

衣服の着用性能の客観評価に関する研究

倉敷市立短期大学

道明伸幸

指導 岡山大学大学院自然科学研究科 島村 薫

序論

消費者のニーズが多様化し、生活の質を重視する時代にあつては、衣服製品についても身体適合性や快適性、シルエットなどの感性的性能を満足するものがますます求められるようになってきている。そのためには衣服の感性的性能を客観的に測定し、定量化する技術が必要であり、次世代のアパレルデザイン支援システムにおいては、快適性や着心地などを評価・予測し、設計する機能を持つことが重要である。

衣服の着用性能の客観的評価を行なうためには、衣服の物理的特性と、着心地および外観的印象などの官能情報との間の定量的関係を導き出さなければならない。またこの目的のための基礎的手段として、まず布の性能を精密に数値で表現すること、すなわち布の力学モデルを布を構成する繊維素材の特性とその集合構造により表現することが必要である。

本研究は、その第一歩として、繊維集合体としての布の微小領域の変形を三次元計測する手法に関する研究、および衣服の身体適合性の定量的測定法に関する研究の2つを主題とした。

第1章 光学顕微鏡による布の3次元測定

布の微小領域の三次元計測を行う手法として、光学顕微鏡を用いてCT(Computer Tomography)計測を行う手法(光CT顕微鏡法)を採用し、検討を行った。布の力学モデルの構築にあたってモデルの妥当性を検証するためには、糸やその交差部分といったミクロな構造が三次元的にどのように変形するかを実際に詳細に計測し、対比することが重要である。そのため布のミクロな構造を三次元的に計測する手法を確立することは大変意義のあることである。

光CT顕微鏡法は、一般的な光学顕微鏡とデジタルカメラを組み合わせるだけで、他に特別な装置を必要とせず、比較的容易に、また安価に三次元計測を行うことができる。

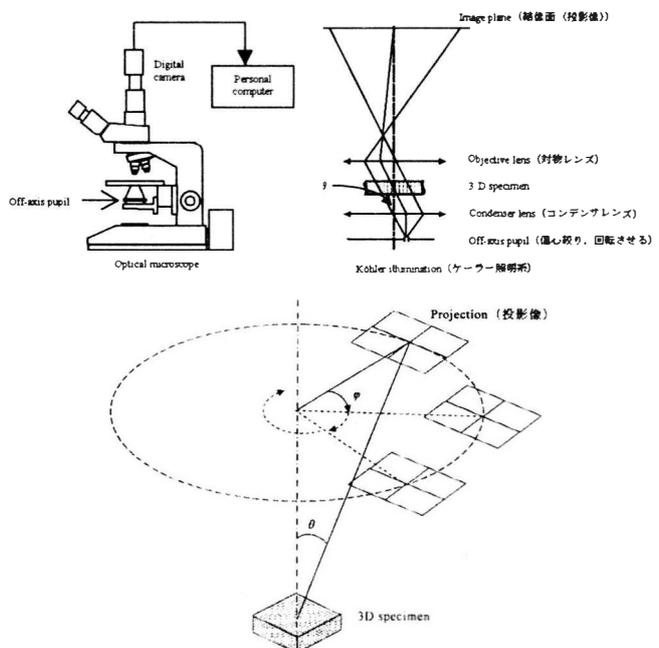


Fig.1-1 Geometry of projection for optical microscope tomography.

また、CT 再構成には非常に多くの計算量を必要とするが、最近のパーソナルコンピュータの著しい演算性能の向上によって実用的になってきた。その原理は、照明方向を変えて得た複数の拡大投影画像をデジタルカメラで記録し、コンピュータによる三次元像構築（CT 再構成）を行うものである。図 1-1 に光 CT 顕微鏡の投影の原理を示す。顕微鏡のケーラー照明系の絞りを光軸からずらすことにより、光源の入射方向を光軸に対して一定の角度（図中の θ ）で傾斜させる。これを光軸周りに回転させて複数の投影像を得る。この方法を等角傾斜回転 CT という。

光 CT 光学顕微鏡測定に用いる CT 再構成計算については、非負拘束付き共役勾配法アルゴリズムを用いることで、精度よく三次元像を再構成できることを擬似模型データ（テストファントム）を用いたシミュレーションによって確認した。このとき非負拘束の効果が重要であることがわかった。

光 CT 顕微鏡測定を行なうにあたっては、光学顕微鏡の構造上、照明方向を変えるときに角度的な制約があるなど測定条件が限定される。また、デジタルカメラで投影像を撮像した後、対数変換などの補正を必要とするため、デジタルカメラの輝度分解能が CT 再構成の結果に大きく影響を及ぼす。したがって、実際に布を対象として上記の手法による CT 計測を行うためには、これらの問題点、すなわち投影の数、照明の傾斜角度、およびデジタルカメラの輝度分解能について最適な条件を明らかにしておくことが必要である。これらについてもテストファントムを用いたシミュレーションによる検討を行った。その結果、 $x:128 \times y:128 \times z:64$ voxel の単純な平織組織の 3 次元データに対して精度よく像再生を行うためには、光学顕微鏡における測定上の条件として、投影数が 12 以上、倍率 20 倍の対物レンズを使用した場合、照明の傾斜角度を 20~30 度にするのが適当であることがわかった。また、十分な精度を得るためには、4096 階調（12bit）以上の輝度分解能の高いデジタルカメラを用いることが望ましいことがわかった。

また、実際に光学顕微鏡とデジタルカメラを用い、モデルサンプルの光 CT 計測を試みた。その結果、顕微鏡投影像においてサンプル表面における屈折や反射がわずかでもあると、三次元像構築を行うのが非常に困難になることがわかった。なお、CT 再構成計算を行なうには、得られた投影画像の輝度から吸光度に変換することが必要であるが、この変換、すなわち γ -log 変換を行なう方法を検討した。図 1-2 にモデルサンプルとして使用した薄い透明フィルム片の投影像の一部を示す。また、図 1-3 に三次元像構築された像の一部の xy 断面を示す。

以上のテストファントムによるシミュレーション、およびモデルサンプルを用いた実際の撮影による検討により、光 CT 顕微鏡を用いた布の三次元計測を実現するための指針となる結果を得ることができた。

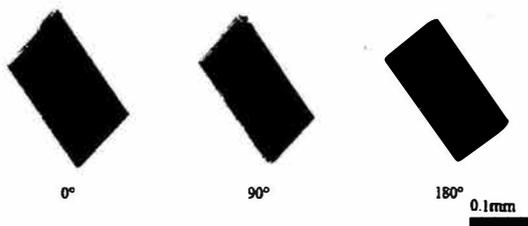


Fig.1-2 Projection images($x:256 \times y:256$ pixel) of the model sample by the optical microscope.

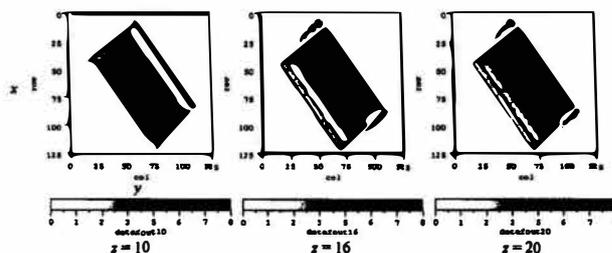


Fig.1-3 Slices in the xy plane of the tomogram of reconstructed 3D image.

第2章 動的衣服シミュレーションによる衣服の身体適合性の評価

衣服の身体適合性の定量化を行なう方法として動的衣服シミュレーションを用いる手法を提案し、検討を行なった。衣服シミュレーションは、衣服パターン（型紙）の形状と布の力学特性から、人体形状とその動作に応じた着装状態をコンピュータによって予測する技術である。その計算の過程で人体モデルと衣服の三次元的な位置関係および衣服の変形の情報が見られる。そのため衣服シミュレーションを用いれば、詳細な三次元的なデータを直接的に用いて定式化を行なうことにより、新しい定量的適合性評価法を確立する可能性が拓けると考えられる。さらに有効な点は、動的評価に関する検討も容易となることである。評価に際して実際に試作、試着、計測の必要がないことも大きなメリットである。したがって、衣服の動的な身体適合性評価の定量化を行なうための情報を得るためには、動的衣服シミュレーションは非常に有効なツールといえる。

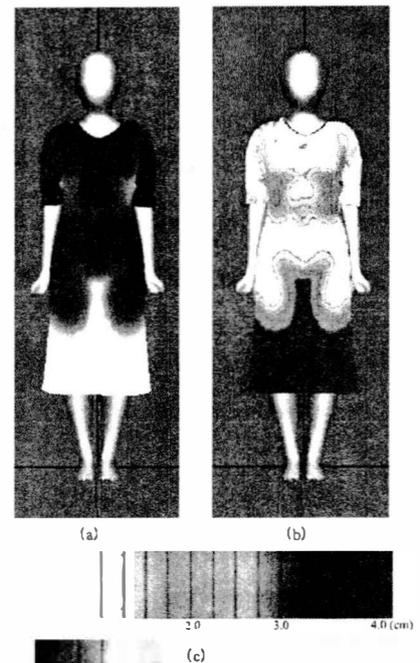


Fig.2-1 (a) Distance map, (b) Pseudo-color map, (c) Pseudo-color bar.

本研究では、動的衣服シミュレーションを用いて衣服のゆとりを可視化および数値化することにより、衣服のゆとりの評価を行う手法を提案する。用いた動的衣服シミュレーションシステム「DressingSim LookStailor」（デジタルファッション（株））は、衣服の二次元型紙と人体モデル、およびその動作のデータから着装状態を予測し、アニメーションを作成する。さらに衣服と人体モデルとの距離、衣服の各部分の伸長あるいは曲げ変形を視覚的に色で表示する機能を有している。このうち衣服と人体モデルとの距離を色の濃淡で表示する Distance Map 機能（図 2-1(a)）を用い、これを擬似カラーマップに変換することで、衣服のゆとりを数値化できるように改良した。図 2-1 (b) (c) に擬似カラーマップ表示した画像および距離を示すカラーバーを示す。ここでは印刷の都合上、モノクロで表示する。これにより、パターンを変更した際のゆとりの変化を詳細に見ることができる。

またその結果を検証するために、立位、蹲踞位、前方挙上位、挙上位の4種の姿勢において、実際に試作・試着しておこなった官能評価の結果と比較した。衣服サンプルはバストサイズの異なる2種の半そでワンピースドレスとし、評価部位はバスト、袖ぐり、ウエストのそれぞれ前後あわせて6ヶ所とした。

シミュレーションおよび官能評価の結果に対して、散布図、相関係数、回帰直線を用いて比較を行なった。シミュレーションで得られるゆとり量と人が感じるゆとりの評価の結果の相関は、動作を伴う蹲踞位、前方挙上位、挙上位について、それぞれ0.617, 0.482, 0.800となり、それぞれ有意確率0.2%, 2%, 0.1%の水準で相関があった（図 2-2）。とくに挙上位においてはかなり高い相関が見られ、実際官能評価においてもパターンの違いによる明確な評価の差が見られた。これは、挙上位という姿勢に移る過程で衣服全体がよく動くためにゆとりの評価に衣服の影響が出やすいためだと考える。逆に立位の姿

勢では、人が感じるゆとりはミュレーションの結果と一致しなかったが、これは、立位においては衣服の動きが無いため、人がゆとりに関して鈍感であるためだと考えられる。

また、動的服装シミュレーションによって動作に伴うゆとりの変化挙動を調べることにより、ゆとりの時間的応答と、人が感じるゆとりが大きく関係することを示した。サイズの異なる二つのパターンにおいて、静止した姿勢ではシミュレーションで得られたゆとり量が同じにもかかわらず、官能評価の結果では差がみられる部位があった。その部位について動作に伴うゆとりの変化挙動を調べたところ、パターンの違いによって変動のしかたが異なる部分がみられた(図2-3)。したがって人が感じるゆとりは、静止した姿勢での評価であっても、動作を起こしたときに認識される感覚の要素が大きいことがわかった。最終的な静止した姿勢でのゆとり量だけでなく、それを補うかたちで、途中で動作の過程を見ることができるといふ点からみると動的服装シミュレーションは有効な手段であることが判明した。

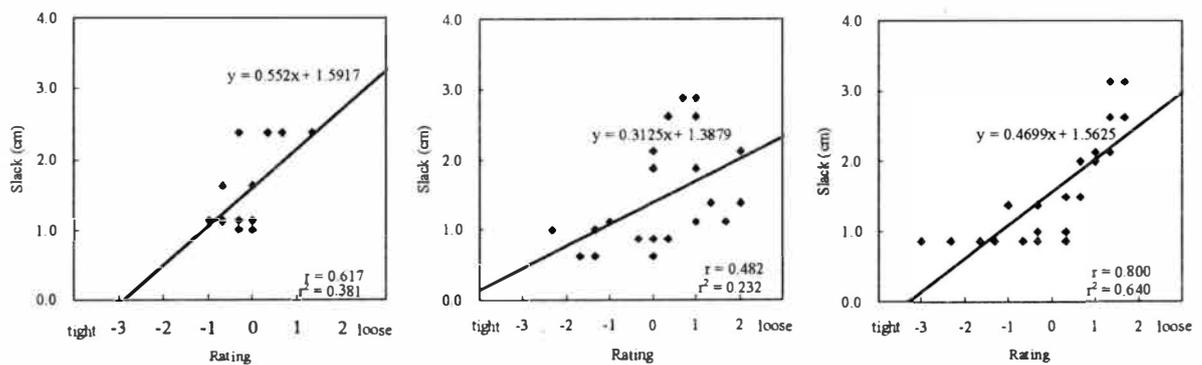


Fig.2-2 Regression line between the slack calculated by the cloth simulation and the rating of the sensory test. (a) Squat, (b) Anterior Elevation, (c) Elevation

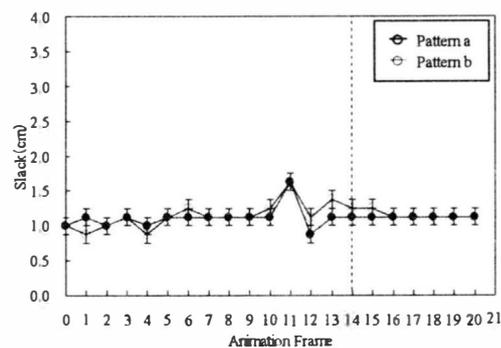


Fig.2-3 Change of the slack with motion (squat)

総括

本研究は、衣服の着用性能を客観評価するための手法を確立することを目的としたものである。まずは布の力学モデルの構築のための実験手段として必要となる、布の微小領域の変形を三次元計測する手法として、光CT顕微鏡法を提案し、それを実現するための諸条件を検討した。さらに、動的服装シミュレーションを用いて衣服の身体適合性を定量化することを提案し、官能評価と比較検討した。その結果、衣服シミュレーションによって得られるゆとりの評価値が官能評価と高い相関を持つことを見出し、衣服シミュレーションが衣服の身体適合性を評価するための有用なツールとなり得ることを示した。