明　細　書

発明の名称 ： 符号化方法、復号方法、符号化装置及び復号装置

技術分野

[0001]　本開示は、符号化方法等に関する。

背景技術

[0002]　特許文献１において、三次元メッシュデータの符号化及び復号のための方法及び装置が提案されている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開２００６－１８７０１５号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004]　三次元メッシュの頂点の座標に関する符号化または復号の処理について更なる改善が望まれている。本開示は、三次元メッシュの頂点の座標に関する符号化または復号の処理を改善することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0005]　本発明の一態様に係る符号化方法は、三次元メッシュに含まれる頂点の座標を符号化する符号化方法であって、符号化対象である第１頂点と接続する第２頂点と接続する複数の頂点のうち、前記第１頂点とは異なる３つの頂点の座標を用いて、前記第１頂点の座標の予測値を導出し、前記予測値と、前記第１頂点の座標との差分値を符号化する符号化方法である。

[0006]　なお、これらの包括的または具体的な態様は、システム、装置、集積回路、コンピュータプログラムまたはコンピュータ読み取り可能なＣＤ－ＲＯＭなどの記録媒体で実現されてもよく、システム、装置、集積回路、コンピュータプログラムおよび記録媒体の任意な組み合わせで実現されてもよい。

発明の効果

[0007] 本開示は、三次元メッシュの頂点の座標に関する符号化処理等の改善に貢献し得る。

図面の簡単な説明

[0008] [図1]実施の形態に係る三次元メッシュを示す概念図である。

[図2]実施の形態に係る三次元メッシュの基本要素を示す概念図である。

[図3]実施の形態に係るマッピングを示す概念図である。

[図4]実施の形態に係る符号化復号システムの構成例を示すブロック図である。

[図5]実施の形態に係る符号化装置の構成例を示すブロック図である。

[図6]実施の形態に係る符号化装置の別の構成例を示すブロック図である。

[図7]実施の形態に係る復号装置の構成例を示すブロック図である。

[図8]実施の形態に係る復号装置の別の構成例を示すブロック図である。

[図9]実施の形態に係るビットストリームの構成例を示す概念図である。

[図10]実施の形態に係るビットストリームの別の構成例を示す概念図である。

[図11]実施の形態に係るビットストリームのさらに別の構成例を示す概念図である。

[図12]実施の形態に係る符号化復号システムの具体例を示すブロック図である。

[図13]実施の形態に係る点群データの構成例を示す概念図である。

[図14]実施の形態に係る点群データのデータファイル例を示す概念図である。

[図15]実施の形態に係るメッシュデータの構成例を示す概念図である。

[図16]実施の形態に係るメッシュデータのデータファイル例を示す概念図である。

[図17]実施の形態に係る三次元データの種類を示す概念図である。

[図18]実施の形態に係る三次元データ符号化器の構成例を示すブロック図である。

[図19]実施の形態に係る三次元データ復号器の構成例を示すブロック図である。

[図20]実施の形態に係る三次元データ符号化器の別の構成例を示すブロック図である。

[図21]実施の形態に係る三次元データ復号器の別の構成例を示すブロック図である。

[図22]実施の形態に係る符号化処理の具体例を示す概念図である。

[図23]実施の形態に係る復号処理の具体例を示す概念図である。

[図24]実施の形態に係る符号化装置の実装例を示すブロック図である。

[図25]実施の形態に係る復号装置の実装例を示すブロック図である。

[図26]実施の形態に係る符号化復号システムの別の構成例を示すブロック図である。

[図27]実施の形態に係る符号化装置の別の構成例を示すブロック図である。

[図28]実施の形態に係る復号装置の別の構成例を示すブロック図である。

[図29]実施の形態に係る符号化装置の処理を示すフロー図である。

[図30]実施の形態に係るメッシュフレームの符号化を概念的に示す説明図である。

[図31]実施の形態に係る復号装置の処理を示すフロー図である。

[図32]実施の形態に係るメッシュフレームの復号を概念的に示す説明図である。

[図33]実施の形態に係る頂点の座標の予測方法の例を示す説明図である。

[図34]実施の形態に係る頂点の座標の予測方法の例を示す説明図である。

[図35]実施の形態に係る頂点の座標の予測方法の例を示す説明図である。

[図36]実施の形態に係る頂点の座標の予測方法の例を示す説明図である。

[図37]実施の形態に係る頂点の座標の予測方法の例を示す説明図である。

[図38]実施の形態に係る符号化装置の処理の例を示すフロー図である。

[図39]実施の形態に係る復号装置の処理の例を示すフロー図である。

[図40]実施の形態に係る符号化装置の処理の例を示すフロー図である。

[図41]実施の形態に係る復号装置の処理の例を示すフロー図である。

[図42]実施の形態に係る頂点の座標の予測方法の例を示す説明図である。

[図43]実施の形態に係る頂点の座標の予測方法の例を示す説明図である。

[図44]実施の形態に係る予測値の決定処理の例を示すフロー図である。

[図45]実施の形態に係る符号化処理の例を示すフロー図である。

[図46]実施の形態に係る復号処理の例を示すフロー図である。

発明を実施するための形態

[0009] ＜本開示の概要＞

例えば、三次元（３Ｄ）メッシュは、コンピュータグラフィックス映像に用いられる。例えば、コンピュータグラフィックス映像は、時間的に互いに異なる複数のフレームで構成され、各フレームが三次元メッシュによって表現されてもよい。

[0010] また、三次元メッシュは、三次元空間における複数の頂点のそれぞれの位置を示す頂点情報、複数の頂点の間の接続を示す接続情報、及び、各頂点又は各面の属性を示す属性情報で構成される。各面は、複数の頂点の接続関係に従って構築される。このような三次元メッシュによって、様々なコンピュータグラフィックス映像が表現され得る。

[0011] また、三次元メッシュの伝送及び蓄積のため、三次元メッシュの効率的な符号化及び復号が期待される。三次元メッシュの効率的な符号化及び復号のため、算術符号化及び算術復号が用いられてもよい。

[0012] 三次元データに関する符号化又は復号の処理について更なる改善が望まれている。本開示は、三次元データに関する符号化又は復号の処理を改善することを目的とする。

[0013] 以下、本明細書の開示内容から得られる発明を例示し、その発明から得られる効果等を説明する。

[0014] （１）三次元メッシュに含まれる頂点の座標を符号化する符号化方法であって、符号化対象である第１頂点と接続する第２頂点と接続する複数の頂点のうち、前記第１頂点とは異なる３つの頂点の座標を用いて、前記第１頂点

の座標の予測値を導出し、前記予測値と、前記第１頂点の座標との差分値を符号化する、符号化方法。

[0015] 上記態様によれば、符号化対象である第１頂点と接続する第２頂点と接続する複数の頂点のうち、第１頂点とは異なる３つの頂点の座標を用いて第１頂点の座標の予測値を導出する。導出した予測値は、上記３つの頂点の座標と第１頂点との位置の関連が比較的大きい場合に、上記３点の座標と比較的近い、適切な値となる可能性がある。これにより、第１頂点の符号化の精度を向上できる可能性があり、また、符号量を低減できる可能性がある。このように、上記符号化方法は、三次元メッシュの頂点の座標に関する符号化処理の改善に貢献し得る。

[0016] （２）前記予測値を導出する際には、前記第２頂点の座標を用いずに、前記予測値を導出する、（１）に記載の符号化方法。

[0017] 上記態様によれば、予測値を導出する際に、上記３つの頂点の座標を用い、言い換えれば、上記の「符号化対象である第１頂点と接続する第２頂点」を用いないことにより、より容易に、適切な予測値を導出できる可能性がある。このように、上記符号化方法は、より容易に、三次元メッシュの頂点の座標に関する符号化処理の改善に貢献し得る。

[0018] （３）前記予測値を導出する際には、前記３つの頂点として、前記第１頂点と接続する２つの頂点である第３頂点と第４頂点とを少なくとも含む３つの頂点を用いて、前記予測値を導出する、（１）に記載の符号化方法。

[0019] 上記態様によれば、予測値を導出する際に、第１頂点と接続する２つの頂点である第３頂点と第４頂点とを少なくとも含む３つの頂点の座標を用いることにより、より容易に、適切な予測値を導出できる可能性がある。このように、上記符号化方法は、より容易に、三次元メッシュの頂点の座標に関する符号化処理の改善に貢献し得る。

[0020] （４）前記予測値を導出する際には、前記３つの頂点として、前記第１頂点と接続しない頂点である第５頂点を少なくとも含む３つの頂点を用いて、前記予測値を導出する、（１）に記載の符号化方法。

[0021] 上記態様によれば、予測値を導出する際に、第１頂点と接続しない頂点である第５頂点とを少なくとも含む３つの頂点の座標を用いることにより、より容易に、適切な予測値を導出できる可能性がある。このように、上記符号化方法は、より容易に、三次元メッシュの頂点の座標に関する符号化処理の改善に貢献し得る。

[0022] （５）前記予測値を導出する際には、前記３つの頂点として、前記第１頂点と接続しない頂点である第５頂点をさらに含む３つの頂点を用いて、前記予測値を導出し、前記第４頂点の座標と前記第５頂点の座標との差分値は、前記第１頂点の座標の予測値と前記第３頂点の座標との差分値の２倍である、（３）に記載の符号化方法。

[0023] 上記態様によれば、予測値を導出する際に、第１頂点と接続する２つの頂点である第３頂点と第４頂点とを含み、かつ、第１頂点と接続しない頂点である第５頂点とを含む３つの頂点により形成される台形の、４個の頂点のうち上記３つの頂点を除く１個の頂点の座標を算定することで、より容易に、適切な予測値を導出できる可能性がある。このように、上記符号化方法は、より容易に、三次元メッシュの頂点の座標に関する符号化処理の改善に貢献し得る。

[0024] （６）前記予測値は、第１予測値であり、前記符号化方法は、さらに、前記第１頂点と接続する新たな第２頂点と接続する新たな複数の頂点であって、前記複数の頂点と少なくとも一部が異なる新たな複数の頂点のうち、前記第１頂点とは異なる新たな３つの頂点の座標を用いて、前記第１頂点の座標の予測値である第２予測値を導出し、前記第１予測値と、前記第２予測値とを用いて、前記第１頂点の座標の新たな予測値である第３予測値を導出し、前記第３予測値と、前記第１頂点の座標との新たな差分値を符号化する、（１）に記載の符号化方法。

[0025] 上記態様によれば、上記３つの頂点と少なくとも一部が異なる新たな３つの頂点を用いて導出した第２予測値を用いて、新たな第３予測値を導出する。導出した第３予測値は、第１予測値または第２予測値より、適切な予測値

である可能性がある。これにより、第１頂点の符号化の精度を向上できる可能性があり、また、符号量を低減できる可能性がある。このように、上記符号化方法は、三次元メッシュの頂点の座標に関する符号化処理の改善に貢献し得る。

[0026] （７）前記第３予測値を導出する際には、前記第１予測値と前記第２予測値との平均を、前記第３予測値として導出する、（６）に記載の符号化方法。

[0027] 上記態様によれば、第１予測値と第２予測値との平均をとる情報処理により、より容易に、第３予測値を算定することができる。よって、上記符号化方法は、より容易な情報処理により三次元メッシュの頂点の座標に関する符号化処理の改善に貢献し得る。

[0028] （８）前記第３予測値を導出する際には、前記第１予測値と前記第２予測値との重み付け平均を、前記第３予測値として導出する、（６）に記載の符号化方法。

[0029] 上記態様によれば、第１予測値と第２予測値との重み付け平均をとる情報処理により、より容易に、第３予測値を算定することができる。よって、上記符号化方法は、より容易な情報処理により三次元メッシュの頂点の座標に関する符号化処理の改善に貢献し得る。

[0030] （９）前記符号化方法は、さらに、前記三次元メッシュに含まれる前記頂点の接続を示す接続情報を取得し、前記予測値を導出する際には、取得した前記接続情報に示される、前記三次元メッシュに含まれる前記頂点同士の接続を用いて前記３つの頂点を特定し、特定した前記３つの頂点の座標を用いて、前記第１頂点の座標の前記予測値を導出する、（１）に記載の符号化方法。

[0031] 上記態様によれば、接続情報を用いることでより容易に３つの頂点を特定することができ、特定した３つの頂点を用いて予測値を導出することができる。よって、上記符号化方法は、より容易に、三次元メッシュの頂点の座標に関する符号化処理の改善に貢献し得る。

[0032] （１０）三次元メッシュに含まれる頂点の座標を復号する復号方法であって、復号対象である第１頂点と接続する第２頂点と接続する複数の頂点のうち、前記第１頂点とは異なる３つの頂点の座標を用いて、前記第１頂点の座標の予測値を導出し、前記予測値と、前記第１頂点の座標との差分値を復号し、前記予測値と前記差分値とを用いて前記第１頂点の座標を復元する、復号方法。

[0033] 上記態様によれば、復号対象である第１頂点と接続する第２頂点と接続する複数の頂点のうち、第１頂点とは異なる３つの頂点の座標を用いて第１頂点の座標の予測値を導出する。導出した予測値は、上記３つの頂点の座標と第１頂点との位置の関連が比較的大きい場合に、上記３点の座標と比較的近い、適切な値となる可能性がある。これにより、第１頂点の復号の精度を向上できる可能性があり、また、符号量を低減できる可能性がある。このように、上記復号方法は、三次元メッシュの頂点の座標に関する復号処理の改善に貢献し得る。

[0034] （１１）前記予測値を導出する際には、前記第２頂点の座標を用いずに、前記予測値を導出する、（１０）に記載の復号方法。

[0035] 上記態様によれば、予測値を導出する際に、上記３つの頂点の座標を用い、言い換えれば、上記の「復号対象である第１頂点と接続する第２頂点」を用いないことにより、より容易に、適切な予測値を導出できる可能性がある。このように、上記復号方法は、より容易に、三次元メッシュの頂点の座標に関する復号処理の改善に貢献し得る。

[0036] （１２）前記予測値を導出する際には、前記３つの頂点として、前記第１頂点と接続する２つの頂点である第３頂点と第４頂点とを少なくとも含む３つの頂点を用いて、前記予測値を導出する、（１０）に記載の復号方法。

[0037] 上記態様によれば、予測値を導出する際に、第１頂点と接続する２つの頂点である第３頂点と第４頂点とを少なくとも含む３つの頂点の座標を用いることにより、より容易に、適切な予測値を導出できる可能性がある。このように、上記復号方法は、より容易に、三次元メッシュの頂点の座標に関する

復号処理の改善に貢献し得る。

[0038] （１３）前記予測値を導出する際には、前記３つの頂点として、前記第１頂点と接続しない頂点である第５頂点を少なくとも含む３つの頂点を用いて、前記予測値を導出する、（１０）に記載の復号方法。

[0039] 上記態様によれば、予測値を導出する際に、第１頂点と接続しない頂点である第５頂点とを少なくとも含む３つの頂点の座標を用いることにより、より容易に、適切な予測値を導出できる可能性がある。このように、上記復号方法は、より容易に、三次元メッシュの頂点の座標に関する復号処理の改善に貢献し得る。

[0040] （１４）前記予測値を導出する際には、前記３つの頂点として、前記第１頂点と接続しない頂点である第５頂点をさらに含む３つの頂点を用いて、前記予測値を導出し、前記第４頂点の座標と前記第５頂点の座標との差分値は、前記第１頂点の座標の予測値と前記第３頂点の座標との差分値の２倍である、（１２）に記載の復号方法。

[0041] 上記態様によれば、予測値を導出する際に、第１頂点と接続する２つの頂点である第３頂点と第４頂点とを含み、かつ、第１頂点と接続しない頂点である第５頂点とを含む３つの頂点により形成される台形の、４個の頂点のうち上記３つの頂点を除く１個の頂点の座標を算定することで、より容易に、適切な予測値を導出できる可能性がある。このように、上記復号方法は、より容易に、三次元メッシュの頂点の座標に関する復号処理の改善に貢献し得る。

[0042] （１５）前記予測値は、第１予測値であり、前記復号方法は、さらに、前記第１頂点と接続する新たな第２頂点と接続する新たな複数の頂点であって、前記複数の頂点と少なくとも一部が異なる新たな複数の頂点のうち、前記第１頂点とは異なる新たな３つの頂点の座標を用いて、前記第１頂点の座標の予測値である第２予測値を導出し、前記第１予測値と、前記第２予測値とを用いて、前記第１頂点の座標の新たな予測値である第３予測値を導出し、前記第３予測値と、前記第１頂点の座標との新たな差分値を復号し、前記第

３予測値と前記新たな差分値とを用いて前記第１頂点の座標を復元する、（１０）に記載の復号方法。

[0043] 上記態様によれば、上記３つの頂点と少なくとも一部が異なる新たな３つの頂点を用いて導出した第２予測値を用いて、新たな第３予測値を導出する。導出した第３予測値は、第１予測値または第２予測値より、適切な予測値である可能性がある。これにより、第１頂点の復号の精度を向上できる可能性があり、また、符号量を低減できる可能性がある。このように、上記復号方法は、三次元メッシュの頂点の座標に関する復号処理の改善に貢献し得る。

[0044] （１６）前記第３予測値を導出する際には、前記第１予測値と前記第２予測値との平均を、前記第３予測値として導出する、（１５）に記載の復号方法。

[0045] 上記態様によれば、第１予測値と第２予測値との平均をとる情報処理により、より容易に、第３予測値を算定することができる。よって、上記復号方法は、より容易な情報処理により三次元メッシュの頂点の座標に関する復号処理の改善に貢献し得る。

[0046] （１７）前記第３予測値を導出する際には、前記第１予測値と前記第２予測値との重み付け平均を、前記第３予測値として導出する、（１５）に記載の復号方法。

[0047] 上記態様によれば、第１予測値と第２予測値との重み付け平均をとる情報処理により、より容易に、第３予測値を算定することができる。よって、上記復号方法は、より容易な情報処理により三次元メッシュの頂点の座標に関する復号処理の改善に貢献し得る。

[0048] （１８）前記復号方法は、さらに、前記三次元メッシュに含まれる前記頂点の接続を示す接続情報を取得し、前記予測値を導出する際には、取得した前記接続情報に示される、前記三次元メッシュに含まれる前記頂点同士の接続を用いて前記３つの頂点を特定し、特定した前記３つの頂点の座標を用いて、前記第１頂点の座標の前記予測値を導出する、（１０）に記載の復号方

法。

[0049] 上記態様によれば、接続情報を用いることでより容易に３つの頂点を特定することができ、特定した３つの頂点を用いて予測値を導出することができる。よって、上記復号方法は、より容易に、三次元メッシュの頂点の座標に関する復号処理の改善に貢献し得る。

[0050] （１９）メモリと、前記メモリにアクセス可能な回路と、を備え、前記回路は、動作において、三次元メッシュに含まれる頂点の座標を符号化する符号化方法を実行し、前記符号化方法では、符号化対象である第１頂点と接続する第２頂点と接続する複数の頂点のうち、前記第１頂点とは異なる３つの頂点の座標を用いて、前記第１頂点の座標の予測値を導出し、前記予測値と、前記第１頂点の座標との差分値を符号化する、符号化装置。

[0051] 上記態様によれば、符号化装置は、上記符号化方法と同様の効果を奏する。

[0052] （２０）メモリと、前記メモリにアクセス可能な回路と、を備え、前記回路は、動作において、三次元メッシュに含まれる頂点の座標を復号する復号方法を実行し、前記復号方法では、復号対象である第１頂点と接続する第２頂点と接続する複数の頂点のうち、前記第１頂点とは異なる３つの頂点の座標を用いて、前記第１頂点の座標の予測値を導出し、前記予測値と、前記第１頂点の座標との差分値を復号し、前記予測値と前記差分値とを用いて前記第１頂点の座標を復元する、復号装置。

[0053] 上記態様によれば、復号装置は、上記復号方法と同様の効果を奏する。

[0054] なお、これらの包括的または具体的な態様は、システム、装置、集積回路、コンピュータプログラムまたはコンピュータ読み取り可能なＣＤ－ＲＯＭなどの記録媒体で実現されてもよく、システム、装置、集積回路、コンピュータプログラムまたは記録媒体の任意な組み合わせで実現されてもよい。

[0055] 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。

[0056] なお、以下で説明する実施の形態は、いずれも包括的または具体的な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、本発明を限定する主旨ではない。また、以下の実施の形態における構成要素のうち、最上位概念を示す独立請求項に記載されていない構成要素については、任意の構成要素として説明される。

[0057] （実施の形態）

本実施の形態において、符号化方法および復号方法等について説明する。

[0058] ＜表現及び用語＞

ここでは、以下のような表現及び用語が用いられる。

[0059] （１）三次元メッシュ

三次元メッシュは、複数の面の集合であり、例えば、三次元物体を示す。また、三次元メッシュは、主に、頂点情報、接続情報及び属性情報で構成される。三次元メッシュは、ポリゴンメッシュ又はメッシュと表現される場合がある。また、三次元メッシュは、時間的な変化を有していてもよい。三次元メッシュは、頂点情報、接続情報及び属性情報に関するメタデータを含んでいてもよいし、その他の付加情報を含んでいてもよい。

[0060] （２）頂点情報

頂点情報は、頂点（Ｖｅｒｔｅｘ）を示す情報である。例えば、頂点情報は、三次元空間における頂点の位置を示す。また、頂点は、三次元メッシュを構成する面の頂点に対応する。頂点情報は、「Ｇｅｏｍｅｔｏｒｙ（ジオメトリ）」と表現される場合がある。また、頂点情報は、位置情報と表現される場合もある。

[0061] （３）接続情報

接続情報は、頂点間の接続を示す情報である。例えば、接続情報は、三次元メッシュの面又は辺を構成するための接続を示す。接続情報は、「Ｃｏｎｎｅｃｔｉｖｉｔｙ（コネクティビティ）」と表現される場合がある。また、接続情報は、面情報と表現される場合もある。

[0062] （４）属性情報

属性情報は、頂点又は面の属性を示す情報である。例えば、属性情報は、

頂点又は面に対応付けられる色、画像及び法線ベクトル等の属性を示す。属性情報は、「Ｔｅｘｔｕｒｅ（テクスチャ）」と表現される場合がある。

[0063] （５）面

面は、三次元メッシュを構成する要素である。具体的には、面は、三次元空間における平面上のポリゴンである。例えば、面は、三次元空間における三角形として定められ得る。

[0064] （６）平面

平面は、三次元空間における二次元平面である。例えば、平面上にポリゴンが形成され、複数の平面上に複数のポリゴンが形成される。

[0065] （７）ビットストリーム

ビットストリームは、符号化された情報に対応する。ビットストリームは、ストリーム、符号化ビットストリーム、圧縮ビットストリーム、又は、符号化信号とも表現され得る。

[0066] （８）符号化及び復号

符号化するという表現は、格納する、含める、書き込む、記述する、信号化する、送り出す、通知する、保存する、又は、圧縮する等の表現に置き換えられてもよく、これらの表現が相互に置き換えられてもよい。例えば、情報を符号化することは、ビットストリームに情報を含めることであってもよい。また、情報をビットストリームに符号化することは、情報を符号化して、符号化された情報を含むビットストリームを生成することを意味してもよい。

[0067] また、復号するという表現は、読み出す、読み解く、読み取る、読み込む、導出する、取得する、受け取る、抽出する、復元する、再構成する、圧縮解除する、又は、伸張する等の表現に置き換えられてもよく、これらの表現が相互に置き換えられてもよい。例えば、情報を復号することは、ビットストリームから情報を取得することであってもよい。また、ビットストリームから情報を復号することは、ビットストリームを復号して、ビットストリームに含まれる情報を取得することを意味してもよい。

[0068] （９）序数

説明において、第１及び第２等の序数が、構成要素などに対して付けられる場合がある。これらの序数は、適宜、付け替えられてもよい。また、構成要素などに対して、序数が新たに与えられてもよいし、取り除かれてもよい。また、これらの序数は、要素を識別するため、要素に付けられる場合があり、意味のある順序に対応しない場合がある。

[0069] ＜三次元メッシュ＞

図１は、本実施の形態に係る三次元メッシュを示す概念図である。三次元メッシュは、複数の面で構成される。例えば、各面は、三角形である。これらの三角形の頂点は、三次元空間において定められる。そして、三次元メッシュは、三次元物体を示す。各面は、色又は画像を有していてもよい。

[0070] 図２は、本実施の形態に係る三次元メッシュの基本要素を示す概念図である。三次元メッシュは、頂点情報、接続情報及び属性情報で構成される。頂点情報は、三次元空間における面の頂点の位置を示す。接続情報は、頂点間の接続を示す。頂点情報及び接続情報によって面が特定され得る。つまり、頂点情報及び接続情報によって、色を有していない三次元物体が三次元空間に形成される。

[0071] 属性情報は、頂点に対応付けられていてもよいし、面に対応付けられていてもよい。頂点に対応付けられた属性情報は、「Ａｔｔｒｉｂｕｔｅ　Ｐｅｒ　Ｐｏｉｎｔ」と表現される場合がある。頂点に対応付けられた属性情報は、頂点自体の属性を示していてもよいし、頂点に接続される面の属性を示してもよい。

[0072] 例えば、頂点に色が属性情報として対応付けられていてもよい。頂点に対応づけられた色は、頂点の色であってもよいし、頂点に接続される面の色であってもよい。面の色は、面の複数の頂点に対応付けられた複数の色の平均であってもよい。また、頂点又は面に法線ベクトルが属性情報として対応付けられていてもよい。このような法線ベクトルは、面の表及び裏を表現し得る。

[0073] また、面に二次元画像が属性情報として対応付けられていてもよい。面に対応づけられる二次元画像は、テクスチャ画像、又は、「Ａｔｔｒｉｂｕｔｅ　Ｍａｐ」とも表現される。また、面と二次元画像とのマッピングを示す情報が属性情報として面に対応付けられていてもよい。このようなマッピングを示す情報は、マッピング情報、テクスチャ画像の頂点情報、テクスチャ座標、又は、「Ａｔｔｒｉｂｕｔｅ　ＵＶ　Ｃｏｏｒｄｉｎａｔｅ」と表現される場合がある。

[0074] さらに、属性情報として用いられる色、画像及び動画像等の情報は、「Ｐａｒａｍｅｔｒｉｃ　Ｓｐａｃｅ」と表現される場合がある。

[0075] このような属性情報によって、三次元物体にテクスチャが反映され得る。すなわち、頂点情報、接続情報及び属性情報によって、色を有する三次元物体が三次元空間に形成される。

[0076] なお、上記において、属性情報は、頂点又は面に対応付けられているが、辺に対応付けられていてもよい。

[0077] 図３は、本実施の形態に係るマッピングを示す概念図である。例えば、三次元空間における三次元メッシュの面に、二次元平面における二次元画像の領域がマッピングされ得る。具体的には、三次元メッシュの面に対して、二次元画像における領域の座標情報が対応付けられる。これにより、三次元メッシュの面に、二次元画像においてマッピングされた領域の画像が反映される。

[0078] マッピングが用いられることにより、属性情報として用いられる二次元画像が三次元メッシュから分離され得る。例えば、三次元メッシュの符号化において、二次元画像は、画像符号化方式又は映像符号化方式によって、符号化されてもよい。

[0079] ＜システム構成＞

図４は、本実施の形態に係る符号化復号システムの構成例を示すブロック図である。図４において、符号化復号システムは、符号化装置１００及び復号装置２００を備える。

[0080] 例えば、符号化装置１００は、三次元メッシュを取得し、三次元メッシュをビットストリームに符号化する。そして、符号化装置１００は、ビットストリームをネットワーク３００に出力する。例えば、ビットストリームには、符号化された三次元メッシュと、符号化された三次元メッシュを復号するための制御情報とが含まれる。三次元メッシュが符号化されることによって、三次元メッシュの情報が圧縮される。

[0081] ネットワーク３００は、ビットストリームを符号化装置１００から復号装置２００へ伝送する。ネットワーク３００は、インターネット、広域ネットワーク（ＷＡＮ：Ｗｉｄｅ　Ａｒｅａ　Ｎｅｔｗｏｒｋ）、小規模ネットワーク（ＬＡＮ：Ｌｏｃａｌ　Ａｒｅａ　Ｎｅｔｗｏｒｋ）、又は、これらの組み合わせであってもよい。ネットワーク３００は、必ずしも双方向の通信に限らず、地上デジタル放送又は衛星放送等のための一方向の通信網であってもよい。

[0082] また、ネットワーク３００は、ＤＶＤ（Ｄｉｇｉｔａｌ　Ｖｅｒｓａｔｉｌｅ　Ｄｉｓｃ）、又は、ＢＤ（Ｂｌｕ－Ｒａｙ　Ｄｉｓｃ（登録商標））等の記録媒体によって代替され得る。

[0083] 復号装置２００は、ビットストリームを取得し、ビットストリームから三次元メッシュを復号する。三次元メッシュの復号によって、三次元メッシュの情報は伸張される。例えば、復号装置２００は、符号化装置１００が三次元メッシュを符号化するための符号化方法に対応する復号方法に従って三次元メッシュを復号する。すなわち、符号化装置１００及び復号装置２００は、互いに対応する符号化方法及び復号方法に従って、符号化及び復号を行う。

[0084] なお、符号化前の三次元メッシュは、原三次元メッシュとも表現され得る。また、復号後の三次元メッシュは、再構成三次元メッシュとも表現される。

[0085] ＜符号化装置＞

図５は、本実施の形態に係る符号化装置１００の構成例を示すブロック図

である。例えば、符号化装置１００は、頂点情報符号化器１０１、接続情報符号化器１０２及び属性情報符号化器１０３を備える。

[0086] 頂点情報符号化器１０１は、頂点情報を符号化する電気回路である。例えば、頂点情報符号化器１０１は、頂点情報に対して規定された形式に従って頂点情報をビットストリームに符号化する。

[0087] 接続情報符号化器１０２は、接続情報を符号化する電気回路である。例えば、接続情報符号化器１０２は、接続情報に対して規定された形式に従って接続情報をビットストリームに符号化する。

[0088] 属性情報符号化器１０３は、属性情報を符号化する電気回路である。例えば、属性情報符号化器１０３は、属性情報に対して規定された形式に従って属性情報をビットストリームに符号化する。

[0089] 頂点情報、接続情報及び属性情報の符号化には、可変長符号化が用いられてもよいし、固定長符号化が用いられてもよい。可変長符号化は、ハフマン符号化又はコンテキスト適応型二値算術符号化（ＣＡＢＡＣ）等に対応していてもよい。

[0090] 頂点情報符号化器１０１、接続情報符号化器１０２及び属性情報符号化器１０３は、一体化されていてもよい。あるいは、頂点情報符号化器１０１、接続情報符号化器１０２及び属性情報符号化器１０３のそれぞれが、より細かく複数の構成要素に細分化されていてもよい。

[0091] 図６は、本実施の形態に係る符号化装置１００の別の構成例を示すブロック図である。例えば、符号化装置１００は、図５に示された構成に加えて、前処理器１０４及び後処理器１０５を備える。

[0092] 前処理器１０４は、頂点情報、接続情報及び属性情報の符号化前に、処理を行う電気回路である。例えば、前処理器１０４は、符号化前の三次元メッシュに対して、変換処理、分離処理、又は、多重化処理等を行ってもよい。より具体的には、例えば、前処理器１０４は、符号化前の三次元メッシュから頂点情報、接続情報及び属性情報を分離してもよい。

[0093] 後処理器１０５は、頂点情報、接続情報及び属性情報の符号化後に、処理

を行う電気回路である。例えば、後処理器１０５は、符号化後の頂点情報、接続情報及び属性情報に対して、変換処理、分離処理、又は、多重化処理等を行ってもよい。より具体的には、例えば、後処理器１０５は、符号化後の頂点情報、接続情報及び属性情報をビットストリームに多重化してもよい。また、例えば、後処理器１０５は、符号化後の頂点情報、接続情報及び属性情報に対して、さらに可変長符号化を行ってもよい。

[0094] ＜復号装置＞

図７は、本実施の形態に係る復号装置２００の構成例を示すブロック図である。例えば、復号装置２００は、頂点情報復号器２０１、接続情報復号器２０２及び属性情報復号器２０３を備える。

[0095] 頂点情報復号器２０１は、頂点情報を復号する電気回路である。例えば、頂点情報復号器２０１は、頂点情報に対して規定された形式に従って頂点情報をビットストリームから復号する。

[0096] 接続情報復号器２０２は、接続情報を復号する電気回路である。例えば、接続情報復号器２０２は、接続情報に対して規定された形式に従って接続情報をビットストリームから復号する。

[0097] 属性情報復号器２０３は、属性情報を復号する電気回路である。例えば、属性情報復号器２０３は、属性情報に対して規定された形式に従って属性情報をビットストリームから復号する。

[0098] 頂点情報、接続情報及び属性情報の復号には、可変長復号が用いられてもよいし、固定長復号が用いられてもよい。可変長復号は、ハフマン符号化又はコンテキスト適応型二値算術符号化（ＣＡＢＡＣ）等に対応していてもよい。

[0099] 頂点情報復号器２０１、接続情報復号器２０２及び属性情報復号器２０３は、一体化されていてもよい。あるいは、頂点情報復号器２０１、接続情報復号器２０２及び属性情報復号器２０３のそれぞれが、より細かく複数の構成要素に細分化されていてもよい。

[0100] 図８は、本実施の形態に係る復号装置２００の別の構成例を示すブロック

図である。例えば、復号装置２００は、図７に示された構成に加えて、前処理器２０４及び後処理器２０５を備える。

[0101] 前処理器２０４は、頂点情報、接続情報及び属性情報の復号前に、処理を行う電気回路である。例えば、前処理器２０４は、頂点情報、接続情報及び属性情報の復号前に、ビットストリームに対して、変換処理、分離処理、又は、多重化処理等を行ってもよい。

[0102] より具体的には、例えば、前処理器２０４は、ビットストリームから、頂点情報に対応するサブビットストリーム、接続情報に対応するサブビットストリーム、及び、属性情報に対応するサブビットストリームを分離してもよい。また、例えば、前処理器２０４は、頂点情報、接続情報及び属性情報の復号前に、事前にビットストリームに対して可変長復号を行ってもよい。

[0103] 後処理器２０５は、頂点情報、接続情報及び属性情報の復号後に、処理を行う電気回路である。例えば、後処理器２０５は、復号後の頂点情報、接続情報及び属性情報に対して、変換処理、分離処理、又は、多重化処理等を行ってもよい。より具体的には、例えば、後処理器２０５は、復号後の頂点情報、接続情報及び属性情報を三次元メッシュに多重化してもよい。

[0104] ＜ビットストリーム＞

頂点情報、接続情報及び属性情報は、符号化されて、ビットストリームに格納される。これらの情報とビットストリームの関係を以下に示す。

[0105] 図９は、本実施の形態に係るビットストリームの構成例を示す概念図である。この例において、接続情報、頂点情報及び属性情報は、ビットストリームにおいて一体化される。例えば、接続情報、頂点情報及び属性情報は、１つのファイルに含まれていてもよい。

[0106] また、接続情報の第１部分、頂点情報の第１部分、属性情報の第１部分、接続情報の第２部分、頂点情報の第２部分、属性情報の第２部分、・・・のように、これらの情報の複数の部分が順次格納されてもよい。これらの複数の部分は、時間的に異なる複数の部分に対応していてもよいし、空間的に異なる複数の部分に対応していてもよいし、異なる複数の面に対応していても

よい。

[0107] また、接続情報、頂点情報及び属性情報の格納順序は、上記の例に限られず、上記の例とは異なる格納順序が用いられてもよい。

[0108] 図１０は、本実施の形態に係るビットストリームの別の構成例を示す概念図である。この例において、複数のファイルがビットストリームに含まれ、接続情報、頂点情報及び属性情報が、それぞれ異なるファイルに格納される。ここでは、接続情報を含むファイルと、頂点情報を含むファイルと、属性情報を含むファイルとが示されているが、格納形式は、このような例に限られない。例えば、接続情報、頂点情報及び属性情報のうち２種類の情報が、１つのファイルに含まれ、残りの１種類の情報が、別のファイルに含まれてもよい。

[0109] あるいは、これらの情報は、より多くのファイルに分割して格納されてもよい。例えば、接続情報の複数の部分が複数のファイルに格納されてもよいし、頂点情報の複数の部分が複数のファイルに格納されてもよいし、属性情報の複数の部分が複数のファイルに格納されてもよい。これらの複数の部分は、時間的に異なる複数の部分に対応していてもよいし、空間的に異なる複数の部分に対応していてもよいし、異なる複数の面に対応していてもよい。

[0110] また、接続情報、頂点情報及び属性情報の格納順序は、上記の例に限られず、上記の例とは異なる格納順序が用いられてもよい。

[0111] 図１１は、本実施の形態に係るビットストリームの別の構成例を示す概念図である。この例において、分離可能な複数のサブビットストリームによってビットストリームが構成され、接続情報、頂点情報及び属性情報が、それぞれ異なるサブビットストリームに格納される。

[0112] ここでは、接続情報を含むサブビットストリームと、頂点情報を含むサブビットストリームと、属性情報を含むサブビットストリームとが示されているが、格納形式は、このような例に限られない。

[0113] 例えば、接続情報、頂点情報及び属性情報のうち２種類の情報が、１つのサブビットストリームに含まれ、残りの１種類の情報が、別のサブビットス

トリームに含まれてもよい。具体的には、二次元画像等の属性情報が、接続情報及び頂点情報のサブビットストリームとは別に、画像符号化方式に準拠するサブビットストリームに格納されてもよい。

[0114] また、各サブビットストリームに複数のファイルが含まれていてもよい。そして、接続情報の複数の部分が複数のファイルに格納されてもよいし、頂点情報の複数の部分が複数のファイルに格納されてもよいし、属性情報の複数の部分が複数のファイルに格納されてもよい。

[0115] また、接続情報、頂点情報及び属性情報の格納順序は、図９、図１０及び図１１の例に限られず、上記の例とは異なる格納順序が用いられてもよい。例えば、頂点情報、接続情報及び属性情報の順にこれらがビットストリームに格納されていてもよい。あるいは、それ以外の例えば、接続情報、属性情報及び頂点情報の順、頂点情報、属性情報及び接続情報の順、属性情報、接続情報及び頂点情報の順、及び、属性情報、頂点情報及び接続情報の順のいずれかの順でこれらがビットストリームに格納されてもよい。

[0116] また、接続情報、頂点情報及び属性情報のそれぞれが複数のデータに分割され、当該複数のデータがビットストリーム内に周期的な順又はランダムな順で格納されていてもよい。

[0117] ＜具体例＞

図１２は、本実施の形態に係る符号化復号システムの具体例を示すブロック図である。図１２において、符号化復号システムは、三次元データ符号化システム１１０、三次元データ復号システム２１０及び外部接続器３１０を備える。

[0118] 三次元データ符号化システム１１０は、制御器１１１、入出力処理器１１２、三次元データ符号化器１１３、三次元データ生成器１１５、及び、システム多重化器１１４を備える。三次元データ復号システム２１０は、制御器２１１、入出力処理器２１２、三次元データ復号器２１３、システム逆多重化器２１４、提示器２１５、及び、ユーザインタフェース２１６を備える。

[0119] 三次元データ符号化システム１１０では、センサ端末から三次元データ生

成器１１５にセンサデータが入力される。三次元データ生成器１１５は、センサデータから、点群データ又はメッシュデータ等である三次元データを生成し、三次元データ符号化器１１３へ入力する。

[0120] 例えば、三次元データ生成器１１５は、頂点情報を生成し、頂点情報に対応する接続情報及び属性情報を生成する。三次元データ生成器１１５は、接続情報及び属性情報を生成する際に、頂点情報を加工してもよい。例えば、三次元データ生成器１１５は、重複する頂点を削除することでデータ量を減らしたり、頂点情報の変換（位置シフト、回転又は正規化など）を行ったりしてもよい。また、三次元データ生成器１１５は、属性情報をレンダリングしてもよい。

[0121] また、三次元データ生成器１１５は、図１２において三次元データ符号化システム１１０の構成要素であるが、三次元データ符号化システム１１０から独立して外部に配置されてもよい。

[0122] 三次元データを生成するためのセンサデータを提供するセンサ端末は、例えば、自動車などの移動体、飛行機などの飛行物体、携帯端末、又は、カメラ等であってもよい。また、ＬＩＤＡＲ、ミリ波レーダ、赤外線センサ又はレンジファインダなどの距離センサ、ステレオカメラ、あるいは、複数の単眼カメラの組み合わせ等がセンサ端末として用いられてもよい。

[0123] センサデータは、対象物の距離（位置）、単眼カメラ画像、ステレオカメラ画像、色、反射率、センサの姿勢、向き、ジャイロ、センシング位置（ＧＰＳ情報又は高度）、速度、加速度、センシング時刻、気温、気圧、湿度、又は、磁気などであってもよい。

[0124] 三次元データ符号化器１１３は、図５等に示された符号化装置１００に対応する。例えば、三次元データ符号化器１１３は、三次元データを符号化し、符号化データを生成する。また、三次元データ符号化器１１３は、三次元データの符号化において、制御情報を生成する。そして、三次元データ符号化器１１３は、符号化データを制御情報と共にシステム多重化器１１４へ入力する。

[0125] 三次元データの符号化方式は、ジオメトリを用いる符号化方式であってもよいし、ビデオコーデックを用いる符号化方式であってもよい。ここでは、ジオメトリを用いる符号化方式は、ジオメトリベース符号化方式とも表現され得る。ビデオコーデックを用いる符号化方式は、ビデオベース符号化方式とも表現される。

[0126] システム多重化器１１４は、三次元データ符号化器１１３から入力された符号化データ及び制御情報を多重化し、規定の多重化方式を用いて多重化データを生成する。システム多重化器１１４は、三次元データの符号化データ及び制御情報と共に、映像、音声、字幕、アプリケーションデータ又はドキュメントファイルなどの他のメディア、あるいは、基準時刻情報等を多重化してもよい。さらに、システム多重化器１１４は、センサデータ又は三次元データに関連する属性情報を多重化してもよい。

[0127] 例えば、多重化データは、蓄積のためのファイル形式、又は、伝送のためのパケット形式等を有する。これらの方式として、ＩＳＯＢＭＦＦ、又は、ＩＳＯＢＭＦＦベースの方式が用いられてもよい。また、ＭＰＥＧ－ＤＡＳＨ、ＭＭＴ、ＭＰＥＧ－２　ＴＳ　Ｓｙｓｔｅｍｓ、又は、ＲＴＰなどが用いられてもよい。

[0128] そして、多重化データは、入出力処理器１１２によって外部接続器３１０へ伝送信号として出力される。多重化データは、伝送信号として、有線によって伝送されてもよいし、無線によって伝送されてもよい。あるいは、多重化データは、内部メモリ又は記憶装置に蓄積される。多重化データは、インターネット経由でクラウドサーバに伝送されてもよいし、外部記憶装置に記憶されてもよい。

[0129] 例えば、多重化データの伝送又は蓄積は、放送又は通信など、伝送又は蓄積のための媒体に応じた方法で行われる。通信プロトコルとして、ｈｔｔｐ、ｆｔｐ、ＴＣＰ、ＵＤＰ、ＩＰ、又は、これらの組み合わせなどが用いられてもよい。また、ＰＵＬＬ型の通信方式が用いられてもよいし、ＰＵＳＨ型の通信方式を用いられてもよい。

[0130] 有線の伝送に、Ｅｔｈｅｒｎｅｔ（登録商標）、ＵＳＢ、ＲＳ－２３２Ｃ、ＨＤＭＩ（登録商標）又は同軸ケーブルなどが用いられてもよい。また、無線の伝送に、３ＧＰＰ（登録商標）、ＩＥＥＥで規定される３Ｇ／４Ｇ／５Ｇ、無線ＬＡＮ、Ｗｉ－Ｆｉ、Ｂｌｕｅｔｏｏｔｈ、又は、ミリ波が用いられてもよい。また、放送の方式として、例えばＤＶＢ－Ｔ２、ＤＶＢ－Ｓ２、ＤＶＢ－Ｃ２、ＡＴＳＣ３．０、又は、ＩＳＤＢ－Ｓ３などが用いられてもよい。

[0131] なお、センサデータが、三次元データ生成器１１５又はシステム多重化器１１４へ入力されてもよい。また、三次元データ又は符号化データが、入出力処理器１１２を介して外部接続器３１０へそのまま伝送信号として出力されてもよい。三次元データ符号化システム１１０から出力された伝送信号は、外部接続器３１０を介して、三次元データ復号システム２１０に入力される。

[0132] また、三次元データ符号化システム１１０の各動作は、アプリケーションプログラムを実行する制御器１１１によって制御されてもよい。

[0133] 三次元データ復号システム２１０では、入出力処理器２１２に伝送信号が入力される。入出力処理器２１２は、伝送信号から、ファイル形式又はパケット形式を有する多重化データを復号し、多重化データをシステム逆多重化器２１４へ入力する。システム逆多重化器２１４は、多重化データから符号化データ及び制御情報を取得し、三次元データ復号器２１３へ入力する。システム逆多重化器２１４は、多重化データから他のメディア又は基準時刻情報などを抽出してもよい。

[0134] 三次元データ復号器２１３は、図７等に示された復号装置２００に対応する。例えば、三次元データ復号器２１３は、符号化データから、予め規定された符号化方式に基づいて三次元データを復号する。その後、三次元データは、提示器２１５によってユーザに提示される。

[0135] また、センサデータなどの付加情報が提示器２１５へ入力されてもよい。提示器２１５は、付加情報に基づいて三次元データを提示してもよい。また

、ユーザ端末からユーザインタフェース２１６へユーザの指示が入力されてもよい。そして、提示器２１５は、入力された指示に基づいて三次元データを提示してもよい。

[0136] なお、入出力処理器２１２は、外部接続器３１０から三次元データ及び符号化データを取得してもよい。

[0137] また、三次元データ復号システム２１０の各動作は、アプリケーションプログラムを実行する制御器２１１によって制御されてもよい。

[0138] 図１３は、本実施の形態に係る点群データの構成例を示す概念図である。点群データは、三次元物体を示す点群のデータである。

[0139] 具体的には、点群（Ｐｏｉｎｔ　Ｃｌｏｕｄ）は、複数の点で構成され、各点の三次元座標位置（Ｐｏｓｉｔｉｏｎ）を示す位置情報、及び、各点の属性（Ａｔｔｒｉｂｕｔｅ）を示す属性情報を有する。位置情報は、ジオメトリ（Ｇｅｏｍｅｔｒｙ）とも表現される。

[0140] 属性情報の種別は、例えば色又は反射率などであってもよい。１つの点に、１つの種別に関する属性情報に対応付けられていてもよいし、１つの点に、複数の異なる種別に関する属性情報に対応付けられていてもよいし、１つの点に、同じ種別に関して複数の値を有する属性情報に対応付けられていてもよい。

[0141] 図１４は、本実施の形態に係る点群データのデータファイル例を示す概念図である。この例では、位置情報の項目と属性情報の項目とが１対１に対応する場合の例であり、点群データを構成するＮ個の点の位置情報及び属性情報を示している。この例において、位置情報は、ｘ、ｙ及びｚの３軸で三次元座標位置を示す情報であり、属性情報は、ＲＧＢで色を示す情報である。点群データの代表的なデータファイルとして、ＰＬＹファイルなどが用いられ得る。

[0142] 図１５は、本実施の形態に係るメッシュデータの構成例を示す概念図である。メッシュデータは、ＣＧ（Ｃｏｍｐｕｔｅｒ　Ｇｒａｐｈｉｃｓ）等に用いられるデータであって、複数の面で対象物の三次元形状を示す三次元メ

ッシュのデータである。各面は、ポリゴンとも表現され、三角形又は四角形などの多角形の形状を有する。

[0143] 具体的には、三次元メッシュは、点群を構成する複数の点に加えて、複数の辺（Ｅｄｇｅ）、及び、複数の面（Ｆａｃｅ）で構成される。各点は、頂点（Ｖｅｒｔｅｘ）又は位置（Ｐｏｓｉｔｉｏｎ）とも表現される。各辺は、２つの頂点で結ばれた線分に対応する。各面は、３つ以上の辺で囲まれた領域に対応する。

[0144] また、三次元メッシュは、頂点の三次元座標位置を示す位置情報を有する。位置情報は、頂点情報又はジオメトリ（Ｇｅｏｍｅｔｏｒｙ）とも表現される。また、三次元メッシュは、辺又は面を構成する複数の頂点の関係性を示す接続情報を有する。接続情報は、接続性（Ｃｏｎｎｅｃｔｉｖｉｔｙ）とも表現される。また、三次元メッシュは、頂点、辺又は面に対する属性を示す属性情報を有する。三次元メッシュにおける属性情報は、テクスチャ（Ｔｅｘｔｕｒｅ）とも表現される。

[0145] 例えば、属性情報は、頂点、辺又は面に対する色、反射率又は法線ベクトルを示してもよい。法線ベクトルの向きは、面の表及び裏を表現し得る。

[0146] メッシュデータのデータファイル形式として、オブジェクトファイル等が用いられてもよい。

[0147] 図１６は、本実施の形態に係るメッシュデータのデータファイル例を示す概念図である。この例において、データファイルには、三次元メッシュを構成するＮ個の頂点の位置情報Ｇ（１）～Ｇ（Ｎ）、及び、Ｎ個の頂点の属性情報Ａ１（１）～Ａ１（Ｎ）が含まれる。また、この例において、Ｍ個の属性情報Ａ２（１）～Ａ２（Ｍ）が含まれる。属性情報の項目は、頂点に１対１に対応していなくてもよいし、面に１対１に対応していなくてもよい。また、属性情報は、存在しなくてもよい。

[0148] 接続情報は、頂点のインデックスの組み合わせで示される。ｎ［１、３、４］は、ｎ＝１、ｎ＝３、及び、ｎ＝４の３つの頂点で構成される三角形の面を示す。また、ｍ［２、４、６］は、３つの頂点に対してｍ＝２、ｍ＝４

、ｍ＝６の属性情報がそれぞれ対応することを示す。

[0149] また、属性情報の実質的な内容が、別のファイルに記載されてもよい。そして、その内容に対するポインタが、頂点又は面等に対応付けられていてもよい。例えば、面に対する画像を示す属性情報が、二次元の属性マップ（Ａｔｔｒｉｂｕｔｅ　Ｍａｐ）ファイルに格納されてもよい。そして、属性マップのファイル名、及び、属性マップにおける二次元座標値が、属性情報Ａ２（１）～Ａ２（Ｍ）に記載されてもよい。面に対して属性情報を指定する方法は、これらの方法に限られず、どのような方法が用いられてもよい。

[0150] 図１７は、本実施の形態に係る三次元データの種類を示す概念図である。点群データ及びメッシュデータは、静的オブジェクトを示してもよいし、動的オブジェクトを示してもよい。静的オブジェクトは、時間的に変化しないオブジェクトであり、動的オブジェクトは、時間的に変化するオブジェクトである。静的オブジェクトは、任意の時点に対する三次元データに対応していてもよい。

[0151] 例えば、任意の時点に対する点群データは、ＰＣＣフレームと表現される場合がある。また、任意の時点に対するメッシュデータは、メッシュフレームと表現される場合がある。さらに、ＰＣＣフレーム及びメッシュフレームは、単にフレームと表現される場合がある。

[0152] また、オブジェクトの領域は、通常の映像データのように、一定の範囲に制限されていてもよいし、地図データのように、制限されていなくてもよい。また、点又は面の密度は様々に定められ得る。疎な点群データ又は疎なメッシュデータが用いられてもよいし、密な点群データ又は密なメッシュデータが用いられてもよい。

[0153] 次に、点群又は三次元メッシュの符号化及び復号について説明する。本開示における三次元メッシュの頂点情報の符号化及び復号のための装置、処理又はシンタックスが、点群の符号化及び復号に適用されてもよい。本開示における点群の符号化及び復号のための装置、処理又はシンタックスが、三次元メッシュの頂点情報の符号化及び復号に適用されてもよい。

[0154] また、本開示における点群の属性情報の符号化及び復号のための装置、処理又はシンタックスが、三次元メッシュの接続情報又は属性情報の符号化及び復号に適用されてもよい。また、本開示における三次元メッシュの接続情報又は属性情報の符号化及び復号のための装置、処理又はシンタックスが、点群の属性情報の符号化及び復号に適用されてもよい。

[0155] さらに、点群データの符号化及び復号と、メッシュデータの符号化及び復号とで、少なくとも一部の処理が共通化されてもよい。これにより、回路及びソフトウェアプログラムの規模が抑制され得る。

[0156] 図１８は、本実施の形態に係る三次元データ符号化器１１３の構成例を示すブロック図である。この例において、三次元データ符号化器１１３は、頂点情報符号化器１２１、属性情報符号化器１２２、メタデータ符号化器１２３及び多重化器１２４を備える。頂点情報符号化器１２１、属性情報符号化器１２２及び多重化器１２４は、図６の頂点情報符号化器１０１、属性情報符号化器１０３及び後処理器１０５等に対応していてもよい。

[0157] また、この例において、三次元データ符号化器１１３は、ジオメトリベース符号化方式に従って、三次元データを符号化する。ジオメトリベース符号化方式に従う符号化では、三次元構造が考慮される。また、ジオメトリベース符号化方式に従う符号化では、頂点情報の符号化において得られる構成情報を用いて属性情報が符号化される。

[0158] 具体的には、まず、センサデータから生成された三次元データに含まれる頂点情報、属性情報及びメタデータが、頂点情報符号化器１２１、属性情報符号化器１２２及びメタデータ符号化器１２３にそれぞれ入力される。ここで、三次元データに含まれる接続情報は、属性情報と同様に扱われてもよい。また、点群データの場合、位置情報が頂点情報として扱われてもよい。

[0159] 頂点情報符号化器１２１は、頂点情報を圧縮頂点情報に符号化して、圧縮頂点情報を符号化データとして多重化器１２４に出力する。また、頂点情報符号化器１２１は、圧縮頂点情報のメタデータを生成して多重化器１２４に出力する。また、頂点情報符号化器１２１は、構成情報を生成して属性情報

符号化器１２２に出力する。

[0160] 属性情報符号化器１２２は、頂点情報符号化器１２１で生成された構成情報を用いて、属性情報を圧縮属性情報に符号化して、圧縮属性情報を符号化データとして多重化器１２４に出力する。また、属性情報符号化器１２２は、圧縮属性情報のメタデータを生成して多重化器１２４に出力する。

[0161] メタデータ符号化器１２３は、圧縮可能なメタデータを圧縮メタデータに符号化して、圧縮メタデータを符号化データとして多重化器１２４に出力する。メタデータ符号化器１２３で符号化されるメタデータは、頂点情報の符号化、及び、属性情報の符号化に用いられてもよい。

[0162] 多重化器１２４は、圧縮頂点情報、圧縮頂点情報のメタデータ、圧縮属性情報、圧縮属性情報のメタデータ、及び、圧縮メタデータをビットストリームに多重化する。そして、多重化器１２４は、ビットストリームをシステムレイヤに入力する。

[0163] 図１９は、本実施の形態に係る三次元データ復号器２１３の構成例を示すブロック図である。この例において、三次元データ復号器２１３は、頂点情報復号器２２１、属性情報復号器２２２、メタデータ復号器２２３及び逆多重化器２２４を備える。頂点情報復号器２２１、属性情報復号器２２２及び逆多重化器２２４は、図８の頂点情報復号器２０１、属性情報復号器２０３及び前処理器２０４等に対応していてもよい。

[0164] また、この例において、三次元データ復号器２１３は、ジオメトリベース符号化方式に従って、三次元データを復号する。ジオメトリベース符号化方式に従う復号では、三次元構造が考慮される。また、ジオメトリベース符号化方式に従う復号では、頂点情報の復号において得られる構成情報を用いて属性情報が復号される。

[0165] 具体的には、まず、ビットストリームが、システムレイヤから逆多重化器２２４に入力される。逆多重化器２２４は、ビットストリームから、圧縮頂点情報、圧縮頂点情報のメタデータ、圧縮属性情報、圧縮属性情報のメタデータ、及び、圧縮メタデータを分離する。圧縮頂点情報、及び、圧縮頂点情

報のメタデータは、頂点情報復号器２２１に入力される。圧縮属性情報、及び、圧縮属性情報のメタデータは、属性情報復号器２２２に入力される。メタデータは、メタデータ復号器２２３に入力される。

[0166] 頂点情報復号器２２１は、圧縮頂点情報のメタデータを用いて、圧縮頂点情報から頂点情報を復号する。また、頂点情報復号器２２１は、構成情報を生成して属性情報復号器２２２に出力する。属性情報復号器２２２は、頂点情報復号器２２１で生成された構成情報、及び、圧縮属性情報のメタデータを用いて、圧縮属性情報から属性情報を復号する。メタデータ復号器２２３は、圧縮メタデータからメタデータを復号する。メタデータ復号器２２３で復号されたメタデータは、頂点情報の復号、及び、属性情報の復号に用いられてもよい。

[0167] その後、頂点情報、属性情報、及び、メタデータが三次元データとして三次元データ復号器２１３から出力される。なお、例えば、このメタデータは、頂点情報及び属性情報のメタデータであって、アプリケーションプログラムにおいて用いられ得る。

[0168] 図２０は、本実施の形態に係る三次元データ符号化器１１３の別の構成例を示すブロック図である。この例において、三次元データ符号化器１１３は、頂点画像生成器１３１、属性画像生成器１３２、メタデータ生成器１３３、映像符号化器１３４、メタデータ符号化器１２３及び多重化器１２４を備える。頂点画像生成器１３１、属性画像生成器１３２及び映像符号化器１３４は、図６の頂点情報符号化器１０１及び属性情報符号化器１０３等に対応していてもよい。

[0169] また、この例において、三次元データ符号化器１１３は、ビデオベース符号化方式に従って、三次元データを符号化する。ビデオベース符号化方式に従う符号化では、三次元データから複数の二次元画像が生成され、映像符号化方式に従って複数の二次元画像が符号化される。ここで、映像符号化方式は、ＨＥＶＣ（Ｈｉｇｈ Ｅｆｆｉｃｉｅｎｃｙ Ｖｉｄｅｏ Ｃｏｄｉｎｇ）又はＶＶＣ（Ｖｅｒｓａｔｉｌｅ Ｖｉｄｅｏ Ｃｏｄｉｎｇ）等であ

ってもよい。

[0170] 具体的には、まず、センサデータから生成された三次元データに含まれる頂点情報及び属性情報が、メタデータ生成器１３３に入力される。また、頂点情報及び属性情報は、頂点画像生成器１３１及び属性画像生成器１３２にそれぞれ入力される。また、三次元データに含まれるメタデータは、メタデータ符号化器１２３に入力される。ここで、三次元データに含まれる接続情報は、属性情報と同様に扱われてもよい。また、点群データの場合、位置情報が頂点情報として扱われてもよい。

[0171] メタデータ生成器１３３は、頂点情報及び属性情報から複数の二次元画像のマップ情報を生成する。そして、メタデータ生成器１３３は、マップ情報を頂点画像生成器１３１、属性画像生成器１３２及びメタデータ符号化器１２３に入力する。

[0172] 頂点画像生成器１３１は、頂点情報及びマップ情報に基づいて、頂点画像を生成して映像符号化器１３４へ入力する。属性画像生成器１３２は、属性情報及びマップ情報に基づいて、属性画像を生成して映像符号化器１３４へ入力する。

[0173] 映像符号化器１３４は、映像符号化方式に従って、頂点画像及び属性画像を圧縮頂点情報及び圧縮属性情報にそれぞれ符号化して、圧縮頂点情報及び圧縮属性情報を符号化データとして多重化器１２４に出力する。また、映像符号化器１３４は、圧縮頂点情報のメタデータ、及び、圧縮属性情報のメタデータを生成して多重化器１２４に出力する。

[0174] メタデータ符号化器１２３は、圧縮可能なメタデータを圧縮メタデータに符号化して、圧縮メタデータを符号化データとして多重化器１２４に出力する。圧縮可能なメタデータには、マップ情報が含まれる。また、メタデータ符号化器１２３で符号化されるメタデータは、頂点情報の符号化、及び、属性情報の符号化に用いられてもよい。

[0175] 多重化器１２４は、圧縮頂点情報、圧縮頂点情報のメタデータ、圧縮属性情報、圧縮属性情報のメタデータ、及び、圧縮メタデータをビットストリー

ムに多重化する。そして、多重化器１２４は、ビットストリームをシステムレイヤに入力する。

[0176] 図２１は、本実施の形態に係る三次元データ復号器２１３の別の構成例を示すブロック図である。この例において、三次元データ復号器２１３は、頂点情報生成器２３１、属性情報生成器２３２、映像復号器２３４、メタデータ復号器２２３及び逆多重化器２２４を備える。頂点情報生成器２３１、属性情報生成器２３２及び映像復号器２３４は、図８の頂点情報復号器２０１及び属性情報復号器２０３等に対応していてもよい。

[0177] また、この例において、三次元データ復号器２１３は、ビデオベース符号化方式に従って、三次元データを復号する。ビデオベース符号化方式に従う復号では、映像符号化方式に従って複数の二次元画像が復号され、複数の二次元画像から三次元データが生成される。ここで、映像符号化方式は、ＨＥＶＣ（Ｈｉｇｈ Ｅｆｆｉｃｉｅｎｃｙ Ｖｉｄｅｏ Ｃｏｄｉｎｇ）又はＶＶＣ（Ｖｅｒｓａｔｉｌｅ Ｖｉｄｅｏ Ｃｏｄｉｎｇ）等であってもよい。

[0178] 具体的には、まず、ビットストリームが、システムレイヤから逆多重化器２２４に入力される。逆多重化器２２４は、ビットストリームから、圧縮頂点情報、圧縮頂点情報のメタデータ、圧縮属性情報、圧縮属性情報のメタデータ、及び、圧縮メタデータを分離する。圧縮頂点情報、及び、圧縮頂点情報のメタデータ、圧縮属性情報、及び、圧縮属性情報のメタデータは、映像復号器２３４に入力される。圧縮メタデータは、メタデータ復号器２２３に入力される。

[0179] 映像復号器２３４は、映像符号化方式に従って、頂点画像を復号する。その際、映像復号器２３４は、圧縮頂点情報のメタデータを用いて、圧縮頂点情報から頂点画像を復号する。そして、映像復号器２３４は、頂点画像を頂点情報生成器２３１に入力する。また、映像復号器２３４は、映像符号化方式に従って、属性画像を復号する。その際、映像復号器２３４は、圧縮属性情報のメタデータを用いて、圧縮属性情報から属性画像を復号する。そして

、映像復号器２３４は、属性画像を属性情報生成器２３２に入力する。

[0180] メタデータ復号器２２３は、圧縮メタデータからメタデータを復号する。メタデータ復号器２２３で復号されたメタデータには、頂点情報の生成、及び、属性情報の生成に用いられるマップ情報が含まれる。また、メタデータ復号器２２３で復号されたメタデータは、頂点画像の復号、及び、属性画像の復号に用いられてもよい。

[0181] 頂点情報生成器２３１は、メタデータ復号器２２３で復号されたメタデータに含まれるマップ情報に従って、頂点画像から頂点情報を再生する。属性情報生成器２３２は、メタデータ復号器２２３で復号されたメタデータに含まれるマップ情報に従って、属性画像から属性情報を再生する。

[0182] その後、頂点情報、属性情報、及び、メタデータが三次元データとして三次元データ復号器２１３から出力される。なお、例えば、このメタデータは、頂点情報及び属性情報のメタデータであって、アプリケーションプログラムにおいて用いられ得る。

[0183] 図２２は、本実施の形態に係る符号化処理の具体例を示す概念図である。図２２には、三次元データ符号化器１１３及びデスクリプション符号化器１４８が示されている。この例において、三次元データ符号化器１１３は、二次元データ符号化器１４１及びメッシュデータ符号化器１４２を備える。二次元データ符号化器１４１は、テクスチャ符号化器１４３を備える。メッシュデータ符号化器１４２は、頂点情報符号化器１４４及び接続情報符号化器１４５を備える。

[0184] 頂点情報符号化器１４４、接続情報符号化器１４５及びテクスチャ符号化器１４３は、図６の頂点情報符号化器１０１、接続情報符号化器１０２及び属性情報符号化器１０３等に対応していてもよい。

[0185] 例えば、二次元データ符号化器１４１は、テクスチャ符号化器１４３として動作し、画像符号化方式又は映像符号化方式に従って、属性情報に対応するテクスチャを二次元データとして符号化することにより、テクスチャファイルを生成する。

[0186] また、メッシュデータ符号化器１４２は、頂点情報符号化器１４４及び接続情報符号化器１４５として動作し、頂点情報及び接続情報を符号化することにより、メッシュファイルを生成する。メッシュデータ符号化器１４２は、さらに、テクスチャに対するマッピング情報を符号化してもよい。そして、符号化されたマッピング情報が、メッシュファイルに含まれてもよい。

[0187] また、デスクリプション符号化器１４８は、テキストデータ等のメタデータに対応するデスクリプションを符号化することにより、デスクリプションファイルを生成する。デスクリプション符号化器１４８は、システムレイヤにおいて、デスクリプションを符号化してもよい。例えば、デスクリプション符号化器１４８は、図１２のシステム多重化器１１４に含まれていてもよい。

[0188] 上記の動作により、テクスチャファイル、メッシュファイル及びデスクリプションファイルを含むビットストリームが生成される。これらのファイルは、ｇＬＴＦ（Ｇｒａｐｈｉｃｓ Ｌａｎｇｕａｇｅ Ｔｒａｎｓｍｉｓｓｉｏｎ Ｆｏｒｍａｔ）又はＵＳＤ（Ｕｎｉｖｅｒｓａｌ Ｓｃｅｎｅ Ｄｅｓｃｒｉｐｔｉｏｎ）等のファイル形式でビットストリームに多重化されてもよい。

[0189] なお、三次元データ符号化器１１３は、メッシュデータ符号化器１４２として、２つのメッシュデータ符号化器を備えていてもよい。例えば、一方のメッシュデータ符号化器は、静的な三次元メッシュの頂点情報及び接続情報を符号化し、他方のメッシュデータ符号化器は、動的な三次元メッシュの頂点情報及び接続情報を符号化する。

[0190] そして、これに対応して、２つのメッシュファイルがビットストリームに含まれてもよい。例えば、一方のメッシュファイルは、静的な三次元メッシュに対応し、他方のメッシュファイルは、動的な三次元メッシュに対応する。

[0191] また、静的な三次元メッシュはイントラ予測を用いて符号化されるイントラフレームの三次元メッシュであってもよく、動的な三次元メッシュはイン

ター予測を用いて符号化されるインターフレームの三次元メッシュであってもよい。また、動的な三次元メッシュの情報として、イントラフレームの三次元メッシュの頂点情報又は接続情報と、インターフレームの三次元メッシュの頂点情報又は接続情報との差分情報が用いられてもよい。

[0192] 図２３は、本実施の形態に係る復号処理の具体例を示す概念図である。図２３には、三次元データ復号器２１３、デスクリプション復号器２４８及び提示器２４７が示されている。この例において、三次元データ復号器２１３は、二次元データ復号器２４１、メッシュデータ復号器２４２及びメッシュ再構成器２４６を備える。二次元データ復号器２４１は、テクスチャ復号器２４３を備える。メッシュデータ復号器２４２は、頂点情報復号器２４４及び接続情報復号器２４５を備える。

[0193] 頂点情報復号器２４４、接続情報復号器２４５、テクスチャ復号器２４３及びメッシュ再構成器２４６は、図８の頂点情報復号器２０１、接続情報復号器２０２、属性情報復号器２０３及び後処理器２０５等に対応していてもよい。提示器２４７は、図１２の提示器２１５等に対応していてもよい。

[0194] 例えば、二次元データ復号器２４１は、テクスチャ復号器２４３として動作し、画像符号化方式又は映像符号化方式に従って、テクスチャファイルから属性情報に対応するテクスチャを二次元データとして復号する。

[0195] また、メッシュデータ復号器２４２は、頂点情報復号器２４４及び接続情報復号器２４５として動作し、メッシュファイルから頂点情報及び接続情報を復号する。メッシュデータ復号器２４２は、さらに、メッシュファイルから、テクスチャに対するマッピング情報を復号してもよい。

[0196] また、デスクリプション復号器２４８は、デスクリプションファイルから、テキストデータ等のメタデータに対応するデスクリプションを復号する。デスクリプション復号器２４８は、システムレイヤにおいて、デスクリプションを復号してもよい。例えば、デスクリプション復号器２４８は、図１２のシステム逆多重化器２１４に含まれていてもよい。

[0197] メッシュ再構成器２４６は、デスクリプションに従って、頂点情報、接続

情報及びテクスチャから、三次元メッシュを再構成する。提示器２４７は、デスクリプションに従って、三次元メッシュをレンダリングして出力する。

[0198] 上記の動作により、テクスチャファイル、メッシュファイル及びデスクリプションファイルを含むビットストリームから三次元メッシュが再構成され出力される。

[0199] なお、三次元データ復号器２１３は、メッシュデータ復号器２４２として、２つのメッシュデータ復号器を備えていてもよい。例えば、一方のメッシュデータ復号器は、静的な三次元メッシュの頂点情報及び接続情報を復号し、他方のメッシュデータ復号器は、動的な三次元メッシュの頂点情報及び接続情報を復号する。

[0200] そして、これに対応して、２つのメッシュファイルがビットストリームに含まれてもよい。例えば、一方のメッシュファイルは、静的な三次元メッシュに対応し、他方のメッシュファイルは、動的な三次元メッシュに対応する。

[0201] また、静的な三次元メッシュはイントラ予測を用いて符号化されるイントラフレームの三次元メッシュであってもよく、動的な三次元メッシュはインター予測を用いて符号化されるインターフレームの三次元メッシュであってもよい。また、動的な三次元メッシュの情報として、イントラフレームの三次元メッシュの頂点情報又は接続情報と、インターフレームの三次元メッシュの頂点情報又は接続情報との差分情報が用いられてもよい。

[0202] 動的な三次元メッシュの符号化方式は、ＤＭＣ（Ｄｙｎａｍｉｃ Ｍｅｓｈ Ｃｏｄｉｎｇ：動的メッシュ符号化）と呼ばれる場合がある。また、動的な三次元メッシュのビデオベース符号化方式は、Ｖ－ＤＭＣ（Ｖｉｄｅｏ－ｂａｓｅｄ Ｄｙｎａｍｉｃ Ｍｅｓｈ Ｃｏｄｉｎｇ：ビデオベース動的メッシュ符号化）と呼ばれる場合がある。

[0203] 点群の符号化方式は、ＰＣＣ（Ｐｏｉｎｔ Ｃｌｏｕｄ Ｃｏｍｐｒｅｓｓｉｏｎ：点群圧縮）と呼ばれる場合がある。また、点群のビデオベース符号化方式は、Ｖ－ＰＣＣ（Ｖｉｄｅｏ－ｂａｓｅｄ Ｐｏｉｎｔ Ｃｌｏｕ

ｄ　Ｃｏｍｐｒｅｓｓｉｏｎ：ビデオベース点群圧縮）と呼ばれる場合がある。また、点群のジオメトリベース符号化方式は、Ｇ－ＰＣＣ（Ｇｅｏｍｅｔｒｙ－ｂａｓｅｄ　Ｐｏｉｎｔ　Ｃｌｏｕｄ　Ｃｏｍｐｒｅｓｓｉｏｎ：ジオメトリベース点群圧縮）と呼ばれる場合がある。

[0204] ＜実装例＞

図２４は、本実施の形態に係る符号化装置１００の実装例を示すブロック図である。符号化装置１００は、回路１５１及びメモリ１５２を備える。例えば、図５等に示された符号化装置１００の複数の構成要素は、図２４に示された回路１５１及びメモリ１５２によって実装される。

[0205] 回路１５１は、情報処理を行う回路であり、メモリ１５２にアクセス可能な回路である。例えば、回路１５１は、三次元メッシュを符号化する専用又は汎用の電気回路である。回路１５１は、ＣＰＵのようなプロセッサであってもよい。また、回路１５１は、複数の電気回路の集合体であってもよい。

[0206] メモリ１５２は、回路１５１が三次元メッシュを符号化するための情報が記憶される専用又は汎用のメモリである。メモリ１５２は、電気回路であってもよく、回路１５１に接続されていてもよい。また、メモリ１５２は、回路１５１に含まれていてもよい。また、メモリ１５２は、複数の電気回路の集合体であってもよい。また、メモリ１５２は、磁気ディスク又は光ディスク等であってもよいし、ストレージ又は記録媒体等と表現されてもよい。また、メモリ１５２は、不揮発性メモリでもよいし、揮発性メモリでもよい。

[0207] 例えば、メモリ１５２には、三次元メッシュが記憶されてもよいし、ビットストリームが記憶されてもよい。また、メモリ１５２には、回路１５１が三次元メッシュを符号化するためのプログラムが記憶されていてもよい。

[0208] なお、符号化装置１００において、図５等に示された複数の構成要素の全てが実装されなくてもよいし、ここで示された複数の処理の全てが行われなくてもよい。図５等に示された複数の構成要素の一部は、他の装置に含まれていてもよいし、ここで示された複数の処理の一部は、他の装置によって実行されてもよい。また、符号化装置１００において、本開示の複数の構成要

素が任意に組み合わされて実装されてもよいし、本開示の複数の処理が任意に組み合わされて行われてもよい。

[0209] 図２５は、本実施の形態に係る復号装置２００の実装例を示すブロック図である。復号装置２００は、回路２５１及びメモリ２５２を備える。例えば、図７等に示された復号装置２００の複数の構成要素は、図２５に示された回路２５１及びメモリ２５２によって実装される。

[0210] 回路２５１は、情報処理を行う回路であり、メモリ２５２にアクセス可能な回路である。例えば、回路２５１は、三次元メッシュを復号する専用又は汎用の電気回路である。回路２５１は、ＣＰＵのようなプロセッサであってもよい。また、回路２５１は、複数の電気回路の集合体であってもよい。

[0211] メモリ２５２は、回路２５１が三次元メッシュを復号するための情報が記憶される専用又は汎用のメモリである。メモリ２５２は、電気回路であってもよく、回路２５１に接続されていてもよい。また、メモリ２５２は、回路２５１に含まれていてもよい。また、メモリ２５２は、複数の電気回路の集合体であってもよい。また、メモリ２５２は、磁気ディスク又は光ディスク等であってもよいし、ストレージ又は記録媒体等と表現されてもよい。また、メモリ２５２は、不揮発性メモリでもよいし、揮発性メモリでもよい。

[0212] 例えば、メモリ２５２には、三次元メッシュが記憶されてもよいし、ビットストリームが記憶されてもよい。また、メモリ２５２には、回路２５１が三次元メッシュを復号するためのプログラムが記憶されていてもよい。

[0213] なお、復号装置２００において、図７等に示された複数の構成要素の全てが実装されなくてもよいし、ここで示された複数の処理の全てが行われなくてもよい。図７等に示された複数の構成要素の一部は、他の装置に含まれていてもよいし、ここで示された複数の処理の一部は、他の装置によって実行されてもよい。また、復号装置２００において、本開示の複数の構成要素が任意に組み合わされて実装されてもよいし、本開示の複数の処理が任意に組み合わされて行われてもよい。

[0214] 本開示の符号化装置１００及び復号装置２００の各構成要素が行うステッ

プを含む符号化方法及び復号方法が任意の装置又はシステムによって実行されてもよい。例えば、符号化方法及び復号方法の一部又は全部が、プロセッサ、メモリ及び入出力回路等を備えるコンピュータによって実行されてもよい。その際、コンピュータに符号化方法及び復号方法を実行させるためのプログラムがコンピュータによって実行されることにより、符号化方法及び復号方法が実行されてもよい。

[0215] また、ＣＤ－ＲＯＭ等の非一時的なコンピュータ読み取り可能な記録媒体に、プログラムが記録されていてもよいし、ビットストリームが記録されていてもよい。

[0216] プログラムの一例は、ビットストリームであってもよい。例えば、符号化された三次元メッシュを含むビットストリームは、復号装置２００に三次元メッシュを復号させるためのシンタックス要素を含む。そして、ビットストリームは、ビットストリームに含まれるシンタックス要素に従って三次元メッシュを復号装置２００に復号させる。したがって、ビットストリームは、プログラムと同様の役割を果たし得る。

[0217] 上記のビットストリームは、符号化された三次元メッシュを含む符号化ビットストリームであってもよいし、符号化された三次元メッシュ及びその他の情報を含む多重化ビットストリームであってもよい。

[0218] また、符号化装置１００及び復号装置２００の各構成要素は、専用のハードウェアで構成されてもよいし、上記のプログラム等を実行する汎用のハードウェアで構成されてもよいし、これらの組み合わせで構成されてもよい。また、汎用のハードウェアは、プログラムが記録されたメモリ、及び、メモリからプログラムを読み出して実行する汎用のプロセッサ等で構成されてもよい。ここで、メモリは、半導体メモリ又はハードディスク等でもよいし、汎用のプロセッサは、ＣＰＵ等でもよい。

[0219] また、専用のハードウェアが、メモリ及び専用のプロセッサ等で構成されてもよい。例えば、専用のプロセッサが、データを記録するためのメモリを参照して、符号化方法及び復号方法を実行してもよい。

[0220] また、符号化装置１００及び復号装置２００の各構成要素は、上述の通り、電気回路であってもよい。これらの電気回路は、全体として１つの電気回路を構成してもよいし、それぞれ別々の電気回路であってもよい。また、これらの電気回路は、専用のハードウェアに対応していてもよいし、上記のプログラム等を実行する汎用のハードウェアに対応していてもよい。また、符号化装置１００及び復号装置２００は、集積回路として実装されてもよい。

[0221] また、符号化装置１００は、三次元メッシュを送信する送信装置であってもよい。復号装置２００は、三次元メッシュを受信する受信装置であってもよい。

[0222] ＜変位の符号化及び復号＞

ここでは、例として、下記の用語が用いられる。

[0223] （１）イメージ

イメージは、画素の集合で構成されるデータ単位であり、ピクチャ、または、ピクチャより小さいブロックを含む。イメージには、動画の他に静止画も含まれる。

[0224] （２）ピクチャ

ピクチャは、画素の集合で構成される画像処理単位であり、フレーム、フィールドともいう。

[0225] （３）ブロック

ブロックは、特定の個数の画素で構成される処理単位である。ブロックは、下記の例に示される用語も用いられる。ブロックの形状は特に限定されない。ブロックは、例えば、Ｍ×Ｎ画素の矩形形状、または、Ｍ×Ｍ画素の正方形形状であり得る。ブロックは、三角形形状、円形状、その他の形状であってもよい。ブロックの例は、下記のとおりである。

[0226] ・スライス、タイル、または、レンガ

・ＣＴＵ、スーパーブロック、または、基本分割ユニット

・ＶＰＤＵ、ハードウェア用処理分割ユニット

・ＣＵ、処理ブロック単位、予測ブロック単位（ＰＵ）、または、直交変

換ブロック単位（ＴＵ）

・サブブロック

[0227] （４）ピクセルまたはサンプル

ピクセルまたはサンプルは、画像の最小点、言い換えれば、最小単位である。ピクセルまたはサンプルは、整数位置の画素だけでなく、整数位置の画素をもとに生成されたサブ画素位置の画素も含まれる。

[0228] （５）画素値またはサンプル値

画素値またはサンプル値は、画素の固有値である。画素値またはサンプル値には、ルマ値、クロマ値、または、ＲＧＢ階調レベルなどが含まれ、深度値または０または１のバイナリ値も含まれ得る。

[0229] （６）フラグ

フラグは、１つ以上のビットを示すものである。フラグは、例えば、２つ以上のビットで表されるパラメータまたはインデックスである。フラグは、また、２進数で表される値だけでなく、２進数以外の数値で表される値を示す場合もある。

[0230] （７）信号

信号は、情報を伝達するために記号化または符号化されたものをいう。信号は、離散的なデジタル信号、または、連続的なアナログ信号を含む。

[0231] （８）ストリームまたはビットストリーム

ストリームまたはビットストリームは、デジタルデータの流れを示すデジタルデータ列である。ストリームまたはビットストリームは、１つのストリームであってもよいし、複数の階層を有する複数のストリームを含んで構成されていてもよい。ストリームまたはビットストリームは、単一の伝送路を用いてシリアル通信で伝送される場合もあれば、複数の伝送路を用いてパケット通信で伝送される場合もある。

[0232] （９）差分

差分は、スカラー量の場合、単純な差分（x - y）と差分計算とが含まれ得る。差分は、差分の絶対値（｜x - y｜）、差分の2乗（x^2 - y^2）、差分の

平方根（√（x － y））、重み付け差分（ax － by、ここでa、bは定数）、または、オフセット差分（x － y ＋ a、ここでaはオフセット）などが含まれ得る。

[0233] （１０）和

和は、スカラー量の場合、単純な和(x ＋ y)と加算計算とが含まれ得る。和は、和の絶対値(|x ＋ y|)、二乗和(x^2 ＋ y^2)、和の平方根(√(x ＋ y))、重み付き和(ax ＋ by、ここでaとbは定数)、または、オフセット和(x ＋ y ＋ a、ここでaはオフセット)などが含まれ得る。

[0234] （１１）「基づいて」（based on）

「何かに基づいて」という表現は、その「何か」以外のものを考慮してもよいことを意味する。また、「基づいて」（based on）は、直接的な結果が得られる場合と、中間的な結果を経て結果が得られる場合とで使われることがある。

[0235] （１２）「使用される」または「使用する」

「何かが使用された」または「何かを使用した」という表現は、その「何か」以外のものを考慮してもよいことを意味する。また、「使用された」または「使用した」という表現は、直接的な結果が得られる場合と、中間的な結果を経て結果が得られる場合とで使われることがある。

[0236] （１３）禁止

「禁止する」は、「許可しない」と言い換えることができる。また、「禁止されない／禁止される」または「許可される／許可される」は、必ずしも「義務」を意味しない。

[0237] （１４）「制限」または「限定」

「制限」または「限定」は、「許可しない・許さない」または「許されない・許されている」と言い換えることができる。また、「禁止されている／禁止されていない」または「許可されていない／許可されている」は、必ずしも「義務」を意味しない。また、量的・質的に禁止されているのは、一部であってもよいし、全部であってもよい。

[0238] （１５）クロマ（chroma）

クロマ（chroma）という用語は、記号であるＣｂまたはＣｒで表される形容詞であり、サンプル配列または単一サンプルが、原色に関連する２つの色差信号のうちの１つを表していることを示す。クロマ（chroma）という用語は、クロミナンスという用語の代わりに使用されることがある。

[0239] （１６）ルマ（luma）

ルマ（luma）という用語は、記号または添え字であるＹまたはＬで表される形容詞であり、サンプル配列または単一サンプルが、原色に関するモノクロ信号を表現していることを示す。ルマ（luma）という用語は、輝度（luminance）という用語の代わりに使用されることがある。

[0240] 以降において、本実施の形態の符号化復号システムについて説明する。

[0241] 一般的な三次元モデル（３Ｄモデルともいう）は、ユーザが時間的にレンダリングしながら、三次元すべてでズーム、パンおよび回転を使用してモデルを探索できるように、オブジェクトをデジタル的に表現する。このような表現を構築する１つの方法は、三角形を使用して３Ｄメッシュを構築することである。上記モデルでは、三角形の頂点の位置、三角形の頂点の互いの接続性、およびそれらに関連する属性（法線またはＵＶパッチなど）が保存される。

[0242] これらすべての情報を非圧縮の形式で保存するには、非常に大きな記憶領域が必要であり、したがって伝送のための帯域幅が非常に大きくなる。メッシュを形成する三角形は、特に時間的および空間的近傍において、繰り返しパターンと類似の属性を有することが多い。これらの繰り返しを利用して、記憶と伝送のための効率的な符号化方法および復号方法を策定することができる。そのような符号化方法および復号方法のひとつが、Ｖｉｄｅｏ－ｂａｓｅｄ　Ｄｙｎａｍｉｃ　Ｍｅｓｈ　Ｃｏｄｉｎｇ　（Ｖ－ＤＭＣ）である。

[0243] 図２６は、本実施の形態に係る符号化復号システムの別の構成例を示すブロック図である。図２６に示すように、符号化復号システムは、符号化装置

１００及び復号装置２００を含む。

[0244] 符号化復号システムは、頂点の三次元座標（頂点情報）、接続性（接続情報）及び関連属性（属性情報）の形式で入力される三次元メッシュ（３Ｄメッシュともいう）を受け入れる。なお、３Ｄメッシュは、ジオメトリだけでなくテクスチャマップを含むこともできる。

[0245] 符号化装置１００は、入力された３Ｄメッシュ（入力３Ｄメッシュまたは入力メッシュともいう）を、頂点の三次元座標、接続性および関連属性の形式で取り込む。符号化装置１００は、すべての関連情報をストリームに符号化する。ストリームは、単一のビットストリームで構成されてもよいし、複数のビットストリームで構成されてもよい。

[0246] ネットワーク３００は、符号化装置によって生成されたストリームを復号装置２００に伝送する。ネットワーク３００は、インターネット、ＷＡＮ（Ｗｉｄｅ Ａｒｅａ Ｎｅｔｗｏｒｋ）、ＬＡＮ（Ｌｏｃａｌ Ａｒｅａ Ｎｅｔｗｏｒｋ）、または、これらの任意の組み合わせであってもよい。また、ネットワーク３００は、必ずしも双方向通信網に限定されず、地上デジタル放送または衛星放送等の放送波を伝送する単方向通信網であってもよい。また、ネットワーク３００に代えて、ストリームが記録されたＤＶＤ（Ｄｉｇｉｔａｌ Ｖｅｒｓａｔｉｌｅ Ｄｉｓｃ）、または、ＢＤ（Ｂｌｕｅ－Ｒａｙ Ｄｉｓｃ）等の記録媒体が用いられてもよい。

[0247] ストリームは、ネットワーク３００を介して復号装置２００に伝送される。復号装置２００は、ビットストリームを復号し、復号された頂点の三次元座標、接続性及び関連属性を用いて三次元メッシュを生成する。復号装置２００は、生成した三次元メッシュ（出力３Ｄメッシュまたは出力メッシュともいう）を出力する。

[0248] 図２７は、符号化装置１００の別の構成例を示す図である。

[0249] 図２７に示されるように、符号化装置１００は、前処理器１１０２と、圧縮器１１０７とを備える。

[0250] 符号化装置１００は、入力メッシュ１１０１を読み込み、前処理器１１０

２に渡す。前処理器１１０２は、入力メッシュ１１０１を処理してベースメッシュ１１０３と変位データ１１０４とテクスチャデータ１１０５と属性マップ１１０６とを抽出する。符号化装置１００は、抽出したベースメッシュ１１０３と変位データ１１０４とテクスチャデータ１１０５と属性マップ１１０６とを圧縮器１１０７に渡す。

[0251] 圧縮器１１０７は、ベースメッシュ１１０３と変位データ１１０４とテクスチャデータ１１０５と属性マップ１１０６とを圧縮してビットストリーム１１０８を生成し、復号装置２００に送信することができる。

[0252] 図２８は、復号装置２００の別の構成例を示す図である。

[0253] 図２８に示されるように、復号装置２００は、伸張器２１０２と、後処理器２１０７とを備える。

[0254] 復号装置２００は、ビットストリーム２１０１を読み込み、伸張器２１０２に渡す。伸張器２１０２は、ベースメッシュ２１０３と、変位データ２１０４と、テクスチャデータ２１０５と属性マップ２１０６とをビットストリーム２１０１から伸張し、後処理器２１０７に渡す。変位データ２１０４の一例は、変位ベクトルである。

[0255] 後処理器２１０７は、変位データ２１０４および属性マップ２１０６に従ってベースメッシュ２１０３を処理することで、出力メッシュ２１０８を生成する。後処理器２１０７は、テクスチャデータ２１０５からの情報をさらに使用して、出力メッシュ２１０８を生成してもよい。

[0256] 以降において、符号化装置１００が行う符号化処理を詳しく説明する。

[0257] 図２９は、符号化装置１００の処理を示すフロー図である。図３０は、メッシュフレームの符号化を概念的に示す説明図である。図２９および図３０を参照しながら、符号化装置１００の処理を説明する。

[0258] ステップＳ１０１において、符号化装置１００は、入力メッシュフレームである三次元メッシュフレームを読み込む。入力メッシュフレームは、符号化装置１００に入力されたメッシュフレームである。入力メッシュフレームである三次元メッシュフレームの例がメッシュフレーム１３０１として示さ

れている（図３０参照）。

[0259] ステップＳ１０２において、符号化装置１００は、ステップＳ１０１で読み込まれた入力メッシュフレームに対してデシメート処理をすることで、入力メッシュフレームより頂点数が少ないベースメッシュフレームを生成する。メッシュフレーム１３０１をデシメートすることで生成したベースメッシュフレームが、ベースメッシュフレーム１３０２として示されている（図３０参照）。なお、ベースメッシュフレーム１３０２の頂点は、メッシュフレーム１３０１の頂点と異なる位置に位置し得る。なお、ベースメッシュフレーム１３０２は、既存の頂点の間に新たな頂点が加えられることでサブ分割され得る。

[0260] ステップＳ１０３において、符号化装置１００は、復号装置２００がメッシュフレームを再構成するために使用する変位情報を算出する。変位情報は、ステップＳ１０２で生成したベースメッシュフレームの頂点から、入力メッシュフレームの頂点に向かう変位ベクトルに相当する。変位情報の算出方法としては、入力メッシュフレームの頂点の座標からベースメッシュフレームの頂点の座標を減算する方法がある。メッシュフレーム１３０１とベースメッシュフレーム１３０２とから算出される変位情報が変位情報１３０３として示されている（図３０参照）。変位情報１３０３は、ベクトル形式であり、言い換えれば、変位ベクトルとして表現されている。なお、変位情報は、ウェーブレット変換によりウェーブレット係数に変換され、その後、ウェーブレット係数がビデオフレームのプレーンに割り当てられビデオコーデックを用いて符号化され得る。

[0261] ステップＳ１０４において、符号化装置１００は、ステップＳ１０２で生成したベースメッシュフレームと、ステップＳ１０３で生成した変位情報と、属性マップと、テクスチャデータとをビットストリーム（圧縮ビットストリームに相当）に符号化する。ビットストリームの例がビットストリーム１３０４として示されている（図３０参照）。

[0262] 具体的には、ビットストリーム１３０４には、頂点Ａ、Ｃ、ＥおよびＦの

頂点座標および接続情報と、変位情報と、テクスチャデータを含むビデオビットストリームと、圧縮された属性マップとが含まれる（図３０参照）。変位情報は、サブ分割されたベースメッシュフレームから取得された頂点座標に基づいて頂点を変位させるための変位情報が含まれる。圧縮された属性マップは、ベースメッシュフレームと変位情報を用いて再構成されたメッシュフレームにテクスチャデータを適用するためのテクスチャ座標である。

[0263] 以降において、復号装置２００が行う復号処理を詳しく説明する。

[0264] 図３１は、復号装置２００の処理を示すフロー図である。図３２は、三次元メッシュの復号を概念的に示す説明図である。図３１および図３２を参照しながら、復号装置２００の処理を説明する。

[0265] ステップＳ２０１において、復号装置２００は、ビットストリーム（圧縮ビットストリームに相当）からベースメッシュフレームを復号する。復号されたベースメッシュフレーム（復号ベースメッシュフレームに相当）の例が、復号されたベースメッシュフレーム２３０１として示されている（図３２参照）。

[0266] ステップＳ２０２において、復号装置２００は、ステップＳ２０１で復号したベースメッシュフレームに対するサブ分割処理により、既存の頂点の間に新たな頂点を生成する。サブ分割された頂点を含むメッシュフレームの例が、メッシュフレーム２３０２として示されている（図３２参照）。この時点において、メッシュフレーム２３０２には、オリジナルメッシュフレームのすべての頂点および接続関係が含まれている。なお、メッシュフレーム２３０２に含まれる頂点の位置は、入力メッシュフレームに含まれる対応する頂点とは異なり得る。

[0267] ステップＳ２０３において、復号装置２００は、ビットストリーム（圧縮ビットストリームに相当）から変位情報を復号する。復号された変位情報の例が変位情報２３０３として示されている（図３２参照）。変位情報２３０３は、ベクトル形式であり、言い換えれば、変位ベクトルとして表現されている。このとき、復号装置２００は、ウェーブレット係数をビデオ復号器を

用いて復号し、逆ウェーブレット変換を施すことで、変位ベクトルを復元する。

[0268] ステップＳ２０４において、復号装置２００は、サブ分割された頂点を含むベースメッシュフレームの頂点を、変位情報を用いて新たな位置へ移動させることでメッシュフレームの形状を再構成する。復号装置２００は、さらに、テクスチャデータを適用することにより、メッシュフレームの頂点と接続情報により生成される面にテクスチャを割り当てることで、復号された三次元メッシュを再構成する。再構成されたメッシュフレームの例が、メッシュフレーム２３０４として示されている（図３２参照）。

[0269] 以降において、本実施の形態に係る頂点の座標の予測方法を説明する。

[0270] 図３３、図３４および図３５は、本実施の形態に係る頂点の座標の予測方法の例を示す説明図である。

[0271] 具体的には、図３３、図３４および図３５は、複数の三角形で構成されている三次元メッシュの符号化処理または復号処理において、三角形の頂点の座標を予測する方法の説明図である。この例では、符号化装置または復号装置は、三角形、および、その三角形の頂点がどのように連結しているかを示す接続情報を利用して、符号化または復号する頂点の座標を予測する。

[0272] 図３３において、頂点Ａ１、Ｂ１およびＣ１は、座標が符号化または復号済みの頂点である。頂点Ｄは、次に座標を符号化または復号される頂点である。頂点Ｅ１の座標は、頂点Ｄの座標の予測値であり、四角形Ａ１Ｂ１Ｅ１Ｃ１が平行四辺形となる座標に設定される。例えば、符号化装置または復号装置は、ベクトルＡ１Ｅ１を、ベクトルＡ１Ｃ１とベクトルＡ１Ｂ１との和として導出し、ベクトルＥ１Ｄを予測残差として符号化または復号するようにしてもよい。なお、頂点Ｅ１の座標を、予測値Ｅ１ということもある。後述の頂点Ｅ、Ｅ２またはＥ３等についても同様である。

[0273] 図３４は、図３３に示される予測方法を用いて複数の予測値Ｅ１、Ｅ２およびＥ３を決定し、複数の予測値Ｅ１、Ｅ２およびＥ３の平均値を頂点Ｄの座標の予測値とする例を示す。

[0274] 符号化装置または復号装置は、ベクトルＡｉＥｉ（ただしｉ＝１，２，３）をベクトルＡｉＣｉとベクトルＡｉＢｉとの和として導出し、ベクトルＡ１Ｅ１、ベクトルＡ１Ｅ２およびベクトルＡ１Ｅ３の平均ベクトルＡ１Ｅにより頂点Ｅの座標を定め、ベクトルＥＤを予測残差として符号化または復号するようにしてもよい。

[0275] なお、頂点Ｄの対辺ＢｉＣｉを有する三角形ＡｉＢｉＣｉの全頂点が符号化または復号済みであれば、図３３に示される予測方法が適用されることが可能であり、この予測方法により予測値Ｅｉが決定され得る。

[0276] なお、複数の予測値Ｅ１、Ｅ２およびＥ３の平均値として、複数の予測値Ｅ１、Ｅ２およびＥ３の重み付け平均により算定される平均値を用いてもよい。例えば、複数の予測値Ｅ１、Ｅ２およびＥ３の重みは、それぞれ、ベクトルＡ１Ｅ１、ベクトルＡ２Ｅ２およびベクトルＡ３Ｅ３の大きさに応じて決定されるようにしてもよい。より一般的には、予測値Ｅｉの重みが、ベクトルＡｉＥｉの大きさに応じて決定されるようにしてもよい。

[0277] 例えば、ベクトルＡｉＥｉの大きさがより小さい（つまり、頂点ＡｉとＥｉとがより近い、言い換えれば、頂点Ａｉと頂点Ｅｉとの間の距離がより小さい）ほうが、予測の精度がより高いと想定されることから、ベクトルＡｉＥｉの大きさの逆数を予測値Ｅｉの重みとすることができる。

[0278] また、ベクトルＡｉＥｉの大きさがより大きい方が、メッシュ表面の凹凸がより少なく、予測の精度がより高いと想定されることから、ベクトルＡｉＥｉの大きさを予測値Ｅｉの重みとすることができる。

[0279] なお、どのような特徴に基づいて予約値Ｅｉの重みを決定するかについては、メッシュにより表現されるオブジェクトによって異なることが想定される。よって、シーケンス、フレーム、サブメッシュまたは頂点などごとに、予測値Ｅｉの重みの決定方法を切り替えてもよい。

[0280] なお、この例では３つの予測値Ｅ１、Ｅ２およびＥ３を用いる例を示したが、予測値の個数は必ずしも３つである必要はなく、図３３に示される予測方法を適用可能である三角形ＡｉＢｉＣｉの個数に応じて、予測値の個数が

設定されてもよい。予測値の個数は１でもよい。

[0281] また、図３３に示される予測方法を適用可能な全ての三角形ＡｉＢｉＣｉが予測値の決定に用いられる必要はなく、予め定めた個数以下の三角形ＡｉＢｉＣｉが予測値の決定に用いられてもよい。なお、図３３に示される予測方法を適用可能である三角形ＡｉＢｉＣｉの個数が０の場合は、頂点ＢｉまたはＣｉなどの近傍に位置する頂点であって、符号化または復号済みの頂点の座標を、予測値としてもよい。また、上記場合に、頂点ＢｉまたはＣｉなどの近傍に符号化または復号済みの頂点が無い場合などには、原点（０，０，０）など予め定めた座標を予測値としてもよい。

[0282] 図３５において、頂点Ａ１、Ｂ１、Ｃ１、Ｆ１およびＧ１は、座標が符号化または復号済みの頂点である。ここで、頂点Ｆ１およびＧ１は、多くの場合、三角形Ａ１Ｂ１Ｃ１と同じ平面上にない点である。頂点Ｄは、次に座標を符号化または復号される頂点である。頂点Ｅ１の座標は、頂点Ｄの座標の予測値であり、四角形Ａ１Ｂ１’Ｅ１Ｃ１’が平行四辺形となる座標に設定される。例えば、符号化装置または復号装置は、ベクトルＡ１Ｅ１を、ベクトルＡ１Ｃ１’とベクトルＡ１Ｂ１’との和として導出し、ベクトルＥ１Ｄを予測残差として符号化または復号するようにしてもよい。頂点Ｂ１’の座標は、四角形Ａ１Ｂ１’Ｃ１Ｇ１が平行四辺形となる座標に設定される。例えば、ベクトルＡ１Ｂ１’は、ベクトルＡ１Ｃ１とベクトルＡ１Ｇ１との差として導出される。頂点Ｃ１’の座標は、四角形Ａ１Ｆ１Ｂ１Ｃ１’が平行四辺形となる座標に設定される。例えば、ベクトルＡ１Ｃ１’は、ベクトルＡ１Ｂ１とベクトルＡ１Ｆ１の差として導出される。図３３に示される予測方法に比べて、三角形Ａ１Ｂ１Ｃ１と同じ平面上にないことが多い頂点Ｆ１およびＧ１を用いて予測を行うことで、平面Ａ１Ｂ１Ｃ１上にない点が予測値として設定され、表面に凹凸がある三次元メッシュの頂点の座標の予測精度を向上できる可能性がある。

[0283] なお、図３４において、図３３に示される予測方法を用いて複数の予測値を決定したのと同様に、図３５に示される予測方法を用いて複数の予測値Ｅ

ｉを決定し、複数の予測値Ｅｉの平均値を頂点Ｄの座標の予測値としてもよい。頂点Ｄの対辺ＢｉＣｉを有する三角形を三角形ＡｉＢｉＣｉとし、三角形ＡｉＢｉＣｉと辺ＡｉＢｉを共有する三角形を三角形ＡｉＢｉＦｉとし、三角形ＡｉＢｉＣｉと辺ＡｉＣｉを共有する三角形を三角形ＡｉＣｉＧｉとするとき、頂点Ａｉ、Ｂｉ、Ｃｉ、ＦｉおよびＧｉが全て符号化または復号済みなら、図３５に示される予測方法が適用可能であり、予測値Ｅｉを決定できる。

[0284] なお、頂点Ａｉ、Ｂｉ、ＣｉおよびＦｉが全て符号化または復号済みであり、かつ、頂点Ｇｉが符号化または復号済みでない場合、頂点Ｂｉ’の代わりに頂点Ｂｉを用いることとして、図３５に示される予測方法を適用可能としてもよい。また、頂点Ａｉ、Ｂｉ、ＣｉおよびＧｉが全て符号化または復号済みであり、かつ、頂点Ｆｉが符号化または復号済みでない場合、頂点Ｃｉ’の代わりに頂点Ｃｉを用いることとして、図３５に示される予測方法を適用可能としてもよい。また、図３５に示される予測方法を適用可能である三角形ＡｉＢｉＣｉの個数に応じて、予測値の個数が設定されてもよい。予測値の個数は１でもよい。また、図３５に示される予測方法を適用可能な全ての三角形ＡｉＢｉＣｉが予測値の決定に用いられる必要はなく、予め定めた個数以下の三角形ＡｉＢｉＣｉが予測値の決定に用いられもよい。

[0285] 符号化装置または復号装置は、以上で説明した予測方法のいずれか一つを固定的に適用して三角形の頂点の座標を予測してもよいし、各方法に固有のインデックス値を割り当てて、個々の頂点、または、複数の頂点などの単位ごとに、符号化に使用した予測方法のインデックス値を符号化装置から復号装置に通知してもよい。その場合、復号装置は、復号の際にインデックス値に応じて予測方法を切り替えて三角形の頂点の座標の予測値を決定するようにしてもよい。符号化に使用した予測方法のインデックス値を符号化装置から復号装置に通知することで、より効果的な予測方法を選択しつつ三次元メッシュを符号化することができ、符号量を抑制できる可能性がある。なお、符号化装置から復号装置に通知する情報は、符号化に使用した予測方法を特

定できる情報であれば実施可能であり、必ずしもインデックス値でなくてもよい。また、符号化装置または復号装置は、頂点Ａｉ、Ｂｉ、Ｃｉ、ＦｉおよびＧｉが符号化または復号済みであるか否かを判定する際、三次元メッシュに穴があるなど当該位置に対応する頂点が存在しない場合には、符号化または復号済みでないと判定してもよい。

[0286] 図３６は、本実施の形態に係る頂点の座標の予測方法の例を示す説明図である。

[0287] 符号化装置または復号装置は、頂点ＰａおよびＰｂに加えて、図３６に示される黒丸、つまり、線分ＰａＰｂを内分または外分する点の座標などを予測値の候補としてもよい。ここで、頂点Ｐａは、図３４に示される予測方法を用いて決定した少なくとも１つ以上の予測値Ｅｉの平均値である。頂点Ｐｂは、図３４において、図３３に示される予測方法を用いて少なくとも１つ以上の予測値を決定したのと同様に、図３５に示される予測方法を用いて決定した少なくとも１つ以上の予測値Ｅｉの平均値である。

[0288] 例えば、図３６に例示されるように、符号化装置または復号装置は、線分ＰａＰｂの１／４を基準とした座標に予測値の候補を設定してもよい。言い換えれば、符号化装置または復号装置は、直線ＰａＰｂを、線分ＰａＰｂの１／４に相当する長さごとに分ける点の座標に、予測値の候補を設定してもよい。なお、上記基準は、線分ＰａＰｂの１／４に限られず、１／２などであってもよい。つまり、符号化装置または復号装置は、線分ＰａＰｂの１／２を基準とした座標のみを予測値の候補としてもよい。例えば、符号化装置または復号装置は、Ｐｂ、（Ｐａ＋Ｐｂ）／２、Ｐａ、（３×Ｐａ－Ｐｂ）／２、および、２×Ｐａ－Ｐｂの５点を予測値の候補としてもよい。また、符号化装置または復号装置は、Ｐｂ、（Ｐａ＋Ｐｂ）／２、Ｐａ、および、（３×Ｐａ－Ｐｂ）／２の４点を予測値の候補としてもよい。なお、予測値の候補の決定は、必ずしも線分ＰａＰｂの１／４または１／２の座標などを基準にする必要はなく、符号化装置と復号装置とで予め定めた共通の方法で直線ＰａＰｂ上に予測値の候補を設定してもよい。

[0289] 図３７は、本実施の形態に係る頂点の座標の予測方法の例を示す説明図である。

[0290] 図３７に示されるように、符号化装置または復号装置は、図３３に示される予測方法において頂点Ｅ１を通る平行四辺形Ａ１Ｂ１Ｅ１Ｃ１の垂線上に頂点Ｅ１１、Ｅ１２、Ｅ１３およびＥ１４などの複数の予測値の候補を、頂点Ｅ１に加えて設定してもよい。なお、線分Ｅ１Ｅ１ｊ（ただしｊ＝１，２，３，４）の長さは、線分Ａ１Ｅ１または線分Ｂ１Ｃ１などの長さに基づいて決定されてもよい。

[0291] 例えば、符号化装置または復号装置は、線分Ａ１Ｅ１のｋ倍（例えば、ｋ＝１／２、１／４、１／８または１／１６など）の長さとなるように、線分Ｅ１Ｅ１ｊの長さを設定してもよい。例えば、平行四辺形Ａ１Ｂ１Ｅ１Ｃ１の垂線に平行なベクトル（法線ベクトル）は、ベクトルＡ１Ｂ１とベクトルＡ１Ｃ１との外積で求められる。そして、上記法線ベクトルの単位ベクトル（長さが１のベクトル）をＮＭとし、ベクトルＡ１Ｅ１の長さを｜Ａ１Ｅ１｜とすると、ベクトルＥ１Ｅ１ｊは、ｋ×｜Ａ１Ｅ１｜×ＮＭ（例えば、ｋ＝±ｎ／２，±ｎ／４，±ｎ／８，±ｎ／１６，・・・（ｎ＝１，２，３，・・・）など）により決定される。また、ベクトルＥ１Ｅ１ｊは、線分Ａ１Ｅ１または線分Ｂ１Ｃ１を用いずに、ベクトルＮＭのｋ倍（例えば、ｋ＝±１６，±３２，±４８，±６４，・・・など）と設定されてもよい。

[0292] なお、図３４において図３３に示される予測方法を用いて少なくとも１つ以上の予測値を決定したのと同様に、符号化装置または復号装置は、図３７に示される予測方法を用いてそれぞれ少なくとも１つ以上の予測値Ｅｉおよびｉｊ（例えば、ｉ＝１，２，３，ｊ＝１，２，３，４）を決定し、予測値Ｅｉ、Ｅｉ１、Ｅｉ２、Ｅｉ３およびＥｉ４の平均値を予測値の候補としてもよい。

[0293] また、符号化装置または復号装置は、各予測値に固有のインデックス値を割り当てて、個々の頂点、または、複数の頂点などの単位ごとに、符号化に使用した予測方法のインデックス値を符号化装置から復号装置に通知し、復

号の際にインデックス値に応じて予測方法を切り替えて三角形の頂点の座標の予測値を決定するようにしてもよい。なお、符号化装置から復号装置に通知する情報は、符号化に使用した予測方法を特定できる情報であれば実施可能であり、必ずしもインデックス値でなくてもよい。

[0294] このように、符号化装置または復号装置は、三角形Ａ１Ｂ１Ｃ１と同じ平面上にない予測値の選択肢を増やすことで、凹凸のあるメッシュ表面の頂点座標に対して効果的な予測方法を選択できる可能性が増し、頂点座標の符号量を更に抑制できる可能性がある。

[0295] 以降において、頂点座標の符号化処理を説明する。頂点座標の符号化処理は、三次元メッシュに含まれる頂点の座標を符号化する符号化方法であるともいえる。

[0296] 図３８は、本実施の形態に係る符号化装置の処理の例を示すフロー図である。

[0297] ステップＳ３０１において、符号化装置は、三次元メッシュの接続情報を取得する。接続情報は、符号化対象の三次元メッシュを構成する三角形、および、その三角形の頂点がどのように連結しているかを示す情報である。

[0298] ステップＳ３０２において、符号化装置は、三次元メッシュに含まれる複数の頂点のうち、符号化対象の各頂点についてのループ処理を開始する。ループ処理において、符号化装置は、各頂点の座標を予測処理を用いて符号化する。ループ処理では、符号化装置は、符号化対象の１以上の頂点それぞれに着目し、着目した頂点についてステップＳ３０３～Ｓ３０６の処理を実行し、最終的には符号化対象のすべての頂点について上記処理がなされるように制御する。なお、着目している頂点を、着目頂点ともいう。

[0299] ステップＳ３０３において、符号化装置は、着目頂点の座標の予測値を決定する。

[0300] ステップＳ３０４において、符号化装置は、着目頂点の予測方法に関する情報を符号化する。着目頂点の予測方法に関する情報は、ステップＳ３０３で予測値を決定したときに用いた予測方法を示し、例えば、着目頂点の予測

方法を示すインデックス値を含む。

[0301] ステップＳ３０５において、符号化装置は、ステップＳ３０３で決定した予測値を用いて、着目頂点の座標の予測残差を算出する。

[0302] ステップＳ３０６において、符号化装置は、ステップＳ３０５で算出した着目頂点の座標の予測残差を符号化する。

[0303] ステップＳ３０７において、符号化装置は、各頂点についてのループ処理を終了する。具体的には、符号化装置は、ステップＳ３０３～Ｓ３０６の処理が、すべての頂点に対して実行されたか否かを判定し、実行されていない場合には、まだ実行されていない頂点に着目して処理が実行されるよう制御する。

[0304] 以降において、頂点座標の復号処理を説明する。頂点座標の復号処理は、三次元メッシュに含まれる頂点の座標を復号する復号方法であるともいえる。

[0305] 図３９は、本実施の形態に係る復号装置の処理の例を示すフロー図である。

[0306] ステップＳ４０１において、復号装置は、三次元メッシュの接続情報を取得する。

[0307] ステップＳ４０２において、復号装置は、三次元メッシュに含まれる複数の頂点のうち、復号対象の各頂点についてのループ処理を開始する。ループ処理において、復号装置は、各頂点の座標を予測処理を用いて復号する。ループ処理では、復号装置は、復号対象の１以上の頂点それぞれに着目し、着目した頂点についてステップＳ４０３～Ｓ４０６の処理を実行し、最終的には復号対象のすべての頂点について処理がなされるように制御する。なお、着目している頂点を、着目頂点ともいう。

[0308] ステップＳ４０３において、復号装置は、着目頂点の予測方法に関する情報を復号する。着目頂点の予測方法に関する情報は、着目頂点の符号化に使用された予測方法を示すインデックス値を含む。

[0309] ステップＳ４０４において、復号装置は、ステップＳ４０３で復号した予

測方法に関する情報を用いて、着目頂点の座標の予測値を決定する。

[0310] ステップＳ４０５において、復号装置は、着目頂点の座標の予測残差を復号する。

[0311] ステップＳ４０６において、復号装置は、ステップＳ４０４で決定した予測値と、ステップＳ４０５で復号した予測残差とに基づき頂点座標を復元する。

[0312] ステップＳ４０７において、復号装置は、各頂点についてのループ処理を終了する。具体的には、符号化装置は、ステップＳ４０３～Ｓ４０６の処理が、すべての頂点に対して実行されたか否かを判定し、実行されていない場合には、まだ実行されていない頂点に着目して処理が実行されるよう制御する。

[0313] このように、符号化に使用した予測方法のインデックス値を符号化装置から復号装置に通知することで、符号化装置が符号量削減などを目的に予測方法を切り替えつつ符号化した三角形の頂点の座標を含むビットストリームから、復号装置が正しく三角形の頂点の座標を復元可能となる。

[0314] 以降において、符号化装置の詳細な処理を説明する。

[0315] 図４０は、本実施の形態に係る符号化装置の処理の例を示すフロー図である。

[0316] 符号化装置は、上記ステップＳ３０４の処理に代えて、図４０に示される処理を実行してもよい。具体的には、符号化装置は、所定の条件を満たす場合にのみ、予測方法に関する情報を符号化するようにすることができる。

[0317] 一例として、符号化装置は、予測方法ＡおよびＢのいずれかを用いて頂点の符号化を行うことができる。予測方法Ａは、例えば図３４に示される予測方法であり、予測方法Ｂは、例えば図３５に示される予測方法である。また、符号化装置は、図３５に示される頂点Ａ１、Ｂ１、Ｃ１、Ｆ１およびＧ１が全て符号化済みの場合に予測方法Ｂを適用可能と判定するものとする。

[0318] 符号化装置は、着目頂点の符号化に予測方法Ｂを適用可能であるか否かを判定する（ステップＳ３１１）。

[0319] 予測方法Ｂを適用可能であると判定した場合（ステップＳ３１１でＹｅｓ）には、符号化装置は、ステップＳ３０３で決定した予測方法に関する情報（つまり、予測方法Ａと予測方法Ｂとのいずれを符号化に使用するかを示す情報（例えば、フラグまたはインデックス値））を符号化する（ステップＳ３１２）。

[0320] 一方、予測方法Ｂを適用不能であると判定した場合（ステップＳ３１１でＮｏ）には、符号化装置は、ステップＳ３０３で予測方法Ａを符号化に使用するものとして、予測方法に関する情報（つまり、予測方法Ａと予測方法Ｂとのいずれを符号化に使用するかを示す情報）を符号化しないようにしてもよい。

[0321] 以降において、復号装置の詳細な処理を説明する。

[0322] 図４１は、本実施の形態に係る復号装置の処理の例を示すフロー図である。

[0323] 復号装置は、上記ステップＳ４０３の処理に代えて、図４１に示される処理を実行してもよい。

[0324] 図４１に示される処理は、図４０に示される符号化方法により符号化された三角形の頂点の座標を復号する場合に、復号装置が行う処理であり得る。

[0325] 復号装置は、着目頂点の復号に予測方法Ｂを適用可能であるか否かを判定する（ステップＳ４１１）。

[0326] 予測方法Ｂを適用可能であると判定した場合（ステップＳ４１１でＹｅｓ）には、符号化装置が決定した予測方法に関する情報（つまり、符号化装置が符号化に予測方法Ａと予測方法Ｂのいずれを使用したかを示す情報（例えば、フラグまたはインデックス値））を復号する（ステップＳ４１２）。

[0327] 一方、予測方法Ｂを適用不能であると判定した場合（ステップＳ４１１でＮｏ）には、符号化装置が符号化に予測方法Ａを使用した（つまり、予測に関する情報が「予測方法Ａを符号化に使用した」ことを示す）として、予測に関する情報を予測方法Ａに設定してもよい（ステップＳ４１３）。

[0328] なお、符号化装置または復号装置は、頂点Ａ１、Ｂ１、Ｃ１およびＦ１が

全て符号化または復号済みであり、頂点Ｇ１が符号化または復号済みでない場合にも、頂点Ｂ１’の代わりに頂点Ｂ１を用いることとして、予測方法Ｂを適用可能と判定してもよい。また、符号化装置または復号装置は、図３５に示される頂点Ａ１、Ｂ１、Ｃ１およびＧ１が全て符号化または復号済みであり、頂点Ｆ１が符号化または復号済みでない場合にも、頂点Ｃ１’の代わりに頂点Ｃ１を用いることとして、予測方法Ｂを適用可能と判定してもよい。

[0329] なお、予測方法Ｂとして、図３４において図３３に示される予測方法の代わりに図３５に示される予測方法を適用して複数の予測値Ｅｉ（ｉ＝１，２，３，・・・）を決定し、複数の予測値の平均値を頂点Ｄの座標の予測値としてもよい。この場合、頂点Ａｉ、Ｂｉ、Ｃｉ、ＦｉおよびＧｉが全て符号化または復号済みのｉが１つ以上存在する場合（これを条件１とする）に、予測方法Ｂを適用可能と判断してもよい。また、頂点Ａｉ、Ｂｉ、ＣｉおよびＦｉが全て符号化または復号済みであり、頂点Ｇｉが符号化または復号済みでないｉが１つ以上存在する場合（これを条件２とする）に、頂点Ｂｉ’の代わりに頂点Ｂｉを用いることとして、予測方法Ｂを適用可能と判定してもよい。また、頂点Ａｉ、Ｂｉ、ＣｉおよびＧｉが全て符号化または復号済みであり、頂点Ｆｉが符号化または復号済みでないｉが１つ以上存在する場合（これを条件３とする）に、頂点Ｃｉ’の代わりに頂点Ｃｉを用いることとして、予測方法Ｂを適用可能と判定してもよい。また、条件１から条件３の少なくとも１つが真である場合に、予測方法Ｂを適用可能と判定してもよい。

[0330] また、符号化装置または復号装置は、予測方法Ｂを適用可能な場合に、図３６で説明した予測値の候補を予測に用いてもよい。この場合、符号化装置がステップＳ３１１（図４０参照）で予測方法Ｂを適用可能と判定した場合には、符号化装置がステップＳ３０３において予測方法Ｂを使用したことを示す情報と、図３６に示される予測値の候補のいずれを使用したかを示す情報（例えば、インデックス値）を、ステップＳ３１２において符号化しても

よい。また、符号化装置は、ステップＳ３１１（図４０参照）において予測方法Ｂを適用不能と判定した場合には、符号化装置はステップＳ３０３において予測方法Ａを使用したものとして、いずれの予測方法を使用したかを示す情報を符号化しないようにしてもよい。

[0331] また、復号装置は、ステップＳ４１１（図４１参照）において予測方法Ｂを適用可能と判定した場合には、符号化装置が予測方法Ｂを使用したことを示す情報と、図３６に示される予測値の候補のいずれを使用したかを示す情報（例えば、インデックス値）を、ステップＳ４１２において復号してもよい。また、復号装置は、ステップＳ４１１（図４１参照）において予測方法Ｂを適用不能と判定した場合には、符号化装置が予測方法Ａを使用したものとして、ステップＳ４１３において予測に関する情報を予測方法Ａに設定してもよい。

[0332] 以上のように、符号化に使用した予測方法のインデックス値を、複数の予測方法を適用可能な場合に限って符号化装置から復号装置に通知することで、インデックス値の不要な通知を回避することができ、符号量を削減できる可能性がある。

[0333] 以降において、本実施の形態に係る頂点の座標の予測方法を説明する。

[0334] 図４２および図４３は、本実施の形態に係る頂点の座標の予測方法の例を示す説明図である。図４２および図４３には、複数の三角形で構成されている三次元メッシュの符号化処理または復号処理において、三角形の頂点の座標を予測する方法の例が示されている。この例では、三角形またはその頂点がどのように連結しているかを示す接続情報を利用して、符号化または復号する頂点の座標を予測する。

[0335] 図４２において、頂点Ａ１、Ｂ１およびＣ２は、座標が符号化または復号済みの頂点である。頂点Ｄは、次に座標が符号化または復号される頂点である。頂点Ｅ１の座標は、頂点Ｄの座標の予測値であり、例えば、四角形Ｃ１Ａ１Ｂ１Ｄと四角形Ｃ２Ｃ１Ｂ１Ｄとがそれぞれ平行四辺形であると仮定したときの、Ｄの座標値として導出されてもよい。この場合、頂点Ｅ１の座標

は、ベクトルＡ１Ｃ２の１／２の大きさを持つベクトルＢ１Ｅ１を頂点Ｂ１の座標に加算することで導出される。言い換えれば、頂点Ｅ１の座標は、頂点Ｂ１の座標に、頂点Ｃ２と頂点Ａ１との座標の差分値の１／２を加算することで導出される（（式１）参照）。

[0336] E1 = B1 + (C2 - A1)/2 （式１）

[0337] 言い換えれば、頂点Ｅ１の座標は、頂点Ｃ２と頂点Ａ１との座標の差分値が、頂点Ｅ１と頂点Ｂ１との差分値の２倍になるように算出される。

[0338] また、符号化装置または復号装置は、ベクトルＥ１Ｄを予測残差として符号化または復号するようにしてもよい。

[0339] 図４２に示される予測は、頂点Ａ１、Ｂ１およびＣ２が符号化または復号済みの頂点であれば適用可能であり、これにより、予測値Ｅ１が決定される。ベクトルＡ１Ｃ２は、始点Ａ１および終点Ｃ２が、ベクトルＢ１Ｄの始点Ｂ１および終点Ｄに直接接続されているので、ベクトルＡ１Ｃ２とベクトルＢ１Ｄとの方向および大きさの相関が高いと考えられる。そのため、符号化装置または復号装置がベクトルＡ１Ｃ２と頂点Ｂ１とに基づいて頂点Ｅ１を決定することで、精度よく頂点Ｄの座標を予測できる可能性が高い。また、図４２に示される予測の方法は、図３３、図３４または図３５に示される予測方法とは異なる条件で適用可能であるため、図３３、図３４または図３５に示される予測方法の少なくとも１つと組み合わせて使用することで、予測値Ｅ１を決定できる頻度または可能性が向上し、ベクトルＥ１Ｄを予測残差として符号化するのに必要な符号量を削減できる可能性がある。

[0340] 図４３において、頂点Ａ２、Ｃ２およびＢ１は、座標が符号化または復号済みの頂点である。頂点Ｄは、次が座標を符号化または復号する頂点である。頂点Ｅ２の座標は、頂点Ｄの座標の予測値であり、例えば、四角形Ｂ２Ａ２Ｃ２Ｄと四角形Ｂ１Ｂ２Ｃ２Ｄとがそれぞれ平行四辺形であると仮定したときの、Ｄの座標値として導出されてもよい。この場合、頂点Ｅ２の座標は、ベクトルＡ２Ｂ１の１／２の大きさを持つベクトルＣ２Ｅ２を頂点Ｃ２の座標に加算することで導出される。言い換えれば、頂点Ｅ２の座標は、頂点

Ｃ２の座標に、頂点Ｂ１と頂点Ａ２との座標の差分値の１／２を加算することで導出される（（式２）参照）。

[0341] E2 = C2 + (B1 - A2)/2 （式２）

[0342] 言い換えれば、頂点Ｅ２の座標は、頂点Ｂ１と頂点Ａ２との座標の差分値が、頂点Ｅ２と頂点Ｃ２との差分値の２倍になるように算出される。

[0343] また、符号化装置または復号装置は、ベクトルＥ２Ｄを予測残差として符号化または復号するようにしてもよい。

[0344] 図４３に示される予測は、頂点Ａ２、Ｃ２およびＢ１が符号化または復号済みの頂点であれば適用可能であり、これにより、予測値Ｅ２が決定される。ベクトルＡ２Ｂ１は、始点Ａ２および終点Ｂ１が、ベクトルＣ２Ｄの始点Ｃ２および終点Ｄに直接接続されているので、ベクトルＡ２Ｂ１とベクトルＣ２Ｄとの方向と大きさの相関が高いと考えられる。そのため、符号化装置または復号装置が、ベクトルＡ２Ｂ１と頂点Ｃ２とに基づいて頂点Ｅ２を決定することで、精度よく頂点Ｄの座標を予測できる可能性が高い。また、図４３に示される予測の方法は、図３３、図３４または図３５に示される予測方法とは異なる条件で適用可能であるため、図３３、図３４または図３５に示される予測方法の少なくとも１つと組み合わせて使用することで、予測値Ｅ２を決定できる頻度または可能性が向上し、ベクトルＥ２Ｄを予測残差として符号化するのに必要な符号量を削減できる可能性がある。

[0345] なお、図３４において、図３５に示される予測方法を用いて複数の予測値を決定したのと同様に、図４２または図４３に示される予測方法を用いて複数の予測値Ｅｉを決定し、複数の予測値の平均値を頂点Ｄの座標の予測値としてもよい。図４２または図４３に示される予測方法を適用可能である三角形ＡｉＢｉＣｉの個数に応じて、予測値の個数を設定してもよい。予測値の個数は１でもよい。また、図４２または図４３に示される予測方法を適用可能な全ての三角形ＡｉＢｉＣｉを用いる必要はなく、予め定めた個数以下の三角形ＡｉＢｉＣｉを予測に用いてもよい。

[0346] 符号化装置または復号装置は、以上で説明した予測方法のいずれか一つを

固定的に適用して三角形の頂点の座標を予測してもよいし、各方法に固有のインデックス値を割り当てて、個々の頂点、または、複数の頂点などの単位ごとに、符号化に使用した予測方法のインデックス値を符号化装置から復号装置に通知し、復号の際にインデックス値に応じて予測方法を切り替えて三角形の頂点の座標の予測値を決定するようにしてもよい。符号化に使用した予測方法のインデックス値を符号化装置から復号装置に通知することで、より効果的な予測方法を選択しつつ三次元メッシュを符号化することができ、符号量を抑制できる可能性がある。なお、符号化装置から復号装置に通知する情報は、符号化に使用した予測方法を特定できる情報であれば実施可能であり、必ずしもインデックス値でなくてもよい。また、頂点Ａｉ、Ｂｉ、Ｃｉ、ＦｉおよびＧｉが符号化または復号済みであるか否かを判定する際、三次元メッシュに穴があるなど当該位置に対応する頂点が存在しない場合には、符号化／復号済みでないと判定してもよい。

[0347] 以降において、予測値の決定処理について説明する。

[0348] 図４４は、本実施の形態に係る予測値の決定処理の例を示すフロー図である。

[0349] 符号化装置は、図３８に示される符号化処理におけるステップＳ３０３～Ｓ３０４の処理を、図４４に示される処理に置き換えることができる。また、復号装置は、図３９に示される復号処理におけるステップＳ４０３～Ｓ４０４の処理を、図４４に示される処理に置き換えることができる。符号化装置または復号装置は、図４４に示される処理を実行することで、複数の予測方法のそれぞれが適用可能な三角形ＡｉＢｉＣｉの個数に応じて、予測値の決定方法を切り替えながら三角形の頂点の座標を符号化または復号することができる。

[0350] 例えば、図３３に示される予測方法を予測方法Ａとし、図３５に示される頂点Ａｉ、ＢｉおよびＣｉ（ｉ＝１，２，３，・・・）が全て符号化または復号済みの場合に、符号化装置または復号装置は、三角形ＡｉＢｉＣｉにおいて予測方法Ａが適用可能と判定する。また、図４２に示される予測方法を

予測方法Ｂとし、図３５に示される頂点Ａｉ、ＢｉおよびＣｊ（ｊ＝ｉ＋１，ｉ＝１，２，３，・・・）が全て符号化または復号済みの場合に、符号化装置または復号装置は、三角形ＡｉＢｉＣｉにおいて予測方法Ｂが適用可能と判定する。

[0351] 図４４に示されるように、ステップＳ５０１において、符号化装置または復号装置は、予測方法Ａを適用可能な三角形ＡｉＢｉＣｉの個数Ａをカウントする。

[0352] ステップＳ５０２において、符号化装置または復号装置は、予測方法Ｂを適用可能な三角形ＡｉＢｉＣｉの個数Ｂをカウントする。

[0353] ステップＳ５０３において、符号化装置または復号装置は、個数Ａが０より大きいか否か（すなわち、予測方法Ａが適用可能な三角形ＡｉＢｉＣｉが少なくとも１つあるか、または、１つもないか）を判定する。個数Ａが０より大きいと判定した場合（ステップＳ５０３でＹｅｓ）には、ステップＳ５０４に進み、そうでない場合（ステップＳ５０３でＮｏ）には、ステップＳ５１１に進む。

[0354] ステップＳ５０４において、符号化装置または復号装置は、個数Ａが個数Ｂより大きいか否かを判定する。個数Ａが個数Ｂより大きいと判定した場合（ステップＳ５０４でＹｅｓ）には、ステップＳ５０５に進み、そうでない場合（ステップＳ５０４でＮｏ）には、ステップＳ５１２に進む。

[0355] ステップＳ５０５において、符号化装置または復号装置は、予測方法Ａにより予測値を決定する。

[0356] ステップＳ５１１において、符号化装置または復号装置は、個数Ｂが０より大きいか否か（すなわち、予測方法Ｂが適用可能な三角形ＡｉＢｉＣｉが少なくとも１つあるか、または、１つもないか）を判定する。個数Ｂが０より大きいと判定した場合（ステップＳ５１１でＹｅｓ）には、ステップＳ５１２に進み、そうでない場合（ステップＳ５１１でＮｏ）には、ステップＳ５２１に進む。

[0357] ステップＳ５１２において、符号化装置または復号装置は、予測方法Ｂに

より予測値を決定する。

[0358] ステップＳ５２１において、符号化装置または復号装置は、所定の方法により予測値を決定する。所定の方法は、頂点Ｂｉまたは頂点Ｃｉなどの近傍に位置する頂点であって、符号化または復号済みの頂点の座標を、予測値とする方法でもよい。また、所定の方法は、頂点Ｂｉまたは頂点Ｃｉなどの近傍に符号化または復号済みの頂点がない場合などには、原点（０，０，０）など予め定めた座標を予測値とする方法でもよい。

[0359] 以上の手順により、符号化装置または復号装置は、複数の予測方法のそれぞれが適用可能な三角形ＡｉＢｉＣｉの個数に応じて予測方法を切り替えることで、予測方法のインデックス値などを通知することなく高い効果を期待できる予測方法を選択でき、予測残差を符号化するのに必要な符号量を削減できる可能性がある。

[0360] なお、この例において、図４２に示される予測方法の代わりに図４３に示される予測方法を予測方法Ｂとし、図３５に示される頂点Ａｉ、Ｂｊ、Ｃｉ（ｊ＝ｉ－１，ｉ＝２，３，・・・）が全て符号化または復号済みの場合に、三角形ＡｉＢｉＣｉにおいて予測方法Ｂが適用可能と判定するようにしても同様の効果を得られる可能性がある。

[0361] なお、ステップＳ５０４の判定条件を、「個数Ａ≧個数Ｂ」、つまり、「個数Ａが個数Ｂ以上であるか否か」としても実施可能である。ただし、予測方法Ａとして図３３に示される予測方法を用い、予測方法Ｂとして図４２または図４３に示される予測方法を用いる場合など、予測方法Ｂの方が予測方法Ａよりも予測精度が高いことが期待される場合には、個数Ａと個数Ｂとが同数の場合に予測方法Ｂにより予測値を決定するほうが、予測残差を符号化するのに必要な符号量を、より一層削減できる可能性がある。

[0362] なお、上記符号化装置または上記復号装置は、下記のようにも記載され得る。

[0363] （１）符号化装置であって、回路と、前記回路に接続されたメモリと、を備え、前記回路は、三次元メッシュの表面を成す多角形の頂点の座標を符号

化する動作において、符号化対象の第１頂点を含む第１多角形に隣接する第２多角形の少なくとも１つの第２頂点の座標に基づいて、前記第２多角形を含む平面上の少なくとも１つの座標を前記第１頂点の座標の第１予測値として決定する第１予測処理と、前記第２多角形を含む平面上に無い少なくとも１つの座標を前記第１頂点の座標の第２予測値として決定する第２予測処理とを含む２つ以上の予測処理の中から１つを選択し、前記選択された予測処理を指し示す選択情報と、前記第１頂点の座標と前記選択された予測処理により決定された第３予測値との差分値とを符号化する、符号化装置。

[0364] （２）前記（１）に記載の符号化装置であって、前記回路は、前記第２予測処理において、前記第２多角形に隣接する前記第１多角形とは別の少なくとも１つの第３多角形の頂点であって、前記第２多角形に接していない少なくとも１つの第２頂点の座標に基づいて、前記第２予測値を決定する。

[0365] （３）前記（２）に記載の符号化装置であって、前記回路は、少なくとも１つ以上の前記第２頂点が符号化済の場合は、前記２つ以上の予測処理の中から１つを選択して前記選択情報を符号化し、いずれの前記第２頂点も符号化済みでない場合は、前記第１予測処理を選択して前記選択情報を符号化しない。

[0366] （４）前記（２）または前記（３）に記載の符号化装置であって、前記回路は、前記第１予測値と前記第２予測値を通る直線状の座標を前記第１頂点の座標の第４予測値として決定する第３予測処理を含む。

[0367] （５）前記（１）に記載の符号化装置であって、前記回路は、前記第２予測処理において、前記第２多角形を含む平面と前記第１予測値の座標またはその近傍で垂直に交差する直線上の少なくとも１つの座標を、第２予測値として決定する。

[0368] （６）復号装置であって、回路と、前記回路に接続されたメモリと、を備え、前記回路は、三次元メッシュの表面を成す多角形の頂点の座標を復元する動作において、復元対象の第１頂点を含む第１多角形に隣接する第２多角形の少なくとも１つの第２頂点の座標に基づいて、前記第２多角形を含む平

面上の少なくとも１つの座標を前記第１頂点の座標の第１予測値として決定する第１予測処理と、前記第２多角形を含む平面上に無い少なくとも１つの座標を前記第１頂点の座標の第２予測値として決定する第２予測処理とを含む２つ以上の予測処理を備え、前記２つ以上の予測処理の１つを指し示す選択情報と差分値を復号し、前記選択情報により指し示された予測処理により第３予測値を決定し、前記第３予測値と前記差分値に基づいて前記第１頂点の座標を復元する、復号装置。

[0369] （７）前記（６）に記載の復号装置であって、前記回路は、前記第２予測処理において、前記第２多角形に隣接する前記第１多角形とは別の少なくとも１つの第３多角形の頂点であって、前記第２多角形に接していない少なくとも１つの第２頂点の座標に基づいて、前記第２予測値を決定する。

[0370] （８）前記（７）に記載の復号装置であって、前記回路は、少なくとも１つ以上の前記第２頂点が復元済の場合は、前記選択情報を復号して指し示された予測処理により第３予測値を決定し、いずれの前記第２頂点も符号化済みでない場合は、前記選択情報の復号を行わずに前記第１予測処理により第３予測値を決定する。

[0371] （９）前記（７）または前記（８）に記載の符号化装置であって、前記回路は、前記第１予測値と前記第２予測値を通る直線状の座標を前記第１頂点の座標の第４予測値として決定する第３予測処理を含む。

[0372] （１０）前記（６）に記載の復号装置であって、前記回路は、前記第２予測処理において、前記第２多角形を含む平面と前記第１予測値の座標またはその近傍で垂直に交差する直線上の少なくとも１つの座標を、第２予測値として決定する。

[0373] なお、上記符号化装置または上記復号装置は、下記のようにも記載され得る。

[0374] （１）符号化装置であって、回路と、前記回路に接続されたメモリと、を備え、前記回路は、三次元メッシュの表面を成す多角形の頂点の座標を符号化する動作において、符号化対象の第１頂点を含む第１多角形に隣接する第

２多角形の頂点であって、前記第１多角形に接していない少なくとも１つの第２頂点と、前記第１多角形に隣接する前記第２多角形とは別の第３多角形の頂点であって、前記第１多角形に接していない少なくとも１つの第３頂点と、前記第１多角形の頂点であって、前記第３多角形に接していない少なくとも１つの第４頂点とを含む平面上の少なくとも１つの座標を、前記第１頂点の座標の予測値として決定し、前記第１頂点の座標と前記予測値との差分値とを符号化する、符号化装置。

[0375] （２）前記（１）に記載の符号化装置であって、前記回路は、前記第２頂点を始点とし前記第３頂点を終点とする第１ベクトルに平行で前記第４頂点を通る第１直線上の少なくとも１つの座標を、前記第１頂点の座標の予測値として決定する。

[0376] （３）前記（２）に記載の符号化装置であって、前記回路は、前記第１ベクトルの長さの１／２の距離だけ、前記第４頂点から前記第１ベクトルの方向に離れた座標を、前記第１頂点の座標の予測値として決定する。

[0377] （４）復号装置であって、回路と、前記回路に接続されたメモリと、を備え、前記回路は、三次元メッシュの表面を成す多角形の頂点の座標を復元する動作において、復元対象の第１頂点を含む第１多角形に隣接する第２多角形の頂点であって、前記第１多角形に接していない少なくとも１つの第２頂点と、前記第１多角形に隣接する前記第２多角形とは別の第３多角形の頂点であって、前記第１多角形に接していない少なくとも１つの第３頂点と、前記第１多角形の頂点であって、前記第３多角形に接していない少なくとも１つの第４頂点とを含む平面上の少なくとも１つの座標を、前記第１頂点の座標の予測値として決定し、前記第１頂点の座標に対応する差分値を復号し、前記予測値と前記差分値に基づいて前記第１頂点の座標を復元する、復号装置。

[0378] （５）前記（４）に記載の復号装置であって、前記回路は、前記第２頂点を始点とし前記第３頂点を終点とする第１ベクトルに平行で前記第４頂点を通る第１直線上の少なくとも１つの座標を、前記第１頂点の座標の予測値と

して決定する。

[0379] （６）前記（５）に記載の復号装置であって、前記回路は、前記第１ベクトルの長さの１／２の距離だけ、前記第４頂点から前記第１ベクトルの方向に離れた座標を、前記第１頂点の座標の予測値として決定する。

[0380] 以降において、本実施の形態に係る符号化処理の別の例を説明する。

[0381] 図４５は、本実施の形態に係る符号化処理の例を示すフロー図である。

[0382] 図４５に示される符号化処理は、三次元メッシュに含まれる頂点の座標を符号化する符号化方法であるともいえる。図４５に示される符号化処理は、符号化装置により実行される。

[0383] ステップＳ６０１において、符号化装置は、３つの頂点の座標を用いて、第１頂点の座標の予測値を導出する。上記３つの頂点は、符号化対象である第１頂点（例えば図４２の頂点Ｄ）と接続する第２頂点（例えば図４２の頂点Ｃ１）と接続する複数の頂点のうち、第１頂点とは異なる３つの頂点（例えば図４２の頂点Ａ１、Ｂ１およびＣ２）である。

[0384] ステップＳ６０２において、符号化装置は、ステップＳ６０１で導出した予測値と、第１頂点の座標との差分値を符号化する。

[0385] これにより、符号化装置は、符号化対象である第１頂点と接続する第２頂点と接続する複数の頂点のうち、第１頂点とは異なる３つの頂点の座標を用いて第１頂点の座標の予測値を導出する。導出した予測値は、上記３つの頂点の座標と第１頂点との位置の関連が比較的大きい場合に、上記３点の座標と比較的近い、適切な値となる可能性がある。これにより、第１頂点の符号化の精度を向上できる可能性があり、また、符号量を低減できる可能性がある。このように、符号化装置は、三次元メッシュの頂点の座標に関する符号化処理の改善に貢献し得る。

[0386] 例えば、符号化装置は、予測値を導出する際には、第２頂点の座標を用いずに、予測値を導出してもよい。

[0387] これにより、符号化装置は、予測値を導出する際に、上記３つの頂点の座標を用い、言い換えれば、上記の「符号化対象である第１頂点と接続する第

２頂点」を用いないことにより、より容易に、適切な予測値を導出できる可能性がある。このように、符号化装置は、より容易に、三次元メッシュの頂点の座標に関する符号化処理の改善に貢献し得る。

[0388] 例えば、符号化装置は、予測値を導出する際には、上記３つの頂点として、第１頂点と接続する２つの頂点である第３頂点（例えば図４２の頂点Ｂ１）と第４頂点（例えば図４２の頂点Ｃ２）とを少なくとも含む３つの頂点を用いて、予測値を導出してもよい。

[0389] これにより、符号化装置は、予測値を導出する際に、第１頂点と接続する２つの頂点である第３頂点と第４頂点とを少なくとも含む３つの頂点の座標を用いることにより、より容易に、適切な予測値を導出できる可能性がある。このように、符号化装置は、より容易に、三次元メッシュの頂点の座標に関する符号化処理の改善に貢献し得る。

[0390] 例えば、符号化装置は、予測値を導出する際には、上記３つの頂点として、第１頂点と接続しない頂点である第５頂点（例えば図４２の頂点Ａ１）を少なくとも含む３つの頂点を用いて、予測値を導出してもよい。

[0391] これにより、符号化装置は、予測値を導出する際に、第１頂点と接続しない頂点である第５頂点とを少なくとも含む３つの頂点の座標を用いることにより、より容易に、適切な予測値を導出できる可能性がある。このように、符号化装置は、より容易に、三次元メッシュの頂点の座標に関する符号化処理の改善に貢献し得る。

[0392] 例えば、予測値を導出する際には、符号化装置は、上記３つの頂点として、第１頂点と接続しない頂点である第５頂点（例えば図４２の頂点Ａ１）をさらに含む３つの頂点を用いて、予測値を導出し、第４頂点の座標と第５頂点の座標との差分値は、第１頂点の座標の予測値と第３頂点の座標との差分値の２倍であってもよい。

[0393] これにより、符号化装置は、予測値を導出する際に、第１頂点と接続する２つの頂点である第３頂点と第４頂点とを含み、かつ、第１頂点と接続しない頂点である第５頂点とを含む３つの頂点により形成される台形の、４個の

頂点のうち上記３つの頂点を除く１個の頂点の座標を算定することで、より容易に、適切な予測値を導出できる可能性がある。このように、符号化装置は、より容易に、三次元メッシュの頂点の座標に関する符号化処理の改善に貢献し得る。

[0394] 例えば、予測値は、第１予測値であってもよい。また、符号化装置は、さらに、第１頂点（例えば図４３の頂点Ｄ）と接続する新たな第２頂点（例えば図４３の頂点Ｃ１）と接続する新たな複数の頂点であって、上記複数の頂点と少なくとも一部が異なる新たな複数の頂点のうち、第１頂点とは異なる新たな３つの頂点（例えば図４３の頂点Ａ２、Ｂ１およびＣ２）の座標を用いて、第１頂点の座標の予測値である第２予測値を導出し、第１予測値と、第２予測値とを用いて、第１頂点の座標の新たな予測値である第３予測値を導出し、第３予測値と、第１頂点の座標との新たな差分値を符号化してもよい。

[0395] これにより、符号化装置は、上記３つの頂点と少なくとも一部が異なる新たな３つの頂点を用いて導出した第２予測値を用いて、新たな第３予測値を導出する。導出した第３予測値は、第１予測値または第２予測値より、適切な予測値である可能性がある。これにより、第１頂点の符号化の精度を向上できる可能性があり、また、符号量を低減できる可能性がある。このように、符号化装置は、三次元メッシュの頂点の座標に関する符号化処理の改善に貢献し得る。

[0396] 例えば、符号化装置は、第３予測値を導出する際には、第１予測値と第２予測値との平均を、第３予測値として導出してもよい。

[0397] これにより、符号化装置は、第１予測値と第２予測値との平均をとる情報処理により、より容易に、第３予測値を算定することができる。よって、符号化装置は、より容易な情報処理により三次元メッシュの頂点の座標に関する符号化処理の改善に貢献し得る。

[0398] 例えば、符号化装置は、第３予測値を導出する際には、第１予測値と第２予測値との重み付け平均を、第３予測値として導出してもよい。

[0399] これにより、符号化装置は、第１予測値と第２予測値との重み付け平均をとる情報処理により、より容易に、第３予測値を算定することができる。よって、符号化装置は、より容易な情報処理により三次元メッシュの頂点の座標に関する符号化処理の改善に貢献し得る。

[0400] 例えば、符号化装置は、さらに、三次元メッシュに含まれる頂点同士の接続を示す接続情報を取得し、予測値を導出する際には、取得した接続情報に示される、三次元メッシュに含まれる頂点同士の接続を用いて上記３つの頂点を特定し、特定した上記３つの頂点の座標を用いて、第１頂点の座標の予測値を導出してもよい。

[0401] これにより、符号化装置は、接続情報を用いることでより容易に３つの頂点を特定することができ、特定した３つの頂点を用いて予測値を導出することができる。よって、符号化装置は、より容易に、三次元メッシュの頂点の座標に関する符号化処理の改善に貢献し得る。

[0402] 以降において、本実施の形態に係る復号処理の別の例を説明する。

[0403] 図４６は、本実施の形態に係る復号処理の例を示すフロー図である。

[0404] 図４６に示される復号処理は、三次元メッシュに含まれる頂点の座標を復号する復号方法であるともいえる。図４６に示される復号処理は、復号装置により実行される。

[0405] ステップＳ７０１において、復号装置は、３つの頂点の座標を用いて、第１頂点の座標の予測値を導出する。上記３つの頂点は、復号対象である第１頂点（例えば図４２の頂点Ｄ）と接続する第２頂点（例えば図４２の頂点Ｃ１）と接続する複数の頂点のうち、第１頂点とは異なる３つの頂点（例えば図４２の頂点Ａ１、Ｂ１およびＣ２）である。

[0406] ステップＳ７０２において、復号装置は、予測値と、第１頂点の座標との差分値を復号する。

[0407] ステップＳ７０３において、復号装置は、予測値と差分値とを用いて第１頂点の座標を復元する。

[0408] これにより、復号装置は、復号対象である第１頂点と接続する第２頂点と

接続する複数の頂点のうち、第１頂点とは異なる３つの頂点の座標を用いて第１頂点の座標の予測値を導出する。導出した予測値は、上記３つの頂点の座標と第１頂点との位置の関連が比較的大きい場合に、上記３点の座標と比較的近い、適切な値となる可能性がある。これにより、第１頂点の復号の精度を向上できる可能性があり、また、符号量を低減できる可能性がある。このように、復号装置は、三次元メッシュの頂点の座標に関する復号処理の改善に貢献し得る。

[0409] 例えば、復号装置は、予測値を導出する際には、第２頂点の座標を用いずに、予測値を導出してもよい。

[0410] これにより、復号装置は、予測値を導出する際に、上記３つの頂点の座標を用い、言い換えれば、上記の「復号対象である第１頂点と接続する第２頂点」を用いないことにより、より容易に、適切な予測値を導出できる可能性がある。このように、復号装置は、より容易に、三次元メッシュの頂点の座標に関する復号処理の改善に貢献し得る。

[0411] 例えば、復号装置は、予測値を導出する際には、上記３つの頂点として、第１頂点と接続する２つの頂点である第３頂点（例えば図４２の頂点Ｂ１）と第４頂点（例えば図４２の頂点Ｃ２）とを少なくとも含む３つの頂点を用いて、予測値を導出してもよい。

[0412] これにより、復号装置は、予測値を導出する際に、第１頂点と接続する２つの頂点である第３頂点と第４頂点とを少なくとも含む３つの頂点の座標を用いることにより、より容易に、適切な予測値を導出できる可能性がある。このように、復号装置は、より容易に、三次元メッシュの頂点の座標に関する復号処理の改善に貢献し得る。

[0413] 例えば、復号装置は、予測値を導出する際には、上記３つの頂点として、第１頂点と接続しない頂点である第５頂点（例えば図４２の頂点Ａ１）を少なくとも含む３つの頂点を用いて、予測値を導出してもよい。

[0414] これにより、復号装置は、予測値を導出する際に、第１頂点と接続しない頂点である第５頂点とを少なくとも含む３つの頂点の座標を用いることによ

り、より容易に、適切な予測値を導出できる可能性がある。このように、復号装置は、より容易に、三次元メッシュの頂点の座標に関する復号処理の改善に貢献し得る。

[0415] 例えば、復号装置は、予測値を導出する際には、上記３つの頂点として、第１頂点と接続しない頂点である第５頂点（例えば図４２の頂点Ａ１）をさらに含む３つの頂点を用いて、予測値を導出し、第４頂点の座標と第５頂点の座標との差分値は、第１頂点の座標の予測値と第３頂点の座標との差分値の２倍であってもよい。

[0416] これにより、復号装置は、予測値を導出する際に、第１頂点と接続する２つの頂点である第３頂点と第４頂点とを含み、かつ、第１頂点と接続しない頂点である第５頂点とを含む３つの頂点により形成される台形の、４個の頂点のうち上記３つの頂点を除く１個の頂点の座標を算定することで、より容易に、適切な予測値を導出できる可能性がある。このように、復号方装置、より容易に、三次元メッシュの頂点の座標に関する復号処理の改善に貢献し得る。

[0417] 例えば、予測値は、第１予測値であってもよい。また、復号装置は、さらに、第１頂点（例えば図４３の頂点Ｄ）と接続する新たな第２頂点（例えば図４３の頂点Ｃ１）と接続する新たな複数の頂点であって、上記複数の頂点と少なくとも一部が異なる新たな複数の頂点のうち、第１頂点とは異なる新たな３つの頂点（例えば図４３の頂点Ａ２、Ｂ１およびＣ２）の座標を用いて、第１頂点の座標の予測値である第２予測値を導出し、第１予測値と、第２予測値とを用いて、第１頂点の座標の新たな予測値である第３予測値を導出し、第３予測値と、第１頂点の座標との新たな差分値を復号し、第３予測値と新たな差分値とを用いて第１頂点の座標を復元してもよい。

[0418] これにより、復号装置は、上記３つの頂点と少なくとも一部が異なる新たな３つの頂点を用いて導出した第２予測値を用いて、新たな第３予測値を導出する。導出した第３予測値は、第１予測値または第２予測値より、適切な予測値となる可能性がある。これにより、第１頂点の復号の精度を向上でき

る可能性があり、また、符号量を低減できる可能性がある。このように、復号装置は、三次元メッシュの頂点の座標に関する復号処理の改善に貢献し得る。

[0419] 例えば、復号装置は、第３予測値を導出する際には、第１予測値と第２予測値との平均を、第３予測値として導出してもよい。

[0420] これにより、復号装置は、第１予測値と第２予測値との平均をとる情報処理により、より容易に、第３予測値を算定することができる。よって、復号装置は、より容易な情報処理により三次元メッシュの頂点の座標に関する復号処理の改善に貢献し得る。

[0421] 例えば、復号装置は、第３予測値を導出する際には、第１予測値と第２予測値との重み付け平均を、第３予測値として導出してもよい。

[0422] これにより、復号装置は、第１予測値と第２予測値との重み付け平均をとる情報処理により、より容易に、第３予測値を算定することができる。よって、復号装置は、より容易な情報処理により三次元メッシュの頂点の座標に関する復号処理の改善に貢献し得る。

[0423] 例えば、復号装置は、さらに、三次元メッシュに含まれる頂点の接続を示す接続情報を取得し、予測値を導出する際には、取得した接続情報に示される、三次元メッシュに含まれる頂点同士の接続を用いて３つの頂点を特定し、特定した３つの頂点の座標を用いて、第１頂点の座標の予測値を導出してもよい。

[0424] これにより、復号装置は、上記態様によれば、接続情報を用いることでより容易に３つの頂点を特定することができ、特定した３つの頂点を用いて予測値を導出することができる。よって、復号装置は、より容易に、三次元メッシュの頂点の座標に関する復号処理の改善に貢献し得る。

[0425] ＜その他の例＞

以上、符号化装置及び復号装置の態様を実施の形態に従って説明したが、符号化装置及び復号装置の態様は、実施の形態に限定されない。実施の形態に対して当業者が思いつく変形が施されてもよいし、実施の形態における複

数の構成要素が任意に組み合わされてもよい。

[0426] 例えば、実施の形態において特定の構成要素によって実行される処理を特定の構成要素の代わりに別の構成要素が実行してもよい。また、複数の処理の順序が変更されてもよいし、複数の処理が並行して実行されてもよい。

[0427] また、上述した通り、本開示の複数の構成の少なくとも一部は、集積回路として実装され得る。本開示の複数の処理の少なくとも一部が符号化方法又は復号方法として利用されてもよい。当該符号化方法又は当該復号方法をコンピュータに実行させるためのプログラムが利用されてもよい。また、当該プログラムが記録された非一時的なコンピュータ読み取り可能な記録媒体が利用されてもよい。また、復号装置に復号処理を行わせるためのビットストリームが利用されてもよい。

[0428] また、本開示の複数の構成及び複数の処理の少なくとも一部が、送信装置、受信装置、送信方法及び受信方法として利用されてもよい。当該送信方法又は当該受信方法をコンピュータに実行させるためのプログラムが利用されてもよい。また、当該プログラムが記録された非一時的なコンピュータ読み取り可能な記録媒体が利用されてもよい。

[0429] なお、上記実施の形態において、各構成要素は、専用のハードウェアで構成されるか、各構成要素に適したソフトウェアプログラムを実行することによって実現されてもよい。各構成要素は、ＣＰＵまたはプロセッサなどのプログラム実行部が、ハードディスクまたは半導体メモリなどの記録媒体に記録されたソフトウェアプログラムを読み出して実行することによって実現されてもよい。ここで、上記実施の形態の符号化装置などを実現するソフトウェアは、次のようなプログラムである。

[0430] すなわち、上記ソフトウェアは、コンピュータに、三次元メッシュに含まれる頂点の座標を符号化する符号化方法であって、符号化対象である第１頂点と接続する第２頂点と接続する複数の頂点のうち、前記第１頂点とは異なる３つの頂点の座標を用いて、前記第１頂点の座標の予測値を導出し、前記予測値と、前記第１頂点の座標との差分値を符号化する符号化方法を実行さ

せるプログラムである。

[0431] また、上記実施の形態の復号装置などを実現するソフトウェアは、次のようなプログラムである。

[0432] すなわち、上記ソフトウェアは、コンピュータに、三次元メッシュに含まれる頂点の座標を復号する復号方法であって、復号対象である第１頂点と接続する第２頂点と接続する複数の頂点のうち、前記第１頂点とは異なる３つの頂点の座標を用いて、前記第１頂点の座標の予測値を導出し、前記予測値と、前記第１頂点の座標との差分値を復号し、前記予測値と前記差分値とを用いて前記第１頂点の座標を復元する復号方法を実行させるプログラムである。

産業上の利用可能性

[0433] 本開示は、例えば、三次元メッシュに関する符号化装置、復号装置、送信装置及び受信装置等に有用であり、コンピュータグラフィックスシステム、及び、三次元データ表示システム等に適用可能である。

符号の説明

[0434] １００　符号化装置

１０１、１２１、１４４　頂点情報符号化器

１０２、１４５　接続情報符号化器

１０３、１２２　属性情報符号化器

１０４、２０４、１１０２　前処理器

１０５、２０５、２１０７　後処理器

１１０　三次元データ符号化システム

１１１、２１１　制御器

１１２、２１２　入出力処理器

１１３　三次元データ符号化器

１１４　システム多重化器

１１５　三次元データ生成器

１２３　メタデータ符号化器

１２４　多重化器

１３１　頂点画像生成器

１３２　属性画像生成器

１３３　メタデータ生成器

１３４　映像符号化器

１４１　二次元データ符号化器

１４２　メッシュデータ符号化器

１４３　テクスチャ符号化器

１４８　デスクリプション符号化器

１５１、２５１　回路

１５２、２５２　メモリ

２００　復号装置

２０１、２２１、２４４　頂点情報復号器

２０２、２４５　接続情報復号器

２０３、２２２　属性情報復号器

２１０　三次元データ復号システム

２１３　三次元データ復号器

２１４　システム逆多重化器

２１５、２４７　提示器

２１６　ユーザインタフェース

２２３　メタデータ復号器

２２４　逆多重化器

２３１　頂点情報生成器

２３２　属性情報生成器

２３４　映像復号器

２４１　二次元データ復号器

２４２　メッシュデータ復号器

２４３　テクスチャ復号器

２４６　メッシュ再構成器

２４８　デスクリプション復号器

３００　ネットワーク

３１０　外部接続器

１１０１　　入力メッシュ

１１０３、２１０３　　ベースメッシュ

１１０４、２１０４　　変位データ

１１０５、２１０５　　テクスチャデータ

１１０６、２１０６　　属性マップ

１１０７　　圧縮器

１１０８、２１０１、１３０４　　ビットストリーム

１３０１、２３０２、２３０４　　メッシュフレーム

１３０２、２３０１　　ベースメッシュフレーム

１３０３、２３０３　　変位情報

２１０２　　伸張器

２１０８　　出力メッシュ

請求の範囲

[請求項1] 三次元メッシュに含まれる頂点の座標を符号化する符号化方法であって、

符号化対象である第１頂点と接続する第２頂点と接続する複数の頂点のうち、前記第１頂点とは異なる３つの頂点の座標を用いて、前記第１頂点の座標の予測値を導出し、

前記予測値と、前記第１頂点の座標との差分値を符号化する

符号化方法。

[請求項2] 前記予測値を導出する際には、

前記第２頂点の座標を用いずに、前記予測値を導出する

請求項１に記載の符号化方法。

[請求項3] 前記予測値を導出する際には、

前記３つの頂点として、前記第１頂点と接続する２つの頂点である第３頂点と第４頂点とを少なくとも含む３つの頂点を用いて、前記予測値を導出する

請求項１に記載の符号化方法。

[請求項4] 前記予測値を導出する際には、

前記３つの頂点として、前記第１頂点と接続しない頂点である第５頂点を少なくとも含む３つの頂点を用いて、前記予測値を導出する

請求項１に記載の符号化方法。

[請求項5] 前記予測値を導出する際には、

前記３つの頂点として、前記第１頂点と接続しない頂点である第５頂点をさらに含む３つの頂点を用いて、前記予測値を導出し、

前記第４頂点の座標と前記第５頂点の座標との差分値は、前記第１頂点の座標の予測値と前記第３頂点の座標との差分値の２倍である

請求項３に記載の符号化方法。

[請求項6] 前記予測値は、第１予測値であり、

前記符号化方法は、さらに、

前記第１頂点と接続する新たな第２頂点と接続する新たな複数の頂点であって、前記複数の頂点と少なくとも一部が異なる新たな複数の頂点のうち、前記第１頂点とは異なる新たな３つの頂点の座標を用いて、前記第１頂点の座標の予測値である第２予測値を導出し、

前記第１予測値と、前記第２予測値とを用いて、前記第１頂点の座標の新たな予測値である第３予測値を導出し、

前記第３予測値と、前記第１頂点の座標との新たな差分値を符号化する

請求項１に記載の符号化方法。

[請求項7] 前記第３予測値を導出する際には、

前記第１予測値と前記第２予測値との平均を、前記第３予測値として導出する

請求項６に記載の符号化方法。

[請求項8] 前記第３予測値を導出する際には、

前記第１予測値と前記第２予測値との重み付け平均を、前記第３予測値として導出する

請求項６に記載の符号化方法。

[請求項9] 前記符号化方法は、さらに、

前記三次元メッシュに含まれる前記頂点の接続を示す接続情報を取得し、

前記予測値を導出する際には、

取得した前記接続情報に示される、前記三次元メッシュに含まれる前記頂点同士の接続を用いて前記３つの頂点を特定し、

特定した前記３つの頂点の座標を用いて、前記第１頂点の座標の前記予測値を導出する

請求項１に記載の符号化方法。

[請求項10] 三次元メッシュに含まれる頂点の座標を復号する復号方法であって、

復号対象である第１頂点と接続する第２頂点と接続する複数の頂点のうち、前記第１頂点とは異なる３つの頂点の座標を用いて、前記第１頂点の座標の予測値を導出し、

前記予測値と、前記第１頂点の座標との差分値を復号し、

前記予測値と前記差分値とを用いて前記第１頂点の座標を復元する

復号方法。

[請求項11] 前記予測値を導出する際には、

前記第２頂点の座標を用いずに、前記予測値を導出する

請求項１０に記載の復号方法。

[請求項12] 前記予測値を導出する際には、

前記３つの頂点として、前記第１頂点と接続する２つの頂点である第３頂点と第４頂点とを少なくとも含む３つの頂点を用いて、前記予測値を導出する

請求項１０に記載の復号方法。

[請求項13] 前記予測値を導出する際には、

前記３つの頂点として、前記第１頂点と接続しない頂点である第５頂点を少なくとも含む３つの頂点を用いて、前記予測値を導出する

請求項１０に記載の復号方法。

[請求項14] 前記予測値を導出する際には、

前記３つの頂点として、前記第１頂点と接続しない頂点である第５頂点をさらに含む３つの頂点を用いて、前記予測値を導出し、

前記第４頂点の座標と前記第５頂点の座標との差分値は、前記第１頂点の座標の予測値と前記第３頂点の座標との差分値の２倍である

請求項１２に記載の復号方法。

[請求項15] 前記予測値は、第１予測値であり、

前記復号方法は、さらに、

前記第１頂点と接続する新たな第２頂点と接続する新たな複数の頂点であって、前記複数の頂点と少なくとも一部が異なる新たな複数の

頂点のうち、前記第１頂点とは異なる新たな３つの頂点の座標を用いて、前記第１頂点の座標の予測値である第２予測値を導出し、

前記第１予測値と、前記第２予測値とを用いて、前記第１頂点の座標の新たな予測値である第３予測値を導出し、

前記第３予測値と、前記第１頂点の座標との新たな差分値を復号し、

前記第３予測値と前記新たな差分値とを用いて前記第１頂点の座標を復元する

請求項１０に記載の復号方法。

[請求項16] 前記第３予測値を導出する際には、

前記第１予測値と前記第２予測値との平均を、前記第３予測値として導出する

請求項１５に記載の復号方法。

[請求項17] 前記第３予測値を導出する際には、

前記第１予測値と前記第２予測値との重み付け平均を、前記第３予測値として導出する

請求項１５に記載の復号方法。

[請求項18] 前記復号方法は、さらに、

前記三次元メッシュに含まれる前記頂点の接続を示す接続情報を取得し、

前記予測値を導出する際には、

取得した前記接続情報に示される、前記三次元メッシュに含まれる前記頂点同士の接続を用いて前記３つの頂点を特定し、

特定した前記３つの頂点の座標を用いて、前記第１頂点の座標の前記予測値を導出する

請求項１０に記載の復号方法。

[請求項19] メモリと、

前記メモリにアクセス可能な回路と、を備え、

前記回路は、動作において、

三次元メッシュに含まれる頂点の座標を符号化する符号化方法を実行し、

前記符号化方法では、

符号化対象である第１頂点と接続する第２頂点と接続する複数の頂点のうち、前記第１頂点とは異なる３つの頂点の座標を用いて、前記第１頂点の座標の予測値を導出し、

前記予測値と、前記第１頂点の座標との差分値を符号化する

符号化装置。

[請求項20] メモリと、

前記メモリにアクセス可能な回路と、を備え、

前記回路は、動作において、

三次元メッシュに含まれる頂点の座標を復号する復号方法を実行し、

前記復号方法では、

復号対象である第１頂点と接続する第２頂点と接続する複数の頂点のうち、前記第１頂点とは異なる３つの頂点の座標を用いて、前記第１頂点の座標の予測値を導出し、

前記予測値と、前記第１頂点の座標との差分値を復号し、

前記予測値と前記差分値とを用いて前記第１頂点の座標を復元する

復号装置。