

# マンガ符号化における網点の多階調近似処理の評価

Evaluation of Continuous Tone Approximation Processing of Halftone Dots for Comics Coding

河村 圭†

渡辺 裕††

富永 英義†,††

Kei KAWAMURA† Hiroshi WATANABE†† Hideyoshi TOMINAGA†,††

† 早稲田大学理工学部 電子・情報通信学科

†† 早稲田大学大学院 国際情報通信研究科

† Dept. of Elec. Info. and Comm. Eng., WASEDA Univ. †† Graduate School of GITS, Waseda Univ.

## 1 はじめに

近年のコンピュータの発達により、ディスプレイ上で文書や画像を閲覧することが可能となり、商用のマンガ配信サービスが数多く開始されている。また、電子ペーパーの開発も盛んに行われており、電子ブックリーダーの未来形として新しい媒体が生まれつつある。

マンガを効率良く配信するためには、画像のデータ圧縮が必須である。現状では JPEG を用いた圧縮方式が主流である。しかし、本来 2 値画像であるマンガを多値画像として扱っていること、また、JPEG は自然画像を対象としていることから、線画中心のマンガを JPEG で符号化することは効率が悪いといえる。

我々は以前より、コンテンツオリエンテッド符号化という概念を提唱している。これは、コンテンツの特性に合わせた符号化を行う、という考え方に基づいている [1]。マンガやアニメーションをはじめとする線画中心の画像には、ベクトル表現を用いた符号化が適していると考えられる。

現在までのところ、マンガ符号化では 2 値画像から網点を分離し、均等濃度もしくはグラデーションで階調近似する。さらに、分離により残った線画像と階調近似画像をベクトル表現に変換し階層化する手法を提案してきた [2, 3]。本稿では、マンガ符号化における階調近似手法の性能評価を目的とし、評価手法の検討、ならびにシミュレーション実験による性能評価を行う。

## 2 マンガ符号化の流れ [3]

マンガ符号化の流れを図 1 に示す。まず、既に印刷、出版された紙媒体をスキャナにより 2 値画像として取り込む。一連の内部処理により、SVG 形式や Flash 形式などのベクター形式を得る。これを携帯電話や PDA などで閲覧する。

入力された 2 値画像は、網点分離処理により網点画像と線画像に分離される。網点画像はモルフォロジー処理により網点領域が特定され、階調近似処理により均等濃度もしくはグラデーションで階調近似される。そして、線画像と階調近似画像はそれぞれベクトル変換処理によりベクター形式となる。これらのベクター形式を階層化し、出力とする。

現在、ベクトル変換処理には既存のツール [4] を使い、出力形式にはビューアの普及度や仕様が公開されているという観点から Flash 形式を基本としている [5]。

## 3 評価手法の検討

### 3.1 階調近似処理の概要

2 値画像から網点を除去することで、線画像が得られる。しかし、線画像だけでは画像の再現性が低下する。網点は 2 値画像で階調を表現する技法である。そこで、網点を階調表現に戻し、線画像に合成することで再現性を高めることが可能と考えられる。ただし、線数や網点の傾きの違いによる表現の差異は失われる。

マンガでは、スクリーントーンを用いて階調を表現する。市販されているスクリーントーン網点は均等濃度と線形グラデーションである。よって、この 2 種類についての階調近似を考慮する。

まず、膨張処理等により網点領域を特定する。次に、

網点領域を  $n \times n$  の小領域で分割し、小領域毎に網点面積率を計算する。網点面積率は、小領域の面積に対する黒画素の面積である。網点面積率の分布により、均等濃度かグラデーションかを特定する。

画像を平面座標と高さの 3 次元データとして考えると、線形グラデーションは斜面を表す。小領域の座標と網点濃度を用い、平面の方程式を立てる。次数は 3 なので、たかだか 3 つの小領域を用いて最適解を計算し、グラデーションの方向と勾配を検出する。

### 3.2 階調近似処理の性能評価手法

網点の線数や傾き、濃度、グラデーションの方向と勾配が既知のスクリーントーンを用いて性能評価する手法が考えられる。市販のスクリーントーンには線数や濃度が表示されている。しかし、これらの表示が正確であるかは不明であり、また、印刷の状態により厳密には表示通りでない。

計算機内でグラデーションを発生させ、網点法により生成された 2 値画像を用いて性能評価する手法が考えられる。グラデーションを発生させるときに、濃度やグラデーションの方向、勾配が既知となる。また、網点法を適用するときに、線数や傾きが既知となる。ただし、網点法のアルゴリズムの種類によって、出力される 2 値画像は異なる。

得られた濃度やグラデーションの方向と勾配を評価するためには、正確な値を知っておく必要がある。そこで、本稿では後者の評価手法を用いる。

### 3.3 階調近似処理の評価項目

本手法において、評価すべき項目は以下の通りである。まず、均等濃度においては、理論濃度と本手法により得られる濃度が一致すること。また、線数、網点の傾きに依らず安定して濃度が得られることである。

市販のスクリーントーン網点では、網点の傾きとグラデーションの方向は一定の関係にあるので、網点の傾きに関する評価は省略できる。また、グラデーションの勾配は、開始濃度、終了濃度、グラデーションの長さの 3 項目により規定される。しかし、開始濃度を 0% に固定し、終了濃度と長さのみを可変としても一般性は保たれると考えられる。以上より、グラデーションにおいては、理論方向と本手法により得られる方向が一致すること、理論終了濃度と本手法により得られる終了濃度が一致す

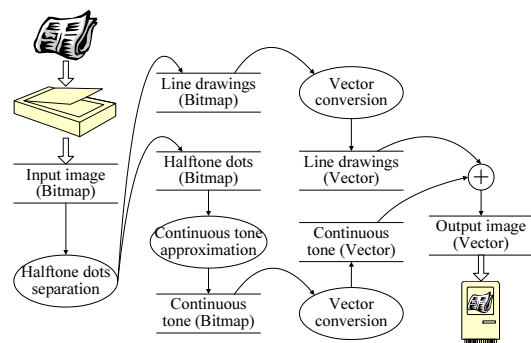


図 1 マンガ符号化の流れ

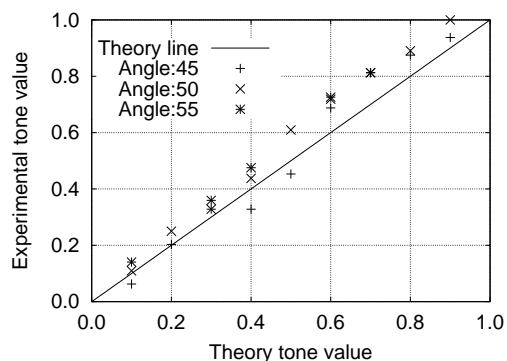


図2 均等濃度網点の傾きに対する濃度の関係

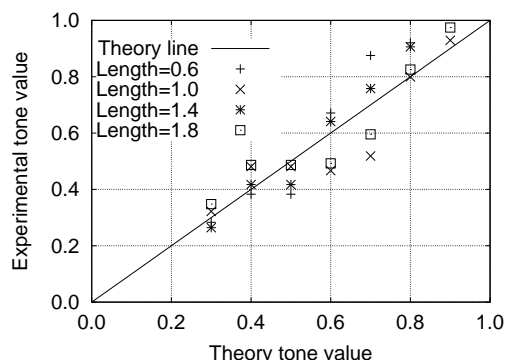


図3 グラデーションの長さに対する終了濃度の関係

ること。また、線数や長さによらず安定して方向と終了濃度が得られることである。

#### 4 評価実験および考察

##### 4.1 均等濃度網点

検討した評価手法を用いて、シミュレーション実験を行った。

均等濃度網点については、45度、50度、55度の3通りに対して理論濃度と実験濃度の関係の評価した。図2に結果を示す。この図より、網点の傾きに依らず理論値に近い濃度が得られることが分かる。濃度は網点法により量子化されているので、理論直線上に乗るとは限らない。また、いくつかのプロットが欠けており、グラデーションと判断されている。

##### 4.2 グラデーション網点

グラデーション網点については、いくつかの長さに対して理論最終濃度と実験最終濃度の関係の評価した。図3に結果を示す。開始濃度は0%で固定し、最終濃度はグラデーションとして知覚される30%から90%とした。長さは幅に対する比である。

この図より、長さに依らず理論値に近い終了濃度が得られていることが分かる。しかし、いくつかのプロットが欠けており、均等濃度と判断されている。また、長さに対する評価がないため、この点についてさらなる検証が必要である。

次に、グラデーションの方向を45度で固定し、様々な長さのグラデーション網点に対して方向を検出し、理論最終濃度毎にその分布(ヒストグラム)を評価した。図4に結果を示す。横軸はグラデーションの理論方向(45度)との差である。

この図より、大半のグラデーションについて、濃度に依らず理論方向に近い方向が検出されていることが分かる。しかし、-15度以上異なるグラデーションも存在し、

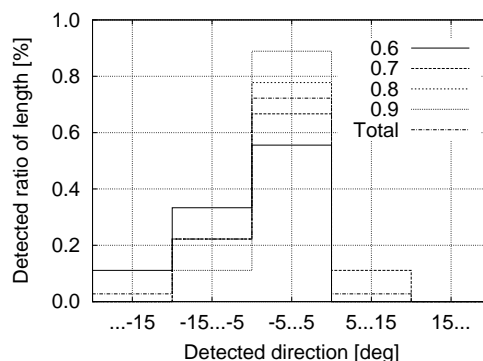


図4 終了濃度に対するグラデーションの方向の関係

さらなる検討が必要である。

#### 4.3 考察

一連のシミュレーション実験により、提案した網点近似手法では対応できない網点が存在することが明らかとなった。特に、グラデーションの方向の誤判定は、閲覧者に全く異なる印象を与えかねない。

原因としては、小領域を $n \times n$ の正方形で分割し、網点濃度を計算している点にあると考えられる。この処理は、再サンプリングと等価であり、計算される濃度にモアレが発生している可能性が高い。この点を解決するために、小領域のサイズや形を適応的に変える必要がある。

本手法では、ある解像度の入力画像に対して実験によりしきい値を決定している。そのため、入力解像度に対するロバスト性が低い。また、同様に線数に対するロバスト性が低い。入力解像度と線数、画素数(しきい値)は相関関係があり、上記の適応的な処理によりロバスト性を高めることが可能である。

#### 5 まとめ

本稿では、マンガ符号化の概要を述べ、網点近似手法の評価手法について検討を行った。計算機内でグラデーションを発生させ、網点画像に変換する。網点画像を階調近似手法によりグラデーション画像に変換し、濃度やグラデーションの方向と勾配を得る。そして、両者のパラメータを比較し、評価結果とする手法を検討した。

また、シミュレーション実験を行い、階調近似処理の性能評価を行った。その結果、提案した網点近似手法では対応できない網点が存在することが明らかとなった。今後は、網点の周期性を用いた処理の改良について検討を行う。

#### 参考文献

- [1] O. Nakagami, T. Miyazawa, H. Watanabe, H. Tomimaga, "A Study on two-layer coding for animation images," IEEE Int. Conf. on Multimedia Expo (ICME) 2002, WedAmPO3: Compression II, Aug. 2002.
- [2] 河村 圭, 渡辺 裕, 富永 英義, "マンガの超高圧縮符号化に関する検討," 情処研報 2003-AVM-42, no.2, 2003年10月
- [3] 河村 圭, 渡辺 裕, 富永 英義, "マンガ符号化における網点のグラデーション処理の検討," 情処研報 2003-AVM-43, no.8, 2003年12月
- [4] "AutoTrace," <http://autotrace.sourceforge.net/>
- [5] "Macromedia Flash File Format (SWF) Specification," <http://www.macromedia.com/software/flash/open/licensing/fileformat/>