情報処理学会論文誌　Vol.58　No.1　176–188 (Jan. 2017)

温度刺激と表情アイコンを持ち共鳴機能を備えた対戦ゲーム場面での感情伝達システム「Ther:com」の開発

宗森 純[1,a)]　木村 鷹[2]　伊藤 淳子[1]

受付日 2016年4月10日, 採録日 2016年10月4日

概要：温度知覚インタフェース「サーモアクター」を持ち表情アイコンを使用する感情伝達システム「Ther:com」を提案する．本システムは対戦ゲーム場面における利用者間の感情表現を豊かに伝えることをめざし，通信相手に対して「温度刺激」と「表情アイコン」を伝達することができる．また，参加者が同時に表情アイコンを送信したときに発生する共鳴に特徴がある．Ther:com の評価を検証するため温度刺激がある場合とない場合で比較実験を実施した．実験にはパズルゲームの一種の「ぷよぷよ」を使用して感情や存在感の伝達，ゲームの臨場感や面白さに関して検討を行った．実験の結果，温度刺激を付加したことにより以下のことが分かった．(1) 温度刺激のある嬉しさの強い感情を示すアイコンが有意差が出るほど多く伝達された．(2)「相手の存在を身近に感じた」「表情アイコンは感情共有に役立った」「共鳴機能は感情共有に役立った」の評価が有意差が出るほど向上した．(3) 面白さに関する「盛り上がり」と「またやってみたい」の評価が有意差が出るほど向上した．

キーワード：リアルタイムグループウェア，感情伝達システム，ペルチェ素子，共鳴，対戦型ゲーム

Ther:com: An Emotion Transmission System Using Thermal Stimulation, Emotional Icons and Resonance for Competitive Game Scene

Jun Munemori[1,a)]　Taka Kimura[2]　Junko Itou[1]

Received: April 10, 2016, Accepted: October 4, 2016

Abstract: We propose an emotion transmission system named “Ther:com” using a temperature perception interface and emotional icons. The system aims to transmit a rich emotional expression between users for competitive game scene and it can send temperature stimulus and emotional icons to a communication partner. A resonant function is also a feature of the system. A resonance is occurred when emotional icons are sent simultaneously. To examine the evaluation of Ther:com, we performed experiments with/without temperature stimulus. The experiments were performed to evaluate “Transmission of feelings and the presence” and “A sense of realty and fun” using “Puyopuyo”. “Puyopuyo” is a kind of the puzzle game. The results of experiments shows: (1) A lot of icons indicating strong feelings of pleasure were transmitted significantly when players use temperature stimulation. (2) From the viewpoint of communication, the evaluation of “I felt the existence of the partner close”, “The emotion icon helped feelings joint ownership”, and “The resonance helped feelings joint ownership” were improved significantly by temperature stimulation. (3) From the viewpoint of fun, the evaluation of “arising” and “I want to carry out a game again” were improved significantly by thermal stimulation.

Keywords: real-time groupware, emotion transmission system, Peltier element, resonance, competetive game

[1] 和歌山大学システム工学部
Faculty of Systems Engineering, Wakayama University, Wakayama 640–8510, Japan
[2] 和歌山大学大学院システム工学研究科
Graduate School of Systems Engineering, Wakayama University, Wakayama 640–8510, Japan
[a)] munemori@sys.wakayama-u.ac.jp

1. はじめに

近年，インターネットの普及が進みオンラインゲームなどの利用が増加するなか，非対面環境でのコミュニケーションの方法が重要な要素となっている．私たちは日常

© 2017 Information Processing Society of Japan

的にテレビ，パソコンや携帯電話などの視覚，聴覚インタフェースを使用して生活しており，コミュニケーションの手段として視覚や聴覚を主に利用している．しかし，より多様な表現を行い非対面環境での利用者間のコミュニケーションをさらに深めるためには現実世界の対面環境で使われる五感を生かしたインタフェースが重要である．その中で触覚，痛覚，温度覚などに対して出力する触覚インタフェースの有用性が考えられている [1], [2]．最近では温度刺激の出力が可能であるペルチェ素子を利用したディスプレイ・インタフェース [3] やオノマトペ体感システム [4] などの研究開発がある．

ゲーム向け触覚インタフェースに眼を移すと，宗森らの圧力センサと感情表現用アイコンを用いた通信ゲームの感情共有システム [5] に関する研究がある．この研究ではゲームの利用者間の感情伝達のために圧力センサを押す強さによって変化する感情アイコンを伝達するが，同時にイベントが発生したときに表示される感情アイコンの大きさが拡大すること（共鳴機能と呼ぶ）によりシステムの評価向上につながることが分かっている．

また，木村らのペルチェ素子を用いたゲーム向け温度知覚インタフェース [6] のように，ゲームの「アイテムゲット」などの場面に対して「熱さ」や「冷たさ」の出力を適用した研究もある．しかし，この研究では温度刺激を適用する場面について，「アイテムゲット」のような直接的に熱いか冷たいかが分からないものに適用するより，喜び，悲しみといった直接，熱い，冷たいに結び付くものに適用すべきという指摘があった．ゲームの場面に対する温度のイメージの調査アンケートにより「熱さ」を強く感じられたらよい場面に「嬉しさ」「興奮」「怒り」などがあり，「冷たさ」を強く感じられたらよい場面に「悲しさ」や「嫌い」があることが分かっている [6]．これより「嬉しさ」や「悲しさ」といった感情表現は温度を強く感じさせる場面が多いことから，温度刺激をコミュニケーションに適用することを考えた．

そこで，これらのシステム [5], [6] から本研究では，ゲーム向け感情伝達システムとして利用者間において温度刺激と表情アイコンを伝達でき共鳴機能を持つシステムを開発し「温度刺激により利用者間の感情表現を豊かに伝える」ことをめざす．ここで温度刺激とともに表情アイコンを使う理由は，温度刺激ではおおまかに熱い/冷たい，の 2 通りしか表現できないため，より細かな感情を伝えるために表情アイコンも併用した [5]．この温度刺激と表情アイコンによる感情伝達システムを「Ther:com」と呼ぶ．Ther:com は「熱さ」や「冷たさ」の出力，温度刺激の強さや提示時間についての制御を可能とする温度知覚インタフェース「サーモアクター」を持つ．利用者が同時に感情を伝えようとしたとき発生する共鳴に特徴がある．評価実験では，通信ゲーム中の感情伝達手段として温度刺激を付加した場合と温度刺激を付加しなかった場合を比較することで感情や存在感の伝達，ゲームの臨場感やおもしろさへの効果を検討する．

本論文の構成を示す．2 章では関連研究として，五感によるコミュニケーションやその支援システム，温度刺激を利用した研究と表情アイコンを用いて感情共有を行う研究，共鳴機能について述べる．3 章では温度刺激と表情アイコンにより利用者間の感情表現を豊かに伝える提案システムについて述べる．4 章では本システムを用いて温度刺激により利用者間の感情表現が豊かに伝えられたかを検討するための実験，実験結果および考察について述べる．5 章では本論文の結論を述べる．

2. 関連研究

2.1 五感によるコミュニケーション

人間には視覚，聴覚，触覚，嗅覚，味覚の五感がある．多くのコミュニケーションシステムでは視覚と聴覚が使われている．視覚は入力される情報の大部分を占めるといわれていているが，コミュニケーションに対しては雰囲気を伝える程度の役割と考えられている [7]．音声は冗長であるがコミュニケーションの鍵となるものであるといわれている [7]．しかし，たとえば電子会議では視覚と聴覚だけではテレビを見ているのと同じ状態となり，存在感がなくなる [8]．そこで他の感覚の研究も進んでいる．

視覚と聴覚以外では触覚によるコミュニケーションがよく研究されている．現実の作業では人は手を使うが，コミュニケーションシステムではキーボードやマウスで入力作業する程度のため，現実社会との乖離を引き起こしている [8]．そこでこれを補うために握ったり触ったりする触覚インタフェースが考えられる．触覚には温度覚も含まれる．

嗅覚はインパクトがあるが “原臭” ともいうべきものがないため，簡単ににおいを組み合わせて豊かな感情表現を伝達することはむずかしい [8]．嗅覚によるコミュニケーションは食品などのテレフォンショッピングなどに適用が期待されている [8]．

味覚によるコミュニケーションの研究をそれほど進んでいない [8]．

2.2 感情表現を豊かにするためのコミュニケーションシステム

視覚と聴覚以外で代表的なコミュニケーションシステムの研究を紹介する．触覚のコミュニケーションで代表的な研究に Ishii らの TangibleBits がある [1]．一連の研究の中には離れたところで回転するローラを押し合って触覚情報を相手に伝える inTouch [9] があり，触覚を用いたリアルなコミュニケーションを実現している．山田らの Tangible Chat は離れているところにいるユーザ同士のチャットシステムで，キーボードに加速度センサが付けられ，キー

ⓒ 2017 Information Processing Society of Japan

ボードを打つ強さに応じて，相手の椅子のマットが振動する [10]．また，ComBand [11] は入力に圧力センサ，出力に振動モータと回転モータを使った遠隔地間の触覚コミュニケーションシステムである．

嗅覚によるコミュニケーションシステムには佐藤らの FraglanceJetII がある [12]．微量の香料を噴出させるため，プリンタのインクジェットの技術が用いられていて，複数の種類のにおいを射出することができ，様々な対象に適用することが期待されている．

2.3　温度刺激を利用した研究

温冷提示を利用したビデオインタラクションの手法の検討と開発の研究がある [13]．この研究では，一般的な十字ボタンと A，B ボタンを備えるゲームコントローラの側面に 15 mm のペルチェ素子を配し温冷呈示を行う．このコントローラを利用し，温度刺激によりコインを集めるゲーム「Eruption Jumping」や潜水艦を操作し水中の冷たさを表現するゲームの実験を行っている．実験結果として利用者に対して適切な温度刺激の強さや反応時間といった温度刺激の出力への知見を得ることができた，としている．システムに関して本研究と同じ点はゲームコントローラにペルチェ素子を付けてゲームを行う点である．相違点として，1 人で行う実験であり，離れた人とのコミュニケーションには使用していない点である．

Lovelet [14] とはペルチェ素子と温度センサなどを用いて離れている親しい人同士のためのぬくもりコミュニケーションメディアとして提案されたものである．これは遠隔地間における親しい者同士が現在いる環境の気温情報を常時伝えあい，相手が寒いところにいる場合にあたかも手を握って温めてあげるような行為を擬似的に実行可能とし，自然に「思いやる気持ち」を伝達できるというものである．実験結果として温度刺激により相手の存在感を向上させることが分かっている．システムに関して本研究と同じ点は双方向にペルチェ素子を使って離れた人と温度の変化でコミュニケーションをとることであり，相違点としては，「嬉しさ」「悲しさ」などの複数の感情を，表情アイコンを用いて伝えるのではない点である．

AffectPhone [15] はペルチェ素子と皮膚抵抗を用いた電話機型のプレゼンス提示装置である．急激に皮膚抵抗が上がると相手側のデバイスの温度が高くなり，急激に下降すると温度が低くなる．これにより相手のプレゼンスを感じることができたとしている．システムに関して本研究と同じ点は双方向に離れた相手側にこちらの状況に応じた温度をペルチェ素子を用いて伝えることである．相違点は，「嬉しさ」「悲しさ」などの複数の感情を表情アイコンを用いて伝えるのではない点である．

Thermo-net [16] は送り手を温めよう/冷やそうとする意志の強さに応じて，送り手自身にも同様の，あるいは反対の温度提示をするシステムである．力覚，視覚のフィードバックもある．このような双方向性の実現によって送り手が意図したメッセージが伝わりやすくなることが分かった．システムに関して本研究と同じ点は双方向に温/冷をペルチェ素子を用いて伝えるところである．相違点としては，本研究では感情伝達に表情アイコンを併用しているがこの研究では使用していないことである．また，双方が同時に押したときの共鳴の発生がない点も異なる点である．

2.4　表情アイコンを利用した研究

表情アイコンを用いた感情共有システムに関する研究 [5] では，まず自分で表情アイコンの種類を 3 種類選択し，その選択した表情アイコンに対して圧力センサを押す力によって 3 段階の強さ（弱，中，強）の表情アイコン（小，中，大）を相手と自分に表示できる．また，相手と同時に圧力センサを押した場合に表情アイコン自体の大きさが変化する共鳴機能を実装している．適用実験の結果，このシステムを使うと離れた相手でも感情が分かり，相手（人間）と対戦している感覚を強めることができることが分かっている．本研究と同じ点は表情アイコンと共鳴機能を持つところであり，相違点は触覚インタフェースとして圧力センサを使っていて温度刺激は使っていない点である．

2.5　共鳴機能

共鳴機能はもともとコメントが記入できる動画共有サイト “におん” でインタラクティブに他の視聴者との共感を疑似体験することを目的にした機能である [17]．定義としては，動画共有サイトで絵文字コメントが投稿された動画時間軸において前後 2 秒ずつ計 4 秒間を対象とし，その間に他の視聴者が同じ絵文字を投稿すると共鳴が発生し絵文字アイコンの大きさが拡大することを共鳴としている．また，この研究をゲーム向けに応用した感情共有システム [5] では共鳴機能は「同時に表示されたお互いの感情アイコンの大きさがその内容によって変化する」としている．この研究では共鳴機能は感情共有に役立ち，ゲームを面白くしていることが分かっている．

3.　Ther:com

本研究の目標は利用者間において温度刺激と表情アイコンを伝達でき共鳴機能を持つシステム（Ther:com）を開発し，「温度刺激により利用者間の感情表現を豊かに伝える」ことである．Ther:com とは Thermal Communication の略である．Ther:com の温度刺激を受け持つのはサーモアクターである．

3.1　設計方針

設計方針を以下に示す．

(1) 通信ゲームの操作を行いながら温度刺激を感じられる

© 2017 Information Processing Society of Japan

図 1　Ther:com の画面例

Fig. 1　A screen of Ther:com.

よう持ちやすさや操作のしやすさを重視する．

(2) 温度刺激はできるかぎり利用者の伝達したい感情を表現できるように仕様を考える．「熱さ」の刺激には熱さのイメージを持つ「嬉しさ」や「挑発」，「冷たさ」の刺激には冷たさのイメージを持つ「悲しさ」や「悔しさ」を対応付ける．使用する表情アイコンは同じ対戦ゲームを対象とした感情共有システム [5] で使用された 6 種類のアイコンの使用頻度，喜び（40 回使用），くやしい（34 回使用），からかう（19 回使用），悲しみ（10 回使用），驚き（5 回使用），怒り（3 回使用）から高い順に 4 種類，喜び（本研究では嬉しさ），くやしい（本研究でも悔しさ），からかう（本研究では挑発），悲しみ（本研究でも悲しみ）を選択する．温度刺激の強さは「弱」「強」の 2 種類を伝達でき，感情の強さを表現可能とする．温度刺激を出力した後の放熱のための機能として，インターバルロック機能の実装を行う．

(3) 表情アイコンを伝達するため，簡単な動作で自分の感情を伝達できるシステムを考える．対戦ゲーム上での円滑な感情伝達を行うため，感情入力の動作についてボタンを押すのみで簡単に行えるように設計する．ボタンの押し時間により，感情の強さを 3 段階で入力可能である．システムの画面もシンプルなデザインで分かりやすくする．

3.2　温度刺激と表情アイコンによる感情伝達支援システム「Ther:com」

Ther:com は温度刺激と表情アイコンを用い，共鳴機能を持つ遠隔地間の感情表現を豊かに伝えることを目的としたシステム（**図 1**）である．図 1 では感情の強さは自分は嬉しさの「大」で相手が悲しみの「中」の状態であることを示している．本システムは Microsoft 社の Windows8.1 上で開発した．開発用言語は Java である．コントローラ（サーモアクター）と PC とはシリアル通信で接続している．また，離れた場所にある PC 間は TCP/IP を用いてデータの送受信を行っている．

3.2.1　感情伝達機能

コントローラ側面にある L1，L2，R1，R2 の 4 つのボタンを押すことで通信相手へそれぞれのボタンに対応した感情を，ゲームの操作を継続しながらワンタッチで伝達できる．コントローラのボタンと感情の割当てを**図 2** に示す．ボタンの位置に関しては事前に実験の被験者の手の小さい人から大きな人まで使用してもらって特に重大な問題のないことを確認している．

図 2　温度伝達機能の使用方法

Fig. 2　Usage of the temperature transmission. function.

図 3　表情アイコンの変化

Fig. 3　Variation of expression icons.

また，ボタンを押した長さにより Ther:com の画面左にあるゲージが貯まり，表情アイコンの強さを 3 段階で設定することができる（小：0〜0.8 秒．中：0.8〜1.6 秒．大：1.6 秒以上）．表情アイコンの変化について，**図 3** に示す．

温度刺激の伝達条件について熱さを**図 4**，冷たさを**図 5** に示す．たとえば，表情アイコン（大）を相手に伝達した場合，温度刺激（弱）が付加されて相手に伝達される．後述の共鳴が発生した場合は共鳴アイコンの表示とともに温度刺激（強）が付加されて相手に伝達される．この機能により，自分の感情の種類や強さを相手に簡単に伝達し，コミュニケーションをとることが可能となる．

3.2.2　共鳴機能

通信相手とつながっている感覚をより高めることをめざした機能である．これは自分と相手が同じタイミングで感情を伝達した際，すべての場合で共鳴アイコンを表示して，より強い温度刺激を通常より長い時間提示するといった演出を行い，たとえば，自分が「嬉しさ」で相手が「悲しさ」の場合，相手のコントローラには強い「熱さ」が，自分のコントローラには強い「冷たさ」が発生する．

共鳴が発生した場合の画面を**図 6**，共鳴する条件を**表 1**

© 2017 Information Processing Society of Japan

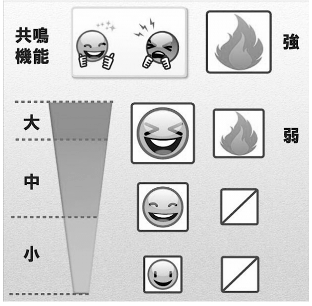

図 4　「熱さ」の伝達条件
Fig. 4　Transmission condition of “the heat”.

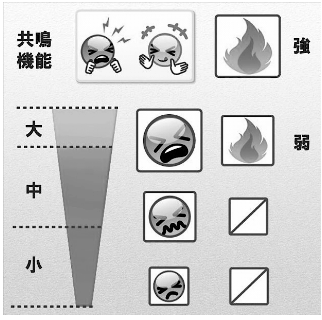

図 5　「冷たさ」の伝達条件
Fig. 5　Transmission condition of “the coldness”.

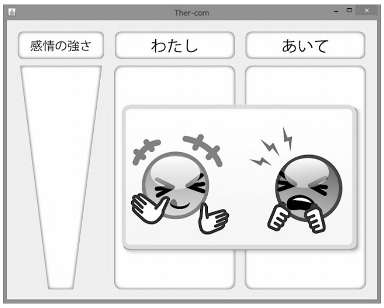

図 6　共鳴が発生した画面例
Fig. 6　An example of a screen which resonance produced.

に示す．表 1 について表の上側を自分が伝達した感情，表の左側を相手が伝達した感情として，○は共鳴が発生，×は共鳴が発生しないことを示す．共鳴アイコンの全種類を**図 7** に示す．同じ対戦ゲームを対象とした感情共有システム [5] で同じ感情を共起した場合の共鳴は 0 回もしくは 1 回とほとんど生じなかったため，同じ感情では共鳴が起こらないようにした．これは，ほとんど共鳴にならない組合せを共鳴機能から除外することで，より共鳴機能が起こったときの特別感が増すのではないかと考えられる [5] ためである．

通常，表情アイコンは 5 秒間表示され，その間にお互いの表情アイコンを伝達した組合せが表 1 の条件に合致する組合せであれば，共鳴が発生する．共鳴アイコンの表示は 7 秒間であり，簡単なアニメーションを行う．共鳴発生時は強い温度刺激がお互いの相手に届く．

表 1　共鳴が発生する条件
Table 1　Condition that resonance produces.

	嬉しさ	挑発	悲しさ	悔しさ
嬉しさ	×	×	○	○
挑発	×	×	○	○
悲しさ	○	○	×	×
悔しさ	○	○	×	×

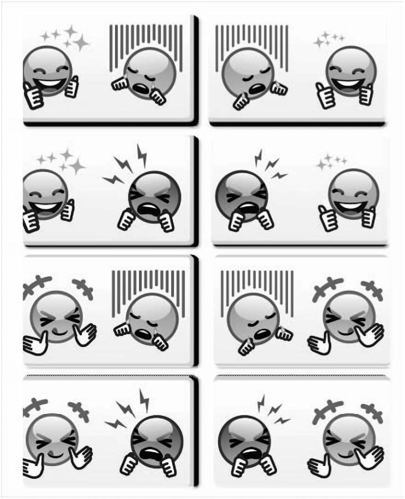

図 7　共鳴アイコン全種類
Fig. 7　All kinds of resonance icons.

3.2.3　インターバルロック機能

一度温度刺激を出力すると 15 秒間は相手に温度刺激を伝達できないようにロックする機能である．本システムでは温度刺激の出力を行う特性上，適度に放熱するためのインターバルをとる必要があるためである．また，連続で温度変化を起こし，意図せず強い温度刺激を提示してしまうことを防ぐ意図もある．

3.3　温度知覚インタフェース「サーモアクター」

(1) サーモアクター

「サーモアクター（ThermoActor）」（**図 8**）は利用者が通信ゲームの操作を行いながら，手のひらに「熱さ」や「冷たさ」といった温度刺激を提示できるコントローラ型の温度知覚インタフェースである．サーモアクターとは「温度刺激の演者」という意味である．ELECOM のゲームパッド [18]（JC-GMU3312SP）の持ち手部分にペルチェ素子と放熱用の純銅のヒートシンクを配置し，AVR マイコンにより制御する．

利用者は持ち手部分のペルチェ素子を手のひらで触ることで温度刺激を知覚できる．本システムでは 4 cm 四方のペルチェ素子（TEC1-12706）を 2 枚使用する．温度刺激の制御は Arduino [19]（AVR マイコン）によってペルチェ素子に供給する電流を調節することで行う．PC とシリアル通信を行い，Arduino に対してテキストデータを送るこ

© 2017 Information Processing Society of Japan

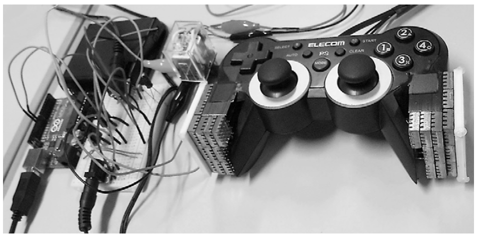

図 8　サーモアクター
Fig. 8　Thermo actor.

表 2　ペルチェ素子に関する予備実験結果
Table 2　Preliminary laboratory finding about the Peltier element.

問１）温度刺激は知覚できたか？	
項目	評価
熱さ強	5.0
熱さ弱	4.6
冷たさ強	5.0
冷たさ弱	4.9
問２）温度刺激は適切か？ (1:弱くすべき，3:適切，5:強くすべき)	
項目	評価
熱さ強	2.8
熱さ弱	3.3
冷たさ強	2.9
冷たさ弱	2.4

とによって利用者に対して出力する温度刺激の強さや出力時間，冷温の切替えなどをリアルタイムで設定し，変更することが可能である．本システムで利用した温度刺激は 4 種類（「熱さ弱」「熱さ強」「冷たさ弱」「冷たさ強」）である．

(2) 予備実験

本システムで利用する温度刺激である「熱さ（強）」「熱さ（弱）」「冷たさ（強）」「冷たさ（弱）」の 4 種類についてあらかじめ評価を行った．被験者はサーモアクターを手に持ち，それぞれの温度刺激を提示した後，評価アンケートを実施した．被験者は和歌山大学の学生 9 名である．伝達条件は出力時間 2 秒，出力回数 3 回，出力間隔 7 秒である．評価の偏りを防ぐため，刺激の順番を入れ替えてカウンターバランスをとった．その結果を**表 2** に示す（問 1 は 5 段階評価（値が大きいほど良い），問 2 は “3” が適切）．

温度設定が適切かについて，おおむね適切であるという評価であった．冷たさ弱について 2.4 と少し刺激を弱くしてほしいという評価となった．今回の実験結果から温度刺激に関して，大きな問題はなく冷たさ弱の温度設定を調整することで十分システム上で利用できると考えられる．

(3) ペルチェ素子

本システムで利用した温度刺激 4 種類についてのペルチェ素子の温度変化の様子を**図 9**，**図 10**，**図 11**，**図 12** に示す．温度計測には OHM の赤外線温度計 TN006 を使用し，精度は表示値の ±2.5%である．ペルチェ素子の電源として，15 V 1.6 A の AC アダプタを利用した．温度刺激の種類は「熱さ（弱）」「熱さ（強）」「冷たさ（弱）」「冷たさ（強）」である．これらの温度設定は予備実験において利用者が十分知覚できることを評価したうえで行っている．予備実験と比較して「冷たさ」の出力時間が長いのは，冷たい刺激全体をより強くしてほしいという意見があったためである．なお，熱さ（強），冷たさ（強）は共鳴が発生する場合に用いる．

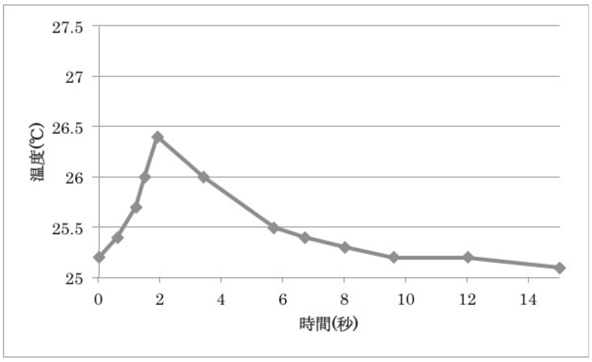

図 9　熱さ（弱）の温度変化
Fig. 9　Temperature change of heat (weak).

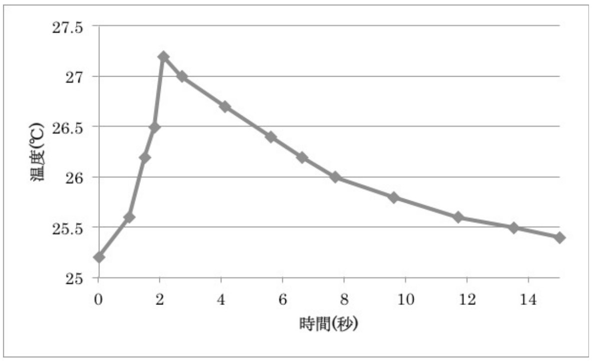

図 10　熱さ（強）の温度変化の様子
Fig. 10　Temperature change of heat (strong).

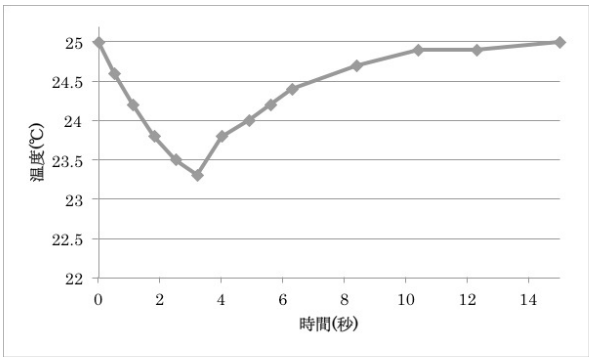

図 11　冷たさ（弱）の温度変化の様子
Fig. 11　Temperature change of the coldness (weak).

© 2017 Information Processing Society of Japan

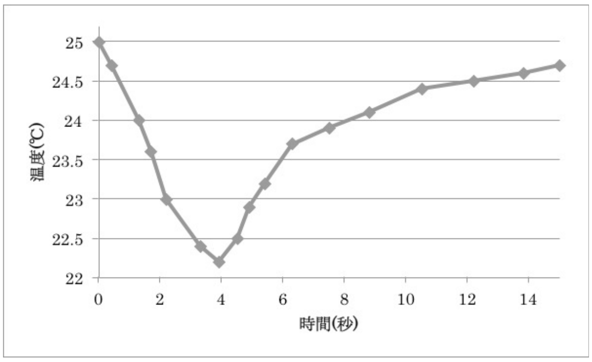

図 12 冷たさ（強）の温度変化の様子
Fig. 12 Temperature change of the coldness (strong).

4. 適用実験

温度刺激により利用者間の感情表現を豊かに伝えることが可能となるかを Ther:com を用いて実験を行った．

4.1 実験方法

「Ther:com」を評価するため，比較実験を行う．比較対象として「① ぷよぷよ [20] のみ」「② ぷよぷよ + 表情アイコン」「③ ぷよぷよ + Ther:com（表情アイコン + 温度刺激）」の 3 パターンについてそれぞれ評価を行い比較する．「② ぷよぷよ + 表情アイコン」の場合，共鳴が発生しても温度刺激はない．本システムの本来の使い方は ③ である．なお，「ぷよぷよ」はパズルゲームの一種である．

実験前に本システムの説明を行い，5 分間の操作の練習を行う．また，実験中は A4 用紙 1 枚にまとめた取扱説明書を机の上に置く．この取扱説明書にはボタンと表情アイコンの関係などが分かるように示されている．

実験は，「ぷよぷよ」の通信対戦において，上記の ①〜③ の方法により約 5 分プレイした後，評価アンケートを実施する．被験者は和歌山大学システム工学部および大学院システム工学研究科の学生合計 16 名で，2 名 1 組で離れた別々の部屋に分かれて実験を行った．実験協力者の条件としてコントローラにより操作するゲームの経験が 1 年以上あり，「ぷよぷよ」のプレイ経験がある人である．評価の偏りを防ぐため，①〜③ の順番を入れ替えることによりカウンターバランスをとっている．

実験の様子を**図 13** に示す．図 13 の左側が「ぷよぷよ」の画面（ゲーム画面の左側が自分，右側が相手），右側がシステム（Ther:com）の画面（システムの画面の左側が自分，右側が相手）である．条件を揃えるために画面の位置は固定している．この画面では相手が「嬉しさ」で自分が「悲しみ」の共鳴が発生している．被験者には一目で画面中央部の「ぷよぷよ」と「Ther:com」が眼に入り，「自分」と「相手」がゲーム画面およびシステムの画面で同じ順で並んでいるので，操作に大きな支障はない．

図 13 適用実験の様子
Fig. 13 State of the application experiment.

表 3 表情アイコンの平均伝達回数（ぷよぷよ + アイコン）
Table 3 The mean transmission number of times of the emotional icon (Puyopuyo + icons).

ぷよぷよ +アイコン	嬉しさ	挑発	悲しさ	悔しさ
小	4.3	1.0	2.9	0.9
中	1.2	0.3	0.9	0.8
大	0.6	0.6	0.6	0.6
備考：1 人あたりの表情アイコンの平均伝達回数 20.6 秒に 1 回伝達				

4.2 実験結果

4.2.1 システムログ

システムログに基づく実験結果を**表 3**，**表 4**，**表 5**，**表 6** に示す．表情アイコン（「嬉しさ」「挑発」「悲しさ」「悔しさ」の 4 つの感情と「小」「中」「大」の 3 つの大きさを組み合わせた 12 種類の表情アイコン）の 1 人あたりの平均伝達回数について表 3（ぷよぷよ + アイコン）と表 4（ぷよぷよ + アイコン + 温度刺激）に示す．共鳴アイコン（「嬉しさ」と「悲しさ」，「嬉しさ」と「悔しさ」，「挑発」と「悲しさ」，「挑発」と「悔しさ」，「悲しさ」と「嬉しさ」，「悲しさ」と「挑発」，「悔しさ」と「嬉しさ」，「悔しさ」と「挑発」，の 8 種類の共鳴アイコン）の 1 組あたりの平均発生回数について表 5（ぷよぷよ + アイコン）と表 6（ぷよぷよ + アイコン + 温度刺激）に示す．

温度刺激の効果を明らかにするため，表 3 と表 4 の各々の表情アイコン，表 5 と表 6 の各々の共鳴アイコンについて，回数を比例尺度と考え，パラメトリック検定の t 検定を行った．「*」は p 値が 5%以下で有意差があること，「**」は p 値が 1%以下で有意差があることを示す．

また，「ぷよぷよ + アイコン」の実験と「ぷよぷよ + アイコン + 温度刺激」の実験間で，t 検定の結果で有意差のあった（$t(15) = 2.334$，$p < 0.05$）「嬉しさ」「大」の表情アイコンについて効果量（η^2）を求めた結果，効果量は 0.35

© 2017 Information Processing Society of Japan

表 4 表情アイコンの平均伝達回数（ぷよぷよ ＋ アイコン ＋ 温度刺激）

Table 4 The mean transmission number of times of the emotional icon (Puyopuyo + icons+ temperature stimulus).

ぷよぷよ＋アイコン＋温度刺激	嬉しさ	挑発	悲しさ	悔しさ
小	2.5	0.6	2.3	1.5
中	1.5	0.7	0.9	0.3
大	1.7*	0.6	0.6	1.4
備考：1 人あたりの表情アイコンの平均伝達回数 21.0 秒に 1 回伝達 ※温度刺激の伝達は 43 秒に 1 回(大アイコンと共鳴時)				

表 5 共鳴アイコンの平均発生回数（ぷよぷよ ＋ アイコン）

Table 5 The mean outbreak number of times of the resonance icon (Puyopuyo + icons).

ぷよぷよ＋アイコン	嬉しさ	挑発	悲しさ	悔しさ
嬉しさ	–	–	1.0	0.4
挑発	–	–	0.1	0.3
悲しさ	1.0	0.6	–	–
悔しさ	0.5	0.1	–	–
備考： 1 組あたりの共鳴アイコンの平均発生回数 70 秒に 1 回伝達				

表 6 共鳴アイコンの平均発生回数（ぷよぷよ ＋ アイコン ＋ 温度刺激）

Table 6 The mean outbreak number of times of the resonance icon (Puyopuyo + icons + temperature stimulus).

ぷよぷよ＋アイコン＋温度刺激	嬉しさ	挑発	悲しさ	悔しさ
嬉しさ	–	–	0.9	1.1
挑発	–	–	0.4	0.1
悲しさ	0.8	0.1	–	–
悔しさ	1.6	0.1	–	–
備考： 1 組あたりの共鳴アイコンの平均発生回数 59 秒に 1 回伝達				

となり「効果量大」となった．

4.2.2 アンケート結果

アンケート結果を**表 7**，**表 8**，**表 9**，**表 10**，**表 11** に示す．5 段階評価は表 9 の一部を除き「1：強く同意しない，3：どちらでもない，5：強く同意する」であり，16 名の平均値を示す．本来，中央値もしくは最頻値を示すべきであるが，直感的に分かりやすくするため平均値を示す．

温度刺激と表情アイコンの個別の質問項目に対する効果を明らかにするため，複数の質問項目の回答を累積したものを対象とするのではなく，各質問項目（1 項目）に対して個別に検定を行うため順序尺度が適切と考え [21]，検定法として表 7，表 8 はノンパラメトリック検定の三群比較（表 7 は一部二群比較）であるため各質問項目に対して「ク

表 7 システムの使いやすさに対する評価

Table 7 Evaluation about the usability of the system.

質問項目	ぷよぷよのみ	ぷよぷよ＋アイコン	ぷよぷよ＋アイコン＋温度刺激
使い方がわかりやすい	4.7	4.5	4.3
使い勝手が良い	4.5	4.1	4.0
画面が見やすい	4.6	4.2	4.4
プレイに支障がない	–	3.8	3.9
ゲーム本体の操作がしやすい	4.6	4.2	4.2

表 8 感情伝達に対する評価

Table 8 Evaluation about the communication.

質問項目	ぷよぷよのみ	ぷよぷよ＋アイコン	ぷよぷよ＋アイコン＋温度刺激
楽しかった	4.0	4.1	4.5
相手の存在を身近に感じた	2.3	3.4*	4.5**
盛り上がった	3.0	3.4	4.3**
自分の感情をうまく伝えられた	1.3	3.8**	4.2**
相手の感情がよくわかった	1.4	4.1**	4.5**
またやってみたい	3.1	3.7	4.5**
相手（人間）と対戦している感覚があった	2.8	4.1**	4.6**

表 9 表情アイコンに対する評価

Table 9 Evaluation about the expression icon.

質問項目	ぷよぷよ＋アイコン	ぷよぷよ＋アイコン＋温度刺激
感情の種類は 4 種類で適切か (1:少ない，3:適切，5:多い)	3.3	3.1
強さは 3 段階で適切か (1:少ない，3:適切，5:多い)	3.3	3.3
思い通りアイコンを入力できた	3.2	3.6
思い通りアイコンの強弱を入力できた	3.1	3.4
アイコンは感情共有に役立った	3.9	4.3*
アイコンの大きさの変化は自分の直観に合っている	4.1	4.1
ボタンは押しやすかった	4.0	4.2
ボタンを頻繁に押した	3.4	3.7
相手はボタンを頻繁に押した	3.3	3.8

© 2017 Information Processing Society of Japan

表 10　共鳴機能に対する評価
Table 10　Evaluation about the resonance function.

質問項目	ぷよぷよ＋アイコン	ぷよぷよ＋アイコン＋温度刺激
共鳴機能は感情共有に役立った	3.8	4.4**
共鳴はよく起こった	3.1	3.8
共鳴機能はゲームを面白くした	3.8	4.5*

表 11　温度刺激に対する評価
Table 11　Evaluation about the temperature stimulation.

質問項目	評価
温度刺激は感情共有に役立った	4.3
温度刺激はゲームを面白くした	4.6
「熱さ」の刺激はよく起こった	3.6
「冷たさ」の刺激はよく起こった	4.1
「熱さ」の強弱の違いはよく分かった	3.4
「冷たさ」の強弱の違いはよく分かった	3.1
温度刺激をロックする時間は 15 秒で適切か (1:短い，3:適切，5:長い)	3.4

ラスカル・ウォリス検定」，表 9，表 10 は二群比較であるため各質問項目に対して「マンホイットニ検定」を使用した．「*」は p 値が 5%以下で有意差がある，「**」は p 値が 1%以下で有意差があることを示す．表 8 については，「ぷよぷよのみ」と有意差があったものに印を付ける．
次にアンケートの記述部分の質問と回答を示す．
■「ぷよぷよのみ」に対する自由記述
・相手を身近に感じることはほとんどなかった．
・ぷよぷよのみをプレイしていると感情入力をしたくなった．
・感情を伝えられないことに物足りなさを感じた．
・Thercom を使用した後だったので，自分や相手の感情を伝える術がなく，さみしく感じた．
・温度刺激があった方がやる気がでた．
■「ぷよぷよ＋表情アイコン」に対する自由記述
・共鳴が起こっても温度がないといまいち「共鳴が起こった!!」という感じにならなかった．
・温度がないとシステムの存在を忘れてしまうことがあった．
・対戦中はボタンに気を使うことや表示されたアイコンを見るのが少しわずらわしい．
・共鳴機能により相手の感情が伝わり，プレッシャを与えられたり焦らされたりすることが面白いと感じた．
・ゲームに集中していると若干表情アイコンを使うことや見ることを忘れる場合がある．
・ボタンの対応が覚えられず，確認のためゲームの方がおろそかになることがあった．
・ゲーム画面と Thercom の画面が縦の方が見やすい気がする．
・温度刺激があった方がおもしろかったのでアイコンだけだと物足りなさを感じた．
・挑発されたとき，「怒る」のような反応を返したいと思うときがあった．
・協力ゲームの方が盛り上がりそう．
■「ぷよぷよ＋表情アイコン＋温度刺激」に対する自由記述
・初めて体験したので，とても面白くて盛り上がりました．
・思っていたよりも刺激が分かりやすくて驚いた．
・既存のゲームにはないシステムなので新鮮味を感じた．
・アイコンが出るとどうしても目移りしてしまうので，ゲーム画面とシステム画面の幅を少なくできればよさそう．
・相手の感情が伝わって良かった．
・ぷよぷよを得意としていないのでうまいか下手かによって楽しさが変動するように感じた．
■温度刺激について感想があれば記述してください
・共鳴したときは達成感のようなものを感じた．
・温度だと直感的に相手の感情や気持ちが伝わって分かりやすい．
・見るだけでなく感じることでもコミュニケーションがとれたのでかなり普段のコミュニケーションよりもレベルの高いコミュニケーションができたと感じた．
・画面を見なくても相手の入力したアイコンが想像できたのでゲームに集中できた．
・自分がうまくいっているときに相手が焦ったりしているのが伝わると「よっしゃ！」と思って楽しくプレイできた．
・意外と放熱時間は気にならなかった．
・楽しいので何度も共鳴したいと感じた．
・温度変化の差に驚いた．
・相手の感情に合わせて温度刺激が来るという感覚に慣れるまで少し時間がかかった．
■追加してほしい機能があれば記述してください
・喜びと喜びのように同じ感情のときにも共鳴機能のようなものがあればよいと思った．
・少しゲームとシステムの画面が遠いように感じた．
・攻防の切替えが激しいため，放熱の時間が少し長いと感じた．
・ロックの時間を短くしてほしい．

4.3　考察

4.3.1　システムログに関して

(1) アイコンの伝達
　アイコンを伝達するタイミングは基本的には「ぷよ」を消した場合「嬉しさ」や「挑発」が，消せない「おじゃまぷよ」が落ちてくる場合は「悲しさ」もしくは「悔しさ」が伝達されている．お互いに連鎖を発生させ相殺された場合，「嬉しさ」から「悲しさ」もしくは「悔しさ」を伝達する場合もあった．また，本来「嬉しさ」のはずが，押し間

© 2017 Information Processing Society of Japan

違えて「悲しさ」を押している場合もあった．

表 3 と表 4 のアイコンの伝達回数に注目する．温度刺激の付加による表情アイコンの伝達回数の合計への影響は見られなかった．感情アイコンの伝達回数は，「ぷよぷよ + アイコン」の感情伝達回数の合計は 233 回（20.6 秒に 1 回），「ぷよぷよ + アイコン + 温度刺激」は 229 回（21.0 秒に 1 回）である．

個別に見ると，嬉しさの大アイコンの伝達回数に有意差が見られた．「ぷよぷよ + アイコン + 温度刺激」の方が，「ぷよぷよ + アイコン」と比べて 5%の有意水準で有意差が見られ，温度刺激を付加した場合の方が嬉しさの大アイコンが多く押されていることが分かった．各アイコンを使用した割合に注目したところ，温度刺激を付加した方が使用するアイコンの偏りが少ないことが分かった．「ぷよぷよ + アイコン」では小アイコン 62.2%，中アイコン 21.9%，大アイコン 15.9%となっており，小アイコンが多く使用されていることが分かる．「ぷよぷよ + アイコン + 温度刺激」では小アイコン 45.4%，中アイコン 24.0%，大アイコン 30.6%となっており，使用されるアイコンがある程度分散していることが分かる．

これは温度刺激の付加により利用者が伝えたいと思った強い感情を表現できたためだと推測される．表情アイコンのみの場合はアイコンの大きさや表情の変化では利用者の強い感情は表現できず，手軽に利用できる小アイコンの伝達で済ませてしまったのではないかと思われる．この結果から温度刺激を付加した場合の方が強い感情を伝達することができ，感情伝達をより豊かに行えたのではないかと考える．

表 8 の項目 4 と項目 5 を見ると「ぷよぷよ + アイコン + 温度刺激」は「ぷよぷよ + アイコン」と比較して感情をよりうまく伝えられたことを示している．また，温度刺激は大アイコンが表示される場合だけではなく，小アイコン，中アイコンが表示される場面でも共鳴が発生する場合に，強い温度刺激が発生するため，単に温度刺激が発生して面白いから大アイコンを表示したのではないと考えられる．ただし，「ぷよぷよ + 表情アイコン」に対する自由記述の中に，「共鳴が起こっても温度がないといまいち『共鳴が起こった!!』という感じにならなかった」や「温度がないとシステムの存在を忘れてしまうことがあった」という文章があり，あらかじめ 5 分間操作の練習をしているとはいえ温度刺激が面白いため大アイコンを出した可能性もある．しかし，先に述べたように温度刺激の付加の有無にかかわらずアイコン伝達回数に変化がないため，大アイコンを出すためにボタンを長押しして連打したわけではなく，その影響は少ないと考えられる．

(2) 共鳴の発生

共鳴が発生するタイミングは基本的には，大きな連鎖が起こって消せない「おじゃまぷよ」が相手に落ちるときである．「嬉しさ」と「悲しさ」もしくは「悔しさ」の組合せが大半である．ゲーム中盤および終了間際に大きな連鎖が起こった場合に発生する．

表 5 と表 6 の共鳴の発生回数に着目する．「ぷよぷよ + アイコン」の場合は温度刺激はない．温度刺激の付加による表情アイコンの伝達回数の合計への影響は見られなかった．「ぷよぷよ + アイコン」の共鳴の発生回数の合計は 34 回（70 秒に 1 回），「ぷよぷよ + アイコン + 温度刺激」は 41 回（59 秒に 1 回）であった．

4.3.2 アンケート結果に関して

(1) システムの使いやすさ

表 7 に示すシステムの使いやすさに対する評価に注目する．ここでは本システムの本来の使い方である「ぷよぷよ + アイコン + 温度刺激」の評価項目に注目して分析する．「使い方の分かりやすさ」が 4.3 や「使い勝手の良さ」が 4.0，「画面の見やすさ」が 4.4 など各項目で高い評価を得ることができ，初めてシステムを使用する利用者でも十分使いやすいシステムであると考える．

本システムを利用することにより，ゲーム自体の操作に影響するかを検討する．「ゲーム本体の操作がしやすい」について三群間で比較したところ有意差がなかったことから Ther:com を利用することによるゲーム本体の操作への影響は見られなかった．表情アイコンや温度刺激の伝達による感情伝達方法がゲームのプレイを邪魔することはないと思われる．

「プレイに支障はなかったか」の質問に対して 3.9 の評価であるが，自由記述を見ると「少しゲームとシステムの画面が遠いように感じた」という意見などもあり，なるべく視線移動の距離が短くなるようなインタフェースや画面位置にすることで評価が向上するのではないかと考える．

コントローラのボタンの位置などに関してであるが，事前に手の小さな人から大きな人まで使ってもらって問題はなかった．表 9 の「ボタンは押しやすかったか」の質問に対して「ぷよぷよ + アイコン」では 4.0，「ぷよぷよ + アイコン + 温度刺激」では 4.2 と高評価であったので，コントローラのボタンを使ったことに関しては問題がなかったと考えられる．

(2) 感情伝達

表 8 に示す感情伝達に対する評価に注目する．「ぷよぷよ + アイコン + 温度刺激」に注目するとすべての項目で 4 以上の評価であった．また「楽しさ」以外のすべての項目で「ぷよぷよのみ」と比較して 1%以下の有意差が見られ，感情伝達の評価の大きな向上が見られた．

特に温度刺激の付加により向上した項目として「相手の存在を身近に感じた」「盛り上がり」「またやってみたい」がある．表 12 に示すようにこれらの 3 項目については「ぷよぷよのみ」だけでなく「ぷよぷよ + アイコン」と比較した場合でも 5%以下の有意差が見られた．これより温度刺

© 2017 Information Processing Society of Japan

表 12　アイコンのみに対して有意差がある評価項目
Table 12　The end-point which is significantly different only for icons.

質問項目	ぷよぷよ ＋アイコン	ぷよぷよ ＋アイコン ＋温度刺激
相手の存在を身近に感じた	3.4	4.5*
盛り上がった	3.4	4.3*
またやってみたい	3.7	4.5*

激の付加によって「相手の存在を身近に感じた」「盛り上がった」「またやってみたい」も向上することが分かった．

(3) 表情アイコン

表 9 に示す表情アイコンの評価に注目する．ここでは「ぷよぷよ + アイコン + 温度刺激」の評価項目に注目して分析する．評価は「感情は 4 種類で適切か」が 3.1（3：適切），「強さは 3 段階で適切か」が 3.3（3：適切）である．これにより，表情アイコンの種類や強さについて適切であったと考えられる．

本研究の表情アイコンは，表情アイコンを使った感情共有システムの研究 [5] に基づき作成している．同じ感情のアイコンには同じ色が付いており，大きさも小，中，大とボタンを押す長さで連続的に変化するため，アイコンの種類を間違える可能性は少ないと考えられる．

システムのインタフェースについての評価は「思いどおりアイコンを入力できたか」は 3.8,「思いどおりアイコンの強弱を入力できたか」は 3.4 となり，どちらでもないという評価だった．自由記述を見ると「ボタンの対応が覚えられず，確認のためゲームの方がおろそかになることがあった」や「対戦中はボタンに気を使うことや表示されたアイコンを見るのが少しわずらわしい」「ゲームに集中していると若干表情アイコンを使うことや見ることを忘れる場合がある」など，アイコン入力が思いどおりにできていない場合があることが分かった．対策としてボタンの割当てをつねに Ther:com 上で表示し，ゲージの溜まる速さを速くするなど使用感の向上が必要である．

「アイコンは感情共有に役立った」の評価で温度刺激を付加した場合に有意差が見られた．これは 4.3.1 項 (1) で考察したように温度刺激を付加した方が利用者の強い感情を表現することができ，使用されるアイコンの偏りが少なかったことで評価の向上が見られたことが考えられる．

(4) 共鳴機能

表 10 に示す共鳴機能の評価に注目する．ここでは「ぷよぷよ + アイコン + 温度刺激」の評価項目に注目して，温度刺激がない場合と比較して共鳴機能の評価を分析する．

評価は「共鳴機能は感情共有に役立った」が 4.4 で 1%以下の有意水準で有意差があり，「共鳴機能はゲームを面白くした」は 4.5 で 5%以下の有意水準で有意差があり，大きく評価が向上した．圧力センサと感情アイコンを用いたゲーム向け感情共有システム [5] では，共鳴機能は感情共有に役立ちゲームを面白くしていることが分かっている．このシステムと同じ効果がでていることが分かる．自由記述では「共鳴が起こっても温度がないといまいち『共鳴が起こった!!』という感じにならなかった」や「共鳴したときは達成感のようなものを感じた」などがあり，温度刺激の付加が共鳴機能の特別感や一体感をさらに高めて，面白さにつながっていることが考えられる．このことから，共鳴機能は感情伝達に役立つだけでなく，ゲームの面白さを向上させることが分かった．

(5) 温度刺激

表 11 に示す温度刺激の評価に注目する．温度刺激の評価について高評価であった．評価は「温度刺激は感情共有に役立った」は 4.3,「温度刺激はゲームを面白くした」は 4.6 であり，温度刺激は感情伝達だけでなく，ゲームの面白さの向上についても高い評価を得ることができた．

温度刺激の強弱の評価は「熱さの強弱がよく分かったか」は 3.4,「冷たさの強弱がよく分かったか」は 3.1 であり，どちらかというと分かったという評価となり，改良の余地があることが分かった．

インターバルロックの時間の評価は「温度刺激をロックする時間は 15 秒で適切か」は 3.4（3：適切）であり，適切という評価であった．しかし，記述アンケートでは「ロックの時間を短くしてほしい」といった意見がいくつか見られた．放熱の観点から 15 秒以下にすることは難しいと考えるため，インターバルロック中は振動など他の刺激を提示するといった対策が考えられる．

(6) ゲームへの熱中度

ゲームのための感情伝達システムであるので，ゲームに熱中するとシステムの操作がおろそかになる可能性がある．「ぷよぷよ + アイコン」の場合は「対戦中はボタンに気を使うことや表示されたアイコンを見るのが少しわずらわしい」「ゲームに集中していると若干表情アイコンを使うことや見ることを忘れる場合がある」とのコメントがあり，ゲームに熱中して本システムを忘れる場合があるが，「ぷよぷよ + アイコン + 温度刺激」の場合は，「画面を見なくても相手の入力したアイコンが想像できたのでゲームに集中できた」などとゲームに集中しても相手の状況が伝わるメリットがあることが分かった．

4.3.3　5 段階評価のパラメトリック検定について

5 段階評価もパラメトリック検定で行うべきであるという考え方もある [22]．そこで，表 7，表 8，表 9，表 10，表 12 に関してパラメトリック検定を行った．表 7（一部二群比較），表 8 に関しては三群比較であるため分散分析と多重比較を，表 9，表 10，表 12 に関しては二群比較のため t 検定を行った．検定の結果がノンパラメトリック検定と異なった項目を中心に記述する．

表 7 に関してはパラメトリック検定の結果とノンパラメ

© 2017 Information Processing Society of Japan

トリック検定の結果には変わりはなく，三群間には 5%以下で有意差はなかった．

表 8 の「相手の存在を身近に感じた」の項目では「ぷよぷよのみ」と「ぷよぷよ + アイコン」間で 1%以下の有意差があった（ノンパラメトリック検定では 5%以下の有意差）．また表 12 の同項目でも「ぷよぷよ + アイコン」と「ぷよぷよ + アイコン + 温度刺激」間で 1%以下の有意差があった（ノンパラメトリック検定では 5%以下の有意差）．表 12 の「盛り上がった」の項目では「ぷよぷよ + アイコン」と「ぷよぷよ + アイコン + 温度刺激」間で 1%以下の有意差があった（ノンパラメトリック検定では 5%以下の有意差）．表 12 の「またやってみたい」の項目では「ぷよぷよ + アイコン」と「ぷよぷよ + アイコン + 温度刺激」間で 1%以下の有意差があった（ノンパラメトリック検定では 5%以下の有意差）．

表 9 ではパラメトリック検定の結果とノンパラメトリック検定の結果には変わりなく「アイコンは感情共有に役立った」の項目だけが「ぷよぷよ + アイコン」と「ぷよぷよ + アイコン + 温度刺激」間で 5%以下の有意差があった．

表 10 では「共鳴はよく起こった」の項目に 5%以下の有意差があった（ノンパラメトリック検定では 5%以下の有意差はなし）．「共鳴機能はゲームを面白くした」の項目では 1%以下の有意差があった（ノンパラメトリック検定では 5%以下の有意差）．

4.3.4 相関分析

温度刺激の付加が各評価の向上にどのように影響しているか検討するため相関分析を行った．ここでは「ぷよぷよ + アイコン + 温度刺激」の評価項目に注目して分析する相関分析の手法として「スピアマンの順位相関係数」を使用する．相関係数 r として $0 < |r| \leqq 0.2$ でほとんど相関なし，$0.2 < |r| \leqq 0.4$ で弱い相関あり，$0.4 < |r| \leqq 0.7$ で中程度の相関あり，$0.7 < |r| < 1.0$ で強い相関ありとする．

(1) ゲームの面白さ

ゲームの面白さに関する相関分析の結果に注目すると，「相手と対戦している感覚があった」と「盛り上がり」が中程度の相関（0.509）があった．本システムにより温度刺激を付加することで「相手と対戦している感覚があった」の評価が向上し，ゲームの「盛り上がり」の評価の向上に影響したことが考えられる．

また，「共鳴はゲームを面白くした」と「またやってみたい」が中程度の相関（0.639）であった．「共鳴はゲームを面白くした」は温度刺激の付加により有意差が見られた項目であり，共鳴機能により通信相手との一体感を高めることが「ゲームの面白さ」や「またやってみたい」という評価に影響したと考える．

(2) 感情伝達

コミュニケーションに関する相関分析の結果に注目すると，「共鳴がよく起こった」と「相手と対戦している感覚があった」が中程度の相関（0.517）があった．共鳴がよく発生することによって，対戦している感覚が強まることが分かった．

「アイコンが感情共有に役立った」と「相手の存在を身近に感じた」，「相手と対戦している感覚があった」が中程度の相関があった（それぞれ 0.540 と 0.467）．また，「温度刺激が感情共有に役立った」と「相手の存在を身近に感じた」，「相手と対戦している感覚があった」にも中程度の相関があった（それぞれ 0.653 と 0.449）．温度刺激の付加により強い感情表現が可能となって表現が豊かになり，相手を身近に感じ対戦している感覚が強まるのではないかと思われる．強い相関を持つ項目はなかった．

5. おわりに

本研究では利用者間において温度刺激と表情アイコンを伝達でき共鳴機能を持つシステム「Ther:com」を開発し，温度刺激により利用者間の感情表現を豊かに伝えることをめざした．評価実験として対戦パズルゲーム「ぷよぷよ」において本システムを用いて温度刺激を付加した場合と付加しなかった場合とを比較評価した．その結果，以下のことが分かった．

(1) 温度刺激を付加すると嬉しさの大アイコンの伝達回数が増加し有意差があった．その結果，小アイコン 45.4%，中アイコン 24.0%，大アイコン 30.6%となっており，使用されるアイコンの種類が分散していることが分かった．この結果から温度刺激を付加した場合の方が強い感情を伝達することができ，感情伝達をより豊かに行えたのではないかと考えられる．

(2) 温度刺激の付加により「相手の存在を身近に感じた」，「アイコンは感情共有に役立った」，「共鳴機能は感情共有に役立った」の評価で有意差があるほど評価が向上した．

(3) 温度刺激の付加によりゲームの面白さに関する評価項目「盛り上がり」「またやってみたい」「共鳴機能はゲームを面白くした」で有意差があるほど評価が向上した．

これらの結果により温度刺激を付加することは感情表現を豊かにすることができ，相手を身近に感じさせるだけでなく，ゲームの面白さも向上させることが分かった．

課題として，システムのインタフェースについて改良する必要があると思われる．またインターバルロックの時間には不満もあったが，ロックを感じさせないような対策は必要であると思われる．

参考文献

[1] Ishii, H. and Ullmer, B.: Tangible bits: Towards seamless interface between people, bit and atoms, *CHI'97*, pp.234–241 (1997).

[2] Munemori, J. and Yoshino, T.: The Prototype of Brain Model Hyper Communication Mechanisms, *Proc.*

© 2017 Information Processing Society of Japan

IEEE International Conference on Consumer Electronics 2002 (*ICCE 2002*), pp.232–233 (2002).
[3] 西村崇宏，土井幸輝，唐澤洋之，瀬尾明彦：指先での押下力と温度感覚特性の関係―接対象物との接触面積に基づく基礎的検討，日本感性工学会論文誌，Vol.13, No.3, pp.433–439 (2014).
[4] 濱村康司，松下光範：オノマトペ体感システムの実現に向けた冷温風提示システムの基礎研究，情報処理学会研究報告，Vol.2013-EC-28, No.6, pp.1–6 (2013).
[5] 宗森　純，萬谷僚太，伊藤淳子：相手との対戦感覚を高めるゲーム向け感情共有システムの提案と評価，情報処理学会論文誌，Vol.54, No.1, pp.318–329 (2013).
[6] 木村　鷹，伊藤淳子，宗森　純：ペルチェ素子を用いたゲーム向け温度知覚インターフェース，情報処理学会DICOMO2013，pp.1248–1254 (2013).
[7] チャパニス，A：人間相互のコミュニケーション，サイエンス，No.5, pp.62–69 (1975).
[8] 宗森　純，由井薗隆也，井上智雄：アイデア発想法と協同作業支援，共立出版 (2014).
[9] Brave, S. and Dahley, A.: inTouch: A Medium for Haptic Interpersonal Communication, *CHI'97*, pp.363–364 (1997).
[10] 山田裕子, 平野貴幸, 西本一志：Tangible Chat：キーボードチャットにおける触覚を利用した対話状況アウェアネスの伝達，情報処理学会研究報告，グループウェアとネットワークサービス，2002 (31), pp.103–108 (2002).
[11] 齋藤　匠，馬場哲晃，串山久美子：ComBand：遠隔地間における触覚コミュニケーションのためのリストバンド型デバイスおよび通信システムの提案，インタラクション 2015，pp.946–949 (2015).
[12] 佐藤淳太，門脇亜美，大津香織，坂内祐一，岡田謙一：順応効果を軽減できるパルス射出による香り提示手法，情報処理学会論文誌，Vol.49, No.8, pp.2922–2929 (2008).
[13] 馬場哲晃，笠松慶子，土井幸輝，串山久美子：温冷呈示を利用したビデオゲームインタラクションにおけるその手法の検討と開発，情報処理学会論文誌，Vol.53, No.3, pp.1082–1091 (2012).
[14] 藤田英徳，西本一志：Lovelet：離れている親しい人同士のためのぬくもりコミュニケーションメディア，インタラクション 2004 論文集，Vol.5, pp.221–222 (2004).
[15] 岩崎健一郎，味八木崇，暦本潤一：AffectPhone：生体情報を利用した電話型プレゼンス提示装置，情報処理学会インタラクション 2010 論文集 (2010).
[16] 田口聖久，三末和男，田中二郎：対人コミュニケーションの特性を支える温度情報をやり取りするモデルの研究，情報処理学会「マルチメディア，分散，協調とモバイル（DICOMO2011）シンポジウム」，pp.1498–1506 (2011).
[17] 香川健太郎，伊藤淳子，宗森　純：動画共有システムに与える直感的絵文字コメント投稿機能と感情共有機能の効果，情報処理学会論文誌，Vol.51, No.3, pp.770–783 (2010).
[18] ELECOM: Gamepad, JC-GMU3312SP, 入手先 ⟨http://www2.elecom.co.jp/game/gamepad/jc-gmu3312sp/⟩（参照 2016-04-01）.
[19] Arduino Uno, 入手先 ⟨http://arduino.cc/en/Main/arduinoBoardUno⟩（参照 2016-04-01）.
[20] ぷよぷよ，入手先 ⟨http://puyo.sega.jp/portal/index.html⟩（参照 2016-04-01）.「ぷよぷよ」は株式会社セガホールディングスの登録商標である.
[21] Jamieson, S.: Likert scales: How to (ab) use them, *Medical education*, Vol.38, No.12, pp.1217–1218 (2004).
[22] Carifio, J. and Peria, R.: Resolving the 50-year debate around using and misusing Likert scales, *Medical education*, Vol.42, No.12, pp.1150–1152 (2008).

宗森 純 （正会員）

1979 年名古屋工業大学電気工学科卒業．1981 年名古屋工業大学大学院工学研究科修士課程修了．1984 年東北大学大学院工学研究科電気及通信工学専攻博士課程修了．工学博士．同年三菱電機（株）入社．鹿児島大学工学部助教授，大阪大学基礎工学部助教授，和歌山大学システム情報学センター教授を経て，2002 年同大学システム工学部デザイン情報学科教授．1997 年度本会山下記念研究賞，1998 年度本会論文賞，2005 年 KES'05 Best Paper Award，2014 年度日本創造学会論文賞をそれぞれ受賞．本会グループウェアとネットワークサービス研究会主査，本会理事等を歴任．グループウェア，形式的記述技法，神経生理学等の研究に従事．IEEE，ACM，電子情報通信学会，日本創造学会各会員．本会フェロー．

木村 鷹

2015 年和歌山大学大学院システム工学研究科博士前期課程修了．同年凸版印刷株式会社入社．在学中グループウェアに関する研究に従事．

伊藤 淳子 （正会員）

2001 年大阪大学大学院基礎工学研究科情報数理系専攻博士前期課程修了．2005 年京都大学大学院情報学研究科知能情報学専攻博士課程単位取得退学．同年和歌山大学システム工学部助手．2007 年より同大学助教．工学修士．2006 年度本会第 63 回 GN 研究会優秀発表賞，2014 年度日本創造学会論文賞をそれぞれ受賞．対人コミュニケーション，対話における非言語情報とその表現，モバイルグループウェアに関する研究に従事．

© 2017 Information Processing Society of Japan