

コミック画像におけるコマ分割処理の高速化に関する検討

A Study on a Fast Frame Decomposition of Comic Images

石井 大祐
Daisuke Ishii

河村 圭
Kei Kawamura

渡辺 裕
Hiroshi Watanabe

1. まえがき

コミックのコマを分割する手法として、筆者らはこれまで、幅を持つ検査帯により分割線候補の検出を行い、分割線適合検査により分割線を決定する手法を提案している。この手法によりコマ分割処理において高い再現率および適合率が得られている [1]。しかし、分割線検出における検査帯の本数が非常に多く、コマ分割処理に多くの時間を必要とする問題がある。田中らによる 2 分割を繰り返し適用するコマ分割の手法 [2] は、分割精度が高くないという問題点がある。また、処理時間に関する検討が不十分である。そこで本稿では、検査帯の幅に基づいた冗長検査帯の削減、及びコミック画像における分割線の統計的偏りに基づいた、分割線検出順序の効率化を行い、コマ分割処理における平均処理時間を削減する手法を提案する。

2. コマ分割処理

2.1 コマ分割処理の概要

分割線とは、画像の 2 辺を結ぶ直線で、コマの枠線に沿い、かつ、他のコマ上を通過しない線と見なす。分割処理は、画像を 2 分割する処理を繰り返し適用することにより行う。分割線は、検出帯による分割線候補の検出を行い、次に、得られた分割線候補に対して、平均濃度勾配値の大きい順に、分割線適合検査を行うことにより求める。検出されたすべての分割線候補が適合しない場合は分割処理を行わない。

2.2 帯による分割線候補の検出

検出帯は、画像の 2 辺を結ぶ、始点座標と角度及び幅により指定される直線である。検出帯の幅 w は、

$$w = L/250 \quad (1)$$

と定義する。ここで、 L は入力画像の長辺の画素数である。250 は実験により、最適な値を決定した。

帯による分割線候補の検出は、検出帯の始点座標および角度を変化させ、画像の全探索を行う。検出帯に対する垂直成分の濃度勾配値を計算し、その平均値を検出帯の平均濃度勾配値とする。平均濃度勾配値が大きい帯を分割線候補とする。

2.3 分割線適合検査

2.3.1 濃度勾配方向による検査

濃度勾配方向による検査は、帯を n 個の領域に等分し、それぞれの領域内で帯に対する各代表点の濃度勾配の角度を調べる。角度が $(90 \pm \delta)^\circ$ 以外の点が $\rho\%$ 以上存在する領域が m 個未満であれば濃度勾配方向についての条件を満たすとする。

ただし、コマの周囲に大きな余白が存在する可能性がある。余白部分では、濃度勾配の角度を求めることが出来ないため、濃度勾配方向の条件検査に適さない。これに対応するため、 n 個に分けられた領域のうち、最初と最後の領域については検出帯の端部から走査を開始し、濃度勾配が 0 である代表点が続く場合にはこれを評価から除外する。また、領域内のすべての代表点が評価から除外された場合には、余白が続くものとみなし、隣接する領域において同様に除外代表点を決定する。

2.3.2 コマ内外検査

コマの内外検査は、選択された検出帯の両側について、検出帯と平行な直線を用いて、それぞれ直線上の画素を順に調べる。最初と最後の黒画素の位置について、分割線はコマの外部であると判断し、コマ内外についての条件を満たすとする。

3. 提案手法

3.1 高速化の概要

コマ分割処理では、分割線検出において画像の全探索を行うため、検査帯の本数が多く処理に時間がかかる。本研究では、コマ分割処理の高速化のために、分割線検査順序の最適化、冗長な分割線の検索の削減、2 つのアプローチを取る。

3.2 分割線検査順序の最適化

一般的なコミックでは、コマの枠線は水平もしくは垂直方向であるものが多いという特徴を持つ。この特徴を利用することにより、冗長な分割線検出処理を減らす。

まず、検出帯を用いた分割線候補の検出を垂直及び水平方向のみで行う。ここで得られた分割線候補に対して分割線適合検査を行い、適合する分割線があれば、2 分割処理を行う。

前の過程において、得られた分割線候補全てが適合しない場合には、水平、垂直以外の方向についての分割線候補の検索を行う。得られた分割線候補に対して分割線適合検査を行い、適合する分割線があれば、2分割処理を行う。

両方の過程において、適合する分割線候補が無い場合には分割処理は行わない。

3.3 冗長な分割線検索の削減

2分割を連続的に適用することにより、コマ分割処理が進むと、各入力画像のサイズも小さくなる。このとき、検査帯の角度を1度ずつ変化させても、実際の検査対象画素は余り変化しないため、冗長である。このため、画像のサイズに合わせて角度の変化量を調節し、検査帯の本数を削減する。

角度の変化量を ξ 度とすると、 ξ は式(2)により求める。

$$\xi = A \left\{ \frac{1}{w+1} \right\} + B \quad (2)$$

A および B は、実験により最適な値である $A = 20, B = -2$ とした。また、各コマへの分割において、分割線が画像の端部に存在しないため、画像端部を検出帯の始点座標から除外する。

4. 実験

コミック画像4作品合計110枚を用いてコマ分割実験を行った。実験条件を表1に示す。実験には以下のパラメータを用いた $\delta = 40, \rho = 15, n = 7, m = 2$ 。

評価には以下の式を用いた。 P, R, F はそれぞれ適合率、再現率、 F 値を表し、 S はページ単位における平均成功率、 t はページ単位における平均処理時間を示す。実験結果を表2に、処理時間を表3にそれぞれ示す。

$$P = \frac{\text{認識された正しい分割線数}}{\text{認識された全ての分割線数}} \quad (3)$$

$$R = \frac{\text{認識された正しい分割線数}}{\text{認識されるべき分割線数}} \quad (4)$$

$$F = 2 \times (P \times R) / (P + R) \quad (5)$$

分割精度に関して、 S の値についてはComic A及びComic Bで若干低下したが、Comic C及びComic Dについては高速化前の値を維持した。このことから、高速処理が分割精度に与える影響は少ないと考えられる。

処理時間に関しては、およそ1/10倍程度に短縮された。しかし、入力画像により大きな差がある。特に高速化の効果が薄いComic Cについて調べたところ、処理時間があまり短縮されていない画像が見られた。これらの画像では、水平もしくは垂直方向以外の分割線により分割されるコマが多いという特徴があり、分割線検査順序の最適化による改善が少ないことが原因であると考えられる。

表 1: 実験条件

Experiment conditions		
画像名	画像サイズ [pixel]	枚数
Comic A	740 × 1200	20
Comic B	840 × 1200	30
Comic C	1024 × 1536	30
Comic D	760 × 1200	30

表 2: 実験結果

Experimental result					
画像名	高速処理	P	R	F	S
Comic A	無効	0.987	1.000	0.994	0.95
	有効	0.987	0.987	0.987	0.90
Comic B	無効	0.962	0.957	0.959	0.93
	有効	0.956	0.956	0.956	0.90
Comic C	無効	1.000	0.831	0.908	0.733
	有効	0.923	0.809	0.862	0.733
Comic D	無効	0.974	0.902	0.937	0.70
	有効	0.957	0.887	0.921	0.70

表 3: 処理時間

Processing time			
画像名	高速処理	t [秒]	高速化率
Comic A	無効	131.86	-
	有効	12.52	1/10.5 倍
Comic B	無効	167.81	-
	有効	10.34	1/16.2 倍
Comic C	無効	228.82	-
	有効	74.41	1/3.1 倍
Comic D	無効	130.04	-
	有効	14.99	1/8.7 倍

5. むすび

本稿では、コミック画像のコマ分割処理に対して、分割線検査順序の最適化及び冗長な分割線検索削除のアプローチによる高速処理の提案を行い、分割処理実験により処理時間の短縮を確認した。

参考文献

- [1] 石井, 河村, 渡辺, “分割線選択によるコミックのコマ分割に関する検討,” FIT2006, J-033, Sept, 2006.
- [2] 田中, 東海林, 外山, “マンガ画像のコマ割り構造解析,” 2006 信学総大, D-12-89, March, 2006.