

# **PET Bottle Shape Design Support System Using Taguchi Method for Aesthetic Kansei Robustness**

February 2013

A thesis submitted in partial fulfilment of the requirements for the degree of  
Doctor of Philosophy in Engineering



**Keio University**

Graduate School of Science and Technology  
School of Integrated Design Engineering

**Khusnun Widiyati**

## ABSTRACT

現在、製造業は機能的製品の大量生産から高い美的価値を付与した製品の少量生産へと推移している。この現象は近年、顧客が機能的観点からのみでなく、美的観点からも製品を検討していることを示す。しかしながら、顧客の美的価値観は彼らの感情に頻繁に影響を受ける。さらに、感情とは曖昧で時間とともに変化するため簡単に定量化することができないものである。これは、顧客の感情の不一致により、設計者が製品イメージを搾り出すことが難しいことを示す。結果として、顧客の感情を理解しやすい設計要素に定量化することは不適切である。

本論文では、顧客の感情の不一致を考慮することにより、美的製品に対する感性を高めるという点において設計者を支援するためのロバスト設計手法の方法論を提示する。本手法はタグチメソッドのロバスト性の原理を利用する。タグチメソッドのロバスト性は、本研究においてペットボトル形状の設計に適用される美的設計解のロバスト性の定量的分析に適用される。データの特性が異なるため、タグチメソッドの SN 比は美的設計に適用する際に不相当である。よって本研究は美的設計のための新しい SN 比式を提案する。また、美的設計のためのロバスト設計手法における新しい SN 比式の有効性とロバスト性を確認する。

さらに、市場における高美的製品の強い要望から、提案したロバスト設計は比較的短い生産時間である必要がある。現在の CAD 技術は製品の機能的要素に重点をおいているため、設計者にとって、CAD での製品開発段階で感情を具体化させることは難しい。この問題に対処するため、本研究は提案ロバスト設計手法を商用 CAD に統合する段階的手法も提案する。また、生成された美的ペットボトルモデルの性能を評価するためにいくつかの評価手法を提案する。商用 CAD のために、美的ペットボトルモデル生成の設計自動化を備える新しいシステムを開発する。開発するシステムは生成された美的ペットモデルの性能を分析する評価機能を備えている。

開発された CAD システム、美的ペットボトル生成の自動化そして評価は、設計者の美的意図を満たす美的ペットボトルモデルを生成するかどうか検査された。自動化モードによりリードタイムと、手動設計の際にしばしば生じる人為的ミスは効果的に減少する。また、生成した美的ペットボトルモデルを用いた検証実験を実施し、明確な結果により、評価手法の有効性を確認した。

## **ABSTRACT**

There is currently a shift in manufacturing from mass-production of functional products to small-sized production of high aesthetic value-added products. This phenomenon indicates that nowadays customers consider products not only in terms of their functionality but also their aesthetics. Unfortunately, customers' aesthetic values are often influenced by their emotions. In addition, emotion is something that cannot be quantified easily, because it is something that is vague and often fluctuates over time. This shows that due to the inconsistency in customers' emotions, it is difficult for designers to extract product image. As a result, quantification of customers' emotions into understandable design elements becomes inappropriate and incorrect. In this study, this dissertation presents a methodology for a robust design method for assisting designers in enhancing the feeling quality of aesthetic products by accommodating inconsistencies in customers' emotions. This method utilizes the robustness principles of the Taguchi method. The robustness of the Taguchi method is applied for quantitatively analyzing the robustness of an aesthetic design solution which is applied in this study to the design of PET bottle shapes. Due to the different characteristics of the data, the Taguchi  $S/N$  ratio is inappropriate when applied to aesthetic design. This study also proposes a novel  $S/N$  ratio formula for aesthetic design. The study confirms the effectiveness and robustness of the novel  $S/N$  ratio formula in the robust design method for aesthetic design.

In addition, due to the strong demand for high aesthetic products in the market, the proposed robust design must also have a relatively short production time. The current CAD technology focuses on the functional elements of a product, and therefore it is difficult for designers to externalize their feelings during the product development stage in CAD. To address this issue, the study also proposes a step-by-step method to integrate the proposed robust design method in a commercial CAD. Several evaluation methods are also proposed to evaluate the performance of the generated aesthetic PET bottle models. A new system is developed for commercial CAD to provide design automation for aesthetic PET bottle model generation. The system is equipped with evaluation features to analyze the performance of the generated aesthetic PET bottle models.

The developed CAD system, automation of aesthetic PET bottle generation, and evaluation have all been tested to generate an aesthetic PET bottle model that satisfies the designer's aesthetic intentions. The automation mode effectively reduces the lead-time, as well as human-related failures, which are common during manual design. Experiment validation with the generated aesthetic PET bottle model was carried out to confirm the effectiveness of the evaluation method, with positive results.