

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公表特許公報(A)

(11) 特許出願公表番号

特表2009-541778

(P2009-541778A)

(43) 公表日 平成21年11月26日(2009.11.26)

(51) Int.Cl.		F I			テーマコード (参考)
G O 1 B 11/25 (2006.01)		G O 1 B	11/25	H	2 D O 1 5
E O 2 F 9/26 (2006.01)		E O 2 F	9/26	A	2 F O 6 5

審査請求 有 予備審査請求 未請求 (全 22 頁)

(21) 出願番号 特願2009-525512 (P2009-525512) (86) (22) 出願日 平成20年3月26日 (2008.3.26) (85) 翻訳文提出日 平成20年12月18日 (2008.12.18) (86) 国際出願番号 PCT/KR2008/001678 (87) 国際公開番号 W02009/017295 (87) 国際公開日 平成21年2月5日 (2009.2.5) (31) 優先権主張番号 10-2007-0077630 (32) 優先日 平成19年8月2日 (2007.8.2) (33) 優先権主張国 韓国 (KR)	(71) 出願人 505224569 インハ インダストリー パートナーシ プ インスティテュート Inha-Industry Partn ership Institute 大韓民国 402-751 インチョン ナム-グ ヨンヒュン-ドン 253 (74) 代理人 100075258 弁理士 吉田 研二 (74) 代理人 100096976 弁理士 石田 純 (72) 発明者 キム ヨン-スク 大韓民国 ソウル ガンナム-グ デチー ドン ミド アパートメント #208- 304 最終頁に続く
---	--

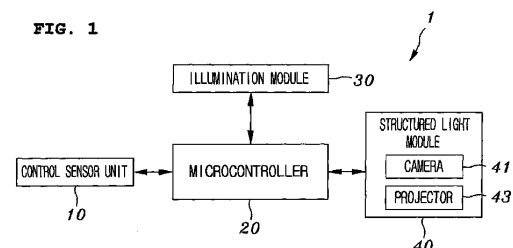
(54) 【発明の名称】 構造光を使用した土工量算出装置及び方法

(57) 【要約】

掘削機のバケットにより掘削された土工量を3D地盤形状イメージを通じて算出することができ、作業が完了した地域に対する最終土工量を正確に算出することができ、リアルタイムな3次元地盤形状イメージにより最適の土工作業計画システムを開発及び活用することができる、構造光を使用した土工量算出装置及び方法を提供する。

この技術的構成は、掘削機アームの各折曲点に具備されて掘削機アームの位置及び屈折角を感知して出力する制御センサー部と、該制御センサー部の出力により掘削機アームの一侧端部に具備されたバケットの作業領域の映像を撮影するように制御信号を出力し、撮影された映像を3次元イメージに変換して土工量を算出するマイクロコントローラーと、前記制御信号により前記作業領域を照査するように光源がオンになる照明モジュールと、前記制御信号により前記作業領域を撮影する構造光モジュールとを含む。

FIG. 1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

掘削機アームの各折曲点に具備されて掘削機アームの位置及び屈折角を感知して出力する制御センサー部、該制御センサー部の出力を使用して掘削機アームの一侧端部に具備されたバケットの作業領域の映像を撮影するように制御信号を出力して、撮影された映像を3次元イメージに変換して土工量を算出するマイクロコントローラー、前記制御信号によって制御され前記作業領域を照査する光源を含む照明モジュール、前記制御信号によって制御され前記作業領域を撮影する構造光モジュールとを含む、構造光を使用した土工量算出装置。

【請求項 2】

前記照明モジュールは、作業領域の距離に応じて光源の集光度を調節することができる焦点調節装置をさらに具備することを特徴とする、請求項 1 に記載の構造光を使用した土工量算出装置。

【請求項 3】

前記焦点調節装置には、前記照明モジュールの光源の集光を調節することができるレンズが具備されることを特徴とする、請求項 2 に記載の構造光を使用した土工量算出装置。

【請求項 4】

前記照明モジュールは、前記作業領域にコード化されたパターンの光を照査することを特徴とする、請求項 2 に記載の構造光を使用した土工量算出装置。

【請求項 5】

前記照明モジュールの光源は、前記作業領域内で太陽光より高い光度を有するランプであることを特徴とする、請求項 1 に記載の構造光を使用した土工量算出装置。

【請求項 6】

前記ランプは、金属ハロゲンランプであることを特徴とする、請求項 5 に記載の構造光を使用した土工量算出装置。

【請求項 7】

前記照明モジュールの光源は、前記作業領域との距離に応じて作業領域内で太陽光より高い光度を維持するために、追加的なランプをさらに具備することを特徴とする、請求項 5 に記載の構造光を使用した土工量算出装置。

【請求項 8】

前記構造光モジュールは、前記作業領域を撮影するカメラを含み、該カメラのシャッタースピードは、 $1/60$ ないし $1/10000$ であることを特徴とする、請求項 1 に記載の構造光を使用した土工量算出装置。

【請求項 9】

前記構造光モジュールは、前記作業領域の撮影周期の間に前記制御センサー部の出力を使用して作業領域の入力を受けて、前記カメラを左右、上下に移動することができるカメラ駆動装置をさらに含むことを特徴とする、請求項 1 に記載の構造光を使用した土工量算出装置。

【請求項 10】

前記カメラ駆動装置は、左右に移動する作業領域にしたがってカメラを左右に移動させることができるパン (Panning) 機能と、上下に移動する作業領域にしたがってカメラを上下に移動させることができるチルト (Tilting) 機能を具備することを特徴とする、請求項 9 に記載の構造光を使用した土工量算出装置。

【請求項 11】

前記カメラは、前記作業領域とカメラとの間の距離に応じて前後に調節することができるズームカメラであることを特徴とする、請求項 1 に記載の構造光を使用した土工量算出装置。

【請求項 12】

掘削機アームの各折曲点に具備された制御センサー部により掘削機アームの相対位置及び屈折角をマイクロコントローラーに出力する第 1 工程、

10

20

30

40

50

前記相対位置及び屈折角により掘削機バケットの３次元位置を算出してバケットの作業領域を撮影するようにカメラ及び照明モジュールを調整する第２工程；

掘削機の掘削が進行するとバケットの作業領域を照査するように照明モジュールをオンにして、構造光モジュールにより作業領域の映像を獲得する第３工程；

獲得した作業領域の映像間の地盤形状を比較して土工量を算出する第４工程を含んでなる構造光を使用した土工量算出方法。

【請求項１３】

前記第２工程のカメラは、作業領域を撮影するように左右、上下に調節できることを特徴とする、請求項１２に記載の構造光を使用した土工量算出方法。

【請求項１４】

前記第２工程のカメラは、作業領域とカメラとの間の距離に応じてズーム（Zoom）できることを特徴とする、請求項１２に記載の構造光を使用した土工量算出方法。

【請求項１５】

前記第２工程の照明モジュールは、作業領域に光が集中するようにレンズを移動させることを特徴とする、請求項１２に記載の構造光を使用した土工量算出方法。

【請求項１６】

コード化されたパターン光である構造光を作業領域に投射するランプを含む照明モジュールと、前記投射されたパターン光の作業領域での反射光を撮影するカメラを含む構造光モジュールと、前記撮影された反射光を使用して作業領域での土工量を算出するマイクロコントローラーとを含む構造光を使用した土工量算出装置。

【請求項１７】

前記ランプは、前記作業領域での光度が太陽光より高い構造光を投射することができるランプであることを特徴とする、請求項１６に記載の構造光を使用した土工量算出装置。

【請求項１８】

前記ランプは、金属ハロゲンランプであることを特徴とする、請求項１７に記載の構造光を使用した土工量算出装置。

【請求項１９】

前記照明モジュールは、前記作業領域の距離に応じて光源の集光度を調節することができる焦点調節装置をさらに具備することを特徴とする、請求項１６に記載の構造光を使用した土工量算出装置。

【請求項２０】

前記作業領域の位置を把握するために掘削機アームの各折曲点に具備されて掘削機アームの位置及び屈折角を感知して出力する制御センサー部をさらに含み、前記マイクロコントローラーでは前記制御センサー部の出力を使用して前記作業領域の位置を算出することを特徴とする、請求項１６に記載の構造光を使用した土工量算出装置。

【請求項２１】

前記構造光モジュールのカメラのシャッタースピードは、 $1/60$ ないし $1/1000$ であることを特徴とする、請求項１６に記載の構造光を使用した土工量算出装置。

【請求項２２】

前記構造光モジュールは、前記作業領域の位置に応じて前記カメラを左右、上下に移動することができるカメラ駆動装置をさらに含むことを特徴とする、請求項１６に記載の構造光を使用した土工量算出装置。

【請求項２３】

前記照明モジュールは、前記作業領域との距離に応じて追加的なランプをさらに含むことを特徴とする、請求項１６に記載の構造光を使用した土工量算出装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【０００１】

本発明は、土工量算出装置及び方法に関するもので、詳細には、掘削機を使用して掘削作業を行ないながらリアルタイムで土工量を算出する、土工量算出装置及びその方法に関

10

20

30

40

50

するものである。

【背景技術】

【0002】

一般的に、建設工事の土工作業は、掘削機を使用して掘削作業を計画して、測量杭を設置して掘削位置を選定して、掘削作業を遂行してから測量杭の再設置が要求されない場合には掘削作業を進行して、計画されたレベルに到達すれば掘削作業による土砂を運ぶトラック数をチェックして、これを通じて最終的な土工量を算出することができるようになる。

【0003】

そして、土量配分及び運搬計画は、設計者の経験的な判断によって立案されて装備運転手が土工作業を遂行して、工事現場に投入された測量技師が杭を挿入して作業範囲を指定して、これを基準に装備運転手が掘削作業を進行する方式であり、労働人力に全面的に依存していた。

【0004】

また、土工作業に必要な掘削機、グレーダー（Grader）などの建設装備の部品の機能、大きさ、盛土力などのハードウェア的な発展は持続的になされてきたが、土工量算出などのソフトウェア的な発展においては、単純演算を直観的に任意に使用して、土工量算出の場合には、土砂運搬トラック数にトラックの容量を単純に掛け算する方法が使用されている。

【0005】

例えば、1トントラック6台が掘削した土を積んで出発した場合には、 $1 \text{ トン} \times 6 = 6 \text{ トン}$ の土工量を算出する方法が使用される。

【0006】

しかし、従来の土砂運搬トラックに積載される土砂量はいつも一定ではなく、掘削機運転手の作業熟練度によって土砂量が変わり得、算出方式において正確性及び信頼度が低下し、それによって作業の効率性が減少するなどの問題点があった。

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

本発明は、上述した問題点を解決するために案出されたもので、掘削機のバケットにより掘削された土工量をリアルタイムで認識して、3D地盤形状イメージを通じて算出することができる、構造光を使用した土工量算出装置及び方法を提供することを目的とする。

【0008】

本発明の他の目的は、作業が完了した領域に対する最終土工量を正確に算出することができる、構造光を使用した土工量算出装置及び方法を提供することを目的とする。

【0009】

本発明の他の目的は、リアルタイム3次元地盤形状イメージにより最適な土工作業計画システムを開発及び活用することができる、構造光を使用した土工量算出装置及び方法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】

【0010】

上述の目的を達成するために本発明は、コード化されたパターン光である構造光を作業領域に投射するランプを含む照明モジュール、前記投射されたパターン光の作業領域での反射光を撮影するカメラを含む構造光モジュール、前記撮影された反射光を使用して作業領域での土工量を算出するマイクロコントローラーを含む。

【0011】

上述した目的を達成するために本発明は、掘削機アームの各折曲点に具備されて掘削機アームの位置及び屈折角を感知して出力する制御センサー部、該制御センサー部の出力により掘削機アームの一側端部に具備されたバケットの作業領域の映像を撮影するように制御信号を出力して、撮影された映像を3次元イメージに変換して土工量を算出するマイク

10

20

30

40

50

ロコントローラー、前記制御信号により前記作業領域を照査するように光源がオン（On）になる照明モジュール、前記制御信号により前記作業領域を撮影する構造光モジュールを含む。

【0012】

そして、前記照明モジュールは、作業領域の距離に応じて光源の集光度を調節することができる焦点調節装置をさらに具備することを特徴とする。

【0013】

併せて、前記焦点調節装置は、前記照明モジュールの光源の集光を調節することができるレンズを具備することを特徴とする。

【0014】

ここで、前記レンズは、光源の集光を調節するように移動可能であることを特徴とする。

【0015】

ここで、前記照明モジュールの光源は、太陽光より光度が高いランプであることを特徴とする。

【0016】

そして、前記ランプは、金属ハロゲンランプであることを特徴とする。

【0017】

併せて、前記照明モジュールの光源は、太陽光より光度が高くなるように多数個のランプをさらに具備することを特徴とする。

【0018】

また、前記光源の光度は、前記ランプ数に線形的に比例することを特徴とする。

【0019】

そして、前記構造光モジュールは、前記作業領域の撮影周期の間に前記制御センサー部の出力を使用して、作業領域の入力を受けて前記カメラを左右、上下に移動することができるカメラ駆動装置をさらに含むことを特徴とする。

【0020】

ここで、前記カメラ駆動装置は、左右に移動する作業領域にしたがってカメラを左右に移動させることができるPan（Panning）機能と、上下に移動する作業領域にしたがってカメラを上下に移動させることができるチルト（Tilting）機能を具備することを特徴とする。

【0021】

ここで、前記カメラは、前記作業領域とカメラとの間の距離に応じて前後に調節することができるズームカメラであることを特徴とする。

【0022】

一方、掘削機アームの各折曲点に具備された制御センサー部により掘削機アームの相対位置及び屈折角をマイクロコントローラーに出力する第1工程、前記相対位置及び屈折角により掘削機バケットの3次元位置を算出して、バケットの作業領域を撮影するカメラ及び照明モジュールを調整する第2工程、掘削機の掘削が進行されるとバケットの作業領域を照査するように照明モジュールをオンにして構造光モジュールにより作業領域の映像を獲得する第3工程、獲得された作業領域の映像間の地盤形状を比較して土工量を算出する第4工程とを含んで成り立つ。

【発明の効果】

【0023】

前記のような構成を有する本発明は、建設工事現場の掘削機による掘削作業に対する正確な測定が可能であり、最終土工量を3次元地盤形状イメージにより正確に抽出することができ、最適の土工作业計画を立案することができる。さらに、土質特性を考慮した作業指示及び自律走行による掘削ロボットの自動制御、斜面角度及び運転方向に応じた走行速度制御が可能になり、安全な作業環境をつくることができ、建設産業に対するイメージを向上させることができ、測量過程を代替することができて施工管理業務の効率性を向上さ

10

20

30

40

50

せることができるなどの効果を得ることができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0024】

以下、本発明による実施例を添付した例示図面を参照しながら詳細に説明する。

【0025】

図1は、本発明による構造光を使用した土工量算出装置を概略的に図示したブロック構成図で、図2は本発明による構造光を使用した土工量算出方法を概略的に図示した流れ図である。

【0026】

図面に図示しているように、本発明による構造光を使用した土工量算出装置1は、制御センサー部10とマイクロコントローラー20と照明モジュール30と構造光モジュール40とを含んで成り立つ。

【0027】

ここで、前記構造光を使用した土工量算出装置1は、掘削機に具備され、掘土された土工量を算出するようにリアルタイムで地盤形状を撮影して、これを3D地盤形状イメージに変換させて、以前の3D地盤形状イメージと現在の3D地盤形状イメージの比較後、土工量を算出する。

【0028】

そして、制御センサー部10は、掘削機のアームの節点に具備され、アームの移動及び屈折角などを感知して、それによって掘削機アームの一側端部に具備されたバケット（B u c k e t）の位置を把握できるように、各節点の屈折角及び位置をリアルタイムで感知して、掘削機アームの各節点の屈折角及び位置データを前記マイクロコントローラー20に伝送する。

【0029】

ここで、制御センサー部10は、一定周期をもって前記屈折角及び位置データを感知するようにすることが好ましく、例えばマイクロコントローラー20により約0.5秒単位のパルスまたはPWM信号を使用して周期的にデータをアップデートするようにする。

【0030】

前記アップデートされた屈折角及び位置データを、掘土作業が始まらない場合は臨時的に保存して、掘土作業が始まった場合にはマイクロコントローラー20の制御に反映させて、照明モジュール30及び構造光モジュール40を駆動することが、好ましい。

【0031】

ここで、構造光モジュール40及び照明モジュール30は、掘土作業が始まる場合に掘土作業が開始される作業領域を撮影して、光源を通じて作業領域に光を照査しなければならないので、前記屈折角及び位置データを通じて算出されたバケットの現在位置及びバケットが作業する領域を撮影して、光源から作業領域に光を照査するように制御することが好ましい。

【0032】

マイクロコントローラー20は、前記制御センサー部10から入力された感知データと、現在のデータと以前のデータの比較結果と、3Dイメージを保存することができるRAMと、制御プログラムが入力されるROMと、制御プログラム及びデータを使用して各構成要素を制御して、3Dイメージ分析を通じて土工量を算出することができるCPUを内蔵したコントローラーを含むことが好ましい。

【0033】

そして、マイクロコントローラー20は、前記制御センサー部10から入力された掘削機アームの各節点の位置及び屈折角の入力を受けて、以前のデータと比較して掘削機アーム端部に位置したバケット（B u c k e t）の現在の位置を把握し、バケットが掘土している作業領域のイメージを撮影するように照明モジュール30と構造光モジュール40を制御する。

【0034】

10

20

30

40

50

前記マイクロコントローラ 20 は、前記照明モジュール 30 と構造光モジュール 40 と制御センサー部 10 とのデータ送信・受信が可能な位置である中心部に位置することが好ましく、前記位置は掘削機の構造によって変更され得る。

【0035】

照明モジュール 30 は、前記マイクロコントローラ 20 により掘削機アームの位置及び屈折角を通じて算出したバケット (Bucket) の位置が掘削作業をする位置である場合には、バケットが作業する領域を構造光モジュール 40 が撮影するように、前記構造光モジュール 40 が駆動する前に駆動 (Turn On) するように構造光モジュール 40 を制御する。

【0036】

ここで、照明モジュール 30 は、前記マイクロコントローラ 20 により掘削機アームの位置及び屈折角を通じて算出したバケット (Bucket) の位置及びバケットが作業する領域を照らすように移動及び回転することが好ましい。

【0037】

そして、照明モジュール 30 とバケットが作業する領域の距離が、光源が到達することができる距離を超過する場合には、前記照明モジュール 30 の光源を集中 (Focusing) させることができる光学系を使用するが、前記光学系を作動させることで光源が到達することができる距離を調節することができ、これを使用して作業する領域の距離が変わるときに光源が到達することができる距離を調節することができる。

【0038】

構造光モジュール (Structured Light Module) 40 は、カメラ 41 とプロジェクター 43 を含んでなりたち、前記カメラ 41 とプロジェクター 43 は、前記マイクロコントローラ 20 に入力された掘削機アームの位置及び屈折角を通じて算出された作業領域を撮影するように移動する。

【0039】

ここで、プロジェクター 43 は、コード化されたパターンが含まれた光を撮影客体である作業領域を照らし、作業領域表面の一点に対する 3 次元位置情報は、プロジェクター 43 の光と、カメラ 41 の点を一致させることにより得られる。

【0040】

そのため、多数の線を投映させてデータ収集速度を増加させて、そのためにコード化されたパターンを使用して、それによって対応点の正確度を増加させることができる。

【0041】

また、前記マイクロコントローラ 20 の制御により作業領域を照らすようにカメラ 41 を調整するが、左右調節 (Panning)、上下調節 (Tilting)、前後調節 (Zooming) などを掘削作業の前に遂行して正確な作業領域を撮影するように駆動する。

【0042】

そのために、カメラ 41 を左右調節、上下調節することができるカメラ駆動装置をさらに含むことが好ましく、前後調節であるズーム (Zoom) 機能を有するカメラ 41 を具備することが好ましい。

【0043】

したがって、構造光モジュール 40 は、3D イメージで作業領域を撮影し、それをマイクロコントローラ 20 に伝送して、マイクロコントローラ 20 は、以前の 3D イメージと現在の 3D イメージを比較して、地盤形状による土工量がどの程度になるのかを算出することができるようになる。

【0044】

以下、本発明による構造光を使用した土工量算出方法を説明する。

【0045】

まず、制御センサー部 10 により掘削機アームの相対的位置と屈折角度をマイクロコントローラ 20 に伝送する (S10)。

10

20

30

40

50

【0046】

ここで、相対的位置と屈折角度というのは、制御センサー部10は一定周期で感知データを送るので、以前の感知データと現在の感知データの比較を通じて算出された、相対的な掘削機アームの位置と屈折角度を意味する。

【0047】

また、マイクロコントローラー20は、掘削機アームの相対的位置及び屈折角度により掘削機のバケットの3次元位置を算出する(S20)。

【0048】

ここで、3次元位置の算出で掘削作業進行の有無を確認するが(S30)、算出された3次元位置が掘削作業が進行するバケットの位置であると判明した場合には、作業領域を撮影するために照明モジュール30をターンオン(Turn On)させて、照明モジュール30により充分に明るくなった作業領域に構造光モジュール40により作業領域を撮影する(S51)。

10

【0049】

ここで、作業領域を撮影するために、掘削作業が進行される前に構造光モジュール40にマイクロコントローラー20から感知データを送り、それによって構造光モジュール40が作業領域を撮影するように、カメラ駆動装置を使用したカメラ41の左右、上下調節(Panning, Tilting)と、ズームカメラを使用した焦点調節(Zoom)を完了させて、照明モジュール30をターンオン(Turn On)させて、光学系を使用した光源の照査距離調節のための光源の集光度調節を完了させることが前提とされる。

20

【0050】

また、構造光モジュール40は、作業領域を撮影したデータをマイクロコントローラー20に送り(S53)、これはマイクロコントローラー20により3D地盤形状イメージに変換される(S61)。

【0051】

そして、以前の3D地盤形状イメージと現在の3D地盤形状イメージを比較する(S63)。以前のイメージというのは、1回目の掘削作業が開始される前のイメージを意味し、現在の3Dイメージというのは、1回目の掘削作業が開始されてからのイメージを意味し、すなわち現在撮影したイメージが3回目の掘削作業のイメージなら、以前のイメージは2回目の掘削作業のイメージを意味する。

30

【0052】

したがって、1回の掘削作業による土工量を算出することができ、掘削作業が終わる時までの土工量を算出して、これを合算すれば、作業した全体土工量及び地盤形状を知ることができるようになる。

【0053】

そして、掘削作業が終わる作業完了状況の場合には、前記過程を終了させる(S70)。

【0054】

ここで、前記工程(S30)で掘削作業が進行されない場合、継続的に制御センサー部10によりデータを感知及びアップデートする工程(S10、S20)を繰り返す。

40

【0055】

また、前記工程(S70)で掘削作業が終わらなかった場合、継続的に各土工量を算出するように前記工程(S10)に回帰して本発明による駆動過程を繰り返すようにする。

【0056】

図3は、本発明による構造光を使用した土工量算出装置の照明モジュールを概略的に図示した図で、図4は本発明による構造光を使用した土工量算出装置の照明モジュールの実施例を概略的に図示した図である。

【0057】

図面で図示しているように、照明モジュール30は、掘削機の操縦席上部面に位置して作業領域を照らすように具備することが好ましい。

50

【0058】

そして、前記照明モジュール30とバケットとの間の距離（ w ）または照明モジュール30と作業領域との間の距離（ w' ）を調整することができる。

【0059】

ここで、構造光モジュール40のプロジェクター43から投射される光をカメラ41が認識することができる程度でなければならないが、室外で作業する掘削機の場合には太陽光より明るい光源を設置しなければならない。

【0060】

したがって、太陽光より明るい光源を設置するための方法の一つは、金属ハロゲン照明を使用することだが、例えば、初期光量は平均3000 [lm]、彩度は太陽光の約2倍の7000 [K]、電力源は直流350 [W]を使用することが好ましい。

10

【0061】

他の方法は、金属ハロゲンを多数個具備したりまたは太陽光より明るい照明を駆動させることができるように照明を多数個具備することであるが、明るさは照明個数に線形的（Linear）に増加する。

【0062】

また他の方法は、照明モジュール30と作業領域間の距離が遠い場合に、明るさを増加させるためにすなわち、測定距離を増加させることができるように照明を集中させる光学系を使用することである。

【0063】

ここで、照明の明るさは、距離に反比例するので、焦点調節装置のようなレンズを使用して光を集中させて、レンズを移動させて光が照らす領域及び距離を変更させることができる。

20

【0064】

図5は、本発明による構造光を使用した土工量算出装置の構造光モジュールを概略的に図示した図で、図6は本発明による構造光を使用した土工量算出装置の構造光モジュールの幾何構造を概略的に図示した図であり、図7は本発明による構造光を使用した土工量算出装置の構造光モジュール駆動周期を概略的に図示した図である。

【0065】

図面で図示しているように、構造光モジュール40は、カメラ41とプロジェクター43を含んで成り立つ。

30

【0066】

ここで、土工作业中にリアルタイムで変化する地盤形状の認識のためには、構造光（Structured Light）方式を使用する。

【0067】

構造光（Structured Light）方式というのは、プロジェクター43を通じて一定規則のパターンが含まれた光を3次元で復元しようとする客体に投映して、これをカメラ41で撮影した後、その映像を使用して対応関係を算出して、それによって3次元イメージ映像を獲得する方式である。

【0068】

また、構造光モジュール40は、コード化されたパターンが含まれた光を投射するプロジェクター43と、これによるイメージを撮影するカメラ41で構成され、プロジェクター43で投射された面1は、表面の特徴を反映する曲線Lの表面を横断する。

40

【0069】

そして、曲線Lとプロジェクター43の中心Pは、光平面である光面を形成して、曲線上の一点は、測定された点としてカメラ41面に表現され、撮影客体表面の一点に対する3次元位置情報は、光面とカメラ41平面上に投影された点を一致させることにより決定される。

【0070】

したがって、完全な3次元イメージを得るためには、1回に多数の線を投射するのが必

50

須であり、そのためにはプロジェクター４３から投射された光にコード化されたパターンを含むことが求められる。

【００７１】

一方、土木工事の掘削作業時、変化するリアルタイムの地盤形状を獲得するための技術具現の前提条件は、１回の掘削作業が行なわれる平均１５秒以内に、迅速に３次元形状イメージが具現されなければならないということである。

【００７２】

ここで、構造光モジュール４０を通じて映像を得て、これを分析して３次元地盤形状イメージを具現するのに、約５秒未満が必要となり、１回の掘削作業時間の平均１０～１５秒に比べて十分に短い時間であり、これを通じてリアルタイムの変化形状は、適用可能である。

10

【００７３】

そして、地盤形状撮影中、作業または移動による震動が発生した場合には、カメラ４１の〔ms〕単位のシャッタースピード（Shutter Speed）を使用して瞬間的に撮影及び映像を獲得するので、装備の震動による不正確な映像獲得の影響を受けない。

【００７４】

併せて、カメラ４１の前後調節（Zooming）及び焦点調節（Focusing）をカメラ４１に適用して、作業領域である地盤形状までの距離に応じて適切に前後に調節して、掘削される位置の変更によるカメラ４１の位置調節のために、左右調節（Panning）、上下調節（Tilting）などを適用する。

20

【００７５】

本発明の実施例では、左右調節、上下調節装置では、１秒当たり５００mm、左右・上下に移動する装置を使用する。

【００７６】

本発明の実施例では、カメラ４１のシャッタースピードを、 $1/60 \sim 1/10000$ 〔秒〕に設定して、 $60\text{Hz} \sim 10\text{KHz}$ の震動にも影響を受けないで映像を獲得することが好ましい。

【００７７】

以下、本発明の実施例による作動過程を説明する。

【００７８】

まず、作業領域が掘削機のバケットにより掘土され撮影が終わった後には、再度バケットにより掘土作業が行なわれる前までは、映像獲得の必要がなく、これによって掘削された土がトラックに積載される作業まで、カメラ４１は持続的にバケットの目標位置にしたがって作業領域を撮影するために、制御センサー部１０からのバケットの作業領域に対するデータをマイクロコントローラー２０から受信して、これを構造光モジュール４０に伝達して正確にカメラ４１の位置調整が可能になるようにカメラ駆動装置を駆動する。

30

【００７９】

これによって、カメラ駆動装置は、カメラ４１が左右調節（Panning）、上下調節（Tilting）が可能になる。

【００８０】

そして、カメラ４１と撮影する作業領域との間の距離が一定距離を超過するまたは一定距離未満であるため、光源の光が正確な領域を照らすことができない場合には、光を集中させるレンズのような光学系を使用して焦点調節（Focusing）ができるようにする。

40

【００８１】

併せて、前記カメラ４１をズームカメラで具備して被写体を瞬間的にズームできるようにする。例えば、カメラ駆動装置で被写体の移動にしたがって左右調節、上下調節を終えてから、ズーム機能を駆動させてさらに正確な領域を撮影するようにする。

【００８２】

そして、土を運搬トラックに積載する間に前記カメラ駆動装置、ズームカメラ、光学系

50

を使用した焦点調節などの各調節過程を完了して、掘削が進行されると、また地盤形状を撮影する。

【0083】

すなわち、掘削が進行される部分にしたがって、掘削が進行される前に、照明モジュール30と構造光モジュール40の位置を調節して、被写体の焦点まで合わせてから掘削が進行されるとその作業領域を撮影できるように準備するのである。

【0084】

ここで、左右調節（Panning）というのは、被写体が画面上で左から右に移動する時、被写体をカメラファインダーで左から右についていきながら撮影することで、上下調節（Tilting）は左右調節と同様であるが方向のみ異なり、前後調節（Zooming）は撮影する瞬間、レンズが前後に動くズームを駆動させることで、前記すべての調節を通じて作業領域を正確に撮影可能になる。

10

【0085】

図8は、本発明による構造光を使用した土工量算出装置が配置された実施例を図示した図である。図面で図示しているように、本発明による構造光を使用した土工量算出装置1は、室外作業の場合、太陽光より明るい光源を使用して、特定距離を超過する測定距離の被写体に対する映像に対する信頼度が高くなければならない。

【0086】

そのために、構造光モジュール40を掘削機の操縦席上部面に設置して、掘削作業によって変化する地盤形状をリアルタイムで認識及び獲得するようにするために、制御センサー部10と照明モジュール30とマイクロコントローラー20を含んで設置する。

20

【0087】

そして、構造光モジュール40のズームカメラを使用して測定距離の限界を克服することが好ましく、ズーム時点及び程度に対する情報を得るために正確な掘削位置に対する時間情報及び距離情報などを制御センサー部10からマイクロコントローラー20を通じて送信を受ける。

【0088】

ここで、掘削機の各節点に制御センサー部10の各制御センサーを付着して、掘削機アームのリアルタイム位置及び屈折角度に対する情報を得て、これを基にリアルタイム測定値を、作業領域の位置把握に使用する。

30

【0089】

併せて、太陽光よりさらに明るいハロゲンのような照明が求められるので、制御センサー部10から提供される情報を基に、バケットの作業位置を把握して、目標作業領域に対して照明を集中させる（Focusing）光学系を使用する。

【0090】

そして、リアルタイム3次元地盤形状イメージデータの比較を通じて土工量を算出するのに、掘削機のバケットが地盤の土を掘り出す度に、掘削機の操縦席上部面に設置された構造光モジュール40が、変化する地盤形状を毎回撮影して、撮影された地盤形状をイメージに変換して、掘削作業が進行するごとに獲得された3次元地盤形状イメージの比較を通じて変化した地形のレベル及び体積を計算して、掘削された土工量を自動で算出することができる。

40

【0091】

そのために、掘削機アームの各折曲点に設置された制御センサーから各節点の屈折角度及び相対位置情報の提供を受けて最終的にバケットの3次元位置を計算して、光源の集光（Focusing）、カメラ41の左右調節（Panning）、上下調節（Tilting）、前後調節（Zoom）後に撮影する。

【0092】

そして、3次元モデルを構成して、リアルタイムで変化する地盤形状イメージを具現して、地盤形状イメージの比較を通じて土工量を算出する。

【0093】

50

本発明は、土工作業遂行中、変化する地盤形状をリアルタイム３次元形状にモデリングして、計画設計図面及びリアルタイムに獲得された地盤形状イメージを比較した結果を検討することで、土工作業量及び進捗度などを推論することができる。これを応用して土工自動化分野で活用することができ、建設工事分野でも応用可能な基盤技術である。

【００９４】

そして、リアルタイムの変化形状と計画図面を比較して作業領域及び作業進度に対する正確な情報を提供することができる。これによって作業中に発生し得る誤差を最小化させて作業の容易性を増加させ、多数の掘削ロボットを少数の作業者が制御することができて作業の効率性を最大化して、ごみ埋め立て地や非武装地帯など危険地域での事故を未然に防止することができる。また、３次元空間マッピング技術に適用することができ、作業者の安全を確保して、生産性増大に寄与することができる。

10

【００９５】

言い換えれば、建設工事で掘削機による掘削作業が進行される作業領域は、施工状況によって持続的に変化し、非定型（Amorphous）地盤形状である作業領域を周期的にマッピングして計画図面をマッピングしたイメージと比較検討することで、土工作業量を正確に抽出することができ、これを基に掘削機の最適土工作業計画を立案することができる知能型作業量管理システムを開発することができる。

【００９６】

以上では、本発明の好ましい実施例を例示的に説明したが、本発明の範囲はこのような特定実施例にのみ限定されず、該当の分野で通常の知識を有した者なら本発明の特許請求範囲内に記載した範疇内で適切な変更が可能だろう。

20

【産業上の利用可能性】

【００９７】

本発明は、リアルタイムで土工量を算出することができるようにすることによって、施工管理の効率性を高めて作業効率が向上する産業上の効果がある。

【図面の簡単な説明】

【００９８】

【図１】本発明による構造光を使用した土工量算出装置を概略的に図示したブロック構成図である。

【図２】本発明による構造光を使用した土工量算出方法を概略的に図示した流れ図である。

30

【図３】本発明による構造光を使用した土工量算出装置の照明モジュールを概略的に図示した図である。

【図４】本発明による構造光を使用した土工量算出装置の照明モジュールの実施例を概略的に図示した図である。

【図５】本発明による構造光を使用した土工量算出装置の構造光モジュールを概略的に図示した図である。

【図６】本発明による構造光を使用した土工量算出装置の構造光モジュールの幾何学的構造を概略的に図示した図である。

【図７】本発明による構造光を使用した土工量算出装置の構造光モジュール駆動周期を概略的に図示した図である。

40

【図８】本発明による構造光を使用した土工量算出装置が配置された実施例を図示した図である。

【符号の説明】

【００９９】

１：構造光を使用した土工量算出装置

１０：制御センサー部

２０：マイクロコントローラー

３０：照明モジュール

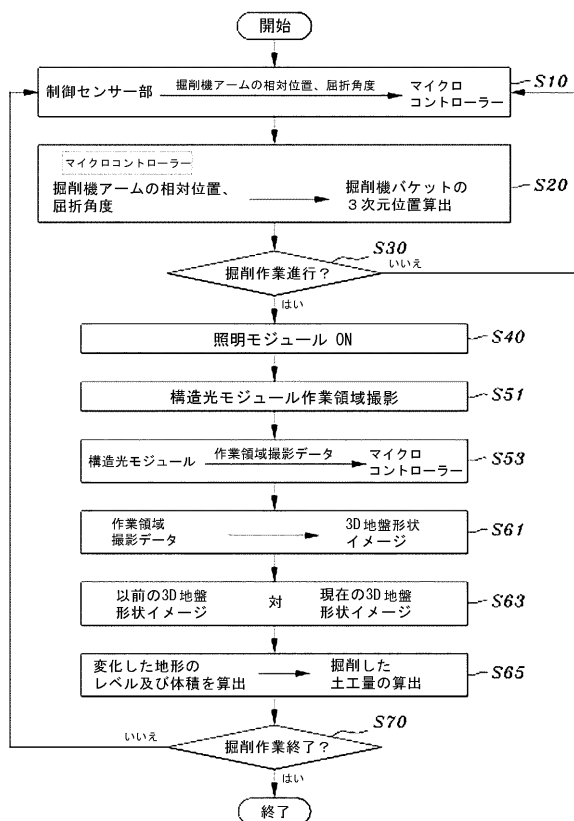
４０：構造光モジュール

50

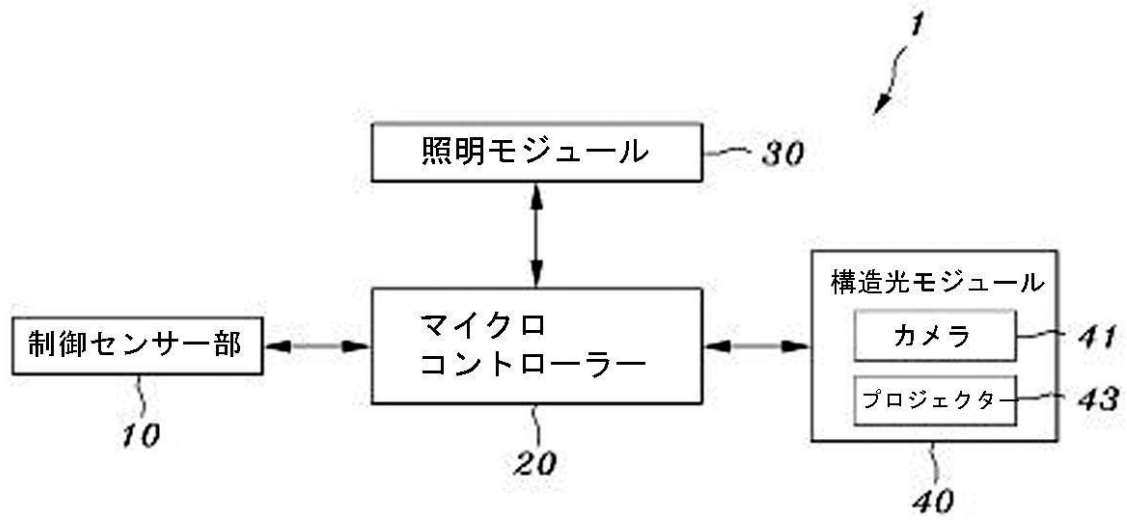
41 : カメラ

43 : プロジェクター

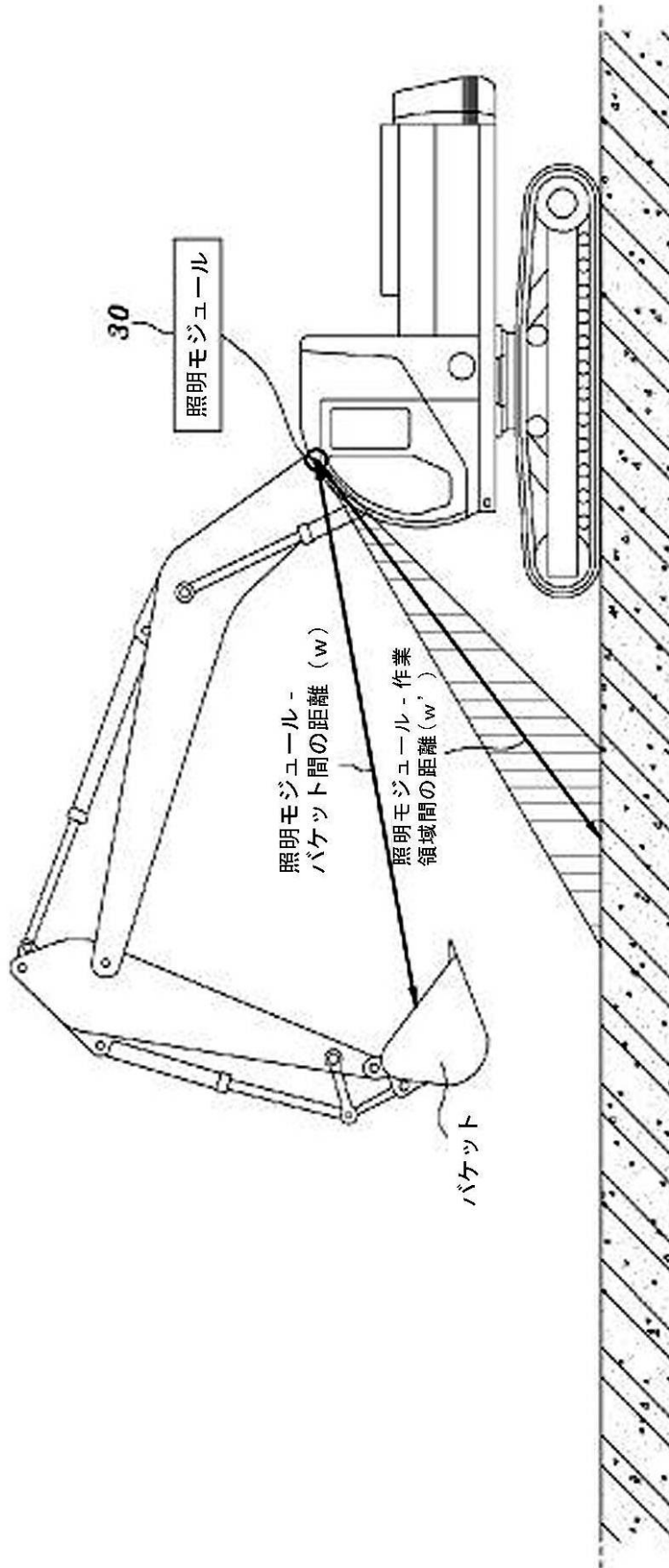
【図 2】



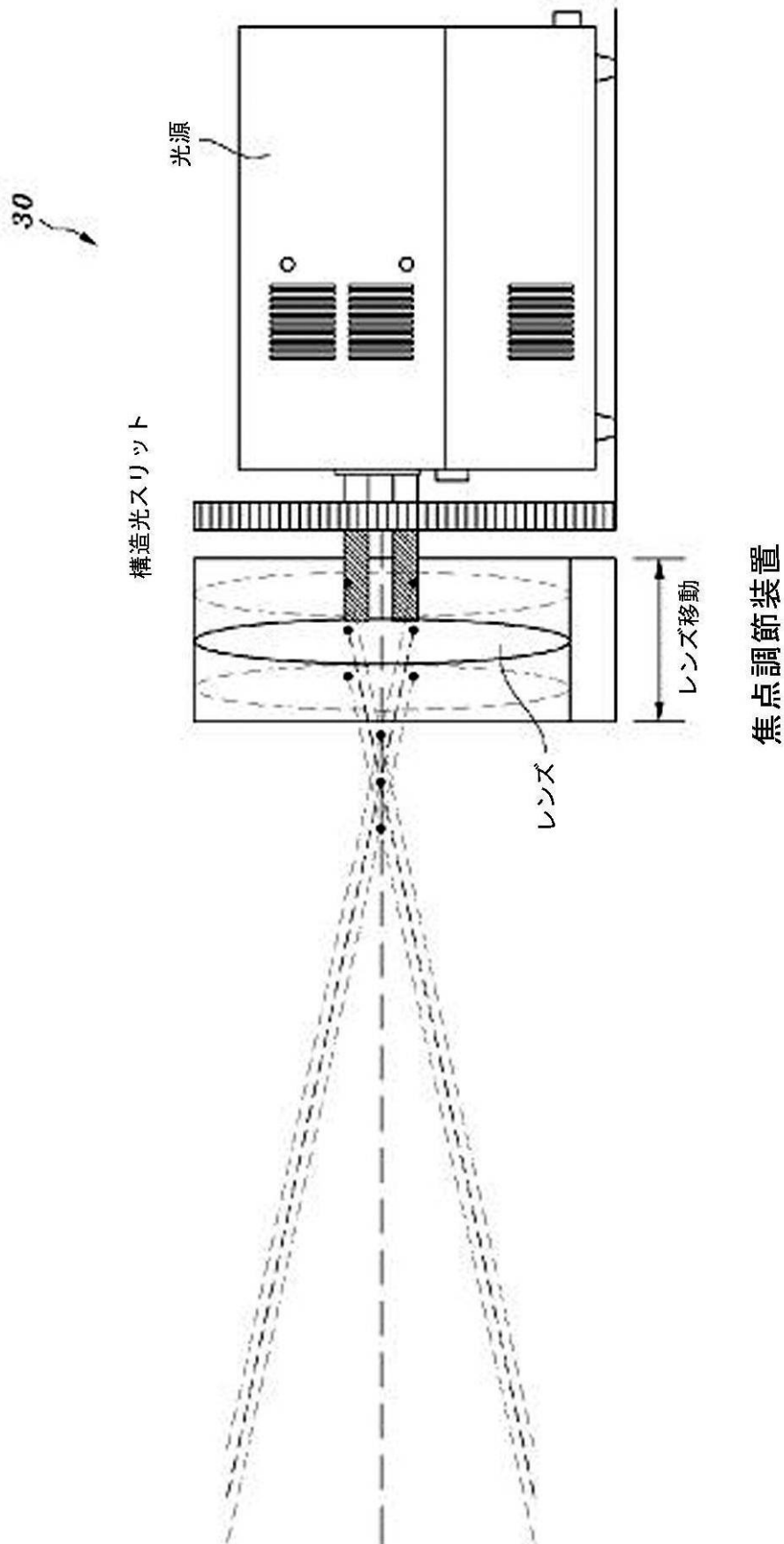
【図 1】



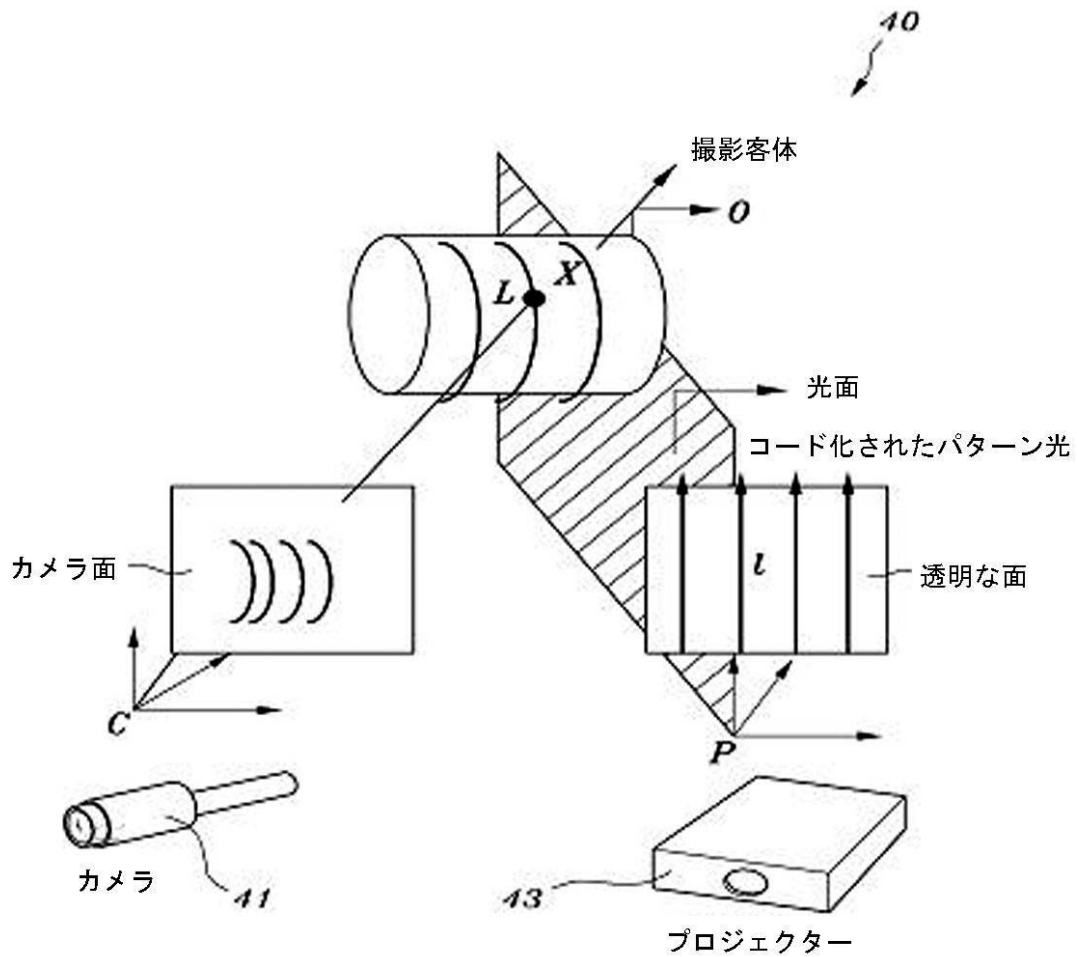
【図 3】



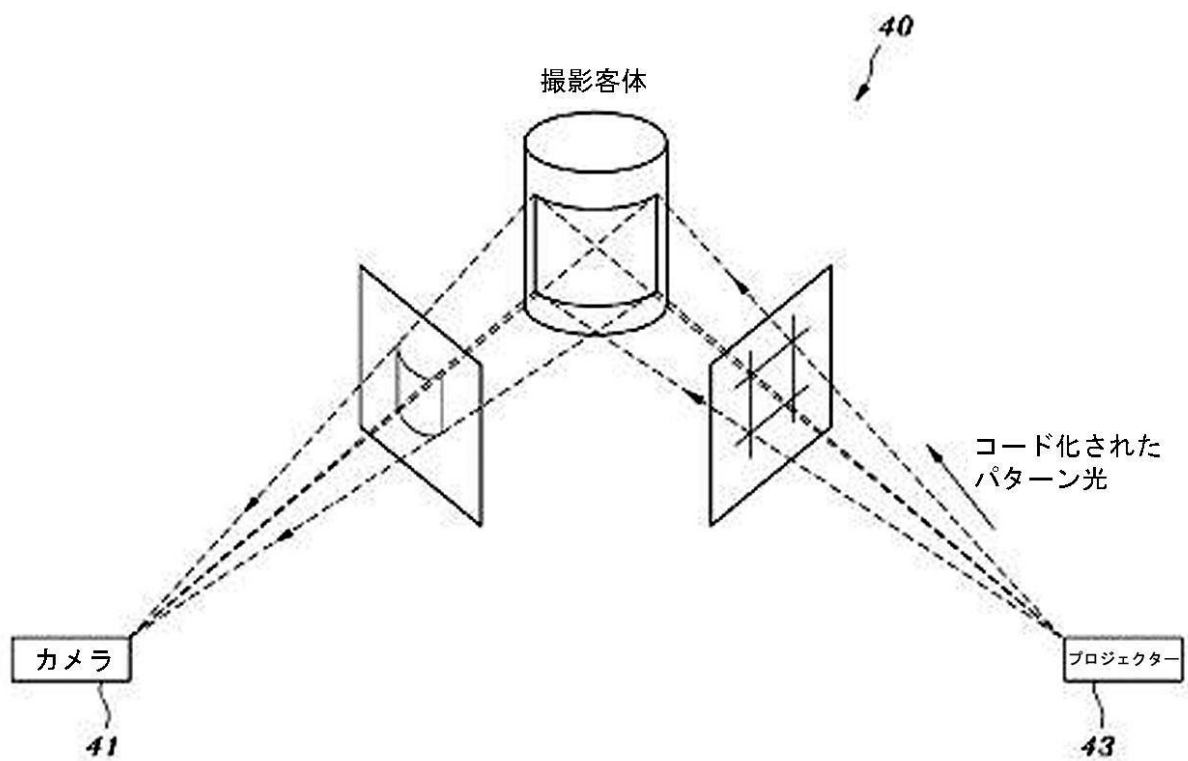
【図 4】



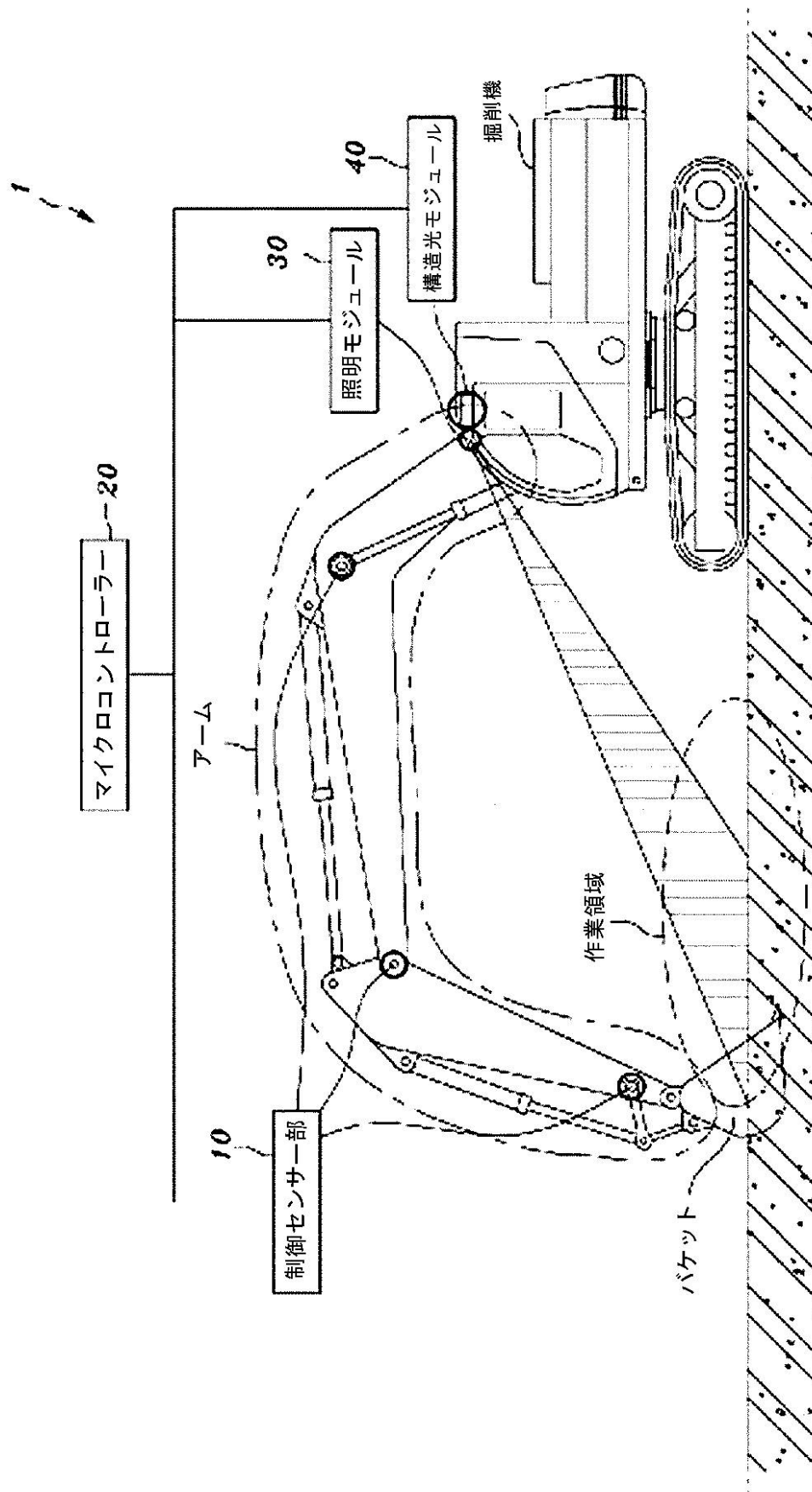
【図 5】



【図 6】



【図 8】



【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International application No. PCT/KR2008/001678
A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER		
<i>G01B 11/24(2006.01)i</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) IPC 8 E02F 3/32, B65G 67/60, G06T 15/00		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Korean Utility models and applications for Utility Models : IPC as above Japanese Utility models and applications for Utility Models : IPC as above		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) eKIPASS(KIPO internal)&keywords : excavator, angle of reflection, controller, light source, earth-moving volume		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	KR 10-1999-0079413 A (LEE, YONG BOK) 05 November 1999 See claim 1 and fig. 1	1-23
Y	JP 09-267926 A (KAWASAKI STEEL CORP) 14 October 1997 See abstract and fig. 1	1-23
Y	KR 10-2005-0041524 A (NANOPICTURES CO., LTD. et al.) 05 May 2005 See abstract and fig. 2	4, 16-23
A	KR 10-1993-0018106 A (SAMSUNG HEAVY INDUSTRIES CO., LTD.) 21 September 1993 See abstract	1-23
☐ 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 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 13 JUNE 2008 (13.06.2008)		Date of mailing of the international search report 13 JUNE 2008 (13.06.2008)
Name and mailing address of the ISA/KR  Korean Intellectual Property Office Government Complex-Daejeon, 139 Seonsa-ro, Seo-gu, Daejeon 302-701, Republic of Korea Facsimile No. 82-42-472-7140		Authorized officer LEE, TAEK SANG Telephone No. 82-42-481-5492 

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No.

PCT/KR2008/001678

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
KR 10-1999-0079413 A	05.11.1999	KR 10-0250676 B1	01.04.2000
JP 09-267926 A	14.10.1997	NONE	
KR 10-2005-0041524 A	04.05.2005	US 2005-116952A 1	02.06.2005
KR 10-1993-0018106 A	21.09.1993	NONE	

フロントページの続き

(81)指定国 AP(BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), EP(AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, 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, JP, KE, KG, KM, KN, KP, 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, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW

(72)発明者 ハン スノーウ

大韓民国 ソウル ドンジャクグ ノリャンジンードン ハンガンハイツ ヴィラ #5-B102

(72)発明者 オウ セーウーク

大韓民国 インチョン イェオンスーグ セオンハクードン ヘーヨンムジゲ アパートメント #201-203

(72)発明者 アン ジースン

大韓民国 ソウル ヨンサンーグ ドウォンードン ドウォンサムスン アパートメント #104-901

(72)発明者 ユ ブンーイン

大韓民国 ソウル グムチョンーグ シフンー4ドン 835-1

Fターム(参考) 2D015 HA03 HB05

2F065 AA59 BB05 CC00 DD06 FF04 FF67 GG02 HH07 JJ03 KK03
LL06 MM23 PP04 PP23 QQ25 RR09