

推薦論文

TangibleChat: 打鍵振動の伝達によるキーボードチャットにおける対話状況アウェアネス伝達の試み

山田 裕子[†], 平野 貴幸[†], 西本 一志[†]

オンラインチャットは、現在最も広く利用されているネットワーク上でのコミュニケーション手段の1つである。しかし、そこでは基本的に文字情報しかやりとりできないため、非言語情報が欠落してしまう。この結果、同じ文であっても、その発話者がどんな心境や状況でその発話をしたのかが不明瞭となってしまう。そこで本研究では、オンラインチャットで必ず行われ、かつ最も自然な行為である「打鍵」に着目する。これは、打鍵行為に各種の対話状況が表出されると思われるからである。そこで打鍵によって生じる振動を対話相手に伝達し、触覚情報として提示することにより、対話状況アウェアネスを伝え合うことを試みる。プロトタイプシステムである TangibleChat を用いた実験の結果、振動の伝達によって複数の話題の同時進行が減少し発話順序交代が円滑化すること、および、感情が伝達される可能性があることを確認した。

TangibleChat: A Chat-system that Conveys Conversation-context-awareness by Transmitting Vibration Produced by Key-stroke-act

YUKO YAMADA,[†] TAKAYUKI HIRANO[†] and KAZUSHI NISHIMOTO[†]

An on-line chat is a typical communication medium that is widely used. However, it can usually transmit only verbal information. Therefore, there is lack of non-verbal information. Consequently, it is hard to exactly know the situation of conversation at remote locations. In this study, we focused on “key-stroke” that is taken necessarily in an on-line chat, because it is considered key-stroke-act expresses some conversation-situation. We developed “TangibleChat” that conveys the conversation-context-awareness mutually by transmitting vibration that is naturally produced by the key-stroke-act in the on-line chat to a dialog partner, and by displaying it as tactile information. Based on experimental results, we confirmed that simultaneous progress of two or more topics decreased and that smooth turn-taking was achieved by using TangibleChat. Moreover, we also confirmed that some emotional status can be conveyed by TangibleChat.

1. はじめに

本研究は、オンラインでのテキストベース・コミュニケーションにおいて、文字情報だけでなく対話状況をも伝達することを可能とする技術の確立を目指している。この目標への第1歩として、本論文ではチャットにおける打鍵動作をチャットの相手に伝え、これを触覚情報として提示することによる対話状況の伝達を試みる。構築したプロトタイプシステム “TangibleChat”

を用いた被験者実験を行い、その有効性を評価する。

オンラインチャットは、現在最も広く利用されているネットワーク上でのコミュニケーション手段の1つである。しかし、そこでは基本的に文字情報しかやりとりできないため、非言語情報が欠落してしまう。心理学的な調査によれば、face-to-face 環境でのコミュニケーションにおいて、文字情報によって伝わる情報は全体のわずか7%にすぎず、残りの93%の情報は非言語的な情報によって伝わっているというのが定説となっている。この結果オンラインチャットでは、入力表示された文が同じ文であっても、その発話者がどんな心境や状況でその発話をしたのかが不明瞭となって

[†] 北陸先端科学技術大学院大学

Japan Advanced Institute of Science and Technology
現在、ウェブテクノロジー株式会社

Presently with Web technology Ltd.

現在、セイコーエプソン株式会社

Presently with Seiko Epson Corporation

本論文の内容は2002年3月の第43回グループウェアとネットワークサービス研究会にて報告され、GN研究会主催により情報処理学会論文誌への掲載が推薦された論文である。

しまう。たとえば、「はい」という一言であっても、本当に了解したのか、あるいは不承不承了解したのかの判別がつきにくい。また、通常対面で対話を行っている場合、相手の話を受けて自分が話す、といった具合に、発話の順序交代が暗黙のうちにうまく行われている。しかし一般的なオンラインチャットの場合は、対話相手の状況がまったくつかめないために、一方が勝手に対話をどんどん先に進めてしまったり、またそのことから対話内容が前後し、複数の話題が同時に進行してしまったりするような状況が多く見られる。

以上のようなオンラインチャットの問題を解決し、オンラインチャットをより使いやすかつ的確な意図伝達が可能なコミュニケーション手段とするために、本研究ではオンラインチャットにおける対話状況の自然で適切な取得と伝達の実現を目指す。このために、本論文では特に発言入力の際の打鍵行為に注目する。オンラインチャットでは発言しようとするとき、必ず打鍵が発生する。したがって、打鍵が行われていることを知れば、相手が今発言しようとしているということが分かる。また、たとえば怒ったとき、Enter キーを力強く叩いたりしてしまうように、チャットで自然に行う打鍵行為は、そのときの感情などによって違ってくる。さらに、打鍵の仕方には人それぞれの個性も表れる。したがって、打鍵行為によって生じる振動を対話相手に伝達し、これを触覚情報として提示することにより、対話状況アウェアネスを伝え合うことが可能ではないかと考えられる。そこでこの考えに基づき、プロトタイプシステム“TangibleChat”を構築して被験者実験を行い、オンラインチャットにおいて打鍵振動の伝達によって発話の順序交代が円滑に行われるか、また感情面の情報を抽出・伝達することが可能となるかについて検証する。

本論文は以下の章で構成される。2章では、構築したプロトタイプシステムであるTangibleChatの構成について述べる。3章では、TangibleChatを用いた被験者実験について述べるとともに、その結果ならびに結果に基づく考察を示す。4章では、対話状況伝達のために振動を利用することの意義について議論する。5章では、本研究の関連研究について概観する。6章は結論である。

2. TangibleChatの構築

本章では、構築したプロトタイプ・オンラインチャット

トシステム“TangibleChat”の構成について述べる。

2.1 TangibleChatの基本的コンセプト

TangibleChatは、以下の機能を有することを目標として開発した。

- 特別な操作などをすることなく、対話状況を非意図的に入力し伝達できる機能
- 非言語情報としての対話状況を、非言語情報のまま提示できる機能

対話状況の非意図的入力の実現のために、TangibleChatでは打鍵で発生するキーボードの振動を加速度センサによって自動的に抽出し、伝達する手段をとる。チャットの際、打鍵は当然必要かつ自然な行為であり、しかもその時どきの感情などの各種状況もごく自然に打鍵行為に表出されると考えられる。したがって、この打鍵によって生じる振動を抽出することによって、対話状況入力のために意図的で特殊な操作をすることなく、通常のチャット行為の中から自然に対話状況を取得し伝達することが可能となると思われる。

また、取得した対話状況の相手への提示手法について、取得した振動情報をなんらかの手段で翻訳し、たとえば「相手はちょっと機嫌を損ねているようです」というような文字情報として提示することが考えられる。しかし、このような方法では、まず正確な翻訳の実現が非常に困難であるためどうしても情報が歪められ、しかも言語情報として提示することにより、人間の言語処理系に余計な認知負荷を課す元となることが危惧される。我々は、日常職場や学校などにおいて、近隣の者がコンピュータキーボードを打鍵する音を聞くとともに聞いており、その打鍵音からその近隣者の状況（忙しさや感情など）を察知している。さらに長期間そのような打鍵音を聞いていれば、その近隣者の個性や日々の気分までも感じ取ることが可能となる。このような経験に基づき、TangibleChatにおける対話状況の相手への提示方法として、打鍵による振動を振動のまま対話相手に提示する手段をとる。これによって簡単かつ最も的確に対話状況を提示できると同時に、対話状況認識のために余分な認知負荷を課さないようにすることができると考えられる。

2.2 システム構成

今回開発したシステムは、Microsoft社のVisualC++ Version 6.0およびMFCにより実装した。開発環境のOSにはMicrosoft Windows 2000を選択した。通信機能の実装では、Windows SocketをサポートしたMFCのクラスを利用することで、実装の簡略化、機能変更の効率化、メンテナンス性の向上を狙っている。システムの動作環境は、開発時と同じMicrosoft

「対話内容の前後」の厳密な定義については、3.3.1項を参照されたい。

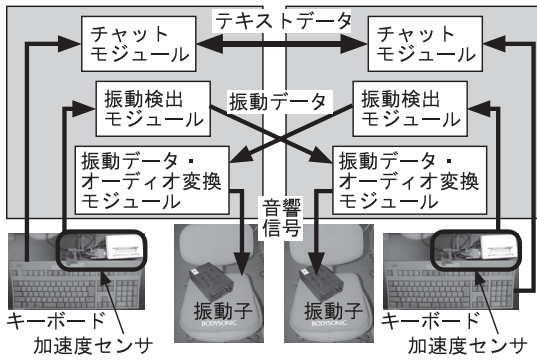


図 1 TangibleChat のシステム構成
Fig. 1 Setup of TangibleChat.

Windows 2000 で実装している。

図 1 に示すように、本システムのソフトウェアは、チャットモジュール、振動検出モジュール、振動データ/オーディオ変換モジュールの 3 つのモジュールから構成される。チャットモジュールは、入力された文字情報を相手に伝達し、テキストとして表示する。振動検出モジュールは、キーボードを打つ振動を検出した振動データを相手に伝達する。振動データ/オーディオ変換モジュールは、受け取った相手からの振動データを MIDI (Musical Instrument Digital Interface) 音源を利用してオーディオデータに変換する。変換されたオーディオデータは、振動子から振動として出力される。

振動の検出には、図 2 に示すように加速度センサを用い、これをキーボード筐体に取り付けることによってキーボードを打つ振動を抽出している。したがって、現在の実装ではどのキーが打鍵されたのかを、振動データのみによって判別することはできない。加速度センサは、アナログデバイス社の ADXL202 を使用した。このセンサにより計測された振動データは、パソコンにシリアル通信で送られる。これによって、打鍵で生じる振動をリアルタイムに計測する。なお、打鍵振動の検出にマイクを使用しなかったのは、マイクでは打鍵音以外の周辺雑音を拾ってしまうためである。

振動出力のデバイスとしては、オメガ・プロジェクト社の言語学習用システム JX-1¹⁾ (図 3 参照) を使用した。このシステムは、アンプと、振動子を内蔵したクッションとで構成されており、音声を増幅し振動に変えることで、音を振動として体感させるものである。これを利用し、オーディオデータを振動として出力する。実験ではこのクッションを椅子の座面におき、被験者にはその上に座りながらチャットを行ってもらっ

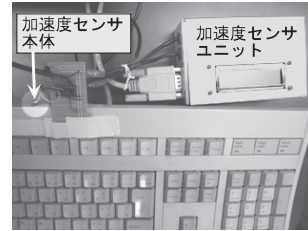


図 2 キーボードに取り付けた加速度センサ
Fig. 2 Acceleration sensor attached to a keyboard.



図 3 Bodysonic 言語学習用システム JX-1
Fig. 3 Bodysonic JX-1 system for training of English speech/listening.

た。したがって、相手側の打鍵による振動を座面の振動として感じるようになる。

2.3 振動データの処理

「振動データ」は、加速度センサからシリアル通信によって取り込まれたデータである。このセンサは 2 軸方向の加速度を計測しているため、x 軸、y 軸のデータが取り込まれるが、ここではセンサをキーボードに取り付けたとき、地面と垂直になる軸(今回の実験では x 軸)の値のみを扱う。取り込まれたデータは、なんら加工を施さずに、そのまま即座に相手側に送信される。

振動データを受信した振動データ/オーディオ変換モジュールは、以下の手順で振動データを MIDI データに変換する。 a_n を受信した振動データ(加速度)の現在値、 a_{n-1} をその 1 つ前の値として、まずその差分の絶対値 $a = |a_n - a_{n-1}|$ を求める。今回使用した加速度センサの出力には、センサ自体をまったく動かしていないにもかかわらず値が変化するというドリフト現象が存在するため、このドリフト分の吸収を行うために閾値 x をもうけ、閾値以上の値の変動がある場合、これを振動として抽出した。すなわち抽出される振動 v は、

$$v = \begin{cases} |a| + y; & \text{if } |a| > x \\ 0; & \text{otherwise} \end{cases}$$

ここに y は、最も弱い振動を適切な音量の MIDI ベロ

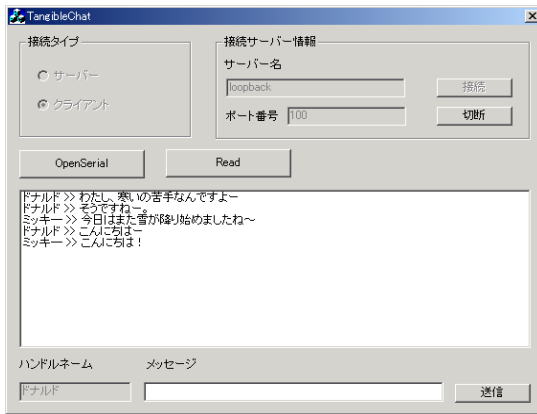


図 4 TangibleChat のユーザインタフェース
Fig. 4 User interface of TangibleChat system.

シティ 値に対応させるための定数値である。経験的に、 x の値は 68, y の値は -44 とした。また, MIDI のペロシティには 1 ~ 127 の範囲の値が用いられるが, ここでは $v > 100$ のとき $v = 100$ と一定値にした。よって, 抽出された振動は $25 \leq v \leq 100$ の範囲の MIDI ペロシティ値にマッピングされる。このような値の範囲としたのは, 25 未満だと値が小さすぎて振動が感じられず, 逆に 100 以上だと値が大きすぎて, 出力される振動の強弱に差が感じられなくなってしまうためである。

音の高さを表現するノートナンバは 36 とした。これはかなり低い音である。また, 出力する際の楽器の種類は Taiko Drum を選択した。振動を出力する際, 低い音程で, パーカッションやドラムといった打楽器の音に設定すると最も心地良い振動が得られたため, このような選択にした。

以上の手順により, 受信側は受け取った振動データを MIDI データに変換する。こうして得られた MIDI データを MIDI 音源に入力すると, 設定した音色・音高・音量のオーディオデータが出力される。今回の実験では, Windows パソコンに標準で内蔵されているソフトウェア音源を MIDI 音源として使用した。最後に, このオーディオデータを振動子である言語学習システム JX-1 に入力することにより, 最終的に相手から伝達された振動データが実際の振動として出力され, 座面から利用者に対して提示される。

2.4 システムの使用方法

図 4 に TangibleChat のユーザインタフェースを示す。TangibleChat を使用する際には, まず画面左上

のラジオボタンでサーバかクライアントの一方を選択する。通信を行う 2 者のうち, 必ず一方がサーバ, もう一方がクライアントにならなければならない。さらに, 画面右上でサーバの IP アドレスおよびポート番号を設定した後, 「接続」ボタンを押すと, 両端末間にコネクションが張られ, この段階で通常のテキストチャットが開始可能となる。振動の検出と伝達を行うには, さらに「OpenSerial」ボタンと「Read」ボタンを押す。これによって, 振動の検出・伝達, および受信した振動データの振動としての出力が可能となる。以後, 本システムを利用するにあたり, ユーザは通常のチャット以外に特別な操作を行う必要はない。すなわち, 通常のチャットシステムと同様にユーザはメッセージ入力ウィンドウからメッセージを入力し, 「送信」ボタンを押すだけでよい。これによって, 入力したメッセージが相手側に送られる(送信ボタンを押さない限り, 相手にはメッセージが送られない)。一方, メッセージ入力時の打鍵によって生じる振動は, 常時加速度センサによって検出され, 検出された振動データは即座に相手側に送信され, 受け取った側で即座に振動として出力される。この結果, TangibleChat の利用者は, 相手からの文字メッセージが届く前に, 相手の打鍵による振動を感じるようになる。

3. 評価実験

3.1 振動伝達の効果に対する仮説

通常のテキストベースチャットでは, 対話相手の状況がつかめないために, 対話内容の前後や複数の話題の同時進行が発生しがちである。しかし, 振動によって対話相手の状況をつかむことができるとすれば, 相手が入力しているという状況を常時把握できるので, 発話の順序交代が円滑化され, この結果, 話題の前後や複数の話題の同時進行が減るという効果があると考えられる。しかし, このとき同時に, 全体的な発話数が減少し, 対話内容の活性度が低下することが懸念される。また TangibleChat では, キーボードを叩く強さが出力される振動の大きさに反映される。そのため, 感情の伝達にも効果があると考えられる。

以下では 2 種類の既存型チャットシステムと TangibleChat システムの対比実験を行うことによって, これらの効果について検証を行う。

3.2 実験 1

3.2.1 実験の手順と結果

本実験では, 対話状況伝達機能を持たない, テキスト情報の伝達機能のみを持つ単純なテキストベースチャットシステムと TangibleChat の比較を行う。こ

MIDI のペロシティとは, おおむね音量に対応するパラメータである。すなわち, MIDI データで記述されるある音に付与されたペロシティの値が大きいほど, その音の音量は大きくなる。

れによって、3.1 節で述べた仮説について全般的に検証する。本実験で使用した通常のテキストベースチャットとしては、テキストメッセージ通信のコネクションのみを張った状態の TangibleChat (図 4 中の Open Serial ボタンおよび Read ボタンを押さない状態) を使用した。この状態の場合、送受信されるデータはテキストデータのみであるため、TangibleChat システムは通常のテキストベースチャットとして機能する。

実験の被験者として本学学生 28 人を募り、2 人 1 組、計 14 組に対して実験を行った。チャットは匿名で行い、互いに相手がだれかを知らせなかった。さらにチャットにおいて、自分がだれであるのかを特定できる発言をしないよう教示した。また、視覚や声などによる意思疎通を排除するため、2 台のシステムをそれぞれ別室に設置した。なお、チャット 1 回あたりの時間は 25 分とした。

チャット内容として、意思決定課題と対立課題を用意し、それぞれ振動がある場合・ない場合の 2 通りで実験を行った。したがって被験者は計 4 回のチャットを行うことになる。まず、被験者が両システムに慣れるための予備実験を兼ねて、意思決定課題によるチャットを行った後、対立課題によるチャットを行った。意思決定課題には、サバイバル問題²⁾を用いた。これは、たとえば山岳地帯を旅行中に遭難してしまい、次から次へと問題が起こり、生き残るために最善と思われるものを 3 つの選択肢から選ぶというものである。今回の実験では、チャット前に各被験者それぞれに 1 人で課題を読んで選択肢を選択してもらい、その後チャットを行って対話相手と相談して解を決定するという作業を行ってもらった。一方、対立課題は、各被験者に対して事前調査を行い、各組ごとに両被験者間に対立が見られる話題を課題として取り上げ、チャットしてもらった。たとえば被験者が東京出身者と大阪出身者の場合、それぞれのお国自慢(東京と大阪、どちらが良い町か、どんな点がもう一方の町より優れているか)を課題とした。意思決定課題および対立課題とも、それぞれ 2 つの異なる課題を準備し、振動ありの場合となしの場合で異なる課題についてチャットしてもらった。

実験参加者の主観的な評価を得るため、1 つの課題が終わるたびにアンケート調査を実施した。意思決定課題では、相手と合意することができたか、協調することができたか等を、対立課題では、合意に達することができたか、議論で相手に勝ったと思うか等を調査した。4 回のチャットおよび各チャットごとのアンケートが終了した後に総合アンケートを行った。総合アン

表 1 メッセージ総数の平均と標準偏差
Table 1 Average and standard deviation of total number of messages.

	意思決定課題		対立課題	
	振動あり	振動なし	振動あり	振動なし
平均	91.8	89.9	103.4	105.2
標準偏差	45.84	36.08	53.51	47.90
t 値	0.35		0.40	

ケートでは、振動のある場合とない場合を比較したときの発言のしやすさ、発話タイミングのとりやすさに等ついて調査した。各項目については、5 段階で評価を求めた。

表 1 は、それぞれの課題において、振動がある場合とない場合のメッセージ総数の平均値と標準偏差を示したものである。また、各実験後に行ったアンケート結果を表 2 に、総合アンケートの結果を表 3 に示す。これらの表において、t 値は、それぞれの設問における振動ありの場合となしの場合の平均値を比較したものである。

3.2.2 考察

3.2.2.1 対話の活性度の変化

表 1 から、振動のあり・なしによってメッセージの総数に有意差は認められなかった。したがって、振動の有無は、発話の総数には特に影響を与えないことが分かった。当初の仮説では、相手が発話を入力していることが分かることにより、自分の発話入力を控えるため、全体として発話数が減少してしまい、対話の活性度が低下する可能性を懸念していたが、実際にはこのような問題は生じず、対話の活性度は振動があっても低下しないことが、この結果から確認できた。

3.2.2.2 振動による感情と協調感の伝達

次に、表 2 に基づき、感情と協調感の伝達について検討する。意思決定課題を使用した予備実験においては、チャット中、楽しい・怒り・哀しみの 3 つの感情について、あなたは各感情をどのくらい出していたかという質問に対し、「楽しい」という感情が多く表出され、他の 2 つはほとんど表出されていなかったことが分かった。さらに、「楽しい」という感情については、振動ありの場合に振動なしの場合よりも有意に多く表出していた一方、他の 2 つの感情については振動の有無による有意差は見られないことが確認できた。また、チャット中に相手の上記 3 つの感情をどのくらい感じたかという質問に対しても、やはり「楽しい」という感情が多く感じられ、他の 2 つはあまり感じられていなかったことが分かった。さらに、「楽しい」という感情については、(十分な有意差はないながらも)

表 2 各チャット終了後に実施したアンケート結果
Table 2 Results of inquiries after four chat-sessions.

	質問項目	振動あり	振動なし	t 値
		平均	平均	
意思決定課題	あなたは感情をどのくらい出していたか(楽しい)(5:非常に出演していた) (怒り)	4.3	4.1	2.00**
	(哀しみ)	1.7	1.6	0.37
	相手の感情をどのくらい感じたか(楽しい)(5:非常に感じた) (怒り)	1.8	1.7	1.14
	(哀しみ)	3.7	3.4	1.69
	議論の中で、相手に譲歩したか(5:譲歩した)	1.8	1.8	0.18
	議論の中で、相手は譲歩したと思うか(5:譲歩した)	1.8	1.8	0.00
	コンセンサスはできたか(5:できた)	3.4	3.4	0.0
	相手とどのくらい協調できたか(5:よく協調できた)	3.9	4.0	0.40
	議論の結果に納得しているか(5:納得している)	4.4	4.4	0.70
対立課題	あなたは感情をどのくらい出していたか(楽しい)(5:非常に出演していた) (怒り)	4.2	4.2	0.57
	(哀しみ)	4.4	4.3	0.85
	相手の感情をどのくらい感じたか(楽しい)(5:非常に感じた) (怒り)	4.0	4.0	0.18
	(哀しみ)	1.8	1.8	0.19
	議論の中で、相手に譲歩したか(5:譲歩した)	2.0	2.0	0.17
	議論の中で、相手は譲歩したと思うか(5:譲歩した)	3.6	3.9	1.55
	議論は合意に達したか、それとも決裂か(5:合意した)	2.0	1.9	0.44
	議論で相手に勝ったと思うか(5:勝った)	2.1	2.2	0.53
	議論は合意に達したか、それとも決裂か(5:合意した)	2.9	2.8	0.33
議論で相手に勝ったと思うか(5:勝った)	2.8	3.3	2.10**	
	2.5	3.1	1.89*	
	2.2	2.0	0.74	

*は 10%で、**は 5%の有意水準で有意

表 3 総合アンケートの結果
Table 3 Final inquiry on overall impressions.

質問項目	振動あり	振動なし	t 値
発言はしやすかったか(5:しやすい)	3.5	2.8	2.63**
発話タイミングはとりやすかったか(5:とりやすい)	3.6	2.6	2.61**
同時に複数の話題について話しているときはあったか(5:複数話題進行はない)	3.5	3.3	1.44
議論の流れはスムーズだったか(5:スムーズ)	3.5	3.1	1.51

**は 5%の有意水準で有意

振動ありの場合に振動なしの場合よりも多く感じられていたという結果が得られた。一方、自分が譲歩したか、相手が譲歩したと思うか、コンセンサスはできたか、どのくらい協調できたかという質問に関しては、振動の有無による有意な差はまったく見られなかった。また、議論の結果に対する差もなく、いずれも高い納得度を得た。

なお被験者は、この意思決定課題の振動あり実験において、初めて TangibleChat による振動の伝達を経験した。したがって、対話の内容と無関係にこの振動自体を「目新しく面白い」と感じる可能性があり、このバイアスは「楽しいという感情をどのくらい自分が出していたか」に関する評価に特に反映されると思われる。したがって、この評価項目に見られる有意差が、振動の有無にかかわる本質的な差かどうかは判断できない。

以上の結果から、協調して行う意思決定課題においては、振動の伝達の有無はあまり影響を及ぼさなかつ

たことが分かった。これは、議論の結果への高い納得度から推測されるように、そもそも合意に達しやすい課題であったため、議論の推移に反応して感情の変化などを表出することがほとんどなかったためと推測される。換言すれば、言語情報のみでは必要な意思疎通を達成できるタイプの対話内容であったと推測される。

対立課題を使用した本実験においては、チャット中、楽しい・怒り・哀しみの3つの感情について、あなたは各感情をどのくらい出していたかという質問に対し、やはり意思決定課題の場合と同様「楽しい」という感情が多く表出され、他の2つはあまり表出されていなかったことが分かった。ただし、今回はどの感情についても振動の有無による差はまったく見られなかった。一方、相手の感情をどのくらい感じたかという質問に対しては、十分な有意差は得られていないが、今回は意思決定課題の場合とは逆に、振動ありの場合に振動なしよりも相手の楽しさという感情を感じにくいとい

う結果が得られた。また、「議論で相手が譲歩したか」と「議論は合意に達したか、決裂したか」という質問について、振動ありの方がいない場合よりも有意に「相手が譲歩しなかった」および「合意に達しなかった」とする結果が得られた。

以上の対立課題の実験結果において特に興味深いのは、

- (1) 感情の表出側ではいずれの感情についても振動の有無による差がまったくなかったにもかかわらず、感情の受容側では振動ありのときに楽しさが減少して感じられたという点、
- (2) 振動があると、明らかに相手が譲歩しないように感じ、かつ議論が合意に達しにくいと感じられた点、および、
- (3) 振動ありの対立課題の場合のみ、自分が相手に譲歩したと思う度合いよりも相手が譲歩したと思う度合いの方がわずかながら低くなっている点（意思決定課題、および振動なしの対立課題の場合は、相手が譲歩したと感じる度合いの方が自分が譲歩したと感じる度合いより高く、その差も比較的大きい）、

である。これらの結果は、対立課題の議論において、振動が対立感を助長したことを示唆している。

対立課題では、あえて意見の食い違う議題を取り上げたので、その議論の中で対立感が生じることは自然であるし、その結果意識するか否かにかかわらず、被験者の中に多少の不快感が生じていた可能性は十分考えられる。特に今回、対話相手が互いにだれか分からない匿名状況で実験を行ったので、相手の考え方やものの言い方などが不明であるため、より対立感が強まりやすい状況にあったものと思われる。実際、対立課題実験では、対話内容が口論のような状況がしばしば見られた。この結果、自分では不快感を表出したつもりはないにもかかわらず、実際にはなんらかの無意識的で微妙な打鍵の変化が相手に伝わり、相手がこれを敏感に感じ取ったため、表出側では振動の有無による差がなかったと思っているにもかかわらず、受容側で楽しさを感じる量が減少し、かつ相手があまり譲歩しないと感じる結果となったと見ることができる。このような、微妙で本音に近い感情の伝達が可能である点、非意図的に対話状況が取得・伝達される TangibleChat の特徴である。いくつかの選択肢から感情を選んで入力したり、あるいは

はフェイスマークで表現したりするような従来の方法では、このような無意識的な感情の取得と伝達は実現できない。

なお、実験中相互にやりとりされた生の振動データを記録し、その分析を試みたが、振動のどこに不快感が現れているかを定量的に分離することは、現状では実質的に不可能であった。また今回の実験では、対立課題における振動なし状態での打鍵によって生じる振動データを記録しなかったため、これとの比較による不快感の分離もできなかった。このため、どのような振動要素に不快感が現れているのかといった点に関する厳密な議論は現段階ではできない。したがって、たとえばやりとりされた振動には実際には不快感を表す要素はまったく含まれず、受容側が単なる（無意味な）打鍵振動にあとから対話の内容に応じて意味付けをして受け取っているのではないかという、まったく逆の解釈もありうるかもしれない。おそらく実際には、これら両方の効果が重なり、ごくわずかな振動の変化に対し、対話内容に依存して拡大された感情的意味付けがなされたと見るのが妥当かと思われる。これについては今後さらに検討を進めたい。

いずれにせよ、以上のとおり対立課題の実験において生じる多少の不快感が受容側で感じ取られた可能性があるという結果が得られたことから、チャットにおける感情（少なくとも対立的な感情）の伝達に振動の伝達・提示が有効となる可能性が示唆された。なお、対立的議論で対立感を高めることが良いかどうかは、また別の議論であり、本論文のスコープ外である。状況によっては対立感の助長は避けるべきであるかもしれないので、そのような場合には TangibleChat を用いることを避けることが望ましい。小幡³⁾は、マルチモーダル/マルチメディア通信システムを使用して議論する際、使用可能なモダリティやメディアをすべて常時使用するよりも、対話内容に応じて使用可能なメディアやモダリティを選択・制限した方が議論が効率化されることを指摘しており、どのような場合に TangibleChat を使うことが良いかも、対話内容に応じて十分考慮する必要があるだろう。

3.2.2.3 発話順序交代と話題の錯綜への影響

チャットでは、複数の話題が錯綜して同時進行するという状況がしばしば発生する。これは、通常のチャットでは相手が今発言しようとしているのかどうかがよく分からないため、対面環境ではごく自然に行われている発話の順序交代がうまくいかなることに起因すると思われる。一方 TangibleChat では、振動によって相手が発言を入力しているかどうか常時簡単

このことは、世にあふれる匿名の BBS 等で口論が絶えないことを見て明らかであろう。

表 4 実験 2 におけるアンケート結果
Table 4 Results of inquiry of the second experiment.

質問項目	TangibleChat	MSN メッセンジャー	t 値
	平均	平均	
発言はしやすかったか (5 : しやすい)	3.3	3.8	0.48
発話タイミングはとりやすかったか (5 : とりやすい)	2.8	3.5	0.66
同時に複数の話題について話しているときはあったか (5 : 複数話題進行がない)	3.3	2.3	1.17
議論の流れはスムーズだったか (5 : スムーズ)	3.3	2.8	0.45

に把握可能であるうえに、急いで入力しているか、あるいはゆっくりと(たとえば考え込みながら)入力しているかといった状況までも把握可能と思われるため、発話順序交代がスムーズに進み、結果として対話内容の前後や複数話題の同時進行などの事態が減少すると期待される。

表 3 に示す結果から、発言のしやすさ、タイミングのとりやすさ、同時複数話題進行の少なさ、議論のスムーズさのいずれをとっても振動ありの方が評価が良く、特に発言のしやすさとタイミングのとりやすさでは有意に振動ありの評価が良い。この結果から、振動の伝達はチャットにおける発話の順序交代や話題のスムーズな流れに有効に作用することが分かった。なお、この点については 3.3.2 項でさらに議論する。

3.3 実験 2

3.3.1 実験の手順と結果

実験 2 では、発話の入力状況を文字によって視覚的に提示する場合と触覚的に提示する場合の差について検証することを目的とする。本実験では、TangibleChat とマイクロソフト社の MSN メッセンジャー⁸⁾ のチャット機能(インスタントメッセージ送受信機能)とを比較する。MSN メッセンジャーでは、対話相手が入力を行うと、入力中であることがウィンドウの下部に「* * (相手のハンドルネーム) がメッセージを入力しています」と表示される。これによって、相手が現在発言を入力しているかどうかを視覚的に認識することができる。

今回の実験では、被験者を 8 人募り、2 人 1 組で行った。実験 1 と同様、2 台のシステムをそれぞれ別室に設置し、対話の相手がだれかを知らせない匿名状況で実験を行った。課題には対立課題のみを用意した。対立課題のみを使用した理由は、実験 1 において意思決定課題よりも対立課題の方が全体的に発話総数が多く、活発な対話がなされていたからである。したがって、被験者は計 2 回のチャットを行うことになる。また、今回の実験は感情の伝達効果を調査目的としていないため、予備実験なしで問題なしと判断した。

アンケートは、実験の最後の総合アンケートのみ実

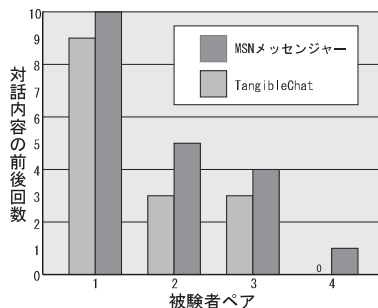


図 5 対話内容が前後していた回数
Fig. 5 Frequency of confusion of topic-threads.

施した。結果を表 4 に示す。また、対話のログから、TangibleChat と MSN メッセンジャーそれぞれの場合において、対話内容が前後していた回数を数え、比較した。結果を図 5 に示す。なお、話者が 2 人(被験者 a および b) の場合における「対話内容の前後」とは、第 j 番目の話題を T_j 、被験者 s の第 i 番目の発言を $U_i^{(s)}$ とし、発言 $U_m^{(a)}$ が発言 $U_n^{(b)}$ に先行すること(すなわち、発言 $U_m^{(a)}$ の送信時刻が発言 $U_n^{(b)}$ の送信時刻より早いこと)を $U_m^{(a)} \prec U_n^{(b)}$ と書くことにするとき、以下の条件を満たす発言 $U_{m+1}^{(a)}$ を検出した状態のことをいう。

$$\begin{aligned}
 &U_{n-1}^{(b)} \prec U_m^{(a)} \prec U_n^{(b)} && \wedge \\
 &U_{n-1}^{(b)} \in T_j \wedge U_m^{(a)} \in T_j && \wedge \\
 &U_{n+k}^{(b)} \sim U_{n+k+l}^{(b)} \in T_{j+1}(k, l \geq 0) && \wedge \\
 &U_{n+k+l}^{(b)} \prec U_{m+1}^{(a)} \prec U_{n+k+l+1}^{(b)}(k, l \geq 0) && \wedge \\
 &U_{m+1}^{(a)} \in T_j
 \end{aligned}$$

図 5 に示す値は、このような発言 $U_{m+1}^{(a)}$ を 1 つ検出した場合を「対話内容の前後」1 回として数えた結果である。

3.3.2 考察

実験 2 では被験者数がやや少ないという問題もあり、表 4 に示すように、いずれの項目についても明確な有意差は得られなかった。特に、発言のしやすさ、発言タイミングのとりやすさ、議論の流れのスムーズさの 3 つの項目については、いずれも検定結果からはまったく有意差がない結果となっている。残りの、同時に

複数の話題が進行していると感じる状態については、やはり明確な有意差はないながらも、TangibleChatの方がやや少なく感じられているようである。この点については、図5からも、それぞれのペアにおいて、TangibleChatとMSNメッセンジャーの対話内容の前後回数について大きな差はないが、すべての被験者ペアについて、TangibleChatの方がMSNメッセンジャーよりも前後回数が少なかったことを確認することができる。

MSNメッセンジャーとTangibleChatの最大の違いは、相手の発言入力状況を常時感知できるか否かにあると考えられる。MSNメッセンジャーの場合、相手が発言入力中かどうかは、MSNメッセンジャーのウィンドウ下部に出る「入力中メッセージ」を見なければ分からず、場合によっては見逃してしまう可能性もある。一方TangibleChatでは、座面からの振動として相手側の発言入力状況が常時即時的に提示されるため、視線がどこにあるかが常時相手の発言入力状況を感じることができる。この結果、TangibleChatを使用した場合には、MSNメッセンジャーを用いた場合よりも、利用者はより強く相手の発言入力状況を意識させられることになる。相手が入力中であることが分かることにより、その入力中の発言が送信されるまで自分の発言の入力を控えようとする行動が生じる。この結果、相手の発言を読んでから自分の発言を入力するという自然な発話順序交代が行われやすくなると思われる。

表4と図5の結果は、このようなTangibleChatの持つ特性の現れであると思えることができるだろう。

4. 議論：振動による対話状況伝達の意義

チャットの相手が文字を入力しているかどうか、ゆっくり入力しているか速く入力しているか、あるいは何度も書き直しをしたりしているかなどの対話状況については、本研究のように振動を用いたりしなくても、入力された文字を1文字ずつ即座に送信するタイプのチャットシステムを用いれば伝達可能である。

しかし今回、このようなタイプのチャットシステムとの比較実験は行わなかった。この理由は、1文字毎送信型チャットシステムの操作インタフェースが、TangibleChatなどの発言単位で発言文字列を送信するチャットシステムと本質的に異なったものとなり、うまく比較を行えないためである。すなわち、発言単位送信型チャットでは、発言が列挙される1つのウィンドウを全参加者で共有するのに対し、1文字毎送信型チャットでは、チャットウィンドウを各参加者それぞれの専用の発言用ウィンドウに分割せざるをえない。さもな

ければ、複数の参加者の発言が文字単位で入り混じってしまい、文として読めないものになってしまう。この結果、1文字毎送信型チャットでは、各参加者間での個々の発言の時系列関係が非常に分かりにくいものとなる。

このように、本来比較したい部分(対話状況の入力・提示インタフェース)以外のインタフェースの違いを回避できないため、比較実験を行えなかった。そこで、本章では1文字毎送信型チャットシステムとTangibleChatシステムを定性的に比較し、振動で対話状況を伝達することの意義について議論する。

まず、機能的な面での差として、1文字毎伝送型チャットシステムでは打鍵の強さにかかわる情報が伝達できないことがあげられる。3.2.2項で示したように、打鍵の強度を伝え合うことにより、感情情報が伝えられる可能性がある。このような情報は、基本的に文字情報しか送信しない1文字毎送信型チャットシステムでは伝達されがたいであろう。また、1文字毎伝送型チャットで対話状況を認識しようとする、常時相手の文字入力の様子を見ていなければならない、この間、自分の発言の入力などの他の作業を並行して行うことが難しくなる。逆にいえば、通常は相手の文字入力の様子を見ていることよりも、自分の発言入力などを優先して行うと思われるため、その間の相手側の文字入力の様子は無視され、結局対話状況情報は送信されているが、相手へは大部分が伝達されないという結果に終わると考えられる(本研究において、光や画面の明滅を利用しなかったのもこれと同じ理由による)。

一方、TangibleChatでは、振動子からの振動として対話状況を視覚ではなく触覚を利用して提示するため、自分の発言入力などの作業と相手の対話状況を感じやすくすることを容易に並行して実施できる(音を使えばやはり並行作業が可能となるが、周辺に無用の騒音を撒き散らすことになるため、本研究では音の使用を避けた)。これら2点が、打鍵振動を伝えることならびに振動を振動として伝えることの意義であると考えられる。なお、MSNメッセンジャーもやはり視覚的に対話状況を伝えるが、1文字毎送信型チャットに比べ、対話状況に関する情報が大幅に縮約されているため、対話状況認識のための負荷が1文字毎送信型チャットよりはるかに低くなっていると考えられる。このため、3.3.2項に示したように、発話数の前後回数などにTangibleChatとMSNメッセンジャーの間に顕著な差が出なかったのであろう。

ところで、1文字毎送信型チャットシステムは、古くはUNIXのphoneなどいくつか存在しているが、こ

のタイプのチャットが実際に使用されることはあまりなく、ほとんどのチャットシステムは発言単位送信型チャットになっている。この理由は、上記のような発言間の時系列関係の把握のしにくさもあるが、それ以上に、1文字毎送信型チャットシステムでは、場合によっては思いがけず「過剰な対話状況の伝達」がなされてしまうことにあると思われる。すなわち、1文字毎送信型チャットシステムでは、相手に本来見せたくない書き誤りや勇み足表現などの「表出する前段階の内的・個人的思考」までもさらけ出して見せてしまう可能性が高く、この結果使いにくいものとなっている。一方、発言単位送信型チャットでは、個人的思考を思わず相手にさらけ出してしまふ危険性はく安心して使用できるが、その代わりに対話状況の伝達機能が非常に貧弱になっている。TangibleChat は、この両者の長所を取り入れ、個人的思考を相手に不用意にさらけ出すことなく、並行作業を実施可能な形で対話状況を相手に伝達できるようにしている。

TangibleChat は、振動を用いた Peripheral Display によって対話状況を提示している。Peripheral Display は、主たる作業にともなう、副次的な情報の提示などに適している。たとえば、ネットワークのトラフィック量を常時なんとなく感じさせるための Peripheral Display として、ワイヤーの「くねり運動」を用いた Livewire⁴⁾ や、風車の回転を用いた pinwheels⁵⁾ などが提案されている。チャットにおける対話状況伝達についても、振動以外のこのような提示手法を採用する可能性は考えられる。しかし、もともとの情報の持つ特性を極力歪めない方法で提示することが、最も的確かつ効率的な情報の提示方法になると思われるので、打鍵振動という情報はやはり振動のまま提示するのが、最も的確で効率的かつ自然な情報提示方法となるのではないかと考える。この点については、今後さらに検討を進めたい。

5. 関連研究

遠隔地間コミュニケーションにおける対話状況アウェアネス伝達を試みる研究は、近年多数なされているが、その多くは映像や音声などを用いたシステムに関するものであり、テキストベースコミュニケーション（特に同期的コミュニケーション）における対話状況アウェアネス伝達を試みる研究は比較的少ない。

伊藤らの研究⁶⁾ は、ネットワーク上での非同期的なテキストベース・コミュニケーションにおける対話状況アウェアネスの伝達を試みている。この研究では、対話関係（話者聴者間の対話関係）、人的関係（会議

集団との人的関係性）、対話アクティビティ（相手がどのような話題をどの程度の頻度でかわしてきたのか）という3つの情報を様々な情報可視化手法を応用して提示することによってアウェアネス伝達を試みている。TelMeA⁷⁾ は非同期的テキスト対話を対象とし、非言語情報の提示による対話状況アウェアネスの伝達を試みたシステムである。このシステムでは、発言者は自分の分身としての“Avatar-like エージェント”の振舞いをスクリプトで記述し、このスクリプトと発言内容を組み合わせたものを投稿する。発言の読者は、このスクリプトごと発言をシステムに読み込むことにより、エージェントの動作（微笑みや指さしなど）付きで発言を読むことができる。

これらのシステムは高度な対話状況アウェアネス伝達機能を実現しており、その有用性は高いと思われるので、このようなアウェアネス情報を今後 TangibleChat に取り込んでいくことは有益であろう。しかしながら、その高度さゆえに、チャットのような同期的なコミュニケーションにおいてこのようなアウェアネスを取得・提示することは難しく、その実装手法が課題となろう。また、伊藤らのシステムでは、提示される情報の読み取りのための操作がやや面倒であり、同期的対話に適用するにはその操作性を向上させることも必要となるだろう。

同期的なオンラインコミュニケーションにおける対話状況アウェアネス伝達機能を持つシステムの例として、MSN メッセンジャー⁸⁾ と“さぱり”⁹⁾ などがある。MSN メッセンジャーでは、登録したメンバならオンラインなのかオフラインなのか、それとも退席中なのかといった状態を文字で提示してくれる。また、相手が発言を入力している場合、MSN メッセンジャーのウィンドウの下部に「…(対話相手のハンドルネーム)がメッセージを入力しています」という情報を表示することにより、相手が発言を入力中だということを提示している。さぱりは、VRMLで構築された3次元の仮想世界に各チャット参加者が自分のアバタを投入し、このアバタが仮想空間内を歩きまわり、出会った人々とチャットするシステムである。このシステムでは、どのアバタがどのアバタに向かって話しているかなどの対話状況が把握できる。

MSN メッセンジャーは、システム構成が単純な使いやすいシステムとなっており、有用性も高い。しかし、本来非言語的な情報を言語的に提示しているため多くの情報が欠落しており、十分な対話状況アウェアネス伝達の実現はできていない。さぱりは話者・聴者関係などの非言語的情報が比較的自然的な形で提示さ

れている点で、より洗練されているといえよう。しかし、やはり感情などの表現は現状では難しい。また、非意図的に各種対話状況を入力することも現状ではできない。TangibleChat で採用した打鍵振動などから感情への適切なマッピングが実現できればこのような問題が解決されるが、現状ではこのような普遍的で正確なマッピングが達成される可能性は低く、意図的な入力を避けられないであろう。

一方、物理的な感覚のやりとりによる遠隔地間コミュニケーションを試みたシステムとしては、in Touch¹⁰⁾、GraspCom¹¹⁾、Hearty Egg¹²⁾がある。これらは触覚を利用し、相手の動作を物理的に感じ合うことで遠隔地間コミュニケーションするシステムである。これらのシステムでは、触覚が主たる(かつ唯一の)コミュニケーションチャンネルとなっているため、想定されるコミュニケーションの質や目的は、テキストベースチャットとは本質的に異なっている。たとえば、明確な意味を伝え合うようなコミュニケーションは、これらのシステムではそもそも想定外であろう。しかしながら、これらの研究では、触覚情報の伝達によって感情などのさまざまな非言語的情報の伝達・共有が可能であることが示されているので、このようなコミュニケーションチャンネルをテキストベースコミュニケーションチャンネルと組み合わせることにより、よりリッチなコミュニケーションメディアを構築できることは想像に難くない。TangibleChat もこのようなアイデアに基づくものであり、さらにこれらのシステムで伝達している種類の触覚情報伝達機能を組み込むことで、より豊富な対話状況アウェアネスを伝達できるシステムを構築できる可能性がある。

6. 終わりに

本論文では、テキストベースの遠隔地間コミュニケーションツールにおける対話状況アウェアネスの伝達を実現するために、キーボードを打鍵する際に生じる振動を採取・伝達し、これを振動として相手にテキスト情報とあわせて提示する手法を提案した。さらに、この考え方にに基づき構築したプロトタイプシステム TangibleChat を用いて被験者実験を行い、振動による各種感情の伝達の可能性、および発話順序交代への影響を検証した。この結果、振動の伝達によって感情が伝達される可能性があること、および相手の発言入力状況が常時即時的に把握可能なため、対話状況を伝達しない場合に比べて対話内容が前後して話題が錯綜する状態が減少することが確認された。以上の結果から、テキストベース・チャットにおける対話状況ア

ウェアネス伝達のための手法として、打鍵による振動を伝達することが有効であることが示唆された。

今回の実験では、実験を匿名でかつごく短時間で行ったため、被験者は相手の振動における個性を十分に把握できなかったと思われる。そこで、より長期間にわたる実験を行うことにより、一時的な感情のみならず、各利用者の個性などまで把握可能かどうかに関する調査を行いたい。また、対話状況の伝達をよりの確なものとするために、振動の取得と再生をより精密に行えるように、システムのリファインも行いたい。

参考文献

- 1) <http://www.omega.co.jp>
- 2) 星野欣生, 津村俊充: 新版 Creative Human Relations, 株式会社プレスタイム (2001).
- 3) 小幡明彦: 遠隔の共同作業における映像通信, 共有黒板の効果, 情報処理学会論文誌, Vol.39, No.10, pp.2752-2761 (1998).
- 4) <http://cat.nyu.edu/natalie/projectdatabase/>
- 5) Dahley, A., Wisneski, C. and Ishii, H.: Water lamp and pinwheels: ambient projection of digital information into architectural space, *Proc. conference on CHI 98 summary: human factors in computing systems*, pp.269-270 (1998).
- 6) 伊藤禎宣, 國藤 進: カンパセッションアウェアネス支援: カンパセッション状況の視覚化による新たなコミュニケーションツールの提案, 人工知能学会第 39 回基礎論研究会, pp.87-92 (1999).
- 7) 高橋 徹, 武田英明: TelMeA: 非同期コミュニケーションシステムにおける Avatar-like エージェントの効果と Web ベースシステムへの実装, 電子情報通信学会論文誌 D-I, Vol.J84-D-I, No.8, pp.1244-1255 (2001).
- 8) <http://messenger.msn.co.jp/>
- 9) <http://vrml.sony.co.jp/sapari/>
- 10) 石井 裕: Tangible Bits: 情報の感触/気配の伝達, 情報処理, Vol.39, No.8, pp.745-751 (1998).
- 11) 澤田秀之, 鶴丸朋史, 橋本周司: GraspCom — 力覚を利用した双方向入出力デバイスの試作, インタラクシオン'99 論文集, pp.201-208, 情報処理学会 (1999).
- 12) 安部美緒子, 大村和典: 握力インターフェースによる遠隔地間でのインフォーマルコミュニケーション, 電子情報通信学会技術研究報告, Vol.99, No.582 (2000).

(平成 14 年 8 月 13 日受付)

(平成 15 年 3 月 4 日採録)

推薦文

本研究では、現在インターネット上で最も広く利用されているコミュニケーション手段の 1 つであるキー

ボードチャットに対し、振動を利用した対話状況アウェアネス伝達機能を追加したシステム「TangibleChat」を構築し、その評価を行っている。チャットは文字ベースのコミュニケーション手段であり、文字情報以外の情報はほとんどすべて欠落してしまう。このため、複数の話題の錯綜進行や、感情の行き違いによる無用の争いなどがしばしば生じる。そこで、本研究ではチャット時に当然行われる「打鍵行為」に着目し、打鍵によって生じる振動を互いに相手に伝え、その振動を触覚的に感じさせることにより、対話状況を伝達するという手法を提案している。さらに、プロトタイプシステムを用いて被験者実験を行い、発話交代の円滑化や感情の伝達に効果があることを示している。打鍵振動に着目しこれを伝達しあうことで対話状況を伝えるという発想はユニークであり、またチャット話者に対話状況伝達のための余分な操作を要求しない点や実現が容易かつ安価に可能であるという点でデザインの的にも優れており、有用性があると考えられ、今後の発展が期待される。以上の理由により、本論文を研究会論文として推薦する。(GN研究会主査 星 徹)



山田 裕子

1998年金沢大学経済学部経済学科卒業。2002年北陸先端科学技術大学院大学知識科学研究科博士前期課程修了。同年ウェブテクノロジー株式会社入社。現在に至る。



平野 貴幸

1995年千葉職業能力開発短期大学航空科卒業。2000年武蔵工業大学工学部電気電子工学科卒業。2001年北陸先端科学技術大学院大学知識科学研究科入学。2002年7月から2003年2月まで、ATR 知能ロボティクス研究所において研修研究員として勤務。2003年北陸先端科学技術大学院大学知識科学研究科博士前期課程修了。同年セイコーエプソン株式会社入社。現在に至る。ヒューマンロボットインタラクション、ヒューマンインタフェース、遠隔コミュニケーション支援技術に興味を持つ。



西本 一志(正会員)

1987年京都大学大学院工学研究科機械工学専攻博士前期課程修了。1987年松下電器産業株式会社入社。1992年株式会社ATR 通信システム研究所出向。1995年株式会社ATR 知能映像通信研究所客員研究員。1999年より北陸先端科学技術大学院大学知識科学教育研究センター助教授。2000年より科学技術振興事業団さきかけ研究21「情報と知」領域研究員兼任。2001年1月より株式会社ATR メディア情報科学研究所第1研究室非常勤客員研究員兼任。現在に至る。1997年度人工知能学会研究奨励賞、1999年度情報処理学会坂井記念特別賞、1999年度人工知能学会論文賞受賞。IEEE, ACM, 人工知能学会各会員。博士(工学)。