Relationship between Visual Judgement and Dynamic Drape Behavior of Fabrics

YANG Minzhuang* and MATSUDAIRA Mitsuo**

* Graduate School of Natural Science, Kanazawa University, Kakuma-machi, Kanazawa, 920-1192 Japan

** Faculty of Education, Kanazawa University, Kakuma-machi, Kanazawa, 920-1192 Japan

Received 29 June 2001; accepted for publication 7 September 2001

Abstract

Swinging track, velocity, and acceleration of a fabric at a turn-round motion were studied precisely with a dynamic drape tester made in trial using moving image processing system. Following conclusions were obtained. (1) Dynamic drape behavior of fabric is explained by some parameters measured by the moving image processing system. (2) These parameters have different information from conventional static drape coefficient, revolving drape increase coefficient, revolving drape coefficient at 200rpm, and dynamic drape coefficient at swinging motion, and have high correlation with fabric bending and shearing vibrational properties. (3) These parameters have strong correlation with subjective value about beautifulness of dynamic drape behaviors of fabrics.

Key Words: Moving image analysis; Dynamic drape; Subjective evaluation; Moving track; Fast Fourier transform

布の動的ドレープ特性と視覚評価との関連

楊敏壯*, 松平光男**

1. 緒言

布が衣服に仕立てられた場合、布は自重により折り畳まれ、2重曲率のような複雑な3次元形状を示す。このような形状は静的なものだけでなく、身体を動かすたびに動的に変化する。動的に時々刻々変化しながら現れるひだは、同じ型で構成した服やズボンであっても、その素材によりパターンが異なり、そして視覚的な美醜の差も出てくる。特に衣服の外観は色、柄、デザインなどを除いた場合には、人に動的な美的感覚を与える要因としては、身体の動きに伴う動的ドレープ挙動に依存することが多い。筆者らはいままでの研究では、動的ドレープ係数[1]、回転ドレープ増加係数[2]などを既に定義した。しかしながら、布が揺動するとき、その形態が布の反転

時での微妙な変化は複雑で、衣服の美しさに対して、多くの情報が含まれるため、これらの情報を測定できれば、衣服の外観評価を把握するのに大きな意味があると考えられる。

一方、動的ドレープの視覚評価については、主観的な評価[3]、スカートの動的な形態に関する研究[4~7]、スカートのシルエットの美しさと着用感との関係[8]、被服のひだとしわの美しさ[9]などが報告されているが、客観的な外観評価システムの構築には、まだ至っていない。

主観評価では、動的形態の美しさの表現に対して、さまざまな用語が使用されているが、これらの用語を専門家により厳密に選び、風合い客観評価システム[10]のように、一定の基本的なパラメータと主観評価の結果とを結び付け、布の動的ドレープの視覚評価が可能ではない

連絡先：*会員，金沢大学自然科学研究科，金沢市角間町，**会員，金沢大学教育学部，金沢市角間町
TEL. 076-264-5482, FAX. 076-264-5613,

かと考えられる。基本的なパラメータとしては、布の基本力学量、布の振動特性パラメータ[11, 12]、静的および動的ドレープ係数、布の反転変化を表すパラメータなどが挙げられる。

従って、本研究では、動画画像処理システムにより、試作した動的ドレープ測定装置にセットした布の反転時の軌跡、速度、加速度などについて詳しく検討し、主観評価との関連性を調べる。

2. 実験方法

2.1 試料

実験に用いたサンプルは、市販されている織物の中からシルク、ポリエステル、レーヨン、ウール、コットンなどから構造、重量、密度、糸使い、曲げ剛性などをできるだけ広範囲に収集し、45点の布を選定した。用いたサンプルの概略を表1に示す。

Table 1 Outlines of samples used in this experiment

Fiber	Yarn	Weight (mg/cm ²)	Thickness* (mm)	Numbers
Silk	Filament, Spun	4.05~24.92	0.11~0.82	12
Polyester	Filament, Spun	4.13~10.52	0.18~0.53	6
Rayon	Filament, Spun	6.37~37.31	0.11~1.65	14
Wool	Spun	10.92~31.44	0.46~1.16	10
Cotton	Spun	8.45~11.64	0.30~0.65	3

Note: *Thickness is measured at the pressure 0.5 gf/cm²

2.2 動的ドレープに関する測定方法

図1のような動的ドレープ測定装置にサンプルをセットし、測定条件を整えるため、1分間揺動させた後、生じたノードの外側から5mmのところ(図1のA)および支持台の外縁部(図1のB)に黒い印を付ける。次に、

Fig.1 Equipment to measure dynamic drapeability of fabrics

ライブラリー(株)の動画画像処理システムを利用して、1/60秒の間隔で連続撮影し、最大600枚の連続画像を取る。なお、測定条件としては通常の人間の動きを考慮し、反転角度は45°、角速度は4.2 rad/sとした。測定項目としては、ポイントAの絶対速度と加速度、ポイントAとBの2点間の距離変位、直線ACとBCの2直線間の角度変位を取り上げた。

2.3 ドレープ係数などの測定

静的ドレープ係数 D_s 、動的ドレープ係数 D_d 、回転ドレープ増加係数 D_r および200rpmにおける回転ドレープ係数 D_{200} は筆者らがそれぞれ提案および定義した方法により[1, 2, 13]、測定を行った。

曲げ振動特性はKES-LABO-MODEL-F2曲げ振動テスターを用い、試料が幅1cm、長さ3cm、初期振幅を1mmとして、曲げ振動特性を表すパラメータ — 第1段階の振幅減衰率 d_1 、第2段階の振幅減衰率 d_2 、第1段階の振幅持続時間 S_1 、初期振幅値の1/5に至るまでの振幅持続時間 S_2 をたて、よこ方向の平均値を取った。

せん断振動特性はKES-LABO-MODEL-F3せん断テスターを改良した試験機を用い、布の下端に線上の剛体重錘(100g)を付加し、試料が幅20cm、長さ5cmとして、曲げ振動特性を表すパラメータ — 減衰曲線から減衰率が最大となるせん断角の大きな領域(>4.0deg.)における減衰率 k_L 、および減衰率が最小となるせん断角の小さな領域(<1.6deg.)における減衰率 k_S をたて、よこ方向の平均値を取った。

2.4 主観評価

動的ドレープ測定装置に各サンプルをランダムにセットし、支持台の反転角度を45°、角速度を4.2rad/sとした条件で揺動させ、18名の女子大学生により、各主観評価項目について評価を行った。主観評価の項目は動的な美しさの表現によく使われている言葉を参考にして[5, 7, 13, 14]、次のような9項目を選択した。すなわち「流れるような動き」、「リズムカルな動き」、「舞い上がるような動き」、「軽やかな動き」、「しなやかな動き」、「優雅な動き」、「生き生きとした動き」、「ダイナミックな動き」および複合的な「美しい動き」である。それぞれの項目をSD法単極尺度[15]による5段階評価を行い、非常に高いと思われるサンプルに5点→やや高いサンプルに4点→普通と思われるサンプルに3点→やや低いサンプルに2点→非常に低いサンプルに1点を付け得点化した。

3. 結果および考察

3.1 布の動的運動軌跡

連続撮影した画像からそれぞれのポイントAを一枚の

画像につなげると、布の動的運動軌跡が現れる。図2に示したのは代表的な4つの異なるサンプルが、一回の揺動内に設定したポイントAの軌跡変化の様子であり、異なる布によりその軌跡の差が明らかに示されている。また、この4つのサンプルの基本力学量を表2に示す。サンプル1は往復するときの軌跡がほぼ重なっているのに対して、サンプル2、3、4は布を構成する物性により、それぞれ異なる軌跡を示す。表2からサンプル3、4は曲げ剛性やせん断剛性が小さく、これらが小さいほど往復の軌跡の差が大きくなる傾向にあるということがわかる。

Fig.2 Swinging track of point A

3.2 速度および加速度の変化

図2からポイントAの変位を微分すると、速度変化の曲線が求められ、さらにこの速度曲線を微分すると、ポイントAの加速度変化が求められる。比較するために、支持台に設定したポイントBの速度と加速度も求め、その結果を例として図3に示す。

Fig.3 Speed change of point A and B

Table 2 Basic mechanical parameters of samples

	Sample 1	Sample 2	Sample 3	Sample 4
Fiber	Silk	Rayon	Polyester	Polyester
Weight (mg/cm ²)	12.63	27.26	9.83	4.23
B (gf · cm ² /cm)	0.0699	0.1325	0.0132	0.0091
² HB (gf · cm/cm)	0.094	0.080	0.005	0.008
G (gf/cm/deg)	1.62	0.47	0.25	0.21
² HG (gf/cm)	1.86	0.33	0.11	0.16
D _s (%)	59.9	42.9	18.6	32.4
D _d (%)	27.5	66.2	59.4	45.5
D _r (%/rpm)	0.20	0.41	0.47	0.26
D ₂₀₀ (%)	92.2	96.9	83.6	76.8

ここでは往復1回の揺動を1周期として、動的ドレープ装置の反転角度が45°、角速度が4.2 rad/sの条件で、所要時間は大体1秒である。しかし、支持台に設定したポイントBの速度変化から左右に揺動する時間はやや差があり、停止する段階の時間も多少異なる。すなわち、1回目の停止では0.10秒に対して、2回目の停止では0.17秒である。特に揺動するとき、運動曲線は穏やかな曲線ではなく、少々変動していることがわかった。これは著者ら既報の研究結果[2]と少し異なり、その理由としては、今回の動画画像処理システムの測定精度が大幅に向上したため、動的ドレープ測定装置のギアによる伝動部分の微小な変化でも検出されたのである。

すべての布に対して、ポイントAの速度変化はポイントBより高いレベルにあり、その速度変化は支持台の速度変化および布の物性に強く依存している。つまり、支持台の速度が変化すれば、その上にセットした布の速度もそれに応じて変化するが、布の重さ、曲げ特性、せん断特性などにより、おのおのの布がそれぞれ独特の速度変化曲線が得られる。特に注目すべきことはポイントBが停止している間でも、ほとんどの布がまた動いたり、振動したりしている。

普通人間の目で見ただけでは美しいかどうかはこのような運動曲線に詳しく記録されている。表2から曲げ剛性、せん断剛性が小さいほど最大速度が小さくなり、支持台の停止している間の速度変化も大きくなる傾向がある。もしいくつかのパラメータで布の運動曲線の主な情報を解明できれば、布の美しさに関する数値化の表現ができ、客観的な評価も実現できると考えられる。従って、速度曲線を高速フーリエ変換して (FFT)、各周波数での振幅を求める。図4にFFT分析により得られた結果の例を

示す。

Fig.4 Amplitude and frequency of speed by FFT

すべてのサンプルに対して周波数 2 Hz の近くで大きなピークが存在し、これはちょうど片方向への揺動、即ち半周期 (0.5 秒) のところで、速度の変化が一番大きいことを示す。ついで周波数 4 Hz の近くに 2 番目のピークがあり、これは動的ドレープ装置の伝動部分の影響により起こった速度変化である。ここでは、それぞれの布により各周波数での振幅の差が明らかである。各周波数での振幅はおおのの布の運動特徴を表し、一般的に曲げ剛性、せん断剛性の小さいサンプルに対して低周波数領域では振幅が小さいが、高周波数領域では振幅がほかのサンプルより大きい傾向があることを示す。特に図 3 の速度曲線から支持台が停止している間にポイント A の変化間隔はだいたい 0.1~0.05 秒であり、それと対応している周波数は 10~20 Hz であり、リズムカルな動きなどの表現に何か意味があると考えられる。したがって、本研究では支持台が停止している間の最大速度と最小速度との差、振幅が 2 Hz, 4 Hz, 10 Hz, 20 Hz 近くのピーク値をパラメータとして主観評価との関連性に使い、それぞれ ΔV , $V_{2\text{Hz}}$, $V_{4\text{Hz}}$, $V_{10\text{Hz}}$, $V_{20\text{Hz}}$ で表示する。

図 5 に加速度の変化曲線を示す。支持台が停止するときに反対方向への大きな加速度が確認された。また、加速度と速度との間に相関関係が非常に大きいため、加速度はパラメータとして採用しなかった。

Fig.5 Acceleration change of point A and B

3.3 2 直線間の角度変位

連続撮影された画像から図 2 に示したように $\overline{CA}$ と $\overline{CB}$ の 2 直線の角度変位 $\angle ACB$ を求め、その結果を図 6 に示す。ポイント B, C が固定されているため、この角度変位は実際にポイント A が 2 次元の平面で C を中心とした接線方向への運動変化を示す。布の物性によりその角度変位の差が明らかである。全体として布の曲げ剛性、せん断剛性が小さいほど角度の変位が大きくなる傾向があり、つまり揺動するとき布の揺動量は大きいことを示し、軽やかな動きなどの表現に何か意味があると思われる。

Fig.6 Angle displacement of $\angle ACB$

図 7 は FFT により得られた周波数と角度変位の振幅を示す。ほとんどのサンプルに対して周波数 1 Hz か 2 Hz の近くに大きなピークが存在し、また、一部分のサンプルは周波数 5~10 Hz の間に複数の大きなピークが存在している。したがって、本研究では角度の最大変位量および周波数が 1 Hz, 5 Hz, 10 Hz 近くの振幅ピーク値をパラメータとして主観評価との関連性に使い、それぞれ $\Delta \theta$, $\theta_{1\text{Hz}}$, $\theta_{5\text{Hz}}$, $\theta_{10\text{Hz}}$ で表示する。

Fig.7 Amplitude and frequency of angle displacement by FFT

3.4 2点間の距離変位

連続撮影された画像からポイントAとポイントBの距離変位も求め、その結果を図8に示す。この2点間の距離変位はポイントAがCを中心とした接線方向および3次元空間での高さ方向への運動変化を示し、舞い上がるような動きなどの表現に何か意味があると思われる。

Fig.8 Distance displacement of points A and B

図9はFFTにより得られた周波数と距離変位の振幅を示す。すべてのサンプルに対して周波数1 Hzと2 Hzの近くに大きなピークが存在する。したがって、本研究では距離の最大変位量および周波数が1 Hz, 2 Hz近くの振幅ピーク値をパラメータとして主観評価との関連性に使い、それぞれ ΔS , $S_{1\text{Hz}}$, $S_{2\text{Hz}}$ で表示する。

以上で得られたパラメータ間の相関関係を分析し、相関係数が非常に高いパラメータは同じ情報を持っているため、該当パラメータを取り外し、次の ΔV , $V_{2\text{Hz}}$, $V_{4\text{Hz}}$, $V_{10\text{Hz}}$, $V_{20\text{Hz}}$, $\Delta \theta$, $\theta_{1\text{Hz}}$, ΔS , $S_{1\text{Hz}}$ をパラメータとして使う。

Fig.9 Amplitude and frequency of distance by FFT

3.5 各ドレープ係数とパラメータとの関連

静的ドレープ係数 D_s , 動的ドレープ係数 D_d , 回転ドレープ増加係数 D_r , 200rpmにおける回転ドレープ係数 D_{200} との相関関係を表3に示す。 D_s と $\Delta \theta$, D_{200} と ΔS ,

$\theta_{1\text{Hz}}$ の相関がやや高く、ほかには非常に高い相関がないため、それぞれ異なる情報を持っていることがわかる。

Table 3 Correlation coefficients between each drapery coefficient and parameters

	D_d	D_s	D_r	D_{200}
ΔV	0.25	-0.53	0.35	-0.41
$V_{2\text{Hz}}$	-0.26	0.67	-0.36	0.64
$V_{4\text{Hz}}$	-0.19	0.54	-0.31	0.43
$V_{10\text{Hz}}$	0.11	-0.30	0.12	-0.34
$V_{20\text{Hz}}$	-0.22	-0.02	-0.02	-0.12
$\Delta \theta$	0.22	-0.78	0.43	-0.66
$\theta_{1\text{Hz}}$	-0.15	-0.46	0.03	-0.77
ΔS	0.10	-0.64	0.14	-0.74
$S_{1\text{Hz}}$	-0.07	-0.39	-0.09	-0.65

3.6 振動特性値とパラメータとの関連

布の曲げ振動特性およびせん断振動特性との相関関係を表4に示す。振動特性値はほとんど $V_{2\text{Hz}}$, $\Delta \theta$, ΔV と高い相関を持ち、せん断振動パラメータ k_L , k_S と高周波数 $V_{10\text{Hz}}$ との相関も認められる。いままでの各ドレープ係数と布の振動特性との相関はあまり高くないが、今回のいくつかのパラメータは布の振動特性との相関が高いことがわかる。

Table 4 Correlation coefficients between vibration properties and parameters

	d1	d2	S1	S2	k_L	k_S
ΔV	-0.49	-0.53	0.74	0.78	-0.67	-0.40
$V_{2\text{Hz}}$	0.57	0.62	-0.82	-0.87	0.80	0.54
$V_{4\text{Hz}}$	0.35	0.39	-0.49	-0.43	0.48	0.36
$V_{10\text{Hz}}$	0.04	0.06	0.27	0.31	-0.51	-0.46
$V_{20\text{Hz}}$	-0.04	-0.06	-0.01	0.02	0.08	0.17
$\Delta \theta$	-0.50	-0.53	0.75	0.80	-0.81	-0.59
$\theta_{1\text{Hz}}$	-0.37	-0.40	0.64	0.67	-0.69	-0.49
ΔS	-0.45	-0.48	0.63	0.68	-0.67	-0.51
$S_{1\text{Hz}}$	-0.44	-0.46	0.64	0.66	-0.66	-0.45

3.7 主観評価と各パラメータとの関連

表5に主観評価との相関関係を示す。流れるような動きは $V_{10\text{Hz}}$ と一番大きな相関があり、つまり高周波数部分の振幅と強い関連性を示している。リズムカルな動きは $V_{20\text{Hz}}$ と一番大きな相関があり、 $V_{10\text{Hz}}$, ΔV , $\theta_{1\text{Hz}}$ とも一定の関連性を示す。舞い上がるような動きは回転ドレープ増加係数 D_r と一番大きな相関があり、動的ドレープ係数 D_d ともかなり大きな相関を持っている。軽やかな動き、しなやかな動き、優雅な動きおよび生き生きとした動きは

Table 5 Correlation coefficients between subjective values and parameters

	ΔV	V_{2Hz}	V_{5Hz}	V_{10Hz}	V_{20Hz}	$\Delta \theta$	θ_{1Hz}	ΔS	S_{1Hz}	D_d	D_r
Flowing	0.58	-0.48	-0.14	0.78	0.59	0.48	0.56	0.47	0.51	0.09	0.29
Rhythmical	0.66	-0.50	-0.13	0.62	0.82	0.56	0.68	0.53	0.53	0.14	0.37
Blowy	0.37	-0.50	-0.38	0.09	-0.03	0.59	0.22	0.31	0.05	0.74	0.88
Airy	0.70	-0.80	-0.56	0.31	0.49	0.84	0.68	0.75	0.56	0.17	0.42
Flexible	0.72	-0.82	-0.57	0.33	0.44	0.90	0.68	0.72	0.50	0.31	0.59
Graceful	0.72	-0.82	-0.61	0.27	0.43	0.90	0.69	0.72	0.51	0.39	0.63
Lively	0.62	-0.70	-0.52	0.28	0.43	0.77	0.55	0.62	0.37	0.43	0.62
Dynamic	0.27	-0.35	-0.24	0.07	0.05	0.40	0.24	0.36	0.11	0.82	0.81
Beautiful	0.71	-0.80	-0.63	0.25	0.42	0.88	0.64	0.67	0.44	0.40	0.63

その関連性がほぼ一致し、 $\Delta \theta$ 、 V_{2Hz} 、 ΔS 、 ΔV の順に相関を持ち、この4つの言葉の表現は大体同じ意味を持つことを示し、今後もっと詳しく検討する必要があると思われる。ダイナミックな動きは動的ドレープ係数 D_d と一番大きな相関を持ち、回転ドレープ増加係数 D_r ともかなり大きな相関を持っている。美しい動きは総合的な言葉で、関連性が軽やかな動き、しなやかな動き、優雅な動きおよび生き生きとした動きと近似し、つまり大部分の言葉の表現と近似する結果である。

本研究では主観評価に使う試料は JIS 規格（半径127mm）の円形サンプルのため、主観評価にはこんな小さいサンプルは評価しにくいという欠点がある。しかし、各パラメータの測定としては今までと同じような円形サンプルから測定するのが便利だと思われる。また、主観評価する学生は評価の再現性と安定性が低いため、今回はこれらのパラメータと主観評価との関連性だけ（定性的に）を考察したが、今後の目的としては主観評価の予測式を求めたいのである。したがって、主観評価の結果にとって、非常に安定性と再現性のよいデータが必要である。これには専門家や経験者による主観評価が必要と思われる。

4. 結 論

揺動による動的ドレープ挙動を検討した結果、以下の結論を得た。

- (1) 動画画像処理システムにより、布の動的ドレープ形態をいくつかのパラメータで詳しく表すことができる。
- (2) これらのパラメータはこれまでのドレープ係数、動的ドレープ係数など異なる情報を持っている。
- (3) 得られたパラメータと布の曲げ振動、せん断振動特性と高い関連が見られた。
- (4) これらのパラメータと主観評価の結果との相関が高く、布の動的ドレープの視覚評価について、客観評価システムを構築できる可能性が高い。

References

- [1] M.Z. Yang, L. Qin, Matsudaira, M.; *J. Text. Mach. Soc. Japan*, **54**, T57 (2001)
- [2] M.Z. Yang, Matsudaira, M., L. Qin; *J. Text. Mach. Soc. Japan*, **52**, T167 (1999)
- [3] Bunka Fashion College; "Women's wear 2, Bunka clothes fashion lecture", Bunka publishing bureau, P72 (1984)
- [4] Ueno, S., Ebata, T.; *Jpn. Res. Assn. Text. End-Uses*, **17**, 43 (1976)
- [5] Kobayashi, S., Noshi, H.; *J. Text. Mach. Soc. Japan*, **33**, P304 (1980)
- [6] Matsudaira, M.; *J. Text. Mach. Soc. Japan*, **45**, T115 (1992)
- [7] Izumi, K., Niwa, M.; *Jpn. Res. Assn. Text. End-Uses*, **30**, 44 (1989)
- [8] Miki, N., Ayada, M., Niwa, M.; *J. Home Economics. Japan*, **49**, 119 (1998)
- [9] Shinohara, A.; *Sericultural science and technology*, **26**, No.3 (1987)
- [10] Kawabata, S., "The Standardization and Analysis of Hand Evaluation, 2nd Edition", Text. Mach. Soc. Japan, Osaka, Japan (1980)
- [12] Matsudaira, M., R.Q. Zhang; *J. Text. Mach. Soc. Japan*, **49**, T324 (1996)
- [13] Matsudaira, M.; *J. Home Economics. Japan*, **38**, 393 (1987)
- [14] Kazama, K., Takeyari, Y., Toda, T.; *Jpn. Res. Assn. Text. End-Uses*, **8**, 125 (1967)
- [15] Sugimura, M., Matsudaira, M.; *Jpn. Res. Assn. Text. End-Uses*, Submitted (2001)
- [16] Saito, S.; *Human engineering*, **14**, 315 (1978)