

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 5 月 27 日現在

機関番号：32665

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2012～2014

課題番号：24560167

研究課題名(和文) テクスチャリングによる高品位塗装技術の開発

研究課題名(英文) Development of high-quality painting technology by surface texture

研究代表者

小林 義和 (KOBAYASHI, yoshikazu)

日本大学・工学部・准教授

研究者番号：60277390

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,100,000円

研究成果の概要(和文)：下地塗装の塗装率について研究し、製品への高品質な塗装条件の決定を目標としている。平面とテクスチャリングされた基板表面に下地塗装であるブラサフ塗装を行い、塗装表面を画像処理することで塗装率を求めた。また、塗料の濡れ性を調べるシステムを開発し、濡れ性と基板表面の関係についても評価を行った。その結果、塗装条件、テクスチャリングの仕様、塗料の濡れ性によって塗装品質が変化することが示された。

研究成果の概要(英文)：The target of this study is to decide about the high-quality painting condition and the painting rate on the based surface was estimated at the various conditions. This painting rate for primer and surfacer painting was calculated by an image processing on the painted plane and textured surfaces. Also, the estimation system for wettability of paint was developed and the relationship between wettability and textured surface was assessed. As a result, it was shown that the quality on the painted surface changes with the conditions of painting and texturing and properties of wettability.

研究分野：工学

キーワード：塗装 テクスチャリング 濡れ性

1. 研究開始当初の背景

工業製品の表面には、製品の視覚・触覚品位及び機能性の向上を目的とした微細な凹凸(表面テクスチャ)が加工されている。例えば、しゅう動面に表面テクスチャを加工し摩擦・潤滑特性を向上させる研究や、浴槽の床表面にテクスチャを加工し、撥水性を制御する研究などが行われている。そこで、本研究は表面テクスチャを、高品位塗装を実現する新技術の開発に応用する。

平成 21～23 年度科学研究補助金(基盤(C))「表面テクスチャによる塗装特性の制御」(課題番号 21560152)において基板表面をテクスチャリング処理し、表面性状と塗装特性の関係を研究した。その研究成果の一つとして、基板上の表面性状の状態も重要であるが、塗装界面の表面性状が付着性と大きく関係している結果を得た。通常の塗装は基板上に下塗り・中塗り・上塗りのように層状となっており、基板表面以外の界面では何ら処理はしないのが一般的である。そこで塗装間の界面にもテクスチャ処理を行い、高品位塗装表面を実現する新技術を提案する。また、付着性の他、まだ調べていない指標の内、均一性、流動性、視覚品位を加え、塗料界面にテクスチャ処理をすることにより表面性状と 4 種類の塗装指標について研究を行う。

2. 研究の目的

塗装は視覚・触覚品位や防錆・防食性の向上など商品の付加価値を上げるための重要な技術である。一般的に塗装は基板上に下塗り・中塗り・上塗りというように塗料が層状になっている。現在の塗装工程の表面処理は基板上の脱脂処理やテクスチャ処理が行われているが、各塗装界面の処理は行われていない。そこで本研究は、塗装界面にテクスチャ処理をすることにより高品位塗装を実現する新技術の確立を目標とする。高品位塗装の指標は、塗料の均一性(ムラ)、流動性(濡れ性)、付着性、視覚品位(光沢度)の 4 種類とし、これらについて表面テクスチャとの関係を研究する。

3. 研究の方法

(1)表面テクスチャの設計・加工

表面テクスチャの設計は CG(Computer Graphics)及び形状処理の分野において様々な手法が提案されているが、作成領域の制限や寸法定義があいまいなど、機械加工に用いるデータとしては不十分である。研究代表者はその問題点を解決するため新しい表面テクスチャ CAD の開発を行ってきた。そこで、この表面テクスチャ CAD システムを用い、4 種類の塗装指標を向上させるテクスチャ形状を設計し加工を行う。加工に際しては、塗膜は薄く、柔らかいため高速切削を行う予定であるが、その最適な加工条件を実験により導出する。

(2)塗装ムラ測定装置の開発

塗料が均一に塗られていることは、視覚品位だけでなく経年変化による防錆・防食性の劣化を遅らせるなど機械特性にも影響する重要な機能推定の指標の一つである。塗料の不均一は「塗料ムラ」として評価されているが、人による視覚検査に頼るところが大きく定量化されていない。表面の凹凸の変化や分光法による膜厚測定により塗料ムラを評価している報告もあるが、広い領域を簡便に測定するには至っていない。そこで、塗装ムラを広範囲かつ高速に測定する装置の開発を行う。測定原理は、透明基板上に塗装された塗膜にレーザを照射し、透過した光量を測定することで塗料ムラを測定する。そして、塗膜界面の表面性状と塗装条件を考察することにより塗料が均一に塗布される最適条件を推測する。基板は 2 軸のスライダにより移動し、測定結果は光量の分布図として出力され、塗装ムラの位置を見積もる。

(3)塗装実験及び評価

塗装実験は開発した塗装装置により行い、その評価は塗料の均一性、流動性、付着性、視覚品位の 4 種類の指標について行う。以下に評価法について示す。

塗料の均一性：開発する塗装ムラ測定装置で「ムラ」を広範囲に測定する。また、分光法による膜厚さも測定し、開発する測定装置による結果と比較・検討する。

塗料の流動性：テクスチャ処理された表面の濡れ性を測定し、塗装結果と比較・検討を行う。

付着性：クロスカット試験(JIS K5600-5-6)、耐屈曲性試験(JIS K5600-5-1)を用いて、塗料の付着性を定性的に評価すると共に、プル-オフ試験(JIS K5600-5-7)により定量的に付着性を評価する。

視覚品位：光沢度及び目視により評価を行う。同時に均一性、流動性の研究結果と視覚品位との関係も調査する。

4. 研究成果

3 章「研究の方法」内の 塗料の均一性の研究については、開発装置が未完成のため実験を行っていない。開発を進め、実験を行った段階で学会等において報告の予定である。

付着性および 視覚品位に関しては平成 21～23 年度に行った実験と同じ傾向の結果が得られた。ここでは、塗料の流動性について、塗装率及び濡れ性の実験について報告する。

(1)塗装率測定実験

本研究では、画像から塗装率を測定するプログラムを開発した。プログラムは画像の各ピクセルの輝度値をもとに塗装された割合を計算し表示するものである。輝度値とはピクセルの輝き度合を 0～255 の値で表したものである。

実験は塗装速度 50mm/s、おくり量(縦軸移動量)を 10mm、エア圧力 0.1MPa の条件で実験を行った。塗料は、イサム塗料のピュアエ

ースプラサフを、主剤と硬化剤 10:1 で調合し、希釈剤で 50%希釈したものを使用した。その後、平面は横 200mm、縦 150mm の範囲を、テクスチャ表面は横 150mm、縦 150mm の範囲をスキャナによりスキャンした。

図 1 は平面の塗装結果である。プログラムにより塗装されていると判断された部分(塗装領域)を黄色に、塗装されていないと判断された部分(非塗装領域)を黒に表示した。また、塗装率を計算した結果を図 2 に示す。平面は、塗装 1 回目は塗装率 44.74%、2 回目は 97.67%、3 回目は 99.93%、4 回目は 100.00%、5 回目は変化せず 100.00%となった。また、テクスチャ表面は、塗装 1 回目は 59.90%、2 回目は 96.13%、3 回目は 99.16%、4 回目は 99.31%、5 回目は 99.59%となった。平面とテクスチャ表面の塗装率の変化を比較すると、塗装 1 回目の数値は大きく異なったが、塗装を重ねるにつれて違いが無くなっていった。

平面もテクスチャ表面も同様に塗装回数を重ねるほど塗装率が上昇し、どちらも塗装 3 回目で 99%以上の数値となった。図 3 は加工方向(筋目方向)と平行にスプレーガンを移動させ塗装したテクスチャ表面の塗装 1 回目の拡大図、図 4 は筋目と垂直に塗装したテクスチャ表面の塗装 1 回目の拡大図である。平面は規則性が無くまばらに塗装されているが、筋目と平行に塗装したテクスチャ表面は横へ伸びるように塗装されている。また、筋目と垂直に塗装したテクスチャ表面は、筋目方向の溝に入る塗料がところどころ切れている部分が多いことがわかる。これは、塗装する方向と筋目方向の関係により塗料の流動性が変化することを示している。また、塗装回数が増えるとその規則性は見えなくなり、全体が塗装された。このことから、平面もテクスチャ表面も、塗装回数を重ねることで塗装基板の全体を塗装することができると考えられる。

(2) 濡れ性測定

水を基板の上に滴下して測定する。基板にはアクリル板、圧延鋼板を用いる。また、凹凸の有無による液滴の広がり方の違いを見るために、凹凸のあるアクリル板(のこぎり形状)を用意する。水を滴下するディスペンサーは水を 2 秒かけて 0.0043g 吐出するように設定し、毎回同じ量の液滴を滴下する。また、高倍率で撮影できるカメラを用いて、実際に液滴を側面から撮影・測定し、濡れ性を算出する。凹凸のあるアクリル板の撮影の際は、凹凸の形状に対して正面と側面から撮影する。撮影の際は液滴の後ろからテレセントリックバックライト・イルミネーターにより作られる平行光を当てて撮影を行った。撮影した画像から測定した場合、及び処理プログラムより液滴の高さ・半径を求め接触角を計算する。

アクリル板における水の測定結果を図 5 に示す。この図の高さと半径は、パソコンの画面上に表示した画像を距離測定ツールを

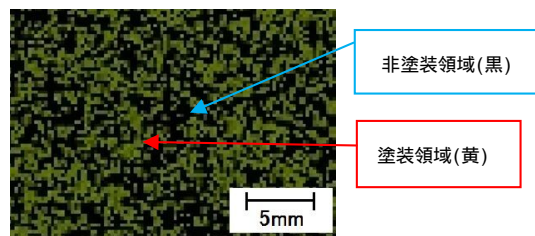


図 1 平面塗装 1 回目(例)

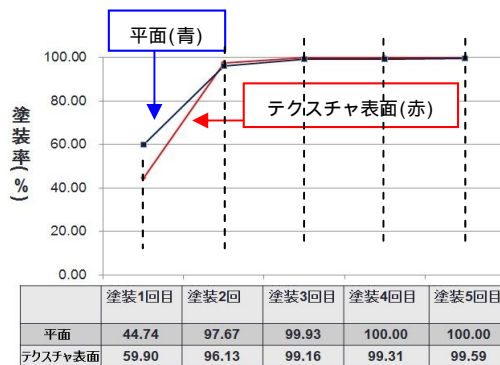


図 2 塗装率の変化

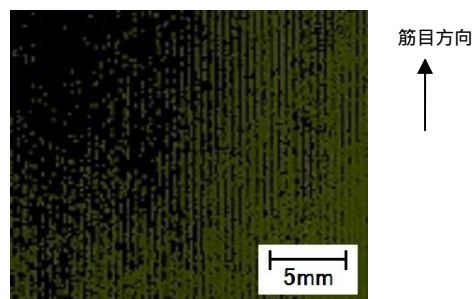


図 3 筋目に平行に塗装した場合

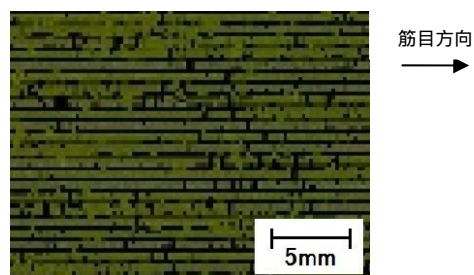


図 4 筋目と垂直に塗装した場合

用いて測定を行った(人による測定)。図中の数値の単位は mm である。この結果をもとに接触角は 1/2 法により算出する。また、凹凸のある基板上(テクスチャ基板)を用いた例を図 6 に示す。筋目の方向により液滴の大きさが変化していることがわかる。アクリル板、圧延鋼板、凹凸のあるアクリル板における測定結果を表 1 に示す。

一方、撮影画像を元に画像処理により自動的に液滴半径と高さを求め、接触角を算出するアプリケーションを開発した。開発したアプリケーション画面を図 7 に示す。撮影画像を取り込み(図 7 左画像)、画像処理することで液滴半径と高さを求める(図 7 右画像)。

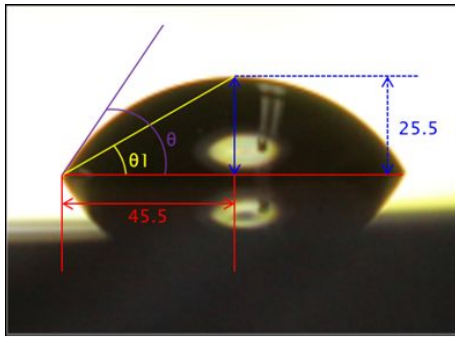
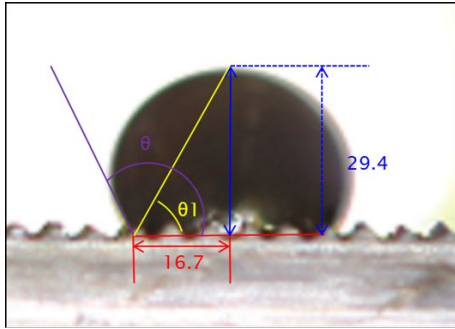
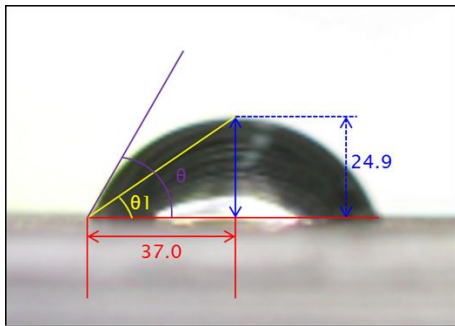


図5 液滴の撮影（水 - アクリル）



(a) 筋目と垂直方向で撮影



(b) 筋目と平行方向で撮影

図6 テクスチャ基板上的液滴の状態

表1 測定結果（人による測定）

	高さ	半径	接触角 θ
	単位: mm		単位: °
アクリル板	25.5	45.5	58.54
圧延鋼板	24.3	44.4	57.38
凹凸(正面)	29.4	16.7	120.80
凹凸(側面)	24.9	37	67.88

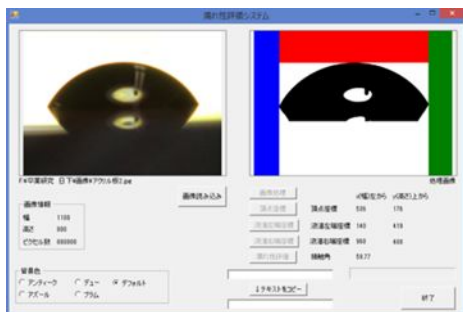


図7 開発した接触角算出アプリケーション

このアプリケーションを用いた結果と人手により求めた測定値の比較を行った。その結

表2 実行結果と測定値との比較

	接触角 θ	測定結果との差
	単位: °	単位: °
アクリル板	59.77	1.23
圧延鋼板	56.64	0.74
凹凸(正面)	84.65	36.15
凹凸(側面)	67.83	0.05

果を表2に示す。凹凸(正面)の測定結果で差が大きいのは、図6(a)の様に接触角が 90° を超える場合である。プログラムで液滴端点を探索する際、アルゴリズムの不備により誤った座標を求めてしまったためである。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 1件)

渡辺暁、溝口知広、小林義和、白井健二、若林裕之、原靖彦、岩城一郎、子田康弘、李和樹、近藤司：テクスチャ処理による塗装膜の付着性制御と評価、日本大学工学部紀要 第54巻 第1号、査読有、2012、29-32

〔学会発表〕(計 5件)

溝口知広、小林義和：森林計測点群からのインタラクティブな樹幹抽出システムの開発、2014年度精密工学会秋季大会学術講演会講演論文集、2014年9月

齋藤康平、高木秀有、藤原雅美、小林義和、白井健二：延性二相組織のクリープ特性に及ぼす強化相の分布状態と変形速度の影響に関するFE解析、2014年度精密工学会秋季大会学術講演会講演論文集、2014年9月

佐々木慎一、小林義和、溝口知広、小針和樹：江戸小紋を対象とした基礎パターン抽出と表面加工、2014年度精密工学会春季大会学術講演会講演論文集、2014年3月

渡辺暁、溝口知広、小林義和、白井健二：プルオフ法を用いたテクスチャリングによる塗膜の表面機能の定量的評価、2013年度精密工学会春季大会学術講演会、2013年3月

Akira WATANABE、Tomohiro MIZOGUCHI、Yoshikazu KOBAYASHI、Kenji SHIRAI：Adhesion Control of Coating Film by Texturing、2012 ASPE 27th Annual Meeting、2012年10月

〔産業財産権〕

取得状況(計 1件)

名称：圧電素子変位拡大機構及びそれを利用する表面テクスチャ加工装置

発明者：小林義和、白井健二、若岡俊介

権利者：日本大学、オークマ株式会社

種類：特許

番号：第5327447号

出願年月日：平成21年2月5日

取得年月日：平成25年8月2日

国内外の別：国内

6. 研究組織

(1) 研究代表者

小林 義和 (KOBAYASHI yoshikazu)

日本大学・工学部・准教授

研究者番号：60277390

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

白井 健二 (SHIRAI kenji)

日本大学・工学部・研究員

研究者番号：50256814