

温度刺激と表情アイコンによる リッチな遠隔地コミュニケーション支援システム「Ther:com」の開発

木村 鷹^{†1} 伊藤 淳子^{†2} 宗森 純^{†2}

本研究では温度刺激と表情アイコンを用いた遠隔地間のコミュニケーション支援を目標とする。提案システムとして温度知覚インターフェース「サーモアクター」、温度刺激と表情アイコンを用いたコミュニケーション支援システム「Ther:com」の開発を行った。評価実験により、温度刺激の付加によって「相手の存在を身近に感じる」や「相手（人間）と対戦している感覚があった」の評価が大きく向上した。また、ゲームの「楽しさ」や「盛り上がり」といったエンターテインメント性に大きく貢献することがわかった。

Ther:com: A Rich Communication Support System Using Thermal Stimulation and Emotional Icons

Taka Kimura^{†1} Junko Itou^{†2} Jun Munemori^{†2}

In this study we aim to support communications between players using a thermal stimulus. We propose a temperature perception interface named "ThermoActor" and a communication support system named "Ther:com" using expression icons. The results of experiments show that players feel "Existence of the partner close" and "There is a sense facing a human being" using "ThermoActor". ThermoActor also improves entertainment characteristics like "please" and "rising".

1. はじめに

PC を介した人と人とのコミュニケーションの手段として、主に動画像や音が使用されてきた。しかし、近年では五感を生かし、触覚や嗅覚などを利用したインターフェースの開発が盛んに行われている。中でもゲーム産業は次々と新しいインターフェースが開発されている分野の一つである。

我々はこれまでに触覚の中の温度感覚について注目し、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の開発[1]を行っており、その成果として、ゲームに対して温度刺激を出力する手法や温度刺激を出力した際の心理的な効果についての知見を得た。その中で「嬉しさ」や「悲しさ」といった感情は「熱さ」や「冷たさ」のイメージを内包していることがわかっており、通信相手に感情を伝達する手段として温度刺激の出力が有効ではないかと考えた。

温度刺激を出力インターフェースとして扱う関連研究として温度フィードバックモーションコントローラ[2]や藤田らの Lovelet[3]、馬場らの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[4]などがあるが、温度刺激により感情を表現することで遠隔地間のコミュニケーション支援を行った例はほとんどない。

そこで、本研究では通信ゲームにおける温度刺激と表情アイコンを用いたコミュニケーション支援を検討した。本研究の目標は温度刺激を用いたリッチな遠隔地間のコミュ

ニケーション支援である。温度知覚インターフェース「サーモアクター」とコミュニケーション支援システム「Ther:com」を提案し、これをゲームのコミュニケーションに適用する。

2. 温度知覚インターフェース: サーモアクター

2.1 ペルチェ素子

ペルチェ素子とは電流を流すとペルチェ効果により温度変化を起こす部品である。ペルチェ効果について、異なる金属の間に電流を流すと片面が発熱し、もう一方が吸熱する反応である。これを図 1 に示す。本研究ではこのペルチェ素子を用いた温度刺激による温度知覚インターフェースを提案する。

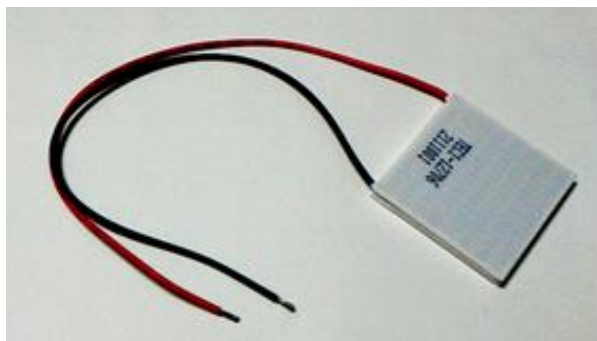


図 1: ペルチェ素子

^{†1} 和歌山大学大学院システム工学研究科
Graduate School of Systems Engineering, Wakayama University

^{†2} 和歌山大学システム工学部
Faculty of Systems Engineering, Wakayama University

2.2 サーマクター

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ー型の温度知覚インターフェース「サーモアクター(ThermoActor)」(図2)の開発を行った。これはELECOMのゲームパッド(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を行うという構成である。

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4cm四方のペルチェ素子(TEC1-12706)を2枚使用する。また、ペルチェ素子に供給する電源として15V1.6AのACアダプタを用いた。

温度刺激の制御はArduino(AVRマイコン[5])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。温度刺激の強さに関しては、ArduinoのAD変換を用いてペルチェ素子に供給する電流の大きさを調節することにより制御できる。また、冷温の切り替えに関しては、リレー(LY2 DC24V)を用いてペルチェ素子に供給する電流の正負を入れ替えることにより変更可能である。

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、冷温の切り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。

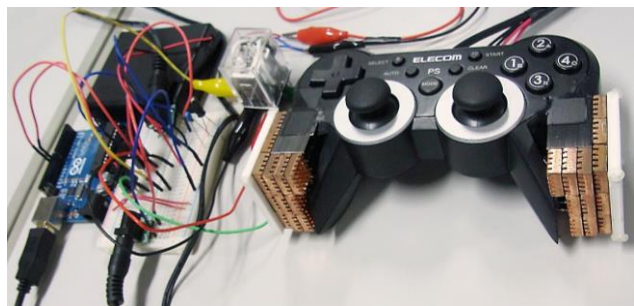


図2：温度知覚インターフェース「サーモアクター」

3. 温度刺激と表情アイコンによるコミュニケーション支援システム「Ther:com」

温度刺激を用いて遠隔地間のよりリッチなコミュニケーションを支援することを目的としたシステム「Ther:com」(図3)の開発を行った。

通信を利用したコンシューマーゲームやオンラインゲームでは複数人で協力してプレイする場面や、対戦する場面が多く存在する。そこで通信ゲームにおける遠隔地間のコミュニケーション支援が求められる機会も多いと考えた。本システムではゲームの操作を継続しながら簡単にコミュニケーションをとることが可能な機能を提案する。

3.1 感情伝達機能

通信相手に対して、プレイヤーがゲーム中に感じた喜びや悔しさなどの感情を「温度刺激」と「表情アイコン」で伝えることによりコミュニケーションを支援する「感情伝達機能」を実装した。



図3：Ther:comの画面

コントローラー側面にある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。コントローラーのボタンと感情の割り当てを図4に示す。

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。表情アイコンの変化について、図5に示す。

温度刺激の伝達条件について図6に示す。例えば、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共に温度刺激(強)が付加されて相手に伝達される。



図4：温度伝達機能の使用方法



図 5：表情アイコンの変化



図 6：「熱さ」の伝達条件

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。表情アイコンを用いるシステム[6]は既存のものでも少なくないが、本システムでは温度刺激を付加することにより、感情の表現を触覚に対しても伝え、体感することができ、よりリッチなコミュニケーションを実現することが期待できる。

3.2 共鳴機能

通信相手と繋がっている感覚をより高めようとする機能である。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、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特別な演出を行うものである。

共鳴が発生した場合の画面を図 7、共鳴する条件を表 1 に示す。表 1 について表の上側を自分、表の左側を相手、○は共鳴が発生、×は共鳴が起らないことを示す。

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み合わせが表 1 の条件に合致する組み合わせであれば、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。

本機能は遠隔地間のコミュニケーションにおいて、相手と感情を共有している感覚を強め一体感を作り上げ、場面を大きく盛り上げることが考えられる。



図 7：共鳴が発生した画面

表 1：共鳴する条件

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

3.3 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「インターバルロック機能」を実装した。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取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。

図 8 のようにインターバルロック中は Ther.com の画面に鍵の画像と、後何秒で解除されるかという情報が表示される。この間、温度刺激の伝達はロックされるが表情アイコンの伝達に制限はない。



図 8：インターバルロック機能

3.4 入力キャンセル機能

L1&R1 または L2&R2 を同時押しすることで一度入力した表情アイコンや温度刺激をキャンセルすることができる「入力キャンセル機能」を実装した。

誤操作で入力したアイコンや温度刺激を取り消すことや、ゲームの状況が変化し別のアイコンを入力したい場合などに利用することができる。

4. 予備実験 1：温度刺激の評価

4.1 実験概要

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種類について評価を行った。被験者にサーモアクターを手に持ってもらい、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。実験目的はそれぞれの温度刺激が知覚可能か、温度設定が適切か検証することである。

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カウンターバランスをとった。実験の様子は図9に示す。

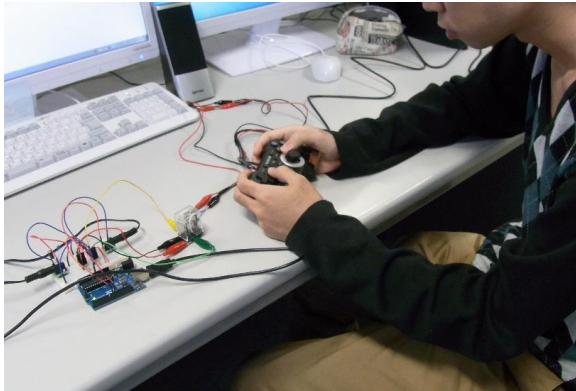


図9：予備実験①の様子

4.2 実験結果

アンケート結果を表2に示す。5段階評価は「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, 9名の平均値を示す。

表2：温度刺激に対する評価

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

4.3 考察

温度刺激の知覚について、全て4.5以上の評価であり十分に知覚可能であることがわかった。

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。また、冷たさ弱は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思われる。

5. 予備実験 2：サーモアクターの評価

5.1 実験概要

ハードウェアであるサーモアクターについて評価するため、評価実験を行った。通信対戦パズルゲーム「テトリスオンライン[4]」の通信対戦において、伝達される温度刺激により対戦相手の感情を体感しながらプレイしてもらった後、評価アンケートを実施した。実験目的はサーモアクターの使用感の評価、そしてゲームプレイ中、どの程度温度刺激を認識できるか検証することである。

被験者は和歌山大学の学生9名で、条件としてコントローラーにより操作するゲームの経験が一年以上あり、コントローラーの操作に慣れている方に評価してもらった。

被験者にはテトリスオンラインの対戦を約10分行ってもらい、その間ゲームの状況に合わせた通信相手の感情を温度刺激により伝達した。伝達した刺激は「熱さ強/熱さ弱、冷たさ強/冷たさ弱」の4種類であり、1回あたりの出力時間は2秒間である。実験の様子は図10に示す。

伝達条件として、「熱さ」は通信相手が嬉しい場面や挑発する場面、「冷たさ」は通信相手が悲しい場面や悔しい場面において出力した。温度刺激の強弱は感情の強さを表し、ゲームの状況に合わせて刺激の強弱を設定した。

温度刺激の伝達について、本実験は「Ther:com」の完成前の実施であるため、筆者が通信相手のゲーム画面を見ながら上記の伝達条件を基準として被験者に温度刺激を提示した。ただし、被験者には「対戦相手がゲームの状況に合わせて温度刺激を伝達している」と想定してもらい、その上で評価してもらった。

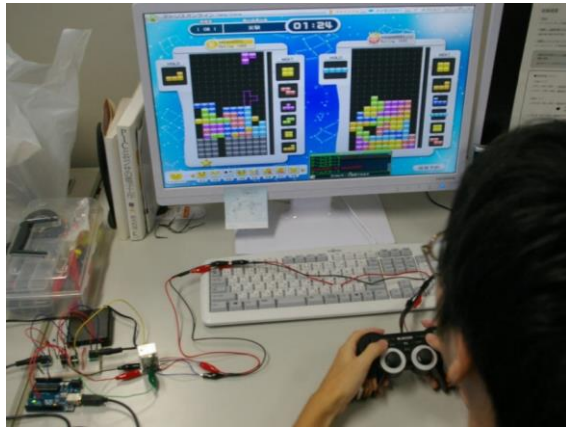


図 20：予備実験②の様子

5.2 実験結果

アンケート結果を表 3～表 5 に示す。5 段階評価は「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, 9 名の平均値を示す。

表 3：サーモアクターの使用感に対する評価

質問項目	評価
持ちやすかったか?	4.2
操作しやすかったか?	4.3
重さはどうか? (1: 重い, 3: どちらでもない, 5: 軽い)	2.8

表 4：ゲーム中の温度刺激に対する評価

質問項目	評価
(1) 温度刺激により通信対戦は楽しかったか?	4.4
(2) 温度変化の早さ (1: 遅かった, 3: どちらでもない, 5: 早かった)	4.0
(3) ゲーム中, 温度刺激の強弱はよくわかったか?	3.0
(4) 温度刺激の強さ 2 段階は適切か? (1: 少なくすべき, 3: 適切, 5: 増やすべき)	3.0

表 5：温度刺激による感情表現に対する評価

質問項目	評価
(1) 通信相手が嬉しい場面や挑発する場面に「熱さ」の出力は適切か?	4.4
(2) 通信相手が悲しい場面や悔しい場面に「冷たさ」の出力は適切か?	4.2
(3) 温度刺激に通信相手の感情表現を感じたか?	4.3
(4) 温度刺激と表情アイコンによるコミュニケーション支援は可能だと思うか?	4.4

5.3 考察

(1) 表 3 について, 持ちやすさは 4.2, 操作しやすさ 4.3 であり高評価であった。重さは 2.8 であり, 特に操作に支障はないという評価であった。サーモアクターはペルチェ素子の放熱用に持ち手に銅のヒートシンクを設置しており, 通常のコントローラーより重量が増していたが特に影響は見られなかった。

自由記述では「見た目以上に持ちやすかった」「特に操作に支障がなく, 違和感もなかった」「ペルチェ素子が手のひらにくっつき, 温度刺激をはっきり感じられた」とサーモアクターの使用感について高評価を得ることができた。

(2) 表 4 について, 「温度刺激により通信対戦は楽しかったか」は 4.4 と高い評価であり, 楽しさの向上が見られた。

「ゲーム中, 温度刺激の強弱はよくわかったか?」という質問は 3.0 で「どちらでもない」という評価であった。自由記述では「ゲームに集中すると強弱が分かりづらくなる」という意見が多数あった。本システムでは温度刺激の強弱により感情の強さを表現しているため, はっきりと温度刺激の強弱をつける必要がある。対策として, 刺激の強弱だけでなく出力時間の長さも変え, さらに強弱の差をつける必要があると考えた。

(3) 表 5 について「温度刺激に通信相手の感情表現を感じたか?」は 4.3 であり, 「温度刺激と表情アイコンによるコミュニケーション支援は可能だと思うか」は 4.4 とコミュニケーションに関する質問について高評価であった。今回の実験は「Ther:com」を利用した場合を想定して評価したため, システム完成後も本研究の目標であるコミュニケーション支援に関して高い評価が期待できると考えた。

6. 適用実験：Ther:com の評価

6.1 実験概要

温度刺激と表情アイコンによるコミュニケーション支援システム「Ther:com」の評価するため, 比較実験を行った。

比較対象として「①ぷよぷよ[5]のみ」「②ぷよぷよ+Ther:com(表情アイコンのみ)」「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。本システムの本来の使い方は③である。

実験の方法として, 通信対戦パズルゲーム「ぷよぷよ」の通信対戦において, 上記の①～③の方法によりコミュニケーションを行いながら約 5 分プレイしてもらった後, 評価アンケートを実施した。

被験者は和歌山大学の学生 10 名で, 2 人 1 組で離れた別々の部屋に分かれて実験を行った。条件としてコントローラーにより操作するゲームの経験が一年以上あり, ぷよぷよのプレイ経験がある方に評価してもらった。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。実験の様子は図 11 に示す。



図 11：比較実験の様子

6.2 実験結果

システムログの集計を表 6～表 9 に示す。アイコンの伝達回数について、10 名の合計を表 6、表 7 に示す。共鳴の発生回数について 5 組の合計を表 8、表 9 に示す。

ログの有意差検定の方法について、アイコンの伝達回数や共鳴の発生回数は間隔尺度に分類される。間隔尺度の評価については、パラメトリック検定が使用される。

本実験では「t 検定」を使用し、表 6 と表 7、表 8 と表 9 のそれぞれの感情について被験者 10 名のログを用いて有意差検定を行った。

「*」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 6：アイコンの伝達回数合計
(ぶよぶよ+アイコン)

ぶよぶよ +アイコン	嬉しさ	挑発	悲しさ	悔しさ
小	53*	13	34	9
中	9	2	11	2
大	5	5	6	5

表 7：アイコンの伝達回数合計
(ぶよぶよ+アイコン+温度刺激)

ぶよぶよ +アイコン +温度刺激	嬉しさ	挑発	悲しさ	悔しさ
小	24	2	22	15
中	14	6	9	4
大	15	8	8	15

表 8：共鳴の発生回数合計
(ぶよぶよ+アイコン)

ぶよぶよ +アイコン	嬉しさ	挑発	悲しさ	悔しさ
嬉しさ	-	-	4	1
挑発	-	-	1	0
悲しさ	8	5	-	-
悔しさ	4	1	-	-

表 9：共鳴の発生回数合計
(ぶよぶよ+アイコン+温度刺激)

ぶよぶよ +アイコン +温度刺激	嬉しさ	挑発	悲しさ	悔しさ
嬉しさ	-	-	2	3
挑発	-	-	3	1
悲しさ	5	1	-	-
悔しさ	9	1	-	-

アンケート結果を表 10～表 14 に示す。5 段階評価は「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、10 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、わかりやすくするため平均値を示す。

アンケートの有意差検定の方法について述べる。本実験で行った 5 段階評価によるアンケートは順序尺度に分類される。順序尺度の評価については、ノンパラメトリック検定が使用される。その中でも、さらに比較する群数により使用される検定方法が異なる。

本実験では表 6、表 7 は三群比較であるため「クラスカル・ウォリス検定」を使用し、表 8、表 9 は二群比較であるため「マンホイットニ検定」を使用して有意差検定を行う。

「*」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 7 については、「ぶよぶよのみ」と有意差があったものに印を付ける。

表 10：システムの使いやすさに対する評価

質問項目	ぶよぶよ のみ	ぶよぶよ +アイコン	ぶよぶよ +アイコン +温度刺激
使い方がわかりやすい	4.7	4.4	4.2
使い勝手が良い	4.4	4.0	3.9
画面が見やすい	4.6	3.9	4.2
プレイに支障がない	-	3.3	3.6
ゲーム本体の操作がしやすい	4.6	4.2	4.2

表 11：コミュニケーションに対する評価

質問項目	ぶよぶよのみ	ぶよぶよ+アイコン	ぶよぶよ+アイコン+温度刺激
楽しかった	3.8	4.1	4.6*
相手の存在を身近に感じた	2.0	3.4*	4.4**
盛り上がった	2.9	3.4	4.4**
自分の感情をうまく伝えられた	1.1	3.5**	4.1**
相手の感情がよくわかった	1.4	3.9**	4.6**
またやってみたい	3.3	3.6	4.5*
相手(人間)と対戦している感覚があった	2.9	3.9	4.6**

表 12：表情アイコンに対する評価

質問項目	ぶよぶよ+アイコン	ぶよぶよ+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)	3.4	3.3
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	3.1	3.8
思い通りアイコンの強弱を入力できた	2.9	3.3
アイコンは感情共有に役立った	3.8	4.4*
アイコンの大きさの変化は自分の直観に合っている	4.2	4.0
ボタンは押しやすかった	3.8	4.1
ボタンを頻繁に押した	3.5	3.7
相手はボタンを頻繁に押した	3.3	3.8

表 13：共鳴機能に対する評価

質問項目	ぶよぶよ+アイコン	ぶよぶよ+アイコン+温度刺激
共鳴機能は感情共有に役立った	3.7	4.3
共鳴はよく起こった	3.1	3.6
共鳴機能はゲームを面白くした	3.5	4.4*

表 14：温度刺激に対する評価

質問項目	評価
温度刺激は感情共有に役立った	4.2
温度刺激はゲームを面白くした	4.4
「熱さ」の刺激はよく起こった	3.7
「冷たさ」の刺激はよく起こった	4.0
「熱さ」の強弱の違いはよく分かった	3.0
「冷たさ」の強弱の違いはよく分かった	2.6
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

6.3 考察

まずシステムのログについて検討する。

(1)表 6, 表 7 について, 「ぶよぶよ+アイコン」の感情伝達回数の合計は 154 回, 「ぶよぶよ+アイコン+温度刺激」は 143 回であった。温度刺激の付加によるアイコン伝達回数の影響は見られなかった。

「ぶよぶよ+アイコン」の嬉しさ(小)について, 温度刺激を付加した場合と比べて有意差が見られた。これはアイコンのみの場合の方が嬉しさ(小)が多く押されていることを示す。それぞれの表を比較すると, 「ぶよぶよ+アイコン」は各感情の強さ(小)であるものが多く使用されていることがわかる。また, 「ぶよぶよ+アイコン+温度刺激」に注目すると感情の強さがある程度分散していることがわかる。この結果から温度刺激を付加した場合の方が, 自分に適切な感情の強さを選択して伝達しようとする意識が強く, より豊かなコミュニケーションに繋がることが推測される。

(2)表 8, 表 9 について, 「ぶよぶよ+アイコン」の共鳴の発生回数の合計は 24 回, 「ぶよぶよ+アイコン+温度刺激」は 25 回であった。共鳴機能に関しては, 温度刺激の付加により発生回数に影響は見られなかった。

次に, アンケート結果について検討する。

(3)表 10 について, 使い方や使い勝手, 画面の見易さなど各項目で高い評価を得ることができ, 初めてシステムを利用する方でも十分使いこなすことのできるシステムであると考え。三郡の間で有意差はなく, 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特に見られなかった。

「プレイに支障はなかったか」の質問に対して 3.3 と 3.6 の評価でどちらかといえば支障がないという評価となった。自由記述で「ゲーム画面と Ther:com の画面の視線移動がわずらわしく感じた」という意見もあり, なるべく視線移動の距離が短くなるようにすることで評価が向上するのではないかと考える。

(4)表 11 について, 「ぶよぶよ+アイコン+温度刺激」の全ての項目で「ぶよぶよのみ」と比較して有意差が見られ, 温度刺激の付加によってコミュニケーションの評価の大きな向上が見られた。

特に「楽しさ」は 4.6, 「盛り上がり」は 4.4 でありゲームのエンターテインメント要素に大きく貢献した。また, 「相手の存在を身近に感じた」は 4.1, 「相手(人間)と対戦している感覚があった」は 4.6 であり温度刺激を伝達することで遠隔地の対戦相手をより身近に感じさせることがわかった。

(4)表 12 について, 感情は 4 種類, 強さは 3 段階で適切であるという評価であった。

「思い通りアイコンを入力できたか」は 3.1 と 3.8, 「思い通りアイコンの強弱を入力できたか」は 2.9 と 3.3 で共

にどちらでもないという評価だった。自由記述では「ボタンと表情アイコンの対応が覚えられなかった」や「プレイに集中すると、ゲージを見ながら強弱を設定できないところがあった」など、まだアイコン入力がいまいちできていないことがあることがわかった。対策としてボタンの割り当てを常に Ther:com 上で表示し、ゲージの溜まる早さを短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」の質問で、温度刺激を付加した場合に有意差が見られた。これは(1)で考察したように温度刺激を付加した方が、感情の強さをお互いに意識して豊かなコミュニケーションとなり、評価の向上が見られたことが考えられる。

(5)表 13 について、「共鳴機能は感情共有に役立った」は 3.7 と 4.3 で役立ったという評価であった。

「共鳴機能はゲームを面白くした」の項目では、温度刺激を付加した場合で有意差が見られた。自由記述では「温度刺激があったほうがおもしろい」や「アイコンのみだと物足りなく感じる」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、面白さに繋がっていることが考えられる。

(6)表 14 について、「温度刺激は感情共有に役立った」は 4.2, 「温度刺激はゲームを面白くした」は 4.4 であり、温度刺激はコミュニケーション支援だけでなく、エンターテインメント性の向上にも大きく影響することがわかる。

「熱さの強弱がよく分かったか」は 3.0, 「冷たさの強弱がよく分かったか」は 2.6 でどちらでもないであった。予備実験 2 の結果から、温度刺激の強さだけでなく、提示時間の長短についても差をつけたが特に評価の向上につながらなかったように感じる。しかしながら、温度刺激の強弱が判別できないことで他の項目に影響を与えているように見え、温度刺激の強弱についてはエンターテインメント性やコミュニケーションに大して大きく関係しないのではないかと考える。

7. まとめと今後の予定

本研究では温度刺激と表情アイコンを用いた遠隔地間のコミュニケーション支援を目標とする。温度知覚インターフェース「サーモアクター」、温度刺激と表情アイコンを用いたコミュニケーション支援システム「Ther:com」を提案し、実験に適用した。

感情伝達機能や共鳴機能により感情を「温度刺激」という体感できる刺激として伝え合うことが可能となる。これによりリッチな感情表現が可能となり一体感を強め、今までにない新たな遠隔地間のコミュニケーション支援に繋げる狙いがある。

評価実験により、温度刺激の付加によって本研究の目標であるコミュニケーション支援の項目で特に「相手の存在

を身近に感じる」や「相手(人間)と対戦している感覚があった」の評価を大きく向上することがわかり、よりリッチなコミュニケーション支援を行うことができたと推測される。また、ゲームの「楽しさ」や「盛り上がり」といったエンターテインメント性に大きく貢献することがわかった。今後は評価実験の際の意見を元に、使用感の改善を行い、より簡単に直感的に表情アイコンと温度刺激を伝達できるような機能を考えたい。

謝辞 温度刺激と表情アイコンによるリッチな遠隔地コミュニケーション支援システム「Ther:com」の作成にご協力頂いた皆様に、謹んで感謝の意を表する。

参考文献

- 1) 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 DICO2013, pp.1248 - 1254 (2013)
- 2) SONY, 温度フィードバックを提供するモーションコントローラ,
URL: <http://astamuse.com/ja/published/JP/No/2012217861>
- 3) 藤田英徳, 西本一志: Lovelet: 気温データの常時伝達による思いやり通信メディア, 電子情報通信学会技術研究報告. HCS, ヒューマンコミュニケーション基礎 103(742), pp. 1-6, (2004)
- 4) 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, 情報処理学会研究報告, 2010-EC-17(11), pp/1-6 (2010).
- 5) Arduino Uno
URL: <http://arduino.cc/en/Main/arduinoBoardUno>
- 6) 萬谷僚太, 伊藤淳子, 宗森純: 圧力センサを用いた対戦型ゲーム向け感情共有システム, 情報処理学会関西支部支部大会, F-08, 2011.
- 7) テトリスオンライン
URL: <http://tetrisonline.pl/top/>
- 8) セガ: ぷよぷよ,
URL: <http://puyo.sega.jp/>