

## コミック画像におけるコマの角検出に関する一検討

石井大祐<sup>†1</sup> 河村圭<sup>†2</sup> 帆足啓一郎<sup>†3</sup>  
滝嶋康弘<sup>†3</sup> 渡辺裕<sup>†1</sup>

本検討では、デジタル化されたコミック画像における正確なコマの角検出に関する手法の提案とその評価を行う。これまで検討されてきたコマ分割処理では、正確なコマの位置取得が困難である。この問題を解決するために、我々は複数の信号処理技術を組み合わせる事で正確なコマの位置検出を試みた。提案手法では、初めに、連結成分解析を利用し、各コマ間にある空白部分の検出を行う。次にコーナー検出および Hough 変換を行い、最終的にそれぞれの処理結果を統合することで、コマの角位置の同定を行う。実際にコミック画像に対して本手法を適用し、コマの角検出を行い、再現率、適合率を用いて評価を行った。平均 0.9 の再現率で 0.7 から 0.9 の適合率を得ることを確認した。

### A Study on Frame Corner Detection of Comic Image

DAISUKE ISHII,<sup>†1</sup> KEI KAWAMURA,<sup>†2</sup> KEIICHIRO HOASHI,<sup>†3</sup>  
YASUHIRO TAKISHIMA<sup>†3</sup> and HIROSHI WATANABE<sup>†1</sup>

In this paper, we propose and evaluate a method to accurately detect the position of the corners of frames which consist a digital image of Japanese-style comics. Existing automatic frame extraction methods are not capable of detecting the corners of the frames accurately. In order to solve this problem, this research proposes a method which combines signal processing techniques to detect the accurately position of frames. First, the blank which exists between each frame is detected by the modified filling algorithm, to obtain the rough shapes of the frames. Next, corner detection and Hough-transform are applied to the resulting image. Finally, the results of these procedures are combined to obtain the individual position of frame corners. Evaluation experiments on actual comic images prove that the proposed method succeeds to detect frame corners from 0.7 to 0.9 precision with 0.9 recall.

#### 1. はじめに

近年の電子書籍リーダーおよび携帯電話の発達により、電子書籍配信市場の発展は顕著である。中でも電子コミック配信の占める割合は非常に大きく、携帯電話向け電子書籍販売のうち 80% を占めている<sup>1)</sup>。

一方、日本では現在、多くの単行本コミックやコミック雑誌が出版されており、最大発行部数を持つコミック雑誌では毎週 280 万部もの発行部数がある。コミックはページ内に多数のコマを持ち、コマを基準としてさまざまな要素（絵や主にセリフからなる文字部分等）が複雑に配置されている。そしてコマの並び順に従いページ内を読み進んでゆくという特徴がある。

携帯電話をはじめとする小型の表示端末では、画面サイズが非常に小さく解像度も低いためコミックの可読性を保ちつつページ全てを表示することができない。具体的にはコミック画像 1 ページ全てを小型端末で表示した場合には、台詞等に代表される文字部分が小さくなりすぎてしまう為、読むことが不可能である。

この問題を解決するために、携帯電話向けコミック配信では、ユーザー自身が画像をスクロールおよび拡大縮小させて読むという方法や、クリックに応じて読み順に従って順次スクロールを行う方法がとられている。ユーザー自身が画像をスクロールする場合には、端末の性能や機能に依存する割合が高く、利用できる端末に制限がある。自動スクロールを行う方法では、拡大された状態で順次表示を行うため、文字部分の可読性を損なうことなくユーザーにコミックの内容を提示することが可能である。

スクロールを行う為には、コマの位置情報が必要となる。コミックにおける多くの要素はコマの位置を基準として構成されている。加えて、物語の流れは、読み順同様コマによって定義されている。このため、他の付加情報抽出を行う際にも、高精度なコマの位置情報が必要となる。

これまでに文書画像解析に関する研究が行われてきた<sup>2)-4)</sup>。これらの手法ではヒストグラム、連結成分、画素の濃度などの特徴を利用し解析を行う。しかし、コミック画像の大部分

<sup>†1</sup> 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

<sup>†2</sup> KDDI 株式会社  
KDDI CORPORATION

<sup>†3</sup> 株式会社 KDDI 研究所  
KDDI R&D Laboratories

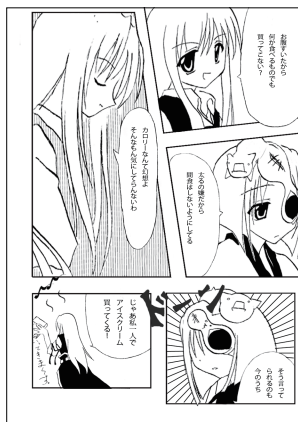


図 1 コマを 5 個含むコミック画像  
Fig.1 A comic image containing 5 frames.

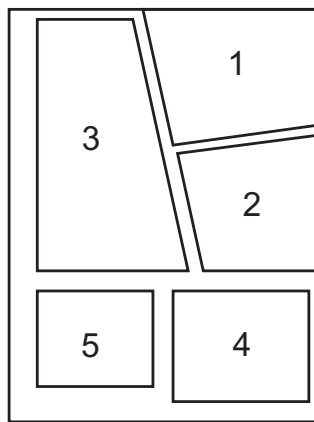


図 2 図 1 のコミック画像に対するコマの読み順  
Fig.2 Frame reading order of the comic image shown in Fig.1

はコマの枠線と同等の信号的特徴を持つエッジによって構成されている。このため、一般的な文書画像解析技術を利用して、各コマの正確な位置情報を取得することは困難である。

コミック画像に特化した手法として、画像の 2 分割を繰り返し実行することで各コマへの分割を行う手法が提案されている<sup>5)-8)</sup>。しかしこれらの手法では、分割後のコマの周囲に空白部分が含まれてしまう。このため、携帯電話等の小型端末で表示をする際に必要十分な位置精度を確保できない。

本検討では高精度にコミックのコマ位置を解析するために、コマの角位置情報の取得に焦点を当てる。提案手法では、複数の信号処理手法を組み合わせることで高精度なコマの角位置検出を実現する。そして、実際にコマの角位置検出実験を行い、提案手法が高精度にコマの角位置を検出できることを確認した。

本稿の構成を以下に示す。2 章では、コミックのコマの特徴及び従来手法について述べる。3 章では、複数の画像解析処理を組み合わせた、コマの角検出手法の提案を行う。4 章では、実際にコマの角検出実験を行い、提案手法と従来手法の性能を示す。5 章では、本検討のまとめを行う。

表 1 コミック雑誌に含まれるコマ特徴の分類

Table 1 Feature classification of frames included in a comic magazine

Type-A	Type-B	Type-C	Others
81.5%	10.3%	5.0%	3.2%

## 2. コミックの特徴と、コミック解析に関する従来手法

### 2.1 コミックの特徴

日本における一般的なコミックについて調査を行った。ここでは、最大の発行部数を持つコミック雑誌を対象とした。その結果、多くの作品で以下に示す共通の特徴がみられた。

- コミックの読み順はコマによって定義されている。
- コミック画像 1 ページは 1 から 10 程度のコマによって構成されている。
- コマはキャラクター、背景、吹き出しおよび台詞、擬音等の特殊効果を含む。

また、コマに関して以下の特徴がみられた。

- コマの形状は矩形に限られない四辺形である
- 各コマ間には空白部分が存在する
- コマからの内部コンテンツのはみ出しが存在しうる
- コマの辺がページの端部によって代替される場合がある

予備調査として、コミック雑誌の各ページ単位において、そのページを構成するコマを基に分類を行った結果を表 1 に示す。ここにタイプ A は、ページ内の全てのコマが上記ルールに従う場合、タイプ B は、一部のみ上記に従わないルールのコマを含む場合、タイプ C はすべてのコマが上記ルールに従わない場合、その他はカラーページ、タイトルページなどを示す。予備調査の結果上記の特徴を持つページの割合は 80%以上であることが確認された。

### 2.2 コミック画像のコマ分割処理

田中らは 2 分割処理を繰り返し行う事でコマ分割を行う方法を提案、改良している<sup>5),6)</sup>。この手法の分割プロセスを以下に示す。

初めに、入力画像に対してダグラスポイカー法<sup>9)</sup>を利用した前処理を行う。次に、分割線の検出と決定を行う。画像から条件を満たす分割線が見つからない場合に繰り返し処理を修了する。この手法では分割処理を再帰的に実行することで、各コマまでの分割を行う。分割線の検出は、画像内に画像の 2 辺を結ぶ、以下のパラメータによって決定される仮想的な線を引き、その線と一致する座標上の濃度勾配量を元に決定する。仮想的な線は以下の式で与えられる。

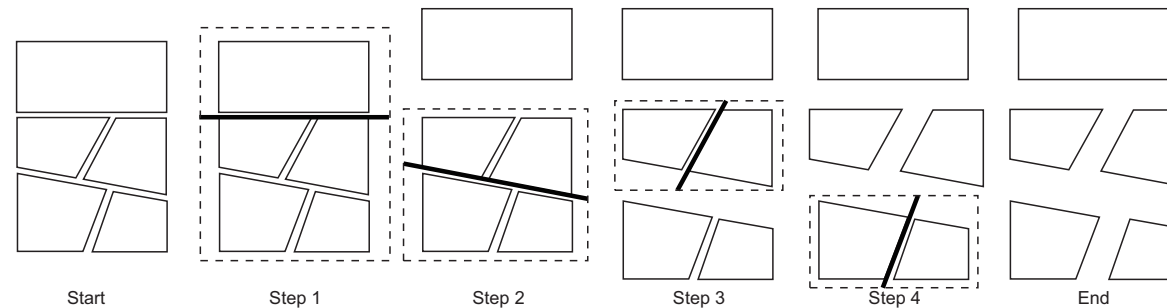


図 3 2分割の繰り返し手法によるコマ分割のステップ。  
点線は各分割ステップの処理対象領域，黒線は分割線を示す。

Fig.3 Steps of frame separation by the iterative separation method. At each step, the area surrounded by dotted lines indicates the target region and thick line shows the boundary for separation

$$\rho = x \cos \theta + y \sin \theta \quad (1)$$

ここで、 $\rho$  および  $\theta$  を順次変化させてゆくことで、画像内の全探索を行う。最終的に、線上の合計濃度勾配量の最も大きいパラメータでかつ、この値が設定したしきい値を越える場合に分割線の候補と決定する。ここでさらに水平方向の候補と垂直方向の候補がある場合、その交点付近での濃度勾配方向のチェックを行う事で最終的な分割線を決定する。上記処理により分割線が決定された場合には、その線を基準として画像を2つに分割する。2分割手法を用いたコマ分割のステップを図3に示す。

しかし、この手法では分割線の決定に関する条件が緩く、誤分割が発生しやすいため、分割成功率が低いという問題点がある。また、得られるコマ位置情報には2分割処理の繰り返しというアルゴリズムの特性上、コマの周囲にある空白部分がそのまま含まれてしまうという問題点がある。

2分割手法の改良として石井らは分割線の決定に際して濃度勾配の方向を利用した検査を行うことで、その正解率を向上させた手法を提案している<sup>7),8)</sup>。また、コミックの分割線の特徴を考慮し、分割線を検出する際の平均処理コストの低減を行っている。しかしながら、こちらの手法も2分割処理の繰り返しであり、空白部分に対する考慮がされていないため、取得されるコマの位置精度は低い。

### 3. 提案手法

#### 3.1 提案手法の概要

本章では、複数の画像処理手法を組み合わせ、コマの角検出手法を提案する。コミック画像の大部分は多数のコマの枠線と同等の信号的特徴を持つエッジによって構成されている。このため一般的な画像処理手法を適用すると、コマの枠線とその他の部分の区別が不可能である。そこで、コミックの特徴を利用した前処理を導入することで、コマの枠線以外の部分の影響の除去を行う。その上で、コーナー検出および直線検出処理を行い、それぞれの結果を組み合わせることで、コーナーの角となりうる点を検出する。本手法の処理フローを図4に示す。

#### 3.2 ブランク検出

コマ内部の影響を排除しコマの概形を得るために、空白部分の検出を行う。以下本処理をコミックのブランク検出と呼ぶ。ブランク検出では、均等色領域の塗り潰しと似た処理を複数の始点から行う。一般的にコミックのコマとコマの間には空白部分が存在し、この空白部分は平坦な輝度成分によって成り立っており、一方でコマの境界には枠線が引かれている。このため、コマとコマの間の部分を取得したい場合には、コマの間の部分から連結する均等色領域を抽出すればよいことが分かる。しかし、コミックのコマの位置は未知の状態であるため、どの点から連結する均等色領域を得ればよいかわからないという問題がある。

提案手法では画像の縁近傍に等間隔に初期点を配置し、各初期点から連結する均等色領域

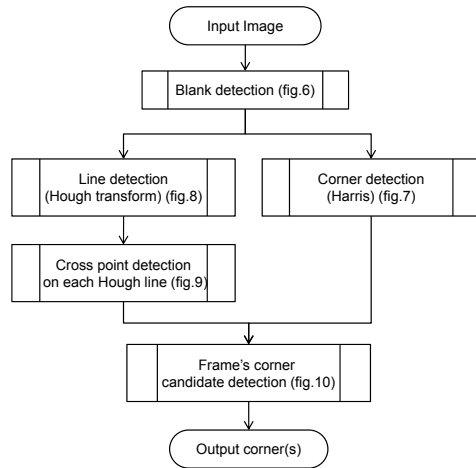


図 4 提案手法の処理フロー．各ステップにおける結果は図 [6-10] にそれぞれ示される．  
Fig. 4 A flow of proposed method. Result of each step are shown in fig.[5-10] respectively.

を得る．そして結果の領域をそれぞれ投票し，その投票値によってコマ間の空白部分の同定を行う．今回はこの初期点の数を 20 とした．初期点の配置例を図 5 に示す．投票量が多い領域を白，投票量が少ない領域を黒で塗りつぶす．ここで，白領域を空白部と定義する．空白検出の結果画像例を図 6 に示す．

### 3.3 コマの角位置検出

前処理である空白検出結果には，コマの枠線のみならず，雑音や，コマからはみ出しの影響などにより，さまざまな突起が残っている．このため空白検出結果の画像に対して直接コーナー検出を行っただけでは，コマの角検出として適合率が低い．そこで提案手法では，コマの正確な角位置検出を行う為に，Hough 変換結果の直線同士の交点を検出し，コーナー検出結果との AND をとる．

始めに，コマの角となりうる候補点をコーナー検出により取得する．コーナー検出には OpenCV の実装である Harris のコーナー検出処理を用いた．また，検出するコーナーの最大数は 250 とした．

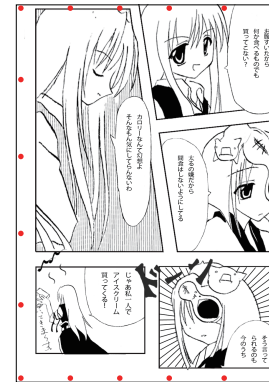


図 5 空白検出における塗りつぶし開始点  
Fig. 5 Start points of filling on blank detection.



図 6 空白検出結果．この図において空白部分は白色の領域で表されます．この処理によりほぼ全てのコマの内部は塗り潰される．  
Fig. 6 Result of blank detection. White resion means “Blank.” Most frames are filled in this step.

次に，空白検出結果の画像に対して Hough 変換を適用する．ここで，Hough 変換は OpenCV の実装を用いた．また，検出する直線の最大数を 100 とした．検出されたすべての直線に対して，交叉する直線間の角度が 30 度以上の組み合わせについて，その交点を抽出する．

最後に，以上の 2 処理によって得られた点について AND をとり，コマの角位置候補とする．この角位置候補が本手法で得られる最終的な結果である．

実際に空白検出後の画像に対してコーナー検出を行った結果を図 7 に，Hough 変換側の各ステップにおける処理画像を図 8,9 にそれぞれ示す．Hough 変換結果の直線同士の交点は図 9 において円で示された点である．最終的な処理結果を図 refintegration に示す．

## 4. 実験

### 4.1 実験条件と評価法

本章では提案手法及びコマ分割処理を実際にコミック画像に適用し，提案手法により得られた各コマの角位置と，コマ分割手法により得られた各コマ領域の角座標について比較検討を行う．今回の実験では，得られた角の精度評価に，以下の式に示される Precision と

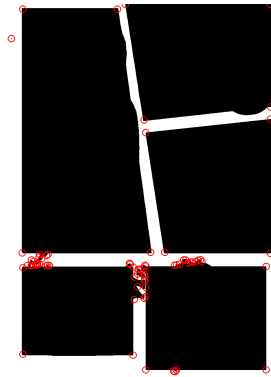


図 7 コーナー検出結果 (ブランク検出結果に対して行ったもの)。検出されたコーナーは でプロットされる。  
Fig.7 A result of corner detection on blank detected image. The result corners are mapped by circles

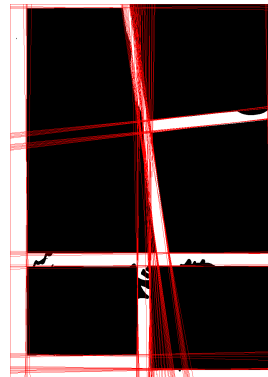


図 8 Hough 変換結果。Hough 変換の結果は直線でプロットされている。多くの直線がコマの枠に沿っている事が確認できる。  
Fig.8 Result of Hough-transform. Each result line is drawn by lines. Many lines are along the frame border.

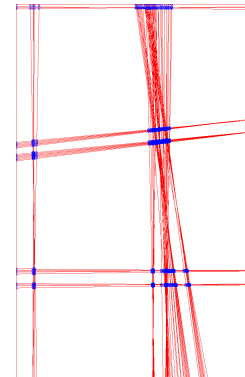


図 9 ハフ変換により検出された直線同士の交点。各交点は円でプロットされている。  
Fig.9 The intersecting points of result lines of Hough transform. The intersecting points are plotted by circles.

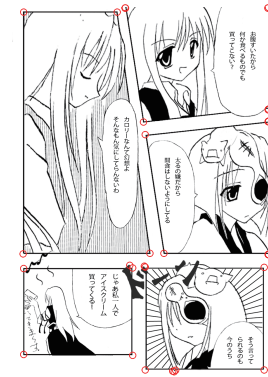


図 10 提案手法の結果。最終的に得られるコーナーは、コーナー検出結果と、Hough 変換結果の交点を統合 (AND) したものである。  
Fig.10 Corner detection results of proposed method. These corners are obtained by integration (AND) of corner detection points(fig.7) and intersecting points of Hough transform result(fig.9.)

表 2 画像サイズとページ数

Table 2 Image size and number of page.

Works	Image size	Page
Comics A	740 × 1200	20
Comics B	760 × 1200	30
Comics C	1024 × 1536	30
Comics D	840 × 1200	30

Recall を用いた。

$$\text{Precision} = \frac{\text{correctcorners} \cap \text{obtainedcorners}}{\text{obtainedcorners}}, \quad (2)$$

$$\text{Recall} = \frac{\text{correctcorners} \cap \text{obtainedcorners}}{\text{correctcorners}}. \quad (3)$$

コマ分割手法<sup>6),8)</sup> は 2 分割処理を繰り返し行い、コマ毎に切り離された画像を出力するため、今回は分割された各領域の角座標をそれぞれの手法における検出されたコマ角位置として比較を行った。

実験の対象画像は以下の通りである。画像解像度及び画像枚数を表 2 に示す。今回入力し

た画像は 2 章で述べた基本的なコマの構造により構成されるコミックである。コミック B および C はコマからはみ出し量の多いシーケンスである。

#### 4.2 実験結果

提案手法およびコマ分割手法それぞれで得られた結果の一例を図 11 に示す。提案手法で得られた角候補を。コマ分割手法 (従来手法)??の結果検出された各コマの境界線およびそれぞれの角となる点を点線及び で示した。図より、提案手法による結果の点は実際のコマの角位置に近い場所にあることが分かる。一方で、コマ分割手法の結果は、分割後もブランク部分が残ってしまう為、実際のコマの角位置は取得できない場合が多い。

入力画像 110 枚に対して評価を行った結果を表 3 および 4 にそれぞれ示す。ここで、ブランク検出およびコーナー検出のみを行った場合の結果を Propose\*、Propose\*に対して Hough 変換の交点との AND をとった結果を Propose とする。この結果から、提案手法は従来のコマ分割手法と比較して、正しくコマの角位置を検出することが可能であることが確認された。また Propose\*と Propose の比較により、提案手法における Hough 変換の交点による制限において、すでに取得されている候補の Recall をほぼ下げることなく Precision

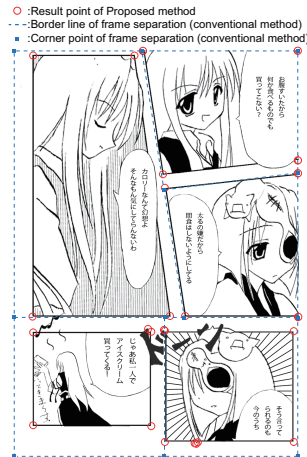


図 11 提案手法の結果と、従来のコマ分割手法により分けられた各コマの境界とその角

Fig.11 Corner detection results and border line of each method.

表 3 コマの角位置解析実験における適合率。ここに、Propose\*はコーナー検出のみを行った結果である(図7同様)。実験では Propose の結果が最も高い適合率となった。

Table 3 Precision of the experiments on frame corner analysis.

Propose\* expresses the result of only corner detection (same as fig.7.)

Propose has achieved highest precision.

Works	Propose	Propose*	Conv. I	Conv. T
Comics A	0.936	0.588	0.260	0.258
Comics B	0.778	0.350	0.199	0.214
Comics C	0.708	0.159	0.043	0.057
Comics D	0.937	0.656	0.271	0.212

の向上が確認できた。

## 5. おわりに

本検討では、正確にコマの座標を得るための前段階として、コマの角位置を検出する手法の提案を行った。提案手法では、前処理として空白検出を行い、その結果に対してコーナー検出を行う。さらに Hough 変換とその交点検出を行い、コーナー検出結果との AND

表 4 コマの角位置解析実験における再現率。Propose の結果は Propose\*と同等もしくは若干の低下に収まる。

Table 4 Recall of the experiments on frame corner analysis.

Recall of Propose is equivalent to Propose\*.

Works	Propose	Propose*	Conv. I	Conv. T
Comics A	0.936	0.990	0.263	0.245
Comics B	0.958	0.972	0.179	0.196
Comics C	0.908	0.916	0.038	0.040
Comics D	0.976	0.984	0.267	0.202

をとることで、高い精度でコマの角検出が行えることを確認した。また、実際にコミック画像に対して提案手法及びコマ分割手法を適用し、コマ分割手法では実現されていない、コマ角位置の検出が行える事を確認した。さらに提案手法において、空白検出およびコーナー検出を行った結果に対して Hough 変換の交点との間で AND をとることで、Recall を下げることなく Precision を向上させることを確認した。

## 参 考 文 献

- 1) 高木ら, 電子書籍ビジネス調査報告書, 三橋昭和, インプレス R&D, 東京, 2009.
- 2) 辻 善丈, “スプリット検出法による文書画像構造解析,” 信学論 D, vol.J74-D-II, no.4, pp.491-499, April 1991.
- 3) K.Y. Wong, R.G. Casey, and F.M. Wahl, “Document Analysis Systems,” IBM J. Res. Develop., Vol.26, No.6, pp.647-656, Nov. 1982.
- 4) 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.
- 5) 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.
- 6) 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.
- 7) 石井大祐, 河村 圭, 渡辺 裕, “コミックのコマ分割処理に関する一検討,” 信学論 D, Vol.j90-D, No.7, pp.1667-1670, July 2007.
- 8) 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,” PRMU2009-34, pp.187-192, May 2009.
- 9) U. Ramer, “An iterative procedure for the polygonal approximation of plane curves”, Computer Graphics and Image Processing, 1, pp.244-256, Apr. 1972.