

## 科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成24年3月31日現在

機関番号：32665

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2009～2011

課題番号：21560152

研究課題名（和文） 表面テクスチャによる塗装特性の制御

研究課題名（英文） Control of paint properties 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

研究成果の概要（和文）：

表面テクスチャによる塗装特性（付着性）を制御する目的で、クロスカット試験及び耐屈試験を行った。その結果、テクスチャの性状及び塗装条件により付着性に大きな違いが出た。また、塗装実験用の塗装装置を新たに開発した。

研究成果の概要（英文）：

To control the adhesive properties of paint film on textured surface, cross-cut test, JIS K5600-5-6, and cylindrical mandrel test, JIS K5600-5-1, were carried out in this study. As a result, it is shown that the adhesion of painted film changes with the surface texture and paint conditions. Also, new paint robot was developed for these experiments.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	1,400,000	420,000	1,820,000
2010年度	900,000	270,000	1,170,000
2011年度	1,200,000	360,000	1,560,000
総計	3,500,000	1,050,000	4,550,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：機械工学・設計工学・機械機能要素・トライボロジー

キーワード：塗装、トライボロジー、表面テクスチャ

## 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。特に近年、表面の機能性向上を目的とした表面テクスチャの応用が進んでいる。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の応用分野として、テクスチャ形状を塗装特性の制御に応用する。家電製品や自動車表面は塗装されているが、その塗装はより均一に、薄く、強固な付着性が要求されている。実際、塗装前の製品表面はヤスリに

よるブラッシングやディンプル加工などにより荒らされるが、その詳細は企業秘密となっており公表されていない。よって、本研究は表面テクスチャと塗装特性の関係を調べ、その結果を用い塗装製品の更なる機能性向上技術の開発を行う。

塗装特性を評価するまでの工程は、まず、(1)表面テクスチャを設計し、被削材形状にマッピングする。次に(2)マッピングしたデータをもとに、加工機械を動作させる CL (Cutter Location) データを算出し、(3)実加工を行い、加工終了後に表面が設計値となっているか計測する。最後に(4)加工表面を塗装し、均一性、流動性、付着性、視覚品位を評価する。以上の工程の流れに従い研究を行うことと

し、次にその詳細について説明する。

#### (1)表面テクスチャの設計

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多数の研究報告があり、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。そこで、研究代表者は新しい表面テクスチャ CAD の開発を行ってきた。しかし、広領域に表面テクスチャを展開する際に、テクスチャ統合(Texture synthesis)技術を用いているが、すべてのパターン表面テクスチャに対応できていない。また、表面テクスチャを被削材形状にマッピングする際に形状の歪む現象が発生する。そこで、この工程では表面テクスチャの広領域生成及びマッピングシステムの改良が必要である。

#### (2)CL データの作成

加工は基本的に 5 軸制御加工である。しかし、表面テクスチャ形状のアスペクト比(高さ・横寸法比)は大きいため、被削材形状と合成した場合、傾きが非常に大きくなり対応できない場合が出てくる。その場合は工具軸ベクトルを変化させ 3 軸制御加工に切り替える。また、表面テクスチャ及びマッピング先の幾何形状は、三角形パッチから構成される STL データを想定しているため、工具が滑らかに動作するように工具軸ベクトルの補正が必要となる。以上の点を考慮し、CL データ作成プログラムを開発する。

#### (3)実加工及び計測

(2)の工程から得られる CL データをもとにミーリング加工を行うが、工具回転数、送り速度などの加工条件により表面品位が異なってくる。これは、現状のシミュレーション技術では再現できない場合が多く、トライアンドエラーによって最適条件を見つけるしかない。この工程では加工された表面の計測データをもとに、その最適条件のデータベースを構築する。

#### (4)塗装実験及び評価

まず、塗装装置を開発する。塗装方式は一般的に用いられているエアスプレー方式を用い、塗装物に任意の角度で塗料が吹きつけられるように工夫する。この実験では塗装物表面に加工される表面テクスチャのパターンを様々な変化させ、塗料の均一性、流動性、付着性、視覚品位を検討する。

### 2. 研究の目的

多くの工業製品表面には塗装が施されており、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。しかし、塗装関連の情報

は企業秘密の面が強く、研究論文などで公表されることは少ない。そこで本研究は、塗装特性と表面テクスチャの関係を調べ高品位塗装の実現を目的とする。塗装特性とは、塗料の均一性、流動性、付着性、視覚品位(光沢度)を意味し、この 4 つの機能について表面テクスチャとの関係を研究する。なお、本報告では研究が進んでいる付着性について詳しく説明する。

### 3. 研究の方法

表面テクスチャと塗装特性の関係を調べるため、以下の 5 つの工程を実行した。なお、研究成果については塗装に関する②塗装装置の開発及び⑤塗装実験及び評価について説明する。なお、①、③、④の工程で作製される基板表面は、表面を完全に制御した理想表面として今後塗装実験を行う予定である。

- ①表面テクスチャ設計 CAD の開発
- ②塗装装置の開発
- ③CL データ作成(CAM)システムの開発
- ④加工実験
- ⑤塗装実験及び評価

### 4. 研究成果

#### 4. 1 塗装装置の開発

開発した塗装装置の外観を図 1 に示す。この塗装装置は、X、Y の 2 軸の電動スライダと、X 軸目に取り付けられた自動ガンにより構成されている。これら 2 軸の電動スライダの移動により、自動ガンを所定の地点へ移動させ塗装を行う。電動スライダの移動速度、移動距離及びスプレーガンの ON/OFF はコンピュータ制御されている。

図 2 に制御装置の構成図を示す。制御 PC からの命令を受け、コントローラはドライバへ指示通りに動作するように命令を与える。ドライバは命令に従い、スライダのモータへ電力を供給する。また、制御 PC からの入力で、ミニパワーリレーを介してソレノイドバルブへ DC24V 電源から電力が供給される。これによりソレノイドバルブが開口し、自動ガンへエアが供給され、加圧コンテナに充填した塗料が噴射される。



図 1 塗装装置外観



径による試験で塗料の剥がれは検出されず、十分な耐屈曲性が得られた。試験結果の一例として図5に80番のサンドペーパーで縦横直交クスのテクスチャ処理をした基板の試験結果を示す。上が試験後の基板写真、下が基板の屈曲部の拡大写真である。

#### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計4件)

- ① 林亮、小林義和、白井健二、原靖彦、規則的パターンを持つ表面テクスチャの5軸制御加工、精密工学会誌、査読有、75巻、2009、1459-1463
- ② 小林義和、白井健二、表面模様(テクスチャ)の設計とエンドミル加工、砥粒加工学会誌、査読有、54巻、2010、524-527
- ③ Y. Kobayashi, K. Shirai, Y. Hara, T. Mizoguchi and K. Kawasaki, Generation and Assessment of Random Surface Texture over a Wide Area, International Journal of Automation Technology, 査読有, Vol. 5 No. 2, 2011, 185-189
- ④ A. Watanabe Y. Kobayashi, K. Shirai, T. Mizoguchi, Fundamental Study of Coating using Electrically Powered Sliders, ASPE 2011 Annual Meeting, 査読有, CD-R, 2011

[学会発表] (計4件)

- ① 富永良和、他2名、表面テクスチャ加工

における工具径の決定法とその加工面評価、2010年度精密工学会春季大会学術講演会、2010

- ② 中石雅之、他2名、イメージキルティング法によるテクスチャ形状の接合と加工、2010年度精密工学会春季大会学術講演会、2010
- ③ 渡辺暁、他3名、電動スライダを用いた塗装ロボットに関する基礎的研究、2011年度精密工学会春季大会学術講演会、2011
- ④ 渡辺暁、他3名、金属板の基板表面のテクスチャリングによる塗膜の付着性制御、2011年度精密工学会秋季大会学術講演会、2011

#### 6. 研究組織

##### (1) 研究代表者

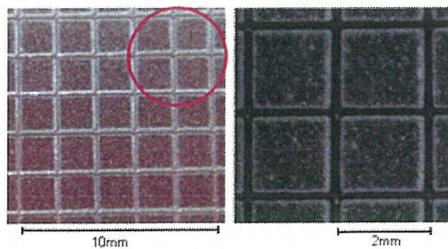
小林 義和 (KOBAYASHI YOSHIKAZU)  
日本大学・工学部情報工学科・准教授  
研究者番号：60277390

##### (2) 研究分担者

なし

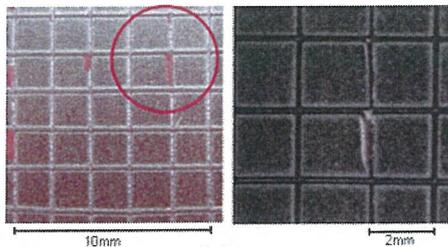
##### (3) 連携研究者

白井 健二 (SHIRAI KENJI)  
日本大学・工学部情報工学科・教授  
研究者番号：50256814



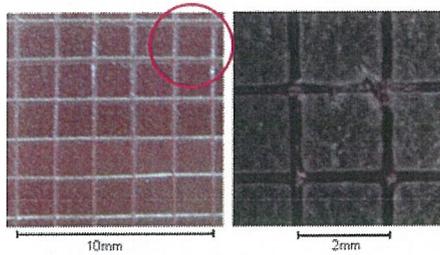
分類0

(#1200 ③45° クロス)



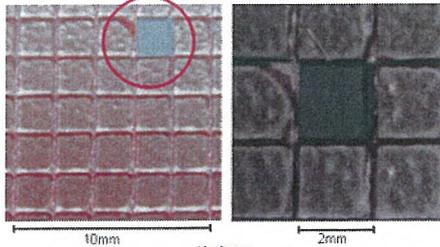
分類2

(#150 ②縦横直交クロス)



分類1

(#220 ②縦横直交クロス)



分類3

(#80 ①直線)

図3 クロスカット試験後の表面写真

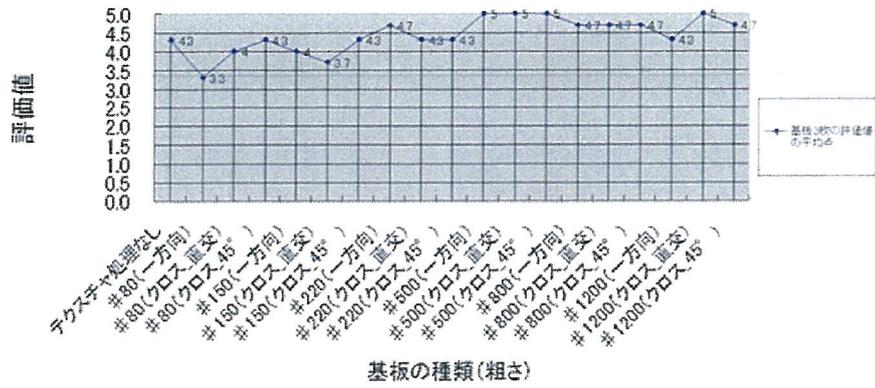


図4 クロスカット試験の評価結果

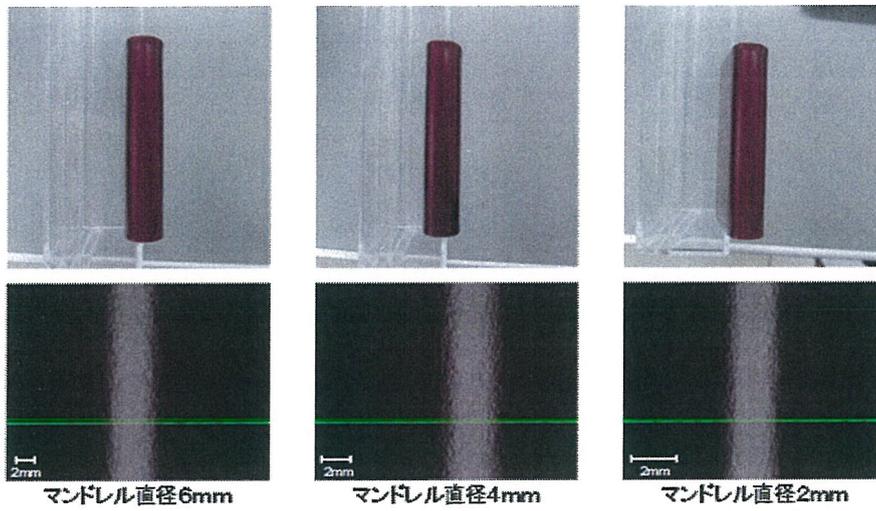


図5 80番のサンドペーパーで縦横直交クロスのテクスチャ処理をした基板の試験結果

