

生物学的アプローチを利用した 空間構造の形態発想支援システム の開発

鹿児島大学 梶 弁慶

研究の背景

空間構造は、力学的条件(構造)と形状(デザイン)が一体となった構造物で、構造解析が重要な位置を占める

↓

独創的なデザインや構造形式が現れにくい

↓

デザイナーに発想情報を提示するシステムの構築

↓

生物学的アプローチにインタラクティブ性を導入

生物学的アプローチ

生物の、発生、形態形成、行動、適応、共生、進化といった特徴を工学的に模倣した計算モデル。

● 代表的な生物学的アプローチ

- 遺伝的アルゴリズム
- 免疫アルゴリズム
- セル・オートマトンなど

● 特徴

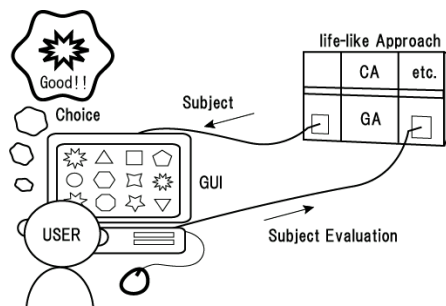
多様な解(準最適解)を得ることができる。

対話型進化計算

(Interactive Evolutionary Computation :
IEC)

特徴

定量化の難しい個人の好みに依存する評価を導入した最適化が可能



IECの概要図

空間構造の形態発想支援システムの考え方

生物学的アプローチによる力学的な制約を満たした解(構造形態)の創生

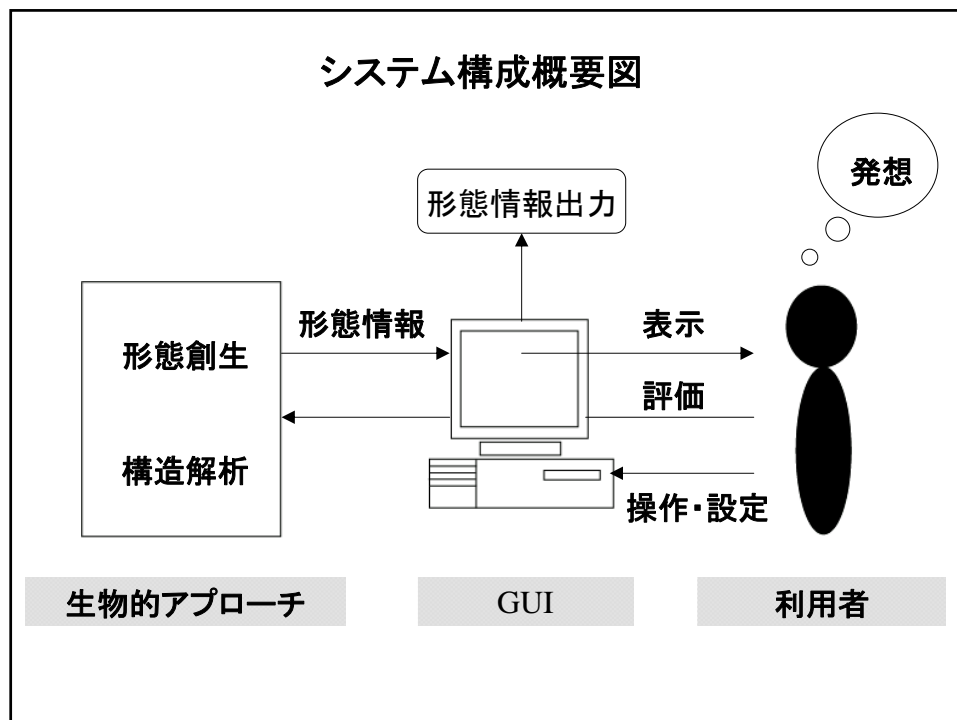
IECの手法による数理的な解法と人間の感性などの評価の一体化



構造的な評価に、人間(デザイナー)の感性を組み込むことで設計の発想を支援することが可能である

インタラクティブなシステム構成のポイント

- 1) 生物学的アプローチのバックグラウンド化
- 2) 創生された空間構造の情報表示
- 3) 解析パラメータの変更
- 4) 操作性
- 5) 形態情報の提示



- ### 試作システムの仕様
- GUIによるインタラクティブなシステム
 - 実数型遺伝的アルゴリズム
(Real-Coded Genetic Algorithms : 以後RGAとする)
 - デザインを対象とするため構造形式はトラス構造に限定
 - 形態の創生方法
基本形状として設定するトラス構造の部材断面と節点位置を設計変数とすることで行う。

最適化1

トラス構造の構造的な評価(A,B,C)の目的関数 $f(R,A)$

A : 最小重量 (1)

B : 指定次固有振動数 (2)

C : 変位制御 (3)

$$f(R, A) = \alpha_1 A + \alpha_2 B + \alpha_3 C + P \quad (4)$$

$$fitness = \frac{1}{f(R, A)} \quad (5)$$

最適化2

RGAIによる最適化は式(6)で行われる。

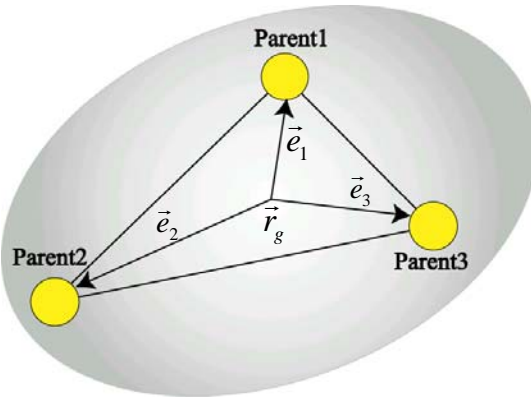
$$minimize \rightarrow \min f(R, A) \quad (6)$$

ただし、構造的な制約の緩和として次の式を満たす範囲で、その存在を許容する。

$$\min f(R, A) \leq f(R, A) \leq \min f(R, A) + \beta \quad (7)$$

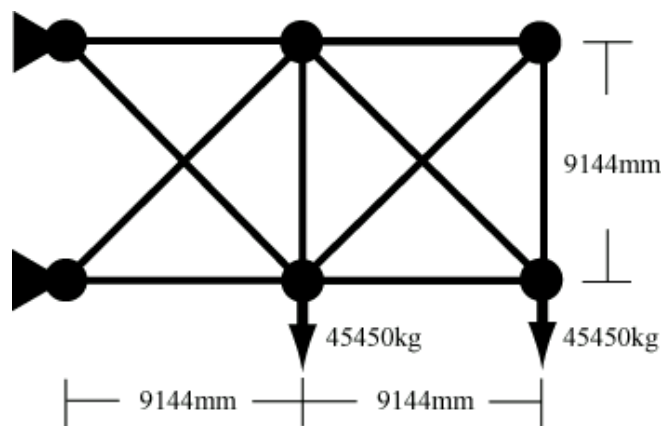
RGGAによる交叉

重心近傍交叉とエリート近傍交叉を採用した。

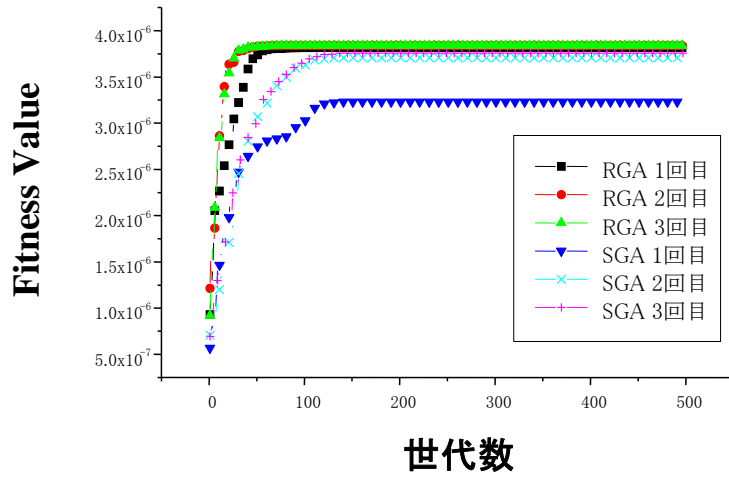


重心近傍交叉(n=2)の概念図

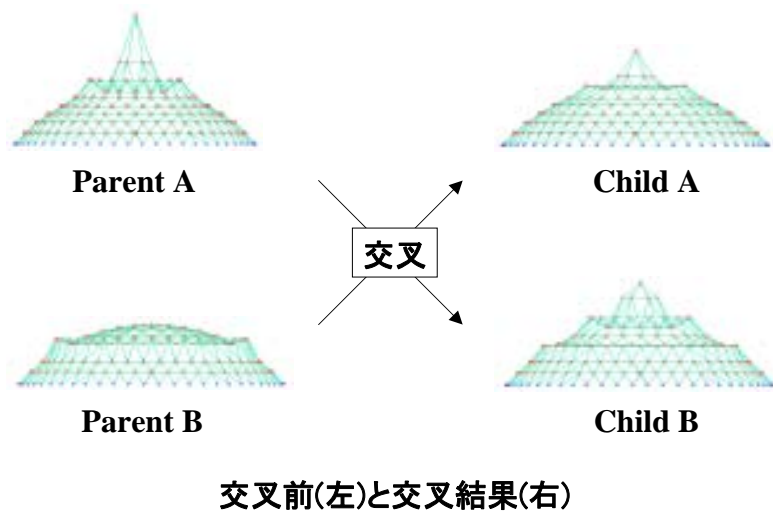
解析モデル

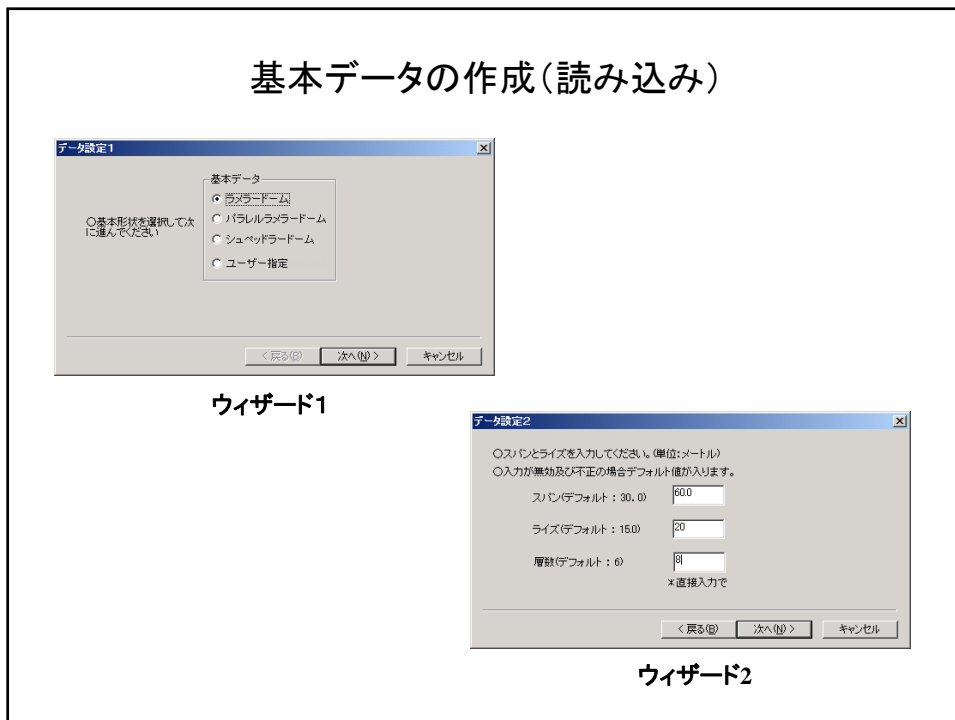
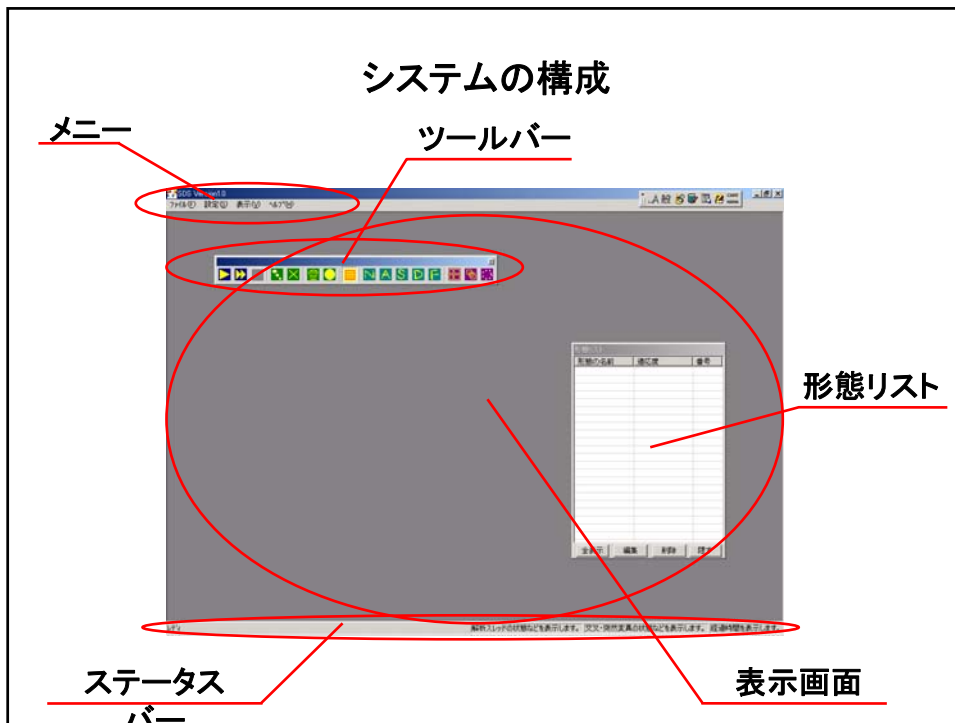


解析結果



交叉の有効性





システムの基本操作

- 評価値の変更
- 人為交叉
- 個体の削除
- 突然変異
- 新たな個体の生成
- 自動実行

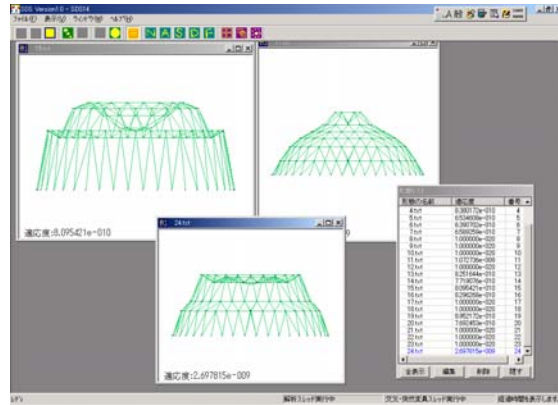
システムの使用例

- 基本形状データ
スパン60m、ライズ30m、7層の平行ラメラドーム
 - 設計変数
 - ①節点座標 : 高さの等しいリング状部分
 - ②部材断面 : 形状の対象性を考慮してグルーピング
- ただし、現段階で節点座標の変動は上下方向のみ

実行開始

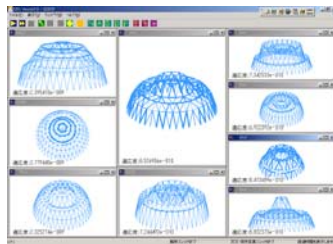
形態の名前	適応度	番号
17.txt	2.940826e-009	17
22.txt	2.907694e-008	22
31.txt	2.886517e-009	31
36.txt	2.882577e-009	36
45.txt	2.784562e-009	45
49.txt	2.703791e-009	49
52.txt	2.693649e-009	52
53.txt	3.057309e-009	53
46.txt	2.661069e-009	46
37.txt	2.659474e-009	37
29.txt	2.596490e-009	29
42.txt	2.559096e-009	42
39.txt	2.319250e-009	39
19.txt	6.494733e-010	19
28.txt	6.447953e-010	28
48.txt	1.861661e-238	48

得られる形態

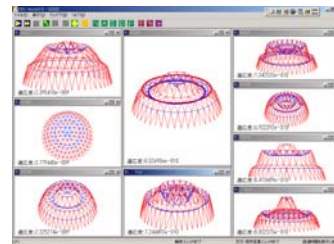


表示状態

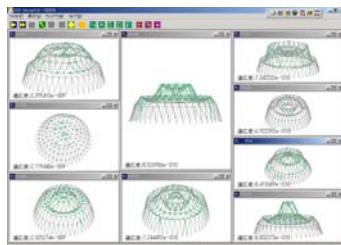
表示状態変更



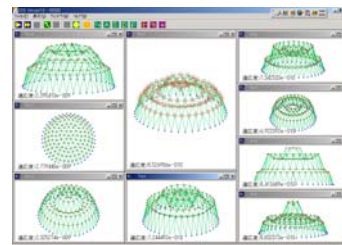
断面積



応力

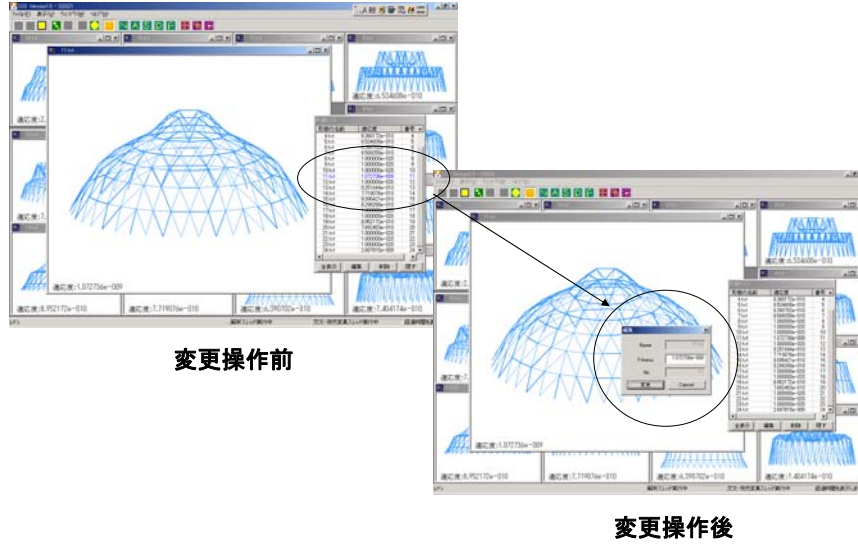


変形

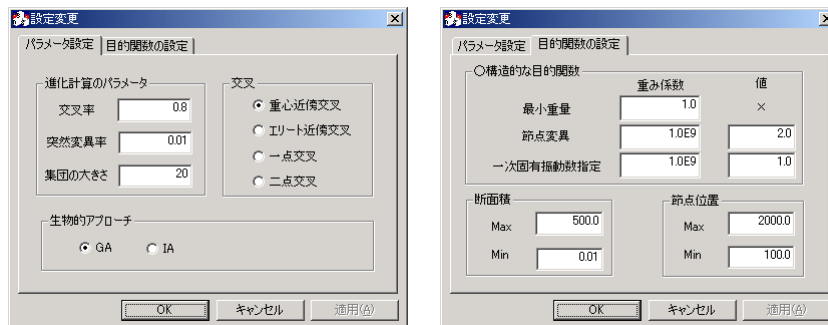


荷重

表値の変更



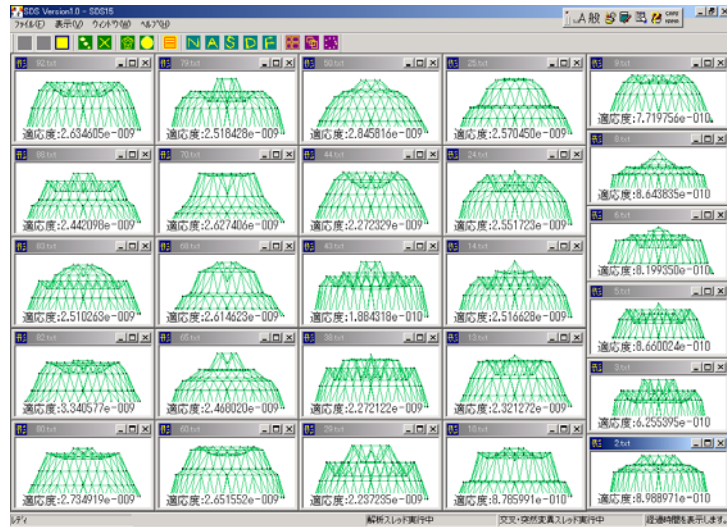
設定変更



パラメータ変更

目的関数の係数変更

改良操作



システムの実行結果

評価

システムの構築手法の捉え方と、試作システムの概要を提示することで、その適応可能性が示せた。

実数型GA(RGA)の交叉例から高い形質遺伝の性質を示すことができることを明らかにした。このことから、システムの利用者によって行われる人為交叉の有効性が示せた。

試作システムにおいて、GUIの構成と機能を、使用例を挙げて示すことができた。また、品種改良からヒントを得た育種法の要領で空間構造のデザインに応用可能であることを示せた。

おわりに

他の生物的アプローチと組み合わせたハイブリッド手法の有効な利用が必要だと考えられる。

今回は、デザインの方向から検討をすすめた。今後は多様な構造形式の組み込みなど、より構造的な方向への改良が重要だと考えられる。

人間の感性(デザイン)を生物的アプローチを利用してシステムに導入できる可能性を示すことができた。