

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6584093号  
(P6584093)

(45) 発行日 令和1年10月2日(2019.10.2)

(24) 登録日 令和1年9月13日(2019.9.13)

(51) Int.Cl.		F I			
<b>G06T</b>	<b>3/00</b>	<b>(2006.01)</b>	G06T	3/00	720
<b>H04N</b>	<b>7/18</b>	<b>(2006.01)</b>	H04N	7/18	J
<b>G03B</b>	<b>15/00</b>	<b>(2006.01)</b>	G03B	15/00	W
<b>G03B</b>	<b>37/00</b>	<b>(2006.01)</b>	G03B	37/00	A

請求項の数 11 (全 23 頁)

(21) 出願番号	特願2015-37436 (P2015-37436)	(73) 特許権者	000001007 キヤノン株式会社 東京都大田区下丸子3丁目30番2号
(22) 出願日	平成27年2月26日(2015.2.26)	(74) 代理人	100126240 弁理士 阿部 琢磨
(65) 公開番号	特開2016-161996 (P2016-161996A)	(74) 代理人	100124442 弁理士 黒岩 創吾
(43) 公開日	平成28年9月5日(2016.9.5)	(72) 発明者	岩本 和成 東京都大田区下丸子3丁目30番2号キヤノン株式会社内
審査請求日	平成30年2月9日(2018.2.9)	審査官	佐田 宏史

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 画像処理装置、画像処理方法、及び、プログラム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

俯瞰画像を生成するための画像処理装置において、  
撮像手段によって撮像された画像から生成された二次元のパノラマ画像を表示させる表示手段と、

前記表示されたパノラマ画像上において、ユーザによって指定された、実空間のコーナ一部分に対応する複数の点の位置情報を取得する取得手段と、

前記取得手段が取得した前記位置情報に基づいて、前記撮像手段の撮像範囲に対応する三次元の球面座標上に前記複数の点を配置する配置手段と、

前記球面座標上に配置された前記複数の点を頂点とする立体形状が前記実空間に対応する立体形状になるように、前記球面座標における前記複数の点の位置を補正する補正手段と、

前記補正手段の補正結果に基づいて、前記撮像手段が撮像した撮像画像を变形することにより、前記実空間に対応する立体形状を俯瞰する俯瞰画像を生成する生成手段とを有することを特徴とする画像処理装置。

【請求項2】

前記実空間に対応する立体形状は、直方体とであることを特徴とする請求項1に記載の画像処理装置。

【請求項3】

複数の立体形状についての情報を記憶する記憶手段と、

10

20

前記複数の立体形状のうちから前記実空間に対応する立体形状を選択する選択手段とを有することを特徴とする請求項 1 に記載の画像処理装置。

【請求項 4】

前記選択手段は、前記複数の点の数に基づいて前記実空間に対応する立体形状を選択することを特徴とする請求項 3 に記載の画像処理装置。

【請求項 5】

前記生成手段は、前記補正手段が位置を補正した点をつないで構成される立体形状の各面に対応して、前記実空間における領域の撮像画像を変形することにより前記俯瞰画像を生成することを特徴とする請求項 1 に記載の画像処理装置。

【請求項 6】

前記俯瞰画像における前記撮像手段の位置を示す画像を前記俯瞰画像上に表示させる表示制御手段を有することを特徴とする請求項 1 に記載の画像処理装置。

【請求項 7】

前記表示制御手段は、前記撮像手段の撮像方向を示す前記画像を前記俯瞰画像上に表示させることを特徴とする請求項 6 に記載の画像処理装置。

【請求項 8】

前記生成手段は、前記俯瞰画像として、撮像装置の撮像位置と異なる仮想的な視点から撮影した様子を表す画像を生成することを特徴とする請求項 1 に記載の画像処理装置。

【請求項 9】

前記生成手段が生成した前記平面画像をネットワークを介して前記撮像手段に送信する送信手段を有することを特徴とする請求項 1 に記載の画像処理装置。

【請求項 10】

俯瞰画像を生成するための画像処理方法において、  
撮像手段によって撮像された画像から生成された二次元のパノラマ画像上において、ユーザによって指定された、実空間のコーナー部分に対応する複数の点の位置情報を取得する取得ステップと、

前記取得ステップにおいて取得した前記位置情報に基づいて、前記撮像手段の撮像範囲に対応する三次元の球面座標上に前記複数の点を配置する配置ステップと、

前記球面座標上に配置された前記複数の点を頂点とする立体形状が前記実空間に対応する立体形状になるように、前記球面座標における前記複数の点の位置を補正する補正ステップと、

前記補正ステップにおける補正結果に基づいて、前記撮像手段が撮像した撮像画像を変形することにより、前記実空間に対応する立体形状を俯瞰する俯瞰画像を生成する生成ステップとを有することを特徴とする画像処理方法。

【請求項 11】

請求項 1 ないし 9 のいずれか 1 項に記載の画像処理装置の各手段として機能させるためのプログラム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

撮像装置が撮像した画像を変形して、所定の立体形状に対応する画像を生成するための画像処理技術に関する。

【背景技術】

【0002】

従来、撮像装置が被写体の周囲を撮像した撮像画像を変形し、当該被写体を撮像装置位置と異なる仮想的な視点から俯瞰した様子を表す俯瞰画像を生成する技術が知られている。

【0003】

特許文献 1 には、車両の下方を撮像する車載撮像装置によって撮像された画像を変形して、車両上部に設定された仮想的な視点から車両を見下ろした様子を表す俯瞰画像を生成

10

20

30

40

50

する技術が開示されている。

【0004】

特許文献1には、立体形状を有する仮想投影面を設定し、実際の車載撮像装置が撮像した撮像画像の各画素をその仮想投影モデルに投影することにより俯瞰画像を生成することが開示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特開2013-137698号公報

【発明の概要】

10

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

しかしながら、特許文献1では、車載撮像装置に映った被写体が路面であるか、壁などであるかを区別せずに画像の変形を行う。特許文献1では、車載撮像装置が撮影した被写体は全て路面であることを前提に画像の変形を行う。従って、車載撮像装置が撮像した撮像画像に壁などの画像が映っている場合、変形後の俯瞰画像において、路面の画像は歪みの少ない状態で表示される。しかし、壁の画像についても路面と同様の画像処理が行われてしまうため、変形後の壁の画像の形状が歪む場合があった。

【0007】

本発明では、撮像装置が撮像した画像を変形して立体形状に対応する画像を生成する場合に、撮像画像中の被写体がユーザの所望の形状で表されるようにすることを目的とする。

20

【課題を解決するための手段】

【0008】

上記目的を達成するために、本発明は、俯瞰画像を生成するための画像処理装置において、撮像手段によって撮像された画像から生成された二次元のパノラマ画像を表示させる表示手段と、前記表示されたパノラマ画像上において、ユーザによって指定された、撮像手段を含む実空間のコーナー部分に対応するにおける所定の複数の点の位置情報を取得する取得手段と、前記取得手段が取得した前記位置情報に基づいて、前記撮像手段の撮像範囲に対応する三次元の球面座標上に前記複数の点を配置する配置手段と、前記球面座標上に配置された前記複数の点を頂点とする立体形状が所定の前記実空間に対応する立体形状になるように、前記球面座標における前記複数の点の位置を補正する補正手段と、前記補正手段の補正結果に基づいて、前記撮像手段が撮像した撮像画像を変形することにより、から前記所定の実空間に対応する立体形状を俯瞰するに対応する平面俯瞰画像を生成する生成手段とを有することを特徴とする。

30

【発明の効果】

【0009】

このようにして、撮像装置が被写体を撮像した画像を変形して、ユーザの所望の形状で表されるようにすることができる。

【図面の簡単な説明】

40

【0010】

【図1】本発明の画像処理システムを説明するためのブロック図。

【図2】画像生成処理の流れを示すフローチャート。

【図3】被写体と撮像装置110の設置状態の例を示す図。

【図4】撮像装置110の撮像範囲を表すパノラマ画像を示す図。

【図5】パノラマ画像上で部屋の隅の位置を指定した様子を示す図。

【図6】球面座標S上に配置された点p1からp8を示す図。

【図7】球面座標S上に配置された点p5、部屋の隅701との位置関係を示す図。

【図8】点p1からp8を結び、生成した立体形状800を示す図。

【図9】点p1からp8を結んでできる面iの内角が成す、二つのベクトルを示す図。

50

【図10】変形後の立体形状1000に撮像画像を投影した様子を示す図。

【図11】立体形状1000に基づいて生成した俯瞰画像1100を示す図。

【図12】L字状の部屋に撮像装置110が設置されている様子を示す図。

【図13】L字状の部屋を表すパノラマ画像において部屋の隅の位置を指定した様子を示す図。

【図14】点p11、p12、p13、p17、p18、p19、p20、p24を結び生成される立体形状1400を示す図。

【図15】点p14、p15、p16、p17、p21、p22、p23、p24を結び生成される立体形状1500を示す図。

【図16】変形後のL字状の立体形状1600に撮像画像を投影した様子を示す図。

10

【図17】立体形状1600に基づいて生成した俯瞰画像1700を示す図。

【図18】円柱形状の部屋の俯瞰画像の生成処理について説明するための図。

【発明を実施するための形態】

【0011】

以下に、本発明の実施の形態を添付の図面に基づいて詳細に説明する。以下の実施形態では、部屋の内部を撮像した撮像画像を変形して、俯瞰画像を生成する例について説明する。俯瞰画像は、撮像装置110の撮像位置と異なる仮想的な視点から被写体を撮影した様子を表す画像である。変形後の画像は必ずしも被写体を俯瞰した俯瞰画像である必要はなく、任意の視点から被写体を見た場合の様子を表す画像とすることができる。

【0012】

20

(実施形態1)

本実施形態では、直方体形状の部屋の内部を撮像した撮像画像を変形して、部屋の天井から部屋を見た様子を表す画像を生成する例について説明する。

【0013】

本実施形態では、図3に示されるように、部屋の天井に撮像装置110が設置されている場合について説明する。本実施形態では、図4の例に示されるパノラマ画像を変形して、図11の例に示される俯瞰画像を生成する例について説明する。図4は撮像装置110が撮像方向を変更して撮像した複数の撮像画像を合成して生成したパノラマ画像である。

【0014】

本実施形態では、撮像装置110は撮像方向をパン方向及びチルト方向に動作させることにより、パン方向に360度の範囲の撮像画像を取得できるものとする。撮像装置110は必ずしもパン方向に360度回転できる駆動機構を有する必要はなく、パン駆動、及び、チルト駆動を併せて駆動させることによりパン方向に360度の範囲の撮像画像を取得できるものであればよい。例えば、撮像装置110について、パン方向の可動範囲が180度であり、チルト方向の可動範囲が180度であれば、パン方向に360度の範囲の撮像画像を取得することができる。このような構成の場合、パン駆動機構による駆動だけでは、パン270度の方向を撮影することができない。しかし、まずパン駆動機構によりパン90度の方向に撮像方向を駆動し、その後、チルト駆動機構により180度チルト駆動することによって、パン270度の方向を撮影することができる。

30

【0015】

40

本実施形態では、撮像装置110が取得した撮像画像を合成して、パン方向に360度の範囲を表すパノラマ画像を生成する。そして、生成したパノラマ画像においてユーザが指定した点、或いは、パノラマ画像から撮像装置110が自動的に検出した点のパノラマ画像における位置を示す情報を取得する。

【0016】

これに限らず、撮像装置110が設置されている実空間における所定の点の位置を取得することができるものであればよい。所定の点とは例えば、撮像装置110を含む部屋の隅部(コーナー部)である。パノラマ画像を用いる場合に限らず、予め撮像装置110が保持している画像であって撮像装置110の周囲の状況を示すマップ画像であってもよい。あるいは、撮像装置110の撮像範囲を示すパノラマ画像以外の画像であってもよい。

50

## 【 0 0 1 7 】

実施形態 1 における画像処理システムの構成について、図 1 ( a ) を用いて説明する。撮像装置 1 1 0 は、撮像部 1 1 1 が撮像した撮像画像をネットワーク 1 5 0 を介してクライアント装置 1 2 0 に送信する。本実施形態では、撮像装置 1 1 0 が撮像部 1 1 1 を内蔵する場合について説明するが、これに限らない。撮像装置 1 1 0 に替えて、撮像部 1 1 1 を有する外部の撮像装置から撮像画像を受信し、受信した撮像画像をクライアント装置 1 2 0 に中継する情報処理装置であってもよい。

## 【 0 0 1 8 】

クライアント装置 1 2 0 は、撮像装置 1 1 0 から受信した撮像画像を表示装置 1 4 0 に表示させる。またクライアント装置 1 2 0 は、入力装置 1 3 0 によって入力された指示に応じて、撮像部 1 1 1 の撮像方向や画角等を制御するための制御信号を撮像装置 1 1 0 にネットワーク 1 5 0 を介して出力する。クライアント装置 1 2 0 は例えば、PC ( Personal Computer ) とすることができる。あるいは、タブレット端末、スマートフォン等の携帯用端末とすることができる。

10

## 【 0 0 1 9 】

表示装置 1 4 0 は、クライアント装置 1 2 0 から受信した画像を表示する。なお表示装置 1 4 0 は、クライアント装置 1 2 0 と一体として構成されることとしてもよい。

## 【 0 0 2 0 】

入力装置 1 3 0 は、ユーザ操作に応じた信号をクライアント装置 1 2 0 に入力する。入力装置 1 3 0 は例えば、マウスやキーボードなどとすることができる。入力装置 1 3 0 はクライアント装置 1 2 0 と一体として構成されることとしてもよい。たとえば、タブレット端末のタッチパネルなどによって、ユーザ操作に応じた信号が後述の入力部 1 2 1 に入力されることとしてもよい。

20

## 【 0 0 2 1 】

ネットワーク 1 5 0 は、例えば、インターネットや有線 LAN ( Local Area Network )、無線 LAN、WAN ( Wide Area Network )、又は、アナログケーブル等により構成することができる。ネットワーク 1 5 0 は、複数のルータ、スイッチ、ケーブル等から構成され、その通信規格、規模、構成を問わない。LAN の通信規格として、例えば Ethernet ( 登録商標 ) 等を用いることができる。ネットワーク 1 5 0 には複数の撮像装置 1 1 0、又は、複数のクライアント装置 1 2 0 が接続されることとしてもよい。

30

## 【 0 0 2 2 】

次に、撮像装置 1 1 0 の構成について説明する。撮像部 1 1 1 は、レンズユニット等により構成される光学系と、撮像素子とを有する。撮像部 1 1 1 は、光学系の光軸と撮像素子との交点を撮像中心として撮像素子上に撮像を行う。撮像素子は、CMOS ( Complementary Metal Oxide Semiconductor ) あるいは CCD ( Charged Coupled Device ) 等の撮像素子とすることができる。撮像素子は光学系によって結像された被写体の像を画像信号に変換する。撮像部 1 1 1 は、後述の駆動制御部 1 1 3 の指示に応じてレンズユニットを動作させて焦点距離 ( ズーム倍率 ) を変化させることにより、カメラの画角を変更することができる。ここで本実施形態における画角とは、撮像部 1 1 1 が任意のある撮像方向を撮像している場合に撮像装置 1 1 0 が撮像する範囲を表す。例えば本実施形態の画角とは、撮像部 1 1 1 が矩形の撮像画像を出力する場合の縦の長さ及び横の長さに対応する。あるいは、矩形の撮像画像の縦の長さ及び横の長さの両方を取得しなくても、縦と横のアスペクト比が決まっている場合には、当該撮像画像の対角線の長さにより画角を特定することができる。

40

## 【 0 0 2 3 】

処理部 1 1 2 は撮像部 1 1 1 によって撮像された画像信号の処理を行う。処理部 1 1 2 は、例えば、撮像部 1 1 1 によって撮像された画像の符号化を行う。符号化方式として例えば、JPEG ( Joint Photographic Experts Group ) を用いることができる。または、符号化方式として、H. 264 / MPEG - 4 AV

50

C (以下H.264)を用いることができる。あるいは符号化方式として、HEVC (High Efficiency Video Coding 符号化方式)を用いることができる。ただし符号化方式はこれらに限らない。また、処理部112は複数の符号化方式の中から符号化方式を選択して符号化を行うこととしてもよい。

【0024】

駆動制御部113は、撮像部111の撮像方向、および、画角を変更させる制御を行う。本実施形態では、駆動制御部113が撮像部111の撮像方向をパン方向、チルト方向に変更でき、画角(ズーム)を変更することができる場合について説明するが、これに限らない。撮像部111が画角を変更する機能を有さなくても、本発明の効果を奏することができる。

10

【0025】

通信制御部114は、処理部112が処理を行った撮像画像をクライアント装置120へ送信する制御を行う。また通信制御部114は、クライアント装置120から撮像装置110に対する制御命令を受信する。

【0026】

制御部115は、撮像装置110の各構成の動作を制御する。本実施形態では、制御部115は、クライアント装置120から受信した命令を解釈して撮像装置110の各構成の動作を制御する。制御部115は、例えばCPU (Central Processing Unit)等のプロセッサとすることができる。制御部115がプロセッサとして構成される場合、例えば制御部115は、後述の記憶部116に記憶されたプログラムを実行することにより撮像装置110の各構成を制御する。

20

【0027】

記憶部116は、撮像装置110の各種設定値およびデータを保持する。記憶部116は、制御部115がプロセッサで構成される場合には、制御部115が実行するためのプログラムを保持する。記憶部116は、例えば、RAM (Random Access Memory)やROM (Read Only Memory)等のメモリとすることができる。あるいはHDD (Hard Disk Drive)等の記録媒体であってもよい。また記憶部116は、フラッシュメモリやメモリカード等のリムーバブルメディアとしてもよい。

【0028】

30

次にクライアント装置120の構成について説明する。入力部121は、入力装置130から撮像装置110を制御するための信号を受け付けて、クライアント装置120に入力する。通信制御部122は撮像装置制御入力部が受け付けたユーザ入力を撮像装置110へ送信する。さらに撮像装置110から撮像画像を受信する。表示制御部126は通信制御部122が受信した撮像画像を表示装置140へ出力する。さらに後述する生成部127で生成した俯瞰画像を表示装置140へ出力する。

【0029】

取得部125は、撮像部111の撮像範囲を表す平面における複数の点の位置情報を取得する。例えば取得部125は、パノラマ画像を表す二次元座標における複数の点の座標値を入力装置130から取得する。パノラマ画像は、撮像装置110が撮像方向を変更して撮像可能な撮像範囲を二次元で表す画像である。例えば、パノラマ画像は撮像装置110が撮像方向を変更して撮像した複数の撮像画像を合成して生成することができる。本実施形態において、パノラマ画像を生成する主体は撮像装置110であっても、クライアント装置120であってもよい。

40

【0030】

表示装置140に表示されるパノラマ画像の例を図4に示す。ユーザは入力装置130を用いて表示装置140に表示されたパノラマ画像上の複数の点を指定する。例えば、ユーザはマウス(入力装置130)を操作して、ディスプレイ(表示装置140)に表示されているパノラマ画像でマウスポインタを移動させ、所望の点でマウスをクリックすることにより、パノラマ画像上の点を指定することができる。あるいは、タッチディスプレイ

50

(表示装置 140、兼、入力装置 130) に表示されたパノラマ画像上の位置でユーザがタッチ操作を行うことによりパノラマ画像上の位置を指定することとしてもよい。取得部 125 は、このようにして指定されたパノラマ画像上の点の位置を示す座標を取得する。

【0031】

パノラマ画像上の複数の点が指定された様子を図 5 に示す。図 5 の点 501 から 508 は、パノラマ画像上でユーザが指定した点である。図 5 の例では、直方体形状の部屋の 8 つの頂点に対応するパノラマ画像上の位置をユーザが指定した様子を示す。取得部 125 は、パノラマ画像上の位置を表す二次元の座標における点 501 から点 508 の夫々の座標を取得する。

【0032】

配置部 124 は、取得部 125 が取得した位置情報に基づいて、撮像部 111 の撮像範囲に対応する球面座標上に、指定された複数の点を配置する。この球面座標は、撮像装置 110 が撮像方向を示す三次元の座標である。図 7 に示すように、撮像装置 110 を中心とする球面座標 S を設定することにより撮像装置 110 の撮像方向を表すことができる。例えば、図 7 に示した部屋の角 701 を撮影するための撮像方向は、球面座標上の位置 p5 によって表される。

【0033】

球面座標 S について、図 6 (a) を用いて詳細を説明する。図 6 (a) に示した球面座標 S において、原点 O は撮像装置 110 の位置を表す。球面座標 S の球面は、撮像装置 110 が撮像可能な撮像方向を示す点の集合である。図 6 (a) の例では半球であるが、半球に限らず、球などとしてもよい。球面座標 S 上の位置は、例えば、パン角度、及び、チルト角度によって表すことができる。

【0034】

図 6 (a) の例において、球面座標 S 上の点 A は、撮像装置 110 の撮像方向の基準方向(いわゆる、ホームポジション)を示す。点 B は撮像装置 110 の現在の撮像方向を示す。点 B は、点 A からパン方向に移動する角度  $\theta$ 、及び、点 A からチルト方向に移動する角度  $\phi$  によって表すことができる。すなわち、点 A の座標を  $(\text{pan}, \text{tilt}) = (0, 0)$  とすると、点 B の座標は  $(\text{pan}, \text{tilt}) = (\theta, \phi)$  と表すことができる。

【0035】

このようにして、球面座標 S における座標値によって撮像装置 110 の撮像方向を表すことができる。パン角、及び、チルト角によって撮像方向を表す場合に限らず、互いに異なる 3 方向を示す軸(例えば、X 軸、Y 軸、及び、Z 軸)上の位置を表す座標値(例えば、X 座標、Y 座標、及び、Z 座標)により撮像装置 110 の撮像方向を表してもよい。

【0036】

配置部 124 は、図 5 に示したパノラマ画像上で指定された点 501 から 508 を、球面座標 S 上に配置する。配置部 124 は、パノラマ画像上で指定された点を、当該指定された点が示す撮像方向に対応する球面座標 S 上の位置に配置する。

【0037】

図 4、及び、図 5 において示したパノラマ画像において縦方向はチルト方向を示し、横方向はパン方向を示す。このように、パノラマ画像上の点の位置は、撮像装置 110 のパン角、及び、チルト角によって表すことができる。配置部 124 は、例えば、パノラマ画像上で指定された点の位置をパン角、及び、チルト角で表すことにより、球面座標 S 上の対応する位置に指定された点を配置することができる。指定された点 501 から 508 が球面座標 S 上に配置された様子を図 6 (b) に示す。図 5 の点 501 から点 508 は、図 6 (b) の p1 から p8 に対応する。

【0038】

補正部 123 は、球面座標 S 上に配置された複数の点を頂点とする立体形状が所定の立体形状になるように、球面座標 S における複数の点の位置を補正する。図 8 に示すように球面座標 S に配置した点をつなぐことにより形成される立体形状を変形して、所定の立体

10

20

30

40

50

形状になるように、点 p 1 から p 8 の球面座標 S における位置を補正する。本実施形態では、点 p 1 から p 8 をつないで形成される立体形状が、撮像装置 1 1 0 を囲う部屋の形状に対応する立体形状となるように補正する例について説明する。本実施形態では、被写体である部屋の形状は直方体である。補正前の点 p 1 から p 8 をつないで形成した立体形状の例を図 8 に示す。配置部 1 2 4 は、図 8 に示される立体形状が、図 1 0 に示した p 1 から p 8 で表される形状に対応した形状となるように、点 p 1 から p 8 の球面座標 S における位置を補正する。点 p 1 から p 8 の位置を補正する方法の詳細については図 2 のフローチャートを用いて後述する。

#### 【 0 0 3 9 】

生成部 1 2 7 は、補正部 1 2 3 の補正結果に基づいて、撮像部 1 1 1 が撮像した撮像画像から所定の立体形状に対応する平面画像を生成する。本実施形態において生成部 1 2 7 は、補正部 1 2 3 によって補正された点 p 1 から p 8 の三次元座標に基づき撮像画像を変形し、俯瞰画像を生成する。生成部 1 2 7 によって生成された俯瞰画像の例を図 1 1 に示す。q 1 から q 8 はそれぞれ、補正後の点 p 1 から p 8 に対応する。生成部 1 2 7 は、パノラマ画像の画素データを、補正後の点 p 1 から p 8 をつないで形成される立体の平面にそれぞれ配置して俯瞰画像を生成する。例えば、図 5 のパノラマ画像において、点 5 0 2、5 0 3、5 0 6、及び、5 0 7 によって囲われる平面の画像が、図 1 1 の q 2、q 3、q 6、及び、q 7 によって囲われる平面に収まるように画像の形状及び位置を補正する。図 1 1 が表す直方体のその他の面についても同様に、パノラマ画像上の画像データを補正して生成する。以上のようにして、パノラマ画像から俯瞰画像を形成することができる。

#### 【 0 0 4 0 】

またクライアント装置 1 2 0 は、図 1 ( b ) に示したように構成することとしてもよい。すなわち、取得部 1 2 5、配置部 1 2 4、補正部 1 2 3、及び、生成部 1 2 7 が行う処理を制御部 1 2 8 が実行することとしてもよい。

#### 【 0 0 4 1 】

制御部 1 2 8 は、クライアント装置 1 2 0 の各構成の動作を制御する。本実施形態では、制御部 1 2 8 は、記憶部 1 2 9 に記憶されたプログラムを読み出して実行することにより、クライアント装置 1 2 0 の各構成の動作を制御する。制御部 1 2 8 は、例えば CPU 等のプロセッサとすることができる。

#### 【 0 0 4 2 】

記憶部 1 2 9 は、クライアント装置 1 2 0 に入力された値およびデータを保持する。記憶部 1 2 9 は、制御部 1 2 8 がプロセッサとして構成される場合には、制御部 1 2 8 が実行するためのプログラムを保持する。記憶部 1 2 9 は、例えば、RAM や ROM 等のメモリとすることができる。あるいは HDD 等の記録媒体であってもよい。また記憶部 1 2 9 は、フラッシュメモリやメモリカード等のリムーバブルメディアとしてもよい。

#### 【 0 0 4 3 】

次に、本実施形態にかかるクライアント装置 1 2 0 が俯瞰画像を生成する処理を図 2 ( a ) 及び ( b ) のフローチャートを用いて説明する。クライアント装置 1 2 0 の制御部 1 2 8 がプロセッサを内蔵する形態では、プロセッサはコンピュータとして機能する。図 2 ( a ) 及び ( b ) に示した処理は、図 2 ( a ) 及び ( b ) に示される手順をプロセッサが記憶部 1 2 9 に格納されたプログラムを展開して実行することにより実現される。あるいは、図 2 ( a ) 及び ( b ) に示す処理の一部又は全体をハードウェアが行うこととしてもよい。

#### 【 0 0 4 4 】

まず、クライアント装置 1 2 0 は、撮像装置 1 1 0 の撮像範囲を示す画像上で指定された点の位置情報を取得する ( S 2 0 1 )。たとえば、パノラマ画像上で指定された点の位置を示す座標を取得する。たとえば、直方体形状の部屋の内部の様子を表すパノラマ画像のうち、直方体形状の頂点 ( 部屋の隅 ) を示す位置をユーザが指定する。ステップ S 2 0 1 において表示制御部 1 2 6 は、立体形状を有する被写体の頂点の位置をパノラマ画像上で指定するようにユーザに促すメッセージを表示装置 1 4 0 に表示させる制御を行うこと

10

20

30

40

50



としてもよい。

【0045】

窓と扉が存在する部屋において、部屋の内部に撮像装置110が設置されている状況を横側から見た図を図3に示す。図3に示される例において撮像装置110がパン、チルト方向に撮像方向を駆動させて撮像した複数の撮像画像をつなぎ合わせて生成したパノラマ画像を図4に示す。このパノラマ画像は、撮像装置110が撮像可能な撮像可能範囲を表す。図4に示されるパノラマ画像は横軸がパン方向に、縦軸がチルト方向に対応しており、パノラマ画像の左上を座標原点とする二次元の座標系400を定義すると、パノラマ画像上の任意の点は、panとtiltの二次元座標で表すことができる。例えば、図4中の任意の点401は、 $(pan, tilt) = (x1, y1)$ として表すことができる。

10

【0046】

表示装置140に表示されるパノラマ画像に映る部屋の隅の位置を示した図を図5に示す。本実施形態では直方体で表現可能な部屋を被写体としているため、パノラマ画像には八つの部屋の隅が映る。図5に示した点501から508が本実施形態で説明する部屋の隅である。ユーザが入力装置130を制御してパノラマ画像上の点501から508をクリックして指定する。クライアント装置120の取得部125は、ユーザがクリックした位置に基づいて、パノラマ画像に映る部屋の隅501から508の二次元座標を取得する。

【0047】

本実施形態では、図4に示す通り、横軸にパン、縦軸にチルトに対応するパノラマ画像を使用するが、撮像装置110の撮像範囲を表す画像はこれに限らない。例えば、魚眼レンズを用いて撮像した広角画像でもよい。

20

【0048】

また本実施形態では、ユーザの操作に基づいて二次元座標の取得を行ったが、これに限らない。撮像装置110又はクライアント装置120がパノラマ画像から部屋の隅を自動的に検出することとしてもよい。

【0049】

たとえば、部屋の隅に特定の形状もしくは特定の色のマーカーを設置した後に撮像装置110に部屋の内部を撮影させ、撮影した撮像画像から部屋の隅の位置を検出する。撮像装置110又はクライアント装置120は、撮像画像又は当該撮像画像から生成されたパノラマ画像からマーカーを検出することにより、撮像画像又はパノラマ画像における部屋の隅の位置を取得することができる。このマーカーは所定の色又はパターンを有する被写体である。取得部125は、所定の色又はパターンを有する被写体の位置情報を取得する。部屋の隅の位置を撮像装置110が検出する場合には、クライアント装置120は撮像装置110から部屋の隅の位置の情報を取得する。

30

【0050】

部屋の隅の位置の検出の方法としては例えば、マーカーを部屋の隅に設置して撮影した撮像画像をラスタースキャンすることであらかじめクライアント装置120に登録してある前述のマーカーの情報(パターン形状)とパターンマッチングする方法がある。また、例えば赤色のマーカーを部屋の隅に設置し、撮像画像をラスタースキャンしながらRGBの値に基づく閾値処理によって赤色のマーカーを検出してよい。このとき、マーカーの色は赤色に限らず、他の色でもよい。

40

【0051】

あるいは、マーカーを設置せずに部屋の隅を自動的に検出することとしてもよい。例えばパノラマ画像から少なくとも3本の線が交差する点を検出し、検出した点を部屋の隅として判定することとしてもよい。また自動的に検出した結果をユーザが確認して、実際に部屋の隅として扱うか否かをユーザが決定できるようにしてもよい。

【0052】

次に配置部124は、ステップS201で取得した点の二次元座標を、撮像装置110の向きを表す球面座標上に配置する。このようにして、ステップS100において取得し

50

た位置情報を球面座標上に反映させる（S202）。パノラマ画像上で指定された点の位置をパン角、及び、チルト角を用いて表した位置情報をステップS201で取得した場合、球面座標Sにおける当該パン角、及び、チルト角に対応する位置に、指定された点を配置する。

【0053】

配置の方法はこれに限らない。たとえば、パノラマ画像上で指定された点の位置情報をパノラマ画像に対応するXY座標平面におけるxy座標によって取得することとしてもよい。この場合、当該XY座標平面における座標の値を、球面座標S上の座標に変換するための変換情報を予め記憶部に保持しておいてもよい。パノラマ画像上で指定された点の位置情報を、当該変換情報を用いて球面座標Sの座標に変換することにより、指定された点を、球面座標上に配置することとしてもよい。指定された点を球面座標上に配置する方法は特に限定しない。

10

【0054】

配置部124は、図6(b)に示すように、パノラマ画像上で指定された点に対応する点p1からp8を球面座標S上に配置する。

【0055】

図7は、球面座標S、球面座標S上に配置した点p5、及び、部屋の隅701の位置関係を表した図である。図7に示す通り、球面座標Sの原点と点p5を結ぶ直線上に、部屋の隅701が存在する。つまり、点p5は撮像装置110から見た、各部屋の隅701の方向を表す。これは、点p5以外の点も同様である。つまり、指定された点の座標の取得（S201）と、取得した座標を球面座標に配置する処理と（S202）を行うことによって、撮像装置110から見た各部屋の隅の方向を特定することができる。

20

【0056】

また、本実施形態では座標の取得（S201）と、座標を球面座標に配置する処理（S202）にパノラマ画像を使用しているが、これに限らない。例えば、部屋の隅が映るように撮像装置110を駆動させ、部屋の隅の位置情報を取得してもよい。部屋の隅を映すように撮像方向を変更させた撮像装置110のパン角度、及び、チルト角度と、その撮像方向で撮影した撮像画像における部屋の隅の位置とに基づき、撮像装置110が撮像可能な撮像範囲における部屋の隅の位置を特定してもよい。

【0057】

次に配置部124は、球面座標における特定の点の座標値を、三次元座標における座標値に変換する（S203）。球面座標から三次元座標への変換は以下の式（1）を用いる。

30

【0058】

【数1】

$$\begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \sin \theta \cos \phi \\ \sin \theta \sin \phi \\ \cos \theta \end{pmatrix} \cdot \cdot \cdot (1)$$

40

【0059】

ただし、球面座標Sは単位球面を表し、半径は1であるものとする。球面座標における特定の点の座標は、図6(a)に示すように(pan, tilt) = ( , 90 - )であるものとする。は(90° - 特定の点のチルト角)である。また、は特定の点のパン角である。

【0060】

本ステップを行うことにより、球面座標S上の点p1からp8の位置を三次元ベクトルv1からv8で表すことができる。

【0061】

次にクライアント装置120は、補正目標となる立体形状を選択する（S204）。本

50

実施形態では被写体である部屋の形に一致する立体形状として、直方体を所定の立体形状として選択する。補正目標となる立体形状の選択は、配置部 124 が行う。あるいは、補正部 123 が行うこととしてもよい。本実施形態では、所定の立体形状として何を選択するかを、クライアント装置 120 の記憶部 129 が記憶している立体形状のうちからユーザに選択させる。このようにして、ユーザ操作に基づいて、所定の立体形状を選択する。または、取得部 125 がステップ S201 において取得した特定の点（部屋の隅）の数に基づいて所定の立体形状を選択してもよい。例えば、特定の点の数が 8 つなら直方体を選択する。また、たとえば 14 個なら実施形態 2 において図 16 を用いて説明するような L 字型の立体であると特定してもよい。また、所定の立体形状の選択を行ってから特定の点の位置情報の取得を行ってもよい。また、ステップ S205 の立体形状の生成を行った後に補正目標となる立体形状を選択することとしてもよい。

10

## 【0062】

次にクライアント装置 120 は配置部 124 において、点 p1 から p8 を結び、立体形状を生成する（S205）。このとき、どの点同士を結ぶかは、ユーザが部屋の隅をクリックする順番で決定してもよいし、マーカーの形状や色で決定してもよい。図 8 に点 p1 から p8 を結び、生成した立体形状 800 を示す。

## 【0063】

補正部 123 は、三次元ベクトル  $v_1$  から  $v_8$  の大きさを定数倍することにより点 p1 から p8 を移動させ、立体形状 800 を所定の立体形状へ変形させる（S206）。ここで所定の立体形状とは、ステップ S205 において選択した立体形状である。

20

## 【0064】

補正部 123 は、立体形状 800 が所定の立体形状になったかを判定する（S207）。所定の立体形状になったと判定した場合はステップ S208 の処理へ進む。一方、所定の立体形状になっていないと判定した場合には、ステップ S206 の処理を繰り返す。

## 【0065】

ステップ S206 の変形処理、および、ステップ S207 の判定処理の詳細については、図 2 (b) を用いて後述する。

## 【0066】

立体形状 800 が所定の立体形状になったと補正部 123 が判定すると、生成部 127 は、変形させた立体形状に基づいて撮像画像を俯瞰画像に変形する（S208）。撮像画像の変形は、変形させた立体形状に撮像画像を投影した後、立体形状の各面を変形することで実現する。立体形状の各面を変形する方法の詳細については、図 10、図 11 を用いて後述する。

30

## 【0067】

以上のようにして、クライアント装置 120 は俯瞰画像を生成することができる。

## 【0068】

ここで、図 2 (a) のステップ S206 における、立体形状の各頂点の移動処理及びステップ S207 における判定処理の詳細について、図 2 (b) および図 2 (c) を用いて説明する。

## 【0069】

図 2 (c) は、ステップ S206 において行われる処理の概念図である。図 2 (c) は図 8 の球面座標の面 p1 p2 p3 p4 についての処理を示す図である。また、図 2 (b) は処理フローを示す。

40

## 【0070】

図 2 (c) の上段の図は、球面座標 S に点 p1、p2、p3、及び、p4 が配置されている様子が示されている。

## 【0071】

まず補正部 123 は、図 2 (c) 上段に示した図を拡大して、図 2 (c) 中段に示した図を作成する（S211）。図 2 (c) の中段に示す図 p'1 p'2 p'3 p'4 は、球面座標 S に対応する円の中心 O を始点として各点 p1、p2、p3、及び、p4 を表すべ

50

クトルの大きさを所定倍に拡大することによって作成することができる。球面座標  $S$  に対応する円も同じ倍率で拡大する。

【 0 0 7 2 】

次に、四角形  $p'1 p'2 p'3 p'4$  の頂点のうち一つの頂点を選択する (  $S212$  )。次に、選択した頂点の為す角が  $90^\circ$  より大きいか、又は、小さいかを判定する (  $S213$  )。選択した頂点の為す角が  $90^\circ$  よりも大きい場合には、頂点の位置を拡大円の外側に新たな点を設定する。例えば、選択した頂点  $p'2$  の為す角が  $90^\circ$  より大きい場合、図 2 ( c ) 下段に示すように、頂点の位置を拡大円の外側に移動させて、新たな点  $q2$  を設定する。このとき、頂点  $p'2$  の位置は円の中心を始点とし  $p'2$  を示すベクトルの大きさを拡大することにより新たな点を設定する。すなわち、円の中心  $O$  と移動前の点  $p'2$  を結んだ線の延長線上に移動後の点  $q2$  が存在するようにする。

10

【 0 0 7 3 】

一方、選択した頂点の為す角が  $90^\circ$  未満である場合には、拡大円の内側に新たな点を設定する。例えば、選択した頂点  $p'4$  の為す角が  $90^\circ$  未満である場合、図 2 ( c ) 下段に示すように、頂点の位置を拡大円の内側に移動させて、新たな点  $q4$  を設定する。このとき、頂点  $p'4$  の位置は円の中心を始点とし  $p'4$  を示すベクトルの大きさを縮小することにより新たな点を設定する。すなわち、円の中心  $O$  と移動前の点  $p'4$  を結んだ線上に移動後の点  $p4$  が存在するようにする。

【 0 0 7 4 】

このように、選択した頂点と、円の中心とを結んだ直線上に移動後の頂点が存在するように頂点の移動を行う。かつ、各辺が直交するように頂点の移動を行う。このようにして、実際の部屋の縦横比と同じ縦横比の長方形を生成することができる。

20

【 0 0 7 5 】

図 2 ( c ) の例では、便宜のため平面における処理を例にとって説明したが、直方体等の立体においても同様である。選択した頂点と、球面座標  $S$  の中心とを結んだ直線上に移動後の頂点が存在するように頂点の移動を行う。かつ、各辺が直交するように頂点の移動を行う。このようにして、実際の部屋の縦横高さの比と同じ縦横高さの比の直方体を生成することができる。

【 0 0 7 6 】

補正部 1 2 3 は、全ての点の為す角が  $90^\circ$  になったかを判定 (  $S216$  ) する。全ての点の為す角が  $90^\circ$  になっていない場合は、ステップ  $S212$  以降の処理を繰り返す。全ての点の為す角が  $90^\circ$  になった場合に処理を終了する。

30

【 0 0 7 7 】

このようにして、図 2 ( c ) 下段に示した長方形  $p1 p2 p3 p4$  を得ることができる。この長方形  $p1 p2 p3 p4$  は、図 1 1 に示した俯瞰画像の面  $q1 q2 q3 q4$  に対応する。長方形  $p1 p2 p3 p4$  と同様にして生成された長方形をつなぎ合わせて生成される立体は図 1 0 のようになる。また、図 2 ( c ) 下段に示した長方形  $p1 p2 p3 p4$  に対する原点  $O$  の位置は、室内における撮像装置 1 1 0 の位置に対応する。

【 0 0 7 8 】

以上のようにして、補正部 1 2 3 は、球面座標  $S$  に配置した点を結んだ立体形状 8 0 0 の形状を補正する。

40

【 0 0 7 9 】

より詳細には、立体形状 8 0 0 の直方体への変形は、式 ( 2 ) に示すコスト関数  $E ( a )$  を最小化するように点  $p1$  から  $p8$  を移動させることにより行うことができる。

【 0 0 8 0 】

【数2】

$$E(\mathbf{a}) = \sum_{i=1}^6 e_i(\mathbf{a}) + \lambda d(\mathbf{a}) \quad \dots \quad (2)$$

【0081】

式(2)中の $\mathbf{a}$ は三次元ベクトル $\mathbf{v}_1$ から $\mathbf{v}_8$ の係数 $a_n$  ( $n = 1, \dots, 8$ )をベクトル化したものである。このとき、点 $p_n$ の座標は $a_n$ と $\mathbf{v}_n$ の積で表すことができる。

【0082】

また、式(2)中の $e_i$ について図9を用いて説明する。 $e_i$ は点 $p_1$ から $p_8$ を結んだときにできる面 $i$ の各内角を成す、二つのベクトルの内積の二乗和を表す。 $e_i$ について式(3)に示す。

【0083】

【数3】

$$e_i(\mathbf{a}) = \sum_{j=1}^4 \left\{ (a_{ij1}\mathbf{v}_{ij1} - a_{ij2}\mathbf{v}_{ij2}) \cdot (a_{ij3}\mathbf{v}_{ij3} - a_{ij2}\mathbf{v}_{ij2}) \right\}^2 \quad \dots \quad (3)$$

【0084】

式(3)中の $j$ は面 $i$ の内角を表すインデックスである。また、式(3)中の $ijm$  ( $m = 1, 2, 3$ )は面 $i$ の内角 $j$ を成す二つのベクトルを構成する三つの点を表すインデックスである。 $m = 2$ は二つのベクトルの始点となる点を表し、 $m = 1, 3$ は終点となる点を表す。

【0085】

$e_i$ の値が0に近づくほど面 $i$ の各内角が90度に近づくため、面 $i$ は長方形に近づく。このとき、面1から6それぞれを長方形に近づけることで、直方体を生成することができる。また式(2)中の $d(\mathbf{a})$ は、点 $p_1$ から $p_8$ を結んだときにできる直方体の辺の一つのユークリッドノルムを定数 $C$ に近づけるための量である。 $d(\mathbf{a})$ の計算方法を式(4)に示す。

【0086】

【数4】

$$d(\mathbf{a}) = \left\{ \|a_1\mathbf{v}_1 - a_2\mathbf{v}_2\|_2 - C \right\}^2 \quad \dots \quad (4)$$

【0087】

$d(\mathbf{a})$ の値が0に近づくほど、点 $p_1$ 、 $p_2$ 間の距離が定数 $C$ に近づく。また $\lambda$ はコストの重みを調節するパラメータである。

【0088】

上記二つのコスト $e_i(\mathbf{a})$ と $d(\mathbf{a})$ を足し合わせたコスト関数 $E(\mathbf{a})$ を最小化することにより、定数 $C$ で指定した大きさの辺を持つ直方体を生成することが可能になる。

【0089】

本実施形態では、コスト関数 $E(\mathbf{a})$ の最小化に最急降下法を採用するが、この限りではない。非線形関数の最適化アルゴリズムであればいずれでもよい。最急降下法に基づくコスト関数の最小化アルゴリズムは以下に示す通りである。

【0090】

1. 初期値を次のように設定する。 $k = 1$ 、 $\mathbf{a}^k = [1 \quad 1 \quad \dots \quad 1]^T$ 。

【0091】

10

20

30

40

50

2. 式(5)で表す  $E(\mathbf{a}^k)$  を計算する。

【0092】

【数5】

$$\nabla E(\mathbf{a}^k) = \begin{bmatrix} \frac{\partial E(\mathbf{a}^k)}{\partial a_1^k} & \frac{\partial E(\mathbf{a}^k)}{\partial a_2^k} & \dots & \frac{\partial E(\mathbf{a}^k)}{\partial a_8^k} \end{bmatrix}^T \cdot \cdot \cdot \quad (5)$$

【0093】

3. 変数  $\mathbf{a}$  を式(6)に従い更新する。

10

【0094】

【数6】

$$\mathbf{a}^{k+1} = \mathbf{a}^k - \alpha \nabla E(\mathbf{a}^k) \quad \cdot \cdot \cdot \quad (6)$$

【0095】

4. 式(7)を満たす場合、処理を終了する。

【0096】

【数7】

$$\frac{\partial E(\mathbf{a}^k)}{\partial a_n^k} < \varepsilon \quad (n=1,2,\dots,8) \quad \cdot \cdot \cdot \quad (7)$$

20

【0097】

5.  $k = k + 1$  とする。  $k$  が  $k_{max}$  でなければ2.に戻る。  $k$  が  $k_{max}$  であれば処理を終了する。

【0098】

上記アルゴリズムについて1.から3.がS206の変形処理に対応する。また4.、5.がS207の判定処理に対応する。このとき、変形した立体形状の縦横高さの比は、被写体である部屋の縦横高さの比に一致する。また、立体形状を基準としたときの球面座標Sの原点Oの位置は、被写体である部屋の内部に設置した撮像装置110の位置に対応する。また、本実施形態では定数C、 $\alpha$ 、 $\varepsilon$ はクライアント装置120にあらかじめ設定した値を使用したが、この限りでは無く、俯瞰画像を生成する度にユーザに指定させてもよい。

30

【0099】

以上のようにしても、補正部123は、球面座標Sに配置した点を結んだ立体形状800の形状を補正することができる。

【0100】

次に、図2(a)を用いて説明したS208の俯瞰画像生成処理について説明する。

【0101】

生成部127は、ステップS206において変形させた立体形状に基づいて撮像画像から俯瞰画像を生成する。例えば、生成部127は、ステップS206で変形した後の立体形状の面  $p_2 p_3 p_7 p_6$  に撮像画像を投影する。生成部127は、面  $p_2 p_3 p_7 p_6$  に対応する領域を撮影した撮像画像を投影する。生成部127は、点  $p_2 p_3 p_7$ 、及び、 $p_6$  に対応する点502、503、507、及び、506をつないだ撮影領域の撮像画像を、面  $p_2 p_3 p_7 p_6$  に投影する。変形後の立体形状の各面に撮像画像を投影した様子を図10に示す。さらに生成部127は、撮像画像を投影した立体形状の各面を変形して図11に示すような俯瞰画像を生成する。例えば、面  $p_2 p_3 p_7 p_6$  投影した撮像画像を変形して、図11に示す面  $q_2 q_3 q_7 q_6$  の画像を生成する。

40

【0102】

本実施形態では生成部127は、撮像装置110が設置されている面  $p_1 p_2 p_3 p_4 p_5 p_6 p_7 p_8$

50

3 p 4 には、撮像画像を投影しない。俯瞰画像を生成する際に、天井（面 p 1 p 2 p 3 p 4）を通して部屋の内部が確認できるようにするためである。あるいは、面 p 1 p 2 p 3 p 4 には、他の面の画像が透過して見えるように、透明な（透過度が他の面に投影する撮像画像よりも高い）撮像画像を投影するようにしてもよい。

【0103】

このようにして生成部 127 は、補正部 123 が位置を補正した点をつないで構成される所定の立体形状の各面に、該各面に対応する領域を撮像装置 110 が撮影した撮像画像を投影する（例えば、図 10）。そして、生成部 127 は撮像画像を投影した各面の形状を変更することにより所定の立体形状を表す平面画像（例えば、図 11）を生成する。

【0104】

立体形状の各面に投影した撮像画像を補正する方法の詳細を図 10、図 11 を用いて説明する。図 11 中の点 q 1 から q 8 は図 10 中の点 p 1 から p 8 に対応する点を表す。つまり、図 10 中の 4 点から成る面を図 11 中の対応する 4 点で囲まれた画像へ変形する操作を立体形状の各面で行うことにより、俯瞰画像を生成する。

【0105】

また、立体形状を生成する際、被写体である部屋の内部に設置した撮像装置 110 の位置が求まる。そこで表示制御部 126 は、俯瞰画像 1100 上に、撮像装置 110 の位置を表す画像 1110 を重畳して表示させることとしてもよい。このようにして、表示制御部 126 は、生成部 127 が生成した平面画像における撮像装置 110 の位置を示す画像を平面画像上に表示させる制御を行う。撮像装置 110 の位置を表す画像 1110 は複数の画像候補のうちからユーザに選択させてもよいし、設置してある撮像装置の機種を判定し、判定した機種に対応する画像を自動で俯瞰画像上に表示してもよい。撮像装置 110 の位置を表す画像 1110 の向きで、撮像装置 110 の撮像方向を表現してもよい。このようにして表示制御部 126 は、撮像装置 110 の撮像方向を示す画像を生成部 127 が生成した平面画像上に表示させる制御を行うことができる。

【0106】

立体形状の各面の変形には、式（8）に示す変換を行う。

【0107】

【数 8】

$$\begin{bmatrix} sq_x \\ sq_y \\ s \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} h_{11} & h_{12} & h_{13} \\ h_{21} & h_{22} & h_{23} \\ h_{31} & h_{32} & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} p''_x \\ p''_y \\ 1 \end{bmatrix} \cdot \cdot \cdot \quad (8)$$

【0108】

式（8）中の  $p_x$ 、 $p_y$  は立体形状の各面を一枚の平面として扱った場合の座標を表し、 $q_x$ 、 $q_y$  は俯瞰画像として表示する際の座標である。式（8）中の  $h_{11}$  から  $h_{32}$  は変換パラメータであり、式（9）を用いて計算することができる。

【0109】

10

20

30

【数 9】

$$\begin{bmatrix} h_{11} \\ h_{12} \\ h_{13} \\ h_{21} \\ h_{22} \\ h_{23} \\ h_{31} \\ h_{32} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} p''_{x1} & p''_{y1} & 1 & 0 & 0 & 0 & -p''_{x1}q_{x1} & -p''_{y1}q_{x1} \\ 0 & 0 & 0 & p''_{x1} & p''_{y1} & 1 & -p''_{x1}q_{y1} & -p''_{y1}q_{y1} \\ p''_{x2} & p''_{y2} & 1 & 0 & 0 & 0 & -p''_{x2}q_{x2} & -p''_{y2}q_{x2} \\ 0 & 0 & 0 & p''_{x2} & p''_{y2} & 1 & -p''_{x2}q_{y2} & -p''_{y2}q_{y2} \\ p''_{x3} & p''_{y3} & 1 & 0 & 0 & 0 & -p''_{x3}q_{x3} & -p''_{y3}q_{x3} \\ 0 & 0 & 0 & p''_{x3} & p''_{y3} & 1 & -p''_{x3}q_{y3} & -p''_{y3}q_{y3} \\ p''_{x4} & p''_{y4} & 1 & 0 & 0 & 0 & -p''_{x4}q_{x4} & -p''_{y4}q_{x4} \\ 0 & 0 & 0 & p''_{x4} & p''_{y4} & 1 & -p''_{x4}q_{y4} & -p''_{y4}q_{y4} \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} q_{x1} \\ q_{y1} \\ q_{x2} \\ q_{y2} \\ q_{x3} \\ q_{y3} \\ q_{x4} \\ q_{y4} \end{bmatrix} \dots (9)$$

10

【0 1 1 0】

式(9)中の  $p''_{x1}$ 、 $p''_{y1}$ 、 $\dots$ 、 $p''_{x4}$ 、 $p''_{y4}$  は立体形状の各面を一枚の平面として扱った場合の四隅の座標を表し、 $q_{x1}$ 、 $q_{y1}$ 、 $\dots$ 、 $q_{x4}$ 、 $q_{y4}$  は変換後の四隅の座標をそれぞれ表す。本実施形態では、立体形状の各面を俯瞰画像へ変換した後の点  $q_1$  から  $q_8$  があらかじめクライアント装置 120 に設定されているものとするが、この限りでは無い。俯瞰画像を生成する度にユーザに入力させてもよいし、部屋の幅、奥行きを考慮して自動で設定してもよい。生成された俯瞰画像は表示制御部 126 によって表示装置 140 を介してユーザに表示される。

20

【0 1 1 1】

本実施形態では立体形状の各面を変形させることにより俯瞰画像を生成したが、この限りではない。立体形状を見下ろす仮想視点を作成し、撮像画像を投影した立体形状をさらに平面に投影することにより俯瞰画像を生成してもよい。

【0 1 1 2】

また本実施形態では俯瞰画像の生成をクライアント装置 120 で生成したが、この限りではなく、撮像装置 110 内で生成してもよい。

【0 1 1 3】

このようにして、撮像装置が被写体を撮像した画像を変形する場合に、変形後の画像において、当該被写体がユーザの所望の形状で表されるようにすることができる。

30

【0 1 1 4】

(実施形態 2)

実施形態 2 では、被写体である部屋が L 字状で表現される場合の俯瞰画像の生成方法について説明する。本実施形態では、実施形態 1 で説明した直方体を二つ生成し、それらを組み合わせることにより L 字状の立体形状を生成する。

【0 1 1 5】

本実施形態における画像処理システム構成については、実施形態 1 で説明した内容と同様であるため、説明を省略する。本実施形態における俯瞰画像の生成フローについて、図 2(a) に沿って説明する。

40

【0 1 1 6】

まず、本実施形態における部屋の隅を示す点の座標の取得 (S201) について、図 12、図 13 を用いて説明する。図 12 は窓と扉が存在する L 字状の部屋において、部屋の内部に撮像装置 110 が設置されている状況を横側から見た図である。図 12 に示される環境において撮像装置 110 のパン、チルトを駆動させ生成した撮像装置 110 の撮像範囲に対応するパノラマ画像を図 13 に示す。図 13 に示すパノラマ画像は図 4 と同様に、パノラマ画像中の任意の点を  $p_{an}$ 、 $t_{ilt}$  の二次元座標で表すことができる。図 13 中の点 1301 から 1314 は、被写体である L 字状の部屋を二つの直方体の組み合わせで表現した際の、各直方体の頂点を表す。ユーザが入力装置 130 を操作して、パノラマ

50



画像上の点 1 3 0 1 から 1 3 1 4 をクリックする事により、取得部 1 2 5 は、部屋の隅 1 3 0 1 から 1 3 1 4 の二次元座標を取得する。

【 0 1 1 7 】

次に配置部 1 2 4 は、取得部 1 2 5 が取得した点 1 3 0 1 から 1 3 1 4 を球面座標  $S$  上に配置する ( $S 2 0 3$ )。そして、球面座標  $S$  における各点の座標を三次元座標に変換する ( $S 2 0 3$ )。点 1 3 0 1 から 1 3 1 4 の二次元座標に対応する球面上の点をそれぞれ、 $p 1 1$  から  $p 2 4$  とする。

【 0 1 1 8 】

次にクライアント装置 1 2 0 は、補正目標となる立体形状として L 字型を選択する ( $S 2 0 4$ )。本実施形態では、取得部 1 2 5 が取得した座標の数が 1 4 個であることから、クライアント装置 1 2 0 は所定の立体形状が L 字型であると判断する。そして、次に配置部 1 2 4 は点  $p 1 1$  から  $p 2 4$  を結び、立体形状を生成する ( $S 2 0 5$ )。クライアント装置 1 2 0 は点  $p 1 1$  から  $p 2 4$  を結び、二つの立体形状を生成する。図 1 4 に点  $p 1 1$ 、 $p 1 2$ 、 $p 1 3$ 、 $p 1 7$ 、 $p 1 8$ 、 $p 1 9$ 、 $p 2 0$ 、及び、 $p 2 4$  を結び生成される立体形状 1 4 0 0 を示す。また図 1 5 に点  $p 1 4$ 、 $p 1 5$ 、 $p 1 6$ 、 $p 1 7$ 、 $p 2 1$ 、 $p 2 2$ 、 $p 2 3$ 、及び、 $p 2 4$  を結び生成される立体形状を示す。

【 0 1 1 9 】

次に配置部 1 2 4 は、点  $p 1 1$  から  $p 2 4$  を移動させることによって、立体形状 1 4 0 0 と立体形状 1 5 0 0 を直方体に変形させる ( $S 2 0 6$ 、 $S 2 0 7$ )。実施形態 1 では、球面座標  $S$  上に配置された複数の点の全てを頂点とする立体形状が直方体となるように複数の点の位置を補正した。一方、本実施形態では、球面座標  $S$  上に配置された複数の点のうち一部の点を頂点とする立体形状が直方体となるように、複数の点の位置を補正する。

【 0 1 2 0 】

点の移動方法は実施形態 1 と同様のため、説明を省略する。このとき、立体形状 1 4 0 0 と立体形状 1 5 0 0 はどちらも点  $p 1 7$  と  $p 2 4$  を持つ。補正部 1 2 3 は、立体形状 1 5 0 0、立体形状 1 4 0 0 それぞれにおいて  $p 1 7$  と  $p 2 4$  を結ぶ線の長さを式 (4) に示す定数  $C$  とし、式 (2) に示すコスト関数  $E(a)$  を最小化する。このようにして、 $p 1 7$  と  $p 2 4$  を結ぶ線の長さが等しい二つの直方体を生成することができる。そして変形させた立体形状 1 4 0 0 と立体形状 1 5 0 0 を組み合わせ、L 字状の立体形状を生成する。

【 0 1 2 1 】

次にクライアント装置 1 2 0 は生成部 1 2 7 において、L 字状の立体形状に基づいて撮像画像を俯瞰画像に変形する ( $S 2 0 8$ )。撮像画像を俯瞰画像に変形する方法は実施形態 1 と同様のため、説明を省略する。図 1 6 に、撮像画像を投影した L 字状の立体形状 1 6 0 0 を示す。また図 1 7 に生成した L 字状の立体形状の俯瞰画像を示す。図 1 7 中の点  $q 1 1$  から  $q 2 4$  は図 1 6 中の点  $p 1 1$  から  $p 2 4$  に対応する点を表す。

【 0 1 2 2 】

本実施形態では、L 字状の部屋についてのみ説明したが、これに限らない。直方体を組み合わせることで生成することが可能な立体形状については、本実施形態が適用可能である。また、実施形態 1 及び実施形態 2 では、直方体及び L 字型の形状の部屋の俯瞰画像を生成する場合について説明したが、図 2 (b) を用いて説明した処理を応用して、円柱状の俯瞰画像を作成することも可能である。この場合、ユーザは図 5 と同様にパノラマ画像上で 8 つの点を指定する。さらに、ステップ  $S 2 0 4$  において補正目標の立体形状が円柱形となるように、ユーザはクライアント装置 1 2 0 に対して設定を行う。ステップ  $S 2 0 6$  及び  $S 2 0 7$  において補正部 1 2 3 は、図 1 8 左図に示すような、上面、及び、下面が正方形の直方体 (含立方体) を生成する。さらに、上面、又は、仮面の正方形が内接する円を生成し、図 1 8 右図に示すような円柱形を生成する。

【 0 1 2 3 】

ステップ  $S 2 0 8$  において、生成部 1 2 7 は、生成した円柱形に撮像画像を投影した後、上述の実施形態と同様に画像を補正して俯瞰画像を生成することができる。

【0124】

また、実施形態1、又は、実施形態2において説明した方法により生成した俯瞰画像を、クライアント装置120の通信制御部122はネットワークを介して撮像装置110に送信することとしてもよい。撮像装置110は、クライアント装置120が生成した俯瞰画像を記憶部116に保持する。そして、撮像装置110は、撮像装置110に接続された1又は複数のクライアント装置からの俯瞰画像の取得要求に応じて、要求を行ったクライアント装置に保持している俯瞰画像を配信することができる。

【0125】

以上、本発明の実施形態について説明したが、本発明はこれらの実施形態に限定されず、その要旨の範囲内で種々の変形及び変更が可能である。

10

【0126】

(その他の実施形態)

本発明は、上述の実施形態の1以上の機能を実現するプログラムを、ネットワーク又は記憶媒体を介してシステム又は装置に供給し、そのシステム又は装置のコンピュータにおける1つ以上のプロセッサがプログラムを読み出し実行する処理でも実現可能である。また、1以上の機能を実現する回路(例えば、ASIC)によっても実現可能である。

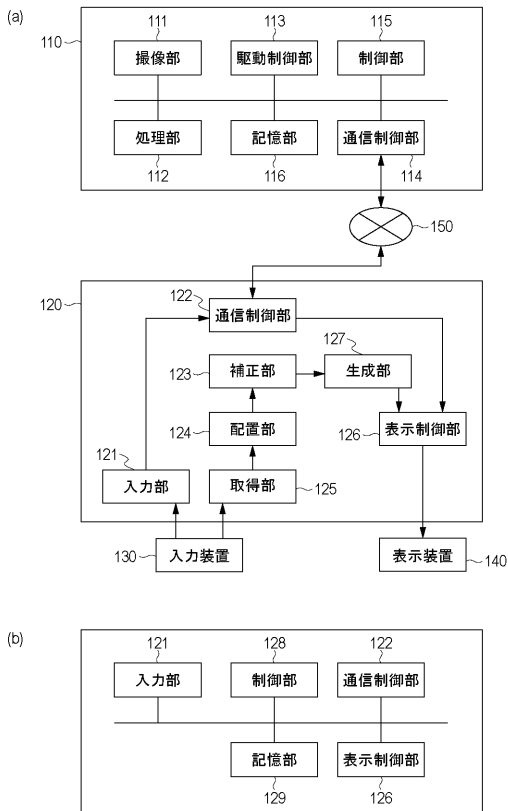
【符号の説明】

【0127】

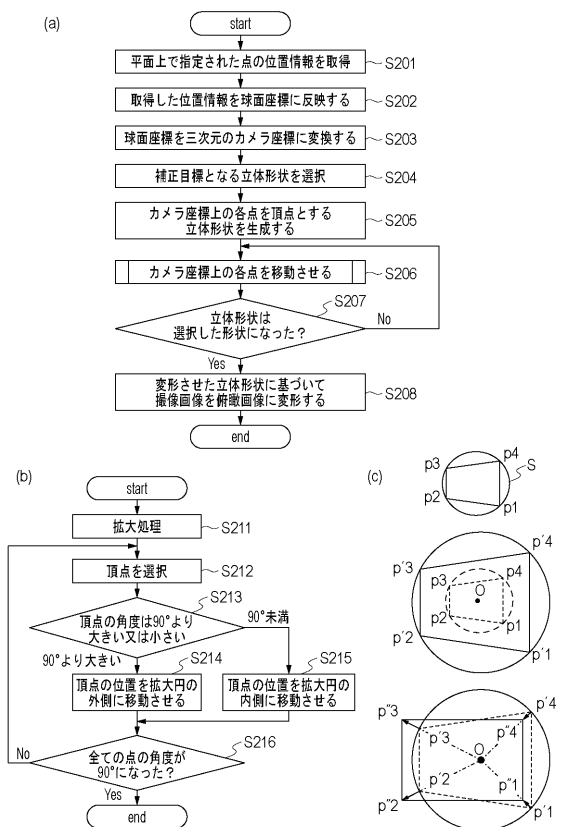
- 122 通信制御部
- 123 補正部
- 124 配置部
- 125 取得部
- 126 表示制御部
- 127 生成部

20

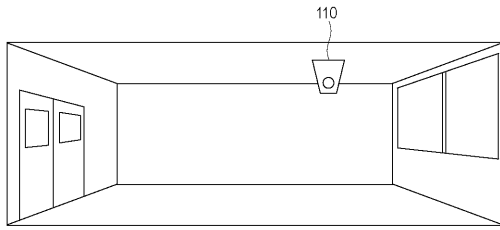
【図1】



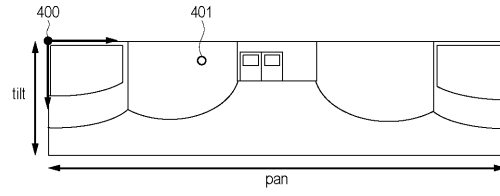
【図2】



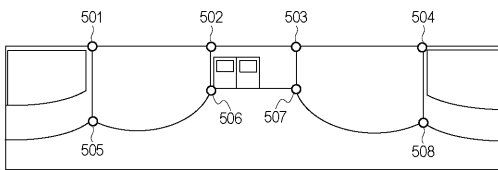
【 図 3 】



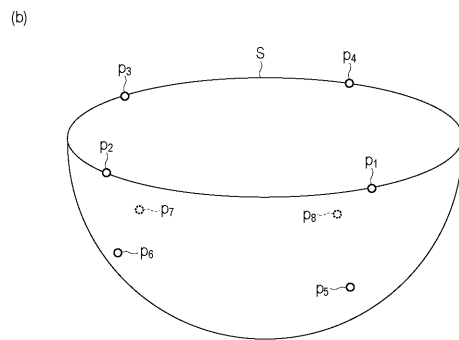
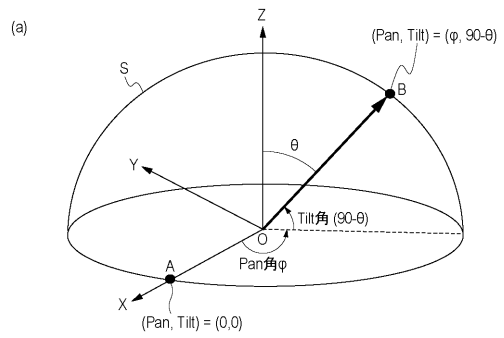
【 図 4 】



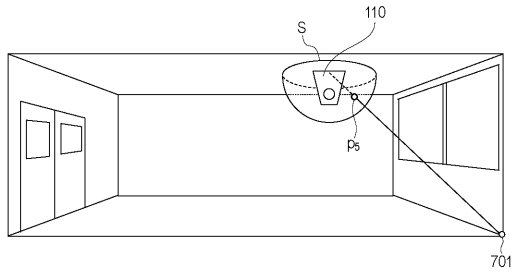
【 図 5 】



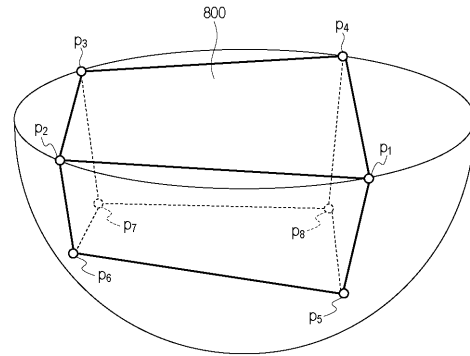
【 図 6 】



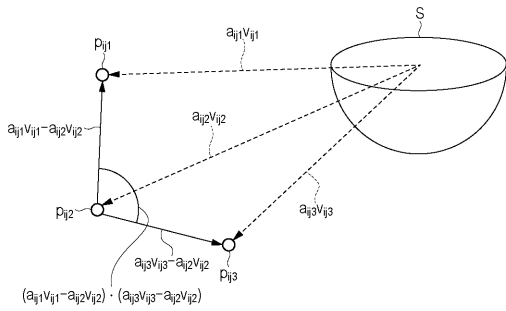
【 図 7 】



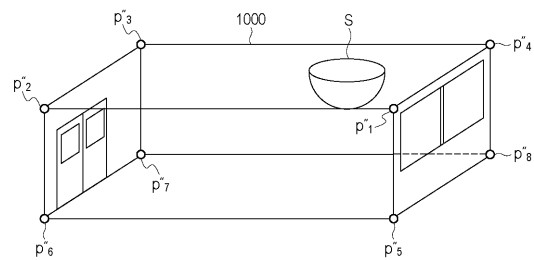
【 図 8 】



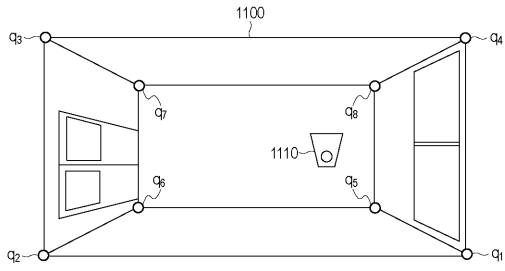
【 図 9 】



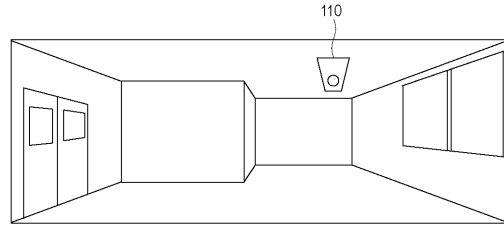
【 図 10 】



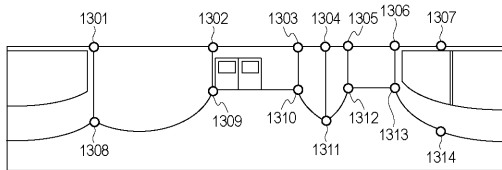
【図 1 1】



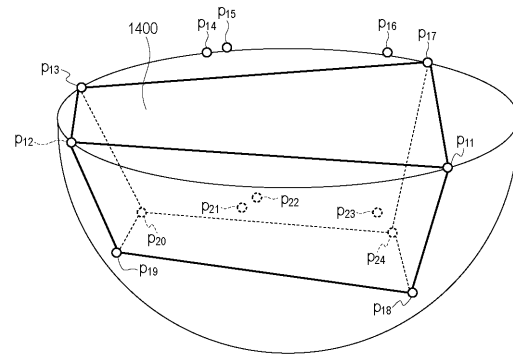
【図 1 2】



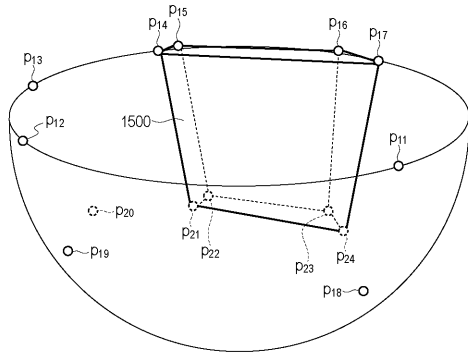
【図 1 3】



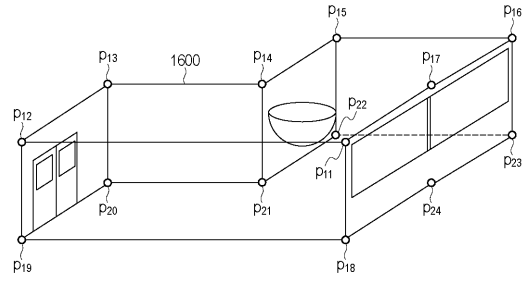
【図 1 4】



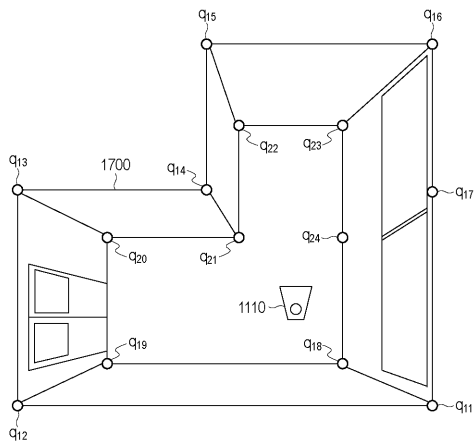
【 図 15 】



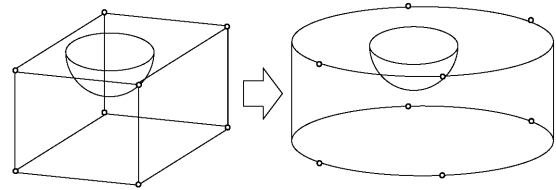
【 図 16 】



【 図 17 】



【 図 18 】



---

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2012-191380(JP,A)  
特開2005-056295(JP,A)  
特開2007-043505(JP,A)  
米国特許出願公開第2010/0208032(US,A1)  
一色彩、外3名,“屋内環境における自由視点映像のための背景モデルの簡易生成法”,映像情報メディア学会技術報告,日本,(社)映像情報メディア学会,2008年5月26日,Vol.32, No.21, pp.5-8

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G06T 3/00  
H04N 1/387, 5/232, 7/18  
G03B 15/00, 37/00