

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6月19日現在

機関番号：55502

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2010～2011

課題番号：22760308

研究課題名（和文） 面型パターン照明を用いた金属光沢面評価法の開発およびそれを利用した粗さ推定

研究課題名（英文） Development of Gloss Evaluation Method for Metal using Patterned Area Illumination and Study of Estimation of Surface Roughness by the Method

研究代表者

杉野 直規（SUGINO TADANORI）

大島商船高等専門学校・情報工学科・准教授

研究者番号：90294529

研究成果の概要（和文）：一定方向に傷状の模様を入れるヘアライン処理が施してある金属面では、見る方向によって光沢が異なる異方性を持つ。このような金属面を対象に、白黒パターンを有した面型照明で広範囲を短時間に異方性を考慮しつつ光沢評価する手法を開発した。開発した手法は白黒ストライプパターンを回転させることで異方性を含めた光沢評価を行う。また、光沢と表面の微小な凹凸である粗さには、ある一定の関係があることが分かった。

研究成果の概要（英文）：Metal surface with hairline which put a scratch in a certain direction has different gloss feeling at different point of view. We have developed a method to evaluate gloss of the metal surface, taking into account the anisotropy in a short period of time extensively in lighting with a black and white pattern. The developed method evaluates gloss including the anisotropy by rotating the black and white stripe pattern. In addition, it was found that there are a certain relationship between the gloss and the surface roughness.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	1,000,000	300,000	1,300,000
2011年度	800,000	240,000	1,040,000
年度			
年度			
年度			
総計	1,800,000	540,000	2,340,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：電気電子工学・計測工学

キーワード：光沢評価 パターン照明 面型照明 画像処理 表面粗さ 外観検査

1. 研究開始当初の背景

日本工業規格（JIS）では光沢評価法は主にプラスチック、紙、塗膜などを対象としており金属面は明確な対象となっていない。また JIS による手法は狭い範囲（対象の一部）の測定法として規定されている。そのため高い光沢を持つ金属面の評価や、短時間での広い

範囲（面積）の評価は困難なことが多い。

さらに金属面の中でもヘアライン処理などが施された面は光沢の異方性（方向による光沢度の違い）が生じるが、既存の方法ではそのような異方性は考慮されず評価されている。

2. 研究の目的

本研究課題では面型パターン照明を用いることで一度に広範囲を評価する金属面光沢評価の手法を開発する。さらに照明パターンと評価対象面との幾何学的な関係を利用し、金属面の製法(ヘアライン処理など)に起因する光沢の異方性を光沢評価の際に考慮する手法とする。また開発した光沢評価法を応用し、光沢と密接な関係にある表面粗さを推定する手法を検討することを目的とした。

3. 研究の方法

本研究課題の研究方法を以下に示す。

(1) 面型パターン照明を用いてパターンを投影し、その反射像より光沢を評価する手法の原理を、実験を通じて確認した。

(2) 表示デバイス(液晶モニタ)を用いた面型パターン照明および撮像システムを開発(構成)した。表示デバイスを用いることで瞬時のパターン切り替えが可能となり迅速で能動的な評価が実現できる。表示デバイスは高輝度・高コントラストなものを使用した。

(3) パターンの大きさ(白黒縞の幅)と得られる評価結果の関係を検討するため、パターンサイズの変更、およびパターンの回転を行い、評価値の変化を検討した。

(4) 異なる材質のヘアライン処理面について評価実験を行い比較した。

(5) 光沢評価した試料の表面状態を表面粗さ計を用いて測定し、得られる粗さ評価パラメータと光沢評価値を比較・検討した。

(6) 光沢と粗さ(表面の凹凸)の関係を明らかにするため、実際のデータでは得られない部分を補間するためのデータを作り出すシミュレータの開発を検討した。シミュレータはこれまで研究代表者が行ってきた研究成果を応用し、形状モデルデータからの擬似光沢評価値をシミュレーションするシステムとして開発した。

4. 研究成果

本研究課題によって得られた研究成果を以下に示す。

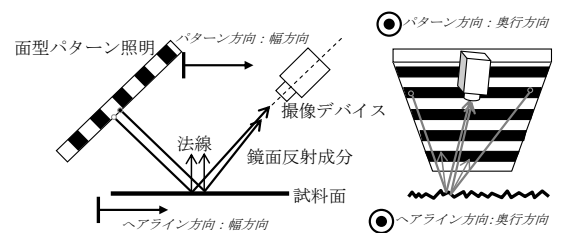
(1) ヘアライン処理に起因する光沢の異方性を光沢評価の際に考慮するため、パターンを回転し評価する手法を開発した。

図1にヘアラインを持つ金属面とそれに対する面型パターン照明(パターンの方向)および撮像系の位置関係を示す。図1(a)に示す、パターン方向(パターンが変化する方向の水

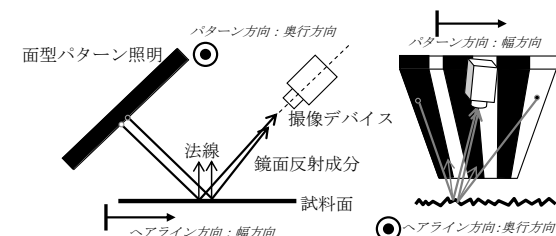
平成成分)が図中の配置 α に示すようにヘアライン方向と平行な場合、面型パターン照明、試料、撮像デバイスがちょうど三角形の形に配置される向きより見ると、ヘアライン方向では比較的面が平滑なためこの向きの法線成分もそれほど変化しない。よってごく近い点の光の強さは同じ可能性が高く、撮像のとき同一画素に結像する際、近い点同士で合成してもそれほど明るさの変化を生じない。逆にパターンの変わり目ではシャープに光の強弱が変化する。よって配置 α ではパターンの並びを崩すことなくパターンの反射像が結像する。

これに対して図1(b)に示す、配置 α を撮像デバイスの後方から見た場合、試料面上の凹凸はヘアラインを横断するため激しく変化し、その方向の法線成分は微小区間で乱雑な方向に向きを変え、その反射像も乱雑な位置からの光の反射となる。しかし配置 α の場合、この方向にはパターンの光の強弱は変化していないため結果的に像の乱れが現れることのない画像となる。一方、配置 β ではヘアラインを横断する向きではパターンが 90° 回転しているため、光の強(白)弱(黒)の差異が生じやすくなる。よって極近い点の像が合成される場合、中間の値(グレー)として結像すると考えられる。

以上のことより、パターンの投影方向に応じて光沢の強い方向ではパターン像がはっきり画像化され、光沢が弱い方向では不鮮明な像になると考えられる。よって、回転するパターンの反射像の鮮鋭さを評価することで見る方向(光の当たる方向)が異なる場合に異方性を持つヘアライン仕上げ面において異方性を考慮した光沢評価が可能である。



(a) ヘアライン // パターン, ヘアライン // 撮像系
【配置 α 】



(b) ヘアライン \perp パターン, ヘアライン // 撮像系
【配置 β 】

図1 ヘアラインを持つ金属面とパターン方向・撮像系の位置関係による光沢評価原理
【 \perp : 直交, //: 平行】

(2) 表示デバイス(液晶モニター)を用いて、パターンの瞬間的な切り替えが可能な面型パターン照明システムを構築した(図 2 参照). システムは、制御用コンピュータを 1 台用いて照明、撮像、画像処理を自動的に行うものとなった. 蛍光灯を用いる一般的な面型照明に比べ、パターンを切り替えが容易に行え、多数の画像を得て総合的に評価するなど様々な応用が可能となる.

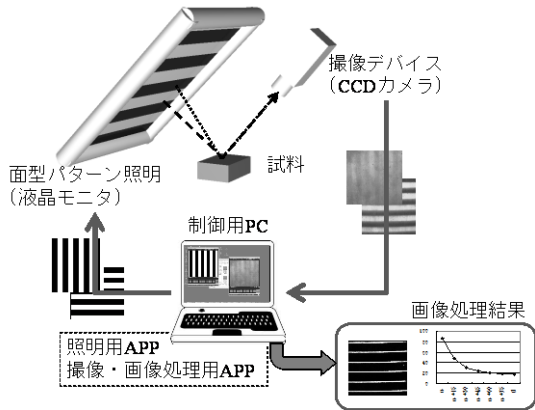


図 2 評価システムの概要

(3) 光沢評価のためのパターン反射像の評価値として、パターンの鮮鋭さを評価する目的で提案した画像濃度値の標準偏差が有効であることを評価実験により確認した.

なお、評価値については他に様々なものが考えられる. 本研究課題では他に画像処理の分野で利用されるコントラストを検討した. 結果としてコントラストは原理的にノイズの影響を受けやすく現状では評価値として適当でないことが分かった.

(4) パターンの大きさ(幅の広い方からパターン A~E の 5 種)および配置の違い(投影方向の違い, 配置 α ~ 配置 β の間を 15° 刻みで回転)による影響を検討するため実験を行い, 図 3 に示す結果画像が得られた. 同一パターンではストライプの向きが配置 α から配置 β に向かうにつれストライプ像が不鮮明になっていることが分かる. また同じ向きにおいてサイズとストライプ像の関係を見るとサイズが大きい方ほど鮮明である.

図 4 に図 3 の画像から評価値(標準偏差)を求めて整理したグラフを示す. パターンサイズの違いにより評価値が異なることがわかり, サイズを小さくすると評価値が小さくなることが分かった. このことから, 表面粗さとパターンサイズ・方向に関係性が見いだせる. そのため, 表面粗さの推定に光沢評価値を利用できる可能性があることが分かった.

(5) 図 5 に, (4)の実験結果と同条件で撮像系のみ変更した実験の結果を示す. この結果より撮像系が変わっても傾向として同様の結果が得られることが分かった.

図 4 と図 5 を比較すると, 小さいパターンでは投影方向の違いによる評価値の変化が現れ難くなることが分かった. また大きなパターンではパターンの白縞と黒縞の対象画像中の面積比が一樣でないため適切な評価値が得られ難いことが分かった. よって, 異方性を考慮しつつ光沢を評価する場合には適切なパターンサイズを設定する必要がある.

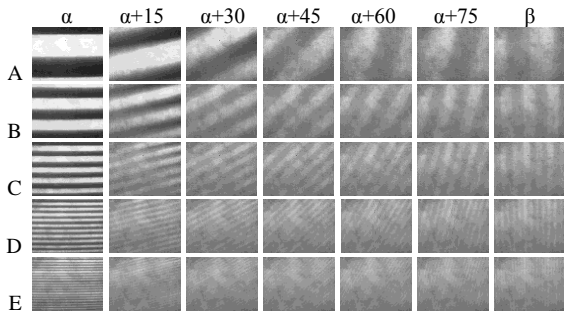


図 3 パターンサイズおよび配置(パターン投影方向)の変更結果画像

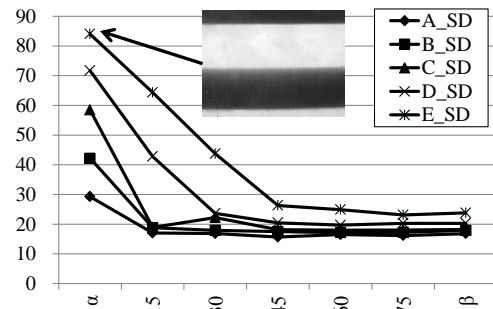


図 4 配置と画像の評価値の関係—撮像系 1

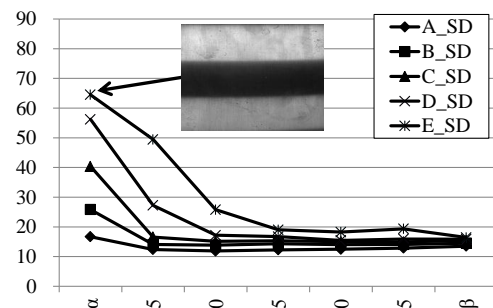


図 5 配置と画像の評価値の関係—撮像系 2

(6) 5つの金属試料(SP1~SP5)に対してパターンサイズを変動させて得られた評価値において、投影方向ごとの平均値を求めた結果を図6に示す。同図より、パターンサイズを変動させ平均を取ることで方向による変化が滑らかになり、試料間の光沢の総合的な面の比較が可能であることが分かった。

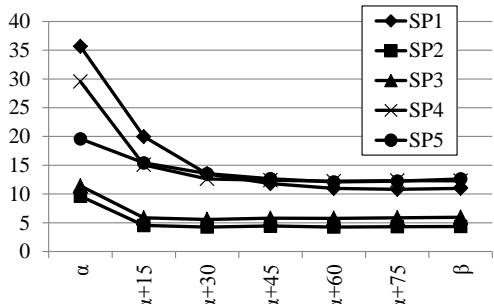


図6 同一配置における標準偏差の平均値による試料比較

(7) 5つの金属試料(SP1~SP5)について光沢評価値と粗さの関係を検討した結果、一般的に用いられている粗さパラメータと光沢評価値との明確な相関は見受けられなかった。しかしながら図7に示すように、90°異なる方向で計測した粗さパラメータ同士の比と、投影パターンを90°回転して得られた投影画像からの評価値の比には相関(相関値0.857)が見受けられた。これは異方性を有する面の光沢の状況は、その面の微小面の向きに影響されるものであり、それが粗さの比(粗い、粗くないの比)に反映されているためであると推測できる。

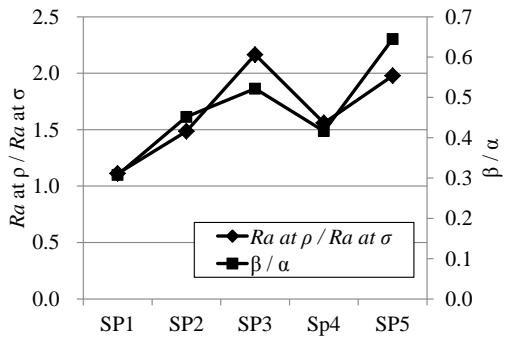


図7 90°異なる方向で計測した粗さパラメータ同士の比と、投影パターンを90°回転して得られた投影画像からの評価値の比の関係

(8) 研究者代表者らがこれまでに開発してきた光学的シミュレーション手法を援用することで、パターン投影の状況をシミュレーションである程度再現できることが分かった。本シミュレーション法において実際の撮像素子の撮像素子のピクセルの大きさを考慮して平均化することでさらにシミュレーション結果が実際の結果に近づくことが確認された。

以上、得られた研究成果の国内外における位置づけ、および今後の展望を以下に示す。

ヘアライン処理を施してある金属面に対する、その異方性を考慮した光沢評価法は現状では実用化されておらず、本研究課題で開発した手法を推し進めることで実用的な光沢評価システムが実現できる。

また、本研究課題期間内では光沢評価値と粗さの関係を完全に明確にすることはできなかったが、光沢評価値と粗さに何らかの関係があることを見いだせたことより、今後さらに検討することによって、本手法で得られる光沢評価値よりある程度の粗さが推定できる可能性があると考えられる。

光沢評価によって粗さの推定が可能となれば、一般的な粗さの測定範囲に比べて大きな範囲を即座に評価できるため素材の品質管理などで有用である。

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)

[学会発表] (計1件)

- ① 杉野直規、面型パターン照明を用いた異方性を考慮した光沢評価法の開発ーパターンサイズと評価値の検討ー、精密工学会、2012年3月16日、首都大学東京

6. 研究組織

- (1) 研究代表者
杉野 直規 (SUGINO TADANORI)
 大島商船高等専門学校・情報工学科・准教授
 研究者番号：90294529

- (2) 研究分担者 ()

研究者番号：

- (3) 連携研究者 ()

研究者番号：