

(12) 遺伝的アルゴリズムによる感性を考慮した 設計の遺伝と進化に関する研究

A Study on Heredity and Evolution of Designs Considering KANSEI by Using Genetic Algorithms

勝山 信之* 山川 宏**

Nobuyuki KATSUYAMA, Hiroshi YAMAKAWA

A new concept on the heredity and evolution of designs was proposed and an optimum design method based on the concept was developed newly by one of the authors. Several kinds of needs for designs may exist and users of some products are not satisfied with the functions of the products but also with their sensuous beauties or impressions of shapes and materials. The Kansei designs, called in Japan have become of interest and important lately. Here in this study we introduce the same concept on heredity and evolution of designs and present a general design method to consider the Kansei into designs by making use of SD (Semantic Differential) and the genetic algorithms. Front view designs of a car are taken as numerical examples and the effectiveness of the proposed method is examined.

key words: Design Engineering, Heredity, Evolution, Optimum Design,
Genetic algorithms, Kansei, Semantic Differential

1. はじめに

各種製品の設計は、新しい製品が誕生する度に变化している。この変化の際、通常、全ての設計が変更されて全く新しい製品が誕生するということは少なく、以前の設計が基準となり、多少の新規性を打ち出して製品化されることが多い。そこで一つの製品に着目し、その設計が、以前の設計を基に、取り巻く環境やニーズに応じて、時間と共にその一部が受け継がれ、また一部に変更が加えられるものと考え、その過程を自然界の生物の変遷過程に置き換えて考えてみると、いわば“設計の遺伝”、あるいは“設計の進化”といった考え方が可能であろう。筆者の一人は、このような考え方にに基づき自律分散的な階層構造に設計システムをモデル化して、各層に遺伝的アルゴリズムを適用して、設計の遺伝と進化をシミュレートする方法を提示した。⁽¹⁾

ここで、設計を取り巻くニーズにはいろいろなものがあるが、本研究では、人間の“感性”に注目した。現代において人々は、製品がその機能を満たしているだけでは満足せず、それぞれにとってイメージの良いもの、すなわち“感性”に合うものを求めている。したがって、感性に適応する設計がますます重要になって来ていることを考え、本研究では、上述のような設計の遺伝、進化という考え方のもと、生物遺伝をシミュレートした遺伝的アルゴリズム (Genetic Algorithms) の適応度に感性評価を用いることにより、設計が人間の感性に応じて変遷していく過程をモデル化し、新しい設計を産み出すアルゴリズムを提示することを目的とする。感性評価には、対になった形容詞群により人間の感情を定量的に把握するSD (Semantic

* 早稲田大学大学院 理工学研究科機械工学専攻 (〒169 東京都新宿区大久保3-4-1)

** 工博 早稲田大学教授 理工学部機械工学科 (〒169 東京都新宿区大久保3-4-1)

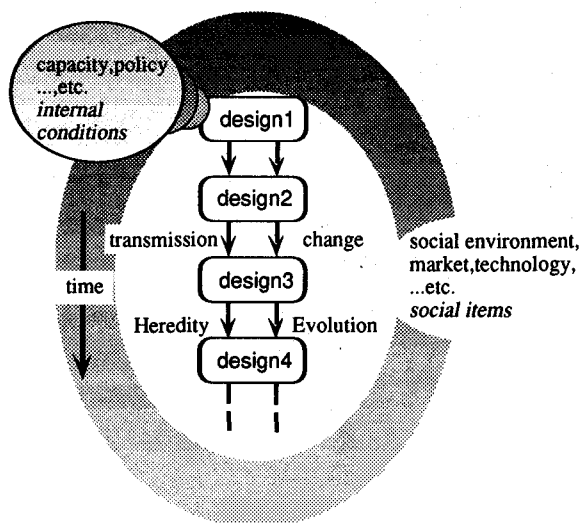


図1 設計の遺伝と進化

せ、それを一つの世代と考えることが出来る。すなわち、現在ある設計は、過去の数世代の交代の結果として与えられるものとみなす考え方も可能であろう。

2. 2 設計の遺伝、進化

上述のように、設計はいろいろな条件を受けて変更されていくが、その際の各世代間の情報の伝達を“遺伝”、またその結果をある評価基準に照査して、改良が加えられたものを“進化”とみなすことを考える。

3. 遺伝的アルゴリズム

3. 1 遺伝的アルゴリズムの概要

遺伝的アルゴリズムは、生物の遺伝および進化をシミュレートしたもので、最適化問題にも適用できるアルゴリズムである。

生物は種の保存のために長い時間をかけて繁殖や淘汰を繰り返しながら個体を作り上げている。この過程が交配、突然変異、自然淘汰などからなる自然界が作り出した複雑な営みから成り立っている。遺伝的アルゴリズムはこのような過程を簡単な数理モデルに置き換えてシミュレートしたもので、最適化のアルゴリズムとして考えた場合、複雑な感度計算などを必要とせず、また大局的な最適化の探索にも従来の解法よりは向いていると考えられ、組み合わせ最適化問題を中心に工学的問題に対しても応用されている。その中で特に設計に関係する研究の例を挙げると、最適設計に関する応用⁽⁴⁾⁽⁵⁾、概念設計に関する応用⁽⁶⁾などがある。遺伝的アルゴリズムに関しては、アルゴリズムそのものに対する研究も多く行われており、いろいろな方法が提示されているが、ここでは基本的な考え方を示す。

3. 2 遺伝的アルゴリズムの基本的考え方

生物遺伝の理論によると、生物の性質を支配する情報は染色体（Chromosome）の中に蓄えられている。染色体の上には遺伝子（Gene）が一定の順序に並んでおり、この染色体上での位置を遺伝子座（Locus）と呼び、遺伝する情報の性質を決定する。そしてその遺伝子が情報の内容を伝達する。

遺伝的アルゴリズムでは、システムを遺伝子に相当するいくつかの文字列で構成されている個体として表現する。この個体が染色体に相当し、最適化問題の情報を決定する。この個体について次のような遺伝的操作を加える。

Differential）法による分析結果を用い、設計者自身の感性評価も加味できる方法を提示した。そして例題において、自動車のモデルチェンジ時のフロントビューの感性設計を対象として、提示した方法の有効性を検討した。

2. 設計の遺伝、進化

2. 1 設計の世代

長期にわたって生産されている製品は、そのデザインや性能等に、何代かにわたって変更や改良が加えられているものが多い。一般にこれらの変更はユーザのニーズの変化や同種他製品との競争、社会的環境の変化など、様々な内的、外的要因によって影響をうけて行われる。

設計が変更や改良を加えられていく過程で同一状態の設計を一つのまとまった個体と考えると、いわゆる“設計の世代”なる概念が存在しよう。つまり設計の各状態に一つの時系列を対応さ

- (1) いくつかの個体で集団を形成する。
- (2) 個体の特性を評価して適応度 (Fitness) を計算しこの値を参考として選択、淘汰を行う。
- (3) 集団の中で、個体間の交配(Crossover)を行う。具体的には、文字列の一部を入れ替える。

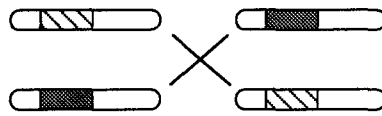


図 2. 交配

- (4) 突然変異 (Mutation) をおこし、個体の多様性を保持し局所解に陥るのを防ぐ。

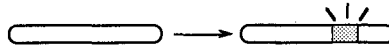


図 3. 突然変異

- (5) 1 から 4 の過程を繰り返し、システム全体の評価を向上させる。

3. 3 遺伝的アルゴリズムの最適設計への応用

単一目的の最適設計問題は、多くの場合、次のように定式化される：

Find

$$X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\} \dots \text{design variables}$$

to minimize

$$f(X) = f(x_1, x_2, \dots, x_n) \dots \text{objective function}$$

subject to

$$g_j(X) = g_j(x_1, x_2, \dots, x_n) \leq 0 \dots \text{constraints}$$

遺伝的アルゴリズムを最適設計に応用するためには、

設計変数 $\leftrightarrow$ 遺伝子を表す線列，目的関数 $\leftrightarrow$ 適応度

の対応を考え、制約条件は、例えばペナルティー関数を設けて目的関数の中に入れておけばよい。こうすれば数回の繰り返しの後、新しい世代を表す線列が最適な設計変数を示す。

4. 感性に適應する設計の進化に関するシミュレーション法の提示

ここで感性に適應する設計の遺伝、進化を遺伝的アルゴリズムを用いてシミュレートする一つの方法を提示する。

4. 1 製品の遺伝子へのコーディング

遺伝的アルゴリズムを適用するために、製品を文字列で表現する。今回のシステムでは一つの設計要素を 1 つの文字で遺伝子として表し、その数列で染色体をなす。

4. 2 感性を考慮した適応度評価

本研究では、感性に適應して設計が進化していく過程をモデル化するにあたり、その適応度を数値化するために、SD 法による分析と多変量解析による感性工学的アプローチのを行った。その手順をごく簡単に以下に示す。

(1) SD 尺度の構成

対象となる製品についてのイメージ形容詞を集め、その反対語とともに感性の意味空間を測定できるように SD 尺度を構成する。

(2) 感性評価実験

被験者に、対象となる製品を先に作成した SD 尺度で評価させる。

(3) 設計要素と感性の関係の解析

(2) で得られた SD 尺度の平均点を外的基準として、数量化理論第 I 類による分析を行い、設計要素の感性

への影響を解析する。

こうして得られたそれぞれの感性和設計要素との関係をもとに、遺伝的アルゴリズムの適応度の評価を行う。すなわち、感性により合っている設計要素が選択される。

4. 3 感性に適応する設計の進化に関する

シミュレーション法

ここで提示する方法は前節のSD法の感性評価に基づき、設計者自身の希望する感性評価をも適応度の中へ考慮できる方法を採用した。提示する方法のフローチャートを図4に示す。すなわちSD法による評価と設計者自身の評価の両方が重みを付けて適応度の中に算入できる方法を採用した。製品を表す染色体に、この適応度の評価を含めたGA操作による最適化を繰り返した後、新しい世代、すなわちユーザの求める感性に適応した設計が決定される。

5. 数値計算例

ここで自動車のモデルチェンジ時におけるフロントビューの感性設計を例として取り上げ、以下に数値計算例を示す。

設計パラメータには、自動車のフロントを顔面相似形と見たときに、目鼻立ちや輪郭に相当する主要要素だけを採用した。自動車を表す染色体を図5に、設計パラメータを表1に示す。

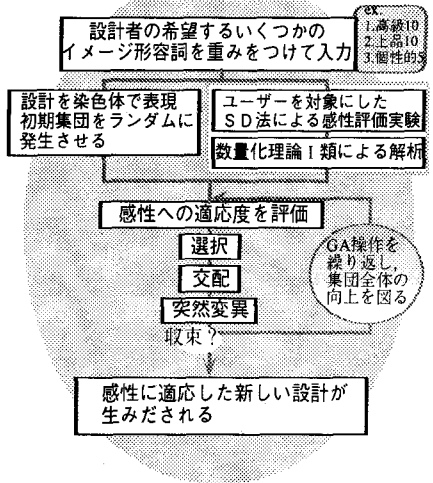
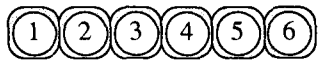


図4 感性に適応する設計の進化に関するシミュレーション法



- 1 headlight
- 2 grille
- 3 roundness of hood
- 4 thickness of body
- 5 headshape
- 6 bumper

図5 自動車の設計染色体

表1 設計パラメータ

design variables(categories)	genes(items)
headlight	retractable,large,small,round
grille	large,medium,small,grilleless
roundness of hall	round,medium,square
thickness of body	thick,medium,thin
head shape	streamlined,slanting,vertical
bumper	in a body,projecting

4. 2に示した手順に乗っ取り、自動車のフロントビューに関するイメージ形容詞を集め、因子分析にかけ、相関の高いものを削るなどしてSD尺度として20組の形容詞を用意した。これを図5に示す。

感性評価実験は、大学生、大学院生の男女合わせて30名を被験者として、24台の自動車を見せ、作成したSD尺度で評価させた。この感性評価の数量化理論I類による解析結果の一例として“速い—遅い”という感性への設計パラメータの及ぼす影響を図6に示す。ここから、“速い—遅い”というイメージには、フロントの先端形状が最も影響を与え、さらにその形状が流線型のものほど“速い”というイメージを、逆に垂直型のものが“遅い”イメージを与えているというように、それぞれのイメージ形容詞の表す感性和設計要素との関係を読み取ることができる。このように求めたそれぞれの感性和設計要素との関係に基づき、希望する複数のイメージに対し、総合的に最適な設計を4. 3の手法で生み出す。その例として、“かわいさ”、“上品さ”、“個性的”というイメージを同時に、同じ重みで重視した自動車のフロントビューの設計の変遷を図7に示す。

	か な り	ま ま ま ま	ど ち ら か な い	ま ま ま ま	か な り
1. 速い	■	■	■	■	遅い
2. 高級な	■	■	■	■	大衆の
3. 動的な	■	■	■	■	静的な
4. 温和な	■	■	■	■	冷たい
5. 重厚な	■	■	■	■	軽快な
6. 男性的な	■	■	■	■	女性的な
7. 可愛い	■	■	■	■	可愛くない
8. 上品な	■	■	■	■	下品な
9. 洗練された	■	■	■	■	荒削りな
10. 個性的な	■	■	■	■	個性的でない
11. こってりした	■	■	■	■	あっさりした
12. 粹な	■	■	■	■	野暮ったい
13. おしゃれな	■	■	■	■	おしゃれでない
14. 若々しい	■	■	■	■	若々しくない
15. 気軽な	■	■	■	■	格式ばった
16. 落ち着きのある	■	■	■	■	落ち着きのない
17. スポーティーな	■	■	■	■	スポーティーでない
18. 遊び心のある	■	■	■	■	遊び心のない
19. 便利な	■	■	■	■	不便な
20. 目立つ	■	■	■	■	目立たない

item	category	partial correlation	score		
			slow	0	fast
headlight	retractable	0.563			
	large(square)				
	small(square)				
	round				
grille	large	0.300			
	medium				
	small				
	grilleless				
roundness of hood	round	0.485			
	medium				
	square				
thickness of body	thick	0.485			
	medium				
	thin				
head shape	streamlined	0.773			
	slanting				
	vertical				
bumper	in a body	0.602			
	projecting				

0th design generation

30th design generation

50th design generation

80th design generation

図7 かわいらしい、上品な、個性的なといったイメージを重視した設計の変遷

6. 結言

- (1) 設計の時間的変遷を時系列的に把握し、同種の設計が残る部分を“設計の遺伝”，変更を受け変化している結果を“設計の進化”とみなす考えに基づいて感性設計の方法を研究した。
- (2) 設計要素が感性にどれだけ影響を与えるかを感性工学的手法により解析し、得られた感性評価を遺伝的アルゴリズムの適応度の評価に用いることによる、感性に適応する設計の進化のシミュレーション法を提示した。
- (3) この方法はSD法による感性評価を基にユーザの感性に応じるとともに、設計者の希望するイメージを重みをつけて加味でき、また遺伝的アルゴリズムにより多様な設計を生みだせる特徴を有する。
- (4) 提示した方法を簡単な例題に適用し、その有効性の一端を示した。
- (5) 本方法は、感性以外の設計に対する条件も適応度の評価に加えることで同時に検討することが可能であり、環境に応じた設計を、より簡易に行なえる発展性を有していると思われる。

参考文献

- (1) 山川，高木，遺伝的アルゴリズムを用いた設計の進化に関する研究，日本機械学会（No.920-103）第2回設計工学・システム部門講演論文集
- (2) 鹿，杉本，山本，遺伝的アルゴリズムの応用に関する基礎的研究，第2回システム最適化に関するシンポジウム講演論文集
- (3) SANDGREN E, JENSEN E, WELTON J W, Topological design of structural components using genetic optimization methods, H0687A ASME AMD(USA)115 31-43('90)
- (4) J Chen, W Tsai, Shape Optimization by Using Simulated Biological Growth Approaches, processing of symposium on Multidisciplinary Analysis and Optimization ", 92-4802
- (5) 荒川，山川，2次元構造物の遺伝的アルゴリズムを用いた最適トポロジに関する研究，日本機械学会第5回計算力学講演会講演論文集
- (6) 古川，G A（遺伝的アルゴリズム）による概念設計，日本機械学会（No.920-55）計算力学・計測制御講演論文集（Vol.A）'92.7.8-10・北海道（ニセコ）
- (7) 長町三生，感性工学，1989，海文堂