

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4543821号  
(P4543821)

(45) 発行日 平成22年9月15日(2010.9.15)

(24) 登録日 平成22年7月9日(2010.7.9)

(51) Int. Cl. F I  
**G O 1 B 11/25 (2006.01)** G O 1 B 11/25 H

請求項の数 2 (全 19 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2004-240631 (P2004-240631)                  (22) 出願日 平成16年8月20日 (2004.8.20)                  (65) 公開番号 特開2006-58142 (P2006-58142A)                  (43) 公開日 平成18年3月2日 (2006.3.2)                  審査請求日 平成19年7月19日 (2007.7.19)</p>	<p>(73) 特許権者 000005496                  富士ゼロックス株式会社                  東京都港区赤坂九丁目7番3号                  (74) 代理人 100086531                  弁理士 澤田 俊夫                  (74) 代理人 100093241                  弁理士 宮田 正昭                  (74) 代理人 100101801                  弁理士 山田 英治                  (72) 発明者 安部 勉                  神奈川県足柄上郡中井町境430 グリー                  ンテクなかい 富士ゼロックス株式会社内                  審査官 八島 剛</p>
--	---

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 3次元形状測定装置および方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

所定の輝度・色相範囲で予め設定された複数レベルの輝度・色相でコード化されたストライプパターンを被写体に投影する投光器と、前記投光器の投光パターンの被写体情報による輝度・色相変化をモニタするために、第1のビームスプリッタを用いて前記投光器と同じ光軸方向に配置した第1のカメラと、前記投光器の光軸からずれて配置される第2のカメラとを具備し、前記投光器の光軸からずれて配置される第2のカメラで前記被写体を撮影することに基づいて、前記被写体の3次元画像を得る3次元形状測定装置において、前記投光器の光軸からずれて配置される第2のカメラと前記投光器との間の光路に、前記第1のビームスプリッタと同一の第2のビームスプリッタを前記第1のビームスプリッタと前記投光器と同じ光軸方向に配置した第1のカメラとの間の位置関係と同じ位置関係で設けたことを特徴とする3次元形状測定装置。

【請求項2】

所定の輝度・色相範囲で予め設定された複数レベルの輝度・色相でコード化されたストライプパターンを被写体に投影する投光器と、前記投光器の投光パターンの被写体情報による輝度・色相変化をモニタするために、第1のビームスプリッタを用いて前記投光器と同じ光軸方向に配置した第1のカメラと、前記投光器の光軸からずれて配置される第2のカメラとを用い、前記投光器の光軸からずれて配置されるカメラで前記被写体を撮影することに基づいて、前記被写体の3次元画像を得る3次元形状測定方法において、前記投光器の光軸からずれて配置される第2のカメラと前記投光器との間の光路に、前記第1のビ-

ムスプリッタと同一の第2のビームスプリッタを前記第1のビームスプリッタと前記投光器と同じ光軸方向に配置した第1のカメラとの間の位置関係と同じ位置関係で設けることを特徴とする3次元形状測定方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、パターン投影法を用いて対象物体までの距離情報を取得する3次元形状測定技術に関する。

【背景技術】

【0002】

対象物の形状を計測する手法として、対象物に基準となるパターンを投影してこの基準となるパターン光が投影された方向とは異なる方向からCCDカメラなどで撮影を行うパターン投影法と呼ばれる手法がある。撮影されたパターンは物体の形状によって変形を受けたものとなるが、この撮影された変形パターンと投影したパターンとの対応づけを行うことで、物体の3次元計測を行うことができる。パターン投影法では変形パターンと投影したパターンとの対応づけをいかに誤対応を少なく、かつ簡便に行うかが課題となっている。そこで様々なパターン投影法が従来より提案されている。

【0003】

例えば特許文献1に開示される手法は、コード化されたパターンを投影する投光器と、投光器の光軸方向から投影パターンを撮影する第1のカメラと、投光器の光軸方向と異なる方向から投影パターンを撮影する第2のカメラとを備え、第1のカメラおよび第2のカメラによる撮影画像から輝度変化によるエッジ画像を求める。第1のカメラのエッジ画像からエッジをささむ両側の輝度変化量が所定値以上の領域について新たなコードを割り付け、割り付けたコードを用いて第2のカメラによる撮影画像およびエッジ画像から第1の距離情報を生成し、第1の距離情報および第1のカメラより得られた輝度情報に基づいて3次元画像を得るよう構成した3次元画像撮影装置である。投影パターンを同じ光軸に置いた第1のカメラで撮影したパターンを用いて再コード化することにより精度よく3次元計測を行うことができる。

【特許文献1】特許第3482990号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

しかしながら、特許第3482990号公報の場合、図18に示すような構成をとる。すなわち、投影装置(プロジェクタ)10と同じ光軸方向に第1カメラ20を配置するために、ハーフミラー40の様なビームスプリッタが必要になるために、第2カメラ30で観測される画像よりも光量が減少してしまう。ハーフミラー40によるビームスプリットは、多様な特性があるが、理想的な場合は、1:1であるために、第1カメラ20と第2カメラ30とが同じ条件で撮像した場合には、第1カメラ20では明るさが半分しか得られない。

【0005】

本方式は、投影パターンに全白レベルと全黒レベルの間を複数個に分割した複数のレベルを持ったスリットパターンを投影している。被写体情報によって、レベルが変化する事もあり、計測精度を高くするためには、投影している全白レベルと全黒レベルとカメラの白レベルと黒レベルを合わせる必要がある。すなわちダイナミックレンジを有効に使う必要がある。図1の構成の場合、同じ特性の撮像素子を使用している場合は、シャッター速度やゲイン特性を第1カメラ20と第2カメラ30で、調整し、同じ明るさになるように調整する必要がある。

【0006】

したがって、本発明は、このような事情を考慮してなされたものであり、一義的には、第1カメラ20の画像と第2カメラ30の画像とが実質的に同じ明るさになるようにす

10

20

30

40

50

ることを目的としている。

【0007】

また、本方式における形状計測の特徴として、一回の撮影で3次元情報の計測が可能であるという事があげられる。一回の撮影が可能であるということは、動物体や動画にも対応出来たり、撮影者が手持ちで計測をする事が可能であるという事を意味している。第1カメラと第2カメラにおいて、シャッター速度が異なる場合、動物体、動画、手持ちなどの場合、二つのカメラでの被写体のブレ量が異なるという問題がある。

【0008】

また、投影装置の光源において、液晶プロジェクタやスライドプロジェクタの様に連続点灯した投影装置を使用しているが、光源を常時点灯していると、発熱量が多くなるため、ヒートシンクや冷却ファンなどで投影装置を冷やす必要がある。そのため、装置の大型化につながる。その対策として、フラッシュ光源を使用した投影系の導入が考えられる。フラッシュ光源の場合、第1と第2のカメラのシャッター速度が違う場合は、シャッター速度が長い方の時間以上にフラッシュ点灯をさせるか、フラッシュをパルス点灯させて、シャッター速度比に対応した回数分各々のカメラのシャッター on 時間点滅させるという制御が必要になる。

【0009】

本発明は、このような課題に鑑みなされたもので、第1カメラと第2カメラを同じ物を使い、シャッター速度などのカメラパラメータも同じにし、動物体、動画、手持ちなどに対応した3次元形状測定手法を提供することも目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0010】

本発明の原理的な構成例においては、上記課題を解決するため、ハーフミラーによって被写体側からの光が第1カメラに入射する光量比と同じ量のNDフィルタを第2のカメラの前面に配置し、第1カメラ、第2カメラが同じパラメータで、実質的に同じ明るさの画像を撮影可能にする。

【0011】

また、第1カメラと投影装置を同じ光軸に合わせるために用いているハーフミラーと同じものを第2のカメラの前に、第1カメラとハーフミラーの位置関係と同じように配置する。

【0012】

さらに、第1のカメラと第2のカメラの明るさが同じになるように、撮像レンズの絞りを調整して実現する。

【0013】

この構成例においては、双方のカメラパラメータ(シャッター速度)などを同じにしたままで第1カメラおよび第2カメラにおけるダイナミックレンジを揃えた最適な形状計測が可能になる。カメラ部の調整回路なども統一出来る事や、投影装置の光源(の制御回路なども単純化が可能になるため、低コストで小型化が可能になる。また、フラッシュ光源の使用も可能になる。

【0014】

本発明をさらに説明する。

【0015】

本発明によれば、上述の目的を達成するために、所定の輝度・色相範囲で予め設定された複数レベルの輝度・色相でコード化されたストライプパターンを被写体に投影する投光器と、前記投光器の投光パターンを被写体情報により輝度・色相変化をモニタするために、ビームスプリッタを用いて前記投光器と同じ光軸方向に配置したカメラと、前記投光器の光軸からずれて配置されるカメラとを具備し、前記投光器の光軸からずれて配置されるカメラで前記被写体を撮影することに基づいて、前記被写体の3次元画像を得る3次元形状測定装置において、前記ビームスプリッタによって、明るさが減衰される、前記投光器と同じ光軸方向に配置したカメラで撮像される画像の明るさと、前記投光器の光軸からず

10

20

30

40

50

れて配置されるカメラで撮像される画像の明るさが実質的に同じになる様に、前記投光器の光軸からずれて配置されるカメラと前記投光器との間の光路および前記投光器と同じ光軸方向に配置したカメラと前記投光器との間の光路の少なくとも一方に、明るさ調整機構を設けるようにしている。

【0016】

この構成においては二つのカメラにおいて明るさが同じであるのでダイナミックレンジを揃えて最適な3次元形状測定を行なえる。

【0017】

ストライプパターンは、輝度または色相に関して所定範囲で複数レベルのストライプで構成される。被写体の光学的な特性等によりストライプ中のレベルが変わった場合にはストライプをその長さ方向に分割して異なるレベルで再コード化してもよい。

【0018】

輝度のレベルのストライプパターンの場合には基本的には全黒から全白の範囲のレベルとすることが好ましい。

【0019】

この構成において、前記明るさ調整機構として、前記投光器の光軸からずれて配置されるカメラにNDフィルタ(減光フィルタ。波長とほぼ無関係に光量を減少させるフィルタ)を配置してもよい。

【0020】

また、前記明るさ調整機構として、前記投光器の光軸からずれて配置されるカメラに、同じ光軸方向に配置したカメラと同じビームスプリッタを、同じ位置関係で配置してもよい。

【0021】

また、前記明るさ調整機構として、二つの前記カメラの撮像レンズの少なくとも一方の絞り調整機構を用いてもよい。

【0022】

また、前記明るさ調整機構として、前記投光器の光軸からずれて配置されるカメラの前面に開口(アパーチャ)を配置する遮蔽部材を用いてもよい。

【0023】

また、シャッター速度を二つのカメラで揃えることが困難になることが問題とならない場合には、前記明るさ調整機構として、二つの前記カメラのシャッター速度調整機構を用いてもよい。

【0024】

なお、本発明は装置またはシステムとして実現できるのみでなく、方法としても実現可能である。また、そのような発明の一部をソフトウェアとして構成することができることはもちろんである。またそのようなソフトウェアをコンピュータに実行させるために用いるソフトウェア製品も本発明の技術的な範囲に含まれることも当然である。

本発明の上述の側面および他の側面は特許請求の範囲に記載され以下実施例を用いて詳述される。

【発明の効果】

【0025】

本発明によれば、前記投光器の光軸からずれて配置されるカメラ(第2カメラ)と前記投光器との間の光路および前記投光器と同じ光軸方向に配置したカメラ(第1カメラ)と前記投光器との間の光路の少なくとも一方に、明るさ調整機構を設け、二つのカメラの画像の明るさを実質的に同じにするように調整する。例えば、第2カメラの前面にNDフィルタ、ハーフミラー等を配置したり、第1カメラ、第2のカメラのレンズ絞りを調整する事によって、双方の画像の明るさを実質的に同一にする。これにより、両カメラのダイナミックレンジを揃えて最適な計測を行なえる。また、より具体的な構成では、双方のカメラパラメータ(シャッター速度)などを同じにしての形状計測が可能になる。この結果、より具体的な構成では、カメラ部の調整回路なども統一出来る事や、投影装置の光源(そ

10

20

30

40

50

の制御回路)なども単純化が可能になるため、低コストで小型化が可能になる。また、フラッシュ光源の使用も可能になる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0026】

以下、本発明の実施例について説明する。

【0027】

本発明の実施例に係る3次元形状測定装置を説明する。

【0028】

図1は、本発明の実施例の3次元形状測定装置の構成図であり、図1において、3次元形状測定装置は、3次元計測用にパターンを投影するパターン投影装置(たとえば液晶プロジェクタ)10、同光軸でパターンをモニタする撮像装置(たとえばCCDカメラ。第1カメラとも呼ぶ)20、三角測量用撮像装置(たとえばCCDカメラ。第2カメラとも呼ぶ)30、制御部60等で構成される。制御部60は例えばパーソナルコンピュータや専用の処理装置で構成され、距離計算やプロジェクタ10、第1カメラ20、第2カメラ等の制御を司る。第2カメラ30の前方にはNDフィルタ31が設けられている。

10

【0029】

40はハーフミラーであり、50は対象物(被写体ともいう)である。この3次元測定装置の基本的な構成は、特許文献1(特許第3482990号公報)に開示される構成と同様である。パターン投影装置10は、液晶プロジェクタもしくはDLP(商標)プロジェクタ、またはスライドプロジェクタを用いる。パターン投影装置10、たとえば液晶プロジェクタへ入力する投影パターンは、図2に示すような濃淡のあるストライプパターンを用い、例えば、図2の右側に図示されている対象物(物体)にパターン投影する。スライドプロジェクタを用いる場合、投影パターンはスライドフィルム上へ形成するか、ガラスパターンに金属膜などを蒸着し膜厚や網膜点パターンなどによって透過率をコントロールする。

20

【0030】

さきに述べたように、図18の従来構成の場合、第1カメラ20、第2カメラ30が同じ特性のCCDなどを使用している場合には、シャッター速度などのカメラパラメータを別に設定しないと、同じ明るさにならない。この実施例では、第1カメラ20と第2カメラ30の画像の明るさを同じにするために、第2カメラ30の前にNDフィルタ31を配置している。反射・透過特性が共に50%:50%である誘電膜で形成されているハーフミラーを用いる場合、第2カメラ30で使用するNDフィルタ31は、50%透過する特性を持ったものを使用する。もちろん、ハーフミラー40の透過率が異なれば、それと同じ透過率を持ったNDフィルタ31を採用すれば良い。なお、この実施例では、プロジェクタ10からのパターン光をハーフミラー40で反射させて被写体50に投影させ、被写体50からの投影光をハーフミラー40を介して第1カメラ20に案内しているけれども、図18の従来例に示すように、プロジェクタ10と第1カメラ20とは逆の配置にしても良く、図18の様な場合には、ハーフミラー40の反射率と同じ透過率のNDフィルタ31を採用すれば良い。

30

【0031】

図3にパターン投影の様態を示す。撮像装置(第1カメラ20)と投影装置(パターン投影装置10)をハーフミラー40などで同光軸に配置し、三角計測用に撮像装置を用意し、図2に示すようなストライプパターンを投影する。同光軸の撮像素子(第1カメラ20)で観測された画像(第1カメラ・イメージ)から再コード化を実施し、測定用撮像素子(第2カメラ30)で観測された画像(第2カメラ・イメージ)とで3次元距離画像(距離)を算出する。

40

【0032】

図3に液晶プロジェクタへ入力するパターンデータの水平方向の輝度プロファイルを示す。投影パターンは256階調を4段階から6段階程度に分けた輝度ストライプの組み合わせである。

50

## 【 0 0 3 3 】

つぎに 3 次元形状を算出する処理について説明する。

## 【 0 0 3 4 】

図 5 は、距離画像を算出する構成例を示しており、この図において、パターン投影装置 1 0 がコード化されたパターンを対象物 5 0 に投影する。このパターンはフレームメモリ 1 1 0 に記憶される。モニタ用の第 1 カメラ 2 0 および三角測量用の第 2 カメラ 3 0 により、対象物 5 0 上の投影パターンを撮像しそれぞれパターン画像メモリ 1 2 0、1 5 0 に記憶する。

## 【 0 0 3 5 】

領域分割部 1 3 0 はパターン画像メモリ 1 2 0 のパターン画像を、パターン投影装置 1 0 からの投影パターン（光）が十分に届いている領域（領域 2 ともいう）と届いていない領域（領域 1 ともいう）に分割する。たとえば、隣り合うストライプ間の強度差が閾値以下である領域については、投影パターンが十分に届いてないと判別し、ストライプ間の強度差が閾値以上である領域を投影パターンが十分に届いている領域と判別する。投影パターンが十分に届いている領域に関し、以下に述べるように、境界線となるエッジ画素算出を行い、距離計算を行う。投影パターンが十分に届いていない領域については、別途、視差に基づく距離計算を行う。ここではとくに説明しないが、詳細は特許文献 1 を参照されたい。

10

## 【 0 0 3 6 】

再コード化部 1 6 0 は、抽出された領域 2 についてストライプを抽出し、各ストライプをストライプ幅毎に縦方向に分割し、正方形のセルを生成し、セルの再コード化を行う。これについては後に詳述する。

20

## 【 0 0 3 7 】

コード復号部 1 7 0 は、パターン画像メモリ 1 5 0 に記憶されている、三角測量用の第 2 カメラ 3 0 からのパターン画像の各セル（エッジ）のコードを再コード化部 1 6 0 からのコードを用いて判別する。これにより、パターン画像メモリ 1 5 0 のパターン画像における測定点 p（エッジ）の画素の x 座標および光源からの照射方向（スリット角）が決定され、後述する式（1）により距離 Z が測定される（図 1 4 参照）。3 次元画像メモリ 1 8 0 は、この距離と、第 1 カメラ 2 0 から取得した対象物の輝度値（輝度値メモリ 1 4 0 に記憶される）とを 3 次元画像データとして記憶する。

30

## 【 0 0 3 8 】

この構成例における 3 次元形状の算出の詳細についてさらに説明する。

## 【 0 0 3 9 】

上述で得られたそれぞれのパターン画像、輝度値を用いて 3 次元形状を算出する為に以下の操作を行う。

## 【 0 0 4 0 】

同光軸のモニタ用の第 1 カメラ 2 0 によって撮影されたパターン画像と投光に用いられたパターン画像を用いて図 7 に示すフローチャートに従って再コード化を行う。最初に第 1 カメラ 2 0 で撮影されたパターン画像の領域分割を行う。隣り合うストライプ間の強度差が閾値以下である領域については、パターン投影装置 1 0 からの投影パターンが届いていない領域 1 として抽出し、ストライプ間の強度差が閾値以上である領域を領域 2 として抽出し（S 1 0）、領域 2 について境界線となるエッジ画素算出を行う。

40

## 【 0 0 4 1 】

抽出された領域 2 についてストライプを抽出し、各ストライプをストライプ幅毎に縦方向に分割し、正方形のセルを生成する。生成された各セルについて強度の平均値をとり、平均値を各セルの強度とする（S 1 1）。画像の中心から順に対応する各セル間の強度を比較し、対象物の反射率、対象物までの距離などの要因によってパターンが変化したためにセル間の強度が閾値以上異なった場合には新たなコードの生成、割り付けを行う（S 1 2 ~ S 1 6）。

## 【 0 0 4 2 】

50

図8は簡単のため単純化した例であるが、図8の左側のストライプ列がストライプの並びによってコード化された投光パターンであり、それぞれの強度に3(強)、2(中)、1(弱)が割り当てられている。図8の右側がそれぞれ同軸上の第1カメラ20で撮影されたストライプをセルの幅でストライプと垂直方向に抽出したものである。図8の右上の例では、左から3つめのセルで強度が変化して新たなコードが出現したので、新たに0というコードを割り当てる。図8の右下の例では、左から3つめ上から2つめのセルで、既存のコードが出現しているので、セルの並びから新たなコードとして(232、131)という具合に(縦の並び、横の並び)によってコードを表現する。この再コード化は、対象の形状が変化に富む部位には2次元パターンなどの複雑なパターンを投光し、変化の少ない部位には簡単なパターンを投光しているのに等しい。この過程を繰り返し、全てのセルに対して一意なコードを割り付けることで再コード化を行う。

10

【0043】

例として、図9の対象物に、図10のパターンを投光した場合に第1カメラ20、第2カメラ30で得られる画像を単純化したものをそれぞれ図11、図12に示す。この例では、板の表面には新たなコード化されたパターンとして図13が得られる。

【0044】

次に第2カメラ30で得られたストライプ画像からストライプを抽出し、先ほどと同じようにセルに分割する。各セルについて、再コード化されたコードを用いて各セルのコードを検出し、検出されたコードに基づいて光源からの照射方向を算出する。各画素の属するセルのとカメラ2で撮影された画像上のx座標とカメラパラメータである焦点距離Fと基線長Lを用いて式(1)によって距離Zを算出する。なお、測定点pと、光源からの照射方向と、第2カメラ30で撮影された画像上のx座標と、カメラパラメータである焦点距離Fと、基線長Lとの関係を図14に示す。

20

【0045】

$$Z = FL / (x + F \tan \theta) \quad \text{--- 式(1)}$$

【0046】

この計算は実際にはセルの境界のx座標を利用して行うが、このときのx座標はカメラの画素解像度よりも細かい単位で計算することで計測精度を向上させている。x座標値は、先に算出したエッジ画素の両側のセルの適当な数画素の輝度平均値d1、d2とエッジ画素の輝度deから求める。エッジ画素の両隣の画素位置p1とp2と輝度平均値d1とd2から一次補間した直線から輝度deに相当する画素位置de'(図では便宜上xで示す)が求められ、これがx座標値となる。(図15参照)

30

【0047】

図6はx座標を求める構成例を示している。図6においては、エッジ右近傍画素位置入力部210、エッジ右セル輝度平均値入力部220、エッジ左近傍画素位置入力部230、エッジ左セル輝度平均値入力部240、エッジ輝度入力部250からそれぞれd1、p1、d2、p2、deを補間計算部200に供給して上述のとおりx座標を計算する。

【0048】

以上説明したように、本発明の実施例によれば、第2カメラの前面にNDフィルタ、ハーフミラー等を配置したり、第1カメラ、第2のカメラのレンズ絞りを調整する事によって、双方のカメラパラメータ(シャッター速度)などを同じにしての形状計測が可能になる。カメラ部の調整回路なども統一出来る事や、投影装置の光源(その制御回路など)も単純化が可能になるため、低コストで小型化が可能になる。また、フラッシュ光源の使用も可能になる。

40

【0049】

なお、本発明は上述の実施例に限定されるものではなくその趣旨を逸脱しない範囲で種々変更が可能である。例えば、上述の例では、プロジェクタ(投光器)10からのパターン光をハーフミラー40で反射させて被写体に投影するようにしたが、図Aで示したように、プロジェクタ10からのパターン光をハーフミラー40で透過させて被写体に投影し、その反射光をハーフミラー40で反射させて第1カメラに案内しても良い。この場合、

50

ハーフミラー 40 の反射率が ND フィルタ 31 の透過率に対応する。

【0050】

また、図 16 に示すように、第 2 カメラの前に ND フィルタ 31 でなくハーフミラー 41 を設けても良い。図 16 の例では、第 1 カメラ 20 にはハーフミラー 40 の透過光が案内され、第 2 カメラ 30 にもハーフミラー 41 の透過光が案内されるので、ハーフミラー 41 の透過率をハーフミラー 40 の透過率と実質的に同じにすれば良い。ハーフミラー 41 の反射光を第 2 カメラ 30 に案内する場合には、ハーフミラー 41 の反射率をハーフミラー 40 の透過率と実質的に同じにすれば良い。図 18 に示されるような構成においても同様に第 1 カメラ 20 と第 2 カメラ 30 の画像の明るさが同じになるようにハーフミラー 41 を選定・調整すれば良い。

10

【0051】

また、図 17 に示すように、第 1 カメラ 20 と第 2 カメラ 30 の画像の明るさを同じにするために、第 1 カメラ 20、第 2 カメラ 30 の撮像レンズの絞りを絞り調整機構 20a、30 で調整してもよい。一般的に、ハーフミラー 40 の透過率が 50% とすれば、カメラレンズの絞りは、第 1 カメラ 20 のレンズより、第 2 カメラ 30 のレンズは一絞り絞ればよい。たとえば、第 1 カメラ 20 の絞りを F4 とした場合、第 2 カメラ 30 の絞りは F5.6 とすればよい。F2、F2.8、F2.8 - F4、F4、F5.6、F5.6 - F8 の様な関係を保てば、ハーフミラー 40 の透過率が 50% の場合、第 1 カメラ 20 と第 2 カメラ 30 の画像の明るさは実質的に等しくなる。

【0052】

また、図 1 の ND フィルタ 31 に変えて所定の開口（アパーチャ）を有する遮蔽板を設けて減光してもよい。遮蔽板を光路に沿って前後させて減光の程度を調整しても良い。

20

【0053】

また、第 1 カメラと第 2 カメラでシャッター速度が異なっても良い場合には、シャッター速度を変えて第 1 カメラの画像と第 2 カメラの画像とを実質的に同じ明るさにしても良い。

【図面の簡単な説明】

【0054】

【図 1】本発明の実施例の装置構成を示す図である。

【図 2】上述実施例を説明するためのパターンと被写体の一例を示す図である。

30

【図 3】上述実施例のストライプパターン例を示す図である。

【図 4】上述実施例の投影態様を説明する図である。

【図 5】上述実施例の距離計算の構成例を説明するブロック図である。

【図 6】上述実施例のエッジ位置の補間計算例を説明するブロック図である。

【図 7】上述実施例の再コード化の動作例を説明する

【図 8】上述実施例の再コード化の例を説明する図である。

【図 9】上述実施例の再コード化を説明するためのカメラと被写体の配置図である。

【図 10】上述実施例の再コード化を説明するためのパターン図である。

【図 11】上述実施例の第 1 カメラのモニタ画像の例を示す図である。

【図 12】上述実施例の第 2 カメラ 2 のモニタ画像の例を示す図である。

40

【図 13】上述実施例において被写体にあたって輝度が変化した部分を説明する図である。

【図 14】上述実施例における距離計算を説明する図である。

【図 15】上述実施例のエッジ座標の算出説明図である。

【図 16】上述実施例の変形例の装置構成を示す図である。

【図 17】上述実施例の他の変形例の装置構成を示す図である。

【図 18】従来の 3 次元形状測定装置の構成を説明する図である。

【符号の説明】

【0055】

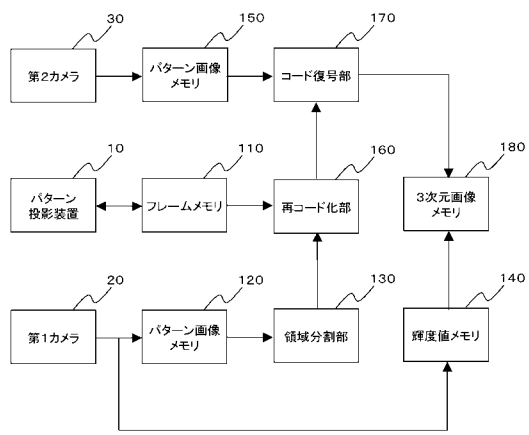
10 プロジェクタ（パターン投影装置）

50



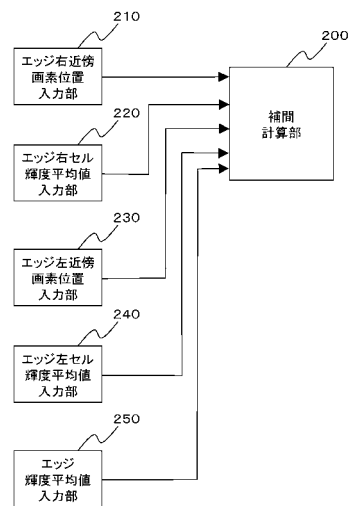
- 2 0 第 1 カメラ
- 2 0 a、3 0 a 絞り調整機構
- 3 0 第 2 カメラ
- 3 1 N D フィルタ
- 4 0、4 1 ハーフミラー
- 5 0 対象物
- 6 0 制御部

【図 5】



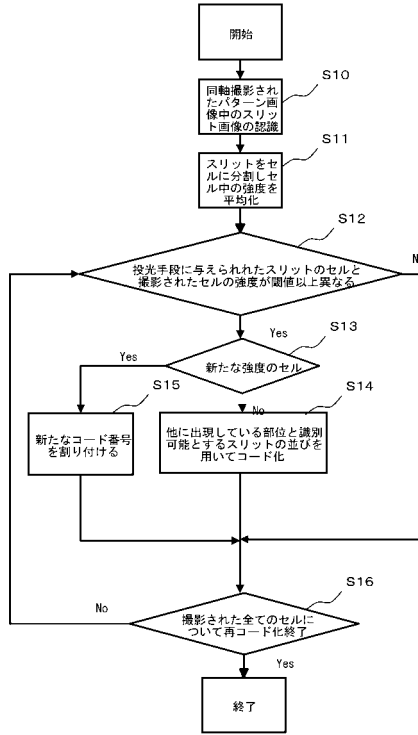
距離計算の構成例

【図 6】



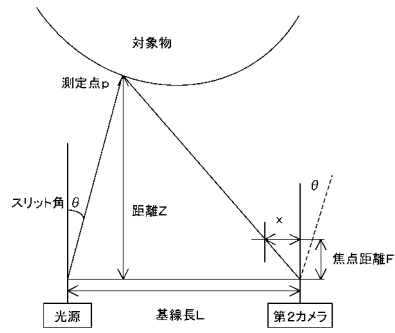
エッジ位置の補間計算構成例

【図7】

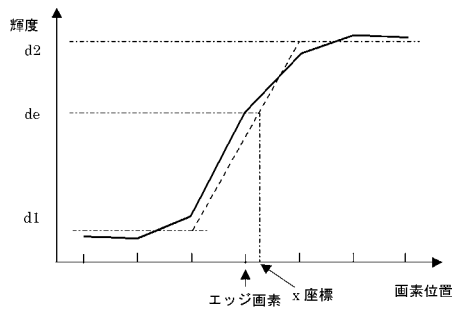


実施例の動作例

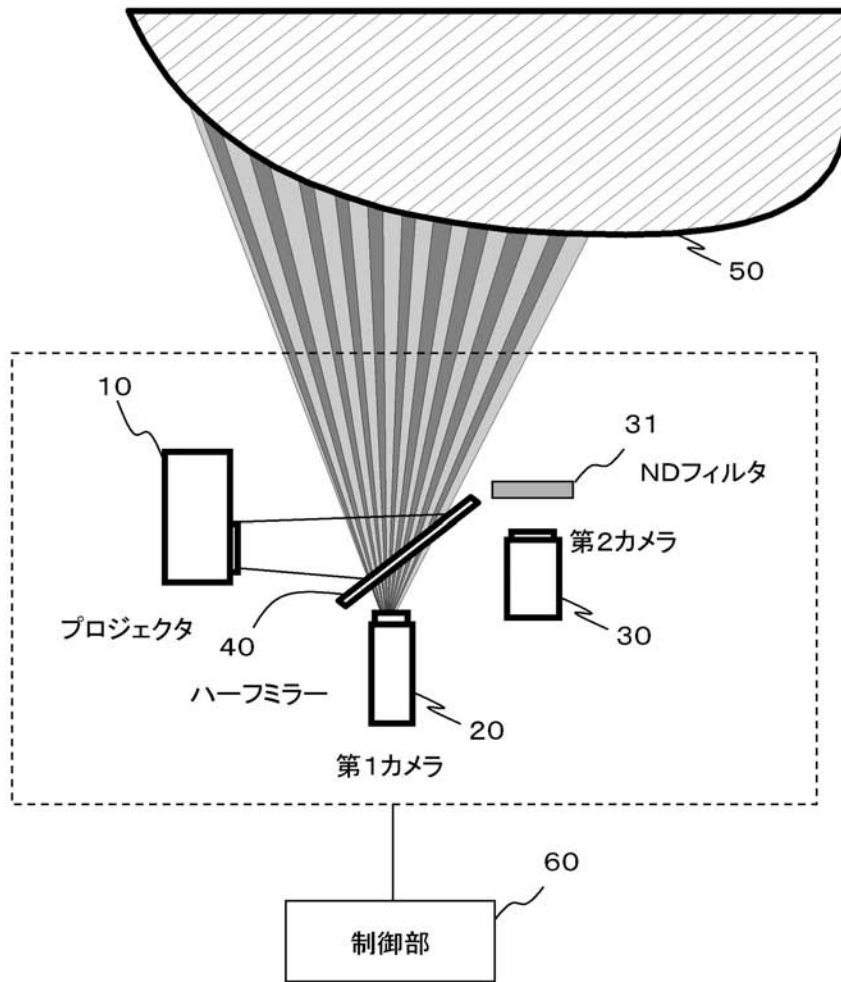
【図14】



【図15】

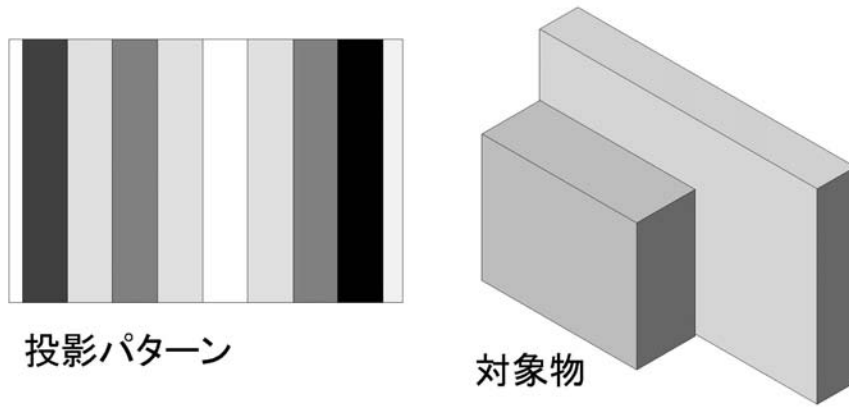


【図1】

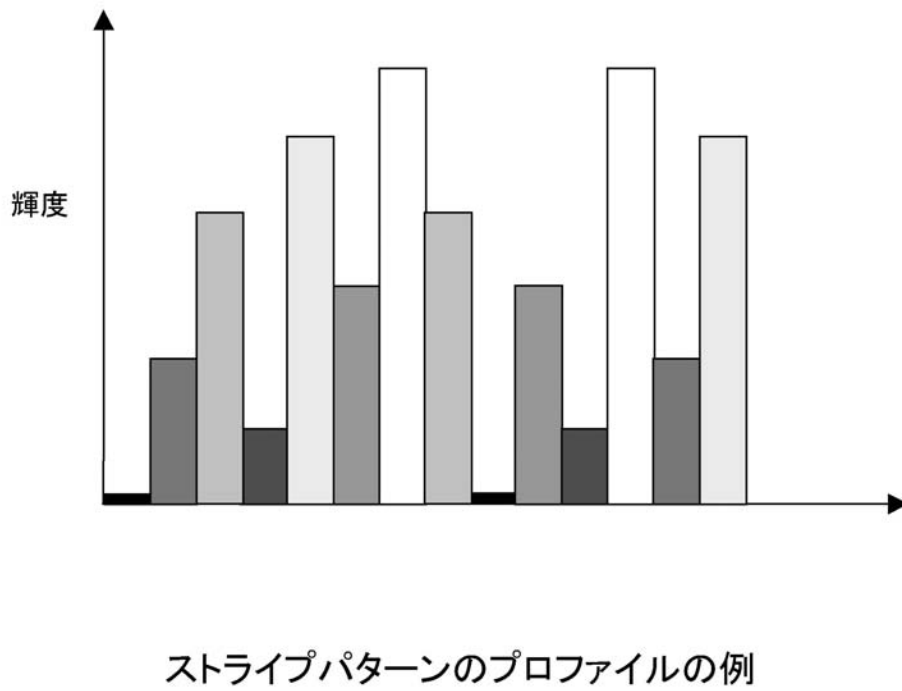


実施例の構成

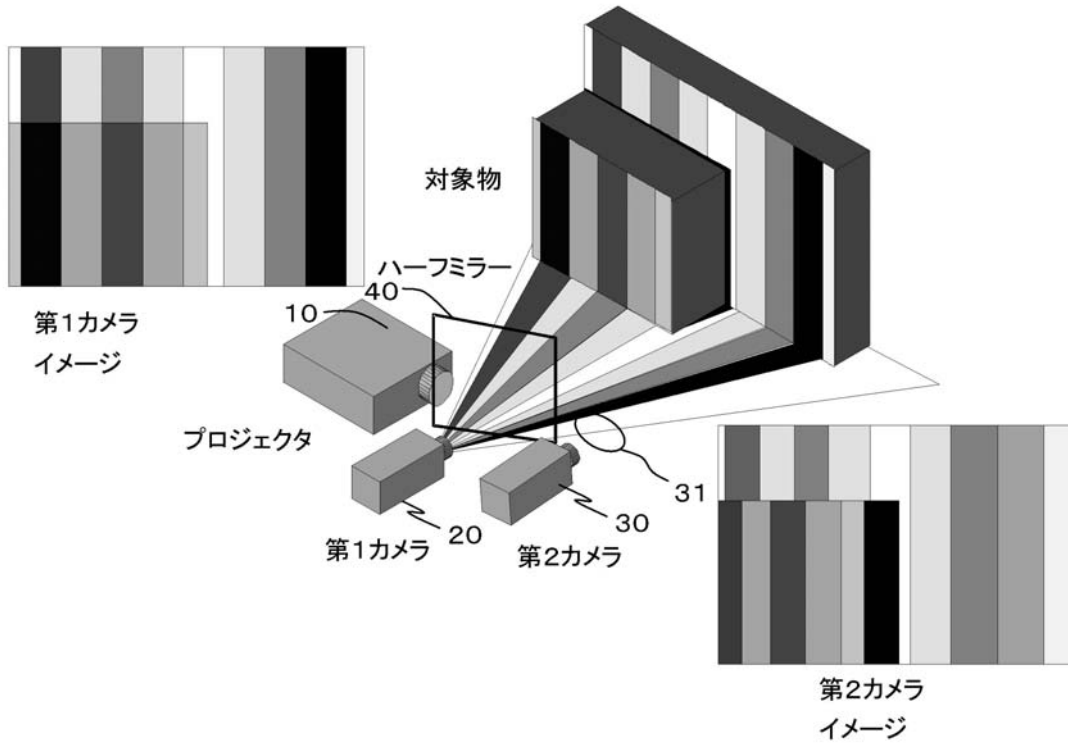
【図2】



【図3】

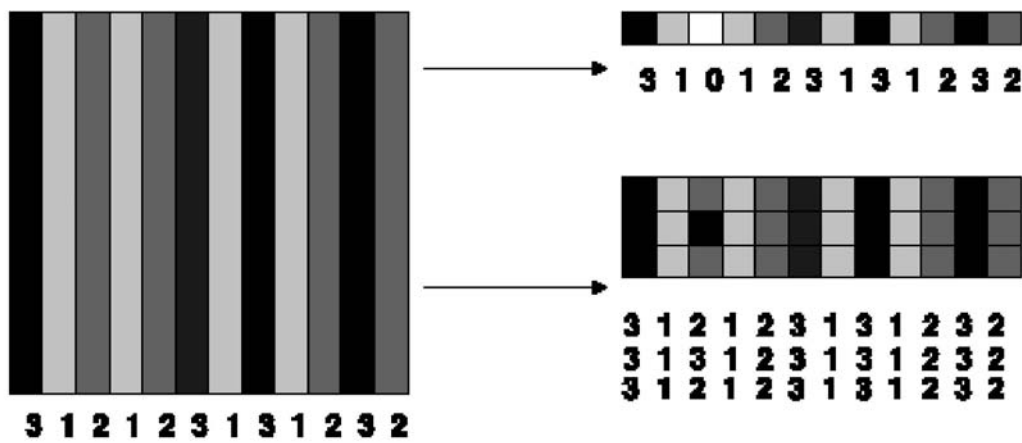


【 図 4 】



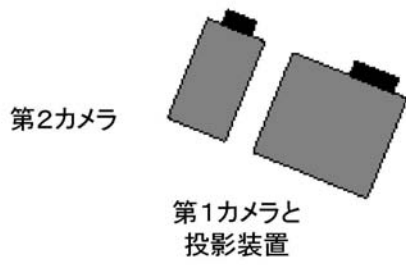
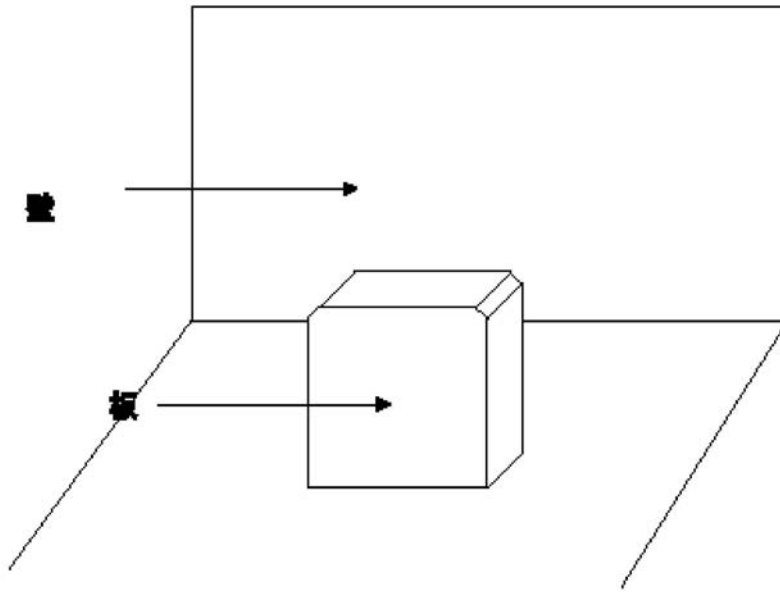
投影態様

【 図 8 】

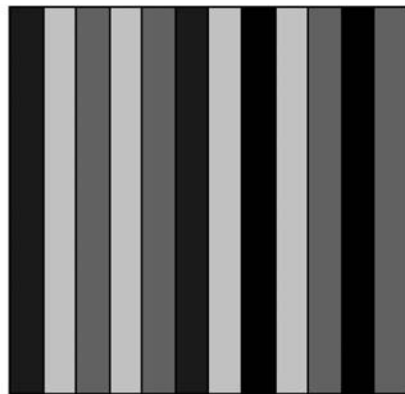


再コード化の例

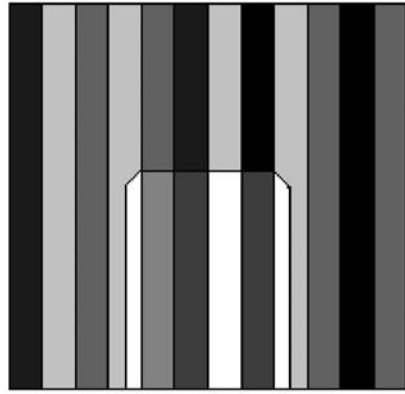
【 図 9 】



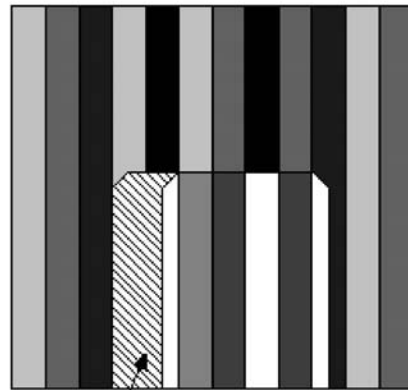
【 図 1 0 】



【図 1 1】

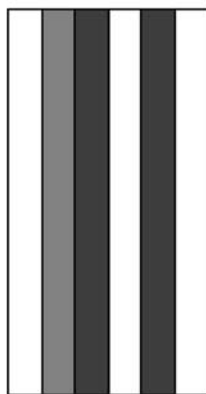


【図 1 2】

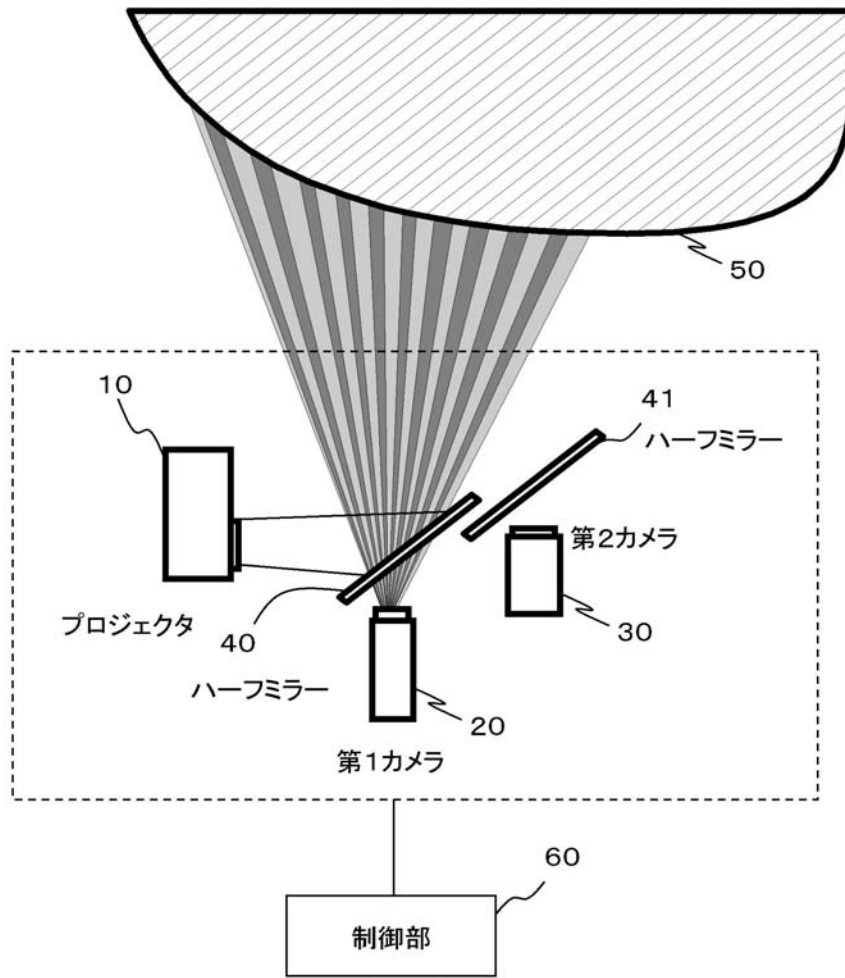


板の影となる領域

【図 1 3】



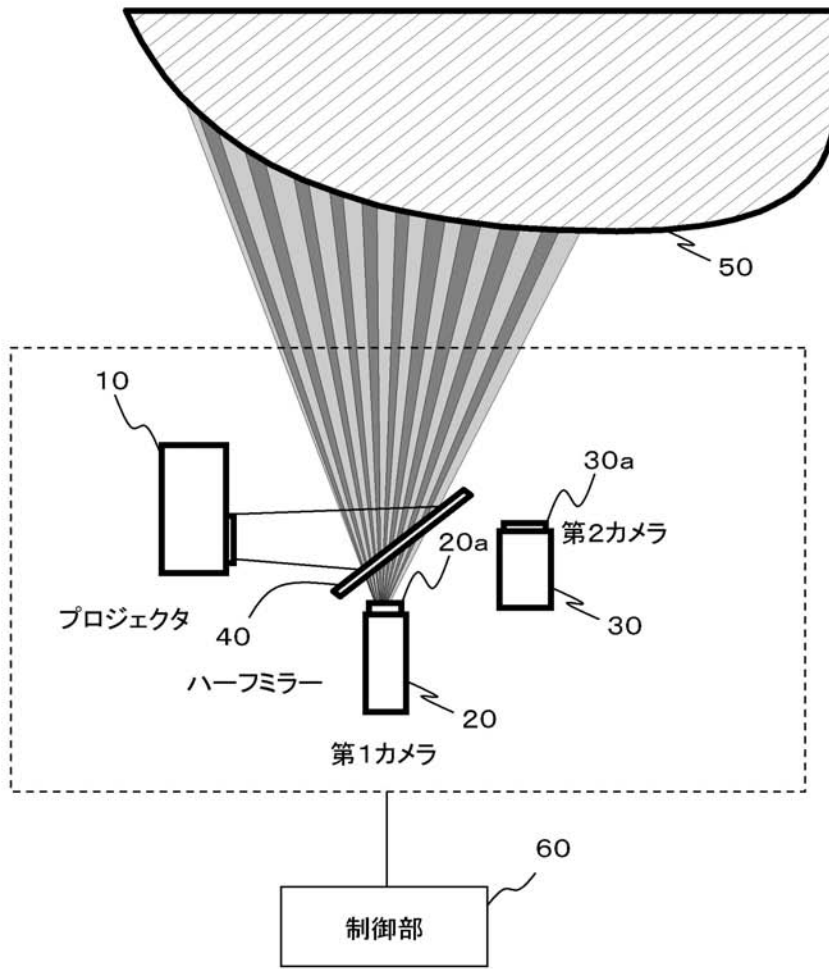
【図16】



変形例

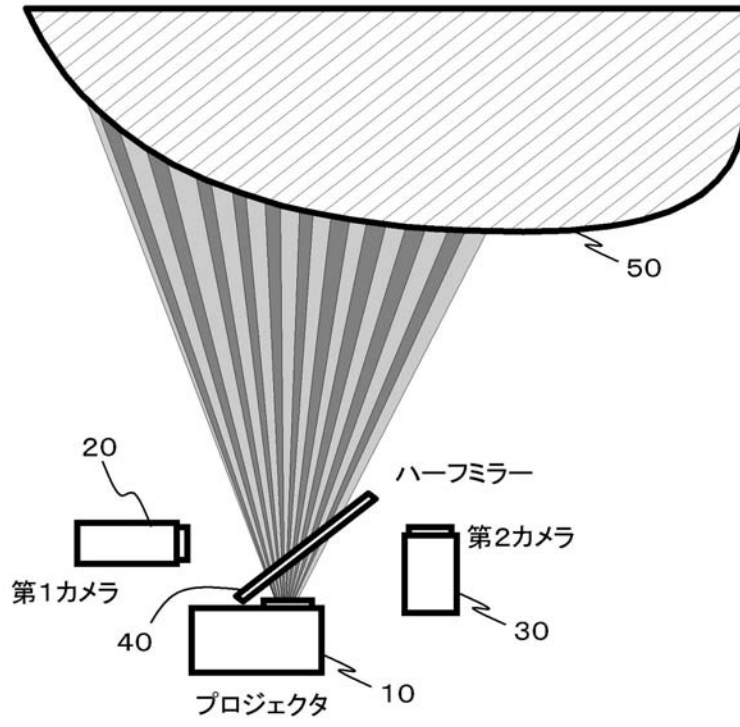


【図17】



変形例

【図18】



従来例

---

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2004-110804(JP,A)  
特開2004-212385(JP,A)  
特開平11-201740(JP,A)  
特開平03-296609(JP,A)  
特開昭63-127106(JP,A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)  
G01B11/00-11/30