

視点情報を用いた電子コミックの表示方法

松原瑞氣[†] OlivierAugereau[†] 岩田基[†] 黄瀬浩一[†]

[†] 大阪府立大学大学院工学研究科

E-mail: [†]matsubara@m.cs.osakafu-u.ac.jp, ^{††}augereau.o@gmail.com, ^{†††}{iwata,kise}@cs.osakafu-u.ac.jp

あらまし 近年、多くの人々がスマートフォンなどの小型端末を用いて、電子コミックを読んでいる。小型端末の画面に電子コミックの1ページ全体を表示すると、小さな文字が読めない場合や、絵が見えにくい場合がある。本稿では、事前に記録された電子コミックを読んでいる際の視点を用いて、電子コミックを拡大表示する手法を提案する。提案手法により、小型端末の画面でも見やすい縮尺で電子コミックを表示することが可能となる。また、本稿では被験者に提案手法を用いて電子コミックを読んでもらうことで、その使いやすさを調査する。その結果、提案手法により、文字や絵が見やすい大きさでの表示が可能であることが分かった。また、今後の課題として、拡大率を自動で最適な値にする機能が必要であることが分かった。

キーワード 電子コミック, 漫画, アイトラッキング, 電子書籍

1. はじめに

日本では多くの人々が漫画を読んでおり、漫画は一つの重要な文化となっている。漫画は紙媒体の印刷物として作られていたが、近年はそれらを電子化した電子コミックも普及している。電子コミックの市場規模は年々成長を続け、2014年には約1000億円規模の市場にまで成長している[1]。市場成長の背景として、近年のスマートフォンなどの小型で持ち運び可能な画面付きの端末の普及がある。こうした機器を持ち運ぶことで、ユーザはいつでもどこでも電子コミックを読むことが可能である。

電子コミックの多くは紙媒体の漫画と同じレイアウトで作られている。小型の画面でそうした電子コミックを表示するには、電子コミックをその画面の大きさに合わせて縮小する必要がある。その結果、小さな文字が読めないという問題や、絵が見えにくいという問題が生じる。もし小さな文字が読めたとしても、小さな文字を長時間読むことは、目を疲労させ、視力の低下の原因となってしまう。小説などのテキストのみから構成された電子書籍は、テキスト情報を保持しているため、小型の端末の画面に合わせたレイアウトや文字サイズに変えることでこの問題に対処可能である。しかし、電子コミックのように複雑なレイアウトに絵や文字が含まれるものは小説などと同様の手法で小型の画面に合わせることは難しい。

電子コミックを小型画面に表示させる一つの方法として、電子コミックをコマごとに分割し、分割したものを画面のサイズに合わせて拡大し、物語に沿って表示するコマ割り表示がある[2]。コマとは一枚の絵のことを表しており、多くは四角の枠線で囲まれたものである。このコマ割りは主に手間やコストのかかる手作業で行われていたが、コマ割りの自動化の研究もされている[3]~[6]。こうした研究では、四角の枠線を検出することで、コマ割りを実現している。しかし、コミックでは枠線か

らキャラクタがはみ出しているなど、複雑な形のコマも多く、その検出は難しい。また、1ページの幅とほぼ同じ幅のコマも多く存在しており、そうしたコマを表示した場合、拡大されないという問題がある。

本稿では、こうした問題のあるコマ割り表示ではない、ユーザの視点を用いた新しい電子コミック表示方法を提案する。一般的にユーザはセリフやキャラクタの顔などの重要な箇所を物語に沿って読んでいく。本稿では、こうした重要な箇所をRoI (Region of Interest) と呼ぶ。このRoIの中心を画面の中心として物語に沿って拡大表示することで、絵や文字を小型の画面でも見やすい大きさに読んでいくことが可能となる。本稿では、視点情報を用いて、電子コミック中のRoIとその注目した順番を検出し、見やすく電子コミックを表示する方法を提案する。また、提案手法の使いやすさを評価し、その改善点を調査する。

2. 関連研究

関連研究として、コマの自動検出についての研究について述べる。一つの手法として、黒い画素の連結成分を検出するものがある[4]。電子コミック中のコマには黒い画素が連結していない絵も多い。また、コマからはみ出した絵や文字によって、連結してしまうコマも存在する。Pangらの手法[5]では、電子コミックのコマの間にある隙間を検出することで、こうした問題を解決している。電子コミックは、画像にコマを並べるというレイアウトになっており、そのほとんどのコマの間は白い隙間が空いている。Pangらの手法では、この隙間を白い画素の連結成分として検出し、その隙間により、電子コミックを分割することでコマを検出する。分割する際は、はみ出した絵や文字があることを考慮し、ある程度の黒い画素を含んでいたとしても分割する。これにより、コマからはみ出した絵や文字など、様々なレイアウトに頑健なコマ検出を実現している。しかし、

Pang らの手法では、コマを横切るような線をコマの隙間と認識してしまい、その線でコマを分割してしまうといった検出失敗も起きることがわかっている。

また、コマ割り表示のためには、コマを検出するだけでなく、そのコマを物語に沿って整列する必要がある。コマの整列の手法として、因らの手法がある [6]。日本の電子コミックの多くは右上のコマから、左下に向けて読むレイアウトになっている。因らの手法では、この配置の特徴を用いて、コマを整列することで、高い精度でのコマの整列を実現している。

本稿の提案手法では、電子コミックを見やすく表示するために、電子コミックを読んでいる際の視点のある程度の数の被験者について計測する必要がある。視点を集めるのに役立つ研究として、ユーザの読書行動を記録するリーディングライフログと呼ばれる技術が研究されている [7]。こうした技術を用いて読書行動を記録することで、ユーザの趣味や嗜好を調べ、商品推薦に役立てることができるなどの利点がある。この研究が発展することで、多くの人が日常的に視点を記録することになり、電子コミックを読んでいる際の視点を集めることが容易になると考えられる。

また、視点をを用いる電子コミックのサービスにより、視点を記録する方法も考えられる。視点をを用いた電子書籍のサービスとして、Biedert らの The eyeBook がある [8]。The eyeBook はユーザが何を見ているかに応じて、音楽を流したり、絵を表示したり、配色を変更したりしてユーザを楽しませるインタラクティブな電子書籍である。The eyeBook は電子コミックを対象にしていないが、同様のサービスを電子コミックでも作ることが可能であると考えられる。

視点を利用した研究として、澤田らによって提案されたフィルムコミックの自動生成がある [9]。フィルムコミックはアニメーションなどを漫画形式の作品に変換したものである。澤田らの手法では、まずアニメーションをフレームの変化により分割する。分割されたアニメーションから、RoI を視点により検出し、画像として切り取る。この画像に吹き出しを付け加え、漫画のようなレイアウトで並べることで、フィルムコミックを作成する。この研究は、本稿で提案する手法と RoI を視点により検出する点で同じである。しかし、本稿が対象とする電子コミックについては、ユーザが読み返しや読み飛ばしなどを繰り返しながら読むという特徴がある。こうした行動により、一人のユーザの視点をを使った場合、RoI が検出されなかったり、何度も同じ RoI が検出されたりしてしまうことがある。提案手法では複数人の視点をを用いることで、この問題に対処する。

3. 提案手法

3.1 電子コミックの表示方法

電子コミックを画面に見やすく表示する問題は、電子コミックのどの点を画面の中心として、どの程度電子コミックを拡大するかという二つの要素を最適化する問題と捉えることができる。電子コミックの表示方法としては、1 ページごとに表示する方法と、コマ割り表示の二つが主に用いられている。1 ページごとに表示する方法では、ページの中心を画面の中心として、

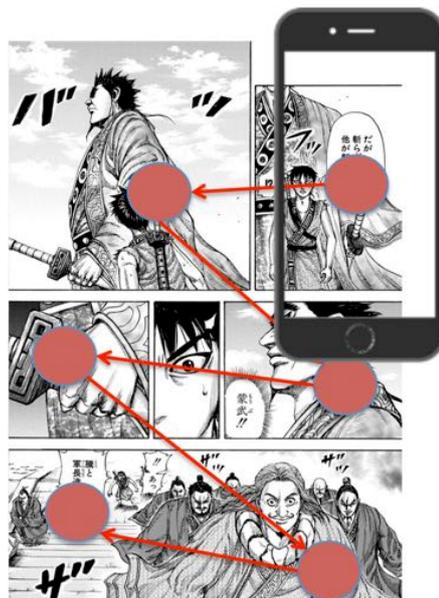


図 1 電子コミックの表示方法の概要(注1)

ページの幅が画面に合うような拡大率にしている。小型端末の画面を用いた場合、この表示方法には小さな文字や絵が見えにくくなってしまふ欠点がある。

コマ割り表示は、コマの中心を画面の中心として、コマの幅に合うような拡大率にするものである。コマ割り表示には、大きなコマを表示する際、1 ページごとに表示する方法と同様に小さな文字や絵が見えにくくなってしまふ欠点がある。また、コマ単体のみでなく、その周辺を同時に見た方が内容が理解しやすい電子コミックも多い。その箇所を同時に見られないことも欠点の一つである。

提案手法では、画面を拡大表示するとともに、視点をを用いて画面の中心を決める。ユーザは電子コミックを読んでいく際、RoI を物語に沿って注目していく。提案手法では、その際の視点を解析することで、電子コミック中の RoI を検出する。この RoI にはセリフやキャラクタなどの物語の重要な部分が含まれている。そのため、検出された RoI を表示することで、ユーザは電子コミックを読んでいくことが可能である。また、拡大表示していくことで絵や文字を小型の画面でも見やすい大きさに読んでいくことが可能となる。これにより、コマ割り表示では同時に見られなかった箇所を、同時に見ることができるようになる。

図 1 に、提案手法の表示方法の概要を示す。図 1 では小型の画面を付属した機器の一つの例として Apple 社の iPhone を用いている。提案手法ではまず、電子コミックを読んでいる際の複数人の視点から、RoI の中心を図 1 の円のように推定する。その後、どの順番で RoI が読まれているかを円の間矢印のように推定する。小型の画面で電子コミックを表示する際は、図 1 中の iPhone の画面上に表示されているように、RoI の中心を拡大表示していく。提案手法では、視点情報を用いて RoI を物

(注1)：原泰久 著、キングダム、集英社、17 巻、40 ページ



図2 視点を記録している様子

語にそって検出し、小型端末の画面に表示していく。

以下に、RoI を物語に沿って検出する処理の流れを簡条書きする。

- Step1 視点の取得
- Step2 fixation の検出
- Step3 ヒートマップの作成
- Step4 頂点の検出
- Step5 読まれた順番の推定
- Step6 順番の作成

以下、各々のステップについて3.2節から3.7節にて述べる。その後、検出されたRoIを用いて、小型の画面に表示する方法を3.8節にて述べる。

3.2 視点の取得

まず、電子コミック中のRoIを検出するために、視点を記録する。電子コミックの読み方はユーザによって異なる。ある特定のユーザの視点を用いると、そのユーザの読み返しや読み飛ばしの影響により、重要な箇所が表示されない場合がある。提案手法ではそうした影響を軽減するために複数のユーザの視点を用いる。視点の記録にはディスプレイ付属型のアイトラッカを用いる。図2に、アイトラッカを用いて視点を記録している様子を示す。視点を記録する際は、図2にあるような、ある程度大きなディスプレイを用いる。こうしたディスプレイに1ページごとに電子コミックを表示し、ユーザが小さな文字や絵を読むことができる状態にして、視点を記録する。ある程度大きな画面を用いることで、視点の推定精度が向上する。このようにして、電子コミック上の視点をタイムスタンプとともに記録する。

3.3 fixation の検出

このように記録された視点は数百ミリ秒の注視行動である fixation とその fixation 間の急速な運動である saccade に分類できる。それぞれのユーザの fixation を Buscher らの手法を用いて検出する [10]。

図3に、Buscher らの手法のアルゴリズムを示す。図3のP1からP12はユーザの視点を表しており、順にP1からP12に視点が動いている。Buscher らの手法では記録された視点を時系列に沿って順番に調べていき、fixation 判定をしていく。もし、図3のP1からP4のように、距離 D_s [pixel] 以内に0.1秒以上視点が連続して存在していれば、ユーザが fixation をし始めた

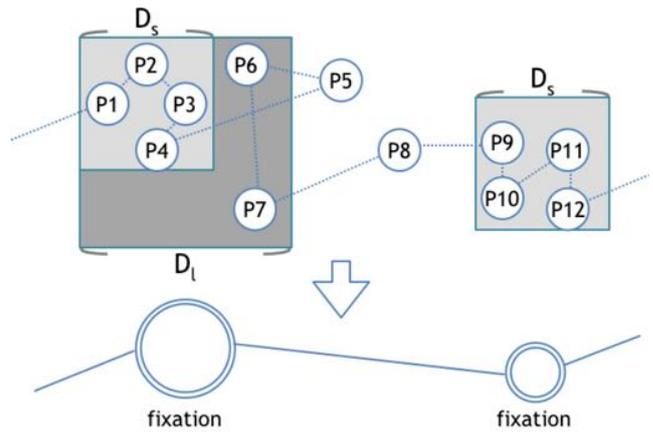


図3 fixation 検出のアルゴリズム



図4 電子コミックを読んでいる際の fixation^(注2)

と判定する。次に、その次の視点と fixation を始めてからの視点との距離の全てが D_l [pixel] 以内であれば、その間もユーザは fixation を続けていると判定する。ここで、距離が D_l 以上である視点はノイズとして除去する。連続で三点以上の視点がノイズと判定されれば、ユーザは fixation を終えたと判定する。この始まりから終わりの視点の重心を中心として fixation を検出する。fixation に含まれた視点のうち、最初の視点のタイムスタンプをその fixation のタイムスタンプとする。また、fixation に含まれた最初の視点から最後の視点までの時間を fixation の継続時間とする。この fixation 検出を繰り返し、全ての視点についてこの手法適用する。図4に、検出された漫画を読んでいるときの一人のユーザの fixation を示す。図4において、円は検出された fixation を示している。円の大きさはその fixation の継続時間を表しており、大きいほど fixation の継続時間が長いことを示している。

(注2)：原泰久 著、キングダム、集英社、17巻、37ページ



図 5 生成されたヒートマップ (注2)

3.4 ヒートマップの作成

次に、得られた複数人の fixation から、RoI を検出する。そのためにも、電子コミックのページのそれぞれについて、複数人の fixation から一つのヒートマップを作成する。ヒートマップの作成には、Rigaud らが提案した電子コミックの吹き出し検出法におけるヒートマップの作成法と同様の手法を用いる [11]。Rigaud らの手法では、それぞれの fixation を中心とした正規分布を作成する。正規分布の平均 μ は fixation の座標であり、 $N[\text{pixel}]$ を標準偏差 σ としている。Rigaud らの手法では、ユーザがより注目したものを推定するために、それぞれの正規分布にそれぞれの fixation の時間を掛けることで、分布に重み付けをしている。ユーザが多く時間を注目していない部分でも、重要な箇所であることがあるため、提案手法ではこの重み付けは行わない。この正規分布を足し合わせ、被験者ごとに分布を作成する。

こうして作成された分布は、被験者ごとに異なる値を持っている。それぞれ分布の値の差による影響を軽減するために、被験者ごとに分布の値をその分布の最大値で割り、分布を正規化する。ページごとに全ての被験者の正規化された分布を足し合わせ、一つのヒートマップを作成する。図 5 に、ヒートマップの例を示す。図 5 では、色が赤いほど値が大きいことを示し、ユーザがその部分を注目していることを示している。また、青いほど値が小さくユーザがその部分を注目していないことを示している。

3.5 頂点の検出

こうして統合されたヒートマップの頂点を検出することで、RoI の中心を検出する。ヒートマップの値について、周りの値が全てその値よりも低ければ、その値を頂点とするという処理により、頂点を検出する。その際、アイトラッカによる視点推定の誤差や、ユーザの様々な振る舞いにより、実際には注目されていない部分に頂点を検出される場合がある。こうした頂点



図 6 検出された頂点 (注2)

を取り除くために、ある閾値 T 以下の値しかない頂点は検出結果から除く。得られた頂点を図 6 に示す。図 6 の丸が検出されたヒートマップの頂点を示している。この頂点が、図 1 で示す RoI の中心となる。

3.6 読まれた順番の推定

次に、物語に沿って表示されるように、RoI の表示される順番を作成する。

まず、それぞれのユーザがどの順番で RoI を読んでいるかを調べる。そのために、3.3 節で述べた fixation を用いる。この fixation のタイムスタンプの順番は、ユーザの読んだ順番を示す。そのため、RoI を注目している際の fixation のタイムスタンプを調べることで、その RoI が読まれた順番を推定できる。

それぞれの fixation から最も距離の近い RoI を、その fixation の際に注目している RoI とする。この際、最も近い RoI の中心との距離が $L[\text{Pixel}]$ よりも長ければ、その fixation の情報は用いない。推定された順番は、ユーザの読み返しや、アイトラッカの視点推定の誤差などにより、ある RoI と別の RoI を何度も往復してしまうことがある。複数回一つの RoI 表示しないために、それぞれの RoI を構成している fixation のうち、最も個数が連続している fixation のタイムスタンプのみを用いる。

3.7 順番の作成

次に、それぞれのユーザが読んだ RoI の順番から、一つの順番を作成する。複数人について調べることで、あるユーザ特有の読み方による影響を軽減する。

まず、最も多くのユーザが、最初に読んだ RoI を調べ、この RoI を画面に最初に表示するものとする。次に、その RoI を除き、最も多くのユーザが、最初に読んだ RoI を次に画面に表示する RoI とする。この処理を繰り返し、RoI をはやく読まれた順番に並び替える、この順番を画面に表示する順番とする。

3.8 画面への表示

図 1 で示すように、RoI を小型の画面に合わせて拡大表示

していく。電子コミックの拡大率 M を、電子コミック画像の横幅を表示に用いた画面の横幅で割った値とする。この拡大率 M は、ユーザの画面へのピンチに反応して変更される。その拡大率に応じて電子コミック画像のサイズを変更する。この電子コミック画像を、RoI を中心として表示することで、拡大表示する。画面の右半分を一度タップすると、次の RoI に移動する。また、画面の左半分を一度タップすると、前の RoI に移動する。ユーザが電子コミックの同一ページ上のある点から別の点を読む際、その間も見ることが可能である。その読み方を再現するために、同一ページ内の二つの RoI を移動する際は、その間をアニメーションにより遷移させ、表示する。ユーザが電子コミックのページの全体を読めるように、ダブルタップをすると、読んでいるページの全体を画面に表示する。

4. 実 験

実験では、被験者に提案手法と、一般的に用いられている、1 ページごとに表示する手法と、コマ割り表示にて電子コミックを読んでもらった。被験者にはそれぞれの表示方法について、アンケートに答えてもらった。その結果を用いて、提案手法の使いやすさを評価し、改善点を調査する。

4.1 事前準備

提案手法では、複数人が電子コミックを読んでいる際の視点が必要である。本実験の事前準備として、電子コミックを読んでいる際の視点を用意した。

用いた電子コミックはキングダムスの第 175 話である。そのページ数は 20 ページである。紙媒体の漫画の冊子では普通 2 ページを同時に開くことを想定している。電子コミックの中には 2 ページに一つの絵を描いたものもあるため、本実験では冊子と同じように 2 ページを並べて表示した。その結果、表示した画像枚数は 11 枚であった。被験者は 20 代の日本人男性 21 人、日本人女性 1 人、中国人男性 1 人、の計 23 人であった。中国人男性をはじめとした被験者は、電子コミックを読むのに十分な日本語能力をもっていた。アイトラッカには Tobii 社の Tobii EyeX を用いた。用いたディスプレイの有効表示領域は縦 336.2[mm]、横 597.6[mm] であり、その表示画素数は縦 1080[Pixel]、横 1920[Pixel] であった。

被験者にはまず、簡単なキングダムスのストーリーの概要を読んでもらった。視点推定の精度を上げるために、被験者ごとに Tobii Eye X のキャリブレーションを行い、視点推定のパラメータを調整した。その後、被験者に被験者にディスプレイに表示した電子コミックを読んでもらい、その際の視点を記録した。この視点を用いて、提案手法により、RoI とその読む順番を作成した。

4.2 実験条件

被験者は 20 代の日本人男性 9 人、女性 1 人に事前準備で用いた電子コミックと同様のものをそれぞれの表示方法で読んでもらった。被験者には事前にそれぞれの表示方法の操作方法を説明をした。電子コミックを表示するために用いた端末は Apple 社の iPhone5 で、画面のサイズは横が 320[Pixel]、縦が 568[Pixel] であった。用いた電子コミックは事前準備と同様の

表 1 表示方法の順序付けのアンケート結果 [人]

	ページごと	コマ割り	提案法 $M = 4.0$	提案法 $M = 3.4$
1 番目	1	8	0	1
2 番目	3	0	2	5
3 番目	3	0	5	2
4 番目	3	2	3	2

キングダムスの第 175 話だった。

被験者にはまず、1 ページごとに表示する手法と、コマ割り表示と提案手法で電子コミックを読んでもらった。その際、提案手法の拡大率 M は 4.0 であった。後日、追加実験として、提案手法において、電子コミックの拡大率を変化させたものを読んでもらった。追加実験では拡大率 M は 3.4 であった。

被験者にはそれぞれの表示方法についてのアンケートを答えてもらった。アンケートでは、表示方法の良さを順序付けしてもらい、その順序付けの理由を答えてもらった。また、それぞれの表示方法の良い点と悪い点を答えてもらった。

4.3 実験結果

表 1 に、被験者 10 人の表示方法の評価の順序付けを示す。表の列は左から順番に、1 ページごとの表示、コマ割り表示、提案手法 ($M = 4.0$)、提案手法 ($M = 3.4$) を示している。表 1 からわかるように、最も被験者から良いと評価されたのはコマ割り表示であり、10 人中 8 人が最も良いと評価した。コマ割り表示について、多くの被験者が、見やすい大きさと電子コミックを読むことができる点が良いと評価した。被験者のアンケートによると、コマ割り表示の欠点としては、表示される画像枚数が多くなってしまおうという意見と、場面の変化がわかりにくいという意見があった。1 ページごとの表示は、文字や絵が小さくて読みにくいという意見が多かった。

次に良いと評価されたのは提案手法 ($M = 3.4$) であった。提案手法の利点としては、うまく遷移できている部分はアニメーションのような臨場感があるという意見があった。提案手法 ($M = 4.0$) の欠点として、電子コミックを拡大表示したことにより、顔とセリフが同時に表示されないことがあることや、見たい部分が途切れることがあるという意見があった。提案手法 ($M = 3.4$) については、あまり拡大されていないために、ある箇所を表示している際、後に表示する箇所を表示することがあった。このため、同じ箇所を表示するのが不快であるという意見があった。

1 ページごとの表示と提案手法については、その拡大縮小機能を用いることで、解決できる欠点もあるが、ほとんどの被験者がその機能を使用しなかった。

4.4 考 察

8 人がコマ割り表示を良いと感じているが、コマ割り表示は電子コミックを分割するのに手間がかかってしまう欠点がある。その自動化も進んでいるが、精度は完全ではない。また、アンケートの結果、一般的に用いられているコマ割り表示や 1 ページごとの表示にもそれぞれ欠点があることがわかる。提案手法では、そうした欠点を改善することができる。その例として、

コマ割り表示の欠点である表示される画像枚数が多くなってしまふ点や、文字と絵が小さくなってしまい、見えにくくなってしまふ点を改善できることが挙げられる。また、提案手法は、アニメーションのような臨場感があるという点で他と比べて優位である。

実験結果から、提案手法を改善するためには、電子コミックの拡大率 M は適切に選ぶ必要があることがわかる。電子コミックのレイアウトは様々なので、この拡大率 M は表示する電子コミックの RoI によって、最適な値が異なると考えられる。また、さらに小型の画面を用いた場合、同じ拡大率を使ったとしても、より文字や絵が小さくなってしまふ。このことから、画面の大きさの違いによっても、最適な拡大率は異なると考えられる。電子コミックを読みながら拡大率を変更することで、被験者はその値を最適なものに調整可能である。しかし、被験者の多くが拡大縮小機能を使わなかったことから、こうした煩雑な操作をユーザは行わないと考えられる。そのため、ユーザの見やすいように拡大率を自動で変更する機能を搭載することが今後の課題として挙げられる。

5. ま と め

本稿では、事前に記録した電子コミックを読んでいる際の視点情報を用いて、小型端末でその電子コミックを見やすく表示する手法を提案した。実験では被験者に提案手法を用いて電子コミックを読んでもらうことで、提案手法の使いやすさを調査した。その結果、提案手法では文字や絵が大きく表示され、見やすくなると同時に、アニメーションのような臨場感があるという点で優れていることがわかった。

今後の課題としては、電子コミックの拡大率 M を適切な値に自動で調整する機能を搭載することが挙げられる。その方法として、画像処理などの技術により、レイアウトに対して適切な拡大率を見つける方法が挙げられる。また、ユーザに拡大率を調整するユーザに提案手法を用いて拡大率を適切な値に変化させながら電子コミックを読んでもらい、その拡大率を記録し、提案手法の拡大率として用いる方法も挙げられる。もう一つの方法として、ユーザに提案手法を用いて適切な拡大率に変化させながら電子コミックを読んでもらい、その拡大率を提案手法の拡大率として用いる方法も挙げられる。また、実験では iPhone5 のみを用いた実験であったが、異なる画面のサイズの端末による提案手法の使いやすさの評価も今後の課題である。

謝 辞

電子コミックとして用いたキングダムは著者の原泰久先生から本研究への使用許諾を得ています。キングダムを本研究に使用することを快く承諾して下さった原泰久先生に感謝いたします。また、原先生をご紹介いただいた東京農工大学准教授、堀田政二先生に感謝いたします。

ヒートマップの作成にあたって、そのソフトウェアを提供して下さった大阪府立大学、石丸翔也様に感謝いたします。

本研究の一部は、JST CREST および日本学術振興会 科学研究費補助金 基盤研究 (A)(25240028) ならびに挑戦的萌芽研究

(15K12172) の補助による。

文 献

- [1] インプレス総合研究所. 電子書籍ビジネス調査報告書. インプレス, 2014.
- [2] 山田雅之, 鈴木茂樹, ラフマツブディアルト, 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, 2004.
- [3] 野中俊一郎, 沢野哲也, 羽田典久. コミックスキャン画像からの自動コマ検出を可能とする画像処理技術「gt-scan」の開発. *FU-JIFILM RESERCH & DEVELOP-MENT*, Vol. 57, No. 7, pp. 46–49, 2012.
- [4] Kohei Arai and Tolle Herman. Method for automatic e-comic scene frame extraction for reading comic on mobile devices. In *Information Technology: New Generations (ITNG), 2010 Seventh International Conference on*, pp. 370–375. IEEE, 2010.
- [5] Xufang Pang, Ying Cao, Rynson WH Lau, and Antoni B Chan. A robust panel extraction method for manga. In *Proceedings of the ACM International Conference on Multimedia*, pp. 1125–1128. ACM, 2014.
- [6] Atushi TAKAHASHI, Takashi Oie, Kento HIRANO, Masakazu HIGUCHI, Syuji KAWASAKI, Atushi KOIKE, and Hitomi MURAKAMI. Fast frame decomposition and sorting by contour tracing for mobile phone comic images. 2011.
- [7] 川市仁史, Kai Kunze, 黄瀬浩一. 文書画像検索を用いたリーディングライフログの提案. 電子情報通信学会技術研究報告, Vol. 112, No. 495, pp. 255–260, 2013.
- [8] Ralf Biedert, Georg Buscher, and Andreas Dengel. The eyebook—using eye tracking to enhance the reading experience. *Informatik-Spektrum*, Vol. 33, No. 3, pp. 272–281, 2010.
- [9] Tomoya Sawada, Masahiro Toyoura, and Xiaoyang Mao. Film comic generation with eye tracking. In *Advances in Multimedia Modeling*, pp. 467–478. Springer, 2013.
- [10] Georg Buscher, Andreas Dengel, and Ludger van Elst. Eye movements as implicit relevance feedback. In *CHI'08 extended abstracts on Human factors in computing systems*, pp. 2991–2996. ACM, 2008.
- [11] Christophe Rigaud, Thanh-Nam Le, Shoya Ishimaru, J.-C. Burie, J.-M. Ogier, Motoi Iwata, and Koichi Kise. Semi-automatic text and graphics extraction of manga using eye tracking information. In *Proceedings of the 13th IAPR International Workshop on Document Analysis Systems*, to appear.