

GAによるメッシュ生成時間の高速化

3ZC-9

齊藤 正浩[†] 土井 章男^{††} 小山田 耕二^{††}[†] 岩手大学工学部情報工学科 ^{††} 岩手県立大学ソフトウェア情報学部

1 はじめに

バブルメッシュ法は動力学シミュレーションを用いてバブルの最適なノード配置を求める方法であるが、この時、バブルに与えられる物理パラメータ（質量、ダンピング係数、密度、etc...）の決定は、シミュレーションの収束に大きく影響を及ぼす。また、シミュレーションはメッシュ分割を行う外郭形状やノード配置の密度分布にも影響を受けるため、最適な物理パラメータを解析的に求めることは困難である。

そのため、我々は物理パラメータ群を遺伝的アルゴリズム（GA）を用いて、求める方法を提案する。本手法を用いることで、最適な物理パラメータ群を試行錯誤して求める必要がなくなるため、メッシュ生成全体の効率化が可能になった。

2 バブルメッシュ法

バブルメッシュ法は以下に示す三つのステップで生成される。

- (1) 頂点、エッジ、フェイスにバブルを配置する（図1参照）。
- (2) 1. で配置したバブルを運動力学（ファンデル・ワールス力）を用いて最適化する。
- (3) バブルの中心同士を制約付き Delaunay で三角形分割する。

2.1 運動力学方程式

バブル同士に働く力を「バブル間力」と呼び、バブルをバブル間力を用いて、最適に充填された時に

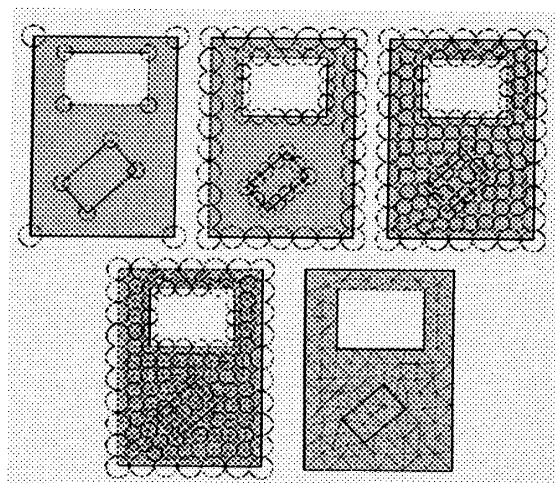


図1：バブルメッシュ生成過程

平衡になるように配置する。バブル間力の式は以下で示される。

$$\begin{cases} r_0 = 0.5(d_i + d_j) \\ f(r_1) = 0, f(r_0) = 0 \\ f'(0) = 0, f'(r_0) = 0 \\ md^2x(t)/dt^2 + cdx(t)/dt = f(t) \end{cases}$$

ここで r_0 は二つのバブルの安定距離、 r_1 は二つの離れたバブルの距離、 d_i 、 d_j は二つのバブルの隣接距離、 $f(r)$ は隣接バブルの力、 m はバブルの質量、 c はダンピング係数、 $x(t)$ は i 番目のバブルの位置を示す。

2.2 制約付き Delaunay 三角形分割法

Delaunay 三角形分割は以下の二つの性質を持つ。

- (1) Delaunay 三角形の外接円の内部には、他の点が含まれない。
- (2) Delaunay 三角形は、三角形の最小の角度の総和が最大になる（できるだけ正三角形に近づ

ける)。

制約付き Delaunay 三角形とは、Delaunay 三角形では表現できない、凹形状や穴のあるオブジェクトの表現を可能にする為に、制約を付けたものである。

3 遺伝的アルゴリズム (GA)

遺伝的アルゴリズム (GA) とは、自然界における生物の進化モデル、すなわち世代を形成している固体の集合の中で、環境への適応度の高い固体が次世代により多く生き残り、突然変異を起こしながら次の世代を形成していく過程を模した最適化法で、探索法や最適化問題などで広く使われている。以下に遺伝的アルゴリズムの流れを示す。

- (1) 初期集団の定義
- (2) 初期集団への固体適応度の計算
- (3) 適応度による選択
- (4) 染色体交叉による子の生成
- (5) 突然変異
- (6) 世代交代

上の2~6を基準を満足するまで繰り返す事で、生物の進化過程のシミュレーションをする。遺伝的アルゴリズム (GA) には以下の長所がある。

- (1) 単純な並列的解探索に比べて、より良い解が見つかりやすい。
- (2) アルゴリズムが単純で、評価関数が不連続な物でも適応できる。

4 遺伝的アルゴリズム (GA) の適応

GA で求める動力学シミュレーションの物理パラメータ群として、mass (バブルの質量)、dt (時間)、force_gain (力の制御) を選ぶ。以下に全体の流れを示す。

- (1) GA のパラメータ初期化
- (2) 固体適応度の計算
- (3) バブルメッシュシミュレーション

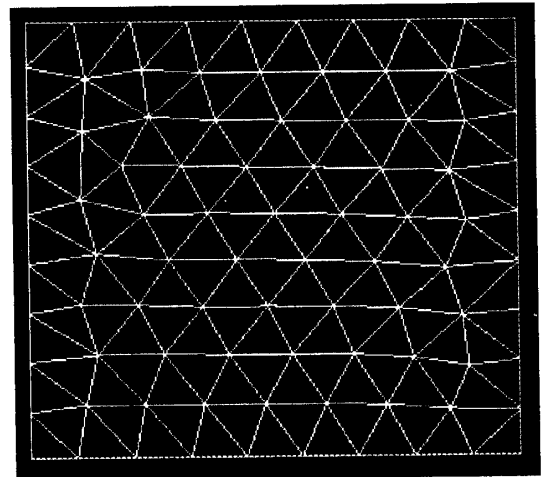


図2：メッシュ生成結果図

- (4) 他のGAパラメータ計算
- (5) 収束したら終了 (しなければ (2) に戻る)。

最終的に得られた物理パラメータ群でのメッシュ生成結果を図2に示す。

また、GAを用いて導き出したパラメータの値を以下に示す (表1)。

(P_c, P_m)	mass	dt	force_gain
(0.1, 0.6)	0.9500880	0.514272	1.301173

表1：GAで導き出したパラメータの値

ここで、 P_c はと P_m は、それぞれ交叉率そして突然変異率を表す。

5 今後の課題

今後の課題としては以下の二つが挙げられる。

- (1) 3次元のバブルメッシュ法への遺伝的アルゴリズム (GA) の応用。
- (2) 複雑なパラメータの入力支援を行う、グラフィカル・インタフェース (GUI) の開発。

6 結論

本論文では、「バブルメッシュ法」に「遺伝的アルゴリズム (GA)」を適応し、メッシュ生成の最適化を行った。その結果、遺伝的アルゴリズム (GA) の適用により、適切な物理パラメータ群を求めることができた。