

(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
2021年4月8日(08.04.2021)



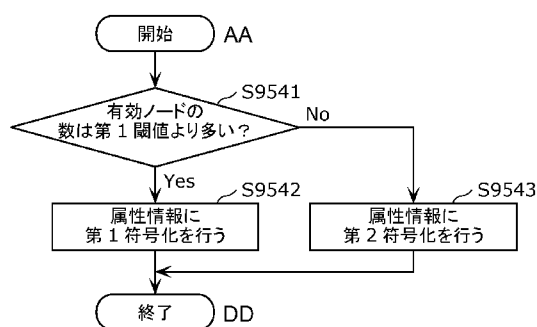
(10) 国際公開番号

WO 2021/066160 A1

- (51) 国際特許分類:
G06T 9/40 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2020/037589
- (22) 国際出願日: 2020年10月2日(02.10.2020)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
62/910,012 2019年10月3日(03.10.2019) US
- (71) 出願人: パナソニック インテレクチュアル
プロパティ コーポレーション オブ アメ
リカ(PANASONIC INTELLECTUAL PROPER-
TY CORPORATION OF AMERICA) [US/US];
90503 カリフォルニア州トーランス, ス
イート 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1006
番地 パナソニック株式会社内 Osaka (JP).
井口 賀敬(IGUCHI, Noritaka).
- (74) 代理人: 新居 広守, 外 (NII, Hiromori et al.);
〒5320011 大阪府大阪市淀川区西中島5丁目
3番10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, DZ,
EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN,
HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, 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,

(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



S9541 Is number of valid nodes greater than first threshold value?
S9542 Perform first encoding on attribute information
S9543 Perform second encoding on attribute information
AA Start
DD End

(57) Abstract: This three-dimensional data encoding method includes steps for: determining whether a predetermined first threshold value is equaled or exceeded by the number of first valid nodes, which is the number of valid nodes, a valid node including a three-dimensional point and being included in a plurality of first nodes belonging to a level higher than a target node in N (where N is an integer greater than 1) branched tree structures of a plurality of three-dimensional points included in point group data (S9541); if the number of first valid nodes equals or exceeds the first threshold value (Yes in S9541), performing first encoding on attribute information of the target node, the first encoding including prediction processing using a plurality of second nodes which include a parent node of the target node and which belong to the same level as the parent node (S9542); and if the number of first valid nodes is less than the first threshold value (No in S9541), performing second encoding, which does not include prediction processing using the plurality of second nodes, on the attribute information of the target node (S9543).



QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL,
ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG,
US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

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

添付公開書類 :

— 国際調査報告 (条約第21条(3))

(57) 要約 : 三次元データ符号化方法は、点群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) 分木構造における対象ノードよりも上位層に属する複数の第1ノードに含まれる、三次元点が含まれるノードである有効ノードの数である第1有効ノード数が予め定められた第1閾値以上か否かを判定し (S 9 5 4 1)、第1有効ノード数が第1閾値以上の場合 (S 9 5 4 1でYes)、対象ノードの親ノードを含み、親ノードと同一階層に属する複数の第2ノードを用いた予測処理を含む第1符号化を対象ノードの属性情報に行い (S 9 5 4 2)、第1有効ノード数が第1閾値未満の場合 (S 9 5 4 1でNo)、複数の第2ノードを用いた予測処理を含まない第2符号化を対象ノードの属性情報に行う (S 9 5 4 3)。

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処理及び三次元データ復号処理では、符号化効率を向上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、点群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)分木構造における対象ノードよりも上位層に属する複数の第1ノードに含まれる、三次元点が含まれるノードである有効ノードの数である第1有効ノード数が予め定められた第1閾値以上か否かを判定し、前記第1有効ノード数が前記第1閾値以上の場合、前記対象ノードの親ノードを含み、前記親ノードと同一階層に属する複数の第2ノードを用いた予測処理を含む第1符号化を前記対象ノードの属性情報に行い、前記第1有効ノード数が前記第1閾値未満の場合、前記複数の第2ノードを用いた前記予測処理を含まない第2符号化を前記対象ノードの属性情報に行う。

[0010] 本開示の一態様に係る三次元データ復号方法は、点群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)分木構造における対象ノードよりも上位層に属する複数の第1ノードに含まれる、三次元点が含まれるノードである有効ノードの数である第1有効ノード数が予め定められた第1閾値以上か否かを判定し、前記第1有効ノード数が前記第1閾値以上の場合、前記対象ノードの親ノードを含み、前記親ノードと同一階層に属する複数の第2ノードを用いた予測処理を含む第1復号を前記対象ノードの属性情報に行い、前記第1有効ノード数が前記第1閾値未満の場合、前記複数の第2ノードを用いた前記予測処理を含まない第2復号を前記対象ノードの属性情報に行う。

。

発明の効果

[0011] 本開示は、符号化効率を向上できる三次元データ符号化方法、三次元データ復号方法、三次元データ符号化装置、又は三次元データ復号装置を提供できる。

図面の簡単な説明

[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に係るメタ情報の一例を示す図である。

[図7]図7は、実施の形態2に係る車両間の三次元データの送受信の様子を示す模式図である。

[図8]図8は、実施の形態2に係る車両間で伝送される三次元データの一例を示す図である。

[図9]図9は、実施の形態3に係る三次元データの送信処理を説明するための図である。

[図10]図10は、実施の形態4に係るシステムの構成を示す図である。

[図11]図11は、実施の形態4に係るクライアント装置のブロック図である。

。

[図12]図12は、実施の形態4に係るサーバのブロック図である。

[図13]図13は、実施の形態4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14]図14は、実施の形態4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15]図15は、実施の形態4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16]図16は、実施の形態4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17]図17は、実施の形態4に係るシステムの変形例の構成を示す図である。

[図18]図18は、実施の形態4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19]図19は、実施の形態5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20]図20は、実施の形態5に係るクライアント装置による処理のフローチャートである。

[図21]図21は、実施の形態5に係るセンサ情報収集システムの構成を示す図である。

[図22]図22は、実施の形態6に係るボリュームの例を示す図である。

[図23]図23は、実施の形態6に係るボリュームの8分木表現の例を示す図である。

[図24]図24は、実施の形態6に係るボリュームのビット列の例を示す図である。

[図25]図25は、実施の形態6に係るボリュームの8分木表現の例を示す図である。

[図26]図26は、実施の形態6に係るボリュームの例を示す図である。

[図27]図27は、実施の形態7に係るRAHTを用いた属性情報の符号化を説明するための図である。

[図28]図28は、実施の形態7に係る、階層毎に量子化スケールを設定する例を示す図である。

[図29]図29は、実施の形態7に係る第1符号列及び第2符号列の例を示す

図である。

[図30]図30は、実施の形態7に係るトランケットユーナリ符号の例を示す図である。

[図31]図31は、実施の形態7に係る逆H a a r変換を説明するための図である。

[図32]図32は、実施の形態7に係る属性情報のシンタックス例を示す図である。

[図33]図33は、実施の形態7に係る符号化係数とZ e r o C n tの例を示す図である。

[図34]図34は、実施の形態7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35]図35は、実施の形態7に係る属性情報符号化処理のフローチャートである。

[図36]図36は、実施の形態7に係る符号化係数符号化処理のフローチャートである。

[図37]図37は、実施の形態7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38]図38は、実施の形態7に係る属性情報復号処理のフローチャートである。

[図39]図39は、実施の形態7に係る符号化係数復号処理のフローチャートである。

[図40]図40は、実施の形態7に係る属性情報符号化部のブロック図である。

[図41]図41は、実施の形態7に係る属性情報復号部のブロック図である。

[図42]図42は、実施の形態7の変形例に係る第1符号列及び第2符号列の例を示す図である。

[図43]図43は、実施の形態7の変形例に係る属性情報のシンタックス例を示す図である。

[図44]図44は、実施の形態7の変形例に係る符号化係数、ZeroCnt及びTotalZeroCntの例を示す図である。

[図45]図45は、実施の形態7の変形例に係る符号化係数符号化処理のフローチャートである。

[図46]図46は、実施の形態7の変形例に係る符号化係数復号処理のフローチャートである。

[図47]図47は、実施の形態7の変形例に係る属性情報のシンタックス例を示す図である。

[図48]図48は、実施の形態8に係る三次元データ符号化装置の構成を示す図である。

[図49]図49は、実施の形態8に係る三次元データ復号装置の構成を示す図である。

[図50]図50は、実施の形態8に係るRAHTを説明するための図である。

[図51]図51は、実施の形態8に係る整数-整数変換を説明するための図である。

[図52]図52は、実施の形態8に係る階層的な変換処理を説明するための図である。

[図53]図53は、実施の形態8に係る三次元データ符号化装置のブロック図である。

[図54]図54は、実施の形態8に係るロスレス属性情報符号化部のブロック図である。

[図55]図55は、実施の形態8に係る整数変換部のブロック図である。

[図56]図56は、実施の形態8に係る三次元データ復号装置のブロック図である。

[図57]図57は、実施の形態8に係るロスレス属性情報復号部のブロック図である。

[図58]図58は、実施の形態8に係る逆整数変換部のブロック図である。

[図59]図59は、実施の形態8に係るロスレス属性情報符号化処理のフロー

チャートである。

[図60]図60は、実施の形態8に係るロスレス属性情報復号処理のフローチャートである。

[図61]図61は、実施の形態8に係る整数H a a r変換部の構成例を示す図である。

[図62]図62は、実施の形態8に係る逆整数H a a r変換部の構成例を示す図である。

[図63]図63は、実施の形態8に係る三次元データ符号化装置の構成を示す図である。

[図64]図64は、実施の形態8に係る三次元データ復号装置の構成を示す図である。

[図65]図65は、実施の形態8に係る三次元データ符号化装置の構成を示す図である。

[図66]図66は、実施の形態8に係る三次元データ復号装置の構成を示す図である。

[図67]図67は、実施の形態8に係るビットストリームの構成例を示す図である。

[図68]図68は、実施の形態8に係るビットストリームの構成例を示す図である。

[図69]図69は、実施の形態9に係る三次元データ符号化装置の構成を示す図である。

[図70]図70は、実施の形態9に係る三次元データ復号装置の構成を示す図である。

[図71]図71は、実施の形態9に係るビットストリームの構成例を示す図である。

[図72]図72は、実施の形態9に係る整数R A H T - H a a r変換部の構成例を示す図である。

[図73]図73は、実施の形態9に係る逆整数R A H T - H a a r変換部の構成

成例を示す図である。

[図74]図74は、実施の形態9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75]図75は、実施の形態9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76]図76は、実施の形態10に係る予測処理を示す図である。

[図77]図77は、実施の形態10に係る各ノードの関係を示す図である。

[図78]図78は、実施の形態10に係る符号化方法の第1の例を示す図である。

[図79]図79は、実施の形態10に係る復号方法の第1の例を示す図である。

[図80]図80は、実施の形態10に係る符号化方法の第2の例を示す図である。

[図81]図81は、実施の形態10に係る復号方法の第2の例を示す図である。

[図82]図82は、実施の形態10に係る符号化方法の第3の例を示す図である。

[図83]図83は、実施の形態10に係る復号方法の第3の例を示す図である。

[図84]図84は、実施の形態10に係る符号化方法の第4の例を示す図である。

[図85]図85は、実施の形態10に係る復号方法の第4の例を示す図である。

[図86]図86は、実施の形態10に係る符号化方法の第5の例を示す図である。

[図87]図87は、実施の形態10に係る復号方法の第5の例を示す図である。

[図88]図88は、実施の形態10に係る三次元データ符号化処理のフローチ

ャートである。

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

[図90]図90は、実施の形態11に係る予測処理を示す図である。

[図91]図91は、実施の形態11に係る符号化処理の第1の例を示す図である。

[図92]図92は、実施の形態11に係る復号処理の第1の例を示す図である。

[図93]図93は、実施の形態11に係る属性情報ヘッダのシンタックス例を示す図である。

[図94]図94は、実施の形態11に係る属性情報ヘッダのシンタックス例を示す図である。

[図95]図95は、実施の形態11に係る三次元データ符号化処理のフローチャートである。

[図96]図96は、実施の形態11に係る三次元データ復号処理のフローチャートである。

[図97]図97は、実施の形態11に係る符号化処理の第2の例を示す図である。

[図98]図98は、実施の形態11に係る属性情報ヘッダのシンタックス例を示す図である。

[図99]図99は、実施の形態11に係る属性情報ヘッダのシンタックス例を示す図である。

[図100]図100は、実施の形態11に係る三次元データ符号化処理のフローチャートである。

[図101]図101は、実施の形態11に係る三次元データ復号処理のフローチャートである。

[図102]図102は、実施の形態11に係る符号化処理の第3の例を示す図である。

[図103]図103は、実施の形態11に係る属性情報ヘッダのシンタックス例を示す図である。

[図104]図104は、実施の形態11に係る属性情報ヘッダのシンタックス例を示す図である。

[図105]図105は、実施の形態11に係る三次元データ符号化処理のフローチャートである。

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

[図107]図107は、実施の形態11に係る参照範囲及び参照数を変更する例を示す図である。

[図108]図108は、実施の形態11に係る三次元データ符号化処理のフローチャートである。

[図109]図109は、実施の形態11に係る三次元データ復号処理のフローチャートである。

発明を実施するための形態

[0013] 本開示の一態様に係る三次元データ符号化方法は、点群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)分木構造における対象ノードよりも上位層に属する複数の第1ノードに含まれる、三次元点が含まれるノードである有効ノードの数である第1有効ノード数が予め定められた第1閾値以上か否かを判定し、前記第1有効ノード数が前記第1閾値以上の場合、前記対象ノードの親ノードを含み、前記親ノードと同一階層に属する複数の第2ノードを用いた予測処理を含む第1符号化を前記対象ノードの属性情報に行い、前記第1有効ノード数が前記第1閾値未満の場合、前記複数の第2ノードを用いた前記予測処理を含まない第2符号化を前記対象ノードの属性情報に行う。

[0014] これによれば、当該三次元データ符号化方法は、予測処理を含む第1符号化を用いるか否かを適切に選択できるので符号化効率を向上できる。

[0015] 例えば、前記複数の第1ノードは、前記親ノードと、前記親ノードと同一

階層に属する複数のノードを含んでもよい。

[0016] 例えば、前記複数の第1ノードは、前記対象ノードの祖父ノードと、前記祖父ノードと同一階層に属する複数のノードを含んでもよい。

[0017] 例えば、前記第2符号化では、前記対象ノードの属性情報の予測値をゼロに設定してもよい。

[0018] 例えば、前記三次元データ符号化方法は、さらに、符号化された前記対象ノードの属性情報と、前記第1符号化を適用可能か否かを示す第1情報とを含むビットストリームを生成してもよい。

[0019] 例えば、前記三次元データ符号化方法は、さらに、符号化された前記対象ノードの属性情報と、前記第1閾値を示す第2情報とを含むビットストリームを生成してもよい。

[0020] 例えば、前記対象ノードの祖父ノードと、前記祖父ノードと同一階層に属する複数のノードとを含む複数の第2ノードに含まれる有効ノードの数である第2有効ノード数が予め定められた第2閾値以上か否かを判定し、前記第1有効ノード数が前記第1閾値より多く、かつ、前記第2有効ノード数が前記第2閾値以上の場合、前記第1符号化を前記対象ノードの属性情報に行い、前記第1有効ノード数が前記第1閾値未満の場合、又は前記第2有効ノード数が前記第2閾値未満の場合、前記第2符号化を前記対象ノードの属性情報に行ってもよい。

[0021] 本開示の一態様に係る三次元データ復号方法は、点群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)分木構造における対象ノードよりも上位層に属する複数の第1ノードに含まれる、三次元点が含まれるノードである有効ノードの数である第1有効ノード数が予め定められた第1閾値以上か否かを判定し、前記第1有効ノード数が前記第1閾値以上の場合、前記対象ノードの親ノードを含み、前記親ノードと同一階層に属する複数の第2ノードを用いた予測処理を含む第1復号を前記対象ノードの属性情報に行い、前記第1有効ノード数が前記第1閾値未満の場合、前記複数の第2ノードを用いた前記予測処理を含まない第2復号を前記対象ノードの属性情報に行う

- 。
- [0022] これによれば、当該三次元データ復号方法は、予測処理を含む第1復号を用いるか否かを適切に選択できるので符号化効率を向上できる。
- [0023] 例えば、前記複数の第1ノードは、前記親ノードと、前記親ノードと同一階層に属する複数のノードを含んでもよい。
- [0024] 例えば、前記複数の第1ノードは、前記対象ノードの祖父ノードと、前記祖父ノードと同一階層に属する複数のノードを含んでもよい。
- [0025] 例えば、前記第2復号では、前記対象ノードの属性情報の予測値をゼロに設定してもよい。
- [0026] 例えば、前記三次元データ復号方法は、さらに、符号化された前記対象ノードの属性情報を含むビットストリームから、前記第1復号を適用可能か否かを示す第1情報を取得してもよい。
- [0027] 例えば、前記三次元データ復号方法は、さらに、符号化された前記対象ノードの属性情報を含むビットストリームから、前記第1閾値を示す第2情報を取得してもよい。
- [0028] 例えば、前記対象ノードの祖父ノードと、前記祖父ノードと同一階層に属する複数のノードとを含む複数の第2ノードに含まれる有効ノードの数である第2有効ノード数が予め定められた第2閾値以上か否かを判定し、前記第1有効ノード数が前記第1閾値より多く、かつ、前記第2有効ノード数が前記第2閾値以上の場合、前記第1復号を前記対象ノードの属性情報に行い、前記第1有効ノード数が前記第1閾値未満の場合、又は前記第2有効ノード数が前記第2閾値未満の場合、前記第2復号を前記対象ノードの属性情報に行ってもよい。
- [0029] 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、点群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)分木構造における対象ノードよりも上位層に属する複数の第1ノードに含まれる、三次元点が含まれるノードである有効ノードの数である第1有効ノード数が予め定められた第1

閾値以上か否かを判定し、前記第1有効ノード数が前記第1閾値以上の場合、前記対象ノードの親ノードを含み、前記親ノードと同一階層に属する複数の第2ノードを用いた予測処理を含む第1符号化を前記対象ノードの属性情報に行い、前記第1有効ノード数が前記第1閾値未満の場合、前記複数の第2ノードを用いた前記予測処理を含まない第2符号化を前記対象ノードの属性情報に行う。

[0030] これによれば、当該三次元データ符号化装置は、予測処理を含む第1符号化を用いるか否かを適切に選択できるので符号化効率を向上できる。

[0031] 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、点群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）分木構造における対象ノードよりも上位層に属する複数の第1ノードに含まれる、三次元点が含まれるノードである有効ノードの数である第1有効ノード数が予め定められた第1閾値以上か否かを判定し、前記第1有効ノード数が前記第1閾値以上の場合、前記対象ノードの親ノードを含み、前記親ノードと同一階層に属する複数の第2ノードを用いた予測処理を含む第1復号を前記対象ノードの属性情報に行い、前記第1有効ノード数が前記第1閾値未満の場合、前記複数の第2ノードを用いた前記予測処理を含まない第2復号を前記対象ノードの属性情報に行う。

[0032] これによれば、当該三次元データ復号装置は、予測処理を含む第1復号を用いるか否かを適切に選択できるので符号化効率を向上できる。

[0033] 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。

[0034] 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、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。

[0035] (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。

[0036] 本実施の形態では、三次元空間は、動画像の符号化におけるピクチャに相当するスペース（SPC）に分割され、スペースを単位として三次元データが符号化される。スペースは、さらに、動画像符号化におけるマクロブロックなどに相当するボリューム（VLM）に分割され、VLMを単位として予測及び変換が行われる。ボリュームは、位置座標が対応付けられる最小単位である複数のボクセル（VXL）を含む。なお、予測とは、二次元画像で行われる予測と同様に、他の処理単位を参照し、処理対象の処理単位と類似する予測三次元データを生成し、当該予測三次元データと処理対象の処理単位との差分を符号化することである。また、この予測は、同一時刻の他の予測単位を参照する空間予測のみならず、異なる時刻の予測単位を参照する時間予測を含む。

[0037] 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。

[0038] 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。

- [0039] 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。
- [0040] 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。
- [0041] 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。
- [0042] 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。
- [0043] 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。
- [0044] 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。
- [0045] 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。
- [0046] 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。

[0047] 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。

[0048] 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。

[0049] 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。

[0050] 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。

[0051] 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。

[0052] 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。

[0053] 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。

- [0054] 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。
- [0055] 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。
- [0056] 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。
- [0057] 三次元空間には、建物又は道路など静的なオブジェクト又はシーン（以降、まとめて静的オブジェクトと呼ぶ）と、車又はヒトなどの動的なオブジェクト（以降、動的オブジェクトと呼ぶ）とが存在する。オブジェクトの検出は、ポイントクラウドのデータ、又は、ステレオカメラなどのカメラ映像などから特徴点を抽出するなどして、別途行われる。ここでは、動的オブジェクトの符号化方法の例について説明する。
- [0058] 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。
- [0059] 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。
- [0060] 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。
- [0061] 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。
- [0062] 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。

[0063] また、符号化装置は、静的オブジェクトと動的オブジェクトとを互いに独立に符号化し、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。

[0064] 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。

[0065] 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。

[0066] 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し、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。

[0067] 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。

- [0068] 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。
- [0069] 次に、ワールド内におけるGOSの配置について説明する。ワールドにおける三次元空間の座標は、互いに直交する3本の座標軸 (x軸、y軸、z軸) により表現される。GOSの符号化順に所定のルールを設けることで、空間的に隣接するGOSが符号化データ内で連続するように符号化を行える。例えば、図4に示す例では、xz平面内のGOSを連続的に符号化する。あるxz平面内の全てのGOSの符号化終了後にy軸の値を更新する。すなわち、符号化が進むにつれて、ワールドはy軸方向に伸びていく。また、GOSのインデックス番号は符号化順に設定される。
- [0070] 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。
- [0071] また、GOSのサイズは固定とし、符号化装置は、当該サイズをメタ情報として格納する。また、GOSのサイズは、例えば、都市部か否か、又は、室内か外かなどに応じて切替えられてもよい。つまり、GOSのサイズは、情報としての価値があるオブジェクトの量又は性質に応じて切替えられても

よい。あるいは、符号化装置は、同一ワールド内において、オブジェクトの密度などに応じて、GOSのサイズ、又は、GOS内のI-SPCの間隔を適応的に切替えてもよい。例えば、符号化装置は、オブジェクトの密度が高いほど、GOSのサイズを小さくし、GOS内のI-SPCの間隔を短くする。

[0072] 図5の例では、3番目から10番目のGOSの領域では、オブジェクトの密度が高いため、細かい粒度でのランダムアクセスを実現するために、GOSが細分化されている。なお、7番目から10番目のGOSは、それぞれ、3番目から6番目のGOSの裏側に存在する。

[0073] (実施の形態2)

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。

[0074] 図7は、自車両600と周辺車両601との間での三次元データ607の送受信の様子を示す模式図である。

[0075] 自車両600に搭載されたセンサ（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など）により三次元データを取得する場合、周辺車両601などの障害物により自車両600のセンサ検知範囲602内であるものの三次元データを作成できない領域（以降、これをオクルージョン領域604という）が発生する。また、三次元データを取得する空間が大きくなると自律動作の精度が高まるが、自車両600のみのセンサ検知範囲は有限である。

[0076] 自車両600のセンサ検知範囲602は、三次元データを取得可能な領域603とオクルージョン領域604とを含む。自車両600が、三次元データを取得したい範囲は、自車両600のセンサ検知範囲602とそれ以外の領域とを含む。また、周辺車両601のセンサ検知範囲605は、オクルージョン領域604と、自車両600のセンサ検知範囲602に含まれない領域606とを含む。

[0077] 周辺車両601は、周辺車両601が検知した情報を自車両600に伝送

する。自車両600は、前走車などの周辺車両601が検知した情報を取得することで、オクルージョン領域604、及び、自車両600のセンサ検知範囲602以外の領域606の三次元データ607を取得することが可能となる。自車両600は、周辺車両601が取得した情報を用いて、オクルージョン領域604及びセンサ検知範囲外の領域606の三次元データを補完する。

[0078] 車両、又はロボットの自律動作における三次元データの用途は、自己位置推定、周辺状況の検知、またはその両方である。例えば、自己位置推定には、自車両600のセンサ情報に基づき自車両600で生成した三次元データが使用される。周辺状況の検知には、自車両600で生成した三次元データに加え、周辺車両601から取得した三次元データも使用される。

[0079] 三次元データ607を自車両600に伝送する周辺車両601は、自車両600の状態に応じて決定されてもよい。例えば、この周辺車両601は、自車両600の直進時には前走車であり、自車両600の右折時には対向車であり、自車両600の後退時には後方車である。また、自車両600のドライバが、三次元データ607を自車両600に伝送する周辺車両601を直接指定してもよい。

[0080] また、自車両600は、三次元データ607を取得したい空間内に含まれる、自車両600で取得できない領域の三次元データを所有している周辺車両601を探索してもよい。自車両600で取得できない領域とは、オクルージョン領域604又はセンサ検知範囲602外の領域606などである。

[0081] また、自車両600は、オクルージョン領域604を自車両600のセンサ情報に基づいて特定してもよい。例えば、自車両600は、自車両600のセンサ検知範囲602内に含まれる、三次元データを作成できない領域をオクルージョン領域604であると特定する。

[0082] 以下、三次元データ607を伝送するのが前走車である場合の動作例を説明する。図8は、この場合の伝送される三次元データの一例を示す図である。

- [0083] 図8に示すように、前走車から伝送される三次元データ607は、例えば、ポイントクラウドのスパースワールド（SWLD）である。つまり、前走車は、当該前走車のセンサで検知した情報からWLDの三次元データ（ポイントクラウド）を作成し、WLDの三次元データから特徴量が閾値以上のデータを抽出することでSWLDの三次元データ（ポイントクラウド）を作成する。そして、前走車は、作成したSWLDの三次元データを自車両600に伝送する。
- [0084] 自車両600は、SWLDを受け取り、自車両600で作成したポイントクラウドに、受け取ったSWLDをマージする。
- [0085] 伝送されるSWLDは絶対座標（三次元マップの座標系におけるSWLDの位置）の情報を持っている。自車両600は、この絶対座標に基づいて、自車両600で生成したポイントクラウドを上書きすることによりマージ処理を実現できる。
- [0086] 周辺車両601から伝送されるSWLDは、自車両600のセンサ検知範囲602外かつ周辺車両601のセンサ検知範囲605内の領域606のSWLD、或いは、自車両600にとってのオクルージョン領域604のSWLD、又は、その両方のSWLDでもよい。また、伝送されるSWLDは、上記のSWLDのうち、周辺車両601が周辺状況の検知に使用している領域のSWLDでもよい。
- [0087] また、周辺車両601は、自車両600と周辺車両601との速度差に基づく通信可能時間に応じて、伝送されるポイントクラウドの密度を変化させてもよい。例えば、速度差が大きく通信可能時間が短い場合は、周辺車両601は、SWLDの中から、特徴量の大きな三次元点を抽出することで、ポイントクラウドの密度（データ量）を低くしてもよい。
- [0088] また、周辺状況の検知とは、人、車両、及び道路工事用の機材などの存在の有無を判定し、その種類を特定し、その位置、移動方向、及び移動速度などを検知することである。
- [0089] また、自車両600は、周辺車両601で生成された三次元データ607

の代わりに、又は、三次元データ607に加え、周辺車両601の制動情報
を取得してもよい。ここで、周辺車両601の制動情報とは、例えば、周辺
車両601のアクセル或いはブレーキが踏まれたこと、又はその度合いを示
す情報である。

[0090] また、各車両で生成されるポイントクラウドでは、車両間の低遅延通信を
考慮して、ランダムアクセス単位に三次元空間が細分化される。一方で、サ
ーバからダウンロードされる地図データである三次元地図等は、三次元空間
が、車両間通信の場合と比べて大きなランダムアクセス単位に分割される。

[0091] 前走車の前方の領域又は後走車の後方の領域などのオクルージョン領域に
なりやすい領域のデータは低遅延向けデータとして、細かいランダムアクセ
ス単位に分割される。

[0092] 高速走行時には正面の重要性が高まるため、各車両は、高速走行時には、
視野角を狭めた範囲のSWLDを細かいランダムアクセス単位で作成する。

[0093] 前走車が伝送用に作成したSWLD内に自車両600でポイントクラウド
の取得が可能な領域が含まれる場合、前走車は、その領域のポイントクラウ
ドを取り除くことにより伝送量を削減してもよい。

[0094] (実施の形態3)

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。図9は、後続車両等に送信する三次元データの対象空間の例を示す図で
ある。

[0095] 車両801は、車両801の前方の車両801から距離Lにある幅W、高
さH、深さDの直方体の空間802に含まれるポイントクラウド(点群)等
の三次元データを、 Δt の時間間隔で、道路状況を監視する交通監視クラウ
ド又は後続車両へ送信する。

[0096] 車両801は、外部から空間802に車両又は人が進入するなどして過去
に送信済みの空間802に含まれる三次元データに変化が生じた場合には、
変化が生じた空間の三次元データについても送信する。

[0097] なお、図9では、空間802の形状が直方体である例を示すが、空間80

2は、後続車両から死角となっている前方道路上の空間を含んでいればよく、必ずしも直方体でなくてもよい。

[0098] 距離Lは、三次元データを受信した後続車両が安全に停止できる距離に設定されることが望ましい。例えば、距離Lは、後続車両が、三次元データの受信に要する間に移動する距離と、後続車両が、受信したデータに応じて減速を開始するまでに移動する距離と、後続車両が原則を開始してから安全に停止するのに要する距離との和に設定される。これらの距離は速度に応じて変化するので、 $L = a \times V + b$ （a、bは定数）のように、距離Lが車両の速度Vに応じて変化してもよい。

[0099] 幅Wは、少なくとも車両801が走行している車線の幅よりも大きな値に設定される。更に望ましくは、幅Wは、左右の車線或いは路側帯など、隣接する空間が含まれる大きさに設定される。

[0100] 深さDは固定値でも良いが、 $D = c \times V + d$ （c、dは定数）のように、車両の速度Vに応じて変化してもよい。また、 $D > V \times \Delta t$ となるようにDを設定することで、送信する空間を過去に送信済みの空間と重複させることができる。これにより、車両801は、より確実に走路上の空間を漏れなく後続車両等に送信することができる。

[0101] このように、車両801が送信する三次元データを後続車両にとって有用な空間に限定することで、送信する三次元データの容量を効果的に削減でき、通信の低遅延化及び低コスト化を実現できる。

[0102] （実施の形態4）

実施の形態3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。

[0103] まず、本実施の形態に係るシステムの構成を説明する。図10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。

[0104] 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。

[0105] 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。

[0106] 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。

[0107] 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。

[0108] 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

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。

[0109] 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。

[0110] なお、次のような場合に、クライアント装置902はサーバ901に三次元マップの送信要求を出してもよい。クライアント装置902の保持する三次元マップが古い場合に、クライアント装置902はサーバ901に三次元マップの送信要求を出してもよい。例えば、クライアント装置902が三次元マップを取得してから一定期間が経過した場合に、クライアント装置902はサーバ901に三次元マップの送信要求を出してもよい。

[0111] 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。

[0112] 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。

[0113] 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かと判断し、その旨とセンサ情報とをサーバ901に送信してもよい。

[0114] 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。

[0115] 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。

[0116] 図11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。

- [0117] 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。
- [0118] 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。
- [0119] 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。
- [0120] 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。
- [0121] 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。
- [0122] 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。
- [0123] 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10

16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。

[0124] 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。

[0125] 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。

[0126] 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。

[0127] 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。

[0128] 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。

[0129] 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。

[0130] 次に、サーバ901の構成を説明する。図12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。

[0131] 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。

[0132] データ受信部1111は、クライアント装置902からセンサ情報1037を受信する。センサ情報1037は、例えば、LiDARで取得した情報、可視光カメラで取得した輝度画像、赤外線カメラで取得した赤外画像、デプスセンサで取得したデプス画像、センサ位置情報、及び速度情報などを含む。

[0133] 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。

[0134] 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。

[0135] 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。

[0136] 三次元データ作成部1116は、センサ情報1132に基づいてクライアント装置902の周辺の三次元データ1134を作成する。例えば、三次元データ作成部1116は、LiDARで取得した情報と、可視光カメラで得

られた可視光映像とを用いてクライアント装置902の周辺の色情報付ポイントクラウドデータを作成する。

- [0137] 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。
- [0138] 三次元データ蓄積部1118は、三次元マップ1135等を蓄積する。
- [0139] 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。
- [0140] 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。
- [0141] 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。
- [0142] 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。
- [0143] 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13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。
- [0144] 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。

[0145] 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)。

[0146] 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)。

[0147] 図14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。

[0148] 次に、サーバ901の動作フローについて説明する。図15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)。

[0149] 図16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。

[0150] 以下、本実施の形態の変形例について説明する。

[0151] サーバ901は、クライアント装置902から受信したセンサ情報1037を用いてクライアント装置902の位置付近の三次元データ1134を作成する。次に、サーバ901は、作成した三次元データ1134と、サーバ901が管理する同エリアの三次元マップ1135とのマッチングを行うことによって、三次元データ1134と三次元マップ1135との差分を算出する。サーバ901は、差分が予め定められた閾値以上の場合は、クライアント装置902の周辺で何らかの異常が発生したと判断する。例えば、地震等の自然災害によって地盤沈下等が発生した際などに、サーバ901が管理する三次元マップ1135と、センサ情報1037を基に作成した三次元データ1134との間に大きな差が発生することが考えられる。

[0152] 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。

[0153] 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。

[0154] 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17は、この場合のシステム構成を示す図である。

[0155] 例えば、クライアント装置902Cが近くにいるクライアント装置902Aにセンサ情報の送信要求を出し、クライアント装置902Aからセンサ情報を取得する。そして、クライアント装置902Cは、取得したクライアント装置902Aのセンサ情報を用いて三次元データを作成し、クライアント装置902Cの三次元マップを更新する。これにより、クライアント装置902Cは、クライアント装置902Aから取得可能な空間の三次元マップを、クライアント装置902Cの性能を活かして生成できる。例えば、クライアント装置902Cの性能が高い場合に、このようなケースが発生すると考

えられる。

[0156] また、この場合、センサ情報を提供したクライアント装置902Aは、クライアント装置902Cが生成した高精度な三次元マップを取得する権利が与えられる。クライアント装置902Aは、その権利に従ってクライアント装置902Cから高精度な三次元マップを受信する。

[0157] また、クライアント装置902Cは近くにいる複数のクライアント装置902（クライアント装置902A及びクライアント装置902B）にセンサ情報の送信要求を出してもよい。クライアント装置902A又はクライアント装置902Bのセンサが高性能である場合には、クライアント装置902Cは、この高性能なセンサで得られたセンサ情報を用いて三次元データを作成できる。

[0158] 図18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。

[0159] 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。

[0160] 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。

[0161] 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。

[0162] 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。

[0163] 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。

[0164] また、センサ情報1033は、センサの性能を示す情報を含む。

[0165] 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。

[0166] 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。

[0167] 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。

[0168] 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。

[0169] 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。

[0170] 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。

[0171] 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。

[0172] また、センサ情報 1037 は、センサの性能を示す情報を含む。

[0173] 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。

[0174] 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。

[0175] 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。

[0176] 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。

[0177] (実施の形態 5)

本実施の形態では、上記実施の形態 4 の変形例について説明する。図 19 は、本実施の形態に係るシステムの構成を示す図である。図 19 に示すシステムは、サーバ 2001 と、クライアント装置 2002A と、クライアント装置 2002B とを含む。

[0178] クライアント装置 2002A 及びクライアント装置 2002B は、車両等の移動体に搭載され、センサ情報をサーバ 2001 に送信する。サーバ 2001 は、三次元マップ（ポイントクラウド）をクライアント装置 2002A 及びクライアント装置 2002B に送信する。

[0179] クライアント装置 2002A は、センサ情報取得部 2011 と、記憶部 2012 と、データ送信可否判定部 2013 とを備える。なお、クライアント装置 2002B の構成も同様である。また、以下ではクライアント装置 2002A とクライアント装置 2002B とを特に区別しない場合には、クライアント装置 2002 と記載する。

[0180] 図 20 は、本実施の形態に係るクライアント装置 2002 の動作を示すフローチャートである。

[0181] センサ情報取得部 2011 は、移動体に搭載されたセンサ（センサ群）を用いて各種センサ情報を取得する。つまり、センサ情報取得部 2011 は、移動体に搭載されたセンサ（センサ群）により得られた、移動体の周辺状況を示すセンサ情報を取得する。また、センサ情報取得部 2011 は、取得したセンサ情報を記憶部 2012 に記憶する。このセンサ情報は、L i D A R 取得情報、可視光画像、赤外画像及びデプス画像の少なくとも一つを含む。また、センサ情報は、センサ位置情報、速度情報、取得時刻情報、及び取得場所情報の少なくとも一つを含んでもよい。センサ位置情報は、センサ情報

を取得したセンサの位置を示す。速度情報は、センサがセンサ情報を取得した際の移動体の速度を示す。取得時刻情報は、センサ情報がセンサにより取得された時刻を示す。取得場所情報は、センサ情報がセンサにより取得された際の移動体又はセンサの位置を示す。

[0182] 次に、データ送信可否判定部2013は、移動体（クライアント装置2002）がサーバ2001へセンサ情報を送信可能な環境に存在するかを判定する（S2002）。例えば、データ送信可否判定部2013は、GPS等の情報を用いて、クライアント装置2002がいる場所及び時刻を特定し、データを送信可能かどうかを判定してもよい。また、データ送信可否判定部2013は、特定のアクセスポイントに接続できるかどうかで、データを送信可能かどうかを判定してもよい。

[0183] クライアント装置2002は、移動体がサーバ2001へセンサ情報を送信可能な環境に存在すると判定した場合（S2002でYes）、センサ情報をサーバ2001に送信する（S2003）。つまり、クライアント装置2002がセンサ情報をサーバ2001に送信できるような状況になった時点で、クライアント装置2002は、保持しているセンサ情報をサーバ2001に送信する。例えば、交差点等に高速通信が可能なミリ波のアクセスポイントが設置される。クライアント装置2002は、交差点内に入った時点で、ミリ波通信を用いてクライアント装置2002が保持するセンサ情報を高速にサーバ2001に送信する。

[0184] 次に、クライアント装置2002は、サーバ2001に送信済みのセンサ情報を記憶部2012から削除する（S2004）。なお、クライアント装置2002は、サーバ2001に送信していないセンサ情報が所定の条件を満たした場合に、当該センサ情報を削除してもよい。例えば、クライアント装置2002は、保持するセンサ情報の取得時刻が現在時刻から一定時刻前より古くなった時点でそのセンサ情報を記憶部2012から削除してもよい。つまり、クライアント装置2002は、センサ情報がセンサにより取得された時刻と、現在の時刻との差が、予め定められた時間を超えた場合にセン

サ情報を記憶部2012から削除してもよい。また、クライアント装置2002は、保持するセンサ情報の取得場所が現在地点から一定距離より離れた時点でそのセンサ情報を記憶部2012から削除してもよい。つまり、クライアント装置2002は、センサ情報がセンサにより取得された際の移動体又はセンサの位置と、現在の移動体又はセンサの位置との差が、予め定められた距離を超えた場合にセンサ情報を記憶部2012から削除してもよい。これにより、クライアント装置2002の記憶部2012の容量を抑制することができる。

[0185] クライアント装置2002によるセンサ情報の取得が終了していない場合（S2005でNo）、クライアント装置2002は、ステップS2001以降の処理を再度行う。また、クライアント装置2002によるセンサ情報の取得が終了した場合（S2005でYes）、クライアント装置2002は処理を終了する。

[0186] また、クライアント装置2002はサーバ2001に送信するセンサ情報を通信状況に合わせて選択してもよい。例えば、クライアント装置2002は、高速通信が可能な場合は、記憶部2012に保持されるサイズが大きいセンサ情報（例えばLiDAR取得情報等）を優先して送信する。また、クライアント装置2002は、高速通信が難しい場合は、記憶部2012に保持されるサイズが小さく優先度の高いセンサ情報（例えば可視光画像）を送信する。これにより、クライアント装置2002は記憶部2012に保持したセンサ情報をネットワークの状況に応じて効率的にサーバ2001に送信できる。

[0187] また、クライアント装置2002は、上記現在時刻を示す時刻情報、及び、現在地点を示す場所情報をサーバ2001から取得してもよい。また、クライアント装置2002は、取得した時刻情報及び場所情報に基づきセンサ情報の取得時刻及び取得場所を決定してもよい。つまり、クライアント装置2002は、サーバ2001から時刻情報を取得し、取得した時刻情報を用いて取得時刻情報を生成してもよい。また、クライアント装置2002は、

サーバ2001から場所情報を取得し、取得した場所情報を用いて取得場所情報を生成してもよい。

[0188] 例えば時刻情報については、サーバ2001とクライアント装置2002とはNTP (Network Time Protocol)、又はPTP (Precision Time Protocol)等の仕組みを用いて時刻同期を行う。これにより、クライアント装置2002は正確な時刻情報を取得できる。また、サーバ2001と複数のクライアント装置との間で時刻を同期できるので、別々のクライアント装置2002が取得したセンサ情報内の時刻を同期できる。よって、サーバ2001は、同期された時刻を示すセンサ情報を取り扱える。なお、時刻同期の仕組みはNTP又はPTP以外のどのような方法でも構わない。また、上記時刻情報及び場所情報としてGPSの情報が用いられてもよい。

[0189] サーバ2001は、時刻又は場所を指定して複数のクライアント装置2002からセンサ情報を取得しても構わない。例えば何らかの事故が発生した場合に、その付近にいたクライアントを探すため、サーバ2001は、事故発生時刻と場所を指定して複数のクライアント装置2002にセンサ情報送信要求をブロードキャスト送信する。そして、該当する時刻と場所のセンサ情報を持つクライアント装置2002は、サーバ2001にセンサ情報を送信する。つまり、クライアント装置2002は、サーバ2001から場所及び時刻を指定する指定情報を含むセンサ情報送信要求を受信する。クライアント装置2002は、記憶部2012に、指定情報で示される場所及び時刻において得られたセンサ情報が記憶されており、かつ、移動体がサーバ2001へセンサ情報を送信可能な環境に存在すると判定した場合、指定情報で示される場所及び時刻において得られたセンサ情報をサーバ2001に送信する。これにより、サーバ2001は、事故の発生に関連するセンサ情報を複数のクライアント装置2002から取得し、事故解析等に利用できる。

[0190] なお、クライアント装置2002は、サーバ2001からのセンサ情報送信要求を受信した場合に、センサ情報の送信を拒否してもよい。また、複数

のセンサ情報のうち、どのセンサ情報を送信可能かどうかを事前にクライアント装置2002が設定してもよい。または、サーバ2001は、センサ情報の送信の可否を都度クライアント装置2002に問い合わせてもよい。

[0191] また、サーバ2001にセンサ情報を送信したクライアント装置2002にはポイントが付与されてもよい。このポイントは、例えば、ガソリン購入費、EV (Electric Vehicle) の充電費、高速道路の通行料、又はレンタカー費用などの支払いに使用できる。また、サーバ2001は、センサ情報を取得した後、センサ情報の送信元のクライアント装置2002を特定するための情報を削除してもよい。例えば、この情報は、クライアント装置2002のネットワークアドレスなどの情報である。これによりセンサ情報を匿名化することができるので、クライアント装置2002のユーザは安心して、クライアント装置2002からセンサ情報をサーバ2001に送信できる。また、サーバ2001は、複数のサーバから構成されてもよい。例えば複数のサーバでセンサ情報が共有化されることで、あるサーバが故障しても他のサーバがクライアント装置2002と通信できる。これにより、サーバ故障によるサービスの停止を回避できる。

[0192] また、センサ情報送信要求で指定される指定場所は事故の発生位置などを示すものであり、センサ情報送信要求で指定される指定時刻におけるクライアント装置2002の位置とは異なることがある。よって、サーバ2001は、例えば、指定場所として周辺 XX m以内などの範囲を指定することで、当該範囲内に存在するクライアント装置2002に対して情報取得を要求できる。指定時刻についても同様に、サーバ2001は、ある時刻から前後 N 秒以内など範囲を指定してもよい。これにより、サーバ2001は、「時刻： $t - N$ から $t + N$ において、場所：絶対位置 S から XX m以内」に存在していたクライアント装置2002からセンサ情報が取得できる。クライアント装置2002は、LiDARなどの三次元データを送信する際に、時刻 t の直後に生成したデータを送信してもよい。

[0193] また、サーバ2001は、指定場所として、センサ情報取得対象となるク

クライアント装置2002の場所を示す情報と、センサ情報が欲しい場所とをそれぞれ別に指定してもよい。例えば、サーバ2001は、絶対位置SからYYmの範囲を少なくとも含むセンサ情報を、絶対位置SからXXm以内に存在したクライアント装置2002から取得することを指定する。クライアント装置2002は、送信する三次元データを選択する際には、指定された範囲のセンサ情報を少なくとも含むように、1つ以上のランダムアクセス可能な単位の三次元データを選択する。また、クライアント装置2002は、可視光画像を送信する際は、少なくとも時刻tの直前又は直後のフレームを含む、時間的に連続した複数の画像データを送信してもよい。

[0194] クライアント装置2002が5G或いはWi-Fi、又は、5Gにおける複数モードなど、複数の物理ネットワークをセンサ情報の送信に利用できる場合には、クライアント装置2002は、サーバ2001から通知された優先順位に従って利用するネットワークを選択してもよい。または、クライアント装置2002自身が送信データのサイズに基づいて適切な帯域を確保できるネットワークを選択してもよい。または、クライアント装置2002は、データ送信にかかる費用等に基づいて利用するネットワークを選択してもよい。また、サーバ2001からの送信要求には、クライアント装置2002が時刻Tまでに送信を開始可能な場合に送信を行う、など、送信期限を示す情報が含まれてもよい。サーバ2001は、期限内に十分なセンサ情報が取得できなければ再度送信要求を発行してもよい。

[0195] センサ情報は、圧縮又は非圧縮のセンサデータと共に、センサデータの特性を示すヘッダ情報を含んでもよい。クライアント装置2002は、ヘッダ情報を、センサデータとは異なる物理ネットワーク又は通信プロトコルを介してサーバ2001に送信してもよい。例えば、クライアント装置2002は、センサデータの送信に先立ってヘッダ情報をサーバ2001に送信する。サーバ2001は、ヘッダ情報の解析結果に基づいてクライアント装置2002のセンサデータを取得するかどうかを判断する。例えば、ヘッダ情報は、LiDARの点群取得密度、仰角、或いはフレームレート、又は、可視

光画像の解像度、SN比、或いはフレームレートなどを示す情報を含んでもよい。これにより、サーバ2001は、決定した品質のセンサデータを有するクライアント装置2002からセンサ情報を取得できる。

[0196] 以上のように、クライアント装置2002は、移動体に搭載され、移動体に搭載されたセンサにより得られた、移動体の周辺状況を示すセンサ情報を取得し、センサ情報を記憶部2012に記憶する。クライアント装置2002は、移動体がサーバ2001へセンサ情報を送信可能な環境に存在するかを判定し、移動体がサーバへセンサ情報を送信可能な環境に存在すると判定した場合、センサ情報をサーバ2001に送信する。

[0197] また、クライアント装置2002は、さらに、センサ情報から、移動体の周辺の三次元データを作成し、作成された三次元データを用いて移動体の自己位置を推定する。

[0198] また、クライアント装置2002は、さらに、サーバ2001に三次元マップの送信要求を送信し、サーバ2001から三次元マップを受信する。クライアント装置2002は、自己位置の推定では、三次元データと三次元マップとを用いて、自己位置を推定する。

[0199] なお、上記クライアント装置2002による処理は、クライアント装置2002における情報送信方法として実現されてもよい。

[0200] また、クライアント装置2002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、上記の処理を行ってもよい。

[0201] 次に、本実施の形態に係るセンサ情報収集システムについて説明する。図21は、本実施の形態に係るセンサ情報収集システムの構成を示す図である。図21に示すように本実施の形態に係るセンサ情報収集システムは、端末2021Aと、端末2021Bと、通信装置2022Aと、通信装置2022Bと、ネットワーク2023と、データ収集サーバ2024と、地図サーバ2025と、クライアント装置2026とを含む。なお、端末2021A及び端末2021Bを特に区別しない場合には端末2021とも記載する。通信装置2022A及び通信装置2022Bを特に区別しない場合には通信

装置 2022 とも記載する。

- [0202] データ収集サーバ 2024 は、端末 2021 が備えるセンサで得られたセンサデータなどのデータを三次元空間中の位置と対応付けられた位置関連データとして収集する。
- [0203] センサデータとは、例えば、端末 2021 の周囲の状態または端末 2021 の内部の状態などを、端末 2021 が備えるセンサを用いて取得したデータである。端末 2021 は、端末 2021 と直接通信可能、又は同一の通信方式で一或いは複数の中継装置を中継して通信可能な位置にある一又は複数のセンサ機器から収集したセンサデータをデータ収集サーバ 2024 に送信する。
- [0204] 位置関連データに含まれるデータは、例えば、端末自身又は端末が備える機器の動作状態、動作ログ、サービスの利用状況などを示す情報を含んでもよい。また、位置関連データに含まれるデータは、端末 2021 の識別子と端末 2021 の位置又は移動経路などを対応付けた情報などを含んでもよい。
- [0205] 位置関連データに含まれる、位置を示す情報は、例えば三次元地図データなどの三次元データにおける位置を示す情報と対応付けられている。位置を示す情報の詳細については後述する。
- [0206] 位置関連データは、位置を示す情報である位置情報に加えて、前述した時刻情報と、位置関連データに含まれるデータの属性、又は当該データを生成したセンサの種類（例えば型番など）を示す情報とのうち少なくとも一つを含んでもよい。位置情報及び時刻情報は、位置関連データのヘッダ領域又は位置関連データを格納するフレームのヘッダ領域に格納されていてもよい。また、位置情報及び時刻情報は、位置関連データと対応付けられたメタデータとして位置関連データとは別に送信及び／又は格納されてもよい。
- [0207] 地図サーバ 2025 は、例えば、ネットワーク 2023 に接続されており、端末 2021 などの他の装置からの要求に応じて三次元地図データなどの三次元データを送信する。また、前述した各実施の形態で説明したように、

地図サーバ2025は、端末2021から送信されたセンサ情報を用いて、三次元データを更新する機能などを備えていてもよい。

[0208] データ収集サーバ2024は、例えば、ネットワーク2023に接続されており、端末2021などの他の装置から位置関連データを収集し、収集した位置関連データを内部又は他のサーバ内の記憶装置に格納する。また、データ収集サーバ2024は、収集した位置関連データ又は位置関連データに基づいて生成した三次元地図データのメタデータなどを、端末2021からの要求に応じて端末2021に対して送信する。

[0209] ネットワーク2023は、例えばインターネットなどの通信ネットワークである。端末2021は、通信装置2022を介してネットワーク2023に接続されている。通信装置2022は、一つの通信方式、又は複数の通信方式を切り替えながら端末2021と通信を行う。通信装置2022は、例えば、(1) LTE (Long Term Evolution) などの基地局、(2) WiFi 或いはミリ波通信などのアクセスポイント (AP)、(3) SIGFOX、LoRaWAN 或いは Wi-SUN などの LPWA (Low Power Wide Area) Network のゲートウェイ、又は、(4) DVB-S2 などの衛星通信方式を用いて通信を行う通信衛星である。

[0210] なお、基地局は、NB-IoT (Narrow Band-IoT) 又は LTE-M などの LPWA に分類される方式で端末2021との通信を行っていてもよいし、これらの方式を切り替えながら端末2021との通信を行っていてもよい。

[0211] ここでは、端末2021が2種類の通信方式を用いる通信装置2022と通信する機能を備え、これらの通信方式のいずれかを用いて、またはこれらの複数の通信方式及び直接の通信相手となる通信装置2022を切り替えながら地図サーバ2025又はデータ収集サーバ2024と通信を行う場合を例に挙げるが、センサ情報収集システム及び端末2021の構成はこれに限らない。例えば、端末2021は、複数の通信方式での通信機能を有さず、

いずれか一つの通信方式で通信を行う機能を備えてもよい。また、端末2021は、3つ以上の通信方式に対応していてもよい。また、端末2021ごとに対応する通信方式が異なってもよい。

[0212] 端末2021は、例えば図11に示したクライアント装置902の構成を備える。端末2021は、受信した三次元データを用いて自己位置などの位置推定を行う。また、端末2021は、センサから取得したセンサデータと位置推定の処理により得られた位置情報とを対応付けて位置関連データを生成する。

[0213] 位置関連データに付加される位置情報は、例えば、三次元データで用いられている座標系における位置を示す。例えば、位置情報は、緯度及び経度の値で表される座標値である。このとき、端末2021は、座標値と共に当該座標値の基準となる座標系、及び位置推定に用いた三次元データを示す情報を位置情報に含めてもよい。また、座標値は高度の情報を含んでいてもよい。

[0214] また、位置情報は、前述した三次元データの符号化に用いることができるデータの単位又は空間の単位に対応付けられていてもよい。この単位とは、例えば、WLD、GOS、SPC、VLM、又はVXLなどである。このとき、位置情報は、例えば位置関連データに対応するSPCなどのデータ単位を特定するための識別子で表現される。なお、位置情報は、SPCなどのデータ単位を特定するための識別子に加えて、当該SPCなどのデータ単位を含む三次元空間を符号化した三次元データを示す情報、又は当該SPC内の詳細な位置を示す情報などを含んでいてもよい。三次元データを示す情報とは、例えば、当該三次元データのファイル名である。

[0215] このように、当該システムは、三次元データを用いた位置推定に基づく位置情報と対応付けた位置関連データを生成することにより、GPSを用いて取得されたクライアント装置（端末2021）の自己位置に基づく位置情報をセンサ情報に付加する場合よりも精度の高い位置情報をセンサ情報に付与することができる。その結果、位置関連データを他の装置が他のサービスに

において利用する場合においても、同じ三次元データに基づいて位置推定を行うことで、位置関連データに対応する位置を実空間でより正確に特定できる可能性がある。

[0216] なお、本実施の形態では、端末2021から送信されるデータが位置関連データの場合を例に挙げて説明したが、端末2021から送信されるデータは位置情報と関連付けられていないデータであってもよい。すなわち、他の実施の形態で説明した三次元データ又はセンサデータの送受信が本実施の形態で説明したネットワーク2023を介して行われてもよい。

[0217] 次に、三次元又は二次元の実空間又は地図空間における位置を示す位置情報の異なる例について説明する。位置関連データに付加される位置情報は、三次元データ中の特徴点に対する相対位置を示す情報であってもよい。ここで、位置情報の基準となる特徴点は、例えばSWLDとして符号化され、三次元データとして端末2021に通知された特徴点である。

[0218] 特徴点に対する相対位置を示す情報は、例えば、特徴点から位置情報が示す点までのベクトルで表され、特徴点から位置情報が示す点までの方向と距離を示す情報であってもよい。または、特徴点に対する相対位置を示す情報は、特徴点から位置情報が示す点までのX軸、Y軸、Z軸のそれぞれの変位量を示す情報であってもよい。また、特徴点に対する相対位置を示す情報は、3以上の特徴点のそれぞれから位置情報が示す点までの距離を示す情報であってもよい。なお、相対位置は、各特徴点を基準として表現された位置情報が示す点の相対位置ではなく、位置情報が示す点を基準として表現された各特徴点の相対位置であってもよい。特徴点に対する相対位置に基づく位置情報の一例は、基準となる特徴点を特定するための情報と、当該特徴点に対する位置情報が示す点の相対位置を示す情報とを含む。また、特徴点に対する相対位置を示す情報が三次元データとは別に提供される場合、特徴点に対する相対位置を示す情報は、相対位置の導出に用いた座標軸、三次元データの種類を示す情報、又は／及び相対位置を示す情報の値の単位量あたりの大きさ（縮尺など）を示す情報などを含んでいてもよい。

[0219] また、位置情報は、複数の特徴点について、各特徴点に対する相対位置を示す情報を含んでいてもよい。位置情報を複数の特徴点に対する相対位置で表した場合、実空間において当該位置情報が示す位置を特定しようとする端末2021は、特徴点ごとにセンサデータから推定した当該特徴点の位置から位置情報が示す位置の候補点を算出し、算出された複数の候補点を平均して求めた点を位置情報が示す点であると判定してもよい。この構成によると、センサデータから特徴点の位置を推定する際の誤差の影響を軽減できるため、実空間における位置情報が示す点の推定精度を向上できる。また、位置情報が複数の特徴点に対する相対位置を示す情報を含む場合、端末2021が備えるセンサの種類又は性能などの制約で検出できない特徴点がある場合であっても、複数の特徴点のいずれか一つでも検出することができれば位置情報が示す点の値を推定することが可能となる。

[0220] 特徴点として、センサデータから特定可能な点を用いことができる。センサデータから特定可能な点とは、例えば、前述した三次元特徴量又は可視光データの特徴量が閾値以上であるなど特徴点検出用の所定の条件を満たす点又は領域内の点である。

[0221] また、実空間に設置されたマーカなどを特徴点として用いてもよい。この場合、マーカは、L i D E R又はカメラなどのセンサを用いて取得されたデータから検出及び位置の特定が可能であればよい。例えば、マーカは、色或いは輝度値（反射率）の変化、又は、三次元形状（凹凸など）で表現される。また、当該マーカの位置を示す座標値、又は当該マーカの識別子から生成された二次元コード又はバーコードなどが用いられてもよい。

[0222] また、光信号を送信する光源をマーカとして用いてもよい。光信号の光源をマーカとして用いる場合、座標値又は識別子などの位置を取得するための情報だけでなく、その他のデータが光信号により送信されてもよい。例えば、光信号は、当該マーカの位置に応じたサービスのコンテンツ、コンテンツを取得するためのu r lなどのアドレス、又はサービスの提供を受けるための無線通信装置の識別子と、当該無線通信装置と接続するための無線通信方

式などを示す情報を含んでもよい。光通信装置（光源）をマーカとして用いることで、位置を示す情報以外のデータの送信が容易になると共に、当該データを動的に切り替えることが可能となる。

[0223] 端末2021は、互いに異なるデータ間での特徴点の対応関係を、例えば、データ間で共通に用いられる識別子、又は、データ間の特徴点の対応関係を示す情報或いはテーブルを用いて把握する。また、特徴点間の対応関係を示す情報がない場合、端末2021は、一方の三次元データにおける特徴点の座標を他方の三次元データ空間上の位置に変換した場合に最も近い距離にある特徴点を対応する特徴点であると判定してもよい。

[0224] 以上で説明した相対位置に基づく位置情報を用いた場合、互いに異なる三次元データを用いる端末2021又はサービス間であっても、各三次元データに含まれる、又は各三次元データと対応付けられた共通の特徴点を基準に位置情報が示す位置を特定、又は推定することができる。その結果、互いに異なる三次元データを用いる端末2021又はサービス間で、同じ位置をより高い精度で特定又は推定することが可能となる。

[0225] また、互いに異なる座標系を用いて表現された地図データ又は三次元データを用いる場合であっても、座標系の変換に伴う誤差の影響を低減できるため、より高精度な位置情報に基づくサービスの連携が可能となる。

[0226] 以下、データ収集サーバ2024が提供する機能の例について説明する。データ収集サーバ2024は、受信した位置関連データを他のデータサーバに転送してもよい。データサーバが複数ある場合、データ収集サーバ2024は、受信した位置関連データをどのデータサーバに転送するかを判定して、転送先として判定されたデータサーバ宛に位置関連データを転送する。

[0227] データ収集サーバ2024は、転送先の判定を、例えば、データ収集サーバ2024に事前に設定された転送先サーバの判定ルールに基づいて行う。転送先サーバの判定ルールとは、例えば、各端末2021に対応付けられた識別子と転送先のデータサーバとを対応付けた転送先テーブルなどで設定される。

[0228] 端末2021は、送信する位置関連データに対して当該端末2021に対応付けられた識別子を付加してデータ収集サーバ2024に送信する。データ収集サーバ2024は、位置関連データに付加された識別子に対応する転送先のデータサーバを転送先テーブルなどを用いた転送先サーバの判定ルールに基づいて特定し、当該位置関連データを特定されたデータサーバに送信する。また、転送先サーバの判定ルールは、位置関連データが取得された時間又は場所などを用いた判定条件で指定されてもよい。ここで、上述した送信元の端末2021に対応付けられた識別子とは、例えば各端末2021に固有の識別子、又は端末2021が属するグループを示す識別子などである。

[0229] また、転送先テーブルは、送信元の端末に対応付けられた識別子と転送先のデータサーバとを直接対応付けたものでなくてもよい。例えば、データ収集サーバ2024は、端末2021に固有の識別子毎に付与されたタグ情報を格納した管理テーブルと、当該タグ情報と転送先のデータサーバを対応付けた転送先テーブルとを保持する。データ収集サーバ2024は、管理テーブルと転送先テーブルとを用いてタグ情報に基づく転送先のデータサーバを判定してもよい。ここで、タグ情報は、例えば当該識別子に対応する端末2021の種類、型番、所有者、所属するグループ又はその他の識別子に付与された管理用の制御情報又はサービス提供用の制御情報である。また、転送先テーブルに、送信元の端末2021に対応付けられた識別子の代わりに、センサ毎に固有の識別子が用いられてもよい。また、転送先サーバの判定ルールは、クライアント装置2026から設定できてもよい。

[0230] データ収集サーバ2024は、複数のデータサーバを転送先として判定し、受信した位置関連データを当該複数のデータサーバに転送してもよい。この構成によると、例えば、位置関連データを自動的にバックアップする場合、又は位置関連データを異なるサービスで共通に利用するために、各サービスを提供するためのデータサーバに対して位置関連データを送信する必要がある場合に、データ収集サーバ2024に対する設定を変更ことで意図通り

のデータの転送を実現できる。その結果、個別の端末 2021 に位置関連データの送信先を設定する場合と比較して、システムの構築及び変更に要する工数を削減することができる。

[0231] データ収集サーバ 2024 は、データサーバから受信した転送要求信号に応じて、転送要求信号で指定されたデータサーバを新たな転送先として登録し、以降に受信した位置関連データを当該データサーバに転送してもよい。

[0232] データ収集サーバ 2024 は、端末 2021 から受信した位置関連データを記録装置に保存し、端末 2021 又はデータサーバから受信した送信要求信号に応じて、送信要求信号で指定された位置関連データを、要求元の端末 2021 又はデータサーバに送信してもよい。

[0233] データ収集サーバ 2024 は、要求元のデータサーバ又は端末 2021 に対する位置関連データの提供の可否を判断し、提供可能と判断された場合に要求元のデータサーバ又は端末 2021 に位置関連データの転送又は送信を行ってもよい。

[0234] クライアント装置 2026 から現在の位置関連データの要求を受け付けた場合、端末 2021 による位置関連データの送信タイミングでなくても、データ収集サーバ 2024 が端末 2021 に対して位置関連データの送信要求を行い、端末 2021 が当該送信要求に応じて位置関連データを送信してもよい。

[0235] 上記の説明では、端末 2021 がデータ収集サーバ 2024 に対して位置情報データを送信するとしたが、データ収集サーバ 2024 は、例えば、端末 2021 を管理する機能など、端末 2021 から位置関連データを収集するために必要な機能又は端末 2021 から位置関連データを収集する際に用いられる機能などを備えてもよい。

[0236] データ収集サーバ 2024 は、端末 2021 に対して位置情報データの送信を要求するデータ要求信号を送信し、位置関連データを収集する機能を備えてもよい。

[0237] データ収集サーバ 2024 には、データ収集の対象となる端末 2021 と

通信を行うためのアドレス又は端末2021固有の識別子などの管理情報が事前に登録されている。データ収集サーバ2024は、登録されている管理情報に基づいて端末2021から位置関連データを収集する。管理情報は、端末2021が備えるセンサの種類、端末2021が備えるセンサの数、及び端末2021が対応する通信方式などの情報を含んでいてもよい。

[0238] データ収集サーバ2024は、端末2021の稼働状態又は現在位置などの情報を端末2021から収集してもよい。

[0239] 管理情報の登録は、クライアント装置2026から行われてもよいし、端末2021が登録要求をデータ収集サーバ2024に送信することで、登録のための処理が開始されてもよい。データ収集サーバ2024は、端末2021との間の通信を制御する機能を備えてもよい。

[0240] データ収集サーバ2024と端末2021とを結ぶ通信は、MNO (Mobile Network Operator)、或いはMVNO (Mobile Virtual Network Operator)などのサービス事業者が提供する専用回線、又は、VPN (Virtual Private Network)で構成された仮想の専用回線などであってもよい。この構成によると、端末2021とデータ収集サーバ2024との間の通信を安全に行うことができる。

[0241] データ収集サーバ2024は、端末2021を認証する機能、又は端末2021との間で送受信されるデータを暗号化する機能を備えてもよい。ここで、端末2021の認証の処理又はデータの暗号化の処理は、データ収集サーバ2024と端末2021との間で事前に共有された、端末2021に固有の識別子又は複数の端末2021を含む端末グループに固有の識別子などを用いて行われる。この識別子とは、例えば、SIM (Subscriber Identity Module)カードに格納された固有の番号であるIMSI (International Mobile Subscriber Identity)などである。認証処理に用いられる識別子とデータの暗号化処理に用いる識別子とは、同じであってもよいし、異なってい

てもよい。

[0242] データ収集サーバ2024と端末2021との間の認証又はデータの暗号化の処理は、データ収集サーバ2024と端末2021との両方が当該処理を実施する機能を備えていれば提供可能であり、中継を行う通信装置2022が用いる通信方式に依存しない。よって、端末2021が通信方式を用いるかを考慮することなく、共通の認証又は暗号化の処理を用いることができるので、ユーザのシステム構築の利便性が向上する。ただし、中継を行う通信装置2022が用いる通信方式に依存しないとは、通信方式に応じて変更することが必須ではないことを意味している。つまり、伝送効率の向上又は安全性の確保の目的で、中継装置が用いる通信方式に応じてデータ収集サーバ2024と端末2021との間の認証又はデータの暗号化の処理が切り替えられてもよい。

[0243] データ収集サーバ2024は、端末2021から収集する位置関連データの種類及びデータ収集のスケジュールなどのデータ収集ルールを管理するUIをクライアント装置2026に提供してもよい。これにより、ユーザはクライアント装置2026を用いてデータを収集する端末2021、並びに、データの収集時間及び頻度などを指定できる。また、データ収集サーバ2024は、データを収集したい地図上の領域などを指定し、当該領域に含まれる端末2021から位置関連データを収集してもよい。

[0244] データ収集ルールを端末2021単位で管理する場合、クライアント装置2026は、例えば、管理対象となる端末2021又はセンサのリストを画面に提示する。ユーザはリストの項目毎にデータの収集の要否又は収集スケジュールなどを設定する。

[0245] データを収集したい地図上の領域などを指定する場合、クライアント装置2026は、例えば、管理対象となる地域の二次元又は三次元の地図を画面に提示する。ユーザは、表示された地図上でデータを収集する領域を選択する。地図上で選択される領域は、地図上で指定された点を中心とする円形又は矩形の領域であってもよいし、ドラッグ動作で特定可能な円形又は矩形の

領域であってもよい。また、クライアント装置2026は、都市、都市内のエリア、ブロック、又は主要な道路など予め設定された単位で領域を選択してもよい。また、地図を用いて領域を指定するのではなく、緯度及び経度の数値を入力して領域が設定されてもよいし、入力されたテキスト情報に基づいて導出した候補領域のリストから領域が選択されてもよい。テキスト情報は、例えば、地域、都市、又はランドマークの名前などである。

[0246] また、ユーザが一又は複数の端末2021を指定して、当該端末2021の周囲100メートルの範囲内などの条件を設定することで、指定領域を動的に変更しながらデータの収集が行われてもよい。

[0247] また、クライアント装置2026がカメラなどのセンサを備える場合、センサデータから得られたクライアント装置2026の実空間での位置に基づいて地図上の領域が指定されてもよい。例えば、クライアント装置2026は、センサデータを用いて自己位置を推定し、推定された位置に対応する地図上の点から予め定められた距離、又はユーザが指定した距離の範囲内の領域を、データを収集する領域として指定してもよい。また、クライアント装置2026は、センサのセンシング領域、すなわち取得されたセンサデータに対応する領域を、データを収集する領域として指定してもよい。または、クライアント装置2026は、ユーザの指定したセンサデータに対応する位置に基づく領域を、データを収集する領域として指定してもよい。センサデータに対応する地図上の領域、又は位置の推定は、クライアント装置2026が行ってもよいし、データ収集サーバ2024が行ってもよい。

[0248] 地図上の領域で指定を行う場合、データ収集サーバ2024は、各端末2021の現在位置情報を収集することで、指定された領域内の端末2021を特定し、特定された端末2021に対して位置関連データの送信を要求してもよい。また、データ収集サーバ2024が領域内の端末2021を特定するのではなく、データ収集サーバ2024が指定された領域を示す情報を端末2021に送信し、端末2021が自身が指定された領域内にあるか否かを判定して、指定された領域内にあると判断された場合に位置関連データ

を送信してもよい。

[0249] データ収集サーバ2024は、クライアント装置2026が実行するアプリケーションにおいて上述したUI (User Interface) を提供するためのリスト又は地図などのデータをクライアント装置2026に送信する。データ収集サーバ2024は、リスト又は地図などのデータだけでなく、アプリケーションのプログラムをクライアント装置2026に送信してもよい。また、上述したUIは、ブラウザで表示可能なHTMLなどで作成されたコンテンツとして提供されてもよい。なお、地図データなど一部のデータは地図サーバ2025などのデータ収集サーバ2024以外のサーバから提供されてもよい。

[0250] クライアント装置2026は、ユーザによる設定ボタンの押下など、入力が完了したことを通知する入力が行われると、入力された情報を設定情報としてデータ収集サーバ2024に送信する。データ収集サーバ2024は、クライアント装置2026から受信した設定情報に基づいて各端末2021に対して、位置関連データの要求又は位置関連データの収集ルールを通知する信号を送信し、位置関連データの収集を行う。

[0251] 次に、三次元又は二次元の地図データに付加された付加情報に基づいて端末2021の動作を制御する例について説明する。

[0252] 本構成では、道路又は駐車場に埋設された無線給電の給電アンテナ又は給電コイルなどの給電部の位置を示すオブジェクト情報が、三次元データに含まれて、又は三次元データに対応付けられて、車又はドローンなどである端末2021に提供される。

[0253] 充電を行うために当該オブジェクト情報を取得した車両又はドローンは、車両が備える充電アンテナ又は充電コイルなどの充電部の位置が、当該オブジェクト情報が示す領域と対向する位置になるよう自動運転で車両自身の位置を移動させ、充電を開始する。なお、自動運転機能を備えていない車両又はドローンの場合は、画面上に表示された画像又は音声などを利用して、移動すべき方向又は行うべき操作を運転手又は操縦者に対して提示される。そ

して、推定された自己位置に基づいて算出した充電部の位置が、オブジェクト情報で示された領域又は当該領域から所定の距離の範囲内に入った判断されると、運転又は操縦を中止させる内容へと提示する画像又は音声切り替えられ、充電が開始される。

[0254] また、オブジェクト情報は給電部の位置を示す情報ではなく、当該領域内に充電部を配置すると所定の閾値以上の充電効率を得られる領域を示す情報であってもよい。オブジェクト情報の位置は、オブジェクト情報が示す領域の中心の点で表されてもよいし、二次元平面内の領域或いは線、又は、三次元空間内の領域、線或いは平面などで表されてもよい。

[0255] この構成によると、L i D E Rのセンシングデータ又はカメラで撮影した映像では把握できない給電アンテナの位置を把握することができるので、車などの端末2021が備える無線充電用のアンテナと道路などに埋設された無線給電アンテナとの位置合わせをより高精度に行うことができる。その結果、無線充電時の充電速度を短くしたり、充電効率を向上させることができる。

[0256] オブジェクト情報は、給電アンテナの以外の対象物であってもよい。例えば、三次元データは、ミリ波無線通信のAPの位置などをオブジェクト情報として含む。これにより、端末2021は、APの位置を事前に把握することができるので、当該オブジェクト情報の方向にビームの指向性を向けて通信を開始することができる。その結果、伝送速度の向上、通信開始までの時間の短縮、及び通信可能な期間を延ばすなどの通信品質の向上を実現できる。

[0257] オブジェクト情報は、当該オブジェクト情報に対応する対象物のタイプを示す情報を含んでもよい。また、オブジェクト情報は、当該オブジェクト情報の三次元データ上の位置に対応する実空間上の領域内、又は領域から所定の距離の範囲内に端末2021が含まれる場合に、端末2021が実施すべき処理を示す情報を含んでもよい。

[0258] オブジェクト情報は、三次元データを提供するサーバとは異なるサーバか

ら提供されてもよい。オブジェクト情報を三次元データとは別に提供する場合、同一のサービスで使用されるオブジェクト情報が格納されたオブジェクトグループが、対象サービス又は対象機器の種類に応じてそれぞれ別のデータとして提供されてもよい。

[0259] オブジェクト情報と組み合わせて用いられる三次元データは、WLDの点群データであってもよいし、SWLDの特徴点データであってもよい。

[0260] (実施の形態6)

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22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23は、図22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23に示すリーフのうち、リーフ1、2、3はそれぞれ図22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。

[0261] 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23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24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24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。

[0262] 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。

[0263] 例えば、図25は、図23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25に示す8分木は図23に示す8分木よりデータ量が少なくなる。つまり、図25に示す8分木は図25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23に示すリーフ1とリーフ2が図24に示すリーフ1で表現されることになる。つまり、図23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。

[0264] 図26は、図25に示す8分木に対応するボリュームを示す図である。図22に示すVXL1とVXL2が図26に示すVXL12に対応する。この場合、三次元データ符号化装置は、図26に示すVXL12の色情報を、図22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。

[0265] 三次元データ符号化装置は、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は、ワールドのヘッダ情報、スペースのヘッダ情報、又はボリュームのヘッダ情報に深度情報を付加してもよい。また、時間の異なる全てのワールド、スペース、及びボリュームで深度情報として同一の値を使用してもよい。この場合、三次元データ符号化装置は、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。

[0266] (実施の形態7)

以下、三次元点の属性情報を符号化する別の方法として、RAHT (Region Adaptive Hierarchical Transform) を用いた方法を説明する。図27は、RAHTを用いた属性情報の符

号化を説明するための図である。

- [0267] まず、三次元データ符号化装置は、三次元点の位置情報に基づきモートン符号 (Morton code) を生成し、モートン符号順に三次元点の属性情報をソートする。例えば、三次元データ符号化装置は、モートン符号の昇順にソートを行ってもよい。なお、ソート順はモートン符号順に限らず、他の順序が用いられてもよい。
- [0268] 次に、三次元データ符号化装置は、モートン符号順で隣り合う2つの三次元点の属性情報に対し、Haar変換を適用することで、階層Lの高周波成分と低周波成分を生成する。例えば、三次元データ符号化装置は、 2×2 行列のHaar変換を用いてもよい。生成された高周波成分は階層Lの高周波成分として符号化係数に含められ、生成された低周波成分は階層Lの上位階層L+1の入力値として用いられる。
- [0269] 三次元データ符号化装置は、階層Lの属性情報を用いて階層Lの高周波成分を生成後、引き続き階層L+1の処理を行う。階層L+1の処理では、三次元データ符号化装置は、階層Lの属性情報のHaar変換によって得られた2つの低周波成分にHaar変換を適用することで階層L+1の高周波成分と低周波成分を生成する。生成された高周波成分は階層L+1の高周波成分として符号化係数に含められ、生成された低周波成分は階層L+1の上位階層L+2の入力値として用いられる。
- [0270] 三次元データ符号化装置は、このような階層処理を繰返し、階層に入力される低周波成分が1個になった時点で、最上位階層Lmaxに到達したと判定する。三次元データ符号化装置は、階層Lmaxに入力された階層Lmax-1の低周波成分を符号化係数に含める。そして、符号化係数に含まれる低周波成分又は高周波成分の値を量子化し、エントロピー符号化等を用いて符号化する。
- [0271] なお、三次元データ符号化装置は、Haar変換適用時に隣り合う2つの三次元点として1つの三次元点のみが存在する場合は、存在する1つの三次元点の属性情報の値を上位階層の入力値として用いてもよい。

- [0272] このように、三次元データ符号化装置は、入力された属性情報に対して階層的にH a a r変換を適用し、属性情報の高周波成分と低周波成分を生成し、後述する量子化等を適用して符号化を行う。これにより、符号化効率を向上できる。
- [0273] 属性情報がN次元である場合、三次元データ符号化装置は、次元毎に独立にH a a r変換を適用し、それぞれの符号化係数を算出してもよい。例えば、属性情報が色情報（R G B又はY U V等）である場合、三次元データ符号化装置は、成分毎にH a a r変換を適用し、それぞれの符号化係数を算出する。
- [0274] 三次元データ符号化装置は、階層L、L + 1、…、階層L m a xの順にH a a r変換を適用してもよい。階層L m a xに近づくほど入力された属性情報の低周波成分を多く含む符号化係数が生成される。
- [0275] 図27に示すw 0及びw 1は、各三次元点に割当てられる重みである。例えば、三次元データ符号化装置は、H a a r変換を適用する隣り合う2つの三次元点間の距離情報等に基づき重みを算出してもよい。例えば、三次元データ符号化装置は、距離が近いほど重みを大きくすることで符号化効率を向上してもよい。なお、三次元データ符号化装置は、この重みを別の手法により算出してもよいし、重みを用いなくてもよい。
- [0276] 図27に示す例では、入力属性情報は、a 0、a 1、a 2、a 3、a 4及びa 5である。また、H a a r変換後の符号化係数のうち、T a 1、T a 5、T b 1、T b 3、T c 1、d 0が符号化される。他の符号化係数（b 0、b 2、c 0等）は中間値であり、符号化されない。
- [0277] 具体的には、図27に示す例では、a 0とa 1とにH a a r変換が行われることで、高周波成分T a 1と、低周波成分b 0とが生成される。ここで、重みw 0とw 1とが等しい場合には、低周波成分b 0は、a 0とa 1との平均値であり、高周波成分T a 1は、a 0とa 1との差分である。
- [0278] a 2には対となる属性情報が存在しないため、a 2がそのままb 1として用いられる。同様に、a 3には対となる属性情報が存在しないため、a 3が

そのまま b_2 として用いられる。また、 a_4 と a_5 とに Haar 変換が行われることで、高周波成分 T_{a_5} と、低周波成分 b_3 とが生成される。

[0279] 階層 $L+1$ では、 b_0 と b_1 とに Haar 変換が行われることで、高周波成分 T_{b_1} と、低周波成分 c_0 とが生成される。同様に、 b_2 と b_3 とに Haar 変換が行われることで、高周波成分 T_{b_3} と、低周波成分 c_1 とが生成される。

[0280] 階層 $L_{max}-1$ では、 c_0 と c_1 とに Haar 変換が行われることで、高周波成分 T_{c_1} と、低周波成分 d_0 とが生成される。

[0281] 三次元データ符号化装置は、Haar 変換適用後の符号化係数を量子化したうえで符号化してもよい。例えば、三次元データ符号化装置は、符号化係数を量子化スケール（量子化ステップ（QS (Quantization Step)）とも呼ぶ）で除算することで量子化を行う。この場合、量子化スケールが小さいほど量子化によって発生しうる誤差（量子化誤差）が小さくなる。逆に量子化スケールが大きいほど量子化誤差は大きくなる。

[0282] なお、三次元データ符号化装置は、量子化スケールの値を階層毎に変えてもよい。図 28 は、階層毎に量子化スケールを設定する例を示す図である。例えば、三次元データ符号化装置は、上位層ほど量子化スケールを小さくし、下位層ほど量子化スケールを大きくする。上位層に属する三次元点の符号化係数は、下位層よりも低周波成分を多く含むため、人間の視覚特性等で重要な成分である可能性が高い。そのため、上位層の量子化スケールを小さくして上位層で発生しうる量子化誤差を抑えることで視覚的な劣化を抑え、符号化効率を向上できる。

[0283] なお、三次元データ符号化装置は、階層毎の量子化スケールをヘッダ等に付加してもよい。これにより、三次元データ復号装置は、正しく量子化スケールを復号でき、ビットストリームを適切に復号できる。

[0284] また、三次元データ符号化装置は、量子化スケールの値を、符号化対象の対象三次元点の重要度に応じて適応的に切替えてもよい。例えば、三次元データ符号化装置は、重要度が高い三次元点には小さい量子化スケールを用い

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

[0285] また、上位層ほどQ Sの値を小さくしてもよい。これにより、上位層ほどQ Wの値が大きくなり、その三次元点の量子化誤差を抑えることで予測効率を改善できる。

[0286] ここで、属性情報 a_1 の符号化係数 $T a_1$ の量子化後の符号化係数 $T a_{1q}$ は、 $T a_1 / Q S_{_L}$ で表される。なお、Q Sは全ての階層、又は一部の階層で同じ値であってもよい。

[0287] Q W (Q u a n t i z a t i o n W e i g h t) は、符号化対象の三次元点の重要度を表す値である。例えば、Q Wとして、上述した w_0 と w_1 の加算値が用いられてもよい。これにより、上位層ほどQ Wの値が大きくなり、その三次元点の量子化誤差を抑えることで予測効率を改善できる。

[0288] 例えば、三次元データ符号化装置は、最初に全ての三次元点のQ Wの値を1で初期化し、H a a r変換時の w_0 及び w_1 の値を用いて各三次元点のQ Wを更新してもよい。または、三次元データ符号化装置は、全ての三次元点のQ Wを値1で初期化せずに、階層に応じて初期値を変更してもよい。例えば、上位層ほどQ Wの初期値を大きく設定することで上位層の量子化スケールが小さくなる。これにより、上位層の予測誤差を抑えることができるので、下位層の予測精度を高め、符号化効率を改善できる。なお、三次元データ符号化装置は、Q Wを必ずしも用いなくてもよい。

[0289] Q Wを用いる場合、 $T a_1$ の量子化値 $T a_{1q}$ は、(式K 1) 及び(式K 2) により算出される。

[0290]

[数1]

$$Ta1q = \frac{Ta1 + \frac{QS_L}{2}}{QS_LoD1} \times QWta1 \quad \dots \quad (\text{式K1})$$

$$QWta1 = 1 + \sum_{i=0}^1 w_i \quad \dots \quad (\text{式K2})$$

[0291] また、三次元データ符号化装置は、量子化後の符号化係数（符号なし整数値）を、ある順番でスキャンし、符号化する。例えば、三次元データ符号化装置は、上位層に含まれる三次元点から順に下位層に向かって複数の三次元点を符号化する。

[0292] 例えば、図27に示す例の場合、三次元データ符号化装置は、上位層Lmaxに含まれるd0qからTc1q、Tb1q、Tb3q、Ta1q、Ta5qの順で複数の三次元点を符号化する。ここで、下位層Lになるほど、量子化後の符号化係数が0になりやすい傾向がある。この要因として、以下のことなどが上げられる。

[0293] 下位層Lの符号化係数は、上位層より高い周波数成分を示すため、対象三次元点によっては0になりやすい傾向がある。また、上述した重要度等に応じた量子化スケールの切り替えにより、下位層ほど量子化スケールが大きくなり、量子化後の符号化係数が0になりやすい。

[0294] このように、下位層になるほど、量子化後の符号化係数が0になりやすく、値0が連続して第1符号列に発生しやすい。図29は、第1符号列及び第2符号列の例を示す図である。

[0295] 三次元データ符号化装置は、第1符号列で値0が発生した回数をカウントし、連続した値0の代わりに、値0が連続して発生した回数を符号化する。つまり、三次元データ符号化装置は、第1符号列において連続する値0の符号化係数を0の連続回数（ZeroCnt）に置き換えることで第2符号列を生成する。これにより、量子化後の符号化係数の値0が連続した場合に、多数の0を符号化するよりも0の連続回数を符号化することで符号化効率を

向上できる。

[0296] また、三次元データ符号化装置は、ZeroCntの値をエントロピー符号化してもよい。例えば、三次元データ符号化装置は、符号化三次元点の総数Tのトランケットユニナリ符号 (truncated unary code) でZeroCntの値を二値化し、二値化後の各ビットを算術符号化する。図30は、符号化三次元点の総数がTの場合のトランケットユニナリ符号の例を示す図である。この際、三次元データ符号化装置は、ビット毎に異なる符号化テーブルを用いることで符号化効率を向上してもよい。例えば、三次元データ符号化装置は、1ビット目には符号化テーブル1を用い、2ビット目には符号化テーブル2を用い、それ以降のビットには符号化テーブル3を用いる。このように、三次元データ符号化装置は、ビット毎に符号化テーブルを切り替えることで符号化効率を向上できる。

[0297] また、三次元データ符号化装置は、ZeroCntを指数ゴロム (Exponential-Golomb) で二値化したうえで算術符号化してもよい。これにより、ZeroCntの値が大きくなりやすい場合に、トランケットユニナリ符号による二値化算術符号化よりも効率を向上できる。なお、三次元データ符号化装置は、トランケットユニナリ符号を用いるか指数ゴロムを用いるかを切り替えるためのフラグをヘッダに付加してもよい。これにより、三次元データ符号化装置は、最適な二値化方法を選択することで符号化効率を向上できる。また、三次元データ復号装置はヘッダに含まれるフラグを参照して二値化方法を切り替えて、ビットストリームを正しく復号できる。

[0298] 三次元データ復号装置は、復号した量子化後の符号化係数を、三次元データ符号化装置で行われた方法と逆の方法で符号なし整数値から符号付き整数値に変換してもよい。これにより符号化係数がエントロピー符号化される場合に、三次元データ復号装置は、負の整数の発生を考慮せずに生成されたビットストリームを適切に復号できる。なお、三次元データ復号装置は、符号化係数を必ずしも符号なし整数値から符号付き整数値に変換する必要はない

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

[0299] 三次元データ復号装置は、符号付き整数値に変換した量子化後の符号化係数を、逆量子化、及び逆H a a r変換によって復号する。また、三次元データ復号装置は、復号後の符号化係数を、復号対象の三次元点以降の予測に利用する。具体的には、三次元データ復号装置は、量子化後の符号化係数に復号した量子化スケールを乗算することで逆量子化値を算出する。次に三次元データ復号装置は、逆量子化値に後述する逆H a a r変換を適用することで復号値を得る。

[0300] 例えば、三次元データ復号装置は、復号された符号なし整数値を以下の方法で符号付き整数値に変換する。復号された符号なし整数値 a_{2u} のLSB (least significant bit) が1である場合、符号付き整数値 $T a 1 q$ は、 $-(a_{2u} + 1) \gg 1$ に設定される。復号された符号なし整数値 a_{2u} のLSBが1でない場合(0である場合)、符号付き整数値 $T a 1 q$ は、 $(a_{2u} \gg 1)$ に設定される。

[0301] また、 $T a 1$ の逆量子化値は、 $T a 1 q \times Q S _ L$ で表される。ここで、 $T a 1 q$ は、 $T a 1$ の量子化値である。また、 $Q S _ L$ は階層Lの量子化ステップである。

[0302] また、 $Q S$ は全ての階層、又は一部の階層で同じ値であってもよい。また、三次元データ符号化装置は、 $Q S$ を示す情報をヘッダ等に付加してもよい。これにより、三次元データ復号装置は、三次元データ符号化装置で用いられた $Q S$ と同じ $Q S$ を用いて、正しく逆量子化を行える。

[0303] 次に、逆H a a r変換について説明する。図31は、逆H a a r変換を説明するための図である。三次元データ復号装置は、逆量子化後の符号化係数に、逆H a a r変換を適用することで三次元点の属性値を復号する。

[0304] まず、三次元データ復号装置は、三次元点の位置情報に基づきモートン符号を生成し、モートン符号順に三次元点をソートする。例えば、三次元デー

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

[0305] 次に、三次元データ復号装置は、階層 $L + 1$ の低周波成分を含む符号化係数と階層 L の高周波成分を含む符号化係数に逆H a a r変換を適用することで、階層 L においてモートン符号順で隣り合う三次元点の属性情報を復元する。例えば、三次元データ復号装置は、 2×2 行列の逆H a a r変換を用いてもよい。復元された階層 L の属性情報は下位階層 $L - 1$ の入力値として用いられる。

[0306] 三次元データ復号装置は、このような階層処理を繰返し、最下層の属性情報が全て復号されたら処理を終了する。なお、逆H a a r変換適用時に階層 $L - 1$ にて隣り合う2つの三次元点として1つの三次元点のみが存在する場合は、三次元データ復号装置は、存在する1つの三次元点の属性値に階層 L の符号化成分の値を代入してもよい。これにより、三次元データ復号装置は、入力された属性情報の全ての値にH a a r変換を適用し、符号化効率を向上したビットストリームを正しく復号できる。

[0307] 属性情報が N 次元である場合、三次元データ復号装置は、次元毎に独立に逆H a a r変換を適用し、それぞれの符号化係数を復号してもよい。例えば、属性情報が色情報（R G B又はY U V等）である場合、三次元データ復号装置は、成分毎の符号化係数に逆H a a r変換を適用し、それぞれの属性値を復号する。

[0308] 三次元データ復号装置は、階層 L_{max} 、 $L + 1$ 、 \dots 、階層 L の順に逆H a a r変換を適用してもよい。また、図31に示す w_0 及び w_1 は、各三次元点に割当てられる重みである。例えば、三次元データ復号装置は、逆H a a r変換を適用する隣り合う2つの三次元点間の距離情報等に基づき重みを算出してもよい。例えば、三次元データ符号化装置は、距離が近いほど重みを大きくすることで符号化効率を向上したビットストリームを復号してもよい。

[0309] 図31に示す例では、逆量子化後の符号化係数は、 $T a_1$ 、 $T a_5$ 、 $T b$

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

[0310] 図 3 2 は、属性情報 (a t t r i b u t e _ _ d a t a) のシンタックス例を示す図である。属性情報 (a t t r i b u t e _ _ d a t a) は、ゼロ連続数 (Z e r o C n t) と、属性次元数 (a t t r i b u t e _ _ d i m e n s i o n) と、符号化係数 (v a l u e [j] [i]) とを含む。

[0311] ゼロ連続数 (Z e r o C n t) は、量子化後の符号化係数において値 0 が連続する回数を示す。なお、三次元データ符号化装置は、Z e r o C n t を二値化したうえで算術符号化してもよい。

[0312] また、図 3 2 に示すように、三次元データ符号化装置は、符号化係数が属する階層 L (l a y e r L) が、予め定められた閾値 T H _ _ l a y e r 以上かどうかを判定し、判定結果によってビットストリームに付加する情報を切り替えてもよい。例えば、三次元データ符号化装置は、判定結果が真であれば属性情報の全ての符号化係数をビットストリームに付加する。また、三次元データ符号化装置は、判定結果が偽であれば一部の符号化係数をビットストリームに付加してもよい。

[0313] 具体的には、三次元データ符号化装置は、判定結果が真であれば、色情報の R G B 又は Y U V の三次元情報の符号化結果をビットストリームに付加する。判定結果が偽であれば、三次元データ符号化装置は、色情報のうち、G 又は Y などの一部の情報をビットストリームに付加し、それ以外の成分をビットストリームに付加しなくてもよい。このように、三次元データ符号化装置は、視覚的に劣化が目立ちにくい高周波成分を示す符号化係数を含む階層 (T H _ _ l a y e r より小さい階層) の符号化係数の一部をビットストリームに付加しないことで、符号化効率を向上できる。

[0314] 属性次元数 (a t t r i b u t e _ _ d i m e n s i o n) は、属性情報の次元数を示す。例えば、属性情報が三次元点の色情報 (R G B 又は Y U V など) である場合、色情報は三次元であるため属性次元数は値 3 に設定される。属性情報が反射率である場合、反射率は一次元であるため属性次元数は値

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

[0315] 符号化係数 ($value[j][i]$) は、 i 番目の三次元点の j 次元番目の属性情報の量子化後の符号化係数を示す。例えば属性情報が色情報の場合、 $value[99][1]$ は100番目の三次元点の二次元番目（例えばG値）の符号化係数を示す。また、属性情報が反射率情報の場合、 $value[119][0]$ は120番目の三次元点の1次元番目（例えば反射率）の符号化係数を示す。

[0316] なお、以下の条件を満たす場合、三次元データ符号化装置は、 $value[j][i]$ から値1を減算し、得られた値をエントロピー符号化してもよい。この場合、三次元データ復号装置は、エントロピー復号後の $value[j][i]$ に値1を加算することで符号化係数を復元する。

[0317] 上記の条件は、(1) $attribute_dimension=1$ の場合、又は、(2) $attribute_dimension$ が1以上で、かつ全ての次元の値が等しい場合である。例えば、属性情報が反射率の場合は $attribute_dimension=1$ であるため、三次元データ符号化装置は符号化係数から値1を減算して $value$ を算出し、算出した $value$ を符号化する。三次元データ復号装置は復号後の $value$ に値1を加算して符号化係数を算出する。

[0318] より具体的には、例えば、反射率の符号化係数が10の場合、三次元データ符号化装置は、符号化係数の値10から値1を減算した値9を符号化する。三次元データ復号装置は、復号した値9に値1を加算して符号化係数の値10を算出する。

[0319] また、属性情報が色の場合は $attribute_dimension=3$ であるため、三次元データ符号化装置は、例えば、R、G、Bの各成分の量子化後の符号化係数が同じ場合は、各符号化係数から値1を減算し、得られた値を符号化する。三次元データ復号装置は、復号後の値に値1を加算する。より具体的には、例えば、R、G、Bの符号化係数 = (1、1、1) の

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

[0320] このように、ZeroCntを設けることで、valueとして全ての次元が0であるパターンは生成されないので、valueの値から1を減じた値を符号化できる。よって、符号化効率を向上できる。

[0321] また、図32に示すvalue[0][i]は、i番目の三次元点の一次元番目の属性情報の量子化後の符号化係数を示す。図32に示すように符号化係数の属する階層L(layerL)が閾値TH_layerより小さければ、一次元番目の属性情報をビットストリームに付加する(二次元番目以降の属性情報をビットストリーム付加しない)ことで符号量を削減してもよい。

[0322] 三次元データ符号化装置は、attribute_dimensionの値によってZeroCntの値の算出方法を切替えてもよい。例えば、三次元データ符号化装置は、attribute_dimension=3の場合は、全ての成分(次元)の符号化係数の値が0となる回数をカウントしてもよい。図33は、この場合の符号化係数とZeroCntの例を示す図である。例えば、図33に示す色情報の場合、三次元データ符号化装置は、R、G、B成分が全て0である符号化係数が連続する数をカウントし、カウントした数をZeroCntとしてビットストリームに付加する。これにより、成分毎にZeroCntを符号化する必要がなくなり、オーバーヘッドを削減できる。よって、符号化効率を改善できる。なお、三次元データ符号化装置は、attribute_dimensionが2以上の場合でも次元毎にZeroCntを算出し、算出したZeroCntをビットストリームに付加してもよい。

- [0323] 図34は、本実施の形態に係る三次元データ符号化処理のフローチャートである。まず、三次元データ符号化装置は、位置情報（*geometry*）を符号化する（S6601）。例えば、三次元データ符号化装置は、8分木表現を用いて符号化を行う。
- [0324] 次に、三次元データ符号化装置は、属性情報を変換する（S6602）。例えば、三次元データ符号化装置は、位置情報の符号化後に、量子化等によって三次元点の位置が変化した場合に、変化後の三次元点に元の三次元点の属性情報を再割当てする。なお、三次元データ符号化装置は、位置の変化量に応じて属性情報の値を補間して再割当てを行ってもよい。例えば、三次元データ符号化装置は、変化後の三次元位置に近い変化前の三次元点をN個検出し、N個の三次元点の属性情報の値を、変化後の三次元位置から各N個の三次元までの距離に基づいて重み付け平均し、得られた値を変化後の三次元点の属性情報の値に設定する。また、三次元データ符号化装置は、量子化等によって2個以上の三次元点在同一の三次元位置に変化した場合は、その変化後の属性情報の値として、変化前の2個以上の三次元点における属性情報の平均値を割当ててもよい。
- [0325] 次に、三次元データ符号化装置は、属性情報を符号化する（S6603）。例えば、三次元データ符号化装置は、複数の属性情報を符号化する場合は、複数の属性情報を順に符号化してもよい。例えば、三次元データ符号化装置は、属性情報として、色と反射率を符号化する場合は、色の符号化結果の後に反射率の符号化結果を付加したビットストリームを生成する。なお、ビットストリームに付加される属性情報の複数の符号化結果はどのような順番でもよい。
- [0326] また、三次元データ符号化装置は、ビットストリーム内の各属性情報の符号化データの開始場所を示す情報をヘッダ等に付加してもよい。これにより、三次元データ復号装置は、復号が必要な属性情報を選択的に復号できるので、復号が不必要な属性情報の復号処理を省略できる。よって、三次元データ復号装置の処理量を削減できる。また、三次元データ符号化装置は、複数

の属性情報を並列に符号化し、符号化結果を1つのビットストリームに統合してもよい。これにより、三次元データ符号化装置は、高速に複数の属性情報を符号化できる。

[0327] 図35は、属性情報符号化処理(S6603)のフローチャートである。まず、三次元データ符号化装置は、H a a r変換により属性情報から符号化係数を生成する(S6611)。次に、三次元データ符号化装置は、符号化係数に量子化を適用する(S6612)。次に、三次元データ符号化装置は、量子化後の符号化係数を符号化することで符号化属性情報(ビットストリーム)を生成する(S6613)。

[0328] また、三次元データ符号化装置は、量子化後の符号化係数に逆量子化を適用する(S6614)。次に、三次元データ復号装置は、逆量子化後の符号化係数に逆H a a r変換を適用することで属性情報を復号する(S6615)。例えば、復号された属性情報は、後続の符号化において参照される。

[0329] 図36は、符号化係数符号化処理(S6613)のフローチャートである。まず、三次元データ符号化装置は、符号化係数を符号付き整数値から符号なし整数値に変換する(S6621)。例えば、三次元データ符号化装置は、符号付き整数値を下記のように符号なし整数値に変換する。符号付き整数値T a 1 qが0より小さい場合、符号なし整数値は、 $-1 - (2 \times T a 1 q)$ に設定される。符号付き整数値T a 1 qが0以上である場合、符号なし整数値は、 $2 \times T a 1 q$ に設定される。なお、符号化係数が負の値にならない場合には、三次元データ符号化装置は、符号化係数をそのまま符号なし整数値として符号化してもよい。

[0330] 全ての符号化係数を処理済みでない場合(S6622でN o)、三次元データ符号化装置は、処理対象の符号化係数の値がゼロであるかを判定する(S6623)。処理対象の符号化係数の値がゼロである場合(S6623でY e s)、三次元データ符号化装置は、Z e r o C n tを1インクリメントし(S6624)、ステップS6622に戻る。

[0331] 処理対象の符号化係数の値がゼロでない場合(S6623でN o)、三次

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

[0332] また、ステップS6623～S6626の処理が符号化係数毎に繰り返される。また、全ての符号化係数を処理済みである場合（S6622でYes）、三次元データ符号化装置は、処理を終了する。

[0333] 図37は、本実施の形態に係る三次元データ復号処理のフローチャートである。まず、三次元データ復号装置は、ビットストリームから位置情報（geometry）を復号する（S6631）。例えば、三次元データ復号装置は、8分木表現を用いて復号を行う。

[0334] 次に、三次元データ復号装置は、ビットストリームから属性情報を復号する（S6632）。例えば、三次元データ復号装置は、複数の属性情報を復号する場合は、複数の属性情報を順に復号してもよい。例えば、三次元データ復号装置は、属性情報として、色と反射率を復号する場合は、ビットストリームに付加されている順に従い、色の符号化結果、及び反射率の符号化結果を復号する。例えば、ビットストリームにおいて、色の符号化結果の後に、反射率の符号化結果が付加されている場合、三次元データ復号装置は、色の符号化結果を復号し、その後に反射率の符号化結果を復号する。なお、三次元データ復号装置は、ビットストリームに付加される属性情報の符号化結果をどのような順番で復号してもよい。

[0335] また、三次元データ復号装置は、ビットストリーム内の各属性情報の符号化データの開始場所を示す情報をヘッダ等を復号することで取得してもよい。これにより、三次元データ復号装置は、復号が必要な属性情報を選択的に復号できるので、復号が不必要な属性情報の復号処理を省略できる。よって、三次元データ復号装置の処理量を削減できる。また、三次元データ復号装

置は、複数の属性情報を並列に復号し、復号結果を1つの三次元点群に統合してもよい。これにより、三次元データ復号装置は、高速に複数の属性情報を復号できる。

[0336] 図38は、属性情報復号処理(S6632)のフローチャートである。まず、三次元データ復号装置は、ビットストリームから符号化係数を復号する(S6641)。次に、三次元データ復号装置は、符号化係数に逆量子化を適用する(S6642)。次に、三次元データ復号装置は、逆量子化後の符号化係数に逆Haar変換を適用することで属性情報を復号する(S6643)。

[0337] 図39は、符号化係数復号処理(S6641)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ZeroCntを復号する(S6651)。全ての符号化係数を処理済みでない場合(S6652でNo)、三次元データ復号装置は、ZeroCntが0より大きいかを判定する(S6653)。

[0338] ZeroCntがゼロより大きい場合(S6653でYes)、三次元データ復号装置は、処理対象の符号化係数を0に設定する(S6654)。次に、三次元データ復号装置は、ZeroCntを1減算し(S6655)、ステップS6652に戻る。

[0339] ZeroCntがゼロである場合(S6653でNo)、三次元データ復号装置は、処理対象の符号化係数を復号する(S6656)。例えば、三次元データ復号装置は、二値算術復号を用いる。また、三次元データ復号装置は、復号した符号化係数に値1を加算してもよい。

[0340] 次に、三次元データ復号装置は、ZeroCntを復号し、得られた値をZeroCntに設定し(S6657)、ステップS6652に戻る。

[0341] また、ステップS6653~S6657の処理が符号化係数毎に繰り返し行われる。また、全ての符号化係数を処理済みである場合(S6652でYes)、三次元データ符号化装置は、復号した複数の符号化係数を符号なし整数値から符号付き整数値に変換する(S6658)。例えば、三次元デー

タ復号装置は、復号した符号化係数は下記のように符号なし整数値から符号付き整数値に変換してもよい。復号された符号なし整数値 $T a 1 u$ の $L S B$ (least significant bit) が1である場合、符号付き整数値 $T a 1 q$ は、 $-((T a 1 u + 1) \gg 1)$ に設定される。復号された符号なし整数値 $T a 1 u$ の $L S B$ が1でない場合 (0である場合)、符号付き整数値 $T a 1 q$ は、 $(T a 1 u \gg 1)$ に設定される。なお、符号化係数が負の値にならない場合には、三次元データ復号装置は、復号した符号化係数をそのまま符号付き整数値として用いてもよい。

[0342] 図40は、三次元データ符号化装置に含まれる属性情報符号化部6600のブロック図である。属性情報符号化部6600は、ソート部6601と、H a a r変換部6602と、量子化部6603と、逆量子化部6604と、逆H a a r変換部6605と、メモリ6606と、算術符号化部6607とを備える。

[0343] ソート部6601は、三次元点の位置情報を用いてモートン符号を生成し、複数の三次元点をモートン符号順にソートする。H a a r変換部6602は、属性情報にH a a r変換を適用することで符号化係数を生成する。量子化部6603は、属性情報の符号化係数を量子化する。

[0344] 逆量子化部6604は、量子化後の符号化係数を逆量子化する。逆H a a r変換部6605は、符号化係数に逆H a a r変換を適用する。メモリ6606は、復号済みの複数の三次元点の属性情報の値を記憶する。例えば、メモリ6606に記憶される復号済みの三次元点の属性情報は、符号化されていない三次元点の予測等に利用されてもよい。

[0345] 算術符号化部6607は、量子化後の符号化係数からZ e r o C n tを算出し、Z e r o C n tを算術符号化する。また、算術符号化部6607は、量子化後の非ゼロの符号化係数を算術符号化する。算術符号化部6607は、符号化係数を算術符号化前に二値化してもよい。また、算術符号化部6607は、各種ヘッダ情報を生成及び符号化してもよい。

[0346] 図41は、三次元データ復号装置に含まれる属性情報復号部6610のブ

ロック図である。属性情報復号部6610は、算術復号部6611と、逆量子化部6612と、逆H a a r変換部6613と、メモリ6614とを備える。

[0347] 算術復号部6611は、ビットストリームに含まれるZ e r o C n tと符号化係数を算術復号する。なお、算術復号部6611は、各種ヘッダ情報を復号してもよい。

[0348] 逆量子化部6612は、算術復号した符号化係数を逆量子化する。逆H a a r変換部6613は、逆量子化後の符号化係数に逆H a a r変換を適用する。メモリ6614は、復号済みの複数の三次元点の属性情報の値を記憶する。例えば、メモリ6614に記憶される復号済みの三次元点の属性情報は、復号されていない三次元点の予測に利用されてもよい。

[0349] なお、上記実施の形態では、符号化順として下位層から上位層の順に三次元点を符号化する例を示したが、必ずしもこれに限らない。例えば、H a a r変換後の符号化係数を上位層から下位層の順にスキャンする方法が用いられてもよい。なお、この場合も、三次元データ符号化装置は、値0の連続回数をZ e r o C n tとして符号化してもよい。

[0350] また、三次元データ符号化装置は、本実施の形態で述べたZ e r o C n tを用いた符号化方法を用いるか否かを、W L D、S P C又はボリューム単位で切替えてもよい。この場合、三次元データ符号化装置は、Z e r o C n tを用いた符号化方法を適用したか否かを示す情報をヘッダ情報に付加してもよい。これにより、三次元データ復号装置は、適切に復号を行える。切替え方法の例として、例えば、三次元データ符号化装置は、1個のボリュームに対して値0の符号化係数の発生回数をカウントする。三次元データ符号化装置は、カウント値が予め定められた閾値を越えた場合は、次のボリュームにZ e r o C n tを用いた方法を適用し、カウント値が閾値以下の場合、次のボリュームにZ e r o C n tを用いた方法を適用しない。これにより、三次元データ符号化装置は、符号化対象の三次元点の特徴に応じて適切にZ e r o C n tを用いた符号化方法を適用するか否かを切り替えることができるの

で、符号化効率を向上できる。

[0351] 以下、本実施の形態の別の手法（変形例）について説明する。三次元データ符号化装置は、量子化後の符号化係数（符号なし整数値）を、ある順番に応じてスキャンし、符号化する。例えば、三次元データ符号化装置は、下位層に含まれる三次元点から順に上位層に向かって複数の三次元点を符号化する。

[0352] 図42は、図27に示す属性情報に対して、この手法を用いた場合の第1符号列及び第2符号列の例を示す図である。この例の場合、三次元データ符号化装置は、下位層Lに含まれる $T a 1 q$ から $T a 5 q$ 、 $T b 1 q$ 、 $T b 3 q$ 、 $T c 1 q$ 、 $d 0 q$ の順で複数の符号化係数を符号化する。ここで、下位層ほど、量子化後の符号化係数が0になりやすい傾向がある。この要因として、以下のことなどが上げられる。

[0353] 下位層Lの符号化係数は、上位層より高い周波数成分を示すため、符号化対象の三次元点によっては0になりやすい傾向がある。また、上述した重要度等に応じた量子化スケールの切り替えにより、下位層ほど量子化スケールが大きくなり、量子化後の符号化係数が0になりやすい。

[0354] このように、下位層になるほど、量子化後の符号化係数が0になりやすく、値0が連続して第1符号列に発生しやすい。三次元データ符号化装置は、第1符号列で値0が発生した回数をカウントし、連続した値0の代わりに、値0が連続して発生した回数（ZeroCnt）を符号化する。これにより、量子化後の符号化係数の値0が連続した場合に、多数の0を符号化するよりも0の連続回数を符号化することで符号化効率を向上できる。

[0355] また、三次元データ符号化装置は、値0の発生回数の総数を示す情報を符号化してもよい。これにより、ZeroCntを符号化するオーバーヘッドを削減でき、符号化効率を向上できる。

[0356] 例えば、三次元データ符号化装置は、値0の符号化係数の総数をTotalZeroCntとして符号化する。これにより、図42に示す例では、第2符号列に含まれる2個目のZeroCnt（値1）を三次元データ復号装

置が復号した時点で、復号済みのZeroCntの総数が $N+1$ (=TotalZeroCnt)となる。よって、三次元データ復号装置は、これ以降は0が発生しないことを把握できる。そのため、三次元データ符号化装置は、以降、value毎にZeroCntを符号化する必要がなくなり、符号量を削減できる。

[0357] また、三次元データ符号化装置は、TotalZeroCntをエントロピー符号化してもよい。例えば、三次元データ符号化装置は、符号化三次元点の総数Tのトランケットユニナリ符号でTotalZeroCntの値を二値化し、二値化後の各ビットを算術符号化する。この際、三次元データ符号化装置は、ビット毎に異なる符号化テーブルを用いることで符号化効率を向上してもよい。例えば、三次元データ符号化装置は、1ビット目には符号化テーブル1を用い、2ビット目には符号化テーブル2を用い、それ以降のビットには符号化テーブル3を用いる。このように、三次元データ符号化装置は、ビット毎に符号化テーブルを切り替えることで符号化効率を向上できる。

[0358] また、三次元データ符号化装置は、TotalZeroCntを指数ゴロムで二値化したうえで算術符号化してもよい。これにより、TotalZeroCntの値が大きくなりやすい場合に、トランケットユニナリ符号による二値化算術符号化よりも効率を向上できる。なお、三次元データ符号化装置は、トランケットユニナリ符号を用いるか指数ゴロムを用いるかを切り替えるためのフラグをヘッダに付加してもよい。これにより、三次元データ符号化装置は、最適な二値化方法を選択することで符号化効率を向上できる。また、三次元データ復号装置はヘッダに含まれるフラグを参照して二値化方法を切り替えて、ビットストリームを正しく復号できる。

[0359] 図43は、本変形例における属性情報(attribute_data)のシンタックス例を示す図である。図43に示す属性情報(attribute_data)は、図32に示す属性情報に対して、さらに、ゼロ総数(TotalZeroCnt)を含む。なお、その他の情報については図32

と同様である。ゼロ総数 (TotalZeroCnt) は、量子化後の値0の符号化係数の総数を示す。

[0360] また、三次元データ符号化装置は、attribute_dimensionの値によってTotalZeroCnt及びZeroCntの値の算出方法を切替えてもよい。例えば、三次元データ符号化装置は、attribute_dimension=3の場合は、全ての成分(次元)の符号化係数の値が0となる回数をカウントしてもよい。図44は、この場合の符号化係数、ZeroCnt及びTotalZeroCntの例を示す図である。例えば、図44に示す色情報の場合、三次元データ符号化装置は、R、G、B成分が全て0である符号化係数が連続する数をカウントし、カウントした数をTotalZeroCnt及びZeroCntとしてビットストリームに付加する。これにより、成分毎にTotalZeroCnt及びZeroCntを符号化する必要がなくなり、オーバーヘッドを削減できる。よって、符号化効率を改善できる。なお、三次元データ符号化装置は、attribute_dimensionが2以上の場合でも次元毎にTotalZeroCnt及びZeroCntを算出し、算出したTotalZeroCnt及びZeroCntをビットストリームに付加してもよい。

[0361] 図45は、本変形例における符号化係数符号化処理(S6613)のフローチャートである。まず、三次元データ符号化装置は、符号化係数を符号付き整数値から符号なし整数値に変換する(S6661)。次に、三次元データ符号化装置は、TotalZeroCntを符号化する(S6662)。

[0362] 全ての符号化係数を処理済みでない場合(S6663でNo)、三次元データ符号化装置は、処理対象の符号化係数の値がゼロであるかを判定する(S6664)。処理対象の符号化係数の値がゼロである場合(S6664でYes)、三次元データ符号化装置は、ZeroCntを1インクリメントし(S6665)、ステップS6663に戻る。

[0363] 処理対象の符号化係数の値がゼロでない場合(S6664でNo)、三次元データ符号化装置は、TotalZeroCntが0より大きいかを判定

する (S6666)。TotalZeroCntが0より大きい場合 (S6666でYes)、三次元データ符号化装置は、ZeroCntを符号化し、TotalZeroCntをTotalZeroCnt-ZeroCntに設定する (S6667)。

[0364] ステップS6667の後、又は、TotalZeroCntが0である場合 (S6666でNo)、三次元データ符号化装置は、符号化係数を符号化し、ZeroCntを0にリセットし (S6668)、ステップS6663に戻る。例えば、三次元データ符号化装置は、二値算術符号化を行う。また、三次元データ符号化装置は、符号化係数から値1を減算し、得られた値を符号化してもよい。

[0365] また、ステップS6664～S6668の処理が符号化係数毎に繰り返し行われる。また、全ての符号化係数を処理済みである場合 (S6663でYes)、三次元データ符号化装置は、処理を終了する。

[0366] 図46は、本変形例における符号化係数復号処理 (S6641) 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TotalZeroCntを復号する (S6671)。次に、三次元データ復号装置は、ビットストリームからZeroCntを復号し、TotalZeroCntをTotalZeroCnt-ZeroCntに設定する (S6672)。

[0367] 全ての符号化係数を処理済みでない場合 (S6673でNo)、三次元データ符号化装置は、ZeroCntが0より大きいかを判定する (S6674)。

[0368] ZeroCntがゼロより大きい場合 (S6674でYes)、三次元データ復号装置は、処理対象の符号化係数を0に設定する (S6675)。次に、三次元データ復号装置は、ZeroCntを1減算し (S6676)、ステップS6673に戻る。

[0369] ZeroCntがゼロである場合 (S6674でNo)、三次元データ復号装置は、処理対象の符号化係数を復号する (S6677)。例えば、三次

元データ復号装置は二値算術復号を用いる。また、三次元データ復号装置は、復号した符号化係数に値1を加算してもよい。

[0370] 次に、三次元データ復号装置は、`TotalZeroCnt`が0より大きいかを判定する(S6678)。`TotalZeroCnt`が0より大きい場合(S6678でYes)、三次元データ復号装置は、`ZeroCnt`を復号し、得られた値を`ZeroCnt`に設定し、`TotalZeroCnt`を`TotalZeroCnt - ZeroCnt`に設定し(S6679)、ステップS6673に戻る。また、`TotalZeroCnt`が0である場合(S6678でNo)、三次元データ復号装置は、ステップS6673に戻る。

[0371] また、ステップS6674~S6679の処理が符号化係数毎に繰り返し行われる。また、全ての符号化係数を処理済みである場合(S6673でYes)、三次元データ符号化装置は、復号した符号化係数を符号なし整数値から符号付き整数値に変換する(S6680)。

[0372] 図47は、属性情報(`attribute_data`)の別のシンタックス例を示す図である。図47に示す属性情報(`attribute_data`)は、図32に示す符号化係数(`value[j][i]`)の代わりに、`value[j][i]_greater_zero_flag`と、`value[j][i]_greater_one_flag`と、`value[j][i]`とを含む。なお、その他の情報については図32と同様である。

[0373] `value[j][i]_greater_zero_flag`は、符号化係数(`value[j][i]`)の値が0より大きいか(1以上であるか)否かを示す。言い換えると、`value[j][i]_greater_zero_flag`は、符号化係数(`value[j][i]`)の値が0であるか否かを示す。

[0374] 例えば、符号化係数の値が0より大きい場合、`value[j][i]_greater_zero_flag`は値1に設定され、符号化係数の値が0の場合、`value[j][i]_greater_zero_flag`

は値0に設定される。三次元データ符号化装置は、`value[j][i]__greater__zero__flag`の値が0の場合、`value[j][i]`をビットストリームに付加しなくてもよい。この場合、三次元データ復号装置は、`value[j][i]`の値が値0であるとして判断してもよい。これにより、符号量を削減できる。

[0375] `value[j][i]__greater__one__flag`は、符号化係数(`value[j][i]`)の値が1より大きい(2以上である)か否かを示す。言い換えると、`value[j][i]__greater__one__flag`は、符号化係数(`value[j][i]`)の値が1であるか否かを示す。

[0376] 例えば、符号化係数の値が1より大きい場合、`value[j][i]__greater__one__flag`は値1に設定される。そうでない場合(符号化係数の値が1以下の場合)、`value[j][i]__greater__one__flag`は値0に設定される。三次元データ符号化装置は、`value[j][i]__greater__one__flag`の値が0の場合、`value[j][i]`をビットストリームに付加しなくてもよい。この場合、三次元データ復号装置は、三次元データ符号化装置は、`value[j][i]`の値が値1であると判断してもよい。

[0377] `value[j][i]`は、*i*番目の三次元点の*j*次元番目の属性情報の量子化後の符号化係数を示す。例えば属性情報が色情報の場合、`value[99][1]`は100番目の三次元点の二次元番目(例えばG値)の符号化係数を示す。また、属性情報が反射率情報の場合、`value[119][0]`は120番目の三次元点の1次元番目(例えば反射率)の符号化係数を示す。

[0378] 三次元データ符号化装置は、`value[j][i]__greater__zero__flag=1`、`value[j][i]__greater__one__flag=1`の場合に`value[j][i]`をビットストリームに付加してもよい。また、三次元データ符号化装置は、`value[j][i]`

から2を減算した値をビットストリームに付加してもよい。この場合、三次元データ復号装置は、復号した $value[j][i]$ に値2を加算することで符号化係数を算出する。

[0379] 三次元データ符号化装置は、 $value[j][i]_{greater_zero_flag}$ 、及び $value[j][i]_{greater_one_flag}$ をエントロピー符号化してもよい。例えば二値算術符号化及び二値算術復号が用いられてもよい。これにより符号化効率を向上できる。

[0380] (実施の形態8)

本実施の形態では可逆(ロスレス: Lossless)属性符号化について説明する。高圧縮を実現するために、PCC(Point Cloud Compression)データに含まれる属性情報は、Lifting、RAHT(Region Adaptive Hierarchical Transform)又はその他の変換手法等の複数の手法を用いて変換される。ここで、Liftingとは、LoD(Level of Detail)を用いた変換方法の一つである。

[0381] 重要な信号情報は低周波成分に含まれる傾向があるため、高周波成分を量子化することで符号量が削減される。つまり、変換処理は強いエネルギー圧縮特性を有する。

[0382] 一方で、ビット数を減らしながら元の情報を保持するために、可逆圧縮が必要である。リフティング又はRAHTなどの既存の変換は、変換に除算及び平方根演算子が含まれているため、可逆圧縮を実現できない。効率的で効果的な可逆圧縮を実現するには、複雑でない整数-整数変換が必要である。

[0383] 図48は、三次元データ符号化装置の構成を示す図である。図48に示すように三次元データ符号化装置は、整数変換部8301と、エントロピー符号化部8302とを備える。整数変換部8301は、入力点群データを整数変換することで係数値を生成する。エントロピー符号化部8302は、係数値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。

[0384] 図49は、三次元データ復号装置の構成を示す図である。図49に示すよ

うに三次元データ復号装置は、エントロピー復号部 8303 と、逆整数変換部 8304 とを備える。エントロピー復号部 8303 は、ビットストリームを復号するとで係数値を得る。逆整数変換部 8304 は、係数値を逆整数変換することで出力点群データを生成する。

[0385] 以下、RAHT について説明する。三次元点に適用される変換処理の例として RAHT がある。図 50 は、RAHT を説明するための図である。また、層 l の m 番目の低周波成分 $L_{l,m}$ 及び高周波成分 $H_{l,m}$ は、層 $l+1$ の 2 つの低周波成分 $C_{l+1,2m}$ 及び $C_{l+1,2m+1}$ から下記 (式 01) で表される。つまり、低周波成分 $L_{l,m}$ は、(式 02) で表され、高周波成分 $H_{l,m}$ は、(式 03) で表される。

[0386] また、高周波成分は量子化及びエントロピー符号化により符号化される。低周波成分は、(式 04) に示すように、次の層で用いられる。また、係数 α 及び β は層が上がるごとに更新される。係数 α 、 β は、(式 05) 及び (式 06) で表される。また、重み $w_{l,m}$ は (式 07) で表される。

[0387] [数 2]

$$\begin{bmatrix} L_{l,m} \\ H_{l,m} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \alpha & \beta \\ -\beta & \alpha \end{bmatrix} \begin{bmatrix} C_{l+1,2m} \\ C_{l+1,2m+1} \end{bmatrix} \quad \dots \quad (\text{式 01})$$

$$L_{l,m} = \alpha C_{l+1,2m} + \beta C_{l+1,2m+1} \quad \dots \quad (\text{式 02})$$

$$H_{l,m} = \alpha C_{l+1,2m+1} - \beta C_{l+1,2m} \quad \dots \quad (\text{式 03})$$

$$C_{l,m} = L_{l,m} \quad \dots \quad (\text{式 04})$$

$$\alpha = \frac{\sqrt{w_{l+1,2m}}}{\sqrt{w_{l+1,2m} + w_{l+1,2m+1}}} \quad \dots \quad (\text{式 05})$$

$$\beta = \frac{\sqrt{w_{l+1,2m+1}}}{\sqrt{w_{l+1,2m} + w_{l+1,2m+1}}} \quad \dots \quad (\text{式 06})$$

$$w_{l,m} = w_{l+1,2m} + w_{l+1,2m+1} \quad \dots \quad (\text{式 07})$$

[0388] 次に、整数-整数変換について説明する。RAHT 処理には、平方根演算子と除算が含まれる。つまり、RAHT では、情報が失われるので、可逆圧

縮を実現できない。一方で、整数－整数変換は可逆圧縮を実現できる。

[0389] 図51は、整数－整数変換を説明するための図である。整数－整数変換では、RAHTにおける係数として固定値が用いられる。例えば、下記(式08)に示す非正規化Haar変換が用いられる。つまり、低周波成分 $L_{l,m}$ は、(式09)で表され、高周波成分 $H_{l,m}$ は、(式010)で表される。

[0390] また、高周波成分は量子化及びエントロピー符号化により符号化される。低周波成分は、(式011)に示すように、次の層で用いられる。

[0391] [数3]

$$\begin{bmatrix} L_{l,m} \\ H_{l,m} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{1}{2} & \frac{1}{2} \\ -1 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} C_{l+1,2m} \\ C_{l+1,2m+1} \end{bmatrix} \quad \dots \quad (\text{式08})$$

$$L_{l,m} = (C_{l+1,2m} + C_{l+1,2m+1})/2 \quad \dots \quad (\text{式09})$$

$$H_{l,m} = C_{l+1,2m+1} - C_{l+1,2m} \quad \dots \quad (\text{式010})$$

$$C_{l,m} = L_{l,m} \quad \dots \quad (\text{式011})$$

[0392] また、非正規化Haar変換は(式012)及び(式013)のように書き換えられる。

[0393] [数4]

$$H_{l,m} = C_{l+1,2m+1} - C_{l+1,2m} \quad \dots \quad (\text{式012})$$

$$\begin{aligned} L_{l,m} &= \frac{C_{l+1,2m} + C_{l+1,2m+1}}{2} \\ &= C_{l+1,2m} + \frac{H_{l,m}}{2} \quad \dots \quad (\text{式013}) \end{aligned}$$

[0394] また、整数Haar変換は、(式014)及び(式015)により実現され、逆整数Haar変換は、(式016)及び(式017)により実現される。ここで、 $\lfloor \cdot \rfloor$ はfloor関数である。また、(式015)及び(式016)の両方に $\lfloor H_{l,m}/2 \rfloor$ が含まれることで、整数Haar変換と逆整数Haar変換とによりこの $\lfloor H_{l,m}/2 \rfloor$ で生じる損失が相殺される。よって

、可逆変換が実現される。ここで、 $C_{i,j}$ は整数で定義されるので、 $H_{i,j}$ 及び $L_{i,j}$ も整数である。

[0395] [数5]

$$H_{l,m} = C_{l+1,2m+1} - C_{l+1,2m} \quad \dots \quad (\text{式014})$$

$$L_{l,m} = C_{l+1,2m} + \lfloor H_{l,m}/2 \rfloor \quad \dots \quad (\text{式015})$$

$$C_{l+1,2m} = L_{l,m} - \lfloor H_{l,m}/2 \rfloor \quad \dots \quad (\text{式016})$$

$$C_{l+1,2m+1} = H_{l,m} + C_{l+1,2m} \quad \dots \quad (\text{式017})$$

[0396] よって、以下の(式018)～(式021)により、効率的な実装が実現できる。つまり、1つの加算と、1つの減算と、1つ右シフト(シフトダウン)により変換が実現できる。

[0397] [数6]

$$H_{l,m} = C_{l+1,2m+1} - C_{l+1,2m} \quad \dots \quad (\text{式018})$$

$$L_{l,m} = C_{l+1,2m} + (H_{l,m} \gg 1) \quad \dots \quad (\text{式019})$$

$$C_{l+1,2m} = L_{l,m} - (H_{l,m} \gg 1) \quad \dots \quad (\text{式020})$$

$$C_{l+1,2m+1} = H_{l,m} + C_{l+1,2m} \quad \dots \quad (\text{式021})$$

[0398] 再帰的な整数-整数変換について説明する。図52は、階層的な変換処理を説明するための図である。H a a r変換を画像に適用する場合、画素の変換に適した変換を実行するためにデータのペアが必要である。一方で、三次元点群に対するH a a r変換では、点群のペアである三次元点对が形成できる場合には、整数H a a rが適用され、三次元点对が使用できない場合には、三次元点のデータは次の階層(レベル)に移動される。そして、この処理が再帰的に行われる。

[0399] 次に、三次元データ符号化装置の構成を説明する。図53は、三次元データ符号化装置8310のブロック図である。三次元データ符号化装置8310は、点群データ(ポイントクラウド)を符号化することで符号化データ(

符号化ストリーム)を生成する。この三次元データ符号化装置8310は、位置情報符号化部8311と、ロスレス属性情報符号化部8312と、付加情報符号化部8313と、多重化部8314とを含む。

[0400] 位置情報符号化部8311は、位置情報を符号化することで符号化位置情報を生成する。例えば、位置情報符号化部8311は、8分木等のN分木構造を用いて位置情報を符号化する。具体的には、8分木では、対象空間が8個のノード(サブ空間)に分割され、各ノードに点群が含まれるか否かを示す8ビットの情報(オキュパンシー符号)が生成される。また、点群が含まれるノードは、さらに、8個のノードに分割され、当該8個のノードの各々に点群が含まれるか否かを示す8ビットの情報が生成される。この処理が、予め定められた階層又はノードに含まれる点群の数の閾値以下になるまで繰り返される。

[0401] ロスレス属性情報符号化部8312は、位置情報符号化部8311で生成された構成情報を用いて属性情報を符号化することで符号化データである符号化属性情報を生成する。

[0402] 付加情報符号化部8313は、点群データに含まれる付加情報を符号化することで符号化付加情報を生成する。

[0403] 多重化部8314は、符号化位置情報、符号化属性情報及び符号化付加情報を多重化することで符号化データ(符号化ストリーム)を生成し、生成した符号化データを送出する。また、符号化付加情報は復号時に使用される。

[0404] 図54は、ロスレス属性情報符号化部8312のブロック図である。ロスレス属性情報符号化部8312は、整数変換部8321と、エントロピー符号化部8322とを含む。整数変換部8321は、属性情報に整数変換(例えば整数Haar変換)を行うことで係数値を生成する。エントロピー符号化部8322は、係数値をエントロピー符号化することで符号化属性情報を生成する。

[0405] 図55は、整数変換部8321のブロック図である。整数変換部8321は、並び替え部8323と、整数Haar変換部8324とを備える。並び

替え部 8323 は、位置情報に基づき属性情報を並び替える。例えば、並び替え部 8323 は、属性情報をモートン順に並び替える。整数 Haar 変換部 8324 は、並び替えられた属性情報に整数 Haar 変換を行うことで係数値を生成する。

[0406] 次に、本実施の形態に係る三次元データ復号装置の構成を説明する。図 56 は、三次元データ復号装置 8330 の構成を示すブロック図である。三次元データ復号装置 8330 は、点群データが符号化されることで生成された符号化データ（符号化ストリーム）を復号することで点群データを復元する。この三次元データ復号装置 8330 は、逆多重化部 8331 と、複数の位置情報復号部 8332 と、複数のロスレス属性情報復号部 8333 と、付加情報復号部 8334 とを含む。

[0407] 逆多重化部 8331 は、符号化データ（符号化ストリーム）を逆多重化することで符号化位置情報、符号化属性情報及び符号化付加情報を生成する。

[0408] 位置情報復号部 8332 は、符号化位置情報を復号することで位置情報を生成する。ロスレス属性情報復号部 8333 は、符号化属性情報を復号することで属性情報を生成する。例えば、ロスレス属性情報復号部 8333 は、符号化属性情報に逆整数変換（例えば、逆整数 Haar 変換）を行うことで属性情報を生成する。付加情報復号部 8334 は、符号化付加情報を復号することで付加情報を生成する。

[0409] 図 57 は、ロスレス属性情報復号部 8333 のブロック図である。ロスレス属性情報復号部 8333 は、エントロピー復号部 8341 と、逆整数変換部 8342 とを含む。エントロピー復号部 8341 は、符号化属性情報をエントロピー復号することで係数値を生成する。逆整数変換部 8342 は、係数値に逆整数変換（例えば逆整数 Haar 変換）を行うことで属性情報を生成する。

[0410] 図 58 は、逆整数変換部 8342 のブロック図である。逆整数変換部 8342 は、並び替え部 8343 と、逆整数 Haar 変換部 8344 とを備える。並び替え部 8343 は、位置情報に基づき係数値を並び替える。例えば、

並び替え部8343は、係数値をモートン順に並び替える。逆整数H a a r変換部8344は、並び替えられた係数値に逆整数H a a r変換を行うことで属性情報を生成する。

[0411] また、三次元データ符号化装置は、可逆(L o s s l e s s)符号化が用いられたか、不可逆(l o s s y)符号化が用いられたかを示す情報をビットストリームのヘッダ等に付加してもよい。例えば、三次元データ符号化装置は、l o s s l e s s _ e n a b l e _ f l a gをヘッダに付加する。三次元データ復号装置は、l o s s l e s s _ e n a b l e _ f l a g = 1の場合は、逆整数H a a r変換を適用して可逆符号化されたビットストリームを復号する。三次元データ復号装置は、l o s s l e s s _ e n a b l e _ f l a g = 0の場合は、逆R A H Tを適用して不可逆符号化されたビットストリームを復号する。このように、三次元データ復号装置は、l o s s l e s s _ e n a b l e _ f l a gの値に応じて逆変換処理を切り替えることでビットストリームを正しく復号できる。

[0412] なお、可逆符号化か不可逆符号化かのどちらで符号化されたかを示す情報は必ずしもこれに限らず、例えば量子化パラメータQ P又は量子化ステップQ s t e pの値が用いられてもよい。例えば、三次元データ復号装置は、量子化パラメータ又は量子化ステップの値が特定の値(例、Q P = 4、又はQ s t e p = 1)の場合は、ビットストリームが可逆符号化で符号化されていると判断し、逆整数H a a r変換を適用して可逆符号化されたビットストリームを復号してもよい。また、例えば、三次元データ復号装置は、量子化パラメータ又は量子化ステップの値が特定の値(例、Q P = 4、又はQ s t e p = 1)より大きい場合は、ビットストリームが不可逆符号化で符号化されていると判断し、逆R A H Tを適用して不可逆符号化されたビットストリームを復号してもよい。

[0413] 次に、ロスレス属性情報符号化処理について説明する。図59は、ロスレス属性情報符号化処理のフローチャートである。

[0414] まず、三次元データ符号化装置は、三次元点群の属性情報を並び替える(

S 8 3 0 1)。例えば、三次元データ符号化装置は、三次元点群の属性情報をモートン順に並び替える。

[0415] 次に、三次元データ符号化装置は、三次元点群から処理対象の対象点を選択する (S 8 3 0 2)。具体的には、三次元データ符号化装置は、モートン順に並び替えられた三次元点群のうち一番先頭の三次元点を選択する。

[0416] 次に、三次元データ符号化装置は、モートン順で対象三次元点の隣に位置する三次元点である三次元点对 (Point Pair) が存在するか否かを判定する (S 8 3 0 3)。三次元点对が存在する場合 (S 8 3 0 4 で Yes)、三次元データ符号化装置は、三次元点对を用いて整数 Haar 変換を行うことで、高周波成分と低周波成分とを含む係数値を生成する (S 8 3 0 5)。次に、三次元データ符号化装置は、生成された高周波成分を符号化 (例えばエントロピー符号化) し、符号化された高周波成分をビットストリームに格納する (S 8 3 0 6)。また、三次元データ符号化装置は、低周波成分を次の階層の処理のためにメモリ等に格納する (S 8 3 0 7)。

[0417] 一方、三次元点对が存在しない場合 (S 8 3 0 4 で No)、三次元データ符号化装置は、対象三次元点の属性情報を次の階層のためにメモリ等に格納する (S 8 3 0 7)。

[0418] 対象三次元点が処理対象の階層である対象階層内の最後の三次元点でない場合 (S 8 3 0 8 で No)、三次元データ符号化装置は、モートン順で次の三次元点を対象三次元点として選択し (S 8 3 0 2)、選択された対象三次元点に対してステップ S 8 3 0 3 以降の処理を行う。なお、モートン順で次の三次元点とは、三次元点对が存在した場合には、三次元点对の次の三次元点であり、三次元点对が存在しない場合には、対象三次元点の次の三次元点である。

[0419] 対象三次元点が対象階層内の最後の三次元点である場合 (S 8 3 0 8 で Yes)、三次元データ符号化装置は、次の階層 (一つ上の階層) の処理を開始する (S 8 3 0 9)。また、三次元データ符号化装置は、元の対象階層が最後の階層 (最上層) でない場合 (S 8 3 1 0 で No)、次の階層における

モートン順で最初の三次元点を対象三次元点として選択し（S 8 3 0 2）、選択された対象三次元点に対してステップS 8 3 0 3以降の処理を行う。

[0420] また、三次元データ符号化装置は、元の対象階層が最後の階層である場合（S 8 3 1 0でY e s）、最後の階層（最上層）で生成された低周波成分を符号化（例えばエントロピー符号化）し、符号化された低周波成分をビットストリームに格納する（S 8 3 1 1）。以上の処理により、各階層に含まれる三次元点对毎の符号化された高周波成分と、最上層の符号化された低周波成分とを含む符号化属性情報が生成される。

[0421] 次に、ロスレス属性情報復号処理について説明する。図60は、ロスレス属性情報復号処理のフローチャートである。

[0422] まず、三次元データ復号装置は、ビットストリームから係数値を復号する（S 8 3 2 1）。この係数値は、各階層に含まれる三次元点对毎の高周波成分と、最上層の低周波成分とを含む。次に、三次元データ復号装置は、得られた係数値を並び替える（S 8 3 2 2）。例えば、三次元データ復号装置は、複数の高周波成分をモートン順に並び替える。

[0423] 次に、三次元データ復号装置は、処理対象の三次元点对の低周波成分及び高周波成分である処理対象の低周波成分及び処理対象の高周波成分を取得する（S 8 3 2 3及びS 8 3 2 4）。具体的には、処理対象の低周波成分は、最上層ではビットストリームから復号された低周波成分であり、最上層以外では、一つの上の階層において逆変換処理により得られた低周波成分である。また、処理対象の高周波成分は、最上層ではモートン順に並び替えられ高周波成分のうち一番先頭の高周波成分である。なお、三次元点对が存在しない場合には、処理対象の高周波成分は存在しない。

[0424] 次に、三次元データ復号装置は、三次元点对が存在する場合（S 8 3 2 5でY e s）、つまり、処理対象の高周波成分が存在する場合、三次元データ復号装置は、処理対象の低周波成分及び処理対象の高周波成分を用いて逆整数H a a r変換を行うことで、一つ下の階層の低周波成分を生成する（S 8 3 2 6）。なお、対象階層が最下層である場合には、逆整数H a a r変換に

より属性情報が生成される。

[0425] 次に、三次元データ復号装置は、生成された低周波成分を次の階層の処理のためにメモリ等に格納する（S 8 3 2 7）。

[0426] 一方、三次元点対が存在しない場合（S 8 3 2 5でNo）、三次元データ復号装置は、処理対象の低周波成分を次の階層のためにメモリ等に格納する（S 8 3 2 7）。

[0427] 処理対象の係数値（三次元点対）が対象階層内の最後の係数値でない場合（S 8 3 2 8でNo）、三次元データ復号装置は、モートン順で次の三次元点対を処理対象の三次元点として選択し、選択された三次元点対に対してステップS 8 3 2 3以降の処理を行う。

[0428] 処理対象の係数値が対象階層内の最後の係数値である場合（S 8 3 2 8でYes）、三次元データ復号装置は、次の階層（一つ下の階層）の処理を開始する（S 8 3 2 9）。また、三次元データ復号装置は、元の対象階層が最後の階層（最下層）でない場合（S 8 3 3 0でNo）、次の階層におけるモートン順で最初の三次元点対を処理対象の三次元点対として選択し、選択された三次元点対に対してステップS 8 3 2 3以降の処理を行う。

[0429] また、三次元データ復号装置は、元の対象階層が最後の階層である場合（S 8 3 3 0でYes）、処理を終了する。以上の処理により、全ての三次元点の属性情報が得られる。

[0430] 次に、整数H a a r変換部8 3 2 4及び逆整数H a a r変換部8 3 4 4の構成例を説明する。図6 1は、整数H a a r変換部8 3 2 4の構成例を示す図である。図6 1に示すように、整数H a a r変換部8 3 2 4は、減算部8 3 5 1と、右シフト部8 3 5 2と、加算部8 3 5 3とを備える。ここで、 C_1 及び C_2 はそれぞれ、最下層では三次元点対の属性情報であり、最下層以外では、一つ下の階層で得られた三次元点対の低周波成分である。また、Hは三次元点対の高周波成分であり、Lは三次元点対の低周波成分である。同図の構成により（式0 1 8）及び（式0 1 9）に示す演算が実現される。

[0431] 図6 2は、逆整数H a a r変換部8 3 4 4の構成例を示す図である。図6

2に示すように、逆整数H a a r変換部8344は、右シフト部8354と、減算部8355と、加算部8356とを備える。同図の構成により（式020）及び（式021）に示す演算が実現される。

[0432] なお、順変換及び逆変換の少なくとも一方において、入力データが所定単位の複数のデータに分割され、分割されたデータが並列処理されてもよい。これにより、処理を高速化できる。

[0433] 次に、可逆符号化（整数H a a r変換）と不可逆符号化（R A H T）とを切り替える例を説明する。図63は、この場合の三次元データ符号化装置の構成を示す図である。三次元データ符号化装置は、可逆符号化（可逆圧縮）と不可逆符号化（不可逆圧縮）とを選択的に実施する。また、三次元データ符号化装置は、フラグ又はQ Pにより符号化モードを示してもよい。

[0434] 図63に示す三次元データ符号化装置は、並び替え部8361と、切り替え部8362と、R A H T部8363と、量子化部8364と、整数変換部8365と、エントロピー符号化部8366とを備える。

[0435] 並び替え部8361は、位置情報に基づき属性情報を、例えば、モートン順に並び替える。切り替え部8362は、並び替えられた属性情報をR A H T部8363又は整数変換部8365に出力する。例えば、切り替え部8362は、L O S S L E S S _ F L A Gに基づき、R A H Tを用いるか整数H a a r変換を用いるかを切り替える。ここで、L O S S L E S S _ F L A Gは、R A H T（不可逆符号化）を用いるか整数H a a r変換（可逆符号化）を用いるかを示すフラグであり、L O S S L E S S _ F L A Gがオン（例えば値1）の場合には、整数H a a r変換（可逆符号化）が用いられ、L O S S L E S S _ F L A Gがオフ（例えば値0）の場合には、R A H T（不可逆符号化）が用いられる。

[0436] または、三次元データ符号化装置は、量子化パラメータQ Pの値がある値 α の場合に、可逆符号化と判断してもよい。ここで、値 α は、例えば、Q P値から算出される量子化値、又は量子化ステップQ s t e pの値が1となるような値である。例えばQ P = 4の場合に、Q s t e p = 1となる場合は、

$\alpha = 4$ である。

[0437] または、RAHTと整数Haar変換との切り替えは、LOSSLESS__FLAG又はQP値に限らず、どのような方法で行われてもよい。例えば、三次元データ符号化装置は、Enable__Integer__Haar__Transformフラグをヘッダ等に付加し、Enable__Integer__Haar__Transform=1の場合は、整数Haar変換を適用し、Enable__Integer__Haar__Transform=0の場合は、RAHTを適用してもよい。

[0438] RAHT部8363は、属性情報にRAHTを適用することで係数値を生成する。量子化部8364を量子化することで量子化係数を生成する。整数変換部8365は、属性情報に整数Haar変換を適用することで係数値を生成する。エントロピー符号化部8366は、量子化部8364で生成された量子化値、又は、整数変換部8365で生成された係数値をエントロピー符号化することで符号化属性情報を生成する。

[0439] 図64は、図63に示す三次元データ符号化装置に対応する三次元データ復号装置の構成を示す図である。図64に示す三次元データ復号装置は、エントロピー復号部8371と、並び替え部8372と、切り替え部8373と、逆量子化部8374と、逆RAHT部8375と、逆整数変換部8376とを備える。

[0440] エントロピー復号部8371は、符号化属性情報をエントロピー復号することで係数値（又は量子化係数）を生成する。並び替え部8372は、位置情報に基づき係数値を、例えば、モートン順に並び替える。切り替え部8373は、並び替えられた係数値を逆量子化部8374又は逆整数変換部8376に出力する。例えば、切り替え部8373は、LOSSLESS__FLAGに基づき、RAHTを用いるか整数Haar変換を用いるかを切り替える。なお、切り替え部8373に切り替え方法は、上述した切り替え部8362における切り替え方法と同様である。なお、三次元データ復号装置は、LOSSLESS__FLAG、QP値、又はEnable__Integer

`__Haar__Transform`フラグをビットストリームから取得する。

[0441] 逆量子化部8374は、量子化係数を逆量子化することで係数値を生成する。逆RAHT部8375は、係数値に逆RAHTを適用することで属性情報を生成する。逆整数変換部8376は、係数値に逆整数Haar変換を適用することで属性情報を生成する。

[0442] なお、図63及び図64に示す例では、整数Haar変換が適用される場合に量子化処理が行われていないが、整数Haar変換が適用される場合に量子化処理が行われてもよい。図65は、この場合の三次元データ符号化装置の構成を示す図である。図66は、三次元データ復号装置の構成を示す図である。

[0443] 図65に示すように、量子化部8364Aは、RAHT部8363により生成された係数値、及び、整数変換部8365で生成された係数値を量子化することで量子化係数を生成する。

[0444] 図66に示すように、逆量子化部8374Aは、量子化係数を逆量子化することで係数値を生成する。切り替え部8373Aは、係数値を逆RAHT部8375又は逆整数変換部8376に出力する。

[0445] 図67及び図68は、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（符号化属性情報）の構成例を示す図である。例えば、図67に示すように、ビットストリームのヘッダにLOSSLESS_FLAGが格納される。または、図68に示すように、ビットストリームのヘッダにQP値が含まれる。QP値が予め定められた値 α である場合に、可逆符号化が適用される。

[0446] （実施の形態9）

本実施の形態では、通常のRAHTよりも可逆に近い不可逆変換である整数RAHTについて説明する。ハードウェアの実装を容易にするために、固定点RAHT（fixed point RAHT）を導入することができる。固定点RAHTは以下の（式022）及び（式023）を用いて実施できる。ここで、 l は低周波成分であり、 h は高周波成分である。 c_1 及び c_2

はそれぞれ、最下層では三次元点対の属性情報であり、最下層以外では、一つ下の階層で得られた三次元点対の低周波成分である。また、変換は正規直交であり、(式024)が成り立つ。

[0447] [数7]

$$\begin{bmatrix} l \\ h \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a & b \\ -b & a \end{bmatrix} \begin{bmatrix} c_1 \\ c_2 \end{bmatrix} \quad \dots \quad (\text{式022})$$

$$a = \frac{\sqrt{w_1}}{\sqrt{w_1 + w_2}}, \quad b = \frac{\sqrt{w_2}}{\sqrt{w_1 + w_2}} \quad \dots \quad (\text{式023})$$

$$a^2 + b^2 = \frac{w_1}{w_1 + w_2} + \frac{w_2}{w_1 + w_2} = 1 \quad \dots \quad (\text{式024})$$

[0448] また、更新後の重み w は、 c_1 と c_2 とが三次元点対である場合には、 $w = w_1 + w_2$ で表され、 c_1 が c_2 とが対をなさない場合には、 $w = w_1$ で表される。

[0449] また、上記(式022)は、下記(式025)～(式029)のように変形される。

[0450] [数8]

$$\begin{bmatrix} l \\ h \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\sqrt{w_1}}{\sqrt{w_1 + w_2}} & \frac{\sqrt{w_2}}{\sqrt{w_1 + w_2}} \\ -\frac{\sqrt{w_2}}{\sqrt{w_1 + w_2}} & \frac{\sqrt{w_1}}{\sqrt{w_1 + w_2}} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} c_1 \\ c_2 \end{bmatrix} \quad \dots \quad (\text{式025})$$

$$\begin{bmatrix} \frac{l}{\sqrt{w_1 + w_2}} \\ h \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{w_1}{w_1 + w_2} & \frac{w_2}{w_1 + w_2} \\ -\frac{\sqrt{w_1}\sqrt{w_2}}{\sqrt{w_1 + w_2}} & \frac{\sqrt{w_1}\sqrt{w_2}}{\sqrt{w_1 + w_2}} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} c_1 \\ c_2 \end{bmatrix} \quad \dots \quad (\text{式026})$$

$$\begin{bmatrix} \frac{l}{\sqrt{w_1 + w_2}} \\ \frac{h\sqrt{w_1 + w_2}}{\sqrt{w_1 w_2}} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{w_1}{w_1 + w_2} & \frac{w_2}{w_1 + w_2} \\ -1 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} c_1 \\ c_2 \end{bmatrix} \quad \dots \quad (\text{式027})$$

$$\begin{bmatrix} l' \\ h' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a^2 & b^2 \\ -1 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} c'_1 \\ c'_2 \end{bmatrix} \quad \dots \quad (\text{式028})$$

$$l' = \frac{l}{\sqrt{w_1 + w_2}}, \quad h' = \frac{h\sqrt{w_1 + w_2}}{\sqrt{w_1 w_2}} \quad \dots \quad (\text{式029})$$

[0451] よって、順変換は (式030) ~ (式032) で表される。

[0452] [数9]

$$\begin{bmatrix} l' \\ h' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a^2 & b^2 \\ -1 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} c'_1 \\ c'_2 \end{bmatrix} \quad \dots \quad (\text{式030})$$

$$h' = c'_2 - c'_1 \quad \dots \quad (\text{式031})$$

$$l' = a^2 c'_1 + b^2 c'_2 = c'_1 + b^2 h' \quad \dots \quad (\text{式032})$$

[0453] また、逆変換は (式033) ~ (式034) で表される。

[0454] [数10]

$$c'_1 = l' - b^2 h' \quad \dots \quad (\text{式033})$$

$$c'_2 = h' + c'_1 \quad \dots \quad (\text{式034})$$

[0455] 調整量子化ステップ (Aqs : Adjusted Quantization Step) は、(式035) に基づき、(式036) で表される。よって、(式037) が成り立つ。このように、整数 RAHT は、 b^2 の固定点実装により実現できる。

[0456] [数11]

$$h' = \frac{h\sqrt{w_1 + w_2}}{\sqrt{w_1 w_2}} \quad \dots \quad (\text{式035})$$

$$Aqs = \frac{QS\sqrt{w_1 + w_2}}{\sqrt{w_1 w_2}} \quad \dots \quad (\text{式036})$$

$$\frac{h'}{Aqs} = \frac{h}{QS} \quad \dots \quad (\text{式037})$$

[0457] 以下、整数 RAHT と整数 Haar 変換との関係性について説明する。整数 RAHT と整数 Haar 変換とを共通の処理を用いて実現できる。具体的には、RAHT における全ての層における重みを $w_1 = w_2 = 1$ に設定することで整数 Haar 変換が実現できる。

[0458] つまり、整数 RAHT における順変換は (式038) ~ (式040) で表され、逆変換は (式041) ~ (式042) で表される。また、(式043) が成り立つ。

[0459] [数12]

$$\begin{bmatrix} l' \\ h' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a^2 & b^2 \\ -1 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} c'_1 \\ c'_2 \end{bmatrix} \dots \quad (\text{式O38})$$

$$h' = c'_2 - c'_1 \quad \dots \quad (\text{式O39})$$

$$l' = c'_1 + b^2 h' \quad \dots \quad (\text{式O40})$$

$$c'_1 = l' - b^2 h' \quad \dots \quad (\text{式O41})$$

$$c'_2 = h' + c'_1 \quad \dots \quad (\text{式O42})$$

$$a^2 = \frac{w_1}{w_1 + w_2}, \quad b^2 = \frac{w_2}{w_1 + w_2} \quad \dots \quad (\text{式O43})$$

[0460] (式O38) ~ (式O43) において $w_1 = w_2 = 1$ に設定すると、順変換は (式O44) ~ (式O45) で表され、逆変換は (式O46) ~ (式O47) で表される。つまり、整数 Haar 変換が実現される。

[0461] [数13]

$$h' = c'_2 - c'_1 \quad \dots \quad (\text{式O44})$$

$$l' = c'_1 + h'/2 \quad \dots \quad (\text{式O45})$$

$$c'_1 = l' - h'/2 \quad \dots \quad (\text{式O46})$$

$$c'_2 = h' + c'_1 \quad \dots \quad (\text{式O47})$$

[0462] 次に、不可逆符号化 (RAHT) と、可逆に近い不可逆符号化 (整数 RAHT) と、可逆符号化 (整数 Haar 変換) とを切り替える例を説明する。図 69 は、この場合の三次元データ符号化装置の構成を示す図である。三次元データ符号化装置は、不可逆符号化 (RAHT) と、可逆に近い不可逆符号化 (整数 RAHT) と、可逆符号化 (整数 Haar 変換) とを選択的に実施する。この切り替えは、フラグ又は QP 値に基づき行われる。

[0463] 図 69 に示す三次元データ符号化装置は、並び替え部 8401 と、整数 RAHT-Haar 変換部 8402 と、量子化部 8403 と、エントロピー符号化部 8404 とを備える。

[0464] 並び替え部 8401 は、位置情報に基づき属性情報を、例えば、モーション

順に並び替える。整数RAHT-Haar変換部8402は、不可逆符号化(RAHT)と、可逆に近い不可逆符号化(整数RAHT)と、可逆符号化(整数Haar変換)とを選択的に用いて属性情報を変換することで係数値を生成する。

[0465] 具体的には、三次元データ符号化装置は、量子化パラメータQPの値がある値 α 、かつ、RAHT-HAAR_FLAG=HAARの場合に、可逆符号化(整数Haar変換)を用いる。ここで、値 α は、例えば、QP値から算出される量子化値、又は量子化ステップQstepの値が1となるような値である。例えばQP=4の場合に、Qstep=1となる場合は、 $\alpha=4$ である。また、 α の値は、RAHTとHaarで異なる値を用いても構わない。

[0466] 例えば、RAHT-HAAR_FLAG=RAHTであり、かつ、QPが α より大きい場合、不可逆符号化(RAHT)が用いられる。RAHT-HAAR_FLAG=RAHTであり、かつQP= α の場合、可逆に近い不可逆符号化(整数RAHT)が用いられる。RAHT-HAAR_FLAG=HAARであり、かつQP= α である場合、可逆符号化(整数Haar変換)が用いられる。また、RAHT-HAAR_FLAG=HAARであり、QPが α より大きい場合に、不可逆符号化(RAHT)が用いられてもよい。

[0467] また、整数RAHT-Haar変換部8402は、RAHT-HAAR_FLAG=HAARである場合には、 $w_1=w_2=1$ に設定することでHaar変換を実行する。

[0468] 量子化部8403は、QPを用いて係数値を量子化することで量子化係数を生成する。エントロピー符号化部8404は、量子化係数をエントロピー符号化することで符号化属性情報を生成する。

[0469] 図70は、図69に示す三次元データ符号化装置に対応する三次元データ復号装置の構成を示す図である。図70に示す三次元データ復号装置は、エントロピー復号部8411と、逆量子化部8412と、並び替え部8413

と、逆整数 R A H T - H a a r 変換部 8 4 1 4 とを備える。

[0470] エントロピー復号部 8 4 1 1 は、符号化属性情報をエントロピー復号することで量子化係数を生成する。逆量子化部 8 4 1 2 は、Q P を用いて量子化係数を逆量子化することで係数値を生成する。並び替え部 8 4 1 3 は、位置情報に基づき係数値を、例えば、モートン順に並び替える。

[0471] 逆整数 R A H T - H a a r 変換部 8 4 1 4 は、不可逆符号化 (R A H T) と、可逆に近い不可逆符号化 (整数 R A H T) と、可逆符号化 (整数 H a a r 変換) とを選択的に用いて係数値を逆変換することで属性情報を生成する。なお、この切り替え方法は、上述した整数 R A H T - H a a r 変換部 8 4 0 2 と同様である。なお、三次元データ復号装置は、L O S S L E S S _ F L A G、及び Q P 値をビットストリームから取得する。

[0472] 図 7 1 は、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 (符号化属性情報) の構成例を示す図である。例えば、図 7 1 に示すように、ビットストリームのヘッダに R A H T - H A A R _ F L A G と Q P 値とが格納される。R A H T - H A A R _ F L A G は、不可逆符号化 (R A H T) と、可逆に近い不可逆符号化 (整数 R A H T) と、可逆符号化 (整数 H a a r 変換) とのいずれを用いるかを示すフラグである。なお、R A H T - H A A R _ F L A G は、可逆符号化 (整数 H a a r 変換) と、不可逆符号化 (R A H T)、又は可逆に近い不可逆符号化 (整数 R A H T) とのいずれを用いるかを示しているもよい。

[0473] 以下、整数 R A H T を行う構成の実装例を説明する。整数 R A H T は以下により実装できる。B は b^2 の整数精度を示し、(式 0 4 8) で表される。

[0474] [数14]

$$B = \frac{(w_2 \ll kBit)}{w_1 + w_2} \dots \quad (\text{式} 0 4 8)$$

[0475] k B i t は、B の精度を表す。例えば、8 ビット精度の場合、k B i t = 8 である。また、k H a l = (1 << (k B i t - 1)) は、丸め (切り捨て又は四捨五入等) をサポートした精度を表す。調整量子化ステップ (A q

s) は、(式049) により実装できる。

[0476] [数15]

$$Aqs = \text{sqrt_integer} \left(\frac{QS * QS * (w_1 + w_2)}{w_1 * w_2} \right) \dots \quad (\text{式049})$$

[0477] ここで、QSは量子化ステップ (Quantization Step) を表す。また、順変換は(式050) ~ (式051) で表される。

[0478] [数16]

$$h' = c'_2 - c'_1 \dots \quad (\text{式050})$$

$$l' = c'_1 + ((B * h' + kHalf) \gg kBit) \dots \quad (\text{式051})$$

[0479] 量子化された高周波成分は(式052) で表される。また、高周波成分の逆量子化は(式053) で表される。

[0480] [数17]

$$\text{quantized_}h' = ((Aqs \gg 1) + (h' \ll kBit)) / Aqs \dots \quad (\text{式052})$$

$$h' = ((\text{quantized_}h' * Aqs) + kHalf) \gg kBit \dots \quad (\text{式053})$$

[0481] 逆変換は、(式054) ~ (式055) で表される。

[0482] [数18]

$$c'_1 = l' - ((B * h' + kHalf) \gg kBit) \dots \quad (\text{式054})$$

$$c'_2 = h' + c'_1 \dots \quad (\text{式055})$$

[0483] 以下、整数RAHTの実装において、条件付きフラグを使用して、丸めのビット精度を0に設定し、Aqsを設定することで、RAHTで整数Haarを実現する例を示す。整数Haarが適用される場合、三次元データ符号化装置は、重みを1に設定する($w_1 = w_2 = 1$)。また、三次元データ符号化装置は、kHalfを0に設定する($kHalf = 0$)。また、三次元データ符号化装置は、Aqsを以下のように切り替える。三次元データ符号化装置は、整数Haar変換を用いる場合、 $Aqs = QS$ に設定する。また、三次元データ符号化装置は、整数RAHTを用いる場合、 $Aqs = \text{sqrt}$

$_integer((QS * QS) * (w_1 + w_2)) / (w_1 * w_2)$ に設定する。ここで、 $_integer(n)$ は、 n の平方根の整数部分を示す。よって、(式056) が成り立つ。

[0484] [数19]

$$B = \frac{(1 \ll kBit)}{2} = (1 \ll (kBit - 1)) \quad \dots \quad (式056)$$

[0485] RATHにおける整数Haarの順変換は(式057)～(式059)で表される。

[0486] [数20]

$$h' = c'_2 - c'_1 \quad \dots \quad (式057)$$

$$l' = c'_1 + ((B * h' + 0) \gg kBit) = c'_1 + (h' \gg 1) \quad \dots \quad (式058)$$

$$quantized_h' = ((Aqs \gg 1) + (h' \ll kBit)) / Aqs \quad \dots \quad (式059)$$

[0487] 可逆符号化が用いられる場合、QSは1に設定されるので、(式060)が成り立つ。また、可逆符号化が用いられる場合には、量子化及び逆量子化がスキップされてもよい。

[0488] [数21]

$$quantized_h' = \frac{(1 \gg 1) + (h' \ll kBit)}{1} = h' \ll kBit \quad \dots \quad (式060)$$

[0489] 高周波成分の逆量子化は(式061)で表される。逆整数変換は(式062)～(式063)で表される。

[0490] [数22]

$$h' = (quantized_h' * Aqs) \gg kBit \quad \dots \quad (式061)$$

$$c'_1 = l' - ((B * h' + 0) \gg kBit) = l' - (h' \gg 1) \quad \dots \quad (式062)$$

$$c'_2 = h' + c'_1 \quad \dots \quad (式063)$$

[0491] また、可逆符号化の実装の別の例として、以下に示すビットシフト演算を用いられてもよい。これらの演算は、整数データ型(固定小数点演算)に対して実行される。属性情報は、変換処理の前にkBit精度でシフトアップされる。

[0492] 整数H a a rが適用される場合、三次元データ符号化装置は、重みを1に設定する ($w_1 = w_2 = 1$)。また、三次元データ符号化装置は、k H a l fを0に設定する ($k H a l f = 0$)。また、三次元データ符号化装置は、A q sを以下のように切り替える。三次元データ符号化装置は、整数H a a r変換を用いる場合、A q s = Q Sに設定する。また、三次元データ符号化装置は、整数R A H Tを用いる場合、A q s = $s q r t_i n t e g e r (((Q S * Q S) * (w_1 + w_2)) / (w_1 * w_2))$ に設定する。よって、(式064)が成り立つ。

[0493] [数23]

$$B = \frac{(1 \ll kBit)}{2} = (1 \ll (kBit - 1)) \dots \quad (\text{式064})$$

[0494] (式065)に示すように、属性情報は、変換処理の前にk B i t精度でシフトアップされる。

[0495] [数24]

$$c_i = c_i \ll kBit \dots \quad (\text{式065})$$

[0496] R A T Hにおける整数H a a rの順変換は(式066)～(式067)で表され、k B i t精度で行われる。

[0497] [数25]

$$h' = c'_2 - c'_1 \dots \quad (\text{式066})$$

$$t_l' = ((B * h' + kHalf) \gg kBit) \dots \quad (\text{式067})$$

[0498] f l o o r関数のためにBの浮動小数点精度を除去するために、低周波成分のk B i t精度が除去される。よって、低周波成分は(式068)で表される。

[0499] [数26]

$$l' = c'_1 + ((t_l' \gg kBit) \ll kBit) \dots \quad (\text{式068})$$

[0500] 逆整数変換は(式069)～(式071)で表される。以上により、整数R A H Tからの変更を低減できる。

[0501] [数27]

$$t_{l'} = ((B * h' + kHalf) \gg kBit) \dots \quad (\text{式069})$$

$$c'_1 = l' - ((t_{l'} \gg kBit) \ll kBit) \dots \quad (\text{式070})$$

$$c'_2 = h' + c'_1 \dots \quad (\text{式071})$$

[0502] 以下、順変換の構成例を説明する。図72は、整数RAHT-Haar変換部8402の構成例を示す図である。整数RAHT-Haar変換部8402は、左シフト部8421、8422及び8430と、減算部8423と、除算部8424と、右シフト部8425、8427及び8429と、乗算部8426と、切り替え部8428と、加算部8431とを含む。

[0503] 左シフト部8421及び8422は、 c_1 及び c_2 が属性情報の原信号（RAHTの最下層に位置する信号）であれば c_1 及び c_2 を $kBit$ 分シフトアップ（左シフト）する。これにより、原信号のビット精度が上がるので、変換処理中の計算精度を向上できる。よって、符号化効率を改善できる。また、 c_1 及び c_2 がRAHTの最下層より上位の信号である場合、 $kBit$ シフトアップが適用されなくてもよい。

[0504] なお、三次元データ符号化装置は、整数Haar変換を適用し、かつ $QS = 1$ （可逆符号化）の場合は、RAHTの最下層に位置する属性情報の原信号に対し $kBit$ 分のシフトアップを適用しなくてもよい。これにより処理量を削減しつつ、可逆符号化を実現できる。

[0505] 減算部8423は、シフトアップ後の c_2 からシフトアップ後の c_1 を減算する。除算部8424は、減算部8423で得られた値を Aqs で除算する。ここで、 Aqs は、(式072)で表される。 $integer_square_root(n)$ は、 n の平方根の整数部分を示す。つまり、 Aqs は、 QS （量子化ステップ）と重みとに依存する。また、整数Haar変換が用いられる場合には、 $Aqs = QS$ に設定される。

[0506] [数28]

$$Aqs = integer_square_root\left(\frac{QS * QS * (w_1 + w_2)}{w_1 * w_2}\right) \dots \quad (\text{式072})$$

[0507] 右シフト部8425は、除算部8424で得られた値をシフトダウンすることで高周波成分hを生成する。乗算部8426は、減算部8423で得られた値にBを乗算する。Bは(式073)で表される。また、整数Haar変換が用いられる場合には $w_1 = w_2 = 1$ に設定される。

[0508] [数29]

$$B = \frac{(w_2 \ll kBit)}{w_1 + w_2} \quad \dots \quad (\text{式073})$$

[0509] 右シフト部8427は、乗算部8426で得られた値をシフトダウンする。切り替え部8428は、整数Haar変換が用いられる場合には、右シフト部8427で得られた値を右シフト部8429に出力し、整数Haar変換が用いられない場合には、右シフト部8427で得られた値を加算部8431に出力する。

[0510] 右シフト部8429及び左シフト部8430は、整数Haar変換が適用される場合は、右シフト部8427で得られた値を、kBitシフトダウン及びkBitシフトアップする。これにより、下位kBitの値が0に設定される。つまり、整数Haar変換の適用時に値2の除算により発生する小数点以下の数値を削除できるので、値の切り捨て処理(floor処理)を実現できる。なお、値の切り捨て処理を実現できる方法であれば、どのような方法を適用しても構わない。

[0511] なお、整数Haar変換において $QS > 1$ (不可逆符号化)の場合は、右シフト部8427で得られた値にkBitシフトダウン及びkBitシフトアップが適用されなくてもよい。これにより、整数Haar変換を適用した時に値2の除算により発生する小数点以下の精度を維持できる。よって、計算精度が向上し、符号化効率を改善する。

[0512] また、属性情報の原信号(RAHTの最下層に位置する)をkBit分シフトアップしない場合は、右シフト部8427で得られた値にkBitシフトダウン及びkBitシフトアップが適用されなくてもよい。これにより、処理量を削減できる。

- [0513] 加算部8431は、左シフト部8421で得られた値に、左シフト部8430又は右シフト部8427で得られた値を加算することで低周波成分 l を生成する。なお、最上層の演算では、得られた低周波成分 l に k Bitシフトダウンが行われる。
- [0514] 次に、逆変換の構成例を説明する。図73は、逆整数R A H T - H a a r変換部8414の構成例を示す図である。逆整数R A H T - H a a r変換部8414は、左シフト部8441及び8447と、乗算部8442、8443及び8449と、右シフト部8444、8446、8450及び8452と、切り替え部8445と、減算部8448及び8451とを含む。
- [0515] 左シフト部8441は高周波成分 h を k Bitシフトアップ（左シフト）する。乗算部8442は、左シフト部8441で得られた値に Aqs を乗算する。なお、 Aqs について、上述した図72の場合と同様である。乗算部8443は、乗算部8442で得られた値に B を乗算する。なお、 B については、上述した図72の場合と同様である。
- [0516] 右シフト部8444は、乗算部8443で得られた値をシフトダウンする。切り替え部8445は、整数H a a r変換が用いられる場合には、右シフト部8444で得られた値を右シフト部8446に出力し、整数H a a r変換が用いられない場合には、右シフト部8444で得られた値を減算部8448に出力する。
- [0517] 右シフト部8446及び左シフト部8447は、整数H a a r変換が適用される場合は、右シフト部8444で得られた値を、 k Bitシフトダウン及び k Bitシフトアップする。これにより、下位 k Bitの値が0に設定される。つまり、整数H a a r変換の適用時に値2の除算により発生する小数点以下の数値を削除できるので、値の切り捨て処理（ $floor$ 処理）を実現できる。なお、値の切り捨て処理を実現できる方法であれば、どのような方法を適用しても構わない。
- [0518] なお、整数H a a r変換において $QS > 1$ （不可逆符号化）の場合は、右シフト部8444で得られた値に k Bitシフトダウン及び k Bitシフト

アップが適用されなくてもよい。これにより、整数H a a r変換を適用した時に値2の除算により発生する小数点以下の精度を維持できる。よって、計算精度が向上し、符号化効率が改善されたビットストリームを正しく復号できる。

[0519] また、属性情報の復号信号（R A H Tの最下層に位置する）をk B i t分シフトダウンしない場合は、右シフト部8 4 4 4で得られた値にk B i t分シフトダウン及びk B i t分シフトアップが適用されなくてもよい。これにより、処理量を削減できる。

[0520] 減算部8 4 4 8は、低周波成分lから、左シフト部8 4 4 7又は右シフト部8 4 4 4で得られた値を減算する。なお、最上層の演算では、低周波成分lがk B i t分シフトアップされ、減算部8 4 4 8は、シフトアップ後の低周波成分lから、左シフト部8 4 4 7又は右シフト部8 4 4 4で得られた値を減算する。

[0521] 乗算部8 4 4 9は、減算部8 4 4 8で得られた値に-1を乗算する。右シフト部8 4 5 0は、乗算部8 4 4 9で得られた値をk B i t分シフトダウンする。減算部8 4 5 1は、乗算部8 4 4 2で得られた値から、減算部8 4 4 8で得られた値を減算する。右シフト部8 4 5 2は、減算部8 4 5 1で得られた値をk B i t分シフトダウンする。これにより、c 1及びc 2のビット精度が元に戻る。この処理により、変換処理中の計算精度を向上しつつ、元のビット精度の復号結果を得ることができる。また、三次元データ復号装置は、R A H Tの最下層より上位の信号に対しては、k B i t分シフトダウンを適用しなくてもよい。

[0522] なお、三次元データ復号装置は、整数H a a r変換を適用し、かつQ S = 1（可逆符号化）の場合は、R A H Tの最下層に位置する属性情報の復号信号に対しk B i t分のシフトアップを適用しなくてもよい。これにより処理量を削減しつつ、可逆符号化したビットストリームを正しく復号できる。

[0523] 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7 4に示す処理を行う。三次元データ符号化装置は、点群データに含まれる複数の

三次元点の複数の属性情報を複数の係数値に変換し（S 8 4 0 1）、複数の係数値を符号化することでビットストリームを生成する（S 8 4 0 2）。三次元データ符号化装置は、変換（S 8 4 0 1）では、複数の属性情報の各々を高周波成分と低周波成分とに分ける重み付け演算を階層的に行うことで、複数の階層のいずれかに属する複数の係数値を生成する。三次元データ符号化装置は、重み付け演算では、複数の階層において固定された、又は、固定されていない複数の重みを用いて、重み付け演算を行う。ビットストリームは、複数の重みを複数の階層において固定するか否かを示す第1情報（R A H T - H A A R _ F L A G及びQPの少なくとも一方）を含む。

[0524] これによれば、当該三次元データ符号化装置は、複数の階層で重みを固定することで変換による損失を低減できるので精度を向上できる。

[0525] 例えば、複数の重みを複数の階層において固定する場合、複数の重みは1に設定される。

[0526] 例えば、図72に示すように、三次元データ符号化装置は、重み付け演算では、複数の属性情報に含まれる第2属性情報（例えばc2）から、複数の属性情報に含まれる第1属性情報（例えばc1）を減算することで第1の値を算出し、第1の値を第1係数（例えばAqs）で除算することで高周波成分（例えばh）を算出し、第1係数（例えばAqs）は、量子化ステップ（例えばQS）と重み（例えばw₁及びw₂）に依存する。

[0527] 例えば、三次元データ符号化装置は、図72に示すように、重み付け演算では、第1の値に、重みに依存する第2係数（例えばB）を乗算することで第2の値を算出し、第2の値を所定ビット数シフトダウンしたのち所定ビット数シフトアップすることで第3の値を算出し、第1属性情報に第3の値を加算することで低周波成分（例えばl）を算出する。

[0528] 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。

[0529] また、本実施の形態に係る三次元データ復号装置は、図75に示す処理を行う。三次元データ復号装置はビットストリームから、複数の重みを複数の

階層において固定するか否かを示す第1情報 (RAHT-HAAR_FLAG及びQPの少なくとも一方) を取得し (S8411)、ビットストリームから複数の係数値を復号し (S8412)、複数の係数値を逆変換することで、点群データに複数の三次元点の複数の属性情報を生成する (S8413)。複数の係数値は、複数の階層のいずれかに属する。三次元データ復号装置は、逆変換では、複数の係数値に、高周波成分と低周波成分とを合成する逆重み付け演算を行うことで、複数の属性情報を生成する。三次元データ復号装置は、逆重み付け演算では、第1情報に従い、複数の階層において固定された、又は、固定されていない複数の重みを用いて、重み付け演算を行う。

[0530] これによれば、当該三次元データ復号装置は、複数の階層で重みを固定することで変換による損失を低減できるので精度を向上できる。

[0531] 例えば、複数の重みを複数の階層において固定する場合、複数の重みは1に設定される。

[0532] 例えば、三次元データ復号装置は、図73に示すように、逆重み付け演算では、高周波成分に第1係数 (例えばAqs) を乗算することで第1の値を算出し、低周波成分 (例えばl) に基づく第2の値から複数の属性情報に含まれる第1属性情報 (例えばc1) を算出し、第1の値から第2の値を減算することで複数の属性情報に含まれる第2の属性情報 (例えばc2) を算出し、第1係数 (例えばAqs) は、量子化ステップ (例えばQS) と重み (例えば w_1 及び w_2) に依存する。

[0533] 例えば、三次元データ復号装置は、図73に示すように、重み付け演算では、第1の値に、重みに依存する第2係数 (例えばB) を乗算することで第3の値を算出し、第3の値を所定ビット数シフトダウンしたのち所定ビット数シフトアップすることで第4の値を算出し、第4の値から低周波成分を減算することで第2の値を算出する。

[0534] 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。

[0535] (実施の形態10)

本実施の形態では、予測を用いたRAHT (Region Adaptive Hierarchical Transform) 又はHaar変換処理について説明する。図76は、予測処理を説明するための図であり、RAHT又はHaar変換処理における階層構造を示す図である。三次元データ符号化装置は、RAHT又はHaar変換による階層符号化時に上位階層の属性値から下位階層の属性値(属性情報)を予測し、属性値と、予測により得られた予測値との差分値を符号化してもよい。例えば、三次元データ符号化装置は、上位階層から下位階層に向けて階層的に符号化を繰返して各階層の属性値を符号化する場合、上位階層で算出された属性値(親ノード群の属性値)を用いて下位階層の属性値(子ノード群の属性値)を予測する。三次元データ符号化装置は、各子ノードの属性値の代わりに、各子ノードの属性値から予測値を引いた差分値を符号化してもよい。これにより、上位階層の属性値から適切な予測値を生成することで下位階層の属性値の差分値を小さくすることができ、符号化効率を改善できる。なお、三次元データ復号装置において同様の予測処理が行われてもよい。

[0536] 図77は、三次元点の位置情報に基づく8分木構造における、各ノードの関係の例を示す図である。図77に示すように、三次元データ符号化装置は、子ノードの属性値を親ノード又は近隣親ノードの属性値から予測する。ここで、親ノードと同じ階層の複数のノードを親ノード群と呼ぶ。親ノードの複数の子ノードを子ノード群と呼ぶ。近接親ノードは、親ノード群に含まれる親ノードとは異なるノードであって、親ノードに隣接するノードである。なお、親ノード群は、親ノードと同じ階層の複数のノードのうちの一部のノードを含んでもよい。例えば、親ノード群は、親ノードと複数の近接親ノードとを含んでもよい。または、親ノード群は、親ノード(又は対象ノード)から所定の距離以内のノードを含んでもよい。

[0537] また、親ノード等の上位階層のノード属性情報は、例えば、そのノードの下位階層の属性情報から算出される。例えば、親ノードの属性情報は、当該

親ノードの複数の子ノードの複数の属性情報の平均値である。なお、上位階層の属性情報の算出方法は、平均に限らず、重み付き平均等の他の算出方法が用いられてもよい。

[0538] 例えば、三次元データ符号化装置は、符号化対象の子ノードである対象ノードと、親ノード又は近隣親ノードとの三次元空間上での距離 d を算出し、距離 d を用いた重み付き平均値を予測値として用いてもよい。例えば、子ノード c の予測値 c_p は下記（式 P 1）及び（式 P 2）を用いて算出してもよい。なお、 A_i は親ノード p_i の属性情報の値であり、 $d(c, p_i)$ は、子ノード c と親ノード p_i の距離であり、例えばユークリッド距離である。 n は、予測値の生成に用いる親ノードと近隣親ノードとの総数である。

[0539] [数30]

$$c_p = \sum_{i=0}^n w_i \times A_i \quad \dots \quad (\text{式 P 1})$$

$$w_i = \frac{d(c, p_i)}{\sum_{j=0}^n d(c, p_j)} \quad \dots \quad (\text{式 P 2})$$

[0540] また、三次元データ符号化装置は、予測値として親ノード又は近隣親ノードの属性値をそのまま用いてもよい。例えば、三次元データ符号化装置は、親ノードの属性値 A_p を子ノードの予測値として用いてもよいし、近隣親ノードの属性値 A_{np} を子ノードの予測値として用いてもよい。また、三次元データ符号化装置は、親ノード群に含まれる複数のノードの属性情報から算出した演算値（例えば重み付き平均値）を用いるか、親ノード又は近隣親ノードの属性値をそのまま用いるかを選択してもよい。

[0541] その際、三次元データ符号化装置は、演算値と、親ノード又は近隣親ノードの属性値とのうち、どれを予測値として用いたかを示す情報（予測モード）を、例えば、子ノード群毎にビットストリームに付加してもよい。これにより、三次元データ符号化装置は、子ノード群毎に適切な予測モードを選択できるので、符号化効率を向上できる。また、予測モードをビットストリームに付加することで、三次元データ復号装置は、三次元データ符号化装置が選択した予測モードを用いて予測値を生成できる。よって、三次元データ復

号装置は、ビットストリームを適切に復号できる。

[0542] なお、予測モードは、子ノード群毎に付加されるのではなく、子ノード群より大きい単位、又は、子ノード群より細かい単位で付加されてもよい。例えば、三次元データ符号化装置は、N個の子ノード群（Nは1以上の整数）毎に予測モードを付加することで、予測モードを符号化するオーバーヘッドを抑制しつつ、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、A P S等のヘッダ等に予測モードを付加してもよい。ここでA P Sは、フレーム毎の属性情報のパラメータセットである。

[0543] 次に、予測を用いた符号化方法の第1の例について説明する。図78は、符号化方法の第1の例を示す図である。

[0544] 三次元データ符号化装置は、属性値と予測値との差分値を算出する際、属性値と予測値とのそれぞれにR A H T又はH a a r変換を適用することで、属性値の変換係数と予測値の変換係数とを算出する。三次元データ符号化装置は、属性値の変換係数と予測値の変換係数との差分値を求める。これにより、符号化する差分値を小さくできるので、符号化効率を向上できる。

[0545] なお、三次元データ符号化装置は、予測値を、演算値と、親ノード又は近隣親ノードの属性値とから選択する場合（予測モードをビットストリームに付加する場合）、例えば、各予測モードの予測値を用いて変換係数の差分値を算出し、その差分値の絶対値和を用いてコスト値を求め、コストが最小になる予測モードを選択してもよい。これにより、差分値が最小となる予測モードを適切に選択でき、符号化効率を向上できる。例えば、三次元データ符号化装置は、下記（式P3）を用いて、コスト値c o s tを算出してもよい。

[0546] [数31]

$$\text{cost} = \sum_{i=0}^m |T_i - PT_i| + \lambda * \text{Predbit} \quad \dots \quad (\text{式P3})$$

[0547] ここで、mは子ノード群に含まれる子ノード数である。λは調整パラメータである。P r e d b i tは予測モードを符号化するためのビット量である。T iは属性値の変換係数であり、P T iは予測値の変換係数である。なお

、予測モードの選択方法は、これに限らず、他の条件又は外部からの指示等に基づき、予測モードが選択されてもよい。

[0548] 図78に示すように、三次元データ符号化装置は、子ノード群の属性値にRAHT又はHaar変換を適用することで、属性値の変換係数 T_i を算出する(S9101)。また、三次元データ符号化装置は、子ノード群の属性値を親ノード群の属性値から予測することで子ノード群の予測値を生成する(S9102)。次に、三次元データ符号化装置は、予測値にRAHT又はHaar変換を適用することで、予測値の変換係数 PT_i を算出する(S9103)。

[0549] 次に、三次元データ符号化装置は、属性値の変換係数 T_i と、予測値の変換係数 PT_i との差分である差分値を算出する(S9104)。次に、三次元データ符号化装置は、差分値を量子化し(S9105)、量子化された差分値を算術符号化する(S9106)ことで、符号化データ(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は、ロスレス符号化を用いる場合には、量子化(S9105)をスキップしてもよい。

[0550] 次に、上記符号化方法の第1の例により生成された符号化データ(ビットストリーム)を復号する復号方法の第1の例を説明する。図79は、復号方法の第1の例を示す図である。

[0551] まず、三次元データ復号装置は、符号化データ(ビットストリーム)を算術復号し(S9111)、得られた信号を逆量子化する(S9112)ことで、子ノード群の変換係数の差分値を生成する。なお、三次元データ復号装置は、ロスレス復号を用いる場合(ロスレス符号化が用いられている場合)は、逆量子化(S9112)をスキップしてもよい。

[0552] また、三次元データ復号装置は、子ノード群の属性値を親ノード群の属性値から予測することで予測値を生成する(S9113)。なお、三次元データ符号化装置において、予測値の生成に、演算値と、親ノード又は近隣親ノードの属性値とのいずれを用いるかが選択されている場合(予測モードがビットストリームに付加されていた場合)は、三次元データ復号装置は、復号

した予測モードを用いて予測値を生成する。次に、三次元データ復号装置は、予測値にRAHT又はHaar変換を適用することで予測値の変換係数 $P T_i$ を算出する(S9114)。

[0553] 次に、三次元データ復号装置は、子ノード群の変換係数の差分値に、予測値の変換係数 $P T_i$ を加算することで、子ノード群の変換係数 T_i を算出する(S9115)。次に三次元データ復号装置は、子ノード群の変換係数 T_i に逆RAHT(*inverse RAHT*)又は逆Haar変換(*inverse Haar*変換)を適用することで子ノード群の属性値の復号値を生成する(S9116)。このように、三次元データ復号装置は、適切にビットストリームを復号できる。

[0554] 次に、符号化方法の第2の例を説明する。この第2の例では、RAHT又はHaar変換の代わりに整数Haar変換(*Integer Haar Transform*)が用いられる。図80は、符号化方法の第2の例を示す図である。

[0555] 三次元データ符号化装置は、属性値と予測値の差分値を算出する際、属性値と予測値とのそれぞれに整数Haar変換を適用して属性値の変換係数と予測値の変換係数とを算出し、属性値の変換係数と予測値の変換係数との差分値を求めてもよい。これにより、三次元データ符号化装置は、符号化する差分値を小さくできるので、符号化効率を向上できる。

[0556] なお、三次元データ符号化装置は、予測値を演算値と、親ノード又は近隣親ノードの属性値とから選択する場合(予測モードをビットストリームに付加する場合)、例えば、各予測モードの予測値を用いて変換係数の差分値を算出し、その差分値の絶対値和を用いてコスト値を求め、コストが最小になる予測モードを選択するようにしてもよい。これにより、三次元データ符号化装置は、差分値が最小となる予測モードを適切に選択できるので、符号化効率を向上できる。例えば、三次元データ符号化装置は、上記(式P3)を用いて、コスト値 $cost$ を算出してもよい。

[0557] 図80に示すように、三次元データ符号化装置は、子ノード群の属性値に

整数H a a r変換を適用することで属性値の変換係数 T_i を算出する（S 9 1 0 1 A）。また、三次元データ符号化装置は、子ノード群の属性値を親ノード群の属性値から予測することで子ノード群の予測値を生成する（S 9 1 0 2）。

[0558] 整数H a a r変換を適用する場合は、三次元データ符号化装置は、予測値の小数点以下の値を切り捨てる（S 9 1 0 7）。または、三次元データ符号化装置は、予測値に四捨五入等を適用し、予測値の小数点以下の値を0に設定してもよい。例えば、三次元データ符号化装置は、属性値のビットのうち、 k B i tが小数部分を表す場合、予測値に k B i tシフトダウン及び k B i tシフトアップを適用することにより、値の切り捨て処理（f l o o r処理）を行うことで、 k B i tの小数部分の値を0に設定する。このように、整数H a a r変換の適用前に予測値を整数値にすることで、整数H a a r変換後の予測値の変換係数も整数値となる。これにより、子ノード群の属性値の変換係数 T_i と予測値の変換係数 $P T_i$ との差分値も整数値になる。よって、整数H a a r変換を用いたロスレス符号化を実現できる。なお、予測値の小数部分の値を0に設定する方法であれば、どのような方法を適用しても構わない。

[0559] また、三次元データ符号化装置は、整数H a a r変換を適用するか、適用しないかを示すフラグをビットストリームに格納し、整数H a a r変換を適用するときに、予測値の小数部分を0に設定し、整数H a a r変換を適用しない場合は、小数部分を0に設定しなくてもよい。なお、三次元データ符号化装置は、整数H a a r変換で $Q S > 1$ （l o s s y符号化）の場合は、予測値の小数部分を0に設定する処理を適用しなくてもよい。これにより、整数H a a r変換の適用時に予測値の小数点以下の精度を維持することで計算精度が向上する。よって、符号化効率を改善できる。

[0560] 次に、三次元データ符号化装置は、切り捨て処理後の予測値に整数H a a r変換を適用することで予測値の変換係数 $P T_i$ を算出する（S 9 1 0 3 A）。次に、三次元データ符号化装置は、属性値の変換係数 T_i と、予測値の

変換係数 $P T_i$ との差分である差分値を算出する (S 9 1 0 4)。

- [0561] ここで、変換係数の差分値は整数値に変換して算術符号化される場合がある。その際に小数部分の情報は失われる。そのため、三次元データ符号化装置は、ロスレス符号化に対応するために、変換係数の差分値の小数部分の値を予め値 0 に設定する。これにより算術符号化前に整数値に変換しても情報が失われず、ロスレス符号化を実現できる。
- [0562] 次に、三次元データ符号化装置は、差分値を量子化し (S 9 1 0 5)、量子化された差分値を算術符号化する (S 9 1 0 6) ことで、符号化データ (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は、ロスレス符号化を用いる場合には、量子化 (S 9 1 0 5) をスキップしてもよい。
- [0563] 次に、上記符号化方法の第 2 の例により生成された符号化データ (ビットストリーム) を復号する復号方法の第 2 の例を説明する。図 8 1 は、復号方法の第 2 の例を示す図である。
- [0564] まず、三次元データ復号装置は、符号化データ (ビットストリーム) を算術復号し (S 9 1 1 1)、得られた信号を逆量子化する (S 9 1 1 2) ことで、子ノード群の変換係数の差分値を生成する。なお、三次元データ復号装置は、ロスレス復号を用いる場合 (ロスレス符号化が用いられている場合) は、逆量子化 (S 9 1 1 2) をスキップしてもよい。
- [0565] また、三次元データ復号装置は、子ノード群の属性値を親ノード群の属性値から予測することで予測値を生成する (S 9 1 1 3)。なお、三次元データ符号化装置において、予測値の生成に、演算値と、親ノード又は近隣親ノードの属性値とのいずれかを用いるかが選択されている場合 (予測モードがビットストリームに付加されていた場合) は、三次元データ復号装置は、復号した予測モードを用いて予測値を生成する。
- [0566] 整数 $H a a r$ 変換を適用する場合は、三次元データ復号装置は、予測値の小数点以下の値を切り捨てる (S 9 1 1 7)。または、三次元データ復号装置は、予測値に四捨五入等を適用し、予測値の小数点以下の値を 0 に設定してもよい。例えば、三次元データ復号装置は、属性値のビットのうち、 $k B$

i t が小数部分を表す場合、予測値に k B i t シフトダウン及び k B i t シフトアップを適用することにより、値の切り捨て処理 (f l o o r 処理) を行うことで、 k B i t の小数部分の値を 0 に設定してもよい。このように、整数 H a a r 変換の適用前に予測値を整数値にすることで、整数 H a a r 変換後の予測値の変換係数も整数値となる。これにより、子ノード群の属性値の変換係数 T i と予測値の変換係数 P T i との加算値も整数値になる。よって、三次元データ復号装置は、整数 H a a r 変換を用いたロスレス符号化のビットストリームを適切に復号できる。なお、予測値の小数部分の値を 0 に設定する方法であれば、どのような方法を適用しても構わない。

[0567] また、三次元データ復号装置は、整数 H a a r 変換を適用するか、適用しないかを示すフラグをビットストリームから取得し、整数 H a a r 変換を適用するときに、予測値の小数部分を 0 に設定し、整数 H a a r 変換を適用しない場合は、小数部分を 0 に設定しなくてもよい。なお、三次元データ復号装置は、整数 H a a r 変換で Q S $>$ 1 (l o s s y 復号) の場合は、予測値の小数部分を 0 に設定する処理を適用しなくてもよい。これにより、三次元データ復号装置は、整数 H a a r 変換適用時に予測値の小数点以下の精度を維持することで計算精度が向上し、符号化効率を改善したビットストリームを適切に復号できる。

[0568] 次に、三次元データ復号装置は、切り捨て処理後の予測値に整数 H a a r 変換を適用することで予測値の変換係数 P T i を算出する (S 9 1 1 4 A)。次に、三次元データ復号装置は、子ノード群の変換係数の差分値に、予測値の変換係数 P T i を加算することで、子ノード群の変換係数 T i を算出する (S 9 1 1 5)。次に三次元データ復号装置は、子ノード群の変換係数 T i に逆整数 H a a r 変換 (i n v e r s e i n t e g e r H a a r 変換) を適用することで子ノード群の属性値の復号値を生成する (S 9 1 1 6 A)。このように、三次元データ復号装置は、適切にビットストリームを復号できる。

[0569] 次に、符号化方法の第3の例を説明する。この第3の例では、第2の例と

同様に整数 Haar 変換が用いられる。また、第 2 の例に対して、切り捨て処理 (S 9 1 0 8) が行われるタイミングが整数 Haar 変換 (S 9 1 0 3 A) の適用後である点が異なる。

[0570] 図 8 2 は、符号化方法の第 3 の例を示す図である。なお、以下では第 2 の例との相違点を主に説明し、重複する説明は省略する。

[0571] 図 8 2 に示すように、三次元データ符号化装置は、子ノード群の属性値に整数 Haar 変換を適用することで属性値の変換係数 T_i を算出する (S 9 1 0 1 A)。また、三次元データ符号化装置は、子ノード群の属性値を親ノード群の属性値から予測することで子ノード群の予測値を生成する (S 9 1 0 2)。

[0572] 次に、三次元データ符号化装置は、予測値に整数 Haar 変換を適用することで予測値の変換係数 $P T_i$ を算出する (S 9 1 0 3 A)。次に、三次元データ符号化装置は、変換係数 $P T_i$ に切り捨て処理を行うことで変換係数の小数部分を 0 に設定する (S 9 1 0 8)。なお、この切り捨て処理の詳細は、処理対象の信号が予測値であるか変換係数 $P T_i$ であるかが異なるが、上述したステップ S 9 1 0 7 と同じである。

[0573] 次に、三次元データ符号化装置は、属性値の変換係数 T_i と、切り捨て処理後の予測値の変換係数 $P T_i$ との差分である差分値を算出する (S 9 1 0 4)。

[0574] 次に、上記符号化方法の第 3 の例により生成された符号化データ (ビットストリーム) を復号する復号方法の第 3 の例を説明する。図 8 3 は、復号方法の第 3 の例を示す図である。

[0575] まず、三次元データ復号装置は、符号化データ (ビットストリーム) を算術復号し (S 9 1 1 1)、得られた信号を逆量子化する (S 9 1 1 2) ことで、子ノード群の変換係数の差分値を生成する。なお、三次元データ復号装置は、ロスレス復号を用いる場合 (ロスレス符号化が用いられている場合) は、逆量子化 (S 9 1 1 2) をスキップしてもよい。

[0576] また、三次元データ復号装置は、子ノード群の属性値を親ノード群の属性

値から予測することで予測値を生成する（S 9 1 1 3）。

[0577] 次に、三次元データ復号装置は、予測値に整数H a a r変換を適用することで予測値の変換係数P T iを算出する（S 9 1 1 4 A）。次に、三次元データ復号装置は、変換係数P T iに切り捨て処理を行うことで変換係数の小数部分を0に設定する（S 9 1 1 8）。なお、この切り捨て処理の詳細は、処理対象の信号が予測値であるか変換係数P T iであるかが異なるが、上述したステップS 9 1 1 7と同じである。

[0578] 次に、三次元データ復号装置は、子ノード群の変換係数の差分値に、切り捨て処理後の予測値の変換係数P T iを加算することで、子ノード群の変換係数T iを算出する（S 9 1 1 5）。次に三次元データ復号装置は、子ノード群の変換係数T iに逆整数H a a r変換を適用することで子ノード群の属性値の復号値を生成する（S 9 1 1 6 A）。このように、三次元データ復号装置は、適切にビットストリームを復号できる。

[0579] 次に、符号化方法の第4の例を説明する。第1～第3の例では、属性値及び予測値に変換処理を適用し、生成された属性値の変換係数と予測値の変換係数との差分値を算出する例を説明した。第4の例では、三次元データ符号化装置は、属性値と予測値との差分値を算出し、差分値に対してR A H T又はH a a r変換を適用することで、差分値の変換係数を算出する。これにより、三次元データ符号化装置は、処理量を抑えながら、符号化する差分値の変換係数を小さくできるので、符号化効率を向上できる。

[0580] なお、三次元データ符号化装置は、予測値を演算値と、親ノード又は近隣親ノードの属性値とから選択する場合（予測モードをビットストリームに付加する場合）、例えば、各予測モードの予測値を用いて属性値の差分値を算出し、その差分値の絶対値和を用いて下記コスト値を求め、コストが最小になる予測モードを選択するようにしてもよい。これにより、三次元データ符号化装置は、差分値が最小となる予測モードを適切に選択できるので、符号化効率を向上できる。例えば、三次元データ符号化装置は、下記（式P 4）を用いて、コスト値c o s tを算出してもよい。

[0581] [数32]

$$\text{cost} = \sum_{i=0}^m |D_i| + \lambda * \text{Predbit} \quad \dots \quad (\text{式P 4})$$

[0582] ここで、 m は子ノード群に含まれる子ノード数である。 λ は調整パラメータである。 Predbit は予測モードを符号化するためのビット量である。 D_i は属性値と予測値との差分値である。

[0583] なお、三次元データ符号化装置は、下記（式P 5）を用いて、コスト値 cost を算出してもよい。これにより、三次元データ符号化装置は、差分値の変換係数の値が小さくなる予測モードを選択できるので、符号化効率を向上できる。

[0584] [数33]

$$\text{cost} = \sum_{i=0}^m |T_i| + \lambda * \text{Predbit} \quad \dots \quad (\text{式P 5})$$

[0585] ここで、 T_i は、差分値の変換係数である。なお、予測モードの選択方法は、これに限らず、他の条件又は外部からの指示等に基づき、予測モードが選択されてもよい。

[0586] 図84は、符号化方法の第4の例を示す図である。図84に示すように、三次元データ符号化装置は、子ノード群の属性値を親ノード群の属性値から予測することで予測値 P_i を生成する（S9121）。次に、三次元データ符号化装置は、子ノード群の属性値 A_i と、予測値 P_i との差分である差分値 D_i を算出する（S9122）。次に、三次元データ符号化装置は、差分値 D_i に RAHT 又は Haar 変換を適用することで差分値の変換係数 T_i を算出する（S9123）。

[0587] 次に、三次元データ符号化装置は、差分値の変換係数 T_i を量子化し（S9124）、量子化された変換係数 T_i を算術符号化する（S9125）ことで、符号化データ（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は、ロスレス符号化を用いる場合には、量子化（S9124）をスキップしてもよい。

[0588] 次に、上記符号化方法の第4の例により生成された符号化データ（ビット

ストリーム)を復号する復号方法の第4の例を説明する。図85は、復号方法の第4の例を示す図である。

[0589] まず、三次元データ復号装置は、符号化データ(ビットストリーム)を算術復号し(S9131)、得られた信号を逆量子化する(S9132)ことで、子ノード群の差分値の変換係数 T_i を生成する。なお、三次元データ復号装置は、ロスレス復号を用いる場合(ロスレス符号化が用いられている場合)は、逆量子化(S9132)をスキップしてもよい。次に、三次元データ復号装置は、変換係数 T_i に逆RAHT又は逆Haar変換を適用することで、属性値の差分値 D_i を生成する(S9133)。

[0590] また、三次元データ復号装置は、子ノード群の属性値を親ノード群の属性値から予測することで予測値を生成する(S9134)。なお、三次元データ符号化装置において、予測値の生成に、演算値と、親ノード又は近隣親ノードの属性値とのいずれを用いるかが選択されている場合(予測モードがビットストリームに付加されていた場合)は、三次元データ復号装置は、復号した予測モードを用いて予測値を生成する。

[0591] 次に、三次元データ復号装置は、差分値 D_i と予測値 P_i とを加算することで子ノード群の属性値の復号値を生成する(S9135)。このように、三次元データ復号装置は、適切にビットストリームを復号できる。

[0592] 次に、符号化方法の第5の例を説明する。この第5の例では、第4の例に対して、RAHT又はHaar変換の代わりに整数Haar変換が用いられる点異なる。図86は、符号化方法の第5の例を示す図である。

[0593] 三次元データ符号化装置は、子ノード群の属性値を親ノード群の属性値から予測することで予測値 P_i を生成する(S9121)。次に、三次元データ符号化装置は、予測値 P_i に切り捨て処理を行うことで予測値の小数部分を0に設定する(S9126)。なお、この処理の詳細は、例えば、図80に示すステップS9107と同様である。

[0594] 次に、三次元データ符号化装置は、子ノード群の属性値 A_i と、切り捨て処理後の予測値 P_i との差分である差分値 D_i を算出する(S9122)。

次に、三次元データ符号化装置は、差分値 D_i に整数 Haar 変換を適用することで差分値の変換係数 T_i を算出する (S 9 1 2 3 A)。

[0595] 次に、三次元データ符号化装置は、差分値の変換係数 T_i を量子化し (S 9 1 2 4)、量子化された変換係数 T_i を算術符号化する (S 9 1 2 5) ことで、符号化データ (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は、ロスレス符号化を用いる場合には、量子化 (S 9 1 2 4) をスキップしてもよい。

[0596] ここで、差分値の変換係数は整数値に変換して算術符号化される場合があり、その際に変換係数の小数部分の情報は失われる。これに対して、三次元データ符号化装置は、差分値の変換係数の小数部分の値を予め値 0 に設定する。これにより、算術符号化前に差分値の変換係数 T_i が整数値に変換されても情報が失われず、ロスレス符号化を実現できる。

[0597] 次に、上記符号化方法の第 5 の例により生成された符号化データ (ビットストリーム) を復号する復号方法の第 5 の例を説明する。図 8 7 は、復号方法の第 5 の例を示す図である。

[0598] まず、三次元データ復号装置は、符号化データ (ビットストリーム) を算術復号し (S 9 1 3 1)、得られた信号を逆量子化する (S 9 1 3 2) ことで、子ノード群の差分値の変換係数 T_i を生成する。なお、三次元データ復号装置は、ロスレス復号を用いる場合 (ロスレス符号化が用いられている場合) は、逆量子化 (S 9 1 3 2) をスキップしてもよい。次に、三次元データ復号装置は、変換係数 T_i に逆整数 Haar 変換を適用することで、属性値の差分値 D_i を生成する (S 9 1 3 3 A)。

[0599] また、三次元データ復号装置は、子ノード群の属性値を親ノード群の属性値から予測することで予測値を生成する (S 9 1 3 4)。次に、三次元データ復号装置は、予測値 P_i に切り捨て処理を行うことで予測値の小数部分を 0 に設定する (S 9 1 3 6)。なお、この処理の詳細は、例えば、図 8 1 に示すステップ S 9 1 1 7 と同様である。

[0600] 次に、三次元データ復号装置は、差分値 D_i と、切り捨て処理後の予測値

Pi とを加算することで子ノード群の属性値の復号値を生成する (S 9 1 3 5)。このように、三次元データ復号装置は、適切にビットストリームを復号できる。

[0601] 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 8 8 に示す処理を行う。まず、三次元データ符号化装置は、点群データに含まれる複数の三次元点の N (N は 2 以上の整数) 分木構造 (例えば 8 分木構造) における対象ノードの属性情報の予測値を生成する (S 9 1 4 1)。次に、三次元データ符号化装置は、予測値と、複数の入力信号の各々を高周波成分と低周波成分とに分ける演算を階層的に繰り返して行う変換処理 (例えば、R A H T、H a a r 変換又は整数 H a a r 変換) とを用いて、対象ノードの属性情報を符号化する (S 9 1 4 2)。三次元データ符号化装置は、予測値の生成 (S 9 1 4 1) では、対象ノードの親ノードを含み、親ノードと同一階層に属する複数の第 1 ノード (例えば親ノード群) のうち、いずれのノードの属性情報を、対象ノードの予測値の生成に用いるかを選択する。

[0602] これによれば、三次元データ符号化装置は、予測値の生成に用いる属性情報を適切に選択できるので符号化効率を向上できる。

[0603] 例えば、三次元データ符号化装置は、前記選択では、複数の第 1 ノードに含まれる第 2 ノードの属性情報を予測値としてそのまま用いるか、複数の第 1 ノードの複数の属性情報から予測値を演算するかを選択する。例えば、第 2 ノードは、親ノードである。

[0604] 例えば、三次元データ符号化装置は、対象ノードを含み、対象ノードと同一階層に属する複数の第 3 ノード (例えば子ノード群) の複数の予測値を生成する。三次元データ符号化装置は、符号化 (S 9 1 4 2) では、複数の第 3 ノードの複数の属性情報に変換処理を行うことで複数の第 1 変換係数を生成し (例えば図 7 8 の S 9 1 0 1)、複数の第 3 ノードの複数の予測値に変換処理を行うことで複数の第 2 変換係数を生成し (例えば S 9 1 0 3)、互に対応する第 1 変換係数と第 2 変換係数との差分値を算出し (例えば S 9 1 0 4)、算出された差分値を符号化する (例えば S 9 1 0 6)。

- [0605] 例えば、変換処理は、整数－整数変換（例えば整数H a a r変換）である。三次元データ符号化装置は、複数の第2変換係数の生成では、複数の第3ノードの複数の予測値に小数部分の切り捨て処理を行い（例えば図80のS9107）、処理後の複数の予測値に変換処理を行うことで複数の第2変換係数を生成する（例えばS9103A）。
- [0606] 例えば、変換処理は、整数－整数変換（例えば整数H a a r変換）である。三次元データ符号化装置は、差分値の算出では、複数の第2変換係数に小数部分の切り捨て処理を行い（例えば図82のS9108）、処理後の複数の第2変換係数を用いて、差分値を算出する（S9104）。
- [0607] 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。
- [0608] また、本実施の形態に係る三次元データ復号装置は、図89に示す処理を行う。まず、三次元データ復号装置は、ビットストリームから、点群データに含まれる複数の三次元点のN（Nは2以上の整数）分木構造（例えば8分木構造）における対象ノードの属性情報と予測値との差分値を取得し（S9151）、予測値を生成し（S9152）、差分値と、予測値と、複数の入力信号の各々を高周波成分と低周波成分とに分ける演算を階層的に繰り返して行う変換処理（例えばR A H T、H a a r変換又は整数H a a r変換）の逆変換処理とを用いて、対象ノードの属性情報を復号する（S9153）。三次元データ復号装置は、予測値の生成（S9152）では、対象ノードの親ノードを含み、親ノードと同一階層に属する複数の第1ノード（例えば親ノード群）のうち、いずれのノードの属性情報を、対象ノードの予測値の生成に用いるかを選択する。
- [0609] これによれば、三次元データ復号装置は、予測値の生成に用いる属性情報を適切に選択できるので符号化効率を向上できる。
- [0610] 例えば、三次元データ復号装置は、前記選択では、複数の第1ノードに含まれる第2ノードの属性情報を予測値としてそのまま用いるか、複数の第1ノードの複数の属性情報から予測値を演算するかを選択する。例えば、第2

ノードは、親ノードである。

[0611] 例えば、三次元データ復号装置は、ビットストリームから、対象ノードを含み、対象ノードと同一階層に属する複数の第3ノード（例えば子ノード群）の複数の差分値を取得し（例えば図79のS9111）、複数の第3ノードの複数の予測値を生成する（S9113）。三次元データ復号装置は、復号（S9153）では、複数の第3ノードの複数の予測値に変換処理を行うことで複数の第2変換係数を生成し（例えばS9114）、複数の差分値と複数の第2変換係数に対して、互いに対応する差分値と第2変換係数とを加算することで複数の第1変換係数を生成し（例えばS9115）、第1変換係数に逆変換処理を行うことで複数の第3ノードの複数の属性情報を生成する（例えばS9116）。

[0612] 例えば、変換処理は、整数-整数変換（例えば整数Haar変換）である。三次元データ復号装置は、複数の第2変換係数の生成では、複数の第3ノードの複数の予測値に小数部分の切り捨て処理を行い（例えば図81のS9117）、処理後の複数の予測値に変換処理を行うことで複数の第2変換係数を生成する（例えばS9114A）。

[0613] 例えば、変換処理は、整数-整数変換（例えば整数Haar変換）である。三次元データ復号装置は、複数の第1変換係数の生成では、複数の第2変換係数に小数部分の切り捨て処理を行い（例えば図83のS9118）、処理後の複数の第2変換係数を用いて、複数の第2変換係数を算出する（例えばS9115）。

[0614] 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。

[0615] （実施の形態11）

本実施の形態では、予測を用いたRAHT (Region Adaptive Hierarchical Transform) 又はHaar変換処理について説明する。図90は、予測処理を説明するための図であり、RAHT又はHaar変換処理における階層構造を示す図である。

- [0616] 三次元データ符号化装置は、R A H T又はH a a r変換による階層符号化時に上位階層の属性値から下位階層の属性値（属性情報）を予測し、属性情報と、予測により得られた予測値との差分値を符号化する階層予測符号化を行う。また、三次元データ符号化装置は、この階層予測符号化を行うか否かを、ある条件に基づいて適応的に切替える。例えば、ある条件として、下記の条件を用いてもよい。
- [0617] 条件1は、有効ノード数が予め定められた閾値（T H n o d e）より大きいことである。三次元データ符号化装置は、有効ノード数が閾値より大きい場合は、階層予測符号化を適用し、有効ノード数が閾値以下の場合は、階層予測符号化を適用しない。
- [0618] ここで有効ノードとは、符号化対象の子ノード群の親ノード群に含まれる複数のノード（親ノード及び近隣親ノード）のうち、予測に用いるための属性値を持つノードである。言い換えると、有効ノードは、そのノード又はそのノードの下位のノード（子孫ノード）に三次元点が含まれるノードである。なお、子ノード群は、符号化対象の複数のノード（子ノード）を含む。また、親ノード群は、親ノードと、複数の近接親ノードとを含む。近接親ノードは、親ノードと同じ階層に属し、親ノードに隣接するノードである。
- [0619] 例えば、図90に示す例では、親ノード群に含まれる有効ノードの総数である有効ノード数は11である。例えば、T H n o d e = 5の場合は、有効ノード数（= 11）> T H n o d eであるため、三次元データ符号化装置は、子ノード群を階層予測符号化を用いて符号化する。T H n o d e = 12の場合は、有効ノード数（= 11）<= T H n o d eであるため、三次元データ符号化装置は、子ノード群を階層予測符号化を用いて符号化しない。これにより、三次元データ符号化装置は、有効ノード数が閾値より大きい場合は、親ノード又は近隣親ノードの属性値を用いて高精度な予測値を生成できるため、階層予測符号化を適用すること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、有効ノード数が閾値以下の場合は、階層予測符号化を適用しないことで、処理量を削減できる。

[0620] なお、階層予測符号化を適用しない場合、三次元データ符号化装置は、例えば、子ノード群の属性値にR A H T又はH a a r変換を適用し、得られた変換係数をエントロピー符号化する。

[0621] 図91は、符号化処理の第1の例を示す図である。三次元データ符号化装置は、属性値と予測値との差分値を算出する際、属性値と予測値とのそれぞれにR A H T又はH a a r変換を適用することで、属性値の変換係数と予測値の変換係数とを算出する。三次元データ符号化装置は、属性値の変換係数と予測値の変換係数との差分値を求める。これにより、符号化する差分値を小さくできるので、符号化効率を向上できる。

[0622] なお、三次元データ符号化装置は、予測値を、演算値と、親ノード又は近隣親ノードの属性値とから選択する場合（予測モードをビットストリームに付加する場合）、例えば、各予測モードの予測値を用いて変換係数の差分値を算出し、その差分値の絶対値和を用いてコスト値を求め、コスト値が最小になる予測モードを選択してもよい。これにより、差分値が最小となる予測モードを適切に選択でき、符号化効率を向上できる。例えば、三次元データ符号化装置は、下記（式R1）を用いて、コスト値c o s tを算出してもよい。

[0623] [数34]

$$\text{cost} = \sum_{i=0}^m |T_i - PT_i| + \lambda * \text{Predbit} \quad \dots \quad (\text{式R1})$$

[0624] ここで、mは子ノード群に含まれる子ノード数である。λは調整パラメータである。P r e d b i tは予測モードを符号化するためのビット量である。T iは属性値の変換係数であり、P T iは予測値の変換係数である。なお、予測モードの選択方法は、これに限らず、他の条件又は外部からの指示等に基づき、予測モードが選択されてもよい。

[0625] 図91に示すように、三次元データ符号化装置は、子ノード群の属性値にR A H T又はH a a r変換を適用することで、属性値の変換係数T iを算出する（S9501）。

[0626] 図91に示す例では、有効ノード数は2であり、有効ノード数（=2）<

= $THnode$ (例えば 11) である。この場合は、三次元データ符号化装置は、予測値の生成を行わない。例えば、三次元データ符号化装置は、予測値 = 0 を用いる。

[0627] 次に、三次元データ符号化装置は、属性値の変換係数 T_i と、予測値 = 0 との差分である差分値を算出する (S9502)。つまり、三次元データ符号化装置は、変換係数 T_i をそのまま差分値として出力する。

[0628] 次に、三次元データ符号化装置は、差分値 (変換係数 T_i) を量子化し (S9503)、量子化された差分値を算術符号化する (S9504) ことで、符号化データ (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は、ロスレス符号化を用いる場合には、量子化 (S9504) をスキップしてもよい。

[0629] なお、有効ノード数 $> THnode$ の場合には、三次元データ符号化装置は、子ノード群の属性値を親ノード群の属性値から予測することで子ノード群の予測値を生成する。次に、三次元データ符号化装置は、予測値に RHT 又は $Haar$ 変換を適用することで、予測値の変換係数 PT_i を算出する。また、ステップ S9502 において、三次元データ符号化装置は、属性値の変換係数 T_i と、予測値の変換係数 PT_i との差分である差分値を算出する。

[0630] 次に、上記符号化処理の第 1 の例により生成された符号化データ (ビットストリーム) を復号する復号処理の例を説明する。図 92 は、復号処理の第 1 の例を示す図である。

[0631] まず、三次元データ復号装置は、符号化データ (ビットストリーム) を算術復号し (S9511)、得られた信号を逆量子化する (S9512) ことで、子ノード群の変換係数の差分値を生成する。なお、三次元データ復号装置は、ロスレス復号を用いる場合 (ロスレス符号化が用いられている場合) は、逆量子化 (S9512) をスキップしてもよい。

[0632] 図 92 に示す例では、有効ノード数は 2 であり、有効ノード数 ($= 2$) $< THnode$ (例えば 11) である。この場合は、三次元データ復号装置

は、予測値の生成を行わない。例えば、三次元データ復号装置は、予測値＝0を用いる。

[0633] 次に、三次元データ復号装置は、子ノード群の変換係数の差分値に、予測値＝0を加算することで、子ノード群の変換係数 T_i を算出する（S9513）。つまり、三次元データ復号装置は、差分値をそのまま変換係数 T_i として出力する。

[0634] 次に、三次元データ復号装置は、子ノード群の変換係数 T_i に逆RAHT（inverse RAHT）又は逆Haar変換（inverse Haar変換）を適用することで子ノード群の属性値の復号値を生成する（S9514）。このように、三次元データ復号装置は、適切にビットストリームを復号できる。

[0635] なお、有効ノード数 $> THnode$ の場合には、三次元データ復号装置は、子ノード群の属性値を親ノード群の属性値から予測することで予測値を生成する。なお、三次元データ符号化装置において、予測値の生成に、演算値と、親ノード又は近隣親ノードの属性値とのいずれを用いるかが選択されている場合（予測モードがビットストリームに付加されていた場合）は、三次元データ復号装置は、復号した予測モードを用いて予測値を生成する。次に、三次元データ復号装置は、予測値にRAHT又はHaar変換を適用することで予測値の変換係数 P_{T_i} を算出する。また、ステップS9513において、三次元データ復号装置は、子ノード群の変換係数の差分値に、予測値の変換係数 P_{T_i} を加算することで、子ノード群の変換係数 T_i を算出する。

[0636] 図93は、属性情報ヘッダ（attribute_header）のシンタックス例を示す図である。属性情報ヘッダは、ビットストリームに含まれる、属性情報のヘッダであり、例えば、フレーム又は複数フレーム単位のヘッダである。

[0637] 図93に示すように、属性情報ヘッダは、RAHTPredictionFlag（階層予測符号化フラグ）と、THnode（第1閾値情報）とを

含む。RAHTPredictionFlagは、RAHT又はHaarによる階層符号化時に上位階層の属性値から下位階層の属性値を予測する階層予測符号化を適用するか否かを切替えるための情報である。RAHTPredictionFlag=1は、階層予測符号化を適用することを示す。RAHTPredictionFlag=0は、階層予測符号化を適用しないことを示す。

[0638] THnodeは、子ノード群毎に階層符号化を適用するか否かを切替えるための情報である。THnodeは、RAHTPredictionFlag=1の場合に属性情報ヘッダに付加され、RAHTPredictionFlag=0の場合には属性情報ヘッダに付加されない。親ノード群の有効ノード数がTHnodeより大きい場合は、階層予測符号化が適用され、有効ノード数がTHnode以下の場合は、階層予測符号化が適用されない。

[0639] 図94は、属性情報ヘッダの別のシンタックス例を示す図である。図94に示す属性情報ヘッダは、RAHTPredictionFlagを含まず、THnodeを含む。三次元データ符号化装置は、親ノードの有効ノード数の最小値が1の場合、THnode=0に設定することで、子ノード群毎に常に階層予測符号化を適用できる。よって、この場合は、RAHTPredictionFlagを省略できる。これにより、ヘッダのデータサイズを削減できる。

[0640] なお、三次元データ符号化装置は、RAHTPredictionFlag、又はTHnodeをエントロピー符号化したうえでヘッダに付加してもよい。例えば、三次元データ符号化装置は、各値を二値化及び算術符号化してもよい。また、三次元データ符号化装置は、処理量を抑えるために各値を固定長で符号化してもよい。

[0641] また、RAHTPredictionFlag又はTHnodeは、必ずしもヘッダに付加されなくてもよい。例えば、規格等のプロファイル(profile)又はレベル(level)等でRAHTPredictionFlag又はTHnodeの値が規定されてもよい。これによりヘッダのビ

ット量を削減できる。

[0642] 図95は、三次元データ符号化処理（階層予測符号化の切り替え処理）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、親ノード群の有効ノード数を算出する（S9521）。次に、三次元データ符号化装置は、有効ノード数がTHnodeより多いかを判定する（S9522）。有効ノード数がTHnodeより多い場合（S9522でYes）、三次元データ符号化装置は、子ノード群の属性値を階層予測符号化する（S9523）。一方、有効ノード数がTHnode以下の場合（S9522でNo）、三次元データ符号化装置は、子ノード群の属性値を階層非予測符号化する（S9524）。階層非予測符号化は、階層予測符号化を用いない符号化であり、例えば、予測処理を含まない符号化である。

[0643] 図96は、三次元データ復号処理（階層予測復号の切り替え処理）のフローチャートである。まず、三次元データ復号装置は、親ノード群の有効ノード数を算出する（S9531）。次に、三次元データ復号装置は、有効ノード数がTHnodeより多いかを判定する（S9532）。

[0644] 有効ノード数がTHnodeより多い場合（S9532でYes）、三次元データ復号装置は、子ノード群の属性値を階層予測復号する（S9533）。ここで、階層予測復号とは、上述した階層予測符号化により生成された信号を復号する処理である。つまり、階層予測復号では、復号された差分値に、予測により得られた予測値を加算することで復号値（属性値）が生成される。

[0645] 一方、有効ノード数がTHnode以下の場合（S9532でNo）、三次元データ復号装置は、子ノード群の属性値を階層非予測復号する（S9534）。ここで、階層非予測復号とは、上述した階層非予測符号化により生成された信号を復号する処理である。階層非予測復号は、階層予測復号を用いない復号であり、例えば、予測処理を含まない復号である。

[0646] 次に、符号化処理の第2の例について説明する。階層予測符号化を用いるか否かを切り替えるための条件として、下記の条件2を用いてもよい。

[0647] 条件2は、祖父ノード群の有効ノード数が予め定められた閾値（ $THpnode$ ）より大きいことである。三次元データ符号化装置は、祖父ノード群の有効ノード数が閾値より大きい場合は、階層予測符号化を適用し、祖父ノード群の有効ノード数が閾値以下の場合は、階層予測符号化を適用しない。ここで、祖父ノード群は、祖父ノードと祖父ノードの隣接ノードとを含む。つまり、祖父ノード群は、親ノードの親ノードと、隣接親ノードの親ノードとを含む。また、祖父ノードとは対象ノードの親ノードの親ノードである。つまり、祖父ノードの有効ノード数とは、親ノードを符号化したときの有効ノード数である。

[0648] また、条件1と条件2とを組み合わせてもよい。つまり、三次元データ符号化装置は、祖父ノード群の有効ノード数が閾値 $THpnode$ より大きく、かつ、親ノードの有効ノード数が閾値 $THnode$ より大きい場合は、階層予測符号化を適用し、そうでない場合は、階層予測符号化を適用しなくてもよい。

[0649] 図97は、符号化処理の第2の例を示す図である。例えば、図97に示す例では、祖父ノードの有効ノード数は3である。例えば、 $THpnode=1$ の場合は、祖父ノードの有効ノード数（=3） $>THpnode$ であるため、三次元データ符号化装置は、子ノード群を階層予測符号化を用いて符号化する。また、 $THpnode=5$ の場合は、有効ノード数（=3） $\leq THpnode$ であるため、三次元データ符号化装置は、子ノード群を階層予測符号化を用いて符号化しない。

[0650] これにより、三次元データ符号化装置は、祖父ノード群の有効ノード数が閾値より大きい場合は、親ノード又は近隣親ノードの属性値を用いて高精度な予測値を生成できるため、階層予測符号化を適用すること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、祖父ノードの有効ノード数が閾値以下の場合は、階層予測符号化を適用しないことで、処理量を削減できる。

[0651] なお、階層予測符号化を適用しない場合、三次元データ符号化装置は、例

例えば、子ノード群の属性値に R A H T 又は H a a r 変換を適用し、得られた変換係数をエントロピー符号化する。

[0652] なお、祖父ノードの有効ノード数が閾値以下の場合、三次元データ符号化装置は、階層予測符号化を適用しないため、親ノード群の決定、及び親ノード群の有効ノード数を算出する処理を行わなくてもよい。これにより処理量を削減できる。なお、三次元データ符号化装置は、親ノード群の有効ノード数を算出しない場合は、親ノード群の有効ノード数に 0 を設定し、符号化対象の子ノード群の子ノードに対して階層予測符号化が適用されないようにしてもよい。これにより、処理量を削減できる。なお、三次元データ符号化装置は、祖父ノードより上位階層の有効ノード数を参照してもよい。

[0653] 図 9 8 は、第 2 の例における属性情報ヘッダのシンタックス例を示す図である。図 9 8 に示す属性情報ヘッダは、図 9 3 に示す属性情報ヘッダの構成に加え、T H p n o d e (第 2 閾値情報) を含む。T H p n o d e は、子ノード群毎に階層符号化を適用するか否かを切替えるための情報である。T H p n o d e は、R A H T P r e d i c t i o n F l a g = 1 の場合に属性情報ヘッダに付加され、R A H T P r e d i c t i o n F l a g = 0 の場合には属性情報ヘッダに付加されない。祖父ノード群の有効ノード数が T H p n o d e より大きい場合は、階層予測符号化が適用され、祖父ノード群の有効ノード数が T H p n o d e 以下の場合、階層予測符号化が適用されない。

[0654] 図 9 9 は、属性情報ヘッダの別のシンタックス例を示す図である。図 9 9 に示す属性情報ヘッダは、図 9 4 に示す属性情報ヘッダの構成に加え、T H p n o d e (第 2 閾値情報) を含む。祖父ノードの有効ノード数の最小値が 1 の場合、T H p n o d e = 0 にすることで、子ノード群毎に常に階層符号化を適用できる。よって、この場合は、R A H T P r e d i c t i o n F l a g を省略できる。これにより、ヘッダのデータサイズを削減できる。

[0655] なお、三次元データ符号化装置は、R A H T P r e d i c t i o n F l a g、T H p n o d e、又は T H n o d e をエントロピー符号化したうえでヘッダに付加してもよい。例えば、三次元データ符号化装置は、各値を二値化

及び算術符号化してもよい。また、三次元データ符号化装置は、処理量を抑えるために各値を固定長で符号化してもよい。

[0656] また、`RAHTPredictionFlag`、`THpnode`、又は`THnode`は、必ずしもヘッダに付加されなくてもよい。例えば、規格等のプロファイル又はレベル等で`RAHTPredictionFlag`、`THpnode`、又は`THnode`の値が規定されてもよい。これにより、ヘッダのビット量を削減できる。

[0657] 図100は、第2の例における三次元データ符号化処理（階層予測符号化の切り替え処理）のフローチャートである。図100に示す処理は、図95に示す処理に対してステップS9525が追加されている。

[0658] まず、三次元データ符号化装置は、祖父ノード群の有効ノード数が`THpnode`より多いかを判定する（S9525）。祖父ノード群の有効ノード数が`THpnode`より多い場合（S9525でYes）、図95と同様の処理（S9521～S9524）が行われる。

[0659] 一方、祖父ノード群の有効ノード数が`THpnode`以下の場合（S9525でNo）、三次元データ符号化装置は、子ノード群の属性値を階層非予測符号化する（S9524）。なお、三次元データ符号化装置は、祖父ノード群の有効ノード数が`THpnode`以下の場合（S9525でNo）、親ノード群の有効ノード数に0を設定してもよい。

[0660] また、祖父ノード群の有効ノード数が`THpnode`より多い場合（S9525でYes）、三次元データ符号化装置は、ステップS9521～S9522を行わず、子ノード群の属性値を階層予測符号化（S9523）してもよい。

[0661] 図101は、第2の例における三次元データ復号処理（階層予測復号の切り替え処理）のフローチャートである。図101に示す処理は、図96に示す処理に対してステップS9535が追加されている。

[0662] まず、三次元データ復号装置は、祖父ノード群の有効ノード数が`THpnode`より多いかを判定する（S9535）。祖父ノード群の有効ノード数

が $THpnode$ より多い場合 (S9535でYes)、図96と同様の処理 (S9531~S9534) が行われる。

[0663] 一方、祖父ノード群の有効ノード数が $THpnode$ 以下の場合 (S9535でNo)、三次元データ復号装置は、子ノード群の属性値を階層非予測復号する (S9534)。なお、三次元データ復号装置は、祖父ノード群の有効ノード数が $THpnode$ 以下の場合 (S9535でNo)、親ノード群の有効ノード数に0を設定してもよい。

[0664] また、祖父ノード群の有効ノード数が $THpnode$ より多い場合 (S9535でYes)、三次元データ復号装置は、ステップS9531~S9532を行わず、子ノード群の属性値を階層予測復号 (S9533) してもよい。

[0665] 次に、符号化処理の第3の例について説明する。階層予測符号化を用いるか否かを切り替えるための条件として、下記の条件3を用いてもよい。

[0666] 条件3は、子ノード群が属する階層 ($layer$) が閾値 ($THlayer$) より大きいことである。三次元データ符号化装置は、子ノード群が属する階層が閾値より大きい場合は、階層予測符号化を適用し、子ノード群が属する階層が閾値以下である場合は、階層予測符号化を適用しない。ここで階層 ($layer$) とは、符号化対象の子ノード群をRAHT又はHaar変換で階層符号化する際の階層であり、例えば、各階層に割り振られた値に対応する。

[0667] 図102は、符号化処理の第3の例を示す図である。例えば、図102に示す例では、親ノード群の属する階層 ($layer$) は4、子ノード群の属する階層は1である。例えば、 $THlayer=0$ の場合は、 $layer (=1) > THlayer$ であるため、三次元データ符号化装置は、子ノード群を階層予測符号化を用いて符号化する。また、 $THlayer=4$ の場合は、 $layer (=1) \leq THlayer$ であるため、三次元データ符号化装置は、子ノード群を階層予測符号化を用いて符号化しない。

[0668] これにより、三次元データ符号化装置は、有効ノード数が大きくなりやす

い上位階層に属する子ノードに対しては、親ノードまたは近隣親ノードの属性値を用いて高精度な予測値を生成できるため、階層予測符号化を適用することで符号化効率を向上できる。一方、三次元データ符号化装置は、階層が閾値以下の場合、階層予測符号化を適用しないことで、処理量を削減できる。

[0669] なお、階層予測符号化を適用しない場合、三次元データ符号化装置は、例えば、子ノード群の属性値にRAHT又はHaar変換を適用し、得られた変換係数をエントロピー符号化する。

[0670] 図103は、第3の例における属性情報ヘッダのシンタックス例を示す図である。図103に示す属性情報ヘッダは、図98に示す属性情報ヘッダの構成に加え、THlayer（第3閾値情報）を含む。

[0671] THlayerは、子ノードの属する階層毎に階層予測符号化を適用するか否かを切替えるための情報である。THlayerは、RAHTPredictionFlag=1の場合に属性情報ヘッダに付加され、RAHTPredictionFlag=0の場合には属性情報ヘッダに付加されない。子ノード群の属する階層がTHlayerより大きい場合は、階層予測符号化が適用され、子ノード群の属する階層がTHlayer以下の場合、階層予測符号化が適用されない。

[0672] 図104は、属性情報ヘッダの別のシンタックス例を示す図である。図104に示す属性情報ヘッダは、図99に示す属性情報ヘッダの構成に加え、THlayer（第3閾値情報）を含む。THlayerを階層の最小値（例えば-1）にすることで、階層毎に常に階層符号化を適用できる。よって、この場合は、RAHTPredictionFlagを省略してもよい。これにより、ヘッダサイズを削減できる。なお、RAHT又はHaar変換の階層*i*毎にTHlayer[i]を用意し、階層毎に階層予測符号化を適用したか否かを示すようにしてもよい。これにより、階層毎に最適な閾値を選択することで符号化効率を向上できる。

[0673] なお、三次元データ符号化装置は、RAHTPredictionFla

g、THlayer、THpnode、又はTHnodeをエントロピー符号化したうえでヘッダに付加してもよい。例えば、三次元データ符号化装置は、各値を二値化及び算術符号化してもよい。また、三次元データ符号化装置は、処理量を抑えるために各値を固定長で符号化してもよい。

[0674] また、RAHTPredictionFlag、THlayer、THpnode、又はTHnodeは、必ずしもヘッダに付加されなくてもよい。例えば、規格等のプロファイル又はレベル等でRAHTPredictionFlag、THlayer、THpnode、又はTHnodeの値が規定されてもよい。これにより、ヘッダのビット量を削減できる。

[0675] 図105は、第3の例における三次元データ符号化処理（階層予測符号化の切り替え処理）のフローチャートである。図105に示す処理は、図100に示す処理に対してステップS9526が追加されている。

[0676] まず、三次元データ符号化装置は、子ノード群の階層がTHlayerより大きいかを判定する（S9526）。子ノード群の階層がTHlayerより大きい場合（S9526でYes）、図100と同様の処理（S9525以降）が行われる。

[0677] 一方、子ノード群の階層がTHlayer以下の場合（S9526でNo）、三次元データ符号化装置は、子ノード群の属性値を階層非予測符号化する（S9524）。

[0678] また、子ノード群の階層がTHlayerより大きい場合（S9526でYes）、三次元データ符号化装置は、ステップS9525、S9521～S9522を行わず、子ノード群の属性値を階層予測符号化（S9523）してもよい。または、三次元データ符号化装置は、ステップS9525と、S9521～S9522とのうち一方を行い、他方を行わなくてもよい。

[0679] 図106は、第3の例における三次元データ復号処理（階層予測復号の切り替え処理）のフローチャートである。図106に示す処理は、図101に示す処理に対してステップS9536が追加されている。

[0680] まず、三次元データ復号装置は、子ノード群の階層がTHlayerより

大きいかを判定する（S9536）。子ノード群の階層がTHlayerより大きい場合（S9536でYes）、図101と同様の処理（S9535以降）が行われる。

[0681] 一方、子ノード群の階層がTHlayer以下の場合（S9536でNo）、三次元データ復号装置は、子ノード群の属性値を階層非予測復号する（S9534）。

[0682] また、子ノード群の階層がTHlayerより大きい場合（S9536でYes）、三次元データ復号装置は、ステップS9535、S9531～S9532を行わず、子ノード群の属性値を階層予測復号（S9533）してもよい。または、三次元データ復号装置は、ステップS9535と、S9531～S9532とのうち一方を行い、他方を行わなくてもよい。

[0683] 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、三次元データ符号化装置は、RAHT又はHaar変換で階層符号化を行う場合に、条件1、条件2及び条件3のいずれか1つの条件、又はその組み合わせに基づいて、階層予測符号化を適用するか否かを切替える例を示したが、必ずしもこれに限らず、どのような方法で階層予測符号化を適用するか否かを切替えてもよい。

[0684] 例えば、三次元データ符号化装置は、子ノード群の変換係数の差分値の絶対値和、又は、コスト値が閾値よりも小さければ、階層予測符号化を適用し、そうでなければ階層予測符号化を適用しなくてもよい。この場合、三次元データ符号化装置は、階層予測符号化を適用したか否かを示す情報（例えば、PredFlag）を子ノード群毎に生成し、生成した情報をビットストリームに付加してもよい。例えば、階層予測符号化を適用した場合はPredFlag=1であり、階層予測符号化を適用しなかった場合はPredFlag=0である。これにより、三次元データ復号装置は、ビットストリームのPredFlagを復号することで子ノード毎に階層符号化を適用すべきか否かを判定できるので、ビットストリームを適切に復号できる。

[0685] なお、三次元データ符号化装置は、PredFlagを二値化したうえで

算術符号化してもよい。また、三次元データ符号化装置は、PredFlagの二値化データを算術符号化するための符号化テーブルを、条件1または条件2または条件3に応じて切り替えてもよい。つまり、三次元データ符号化装置は、親ノード群の有効ノード数、または、祖父ノードの有効ノード数、または子ノード群の属する階層に応じて符号化テーブルを切替えてもよい。これにより、PredFlagのビット量を抑えつつ、階層予測符号化によって符号化効率を向上できる。なお、三次元データ符号化装置は、条件1、または条件2、または条件3のいずれか1つの条件、もしくはその組み合わせに基づいて、階層予測符号化を適用するか否かを切替える方法に、PredFlagを用いる方法を組み合わせてもよい。これにより、符号化効率を向上できる。なお、三次元データ復号装置は、PredFlagの算術復号に用いる符号化テーブルの選択に、上記と同様の手法を用いてもよい。

[0686] また、本実施の形態では、三次元データ符号化装置は、子ノード群単位、または、子ノード群の属する階層単位で階層予測符号化を適用するか否かを切替えたが、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、N個の子ノード群、又はM個の階層毎に、階層予測符号化を適用するか否かを切替えてもよい。また、三次元データ符号化装置は、スライス又はタイルなど、階層より大きな単位で、階層予測符号化を適用するか否かを切替えてもよい。これにより、処理量を抑えつつ、符号化効率を向上できる。

[0687] また、本実施の形態では、三次元データ符号化装置は、階層符号化を適用するか否かを切替える例を示したが、必ずしもこれに限らない。例えば、三次元データ符号化装置は、上記の条件等に応じて、参照する親ノード群の参照範囲又は参照数を変化させてもよい。図107は、参照範囲及び参照数を変更する例を示す図である。例えば、三次元データ符号化装置は、図107に示すように、子ノード群の属する階層が閾値THlayer以下の場合には、親ノード群の参照範囲又は参照数を減らしてもよい。これにより、親ノード群の有効ノードを算出する等の処理量を削減できる。

[0688] 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。まず、三次元データ符号化装置は、点群データに含まれる複数の三次元点のN（Nは2以上の整数）分木構造における対象ノードよりも上位層に属する複数の第1ノードに含まれる、三次元点が含まれるノードである有効ノードの数である第1有効ノード数が予め定められた第1閾値より多いか否かを判定し（S9541）、第1有効ノード数が第1閾値より多い場合（S9541でYes）、対象ノードの親ノードを含み、親ノードと同一階層に属する複数の第2ノードを用いた予測処理を含む第1符号化（例えば階層予測符号化）を対象ノードの属性情報に行い（S9542）、第1有効ノード数が第1閾値以下の場合（S9541でNo）、複数の第2ノードを用いた予測処理を含まない第2符号化（例えば階層非予測符号化）を対象ノードの属性情報に行う（S9543）。

[0689] これによれば、三次元データ符号化装置は、予測処理を含む第1符号化を用いるか否かを適切に選択できるので符号化効率を向上できる。

[0690] 例えば、複数の第1ノード（例えば親ノード群）は、親ノードと、親ノードと同一階層に属する複数のノードを含む。

[0691] 例えば、複数の第1ノード（例えば祖父ノード群）は、対象ノードの祖父ノードと、祖父ノードと同一階層に属する複数のノードを含む。

[0692] 例えば、第2符号化では、対象ノードの属性情報の予測値をゼロに設定する。

[0693] 例えば、三次元データ符号化装置は、さらに、符号化された対象ノードの属性情報と、第1符号化を適用可能か否かを示す第1情報（例えばRAHT Prediction Flag）とを含むビットストリームを生成する。例えば、三次元データ符号化装置は、第1情報により第1符号化を適用可能であることが示される場合、図108に示す処理を行い、第1情報により第1符号化を適用可能であることが示されない場合（第1符号化を適用不可であることが示される場合）、第2符号化（例えば階層非予測符号化）を対象ノードの属性情報に行う。

[0694] 例えば、三次元データ符号化装置は、さらに、符号化された対象ノードの

属性情報と、第1閾値を示す第2情報（例えばTHpnode又はTHnode）とを含むビットストリームを生成する。

[0695] 例えば、三次元データ符号化装置は、対象ノードの祖父ノードと、祖父ノードと同一階層に属する複数のノードとを含む複数の第2ノード（例えば祖父ノード群）に含まれる有効ノードの数である第2有効ノード数が予め定められた第2閾値より多いか否かを判定し、第1有効ノード数が第1閾値より多く、かつ、第2有効ノード数が第2閾値より多い場合、第1符号化を対象ノードの属性情報に行い、第1有効ノード数が第1閾値以下の場合、又は第2有効ノード数が第2閾値以下の場合、第2符号化を対象ノードの属性情報に行う。

[0696] 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。

[0697] また、本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。まず、三次元データ復号装置は、点群データに含まれる複数の三次元点のN（Nは2以上の整数）分木構造における対象ノードよりも上位層に属する複数の第1ノードに含まれる、三次元点が含まれるノードである有効ノードの数である第1有効ノード数が予め定められた第1閾値より多いか否かを判定し（S9551）、第1有効ノード数が第1閾値より多い場合（S9551でYes）、対象ノードの親ノードを含み、親ノードと同一階層に属する複数の第2ノードを用いた予測処理を含む第1復号（例えば階層予測復号）を対象ノードの属性情報に行い（S9552）、第1有効ノード数が第1閾値以下の場合（S9551でNo）、複数の第2ノードを用いた予測処理を含まない第2復号（例えば階層非予測復号）を対象ノードの属性情報に行う（S9553）。

[0698] これによれば、三次元データ復号装置は、予測処理を含む第1復号を用いるか否かを適切に選択できるので符号化効率を向上できる。

[0699] 例えば、複数の第1ノード（例えば親ノード群）は、親ノードと、親ノードと同一階層に属する複数のノードを含む。

- [0700] 例えば、複数の第1ノード（例えば祖父ノード群）は、対象ノードの祖父ノードと、祖父ノードと同一階層に属する複数のノードを含む。
- [0701] 例えば、第2符号化では、対象ノードの属性情報の予測値をゼロに設定する。
- [0702] 例えば、三次元データ復号装置は、さらに、符号化された対象ノードの属性情報を含むビットストリームから、第1復号を適用可能か否かを示す第1情報（例えばRAHTPredictionFlag）を取得する。例えば、三次元データ復号装置は、第1情報により第1復号を適用可能であることが示される場合、図109に示す処理を行い、第1情報により第1復号を適用可能であることが示されない場合（第1復号を適用不可であることが示される場合）、第2復号（例えば階層非予測符号化）を対象ノードの属性情報に行う。
- [0703] 例えば、三次元データ復号装置は、さらに、符号化された対象ノードの属性情報を含むビットストリームから、第1閾値を示す第2情報（例えばTHpnode又はTHnode）を取得する。
- [0704] 例えば、三次元データ復号装置は、対象ノードの祖父ノードと、祖父ノードと同一階層に属する複数のノードとを含む複数の第2ノード（例えば祖父ノード群）に含まれる有効ノードの数である第2有効ノード数が予め定められた第2閾値より多いか否かを判定し、第1有効ノード数が第1閾値より多く、かつ、第2有効ノード数が第2閾値より多い場合、第1復号を対象ノードの属性情報に行い、第1有効ノード数が第1閾値以下の場合、又は第2有効ノード数が第2閾値以下の場合、第2復号を対象ノードの属性情報に行う。
- [0705] 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。
- [0706] なお、ここでは、三次元データ符号化装置は、第1有効ノード数が第1閾値より多い場合、対象ノードの親ノードを含み、親ノードと同一階層に属する複数の第2ノードを用いた予測処理を含む第1符号化を対象ノードの属性

情報に行うとしたが、第1有効ノード数が第1閾値以上の場合でも同様に対応することが考えられる。つまり、三次元データ符号化装置は、親ノード群の第1有効ノード数が第1閾値以上であれば、上記予測処理を含む符号化する場合において、親ノード群の第1有効ノード数が第1閾値未満であれば、上記予測処理を含まない第2符号化を対象ノードの属性情報に行う。

[0707] 同様に、三次元データ復号装置は、第1有効ノード数が第1閾値より多い場合、対象ノードの親ノードを含み、親ノードと同一階層に属する複数の第2ノードを用いた予測処理を含む第1復号を対象ノードの属性情報に行うとしたが、第1有効ノード数が第1閾値以上の場合でも同様に対応することが考えられる。つまり、三次元データ復号装置は、親ノード群の第1有効ノード数が第1閾値以上であれば、上記予測処理を含む符号化する場合において、親ノード群の第1有効ノード数が第1閾値未満であれば、上記予測処理を含まない第2復号を対象ノードの属性情報に行う。

[0708] 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。

[0709] 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。

[0710] 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。

[0711] 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。

[0712] 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。

[0713] また、ブロック図における機能ブロックの分割は一例であり、複数の機能ブロックを一つの機能ブロックとして実現したり、一つの機能ブロックを複数に分割したり、一部の機能を他の機能ブロックに移してもよい。また、類似する機能を有する複数の機能ブロックの機能を単一のハードウェア又はソフトウェアが並列又は時分割に処理してもよい。

[0714] 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。

[0715] 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のや、異なる実施の形態における構成要素を組み合わせる構築される形態も、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

[0716] 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

[0717] 600 自車両
601 周辺車両
602、605 センサ検知範囲

603、606 領域
604 オクルージョン領域
801 車両
802 空間
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
2001 サーバ
2002、2002A、2002B クライアント装置
2011 センサ情報取得部
2012 記憶部

2013 データ送信可否判定部
2021、2021A、2021B 端末
2022、2022A、2022B 通信装置
2023 ネットワーク
2024 データ収集サーバ
2025 地図サーバ
2026 クライアント装置
6600 属性情報符号化部
6601 ソート部
6602 Haar変換部
6603 量子化部
6604、6612 逆量子化部
6605、6613 逆Haar変換部
6606、6614 メモリ
6607 算術符号化部
6610 属性情報復号部
6611 算術復号部
8301 整数変換部
8302 エントロピー符号化部
8303 エントロピー復号部
8304 逆整数変換部
8310 三次元データ符号化装置
8311 位置情報符号化部
8312 ロスレス属性情報符号化部
8313 付加情報符号化部
8314 多重化部
8321 整数変換部
8322 エントロピー符号化部

- 8 3 2 3 並び替え部
- 8 3 2 4 整数H a a r変換部
- 8 3 3 0 三次元データ復号装置
- 8 3 3 1 逆多重化部
- 8 3 3 2 位置情報復号部
- 8 3 3 3 ロスレス属性情報復号部
- 8 3 3 4 付加情報復号部
- 8 3 4 1 エントロピー復号部
- 8 3 4 2 逆整数変換部
- 8 3 4 3 並び替え部
- 8 3 4 4 逆整数H a a r変換部
- 8 3 5 1、8 3 5 5 減算部
- 8 3 5 2、8 3 5 4 右シフト部
- 8 3 5 3、8 3 5 6 加算部
- 8 3 6 1 並び替え部
- 8 3 6 2 切り替え部
- 8 3 6 3 R A H T部
- 8 3 6 4、8 3 6 4 A 量子化部
- 8 3 6 5 整数変換部
- 8 3 6 6 エントロピー符号化部
- 8 3 7 1 エントロピー復号部
- 8 3 7 2 並び替え部
- 8 3 7 3、8 3 7 3 A 切り替え部
- 8 3 7 4、8 3 7 4 A 逆量子化部
- 8 3 7 5 逆R A H T部
- 8 3 7 6 逆整数変換部
- 8 4 0 1 並び替え部
- 8 4 0 2 整数R A H T - H a a r変換部

- 8 4 0 3 量子化部
- 8 4 0 4 エントロピー符号化部
- 8 4 1 1 エントロピー復号部
- 8 4 1 2 逆量子化部
- 8 4 1 3 並び替え部
- 8 4 1 4 逆整数 R A H T - H a a r 変換部
- 8 4 2 1、8 4 2 2、8 4 3 0 左シフト部
- 8 4 2 3 減算部
- 8 4 2 4 除算部
- 8 4 2 5、8 4 2 7、8 4 2 9 右シフト部
- 8 4 2 6 乗算部
- 8 4 2 8 切り替え部
- 8 4 3 1 加算部
- 8 4 4 1、8 4 4 7 左シフト部
- 8 4 4 2、8 4 4 3、8 4 4 9 乗算部
- 8 4 4 4、8 4 4 6、8 4 5 0、8 4 5 2 右シフト部
- 8 4 4 5 切り替え部
- 8 4 4 8、8 4 5 1 減算部

請求の範囲

- [請求項1] 点群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) 分木構造における対象ノードよりも上位層に属する複数の第1ノードに含まれる、三次元点が含まれるノードである有効ノードの数である第1有効ノード数が予め定められた第1閾値以上か否かを判定し、
- 前記第1有効ノード数が前記第1閾値以上の場合、前記対象ノードの親ノードを含み、前記親ノードと同一階層に属する複数の第2ノードを用いた予測処理を含む第1符号化を前記対象ノードの属性情報に行い、
- 前記第1有効ノード数が前記第1閾値未満の場合、前記複数の第2ノードを用いた前記予測処理を含まない第2符号化を前記対象ノードの属性情報に行う
- 三次元データ符号化方法。
- [請求項2] 前記複数の第1ノードは、前記親ノードと、前記親ノードと同一階層に属する複数のノードを含む
- 請求項1記載の三次元データ符号化方法。
- [請求項3] 前記複数の第1ノードは、前記対象ノードの祖父ノードと、前記祖父ノードと同一階層に属する複数のノードを含む
- 請求項1記載の三次元データ符号化方法。
- [請求項4] 前記第2符号化では、前記対象ノードの属性情報の予測値をゼロに設定する
- 請求項1～3のいずれか1項に記載の三次元データ符号化方法。
- [請求項5] 前記三次元データ符号化方法は、さらに、
- 符号化された前記対象ノードの属性情報と、前記第1符号化を適用可能か否かを示す第1情報とを含むビットストリームを生成する
- 請求項1～4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6] 前記三次元データ符号化方法は、さらに、
- 符号化された前記対象ノードの属性情報と、前記第1閾値を示す第

2 情報とを含むビットストリームを生成する

請求項 1 ～ 4 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]

前記対象ノードの祖父ノードと、前記祖父ノードと同一階層に属する複数のノードとを含む複数の第 2 ノードに含まれる有効ノードの数である第 2 有効ノード数が予め定められた第 2 閾値以上か否かを判定し、

前記第 1 有効ノード数が前記第 1 閾値より多く、かつ、前記第 2 有効ノード数が前記第 2 閾値以上の場合、前記第 1 符号化を前記対象ノードの属性情報に行い、

前記第 1 有効ノード数が前記第 1 閾値未満の場合、又は前記第 2 有効ノード数が前記第 2 閾値未満の場合、前記第 2 符号化を前記対象ノードの属性情報に行う

請求項 2 記載の三次元データ符号化方法。

[請求項8]

点群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) 分木構造における対象ノードよりも上位層に属する複数の第 1 ノードに含まれる、三次元点が含まれるノードである有効ノードの数である第 1 有効ノード数が予め定められた第 1 閾値以上か否かを判定し、

前記第 1 有効ノード数が前記第 1 閾値以上の場合、前記対象ノードの親ノードを含み、前記親ノードと同一階層に属する複数の第 2 ノードを用いた予測処理を含む第 1 復号を前記対象ノードの属性情報に行い、

前記第 1 有効ノード数が前記第 1 閾値未満の場合、前記複数の第 2 ノードを用いた前記予測処理を含まない第 2 復号を前記対象ノードの属性情報に行う

三次元データ復号方法。

[請求項9]

前記複数の第 1 ノードは、前記親ノードと、前記親ノードと同一階層に属する複数のノードを含む

請求項 8 記載の三次元データ復号方法。

- [請求項10] 前記複数の第1ノードは、前記対象ノードの祖父ノードと、前記祖父ノードと同一階層に属する複数のノードを含む
請求項8記載の三次元データ復号方法。
- [請求項11] 前記第2復号では、前記対象ノードの属性情報の予測値をゼロに設定する
請求項8～10のいずれか1項に記載の三次元データ復号方法。
- [請求項12] 前記三次元データ復号方法は、さらに、
符号化された前記対象ノードの属性情報を含むビットストリームから、前記第1復号を適用可能か否かを示す第1情報を取得する
請求項8～11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] 前記三次元データ復号方法は、さらに、
符号化された前記対象ノードの属性情報を含むビットストリームから、前記第1閾値を示す第2情報を取得する
請求項8～11のいずれか1項に記載の三次元データ復号方法。
- [請求項14] 前記対象ノードの祖父ノードと、前記祖父ノードと同一階層に属する複数のノードとを含む複数の第2ノードに含まれる有効ノードの数である第2有効ノード数が予め定められた第2閾値以上か否かを判定し、
前記第1有効ノード数が前記第1閾値より多く、かつ、前記第2有効ノード数が前記第2閾値以上の場合、前記第1復号を前記対象ノードの属性情報に行い、
前記第1有効ノード数が前記第1閾値未満の場合、又は前記第2有効ノード数が前記第2閾値未満の場合、前記第2復号を前記対象ノードの属性情報に行う
請求項9記載の三次元データ復号方法。
- [請求項15] 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、

点群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) 分木構造における対象ノードよりも上位層に属する複数の第1ノードに含まれる、三次元点が含まれるノードである有効ノードの数である第1有効ノード数が予め定められた第1閾値以上か否かを判定し、

前記第1有効ノード数が前記第1閾値以上の場合、前記対象ノードの親ノードを含み、前記親ノードと同一階層に属する複数の第2ノードを用いた予測処理を含む第1符号化を前記対象ノードの属性情報に行い、

前記第1有効ノード数が前記第1閾値未満の場合、前記複数の第2ノードを用いた前記予測処理を含まない第2符号化を前記対象ノードの属性情報に行う

三次元データ符号化装置。

[請求項16]

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、

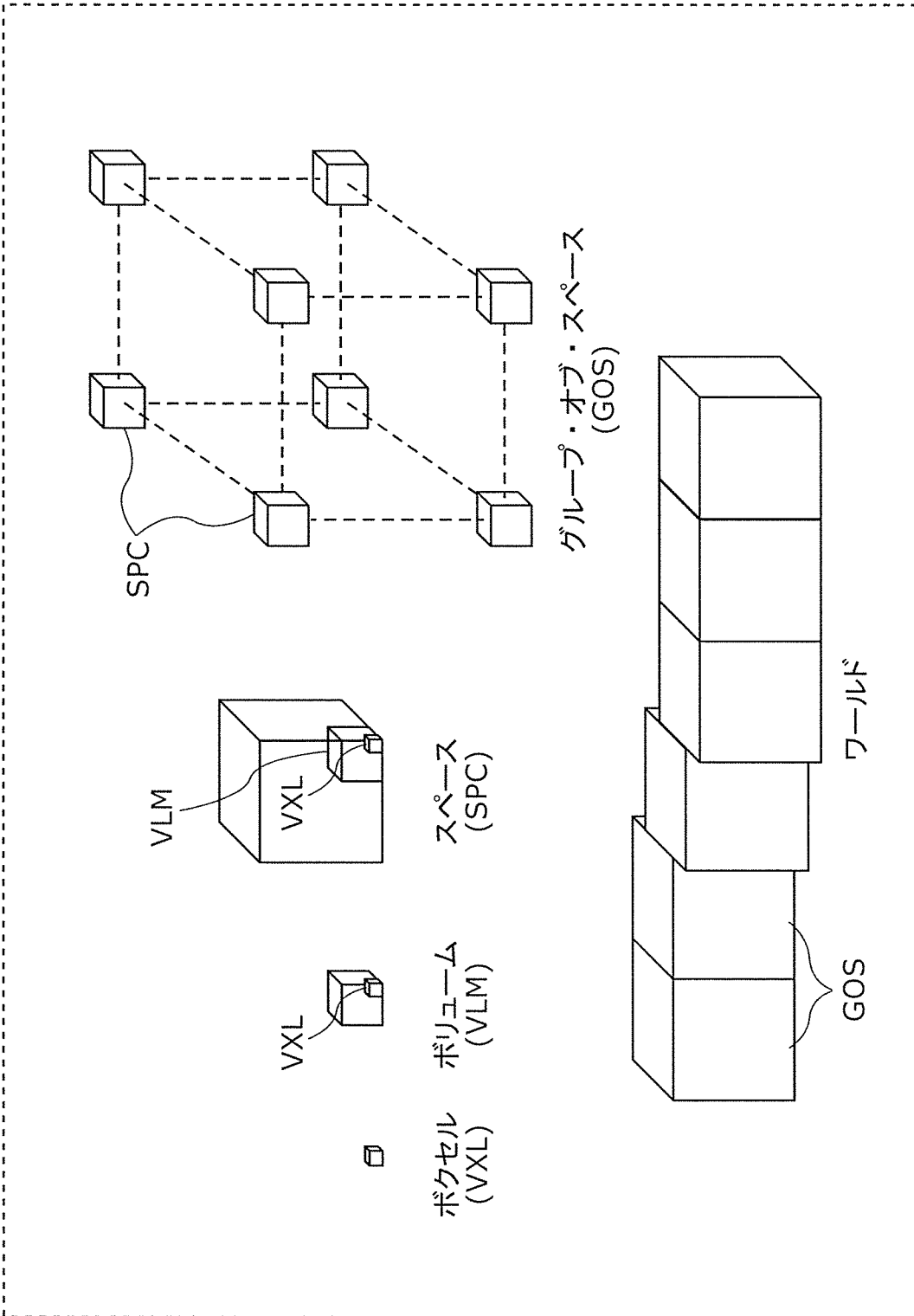
点群データに含まれる複数の三次元点の N (N は2以上の整数) 分木構造における対象ノードよりも上位層に属する複数の第1ノードに含まれる、三次元点が含まれるノードである有効ノードの数である第1有効ノード数が予め定められた第1閾値以上か否かを判定し、

前記第1有効ノード数が前記第1閾値以上の場合、前記対象ノードの親ノードを含み、前記親ノードと同一階層に属する複数の第2ノードを用いた予測処理を含む第1復号を前記対象ノードの属性情報に行い、

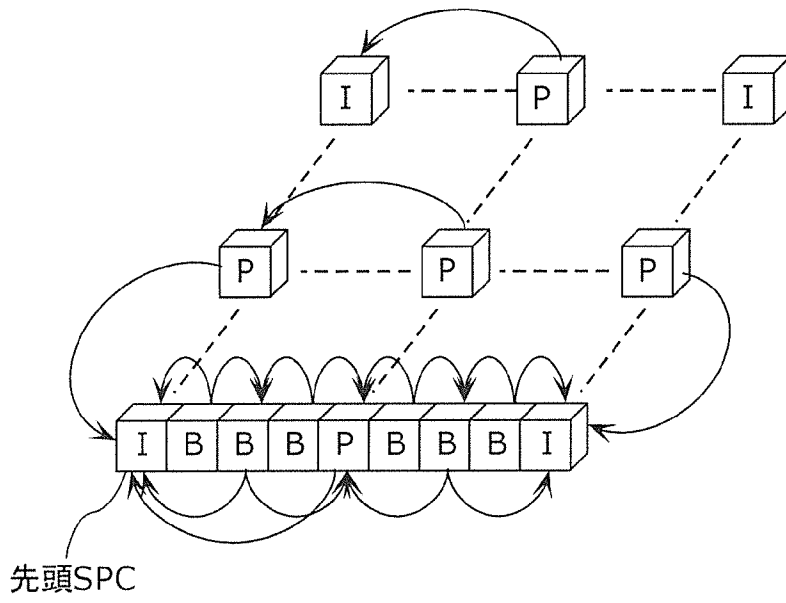
前記第1有効ノード数が前記第1閾値未満の場合、前記複数の第2ノードを用いた前記予測処理を含まない第2復号を前記対象ノードの属性情報に行う

三次元データ復号装置。

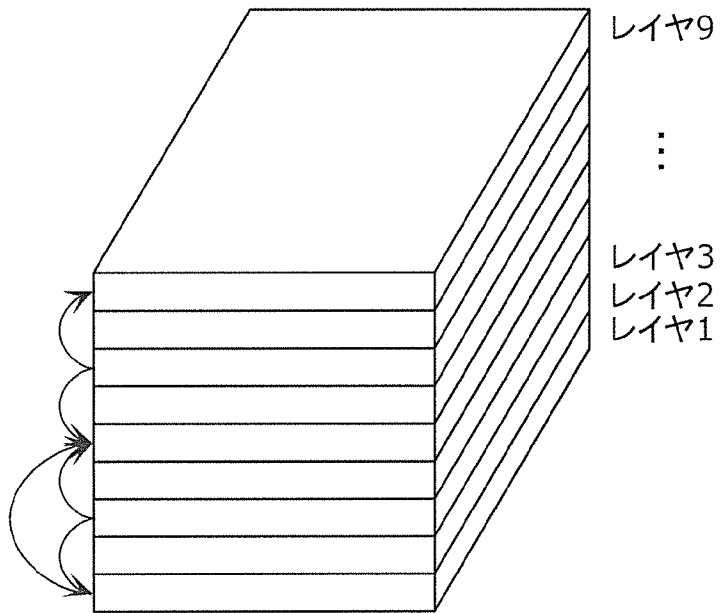
[図1]



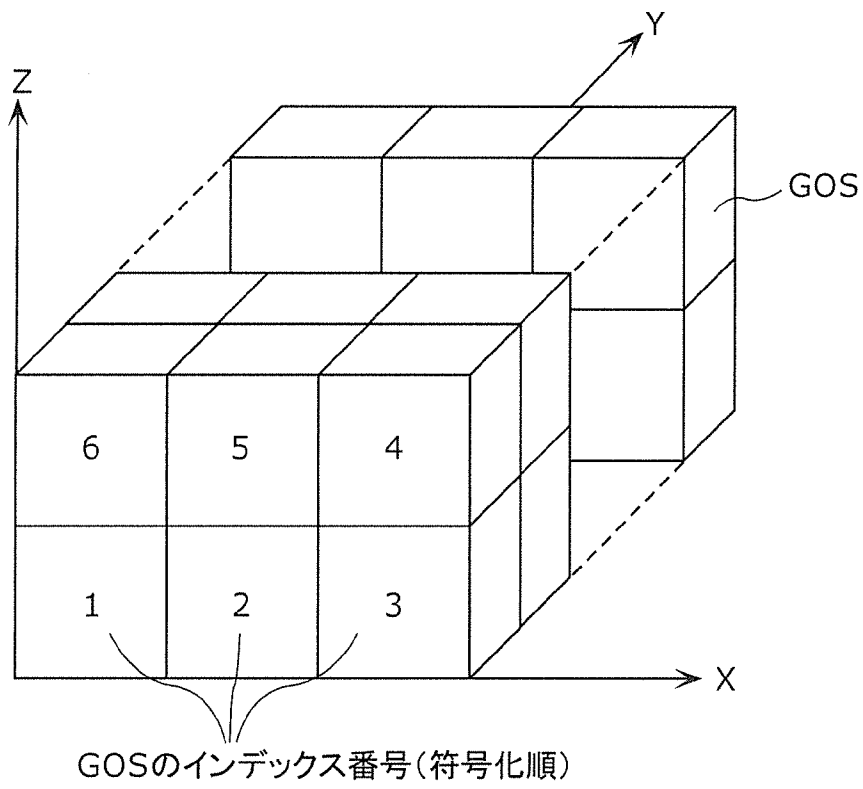
[図2]



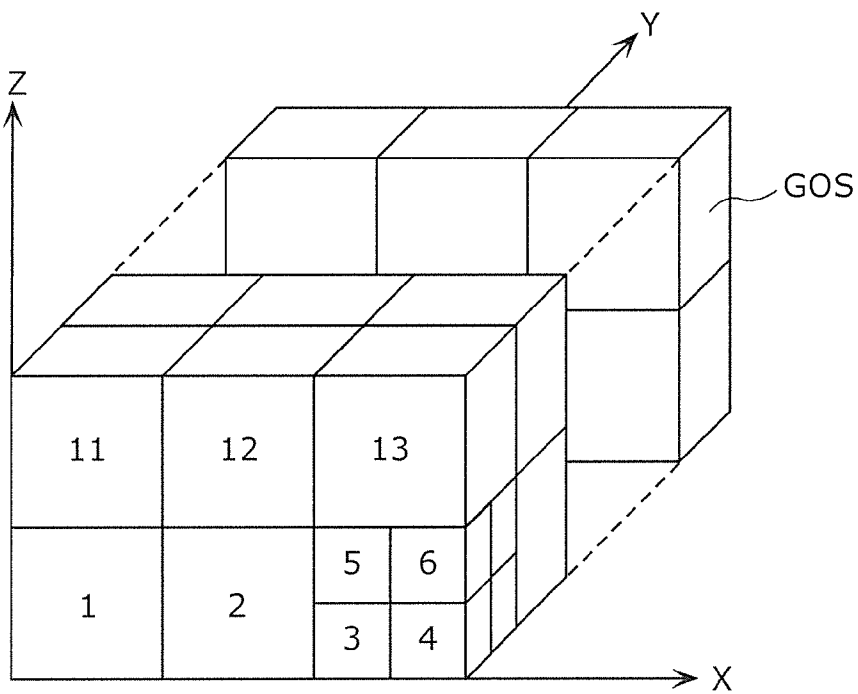
[図3]



[図4]



[図5]



[図6]

オブジェクト	GOS番号
object(1)	1, 2
object(2)	5
object(3)	8, 9, 10
...	...
object(N)	101, 113, 125

オブジェクト-GOSテーブル

座標	GOS番号
(x1, y1, z1)	1
(x2, y2, z2)	2
(x3, y3, z3)	3
...	...
(xN, yN, zN)	N

座標-GOSテーブル

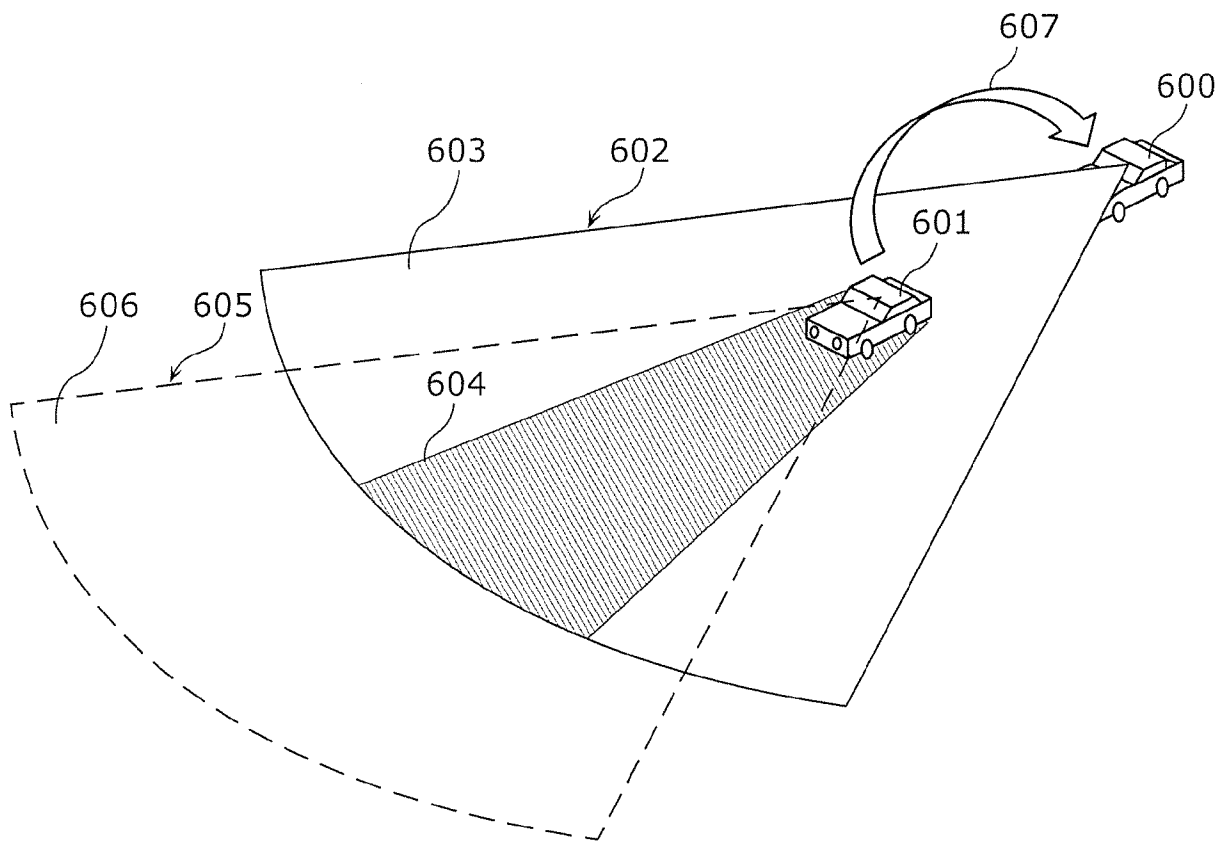
時刻	GOS番号
pts(1)	1
pts(2)	30
pts(3)	50
...	...
pts(N)	200

時刻-GOSテーブル

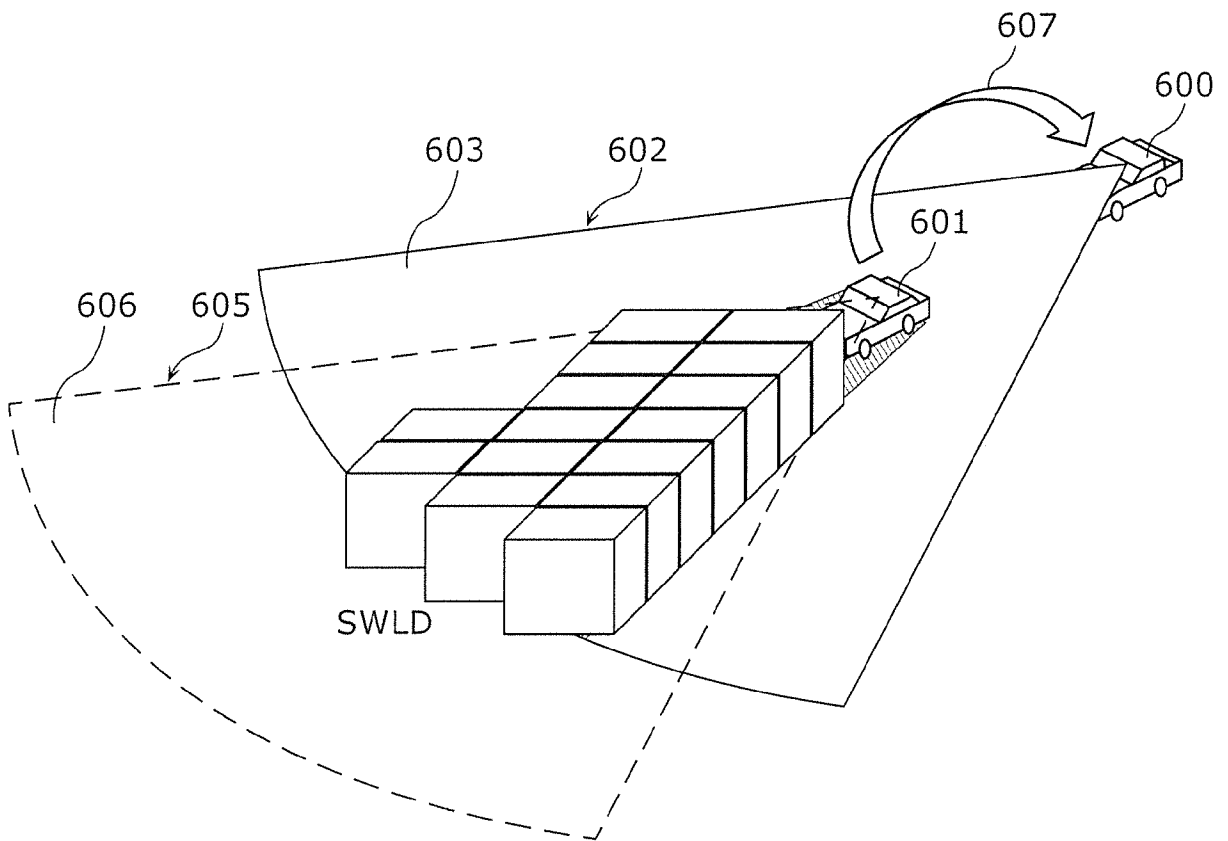
GOS番号	GOSアドレス
1	addr(1)
2	addr(2)
3	addr(3)
...	...
N	addr(N)

GOS-アドレステーブル

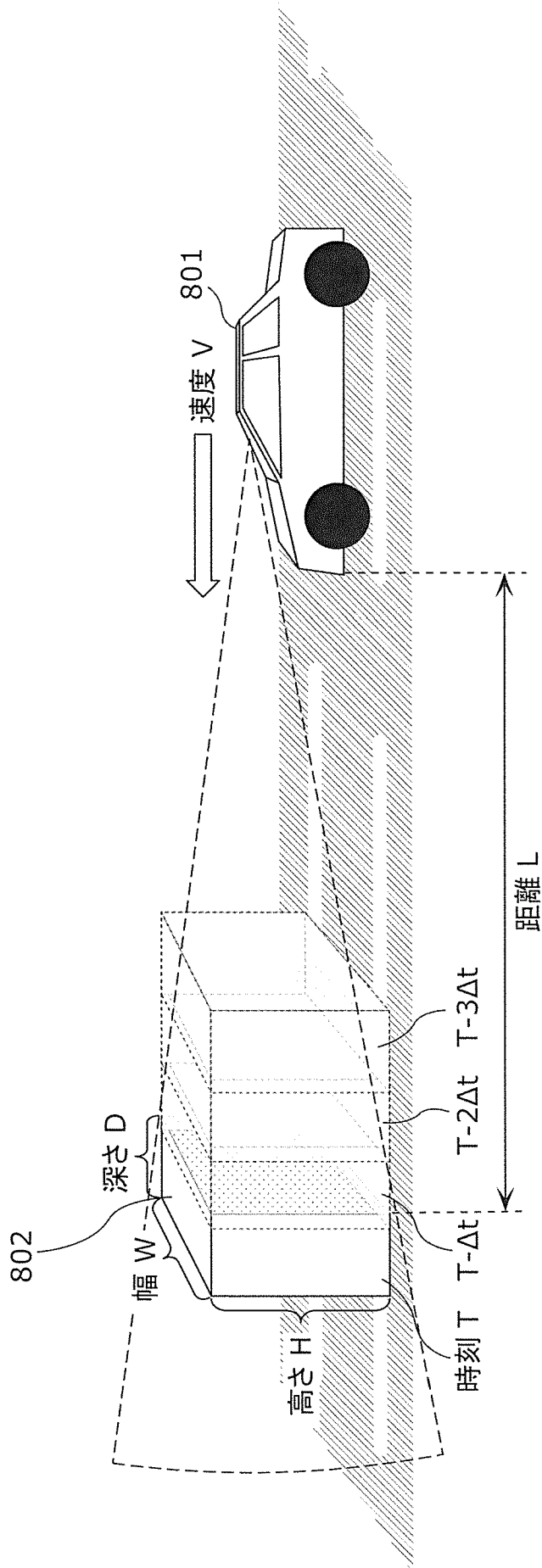
[図7]



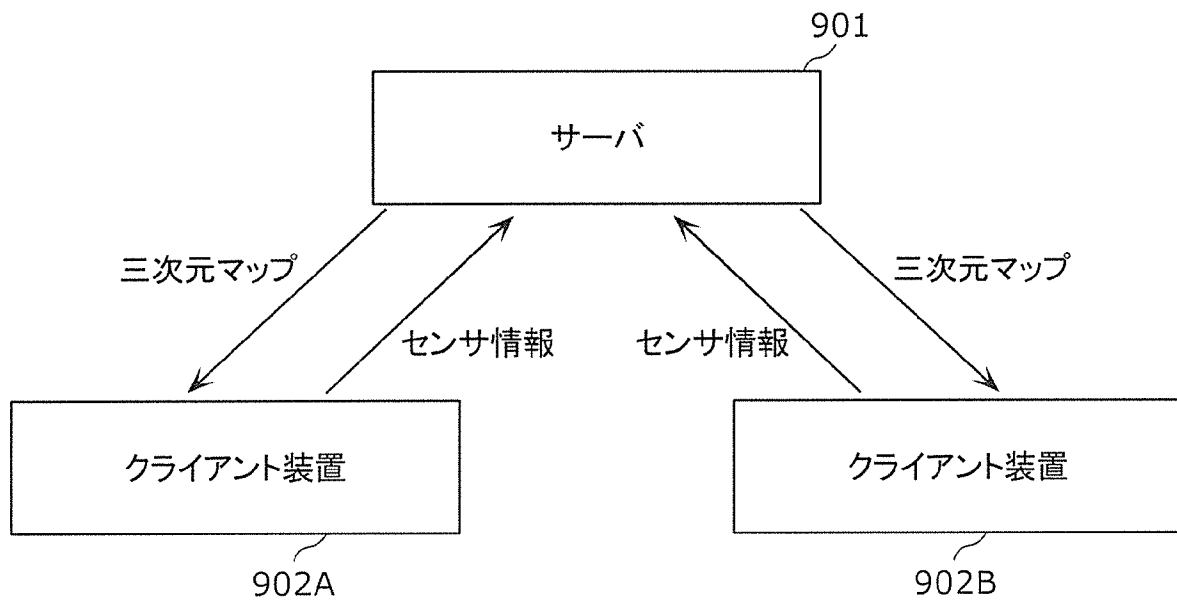
[図8]



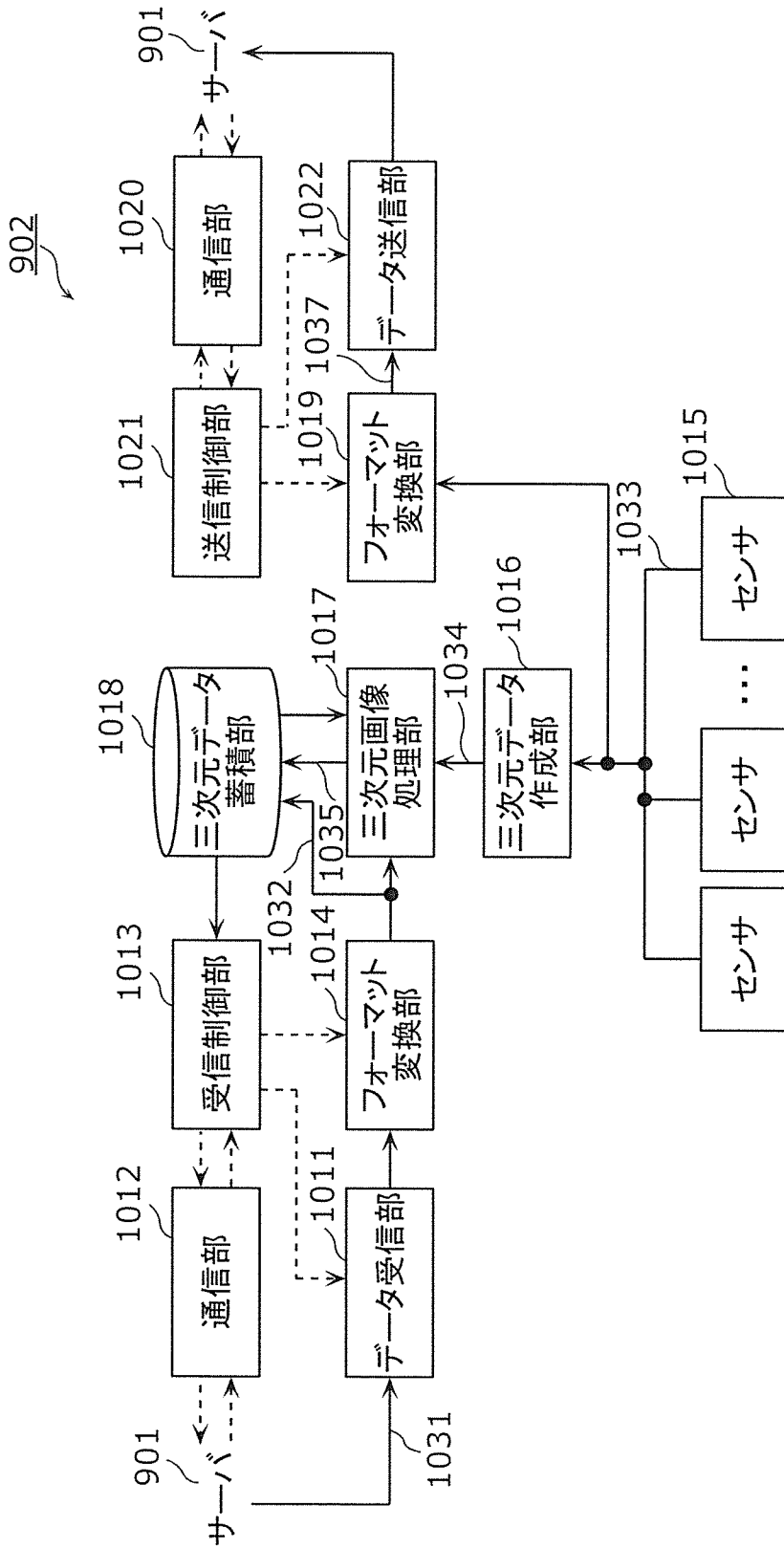
[図9]



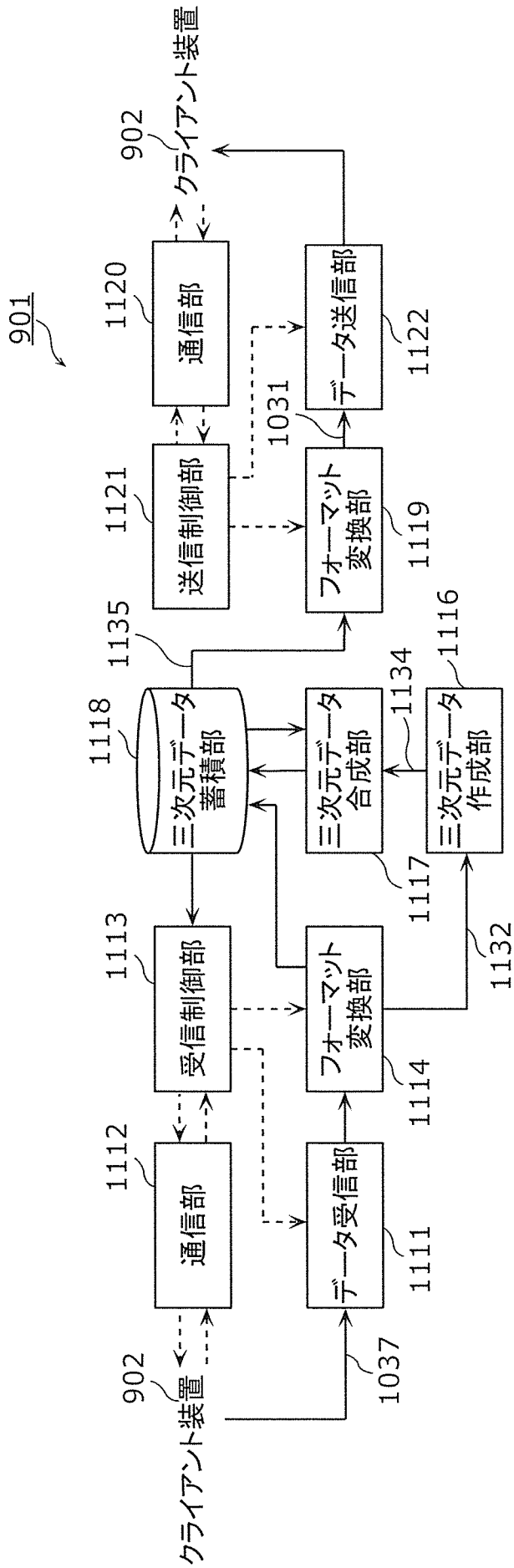
[図10]



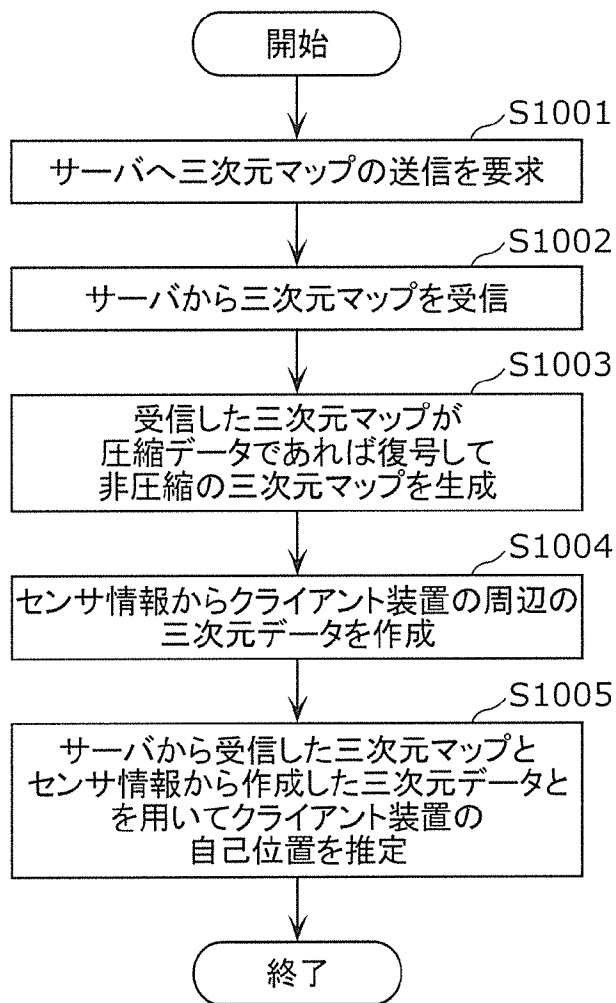
[図11]



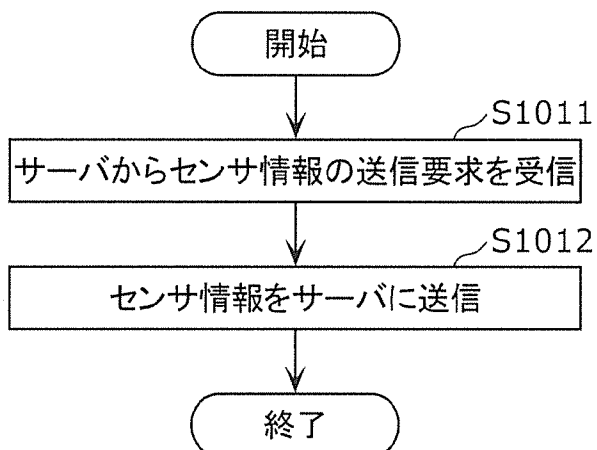
[図12]



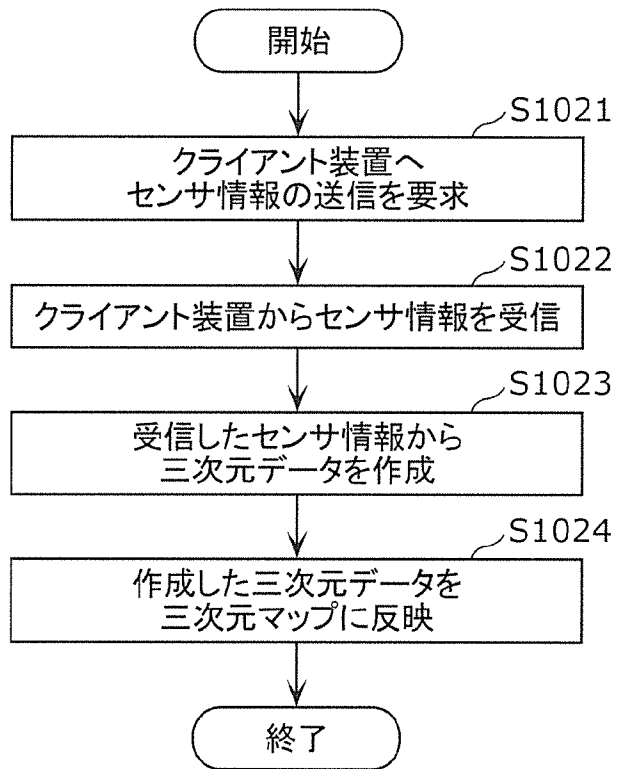
[図13]



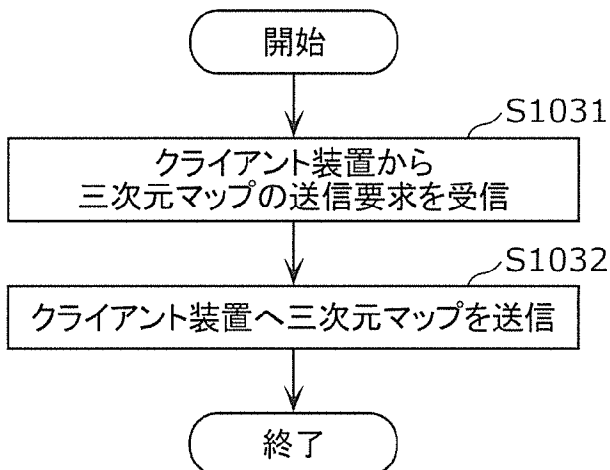
[図14]



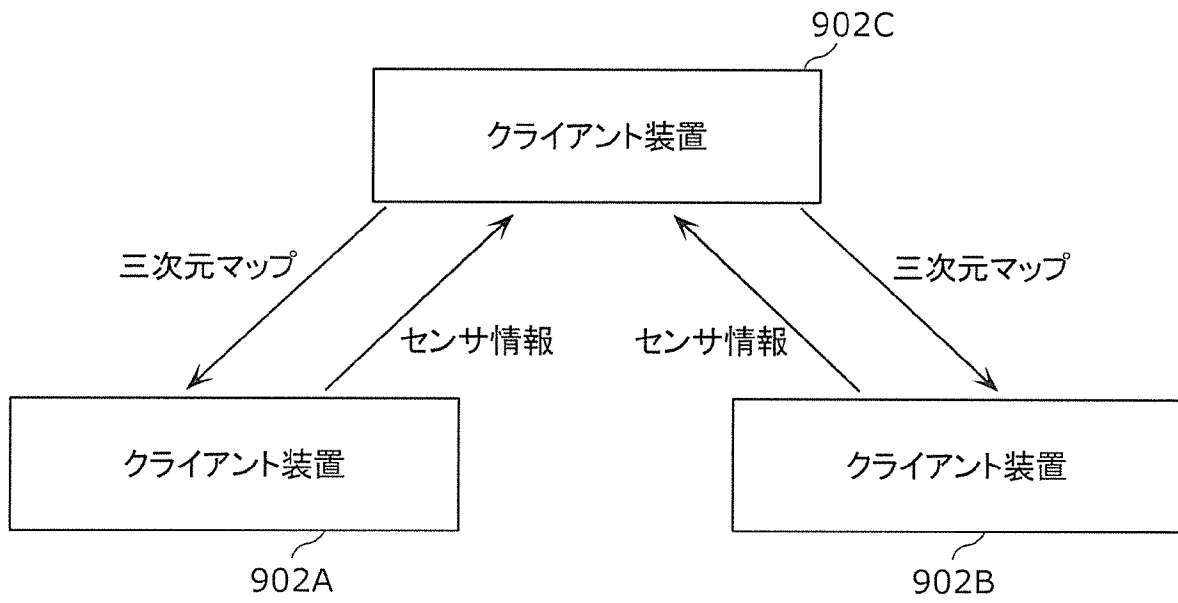
[図15]



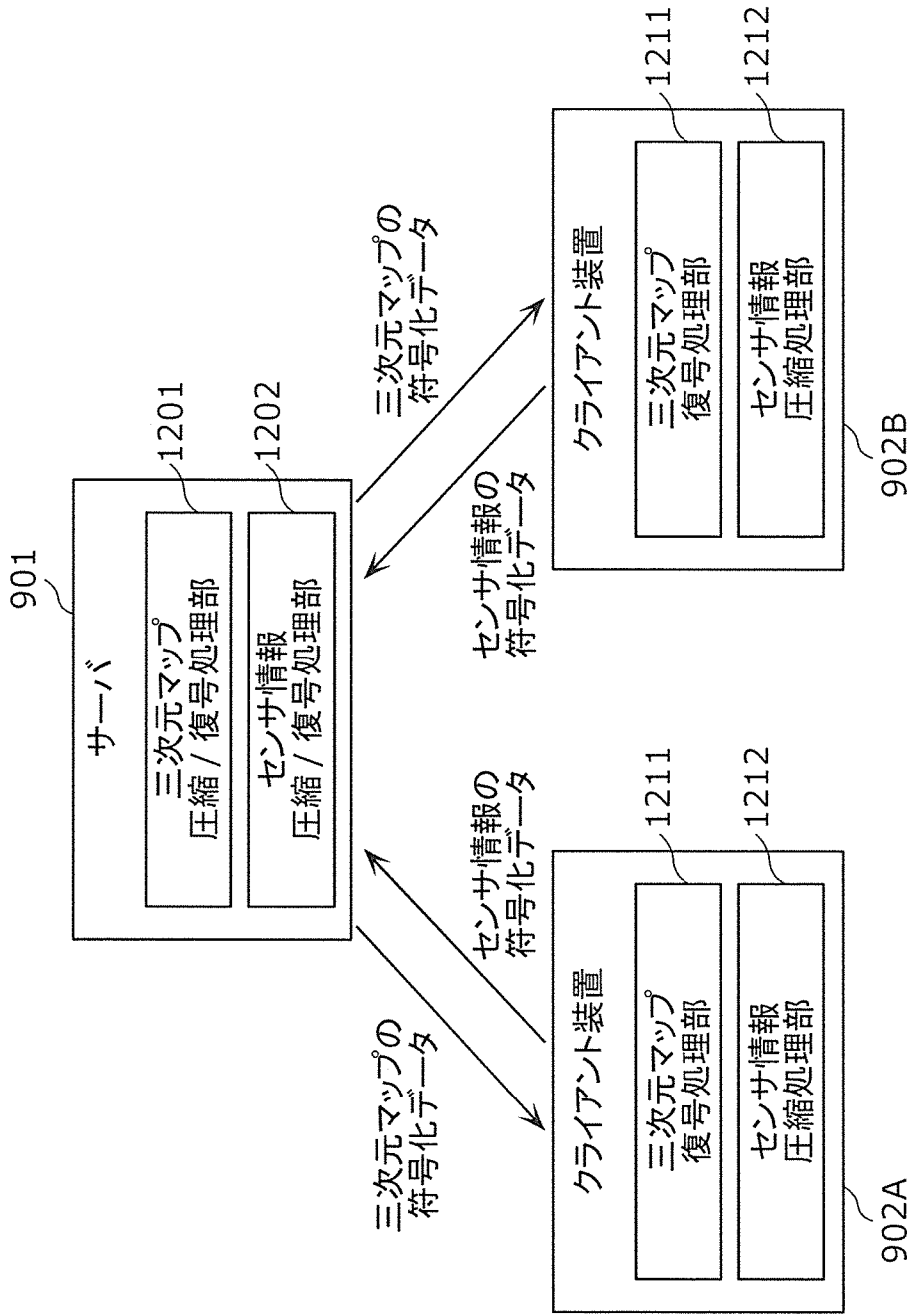
[図16]



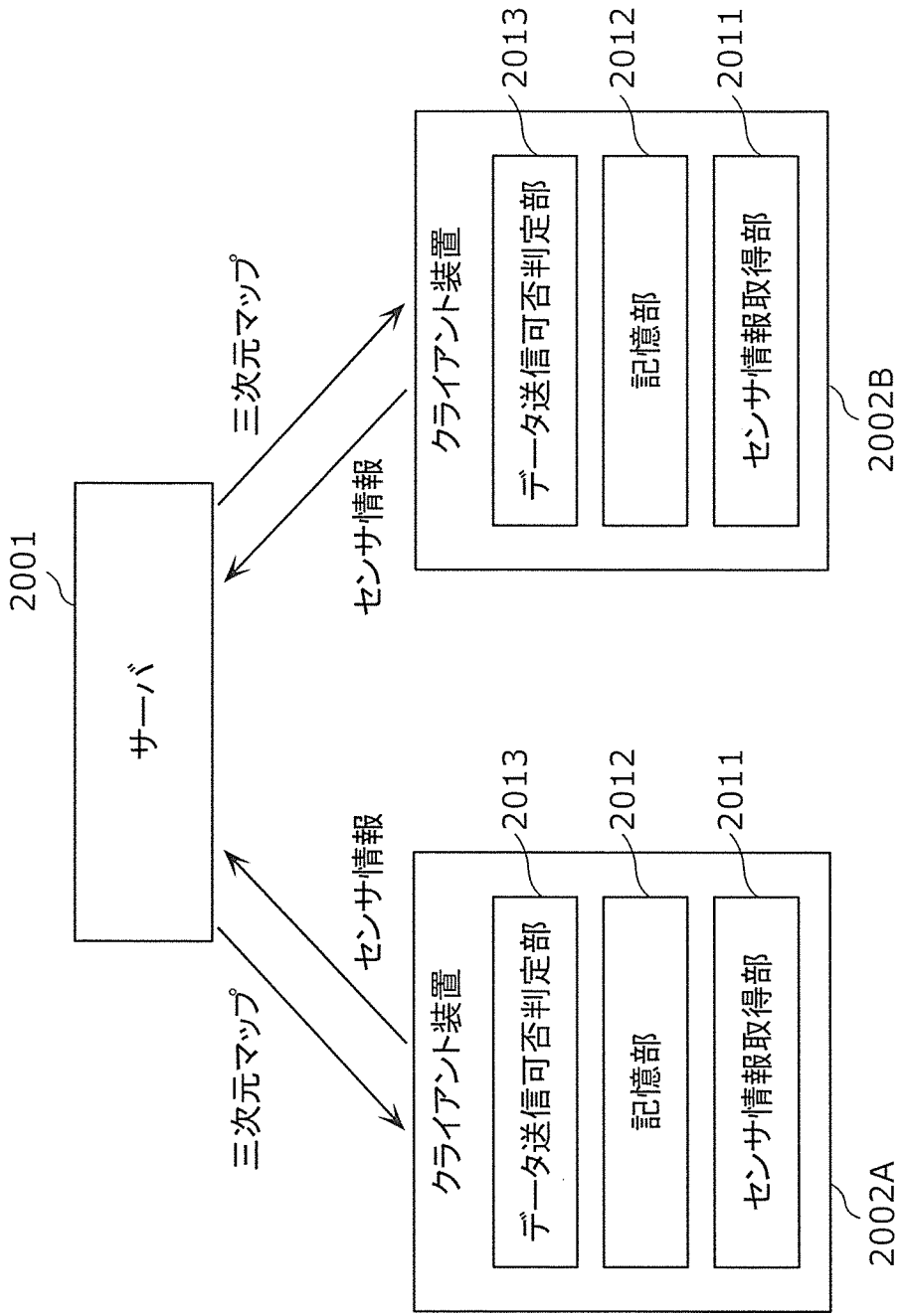
[図17]



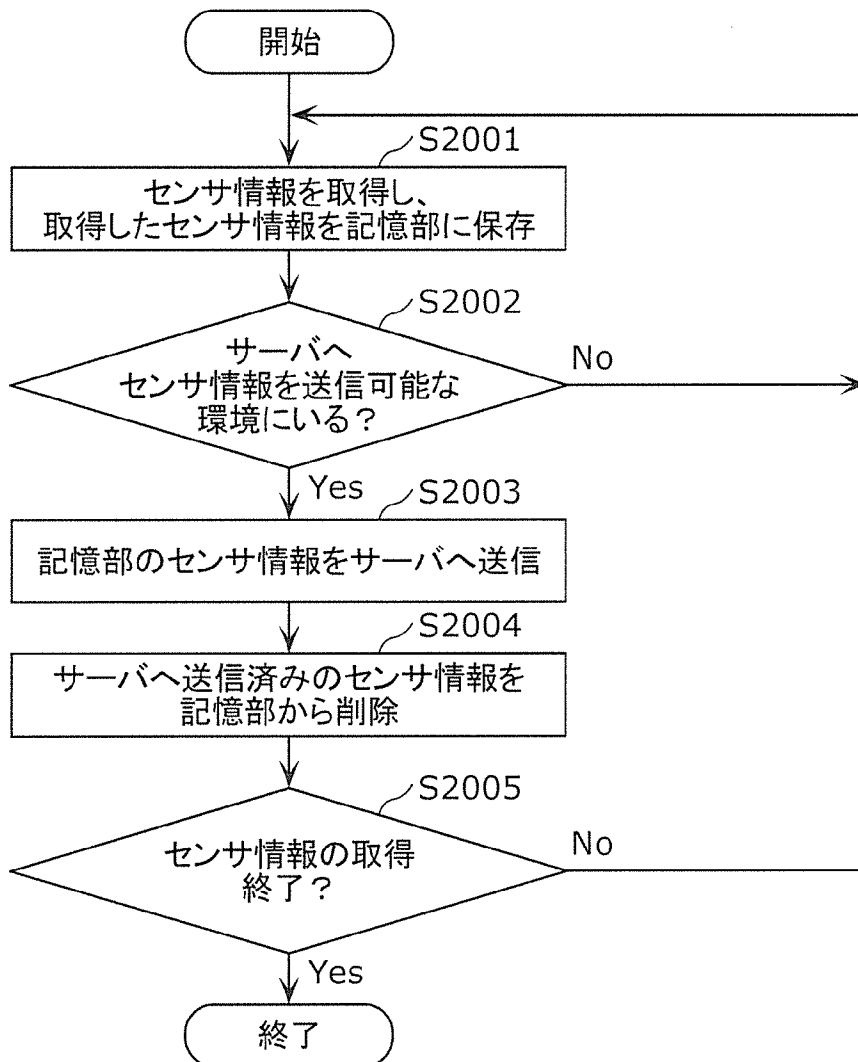
[図18]



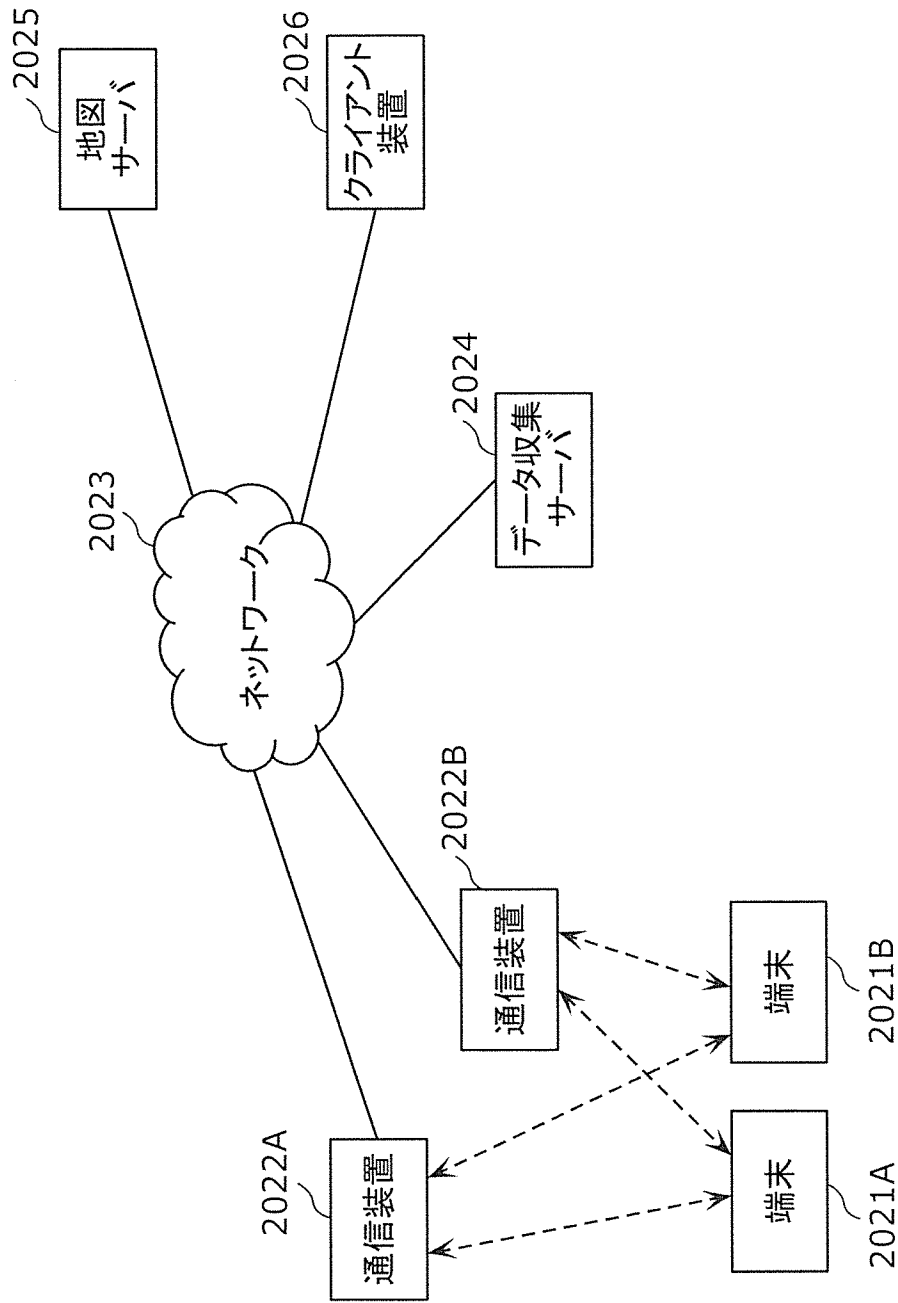
[図19]



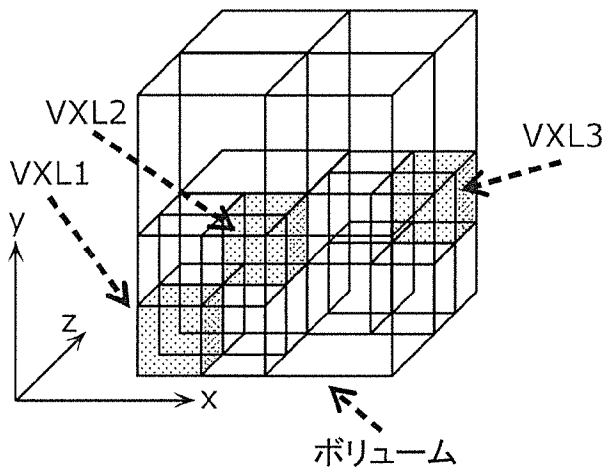
[図20]



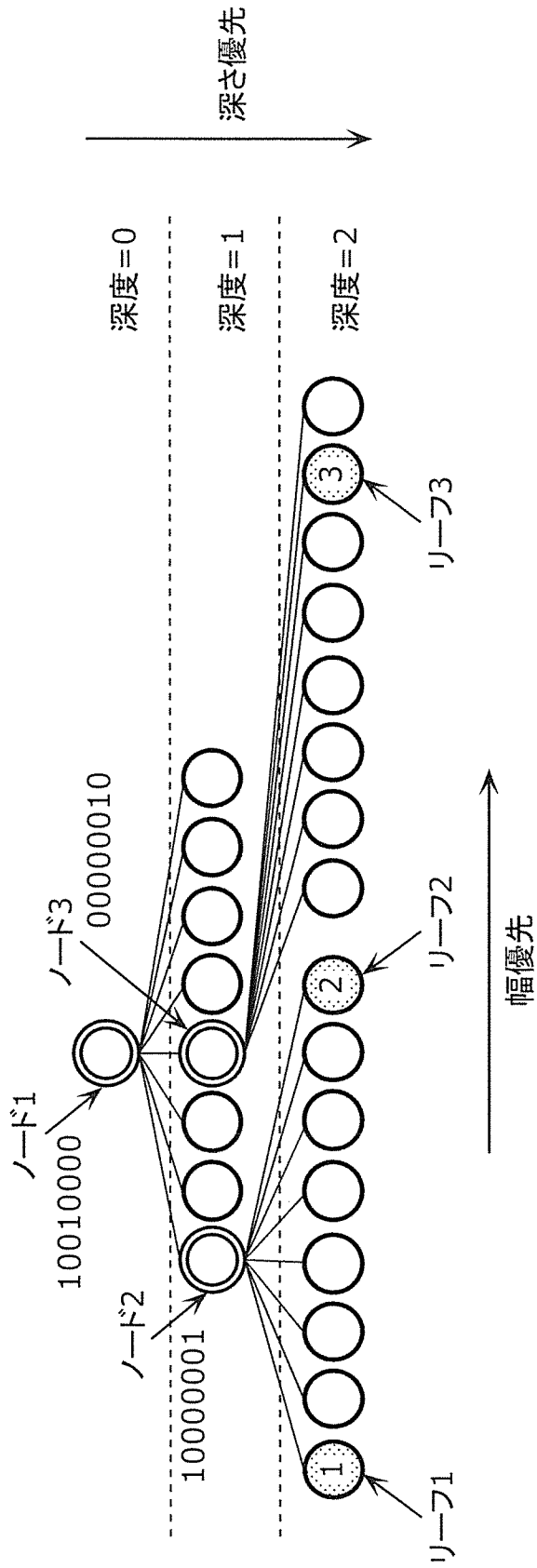
[図21]



[図22]



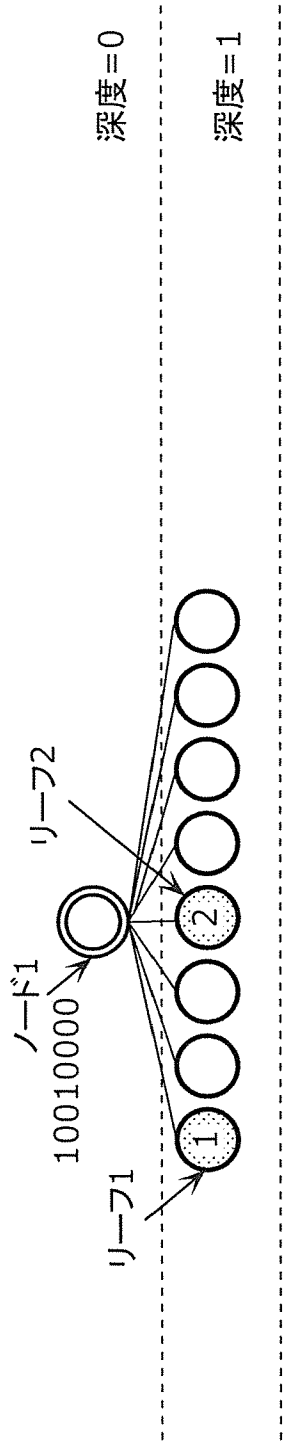
[図23]



[図24]

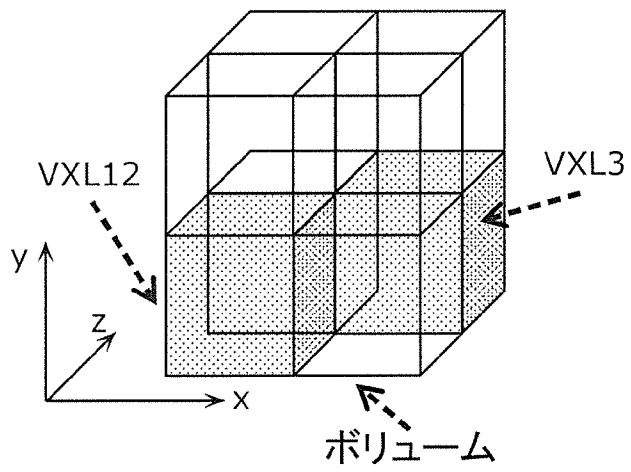
- A 幅優先でノードとリーフをスキャンした場合のビット列 : 10010000 10000001 00000010 leaf1 leaf2 leaf3
- B 深さ優先でノードとリーフをスキャンした場合のビット列: 10010000 10000001 leaf1 leaf2 00000010 leaf3

[図25]

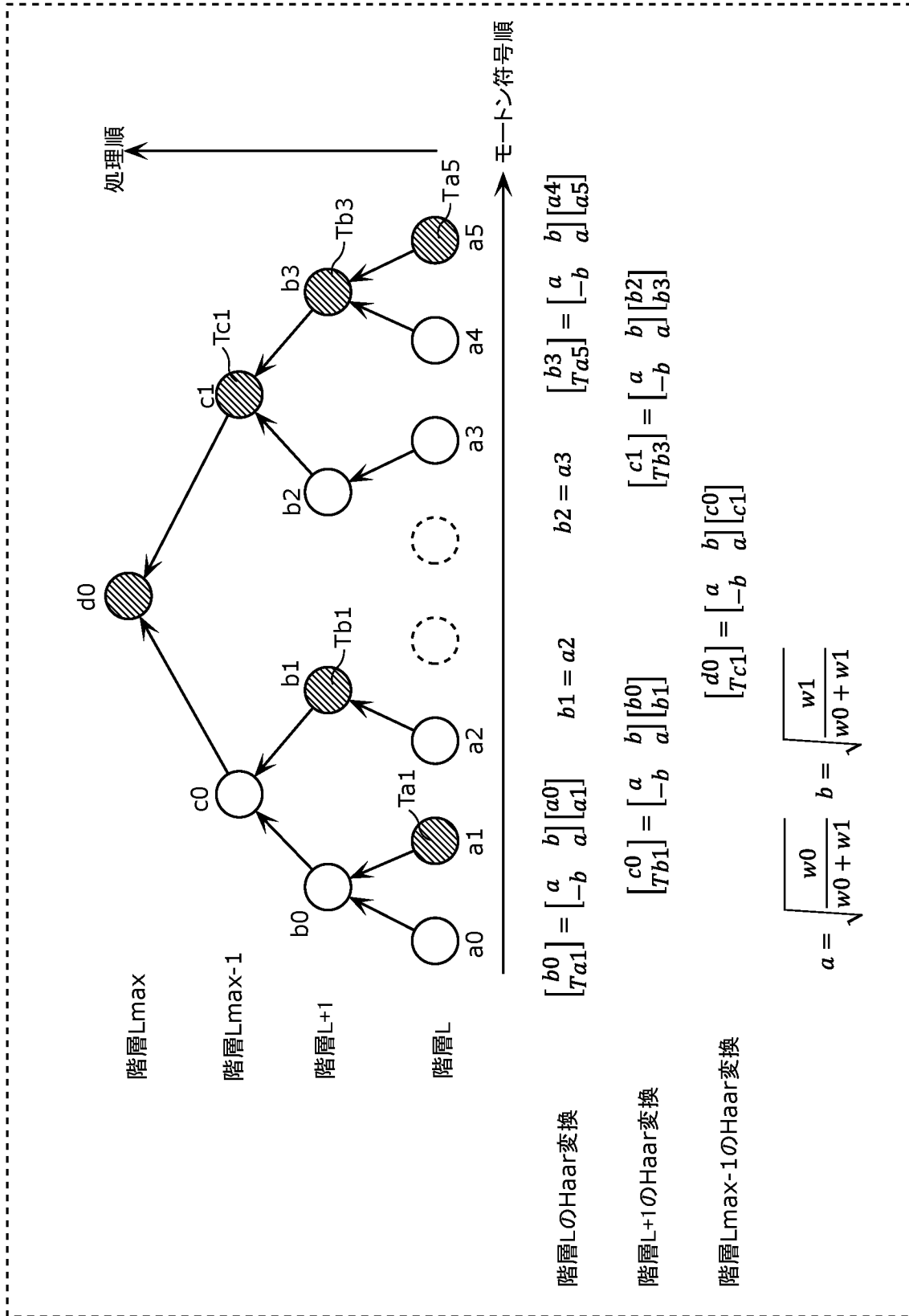


幅優先のスキヤン順 : 10010000

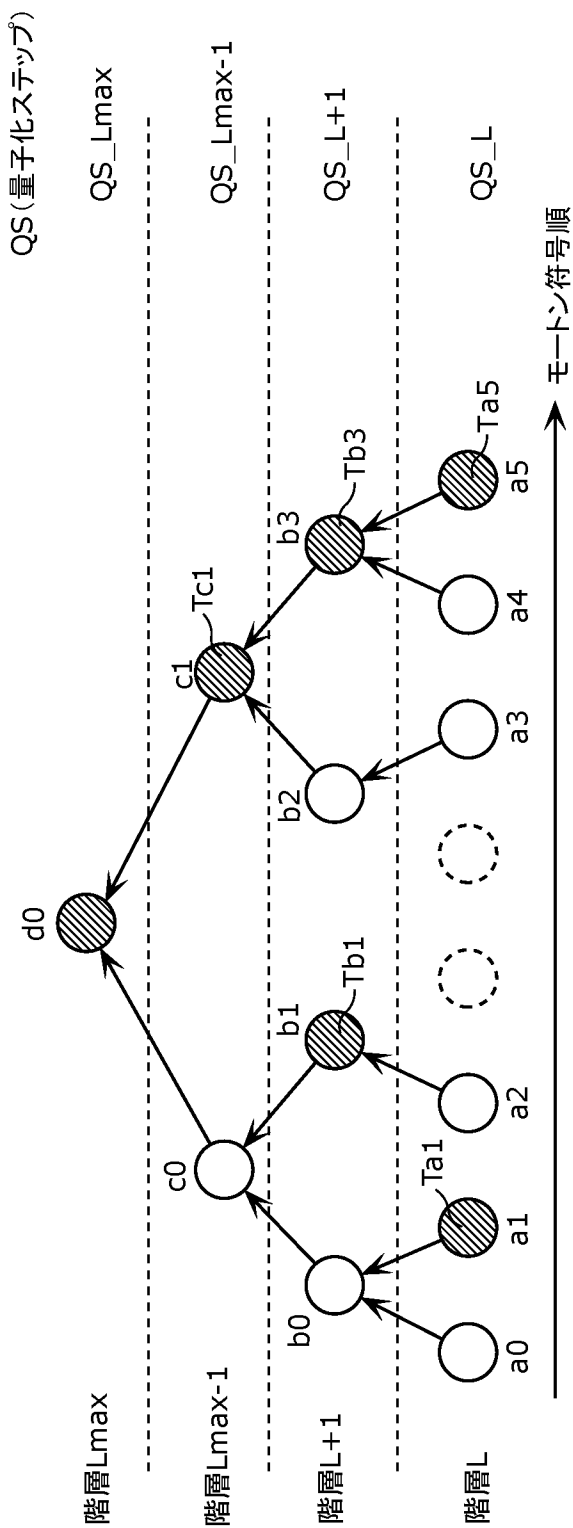
[図26]



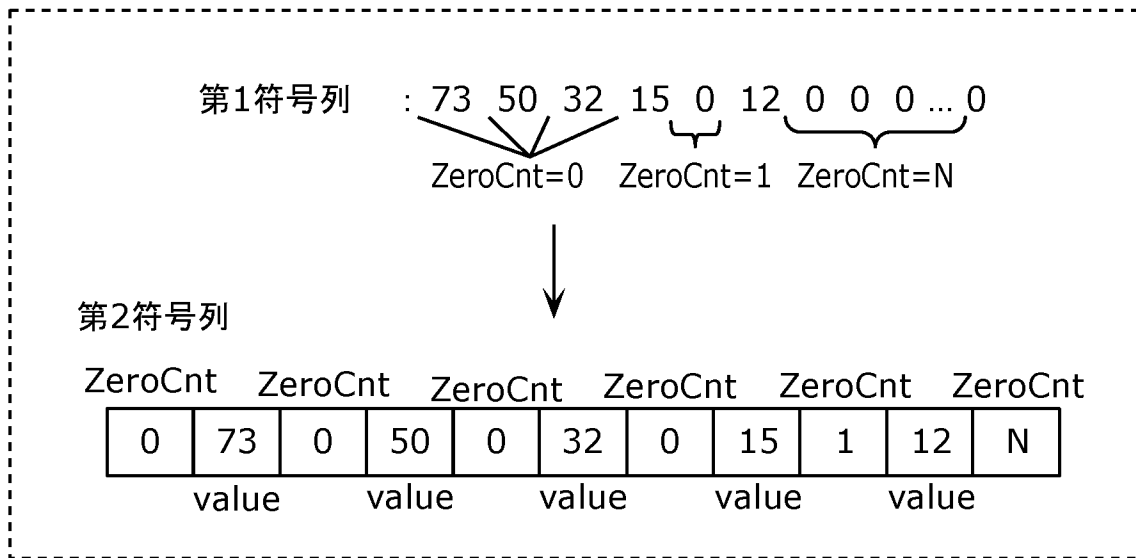
[図27]



[図28]



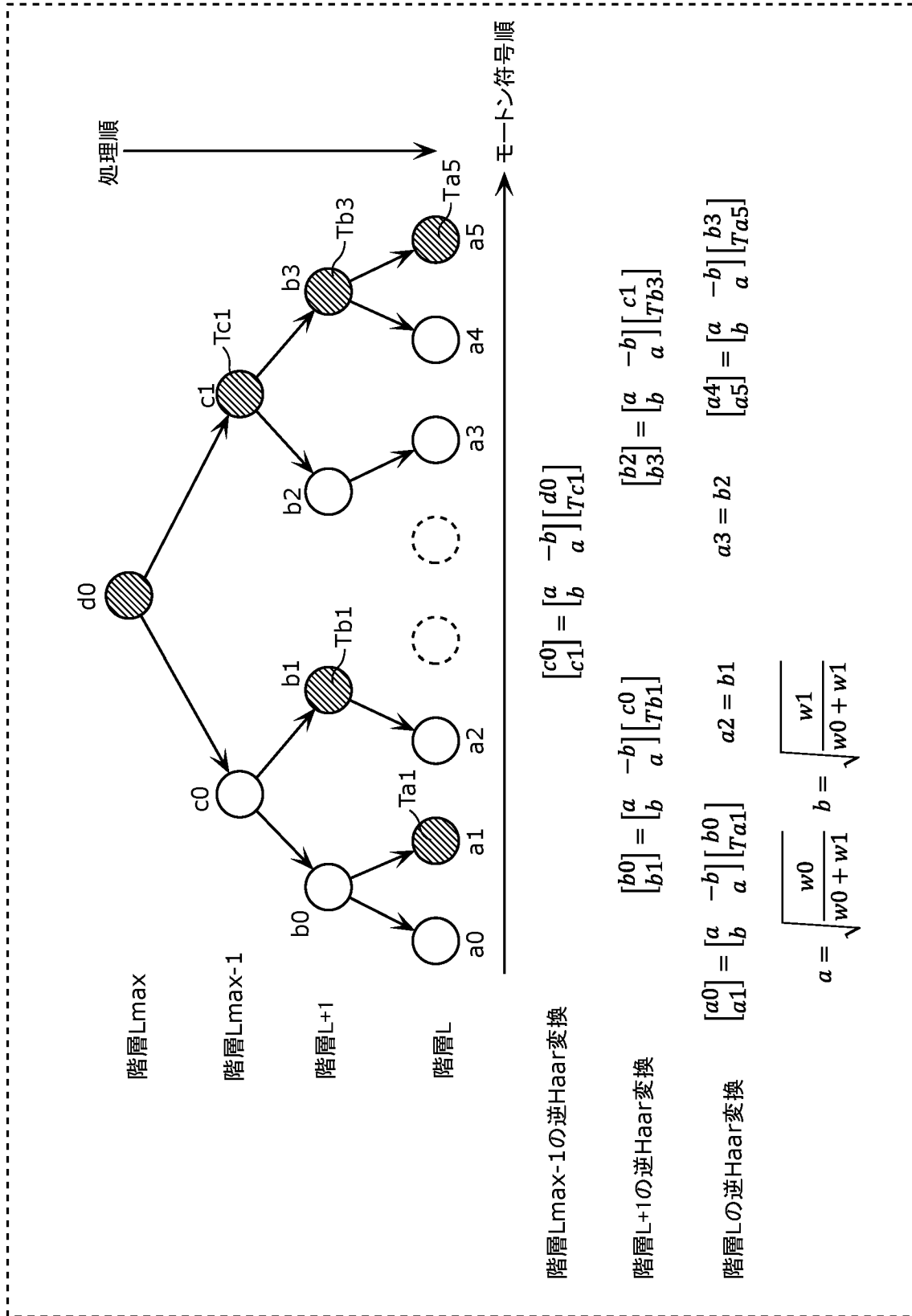
[図29]



[図30]

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

[図31]



[図32]

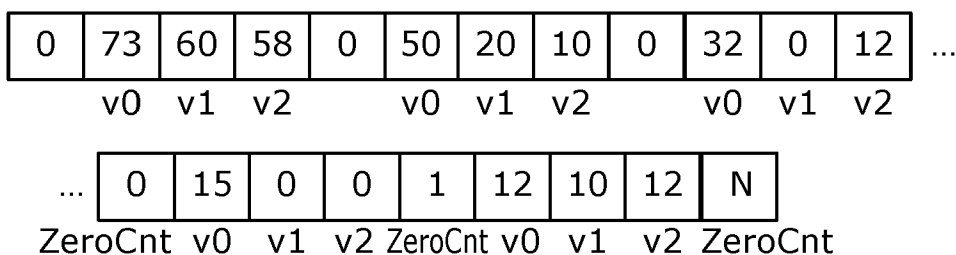
```

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

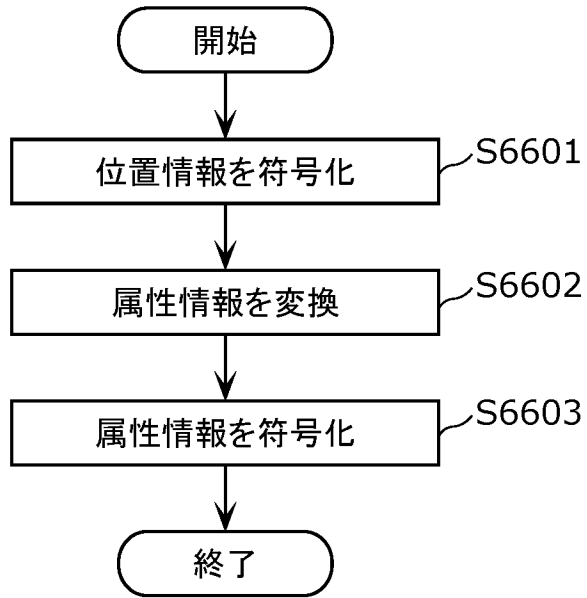
```

[図33]

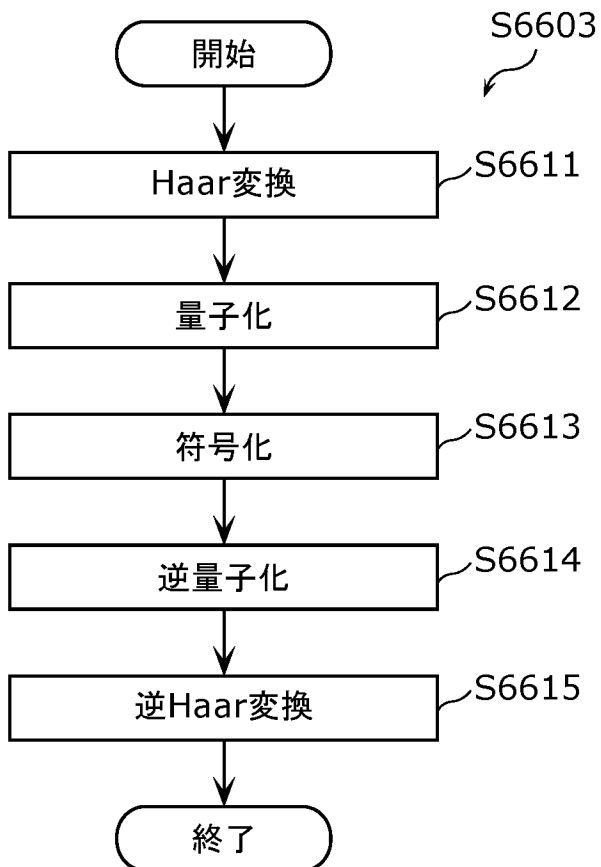
一次元成分(R成分,v0): 73 50 32 15 0 12 0 0 0 ... 0
 二次元成分(G成分,v1): 60 20 0 0 0 10 0 0 0 ... 0
 三次元成分(B成分,v2): 58 10 12 0 0 12 0 0 0 ... 0



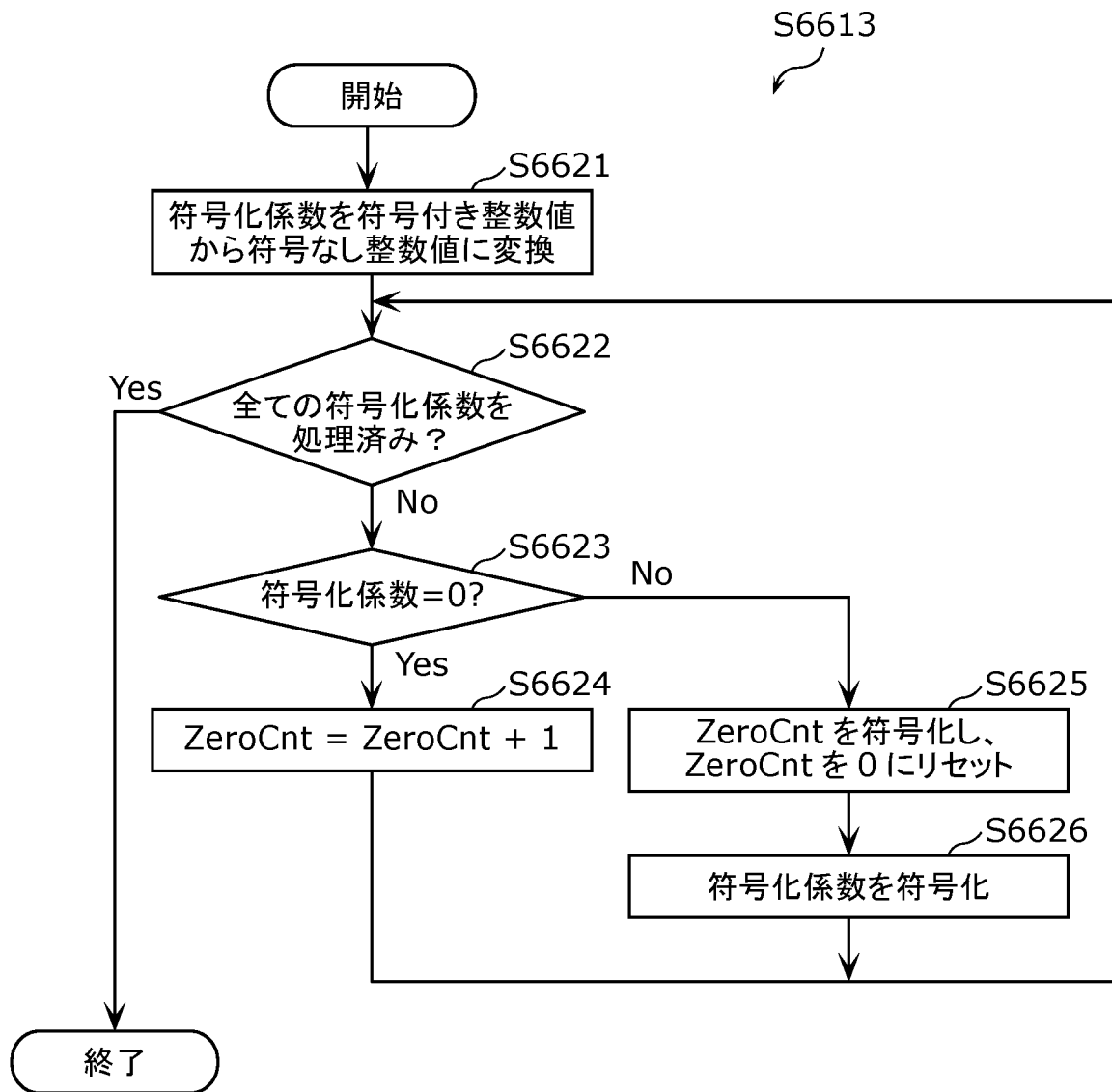
[図34]



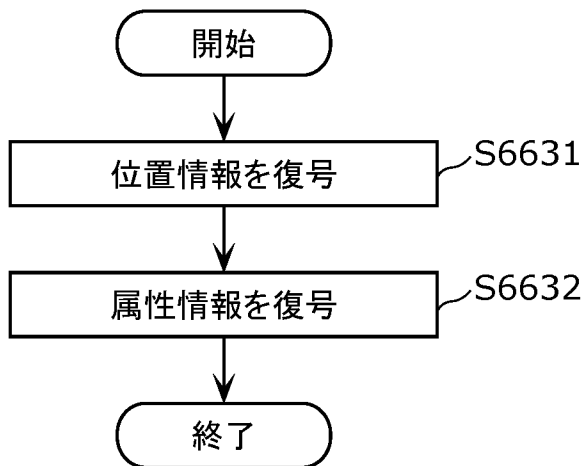
[図35]



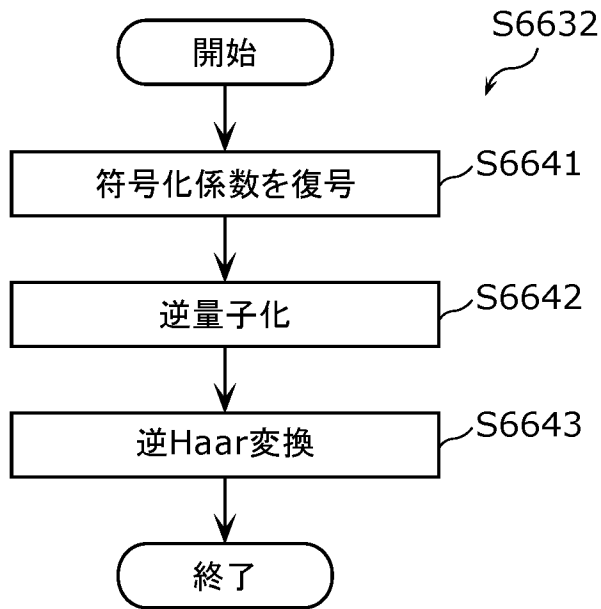
[図36]



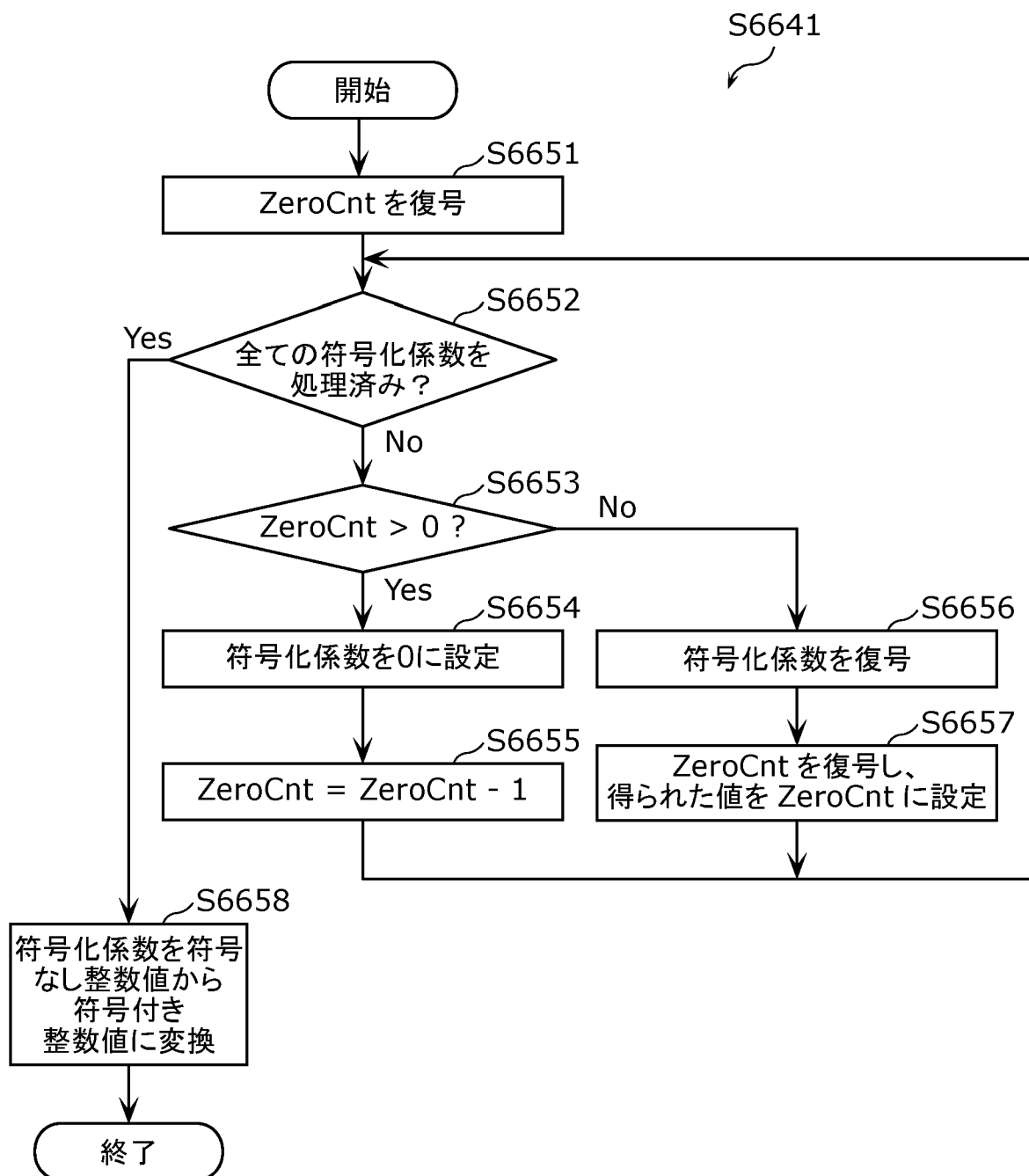
[図37]



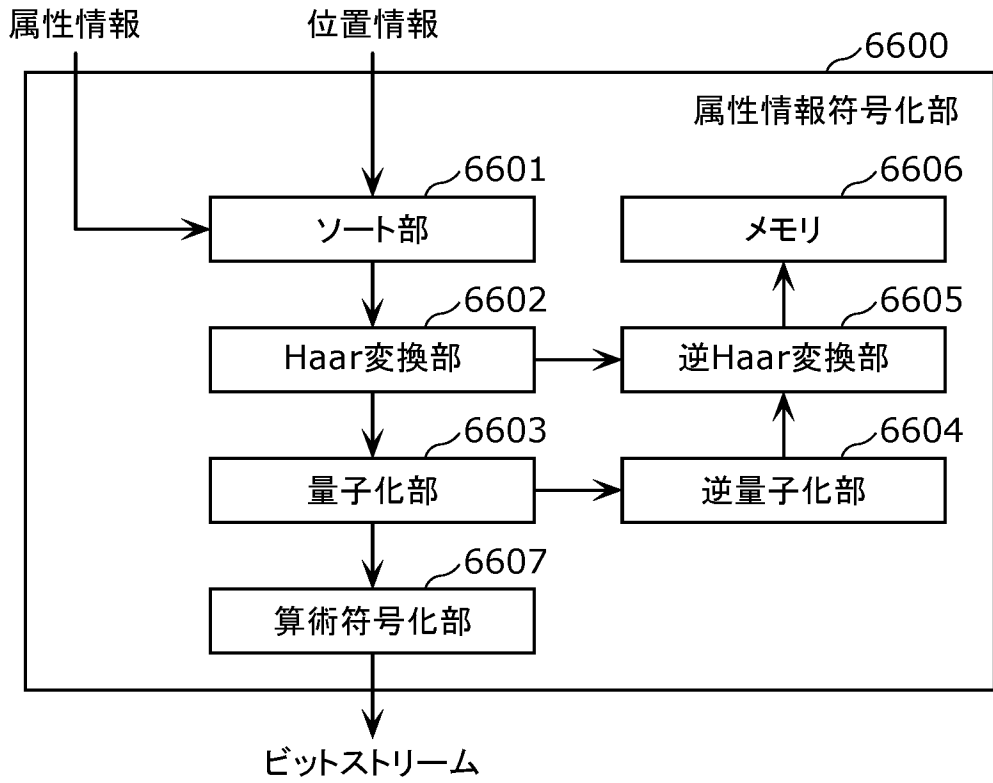
[図38]



[図39]

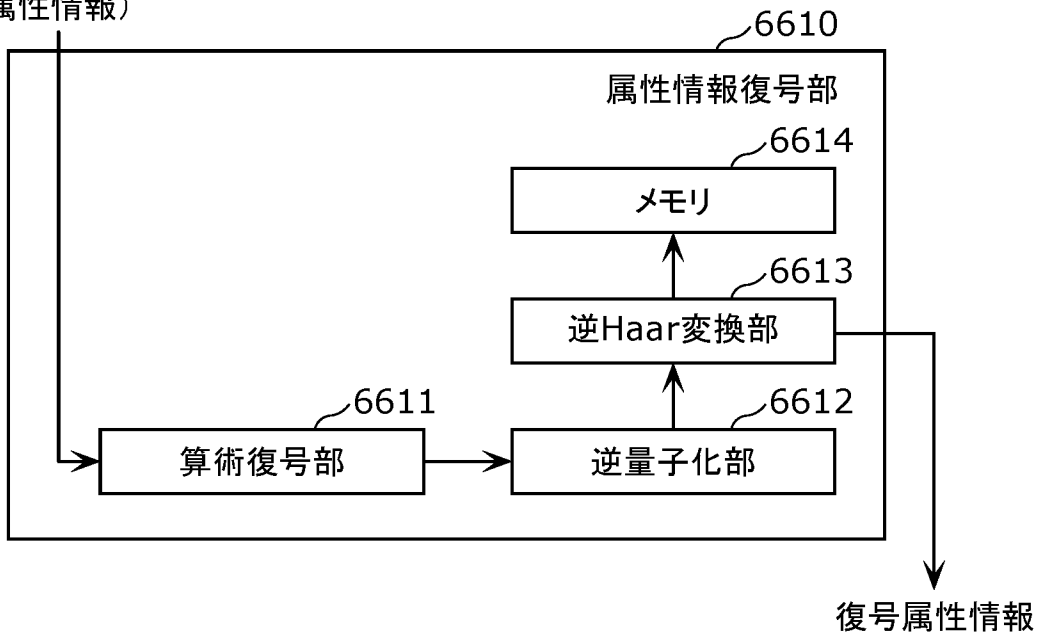


[図40]

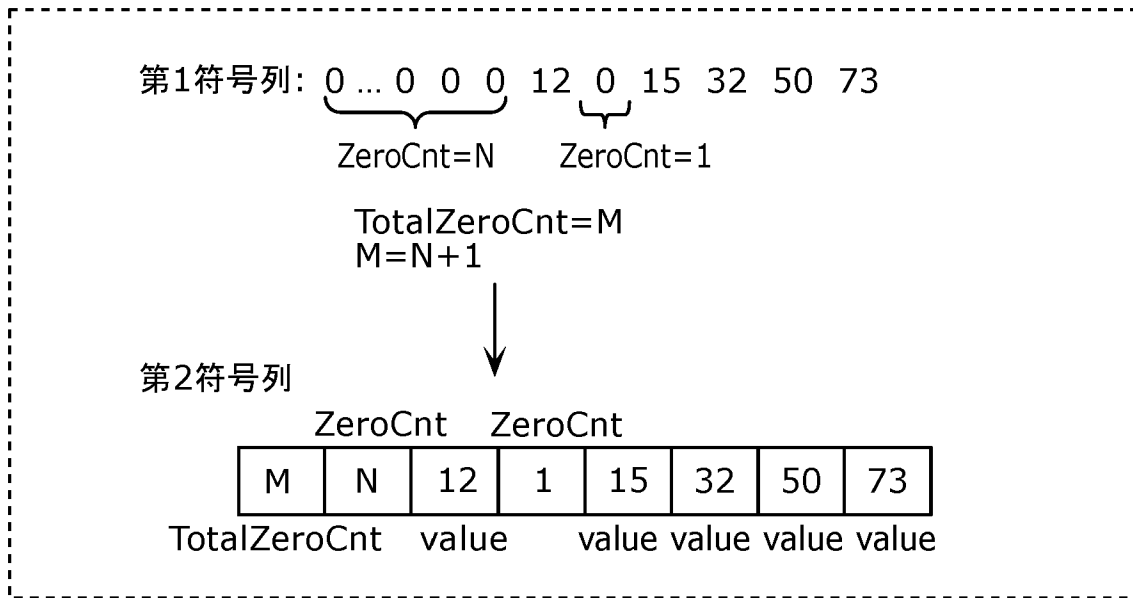


[図41]

ビットストリーム
(符号化
属性情報)



[図42]



[図43]

```

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

```

[図44]

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

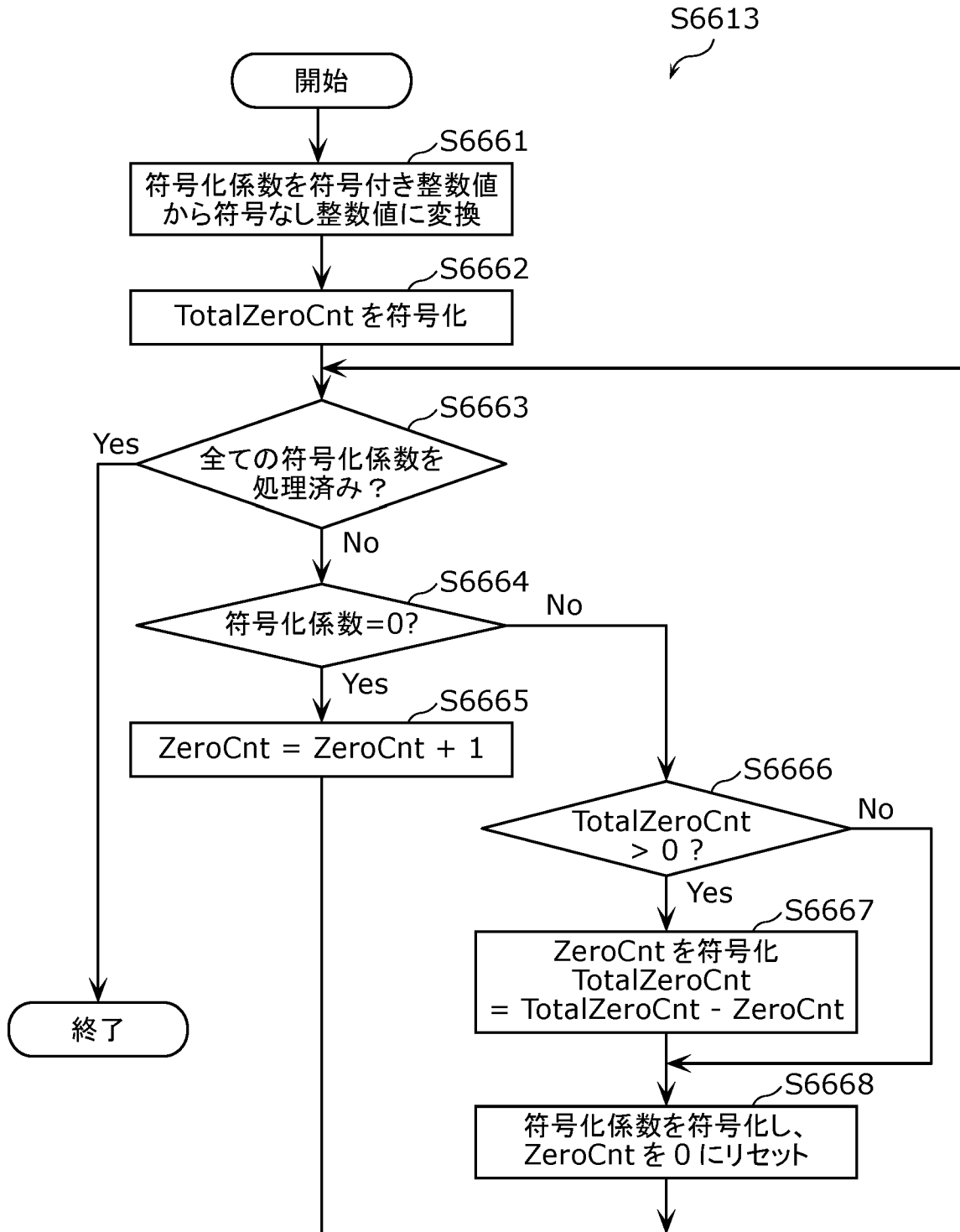


TotalZeroCnt

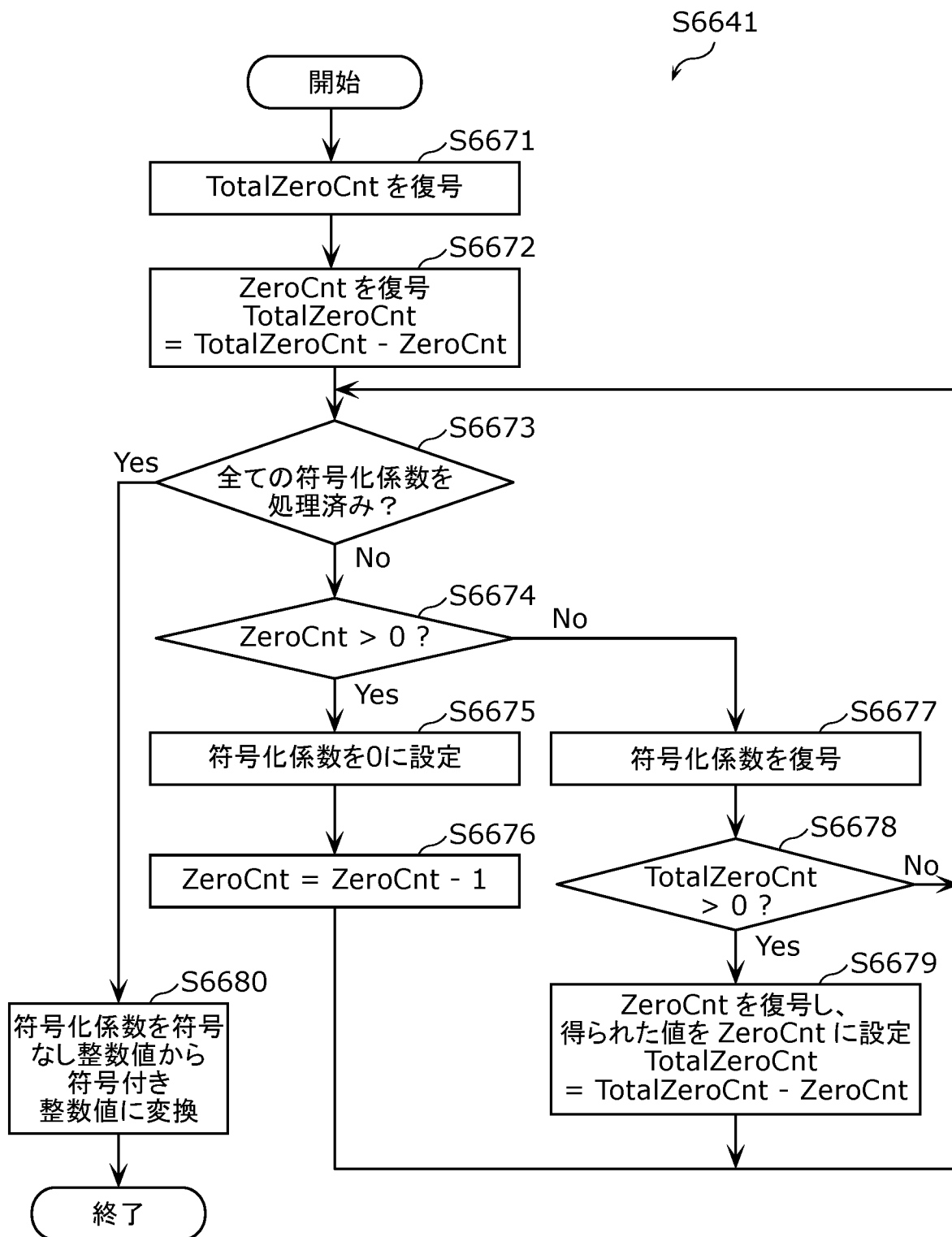
M	N	12	10	12	1	15	0	0	...
	ZeroCnt	v0	v1	v2	ZeroCnt	v0	v1	v2	

...	32	0	12	50	20	10	73	60	58
	v0	v1	v2	v0	v1	v2	v0	v1	v2

[図45]



[図46]



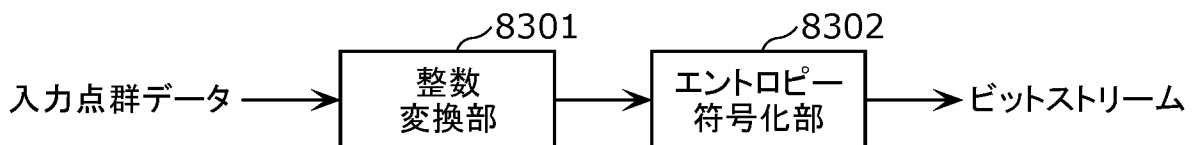
[図47]

```

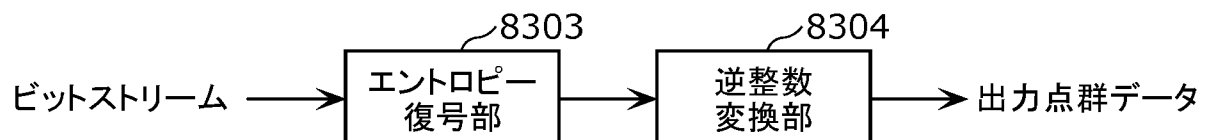
attribute_data {
...
ZeroCnt
for (i=0; i<NumOfPoint; i++) {
  if (ZeroCnt > 0 ) {
    for (j=0; j<attribute_dimension; j++)
      value[j][i] = 0
    --ZeroCnt
  }
  else {
    for (j=0; j<attribute_dimension; j++)
      value[j][i]_greater_zero_flag
      if (value[j][i]_greater_zero_flag == 1) {
        value[j][i]_greater_one_flag
        if (value[j][i]_greater_one_flag == 1) {
          value[j][i]
          value[j][i] = value[j][i] + 2
        }
        else
          value[j][i] = 1
      }
      else
        value[j][i] = 0
    for(d=1, j=1; j<attribute_dimension; j++)
      if (value[j][i] != value[j-1][i])
        d = 0
    for(j=0; j< attribute_dimension; j++ )
      value[j][i] += d
    ZeroCnt
  }
}
...
}

```

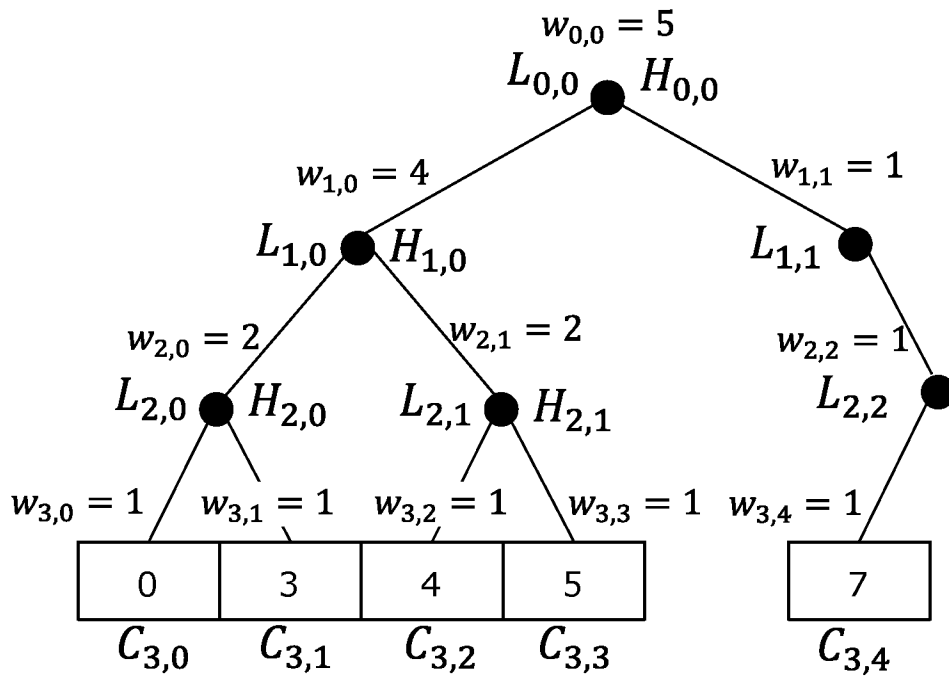
[図48]



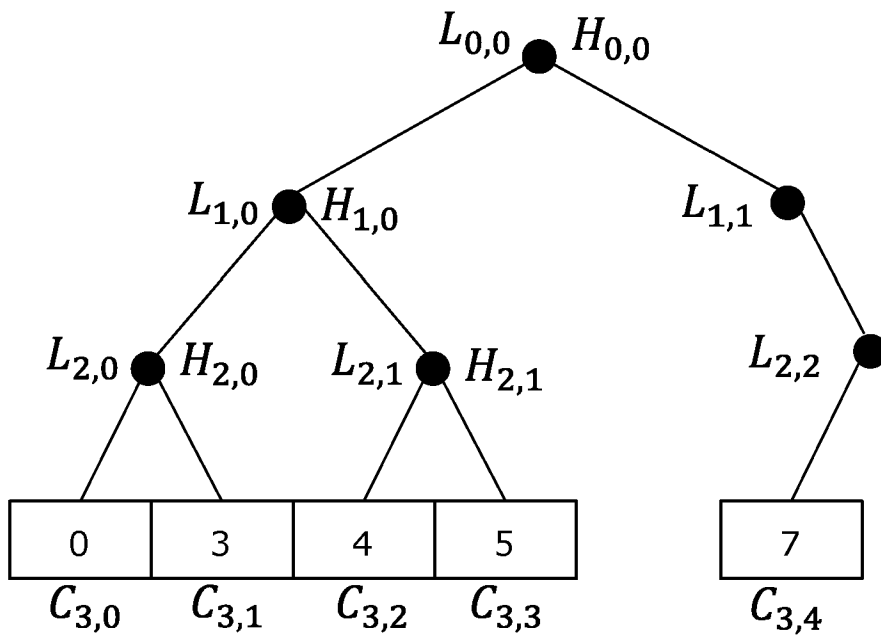
[図49]



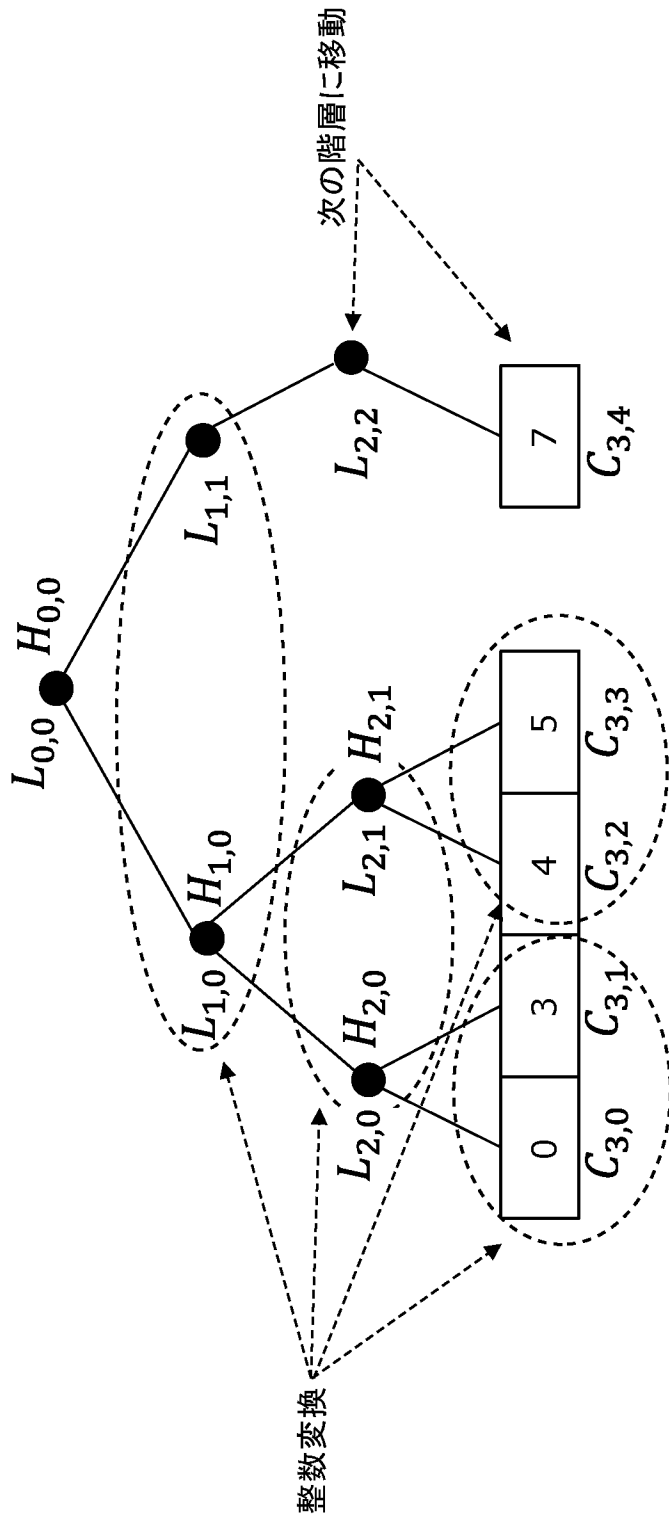
[図50]



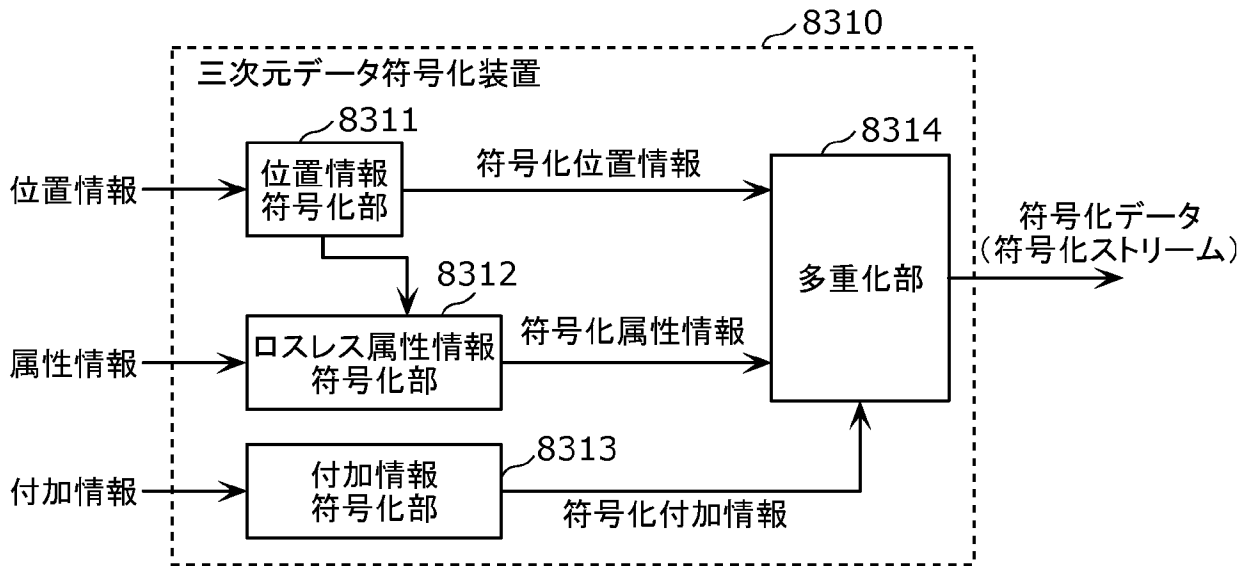
[図51]



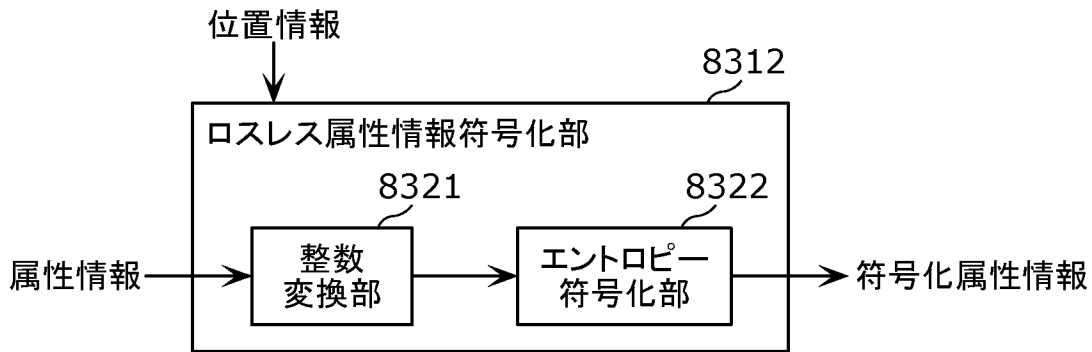
[図52]



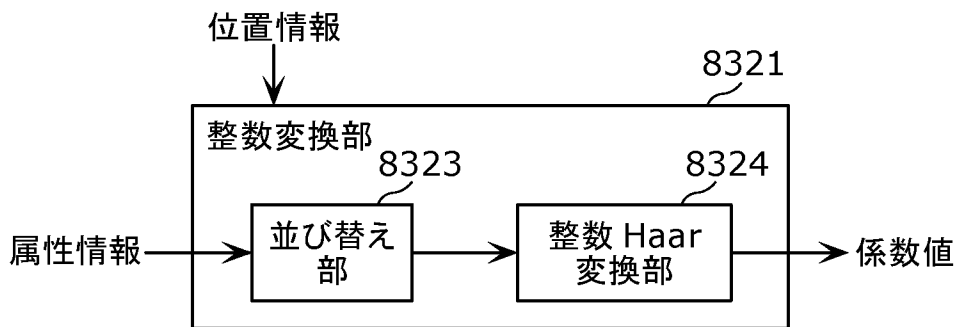
[図53]



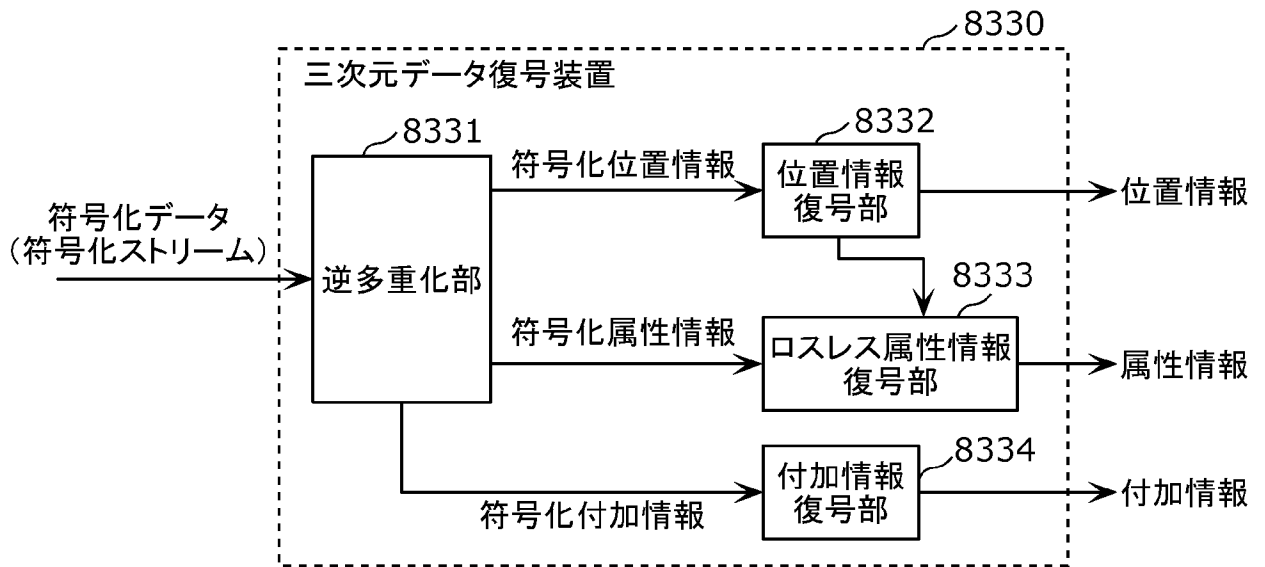
[図54]



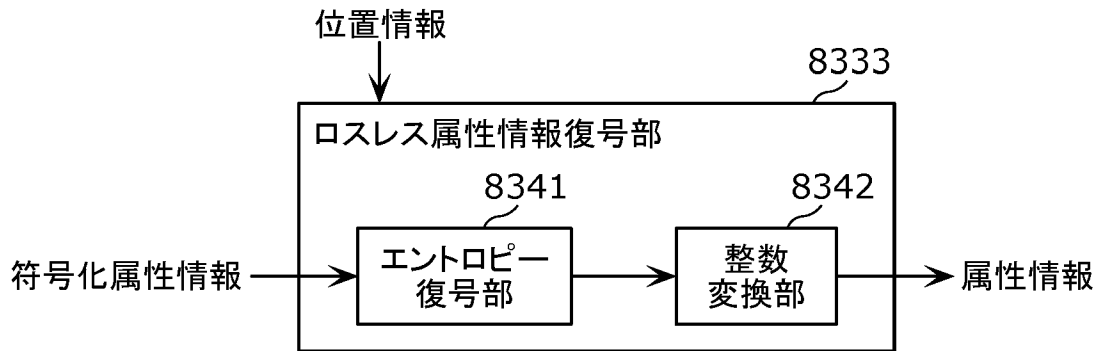
[図55]



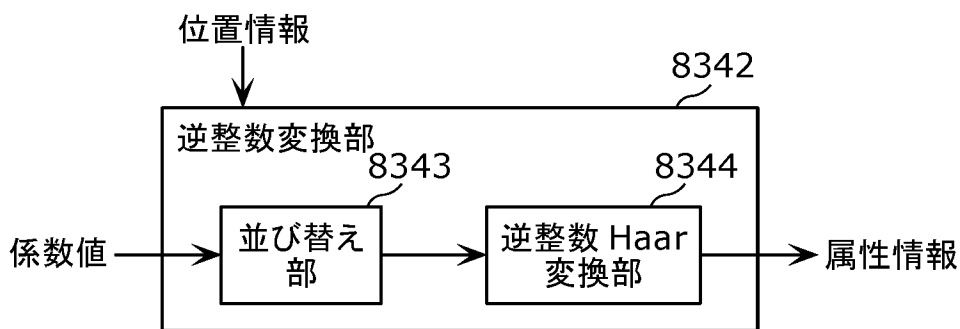
[図56]



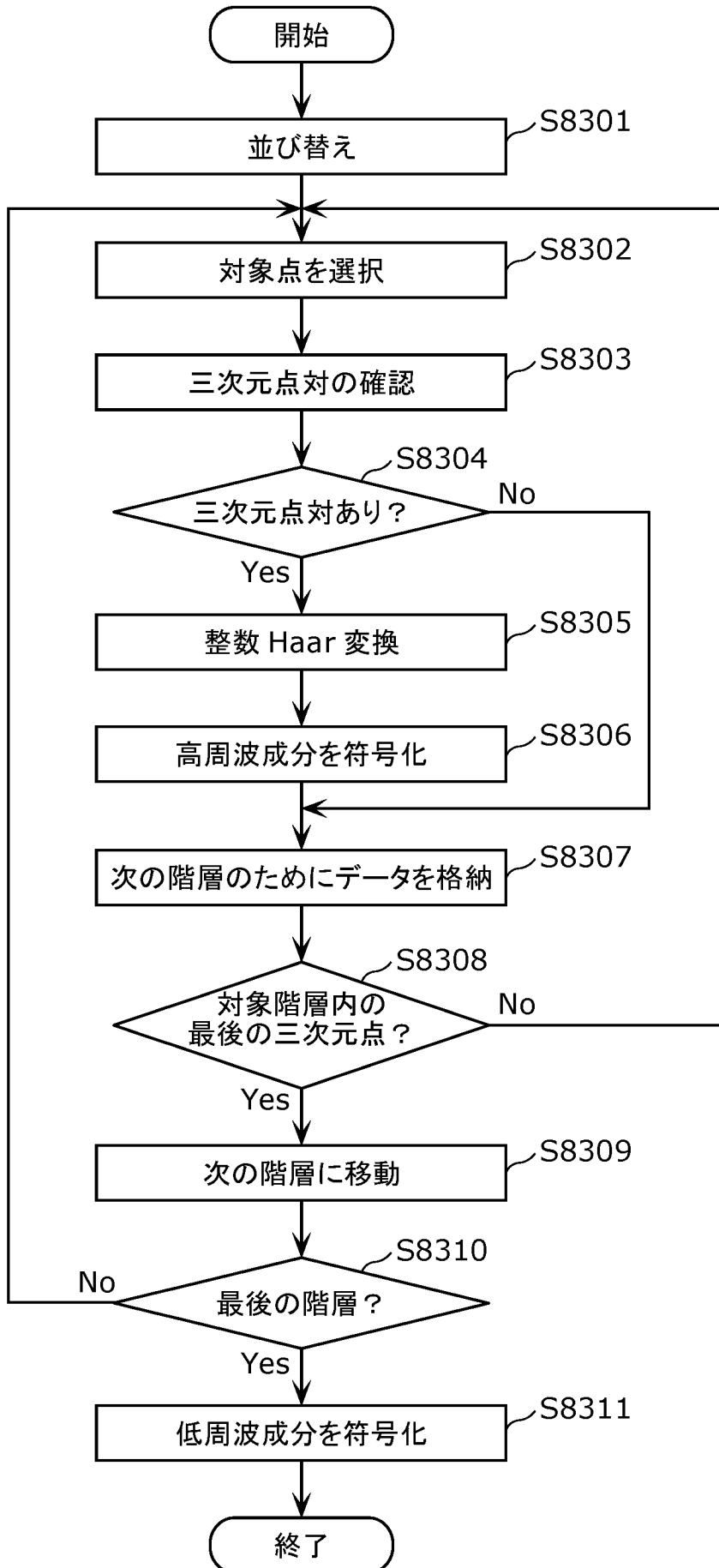
[図57]



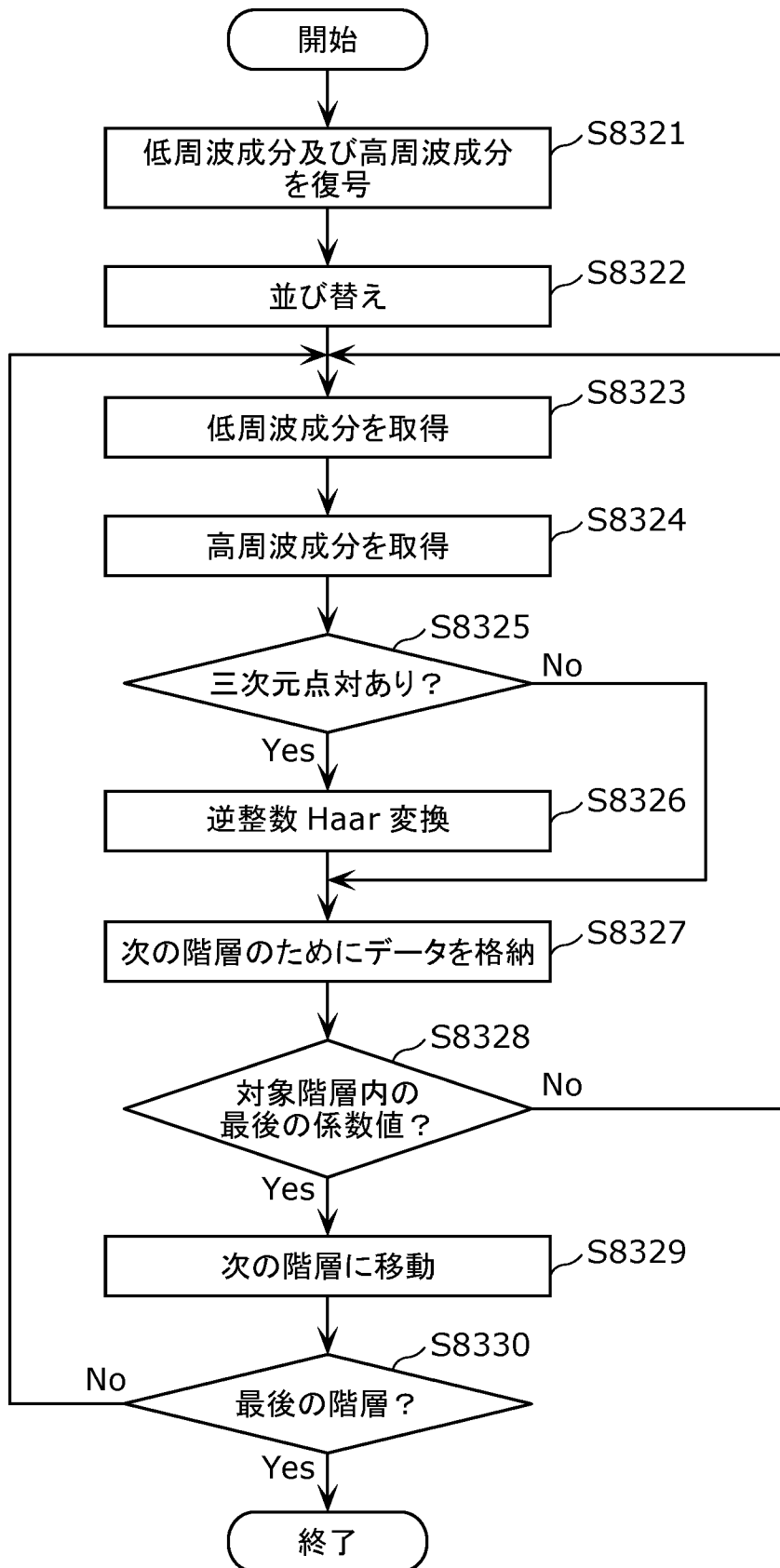
[図58]



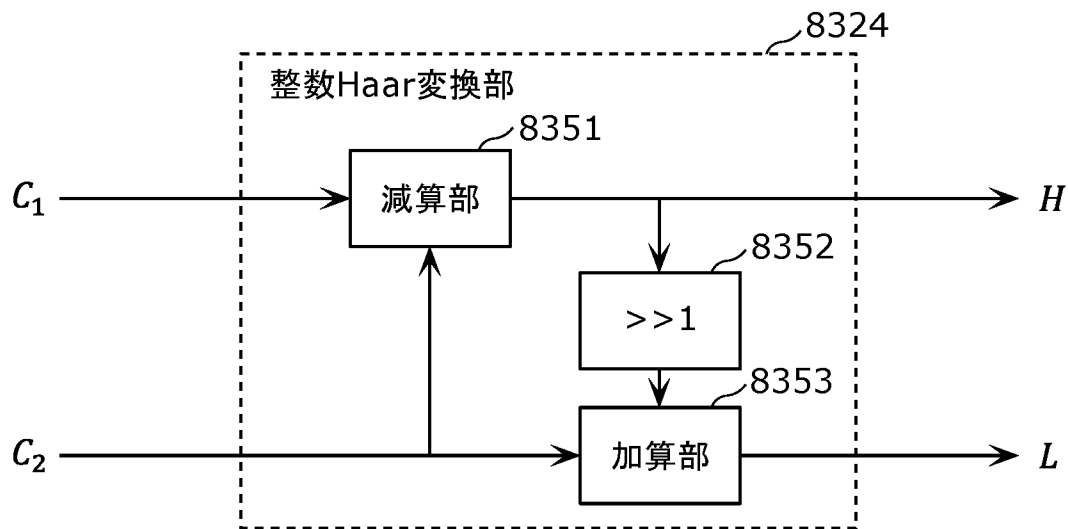
[図59]



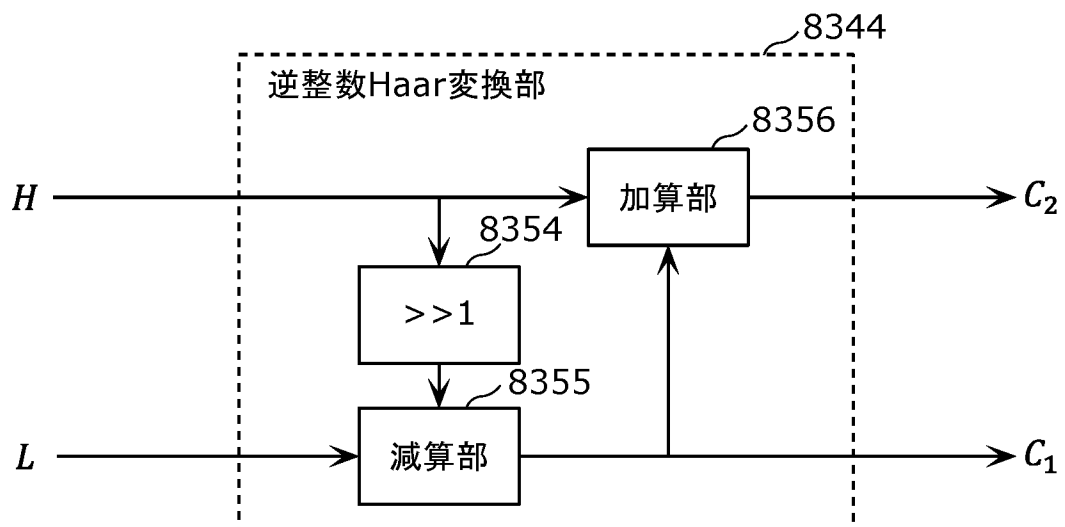
[図60]



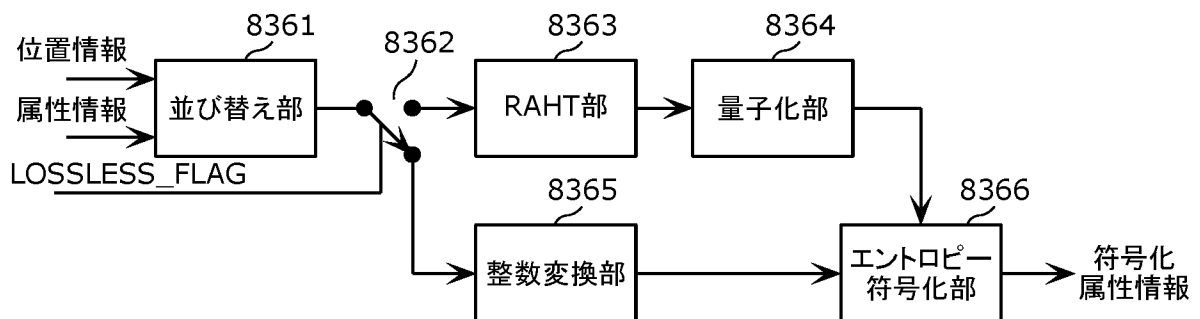
[図61]



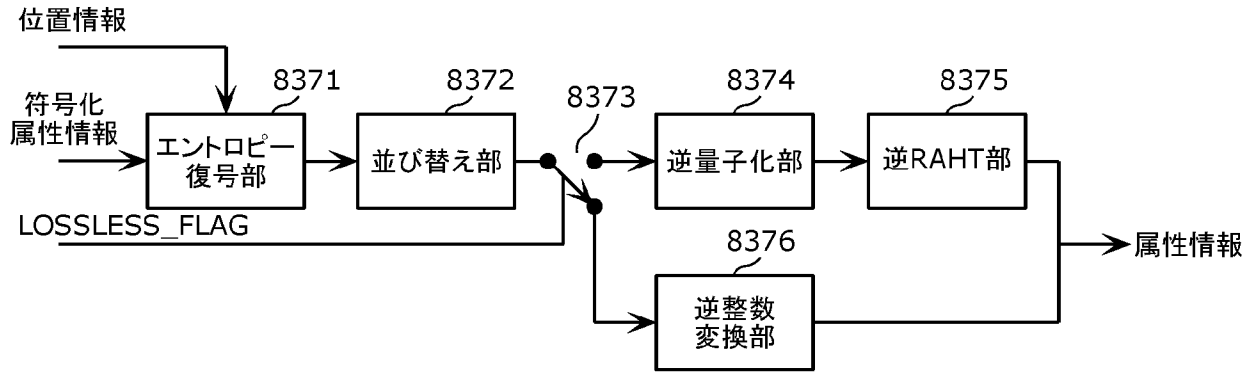
[図62]



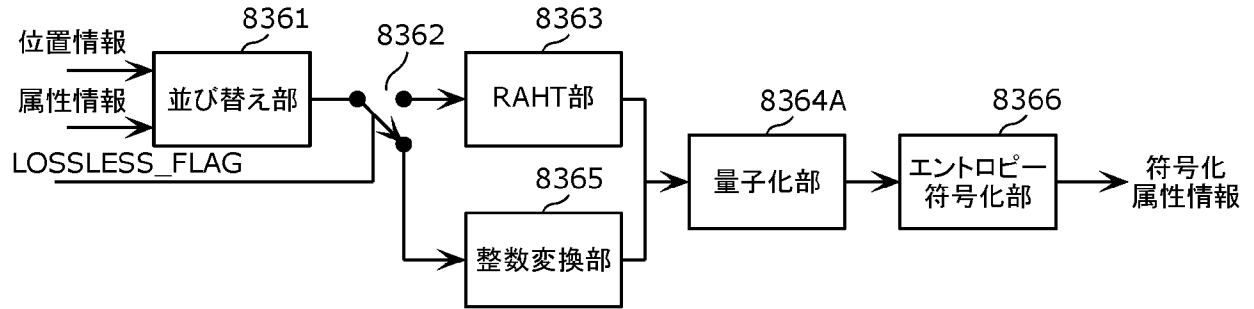
[図63]



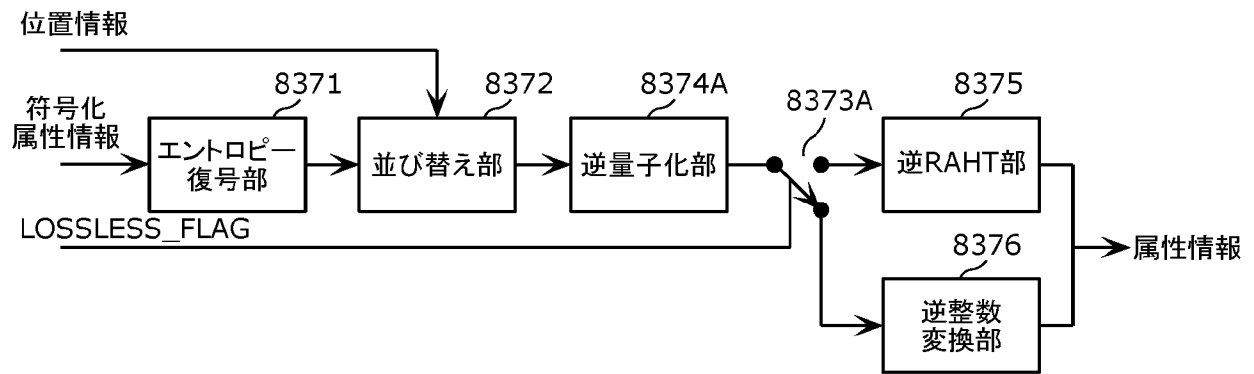
[図64]



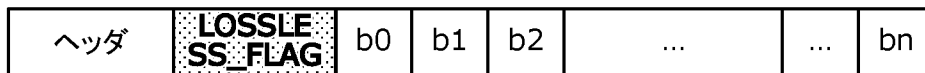
[図65]



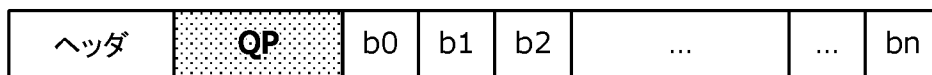
[図66]



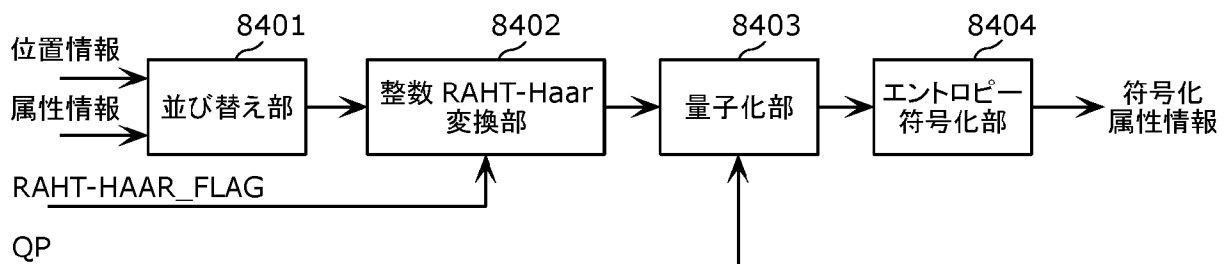
[図67]



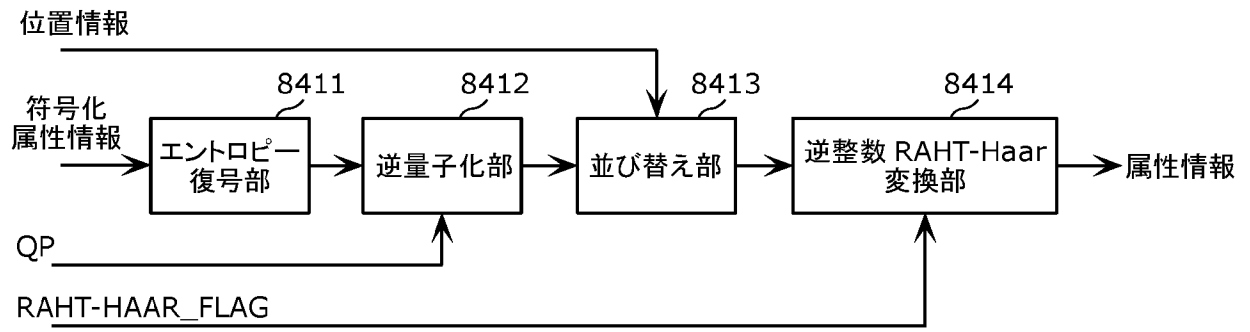
[図68]



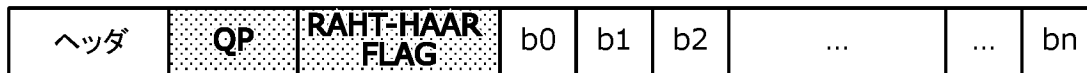
[図69]



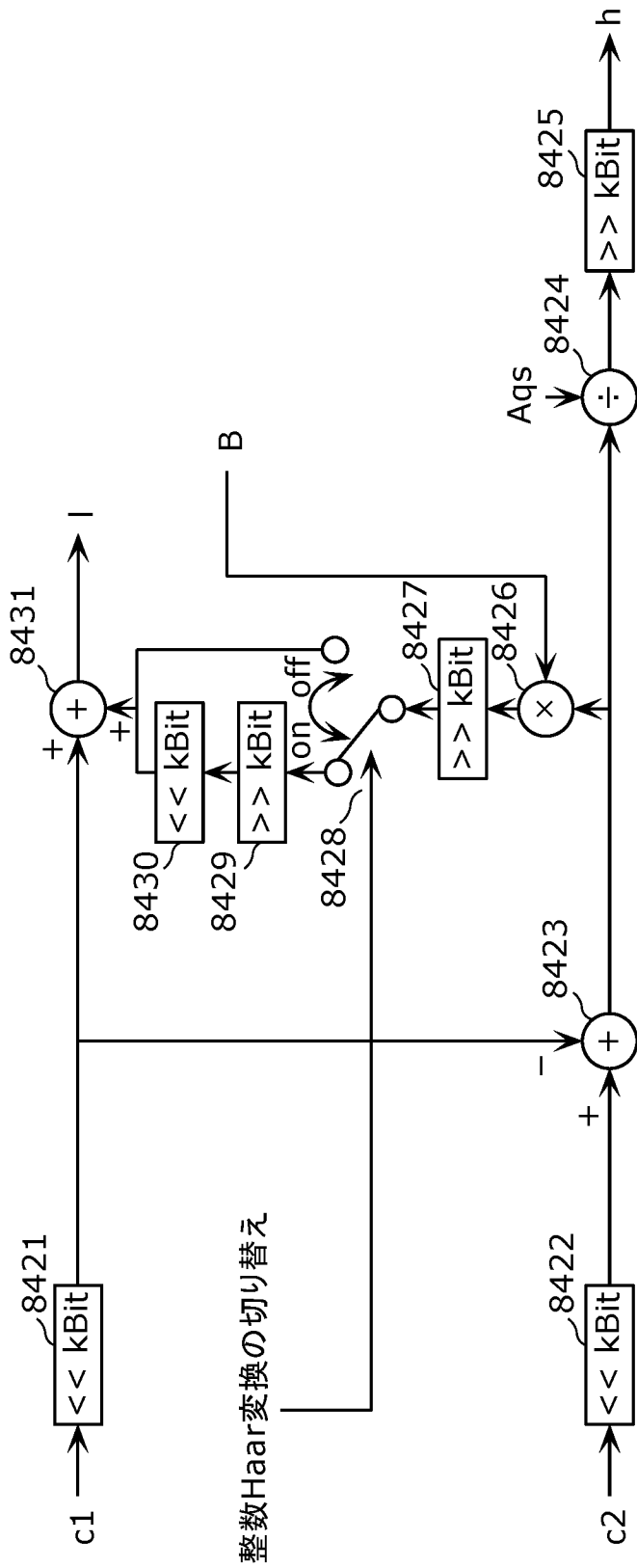
[図70]



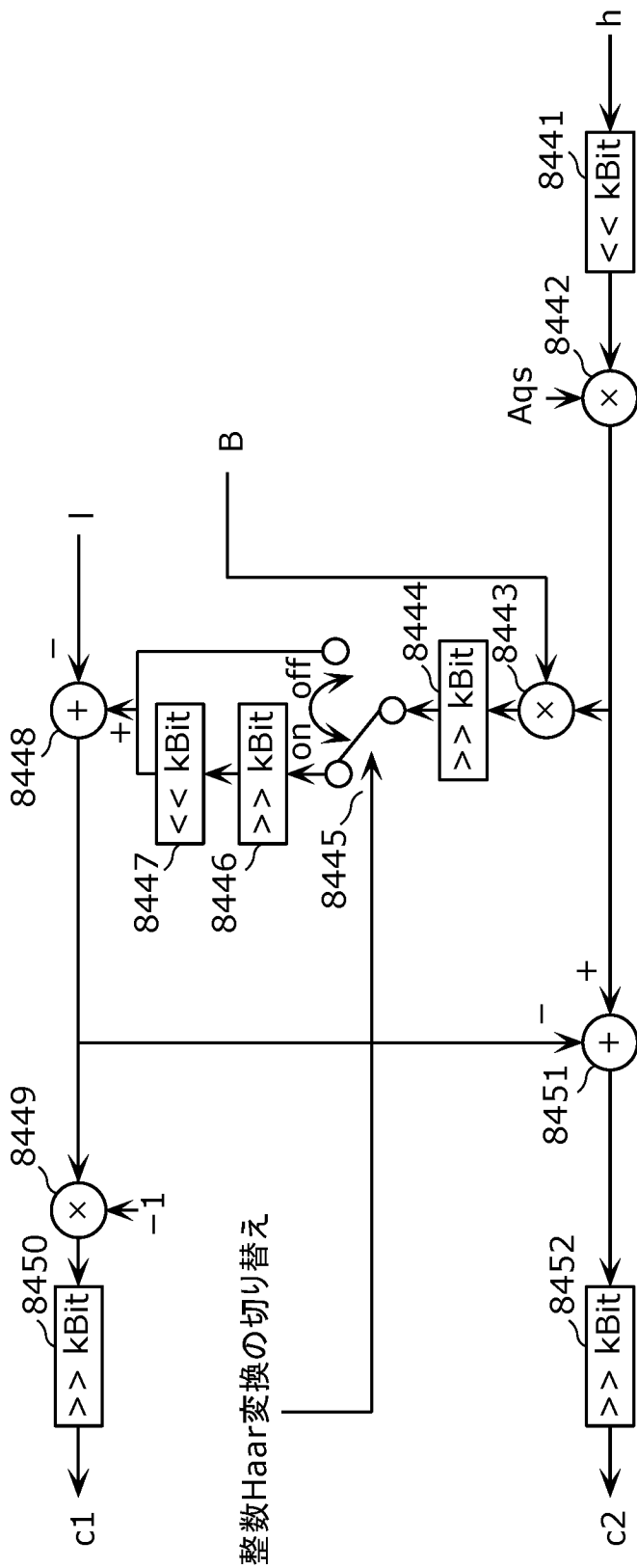
[図71]



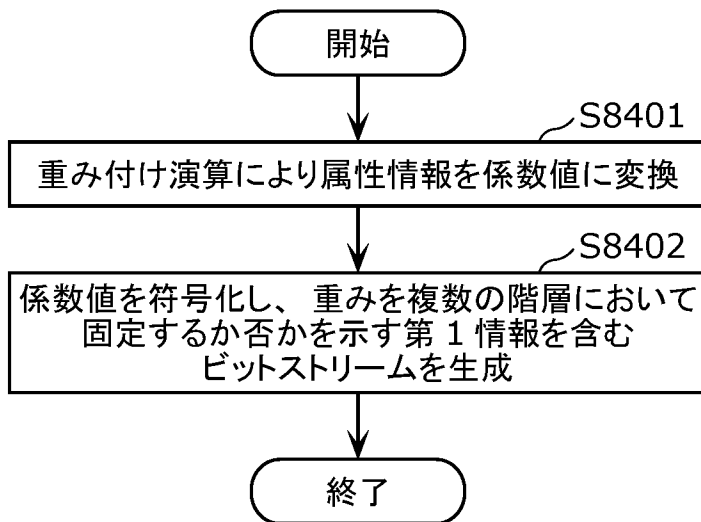
[図72]



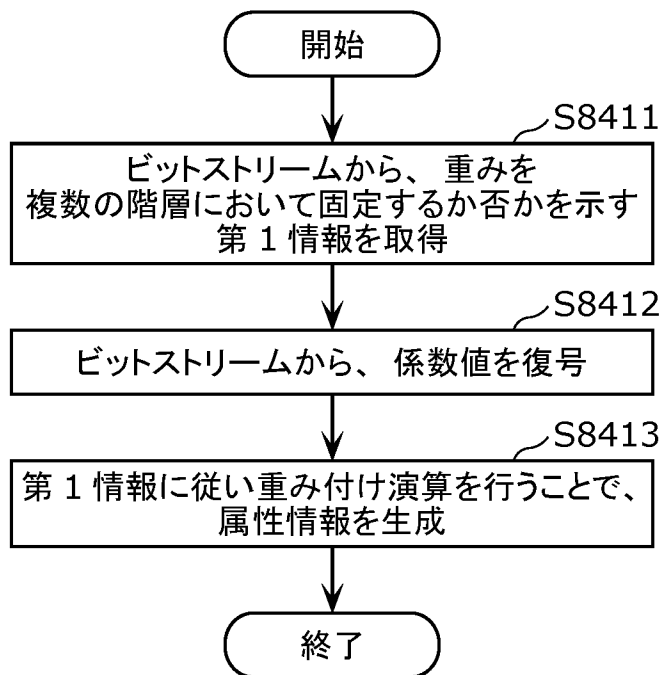
[図73]



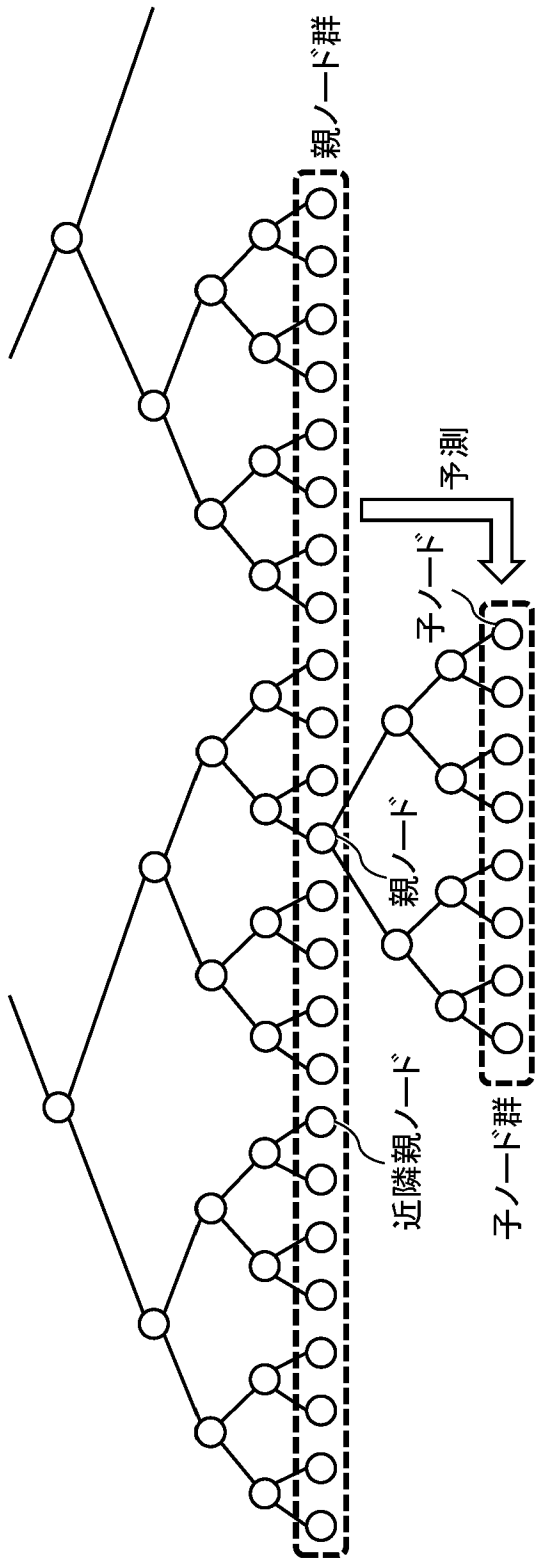
[図74]



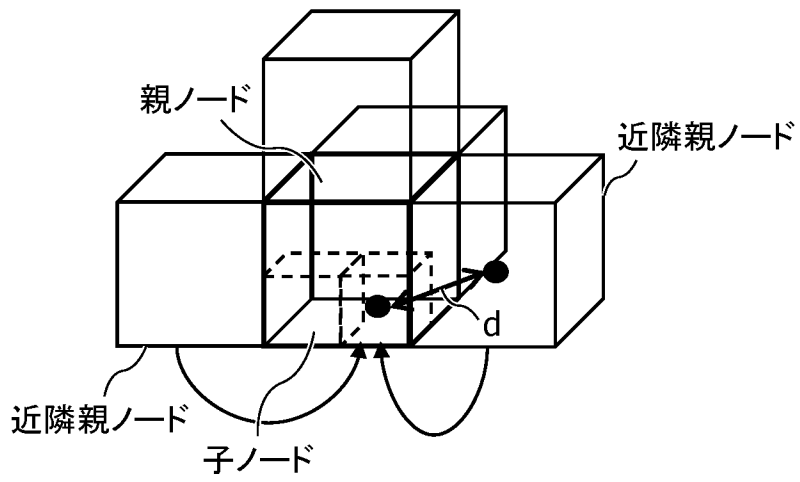
[図75]



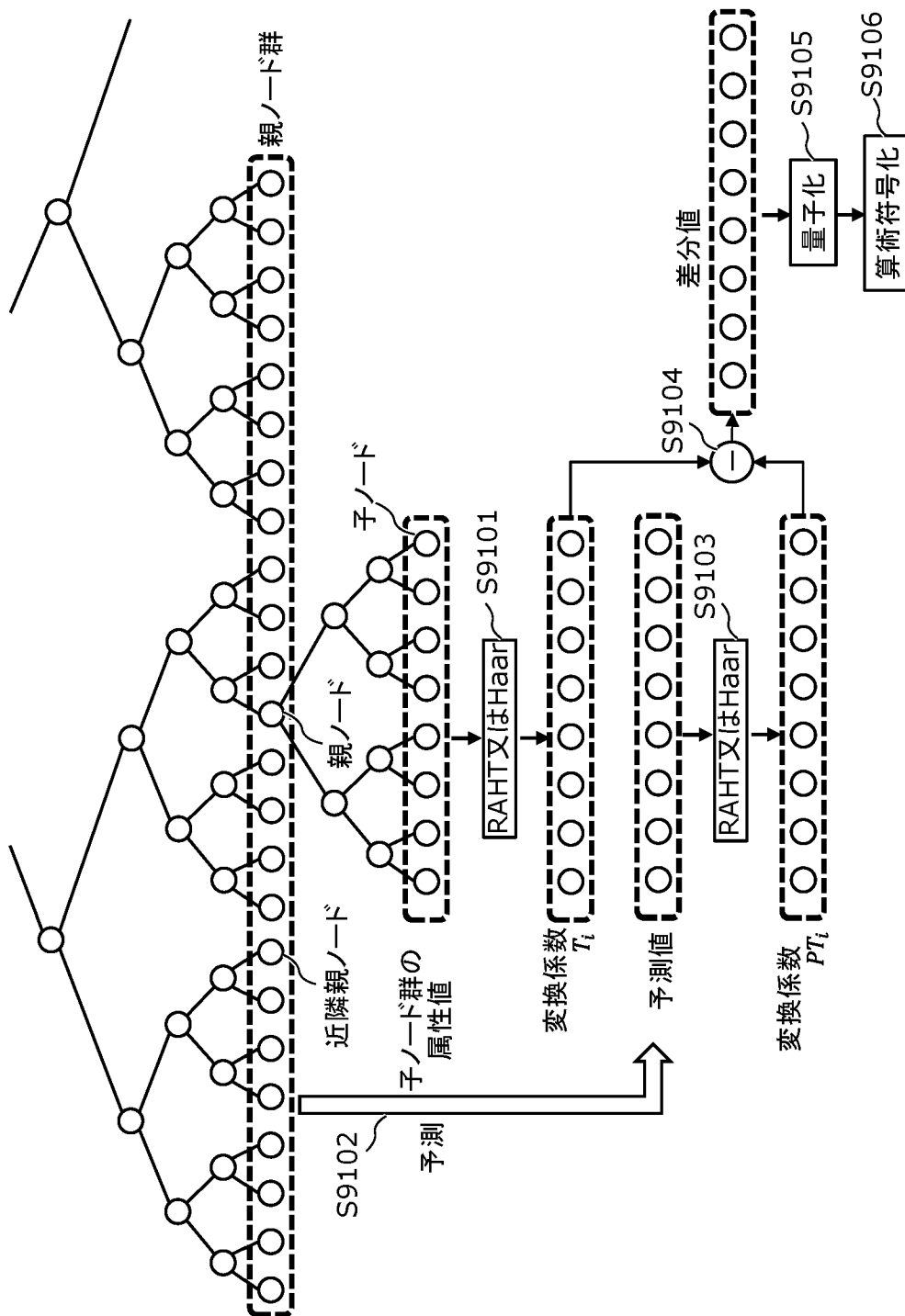
[図76]



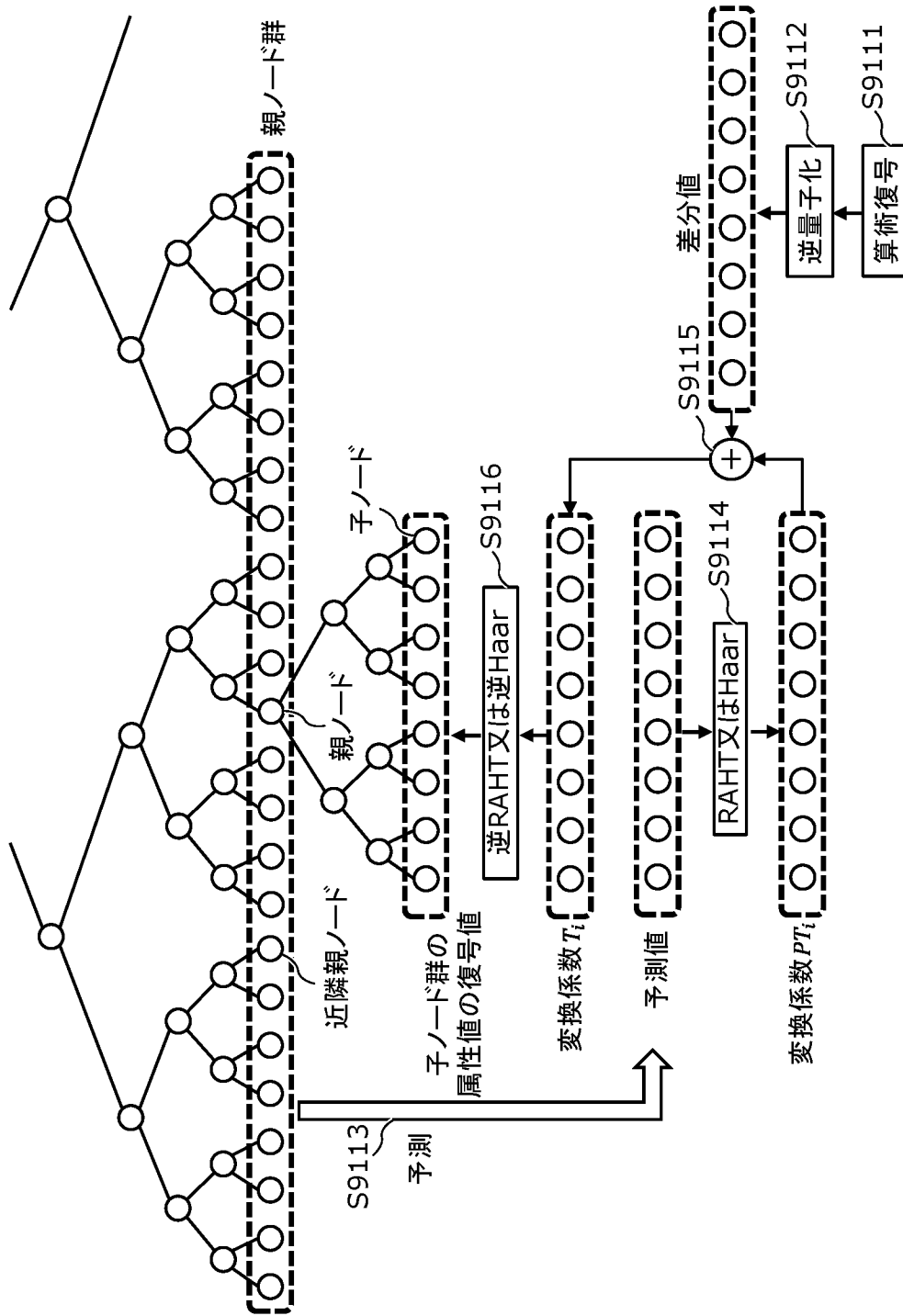
[図77]



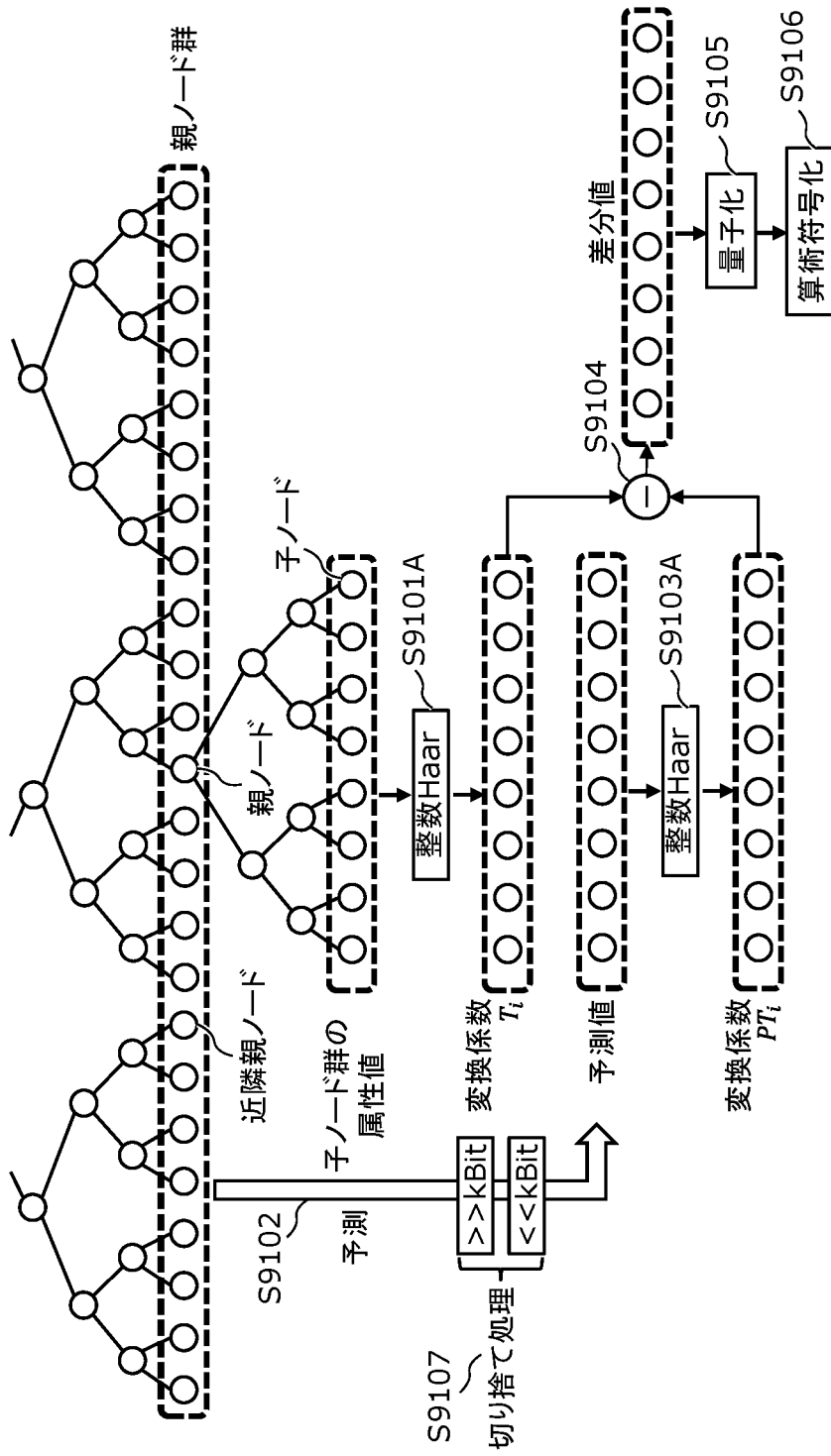
[図78]



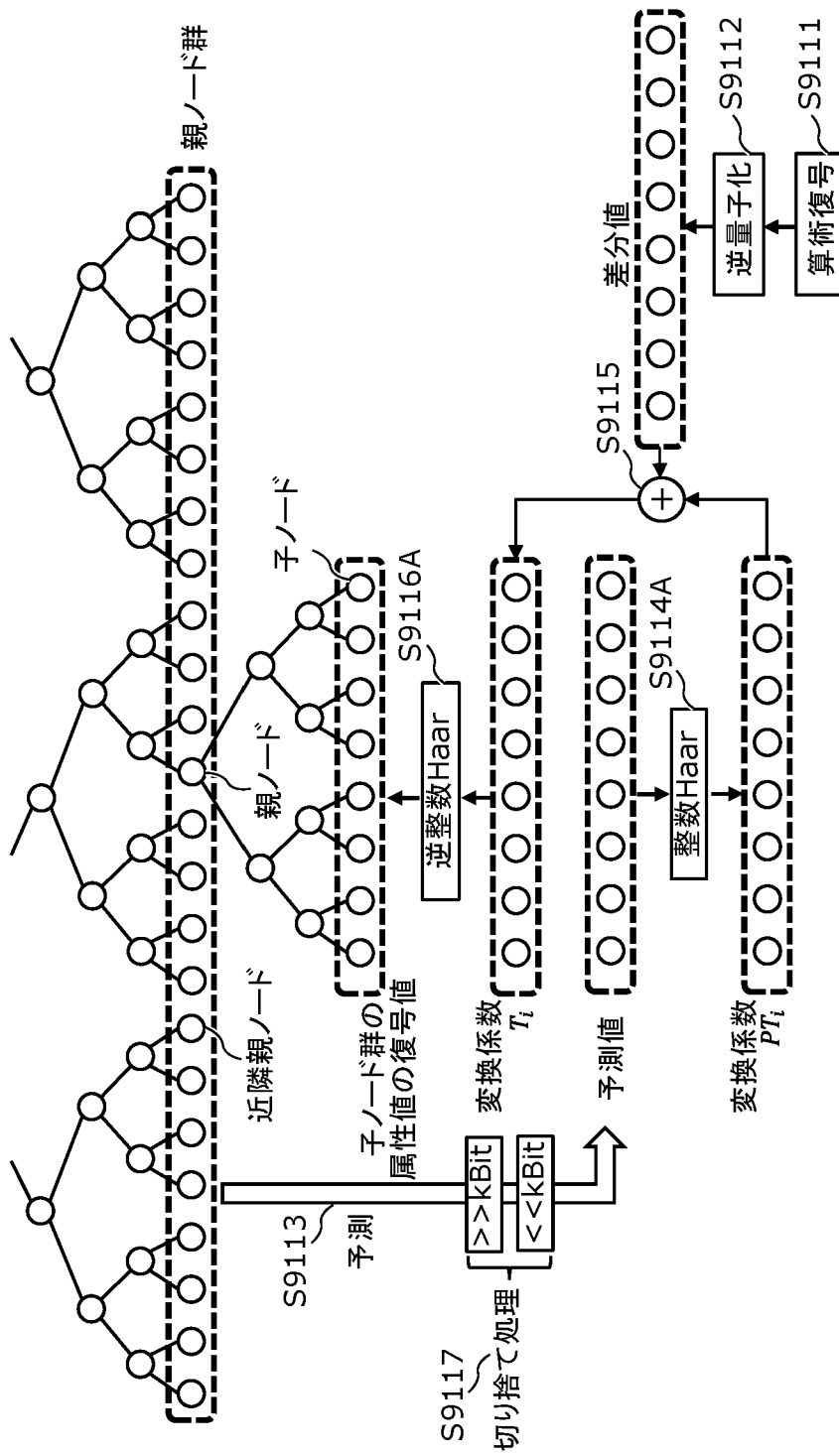
[図79]



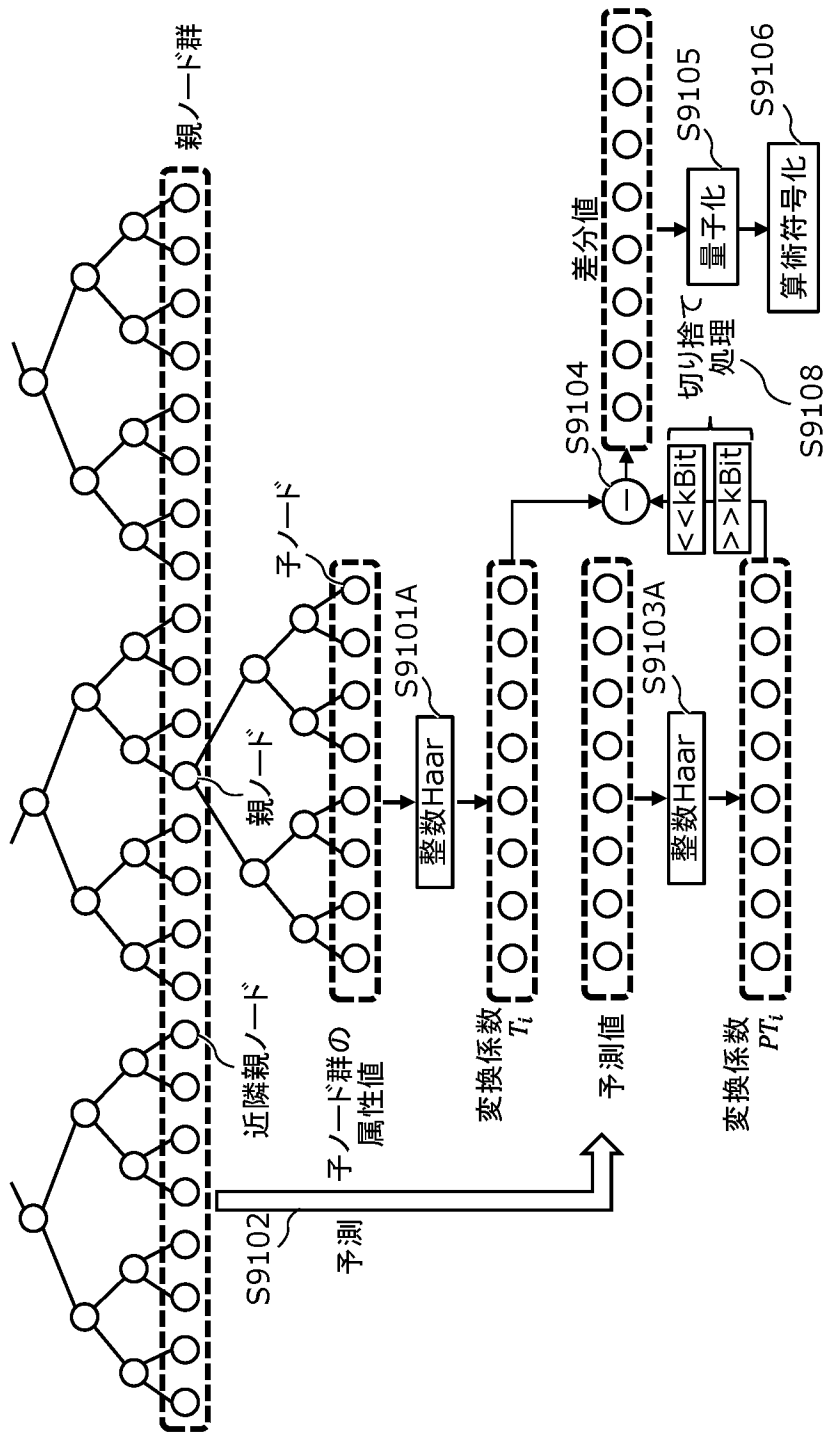
[図80]



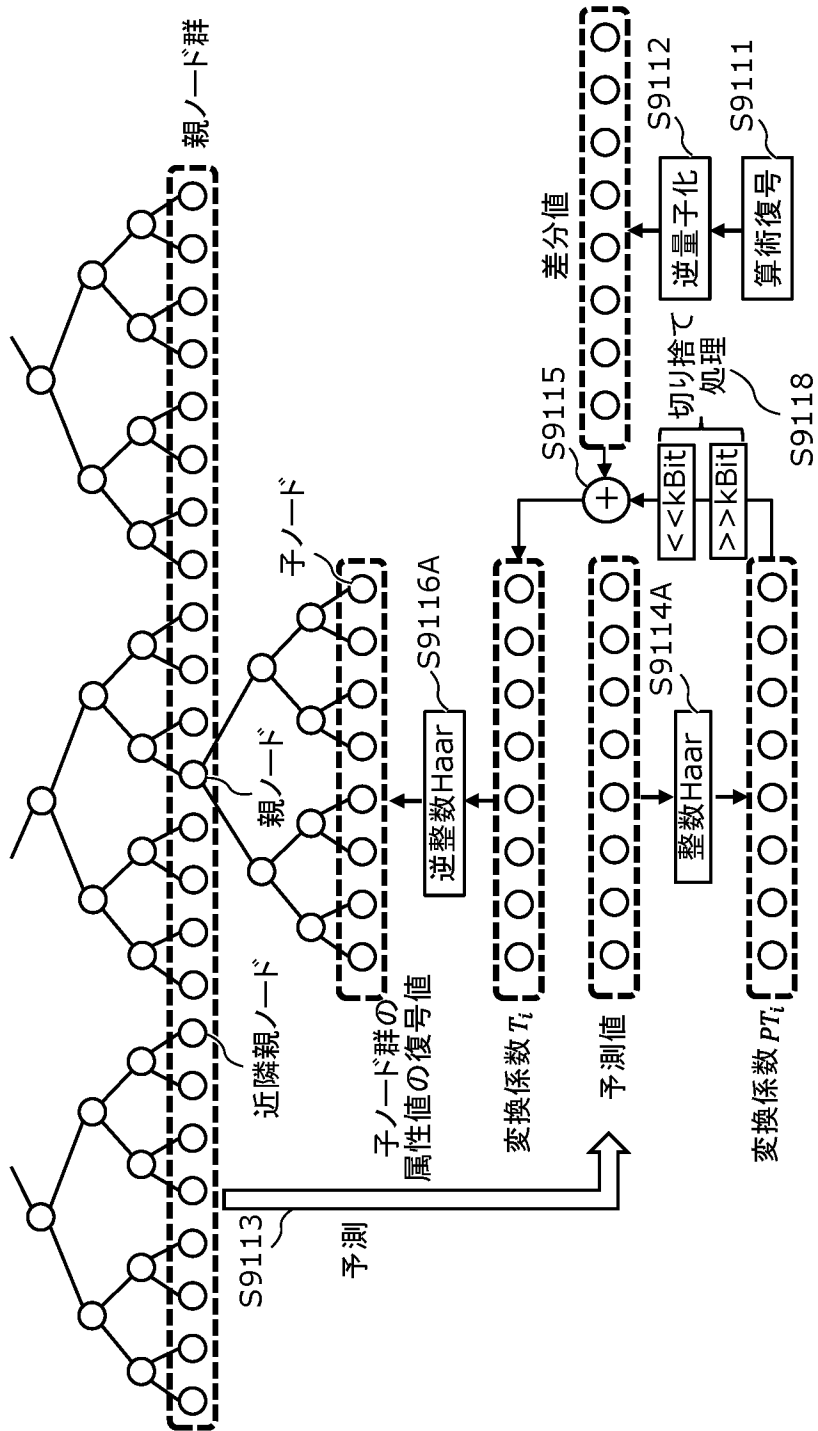
[図81]



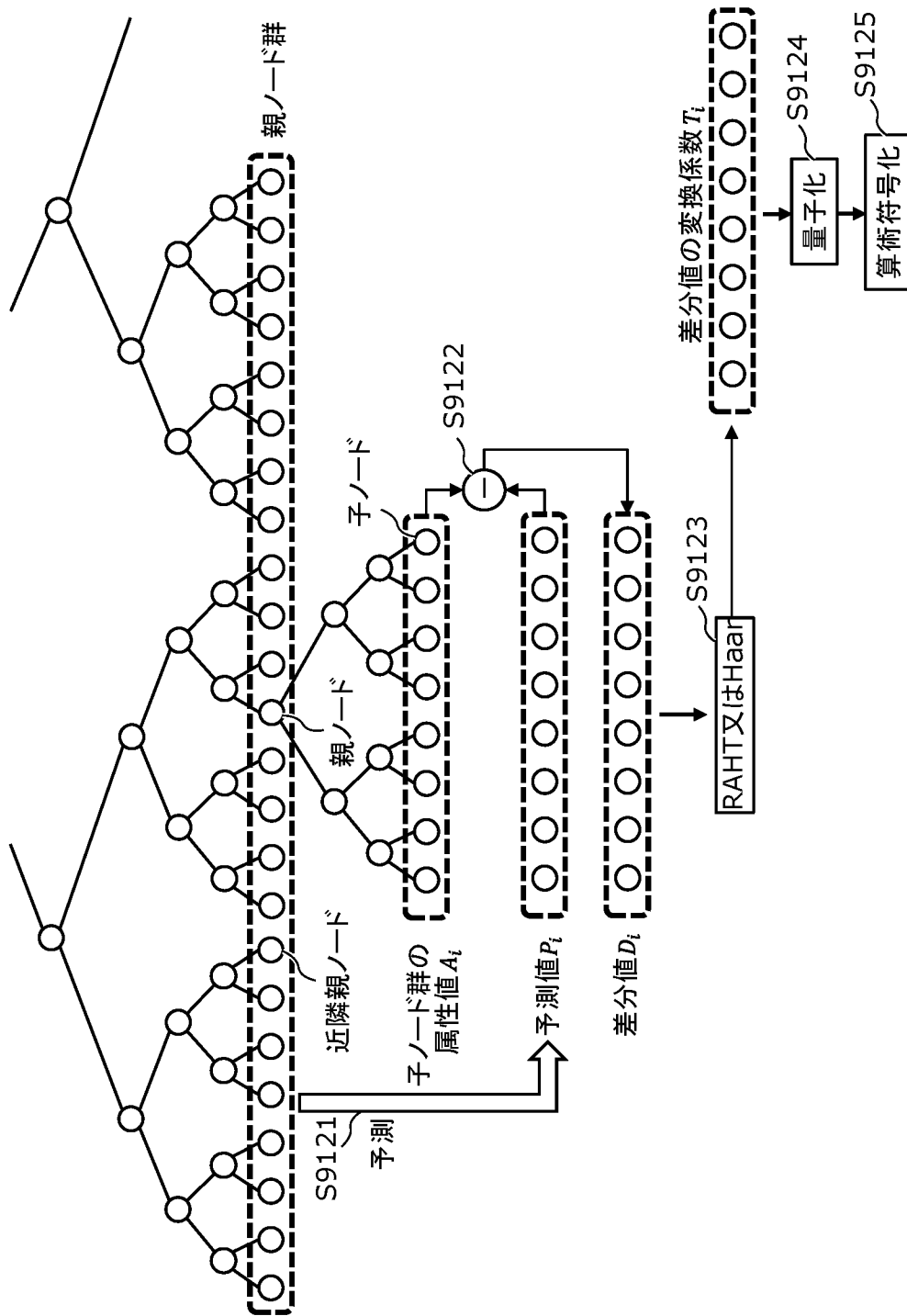
[図82]



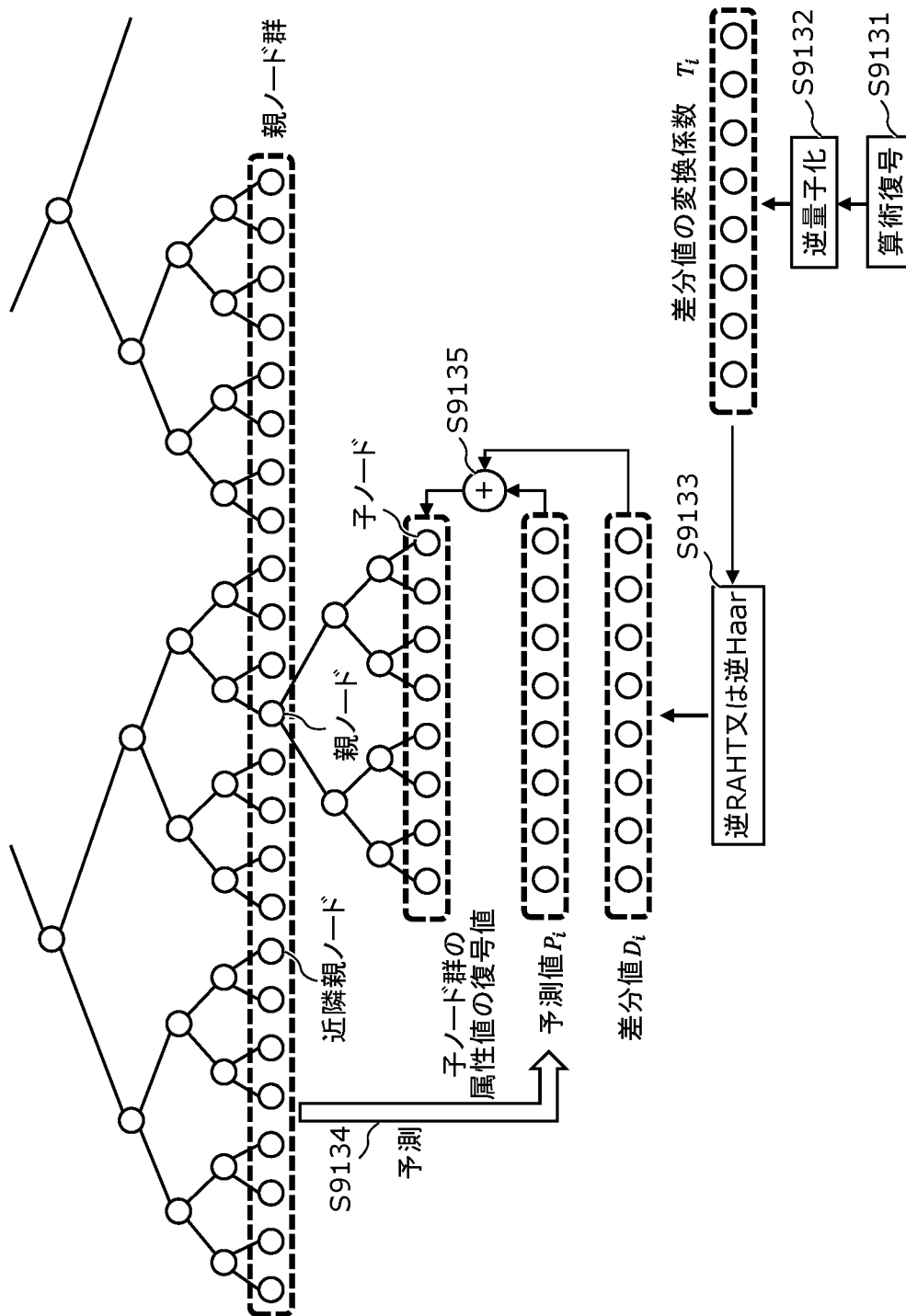
[図83]



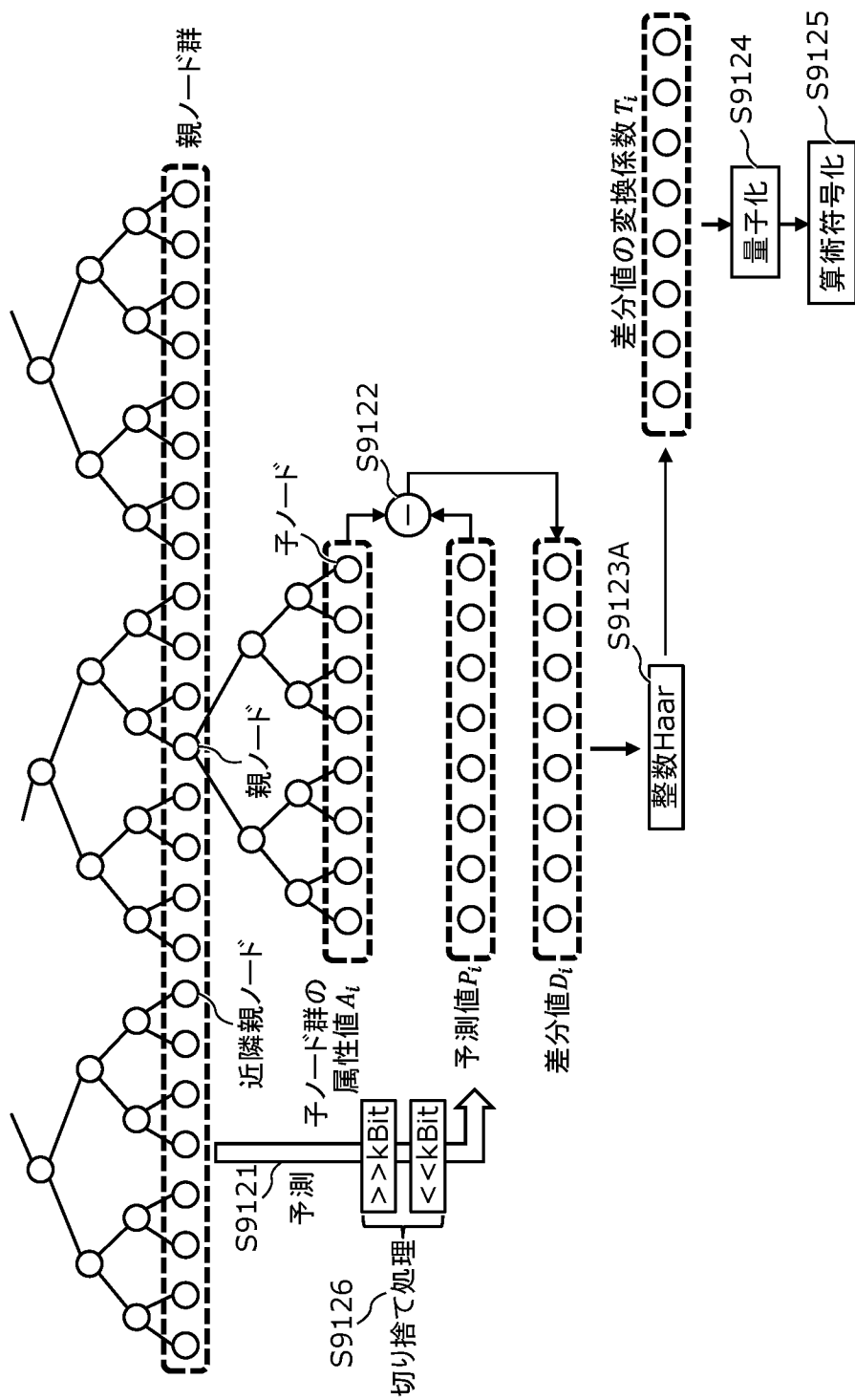
[図84]



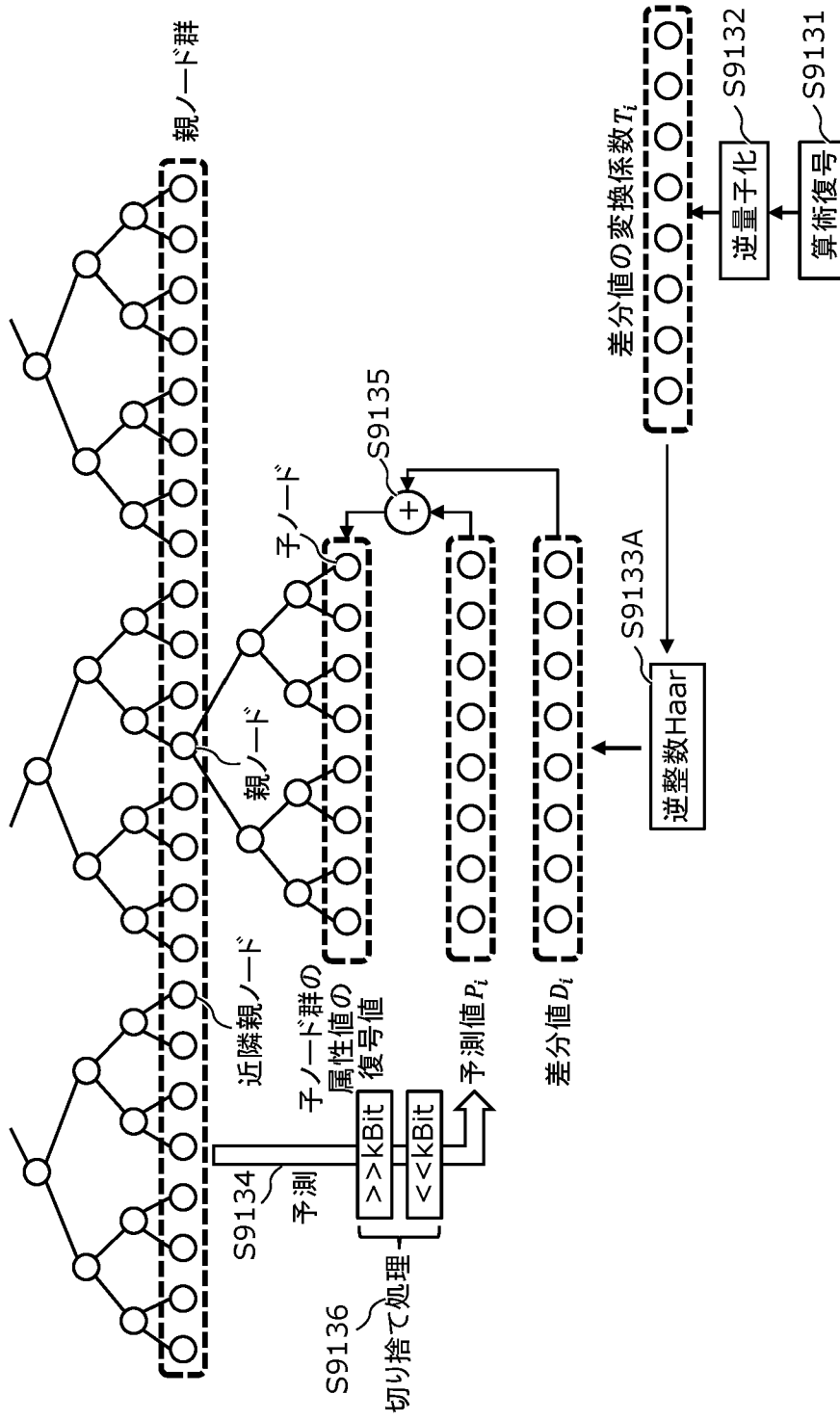
[図85]



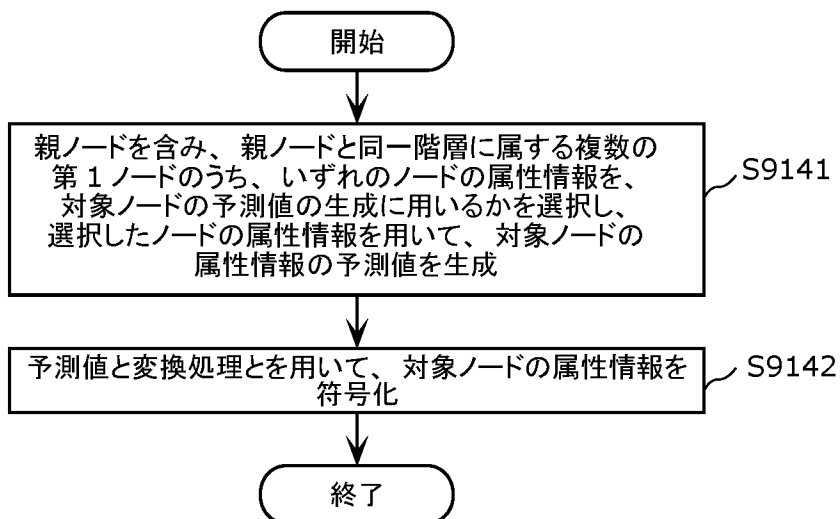
[図86]



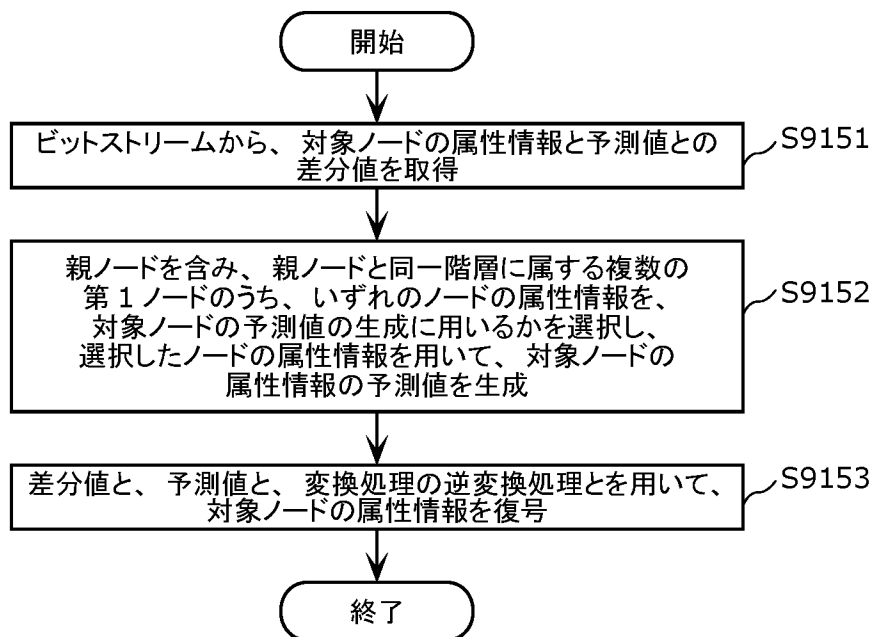
[図87]



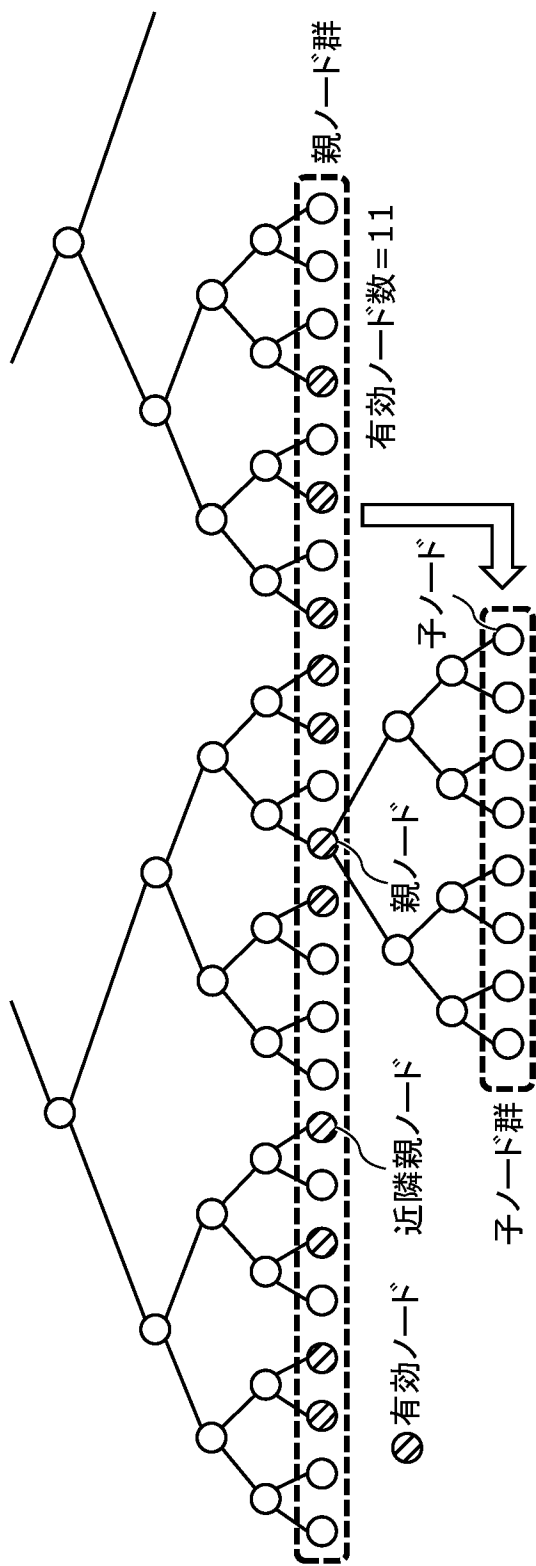
[図88]



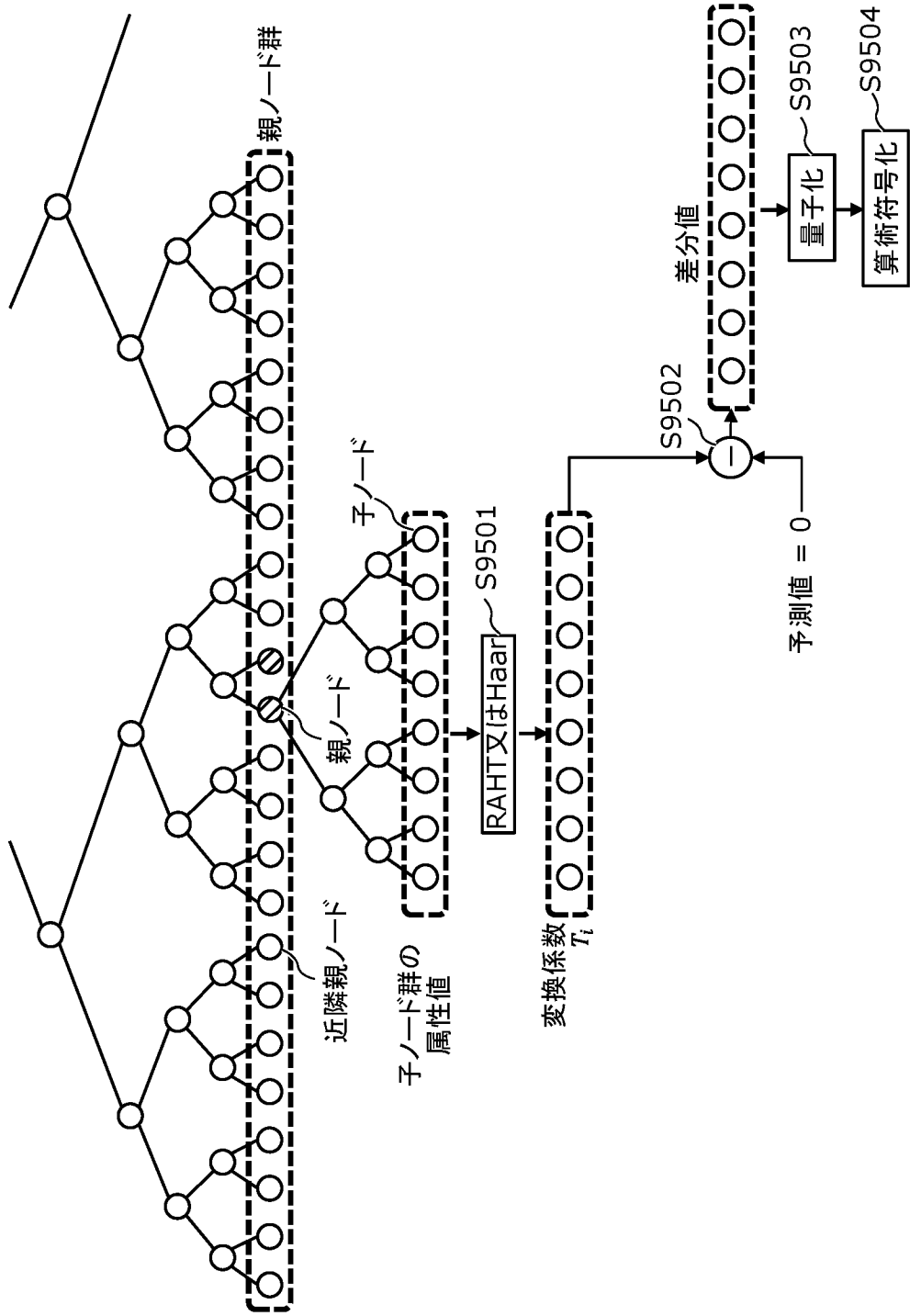
[図89]



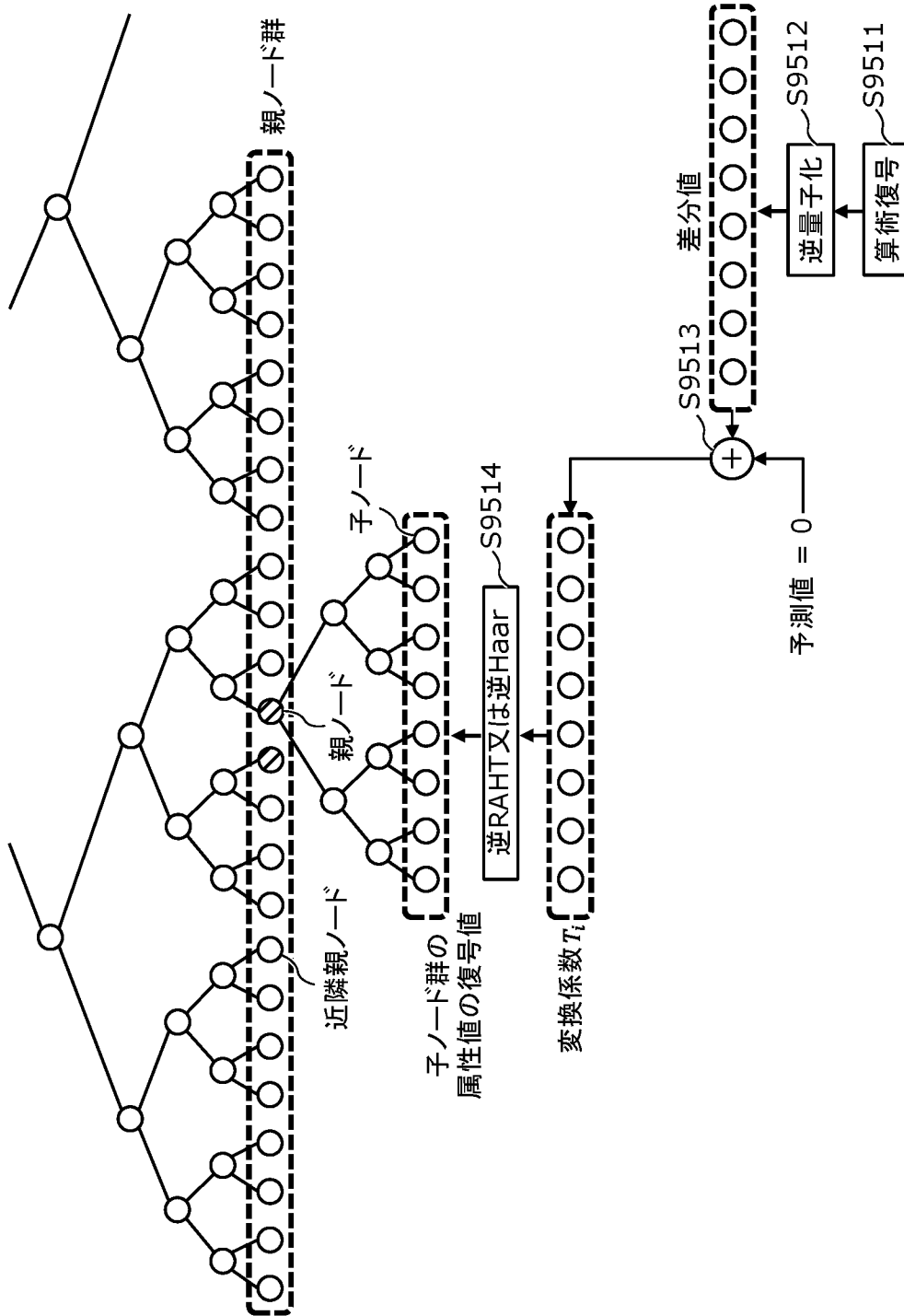
[図90]



[図91]



[図92]



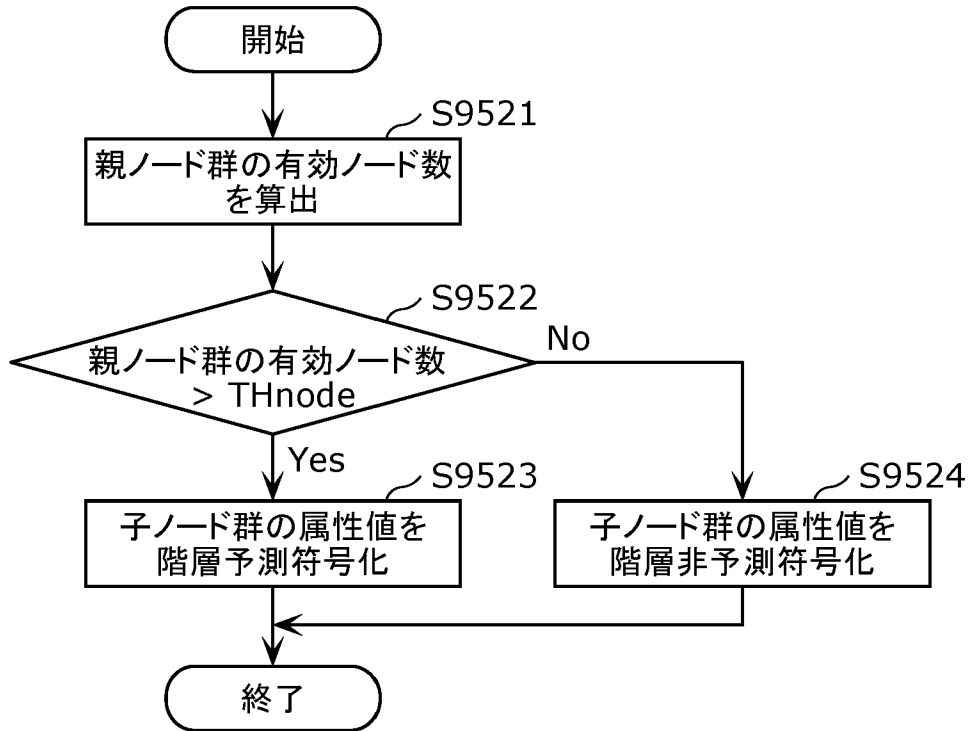
[図93]

```
attribute_header {  
  ...  
  RAHTPredictionFlag  
  ...  
  if (RAHTPredictionFlag) {  
    THnode  
  }  
  ...  
}
```

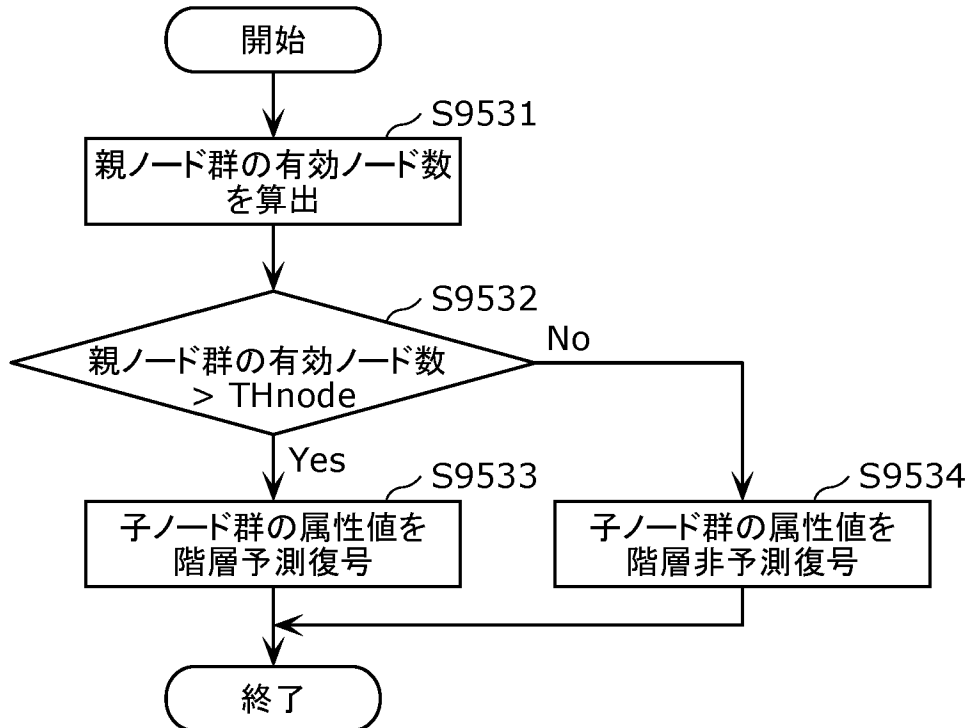
[図94]

```
attribute_header {  
  ...  
  THnode  
  ...  
}
```

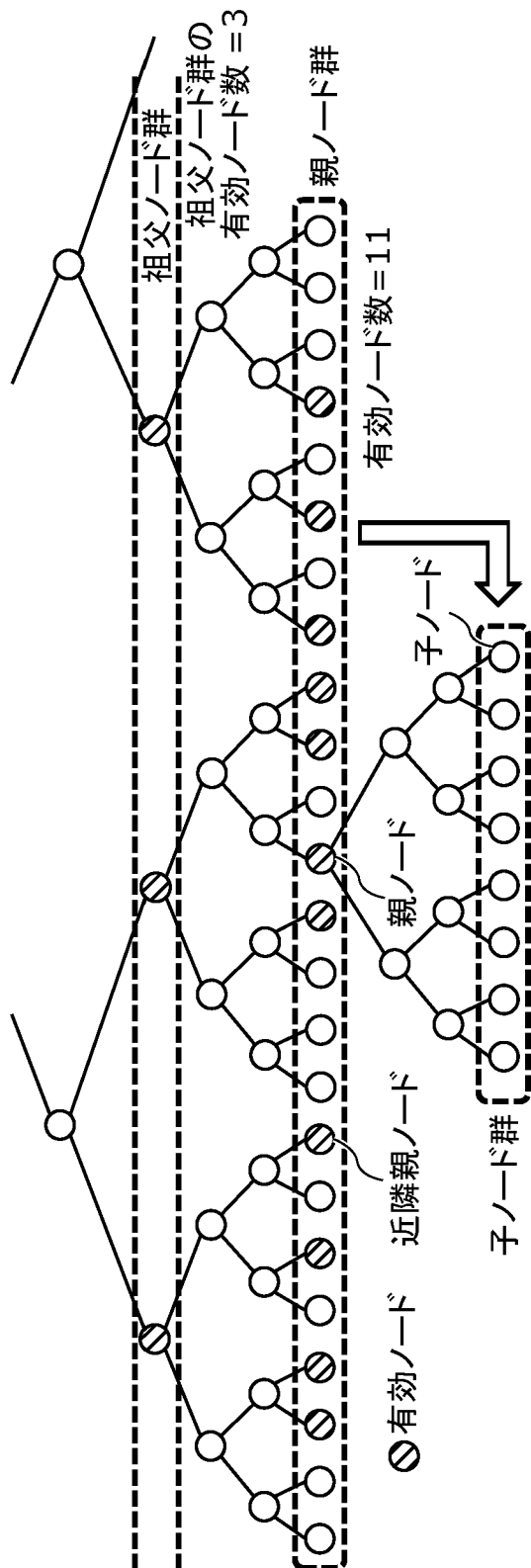
[図95]



[図96]



[図97]



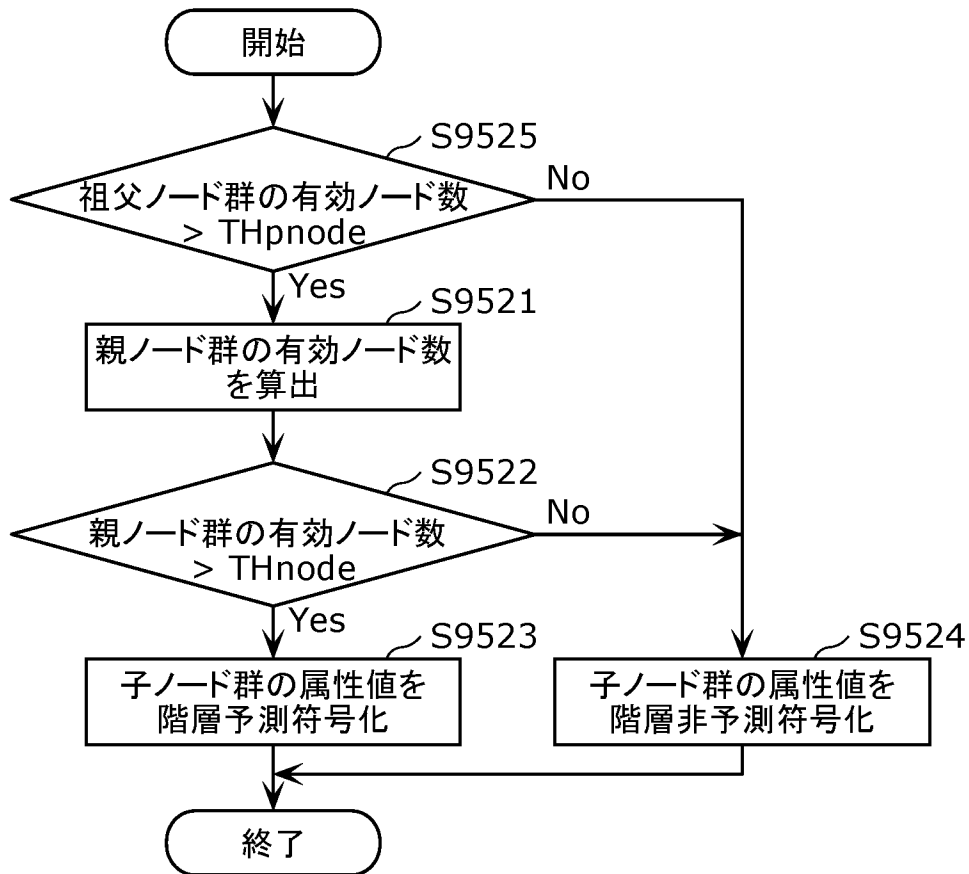
[図98]

```
attribute_header {  
  ...  
  RAHTPredictionFlag  
  ...  
  if (RAHTPredictionFlag) {  
    THpnode  
    THnode  
  }  
  ...  
}
```

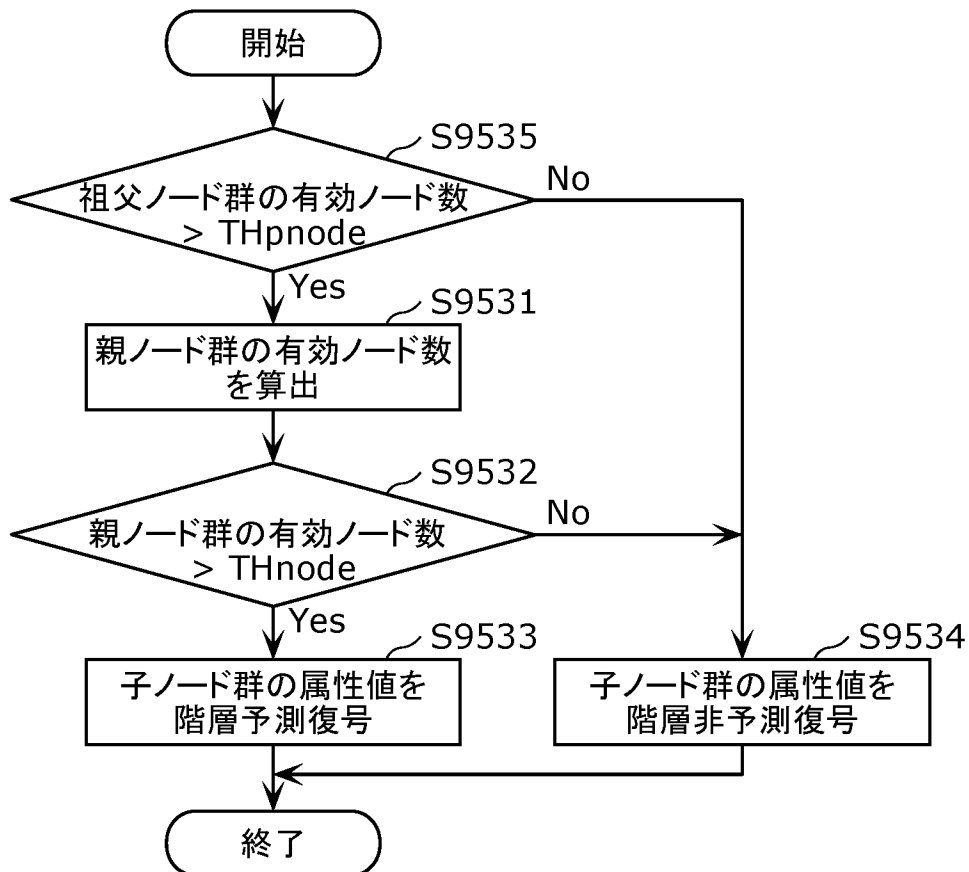
[図99]

```
attribute_header {  
  ...  
  THpnode  
  THnode  
  ...  
}
```

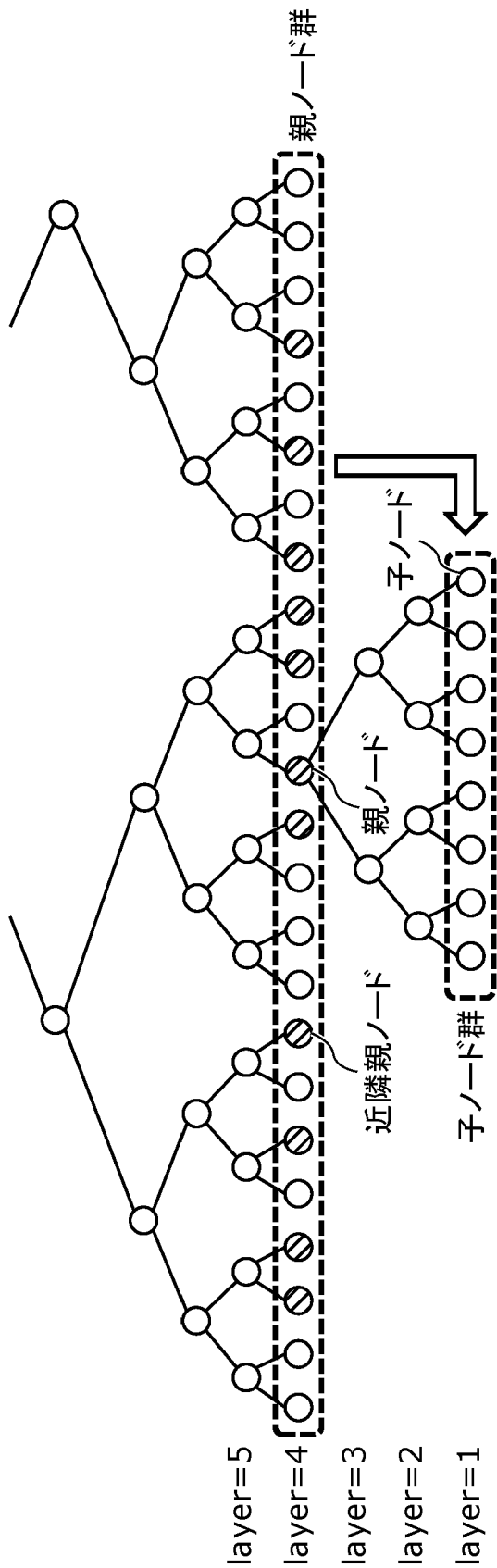
[図100]



[図101]



[図102]



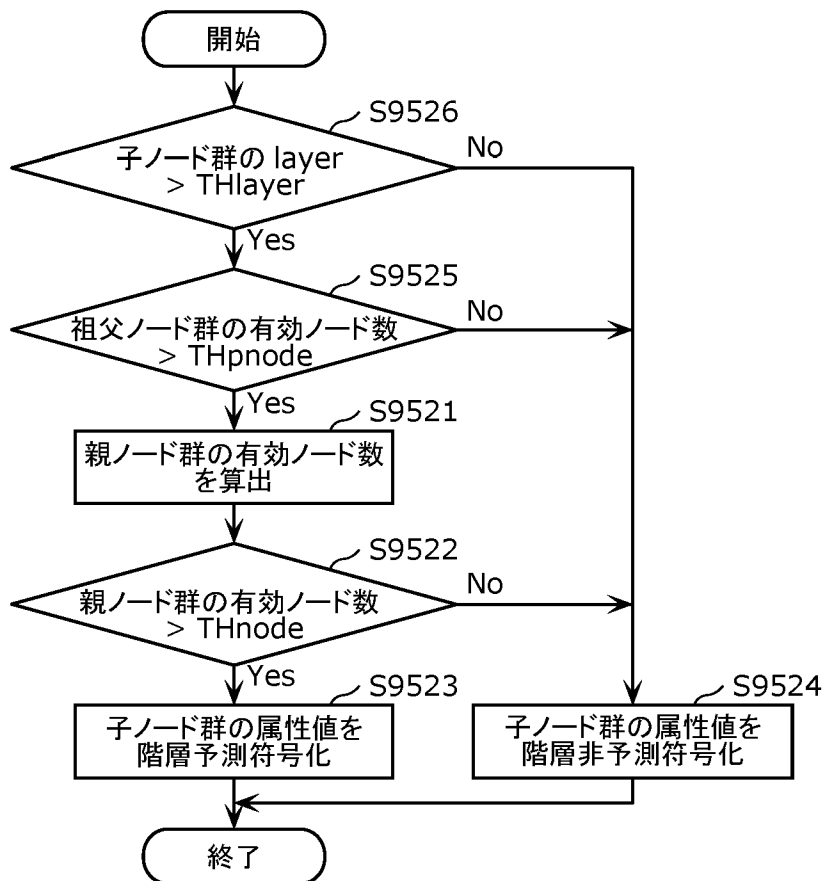
[図103]

```
attribute_header {  
  ...  
  RAHTPredictionFlag  
  ...  
  if (RAHTPredictionFlag) {  
    THlayer  
    THpnode  
    THnode  
  }  
  ...  
}
```

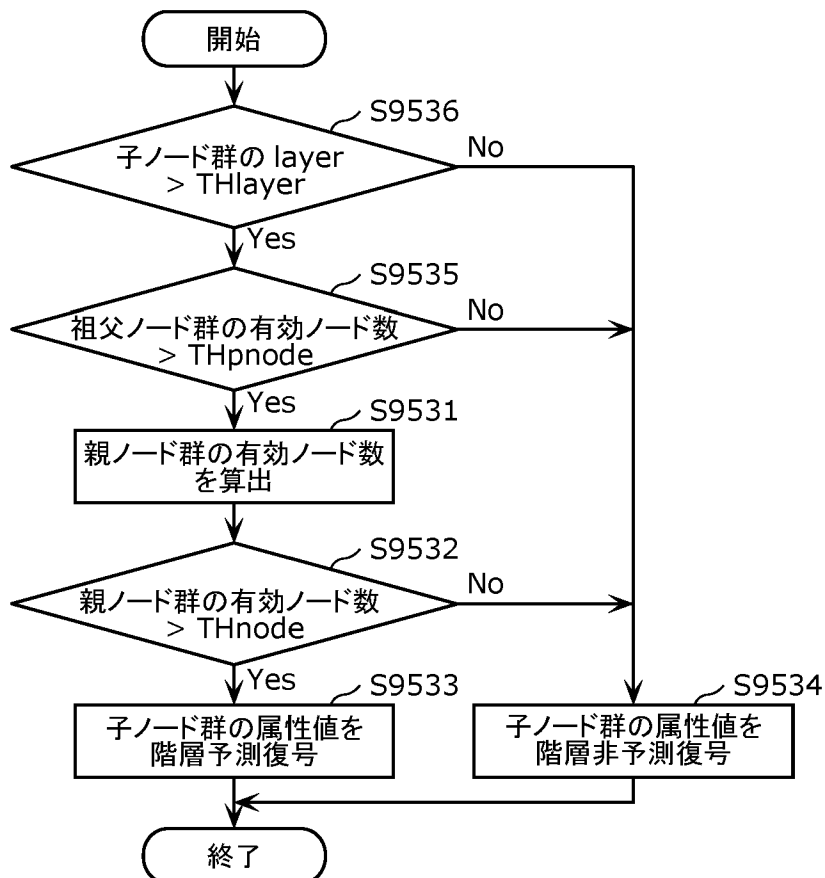
[図104]

```
attribute_header {  
  ...  
  THlayer  
  THpnode  
  THnode  
  ...  
}
```

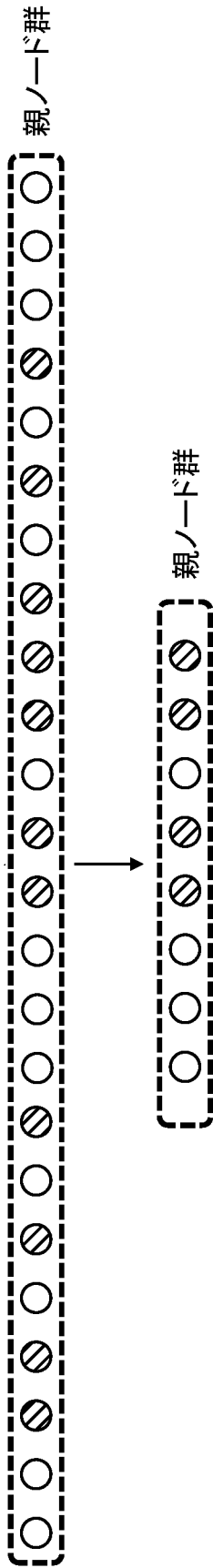
[図105]



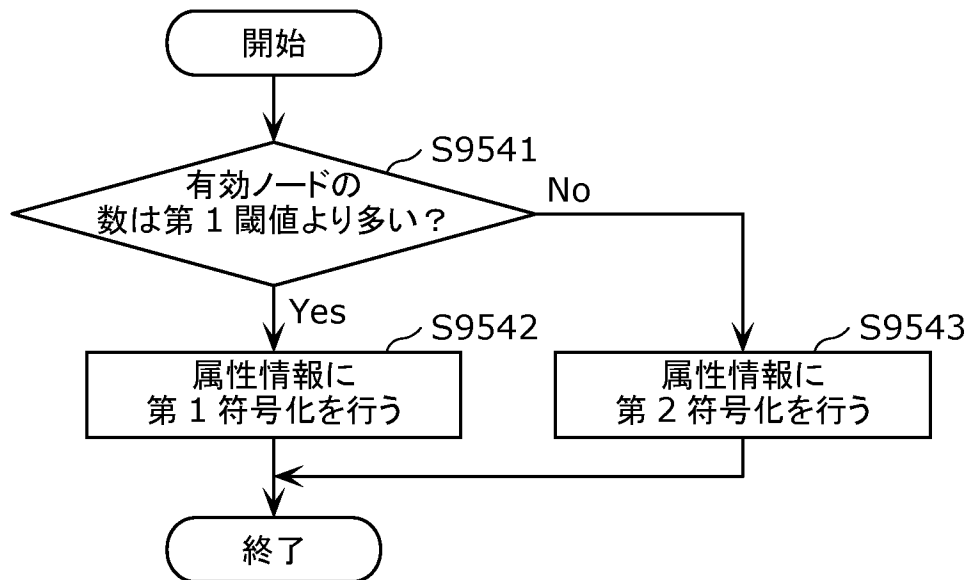
[図106]



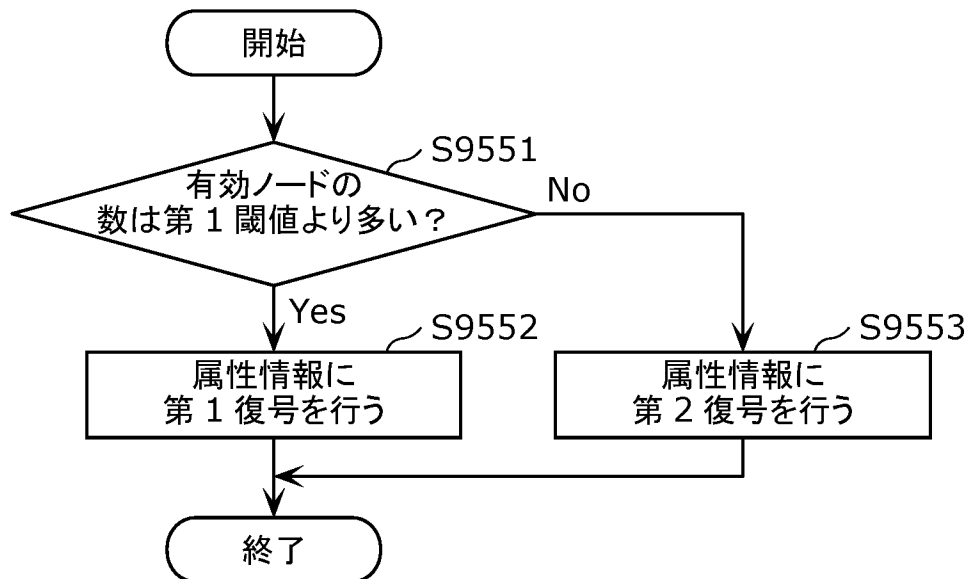
[図107]



[図108]



[図109]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2020/037589

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G06T 9/40 (2006.01) i

FI: G06T9/40

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

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G06T9/40; G06T9/00; G06T17/00

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

Published examined utility model applications of Japan	1922-1996
Published unexamined utility model applications of Japan	1971-2020
Registered utility model specifications of Japan	1996-2020
Published registered utility model applications of Japan	1994-2020

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 2019/082837 A1 (PANASONIC INTELLECTUAL PROPERTY CORPORATION OF AMERICA) 02 May 2019 (2019-05-02) abstract	1-16
A	WO 2019;103009 A1 (PANASONIC INTELLECTUAL PROPERTY CORPORATION OF AMERICA) 31 May 2019 (2019-05-31) abstract	1-16
A	JP 2017-126890 A (CANON INC.) 20 July 2017 (2017-07-20) abstract, paragraphs [0001]-[0011], [0057], fig. 1-14	1-16
A	JP 2005-259139 A (SAMSUNG ELECTRONICS CO., LTD.) 22 September 2005 (2005-09-22) abstract	1-16

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
04 December 2020 (04.12.2020)

Date of mailing of the international search report
15 December 2020 (15.12.2020)

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2020/037589

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2014-523554 A (THOMSON LICENSING) 11 September 2014 (2014-09-11) abstract, paragraph [0100]	1-16

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/JP2020/037589

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
WO 2019/082837 A1	02 May 2019	US 2020/0252659 A1 abstract EP 3703000 A1 abstract CN 111213176 A abstract	
WO 2019/103009 A1	31 May 2019	US 2020/0288161 A1 abstract CN 111373447 A abstract	
JP 2017-126890 A	20 Jul. 2017	(Family: none	
JP 2005-259139 A	22 Sep. 2005	US 2005/0195191 A1 abstract US 2010/0207941 A1 abstract EP 1574996 A2 abstract CN 1681330 A abstract	
JP 2014-523554 A	11 Sep. 2014	WO 2012/139249 A1 abstract, page 35, line 32 to page 36, line 10 US 2014/0040215 A1 abstract, paragraph [0113] CN 103518387 A abstract, paragraph [0121]	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） G06T 9/40(2006.01)i FI: G06T9/40		
B. 調査を行った分野 調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC）） G06T9/40; G06T9/00; G06T17/00 最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの 日本国実用新案公報 1922-1996年 日本国公開実用新案公報 1971-2020年 日本国実用新案登録公報 1996-2020年 日本国登録実用新案公報 1994-2020年		
国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）		
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	WO 2019/082837 A1 (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) 02.05.2019 (2019-05-02) 要約	1-16
A	WO 2019/103009 A1 (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) 31.05.2019 (2019-05-31) 要約	1-16
A	JP 2017-126890 A (キヤノン株式会社) 20.07.2017 (2017-07-20) 要約、[0001]-[0011],[0057]、図1-14	1-16
A	JP 2005-259139 A (三星電子株式会社) 22.09.2005 (2005-09-22) 要約	1-16
A	JP 2014-523554 A (トムソン ライセンシング) 11.09.2014 (2014-09-11) 要約、[0100]	1-16
<input type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input checked="" type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。		
* 引用文献のカテゴリー “A” 特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの “E” 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの “L” 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す） “O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 “P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献	“T” 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの “X” 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの “Y” 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの “&” 同一パテントファミリー文献	
国際調査を完了した日 04.12.2020	国際調査報告の発送日 15.12.2020	
名称及びあて先 日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	権限のある職員（特許庁審査官） 真木 健彦 5H 9569 電話番号 03-3581-1101 内線 3531	

国際調査報告
 パテントファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2020/037589

引用文献			公表日	パテントファミリー文献			公表日
WO	2019/082837	A1	02.05.2019	US	2020/0252659	A1	
				Abstract			
				EP	3703000	A1	
				Abstract			
				CN	111213176	A	
				摘要			
WO	2019/103009	A1	31.05.2019	US	2020/0288161	A1	
				Abstract			
				CN	111373447	A	
				摘要			
JP	2017-126890	A	20.07.2017	(ファミリーなし)			
JP	2005-259139	A	22.09.2005	US	2005/0195191	A1	
				Abstract			
				US	2010/0207941	A1	
				Abstract			
				EP	1574996	A2	
				Abstract			
				CN	1681330	A	
				摘要			
JP	2014-523554	A	11.09.2014	WO	2012/139249	A1	
				Abstract, P.35 Line32 -			
				P.36 Line10			
				US	2014/0040215	A1	
				Abstract, [0113]			
				CN	103518387	A	
				摘要, [0121]			