

(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
2024年7月4日(04.07.2024)



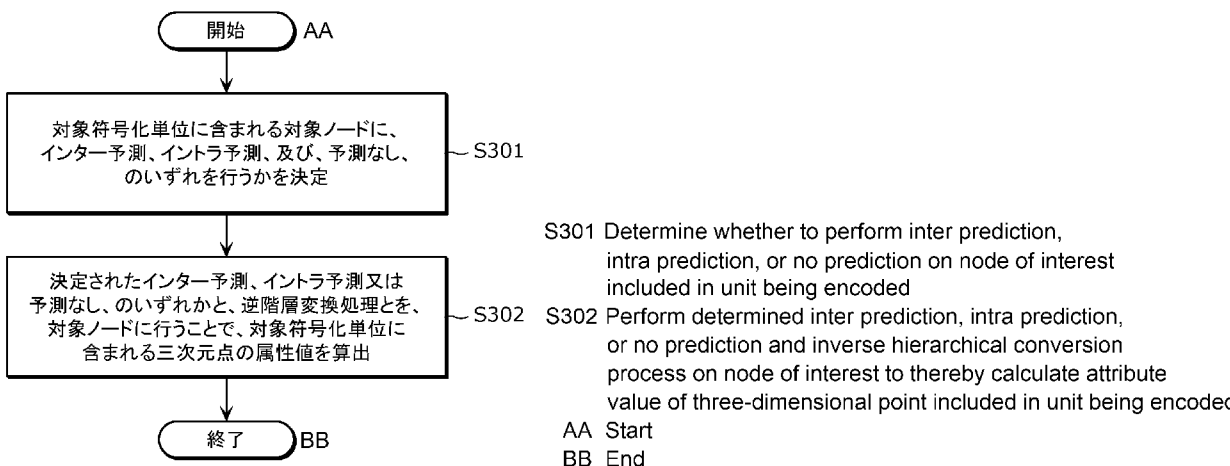
(10) 国際公開番号

WO 2024/143032 A1

- (51) 国際特許分類:
H04N 19/597 (2014.01) H04N 19/50 (2014.01)
G06T 9/40 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2023/045234
- (22) 国際出願日: 2023年12月18日(18.12.2023)
- (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:
63/435,632 2022年12月28日(28.12.2022) 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];
- 90504 カリフォルニア州, トーランス, ス
イト 450, ウェスト 190ストリ
ート 2050 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 パナソニックホールディングス株式会社内
Osaka (JP). 井口 賀敬(IGUCHI, Noritaka). 西
孝啓(NISHI, Takahiro). 伊藤 敦(ITO, Atsushi).
大川 真人(OHKAWA, Masato).
- (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号イトーピア新大阪ビル6階新
居国際特許事務所内 Osaka (JP).

(54) Title: DECODING METHOD, ENCODING METHOD, DECODING DEVICE, AND ENCODING DEVICE

(54) 発明の名称: 復号方法、符号化方法、復号装置及び符号化装置



(57) Abstract: In this decoding method, a determination is made as to whether to perform inter prediction, intra prediction, or no prediction on a node of interest that is included in a unit being encoded (S301), and the determined inter prediction, intra prediction, or no prediction and an inverse hierarchical conversion process are performed on the node of interest to thereby calculate an attribute value of a three-dimensional point included in the unit being encoded (S302). The node of interest has a coefficient generated through a hierarchical conversion process by an encoding device, the attribute value being converted to a coefficient in the hierarchical conversion process, and the coefficient being converted to an attribute value in the inverse hierarchical conversion process.

(57) 要約: 復号方法は、対象符号化単位に含まれる対象ノードに、インター予測、イントラ予測、及び、予測なし、のいずれを行うかを決定し (S301)、決定されたインター予測、イントラ予測又は予測なし、のいずれかと、逆階層変換処理とを、対象ノードに行うことで、対象符号化単位に含まれる三次元点の属性値を算出し (S302)、対象ノードは、符号化装置による階層変換処理により生成された係数を有し、階層変換処理では、属性値が係数に変換され、逆階層変換処理では、係数が属性値に変換される。

(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, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, 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, ME, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

- 一 国際調査報告 (条約第21条(3))

明 細 書

発明の名称：復号方法、符号化方法、復号装置及び符号化装置
技術分野

[0001] 本開示は、復号方法、符号化方法、復号装置及び符号化装置に関する。

背景技術

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

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

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

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

先行技術文献

特許文献

[0006] 特許文献1：国際公開第2014/020663号

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0007] このような符号化方法及び復号方法では、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復号方法、符号化方法、復号装置又は符号化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復号方法は、対象符号化単位に含まれる対象ノードに、インター予測、イントラ予測、及び、予測なし、のいずれを行うかを決定し、決定された前記インター予測、前記イントラ予測又は前記予測なし、のいずれかと、逆階層変換処理とを、前記対象ノードに行うことで、前記対象符号化単位に含まれる三次元点の属性値を算出し、前記対象ノードは、符号化装置による階層変換処理により生成された係数を有し、前記階層変換処理では、前記属性値が前記係数に変換され、前記逆階層変換処理では、前記係数が前記属性値に変換される。

[0010] 本開示の一態様に係る符号化方法は、対象符号化単位に含まれる対象ノードに、インター予測、イントラ予測、及び、予測なし、のいずれを行うかを決定し、前記対象符号化単位に含まれる三次元点の属性値に、前記属性値を係数に変換する階層変換処理と、決定された前記インター予測、前記イントラ予測又は前記予測なし、のいずれかを行う。

発明の効果

[0011] 本開示は、符号化効率を向上できる復号方法、符号化方法、復号装置又は符号化装置を提供できる。

図面の簡単な説明

[0012] [図1]図1は、実施の形態に係るRAHT対象ノードの例を示す図である。

[図2]図2は、実施の形態に係るRAHT対象ノードに対応する8分木構造における三次元領域を示す図である。

[図3]図3は、実施の形態に係る符号化処理の第1例のフローチャートである。

[図4]図4は、実施の形態に係る符号化装置によるイントラ予測処理のフロー

チャートである。

[図5]図5は、実施の形態に係るイントラ予測の実施条件の判定処理のフローチャートである。

[図6]図6は、実施の形態に係る第1例における階層と適用される予測との関係を示す図である。

[図7]図7は、実施の形態に係る復号処理の第1例のフローチャートである。

[図8]図8は、実施の形態に係る復号装置によるイントラ予測処理のフローチャートである。

[図9]図9は、実施の形態に係る符号化処理の第2例のフローチャートである。

[図10]図10は、実施の形態に係る第2例における階層と適用される予測との関係を示す図である。

[図11]図11は、実施の形態に係る復号処理の第2例のフローチャートである。

[図12]図12は、実施の形態に係る符号化処理の第3例のフローチャートである。

[図13]図13は、実施の形態に係る符号化装置によるインター予測処理のフローチャートである。

[図14]図14は、実施の形態に係る復号処理の第3例のフローチャートである。

[図15]図15は、実施の形態に係る復号装置によるインター予測処理のフローチャートである。

[図16]図16は、実施の形態に係る符号化処理の第4例のフローチャートである。

[図17]図17は、実施の形態に係る復号処理の第4例のフローチャートである。

[図18]図18は、実施の形態に係る属性データのシンタックス例を示す図である。

[図19]図 19 は、実施の形態に係る A P S のシンタックス例を示す図である。

[図20]図 20 は、実施の形態に係る復号処理のフローチャートである。

[図21]図 21 は、実施の形態に係る復号装置のブロック図である。

[図22]図 22 は、実施の形態に係る符号化処理のフローチャートである。

[図23]図 23 は、実施の形態に係る符号化装置のブロック図である。

発明を実施するための形態

[0013] 本開示の一態様に係る復号方法は、対象符号化単位に含まれる対象ノードに、インター予測、イントラ予測、及び、予測なし、のいずれを行うかを決定し、決定された前記インター予測、前記イントラ予測又は前記予測なし、のいずれかと、逆階層変換処理とを、前記対象ノードに行うことで、前記対象符号化単位に含まれる三次元点の属性値を算出し、前記対象ノードは、符号化装置による階層変換処理により生成された係数を有し、前記階層変換処理では、前記属性値が前記係数に変換され、前記逆階層変換処理では、前記係数が前記属性値に変換される。

[0014] これによれば、符号化装置において、インター予測と、イントラ予測と、予測なしとを適応的に用いることで符号化効率が向上したビットストリームが生成される。また、当該復号方法は当該ビットストリームを適切に復号できる。

[0015] 例えば、前記階層変換処理は、隣接する 2 つのノードの上位に位置する上位ノードの係数を算出するために前記 2 つのノードの 2 つの係数に適用されてもよい。このような階層変換では、符号化単位間で係数に相関があらわれやすい。よって、予測の精度を向上できるので符号化効率を向上できる。

[0016] 例えば、8 分木構造における前記対象ノードが属する深さが第 1 閾値より大きい場合、前記イントラ予測が行われると決定され、前記深さが前記第 1 閾値以下の場合、前記インター予測が行われると決定されてもよい。これによれば、属性値の低周波成分が多く含まれる上位階層にはインター予測が適用されることで符号化効率が向上される。また、高周波成分が多く含まれる

下位階層にはイントラ予測を適用されることで符号化効率が向上される。

[0017] 例えば、8分木構造における前記対象ノードが属する深さが第1閾値より大きい場合、前記インター予測が行われると決定され、前記深さが前記第1閾値以下の場合、前記イントラ予測が行われると決定されてもよい。

[0018] 例えば、8分木構造における前記対象ノードが属する深さが第1閾値より大きい場合、前記イントラ予測が行われると決定され、前記深さが前記第1閾値以下の場合、前記インター予測及び前記イントラ予測の一方が行われると決定されてもよい。これによれば、高周波成分が多く含まれる下位階層にはイントラ予測を適用されることで符号化効率が向上される。上位階層にはインター予測又はイントラ予測が適用されることで予測が適用されるケースを増加させることができる。これにより、符号化効率を向上できる。

[0019] 例えば、8分木構造における前記対象ノードが属する深さが第1閾値より大きい場合、前記インター予測及び前記イントラ予測の一方が行われると決定され、前記深さが前記第1閾値以下の場合、前記イントラ予測が行われると決定されてもよい。

[0020] 例えば、前記決定は、ビットストリームに含まれる情報に基づき行われてもよい。これによれば、当該復号方法は、符号化装置で生成された符号化効率が向上したビットストリームを適切に復号できる。また、復号装置における判定処理が不要となるため復号装置における処理量を低減できる。

[0021] 例えば、前記決定は、第2閾値と、前記対象ノードの親ノード又は祖父母ノードの隣接ノードの数との比較を含み、前記イントラ予測が行われると決定されるかに関わらず、前記隣接ノードの前記数の算出は行われてもよい。これによれば、当該復号方法は、例えば、イントラ予測処理に隣接ノードの数が必要な場合において、使用する予測方式がイントラ予測以外の手法からイントラ予測に切り替わった場合にも直ちにイントラ予測処理を行うことができる。

[0022] 例えば、前記イントラ予測では、前記対象ノードの親ノードの属性値が参照メモリに格納され、前記イントラ予測が行われると決定されるかに関わら

ず、前記親ノードの前記属性値は前記参照メモリに格納されてもよい。これによれば、当該復号方法は、使用する予測方式がイントラ予測以外の手法からイントラ予測に切り替わった場合にも直ちにイントラ予測処理を行うことができる。

[0023] 例えば、前記決定は、前記対象ノードが属する深さ毎に行われてもよい。これによれば、深さ毎に予測方式が選択されることで符号化効率が向上される。

[0024] また、本開示の一態様に係る符号化方法は、対象符号化単位に含まれる対象ノードに、インター予測、イントラ予測、及び、予測なし、のいずれを行うかを決定し、前記対象符号化単位に含まれる三次元点の属性値に、前記属性値を係数に変換する階層変換処理と、決定された前記インター予測、前記イントラ予測又は前記予測なし、のいずれかとを行う。

[0025] これによれば、当該符号化方法は、インター予測と、イントラ予測と、予測なしとを適応的に用いることで符号化効率を向上できる。

[0026] また、本開示の一態様に係る復号装置は、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、対象符号化単位に含まれる対象ノードに、インター予測、イントラ予測、及び、予測なし、のいずれを行うかを決定し、決定された前記インター予測、前記イントラ予測又は前記予測なし、のいずれかと、逆階層変換処理とを、前記対象ノードに行うことで、前記対象符号化単位に含まれる三次元点の属性値を算出し、前記対象ノードは、符号化装置による階層変換処理により生成された係数を有し、前記階層変換処理では、前記属性値が前記係数に変換され、前記逆階層変換処理では、前記係数が前記属性値に変換される。

[0027] また、本開示の一態様に係る符号化装置は、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、対象符号化単位に含まれる対象ノードに、インター予測、イントラ予測、及び、予測なし、のいずれを行うかを決定し、前記対象符号化単位に含まれる三次元点の属性値に、前記属性値を係数に変換する階層変換処理と、決定された前記インター予測、前記

イントラ予測又は前記予測なし、のいずれかを行う。

[0028] なお、これらの包括的又は具体的な態様は、システム、方法、集積回路、コンピュータプログラム又はコンピュータ読み取り可能なCD-ROM等の記録媒体で実現されてもよく、システム、方法、集積回路、コンピュータプログラム及び記録媒体の任意な組み合わせで実現されてもよい。

[0029] 以下、実施の形態について、図面を参照しながら具体的に説明する。なお、以下で説明する実施の形態は、いずれも本開示の一具体例を示すものである。以下の実施の形態で示される数値、形状、材料、構成要素、構成要素の配置位置及び接続形態、ステップ、ステップの順序などは、一例であり、本開示を限定する主旨ではない。また、以下の実施の形態における構成要素のうち、独立請求項に記載されていない構成要素については、任意の構成要素として説明される。

[0030] (実施の形態)

[変換係数の予測符号化処理の第1例]

符号化装置（三次元データ符号化装置）による、RAHTにより得られた変換係数に対するイントラ予測とインター予測との切り替え方法の第1例について説明する。符号化装置は、例えば、三次元データを符号化することでビットストリームを生成する。三次元データは、例えば、三次元点群データ（点群データとも呼ぶ）である。点群は、複数の三次元点が集まったものであり、対象物（オブジェクト）の三次元形状を示す。点群データは、複数の三次元点の位置情報及び属性情報（属性値とも呼ぶ）を含む。当該位置情報は、各三次元点の三次元位置を示す。なお、位置情報は、ジオメトリ（geometry）情報とも呼ばれる場合がある。例えば、位置情報は、直交座標系又は極座標系で表される。

[0031] 属性情報は、例えば、色情報、反射率、透過率、赤外情報、法線ベクトル、又は時刻情報などを示す。1つの三次元点は、単一の属性情報を持つ場合もあれば、複数種類の属性情報を持つ場合もある。

[0032] 例えば、符号化装置は、位置情報を8分木等のN分木構造を用いて符号化

する。具体的には、8分木 (Octree) 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。

[0033] また、符号化装置は、属性情報を、RAHT (Region Adaptive Hierarchical Transform) を用いて符号化する。RAHTは、三次元点の位置情報を用いた属性情報に対する階層符号化方式の一種である。

[0034] RAHTでは、まず、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。次に、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、例えばHaar変換を適用することで、高周波成分と低周波成分とを生成する。また、得られた周波数成分が次階層 (上位層) の入力値として用いられ、階層毎にHaar変換が繰り返されることで、複数の変換係数 (係数、符号化係数又はRAHT変換値とも呼ぶ) が得られる。

[0035] 図1は、RAHT対象ノードの例を示す図である。図2は、図1に示すRAHT対象ノードに対応する8分木 (オクツリー) 構造における三次元領域を示す図である。

[0036] RAHT方式では、例えば、 $2 \times 2 \times 2$ のボクセル単位で周波数変換処理が実施される。図2は、点群の位置情報の8分木表現を示す。また、図1に示すオクツリー階層に含まれるノード毎に処理が行われる。

[0037] 例えば、オクツリー階層Nに存在するRAHT対象ノードである第1ノードに着目した場合について説明する。この場合、オクツリー階層N+1に存在する、第1ノードの最大8つの子ノードのそれぞれの三次元領域に対する

8つの周波数成分のうち最も低い周波数成分が入力値として用いられ、R A H Tが実施されることにより、第1ノードの三次元領域に対応する最大8つの変換係数（周波数成分）が出力される。出力される8つの変換係数のうち、最も低い周波数成分が、第1ノードの親ノードである第2ノードのR A H Tにおける入力値の一つとして用いられる。なお、オクツリー階層N+1がオクツリー階層の最下層である場合には、当該階層におけるノードの三次元領域は点であり、値は点の属性値である。つまり、第1ノードのR A H T変換において、第1ノードの最大8つの子ノード（点）の属性値が入力値として用いられる。

[0038] ここで、オクツリー階層の階層を *d e p t h* とし、最上位階層から階層0、階層1、階層2、…と定義する。

[0039] 図3は、本実施の形態に係る変換係数の符号化処理の第1例のフローチャートである。図3に示す処理は、例えば、符号化対象の対象フレームに含まれる、オクツリー階層（8分木階層）のノード毎に繰り返行われる。まず、符号化装置は、対象ノードにR A H Tを実施することで変換係数を算出する（S101）。

[0040] 次に、符号化装置は、対象ノードが属する、オクツリー階層の深さ（レベル）がインター予測対象の深さであるか否かを判定する（S102）。なお、インター予測対象の深さは、予め定められていてもよいし、点群の特性に応じて適応的に決定されてもよい。

[0041] 対象ノードが属する深さがインター予測対象の深さである場合（S102でY e s）、符号化装置は、参照フレーム（参照点群）に対象ノードと同一位置のノードが存在するか否かを判定する（S103）。符号化装置は、参照フレームに対象ノードと同一位置のノードが存在すると判定した場合（S103でY e s）、対象ノードにインター予測を適用して符号化を行う（S104）。例えば、符号化装置は、インター予測により予測値を算出し、当該予測値と変換係数との差分値（予測残差とも呼ぶ）を算出し、当該差分値を算術符号化（エントロピー符号化）することで符号化データ（ビットスト

リーム)を生成する。

[0042] 例えば、符号化装置は、インター予測において、符号化装置が備えるメモリに格納されている、参照フレームに含まれる参照ノードの変換係数を予測値として算出する。メモリは参照メモリとも呼ばれる。ここで、参照フレームは、対象フレームと異なるフレームであり、例えば、対象フレームと時間が異なるフレームである。なお、参照フレームは対象フレームと同じ時間の異なるフレームであってもよい。例えば、参照フレームは、対象フレームと同じ時間の異なる視点のフレームであってもよい。なお、ここでは、異なるフレームが参照される例を示すが、対象処理単位と異なる処理単位である参照処理単位が参照されてもよい。ここで、処理単位とはフレームが分割された単位であり、例えば、スライス又はタイルである。

[0043] また、参照ノードは、例えば、参照フレームに含まれる複数のノードのうち、対象ノードと同一位置のノードである。なお、参照ノードは、対象ノードと同一位置のノードに限らず、対象ノードに近い位置（距離が予め定められた値以下の）の近傍ノードであってもよい。例えば、参照ノードは、対象ノードと同一位置のノードの隣接ノードであってもよい。すなわち、近傍ノードとは隣接ノードであってもよい。また、参照ノードは、複数のノードであってもよい。例えば、参照ノードは、対象ノードと同一位置のノードの複数の隣接ノードであってもよい。この場合、複数の参照ノードの変換係数を用いて予測値が算出されてもよい。なお、対象ノードの位置と参照ノードの位置が一致するか否かは、例えば、モーションコードに基づいて判定される。対象ノードと参照ノードが近傍であるか否かについては、それらのモーションコードの差が所定の閾値以下であるか否かに基づいて判定される。

[0044] 一方、符号化装置は、参照フレームに対象ノードと同一位置のノードが存在しないと判定した場合（S103でNo）、対象ノードに予測を適用せずに符号化を行う（S105）。つまり、符号化装置は、対象ノードにインター予測及びイントラ予測のいずれも適用しない。例えば、符号化装置は、変換係数を算術符号化（エントロピー符号化）することで符号化データ（ビット

トストリーム)を生成する。

[0045] また、対象ノードが属する深さがインター予測対象の深さでない場合 (S 1 0 2でN o)、符号化装置は、イントラ予測処理を行う (S 1 0 6)。

[0046] 図4は、イントラ予測処理 (S 1 0 6)のフローチャートである。まず、符号化装置は、イントラ予測の実施条件が満たされているか否かを判定することで、イントラ予測を実施するか否かを判定する (S 1 1 1)。イントラ予測の実施条件が満たされている場合 (S 1 1 1でY e s)、符号化装置は、イントラ予測を適用して符号化を行う (S 1 1 2)。

[0047] ここで、イントラ予測とは、対象ノードが含まれる対象フレームに含まれる他のノードの情報を用いる予測処理である。例えば、イントラ予測では、符号化装置は、対象ノードの近傍ノードの属性情報から予測値を算出する。次に、符号化装置は、予測値にR A H Tを行うことで予測変換係数を算出する。次に、符号化装置は、対象ノードにR A H Tを行うことで得られた変換係数と、予測変換係数との差分である差分値 (予測残差)を算出する。次に、符号化装置は、差分値を算術符号化 (エントロピー符号化)することで符号化データ (ビットストリーム)を生成する。

[0048] 一方、イントラ予測の実施条件が満たされていない場合 (S 1 1 1でN o)、符号化装置は、対象ノードに予測を適用せずに符号化を行う (S 1 1 3)。例えば、符号化装置は、変換係数を算術符号化 (エントロピー符号化)することで符号化データ (ビットストリーム)を生成する。

[0049] また、ステップS 1 1 1では、符号化装置は、例えば、ノードの密度を用いてイントラ予測を実施するか否かを判定する。具体的には、符号化装置は、密度が高い場合には、イントラ予測を実施すると判定し、密度が低い場合には、イントラ予測を実施しないと判定する。例えば、符号化装置は、祖父母ノード及び親ノードの近傍ノードの数を用いて判定を行う。図5は、この判定処理 (S 1 1 1)のフローチャートである。

[0050] まず、符号化装置は、対象ノードの祖父母ノードの近傍ノードの数が第1閾値以上であるか否かを判定する (S 1 2 1)。なお、近傍ノードとは、当

該ノード（上記では祖父母ノード）の近傍に位置する（例えば、当該ノードからの距離が所定値未満の）1以上の点を含むノードである。

[0051] 祖父母ノードの近傍ノードの数が第1閾値以上である場合（S121でYes）、符号化装置は、親ノードの近傍ノードの数が第2閾値以上であるか否かを判定する（S122）。親ノードの近傍ノードの数が第2閾値以上である場合（S122でYes）、符号化装置は、イントラ予測の実施条件が満たされると判定する（S123）。

[0052] 一方、祖父母ノードの近傍ノードの数が第1閾値未満である場合（S121でNo）、又は、親ノードの近傍ノードの数が第2閾値未満である場合（S122でNo）、符号化装置は、イントラ予測の実施条件が満たされないと判定する（S124）。なお、ステップS121及びステップS122の一方は省略されてもよい。したがって、イントラ予測が実施されるか否かにかかわらず、祖父母ノード又は親ノードの近傍ノードの数と閾値との比較が行われる。

[0053] 次に、図3に示すように、ステップS104、S105又はS106の後、符号化装置は、インター予測用に対象ノードの変換係数をメモリに保存する（S107）。なお、対象ノードが属する深さ（階層）がインター予測対象の深さでない場合（イントラ予測処理が適用されうる深さである場合）、符号化装置は、インター予測用に対象ノードの変換係数をメモリに保存しなくてもよい。これにより、メモリに格納されるデータ量を削減できる。

[0054] このように、符号化装置は、対象ノードの深さがインター予測対象の深さである場合には、インター予測を適用しうると判定し、そうでない場合には、イントラ予測を適用しうると判定する。つまり、符号化装置は、対象ノードの深さが予め定められた条件を満たす場合には、常にインター予測を優先する。

[0055] 図6は、第1例における階層（深さ）と適用される予測との関係を示す図である。図6に示すように、例えば、階層 α より上位の階層ではインター予測が適用されうる。階層 α より下位の階層ではイントラ予測が適用されうる。

- 。
- [0056] ここで、R A H Tを用いた階層符号化方法では、深さが浅い上位階層の変換係数ほど対象フレームに含まれる三次元点の属性情報の低周波成分を示し、階層が深い変換係数ほど高周波成分を示す特徴がある。一般的に色又は反射率等の属性情報の低周波成分は、時間経過による変化が少ないため、低周波成分にインター予測を用いることで予測精度を向上できる。一方、属性情報の高周波成分はノイズ等の影響を受けやすく、時間経過による変化が大きいため、インター予測によって予測精度を向上することが難しい。そこで、符号化装置は、属性情報の低周波成分が多く含まれる上位階層にはインター予測を適用するか、又は、予測を行わない。そして、符号化装置は、高周波成分が多く含まれる下位階層ではインター予測を適用せず、代わりにフレーム内の近傍ノードから予測を行うイントラ予測を適用するか、又は、予測を行わない。これにより、符号化効率を向上できる可能性が高くなる。
- [0057] また、イントラ予測は、近傍ノードが密であれば高周波成分の予測にも有効であるため、イントラ予測を高周波成分が多い下位階層に適用することで符号化効率を向上できる。なお、図5に示すように、符号化装置は、下位階層であっても近傍ノードが密でない場合は、イントラ予測を適用しなくてもよい。これにより、処理量の削減と符号化効率のバランスをとることができる。
- [0058] また、図5に示す処理に用いる、イントラ予測の実施条件に含まれる祖父ノード又は親ノードの近傍ノードの数は、対象ノードの深さがインター予測対象の深さである場合には、不要であるため算出されなくてもよい。これにより、近傍ノードの数を算出する処理量を削減できる。
- [0059] また、符号化装置は、所定の対象フレームについて、インター予測を禁止し、イントラ予測を適用するか、又は予測を行わなくてもよい。これにより、符号化装置は、フレーム間の情報に依存せずに対象フレームを符号化及び復号でき、所定の対象フレームをランダムアクセスポイントとすることができる。なお、対象フレームがランダムアクセスポイントである場合、符号化

装置は、インター予測に必要な情報、例えば、インター予測対象の深さを示す情報等をビットストリームに付加しなくてもよい。これによりビットストリームのデータ量を削減できる。

[0060] [変換係数の予測復号処理の第1例]

上記符号化装置に対応する復号装置（三次元データ復号装置）による予測方式（イントラ予測又はインター予測）の切り替え方法の第1例について説明する。復号装置は、例えば、上記符号化装置により生成されたビットストリームを復号する。例えば、復号装置は、位置情報を8分木等のN分木構造を用いて復号する。また、復号装置は、属性情報を、R A H Tの逆変換である逆R A H Tを用いて復号する。逆R A H Tは、三次元点の位置情報を用いた属性情報に対する階層復号方式の一種である。逆R A H Tにより、変換係数が属性情報に変換される。

[0061] 図7は、本実施の形態に係る変換係数の復号処理の第1例のフローチャートである。図7に示す処理は、例えば、復号対象の対象フレームに含まれる、オクツリー階層（8分木階層）のノード毎に繰り返し行われる。なお、対象ノードに適用する予測の種別（インター予測、イントラ予測、予測なし）の判定処理については、上述した符号化装置と同様の処理が行われる。

[0062] まず、復号装置は、対象ノードが属する、オクツリー階層の深さがインター予測対象の深さであるか否かを判定する（S201）。

[0063] 対象ノードが属する深さがインター予測対象の深さである場合（S201でYes）、復号装置は、参照フレームに対象ノードと同一位置のノードが存在するか否かを判定する（S202）。復号装置は、参照フレームに対象ノードと同一位置のノードが存在すると判定した場合（S202でYes）、対象ノードにインター予測を適用して復号を行う（S203）。例えば、復号装置は、ビットストリームに含まれる対象ノードの符号化データを算術復号（エントロピー復号）することで対象ノードの差分値を生成する。次に、復号装置は、インター予測により予測値を算出し、当該予測値と差分値とを加算することで変換係数を生成する。また、インター予測の予測値の算出

方法は、符号化装置における処理と同様である。

[0064] 一方、復号装置は、参照フレームに対象ノードと同一位置のノードが存在しないと判定した場合（S202でNo）、対象ノードに予測を適用せずに復号を行う（S204）。つまり、復号装置は、対象ノードにインター予測及びイントラ予測のいずれも適用しない。例えば、復号装置は、ビットストリームに含まれる対象ノードの符号化データを算術復号（エントロピー復号）することで対象ノードの変換係数を生成する。

[0065] また、対象ノードが属する深さがインター予測対象の深さでない場合（S201でNo）、復号装置は、イントラ予測処理を行う（S205）。

[0066] 図8は、イントラ予測処理（S205）のフローチャートである。まず、復号装置は、イントラ予測の実施条件が満たされているか否かを判定することで、イントラ予測を実施するか否かを判定する（S211）。イントラ予測の実施条件が満たされている場合（S211でYes）、復号装置は、イントラ予測を適用して復号を行う（S212）。例えば、復号装置は、ビットストリームに含まれる対象ノードの符号化データを算術復号（エントロピー復号）することで対象ノードの差分値を生成する。次に、復号装置は、イントラ予測により予測値を算出し、予測値にRAHTを行うことで予測変換係数を算出する。復号装置は、当該予測変換係数と差分値とを加算することで変換係数を生成する。また、イントラ予測の予測値の算出方法は、符号化装置における処理と同様である。

[0067] 一方、イントラ予測の実施条件が満たされていない場合（S211でNo）、復号装置は、対象ノードに予測を適用せずに復号を行う（S213）。例えば、復号装置は、ビットストリームに含まれる対象ノードの符号化データを算術復号（エントロピー復号）することで対象ノードの変換係数を生成する。なお、ステップS211では、例えば、図5と同様の手法が用いられてもよい。または、ステップS211では、ビットストリームに含められた制御情報に従って判定が行われてもよい。

[0068] 次に、図7に示すように、ステップS203、S204又はS205の後

、復号装置は、インター予測用に対象ノードの変換係数をメモリに保存する（S 2 0 6）。なお、対象ノードが属する深さ（階層）がインター予測対象の深さでない場合（イントラ予測処理が適用される深さである場合）、復号装置は、インター予測用に対象ノードの変換係数をメモリに保存しなくてもよい。これにより、メモリに格納されるデータ量を削減できる。

[0069] 最後に復号装置は、ステップS 2 0 3、S 2 0 4又はS 2 0 5で得られた変換係数に逆R A H Tを行うことで対象ノードの属性情報を生成する（S 2 0 7）。

[0070] 以上により、復号装置は、上記符号化装置が生成したビットストリームを適切に復号できる。

[0071] なお、復号装置は、対象フレームがランダムアクセスポイントであることを示す情報がビットストリームに含まれる場合には、イントラ予測を適用して対象フレームを復号してもよい。これにより、復号装置は、フレーム間の情報に依存せずに対象フレームを復号でき、ランダムアクセスポイントを生成できる。なお、対象フレームがランダムアクセスポイントである場合、復号装置は、インター予測に必要な情報、例えば、インター予測対象の深さを示す情報等をビットストリームから復号しなくてもよい。これにより処理量を削減できる。

[0072] [変換係数の予測符号化処理の第2例]

以下、符号化装置による予測方式の切り替え方法の第2例について説明する。図9は、変換係数の符号化処理の第2例のフローチャートである。図9に示す処理は、例えば、符号化対象の対象フレームに含まれる、オクツリー階層（8分木階層）のノード毎に繰り返し行われる。なお、以下では、図3に示す第1例との相違点を主に説明する。図9に示す処理は、図3に示す処理に対してステップS 1 0 3がステップS 1 0 3 Aに変更され、ステップS 1 0 5が削除されている。

[0073] 図9に示す処理では、対象ノードが属する深さがインター予測対象の深さである場合（S 1 0 2でY e s）において参照フレームに対象ノードと同一

位置のノードが存在しないと判定した場合（S103AでNo）に、符号化装置は、イントラ予測処理を行う（S106）。これにより、深さが浅い上位階層に対して、インター予測が適用できない場合でも、符号化装置は、フレーム内の近傍ノードから予測を行うイントラ予測を適用することが可能となり、符号化効率を向上できる可能性がある。イントラ予測は、近傍ノードが密であれば低周波成分の予測にも有効であるため、インター予測が適用できない場合にインター予測の代わりにイントラ予測を適用することで符号化効率を向上できる可能性がある。

[0074] 図10は、第2例における階層（深さ）と適用される予測との関係を示す図である。なお、イントラ予測には、予測無しが含まれる。図10に示すように、例えば、階層 α より上位の階層ではインター予測又はイントラ予測が適用されうる。階層 α より下位の階層ではイントラ予測が適用されうる。

[0075] なお、図6及び図10に示す例では、階層 α より上位か否かによって予測方式が切り替わったが、階層毎に予測方式は切り替わってもよい。ただし、予測方式には、上述の通り、予測無しが含まれる。

[0076] なお、ステップS102の判定は行われなくてもよい。または、インター予測対象の深さとして全階層が設定されてもよい。この場合、符号化装置は、全階層に対してインター予測が適用できるか否か（例えば参照フレームに対象ノードと同一位置のノードが存在するか否か）を判定し、インター予測が適用できる場合はインター予測を適用し、そうでなければイントラ予測を実施する。例えば、符号化装置は、ビットストリームに付加する、インター予測対象の深さを示す深さ情報の値を、RAHTによる階層符号化の最大階層数より大きく設定することで全階層をインター予測対象の範囲に含めることができる。これにより、符号化装置は、例えば静止しているシーンなど、インター予測の予測精度が高いシーンに含まれるフレームでは全階層にインター予測を適用することで符号化効率を向上できる。なお、静止シーンか否かの判定に、どのような方式を用いられてもよい。例えば、符号化装置は、フレーム間の全体動きベクトルの値が予め定められた閾値より小さい場合に

静止シーンであると判定してもよい。

[0077] [変換係数の予測復号処理の第2例]

上記の第2例に係る符号化装置に対応する復号装置による予測方式の切り替え方法の第2例について説明する。図11は、変換係数の復号処理の第2例のフローチャートである。図11に示す処理は、例えば、復号対象の対象フレームに含まれる、オクツリー階層（8分木階層）のノード毎に繰り返し行われる。なお、以下では、図7に示す第1例との相違点を主に説明する。図11に示す処理は、図7に示す処理に対してステップS202がステップS202Aに変更され、ステップS204が削除されている。

[0078] 図11に示す処理では、対象ノードが属する深さがインター予測対象の深さである場合（S201でYes）において参照フレームに対象ノードと同一位置のノードが存在しないと判定した場合（S202AでNo）に、復号装置は、イントラ予測処理を行う（S205）。これにより、深さが浅い上位階層に対して、インター予測が適用できない場合でも、復号装置は、フレーム内の近傍ノードから予測を行うイントラ予測を適用することで、符号化効率を向上したビットストリームを適切に復号できる。

[0079] なお、ステップS201の判定は行われなくてもよい。または、復号装置は、インター予測対象の深さとして全階層が設定された情報を復号した場合に、全階層に対してインター予測が適用できるか否か（例えば参照フレームに対象ノードと同一位置のノードが存在するか否か）を判定し、インター予測が適用できる場合はインター予測を適用し、そうでなければイントラ予測を実施してもよい。例えば、復号装置は、ビットストリームから復号したインター予測対象の深さを示す深さ情報の値がRAHTによる階層符号化の最大階層数より大きい場合には、全階層をインター予測対象の範囲と判定してもよい。これにより、復号装置は、上記符号化装置により生成されたビットストリームを適切に復号できる。

[0080] [変換係数の予測符号化処理の第3例]

以下、符号化装置による予測方式の切り替え方法の第3例について説明す

る。第3例では、図3及び図4に示す第1例と比較し、イントラ予測をインター予測より優先して実施する点異なる。

[0081] 図12は、変換係数の符号化処理の第3例のフローチャートである。図12に示す処理は、例えば、符号化対象の対象フレームに含まれる、オクツリ一階層（8分木階層）のノード毎に繰り返し行われる。まず、符号化装置は、対象ノードにRAHTを実施することで変換係数を算出する（S131）。

[0082] 次に、符号化装置は、イントラ予測の実施条件が満たされているか否かを判定することで、イントラ予測を実施するか否かを判定する（S132）。例えば、この判定は、図4に示すステップS111と同様の手法が用いられる。

[0083] イントラ予測の実施条件が満たされている場合（S132でYes）、符号化装置は、イントラ予測を適用して符号化を行う（S133）。一方、イントラ予測の実施条件が満たされていない場合（S132でNo）、符号化装置は、インター予測処理を行う（S134）。

[0084] 図13は、インター予測処理（S134）のフローチャートである。まず、符号化装置は、参照フレーム（参照点群）に対象ノードと同一位置のノードが存在するか否かを判定する（S141）。符号化装置は、参照フレームに対象ノードと同一位置のノードが存在すると判定した場合（S141でYes）、対象ノードにインター予測を適用して符号化を行う（S142）。

[0085] 一方、符号化装置は、参照フレームに対象ノードと同一位置のノードが存在しないと判定した場合（S141でNo）、対象ノードに予測を適用せずに符号化を行う（S143）。

[0086] 次に、図12に示すように、ステップS133又はS134の後、符号化装置は、インター予測用に対象ノードの変換係数をメモリに保存する（S135）。

[0087] このように、符号化装置は、RAHTを実施後、イントラ予測の実施条件が満たされる場合はイントラ予測を実施し、そうでない場合はインター予測

を実施する。これにより、例えば、インター予測が難しいフレーム間の動きが速いシーンにおいて、イントラ予測が実施可能な場合はイントラ予測を実施し、イントラ予測を実施できない場合は、インター予測によって予測値を生成することで符号化効率を向上できる。

[0088] なお、符号化装置は、第1例のようにインター予測を優先する処理と、第3例のようにイントラ予測を優先する処理とをシーケンス単位、フレーム単位、又はスライス単位で切り替えてもよい。例えば、符号化装置は、インター予測を優先するか否か（インター予測を優先するかイントラ予測を優先するか）を示す情報である `raht__inter__priority__enable` をビットストリームに付加する。符号化装置は、`raht__inter__priority__enable` の値が1の場合は、第1例のようにインター予測を優先し、`raht__inter__priority__enable` の値が0の場合は、第3例のようにイントラ予測を優先する。

[0089] 例えば、符号化装置は、動きが速いシーンの場合には、`raht__inter__priority__enable` を値0に設定し、イントラ予測を優先し、そうでなければ `raht__inter__priority__enable` を値1に設定し、インター予測を優先する。これにより、符号化装置は、優先する予測方式を、シーンに適した予測方式に切り替えることができるので符号化効率を向上できる。

[0090] なお、図13に示す処理において、ステップS141は、図3のステップS102と同様に、対象ノードの深さがインター予測対象の深さであるか否かの判定を含んでもよい。この場合、符号化装置は、対象ノードの深さがインター予測対象の深さであり、かつ、参照フレームに対象ノードと同一位置のノードが存在する場合に、対象ノードにインター予測を適用して符号化を行い（S142）、そうでない場合に対象ノードに予測を適用せずに符号化を行う（S143）。これにより、符号化装置は、時間経過による変化が少ない低周波成分を多く含む上位階層にインター予測を適用することで符号化効率を向上できる。

[0091] [変換係数の予測復号処理の第3例]

上記の第3例に係る符号化装置に対応する復号装置による予測方式の切り替え方法の第3例について説明する。図14は、変換係数の復号処理の第3例のフローチャートである。図14に示す処理は、例えば、復号対象の対象フレームに含まれる、オクツリー階層（8分木階層）のノード毎に繰り返し行われる。

[0092] まず、復号装置は、イントラ予測の実施条件が満たされているか否かを判定することで、イントラ予測を実施するか否かを判定する（S231）。例えば、この判定は、図8に示すステップS211と同様の手法が用いられる。

[0093] イントラ予測の実施条件が満たされている場合（S231でYes）、復号装置は、イントラ予測を適用して復号を行う（S232）。一方、イントラ予測の実施条件が満たされていない場合（S231でNo）、復号装置は、インター予測処理を行う（S233）。

[0094] 図15は、インター予測処理（S233）のフローチャートである。まず、復号装置は、参照フレーム（参照点群）に対象ノードと同一位置のノードが存在するか否かを判定する（S241）。復号装置は、参照フレームに対象ノードと同一位置のノードが存在すると判定した場合（S241でYes）、対象ノードにインター予測を適用して復号を行う（S242）。

[0095] 一方、復号装置は、参照フレームに対象ノードと同一位置のノードが存在しないと判定した場合（S241でNo）、対象ノードに予測を適用せずに復号を行う（S243）。

[0096] 次に、図14に示すように、ステップS232又はS233の後、復号装置は、インター予測用に対象ノードの変換係数をメモリに保存する（S234）。最後に復号装置は、ステップS232又はS233で得られた変換係数に逆RAHTを行うことで対象ノードの属性情報を生成する（S235）。

[0097] このように、第3例では、復号装置は、イントラ予測をインター予測より

優先して実施する。つまり、復号装置は、イントラ予測の実施条件が満たされる場合はイントラ予測を実施し、そうでない場合はインター予測を実施する。これにより、復号装置は、上記符号化装置により生成されたビットストリームを適切に復号できる。

[0098] なお、復号装置は、第1例のようにインター予測を優先する処理と、第3例のようにイントラ予測を優先する処理とをシーケンス単位、フレーム単位、又はスライス単位で切り替えてもよい。例えば、復号装置は、インター予測を優先するか否か（インター予測を優先するかイントラ予測を優先するか）を示す情報である `raht__inter__priority__enable` をビットストリームから復号する。復号装置は、`raht__inter__priority__enable` の値が1の場合は、第1例のようにインター予測を優先し、`raht__inter__priority__enable` の値が0の場合は、第3例のようにイントラ予測を優先してもよい。これにより、上記符号化装置により生成されたたビットストリームを復号装置は適切に復号できる。

[0099] なお、図15に示す処理において、ステップS241は、図7のステップS201と同様に、対象ノードの深さがインター予測対象の深さであるか否かの判定を含んでもよい。この場合、復号装置は、対象ノードの深さがインター予測対象の深さであり、かつ、参照フレームに対象ノードと同一位置のノードが存在する場合に、対象ノードにインター予測を適用して復号を行う（S242）、そうでない場合に対象ノードに予測を適用せずに復号を行う（S243）。これにより、時間経過による変化が少ない低周波成分を多く含む上位階層にインター予測を適用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装置は適切に復号できる。

[0100] [変換係数の予測符号化処理の第4例]

以下、符号化装置による予測方式の切り替え方法の第4例について説明する。図16は、変換係数の符号化処理の第4例のフローチャートである。図16に示す処理は、例えば、符号化対象の対象フレームに含まれる、オクツ

リー階層（8分木階層）のノード毎に繰り返し行われる。まず、符号化装置は、対象ノードにRAHTを実施することで変換係数を算出する（S151）。

[0101] 次に、符号化装置は、イントラ予測処理を行う（S152）。例えば、イントラ予測処理（S152）は、図4に示す処理と同様である。次に、符号化装置は、インター予測処理を行う（S153）。例えば、インター予測処理（S153）は、図13に示す処理と同様である。

[0102] 次に、符号化装置は、ステップS152で得られたイントラ予測を適用した場合の符号化データの符号量と、ステップS153で得られたインター予測を適用した場合の符号化データの符号量とを比較する（S154）。

[0103] インター予測を適用した場合の符号化データの符号量が、イントラ予測を適用した場合の符号化データの符号量より少ない場合（S154でYes）、符号化装置は、`raht__inter__node`を値1に設定し、`raht__inter__node`をビットストリームに格納する（S155）。次に、符号化装置は、ステップS153においてインター予測により得られた差分値をビットストリームに格納する（S156）。

[0104] 一方、イントラ予測を適用した場合の符号化データの符号量が、インター予測を適用した場合の符号化データの符号量より少ない場合（S154でNo）、符号化装置は、`raht__inter__node`を値0に設定し、`raht__inter__node`をビットストリームに格納する（S157）。次に、符号化装置は、ステップS152においてイントラ予測により得られた差分値をビットストリームに格納する（S158）。

[0105] 次に、符号化装置は、インター予測用に対象ノードの変換係数をメモリに保存する（S159）。

[0106] このように、第4例では、符号化装置は、例えば、ノード毎に変換係数にイントラ予測を適用するか、インター予測を適用するかを判定し、どちらを適用したかを示す情報（`raht__inter__node`）をビットストリームに付加する。例えば、`raht__inter__node`の値が1の場合

は、対象ノードにインター予測が適用されたことを示し、`raht__inter__node`の値が0の場合は、対象ノードにイントラ予測が適用されたことを示す。

[0107] これにより、復号装置は`raht__inter__node`を復号することで、対象ノードにイントラ予測及びインター予測のどちらを適用すべきかを判定でき、ビットストリームを適切に復号できる。

[0108] なお、ステップS154では、符号化装置は、例えば、差分値を算術符号化することで得られる符号化データの符号量を、インター予測とイントラ予測とで比較し、符号量が少ない予測方法を選択してもよい。これにより、ノード毎に符号量が小さくなる予測方法を適切に選択することができるので符号化効率を向上できる。または、符号化装置は、算術符号化前の差分値の符号量を、インター予測とイントラ予測とで比較し、符号量が少ない予測方法が選択してもよい。これにより、符号量を算出する処理量を削減できる。また、判定に用いられる符号量は、差分値の符号量に加え、`raht__inter__node`の符号量を含んでもよい。これにより、差分値の符号量と`raht__inter__node`の符号量とのバランスをとった予測方式が選択できるので、符号化効率を向上できる。

[0109] なお、ここでは、ノード毎に`raht__inter__node`がビットストリームに付加される例を示したが、必ずしもこれに限らない。例えば、変換係数毎に、当該変換係数に適用する予測方式（イントラ予測又はインター予測）を示す情報がビットストリームに付加されてもよい。これにより、変換係数毎に適切な予測方式を切り替えることで符号化効率を向上できる。また、例えば、階層毎に、当該階層に適用する予測方式（イントラ予測又はインター予測）を示す情報がビットストリームに付加されてもよい。これにより、階層毎に適切な予測方式を切り替えることで符号化効率を向上できる。

[0110] [変換係数の予測復号処理の第4例]

上記の第4例に係る符号化装置に対応する復号装置による予測方式の切り替え方法の第4例について説明する。図17は、変換係数の復号処理の第4

例のフローチャートである。図17に示す処理は、例えば、復号対象の対象フレームに含まれる、オクツリー階層（8分木階層）のノード毎に繰り返される。

- [0111] まず、復号装置は、ノード毎に変換係数がイントラ予測を用いて符号化されたか、インター予測を用いて符号化されたかを示す情報（`raht__inter__node`）をビットストリームから復号（取得）する（S251）。
- [0112] 次に、復号装置は、`raht__inter__node`を参照し、対象ノードをイントラ予測及びインター予測のどちらで復号すべきかを判定する（S252）。具体的には、復号装置は、`raht__inter__node=1`の場合（S252でYes）、復号装置は、対象ノードがインター予測を用いて符号化されたと判定し、インター予測処理を行う（S253）。例えば、インター予測処理（S253）は、図15に示す処理と同様である。
- [0113] 一方、`raht__inter__node=0`の場合（S252でNo）、復号装置は、対象ノードがイントラ予測を用いて符号化されたと判定し、イントラ予測処理を行う（S254）。例えば、イントラ予測処理（S254）は、図8に示す処理と同様である。
- [0114] 次に、復号装置は、インター予測用に対象ノードの変換係数をメモリに保存する（S255）。最後に復号装置は、ステップS253又はS254で得られた変換係数に逆RAHTを行うことで対象ノードの属性情報を生成する（S256）。
- [0115] このように、復号装置は、ノード毎に適切な予測方法を選択することで符号化効率を向上したビットストリームを適切に復号できる。
- [0116] なお、ここでは、ノード毎に`raht__inter__node`が付加されたビットストリームを復号する例を示したが、必ずしもこれに限らない。例えば、復号装置は、変換係数毎に、当該変換係数に適用する予測方式（イントラ予測又はインター予測）を示す情報をビットストリームから復号してもよい。これにより、変換係数毎に適切な予測方式を切り替えることで符号化

効率を向上したビットストリームを復号装置は適切に復号できる。また、例えば、復号装置は、階層毎に、当該階層に適用する予測方式（イントラ予測又はインター予測）を示す情報をビットストリームから復号してもよい。これにより、階層毎に適切な予測方式を切り替え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装置は適切に復号できる。

[0117] [シンタックス例]

図18は、属性データ (`attribute_data`) のシンタックス例を示す図である。属性データは、属性情報が符号化されることで生成される符号化データである。図18に示すように、属性データは、`ZeroCnt`と、`raht_inter_coeff[i+j]`と、`attribute_value[i]`とを含む。

[0118] `ZeroCnt`は、量子化後の変換係数において値0が連続する数を示す。`ZeroCnt`は二値化及び算術符号化されてもよい。

[0119] `raht_inter_coeff[i+j]`は、 $(i+j)$ 番目の変換係数である`coeff`がイントラ予測を用いて符号化されたかインター予測を用いて符号化されたかを示す。例えば、`raht_inter_coeff[i+j]`の値が1の場合は、 $(i+j)$ 番目の`coeff`がインター予測を用いて符号化されたことを示す。`raht_inter_coeff[i+j]`の値が0の場合は、 $(i+j)$ 番目の`coeff`がイントラ予測を用いて符号化されたことを示す。

[0120] これにより、復号装置は`raht_inter_coeff[i+j]`を復号することで、 $(i+j)$ 番目の`coeff`を、イントラ予測及びインター予測のどちらを用いて復号すべきかを判定でき、ビットストリームを適切に復号できる。なお、`raht_inter_coeff`の値はエントロピー符号化されてヘッダに付加されてもよい。例えば、`raht_inter_coeff`は二値化及び算術符号化されてもよい。

[0121] また、符号化装置は、使用するコンテキストを適応的に切り替えながら`raht_inter_coeff`を算術符号化してよい。例えば、符号化装

置は、符号化対象の `raht__inter__coeff` よりも前に符号化された `raht__inter__coeff` の値に応じて使用するコンテキストを切り替えてもよい。より具体的には、符号化装置は、符号化対象の `raht__inter__coeff` の直前に符号化された `raht__inter__coeff` の値が0、つまり、直前の `coeff` がイントラ予測を用いて符号化された場合はコンテキスト0を選択し、符号化対象の `raht__inter__coeff` の直前に符号化された `raht__inter__coeff` の値が1、つまり、直前の `coeff` がインター予測を用いて符号化された場合はコンテキスト1を選択してもよい。これにより、イントラ予測又はインター予測が連続して発生するケースにおいて、`raht__inter__coeff` の算術符号化の効率が向上し、符号量を削減できる。なお、符号化装置は、処理量を抑えるために `raht__inter__coeff` を固定長で符号化してもよい。

[0122] なお、ここでは、`coeff` 毎にイントラ予測とインター予測とのどちらが用いられたかを示す情報 (`raht__inter__coeff`) がビットストリームに付加される例を示したが、必ずしもこれに限らない。例えば、対象 `coeff` が属する対象ノード毎にイントラ予測とインター予測とのどちらかが用いられたかを示す情報である `raht__inter__node` がビットストリームに付加され、対象ノードに属する複数の `coeff` で当該情報が共有化されてもよい。より具体的には、対象ノードに `coeff` が3つ含まれる場合において、対象ノードに付加された `raht__inter__node` の値が1の場合、復号装置は、対象ノードに属する3つの `coeff` は全てインター予測で符号化されたと判定する。また、対象ノードに付加された `raht__inter__node` の値が0の場合、復号装置は、対象ノードに属する3つの `coeff` は全てイントラ予測で符号化されたと判定する。このように、`raht__inter__node` を同一対象ノード内に含まれる複数の `coeff` で共有化することで、ビットストリームの符号量を抑えつつ、イントラ予測とインター予測とを適切に適用することで符号化

効率を向上できる。

[0123] なお、符号化装置は、使用するコンテキストを適応的に切り替えながら `raht__inter__node` を算術符号化してもよい。例えば、符号化装置は、符号化対象の `raht__inter__node` よりも前に符号化した `raht__inter__node` の値に応じて使用するコンテキストを切り替えてもよい。より具体的には、符号化装置は、符号化対象の `raht__inter__node` の直前に符号化された `raht__inter__node` の値が0、つまり、直前のノードがイントラ予測を用いて符号化された場合はコンテキスト0を選択し、符号化対象の `raht__inter__node` の直前に符号化された `raht__inter__node` の値が1、つまり、直前のノードがインター予測を用いて符号化された場合はコンテキスト1を選択してもよい。これにより、イントラ予測又はインター予測が連続して発生するケースにおいて、`raht__inter__node` の算術符号化の効率が向上するので、符号量を削減できる。なお、符号化装置は、処理量を抑えるために `raht__inter__node` を固定長で符号化してもよい。

[0124] なお、符号化装置は、`raht__inter__coeff` 又は `raht__inter__node` を、対象 `coeff` 又は対象ノードがインター予測対象の範囲（深さ）に含まれる場合にビットストリームに付加してもよい。例えば、対象 `coeff` が属する対象ノードの深さがインター予測対象の深さである場合に、`raht__inter__coeff` 又は `raht__inter__node` をビットストリームに付加する。これにより、対象 `coeff` がイントラ予測又はインター予測のいずれを用いて符号化されたかを復号装置に通知できる。一方、対象 `coeff` が属する対象ノードがインター予測対象の範囲に含まれない場合、符号化装置は、`raht__inter__coeff` 又は `raht__inter__node` をビットストリームに付加しなくてもよい。その場合、復号装置は、`raht__inter__coeff=0` 又は `raht__inter__node=0` とみなし、イントラ予測で対象 `coeff` を復号してもよい。

- [0125] このように、符号化装置は、対象 `coeff` が属する対象ノードがインター予測対象の範囲に含まれる場合に、`raht__inter__coeff` 又は `raht__inter__node` をビットストリームに付加する。これにより、ビットストリームの符号量を抑えつつ、イントラ予測とインター予測とのいずれを用いるかを対象 `coeff` 毎に切り替えながら符号化できるので符号化効率を向上できる。
- [0126] `attribute__value [i]` は、 i 番目の `coeff` (変換係数) の値を示す。なお、`attribute__value` は複数のコンポーネントから構成されてもよい。例えば、`attribute__value` は、変換係数の正負を表す `sign bit` と、変換係数の絶対値を表す係数値とを含んでもよい。
- [0127] また、`attribute__value` はエントロピー符号化されてヘッダに付加されてもよい。例えば、`attribute__value` は二値化されて算術符号化されてもよい。また、処理量を抑えるために、`attribute__value` は固定長で符号化されてもよい。
- [0128] なお、二値化後の各ビットが算術符号化される場合に、符号化装置は、ビット毎に符号化テーブル (または、コンテキスト) を切り替えてもよい。これにより、符号化効率を向上できる。例えば、 i 番目の `coeff` の `raht__inter__coeff [i]` の値に応じて、`attribute__value [i]` を算術符号化するためのコンテキストが切り替えられてもよい。具体的には、`raht__inter__coeff [i] = 0`、つまりイントラ予測用のコンテキストと、`raht__inter__coeff [i] = 1`、つまりインター予測用のコンテキストとをそれぞれ用意し、対象ノードにイントラ予測及びインター予測のいずれが用いられるかに応じて、算術符号化で使用されるコンテキストが切り替えられてもよい。これにより、イントラ予測とインター予測とで予測精度が異なり、変換係数の発生傾向が異なるような場合でも、イントラ予測とインター予測とで適切なコンテキストを用いることができるので符号化効率を向上できる。

[0129] なお、`attribute_value`に対するコンテキストの切り替え方法は上記方式に限らない。例えば、`coeff`の属する対象ノードの深さがインター予測対象の範囲（深さ）に含まれるか否かに基づきコンテキストが切り替えられてもよい。例えば、`coeff`の属する対象ノードの深さがインター予測対象の範囲に含まれる場合、`attribute_value`は、イントラ予測で生成された変換係数又はインター予測で生成された変換係数である。一方、`coeff`の属する対象ノードの深さがインター予測対象の範囲に含まれない場合、`attribute_value`としてイントラ予測で生成された変換係数である。このように、対象ノードの深さがインター予測対象の範囲に含まれるか否かに応じて、`attribute_value`の値は発生傾向が異なる可能性があるため、それぞれの場合で異なるコンテキストを用いることで符号化効率を向上できる。

[0130] また、符号化装置は、 i 番目の`coeff`が属するノードの`raht_inter_node`の値に応じて、`attribute_value[i]`の算術符号化に用いるコンテキストを切り替えてもよい。これにより、イントラ予測とインター予測とで予測精度が異なり、変換係数の発生傾向が異なるような場合でも、イントラ予測とインター予測とで適切なコンテキストを用いることができる。よって、符号化効率を向上できる。

[0131] なお、ここでは、符号化装置による算術符号化におけるコンテキストの切り替えについて説明したが、復号装置による算術復号におけるコンテキストの切り替えにおいても同様の手法を適用できる。

[0132] 図19は、APSのシンタックス例を示す図である。APS (Attribute Parameter Set) は、ビットストリームに含まれる制御情報（パラメータセット又はメタデータとも呼ぶ）であり、属性情報の符号化に関わる制御情報である。例えば、APSは、複数フレームに共通の制御情報である。

[0133] 図19に示すように、APSは、`inter_raht_prediction_enabled`と、`depth`と、`raht_inter_pri`

`ority_enable`を含む。

[0134] `inter_raht_prediction_enable`は属性情報（RAHT後の変換係数）にインター予測を適用するか否かを示すフラグである。言い換えると、当該フラグは、インター予測方式が有効であるか否かを示す。なお、`inter_raht_prediction_enable`は属性情報の符号化方式としてRAHT方式が選択された場合にAPSに格納され、そうでない場合にはAPSに格納されなくてもよい。また、`inter_raht_prediction_enable`は、RAHT方式が選択され、かつ、RAHT方式において予測符号化を適用すると選択された場合に、APSに格納され、そうでない場合にはAPSに格納されなくてもよい。これによりヘッダの符号量を削減できる。

[0135] `inter_raht_prediction_enabled`によりインター予測方式を適用することが示される場合、APSは`depth`と、`raht_inter_priority_enable`を含む。

[0136] `depth`は、インター予測を適用する深さ（インター予測対象の範囲）を示す情報である。例えば、最上位層は必ずインター予測を適用すると規定され、`depth`は、インター予測を適用する深さ-1を示してもよい。例えば、`depth`で示される深さ（又は深さ-1）より上（又は以上）の層にインター予測が適用され、`depth`で示される深さ（又は深さ-1）以下（又は未満）の層にインター予測が適用されない。

[0137] `raht_inter_priority_enable`は、インター予測を優先するか否か（インター予測を優先するかイントラ予測を優先するか）を示す情報である。`raht_inter_priority_enable`の値が1の場合は、第1例のようにインター予測が優先され、`raht_inter_priority_enable`の値が0の場合は、第3例のようにイントラ予測が優先される。これにより、例えば動きが速いシーンに対して、`raht_inter_priority_enable`を値0に設定することでイントラ予測を優先し、そうでなければ`raht_int`

`er_priority_enable`を値1に設定することでインター予測を優先することができる。これにより、符号化装置は、使用する予測方式を、シーンに適した予測方式に切り替えることができるので符号化効率を向上できる。

[0138] また、符号化装置は、`raht_inter_priority_enable`を、`inter_raht_prediction_enabled = 1`、つまり、インター予測が適用される場合にビットストリームに付加することでビット量を削減できる。

[0139] [変形例]

上記の第1例～第4例のいずれかにおいて、符号化装置は、対象ノードの深さ、又はインター予測を適用するか否かによらず、図4及び図5に示すイントラ予測の実施条件の判定を常に行ってもよい。或いは、符号化装置は、適用する予測モードに関わらず、イントラ予測に必要な近傍ノードの数を算出してもよい。ここで、インター予測を適用する階層からイントラ予測を適用する階層に処理が切り替わった場合、イントラ予測処理で近傍ノードの数が必要になる。これに対して、インター予測の適用時にも近傍ノードの数を算出しておくことで、イントラ予測への切り替え時に即座にイントラ予測処理を適用できるので、符号化効率を改善できる。

[0140] さらに、符号化装置は、対象ノードの深さがインター予測対象の深さである場合、又は、インター予測を適用してイントラ予測を行わない場合に、イントラ予測の実施条件の判定の制御を初期化してもよい。例えば、この初期化により、その後にインター予測を実施しない場合に、すぐにイントラ予測の実施条件が適用されるようになる。より具体的には、図5に示すイントラ予測の実施条件の判定において、符号化装置は、近傍ノードの数を閾値以上の値で初期化する。これにより、イントラ予測を再開したときに実施条件が満たされる。よって、イントラ予測の切り替え時に即座にイントラ予測を適用できるので符号化効率を改善できる。

[0141] また、符号化装置は、適用する予測モードに関わらず、イントラ予測で使

用する親ノードの属性情報を参照メモリから読み込むようにしてもよい。これによりイントラ予測が選択された場合の処理時間を短縮できる。

[0142] なお、イントラ予測では、符号化装置は、一旦、近傍ノードの属性情報を用いて対象ノードの属性情報の予測値を算出し、それにR A H T変換を適用して予測変換係数を算出してもよい。一方、インター予測の場合は、符号化装置は、参照フレームの予測変換係数を予め参照バッファに格納し、その値を読み出すことで、予測変換係数として使用してもよい。つまり、予測変換係数の算出方法がイントラ予測とインター予測とで異なってもよい。これにより、符号化装置は、インター予測が選択された場合は、参照フレームの予測変換係数をそのまま用いることで、予測値に対しR A H T変換を適用するイントラ予測に比べ処理量を削減でき、全体的な処理時間を削減できる。

[0143] また、イントラ予測とインター予測とで参照バッファに格納される情報が異なってもよい。例えば、イントラ予測用の参照バッファには近傍ノードの属性情報が格納され、インター予測用の参照バッファには参照フレームの属性情報の変換係数が格納されてもよい。このように予測方法に応じて参照バッファに格納される情報を切り替えることにより、それぞれの予測方法の処理を効率化することで処理量を削減できる。

[0144] 例えば、イントラ予測では、符号化装置は、近傍ノードの属性情報から予測値を算出し、予測値をR A H T変換して予測変換係数を算出し、対象ノードの変換係数から予測変換係数を減算することで差分値（予測残差）を算出し、差分値を符号化（例えばエントロピー符号化）する。また、インター予測では、符号化装置は、参照フレームから同一位置の予測変換係数を読み出し、対象ノードの変換係数から予測変換係数を減算することで差分値を算出し、差分値を符号化（例えばエントロピー符号化）する。

[0145] 符号化装置は、変換係数に対して、イントラ予測を実施できないときにインター予測を実施し、逆にインター予測を実施できないときにイントラ予測を実施してもよい。これにより、対象ノードの予測対象となるノードの数が増えることで、符号化効率を高めることができる。

- [0146] インター予測の実施条件（予測方法の選択方法）として、例えば、以下が用いられてもよい。符号化装置は、対象ノードの位置と参照ノードの位置との距離に基づき予測方法（インター予測又はイントラ予測）を選択してもよい。例えば、符号化装置は、当該距離が予め定められた閾値より近い場合にはインター予測の精度が高いと判断してインター予測を選択する。符号化装置は、当該距離が上記閾値以上の場合にはインター予測よりもイントラ予測の精度が高いと判断してイントラ予測を選択してもよい。このように、符号化装置は、対象ノードと参照ノードとの距離に応じてインター予測とイントラ予測とを適切に切り替えることで符号化効率を向上できる。
- [0147] 例えば、符号化装置は、対象ノードの近傍ノードと参照ノードの近傍ノードとの存在パターンの一致又は不一致などに基づき予測方法を選択してもよい。例えば、パターンが一致しているほど類似性の観点からインター予測の効果が大きいことが期待できる。そこで、符号化装置は、パターンが一致している場合はインター予測を選択し、そうでなければイントラ予測を選択する。これにより、符号化効率を向上できる。
- [0148] 例えば、符号化装置は、対象ノードと参照ノードとの移動速度又は移動方向の一致又は不一致などに基づき予測方法を選択してもよい。移動速度又は移動方向が一致している場合には、インター予測の効果が大きいことが期待できる。そこで、符号化装置は、移動速度又は移動方向がある一定以上一致している場合（差が閾値未満の場合）にはインター予測を選択し、そうでなければイントラ予測を選択する。これにより、符号化効率を向上できる。
- [0149] 例えば、符号化装置は、対象ノードと参照ノードとの属性の相関に基づき予測方法を選択してもよい。属性の相関が大きい場合にはインター予測の効果が大きいことが期待できる。そこで、符号化装置は、対象ノードと参照ノードの属性の相関が予め定められた閾値以上の場合にはインター予測を選択し、そうでなければイントラ予測を選択する。これにより、符号化効率を向上できる。
- [0150] 例えば、符号化装置は、対象ノード又は参照ノードが属する処理単位（例

例えばシーケンス、フレーム又はスライスなど)に含まれる三次元点の密度に基づき予測方法を選択してもよい。密度が高い場合、隣接ノード間の距離が小さく、イントラ予測の効果が大きいことが期待できる。よって、符号化装置は、密度が高い場合にインター予測を実施しない(イントラ予測を実施する)と判定してもよい。なお、密度は、例えば単位空間あたりのノードの数、対象ノードと近傍ノードとの距離、又は近傍ノードのパターンなどに基づき判定できる。

[0151] なお、上記で示した複数の条件を組み合わせてもよい。例えば、2以上の条件の全てが満たされる場合に所定の予測方式(インター予測又はイントラ予測)が選択されてもよいし、2以上の条件の少なくとも一つが満たされる場合に所定の予測方式(インター予測又はイントラ予測)が選択されてもよい。

[0152] また、複数の実施条件から使用される実施条件が、処理単位毎に選択されてもよい。ここで処理単位とは、例えば、ノード、スライス、フレーム又はシーケンスである。

[0153] また、複数の実施条件には、イントラ予測を無条件に実施するモード、又は無条件に実施しないモードが含まれてもよい。また、複数の実施条件には、インター予測を無条件に実施するモード、又は無条件に実施しないモードが含まれてもよい。

[0154] また、イントラ予測方式及びインター予測方式以外の第3の予測方式に対しても同様に、第3の予測方式の実施条件を設け、符号化装置は、3つの予測方式のいずれかの実施条件に基づき当該予測方式を実施し、当該予測方式が実施されなかった場合に残りの2つの予測方式のいずれかを実施してもよい。また、符号化装置は、2つの予測方式のいずれも実施されなかった場合は、残る予測方式を実施してもよい。

[0155] なお、ここでは、符号化装置による動作を例に説明を行ったが、復号装置においても同様の動作が行われてもよい。

[0156] また、符号化装置は、イントラ予測とインター予測との優先度を判定して

もよい。これにより、符号化装置は、シーケンス又は状況に応じて最適な予測方式を選択し、符号化効率を高めることを期待できる。

[0157] イントラ予測を優先するか否か（イントラ予測を優先するかインター予測を優先するか）条件として、例えば、以下の条件を用いることができる。例えば、符号化装置は、対象ノードが属するR A H Tの階層に基づき、優先する予測方式（イントラ予測又はインター予測）を判定してもよい。ここで、下位の階層ほど空間的な範囲が狭いためにイントラ予測の効率が良い可能性が高い。また、上位の階層はイントラ予測が難しいため、インター予測の効果が良い可能性が高い。よって、符号化装置は、下位の階層に属するノードにはイントラ予測を優先し、上位の階層に属するノードにはインター予測を優先してもよい。

[0158] 例えば、符号化装置は、対象処理単位又は参照処理単位に含まれる三次元点の密度に基づき、優先する予測方式を判定してもよい。ここで、処理単位とは、例えば、シーケンス、フレーム又はスライスである。密な点群の処理単位ではイントラ予測の効率が良く、疎な点群の処理単位ではインター予測の効率が良い可能性が高い。よって、符号化装置は、処理単位の密度が予め定められた閾値以上の場合にはイントラ予測を優先し、処理単位の密度が当該閾値未満の場合にはインター予測を優先してもよい。

[0159] 例えば、符号化装置は、対象処理単位と参照処理単位との間の動き、移動速度の違い又は移動方向の違いに基づき、優先する予測方式を判定してもよい。例えば両者の間の動きが小さい場合はインター予測の効果が良く、動きが大きい場合はイントラ予測の効率が良い可能性が高い。また、移動速度及び移動方向についてもこの傾向は同様である。よって、符号化装置は、動き、移動速度の違い又は移動方向の違いが予め定められた閾値未満の場合はインター予測を優先し、動き、移動速度の違い又は移動方向の違いが当該閾値以上の場合はイントラ予測を優先してもよい。

[0160] 例えば、符号化装置は、対象処理単位と参照処理単位との属性の相関に基づき、優先する予測方式を判定してもよい。相関の絶対量が高い場合には

インター予測の効率が良く、相関の絶対量が小さい場合にはイントラ予測の効率が良くなる可能性が高い。よって、符号化装置は、相関の絶対量が予め定められた閾値以上の場合はインター予測を優先し、相関の絶対量が当該閾値未満の場合はイントラ予測を優先してもよい。

[0161] 例えば、符号化装置は、ビットストリームに含まれるSPSなどの制御情報に格納される設定値に基づき優先する予測方式を判定してもよい。これにより、符号化装置は、シーケンスに相応しい予測方式を選択できる。SPS (Sequence Parameter Set) は、複数フレームに共通の制御情報 (パラメータセット) である。

[0162] また、復号装置は、ビットストリームに含まれるフラグ等の情報に従い、優先する予測方式を判定してもよい。これにより、シーケンス又は状況に適した予測方式を選択できる。また、当該情報は、ノード、スライス、フレーム、又はシーケンス毎に格納されてもよい。

[0163] なお、上記で示した複数の条件を組み合わせてもよい。例えば、2以上の条件の全てが満たされる場合に所定の予測方式 (インター予測又はイントラ予測) が優先されてもよいし、2以上の条件の少なくとも一つが満たされる場合に所定の予測方式 (インター予測又はイントラ予測) が優先されてもよい。

[0164] また、複数の条件から使用される条件が、処理単位毎に選択されてもよい。ここで処理単位とは、例えば、ノード、スライス、フレーム又はシーケンスである。

[0165] また、複数の条件には、イントラ予測を無条件に優先するモード、又は無条件に優先しないモードが含まれてもよい。また、複数の条件には、インター予測を無条件に優先するモード、又は無条件に優先しないモードが含まれてもよい。

[0166] また、イントラ予測の優先及びインター予測の優先以外の第3の予測方式の優先に対しても同様に、第3の予測方式の優先の条件を設け、符号化装置は、3つの予測方式のいずれかの優先の条件に基づき優先する予測方式を選

択し、当該予測方式が優先されなかった場合に残りの2つの予測方式のいずれかを優先してもよい。また、符号化装置は、2つの予測方式のいずれも優先されなかった場合は、残る予測方式を優先してもよい。

[0167] なお、ここでは、符号化装置による動作を例に説明を行ったが、復号装置においても同様の動作が行われてもよい。

[0168] また、上記では、RAHTにより生成された変換係数に予測を行う例を述べたが、RAHT以外の他の変換方式により生成された係数に対して同様の手法を適用してもよい。RAHT以外の他の変換方式により生成された係数が相関を持つ場合には、符号化効率が向上する可能性がある。RAHT以外の変換方式とは、例えば、RAHTのようにDyadic treeを用いた階層変換であってもよい。また、RAHT以外の変換方式は、階層変換に限らず、属性情報の成分毎の値を求めるものであればよい。例えば、RAHT以外の変換方式は、主成分分析であってもよい。

[0169] [まとめ]

実施の形態に係る復号装置（三次元データ復号装置）は、図20に示す処理を行う。復号装置は、対象符号化単位（例えばシーケンス、フレーム、スライス又はタイル）に含まれる対象ノードに、インター予測、イントラ予測、及び、予測なし（インター予測及びイントラ予測をいずれも適用しない）、のいずれを行うかを決定し（S301）、決定されたインター予測、イントラ予測又は予測なし、のいずれかと、逆階層変換処理（例えば逆RAHT又は逆Haar変換）とを、対象ノードに行うことで、対象符号化単位に含まれる三次元点の属性値を算出する（S302）。対象ノードは、符号化装置による階層変換処理（例えばRAHT又はHaar変換）により生成された係数（例えば変換係数）を有し、階層変換処理では、属性値が係数に変換され、逆階層変換処理では、係数が属性値に変換される。

[0170] これによれば、符号化装置において、インター予測と、イントラ予測と、予測なしとを適応的に用いることで符号化効率が向上したビットストリームが生成される。また、当該復号装置は当該ビットストリームを適切に復号で

きる。

- [0171] 例えば、階層変換処理は、隣接する2つのノードの上位に位置する上位ノードの係数を算出するために2つのノードの2つの係数に適用される。このような階層変換では、符号化単位間で係数に相関があらわれやすい。よって、予測の精度を向上できるので符号化効率を向上できる。
- [0172] 例えば、8分木構造における対象ノードが属する深さが第1閾値より大きい場合、イントラ予測が行われると決定され、深さが第1閾値以下の場合、インター予測が行われると決定される。これによれば、属性値の低周波成分が多く含まれる上位階層にはインター予測が適用されることで符号化効率が向上される。また、高周波成分が多く含まれる下位階層にはイントラ予測を適用されることで符号化効率が向上される。
- [0173] 例えば、8分木構造における対象ノードが属する深さが第1閾値より大きい場合、インター予測が行われると決定され、深さが第1閾値以下の場合、イントラ予測が行われると決定される。
- [0174] 例えば、8分木構造における対象ノードが属する深さが第1閾値より大きい場合、イントラ予測が行われると決定され、深さが第1閾値以下の場合、インター予測及びイントラ予測の一方が行われると決定される。これによれば、高周波成分が多く含まれる下位階層にはイントラ予測を適用されることで符号化効率が向上される。上位階層にはインター予測又はイントラ予測が適用されることで予測が適用されるケースを増加させることができる。これにより、符号化効率を向上できる。
- [0175] 例えば、8分木構造における対象ノードが属する深さが第1閾値より大きい場合、インター予測及びイントラ予測の一方が行われると決定され、深さが第1閾値以下の場合、イントラ予測が行われると決定される。
- [0176] 例えば、決定(S301)は、ビットストリームに含まれる情報に基づき行われる。これによれば、当該復号装置は、符号化装置で生成された符号化効率が向上したビットストリームを適切に復号できる。また、復号装置における判定処理が不要となるため復号装置における処理量を低減できる。

[0177] 例えば、決定（S301）は、第2閾値と、対象ノードの親ノード又は祖父母ノードの隣接ノードの数との比較を含み、イントラ予測が行われると決定されるかに関わらず、隣接ノードの数の算出は行われる。これによれば、当該復号装置は、例えば、イントラ予測処理に隣接ノードの数が必要な場合において、使用する予測方式がイントラ予測以外の手法からイントラ予測に切り替わった場合にも直ちにイントラ予測処理を行うことができる。

[0178] 例えば、イントラ予測では、対象ノードの親ノードの属性値が参照メモリに格納され、イントラ予測が行われると決定されるかに関わらず、親ノードの属性値は参照メモリに格納される。これによれば、当該復号装置は、使用する予測方式がイントラ予測以外の手法からイントラ予測に切り替わった場合にも直ちにイントラ予測処理を行うことができる。

[0179] 例えば、決定（S301）は、対象ノードが属する深さ毎に行われる。これによれば、深さ毎に予測方式が選択されることで符号化効率が向上される。

[0180] 図21は、復号装置10のブロックである。例えば、復号装置10は、プロセッサ11と、メモリ12とを備え、プロセッサ11は、メモリ12を用いて、上記処理を行う。

[0181] また、実施の形態に係る符号化装置（三次元データ符号化装置）は、図22に示す処理を行う。符号化装置は、対象符号化単位（例えばシーケンス、フレーム、スライス又はタイル）に含まれる対象ノードに、インター予測、イントラ予測、及び、予測なし（インター予測及びイントラ予測をいずれも適用しない）、のいずれを行うかを決定し（S311）、対象符号化単位に含まれる三次元点の属性値に、属性値を係数に変換する階層変換処理（例えばRAHT又はHaar変換）と、決定されたインター予測、イントラ予測又は予測なし、のいずれかを行う（S312）。

[0182] これによれば、当該符号化装置は、インター予測と、イントラ予測と、予測なしとを適応的に用いることで符号化効率を向上できる。

[0183] また、符号化装置は、復号装置と同様の処理を行ってよい。例えば、符号

化装置は、上記復号装置における復号を符号化に置き換えた処理を行ってもよい。

[0184] 図23は、符号化装置20のブロックである。例えば、符号化装置20は、プロセッサ21と、メモリ22とを備え、プロセッサ21は、メモリ22を用いて、上記処理を行う。

[0185] 以上、本開示の実施の形態及び変形例に係る符号化装置（三次元データ符号化装置）及び復号装置（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。

[0186] また、上記実施の形態に係る符号化装置及び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。

[0187] 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プログラマブル・プロセッサを利用してもよい。

[0188] 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。

[0189] また、本開示は、符号化装置（三次元データ符号化装置）及び復号装置（三次元データ復号装置）等により実行される符号化方法（三次元データ符号化方法）又は復号方法（三次元データ復号方法）等として実現されてもよい。

[0190] また、本開示は、上記符号化方法又は復号方法をコンピュータ、プロセッ

サ又は装置に実行させるプログラムとして実現されてもよい。また、本開示は、上記符号化方法により生成されたビットストリームとして実現されてもよい。また、本開示は、当該プログラム又は当該ビットストリームが記録された記録媒体として実現されてもよい。例えば、本開示は、当該プログラム又は当該ビットストリームが記録されている非一時的なコンピュータ読み取り可能な記録媒体として実現されてもよい。

[0191] 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。

[0192] 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。

[0193] 以上、一つまたは複数の態様に係る符号化装置及び復号装置等について、実施の形態に基づいて説明したが、本開示は、この実施の形態に限定されるものではない。本開示の趣旨を逸脱しない限り、当業者が思いつく各種変形を本実施の形態に施したものや、異なる実施の形態における構成要素を組み合わせる形態も、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

[0194] 本開示は、符号化装置及び復号装置に適用できる。

符号の説明

- [0195] 10 復号装置
11、21 プロセッサ
12、22 メモリ
20 符号化装置

請求の範囲

- [請求項1] 対象符号化単位に含まれる対象ノードに、インター予測、イントラ予測、及び、予測なし、のいずれを行うかを決定し、
決定された前記インター予測、前記イントラ予測又は前記予測なし、のいずれかと、逆階層変換処理とを、前記対象ノードに行うことで、前記対象符号化単位に含まれる三次元点の属性値を算出し、
前記対象ノードは、符号化装置による階層変換処理により生成された係数を有し、
前記階層変換処理では、前記属性値が前記係数に変換され、
前記逆階層変換処理では、前記係数が前記属性値に変換される復号方法。
- [請求項2] 前記階層変換処理は、隣接する2つのノードの上位に位置する上位ノードの係数を算出するために前記2つのノードの2つの係数に適用される
請求項1記載の復号方法。
- [請求項3] 8分木構造における前記対象ノードが属する深さが第1閾値より大きい場合、前記イントラ予測を行われると決定され、
前記深さが前記第1閾値以下の場合、前記インター予測が行われると決定される
請求項1記載の復号方法。
- [請求項4] 8分木構造における前記対象ノードが属する深さが第1閾値より大きい場合、前記インター予測を行われると決定され、
前記深さが前記第1閾値以下の場合、前記イントラ予測が行われると決定される
請求項1記載の復号方法。
- [請求項5] 8分木構造における前記対象ノードが属する深さが第1閾値より大きい場合、前記イントラ予測を行われると決定され、
前記深さが前記第1閾値以下の場合、前記インター予測及び前記イ

ントラ予測の一方が行われると決定される

請求項 1 記載の復号方法。

[請求項6] 8分木構造における前記対象ノードが属する深さが第 1 閾値より大きい場合、前記インター予測及び前記イントラ予測の一方が行われると決定され、

前記深さが前記第 1 閾値以下の場合、前記イントラ予測が行われると決定される

請求項 1 記載の復号方法。

[請求項7] 前記決定は、ビットストリームに含まれる情報に基づき行われる

請求項 1 記載の復号方法。

[請求項8] 前記決定は、第 2 閾値と、前記対象ノードの親ノード又は祖父母ノードの隣接ノードの数との比較を含み、前記イントラ予測が行われると決定されるかに関わらず、前記隣接ノードの前記数の算出は行われる

請求項 1 記載の復号方法。

[請求項9] 前記イントラ予測では、前記対象ノードの親ノードの属性値が参照メモリに格納され、前記イントラ予測が行われると決定されるかに関わらず、前記親ノードの前記属性値は前記参照メモリに格納される

請求項 1 記載の復号方法。

[請求項10] 前記決定は、前記対象ノードが属する深さ毎に行われる

請求項 1 記載の復号方法。

[請求項11] 対象符号化単位に含まれる対象ノードに、インター予測、イントラ予測、及び、予測なし、のいずれを行うかを決定し、

前記対象符号化単位に含まれる三次元点の属性値に、前記属性値を係数に変換する階層変換処理と、決定された前記インター予測、前記イントラ予測又は前記予測なし、のいずれかとを行う

符号化方法。

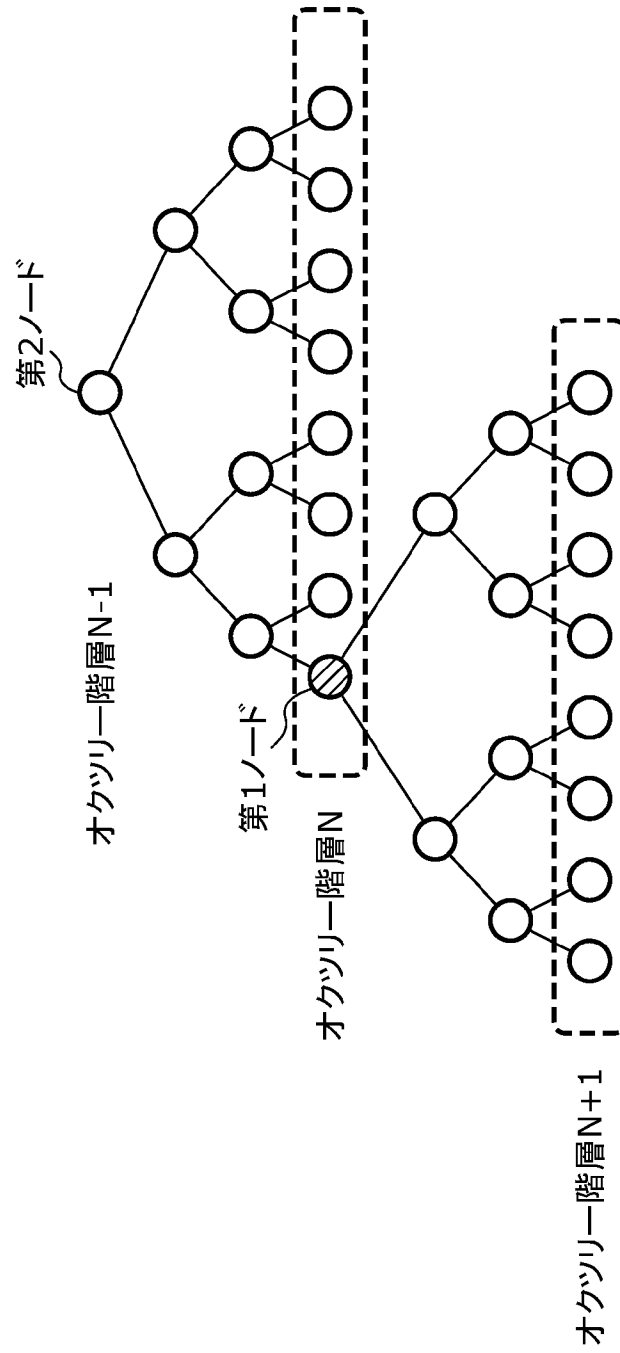
[請求項12] プロセッサと、

メモリとを備え、
前記プロセッサは、前記メモリを用いて、
対象符号化単位に含まれる対象ノードに、インター予測、イントラ予測、及び、予測なし、のいずれを行うかを決定し、
決定された前記インター予測、前記イントラ予測又は前記予測なし、のいずれかと、逆階層変換処理とを、前記対象ノードに行うことで、前記対象符号化単位に含まれる三次元点の属性値を算出し、
前記対象ノードは、符号化装置による階層変換処理により生成された係数を有し、
前記階層変換処理では、前記属性値が前記係数に変換され、
前記逆階層変換処理では、前記係数が前記属性値に変換される復号装置。

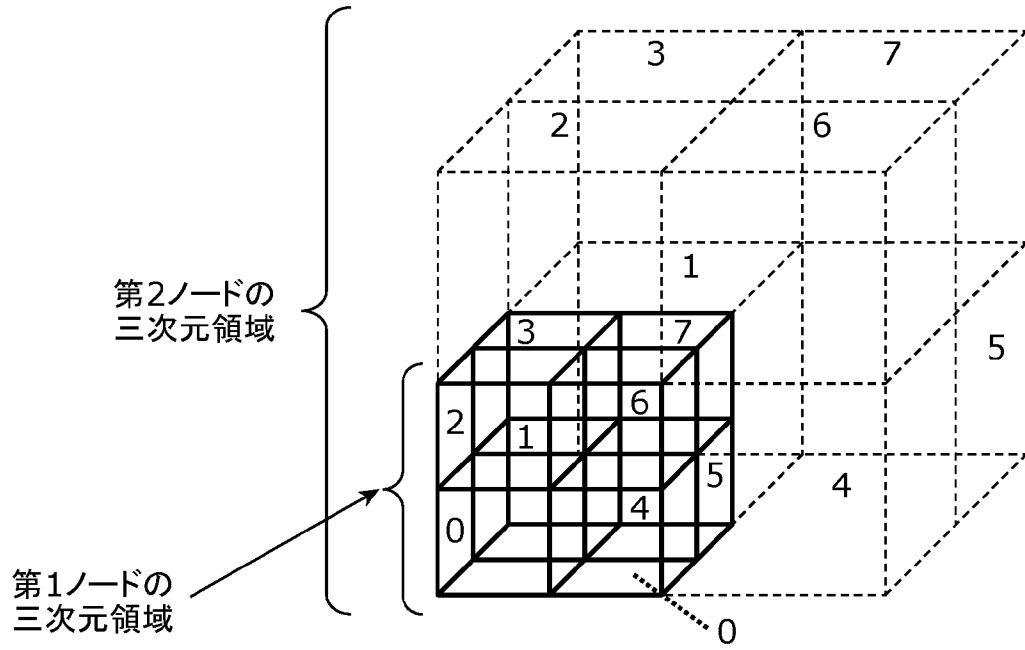
[請求項13]

プロセッサと、
メモリとを備え、
前記プロセッサは、前記メモリを用いて、
対象符号化単位に含まれる対象ノードに、インター予測、イントラ予測、及び、予測なし、のいずれを行うかを決定し、
前記対象符号化単位に含まれる三次元点の属性値に、前記属性値を係数に変換する階層変換処理と、決定された前記インター予測、前記イントラ予測又は前記予測なし、のいずれかとを行う符号化装置。

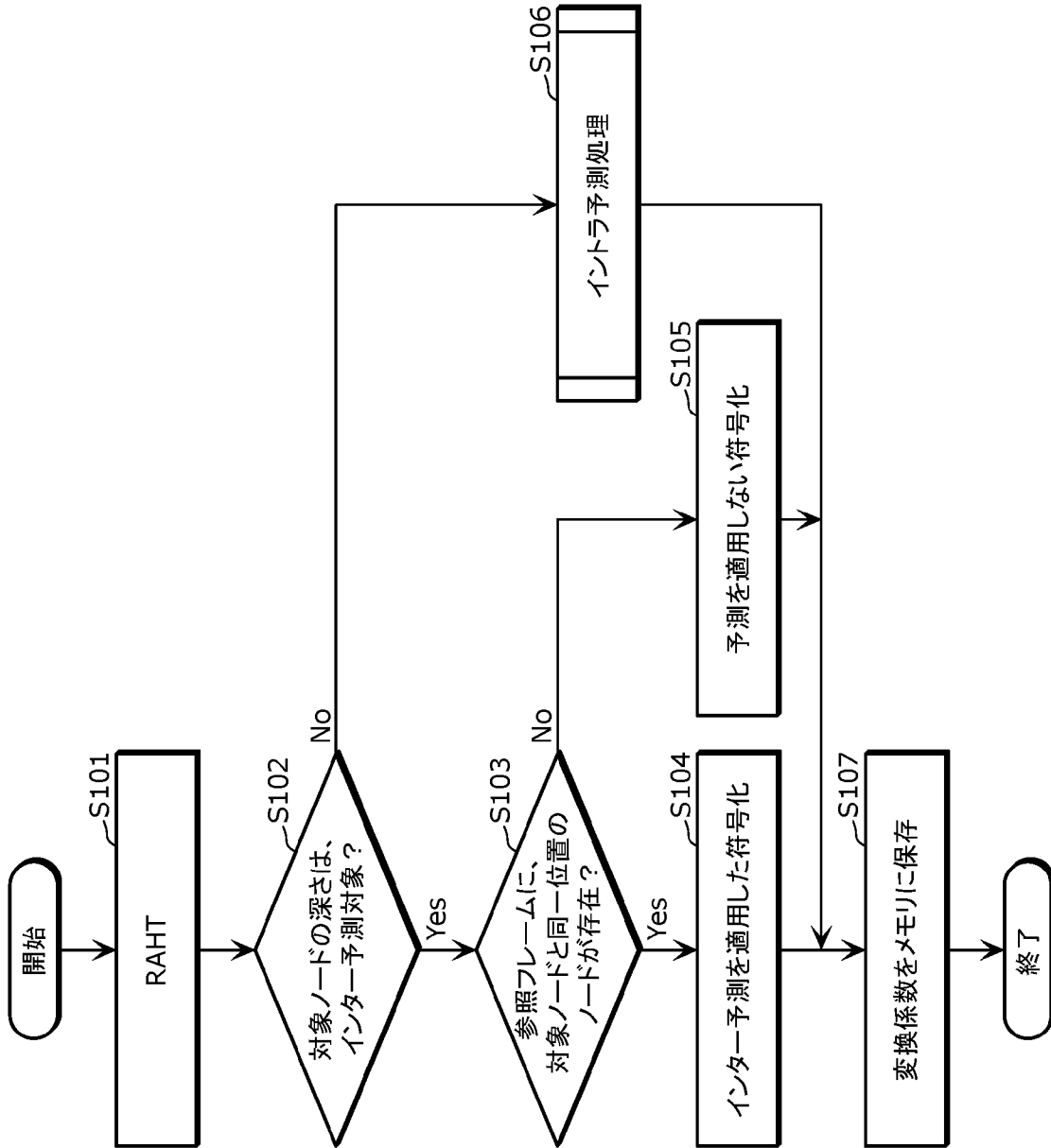
[図1]



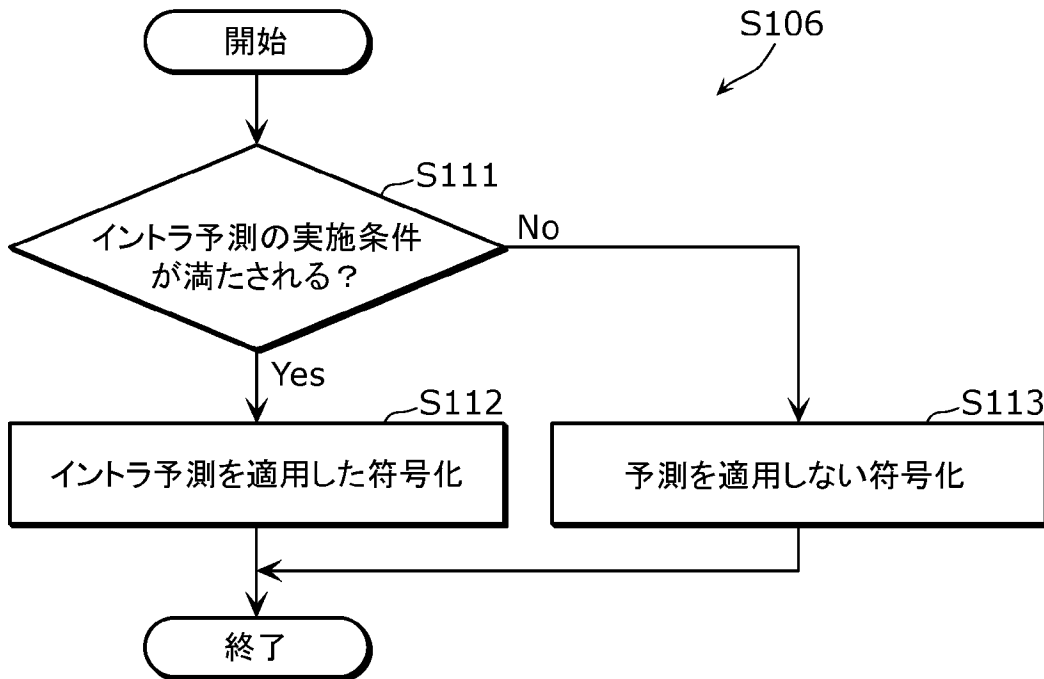
[図2]



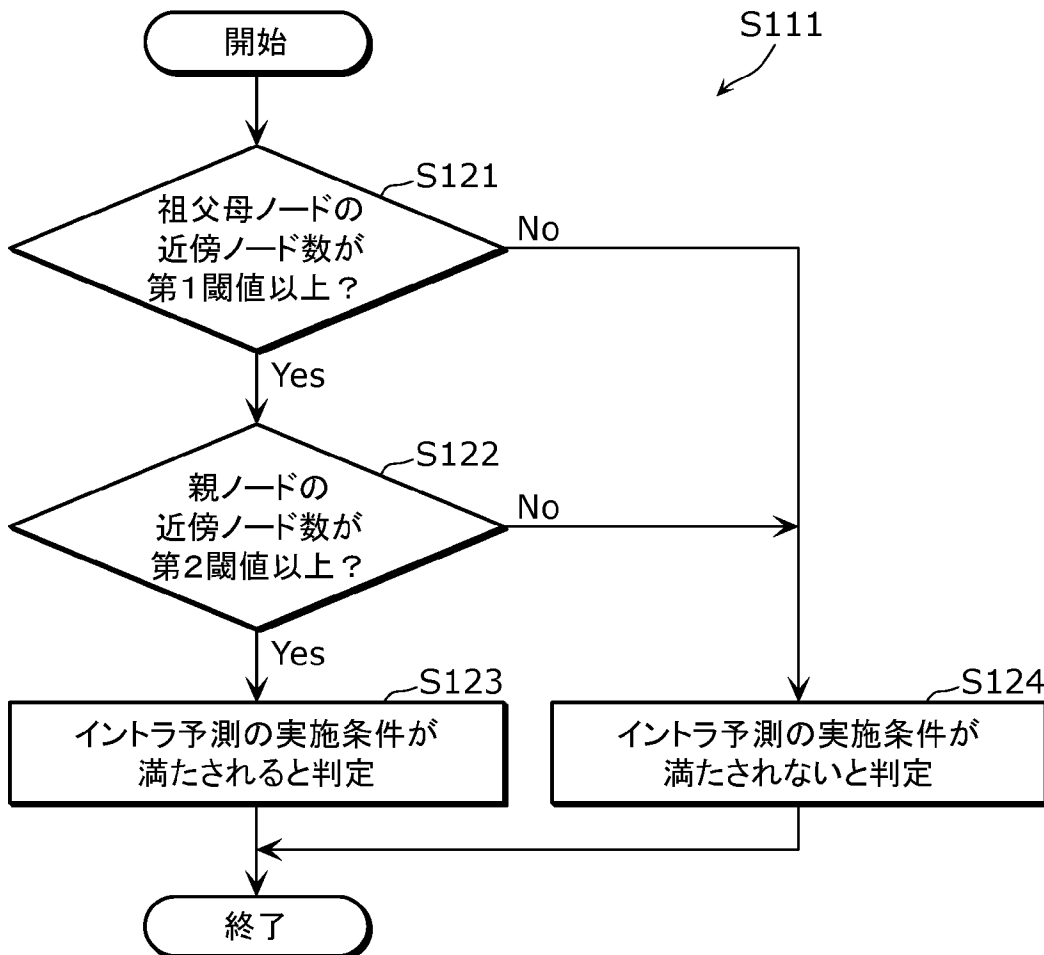
[図3]



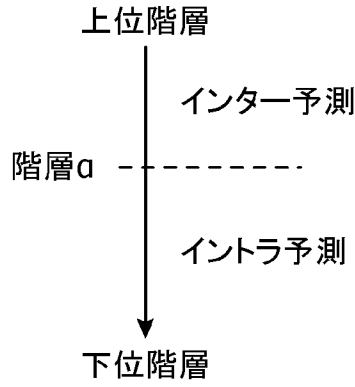
[図4]



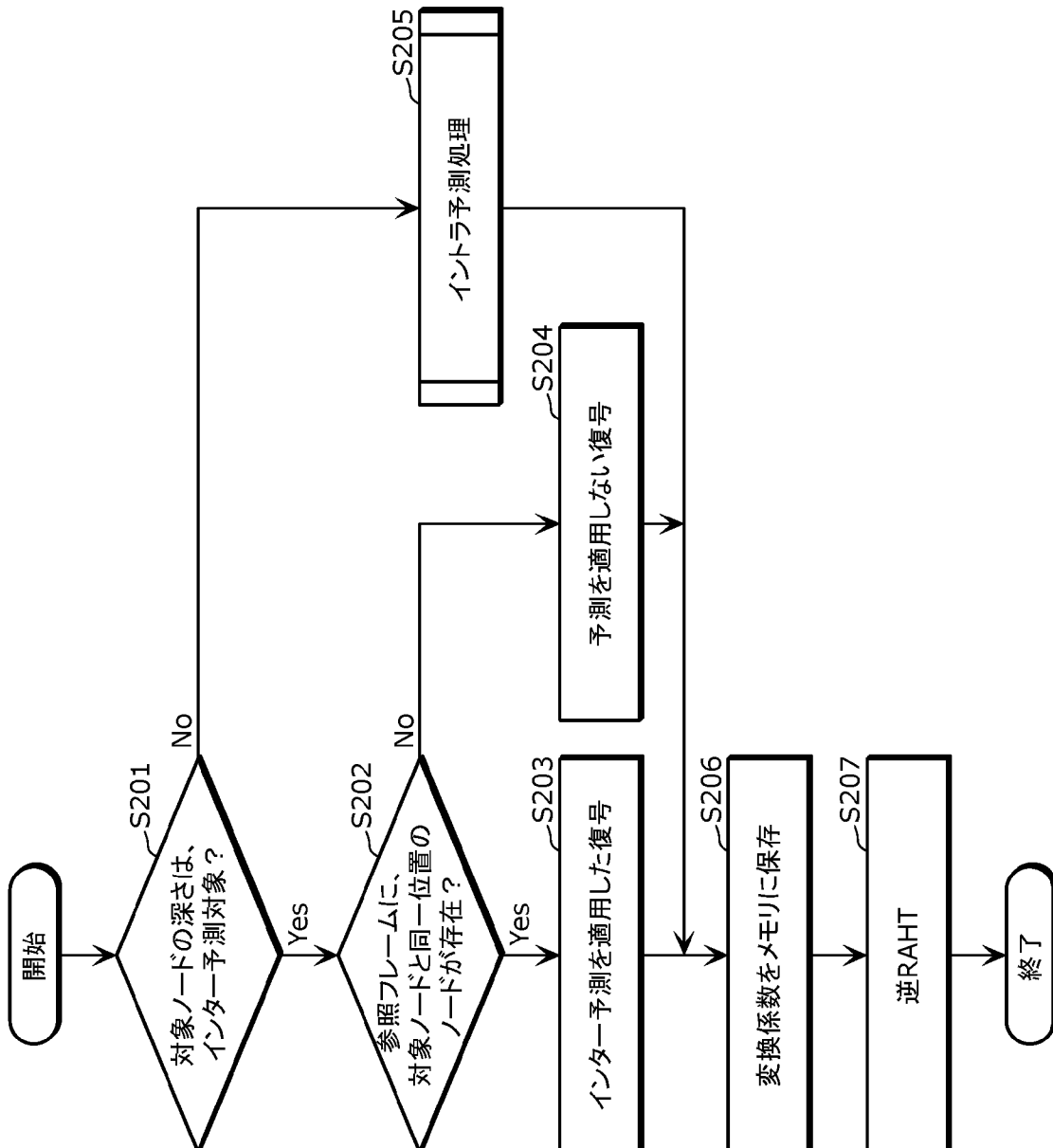
[図5]



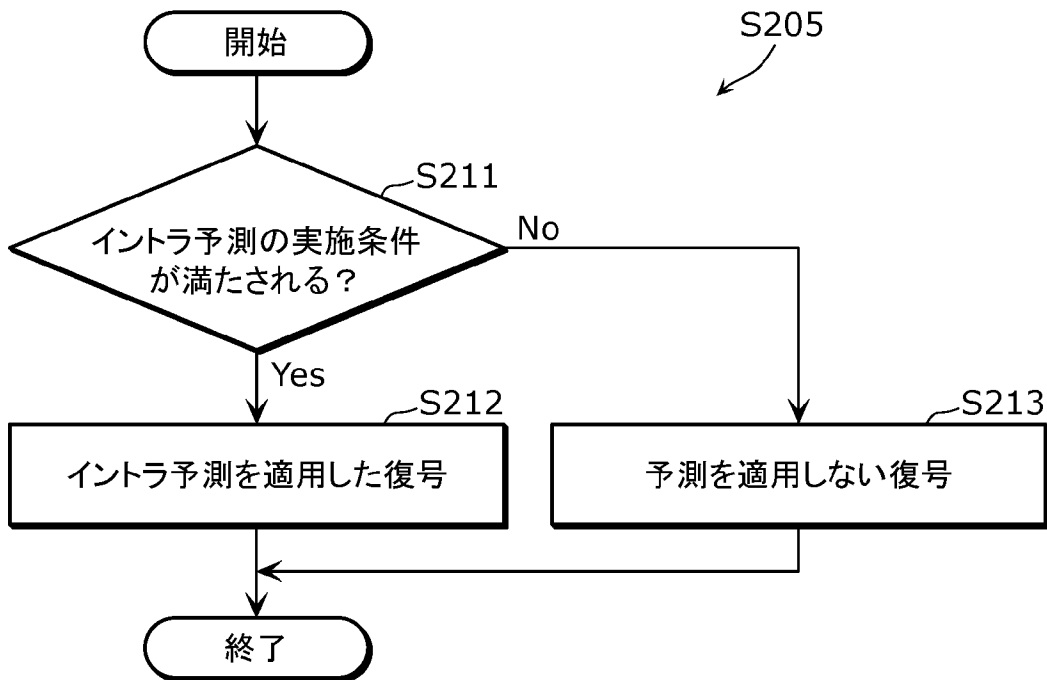
[図6]



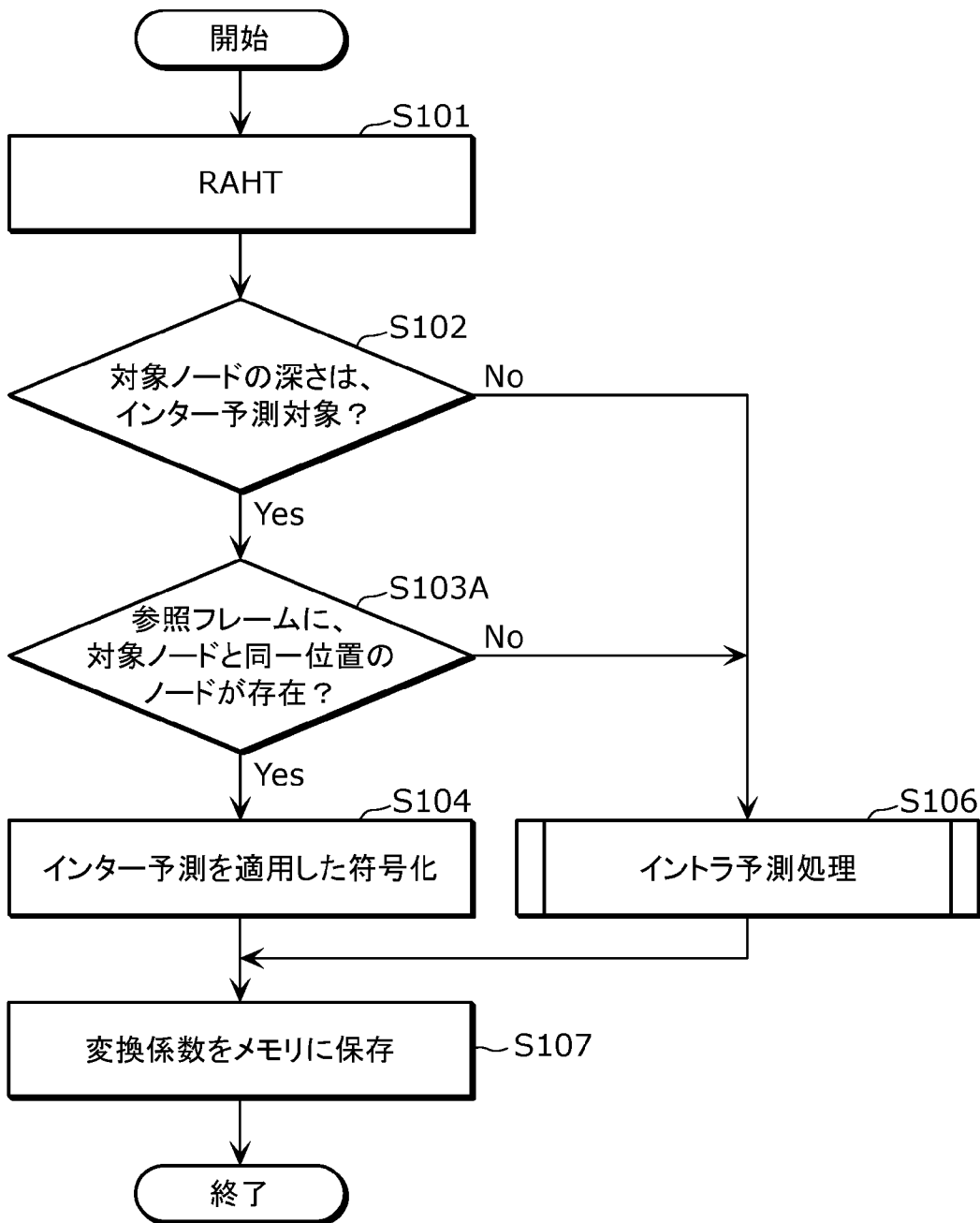
[図7]



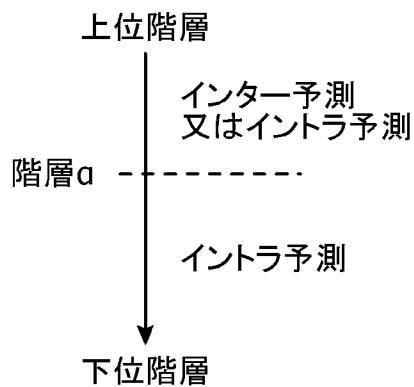
[図8]



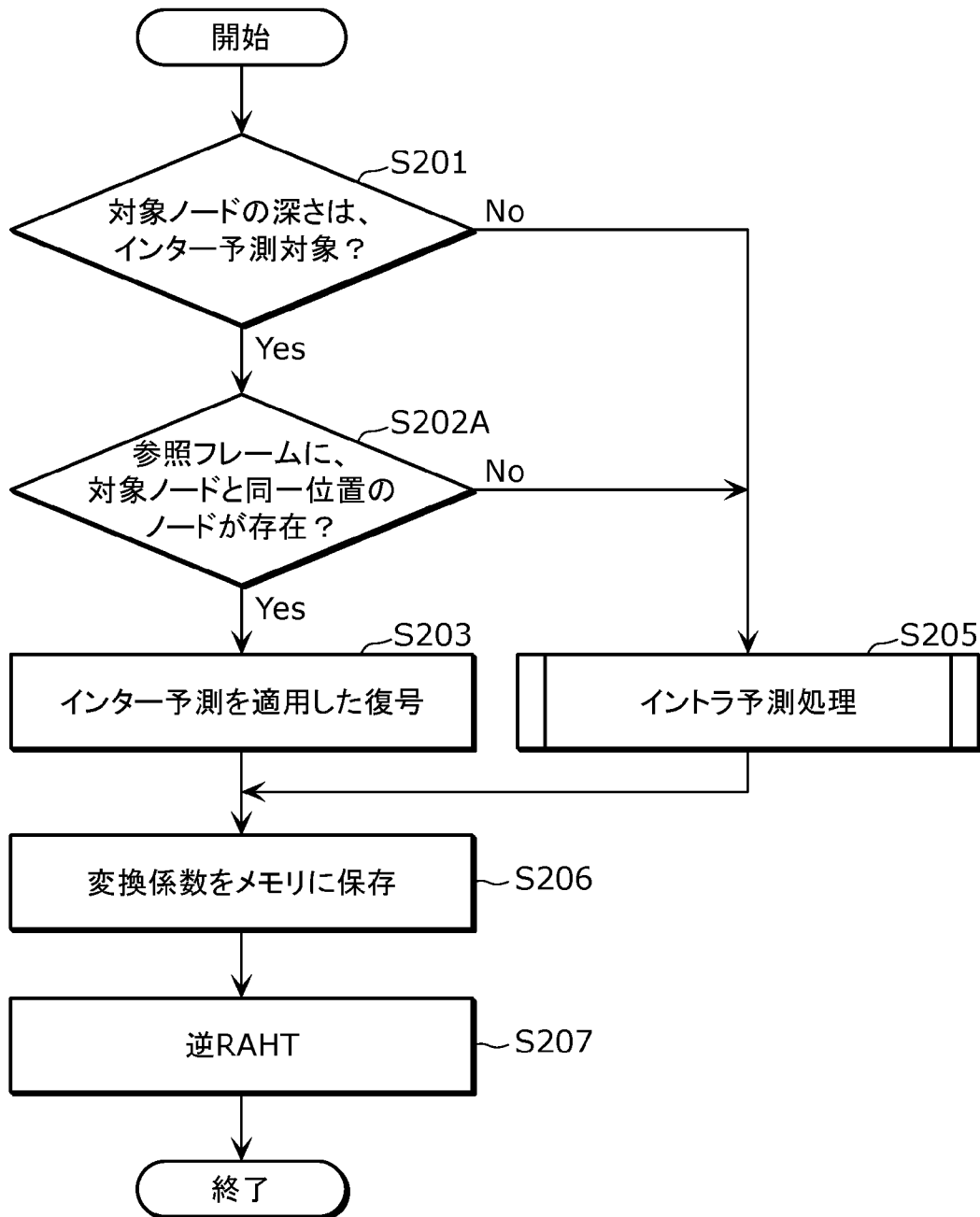
[図9]



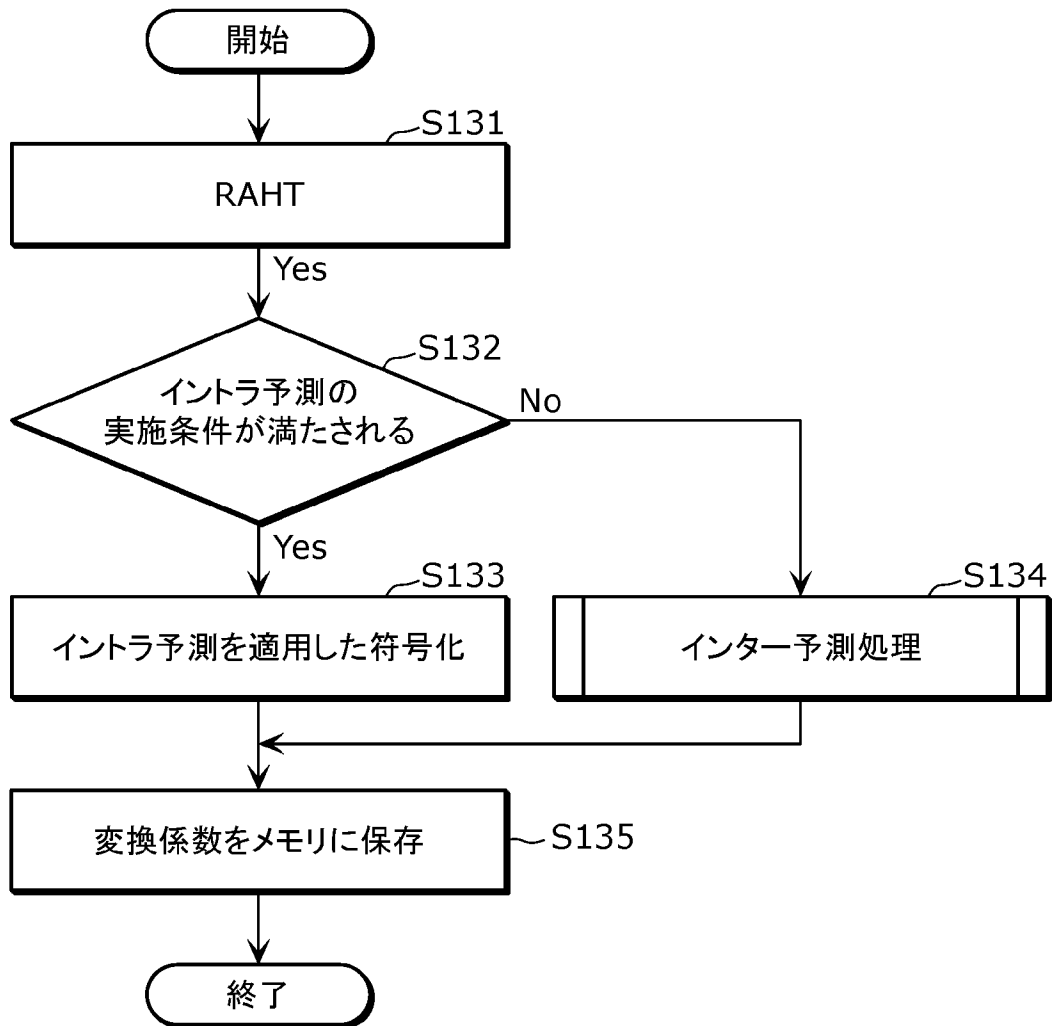
[図10]



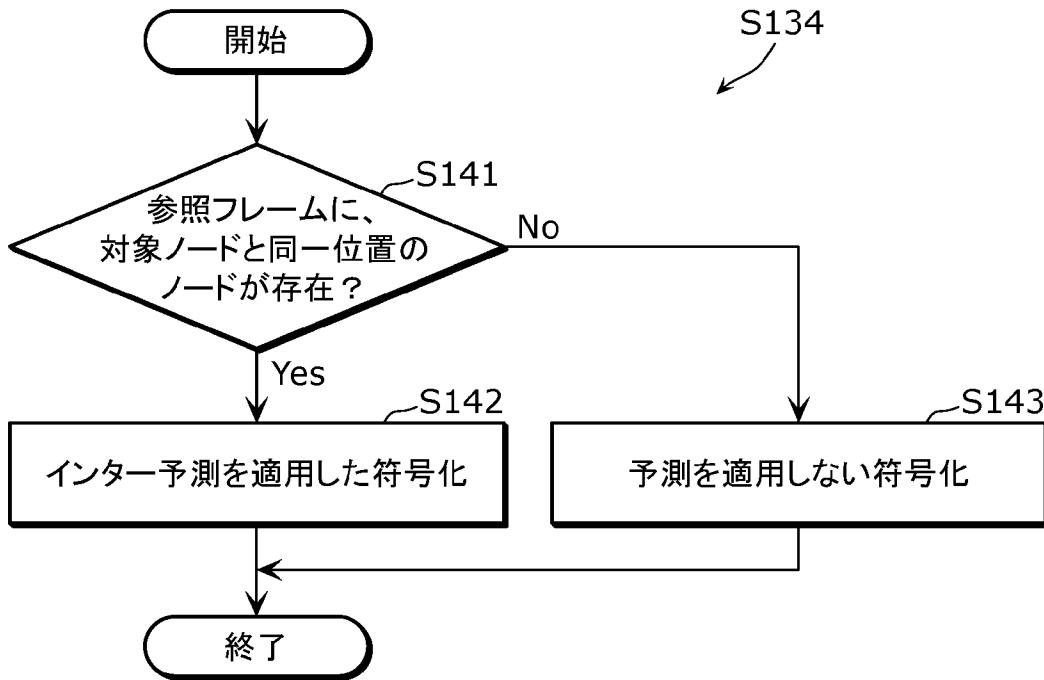
[図11]



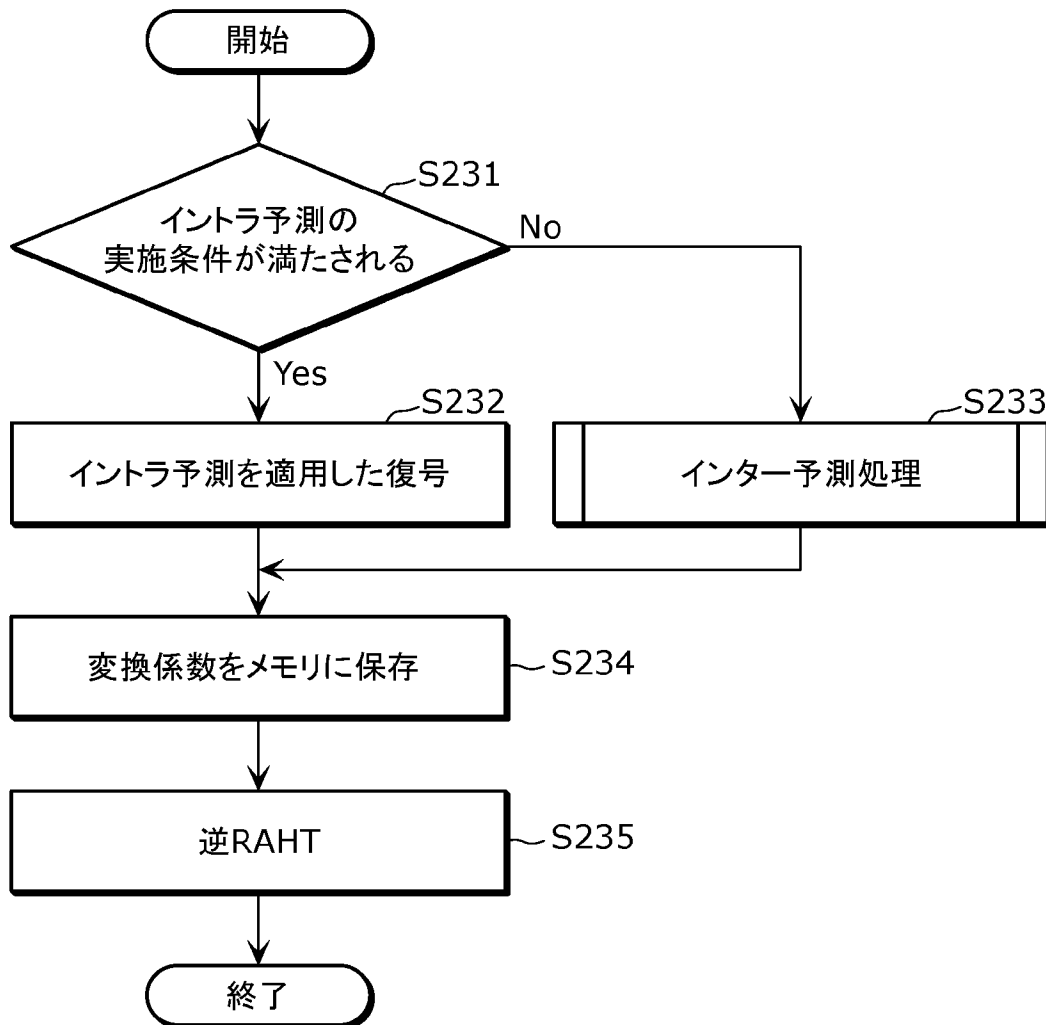
[図12]



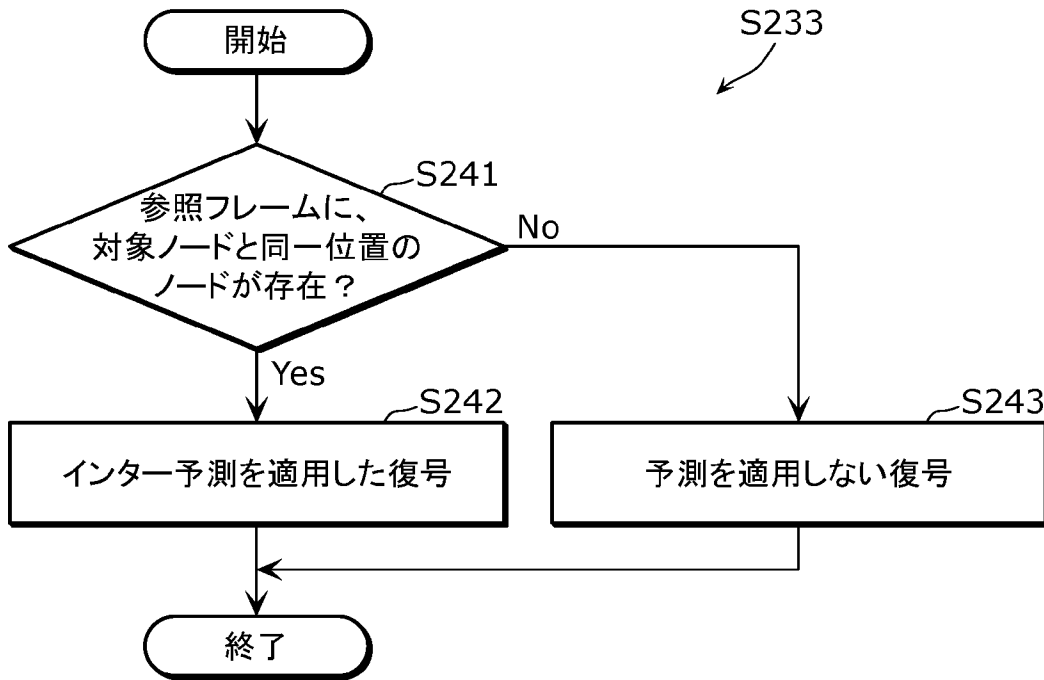
[図13]



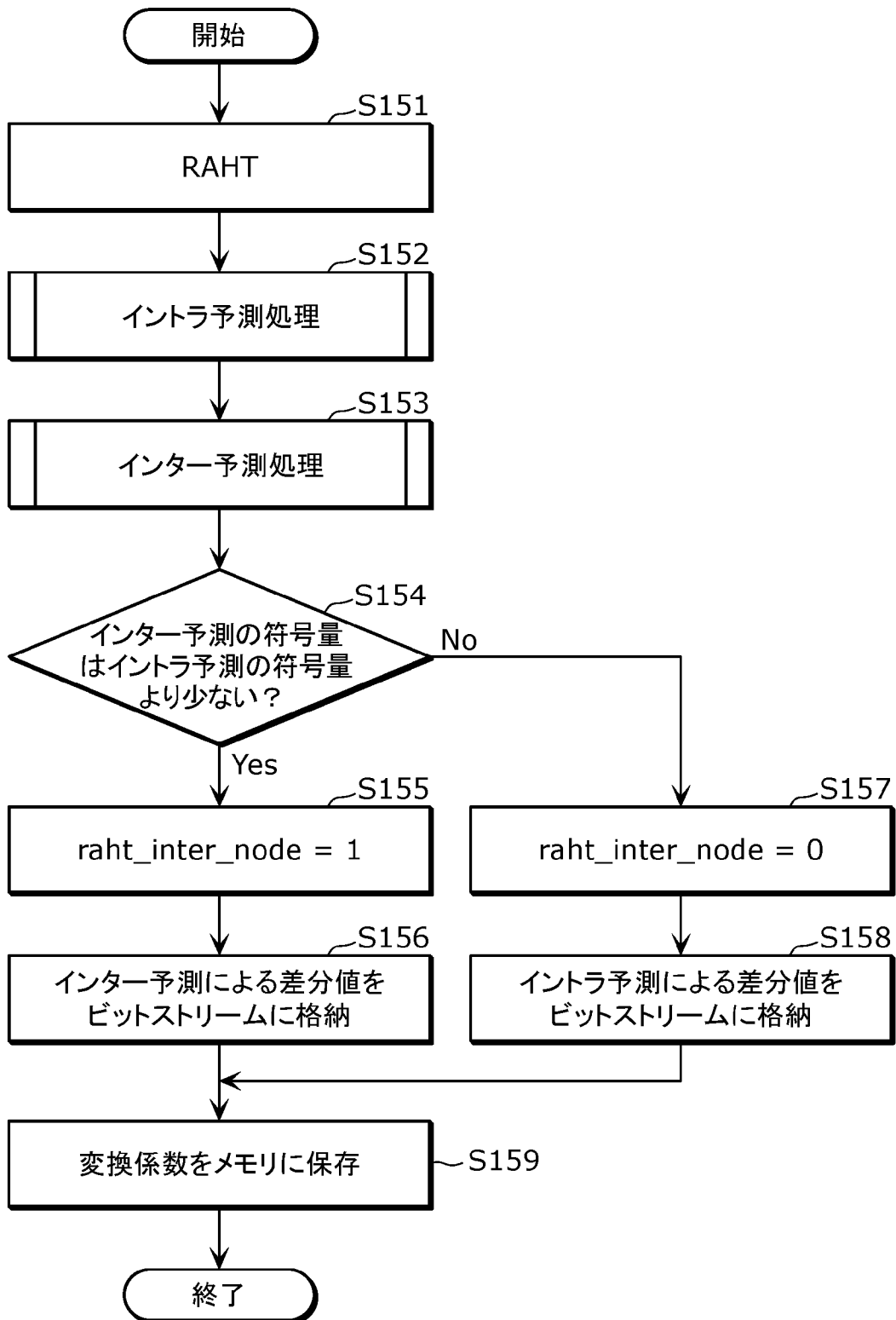
[図14]



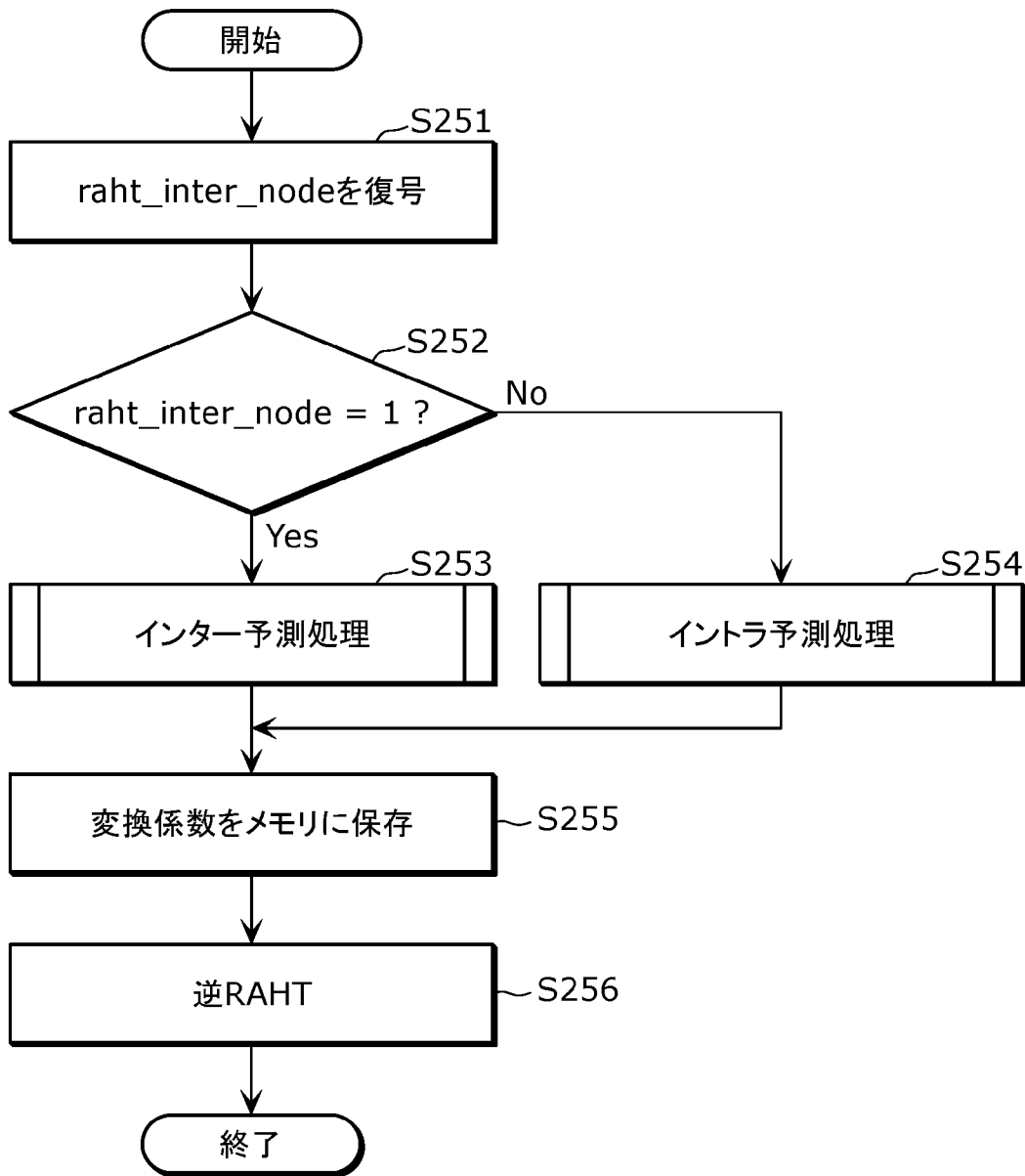
[図15]



[図16]



[図17]



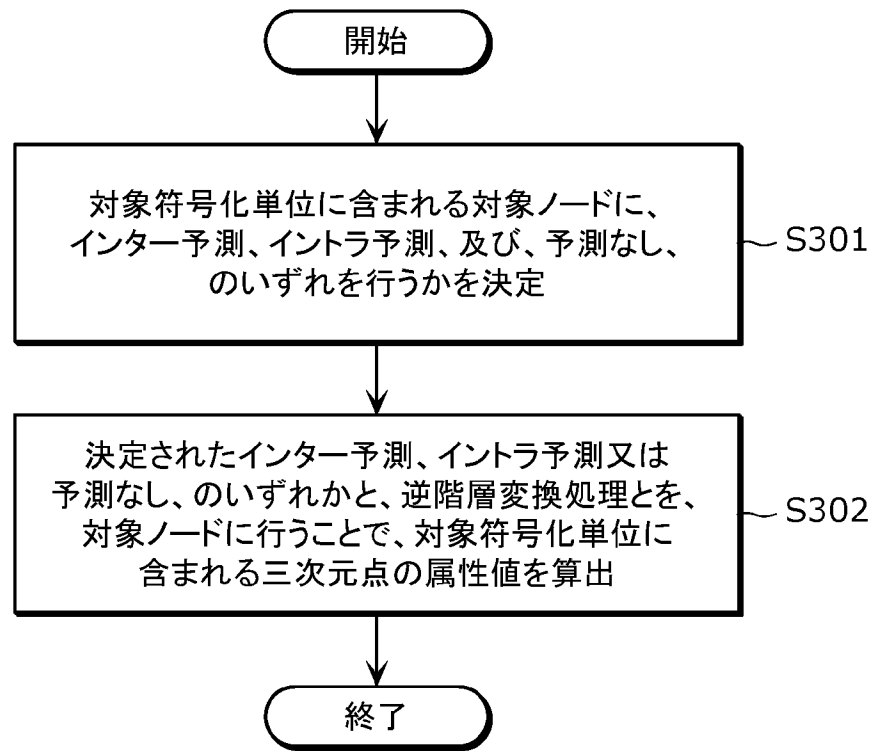
[図18]

```
attribute_data {  
  ...  
  for (i=0; i<NumOfPoint; i++) {  
    ZeroCnt  
  
    for (j=0; i<=ZeroCnt; j++) {  
      raht_inter_coeff[i+j]  
    }  
  
    i += ZeroCnt  
    if (i < NumOfPoint)  
      attribute_value[i]  
  }  
  ...  
}
```

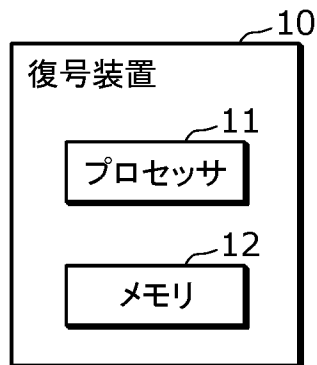
[図19]

```
APS(){  
  ...  
  inter_raht_prediction_enabled  
  if(inter_raht_prediction_enabled){  
    depth  
    raht_inter_priority_enable  
  }  
}
```

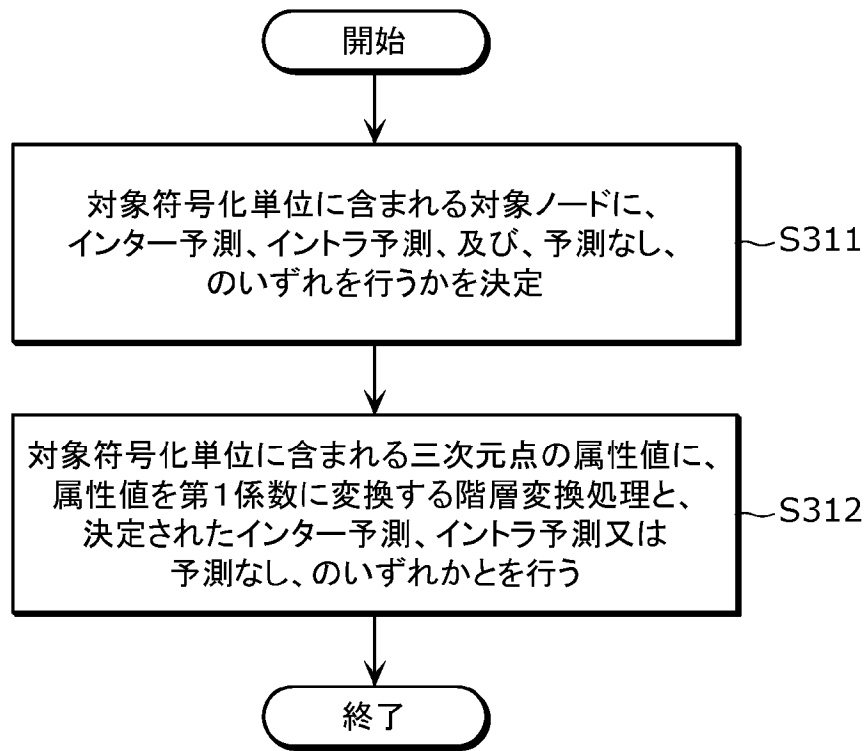
[図20]



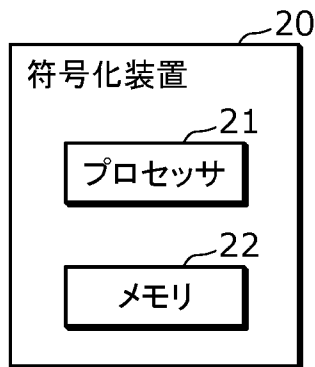
[図21]



[図22]



[図23]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2023/045234

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER		
<i>H04N 19/597</i> (2014.01)i; <i>G06T 9/40</i> (2006.01)i; <i>H04N 19/50</i> (2014.01)i FI: H04N19/597; G06T9/40; H04N19/50		
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) H04N19/597; G06T9/40; H04N19/50		
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 1971-2024 Registered utility model specifications of Japan 1996-2024 Published registered utility model applications of Japan 1994-2024		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) IEEE Xplore		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2022-521891 A (TENCENT AMERICA LLC) 13 April 2022 (2022-04-13) entire text, all drawings	1-13
A	SUN, Xuebin et al., A Novel Coding Architecture for Multi-Line LiDAR Point Clouds based on Clustering and Convolutional LSTM Network, IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, 10 November 2020, vol. 23, no. 3, pp. 2190-2201, [online], [retrieved on 22 February 2024], Retrieved from the Internet: <URL: https://ieeexplore.ieee.org/document/9254118 >, https://doi.org/10.1109/TITS.2020.3034879 pp. 2190-2201	1-13
A	WANG, Qiang et al., An Efficient LiDAR Point Cloud Map Coding Scheme based on Segmentation and Frame-Inserting Network, Sensors, 07 July 2022, vol. 22, no. 14, #5108, pp. 1-14, [online], [retrieved on 22 February 2024], Retrieved from the Internet: <URL: https://www.mdpi.com/1424-8220/22/14/5108 >, https://doi.org/10.3390/s22145108 pp. 1-14	1-13
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> 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 "D" document cited by the applicant in the international application "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 22 February 2024		Date of mailing of the international search report 05 March 2024
Name and mailing address of the ISA/JP Japan Patent Office (ISA/JP) 3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915 Japan		Authorized officer Telephone No.

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	MAMMOU, Khaled et al., Video and Subdivision Based Mesh Coding, Proc. 10th European Workshop on Visual Information Processing 2022, 20 October 2022, pp. 1-6, [online], [retrieved on 22 February 2024], Retrieved from the Internet: <URL: https://ieeexplore.ieee.org/document/9922888 >, https://doi.org/10.1109/EUVIP53989.2022.9922888 pp. 1-6	1-13
A	ZHANG, Ke et al., Point Cloud Attribute Compression via Clustering and Intra Prediction, Proc. IEEE International Symposium on Broadband Multimedia Systems and Broadcasting, 16 August 2018, pp. 1-5, [online], [retrieved on 22 February 2024], Retrieved from the Internet: <URL: https://ieeexplore.ieee.org/document/8436850 >, https://doi.org/10.1109/BMSB.2018.8436850 pp. 1-5	1-13

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2023/045234

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP 2022-521891 A	13 April 2022	WO 2021/011363 A1 whole description, all drawings CN 113544747 A US 2021/0012539 A1	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） H04N 19/597(2014.01)i; G06T 9/40(2006.01)i; H04N 19/50(2014.01)i FI: H04N19/597; G06T9/40; H04N19/50		
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）） H04N19/597; G06T9/40; H04N19/50 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 1971-2024年 日本国実用新案登録公報 1996-2024年 日本国登録実用新案公報 1994-2024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） IEEE Xplore		
C. 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2022-521891 A (テンセント・アメリカ・エルエルシー) 13.04.2022 (2022-04-13) 全文, 全図	1-13
A	SUN, Xuebin et al., A Novel Coding Architecture for Multi-Line LiDAR Point Clouds based on Clustering and Convolutional LSTM Network, IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, 2020.11.10, Vol.23, No.3, pp.2190-2201, [online], [retrieved on 2024-02-22], Retrieved from the Internet: <URL: https://ieeexplore.ieee.org/document/9254118>, https://doi.org/10.1109/TITS.2020.3034879 pp. 2190-2201	1-13
A	WANG, Qiang et al., An Efficient LiDAR Point Cloud Map Coding Scheme based on Segmentation and Frame-Inserting Network, Sensors, 2022.07.07, Vol.22, No.14, #5108, pp.1-14, [online], [retrieved on 2024-02-22], Retrieved from the Internet: <URL: https://www.mdpi.com/1424-8220/22/14/5108>, https://doi.org/10.3390/s22145108 pp. 1-14	1-13
<input checked="" 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、一般的技術水準を示すもの “D” 国際出願で出願人が先行技術文献として記載した文献 “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	22.02.2024	国際調査報告の発送日
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） 間宮 嘉誉 5V 3454 電話番号 03-3581-1101 内線 3541

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	MAMMOU, Khaled et al., Video and Subdivision Based Mesh Coding, Proc. 10th European Workshop on Visual Information Processing 2022, 2022.10.20, pp.1-6, [online], [retrieved on 2024-02-22], Retrieved from the Internet: <URL: https://ieeexplore.ieee.org/document/9922888 >, https://doi.org/10.1109/EUVIP53989.2022.9922888 pp.1-6	1-13
A	ZHANG, Ke et al., Point Cloud Attribute Compression via Clustering and Intra Prediction, Proc. IEEE International Symposium on Broadband Multimedia Systems and Broadcasting, 2018.08.16, pp.1-5, [online], [retrieved on 2024-02-22], Retrieved from the Internet: <URL: https://ieeexplore.ieee.org/document/8436850 >, https://doi.org/10.1109/BMSB.2018.8436850 pp.1-5	1-13

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/JP2023/045234

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP 2022-521891 A	13.04.2022	WO 2021/011363 A1 whole description, whole figure	
		CN 113544747 A	
		US 2021/0012539 A1	
