

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2018年10月11日(11.10.2018)



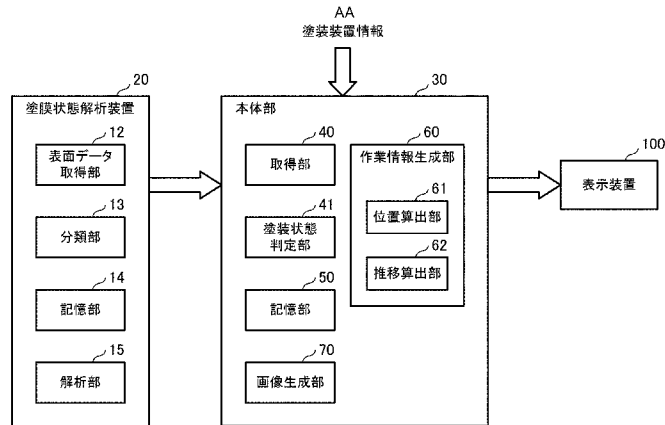
(10) 国際公開番号
WO 2018/185891 A1

- (51) 国際特許分類:
G01B 21/08 (2006.01) **G01B 11/02** (2006.01)
B05C 11/00 (2006.01) **G01N 21/27** (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2017/014278
- (22) 国際出願日: 2017年4月5日(05.04.2017)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (71) 出願人: 株式会社ニコン (NIKON CORPORATION) [JP/JP]; 〒1086290 東京都港区港南二丁目15番3号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 栢場 皓之 (KAYABA, Hiroyuki); 〒1086290 東京都港区港南二丁目15番3号 株式会社ニコン内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 永井 冬紀, 外 (NAGAI, Fuyuki et al.); 〒1080075 東京都港区港南一丁目6番41号 品川クリスタルスクエア 901 永井特許事務所 Tokyo (JP).
- (81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM,

(54) Title: COATING FILM STATE ANALYSIS DEVICE AND FILM THICKNESS MEASUREMENT DEVICE

(54) 発明の名称: 塗膜状態解析装置および膜厚測定装置

【図3】



- 12 Surface data acquisition unit
- 13 Sorting unit
- 14, 50 Storage unit
- 15 Analysis unit
- 20 Coating film state analysis device
- 30 Main unit
- 40 Acquisition unit
- 41 Coating state determination unit
- 60 Operation information generation unit
- 61 Position calculation unit
- 62 Transition calculation unit
- 70 Image generation unit
- 100 Display device
- AA Coating device information

(57) Abstract: A coating film state analysis device comprising an acquisition unit for acquiring surface data pertaining to a to-be-coated region, a sorting unit for sorting from the surface data acquired by the acquisition unit into post-coating-operation surface data and pre-coating-operation surface data, and an analysis unit for analyzing the state of a coating film formed in the to-be-coated region on the basis of the post-coating-operation surface data and the pre-coating-operation surface data sorted by the sorting unit.



WO 2018/185891 A1

ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG,
US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

- 一 国際調査報告 (条約第21条(3))

(57) 要約: 塗膜状態解析装置は、塗装対象領域の表面データを取得する取得部と、前記取得部により取得された前記表面データから塗装作業済みの表面データと塗装作業前の表面データとに分類する分類部と、前記分類部により分類された前記塗装作業済みの表面データと前記塗装作業前の表面データとに基づいて、前記塗装対象領域に形成された塗膜の状態を解析する解析部と、を備える。

明 細 書

発明の名称：塗膜状態解析装置および膜厚測定装置

技術分野

[0001] 本発明は、塗膜状態解析装置および膜厚測定装置に関する。

背景技術

[0002] 測定子を塗装面に押接させて塗膜の膜厚を測定する技術が知られている（特許文献1）。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：日本国特開昭59-180322号公報

発明の概要

[0004] 本発明の第1の態様によると、塗膜状態解析装置は、塗装対象領域の表面データを取得する取得部と、前記取得部により取得された前記表面データから塗装作業済みの表面データと塗装作業前の表面データとに分類する分類部と、前記分類部により分類された前記塗装作業済みの表面データと前記塗装作業前の表面データとに基づいて、前記塗装対象領域に形成された塗膜の状態を解析する解析部と、を備える。

本発明の第2の態様によると、第1の態様の塗膜状態解析装置において、前記塗装対象領域の表面データは、塗装作業済み領域と塗装作業前領域とを含む表面データであり、前記分類部は、前記取得部により取得された前記表面データから、前記塗装作業済み領域の表面データと前記塗装作業前領域の表面データとを抽出し、抽出されたそれぞれの表面データを分類することが好ましい。

本発明の第3の態様によると、第2の態様の塗膜状態解析装置において、前記解析部は、少なくとも一部の領域が塗装対象上の同じ位置を示す表面データを含む、前記塗装作業済み領域の表面データと前記塗装作業前領域の表面データとに基づいて、前記塗装対象領域に形成された塗膜の膜厚状態を解

析することが好ましい。

本発明の第4の態様によると、第2の態様の塗膜状態解析装置において、前記取得部は、前記塗装対象領域に対する塗装作業前、塗装作業後、または塗装作業領域への塗装作業進行中における複数の異なる時点でのうち、少なくともいずれか二つの時点での、前記塗装対象領域の表面データを取得し、前記分類部は、前記少なくともいずれか二つの時点での前記塗装対象領域の表面データのそれぞれに対して、塗装作業済み領域の表面データと塗装作業前領域の表面データとに分け、前記解析部は、前記少なくともいずれか二つの時点の一方の前記塗装作業済み領域の表面データと、他方の塗装作業前領域の表面データとに基づいて、前記塗装対象領域に形成された塗膜の膜厚状態を解析することが好ましい。

本発明の第5の態様によると、第4の態様の塗膜状態解析装置において、前記少なくともいずれか二つの時点の一方の前記塗装作業済み領域の表面データと、他方の塗装作業前領域の表面データとは、少なくとも一部が塗装対象上の同じ位置を示す表面データを含むことが好ましい。

本発明の第6の態様によると、第1から第5までのいずれか一つの態様の塗膜状態解析装置において、前記取得部で取得される表面データは、前記塗装対象領域の形状データであることが好ましい。

本発明の第7の態様によると、第6の態様の塗膜状態解析装置において、前記取得部で取得される前記塗装対象領域の形状データは、いずれも同一座標系で表現される3次元形状データであり、前記解析部は、前記塗膜の状態として前記塗装対象領域に形成された塗膜の膜厚情報を取得することが好ましい。

本発明の第8の態様によると、第6または第7の態様の塗膜状態解析装置において、前記分類部は、前記取得部により取得された前記形状データから塗装作業者の領域を抽出し、前記塗装作業者の領域に基づいて、塗装作業済み領域の形状データと塗装作業前領域の形状データとを抽出することが好ましい。

本発明の第9の態様によると、第6から第8までのいずれか一つの態様の塗膜状態解析装置において、前記塗装対象領域の形状データを記憶する記憶部を更に有し、前記分類部は、前記取得部により取得された前記形状データと前記記憶部に記憶された前記形状データとの差を算出し、前記差が所定値よりも大きい領域を塗装作業者の領域として抽出し、前記塗装作業者の領域に基づいて前記塗装作業済み領域を抽出することが好ましい。

本発明の第10の態様によると、第1から第7までのいずれか一つの態様の塗膜状態解析装置において、前記取得部は、前記塗装対象領域の形状データが示す前記塗装対象領域の色データを取得し、前記分類部は、前記色データから得られる色分布情報に基づいて、塗装作業済み領域の形状データと塗装作業前領域の形状データとを抽出することが好ましい。

本発明の第11の態様によると、第1から第10までのいずれか一つの態様の塗膜状態解析装置において、前記塗装作業済み領域は、塗装作業において塗布された塗料が乾燥する前の領域を含むことが好ましい。

本発明の第12の態様によると、膜厚測定装置は、塗装作業中に塗装対象の形状データを繰り返し取得する取得部と、前記取得部により取得された前記形状データに基づいて、前記塗装対象に形成された塗膜の膜厚を算出する算出部と、を備える。

本発明の第13の態様によると、第12の態様の膜厚測定装置において、前記算出部は、異なる時点で取得された複数の形状データ間の差に基づいて、前記膜厚を算出することが好ましい。

図面の簡単な説明

[0005] [図1]第1の実施の形態による塗装システムを説明するための図である。

[図2]第1の実施の形態による塗装システムを用いた塗装作業時の様子を模式的に示す図である。

[図3]第1の実施の形態による塗装補助装置用制御ユニットの構成の一例を説明するためのブロック図である。

[図4]第1の実施の形態による測定装置による測定のスキャンパスを示した図

である。

[図5]第1の実施の形態による塗膜状態解析装置による処理を説明するための図である。

[図6]表示装置による表示画像の一例を示す図である。

[図7]第1の実施の形態による塗膜状態解析装置による処理の流れを示したフローチャートである。

[図8]第1の実施の形態による塗装補助装置用制御ユニットの本体部による処理の流れを示したフローチャートである。

発明を実施するための形態

[0006] 以下、本発明の実施形態について図面を参照しながら説明するが、本発明はこれに限定されない。また、図面においては、実施形態を説明するため、一部分を大きくまたは強調して記載するなど適宜縮尺を変更して表現している。

[0007] ー第1の実施の形態ー

図面を参照しながら、第1の実施の形態による塗膜状態解析装置を採用した塗装システムについて説明する。とくに、塗膜状態解析装置を用いて航空機に対する塗装作業を行う場合を例に挙げて説明する。なお、第1の実施の形態は、発明の趣旨の理解のために具体的に説明するためのものであり、特に指定の無い限り、本発明を限定するものではない。

[0008] 図1は、第1の実施の形態による塗装システムを説明するための図である。また、図2は、第1の実施の形態による塗装システムを用いた塗装作業時の様子を模式的に示す図である。図1および図2では、第1の実施の形態による塗膜状態解析装置が適用される環境の例として、航空機11が格納される格納庫（ハンガー）2を示している。格納庫2は、航空機11の塗装や整備等が行われる設備である。

[0009] 格納庫2には、作業員4が乗り込んで塗装作業を行うためのゴンドラ3と、測定装置10と、マーカ8と、塗装補助装置用制御ユニット1と、表示装置100と、塗装装置5とが設けられる。なお、塗装補助装置用制御ユニッ

ト1は、図3を用いて後述するが、塗膜状態解析装置20と本体部30からなる。本実施の形態による塗膜状態解析装置20は、塗装対象に形成された塗膜の状態を解析する。また、塗装補助装置用制御ユニット1の本体部30は、塗膜状態解析装置20が解析した結果に基づいて、航空機11に対して適切に塗装作業が行われるように塗装作業を補助する情報を生成し、表示装置100に対して出力する。作業員4は、表示装置100に出力され表示された情報に従って塗装作業を行う。

[0010] また、本実施の形態では、塗装補助装置用制御ユニット1と表示装置100とが別々の場所に配置されているが、本発明には塗装補助装置用制御ユニット1と表示装置100とが一体的になっているものも含まれる。また、塗装補助装置用制御ユニット1の中に、塗膜状態解析装置20と本体部30とを有しているが、本発明は塗膜状態解析装置20と本体部30が別々のものであっても構わない。なお、塗膜状態解析装置20が測定装置10に組み込まれていてもよい。また、本実施の形態では、測定装置10をゴンドラ3の近傍位置に配置し、塗装補助装置用制御ユニット1および表示装置100をゴンドラ3内に配置し、マーカ8を格納庫2の梁に配置している。しかしながら、本発明はこのような配置関係に限定されない。また、作業員4がゴンドラ3を使用せずに塗装作業を行う場合、例えば作業現場における地面に立って塗装作業を行う場合についても、この塗膜状態解析装置を適用することができる。

[0011] ゴンドラ3は、作業員4による操作等によって制御される不図示の駆動部から生じた動力により、所望の位置へ移動できるように構成されている。作業員4は、ゴンドラ3を塗装対象となる航空機11の塗装対象面に沿って適宜移動させる。そして、ゴンドラ3が塗装対象位置に到着したら、作業員4は塗装装置5を操作して塗装作業を行う。図1に示す例では、図を簡略化するために1つのゴンドラ3が示されているが、航空機11の大きさ等に応じて複数のゴンドラを設けてもよい。

[0012] 塗装装置5は、例えばスプレー装置（スプレーガン）であり、先端にはノ

ズルが取り付けられている。塗装装置 5 は、ホース 6 を介して不図示の塗料供給装置（塗料タンクおよび塗料供給用ポンプ等）に接続されており、塗装装置 5 に配置されたトリガが操作されることで、塗料供給装置から供給される塗料を吐出（吹き付け）する。ノズルは交換することが可能であり、塗料の吐出される部分の形状が異なるノズルに交換することにより、塗料の塗布パターン（塗料の吐出パターン）を変更することができる。なお、塗装装置 5 として、ローラー、刷毛、電着塗装装置を用いるようにしてもよい。

[0013] 測定装置 10 は、測定対象物に光を照射し測定対象物から反射した光を受光することにより、測定対象物に対して非接触で、測定装置 10 から測定対象物までの距離を測定する。例えば、測定装置 10 は、Time Of Flight方式で距離測定を行うレーザレーダ装置であり、周波数変調がなされたレーザ光を用いる。そして、測定装置 10 は、周波数が時間とともに変化するレーザ光を航空機 11 に対して照射する。測定装置 10 は、航空機 11 から反射した反射レーザ光と参照レーザ光との周波数差に基づいて、測定装置 10 と航空機 11 の測定点との間の距離を算出する。なお、測定装置 10 は、反射レーザ光と参照レーザ光との強度変化（振幅変化）の位相差に基づいて、測定装置 10 と測定点との間の距離を算出するようにしてもよい。また、測定装置 10 と測定対象物の測定対象位置との間に障害物がある場合は、ミラーを配置して、測定光を測定対象位置に照射するようにしてもよい。これにより、ミラーを介して測定装置 10 からのレーザ光を測定対象物に照射し、かつ測定対象物からの反射光もミラーを介して測定装置 10 で検出することができる。

[0014] マーカ 8 は、格納庫 2 内の既知の位置に配置される。マーカ 8 の位置は、格納庫 2 内における測定装置 10 および航空機 11 の位置等を特定するための基準位置となる。格納庫 2 内に設置される複数の測定装置 10 は、各々がマーカ 8 の座標を測定することにより、マーカ 8 に対する測定装置 10 の相対的な位置および角度を求める。これにより、測定装置 10 自体の空間的位置が求まる。図 1 に示すように、格納庫 2 内の複数個所にマーカ 8 を設置し

て、格納庫 2 内の各マーカ 8 の位置を基準にすることにより、広範囲で測定装置 10 および測定点の位置を求めることが可能となる。

[0015] 測定装置 10 は、測定装置 10 と測定対象物との間の距離に加えて、照射するレーザ光の水平方向の角度と垂直方向の角度、および測定装置 10 自体の空間的位置情報を用いることにより、航空機 11 における測定点の格納庫 2 内における空間的位置を算出する。この空間的位置を表すための座標系としては、直交座標系や極座標系が用いられる。測定装置 10 は、水平方向および垂直方向（方位角及び仰角または俯角）のレーザ光の照射角度を順次変化させて、航空機 11 の表面に沿って測定を行う。すなわち、測定装置 10 は、照射するレーザ光を方位角及び仰角または俯角を変えながらスキャン（走査）することにより、航空機 11 の各測定点の空間的位置を表す点群データを取得する。また、測定装置 10 は、ミラーを使用して測定を行った場合は、ミラーの取り付け位置とミラーの反射面の法線方向を示す情報を基に点群データを補正して、正しい位置情報を算出することができる。測定装置 10 は、求めた複数の点群データに基づいて、航空機 11 の形状を表す形状データを生成する。

[0016] 図 1 に示す例では、図を簡略化するために 1 つの測定装置 10 が示されているが、航空機 11 の全面を測定するために、複数の測定装置 10 が航空機 11 の周囲に配置されてもよい。この場合、測定装置 10 は、例えば、ゴンドラ 3 の近傍位置、移動可能な台車、固定的に設けられる台座などにそれぞれ配置される。測定装置 10 を、航空機の 11 の上方や下方、自走式のレールの上に配置するようにしてもよい。作業員 4 に測定装置 10 を装着させるようにしてもよい。

[0017] 測定装置 10 は、塗装前および塗装後のそれぞれの状態において距離測定を行い、測定装置 10 と測定点との間の距離を含む、格納庫 2 内における測定点の空間的位置情報として 3 次元位置情報を取得する。そして、測定装置 10 は、取得した 3 次元位置情報を無線通信等により塗装補助装置用制御ユニット 1 に送信する。すなわち、塗装補助装置用制御ユニット 1 は、測定装

置 10 からの航空機 11 の塗装対象領域にある複数の測定点の三次元位置情報を取得する。特に、本実施の形態では、塗膜補助装置用制御ユニット 1 は、塗装前における測定装置 10 により得られた測定点の三次元位置情報と、塗装後における測定装置 10 により得られた測定点の三次元位置情報とを取得する。これらの三次元位置情報の差は、測定点に形成された塗膜の厚さ（又は塗料の厚さ）に応じた値となる。このため、塗膜補助装置用制御ユニット 1 は、塗装前および塗装後におけるそれぞれの塗装対象領域に含まれる測定点の、塗装前の三次元位置情報と塗装後の三次元位置情報の差を求めることにより、測定点に形成された塗膜の膜厚を算出することができる。

[0018] 測定装置 10 から得られた測定結果とその測定結果が得られた時のその他の情報（例えば、測定時刻に関する時刻情報や測定時の測定位置の 2 次元画像データなど）を基に、塗膜補助装置用制御ユニット 1 は、塗装前および塗装後におけるそれぞれの測定結果の差を求めることにより、測定点に形成された塗膜の膜厚を算出することができる。塗膜補助装置用制御ユニット 1 は、航空機 11 の各測定点の塗膜の膜厚を算出して、塗膜の膜厚分布に関する膜厚分布情報を生成する。測定装置 10 は、作業員 4 が塗装作業を実施している領域の周囲近傍の領域を随時測定することにより、塗装前、塗装中及び塗装後のそれぞれの時間における三次元位置情報を取得している。塗膜補助装置用制御ユニット 1 は、これらの三次元位置情報から、塗装により形成された塗膜の膜厚を塗装作業中に適宜取得することができる。なお、前述のように塗装前における測定装置 10 から測定点までの距離と塗装後における測定装置 10 から測定点までの距離の差から塗膜の膜厚を取得したが、塗膜補助装置用制御ユニット 1 は、測定装置 10 から取得された航空機 11 の塗装前の塗装対象領域の形状データと塗装後の塗装対象領域の形状データとの差から塗膜の膜厚を取得するようにしてもよい。

[0019] なお、塗膜補助装置用制御ユニット 1 は、塗膜の膜厚を算出する場合に、塗装対象領域の塗装前と塗装後の温度変化に基づいて塗装対象の形状変化を予測し、測定装置 10 から取得した塗装前の三次元位置情報を補正するよう

にしてもよい。そして、塗装補助装置用制御ユニット1は、補正した塗装前の三次元位置情報と塗装後の三次元位置情報とに基づいて、塗膜の膜厚を算出するようにしてもよい。また、測定装置10は、塗装前における距離測定は直前に塗装する範囲のみについて行い、塗装後に直ちに塗装した範囲の距離測定を行って、塗装補助装置用制御ユニット1は、塗装前および塗装後におけるそれぞれの測定結果から塗膜の膜厚を算出するようにしてもよい。

[0020] 測定装置10は、塗装対象領域の測定点の三次元位置を測定することに加えて、測定装置10を基準にした塗装装置5の三次元位置を測定する。これにより、塗装装置5の位置および姿勢に関連する情報を取得する。塗装装置5の姿勢に関連する情報は、例えば、塗装装置5のノズルの向きに関する情報であり、塗装装置5の複数個所の三次元位置を測定することにより取得することができる。測定装置10は、取得した塗装装置5の位置および姿勢に関連する情報を、無線通信等により塗装補助装置用制御ユニット1に送信する。なお、測定装置10により塗装装置5の位置および姿勢に関する測定を行う代わりに、塗装装置5に距離センサおよび傾斜センサを設けてもよい。距離センサは、塗装装置5から測定点までの距離を測定し、傾斜センサは、塗装装置5の姿勢を測定する。

[0021] 測定装置10は、撮像装置（不図示）を含んで構成することもできる。測定装置10は、撮像装置に撮像を行わせて、塗装対象の色情報を含む画像データを生成する。測定装置10は、例えば、測定点の三次元位置を測定する光学系と撮像画像を撮像する光学系の光軸が共通であるような構成とし、距離測定と撮像を同時に行う。それにより、各測定点について、測定された測定点の三次元位置情報に対応付けて色情報を取得する。すなわち、測定装置10は、塗装対象の三次元位置情報とその三次元位置情報に対応する画像データを生成し、内部のメモリ等に各測定点の三次元位置情報および画像データを関連付けて記憶させる。なお、撮像装置を測定装置10に設ける代わりに、別の撮像装置を設けて、その撮像装置により色情報を有する画像データを取得するようにしてもよい。測定装置10は、取得した画像データを無

線通信等により塗装補助装置用制御ユニット 1 に送信する。

[0022] 塗装補助装置用制御ユニット 1 は、例えば CPU 等の演算処理回路、ROM や RAM 等のメモリを有し、所定のプログラムを実行してその機能を実現する。また、塗装補助装置用制御ユニット 1 は、塗装装置 5 に関する塗装装置情報を取得する。具体的には、図示していないユーザインターフェースにより塗装装置情報を取得することができる。塗装装置情報とは、例えば、塗装装置 5 のノズルの種類や、そのノズルから吐出（噴出）される塗料の吐出量および吐出分布に関する情報等である吐出情報などである。塗装補助装置用制御ユニット 1 は、膜厚分布情報、塗装装置情報、および形成すべき塗膜の膜厚に関する情報である目標膜厚情報に基づいて、塗装作業が行うべき塗装作業に関する作業情報または自動塗装装置に供給する制御情報を生成する。また、塗装補助装置用制御ユニット 1 は、膜厚分布情報を表す画像である膜厚分布画像や作業を指示する画像である作業指示画像を表示させるための画像データを生成する。塗装補助装置用制御ユニット 1 は、生成した画像データ（画像）を無線通信等により表示装置 100 に送信する。なお、塗膜が形成されていない領域に塗装を開始する場合は、塗装補助装置用制御ユニット 1 は、塗装装置情報および目標膜厚情報に基づいて作業情報または自動塗装装置に供給する制御情報を生成するようにしてもよい。

[0023] 表示装置 100 は、例えば画像を投影表示するプロジェクタであり、塗装補助装置用制御ユニット 1 から送信された画像データに基づいて画像を表示する。表示装置 100 は、塗装補助装置用制御ユニット 1 により出力される画像データに基づいて、塗装対象面に画像を投影して表示させる。作業員 4 は、表示装置 100 により表示された作業指示画像に従って塗装作業を行うことが可能となる。図 1 に示す例では、図を簡略化するために 1 つの表示装置 100 が示されているが、航空機 11 の全面に画像を投影可能とするために、複数の表示装置 100 を航空機 11 の周囲に配置してもよい。この場合、表示装置 100 は、例えば、ゴンドラ 3 の近傍位置、移動可能な台車、固定的に設けられる台座、格納庫 2 の梁や柱の近傍位置などにそれぞれ配置さ

れる。なお、表示装置100を測定装置10に設けるようにしてもよい。

[0024] 上記説明のように、本実施の形態では、表示装置100により塗装作業に関する作業指示画像が塗装対象面に投影されることにより、作業者4に対して塗装作業の指示が行われる。なお、表示装置100として、CRTや液晶表示装置などを用いてもよい。また、表示装置100として作業者4がヘッドマウントディスプレイ（HMD）を装着して、塗装作業に関する作業指示画像を作業者4に提示してもよい。塗装補助装置用制御ユニットおよび表示装置としての機能を有するタブレット端末などを備えるようにしてもよい。

[0025] 図3は、第1の実施の形態による塗装補助装置用制御ユニット1の構成の一例を説明するためのブロック図である。図3においては、塗装補助装置用制御ユニット1は、塗膜状態解析装置20と本体部30から構成されており、画像データの出力を表示装置100に行っている例を示している。もちろん、本発明では、前述のように自動塗装装置に制御情報を供給するようにしてもよい。塗膜状態解析装置20は、表面データ取得部12と、分類部13と、記憶部14と、解析部15とを有する。本体部30は、膜厚情報取得部40と、塗装状態判定部41と、記憶部50と、作業情報生成部60と、画像生成部70とを有する。

[0026] 表面データ取得部12は、測定装置10で測定された塗装対象領域の表面データを取得する。塗装対象領域の表面データは、例えば、塗装対象領域の点群データにより生成される塗装対象領域の形状データを少なくとも含む。塗装対象領域の表面データは、塗装対象領域にある複数の測定点の三次元位置情報を含むデータである。また、表面データ取得部12は、表面データが取得された時刻に関する時刻情報を、測定装置10から取得する。表面データ取得部12は、例えば、同一の塗装対象領域について、塗装作業前および塗装作業後における2つの時点における塗装対象領域の表面データを取得する。図1および図2に示す例では、測定装置10は Gondola 3 に固定して配置される。このような配置において、塗装作業中は Gondola 3 の位置を固定するようにして塗装作業を行う場合には、2つの時点における塗装対象領域

の表面データは、必然的に同一の塗装対象領域のものとなる。

[0027] 分類部 13 は、表面データ取得部 12 により取得された塗装対象領域の表面データを、塗装作業前の表面データと塗装作業後の表面データとに分類する。塗装作業前の表面データと塗装作業後の表面データとの分類は、例えば、次の手順により行う。記憶部 14 に、塗装対象の形状データを予め、記憶しておく。塗装対象の形状データとは、例えば、塗装対象である航空機 11 の設計データ（CADデータ）である。測定装置 10 は、上記説明のように、塗装作業中の航空機 11 の塗装対象領域の各測定点の三次元位置を測定する。その際、測定装置 10 は、塗装作業中の作業者も含めて三次元位置を測定する。分類部 13 は、作業者の三次元位置情報に基づいて、作業者の位置を特定する。分類部 13 は、特定した作業者の位置から、塗装作業における下流側に位置する表面データを塗装作業前の表面データとし、塗装作業における上流側の表面データを塗装作業後の表面データとすることで表面データを分類する。なお、ここで「上流」との意味は、塗装作業中の塗装作業者が居る位置を基準にして、塗装作業の進行方向に対して、逆側のことを称し、「下流」との意味は、塗装作業中の塗装作業者が居る位置を基準にして、塗装作業の進行方向側のことを称する。この具体的な方法について、図 4 を参照して説明する。

[0028] 図 4 は、塗装作業中に実施される測定装置 10 による測定のスキャンパス（スキャン経路）111を示した図である。本実施の形態では、塗装作業中に塗装対象領域 110 を測定することで、塗装作業 4 が塗装作業を完了したと推定される領域を、塗装作業 4 が隣接する塗装作業領域 110 に塗装作業を実施している最中でリアルタイムに測定する運用を行う。そこで、本実施の形態では、塗装作業が図 4 の左側（上流側）から右側（下流側）に進行する場合、測定装置 10 は、塗装作業 4 よりも左側の領域及び右側の領域を作業者がいる領域を含めて、測定を行う。そこで、本実施の形態では、前回の測定領域を記憶しつつ、塗装作業 4 を追跡して塗装作業 4 の位置を常に把握するか、経験則的な知見される作業スピードを基に塗装作業 4

の位置を推定しながら、今回の測定領域を決定していく。そして、測定装置 10 は、作業員 4 が移動せずに塗装できる範囲の推定情報を基に、図 4 のように塗装作業員 4 の位置（又は推定位置）を中心に上流側から下流側に掛けて、塗装対象領域 110 の各測定点の測定を行う。なお、各測定点は、図 4 に点線で示されたスキャンパス 111 の線上に存在する。また、測定装置 10 は、スキャンパス 111 が示す矢印方向に沿って、順次測定点における三次元位置座標を測定することとなる。

[0029] 図 5 は、第 1 の実施の形態による塗膜状態解析装置 20 による処理を説明するための図である。図 5 において、(a) および (b) は、互いに異なる第 1 および第 2 の 2 つの時点における測定装置 10 の測定対象物を模式的に示している。図 5 における (a) において、80a は、測定装置 10 により測定された範囲を示し、表面データ取得部 12 が取得する表面データの範囲を示す。81a は、分類部 13 により作業員 4 の位置が特定され、作業員 4 の位置と上述のように作業員 4 が移動せずに塗装作業を行える範囲の推定情報を基に、塗装作業中と推定される領域である。82a は、81a に対して作業員 4 の作業進行方向に位置する領域で、測定装置 10 で表面データが測定された領域である。この領域は、分類部 13 により塗装作業前と推定される。83a は、81a に対して塗装作業員 4 の作業進行方向とは逆の方向に位置する領域で、測定装置 10 で測定された領域である。この領域は、分類部 13 により塗装作業後と推定される。分類部 13 は、82a の領域の測定結果については、塗装作業前の表面データとして記憶部 14 に記憶し、83a の領域の測定結果については、塗装作業後の表面データとして記憶部 14 に記憶する。

[0030] 図 5 における (b) において、80b は、(a) に示した時点より所定の時間が経過した時点において、測定装置 10 により測定された範囲を示し、表面データ取得部 12 が取得する表面データの範囲を示す。81b は、分類部 13 により作業員 4 が特定され、塗装作業中と考えられる領域である。82b は、81b に対して塗装作業員 4 の塗装作業進行方向に位置し、かつ（

a) に示した時点より所定の時間後に測定された領域である。この領域は、分類部 13 により塗装作業前と推定される。83b は、81b に対して作業者 4 の作業進行方向とは逆の方向に位置し、かつ (a) に示した時点より所定の時間後に測定された領域である。この領域は、分類部 13 により塗装作業後と推定される。

[0031] なお、図 5 において、(a) の 82a で示す領域は、(b) の 83b で示す領域と同じ領域である。すなわち、(a) の時点において塗装作業前であった 82a は、時間が経過する間に塗装作業が進んだことにより、(b) の時点においては塗装作業後の領域 83b となっている。(a) の 82a の表面データは塗装作業前として記憶部 14 に記憶され、これに相当する (b) の 83b の表面データは塗装作業後として記憶部 14 に記憶される。記憶部 14 には、表面データとその表面データが取得された時刻に関する時刻情報とが対応付けて記憶される。

[0032] 解析部 15 は、分類部 13 により分類されて記憶部 14 に記憶された塗装作業前後のそれぞれの表面データに基づいて、塗装対象領域の塗膜の状態を解析する。すなわち、解析部 15 は、同じ領域における塗装作業前の表面データと塗装作業後の表面データとの位置情報の差、塗膜の色の差などの検出結果から、塗装対象領域に塗膜が正常に形成されているか否かを解析する。また、解析部 15 は、各測定点の三次元位置の差分情報に基づいて、膜厚分布情報を生成する。解析部 15 により生成された膜厚分布情報は、塗装補助装置用制御ユニット 1 の本体部 30 に出力される。

[0033] 図 3 に戻り、膜厚情報取得部 40 には、塗膜状態解析装置 20 から出力される膜厚分布情報が入力される。膜厚分布情報は、上記の通り塗装対象に形成された塗膜の膜厚分布に関する情報である。塗装状態判定部 41 は、膜厚情報取得部 40 により取得された膜厚分布情報に基づいて、塗装対象領域の各々の測定点に対して塗装済み領域か未塗装領域かを判定する。また、塗装状態判定部 41 は、塗装済み領域であっても、塗膜厚が十分な領域であるか、塗膜厚が不十分な領域であるかを判定する。塗装状態判定部 41 は、塗装

対象面における塗装後の膜厚分布情報から塗膜の膜厚が不足している領域と塗膜の不足厚さについての情報である膜厚不足分布情報を生成する。

- [0034] 記憶部50は、膜厚情報取得部40に入力された膜厚分布情報を記憶する。また、記憶部50は、作業者4による入力操作等により、塗装装置5に関する塗装装置情報、および形成すべき塗膜の膜厚に関する情報（目標膜厚情報など）を記憶する。例えば、記憶部50は、塗装装置情報として、複数のノズルについての吐出情報が記憶される。記憶部50は、RAM等の半導体メモリやハードディスク装置等の記憶媒体を含んで構成される。
- [0035] 作業情報生成部60は、目標膜厚情報、膜厚分布情報および塗装装置情報等に応じて、塗装対象に対して行うべき塗装作業に関する情報である作業情報を生成する。作業情報は、例えば、塗装装置5による塗料の吹き付け目標位置に関する情報、塗装装置5の位置およびノズルの向きに関する情報、塗装装置5を動かす速度（速さと方向）に関する情報等である。作業情報生成部60は、位置算出部61と、推移算出部62とを有する。
- [0036] 位置算出部61は、塗装装置5がスプレーガンの場合であれば、塗装対象における塗装装置5による塗料の吹き付け目標位置を算出する。また、位置算出部61は、塗装装置5が刷毛の場合であれば、刷毛の航空機11に接触させる目標位置を算出する。また、位置算出部61は、塗装装置5が電着塗装装置の場合であれば、電着塗料液に浸漬させる部位を算出する。なお、以下の説明では、塗装装置5がスプレーガンの場合について説明する。
- [0037] 位置算出部61は、塗装装置情報に含まれる吐出量および吐出分布に関する情報に基づいて、塗装装置5による塗装を施す目標位置およびその際の塗装装置5の目標姿勢を算出する。より具体的には、位置算出部61は、膜厚不足分布情報、吐出量および吐出分布の情報等を用いて、塗装対象に対する吹き付け目標位置、塗装装置5の位置および姿勢を算出する。なお、位置算出部61は、測定装置10により生成される形状データにおける吹き付け目標位置を算出するようにしてもよい。また、位置算出部61は、塗装対象の形状および大きさに応じて、吹き付け目標位置を調整するようにしてもよい

- 。
- [0038] 推移算出部62は、例えば、塗装装置情報等に基づいて、塗料の吹き付け作業の一連の工程において、時間ごとの吹き付け目標位置を算出する。すなわち、推移算出部62は、塗装作業を行う際の塗装装置5の位置の時間的推移を算出する。また、例えば、推移算出部62は、塗装装置5に使用しているノズルから吐出される塗料の吐出量やその吐出分布に関する情報、および解析部15により算出される膜厚と設計時の膜厚（目標膜厚）との差に関する情報等に基づいて、塗装装置5を動かす速度を算出する。塗装装置5を動かす速度は、例えば、塗装装置5の塗装対象に対する単位時間あたりの移動距離である。
- [0039] 上記説明のように、作業情報生成部60は、塗装作業により塗装対象面に形成された塗膜の膜厚の状態に応じて、塗料の吹き付け目標位置や塗装装置5の位置や動かす速度等の、行うべき塗装作業に関する作業情報を生成する。なお、作業情報生成部60は、塗装対象の周囲温度および湿度、塗料の特性、全体の作業時間等を考慮して、作業情報を生成するようにしてもよい。作業情報生成部60により生成された作業情報は、画像生成部70に出力される。
- [0040] 画像生成部70は、膜厚分布画像や作業指示画像を表示するための画像データを生成する。画像生成部70は、例えば、膜厚分布情報、作業情報、および塗装対象の形状データに基づいて、膜厚分布画像と作業指示画像とを塗装対象面上に重畳して表示するための画像データを生成する。画像生成部70により生成される画像データは、塗装対象面に対する表示装置100の位置および姿勢に基づいて生成される。例えば、表示装置100の位置および姿勢に関する情報を画像生成部70に入力し、画像生成部70は、表示装置100の位置および姿勢に関する情報に基づいて、表示する膜厚分布画像や作業指示画像等の画像データを生成する。これにより、膜厚分布画像と作業指示画像とを塗装対象上に適切に重畳して表示させることが可能となる。画像生成部70により生成された画像データは、無線通信等により表示装置1

00に出力される。なお、膜厚分布画像と作業指示画像とを重畳して表示させずに、いずれか一方のみを表示させるようにしてもよい。

[0041] 表示装置100は、画像生成部70により生成される画像データによって、種々の画像を表示することができる。例えば、表示装置100は、塗膜の膜厚を段階的に分類して色分けした膜厚分布画像を表示する。また、塗装補助装置用制御ユニット1は、表示装置100により場所ごとの塗膜の膜厚値を表示させるようにしてもよい。また、塗装補助装置用制御ユニット1は、交換可能なノズルから最適なノズルを決定して、塗装装置5のノズルの交換を案内する画像を生成して、表示部100により表示させるようにしてもよい。

[0042] 図6は、第1の実施の形態による表示装置100による表示画像の一例を示す図である。図6に示す例では、航空機11の塗装対象面上に、膜厚分布画像と作業指示画像とを重畳して表示している。これらの画像は、航空機11の塗装対象面に位置合わせされて投影表示される。図6に示す膜厚分布画像においては、塗膜の膜厚に応じて色分けして表示されている。領域101および領域102は、膜厚が目標膜厚から所定の範囲内である領域である。領域102は、膜厚が領域101の膜厚範囲よりも薄い領域である。領域103は、膜厚が領域102の膜厚範囲よりもさらに薄く、目標膜厚から所定の範囲を下回る領域である。なお、図6においては、色の違いをドットおよびハッチングを用いて表現している。

[0043] 図6に示すポインタ90は、作業指示画像に基づく画像であり、塗料の吹き付けを開始する目標位置を示している。ポインタ90は、矢印91で示す方向に吹き付けにより形成したい膜厚に応じた速度で移動することにより、作業員4に対して吹き付け目標位置を指示する。塗装対象面には、塗膜の膜厚が不足している領域、塗装装置5の吹き付け目標位置、塗装装置5を動かす速度などの種々の情報が表示される。作業員4は、吹き付け目標位置を確認しながら塗装装置5の位置及び向きを調整しながら塗料作業を行うことができる。作業員4は、このポインタ90の移動に従って塗装装置5を移動さ

せることにより、航空機 11 に対して適切に塗装を行うことが可能となる。例えば、塗装装置 5 から吐出される塗料の吐出量が一定の場合は、ポインタ 90 の移動する速度を調整することで、塗装作業により形成される塗膜の膜厚を調整することが可能となる。

[0044] また、予め作業者 4 には、ポインタ 90 が表示されている時間だけ、塗料を塗装装置 5 から塗装対象物に吹き付けさせ、ポインタ 90 が消えたら、塗装装置 5 の吹き付けを停止する操作を行うように通達することで、無駄に塗料が塗装対象物に吹き付けられることを防ぐことができ、塗装作業の低コスト化につなげることができる。なお、このような作業指示画面で表示される画像を航空機 11 の塗装作業面に投影したり、シースルータイプのヘッドマウントディスプレイを用いて塗装作業表面に重畳して表示するようにしたりすることで、作業者の負担を大きく軽減することも可能となる。

[0045] 図 7 は、第 1 の実施の形態による塗膜状態解析装置 20 による処理の流れを示したフローチャートである。図 7 に示す処理は、例えば塗装作業を行っている際に繰り返し実行される。

[0046] ステップ S 100 において、塗膜状態解析装置 20 の表面データ取得部 12 は、測定装置 10 から表面データを取得する。また、表面データ取得部 12 は、測定装置 10 からその表面データが取得された時刻に関する時刻情報を取得する。ステップ S 110 において、分類部 13 は、表面データ取得部 12 により取得された塗装対象領域の表面データを、塗装作業前の表面データと塗装作業後の表面データとに分類する。

[0047] ステップ S 120 において、解析部 15 は、表面データおよび時刻情報に基づいて、同一の測定点について異なる時間に算出された表面データを取得したか否かを判定する。解析部 15 は、同一の測定点について異なる時間に算出された表面データを取得した場合には、ステップ S 130 へ進む。ステップ S 120 において、解析部 15 は、同一の測定点について異なる時間に算出された表面データを取得していない場合には、ステップ S 100 へ戻る。

- [0048] ステップS130において、解析部15は、同一の測定点について異なる時間に算出された表面データを用いて、測定点に形成された塗膜の膜厚を算出して膜厚情報を生成する。ステップS140において、解析部15は、塗膜の膜厚を算出していない測定点が無いか否かを判定する。ステップS140で肯定判定されると、ステップS150へ進み、ステップS140で否定判定されると、ステップS130へ戻る。
- [0049] ステップS150において、解析部15は、算出した各測定点の膜厚情報に基づいて、膜厚分布情報を生成する。解析部15により生成された膜厚分布情報は、塗装補助装置用制御ユニット1の本体部30に出力される。
- [0050] 図8は、第1の実施の形態による塗装補助装置用制御ユニット1の本体部30による処理の流れを示したフローチャートである。図8に示す処理は、例えば塗装作業を行っている際に繰り返し実行される。
- [0051] ステップS200において、本体部30の膜厚情報取得部40は、塗膜状態解析装置20から膜厚分布情報を取得する。ステップS210において、塗装状態判定部41は、膜厚分布情報および目標膜厚情報に基づいて、塗装対象領域における塗膜厚が不足している領域および塗膜圧の不足厚さに関する膜厚不足分布情報を生成する。
- [0052] ステップS220において、位置算出部61は、膜厚不足分布情報に基づいて、再塗装が必要な領域を表す再塗装領域情報を生成する。ステップS230において、推移算出部62は、再塗装領域情報に基づき、効率の良い塗装を行うことができるパス（経路）を算出する。例えば、推移算出部62は、塗装装置5のトリガを操作する回数が少ないパスや作業者4のゴンドラ上の往復移動が少ないパス、塗装装置5のノズルを交換する回数が少ないパス等を算出する。ステップS240において、推移算出部62は、算出した塗装を行うパスおよび塗装装置情報を基に、塗装装置5を動かす移動速度を算出する。作業情報生成部60は、算出された塗装を行うパスおよび塗装装置5の移動速度等に基づいて、行うべき塗装作業に関する作業情報を生成する。

[0053] ステップS250において、画像生成部70は、膜厚分布情報および作業情報等に基づいて画像データを生成して、表示装置100に出力する。表示装置100は、画像生成部70により生成される画像データによって、膜厚分布画像や作業指示画像を表示する。これにより、作業員4は、表示装置100により表示された画像に従って塗装作業を行うことが可能となる。

[0054] 上述した第1の実施の形態によれば、次の作用効果が得られる。

(1) 塗膜状態解析装置20は、塗装対象領域の表面データを取得する取得部(表面データ取得部12)と、取得部により取得された表面データから塗装作業済みの表面データと塗装作業前の表面データとに分類する分類部13と、分類部13により分類された塗装作業済みの表面データと塗装作業前の表面データとに基づいて、塗装対象領域に形成された塗膜の状態を解析する解析部15と、を備える。本実施の形態では、分類部13は、塗装対象領域の表面データから塗装作業済み領域の表面データと塗装作業前領域の表面データとを抽出する。そのため、塗装対象における塗装を行った領域と塗装を行っていない領域とを把握することができる。また、解析部15は、塗装作業済み領域の表面データと塗装作業前領域の表面データとに基づいて、塗装対象領域に形成された塗膜の状態を解析する。そのため、塗装を行った領域に塗膜が正常に形成されているか否かを確認することができる。特に、塗装対象領域に対して塗装作業途中で、塗装作業員の位置情報に基づいて、各測定時点での塗装作業領域を認識することで、塗装作業が完了したと推定された直後の塗膜厚情報を取得することができ、解析部15による解析結果に基づく膜厚分布情報に基づいて塗装作業を行わせることにより、塗装作業領域が推移した直後の時点で速やかに塗膜厚の不良位置を塗装作業員に認識させることができる。さらに、塗装作業の手戻りのための時間を短縮させることができる。

[0055] (2) 一般的に、航空機のコスト等を考慮して航空機の運休期間を短くする必要があるので、限られた時間内に塗装作業を行う必要がある。また、航空機の需要は増大すると考えられている。そこで、本実施の形態では、塗膜の

状態を塗装作業中に適宜解析して、解析結果を作業者に提示する。これにより、作業者は、塗膜の膜厚が不足している領域等を確認しながら塗装作業を行うことができ、塗装の塗り直しや出戻り作業を削減して塗装作業を速やかに完了させることができる。その結果、航空機の稼働効率を向上させることができる。また、膜厚分布情報に基づいて適切な塗装作業を行うことにより、過剰な膜厚による航空機の燃費の悪化、膜厚の不足による防水性や防錆性の低下、および膜厚の不足による機体表面の温度上昇等が生じることを防止することができる。

[0056] (3) 膜厚測定装置（塗膜状態解析装置 20）は、塗装作業中に塗装対象の形状データを繰り返し取得する取得部（表面データ取得部 12）と、取得部により取得された形状データに基づいて、塗装対象に形成された塗膜の膜厚を算出する算出部（解析部 15）と、を備える。このようにしたので、塗装作業により形成された塗膜の膜厚を、塗装作業中に随時取得することができる。また、解析部 15 による解析結果に基づく膜厚分布情報に基づいて塗装作業を行わせることにより、所望の塗膜を速やかに形成させることができ、塗装作業の時間を短縮させることができる。

(4) 算出部は、異なる時点で取得された複数の形状データ間の差に基づいて、膜厚を算出する。このようにしたので、塗装作業中に取得した塗装対象の形状データに基づいて、塗膜の膜厚を算出することができる。塗装作業の開始前に予め取得した塗装対象の CAD データと、塗装作業の開始後に距離測定により取得した塗装対象の形状データとに基づいて塗膜の膜厚を算出する方法が考えられる。しかし、塗装作業中の温度による影響や塗装対象の自重等によって塗装対象の変形が生じるため、この方法では、CAD データと塗装作業中に取得した塗装対象の形状データとの比較が困難である。本実施の形態では、塗装作業中の異なる時点での形状データ間の差に基づいて膜厚を算出する。そのため、塗装作業を行う際に、塗装により形成された塗膜の膜厚を適宜取得することができる。

[0057] 次のような変形も本発明の範囲内であり、変形例の一つ、もしくは複数

上述の実施形態と組み合わせることも可能である。

[0058] (変形例 1)

上述した実施の形態では、特定した作業者の位置に基づいて、表面データにおける塗装作業前の領域および塗装作業後の領域の特定を行う例について説明した。しかし、塗装対象の色情報に基づいて、塗装作業前後の領域の特定を行うようにしてもよい。例えば、分類部 13 は、測定装置 10 により生成された塗装前の画像データおよび塗装後の画像データのそれぞれの色情報の差を算出し、この色情報の差に基づいて塗装作業前の領域および塗装作業後の領域を特定することができる。また、分類部 13 は、特定された塗装作業前後の領域に基づいて、塗装作業前後の表面データの分類を行うことができる。

[0059] (変形例 2)

上述した実施の形態では、作業者から反射したレーザ光による距離情報に基づいて、作業者の位置を特定する例について説明した。しかし、作業者に対して取り付けられたセンサや作業者の立ち位置を検出するセンサからの信号に基づいて、表面データにおける作業者の領域を推定するようにしてもよい。また、塗装作業の進行スケジュールと距離測定を行った時刻とに基づいて、表面データにおける作業者の領域を推定するようにしてもよい。

[0060] (変形例 3)

上述した実施の形態では、塗装作業前の領域の表面データと塗装作業後の領域の表面データとに基づいて、塗膜の状態の解析を行う例について説明した。しかし、測定装置 10 が塗装対象面の一点のみを定点観測し、塗膜状態解析装置 20 は、測定装置 10 による観測結果を基に、塗装作業前の状態なのか、塗装作業後の状態なのかを判定して、塗装前の表面データと塗装後の表面データとが得られたと判断した場合に塗膜の状態を解析するようにしてもよい。例えば、塗膜状態解析装置 20 は、取得した塗装対象の色情報に基づいて、塗装作業前の状態なのか、塗装作業後の状態なのかを判定する。

[0061] (変形例 4)

上述した実施の形態では、塗装対象領域の表面データの一例である塗装対象領域の形状データに基づいて、塗膜の状態の解析を行う例について説明した。しかし、塗膜状態解析装置10は、3次元データだけに限られず、撮像装置により生成される塗装対象領域の2次元の画像データ等を用いて、塗膜の状態の解析を行うようにしてもよい。例えば、塗膜状態解析装置20は、塗装作業前に撮像して得られた画像データと、塗装作業後に撮像して得られた画像データとを比較することにより、塗膜の状態の解析を行うことができる。

[0062] (変形例5)

上述した実施の形態では、塗装装置5の一例であるスプレー装置（スプレーガン）を用いて形成された塗膜の状態を解析する例について説明した。しかし、上述の実施の形態で説明した塗膜状態解析装置20は、ローラー、刷毛、電着塗装装置、どぶ付け、蒸着法、溶射法など他の様々な方法によって形成される塗膜の状態の解析にも適用することができる。

[0063] (変形例6)

上述した実施の形態および変形例では、塗装対象として航空機を用いる例について説明したが、塗装対象は自動車であってもよいし、船舶であってもよく、特に限定されない。本発明は、種々の塗装対象の塗膜状態の解析に適用することができる。

[0064] (変形例7)

上述した実施の形態および変形例では、塗装対象に形成された塗膜の膜厚を算出する例について説明したが、塗装対象に塗布された塗料の厚さを算出するようにしてもよい。これにより、塗料の厚さから塗料の液だれの有無や乾燥後の塗膜の膜厚などを推定することができる。

[0065] なお、上述の各実施形態の要件は、適宜組み合わせることができる。また、一部の構成要素を用いない場合もある。また、法令で許容される限りにおいて、上述の各実施形態及び変形例で引用した検出装置などに関する全ての公開公報及び米国特許の開示を援用して本文の記載の一部とする。

[0066] 上記では、種々の実施の形態および変形例を説明したが、本発明はこれらの内容に限定されるものではない。本発明の技術的思想の範囲内で考えられるその他の態様も本発明の範囲内に含まれる。

符号の説明

[0067] 10…測定装置、12…表面データ取得部、13…分類部、14…記憶部、
15…解析部、20…塗膜状態解析装置

請求の範囲

- [請求項1] 塗装対象領域の表面データを取得する取得部と、
前記取得部により取得された前記表面データから塗装作業済みの表面データと塗装作業前の表面データとに分類する分類部と、
前記分類部により分類された前記塗装作業済みの表面データと前記塗装作業前の表面データとに基づいて、前記塗装対象領域に形成された塗膜の状態を解析する解析部と、
を備える塗膜状態解析装置。
- [請求項2] 請求項1に記載の塗膜状態解析装置において、
前記塗装対象領域の表面データは、塗装作業済み領域と塗装作業前領域とを含む表面データであり、
前記分類部は、前記取得部により取得された前記表面データから、前記塗装作業済み領域の表面データと前記塗装作業前領域の表面データとを抽出し、抽出されたそれぞれの表面データを分類する塗膜状態解析装置。
- [請求項3] 請求項2に記載の塗膜状態解析装置において、
前記解析部は、少なくとも一部の領域が塗装対象上の同じ位置を示す表面データを含む、前記塗装作業済み領域の表面データと前記塗装作業前領域の表面データとに基づいて、前記塗装対象領域に形成された塗膜の膜厚状態を解析する塗膜状態解析装置。
- [請求項4] 請求項2に記載の塗膜状態解析装置において、
前記取得部は、前記塗装対象領域に対する塗装作業前、塗装作業後、または塗装作業領域への塗装作業進行中における複数の異なる時点でのうち、少なくともいずれか二つの時点での、前記塗装対象領域の表面データを取得し、
前記分類部は、前記少なくともいずれか二つの時点での前記塗装対象領域の表面データのそれぞれに対して、塗装作業済み領域の表面データと塗装作業前領域の表面データとに分け、

前記解析部は、前記少なくともいずれか二つの時点の一方の前記塗装作業済み領域の表面データと、他方の塗装作業前領域の表面データとに基づいて、前記塗装対象領域に形成された塗膜の膜厚状態を解析する塗膜状態解析装置。

[請求項5]

請求項4に記載の塗膜状態解析装置において、

前記少なくともいずれか二つの時点の一方の前記塗装作業済み領域の表面データと、他方の塗装作業前領域の表面データとは、少なくとも一部が塗装対象上の同じ位置を示す表面データを含む塗膜状態解析装置。

[請求項6]

請求項1から請求項5までのいずれか一項に記載の塗膜状態解析装置において、

前記取得部で取得される表面データは、前記塗装対象領域の形状データである塗膜状態解析装置。

[請求項7]

請求項6に記載の塗膜状態解析装置において、

前記取得部で取得される前記塗装対象領域の形状データは、いずれも同一座標系で表現される3次元形状データであり、

前記解析部は、前記塗膜の状態として前記塗装対象領域に形成された塗膜の膜厚情報を取得する塗膜状態解析装置。

[請求項8]

請求項6または請求項7に記載の塗膜状態解析装置において、

前記分類部は、前記取得部により取得された前記形状データから塗装作業者の領域を抽出し、前記塗装作業者の領域に基づいて、塗装作業済み領域の形状データと塗装作業前領域の形状データとを抽出する塗膜状態解析装置。

[請求項9]

請求項6から請求項8までのいずれか一項に記載の塗膜状態解析装置において、

前記塗装対象領域の形状データを記憶する記憶部を更に有し、

前記分類部は、前記取得部により取得された前記形状データと前記記憶部に記憶された前記形状データとの差を算出し、前記差が所定値

よりも大きい領域を塗装作業者の領域として抽出し、前記塗装作業者の領域に基づいて前記塗装作業済み領域を抽出する塗膜状態解析装置。

[請求項10] 請求項1から請求項7までのいずれか一項に記載の塗膜状態解析装置において、

前記取得部は、前記塗装対象領域の形状データが示す前記塗装対象領域の色データを取得し、

前記分類部は、前記色データから得られる色分布情報に基づいて、塗装作業済み領域の形状データと塗装作業前領域の形状データとを抽出する塗膜状態解析装置。

[請求項11] 請求項1から請求項10までのいずれか一項に記載の塗膜状態解析装置において、

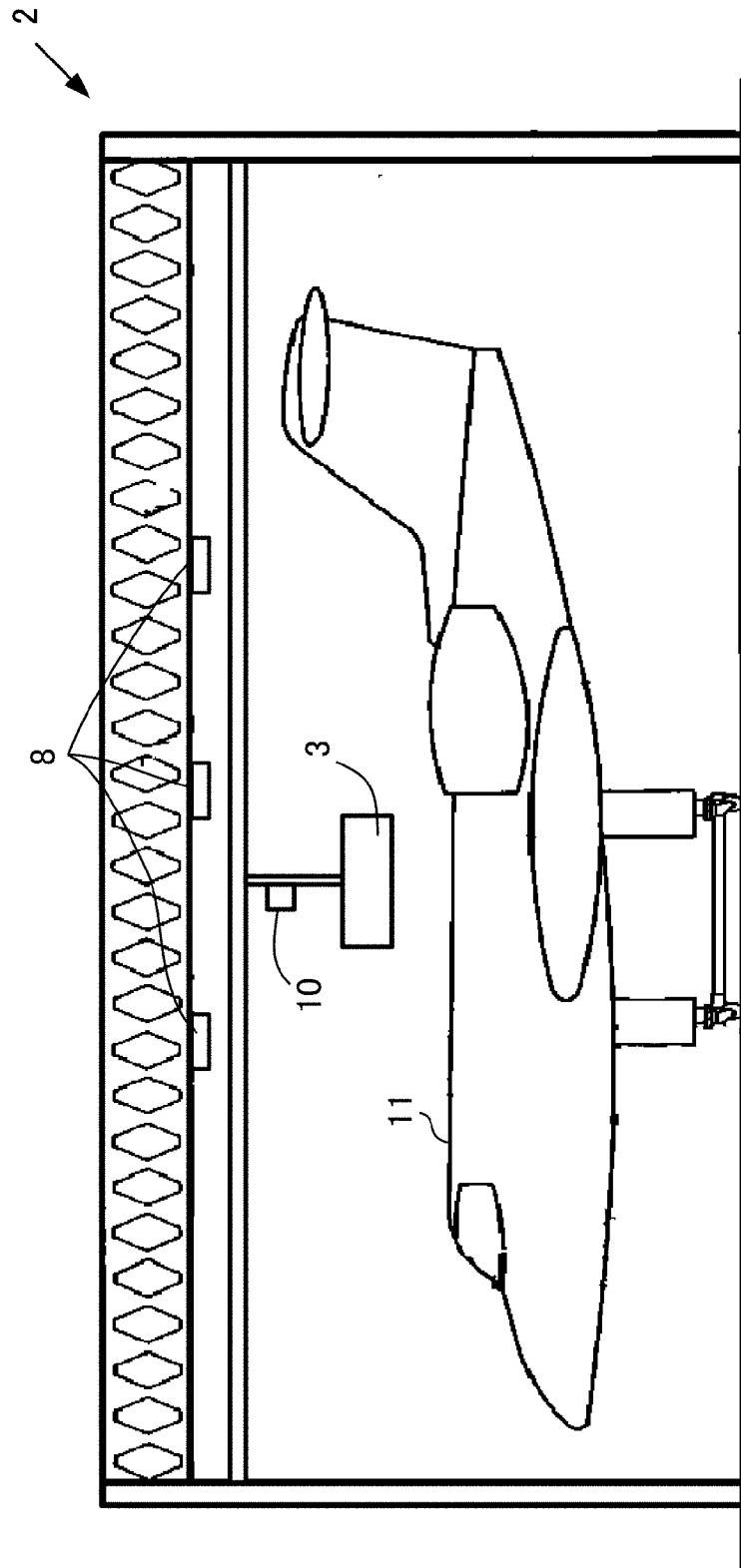
前記塗装作業済み領域は、塗装作業において塗布された塗料が乾燥する前の領域を含む塗膜状態解析装置。

[請求項12] 塗装作業中に塗装対象の形状データを繰り返し取得する取得部と、前記取得部により取得された前記形状データに基づいて、前記塗装対象に形成された塗膜の膜厚を算出する算出部と、を備える膜厚測定装置。

[請求項13] 請求項12に記載の膜厚測定装置において、

前記算出部は、異なる時点で取得された複数の形状データ間の差に基づいて、前記膜厚を算出する膜厚測定装置。

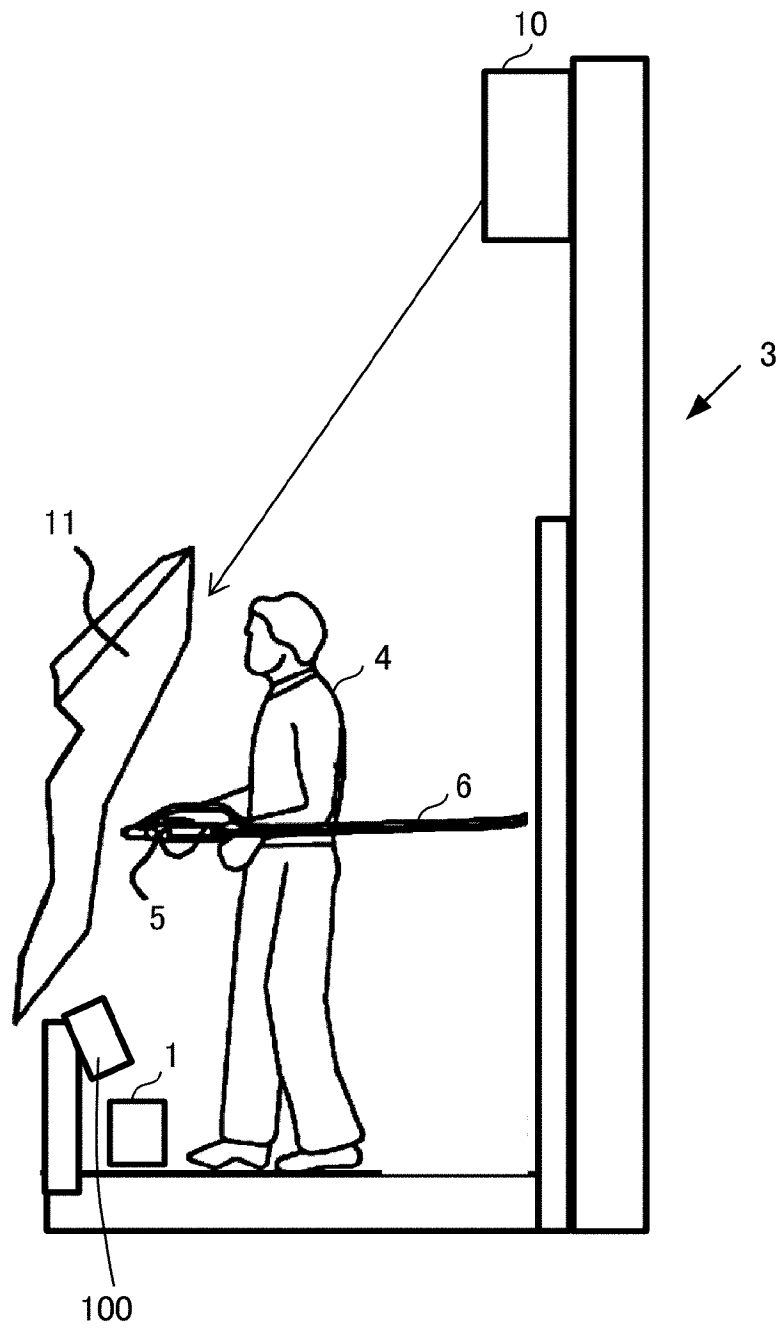
【図1】



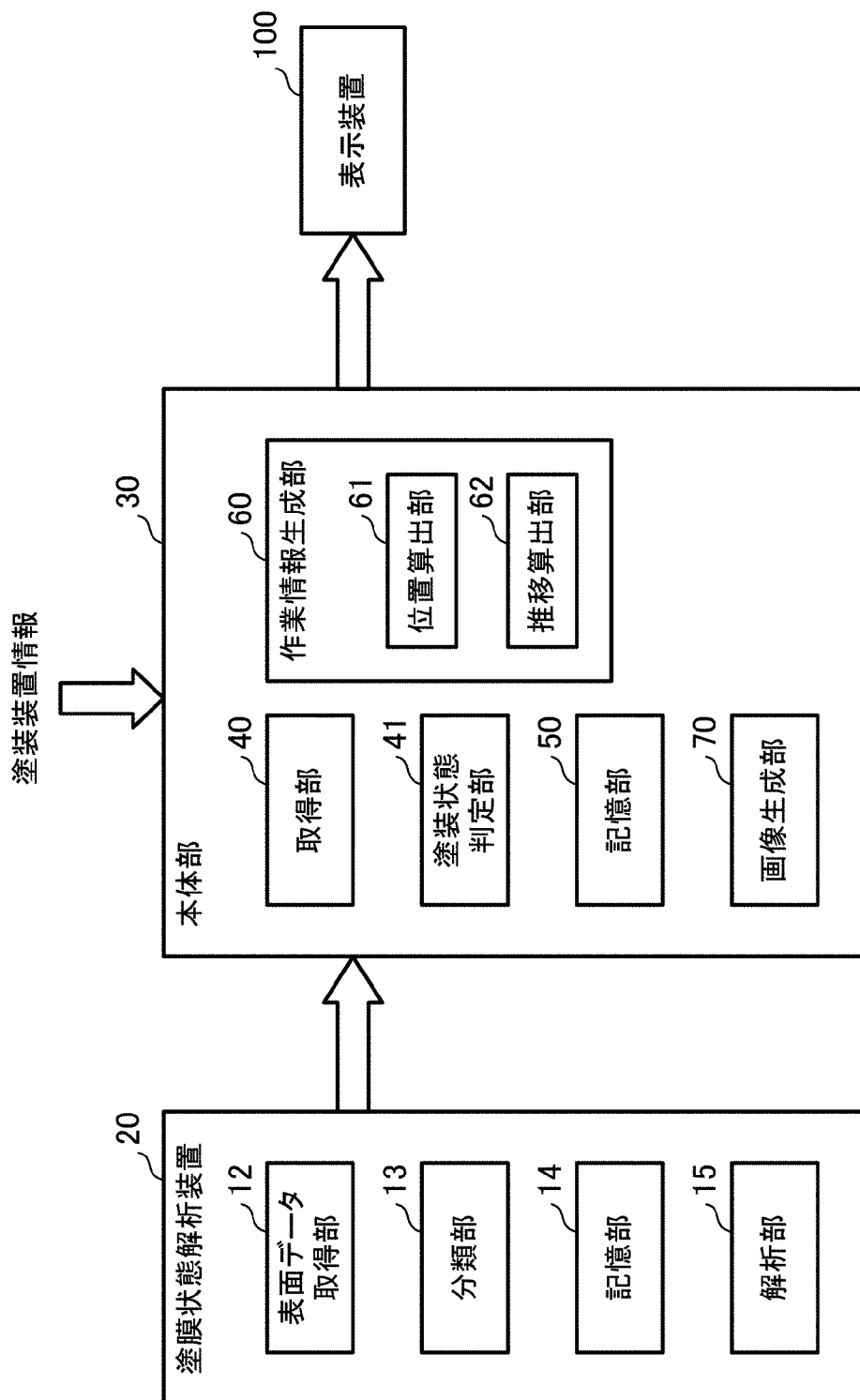
【図1】

[図2]

【図 2】



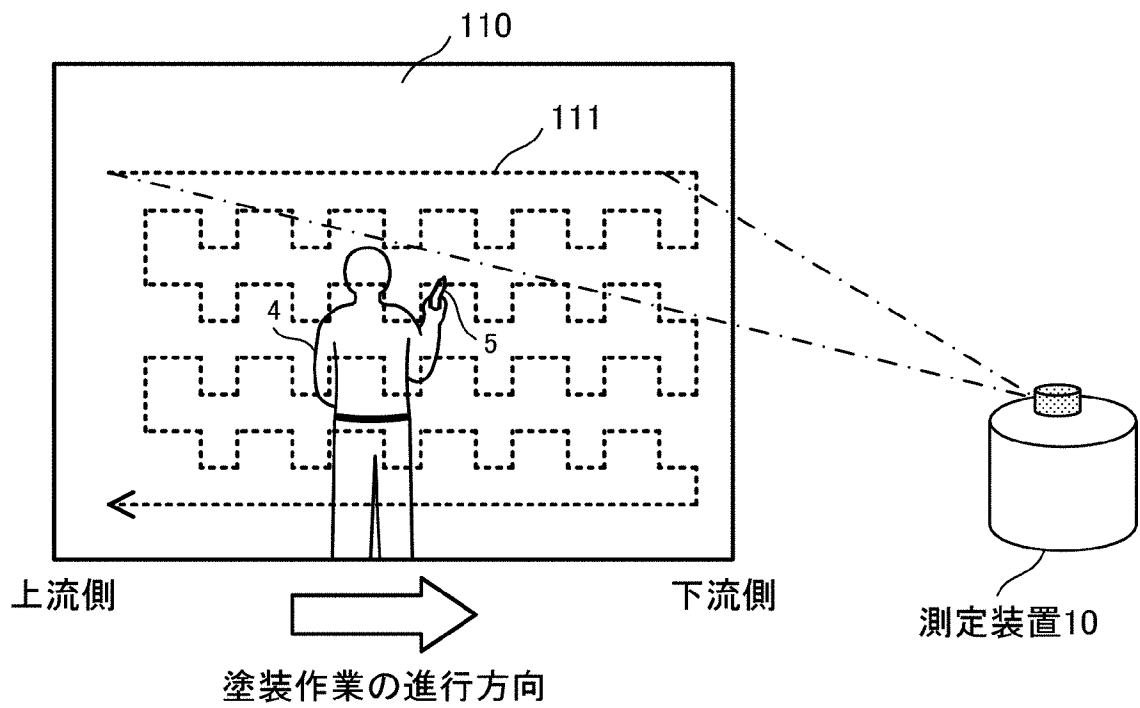
【図3】



【図3】

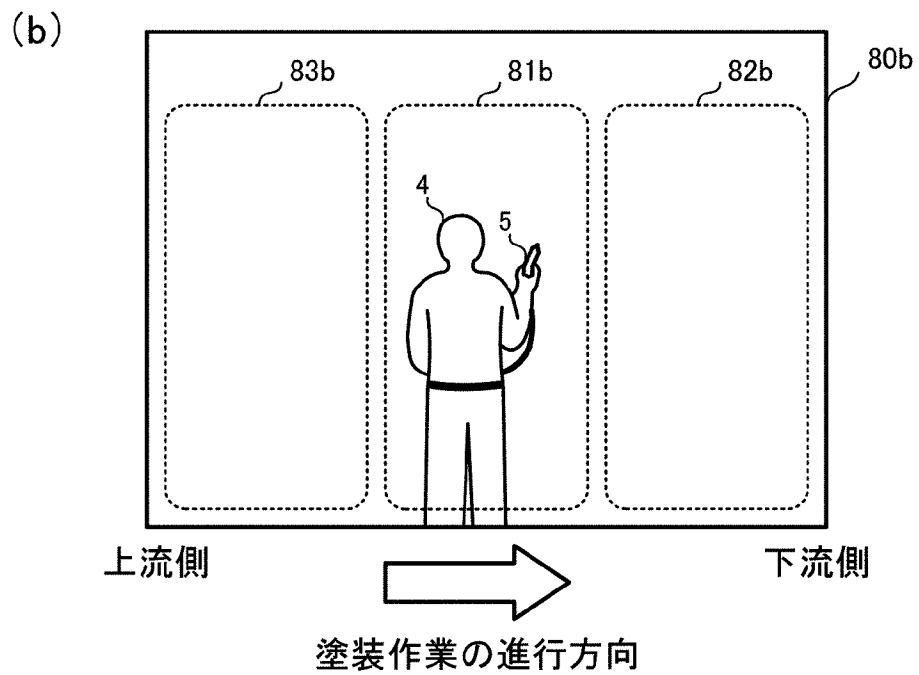
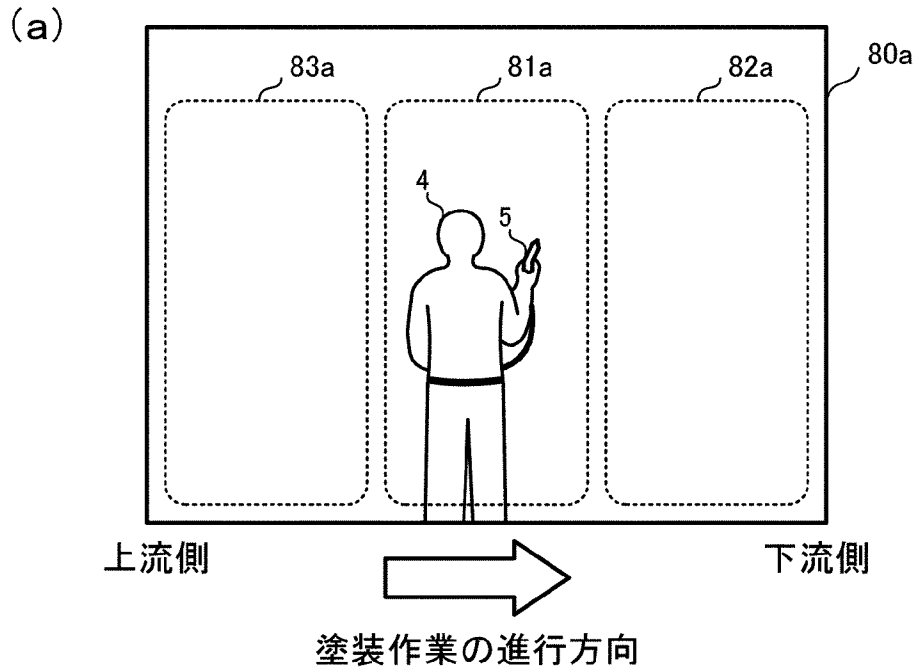
[図4]

【図4】



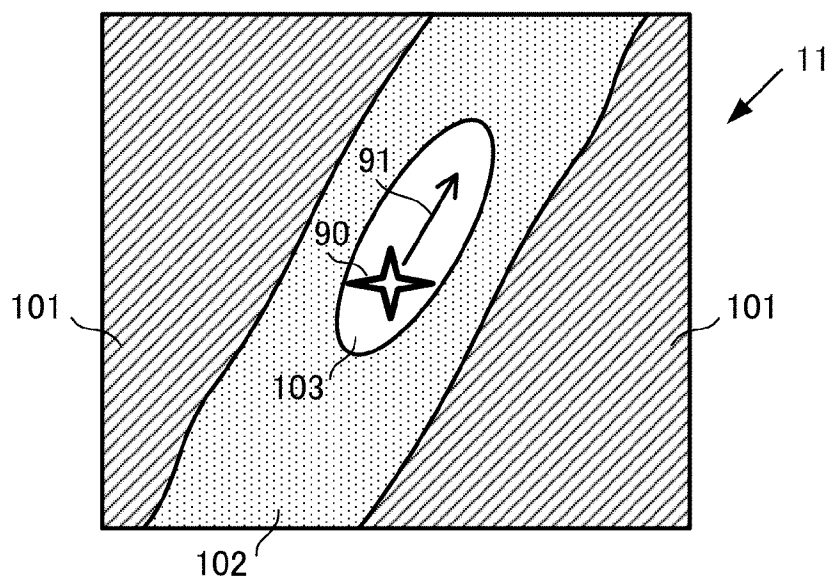
[図5]

【図5】



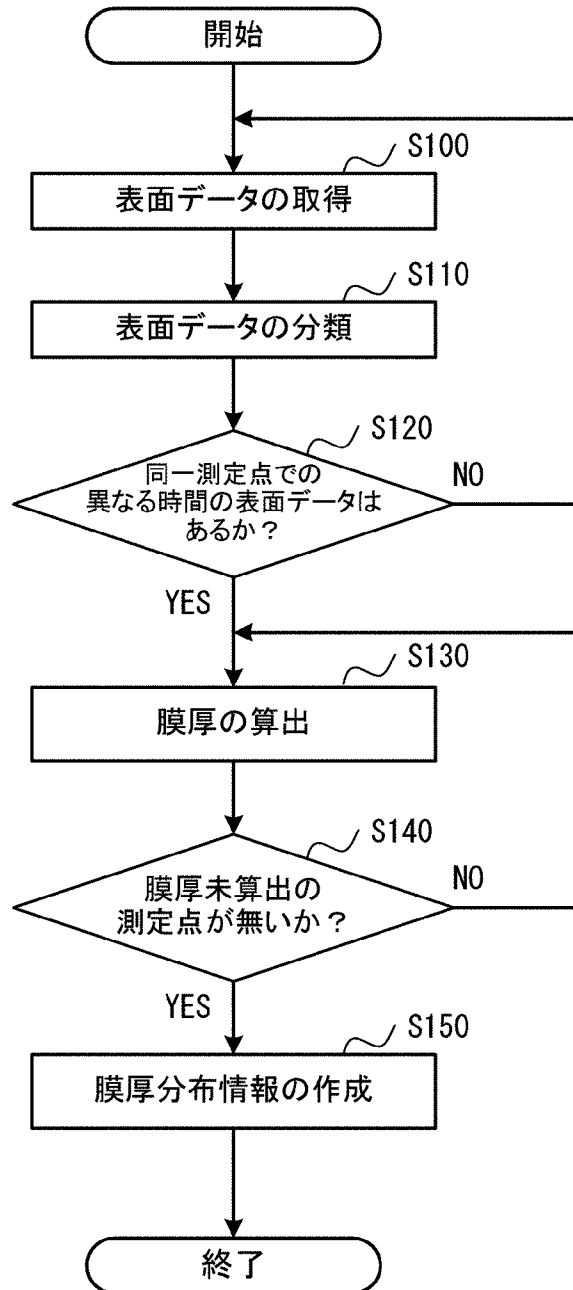
[図6]

【図6】



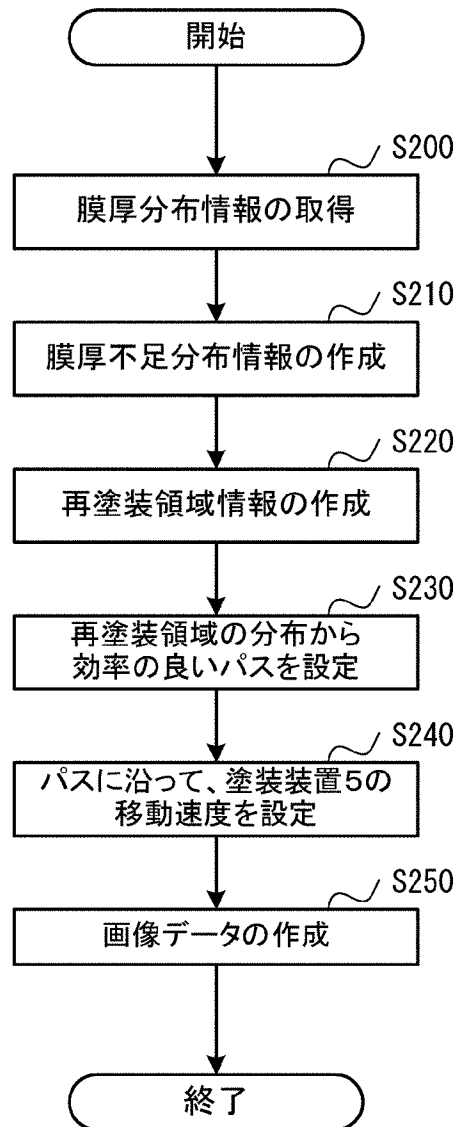
[図7]

【図 7】



[図8]

【図 8】



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/014278

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01B21/08(2006.01)i, B05C11/00(2006.01)i, G01B11/02(2006.01)i, G01N21/27(2006.01)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)

G01B21/00-21/32, B05C11/00, G01B11/00-11/30, G01N21/27

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2017
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2017	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2017

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	WO 2013/081151 A1 (Daihatsu Motor Co., Ltd.), 06 June 2013 (06.06.2013), paragraphs [0072] to [0091] & CN 103988047 A	1-5, 11
X	JP 2016-80695 A (Sumitomo Rubber Industries, Ltd.), 16 May 2016 (16.05.2016), paragraphs [0217] to [0259]; fig. 17 (Family: none)	12, 13
X	US 2013/0260016 A1 (Gary Ernest Georgeson), 03 October 2013 (03.10.2013), abstract; paragraphs [0038] to [0043]; fig. 11 & EP 2647951 A1 & ES 2594283 T	12, 13

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 another 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
21 June 2017 (21.06.17)

Date of mailing of the international search report
04 July 2017 (04.07.17)

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/014278

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2002-508076 A (LJ Laboratories, LLC), 12 March 2002 (12.03.2002), page 68, lines 18 to 22 & WO 1999/001745 A1 page 54, lines 25 to 29 & EP 993601 A1 & US 5926262 A	1-13
A	WO 2001/31293 A1 (ABB FLEXIBLE AUTOMATION A/S), 03 May 2001 (03.05.2001), entire text; all drawings & SE 518278 C & AU 1045301 A & SE 9903749 A	1-13

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/014278

While claim 10 has the wording "shape data of the region to be painted", claims 1-5 to which claim 10 refers does not set forth "shape data".

Consequently, this prior art search has been carried out on the assumption that claim 10 is dependent on claims 6 and 7.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. G01B21/08(2006.01)i, B05C11/00(2006.01)i, G01B11/02(2006.01)i, G01N21/27(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. G01B21/00-21/32, B05C11/00, G01B11/00-11/30, G01N21/27

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2017年
日本国実用新案登録公報	1996-2017年
日本国登録実用新案公報	1994-2017年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X	WO 2013/081151 A1 (ダイハツ工業株式会社) 2013.06.06, 段落【0072】 - 【0091】 & CN 103988047 A	1-5, 11
X	JP 2016-80695 A (住友ゴム工業株式会社) 2016.05.16, 段落【0217】 - 【0259】, 図17 (ファミリーなし)	12, 13
X	US 2013/0260016 A1 (Gary Ernest Georgeson) 2013.10.03, 要約, 段落 [0038] - [0043], 図11 & EP 2647951 A1 & ES 2594283 T	12, 13

☑ C欄の続きにも文献が列挙されている。

☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
 「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
 「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
 「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
 「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
 「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
 「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
 「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

21.06.2017

国際調査報告の発送日

04.07.2017

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)
郵便番号100-8915
東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

丑田 真悟

電話番号 03-3581-1101 内線 3216

2S

3100

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2002-508076 A (エルジェイ・ラボラトリーズ・リミテッド・ライアビリティ・カンパニー) 2002.03.12, 第68頁第18-22行 & WO 1999/001745 A1 第54頁第25-29行& EP 993601 A1 & US 5926262 A	1-13
A	WO 2001/31293 A1 (ABB FLEXIBLE AUTOMATION A/S) 2001.05.03, 全文, 全図 & SE 518278 C & AU 1045301 A & SE 9903749 A	1-13

請求項10には「前記塗装対象領域の形状データ」と記載されているが、請求項10が引用する請求項1-5には「形状データ」について記載されていない。

よって、請求項10は、請求項6及び7の従属請求項であるとして先行技術文献調査をおこなった。