

画像解析による布の水分移動特性評価

森 俊夫, 浅海真弓

岐阜女子大学家政学部生活科学科生活科学専攻

(2005年9月15日受理)

Evaluation of Water Transportation Properties in Cloths Using Image Analysis

Department of Home and Life Sciences, Faculty of Home Economics,
Gifu Women's University, 80 Taromaru, Gifu, Japan (〒501 - 2592)

MORI Toshio and ASANOMI Mayumi

(Received September 15, 2005)

1. 緒 言

快適性は苦痛, 不快感, 不自然な状態から逃れた時, あるいは生理学的, 心理学的に満足感が得られた時に感じられる。人体からは絶えず皮膚表面を通して体内の水分が失われている。水蒸気や液体水は皮膚表面からすばやく取り除いて快適な乾いた状態に保つことが望まれる。このような被服の吸湿性や吸水性は人体の生理学的快適性と密接に関係して, 重要な役割を果たしている¹⁾。他方, 布地に水滴が誤って滴下されたり, 衣服の着用中に水滴が飛散, 付着したりすることがある。このような場合, 素材によって吸水性が異なることが推察される。カラー画像はR(赤), G(緑), B(青)の3色で構成されているということは広く知られているが, 画像解析により人の視知覚と深く関係するカラー空間に変換すると, 人の目には知覚できない吸水の過程を検出することが可能である。布の吸水性を調べるために, 目には見えにくい吸水性の画像解析を行い, 定量的に検討することは快適性との関連からも非常に意義深いと考えられる。

布の吸水性は, 主に日本工業規格(JIS)で

標準化された方法により評価されてきた。これらの方法は, 非常に簡便であり広く用いられてきているが, 測定者の目視に起因する精度や再現性に関する課題が未解決だった。そのため, 水分吸収, 拡散および発散など織物中の水分移動を目視によらず, 迅速に正確に測定できる計測法の開発が必要になる。本研究では, 画像解析を適用し, 吸水現象ならびに拡散, 発散現象を観測するとともに, これらの水分移動特性を視覚的特徴との関連から検討した。

2. 方 法

1) 試料の作成

目視による判断が難しい白色布地6種類を選んで用いた。白色布地6種類の試料布の諸元について, 表1に掲げた。

2) 画像の取り込み

Windows98を用い, Photoshop5.0Jを使用し, カラーキャナー(EPSON GT 7600U)から, 各試料の画像を取り込んだ。まず, Photoshopを立ち上げ, ファイルを開き, 読み込みの「TWININ 32対応機器からの入力」を選択する。プレビューで全体画像を取り込んだ後, いずれの試料も9×9cmの大きさの

表1 白布の諸元

試料		密度		厚さ
番号	素材	たて (本 / 2.54cm)	よこ (本 / 2.54cm)	(mm)
No.W 1	綿 (ガーゼ)	46	45	0.391
No.W 2	羊毛	72	67	0.273
No.W 3	ポリエステル	100	92	0.077
No.W 4	絹	120	100	0.151
No.W 5	麻	80	67	0.207
No.W 6	ナイロン	85	59	0.121

画像領域を取り込んだ。画像解像度はすべて150dpiで行なった。なお、画像の取り込みは環境光の影響をさけるために、黒いビニール袋で囲って行なった。

3) 水滴の滴下

布に水滴を5滴(約0.12g)落とし、0, 30, 60, 90, 120, 150, 180, 240, 300, 360, 420, 480, 540, 600, 900, 1200, 2100, 3000, 3900, 4800および5700秒毎にカラー画像を取り込んでいく。なお、布にしみ込んだ水滴は時間の経過と共に蒸発するが、室内の温湿度は一定に調整することはできなかったため、いずれもその時の環境温湿度で行なった。

4) カラー画像の変換

カラー画像はRGBの光の3原色で構成されているので、色情報は各画素位置ごとに3色分解してRGBのそれぞれの画像の色濃度を256階調の濃度レベルにデジタル化して二次元配列として保存された。また、カラー画像は(1)式にしたがってグレイレベル画像に変換することができる。

$$L = 0.177R + 0.813G + 0.011B \quad (1)$$

ここで、LはRGB値が(R, G, B)である画素のグレイレベルである²⁾。

5) 一次統計量

画像中のグレイレベル*i*の画素数を $\phi(i)$ ($i = 1, 2, \dots, n$)とすると画像中の画素数の合計*A*とするグレイレベル*i*の確立は $P(i) = \phi(i)/A$ によって表される³⁾。

したがって、グレイレベル平均値MIUは(2)の式によって表される。

$$MIU = \sum i P(i) \quad (2)$$

6) フラクタル解析

本研究では画像のグレイレベル曲面の起伏を粗視化の度合いを変える方法を用いてフラクタル次元を計算する³⁾。

画像のグレイレベル曲面にフラクタル性があれば、 $N(r)$ と*r*の間に(3)式が成立する。

$$N(r) = kr^{-D} \quad (3)$$

(3)の両辺の対数をとると(4)式が得られる。

$$\log N(r) = -D \cdot \log r + \log k \quad (4)$$

ここで、*k*は定数である。

7) 同時生起特徴量

同時生起行列 $M(d, \theta)$ の要素は、特定の相対位置関係にある画素対において、グレイレベル対 (i, j) が生起する確立 $P_{\theta}(i, j)$ である。同時生起行列からテクスチャーを特徴づける特徴量のうち、以下の4つの特徴量を使用した³⁾。以下の式では、グレイレベル i, j は0から $n-1$ である。

(a) 角二次モーメント (ASM)

$$ASM = \sum \sum \{P_{\theta}(i, j)\}^2 \quad (5)$$

ASMはテクスチャーの一様性を表し、値が大きいほどテクスチャーの一様性が高いと考えられる。したがって、ASMは $P_{\theta}(i, j)$ があるグレイレベル対に対して大きな値になる。グレイレベル対の変化は一様な画像ではまったくみられないので、この画像に対する

同時生起行列はあるグレイレベル対に対して大きな値をもつ。

(b) コントラスト (CON)

$$\begin{aligned}
 \text{CON} &= \sum k^2 \cdot P_{x-y}(k) \\
 P_{x-y}(k) &= \sum \sum P_{\delta}(i, j) \\
 k &= 0, 1, \dots, n-1
 \end{aligned}
 \tag{6}$$

CON は画素対のグレイレベル差の画面全体についての二乗の平均を表している。この値が大きく、濃淡が違っている画素が多いほどコントラストや局所の変化が大きいとみなすことができる。

(c) 相関 (COR)

$$\begin{aligned}
 \text{COR} &= \{ \sum i \cdot j P_{\delta}(i, j) - \mu_x \mu_y \} / \sigma_x \sigma_y \\
 \mu_x &= \sum i \cdot P_x(i), \\
 \mu_y &= \sum i \cdot P_y(j), \\
 \sigma_x^2 &= \sum (i - \mu_x)^2 P_x(i), \\
 \sigma_y^2 &= \sum (j - \mu_y)^2 P_y(j), \\
 P_x(i) &= \sum P_{\delta}(i, j), \\
 P_y(j) &= \sum P_{\delta}(i, j),
 \end{aligned}
 \tag{7}$$

COR は - 1 ~ 1 の値をとり、2つの変量 (i と j) の比例関係の程度を示す。この値が大きいと、ある2つの画素のグレイレベル値が比例していることになり、縞状あるいは線状パターンからなるテクスチャー特徴を表すと考えられる。

(d) エントロピー (ENT)

$$\text{ENT} = - \sum \sum P_{\delta}(i, j) \cdot \log \{ P_{\delta}(i, j) \} \tag{8}$$

ENT は $P_{\delta}(i, j)$ が等しくなるにつれて最大となる。したがっている異なる $P_{\delta}(i, j)$ が同じように存在するのは各レベルのグレイレベル対があるということで、テクスチャーの情報量を測る尺度となる。

3. 結果と考察

1) 白布の水分移動画像

白布の水分移動画像について、一例として麻布のグレイレベル(L)画像の経時変化(0秒~480秒)を図1に示した。図から0秒で



図1 麻布の水分移動 (L 画像)

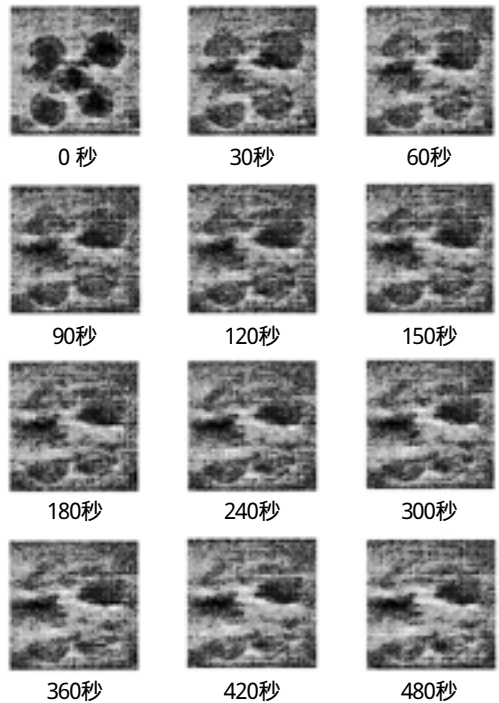


図2 麻布の水分移動 (コントラスト画像)

はぬれ色が観察され、0秒から何秒かまでは水分が拡散しながら発散していることがわかる。これに伴いしみ跡の拡がりが増大していく様子も知覚できる。0秒に比べると5700秒ではしみ跡をはっきり知覚することができにくくなるが、しみ跡の凹凸形態がわずかに残りしわになりやすいことが観察される。図2は、比較のためにコントラスト画像の経時変化の結果を示した。いずれの場合もコントラスト画像はL画像に比べて、水滴のしみ跡の形態やしみ跡の輪郭が明確にあらわれる傾向にあるので、水分移動の変化が知覚しやすくなる。

2) 画像情報量 (L 画像)

ASM, CON, COR および ENT はそれぞれ画素対の相対位置関係 (d, θ) の関数である。ここでは $d = 1$ に対して $\theta = 0^\circ, 45^\circ, 90^\circ, 135^\circ$ の方向の値を求め、4方向の平均値を $d = 1$ に対するテクスチャー特徴量とした。これは違う方向性を持つ同じ種類のテクスチャーが存在する場合に同一テクスチャーと見なすほうが妥当であると考えられるからである。

図3～9には綿(ガーゼ), 羊毛布, ポリエステル布, 絹布, 麻布, レーヨン布, ナイロン布の各画像情報量について、たて軸に画像情報量をよこ軸に放置時間を取り、経時変化を示した。

図3から、ASMは30秒付近でわずかに極小を示し、その後ゆるやかに増加する。CONは900秒まで急激に減少する。2100秒でなだらかに極小をとり、その後増加し、4800秒でゆるやかに極大を示し、その後また減少する。CORは急激に増加し、150秒で極大をとる。その後、ゆるやかに減少していく。ENTは30秒でわずかな極大をとり、その後はゆるやかに減少していく。Dはわずかに減少するのみで、900秒で最小値をとるが、その後はほ

ぼ一定値を示す。MIUは2100秒までゆるやかに増加し、その後はほぼ一定値を示す。

ASMはテクスチャーの一樣性や均一性を評価するパラメーターであるので、ASMが大きくなると布の一樣性や均一性は増大することになる。水滴滴下後、若干布地の一樣性や均一性は低下するが、すぐに水分移動によって一樣性や均一性が増大していくと考えられる。CONはテクスチャーのコントラストや局所的变化と関係するパラメーターであり、CONが大きくなると局所的变化が大きくなる。このことから、水滴滴下後1000秒程度までは水分移動によって、局所的变化が低下し、その後は若干増大する傾向がみられる。CORは線状性や縞状性を評価するパラメーターである。水滴滴下後は水分の浸透により水滴の輪郭が拡大し、急激に線状性が増大するが、その後は水分の拡散と発散が平行して起こるので、あるところで極大を示すことになる。その後CORが徐々に低下するのは発散が優先して、水滴の輪郭が減少してゆくためと解釈される。ENTはテクスチャーの情報量やランダム性を表し、値が大きいほどテクスチャー情報やランダム性が大きいと考えられる。ASMと逆対称の変化を示し、滴下直後にランダム性は若干増大するがすぐに時間の経過と共に減少してゆく傾向を示す。Dはテクスチャーの複雑性や凹凸を評価するパラメーターである。Dは水滴滴下後、若干であるが減少することから水分移動により凹凸がごくわずかに低下すると思われる。MIUはテクスチャーの平均の明るさを評価するので、水滴が滴下されて、時間の経過と共に明るさの平均が増大することがわかる。このことは水分の浸透、拡散、発散による水分移動は布表面の明るさを増大し、水のしみ跡を形成することを示唆している。

図4から、ASMは最初ほとんど変化しな

いが, 1200秒を過ぎると減少傾向が増大していく。CON は最初急激に減少していき, その後3000秒で極大を示す。それから大きく減少し, 4800秒で極小をとり, 急激に増加している。COR は1200秒で極小を示し, その後時間の経過と共にほぼ一定に増加していく。ENT は最初若干減少するが, すぐに増加する。D は時間の経過と共に減少していく傾向がみられる。MIU は少しずつ増加し, 480秒で極大を示し, 2100秒まで一定になる。2100秒から3000秒まで減少し, 4800までほぼ一定になり, その後また減少する。

ASM は最初300秒ぐらいまで一様性や均一性に変化がみられないことから, 水分の布内部への移動が起こりにくいことが推察される。しかし, その後は徐々に均一性が低下していくことから, 水分移動により布内部への水の拡散が起こっていると考えられる。羊毛に水の発散は極めて起こりにくいと解釈される。CON は2000秒程度までは水分移動によって局所的変化が低下し, その後一度増加するが, また減少する。4800秒から5700秒にかけては急激に増加する傾向がみられる。COR から羊毛では水分の浸透が起こりにくいいため, 水滴の形が徐々に小さくなっていくと想像される。そして繊維間に侵入し始めると急激にしみ跡の輪郭が拡大して, COR が大きくなると解釈される。ENT は滴下直後にランダム性は若干減少するが, すぐに時間の経過と共に増加してゆく傾向を示す。D は時間の経過と共に水分移動により凹凸が低下すると思われる。MIU は明るさの平均で, 2000秒程度から3000秒程度まで減少し, その後は4800秒から再び減少する。このことは, 水分の浸透, 拡散による水分移動は布表面の明るさを減少させることを示唆している。

図5 から, ASM は1200秒までほとんど変化しないが, 1200秒から減少する傾向を示す。

2100秒で極小を示し, 少しずつ増加していく。CON は急激に減少し, 2100秒で極小を示す。その後, 増大する傾向を示す。COR は30秒からゆるやかに増加して2100秒で極大をとる。その後ゆるやかに減少していく。ENT は1200秒まであまり大きな変化を示さないが, 1200秒を過ぎると増大し, 2100秒で極大値をとる。D は一定的に減少し, 2100秒で極小をとる。2100秒から増加する。MIU は時間の経過に対してほとんど変化がみられない。

ASM から, 水滴は1200秒までほとんど浸透しないことがわかる。しかし, 1200秒から2100秒にかけて浸透, 拡散することにより, 一様性や均一性は低下する。その後, 発散によりしみ跡が消えはじめ, 一様性は増加する。CON では浸透, 拡散により2100秒まで局所的变化は低下し, その後は発散により逆に増加する。COR は2100秒まで浸透により水滴の輪郭が拡大し, 線状性が増大するが, その後低下するのは発散により水滴の輪郭が減少してゆくためと解釈される。ENT では1200秒を過ぎるとランダム性が増大するが, 2100秒後にはランダム性は減少する傾向がみられる。D においては2100秒まで減少することから水分移動により凹凸が低下すると思われる。その後凹凸が増加すると思われる。MIU において, 明るさの平均はほとんど変化がみられない。

図6 から, ASM はわずかに増加して240秒で極大を示す。その後ほぼ一定値を示すが, 1200秒からは少しずつ減少している。CON は減少して600秒で極小を示す。その後増大し, 1200秒から3000秒まで大幅に増加する。COR は1200秒まで増大するが, 1200秒から2100秒の間でほぼ一定値を示す。その後減少傾向を示すが, 3000秒を過ぎると増大傾向に変化する。ENT は0秒から30秒までの

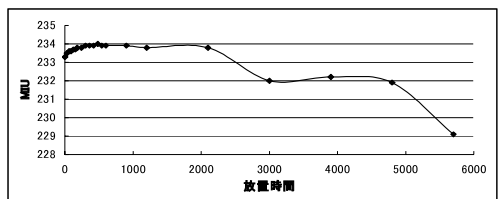
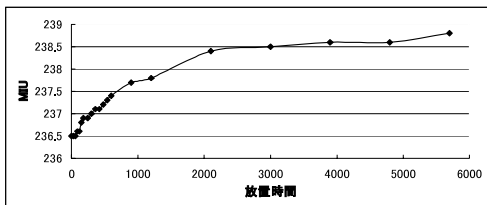
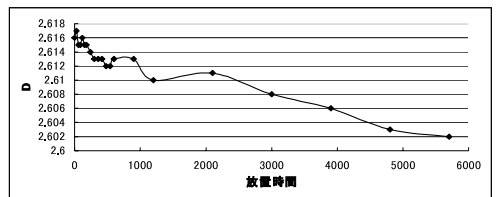
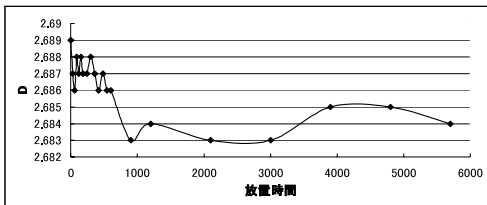
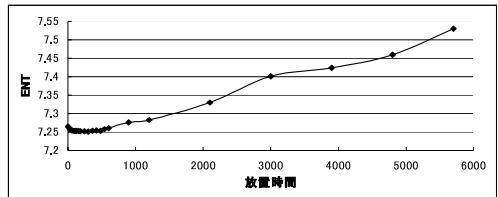
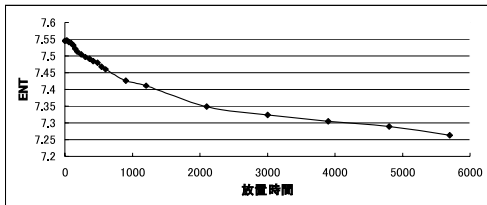
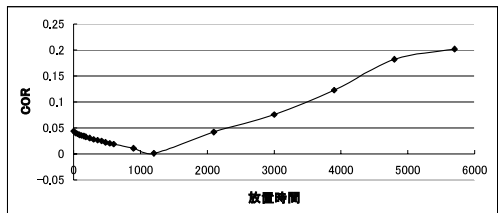
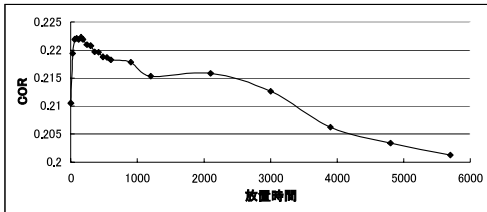
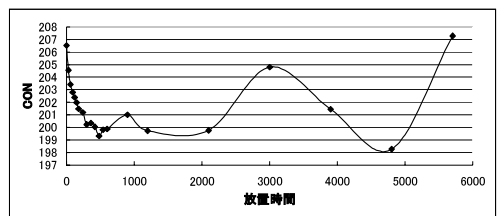
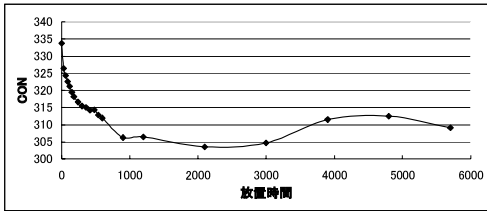
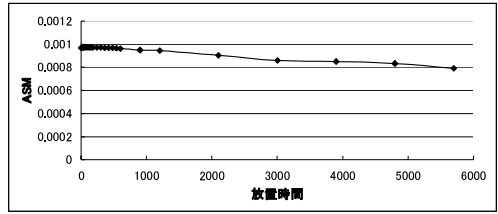
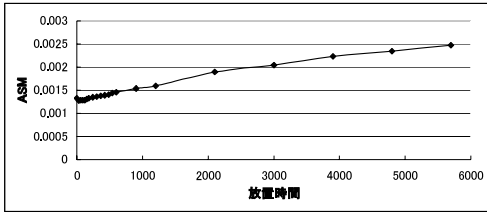


図3 画像情報量の経時変化(綿)

図4 画像情報量の経時変化(羊毛)

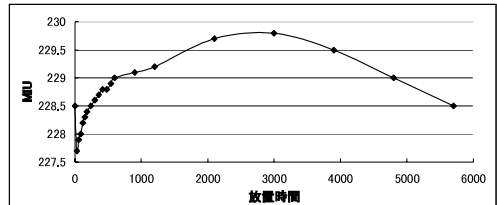
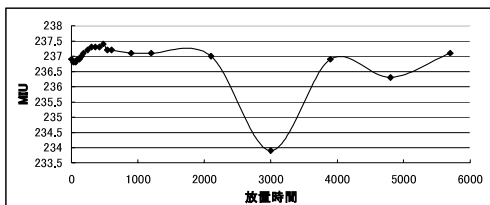
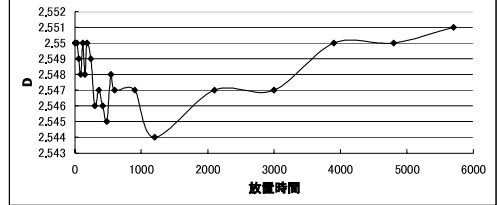
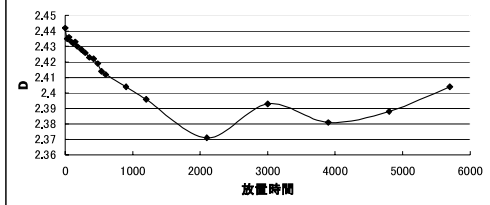
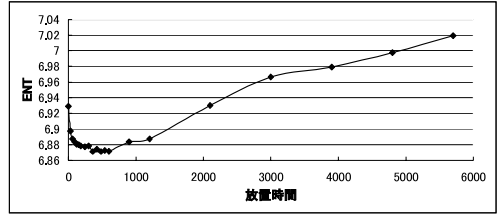
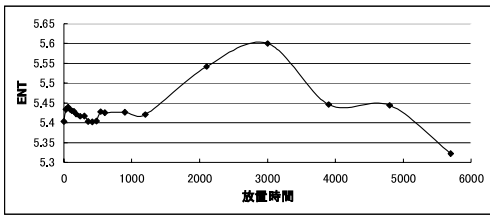
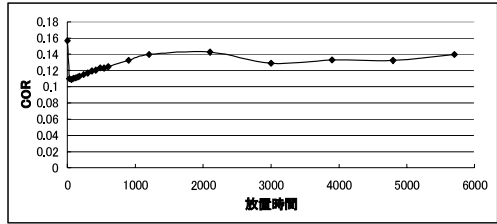
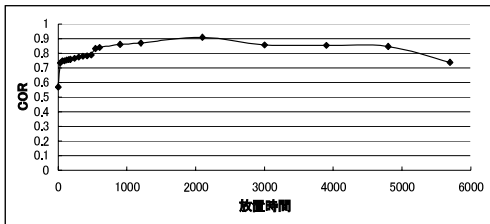
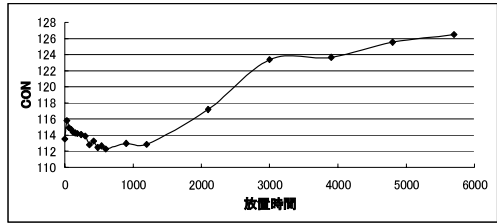
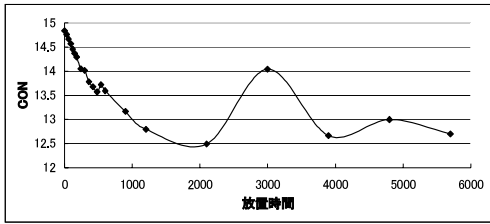
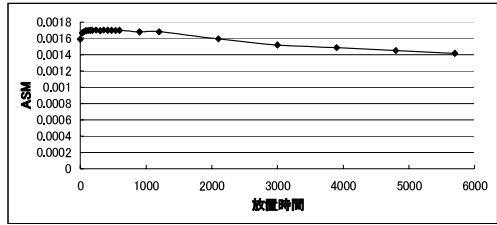
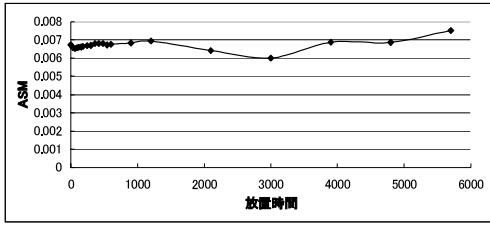


図5 画像情報量の経時変化 (ポリエステル)

図6 画像情報量の経時変化 (絹)

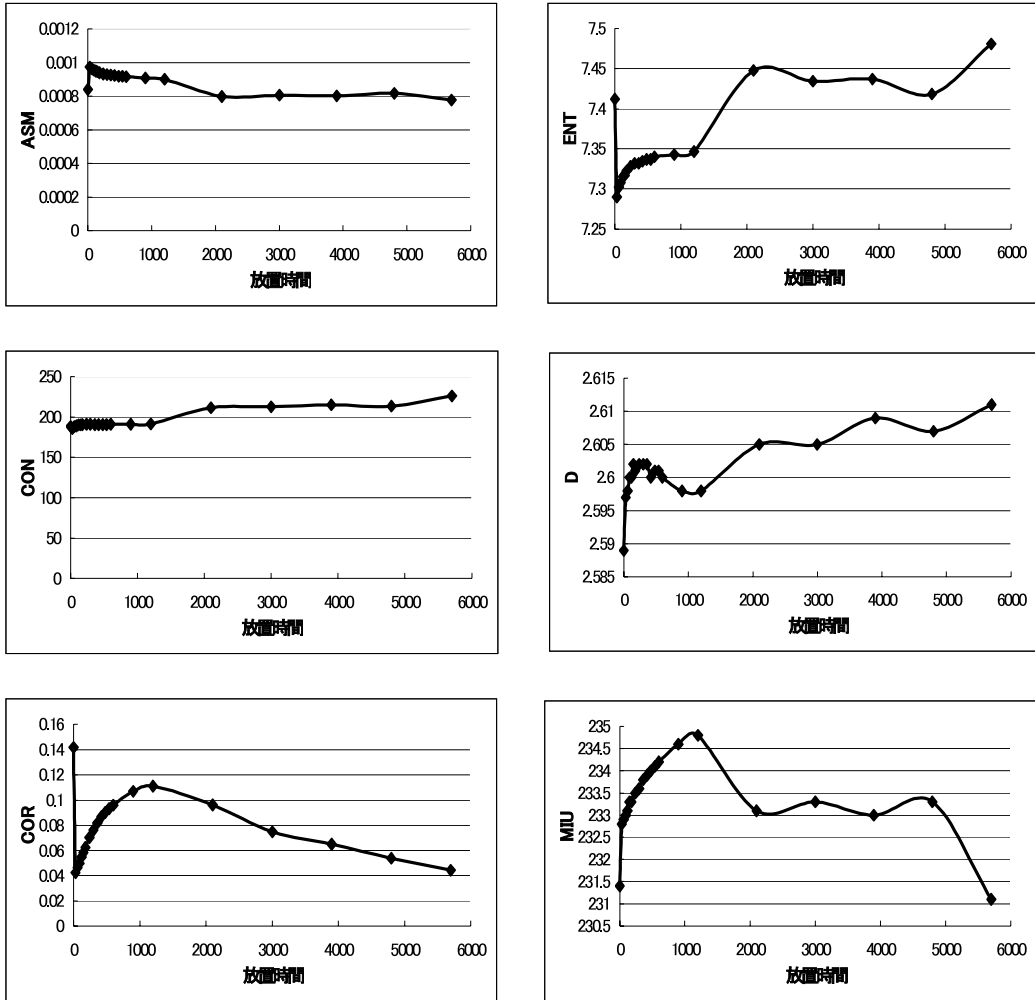


図7 画像情報量の経時変化(麻)

減少が激しく、その後も少しずつ減少し、600秒を過ぎると増大してゆく。Dは1200秒まで減少するが、その後は増大する傾向に変わる。MIUはゆるやかに増加し3000秒で極大を示し、その後0秒とほぼ同じ値まで減少していく。

ASMから水滴滴下後直ちに水滴が浸透し、その後は若干布地の一様性や均一性は発散により増加すると考えられる。1200秒からは発散としわの発生により、一様性は低下する。CONから水滴滴下後すぐに600秒まで局所の変化は低下し、その後発散としわの発生によ

り大きく増大する傾向がみられる。CORは水滴滴下直後、発散が起こり線状性は低下する。その後しわの形成により縞状性は増大していく。ENTは水滴滴下直後600秒までランダム性は低下する。その後は時間の経過と共に増大してゆく傾向を示す。Dから1200秒まで凹凸が低下することがわかる。その後はしわの発生により凹凸が増大すると思われる。MIUは水滴滴下後から3000秒まで時間の経過と共に明るさの平均が増大する。その後はしわの影ができ、低下する。

図7から、ASMは最初少しずつ減少し、

2100秒からはほぼ一定になる。CON は若干の変化はあるが,1200秒までほぼ一定である。1200秒から2100秒まで少し増加し,4800秒までほぼ一定である。その後わずかに増加する。COR は時間の経過と共に増加し1200秒で極大を示す。1200秒から5700秒にかけてゆるやかに減少していく。ENT は最初600秒ぐらいまで大きく増加し,その後一定値を示す。1200秒から再び大きく増加し,2100秒で極大をとる。そして,ゆるやかに減少して4800秒で極小をとり,その後増加する。D は最初増加し,150秒で極大をとる。その後900秒で極小をとり,1200秒から増大する傾向を示す。MIU は急激に増加し,1200秒で極大を示す。2100秒で極小を示し,わずかに増減する。4800秒から5700秒にかけては大幅に減少する。

ASM は水滴落下後,水分の浸透,拡散により徐々に一様性や均一性は低下していく。これは水分の吸収により糸が膨潤収縮してクリンプじわが生じるためと解釈される。CON は局所的変化で,水分の膨潤収縮により局所的変化が徐々に増大してゆくことがわかる。COR では最初から1200秒まで浸透,拡散により線状性が増大するが,その後発散により低下してゆくことがわかる。ENT は時間の経過と共に増大してゆく傾向を示す。これは糸の膨潤収縮と乾燥によるしわの発生が起因していると考えられる。D において500秒程度まで凹凸が増大するのは糸の膨潤収縮によるクリンプじわの発生によるものと考えられる。その後乾燥によるしわの発生により増大する傾向を示す。MIU は1200秒まで水分の浸透,拡散により明るさの平均が増大する。ナイロンについては,ポリエステルと同様の結果が得られた。

4. 結 論

本研究では,織物の水分移動を評価するた

めの画像計測システムを提案し,各種素材の白布を用いて,吸水現象ならびに拡散,発散現象を観測し,計測システムの妥当性および有用性を考察し,主な結果を以下にまとめた。

水滴落下後の放置時間と共に,水分は布や糸,繊維間隙に浸透,拡散して,水のしみ跡が拡大する。しみ跡が拡大して,ASM 値が増大することは,しみ跡領域の布構造やテクスチャーの一様性や均一性が増大することを示唆している。水滴の浸透,拡散が始まるとASMが増大するのは,綿(ガーゼ),ポリエステル,絹である。したがって,これらの布では,水分の浸透,拡散により,しみ跡領域の布構造やテクスチャーが均一化,一様化されると解釈される。しかしながら,ポリエステル,絹では1200秒を過ぎるとASM値が減少してゆく。これは浸透の拡散した水分が発散してゆくことにより,しみ跡が減少していくためと推察される。麻とレーヨンでは,最初から減少傾向を示す。これは水分の吸収時に糸の膨張収縮が起こり,クリンプの凹凸が水分落下前よりも強まることに起因すると考えられる。また,羊毛では,ASMは最初ほとんど変化せず,1200秒を過ぎると減少する。CONの時間変化から,水滴の浸透,拡散が始まると,綿(ガーゼ),羊毛,ポリエステル,絹ではCON値が減少するが,いずれも2100秒を過ぎると多かれ少なかれ増大傾向を示すことが見出された。麻では最初から増大傾向を示すが,1200秒を過ぎると急激に増大してゆく。これらのことから,いずれの布においても水分の発散が起こると考えられる。CORでは,水分の浸透,拡散により,ポリエステル,麻,絹,ナイロンにおいて顕著な増大が見られ,綿(ガーゼ)ではわずかな増大が観察された。羊毛では,水分が浸透してゆかないため,最初急激に減少がみられ,1200秒を過ぎると急激に増大することがわかっ

た。これらのことから、水分の浸透、拡散により、しみ跡の輪郭が拡大し、急激にテクスチャーの線状性が增大するものと考えられる。水分の拡散と発散が平行して起こることから、あるところで極大を示す。その後、CORが減少するのは発散により、しみ跡の輪郭が減少してゆくためと解釈されるが、素材によっては乾燥じわが強く形成されることにより、COR値が増大傾向を示すものもある。ENTでは、水分の浸透、拡散により、織(ガーゼ)、絹では大きく減少し、ポリエステルや羊毛ではほとんど変化がみられないが、若干減少する傾向がみられる。綿(ガーゼ)を除くと、これらの布は1200秒を過ぎると増大する傾向がみられる。麻やレーヨンでは水分の浸透、拡散と共にENTは増大し、麻では1200秒を過ぎるとさらに増大する。ASMと逆平行の関係が見出された。これは一様性や均一性が増大するとテクスチャー情報量が減少するためである。Dでは水分の浸透、拡散がは

じまると、綿(ガーゼ)、羊毛、ポリエステル、絹、ナイロンにおいて多かれ少なかれ減少を示すが、その後増大傾向を示すものがある。麻では、最初から増大傾向を示す。Dが増大傾向を示すのは主に水分の発散によりしわが発生するためと解釈される。水分の浸透、拡散により、しみ跡領域のテクスチャーの均一化、一様化が起こる布ではDは減少する傾向にある。これは繊維間隙に水滴が入り、凹凸が低下すると思われるからである。

文献

- 1) 島崎恒蔵；衣服材料の科学 建帛社,123-128(2000)
- 2) 森俊夫, 浅海真弓, 杉浦愛子, 日下部信幸；画像解析による綿布の折りしわ外観の視覚的特徴, 衣服誌, 48, 27-33(2004)
- 3) 森俊夫, 山田純子, 岩佐美代；画像解析による編み地模様のテクスチャ特徴と視覚的評価, 家政誌, 49, 655-661(1998)