

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4512875号  
(P4512875)

(45) 発行日 平成22年7月28日(2010.7.28)

(24) 登録日 平成22年5月21日(2010.5.21)

(51) Int.Cl.

F I

G O 1 B 21/00 (2006.01)

G O 1 B 21/00 E

G O 1 C 15/00 (2006.01)

G O 1 C 15/00 I O 4 C

B 2 5 J 5/00 (2006.01)

B 2 5 J 5/00 C

B 2 5 J 13/00 (2006.01)

B 2 5 J 13/00 Z

B 2 5 J 19/02 (2006.01)

B 2 5 J 19/02

請求項の数 2 (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願2004-106516 (P2004-106516)  
 (22) 出願日 平成16年3月31日(2004.3.31)  
 (65) 公開番号 特開2005-291879 (P2005-291879A)  
 (43) 公開日 平成17年10月20日(2005.10.20)  
 審査請求日 平成19年3月16日(2007.3.16)

(73) 特許権者 304021417  
 国立大学法人東京工業大学  
 東京都目黒区大岡山2丁目12番1号  
 (74) 代理人 100080838  
 弁理士 三浦 光康  
 (72) 発明者 廣瀬 茂男  
 東京都目黒区大岡山2-12-1 東京工業  
 大学内  
 (72) 発明者 岡本俊仁  
 千葉県長生郡長生村金田2695大昌建設  
 株式会社内  
 (72) 発明者 福田 靖  
 東京都目黒区大岡山2-12-1 財団法人  
 理工学振興会内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 歩行ロボット用歩行データの測定方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

法面に形成された格子状のフレームの交点にマーカーを置き、追尾型三次元位置センサを用いて、その三次元位置を計測する交点の三次元位置計測工程、前記格子状のフレーム内の地面の少なくとも1箇所にマーカーを置き、追尾型三次元位置センサを用いて、格子内の三次元位置を計測する格子内の三次元位置計測工程、前記交点の三次元位置計測工程の交点データを線でつなぎ、網目を作り、そこにフレームの幅だけ肉付けしてフレームデータを作成するフレームデータ作成工程、前記格子内の三次元位置計測工程の格子内データの起伏が急に变化したところを計測データにより補正する補正データ作成工程とを用いた地形計測工程と、この地形計測工程で計測した格子状のフレームに位置させた、B座標系でマーカーをある軌道上で動かすことができる歩行ロボットと、A座標系の観測点に固定した追尾型三次元位置計測センサを静止させ、該歩行ロボットのマーカーをB座標系に対し、ある決まった軌道上で動かし、該追尾型三次元位置計測センサで前記マーカーを追尾し、一定期間位置計測を続ける位置計測工程、この位置計測工程でのA B両座標系におけるマーカーが描く軌跡により、前記歩行ロボットの姿勢を計測する姿勢計測工程を用いた歩行ロボットの位置姿勢計測工程とを含むことを特徴とする歩行ロボット用歩行データの測定方法。

【請求項2】

法面に形成された格子状のフレームの交点にマーカーを置き、追尾型三次元位置センサを用いて、その三次元位置を計測する交点の三次元位置計測工程、前記格子状のフレーム内

の地面の少なくとも 1 箇所にマーカーを置き、追尾型三次元位置センサを用いて、格子内の三次元位置を計測する格子内の三次元位置計測工程、前記交点の三次元位置計測工程の交点データを線でつなぎ、網目を作り、そこにフレームの幅だけ肉付けしてフレームデータを作成するフレームデータ作成工程、前記格子内の三次元位置計測工程の格子内データの起伏が急に变化したところを計測データにより補正する補正データ作成工程とを用いた地形計測工程と、この地形計測工程で計測した格子状のフレームに位置させた追尾型三次元位置計測センサを A 座標系で固定した歩行ロボットと、B 座標系でマーカーを軌道上で動かすことができる固定点を静止させ、該固定点のマーカーを B 座標系に対し、ある決まった軌道上で動かし、該追尾型三次元位置計測センサで前記マーカーを追尾し、一定期間位置計測を続ける位置計測工程、この位置計測工程での A B 両座標系におけるマーカーが描く軌跡により、前記歩行ロボットの姿勢を計測する姿勢計測工程を用いた歩行ロボットの位置姿勢計測工程とを含むことを特徴とする歩行ロボット用歩行データの測定方法。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は格子状のフレームが形成された法面等で作業する歩行ロボット用歩行データの測定方法に関する。

【背景技術】

【0002】

従来、格子状のフレームが形成された法面で歩行ロボットを歩行させるには、歩行ロボットのフレームを挟着する挟着装置が先端部に取付けられた脚部材をオペレータが操作して、所定位置に移動させるとともに、挟着装置もオペレータの操作で挟着、挟着解除等の作業を行なわなければならなかった。

20

【0003】

このため、歩行ロボットの近くにオペレータがいなければ歩行させることができないという欠点があるとともに、法面が急傾斜である場合には、オペレータも急傾斜部位での操作が必要で、危険な作業になるという欠点があった。

【特許文献 1】特許第 3 3 1 0 9 3 7 号

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

30

【0004】

本発明は以上のような従来の欠点に鑑み、法面に形成された格子状のフレームの三次元位置やフレーム内の三次元位置等の地形を計測するとともに、該格子状のフレームに位置する歩行ロボットの三次元位置と姿勢を計測して、歩行ロボットの歩行をスムーズに自動的に行なうことができる歩行ロボット用歩行データの測定方法を提供することを目的としている。

【0005】

本発明の前記ならびにそのほかの目的と新規な特徴は次の説明を添付図面と照らし合わせて読むと、より完全に明らかになるであろう。

ただし、図面はもっぱら解説のためのものであって、本発明の技術的範囲を限定するものではない。

40

【課題を解決するための手段】

【0006】

上記目的を達成するために、本発明は法面に形成された格子状のフレームの交点にマーカーを置き、追尾型三次元位置センサを用いて、その三次元位置を計測する交点の三次元位置計測工程、前記格子状のフレーム内の地面の少なくとも 1 箇所にマーカーを置き、追尾型三次元位置センサを用いて、格子内の三次元位置を計測する格子内の三次元位置計測工程、前記交点の三次元位置計測工程の交点データを線でつなぎ、網目を作り、そこにフレームの幅だけ肉付けしてフレームデータを作成するフレームデータ作成工程、前記格子内の三次元位置計測工程の格子内データの起伏が急に变化したところを計測データにより

50

補正する補正データ作成工程とを用いた地形計測工程と、この地形計測工程で計測した格子状のフレームに位置させた、B座標系でマーカをある軌道上で動かすことができる歩行ロボットと、A座標系の観測点に固定した追尾型三次元位置計測センサを静止させ、該歩行ロボットのマーカをB座標系に対し、ある決まった軌道上で動かし、該追尾型三次元位置計測センサで前記マーカを追尾し、一定期間位置計測を続ける位置計測工程、この位置計測工程でのA B両座標系におけるマーカが描く軌跡により、前記歩行ロボットの姿勢を計測する姿勢計測工程を用いた歩行ロボットの位置姿勢計測工程とで歩行ロボット用歩行データの測定方法を構成している。

【0007】

本発明は法面に形成された格子状のフレームの交点にマーカを置き、追尾型三次元位置センサを用いて、その三次元位置を計測する交点の三次元位置計測工程、前記格子状のフレーム内の地面の少なくとも1箇所にマーカを置き、追尾型三次元位置センサを用いて、格子内の三次元位置を計測する格子内の三次元位置計測工程、前記交点の三次元位置計測工程の交点データを線でつなぎ、網目を作り、そこにフレームの幅だけ肉付けしてフレームデータを作成するフレームデータ作成工程、前記格子内の三次元位置計測工程の格子内データの起伏が急に变化したところを計測データにより補正する補正データ作成工程とを用いた地形計測工程と、この地形計測工程で計測した格子状のフレームに位置させた追尾型三次元位置計測センサをA座標系で固定した歩行ロボットと、B座標系でマーカを軌道上で動かすことができる固定点を静止させ、該固定点のマーカをB座標系に対し、ある決まった軌道上で動かし、該追尾型三次元位置計測センサで前記マーカを追尾し、一定期間位置計測を続ける位置計測工程、この位置計測工程でのA B両座標系におけるマーカが描く軌跡により、前記歩行ロボットの姿勢を計測する姿勢計測工程を用いた歩行ロボットの位置姿勢計測工程とで歩行ロボット用歩行データの測定方法を構成している。

【0008】

【0009】

【0010】

【発明の効果】

【0011】

以上の説明から明らかなように、本発明にあっては次に列挙する効果が得られる。

【0012】

(1) 法面の格子状のフレームの三次元位置および格子内の三次元位置の地形を計測できるとともに、格子状のフレームに位置する歩行ロボットの三次元位置と姿勢を計測することができる。

したがって、歩行ロボットをスムーズに自動的に歩行させることができる。

【0013】

(2) 前記(1)によって、格子状のフレームの三次元位置を容易に確実に計測することができる。

【0014】

(3) 前記(1)によって、格子状のフレームに位置する歩行ロボットの三次元位置と姿勢とを容易に確実に計測することができる。

【0015】

(4) 請求項2も前記(1)～(3)と同様な効果が得られる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0016】

以下、図面に示す本発明を実施するための最良の形態により、本発明を詳細に説明する。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 1 7 】

図 1 ないし図 8 に示す本発明を実施するための最良の第 1 の形態において、1 は格子状のフレーム 2 が形成された法面 3 で歩行ロボット 4 を歩行させて作業を行なう場合に使用する本発明の歩行ロボット用歩行データの測定方法で、この歩行ロボット用歩行データの測定方法 1 は地形計測工程 5 と、この地形計測工程 5 で計測された格子状のフレーム 2 に位置する歩行ロボット 4 の位置と姿勢を計測する位置姿勢計測工程 6 とで構成されている。

## 【 0 0 1 8 】

前記地形計測工程 5 は図 2 に示すように、前記法面 3 に形成された格子状のフレーム 2 の交点にマーカー 7 を置き、追尾型三次元位置センサ 8 を用いて、その三次元位置を計測する交点の三次元位置計測工程 9 と、前記格子状のフレーム 2 内の地面の少なくとも 1 箇所に、図 3 に示すようにマーカー 7 を置き、追尾型三次元位置センサ 8 を用いて格子内の三次元位置を計測する格子内の三次元位置計測工程 10 と、前記交点の三次元位置計測工程 9 の交点データを線でつなぎ、図 4 に示すように網目を作り、そこにフレーム 2 の幅だけ図 5 に示すように肉付けしてフレームデータを作成するフレームデータ作成工程 11 と、前記格子内の三次元位置計測工程 10 の格子内のデータの起伏が急に变化したところを計測データにより補正する補正データ作成工程 12 で構成されている。

## 【 0 0 1 9 】

前記位置姿勢計測工程 6 は図 6 に示すように、格子状のフレーム 2 に位置する歩行ロボット 4 に B 座標系でマーカー 7 をある軌道上で動かすことができるように設置し、A 座標系の観測点に固定した追尾型三次元位置計測センサ 8 を静止させ、歩行ロボット 4 のマーカー 7 を B 座標系に対し、ある決まった軌道上で動かし、追尾型三次元位置計測センサ 8 で前記マーカー 7 を追尾し、一定期間位置計測を続ける位置計測工程 13 と、この位置計測工程 13 での A B 両座標系におけるマーカー 7 が描く軌跡により、前記歩行ロボット 4 の姿勢を計測する姿勢計測工程 14 とで構成されている。

## 【 0 0 2 0 】

ここで、幾何学関係について説明すると、

A 座標系から見たマーカー 7 の位置を  $P_A$ 、B 座標系から見たマーカー 7 の位置を  $P_B$  としたとき、

A 座標系から B 座標系への並進ベクトル  $t_{AB}$  は

$$t_{AB} = P_B - P_A$$

より容易に求まる。

ここで A 座標系から B 座標系への回転行列  ${}^B R_A$  が問題になるが、これは各座標系内の 2 つの独立な方向ベクトル  $V_1$ 、 $V_2$  を用いて、

$$A = (V_1, V_2, V_1 \times V_2)$$

なる行列を考え、これを用いて

$${}^B R_A = {}^B A {}^A A^{-1}$$

のように表せる。

もし B に固定された 3 点 P、Q、R の B 座標系での位置が既知 ( $p_B$ 、 $q_B$ 、 $r_B$ ) であり、その位置が A 座標系からの観測できた ( $p_A$ 、 $q_A$ 、 $r_A$ ) とすると、 $V_1 = q - p$ 、 $V_2 = r - p$  を使って  ${}^B R_A$  を求めることができる。

ここで行列  ${}^A A$  が逆行列を持つ (正則である) ためには、点 P、Q、R は同一線上にない 3 点でなければならない。

また、2 点 P、Q と重力方向  $g$  を利用して、 $V_1 = q - p$ 、 $V_2 = g$  として上記方法で  ${}^B R_A$  を求めることも可能である。

これはベクトル PQ と重力方向  $g$  とが一致しない場合にのみ使用可能である。

すなわち、物体 A B 間の座標変換を求めるには

A B 両座標系における 3 点、もしくは A B 両座標系における 2 点と、その 2 点を作る方向ベクトルと異なる方向の方向ベクトル情報 (重力ベクトル等) が必要である。

また、マーカー 7 の動かし方は、

10

20

30

40

50

マーカー 7 を、例えば図 7 に示すように、上下左右に非対称図形の軌道に沿って動かした場合、センサ 8 から点 P、Q、R を区別することができ、3 点の対応から座標変換が求まる。

この時、重力方向の情報は必要ない。

これに対し、マーカー 7 を図 8 に示すように、円弧のような対称な形状の軌道に沿って動かした場合、対称性より円弧上の点は区別がつかない。

このため、センサ 8 から得られる情報は対称中心点、回転面の法線ベクトルの 2 点のみとなり、重力方向を利用した姿勢推定が必要になる。

なお、B 座標系でのマーカー 7 の軌道が時系列で明らかになっていれば、軌道の形状が対称であっても、時々刻々のマーカー 7 の位置を A、B 両座標で一致させることができる。

したがって、同一線上にない任意の 3 点を選ぶことによって、重力の情報を使わずに座標変換を求めることができる。

[発明を実施するための異なる形態]

#### 【0021】

次に、図 9 および図 10 に示す本発明を実施するための異なる形態につき説明する。なお、この本発明を実施するための異なる形態の説明に当って、前記本発明を実施するための最良の第 1 の形態と同一構成部分には同一符号を付して重複する説明を省略する。

#### 【0022】

図 9 および図 10 に示す本発明を実施するための第 2 の形態において、前記本発明を実施するための最良の第 1 の形態と主に異なる点は、歩行ロボット 4 に追尾方三次元位置計測センサ 8 を A 座標系で固定し、固定点でマーカー 7 を B 座標系に対し、ある決まった軌道上で動かし、位置計測工程 13 A と姿勢計測工程 14 A を用いた位置姿勢計測工程 6 A を用いた点で、このような位置姿勢計測工程 6 A を用いて構成した歩行ロボット用歩行データの測定方法 1 A を行なっても、前記本発明を実施するための最良の第 1 の形態と同様な作用効果が得られるとともに、歩行ロボット 4 に追尾型三次元位置計測センサ 8 を設けているため、該追尾型三次元位置計測センサ 8 と歩行ロボット 4 との間での計測データの通信が不要となり、構造の簡素化および正確な計測を行なうことができる。

#### 【産業上の利用可能性】

#### 【0023】

本発明は格子状のフレームが形成された法面で作業する歩行ロボットを製造する産業で利用される。

#### 【図面の簡単な説明】

#### 【0024】

【図 1】本発明を実施するための最良の第 1 の形態の工程図。

【図 2】本発明を実施するための最良の第 1 の形態の交点の三次元位置計測工程の説明図。

。

【図 3】本発明を実施するための最良の第 1 の形態の格子内の三次元位置計測工程の説明図。

【図 4】本発明を実施するための最良の第 1 の形態の交点データでの網目を作る説明図。

【図 5】本発明を実施するための最良の第 1 の形態のフレームデータの説明図。

【図 6】本発明を実施するための最良の第 1 の形態の位置姿勢計測工程の説明図。

【図 7】本発明を実施するための最良の第 1 の形態のマーカーの軌道の説明図。

【図 8】本発明を実施するための最良の第 1 の形態のマーカーの異なる軌道の説明図。

【図 9】本発明を実施するための第 2 の形態の工程図。

【図 10】本発明を実施するための第 2 の形態の位置姿勢計測工程の説明図。

#### 【符号の説明】

#### 【0025】

1、1 A：歩行ロボット用歩行データの測定方法、

2：格子状のフレーム、 3：法面、

10

20

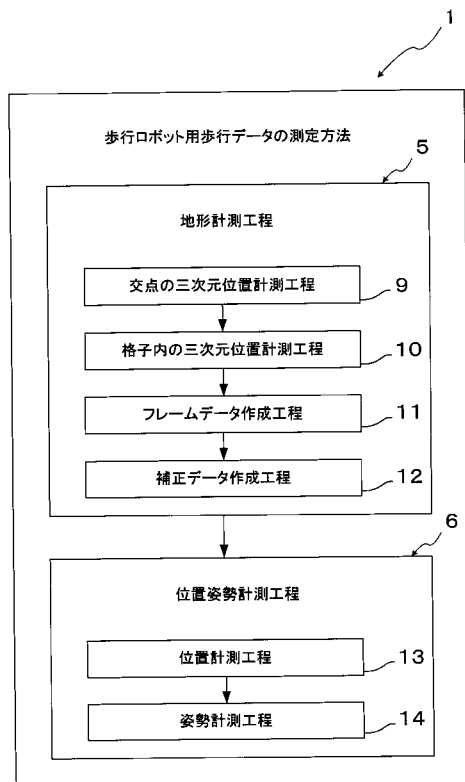
30

40

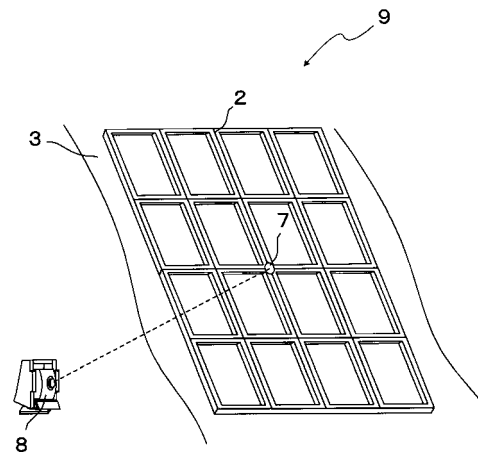
50

4：歩行ロボット、 5：地形計測工程、  
 6、6A：位置姿勢計測工程、 7：マーカ、  
 8：追尾型三次元位置センサ、 9：交点の三次元位置計測工程、  
 10：格子内の三次元位置計測工程、  
 11：フレームデータ作成工程、 12：補正データ作成工程、  
 13、13A：位置計測工程、 14、14A：姿勢計測工程。

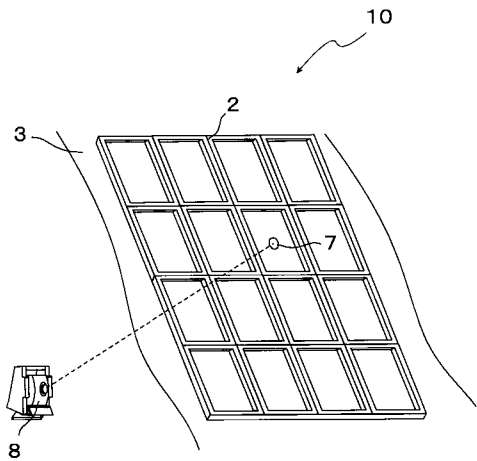
【図1】



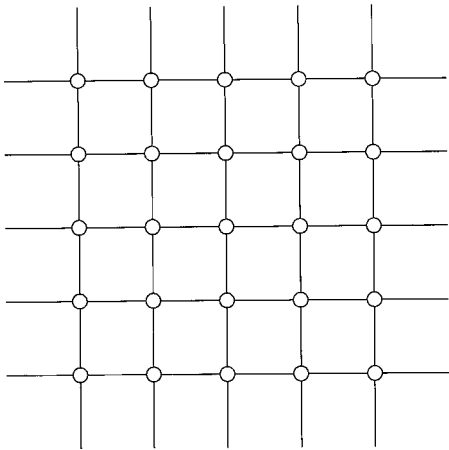
【図2】



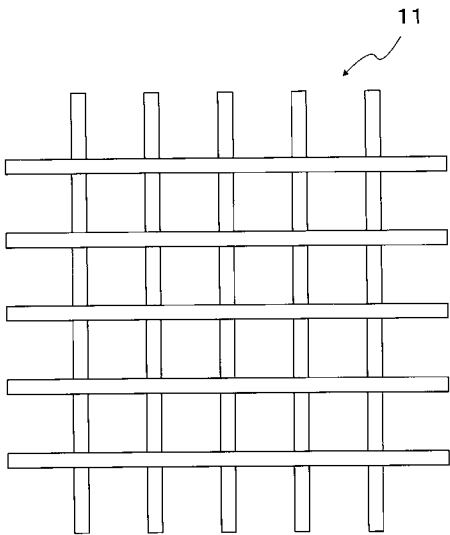
【図 3】



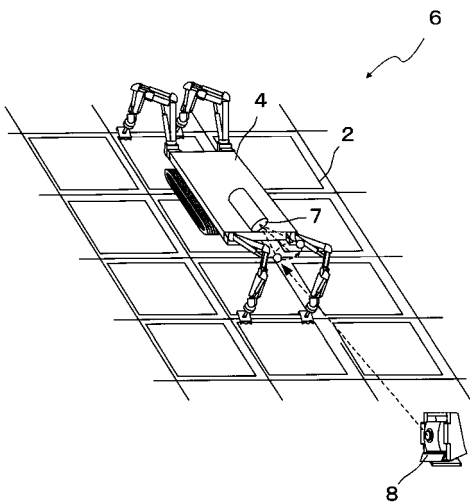
【図 4】



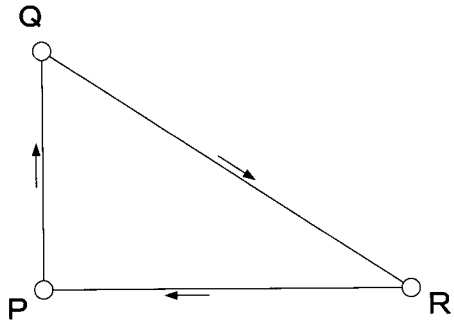
【図 5】



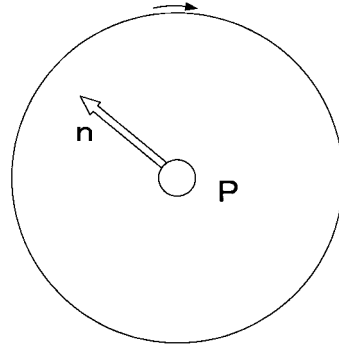
【図 6】



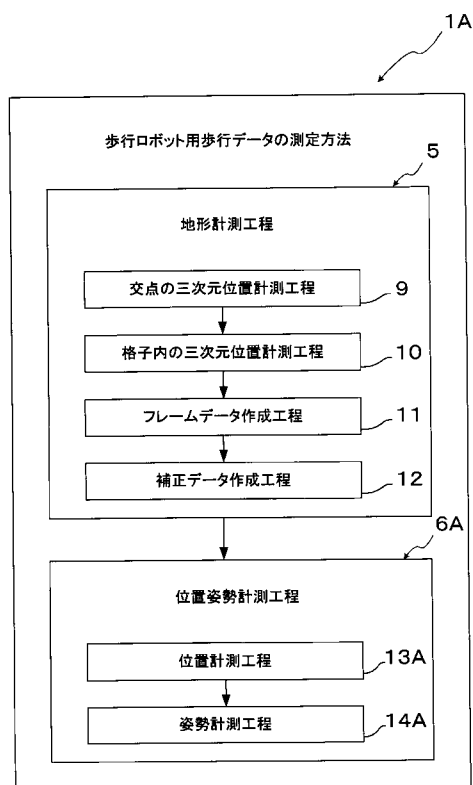
【図 7】



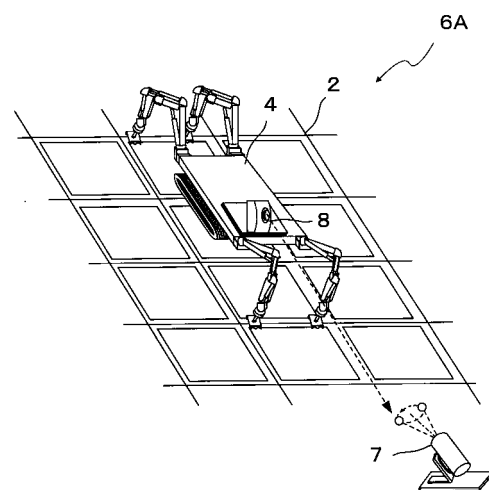
【図 8】



【図 9】



【図 10】





---

フロントページの続き

(72)発明者 土居 隆宏  
東京都目黒区大岡山 2 1 2 1 財団法人理工学振興会内

審査官 大和田 有軌

(56)参考文献 特開 2 0 0 2 - 1 2 2 4 1 5 ( J P , A )  
特開平 1 1 - 0 8 5 3 8 5 ( J P , A )  
特開平 0 4 - 1 7 8 5 0 5 ( J P , A )  
程島 竜一、外 5 名, “ 4 足歩行型法面作業ロボット TITAN XI の開発 ” , ロボティクス・メカトロ  
ニクス講演会'03 講演論文集 ( CD-ROM ) , 社団法人日本機械学会, 2 0 0 3 年 5 月 2 3 日, 2P2  
-1F-A2(1) ~ 2P2-1F-A2(2)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

G 0 1 B	1 1 / 0 0	-	1 1 / 3 0
G 0 1 B	2 1 / 0 0	-	2 1 / 3 2
G 0 1 C	1 5 / 0 0	-	1 5 / 1 4
B 2 5 J	1 / 0 0	-	2 1 / 3 2
E 0 2 D	1 7 / 0 0	-	1 7 / 2 0