

製品使用時における指の変形と負荷に関する研究

澤島秀成^{*1)}, 杉山陽二^{*2)}

Finger Deformation and Load Feature in Operating Product

SAWASHIMA Hidenari^{*1)}, SUGIYAMA Yoji^{*2)}

ユニバーサルデザインを含めた人にやさしい製品設計・デザインを実現するにあたっては、ユーザの身体寸法や力量に配慮するだけでなく、実際にユーザが製品を使用する際の、製品との接触部における人体形状の変化について考慮する必要がある。

本研究では、有限要素法による3次元構造解析を用いて、製品使用時における手指の形状変化の状態を把握する手法を検討した。また、日用品の操作の中で特に指の変形が起こりやすい「蓋の開封操作」について、その操作角度の変化による指の形状変化、負荷特性、ひずみエネルギー等のデータを取得し、その最適使用の角度について考察を行った。

1. 緒言

人間工学の重要な役割の一つに、人間の身体形状や寸法、力量等を基にした製品設計支援がある。このことより従来から人間の身体寸法¹⁾や体力²⁾のデータベース等が整備されてきた。しかし、実際の製品使用の際には、さまざまな制約・条件の下で、体の形状が変化している場合も多い。また、その体の部位の形状の変化によっては、製品の使いやすさや負荷に悪影響を与えている場合も多い。

一方、特に手や指などの小さい部位の形状変化の場合は、その変形や負荷の特性が把握し難く、その変形を配慮した設計・デザインは困難である。その結果、それらの形状変化については、設計やデザインに資するためのデータが存在せず、したがって、設計者やデザイナーの勘に頼っているのが現状である。

本研究では、有限要素法による3次元構造解析を用いて、製品使用時における手指の形状変化の状態を把握する手法を検討した。また、日用品の操作の中で、特に指の変形が起こりやすい「蓋の開封操作」の形状変化について、その操作角度と指の負荷特性、ひずみエネルギー力等との関係についてデータを取得し、それらについて考察した³⁾。

2. 実験方法

2.1 解析モデル

第一指の解析モデルは図1に示すような表皮、真皮、皮下脂肪の3層構造及び骨部とし、縦弾性係数は表皮 0.136 MPa、真皮 0.080 MPa、皮下組織 0.034 MPa⁴⁾及び骨部 1.7×10^4 MPaとした。また、ポアソン比については、表皮、真皮及び皮下脂肪は 0.48、骨は 0.4 とした。

有限要素解析には MSC 社の Marc を用いた。解析条件

については、超弾性体⁵⁾を用いる場合もあるが、変位が比較的小さい⁴⁾ことから弾性体による線形解析とした。また、制約条件としては骨及び爪部分の変位を固定した。

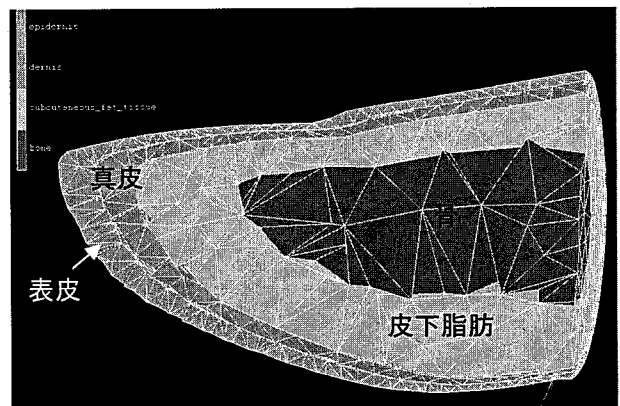


図1 第一指の3次元モデル

2.2 解析のケース

解析のケースとしては、図2に示す容器の蓋に、第一指を押しつけた後に、上方向に持ち上げて開封する場合について検討した。

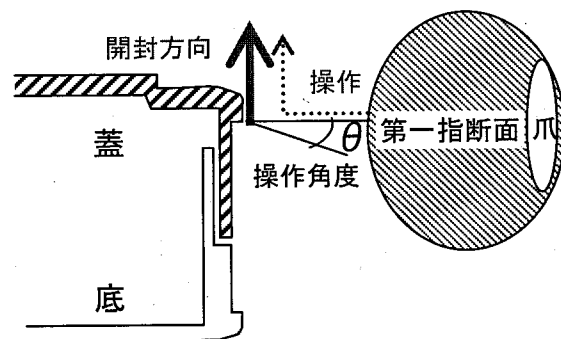


図2 蓋操作の解析モデル

^{*1)}機械・電子・情報技術チーム ^{*2)}有限会社 サン・デザイン・プロダクツ

2.3 操作角度および負荷の検証

操作角度 (図1における θ) については, 0 deg から 10, 20, 30, 40 deg まで変化させ, その時の応力の分布及び変形について調べた. また, 実際にモックアップを操作した時の指にかかる負荷データをグローブスキャンシステム (株)ニッタ製) により取得し, 解析によって得られた負荷特性と大きな相違がないことを確認した.

3. 結果及び考察

3.1 操作角度による応力分布・変形の違い

操作角度 0 deg, 20 deg 及び 40 deg における, 蓋の開封方向への力が 1 N 付近の相当応力分布及び変形について図3から図5に示す.

0 deg の場合は, 蓋の突起部に指が広くあたることから, 応力が分散される一方, 変形が非常に大きくなった. また, 20 deg の場合は, 蓋のエッジ部からの集中応力となるが, 変形は比較的小さくなった. さらに, 40 deg の場合は, 蓋の下部側面に指が当たることから, 応力は分散される一方で, 側面からの負荷による応力及び変形も無視できないことが分かった.

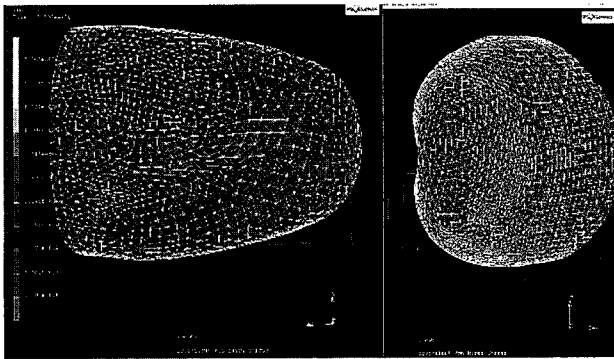


図3 操作角度 0 deg の相当応力分布及び変形

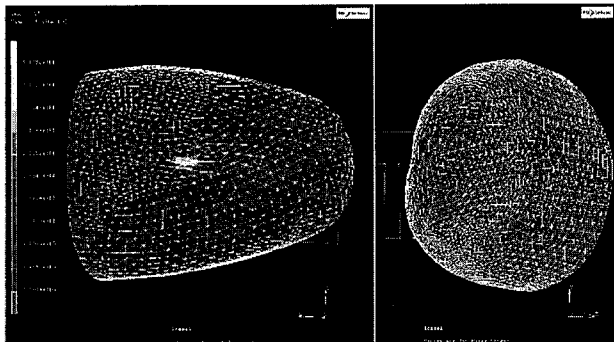


図4 操作角度 20 deg の相当応力分布及び変形

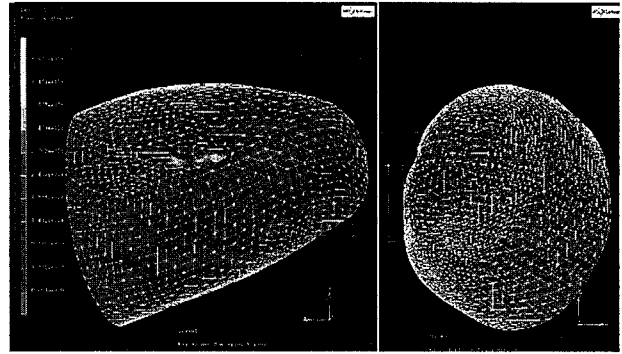


図5 操作角度 40 deg の相当応力分布及び変形

3.2 操作角度によるひずみエネルギーの違い

開封方向への荷重とひずみエネルギーの関係について, 図6に示す.

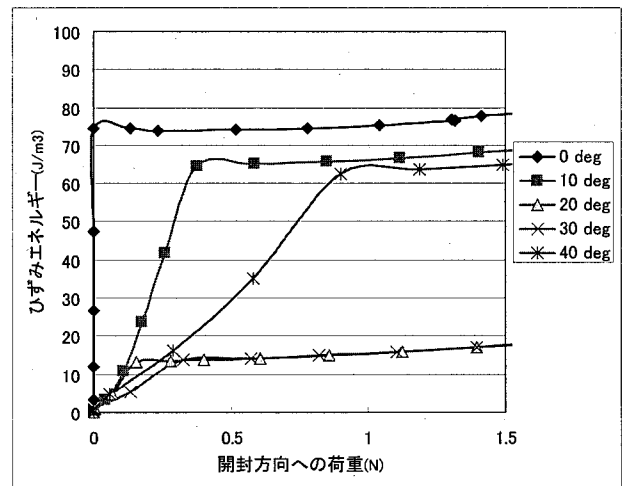


図6 操作角度とひずみエネルギーの関係

特に, 20 deg 及び 30 deg の場合のひずみエネルギーが他に比べて非常に小さくなり, 40 deg で再び上昇することが分かった. 40 deg の場合は, 蓋の下部側面から蓋の突起部にかけて指が当たっていくことにより, 下部側面からの応力及び変形が, 指に対する負荷となることが分かった. これらのことから, 指の変形を考慮した負荷特性については, 操作角度が 20 deg 及び 30 deg において, 応力集中が起こる一方, 変形による負荷は比較的少ないことが分かった.

3.3 指の各層に対する負荷

操作角度と各層の負荷の関係について, 図7に示す. どの操作角度においても皮下脂肪に対しての負荷が大きく, また, 操作角度 20 deg 及び 30 deg においては, 皮下脂肪と真皮に対する負荷が大きく減少した.

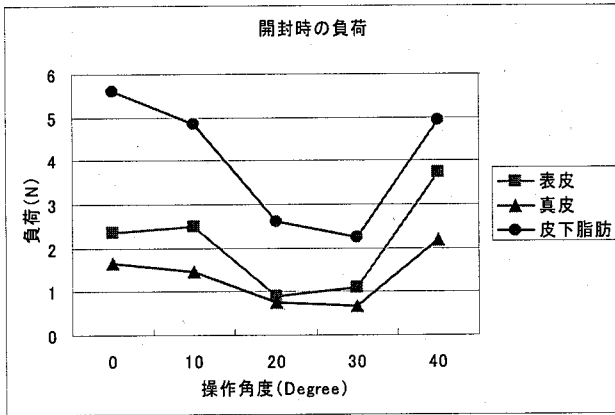


図7 操作角度と各層への負荷の関係

4. 結言

今回の解析は、蓋の開封操作における操作角度をもとに、指の変形及び応力の違いを調べた。その結果、指の変形や負荷が特に低い操作角度が存在したことから、そのような角度での操作を誘導（制約）するデザインが必要であることが分かった。さらに今後、指と製品における摩擦抵抗や触覚などについても考慮していく必要がある。

謝辞

本研究を進めるにあたっては、特に構造解析の手法において、繊維・高分子技術チームの西村敬一氏（囑託）にご指導をいただきました。

参考文献

- 1) 日本人の人体計測データ Japanese body size Data : (社) 人間生活工学研究センター(1997)
- 2) 新・日本人の体力標準値：東京都立大学体力標準値研究会編,(株)不昧堂出版(2000)
- 3) 澤島秀成, 杉山陽二：日用品の操作と指の形状変化に関する研究, 平成20年度日本人間工学会関西支部大会講演論文集, pp.97-98(2008)
- 4) 前野隆司：触覚のモデリングと有限要素解析, Vol.9(2),pp.72-76(2004)
- 5) 斉藤昭, 小川哲史, 阿部圭子：彫込取っ手の使いやすさ予測のための指先変形挙動解析, 松下電工技報, Vol.55(4),pp.60-64(2007)