

遺伝的アルゴリズムによるボトル形状の最適化とデザインに関する研究

日大生産工(院) 萱野さやか フリーランス 熊谷正徳
日大生産工(院) 島田英里子 日大生産工 三井和男

1 はじめに

近年、コンピューターが急速に発達したことにより、建築設計の分野やクルマ・プロダクト等のものづくりの分野、デザインの分野で幅広くコンピューターが使われるようになってきた。以前は全て手作業であった図面を描く作業も、CAD等を用いて描くことが可能となった。手作業だけでは実現することが困難であったデザイン案も制作可能となりデザインの幅が広がった。

コンピューターを使ったデザインの手法の中にコンピューターショナル・デザインという手法がある。コンピューターショナル・デザインとは、プログラミングなどによって形態を生成したり、物理シミュレーションなどによって形態を発見したりする手法である⁽¹⁾。この手法を用いることで手作業だけでは困難であった、環境や構造の解析データ等の様々な情報が考慮されたデザインや設計が可能となった。

本研究では、コンピューターショナル・デザインの手法を用いた多目的最適化による形状デザインのプロセスを示し、実問題への応用を行うことでこの手法の有用性を示す。

2 多目的最適化問題

本研究では、コンピューターショナル・デザインの手法を基に多目的最適化問題を取り扱っている。多目的最適化問題とは「複数個の互いに競合する目的関数を与えられた制約条件の中で何らかの意味で最小化(最大化)する問題」と定義されている⁽²⁾。多目的最適化問題では、複数の評価基準が互いに競合するトレードオフの関係があるため、単一の最適解を得ることは難しい。そのため、多目的最適化ではパレート最適解という別の概念を用いて多点探索を行い、一度にたくさんの解を求める。

デザインをする際には、多様な条件を考慮し、その制約内で形態を決定していく。多目的最適化をデザインに利用することで、ある条件や制約を満たす最適な形態を発見することができる。

3 ボトル容器の形状最適化

本研究では実問題への応用例として、水を注ぐ把手付きボトル容器の形状最適化問題を取り扱う。ボトル容器の扱いやすさには様々な要因があり、使用者の主観的な判断によって評価される。本研究では、客観的に評価が可能な、把手にかかる力のモーメントを扱い、最適化を行った。把手にかかる力のモーメントを最小化することにより、従来のボトル容器よりも把手にかかるモーメントが小さくなり、負担を軽減できると考えられる。

4 解析概要

初めに、上面・中間断面・底面となる曲線を生成し、その曲線を補完して曲面を生成する。遺伝子のパラメータは各曲線の制御点の座標とした。初期の曲線は楕円であり、その比率とボトル容器の高さ、把手の位置座標は任意に指定することが出来る。

ボトル容器で水を注ぐ際、ボトルの傾きに応じて水が注がれ、重心位置は変化する。本研究では「0度傾けたとき(持ち上げたとき)」、「15度傾けたとき」、「30度傾けたとき」、「45度傾けたとき」の4つの状態での、把手にかかる力のモーメントを最小化する。また、目標体積の設定も行い、3000ml~3500mlの範囲内とした。

ボトル容器で水を注ぐ際には、把手側よりも注ぎ口側に重量が寄っている方が注ぎやすいと考えられるため、どの角度に傾けたときでも水の重心位置が把手の位置より注ぎ口側にある状態になるようにアルゴリズムを生成した。

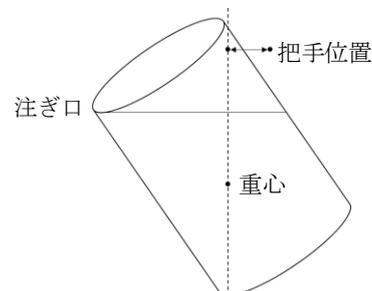


Fig. 1 把手位置と重心との距離関係

Bottle-Shape Optimization and Design by Using Genetic Algorithm

Sayaka KAYANO, Masanori KUMAGAI, Eriko SHIMADA and Kazuo MITSUI

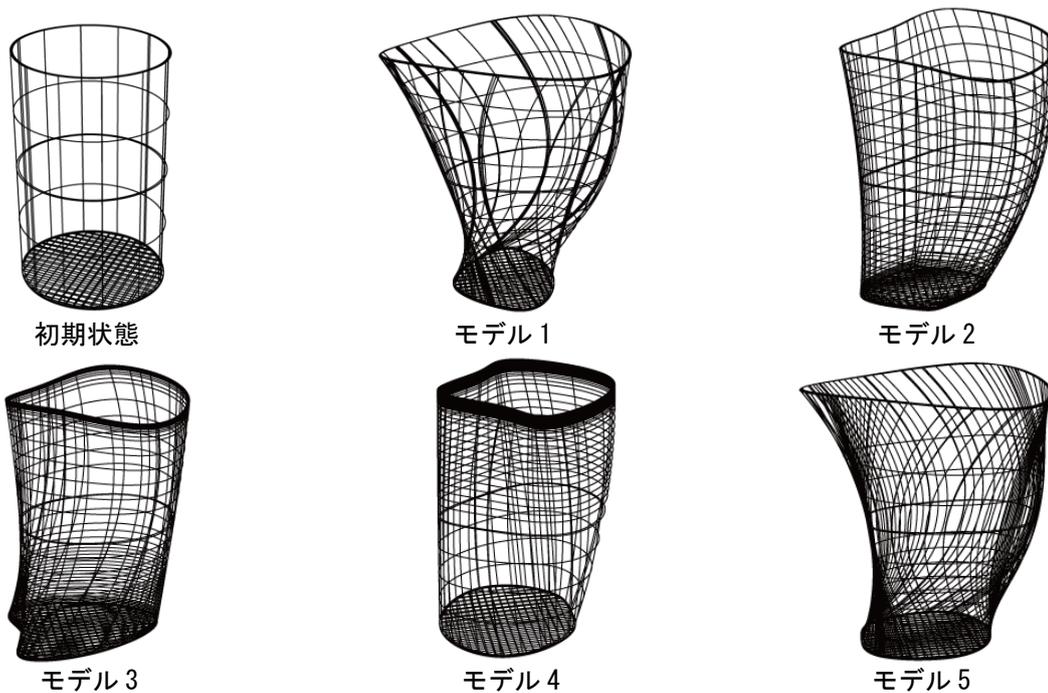


Fig. 2 初期状態と最適化後のボトル容器の形状

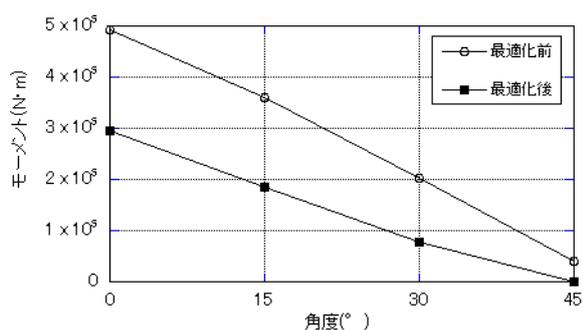


Fig. 3 最適化前後のモーメントの変化(モデル1)



Fig. 4 ボトルの形状

5 解析結果

Fig. 2は初期状態と最適化後のボトル容器の形状である。初期では楕円形状であったが、世代を重ねるごとに変化し、100世代目に得られた解の中で条件を満たした形態を抜粋して示している。

Fig. 3はモデル1における、最適化前後の把手にかかるモーメントの変化を示している。最適化前に比べ、最適化後のモーメントは減少した。また、どの角度に傾けたときでも水の重心は把手の位置よりも注ぎ口側にある。目標体積も設定の範囲内に収まっている。Fig. 4はモデル1のボトル容器に実際に把手を付けた形状である。

6 まとめ

本研究では、コンピューテーショナル・デザインの手法を基に、把手付きボトル容器形状の多目

的最適化を行った。解析の結果、たくさんのパレート最適解を得ることができた。得られた解の中から、より把手にかかるモーメントが小さい解を選び、3Dプリンターで出力した。最適化したボトル容器と従来のボトル容器を比較し、実際に注ぎやすさの評価を行う。

【参考文献】

- 1)熊谷正徳,「SPEA II とグラフィカル・アルゴリズム・エディターによる形状最適化に関する研究」, 日本大学大学院 生産工学研究科 数理情報工学専攻 修士論文, (2014)
- 2)渡邊真也,「遺伝的アルゴリズムによる多目的最適化に関する研究」, 同志社大学大学院 工学研究科 知識工学専攻 博士論文, (2003)