

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2007-225403
(P2007-225403A)

(43) 公開日 平成19年9月6日(2007.9.6)

(51) Int. Cl.	F I	テーマコード (参考)
GO1C 3/00 (2006.01)	GO1C 3/00 120	2F065
GO1C 3/06 (2006.01)	GO1C 3/06 110V	2F112
GO1B 11/245 (2006.01)	GO1B 11/245 H	
	GO1C 3/06 110B	
	GO1C 3/06 140	

審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 18 頁)

(21) 出願番号	特願2006-46056 (P2006-46056)	(71) 出願人	502407130 株式会社プレックス 香川県高松市鶴市町949番地1
(22) 出願日	平成18年2月22日 (2006.2.22)	(74) 代理人	100102314 弁理士 須藤 阿佐子
		(74) 代理人	100123984 弁理士 須藤 晃伸
		(72) 発明者	北條 博崇 香川県高松市鶴市町949番地1 株式会 社プレックス内
		Fターム(参考)	2F065 AA06 AA51 BB05 FF04 FF05 HH05 JJ05 QQ31 2F112 AA09 AC06 BA02 BA06 BA12 CA04 CA08 DA01 DA32 FA35

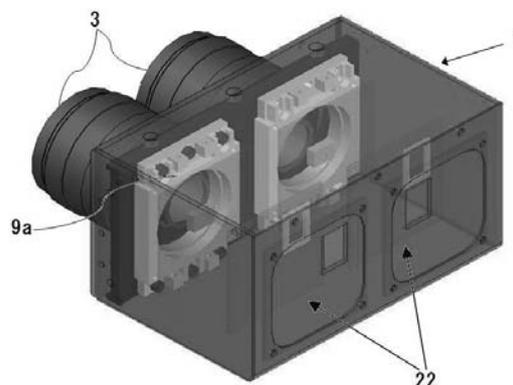
(54) 【発明の名称】 距離計測装置の調整機構およびそれを備えた立体形状認識システム

(57) 【要約】

【課題】ステレオカメラの光学的な歪みと位置的なずれを調整する調整機構を提供することであり、ひいては、三次元空間における対象物の凹凸の距離を高精度に測定する技術の提供。

【解決手段】一定間隔に配設された複数のレンズと、各レンズと対応する複数の撮像素子から構成される距離計測装置の調整機構であって、複数のレンズまたは撮像素子の少なくとも一つを左右にスライドして固定する左右シフト機構と、複数の撮像素子またはレンズの少なくとも一つを上下にスライドして固定する上下シフト機構と、複数の撮像素子をそれぞれ回転させて固定する回転機構とを備えることを特徴とする調整機構およびそれを備えた立体形状認識システム。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

一定間隔に配設された複数のレンズと、各レンズと対応する複数の撮像素子から構成される距離計測装置の調整機構であって、

複数のレンズまたは撮像素子の少なくとも一つを左右にスライドして固定する左右シフト機構と、複数の撮像素子またはレンズの少なくとも一つを上下にスライドして固定する上下シフト機構と、複数の撮像素子をそれぞれ回動させて固定する回転機構とを備えることを特徴とする調整機構。

【請求項 2】

一定間隔に配設された複数のレンズと、各レンズと対応する複数の撮像素子から構成される距離計測装置の調整機構であって、

複数のレンズまたは撮像素子のそれぞれを左右にスライドして固定する左右シフト機構と、複数の撮像素子またはレンズのそれぞれを上下にスライドして固定する上下シフト機構と、複数の撮像素子をそれぞれ回動させて固定する回転機構とを備えることを特徴とする調整機構。

【請求項 3】

前記左右シフト機構は、平行して左右に延びる複数のガイド孔が形成されたスライド基板がガイド孔を挿通する複数のビスによって筐体に取り着されることにより左右にスライド自在に構成され、

前記上下シフト機構は、上下に開口を有する複数の切欠きが形成されたスライド基板が切欠きを挿通する複数のビスによって筐体に取り着されることにより上下にスライド自在に構成され、

前記回転機構は、略同一円周上に細長い複数のガイド孔が形成されたスライド基板がガイド孔を挿通する複数のビスによって筐体に取り着されることにより揺動自在に構成されることを特徴とする請求項 1 または 2 の距離計測装置の調整機構。

【請求項 4】

前記距離計測装置は、一对の撮像素子が一筐体内に配され、一对のレンズが該筐体外に嵌合された鏡筒に配されたあおり光学系により構成されることを特徴とする請求項 1、2 または 3 の距離計測装置の調整機構。

【請求項 5】

前記距離計測装置は、第一の撮像素子が第一の筐体内に配され、第一のレンズが第一の筐体外に嵌合された鏡筒に配され、第二の撮像素子が第二の筐体内に配され、第二のレンズが第二の筐体外に嵌合された鏡筒に配されたあおり光学系であって、

前記第一および第二の筐体が、スライドベース上に配され、左右方向にスライド自在に構成されることを特徴とする請求項 1、2 または 3 の距離計測装置の調整機構。

【請求項 6】

前記距離計測装置は、3つの撮像素子が一筐体内に配され、3つのレンズが該筐体外に嵌合された鏡筒に配されたあおり光学系により構成され、第1のレンズと第2のレンズが水平ステレオカメラを構成し、第2のレンズと第3のレンズが垂直ステレオカメラを構成することを特徴とする請求項 1、2 または 3 の距離計測装置の調整機構。

【請求項 7】

請求項 1 ないし 6 のいずれかの調整機構を有する撮像系と、撮像系の視野内にスリット光をスキャンする公知の投光装置と、これらの作動を制御し、撮像した画像を解析するコントローラとから構成される立体形状認識システムであって、

前記コントローラは、前記投光装置によりスリット光を物体に照射しながら、立体形状認識の対象となる物体の組画像を撮像し、公知の相対ステレオ法により立体形状認識を行うことを特徴とする立体形状認識システム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

10

20

30

40

50

本発明は、複数台のカメラと距離計測装置を用いて、三次元空間における対象物の凹凸の距離を高精度に測定する複数台のカメラの調整を円滑に行うための調整機構およびそれを備えた立体形状認識システムに関する。

【背景技術】

【0002】

一般に、画像による三次元計測技術として、2台のカメラ（ステレオカメラ）で対象物を異なる位置から撮像した1対の画像の相関を求め、同一物体に対する視差からステレオカメラの取り付け位置や焦点距離等のカメラパラメータを用いて三角測量の原理により距離を求める、いわゆるステレオ法による画像処理が知られている。

また、計測に必要なカメラパラメータができるだけ少なく、簡便に得られること、カメラパラメータが多少変動しても、計測精度に大きな影響を与えないこと、対象物の全体の3次元位置情報が計測できることを特徴とする相対距離計測方法なる方法も提言されている（特許文献1）。

10

【0003】

ところで、ステレオカメラの取り付け位置に関して高レベルの精度が要求される。なぜなら、一对のカメラの相対的な位置にずれが生じると、それぞれのカメラの撮像方向がずれてしまい、算出された距離データに悪影響を及ぼしてしまうからである。特に、カメラの上下方向・回転方向の並進ずれは、水平にカメラをセットしたステレオカメラの各画像における同一水平ライン（エピポーラライン）のずれとなって現れる。そのため、エピポーララインの一致を前提としたステレオマッチングにおいて、この不一致は、距離データの信頼性の低下につながる。そこで、ステレオカメラの位置的なずれに起因した画像間のずれを正す技術が提案されている（例えば、特許文献2）。

20

【0004】

また、ステレオカメラでは、カメラの光学的な歪み、例えば、レンズの歪みや、撮像素子の受光面のあおりなどに起因して、それぞれの撮像画像に非線形な歪みが生じることがある。これらの歪みは、ステレオマッチングを行う際に、エピポーララインの歪みとなって現れる。上記ステレオマッチングでは、このような歪みも、距離データの信頼性の低下につながる。そこで、光学的な歪みに起因した画像の歪みを正す技術が提案されている（例えば、特許文献3）。

【0005】

30

【特許文献1】特開2004-198413号公報

【特許文献2】特開平10-115506号公報

【特許文献3】特開平11-325889号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

ステレオマッチング処理を行う前提として、カメラ光学的な歪みに起因した画像の歪み、および、ステレオカメラの位置的なずれに起因した画像のずれを正すことは、算出される距離データの信頼性向上を図る上で重要である。

【0007】

40

ステレオ画像処理では、ステレオカメラから得られた画像の相関を求め、同一物体の視差から三角測量の原理により距離を算出するため、撮影された画像の間には視差以外のズレがないことが望ましい。ステレオカメラの取り付け精度に起因するズレには、並進ズレと回転ズレがあり、回転ズレは測距対象物の距離が乗じられるため、誤差の影響が大きくなる。

しかしながら、従来、ステレオカメラの組み付け精度を定量的に精密に計測することは困難であり、そのため、ステレオカメラの組み付け調整は、目視調整あるいは画像処理の結果を見ながらの繰り返し調整等、経験的な調整に頼らざるを得ず、画像処理の精度向上を図るうえで支障となっていた。

【0008】

50

本発明は、かかる事情に鑑みてなされたものであり、その目的は、ステレオカメラの光学的な歪みと位置的なずれを調整する調整機構を提供することであり、ひいては、三次元空間における対象物の凹凸の距離を高精度に測定する技術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】

上記課題を解決するために、本発明の調整機構およびそれを備えたシステムは次のように構成される。

すなわち、第1の発明は、一定間隔に配設された複数のレンズと、各レンズと対応する複数の撮像素子から構成される距離計測装置の調整機構であって、複数のレンズまたは撮像素子の少なくとも一つを左右にスライドして固定する左右シフト機構と、複数の撮像素子またはレンズの少なくとも一つを上下にスライドして固定する上下シフト機構と、複数の撮像素子をそれぞれ回動させて固定する回転機構とを備えることを特徴とする調整機構である。

10

第2の発明は、一定間隔に配設された複数のレンズと、各レンズと対応する複数の撮像素子から構成される距離計測装置の調整機構であって、複数のレンズまたは撮像素子のそれぞれを左右にスライドして固定する左右シフト機構と、複数の撮像素子またはレンズのそれぞれを上下にスライドして固定する上下シフト機構と、複数の撮像素子をそれぞれ回動させて固定する回転機構とを備えることを特徴とする調整機構である。

第3の発明は、第1また2の発明において、前記左右シフト機構は、平行して左右に延びる複数のガイド孔が形成されたスライド基板がガイド孔を挿通する複数のビスによって筐体に取り着されることにより左右にスライド自在に構成され、前記上下シフト機構は、上下に開口を有する複数の切欠きが形成されたスライド基板が切欠きを挿通する複数のビスによって筐体に取り着されることにより上下にスライド自在に構成され、前記回転機構は、略同一円周上に細長い複数のガイド孔が形成されたスライド基板がガイド孔を挿通する複数のビスによって筐体に取り着されることにより揺動自在に構成されることを特徴とする。

20

第4の発明は、第1、2また3の発明において、前記距離計測装置は、一对の撮像素子が一筐体内に配され、一对のレンズが該筐体外に嵌合された鏡筒に配されたあおり光学系により構成されることを特徴とする。

第5の発明は、第1、2また3の発明において、前記距離計測装置は、第一の撮像素子が第一の筐体内に配され、第一のレンズが第一の筐体外に嵌合された鏡筒に配され、第二の撮像素子が第二の筐体内に配され、第二のレンズが第二の筐体外に嵌合された鏡筒に配されたあおり光学系であって、前記第一および第二の筐体が、スライドベース上に配され、左右方向にスライド自在に構成されることを特徴とする。

30

第6の発明は、第1、2また3の発明において、前記距離計測装置は、3つの撮像素子が一筐体内に配され、3つのレンズが該筐体外に嵌合された鏡筒に配されたあおり光学系により構成され、第1のレンズと第2のレンズが水平ステレオカメラを構成し、第2のレンズと第3のレンズが垂直ステレオカメラを構成することを特徴とする。

第7の発明は、第1ないし6のいずれかの調整機構を有する撮像系と、撮像系の視野内にスリット光をスキャンする公知の投光装置と、これらの作動を制御し、撮像した画像を解析するコントローラとから構成される立体形状認識システムであって、前記コントローラは、前記投光装置によりスリット光を物体に照射しながら、立体形状認識の対象となる物体の組画像を撮像し、公知の相対ステレオ法により立体形状認識を行うことを特徴とする立体形状認識システムである。

40

【発明の効果】

【0010】

本発明によれば、ステレオカメラの光学的な歪みと位置的なずれを調整する調整機構を提供することが可能となり、その結果、三次元空間における対象物の凹凸の距離をより高精度に測定することが可能となる。

【0011】

また、あおり光学系を採用し、遠近歪みがない状態で縦、横、回転方向の微調整を行え

50

るため、ソフトウェアによる収差補正等が不要となり、高速認識が可能である。

さらには、左右のカメラの撮像範囲の全てを視野にすることができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0012】

図1および図2は、本発明の調整機構を備えた撮像装置である。この撮像装置は、レンズと撮像素子が平行に構成されたいわゆるあおり光学系ステレオカメラである。カメラを斜めに構成することによる遠近歪みの発生がなく、分解能が向上するという特徴を有しており、これにより、カメラから近い位置にある対象物体であっても、正確な相対距離画像を得ることができる。

本発明の調整機構によれば、レンズと撮像素子とをXY方向に相対移動することが可能である。これにより、単に平行にカメラを配置した構成と比べ、視野を広くすることができる。Y方向のずれは予めキャリブレーション時に無くしておき、X方向のズレから奥行き測定を行う。(なお、予めX方向のズレを無くし、Y方向のズレから奥行きを測定してもよい。)

【0013】

本発明では、図14に示すように相互に平行にしたままで、レンズ21a, 21bの中心と撮像素子22a, 22bの中心をずらし、CCD撮像素子とレンズ中心を結んだ一对の撮像系の中心線の交点が計測対象物付近に有るようなあおり光学系を用いることによって、撮像素子上に遠近ひずみのない結像画像を得ることを可能としている。

また、撮像画像に回転ズレがある場合には、撮像素子と連結された回転基板6を微小回転させることにより、回転ズレを機械的に補正することができる。すなわち、左右シフト機構により鏡筒の左右位置を制御し、上下シフト機構および回転機構により撮像素子の上下および回転位置を制御している。

なお、左右シフト機構により撮像素子の左右位置を制御し、上下シフト機構により、鏡筒の上下位置を制御してもよい。

【0014】

以下では、本発明の詳細を実施例により説明するが、本発明は何らこれらの実施例に限定されるものではない。

【実施例1】

【0015】

《構造》

図3は本実施例の調整機構を備えた撮像系の正面図であり、図4は本実施例の撮像系を透過的に描写した平面図であり、図5は図3のA-A'断面側面図である。(図4および図5では、鏡筒3および撮像素子22は省略)

【0016】

図3において、符号3a, 3bは、カメラ2の一部である鏡筒であり、鏡筒内に配設されたレンズ21a, 21bと、筐体1内に配設されたCCDカメラ、CMOSカメラ等の撮像素子22a, 22bとからなるあおり光学系により、同一の領域を異なる視点から撮像するステレオカメラを構成している。

2台のカメラ2a, 2bで撮像した2枚の画像は、図示しないステレオ画像処理装置で処理され、ステレオマッチングにより2つの画像の一致度が評価されて物体の三次元位置の算出や画像認識等が行われる。

なお、光切断法を用いる場合には、スリット光投射器が必要であるが、左右のカメラ2a, 2bの間にスリット光照射部を設ける構成としてもよい。

【0017】

(1) 左右シフト機構

符号4は、略正方形をなす金属板から成る左右スライド基板であり、ビス401~404によって筐体1に取着され、鏡筒をX軸方向に水平動する左右シフト機構を構成している。

左右スライド基板4にはビス401~404と対向する位置に図示しないそれぞれが平

10

20

30

40

50

行して左右に延びる細長いガイド孔が4つ形成されており、ビス401～404を4つのガイド孔に挿通して筐体1に螺合することで、左右スライド基板4が左右スライド自在に取付される。

【0018】

図6は本実施例の調整機構を備えた撮像素子の側面図である(図6では、鏡筒3は省略)。

図6に示すように、左右スライド基板4と対向する筐体1の側面には、左右駆動部14、上方左右引込部151および下方左右引込部152が設けられている。

左右駆動部14はねじで構成され、手で調整することができる。左右駆動部14を締めると、左右スライド基板4が押し込まれ、鏡筒3が筐体1の内側方向にスライド動する。左右駆動部14を緩め、上方左右引込部151および下方左右引込部152により、左右スライド基板4を筐体1の外側に引っ張ることで、鏡筒3が筐体1の外側方向にスライド動する。

鏡筒3の左右位置の調整後、ビス401～404を締めることで、最終調整位置を保持することができる。

このように、左右スライド基板4をスライド動して、調整することで、撮像素子22の左右誤差(並進ズレ)を機械的に修正できる。

なお、左右駆動部14、左右駆動部14を、公知の駆動手段(例えば、サーボモータとボールねじ)により、構成してもよい。

【0019】

(2) 上下シフト機構

符号9は、略正形状をなす金属板の上方中央部と下方両端部にU字の切欠きを有するスライド部を延出した上下スライド基板であり、ビス701～703によって筐体1に取付され、撮像素子22を上下方向に垂直動する上下スライド機構を構成している。

上下スライド基板9の有するスライド部の3つのU字の切欠きにビス701～703を挿通して筐体1に螺合することで、上下スライド基板7が上下スライド自在に取付される。

筐体1の上下面には、ねじで構成された上下駆動部181および182が設けられている。上下駆動部181および182の先端は、上下スライド基板9に接しており、撮像素子22からの基準チャートを撮影した画像を見ながら、これらのねじを調整することで、スライド基板9を上下にスライド動させて、撮像素子22の上下誤差(並進ズレ)を機械的に修正できる。

上下位置の調整後、ビス701～703を締めることで、最終調整位置を保持することができる。

なお、上下駆動部181および上下駆動部182を、公知の駆動手段(例えば、サーボモータとボールねじ)により、構成してもよい。

【0020】

(3) 回転機構

符号6は、長形状をなす金属板から成る回転基板であり、略同一円周上に細長い3つのガイド孔が形成されており、ビス601～603を3つのガイド孔に挿通して螺合することによって筐体1に取付され、撮像素子22を 方向に回転する回転機構を構成している。支持基板8には真円精度良く、一定直径で誤差無く穴が形成されており、回転基板6には形成された軸状の段差が間隙を最小限に嵌合される。その状態で、回転基板6と支持基板8は、回転基板6に形成された3つのガイド孔を挿通するビス601～603によって筐体1に螺合され、揺動自在に取付される。

筐体1の両側面には、ねじで構成された上方回転駆動部161および下方回転駆動部162が設けられている。上方回転駆動部161および下方回転駆動部162の先端は、回転基板6に接しており、撮像素子22からの基準チャートを移した画像を見ながら、これらのねじを調整することで、回転基板6を揺動させて撮像素子22の 回転に対する取付誤差(回転ズレ)を機械的に修正できる。

10

20

30

40

50

なお、上方回転駆動部 161 および下方回転駆動部 162 を、公知の駆動手段（例えば、サーボモータとボールねじ）により、構成してもよい。

【0021】

《作動》

本実施例の装置による相対ステレオ法の基本的な処理の流れを、植物の幼芽の空間位置認識をする例で説明する。

図 11 に示すように、まず、左右のカメラ 2a, 2b のどちらか一方で、光切断法により、スリット光が当たった位置の幼芽の茎の空間位置を決定する。ここで、左右のカメラ画像でスリット光が当たった位置が一致するように、左右シフト機構により、左右 2 枚の画像を重ね合わせる。すると、カメラからの距離が等しい茎の上の各点では画像のずれは発生しないが、茎が前後に曲がっていると、重ね合わせの結果、図 12 下段のように画像のずれが生じる。ここでは、画像のずれ量を視差 d として、これをもとに幼芽の形状や空間位置を決定する。

10

なお、左右のカメラ 2a, 2b の回転方向 および Z 軸方向のずれは、回転機構および上下シフト機構により予め調整済みである。

【0022】

この計算方法を図 13 に示す。スリット光が当たった位置で、左右シフト機構により、左右の画像を重ね合わせる。このとき、茎が曲がっていて幼芽が垂直に立っていなければ、スリット光投影位置に比べて茎が前後するため、ステレオ視において画像のずれを生じる。例えば、スリット光の当たった基準位置より茎が後ろにあるとき、左カメラ 2a から

20

【0023】

ここで、ずれ量（視差） d 、カメラ 2a, 2b の間隔 W 、カメラからスリット光の当たった位置までを光切断法で測ったときの距離 H 、求める相対距離を x とすると、以下の式 1 であらわされる関係が導ける。

$$(数1) \quad W / (H + x) = d / x$$

【0024】

ここで、 W , H はあらかじめ決まっている値である。幼芽上のスリット光の位置を重ね合わせるにより、画像上の各点の三次元位置を、画像のずれ量 d を元に計算できる。

また、上記のようにして x が求まっていれば、カメラ 2 からの距離は $(H + x)$ で求められるので、カメラの各画素が見ている位置が、空間中でどの点を通るかをキャリブレーションであらかじめ求めておけば、3次元位置を求めることも可能である。

30

【0025】

図 16 に示すように、本実施例の装置による相対ステレオ法による奥行誤差 e は、以下の式 2 により算出することができる。

$$(数2) \quad e = 2x \text{ 分解能} \times \tan$$

なお、視野 50mm の V G A カメラを間隔 (W) 50mm で配置し、作動距離を 130mm、マッチング精度を 1ピクセルとしたときの奥行誤差 e は 0.36mm であった。なお、分解能とは画像上で分析可能な位置の最少変化量を意味する。

【0026】

キャリブレーション方法の一例を詳しく説明する。まず、図 14 のように精密に作られた校正パターンを利用して、カメラの角画素が空間を見ている位置に伸ばした直線（視線）が空間中を通る位置を求める。図 14 の千鳥パターンの間隔は、非常に精密に描かれている。ここで、ロボットの手先の基準位置を原点とし、そこから Z_0 , Z_1 の位置に校正パターンを置いて、各画素が、校正パターンのどの位置を見ているかを計算し、 $P_0 (X_0, Y_0, Z_0)$ 、 $P_1 (X_1, Y_1, Z_1)$ を決めることができる。ここで、カメラ 2 からの距離をもとに Z_i を求めれば、 P_0 , P_1 の座標値を補間することで、空間座標を決定できる。

40

【0027】

図 11、図 12 に示すような植物の茎の計測においては、まずスリット光の当たった基

50

準点の座標点が求まる。これを基準点として、本発明装置を用いることで、図12の画像について、茎の方向に沿ったすべての画素位置で、その基準点からの距離の差（相対距離）が求められる。そして、距離が求めれば、図14から空間座標を求めることも可能である。

【0028】

本実施例の撮像装置によれば、左右のカメラの取り付け平行度（回転）と基準面での画像一致度（位置）を上記のように簡便に基準平面上での視差調整を簡便に行うことができ、さらにステレオ画像の各画像の高さ方向を一致させることが可能になる。

歪曲収差と倍率誤差、解像力（限界解像力、MTF特性）等が既知のレンズを用いれば、歪曲収差をソフトウェアで補正することなく距離計測が可能な立体形状認識が行えるため、処理能力高速化を図ることができる。

また、従来のステレオカメラにおける有効視野の減少という問題も、左右スライド機構により解消することができる。

【実施例2】

【0029】

本実施例は、調整機構を備えた2つの撮像系がそれぞれ別筐体に納められた構成を開示する。

比較的遠方にある対象物をステレオ計測する場合、奥行き変化量に対する視差変化量が減少する。このため、これを解決するにはカメラ間隔を大きくすることが効果的である。すなわち、本実施例の構成によれば、遠方であっても精度の良いステレオ計測が可能である。

図8は、本実施例の撮像系の正面図であり、図9は本実施例の撮像系を透過的に描写した平面図である。

筐体11と筐体12は、鏡筒3と撮像素子22を備えた撮像系であり、スライドベース10でY軸方向に移動自在に構成されている。本実施例の構成によれば、筐体11と筐体12の離間距離を調整することにより、有効視野を調整することができる。

左右シフト機構、上下シフト機構および回転機構は、実施例1と同様の構成である。

本実施例の構成によれば、作動距離と有効視野の組合せに幅を持たせながら、並進ズレおよび回転ズレを解消することが可能となる。

【実施例3】

【0030】

本実施例は、調整機構を備えた3つの撮像系が同一筐体に納められた構成を開示する。

左右シフト機構、上下シフト機構および回転機構は、実施例1と同様の構成である。ステレオ計測ではエピポーラインと並行するエッジの誤認識することがある。

本実施例の構成によれば、調整機構をもつ3つの撮像系を備えているため、水平方向の組合せ（レンズ3aと3b）のみならず垂直方向の組合せ（レンズ3bと3c）によるステレオカメラを構成できるため、エッジの方向性による誤認識を回避できる利点がある。

【0031】

本実施例の構成では、筐体1の上下両方に各撮像系用の上下駆動部を設けることができない。そのため、上下駆動部181および182をねじで構成しているが、両者の役割は相違する。上下駆動部181の先端は上下スライド基板9に当接するものであるが、上下駆動部182は上下スライド基板9に形成されたねじ孔に螺合されている。上下スライド基板9の上下の移動は、上下駆動部181を緩め、基準チャートを撮影した画像を見ながら上下駆動部182により行い、再び上下駆動部181を締め上下スライド基板9が上下駆動部181により適切に支持されるようにする。このようにすることで、ビス701～703を締め最終調整位置を保持する際に、締め付け時のトルクにより、上下スライド基板9の位置がずれることを防止している。

【実施例4】

【0032】

実施例4は、本発明の調整機構を有する距離計測装置を備えた、立体形状認識システム

10

20

30

40

50

である。

《構成》

本実施例のシステムは、図16に示すように、本発明の調整機構を有するステレオカメラであるカメラ2と、ステップモータにより回転するミラーにより、カメラ2の視野内にスリットレーザー光をスキャンする投光装置24と、PC上で稼働するプログラムを備え、カメラ2および投光装置24を制御し、撮像した画像を解析するコントローラ25とから構成される。

カメラ2は、秒間数十枚の同時タイミングのステレオ画像が取得可能な公知のあおり光学系カメラである（例えば、Pointgray社の製品FLEA）。

【0033】

10

《作動》

コントローラ25は、投光装置24によりスリット光（好ましくはレーザー光）を物体に照射しカメラの視野内を移動させながら、カメラ2に対し同時にトリガーをかけ、立体形状認識の対象となる物体の左右同期ペア画像（組画像）を撮像する。コントローラ25は、PCの記憶手段に組画像を連続記憶する。そして、実施例1に記載のアルゴリズムにより、記録した組画像を解析し、立体形状認識を行う。

【0034】

立体形状認識のためには、スリット光が当たった左右のステレオ画像が一つあればよい。物体表面がなめらかな（凹凸のない）物体であっても、スリット光を画像処理により抽出することで可能である。ここで、スリット光の反射光の抽出は、例えば、スリット光の波長を選択的に通過させるフィルタをレンズに装着し、周囲を囲い外光の照射を防ぐこと、或いは、既知の画像処理手法により画像の濃淡に対して閾値を設定し、一定以上の輝度のピクセルのみを選択的に表示することで可能となる。

20

【0035】

本実施例のシステムにおいては、対象物体を計測する際には、左右のステレオ画像でY軸上の水平線上におけるスリット光出現位置の視差を計測し、上記の計算式により奥行き距離計測が可能である。ここで、スリット光の反射光は単に左右のカメラのために同一点情報を提供するのみに使用される。すなわち、スリット光投影角をパラメータとした複雑な計算が不要であるため高速な解析が可能であり、光切断法のようなスリット光の制御も不要である。

30

【0036】

従来の光切断による形状認識の手法としては、例えば、発明者が開示する、レーザーの照射角度を指定角度に移動し、停止させ撮像し、それを繰り返すことで物体表面にレーザーが反射した画像を撮像し形状計測する手法（特開2004-3086）があるが、この手法では撮像に数十秒を要していた。

本実施例のシステムでは、上記の数倍の速度で計測が可能である。計測時間が短いため、例えば、従来は困難であった子供の手の形状計測等にも応用が可能である。すなわち、本実施例のシステムでは、記憶された組画像を事後的に解析することで、立体形状認識を行うことが可能である。

また、本実施例のシステムでは、レンズの選択・交換により焦点距離を変更できるため、多様な用途に応用可能である。例えば、人体以外の対象物の計測はもちろん、手に限られない人体の各部位や全身の計測にも応用することができる。

40

【産業上の利用可能性】

【0037】

本発明は、エッジ認識による高速立体計測に応用することが可能であり、またスリット光をスキャンさせれば滑らかな表面を計測することも可能である。

【図面の簡単な説明】

【0038】

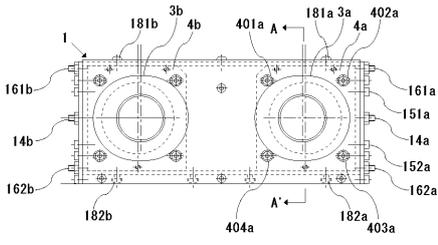
【図1】本発明の調整機構を備えた撮像装置の背面側からの透過斜視図である。

【図2】本発明の調整機構を備えた撮像装置の正面側からの斜視図である。

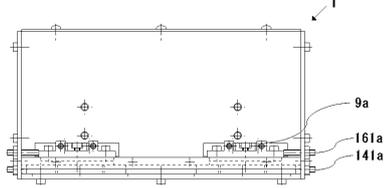
50

- 【図 3】実施例 1 の調整機構を備えた撮像装置の正面図である。
- 【図 4】実施例 1 の調整機構を備えた撮像装置の透過平面図である。
- 【図 5】実施例 1 の調整機構を備えた撮像装置の A - A ' 断面側面図である。
- 【図 6】実施例 1 の調整機構を備えた撮像装置の側面図である。
- 【図 7】実施例 1 の上下シフト機構および回転機構の正面図である。
- 【図 8】実施例 2 の調整機構を備えた撮像装置の平面図である。
- 【図 9】実施例 2 の調整機構を備えた撮像装置の正面図である。
- 【図 10】実施例 3 の調整機構を備えた撮像装置の正面図である。
- 【図 11】相対距離計測装置による苗株形状の計測の様子を示す図面である。
- 【図 12】苗株形状の距離計測における処理方法を示す図面である。 10
- 【図 13】苗株形状の距離計測における計算方法を示す図面である。
- 【図 14】校正パターンを利用して、カメラの角画素が空間を見ている位置を求める状態を示す図面である。
- 【図 15】あおり光学系を用いて撮像素子上に遠近ひずみのない結像画像を得るための構成例である。
- 【図 16】奥行分解能の説明図である。
- 【図 17】実施例 4 の立体形状認識システムの構成図である。
- 【符号の説明】
- 【0039】
- 1 筐体 20
 - 2 カメラ
 - 3 鏡筒
 - 4 左右スライド基板
 - 6 回転基板
 - 8 支持基板
 - 9 上下スライド基板
 - 21 レンズ
 - 22 撮像素子
 - 24 投光装置
 - 25 コントローラ 30
 - 14 左右駆動部
 - 40 幼芽
 - 41 苗箱
 - 50 スリット光照射部
 - 60 校正パターン
 - 61 底板
 - 151 上方左右引込部
 - 152 下方左右引込部
 - 161 上方回転駆動部
 - 162 下方回転駆動部 40
 - 181, 182 上下駆動部
 - 401 ~ 404 ビス(左右シフト用)
 - 601 ~ 603 ビス(回転用)
 - 701 ~ 703 ビス(上下シフト用)

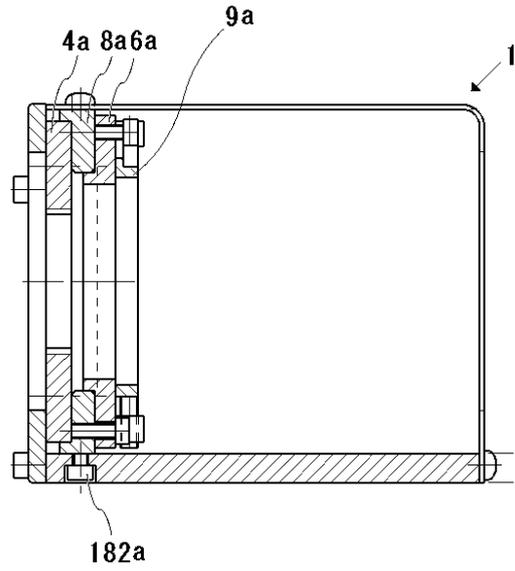
【 図 3 】



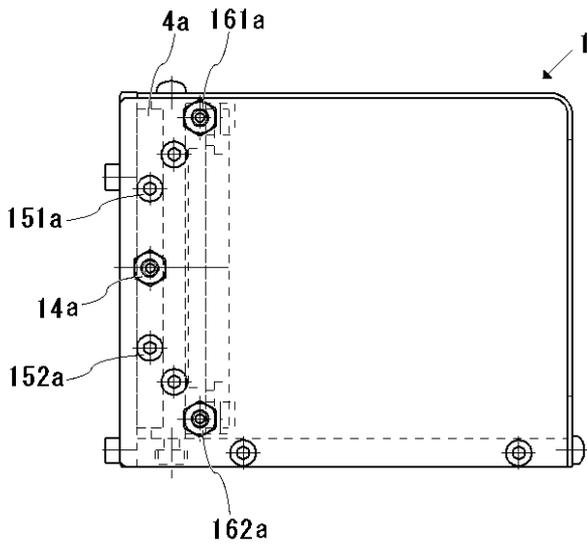
【 図 4 】



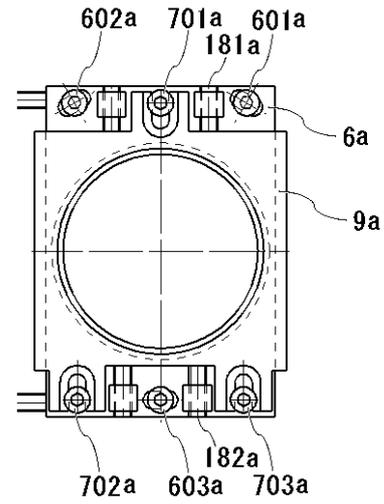
【 図 5 】



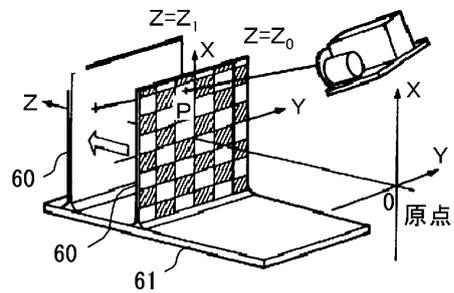
【 図 6 】



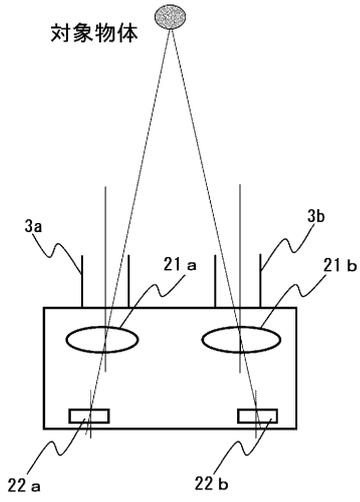
【 図 7 】



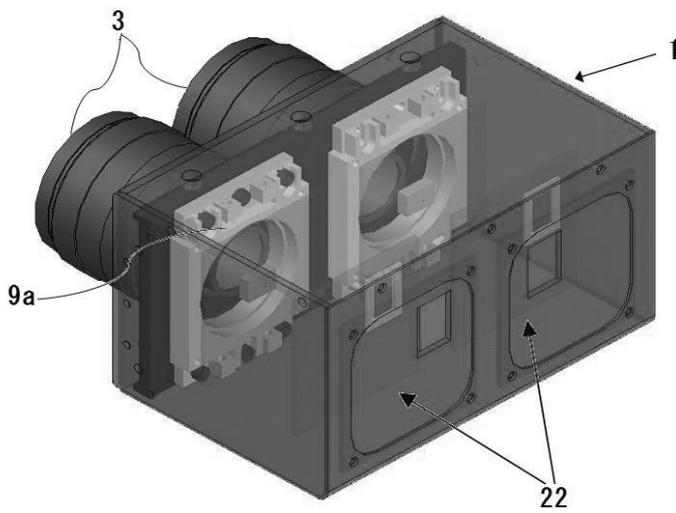
【 図 1 4 】



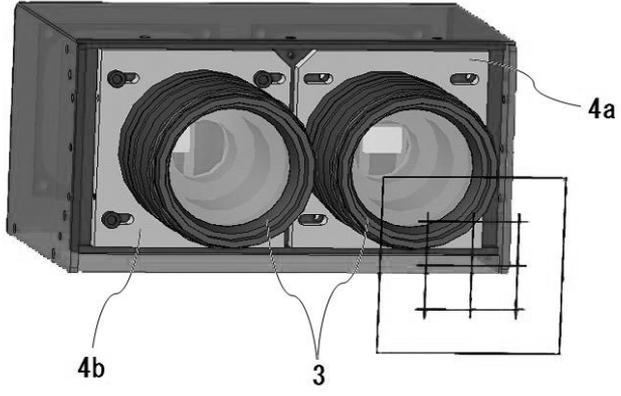
【 図 1 5 】



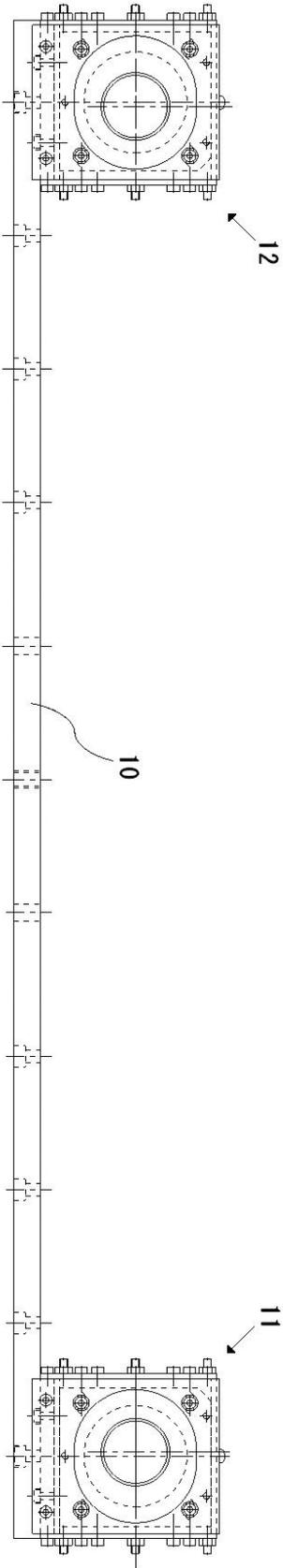
【 図 1 】



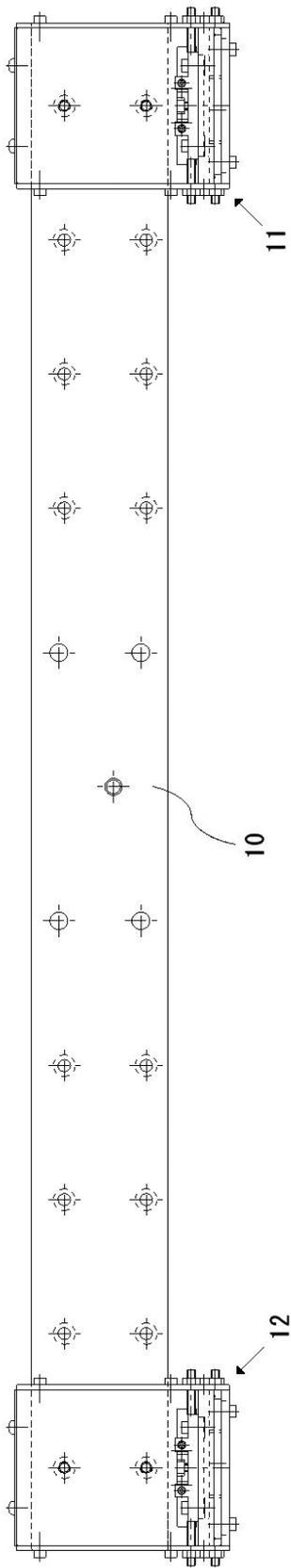
【 図 2 】



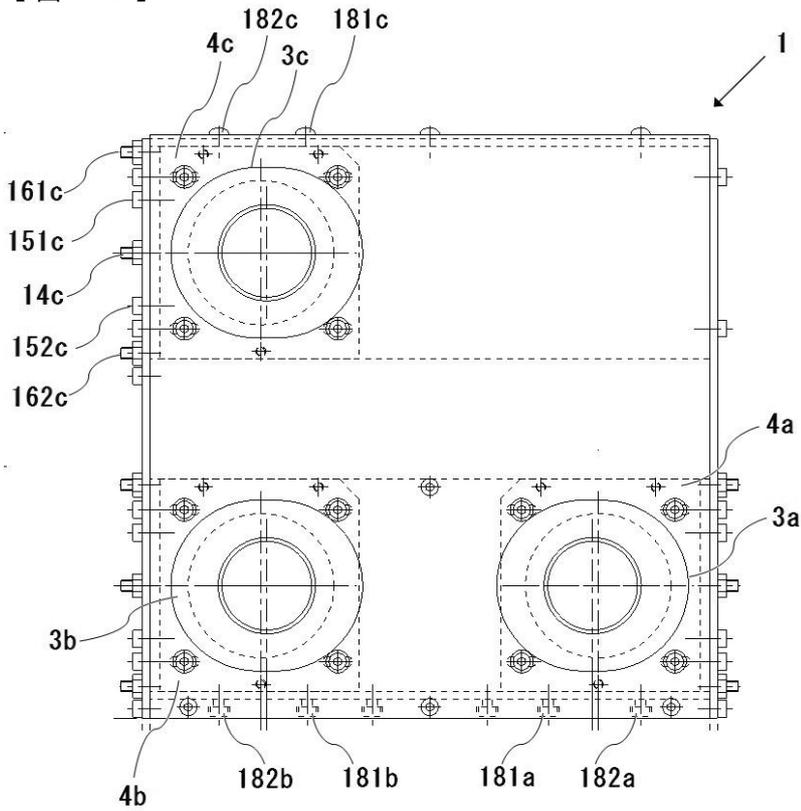
【 図 8 】



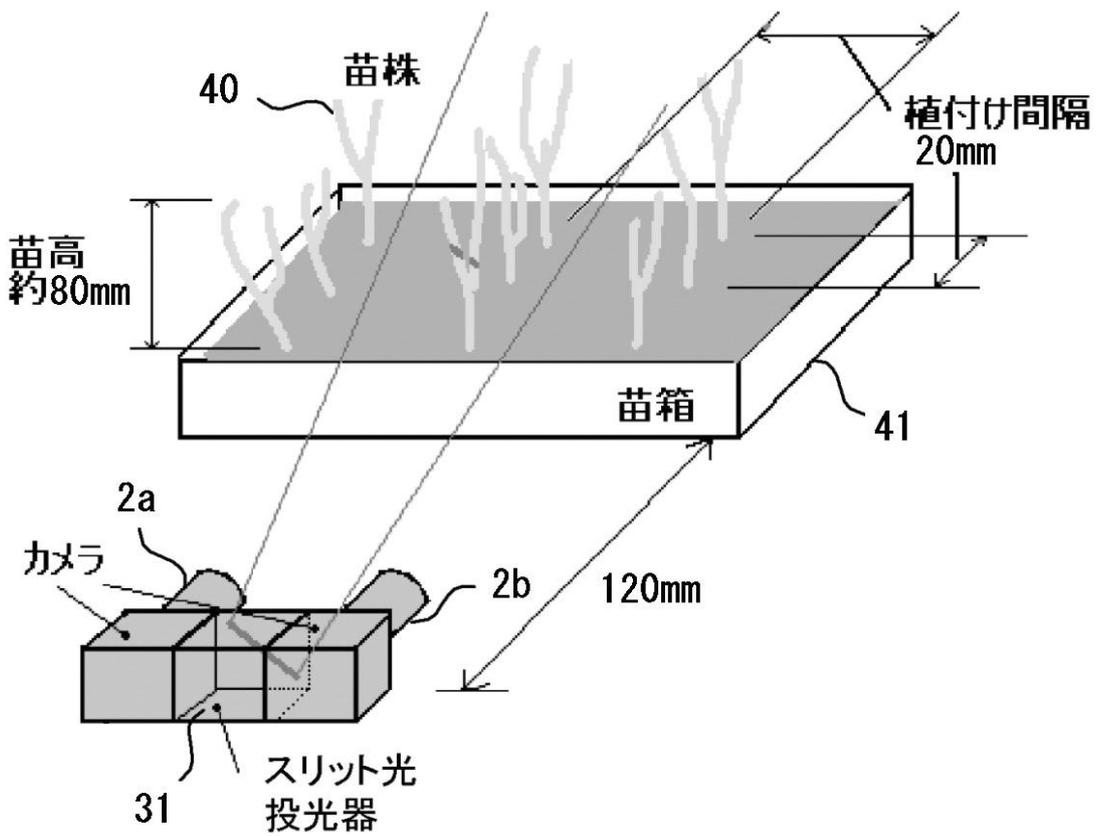
【 図 9 】



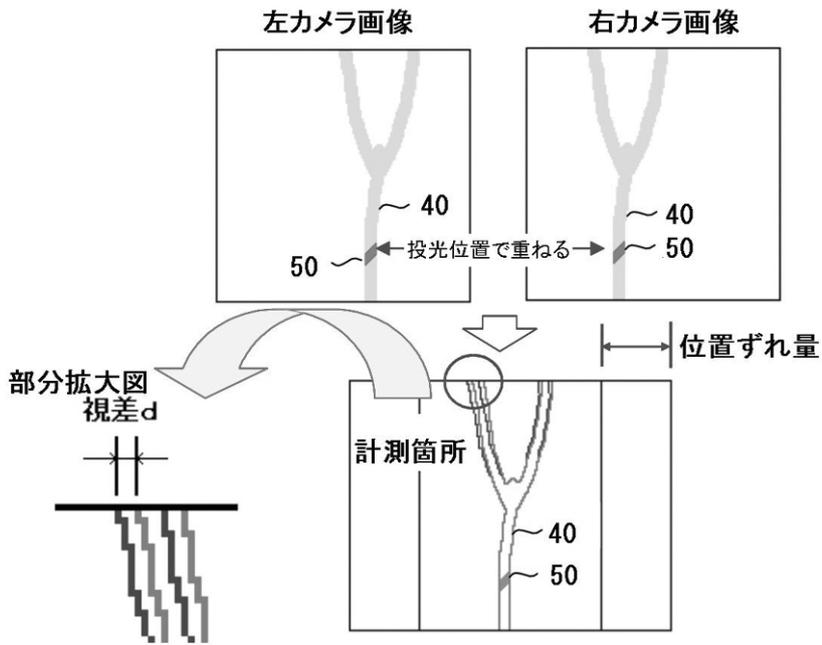
【図10】



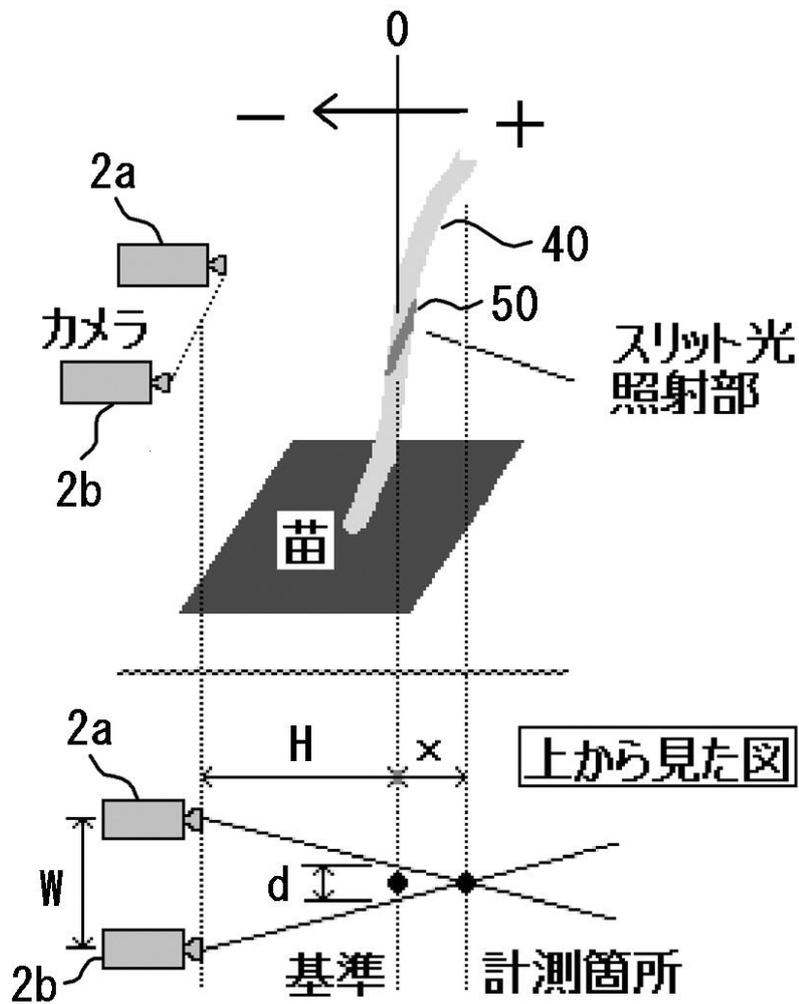
【図11】



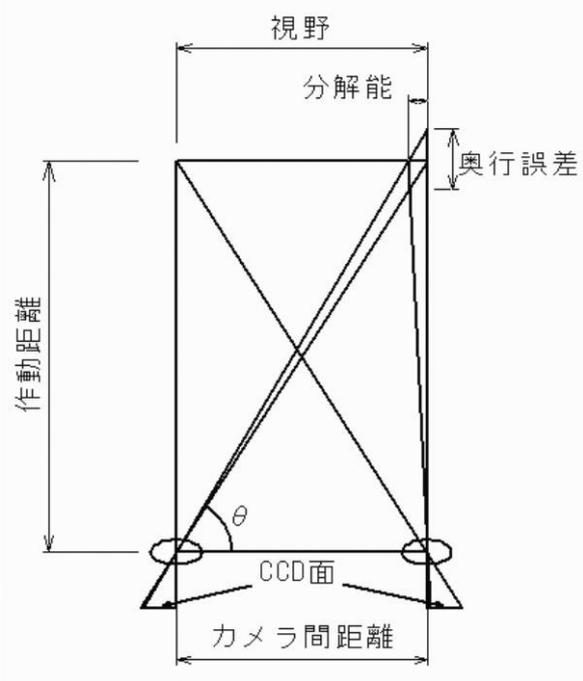
【図12】



【図13】



【 図 1 6 】



【 図 1 7 】

