

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7478668号
(P7478668)

(45)発行日 令和6年5月7日(2024.5.7)

(24)登録日 令和6年4月24日(2024.4.24)

(51)国際特許分類

G 0 6 T 9/00 (2006.01)

F I G 0 6 T 9/00

請求項の数 22 (全129頁)

(21)出願番号	特願2020-561544(P2020-561544)	(73)特許権者	514136668
(86)(22)出願日	令和1年12月20日(2019.12.20)		パナソニック インテレクチュアル プロ
(86)国際出願番号	PCT/JP2019/050081		パティ コーポレーション オブ アメリカ
(87)国際公開番号	WO2020/130134		Panasonic Intellec
(87)国際公開日	令和2年6月25日(2020.6.25)		tual Property Corpo
審査請求日	令和4年10月3日(2022.10.3)		ration of America
(31)優先権主張番号	62/783,693		アメリカ合衆国 9 0 5 0 4 カリフォル
(32)優先日	平成30年12月21日(2018.12.21)		ニア州, トーランス, スイート 4 5 0
(33)優先権主張国・地域又は機関	米国(US)	(74)代理人	100109210
			弁理士 新居 広守
		(74)代理人	100137235
			弁理士 寺谷 英作
		(74)代理人	100131417
			弁理士 道坂 伸一

最終頁に続く

(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

(57)【特許請求の範囲】

【請求項 1】

点群データに含まれる複数の三次元点の複数の属性情報の各々と、当該属性情報に対応する予測値との差分である複数の差分値を算出し、

前記複数の差分値が配列された第 1 符号列において値ゼロの差分値であるゼロ差分値が連続する数を示す第 1 情報と、非ゼロの差分値の値を示す第 2 情報とを含む第 2 符号列を生成し、

前記第 2 符号列を含むビットストリームを生成し、

前記予測値は、前記複数の三次元点の周囲の符号化済みの N 個の三次元点の属性情報の重みづけ平均値に基づいて算出され、

前記重みは、前記複数の三次元点のそれぞれと前記複数の三次元点の周囲の前記符号化済みの N 個の三次元点との距離情報に基づいて算出される

三次元データ符号化方法。

【請求項 2】

前記複数の属性情報の各々は、複数の成分を含み、

前記複数の差分値の各々は、前記複数の成分に対応する複数の差分成分を含み、

前記第 1 情報は、前記複数の差分成分が全てゼロである前記ゼロ差分値が連続する数を示し、

前記第 2 情報は、前記複数の差分成分のうち少なくとも一つがゼロでない前記非ゼロの差分値に含まれる前記複数の差分成分の値を示す

請求項 1 記載の三次元データ符号化方法。

【請求項 3】

前記第 2 情報は、

前記非ゼロの差分値に含まれる複数の成分の値の少なくとも 2 つが異なる場合、当該複数の成分の値を示し、

前記非ゼロの差分値に含まれる複数の成分の値が全て同じ場合、当該複数の成分の値の各々から 1 を減算した値を示す

請求項 2 記載の三次元データ符号化方法。

【請求項 4】

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の各々と、当該属性情報に対応する予測値との差分である複数の差分値を算出し、

10

前記複数の差分値が配列された第 1 符号列において値ゼロの差分値であるゼロ差分値が連続する数を示す第 1 情報と、非ゼロの差分値の値を示す第 2 情報とを含む第 2 符号列を生成し、

前記第 2 符号列を含むビットストリームを生成し、

前記複数の属性情報の各々は、複数の成分を含み、

前記複数の差分値の各々は、前記複数の成分に対応する複数の差分成分を含み、

前記第 1 情報は、前記複数の差分成分が全てゼロである前記ゼロ差分値が連続する数を示し、

前記第 2 情報は、前記複数の差分成分のうち少なくとも一つがゼロでない前記非ゼロの差分値に含まれる前記複数の差分成分の値を示し、

20

前記第 2 情報は、

前記複数の属性情報の各々に 2 以上の成分が含まれる場合、当該 2 以上の成分の値を示し、

前記複数の属性情報の各々に一つの成分が含まれる場合、当該一つの成分の値から 1 を減算した値を示す

三次元データ符号化方法。

【請求項 5】

前記複数の三次元点は、複数の三次元点の位置情報に基づき複数の階層に分類され、

前記第 1 符号列において前記複数の差分値は前記階層毎に配列される

30

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、

前記複数の差分値の各々を量子化し、

前記第 1 符号列には、量子化後の複数の差分値が配列される

請求項 1 ～ 5 のいずれか 1 項に記載の三次元データ符号化方法。

【請求項 7】

前記ビットストリームは前記 N の値を含む

請求項 1 記載の三次元データ符号化方法。

【請求項 8】

40

前記 N の値は前記複数の三次元点に含まれる三次元点毎に設定される

請求項 1 記載の三次元データ符号化方法。

【請求項 9】

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複数の属性情報の各々と、当該属性情報に対応する予測値との差分である複数の差分値が配列された第 1 符号列において値ゼロの差分値であるゼロ差分値が連続する数を示す第 1 情報と、非ゼロの差分値の値を示す第 2 情報とを含む第 2 符号列を取得し、

前記第 2 符号列から前記第 1 符号列を復元することで前記複数の差分値を取得し、

前記複数の差分値に、当該差分値に対応する予測値を加算することで前記複数の属性情報を算出し、

50

前記予測値は、前記複数の三次元点の周囲の復号済みのN個の三次元点の属性情報の重みづけ平均値に基づいて算出され、

前記重みは、前記複数の三次元点のそれぞれと前記複数の三次元点の周囲の前記復号済みのN個の三次元点との距離情報に基づいて算出される

三次元データ復号方法。

【請求項10】

前記複数の属性情報の各々は、複数の成分を含み、

前記複数の差分値の各々は、前記複数の成分に対応する複数の差分成分を含み、

前記第1情報は、前記複数の差分成分が全てゼロである前記ゼロ差分値が連続する数を示し、

前記第2情報は、前記複数の差分成分のうち少なくとも一つがゼロでない前記非ゼロの差分値に含まれる前記複数の差分成分の値を示す

請求項9記載の三次元データ復号方法。

【請求項11】

前記第2情報は、

前記非ゼロの差分値に含まれる複数の成分の値の少なくとも2つが異なる場合、当該複数の成分の値を示し、

前記非ゼロの差分値に含まれる複数の成分の値が全て同じ場合、当該複数の成分の値の各々から1を減算した値を示す

請求項10記載の三次元データ復号方法。

【請求項12】

前記第2情報で示される複数の値が同じ場合、当該複数の値の各々に1を加算することで前記複数の成分の値を算出し、算出された前記複数の成分の値を用いて前記第1符号列を復元する

請求項11記載の三次元データ復号方法。

【請求項13】

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複数の属性情報の各々と、当該属性情報に対応する予測値との差分である複数の差分値が配列された第1符号列において値ゼロの差分値であるゼロ差分値が連続する数を示す第1情報と、非ゼロの差分値の値を示す第2情報とを含む第2符号列を取得し、

前記第2符号列から前記第1符号列を復元することで前記複数の差分値を取得し、

前記複数の差分値に、当該差分値に対応する予測値を加算することで前記複数の属性情報を算出し、

前記複数の属性情報の各々は、複数の成分を含み、

前記複数の差分値の各々は、前記複数の成分に対応する複数の差分成分を含み、

前記第1情報は、前記複数の差分成分が全てゼロである前記ゼロ差分値が連続する数を示し、

前記第2情報は、前記複数の差分成分のうち少なくとも一つがゼロでない前記非ゼロの差分値に含まれる前記複数の差分成分の値を示し、

前記第2情報は、

前記複数の属性情報の各々に2以上の成分が含まれる場合、当該2以上の成分の値を示し、

前記複数の属性情報の各々に一つの成分が含まれる場合、当該一つの成分の値から1を減算した値を示す

三次元データ復号方法。

【請求項14】

前記第2情報に一つの成分に対応する値が示される場合、当該値に1を加算することで前記一つの成分の値を算出し、算出された前記一つの成分の値を用いて前記第1符号列を復元する

請求項13記載の三次元データ復号方法。

10

20

30

40

50

【請求項 15】

前記複数の三次元点は、複数の三次元点の位置情報に基づき複数の階層に分類され、
前記第1符号列において前記複数の差分値は前記階層毎に配列される
請求項9～14のいずれか1項に記載の三次元データ復号方法。

【請求項 16】

前記第1符号列には、量子化された複数の差分値が配列され、
前記第1符号列を復元することで前記量子化された複数の差分値を取得し、
前記量子化された複数の差分値の各々を逆量子化することで前記複数の差分値を取得する
請求項9～15のいずれか1項に記載の三次元データ復号方法。

【請求項 17】

前記ビットストリームは前記Nの値を含む
請求項9記載の三次元データ復号方法。

【請求項 18】

前記Nの値は前記複数の三次元点に含まれる三次元点毎に設定される
請求項9記載の三次元データ復号方法。

【請求項 19】

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複数の属性情報の各々と、当該属性情報に対応
する予測値との差分である複数の差分値を算出し、

前記複数の差分値が配列された第1符号列において値ゼロの差分値であるゼロ差分値が
連続する数を示す第1情報と、非ゼロの差分値の値を示す第2情報とを含む第2符号列を
生成し、

前記第2符号列を含むビットストリームを生成し、

前記予測値は、前記複数の三次元点の周囲の符号化済みのN個の三次元点の属性情報の
重みづけ平均値に基づいて算出され、

前記重みは、前記複数の三次元点のそれぞれと前記複数の三次元点の周囲の前記符号化
済みのN個の三次元点との距離情報に基づいて算出される

三次元データ符号化装置。

【請求項 20】

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複数の属性情報の各々と、当該属性情報に対応
する予測値との差分である複数の差分値を算出し、

前記複数の差分値が配列された第1符号列において値ゼロの差分値であるゼロ差分値が
連続する数を示す第1情報と、非ゼロの差分値の値を示す第2情報とを含む第2符号列を
生成し、

前記第2符号列を含むビットストリームを生成し、

前記複数の属性情報の各々は、複数の成分を含み、

前記複数の差分値の各々は、前記複数の成分に対応する複数の差分成分を含み、

前記第1情報は、前記複数の差分成分が全てゼロである前記ゼロ差分値が連続する数を
示し、

前記第2情報は、前記複数の差分成分のうち少なくとも一つがゼロでない前記非ゼロの
差分値に含まれる前記複数の差分成分の値を示し、

前記第2情報は、

前記複数の属性情報の各々に2以上の成分が含まれる場合、当該2以上の成分の値を示
し、

前記複数の属性情報の各々に一つの成分が含まれる場合、当該一つの成分の値から1を

10

20

30

40

50

減算した値を示す

三次元データ符号化装置。

【請求項 2 1】

プロセッサと、

メモリとを備え、

前記プロセッサは、前記メモリを用いて、

ビットストリームから、点群データに含まれる複数の三次元点の複数の属性情報の各々と、当該属性情報に対応する予測値との差分である複数の差分値が配列された第 1 符号列において値ゼロの差分値であるゼロ差分値が連続する数を示す第 1 情報と、非ゼロの差分値の値を示す第 2 情報とを含む第 2 符号列を取得し、

前記第 2 符号列から前記第 1 符号列を復元することで前記複数の差分値を取得し、

前記複数の差分値に、当該差分値に対応する予測値を加算することで前記複数の属性情報を算出し、

前記予測値は、前記複数の三次元点の周囲の復号済みの N 個の三次元点の属性情報の重みづけ平均値に基づいて算出され、

前記重みは、前記複数の三次元点のそれぞれと前記複数の三次元点の周囲の前記復号済みの N 個の三次元点との距離情報に基づいて算出される

三次元データ復号装置。

【請求項 2 2】

プロセッサと、

メモリとを備え、

前記プロセッサは、前記メモリを用いて、

ビットストリームから、点群データに含まれる複数の三次元点の複数の属性情報の各々と、当該属性情報に対応する予測値との差分である複数の差分値が配列された第 1 符号列において値ゼロの差分値であるゼロ差分値が連続する数を示す第 1 情報と、非ゼロの差分値の値を示す第 2 情報とを含む第 2 符号列を取得し、

前記第 2 符号列から前記第 1 符号列を復元することで前記複数の差分値を取得し、

前記複数の差分値に、当該差分値に対応する予測値を加算することで前記複数の属性情報を算出し、

前記複数の属性情報の各々は、複数の成分を含み、

前記複数の差分値の各々は、前記複数の成分に対応する複数の差分成分を含み、

前記第 1 情報は、前記複数の差分成分が全てゼロである前記ゼロ差分値が連続する数を示し、

前記第 2 情報は、前記複数の差分成分のうち少なくとも一つがゼロでない前記非ゼロの差分値に含まれる前記複数の差分成分の値を示し、

前記第 2 情報は、

前記複数の属性情報の各々に 2 以上の成分が含まれる場合、当該 2 以上の成分の値を示し、

前記複数の属性情報の各々に一つの成分が含まれる場合、当該一つの成分の値から 1 を減算した値を示す

三次元データ復号装置。

【発明の詳細な説明】

【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

10

20

30

40

50

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。

10

【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】

20

【文献】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】

30

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複数の属性情報の各々と、当該属性情報に対応する予測値との差分である複数の差分値を算出し、前記複数の差分値が配列された第1符号列において値ゼロの差分値であるゼロ差分値が連続する数を示す第1情報と、非ゼロの差分値の値を示す第2情報とを含む第2符号列を生成し、前記第2符号列を含むビットストリームを生成し、前記予測値は、前記複数の三次元点の周囲の符号化済みのN個の三次元点の属性情報の重みづけ平均値に基づいて算出され、前記重みは、前記複数の三次元点のそれぞれと前記複数の三次元点の周囲の前記符号化済みのN個の三次元点との距離情報に基づいて算出される。

【0010】

本開示の一態様に係る三次元データ復号方法は、ビットストリームから、点群データに含まれる複数の三次元点の複数の属性情報の各々と、当該属性情報に対応する予測値との差分である複数の差分値が配列された第1符号列において値ゼロの差分値であるゼロ差分値が連続する数を示す第1情報と、非ゼロの差分値の値を示す第2情報とを含む第2符号列を取得し、前記第2符号列から前記第1符号列を復元することで前記複数の差分値を取得し、前記複数の差分値に、当該差分値に対応する予測値を加算することで前記複数の属性情報を算出し、前記予測値は、前記複数の三次元点の周囲の復号済みのN個の三次元点の属性情報の重みづけ平均値に基づいて算出され、前記重みは、前記複数の三次元点のそれぞれと前記複数の三次元点の周囲の前記復号済みのN個の三次元点との距離情報に基づいて算出される。

40

【発明の効果】

50

【 0 0 1 1 】

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】

【 0 0 1 2 】

【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 G O S の最下層レイヤに属する S P C 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 G O S の符号化順の一例を示す図である。

10

【図 5】図 5 は、実施の形態 1 に係る G O S の符号化順の一例を示す図である。

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

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

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

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

【図 1 0】図 1 0 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 1 1】図 1 1 は、実施の形態 2 に係る S W L D の構成例を示す図である。

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

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

20

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

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

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

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

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

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

【図 2 0】図 2 0 は、実施の形態 2 に係る W L D の構成例を示す図である。

30

【図 2 1】図 2 1 は、実施の形態 2 に係る W L D の 8 分木構造の例を示す図である。

【図 2 2】図 2 2 は、実施の形態 2 に係る S W L D の構成例を示す図である。

【図 2 3】図 2 3 は、実施の形態 2 に係る S W L D の 8 分木構造の例を示す図である。

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

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

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

【図 2 7】図 2 7 は、実施の形態 5 に係る三次元データ作成装置のブロック図である。

【図 2 8】図 2 8 は、実施の形態 6 に係るシステムの構成を示す図である。

【図 2 9】図 2 9 は、実施の形態 6 に係るクライアント装置のブロック図である。

【図 3 0】図 3 0 は、実施の形態 6 に係るサーバのブロック図である。

40

【図 3 1】図 3 1 は、実施の形態 6 に係るクライアント装置による三次元データ作成処理のフローチャートである。

【図 3 2】図 3 2 は、実施の形態 6 に係るクライアント装置によるセンサ情報送信処理のフローチャートである。

【図 3 3】図 3 3 は、実施の形態 6 に係るサーバによる三次元データ作成処理のフローチャートである。

【図 3 4】図 3 4 は、実施の形態 6 に係るサーバによる三次元マップ送信処理のフローチャートである。

【図 3 5】図 3 5 は、実施の形態 6 に係るシステムの変形例の構成を示す図である。

【図 3 6】図 3 6 は、実施の形態 6 に係るサーバ及びクライアント装置の構成を示す図で

50

ある。

【図 3 7】図 3 7 は、実施の形態 7 に係る三次元データ符号化装置のブロック図である。

【図 3 8】図 3 8 は、実施の形態 7 に係る予測残差の例を示す図である。

【図 3 9】図 3 9 は、実施の形態 7 に係るボリュームの例を示す図である。

【図 4 0】図 4 0 は、実施の形態 7 に係るボリュームの 8 分木表現の例を示す図である。

【図 4 1】図 4 1 は、実施の形態 7 に係るボリュームのビット列の例を示す図である。

【図 4 2】図 4 2 は、実施の形態 7 に係るボリュームの 8 分木表現の例を示す図である。

【図 4 3】図 4 3 は、実施の形態 7 に係るボリュームの例を示す図である。

【図 4 4】図 4 4 は、実施の形態 7 に係るイントラ予測処理を説明するための図である。

【図 4 5】図 4 5 は、実施の形態 7 に係る回転及び並進処理を説明するための図である。

【図 4 6】図 4 6 は、実施の形態 7 に係る R T 適用フラグ及び R T 情報のシンタックス例を示す図である。

【図 4 7】図 4 7 は、実施の形態 7 に係るインター予測処理を説明するための図である。

【図 4 8】図 4 8 は、実施の形態 7 に係る三次元データ復号装置のブロック図である。

【図 4 9】図 4 9 は、実施の形態 7 に係る三次元データ符号化装置による三次元データ符号化処理のフローチャートである。

【図 5 0】図 5 0 は、実施の形態 7 に係る三次元データ復号装置による三次元データ復号処理のフローチャートである。

【図 5 1】図 5 1 は、実施の形態 8 に係る 8 分木構造における参照関係を示す図である。

【図 5 2】図 5 2 は、実施の形態 8 に係る空間領域における参照関係を示す図である。

【図 5 3】図 5 3 は、実施の形態 8 に係る隣接参照ノードの例を示す図である。

【図 5 4】図 5 4 は、実施の形態 8 に係る親ノードとノードとの関係を示す図である。

【図 5 5】図 5 5 は、実施の形態 8 に係る親ノードのオキュパンシー符号の例を示す図である。

【図 5 6】図 5 6 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 5 7】図 5 7 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 5 8】図 5 8 は、実施の形態 8 に係る三次元データ符号化処理のフローチャートである。

【図 5 9】図 5 9 は、実施の形態 8 に係る三次元データ復号処理のフローチャートである。

【図 6 0】図 6 0 は、実施の形態 8 に係る符号化テーブルの切替え例を示す図である。

【図 6 1】図 6 1 は、実施の形態 8 の変形例 1 に係る空間領域における参照関係を示す図である。

【図 6 2】図 6 2 は、実施の形態 8 の変形例 1 に係るヘッダ情報のシンタックス例を示す図である。

【図 6 3】図 6 3 は、実施の形態 8 の変形例 1 に係るヘッダ情報のシンタックス例を示す図である。

【図 6 4】図 6 4 は、実施の形態 8 の変形例 2 に係る隣接参照ノードの例を示す図である。

【図 6 5】図 6 5 は、実施の形態 8 の変形例 2 に係る対象ノード及び隣接ノードの例を示す図である。

【図 6 6】図 6 6 は、実施の形態 8 の変形例 3 に係る 8 分木構造における参照関係を示す図である。

【図 6 7】図 6 7 は、実施の形態 8 の変形例 3 に係る空間領域における参照関係を示す図である。

【図 6 8】図 6 8 は、実施の形態 9 に係る三次元点の例を示す図である。

【図 6 9】図 6 9 は、実施の形態 9 に係る L o D の設定例を示す図である。

【図 7 0】図 7 0 は、実施の形態 9 に係る L o D の設定に用いる閾値の例を示す図である。

【図 7 1】図 7 1 は、実施の形態 9 に係る予測値に用いる属性情報の例を示す図である。

【図 7 2】図 7 2 は、実施の形態 9 に係る指数ゴロム符号の一例を示す図である。

【図 7 3】図 7 3 は、実施の形態 9 に係る指数ゴロム符号に対する処理を示す図である。

【図 7 4】図 7 4 は、実施の形態 9 に係る属性ヘッダのシンタックス例を示す図である。

10

20

30

40

50

【図 7 5】図 7 5 は、実施の形態 9 に係る属性データのシンタックス例を示す図である。

【図 7 6】図 7 6 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 7 7】図 7 7 は、実施の形態 9 に係る属性情報符号化処理のフローチャートである。

【図 7 8】図 7 8 は、実施の形態 9 に係る指数ゴロム符号に対する処理を示す図である。

【図 7 9】図 7 9 は、実施の形態 9 に係る残り符号とその値との関係を示す逆引きテーブルの例を示す図である。

【図 8 0】図 8 0 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 8 1】図 8 1 は、実施の形態 9 に係る属性情報復号処理のフローチャートである。

【図 8 2】図 8 2 は、実施の形態 9 に係る三次元データ符号化装置のブロック図である。

10

【図 8 3】図 8 3 は、実施の形態 9 に係る三次元データ復号装置のブロック図である。

【図 8 4】図 8 4 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 8 5】図 8 5 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 8 6】図 8 6 は、実施の形態 10 に係る各予測モードにおいて算出される予測値を示すテーブルの第 1 の例を示す図である。

【図 8 7】図 8 7 は、実施の形態 10 に係る予測値に用いる属性情報の例を示す図である。

【図 8 8】図 8 8 は、実施の形態 10 に係る各予測モードにおいて算出される予測値を示すテーブルの第 2 の例を示す図である。

【図 8 9】図 8 9 は、実施の形態 10 に係る各予測モードにおいて算出される予測値を示すテーブルの第 3 の例を示す図である。

20

【図 9 0】図 9 0 は、実施の形態 10 に係る各予測モードにおいて算出される予測値を示すテーブルの第 4 の例を示す図である。

【図 9 1】図 9 1 は、実施の形態 11 に係る参照関係の例を示す図である。

【図 9 2】図 9 2 は、実施の形態 11 に係る Q W の算出例を示す図である。

【図 9 3】図 9 3 は、実施の形態 11 に係る予測残差の算出例を示す図である。

【図 9 4】図 9 4 は、実施の形態 11 に係る符号化処理の例を示す図である。

【図 9 5】図 9 5 は、実施の形態 11 に係るトランケットユニナリ符号の例を示す図である。

【図 9 6】図 9 6 は、実施の形態 11 に係る属性情報のシンタックス例を示す図である。

30

【図 9 7】図 9 7 は、実施の形態 11 に係る予測残差と Z e r o C n t の例を示す図である。

【図 9 8】図 9 8 は、実施の形態 11 に係る属性情報のシンタックス例を示す図である。

【図 9 9】図 9 9 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 100】図 100 は、実施の形態 11 に係る属性情報符号化処理のフローチャートである。

【図 101】図 101 は、実施の形態 11 に係る予測残差符号化処理のフローチャートである。

【図 102】図 102 は、実施の形態 11 に係る三次元データ復号処理のフローチャートである。

40

【図 103】図 103 は、実施の形態 11 に係る属性情報復号処理のフローチャートである。

【図 104】図 104 は、実施の形態 11 に係る予測残差復号処理のフローチャートである。

【図 105】図 105 は、実施の形態 11 に係る属性情報符号化部のブロック図である。

【図 106】図 106 は、実施の形態 11 に係る属性情報復号部のブロック図である。

【図 107】図 107 は、実施の形態 11 の変形例に係る符号化処理の例を示す図である。

【図 108】図 108 は、実施の形態 11 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。

50

【図109】図109は、実施の形態11の変形例に係る予測残差、ZeroCnt及びTotalZeroCntの例を示す図である。

【図110】図110は、実施の形態11の変形例に係る予測残差符号化処理のフローチャートである。

【図111】図111は、実施の形態11の変形例に係る予測残差復号処理のフローチャートである。

【図112】図112は、実施の形態11に係る三次元データ符号化処理のフローチャートである。

【図113】図113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。

10

【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複数の属性情報の各々と、当該属性情報に対応する予測値との差分である複数の差分値を算出し、前記複数の差分値が配列された第1符号列において値ゼロの差分値であるゼロ差分値が連続する数を示す第1情報と、非ゼロの差分値の値を示す第2情報とを含む第2符号列を生成し、前記第2符号列を含むビットストリームを生成する。

【0014】

これによれば、当該三次元データ符号化方法は、第1情報を用いることで値ゼロの差分値が連続する場合における符号量を低減できるので、符号化効率を向上できる。

20

【0015】

例えば、前記複数の属性情報の各々は、複数の成分を含み、前記複数の差分値の各々は、前記複数の成分に対応する複数の差分成分を含み、前記第1情報は、前記複数の差分成分が全てゼロである前記ゼロ差分値が連続する数を示し、前記第2情報は、前記複数の差分成分のうち少なくとも一つがゼロでない前記非ゼロの差分値に含まれる前記複数の差分成分の値を示してもよい。

【0016】

これによれば、当該三次元データ符号化方法は、成分毎に第1情報を設ける場合に比べて符号量を低減できるので、符号化効率を向上できる。

【0017】

例えば、前記第2情報は、前記非ゼロの差分値に含まれる複数の成分の値の少なくとも2つが異なる場合、当該複数の成分の値を示し、前記非ゼロの差分値に含まれる複数の成分の値が全て同じ場合、当該複数の成分の値の各々から1を減算した値を示してもよい。

30

【0018】

これによれば、当該三次元データ符号化方法は、符号量を低減できるので、符号化効率を向上できる。

【0019】

例えば、前記第2情報は、前記複数の属性情報の各々に2以上の成分が含まれる場合、当該2以上の成分の値を示し、前記複数の属性情報の各々に一つの成分が含まれる場合、当該一つの成分の値から1を減算した値を示してもよい。

40

【0020】

これによれば、当該三次元データ符号化方法は、符号量を低減できるので、符号化効率を向上できる。

【0021】

例えば、前記複数の三次元点は、複数の三次元点の位置情報に基づき複数の階層に分類され、前記第1符号列において前記複数の差分値は前記階層毎に配列されてもよい。

【0022】

例えば、前記三次元データ符号化方法は、さらに、前記複数の差分値の各々を量子化し、前記第1符号列には、量子化後の複数の差分値が配列されてもよい。

【0023】

50

本開示の一態様に係る三次元データ復号方法は、ビットストリームから、点群データに含まれる複数の三次元点の複数の属性情報の各々と、当該属性情報に対応する予測値との差分である複数の差分値が配列された第1符号列において値ゼロの差分値であるゼロ差分値が連続する数を示す第1情報と、非ゼロの差分値の値を示す第2情報とを含む第2符号列を取得し、前記第2符号列から前記第1符号列を復元することで前記複数の差分値を取得し、前記複数の差分値に、当該差分値に対応する予測値を加算することで前記複数の属性情報を算出する。

【0024】

これによれば、当該三次元データ復号方法は、第1情報を用いることで値ゼロの差分値が連続する場合における符号量を低減できるので、符号化効率を向上できる。

10

【0025】

例えば、前記複数の属性情報の各々は、複数の成分を含み、前記複数の差分値の各々は、前記複数の成分に対応する複数の差分成分を含み、前記第1情報は、前記複数の差分成分が全てゼロである前記ゼロ差分値が連続する数を示し、前記第2情報は、前記複数の差分成分のうち少なくとも一つがゼロでない前記非ゼロの差分値に含まれる前記複数の差分成分の値を示してもよい。

【0026】

これによれば、当該三次元データ復号方法は、成分毎に第1情報を設ける場合に比べて符号量を低減できるので、符号化効率を向上できる。

【0027】

20

例えば、前記第2情報は、前記非ゼロの差分値に含まれる複数の成分の値の少なくとも2つが異なる場合、当該複数の成分の値を示し、前記非ゼロの差分値に含まれる複数の成分の値が全て同じ場合、当該複数の成分の値の各々から1を減算した値を示してもよい。

【0028】

これによれば、当該三次元データ復号方法は、符号量を低減できるので、符号化効率を向上できる。

【0029】

例えば、前記第2情報で示される複数の値が同じ場合、当該複数の値の各々に1を加算することで前記複数の成分の値を算出し、算出された前記複数の成分の値を用いて前記第1符号列を復元してもよい。

30

【0030】

例えば、前記第2情報は、前記複数の属性情報の各々に2以上の成分が含まれる場合、当該2以上の成分の値を示し、前記複数の属性情報の各々に一つの成分が含まれる場合、当該一つの成分の値から1を減算した値を示してもよい。

【0031】

これによれば、当該三次元データ復号方法は、符号量を低減できるので、符号化効率を向上できる。

【0032】

例えば、前記第2情報に一つの成分に対応する値が示される場合、当該値に1を加算することで前記一つの成分の値を算出し、算出された前記一つの成分の値を用いて前記第1符号列を復元してもよい。

40

【0033】

例えば、前記複数の三次元点は、複数の三次元点の位置情報に基づき複数の階層に分類され、前記第1符号列において前記複数の差分値は前記階層毎に配列されてもよい。

【0034】

例えば、前記第1符号列には、量子化された複数の差分値が配列され、前記第1符号列を復元することで前記量子化された複数の差分値を取得し、前記量子化された複数の差分値の各々を逆量子化することで前記複数の差分値を取得してもよい。

【0035】

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

50

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複数の属性情報の各々と、当該属性情報に対応する予測値との差分である複数の差分値を算出し、前記複数の差分値が配列された第1符号列において値ゼロの差分値であるゼロ差分値が連続する数を示す第1情報と、非ゼロの差分値の値を示す第2情報とを含む第2符号列を生成し、前記第2符号列を含むビットストリームを生成する。

【0036】

これによれば、当該三次元データ符号化装置は、第1情報を用いることで値ゼロの差分値が連続する場合における符号量を低減できるので、符号化効率を向上できる。

【0037】

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、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複数の属性情報の各々と、当該属性情報に対応する予測値との差分である複数の差分値が配列された第1符号列において値ゼロの差分値であるゼロ差分値が連続する数を示す第1情報と、非ゼロの差分値の値を示す第2情報とを含む第2符号列を取得し、前記第2符号列から前記第1符号列を復元することで前記複数の差分値を取得し、前記複数の差分値に、当該差分値に対応する予測値を加算することで前記複数の属性情報を算出する。

【0038】

これによれば、当該三次元データ復号装置は、第1情報を用いることで値ゼロの差分値が連続する場合における符号量を低減できるので、符号化効率を向上できる。

【0039】

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。

【0040】

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。

【0041】

(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。

【0042】

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。

【0043】

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

10

20

30

40

50

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。

【0044】

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。

【0045】

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。

【0046】

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。

【0047】

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

【0048】

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。

【0049】

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。

【0050】

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。

【0051】

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。

【0052】

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。

【0053】

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。

【0054】

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。

【0055】

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。

【0056】

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。

【0057】

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。

【0058】

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。

【0059】

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。

【0060】

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。

【0061】

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。

【0062】

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。

【0063】

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

【0064】

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。

【0065】

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。

【0066】

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。

【0067】

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。

10

20

30

40

50

【0068】

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。

【0069】

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。

10

【0070】

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。

【0071】

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。

20

【0072】

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。

【0073】

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。

30

【0074】

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。

40

【0075】

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。

【0076】

50

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。

【0077】

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ISPC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ISPCの間隔を短くする。

10

【0078】

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。

【0079】

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

20

【0080】

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

【0081】

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

【0082】

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

30

【0083】

次に、分割部103は、符号化対象の領域に含まれる点群データを、各処理単位に分割する。ここで処理単位とは、上述したGOS及びSPC等である。また、この符号化対象の領域は、例えば、上述したワールドに対応する。具体的には、分割部103は、予め設定したGOSのサイズ、又は、動的オブジェクトの有無或いはサイズに基づいて、点群データを処理単位に分割する(S103)。また、分割部103は、各GOSにおいて符号化順で先頭となるSPCの開始位置を決定する。

40

【0084】

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

【0085】

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

【0086】

このように、三次元データ符号化装置100は、三次元データ111を符号化すること

50

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

【0087】

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

10

【0088】

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

【0089】

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

20

【0090】

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

30

【0091】

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

【0092】

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

40

【0093】

まず、取得部201は、符号化三次元データ211を取得する(S201)。次に、復号開始GOS決定部202は、復号対象のGOSに決定する(S202)。具体的には、復号開始GOS決定部202は、符号化三次元データ211内、又は符号化三次元データとは別に格納されたメタ情報を参照して、復号を開始する空間位置、オブジェクト、又は、時刻に対応するSPCを含むGOSを復号対象のGOSに決定する。

【0094】

次に、復号SPC決定部203は、GOS内で復号するSPCのタイプ(I、P、B)を決定する(S203)。例えば、復号SPC決定部203は、(1)I-SPCのみを

50

復号するか、(2) I-SPC及びP-SPCを復号するか、(3) 全てのタイプを復号するかを決定する。なお、全てのSPCを復号するなど、予め復号するSPCのタイプが決定している場合は、本ステップは行われなくてもよい。

【0095】

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

【0096】

このように、三次元データ復号装置200は、復号三次元データ212を復号する。具体的には、三次元データ復号装置200は、ランダムアクセス単位であって、各々が三次元座標に対応付けられている第1処理単位(GOS)の符号化三次元データ211の各々を復号することで第1処理単位(GOS)の復号三次元データ212を生成する。より具体的には、三次元データ復号装置200は、各第1処理単位(GOS)において、複数の第2処理単位(SPC)の各々を復号する。また、三次元データ復号装置200は、各第2処理単位(SPC)において、複数の第3処理単位(VLM)の各々を復号する。

【0097】

以下、ランダムアクセス用のメタ情報について説明する。このメタ情報は、三次元データ符号化装置100で生成され、符号化三次元データ112(211)に含まれる。

【0098】

従来の二次元の動画像におけるランダムアクセスでは、指定した時刻の近傍となるランダムアクセス単位の先頭フレームから復号を開始していた。一方、ワールドにおいては、時刻に加えて、空間(座標又はオブジェクトなど)に対するランダムアクセスが想定される。

【0099】

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

【0100】

以下、一例として、座標を起点とするランダムアクセスについて説明する。座標(x2、y2、z2)にアクセスする際には、まず、座標-GOSテーブルを参照して、座標が(x2、y2、z2)である地点は2番目のGOSに含まれることが分かる。次に、GOSアドレステーブルを参照し、2番目のGOSにおける先頭のI-SPCのアドレスがaddr(2)であることが分かるため、復号部204は、このアドレスからデータを取得して復号を開始する。

【0101】

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

【0102】

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

【0103】

オブジェクトの例としては、ヒト、動物、車、自転車、信号、又はランドマークとなる建物などがある。例えば、三次元データ符号化装置 100 は、ワールドの符号化時に三次元のポイントクラウドなどからオブジェクトに特有の特徴点を抽出し、当該特徴点に基づきオブジェクトを検出し、検出したオブジェクトをランダムアクセスポイントとして設定できる。

【0104】

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

10

【0105】

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

【0106】

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

20

【0107】

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

【0108】

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

30

【0109】

また、メタ情報は、ワールドが占める空間領域の範囲を示す情報を含んでもよい。

【0110】

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

【0111】

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

40

【0112】

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

【0113】

以下、本実施の形態の変形例について説明する。

【0114】

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

【0115】

50

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

【0116】

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

10

【0117】

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

【0118】

また、復号装置は、地図のズーム倍率又は用途に応じて、低階層から優先的に復号してもよい。

【0119】

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

20

【0120】

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

【0121】

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

30

【0122】

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

【0123】

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

40

【0124】

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

50

S P C又はG O Sが許容されない。

【0125】

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

【0126】

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

【0127】

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

【0128】

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

【0129】

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

【0130】

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

【0131】

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

【0132】

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

【0133】

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

【0134】

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

【0135】

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

【０１３６】

また、符号化装置は、ランダムアクセスポイントをＧＯＳ単位で設定し、ＧＯＳに対応する空間領域を示す情報をヘッダ情報に格納する。

【０１３７】

符号化装置は、ＧＯＳの空間サイズとして、例えば、デフォルト値を使用する。なお、符号化装置は、オブジェクト又は動的オブジェクトの数（量）又は粗密さに応じてＧＯＳのサイズを変更してもよい。例えば、符号化装置は、オブジェクト或いは動的オブジェクトが密なほど、又は数が多いほど、ＧＯＳの空間サイズを小さくする。

10

【０１３８】

また、スペース又はボリュームは、デプスセンサ、ジャイロ、又はカメラ等のセンサで得られた情報を用いて導出された特徴点群を含む。特徴点の座標はボクセルの中心位置に設定される。また、ボクセルの細分化により位置情報の高精度化を実現できる。

【０１３９】

特徴点群は、複数のピクチャを用いて導出される。複数のピクチャは、実際の時刻情報と、スペースに対応付けられた複数のピクチャで同一の時刻情報（例えば、レート制御等に用いられる符号化時刻）との少なくとも２種類の時刻情報を有する。

20

【０１４０】

また、１以上のスペースを含むＧＯＳ単位で符号化又は復号が行われる。

【０１４１】

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

【０１４２】

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

【０１４３】

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

30

【０１４４】

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

40

【０１４５】

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

【０１４６】

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

【０１４７】

また、符号化装置及び復号装置は、スペース又はＧＯＳの空間情報（座標、サイズ等）

50

を符号化又は復号する。

【0148】

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

【0149】

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

【0150】

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

10

【0151】

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

【0152】

(実施の形態2)

ポイントクラウドの符号化データを実際の装置又はサービスにおいて使用する際には、ネットワーク帯域を抑制するために用途に応じて必要な情報を送受信することが望ましい。しかしながら、これまで、三次元データの符号化構造にはそのような機能が存在せず、そのための符号化方法も存在しなかった。

20

【0153】

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

【0154】

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

30

【0155】

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

40

【0156】

三次元特徴量として、SHOT特徴量(Signature of Histograms of Orientations)、PFH特徴量(Point Feature Histograms)、又はPPF特徴量(Point Pair Feature)が利用される。

【0157】

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

【0158】

50

P F H特徴量は、V X L近傍の多数の2点組を選択し、その2点から法線ベクトル等を算出してヒストグラム化することで得られる。このP F H特徴量は、ヒストグラム特徴なので、多少の外乱に対してロバスト性を有し、特徴表現力も高いという特徴を有する。

【0159】

P P F特徴量は、2点のV X L毎に法線ベクトル等を用いて算出される特徴量である。このP P F特徴量には、全V X Lが使われるため、オクルージョンに対してロバスト性を有する。

【0160】

また、可視光の特徴量として、画像の輝度勾配情報等の情報を用いたS I F T (S c a l e - I n v a r i a n t F e a t u r e T r a n s f o r m)、S U R F (S p e e d e d U p R o b u s t F e a t u r e s)、又はH O G (H i s t o g r a m o f O r i e n t e d G r a d i e n t s) 等を用いることができる。

【0161】

S W L Dは、W L Dの各V X Lから上記特徴量を算出し、F V X Lを抽出することで生成される。ここで、S W L DはW L Dが更新される度に更新しても構わないし、W L Dの更新タイミングに関わらず、一定時間経過後に定期的に更新するようにしても構わない。

【0162】

S W L Dは特徴量毎に生成しても構わない。例えば、S H O T特徴量に基づくS W L D 1とS I F T特徴量に基づくS W L D 2のように、特徴量毎に別々のS W L Dが生成され、用途に応じてS W L Dを使い分けるようにしても構わない。また、算出した各F V X Lの特徴量を特徴量情報として各F V X Lに保持するようにしても構わない。

【0163】

次に、スパースワールド (S W L D) の利用方法について説明する。S W L Dは特徴ボクセル (F V X L) のみを含むため、全てのV X Lを含むW L Dと比べて一般的にデータサイズが小さい。

【0164】

特徴量を利用して何らかの目的を果たすアプリケーションにおいては、W L Dの代わりにS W L Dの情報を利用することで、ハードディスクからの読み出し時間、並びにネットワーク転送時の帯域及び転送時間を抑制することができる。例えば、地図情報として、W L DとS W L Dとをサーバに保持しておき、クライアントからの要望に応じて、送信する地図情報をW L D又はS W L Dに切り替えることにより、ネットワーク帯域及び転送時間を抑制することができる。以下、具体的な例を示す。

【0165】

図12及び図13は、S W L D及びW L Dの利用例を示す図である。図12に示すように、車載装置であるクライアント1が自己位置判定用途として地図情報を必要な場合は、クライアント1はサーバに自己位置推定用の地図データの取得要望を送る (S 3 0 1)。サーバは、当該取得要望に応じてS W L Dをクライアント1に送信する (S 3 0 2)。クライアント1は、受信したS W L Dを用いて自己位置判定を行う (S 3 0 3)。この際、クライアント1はレンジファインダなどの距離センサ、ステレオカメラ、又は複数の単眼カメラの組合せ等の様々な方法でクライアント1の周辺のV X L情報を取得し、得られたV X L情報とS W L Dとから自己位置情報を推定する。ここで自己位置情報は、クライアント1の三次元位置情報及び向き等を含む。

【0166】

図13に示すように、車載装置であるクライアント2が三次元地図等の地図描画の用途として地図情報が必要な場合は、クライアント2はサーバに地図描画用の地図データの取得要望を送る (S 3 1 1)。サーバは、当該取得要望に応じてW L Dをクライアント2に送信する (S 3 1 2)。クライアント2は、受信したW L Dを用いて地図描画を行う (S 3 1 3)。この際、クライアント2は、例えば、自己が可視光カメラ等で撮影した画像と、サーバから取得したW L Dとを用いてレンダリング画像を作成し、作成した画像をカーナビ等の画面に描画する。

10

20

30

40

50

【0167】

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

【0168】

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

10

【0169】

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

【0170】

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

20

【0171】

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

【0172】

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

30

【0173】

また、移動速度に応じてWLD又はSWLDを受信するかを切替えるようにしてもよい。図15は、この場合の動作例を示す図である。例えば、クライアントが高速移動をしている場合は（S331）、クライアントはSWLDをサーバから受信する（S332）。一方、クライアントが低速移動をしている場合は（S333）、クライアントはWLDをサーバから受信する（S334）。これにより、クライアントは、ネットワーク帯域を抑制しながら、速度に合った地図情報を取得することができる。具体的には、クライアントは、高速道路を走行中にはデータ量の少ないSWLDを受信することにより、大まかな地図情報を適切な速度で更新することができる。一方、クライアントは、一般道路を走行中にはWLDを受信することにより、より詳細な地図情報を取得することが可能となる。

40

【0174】

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

50

トに適したデータ（WLD又はSWLD）を送信してもよい。

【0175】

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

【0176】

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

【0177】

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

【0178】

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

【0179】

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

【0180】

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

【0181】

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

【0182】

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

【0183】

また、SWLD符号化部405は、SWLDに対応する抽出三次元データ412を符号化することでSWLDに対応する符号化三次元データ414を生成する（S405）。このとき、SWLD符号化部405は、符号化三次元データ414のヘッダに、当該符号化三次元データ414がSWLDを含むストリームであることを区別するための情報を付加

10

20

30

40

50

する。

【0184】

なお、符号化三次元データ413を生成する処理と、符号化三次元データ414を生成する処理との処理順は上記と逆でもよい。また、これらの処理の一部又は全てが並列に行われてもよい。

【0185】

符号化三次元データ413及び414のヘッダに付与される情報として、例えば、「world_type」というパラメータが定義される。world_type=0の場合はストリームがWLDを含むことを表し、world_type=1の場合はストリームがSWLDを含むことを表す。更にその他の多数の種別を定義する場合には、world_type=2のように割り当てる数値を増やすようにしても構わない。また、符号化三次元データ413及び414の一方に特定のフラグが含まれてもよい。例えば、符号化三次元データ414に、当該ストリームがSWLDを含むことを含むフラグが付与されてもよい。この場合、復号装置は、フラグの有無によりWLDを含むストリームか、SWLDを含むストリームかを判別できる。

【0186】

また、WLD符号化部404がWLDを符号化する際に使用する符号化方法と、SWLD符号化部405がSWLDを符号化する際に使用する符号化方法とは異なってもよい。

【0187】

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

【0188】

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

【0189】

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

【0190】

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

【0191】

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

【0192】

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

【0193】

図18に示す三次元データ復号装置500は、符号化三次元データ511を復号することで復号三次元データ512又は513を生成する。ここで、符号化三次元データ511は、例えば、三次元データ符号化装置400で生成された符号化三次元データ413又は414である。

【0194】

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

【0195】

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

【0196】

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

【0197】

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

【0198】

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

【0199】

次に、三次元位置の表現手法である8分木表現について説明する。三次元データに含まれるVXLデータは8分木構造に変換された後、符号化される。図20は、WLDのVXLの一例を示す図である。図21は、図20に示すWLDの8分木構造を示す図である。図20に示す例では、点群を含むVXL（以下、有効VXL）である3つVXL1～3が存在する。図21に示すように、8分木構造はノードとリーフで構成される。各ノードは最大で8つのノードまたはリーフを持つ。各リーフはVXL情報を持つ。ここで、図21に示すリーフのうち、リーフ1、2、3はそれぞれ図20に示すVXL1、VXL2、VXL3を表す。

【0200】

具体的には、各ノード及びリーフは三次元位置に対応する。ノード1は、図20に示す全体のブロックに対応する。ノード1に対応するブロックは8つのブロックに分割され、8つのブロックのうち、有効VXLを含むブロックがノードに設定され、それ以外のブロックはリーフに設定される。ノードに対応するブロックは、さらに8つのノードまたはリ

10

20

30

40

50

ーフに分割され、この処理が木構造の階層分繰り返される。また、最下層のブロックは、全てリーフに設定される。

【0201】

また、図22は、図20に示すWLDから生成したSWLDの例を示す図である。図20に示すVXL1及びVXL2は特徴量抽出の結果、FVXL1及びFVXL2と判定され、SWLDに加えられている。一方で、VXL3はFVXLと判定されず、SWLDに含まれていない。図23は、図22に示すSWLDの8分木構造を示す図である。図23に示す8分木構造では、図21に示す、VXL3に相当するリーフ3が削除されている。これにより、図21に示すノード3が有効VXLを持たなくなり、リーフに変更されている。このように一般的にSWLDのリーフ数はWLDのリーフ数より少なくなり、SWLDの符号化三次元データもWLDの符号化三次元データより小さくなる。

10

【0202】

以下、本実施の形態の変形例について説明する。

【0203】

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

【0204】

また、一般的にSWLDには平坦領域のVXLデータが含まれにくい。そのため、サーバは、静的な障害物の検知用に、WLDをサブサンプルしたサブサンプルワールド(subWLD)を保持し、SWLDとsubWLDをクライアントに送信してもよい。これにより、ネットワーク帯域を抑制しつつ、クライアント側で自己位置推定及び障害物検知を行うことができる。

20

【0205】

また、クライアントが三次元地図データを高速に描画する際には、地図情報がメッシュ構造である方が便利な場合がある。そこで、サーバは、WLDからメッシュを生成し、メッシュワールド(MWLD)として予め保持してもよい。例えばクライアントは、粗い三次元描画を必要としている場合にはMWLDを受信し、詳細な三次元描画を必要としている場合にはWLDを受信する。これにより、ネットワーク帯域を抑制することができる。

30

【0206】

また、サーバは、各VXLのうち、特徴量が閾値以上であるVXLをFVXLに設定したが、異なる方法にてFVXLを算出しても構わない。例えば、サーバは、信号又は交差点などを構成するVXL、VLM、SPC、又はGOSを、自己位置推定、運転アシスト、又は自動運転等に必要と判断し、FVXL、FVLM、FSPC、FGOSとしてSWLDに含めるようにしても構わない。また、上記判断は手動で行われてもよい。なお、特徴量に基づき設定されたFVXL等に、上記方法で得られたFVXL等を加えてもよい。つまり、SWLD抽出部403は、さらに、入力三次元データ411から予め定められた属性を有する物体に対応するデータを抽出三次元データ412として抽出してもよい。

【0207】

また、それらの用途に必要な旨を特徴量とは別にラベリングするようにしても構わない。また、サーバは、SWLDの上位レイヤ(例えばレーンワールド)として、信号又は交差点などの自己位置推定、運転アシスト、又は自動運転等に必要FVXLを別途保持してもよい。

40

【0208】

また、サーバは、WLD内のVXLにもランダムアクセス単位又は所定の単位毎に属性を付加してもよい。属性は、例えば、自己位置推定に必要或いは不要かを示す情報、又は、信号或いは交差点などの交通情報として重要かどうかなどを示す情報を含む。また、属性は、レーン情報(GDF: Geographic Data Filesなど)におけるFeature(交差点又は道路など)との対応関係を含んでもよい。

50

【0209】

また、WLD又はSWLDの更新方法として下記のような方法を用いても構わない。

【0210】

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

【0211】

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

10

【0212】

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

【0213】

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

20

【0214】

以上のように、三次元データ符号化装置400は、入力三次元データ411（第1三次元データ）から特徴量が閾値以上の抽出三次元データ412（第2三次元データ）を抽出し、抽出三次元データ412を符号化することで符号化三次元データ414（第1符号化三次元データ）を生成する。

【0215】

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

30

【0216】

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

【0217】

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

40

【0218】

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

【0219】

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

【0220】

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

【0221】

50

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

【0222】

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

【0223】

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

10

【0224】

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

【0225】

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

【0226】

20

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

【0227】

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

【0228】

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

30

【0229】

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

【0230】

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

【0231】

これによれば、三次元データ符号化装置400は、クライアントの状態に応じて適切なデータを送信できる。

40

【0232】

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

【0233】

また、三次元データ符号化装置400は、さらに、クライアントの要求に応じて、符号化三次元データ413及び414の一方をクライアントに送信する。

【0234】

これによれば、三次元データ符号化装置400は、クライアントの要求に応じて適切なデータを送信できる。

【0235】

50

また、本実施の形態に係る三次元データ復号装置500は、上記三次元データ符号化装置400により生成された符号化三次元データ413又は414を復号する。

【0236】

つまり、三次元データ復号装置500は、入力三次元データ411から抽出された特徴量が閾値以上の抽出三次元データ412が符号化されることで得られた符号化三次元データ414を第1復号方法により復号する。また、三次元データ復号装置500は、入力三次元データ411が符号化されることで得られた符号化三次元データ413を、第1復号方法とは異なる第2復号方法により復号する。

【0237】

これによれば、三次元データ復号装置500は、特徴量が閾値以上のデータを符号化した符号化三次元データ414と、符号化三次元データ413とを、例えば、使用用途等に応じて選択的に受信できる。これにより、三次元データ復号装置500は、伝送するデータ量を削減できる。さらに、三次元データ復号装置500は、入力三次元データ411と抽出三次元データ412とにそれぞれ適した復号方法を用いることができる。

10

【0238】

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

【0239】

これによれば、三次元データ復号装置500は、隣接するデータ間の相関が低くなりやすい抽出三次元データに対して、インター予測の優先度を上げることができる。

20

【0240】

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

【0241】

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

【0242】

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

30

【0243】

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

【0244】

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

40

【0245】

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

【0246】

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

【0247】

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

50

4 1 3 及び 4 1 4 の一方を受信する。

【0 2 4 8】

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

【0 2 4 9】

(実施の形態 3)

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

【0 2 5 0】

図 2 4 は、本実施の形態に係る三次元データ作成装置 6 2 0 のブロック図である。この三次元データ作成装置 6 2 0 は、例えば、自車両に含まれ、三次元データ作成装置 6 2 0 が作成した第 1 三次元データ 6 3 2 に、受信した第 2 三次元データ 6 3 5 を合成することで、より密な第 3 三次元データ 6 3 6 を作成する。

10

【0 2 5 1】

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

【0 2 5 2】

まず、三次元データ作成部 6 2 1 は、自車両が備えるセンサで検知したセンサ情報 6 3 1 を用いて第 1 三次元データ 6 3 2 を作成する。次に、要求範囲決定部 6 2 2 は、作成した第 1 三次元データ 6 3 2 の中でデータが不足している三次元空間範囲である要求範囲を決定する。

20

【0 2 5 3】

次に、探索部 6 2 3 は、要求範囲の三次元データを所有する周辺車両を探索し、探索により特定した周辺車両に要求範囲を示す要求範囲情報 6 3 3 を送信する。次に、受信部 6 2 4 は、周辺車両から、要求範囲の符号化ストリームである符号化三次元データ 6 3 4 を受信する (S 6 2 4)。なお、探索部 6 2 3 は、特定範囲に存在する全ての車両に対し、無差別にリクエストを出し、応答があった相手から符号化三次元データ 6 3 4 を受信してもよい。また、探索部 6 2 3 は、車両に限らず、信号機又は標識などの物体にリクエストを出し、当該物体から符号化三次元データ 6 3 4 を受信してもよい。

【0 2 5 4】

30

次に、復号部 6 2 5 は、受信した符号化三次元データ 6 3 4 を復号することで第 2 三次元データ 6 3 5 を取得する。次に、合成部 6 2 6 は、第 1 三次元データ 6 3 2 と第 2 三次元データ 6 3 5 とを合成することで、より密な第 3 三次元データ 6 3 6 を作成する。

【0 2 5 5】

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

【0 2 5 6】

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

40

【0 2 5 7】

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

【0 2 5 8】

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

【0 2 5 9】

次に、抽出部 6 4 3 は、第 5 三次元データ 6 5 2 から、要求範囲情報 6 3 3 で示される

50

要求範囲の三次元データを抽出することで、第5三次元データ652を第6三次元データ654に加工する。次に、符号化部644は、第6三次元データ654を符号化することで、符号化ストリームである符号化三次元データ634を生成する。そして、送信部645は、自車両へ符号化三次元データ634を送信する。

【0260】

なお、ここでは、自車両が三次元データ作成装置620を備え、周辺車両が三次元データ送信装置640を備える例を説明するが、各車両が、三次元データ作成装置620と三次元データ送信装置640との機能を有してもよい。

【0261】

(実施の形態4)

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

【0262】

車の自動運転、又は、ロボット、或いはドローンなどの飛行体などの移動体を自律的に移動させるなどの用途が今後拡大すると予想される。このような自律的な移動を実現する手段の一例として、移動体が、三次元マップ内における自らの位置を推定（自己位置推定）しながら、マップに従って走行する方法がある。

【0263】

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

【0264】

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

【0265】

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

【0266】

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

【0267】

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

【0268】

（1）三次元マップを通信経由で取得できない。

【0269】

（2）三次元マップが存在しない、又は、三次元マップを取得したが破損している。

【0270】

（3）自車のセンサが故障している、又は、悪天候のために、自車検知三次元データの生成精度が十分でない。

10

20

30

40

50

【0271】

これらの異常ケースに対処するための動作を、以下で説明する。以下では、車を例に動作を説明するが、以下の手法は、ロボット又はドローンなど、自律的に移動する動物体全般に対して適用できる。

【0272】

以下、三次元マップ又は自車検知三次元データにおける異常ケースに対応するための、本実施の形態に係る三次元情報処理装置の構成及び動作を説明する。図26は、本実施の形態に係る三次元情報処理装置700の構成例を示すブロック図である。

【0273】

三次元情報処理装置700は、例えば、自動車等の動物体に搭載される。図26に示すように、三次元情報処理装置700は、三次元マップ取得部701と、自車検知データ取得部702と、異常ケース判定部703と、対処動作決定部704と、動作制御部705とを備える。

10

【0274】

なお、三次元情報処理装置700は、二次元画像を取得するカメラ、又は、超音波或いはレーザーを用いた一次元データのセンサなど、自車周辺の構造物又は動物体を検知するための図示しない二次元又は一次元のセンサを備えてもよい。また、三次元情報処理装置700は、三次元マップを4G或いは5Gなどの移動体通信網、又は、車車間通信或いは路車間通信により取得するための通信部（図示せず）を備えてもよい。

【0275】

三次元マップ取得部701は、走行経路近傍の三次元マップ711を取得する。例えば、三次元マップ取得部701は、移動体通信網、又は、車車間通信或いは路車間通信により三次元マップ711を取得する。

20

【0276】

次に、自車検知データ取得部702は、センサ情報に基づいて自車検知三次元データ712を取得する。例えば、自車検知データ取得部702は、自車が備えるセンサにより取得されたセンサ情報に基づき、自車検知三次元データ712を生成する。

【0277】

次に、異常ケース判定部703は、取得した三次元マップ711及び自車検知三次元データ712の少なくとも一方に対して予め定められたチェックを実施することで異常ケースを検出する。つまり、異常ケース判定部703は、取得した三次元マップ711及び自車検知三次元データ712の少なくとも一方が異常であるかを判定する。

30

【0278】

異常ケースが検出された場合、対処動作決定部704は、異常ケースに対する対処動作を決定する。次に、動作制御部705は、三次元マップ取得部701など、対処動作の実施に必要な各処理部の動作を制御する。

【0279】

一方、異常ケースが検出されない場合、三次元情報処理装置700は、処理を終了する。

【0280】

また、三次元情報処理装置700は、三次元マップ711と自車検知三次元データ712とを用いて、三次元情報処理装置700を有する車両の自己位置推定を行う。次に、三次元情報処理装置700は、自己位置推定の結果を用いて、当該車両を自動運転する。

40

【0281】

このように、三次元情報処理装置700は、第1の三次元位置情報を含むマップデータ（三次元マップ711）を通信路を介して取得する。例えば、第1の三次元位置情報は、三次元の座標情報を有する部分空間を単位として符号化され、各々が1以上の部分空間の集合体であり、各々を独立に復号可能な複数のランダムアクセス単位を含む。例えば、第1の三次元位置情報は、三次元の特徴量が所定の閾値以上となる特徴点が符号化されたデータ（SWLD）である。

【0282】

50

また、三次元情報処理装置 700 は、センサで検知した情報から第 2 の三次元位置情報（自車検知三次元データ 712）を生成する。次に、三次元情報処理装置 700 は、第 1 の三次元位置情報又は第 2 の三次元位置情報に対して異常判定処理を実施することで、第 1 の三次元位置情報又は前記第 2 の三次元位置情報が異常であるかどうかを判定する。

【0283】

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

【0284】

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

【0285】

（実施の形態 5）

本実施の形態では、後続車両への三次元データ送信方法等について説明する。

【0286】

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

【0287】

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

【0288】

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

【0289】

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

【0290】

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

【0291】

フォーマット変換部 814 は、データ受信部 811 が受信した三次元データ 831 にフォーマット変換等を行うことで三次元データ 832 を生成する。また、フォーマット変換部 814 は、三次元データ 831 が圧縮又は符号化されている場合には、伸張又は復号処理を行う。

【0292】

複数のセンサ 815 は、LiDAR、可視光カメラ又は赤外線カメラなどの、車両の外部の情報を取得するセンサ群であり、センサ情報 833 を生成する。例えば、センサ情報 833 は、センサ 815 が 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 815 は複数でなくてもよい。

【0293】

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

【0294】

10

20

30

40

50

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

【0295】

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

【0296】

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

【0297】

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

【0298】

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

【0299】

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

【0300】

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

【0301】

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

【0302】

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

【0303】

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

【0304】

(実施の形態 6)

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

【0305】

10

20

30

40

50

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

【0306】

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。

【0307】

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。

【0308】

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。

【0309】

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 HVC 等である。

【0310】

また、サーバ 901 は、クライアント装置 902 からの三次元マップの送信要求に応じてサーバ 901 で管理する三次元マップをクライアント装置 902 に送信する。なお、サーバ 901 はクライアント装置 902 からの三次元マップの送信要求を待たずに三次元マップを送信してもよい。例えば、サーバ 901 は、予め定められた空間にいる 1 つ以上のクライアント装置 902 に三次元マップをブロードキャストしても構わない。また、サーバ 901 は、一度送信要求を受けたクライアント装置 902 に、一定時間毎にクライアント装置 902 の位置に適した三次元マップを送信してもよい。また、サーバ 901 は、サーバ 901 が管理する三次元マップが更新される度にクライアント装置 902 に三次元マップを送信してもよい。

【0311】

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。

【0312】

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。

【0313】

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

10

20

30

40

50

、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。

【0314】

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。

【0315】

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

【0316】

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。

【0317】

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。

【0318】

図 29 は、クライアント装置 902 の構成例を示すブロック図である。クライアント装置 902 は、サーバ 901 からポイントクラウド等で構成される三次元マップを受信し、クライアント装置 902 のセンサ情報に基づいて作成した三次元データからクライアント装置 902 の自己位置を推定する。また、クライアント装置 902 は、取得したセンサ情報をサーバ 901 に送信する。

【0319】

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。

【0320】

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。

【0321】

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。

【0322】

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。

【0323】

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。

【0324】

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。

【0325】

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

【0326】

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。

【0327】

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。

【0328】

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。

【0329】

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。

【0330】

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。

【0331】

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。

【0332】

次に、サーバ901の構成を説明する。図30は、サーバ901の構成例を示すブロック図である。サーバ901は、クライアント装置902から送信されたセンサ情報を受信

10

20

30

40

50

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。

【0333】

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。

【0334】

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。

【0335】

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。

【0336】

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。

【0337】

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。

【0338】

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。

【0339】

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。

【0340】

三次元データ蓄積部 1118 は、三次元マップ 1135 等を蓄積する。

【0341】

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。

【0342】

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。

【0343】

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。

【0344】

10

20

30

40

50

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。

【0345】

次に、クライアント装置 902 の動作フローについて説明する。図 31 は、クライアント装置 902 による三次元マップ取得時の動作を示すフローチャートである。

【0346】

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。

【0347】

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）。

【0348】

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）。

【0349】

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

【0350】

次に、サーバ 901 の動作フローについて説明する。図 33 は、サーバ 901 によるセンサ情報の取得時の動作を示すフローチャートである。まず、サーバ 901 は、クライアント装置 902 へセンサ情報の送信を要求する（S1021）。次に、サーバ 901 は、当該要求に応じてクライアント装置 902 から送信されたセンサ情報 1037 を受信する（S1022）。次に、サーバ 901 は、受信したセンサ情報 1037 を用いて三次元データ 1134 を作成する（S1023）。次に、サーバ 901 は、作成した三次元データ 1134 を三次元マップ 1135 に反映する（S1024）。

【0351】

図 34 は、サーバ 901 による三次元マップの送信時の動作を示すフローチャートである。まず、サーバ 901 は、クライアント装置 902 から三次元マップの送信要求を受信する（S1031）。三次元マップの送信要求を受信したサーバ 901 は、クライアント装置 902 へ三次元マップ 1031 を送信する（S1032）。このとき、サーバ 901 は、クライアント装置 902 の位置情報に合わせてその付近の三次元マップを抽出し、抽出した三次元マップを送信してもよい。また、サーバ 901 は、ポイントクラウドで構成される三次元マップを、例えば 8 分木構造による圧縮方式等を用いて圧縮し、圧縮後の三次元マップを送信してもよい。

【0352】

以下、本実施の形態の変形例について説明する。

【0353】

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

10

20

30

40

50

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。

【0354】

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 L i D A R 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。

【0355】

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。

【0356】

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

【0357】

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

【0358】

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

【0359】

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。

【0360】

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

【0361】

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。

【0362】

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。

【0363】

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。

【0364】

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。

【0365】

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。

【0366】

また、センサ情報 1033 は、センサの性能を示す情報を含む。

【0367】

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。

【0368】

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。

【0369】

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。

【0370】

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。

10

【0371】

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。

【0372】

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。

20

【0373】

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。

【0374】

また、センサ情報1037は、センサの性能を示す情報を含む。

【0375】

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。

30

【0376】

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。

【0377】

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。

【0378】

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。

40

【0379】

(実施の形態7)

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

【0380】

図37は、本実施の形態に係る三次元データ符号化装置1300のブロック図である。この三次元データ符号装置1300は、三次元データを符号化することで符号化信号である符号化ビットストリーム（以下、単にビットストリームとも記す）を生成する。図37

50

に示すように、三次元データ符号化装置1300は、分割部1301と、減算部1302と、変換部1303と、量子化部1304と、逆量子化部1305と、逆変換部1306と、加算部1307と、参照ボリュームメモリ1308と、イントラ予測部1309と、参照スペースメモリ1310と、インター予測部1311と、予測制御部1312と、エントロピー符号化部1313とを備える。

【0381】

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

【0382】

減算部1302は、分割部1301から出力されたボリューム（符号化対象ボリューム）と、後述するイントラ予測又はインター予測によって生成される予測ボリュームとの差分を算出し、算出された差分を予測残差として変換部1303に出力する。図38は、予測残差の算出例を示す図である。なお、ここで示す符号化対象ボリューム及び予測ボリュームのビット列は、例えば、ボリュームに含まれる三次元点（例えばポイントクラウド）の位置を示す位置情報である。

【0383】

以下、8分木表現とボクセルのスキャン順について説明する。ボリュームは8分木構造に変換（8分木化）された後、符号化される。8分木構造はノードとリーフとで構成される。各ノードは8つのノード又はリーフを持ち、各リーフはボクセル（VXL）情報を持つ。図39は、複数のボクセルを含むボリュームの構造例を示す図である。図40は、図39に示すボリュームを8分木構造に変換した例を示す図である。ここで、図40に示すリーフのうち、リーフ1、2、3はそれぞれ図39に示すボクセルVXL1、VXL2、VXL3を表し、点群を含むVXL（以下、有効VXL）を表現している。

【0384】

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

【0385】

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。

【0386】

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

【0387】

図 4 3 は、図 4 2 に示す 8 分木に対応するボリュームを示す図である。図 3 9 に示す V X L 1 と V X L 2 が図 4 3 に示す V X L 1 2 に対応する。この場合、三次元データ符号化装置 1 3 0 0 は、図 4 3 に示す V X L 1 2 の色情報を、図 3 9 に示す V X L 1 と V X L 2 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 1 3 0 0 は、V X L 1 と V X L 2 との色情報の平均値、中間値、又は重み平均値などを V X L 1 2 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 1 3 0 0 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。

【0388】

三次元データ符号化装置 1 3 0 0 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 1 3 0 0 は、ワールドのヘッダ情報、スペースのヘッダ情報、又はボリュームのヘッダ情報に深度情報を付加してもよい。また、時間の異なる全てのワールド、スペース、及びボリュームで深度情報して同一の値を使用してもよい。この場合、三次元データ符号化装置 1 3 0 0 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。

【0389】

ボクセルに色情報が含まれる場合には、変換部 1 3 0 3 は、ボリューム内のボクセルの色情報の予測残差に対し、直交変換等の周波数変換を適用する。例えば、変換部 1 3 0 3 は、あるスキャン順で予測残差をスキャンすることで一次元配列を作成する。その後、変換部 1 3 0 3 は、作成した一次元配列に次元の直交変換を適用することで一次元配列を周波数領域に変換する。これにより、ボリューム内の予測残差の値が近い場合には低域の周波数成分の値が大きくなり、高域の周波数成分の値が小さくなる。よって、量子化部 1 3 0 4 においてより効率的に符号量を削減することができる。

【0390】

また、変換部 1 3 0 3 は、次元ではなく、次元以上の直交変換を用いてもよい。例えば、変換部 1 3 0 3 は、あるスキャン順で予測残差を二次元配列にマッピングし、得られた二次元配列に次元直交変換を適用する。また、変換部 1 3 0 3 は、複数の直交変換方式から使用する直交変換方式を選択してもよい。この場合、三次元データ符号化装置 1 3 0 0 は、どの直交変換方式を用いたかを示す情報をビットストリームに付加する。また、変換部 1 3 0 3 は、次元の異なる複数の直交変換方式から使用する直交変換方式を選択してもよい。この場合、三次元データ符号化装置 1 3 0 0 は、どの次元の直交変換方式を用いたかをビットストリームに付加する。

【0391】

例えば、変換部 1 3 0 3 は、予測残差のスキャン順を、ボリューム内の 8 分木におけるスキャン順（幅優先又は深さ優先など）に合わせる。これにより、予測残差のスキャン順を示す情報をビットストリームに付加する必要がないので、オーバーヘッドを削減できる。また、変換部 1 3 0 3 は、8 分木のスキャン順とは異なるスキャン順を適用してもよい。この場合、三次元データ符号化装置 1 3 0 0 は、予測残差のスキャン順を示す情報をビットストリームに付加する。これにより、三次元データ符号化装置 1 3 0 0 は、予測残差を効率よく符号化することができる。また、三次元データ符号化装置 1 3 0 0 は、8 分木のスキャン順を適用するか否かを示す情報（フラグ等）をビットストリームに付加し、8 分木のスキャン順を適用しない場合に、予測残差のスキャン順を示す情報をビットストリームに付加してもよい。

【0392】

変換部 1 3 0 3 は、色情報の予測残差だけでなく、ボクセルが持つその他の属性情報を変換してもよい。例えば、変換部 1 3 0 3 は、ポイントクラウドを L i D A R 等で取得した際に得られる反射度等の情報を変換し、符号化してもよい。

【0393】

変換部 1 3 0 3 は、スペースが色情報等の属性情報を持たない場合は、処理をスキップしてもよい。また、三次元データ符号化装置 1 3 0 0 は、変換部 1 3 0 3 の処理をスキッ

ブするか否かを示す情報（フラグ）をビットストリームに付加してもよい。

【0394】

量子化部1304は、変換部1303で生成された予測残差の周波数成分に対し、量子化制御パラメータを用いて量子化を行うことで量子化係数を生成する。これにより情報量が削減される。生成された量子化係数はエントロピー符号化部1313に出力される。量子化部1304は、量子化制御パラメータを、ワールド単位、スペース単位、又はボリューム単位で制御してもよい。その際には、三次元データ符号化装置1300は、量子化制御パラメータをそれぞれのヘッダ情報等に付加する。また、量子化部1304は、予測残差の周波数成分毎に、重みを変えて量子化制御を行ってもよい。例えば、量子化部1304は、低周波数成分は細かく量子化し、高周波成分は粗く量子化してもよい。この場合、三次元データ符号化装置1300は、各周波数成分の重みを表すパラメータをヘッダに付加してもよい。

10

【0395】

量子化部1304は、スペースが色情報等の属性情報を持たない場合は、処理をスキップしてもよい。また、三次元データ符号化装置1300は、量子化部1304の処理をスキップするか否かを示す情報（フラグ）をビットストリームに付加してもよい。

【0396】

逆量子化部1305は、量子化制御パラメータを用いて、量子化部1304で生成された量子化係数に逆量子化を行うことで予測残差の逆量子化係数を生成し、生成した逆量子化係数を逆変換部1306に出力する。

20

【0397】

逆変換部1306は、逆量子化部1305で生成された逆量子化係数に対し逆変換を適用することで逆変換適用後予測残差を生成する。この逆変換適用後予測残差は、量子化後に生成された予測残差であるため、変換部1303が出力した予測残差とは完全には一致しなくてもよい。

【0398】

加算部1307は、逆変換部1306で生成された逆変換適用後予測残差と、量子化前の予測残差の生成に用いられた、後述するイントラ予測又はインター予測により生成された予測ボリュームとを加算して再構成ボリュームを生成する。この再構成ボリュームは、参照ボリュームメモリ1308、又は、参照スペースメモリ1310に格納される。

30

【0399】

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

【0400】

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

40

50

モードを示す。モードとは、例えば、隣接ボリウム内のボクセルの平均値から予測値を生成する平均値モード、又は隣接ボリウム内のボクセルの中間値から予測値を生成する中間値モード等である。

【0401】

イントラ予測部1309は、予測ボリウムを、複数の隣接ボリウムから生成してもよい。例えば、図44に示す構成において、イントラ予測部1309は、ボリウム $idx = 0$ のボリウムから予測ボリウム0を生成し、ボリウム $idx = 1$ のボリウムから予測ボリウム1を生成する。そして、イントラ予測部1309は、予測ボリウム0と予測ボリウム1の平均を最終的な予測ボリウムとして生成する。この場合、三次元データ符号化装置1300は、予測ボリウムの生成に使用した複数のボリウムの複数のボリウム idx をビットストリームに付加してもよい。

10

【0402】

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

【0403】

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

20

【0404】

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

【0405】

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

30

【0406】

なお、上記では T_L0 を T_Cur より前の時刻、 T_L1 を T_Cur より後の時刻としたが、必ずしもこれに限らない。例えば、 T_L0 と T_L1 は共に T_Cur より前の時刻でもよい。または、 T_L0 と T_L1 は共に T_Cur より後の時刻でもよい。

【0407】

また、三次元データ符号化装置1300は、複数の異なる時刻のスペースを参照して符号化を行う場合には、それぞれのスペースに適用した回転及び並進に関わるRT情報をビットストリームに付加してもよい。例えば、三次元データ符号化装置1300は、参照する複数の符号化済みスペースを2つの参照リスト ($L0$ リスト及び $L1$ リスト) で管理する。 $L0$ リスト内の第1の参照スペースを $L0R0$ とし、 $L0$ リスト内の第2の参照スペースを $L0R1$ とし、 $L1$ リスト内の第1の参照スペースを $L1R0$ とし、 $L1$ リスト内の第2の参照スペースを $L1R1$ とした場合、三次元データ符号化装置1300は、 $L0R0$ のRT情報 RT_L0R0 と、 $L0R1$ のRT情報 RT_L0R1 と、 $L1R0$ のRT情報 RT_L1R0 と、 $L1R1$ のRT情報 RT_L1R1 とをビットストリームに付加する。例えば、三次元データ符号化装置1300は、これらのRT情報をビットストリームのヘッダ等に付加する。

40

50

【0408】

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

10

【0409】

図46は、RT情報及びRT適用フラグをヘッダに付加するシンタックス例を示す図である。なお、各シンタックスに割当てられるビット数は、そのシンタックスが取りうる範囲で決定してもよい。例えば、参照リストL0内に含まれる参照スペース数が8つの場合、MaxRefSpcl0には3bitが割当てられてもよい。割当てられるビット数を、各シンタックスが取りうる値に応じて可変にしてもよいし、取りうる値に関わらず固定にしてもよい。割り当てられるビット数を固定にする場合は、三次元データ符号化装置1300は、その固定ビット数を別のヘッダ情報に付加してもよい。

20

【0410】

ここで、図46に示す、MaxRefSpcl0は、参照リストL0内に含まれる参照スペース数を示す。RTflagl0[i]は、参照リストL0内の参照スペースiのRT適用フラグである。RTflagl0[i]が1の場合、参照スペースiに回転及び並進が適用される。RTflagl0[i]が0の場合、参照スペースiに回転及び並進が適用されない。

【0411】

Rl0[i]及びTl0[i]は、参照リストL0内の参照スペースiのRT情報である。Rl0[i]は、参照リストL0内の参照スペースiの回転情報である。回転情報は、適用された回転処理の内容を示し、例えば、回転行列、又はクォータニオン等である。Tl0[i]は、参照リストL0内の参照スペースiの並進情報である。並進情報は、適用された並進処理の内容を示し、例えば、並進ベクトル等である。

30

【0412】

MaxRefSpcl1は、参照リストL1内に含まれる参照スペース数を示す。RTflagl1[i]は、参照リストL1内の参照スペースiのRT適用フラグである。RTflagl1[i]が1の場合、参照スペースiに回転及び並進が適用される。RTflagl1[i]が0の場合、参照スペースiに回転及び並進が適用されない。

【0413】

Rl1[i]及びTl1[i]は、参照リストL1内の参照スペースiのRT情報である。Rl1[i]は、参照リストL1内の参照スペースiの回転情報である。回転情報は、適用された回転処理の内容を示し、例えば、回転行列、又はクォータニオン等である。Tl1[i]は、参照リストL1内の参照スペースiの並進情報である。並進情報は、適用された並進処理の内容を示し、例えば、並進ベクトル等である。

40

【0414】

インター予測部1311は、参照スペースメモリ1310に格納された符号化済みの参照スペースの情報を用いて符号化対象ボリュームの予測ボリュームを生成する。上述したように、インター予測部1311は、符号化対象ボリュームの予測ボリュームを生成する前に、符号化対象スペースと参照スペースの全体的な位置関係を近づけるために、符号化対象スペースと参照スペースでICP（Interactive Closest Poi

50

n t) アルゴリズムを用いて R T 情報を求める。そして、インター予測部 1311 は、求めた R T 情報を用いて参照スペースに回転及び並進処理を適用することで参照スペース B を得る。その後、インター予測部 1311 は、符号化対象スペース内の符号化対象ボリュームの予測ボリュームを参照スペース B 内の情報を用いて生成する。ここで、三次元データ符号化装置 1300 は、参照スペース B を得るために用いられた R T 情報を符号化対象スペースのヘッダ情報等に付加する。

【0415】

このように、インター予測部 1311 は、参照スペースに回転及び並進処理を適用することにより符号化対象スペースと参照スペースとの全体的な位置関係を近づけてから、参照スペースの情報を用いて予測ボリュームを生成することで予測ボリュームの精度を向上
10
できる。また、予測残差を抑制できるので符号量を削減できる。なお、ここでは、符号化対象スペースと参照スペースとを用いて ICP を行う例を示したが、必ずしもこれに限らない。例えば、インター予測部 1311 は、処理量を削減するために、ボクセル又はポイントクラウド数を間引いた符号化対象スペース、及び、ボクセル又はポイントクラウド数を間引いた参照スペースの少なくとも一方を用いて ICP を行うことで、R T 情報を求め
てもよい。

【0416】

また、インター予測部 1311 は、ICP の結果得られる ICP エラー値が、予め定められた第 1 閾値より小さい場合、つまり、例えば符号化対象スペースと参照スペースの位置関係が近い場合には、回転及び並進処理は必要ないと判断し、回転及び並進を行わなく
20
てもよい。この場合、三次元データ符号化装置 1300 は、R T 情報をビットストリームに付加しないことによりオーバーヘッドを抑制してもよい。

【0417】

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

【0418】

また、三次元データに形状又は色等の属性情報が含まれる場合には、インター予測部 1311 は、符号化対象スペース内の符号化対象ボリュームの予測ボリュームとして、例えば参照スペース内で符号化対象ボリュームと最も形状又は色等の属性情報が近いボリュームを探索する。また、この参照スペースは、例えば、上述した回転及び並進処理が行われた後の参照スペースである。インター予測部 1311 は、探索により得られたボリューム（参照ボリューム）から予測ボリュームを生成する。図 47 は、予測ボリュームの生成動作を説明するための図である。インター予測部 1311 は、図 47 に示す符号化対象ボリューム（ボリューム $idx = 0$ ）を、インター予測を用いて符号化する場合、参照スペース内の参照ボリュームを順にスキャンしながら、符号化対象ボリュームと参照ボリュームとの差分である予測残差が一番小さいボリュームを探索する。インター予測部 1311 は、
30
40
予測残差が一番小さいボリュームを予測ボリュームとして選択する。符号化対象ボリュームと予測ボリュームとの予測残差が変換部 1303 以降の処理により符号化される。ここで、予測残差とは、符号化対象ボリュームの属性情報と予測ボリュームの属性情報との差分である。また、三次元データ符号化装置 1300 は、予測ボリュームとして参照した参照スペース内の参照ボリュームのボリューム idx をビットストリームのヘッダ等に付加する。

【0419】

図 47 に示す例では、参照スペース L0R0 のボリューム $idx = 4$ の参照ボリュームが符号化対象ボリュームの予測ボリュームとして選択される。そして、符号化対象ボリュームと参照ボリュームとの予測残差と、参照ボリューム $idx = 4$ とが符号化されてビッ
50

トストリームに付加される。

【0420】

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

【0421】

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

10

【0422】

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

20

【0423】

次に、三次元データ符号化装置1300により生成された符号化信号を復号する三次元データ復号装置について説明する。図48は、本実施の形態に係る三次元データ復号装置1400のブロック図である。この三次元データ復号装置1400は、エントロピー復号部1401と、逆量子化部1402と、逆変換部1403と、加算部1404と、参照ボリュームメモリ1405と、イントラ予測部1406と、参照スペースメモリ1407と、インター予測部1408と、予測制御部1409とを備える。

【0424】

エントロピー復号部1401は、符号化信号（符号化ビットストリーム）を可変長復号する。例えば、エントロピー復号部1401は、符号化信号を算術復号して二値信号を生成し、生成した二値信号から量子化係数を生成する。

30

【0425】

逆量子化部1402は、エントロピー復号部1401から入力された量子化係数を、ビットストリーム等に付加された量子化パラメータを用いて逆量子化することで逆量子化係数を生成する。

【0426】

逆変換部1403は、逆量子化部1402から入力された逆量子化係数を逆変換することで予測残差を生成する。例えば、逆変換部1403は、逆量子化係数を、ビットストリームに付加された情報に基づいて逆直交変換することで予測残差を生成する。

40

【0427】

加算部1404は、逆変換部1403で生成された予測残差と、イントラ予測又はインター予測により生成された予測ボリュームとを加算して再構成ボリュームを生成する。この再構成ボリュームは、復号三次元データとして出力されるとともに、参照ボリュームメモリ1405、又は、参照スペースメモリ1407に格納される。

【0428】

イントラ予測部1406は、参照ボリュームメモリ1405内の参照ボリュームとビットストリームに付加された情報とを用いてイントラ予測により予測ボリュームを生成する。具体的には、イントラ予測部1406は、ビットストリームに付加された隣接ボリューム情報（例えばボリュームidx）と、予測モード情報とを取得し、隣接ボリューム情報

50

で示される隣接ボリュームを用いて、予測モード情報で示されるモードにより予測ボリュームを生成する。なお、これらの処理の詳細は、ビットストリームに付与された情報が用いられる点を除き、上述したイントラ予測部 1309 による処理と同様である。

【0429】

インター予測部 1408 は、参照スペースメモリ 1407 内の参照スペースとビットストリームに付加された情報とを用いてインター予測により予測ボリュームを生成する。具体的には、インター予測部 1408 は、ビットストリームに付加された参照スペース毎の RT 情報を用いて参照スペースに対して回転及び並進処理を適用し、適用後の参照スペースを用いて予測ボリュームを生成する。なお、参照スペース毎の RT 適用フラグがビットストリーム内に存在する場合には、インター予測部 1408 は、RT 適用フラグに応じて参照スペースに回転及び並進処理を適用する。なお、これらの処理の詳細は、ビットストリームに付与された情報が用いられる点を除き、上述したインター予測部 1311 による処理と同様である。

【0430】

予測制御部 1409 は、復号対象ボリュームをイントラ予測で復号するか、インター予測で復号するかを制御する。例えば、予測制御部 1409 は、ビットストリームに付加された、使用する予測モードを示す情報に応じてイントラ予測又はインター予測を選択する。なお、予測制御部 1409 は、復号対象スペースをイントラスペースで復号すると予め決定されている場合は、常にイントラ予測を選択してもよい。

【0431】

以下、本実施の形態の変形例について説明する。本実施の形態ではスペース単位で回転及び並進が適用される例を説明したが、より細かい単位で回転及び並進が適用されてもよい。例えば、三次元データ符号化装置 1300 は、スペースをサブスペースに分割し、サブスペース単位で回転及び並進を適用してもよい。この場合、三次元データ符号化装置 1300 は、サブスペース毎に RT 情報を生成し、生成した RT 情報をビットストリームのヘッダ等に付加する。また、三次元データ符号化装置 1300 は、符号化単位であるボリューム単位で回転及び並進を適用してもよい。この場合、三次元データ符号化装置 1300 は、符号化ボリューム単位で RT 情報を生成し、生成した RT 情報をビットストリームのヘッダ等に付加する。さらに、上記を組み合わせてもよい。つまり、三次元データ符号化装置 1300 は、大きい単位で回転及び並進を適用し、その後、細かい単位で回転及び並進を適用してもよい。例えば、三次元データ符号化装置 1300 は、スペース単位で回転及び並進を適用し、得られたスペースに含まれる複数のボリュームの各々に対して、互いに異なる回転及び並進を適用してもよい。

【0432】

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

【0433】

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

【0434】

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

【0435】

まず、三次元データ符号化装置 1300 は、対象三次元データ（例えば符号化対象ス

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

【0436】

なお、三次元データ符号化装置1300は、回転及び並進処理を第1の単位(例えばスペース)で行い、予測位置情報の生成を第1の単位より細かい第2の単位(例えばボリューム)で行ってもよい。例えば、三次元データ符号化装置1300は、回転及び並進処理後の参照スペースに含まれる複数のボリュームのうち、符号化対象スペースに含まれる符号化対象ボリュームと位置情報の差が最小となるボリュームを探索し、得られたボリュームを予測ボリュームとして用いる。なお、三次元データ符号化装置1300は、回転及び並進処理と、予測位置情報の生成とを同一の単位で行ってもよい。

【0437】

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

【0438】

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

【0439】

また、図46に示すように、三次元データ符号化装置1300は、参照三次元データに含まれる三次元点の位置情報に回転及び並進処理を適用するか否かを示すRT適用フラグを符号化する。つまり、三次元データ符号化装置1300は、RT適用フラグを含む符号化信号(符号化ビットストリーム)を生成する。また、三次元データ符号化装置1300は、回転及び並進処理の内容を示すRT情報を符号化する。つまり、三次元データ符号化装置1300は、RT情報を含む符号化信号(符号化ビットストリーム)を生成する。なお、三次元データ符号化装置1300は、RT適用フラグにより回転及び並進処理を適用することが示される場合にRT情報を符号化し、RT適用フラグにより回転及び並進処理を適用しないことが示される場合にRT情報を符号化しなくてもよい。

【0440】

また、三次元データは、例えば、三次元点の位置情報と、各三次元点の属性情報(色情報等)とを含む。三次元データ符号化装置1300は、参照三次元データに含まれる三次元点の属性情報を用いて予測属性情報を生成する(S1302)。

【0441】

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

【0442】

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

【0443】

最後に、三次元データ符号化装置1300は、差分位置情報と、量子化後の差分属性情

10

20

30

40

50

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

【0444】

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

【0445】

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

【0446】

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

【0447】

また、本実施の形態に三次元データ符号化装置1300は、参照三次元データに含まれる三次元点の属性情報を用いて予測属性情報を生成し、対象三次元データに含まれる三次元点の属性情報と予測属性情報との差分である差分属性情報を符号化する。これにより、符号化信号のデータ量を削減できるので符号化効率を向上できる。

【0448】

例えば、三次元データ符号化装置1300は、プロセッサと、メモリとを備え、プロセッサは、メモリを用いて、上記の処理を行う。

【0449】

図48は、三次元データ復号装置1400によるインター予測処理のフローチャートである。

【0450】

まず、三次元データ復号装置1400は、符号化信号（符号化ビットストリーム）から、差分位置情報と差分属性情報とを復号（例えばエントロピー復号）する（S1401）。

【0451】

また、三次元データ復号装置1400は、符号化信号から、参照三次元データに含まれる三次元点の位置情報に回転及び並進処理を適用するか否かを示すRT適用フラグを復号する。また、三次元データ復号装置1400は、回転及び並進処理の内容を示すRT情報を復号する。なお、三次元データ復号装置1400は、RT適用フラグにより回転及び並進処理を適用することが示される場合にRT情報を復号し、RT適用フラグにより回転及び並進処理を適用しないことが示される場合にRT情報を復号しなくてもよい。

【0452】

次に、三次元データ復号装置1400は、復号された差分属性情報に逆量子化及び逆変換を行う（S1402）。

【0453】

次に、三次元データ復号装置1400は、対象三次元データ（例えば復号対象スペース）と異なる時刻の参照三次元データ（例えば参照スペース）に含まれる三次元点の位置情報を用いて予測位置情報（例えば予測ボリューム）を生成する（S1403）。具体的には、三次元データ復号装置1400は、参照三次元データに含まれる三次元点の位置情報に回転及び並進処理を適用することで予測位置情報を生成する。

【0454】

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

【0455】

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

【0456】

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

【0457】

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

【0458】

三次元データ復号装置1400は、参照三次元データに含まれる三次元点の属性情報を用いて予測属性情報を生成する（S1404）。

【0459】

次に、三次元データ復号装置1400は、符号化信号に含まれる符号化位置情報を予測位置情報を用いて復号することで対象三次元データに含まれる三次元点の位置情報を復元する。ここで、符号化位置情報とは、例えば、差分位置情報であり、三次元データ復号装置1400は、差分位置情報と予測位置情報とを加算することで対象三次元データに含まれる三次元点の位置情報を復元する（S1405）。

【0460】

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

【0461】

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

【0462】

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

【0463】

（実施の形態8）

本実施の形態では、オキュパンシー符号の符号化時における参照の制御方法について説明する。なお、以下では、主に三次元データ符号化装置の動作を説明するが、三次元デー

10

20

30

40

50

タ復号装置においても同様の処理が行われてもよい。

【0464】

図51及び図52は、本実施の形態に係る参照関係を示す図である。図51は、参照関係を8分木構造上で示す図であり、図52は、参照関係を空間領域上で示す図である。

【0465】

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

10

【0466】

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

【0467】

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

20

【0468】

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

30

【0469】

以下、親ノードのオキュパンシー符号を用いた符号化テーブル切替例について説明する。図53は、対象ノードと隣接参照ノードの例を示す図である。図54は、親ノードとノードとの関係を示す図である。図55は、親ノードのオキュパンシー符号の例を示す図である。ここで、隣接参照ノードとは、対象ノードに空間的に隣接するノードのうち、対象ノードの符号化の際に参照されるノードである。図53に示す例では、隣接ノードは、対象ノードと同一層に属するノードである。また、参照隣接ノードとして対象ブロックのx方向に隣接するノードXと、y方向に隣接するノードYと、z方向に隣接するノードZとが用いられる。つまり、x、y、zの各方向においてそれぞれ1つの隣接ブロックが参照隣接ブロックに設定される。

40

【0470】

なお、図54に示すノード番号は一例であり、ノード番号とノードの位置との関係はこれに限らない。また、図55では、下位ビットにノード0が割り当てられ、上位ビットに

50

ノード7が割り当てられているが、逆の順序で割り当てが行われてもよい。また、各ノードは任意のビットに割り当てられてもよい。

【0471】

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

【0472】

$$\text{CodingTable} = (\text{FlagX} \ll 2) + (\text{FlagY} \ll 1) + (\text{FlagZ})$$

【0473】

ここで、CodingTableは、対象ノードのオキュパンシー符号用の符号化テーブルを示し、値0～7のいずれかを示す。FlagXは、隣接ノードXの占有情報であり、隣接ノードXが点群を含む（占有）なら1を示し、そうでないなら0を示す。FlagYは、隣接ノードYの占有情報であり、隣接ノードYが点群を含む（占有）なら1を示し、そうでないなら0を示す。FlagZは、隣接ノードZの占有情報であり、隣接ノードZが点群を含む（占有）なら1を示し、そうでないなら0を示す。

10

【0474】

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

【0475】

20

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

【0476】

また、三次元データ符号化装置は、図53に示すように、親ノード内の対象ノードの空間位置に応じて隣接参照ノードを切替えてもよい。つまり、三次元データ符号化装置は、対象ノードの親ノード内の空間位置に応じて、複数の隣接ノードのうち、参照する隣接ノードを切り替えてもよい。

【0477】

次に、三次元データ符号化装置及び三次元データ復号装置の構成例を説明する。図56は、本実施の形態に係る三次元データ符号化装置2100のブロック図である。図56に示す三次元データ符号化装置2100は、8分木生成部2101と、幾何情報算出部2102と、符号化テーブル選択部2103と、エントロピー符号化部2104とを備える。

30

【0478】

8分木生成部2101は、入力された三次元点（ポイントクラウド）から、例えば8分木を生成し、8分木に含まれる各ノードのオキュパンシー符号を生成する。幾何情報算出部2102は、対象ノードの隣接参照ノードが占有であるか否かを示す占有情報を取得する。例えば、幾何情報算出部2102は、対象ノードが所属する親ノードのオキュパンシー符号から隣接参照ノードの占有情報を取得する。なお、幾何情報算出部2102は、図53に示すように、対象ノードの親ノード内の位置に応じて隣接参照ノードを切替えてもよい。また、幾何情報算出部2102は、親隣接ノード内の各ノードの占有情報は参照しない。

40

【0479】

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

【0480】

図57は、本実施の形態に係る三次元データ復号装置2110のブロック図である。図

50

57に示す三次元データ復号装置2110は、8分木生成部2111と、幾何情報算出部2112と、符号化テーブル選択部2113と、エントロピー復号部2114とを備える。
【0481】

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

【0482】

幾何情報算出部2112は、対象ノードの隣接参照ノードが占有であるか否かを示す占有情報を取得する。例えば、幾何情報算出部2112は、対象ノードが所属する親ノードのオキュパンシー符号から隣接参照ノードの占有情報を取得する。なお、幾何情報算出部2112は、図53に示すように、対象ノードの親ノード内の位置に応じて隣接参照ノードを切替えてもよい。また、幾何情報算出部2112は、親隣接ノード内の各ノードの占有情報は参照しない。

【0483】

符号化テーブル選択部2113は、幾何情報算出部2112で算出された隣接参照ノードの占有情報を用いて対象ノードのオキュパンシー符号のエントロピー復号に用いる符号化テーブル（復号テーブル）を選択する。エントロピー復号部2114は、選択された符号化テーブルを用いてオキュパンシー符号をエントロピー復号することで、三次元点を生成する。なお、符号化テーブル選択部2113は、ビットストリームに付加された、選択された符号化テーブルの情報を復号して取得し、エントロピー復号部2114は、取得された情報で示される符号化テーブルを用いてもよい。

【0484】

ビットストリームに含まれるオキュパンシー符号（8ビット）の各ビットは、8個の小空間A（ノードA0～ノードA7）にそれぞれ点群が含まれるか否かを示す。また更に、三次元データ復号装置は、小空間ノードA0を8個の小空間B（ノードB0～ノードB7）に分割して8分木を生成し、小空間Bの各ノードに点群が含まれるか否かを示す情報をオキュパンシー符号を復号して取得する。このように、三次元データ復号装置は、大空間から小空間へと8分木を生成しながら各ノードのオキュパンシー符号を復号する。

【0485】

以下、三次元データ符号化装置及び三次元データ復号装置による処理の流れを説明する。図58は、三次元データ符号化装置における三次元データ符号化処理のフローチャートである。まず、三次元データ符号化装置は、入力された三次元点群の一部又は全てが含まれる空間（対象ノード）を決定（定義）する（S2101）。次に、三次元データ符号化装置は、対象ノードを8分割して8個の小空間（ノード）を生成する（S2102）。次に、三次元データ符号化装置は、各ノードに点群が含まれるか否かに応じて対象ノードのオキュパンシー符号を生成する（S2103）。

【0486】

次に、三次元データ符号化装置は、対象ノードの隣接参照ノードの占有情報を、対象ノードの親ノードのオキュパンシー符号から算出（取得）する（S2104）。次に、三次元データ符号化装置は、決定した対象ノードの隣接参照ノードの占有情報に基づき、エントロピー符号化に用いる符号化テーブルを選択する（S2105）。次に、三次元データ符号化装置は、選択した符号化テーブルを用いて対象ノードのオキュパンシー符号をエントロピー符号化する（S2106）。

【0487】

さらに、三次元データ符号化装置は、各ノードをそれぞれ8分割し、各ノードのオキュパンシー符号を符号化するという処理を、ノードが分割できなくなるまで繰り返す（S2107）。つまり、ステップS2102～S2106までの処理が再帰的に繰り返される。

10

20

30

40

50

【0488】

図59は、三次元データ復号装置における三次元データ復号方法のフローチャートである。まず、三次元データ復号装置は、ビットストリームのヘッダ情報を用いて復号する空間（対象ノード）を決定（定義）する（S2111）。次に、三次元データ復号装置は、対象ノードを8分割して8個の小空間（ノード）を生成する（S2112）。次に、三次元データ復号装置は、対象ノードの隣接参照ノードの占有情報を、対象ノードの親ノードのオキュパンシー符号から算出（取得）する（S2113）。

【0489】

次に、三次元データ復号装置は、隣接参照ノードの占有情報に基づきエントロピー復号に用いる符号化テーブルを選択する（S2114）。次に、三次元データ復号装置は、選択した符号化テーブルを用いて対象ノードのオキュパンシー符号をエントロピー復号する（S2115）。

【0490】

さらに、三次元データ復号装置は、各ノードをそれぞれ8分割し、各ノードのオキュパンシー符号を復号するという処理を、ノードが分割できなくなるまで繰り返す（S2116）。つまり、ステップS2112～S2115までの処理が再帰的に繰り返される。

【0491】

次に、符号化テーブルの切替えの例を説明する。図60は、符号化テーブルの切替え例を示す図である。例えば、図60に示す符号化テーブル0のように、複数のオキュパンシー符号に同一のコンテキストモデルが適用されてもよい。また、各オキュパンシー符号に別々のコンテキストモデルが割り当てられてもよい。これにより、オキュパンシー符号の出現確率に応じてコンテキストモデルを割り当てることができるので、符号化効率を向上できる。また、オキュパンシー符号の出現頻度に応じて確率テーブルを更新するコンテキストモデルが用いられてもよい。または、確率テーブルを固定したコンテキストモデルが用いられてもよい。

【0492】

以下、本実施の形態の変形例1について説明する。図61は、本変形例における参照関係を示す図である。上記実施の形態では、三次元データ符号化装置は、親隣接ノードのオキュパンシー符号を参照しないとしたが、親隣接ノードのオキュパンシー符号化を参照するか否かを、特定の条件に応じて切り替えてもよい。

【0493】

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

【0494】

なお、三次元データ符号化装置は、8分木を幅優先で符号化したか、深さ優先で符号化したか等の情報をビットストリームのヘッダに付加してもよい。図62は、この場合のヘッダ情報のシンタックス例を示す図である。図62に示す`octree__scan__order`は、8分木の符号化順を示す符号化順情報（符号化順フラグ）である。例えば、`octree__scan__order`が0の場合、幅優先を示し、1の場合は深さ優先を示す。これにより、三次元データ復号装置は、`octree__scan__order`を参照することで、ビットストリームが幅優先及び深さ優先のどちらで符号化されたかを知ることができるので、ビットストリームを適切に復号できる。

【0495】

また、三次元データ符号化装置は、親隣接ノードの参照を禁止するか否かを示す情報をビットストリームのヘッダ情報に付加してもよい。図63は、この場合のヘッダ情報のシンタックス例を示す図である。`limit__refer__flag`は、親隣接ノードの参

10

20

30

40

50

照を禁止するか否かを示す禁止切替情報（禁止切替フラグ）である。例えば、`limit_refer_flag`が1の場合は親隣接ノードの参照を禁止することを示し、0の場合は参照制限なし（親隣接ノードの参照を許可する）を示す。

【0496】

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

【0497】

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

【0498】

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

【0499】

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

【0500】

次に、本実施の形態の変形例2について説明する。上記説明では、図53に示すように、3つの参照隣接ノードが用いられる例を示したが4つ以上の参照隣接ノードが用いられるもよい。図64は、対象ノード及び参照隣接ノードの例を示す図である。

【0501】

例えば、三次元データ符号化装置は、図64に示す対象ノードのオキュパンシー符号をエントロピー符号化する際の符号化テーブルを、例えば下記式により算出する。

【0502】

$$\text{CodingTable} = (\text{FlagX0} \ll 3) + (\text{FlagX1} \ll 2) + (\text{FlagY} \ll 1) + (\text{FlagZ})$$

【0503】

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

【0504】

この際、もし隣接ノード、例えば図64の隣接ノード`X0`が参照不可（参照禁止）の場合は、三次元データ符号化装置は、代替値として1（占有）、又は、0（非占有）のような固定値を用いてもよい。

【0505】

図65は、対象ノード及び隣接ノードの例を示す図である。図65に示すように、隣接ノードが参照不可（参照禁止）の場合は、対象ノードの祖父ノードのオキュパンシー符号を参照して、隣接ノードの占有情報を算出してもよい。例えば、三次元データ符号化装置は、図65に示す隣接ノード`X0`の代わりに、隣接ノード`G0`の占有情報を用いて上式の

10

20

30

40

50

Flag X0を算出し、算出したFlag X0を用いて符号化テーブルの値を決定してもよい。なお、図65に示す隣接ノードG0は、祖父ノードのオキュパンシー符号で占有可否かが判別できる隣接ノードである。隣接ノードX1は、親ノードのオキュパンシー符号で占有可否かが判別できる隣接ノードである。

【0506】

以下、本実施の形態の変形例3について説明する。図66及び図67は、本変形例に係る参照関係を示す図である。図66は、参照関係を8分木構造上で示す図であり、図67は、参照関係を空間領域上で示す図である。

【0507】

本変形例では、三次元データ符号化装置は、符号化対象のノード（以下、対象ノード2と呼ぶ）の符号化情報を符号化する際に、対象ノード2が属する親ノード内の各ノードの符号化情報を参照する。つまり、三次元データ符号化装置は、複数の隣接ノードのうち、対象ノードと親ノードが同一である第1ノードの子ノードの情報（例えば占有情報）の参照を許可する。例えば、三次元データ符号化装置は、図66に示す対象ノード2のオキュパンシー符号を符号化する際に、対象ノード2が属する親ノード内に存在するノード、例えば、図66に示す対象ノードのオキュパンシー符号を参照する。図66に示す対象ノードのオキュパンシー符号は、図67に示すように、例えば、対象ノード2に隣接する対象ノード内の各ノードが占有であるか否かを表している。よって、三次元データ符号化装置は、対象ノードのより細かい形状に応じて対象ノード2のオキュパンシー符号の符号化テーブルを切替えることができるので符号化効率を向上できる。

【0508】

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

【0509】

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

【0510】

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

【0511】

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

【0512】

また、三次元データ符号化装置は、親隣接ノードの参照が禁止されていない場合、親隣接ノード内の各ノードの符号化情報を参照してよい。例えば、親隣接ノードの参照が禁止されていない場合、対象ノードと親ノードが異なる第3ノードの子ノードの情報（例えば占有情報）の参照が許可される。例えば、図65に示す例では、三次元データ符号化装置は、対象ノードと親ノードが異なる隣接ノードX0のオキュパンシー符号を参照して、隣接ノードX0の子ノードの占有情報を取得する。三次元データ符号化装置は、取得した隣接ノードX0の子ノードの占有情報に基づき、対象ノードのオキュパンシー符号のエントロピー符号化に用いる符号化テーブルを切替える。

【0513】

以上のように、本実施の形態に係る三次元データ符号化装置は、三次元データに含まれる複数の三次元点のN（Nは2以上の整数）分木構造に含まれる対象ノードの情報（例えばオキュパンシー符号）を符号化する。図51及び図52に示すように、三次元データ符

号化装置は、上記符号化では、対象ノードと空間的に隣接する複数の隣接ノードのうち、対象ノードと親ノードが同一である第1ノードの情報（例えば占有情報）の参照を許可し、対象ノードと親ノードが異なる第2ノードの情報（例えば占有情報）の参照を禁止する。言い換えると、三次元データ符号化装置は、上記符号化では、親ノードの情報（例えばオキュパンシー符号）の参照を許可し、親ノードと同一層の他のノード（親隣接ノード）の情報（例えばオキュパンシー符号）の参照を禁止する。

【0514】

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

【0515】

例えば、三次元データ符号化装置は、さらに、第2ノードの情報の参照を禁止するか否かを決定し、上記符号化では、上記決定の結果に基づき、第2ノードの情報の参照を禁止するか、許可するかを切り替える。三次元データ符号化装置は、さらに、上記決定の結果であって、第2ノードの情報の参照を禁止するか否かを示す禁止切替情報（例えば、図63に示す `limit_refer_flag`）を含むビットストリームを生成する。

【0516】

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

【0517】

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

【0518】

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

【0519】

例えば、三次元データ符号化装置は、上記符号化では、図66及び図67に示すように、複数の隣接ノードのうち、第1ノードの子ノードの情報（例えば占有情報）の参照を許可する。

【0520】

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

【0521】

例えば、三次元データ符号化装置は、図53に示すように、上記符号化では、対象ノードの親ノード内の空間位置に応じて、複数の隣接ノードのうち、参照する隣接ノードを切り替える。

【0522】

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

【0523】

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。

10

20

30

40

50

【0524】

また、本実施の形態に係る三次元データ復号装置は、三次元データに含まれる複数の三次元点の N (N は2以上の整数) 分木構造に含まれる対象ノードの情報 (例えばオキュパンシー符号) を復号する。図51及び図52に示すように、三次元データ復号装置は、上記復号では、対象ノードと空間的に隣接する複数の隣接ノードのうち、対象ノードと親ノードが同一である第1ノードの情報 (例えば占有情報) の参照を許可し、対象ノードと親ノードが異なる第2ノードの情報 (例えば占有情報) の参照を禁止する。言い換えると、三次元データ復号装置は、上記復号では、親ノードの情報 (例えばオキュパンシー符号) の参照を許可し、親ノードと同一層の他のノード (親隣接ノード) の情報 (例えばオキュパンシー符号) の参照を禁止する。

10

【0525】

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

【0526】

例えば、三次元データ復号装置は、さらに、第2ノードの情報の参照を禁止するか否かを示す禁止切替情報 (例えば、図63に示す `limit_refer_flag`) をビットストリームから取得し、上記復号では、禁止切替情報に基づき、第2ノードの情報の参照を禁止するか、許可するかを切り替える。

20

【0527】

これによれば、当該三次元データ復号装置は、禁止切替情報を用いて適切に復号処理を行うことができる。

【0528】

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

30

【0529】

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

【0530】

例えば、三次元データ復号装置は、上記復号では、図66及び図67に示すように、複数の隣接ノードのうち、第1ノードの子ノードの情報 (例えば占有情報) の参照を許可する。

【0531】

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

40

【0532】

例えば、三次元データ復号装置は、図53に示すように、上記復号では、対象ノードの親ノード内の空間位置に応じて、複数の隣接ノードのうち、参照する隣接ノードを切り替える。

【0533】

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

【0534】

50

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9)

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

【0536】

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

【0537】

本実施の形態では属性情報の符号化方法について説明する。なお、本実施の形態では属性情報の値として整数値を用いて説明する。例えば色情報RGB又はYUVの各色成分が8bit精度である場合、各色成分は0~255の整数値をとる。反射率の値が10bit精度である場合、反射率の値は0~1023の整数値をとる。なお、三次元データ符号化装置は、属性情報のビット精度が小数精度である場合、属性情報の値が整数値になるように、当該値にスケール値を乗じてから整数値に丸めてもよい。なお、三次元データ符号化装置は、このスケール値をビットストリームのヘッダ等に付加してもよい。

【0538】

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

【0539】

属性情報の予測値を生成する方法として、符号化対象の対象三次元点の周囲にある別の三次元点である参照三次元点の属性情報を用いることが考えられる。ここで参照三次元点とは、対象三次元点から予め定められた距離範囲内にある三次元点である。例えば、対象三次元点p = (x1, y1, z1)と三次元点q = (x2, y2, z2)とが存在する場合、三次元データ符号化装置は、(式A1)に示す三次元点pと三次元点qとのユークリッド距離d(p, q)を算出する。

【0540】

【数1】

$$d(p,q) = \sqrt{(x1 - y1)^2 + (x2 - y2)^2 + (x3 - y3)^2} \quad \dots \quad (\text{式A1})$$

【0541】

三次元データ符号化装置は、ユークリッド距離d(p, q)が予め定められた閾値THdより小さい場合、三次元点qの位置が対象三次元点pの位置に近いと判定し、対象三次元点pの属性情報の予測値の生成に三次元点qの属性情報の値を利用すると判定する。なお、距離算出方法は別の方法でもよく、例えばマハラノビス距離等が用いられてもよい。また、三次元データ符号化装置は、対象三次元点から予め定められた距離範囲外の三次元点を予測処理に用いないと判定してもよい。例えば、三次元点rが存在し、対象三次元点pと三次元点rとの距離d(p, r)が閾値THd以上である場合、三次元データ符号化装置は、三次元点rを予測に用いないと判定してもよい。なお、三次元データ符号化装置は

、閾値 THd を示す情報を、ビットストリームのヘッダ等に付加してもよい。

【0542】

図68は、三次元点の例を示す図である。この例では、対象三次元点 p と三次元点 q との距離 $d(p, q)$ が閾値 THd より小さい。よって、三次元データ符号化装置は、三次元点 q を対象三次元点 p の参照三次元点と判定し、対象三次元点 p の属性情報 A_p の予測値 P_p の生成に三次元点 q の属性情報 A_q の値を利用すると判定する。

【0543】

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

10

【0544】

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

【0545】

また、三次元点の属性情報を符号化する場合に、三次元点の位置情報を用いて各三次元点を複数階層に分類してから符号化することが考えられる。ここで、分類した各階層を LoD (Level of Detail) と呼ぶ。 LoD の生成方法について図69を用いて説明する。

20

【0546】

まず、三次元データ符号化装置は、初期点 a_0 を選択し、 LoD_0 に割当てて。次に、三次元データ符号化装置は、点 a_0 からの距離が LoD_0 の閾値 $Thres_LoD[0]$ より大きい点 a_1 を抽出し LoD_0 に割当てて。次に、三次元データ符号化装置は、点 a_1 からの距離が LoD_0 の閾値 $Thres_LoD[0]$ より大きい点 a_2 を抽出し LoD_0 に割当てて。このように、三次元データ符号化装置は、 LoD_0 内の各点の間の距離が閾値 $Thres_LoD[0]$ より大きくなるように LoD_0 を構成する。

30

【0547】

次に、三次元データ符号化装置は、まだ LoD が未割当ての点 b_0 を選択し、 LoD_1 に割当てて。次に、三次元データ符号化装置は、点 b_0 からの距離が LoD_1 の閾値 $Thres_LoD[1]$ より大きく、 LoD が未割当ての点 b_1 を抽出し LoD_1 に割当てて。次に、三次元データ符号化装置は、点 b_1 からの距離が LoD_1 の閾値 $Thres_LoD[1]$ より大きく、 LoD が未割当ての点 b_2 を抽出し LoD_1 に割当てて。このように、三次元データ符号化装置は、 LoD_1 内の各点の間の距離が閾値 $Thres_LoD[1]$ より大きくなるように LoD_1 を構成する。

【0548】

次に、三次元データ符号化装置は、まだ LoD が未割当ての点 c_0 を選択し、 LoD_2 に割当てて。次に、三次元データ符号化装置は、点 c_0 からの距離が LoD_2 の閾値 $Thres_LoD[2]$ より大きく、 LoD が未割当ての点 c_1 を抽出し LoD_2 に割当てて。次に、三次元データ符号化装置は、点 c_1 からの距離が LoD_2 の閾値 $Thres_LoD[2]$ より大きく、 LoD が未割当ての点 c_2 を抽出し LoD_2 に割当てて。このように、三次元データ符号化装置は、 LoD_2 内の各点の間の距離が閾値 $Thres_LoD[2]$ より大きくなるように LoD_2 を構成する。例えば、図70に示すように、各 LoD の閾値 $Thres_LoD[0]$ 、 $Thres_LoD[1]$ 、及び $Thres_LoD[2]$ が設定される。

40

【0549】

また、三次元データ符号化装置は、各 LoD の閾値を示す情報を、ビットストリームの

50

ヘッダ等に付加してもよい。例えば、図70に示す例の場合、三次元データ符号化装置は、閾値 $\text{Thres_LoD}[0]$ 、 $\text{Thres_LoD}[1]$ 、及び $\text{Thres_LoD}[2]$ をヘッダに付加してもよい。

【0550】

また、三次元データ符号化装置は、 LoD の最下層に LoD が未割当ての三次元点全てを割当ててもよい。この場合、三次元データ符号化装置は、 LoD の最下層の閾値をヘッダに付加しないことでヘッダの符号量を削減できる。例えば、図70に示す例の場合、三次元データ符号化装置は、閾値 $\text{Thres_LoD}[0]$ と $\text{Thres_LoD}[1]$ をヘッダに付加し、 $\text{Thres_LoD}[2]$ をヘッダに付加しない。この場合、三次元データ復号装置は、 $\text{Thres_LoD}[2]$ の値0と推定してもよい。また、三次元データ符号化装置は、 LoD の階層数をヘッダに付加してもよい。これにより、三次元データ復号装置は、 LoD の階層数を用いて最下層の LoD を判定できる。

【0551】

また、 LoD の各層の閾値の値を図70に示すように上位層ほど大きく設定することで、上位層（ LoD_0 に近い層）ほど三次元点間の距離が離れた疎点群（sparse）となり、下位層ほど三次元点間の距離が近い密点群（dense）となる。なお、図70に示す例では、 LoD_0 が最上位層である。

【0552】

また、各 LoD を設定する際の初期三次元点の選択方法は、位置情報符号化時の符号化順に依存してもよい。例えば、三次元データ符号化装置は、 LoD_0 の初期点 a_0 として、位置情報符号化時に最初に符号化された三次元点を選択し、初期点 a_0 を基点に、点 a_1 、点 a_2 を選択して LoD_0 を構成する。そして、三次元データ符号化装置は、 LoD_1 の初期点 b_0 として、 LoD_0 に属していない三次元点の中で、最も早く位置情報が符号化された三次元点を選択してもよい。つまり、三次元データ符号化装置は、 LoD_n の初期点 n_0 として、 LoD_n の上層（ $\text{LoD}_0 \sim \text{LoD}_{n-1}$ ）に属していない三次元点の中で、最も早く位置情報が符号化された三次元点を選択してもよい。これにより、三次元データ復号装置は、復号時に同様の初期点選択方法を用いることで、符号化時と同一の LoD を構成できるので、ビットストリームを適切に復号できる。具体的には、三次元データ復号装置は、 LoD_n の初期点 n_0 として、 LoD_n の上層に属していない三次元点の中で、最も早く位置情報が復号された三次元点を選択する。

【0553】

以下、三次元点の属性情報の予測値を、 LoD の情報を用いて生成する手法について説明する。例えば、三次元データ符号化装置は、 LoD_0 に含まれる三次元点から順に符号化する場合、 LoD_1 に含まれる対象三次元点を、 LoD_0 及び LoD_1 に含まれる符号化かつ復号済み（以下、単に「符号化済み」とも記す）の属性情報を用いて生成する。このように、三次元データ符号化装置は、 LoD_n に含まれる三次元点の属性情報の予測値を、 $\text{LoD}_{n'}$ （ $n' \leq n$ ）に含まれる符号化済みの属性情報を用いて生成する。つまり、三次元データ符号化装置は、 LoD_n に含まれる三次元点の属性情報の予測値の算出に、 LoD_n の下層に含まれる三次元点の属性情報を用いない。

【0554】

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

択することで符号化効率を向上できる。

【0555】

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

【0556】

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

10

【0557】

図71は、予測値に用いる属性情報の例を示す図である。上述したように、L o D Nに含まれる点Pの予測値は、L o D N' (N' ≤ N)に含まれる符号化済みの周囲点P'を用いて生成される。ここで、周囲点P'は、点Pとの距離に基づき選択される。例えば、図71に示す点b2の属性情報の予測値は、点a0、a1、a2、b0、b1の属性情報を用いて生成される。

【0558】

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

20

【0559】

予測値は、距離依存の重み付け平均により算出される。例えば、図71に示す例では、点a2の予測値a2pは、(式A2)及び(式A3)に示すように、点a0及び点a1の属性情報の重み付け平均により算出される。なお、A_iは点a_iの属性情報の値である。

【0560】

【数2】

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

30

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

40

【0561】

また、点b2の予測値b2pは、(式A4)～(式A6)に示すように、点a0、a1、a2、b0、b1の属性情報の重み付け平均により算出される。なお、B_iは点b_iの属性情報の値である。

【0562】

【数3】

50

$$b2p = \sum_{i=0}^2 wa_i \times A_i + \sum_{i=0}^1 wb_i \times B_i \quad \dots \quad (\text{式A 4})$$

$$wa_i = \frac{\frac{1}{d(b2, ai)}}{\sum_{j=0}^2 \frac{1}{d(b2, aj)} + \sum_{j=0}^1 \frac{1}{d(b2, bj)}} \quad \dots \quad (\text{式A 5})$$

$$wb_i = \frac{\frac{1}{d(b2, bi)}}{\sum_{j=0}^2 \frac{1}{d(b2, aj)} + \sum_{j=0}^1 \frac{1}{d(b2, bj)}} \quad \dots \quad (\text{式A 6})$$

10

【0563】

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

20

【0564】

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

30

【0565】

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

【0566】

予測残差は、元の値から予測値を減算することにより算出される。例えば、点a 2の予測残差a 2 rは、（式A 7）に示すように、点a 2の属性情報の値A 2から、点a 2の予測値a 2 pを減算することで算出される。点b 2の予測残差b 2 rは、（式A 8）に示すように、点b 2の属性情報の値B 2から、点b 2の予測値b 2 pを減算することで算出される。

40

【0567】

$$a 2 r = A 2 - a 2 p \quad \dots \quad (\text{式A 7})$$

【0568】

$$b 2 r = B 2 - b 2 p \quad \dots \quad (\text{式A 8})$$

【0569】

また、予測残差は、Q S（量子化ステップ（Quantization Step））で除算されることで量子化される。例えば、点a 2の量子化値a 2 qは、（式A 9）によ

50

り算出される。点 b_2 の量子化値 b_{2q} は、(式 A 1 0) により算出される。ここで、 Q_{S_LoD0} は、 $LoD0$ 用の Q_S であり、 Q_{S_LoD1} は、 $LoD1$ 用の Q_S である。つまり、 LoD に応じて Q_S が変更されてもよい。

【0570】

$$a_{2q} = a_{2r} / Q_{S_LoD0} \cdots (式 A 9)$$

【0571】

$$b_{2q} = b_{2r} / Q_{S_LoD1} \cdots (式 A 10)$$

【0572】

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

【0573】

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

【0574】

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

【0575】

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

【0576】

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

【0577】

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

【0578】

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

【0579】

例えば、高ビットレートで符号化が行われる場合、つまり、量子化スケールが小さい場合、量子化誤差が小さく予測精度が高くなり、結果として予測残差が大きくなりえない可能性がある。よって、この場合には、三次元データ符号化装置は、閾値 R_TH を大きく設定する。これにより、閾値 R_TH の二値化データを符号化する可能性が低くなり、符号化効率が向上する。逆に、低ビットレートで符号化が行われる場合、つまり、量子化スケ

10

20

30

40

50

ールが大きい場合、量子化誤差が大きく予測精度が悪くなり、結果として予測残差が大きくなる可能性がある。よって、この場合には、三次元データ符号化装置は、閾値 R_TH を小さく設定する。これにより、二値化データの急激なビット長増加を防ぐことができる。

【0580】

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

【0581】

図72は、指数ゴロム符号の一例を示す図であって、二値化前の値（多値）と、二値化後のビット（符号）との関係を示す図である。なお、図72に示す0と1とを反転させてもよい。

【0582】

また、三次元データ符号化装置は、予測残差の二値化データに算術符号化を適用する。これにより、符号化効率を向上できる。なお、算術符号化の適用時に、二値化データのうち、 n ビットで二値化した部分である n ビット符号 ($n\text{-bit code}$) と、指数ゴロムを用いて二値化した部分である残り符号 ($remaining\ code$) とで、各ビットの0と1の出現確率の傾向は異なる可能性がある。よって、三次元データ符号化装置は、 n ビット符号と残り符号とで、算術符号化の適用方法を切替えてもよい。

【0583】

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

【0584】

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

【0585】

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

【0586】

例えば、 n ビット符号が $b_0 b_1 b_2 \dots b_{n-1}$ である場合、 b_0 用の符号化テーブルは1個 (CTb_0) である。 b_1 用の符号化テーブルは2個 (CTb_{10} 、 CTb_{11}) である。また、 b_0 の値 ($0 \sim 1$) に応じて使用する符号化テーブルが切替えられる。 b_2 用の符号化テーブルは、4個 (CTb_{20} 、 CTb_{21} 、 CTb_{22} 、 CTb_{23}) である。また、 b_0 及び b_1 の値 ($0 \sim 3$) に応じて使用する符号化テーブルが切替えられる。 b_{n-1} 用の符号化テーブルは 2^{n-1} 個 (CTb_{n0} 、 CTb_{n1} 、 $\dots$ 、 $CTb_{n(2^{n-1}-1)}$) である。また、 $b_0 b_1 \dots b_{n-2}$ の値 ($0 \sim 2^{n-1}-1$) に応じて使用する符号化テーブルを切替えられる。

【0587】

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

【0588】

図73は、例えば、残り符号が指数ゴロム符号の場合の処理を説明するための図である。指数ゴロムを用いて二値化した部分である残り符号は、図73に示すように $prefix$ 部と $suffix$ 部とを含む。例えば、三次元データ符号化装置は、 $prefix$ 部と $suffix$ 部とで符号化テーブルを切替える。つまり、三次元データ符号化装置は、 $prefix$ 部に含まれる各ビットを、 $prefix$ 用の符号化テーブルを用いて算術符号化し、 $suffix$ 部に含まれる各ビットを、 $suffix$ 用の符号化テーブルを用いて算術符号化する。

【0589】

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

【0590】

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

【0591】

例えば、点 a_2 の逆量子化値 a_{2iq} は、点 a_2 の量子化値 a_{2q} を用いて（式A11）により算出される。点 b_2 の逆量子化値 b_{2iq} は、点 b_2 の量子化値 b_{2q} を用いて（式A12）により算出される。ここで、 QS_LoD0 は、 $LoD0$ 用の QS であり、 QS_LoD1 は、 $LoD1$ 用の QS である。つまり、 LoD に応じて QS が変更されてもよい。

【0592】

$$a_{2iq} = a_{2q} \times QS_LoD0 \dots \text{（式A11）}$$

【0593】

$$b_{2iq} = b_{2q} \times QS_LoD1 \dots \text{（式A12）}$$

【0594】

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

【0595】

$a2rec = a2iq + a2p \dots$ (式A13)

【0596】

$b2rec = b2iq + b2p \dots$ (式A14)

【0597】

以下、本実施の形態に係るビットストリームのシンタックス例を説明する。図74は、本実施の形態に係る属性ヘッダ (attribute_header) のシンタックス例を示す図である。属性ヘッダは、属性情報のヘッダ情報である。図74に示すように、属性ヘッダは、階層数情報 (NumLoD) と、三次元点数情報 (NumOfPoint [i]) と、階層閾値 (Thres_Lod [i]) と、周囲点数情報 (NumNeighborPoint [i]) と、予測閾値 (THd [i]) と、量子化スケール (QS [i]) と、二値化閾値 (R_TH [i]) とを含む。

【0598】

階層数情報 (NumLoD) は、用いられるLoDの階層数を示す。

【0599】

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

【0600】

【数4】

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

【0601】

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

【0602】

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

【0603】

予測閾値 (THd [i]) は、階層iにて符号化又は復号対象の対象三次元点の予測に用いる周囲の三次元点と対象三次元点との距離の上限値を示す。三次元データ符号化装置及び三次元データ復号装置は、対象三次元点からの距離がTHd [i] より離れている三次元点を予測に用いない。なお、三次元データ符号化装置は、各LoDでTHd [i] の

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

【0604】

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

【0605】

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

【0606】

なお、 $R_T H [i]$ は $n b i t$ で表せる最大値であってもよい。例えば $6 b i t$ では $R_T H$ は 63 であり、 $8 b i t$ では $R_T H$ は 255 である。また、三次元データ符号化装置は、二値化閾値として $n b i t$ で表せる最大値を符号化する代わりに、ビット数を符号化してもよい。例えば、三次元データ符号化装置は、 $R_T H [i] = 63$ の場合は値 6 を、 $R_T H [i] = 255$ の場合は値 8 をヘッダに付加してもよい。また、三次元データ符号化装置は、 $R_T H [i]$ を表すビット数の最小値 (最小ビット数) を定義し、最小値からの相対ビット数をヘッダに付加してもよい。例えば、三次元データ符号化装置は、 $R_T H [i] = 63$ で最小ビット数が 6 の場合は値 0 をヘッダに付加し、 $R_T H [i] = 255$ で最小ビット数が 6 の場合は値 2 をヘッダに付加してもよい。

【0607】

また、三次元データ符号化装置は、 $N u m L o D$ 、 $T h r e s_L o d [i]$ 、 $N u m N e i g h b o r P o i n t [i]$ 、 $T H d [i]$ 、 $Q S [i]$ 及び $R_T H [i]$ の少なくとも一つをエントロピー符号化してヘッダに付加してもよい。例えば、三次元データ符号化装置は、各値を二値化して算術符号化してもよい。また、三次元データ符号化装置は、処理量を抑えるために各値を固定長で符号化してもよい。

【0608】

また、三次元データ符号化装置は、 $N u m L o D$ 、 $T h r e s_L o d [i]$ 、 $N u m N e i g h b o r P o i n t [i]$ 、 $T H d [i]$ 、 $Q S [i]$ 、及び $R_T H [i]$ の少なくとも一つをヘッダに付加しなくてもよい。例えば、これらのうちの少なくとも一つの値が、規格等の $p r o f i l e$ 又は $l e v e l$ 等で規定されてもよい。これによりヘッダのビット量を削減することができる。

【0609】

図 75 は、本実施の形態に係る属性データ ($a t t r i b u t e_d a t a$) のシンタックス例を示す図である。この属性データは、複数の三次元点の属性情報の符号化データを含む。図 75 に示すように属性データは、 n ビット符号 ($n - b i t \ c o d e$) と、残り符号 ($r e m a i n i n g \ c o d e$) とを含む。

【0610】

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

【0611】

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

が R _ T H [i] と同じ値でない場合は、残り符号は符号化又は復号されなくてもよい。

【0612】

以下、三次元データ符号化装置における処理の流れを説明する。図76は、三次元データ符号化装置による三次元データ符号化処理のフローチャートである。

【0613】

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 (S 3 0 0 1) 。例えば、三次元データ符号化は、8分木表現を用いて符号化を行う。

【0614】

三次元データ符号化装置は、位置情報の符号化後に、量子化等によって三次元点の位置が変化した場合に、変化後の三次元点に元の三次元点の属性情報を再割り当てする (S 3 0 0 2) 。例えば、三次元データ符号化装置は、位置の変化量に応じて属性情報の値を補間することで再割り当てを行う。例えば、三次元データ符号化装置は、変化後の三次元位置に近い変化前の三次元点を N 個検出し、N 個の三次元点の属性情報の値を重み付け平均する。例えば、三次元データ符号化装置は、重み付け平均において、変化後の三次元位置から各 N 個の三次元までの距離に基づいて重みを決定する。そして、三次元データ符号化装置は、重み付け平均により得られた値を変化後の三次元点の属性情報の値に決定する。また、三次元データ符号化装置は、量子化等によって2個以上の三次元点在同一の三次元位置に変化した場合は、その変化後の三次元点の属性情報の値として、変化前の2個以上の三次元点の属性情報の平均値を割り当ててもよい。

【0615】

次に、三次元データ符号化装置は、再割り当て後の属性情報 (Attribute) を符号化する (S 3 0 0 3) 。例えば、三次元データ符号化装置は、複数種類の属性情報を符号化する場合は、複数種類の属性情報を順に符号化してもよい。例えば、三次元データ符号化装置は、属性情報として、色と反射率とを符号化する場合は、色の符号化結果の後に反射率の符号化結果を付加したビットストリームを生成してもよい。なお、ビットストリームに付加される属性情報の複数の符号化結果の順番は、この順に限らず、どのような順番でもよい。

【0616】

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

【0617】

図77は、属性情報符号化処理 (S 3 0 0 3) のフローチャートである。まず、三次元データ符号化装置は、L o Dを設定する (S 3 0 1 1) 。つまり、三次元データ符号化装置は、各三次元点を複数のL o Dのいずれかに割り当てる。

【0618】

次に、三次元データ符号化装置は、L o D単位のループを開始する (S 3 0 1 2) 。つまり、三次元データ符号化装置は、L o D毎にステップS 3 0 1 3 ~ S 3 0 2 1 の処理を繰り返し行う。

【0619】

次に、三次元データ符号化装置は、三次元点単位のループを開始する (S 3 0 1 3) 。つまり、三次元データ符号化装置は、三次元点毎にステップS 3 0 1 4 ~ S 3 0 2 0 の処理を繰り返し行う。

【0620】

まず、三次元データ符号化装置は、処理対象の対象三次元点の予測値の算出に用いる、対象三次元点の周囲に存在する三次元点である複数の周囲点を探索する (S 3 0 1 4) 。

次に、三次元データ符号化装置は、複数の周囲点の属性情報の値の重み付け平均を算出し、得られた値を予測値Pに設定する（S3015）。次に、三次元データ符号化装置は、対象三次元点の属性情報と予測値との差分である予測残差を算出する（S3016）。次に、三次元データ符号化装置は、予測残差を量子化することで量子化値を算出する（S3017）。次に、三次元データ符号化装置は、量子化値を算術符号化する（S3018）。【0621】

また、三次元データ符号化装置は、量子化値を逆量子化することで逆量子化値を算出する（S3019）。次に、三次元データ符号化装置は、逆量子化値に予測値を加算することで復号値を生成する（S3020）。次に、三次元データ符号化装置は、三次元点単位のループを終了する（S3021）。また、三次元データ符号化装置は、L o D単位のループを終了する（S3022）。 10

【0622】

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

【0623】

三次元データ復号装置は、三次元データ符号化装置によって生成されたビットストリーム内の属性情報の二値化データを、三次元データ符号化装置と同様の方法で算術復号することで、復号された二値化データを生成する。なお、三次元データ符号化装置において、nビットで二値化した部分（nビット符号）と、指数ゴロムを用いて二値化した部分（残り符号）とで算術符号化の適用方法を切替えた場合は、三次元データ復号装置は、算術復号適用時に、それに合わせて復号を行う。 20

【0624】

例えば、三次元データ復号装置は、nビット符号の算術復号方法において、ビット毎に異なる符号化テーブル（復号テーブル）を用いて算術復号を行う。この際、三次元データ復号装置は、ビット毎に使用する符号化テーブルの数を変えてもよい。例えば、nビット符号の先頭ビットb0には1個の符号化テーブルを用いて算術復号を行う。また、三次元データ復号装置は、次のビットb1に対しては2個の符号化テーブルを用いる。また、三次元データ復号装置は、b0の値（0又は1）に応じてビットb1の算術復号に用いる符号化テーブルを切替える。同様に、三次元データ復号装置は、更に次のビットb2に対しては4個の符号化テーブルを用いる。また、三次元データ復号装置は、b0及びb1の値（0～3）に応じて、ビットb2の算術復号に用いる符号化テーブルを切替える。 30

【0625】

このように、三次元データ復号装置は、nビット符号の各ビットb $n-1$ を算術復号する際に、 2^{n-1} 個の符号化テーブルを用いる。また、三次元データ復号装置は、b $n-1$ より前のビットの値（発生パターン）に応じて、使用する符号化テーブルを切替える。これにより、三次元データ復号装置は、ビット毎に適切な符号化テーブルを使用して符号化効率を向上したビットストリームを適切に復号できる。

【0626】

なお、三次元データ復号装置は、各ビットで使用する符号化テーブルの数を削減してもよい。例えば、三次元データ復号装置は、各ビットb $n-1$ を算術復号する際に、b $n-1$ より前のmビット（ $m < n-1$ ）の値（発生パターン）に応じて 2^m 個の符号化テーブルを切替えてもよい。これにより、三次元データ復号装置は、各ビットで使用する符号化テーブルの数を抑えつつ、符号化効率を向上したビットストリームを適切に復号できる。なお、三次元データ復号装置は、各符号化テーブルにおける0と1の発生確率を、実際に発生した二値化データの値に応じて更新してもよい。また、三次元データ復号装置は、一部のビットの符号化テーブルにおける0と1の発生確率を固定化してもよい。これにより、発生確率の更新回数を抑制できるので処理量を削減できる。 40

【0627】

例えば、nビット符号がb0b1b2…b $n-1$ である場合、b0用の符号化テーブルは1個（CTb0）である。b1用の符号化テーブルは2個（CTb10、CTb11） 50

である。また、 b_0 の値(0~1)に応じて符号化テーブルが切替えられる。 b_2 用の符号化テーブルは4個(CTb_{20} 、 CTb_{21} 、 CTb_{22} 、 CTb_{23})である。また、 b_0 及び b_1 の値(0~3)に応じて符号化テーブルが切替えられる。 b_{n-1} 用の符号化テーブルは、 2^{n-1} 個(CTb_{n0} 、 CTb_{n1} 、 $\dots$ 、 $CTb_{n(2^{n-1}-1)}$)である。また、 $b_0b_1\dots b_{n-2}$ の値(0~ $2^{n-1}-1$)に応じて符号化テーブルが切替えられる。

【0628】

図78は、例えば、残り符号が指数ゴロム符号である場合の処理を説明するための図である。三次元データ符号化装置が指数ゴロムを用いて二値化して符号化した部分(残り符号)は、図78に示すようにprefix部とsuffix部とを含む。例えば、三次元データ復号装置は、prefix部とsuffix部とで符号化テーブルを切替える。つまり、三次元データ復号装置は、prefix部に含まれる各ビットを、prefix用の符号化テーブルを用いて算術復号し、suffix部に含まれる各ビットを、suffix用の符号化テーブルを用いて算術復号する。

10

【0629】

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

20

【0630】

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

【0631】

三次元データ復号装置は、 n ビット符号の値と R_TH の値とが一致した場合、指数ゴロムで符号化されたビットが次に存在すると判定し、指数ゴロムで符号化された二値化データである残り符号を算術復号する。そして、三次元データ復号装置は、復号した残り符号から、残り符号とその値との関係を示す逆引きテーブルを用いて残り符号の値を算出する。図79は、残り符号とその値との関係を示す逆引きテーブルの例を示す図である。次に、三次元データ復号装置は、得られた残り符号の値を R_TH に加算することで多値化された量子化後の予測残差を得る。

30

【0632】

一方、三次元データ復号装置は、 n ビット符号の値と R_TH の値とが一致しない(R_TH より値が小さい)場合、 n ビット符号の値をそのまま、多値化された量子化後の予測残差に決定する。これにより、三次元データ復号装置は、三次元データ符号化装置で予測残差の値に応じて二値化方法を切替えて生成したビットストリームを適切に復号できる。

40

【0633】

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

【0634】

例えば、閾値 R_TH が63であり、復号した n ビット符号の値が63である場合、三次元データ復号装置は、残り符号を指数ゴロムにより復号することで残り符号の値を得る。例えば、図79に示す例では、残り符号が00100であり、残り符号の値として3が

50

得られる。次に、三次元データ復号装置は、閾値 R_{TH} の値 63 と、残り符号の値 3 とを加算することで予測残差の値 66 を得る。

【0635】

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

【0636】

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

【0637】

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

【0638】

復号された符号なし整数値（符号なし量子化値）は、以下の処理により符号付整数値に変換される。三次元データ復号装置は、復号された符号なし整数値 a_{2u} の LSB (least significant bit) が 1 である場合、符号付整数値 a_{2q} を $-(a_{2u} + 1) \gg 1$ に設定する。三次元データ復号装置は、符号なし整数値 a_{2u} の LSB が 1 でない場合、符号付整数値 a_{2q} を $(a_{2u} \gg 1)$ に設定する。

【0639】

同様に、三次元データ復号装置は、復号された符号なし整数値 b_{2u} の LSB が 1 である場合、符号付整数値 b_{2q} を $-(b_{2u} + 1) \gg 1$ に設定する。三次元データ復号装置は、符号なし整数値 n_{2u} の LSB が 1 でない場合、符号付整数値 b_{2q} を $(b_{2u} \gg 1)$ に設定する。

【0640】

また、三次元データ復号装置による逆量子化及び再構成処理の詳細は、三次元データ符号化装置における逆量子化及び再構成処理と同様である。

【0641】

以下、三次元データ復号装置における処理の流れを説明する。図 80 は、三次元データ復号装置による三次元データ復号処理のフローチャートである。まず、三次元データ復号装置は、ビットストリームから位置情報 (geometry) を復号する (S3031)。例えば、三次元データ復号装置は、8 分木表現を用いて復号を行う。

【0642】

次に、三次元データ復号装置は、ビットストリームから属性情報 (Attribute) を復号する (S3032)。例えば、三次元データ復号装置は、複数種類の属性情報を復号する場合は、複数種類の属性情報を順に復号してもよい。例えば、三次元データ復号装置は、属性情報として色と反射率とを復号する場合は、ビットストリームに付加されている順に従い、色の符号化結果と反射率の符号化結果とを復号する。例えば、ビットストリームにおいて、色の符号化結果の後に反射率の符号化結果が付加されている場合、三次元データ復号装置は、色の符号化結果を復号し、その後に反射率の符号化結果を復号する。なお、三次元データ復号装置は、ビットストリームに付加される属性情報の符号化結果をどのような順番で復号してもよい。

【0643】

また、三次元データ復号装置は、ビットストリーム内の各属性情報の符号化データ開始

10

20

30

40

50

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

【0644】

図81は、属性情報復号処理（S3032）のフローチャートである。まず、三次元データ復号装置は、L o Dを設定する（S3041）。つまり、三次元データ復号装置は、復号された位置情報を有する複数の三次元点の各々を複数のL o Dのいずれかに割り当てる。例えば、この割り当て方法は、三次元データ符号化装置で用いられた割り当て方法と同じ方法である。

10

【0645】

次に、三次元データ復号装置は、L o D単位のループを開始する（S3042）。つまり、三次元データ復号装置は、L o D毎にステップS3043～S3049の処理を繰り返す。

【0646】

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

20

【0647】

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

【0648】

次に、三次元データ復号装置は、ビットストリームから量子化値を算術復号する（S3046）。また、三次元データ復号装置は、復号した量子化値を逆量子化することで逆量子化値を算出する（S3047）。次に、三次元データ復号装置は、逆量子化値に予測値を加算することで復号値を生成する（S3048）。次に、三次元データ復号装置は、三次元点単位のループを終了する（S3049）。また、三次元データ復号装置は、L o D単位のループを終了する（S3050）。

30

【0649】

次に、本実施の形態に係る三次元データ符号化装置及び三次元データ復号装置の構成を説明する。図82は、本実施の形態に係る三次元データ符号化装置3000の構成を示すブロック図である。この三次元データ符号化装置3000は、位置情報符号化部3001と、属性情報再割り当て部3002と、属性情報符号化部3003とを備える。

【0650】

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

40

【0651】

図83は、本実施の形態に係る三次元データ復号装置3010の構成を示すブロック図である。この三次元データ復号装置3010は、位置情報復号部3011と、属性情報復号部3012を含む。

【0652】

50

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

【0653】

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 84 に示す処理を行う。三次元データ符号化装置は、属性情報を有する三次元点を符号化する。まず、三次元データ符号化装置は、三次元点の属性情報の予測値を算出する (S3061)。次に、三次元データ符号化装置は、三次元点の属性情報と、予測値との差分である予測残差を算出する (S3062)。次に、三次元データ符号化装置は、予測残差を二値化することで二値データを生成する (S3063)。次に、三次元データ符号化装置は、二値データを算術符号化する (S3064)。

【0654】

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

【0655】

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

【0656】

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

【0657】

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

【0658】

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

【0659】

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

【0660】

例えば、三次元データ符号化装置は、予測残差を量子化し、二値化 (S3063) では、量子化された予測残差を二値化する。閾値 (R_TH) は、量子化における量子化スケールに応じて変更される。これによれば、三次元データ符号化装置は、量子化スケールに応じた適切な閾値を用いることができるので符号化効率を向上できる。

【0661】

例えば、第 2 符号は、prefix 部と、suffix 部とを含む。三次元データ符号化装置は、算術符号化 (S3064) では、prefix 部と suffix 部とに異なる符号化テーブルを用いる。これによれば、三次元データ符号化装置は、符号化効率を向上できる。

10

20

30

40

50

【0662】

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。

【0663】

また、本実施の形態に係る三次元データ復号装置は、図85に示す処理を行う。三次元データ復号装置は、属性情報を有する三次元点を復号する。まず、三次元データ復号装置は、三次元点の属性情報の予測値を算出する（S3071）。次に、三次元データ復号装置は、ビットストリームに含まれる符号化データを算術復号することで二値データを生成する（S3072）。次に、三次元データ復号装置は、二値データを多値化することで予測残差を生成する（S3073）。次に、三次元データ復号装置は、予測値と予測残差とを加算することで、三次元点の属性情報の復号値を算出する（S3074）。 10

【0664】

これによれば、三次元データ復号装置は、属性情報の予測残差を算出し、さらに、当該予測残差を二値化及び算術符号化することで生成された属性情報のビットストリームを適切に復号できる。

【0665】

例えば、算術復号（S3072）では、三次元データ復号装置は、二値データのビット毎に異なる符号化テーブルを用いる。これによれば、三次元データ復号装置は、符号化効率が向上されたビットストリームを適切に復号できる。

【0666】

例えば、算術復号（S3072）では、二値データの下位ビットほど、使用する符号化テーブルの数が多。 20

【0667】

例えば、算術復号（S3072）では、三次元データ復号装置は、二値データに含まれる対象ビットの上位ビットの値に応じて、対象ビットの算術復号に使用する符号化テーブルを選択する。これによれば、三次元データ復号装置は、符号化効率が向上されたビットストリームを適切に復号できる。

【0668】

例えば、三次元データ復号装置は、多値化（S3073）では、二値データに含まれる固定ビット数の第1符号（nビット符号）を多値化することで第1の値を生成する。三次元データ復号装置は、第1の値が閾値（ R_TH ）より小さい場合、第1の値を予測残差に決定し、第1の値が閾値（ R_TH ）以上の場合、二値データに含まれる指数ゴロム符号である第2符号（残り符号）を多値化することで第2の値を生成し、第1の値と第2の値とを加算することで予測残差を生成する。三次元データ復号装置は、算術復号（S3072）では、第1符号と第2符号とに異なる算術復号方法を用いる。 30

【0669】

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

【0670】

例えば、三次元データ復号装置は、予測残差を逆量子化し、加算（S3074）では、予測値と、逆量子化された予測残差とを加算する。閾値（ R_TH ）は、逆量子化における量子化スケールに応じて変更される。これによれば、三次元データ復号装置は、符号化効率が向上されたビットストリームを適切に復号できる。 40

【0671】

例えば、第2符号は、prefix部と、suffix部とを含む。三次元データ復号装置は、算術復号（S3072）では、prefix部とsuffix部とに異なる符号化テーブルを用いる。これによれば、三次元データ復号装置は、符号化効率が向上されたビットストリームを適切に復号できる。

【0672】

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 50

モリを用いて、上記の処理を行う。

【0673】

(実施の形態10)

実施の形態9とは別の手法で予測値を生成してもよい。以下では、符号化対象の三次元点を第1三次元点と称し、その周囲の三次元点を第2三次元点と称する場合がある。

【0674】

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

【0675】

図86は、実施の形態10に係る各予測モードにおいて算出される予測値を示すテーブルの第1の例を示す図である。図87は、実施の形態10に係る予測値に用いる属性情報の例を示す図である。図88は、実施の形態10に係る各予測モードにおいて算出される予測値を示すテーブルの第2の例を示す図である。

【0676】

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

【0677】

なお、図86に示されるテーブルは、予測に用いる三次元点数 $N = 4$ 、かつ、予測モード数 $M = 5$ の場合の例である。点b2の属性情報の予測値は、点a0、a1、a2、b1の属性情報を用いて生成され得る。複数の予測モードから1つの予測モードを選択する場合、点b2からの各点a0、a1、a2、b1までの距離情報を元に、各点a0、a1、a2、b1の属性値を予測値として生成する予測モードを選択してもよい。予測モードは、符号化対象の三次元点毎に付加される。予測値は、付加された予測モードに応じた値に応じて算出される。

【0678】

図88に示されるテーブルは、図86と同様に、予測に用いる三次元点数 $N = 4$ 、かつ、予測モード数 $M = 5$ の場合の例である。点a2の属性情報の予測値は、点a0、a1の属性情報を用いて生成され得る。複数の予測モードから1つの予測モードを選択する場合、点a2のからの各点a0、a1までの距離情報を元に、各点a0、a1の属性値を予測値として生成する予測モードを選択してもよい。予測モードは、符号化対象の三次元点毎に付加される。予測値は、付加された予測モードに応じた値に応じて算出される。

【0679】

なお、上記の点a2のように隣接点数、つまり、周囲の三次元点数Nが4個に満たない場合、テーブルにおいて予測値が未割当てである予測モードをnot availableとしてもよい。

【0680】

なお、予測モードの値の割当ては、符号化対象の三次元点からの距離順で決定しても構

わない。例えば、複数の予測モードを示す予測モード値は、予測値として用いる属性情報を有する周囲の三次元点までの符号化対象の三次元点からの距離が近いほど小さい。図 86 の例では、点 b 1、a 2、a 1、a 0 の順に符号化対象の三次元点である点 b 2 への距離が近いことが示される。例えば、予測値の算出では、2 以上の予測モードのうちの予測モード値が「1」で示される予測モードにおいて点 b 1 の属性情報を予測値として算出し、予測モード値が「2」で示される予測モードにおいて点 a 2 の属性情報を予測値として算出する。このように、点 b 1 の属性情報を予測値として算出する予測モードを示す予測モード値は、点 b 2 からの距離が点 b 1 よりも遠い位置にある点 a 2 の属性情報を予測値として算出する予測モードを示す予測モード値よりも小さい。

【0681】

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

【0682】

図 89 は、実施の形態 10 に係る各予測モードにおいて算出される予測値を示すテーブルの第 3 の例を示す図である。具体的には、第 3 の例は、予測値に用いられる属性情報が周囲の三次元点の色情報 (Y U V) による値である場合の例である。このように、予測値に用いられる属性情報は、三次元点の色を示す色情報であってもよい。

【0683】

図 89 に示されるように、予測モード値が「0」で示される予測モードにおいて算出される予測値は、Y U V 色空間を定義する Y U V それぞれの成分の平均である。具体的には、当該予測値は、点 b 1、a 2、a 1、a 0 にそれぞれ対応する Y 成分の値である Y b 1、Y a 2、Y a 1、Y a 0 の重み付き平均 Y a v e と、点 b 1、a 2、a 1、a 0 にそれぞれ対応する U 成分の値である U b 1、U a 2、U a 1、U a 0 の重み付き平均 U a v e と、点 b 1、a 2、a 1、a 0 にそれぞれ対応する V 成分の値である V b 1、V a 2、V a 1、V a 0 の重み付き平均 V a v e と、を含む。また、予測モード値が「1」～「4」で示される予測モードにおいて算出される予測値は、それぞれ、周囲の三次元点 b 1、a 2、a 1、a 0 の色情報を含む。色情報は、Y 成分、U 成分および V 成分の値の組み合わせで示される。

【0684】

なお、図 89 では、色情報は、Y U V 色空間で定義される値で示されているが、Y U V 色空間に限らずに、R G B 色空間で定義される値で示されてもよいし、他の色空間で定義される値で示されてもよい。

【0685】

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

【0686】

なお、例えば、図 89 のテーブルにおいて予測モード値が「2」で示される予測モードが選択された場合、符号化対象の三次元点の属性値の Y 成分、U 成分および V 成分をそれぞれ予測値 Y a 2、U a 2、V a 2 として用いて符号化してもよい。この場合、予測モード値としての「2」がビットストリームに付加される。

【0687】

図 90 は、実施の形態 10 に係る各予測モードにおいて算出される予測値を示すテーブルの第 4 の例を示す図である。具体的には、第 4 の例は、予測値に用いられる属性情報が周囲の三次元点の反射率情報による値である場合の例である。反射率情報は、例えば、反射率 R を示す情報である。

【0688】

図 90 に示されるように、予測モード値が「0」で示される予測モードにおいて算出さ

10

20

30

40

50

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

【0689】

なお、例えば、図90のテーブルにおいて予測モード値が「3」で示される予測モードが選択された場合、符号化対象の三次元点の属性値の反射率を予測値 R_{a_1} として用いて符号化してもよい。この場合、予測モード値としての「3」がビットストリームに付加される。

【0690】

図89および図90で示されるように、属性情報は、第1属性情報と、第1属性情報とは異なる種類の第2属性情報とを含んでいてもよい。第1属性情報は、例えば、色情報である。第2属性情報は、例えば、反射率情報である。予測値の算出では、第1属性情報を用いて第1予測値を算出し、かつ、第2属性情報を用いて第2予測値を算出してもよい。

【0691】

(実施の形態11)

三次元点の属性情報を L_oD の情報を用いて符号化する別の例として、 L_oD の最下層に含まれる三次元点から順に複数の三次元点を符号化する方法を説明する。例えば、三次元データ符号化装置は、 L_oD の最下層 L_oD_n に含まれる三次元点から順に複数の三次元点を符号化する場合、 L_oD_n に含まれる三次元点の予測値を、 L_oD_n より上位層の L_oD に含まれる三次元点の属性情報を用いて算出してもよい。

【0692】

図91は、参照関係の例を示す図である。例えば、図91に示す例の場合、三次元データ符号化装置は、 L_oD_2 に含まれる三次元点の予測値を、 L_oD_0 又は L_oD_1 に含まれる三次元点の属性情報を用いて算出する。また、三次元データ符号化装置は、 L_oD_1 に含まれる三次元点の予測値を、 L_oD_0 に含まれる三次元点の属性情報を用いて算出する。この場合、 L_oD_0 又は L_oD_1 は必ずしも符号化かつ復号済みの属性情報でなくてもよい。この場合、三次元データ符号化装置は、例えば符号化前の値を用いてもよい。

【0693】

このように、三次元データ符号化装置は、 L_oD_n に含まれる三次元点の属性情報の予測値を、 $L_oD_{n'}$ ($n' < n$) に含まれる属性情報を用いて生成してもよい。これにより、 L_oD_n に含まれる複数の三次元点はお互いを参照しないため、三次元データ符号化装置は、 L_oD_n に含まれる複数の三次元点の予測値を並列に算出できる。

【0694】

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

【0695】

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

10

20

30

40

50

【0696】

三次元データ符号化装置は、L o D毎にNの値を別々に符号化する場合、例えばL o Dの上位層ほどNの値を大きく設定し、下位層ほどNの値を小さく設定する。L o Dの上位層に属する三次元点間の距離は、L o Dの上位層に属する三次元点間の距離より離れる。よって、上位層では、Nの値を大きく設定することで、周囲の多くの三次元点を平均化することで予測精度を向上できる可能性がある。また、L o Dの下位層に属する三次元点間の距離は近い。よって、下位層では、Nの値を小さく設定することで、平均化の処理量を抑えつつ、効率的な予測を行うことが可能となる。

【0697】

上述したように、L o D Nに含まれる点Pの予測値は、L o D N' (N' ≤ N)に含まれる符号化済みの周囲点P'を用いて生成される。ここで、周囲点P'は、点Pとの距離に基づき選択される。例えば、図91に示す点b2の属性情報の予測値は、点a0、a1、a2の属性情報を用いて生成される。

10

【0698】

上述したNの値に応じて、選択される周囲の点は変化する。例えばN = 3の場合は点b2の周囲点として点a0、a1、a2が選択される。N = 2の場合は距離情報を元に点a1、a2が選択される。

【0699】

予測値は、距離依存の重み付け平均により算出される。例えば、図91に示す例では、点b2の予測値b2pは、(式J1)及び(式J2)に示すように、点a0及び点a1の属性情報の重み付け平均により算出される。なお、A_iは点a_iの属性情報の値である。また、d(p, q)は、例えば、三次元点pと三次元点qとのユークリッド距離である。

20

【0700】

【数5】

$$b2p = \sum_{i=0}^2 w_i \times A_i \quad \dots \text{(式J1)}$$

$$w_i = \frac{\frac{1}{d(b2, ai)}}{\sum_{j=0}^2 \frac{1}{d(b2, aj)}} \quad \dots \text{(式J2)}$$

30

【0701】

また、点aNの予測値aNpは、(式J3)及び(式A4)に示すように、点aN-4、aN-3、aN-2、aN-1の属性情報の重み付け平均により算出される。

【0702】

【数6】

40

$$aNp = \sum_{i=N-4}^{N-1} w_i \times A_i \quad \dots \text{(式J3)}$$

$$w_i = \frac{\frac{1}{d(aN, ai)}}{\sum_{j=N-4}^{N-1} \frac{1}{d(aN, aj)}} \quad \dots \text{(式J4)}$$

50

【0703】

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

【0704】

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

【0705】

また、三次元データ符号化装置は、使用する量子化スケールを、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。ここで重要度は、例えば、対象三次元点が他の三次元点から予測値の算出時に参照された回数、又はその際の重み等から算出されてもよい。例えば、重要度として、下記QW（Quantization Weight）の値を用いられる。三次元データ符号化装置は、重要度が高い三次元点のQWの値を大きく設定し、量子化スケールを小さくする。これにより、重要度が高い三次元点の量子化誤差が小さくなるので、符号化効率を改善できる。

【0706】

図92は、QWの算出例を示す図である。QS（量子化ステップ）は、L o Dに応じて変更されてもよい。QS _ L o D 0は、L o D 0用のQSであり、QS _ L o D 1は、L o D 1用のQSである。

【0707】

QWは、対象三次元点の重要度を表す値である。例えば、点b2が点c0の予測値の算出に用いられた場合、点c0のQWの値に、点c0の予測値の生成時に算出した点b2に対する重み W_{b2_c0} を乗じ、得られた値を点b2のQWの値に加算してもよい。これにより、予測値の生成に多く用いられた三次元点のQW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。

【0708】

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QWの値を1で初期化し、予測構造に従って各三次元点のQW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QWを値1で初期化せずに、L o Dの階層に応じて初期値を変更してもよい。例えば、三次元データ符号化装置は、上位層ほどQW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を小さくしてもよい。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。

【0709】

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

【0710】

図 9 3 は、予測残差の算出例を示す図である。予測残差は、元の値から予測値を減算することにより算出される。例えば、点 b 2 の予測残差 b 2 r は、(式 J 5) に示すように、点 b 2 の属性情報の値 B 2 から、点 b 2 の予測値 b 2 p を減算することで算出される。

【0711】

$$b2r = B2 - b2p \quad \dots (式 J 5)$$

【0712】

また、予測残差は、Q S (量子化ステップ (Quantization Step)) で除算されることで量子化される。例えば、点 b 2 の量子化値 b 2 q は、(式 J 6) により算出される。ここで、Q S _ L o D 1 は、L o D 1 用の Q S である。つまり、L o D に応じて Q S が変更されてもよい。

【0713】

$$b2q = b2r / QS_LoD1 \quad \dots (式 J 6)$$

【0714】

また、上述したように Q W を用いる場合、点 b 2 の量子化値 b 2 q は、(式 J 7) 及び (式 J 8) により算出される。

【0715】

【数 7】

$$b2q = \frac{b2r + \frac{QS_LoD1}{2}}{QS_LoD1} \times QWb2 \quad \dots (式 J 7)$$

$$QWb2 = 1 + \sum_{i=0}^2 w_{b2_ci} \times QWci \quad \dots (式 J 8)$$

【0716】

また、三次元データ符号化装置は、以下のように、上記量子化値である符号付整数値を符号なし整数値に変換する。三次元データ符号化装置は、符号付整数値 b 2 q が 0 より小さい場合、符号なし整数値 b 2 u を $-1 - (2 \times b2q)$ に設定する。三次元データ符号化装置は、符号付整数値 b 2 q が 0 以上の場合、符号なし整数値 b 2 u を $2 \times b2q$ に設定する。

【0717】

また、三次元データ符号化装置は、量子化後の予測残差 (符号なし整数値) を、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、L o D の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。

【0718】

図 9 4 は、この符号化の例を示す図である。図 9 4 に示す例の場合、三次元データ符号化装置は、上位層 L o D 0 に含まれる点 a 0 から a 1、a 2、b 0、b 1、b 2、c 0、c 1、c 2、…、c N の順で複数の三次元点を符号化する。ここで、下位層の L o D ほど、量子化後の予測残差が 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。

【0719】

下位層の L o D に属する三次元点の予測値は、上位層の三次元点の予測値より多くの三次元点を参照して生成されるため、予測精度が高く、予測残差が 0 になりやすい。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、量子化後の予測残差が 0 になりやすい。このように、下位層の三次元点ほど、量子化後の予測残差が 0 になりやすい。よって、下位層の第 1 符号列ほど、値 0 が連続して発生しやすい。ここで、第 1 符号列とは、図 9 4 に示すように、上記符号化順に従い複数の点の量子化後の予測残差を配列した符号列である。

【0720】

これに対して、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の予測残差を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、量子化後の予測残差の値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。

【0721】

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95は、符号化三次元点の総数がTの場合の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。

【0722】

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、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、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。

【0723】

図96は、属性情報（attribute__data）のシンタックス例を示す図である。属性情報（attribute__data）は、ゼロ連続数（ZeroCnt）と、属性次元数（attribute__dimension）と、予測残差（value[j][i]）とを含む。

【0724】

ゼロ連続数（ZeroCnt）は、量子化後の予測残差において値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、ZeroCntを二値化したうえで算術符号化してもよい。

【0725】

属性次元数（attribute__dimension）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（RGB又はYUV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。

【0726】

予測残差（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予測残差を示す。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）の予測残差を示す。また、属性情報が反射率情報の場合、value[119][0]は120番目の三次元点の一次元番目（例えば反射率）の予測残差を示す。

【0727】

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]

10

20

30

40

50

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を加算することで予測残差を復元する。

【0728】

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予測残差から値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を加算して予測残差を算出する。

【0729】

より具体的には、例えば、反射率の予測残差が10の場合、三次元データ符号化装置は、予測残差の値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を加算して予測残差の値10を算出する。

【0730】

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予測残差が同じ場合は、各予測残差から値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の予測残差=(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の予測残差=(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)をそのまま予測残差として用いる。

【0731】

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。

【0732】

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)の予測残差の値が0となる回数をカウントしてもよい。図97は、この場合の予測残差と `ZeroCnt` の例を示す図である。例えば、図97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である予測残差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。

【0733】

図98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98に示す属性情報は、図96に示す属性情報に対して、さらに、予測モード情報(`PredMode`)を含む。

【0734】

予測モード情報(`PredMode`)は、j番目の三次元点の属性値を符号化又は復号するための予測モードを示す。`PredMode` は、値0からM-1(Mは予測モードの総数)の値をとる。`PredMode` がビットストリームに含まれない場合(条件である `maxdiff>=Thfix&&NumPredMode[i]>1` を満たさない場合)、三次元データ復号装置は、`PredMode` は値0であると推定してもよい。

【0735】

ここで、`maxdiff`は、参照可能な複数の三次元点の属性情報の最大絶対差分値である。`Thfix[i]`は、予め定められた閾値である。また、予測モード情報の値0は、例えば、参照可能な複数の三次元点の属性情報の平均値を予測値として用いる予測モードである。つまり、参照可能な複数の属性情報の差が予め定められた値より少ない場合には、予め定められた予測モードが用いられる。また、`NumPredMode[i]`は、使用可能な予測モードの数を示す。つまり、使用可能な予測モードの数が1である場合には、予め定められた予測モードが用いられる。

【0736】

なお、三次元データ復号装置は、値0に限らず0からM-1のいずれかの予め定められた値を推定値として用いてもよい。また、`PredMode`がビットストリームに含まれない場合の推定値が別途ヘッダ等に付加されてもよい。

10

【0737】

三次元データ符号化装置は、`PredMode`を、予測値が割当たった予測モード数を用いてランケットユニナリ符号で二値化して算術符号化してもよい。

【0738】

図99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(`S6501`)。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。

【0739】

次に、三次元データ符号化装置は、属性情報を変換する(`S6502`)。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個の三次元点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決定する。また、三次元データ符号化装置は、量子化等によって2個以上の三次元点が同一の三次元位置に変化した場合は、その変化後の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。

20

【0740】

次に、三次元データ符号化装置は、属性情報を符号化する(`S6503`)。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。

30

【0741】

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。

40

【0742】

図100は、属性情報符号化処理(`S6503`)のフローチャートである。まず、三次元データ符号化装置は、`LOD`を設定する(`S6511`)。つまり、三次元データ符号化装置は、各三次元点を複数の`LOD`のいずれかに割り当てる。

【0743】

50

次に、三次元データ符号化装置は、L o D 単位のループを開始する（S 6 5 1 2）。つまり、三次元データ符号化装置は、L o D 毎にステップ S 6 5 1 3 ～ S 6 5 2 1 の処理を繰り返し行う。

【0 7 4 4】

次に、三次元データ符号化装置は、三次元点単位のループを開始する（S 6 5 1 3）。つまり、三次元データ符号化装置は、三次元点毎にステップ S 6 5 1 4 ～ S 6 5 2 0 の処理を繰り返し行う。

【0 7 4 5】

まず、三次元データ符号化装置は、処理対象の対象三次元点の予測値の算出に用いる、対象三次元点の周囲に存在する三次元点である複数の周囲点を探索する（S 6 5 1 4）。次に、三次元データ符号化装置は、複数の周囲点の属性情報の値の重み付け平均を算出し、得られた値を予測値 P に設定する（S 6 5 1 5）。次に、三次元データ符号化装置は、対象三次元点の属性情報と予測値との差分である予測残差を算出する（S 6 5 1 6）。次に、三次元データ符号化装置は、予測残差を量子化することで量子化値を算出する（S 6 5 1 7）。次に、三次元データ符号化装置は、量子化値を算術符号化する（S 6 5 1 8）。

【0 7 4 6】

また、三次元データ符号化装置は、量子化値を逆量子化することで逆量子化値を算出する（S 6 5 1 9）。次に、三次元データ符号化装置は、逆量子化値に予測値を加算することで復号値を生成する（S 6 5 2 0）。次に、三次元データ符号化装置は、三次元点単位のループを終了する（S 6 5 2 1）。また、三次元データ符号化装置は、L o D 単位のループを終了する（S 6 5 2 2）。

【0 7 4 7】

図 1 0 1 は、予測残差符号化処理（S 6 5 1 8）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、予測残差を符号付き整数値から符号なし整数値に変換する（S 6 5 3 1）。

【0 7 4 8】

全ての予測残差を処理済みでない場合（S 6 5 3 2 で N o）、三次元データ符号化装置は、処理対象の予測残差の値がゼロであるかを判定する（S 6 5 3 3）。処理対象の予測残差の値がゼロである場合（S 6 5 3 3 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（S 6 5 3 4）、ステップ S 6 5 3 2 に戻る。

【0 7 4 9】

処理対象の予測残差の値がゼロでない場合（S 6 5 3 3 で N o）、三次元データ符号化装置は、Z e r o C n t を符号化し、Z e r o C n t を 0 にリセットする（S 6 5 3 5）。また、三次元データ符号化装置は、処理対象の予測残差を符号化し（S 6 5 3 6）、ステップ S 6 5 3 2 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、予測残差から値 1 を減算し、得られた値を符号化してもよい。

【0 7 5 0】

また、ステップ S 6 5 3 3 ～ S 6 5 3 6 の処理が予測残差毎に繰り返し行われる。また、全ての予測残差を処理済みである場合（S 6 5 3 2 で Y e s）、三次元データ符号化装置は、処理を終了する。

【0 7 5 1】

図 1 0 2 は、本実施の形態に係る三次元データ復号処理のフローチャートである。まず、三次元データ復号装置は、ビットストリームから位置情報（g e o m e t r y）を復号する（S 6 5 4 1）。例えば、三次元データ復号装置は、8 分木表現を用いて復号を行う。

【0 7 5 2】

次に、三次元データ復号装置は、ビットストリームから属性情報を復号する（S 6 5 4 2）。例えば、三次元データ復号装置は、複数の属性情報を復号する場合は、複数の属性情報を順に復号してもよい。例えば、三次元データ復号装置は、属性情報として、色と反射率を復号する場合は、ビットストリームに付加されている順に従い、色の符号化結果、

10

20

30

40

50

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。

【0753】

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。

10

【0754】

図103は、属性情報復号処理（S6542）のフローチャートである。まず、三次元データ復号装置は、L o Dを設定する（S6551）。つまり、三次元データ復号装置は、復号された位置情報を有する複数の三次元点の各々を複数のL o Dのいずれかに割り当てる。例えば、この割り当て方法は、三次元データ符号化装置で用いられた割り当て方法と同じ方法である。

【0755】

次に、三次元データ復号装置は、L o D単位のループを開始する（S6552）。つまり、三次元データ復号装置は、L o D毎にステップS6553～S6559の処理を繰り返し行う。

20

【0756】

次に、三次元データ復号装置は、三次元点単位のループを開始する（S6553）。つまり、三次元データ復号装置は、三次元点毎にステップS6554～S6558の処理を繰り返し行う。

【0757】

まず、三次元データ復号装置は、処理対象の対象三次元点の予測値の算出に用いる、対象三次元点の周囲に存在する三次元点である複数の周囲点を探索する（S6554）。次に、三次元データ復号装置は、複数の周囲点の属性情報の値の重み付け平均を算出し、得られた値を予測値Pに設定する（S6555）。なお、これらの処理は三次元データ符号化装置における処理と同様である。

30

【0758】

次に、三次元データ復号装置は、ビットストリームから量子化値を算術復号する（S6556）。また、三次元データ復号装置は、復号した量子化値を逆量子化することで逆量子化値を算出する（S6557）。次に、三次元データ復号装置は、逆量子化値に予測値を加算することで復号値を生成する（S6558）。次に、三次元データ復号装置は、三次元点単位のループを終了する（S6559）。また、三次元データ復号装置は、L o D単位のループを終了する（S6560）。

40

【0759】

図104は、予測残差復号処理（S6556）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（S6561）。全ての予測残差を処理済みでない場合（S6562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（S6563）。

【0760】

ZeroCntがゼロより大きい場合（S6563でYes）、三次元データ復号装置は、処理対象の予測残差を0に設定する（S6564）。次に、三次元データ復号装置は、ZeroCntを1減算し（S6565）、ステップS6562に戻る。

【0761】

50

ZeroCntがゼロである場合（S6563でNo）、三次元データ復号装置は、処理対象の予測残差を復号する（S6566）。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、復号した予測残差に値1を加算してもよい。

【0762】

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（S6567）、ステップS6562に戻る。

【0763】

また、ステップS6563～S6567の処理が予測残差毎に繰り返し行われる。また、全ての予測残差を処理済みである場合（S6562でYes）、三次元データ符号化装置は、復号した複数の予測残差を符号なし整数値から符号付き整数値に変換する（S6568）。

【0764】

図105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6500のブロック図である。属性情報符号化部6500は、LoD設定部6501と、探索部6502と、予測部6503と、減算部6504と、量子化部6505と、逆量子化部6506と、再構成部6507と、メモリ6508とを備える。

【0765】

LoD設定部6501は、三次元点の位置情報を用いてLoDを生成する。探索部6502は、LoD生成結果と三次元点間の距離情報とを用いて各三次元点の近隣三次元点を探索する。予測部6503は、対象三次元点の属性情報の予測値を生成する。また、予測部6503は、0～M-1の複数の予測モードに予測値を割り当て、複数の予測モードから使用する予測モードを選択する。

【0766】

減算部6504は、属性情報から予測値を減算することで予測残差を生成する。量子化部6505は、属性情報の予測残差を量子化する。逆量子化部6506は、量子化後の予測残差を逆量子化する。再構成部6507は、予測値と逆量子化後の予測残差とを加算することで復号値を生成する。メモリ6508は、復号済みの各三次元点の属性情報の値（復号値）を記憶する。メモリ6508に記憶される復号済みの三次元点の属性情報は、予測部6503による、符号化されていない三次元点の予測に利用される。

【0767】

算術符号化部6509は、量子化後の予測残差からZeroCntを算出し、ZeroCntを算術符号化する。また、算術符号化部6509は、量子化後の非ゼロの予測残差を算術符号化する。算術符号化部6509は、予測残差を算術符号化前に二値化してもよい。また、算術符号化部6509は、各種ヘッダ情報を生成及び符号化してもよい。また、算術符号化部6509は、予測部6503が符号化に使用した予測モードを示す予測モード情報（PredMode）を算術符号化してビットストリームに付加してもよい。

【0768】

図106は、三次元データ復号装置に含まれる属性情報復号部6510のブロック図である。属性情報復号部6510は、算術復号部6511と、LoD設定部6512と、探索部6513と、予測部6514と、逆量子化部6515と、再構成部6516と、メモリ6517とを備える。

【0769】

算術復号部6511は、ビットストリームに含まれるZeroCntと予測残差とを算術復号する。また、算術復号部6511は、各種ヘッダ情報を復号する。また、算術復号部6511は、ビットストリームから予測モード情報（PredMode）を算術復号し、得られた予測モード情報を予測部6514に出力する。

【0770】

LoD設定部6512は、復号された三次元点の位置情報を用いてLoDを生成する。探索部6513は、LoD生成結果と三次元点間の距離情報を用いて各三次元点の近隣三

10

20

30

40

50

次元点を探索する。

【0771】

予測部6514は、復号対象の対象三次元点の属性情報の予測値を生成する。逆量子化部6515は、算術復号された予測残差を逆量子化する。再構成部6516は、予測値と逆量子化後の予測残差とを加算することで復号値を生成する。メモリ6517は、復号済みの各三次元点の属性情報の値（復号値）を記憶する。メモリ6517に記憶される復号済みの三次元点の属性情報は、予測部6514による、復号されていない三次元点の予測に利用される。

【0772】

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、符号化順としてL o Dの上位層から下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、L o Dの下位層から上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。

10

【0773】

また、本実施の形態では、三次元点からL o Dを構築し、L o Dの情報を元に符号化を行う例を示したが、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又は三次元データ復号装置は、三次元点の位置情報を用いてモートン符号（M o r t o n c o d e）を生成し、モートン符号の順に符号化又は復号を行ってもよい。これにより、L o Dを生成する処理時間を削減できるので、高速化を実現できる。

20

【0774】

また、本実施の形態では、L o Dの各層の予測残差を算出し、算出した予測残差を量子化し、量子化後の予測残差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、三次元データ符号化装置は、下位層の予測残差を生成後、下位層の予測残差を上位層にフィードバックして符号化を行う方式を用いてもよい。例えば、三次元データ符号化装置は、下位層の予測残差を、予測に用いた上位層の属性値（属性情報）に重みを付けて加算し、加算後の属性値を上位層の三次元点の属性値として符号化する方式において、その予測残差を符号化する際に、本方式を適用してもよい。これにより、予測残差を効率良く符号化でき、符号化効率を向上できる。

【0775】

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の予測残差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。

30

40

【0776】

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、量子化後の予測残差（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、L o Dの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。

【0777】

図107は、この符号化の例を示す図である。図107に示す例の場合、三次元データ符号化装置は、下位層L o D 2に含まれる点c Nからc 2、c 1、c 0、b 2、b 1、b 0、a 2、a 1、a 0の順で複数の三次元点を符号化する。ここで、下位層のL o Dほど

50

、量子化後の予測残差が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。

【0778】

下位層のL o Dに属する三次元点の予測値は、上位層の三次元点の予測値より多くの三次元点を参照して生成されるため、予測精度が高く、予測残差自体が0になりやすい。また、上述した適用的な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、量子化後の予測残差が0になりやすい。このように、下位層の三次元点ほど、量子化後の予測残差が0になりやすい。よって、下位層の第1符号列ほど、値0が連続して発生しやすい。

【0779】

これに対して、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。これにより、量子化後の予測残差の値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（ZeroCnt）を符号化することで符号化効率を向上できる。

【0780】

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。

【0781】

例えば、三次元データ符号化装置は、値0の予測残差の総数をTotalZeroCntとして符号化する。これにより、図107に示す例では、第2符号列に含まれる2個の目の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。

【0782】

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。

【0783】

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、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、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。

【0784】

図108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108に示す属性情報（attribute_data）は、図96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96と同様である。ゼロ総数（TotalZeroCnt）は、量子化後の値0の予測残差の総数を示す。

10

20

30

40

50

【0785】

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）の予測残差の値が0となる回数をカウントしてもよい。図109は、この場合の予測残差、`ZeroCnt`及び`TotalZeroCnt`の例を示す図である。例えば、図109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である予測残差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。

10

【0786】

図110は、本変形例における予測残差符号化処理（S6518）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、予測残差を符号付き整数値から符号なし整数値に変換する（S6571）。次に、三次元データ符号化装置は、`TotalZeroCnt`を符号化する（S6572）。

【0787】

全ての予測残差を処理済みでない場合（S6573でNo）、三次元データ符号化装置は、処理対象の予測残差の値がゼロであるかを判定する（S6574）。処理対象の予測残差の値がゼロである場合（S6574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（S6575）、ステップS6573に戻る。

20

【0788】

処理対象の予測残差の値がゼロでない場合（S6574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（S6576）。`TotalZeroCnt`が0より大きい場合（S6576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（S6577）。

30

【0789】

ステップS6577の後、又は、`TotalZeroCnt`が0である場合（S6576でNo）、三次元データ符号化装置は、予測残差を符号化し、`ZeroCnt`を0にリセットし（S6578）、ステップS6573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、予測残差から値1を減算し、得られた値を符号化してもよい。

【0790】

また、ステップS6574～S6578の処理が予測残差毎に繰り返し行われる。また、全ての予測残差を処理済みである場合（S6573でYes）、三次元データ符号化装置は、処理を終了する。

40

【0791】

図111は、本変形例における予測残差復号処理（S6556）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（S6581）。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（S6582）。

【0792】

全ての予測残差を処理済みでない場合（S6583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（S6584）。

【0793】

50

ZeroCntがゼロより大きい場合（S6584でYes）、三次元データ復号装置は、処理対象の予測残差を0に設定する（S6585）。次に、三次元データ復号装置は、ZeroCntを1減算し（S6586）、ステップS6583に戻る。

【0794】

ZeroCntがゼロである場合（S6584でNo）、三次元データ復号装置は、処理対象の予測残差を復号する（S6587）。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、復号した予測残差に値1を加算してもよい。

【0795】

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（S6588）。TotalZeroCntが0より大きい場合（S6588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（S6589）、ステップS6583に戻る。また、TotalZeroCntが0である場合（S6588でNo）、三次元データ復号装置は、ステップS6583に戻る。

【0796】

また、ステップS6584～S6589の処理が予測残差毎に繰り返し行われる。また、全ての予測残差を処理済みである場合（S6583でYes）、三次元データ符号化装置は、復号した予測残差を符号なし整数値から符号付き整数値に変換する（S6590）。

【0797】

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112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の各々と、当該属性情報に対応する予測値との差分である複数の差分値（例えば予測残差）を算出する（S6591）。三次元データ符号化装置は、複数の差分値が配列された第1符号列において値ゼロの差分値であるゼロ差分値が連続する数を示す第1情報（例えば、ZeroCnt）と、非ゼロの差分値の値を示す第2情報（例えば、value）とを含む第2符号列を生成する（S6592）。三次元データ符号化装置は、第2符号列を含むビットストリームを生成する（S6593）。

【0798】

これによれば、三次元データ符号化装置は、第1情報を用いることで値ゼロの差分値が連続する場合における符号量を低減できるので、符号化効率を向上できる。

【0799】

例えば、図97に示すように、複数の属性情報の各々は、複数の成分を含み、複数の差分値の各々は、複数の成分に対応する複数の差分成分を含み、第1情報は、複数の差分成分が全てゼロであるゼロ差分値が連続する数を示し、第2情報は、複数の差分成分のうち少なくとも一つがゼロでない非ゼロの差分値に含まれる複数の差分成分の値を示す。

【0800】

これによれば、三次元データ符号化装置は、成分毎に第1情報を設ける場合に比べて符号量を低減できるので、符号化効率を向上できる。

【0801】

例えば、第2情報は、非ゼロの差分値に含まれる複数の成分の値の少なくとも2つが異なる場合、当該複数の成分の値を示し、非ゼロの差分値に含まれる複数の成分の値が全て同じ場合、当該複数の成分の値の各々から1を減算した値を示す。

【0802】

これによれば、三次元データ符号化装置は、符号量を低減できるので、符号化効率を向上できる。

【0803】

例えば、第2情報は、複数の属性情報の各々に2以上の成分が含まれる場合、当該2以上の成分の値を示し、複数の属性情報の各々に一つの成分が含まれる場合、当該一つの成分の値から1を減算した値を示す。

10

20

30

40

50

【0804】

これによれば、三次元データ符号化装置は、符号量を低減できるので、符号化効率を向上できる。

【0805】

例えば、複数の三次元点は、複数の三次元点の位置情報に基づき複数の階層（例えば、L o D）に分類され、第1符号列において複数の差分値は階層毎に配列される。

【0806】

例えば、三次元データ符号化装置は、さらに、複数の差分値の各々を量子化し、第1符号列には、量子化後の複数の差分値が配列される。

【0807】

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。

【0808】

また、本実施の形態に係る三次元データ復号装置は、図113に示す処理を行う。三次元データ復号装置は、ビットストリームから、点群データに含まれる複数の三次元点の複数の属性情報の各々と、当該属性情報に対応する予測値との差分である複数の差分値（例えば、予測残差）が配列された第1符号列において値ゼロの差分値であるゼロ差分値が連続する数を示す第1情報（例えば、Z e r o C n t）と、非ゼロの差分値の値を示す第2情報（例えば、v a l u e）とを含む第2符号列を取得する（S 6 5 9 5）。三次元データ復号装置は、第2符号列から第1符号列を復元することで複数の差分値を取得する（S 6 5 9 6）。三次元データ復号装置は、複数の差分値に、当該差分値に対応する予測値を加算することで複数の属性情報を算出する（S 6 5 9 7）。

【0809】

これによれば、三次元データ復号装置は、第1情報を用いることで値ゼロの差分値が連続する場合における符号量を低減できるので、符号化効率を向上できる。

【0810】

例えば、図97に示すように、複数の属性情報の各々は、複数の成分を含み、複数の差分値の各々は、複数の成分に対応する複数の差分成分を含み、第1情報は、複数の差分成分が全てゼロであるゼロ差分値が連続する数を示し、第2情報は、複数の差分成分のうち少なくとも一つがゼロでない非ゼロの差分値に含まれる複数の差分成分の値を示す。

【0811】

これによれば、三次元データ復号装置は、成分毎に第1情報を設ける場合に比べて符号量を低減できるので、符号化効率を向上できる。

【0812】

例えば、第2情報は、非ゼロの差分値に含まれる複数の成分の値の少なくとも2つが異なる場合、当該複数の成分の値を示し、非ゼロの差分値に含まれる複数の成分の値が全て同じ場合、当該複数の成分の値の各々から1を減算した値を示す。

【0813】

これによれば、三次元データ復号装置は、符号量を低減できるので、符号化効率を向上できる。

【0814】

例えば、三次元データ復号装置は、第2情報で示される複数の値が同じ場合、当該複数の値の各々に1を加算することで複数の成分の値を算出し、算出された複数の成分の値を用いて第1符号列を復元する。

【0815】

例えば、第2情報は、複数の属性情報の各々に2以上の成分が含まれる場合、当該2以上の成分の値を示し、複数の属性情報の各々に一つの成分が含まれる場合、当該一つの成分の値から1を減算した値を示す。

【0816】

これによれば、三次元データ復号装置は、符号量を低減できるので、符号化効率を向上

10

20

30

40

50

できる。

【0817】

例えば、三次元データ復号装置は、第2情報に一つの成分に対応する値が示される場合、当該値に1を加算することで一つの成分の値を算出し、算出された一つの成分の値を用いて第1符号列を復元する。

【0818】

例えば、複数の三次元点は、複数の三次元点の位置情報に基づき複数の階層（例えば、L o D）に分類され、第1符号列において複数の差分値は階層毎に配列される。

【0819】

例えば、第1符号列には、量子化された複数の差分値が配列され、三次元データ復号装置は、第1符号列を復元することで量子化された複数の差分値を取得し、量子化された複数の差分値の各々を逆量子化することで複数の差分値を取得する。

10

【0820】

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。

【0821】

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。

【0822】

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L S I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。

20

【0823】

また、集積回路化はL S I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。L S I製造後にプログラムすることが可能なF P G A (F i e l d P r o g r a m m a b l e G a t e A r r a y)、又はL S I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。

【0824】

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、C P U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。

30

【0825】

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。

【0826】

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

40

【0827】

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。

【0828】

以上、一つまたは複数の態様に係る三次元データ符号化装置及び三次元データ復号装置等について、実施の形態に基づいて説明したが、本開示は、この実施の形態に限定されるものではない。本開示の趣旨を逸脱しない限り、当業者が思いつく各種変形を本実施の形態に施したものや、異なる実施の形態における構成要素を組み合わせて構築される形態も

50

、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】

【0829】

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】

【0830】

100、400 三次元データ符号化装置

101、201、401、501 取得部

102、402 符号化領域決定部

103 分割部

104、644 符号化部

111 三次元データ

112、211、413、414、511、634 符号化三次元データ

200、500 三次元データ復号装置

202 復号開始GOS決定部

203 復号SPC決定部

204、625 復号部

212、512、513 復号三次元データ

403 SWLD抽出部

404 WLD符号化部

405 SWLD符号化部

411 入力三次元データ

412 抽出三次元データ

502 ヘッダ解析部

503 WLD復号部

504 SWLD復号部

620、620A 三次元データ作成装置

621、641 三次元データ作成部

622 要求範囲決定部

623 探索部

624、642 受信部

626 合成部

631、651 センサ情報

632 第1三次元データ

633 要求範囲情報

635 第2三次元データ

636 第3三次元データ

640 三次元データ送信装置

643 抽出部

645 送信部

652 第5三次元データ

654 第6三次元データ

700 三次元情報処理装置

701 三次元マップ取得部

702 自車検知データ取得部

703 異常ケース判定部

704 対処動作決定部

705 動作制御部

711 三次元マップ

712 自車検知三次元データ

10

20

30

40

50

8 1 0	三次元データ作成装置	
8 1 1	データ受信部	
8 1 2、8 1 9	通信部	
8 1 3	受信制御部	
8 1 4、8 2 1	フォーマット変換部	
8 1 5	センサ	
8 1 6	三次元データ作成部	
8 1 7	三次元データ合成部	
8 1 8	三次元データ蓄積部	
8 2 0	送信制御部	10
8 2 2	データ送信部	
8 3 1、8 3 2、8 3 4、8 3 5、8 3 6、8 3 7	三次元データ	
8 3 3	センサ情報	
9 0 1	サーバ	
9 0 2、9 0 2 A、9 0 2 B、9 0 2 C	クライアント装置	
1 0 1 1、1 1 1 1	データ受信部	
1 0 1 2、1 0 2 0、1 1 1 2、1 1 2 0	通信部	
1 0 1 3、1 1 1 3	受信制御部	
1 0 1 4、1 0 1 9、1 1 1 4、1 1 1 9	フォーマット変換部	
1 0 1 5	センサ	20
1 0 1 6、1 1 1 6	三次元データ作成部	
1 0 1 7	三次元画像処理部	
1 0 1 8、1 1 1 8	三次元データ蓄積部	
1 0 2 1、1 1 2 1	送信制御部	
1 0 2 2、1 1 2 2	データ送信部	
1 0 3 1、1 0 3 2、1 1 3 5	三次元マップ	
1 0 3 3、1 0 3 7、1 1 3 2	センサ情報	
1 0 3 4、1 0 3 5、1 1 3 4	三次元データ	
1 1 1 7	三次元データ合成部	
1 2 0 1	三次元マップ圧縮／復号処理部	30
1 2 0 2	センサ情報圧縮／復号処理部	
1 2 1 1	三次元マップ復号処理部	
1 2 1 2	センサ情報圧縮処理部	
1 3 0 0	三次元データ符号化装置	
1 3 0 1	分割部	
1 3 0 2	減算部	
1 3 0 3	変換部	
1 3 0 4	量子化部	
1 3 0 5、1 4 0 2	逆量子化部	
1 3 0 6、1 4 0 3	逆変換部	40
1 3 0 7、1 4 0 4	加算部	
1 3 0 8、1 4 0 5	参照ボリュームメモリ	
1 3 0 9、1 4 0 6	イントラ予測部	
1 3 1 0、1 4 0 7	参照スペースメモリ	
1 3 1 1、1 4 0 8	インター予測部	
1 3 1 2、1 4 0 9	予測制御部	
1 3 1 3	エントロピー符号化部	
1 4 0 0	三次元データ復号装置	
1 4 0 1	エントロピー復号部	
2 1 0 0	三次元データ符号化装置	50

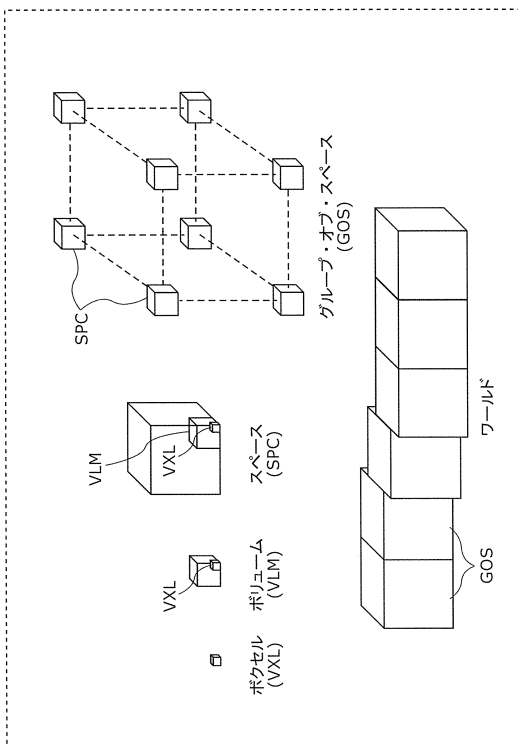
2 1 0 1、2 1 1 1 8 分木生成部
 2 1 0 2、2 1 1 2 幾何情報算出部
 2 1 0 3、2 1 1 3 符号化テーブル選択部
 2 1 0 4 エントロピー符号化部
 2 1 1 0 三次元データ復号装置
 2 1 1 4 エントロピー復号部
 3 0 0 0 三次元データ符号化装置
 3 0 0 1 位置情報符号化部
 3 0 0 2 属性情報再割り当て部
 3 0 0 3 属性情報符号化部
 3 0 1 0 三次元データ復号装置
 3 0 1 1 位置情報復号部
 3 0 1 2 属性情報復号部
 6 5 0 0 属性情報符号化部
 6 5 0 1、6 5 1 2 L o D 設定部
 6 5 0 2、6 5 1 3 探索部
 6 5 0 3、6 5 1 4 予測部
 6 5 0 4 減算部
 6 5 0 5 量子化部
 6 5 0 6、6 5 1 5 逆量子化部
 6 5 0 7、6 5 1 6 再構成部
 6 5 0 8、6 5 1 7 メモリ
 6 5 0 9 算術符号化部
 6 5 1 0 属性情報復号部
 6 5 1 1 算術復号部

10

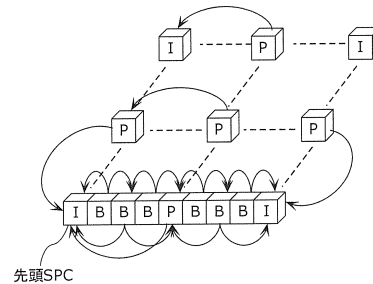
20

【図面】

【図 1】



【図 2】

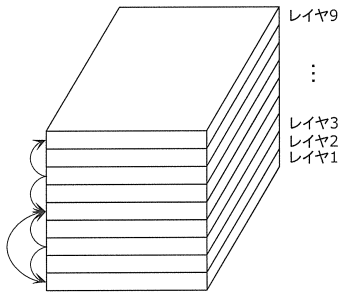


30

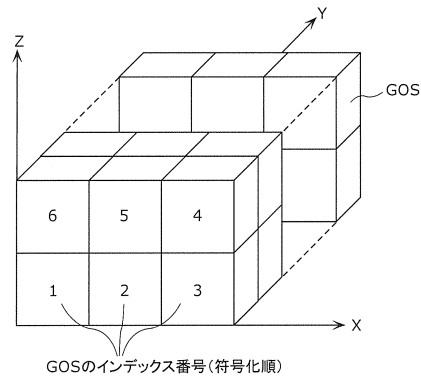
40

50

【図 3】

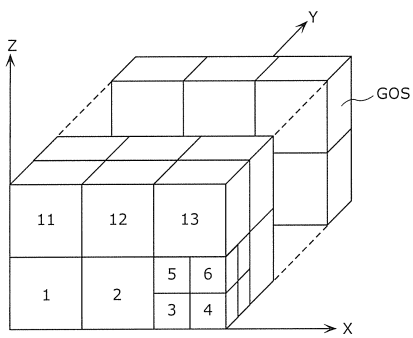


【図 4】

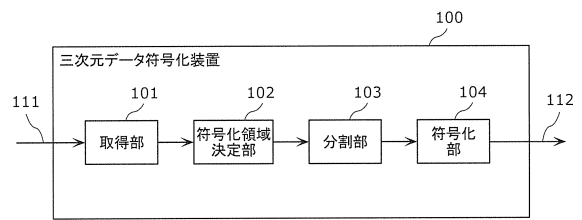


10

【図 5】

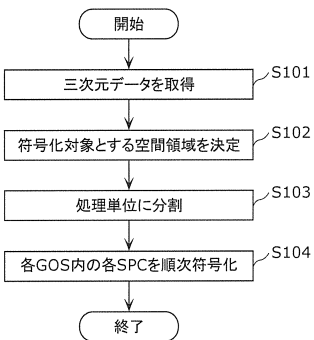


【図 6】

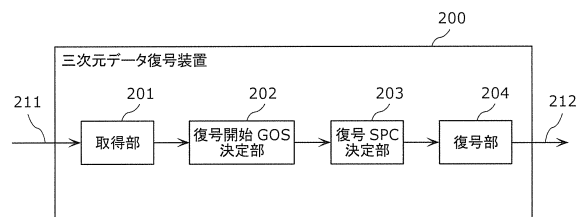


20

【図 7】



【図 8】

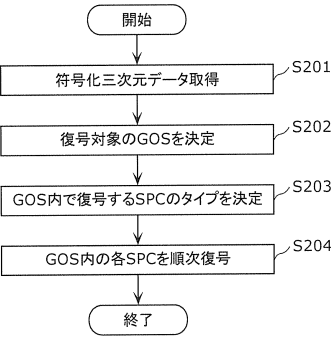


30

40

50

【図 9】



【図 10】

オブジェクト	GOS番号	座標	GOS番号
object(1)	1, 2	(x1, y1, z1)	1
object(2)	5	(x2, y2, z2)	2
object(3)	8, 9, 10	(x3, y3, z3)	3
...	...	...	...
object(N)	101, 113, 125	(xN, yN, zN)	N

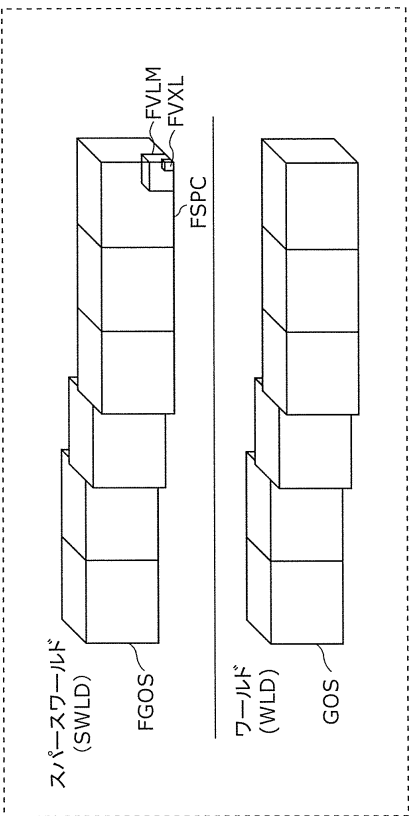
オブジェクト-GOSテーブル 座標-GOSテーブル

時刻	GOS番号	GOS番号	GOSアドレス
pts(1)	1	1	addr(1)
pts(2)	30	2	addr(2)
pts(3)	50	3	addr(3)
...	...	...	...
pts(N)	200	N	addr(N)

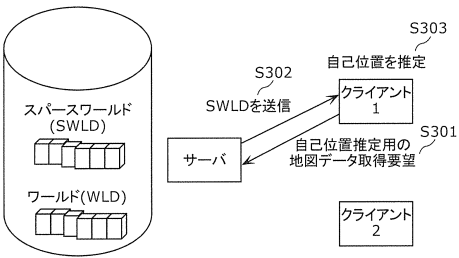
時刻-GOSテーブル GOS-アドレステーブル

10

【図 11】



【図 12】



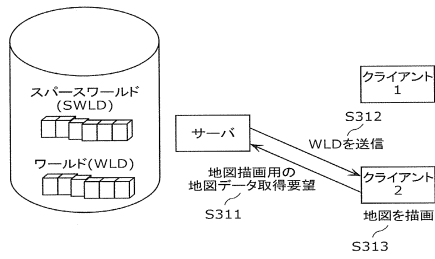
20

30

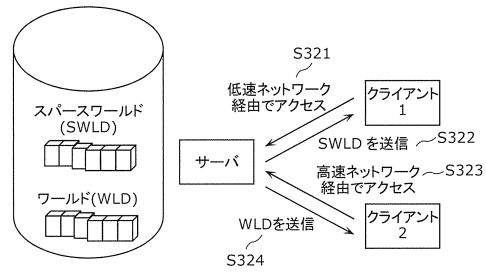
40

50

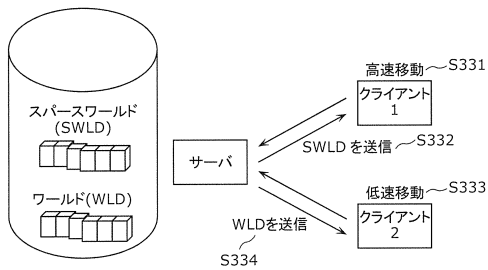
【図 13】



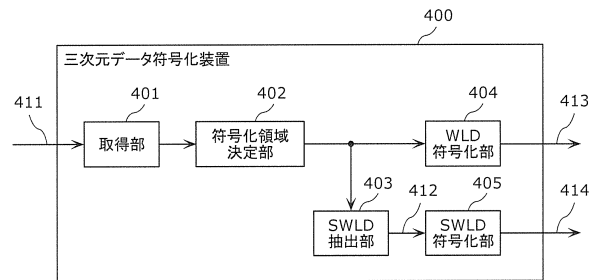
【図 14】



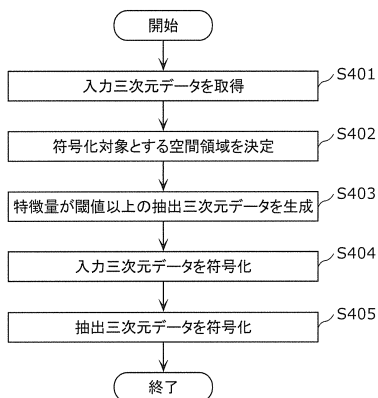
【図 15】



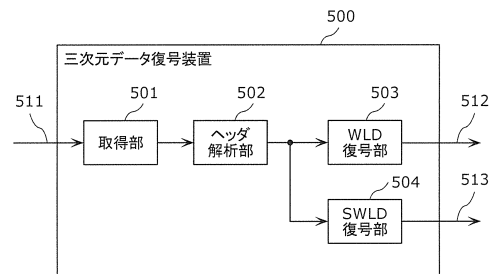
【図 16】



【図 17】



【図 18】



10

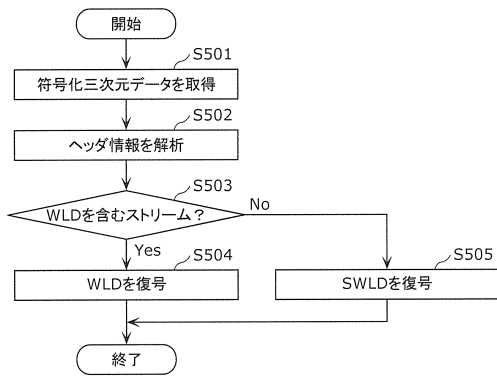
20

30

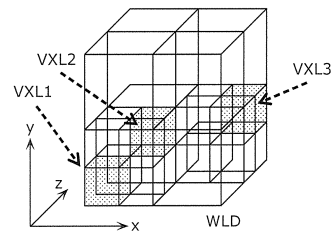
40

50

【図 19】

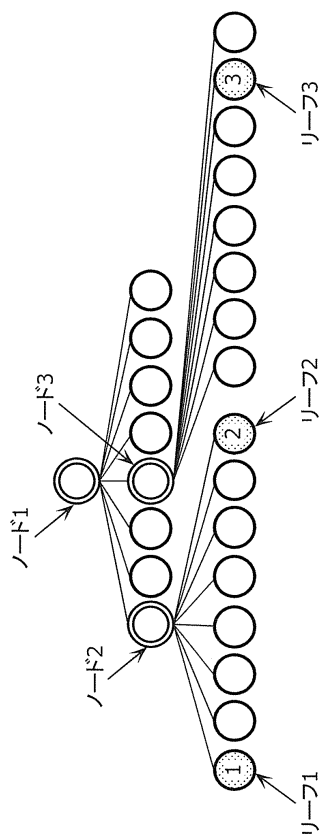


【図 20】

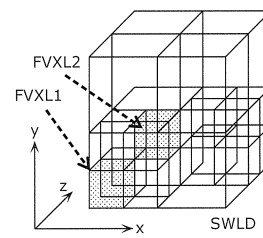


10

【図 21】



【図 22】



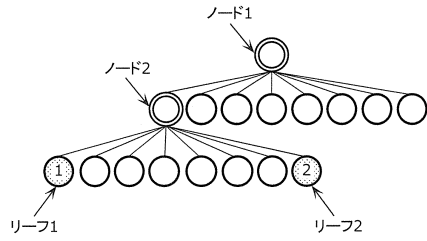
20

30

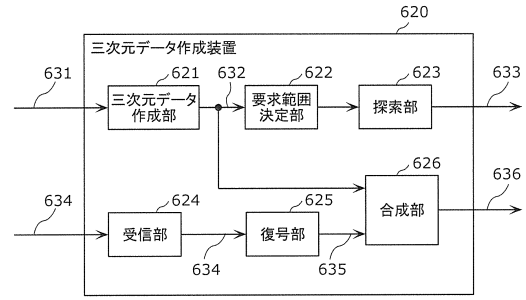
40

50

【図 2 3】

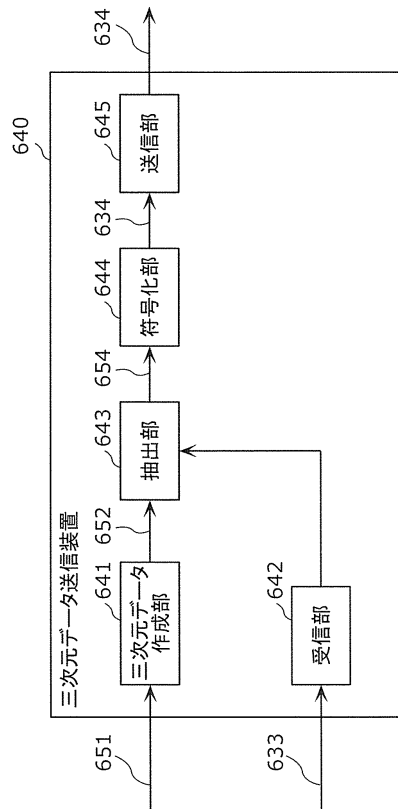


【図 2 4】

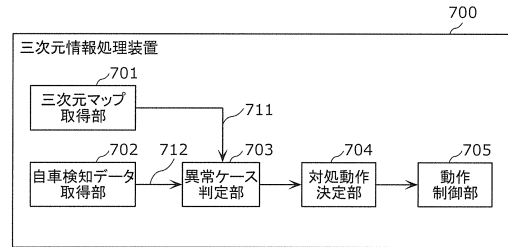


10

【図 2 5】



【図 2 6】



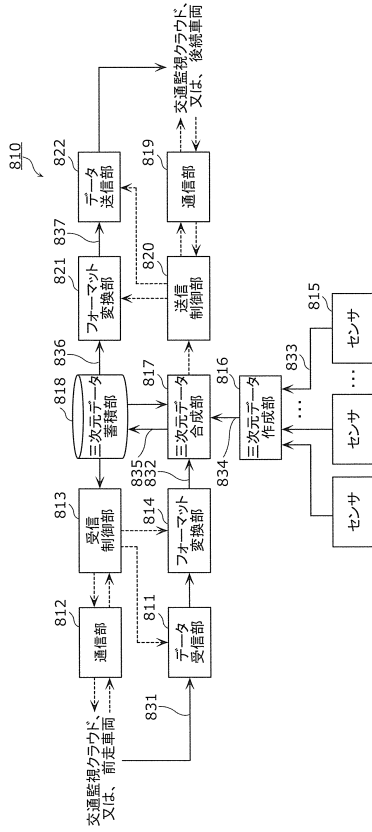
20

30

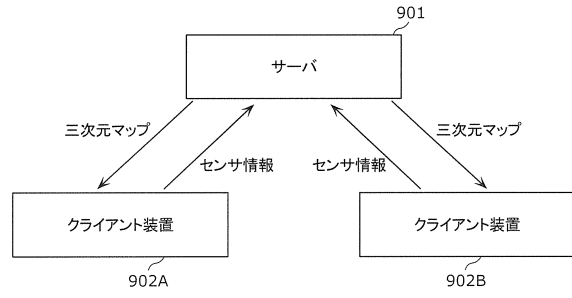
40

50

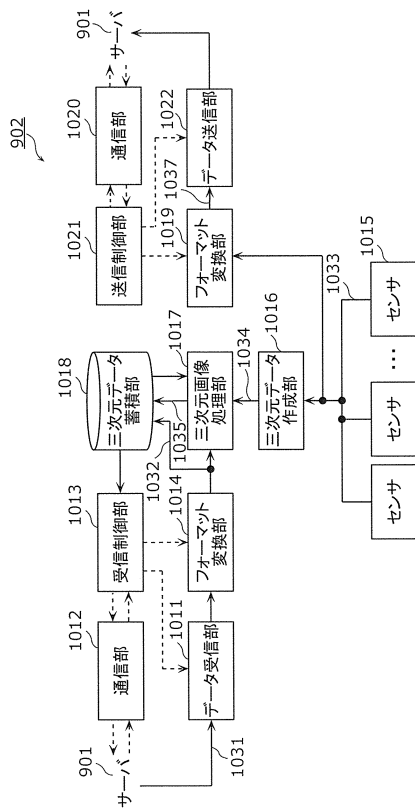
【図 27】



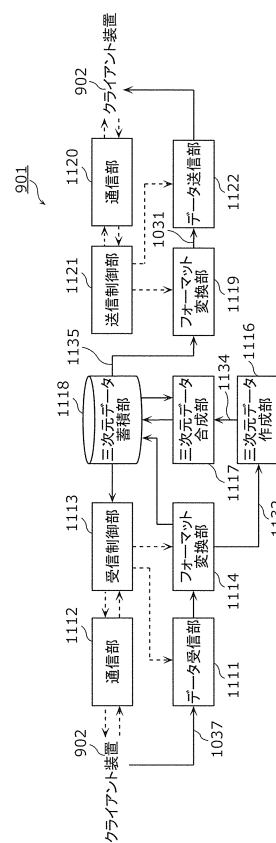
【図 28】



【図 29】



【図 30】



10

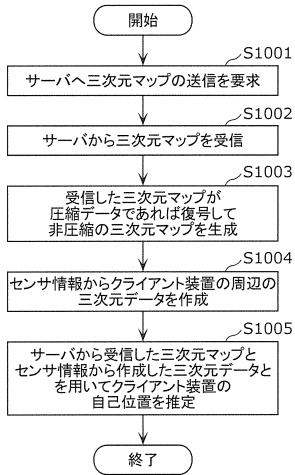
20

30

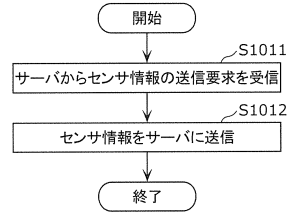
40

50

【図 3 1】

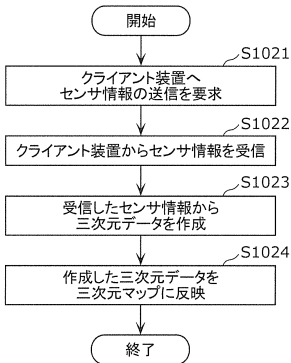


【図 3 2】

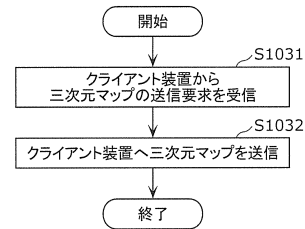


10

【図 3 3】



【図 3 4】



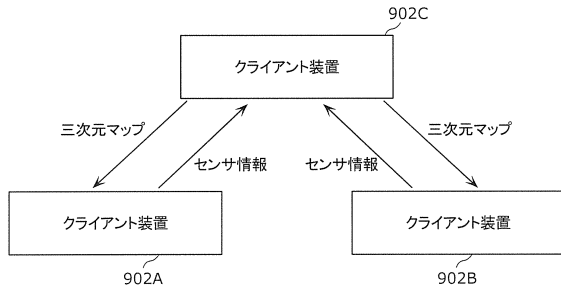
20

30

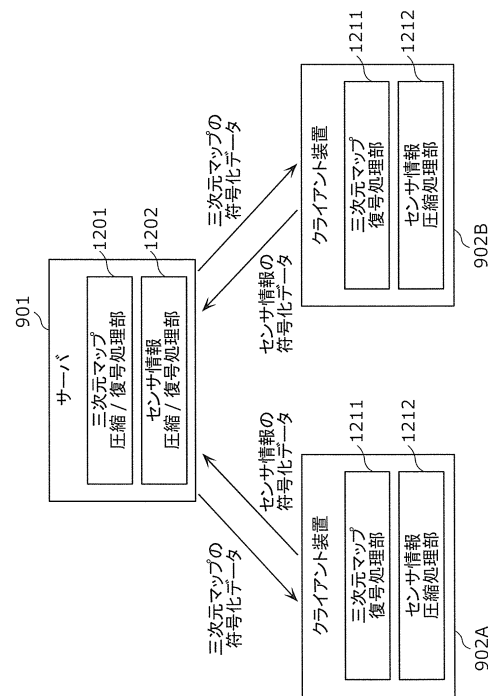
40

50

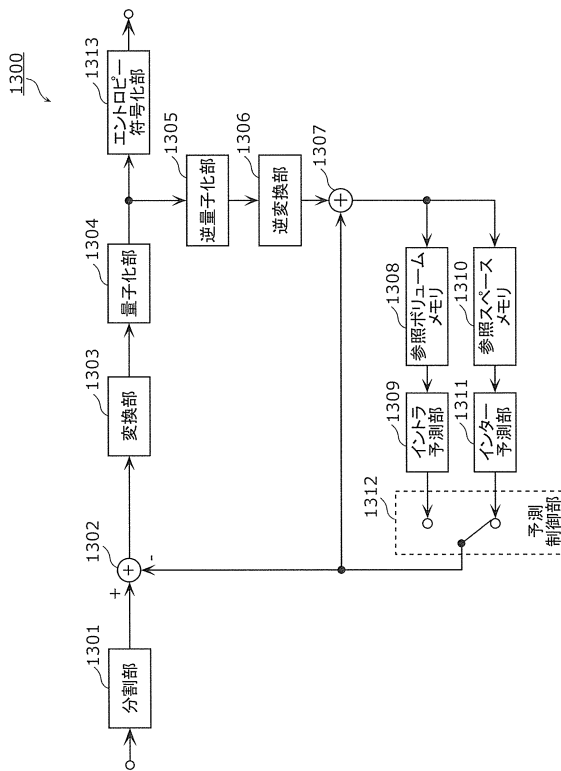
【図 3 5】



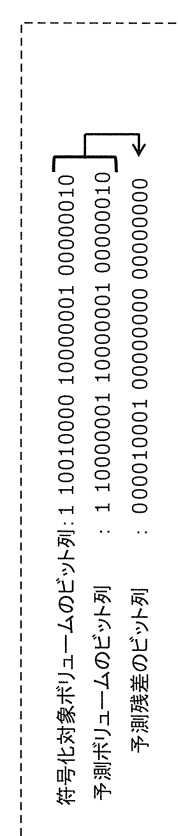
【図 3 6】



【図 3 7】



【図 3 8】



10

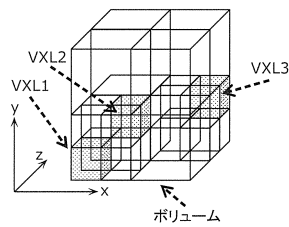
20

30

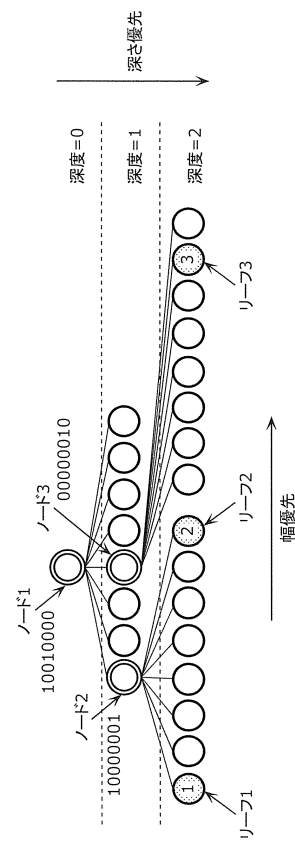
40

50

【図 3 9】



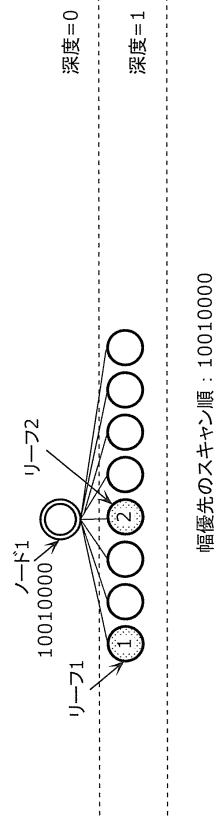
【図 4 0】



【図 4 1】

- 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 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 4 2】



10

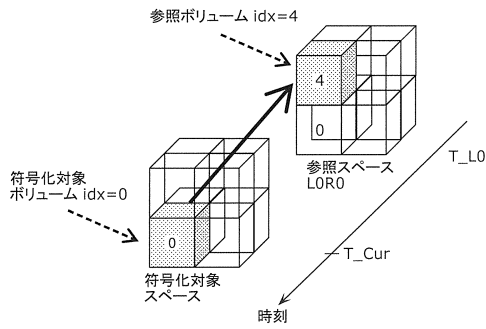
20

30

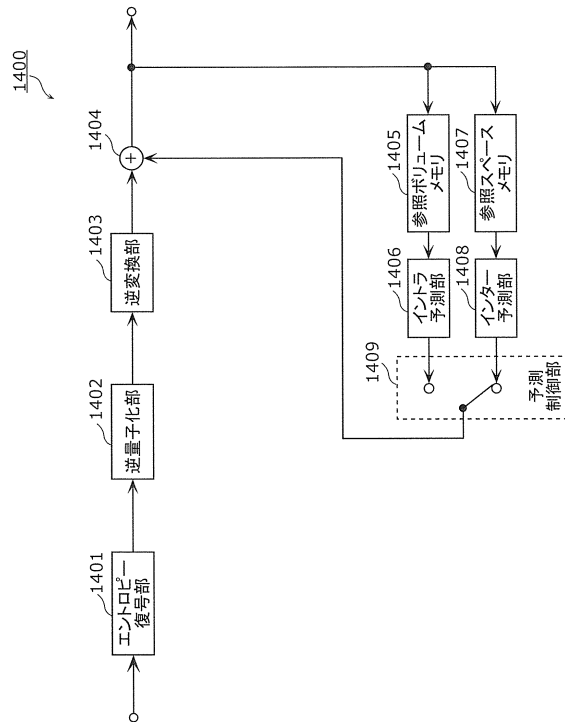
40

50

【図 47】



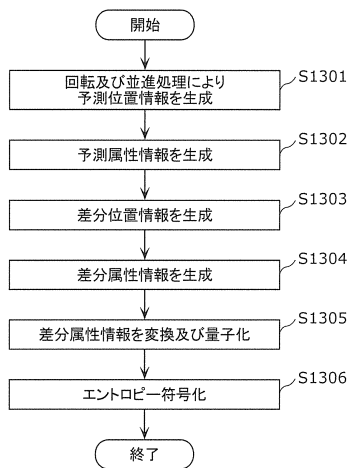
【図 48】



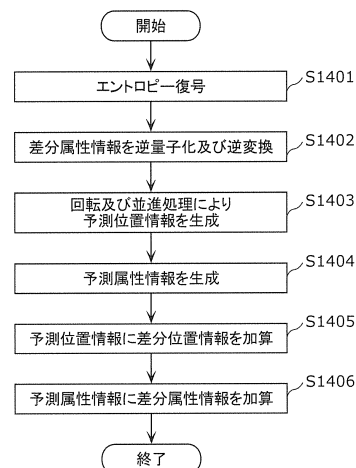
10

20

【図 49】



【図 50】

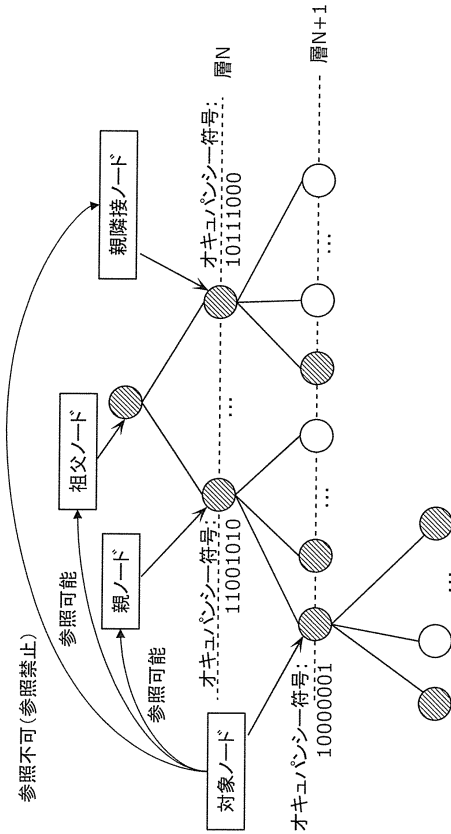


30

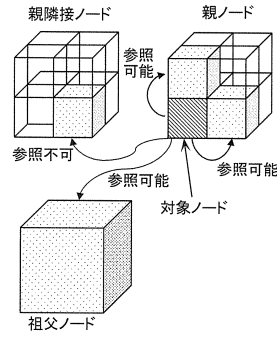
40

50

【図 5 1】



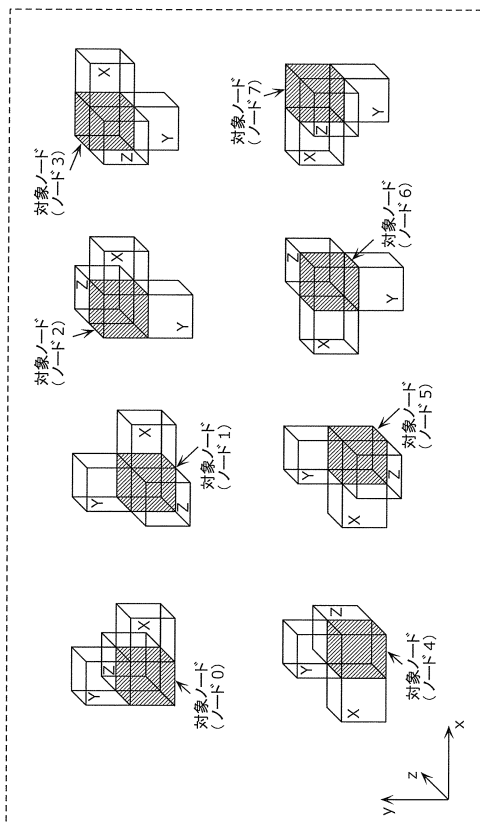
【図 5 2】



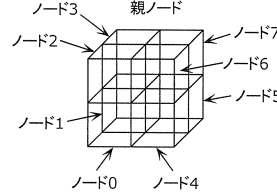
10

20

【図 5 3】



【図 5 4】



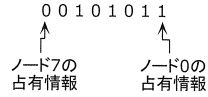
30

40

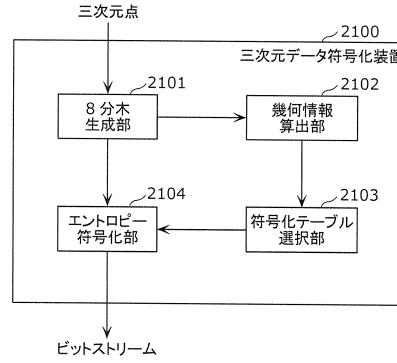
50

【図 5 5】

親ノードのオキュパンシー符号の例:

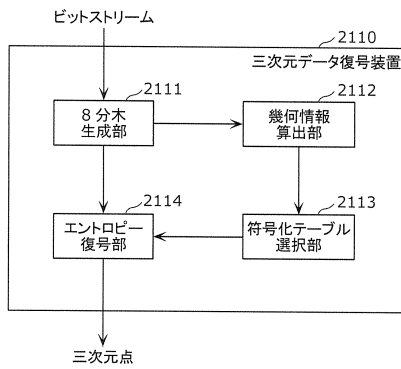


【図 5 6】

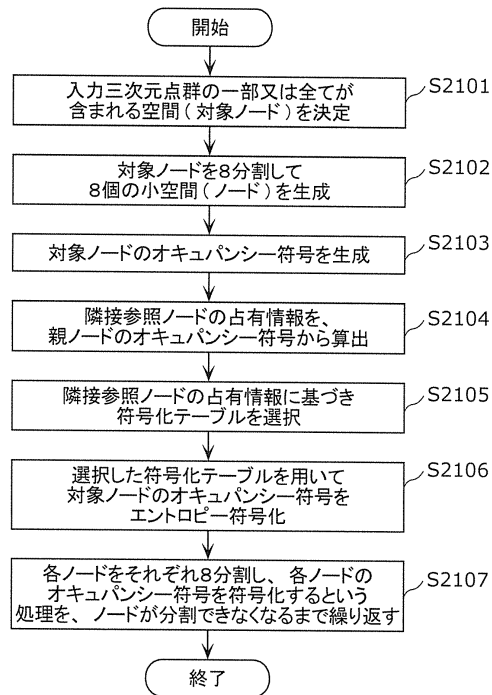


10

【図 5 7】



【図 5 8】



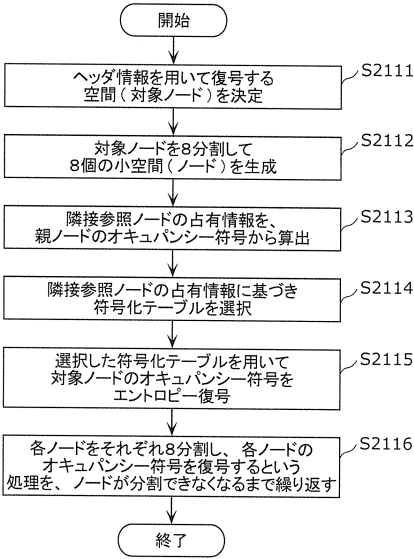
20

30

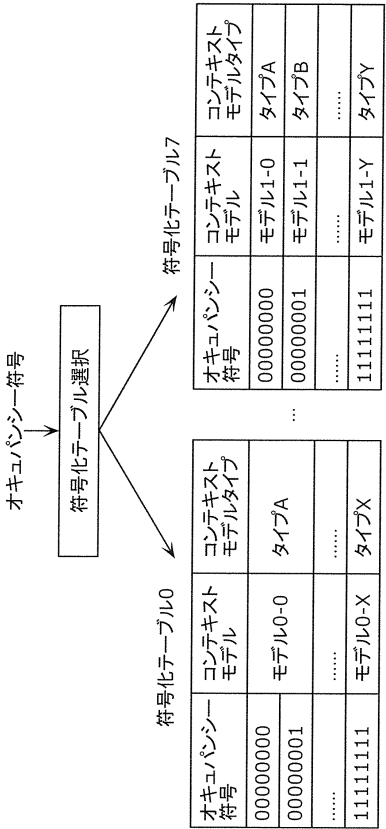
40

50

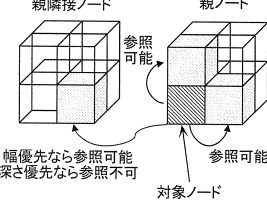
【図 59】



【図 60】



【図 61】



【図 62】

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

10

20

30

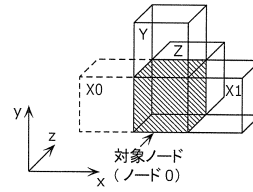
40

50

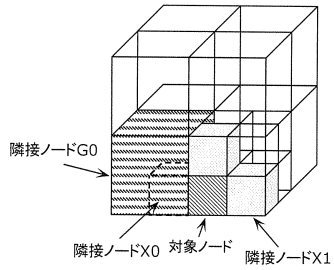
【図 6 3】

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

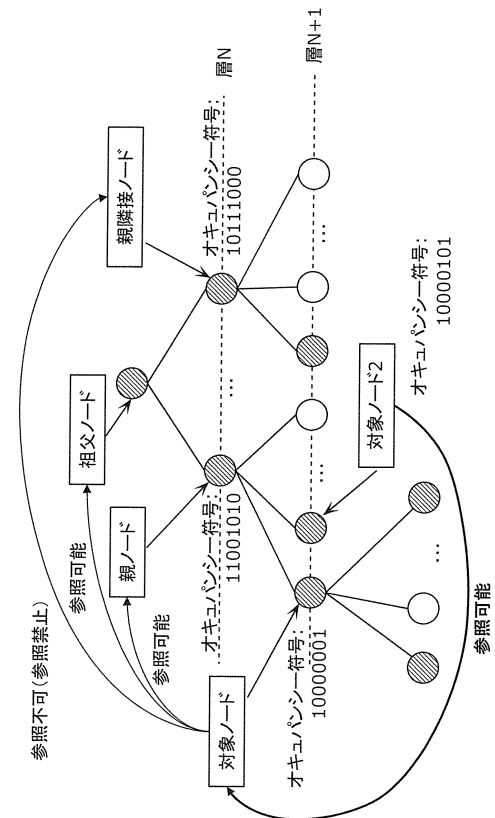
【図 6 4】



【図 6 5】



【図 6 6】



10

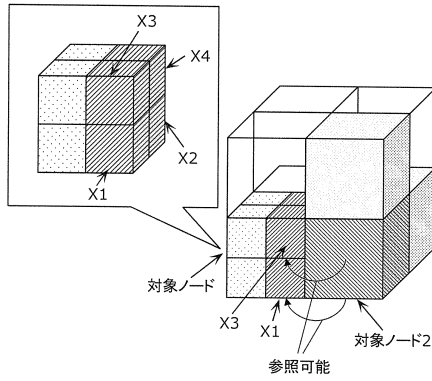
20

30

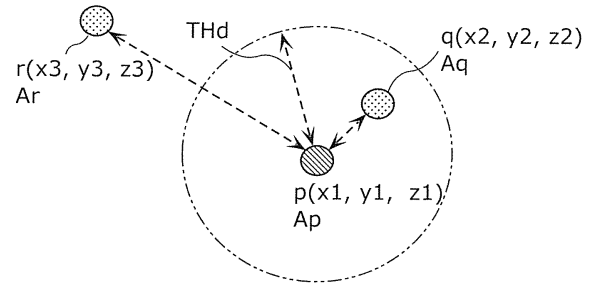
40

50

【図 6 7】

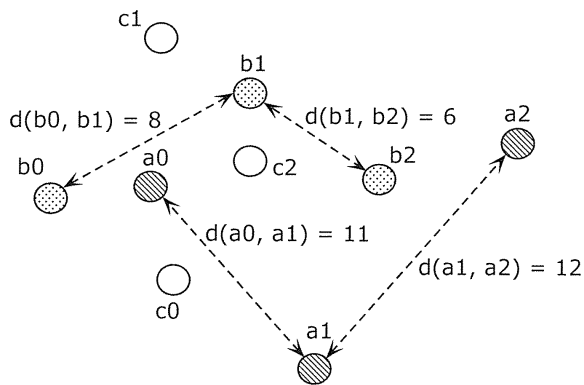


【図 6 8】



10

【図 6 9】

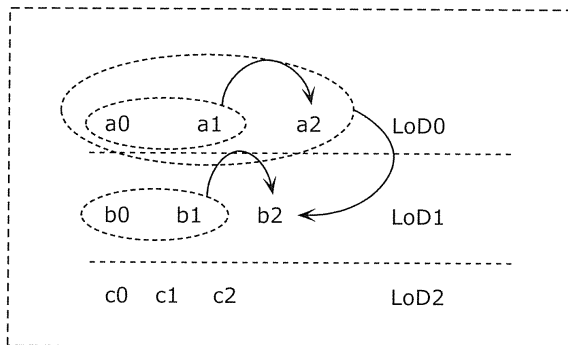


【図 7 0】

a0	a1	a2	LoD0	Thres_LoD[0] = 10	疎 ↑ ↓ 密
b0	b1	b2	LoD1	Thres_LoD[1] = 5	
c0	c1	c2	LoD2	Thres_LoD[2] = 0	

20

【図 7 1】



【図 7 2】

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

30

40

50

【図 7 3】

値	ビット
3	00100
4	00101
5	00110
6	00111

prefix

suffix

00100

終端記号

【図 7 4】

```
attribute_header{
  ...
  NumLoD
  ...
  for (i=0; i<NumLoD; i++) {
    NumOfPoint[i]
  }
  ...
  for (i=0; i<NumLoD-1; i++) {
    Thres_Lod[i]
  }
  ...
  for (i=0; i<NumLoD; i++) {
    NumNeighborPoint[i]
  }
  ...
  for (i=0; i<NumLoD; i++) {
    THd[i]
  }
  ...
  for (i=0; i<NumLoD; i++) {
    QS[i]
  }
  ...
  for (i=0; i<NumLoD; i++) {
    R_TH[i]
  }
  ...
}
```

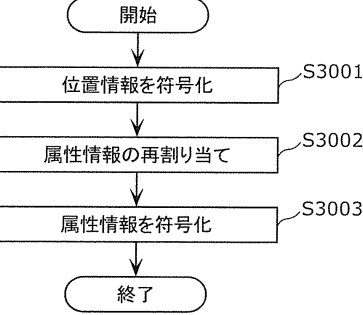
10

20

【図 7 5】

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

【図 7 6】

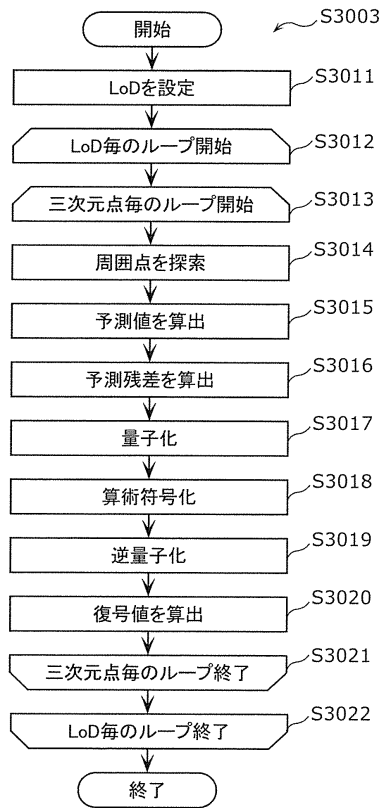


30

40

50

【図 7 7】



【図 7 8】

値	ビット	prefix	suffix
3	00100	00	1 00
4	00101		
5	00110		
6	00111		

00 1 00
 ↑
 終端記号

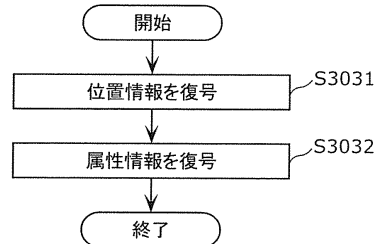
10

20

【図 7 9】

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

【図 8 0】

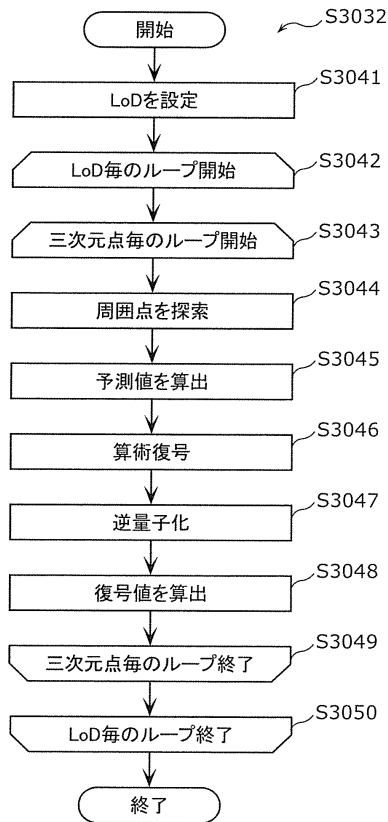


30

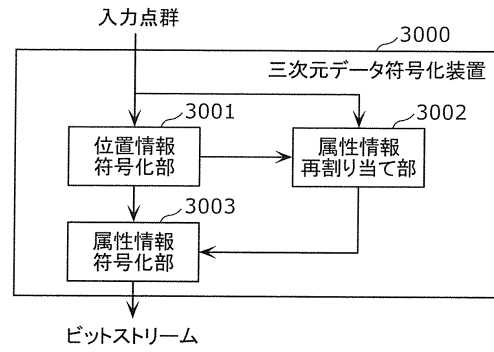
40

50

【図 8 1】



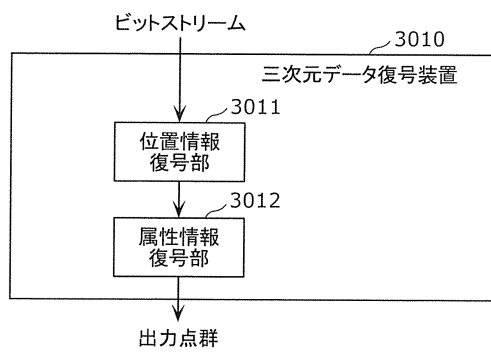
【図 8 2】



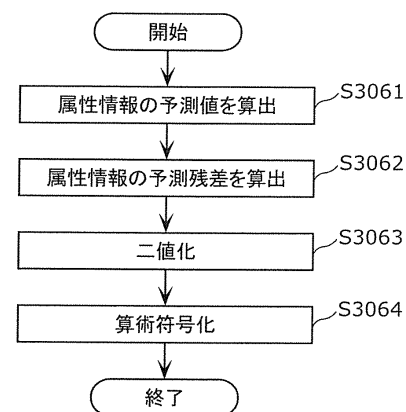
10

20

【図 8 3】



【図 8 4】

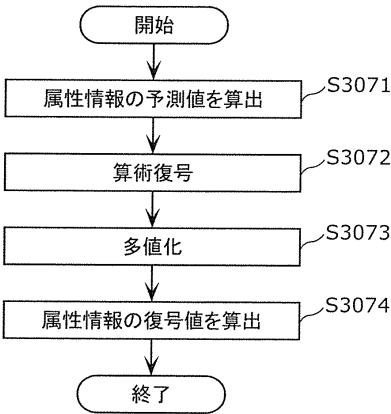


30

40

50

【図 8 5】

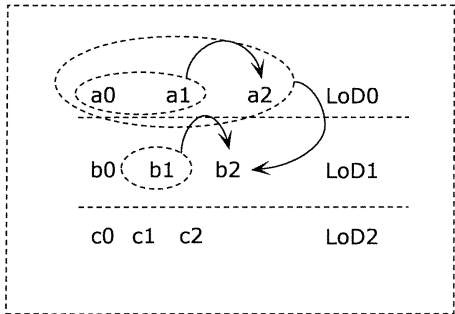


【図 8 6】

予測モード	予測値
0	a0,a1,a2,b1の平均値
1	b1
2	a2
3	a1
4	a0

10

【図 8 7】



【図 8 8】

予測モード	予測値
0	a0とa1の平均値
1	a1
2	a0
3	not available
4	not available

20

【図 8 9】

予測モード	予測値
0	a0,a1,a2,b1の平均値 (Yave,Uave,Vave)
1	b1=(Yb1,Ub1,Vb1)
2	a2=(Ya2,Ua2,Va2)
3	a1=(Ya1,Ua1,Va1)
4	a0=(Ya0,Ua0,Va0)

【図 9 0】

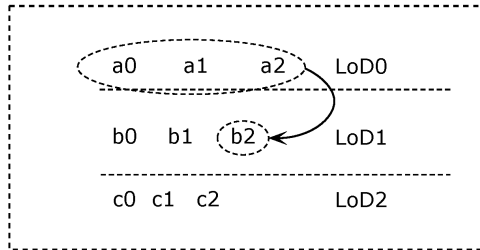
予測モード	予測値
0	a0,a1,a2,b1の平均値 Rave
1	b1=Rb1
2	a2=Ra2
3	a1=Ra1
4	a0=Ra0

30

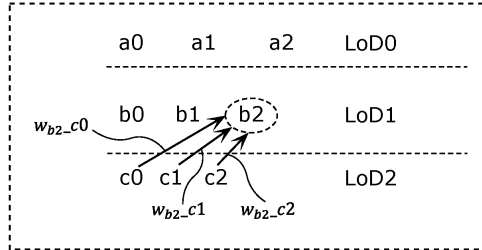
40

50

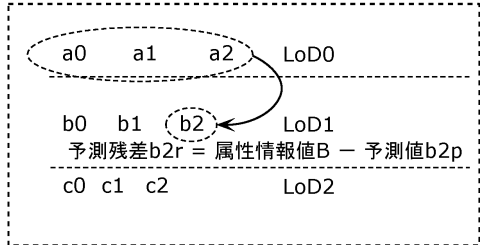
【図 9 1】



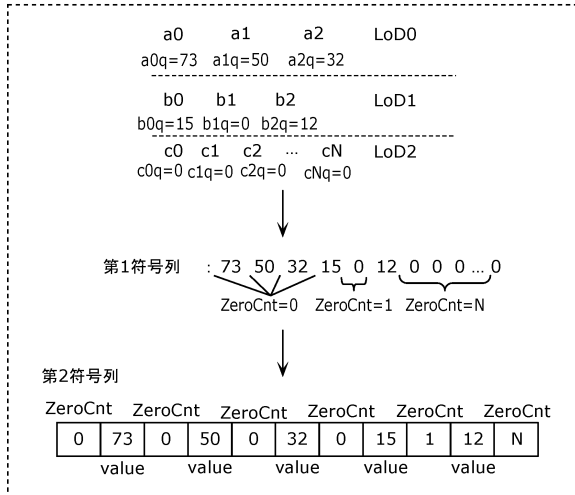
【図 9 2】



【図 9 3】



【図 9 4】



【図 9 5】

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

【図 9 6】

```

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]
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
}
}
}
}

```

10

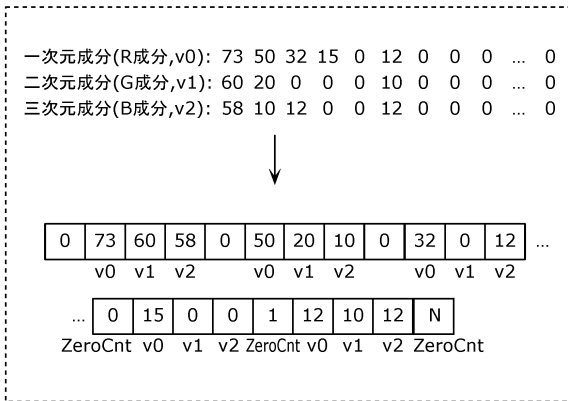
20

30

40

50

【図 97】



【図 98】

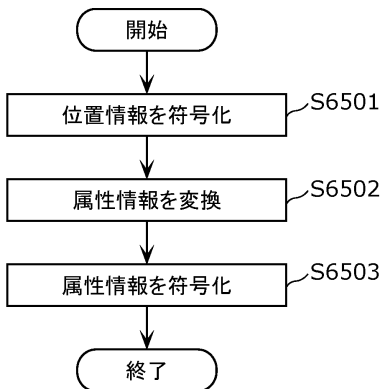
```

attribute_data {
...
ZeroCnt
for (i=0; i<NumOfPoint; i++) {
  if (maxdiff >= Thfix && NumPredMode[i] > 1)
    PredMode
    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
    }
  }
}
...
}

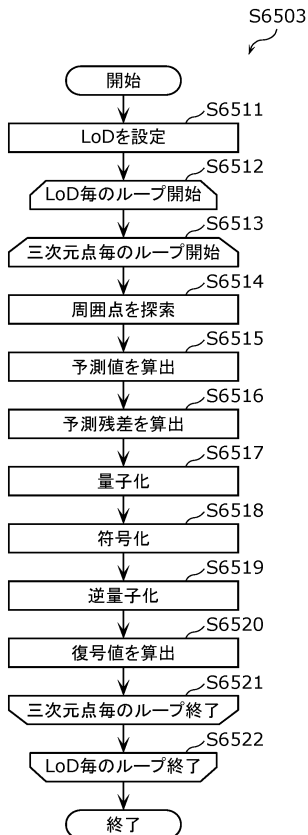
```

10

【図 99】



【図 100】



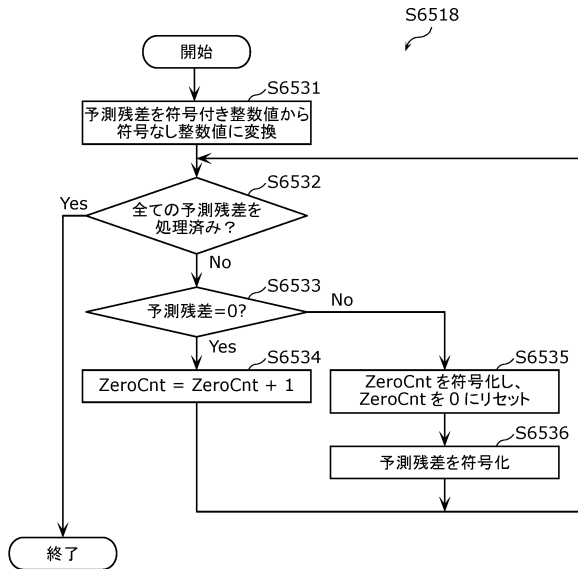
20

30

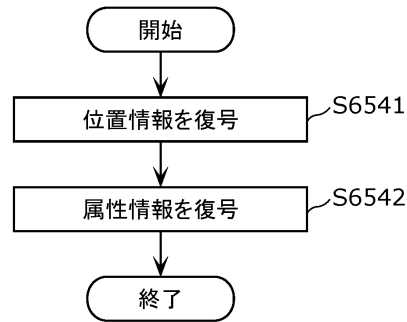
40

50

【図 1 0 1】

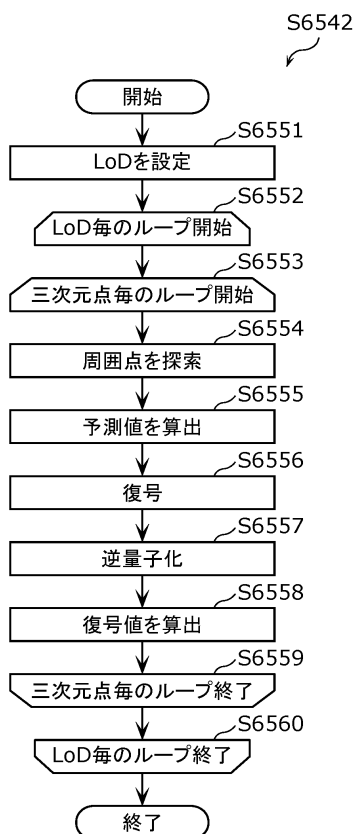


【図 1 0 2】

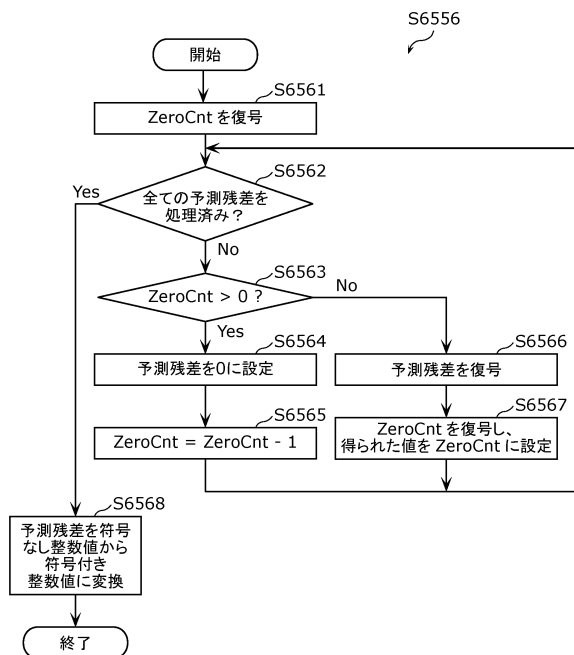


10

【図 1 0 3】



【図 1 0 4】



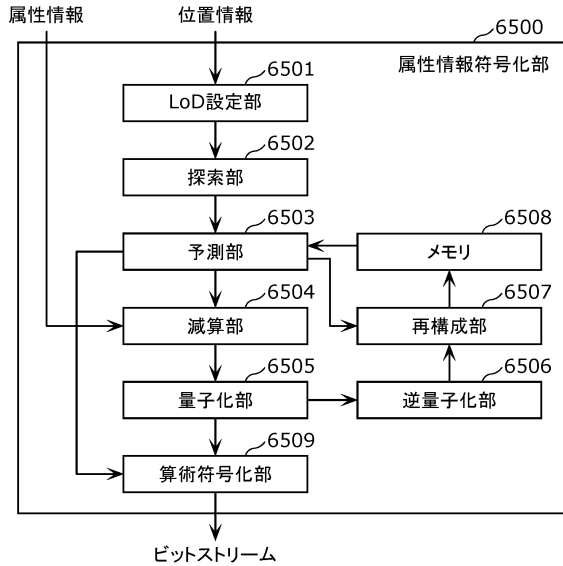
20

30

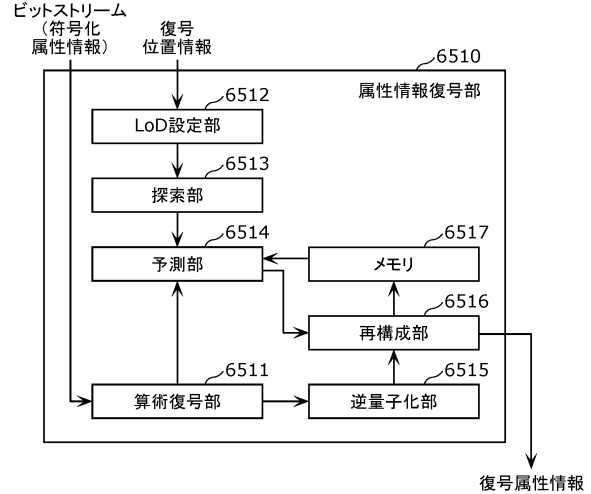
40

50

【図 105】

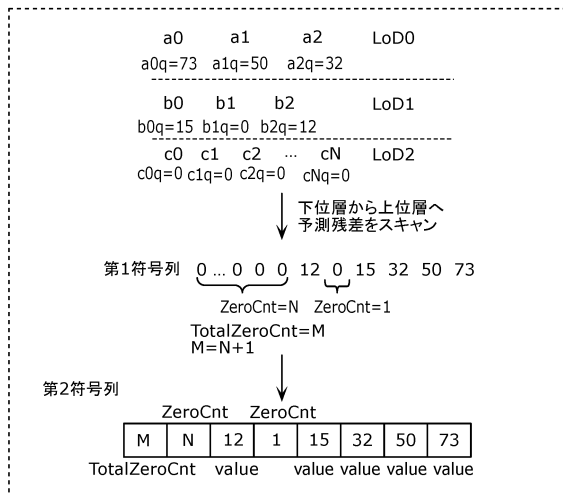


【図 106】

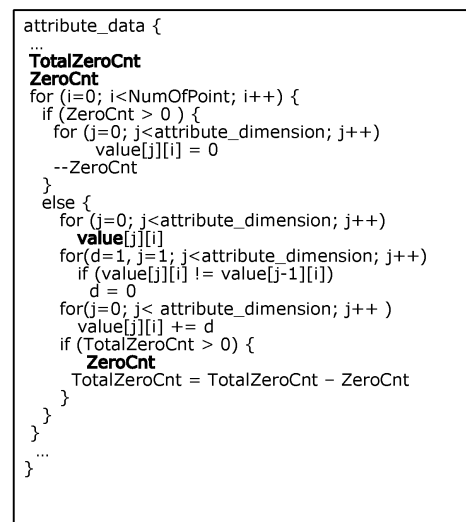


10

【図 107】



【図 108】



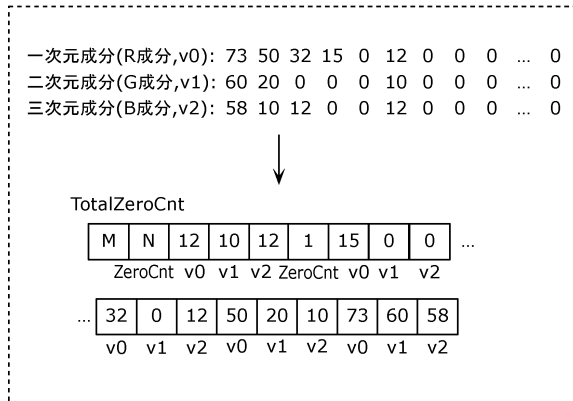
20

30

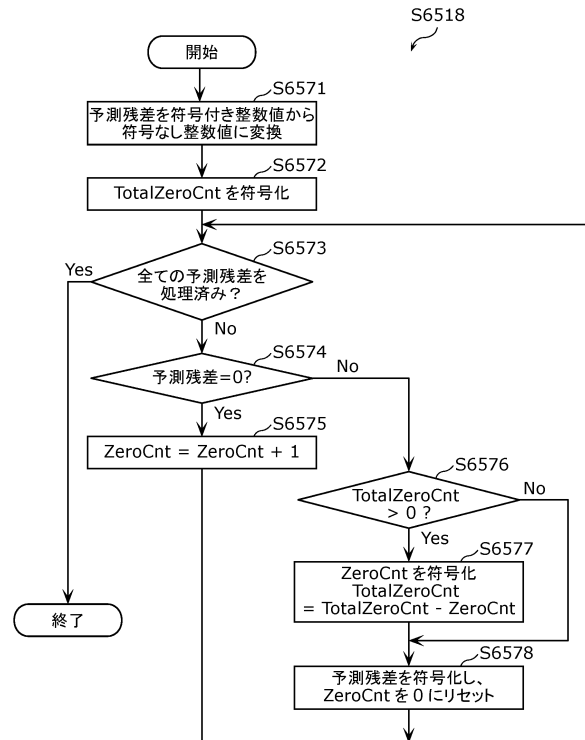
40

50

【図 1 0 9】



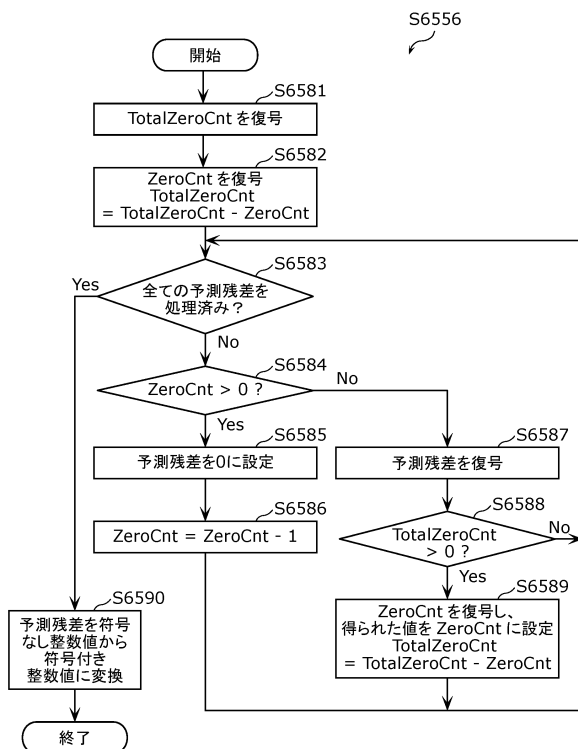
【図 1 1 0】



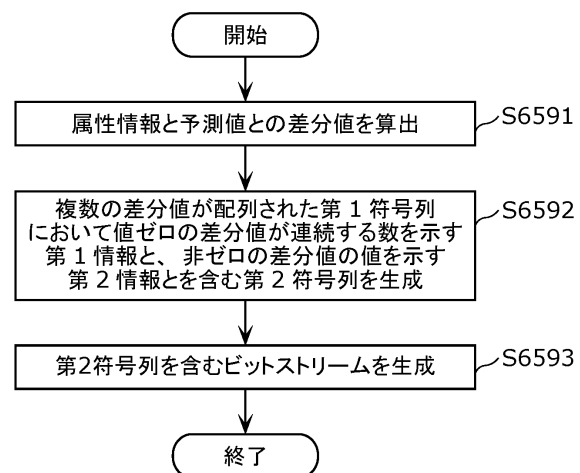
10

20

【図 1 1 1】



【図 1 1 2】

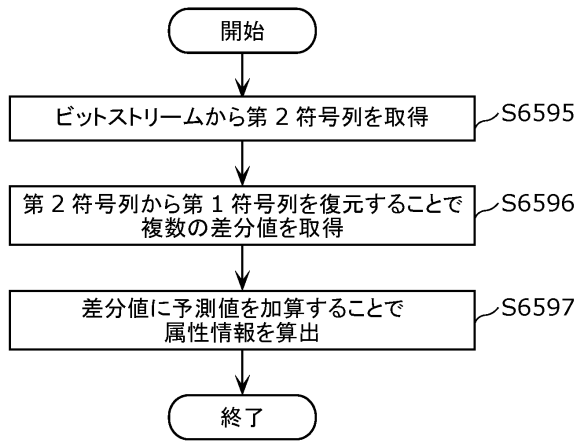


30

40

50

【図 1 1 3】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

- (72)発明者 杉尾 敏康
日本国大阪府門真市大字門真１００６番地 パナソニック株式会社内
- (72)発明者 井口 賀敬
日本国大阪府門真市大字門真１００６番地 パナソニック株式会社内
- 審査官 佐藤 直樹
- (56)参考文献 特開２０１９－１８６７７５（ＪＰ，Ａ）
特開２００５－２３５２１０（ＪＰ，Ａ）
国際公開第２０１９／１９８５２０（ＷＯ，Ａ１）
- (58)調査した分野 (Int.Cl.，ＤＢ名)
Ｇ０６Ｔ ９／００