

輪郭走査による携帯電話向けコミック画像の高速コマ分割と整列の評価

因 雄亮^{*1}, 高橋 淳史^{*1}, 大家 敬士^{*1}, 平野 研人^{*2}, 樋口 政和^{*3}
川崎 秀二^{*4}, 小池 淳^{*5}, 村上 仁己^{*5}

Fast Frame Decomposition and Sorting by Contour Tracing for Mobile Phone Comic Images

Yusuke IN^{*1}, Atushi TAKAHASHI^{*1}, Takashi OIE^{*1}, Kento HIRANO^{*2},
Masakazu HIGUCHI^{*3}, Syuji KAWASAKI^{*4}, Atushi KOIKE^{*5}, Hitomi MURAKAMI^{*5}

Abstract : As one as the mobile phone contents, electronic books and magazine, especially comics, are expected to have potential possibility. In viewing comics on mobile phones, the resolution and the size of screens must be inadequate. A comic then needs to be decomposed into frames and put them in order to be read properly, whereas it is known that an accurate decomposition is not easy. In this paper, we propose an accurate and fast clipping method using contour tracing and evaluate it comparing with a commercial technology.

Keyword : Comic, mobile phone, image processing, layout analysis, hough transform

(Received March 25, 2010)

1. はじめに

近年のインターネットの普及に伴い、図1に示すように、電子書籍市場が急成長を遂げている。

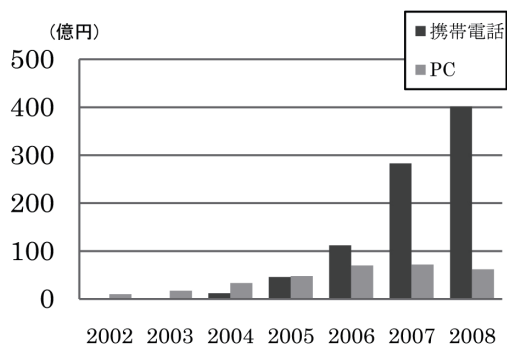


図1 電子書籍の市場規模

日本の市場はアメリカに比べ三倍程度大きく、さらに7割が携帯電話向けコミックである。日本の電子書籍市場は携帯電話向けコミックに支えられているといっても過言ではない。

携帯電話の小さな液晶画面では、コミックの紙面全体を表示した状態で読むことは難しい。そこでコミックの紙面上にある各コマを順に表示して読ませる手法が提案されている[1]。この際、各コマの表示順番と領域情報が必要となる。この情報を自動検出する手法については現在数多くの研究がなされており[2-5]、既に商用のシステムとして実用化されているものとしては、スパイシーソフト社のマンガ☆ゲット[6]というサービスがある。しかしながら、これら従来のシステムには携帯電話で表示するためには、数々の問題点がある。

本論文では、それらの問題を踏まえ従来の手法よりも優れた新たなコマ分割・整列手法を提案、評価し、実際に商用化されている手法との特性比較評価を行う。

*1 : 情報科学科学部学生

*2 : 工学研究科電気電子工学専攻修士学生

*3 : 情報科学科博士研究員

*4 : 情報科学科客員研究員

*5 : 情報科学科教授 (hi-murakami@st.seikei.ac.jp)

2. 既存のコマ分割・整列手法と問題点

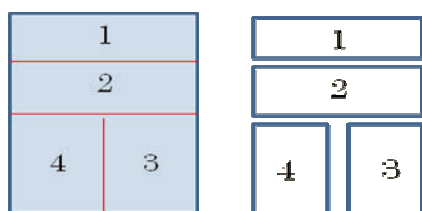
これまでに、コミック画像を対象としたコマ分割、整列手法として石井氏らによる手法[2-3]や、田中氏らによる手法[4-5]がある。

これらは、図2 (a) に示すように、分割線を用いてコミック画像を再帰的に二分分割することにより処理を行う。

しかし、コミック画像は、たとえば図3 に示すようなコマ外部の余白の存在により端まで情報が無い場合がある。上記の手法で分割した場合、そのような余白は考慮されていないため、分割領域に無駄な余白が含まれることがある。表示画面のサイズが十分でない端末では余白の程度によりコマが小さく表示されてしまったときには読み難くなってしまう。このように上記の手法では、必ずしも携帯電話上での表示に適した分割が得られない。

また現在、携帯電話コミックにコマ分割・整列を行い端末で閲覧できるサービスをマンガ☆ゲットが提供している。ここでは、利用者は携帯電話画面にあうようコマ毎に切りだされた画像を必要に応じて修正し、サーバにアップロードすることで、携帯電話上でコミックを閲覧することができる。そのイメージを図2(b)に示す。マンガ☆ゲットでは上記の余白の問題は改善されているが(技術は公開されていない)、コマ領域と表示順番を正確に取得できない場合があり、そのようなときは、自動検出後に人手による修正を行う必要がある。この人的負担を低減するため、高速かつ高精度のコマ割り解析技術が必要とされている。

そこで我々は、マンガ☆ゲットのコマ間の余白を考慮したコマ分割の考えに着目し、そのサービスよりも高精度なコマ分割手法を提案し構築を試みた。



(a)分割線を用いた手法 (b)マンガ☆ゲットの手法

図2 既存の手法のイメージ図



図3 コマ外部の余白が存在する例 (出典：作品名 MAJOR, 出版社 小学館, 1巻 p.133)

3. 提案するコマ分割・整列手法

本稿では、コミック画像を携帯電話の小さな液晶で表示するために、マンガ☆ゲットのコマ間の余白を考慮したコマ分割の考えに着目する。しかし同サービスでは手法は非公開であるため、我々は石井氏らによる手法や、田中氏らによる手法をベースとし、携帯電話上での表示を目的とするため、余白領域を低減するため、情報の存在する領域に重み付け処理を加えた新手法を提案する。

i)コミック画像の情報が存在する領域を輪郭走査によって検出し、得られた閉じた領域の輪郭線を明確にするために、式(1)を用いて重みづけを行う。

$$C(x, y) = \begin{cases} a_0 : \text{輪郭画素} \\ a_1 : \text{他の画素} \end{cases} \quad (1)$$

ただし、(x, y) は画像上のあるピクセルの座標を表す。また、経験的に $a_0=1$, $a_1=0.75$ を用いている。これにより、後のコマ分割線検出において、情報が存在する領域と余白領域を分ける直線が検出されやすくなる。また本稿での輪郭走査とは、ラスタースキャン後に、輪郭追跡処理を行うことをさす。

図4に実際に輪郭走査を行い、情報が存在する領域を決定したイメージを示す。

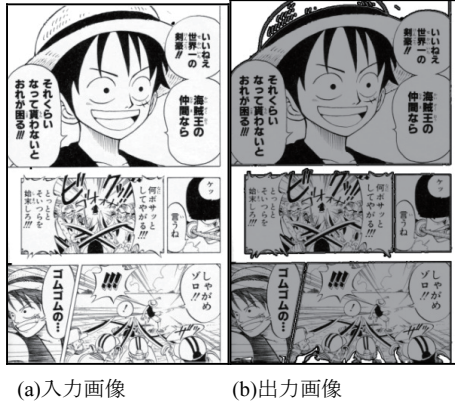


図4 情報がある領域の決定図（出典：作品名ワンピース，出版社 集英社，1巻 p.151）

ii)分割線における領域分割の過程を説明する。コミックの特性上、各コマは線によって区切られている。そのため、入力画像から直線らしい線を検出するため morphological operator[7]を用いて、細線化を行い、ハフ変換 [8]を用いて検出した。ハフ変換ではハフ空間上のある一点(ρ , θ)が求まり、それに対応する直線は式 (2)を用いて表現される。

$$\rho = x \cos \theta + y \sin \theta \quad (2)$$

ここで ρ は原点から直線に引いた垂線の長さを表し、 θ は垂線と x 軸とのなす角を表す。



図5 ハフ変換で得られた直線の図

検出された直線に対して、複数の直線パラメータの θ が k° 以内かつ、 ρ の差が m 以内、のものを同一の直線と見なし、統一する。ここでは、 $k=1$, $m=10$ を用いた。これはコマ間の余白領域で極端に狭いものは無視するためである。得られた直線の画素点の集合を $L(\rho, \theta)$ とする。また、 $L(\rho, \theta)$ と、その近傍画素を合わせて $M(\rho, \theta)$ とし、

$M(\rho, \theta)$ に含まれる画素点 (x, y) における濃度勾配の式 (3) を用いて計算した。

$$g_\theta(x, y) = g_x(x, y) \cos \theta + g_y(x, y) \sin \theta \quad (3)$$

$g_x(x, y)$: 水平方向の濃度勾配

$g_y(x, y)$: 垂直方向の濃度勾配

コマの外側の余白領域にコマ内の絵柄やセリフの一部がはみ出している場合やコマの形が多角形でない場合、コマ分割線がうまく検出されない。これに対処するために $L(\rho, \theta)$ の近傍 $M(\rho, \theta)$ を考える。

また、経験上、画像の中心付近の直線はコマ分割線になりやすい。そのため、ガウス関数式(4)により、図6に示すとおり、検出された画像上の直線に対し、重みづけを行った。

$$G(\rho) = \exp\left(-\frac{\rho^2}{\sigma^2}\right) \quad (4)$$

σ : 画像の縦幅を四分分割した長さ

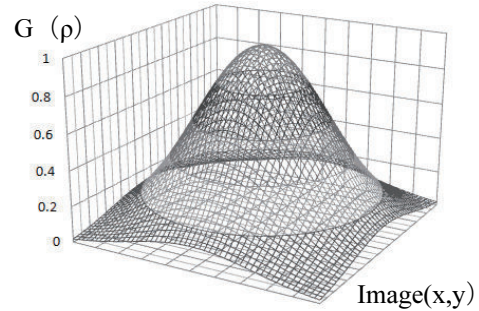


図6 重みづけのためのガウス関数

この重み付けにより画像の中心付近の直線には大きな重みが付与され、中心から離れた直線には小さな重みが付与される。

以上のパラメータを用いて、直線 $L(\rho, \theta)$ に対する分割線判定値 $A(\rho, \theta)$ を式 (5) で求める。

$$A(\rho, \theta) = G(\rho) \sum_{(x, y) \in M(\rho, \theta)} \{g_\theta(x, y) C(x, y)\} \quad (5)$$

ここで、 θ が 45° 以上かつ 135° 以下ならば横分割線の候補とし、条件を満たさないならば、縦分割線の候補とする。またコマに沿った直線では $C(x, y)$ により、大きな重みが加算されるので、画像の中心付近でコマに沿った直線がコマ分割線候補として検出されることになる。

これによって、コマ分割の際に、大きな余白領域もコマとして分割されるが、コマ整列時にそのような余白コマは削除され、余白を含めない高精度なコマ分割・整列を実現できる。

実際のコマ分割・整列処理としては、まずコミック画像全体を入力とし、上記で検出された分割線候補の中で $A(\rho, \theta)$ の値が一番大きな直線で画像を分割する。この際、対象となる分割線が、画像全体を四角形で囲んだ領域を通っているかどうかで分割か非分割かを決定する。横分割線なら、長方形領域の上端と下端、縦分割線なら、左端と右端の間を通っているならば、着目している分割線で画像を二分割する。そうでなければ、分割せずに終了とする。分割された領域に対して、その領域を再び四角形で囲み、上記のプロセスを再帰的に用いて、分割線を決定し、コミック画像を二分割していく。分割する際、判定に用いた線が横分割線ならば、上下に分けられた二つの領域に対して上領域>下領域と順番づけをおこなう。縦分割線でも上記と同様に左領域>右領域と順番づけをおこなう。この様に、ツリー構造を構築することによって、コマ整列も並行して行う。その際に情報の無い領域は削除を行う。構築したツリー構造の例を、図7に示す。

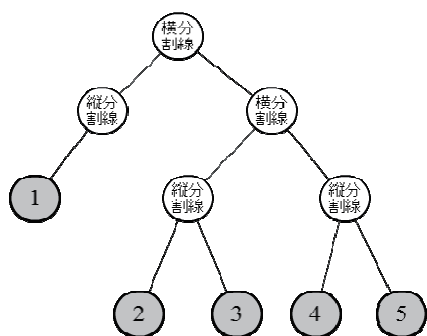
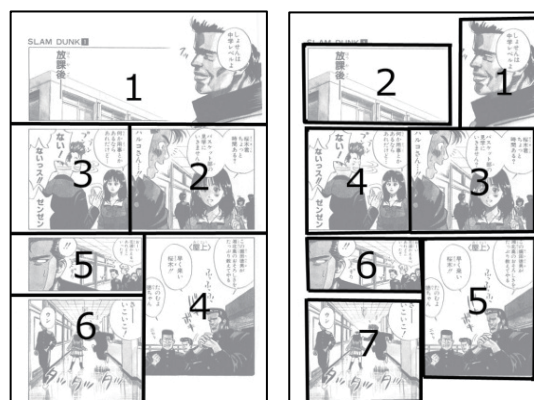


図7 コマ整列の行われたツリーの構成図

以後、輪郭走査によるコミック画像のコマ分割・整列方式を Comic-CFD (Fast Frame Decomposition and Sorting by Contour tracing for Comic Image)と記す。また、コミック画像を従来手法と Comic-CFD で処理した結果を図7に示す。さらに、図8では、従来法との違いがわかりやすい代表的な例を示す。図9では、キャラクターのコマぶち抜き（コマをはみ出して描かれた絵の事）に対して余分な情報を含めず、自然なコマ分割ができている。



(a)従来手法 (b)提案手法
図8 従来手法と提案手法の比較



(a)従来手法 (b)提案手法
図9 従来手法と提案手法の比較2（出典：作品名
スラムダンク、出版社 集英社、1巻 p. 23）

4. 実験

提案した Comic-CFD を用いて、携帯電話で表示する際に必要な各コマ領域と順番を、我々が作成した正解データベースを用いて評価した。

4.1 実験条件

実験には、コミック 32 種類 2037 ページを用いた。画像は印刷部数の公表[9]を元にコミックの代表的ジャンルである、少年、少女・女性、青年コミックから選出した。その際、成蹊大学漫画研究ペルシャ猫部員の協力により、正しいコマ領域、順番情報を持つデータベースを構築した。

下の表1に枚数、スキャンする際に用いた解像度を示す。また、計算機環境は表2となっている。

この条件にて、Comic-CFD を実行した。下記の表3に、コミックのジャンルごとの平均処理時間を示す。この際、マルチスレッド処理[10]を行い、高速化を行った。

表 1 画像枚数と解像度

漫画ジャンル	枚数	解像度
少年	961	144dpi
少女・女性	512	
青年	564	

表 2 計算機環境

CPU	Intel Core2Quad Q6600 2.4GHz
Main Memory	4GB
OS	Windows Vista

表 3 ジャンルごとの平均処理速度

漫画ジャンル	平均処理速度[ms/page]
少年	44.45
少女・女性	61.01
青年	45.05

4. 2 コマ分割成功率

コマ分割の精度を検証した。Comic-CFD により生成したコマ領域情報と、上に記した手動で生成した正しいコマ領域情報を比較した。図 10 で示すように、各コマの頂点座標の距離の差が 4 点全て k 画素以内であるならば、正しいコマを認識できたとする。ここでは経験的に k は 30 を用いた。

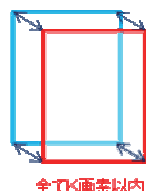


図 10 コマ領域の距離比較

以下、図 11 にコマ分割成功率を示す。評価には、適合率を表す Precision 式(3)、再現率を表す Recall 式(4)、精度を表す F-measure 式(5)を用いた。

$$P = \frac{S}{N} \quad (6)$$

S: 検出した正しいコマ数

N: 検出したコマ数

$$R = \frac{S}{C} \quad (7)$$

C: 検出されるべき正しいコマ

$$F = \frac{2PR}{P+R} \quad (8)$$

数

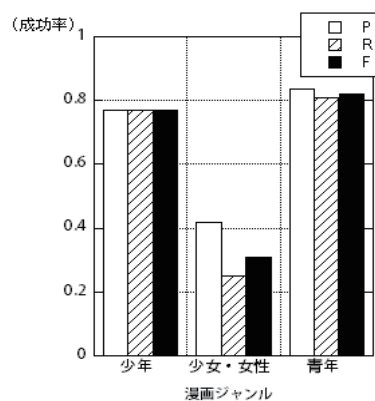


図 11 ジャンルによるコマ領域認識結果

少年、青年のジャンルにおいては8割程度の正しい検出であったが、少女・女性においては正解度が大きく低下した。これは、ジャンルによりコマ割が大きく異なることが原因である。複雑なコマ割の例を図 12(a)に示す。



図 12 複雑なコマ割りのマンガ例(a) (出典：作品名 ないしょのつぼみ, 出版社 小学館, 1 巻 p. 89) 複雑なコマ割りのマンガ例(b) (出典：作品名 ワンピース, 出版社 集英社, 1 巻 p. 113)

少女・女性のジャンルにおいては、人物やセリフ、コマがそれぞれレイヤー構造として重なることが多い。図 13 に複雑なレイヤー構造のイメージを示す。

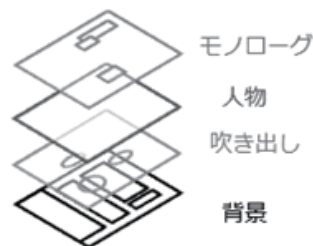


図 13 複雑なレイヤー構造のイメージ

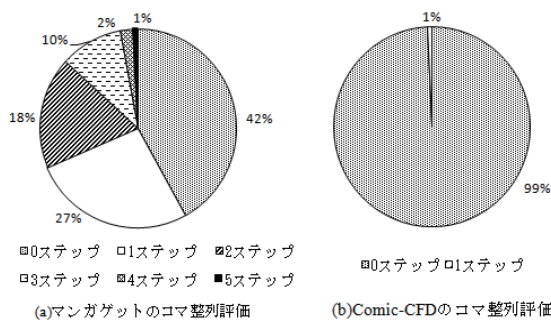


図 14 2つのシステムによるコマ整列評価

結果として複雑なコマ割りとなり、成功率が低下してしまう。また、少年、青年のジャンルにおいてもレイヤー構造が図 12(b)に示されるような複雑な場合、コマ領域の分割成功率は低下した。

4. 3 コマ整列

コマ分割が成功したページにおいて、コマ整列の精度を検証した。比較方式としてマンガ☆ゲットを用いた。コマ順番に対して、コマ同士を交換し正しい順番にするまでの「ステップ数」を評価基準とする。

例：A,B,C の順番で並んでいるコマを持つコミック画像を、A,C,B の順番で分割をした場合は、C と B を交換すれば正しい順番になる。これを 1 ステップとする。

以上のように定義した基準を元に評価した結果を以下の図 14 に示す。

検証の結果、コマ整列の成功(0 ステップ)は、マンガ☆ゲットの 42%に対し Comic-CFD は 99%であり非常に高い精度が得られた。マンガ☆ゲットは上から下への縦のコマ整列の間違ひは少ないが、右から左への横のコマ整列で間違ひが目立った。また、Comic-CFD では、下の図 15 に示す場合のみ、誤整列が発生した。これは、コマが十字に隔てられた場合に、縦分割と横分割の順番により、コマ整列結果に違ひが生じてしまうことに起因する。

5. まとめ

本稿では、携帯電話で表示するため、情報が存在する領域においてコマ分割・整列する手法を提案・評価した。コマ分割では、コミックのジャンルにより精度に差が生じ、少女・女性では精度が低下したが、少年、青年のジャンルにおいては 8 割程度の高い精度を示した。コマ整列においては、99%という非常に高い精度を示した。

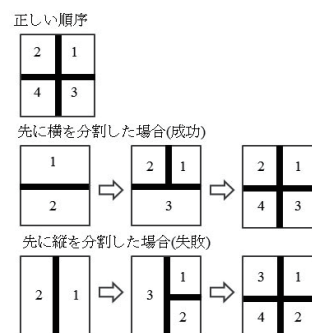


図 15 Comic-CFD のコマ整列の失敗図

本稿を執筆するに当たって、様々なご意見を頂きました KDDI 研究所帆足様ならびに、マンガ☆ゲットを運用するスパイシーソフト(株)山田様、武上様に深謝します。

本研究は、文科省戦略的研究基盤形成支援事業によって行われた。記して、感謝する。

参考文献

- 1) 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”, 芸術科学学会論文誌, vol.3, no.2, pp.149-158, June 2004.
- 2) 石井大祐, 河村 圭, 渡辺 裕, “コミック画像のコマ分割処理における制御パラメータに関する検討”, 信学技報, vol. 109, no. 63, IE2009-43, pp. 187-192, May 2009.
- 3) 石井大祐, 河村 圭, 渡辺 裕, “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”, 情処全大, 1P-2, March 2007.
- 4) 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.
- 5) T. Tanaka, K. Shoji, F. Toyama, and J. Miyamichi, “Layout Analysis of Tree-Structured Scene Frames in Comic Images”, 20th International Joint Conference on Artificial Intelligence (IJCAI- 07), pp.2885-2890, Hyderabad, India, Jan. 6 - 12, 2007.
- 6) マンガ☆ゲット <http://author.mang.jp/>
- 7) Burdick, HE “Digital Imaging theory and application”, McGraw-Hill, NewYork, 1997.
- 8) Leandro A. F. Fernandes, Manuel M. Oliveira, “Real-time line detection through an improved Hough transform voting scheme”, Pattern Recognition (PR), Elsevier, 41:1, 2008. pp. 299-314.

- 9) 社団法人 日本雑誌協会
<http://www.j-magazine.or.jp/magdata/?module=list&action=list>
- 10) OpenMP <http://openmp.org/>
- 11) 因 雄亮, 高橋淳史, 大家敬士, 平野研人, 樋口政和, 川崎秀二, 小池 淳, 村上仁己, “輪郭走査によるコミック画像の高速コマ分割・整列”, ITE Technical Report Vol.34, No.10, pp.73~76, 2010 年 2 月