

〔技術レポート〕

ANSYS LS-DYNA によるシミュレーション

窪田直樹*

Simuration by ANSYS LS-DYNA

Naoki KUBOTA*

1. はじめに

家具製造業において、椅子の座り心地は製品の価値を決める大事なものの一つである。一方、椅子の座面にはクッションなどの素材が利用されているが、その種類や組み合わせパターンは無数にあるため、座り心地を実験的に調べることは困難である。そこで、椅子の座り心地をコンピュータ上でシミュレートすることで、椅子の座り心地を調べる。シミュレータとして、ANSYS LS-DYNAを使用した。ANSYS LS-DYNAは、プリ・ポスト機能を提供する ANSYS と、自動車の衝突シミュレーションなど製造・建築分野で実績のあるソルバーである LS-DYNA を組み合わせた統合アプリケーションである。

本レポートでは、クッションとして利用されるウレタンのデータ化と、人体モデルの構築について報告する。

2. ウレタンのデータ化

東邦工業ゴム株式会社製ウレタンフォーム ECA のデータ化を行った。ECA の基本データを表 1 に示す。

表 1 ウレタンフォーム ECA の基本データ

密度	反発弾性	硬さ	セル数
26±2kg/ m ³	45%以上	127.5±24.5N	35個/25mm 以上
引っ張り強度	伸び	圧縮残留歪	
78kPa以上	120%以上	4.5%以下	

※カタログより抜粋

シミュレーションを行うためには、基本データ以外に応力歪み曲線が必要となる。そこで、実際の ECA に対し、JIS K6400 7.3 に準じて応力歪み曲線を求め、データ化した。

以上のデータを検証するため、JIS K6400 の試

験に準じたシミュレーションを行った。図 1 にシミュレーション結果の変形図を示す。なお、実際の JIS K6400 の試験は四角いウレタンフォームに円形の加圧板を押し当てるが、ここでは軸対称性を利用し 1/4 モデルでシミュレーションを行っている。

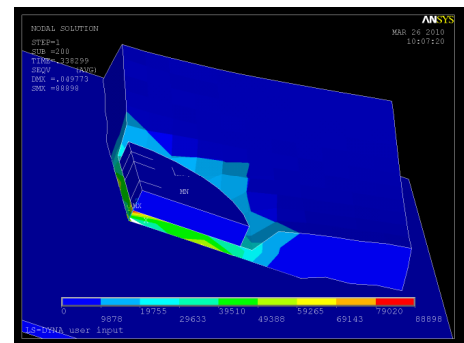


図 1 シミュレーション結果の変形図

また、図 2(a)に実際の ECA の応力歪み曲線を、同(b)にシミュレーション結果の応力歪み曲線を示す。シミュレーション結果では、細かい振動や減圧曲線の差異が発生しているが、実際のものに類似する曲線となった。

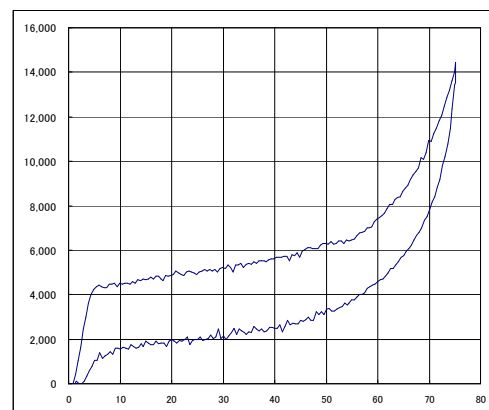


図2(a) 実際のECAの応力歪み曲線

* 試験研究部(シミュレーション研究室)

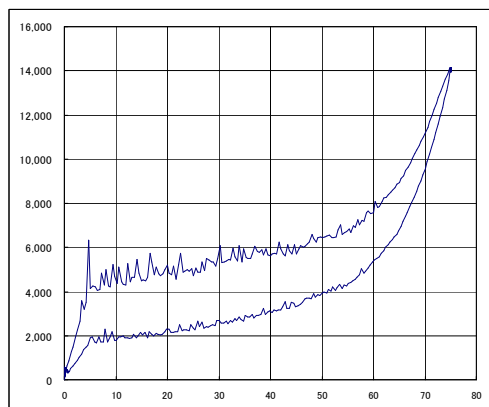


図 2(b) シミュレーション結果の応力歪み曲線

通常のシミュレーションでは、より細かくメッシュを切るほど精度が高くなるので、メッシュの大きさを変えながらシミュレーションを行った。すると、メッシュを細かくすることで ANSYS LS-DYNA 自体がエラーで終了することがあった。これは、ウレタンは変形量が大きいため、分割した要素が凸形状を維持できなくなるためと思われる。また、シミュレーションを行うウレタン板の厚みを変えてみたところ、エラーが発生するメッシュの大きさも変化することがわかった。このため、メッシュの大きさはシミュレーション内容に応じて随時変化させる必要があると思われる。

3. 人体モデルの構築

3.1 数値人体モデルデータの変換

独立行政法人情報通信研究機構(NICT)の数値人体モデルデータ¹⁾を ANSYS LS-DYNA に取り込むプログラムを作成した。

数値人体モデルデータは、人体を 1 辺が 2mm の立方体ブロックに分割し、それぞれのブロックに組織や器官を表す 1～58 の数値(ID)を割り振ったボクセルデータである。人体を一つの物体と扱うことなく、組織ごとに異なる物性値を入力することで、より正確なシミュレーションを行うことができる。図 3 に、このモデルを使った人体の断面図を示す。骨を白色に、その他の部分を、器官ごとに明るさの異なる灰色で示している。

本プログラムは、数値人体モデルデータの各ボクセルを、立方体のデータとして ANSYS LS-DYNA で読み込めるファイルに変換するプログラムであるが、特定の ID のボクセルのみ抽出する機能と、ボクセルをリサンプルする機能を付加した。前者は、器官ごとに異なる物性値を指定できるように、特定の器官のボクセルデータのみを抽出するために付加した。後者は、データ量過多

により ANSYS LS-DYNA への取り込みができなかったために付加した。

図 4 に、ANSYS LS-DYNA に取り込んだデータを示す。このデータは、骨データのみを、1 辺 6mm の立方体ブロックにリサンプルしたデータである。

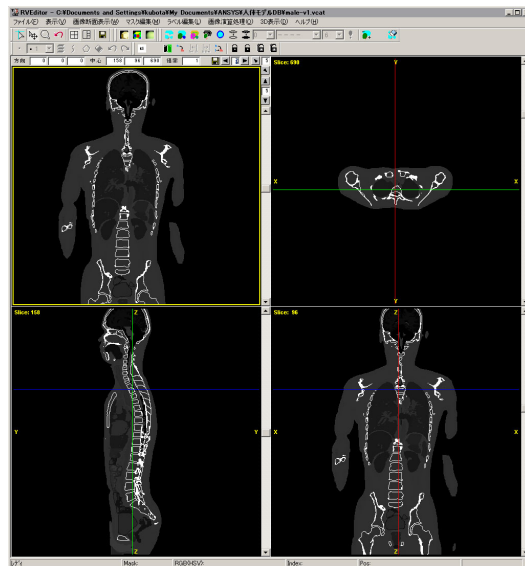


図 3 人体の断面図

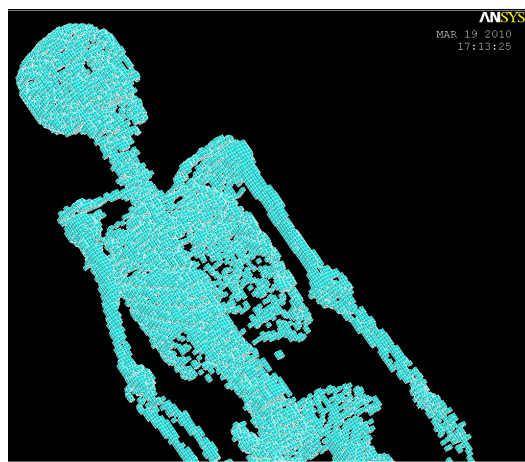


図4 ANSYS LS-DYNAに取り込んだデータ

3.2 モデルの姿勢の検討

LS-DYNA には、落下・衝突に対応した構造シミュレータであるため、人体の関節などを再現することができない。そこで、着座姿勢を再現するための検討を行った。

まず、球体で構成された人体モデルを Shade 9 で作成し、回転機能を使って着座姿勢に変形した(図 5)。このモデルを IGES フォーマットに変換し ANSYS LS-DYNA に取り込んだところ、個々の球体をボリウムとして取り込むことができず、エリアの集合体としてしか取り込めなかった。これ

は、複数の球体が重なる地点において無数の微小パッチが発生すること、球面を平面パッチに置換する際に誤差を生じパッチが連続しなかったことなどが原因と考えられる。

続いて、1 枚の自由曲面でモデルを作成し(下半身のみ:図 6)、ANSYS LS-DYNA に取り込んだところ、姿勢変形に伴う自由曲線の交差により、正常に読み込むことができなかった。

一方、すべて平面パーツで構築されたモデル(図 7)では、ボリュームとして認識することができた。しかし、このモデルでは、姿勢の変更を行うことができないため、さまざまな椅子の形状に対応することが困難である。

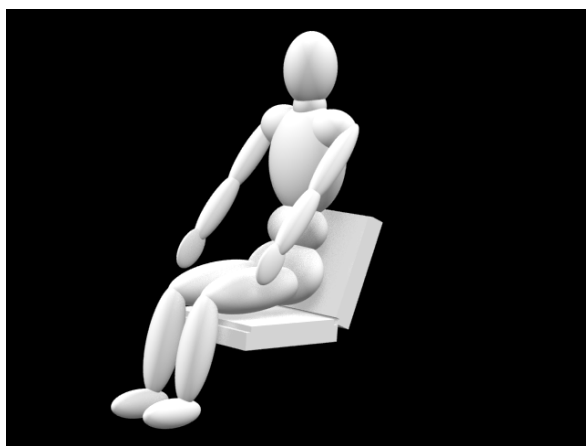


図 5 球体で構成されたモデル



図 6 自由曲面で構成されたモデル

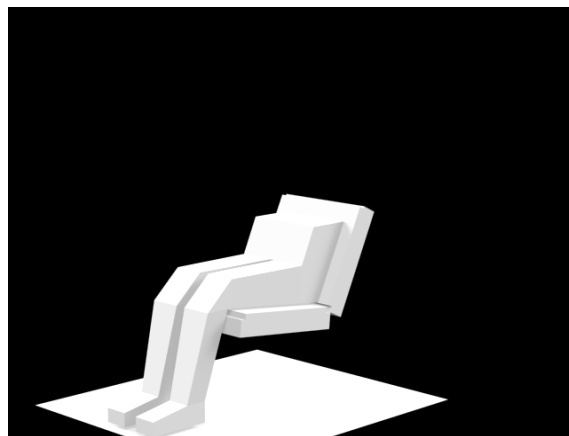


図 7 平面パーツで構成されたモデル

以上のことから、数値人体モデルデータを ANSYS LS-DYNA に取り込むには、

1. ボクセルデータを点データとして扱う。
2. 着座姿勢に変形する。このとき、各点の位置が逆転しないよう留意する。
3. 変形後の形状をボクセルデータに変換する。
4. ANSYS LS-DYNA に取り込める形式に変換する。

という手順を踏む必要がある。さらに、さまざまな椅子の形状に対応するには、これらの手順の自動化が必須になると思われる。

4. まとめ

椅子に座ったときの評価をシミュレーションで行うために、クッションとして利用されるウレタンのデータ化と、人体モデルの構築について検討を行った。

ウレタンは、必要なパラメータを求めることで、シミュレーションが可能になった。ただし、一般的なシミュレーションではメッシュサイズが細かいほど精度が高くなるが、ウレタンの場合メッシュサイズが細かいと計算がうまくいかないことがあることがわかった。

数値人体モデルは現状では姿勢制御に課題があり、今後、人体モデルの変形について調査を行い、シミュレーションを行っていく。

参考文献

- 1) 長岡 智明、櫻井 清子、国枝 悦夫、渡辺 聡一、本間 寛之、鈴木 保、河合 光正、酒本 勝之、小川 幸次、此川 公紀、久保田 勝巳、金 鳳洙、多氣 昌生、山中幸雄、渡辺 敏：日本人成人男女の平均体型を有する全身数値モデルの開発、生体医工学 Vol.40, No.4, pp. 239-246, 2002.