原著論文

物語要約の漫画コマ割生成への影響

高嶋 航大*, 鬼沢 武久**

* 筑波大学大学院システム情報工学研究科鬼沢研究室, ** 筑波大学大学院システム情報工学研究科

Effect of Text Summarization on Generation of Scene Frame for Manga Drawing

Kodai TAKASHIMA* and Takehisa ONISAWA**

* Onisawa Laboratory, Graduate School of Systems and Information Engineering, University of Tsukuba,
1-1-1 Tennodai, Tsukuba, Ibaraki 305-8573, Japan

** Graduate School of Systems and Information Engineering, University of Tsukuba, 1-1-1 Tennodai, Tsukuba, Ibaraki 305-8573, Japan

Abstract : This paper aims at the scene frame generation based on the summarization of a narrative text, and studies effect of text summarization on generation of scene frame for manga drawing. Scene frames are generated from a summary using four kinds of importance degrees, the importance degree of an entire narrative text, the importance degree of a story and the importance degree of the first appearance of a character in a story, the importance degree of the sentence location. Subjects experiments are performed in order to verify the effectiveness of the present approach of scene frames generation, and study effect of text summarization. Experimental results show the present system can generate understandable scene frames of Manga from the narrative text with the summarization rate level smaller than 0.4.

Keywords : Generation of Comic, Manga, Text summarization

1. はじめに

2007年5月, 外務省によって, ポップカルチャーの文化活用の一環として, 海外で漫画文化の普及活動に貢献する漫画作家を顕彰する「国際漫画賞」の創設が行われた [1]. このことに代表されるように, 日本では, 近年, 物語の1つの形である漫画に対して注目度が高まっている. また, 海外においても日本のストーリーマンガは「Manga」として普及しており, eラーニングに活用されることも考えられている [2]. このような背景もあり, コンピュータによって漫画の自動生成, または漫画の執筆を支援する研究がいくつも行われている. 例えば, 漫画のジャンルを指定することで, そのジャンルの特徴をもったコマ割を生成する研究 [3], キャラクター作成, プロット作成など漫画の初期段階を支援する研究 [4], ゲームのログから漫画を生成する研究 [5] などである. その一方で, 漫画の業界で盛んに行われている, 小説などの物語の漫画化を目的とした研究はあまり行われていない. これはコンピュータに物語の印象や著者の考えを変えないように漫画を描かせることが容易ではなく, 人が物語に対して着目する点や, 意図した印象を読者に与える漫画の描き方, 読みやすい漫画の描き方をコンピュータに理解させるのが難しいことが一因となっている. しかし, 物語から漫画を自動的に生成することができれば, ユーザに漫画の案を提示できるという点で, ユーザに対して漫画執筆の支援が行えるとともに, 漫画を描くことができない人でも漫画を作ることができるようになることから, 教科書など他の分野への漫画の応用が行いやすくなる.

物語からの漫画自動生成の研究の第一歩として, 物語テキ

ストを入力としてコマ割の生成を行う手法を提案した研究があり [6], 被験者実験によって, 提案手法では, 物語を理解する上で十分なコマを生成できていることが確認されている [6]. しかし, この研究では物語中に現れる登場人物の動作のほぼ全てをコマとして描いているため, コマ割が必要以上に長くなってしまおうという欠点がある. そこで本研究では, ユーザの入力する物語テキストの要約を考え, 要約された物語テキストを基にコマ割生成を行ない, 要約された物語テキストがコマ割生成に与える影響を調べることを目的とする. なお本研究でいう漫画とは, 物語の展開を主に絵と台詞によって表現したもので, 画像同士に連続性があり, 画像の大きさや形などを変えることにより, その画像の重要性を表しているものとする.

2. システム概要

図1に漫画のコマ割生成システムの流れを示す.

ユーザがシステムに物語テキストを入力すると, システムは, ユーザが入力した物語テキストをあとの工程で処理しやすい形態にするために前処理プロセスで構文解析, 形態素解析などを行い, 重要度計算プロセスで物語テキストの各文に対して重要度付けを行う. その後, 物語要約プロセスで重要度をもとに漫画として表現する物語の文を決定し, コマ生成プロセスで動詞情報などを用いてコマの生成, コマ配置プロセスでそれらのコマを紙面に配置する. このプロセスにより生成されたコマ割の情報をシステムはユーザに提示する. システムが出力するコマ割りの例を図2に示す. 図2のように, システムはコマに絵を描かず, そのコマで描く情報をテキストで示す.

図1 コマ割生成システムの流れ

図2 システムが出力するコマ割りの例

2.1 前処理プロセス

前処理プロセスでは、物語テキストをあとの工程で使用しやすい状態にするため、形態素解析などを行う。また、あとのプロセスで使用される登場人物の推定も前処理プロセスで行う。形態素解析と構文解析には、奈良先端科学技術大学院大学が開発したChaSenとCaboChaを使用する [7, 8]。

本研究において登場人物は、物語中からコマにする情報を抽出するために使用され、また、物語テキストの各文の重要性を計算するためにも使用される。登場人物推定には2つの方法を用いる。1つは、推定の基準となる動詞として「言う」「話す」等の台詞を伴う動詞を用い、これらの動作の主語となった単語、つまり、動作主体と推定される単語を登場人物とするものである。2つ目は、ストーリーとして重要な単語を推定し、登場人物とするものである。重要な単語を推定する手法として、相良らのストーリー抽出の手法 [9] を用い、ストーリーの主軸と考えられる単語であるメインキーワードと、ストーリーの主軸に大きく関わる単語であるサブキーワードを登場人物として推定するものである。用いるストーリー抽出の手法については、重要度計算と同様の手法のため、2.2.2で説明する。これにより、台詞を喋らない登場人

物や、人物ではないが物語を説明する上で描くべき重要なものも登場人物として抽出できる。

2.2 重要度計算

本研究では、出力するコマ数の調整とコマの大きさを決定する際の基準として、物語におけるそれぞれの文の重要度を定義する。重要度として以下の4点を考える。

1. 物語テキスト全体の重要度
2. ストーリーとしての重要度
3. 登場人物の初登場の重要度
4. 物語テキスト中における位置の重要度

物語テキスト全体の重要度とは、文中に書かれている動作や人物がどれほど重要であるかを重要度に反映させるための度合いであり、文に含まれる単語がどれほど物語テキストの中で重要であるかを基準として決定される。ストーリーとしての重要度とは、文の物語中における重要な役割の有無を重要度に反映させるための度合いである。物語全体に広く出現しており、物語で意味を持って頻出している単語を基準として決定される。登場人物の初登場の重要度とは、物語を展開する上で必要な登場人物という存在を読者に印象付けるための度合いである。物語テキスト中における位置の重要度とは、物語において重要な、始まりと終わりを要約に反映させるための度合いである。

2.2.1 物語テキスト全体の重要度

本研究では砂山らの展望台システム [10] によって求められた評価をもとに文の重要度を決定する。なお、本システムで評価する単語は動詞、名詞、形容詞、未知語とする。ただし、未知語とはChaSenによって未知語と推定された、IPA辞書ipadic2.4 [7] に含まれない単語である。展望台システムでは単語を以下の3つの観点から評価している。

1. 周辺キーワードと呼び、基礎的な概念としての評価
2. 中心キーワードと呼び、基礎的な概念の中でも中心的な主題としての評価
3. 特徴キーワードと呼び、主題を特徴付ける単語としての評価

文書中における単語 w の出現頻度を $frequency(w)$ とすると、単語 w に対する周辺キーワードとしての評価値 $key1(w)$ の値を式(1)によって求める。

$$key1(w) = frequency(w) \quad (1)$$

評価値 $key1(w)$ の高い単語の上位の単語を中心キーワード群とする。ただし上位とは、文書中に現れる単語数の4%以内で最大5個までに入るものとする。中心キーワード群を S 、単語 w を含む文の数を $n(w)$ 、単語 w_1 と単語 w_2 を含む文の数を $n(w_1, w_2)$ とすると、単語 w に対する中心キーワードとしての評価値 $key2(w)$ の値を式(2)によって求める。

$$key2(w) = \prod_{s \in S} \frac{n(w, s)}{n(s)} \quad (2)$$

なおこのとき、中心キーワード群に含まれない単語が評価値 $key2(w)$ の上位4%の単語に含まれた場合、新しい中心キーワードとして中心キーワード群に追加し、再度、評価値 $key2(w)$ を計算する。上位4%の単語が全て中心キーワード群に含まれている場合、特徴キーワードとしての評価値の計算に移る。

中心キーワード群を S 、単語 w を含む文の数を $n(w)$ 、単語 w_1 と単語 w_2 を含む文の数を $n(w_1, w_2)$ とすると、単語 w に対する特徴キーワードとしての評価値 $key3(w)$ の値を式(3)によって求める。

$$key3(w) = \prod_{s \in S} \frac{n(w, s)}{n(w)} \quad (3)$$

各文 d の周辺キーワードとしての評価値 $sentence1(d)$ 、中心キーワードとしての評価値 $sentence2(d)$ 、特徴キーワードとしての評価値 $sentence3(d)$ の値を式(4)～(6)によって求める。

$$sentence1(d) = \sum_{w \in d} key1(w) \quad (4)$$

$$sentence2(d) = \sum_{w \in d} key2(w) \quad (5)$$

$$sentence3(d) = \sum_{w \in d} key3(w) \quad (6)$$

展望台システムでは、それぞれの評価値に対してランキング付けを行い、それらのランクをもとに重要文の決定を行っている。しかし、本研究では文同士の重要度の差は大きな情報であり、また、他の重要度との統合を考え、それぞれの重要度を正規化して加算することとする。文書 D に含まれる各文 d の重要度 $W_{Sentence}$ を式(7)によって求める。

$$W_{Sentence}(d) = \frac{sentence1(d)}{\max_{d' \in D} sentence1(d')} + \frac{sentence2(d)}{\max_{d' \in D} sentence2(d')} + \frac{sentence3(d)}{\max_{d' \in D} sentence3(d')} \quad (7)$$

2.2.2 ストーリーとしての重要度

物語において、特に重要な文が何であるかを知ることは、後の物語展開を理解する上で重要である。そこで、本研究では相良らのストーリー抽出の手法[9]を用いて主要なメインストーリーとサブストーリーにあたる文を推定する。ここで、サブストーリーとは、メインストーリーを補足する文のことである。

まず、メインストーリーの抽出を行う。メインストーリーを抽出するため、メインキーワードの抽出を行う。表1の条件1を満たす単語の集合をメインキーワード候補 $mainSet1$ 、表1の条件2-1かつ条件2-2を満たす単語の集合をメインキーワード候補 $mainSet2$ とする。

表1 キーワード条件

条件1	2段落以上において、主語として用いられている
条件2-1	単語が、1段落以上において、高頻度で出現することを表す式(8)を満たす
条件2-2	単語が、2段落以上において、一定の意味を持って用いられていることを表す式(9)を満たす
条件3	メインストーリー中に出現する (サブキーワード抽出時のみの条件)

$$freq_{seg}(w) \geq mean_{seg} + var_{seg} \quad (8)$$

$$freq_{seg}(w) \geq mean_{seg} \quad (9)$$

ただし、 $freq_{seg}(w)$ 、 $mean_{seg}$ 、 var_{seg} はそれぞれ、段落における単語 w の出現頻度、段落の単語の平均出現頻度、段落の単語の出現頻度の分散である。

$mainSet1$ を $Set1$ とし、 $Set1$ の各単語 w の評価値 $E_{Set1}(w)$ を、テキスト中で主語となる回数に基づいた式(10)により定義する。ただし $subjectFreq_{text}(w)$ は単語 w が主語として出現する頻度である。

$$E_{Set1}(w) = \frac{subjectFreq_{text}(w)}{\max_{w' \in Set1} subjectFreq_{text}(w')} \quad (w \in Set1) \quad (10)$$

$mainSet2$ を $Set2$ とし、 $Set2$ の各単語 w の評価値 $E_{Set2}(w)$ を式(11)によって定義する。ただし、 $freq_{text}(w)$ は単語 w が出現する頻度とする。

$$E_{Set2}(w) = \frac{freq_{text}(w)}{\max_{w' \in Set2} freq_{text}(w')} \quad (w \in Set2) \quad (11)$$

全ての単語について $E_{Set1}(w) + E_{Set2}(w)$ の値を計算する。このとき、メインストーリーを抽出するためのメインキーワードは、 $E_{Set1}(w) + E_{Set2}(w)$ の値の大きい上位から3つの単語とする。

これらメインキーワードを中心キーワードとし、先述した展望台システムを使用し、それぞれの文に重要度順位をつける。文 d について、テキスト全体における重要度順位を $R_{text}(d, key)$ 、 d が属する段落における重要度順位を $R_{seg}(d, key)$ とすると、 d の key に関するストーリーにおける重要度 $story(d, key)$ を式(12)～(14)によって求める。

$$\overline{R_{text}}(d, key) = \begin{cases} R_{text}(d, key) \geq Ave_{text}(key) \text{ のとき} \\ 0.5 - \frac{R_{text}(d, key) - Ave_{text}(key)}{Max_{text}(key) - Ave_{text}(key)} \times 0.5 \\ R_{text}(d, key) < Ave_{text}(key) \text{ のとき} \\ 0.5 + \frac{Ave_{text}(key) - R_{text}(d, key)}{Ave_{text}(key) - Min_{text}(d, key)} \times 0.5 \end{cases} \quad (12)$$

$$\overline{R_{seg}}(d, key) = \begin{cases} R_{seg}(d, key) \geq Ave_{seg}(key) \text{ のとき} \\ 0.5 - \frac{R_{seg}(d, key) - Ave_{seg}(key)}{Max_{seg}(key) - Ave_{seg}(key)} \times 0.5 \\ R_{seg}(d, key) < Ave_{seg}(key) \text{ のとき} \\ 0.5 + \frac{Ave_{seg}(key) - R_{seg}(d, key)}{Ave_{seg}(key) - Min_{seg}(d, key)} \times 0.5 \end{cases} \quad (13)$$

$$story(d, key) = \overline{R_{text}}(d, key) + \overline{R_{seg}}(d, key) \quad (14)$$

ただし, $Ave_{text}(key)$, $Ave_{seg}(key)$, $Max_{text}(key)$, $Max_{seg}(key)$, $Min_{text}(key)$, $Min_{seg}(key)$ はそれぞれ, テキスト中の各文 d の $R_{text}(d, key)$ の平均, 段落中の各文 d の $R_{seg}(d, key)$ の平均, テキスト中の各文 d の $R_{text}(d, key)$ の最大値, 段落中の各文 d の $R_{seg}(d, key)$ の最大値, テキスト中の各文 d の $R_{text}(d, key)$ の最小値, 段落中の各文 d の $R_{seg}(d, key)$ の最小値である.

式 (14) で得た各文 d の評価値の大きいものから, 全ての文の 10% にあたる文をメインストーリーとする.

次にサブストーリーの抽出を行う. サブストーリーを抽出するため, メインキーワードの抽出と同様の手法でサブキーワードの抽出を行うが, このとき, メインキーワード抽出の条件に加え, 表 1 の条件 3 を考慮する. 表 1 の条件 1 と条件 3 を満たす単語の集合をサブキーワード候補 $subSet1$, 表 1 の条件 2-1 と条件 2-2, そして条件 3 を満たす単語の集合をサブキーワード候補 $subSet2$ とする. それぞれ, $subSet1$ を $Set1$, $subSet2$ を $Set2$ とし, 式 (10) と (11) から, 全ての単語について $E_{Set1}(w) + E_{Set2}(w)$ の値を計算する. このとき, サブストーリーを抽出するためのサブキーワードは, $E_{Set1}(w) + E_{Set2}(w)$ の値の大きい上位から 3 つの単語とする.

サブキーワードからサブストーリー抽出を行う. サブストーリーの抽出もメインストーリーと同様の手法で行う.

文 d について, メインキーワードを $mainKey$, サブキーワードを $subKey$ とすると, 文 d のストーリーとしての重要度 $W_{Story}(d)$ を式 (15) によって求める.

$$W_{Story}(d) = story(d, mainKey) + story(d, subKey) \quad (15)$$

2.2.3 登場人物の初登場の重要度

これまで登場していなかった登場人物が現れるという事象は, 「物語の流れの変化」の中でも特に重要である. そこで本研究では, 物語の理解を容易にするため, それぞれの登場人物が初めて出てくる文の重要度を大きくすることで要約文に含まれやすし, また, そのコマを印象付けるようにコマが大きくなりやすくする. 登場人物の初登場の重要度 W_{Appear} は, それぞれの登場人物が初めて出現した文においては 1.0 とし, それ以外の文は 0.0 とする.

2.2.4 物語テキスト中における位置の重要度

物語中において, 物語の始まりの部分はそのあとの物語を理解するために必要な情報を多く含んでいる可能性が高

い. また一方で, 終わりの部分は物語の締めくくりにあたる部分で, 物語を中途半端に終わらせないために必要な情報を含んでいる可能性が高い. このように物語中の位置をもとに文の重要度を推定する手法は, 要約の分野で多く使用されている [11].

そこで本研究でも物語中の位置における重要度を考慮する. 文書 D に含まれる文の数を $sentenceNum$, 先頭から n 番目の文 d_n の物語の先頭部分としての評価を $E_{Start}(d_n)$, 物語の最終部分としての評価を $E_{End}(d_n)$, 物語全体を評価する値を $E_{Entire}(d_n)$ とすると, 文 d_n の物語テキスト中における位置の重要度 $W_{Location}(d_n)$ を式 (16) ~ (19) で求める.

$$E_{Start}(d_n) = -\frac{1.0}{Rate_{Start}} \times \frac{n}{sentenceNum} + 1.0 \quad (16)$$

$$E_{End}(d_n) = \frac{1.0}{Rate_{End}} \times \frac{n}{sentenceNum} + (1.0 - Rate_{End}) \quad (17)$$

$$E_{Entire}(d_n) = \frac{\left(\frac{n}{sentenceNum} - 0.5\right)^2}{100.0} \quad (18)$$

$$W_{Location}(d_n) = \max(E_{Start}(d_n), E_{End}(d_n), E_{Entire}(d_n)) \quad (19)$$

なお, ここで $Rate_{Start}$ と $Rate_{End}$ は物語の先頭から, もしくは最後から何割の文を重視するか決定する定数である. また, E_{Entire} は重要度の取り得る最低値を決定するとともに, それぞれの文に対して位置的な重要度の差をわずかにつけ, 全く同じ重要度の文があったとき, 物語の前半においては先に現れた文, 後半においては後に現れた文を残しやすくするための評価値である.

2.3 物語要約プロセス

漫画を制作する際, 特に出版社への投稿や集団での漫画制作の際, 制作すべきページ数が決まっていることが多い. また, 個人で制作する場合でも, あまりに長い漫画となってしまうと読者の負担となってしまうことから, 適度なページ数が存在する. これらの理由から, ページ数, ひいては出力するコマ数を調整する機構が必要である. そこで, 重要度計算プロセスで求められた重要度を用いて要約を行う. 各文 d の重要度 $W(d)$ を式 (20) で定義する.

$$W(d) = W_{Sentence}(d) + W_{Story}(d) + W_{Appear}(d) + W_{Location}(d) \quad (20)$$

システムは, ユーザが指定した分量になるように, 物語テキストから重要度の高い順に文を抽出し, 抽出された文の集合が要約文となる.

2.4 コマ生成プロセス

本研究では, コマの生成の基準として動詞と場面を用いる. コマの生成の基本としては登場人物の動詞を用いるが, 多くの漫画において場面の変換点, 特に場所が変化する点では, 読者の理解をスムーズにするため, 登場人物などが描か

れていない風景描写がはさまれることが多い。なお、ここで場面とは、作中の時間、または場所が変化しない点で区切られた文章群であるとする。そこで、本研究においても、場面の変換点に風景のみのコマを挿入する。場面の変換点の推定は、「やがて」「行きました」などの場所や時間の変化を示す単語を基準に行う。基準とする単語は、木島らの挿絵生成の研究[12]を参考に決定している。図3にその例を示す。

このプロセスを終え、出力されるコマは、以下の情報を持つ。

1. 描く登場人物
2. 描く登場人物の動作
3. 描く動作に係る修飾

2.5 コマ配置プロセス

適切な大きさとしてコマ割を行うため、各コマに重要度付けを行い、その重要度をもとにコマの大きさを決定する。コマに重要度付けを行う手法として、2.2節で述べた4つの重要度のうち、以下の3つを考慮する。

1. 物語テキスト全体の重要度
2. ストーリーとしての重要度
3. 登場人物の初登場の重要度

コマ配置プロセスでは、1ページあたりのコマの重要度の総和が、全てのコマの重要度の平均値の5倍程度になるようにページを分割する。これは、近年の漫画において、1ページあたりのコマ数が5～6コマの構成が多く使われているため、平均的な重要度を持つコマが多いページでは、5～6コマに収まるようにするためである。ただし、漫画の見易さを考慮し、1ページあたりの最大のコマ数は10コマまでとする。

コマの配置は遺伝的アルゴリズム (GA) とレーベンバーグ・マルカート (LM) 法 [13] を用い最適化を行う。染色体 (変数) はページ分割点を個持つ。なお、ページ分割点とは、X軸座標 x 、Y軸座標 y 、分割方向 θ の3つの変数を持つ点のことである。X軸座標 x 、Y軸座標 y はそれぞれ $[0,1]$ の実数値を取る。分割方向 θ は、 $\{0,1\}$ の2値を取り、0の場合は横 (X軸) 方向、1の場合は縦 (Y軸) 方向にページを分割する。ページを分割する際は、X軸座標 x 、Y軸座標 y の点を通るように、分割方向 θ の方向にページを分割する。また、ページ分割点には順序があり、先に切った線と交叉する場合、そこでページを切ることを終了する。これにより分けられた領域が最終的なコマの配置となる。

図3 場面変換点における風景コマの挿入

図4に染色体とコマ配置の例を示す。ページに配置するコマの数が3つの時、ページ分割点は2つとなる。図4の例では、まず、Point1からページを分割する。Point1が座標(0.25,0.25)であり、分割方向が0であるため、座標(0.25,0.25)を通るように横方向にページを切る。次に、Point2が座標(0.5,0.75)であり、分割方向が1であるため、座標(0.5,0.75)を通るように縦方向にページを切る。このとき、Point1によって切られた線と、Point2によって切る線が交差するため、Point2によって切る線はPoint1によって切られた線で止まっている。これにより分けられた3つの領域がそれぞれコマとなる。コマを読み進める順番、つまり、コマの情報を入れる順番は、横に切った場合は上が先に、縦に切った場合は右が先になる。この例の場合、一番上のコマが初めのコマとなり、下部右が2番目のコマ、下部左が3番目のコマとなる。

最適化の流れを図5に示す。最適化は各々のページについて行う。まず、100個の初期個体の生成を行い、LM法を用いてそれぞれの個体について最適化を行う。その後、それぞれの個体を評価し、評価をもとに交叉、および突然変異を行う。交叉にはランキング選択とエリート選択を採用する。交叉を行う指標とするため、評価値を非適合値とし、非適合値の小さい順にランク付けを行う。親の選択はランク上位の個体から $[0,1]$ の一様乱数を生成し、0.5を上回った場合親として用いる。採用されなかった場合、次のランクの個体について、同様の操作を行う。そのため、 r を個体のランクとすると、親として選択される確率 P_r は式(21)のようになる。また、最も非適合値が低かった個体は変化させずに次の世代に残す。

$$P_r = 0.5^r \quad (21)$$

交叉などの操作を終えたあと、システムはそれぞれの個体について再度評価を行い、非適合値が規定値以下になっていた場合、そこでそのページの最適化を終了する。規定値を下回っていなかった場合、再度LM法による最適化からやり直

図4 コマ数3コマの場合の染色体とページの切り方の例

図5 最適化の流れ

す。このプロセスを終え、システムは最終的なコマ割画像をユーザに出力する。

非適合値を計算する評価関数として以下の4つを考える。

1. コマ同士のサイズの比率による評価
2. 最低サイズによる評価
3. 縦横比による評価
4. コマ同士の境界線による評価

2.5.1 コマ同士のサイズの比率による評価関数

重要度の大きなコマほど大きくし、重要度の小さなコマほど小さくするなど、重要度とコマの大きさを比例させるため、式 (22) を用いて評価する。ただし、ページ中のコマの集合を S とし、コマの数を n 、コマ s の重要度を $s_{importance}$ 、面積を s_{Area} とする。

$$E_{Ratio} = \frac{\left(\sum_{s \in S} \left(\frac{s_{importance}}{\sum_{s' \in S} s'_{importance}} - \frac{s_{Area}}{\sum_{s' \in S} s'_{Area}} \right)^2 \right)^{\frac{1}{2}}}{n} \quad (22)$$

2.5.2 最低サイズによる評価

コマに説明を書く際、一定以上のコマの大きさがなければ、コマの内容を書くことは難しく、また、読みにくくなる。そこでコマを一定以上の大きさとするため、式 (23) の評価関数を用いて評価する。ただし、ページ中のコマの集合を S とし、コマの数を n 、コマ s の横幅を s_{width} 、縦幅を s_{height} 、横幅制限を $Limit_{width}$ 、縦幅制限を $Limit_{height}$ とする。なお、 $Limit_{width}$ と $Limit_{height}$ は定数である。

$$E_{Size} = \sum_{s \in S} \left(2 - \frac{1}{1 + \exp(-200 \times (s_{width} - Limit_{width}))} - \frac{1}{1 + \exp(-200 \times (s_{height} - Limit_{height}))} \right) \quad (23)$$

E_{Size} は縦幅が $Limit_{height}$ より小さい、もしくは横幅が $Limit_{width}$ より小さいコマが1つでも存在すると0.5を超える。

2.5.3 縦横比による評価

コマは正方形に近いほど汎用性が高く、中に絵を描きやすい。そこで、式 (24) を用いて評価することで、正方形に近いコマを生成されやすくする。ただし、ページ中のコマの集合を S とし、コマの数を n 、コマ s の横幅を s_{width} 、縦幅を s_{height} とする。

$$E_{Square} = \frac{\sum_{s \in S} (s_{height} \times 1.414 - s_{width})^2}{n} \quad (24)$$

2.5.4 コマ同士の境界線による評価

漫画を読む際、注目しているコマの枠線が次のコマではない同方向な枠線と近い場合、こういった順番で読むべきか混乱し、読みにくい漫画となってしまう。図6に例を示す。図6の例でいうと、現在ページの右上の①コマを読んでいるとしたとき、図6左のようなページの切り方を行った場合、次に読み進める順番が、下であるのか左であるのかわかりにくい。これは、左図のLine2とLine3の方向とX座標が同じためである。このような状態を解消するためには、図6右のコマ割のように、Line2とLine3のX座標が同じになることを避けなければならない。そこで、式 (25) の評価関数を用い、同じ方向を向いている他のページ分割点とX座標またはY座標が近くなるようにする。ただし、ページ分割点の数を n 、 i 番目のページ分割点 $p(i)$ のX座標、Y座標、方向はそれぞれ $p(i)_x$ 、 $p(i)_y$ 、 $p(i)_d$ とする。

図6 コマの境界線によって読みにくい例

$$E_{Line} = \sum_{a=1}^{a \leq n} \sum_{b=a}^{b \leq n} \left(\exp \left(-500 \times (p(a)_d - p(b)_d)^2 \right) \times \left(\exp \left(-500 \times (p(a)_x - p(b)_x)^2 \right) + \exp \left(-500 \times (p(a)_y - p(b)_y)^2 \right) \right) \right) \quad (25)$$

2.5.5 非適合値計算

コマ同士のサイズの比率による評価を E_{Ratio} 、最低サイズによる評価を E_{Size} 、縦横比による評価を E_{Square} 、コマ同士の境界線による評価を E_{Line} 、 $w_E (E = E_{Ratio}, E_{Size}, E_{Square}, E_{Line})$ をの重みとすると、非適合値 Val_{NC} を式(26)によって求める。

$$Val_{NC} = w_{E_{Ratio}} E_{Ratio} + w_{E_{Size}} E_{Size} + w_{E_{Square}} E_{Square} + w_{E_{Line}} E_{Line} \quad (26)$$

最適化の終了判断である規定値は0.5とし、少なくとも内容を読むことができない、または書くことができない大きさのコマが無いようにしている。

3. 検証実験

要約された物語テキストがコマ割生成に与える影響を調べるために、5種類の要約率を用いて要約された物語から生成されたコマ割を被験者に読んでもらい、理解のしやすさなどの点から評価してもらう。被験者には図2のようなコマ割りが印刷されたものが提示される。図2のように、コマに画像は入っておらず、被験者は、コマの中に書かれている説明のテキストどおりに、コマに絵が入っているものと想定し、システムの出力したコマ割を読む。要約率は式(27)で定義される。

$$\text{要約率} = 1.0 - \frac{\text{要約語の文章数}}{\text{原文の文章数}} \quad (27)$$

実験では、著作権の消滅した作品等を扱っているインターネット電子図書館「青空文庫」[14]から、「鬼六」「ブレーメンの町楽隊」

「おおかみと七ひきのこやぎ」「ヘンゼルとグレーテル」を取得し、漢字変換、発言者の明示化など物語の内容が変化しない程度に修正したものを物語テキストとして使用する。要約率は0.0, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8の5種類用意する。それぞれの物語の分量と、実験で生成されたコマの数を表2に示す。なお、文章数は、句点で区切られたものを単位とし、鍵括弧内で句点が現れた場合は、文章を分けないとする。

被験者は20代と30代の男女25名で、被験者は、システムが出力した物語のコマ割を読み、その後、システムへの入力となった物語の原文を読む。その後、それぞれについて、表3のアンケートに7段階の絶対評価で回答し、また、コメントがある場合、各項目の下部にある自由記述枠にコメントを書く。これを4つの物語に対して行う。

この際、実験者が被験者に提示する漫画は、それぞれ要約率が異なり、また同じ物語を評価しないように提示する。例えば、ある被験者は鬼六（要約率0.0）、ヘンゼルとグレーテル（要約率0.2）、ブレーメンの町楽隊（要約率0.4）、おおか

表3 コマ割アンケート内容

質問1：漫画を読んで物語をどれほど理解できていましたか？
7.とても理解できた 6.理解できた 5.やや理解できた 4.どちらともいえない 3.あまり理解できなかった 2.理解できなかった 1.全く理解できなかった
質問2：漫画に描かれているコマは物語を表現する上で十分足りていると思いますか？
7.十分足りている 6.足りている 5.おおよそ足りている 4.どちらともいえない 3.あまり足りていない 2.足りていない 1.全く足りていない
質問3：描かれているコマの大きさは妥当であると思いますか？
7.とても妥当である 6.妥当である 5.やや妥当である 4.どちらともいえない 3.あまり妥当ではなかった 2.妥当ではなかった 1.全く妥当ではなかった
質問4：物語の要所要所ではコマが大きくなっていると思いましたか？
7.とても思う 6.思う 5.やや思う 4.どちらともいえない 3.あまり思わない 2.思わない 1.全く思わない

表2 物語の分量と生成されたコマの数

タイトル	要約率0.0		要約率0.2		要約率0.4		要約率0.6		要約率0.8	
	文章数	生成したコマ数	文章数	生成したコマ数	文章数	生成したコマ数	文章数	生成したコマ数	文章数	生成したコマ数
鬼六	85	95	69	88	52	78	35	57	18	37
ヘンゼルとグレーテル	292	289	234	255	176	213	117	153	59	73
ブレーメンの町楽隊	100	129	84	115	61	99	41	69	21	33
おおかみと七匹のこどもやぎ	98	129	79	123	59	99	40	76	20	44

みと七匹のこどもやぎ(要約率0.6)を評価し、別の被験者は、鬼六(要約率0.2)、ヘンゼルとグレーテル(要約率0.4)、ブレーメンの町楽隊(要約率0.6)、おおかみと七匹のこどもやぎ(要約率0.8)を評価する。そのため、同一の物語で同一の要約率を評価している被験者は5人、1つの要約率につき4つの物語を評価するため、1つの要約率を20人の被験者が評価することになる。

4. 結果および考察

アンケート結果から得られた、質問1と質問2の評価とその母平均の95%信頼区間をそれぞれ表4と表5に示す。Tukey-Kramer法を用いて、表4と表5の結果を多重比較した結果を、表6と表7に示す。

要約を行うことによるコマの充足性の変化を検証する。表4から、最も高い理解度が得られている要約率は未要約であり、また、未要約、要約率0.2、要約率0.4においては母平均の95%信頼区間の下限値が中央値(どちらでもない)である4を上回っていることがわかる。同様の結果は表5の質問2でも得られている。このことから、被験者は、要約率0.4までの要約であれば、生成されるコマは物語を表現する上で十分足りていると感じており、物語を理解することができていることがわかる。また、表6の結果から、物語に対する理解においては、未要約と有意な差がある要約率は要約率0.8のときである。また、表7の結果から、質問2においても、未要約と有意な差がある要約率は要約率0.8のときである。このことから、要約率0.6までの範囲であれば、物語の理解

表4 アンケート結果(質問1)

		要約率				
		0.0	0.2	0.4	0.6	0.8
評価値	7	6	6	1	1	0
	6	8	6	10	3	4
	5	6	5	3	7	8
	4	0	2	1	2	0
	3	0	1	3	6	1
	2	0	0	2	1	4
	1	0	0	0	0	3
上限値		6.37	6.25	5.67	5.03	4.78
平均値		6.00	5.70	4.95	4.40	3.90
下限値		5.63	5.15	4.23	3.77	3.02

表5 アンケート結果(質問2)

		要約率				
		0.0	0.2	0.4	0.6	0.8
評価値	7	7	5	3	0	0
	6	9	4	6	3	4
	5	1	7	6	6	1
	4	0	3	3	4	1
	3	1	1	0	5	8
	2	2	0	1	2	2
	1	0	0	1	0	4
上限値		6.49	6.01	5.83	4.74	4.07
平均値		5.75	5.45	5.10	4.15	3.25
下限値		5.01	4.89	4.37	3.56	2.43

においては未要約と差があるとは言えないコマ割を生成することができるということがわかる。このことから、物語を要約する場合、要約率を0.4までにとどめておくことで、未要約と差があるとは言えないレベルで、物語が理解できるコマ割を生成できると考えられる。

各物語の質問1と質問2のアンケート結果の平均値を図7と図8に示す。図7から、どの物語においても、要約率が低ければ物語の理解度は保たれており、要約率が高くなるほど理解できなくなっていく傾向があることがわかる。本実験に

表6 Tukey-Kramer法による要約率ごとの比較(質問1)

	0.0	0.2	0.4	0.6	0.8
0.2					
0.4					
0.6					
0.8	○				

○: 5%レベルで有意差あり

表7 Tukey-Kramer法による要約率ごとの比較(質問2)

	0.0	0.2	0.4	0.6	0.8
0.2					
0.4					
0.6					
0.8	○	○			

○: 5%レベルで有意差あり

図7 各物語のアンケート平均値(質問1)

図8 各物語のアンケート平均値(質問2)

において、ヘンゼルとグレーテル、ブレーメンの町楽隊、おおかみと七匹のこどもやぎを知っている被験者は多いが、鬼六の物語をもともと知っている人は半数程度である。このことから、物語をもともと知っているかどうかに関係なく、低い要約率では物語を理解することができ、要約率が高くなるにつれ理解できなくなっていくことがわかる。同様の結果は図8の質問2の結果からも得られている。

要約された物語テキストがコマの大きさの妥当性に与える影響について検証する。アンケート結果から得られた、質問3と質問4の評価とその母平均の95%信頼区間をそれぞれ表8と表9に示す。表8から、被験者が感じるコマの大きさの妥当性は、要約率0.6を除く全ての要約率で母平均の95%信頼区間の下限値が中央値（どちらでもない）である4を上回っていることがわかる。また、要約率0.6においても、中央値（どちらでもない）である4をわずかに下回る3.95である。このことから、システムが生成するコマの大きさは物語テキストの要約率に関係なく妥当であると考えられる。また、表9から、被験者の要所要所でコマが大きくなっていると感じるかという質問に対する回答は、未要約と要約率0.2では母平均の95%信頼区間の下限値が中央値（どちらでもない）を上回っていることがわかる。また、要約率0.4から要約率0.8での母平均の95%信頼区間の下限値は中央値（どちらでもない）をやや下回る3.75を上回っている。このことから、全ての要約率で、重要な場面であるのにコマが大きくなっていないとは被験者は感じていないことがわかる。また、特に低い要約率では、被験者は重要な場面でコマが大きくなって

いると感じていることがわかる。これらの結果から、生成されたコマ割のコマの大きさは、重要なコマは大きくなっており、その他のコマの大きさについても十分妥当であると考えられる。なお、高い要約率で質問4の評価がわずかに下がっている理由として、低い重要度の文、ひいてはコマを削除したことにより、コマ同士の重要度の差が小さくなり、コマの大きさに差が出にくくなったことが考えられる。

5. お わ り に

本研究では、ユーザの入力する物語テキストをもとに、コマ数の調整を行えるコマ割生成システムの構築を行い、要約された物語テキストがコマ割生成に与える影響を調査した。

その結果、物語の理解度において、未要約と有意な差があったのは8割の要約率のみであり、また、未要約から要約率4割までの要約では、被験者から理解度を尋ねる質問に対して肯定的な評価が得られた。このことから、物語を要約する場合、要約率を4割までにとどめておくことで、物語が理解できるコマ割を生成できると考えられる。また、コマの大きさについては、どの要約率においても、比較的妥当な大きさと描かれていることがわかった。

今後の課題として、さらにページを大幅に減らす必要がある場合は、1つのコマに複数の登場人物や動作を描く、1ページあたりのコマ数を増やすなどして、情報量を減らさないようにページを減らす必要があると考えられる。また、漫画生成の次の段階として、コマの内部に絵を描くため、構図の決定を行う機構を作っていく必要がある。

表8 アンケート結果（質問3）

		要約率				
		0	0.2	0.4	0.6	0.8
評価値	7	1	1	1	1	1
	6	9	4	8	5	9
	5	5	11	3	6	0
	4	2	2	6	2	5
	3	3	2	1	5	5
	2	0	0	1	1	0
	1	0	0	0	0	0
上限値		5.70	5.46	5.55	5.25	5.45
平均値		5.15	5.00	4.95	4.60	4.80
下限値		4.60	4.54	4.35	3.95	4.15

表9 アンケート結果（質問4）

		要約率				
		0	0.2	0.4	0.6	0.8
評価値	7	1	0	2	0	0
	6	7	6	4	8	7
	5	8	7	6	3	3
	4	2	2	1	3	5
	3	1	4	6	4	3
	2	1	1	1	2	1
	1	0	0	0	0	1
上限値		5.65	5.24	5.30	5.24	5.15
平均値		5.10	4.65	4.60	4.55	4.45
下限値		4.55	4.06	3.90	3.86	3.75

参 考 文 献

- [1] 外務省：国際漫画賞,
<http://www.mofa.go.jp/Mofaj/gaiko/culture/manga/index.html>
- [2] 熊野七絵, 廣利正代：「アニメ・マンガ」調査研究 ― 地域事情と日本語教材 ―, 国際交流基金 日本語教育紀要 第4号, pp.55-69, 2008.
- [3] 小林由佳, 石若裕子：漫画設計支援システムPOM（ソフトウェア紹介, <特集>最新コンパイル技術とCOINSによる実践）, コンピュータソフトウェア, Vol.25, No.1（20080125）, pp.82-88, 2008.
- [4] 牧田知大, 田野俊一, 市野順子, 橋山智訓：抽象化と実体化の双方向インタラクションを可能にする漫画製作支援システム, ヒューマンインタフェースシンポジウム2008, pp.1189-1194, 2008.
- [5] Shamir, A. Rubinstein, M. Levinboim, T: Generating Comics from 3D Interactive Computer Graphics, Computer Graphics and Applications, IEEE, Volume 26 Issue: 3, pp.53- 61, 2006.
- [6] K.Takashima and T.Onisawa: Generation of Scene Frame of Manga from Narrative Text, Proc. of the Kansei Engineering

and Emotion Research International Conference 2010, pp.2223-2233, 2010.

- [7] ChaSen: <http://chasen-legacy.sourceforge.jp/>
- [8] CaboCha: <http://chasen.org/~taku/software/cabocha/>
- [9] 相良直樹, 砂山渡, 谷内田正彦: 重要文抽出を利用したテキストからのストーリー抽出, 情報処理学会研究報告, 自然言語処理研究会報告, Vol.2004, No.108 (20041104), pp.159-164, 2004.
- [10] 砂山渡, 谷内田正彦: 文章の特徴を表すキーワードを発見して重要文を抽出する展望台システム, 電子情報通信学会論文誌. D-I, 情報・システム, I-情報処理, Vol.J84-D-I, No.2 (20010201), pp.146-154, 2001.
- [11] Inderjeet Mani: 自動要約, 共立出版株式会社, 2003.
- [12] 木島紗弥子, 曳野京子, 平川正人: 物語からの絵の自動生成, 言語・音声理解と対話処理研究会, Vol.49, pp.51-56, 2007.
- [13] 金谷健一: これなら分かる最適化数学 基礎原理から計算手法まで, 共立出版株式会社, 2005.
- [14] 青空文庫: <http://www.aozora.gr.jp>

高嶋 航大 (非会員)

2007年4月筑波大学大学院システム情報工学研究科知能機能システム専攻入学。2009年3月同大学大学院博士前期課程修了。2009年4月に同大学大学院博士後期課程に入学し現在に至る。感性情報処理やソフトコンピューティングに関する研究に従事。

鬼沢 武久 (正会員)

1975年3月東京工業大学制御工学科卒業。1977年3月同大学大学院理工学研究科制御工学専攻修了。現在、筑波大学システム情報系教授。工学博士(東京工業大学)。人間の主観, 判断, 認識, 感性, フィーリングを処理する主観・感性コンピューティングに関心がある。1987年日本人間工学会から橋本賞受賞。ISIS2005でOutstanding Paper Awardなど。2004年から人工知能学会評議員。2005年から日本感性工学会評議員。日本知能情報ファジィ学会第9期会長。2010年から電子情報通信学会査読委員。