

人体変形シミュレーションによる心地の評価

大阪産業大学工学部情報システム工学科 前川 佳徳

本研究の目的

圧覚・痛覚は人体がある物に接触した際、その接触状況によって感じられるものと考えられる。したがって、物体と人体との接触による人体側変形をシミュレーションすると、圧覚・痛覚による心地に関連する情報が得られる。本研究では、その試みのための変形シミュレーション手法と、心地評価手法について提案を行っている。また、それらの提案の妥当性を検証するため、椅子による臀部の変形シミュレーションと椅子の座り心地評価の結果を、実測結果と比較してみた。

人体変形シミュレーション手法の提案

人体各部を、骨や筋肉・脂肪・皮膚等を個別に考慮せず、均質なゴムのような塊（超弾性体）としてモデル化することを提案した。このモデルを用いて、物体との接触による人体各部変形を計算科学手法（有限要素法）でシミュレーションする。ここで、超弾性体モデルの変形解析には、その材料特性値（ムーニー定数）を必要とする。人体各部のその特性値を求める方法としては、アスカ-C₂型かたさ試験機により人体各部のかたさ値を実測し、そこからムーニー定数に置きかえる方法を提案した。かたさ値とムーニー定数との関係を求めるには、かたさ試験機のシミュレーションを行う。

Fig.1に、人体各部のムーニー定数を求めた結果を示す。複数の被験者でのばらつきを含めて表示しており、硬い部分ほどばらつきが大きい傾向が見られた。なお、前腕1,2,3,4は、前腕部の周囲方向の異なる4箇所を意味する。

心地評価手法の提案

ここで言う心地は、圧覚・痛覚による心地を指す。これらは、物体との接触による人体変形シミュレーションで得られる情報、たとえば接触面での荷重分布、人体側応力・ひずみ状態に関連するものとした。

Fig.2に、前腕での変形に伴うひずみ値と痛覚との関係を求めた結果を示す。この結果は、前腕部を帯状のもので締め付け、3段階の痛みレベルを被験者が感じた時のひずみ値を求め、その関係を作成したものである。痛みレベルとしては、

痛みレベル1：痛くはないが不快感を感じる

痛みレベル2：明確に痛みを感じるが、耐えることができる

痛みレベル3：耐えることができない痛み

とした。

この場合も、複数の被験者でのばらつきを含めて結果を表示しているが、各3段階でひずみ値の範囲に違いが見られ、3段階の痛みレベルをひずみ値で評価することは可能と考えられる。

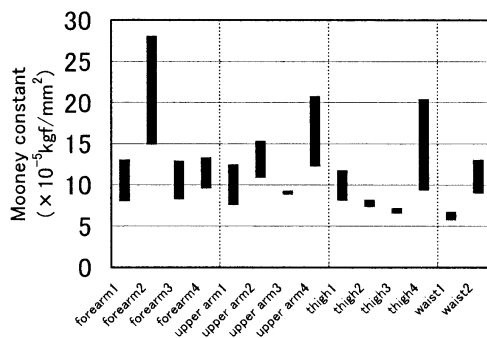


Fig.1 Experimentally obtained Mooney constants for each part of human body

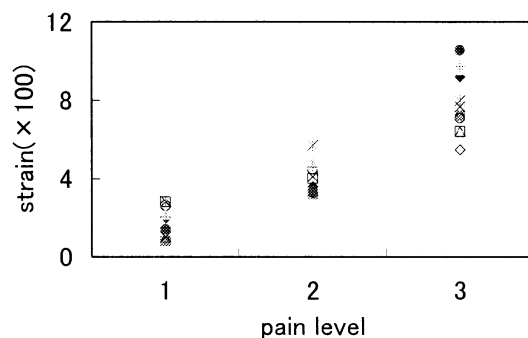


Fig.2 Relation between pain level and strain in deformation at forearm

バッグの紐による前腕部の変形シミュレーションと痛みレベル評価の例

Fig.3に、前腕部にバッグの紐をかけ、重さの異なるバッグを持った時の変形シミュレーション結果を示す。このように、変形シミュレーション結果のひずみ値から、Fig.2のデータを用いて、前腕が感じる痛みレベルを評価することができる。

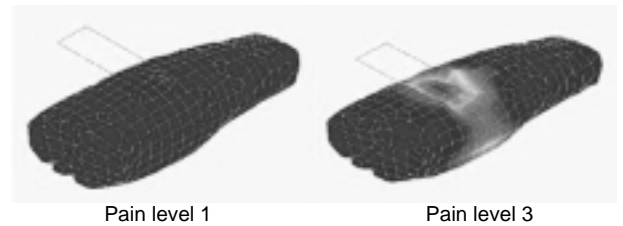


Fig.3 Simulation of contact deformation of forearm by the contact with band-handle of bag and evaluation of the pain level

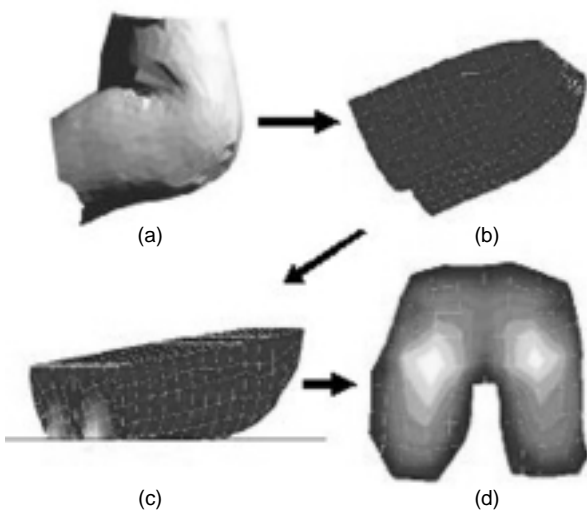
椅子による臀部の変形シミュレーションと椅子の座り心地評価

椅子による臀部の変形をシミュレーションする手順をFig.4に示す。座面での荷重分布の実測結果とシミュレーション結果の比較を行ったところ、よい一致を示した。したがって、臀部を均質なゴムのような塊（超弾性体）としたモデル化が、実務レベルで有用であることが検証された。また、かたさ試験機により、ムーニー定数を同定する方法の妥当性も検証されたと言える。

ただし、座り心地評価については、臀部の変形に伴うひずみ値を用いるよりも、荷重分布の様相（分布の勾配値）を用いる方がよいと結論された。Fig.5に、座り心地がよいと評価されたもの、悪いと評価されたものの例を示す。

今後の応用展開について

本研究の成果は、Fig.6に示すように、介護ロボットが被介護者をどのように持ち上げるとよいかなどのシミュレーションに役立つ。また、人体変形シミュレーションのみで考えると、医療分野への各種の応用が見込まれる。たとえば、乳癌の検診時と手術時では乳房の形状が変化するが、それを変形シミュレーションで関係付けると、検診時の病変部を手術時の姿勢での乳房形状に精度よく対応づけられ、患者の負担の少ない手術への支援を行えると考える。



(a) Shape of buttocks in sitting posture
(b) Finite elements subdivision
(c) Calculation of deformation of buttocks
(d) Load-distribution on the contact between buttocks and chair
Fig.4 Procedure of simulation for deformation of buttocks by the contact with chair

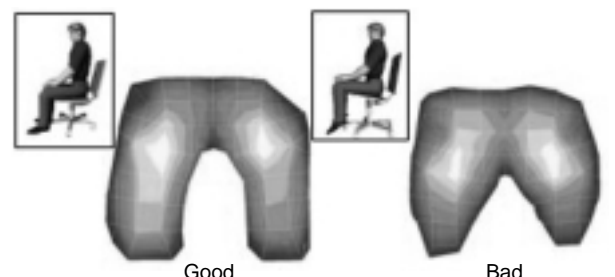


Fig.5 Simulation of contact deformation of buttocks by the contact with chair and evaluation of the comfortability



Fig.6 Application to the motion of nursing care robot