

力覚つきテキストコミュニケーションシステム “HAPPicom” の提案と評価

田村 理乃^{1,a)} 岡田 将吾^{1,b)} 新田 克己^{1,c)}

概要: 本研究の目的は、力覚情報が付加されたテキストメッセージコミュニケーションにおける力覚の機能や効果を検証することである。本稿では、力覚インタフェース SPIDAR-tablet を用いてテキストに力覚を付加できるシステム、HAPPicom を提案した。このシステムは、ユーザーが選択したテキストに、いくつか用意された力覚パターンから選択した力覚を付加することができ、電子メールやテキストチャットなどに応用できる。我々は、これを電子メールに適用したアプリケーションは、HAPPicomail を被験者が使用する実験を行って、テキストコミュニケーションにおける力覚の機能を検証した。その結果、力覚は3つの機能（強調、感情表現、情景描写）を持つことがわかり、力覚つきメールコミュニケーションでは、力覚が感情を表現するために多用されることがわかった。

Evaluation of HAPPicom: Haptic Pad for Impressive Text Communication

TAMURA AYANO^{1,a)} OKADA SHOGO^{1,b)} NITTA KATSUMI^{1,c)}

Abstract: The purpose of this study is to verify the effect of haptic stimulus in text communication accompanied with haptic information. In this paper, we proposed HAPPicom, a system of creating text messages with haptic stimulus using a haptic interface: SPIDAR-tablet. We applied this system to e-mail system which can attach haptic stimulus to the text. We also conducted three experiments using this application, and investigated the functionality of haptic stimulus in text communication. As a result, we found that haptic stimulus can function to express the following elements: emphasis, emotional expression, and scene depiction.

1. はじめに

近年の情報社会において、電子メールやチャット、Twitter、Facebook などのテキストベースコミュニケーションは多くの人にとって必須のものとなっている。対面のコミュニケーションでは、表情や身振りなどの非言語情報による感情伝達や臨場感は大きな役割を果たしているが、電子コミュニケーションは非対面のため、ジェスチャーなどの人間の行動や、顔の表情、声の韻律といった非言語情報

が失われる。また、感情的な要素が正確に伝わりにくいことも指摘されている [4]。

人は非言語情報に基づいて相手の意図を理解するため、このような非言語情報の欠如によりメッセージを正しく解釈することが困難となってしまう。

このような非言語情報の伝達方法として、力覚を使用する研究が行われている。しかし、これらの研究は力覚を感情表現に用いることを前提としており、力覚の他の機能や使われ方に焦点を当てていない。

さらに、力覚の研究で多く用いられるハプティックデバイスはその研究固有のものであったり、非常に高価なものであることがあり、これらを一般的に普及させるのは困難である。筆者らが提案した SPIDAR-tablet [5] は従来の力覚デバイスよりも安価で容易に使用でき、一般の人が

¹ 東京工業大学大学院 総合理工学研究所
4259 J2-53, Nagatsuta-cho, Midori-ku, Yokohama, Kanagawa 226-8503, Japan

a) tamura@ntt.dis.titech.ac.jp

b) okada@ntt.dis.titech.ac.jp

c) nitta@ntt.dis.titech.ac.jp

扱うハプティックデバイスとして適していると考えられる。Falcon などと比較すると、最大提示力が低く単純な力覚しか提示できないが、そのような力覚によっても感情を表現することができれば、より一般的に感情表現のために力覚を利用出来る可能性がある。また、Immersion 社の Integrator[6] はタッチパネルを用いたデバイスにおいて簡単な力覚を提示できる技術であり、すでにこれを搭載したスマートフォンなどが製品化されてる、このことから、単純な力覚を提示するハプティックデバイスが今後一般的になる可能性がある。

本研究は、SPIDAR-tablet[5] を用いた、テキストに力覚を付加できるシステム、“HAPPicom” を提案する。また、このシステムを適用したメールアプリケーション、“HAPPicomail” を開発した。本アプリケーションにより、ユーザが任意のテキストに力覚を付加することができ、力覚によって感情やその他のことを表現することができる。また、我々は HAPPicomail を用いて、力覚がどのような機能を持っているのか、また力覚メッセージコミュニケーションにおいてどのように力覚が使われるのかを調べる実験を行った。

2. 関連研究

ヒューマンコンピュータインタラクションにおいて、マルチモーダル情報に力覚が使用されることはよくあり、力覚をグラフィックに付加する研究は古くから行われている。Munch[7] らは、グラフィックに力覚インタラクションを加えるシステムを提案した。

古くから、力覚はバーチャルリアリティ分野で研究され、ユーザのリアリティを増やすために使われることが多い。また、力覚を使って感情を表現する研究が行われている。Tsetserukou ら [8] は、バーチャル環境で、感情を表現するためにアバターを通じて相手にハグなどの行動をしたとき、ユーザがハグをした・された感覚をフィードバックするシステムを提案した。このようなシステムによって、グラフィックだけよりも多くの情報を相手とコミュニケーションできるが、これをユーザーが体験するには、ハプティックジャケットなどの大きな装置を体に装着しなければいけない。

また、単純な力覚信号を感情表現のために使う研究もある。Basori[9] は、アバターの表示と共に振動するような力覚を提示することで、アバターの感情を振動で表現するシステムを提案した。彼らは、振動の周波数によって、感情の大きさを表現できると報告している。Bonnet[1] は、人間の表情と力覚信号を同時に提示することで、感情表現をさらに強めることを示した。Benali-Khoudia[10] らは、盲目の人のための触覚言語を定義し、どんな触覚がどのような感情を表現できるのかを調査した。これらの研究は、単純な力覚信号を感情表現に利用できるという前提で

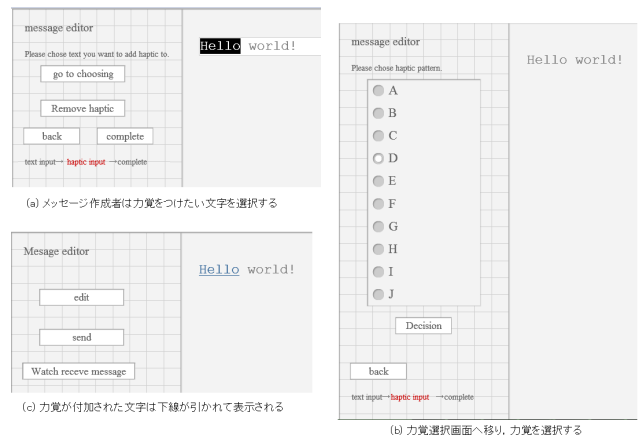


図 1 HAPPicom の画面

Fig. 1 The screen shot of HAPPicom

行っているが、力覚が感情以外の他のことを表現できるかには焦点を当てていない。また、これらのシステムでコミュニケーションを行ったときに、力覚がどのような影響を及ぼすのかは調査していない。

力覚をコミュニケーションに適用する研究もおこなわれている。Rovers[11] らは、力覚を絵文字のように使用できるシステム“HIM”を開発した。ユーザは感情を表現するために、テキストメッセージ中に力覚信号を埋め込むことができる。上記の研究の動機は本研究の動機と近い。しかしながら、送り手の力覚の意図を受け手が理解できているかなど、力覚の機能を十分分析していない。また、使用しているデバイスも力覚の入出力とキーボードが分かれている。

3. 力覚つきテキストコミュニケーションシステム：HAPPicom

我々は力覚情報の付加されたテキストを作成できるシステム“HAPPicom”を提案する。

3.1 力覚つきメッセージ作成方法

最初に、書き手はテキストメッセージをテキストボックスに入力する。次に、力覚をつけたいテキストをドラッグして選択した後(図 1(a))、力覚パターン選択画面へ移動する(図 1(b))。選択ボタンには異なる種類の力覚パターンが保存されており、選択ボタンに触れるとそれぞれの力覚がユーザに提示される。力覚パターンの選択肢は、4章で行う予備実験により決定した。ユーザは好みの力を持ったボタンを選択する。そして、力覚つきメッセージが作られる。

3.2 力覚つきメッセージの読み方

力覚情報が付加されたメッセージは、次の図 1(c) のように表示される。下線が引かれた文字は力覚情報が付加された文字である。読み手がこの文字を指で触ったとき、

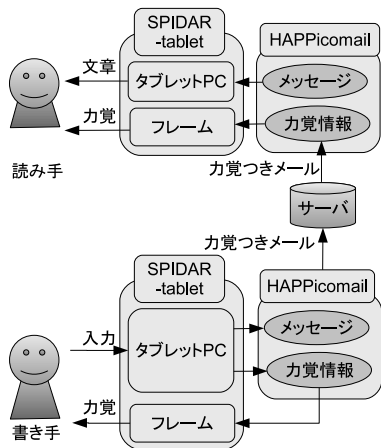


図 2 HAPPicomail のシステム構成
Fig. 2 HAPPicomail system architecture

SPIDAR-tablet によって力覚パターンが提示される。

4. 力覚つきメールアプリケーション：HAP-Picomail

本研究では、SPIDAR-tablet を用いて、力覚情報を付加した電子メールを作成できる、力覚つきメールアプリケーションを HAPPicomail 作成した。メールアプリケーションは、力覚のついたメールを作成し、読むことができる。

4.1 システム構成

力覚つきメールアプリケーションのシステム構成図を図 2 に示す。メールの書き手、読み手は本アプリケーション使用時に SPIDAR-tablet を装着する。力覚つきメールはメッセージと力覚情報の 2 つの要素をもち、サーバを介して送受信される。メールの読み手は、受信したメールを読む時に SPIDAR-tablet からメッセージと力覚が提示される。メールの書き手は、SPIDAR-tablet を用いてメッセージと付加する力覚情報を入力し、メールを作成する。

4.2 HAPPicomail の文書形式

力覚つきメールは以下のような XML 文書として保存され、メールサーバへ送られる。力覚つきメールの xml 文書は、“message” と “haptics” 要素で構成され、それぞれメッセージ本文と付加する力覚情報に対応する。“haptics” 要素の中では、付加する力覚各々が別々の要素として記述され、それぞれの要素は “start”, “end”, “data” の 3 つの属性を持つ。“start” 属性は力覚情報を付加したテキストの先頭が何文字目であるか、“end” 属性は同様のテキストの末尾が何文字目であるか、“data” 属性はテキストに付加した力覚の種類を表している。

```
<happicomail>
  <message>Hello world!</message>
  <name>Ayano</name>
  <date/>
  <haptics>
    <haptic start="0" end="5" data="2"/>
  </haptics>
</happicomail>
```

5. HAPPicom 設計のための予備実験

5.1 実験概要

HAPPicom において、ユーザはメッセージに力覚を付加する際、複数の限られた種類の力覚から好みの力覚を選ぶことができる。しかし、多くの力覚パターンを用意しても、中には等しいものだと感じる力覚パターンの組み合わせが存在するかもしれない。

本実験の目的は、ユーザが選択する力覚の種類を決定することである。満たすべき要件は、力覚の選択肢すべてが異なるものであるとユーザが認識できることである。本実験では、筆者らが考えた 18 種類の力覚パターンについて被験者が比較する実験を行う。被験者は 18 種類の力覚からランダムに選ばれた 2 種類の力覚を比較し、どの程度異なっているかを 4 段階で評価する。これをすべての組み合わせについて調べた後、クラスター分析を行うことで明らかに異なると感じた代表的な力覚を選び出す。選び出した力覚パターンは、第 4 章で述べたメールアプリケーションで使用できる力覚の選択肢にする。本稿では、被験者 15 人 (20 代、男子、本大学院生) が本実験を行い、その実験結果を用いて力覚パターン選択肢を決定した。

5.2 力覚パターンについて

次の図 3 のような 18 種類の力覚パターンを用意した。SPIDAR-tablet は二次元平面のあらゆる方向に力を提示することができるが、本実験では水平方向のみの力を扱う。SPIDAR-tablet の水平右方向を正として提示する力の大きさを縦軸に、力が提示される時間を横軸として表した、力が提示される時間を a (秒)、提示する力の最大値を b (N) とし、本実験では、 $a=1.0$ 、 $b=2.0$ と設定した。

5.3 実験手順

被験者は図 4 のような実験アプリケーションを操作する。A, B のボタンを押すと、異なる力覚が被験者に提示される。被験者は 2 つの力覚を比較し、類似度を 4 段階 (1: 全く区別できない ~ 4: 明らかに異なる) で評価し、該当する数字を選択する。被験者はこの比較タスクを 18 種類の力覚パターンすべてについて実施するが、被験者の負担を軽くするため、2 回に分けておこなった。1 回目の実験では、7 種類の力覚パターン (A ~ G) について比較タスクを

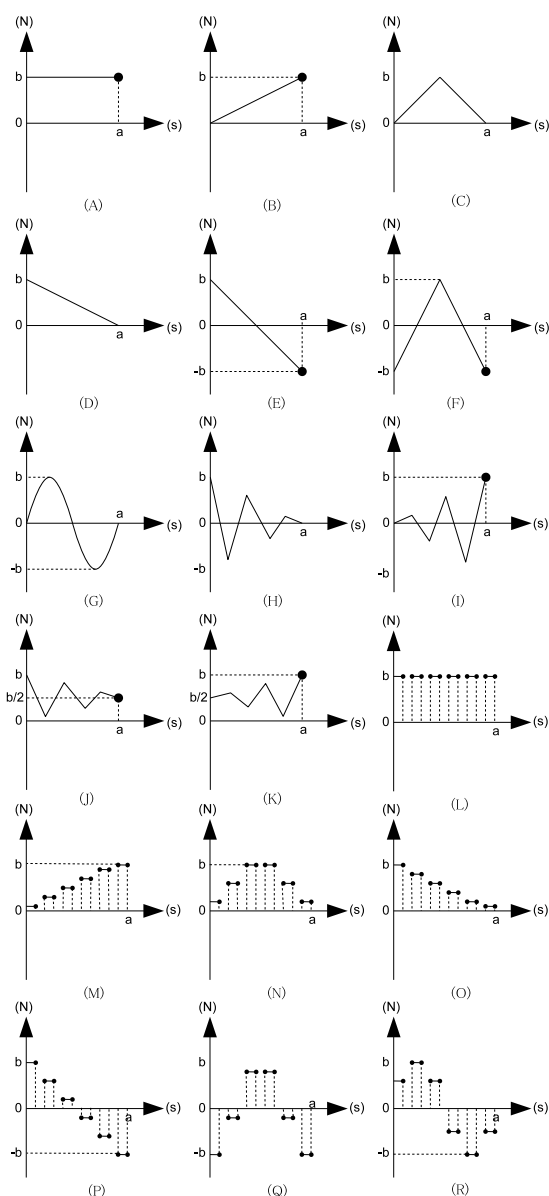


図 3 18 種類の力覚パターン

Fig. 3 18 haptic signals we prepared

行った。2 回目の実験では、11 種類の力覚パターン (H ~ R) について比較タスクを行った。被験者のタスク結果を使って、我々は力覚パターンの類似度行列を作った。次に、被験者全員の類似度行列を足し合わせた行列を作り、この行列に対して凝集型階層的クラスタリングを行った。

5.4 実験結果

クラスタリングの結果、9 つのクラスタ (AD, BC, EG, F, HI, KLN, JMO, PR, Q) に併合することができ、クラスタの代表的な力覚パターン 9 つ (A, B, G, F, H, L, M, R, Q) を 4 章で説明したアプリケーションに適用した。ただし、この 9 つのパターンを区別できない被験者もいたため、さらにクラスタを併合した 4 クラスタ (ABCDJK, EFG, LMNO, HIPQR) も用意した。この 4 ク

ラスタは、6.2.2 節での実験結果解析のときや、7 章で用いた力覚メールアプリケーションに用いた。

6. 物語を題材とした評価実験

6.1 本実験の意義

テキストに力覚を加えるという研究は今まで行われていないため、ユーザーが力覚をどのように使用するのは分からない。また、力覚のついたテキストを読んだとき、ユーザーがどのように感じるのかも分からない。そこで、この実験では、メッセージの書き手側と、メッセージの読み手側の二つの実験を行った。メッセージの書き手は、指定した文章に力覚を付加するタスクを行うと同時に、力覚を付加した理由を記述する。また、メッセージの読み手は、力覚が付加された文章をよんで力覚をどのように感じたかを答える。これによって、ユーザーが力覚をどのように使い、感じるか、また、力覚を使った意図を相手に伝えられるのかを検証する。

本実験では、実験結果を解析しやすくするために指定した文章を使い、それを絵本中の文章にした。本研究で我々はメールアプリケーションを開発したが、実際のメールの文章は、その文章が発言された経緯がある。メールの文章を絵本の中の台詞にすれば、被験者はその台詞が発言された経緯を理解しやすい。よって、我々は絵本を実験に使用することが適切だと考えた。絵本は「かちかちやま」[2] という、日本人に広く知れ渡った日本の昔話を使った。

6.2 書き手側の実験

6.2.1 実験手順

被験者は 20 代の男性 20 人 (日本人) である。彼らは HAPPicom を一度も使ったことがない。被験者は「かちかち山」の台詞に力覚を付加する作業を行った。以下の文章を実験で用いた。

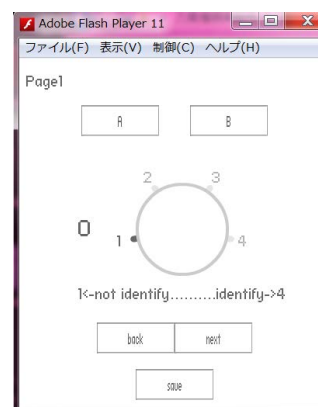


図 4 予備実験用アプリケーション

Fig. 4 The application used in the experiment

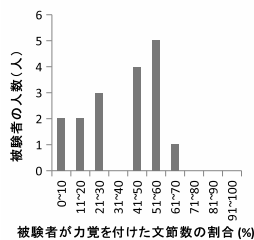


図 5 被験者が力覚を付加した文節数の割合

Fig. 5 The percentage of the number of phrases attached the haptic stimuli

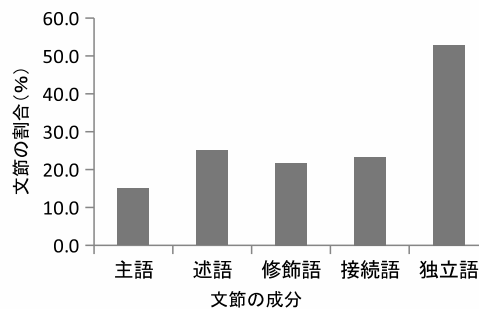


図 6 文節の成分と力覚を付加した人数の関係

Fig. 6 The classification of phrases which were attached with haptic stimuli by the type of phrase

おいうさぎ. このあいだは よくも おれのせな
かに とうがらしなんか ぬったな.
たぬきどんよ. うさぎだって ひといろじゃ ない
んだぞ. とうがらしやまのうさぎは とうがらしや
まのうさぎ. まつやまのうさぎは まつやまのうさ
ぎ. そいつは おれじゃ ないさ. それより きょう
はいいてんきだ. ふねでも つくって さかなとり
にいこう.
そうか. それじゃ おれのふねも つくってくれ.
きのふね ぼんくらしよ
つちふね ざっくらしよ
きのふね ぼんくらしよ
つちふね ざっくらしよ
きのふね ぼんくらしよ
つちふね ざっくらしよ
つちふね ざっくらしよ

ここで、我々は実験結果の解析を簡単にするため、「かちかち山」の台詞を文節に分け、被験者はその文節ごとに力覚を付加することとした。同時に、被験者はその力覚を選んで付加した理由を自由記述した。

6.2.2 実験結果

被験者が力覚を付加した文節数の割合の中央値は48%だった(図5)。文節の成分(主語、述語、修飾語、接続語、独立語)と力覚の関係を見ると(図6)、独立語に力覚が付加される確率が一番多かった(52.8%)。独立語というのは、例えば、おい!という掛け声や、たぬき、という呼びかけである。また、それぞれの文節に力覚をつけた人数を図7に示す。

6.2.3 考察

被験者が回答した、力覚を付加した理由の記述を、力覚によって表現したいことを、強調・感情表現や呼びかけ・登場人物の行動の表現といった情景描写、の3つに分類できることがわかった。理由の記述を3つに分類した結果を図8に示す。以下に、三つの機能の代表的なフレーズと理由の例を示す。

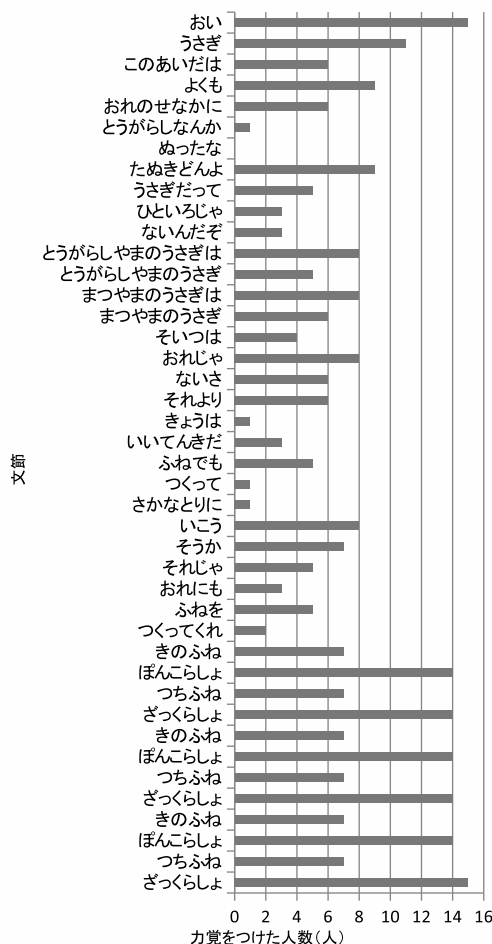


図 7 それぞれの文節に力覚を付加した人数

Fig. 7 The number of experimenters attaching the haptic stimuli to the phrase

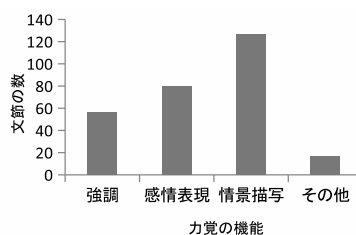


図 8 力覚の機能の分類

Fig. 8 The haptic functionality which sender used

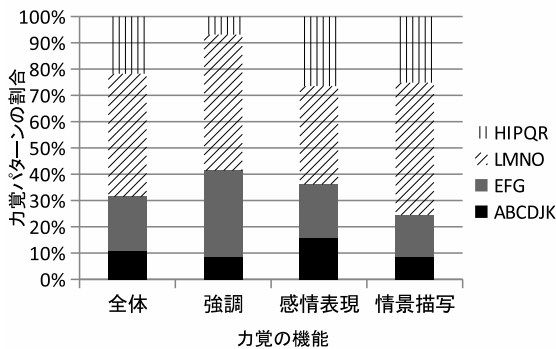


図 9 力覚パターンの種類と力覚の機能との関係

Fig. 9 The relationship with haptic functionality and haptic stimuli patterns

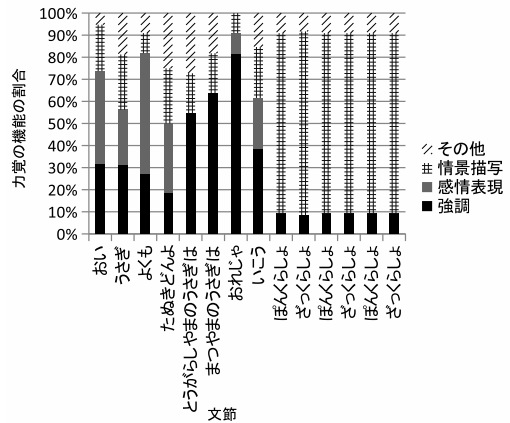


図 10 読み手の力覚の解釈

Fig. 10 The percentage of the haptic functionality

強調の意味で力覚をつけられた言葉：

おい、うさぎ、よくも、おれじゃ

理由の例：

強く言う台詞だから．強調すべきフレーズだから．

感情表現や呼びかけ：

おい、うさぎ、よくも、ぬったな、たぬきどんよ

理由の例：

たぬきが怒っている感情を表現したかったから．

登場人物の行動の表現といった情景描写

おい、うさぎ、ぼんくらしよ、ざっくらしよ

理由の例：

たぬきとうさぎが船を漕いでいる様子を表現したかったから．

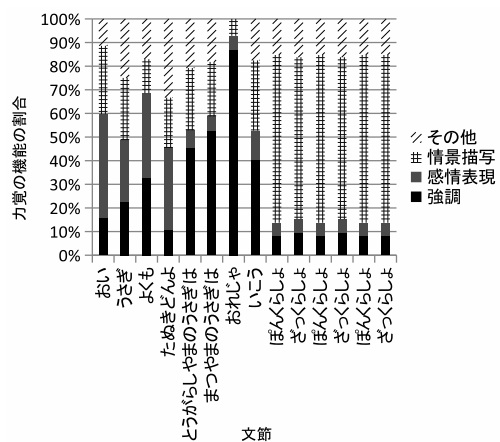


図 11 書き手の力覚の機能使用率

Fig. 11 The percentage of the haptic functionality that the writer wanted to express

次に、力覚パターンと力覚の機能との関係について図 9 に示した．ここで、分析が困難であったため、4 種類にさらにグループ化した力覚パターンを用いて分析した．図 9 から、全体的に、LMNO の力覚が一番多く使われた (46.8%)．力覚の機能による大きな差は無いものの、強調の意味の力覚には、EFG の力覚が多く使われ、反対に HIPQR は使われなかった

よって、力覚の機能を表す特有の力覚パターンはないと結論づけた．しかし、この実験では、実験で用いた文章に、これらの 3 つの機能をよく使うような文章が少ない可能性がある．将来、私たちは力覚の機能ごとの調査をし、その機能がよく使われるような文章題材を使って、力覚の機能と力覚パターンの間に関係があるのか精密に調査すべきである．

6.3 読み手の実験

6.3.1 実験手順

20 代の男性 20 人 (日本人) は、研究に参加した．被験者は、力覚が付加された文章を読み、その力覚から受けた印象を記述した．文章のマテリアルは 6.2 の実験結果に

基づいて作られ、図 7 で 8 人以上力覚をつけたワードに力覚を付加した．

6.3.2 実験結果

我々は、被験者の記述内容を力覚の 3 つの機能 (強調・感情表現・情景描写) に分類した．それぞれのワードにおける力覚の機能の割合を図 10 にしめす．

6.3.3 考察

図 11 は 6.2.2 の実験結果であり、同様に書き手が表現したかった力覚の機能の割合である．図 10 と図 11 を比較すると、一致率は図 12 になった．その一致率は多くが 7 割を超えている．このことから、力覚によって表現された書き手の意図は、読み手におおまかに伝わっていることがわかった．

しかし、我々は感情表現という機能の中で、感情の種類について考慮していない．たとえば、ある被験者は怒りの感情を表現するために力覚を使い、ほかの被験者は“うさぎの気を引きたい”という気持ちを表現するために力覚を使った．我々は、実験をすべきである．感情表現が多いマテリアルを使って、力覚によってどんな感情を伝えられる

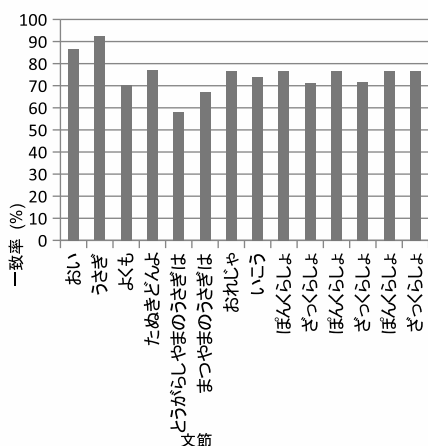


図 12 書き手と読み手の意思疎通率

Fig. 12 The concordance rate of understanding

のか調査するため。

7. HAPPicomail によるコミュニケーションの実験

7.1 実験手順

テキストコミュニケーションにおいて力覚がどう使われるかを調査するため、力覚つきメールアプリケーションを使って、被験者のペアで電子メールコミュニケーションをする実験を行った。被験者は男性 8 人と女性 2 人で、SPIDAR-tablet を使った経験がある人である。被験者は二人一組となってタスクに取り組んだ。この二人は親密度が高く、普段からよく会話する人である。

被験者たちはスパイダーを持ち、30 分間自由にコミュニケーションをとった。同時に、被験者はメッセージに力覚を付加した理由と、送られてきたメッセージに付加された力覚から受けた印象を自由に記述した。

7.2 実験結果

メッセージに力覚を付加した理由の記述と、送られてきたメッセージに付加された力覚から受けた印象の記述をそれぞれ力覚の 3 つの機能に分類し、書き手の意図が読み手に伝わっているかを調べた。すべての発言における一致率は 63.9%であった。被験者ペアごとの一致率はそれぞれ、46.2%, 61.5%, 61.9%, 62.5%, 82.3%であった。次に、書き手が用いた力覚の機能と、読み手がそれを読み取った一致数を図 13 に示した。

図 13 から、この実験においては、力覚を感情表現のために使うことが多かったことと、力覚の感情表現の機能がいちばん読み手と意思疎通できることがわかった。

また、力覚が付加された言葉の分類を行った。力覚が付加された言葉は 72 あり、そのうち感情を表現する言葉 (例、楽しかった、すごかった) は 18、そうでない言葉は 54 あった。感情を表現する言葉のうち、書き手と読み

手の力覚の機能の解釈が同じだったものは 17 あり、一致率は 94.4%だった。感情以外を述べた言葉のうち、意思疎通したものは 29 あり、一致率は 53.7%であった。感情以外を述べた言葉のうち、書き手が感情を表現するために力覚を使った発言は 17 あり、そのうち意思疎通したのは 13、一致率は 76.4%だった。

7.3 考察

この実験は、私たちがよく行う電子メールのやりとりと似たコミュニケーションを行っている。電子メールに適用された HAPPicom システムがもし普及した場合、力覚はこの実験のように使われる可能性が高い。

力覚における、書き手と読み手の意思疎通率が 63.9%であったことで、意思疎通の確率が低いとみる人もいるかもしれない。しかし、シンボリックな力覚を使ったコミュニケーションが存在していなく、被験者たちははじめてこのようなコミュニケーションを行ったにもかかわらず、6 割の確率で書き手の意思が読み手に伝わるといことは、むしろ力覚がもっている潜在的なポテンシャルが高いことも示している。力覚コミュニケーションが多くの人の間で行われるようになれば、ある種の共通認識も自然に生まれてくるだろう。また、ペアによって意思疎通率は異なり、一番高かったペアは 80%を超えていた。意思疎通率にはペアの二人の間の新密度が影響しているかもしれない。これは、力覚コミュニケーションにかかわらず、他のグラフィカルな効果 (絵文字など) を用いたコミュニケーションにおいても同様である。

私たちはメールコミュニケーションにおいて、感情を表現するために絵文字を使うことが多い。力覚コミュニケーションにおいても同様で、感情を表現するために力覚を使うことが多いことがわかった。また、力覚を感情表現に使った時の意思疎通率が高いことから、力覚は書き手の感情を表現するのに有用であることがわかった。

感情を表現する言葉に力覚が付加されたとき、意思疎通

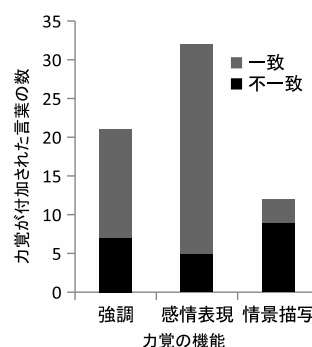


図 13 書き手が用いた力覚の機能と、読み手がそれを読み取った一致数

Fig. 13 The relationship with haptic functionality and accuracy rate

率が高くなるという結果が得られたのは、当たり前のことかもしれない。しかし、感情以外を述べた言葉に力覚が付加されて表現した感情の意思疎通率が70%を超えていることは、力覚が書き手の感情を表現するのに有用であることを示していると考えられる。ただし、読み手が感情を解釈するとき、前後の文脈から判断したのかもしてない。今後は、力覚によって感情を解釈したのかを調べる実験を行うべきである。

ここで、力覚が感情を表現していることが意思疎通できたものの、実際の感情の種類は異なることもあった。以下に例を示す。下線部分は力覚情報のついたテキストである。今後、より詳細に力覚の感情表現機能を調べるために、自由記述ではなく選択式のアンケートを使った実験をすべきである。

他の宿泊客のせいで寝るの遅くなったわ。
書き手：怒りを表現した。
読み手：すねているのだと思った。

8. おわりに

本研究では、テキストに力覚を付加できるシステム、HAPPicomを提案した。このシステムは力覚インタフェースとしてSPIDAR-tabletを使っていて、任意のテキストメッセージにいくつか用意された力覚パターンを付加することができる。また、これをメールアプリケーションに適用した、HAPPicomailを開発した。

そして我々は、力覚がどのような機能を持っているか、力覚コミュニケーションにおいてどのように使用されるかを調査するため、HAPPicomailを使って3つの実験を行った。その結果、力覚は3つの機能(強調、感情表現、情景描写)を持っていること、読み手は書き手が使用した力覚の機能を70%以上の確率で解釈すること、力覚メールコミュニケーションにおいて、力覚は感情表現によく使用され、書き手の感情を表現するのに有用だったことがわかった。

今後は、力覚の3つの機能それぞれに特化した実験の題材を用いて、力覚が持つ3つの機能それぞれについて深く調査する。また、SPIDAR-tabletを改良するなどして、HAPPicomをより使いやすくする予定である。

参考文献

- [1] David, B., Mehdi, A. and Jean-Claude, M. C.: Improvement of the recognition of facial expressions with haptic feedback, Haptic Audio Visual Environments and Games, pp.81-87 (2011)
- [2] おざわ としお, 赤羽 末吉: かちかちやま, 福音館書店 (1988)
- [3] 佐藤 誠, 一色 正晴, 林 理平, 赤羽 克仁: Open source interface, spidar-mouse について, 2009 年度 HCG シンポジウム (電子情報通信学会), pp.C6-2(2009)
- [4] Sara, K., David, Z., Anne, M. M. and Valerie, G.: Affect in computer-mediated communication: an experiment in synchronous terminal-to-terminal discussion,

- Human-Computer Interaction, Vol.1, pp.77-104 (1985)
- [5] 田村 理乃, 村山 淳, 平田 幸広, 佐藤 誠, 原田 哲也: タブレット PC のための力覚インタフェース SPIDAR-tablet の張力計算方法の開発とその評価, ヒューマンインタフェース学会論文誌, Vol.13, No.4, pp283-290 (2011)
- [6] Immersion: Integrator, <http://www.immersion.com/products/integrator/index.html>
- [7] Münch, Stefan and Dillmann, Rüdiger: Haptic output in multimodal user interfaces, Proceedings of International Conference on Intelligent user interfaces, pp.105-112, (1997)
- [8] Tsetserukou, D. and Neviarouskaya, A. and Prendinger, H. and Kawakami, N. and Tachi, S.: Affective haptics in emotional communication, Proceedings of International Conference on Affective Computing and Intelligent Interaction and Workshops, pp.1-6 (2009)
- [9] Basori, A.H. and Bade, A. and Sunar, M.S. and Daman, D. and Saari, N.: Haptic Vibration for Emotional Expression of Avatar to Enhance the Realism of Virtual Reality, Proceedings of International Conference on Computer Technology and Development, Vol.2, pp.416-420 (2009)
- [10] Benali-Khoudja, M. and Hafez, M. and Sautour, A. and Jumpertz, S.: Towards a new tactile language to communicate emotions, Vol.1, pp.286-291 (2005)
- [11] Rovers, A.F. and van Essen, H.A.: HIM: a framework for haptic instant messaging, Proceedings of International Conference on Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems, pp.1313-1316 (2004)