

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2012 年 5 月 24 日(24.05.2012)



(10) 国際公開番号
WO 2012/066943 A1

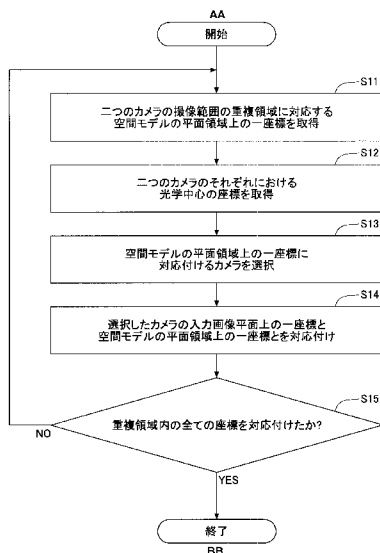
- (51) 国際特許分類:
H04N 7/18 (2006.01) *G06T 3/00* (2006.01)
G06T 1/00 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2011/075443
- (22) 国際出願日: 2011 年 11 月 4 日(04.11.2011)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2010-256295 2010 年 11 月 16 日(16.11.2010) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 住友重機械工業株式会社(SUMITOMO HEAVY INDUSTRIES, LTD.) [JP/JP]; 〒1416025 東京都品川区大崎二丁目 1 番 1 号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてののみ): 清田 芳永 (KIYOTA, Yoshihisa) [JP/JP]; 〒2378555 神奈川県横須賀市夏島町 1 9 番地 住友重機械工業株式会社 横須賀製造所内 Kanagawa (JP).
- (74) 代理人: 伊東 忠彦(ITO, Tadahiko); 〒1506032 東京都渋谷区恵比寿 4 丁目 2 0 番 3 号 恵比寿ガーデンプレイスタワー 3 2 階 Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

[続葉有]

(54) Title: IMAGE GENERATING DEVICE AND OPERATION ASSISTANCE SYSTEM

(54) 発明の名称: 画像生成装置及び操作支援システム

[図15]



(57) Abstract: An image generating device (100), which generates an output image on the basis of a plurality of input images captured by a plurality of cameras that are installed on a shovel (60), positions the parts of images input from two cameras (2R, 2B) that correspond to the area where the pickup areas of the two cameras (2R, 2B) overlap with each other in such a manner that the two input image parts form a lattice pattern in the output image.

(57) 要約: ショベル 60 に取り付けられた複数のカメラが撮像した複数の入力画像に基づいて出力画像を生成する画像生成装置 100 は、二つのカメラ 2R、2B のそれぞれの撮像範囲が重複する領域に対応するそれら二つのカメラ 2R、2B のそれぞれの入力画像部分がその出力画像において格子模様を形成するように、それら二つの入力画像部分を配置する。

- S11 OBTAIN ONE SET OF COORDINATES IN PLANAR REGION OF SPATIAL MODEL THAT CORRESPONDS TO AREA WHERE PICKUP AREAS OF TWO CAMERAS OVERLAP WITH EACH OTHER
S12 OBTAIN COORDINATES OF RESPECTIVE OPTICAL CENTERS OF TWO CAMERAS
S13 SELECT CAMERA THAT CORRESPONDS TO ONE SET OF COORDINATES IN PLANAR REGION OF SPATIAL MODEL
S14 CORRELATE ONE SET OF COORDINATES ON INPUT IMAGE PLANE OF SELECTED CAMERA WITH ONE SET OF COORDINATES ON PLANAR REGION OF SPATIAL MODEL
S15 HAVE ALL COORDINATES IN OVERLAPPING AREA BEEN CORRELATED?
AA START
BB END

WO 2012/066943 A1



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

SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

- 国際調査報告 (条約第 21 条(3))
- 補正された請求の範囲 (条約第 19 条(1))

明 細 書

発明の名称：画像生成装置及び操作支援システム

技術分野

[0001] 本発明は、被操作体に取り付けられた複数のカメラが撮像した複数の入力画像に基づいて出力画像を生成する画像生成装置及びその装置を用いた操作支援システムに関する。

背景技術

[0002] 従来、車両周辺を撮像する複数の車載カメラによって撮像された画像のそれぞれを鳥瞰図画像に変換し、それら鳥瞰図画像を繋ぎ合わせた出力画像を運転者に提示する運転支援システムが知られている（例えば、特許文献1参照。）。

[0003] この運転支援システムは、二つのカメラの撮像範囲の重複領域に対応する重複領域画像を生成する際に、その重複領域画像を二つに分ける一本の複雑な形状の境界線である櫛歯状の境界線を設定し、二つのカメラのそれぞれが撮像した二つの鳥瞰図画像のそれぞれの部分領域が櫛歯状に交互に配置されるように二つの鳥瞰図画像を繋ぎ合わせるようにする。

[0004] 通常、その重複領域に存在する高さのある物体は、二つのカメラのそれぞれとその物体とを結ぶ線の延長方向に二方向に伸長して投影されるため、その重複領域を一本の直線で二つの領域に二分し、一方の領域を一方のカメラによる鳥瞰図画像に対応させ、他方の領域を他方のカメラによる鳥瞰図画像に対応させることによってその重複領域画像を生成すると、その重複領域画像から消失してしまうこととなる。

[0005] その点、この運転支援システムは、上述の繋ぎ合わせにより、高さのある物体が重複領域画像から消失してしまうのを防止することができ、その物体を運転者が認識し易いものにすることができるとしている。

先行技術文献

特許文献

[0006] 特許文献1：特開2007-109166号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0007] しかしながら、特許文献1に記載の運転支援システムは、一本の複雑な形状の境界線である櫛歯状の境界線を用いて二つの鳥瞰図画像のそれぞれの部分領域が櫛歯状に交互に配置されるように二つの鳥瞰図画像を繋ぎ合わせて出力画像を生成するので、それら二つの鳥瞰図画像の明るさに大きな差がある場合に櫛歯状の際立った明暗パターンを創出してしまい、その出力画像を見た運転者に不自然さを感じさせてしまうこととなる。

[0008] 上述の点に鑑み、本発明は、複数のカメラが撮像した複数の入力画像に基づいて生成される出力画像における、複数のカメラの撮像範囲が重複する領域での物体の消失を防止しながらも、入力画像間の明るさの差が際立たないようにする画像生成装置及びその装置を用いた操作支援システムを提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0009] 上述の目的を達成するために、本発明の実施例に係る画像生成装置は、被操作体に取り付けられた複数のカメラが撮像した複数の入力画像に基づいて出力画像を生成する画像生成装置であって、前記複数のカメラのうちの二つのそれぞれの撮像範囲が重複する領域に対応する前記複数のカメラのうちの二つのそれぞれの入力画像部分は、前記出力画像において、格子模様を形成するように配置されることを特徴とする。

[0010] また、本発明の実施例に係る操作支援システムは、被操作体の移動又は操作を支援する操作支援システムであって、上述の画像生成装置と、前記被操作体を移動させ或いは操作するための操作室に設置され、該画像生成装置が生成する出力画像を表示する表示部と、を備えることを特徴とする。

発明の効果

[0011] 上述の手段により、本発明は、複数のカメラが撮像した複数の入力画像に

基づいて生成される出力画像における、複数のカメラの撮像範囲が重複する領域での物体の消失を防止しながらも、入力画像間の明るさの差が際立たないようにする画像生成装置及びその装置を用いた操作支援システムを提供することができる。

図面の簡単な説明

- [0012] [図1]本発明に係る画像生成装置の構成例を概略的に示すブロック図である。
- [図2]画像生成装置が搭載されるショベルの構成例を示す図である。
- [図3A]入力画像が投影される空間モデルの一例を示す図である。
- [図3B]入力画像が投影される空間モデルの一例を示す図である。
- [図4]空間モデルと処理対象画像平面との間の関係の一例を示す図である。
- [図5]入力画像平面上の座標と空間モデル上の座標との対応付けを説明するための図である。
- [図6A]座標対応付け手段による座標間の対応付けを説明するための図である。
- 。
- [図6B]座標対応付け手段による座標間の対応付けを説明するための図である。
- 。
- [図6C]座標対応付け手段による座標間の対応付けを説明するための図である。
- 。
- [図6D]座標対応付け手段による座標間の対応付けを説明するための図である。
- 。
- [図7A]平行線群の作用を説明するための図である。
- [図7B]平行線群の作用を説明するための図である。
- [図8A]補助線群の作用を説明するための図である。
- [図8B]補助線群の作用を説明するための図である。
- [図9]処理対象画像生成処理及び出力画像生成処理の流れを示すフローチャートである。
- [図10]出力画像の表示例（その１）である。
- [図11]出力画像の表示例（その２）である。

[図12A]同色錯視を説明するための図である。

[図12B]同色錯視を説明するための図である。

[図13]同色錯視をもたらす明暗パターンを生成する方法の一例を説明するための図である。

[図14]図 1 3 の格子模様を出力画像平面上に配置した状態を示す図である。

[図15]格子模様形成処理の流れを示すフローチャートである。

[図16]図 1 1 で示される出力画像と、図 1 1 の出力画像に同色錯視をもたらす格子模様が適用された出力画像との違いを表す対比図である。

[図17]出力画像の表示例（その 3）である。

[図18A]二つのカメラのそれぞれの撮像範囲の重複領域における物体の消失防止効果を説明するための図である。

[図18B]二つのカメラのそれぞれの撮像範囲の重複領域における物体の消失防止効果を説明するための図である。

[図19]図 1 7 で示される出力画像と、図 1 7 の出力画像に同色錯視をもたらす格子模様が適用された出力画像との違いを表す対比図である。

発明を実施するための形態

[0013] 以下、図面を参照しつつ、本発明を実施するための最良の形態の説明を行う。

[0014] 図 1 は、本発明に係る画像生成装置の構成例 1 0 0 を概略的に示すブロック図である。

[0015] 画像生成装置 1 0 0 は、例えば、建設機械に搭載されたカメラ 2 が撮像した入力画像に基づいて出力画像を生成しその出力画像を運転者に提示する装置であって、制御部 1、カメラ 2、入力部 3、記憶部 4、及び表示部 5 で構成される。

[0016] 図 2 は、画像生成装置 1 0 0 が搭載されるショベル 6 0 の構成例を示す図であり、ショベル 6 0 は、クローラ式の下部走行体 6 1 の上に、旋回機構 6 2 を介して、上部旋回体 6 3 を旋回軸 P V の周りで旋回自在に搭載している。

[0017] また、上部旋回体 6 3 は、その前方左側部にキャブ（運転室） 6 4 を備え、その前方中央部に掘削アタッチメント E を備え、その右側面及び後面にカメラ 2（右側方カメラ 2 R、後方カメラ 2 B）を備えている。なお、キャブ 6 4 内の運転者が視認し易い位置には表示部 5 が設置されているものとする。

[0018] 次に、画像生成装置 1 0 0 の各構成要素について説明する。

[0019] 制御部 1 は、C P U（Central Processing Unit）、R A M(Random Access Memory)、R O M（Read Only Memory）、N V R A M（Non-Volatile Random Access Memory）等を備えたコンピュータであって、例えば、後述する座標対応付け手段 1 0 及び出力画像生成手段 1 1 のそれぞれに対応するプログラムを R O M や N V R A M に記憶し、一時記憶領域として R A M を利用しながら各手段に対応する処理を C P U に実行させる。

[0020] カメラ 2 は、ショベル 6 0 の周辺を映し出す入力画像を取得するための装置であり、例えば、キャブ 6 4 にいる運転者の死角となる領域を撮像できるよう上部旋回体 6 3 の右側面及び後面に取り付けられる（図 2 参照。）、C C D (Charge Coupled Device) や C M O S (Complementary Metal Oxide Semiconductor) 等の撮像素子を備えた右側方カメラ 2 R 及び後方カメラ 2 B である。なお、カメラ 2 は、上部旋回体 6 3 の右側面及び後面以外の位置（例えば、前面及び左側面である。）に取り付けられていてもよく、広い範囲を撮像できるよう広角レンズ又は魚眼レンズが装着されていてもよい。

[0021] また、カメラ 2 は、制御部 1 からの制御信号に応じて入力画像を取得し、取得した入力画像を制御部 1 に対して出力する。なお、カメラ 2 は、魚眼レンズ又は広角レンズを用いて入力画像を取得した場合には、それらレンズを用いることによって生じる見掛け上の歪曲やアオリを補正した補正済みの入力画像を制御部 1 に対して出力するが、その見掛け上の歪曲やアオリを補正していない入力画像をそのまま制御部 1 に対して出力してもよい。その場合には、制御部 1 がその見掛け上の歪曲やアオリを補正することとなる。

[0022] 入力部 3 は、操作者が画像生成装置 1 0 0 に対して各種情報を入力できる

ようにするための装置であり、例えば、タッチパネル、ボタンスイッチ、ポインティングデバイス、キーボード等である。

[0023] 記憶部 4 は、各種情報を記憶するための装置であり、例えば、ハードディスク、光学ディスク、又は半導体メモリ等である。

[0024] 表示部 5 は、画像情報を表示するための装置であり、例えば、建設機械のキャブ 6 4（図 2 参照。）内に設置された液晶ディスプレイ又はプロジェクタ等であって、制御部 1 が出力する各種画像を表示する。

[0025] また、画像生成装置 100 は、入力画像に基づいて処理対象画像を生成し、その処理対象画像に画像変換処理を施すことによって周辺障害物との位置関係や距離感を直感的に把握できるようにする出力画像を生成した上で、その出力画像を運転者に提示するようにしてもよい。

[0026] 「処理対象画像」は、入力画像に基づいて生成される、画像変換処理（例えば、スケール変換、アフィン変換、歪曲変換、視点変換処理等である。）の対象となる画像であり、例えば、地表を上方から撮像するカメラによる入力画像であってその広い画角により水平方向の画像（例えば、空の部分である。）を含む入力画像を画像変換処理で用いる場合に、その水平方向の画像が不自然に表示されないよう（例えば、空の部分が地表にあるものとして扱われないよう）その入力画像を所定の空間モデルに投影した上で、その空間モデルに投影された投影画像を別の二次元平面に再投影することによって得られる、画像変換処理に適した画像である。なお、処理対象画像は、画像変換処理を施すことなくそのまま出力画像として用いられてもよい。

[0027] 「空間モデル」は、少なくとも、処理対象画像が位置する平面である処理対象画像平面以外の平面又は曲面（例えば、処理対象画像平面に平行な平面、又は、処理対象画像平面との間で角度を形成する平面若しくは曲面である。）を含む、一又は複数の平面若しくは曲面で構成される、入力画像の投影対象である。

[0028] なお、画像生成装置 100 は、処理対象画像を生成することなく、その空間モデルに投影された投影画像に画像変換処理を施すことによって出力画像

を生成するようにしてもよい。また、投影画像は、画像変換処理を施すことなくそのまま出力画像として用いられてもよい。

[0029] 図3は、入力画像が投影される空間モデルMDの一例を示す図であり、図3Aは、ショベル60を側方から見たときのショベル60と空間モデルMDとの間の関係を示し、図3Bは、ショベル60を上方から見たときのショベル60と空間モデルMDとの間の関係を示す。

[0030] 図3で示されるように、空間モデルMDは、半円筒形状を有し、その底面内部の平面領域R1とその側面内部の曲面領域R2とを有する。

[0031] また、図4は、空間モデルMDと処理対象画像平面との間の関係の一例を示す図であり、処理対象画像平面R3は、例えば、空間モデルMDの平面領域R1を含む平面である。なお、図4は、明確化のために、空間モデルMDを、図3で示すような半円筒形状ではなく、円筒形状で示しているが、空間モデルMDは、半円筒形状及び円筒形状の何れであってもよいものとする。以降の図においても同様である。また、処理対象画像平面R3は、上述のように、空間モデルMDの平面領域R1を含む円形領域であってもよく、空間モデルMDの平面領域R1を含まない環状領域であってもよい。

[0032] 次に、制御部1が有する各種手段について説明する。

[0033] 座標対応付け手段10は、カメラ2が撮像した入力画像が位置する入力画像平面上の座標と、空間モデルMD上の座標と、処理対象画像平面R3上の座標とを対応付けるための手段であり、例えば、予め設定された、或いは、入力部3を介して入力される、カメラ2の光学中心、焦点距離、CCDサイズ、光軸方向ベクトル、カメラ水平方向ベクトル、射影方式等のカメラ2に関する各種パラメータと、予め決定された、入力画像平面、空間モデルMD、及び処理対象画像平面R3の相互の位置関係とに基づいて、入力画像平面上の座標と、空間モデルMD上の座標と、処理対象画像平面R3上の座標とを対応付け、それらの対応関係を記憶部4の入力画像・空間モデル対応マップ40及び空間モデル・処理対象画像対応マップ41に記憶する。

[0034] なお、座標対応付け手段10は、処理対象画像を生成しない場合には、空

間モデルMD上の座標と処理対象画像平面R 3上の座標との対応付け、及び、その対応関係の空間モデル・処理対象画像対応マップ4 1への記憶を省略する。

[0035] 出力画像生成手段1 1は、出力画像を生成するための手段であり、例えば、処理対象画像にスケール変換、アフィン変換、又は歪曲変換を施すことによって、処理対象画像平面R 3上の座標と出力画像が位置する出力画像平面上の座標とを対応付け、その対応関係を記憶部4の処理対象画像・出力画像対応マップ4 2に記憶し、座標対応付け手段1 0がその値を記憶した入力画像・空間モデル対応マップ4 0及び空間モデル・処理対象画像対応マップ4 1を参照しながら、出力画像における各画素の値（例えば、輝度値、色相値、彩度値等である。）と入力画像における各画素の値とを関連付けて出力画像を生成する。

[0036] また、出力画像生成手段1 1は、予め設定された、或いは、入力部3を介して入力される、仮想カメラの光学中心、焦点距離、CCDサイズ、光軸方向ベクトル、カメラ水平方向ベクトル、射影方式等の各種パラメータに基づいて、処理対象画像平面R 3上の座標と出力画像が位置する出力画像平面上の座標とを対応付け、その対応関係を記憶部4の処理対象画像・出力画像対応マップ4 2に記憶し、座標対応付け手段1 0がその値を記憶した入力画像・空間モデル対応マップ4 0及び空間モデル・処理対象画像対応マップ4 1を参照しながら、出力画像における各画素の値（例えば、輝度値、色相値、彩度値等である。）と入力画像における各画素の値とを関連付けて出力画像を生成する。

[0037] なお、出力画像生成手段1 1は、仮想カメラの概念を用いることなく、処理対象画像のスケールを変更して出力画像を生成するようにしてもよい。

[0038] また、出力画像生成手段1 1は、処理対象画像を生成しない場合には、施した画像変換処理に応じて空間モデルMD上の座標と出力画像平面上の座標とを対応付け、入力画像・空間モデル対応マップ4 0を参照しながら、出力画像における各画素の値（例えば、輝度値、色相値、彩度値等である。）と

入力画像における各画素の値とを関連付けて出力画像を生成する。この場合、出力画像生成手段 11 は、処理対象画像平面 R_3 上の座標と出力画像平面上の座標との対応付け、及び、その対応関係の処理対象画像・出力画像対応マップ 42 への記憶を省略する。

[0039] 次に、座標対応付け手段 10 及び出力画像生成手段 11 による具体的な処理の一例について説明する。

[0040] 座標対応付け手段 10 は、例えば、ハミルトンの四元数を用いて、入力画像平面上の座標と空間モデル上の座標とを対応付けることができる。

[0041] 図 5 は、入力画像平面上の座標と空間モデル上の座標との対応付けを説明するための図であり、カメラ 2 の入力画像平面は、カメラ 2 の光学中心 C を原点とする UVW 直交座標系における一平面として表され、空間モデルは、 XYZ 直交座標系における立体面として表されるものとする。

[0042] 最初に、座標対応付け手段 10 は、空間モデル上の座標 (XYZ 座標系上の座標) を入力画像平面上の座標 (UVW 座標系上の座標) に変換するため、 XYZ 座標系の原点を光学中心 C (UVW 座標系の原点) に並行移動させた上で、 X 軸を U 軸に、 Y 軸を V 軸に、 Z 軸を $-W$ 軸 (符号「 $-$ 」は方向が逆であることを意味する。これは、 UVW 座標系がカメラ前方を $+W$ 方向とし、 XYZ 座標系が鉛直下方を $-Z$ 方向としていることに起因する。) にそれぞれ一致させるよう XYZ 座標系を回転させる。

[0043] なお、カメラ 2 が複数存在する場合、カメラ 2 のそれぞれが個別の UVW 座標系を有することとなるので、座標対応付け手段 10 は、複数の UVW 座標系のそれぞれに対して、 XYZ 座標系を並行移動させ且つ回転させることとなる。

[0044] 上述の変換は、カメラ 2 の光学中心 C が XYZ 座標系の原点となるように XYZ 座標系を並行移動させた後に、 Z 軸が $-W$ 軸に一致するよう回転させ、更に、 X 軸が U 軸に一致するよう回転させることによって実現されるので、座標対応付け手段 10 は、この変換をハミルトンの四元数で記述することにより、それら二回の回転を一回の回転演算に纏めることができる。

[0045] ところで、あるベクトルAを別のベクトルBに一致させるための回転は、ベクトルAとベクトルBとが張る面の法線を軸としてベクトルAとベクトルBとが形成する角度だけ回転させる処理に相当し、その角度を θ とすると、ベクトルAとベクトルBとの内積から、角度 θ は、

[0046] [数1]

$$\theta = \cos^{-1} \left(\frac{A \cdot B}{|A||B|} \right)$$

で表されることとなる。

[0047] また、ベクトルAとベクトルBとが張る面の法線の単位ベクトルNは、ベクトルAとベクトルBとの外積から

[0048] [数2]

$$N = \frac{A \times B}{|A||B| \sin \theta}$$

で表されることとなる。

[0049] なお、四元数は、 i 、 j 、 k をそれぞれ虚数単位とした場合、

[0050] [数3]

$$ii = jj = kk = ijk = -1$$

を満たす超複素数であり、本実施例において、四元数Qは、実成分を t 、純

虚成分を a 、 b 、 c として、

[0051] [数4]

$$Q=(t;a,b,c)=t+ai+bj+ck$$

で表されるものとし、四元数 Q の共役四元数は、

[0052] [数5]

$$Q^*=(t;-a,-b,-c)=t-ai-bj-ck$$

で表されるものとする。

[0053] 四元数 Q は、実成分 t を 0（ゼロ）としながら、純虚成分 a 、 b 、 c で三次元ベクトル（ a 、 b 、 c ）を表現することができ、また、 t 、 a 、 b 、 c の各成分により任意のベクトルを軸とした回転動作を表現することもできる。

[0054] 更に、四元数 Q は、連続する複数回の回転動作を統合して一回の回転動作として表現することができ、例えば、任意の点 S （ s_x 、 s_y 、 s_z ）を、任意の単位ベクトル C （ l 、 m 、 n ）を軸としながら角度 θ だけ回転させたときの点 D （ e_x 、 e_y 、 e_z ）を以下のように表現することができる。

[0055] [数6]

$$D=(0;e_x,e_y,e_z)=QSQ^* \text{ 但し、 } S=(0;s_x,s_y,s_z), Q=\left(\cos\frac{\theta}{2};l\sin\frac{\theta}{2},m\sin\frac{\theta}{2},n\sin\frac{\theta}{2}\right)$$

ここで、本実施例において、Z軸を-W軸に一致させる回転を表す四元数を Q_z とすると、XYZ座標系におけるX軸上の点Xは、点X'に移動させられるので、点X'は、

[0056] [数7]

$$X' = Q_z X Q_z^*$$

で表されることとなる。

[0057] また、本実施例において、X軸上にある点X'と原点とを結ぶ線をU軸に一致させる回転を表す四元数を Q_x とすると、「Z軸を-W軸に一致させ、更に、X軸をU軸に一致させる回転」を表す四元数Rは、

[0058] [数8]

$$R = Q_x Q_z$$

で表されることとなる。

[0059] 以上により、空間モデル（XYZ座標系）上の任意の座標Pを入力画像平面（UVW座標系）上の座標で表現したときの座標P'は、

[0060] [数9]

$$P' = R P R^*$$

で表されることとなり、四元数Rがカメラ2のそれぞれで不変であることが

ら、座標対応付け手段10は、以後、この演算を実行するだけで空間モデル（XYZ座標系）上の座標を入力画像平面（UVW座標系）上の座標に変換することができる。

[0061] 空間モデル（XYZ座標系）上の座標を入力画像平面（UVW座標系）上の座標に変換した後、座標対応付け手段10は、カメラ2の光学中心C（UVW座標系上の座標）と空間モデル上の任意の座標PをUVW座標系で表した座標P'とを結ぶ線分CP'と、カメラ2の光軸Gとが形成する入射角 α を算出する。

[0062] また、座標対応付け手段10は、カメラ2の入力画像平面R4（例えば、CCD面）に平行で且つ座標P'を含む平面Hにおける、平面Hと光軸Gとの交点Eと座標P'とを結ぶ線分EP'と、平面HにおけるU'軸とが形成する偏角 ϕ 、及び線分EP'の長さを算出する。

[0063] カメラの光学系は、通常、像高さhが入射角 α 及び焦点距離fの関数となっているので、座標対応付け手段10は、通常射影（ $h = f \tan \alpha$ ）、正射影（ $h = f \sin \alpha$ ）、立体射影（ $h = 2 f \tan (\alpha / 2)$ ）、等立体角射影（ $h = 2 f \sin (\alpha / 2)$ ）、等距離射影（ $h = f \alpha$ ）等の適切な射影方式を選択して像高さhを算出する。

[0064] その後、座標対応付け手段10は、算出した像高さhを偏角 ϕ によりUV座標系上のU成分及びV成分に分解し、入力画像平面R4の一画素当たりの画素サイズに相当する数値で除算することにより、空間モデルMD上の座標P（P'）と入力画像平面R4上の座標とを対応付けることができる。

[0065] なお、入力画像平面R4のU軸方向における一画素当たりの画素サイズを a_U とし、入力画像平面R4のV軸方向における一画素当たりの画素サイズを a_V とすると、空間モデルMD上の座標P（P'）に対応する入力画像平面R4上の座標（u, v）は、

[0066]

[数10]

$$u = \frac{h \cos \varphi}{a_U}$$

[0067] [数11]

$$v = \frac{h \sin \varphi}{a_v}$$

で表されることとなる。

[0068] このようにして、座標対応付け手段10は、空間モデルMD上の座標と、カメラ毎に存在する一又は複数の入力画像平面R4上の座標とを対応付け、空間モデルMD上の座標、カメラ識別子、及び入力画像平面R4上の座標を関連付けて入力画像・空間モデル対応マップ40に記憶する。

[0069] また、座標対応付け手段10は、四元数を用いて座標の変換を演算するので、オイラー角を用いて座標の変換を演算する場合と異なり、ジンバルロックを発生させることがないという利点を有する。しかしながら、座標対応付け手段10は、四元数を用いて座標の変換を演算するものに限定されることはなく、オイラー角を用いて座標の変換を演算するようにしてもよい。

[0070] なお、複数の入力画像平面R4上の座標への対応付けが可能な場合、座標対応付け手段10は、空間モデルMD上の座標P（P'）を、その入射角 α が最も小さいカメラに関する入力画像平面R4上の座標に対応付けるようにしてもよく、操作者が選択した入力画像平面R4上の座標に対応付けるようにしてもよい。

[0071] 次に、空間モデルMD上の座標のうち、曲面領域R 2上の座標（Z軸方向の成分を持つ座標）を、XY平面上にある処理対象画像平面R 3に再投影する処理について説明する。

[0072] 図6は、座標対応付け手段10による座標間の対応付けを説明するための図であり、図6Aは、一例として通常射影（ $h = f \tan \alpha$ ）を採用するカメラ2の入力画像平面R 4上の座標と空間モデルMD上の座標との間の対応関係を示す図であって、座標対応付け手段10は、カメラ2の入力画像平面R 4上の座標とその座標に対応する空間モデルMD上の座標とを結ぶ線分のそれぞれがカメラ2の光学中心Cを通過するようにして、両座標を対応付ける。

[0073] 図6Aの例では、座標対応付け手段10は、カメラ2の入力画像平面R 4上の座標K 1を空間モデルMDの平面領域R 1上の座標L 1に対応付け、カメラ2の入力画像平面R 4上の座標K 2を空間モデルMDの曲面領域R 2上の座標L 2に対応付ける。このとき、線分K 1－L 1及び線分K 2－L 2は共にカメラ2の光学中心Cを通過する。

[0074] なお、カメラ2が通常射影以外の射影方式（例えば、正射影、立体射影、等立体角射影、等距離射影等である。）を採用する場合、座標対応付け手段10は、それぞれの射影方式に応じて、カメラ2の入力画像平面R 4上の座標K 1、K 2を空間モデルMD上の座標L 1、L 2に対応付けるようにする。

[0075] 具体的には、座標対応付け手段10は、所定の関数（例えば、正射影（ $h = f \sin \alpha$ ）、立体射影（ $h = 2 f \tan (\alpha / 2)$ ）、等立体角射影（ $h = 2 f \sin (\alpha / 2)$ ）、等距離射影（ $h = f \alpha$ ）等である。）に基づいて、入力画像平面上の座標と空間モデルMD上の座標とを対応付ける。この場合、線分K 1－L 1及び線分K 2－L 2がカメラ2の光学中心Cを通過することはない。

[0076] 図6Bは、空間モデルMDの曲面領域R 2上の座標と処理対象画像平面R 3上の座標との間の対応関係を示す図であり、座標対応付け手段10は、X

Z平面上に位置する平行線群PLであって、処理対象画像平面R3との間で角度 β を形成する平行線群PLを導入し、空間モデルMDの曲面領域R2上の座標とその座標に対応する処理対象画像平面R3上の座標とが共に平行線群PLのうちの一つに乗るようにして、両座標を対応付ける。

[0077] 図6Bの例では、座標対応付け手段10は、空間モデルMDの曲面領域R2上の座標L2と処理対象画像平面R3上の座標M2とが共通の平行線に乗るとして、両座標を対応付けるようにする。

[0078] なお、座標対応付け手段10は、空間モデルMDの平面領域R1上の座標を曲面領域R2上の座標と同様に平行線群PLを用いて処理対象画像平面R3上の座標に対応付けることが可能であるが、図6Bの例では、平面領域R1と処理対象画像平面R3とが共通の平面となっているので、空間モデルMDの平面領域R1上の座標L1と処理対象画像平面R3上の座標M1とは同じ座標値を有するものとなっている。

[0079] このようにして、座標対応付け手段10は、空間モデルMD上の座標と、処理対象画像平面R3上の座標とを対応付け、空間モデルMD上の座標及び処理対象画像R3上の座標を関連付けて空間モデル・処理対象画像対応マップ41に記憶する。

[0080] 図6Cは、処理対象画像平面R3上の座標と一例として通常射影($h = f \tan \alpha$)を採用する仮想カメラ2Vの出力画像平面R5上の座標との間の対応関係を示す図であり、出力画像生成手段11は、仮想カメラ2Vの出力画像平面R5上の座標とその座標に対応する処理対象画像平面R3上の座標とを結ぶ線分のそれぞれが仮想カメラ2Vの光学中心CVを通過するようにして、両座標を対応付ける。

[0081] 図6Cの例では、出力画像生成手段11は、仮想カメラ2Vの出力画像平面R5上の座標N1を処理対象画像平面R3（空間モデルMDの平面領域R1）上の座標M1に対応付け、仮想カメラ2Vの出力画像平面R5上の座標N2を処理対象画像平面R3上の座標M2に対応付ける。このとき、線分M1-N1及び線分M2-N2は共に仮想カメラ2Vの光学中心CVを通過す

る。

[0082] なお、仮想カメラ2 Vが通常射影以外の射影方式（例えば、正射影、立体射影、等立体角射影、等距離射影等である。）を採用する場合、出力画像生成手段11は、それぞれの射影方式に応じて、仮想カメラ2 Vの出力画像平面R5上の座標N1、N2を処理対象画像平面R3上の座標M1、M2に対応付けるようにする。

[0083] 具体的には、出力画像生成手段11は、所定の関数（例えば、正射影（ $h = f \sin \alpha$ ）、立体射影（ $h = 2 f \tan (\alpha / 2)$ ）、等立体角射影（ $h = 2 f \sin (\alpha / 2)$ ）、等距離射影（ $h = f \alpha$ ）等である。）に基づいて、出力画像平面R5上の座標と処理対象画像平面R3上の座標とを対応付ける。この場合、線分M1-N1及び線分M2-N2が仮想カメラ2 Vの光学中心C Vを通過することはない。

[0084] このようにして、出力画像生成手段11は、出力画像平面R5上の座標と、処理対象画像平面R3上の座標とを対応付け、出力画像平面R5上の座標及び処理対象画像R3上の座標を関連付けて処理対象画像・出力画像対応マップ42に記憶し、座標対応付け手段10が記憶した入力画像・空間モデル対応マップ40及び空間モデル・処理対象画像対応マップ41を参照しながら、出力画像における各画素の値と入力画像における各画素の値とを関連付けて出力画像を生成する。

[0085] なお、図6Dは、図6A～図6Cを組み合わせた図であり、カメラ2、仮想カメラ2 V、空間モデルMDの平面領域R1及び曲面領域R2、並びに、処理対象画像平面R3の相互の位置関係を示す。

[0086] 次に、図7を参照しながら、空間モデルMD上の座標と処理対象画像平面R3上の座標とを対応付けるために座標対応付け手段10が導入する平行線群PLの作用について説明する。

[0087] 図7Aは、XZ平面上に位置する平行線群PLと処理対象画像平面R3との間で角度 β が形成される場合の図であり、図7Bは、XZ平面上に位置する平行線群PLと処理対象画像平面R3との間で角度 β_1 （ $\beta_1 > \beta$ ）が形

成される場合の図である。また、図 7 A 及び図 7 B における空間モデル MD の曲面領域 R 2 上の座標 $L_a \sim L_d$ のそれぞれは、処理対象画像平面 R 3 上の座標 $M_a \sim M_d$ のそれぞれに対応するものとし、図 7 A における座標 $L_a \sim L_d$ のそれぞれの間隔は、図 7 B における座標 $L_a \sim L_d$ のそれぞれの間隔と等しいものとする。なお、平行線群 PL は、説明目的のために XZ 平面上に存在するものとしているが、実際には、Z 軸上の全ての点から処理対象画像平面 R 3 に向かって放射状に延びるように存在するものとする。なお、この場合の Z 軸を「再投影軸」と称することとする。

[0088] 図 7 A 及び図 7 B で示されるように、処理対象画像平面 R 3 上の座標 $M_a \sim M_d$ のそれぞれの間隔は、平行線群 PL と処理対象画像平面 R 3 との間の角度が増大するにつれて線形的に減少する（空間モデル MD の曲面領域 R 2 と座標 $M_a \sim M_d$ のそれぞれとの間の距離とは関係なく一様に減少する。）
。一方で、空間モデル MD の平面領域 R 1 上の座標群は、図 7 の例では、処理対象画像平面 R 3 上の座標群への変換が行われないので、座標群の間隔が変化することはない。

[0089] これら座標群の間隔の変化は、出力画像平面 R 5（図 6 参照。）上の画像部分のうち、空間モデル MD の曲面領域 R 2 に投影された画像に対応する画像部分のみが線形的に拡大或いは縮小されることを意味する。

[0090] 次に、図 8 を参照しながら、空間モデル MD 上の座標と処理対象画像平面 R 3 上の座標とを対応付けるために座標対応付け手段 10 が導入する平行線群 PL の代替例について説明する。

[0091] 図 8 A は、XZ 平面上に位置する補助線群 AL の全てが Z 軸上の始点 T 1 から処理対象画像平面 R 3 に向かって延びる場合の図であり、図 8 B は、補助線群 AL の全てが Z 軸上の始点 T 2（ $T_2 > T_1$ ）から処理対象画像平面 R 3 に向かって延びる場合の図である。また、図 8 A 及び図 8 B における空間モデル MD の曲面領域 R 2 上の座標 $L_a \sim L_d$ のそれぞれは、処理対象画像平面 R 3 上の座標 $M_a \sim M_d$ のそれぞれに対応するものとし（図 8 A の例では、座標 M_c 、 M_d は、処理対象画像平面 R 3 の領域外となるため図示さ

れていない。）、図 8 A における座標 $L_a \sim L_d$ のそれぞれの間隔は、図 8 B における座標 $L_a \sim L_d$ のそれぞれの間隔と等しいものとする。なお、補助線群 A_L は、説明目的のために XZ 平面上に存在するものとしているが、実際には、 Z 軸上の任意の一点から処理対象画像平面 R_3 に向かって放射状に延びるように存在するものとする。なお、図 7 と同様、この場合の Z 軸を「再投影軸」と称することとする。

[0092] 図 8 A 及び図 8 B で示されるように、処理対象画像平面 R_3 上の座標 $M_a \sim M_d$ のそれぞれの間隔は、補助線群 A_L の始点と原点 O との間の距離（高さ）が増大するにつれて非線形的に減少する（空間モデル MD の曲面領域 R_2 と座標 $M_a \sim M_d$ のそれぞれとの間の距離が大きいほど、それぞれの間隔の減少幅が大きくなる。）。一方で、空間モデル MD の平面領域 R_1 上の座標群は、図 8 の例では、処理対象画像平面 R_3 上の座標群への変換が行われないので、座標群の間隔が変化することはない。

[0093] これら座標群の間隔の変化は、平行線群 P_L のときと同様、出力画像平面 R_5 （図 6 参照。）上の画像部分のうち、空間モデル MD の曲面領域 R_2 に投影された画像に対応する画像部分のみが非線形的に拡大或いは縮小されることを意味する。

[0094] このようにして、画像生成装置 100 は、空間モデル MD の平面領域 R_1 に投影された画像に対応する出力画像の画像部分（例えば、路面画像である。）に影響を与えることなく、空間モデル MD の曲面領域 R_2 に投影された画像に対応する出力画像の画像部分（例えば、水平画像である。）を線形的に或いは非線形的に拡大或いは縮小させることができるので、ショベル 60 の近傍の路面画像（ショベル 60 を真上から見たときの仮想画像）に影響を与えることなく、ショベル 60 の周囲に位置する物体（ショベル 60 から水平方向に周囲を見たときの画像における物体）を迅速且つ柔軟に拡大或いは縮小させることができ、ショベル 60 の死角領域の視認性を向上させることができる。

[0095] 次に、図 9 を参照しながら、画像生成装置 100 が処理対象画像を生成す

る処理（以下、「処理対象画像生成処理」とする。）、及び、生成した処理対象画像を用いて出力画像を生成する処理（以下、「出力画像生成処理」とする。）について説明する。なお、図9は、処理対象画像生成処理（ステップS1～ステップS3）及び出力画像生成処理（ステップS4～ステップS6）の流れを示すフローチャートである。また、カメラ2（入力画像平面R4）、空間モデル（平面領域R1及び曲面領域R2）、並びに、処理対象画像平面R3の配置は予め決定されているものとする。

[0096] 最初に、制御部1は、座標対応付け手段10により、処理対象画像平面R3上の座標と空間モデルMD上の座標とを対応付ける（ステップS1）。

[0097] 具体的には、座標対応付け手段10は、平行線群PLと処理対象画像平面R3との間に形成される角度を取得し、処理対象画像平面R3上の一座標から延びる平行線群PLの一つが空間モデルMDの曲面領域R2と交差する点を算出し、算出した点に対応する曲面領域R2上の座標を、処理対象画像平面R3上のその一座標に対応する曲面領域R2上の一座標として導き出し、その対応関係を空間モデル・処理対象画像対応マップ41に記憶する。なお、平行線群PLと処理対象画像平面R3との間に形成される角度は、記憶部4等に予め記憶された値であってもよく、入力部3を介して操作者が動的に入力する値であってもよい。

[0098] また、座標対応付け手段10は、処理対象画像平面R3上の一座標が空間モデルMDの平面領域R1上の一座標と一致する場合には、平面領域R1上のその一座標を、処理対象画像平面R3上のその一座標に対応する一座標として導き出し、その対応関係を空間モデル・処理対象画像対応マップ41に記憶する。

[0099] その後、制御部1は、座標対応付け手段10により、上述の処理によって導き出された空間モデルMD上の一座標と入力画像平面R4上の座標とを対応付ける（ステップS2）。

[0100] 具体的には、座標対応付け手段10は、通常射影（ $h = f \tan \alpha$ ）を採用するカメラ2の光学中心Cの座標を取得し、空間モデルMD上の一座標か

ら延びる線分であり、光学中心Cを通過する線分が入力画像平面R 4と交差する点を算出し、算出した点に対応する入力画像平面R 4上の座標を、空間モデルMD上のその一座標に対応する入力画像平面R 4上の一座標として導き出し、その対応関係を入力画像・空間モデル対応マップ4 0に記憶する。

[0101] その後、制御部1は、処理対象画像平面R 3上の全ての座標を空間モデルMD上の座標及び入力画像平面R 4上の座標に対応付けたか否かを判定し（ステップS 3）、未だ全ての座標に対応付けていないと判定した場合には（ステップS 3のNO）、ステップS 1及びステップS 2の処理を繰り返すようにする。

[0102] 一方、制御部1は、全ての座標に対応付けたと判定した場合には（ステップS 3のYES）、処理対象画像生成処理を終了させた上で出力画像生成処理を開始させ、出力画像生成手段1 1により、処理対象画像平面R 3上の座標と出力画像平面R 5上の座標とを対応付ける（ステップS 4）。

[0103] 具体的には、出力画像生成手段1 1は、処理対象画像にスケール変換、アフィン変換、又は歪曲変換を施すことによって出力画像を生成し、施したスケール変換、アフィン変換、又は歪曲変換の内容によって定まる、処理対象画像平面R 3上の座標と出力画像平面R 5上の座標との間の対応関係を処理対象画像・出力画像対応マップ4 2に記憶する。

[0104] 或いは、出力画像生成手段1 1は、仮想カメラ2 Vを用いて出力画像を生成する場合には、採用した射影方式に応じて処理対象画像平面R 3上の座標から出力画像平面R 5上の座標を算出し、その対応関係を処理対象画像・出力画像対応マップ4 2に記憶するようにしてもよい。

[0105] 或いは、出力画像生成手段1 1は、通常射影（ $h = f \tan \alpha$ ）を採用する仮想カメラ2 Vを用いて出力画像を生成する場合には、その仮想カメラ2 Vの光学中心C Vの座標を取得した上で、出力画像平面R 5上の一座標から延びる線分であり、光学中心C Vを通過する線分が処理対象画像平面R 3と交差する点を算出し、算出した点に対応する処理対象画像平面R 3上の座標を、出力画像平面R 5上のその一座標に対応する処理対象画像平面R 3上の

一座標として導き出し、その対応関係を処理対象画像・出力画像対応マップ 42 に記憶するようにしてもよい。

[0106] その後、制御部 1 は、出力画像生成手段 11 により、入力画像・空間モデル対応マップ 40、空間モデル・処理対象画像対応マップ 41、及び処理対象画像・出力画像対応マップ 42 を参照しながら入力画像平面 R4 上の座標と空間モデル MD 上の座標との対応関係、空間モデル MD 上の座標と処理対象画像平面 R3 上の座標との対応関係、及び処理対象画像平面 R3 上の座標と出力画像平面 R5 上の座標との対応関係を辿り、出力画像平面 R5 上の各座標に対応する入力画像平面 R4 上の座標が有する値（例えば、輝度値、色相値、彩度値等である。）を取得し、その取得した値を、対応する出力画像平面 R5 上の各座標の値として採用する（ステップ S5）。なお、出力画像平面 R5 上の一座標に対して複数の入力画像平面 R4 上の複数の座標が対応する場合、出力画像生成手段 11 は、それら複数の入力画像平面 R4 上の複数の座標のそれぞれの値に基づく統計値（例えば、平均値、最大値、最小値、中間値等である。）を導き出し、出力画像平面 R5 上のその一座標の値としてその統計値を採用するようにしてもよい。

[0107] その後、制御部 1 は、出力画像平面 R5 上の全ての座標の値を入力画像平面 R4 上の座標の値に対応付けたか否かを判定し（ステップ S6）、未だ全ての座標の値を対応付けていないと判定した場合には（ステップ S6 の NO）、ステップ S4 及びステップ S5 の処理を繰り返すようにする。

[0108] 一方、制御部 1 は、全ての座標の値を対応付けたと判定した場合には（ステップ S6 の YES）、出力画像を生成して、この一連の処理を終了させる。

[0109] なお、画像生成装置 100 は、処理対象画像を生成しない場合には、処理対象画像生成処理を省略し、出力画像生成処理におけるステップ S4 の”処理対象画像平面上の座標”を”空間モデル上の座標”で読み替えるものとする。

[0110] 以上の構成により、画像生成装置 100 は、建設機械と周辺障害物との位置関係を操作者に直感的に把握させることが可能な処理対象画像及び出力画

像を生成することができる。

[0111] また、画像生成装置 100 は、処理対象画像平面 R 3 から空間モデル MD を経て入力画像平面 R 4 に遡るように座標の対応付けを実行することにより、処理対象画像平面 R 3 上の各座標を入力画像平面 R 4 上の一又は複数の座標に確実に対応させることができ、入力画像平面 R 4 から空間モデル MD を経て処理対象画像平面 R 3 に至る順番で座標の対応付けを実行する場合と比べ（この場合には、入力画像平面 R 4 上の各座標を処理対象画像平面 R 3 上の一又は複数の座標に確実に対応させることができるが、処理対象画像平面 R 3 上の座標の一部が、入力画像平面 R 4 上の何れの座標にも対応付けられない場合があり、その場合にはそれら処理対象画像平面 R 3 上の座標の一部に補間処理等を施す必要がある。）、より良質な処理対象画像を迅速に生成することができる。

[0112] また、画像生成装置 100 は、空間モデル MD の曲面領域 R 2 に対応する画像のみを拡大或いは縮小する場合には、平行線群 PL と処理対象画像平面 R 3 との間に形成される角度を変更して空間モデル・処理対象画像対応マップ 4 1 における曲面領域 R 2 に関連する部分のみを書き換えるだけで、入力画像・空間モデル対応マップ 4 0 の内容を書き換えることなく、所望の拡大或いは縮小を実現させることができる。

[0113] また、画像生成装置 100 は、出力画像の見え方を変更する場合には、スケール変換、アフィン変換又は歪曲変換に関する各種パラメータの値を変更して処理対象画像・出力画像対応マップ 4 2 を書き換えるだけで、入力画像・空間モデル対応マップ 4 0 及び空間モデル・処理対象画像対応マップ 4 1 の内容を書き換えることなく、所望の出力画像（スケール変換画像、アフィン変換画像又は歪曲変換画像）を生成することができる。

[0114] 同様に、画像生成装置 100 は、出力画像の視点を変更する場合には、仮想カメラ 2 V の各種パラメータの値を変更して処理対象画像・出力画像対応マップ 4 2 を書き換えるだけで、入力画像・空間モデル対応マップ 4 0 及び空間モデル・処理対象画像対応マップ 4 1 の内容を書き換えることなく、所

望の視点から見た出力画像（視点変換画像）を生成することができる。

[0115] 図10は、ショベル60に搭載された二台のカメラ2（右側方カメラ2R及び後方カメラ2B）の入力画像を用いて生成される出力画像を表示部5に表示させたときの表示例である。

[0116] 画像生成装置100は、それら二台のカメラ2のそれぞれの入力画像を空間モデルMDの平面領域R1及び曲面領域R2上に投影した上で処理対象画像平面R3に再投影して処理対象画像を生成し、その生成した処理対象画像に画像変換処理（例えば、スケール変換、アフィン変換、歪曲変換、視点変換処理等である。）を施すことによって出力画像を生成して、ショベル60の近傍を上空から見下ろした画像（平面領域R1における画像）と、ショベル60から水平方向に周辺を見た画像（処理対象画像平面R3における画像）とを同時に表示している。

[0117] なお、出力画像は、画像生成装置100が処理対象画像を生成しない場合には、空間モデルMDに投影された画像に画像変換処理（例えば、視点変換処理である。）を施すことによって生成されるものとする。

[0118] また、出力画像は、ショベル60が旋回動作を行う際の画像を違和感なく表示できるよう、円形にトリミングされ、その円の中心CTRが空間モデルMDの円筒中心軸上で、且つ、ショベル60の旋回軸PV上となるように生成されており、ショベル60の旋回動作に応じてその中心CTRを軸に回転するように表示される。この場合、空間モデルMDの円筒中心軸は、再投影軸と一致するものであってもよく、一致しないものであってもよい。

[0119] なお、空間モデルMDの半径は、例えば、5メートルであり、平行線群PLが処理対象画像平面R3との間で形成する角度、又は、補助線群ALの始点高さは、ショベル60の旋回中心から掘削アタッチメントEの最大到達距離（例えば12メートルである。）だけ離れた位置に物体（例えば、作業員である。）が存在する場合にその物体が表示部5で十分大きく（例えば、7ミリメートル以上である。）表示されるように、設定され得る。

[0120] 更に、出力画像は、ショベル60のCG画像を、ショベル60の前方が表

示部5の画面上方と一致し、且つ、その旋回中心が中心CTRと一致するように配置するようにしてもよい。ショベル60と出力画像に現れる物体との間の位置関係をより分かり易くするためである。なお、出力画像は、方位等の各種情報を含む額縁画像をその周囲に配置するようにしてもよい。

[0121] 次に、図11～図16を参照しながら、画像生成装置100が入力画像間の明るさ（輝度）の差を際立たせないようにする処理について説明する。

[0122] 図11は、ショベル60に搭載された三台のカメラ2（左側方カメラ2L、右側方カメラ2R、及び後方カメラ2B）のそれぞれの入力画像と、それら入力画像を用いて生成される出力画像とを示す図である。

[0123] 画像生成装置100は、それら三台のカメラ2のそれぞれの入力画像を空間モデルMDの平面領域R1及び曲面領域R2上に投影した上で処理対象画像平面R3に再投影して処理対象画像を生成し、その生成した処理対象画像に画像変換処理（例えば、スケール変換、アフィン変換、歪曲変換、視点変換処理等である。）を施すことによって出力画像を生成して、ショベル60の近傍を上空から見下ろした画像（平面領域R1における画像）と、ショベル60から水平方向に周辺を見た画像（処理対象画像平面R3における画像）とを同時に表示している。

[0124] 図11において、左側方カメラ2Lの入力画像及び後方カメラ2Bの入力画像はそれぞれ、ショベル60の周囲における同じ場所を異なる角度から撮像した重複部分を含むが、それら重複部分はそれぞれ、各カメラに関する照明環境等の違いにより異なる明るさで撮像されており、その輝度が異なるものとなっている。右側方カメラ2Rの入力画像と後方カメラ2Bの入力画像との間の重複部分についても同様である。

[0125] そのため、それら三つの入力画像に基づいて生成される出力画像は、その出力画像平面上の座標が複数の入力画像平面上の座標に対応付け可能な場合に、その出力画像平面上の座標が入射角の最も小さいカメラに関する入力画像平面上の座標に対応付けられるものとする、同じ場所を撮像しているにもかかわらず、左側方カメラ2Lの入力画像に基づく出力画像上の領域と後

方カメラ 2 B の入力画像に基づく出力画像上の領域との間の境界（図の一点鎖線で囲まれる領域 R 6 参照。）及び、右側方カメラ 2 R の入力画像に基づく出力画像上の領域と後方カメラ 2 B の入力画像に基づく出力画像上の領域との間の境界（図の一点鎖線で囲まれる領域 R 7 参照。）のところでその輝度が急激に変化することとなり、その出力画像を見た運転者に不自然さを感じさせてしまうこととなる。

[0126] そこで、画像生成装置 100 は、チェッカーシャドウ錯視（同色錯視）による効果を利用して、入力画像間の輝度の差を際立たせないようにする。

[0127] 図 12 は、同色錯視を説明するための図（Edward H. Adelson, "Checker shadow illusion", 1995 年、インターネット<URL: http://web.mit.edu/persci/people/adelson/checkershadow_illusion.html>）であり、図 12 A は、同色錯視をもたらすために利用されるチェッカーパターン（格子模様）を示し、図 12 B は、チェッカーパターン（格子模様）上の点 P 1 ～点 P 3 及び点 P 4 ～点 P 6 における輝度の推移を表すグラフを示す。

[0128] 図 12 A で示されるように、点 P 2 を含む単位パタンの輝度よりも高い輝度を有する二つの単位パターン（点 P 1 を含む単位パターン及び点 P 3 を含む単位パターンである。）で挟まれたその点 P 2 を含む単位パタンの輝度は、点 P 5 を含む単位パタンの輝度よりも低い輝度を有する二つの単位パターン（点 P 4 を含む単位パターン及び点 P 6 を含む単位パターンである。）で挟まれたその点 P 5 を含む単位パタンの輝度よりも低いように見える。

[0129] しかしながら、この輝度の差は、それぞれの単位パターンが格子模様を形成していること、及び、点 P 4 ～点 P 6 を含む単位パターン群が物体 O B J の影に入っていることを認識している観察者の錯視によるものであり、実際には、図 12 B で示されるように、点 P 2 を含む単位パタンの輝度は、点 P 5 を含む単位パタンの輝度に等しいものとなっている。

[0130] このように、その観察者は、点 P 1、点 P 3、及び点 P 5 のそれぞれを含む単位パターンが同じ輝度を有し、点 P 2、点 P 4、及び点 P 6 のそれぞれを含む単位パターンが同じ輝度を有するものと錯覚することとなる。

[0131] 図13は、同色錯視をもたらす明暗パターンを生成する方法の一例を説明するための図であり、二つの波源（例えば、右側方カメラ2R及び後方カメラ2Bである。なお、右側方カメラ2Rが図の左側に示されているが、これは図の明瞭化のためであり、ここでは、図の右斜め上方が、ショベル60の後方に対応するものとする。）から山（実線円）及び谷（破線円）を形成しながら拡がって互いに干渉する二つの波を示す。

[0132] また、図13において、二つの扇形領域2Ra、2Baはそれぞれ、右側方カメラ2Rの撮像範囲、及び、後方カメラ2Bの撮像範囲を示し、太い実線で表される腹線ANLは、二つの波が互いに強め合う点を連ねた線を示し、太い破線で表される節線NLは、二つの波が互いに弱め合う点を連ねた線を示す。なお、腹線ANL及び節線NLは、図13で示されるように、交互に現れることとなる。

[0133] また、図13において、右側方カメラ2Rを波源として拡がる波の一つの谷が描く線（破線円）と、その一つの谷の次に発生する一つの山が描く線（実線円）と、後方カメラ2Bを波源として拡がる波の一つの谷が描く線（破線円）と、その一つの谷の次に発生する一つの山が描く線（実線円）とで定められる菱形状の領域のそれぞれは、単位パターン領域LTを形成するものとする。

[0134] 図13で示される複数の単位パターン領域LTが出力画像平面上に描かれたものとし、単位パターン領域LTのうちの腹線ANLが通過する（灰色で塗り潰される）単位パターン領域LT1に後方カメラ2Bの入力画像が対応付けられ、且つ、単位パターン領域LTのうちの節線NLが通過する（白色で塗り潰される）単位パターン領域LT2に右側方カメラ2Rの入力画像が対応付けられるものとする、平均輝度がそれぞれ異なる二つの入力画像は、同色錯視をもたらす格子模様を形成することができることとなる。

[0135] なお、単位パターン領域LTのうちの腹線ANLが通過する（灰色で塗り潰される）単位パターン領域LT1に右側方カメラ2Rの入力画像が対応付けられ、且つ、単位パターン領域LTのうちの節線NLが通過する（白色で塗り潰

される) 単位パターン領域 L T 2 に後方カメラ 2 B の入力画像が対応付けられる場合も同様に、平均輝度がそれぞれ異なる二つの入力画像は、同色錯視をもたらす格子模様を形成することができることとなる。

[0136] また、図 1 3 の格子模様は、波長及び位相が等しい二つの波を用いて形成されるが、波長及び位相の一方又は双方が異なる二つの波を用いて形成されてもよい。単位パターン領域 L T 1、L T 2 のサイズや形状を柔軟に調整できるようにするためである。

[0137] 図 1 4 は、図 1 3 で示される格子模様を出力画像平面 (平面領域 R 1) 上に配置した状態を示し、ショベル 6 0 の C G 画像の右後方 (図の右下方向) にある、右側方カメラ 2 R の撮像範囲と後方カメラ 2 B の撮像範囲との重複領域に配置される格子模様と、ショベル 6 0 の C G 画像の左後方 (図の左下方向) にある、左側方カメラ 2 L の撮像範囲と後方カメラ 2 B の撮像範囲との重複領域に配置される格子模様とを示す。

[0138] 図 1 4 において、右側方カメラ 2 R の撮像範囲と後方カメラ 2 B の撮像範囲との重複領域に配置される格子模様は、例えば、(灰色で塗り潰される) 単位パターン領域 L T 1 に右後方カメラ 2 R の入力画像が対応付けられ、(白色で塗り潰される) 単位パターン領域 L T 2 に後方カメラ 2 B の入力画像が対応付けられるものとする。

[0139] また、左側方カメラ 2 L の撮像範囲と後方カメラ 2 B の撮像範囲との重複領域に配置される格子模様は、例えば、(灰色で塗り潰される) 単位パターン領域 L T 3 に左後方カメラ 2 L の入力画像が対応付けられ、(白色で塗り潰される) 単位パターン領域 L T 4 に後方カメラ 2 B の入力画像が対応付けられるものとする。

[0140] 図 1 5 は、画像生成装置 1 0 0 が、二つのカメラのそれぞれの撮像範囲の重複領域に対応する出力画像平面上の各座標に、それら二つのカメラの何れか一方の入力画像平面上の座標を対応付け、同色錯視をもたらす格子模様を形成する処理 (以下、「格子模様形成処理」とする。) の流れを示すフローチャートである。

[0141] 画像生成装置 100 の制御部 1 は、例えば、座標対応付け手段 10 により、図 9 の処理対象画像生成処理のステップ S 2 において、空間モデル MD の平面領域 R 1 上的一座標と複数の入力画像平面上の座標との対応付けが可能な場合に、空間モデル MD の平面領域 R 1 上的一座標と二つのカメラのそれぞれに対応する二つの入力画像平面のうちの一つにおける一座標とを対応付ける際に、この格子模様形成処理を実行するものとする。

[0142] 最初に、制御部 1 は、二つのカメラ（例えば、右側方カメラ 2 R 及び後方カメラ 2 B である。）の撮像範囲が重複する領域に対応する、空間モデル MD の平面領域 R 1 上的一座標を取得する（ステップ S 1 1）。

[0143] 次に、制御部 1 は、二つのカメラのそれぞれにおける光学中心の座標を取得する（ステップ S 1 2）。

[0144] 次に、制御部 1 は、ステップ S 1 1 で取得した空間モデル MD における平面領域 R 1 上的一座標に対応付けるカメラを選択する（ステップ S 1 3）。

[0145] 具体的には、制御部 1 は、右側方カメラ 2 R の光学中心の座標を（ X_{cam1} 、 Y_{cam1} ）とし、後方カメラ 2 B の光学中心の座標を（ X_{cam2} 、 Y_{cam2} ）とし、対応付けの対象である空間モデル MD の平面領域 R 1 上的一座標を（ X_{target} 、 Y_{target} ）とすると、

[0146] [数12]

$$0 < \sin(\sqrt{(X_{cam1} - X_{target})^2 + (Y_{cam1} - Y_{target})^2}) \times \sin(\sqrt{(X_{cam2} - X_{target})^2 + (Y_{cam2} - Y_{target})^2})$$

で表される条件式が真である場合、その平面領域 R 1 上的一座標に対応付けるカメラとして右側方カメラ 2 R を選択し、上述の条件式が偽である場合、その平面領域 R 1 上的一座標に対応付けるカメラとして後方カメラ 2 R を選択する。

[0147] なお、制御部 1 は、上述の条件式が真である場合に、その平面領域 R 1 上

の一座標に対応付けるカメラとして後方カメラ 2 Bを選択し、上述の条件式が偽である場合に、その平面領域 R 1 上の一座標に対応付けるカメラとして右側方カメラ 2 Rを選択するようにしてもよい。

[0148] なお、上述の条件式は、平面領域 R 1 上の座標 (X_{target} 、 Y_{target}) が、図 14 で示される単位パタン領域 L T 1 に含まれるか、或いは、単位パタン領域 L T 2 に含まれるかの判定式に相当する。

[0149] また、本実施例において、制御部 1 は、光学中心の座標が二次元座標であり、波源から発生する波が平面波であるという前提で、平面領域 R 1 上の一座標（二次元座標）と二つのカメラのそれぞれの光学中心の座標（平面領域 R 1 を含む平面上に投影された二次元座標）との間の二次元距離に基づいてカメラを選択するが、光学中心の座標を（高さ情報を含む）三次元座標とし、波源から発生する波を球面波としながら、平面領域 R 1 上の一座標（三次元座標）と二つのカメラのそれぞれの光学中心の座標（三次元座標）との間の三次元距離に基づいてカメラを選択するようにしてもよい。

[0150] また、本実施例において、制御部 1 は、二つのカメラ（例えば、右側方カメラ 2 R 及び後方カメラ 2 B である。）の撮像範囲が重複する領域に対応する、空間モデル MD の平面領域 R 1 上の一座標に対応付けるカメラを選択しているが、二つのカメラの撮像範囲が重複する領域に対応する、処理対象画像平面 R 3 上の一座標に対応付けるカメラを選択するようにしてもよい。

[0151] この場合、制御部 1 は、処理対象画像平面 R 3 上の一座標（二次元座標）と二つのカメラのそれぞれの光学中心の座標（処理対象画像平面 R 3 を含む平面上に投影された二次元座標）との間の二次元距離に基づいてカメラを選択するようにしてもよく、処理対象画像平面 R 3 上の一座標（三次元座標）と二つのカメラのそれぞれの光学中心の座標（三次元座標）との間の三次元距離に基づいてカメラを選択するようにしてもよい。なお、処理対象画像平面 R 3 は、平面領域 R 1 を含むものであってもよい。

[0152] その後、制御部 1 は、座標対応付け手段 10 により、選択したカメラの入力画像平面上の一座標と、空間モデル MD の平面領域 R 1 上の一座標とを対

応付け（ステップS 1 4）、空間モデルMD上の座標、カメラ識別子、及び入力画像平面上の座標を関連付けて入力画像・空間モデル対応マップ4 0に記憶する。

[0153] その後、制御部1は、二つのカメラの撮像範囲が重複する領域に対応する、空間モデルMDの平面領域R 1上の全ての座標を、二つのカメラのうちの一つの入力画像平面上の座標に対応付けたか否かを判定し（ステップS 1 5）、未だ全ての座標を対応付けていないと判定した場合には（ステップS 1 5のNO）、ステップS 1 1～ステップS 1 4の処理を繰り返すようにする。

[0154] 一方、制御部1は、全ての座標を対応付けたと判定した場合には（ステップS 1 5のYES）、この格子模様形成処理を終了させる。

[0155] なお、上述において、制御部1は、二つのカメラの撮像範囲が重複する領域に対応する、空間モデルMDの平面領域R 1上の各座標、又は、処理対象画像平面R 3上の各座標を、二つのカメラのうちの一つの入力画像平面上の座標に対応付けるようにするが、更に、二つのカメラの撮像範囲が重複する領域に対応する、空間モデルMDの曲面領域R 2上の各座標を、二つのカメラのうちの一つの入力画像平面上の座標に対応付けるようにしてもよい。

[0156] このように、制御部1は、上述のような条件式を用いて空間モデルMD上の各座標を二つのカメラのうちの一つの入力画像平面上の座標に容易に対応付けることができ、適切な格子模様を生成することができる。

[0157] 図1 6は、図1 1で示される出力画像と、図1 1の出力画像に同色錯視をもたらす格子模様が適用された出力画像との違いを表す対比図であり、上図が図1 1で示される出力画像を示し、下図が同色錯視をもたらす格子模様が適用された出力画像を示す。

[0158] 左側方カメラ2 Lの入力画像に基づく出力画像上の領域と後方カメラ2 Bの入力画像に基づく出力画像上の領域との間の境界を含む上図の一点鎖線で囲まれた領域R 6は、顕著な輝度の違いを提示しているが、左側方カメラ2 Lの入力画像に基づく出力画像上の領域と後方カメラ2 Bの入力画像に基づ

く出力画像上の領域とが格子模様となって混在する下図の一点鎖線で囲まれた領域 R 8 は、その輝度の違いが目立たなくなっており、その領域 R 8 を含む出力画像を見た運転者に不自然さを感じさせ難くしている。

[0159] 同様に、右側方カメラ 2 R の入力画像に基づく出力画像上の領域と後方カメラ 2 B の入力画像に基づく出力画像上の領域との間の境界を含む上図の一点鎖線で囲まれた領域 R 7 は、顕著な輝度の違いを提示しているが、右側方カメラ 2 R の入力画像に基づく出力画像上の領域と後方カメラ 2 B の入力画像に基づく出力画像上の領域とが格子模様となって混在する下図の一点鎖線で囲まれた領域 R 9 は、その輝度の違いが目立たなくなっており、その領域 R 9 を含む出力画像を見た運転者に不自然さを感じさせ難くしている。

[0160] 次に、図 1 7 ～図 1 9 を参照しながら、画像生成装置 1 0 0 が、二つのカメラのそれぞれの撮像範囲の重複領域に対応する出力画像部分を生成する際にその出力画像部分にある物体が消失するのを防止する処理について説明する。

[0161] 図 1 7 は、ショベル 6 0 に搭載された三台のカメラ 2（左側方カメラ 2 L、右側方カメラ 2 R、及び後方カメラ 2 B）のそれぞれの入力画像と、それら入力画像を用いて生成される出力画像とを示す図である。

[0162] 画像生成装置 1 0 0 は、それら三台のカメラ 2 のそれぞれの入力画像平面上の座標を空間モデル M D の平面領域 R 1 及び曲面領域 R 2 上の座標に投影した上で処理対象画像平面 R 3 に再投影して処理対象画像を生成し、その生成した処理対象画像に画像変換処理（例えば、スケール変換、アフィン変換、歪曲変換、視点変換処理等である。）を施すことによって出力画像を生成して、ショベル 6 0 の近傍を上空から見下ろした画像（平面領域 R 1 における画像）と、ショベル 6 0 から水平方向に周辺を見た画像（処理対象画像平面 R 3 における画像）とを表示している。

[0163] 図 1 7 において、右側方カメラ 2 R の入力画像、及び、後方カメラ 2 B の入力画像はそれぞれ、右側方カメラ 2 R の撮像範囲と後方カメラ 2 B の撮像範囲との重複領域内に人物（右側方カメラ 2 R の入力画像における二点鎖線

で囲まれる領域 R 1 0、及び、後方カメラ 2 B の入力画像における二点鎖線で囲まれる領域 R 1 1 参照。) を捉えている。

[0164] しかしながら、それら右側方カメラ 2 R の入力画像、及び、後方カメラ 2 B の入力画像に基づいて生成される出力画像は、その出力画像平面上の座標が入射角の最も小さいカメラに関する入力画像平面上の座標に対応付けられるものとする、図 1 7 で示されるように、その重複領域内の人物を消失させてしまうこととなる (出力画像内の一点鎖線で囲まれる領域 R 1 2 参照。)。

[0165] そこで、画像生成装置 1 0 0 は、同色錯視をもたらすために形成される格子模様を利用して、二つのカメラのそれぞれの撮像範囲の重複領域に対応する出力画像部分を生成する際にその出力画像部分にある物体が消失するのを防止するものとする。

[0166] 図 1 8 は、二つのカメラのそれぞれの撮像範囲の重複領域における物体の消失防止効果を説明するための図であり、図 1 8 A は、図 1 3 で示される同色錯視をもたらすための格子模様を形成するための波の図を示し、図 1 8 B は、図 1 8 A の一部拡大図を示す。

[0167] 図 1 8 A において、破線で囲まれる投影像 P R J 1 は、後方カメラ 2 B の入力画像における物体 O B J 1 の像が、路面画像を生成するための視点変換によって、その後方カメラ 2 B とその物体 O B J 1 とを結ぶ線の延長方向に伸長されたもの (後方カメラ 2 B の入力画像を用いてその出力画像部分における路面画像を生成した場合に表示される像である。) を表す。

[0168] また、破線で囲まれる投影像 P R J 2 は、右後方カメラ 2 R の入力画像における物体 O B J 1 の像が、路面画像を生成するための視点変換によって、その右側方カメラ 2 R とその物体 O B J 1 とを結ぶ線の延長方向に伸長されたもの (右側方カメラ 2 R の入力画像を用いてその出力画像部分における路面画像を生成した場合に表示される像である。) を表す。

[0169] なお、投影像 P R J 1 及び投影像 P R J 2 は、最終的な出力画像上にそのままの状態に表示されることはなく、図 1 8 B で示されるように、一部が切

り欠かれた状態で表示されることとなる。

[0170] また、図 18 A において、投影像 P R J 1 を表す破線領域のうち、灰色で塗り潰された部分は、腹線 A N L が通過する単位パターン領域 L T 1（図 13 参照。）との重なり部分を表し、その重なり部分に対応する出力画像上の各座標には後方カメラ 2 B の入力画像平面上の座標（物体 O B J 1 の像を形成する領域内の座標）が対応付けられることを示す。

[0171] 一方、投影像 P R J 1 を表す破線領域のうち、白色で塗り潰された部分は、節線 N L が通過する単位パターン領域 L T 2（図 13 参照。）との重なり部分を表し、その重なり部分に対応する出力画像上の各座標には右側方カメラ 2 R の入力画像平面上の座標（物体 O B J 1 の像を形成しない領域内の座標）が対応付けられることを示す。

[0172] なお、投影像 P R J 1 を表す破線領域のうち、灰色で塗り潰された部分に対応する出力画像上の各座標に、右側方カメラ 2 R の入力画像平面上の座標（物体 O B J 1 の像を形成しない領域内の座標）が対応付けられ、投影像 P R J 1 を表す破線領域のうち、白色で塗り潰された部分に対応する出力画像上の各座標に、後方カメラ 2 B の入力画像平面上の座標（物体 O B J 1 の像を形成する領域内の座標）が対応付けられるようにしてもよい。

[0173] この場合、投影像 P R J 1 は、図 18 B で示されるように、その伸長方向に直交する円（後方カメラ 2 B の位置を波源とする波の山及び谷が描く円である。）の一部をその境界線として含む単位パターン領域 L T 2 によって切り欠かれることとなるが、隣接する単位パターン領域 L T 1 が互いに頂点を接触させているので織切り状に分断され難く、単位パターン領域 L T 2 のそれぞれがその伸長方向に直交する円の一部を含むため、その輪郭も認識され易いはっきりした状態で保存されることとなる。

[0174] また、投影像 P R J 1 は、物体 O B J 1 の高さが高い程、カメラから遠ざかる方向により長く伸長され、且つ、カメラから遠ざかる程、より大きく拡大される傾向を有するが、単位パターン領域 L T 1 及び L T 2 は何れもカメラから遠ざかる程、その投影像 P R J 1 と同じ度合いで、より大きく拡大して

いくので、その切り欠き状態もほぼ均一に維持されることとなる。

[0175] また、図 18 A において、投影像 P R J 2 を表す破線領域のうち、黒色で塗り潰された部分は、節線 N L が通過する単位パターン領域 L T 2（図 13 参照。）との重なり部分を表し、その重なり部分に対応する出力画像上の各座標には右側方カメラ 2 R の入力画像平面上の座標（物体 O B J 1 の像を形成する領域内の座標）が対応付けられることを示す。

[0176] 一方、投影像 P R J 2 を表す破線領域のうち、白色で塗り潰された部分は、腹線 A N L が通過する単位パターン領域 L T 1（図 13 参照。）との重なり部分を表し、その重なり部分に対応する出力画像上の各座標には後方カメラ 2 B の入力画像平面上の座標（物体 O B J 1 の像を形成しない領域内の座標）が対応付けられることを示す。

[0177] なお、投影像 P R J 2 を表す破線領域のうち、黒色で塗り潰された部分に対応する出力画像上の各座標に後方カメラ 2 B の入力画像平面上の座標（物体 O B J 1 の像を形成しない領域内の座標）が対応付けられ、投影像 P R J 2 を表す破線領域のうち、白色で塗り潰された部分に対応する出力画像上の各座標に右側方カメラ 2 R の入力画像平面上の座標（物体 O B J 1 の像を形成する領域内の座標）が対応付けられるようにしてもよい。

[0178] この場合、投影像 P R J 2 は、投影像 P R J 1 と同様に、図 18 B で示されるように、その伸長方向に直交する円（右側方カメラ 2 R の位置を波源とする波の山及び谷が描く円である。）の一部をその境界線として含む単位パターン領域 L T 1 によって切り欠かれることとなるが、隣接する単位パターン領域 L T 2 が互いに頂点を接触させているので繊切り状に分断され難く、単位パターン領域 L T 1 のそれぞれがその伸長方向に直交する円の一部を含むため、その輪郭も認識され易いはっきりした状態で保存されることとなる。

[0179] また、投影像 P R J 2 は、投影像 P R J 1 と同様に、物体 O B J 1 の高さが高い程、カメラから遠ざかる方向により長く伸長され、且つ、カメラから遠ざかる程、より大きく拡大される傾向を有するが、単位パターン領域 L T 1 及び L T 2 は何れもカメラから遠ざかる程、その投影像 P R J 2 と同じ度合

いで、より大きく拡大していくので、その切り欠き状態もほぼ均一に維持されることとなる。

[0180] 図19は、図17で示される出力画像と、図17の出力画像に同色錯視をもたらす格子模様が適用された出力画像との違いを表す対比図であり、上図が図17で示される出力画像を示し、下図が同色錯視をもたらす格子模様が適用された出力画像を示す。

[0181] 右側方カメラ2Rの入力画像に基づく出力画像上の領域と後方カメラ2Bの入力画像に基づく出力画像上の領域との間の境界を含む上図の一点鎖線で囲まれた領域R13は、人物が消失した状態を提示しているが、右側方カメラ2Rの入力画像に基づく出力画像上の領域と後方カメラ2Bの入力画像に基づく出力画像上の領域とが格子模様となって混在する下図の一点鎖線で囲まれた領域R14は、人物を消失させることなく、その人物を認識し易い状態で提示し、その領域R14を含む出力画像を見た運転者にその人物の存在を確実に認識させることができるようにしている。

[0182] 以上の構成により、画像生成装置100は、同色錯視をもたらすための格子模様を利用することにより、二つのカメラのそれぞれの撮像範囲の重複領域に対応する出力画像部分を生成する際にその出力画像部分にある物体が消失するのを防止することができ、二つの入力画像のそれぞれの部分領域が櫛歯状に交互に配置されるように二つの入力画像を繋ぎ合わせる場合に比べ、その一部が切り欠かれることとなるその物体の投影像を、運転者がより認識し易い状態で表示することができる。

[0183] 以上、本発明の好ましい実施例について詳説したが、本発明は、上述した実施例に制限されることはなく、本発明の範囲を逸脱することなしに上述した実施例に種々の変形及び置換を加えることができる。

[0184] 例えば、上述の実施例において、画像生成装置100は、空間モデルとして円筒状の空間モデルMDを採用するが、多角柱等の他の柱状の形状を有する空間モデルを採用してもよく、底面及び側面の二面から構成される空間モデルを採用してもよく、或いは、側面のみを有する空間モデルを採用しても

よい。

[0185] また、画像生成装置 100 は、バケット、アーム、ブーム、旋回機構等の可動部材を備えながら自走する建設機械にカメラと共に搭載され、周囲画像をその運転者に提示しながらその建設機械の移動及びそれら可動部材の操作を支援する操作支援システムに組み込まれているが、産業用機械若しくは固定式クレーン等のように可動部材を有するが自走はしない他の被操作体にカメラと共に搭載され、それら他の被操作体の操作を支援する操作支援システムに組み入れられてもよい。

[0186] また、本願は、2010年11月16日に出願した日本国特許出願2010-256295号に基づく優先権を主張するものであり同日本国出願の全内容を本願に参照により援用する。

符号の説明

[0187] 1・・・制御部 2・・・カメラ 2L・・・左側方カメラ 2R・・・右側方カメラ 2B・・・後方カメラ 3・・・入力部 4・・・記憶部 5・・・表示部 10・・・座標対応付け手段 11・・・出力画像生成手段 40・・・入力画像・空間モデル対応マップ 41・・・空間モデル・処理対象画像対応マップ 42・・・処理対象画像・出力画像対応マップ 60・・・ショベル 61・・・下部走行体 62・・・旋回機構 63・・・上部旋回体 64・・・キャブ

請求の範囲

- [請求項1] 被操作体に取り付けられた複数のカメラが撮像した複数の入力画像に基づいて出力画像を生成する画像生成装置であって、
- 前記複数のカメラのうちの二つのそれぞれの撮像範囲が重複する領域に対応する前記複数のカメラのうちの二つのそれぞれの入力画像部分は、前記出力画像において、格子模様を形成するように配置される、
- ことを特徴とする画像生成装置。
- [請求項2] 前記格子模様は、第一カメラの位置を波源とする第一の波の山が描く円と、該第一の波の谷が描く円と、第二カメラの位置を波源とする第二の波の山が描く円と、該第二の波の谷が描く円とによって区切られる格子を単位パターンとし、
- 前記第一の波及び前記第二の波によって形成される腹線が通過する単位パターンに対応する出力画像平面上の座標を前記第一カメラの入力画像平面上の座標に関連付け、
- 前記第一の波及び前記第二の波によって形成される節線が通過する単位パターンに対応する出力画像平面上の座標を前記第二カメラの入力画像平面上の座標に関連付ける、
- ことを特徴とする請求項1に記載の画像生成装置。
- [請求項3] 被操作体の移動又は操作を支援する操作支援システムであって、
- 請求項1に記載の画像生成装置と、
- 前記被操作体を移動させ或いは操作するための操作室に設置され、該画像生成装置が生成する出力画像を表示する表示部と、
- を備えることを特徴とする操作支援システム。

補正された請求の範囲
[2012年4月3日(03.04.2012)国際事務局受理]

[請求項 1] (補正後) 被操作体に取り付けられた複数のカメラが撮像した複数の入力画像に基づいて路面画像を含む出力画像を生成する画像生成装置であって、

前記複数のカメラのうちの二つのカメラのそれぞれの撮像範囲が重複する領域に対応する前記複数のカメラのうちの二つのカメラのそれぞれの入力画像部分は、前記出力画像において、格子模様を形成するように配置され、

前記格子模様は、前記二つのカメラのうちの第一カメラの位置を中心とする二つの円と、前記二つのカメラのうちの第二カメラの位置を中心とする二つの円とによって区切られる領域を単位パターンとする、ことを特徴とする画像生成装置。

[請求項 2] (補正後) 前記格子模様は、前記第一カメラの位置を波源とする第一の波の山が描く円と、前記第一の波の谷が描く円と、前記第二カメラの位置を波源とする第二の波の山が描く円と、前記第二の波の谷が描く円とによって区切られる格子を単位パターンとし、

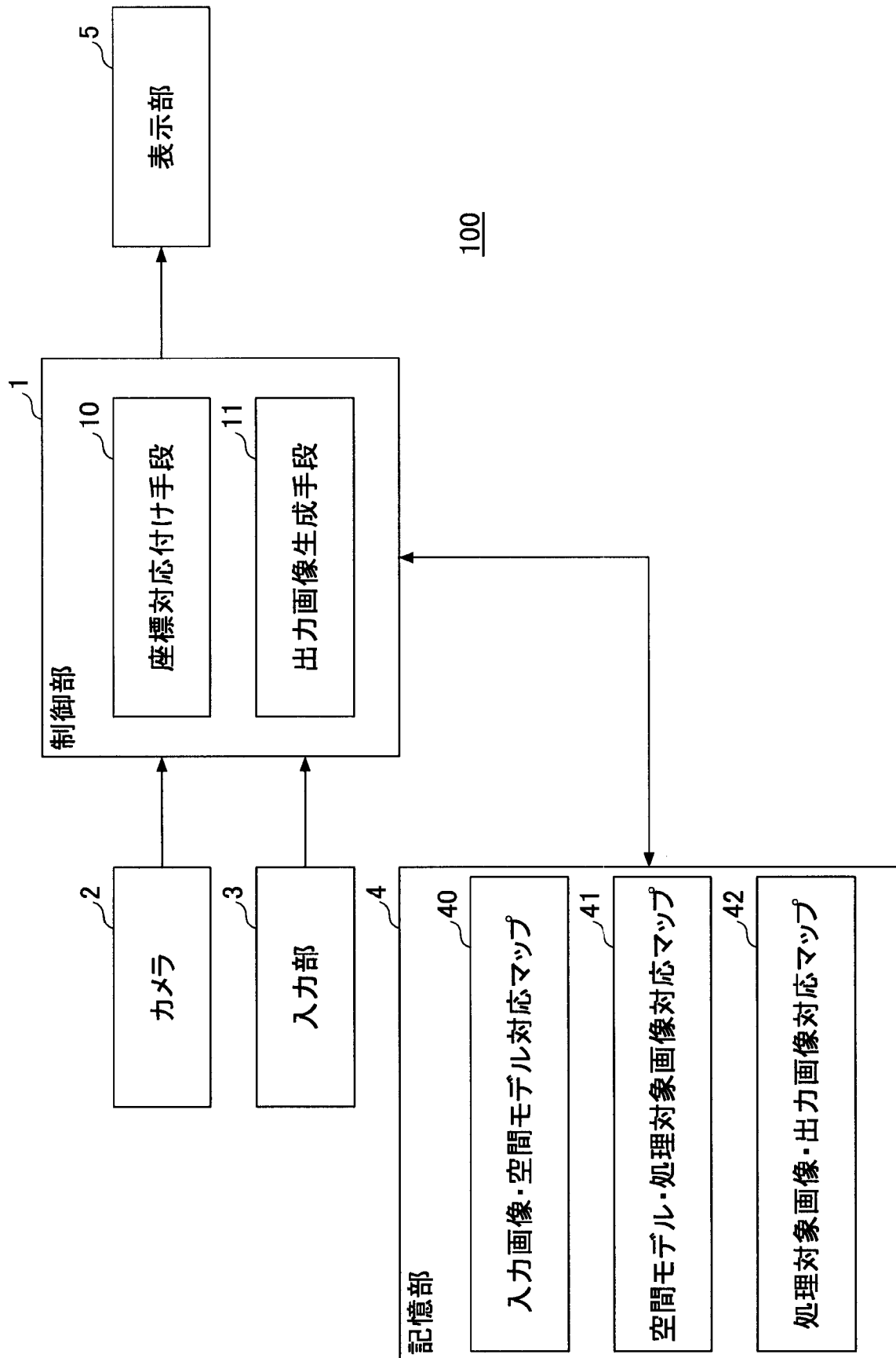
前記第一の波及び前記第二の波によって形成される腹線が通過する単位パターンに対応する出力画像平面上の座標を前記第一カメラの入力画像平面上の座標に関連付け、

前記第一の波及び前記第二の波によって形成される節線が通過する単位パターンに対応する出力画像平面上の座標を前記第二カメラの入力画像平面上の座標に関連付ける、

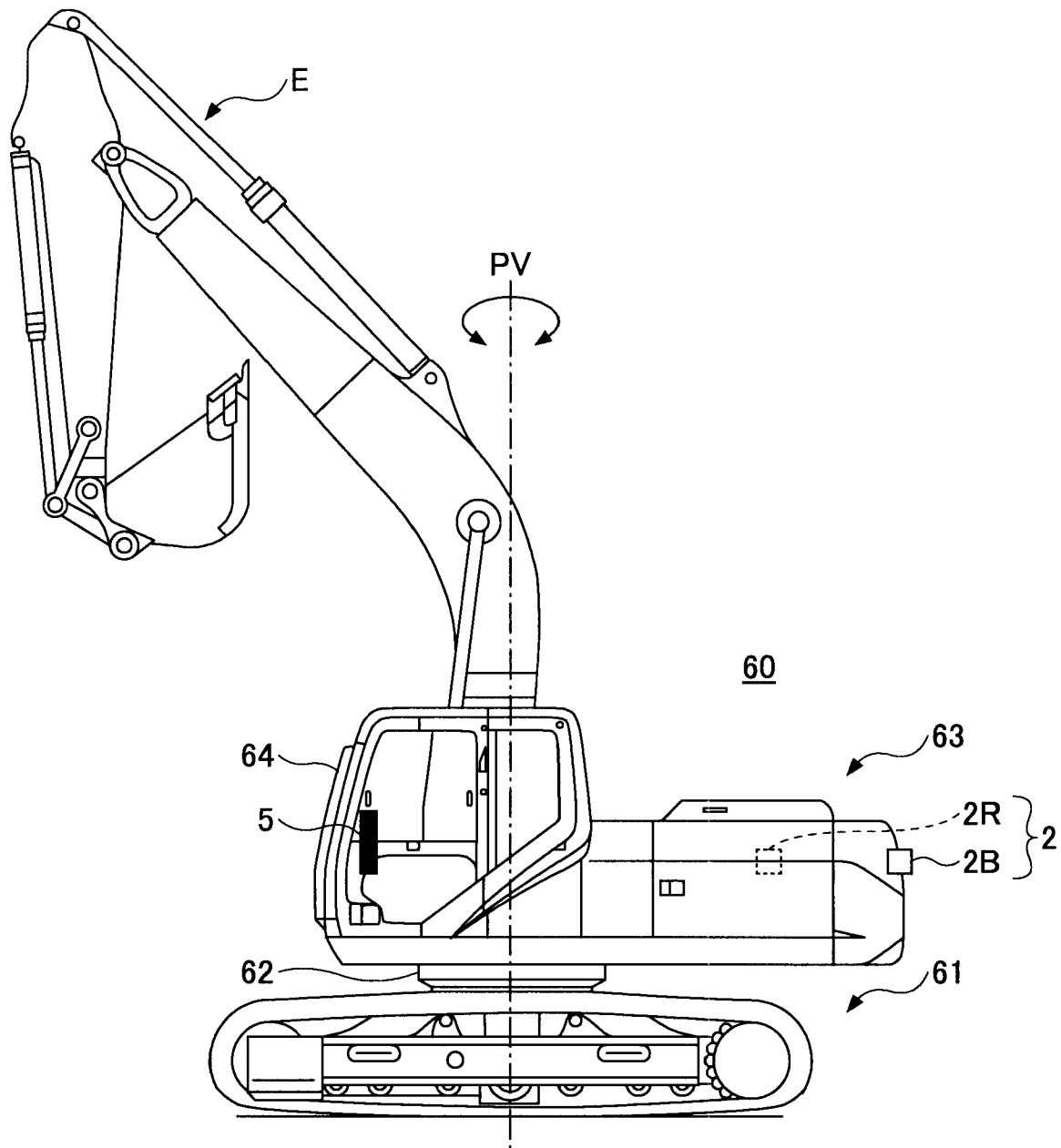
ことを特徴とする請求項 1 に記載の画像生成装置。

[請求項 3] 被操作体の移動又は操作を支援する操作支援システムであって、
請求項 1 に記載の画像生成装置と、
前記被操作体を移動させ或いは操作するための操作室に設置され、
該画像生成装置が生成する出力画像を表示する表示部と、
を備えることを特徴とする操作支援システム。

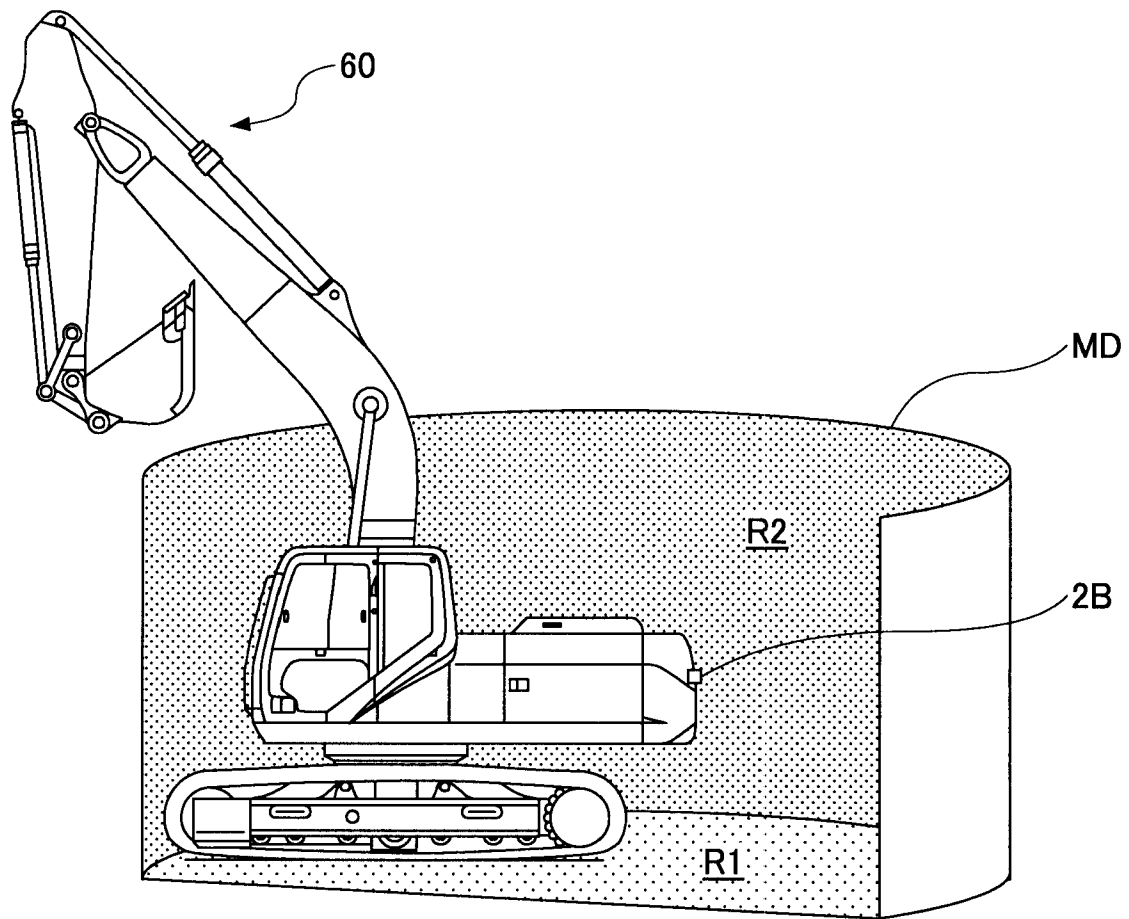
[図1]



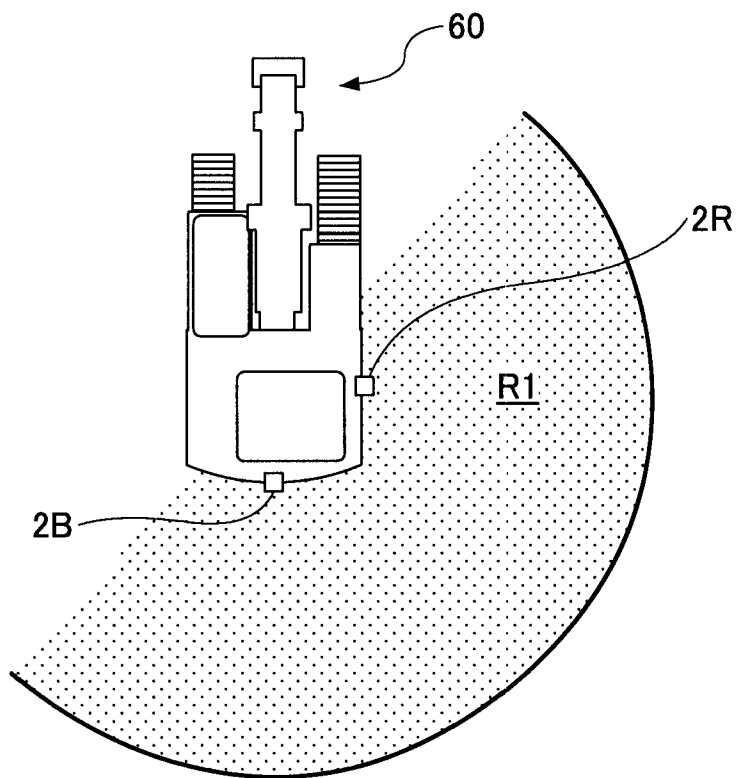
[図2]



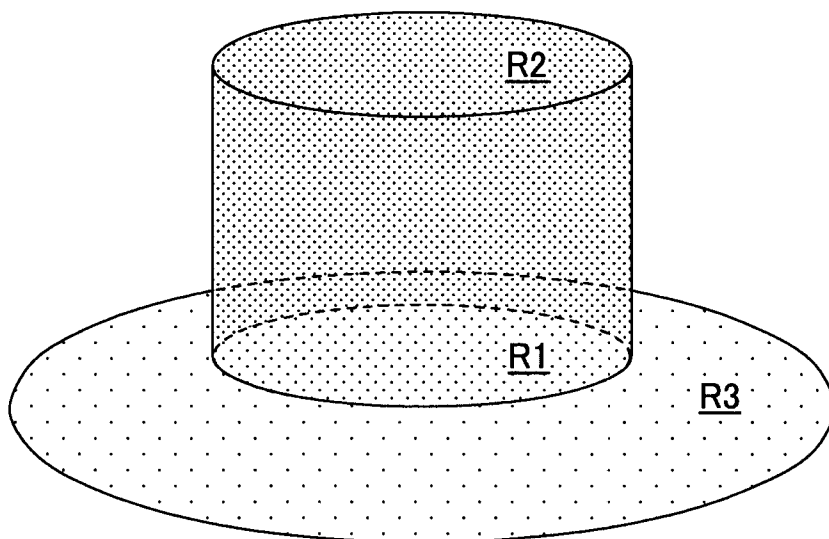
[図3A]



[図3B]



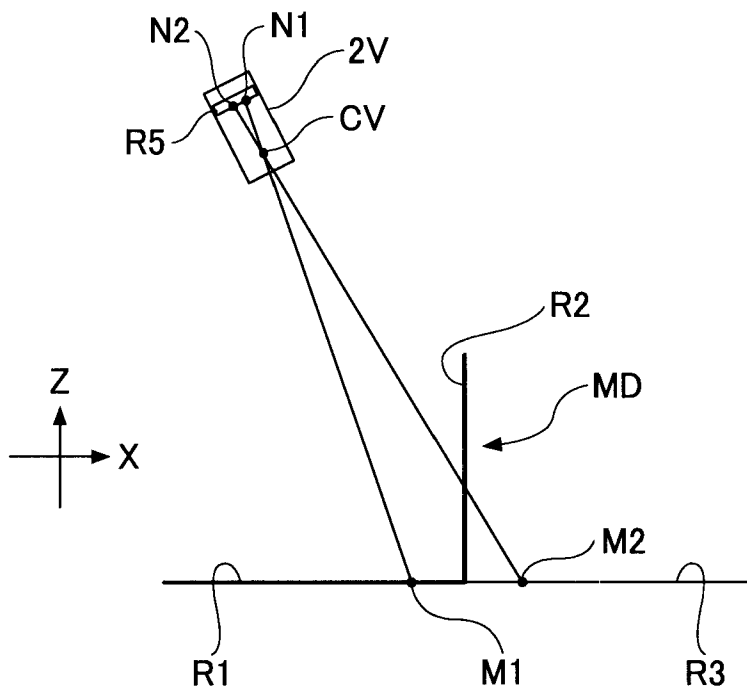
[図4]



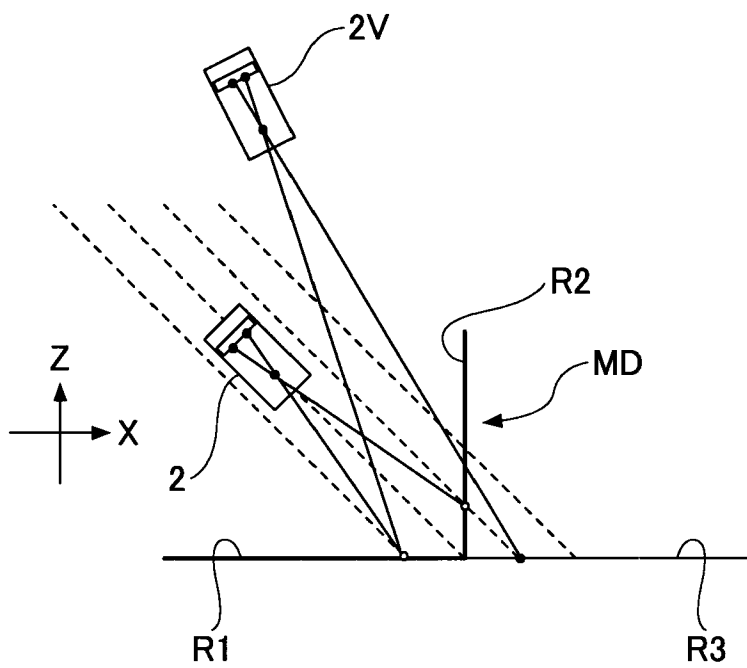
A diagram of a mechanical assembly. A coordinate system is shown on the left with a vertical Z-axis and a horizontal X-axis. The assembly consists of a base with a horizontal section (R1) and a vertical section (R2). A horizontal line (L1) and a vertical line (L2) are shown. A diagonal line (MD) connects the base to a rectangular component (2). A curved line (C) is shown near the component. Points K1 and K2 are marked on the component. A curved line (R4) is shown near the component.

Diagram illustrating the optical setup for a lithography mask. A laser beam (PL) is directed through a series of mirrors (R1, R2, R3) and lenses (L1, L2) onto a mask (MD). The beam is reflected by R1 and R2, and passes through L1 and L2. The mask (MD) is positioned at a distance M1 from the first lens (L1) and M2 from the second lens (L2). The beam is focused onto the mask (MD) at a distance M2. The angle of incidence of the beam on the mask is labeled β . A coordinate system (X, Z) is shown.

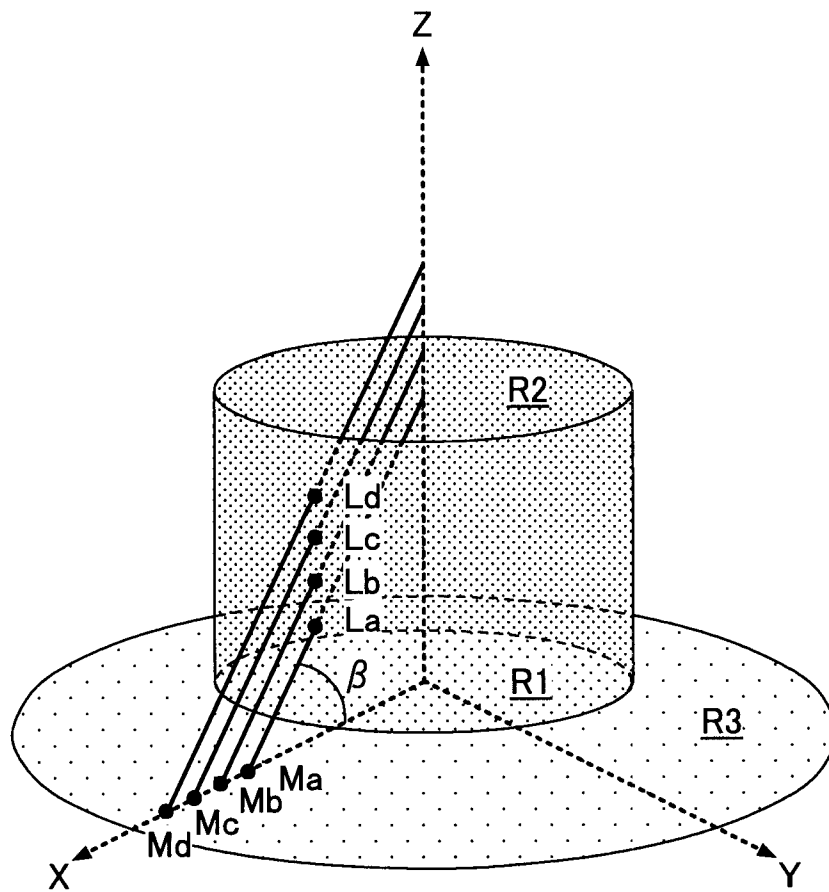
[図6C]



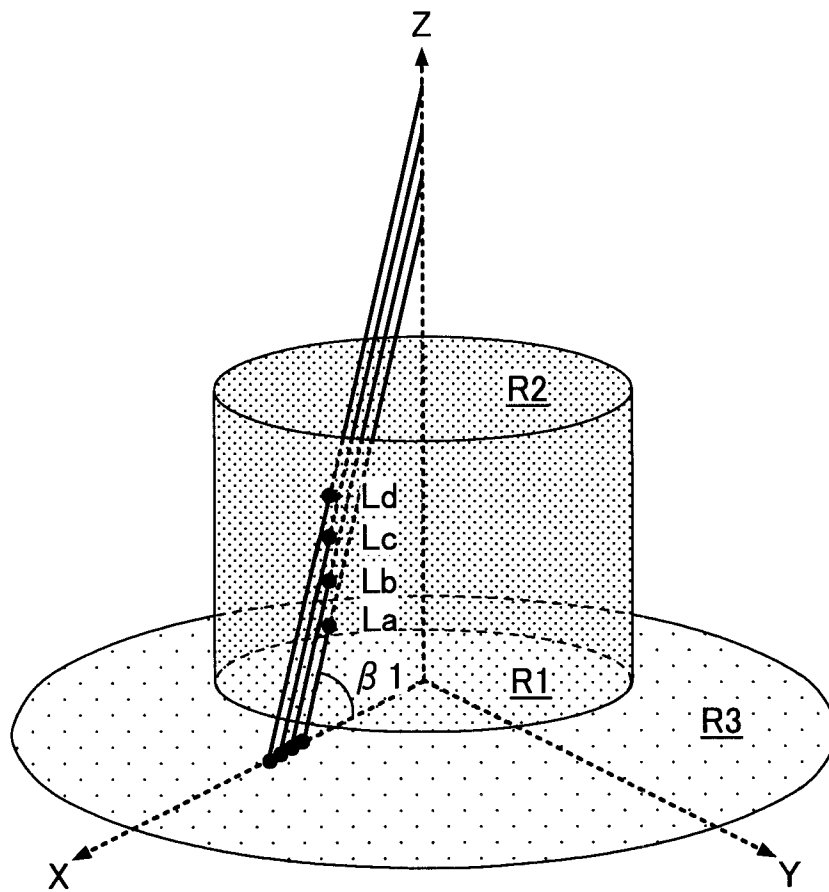
[図6D]



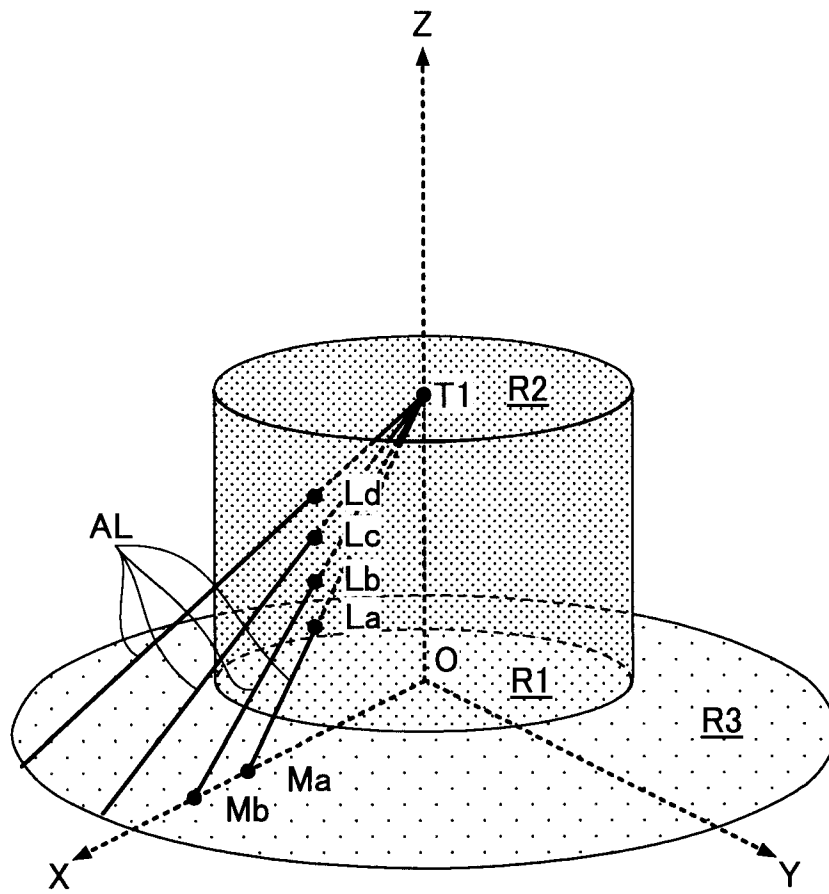
[図7A]



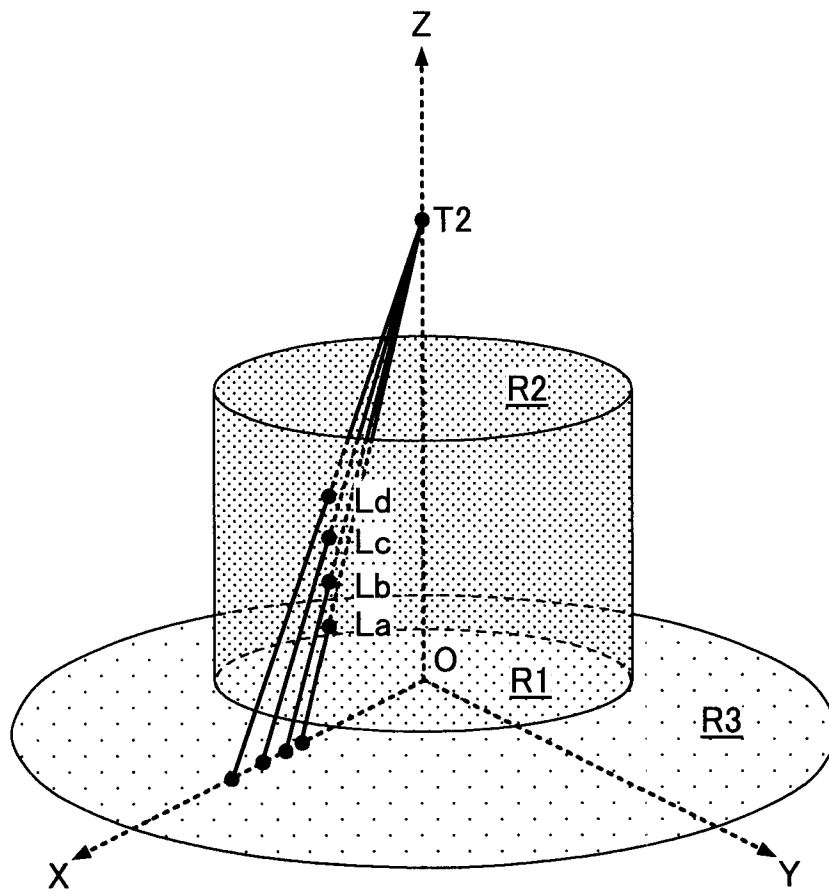
[図7B]



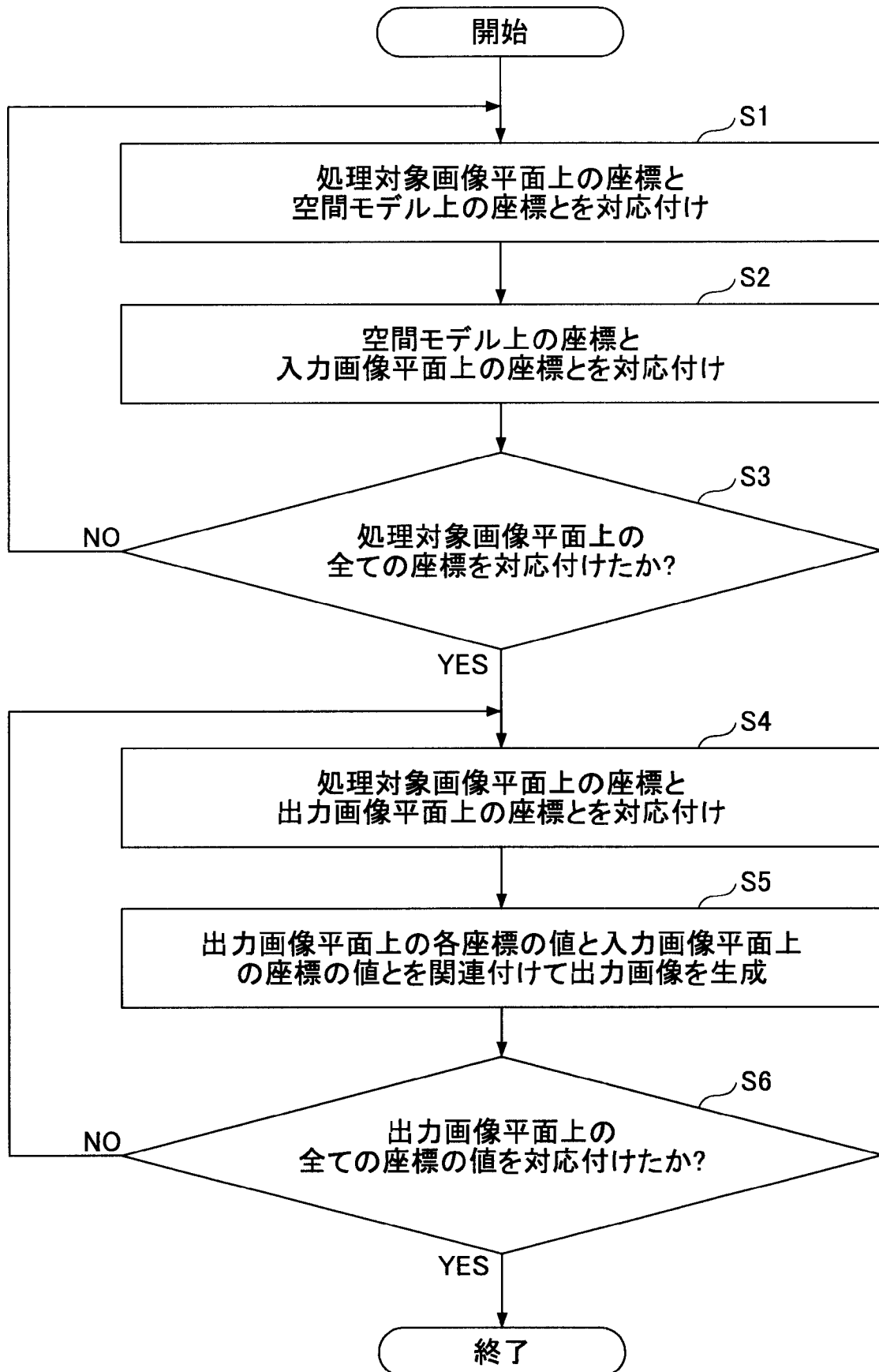
[図8A]



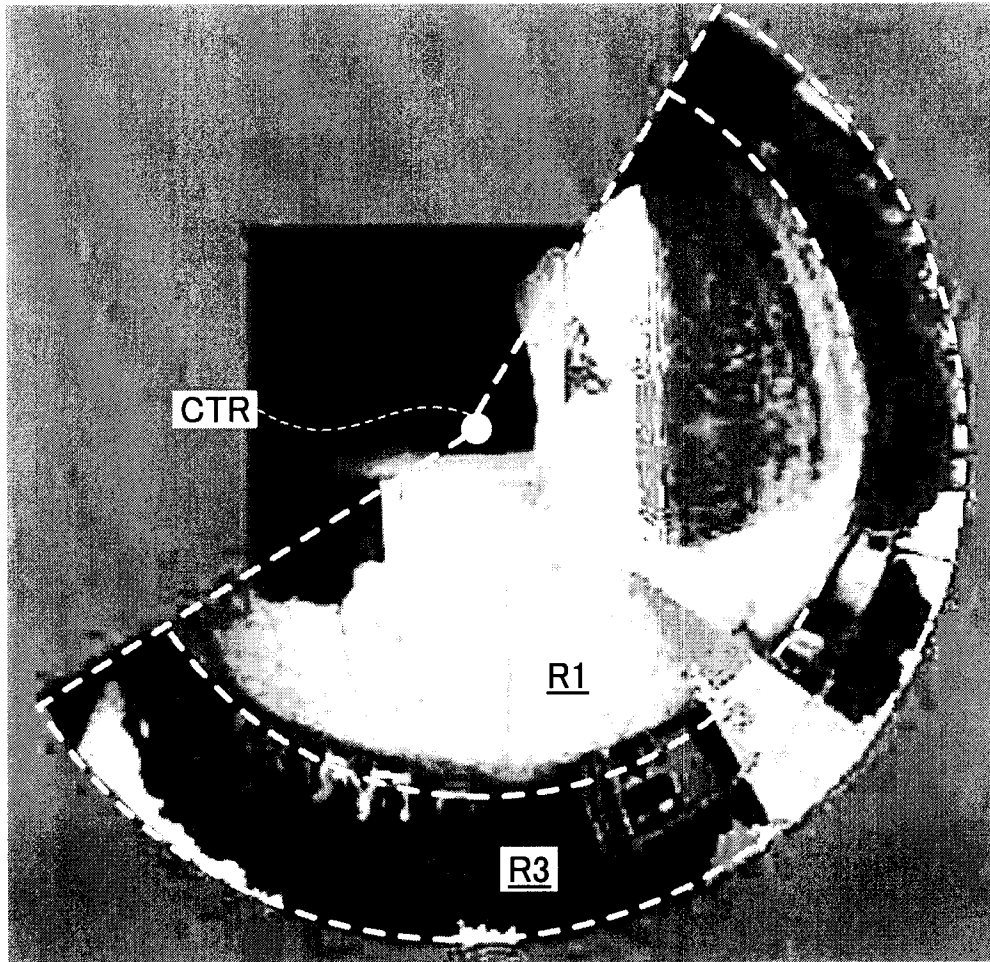
[図8B]



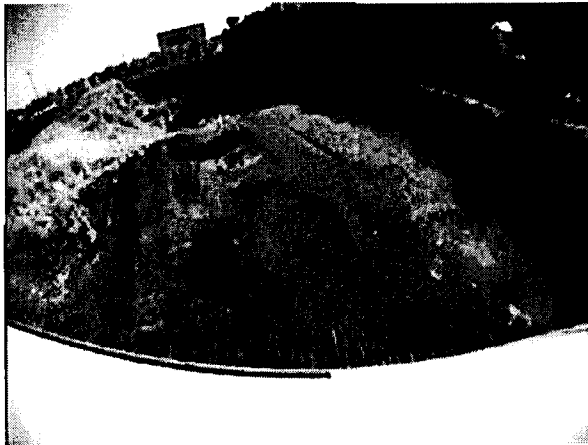
[図9]



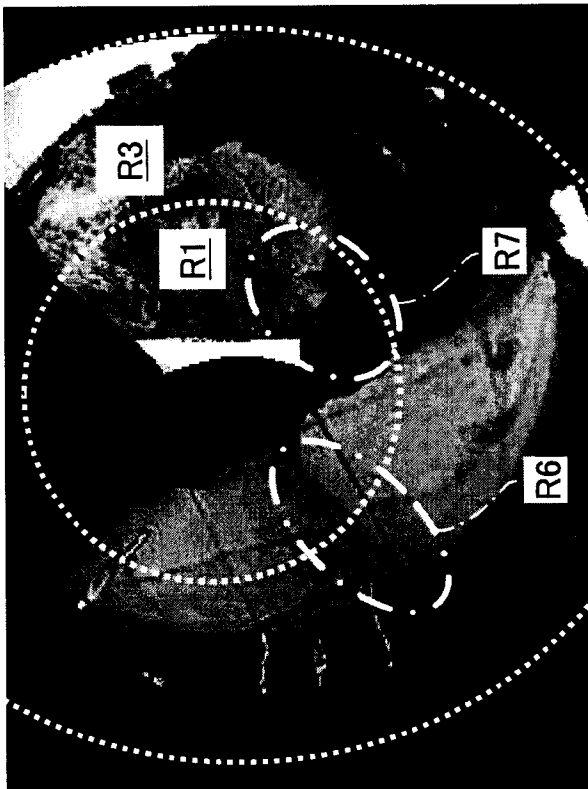
[図10]



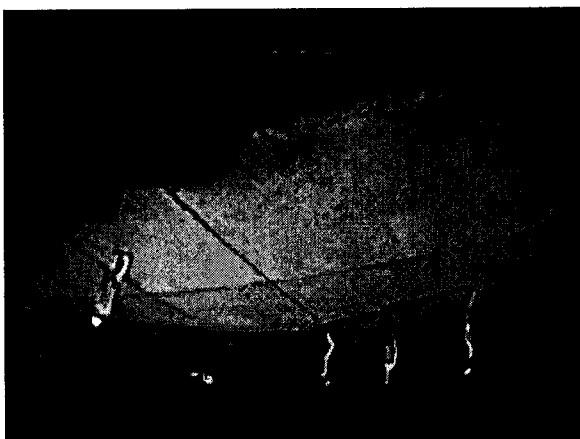
[図11]



(右側方カメラの入力画像)



(出力画像)

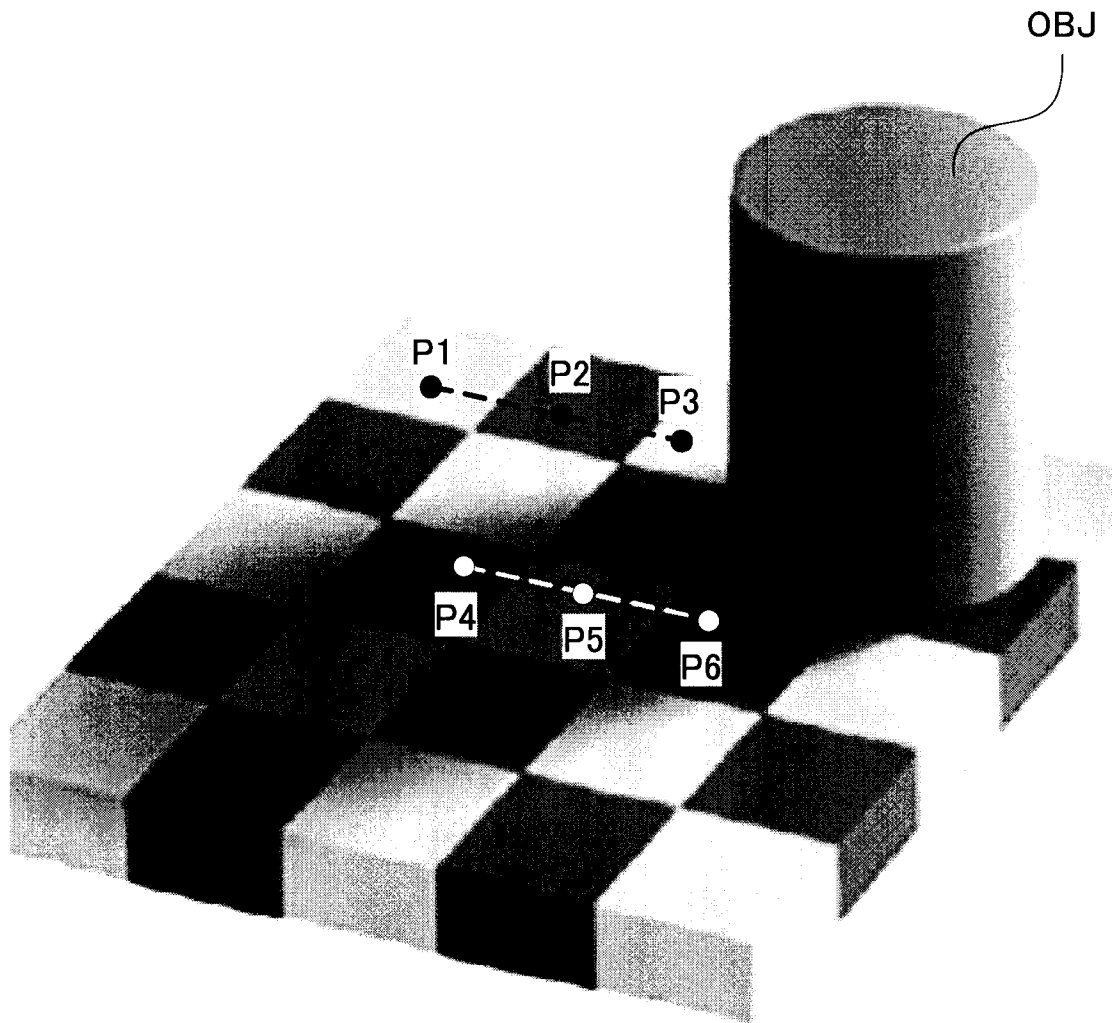


(左側方カメラの入力画像)

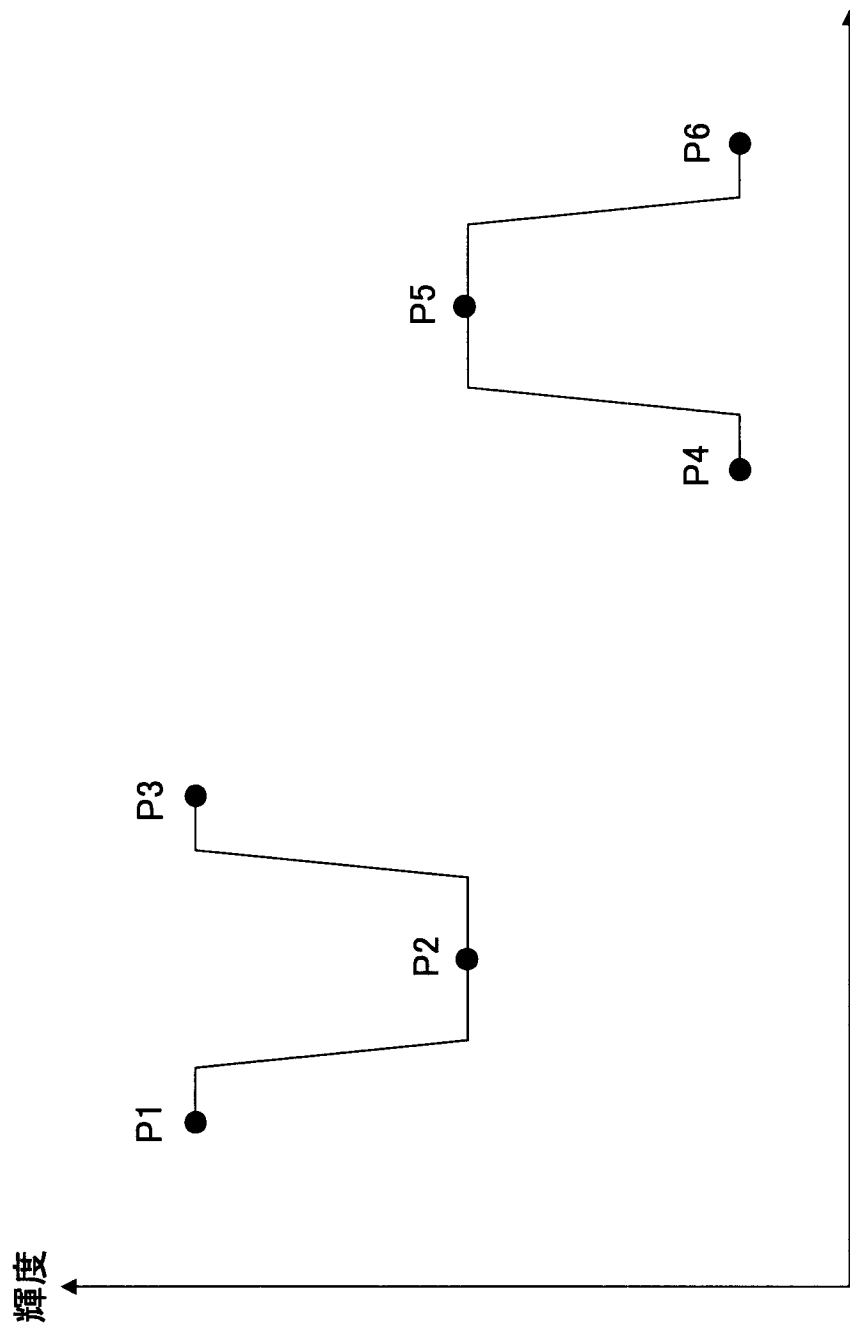


(後方カメラの入力画像)

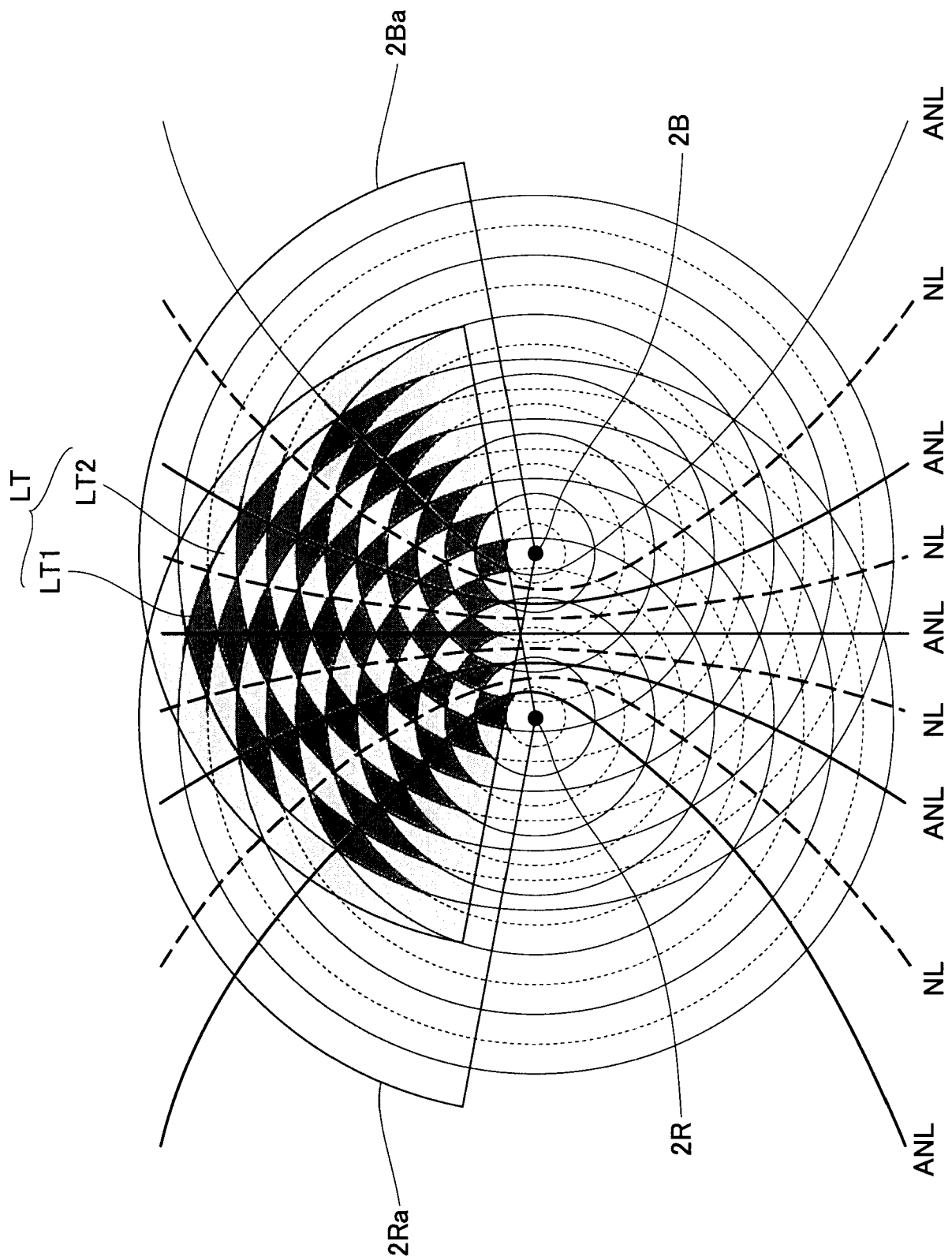
[図12A]



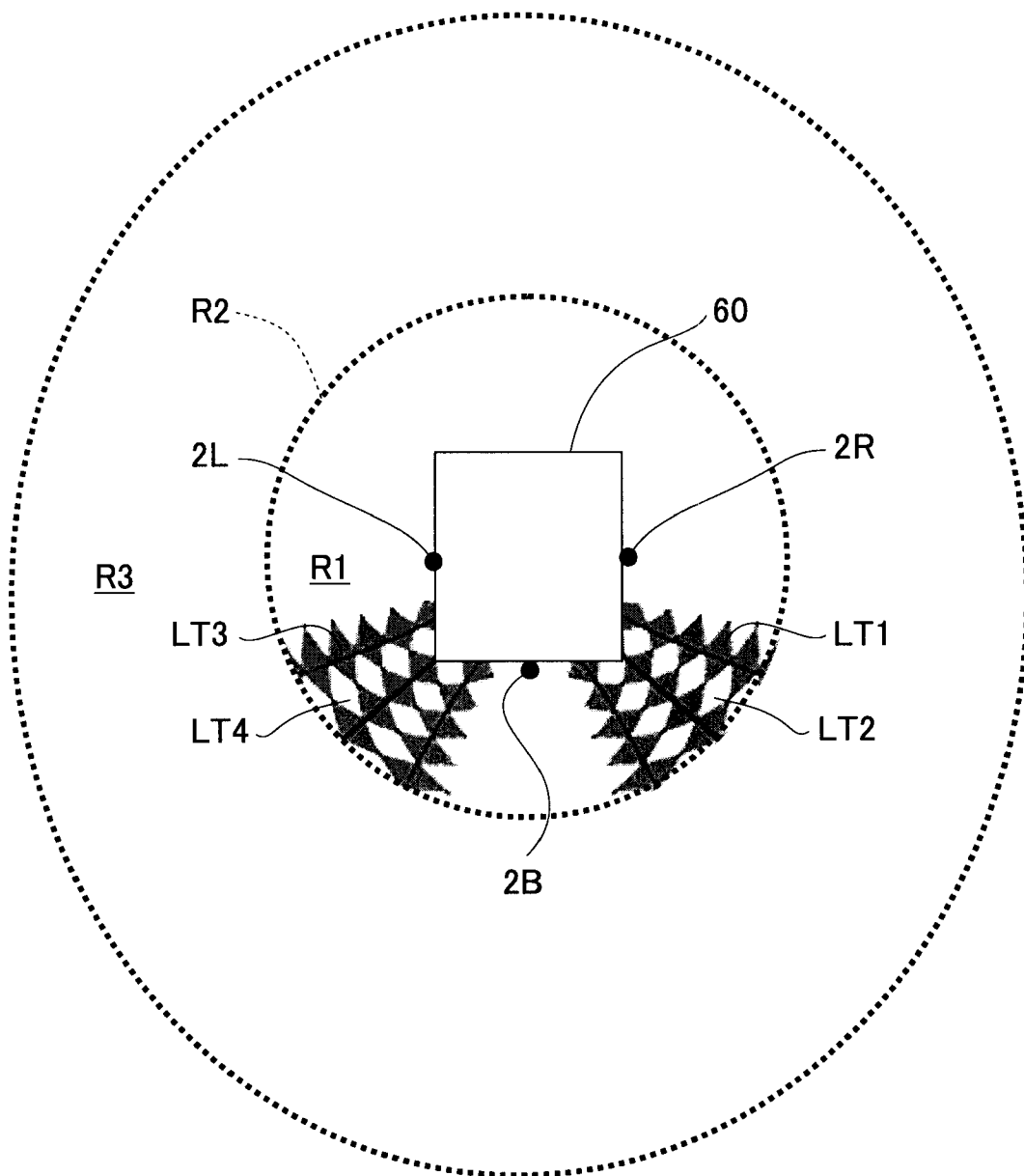
[図12B]



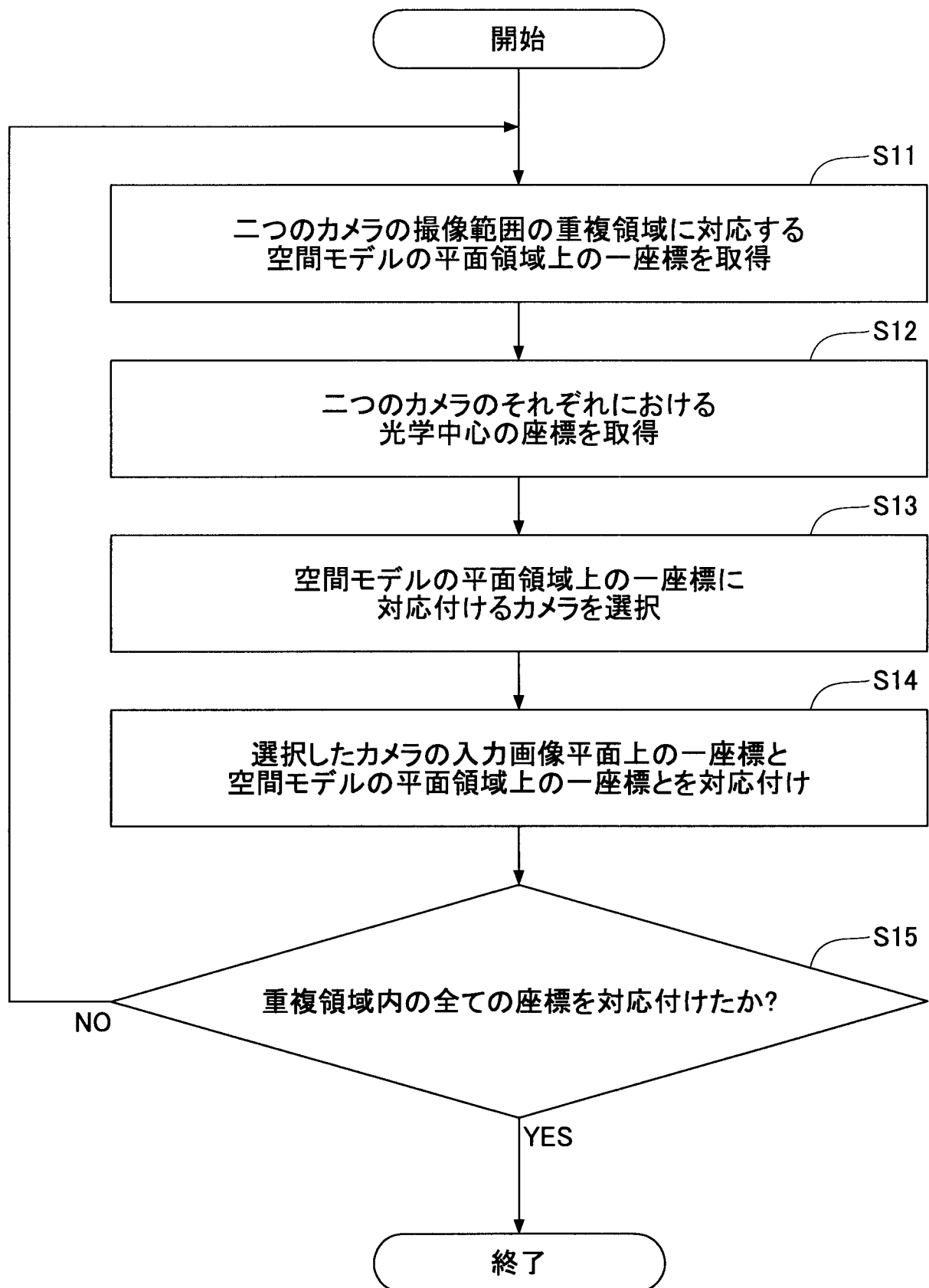
[図13]



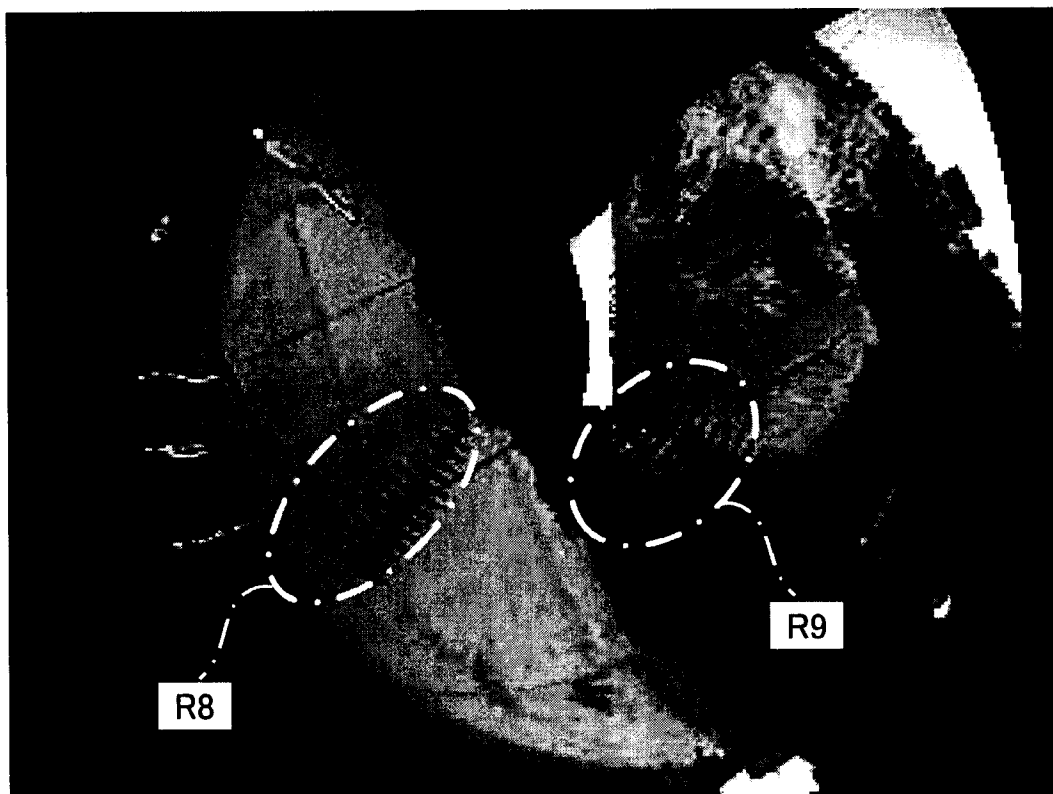
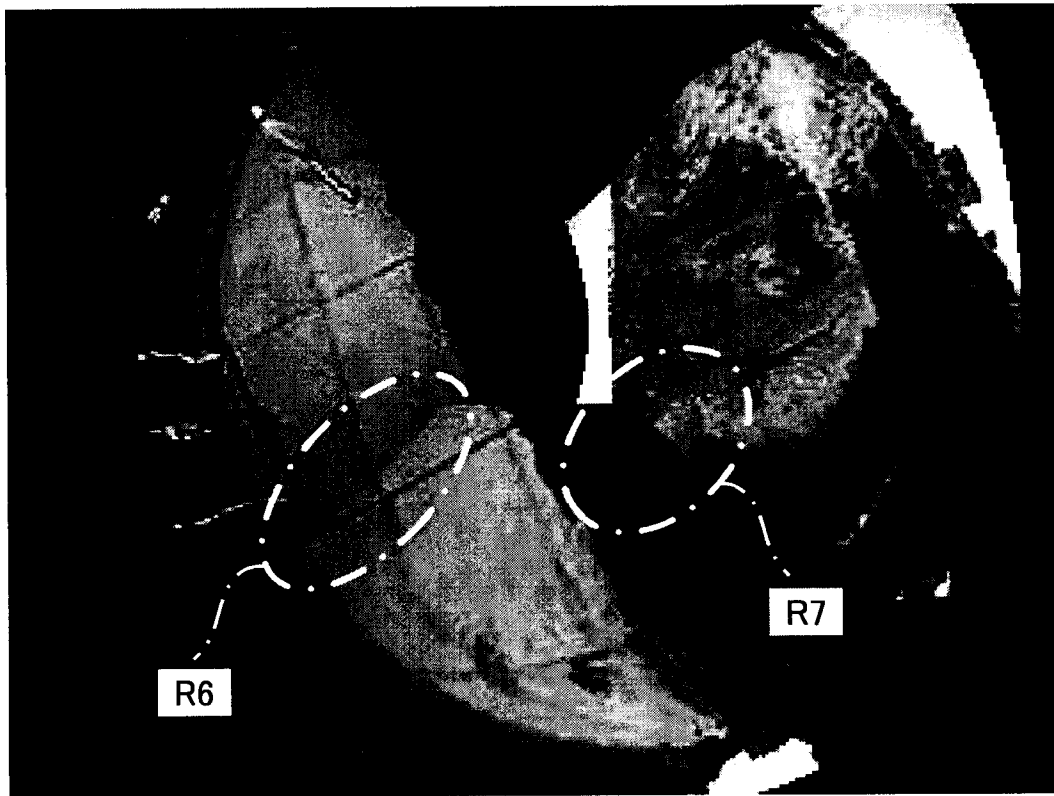
[図14]



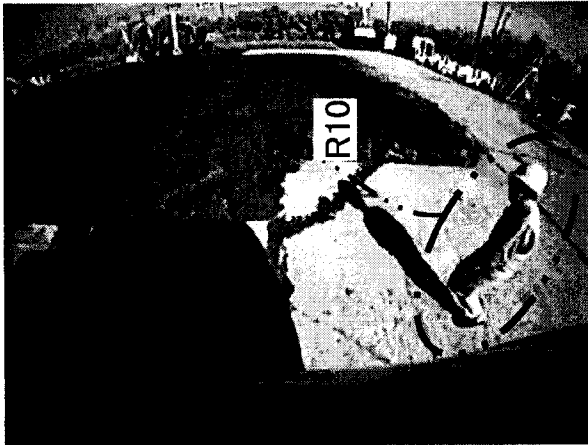
[図15]



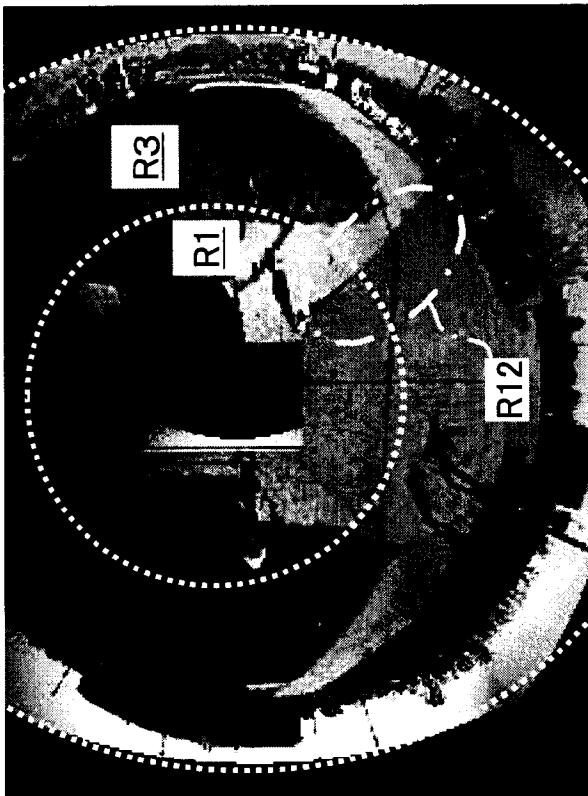
[図16]



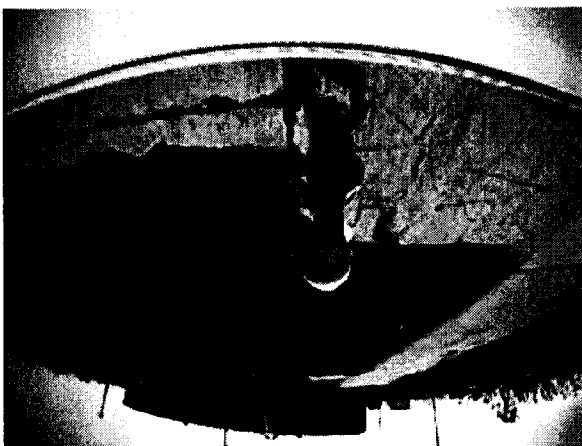
[図17]



(右側方カメラの入力画像)



(出力画像)

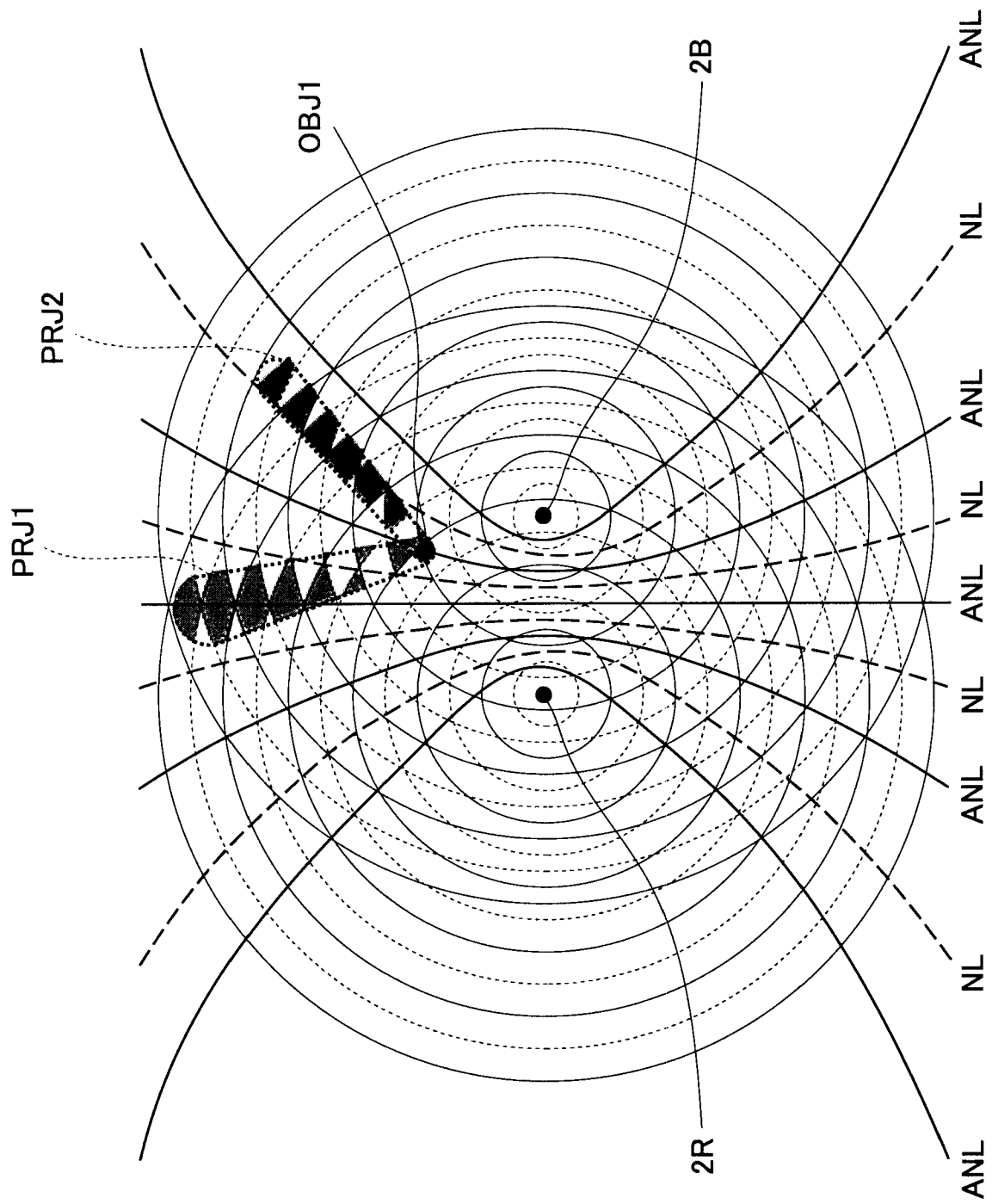


(左側方カメラの入力画像)

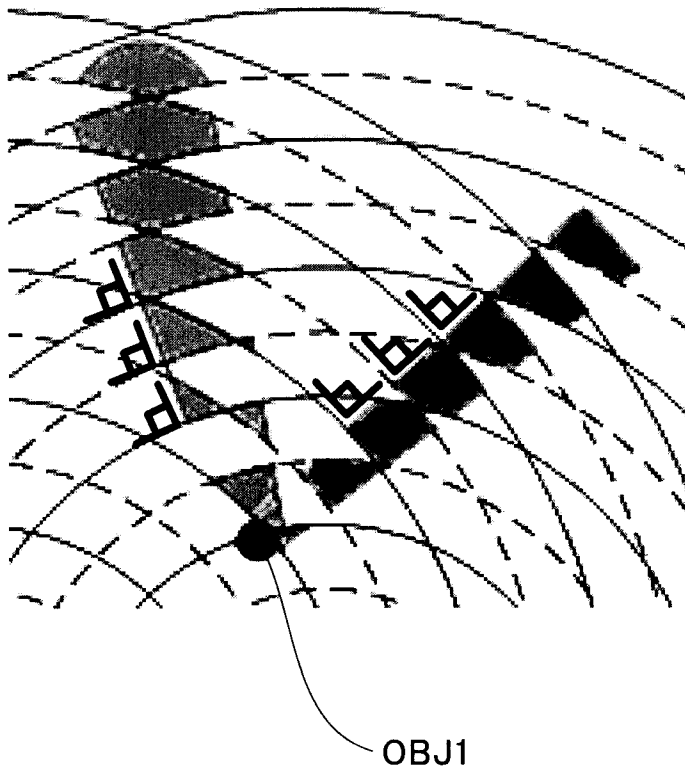


(後方カメラの入力画像)

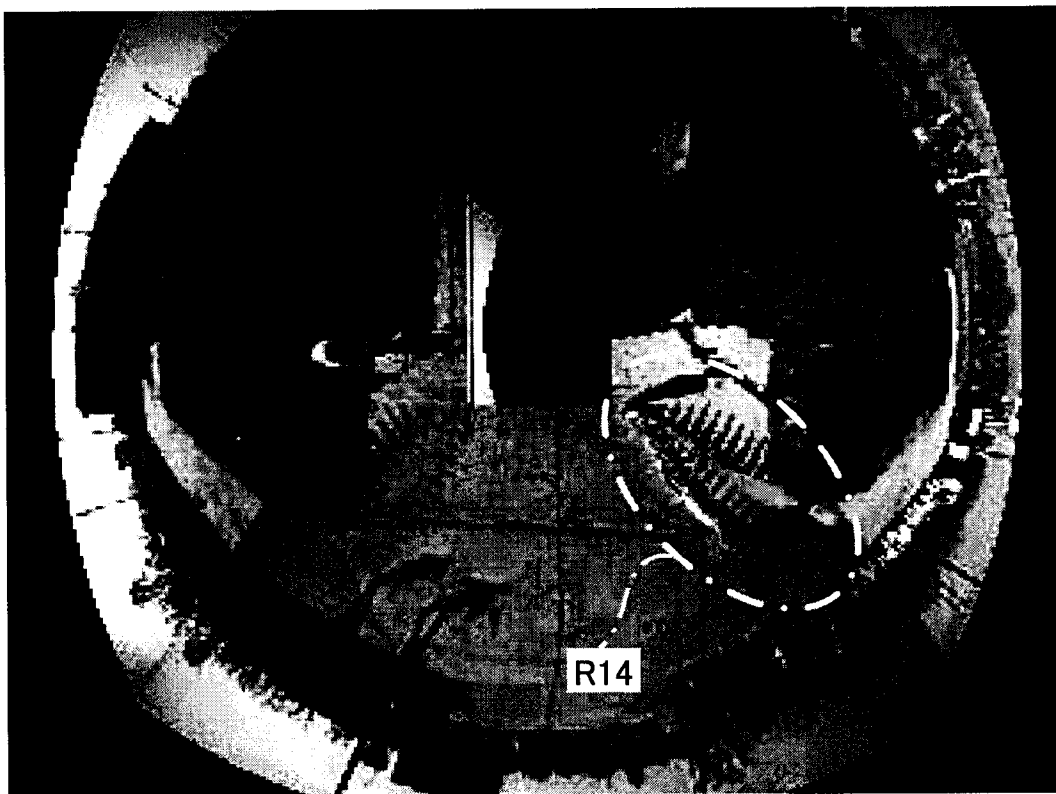
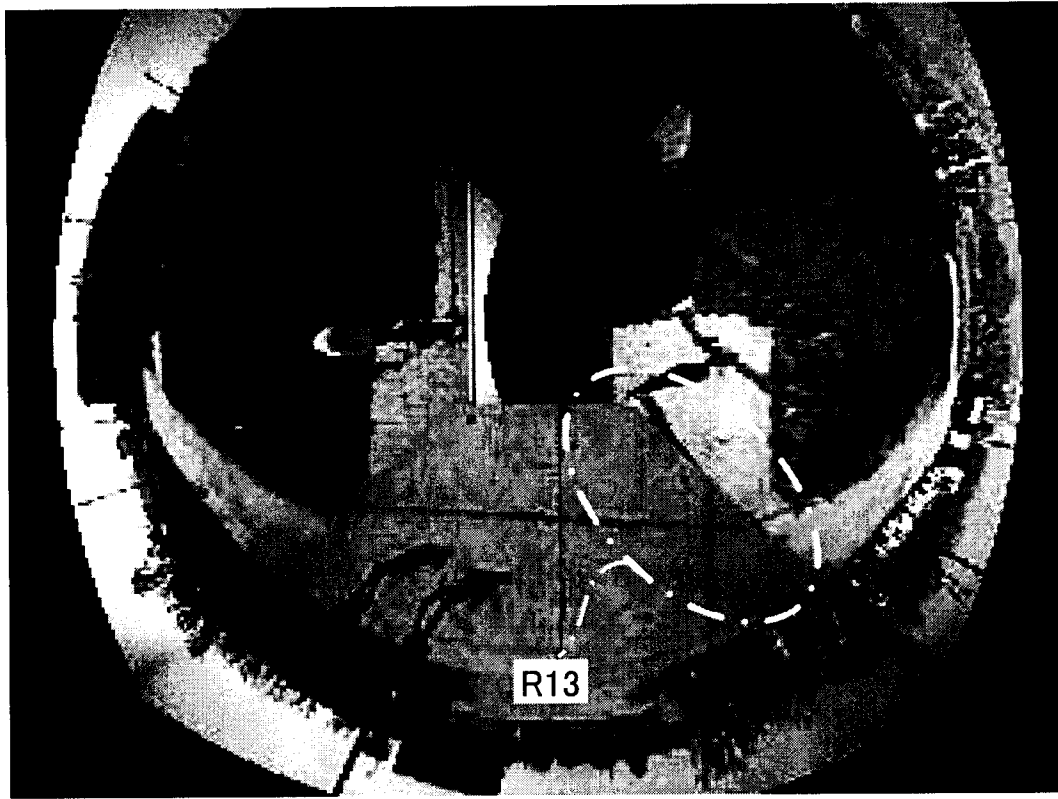
[図18A]



[図18B]



[図19]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2011/075443

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H04N7/18(2006.01)i, G06T1/00(2006.01)i, G06T3/00(2006.01)i

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

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H04N7/18, G06T1/00, G06T3/00

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

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2012
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2012	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2012

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X A	JP 2002-354468 A (Clarion Co., Ltd.), 06 December 2002 (06.12.2002), paragraphs [0034] to [0038]; fig. 1 to 3 (Family: none)	1, 3 2
A	JP 2007-109166 A (Sanyo Electric Co., Ltd.), 26 April 2007 (26.04.2007), paragraphs [0050] to [0053]; fig. 2, 10 to 12 & US 2007/0085901 A1 & EP 1775952 A2 & CN 1953553 A	1-3



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
27 January, 2012 (27.01.12)

Date of mailing of the international search report
07 February, 2012 (07.02.12)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. H04N7/18(2006.01)i, G06T1/00(2006.01)i, G06T3/00(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. H04N7/18, G06T1/00, G06T3/00

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 2 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 2 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 2 年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X A	JP 2002-354468 A（クラリオン株式会社）2002.12.06, 段落【0034】 - 【0038】, 図 1-3（ファミリーなし）	1, 3 2
A	JP 2007-109166 A（三洋電機株式会社）2007.04.26, 段落【0050】 - 【0053】, 図 2, 10-12 & US 2007/0085901 A1 & EP 1775952 A2 & CN 1953553 A	1-3

C 欄の続きにも文献が列挙されている。

パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の 1 以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

2 7 . 0 1 . 2 0 1 2

国際調査報告の発送日

0 7 . 0 2 . 2 0 1 2

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / J P）

郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5

東京都千代田区霞が関三丁目 4 番 3 号

特許庁審査官（権限のある職員）

松田 岳士

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 5 8 1

5 P

3 1 3 7