

## 広領域生成システムを利用した表面テクスチャの試作

### A trial production of a surface texture using the generation system of an extensive area

○川島真一\*, 小林義和\*\*, 白井健二\*\*

○Shin'ichi Kawashima\*, Yoshikazu Kobayashi\*\*, Kenji Shirai\*\*

\*日本大学大学院, \*\*日本大学

\*Graduate School, Nihon University, \*\*Nihon University

**キーワード**: 表面テクスチャ (Surface texture), ステッチング (Stitching),  
相関 (correlation), イメージキルティング (Image Quilting)

**連絡先**: 〒963-8642 福島県郡山市田村町徳定字中河原 1 番地  
日本大学大学院 工学研究科 情報工学専攻 生産システム工学研究室 川島真一,  
TEL.: (024) 956-8824, Fax: (024) 956-8863, E-mail: s-k@ushiwaka.ce.nihon-u.ac.jp

## 1. 緒言

工業製品の表面には、テクスチャと呼ばれる微細で不規則な凹凸形状が付加されている。このテクスチャは視覚的な付加価値や、機能の向上を目的としている。テクスチャは微細で複雑な形状のため、エッチングやブラッシング等により生成されていた<sup>1)</sup>。したがって、その形状の再現は困難である。近年、トライボロジーにおける表面創成分野の発展と共に、テクスチャ生成のためのアルゴリズムが考案され、テクスチャ形状の表現力は高まってきている。しかしながら、三次元のテクスチャにおいては多数のサンプリング点を要するため、データ量が歴大になってしまい、設計は非常に困難となっている。

そこで、本研究では顕微鏡型表面形状測定器による三次元表面形状データを用いて、実測の形状データを基に、パッチベースにより広領域の形状データを生成し、表面テクスチャを試作した。実測の形状データを用いることで、表面テクスチャの微細な表現を設計し、実現することを目的とする。

## 2. 広領域の生成方法

表面形状測定器は、測定部と制御部に分かれる。測定部は、観測用カメラ、X、Y、Z ステージ、各ステージコントローラにより構成される。制御部は、PC (パーソナルコンピュータ) によって構成される。カメラにより観測された画像は、画像処理ボードを通し

てPCに入力され、画像処理プログラムによって全焦点画像および高さデータが作成される。

しかしながら、データの測定は顕微鏡型のカメラで行っているため、狭い領域の測定となり、広領域を計測することができない。そこで、画像の合成手法であるスティッチングを用いて、広領域のテクスチャを作成することとした。これは、Fig. 1に示すように、画像間に重複領域を持たせることで、複数の画像を重ね合わせ、一つの画像とするものである。ここで、Xは画像の横、Yは画像の縦のサイズであり、dXがオーバーラップ領域である。

### 3. 狭領域表面形状の観測

Fig. 2に、狭領域表面形状の観測による出力データを示す。左図は対象形状の画像データであり、右図は対象形状の高さデータである。これと同様にして、XステージおよびYステージを移動させ、Fig. 2に接合可能なデータを取得する。これらのデータは、顕微鏡型カメラとZステージにより観測された複数枚の連射画像を、焦点合成することにより出力される。また、Zステージの調節データを使用することにより、狭領域の全焦点画像だけでなく、高さデータを得る事が可能となる。

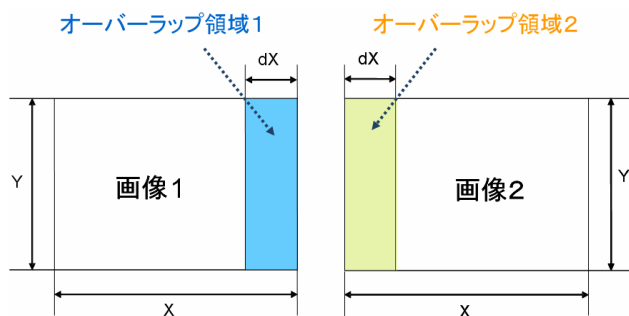


Fig. 1 オーバーラップ領域

### 4. スティッチングによる合成処理

データの合致位置の決定には、隣接するデータ間のオーバーラップ領域を用いる。オーバーラップ領域間において相関値をとり、比較をすることによって合致位置を決定する。本研究では相関値の算出に以下の式(1)を用いる。

$$R(k) = \frac{1}{N-1} \sum_{n=0}^{N-1-k} x(n+k) \cdot y(n) \quad |k=0,1,2,\dots,N-1| \quad (1)$$

ここで、 $x(n)$ 、 $y(n)$ において  $N$  はデータ数であり、 $k$  はずらし数である。二つの波形に類似性が見られない場合に相関値  $R(k)$  は 0 に収束する。したがって、 $R(k)$  が最大となる時が最も類似性が高いことを意味し、重ね合わせの合致位置であると判断できる。

Fig. 3に、スティッチングの処理結果を示す。これは、Fig. 2のデータと同様の手順で計測を行った、6つのデータを用いて作成したものである。この結果より、広領域データの生成を確認した。

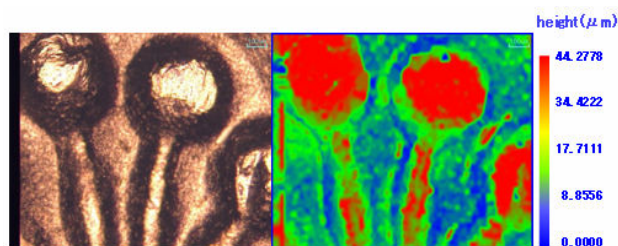


Fig. 2 表面形状測定器による出力データ



Fig. 3 スティッチング処理結果

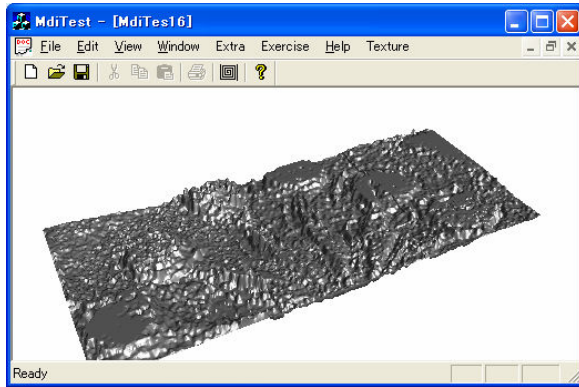


Fig. 4 CADによるテクスチャの表示

## 5. 三次元CADへの応用

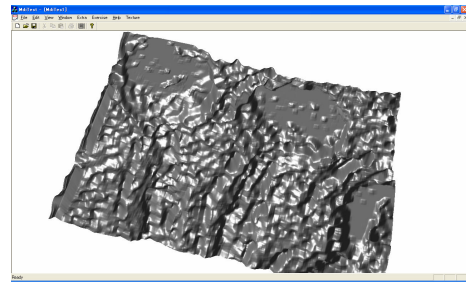
### 5. 1 テクスチャの三次元処理

スティッチング処理により作成されたテクスチャデータは、CSV(Comma Separated Values)形式ファイルとして保存される。このテクスチャデータの表示を行うため、モデリングカーネルとグラフィック・ライブラリ<sup>2)</sup>を使用し、三次元CADを開発した。Fig. 4にテクスチャデータの三次元処理の結果を示す。これは、Fig. 3のデータを三次元表示したものである。これにより、計測した表面データの三次元CADへの応用を可能とした。

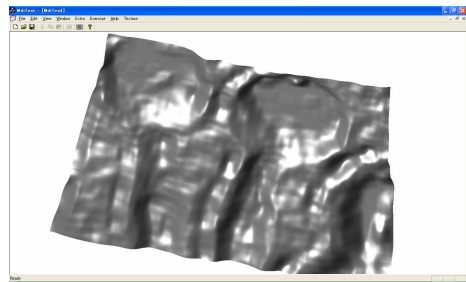
### 5. 2 平滑化によるノイズ補正

Fig. 4において、高さデータの取得の際に、影になっている輪郭の部分の高さデータにノイズがある。これは、データを三次元形状として扱った場合、表面形状の質感に影響している。この質感を解消し、再現性の向上を目的とした移動平均とメディアンフィルタによる平滑化機能を実装した。

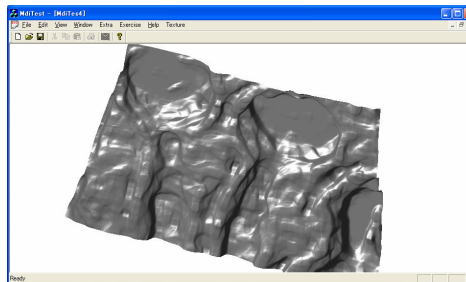
Fig. 5に平滑化機能を適用したテクスチャを示す。Fig. 5 (a)は処理前のテクスチャであり、Fig. 5 (b)が移動平均による平滑処理後のテクスチャである。また、Fig. 5 (c)



(a) 平滑化処理前のテクスチャ



(b) 移動平均による平滑化



(c) メディアンフィルタによる平滑化

Fig. 5 平滑化によるテクスチャの変化

は、メディアンフィルタによる処理結果である。移動平均による平滑化では、高周波成分を平滑化し、ノイズを補正できた。しかしながら、同時にエッジ部分の情報が変化してしまい、形状が大きく変化している。それに対し、メディアンフィルタによる平滑化では、エッジ成分を保持したままの平滑化を実現した。

### 5. 3 データ接合

平滑化機能により、テクスチャ表面の微細なノイズは修正することができた。しかしながら、合成したテクスチャの接合部では、それぞれのデータ間の高さの誤差により段差

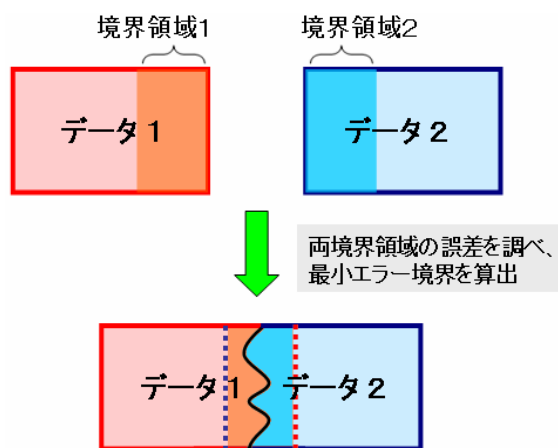


Fig. 6 イメージキルティング

が生じてしまう。このように、変形が大きな場合に平滑化すると、テクスチャ表面の劣化が起こってしまう。そこで、イメージキルティング<sup>3)</sup>による接合処理機能を実装した。

これは、Fig. 6に示すように、重なる境界領域に対し、高さの誤差を算出し、その値が最小となる境界線を求めることで、両データを接合する手法である。Fig. 7に処理した結果を示す。左図は、境界領域の中間線における接合結果であり、右図はイメージキルティングによる接合結果である。この結果より、境界線の不連続の除去を確認できた。

## 6. 結言

### 6. 1 結論

広領域生成システムの開発を行った結果、以下の結論を得た。

- (1) スティックングにより広領域な表面テクスチャを生成できることを確認した。
- (2) 作成した CAD によりノイズおよびデータ接合部の補正を可能とした。

### 6. 2 今後の課題

- (1) 誤差を抑えたデータの測定方法を考案する。
- (2) 並列化を用いた処理の高速化を図る。

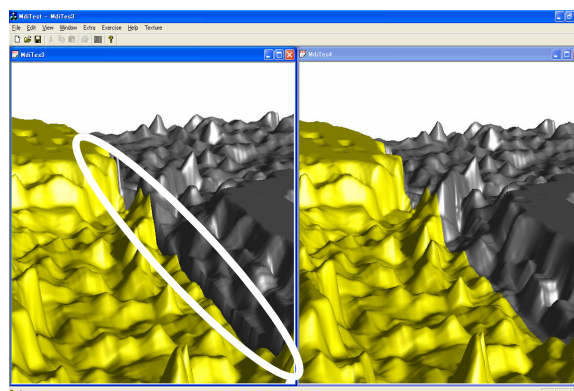


Fig. 7 接合部の段差

### 参考文献

- 1) 小笠原治彦, 小林義和, 白井健二: 自己帰帰モデルに基づく表面テクスチャの任意作成法, 精密工学会春季大会学術講演会公演論文集, (2000)
- 2) 佐藤允亮, 小林義和, 白井健二: 表面テクスチャ生成を目的としたパラメトリックCADの開発, 精密工学会春季大会学術講演会公演論文集, (2004), p. 445
- 3) A.A. Efros and W.T. Freeman. Image quilting for texture synthesis and transfer. In *SIGGRAPH 2001*, pp. 341-346, August 2001.