

(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2017-197942

(P2017-197942A)

(43) 公開日 平成29年11月2日 (2017. 11. 2)

(51) Int. Cl.	F I	テーマコード (参考)
EO2D 17/20 (2006.01)	EO2D 17/20 104B	2D044
GO1B 11/24 (2006.01)	EO2D 17/20 102F	2F065
GO1S 17/89 (2006.01)	GO1B 11/24 Z	2F112
GO1C 3/06 (2006.01)	GO1S 17/89	5J084
	GO1C 3/06 120Q	
審査請求 未請求 請求項の数 9 O L (全 23 頁) 最終頁に続く		

(21) 出願番号 特願2016-88357 (P2016-88357)
 (22) 出願日 平成28年4月26日 (2016. 4. 26)

(71) 出願人 000115463
 ライト工業株式会社
 東京都千代田区九段北4丁目2番35号
 (74) 代理人 100123559
 弁理士 梶 俊和
 (72) 発明者 阿部 正直
 東京都千代田区九段北四丁目2番35号
 ライト工業株式会社内
 (72) 発明者 宮川 充
 東京都千代田区九段北四丁目2番35号
 ライト工業株式会社内
 Fターム (参考) 2D044 DA39 DC05

最終頁に続く

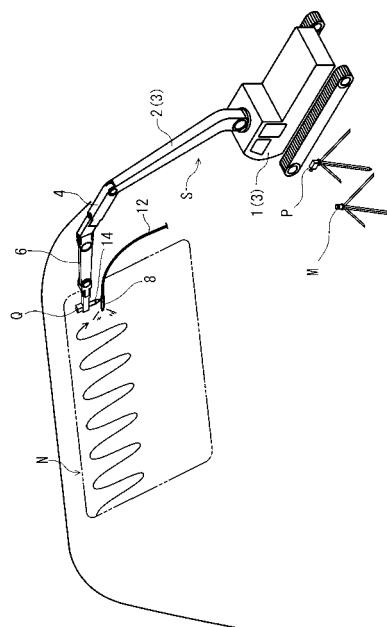
(54) 【発明の名称】 法面吹付工法

(57) 【要約】

【課題】 対象法面の凹凸形状を計測することにより、リアルタイムに対象法面の吹付厚さの状況を確認することができ、作業員の技能によらず安定的かつ高品質な吹付けを実現することのできる法面吹付工法を提供すること。

【解決手段】 対象法面Nの凹凸形状を計測装置Mにより計測する計測工程と、表示画面Dに計測装置Mによる計測結果M1を表示する表示工程と、対象法面Nに向けて吹付材料をノズル8から吹き付ける吹付工程と、を有する法面吹付工法。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

対象法面の凹凸形状を計測手段により計測する計測工程と、
表示手段に前記計測手段による計測結果を表示する表示工程と、
前記対象法面に向けて吹付材料をノズルから吹き付ける吹付工程と、を有する法面吹付工法。

【請求項 2】

前記計測手段による計測が、前記対象法面をレーザスキャンすることにより、前記対象法面上の複数の点の 3 次元座標値を取得することにより行われる、請求項 1 に記載の法面吹付工法。

10

【請求項 3】

前記レーザスキャンが、
鉛直面内で放射状に所定角度ピッチで前記対象法面に向けて照射した複数本のレーザ光を水平面内で回転しつつ所定の計測周期で座標値を取得することによる 3 次元マッピングにより行われる、請求項 2 に記載の法面吹付工法。

【請求項 4】

前記計測工程が、
前記鉛直面内での前記複数本のレーザ光の照射方向をずらすために、当該照射方向を前記所定角度ピッチよりも小さい角度で傾斜させる傾斜工程を更に有する請求項 3 に記載の法面吹付工法。

20

【請求項 5】

前記対象法面を撮像手段により撮像する撮像工程を更に有し、
前記表示工程において、前記表示手段に、前記撮像手段により撮像された前記対象法面の映像と前記計測結果とを重畳表示する、請求項 1 から請求項 4 のうちいずれか 1 項に記載の法面吹付工法。

【請求項 6】

前記表示工程において、
前記ノズルの吹付方向における前記対象法面の縦断面の計測結果を表示する、請求項 1 から請求項 5 のうちいずれか 1 項に記載の法面吹付工法。

【請求項 7】

前記表示工程において、
使用者により特定された前記対象法面上の特定位置を通る鉛直断面における前記対象法面の縦断面の計測結果を表示する、請求項 1 から請求項 5 のうちいずれか 1 項に記載の法面吹付工法。

30

【請求項 8】

前記計測手段の位置を検出する第 1 位置検出工程と、
前記ノズルの位置を検出する第 2 位置検出工程と、を更に有する請求項 1 から請求項 7 のうちいずれか 1 項に記載の法面吹付工法。

【請求項 9】

前記ノズルからの前記吹付材料の吹付方向を前記計測手段による計測結果に応じて調整する調整工程を更に有し、
前記調整工程が、前記ノズルの吹付方向を変更可能な駆動手段に対し、調整手段から調整指令を送出することにより行われる、請求項 1 から請求項 8 のうちいずれか 1 項に記載の法面吹付工法。

40

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は、コンクリートやモルタル等の吹付材料をノズルから法面へ向けて吹き付ける法面吹付工法に関する。

【背景技術】

50

【0002】

従来、法面を補強し、その強度の安定化を図るために、ノズルからコンクリートやモルタル等の吹付材料を法面へと吹き付ける工法が用いられている。また、吹付けにより法枠を構築する工法も用いられている。この種の工法として、建設機械のブーム先端部に作業員が乗り込むゴンドラを設置し、そのゴンドラに乗り込んだ作業員が吹付用ノズルを操作して吹付材料の法面への吹付けを行う提案がされている（例えば、特許文献1を参照。）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

10

【特許文献1】特開2003-073076号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

しかしながら、作業員による吹付作業においては、目視により吹付け厚さを確認するのが一般的であり、作業員の熟練度合いに応じて吹付け厚さや仕上げ品質にばらつきを生じてしまうという課題がある。すなわち、作業員の熟練度合いによっては、吹付け厚さが少なく充分強固な法面形成がされない場合や、逆に必要以上の吹付け厚さとなってしまっ

て吹付材料を無駄に使用してしまう場合がある。

【0005】

20

本発明が解決しようとする主たる課題は、対象法面の凹凸形状を計測することにより、リアルタイムに対象法面の吹付厚さの状況を確認することができ、作業員の技能によらず安定的かつ高品質な吹付けを実現することのできる法面吹付工法を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0006】

この課題を解決した本発明は、以下の趣旨に基づく。

【0007】

〔趣旨1〕

対象法面の凹凸形状を計測手段により計測する計測工程と、
表示手段に前記計測手段による計測結果を表示する表示工程と、
前記対象法面に向けて吹付材料をノズルから吹き付ける吹付工程と、を有する法面吹付工法。

30

【0008】

〔趣旨2〕

前記計測手段による計測が、前記対象法面をレーザスキャンすることにより、前記対象法面上の複数の点の3次元座標値を取得することにより行われてもよい。

【0009】

〔趣旨3〕

前記レーザスキャンが、
鉛直面内で放射状に所定角度ピッチで前記対象法面に向けて照射した複数本のレーザ光を水平面内で回転しつつ所定の計測周期で座標値を取得することによる3次元マッピングにより行われてもよい。

40

【0010】

〔趣旨4〕

前記計測工程が、
前記鉛直面内での前記複数本のレーザ光の照射方向をずらすために、当該照射方向を前記所定角度ピッチよりも小さい角度で傾斜させる傾斜工程を更に有してもよい。

【0011】

〔趣旨5〕

前記対象法面を撮像手段により撮像する撮像工程を更に有し、

50

前記表示工程において、前記表示手段に、前記撮像手段により撮像された前記対象法面の映像と前記計測結果とを重畳表示してもよい。

【0012】

〔趣旨6〕

前記表示工程において、

前記ノズルの吹付方向における前記対象法面の縦断面の計測結果を表示してもよい。

【0013】

〔趣旨7〕

前記表示工程において、

使用者により特定された前記対象法面上の特定位置を通る鉛直断面における前記対象法面の縦断面の計測結果を表示してもよい。

10

【0014】

〔趣旨8〕

前記計測手段の位置を検出する第1位置検出工程と、

前記ノズルの位置を検出する第2位置検出工程と、を更に有してもよい。

【0015】

〔趣旨9〕

前記ノズルからの前記吹付材料の吹付方向を前記計測手段による計測結果に応じて調整する調整工程を更に有し、

前記調整工程が、前記ノズルの吹付方向を変更可能な駆動手段に対し、調整手段から調整指令を送出することにより行われてもよい。

20

【0016】

本発明の更なる目的又はその他の特徴は、以下添付図面を参照して説明される好ましい実施の形態によって明らかにされるであろう。

【発明の効果】

【0017】

本発明によれば、対象法面の凹凸形状を計測することにより、リアルタイムに対象法面の吹付厚さの状況を確認することができ、作業員の技能によらず安定的かつ高品質な吹付けを実現することができる。

【図面の簡単な説明】

30

【0018】

【図1】実施形態1に係る法面吹付工法を実現する装置構成の全体図である。

【図2】実施形態1に係る法面吹付装置の概略構造を示す模式図である。

【図3】制御部と各動作部との接続状態を示すブロック図である。

【図4】傾動部R10の内部構造図である。

【図5】計測装置の動作説明図である。

【図6】計測装置、カメラ、測距センサ、表示画面と画像処理部との接続状態を示すブロック図である。

【図7】表示画面での表示例1を示す図である。

【図8】表示画面での表示例2を示す図である。

40

【図9】表示画面での表示例3を示す図である。

【図10】表示画面での表示例4を示す図である。

【図11】表示画面での表示例5を示す図である。

【図12】表示画面での表示例6を示す図である。

【図13】対象法面の投影面の説明図である。

【図14】吹付け厚さの計算方法の一例を示す概略説明図である。

【図15】図1に示す計測装置の設置角度を変更した場合の概略説明図である。

【図16】実施形態3に係る法面吹付装置の概略構造を示す模式図である。

【図17】表示画面での表示例7を示す図である。

【図18】表示画面での表示例8a～8cを示す図である。

50

【発明を実施するための形態】

【0019】

〔実施形態1〕

以下、本発明の実施形態1について説明する。図1は、実施形態1に係る法面吹付工法を実現する装置構成の全体図である。図1は、対象法面Nを含む作業現場全体を俯瞰して示しており、作業現場には、計測装置（計測手段）M、カメラ（撮像手段）P、表示画面（表示手段）D、画像処理部F、法面吹付装置Sが設置されている。なお、実施形態1では、計測装置M及びカメラPが法面吹付装置Sの近傍位置に配置され、表示画面Dが建設機械3の運転席に装備された例について説明するが、配置位置は必ずしもこれらに限定されない。

10

【0020】

まず、法面吹付装置Sの概略構成について説明し、その後に計測装置（計測手段）M、表示画面（表示手段）D、カメラ（撮像手段）Pの構成及び法面吹付工法の手順について説明する。なお、本発明に係る法面吹付工法の実現には、必ずしも法面吹付装置Sが必要ではない。例えば、後述するように、ブーム先端に設置されたゴンドラ台に乗り込んだ作業員がノズルを持って吹付作業を行う場合にも、この法面吹付工法を適用することが可能である。

【0021】

＜法面吹付装置の構造＞

以下、法面吹付装置Sについて図面を用いて説明する。図2は、法面吹付装置Sの概略構造を示す模式図である。図2（a）は、法面吹付装置Sの平面図であり、図2（b）は側面図である。法面吹付装置Sは、中間アーム4、先端アーム6、ノズル8を有して大略構成される。なお、機械本体1とブーム2とを有する建設機械3のブーム2の先端に法面吹付装置Sが連結されてもよい。

20

【0022】

建設機械3としては、走行クレーンやバックホー等を例示することができる。建設機械3の機械本体1は、キャタピラ等の走行装置と運転席を有し、施工現場における地面Gを自在に走行、停止することができる。

【0023】

ブーム2は、機械本体1に連結された延長部材である。そのブーム2の先（端部近傍）に延長部材としての中間アーム4が連結されている。中間アーム4の先（端部近傍）に中継アーム10を介して先端アーム6が連結されている。中継アーム10は、その根元部における回転軸（第1軸、以下、軸と略す。）X1に対し、先端部における回転軸（第2軸、以下、軸と略す。）X2が所定角度 α だけ傾斜している。その結果、中間アーム4に対する中継アーム10の回転面と中継アーム10に対する先端アーム6の回転面とが所定角度 α だけ傾斜している。なお、実施形態1では、中間アーム4の延長方向と中継アーム10の延長方向とは実質的に平行であって回転軸X1に直交している。先端アーム6の延長方向は回転軸X2に直交している。したがって、中間アーム4の延長方向と先端アーム6の延長方向とが所定角度 α だけ傾斜している。

30

【0024】

先端アーム6の先（端部近傍）にノズル8が配置されている。ノズル8は、コンクリートやモルタル等の吹付材料をその噴射口から対象法面に向けて噴射（吹付け）可能である。ノズル8には、吹付材料を貯留する材料タンク（不図示）から圧送ポンプ（不図示）によってホース12を介して吹付材料が供給される。先端アーム6の先端側には、先端アーム6の延長方向に直交する傾動軸（第3軸、以下、軸と略す。）X3、その軸X3に直交する回転軸（第4軸、以下、軸と略す。）X4、軸X3に平行な傾動軸（第5軸、以下、軸と略す。）X5が配置されている。ノズル8は、軸X3、X4、X5を介して先端アーム6に連結されている。

40

【0025】

なお、実施形態1では、軸X1、X2、X4は、その延長方向が地面Gに垂直な面（垂

50

直面) Hに平行であり、軸 X 3、X 5は、その延長方向が地面 Gに平行である。

【0026】

＜法面吹付装置の動作構造＞

法面吹付装置 Sは、更に、傾動部（第1傾動手段）R 3、回転部（第1回転手段）R 4、回転部（第2回転手段）R 5、伸縮部（第1伸縮手段）R 6、傾動部（第2傾動手段）R 7、傾動部（第3傾動手段）R 8、回転部（第3回転手段）R 9、傾動部（第4傾動手段）R 10、制御部（調整手段）Cを有している。建設機械3のブーム2は、回転部（第4回転手段）R 1、傾動部（第5傾動手段）R 2を有し、ブーム2の先端に連結された法面吹付装置 S全体の回転及び傾動を実現する。

【0027】

なお、図2では、各回転手段、傾動手段、伸縮手段の具体構成は図示を省略しているが、各々の回転部、傾動部、伸縮部の動作が、油圧シリンダ5によって実現される。すなわち中間アーム4、中継アーム10、先端アーム6等から側方に突出した突起部7に油圧シリンダ5の一端が連結され、油圧シリンダ5が後述する各回転部、傾動部、伸縮部の駆動手段（油圧シリンダの一部）によって駆動されることにより、回転、傾動、伸縮の動作が実現される。図2に、各回転部、傾動部、伸縮部の動作方向（回転方向、傾動方向、伸縮方向）を矢印で図示している。図3は、制御部Cと各傾動部、回転部、伸縮部との接続状態を示している。

【0028】

回転部 R 1は、機械本体1に対して、ブーム2を地面Gに平行な面内で回転可能とするものである。回転部 R 1は、ブーム2を回転させる駆動手段と、機械本体1に対するブームの回転位置を検出するセンサとを有している。

【0029】

傾動部 R 2は、ブーム2を地面に垂直な面（垂直面）H内で傾動可能とするものである。つまり、傾動部 R 2は、ブーム2の地面Gに対する傾斜を調整可能とするものである。傾動部 R 2は、ブーム2を垂直面H内で傾動させる駆動手段と、ブーム2の地面Gに対する傾斜角度を検出するセンサとを有している。

【0030】

傾動部 R 3は、ブーム2に対して中間アーム4を垂直面H内で傾動可能とするものである。傾動部 R 3は、ブーム2に対して中間アーム4を傾動させる駆動手段と、ブーム2に対する中間アーム4の回転角度を検出するセンサとを有している。

【0031】

回転部 R 4は、中間アーム4の延長方向に直交する軸 X 1周りに先端アーム6を回転可能とするものである。実施形態1では、中間アーム4に対して中継アーム10を介して先端アーム6が連結されている。したがって、回転部 R 4は、実質的には軸 X 1周りに中継アーム10を回転可能とする。回転部 R 4は、中継アーム10を軸 X 1周りに回転させる駆動手段と、中間アーム4に対する中継アーム10の回転角度を検出するセンサとを有している。

【0032】

回転部 R 5は、軸 X 1と同一面内の軸であって、軸 X 1に対し所定角度 α 傾斜した軸 X 2周りに先端アーム6を回転可能とするものである。軸 X 2が軸 X 1と同一面内の軸であるとは、軸 X 1と軸 X 2とが「ねじれ」の関係にないことを意味する。また、所定角度 α は、 $10^{\circ} \sim 40^{\circ}$ の範囲が好ましいが、実施形態1では、所定角度 $\alpha = 30^{\circ}$ である。中継アーム10は、その根元部において軸 X 1を回転軸として中間アーム4と連結され、その先端部において軸 X 2を回転軸として先端アーム6が連結されている。したがって、中継アーム10を介しつつ、実質的には、中間アーム4に対して所定角度 α 傾斜した状態で先端アーム6が回転可能である。回転部 R 5は、軸 X 2周りに先端アーム6を回転させる駆動手段と、中継アーム10に対する先端アーム6の（所定角度 α 傾斜した状態での）回転角度を検出するセンサとを有している。

【0033】

伸縮部 R 6 は、先端アーム 6 をその延長方向に沿って伸縮可能とするものである。先端アーム 6 は伸縮動作を実現するために、例えばアンテナや油圧シリンダ等に用いられる二重管構造を有してもよい。伸縮部 R 6 は、先端アーム 6 を伸縮させる駆動手段と、その伸縮長を検出するセンサとを有している。

【0034】

傾動部 R 7 は、中間アーム 4 に対して先端アーム 6 を垂直面 H 内で傾動可能とするものである。実施形態 1 では、中継アーム 10 を介して中間アーム 4 と先端アーム 6 とが連結されているので、傾動部 R 7 は、実質的に中継アーム 10 に対して先端アーム 6 を垂直面 H 内で傾動可能とする。傾動部 R 7 は、中間アーム 4 に対して先端アーム 6 を傾動させる駆動手段と、中間アーム 4 に対する先端アーム 6 の傾斜角度を検出するセンサとを有している。

10

【0035】

傾動部 R 8 は、先端アーム 6 の延長方向に直交する軸 X 3 周りにノズル 8 の吹付方向を傾動可能とするものである。実施形態 1 では、軸 X 3 は地面 G と平行である。したがって、傾動部 R 8 はノズル 8 を地面に垂直に（垂直面 H 内で）傾動させることが可能である。実施形態 1 では、先端アーム 6 の先端側に軸 X 3 を介して連結部材が連結されている。したがって、傾動部 R 8 は、軸 X 3 周りに連結部材を傾動させることにより、実質的にノズル 8 の吹付方向を傾動させる。傾動部 R 8 は、先端アーム 6 に対して軸 X 3 周りにノズル 8 の吹付方向を傾動させる駆動手段と、先端アーム 6 に対するノズル 8 の傾斜角度を検出するセンサとを有している。

20

【0036】

回転部 R 9 は、軸 X 3 に直交する軸 X 4 周りに前記ノズル 8 の吹付方向を回転可能とするものである。実施形態 1 では、軸 X 4 は、垂直面 H に平行である。したがって、回転部 R 9 はノズル 8 を地面 G に沿って（地面 G に平行に、又は地面 G に対してある程度傾斜した状態で）回転させることが可能である。実施形態 1 では、前述の連結部材に対して軸 X 4 を介してノズル保持部 14 が連結され、そのノズル保持部 14 にノズル 8 が保持されている。したがって、回転部 R 9 は、軸 X 4 周りにノズル保持部 14 を回転させることにより、実質的にノズル 8 の吹付方向を回転させる。回転部 R 9 は、連結部材 6 に対して軸 X 4 周りにノズル 8 を回転させる駆動手段と、連結部材に対するノズル 8 の回転角度を検出するセンサとを有している。

30

【0037】

傾動部 R 10 は、軸 X 3 と平行な軸 X 5 周りにノズル 8 の吹付方向を傾動可能とするものである。実施形態 1 では、軸 X 5 は軸 X 3 と共に地面 G と平行である。したがって、傾動部 R 10 はノズル 8 を地面に垂直に（垂直面 H 内で）傾動させることが可能である。実施形態 1 では、ノズル保持部 14 に対して、軸 X 5 を介してノズル 8 が保持されている。したがって、傾動部 R 10 は、ノズル保持部 14 に対してノズル 8 を傾動可能である。傾動部 R 10 は、ノズル保持部 14 に対して軸 X 5 周りにノズル 8 の吹付方向を傾動させる駆動手段と、ノズル保持部 14 に対するノズル 8 の傾斜角度を検出するセンサとを有している。

【0038】

図 4 は、傾動部 R 10 の内部構造図である。図 4 は、図 2（b）と同方向で矢視している。傾動部 R 10 は、揺動手段として機能するカム構造 20 と上下動手段として機能するスライド構造 22 の 2 つの駆動手段を有している。カム構造 20 は、リンク部材 20a によってカム部材 20b とノズル 8 とが連結された構造を有しており、カム部材 20b が回転することにより軸 X 5 周りにノズル 8 が繰り返し往復揺動的に傾動可能とされる。その揺動範囲は、例えば $\pm 15^\circ$ の角度である（図 4 中の一点鎖線を参照）。

40

【0039】

スライド構造 22 は、カム構造 20 自体を油圧シリンダ又はモータ等により垂直面 H 内で上下に移動可能な構造を有しており、カム構造 20 を上下動させることにより軸 X 5 周りにノズル 8 が傾動可能とされる。スライド構造 22 による傾動範囲は、例えば揺動範囲

50

よりも大きく $\pm 45^\circ$ である（図4中の破線を参照）。したがって、スライド構造22の動作により、ノズル8の吹付方向を決定した後に、カム構造20の動作によってノズル8を往復揺動させて、対象法面への広範囲への万遍のない吹付けを可能とする。なお、揺動手段としては、カム構造の他にクランク構造やその他の公知の往復揺動可能な構造を適用することができる。

【0040】

なお、各回転部、傾動部、伸縮部R1～R10が有する駆動手段としては、前述の油圧シリンダの他に、モータ、アクチュエータ等を適用することができる。これらR1～R10が有するセンサとしては、公知の光学センサ、磁気センサ、機械式スイッチ等を適用することができる。

10

【0041】

図3は回転部R1、R4、R5、R9、傾動部R2、R3、R7、R8、R10、伸縮部R6（以下、これらを総称して動作部ということもある。）と制御部Cとの接続状態を示すブロック図である。制御部Cは、各動作部R1～R10の駆動手段、センサと接続されている。動作部R1～R10の駆動手段に対し、駆動指令を出力することが可能であり、その各動作部R1～R10のセンサからの検出値を入力することが可能である。

【0042】

制御部Cは、各動作部R1～R10の動作を制御するためのものである。制御部Cは、内部に演算処理部（CPU）C1、メモリ（記憶手段）C2を有している。メモリC2内に記憶されたプログラムや動作モードに基づき、又は、操作部で操作された操作内容に基づき、演算処理部C1が主体的に各動作部R1～R10の動作制御を行う。実施形態1では機械本体1内部に制御部Cが設けられ、運転席近傍に表示画面Dが配置されて、その表示画面Dに制御部Cによる制御状態が表示可能となっている。例えば、表示画面Dには各動作部R1～R10のセンサ入力値に基づく位置情報や回転角度情報が表示され、各動作部R1～R10の動作方向、動作速度等の情報が表示されるようになっている。もちろん、各動作部R1～R10を動作させる駆動指令を出力するための操作部も運転席近傍に配置されている。

20

【0043】

<計測手段>

図5は、図1に示す計測装置Mの動作説明図である。図5（a）は作業現場を上方から矢視した平面図、図5（b）は作業平面に平行に矢視した側面図である。計測装置Mは、レーザを用いたスキャンにより、周囲の3次元マッピングデータを取得する機能を有する。別言すると、計測装置Mは、鉛直面内で放射状に所定角度ピッチで対象法面Nに向けて照射した複数本のレーザ光を水平面内で回転しつつ所定の計測周期で座標値を取得することによる3次元マッピングにより、レーザスキャンを行うことができる。計測装置Mは、法面吹付装置Sの近傍位置に配置され、又は法面吹付装置Sや建設機械3に取り付けて使用される。計測装置Mとしては、例えばVelodyne社の全方位レーザーライダーイメージングユニットLiDARを用いることができる。すなわち、計測装置Mは、鉛直面に沿って放射状に所定角度ピッチとされた複数のレーザ光L（実施形態1では、L1～L32の32本のレーザ光）を周方向に沿って（すなわち、水平面内で）回転スキャンし、周囲をマトリックス状に分割した複数箇所の点の3次元座標値（XYZ座標値）を取得する。

30

40

【0044】

回転スキャンの際には、所定の時間間隔（計測周期）で座標値を取得する。例えば、 360° の全方位回転周波数が5～15Hzであって、測定ポイントが500、000ポイント/秒（＝計測周期2 μ s）で計測することが考えられる。このときのレーザ光L1による計測ポイントを、図5にL（1，1）、L（1，2）、L（1，3）・・・で示している。レーザ光の本数やスキャンの回転周波数、計測周期は、計測対象に応じて適宜設定可能な数値である。計測対象としての対象法面Nの凹凸を高解像度で計測する場合には、レーザ光の本数を増加させ、及び／又はスキャンの回転周波数を低減し、及び／又は計測

50

周期を短縮すればよい。実施形態 1 では、鉛直面に沿って所定角度ピッチで放射状に発振した 3 2 本のレーザ光 L 1 ~ L 3 2 を水平方向に 3 6 0 ° 全周回転させることにより、周囲の 3 次元マッピングデータの取得を実行する。

【0045】

計測装置 M によるレーザスキャンにより、対象法面 N 上にマッピングされた複数の点の 3 次元座標値が凹凸形状として計測される。レーザスキャンを繰り返し実行し、その計測結果を逐次演算処理することにより、対象法面 N の凹凸形状がリアルタイムに取得される。計測装置 M からの計測結果は、図 6 に示すように、画像処理部 F へ向けて送信可能とされている。

【0046】

なお、計測装置 M の計測領域内にノズル 8 があるように設定すれば、ノズル 8 の位置（計測装置 M から見た相対位置）の 3 次元座標値も計測可能である。それにより、計測装置 M による計測結果に基づき、ノズル 8 と対象法面 N との位置関係、ノズル 8 が対象法面 N のどの部分に対して吹付けを行っているか（ノズル 8 の吹付方向）等が認識可能である。

【0047】

< 撮像手段 >

図 1 に示すカメラ P は、例えば C C D カメラ、C M O S カメラ等の撮像手段であり、対象法面 N が視野内に収められている。このカメラ P で撮像した映像は、画像処理部 F を介して表示画面 D へと送られるようになっている。画像処理や映像の重畳表示を行わず、単にリアルタイムな映像を表示画面 D に表示する場合には、画像処理部 F を介さずに直接表示画面 D へと送られてもよい。

【0048】

カメラ P で撮像された映像は、後述する画像処理部 F によって画像処理が施されて計測装置 M による計測結果と重畳（スーパーインポーズ）されて表示画面 D に表示されるようになっている。映像と計測結果とが重畳される際には、両者の画像上の位置合わせが行われる。両者の位置合わせ容易のために、計測装置 M とカメラ P とは、近い位置又は略同一位置に配置されることが望ましいが、必ずしもそうでなくてもよい。

【0049】

カメラ P の視野内に対象法面 N だけでなくノズル 8 も収められていれば、計測結果と映像との位置合わせの精度は一層向上する。また、例えば対象法面 N 内の一部等に位置合わせ用の指標が 1 又は複数配置され、カメラ P の視野にも計測装置 M の計測領域内にもその指標が入るようにすれば、位置合わせ精度の向上に一層寄与する。

【0050】

< 表示手段 >

表示画面 D は、例えば建設機械 3 の運転席に配置され、又は、作業現場における計測装置 M の近くに配置されて、計測結果や映像を表示するためのものである。表示画面 D としては、C R T、液晶表示装置、プラズマディスプレイ等の種々の表示装置が適用可能である。

【0051】

表示画面 D は、後述する画像処理部 F から取得した計測結果や映像を画面表示する機能を有する。なお、映像については、カメラ P から直接取得する場合もある。表示画面 D 上には、画像処理部 F の画像処理によって、種々の画像表示が可能である。例えば、計測結果を数値で表示すること、計測結果をグラフ化して表示すること、計測結果を色分けして表示することが可能である。計測装置 M による計測結果とカメラ P による映像とを重畳表示することも可能である。画面を複数に分割して計測結果のグラフと重畳された映像とを同時に表示することも可能である。表示画像をリアルタイム動画として表示することも、静止画像として表示することも可能である。

【0052】

< 画像処理部 >

画像処理部 F は、計測装置 M からの計測結果やカメラ P からの映像を画像処理し、表示

10

20

30

40

50

画面 D へと表示させる機能を有する。図 6 は、計測装置 M、カメラ P、測距センサ Q（後述）、表示画面 D と画像処理部 F との接続状態を示すブロック図である。画像処理部 F は、計測装置 M、表示画面 D、カメラ P と接続され、計測装置 M から計測結果 M 1 を取得し、カメラ P から映像 P 1 を取得する。

【0053】

画像処理部 F は、取得した計測結果 M 1 及び映像 P 1 に基づき、表示画面 D に画像データ D 1 を送信するように構成されている。表示画面 D は、取得した画像データ D 1 に基づき、画面上に映像を表示する。画面上への映像表示は、表示切替えによって、また、画面を区分することにより複数映像を同時表示することによって、種々の映像表示が可能とされている。

10

【0054】

画像処理部 F は、重畳表示手段 F 1 を有している。重畳表示手段 F 1 は、例えば、スーパーインポーズインターフェースユニットとも呼ばれ、実施形態 1 では、計測装置 M からの計測結果 M 1 とカメラ P からの映像 P 1 とを重畳する機能を有している。より詳しくは、計測結果 M 1 と映像 P 1 とが表示画面 D 上で重畳表示されるように、計測結果 M 1 のデータと映像 P 1 のデータとに基づき画像データ D 1 を生成する機能を有する。

【0055】

なお、制御部 C が画像処理部 F としての機能を備えていてもよいし、制御部 C とは別体とされた画像処理部 F と制御部 C とが有線又は無線により通信可能とされていてもよい。例えば、タブレット端末、スマートフォン、パーソナルコンピュータ等の端末装置が画像処理部 F 及び表示画面 D としての機能を果たし、制御部 C と通信可能となってもよい。この場合において、端末装置内の記憶装置に画像処理プログラムがインストールされ、この画像処理プログラムに基いて端末装置内の CPU が画像処理部 F として機能してもよい。

20

【0056】

<画面表示例>

図 7 は、表示画面 D での表示例 1 である。表示例 1 では、対象法面 N を含む作業現場全体の地形を計測装置 M で計測した計測結果 M 1 を表示画面 D に表示している。作業現場全体の 3 次元座標値が計測装置 M により計測されるので、表示画面 D 上に作業現場全体の 3 次元画像が表現されている。図 7 において、水平方向に延びる線の 1 本 1 本がレーザ光 L 1 ~ L 32 に対応する。水平方向の線は、360°全周スキャンする間に所定周期で取得した 3 次元座標値を線で繋げて表現したものである。この計測装置 M では、周囲の 3 次元座標値が計測されるので、表示画面 D 上に周囲の地形を表示する際には、その視点の位置を変更することができる。すなわち、計測装置 M の位置を中心とした周囲地形の表示のみならず、計測装置 M からずらした視点位置から俯瞰した周囲地形の表現を実現することができる。図 7 では、位置 U 1 が計測装置 M の位置であり、位置 U 2 がノズルの位置である。

30

【0057】

図 8 は、表示画面 D での表示例 2 である。表示例 2 は、図 7 における対象法面 N 部分を拡大して示したものとなっている。図 8 では、レーザ光 L に対応する線を破線 L a と実線 L b とで示している。実線 L b は、吹付け作業開始時点、すなわち、法面吹付け装置 S による吹付け作業を開始する前の時点での対象法面 N の計測結果 M 1 であり、破線 L a は現時点、すなわち法面吹付け装置 S による吹付け作業進行中における対象法面 N の計測結果 M 1 である。

40

【0058】

この実線 L b と破線 L a との差分が、ノズル 8 からの吹付けによる対象法面 N の吹付け厚さを示している。このように、計測装置 M により対象法面 N の凹凸（地形）を計測し、異なる時間における計測結果（吹付け作業開始前の計測結果 M 1 と吹付け作業開始後の現時点における計測結果 M 1 等）を表示画面 D に重畳表示することで、対象法面 N における各部分ごとの吹付け厚さを正確に把握することができる。吹付け作業が充分進行している

50

箇所と、進行が不足している箇所とを正しく把握することができたり、吹付けの不足量を把握したりすることができる。吹付け不足の箇所に向けてノズル 8 の吹付け方向を調整することで、仕上げ品質の向上を図ることができる。

【0059】

図 9 は、表示画面 D での表示例 3 である。表示例 3 は、図 8 と同様に図 7 における対象法面 N を拡大表示したものである。図 9 では、吹付け厚さを色分け表示している。実施形態 1 では、吹付け作業開始前の計測結果 M 1 と吹付け作業開始後（現時点）の計測結果 M 1 との差分としての吹付け厚さが、0 以上 2 cm 未満、2 cm 以上 4 cm 未満、4 cm 以上 6 cm 未満、6 cm 以上 8 cm 未満、8 cm 以上 10 cm 未満、10 cm 以上 12 cm 未満、12 cm 以上の 7 段階で色分け表示している。図 9 では白黒表示のために、色分けの代わりにハッチングの種類を変更して表現している。このような色分け表示により、吹付け厚さが直感的に把握し易くなっている。吹付け厚さの不足箇所が直感的に迅速に把握されるので、ノズル 8 の吹付け方向をすぐに調整し、対象法面 N 全体としての吹付け仕上の品質向上を図ることができる。

【0060】

図 10 は、表示画面 D での表示例 4 である、表示例 4 は、計測結果 M 1 と映像 P 1 とを重ね表示したものである。計測結果 M 1 については、図 8 と同様に吹付け厚さごとに色分け（図面上では、異なるハッチング態様ごとに分類）表示している。計測結果 M 1 と映像 P 1 とが位置合わせされた上で表示画面 D 上で重ねて表示されている。計測結果 M 1 については、例えば 50 % の透過率等の透過処理がされ、その背後の映像 P 1 が視認可能となるように調整されている。

【0061】

表示例 4 では、計測装置 M による計測結果 M 1 とカメラ P による映像 P 1 とが、同一視点からの同一視野の画像として表示されている。そして、表示例 4 は、リアルタイム画像であり、常に現時点での映像及び計測結果としての吹付け厚さの色分け表示が重畳表示されている。したがって、対象法面 N 内で、どの位置の吹付け量が不足しているかが一目瞭然に把握可能である。

【0062】

計測結果 M 1 と映像 P 1 との表示画面 D 上での重畳表示の際には両者の位置合わせが行われる。この位置合わせは、種々の方法によって実現可能である。例えば、計測装置 M とカメラ P とが両方とも作業現場に配置されており（両者の相対位置関係が変動しない）、計測装置 M の視野内とカメラ P の視野内とに同一対象物が存在する場合は、その同一対象物を基準として両者の位置合わせを行うことができる。同一対象物としては、例えばノズル 8 であってもよいし、対象法面 N 上又は対象法面 N の近傍に配置した基準指標であってもよい。

【0063】

また、例えば、計測装置 M が作業現場に固定されており、カメラ P が法面吹付け装置 S に取り付けられていて、両者の相対位置関係が変動する場合には、吹付け作業開始前に予め基準指標等を用いて両者の視野のキャリブレーション（位置合わせ）を行う。その後、法面吹付け装置 S の各動作部 R 1 ～ R 10 のセンサ出力に基づき、カメラ P の視野がどの方向にどの程度移動したかを検出することにより、計測結果 M 1 と映像 P 1 との相対位置関係の維持を実現することができる。各動作部 R 1 ～ R 10 のセンサ出力を利用することで、計測装置 M の視野内とカメラ P の視野内とに同一対象物が存在しない場合であっても、両者の視野の相対位置関係を維持することができる。

【0064】

上述の相対位置関係の計測は、位置計測装置 O によって計測装置 M の位置を継続的に計測することによって実現することもできる。位置計測装置 O は、例えば、全地球測位システム（GPS）、赤外線、レーザ距離計等によって、計測装置 M の位置を計測することができる。位置計測装置 O による位置計測結果 O 1 は、図 6 に示すように、画像処理部 F へ向けて送信される。位置計測装置 O は、計測装置 M の位置だけでなく、カメラ P、測距セ

10

20

30

40

50

ンサQ、ノズル8等の位置を継続的に計測するものであってもよい。また、位置計測装置O自体の絶対位置をGPS等により取得することで、位置計測装置Oを基準とした相対位置関係を計測することもできる。このような位置計測装置Oを用いることにより、対象法面Nが広範囲に亘り、計測装置Mや法面吹付装置S、カメラPの移動が必要となった場合であっても、位置合わせを容易に行うことができる。

【0065】

図11は、表示画面Dでの表示例5である。表示例5は、対象法面Nの吹き付け方向における縦断面形状を示したものである。計測装置Mの計測結果M1により、ノズル8が現時点で対象法面N上のどの位置に対して吹き付けを行っているか（吹き付け位置とも吹き付け方向ともいう。）を把握することができる。例えば、計測結果M1上で、ノズル8の延長方向を更に延長した仮想線と対象法面Nとの交点とを求めてもよいし、現時点での吹き付け厚さの単位時間あたりの変化量（増加量）が最も大きい位置を吹き付け位置としてもよい。

【0066】

表示例5では、その吹き付け位置を通る対象法面Nの鉛直断面の形状を示している。吹き付け方向における鉛直に沿った断面形状を表示することにより、吹き付け量が不足している箇所や法面の仕上げ状況をリアルタイムに把握することができる。また、この吹き付け方向における目標法面形状Tも併せて表示するようにすることで、より一層作業効率の向上を図ることができる。なお、図11では目標法面形状Tを直線状の二点鎖線で示しているが、目標法面形状Tは必ずしも直線表示とは限らず、実形状に応じて不規則に変化する曲線で表示してもよい。

【0067】

なお、例えば、図2（b）に示すように、ノズル保持部14の近傍に測距センサQを取り付ければ、より簡便かつ確実に吹き付け方向における対象法面Nの縦断面形状を計測することができる。この測距センサQが、自身と対象法面Nとの距離を、ノズル8の吹き付け方向における縦方向に沿って計測することができるものであれば、吹き付け方向における対象法面Nの縦断面形状を容易に計測することができる。この場合において、測距センサQは、画像処理部Fに接続され、画像処理部Fに向けて計測結果Q1を送信する。

【0068】

図12は、表示画面Dでの表示例6である。表示例6では、表示画面を複数の画面領域に分割し、各々の表示領域に表示例1、4、5での各々の表示画像E1、E4、E5を表示している。これにより、作業現場の全体地形、ノズル8の吹き付け方向、対象法面Nの各位置の吹き付け厚さ、目標吹き付け厚さからの不足量等、種々の情報を把握することができる。なお、表示画像E6には、表示画像E1に対する視点移動や拡大、縮小等の指示ボタンが表示されており、これらの指示ボタンを選択することで、表示画像E1の視点移動、拡大、縮小が可能である。

【0069】

<法面吹付工法の説明>

続いて、実際の法面吹付工法の手順について説明する。対象法面Nのある作業現場に法面吹付装置Sを所定位置に設定する（S1）。その近傍位置に計測装置M及びカメラPを設置する（S2）。表示画面D及び画像処理部Fを備えたタブレット端末を計測装置M、カメラP、測距センサQ、及び制御部Cと通信可能な状態にセットする（S3）。

【0070】

計測装置Mで周囲の地形の計測を開始し、計測結果M1をタブレット端末へと送信する（S4）。カメラPで対象法面Nを撮影し、その映像P1をタブレット端末へと送信する（S5）。また、測距センサQで吹き付け方向における対象法面Nの縦断面形状を計測し、計測結果Q1をタブレット端末へと送信する（S6）。タブレット端末は、計測結果M1と映像P1との位置合わせを実行する（S7）。位置合わせは、例えば視野内のノズル8の位置に基づき、又は、対象法面Nの近傍位置に設置された基準指標を計測装置Mで計測し、カメラPで撮影することにより行う。

【0071】

タブレット端末は、計測結果M1と映像P1とに基づき画像データD1を生成し、画像データD1に基づき表示画面Dに画像表示を行う（S8）。画像表示は、表示例1～6のうちいずれか、又はそれらの組合せによって行う。

【0072】

タブレット端末は、計測結果M1を調整手段としての制御部Cへと送信する（S9）。制御部Cは、計測結果M1に基づき、対象法面Nのどの部分にどの程度の吹付け量が不足しているかを判断し（S10）、その判断に基づき各動作部R1～R10へ調整指令を送出し、各動作部の駆動手段を動作させてノズル8の吹付け方向を調整する（S11）。

【0073】

<吹付け厚さの計算方法の説明>

吹付け厚さは、投影方向における吹付け作業開始前の計測装置Mによる計測結果M1₀と、吹付け作業開始後の特定の時点tにおける計測装置Mによる計測結果M1_tとの距離（M1_t－M1₀）として算出することができる。ここで、投影方向とは、対象法面Nを正面から水平に矢視したときの矢視方向を法線とする鉛直面である投影面N1（したがって、投影面N1は対象法面Nと地面との接線に大略沿って延びる）を想定した場合に、この投影面N1に対して垂直な方向とすることができる。図13は、対象法面Nの投影面N1の説明図である。図13中、吹付け作業開始前の対象法面Nを実線Lbで、吹付け作業開始後の特定の時点tにおける法面を破線Laで示している。吹付け作業開始前の計測結果M1₀を■で、吹付け作業開始後の時点tにおける計測結果M1_tを●で示している。投影面N1はZX平面上にあり、投影方向はY軸方向に平行であり、吹付け厚さはY軸方向に平行な距離（M1_t－M1₀）として算出することができる。

【0074】

また、投影面N1を複数の四角形状の小区画に分画した場合に、レーザ光Lが照射された測定点の投影方向に位置する投影面N1上の小区画に、この測定点の測定結果を小区画の代表値として対応付けておくことができる。具体的には、測定点のX座標及びZ座標に対応する投影面N1上の小区画に測定結果のY座標値を小区画の代表値として対応付けることができる。その場合、小区画を代表する座標値としては、X座標及びZ座標については、小区画の中心点の座標とし、Y座標は、計測結果M1₀又はM1_tのY座標値とすることができる。投影方向上に測定点が存在しない小区画については、近傍の代表値を有する2つ以上の小区画の代表値による線形補間（直線補間）によって、代表値を決定することができる。

【0075】

更に、吹付け厚さの精度を向上させるべく、下記（i）～（v）の手順によって吹付け厚さを算出することができる。なお、以下の計算方法は図14を参照しながら説明する。図14は、吹付け厚さの計算方法の一例を示す概略説明図である。

【0076】

（i）レーザ光が照射された測定点の投影方向に位置する投影面N1上の小区画に対して、その代表座標値として、X座標に小区画の中心のX座標、Y座標に測定点のY座標、Z座標に小区画の中心のZ座標を設定する。代表座標値は、吹付け作業開始前の対象法面N上の測定点と、吹付け作業開始後の現時点での測定点との両方について設定する。これにより、レーザ光が照射された測定点の投影方向に位置する投影面N1上の小区画に対して、吹付け作業開始前の測定点に対応する代表座標値m_{i0}と、吹付け作業開始後の時点tにおける測定点に対応する代表座標値m_{it}とが設定される。ここで、iは、各小区画に1つずつ割り振られた番号であり、任意の自然数である。

【0077】

（ii）投影方向上に測定点が存在しない小区画については、近傍の代表値を有する2つ以上の小区画の代表座標値を用いて、線形補間により代表座標値を決定する。

【0078】

（iii）1点を共有する4つの小区画について、それぞれの吹付け作業開始前及び吹

10

20

30

40

50

付け作業開始後の現時点における代表座標値計 8 点 (m_{10} 、 m_{20} 、 m_{30} 、 m_{40} 、 m_{1t} 、 m_{2t} 、 m_{3t} 、 m_{4t}) から形成される六面体についてその体積を算出する。

【0079】

(iv) この六面体の体積を、点 m_{10} 、 m_{20} 、 m_{30} 、 m_{40} で形成される四角形の面積で除して、六面体の高さとする。

【0080】

(v) こうして求められた六面体の高さを、点 m_{10} 、 m_{20} 、 m_{30} 、 m_{40} で形成される四角形で形成される領域における吹付け厚さとする。

【0081】

〔実施形態 2〕

次に、本発明の実施形態 2 について例示的に説明する。実施形態 2 としては、実施形態 1 における計測装置 M の設置角度を傾斜可能とした場合について説明する。計測装置 M の設置角度を傾斜させることにより、鉛直面内での複数本のレーザ光の照射方向をずらして計測の解像度を高めることができる。なお、計測装置 M の設置角度を変更可能とする構成以外の実施形態 2 の構成については、実施形態 1 の構成と同様とすることができる。

【0082】

図 15 は、図 1 に示す計測装置 M の設置角度を変更した場合の概略説明図である。図 15 に示すように、計測装置 M は、水平方向に対する傾斜角度を調整可能に設置することができる。

【0083】

傾斜角度 γ は、上記所定角度ピッチ β よりも小さな角度で調節可能であることが好ましい。すなわち、計測装置 M におけるレーザ光の設計上の所定角度ピッチ β よりも小刻みな角度で計測装置 M 自体の仰角が調整可能であることが好ましい。傾斜角度 γ は、例えば 0.5° 程度とすることができる。傾斜角度 γ の上限値は、所定角度ピッチ β よりも小さな角度であり、例えば 3° 程度である。これにより、スキャンの際、対象法面 N における鉛直面内での測定ポイントの数を増加させ、より高解像度の 3 次元マッピングデータを取得することができる。特に、計測装置 M からの距離が長く傾斜が緩やかであるため測定ポイント間の距離が長い場合であっても、その測定ポイント間に測定ポイントを補うことが可能である。例えば、図 15 中、レーザ光 L_q と L_r の測定ポイントの間にある対象法面上の凹凸は、傾斜角度 γ だけ計測装置 M を傾斜させることにより照射が可能となったレーザ光 L_{q1} や、更に傾斜角度 γ だけ計測装置 M を傾斜させることにより照射が可能となった L_{q2} によって測定することができる。

【0084】

図 15 では、計測装置 M の傾斜角度 γ が所定角度ピッチ β を 3 等分する場合について説明している。図 15 中、所定角度ピッチ β で発振されたレーザ光 L_p 、 L_q 、 L_r 、 L_s を実線の矢印で示し、計測装置 M の仰角を上向きに傾斜角度 γ だけ傾斜させた場合のレーザ光 L_{p1} 、 L_{q1} 、 L_{r1} を破線の矢印で、更に仰角を上向きに傾斜角度 γ だけ傾斜させた場合のレーザ光 L_{p2} 、 L_{q2} 、 L_{r2} を二点鎖線の矢印で示している。傾斜角度 γ が $\gamma = 1/3\beta$ である場合のレーザ光 L_p 、 L_q 、 L_r が、それぞれ L_{p1} 、 L_{q1} 、 L_{r1} であり、 $\gamma = 2/3\beta$ である場合のレーザ光 L_p 、 L_q 、 L_r が、それぞれ L_{p2} 、 L_{q2} 、 L_{r2} である。なお、 p 、 q 、 r 、 s は、この順に連続した整数である。

【0085】

計測装置 M の設置角度を傾斜させる構成としては、傾斜角度 γ だけ調整できるような正確な位置決めが可能な構成であることが好ましい。更に、レーザ光によるスキャンの回転周期や計測周期に合わせて、特定の時点で傾斜角度 γ だけ変更できる構成であることが好ましい。例えば、ステッピングモータ等を傾斜駆動させることで傾斜角度を制御することができる。

【0086】

具体的には、レーザ光が 360° 回転する毎に、ステッピングモータ等を作動させて計測装置 M の設置角度を傾斜角度 γ だけレーザ光の鉛直面内で上方に傾斜することができる

10

20

30

40

50

。レーザ光の 360° 回転と計測装置Mの傾斜角度 γ の傾斜とを繰り返し、傾斜角度 γ の合計が所定角度 β を越える場合、計測装置Mの設置角度を傾斜前の角度（傾斜角度 γ が 0° の状態）に戻り、その傾斜前の設置角度でレーザ光を 360° 回転スキャンするよう構成してもよい。このように計測装置Mの傾斜角度 γ を制御することにより、より高解像度で対象法面Nをスキャンすることができる。

【0087】

〔実施形態3〕

次に、本発明の実施形態3について説明する。図16は、実施形態3に係る法面吹付装置S'の概略構造を示す模式図である。実施形態3では、ブーム32の先端に作業員W用のゴンドラ33が設置された法面吹付装置S'を用い、そのゴンドラ33に作業員Wが乗り込んでノズル8を持って対象法面Nに対する吹付けを行う。以下、実施形態3に係る法面吹付工法及び法面吹付装置S'について、実施形態1に係る法面吹付工法及び法面吹付装置Sと異なる点を中心に説明するが、実施形態3の構成のうち以下で説明しない部分については実施形態1の構成と基本的に同様のものとして行うことができる。実施形態3に係る法面吹付装置S'を実施形態2に適用することももちろん可能である。

【0088】

建設機械30のブーム32の先端には、上述の実施形態1における法面吹付装置Sの各種アームの代わりにゴンドラ33が設置されている。ゴンドラ33には作業員Wが乗り込むことができる。作業員Wは、ゴンドラ33に乗り込んだ状態で、ノズル8を手を持ち、対象法面Nに対して吹付け作業を行うことができる。建設機械30の機械本体31及びブーム32としては、実施形態1における機械本体1及びブーム2と同様の構成とすることができる。もちろん、ゴンドラ33は、ブーム32に直接取り付けられていなくてもよく、ブーム32に接続されたアームを介してブーム32に取り付けられていてもよい。

【0089】

実施形態3においても測距センサQを取り付けることにより、より簡便かつ確実に吹付け方向における対象法面Nの縦断面形状を計測することができる。測距センサQは、例えば、ブーム32の先端、ノズル8、ゴンドラ33等に取り付けたり、作業員Wが装着したりしてもよい。作業員Wが装着する場合には、例えば、作業員Wが装着するヘルメットに測距センサQを取り付けることができる。

【0090】

〔実施形態4〕

次に、本発明の実施形態4について例示的に説明する。実施形態4としては、実施形態1における表示手段を変更した場合について説明する。なお、表示手段以外の実施形態4の構成については、実施形態1の構成と同様とすることができる。実施形態4に係る表示手段を実施形態2、実施形態3に適用することももちろん可能である。

【0091】

図17は、表示画面Dでの表示例7を示す図である。表示例7では、表示画面を複数の画面領域に分割し、各々の表示領域に、カメラPが撮影した現場の映像P1の表示画像E7、対象法面Nの吹き付け方向における縦断面形状の表示画像E8、投影面N1上において、吹付け厚さを色分け表示した吹付け厚さグラフの表示画像E9、表示画像E9において任意の左右方向位置に対応する対象法面Nの縦断面の吹付け厚さグラフの表示画像E10を表示することができる。また、表示画像E7として表示される対象法面Nの位置及び範囲を表示画像E7aの指示ボタンにより調整することが可能である。表示画像E7の表示範囲と表示画像E9の表示範囲とを連動させて、表示画像E9の表示範囲を表示画像E7aの指示ボタンによる調整後に表示画像E7として表示された映像P1の表示範囲と一致させることができる。

【0092】

表示画像E9上には、表示画像E9の上端から下端まで延長する縦カーソルE9bが表示画面D上での左右方向に移動可能に表示されており、縦カーソルE9bを左右に移動させることによって移動させた位置に対応する対象法面Nの縦断面における吹付け厚さグラ

フが表示画像 E 1 0 として表示される。例えば、表示画面 D がタブレット端末のディスプレイに表示される場合、表示画像 E 9 上の任意の箇所を使用者がタップしたり、縦カーソル E 9 b を選択した状態で横方向にドラッグすることで、縦カーソル E 9 b の位置に対応する対象法面 N の縦断面における吹付け厚さグラフを表示画像 E 1 0 に表示させることができる。すなわち、使用者により特定された対象法面 N 上の特定位置を通る鉛直断面における対象法面 N の縦断面の計測結果 M 1 を表示画像 E 1 0 に表示させることができる。

【0093】

表示画像 E 1 0 には、表示画像 E 9 上の縦カーソル E 9 b に対応する位置の縦断面における吹付け作業開始前と、吹付け作業開始後の現時点との両方の吹付け厚さグラフを重ねて表示させることができる。表示画像 E 1 0 中、実線 E 1 0 a が吹付け作業開始前の吹付け厚さグラフであり、破線 E 1 0 b が吹付け作業開始後の現時点での吹付け厚さグラフである。これにより、表示画像 E 9 において色分け表示された吹付け厚さグラフの任意の位置（縦カーソル E 9 b の位置）における対象法面 N の縦断面における吹付け状況を直感的に把握することができる。なお、表示例 7 において、表示画像 E 9 における横方向及び縦方向は、それぞれ図 1 4 における X 軸方向及び Z 軸方向に対応し、表示画像 E 1 0 における横方向及び縦方向は、それぞれ図 1 4 における Y 軸方向及び Z 軸方向に対応する。

【0094】

また、表示例 7 においては、表示画像 E 7 における映像 P 1 の視点移動や拡大、縮小をするための指示ボタンが表示画像 E 7 a として表示されている。また、表示画像 E 9 における吹付け厚さグラフの拡大、縮小や、選択範囲の移動のための指示ボタンが表示画像 E 9 a として表示されている。

【0095】

なお、表示例 7 においては、映像 P 1 と計測装置 M による計測結果 M 1 とを重ね表示していないため、カメラ P が必ずしも定位置に固定されていなくてもよい。例えば、カメラ P は、法面吹付装置 S のアーム先端部のノズル保持部 1 4 等に設置されていてもよい。

【0096】

〔実施形態 5〕

次に、本発明の実施形態 5 について例示的に説明する。実施形態 5 としては、実施形態 1 における表示手段を変更した場合について説明する。なお、表示手段以外の実施形態 5 の構成については、実施形態 1 の構成と同様とすることができる。実施形態 5 に係る表示手段を実施形態 2、実施形態 3、実施形態 4 に適用することももちろん可能である。

【0097】

図 1 8 は、表示画面 D での表示例 8 a ~ 8 c を示す図である。図 1 8 (a) に示す表示例 8 a は、計測装置 M により対象法面 N を計測した計測結果 M 1 の一部を点群で表示したものである。図 1 8 (b) に示す表示例 8 b は、計測装置 M により対象法面 N を計測した計測結果 M 1 の一部を点群で表示したものであるが、対象法面 N の計測を、表示例 8 a の場合よりも高い解像度で行ったものである。計測の解像度を高める方法としては、例えば、実施形態 2 で説明したように、計測装置 M を傾斜させる方法や、計測における計測周期を短くする方法が考えられる。図 1 8 (c) は、表示例 8 b での計測結果 M 1 を点群で表示するのではなく、計測結果 M 1 同士を結ぶ複数の三角形を用いて表現したポリゴン表現によるものである。これら表示例の比較からも明らかなように、計測点の数をより多く表示させることで、より対象法面 N の表面形状が把握し易くなる。また、ポリゴン表現を採用することにより、より対象法面 N の表面の凹凸の様子を把握し易くすることができる。これら表示例 8 a ~ 8 c は、カメラ P による映像 P 1 の代わりとして対象法面 N の表面形状を把握するために、表示例 6 における表示画像 E 4 の代わりとして表示することもできる。

【0098】

以上、実施の形態を説明したが、本発明はこれらに限定されるものではなく、その要旨の範囲内で様々な変形や変更が可能である。また、例示的に実施形態 1 ~ 実施形態 5 について説明したが、本発明を実施するにあたり、適宜、実施形態の一部同士を組み合わせ

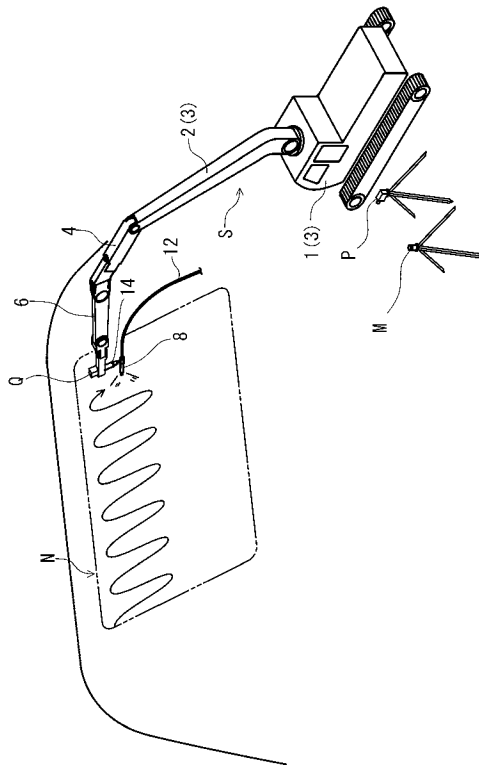
本発明を実施してもよい。

【符号の説明】

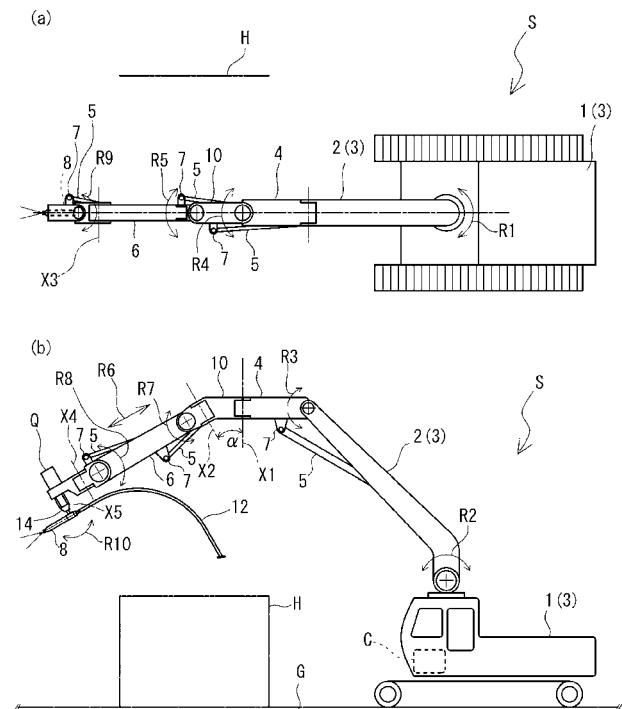
【0099】

C：制御部	C 1：演算処理部（CPU）	
C 2：メモリ（記憶手段）	D：表示画面（表示手段）	
D 1：画像データ		
E 1，E 4，E 5，E 6，E 7，E 7 a，E 8，E 9，E 9 a，E 1 0：表示画像		
E 7 a，E 9 a：指示ボタン	E 9 b：縦カーソル	
E 1 0 a：実線	E 1 0 b：破線	
F：画像処理部	F 1：重畳表示手段	10
G：地面	H：垂直面	
L（L 1～L 3 2），L p，L q，L r，L s：レーザ光		
L a：破線	L b：実線	
M：計測装置（計測手段）	M 1：計測結果	
N：対象法面	N 1：投影面	
O：位置計測装置	O 1：位置計測結果	
P：カメラ（撮像手段）	P 1：映像	
Q：測距センサ	Q 1：計測結果	
R 1：回転部（第 4 回転手段）	R 2：傾動部（第 5 傾動手段）	
R 3：傾動部（第 1 傾動手段）	R 4：回転部（第 1 回転手段）	20
R 5：回転部（第 2 回転手段）	R 6：伸縮部（第 1 伸縮手段）	
R 7：傾動部（第 2 傾動手段）	R 8：傾動部（第 3 傾動手段）	
R 9：回転部（第 3 回転手段）	R 1 0：傾動部（第 4 傾動手段）	
S，S'：法面吹付装置	T：目標法面形状	
U 1，U 2：位置	W：作業員	
X 1：回転軸（第 1 軸）	X 2：回転軸（第 2 軸）	
X 3：傾動軸（第 3 軸）	X 4：回転軸（第 4 軸）	
X 5：傾動軸（第 5 軸）	α ：（アームの）所定角度	
β ：（レーザ光の）所定角度	γ ：傾斜角度	
1，3 1：機械本体	2，3 2：ブーム	30
3，3 0：建設機械	4：中間アーム	
5：油圧シリンダ	6：先端アーム	
7：突起部	8：ノズル	
1 0：中継アーム	1 2：ホース	
1 4：ノズル保持部	1 6：吹付け軌跡	
2 0：カム構造（揺動手段）	2 0 a：リンク部材	
2 0 b：カム部材	2 2：スライド構造（上下動構造）	
3 3：ゴンドラ		

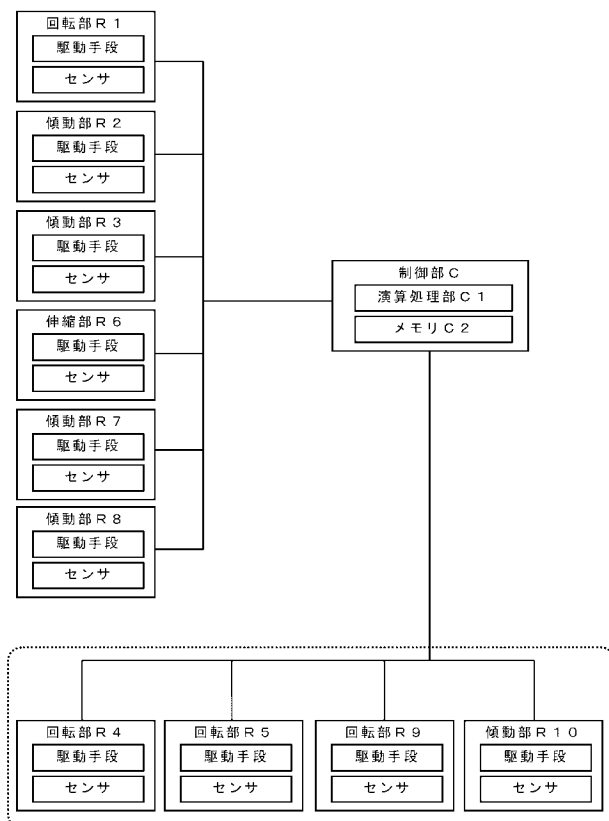
【図 1】



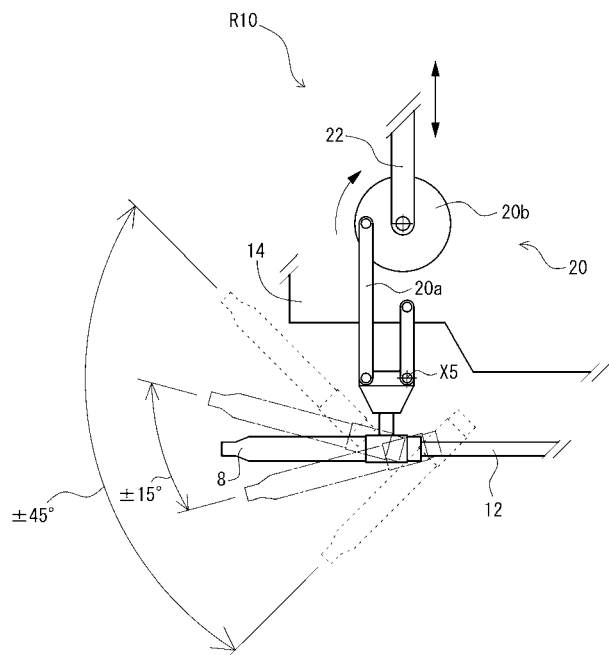
【図 2】



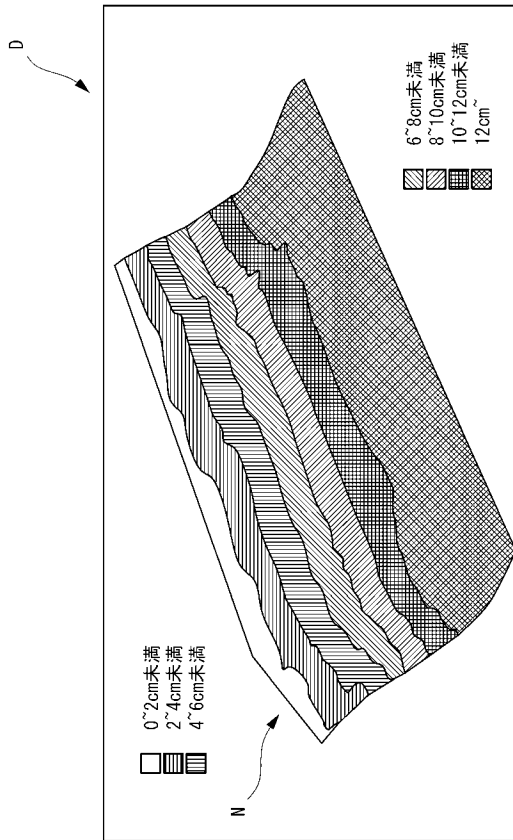
【図 3】



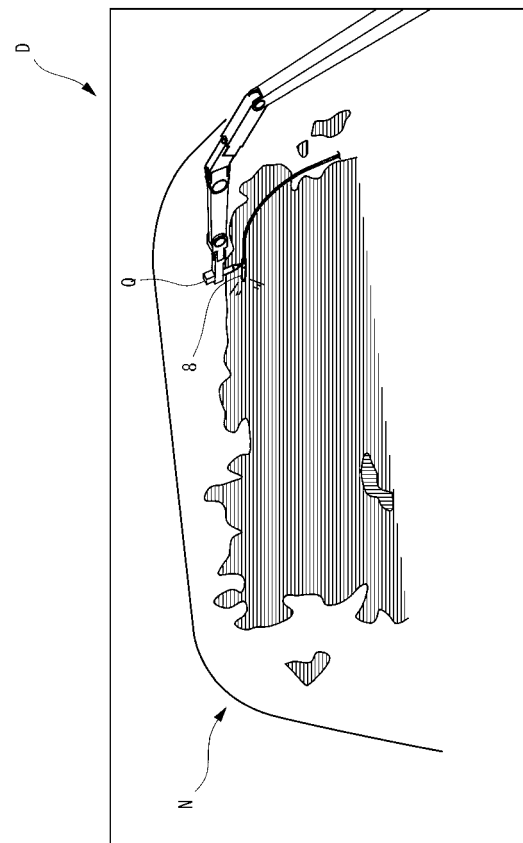
【図 4】



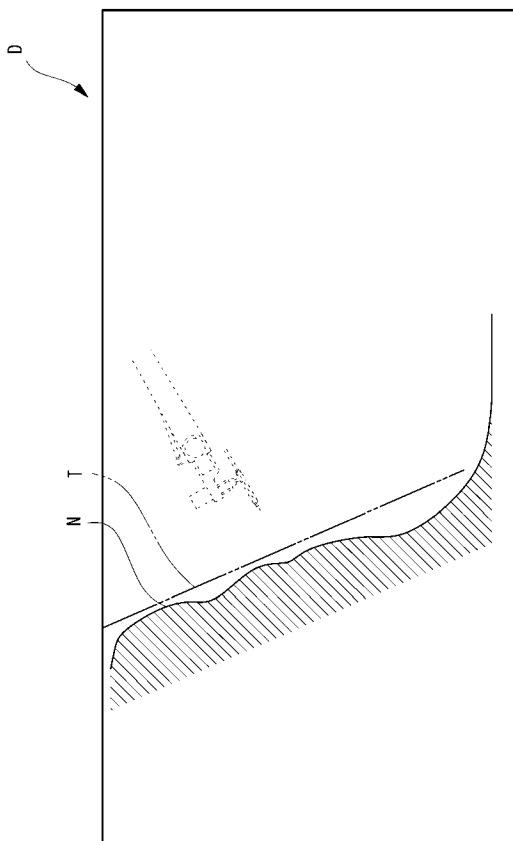
【図 9】



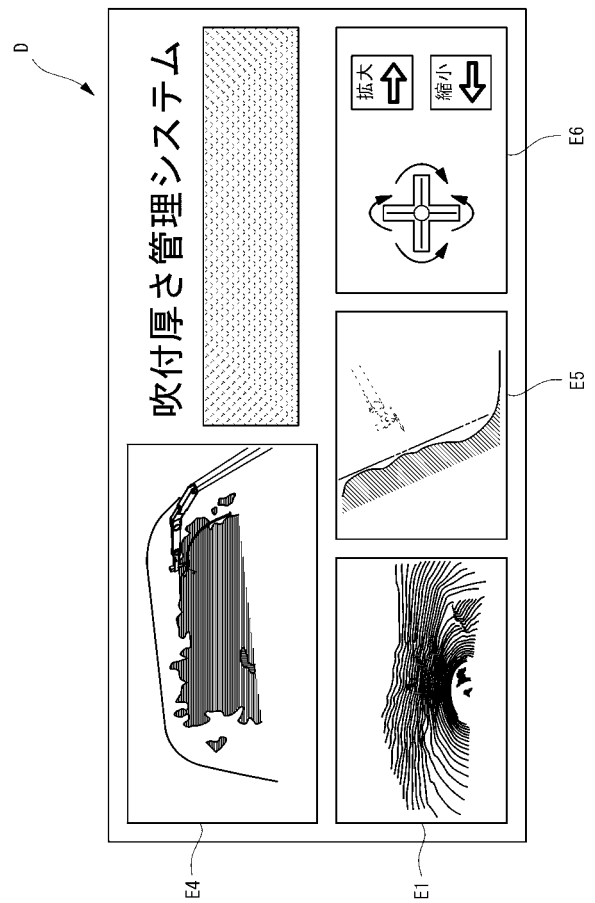
【図 10】



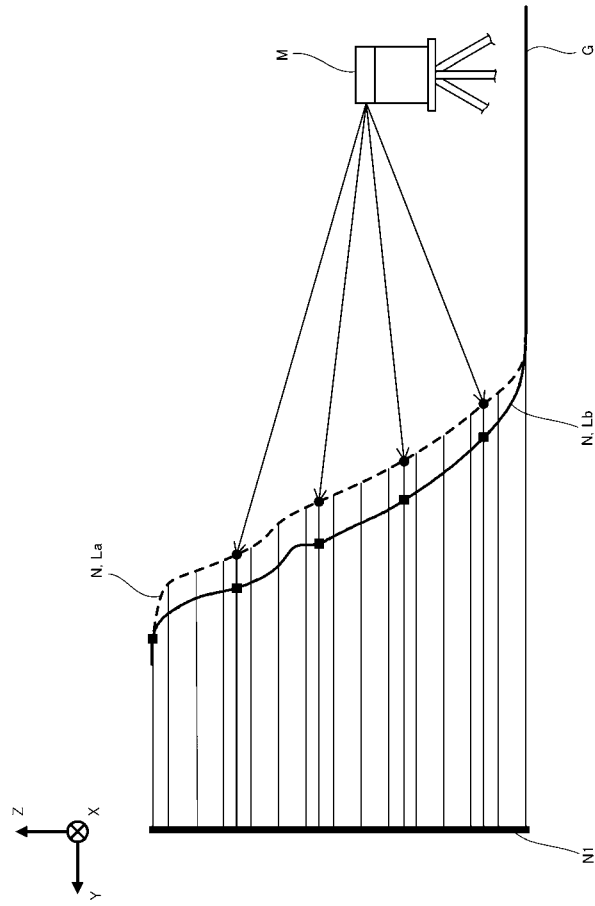
【図 11】



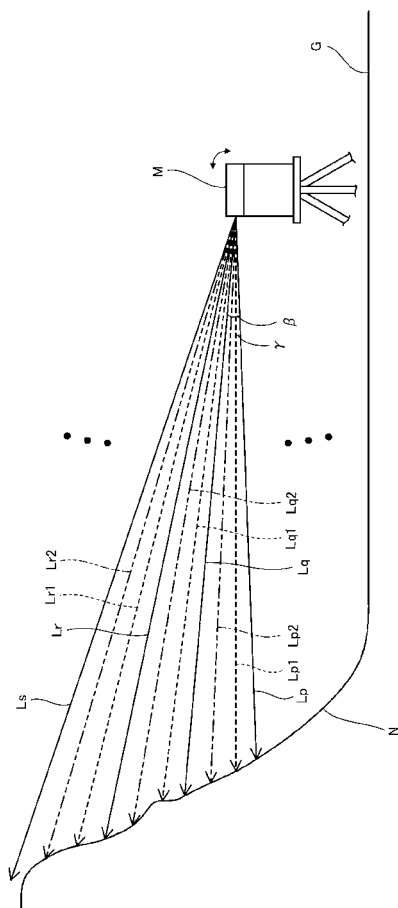
【図 12】



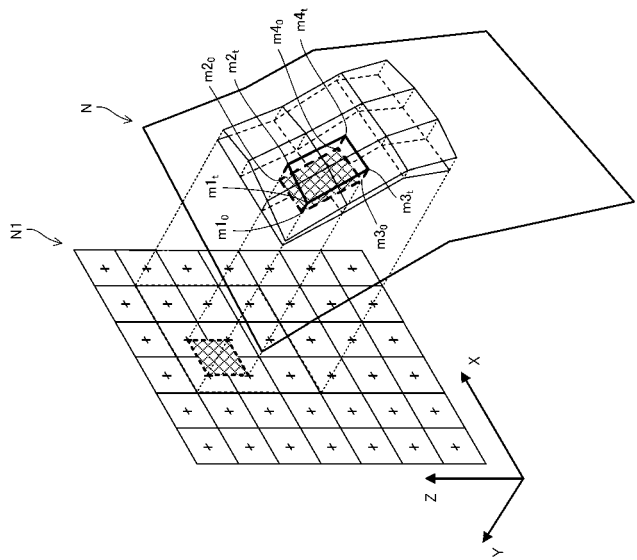
【図 13】



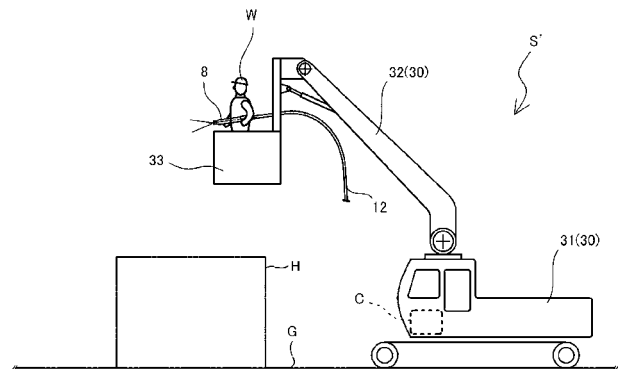
【図 15】



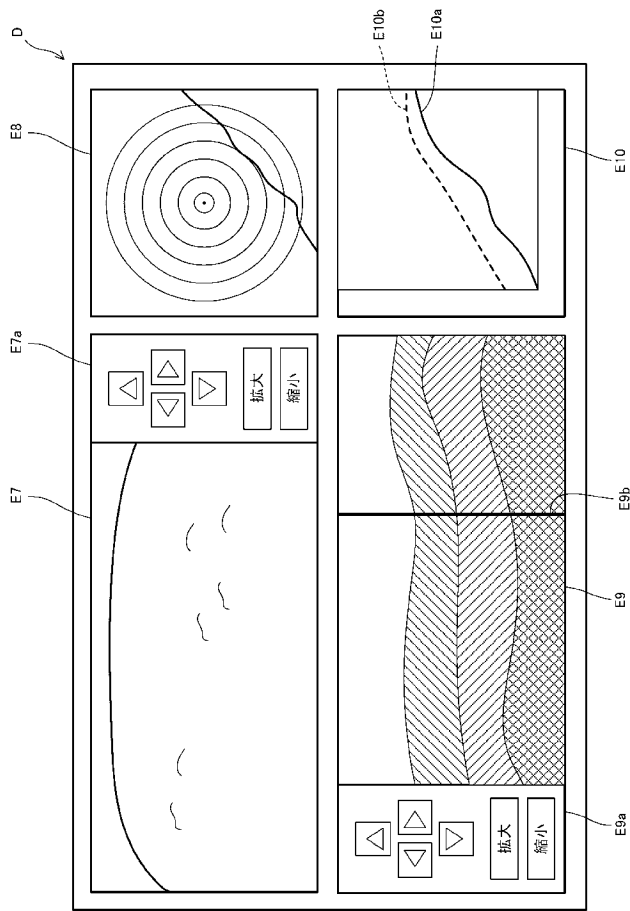
【図 14】



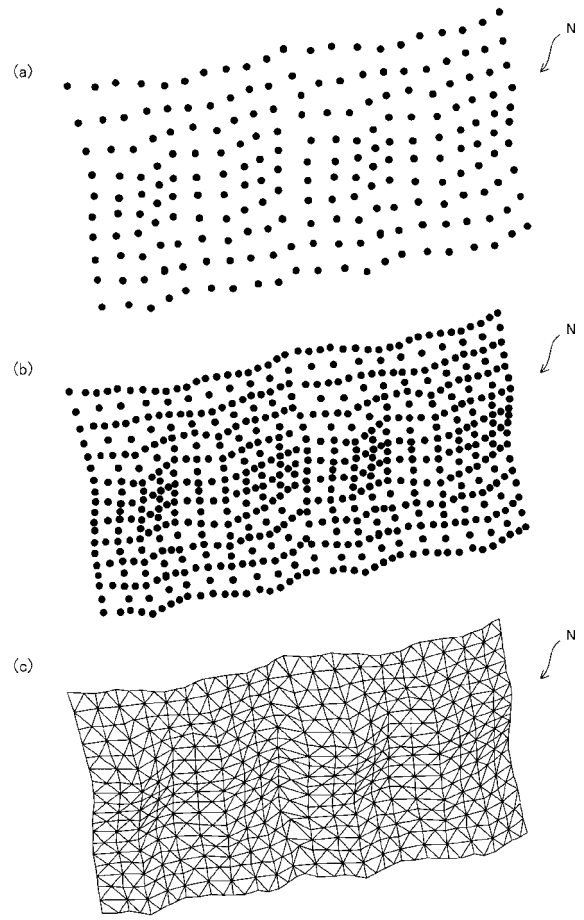
【図 16】



【図 17】



【図 18】



フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I テーマコード (参考)
G 0 1 C 3/06 1 4 0

Fターム(参考) 2F065 AA04 AA30 AA52 AA53 CC14 FF11 FF67 GG04 JJ03 JJ26
MM06 MM08 MM16 MM26 PP05 QQ13 QQ31 SS13
2F112 AD01 BA05 CA04 CA12 DA02 DA15 DA25 FA35
5J084 AA04 AA13 AB16 AB17 AC07 AD01 BA03 BA34 BA40 BA50
CA65 CA67 EA04