

## 電子コミックの表現を豊かにする手書き文字アニメーション生成手法

A Method to Generate Handwritten Characters with Animation  
for Enriching Expressions in Digital Comics佐藤 剣太<sup>\*1</sup>

Kenta Sato

中村 聡史<sup>\*1</sup>

Satoshi Nakamura

鈴木 正明<sup>\*1</sup>

Masaaki Suzuki

<sup>\*1</sup> 明治大学 総合数理学部 先端メディアサイエンス学科

Meiji University, School of Interdisciplinary Mathematical Sciences, Department of Frontier Media Science.

In this paper, we propose a method to generate animated handwritten characters for digital comics by expressing a handwritten character as an equation and add several equations for animation. In addition, we execute the experimental test to usefulness of our method. Finally, we implement the prototype system enables users to add animated handwritten characters to digital comics.

## 1. はじめに

電子書籍が一般に普及しつつあり、コミックも紙媒体と電子媒体が同時に発売されることも珍しくない。また、現時点では電子コミックは単純に紙媒体を単純に画像化したものが多いが、読者の読み方に合わせてセリフや動きが変化する仕組みなど電子コミックの特性を活かしたのも登場しつつある。こうした電子コミックでは、文字にアニメーションを付与することで様々な表現ができるようになって期待される。

さて、そもそもコミックなどでは、文字のフォントを変更することで印象を表現することがよく行われている。例えば図1に示すように、そよ風が吹く様子を表す「そよそよ」という文字列をフォントの種類によって表現する場合、ポップ体よりも行書体で表現したほうがそよ風のイメージをより忠実に再現しているように感じられる。これは、各ストロークの細さや装飾、ストローク同士の間を続けて書いていることなどが影響していると考えられる。また、コミックではコンピュータ上の文字フォントだけでなく、手書きで文字が記述されることも多く、味があるものである。こうしたコンピュータ上で表現される手書き文字をより良いものにするため、オノマトペにより手書き文字を装飾する研究[神原 10]や、手書き文字から楷書体を自動生成する手法[Li 12]など様々なものが提案されている。人の手書き文字はそもそも個性のあるものであり、こうした文字に対して動きを付与すると、个性的で印象豊かな文字及びテキストを作り出すことができると期待される。

ここで文字にアニメーションを付与し、様々な表現を可能とする Kinetic Typography については様々な研究や作品がある。こうした研究や作品では、他にも、文字の大きさ、移動速度、移動する向きといったパラメータを調整することで様々な印象を付与することが可能である。しかし、手書き文字に対して自由かつ手軽にアニメーション付与することは難しい。

そこで本稿では、コンピュータ上で表現される手書き文字を数式として表現し、そこに数式を付与することで手軽にアニメーションを生成する手法を提案する。また、フォントを用いた文章、手書きの文章、手書き文章のアニメーションを比較してそれぞれが伝えやすい印象の種類を評価実験により明らかにしていく。さらに、その手法をもとにプロトタイプシステムを実現し、手書き文字アニメーションを電子コミックへ付与することを可能とする。

連絡先: 佐藤 剣太, 明治大学総合数理学部先端メディアサイエンス学科, 東京都中野区中野 4 丁目 21-1, 03-5343-8334, ev30599@meiji.ac.jp

そよそよそよそよ

図1 そよそよ (左) ポップ体表記 (右) 行書体表記

## 2. 提案手法

本稿では、人の手書き文字を手軽にアニメーション可能とすることを目的としている。そこで、手書き文字を数式として捉え、その数式に対してアニメーションを表現する数式を付与することにより手書き文字アニメーションを表現する(図2)。

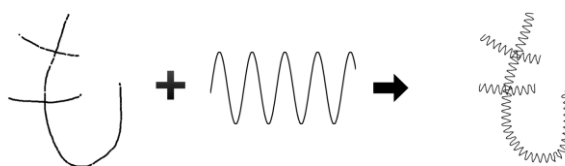


図2 手書きのストロークと付与する数式(この場合は三角関数)から文字アニメーションを作り出す

我々の提案する手法では、ユーザがスタイラスに入力した手書き文字点列データとして取得する。これをスプライン補間することで点を増やし、フーリエ級数展開により媒介変数  $t$  を用いた数式として実現する。このとき、 $t$  ( $0 \leq t \leq \pi$ ) における座標は、

$$\begin{cases} x = f_1(t) \\ y = f_2(t) \end{cases}$$

として表される。ここで、 $f_i(t)$  は次式で表される。

$$f_i(t) = \frac{a_{i,0}}{2} + \sum_{n=1}^{\infty} (a_{i,n} \cos nt + b_{i,n} \sin nt)$$

また、付与する数式を媒介変数  $t, s$  を用いて次のように表す。

$$\begin{cases} x_{add} = g_1(t, s) \\ y_{add} = g_2(t, s) \end{cases}$$

元の手書き文字の数式にアニメーション付与のための数式を付与するには、手書き文字の  $t$  における法線ベクトルを導出し、その値とアニメーション付与のための数式を掛け合わせるにより計算することになる。ここで、 $t$  における手書き文字の法線ベクトルは  $(-f_2'(t), f_1'(t))$  となる。つまり、生成される手書きアニメーションの各座標は以下のようになる。

$$\begin{cases} x_{anime}(t,s) = f_1(t) + \frac{-f_2'(t)}{\sqrt{(f_1'(t))^2 + (f_2'(t))^2}} g_1(t,s) \\ y_{anime}(t,s) = f_2(t) + \frac{f_1'(t)}{\sqrt{(f_1'(t))^2 + (f_2'(t))^2}} g_2(t,s) \end{cases}$$

この数式を用いて  $g_1(t,s)$ ,  $g_2(t,s)$  の数式を決定し,  $t$  と  $s$  の値を変化させることにより手書き文字アニメーションを実現する。

### 3. 実験

本提案手法の有用性に関する印象評価実験を行うため, 我々は実験用システムを実装した。本システムはブラウザ上で動作し, 手書き文章にアニメーションを付与可能としている。

なお, 入力した手書きの文章に対しては, ストロークごとに異なるアニメーション・色・太さを設定することが可能である。アニメーションの形としては, サイン波/矩形波/三角波/鋸歯状波/サイン波の絶対値の 5 種類から選択できる。さらに, この波形の振幅/移動速度/波長のパラメータを調整することで様々なアニメーションが生成される。ストロークの色は RGB の 3 種類のパラメータを調整することにより表現する。

#### 3.1 文章データセット構築

データセット構築で対象とする文章はプルチックの立体情動モデルに基づく 8 つの印象(喜び/信頼/心配/驚き/悲しみ/嫌悪感/怒り/予測)それぞれに対応する 8 種類を用意した。なお, 文章は Twitter や Facebook などの SNS のように, 多数のつながりのあるユーザが見ることを想定して選定した。

これらの印象に対応する文章を, コンピュータ上で用いられるフォントと手書き文字, 手書き文字アニメーションを比較するために, 以下の 3 つの手法で作成してもらった。

- PowerPoint による作成
  - ウェブブラウザで動作する手書き文章作成
  - ウェブブラウザで動作する手書き文章アニメーション作成
- ここで PowerPoint を比較手法として用意したのは, コンピュータのフォントで記述された文章を単語ごとにその大きさや位置, 書体を手軽に変更できることと, データセット構築者が使用に慣れていると考えたためである。また, この手法において, 文字のフォント, 大きさ, 位置は単語ごとに自由に設定してよいものとしたが, 文字色は全て黒色で統一し, 太字・斜体・影といった装飾は行わないものとした。

手書き文章と手書き文章アニメーションの作成においては, まずブラウザ上の実験システムを慣れるまで操作してもらった。その後, 作成するページにて提示される文章と印象の種類を見ながら, 印象が文章から感じられるように作成してもらった。なお, ここでの文章の提示順はランダムとした。

#### 3.2 印象評価実験

3.1 のデータセット構築を行っていない同学部の 20~22 歳の男子学生 5 名に文章データセットを評価してもらった。評価者には, システム上でランダムに提示される文章に対して「喜び, 信頼, 心配, 驚き, 悲しみ, 嫌悪感, 怒り, 予測」の 8 つの印象がそれぞれ感じられた度合いはどの程度か」というアンケートに対し, -2~2 の 5 段階のリッカート尺度(「全く感じない」「やや感じない」「どちらとも言えない」「やや感じる」「かなり感じる」)で評価してもらった。

8 項目全ての項目に回答した後に下部の NEXT ボタンを押すと, 回答データがデータベースへと蓄積され, 次の文章の評価に移ることができる。

表 1 印象別・手法別の各評価値の平均

文章	手法	喜び	信頼	心配	驚き	悲しみ	嫌悪感	怒り	予測
喜び	PowerPoint	0.96	-0.68	-0.92	-0.16	-1.40	-1.48	-1.68	-0.32
	手書き	0.64	-1.00	-0.88	0.00	-1.60	-1.68	-1.80	-0.52
	アニメーション	1.16	-1.08	-0.96	-0.16	-1.48	-1.32	-1.68	-0.92
信頼	PowerPoint	-0.44	0.24	-0.40	-1.60	-1.64	-1.64	-1.64	0.28
	手書き	-0.32	-0.16	-0.20	-1.52	-1.56	-1.52	-1.60	-0.08
	アニメーション	-0.84	-0.20	0.12	-1.24	-0.68	-1.24	-1.48	0.36
心配	PowerPoint	-1.48	-1.32	0.52	-1.40	0.64	-0.48	-1.44	-0.60
	手書き	-1.32	-1.24	0.76	-1.16	0.36	-0.52	-1.00	-0.44
	アニメーション	-1.44	-1.32	1.12	-0.92	0.60	-0.76	-1.36	-0.48
驚き	PowerPoint	0.40	-0.88	-1.04	0.40	-1.60	-1.72	-1.64	-0.84
	手書き	0.32	-1.32	-1.36	0.60	-1.64	-1.76	-1.76	-1.04
	アニメーション	0.12	-1.08	-0.56	0.24	-1.04	-1.32	-1.56	-0.92
悲しみ	PowerPoint	-1.16	-0.96	-0.28	-1.36	0.36	-1.08	-1.56	-0.72
	手書き	-1.20	-1.04	0.28	-1.08	0.72	-0.56	-1.80	-0.92
	アニメーション	-1.28	-1.16	0.52	-1.04	0.88	-0.48	-1.52	-0.76
嫌悪感	PowerPoint	-0.96	-1.20	-0.44	-1.00	-0.68	-0.32	-1.52	-0.84
	手書き	-1.24	-1.32	-0.92	-1.56	-0.68	-0.08	-1.36	-0.80
	アニメーション	-1.20	-1.32	-0.16	-1.52	0.04	-0.04	-1.52	-1.16
怒り	PowerPoint	-1.52	-1.60	-0.44	-0.08	-0.12	0.60	0.80	-0.92
	手書き	-1.60	-1.28	-0.28	-0.40	0.16	0.84	0.84	-0.76
	アニメーション	-1.28	-1.36	-0.32	-0.44	-0.24	0.72	0.80	-1.08
予測	PowerPoint	-0.32	-0.84	-0.60	-0.60	-1.36	-1.52	-1.76	-0.08
	手書き	-0.52	-1.04	0.28	-1.20	-1.12	-1.40	-1.64	-0.16
	アニメーション	-0.32	-1.00	0.04	-0.64	-1.08	-1.28	-1.64	0.32

### 3.3 実験結果

データセット構築者が作成した文章の評価値を印象別および手法別に分類し、その平均値をとった結果を表 1 に示す。平均値が 0 以上 0.5 未満である箇所は付与された印象がある程度感じ取られていた可能性が高いといえる(セルを黄色で塗りつぶしてある)。値は 0.5 以上となっている箇所は特にその傾向が強いといえる(セルを赤色で塗りつぶしてある)。この表から、喜び/心配/驚き/悲しみ/怒りの印象についてはいずれの手法においても値が 0.5 を超えており、ある程度その意図が伝わったといえる。特に、喜び/心配は手書き文章アニメーションの評価値が他の 2 手法よりも高く、値も 1 を超えており、これら 2 つの印象に関して我々の提案システムは有用であるといえる。

### 3.4 考察

いずれの手法においても信頼/嫌悪感/予測の印象は適切に伝えることは難しいと分かった。これは、データセット構築者が印象語をイメージとしてうまく捉えることができず、パラメータを適切に設定できなかったためと考えられる。今回用いた 8 つの印象語はプルチックの立体情動モデルの一次印象において程度が中間にある言葉を利用したが、それらだけではデータセット構築者印象の意味を理解するには至らなかったと考えられる。そのため、今後このモデルを利用する際は、程度が弱および強に位置する単語も同時に提示することを検討している。

喜びの印象を表現する場合、手書きアニメーションが最も意図を伝えやすい傾向にあると分かった。これは、文中の単語に付与された色が赤系統であるものが多く、これが喜びの印象を伝えるための最大の要因であると推測される。

心配と悲しみは互いに間違われて受け取られやすかった。これらの印象の付与された文章には青系統の色が使用され、速度が遅く緩やかなアニメーションをしているものが多かった。このため、評価者がこれらの印象を混同してしまったと考えられる。

驚きの印象は喜びとしても受け取られていたが、これは驚きの印象を付与した文章には三角波を用いたアニメーションが多く、評価者が喜びと混同してしまったことが原因と考えられる。

怒りの印象を付与した文章は、全手法において怒りおよび嫌悪感の印象がほぼ同程度で感じ取られた。怒りの文章には赤系統の色が使用されたものが多く、ギザギザした激しいアニメーションも多くみられた。これにより精神的ストレスを適切に表現できていたと考えられるが、このストレスを嫌悪感の印象としても捉える評価者も多かったと考えられる。

このように、本評価実験ではある印象が別の印象として感じられたり、別の印象もあわせて感じられたりといった解釈のズレがいくつもみられた。こうしたズレは、コミックにおけるストーリーの流れや登場人物の表情に合わせてパラメータを設定することで解消されると考えられる。また、こうした同じコマに対するパラメータ設定を複数のユーザに行ってもらい、その平均を求めることによって適切なアニメーション表現が可能になるのではないかと我々は期待しており、今後の実験の方法の一つとして検討している。

なお、PowerPoint/手書き、および手書き/手書きアニメーションにおける評価値の間には、いずれの印象にも有意な差は無かった。これは、データセット評価者が 5 人と少なく、正確な分散値が得られなかったためと考えられる。そこで、今後の実験では評価者の人数をさらに増やすことを検討している。

## 4. プロトタイプシステム

提案手法および実験結果をもとに、JavaScript, PHP および MySQL を用いてプロトタイプシステムを実装した。システムの動

作例は図 3~5 の通りである。画面内の白色の矩形のエリアにおいて手書き入力を可能としている。画像ボタンを押すことでユーザはローカルにある任意のコミックのコマ等をアップロードし、そこに文字アニメーションを追加することが可能になる。思い通りのスロークを書くことができなかつた場合は戻すボタンで直近の一面を消去することができる。

文字が書かれている状態で選択ボタンを押してドラッグアンドドロップ操作を行うと、アニメーションの編集対象となるスローク群が選択される。この時にスライダーおよび波形選択ボタンを操作するとアニメーションのパラメータを変更できる。スライダーは 7 個設置されており、スロークの振幅、移動速度、波長、太さ、色の赤成分、緑成分、青成分を調節することが可能である。波形選択ボタンは 5 個設置されており、サイン波/矩形波/三角波/鋸歯状波/サイン波の絶対値から波形を選択可能である。

図 5 のような、ユーザの表現したいアニメーションが生成された状態で投稿ボタンを押すと、GIF 形式のファイルとしてサーバに保存される。コンテンツ创作者は、この GIF アニメーションをダウンロードすることで、自身の創作物に手書き文字アニメーションを付与することができるため、意図をより適切に読者へと伝えることが可能になると期待される。

図 6 は、本プロトタイプシステムを用いて文字アニメーションを付与した例である。このコマには物を素早く斬るときのおノマトペとして「ズバアッ」という手書き文字が追加されている。この文字に高速の三角波アニメーションを付与することで、人物が刃物で斬られた激しさが増幅している。また、文字色を赤に設定することで血生臭い印象をより鮮明に読者に与えることができる。

なお、作成したコンテンツはユーザの任意の Twitter アカウントでログインすることで GIF アニメーションとしてツイートし、多数のユーザとの共有も可能としている。そのため、図 7 のようにユーザが写真などをアップロードして、そこに文字アニメーションを追加していくことによって、写真をよりコミカルにすることも可能となる。



©中村地里『銀のキメラ』(Manga109[Matsui 15])

図 3 画像をアップロードし、手書き文字を入力した状態



図 4 範囲選択を行い、パラメータ設定を行っている状態



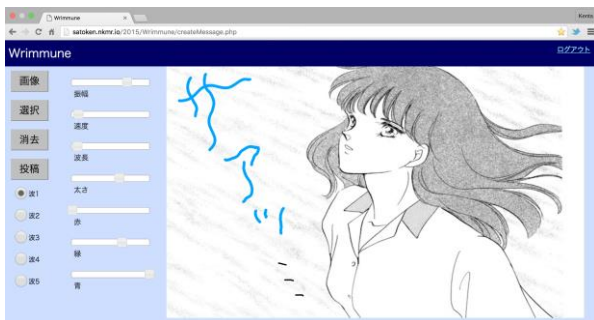


図5 パラメータ設定が終了した状態



©小林ゆき『あつげら貫刃帖』(Manga109[Matsui 15])

図6 コマへの文字アニメーション付与の例

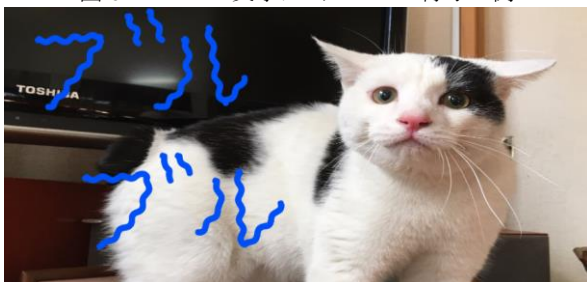


図7 写真に文字アニメーションを付与した例

## 5. 関連研究

Kinetic Typography および Motion Typography は、静止している文字にアニメーションを追加し、何かしらの印象や雰囲気を与える手法である。文字の大きさ、太さ、せん断する向き、質感、移動する向き・速さ、およびフォントを変えることで受けるイメージは変化する。こうしたアニメーションを手軽に生成するためのソフトウェアの機能として Adobe の Flash Motion Tween が知られており、あるフレーム間のアニメーションを自動で生成することができる。これに対し、我々の実現したプロトタイプシステムでは GUI 操作や音声入力によって手書き文字にパラメータを設定することで滑らかなアニメーション表現を行うことを可能としている。

内平らのサンプリング書道[内平 10]は、モデルとする書の画像をマウスポインタでなぞって取り込み好みのサンプルをそのまま利用することで、困難な筆の操作を描画行為から切り離して書家のような筆跡を容易に表現できるシステムである。また、オノマトペン[神原 10]は手書き入力中に「きらきら」や「もこもこ」といった擬音語や擬態語を発することにより文字に応じた豊かな表現を文字に付与することが可能である。こうした手法に対し、我々の手法は、手書き文字に数式で表された波形、または入力された音声波形で様々な印象を付与するシステムとなっている。

加藤らの TextAlive[加藤 14]は、歌声と同期して歌詞を表示しアニメーションさせる手法である。ここでは歌詞と音楽との時間的対応を自動推定し、ユーザによるパラメータ調整を専用 GUI により容易に行うことを可能としている。これに対し、我々の提案

手法では文字をアニメーション可能とするものであり、我々の手法を導入するとよりよい表現が可能になると期待される。

松下らのシステム[松下 11]では、あらかじめ用意された文字のカテゴリが存在しており、ユーザは対象とするコマに応じて文字を選択しパラメータを調整することで、デジタルコミックにおける動的な文字表現の支援を行っている。一方、我々の提案するシステムでは対象となる文字やセリフを手書きで自由に記述したうえでアニメーションを付与することが可能である。

## 6. おわりに

本稿では、電子コミックでの表現を豊かにするための文字アニメーション表現を行う方法として、手書き文字を数式化し、その数式にアニメーション用の数式を付与することでアニメーションを行う文章を生成する手法を提案した。

また、提案手法の有用性を調べるために、実験システムを利用して 8 つの印象に関する文章を生成してもらい評価実験を行った。その結果、信頼／嫌悪感／予測の印象は PowerPoint、手書き、手書きアニメーションのいずれの手法でも意図がそれほど強く伝わらないと判明した。一方、喜び／心配の印象はどの手法でも伝わりやすく、特に手書きアニメーションによる評価値が最も高かった。したがって、これらの印象は提案手法を利用すると電子コミックにおいて比較的容易に表現可能であると予測される。

さらに、電子コミックのコマへ手書き文字アニメーションを付与可能とするプロトタイプシステムを実現し、その動作例を紹介した。本システムにより、コミックの作者の意図をより忠実に表現することが可能になると我々は期待している。

本稿の実験システムにおいて、手書き文章のアニメーション設定を行った後に再度ストロークを入力しようとする選択範囲が勝手に変わってしまい操作しづらいと感じることがあったという意見がデータセット構築者より寄せられた。そのため、今後の課題としては、システムを改善しより快適に文章を作成できるようにすることを検討している。また、手書き文字に波形を付与する以外にも、文字そのものの位置を変える、バウンドや伸び縮みといったアニメーションを数式で表現することを検討している。

## 謝辞

本研究の一部は、JST CREST、明治大学重点研究 A の支援を受けたものである。

## 参考文献

- [内平 10] 内平博貴, 宮下芳明: サンプリング書道: サンプラーのメタファを取り入れた書道による描画・閲覧手法の提案, 芸術科学会論文誌, 2010.
- [神原 10] 神原啓介, 塚田浩二: オノマトペン, 日本ソフトウェア学会, 2010.
- [Li 12] Hailong Li, Songhua Xu and Shujin Jin: Calligraphy Beatification Method for Chinese Handwriting, Fourth International Conference, 2012.
- [加藤 14] 加藤淳, 中野倫靖, 後藤真孝, TextAlive: 音楽に同期した歌詞アニメーションの Kinetic Typography 制作環境, 情報処理学会研究報告, 2010.
- [松下 11] 松下光範, 今岡夏海: タルコミック制作のための動的な音喩表現生成システム, 人工知能学会全国大会, 2011.
- [Matsui 15] Yusuke Matsui, Kota Ito, Yuji Aramaki, Toshihiko Yamasaki, Kiyoharu Aizawa: Sketch-based Manga Retrieval using Manga109 Dataset, arXiv, 2015.