

画像処理システムによる布の静的及び動的ドレープ挙動に関する研究

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2017-10-05 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/2297/16298

氏 名	楊 敏 壮
生 年 月 日	
本 籍	中国
学 位 の 種 類	博士(工学)
学 位 記 番 号	博甲第358号
学位授与の日付	平成12年3月22日
学位授与の要件	課程博士(学位規則第4条第1項)
学位授与の題目	画像処理システムによる布の静的及び動的ドレープ挙動に関する研究
論文審査委員(主査)	松平 光男(教育学部・教授)
論文審査委員(副査)	新宅 救徳(工学部・教授) 内山 吉隆(工学部・教授) 北川 正義(工学部・教授) 喜成 年泰(研究科・助教授)

学 位 論 文 要 旨

The drape properties of fabrics about their static and dynamic ones are studied with the Image Processing System. The measurement method having high reproducibility and the trigonometrical function of hanging shapes about isotropic and anisotropic fabrics for static drape are proposed. Further, the regression equation for each parameter of hanging shapes is respectively obtained according to their basic mechanical properties, and the hanging shapes obtained theoretically also agree well with the actual ones. The measurement method of fabrics for dynamic drape and their description parameters are also presented, and the relationship between their basic mechanical properties and their dynamic drapability is found.

布のドレープ(drape)あるいはドレープ性(drapability)は、布の一部が固定された状態で、重力により人間やモデル、あるいは家具や壁掛け状に垂れ下がり、集まったり流れたりする挙動を意味する。最近では、布の素材特性を用いた衣服CADシステムを構築している。その際ドレープはもっとも重要な要素として、衣服のシルエットに直接関係し、衣服としての美しさに大きな影響を与えるもので、多くの研究者が関心を持ってきた。布のドレープには多くの因子が影響を及ぼし、理論的予測は極めて複雑であるため、布のドレープ性に優位的な役割を果たす主要因子を特定化することが重要である。しかしながら、今までの研究成果で

は主に次の問題点が指摘されている。

(1) 現在行われているドレープの評価方法では、ドレープ形状の不安定性と測定時の低い再現性が問題になっている。

(2) ドレープ性を評価する時、ドレープ係数だけでは不十分であり、ノード数やエッジの形状も極めて重要である。

(3) 布自体の動的ドレープ挙動に対して、適切な評価法は全くない。

従って、本研究ではライブラリー（株）製の画像処理システムを利用して、上記の問題点を解決すべく布のドレープ性について、静的ドレープと動的ドレープに分けて研究をした。新しい測定方法、ドレープ形状を表現する数学モデル、動的ドレープ性を表現するパラメータなどを提案し、更に布の基本力学量との関係を詳細に検討して、その主な内容と結果は次のように示す。

1. 静的ドレープ性については、布を円形支持台に垂下する時、固有のノード数を持ち、おのこの布が固有のノード数で測定したドレープ係数は、他のノード数より小さい傾向がある。つまり、固有のノード数の条件下で布がよく垂下し、異なる試料のドレープ性を比較評価するのに便利になると思われる。従って、布の垂下した形状とノード数の不安定性をなくすために、従来の円形支持台を二つの部分に分けて、一つはおのこの布の固有ノード数に合わせて、3～8角の正多角柱であり、もう一つは従来の円形支持台から正多角柱を取って残した部分である。測定するとき、まずその布の固有ノード数を測定し、それから、布のノード数に合わせる正多角柱を選択して、試料を正多角柱の上に乘せた後、円形支持台の中心に合わせて、ゆっくり戻す。そうすれば、正多角柱で垂下した布の形状とノードの数はそのまま円形支持台に乘せられ、ドレープ係数の計算式は全く従来の方法と同じである。この操作によって布の垂下形状は安定になるため、繰り返し測定の誤差が1%以下になり、実験の再現性がとても高くなった。この測定方法で、等方性を見なす試料に対し、垂下した布の形状は次の正弦関数で表現することができる。

$$r = a + b \sin(n\theta) \quad (1)$$

ここで、 a は垂下した布の全般的な投影面積の大きさを意味している定数(mm)で、 b は谷の深さを指している定数(mm)で、 n はノードの数である。

ドレープ係数の計算式は次のようになる。

$$D_s = (2a^2 + b^2 - 2R_0^2) / 6R_0^2 \quad (2)$$

ここで、 R_0 は円形支持台の半径(63.5mm)である。

以上の式で求めたドレープ係数と実測したドレープ係数とはよく一致する。垂下した布の実際の形態と正弦関数で理論的に製作した画像もよく一致する。

2. 異方性試料を正多角柱に載せるとき、試料の経方向或いは緯方向の曲げ特性により、B、2HBの大きい方に少なくとも一つのノードを生じさせ、垂下した布の形態が安定し、実験の再現性も高くなる。この測定方法で、布の垂下した形状は次の周期関数で表現することができる。

$$r(\theta) = [a + a_m \cos(a_n \theta + \alpha)] + [b + b_m \cos(b_n \theta + \beta)] \cos[n(\theta - 90)] \quad (3)$$

ここで、 a 、 b 、 n は(1)式と同じ定数で、 a_m 、 b_m は布の異方性と関連するパラメータで、 a_n 、 b_n 、 α と β は異方性布の垂下した形状のタイプを決めるパラメータである。

異方性布のドレープ係数の計算式は次のようになる。

$$D_s = (4a^2 + 2b^2 + 2a_m^2 + b_m^2 - 4R_0^2) / 12R_0^2 \quad (4)$$

以上の式で求めたドレープ係数と実測したドレープ係数とはよく一致する。垂下した布の実際の形態と周期関数で理論的に製作した画像の間には差はなく、形態も極めて良く似ている。

3. 布の基本力学パラメータで、周期関数の a 、 b 、 n 、 a_m 、 b_m 、 a_n 、 b_n 、 α 、 β をそれぞれの回帰式によって求められ、高い回帰精度でドレープ係数と垂下した布の形状を適切に記述できる。これらの式を整理して次に示す。

$$\begin{aligned} a &= 35.981 + 325.073 \sqrt{\frac{B}{W}} - 2002 \frac{B}{W} + 41.373 \sqrt{\frac{G}{W}} + 0.998G \\ b &= 29.834 - 1.945n - 1.055G - 9 \frac{2HG}{W} \\ n &= 12.797 - 57.753 \sqrt{\frac{B}{W}} + 373 \frac{B}{W} - 15 \frac{G}{W} + 4.079 \sqrt{\frac{2HG}{W}} \end{aligned} \quad (5)$$

$$a_m = 415 \left(\frac{B_1 - B_2}{W} \right)^{\frac{2}{3}} \quad (6)$$

$$b_m = 285 \left(\frac{B_1 - B_2}{W} \right)^{\frac{2}{3}} \quad (7)$$

Table. 1 Drape Parameter a_n 、 b_n 、 α 、 β

	Drape coefficient	Type of shape	a_n	α	b_n	β
Even number s	$D_s > 36\%$	Fig. 3-2 (a)	2	180	2	0
	$25\% < D_s < 36\%$	Fig. 3-2 (b)	2	180	2	90
	$D_s < 25\%$	Fig. 3-2 (c)	1	180	1	180
Odd number s	$D_s > 39\%$	Fig. 3-2 (d)	1	270	1	90
	$26\% < D_s < 39\%$	Fig. 3-2 (e)	1	270	1	180
	$D_s < 26\%$	Fig. 3-2 (f)	1	270	1	270

※ B_1 (経方向) < B_2 (緯方向) の場合は、Table. 1を参照に、式(3)の θ を $\theta + 90$ で入れ替える

ここで、 B_1 は布のたて糸方向の曲げ剛性 ($\text{gf} \cdot \text{cm}^2/\text{cm}$)であり、 B_2 は布のよこ糸方向の曲げ剛性であり、 B はたてとよこ方向の曲げ剛性の平均値であり、 $2HB$ はたてとよこの曲げヒステリシス ($\text{gf} \cdot \text{cm}/\text{cm}$)の平均値であり、 G はたてとよこのせん断剛性 ($\text{gf}/\text{cm}/\text{deg}$)の平均値であり、 $2HG$ はたてとよこのせん断ヒステリシス (gf/cm)の平均値であり、 W は単位面積当たりの重量 (mg/cm^2)である。

a_n 、 b_n 、 α 、 β については、布の垂下した形状のタイプを決めるパラメータで、Table. 1に示す。

4. 周期関数を用いて布のドレープ形状を表現するのは有効な方法であり、布の基本物理量の変化に伴い、布のドレープ形状をシミュレーションすることにより、ノード数、投影形状の大きさ及び谷の深さの変化、即ちドレープ形状の変化を明確化できる。ノード数及び投影形状の大きさには、布の単位面積あたりの重さと曲げ剛性が大きく影響しており、せん断剛性の影響も重要であるが、せん断ヒステリシスの影響はあまりない。谷の深さには、ノード数が大きく影響しており、ノード数が一定

下ではせん断特性及び布の重さにより、谷の深さは一定の範囲内に変動しており、曲げ剛性の影響はない。また、曲げ剛性の異方性は垂下した織物の形状に影響があるが、布の重さによりその程度が異なり、重い織物の場合にはたとえよこ方向の曲げ剛性が大きく異なっても、軽い織物のような異方性が現れない。

5. 動的ドレープ挙動を検討するため、動的ドレープ測定装置を試作した。この測定装置は JIS 規格のドレープテスト装置の円形支持台（直径 127mm、材質アクリル）部分の下に、回転できる装置を付け、回転速度は 0～240rpm の間で無段階調節が可能である。測定時には、試料を支持台にのせ、それから支持台と同じ直径の蓋で固定して、支持台の回転に伴い試料も回転する。この動的ドレープ測定装置による評価法は測定が非常に簡便であり、回転速度の増加に伴い、垂下した布が広がる時の投影面積の変化は 3 段階に分けられる。第一段階では、投影面積の変化は僅かであり、ドレープ形状はほぼ静的ドレープ形状と同様である。第二段階では、回転速度が少し増えても、投影面積は大きく変化し、投影面積と回転速度の間には線形関係がある。第三段階では、回転速度が増えても、投影面積の変化は小さくなり、ドレープ形状も徐々に安定になり、最終的に布自体の面積に近づく。

6. 回転速度により布の広がり の程度を評価するパラメータとして、第二段階の直線の傾きを回転ドレープ増加係数 D_r と定義した。このパラメータは動的ドレープ形状の垂下の程度に関連しており、静的ドレープ係数 D_s との相関は小さく、布の動的ドレープ挙動を評価する一つのパラメータとして適当である。回転している布は気流の影響を受けるが、その効果は布の物性により異なる。これを表現するために、200rpm における回転ドレープ係数 D_{200} が一つのパラメータとして適当である。回転ドレープ増加係数 D_r 及び 200rpm における回転ドレープ係数 D_{200} とともに安定性と再現性が良いので、実用面でも大きな利点を持っている。

7. 布の曲げ特性、せん断特性及び形態特性のパラメータから、回転ドレープ増加係数 D_r 及び 200rpm における回転ドレープ係数 D_{200} を算出する回帰式を求め、次のようになる。

$$D_r = 0.792 + 0.743 \sqrt{\frac{2HG}{W}} - 1.121 \sqrt[3]{\frac{G}{W}} - 1.447 \sqrt[3]{\frac{B}{W}} - 0.262 \frac{2HG}{W} + 0.005W \quad (8)$$

$$D_{200} = 61.475 - 207.995 \frac{G}{W} + 7.927 G + 72.688 \sqrt[3]{\frac{G}{W}} + 0.49 W + 428.02 \frac{2HB}{W} \quad (9)$$

回転ドレープ増加係数 D_r 及び 200rpm における回転ドレープ係数 D_{200} への寄与は曲げ特性よりもせん断特性の方が大きい。

以上の結論から、本研究で提案した方法により、布の垂下した形状を数学モデルで表現できるため、布の要求されたドレープ形状から布の様々な物理量及び力学パラメータを予測することが可能である。また、動的なドレープ挙動についての研究では、今後人体モデルでのシミュレーション、布の素材特性を用いた衣服 CAD システムを構築することが期待される。

学位論文審査結果の要旨

当該学位論文に関し、平成12年1月26日、第1回学位論文審査委員会を開催し、提出された学位論文及び関連資料について詳細に検討した。平成12年1月31日の口頭発表後、第2回審査委員会を開催し、慎重に協議の結果、以下の通り判定した。

本論文では、画像処理システムを利用して、布のドレープ挙動について詳細に検討を重ね、新しい静的ドレープ係数測定方法を提案し、垂下したドレープ形状を周期関数で正確に数式化できた。これらドレープ形状表現モデルの係数と、布の基本力学パラメータとの関連も検討し、信頼性が高く有用な回帰式を誘導できた。また、各種パラメータのドレープ挙動への影響をシミュレーションによって明確化した。更には動的ドレープ挙動測定装置を試作し、回転速度による動的ドレープ係数の変化が、3段階からなることを初めて見出した。即ち、第1段階は静的ドレープ係数と同様であり、第2段階は投影面積と回転速度の関係に線形関係があり、この時の傾きを回転ドレープ増加係数と定義できた。第3段階は投影面積が飽和する段階で、この時の飽和値を200rpmにおける回転ドレープ係数と定義できた。これら動的ドレープ係数についても布の基本力学パラメータとの回帰式を誘導できた。以上のように本論文は独創性に富み、衣服の外観を考慮した布の設計や製造への基礎現象を解明しており、工業的にも有用であり、その価値は高いと評価できる。

以上より、本論文は博士(工学)論文に値すると判定する。