

研究速報

コミックのコマ分割処理に関する一検討

石井 大祐^{†a)}(学生員) 河村 圭[†](学生員)渡辺 裕^{†b)}(正員)

A Study on Frame Decomposition of Comic Images

Daisuke ISHII^{†a)}, Kei KAWAMURA[†], *Student Members*, and Hiroshi WATANABE^{†b)}, *Member*[†] 早稲田大学大学院国際情報通信研究科, 本庄市

Graduate School of Global Information and Telecommunication Studies, Waseda University, 1011 Nishi-Tomida, Honjoshi, 367-0035 Japan

a) E-mail: d-ishii@fuji.waseda.jp

b) E-mail: hiroshi.watanabe@waseda.jp

あらまし 2分割を繰り返すことによりコミック画像を各コマに分割する手法が提案されている。本論文では、幅をも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コマ分割を決定する手法を提案し、実験によりしきい値と分割精度について評価を行った。

キーワード コミック, コマ, 順序抽出, 領域分割

1. ま え が き

近年、電子端末上でコミックを閲覧することが一般的になりつつある。しかし、携帯電話に代表される画面サイズが小さい端末では、1ページすべてを表示することが困難であり、各コマごとに順に表示させる方法や、ページ内部を順にスクロールさせる方法により閲覧する必要がある。

コミックのページ内部における順序はコマ同士の相対的な位置により一意に定められている。このため、順序情報は、ページを各コマに分割し認識することにより取得することができる。

画像におけるオブジェクトの配置に関する研究では、文書画像のレイアウト認識として多くの手法が提案されている。辻らによる手法[1]は、画像の縦方向、横方向に黒画素の数を投票し、投票値によりオブジェクト間の空白部分を判断する。しかし、コミックのコマ間の領域は斜め方向も含み、更にコマをはみ出した絵や台詞などが存在するため投票値による判断が困難である。Kiseらによる手法[2]は、画像における連結成分を統合することにより、ブロック単位でオブジェクトの認識を行う。しかし、コミック画像では、コマをはみ出した絵柄や台詞などが存在するため、複数のコマが同一のオブジェクトとして認識されてしまう。米山らによる手法[3]では、あらかじめ指定したテンプレートとのマッチングを調べることにより、入力画像

から任意図形の抽出を行う。しかしコミック画像のコマは方形に限定されない様々な形状の四角形で構成されており、テンプレートを定義することが困難である。また、コマの枠線を認識するための、線分検出の手法として一般化ハフ変換がある[4]。しかし、コミック画像では、絵やそれに付随する視覚効果など、コマの枠線と類似した濃度的特長をもつ線分が多数存在するため、枠線の検出として必要十分な精度を得ることは難しい。

以上よりコミックのコマを分割するためには、コミック画像の特徴に対応した手法が必要である。そこで我々は、コマ分割処理において、帯を用いた直線検出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の決定を行う手法[5]を提案し、実際にコマの分割実験を行うことでしきい値と検出精度について評価を行った。

2. 従来手法と問題点

コミックのコマ順序に関する研究として、山田らは各コマ間の分割線角度から、コマの順序を決定する手法を提案している[6]。しかし、コマ分割処理についての検討は不十分である。田中らは、濃度こう配量により決定された分割線を用いて2分割処理を繰り返し適用する手法を提案している[7]。この手法は、まず画像の濃度こう配量を求め、ガウス関数を用いて中心に値の重み付けを行う。そして角度1度刻みで変化させた幅1画素の直線上の濃度こう配量を調べることにより分割線の検出を行う。しかしコマの枠線が歪曲または、走査角度からずれている場合には、未分割の問題が生じる。また、検出された分割線が他のコマ上を通過している場合や、コマ内部に存在する直線成分である場合には誤分割の問題が生じる。

3. 提案手法

3.1 分割線候補の検出

3.1.1 帯による分割線候補の検出

検出帯の定義を以下に述べる。まず、画像の2辺を結び、始点座標及び角度により指定される幅1画素の直線を検出線とする。そして検出線を構成する画素を検出線画素とする。次に、各検出線画素に対し、それぞれ、検出線の角度が画像の横軸に対して $\pm 45^\circ$ 以内であれば画像の縦軸方向に、それ以外の場合は横軸方向に隣接している画素を、検査画素として付け足したものを検査グループとする。そして、検査グループを並べたものを検出帯とする。

帯による分割線候補の検出は、検出帯の始点座標及

び角度を変化させ、画像の全探索を行う。そして、以下に述べる平均濃度こう配値が大きい帯を分割線候補とする。まず各検査グループの中で濃度こう配の絶対値が最も大きい画素を選び、この画素をその検査グループの代表画素とする。次に、各代表画素の検出帯に対する垂直成分の濃度こう配値を計算し、その平均値を検出帯の平均濃度こう配値とする。

3.1.2 直線検出手法

直線検出のための一般的な手法としてハフ変換 [8] や RANSAC [9] がある。ハフ変換はノイズなどによる影響を受けにくく、精度の高い直線検出が行える。しかし、検出に対してパラメータの与える影響が大きく、分割線候補数や、近似直線の検出量の制御が困難である。また、RANSAC についてはコミック画像の特徴として、トーンなどによる多数の黒点や、絵やそれに付随する視覚効果としてコマの枠線と類似した濃度的特長をもつ画素が多数存在するため適用にむかない。そこで本論文では、分割線候補数の制御などが行いやすく、また、コマ分割において必要十分な検出精度をもつため、帯による分割線候補の検出手法を用いることとした。

3.2 分割線適合検査

3.2.1 分割線適合検査の方法

分割線適合検査は、分割線候補に対して、平均濃度こう配値の大きな順に以下の 2 種の条件検査を行う。検査した分割線候補が、両方の条件を満たしている場合には、この分割線候補を分割線と決定し分割処理を行う。検出されたすべての分割線候補が条件を満たさない場合は分割処理を行わない。

3.2.2 濃度こう配方向による検査

コマの内部では絵や様々な模様があるため、濃度こう配の方向が一致しない。このため、分割線上における濃度こう配方向の分布を調べることにより、他のコマ内部を通らない分割線の選択に利用できる。

濃度こう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こう配の角度を調べる。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こう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場合がある。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、濃度こう配が 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。

3.2.3 コマ内外検査

コミックの各コマ間には空白部分があり、コマの外枠に沿って分割線が検出されている場合には、分割線の片側は空白である。これに対し、コマ内部の直線に沿った分割線を検出した場合には、この分割線はコマの枠線上を通過する。

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。両方の直線と比較して、最初と最後の黒画素の位置について一致しない場合、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。

4. 実験と考察

4.1 しきい値の設定

コミック画像の分割において、各しきい値と検出の精度についての調査を行った。実験にはコミック画像 4 作品合計 110 枚を用いた。 ρ を 10 から 35 まで 5 刻みで変化させた場合、 δ を 10 から 50 まで 10 刻みで変化させた場合、 n と m の組合せについての結果を表 1 にそれぞれ示す。

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

表 1 しきい値による P, R, F, S の変化
Table 1 Difference of P, R, F , and S by threshold value.

ρ	P	R	F	S
35	0.852	0.887	0.869	0.745
30	0.895	0.922	0.908	0.782
25	0.930	0.944	0.937	0.810
20	0.958	0.936	0.947	0.836
15	0.980	0.915	0.945	0.818
10	0.974	0.882	0.924	0.782
δ	P	R	F	S
50	0.888	0.920	0.904	0.809
40	0.946	0.948	0.947	0.845
30	0.958	0.936	0.947	0.836
20	0.949	0.917	0.932	0.809
10	0.938	0.893	0.914	0.800
n, m	P	R	F	S
6,1	0.968	0.848	0.903	0.627
6,2	0.929	0.926	0.927	0.790
7,2	0.958	0.936	0.947	0.836
7,3	0.864	0.898	0.880	0.755
8,2	0.967	0.924	0.944	0.818
8,3	0.876	0.901	0.888	0.782



図 1 入力画像
Fig. 1 Input image.



図 2 提案手法による結果
Fig. 2 Proposed method.



図 3 従来手法による結果
Fig. 3 Conventional method.

る平均成功率を表す．

$$P = \frac{\text{認識された正しい分割線数}}{\text{認識されたすべての分割線数}} \quad (1)$$

$$R = \frac{\text{認識された正しい分割線数}}{\text{認識されるべき分割線数}} \quad (2)$$

$$F = 2 \times (P \times R) / (P + R) \quad (3)$$

ρ は分割線の適合検査における不適合画素の許容量である． ρ の値を大きくしていくと、濃度こう配方向のチェックに関しての制約が緩くなるため分割線の適合率が減少し、誤分割が増加する．逆に、 ρ の値が小さすぎる場合には、ノイズなどの影響を受けやすくなる．

δ は濃度こう配方向の許容角であるが、値の変化により結果に与える影響は少ない．これは、コマの内部と枠線における濃度こう配方向に隔たりがあるためである．

n と m の組合せについては、コンテンツの特徴に依存する． F 値及び S による評価では m/n の値が 0.25 から 0.30 となる範囲が妥当であるが、コマからはみ出しが多い場合には多少大きい値の方がよい結果が得られる．

4.2 従来手法との比較

今回実験に用いた複数の画像のうち、従来手法にて過剰分割が生じる例を図 1 に示す．提案手法と従来手法による分割線とコマ順を図 2、図 3 にそれぞれ示す．採用分割線の横に表示されているアラビア数字は、分割処理における分割線の決定順序を示す．各分割されたコマに表示されているローマ数字はコマの順序を示す．

従来手法では、3 番目の分割線が採用されたため、右下にあるコマを切断する結果が得られた．これに対

表 2 実験結果

Table 2 Experimental result.

	P	R	F	S
Proposed method	0.948	0.943	0.945	0.835
Conventional method	0.785	0.764	0.769	0.509

し提案手法では、3 番目の分割線を決定する際に、第 1 候補として従来手法と同様の分割線が得られた．しかし分割線選択法により、第 2 候補の分割線が採用された．このため右下のコマを切断することなくコマの分割処理を行うことができた．

次に、コミック画像 8 作品合計 236 枚に対してコマ分割実験を行い、それぞれ検出された分割線について評価を行った．実験に用いたしきい値は $n = 7$ 、 $m = 2$ 、 $\delta = 40$ 、 $\rho = 20$ である．

実験結果を表 2 に示す．実験より、提案手法は、従来手法 [7] と比較して、全体としての検出精度を示す F 値では 17% 程度の向上が得られた．

5. む す び

本論文では、コミックのコマ分割処理において、帯を用いた分割線候補の検出及び、分割線適合検査を用いる手法を提案した．更に、分割に用いるしきい値の最適化を図り、分割線検出精度の向上を確認した．

文 献

- [1] 辻 三郎, “スプリット検出法による文書画像構造解析,” 信学論 (D-II), vol. J74-D-II, no. 4, pp. 491–499, April 1991.
- [2] K. Kise, A. Sato, and M. Iwata, “Segmentation of page images using the area Voronoi diagram,” Computer Vision and Image Understanding, vol. 70, no. 3, pp. 370–382, 1998.
- [3] 米山昇吾, 平野 敬, 岡田康裕, “図面画像内シンボル抽出方式の検討,” 2006 信学総大, D-11-126, March 2006.

- [4] 木村彰男, 渡辺孝志, “高速一般化ハフ変換—相似変換不変な任意図形検出法;” 信学論 (D-II), vol.J81-D-II, no.4, pp.726–734, April 1998.
 - [5] 石井大祐, 河村 圭, 渡辺 裕, “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.
 - [6] 山田雅之, 鈴木茂樹, ラフマツト ブディアルト, 遠藤 守, 宮崎慎也, “携帯電話を利用したコミックの閲覧システムとその評価;” 芸術科学会論文誌, vol.3, no.2, pp.149–158, June 2004.
 - [7] 田中孝昌, 東海林健二, 外山 史, “マンガ画像のコマ割り構造解析;” 2006 信学総大, D-12-89, March 2006.
 - [8] 森本正志, 尺長 健, 赤松 茂, 末永康仁, “可変フィルタによるハフ変換の高精度化;” 信学論 (D-II), vol.J75-D-II, no.9, pp.1548–1556, Sept. 1992.
 - [9] M.A. Fischer and R.C. Bolles, “Random sample consensus: A paradigm for model fitting with applications to image analysis and automated cartography,” Commun. ACM, vol.24, no.6, pp.381–395, June 1981. (平成 18 年 11 月 30 日受付, 19 年 2 月 16 日再受付)
-