

明 細 書

発明の名称：

三次元表面粗度評価装置及び三次元表面粗度評価方法並びに三次元表面粗度データ取得装置及び三次元表面粗度データ取得方法

技術分野

[0001] 本発明は、運搬不可能な物体や構造物などの三次元表面粗度に関する表面粗度パラメーターを取得する三次元表面粗度評価装置に関する。具体的には、表面粗度パラメーターを、迅速に、連続的に、大量に、且つ直接取得することができる三次元表面粗度評価装置及び三次元表面粗度評価方法並びに三次元表面粗度データ取得装置及び三次元表面粗度データ取得方法に関する。

背景技術

[0002] 物体の表面粗度形状は、その表面の摩擦特性を把握する上で重要である。近年では、非特許文献 1 に示すように、物体表面の水流摩擦特性の把握には、粗度高さだけではなく、波長等を含めた形状パラメーターの測定の重要性が示されている。

[0003] 非特許文献 1 では、船体の表面粗度（塗膜表面粗度）に関する評価について述べられており、船体のように運搬不可能な物体や構造物などの表面粗度を評価するには、非常に広大な範囲において、十分な点数の形状パラメーターを測定する必要があることが示されている。

[0004] また、従来の粗度測定器である「BSRA HULL ROUGHNESS ANALYZER」を用いた場合、船体表面粗度の精密測定並びにパラメーター解析が出来ない問題が指摘されている。非特許文献 1 では、これを解決するため、熱可塑性樹脂を用いて船体表面の粗度レプリカを作成し、実験室内において、X-Y ステージに搭載された点状レーザー変位計により、粗度レプリカの表面解析をすることによって船体の表面粗度を計測している。

[0005] 特許文献 1 では、運搬不可能な物体や構造物などの非接触粗度測定装置と

して、陰影画像記録装置を用いたものが提案されている。

先行技術文献

特許文献

[0006] 特許文献1：特開昭61-292509号公報

非特許文献

[0007] 非特許文献1：三重野 紘央、増田 宏、「船底塗料の塗膜表面粗度による抵抗増加について-船底外板塗料による船体抵抗低減」、日本マリンエンジニアリング学会誌、第48巻、第3号(2013)、p300-307

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0008] 非特許文献1に開示されている手法では、粗度レプリカにより複製できる面積に限りがあるため、広大な面積を評価するには過度な労力を必要とするといった問題があった。また、特許文献1に開示されている手法では、光源を照射して撮影した陰影画像を基に、粗度を測定するため、比較的平滑な表面の形状パラメーターを精度良く測定することには適していない。

[0009] また、マイクロメートルオーダーの微細粗度の粗度パラメーターの測定において、レーザー型の光学式変位計をX-Yステージ等によりトラバースし、機械的精度を確保して行うことにより最も精度良く測定することができる。

[0010] しかしながら、このような方法で、例えば、船体のように広い範囲を測定する必要がある場合には、トラバース装置が大型化し、トラバース装置の重量が増大することとなり、加工や塗装などの現場における取り扱いが困難となる。また、大型化したとしても、トラバース装置の動作範囲や計測範囲は限られてしまう技術的制約がある。

[0011] また、X-Yステージを用いる場合には、X-Y方向に精密動作をさせるため、精密ステージとステッピングモーターとを用いる必要がある。また、このようなX-Yステージを制御するX-Yステージコントローラーと、レ

ーザー変位計のコントローラーなども備える必要がある。このため、測定装置として重量が大きくなり、また、消費電力も大きくなるため、測定装置の持ち運びには適さない。

- [0012] 本発明では、このような現状を鑑み、運搬不可能な物体や構造物などの三次元表面粗度に関する表面粗度パラメーターを、迅速に、連続的に、大量に、且つ直接取得することができる三次元表面粗度評価装置及び三次元表面粗度評価方法並びに三次元表面粗度データ取得装置及び三次元表面粗度データ取得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

- [0013] 本発明は、前述するような従来技術における課題を解決するために発明されたものであって、本発明の三次元表面粗度評価装置は、

二次元レーザー変位計と、

前記二次元レーザー変位計をX軸方向に移動させる移動機構と、

前記二次元レーザー変位計のX軸方向の移動距離を読み取る移動距離読取装置と、

前記二次元レーザー変位計により取得された変位データと、前記移動距離読取装置により取得された移動距離データとに基づき、測定対象の三次元表面粗度データを生成する演算装置と、

を備える三次元表面粗度評価装置であって、

前記二次元レーザー変位計は、一定間隔毎にY軸方向の座標の変位データを読み取り可能となるように、該二次元レーザー変位計の幅方向がY軸方向と一致するように配置され、

前記二次元レーザー変位計の計測幅が、測定対象の要素の平均長さ RS_m の少なくとも2倍以上であり、

前記演算装置は、

前記二次元レーザー変位計によりX軸方向の一定間隔毎に取得された前記変位データを、Y軸方向に平均化して、各座標の基準面データを生成し、

各X-Y平面座標の前記変位データから、前記各座標の基準面データを減

算して、前記測定対象の三次元表面粗度データを生成するように構成されていることを特徴とする。

[0014] このような三次元表面粗度評価装置では、前記移動距離読取装置を、前記移動機構と連動した円形スケールにより移動距離をスケールセンサーで読み取る装置、または、ロータリーエンコーダーにより回転数を読み取り移動距離を算出する装置とすることができる。

[0015] また、可搬型バッテリーをさらに備えることもできる。

[0016] また、本発明の三次元表面粗度評価方法は、
測定対象の三次元表面粗度データを生成する三次元表面粗度評価方法であって、

測定対象の要素の平均長さ $R S m$ の少なくとも2倍以上の計測幅を有する二次元レーザー変位計によって、X軸方向の一定間隔毎に変位を測定することにより変位データを取得し、

前記変位データを、Y軸方向に平均化して、各座標の基準面データを生成し、

各X-Y平面座標の前記変位データから、前記各座標の基準面データを減算して、前記測定対象の三次元表面粗度データを生成することを特徴とする。

[0017] また、本発明の三次元表面粗度データ取得装置は、
二次元レーザー変位計と、
前記二次元レーザー変位計をX軸方向に移動させる移動機構と、
前記二次元レーザー変位計のX軸方向の移動距離を読み取る移動距離読取装置と、
を備える三次元表面粗度データ取得装置であって、

前記二次元レーザー変位計は、一定間隔毎にY軸方向の座標の変位データを読み取り可能となるように、該二次元レーザー変位計の幅方向がY軸方向と一致するように配置され、

前記二次元レーザー変位計の計測幅が、測定対象の要素の平均長さ $R S m$

の少なくとも2倍以上であることを特徴とする。

[0018] このような三次元表面粗度データ取得装置では、前記移動距離読取装置を、前記移動機構と連動した円形スケールにより移動距離をスケールセンサーで読み取る装置、または、ロータリーエンコーダーにより回転数を読み取り移動距離を算出する装置とすることができる。

[0019] また、可搬型バッテリーをさらに備えることもできる。

[0020] また、本発明の三次元表面粗度データ取得方法は、
測定対象の三次元表面粗度データを取得する三次元表面粗度データ取得方法であって、

測定対象の要素の平均長さ $R S m$ の少なくとも2倍以上の計測幅を有する二次元レーザー変位計によって、X軸方向の一定間隔毎に変位を測定することにより変位データを取得することを特徴とする。

発明の効果

[0021] 本発明によれば、測定対象が運搬不可能な物体や構造物などであったとしても、測定対象の表面から表面粗度パラメーターを、迅速に、連続的に、大量に、且つ直接取得することが可能となる。

図面の簡単な説明

[0022] [図1]図1は、本実施例における三次元表面粗度評価装置の構成を説明するための概略構成図である。

[図2]図2は、三次元表面粗度データ取得装置の構成を説明するための概略構成図である。

[図3]図3は、測定対象として金属板の表面を塗料により塗装した状態（乾燥塗膜で被覆された状態。以下同様。）の塗装板1について測定した場合の、X-Y平面座標の変位データである。

[図4]図4は、図3のX-Y平面座標の変位データを、Y軸方向に平均化して生成した各座標の基準面データである。

[図5]図5は、図4に示す基準面データの傾きを最小二乗法により補正した基準面データである。

[図6]図6は、図3に示す変位データから、図4に示す基準面データを減算して得られた三次元表面粗度データである。

[図7]図7は、図6の三次元表面粗度データから得られた表面粗度パラメータの解析結果をグラフ化したものである。

[図8]図8は、測定対象として塗装板1について、X-Yステージに取り付けたレーザー変位計により取得した表面粗度パラメータの解析結果をグラフ化したものである。

[図9]図9は、測定対象として塗装板1について、Y軸方向の端から7.5mmの範囲について測定した場合の、X-Y平面座標の変位データの比較例である。

[図10]図10は、図9のX-Y平面座標の変位データを、Y軸方向に平均化して生成した各座標の基準面データである。

[図11]図11は、図10に示す基準面データの傾きを最小二乗法により補正した基準面データである。

[図12]図12は、図9に示す変位データから、図10に示す基準面データを減算して得られた三次元表面粗度データである。

[図13]図13は、図12の三次元表面粗度データから得られた表面粗度パラメータの解析結果をグラフ化したものである。

[図14]図14は、塗装板2～6について、計測幅32mmでの要素の平均長さR_Smに対する計測幅の倍率と、計測幅32mmでの最大高さ粗さR_zに対する各計測幅でのR_zの割合(%)との関係を示すグラフである。

[図15]図15は、本実施例の三次元表面粗度評価装置を用いて、測定対象として船体の三次元表面粗度を測定した際の表面粗度パラメータの分布を示すヒストグラムである。

発明を実施するための形態

[0023] 以下、本発明の実施の形態(実施例)を図面に基づいてより詳細に説明する。

図1は、本実施例における三次元表面粗度評価装置の構成を説明するため

の概略構成図であり、図１（a）は側面から見た概略構成図、図１（b）は正面から見た概略構成図である。

[0024] 図１に示すように、本実施例の三次元表面粗度評価装置１０は、二次元レーザー変位計１２と、移動機構１４と、移動距離読取装置１６と、演算装置１８と、二次元レーザー変位計１２、移動距離読取装置１６、演算装置１８を動作させるための可搬型バッテリー２０とを備えている。

[0025] なお、測定現場での演算結果の確認が不要である場合には、図２に示すように、二次元レーザー変位計１２により取得される変位データや、移動距離読取装置１６により取得される移動距離データを、例えば、ハードディスクドライブやフラッシュメモリなどの記憶装置３２に記憶したり、通信手段３４などを用いて後述するような外部端末に送信するように構成することで、三次元表面粗度データ取得装置３０として用いることもできる。

[0026] このように演算装置１８を切り離して、外部端末を演算装置１８として使用することで、測定現場での装置構成を簡略化することができ、取得したデータは、例えば、パーソナルコンピュータなどといった外部の演算装置によって演算し、演算結果を表示するように構成することもできる。

[0027] なお、二次元レーザー変位計１２としては、特に限定されるものではないが、例えば、キーエンス社製ＬＪ－Ｖ７０８０（基準距離におけるレーザー幅３２ｍｍ）などを用いることができる。

また、二次元レーザー変位計１２は、一定間隔毎にＹ軸方向の座標の変位データを一度に読み取れるように、二次元レーザー変位計１２の幅方向が、移動機構１４の移動方向（Ｘ軸方向）と垂直、すなわち、Ｙ軸方向と一致するように配置されている。

[0028] また、本実施例において、移動機構１４は、所定方向（Ｘ軸方向）のみに移動可能な二対の車輪（すなわち、四輪）としているが、所定方向のみに移動可能な機構であれば特に限定されるものではなく、例えば、クローラーなどであってもよい。

[0029] また、本実施例では、移動距離読取装置１６として、ロータリーエンコー

ダーを用いており、移動機構 14 である車輪の回転数を読み取ることにより、車輪の周長と回転数とに基づいて移動距離を算出している。

[0030] なお、移動距離読取装置 16 は、これに限らず、例えば、移動機構 14 と連動した円形スケールにより移動距離をスケールセンサーで読み取るような装置とすることもできる。

[0031] また、演算装置 18 は、後述するように、二次元レーザー変位計 12 により取得される変位データや、移動距離読取装置 16 により取得される移動距離データに基づき、表面粗度パラメーターなどを算出可能なものであれば特に限定されるものではない。例えば、タブレットコンピューターやスマートフォン、パーソナルコンピューターなどの外部端末に変位データと移動距離データとを送信して、演算処理を実施し、演算結果を外部端末に表示するように構成することができる。

[0032] 演算装置 18 を三次元表面粗度評価装置 10 に内蔵する場合は、表面粗度パラメーターなどの演算結果を表示する表示手段を設けてもよいし、データ出力手段を設けて、例えば、上述の外部端末に演算結果を送信し、外部端末に演算結果を表示するように構成することもできる。

[0033] また、可搬型バッテリー 20 としては、特に限定されるものではなく、例えば、鉛蓄電池やニッケル水素二次電池、リチウムイオン二次電池など、既存の二次電池を用いることができる。

[0034] なお、本実施例では可搬型バッテリー 20 を搭載することにより、持ち運び容易な三次元表面粗度評価装置 10 としているが、二次元レーザー変位計 12 や演算装置 18 などの電源を、例えば、外部バッテリーや商用電源などから供給するように構成することも可能である。

[0035] [実施例 1]

このように構成される本実施例の三次元表面粗度評価装置 10 による測定対象 22 の表面粗度評価の具体例を以下に示す。

まず、三次元表面粗度評価装置 10 を移動機構 14 により測定対象 22 の表面上で移動させることにより、一定間隔毎に移動距離読取装置 16 により

得られる移動距離に基づく移動距離データと、二次元レーザー変位計 12 により得られる変位データを演算装置 18 に記録する。

[0036] 図 3 は、測定対象 22 として金属板の表面を塗料により塗装した状態の塗装板 1 について測定した、X-Y 平面座標の変位データである。

なお、図 3 に示す変位データは、本実施例の三次元表面粗度評価装置 10 により、塗装板 1 の 30 mm × 30 mm の測定範囲を 250 μm ピッチで 121 × 121 (X 軸方向、Y 軸方向ともに 121 点) データを取得したものである。本実施例では、このような計測が 1 秒以内に完了した。

[0037] 次に、演算装置 18 は、X-Y 平面座標の変位データを、Y 軸方向に平均化して、図 4 に示すような、各座標の基準面データを生成した。

[0038] 図 4 に示す基準面データの傾きを、最小二乗法により補正した基準面データを図 5 に示す。なお、図 5 は、縦軸を ±30 μm に拡大している。図 5 により、基準面データには、移動機構 14 である車輪の偏心が ±30 μm 程度含まれていることがわかる。

[0039] このように、図 3 に示す変位データには、表面粗度に加えて、測定対象 22 の傾きや移動機構 14 である車輪を転がしたことによる偏心を含んでおり、表面粗度評価には適さない。そこで、演算装置 18 により、図 4 に示す基準面データを、図 3 に示す変位データから減算することにより、変位データに含まれる傾きと移動機構 14 である車輪を転がしたことによる偏心とを除去し、より正確な三次元表面粗度データを取得することができる。

[0040] このようにして得られた三次元表面粗度データを図 6 に示す。

図 7 は、図 6 に示す三次元表面粗度データより、表面粗度パラメーターである R_z (最大高さ粗さ)、 R_{Sm} (要素の平均長さ)、 R_{zjis} (十点平均粗さ)、 R_a (算術平均粗さ)、 R_q (二乗平均平方根粗さ)、 R_c (粗さ曲線の平均高さ)、 R_{sk} (スキューネス)、 R_{ku} (クルトシス) を算出し、変位の最小点をゼロとしてグラフ化したものである。

[0041] 塗装板 1 の R_z は 78.9 μm、 R_{Sm} は 3466 μm、 R_{zjis} は 45.1 μm、 R_a は 14.2 μm、 R_q は 17.6 μm、 R_c は 29.9 μm、 R

s k は 0.08、R k u は 2.7 であった。

[0042] [比較例 1]

本実施例の三次元表面粗度評価装置 10 により得られた表面粗度パラメータの妥当性を検証するため、X-Y ステージに取り付けたレーザー変位計（点状レーザー型変位計）により、実施例 1 における塗装板 1 の測定範囲と同一の範囲の表面粗度パラメータを測定した。

[0043] X-Y ステージに取り付けたレーザー変位計により、実施例 1 と同様に、測定対象 22 の 30 mm × 30 mm の測定範囲を 250 μm ピッチで測定する場合、X 軸方向に 250 μm ピッチで 121 点測定した後、Y 軸方向に 250 μm 移動させ、再度 X 軸方向に 250 μm ピッチで 121 点測定するということを繰り返し行う必要がある。このため、本比較例では、このような計測に 5 分程度の時間を要した。

[0044] 図 8 は、実施例 1 における塗装板 1 について、X-Y ステージに取り付けたレーザー変位計により取得した表面粗度パラメータである R z （最大高さ粗さ）、R S m （要素の平均長さ）、R z j i s （十点平均粗さ）、R a （算術平均粗さ）、R q （二乗平均平方根粗さ）、R c （粗さ曲線の平均高さ）、R s k （スキューネス）、R k u （クルトシス）を算出し、グラフ化したものである。

[0045] レーザー変位計により測定した塗装板 1 の R z は 78.1 μm、R S m は 3561 μm、R z j i s は 50.5 μm、R a は 13.1 μm、R q は 16.3 μm、R c は 35.2 μm、R s k は -0.11、R k u は 2.8 であり、実施例 1 の三次元表面粗度評価装置 10 を用いて得られた表面粗度パラメータと同等の結果が得られた。

[0046] [比較例 2]

二次元レーザー変位計 12 として、レーザー幅 7.5 mm の二次元レーザー変位計を用いたケースをシミュレーションするため、実施例 1 における塗装板 1 の測定範囲の内、Y 軸方向の端から 7.5 mm の範囲の表面粗度パラメータを測定した。なお、二次元レーザー変位計 12 のレーザー幅以外の

構成は、実施例 1 の三次元表面粗度評価装置 10 と同様のものを使用した。

[0047] 図 9 は、塗装板 1 について、30 mm×7.5 mm の測定範囲を 250 μ m ピッチで 121×31 (X 軸方向に 121 点、Y 軸方向に 31 点) データを取得した X-Y 平面座標の変位データである。

[0048] 実施例 1 と同様に、X-Y 平面座標の変位データを、Y 軸方向に平均化して、図 10 に示す各座標の基準面データを生成した。図 11 は、基準面データの傾きを最小二乗法により補正したものである。図 5 と同様に、移動機構 14 である車輪の偏心を確認できるが、図 5 と比較して、その変位の幅は大きい。

[0049] 図 12 は、図 9 に示す変位データから図 10 に示す基準面データを減算し、変位データに含まれる傾きと移動機構 14 である車輪を転がしたことによる偏心を除去した三次元表面粗度データである。

[0050] 図 13 は、図 12 に示す三次元表面粗度データより、表面粗度パラメータである R_z (最大高さ粗さ)、 R_{Sm} (要素の平均長さ)、 R_{zjis} (十点平均粗さ)、 R_a (算術平均粗さ)、 R_q (二乗平均平方根粗さ)、 R_c (粗さ曲線の平均高さ)、 R_{sk} (スキューネス)、 R_{ku} (クルトシス) を算出し、変位の最小点をゼロとしてグラフ化したものである。

[0051] 比較例 2 で測定した塗装板 1 の R_z は 56.3 μ m、 R_{Sm} は 3900 μ m、 R_{zjis} は 34.9 μ m、 R_a は 10 μ m、 R_q は 12.4 μ m、 R_c は 24.9 μ m、 R_{sk} は 0.09、 R_{ku} は 2.8 であった。

[0052] 比較例 2 は、実施例 1 や比較例 1 と比べ、 R_z 、 R_{zjis} 、 R_a 、 R_q 、 R_c といった粗度高さに関わる表面粗度パラメータが小さくなっている。これは、二次元レーザーの幅方向 (Y 軸方向) に平均化した基準面データに、表面粗度形状が含まれていることに起因する。

[0053] また、測定対象 22 の R_{Sm} (要素の平均長さ) (比較例 2 では、3900 μ m = 3.9 mm) に対して、平均化する Y 軸方向の長さである二次元レーザー変位計 12 の計測幅 (比較例 2 では、レーザー幅である 7.5 mm) が小さすぎると、粗度高さを過小評価してしまうためであると考えられる。

[0054] 粗度高さを適切に評価するためには、平均化するＹ軸方向の長さ（二次元レーザー変位計１２の計測幅）を、測定対象２２のＲＳｍの２倍以上とすることが好ましい。以下に、二次元レーザー変位計１２の計測幅と、測定対象２２の要素の平均長さＲＳｍとの関係について検討した。

[0055] 〔実施例２〕

表１は、測定対象２２として金属板の表面を塗料により塗装した状態の塗装板２について測定し、二次元レーザー変位計１２の計測幅を０．５ｍｍ、１ｍｍ、２ｍｍ、４ｍｍ、１６ｍｍ、３２ｍｍと変化させて、各計測幅で二次元レーザーの幅方向（Ｙ軸方向）に平均化した基準面データにより補正して得た各表面粗度パラメーターである。

[0056] [表１]

計測幅 (mm)	Rz (μm)	RSm (μm)	Rzjis (μm)	Ra (μm)	Rq (μm)	Rc (μm)	Rsk	Rku
0.5	37.7	3140	26.4	6.2	7.7	17.9	0.0	2.9
1	64.5	3336	44.3	10.7	13.4	30.8	-0.1	3.0
2	91.3	3477	62.5	15.3	19.1	44.6	0.0	2.8
4	106.4	3545	73.0	18.0	22.5	52.0	0.1	2.9
8	113.1	3504	78.0	19.3	24.0	55.2	0.1	2.9
16	116.7	3554	80.5	19.9	24.8	57.7	0.2	2.9
32	111.8	3325	77.9	19.2	23.8	55.1	0.1	2.7

[0057] 表１に示すように、計測幅が小さくなるに従って、粗度高さに関わる表面パラメーターであるＲｚ、Ｒｚjis、Ｒａ、Ｒｑ、Ｒｃが小さくなっている。これは、計測幅が小さくなるほど、二次元レーザー変位計１２の幅方向（Ｙ軸方向）に平均化した基準面データに、表面粗度形状の含まれる量が増えることに起因する。

[0058] また、計測幅が大きくなるにしたがって、粗度高さに関わる表面パラメーターであるＲｚ、Ｒｚjis、Ｒａ、Ｒｑ、Ｒｃは、いずれも真値に収れんしていく傾向が明らかとなった。これは、計測幅がＲＳｍより十分に大きくなると、二次元レーザーの幅方向（Ｙ軸方向）に平均化した基準面データに、表面粗度形状が含まれなくなることによる。

[0059] なお、計測幅３２ｍｍでの最大高さ粗さＲｚは１１１．８ μm 、要素の平

均長さ $R S m$ は $3325 \mu m$ である。

表 2 は、計測幅 $32 mm$ での $R S m$ ($3325 \mu m$) に対する表 1 における各計測幅の倍率と、計測幅 $32 mm$ での各表面粗度パラメーターに対する表 1 における各計測幅での各表面粗度パラメーターの割合を示している。

[0060] [表2]

計測幅32mmでの $R S m$ に対する計測幅の長さ (倍)	計測幅32mmでの各表面粗度パラメーター値に対する 各計測幅での各表面粗度パラメーターの割合(%)					
	$R z$ (%)	$R S m$ (%)	$R z_{jis}$ (%)	$R a$ (%)	$R q$ (%)	$R c$ (%)
0.2	33.7	94.4	33.9	32.2	32.3	32.5
0.3	57.7	100.3	56.8	55.7	56.1	55.9
0.6	81.7	104.6	80.2	79.7	80.1	80.9
1.2	95.2	106.6	93.7	94.0	94.3	94.4
2.4	101.2	105.4	100.1	100.5	100.8	100.2
4.8	104.4	106.9	103.3	103.7	103.9	104.7
9.6	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

[0061] 計測幅 $32 mm$ での $R z$ に対する各計測幅での $R z$ の割合は、計測幅 $32 mm$ での $R S m$ に対する計測幅の倍率が 0.2 倍では 33.7% 、 0.3 倍では 57.7% 、 0.6 倍では 81.7% 、 1.2 倍では 95.2% 、 2.4 倍では 101.2% 、 4.8 倍では 104.4% となっており、 $R S m$ に対する計測幅の倍率が大きくなるにしたがって、 100% に収れんする傾向は明らかである。特に、計測幅が $R S m$ の 2 倍程度でほぼ 100% に収れんしている。

[0062] 測定対象 22 として、表面粗度形状が未知のものを計測する場合、このように二次元レーザー変位計 12 の計測幅を変動させて、各表面粗度パラメーターの変動が少ない計測幅の範囲を有効な計測幅として選択することもできる。

[0063] 以下、測定対象 22 として金属板の表面を塗料により塗装した状態の塗装板 3～6 について同様に測定し、二次元レーザー変位計 12 の計測幅を $0.5 mm$ 、 $1 mm$ 、 $2 mm$ 、 $4 mm$ 、 $16 mm$ 、 $32 mm$ と変化させて、各計測幅で二次元レーザーの幅方向（Y 軸方向）に平均化した基準面データにより補正して得た粗度評価結果を表 3、表 5、表 7、表 9 にそれぞれ示す。

[0064] 塗装板 3 の計測幅 $32 mm$ での最大高さ粗さ $R z$ は $60.4 \mu m$ 、要素の

平均長さR S mは1 8 2 0 μ m、塗装板4の計測幅3 2 m mでの最大高さ粗さR zは1 4 6. 3 μ m、要素の平均長さR S mは2 2 0 0 μ m、塗装板5の計測幅3 2 m mでの最大高さ粗さR zは7 6. 5 μ m、要素の平均長さR S mは4 1 5 0 μ m、塗装板6の計測幅3 2 m mでの最大高さ粗さR zは1 1 2. 3 μ m、要素の平均長さR S mは5 0 0 1 μ mであった。

[0065] 表4は、計測幅3 2 m mでのR S m (3 3 2 5 μ m) に対する表3における各計測幅の倍率と、計測幅3 2 m mでの各表面粗度パラメーターに対する表3における各計測幅での各表面粗度パラメーターの割合を示しており、同様に、表6は表5、表8は表7、表10は表9におけるものである。

[0066] [表3]

計測幅 (mm)	Rz (μ m)	RSm (μ m)	Rzjis (μ m)	Ra (μ m)	Rq (μ m)	Rc (μ m)	Rsk	Rku
0.5	38.9	1871	27.0	5.1	6.7	15.0	0.0	4.0
1	50.5	1880	34.7	6.7	8.7	19.4	0.2	4.0
2	57.1	1902	38.6	7.4	9.7	21.5	0.2	4.2
4	60.7	1904	40.7	7.8	10.2	22.5	0.3	4.4
8	62.7	1915	41.7	8.0	10.5	23.3	0.4	4.5
16	63.7	1918	42.4	8.1	10.7	23.4	0.4	4.5
32	60.4	1820	40.2	7.8	10.2	22.2	0.4	4.2

[0067] [表4]

計測幅32mmでのRSm に対する計測幅の長さ (倍)	計測幅32mmでの各表面粗度パラメーター値に対する 各計測幅での各表面粗度パラメーターの割合(%)					
	Rz (%)	RSm (%)	Rzjis (%)	Ra (%)	Rq (%)	Rc (%)
0.3	64.5	102.8	67.2	66.2	65.6	67.6
0.5	83.6	103.3	86.4	86.2	85.1	87.3
1.1	94.6	104.5	96.0	95.3	94.7	96.8
2.2	100.5	104.6	101.1	100.5	100.3	101.3
4.4	103.9	105.2	103.7	103.5	103.4	104.7
8.8	105.5	105.4	105.4	105.0	105.0	105.3
17.6	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

[0068]

[表5]

計測幅 (mm)	Rz (μ m)	RSm (μ m)	Rzjis (μ m)	Ra (μ m)	Rq (μ m)	Rc (μ m)	Rsk	Rku
0.5	72.5	2352	52.1	11.0	13.9	32.5	0.0	3.2
1	109.6	2343	79.0	16.9	21.3	48.4	0.0	3.1
2	131.0	2335	94.9	20.4	25.7	58.8	0.1	3.1
4	144.8	2334	104.3	22.7	28.5	65.3	0.2	3.1
8	150.1	2372	109.6	24.0	30.1	30.1	0.3	3.1
16	154.4	2341	112.3	24.6	31.0	69.9	0.4	3.2
32	146.3	2200	107.2	23.4	29.5	66.5	0.4	3.0

[0069] [表6]

計測幅32mmでのRSm に対する計測幅の長さ (倍)	計測幅32mmでの各表面粗度パラメーター値に対する 各計測幅での各表面粗度パラメーターの割合(%)					
	Rz (%)	RSm (%)	Rzjis (%)	Ra (%)	Rq (%)	Rc (%)
0.2	49.6	106.9	48.6	47.2	47.3	48.9
0.5	74.9	106.5	73.7	72.2	72.3	72.8
0.9	89.5	106.2	88.5	87.2	87.2	88.5
1.8	99.0	106.1	97.3	96.9	96.7	98.2
3.6	102.6	107.8	102.2	102.4	102.0	104.1
7.3	105.6	106.4	104.8	105.2	105.0	105.1
14.5	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

[0070] [表7]

計測幅 (mm)	Rz (μ m)	RSm (μ m)	Rzjis (μ m)	Ra (μ m)	Rq (μ m)	Rc (μ m)	Rsk	Rku
0.5	25.3	2676	17.5	3.9	5.0	10.8	0.0	3.1
1	41.2	3056	28.0	6.8	8.5	18.7	0.0	2.9
2	57.8	3563	38.3	9.7	12.2	27.0	-0.1	2.9
4	71.2	3955	46.0	12.2	15.3	34.4	0.0	2.8
8	77.7	4147	49.2	13.4	16.8	37.3	0.1	2.9
16	81.8	4267	51.7	14.3	17.8	39.8	0.2	2.8
32	76.5	4150	48.1	13.5	16.8	37.6	0.3	2.6

[0071] [表8]

計測幅32mmでのRSm に対する計測幅の長さ (倍)	計測幅32mmでの各表面粗度パラメーター値に対する 各計測幅での各表面粗度パラメーターの割合(%)					
	Rz (%)	RSm (%)	Rzjis (%)	Ra (%)	Rq (%)	Rc (%)
0.1	33.1	64.5	36.3	29.0	29.6	28.8
0.2	53.9	73.6	58.2	50.1	50.5	49.7
0.5	75.6	85.9	79.5	72.0	72.5	72.0
1.0	93.0	95.3	95.5	90.4	90.8	91.7
1.9	101.6	99.9	102.3	99.0	99.6	99.4
3.9	107.0	102.8	107.3	105.4	105.8	106.0
7.7	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

[0072] [表9]

計測幅 (mm)	Rz (μ m)	RSm (μ m)	Rzjis (μ m)	Ra (μ m)	Rq (μ m)	Rc (μ m)	Rsk	Rku
0.5	21.6	3913	14.0	3.5	4.4	10.1	0.0	3.0
1	36.9	4140	23.6	6.3	7.8	18.3	0.0	2.9
2	64.3	4689	40.0	11.1	13.8	32.5	0.0	2.8
4	94.9	5257	55.9	16.4	20.4	48.3	0.1	3.0
8	104.7	5309	62.7	18.3	22.7	54.6	0.1	2.9
16	114.0	5365	69.7	19.9	24.8	59.8	0.2	2.9
32	112.3	5001	68.4	19.6	24.4	59.2	0.3	2.8

[0073] [表10]

計測幅32mmでのRSm に対する計測幅の長さ (倍)	計測幅32mmでの各表面粗度パラメーター値に対する 各計測幅での各表面粗度パラメーターの割合(%)					
	Rz (%)	RSm (%)	Rzjis (%)	Ra (%)	Rq (%)	Rc (%)
0.1	19.3	78.3	20.4	17.8	18.0	17.1
0.2	32.9	82.8	34.5	32.2	32.2	30.9
0.4	57.3	93.8	58.5	56.8	56.7	54.9
0.8	84.5	105.1	81.7	83.6	83.9	81.5
1.6	93.2	106.2	91.5	93.2	93.1	92.3
3.2	101.5	107.3	101.8	101.7	101.7	101.1
6.4	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

[0074] いずれの塗装板3～6における粗度評価結果も、RSmに対する計測幅の倍率が大きくなるにしたがって、100%に収れんする傾向は明らかであり、特に、計測幅がRSmの2倍程度でほぼ100%に収れんすることは明らかである。

[0075] 図14は、塗装板2～6について、計測幅32mmでの要素の平均長さRSmに対する計測幅の倍率と、計測幅32mmでの最大高さ粗さRzに対する各計測幅でのRzの割合(%)との関係を示すグラフである。

[0076] 図14に示すように、いずれの塗装板2～6においても、計測幅をRSmの2倍程度以上にすると、Rzの割合が100%に収れんし、大きく変動しないことが明らかになった。

[0077] これにより、二次元レーザー変位計12の計測幅が、測定対象22の要素の平均長さRSmの少なくとも2倍以上であれば、二次元レーザーの幅方向(Y軸方向)に平均化した基準面データに、表面粗度形状が含まれる可能性が減少し、精度を確保できることが明らかになった。

[0078] なお、本発明の三次元表面粗度評価装置 10 を用いて、未知の粗度を有する測定対象 22 の表面粗度パラメーターを測定する場合には、例えば、前述するような従来技術による方法を用いて、測定対象 22 の要素の平均長さ $R S m$ を事前に評価しておくことも有効である。

[0079] また、測定対象 22 の要素の平均長さ $R S m$ を事前に評価できない場合には、前述するように、二次元レーザー変位計 12 の計測幅を変化させて、各表面粗度パラメーターに大きな変動がない範囲を有効計測幅範囲とすることで、精度の高い表面粗度評価を行うことができる。

[0080] [実施例 3]

三次元表面粗度データ取得装置 30 と外部端末である演算装置 18 を用いて、測定対象 22 として船体の三次元表面粗度を測定した。なお、実施例 3 の三次元表面粗度データ取得装置 30 の構成は、実施例 1 の三次元表面粗度評価装置 10 から演算装置 18 を省いたものと同様である。

図 15 (a) は、三次元表面粗度データ取得装置 30 を用いて測定した船体の表面粗度パラメーターである $R z$ (最大高さ粗さ)、 $R S m$ (要素の平均長さ) の分布を示す三次元ヒストグラム、図 15 (b) は、図 15 (a) の $R S m$ 成分の分布を示すヒストグラム、図 15 (c) は、図 15 (a) の $R z$ 成分の分布を示すヒストグラムである。

[0081] 船体塗装の完了後、三次元表面粗度データ取得装置 30 を用いて X 軸方向に 27 cm 走査し、30 mm × 30 mm のデータを 9 点取得することを繰り返して、船体全体で 100ヶ所の測定を実施して、900 点のデータを取得した。

[0082] なお、100ヶ所の測定は 2 時間程度で完了した。全測定点 900 点中、測定エラー等を除いた有効データは 620 点であり、取得したデータを基に、外部端末である演算装置 18 で演算処理した結果、表面粗度パラメーターである $R z$ (最大高さ粗さ) は 50.7 μm 、 $R S m$ (要素の平均長さ) は 3187 μm であった。

[0083] また、図 15 に示す三次元ヒストグラムにおける $R z$ 分布は 20 μm から

140 μm 、RS m分布は1750 μm から7500 μm であった。

符号の説明

- [0084] 10 三次元表面粗度評価装置
12 二次元レーザー変位計
14 移動機構
16 移動距離読取装置
18 演算装置
20 可搬型バッテリー
22 測定対象
30 三次元表面粗度データ取得装置
32 記憶装置
34 通信手段