

グラデーションメッシュ最適化手法の検討

A Study on Optimization methods for Gradient Mesh

河村圭
Kei Kawamura

石井大祐
Daisuke Ishii

渡辺裕
Hiroshi Watanabe

早稲田大学大学院 国際情報通信研究科
Graduate School of Global Information and Telecommunication Studies, Waseda University.

1 はじめに

近年、ドロー系ソフトではグラデーションメッシュと呼ばれる写実的な (photo-realistic) ベクターアートを作成する強力なツールが提供されている。オブジェクトを矩形メッシュに分割し、頂点に色を与えるとともにメッシュ内を滑らかに塗りつぶす手法である。

我々はこれまでに画像符号化の基礎ツールとして、与えられたラスタ画像をグラデーションメッシュに変換する手法を検討した [1]。本稿では、グラデーションメッシュ生成における最適化手法として Fletcher-Reeves の共役勾配法 (FR 法) と Levenberg-Marquardt 法 (LM 法) を比較する。

2 従来手法

グラデーションメッシュの生成は、Ferguson Patch をラスタ画像にフィットさせる問題と見なせる [2]。そこで、未知数ベクトルを M として評価関数 E を

$$E(M) = \sum_{p=1}^P \sum_{0 \leq u, v < 1} \|I_p(m(u, v)) - f_p(u, v)\|^2 \quad (1)$$

とおく。ここで、 I は入力画像、添え字 p はメッシュ番号、 m と f は座標と色の関数、 u と v は媒介変数である。

この形式の最小化問題は非線形最小二乗 (NLLS) 問題と呼ばれ、LM 法によって非常に良く解ける。しかし、大規模行列となるため非常に計算コストが高いという問題がある。例えば、実験で用いた対象画像の場合 (17 × 17 メッシュ, 6 × 6 サブメッシュ)、ヤコビ行列はおよそ 3,000 × 1,000,000 になる。

3 提案手法

ヤコビ行列を用いた計算を回避するために共役勾配法の一つである FR 法を適用し、LM 法と比較を行う。FR 法では評価関数の微分行列が必要であるが、要素数はヤコビ行列と比較して大幅に削減可能である。例えば、対象画像の場合およそ 3000 個である。

しかしながら、大局的な最適解を得られるかは初期値に大きく依存している。そこで、実験により初期値の依存性を明らかにする。また、計算コストの比較を行う。

4 実験と考察

対象画像として図 1 を使用した。入力解像度は 128 × 128 画素、初期メッシュ点は 17 × 17 点であり、均等に配置した。図中の青線は Ferguson patch の境界線、赤線と黄線は接線ベクトルである。

FR 法による結果を図 2、LM 法による結果を図 3 に示す。FR 法は、メッシュ点が初期点からほとんど移動



図 1 Input image.

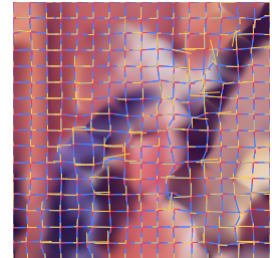


図 2 FR method.

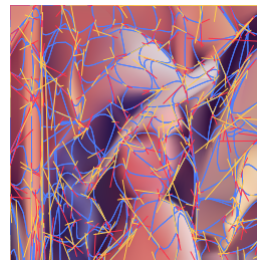


図 3 LM method.

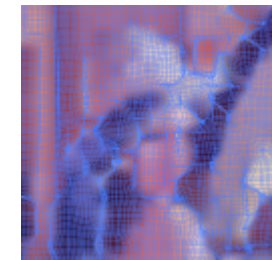


図 4 Sub-mesh data.

しておらず、近傍にエッジがある場合のみ接線ベクトルが最適化されている。これは、サブメッシュを表示した図 4 から分かる。反復計算においても、収束せずに局所解に陥っていた。一方 LM 法は、多くのメッシュ点が移動し、かつ接線ベクトルも最適化されている。

FR 法における反復回数は 26 回、LM 法における反復回数は 14 回である。1 回の反復計算について平均して、FR 法では 23 秒、LM 法では 3400 秒かかった。なお計算機環境は Core 2 Duo 3.16GHz, Linux 2.6 である。

5 おわりに

本稿ではグラデーションメッシュ生成における最適化手法として、FR 法と LM 法を比較した。実験結果より、FR 法は大局的には最適化されないが、局所的には極めて高速に最適化されることが確認された。今後は、初期メッシュ点の配置に関して検討する。

謝辞

本研究は特別研究員奨励費 (19・2363) の助成を受けたものである。

参考文献

- [1] 河村ら, “グラデーションメッシュによる画像符号化の基礎検討,” PCSJ2008, P.5-04, 2008.
- [2] J. Sun, et al., “Image Vectorization using Optimized Gradient Meshes,” ACM TOG (Proc. of SIGGRAPH) Vol.26, No.3, 2007.