

# 博士論文審査報告書

## 論文題目

高機能なマンガコンテンツのための  
画像解析手法に関する研究

Research on Image Analysis Methods  
for Advanced Comic Content

### 申請者

氏名

石井	大祐
Daisuke	Ishii

コース・プロジェクト名  
(課程内のみ)

国際情報通信学専攻  
オーディオビジュアル情報処理研究II

2014年7月

近年、高精細ディスプレイを搭載する電子端末は、書籍や文書などを閲覧するためのツールとして急速に普及しつつある。これらの端末は、電子書籍や電子コミックなどのコンテンツに対する需要を急速に増加させている。特にマンガは日本を代表するコンテンツであり、国外発信に向けた様々な施策が実施されている。

紙媒体のマンガの電子化においては、スキャンによる電子画像化処理だけでなく、様々な機能の追加や新たな表現の導入が検討されている。例えば画像の一部が繰り返し振動するような視覚的効果や効果音の付与がある。また、紙面を前提にページ単位で描写されたマンガをコマ単位でスクロール表示できれば、小画面の電子端末での閲覧を補助することができる。更に、重要なシーンの自動抽出や登場キャラクターの抽出により、要約版の提供も可能となる。これらの新しい付加機能の実現には、マンガの高機能化を達成するためのメタデータをマンガ内部から自動抽出する必要がある。

本論文の目的は、マンガ画像からのメタデータ自動抽出を可能とする、マンガ画像解析処理を実現することにある。マンガの構造は複雑であり、単純なドキュメントに比較して構成要素が多い素材である。マンガのインタラクティブ性を向上させるためには、マンガ内部の詳細な情報が必要となる。しかしその取得及び記述作業を人手で行うには多大なコストが必要であり、現実的に実現することが困難な場合が多い。したがって、マンガのアーカイブやコンテンツとしての利便性向上を実現するためには、マンガ画像のメタデータや意味的要素を自動で取得することは重要である。また、完全自動化は無理であっても、情報付与作業において作業者に補助的機能をもたらす解析手法を実現することは有意である。

本論文では、マンガ画像からの具体的なメタデータ抽出処理として、コマ及びキャラクター情報の抽出を実現するための、マンガ画像解析手法について論じている。コマ検出には、帯状領域を利用した分割線検出に加えて、分割線上の輝度勾配方向分布等を利用した分割線の検査処理を提案している。また、キャラクター検出には、Histograms of Oriented Gradients (HOG) 特徴量を用いて Support Vector Machine (SVM) による識別器が用いられている。更に、マンガの主要構成要素である線の特徴を捉えるため、2値線画像解析に利用可能な新たな画像特徴量として、2値細線の方向ヒストグラムを利用した、Histograms of Binary Orientation Pattern (HBOP) 特徴量を提案している。

本論文は、筆者が本学大学院国際情報通信研究科に在学中に行った研究成果、並びに、助手として勤務した期間の研究成果をまとめたものである。以下各章ごとに概要を述べ評価を加える。

第1章「序論」では、本研究の背景と課題を明らかにすると共に、本論文の目的及び論文の構成を示している。

第2章「マンガ画像の特性及び高機能なマンガコンテンツ生成に関する課題」では、本論文の処理対象であるマンガの基本的な構成及び特徴と、高機能マンガコンテンツ生成支援システムの実現について論じている。高機能なマンガコンテンツを生成するためには、目的に応じた多数の内部要素に関連するメタデータが必要となる。本章は、マンガ画像解析の結果によって得られるメタデータを利用したアプリケーションを想定し、メタデータの重要性を

論じている点で重要である。

第 3 章「マンガ画像からのコマ検出」では、マンガ画像からの自動コマ分割処理について論じている。従来のコマ解析手法は、1) 輝度勾配に基づく分割線検出処理、2) 得られた分割線からなる再帰的 2 分割処理、に大別される。従来の分割線検出手法では、画像の 2 辺を結ぶ直線上の画素について輝度勾配値を取得する。そのため、任意角度の分割線に対応するためには、分割線検出時に基準直線の角度刻み幅を十分に小さくする必要がある。したがって、検出精度を確保するためには、探索する分割線の数が増大となる。また、従来の分割処理では、分割線の決定が輝度勾配のみに依存するため、本来分割不可能な部位において分割されるという問題点があった。更に、2 分割処理の過程でコマ周囲の余白領域が処理不能であった。

本論文では、1) 帯状領域を利用した分割線検出と、2) 分割線上の輝度勾配方向分布等を利用した分割線の検査処理、を用いたコマ分割処理を提案している。本手法では、微小な角度変化に対するロバスト性を向上させると同時に、分割線の探索数の削減を行っている。また、他のコマ上を通過する分割線は抑制される。更に、コマの角位置を取得することで余白領域の除去を行っている。解析処理時間の短縮は、処理対象画像の解像度削減で達成できる。一方で、分割精度は低解像度化による情報欠落の影響により低下する。コマ分割実験では、処理精度及び処理時間を比較すると共に、余白領域の除去効果を示している。実験の結果、適合率・再現率共に、従来法では 26%であった画像に対して、提案法では 94%と大幅な改善がなされている。

高精度、高速なコマ検出手法の提案は、電子コミックにおける視線移動情報を反映したメタデータの生成を可能にしており、メタデータを用いた電子コミックの配信・閲覧システムの実現に向けた基盤技術を大きく改善した点が評価できる。

第 4 章「マンガ画像からのキャラクター情報抽出」では、マンガからのキャラクター検出及び識別手法について論じている。キャラクターはマンガの物語を構成する上で必須情報であり、メタデータとして重要な要素である。従来、人間の顔画像検出には Haar-like 特徴量が有効であることが知られている。しかし、多値画像を前提とした Haar-like 特徴量は、基本構造が線画であるマンガには適さない。一方、HOG 特徴量は輪郭の識別に有効であることが知られている。そこで、HOG 特徴量をマンガのキャラクター検出に用いる手法を提案している。顔画像の識別手法として、正例画像と負例画像を切り出して SVM による学習器を適用している。

キャラクター検出では、瞳を学習した識別器と顔を学習した識別器とをカスケード型に接続することで、単一要素のみを学習した場合よりも検出適合率が高くなることを確認している。更に、瞳及び顔の検出結果に対して、キャラクターを学習した識別器による識別処理を行うキャラクター検出処理を構成し、最大 93%の適合率を得ている。

マンガでのキャラクターは実際の人間と異なり、シーンにより非常に大きな形状の変化を持って描かれる。また、作者の特性により、キャラクターの向きに応じてある点を境に輪郭形状が突然変化する場合がある。そこで、キャラクターの状態を正面、横、背面、デフォルメの 4 系統に分離するアプローチにより識別性能が向上することを確認している。

線画像として描かれるマンガのキャラクターの抽出に、HOG 特徴量が有効であることを示した点は重要であり、キャラクター検出の基礎技術を確立した点が評価できる。

第 5 章「2 値線画像向け画像特徴量 HBOP とマンガへの適用」では、2 値線画像向け画像特徴量 HBOP について論じている。第 4 章で使用した HOG 特徴量は、細線化された 2 値画像から得られる方向は最大 4 方向に限定される。また、直線自体の方向を直接記述することが不可能である。そこで、一般物体認識のアプローチを、2 値細線画像解析に応用可能とするために、2 値細線分の方向ヒストグラムを捉える HBOP 特徴量を提案している。HBOP 特徴量では、注目点の 8 近傍画素において 12 パターンのオペレータを規定し、これを用いて 8 方向のヒストグラムを生成している。2 値細線で描かれた円と矩形の学習及び識別実験では、HBOP 特徴量は適合率 99% であり、HOG 特徴量の場合の 89% と比較して、10% 改善されることが分かった。また、本研究の処理対象であるマンガ画像に対して HOG 特徴量との識別性能を比較した結果、画像サイズ 150×150 画素の場合に適合率が 16% 改善され 97% に達した。

本章の成果は、2 値線画像で描かれたキャラクター抽出に適した、新しい 2 値方向パターンヒストグラムを特徴量として提案した点にある。更に実験によりその有効性を確認しており、今後のマンガキャラクター検出技術の精度向上に繋がる成果が得られた点が高く評価できる。

第 6 章「結論」では、本論文の成果についてまとめている。

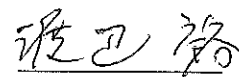
以上要するに本論文は、マンガ画像から具体的なメタデータ抽出処理として、コマ及びキャラクター情報の抽出を実現するためのマンガ画像解析手法について論じたものであり、電子書籍を前提とした高機能なマンガコンテンツ提供システムを実現可能とする点に意義がある。本論文で得られた知見は今後急速な進展が予想される電子書籍や電子コミックの配信システムを支える技術の進展に資することが期待されるものであり、国際情報通信学の発展に寄与するところは極めて大きい。よって、本論文は博士（国際情報通信学）の学位を授与するに値するものであると認める。

2014 年 7 月 10 日

審査員

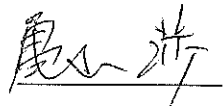
(主任) 早稲田大学教授 工学博士 (北海道大学) (情報通信工学)

渡辺 裕



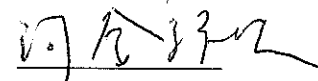
早稲田大学教授 工学博士 (早稲田大学) (情報通信工学)

亀山 渉



早稲田大学教授 博士 (人間科学) (早稲田大学) (人間工学)

河合 隆史



早稲田大学教授 (コンピュータグラフィックス)

坂井 滋和

