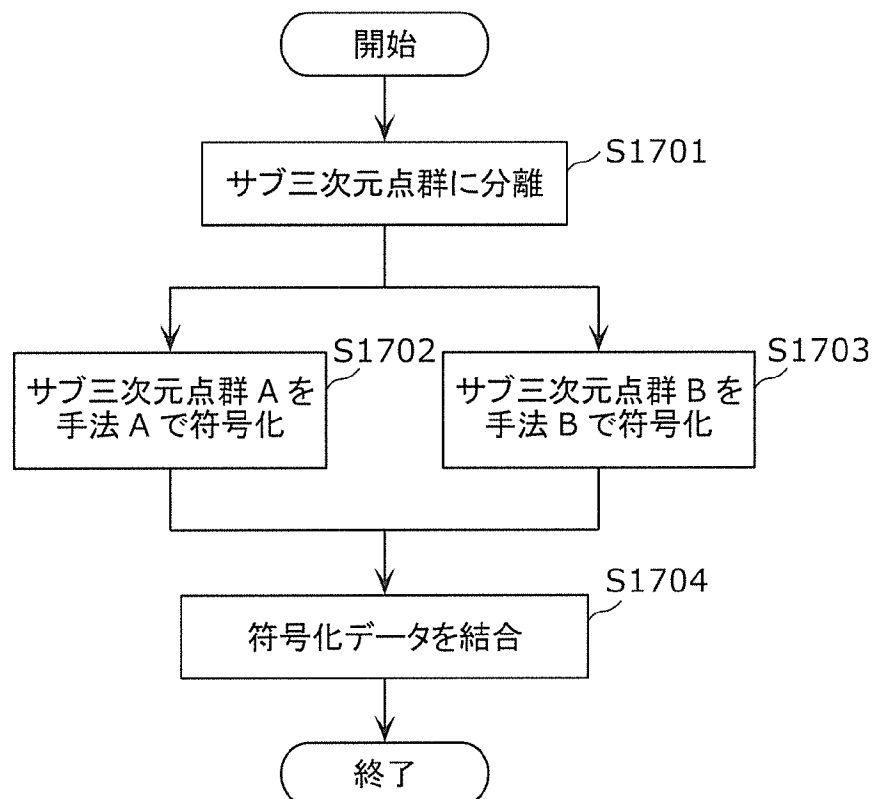
[図92]



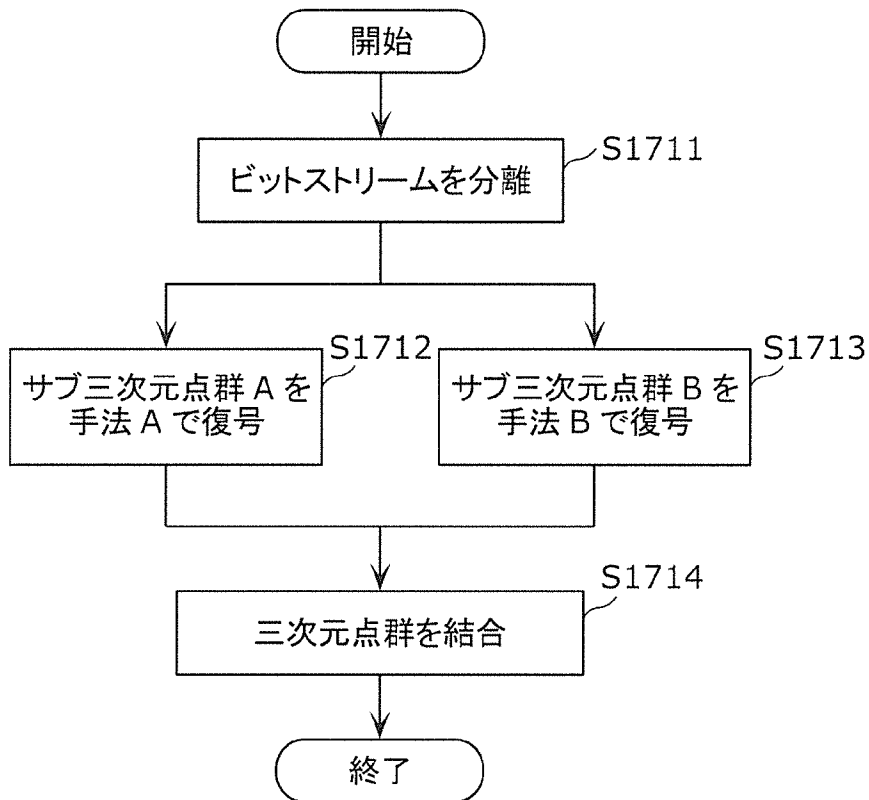
[図93]



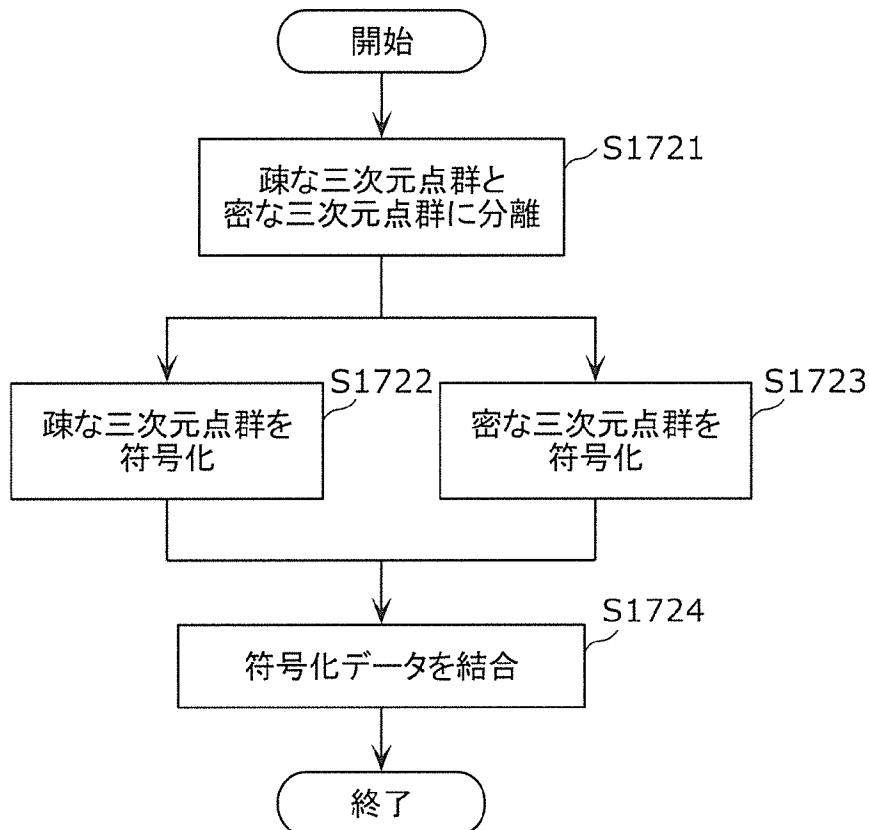
[図94]



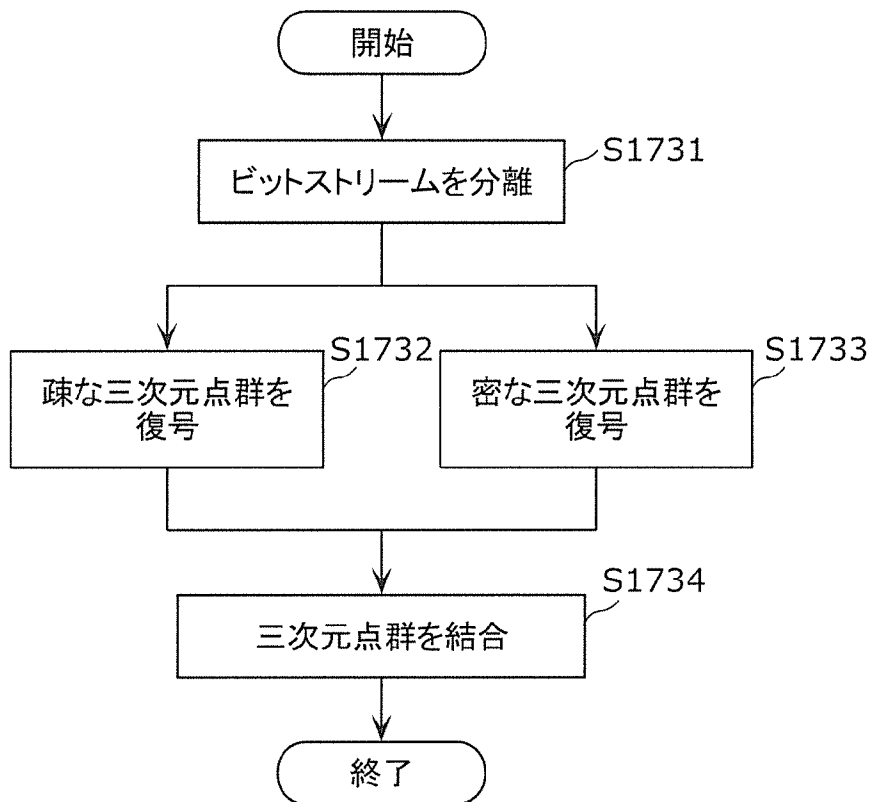
[図95]



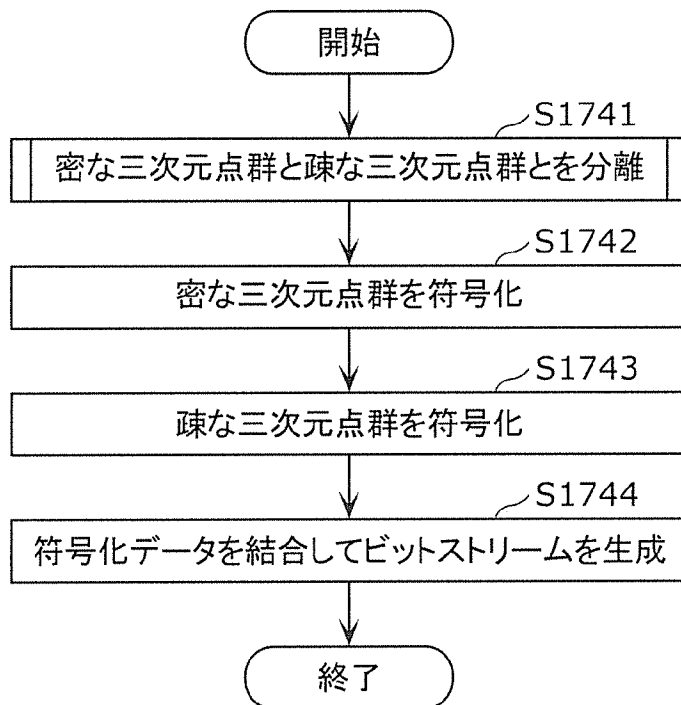
[図96]



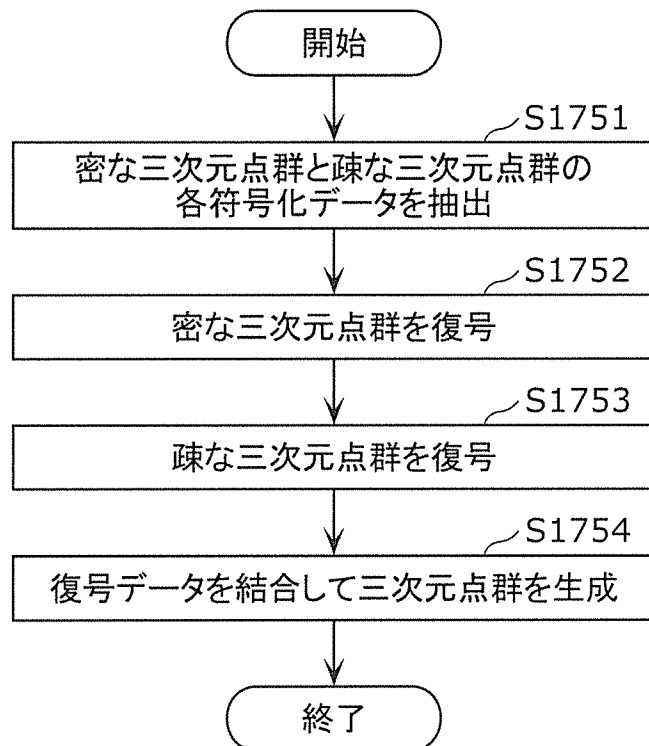
[図97]



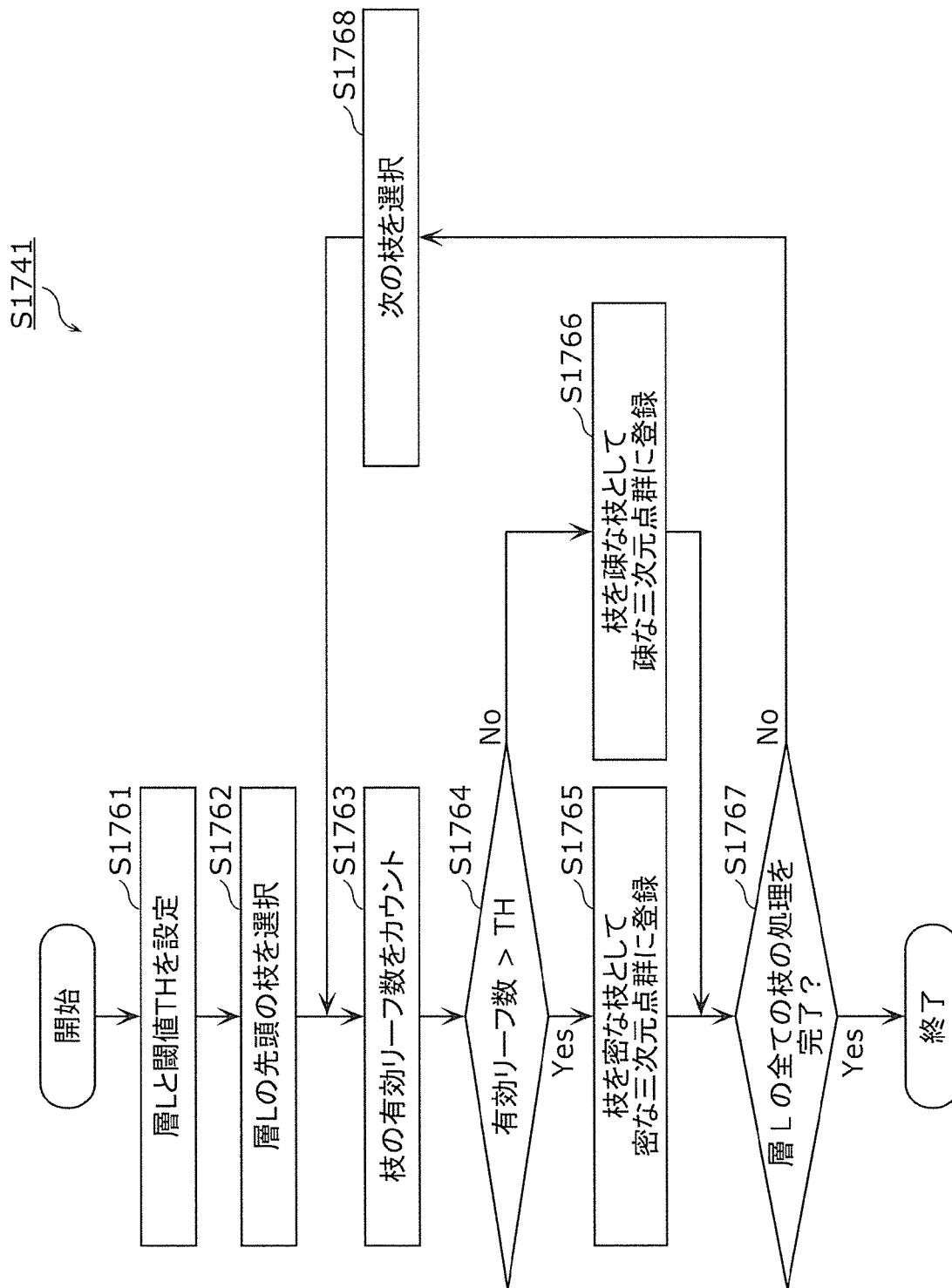
[図98]



[図99]



[図100]



[図101]

```

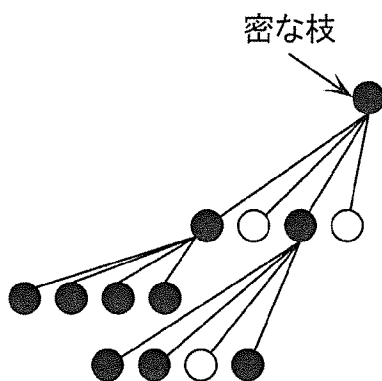
pc_header() {
...
num_sub_pc
for (i=0; i<num_sub_pc; i++)
  numPoint[i]
  coding_type[i]
  data_sub_cloud[i]()
}

data_sub_cloud() {

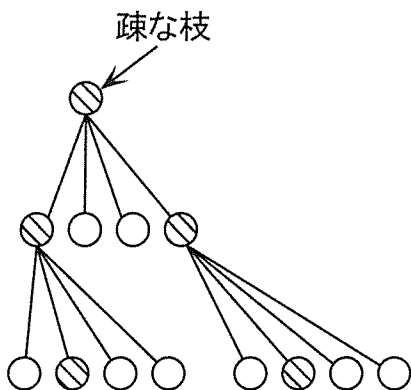
if (coding_type == 00)
{
  coding_type_00_data
}
else if (coding_type == 01)
{
  coding_type_01_data
}
...
end_of_data
}

```

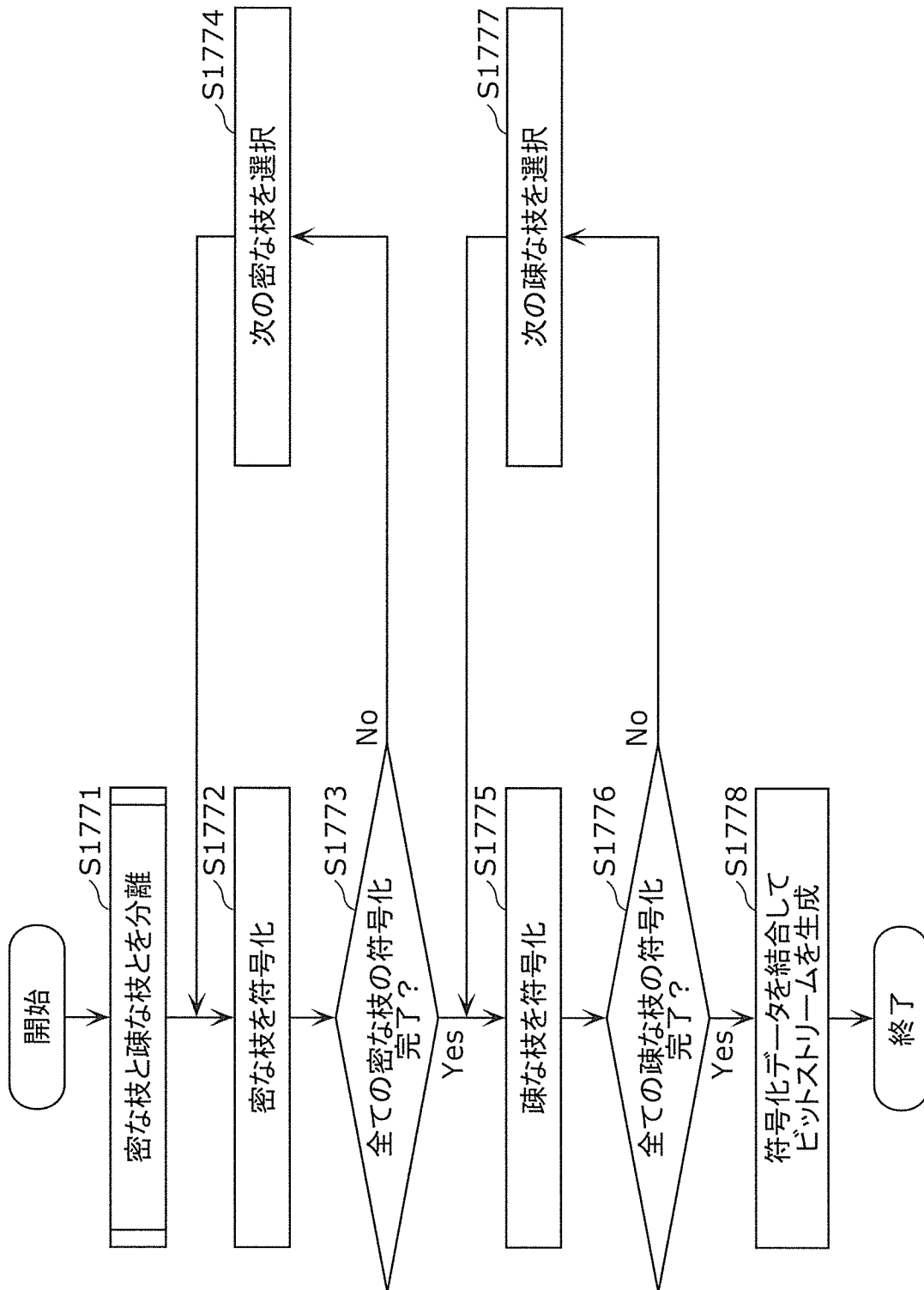
[図102]



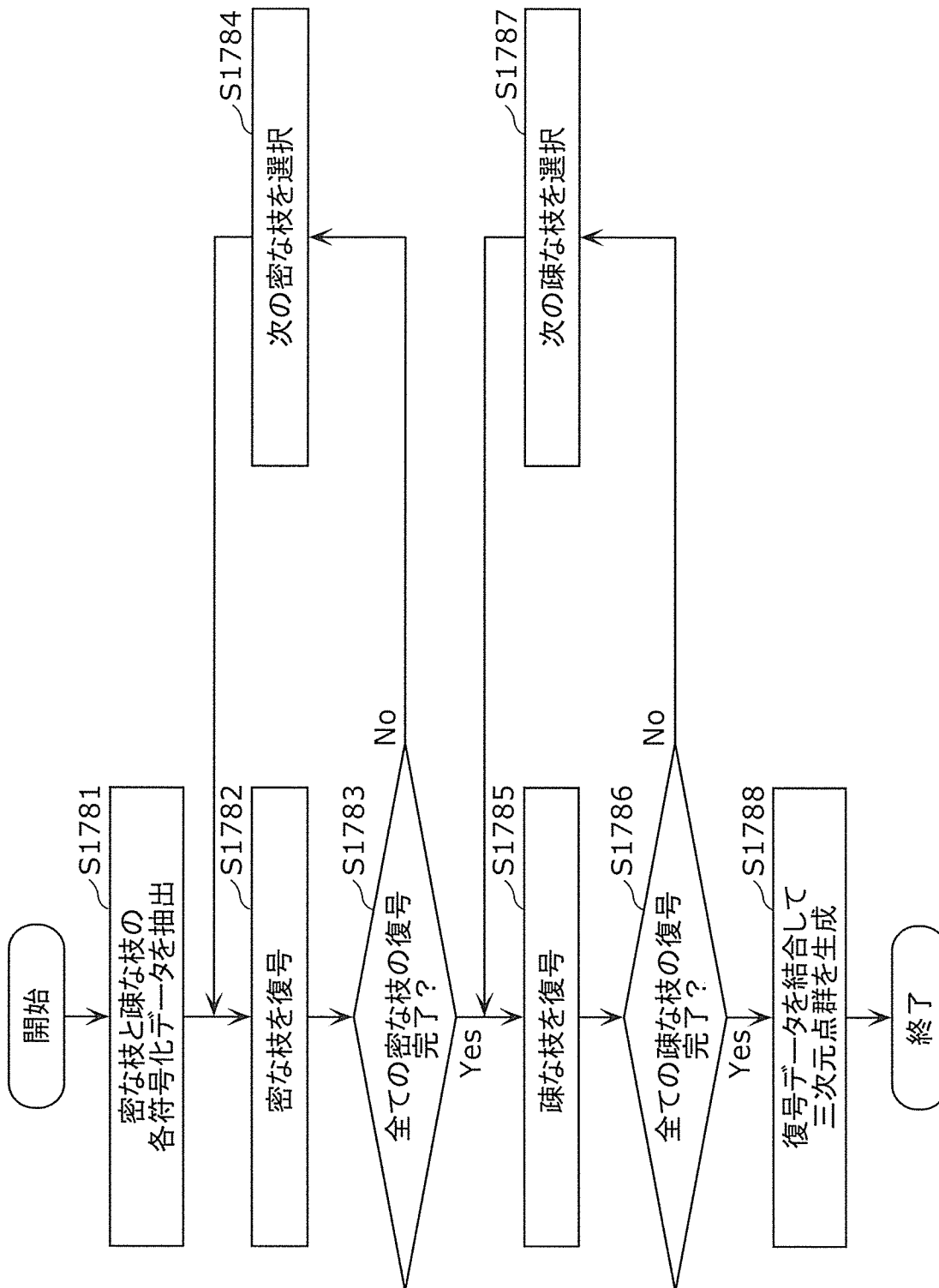
[図103]



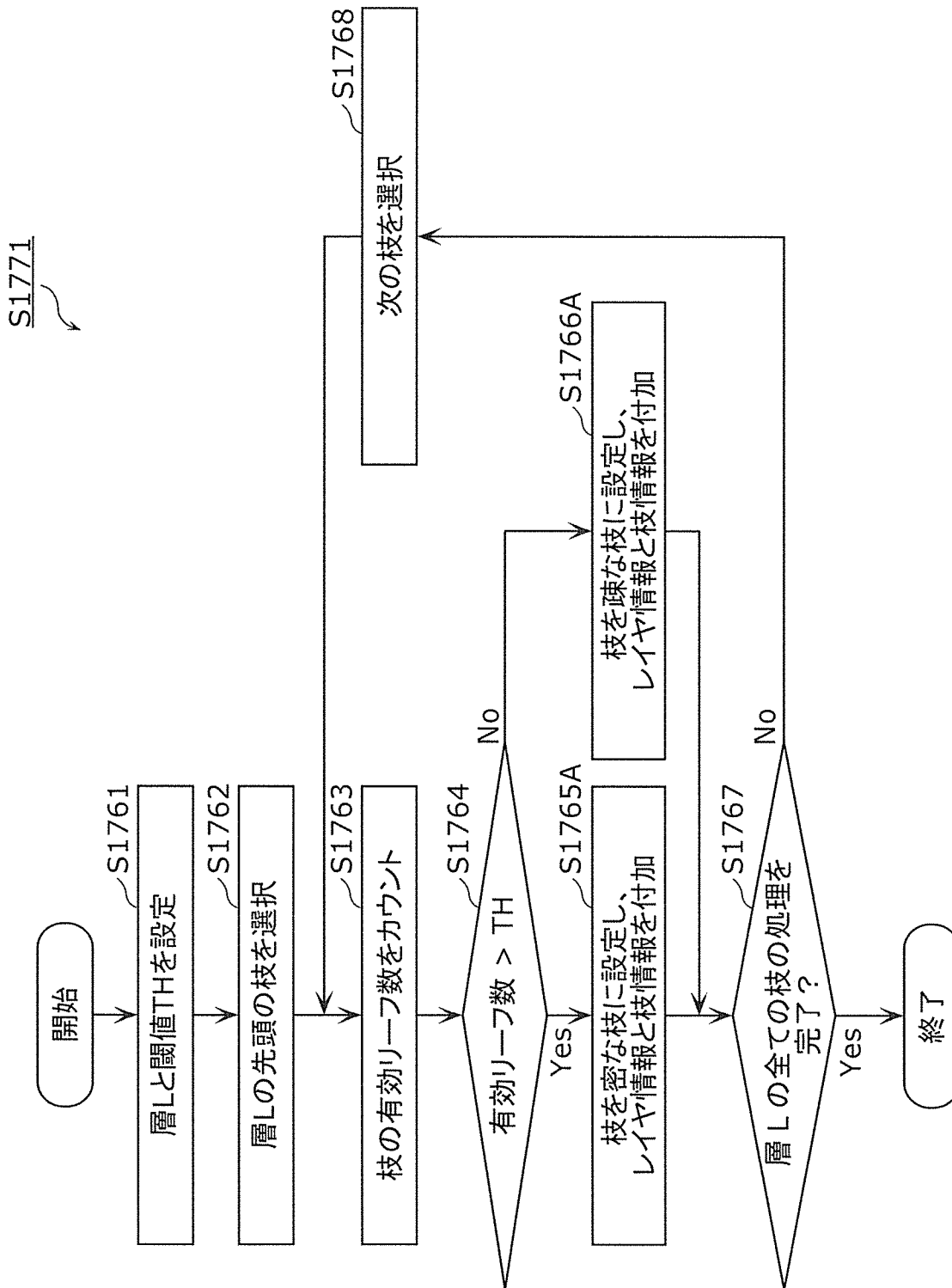
[図104]



[図105]



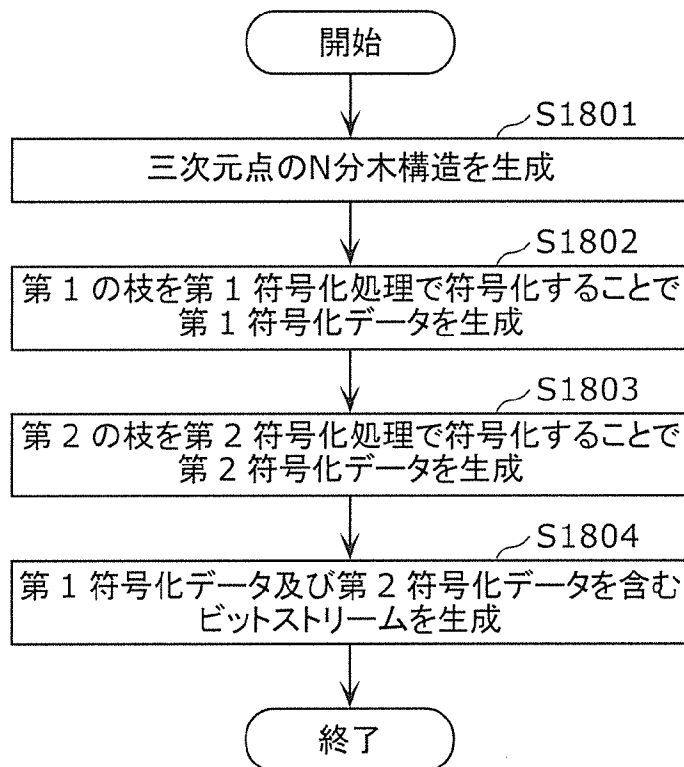
[図106]



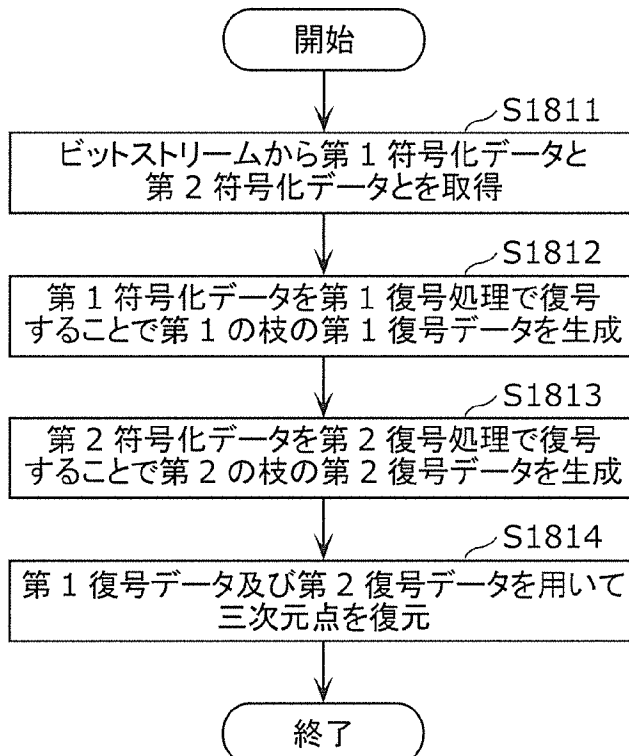
[図107]

```
pc_header() {  
  ...  
  num_sub_pc  
  for (i=0; i<num_sub_pc; i++)  
    layer_id[i]  
    branch_id[i]  
    numPoint[i]  
    coding_type[i]  
    data_sub_cloud[i]()  
}  
  
data_sub_cloud() {  
  if (coding_type == 00)  
  {  
    coding_type_00_data  
  }  
  else if (coding_type == 01)  
  {  
    coding_type_01_data  
  }  
  ...  
  end_of_data  
}
```

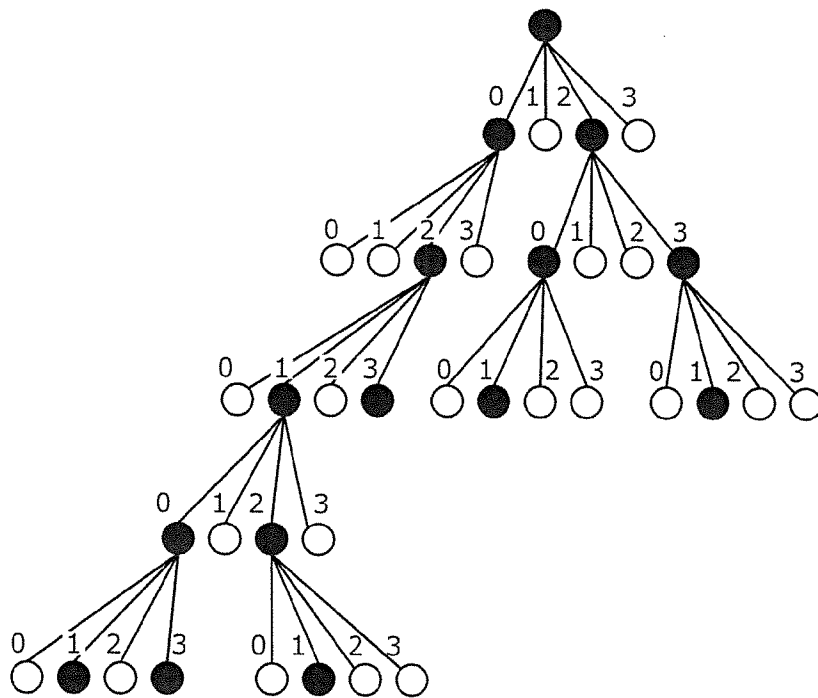
[図108]



[図109]



[図110]



[図111]

オキュパンシー符号

1010

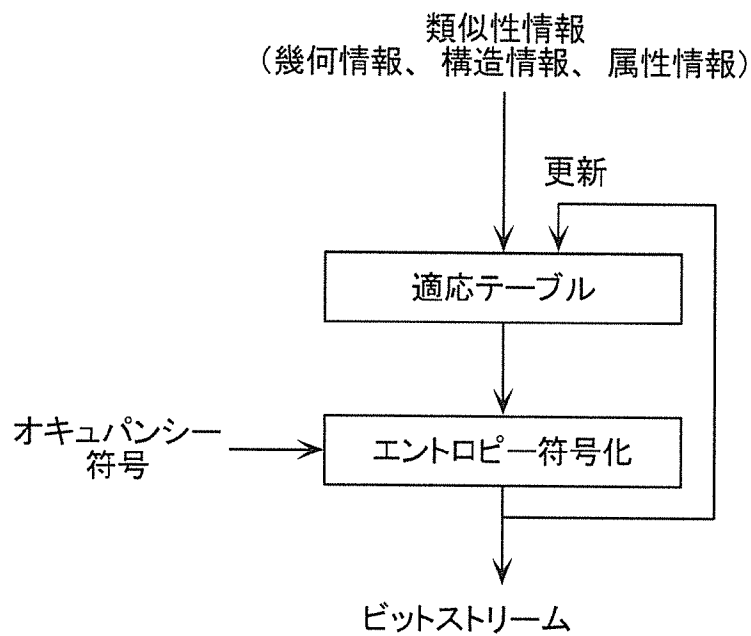
0010 1001

0101 0100 0100

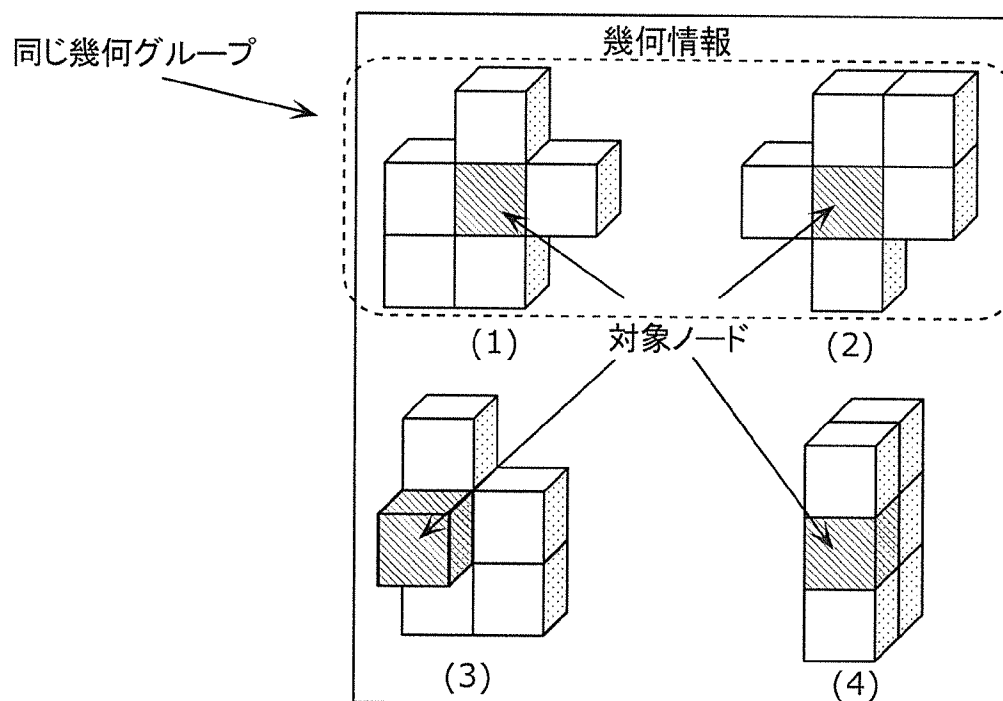
1010

0101 0100

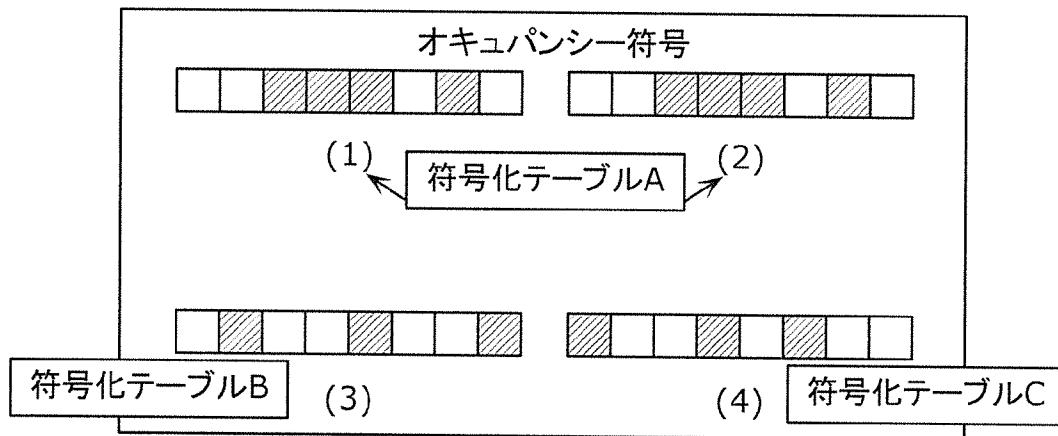
[図112]



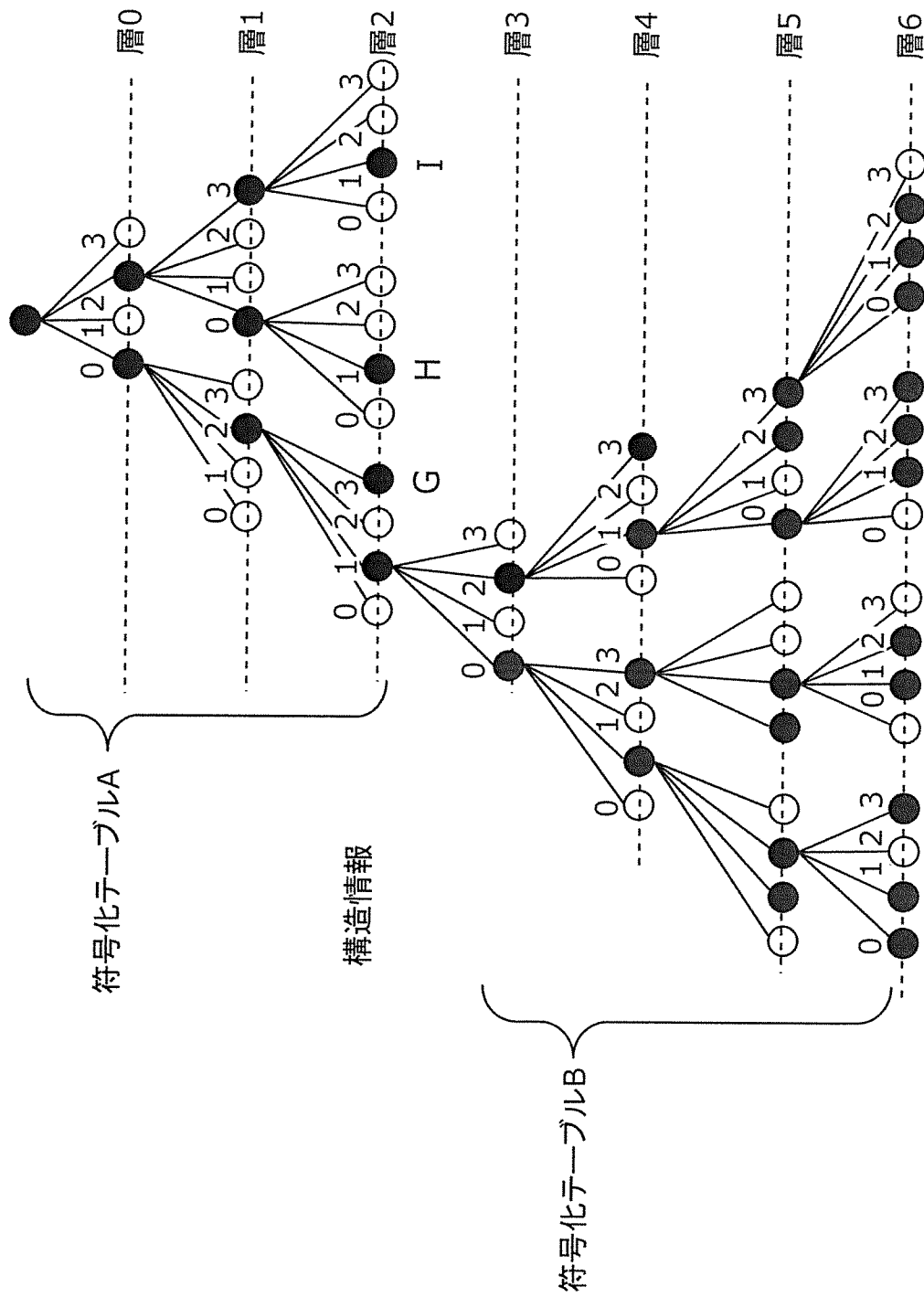
[図113]



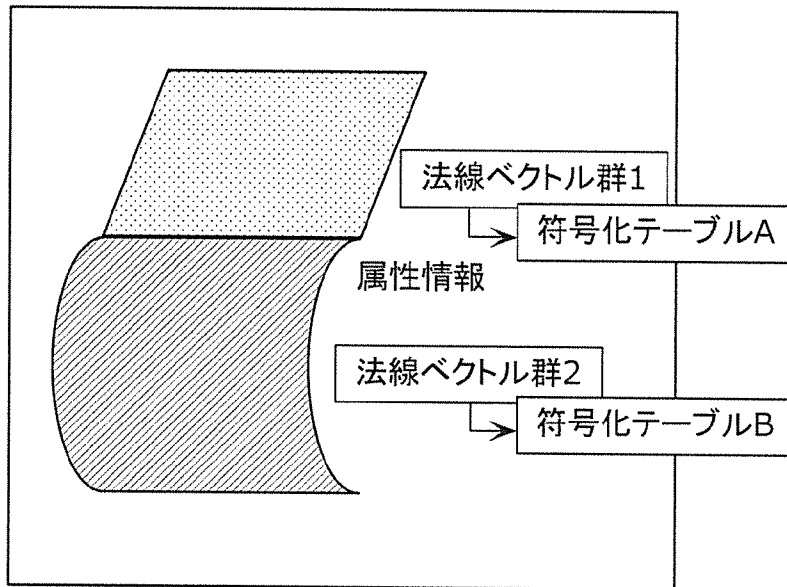
[図114]



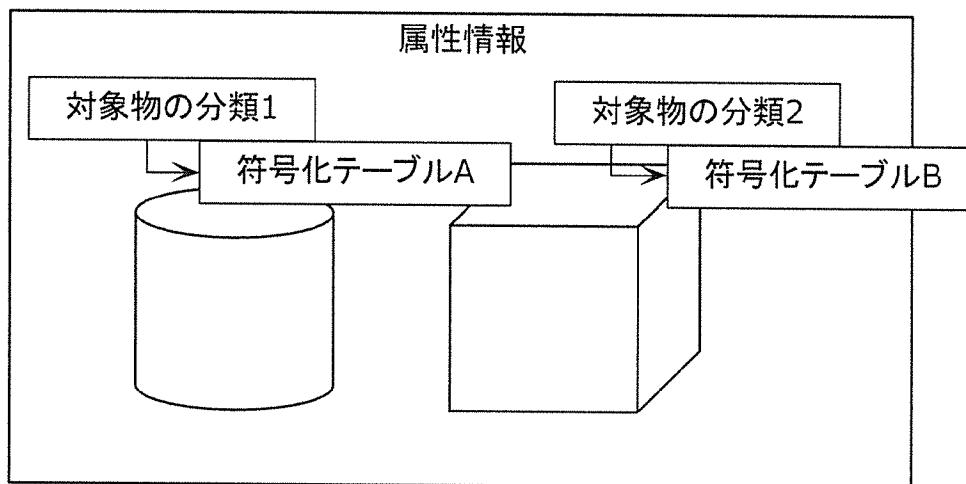
[図115]



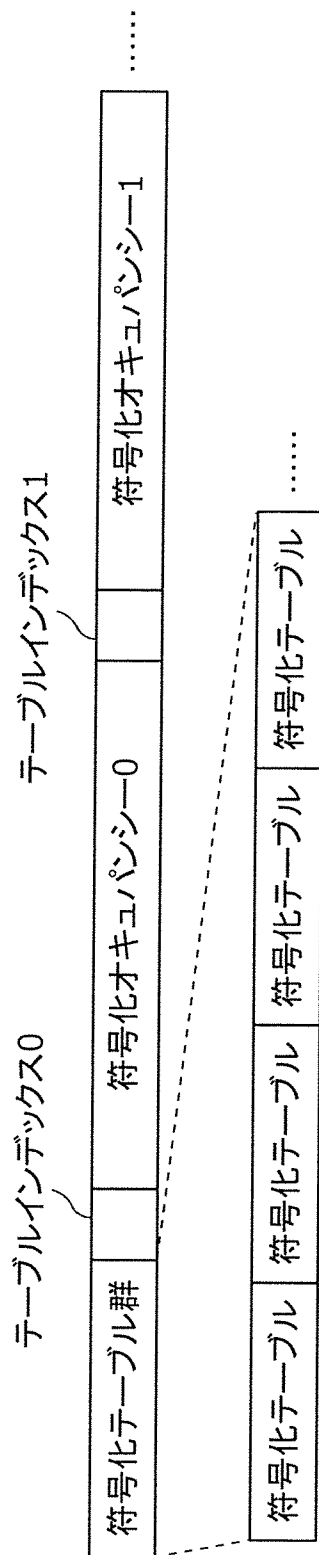
[図116]



[図117]



[図118]



[図119]

テーブルインデックス0

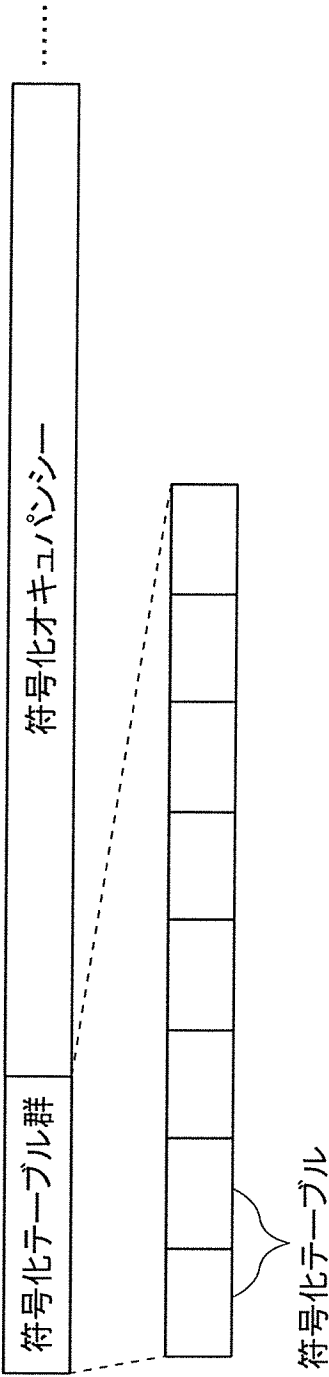
オキュパンシー 符号	コンテキストモデル	コンテキストモデルタイプ
00000000	モデル0-0	タイプA
00000001		
.....		
11111111	モデル0-X	タイプX

[図120]

テーブルインデックス1

オキュパンシー 符号	コンテキストモデル	コンテキストモデルタイプ
00000000	モデル1-0	タイプA
00000001	モデル1-1	タイプB
.....		
11111111	モデル1-Y	タイプY

[図121]



テーブルインデックス0

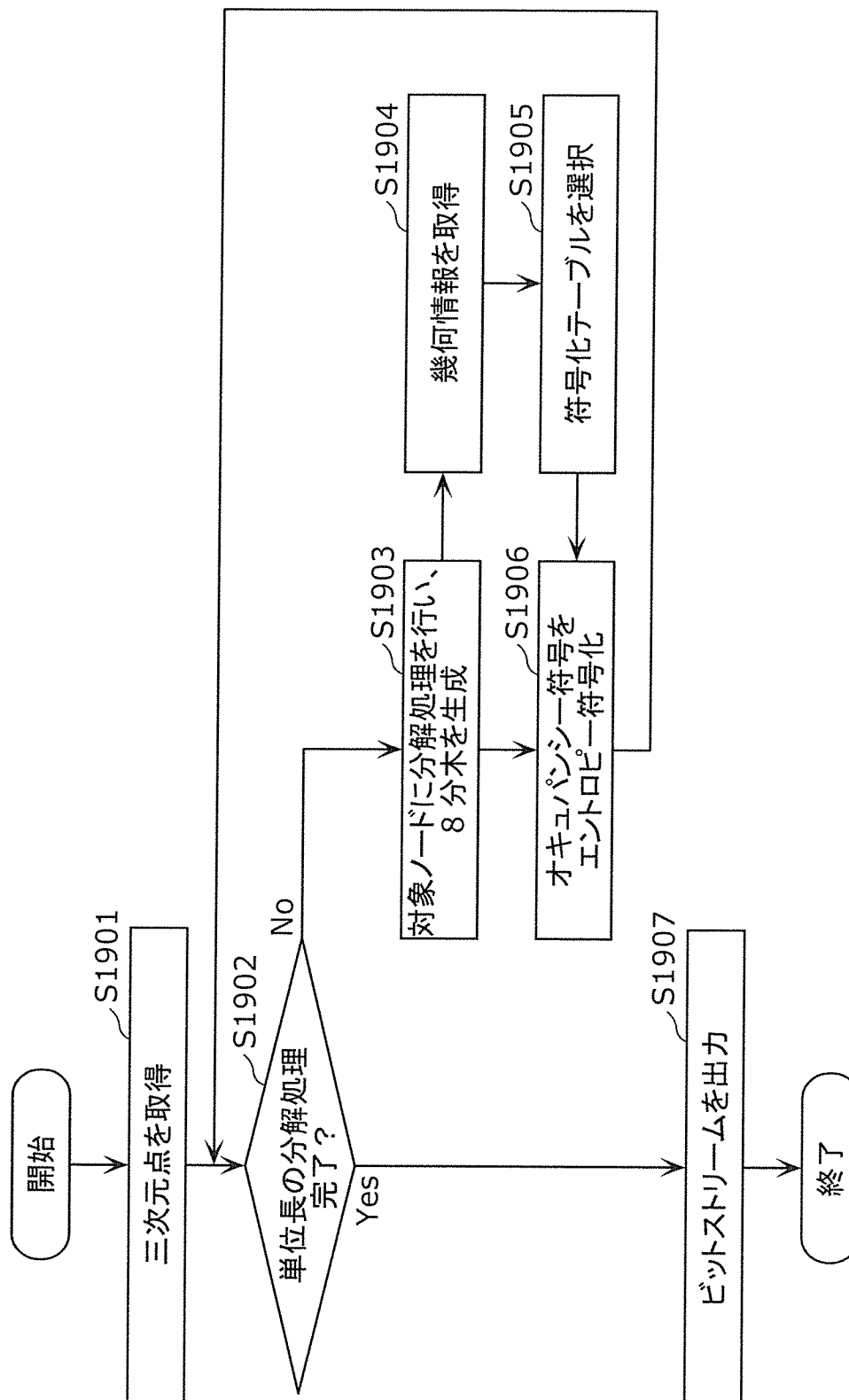
[図123]

テーブルインデックス1

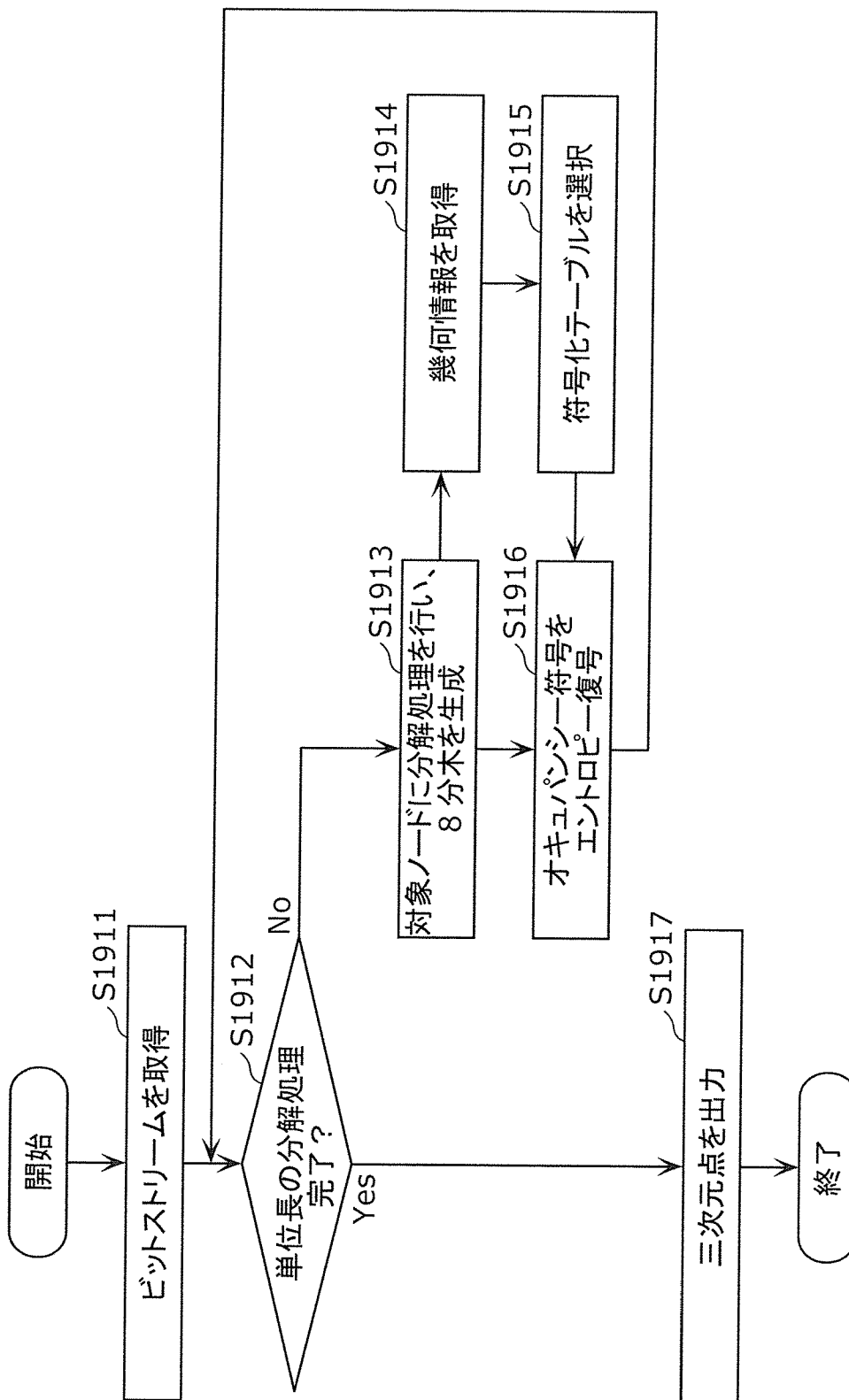
[図124]

オキュパンシー符号: 0 0 0 1 0 0 0 1
 ↑ ↑ ↑ ↑ ↑ ↑ ↑ ↑
 ビット番号: 1 2 3 4 5 6 7 8

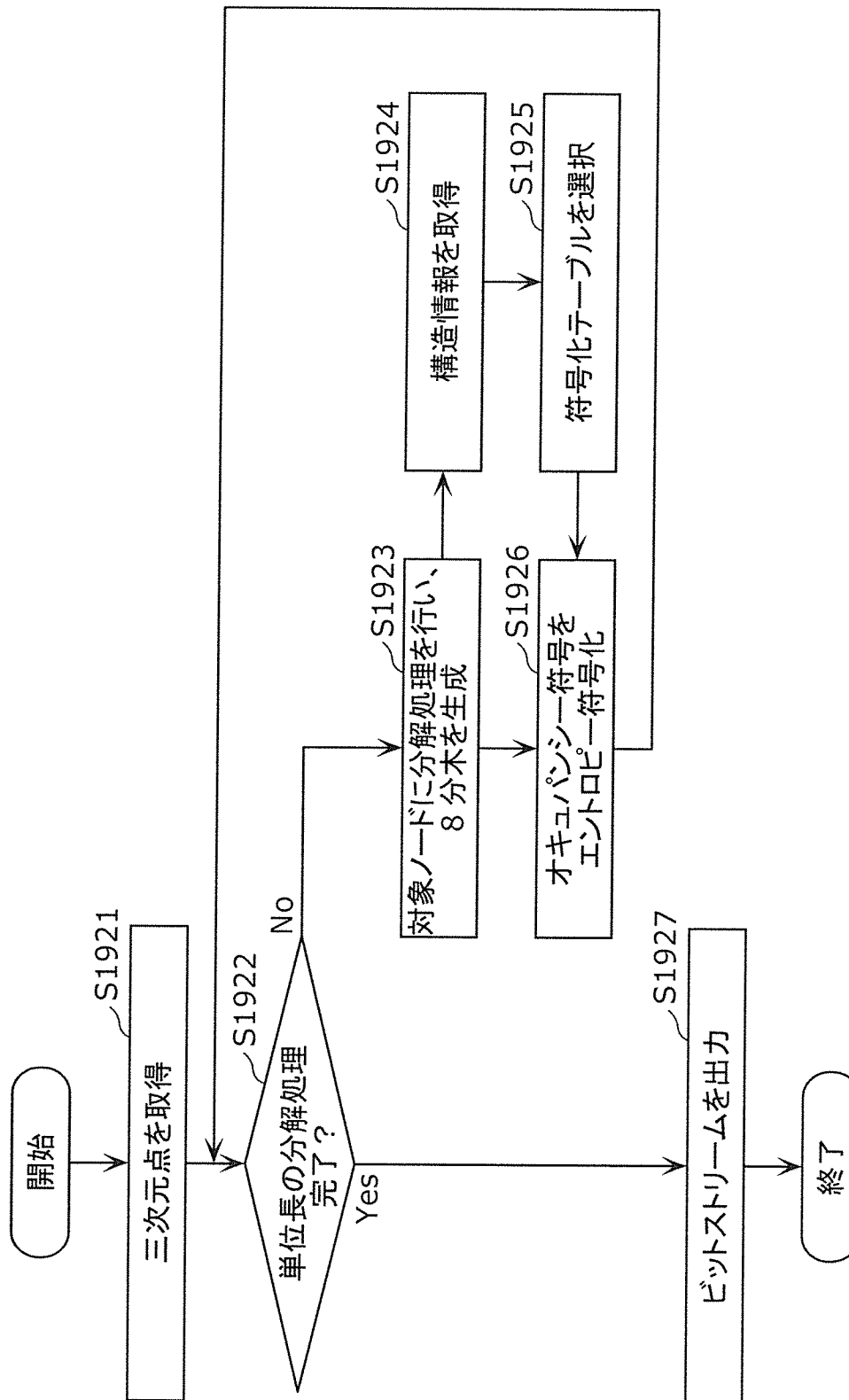
[図125]



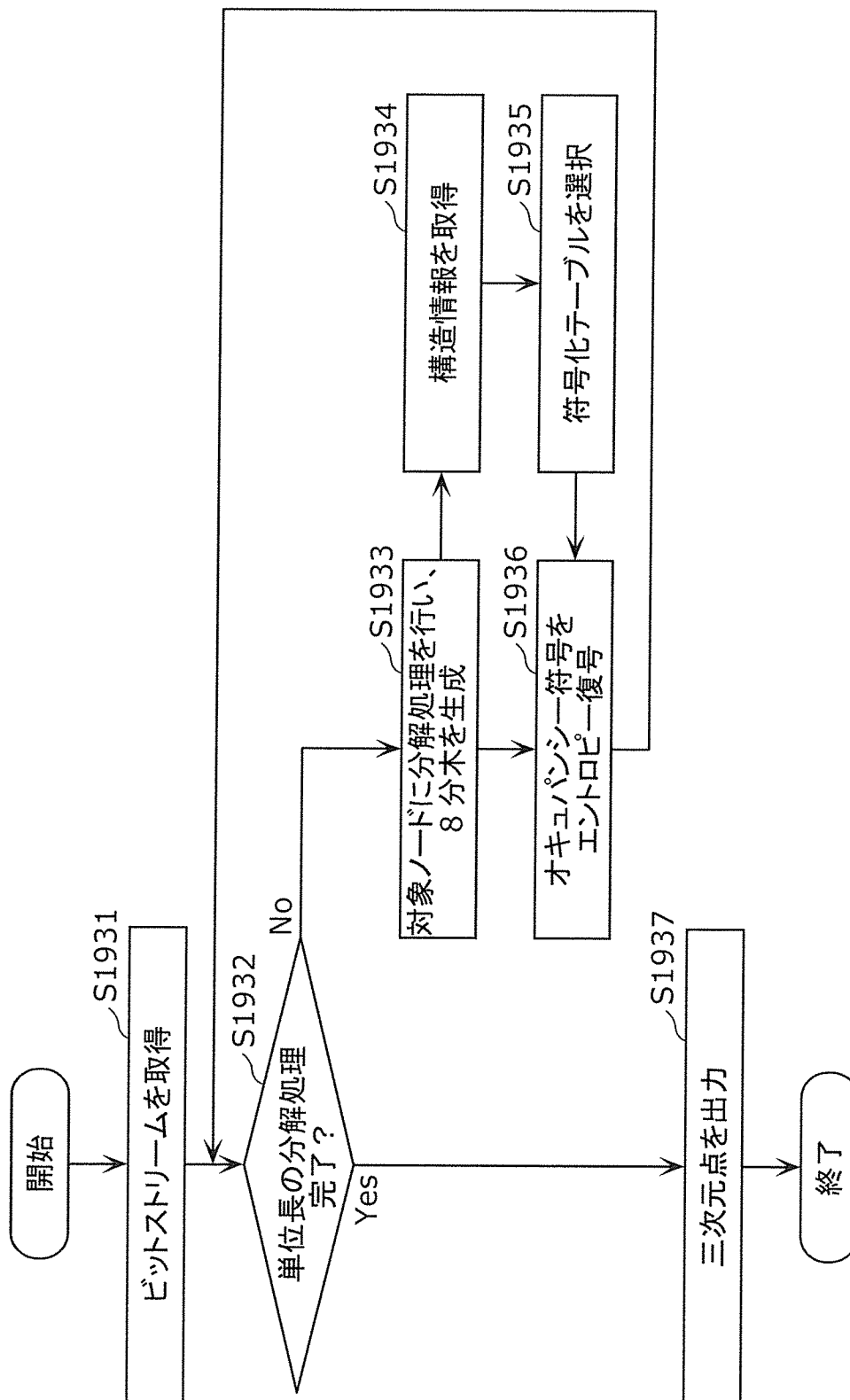
[図126]



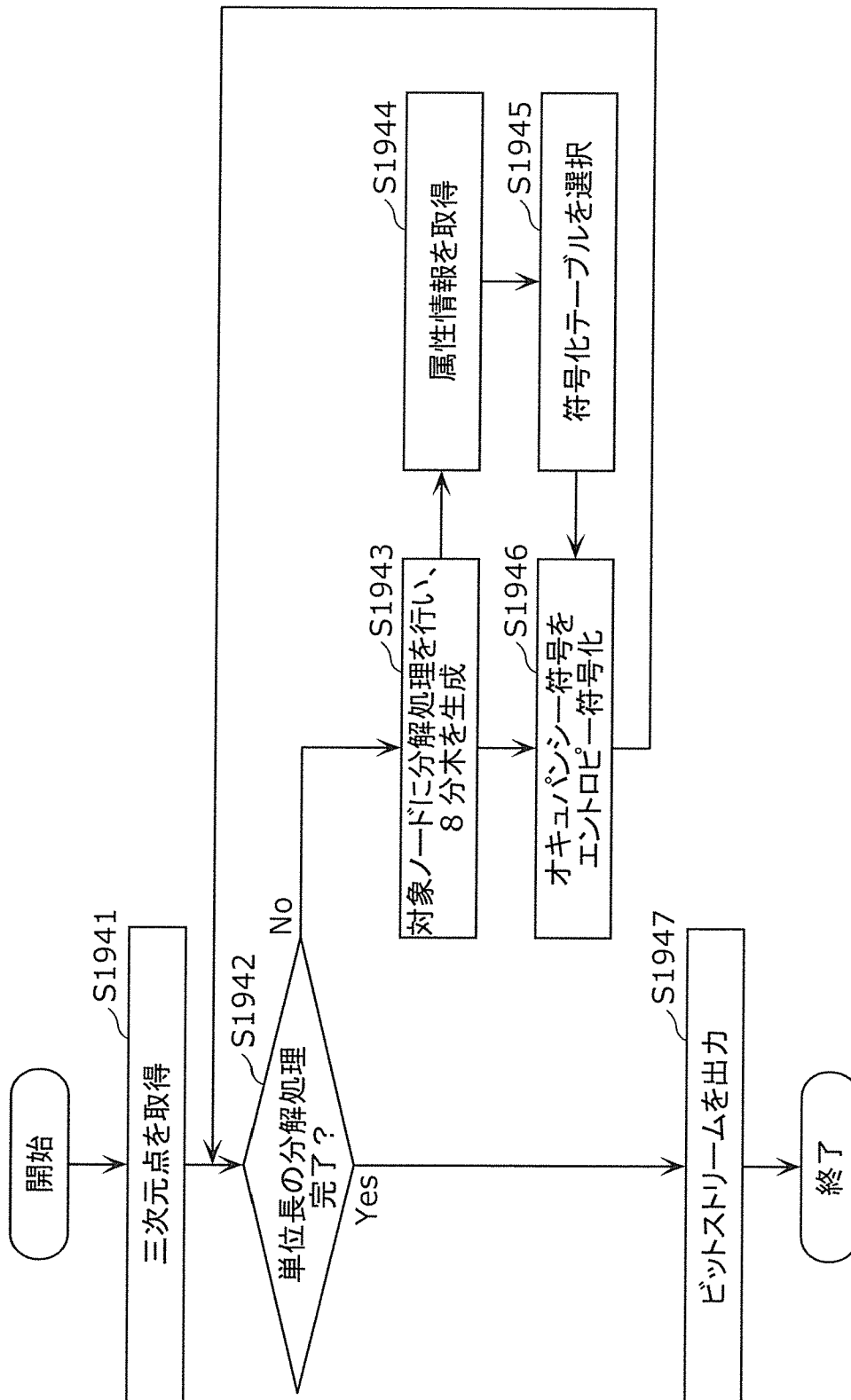
[図127]



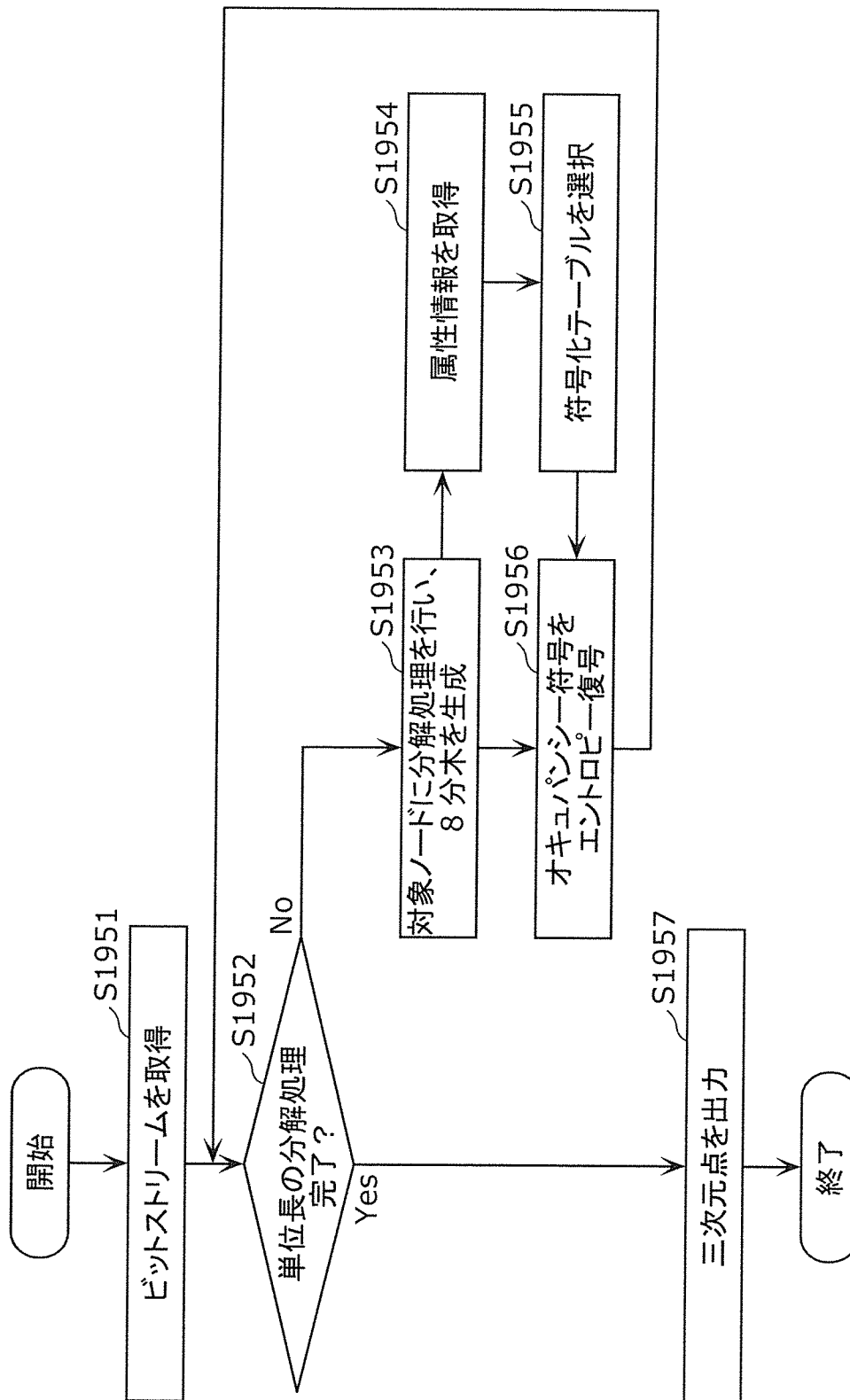
[図128]



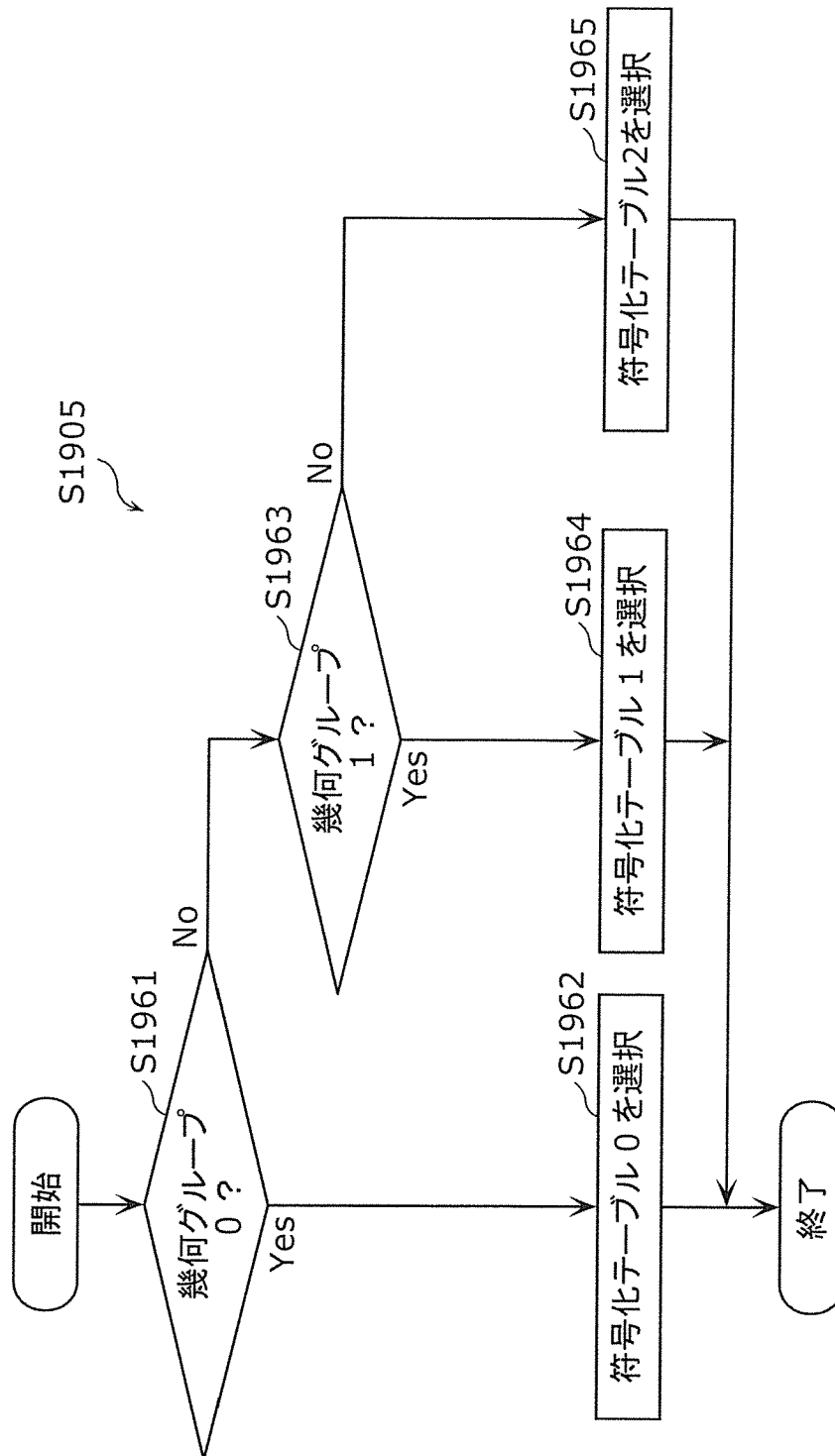
[図129]



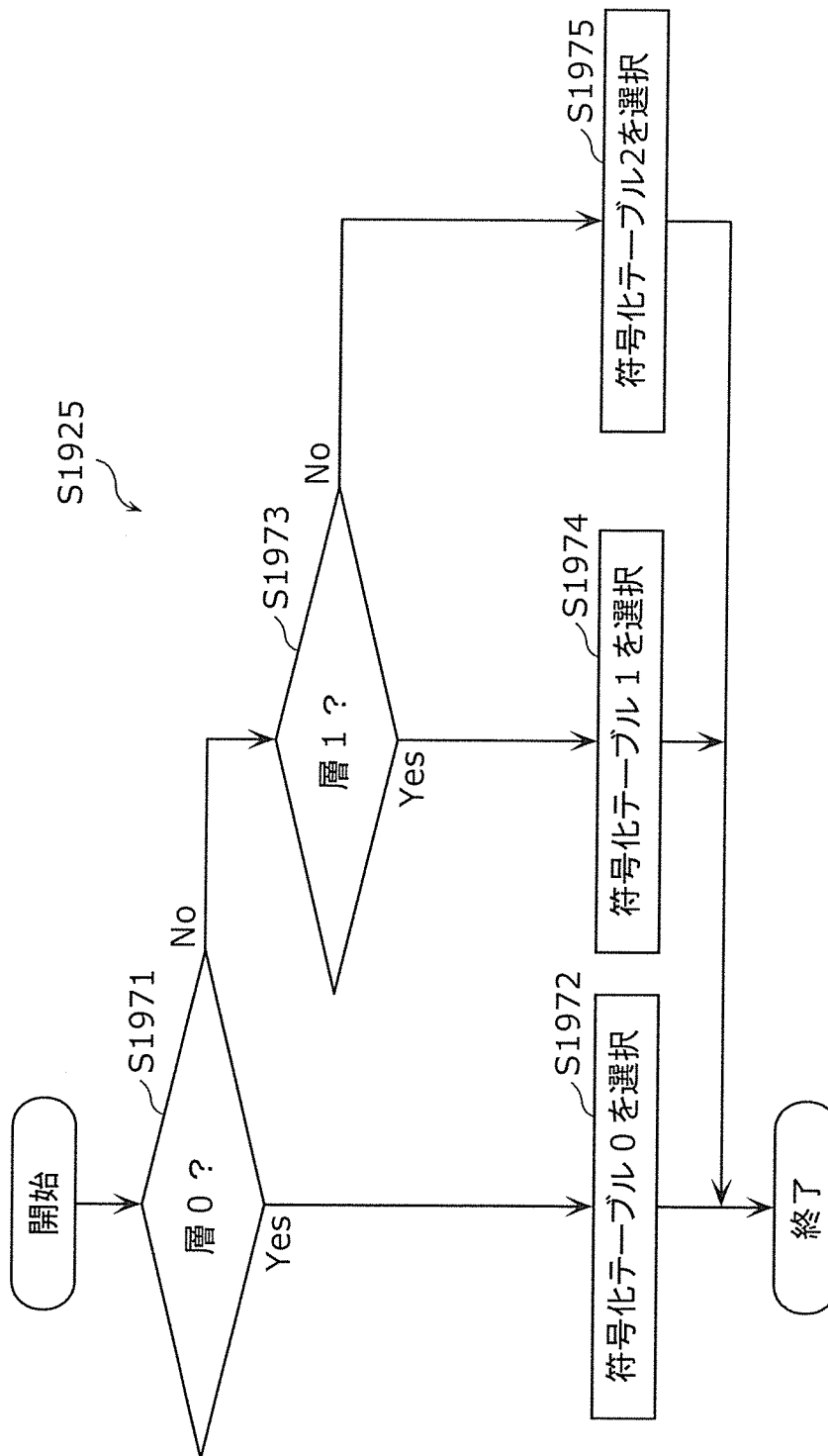
[図130]



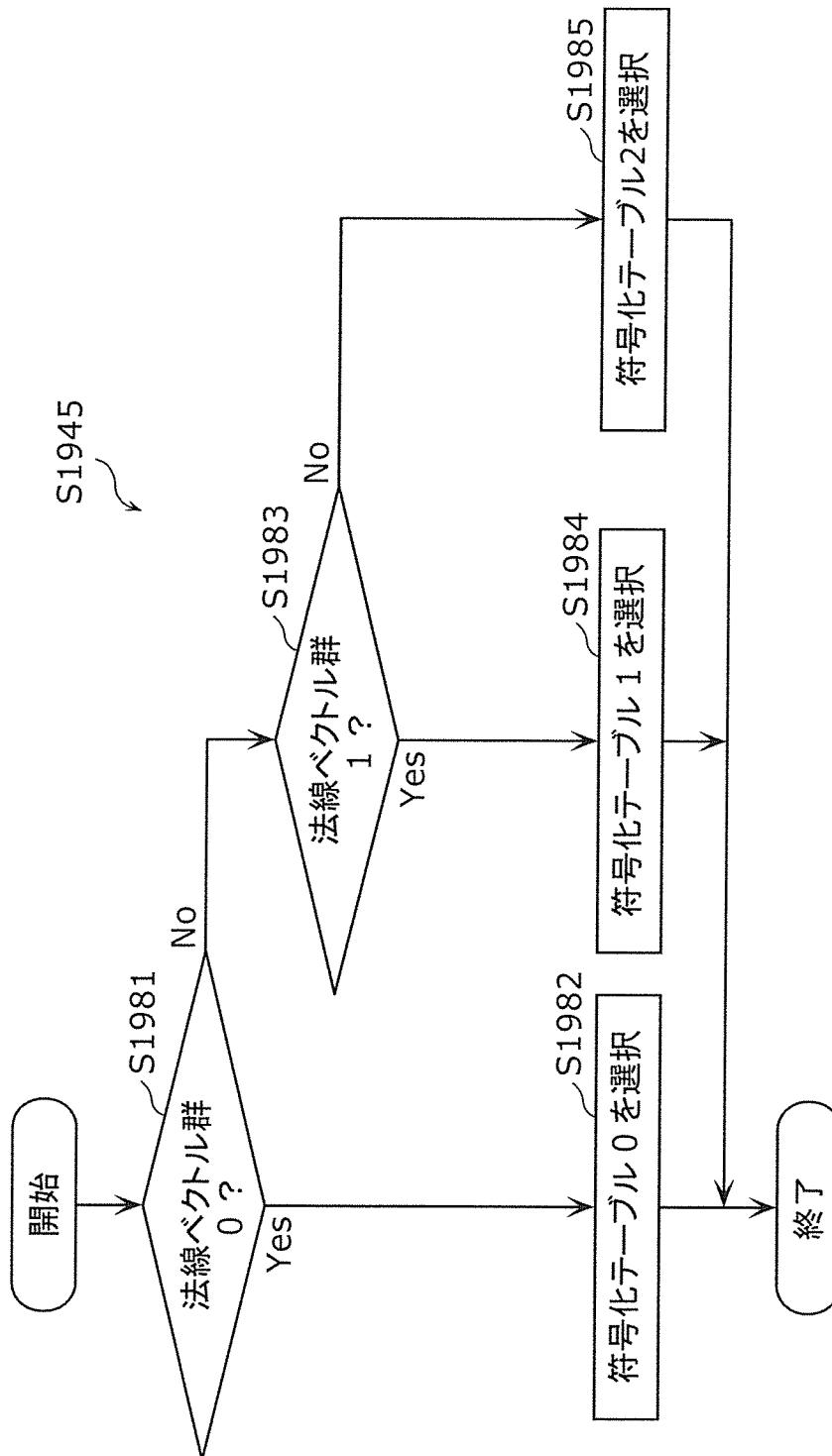
[図131]



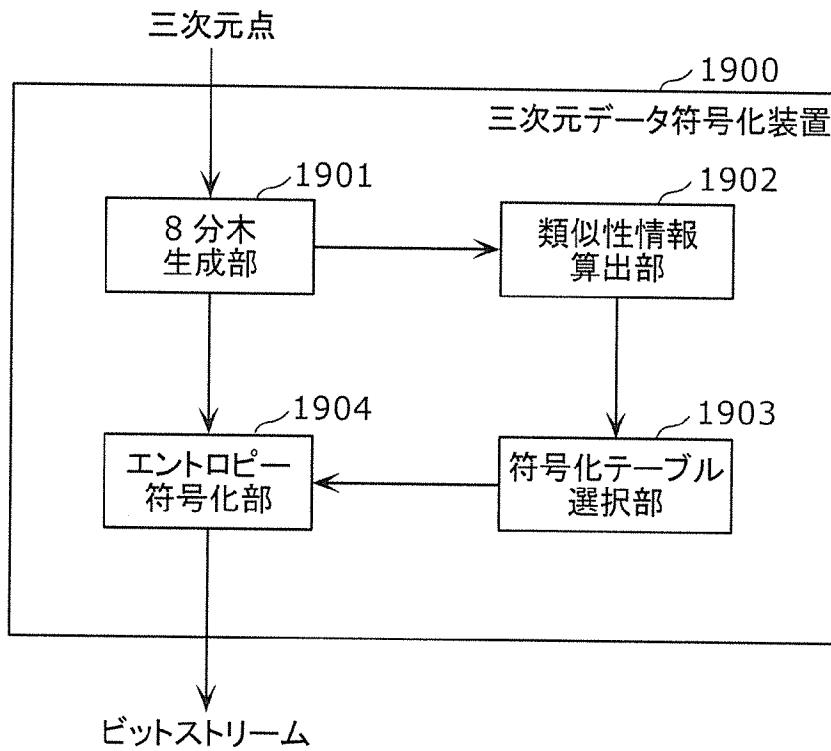
[図132]



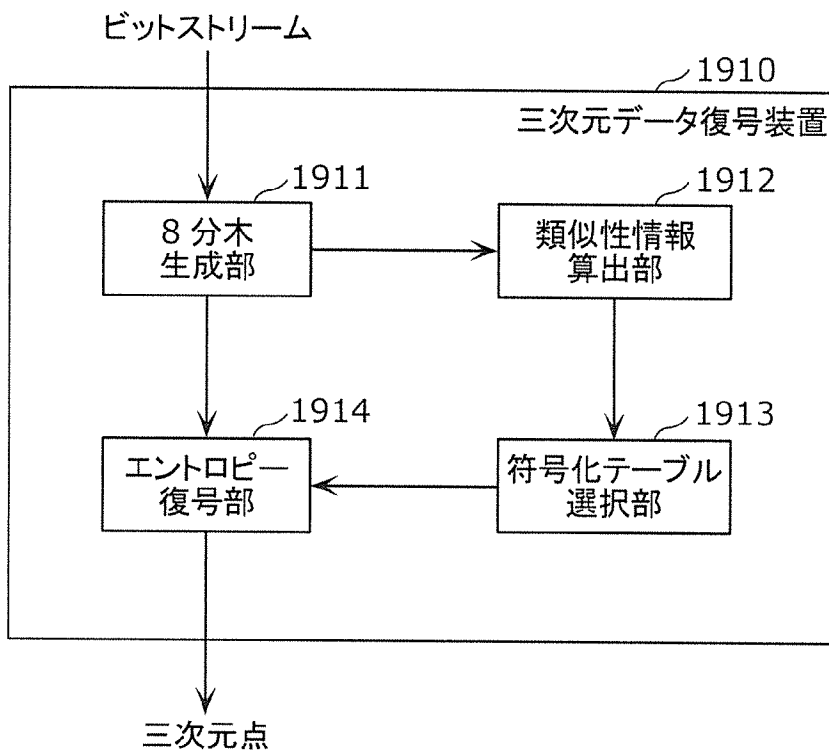
[図133]



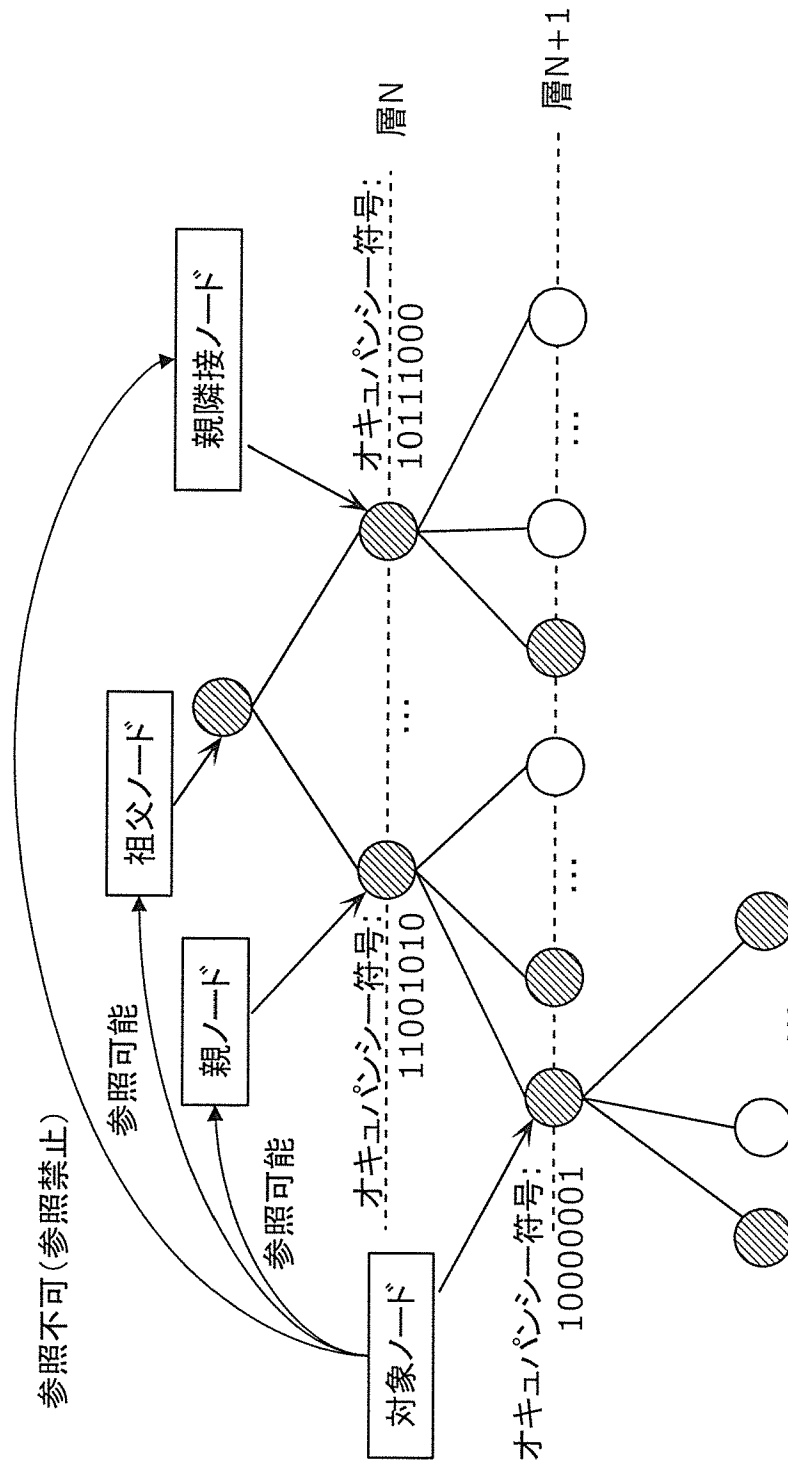
[図134]



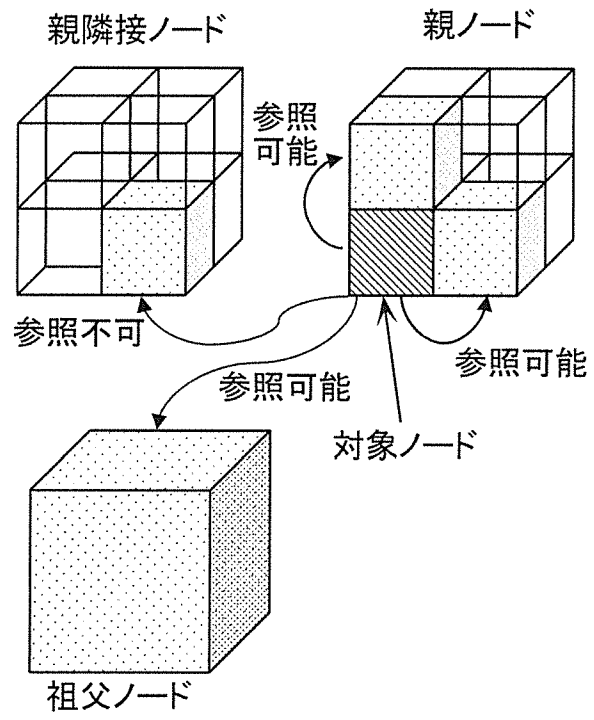
[図135]



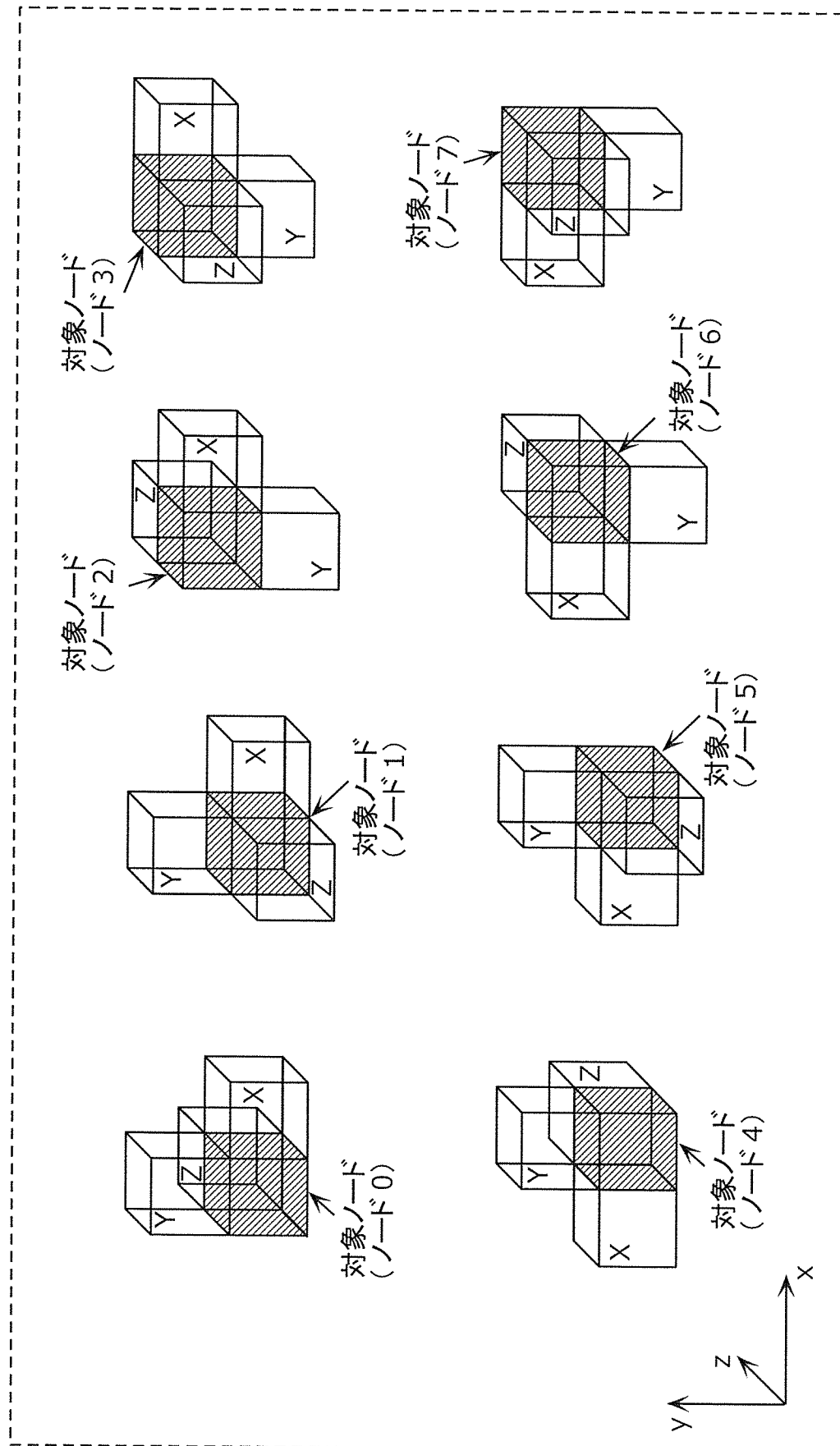
[図136]



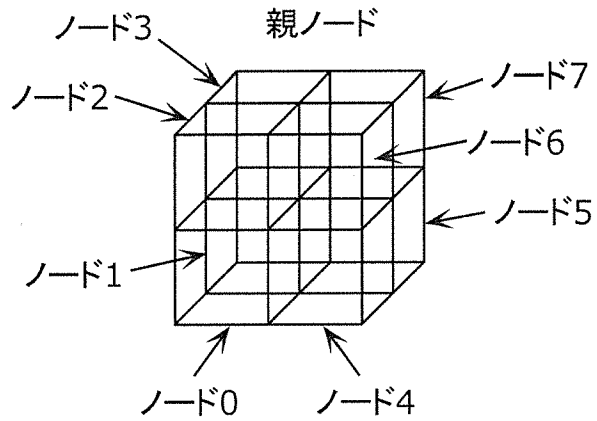
[図137]



[図138]

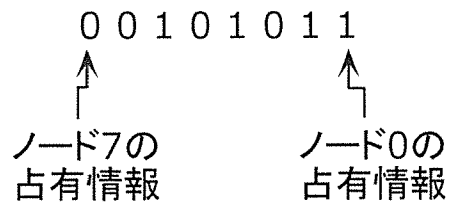


[図139]

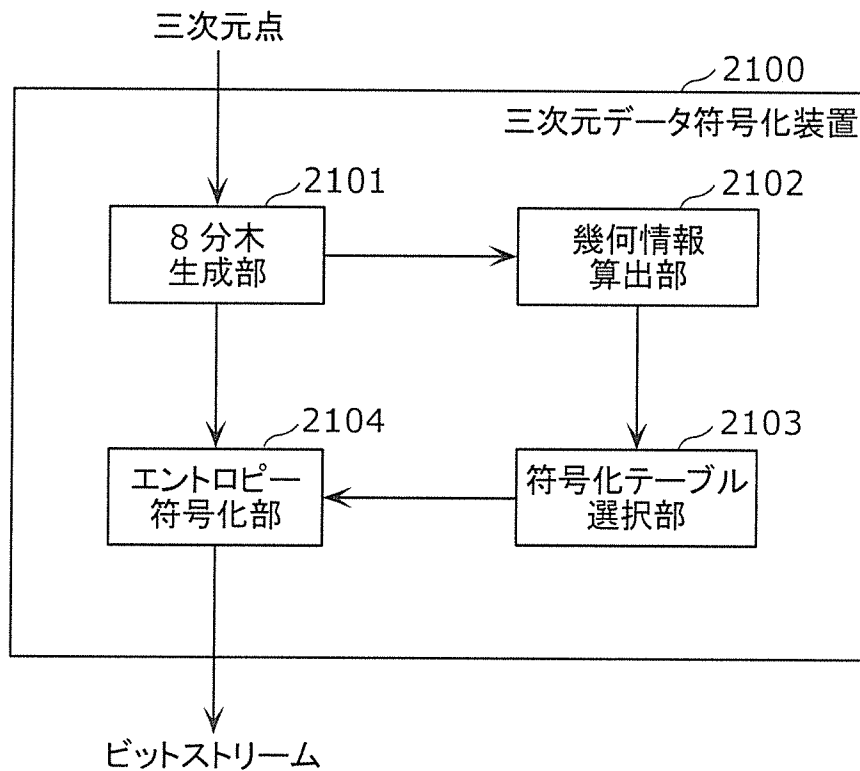


[図140]

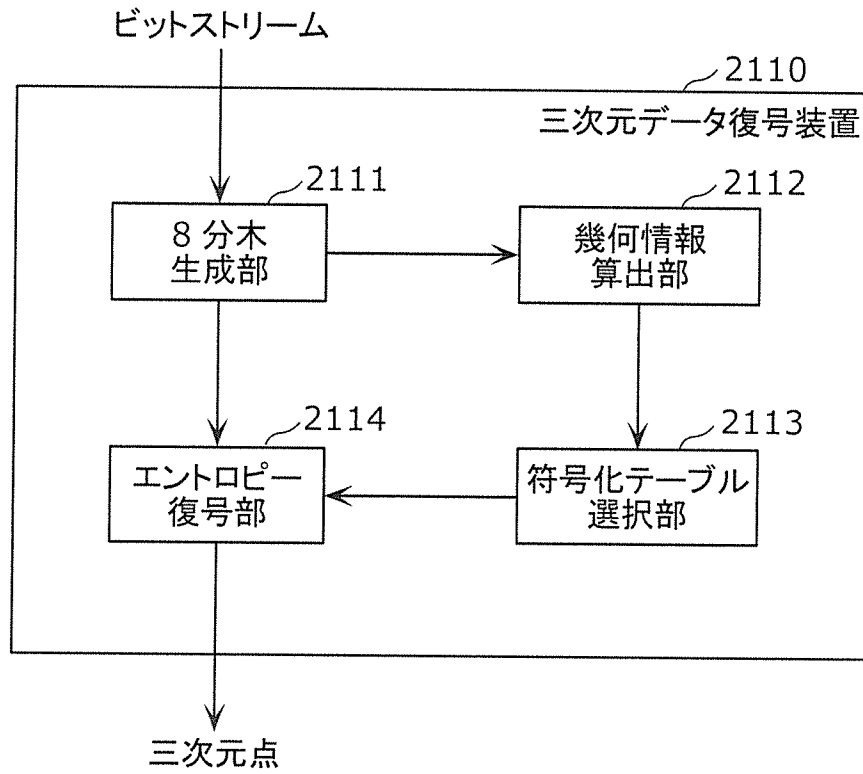
親ノードのオキュパンシー符号の例:



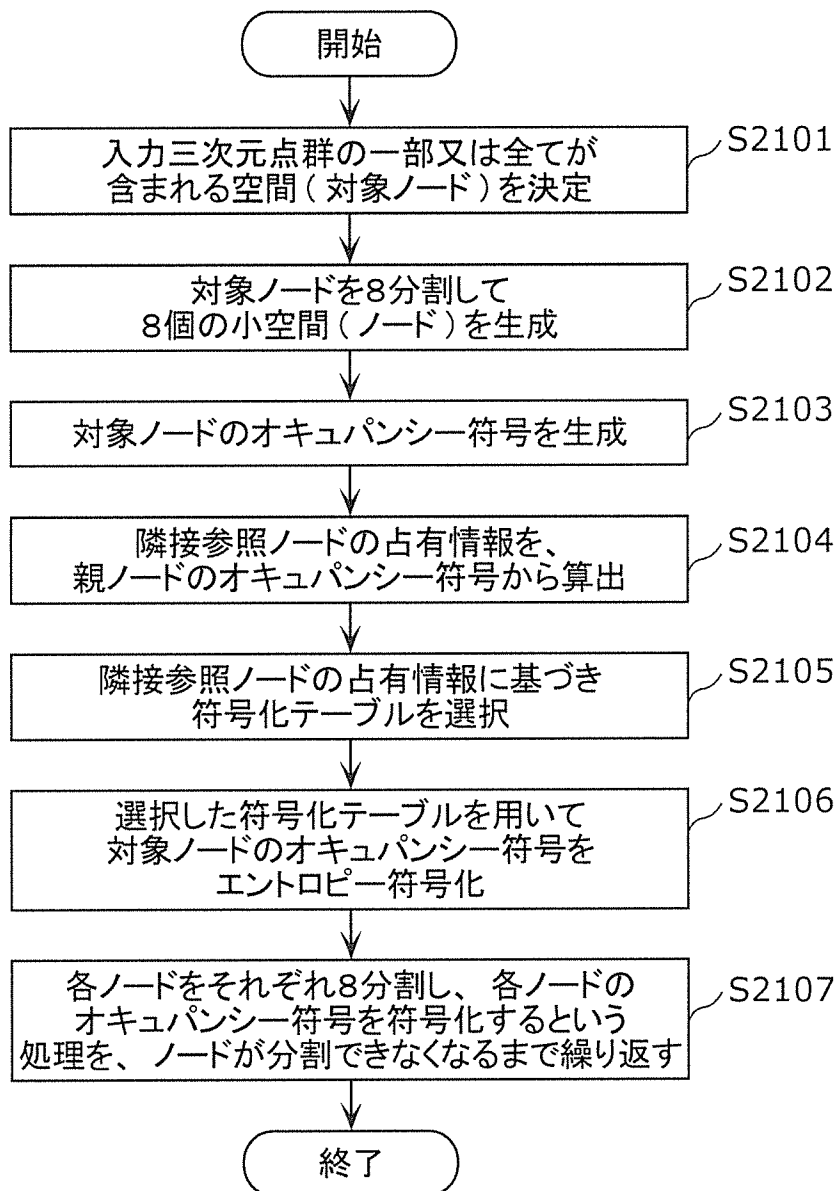
[図141]



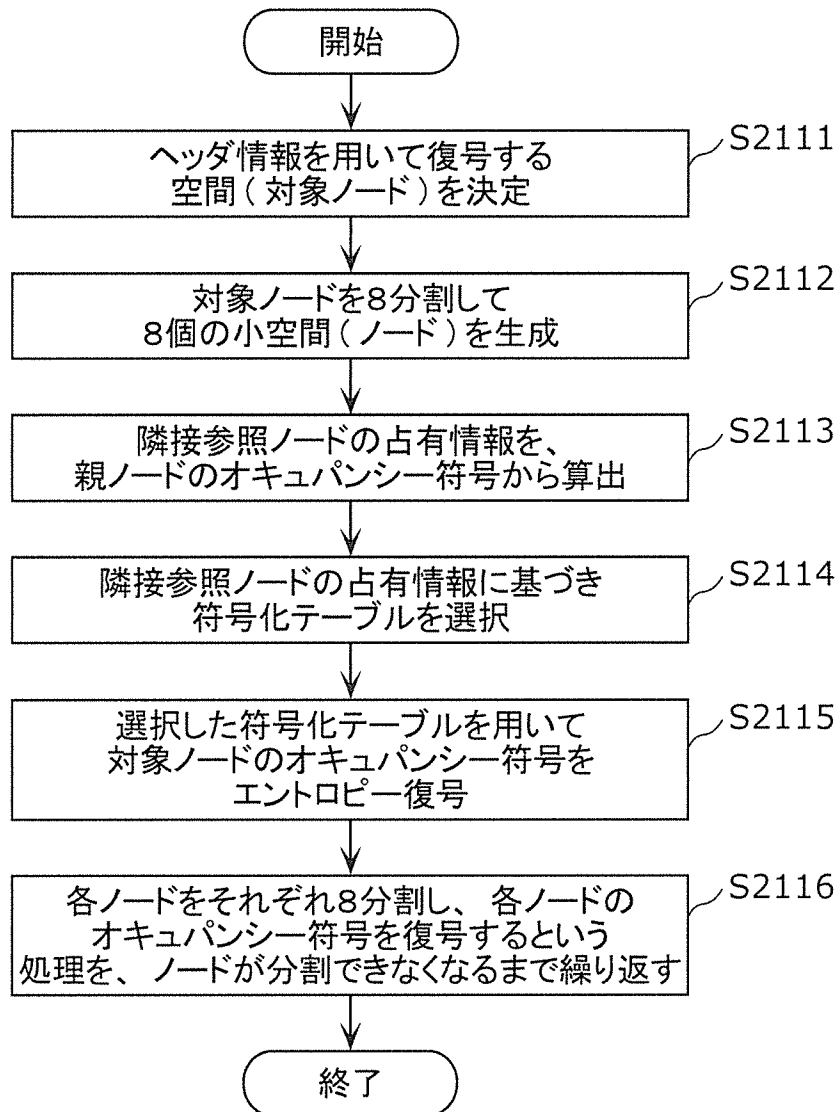
[図142]



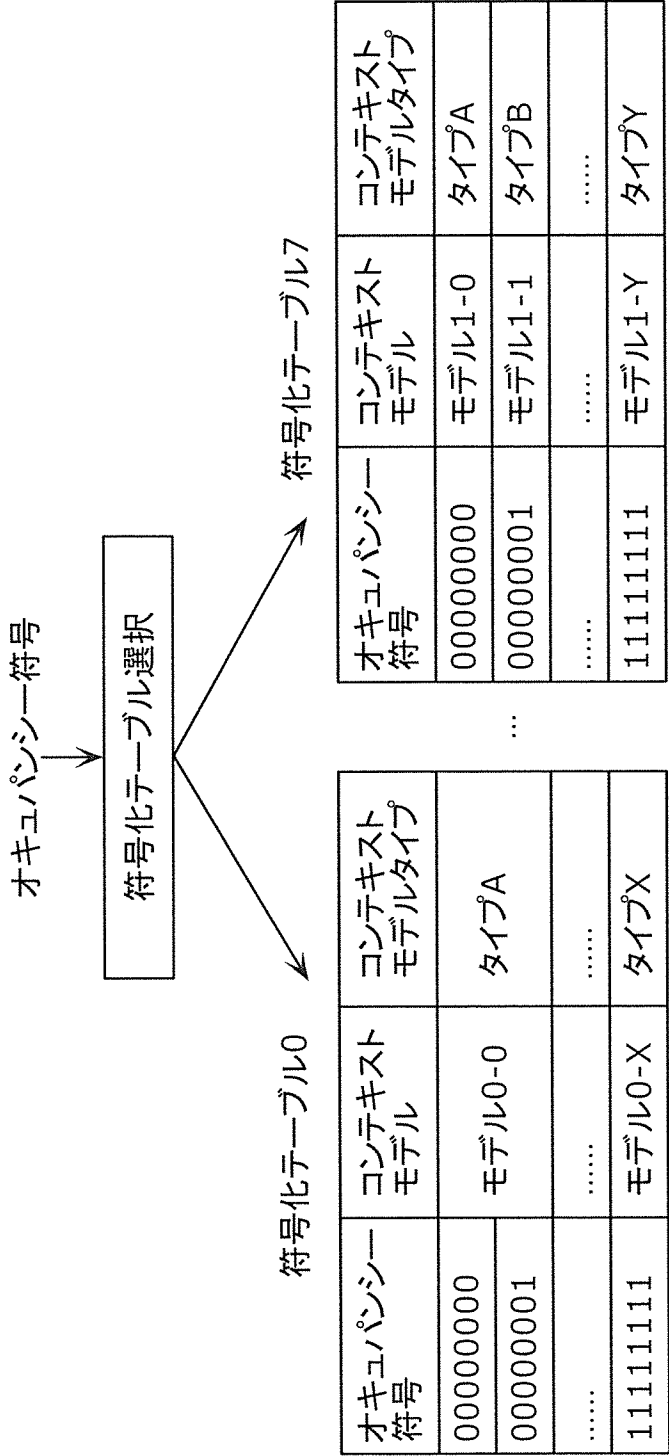
[図143]



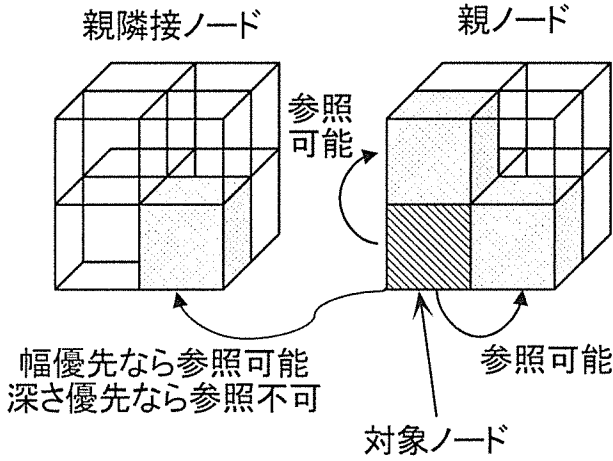
[図144]



[図145]



[図146]



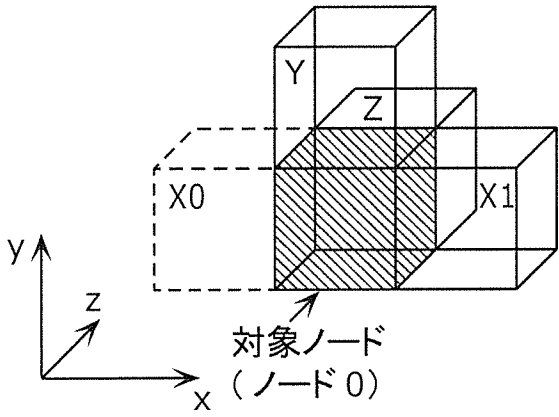
[図147]

```
pc_header() {  
  ...  
  octree_scan_order  
  ...  
}
```

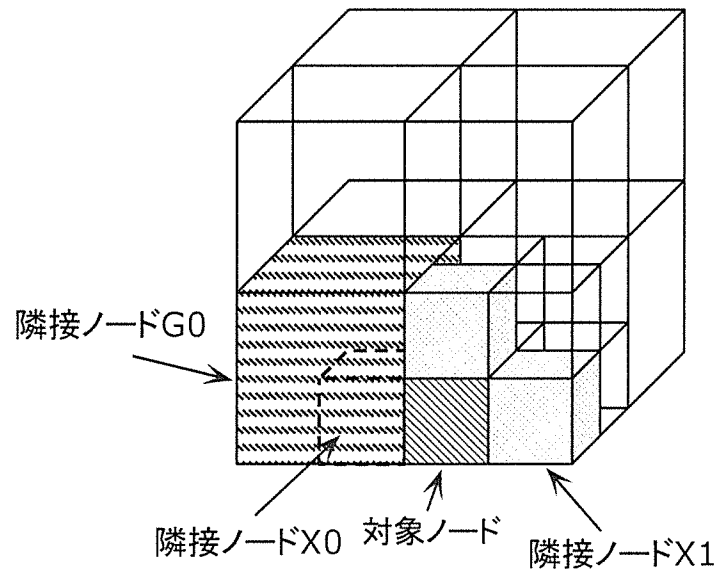
[図148]

```
pc_header() {  
  ...  
  limit_refer_flag  
  ...  
}
```

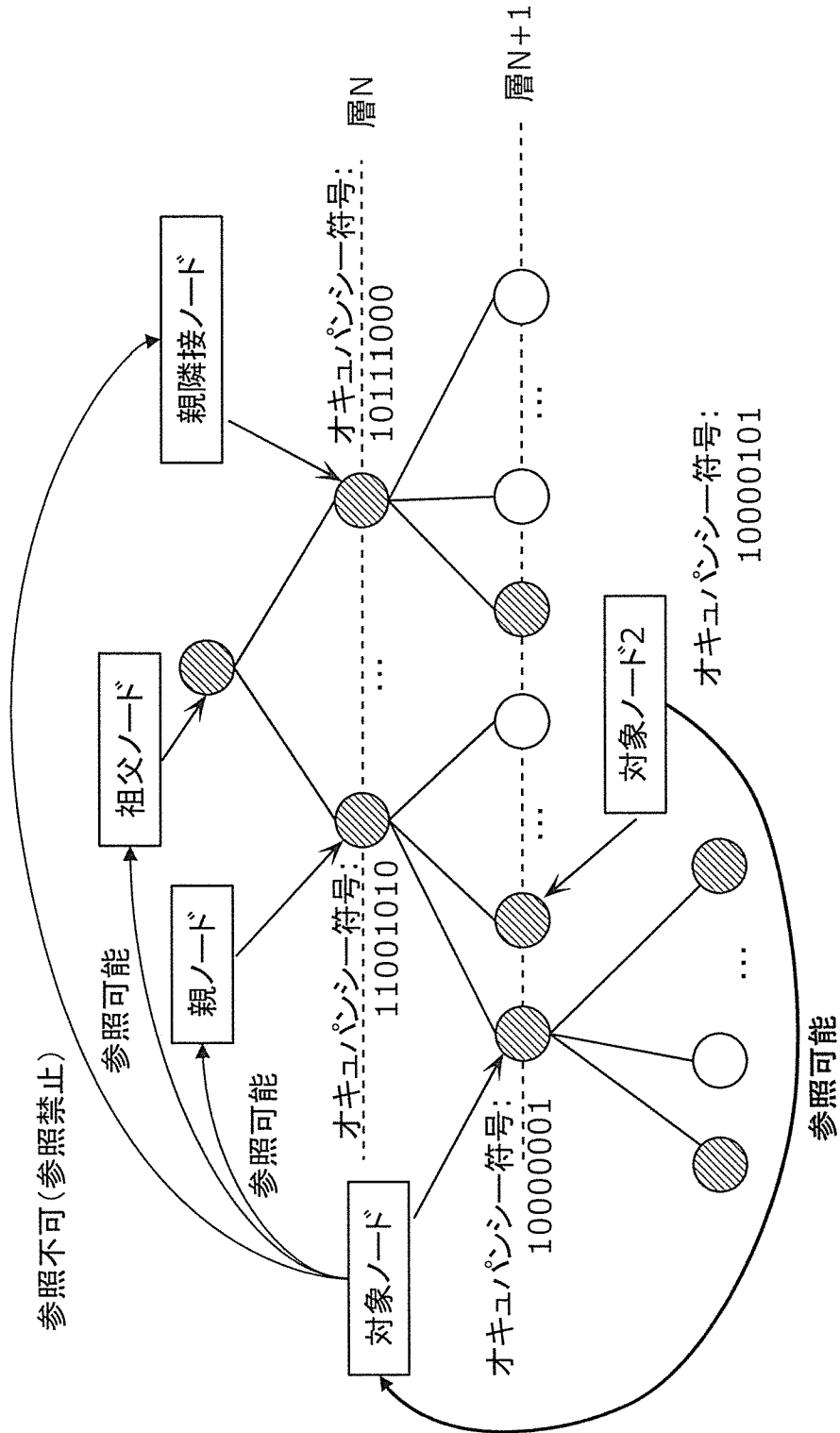
[図149]



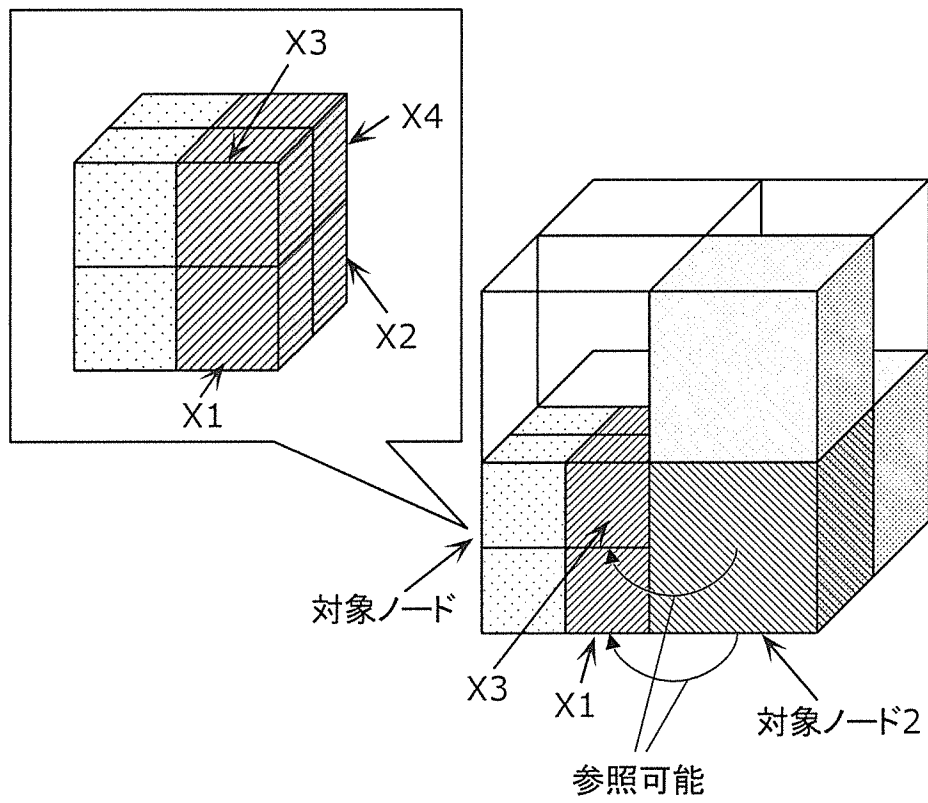
[図150]



[図151]



[図152]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2019/004346

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl. G06T9/40 (2006.01) i

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 1971-2019

Registered utility model specifications of Japan 1996-2019

Published registered utility model applications of Japan 1994-2019

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2017-126890 A (CANON INC.) 20 July 2017, entire text, all drawings (Family: none)	1-14
A	JP 2005-259139 A (SAMSUNG ELECTRONICS CO., LTD.) 22 September 2005, entire text, all drawings & US 2005/0195191 A1, entire text, all drawings	1-14
A	JP 2013-524708 A (FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT ZUR FÖRDERUNG DER ANGEWANDTEN FORSCHUNG E.V.) 17 June 2013, entire text, all drawings & WO 2011/128365 A1, entire text, all drawings	1-14
A	JP 2016-534679 A (VID SCALE, INC.) 04 November 2016, entire text, all drawings & WO 2015/042432 A1, entire text, all drawings	1-14



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

11 April 2019 (11.04.2019)

Date of mailing of the international search report

23 April 2019 (23.04.2019)

Name and mailing address of the ISA/

Japan Patent Office

3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,

Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. G06T9/40 (2006.01) i

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))

Int.Cl. 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	1971-2019年
日本国実用新案登録公報	1996-2019年
日本国登録実用新案公報	1994-2019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)

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 2017-126890 A (キヤノン株式会社) 2017.07.20, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-14
A	JP 2005-259139 A (三星電子株式会社) 2005.09.22, 全文, 全図 & US 2005/0195191 A1, 全文, 全図	1-14
A	JP 2013-524708 A (フラウンホーファー・ゲゼルシャフト・ツール・フェルデルング・デル・アンゲヴァンテン・フォルシュング・アイングトラーゲネル・フェライン) 2013.06.17, 全文, 全図 & WO	1-14

C欄の続きにも文献が列挙されている。

パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

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

の日の後に公表された文献

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

国際調査を完了した日

11.04.2019

国際調査報告の発送日

23.04.2019

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)

郵便番号 100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

山田 辰美

5 H

8383

電話番号 03-3581-1101 内線 3531

C (続き) . 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	2011/128365 A1, 全文, 全図 JP 2016-534679 A (ヴィド スケール インコーポレイテッド) 2016.11.04, 全文, 全図 & WO 2015/042432 A1, 全文, 全図	1-14