

堀場 洋輔

目的別テーマ：被服設計・シミュレーションに関する研究

研究テーマ

15-7-9：個人対応衣服設計のためのクロスシミュレータの開発

ABSTRACT

Recently on-demand product designs considering psychological and physiological aspects of individuals are expected in any areas. Especially, human factors are one of the most important things for apparel design. Therefore, the final purpose of our research is the development of the cloth simulator in order to assist on-demand apparel design. In this project period, we've developed (1) cloth model reflecting mechanical properties and airflow model, (2) human body model reflecting subcutaneous tissue structure, and (3) contact model between cloth and human body. Moreover, in order to validate the developed models, the bra mechanical simulation and bed mettles mechanical simulation have carried out. These models are more precise than previous models, so that it has produced the precise results. As a next step, we'll combine psychological model with this model in order to predict the feeling of products.

研究目的

現在、あらゆる分野において消費者の好みやライフスタイルに合わせた感性製品が望まれている。殊にアパレルをはじめとする繊維最終製品は感性製品の代表格であり、オーダーメイドを中心とした対話型製品設計が展開されている。近年、コンピュータの普及に伴い、コンピュータシミュレーション技術を利用した製品設計が様々な分野で行なわれている。インターネットをはじめとする情報インフラが整備されつつある現在、シミュレーション技術は設計者と消費者を結ぶ重要な技術の1つであり、さらに環境の観点から見れば、エネルギー・資源消費の効率化への一助となることも予想される。そこで本研究では、従来のオーダーメイド型衣服設計を効率化し、さらに消費者の製品に対する印象をも設計段階で推定可能にするクロス（衣服）シミュレータの構築を目的とする。

5年間の研究内容と成果

期間内に行なった研究は、大別して（1）布および気流のモデル、（2）皮下組織を考慮した人体モデル、（3）上記（1）、（2）を利用した接触モデルの開発である。さらに、開発したモデルを用いて、被服圧、ブラジャー着衣状態、寝具における体圧分布等のシミュレーションを行なった。

（1）布および気流のモデルの開発

シミュレーションによる衣服設計を実現するためには、布の力学的・光学的性質を正確に反映したモデルを用意する必要がある。本研究では、われわれの研究グループが先に開発したパーティクルモデルに KES データを反映させたモデルを導入した。パーティクルモデルは、個々のパーティクルに関して運動方程式を解き、布全体の挙動を予測するモデルであるが、運動方程式が非線形であるため計算速度が遅くリアルタイム処理がままならないことが欠点であった。そこで、非線形計算にも安定性が保証される陰解法を導入し、計算速度の向上を図った。その結果、従来のシミュレーションに比べて、飛躍的に計算速度が向上し、シミュレーションをリアルタイムで行なえるようになった。また、衣服の挙動に気流が少なからず影響しているため、気流のモデル化も行なった。気流モデルは基本的には、空間を細かく分割し、それらにナビエ・ストークス方程式を適用したモデルである。シミュレーションでは、気流を含む空間に布モデルを配置し、両者の相互作用を計算することでリアルな布の挙動を再現することができた。

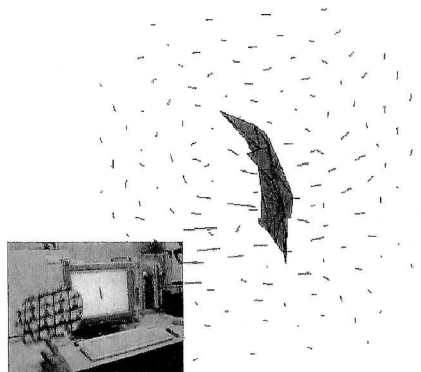


図1 気流を考慮した布シミュレーション

(2) 皮下組織を考慮した人体モデルの開発

精密な人体モデルは、コンピュータシミュレーションによる衣服設計には不可欠である。従来の研究では、人体表面を非接触型3次元計測装置で計測し、得られた体表面データを用いて人体モデルが作成されることが多かった。しかしながら、ブラジャーやガードルなどのファウンデーション類は人体に弾性変形を生じさせているため、体表面のみの人体モデルでは不十分である。そこで、本研究では人体表面だけでなく皮下組織も考慮した人体モデルの開発を行なった。皮下組織の推定には、産業技術総合研究所の協力の下、人体のMRI計測を行ない、得られたMRIデータを基に人体皮下組織の再構成を行なった。さらに、人体の柔らかさもモデルに反映させるために、硬度計により皮膚および脂肪部のヤング率を計測した。



図2 MRIデータと人体モデル

(3) 人体と布の接触モデルの開発

快適な衣服を設計するためには、人体と衣服の間で生じる“すべり”、“変形”、“ゆとり”を設計段階で考慮しなくてはならない。そこで、衣服着用時における人体と衣服の間の接触状態を推定するために、上記の布モデルと人体モデルを利用した接触モデルの開発を行なった。モデルでは、人体および布を構成するパーティクルとポリゴンの衝突力、反発力、摩擦力、内部応力を考慮しており、接触状態をダイナミックに計算することが可能になった。さらに開発された接触モデルを用いて、衣服着用時の被服圧の推定も行なった。シミュレーションの結果、最大誤差0.1 kPa程度の精度で被服圧の予測が可能になった。

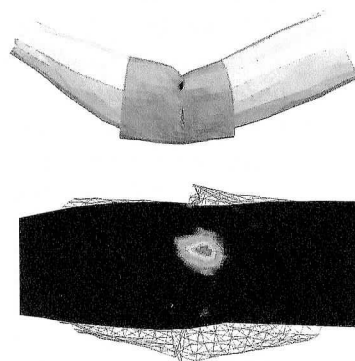


図3 被服圧シミュレーション

(4) 最終繊維製品への応用

開発されたモデルを用いて、実際の繊維最終製品のシミュレーションを行なった。ここではブラジャーとベッドマットレスへの適用事例を紹介する。

ブラジャーは繊維最終製品の中でも、とりわけ個人対応型の製品設計が望まれている製品である。なぜなら女性の胸部は個人差が大きく、たとえば同じサイズの場合でも体質や年齢によってブラジャーの効果も大きく変化するためである。そこで、個々人の皮下組織とその柔らかさを考慮した上記の人体モデルを用い、ブラジャー着用時の胸部形状・被服圧等のシミュレーションを行なった。その結果、胸部形状については最大誤差5 mm程度の精度で予測が可能になったが、被服圧に関しては十分な精度での予測が行なうことができなかつたため今後の課題と言える。また、着用時と被服圧分布や皮膚変形などと着用感（着心地）の関係を着用実験により明らかにすることで、シミュレーションによる着用感の推定も可能になることが考えられる。

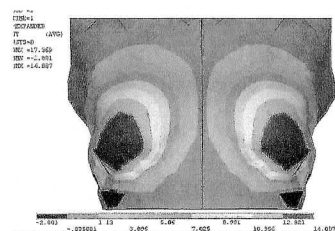
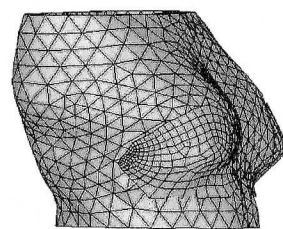


図4 ブラジャーシミュレーション

ベッドマットレスについても、ユーザーの体型・年齢・ライフスタイル等によりその使用感（寝心地）が変化する製品である。近年、ポケットコイルやボンネルコイルなど様々な種類のマットレスが開発されているものの、ユーザーを満足させる最適な構造は未だ明らかになっていない部分が多く、さらに最適なマットレスはユーザーによってまちまちであることが予想される。そこで、ベッドマットレスの個人対応設計への応用を視野に入れたベッドマットレスシミュレーションを行なった。シミュレーションでは第一段階として、横臥時のベッドマットレスの変位と体圧分布の推定を行なった。その結果、変位に関しては誤差1 mm程度で推定が可能になり、また、体圧分布に関しても実際の体圧分布をほぼ再現できた。今後、体圧分布と寝心地の関係を調べることで、このシミュレーションをベッドマットレス設計に応用できることが考えられる。

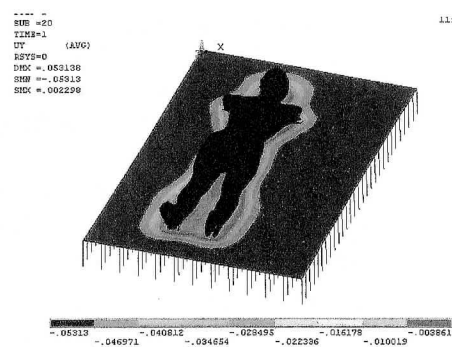


図5 ベッドマットレスシミュレーション