

画像解析による衿汚れの定量化

青柳 宗郎・峰岸 裕*

花王株式会社 栃木第二研究所 〒321-34

栃木県芳賀郡市貝町大字赤羽 2606

* ポレ花王インドネシア化学株式会社

(1987年11月30日 受理)

Application of Image Analyser to Quantification of Detergency of Natural Soils on Collar

Muneo AOYAGI and Yutaka MINEGISHI

Tochigi Research Laboratories, Kao Corporation
2606, Akabane, Ichikaimachi, Haga, Tochigi 321-34

(Received November 30, 1987)

Natural soils on collars have been used to evaluate detergency and this is known as the most reliable method. However, quantitative measurements has not been made because of randomness of natural soils.

Recently we developed a new quantitative detergency evaluation method using an image analyser to replace the visual judgement. There is a linear relationship between the actual amount of soils and the degree determined by our equation based on Kubelka-Munks'. This method has a good correlation with the traditional visual judgement.

1. はじめに

衣類に付着する汚れは、種類、量、形状などが多岐にわたっており複雑である。このため、洗剤の洗浄力評価を始めとして洗浄に関する定量的研究は、モデル汚れを一定量、均一に付着させた布（人工汚染布）を用いて行うのが一般的である。しかし、汚れの繊維への付着状態や成分が実際に着用して汚染された衣類（天然汚染布と仮称）とは多少異なる等、種々短所もあり、洗剤の性能は最終的には天然汚染布を用いて確認するという二度手間を掛けているのが現状である。

このような事から不均一性を考慮した汚れの定量化法の開発が要望されているが、筆者らは画像解析装置の機能に着目し、画像解析による衿汚れの定量化及び洗浄の研究への応用を試みた。

衿汚れは家庭で最も一般的にみられ、かつ比較的落ちにくい汚れであるが、実験室からみた場合、成分組成、付着条件がほぼ一定である、実用系と同様なものが採取可能である等の理由で、JIS¹⁾でも採用されている様に、

洗剤の洗浄力を評価する上で重要な役割を担っている天然汚れである。このため、以前、田中ら²⁾により反射率計を用いて汚染度を定量化する方法が試みられているが、汚れの不均一性からみた場合まだマクロ的であり、汚染度算出式も汚れ量からみた場合、定性的である。

筆者らは、画像解析装置により、汚れを微細に区分し、それについて得られるグレーレベル情報を、汚れ量自体に基づく汚染度算出式と組み合わせることにより汚染度を定量的に評価できる事を見出し、それを応用して衿汚れの洗浄特性について検討した。

2. 実験

1) 測定装置：①画像解析装置：QUANTIME T-720 (Cambridge Instruments Co. Ltd.) を使用した。②反射率計：日本電色（株）製 NDR-101 DP。①②とも共通のグリーンフィルタ ($\lambda_{\max}=530\text{ nm}$) を使用した。

2) 汚れ量即知人工汚染布の作製：カーボンブラック（墨汁）をドライクリーニング用洗剤を用いて四塩化エチレン中に分散させ、既知量を 60 mm×90 mm のポリエステル/綿混紡布 (P/C=65/35, 45 番手, 東洋紡) にむらなく滴下し乾燥した。汚染布は、同一汚れ量のものを 1 条件につき 5 枚ずつ調整した。

3) 衿汚垢布の作製：上記混紡布をワイシャツの衿に縫い付け、これを男子（固定した 10~20 人）に 3 日間着用してもらって汚染させたものを回収し試験布とした。

4) 測定方法：①人工汚染布の画像解析測定：1 枚につき 5 点を測定平均し、この値を用いて 1 セット中（汚れ量 1 条件、5 枚）の平均値、標準偏差を求め、各汚れ量に対する反射率とした。②人工汚染布の画像解析測定：59 mm×59 mm の範囲のグレーレベル（真白から真黒まで 64 段階の白さの基準）分布を測定した。③衿汚垢布の画像解析測定：上記作製衿汚垢布を、2~4 片に裁断し、固定した範囲（53.1 mm~35.4 mm）のグレーレベル分布測定を洗浄前後に行った。

5) 洗浄条件：ターボメーターを用い、洗剤濃度 0.133%；硬度 4° DH；水温 20°C；浴比 衿汚垢布 10 枚/1 L 洗液；回転数 120 rpm にて 10 分間洗浄し、すすぎ後プレスにて乾燥した。なお洗剤は特別の場合を除き、JIS 指標洗剤（Table 1）を使用した。

3. 汚染度算出の方法

1) クベルカ・ムンクの式の微小面積への適用

反射率と汚垢量との関係については、クベルカ・ムンクの式（(1)式）の適用が比較的よく合い、(2)式のような 1 次式で関係づけられる³⁾。

$$K/S = \frac{(1-R_i)^2}{2R_i} \quad (1)$$

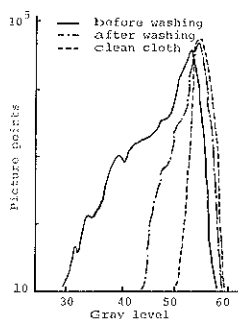


Fig. 1 Change of gray levels.

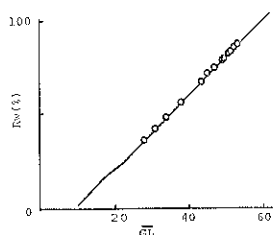


Fig. 2 Relationship between average gray level and apparent reflectance.

$$\text{汚れ量} = a \cdot (K/S) + b \quad (2)$$

K : 吸収係数, S : 散乱係数, R_t : 真の反射率,
 a, b : 定数

従来, (1)式の R_t はマクロ的な面積の反射率が用いられているが, この式を微小面積へ適用することを考えた。すなわち, 衾汚布を微小部分の集合と考え, 各部分の汚れ量を求め, これを衾汚布全体で総計し全汚染度とするものである。ここで問題となるのは, 衾汚布の微小面積の真の反射率の測定法である。人工汚染布の場合, 真の反射率は同一汚染度の汚染布を下地の影響がでない程度重ね合わせる事により測定可能である。しかしながら衾汚れの場合, 同一汚染状態のものを重ね合わせて反射率を測定することは不可能である。そこで以下の手順により, 衾汚れの微小面積の真の反射率を求めた。

2) 微小面積の真の反射率の算出

まず, 微小面積ごとのみかけの反射率の算出は画像解析法を用いた。画像解析装置は, 画像を $0.118 \text{ mm} \times 0.118 \text{ mm}$ の微小部分, ピクチャーポイント (以下 pp とする) に分割しそれぞれについて 64 段階の白さの度合いを表すグレーレベル (以下 G1 とする) を測定出来る (Fig. 1)。この G1 はみかけの反射率 R_w と直線関係 ((3)式) にあり, 係数を求める等により各 G1 を R_w に変換できる。

Fig. 2 に 2 章の 2) で述べた方法で作製した人工汚染布を反射率 R_g を持つ白布を下地にした場合を示す。

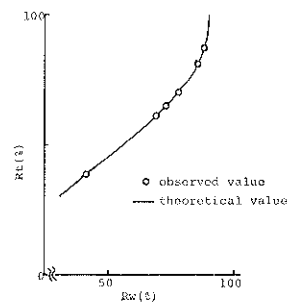
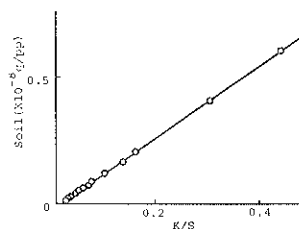


Fig. 3 Relationship between apparent and true reflectance.

Fig. 4 Relationship between K/S value and quantity of soil.

$$R_w = \alpha \cdot G1 + \beta \quad (3)$$

一方, みかけの反射率 R_w と真の反射率 R_t とは (4) 式⁴⁾ の理論式で関係づけられる。

$$R = \frac{\frac{1}{R_t}(R_g - R_t) - R_t \left(R_g - \frac{1}{R_t}\right) \exp \left(SX \left(\frac{1}{R_t} - R_t\right)\right)}{\left(R_g - R_t\right) - \left(R_g - \frac{1}{R_t}\right) \exp \left(SX \left(\frac{1}{R_t} - R_t\right)\right)}$$

ここで, S は散乱係数, X は布の厚さである。

(4)式の SX は, 衾汚布で現れる反射率範囲ではほぼ一定であり, (R_t, R_w) の一対の既知データがあれば, 決定することができ, この SX を用いれば他の R_w に対応する R_t は求めることが出来る。Fig. 3 は, その理論曲線と実測値を表しているが非常によく一致することがわかる。($R_g = 0.898$, $SX = 1.3$ の布を使用した。) 従って, (3), (4)式より各 G1 に対応する R_t を求めることができる。

3) 汚れ量と K/S 値

汚れ量既知の人工汚染布 1 枚ずつについて, みかけの反射率を測定し (4)式で真の反射率に換算して得た K/S 値と汚れ量との関係を示したのが Fig. 4 である。図から明らかなように, 直線関係 ((5)式) になり, (4)式が適用可能な事がわかる。

$$\text{汚れ量} = \gamma \cdot (K/S) + \delta \quad (5)$$

ただし, 図の縦軸は実験に用いた汚れの固体分換算量 ($q = 0.164 \text{ g}$) である。

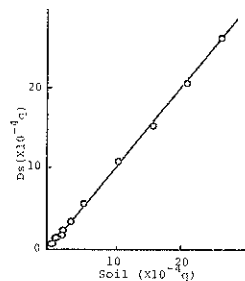


Fig. 5 Relationship between D_s and amount of soil at constant area.

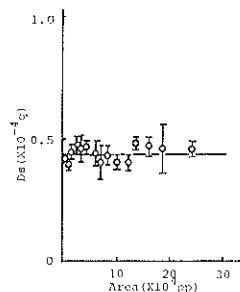


Fig. 6 Relationship between D_s and size of analysed area at constant quantity of soil.

4) 全汚染度, 洗浄率

(1)~(5)式の関係をもとにすれば, 汚染布の全汚染度が計算できる。ノーテーション i (グレーレベル) をつけて表現すると下記の式にまとめられる。

$$R_{wi} = \alpha G1_i + \beta \quad (6)$$

$$R_{ti} = F(R_{wi}) \quad (7)$$

$$(K/S)_i = \frac{(1-R_{ti})^2}{2R_{ti}} \quad (8)$$

$$dS_i = \gamma \cdot (K/S)_i + \delta \quad (9)$$

$$D_s = \sum_{i=1}^{64} dS_i \cdot C_i \quad (10)$$

$G1_i, i$: グレーレベル F : (4)式の逆関数

dS_i : 1 pp あたりの単位汚染度

D_s : 全汚染度 C_i : グレーレベル i の pp 数

$\alpha, \beta, \gamma, \delta$: 実験により決定される定数

この全汚染度算出法の正しい事が Fig. 5, Fig. 6 の関係から確認できる。Fig. 5 は D_s が汚れ量と比例関係である事を示し, Fig. 6 は汚れ量を固定すれば, 汚染度はその付着面積によらず一定となることを示している。すなわち, 汚れの付着に衾汚垢布のようにむらのあるものでも, 汚染度 D_s は汚れ量と比例することになる。従って, 衾汚垢布の洗浄率は下式で定義できる。

$$D(\%) = \frac{D_s(1) - D_s(2)}{D_s(1) - D_s(0)} \times 100 \quad (11)$$

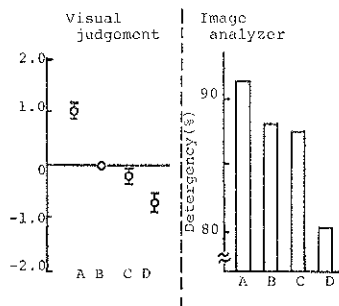


Fig. 7 Comparison between visual judgement and image analyzer method.

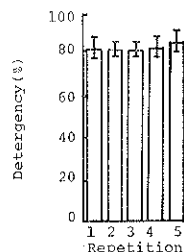


Fig. 8 Reproducibility of detergency.

$D_s(1)$: 洗浄前の汚染度

$D_s(2)$: 洗浄後の汚染度

$D_s(0)$: 原布の汚染度

次に従来法との比較及び, 衾汚垢布の洗浄特性について述べる⁵⁾。

4. 従来法との比較及び再現性

市販の各種タイプ洗剤 (A: 石鹼洗剤, B: 有リン粉末洗剤, C: 無リン粉末洗剤, D: 液体重質洗剤) で衾汚垢布を洗浄し, 従来法である視覚判定による一対比較法と画像解析法で評価した結果を Fig. 7 に示した。画像解析法は視覚判定とよく対応しており, 方法の妥当性をしめしている。Fig. 8 には同一洗剤を用いた時に得られる洗浄率の再現性を検討した結果を示した。非常に再現性の良い結果が得られており, 各種洗剤の洗浄力を定量的に表現するのに画像解析法は非常に有効であることがうかがえる。

5. 衾汚れの洗浄特性

不均一汚れの定量化及びそれを用いての洗剤性能評価に画像解析法が有効である事が明らかとなったため衾汚れの洗浄特性を定量的に評価する事を試みた。

1) 汚れ落ちの個人差 (Fig. 9)

11 人の男子着用者から採取した衾汚垢布の洗浄性が

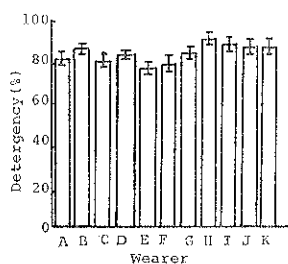


Fig. 9 Differences among individual wearers.
 $D_i(g)$ washing ($\times 10^{-4}$)

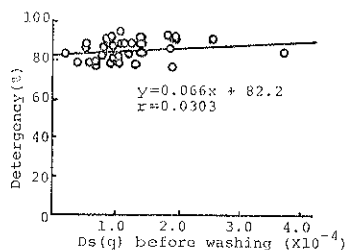


Fig. 10 Relationship between D_i and detergency.

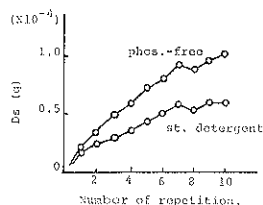


Fig. 11 Change of D_i after washing vs. number of wearing/washing cycles.

ら汚れ落ちは個人差のあることが分かる。

2) 汚染度と洗浄率 (Fig. 10)

衾汚垢布の汚れ量 (洗浄前の汚染度) と洗浄率とはほぼ無関係であることがわかる。

3) 繰り返し着用による汚れの残留性 (Fig. 11)

Table 1 に示した 2 種類の洗剤で洗浄／着用を繰り返した場合の残留汚れ量 (洗浄後) の測定結果であるが、繰り返し着用による増加が見られる。

4) 着用日数と汚れ落ち (Fig. 12)

着用日数が 1, 2, 3 日と増加するごとに汚れ落ちが悪化する傾向にある。汚れ量も増加の傾向にあるが Fig. 10 の結果を考慮すると洗浄性悪化の原因は汚れのエー

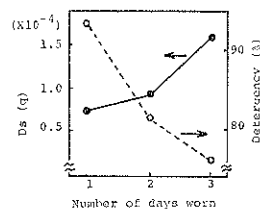


Fig. 12 D_i (●) and detergency (○) vs. number of days worn.

Table 1 Detergent composition.

	St. detergent ¹⁾	Phos. free
LAS	15.0	15.0
Tripolyphosphate	17.0	—
Silicate	5.0	5.0
Carbonate(anhydrous)	3.0	3.0
CMC	1.0	1.0
Optical brightner	0.5	0.5
Volatile matter	8.0	8.0
Sulfate	50.5	67.5

ジングにあると推定される。実際、1 日着用の衾汚垢布を用いて洗浄までの日数を、採取直後、1 日後、2 日後と変えると Fig. 2 と同じ結果が得られた。

6. おわりに

従来、天然汚れに見られるような不均一な付着状態を示す汚れについて、不均一性を考慮した定量的取り扱い、困難であったが、画像解析法を適用することにより、定量化が可能となった。今後、衾汚れの洗浄特性の検討をさらに進めるとともに、洗浄に関する研究への画像解析法の応用を試みる予定である。

文 献

- 1) JIS K-3371 “衣料用合成洗剤”。
- 2) 田中良平, 笹井 喬, 藤井徹也: 第 8 回洗浄に関するシンポジウム講演要旨集 (1976)。
- 3) O. C. Bacon and J. E. Smith: Ind. Eng. Chem. 40, 2361 (1948); I. Reich, F. D. Snell, L. Osipow and L. E. Week: Ind. Eng. Chem. 46, 1942 (1945); 奥山春彦, 藤井富美子: 繊維誌 8, 201 (1967)。
- 4) P. Kubelka: J. O. Soc. Am. 38 (5), 448 (1948)。
- 5) 青柳宗郎, 中道郁乃, 峰岸 裕: 第 14 回洗浄に関するシンポジウム講演要旨集 (1982)。