

機関番号：13601

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2009～2010

課題番号：21700729

研究課題名（和文） 快適な大人用紙オムツ作製のための空隙量予測シミュレーション

研究課題名（英文） Computer simulation of vacant space distribution for comfortable adults' disposable diapers

研究代表者

堀場 洋輔（HORIBA YOSUKE）

信州大学・繊維学部・助教

研究者番号：00345761

研究成果の概要（和文）：快適な大人用紙オムツ作製への応用を視野に入れ、計算機シミュレーションによるオムツと皮膚の間の空隙分布の予測を目的として研究を実施した。シミュレーションではオムツと人体の3次元形状モデルを作成し、有限要素法により静的条件における接触問題を解析した。解析の結果、紙オムツと人体の間の空隙量分布については全体的に実状に即した傾向が見られたが、圧力分布については実状に比べ圧力が高い傾向が見られた。

研究成果の概要（英文）：The computer simulations of vacant space distribution between human body and disposable diaper were conducted for comfortable adults' disposable diaper design. The disposable diaper and human body model were developed by using finite element method, and their contact problems were solved by LS-DYNA ver.970. As a result, the calculated vacant space distribution resembled the actual one, but the calculated pressure values were higher than the actual one.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	600,000	180,000	780,000
2010年度	300,000	90,000	390,000
総計	900,000	270,000	1,170,000

研究分野：生活科学、計算工学

科研費の分科・細目：生活科学・生活科学一般

キーワード：紙オムツ、快適性、計算機シミュレーション

1. 研究開始当初の背景

わが国は現在、世界有数のスピードで高齢化が進行している。それに伴い要介護認定者数も増加の一途を辿っており、2007年度は450万人が要介護者として認定されている。要介護者は自力での排泄が困難である場合が多く、そのため介護の現場では大人用オムツを要介護者に着用させることが一般的になっている。このような状況から大人用オムツの需要は拡大傾向にあり、子供用オムツの出荷額が頭打ちであるのに対し、大人用オムツの国内出荷額は年3～4%の割合で増加している。

一般に大人用オムツは使い捨て型の紙オ

ムツのことを指し、その構造は①皮膚と接触する表面材、②尿を吸収する高分子吸収材、③尿漏れを防ぐ外側の防水材によって構成されている。この中で特に吸収材の研究開発が紙オムツの発展に大きく寄与していると言っても過言ではない。高機能な高分子吸収体の研究開発によって、優れた①吸水性能、②透湿性能、③抗菌性能、④摩擦性能（肌ざわり）を有する紙オムツが実現されており、介護・育児の現場で紙オムツは必要不可欠なものとなっている。

しかしながら、高機能材料が開発されているにもかかわらず、依然として紙オムツに関するトラブルが報告されている。代表的な

ものとして、①オムツ膨潤状態におけるかぶれ等の皮膚トラブル、②股および腰まわりでの横漏れ、③オムツの柔軟性不足によるはき心地の悪さ、等の問題である。これらの問題は単に高機能材料を開発するだけでは解決することが難しく、皮膚の生理特性、オムツと皮膚の間の温熱環境、腰部の形態的特徴を総合的に把握した上で製品開発を行なう必要がある。しかしながら、オムツと皮膚の間は非常に狭小な空間であることから、オムツ装着時の空間内の状態を定量的に解析した研究はこれまでなく、製品開発の現場においても定性的なデータをもとに設計が行われてきた。

2. 研究の目的

以上の背景から本研究では、コンピュータシミュレーションによりオムツ装着時のオムツと皮膚の間の空隙量を予測することを目的とする。筆者はこれまで、衣服装着時の衣服形状をシミュレーションを用いて予測しており、さらに衣服が人体に与える圧力や空隙量分布の予測についても取り組んでいる。したがって、オムツ内の空隙量予測に関しても同様の計算手法を用いて実現可能である。

ただし、衣服との相違点としては、材料の力学特性の温湿度依存性を考慮する必要性が考えられる。すなわち、排泄物(尿)を吸収するとオムツの質量は増加し、さらに膨潤率(湿潤率)の違いによって材料の剛性や、皮膚との間の摩擦係数が大きく変化する。そしてこれらが原因となって、オムツの空隙量は著しく異なることが予想される。したがって、本研究では最初にオムツ素材の力学特性の温湿度依存性を計測することが重要と思われるが、本研究課題ではその基礎となる乾燥状態における解析を行ない、将来的に湿潤時の状態を解析する。よって本研究では、乾燥状態における部材の物性計測、オムツおよび人体の形状モデルの構築、計測データを用いたシミュレーション、最後に計測によるシミュレーション結果の検証を行なう。

3. 研究の方法

(1) おむつ・人体モデル

一般に使い捨て紙おむつの構造は、図1のように①皮膚と接触する表面材、②尿を吸収する高分子吸収材、③尿漏れを防ぐ外側の防水材によって構成されており、さらに表面材には装着状態を保持するための糸ゴムが腰周りと足周りに複数本接着されている。本研究ではおむつモデルを簡略化するために、表面材を構成する不織布と糸ゴムのみでおむつを表現し、吸収材に関しては表面材における対応する部分に仮想的に厚みを持たせることで定義する(図2(a))。

一方、人体モデルに関しては立位姿勢における静的解析を行なうために、幼児の下半身形状を非接触式3次元計測装置で取得し、形状変化のない剛体として表現する(図2(b))。なお、人体およびオムツは左右対称であると見なし、いずれのモデルにおいても半身とした。

CAE解析ではLS-DYNA ver.970を用い、おむつ及び人体をメッシュピッチ2mmで有限要素化し、人体及びおむつを構成する不織布をシェル要素(板厚1mm)、糸ゴムについてはスプリング要素として定義した。

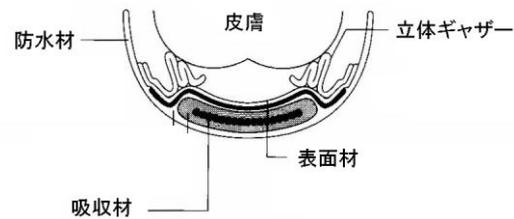
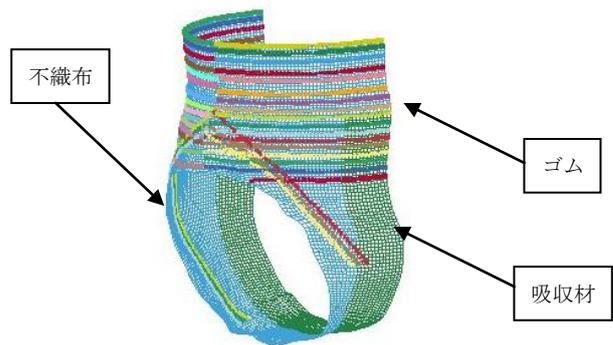
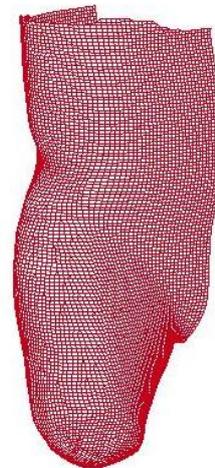


図1 紙オムツの断面構造
(田村照子著「衣環境の科学」より引用)



(a) 紙オムツの3次元モデル



(b) 人体の3次元モデル

図2 紙オムツと人体のモデル化

(2) シミュレーション方法

静的な状態におけるおむつ装着状態をシミュレートするために、人体モデルを覆うようにおむつを配置し、おむつの糸ゴムに対応するスプリング要素に初期歪みを与え、その復元力を入力荷重とした。拘束条件は人体に対応する剛体要素を全自由度拘束とし、オムツの断面には対称条件を定義した(図3)。なお、スプリング要素に与えた初期歪みは、実際におむつを装着した際の糸ゴムの歪みを基に定義しており、およそ10~60%である。

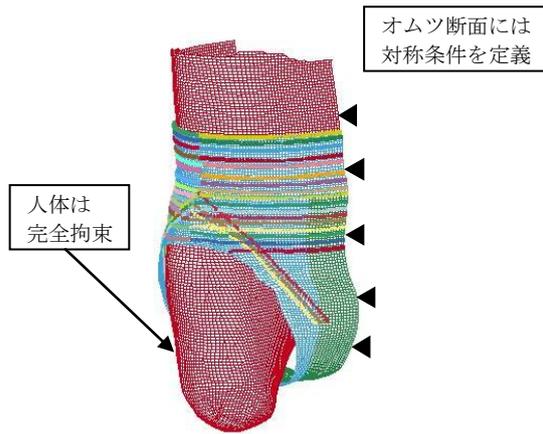


図3 解析条件

(3) 紙オムツの材料特性について

紙オムツを構成するゴムの材料特性を求めするために、初期長10cmの試験片を作成し、引張速度20mm/minで引張試験を行なった(図4)。解析では引張試験により得られた応力-歪み曲線を多直線近似し、ゴムの引張特性とした。ゴム以外の部材の材料モデル(LS-DYANにおける材料モデル)および物性は表1の通りである。

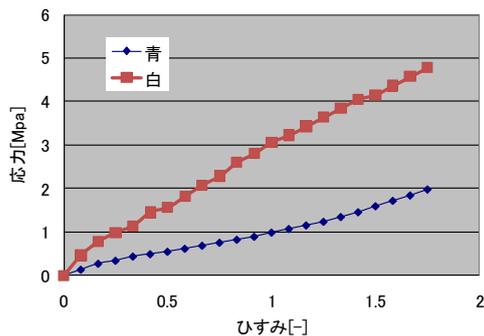


図4 ゴムの引張試験の例

4. 研究成果

(1) 空隙量分布について

シミュレーションにより得られたおむつ装着形状および空隙分布を表わす断面形状を図5に示す。糸ゴムが密に配置されている腰周りにおいて、ゴムの張力によりおむつが

人体に密着しており、空隙分布の実情と類似した傾向であることが確認された。また、定量的な精度の評価を行なうために股間部分の空隙量を検証したところ、シミュレーションによる計算値が30.7mmであったのに対し、計測値は30.4mmとなり、比較的精度よく空隙量の計算が行なわれていることが確認された。

表1 各部材の材料モデルと物性値

	材料モデル/ ヤング率
不織布	MAT_PIECEWISE_LINEAR_PLASTICITY 1MPa
糸ゴム	MAT_SPRING_NONLINEAR_ELASTIC 計測データを多直線近似
人体	MAT_RIGID 剛体のため未定義



(a) 正面図



(b) 側面図

図5 空隙量分布のシミュレーション結果 (左: 解析前 右: 解析後)

(2) 圧力分布について

シミュレーションにより得られたおむつ装着状態における圧力分布を図6に示す。糸ゴムが密に配置されている腰周りにおいて、相対的に高い圧力が見られ、この分布については実情と一致するものであった。しかしな

がら、圧力の大きさについては、エアバック式圧力センサーにより計測した結果と比較すると、計測値が1.2kPaであったのに対し、計算値は4.2kPaとなり、シミュレーションにより推定された圧力値は実際よりも3倍程度高いことが確認され、これについては改善の余地があることが示唆された。

- (2) 研究分担者
なし
- (3) 連携研究者
なし

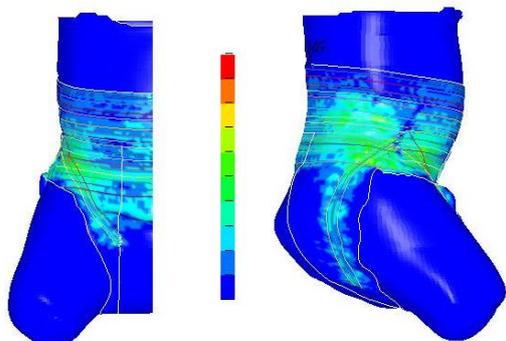


図6 圧力分布のシミュレーション結果
(左：正面図 右：側面図)

(3) 今後の展望

本研究の成果は、これまで定性的に扱われてきたおむつ内部の状態を定量的に解析するための基盤となることが予想される。すなわち、空隙量予測結果をもとにおむつ内部の温熱シミュレーションへ発展させることによって排泄時の蒸れを予測することや、姿勢変化に伴う空隙量変化から排泄物の横漏れ現象についても予測できる可能性がある。さらに、おむつ内部での圧力分布等と結びつけることによって、はき心地の予測についても将来的には実現できる可能性がある。本研究は言うまでもなく製品設計の現場において切望されているものであり、同時に介護の現場における上質なサービス提供へも波及する技術であることが予想される。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[学会発表] (計1件)

- ① 堀場 洋輔、乾 滋、オムツ内空隙分布の予測に関する研究、平成22年度繊維学会年次大会、2010年6月16日、東京

6. 研究組織

(1) 研究代表者

堀場 洋輔 (HORIBA YOSUKE)

信州大学・繊維学部・助教

研究者番号：00345761