

## 仮想空間での製品の使い心地を評価するバーチャル・ヒューマンの構築

### 3S-3 その2 圧覚による心地評価のための人体特性の同定について

前川佳徳 西島千春 加藤恵麻

大阪産業大学 工学部 情報システム工学科

#### 1. はじめに

バーチャル・ヒューマンによって製品の使い心地を評価するには、バーチャル・ヒューマンが製品を使用する時の動作に伴う人体形状変化を忠実に表現し、それをを用いて人体と製品との接触状況をシミュレーションする。この時、接触面で得られる何らかの情報が、使い心地に関連してくると考えられる。

たとえば、椅子の座り心地評価の場合、椅子と臀部の接触面で臀部が受ける荷重分布が、座り心地に関係することが知られている。この場合、椅子の座面による臀部の変形解析を行うが、そのためには臀部の材料特性を必要とする。また、衣服の着心地を評価しようとする、衣服と人体各部の接触部での変形解析が必要で、この場合にも人体各部の材料特性が必要となる。したがって、製品の使い心地を評価するバーチャル・ヒューマンには、人体各部の変形解析のための材料特性値をデータとして持たせておく必要があるが、そのようなデータに関するものは見当たらない。そこで本報告では、人体の変形解析(圧覚による心地評価)のための材料特性を求める方法について提案し、実際に同定した材料特性値についても報告する。

#### 2. 人体の材料特性モデルとその特性値の求め方について

人体の材料特性と言う場合、皮膚や筋肉、脂肪部分で異なるし、各部位でも当然異なる。しかし、ここでの目的は、製品と人体表面との接触に伴う、主として圧覚をシミュレートするためのものである。

そこで、人体表面からあるものを押し付けた時のその部位の(皮膚や筋肉や脂肪等の各部分を含めた)平均的な材料特性が得られればよいと考え、その平均的な材料特性をゴムのようなものと仮定して、超弾性体(ムーニィ)モデルを採用することにした。

つぎに、人体の各部位における材料特性値(ムーニィ定数)を同定するには、簡易的に行えるアスカ-C<sub>2</sub>型ゴム硬さ試験器を用いることとし、それによって得られる人体各部の硬さ値とムーニィ定数との関係を、シミュレーションによって求めた。

アスカ-C<sub>2</sub>型ゴム硬さ試験器は、対象物に針を一定の力で押し付け、針の対象物への圧入深さを求めるもので、図1はそのアスカ-C<sub>2</sub>型ゴム硬さ試験器と被試験対象物をモデル化したものである。下部は、針の圧入に伴う被試験対象物の変形部を拡大して示している。

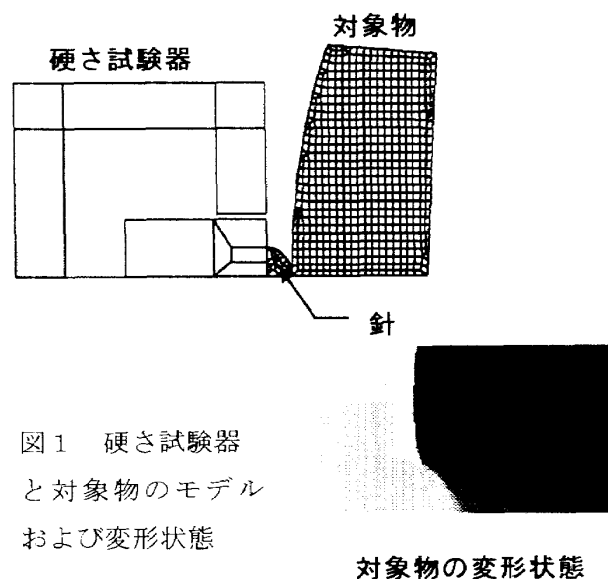


図1 硬さ試験器と対象物のモデルおよび変形状態

ここで、対象物はムーニィ材料とし、そのムーニィ定数を変えながら硬さ試験をシミュレーションすると、各ムーニィ定数に対応して針の圧入深さ(硬

さ値と対応)が求められる。この関係を事前に作成しておく、人体の各部について、硬さ試験器で得られる硬さ値から、その部位の材料特性値(ムーニ定数)を得られることになる。

なお、このようにして得られた材料特性値の妥当性を検証するため、輪ゴムによる人体各部位の締め付け法でもムーニ定数を同定し、比較検討した。この方法は、材料特性値が既知の輪ゴムを対象部位に装着し、それをモデル化したシミュレーションを行う。そこで、対象部位のムーニ定数を変えていきながら、装着時の輪ゴムの変形量(対象部位の変形量)の測定値と一致する変形結果が得られるムーニ定数を求めることによって、対象部位のムーニ定数を同定する。この方法の問題点は、輪ゴムを装着できる部位でないと適用できないことと、装着部位の全体の平均値が得られることである。

### 3. 同定された人体各部位の材料特性値

前述した2通りの方法によって、各部位のムーニ定数を同定した。測定は、複数の被試験者を対象とし、同一の被試験者でも日によって値が変わることを想定して、日時を変えて複数回行った。当然のことながら、測定結果はある範囲でばらついたが、得られたムーニ定数をばらついた範囲で表1に示す。

表1 人体各部の同定したムーニ定数

上腕	C10=7.2e-06 C01=1.8e-06	C10=2.0e-05 C01=5.0e-06
ウエスト	C10=1.1e-06 C01=2.9e-07	C10=1.6e-06 C01=4.0e-07
大腿部	C10=3.6e-06 C01=9.0e-07	C10=1.2e-04 C01=3.0e-05
ふくらはぎ	C10=1.0e-05 C01=2.5e-06	C10=1.1e-04 C01=2.8e-05

つぎに、2通りの測定方法で、得られた材料特性値を比較するため、平均値をアスカ-C<sub>2</sub>型硬さ試験器での針の圧入深さに換算して、表2に示す。これより、2通りの方法で得られた値がほぼ一致して

いることから、表1の同定されたムーニ定数は妥当性があるものとする。

表2 硬さ試験器の圧入深さに換算した結果比較

	輪ゴム装着	硬さ試験
上腕	2.0	2.1
ウエスト	2.4	2.2
大腿部	2.3	2.2
ふくらはぎ	2.0	1.9

(mm)

なお、次報で用いる臀部の材料特性であるが、硬さ試験器の圧入深さでみると、立位で2.5、座位で2.1であった。したがって、立位での材料特性はウエストに近く、座位での材料特性は上腕に近い。また、座位での材料特性の方が立位よりも硬いことが分かる。

### 4. おわりに

はじめにでも述べているが、人体と製品との接触状況をシミュレーションすることによって得られる何らかの情報が、その製品の使い心地と関連してくる。たとえば、椅子の座り心地に関しては次の報告で述べるが、椅子の座面と臀部の接触面での、臀部が受ける荷重分布が座り心地に関連してくる。

また、衣服による着心地については、衣服と人体各部の接触面での、人体側が受けるひずみ値が痛みレベルと関連してくる<sup>1)</sup>。

このように、製品の使い心地は、人体各部での圧覚に関連するところが大きく、その状況をシミュレーションするには、人体各部での材料特性値が必須である。本報告では、そのための簡便な方法として、材料特性を超弾性体(ムーニ)モデルとし、その値(ムーニ定数)をアスカ-C<sub>2</sub>型硬さ試験器で求める方法を提示した。また、求められた材料特性値の妥当性も検証した。

### 参考文献

- 1) 前川, 大西, 河崎, 石原: 情報処理学会第53回全国大会講演論文集(4), (1997), pp. 151-152.