

# ラッセルの円環モデル上に描画された自由曲線に 対応する顔アイコンの推薦手法の調査と提案

渡邊 将太<sup>1</sup> 川上 雄大<sup>2</sup> 松村 耕平<sup>1</sup>

**概要：**テキストベースのコミュニケーションにおける感情を伝える手段として、顔アイコンが使用される。これらの顔アイコンが時間的な感情の変化を表現できないのに対して、我々はラッセルの円環モデル上に自由曲線を描くことによって表情変化を伴う顔アイコンを生成する手法を提案している。ここで、当該手法に豊かな感情表現を持つ既存の顔アイコンと組み合わせることで、より多彩な感情を表現できると考える。しかし、ラッセルの円環モデル上に描かれた曲線に、どのような既存の顔アイコンが対応するのかは明らかではない。本研究では、Unicode で定義された 89 個の顔アイコンと円環モデル上に描かれた曲線を対応づける方法について、21 名の被験者から収集したデータをもとに検討した。4 種類の提案手法についてユーザ評価を行った。それらの手法は必ずしも効果的に顔アイコンを推薦できなかった。得られた結果をもとに、より効果的に顔アイコンを推薦するための手法について議論する。

**キーワード：**顔アイコン、アニメーション、感情表現、強調表現

## 1. はじめに

SMS やインターネットの普及により、テキストベースで情報をやりとりすることが増えている。我々は、友人との間や仕事の中で日常的にテキストベースでのやりとりを行っている。テキストで感情を伝える手段として、しばしば顔アイコンが用いられる。顔アイコンは 2010 年に Unicode 6.0 として国際的にコンピュータ上で扱うことのできる文字として取り入れられ、多くの情報端末で標準的にサポートされている。顔アイコンを使用することで、感情を伝えることができ、より円滑に情報をやりとりすることができる。

顔アイコンは感情を伝える手段として有効であるが、解釈の違いを起すことが報告されている [1]。すなわち、ひとつの顔アイコンが多義性を持ち、複数の解釈がされてしまうことによって、コミュニケーションを阻害することがある。感情は時間の経過と共に変化するが、静止画として表現される顔アイコンでは感情の変化を表現することができない。感情の変化を表現することで顔アイコンの表現力が上がり、解釈の違いを低減できると考えられる。

Desmet et al. は製品に対する感情を評価するために、Product Emotion Measure (PrEmo) を開発した [2]。このシステムではキャラクターの顔や体をアニメーションさせ

ることで 14 の感情を表現している。これによって感情の変化を表現することが可能になった。ユーザは選択肢からアニメーションを選ぶことで感情を表現するが、選択肢には 14 個のアニメーションしかないため、自分の感情に合った表現ができない可能性がある。

感情の変化を表現するための方法として「😊→😞」のように複数の顔アイコンを用いることも考えられるが、数多くの顔アイコンの中から感情の変化に合ったものを複数個選択するのは困難である。

この問題に対して我々は、感情を二次元座標系で表現するモデルである、ラッセルの円環モデル上に自由曲線を描くことによって表情変化を伴うアニメーション顔アイコンを作成する手法を提案した [3]。この手法によって、自分の感情に合った顔アイコンを作成することや感情の変化を表現することが可能となった。この手法では、顔アイコンの口と眉を変化させるアニメーションによって感情の変化を表現しているが、その表現能力には限界がある。すなわち、口や眉の形状とその変化によって表現ができない、ないし、表現が難しい感情がある。例えば、喜怒哀楽のうち喜の感情には幸福やうれしい、興奮などが含まれるが、口と眉を変化させるのみではこれらを表現することは難しい。多彩な感情表現ができれば、感情を表現する側、受け取り側双方にとって、より円滑なコミュニケーションができる。

この問題を解決する方法として、アニメーション顔アイ

<sup>1</sup> 立命館大学 情報理工学部

<sup>2</sup> 立命館大学院 情報理工学研究科

コンを作成する手法を拡張させ、感情の強調表現ができるシステムを実装する。強調表現には、豊かな感情表現を持つ 😞, 😟, 😠 などの既存の顔アイコンを取り入れる。具体的には、既存の顔アイコンの中から使用したいものを選択し、アニメーション顔アイコンの任意のフレームに選択した顔アイコンを挿入することで強調表現を行う。ここでシステムの問題として、多くの顔アイコンの中から任意のものを選択するのは困難であることが考えられる。Unicode の中には顔アイコンは多数あり、Unicode のバージョンが上がるたびに顔アイコンが追加されていることから、今後さらに顔アイコンが増えていくことが考えられる。ユーザがこの多くの顔アイコンから任意のものを選択するのは、時間的、認知的に負荷の高い作業であると言える。

そこで本研究では、ユーザがラッセルの円環モデルに描いた自由曲線に応じて適切な顔アイコンを推薦する手法を提案する。具体的には、89 個の顔アイコンについて、4 つの手法で自由曲線との適合度を求め、その適合度に応じて顔アイコンを順位づけすることで推薦を行う。本研究では、まず適合度を求めるため、21 名の被験者に対してラッセルの円環モデルの座標平面上に 89 個の顔アイコンを配置してもらうことで基礎的なデータを収集した。次に、そのデータをもとにして、4 つの推薦手法を提案した。また、それらの推薦手法の適切性を 13 人の被験者によるユーザスタディから調査した。本論文では、調査結果からラッセルの円環モデル上に描かれた自由曲線に対して適切な顔アイコンを推薦する方法について議論する。

## 2. 先行研究

我々は、顔アイコンで感情の変化を表現できない問題に対して、表情変化を伴うアニメーション顔アイコンを作成できるシステムを提案した [3]。システムに用いる感情モデルとして、ラッセルの円環モデル [4] を採用した。ラッセルの円環モデルでは、全ての感情を pleasure-misery, arousal-sleepiness の二つの軸を持つ二次元座標空間で表すことができる。

ラッセルの円環モデルと顔のパーツの関係を調査した結果、顔アイコンの口の形や眉尻の角度がモデルの二軸と相関があることがわかった [5]。すなわち、口は pleasure-misery 軸 (X 軸) と関係しており、形が谷型になるほど pleasure と認識され、山型になるほど misery と認識される。また、眉は arousal-sleepiness 軸 (Y 軸) と関係しており、眉尻が上がるほど arousal と認識とされ、眉尻が下がるほど sleepiness と認識される。このことから、口と眉の形状変化によって感情を表現することが可能となった。

提案システムの概要を図 1 に示す。提案システムでは、ラッセルの円環モデル上の二次元座標に応じて口と眉を変化させることによって、アニメーション顔アイコンを作成できるシステムを実装した。

座標平面上をドラッグし、自由曲線を描くことで、顔アイコンの口と眉が連続的に変化し、アニメーション顔アイコンを作成することができる。ドラッグ中のカーソルの座標データは 30 fps で記録され、ドラッグする速度に合わせて顔アイコンの変化する速度を変えることができる。具体的には、映画を見た時のような長い時間をかけて感情が変化した場合はゆっくりドラッグを行い、大切にしていたコップが壊れた時のような短い時間の中で感情が変化した場合は速くドラッグを行う。これによって、時間的な感情の変化を顔アイコンで表現することができる。

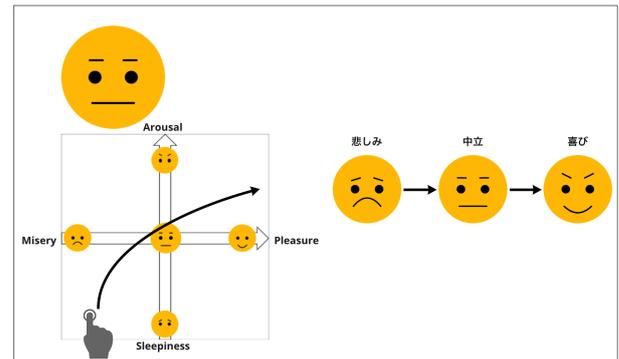


図 1 先行研究のシステムの概要

## 3. 提案システム

### 3.1 概要

先行研究のシステムを拡張し、顔アイコンで多彩な感情表現ができるシステムを実装する。その方法として、先行研究のシステムで作成したアニメーション顔アイコンに 😞, 😟, 😠 などの豊かな感情表現を持つ既存の顔アイコンを取り入れ、強調表現を行う。具体的には、既存の顔アイコンの中から使用したいものを選択することで、アニメーション顔アイコンの任意のフレームに選択した顔アイコンを挿入する。

### 3.2 実装

強調表現に使用する既存の顔アイコンは、2021 年の Unicode 13.0 の顔文字の中から顔の形が円である 89 個の顔アイコンを使用する。具体的には顔文字として定義される、文字コード U+1F600-U+1F64F、および、補助記号と象形文字として定義される U+1F910-U+1F9FF までの範囲から目視による確認の上、89 個の顔アイコンを選別した。ここで顔の形が円であるとは、😊, 😊 のようなアイコンを指す。😸, 🐼 のようなアイコンは顔の形が円でないため採用しない。

実装したシステムの画面を図 2 に示す。従来のシステムと同様に座標平面上をドラッグし、自由曲線を描くことでアニメーション顔アイコンを作成する。図 2 の座標平面上の青い点が自由曲線の始点、赤い点が自由曲線の終点、そし

て、緑の点が強調表現したい位置を表している。

ユーザは座標平面上で自由曲線を描いて顔アイコンを作成した後、緑の点を動かすことで顔アイコンのアニメーションの中で強調表現を行いたいフレームを決めることができる。緑の点の移動には図2の左下にあるスライダーと二つのボタンを使用する。

スライダーのつまみを動かすと、それに伴って緑の点が移動する。二つのボタンのうち右の再生マークのボタンを押すと、一定速度で緑の点が現在の点から終点まで移動する。移動の途中でもう一度ボタンを押すと緑の点を止めることができる。二つのボタンのうち左側の矢印ボタンを押すと、緑の点が始点から終点まで移動する。移動の途中でもう一度ボタンを押すと緑の点を止めることができる。緑の点の座標に応じて顔アイコンも変化するため、顔アイコンの変化を確認しながら緑の点を移動することができる。

緑の点の移動が終わると、描かれた自由曲線上の緑の点の位置に応じて顔アイコンの候補を提示する。提示された候補の中から強調表現に使用したい顔アイコンを選択すると、緑の点の位置のアニメーション顔アイコンが選択した顔アイコンに変化する。強調表現が付加されたアニメーション顔アイコンの変化の様子を図3に示す。顔アイコンの変化はアルファブレンディングで行なっている。アルファブレンディングによる顔アイコンの変化は0.2秒間(6フレーム)で完了する。

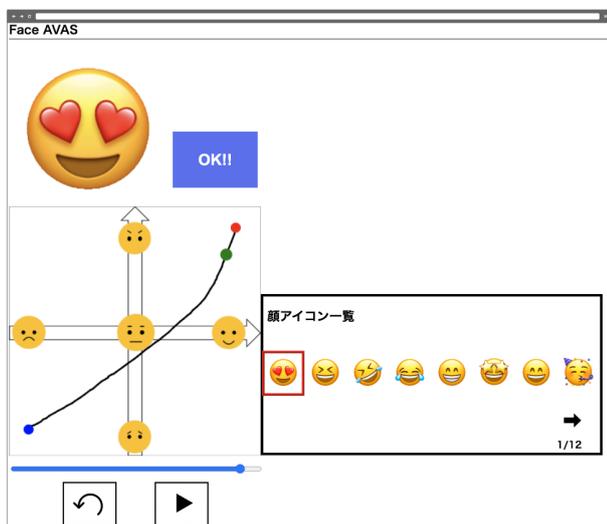


図2 提案システムの画面



図3 強調表現時の顔アイコンの変化

## 4. データ収集

### 4.1 内容

強調表現をするためにシステムに既存の顔アイコンを取り入れ、顔アイコン作成時に描かれた自由曲線上の強調表現したい位置に対して適切なものを推薦するにはラッセルの円環モデルと顔アイコンの関係を調べる必要がある。そこで、89個の顔アイコンそれぞれが円環モデル上でどの座標に配置されるのが適切なのかを被験者実験によって調査する。

### 4.2 方法

調査はオンラインホワイトボードサービス Miro 上で行った。被験者には予めラッセルの円環モデルが持つ軸である pleasure-misery, arousal-sleepiness について説明し、感情モデルについて理解してもらう。実験に使用するラッセルの円環モデルの日本語訳は [6] を参考にした。

調査の様子を図4に示す。被験者は図4の左に示すようにランダムに並べられた89個の顔アイコンが表す感情を考え、図4の右に示す円環モデル上の適切な座標に顔アイコンをマウスのドラッグ&ドロップで配置する。被験者はどの顔アイコンから配置してもよいし、一度配置した顔アイコンを置き直してもよい。被験者が全ての顔アイコンを適切な座標に配置し終えたと感じたら実験を終了する。ただし、どの座標に配置すればいいかわからない顔アイコンは配置しなくてもよいこととする。

### 4.3 結果

被験者は20代から30代の男女21名である。調査の結果、配置されなかった顔アイコンはなく、21名の被験者に対してそれぞれ89種類、合計1,869個の顔アイコンの座標データを得ることができた。座標データから89個の顔アイコンの座標の平均を求めた。89個の顔アイコンの平均座標を図5に示す。21名の被験者の座標データをもとに、89個の顔アイコンそれぞれの分散を求めた。分散を求める際のx座標とy座標の範囲は-1から1とする。x分散とy分散の合計を昇順に並べたものを表1に示す。分散が小さいものは21名の被験者間で顔アイコンの配置にばらつきが少なかったことを示す。逆に分散が大きいものは、被験者間で配置にばらつきがあったことを示している。

## 5. 顔アイコンの推薦手法

顔アイコン作成時に描かれた自由曲線上の強調表現したい位置に対して、89個の顔アイコンの順位づけを行うことで推薦を行う。4章で得られたデータをもとに推薦手法を4つ提案する。順位の範囲は1から89とする。推薦手法の概要を図6に示す。図6の緑の点は強調表現を行う位置を表している。

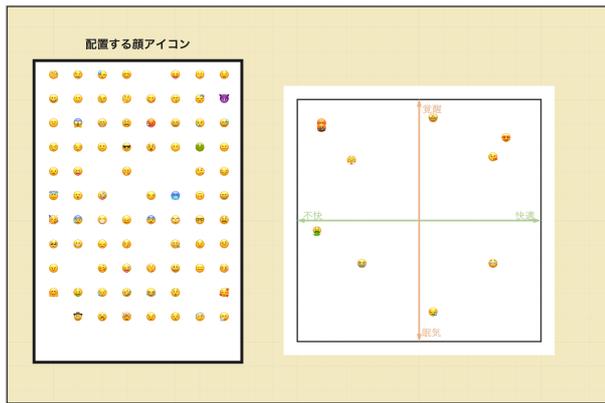


図 4 調査の様子

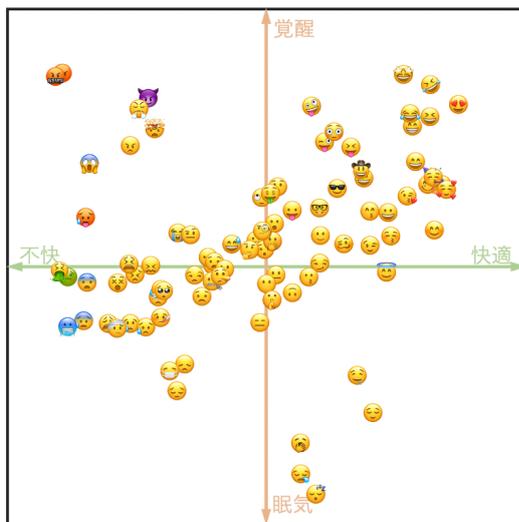


図 5 89 個の顔アイコンの平均座標

表 1 89 個の顔アイコンの分散

顔アイコン	x の分散	y の分散	分散の合計
😊	0.016	0.018	0.034
🙂	0.004	0.030	0.034
😄	0.028	0.012	0.040
⋮	⋮	⋮	⋮
😬	0.199	0.225	0.424
😓	0.259	0.222	0.481
😇	0.209	0.277	0.486

● 平均手法

図 6 の左から一番目が平均手法である。89 個の顔アイコンを 4 章の調査で得た平均座標をもとに配置する。緑の点から各顔アイコンまでのユークリッド距離が小さい順に順位をつける。

● 分散手法

図 6 の左から二番目が分散手法である。各顔アイコンを 4 章の調査で得た平均座標をもとに配置する。各顔アイコン上に分散をもとに作った楕円を生成する。すなわち、x の分散に対して y の分散が大きければ縦長の楕円になり、x と y の差が小さければ円に近い楕円

になる。楕円の横の長さを決める式を式 (1)、縦の長さを決める式を式 (2) に示す。円の直径の大きさは、すべての座標において 8 個の顔アイコンが入る円の直径を求めて、その平均をとったものである。この楕円の中に緑の点があれば、その楕円に対応する顔アイコンを優先して順位をつける。ただし、緑の点の中にある楕円が複数ある場合、それらの楕円に対応する顔アイコンの順位は平均手法でつける。緑の点の中にある楕円に対応する顔アイコンの順位は平均手法でつける。

$$width = 2 * \text{円の直径} * \frac{x \text{ の分散}}{x \text{ の分散} + y \text{ の分散}} \quad (1)$$

$$height = 2 * \text{円の直径} * \frac{y \text{ の分散}}{x \text{ の分散} + y \text{ の分散}} \quad (2)$$

● 多数決手法

図 6 の左から三番目が多数決手法である。4 章の調査で得た 21 名の被験者の顔アイコンの座標データをもとに、1,869 個の顔アイコンを全て配置する。緑の点に分散手法と同じ直径の円を作り、円に入っている 89 個の顔アイコンそれぞれの数が多い順に順位をつける。ただし、数が同じ場合は平均手法で順位をつける。

● k-means 手法

図 6 の左から四番目が k-means 手法である。4 章の調査で得た顔アイコンの平均座標をもとに k-means 法で一つのクラスターに属する顔アイコンが 8 個以下になるまでクラスタリングを行う。作成した各クラスターの重心から緑の点までのユークリッド距離が小さい順にクラスターを並べ、クラスター内の顔アイコンの順位を平均手法でつける。

## 6. 実験

### 6.1 実験内容

5 章で挙げた 4 つの推薦手法の適切性を評価する。被験者は、自身の日常的な体験を実験システムを用いて強調表現を伴うアニメーション顔アイコンとして表現する。

この実験から、アニメーション顔アイコンを作成するための自由曲線と強調表現したい位置、そして、被験者が強調表現として選択した顔アイコンをデータとして取得することができる。

このデータをもとにして、4 つの推薦手法が適切に顔アイコンを推薦できているのかを調査する。

### 6.2 実験方法

実験は作成した Web システム上で行う。実験の期間は 6 日間であり、1 日あたり 8 回、10 時から 17 時の間の 1 時間ごとに行う。被験者には実験の時間になったら、Slack を使用して通知を行う。通知を受けた被験者は Web システム上から入力を行う。ただし、実験時に用事がある場合はその時間の入力を行わなくてもよいこととする。

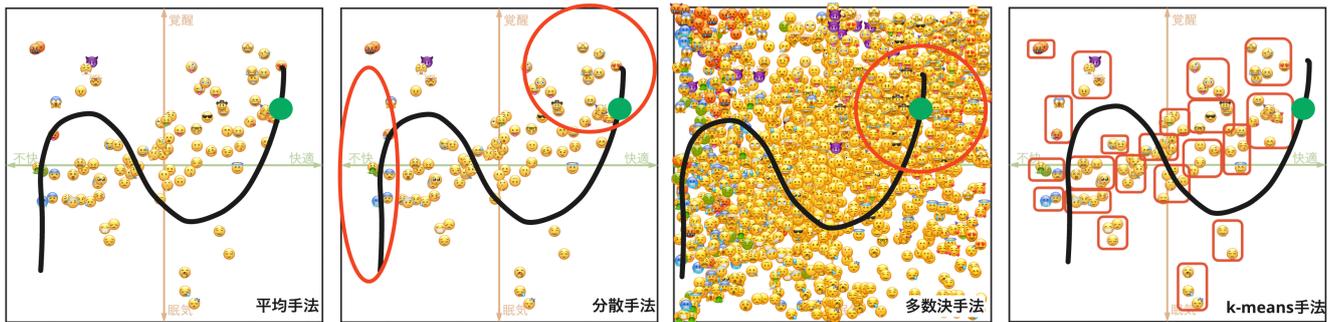


図 6 顔アイコンの推薦手法

実験のシステムの画面を図 7 に示す。被験者は、1 時間ごとに日常生活で体験した内容をシステムのテキストボックスに記述し、体験時の感情をシステムのアニメーション顔アイコンで表す。そして、作成したアニメーション顔アイコンの中で強調表現したいフレームを選択し、図 7 の右のように提示される 89 個の顔アイコンの中から強調表現に使用したいものを選択する。

6 日間の実験終了後、被験者から得られたデータをもとに 4 つの推薦手法を評価する。実験で得られた主なデータは (1) 被験者によって描かれた自由曲線、(2) その自由曲線上で被験者が強調表現を行いたい位置として選んだ点、および、(3) 強調表現として選択された顔アイコンである。このうち、(2) および (3) のデータを用いることで、4 つの推薦手法の適切性を評価することができる。

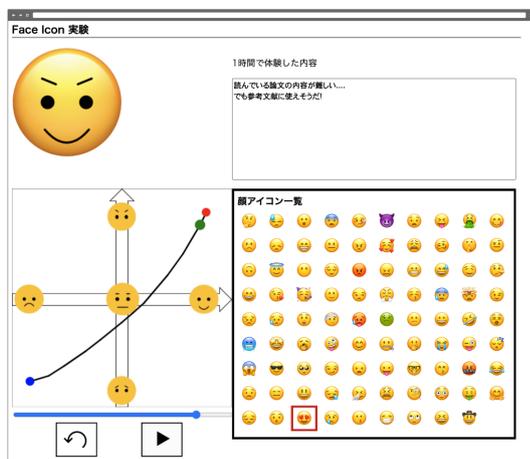


図 7 実験システムの画面

### 6.3 実験結果

被験者は、20 代から 30 代の男性 13 人である。6.2 で挙げた方法で実験を行い、394 個のデータが得られた。自由曲線上で被験者が強調表現を行いたい位置として選んだ点をもとに 4 つの手法で顔アイコンを推薦し、選択された顔アイコンが推薦手法の何位にあるのか調べた。その結果を表 2 に示す。表 2 からわかるように、4 つの推薦手法の中で

は多数決手法が顔アイコンを平均して 20 位に推薦しており、最も効果的であった。

しかし、被験者によって多数決手法で効果的に推薦できる人とできない人の差が大きい可能性がある。そこで、被験者別に選択された顔アイコンが推薦手法の何位にあるのか調べ、それをもとに分散を求めた。分散が小さいことは被験者間で安定して顔アイコンを推薦できていることを示す。その結果を表 2 に示す。表 2 からわかるように、多数決手法が最も分散が小さかった。このことから、安定度においても多数決手法が最も効果的に顔アイコンを推薦している。

表 2 4 つの手法で顔アイコンを推薦した結果

推薦手法	選択された顔アイコンの平均順位	分散
平均手法	22	35
分散手法	22	35
<b>多数決手法</b>	<b>20</b>	<b>26</b>
k-means 手法	22	35

## 7. 議論

顔アイコンが使用されているアプリケーション (Slack, Discord, Miro など) では、顔アイコンが一行に 7 から 9 個表示されている。そこで、実装するシステムで一度に提示する顔アイコンの数を 8 個として考える。システムでは、最初に 8 個の顔アイコンが表示されるのを 1 ページ目とし、使いたいものがなければ次のページに切り替えるとする。

実験で得られたデータを対象にして、4 つの手法で顔アイコンを推薦した場合、選ばれた顔アイコンが何ページ目にあるのか調べた。その結果を図 8 に示す。4 つの推薦手法の中で多数決手法が最も効果的に推薦しており、1 ページ目に使用したい顔アイコンが推薦された割合は 39% であった。推薦せずランダムで表示した場合、1 ページ目に使用したい顔アイコンが提示される確率は 9% なので、ランダムで表示するよりも推薦手法のほうが効果的に顔アイコンを推薦できている。多数決手法で顔アイコンを効果的に推薦できているが、実験の結果から平均して 20 位に顔アイコンを推薦している。すなわち、この手法ではページを 2 回切り替えて、3 ページに移動しなければ使用したい顔アイコン

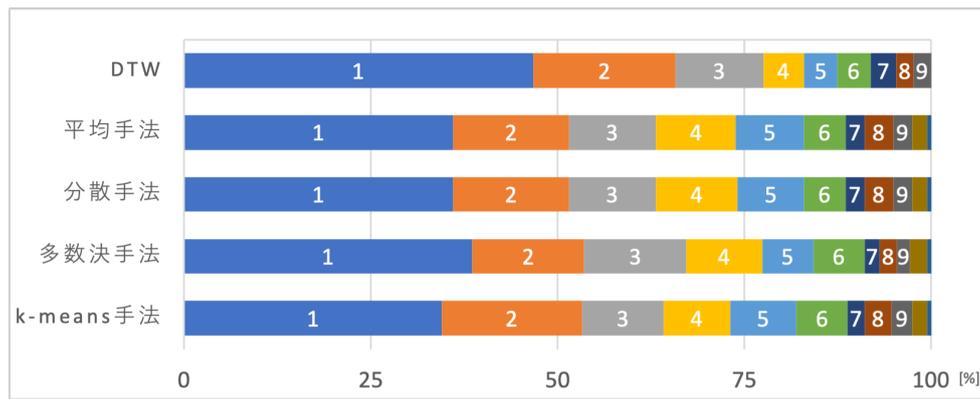


図 8 選択された顔アイコンが何ページ目にあるのか調べた結果

が出てこないことになる。これでは必ずしも効果的に顔アイコンを推薦できていないといえない。

より効果的に顔アイコンの推薦を行う方法として、提案した4つの手法のように自由曲線上の強調表現を行う点の位置をもとに推薦するのではなく、顔アイコン作成時に描いた自由曲線の軌跡をもとに推薦することが重要ではないかと考えた。そこで、時系列データ同士の距離や類似度を求めることができる手法である Dynamic Time Warping (DTW) を用いて顔アイコンを推薦する手法を考えた。具体的には、描かれた自由曲線と過去に描かれた自由曲線の類似度を調べる。過去に描かれた自由曲線には、その時にユーザが選んだ顔アイコンが紐づいている。現在の入力曲線に対して、過去の曲線を類似度が高い順に並べ、紐づけられた顔アイコンを類似度順に推薦する。

6章の実験で得たデータを対象に DTW を用いた手法で顔アイコンを推薦し、選択された顔アイコンが推薦手法の何位にあるのか調べた。その結果を表3に示す。表3からわかるように DTW では平均して16位に顔アイコンを推薦した。この場合、使用したい顔アイコンが2ページ目までに出てくることになる。また、使用したい顔アイコンが1ページ目にある割合は46%であった。図8からわかるように、4つの推薦手法より DTW を用いた手法のほうが1から2ページ目までに高い割合で顔アイコンを推薦できていることがわかる。これらの結果から、DTW を用いた手法は4つの推薦手法よりも効果的に顔アイコンを推薦できるといえる。

しかし、DTW を用いた推薦手法には問題点がある。過去に入力されたデータ量が十分でない場合、過去に一度も選ばれたことのない顔アイコンが存在する可能性がある。その場合、選ばれたことのない顔アイコンの順位をつけることはできない。実験のデータに対して DTW の手法を用いた結果、選んだ顔アイコンが過去に一度も選ばれてなかったデータは11個あった。そこでこの問題の解決策として、提案した4つの手法の中で最も効果的に顔アイコンを推薦できていた多数決手法を DTW の手法に取り入れることが

考えられる。具体的には、DTW で順位ををつけた後、過去に選ばれたことのない顔アイコンの順位を多数決手法でつける。

表 3 4つの手法と DTW の手法で顔アイコンを推薦した結果

推薦手法	選択された顔アイコンの平均順位
DTW	16
平均手法	22
分散手法	22
多数決手法	20
k-means 手法	22

## 8. おわりに

本研究では、ラッセルの円環モデルに基づく二次元平面上に自由曲線を描くことによってアニメーション顔アイコンを作成するシステムに 😊, 😐, 😞 などの感情を有する Unicode で定義された89個の顔アイコンを取り入れ、強調表現をアニメーション中に挿入することで多彩な感情表現ができるシステムを提案した。このとき、挿入したい強調表現を多数の顔アイコンの中から選択することはユーザにとって負担となることが考えられる。円環モデル上に描かれた曲線に対して適切な感情表現を有する顔アイコンを順位づけて推薦することでユーザの負担を低減できる可能性がある。

そこで本研究では、ラッセルの円環モデルと顔アイコン89個の関係を調査し、基礎的なデータを収集した。調査で得られたデータをもとに、適した顔アイコンを推薦する4つの手法を提案し、その適切性をユーザスタディから調査した。その結果、ランダムに提示する場合よりも4.3倍程度効率が向上しているものの、必ずしも適切に顔アイコンを推薦できなかった。

静的な点の座標をもとに推薦を行うよりも、自由曲線の軌跡に注目することによってより適切な推薦ができる可能性を検討した。自由曲線の軌跡を用いた推薦手法である DTW による方法は、4つの推薦手法より効果的に顔アイコンを推薦できていた。このことから、自由曲線上の強調表

現したい点の位置をもとに推薦するよりも、自由曲線の軌跡をもとに推薦したほうが効果的にユーザに顔アイコンを推薦できることがわかった。今後さらに調査を進め、自由曲線の軌跡をもとに顔アイコンをより効果的に推薦する手法を考える。

#### 参考文献

- [1] Brants, W., Sharif, B. and Serebrenik, A.: Assessing the Meaning of Emojis for Emotional Awareness - A Pilot Study, *Companion Proceedings of The 2019 World Wide Web Conference, WWW '19*, New York, NY, USA, Association for Computing Machinery, p. 419–423 (online), DOI: 10.1145/3308560.3316550 (2019).
- [2] Desmet, P.: Measuring emotion: Development and application of an instrument to measure emotional responses to products, *Funology*, Springer, pp. 111–123 (2003).
- [3] 川上雄大, 松村耕平, 野間春生: Face AVAS:時系列を伴う感情の表現が可能な顔アイコン作成システムの提案, 研究報告ヒューマンコンピュータインタラクション (HCI), Vol. 2021-HCI-194 (2021).
- [4] Russell, J. A.: A circumplex model of affect., *Journal of personality and social psychology*, Vol. 39, No. 6, p. 1161 (1980).
- [5] 伊賀尚美, 松村耕平, 大井翔, 野間春生: 顔アイコンを用いた子ども向け感情調査手法の提案, 研究報告ヒューマンコンピュータインタラクション (HCI), Vol. 2018-HCI-179, No. 9, pp. 1–5 (2018).
- [6] 濱治世, 鈴木直人, 濱保久: 感情心理学への招待: 感情・情緒へのアプローチ, 17, サイエンス社 (2001).