

温感呈示による情動制御手法の効果の検証

牛尾 大翔^{1,†1} 黒田 千晶² 水口 充^{1,a)}

概要：身体的な変化の知覚が情動となるというソマティック説，あるいは中核的關係主題は身体的反応を通じて評価されるとする身体的評価説に基づけば，外界からの刺激を通して情動を誘発できる可能性がある．我々は温冷覚の呈示により体験者の興奮状態や安静状態を引き起す手法について検討してきた．本稿では，ゲームにおいて興奮度が高まる状況において温感を呈示することの効果を検証したので報告する．

1. はじめに

近年コンピュータを利用したエンタテインメント作品では映像や音響などによる表現に加えて，様々な感覚を通じてユーザの情動を喚起させている．例えばビデオゲームではコントローラによる振動を利用している．また，4DX という映画上映システムでは座席の動き，風，水，香り，煙などを利用している．

我々は温度感覚の利用について検討し，スロットゲームに連動する温度呈示装置の開発 [1]，既存のゲームコンテンツに対して温度呈示を付与するシステムの開発 [2] を行ってきた．本稿では，温感呈示による情動制御の効果の検証を行ったので報告する．

2. 実験

2.1 概要

我々のこれまでの研究では，ビデオゲームにおいてプレイヤーが興奮するような状況に合わせて温感を呈示するシステムを作成した．しかし，温感呈示の効果を検証するためには，インタラクティブ性が含まれると比較が困難であることが予想される．そこで，予め録画したゲーム映像に合わせて温感を呈示することにした．

使用した実験システムを図 1 に，実験システムの構成を図 2 に示す．

温感呈示装置にはペルチェ素子を用い，Arduino UNO とモータードライバを使用して PWM 制御した．ゲーム映像はコンピュータ上で再生し，その映像の内容に合わせて実験者が予め設定したタイミングで温感呈示装置を制御し温度を調節した．

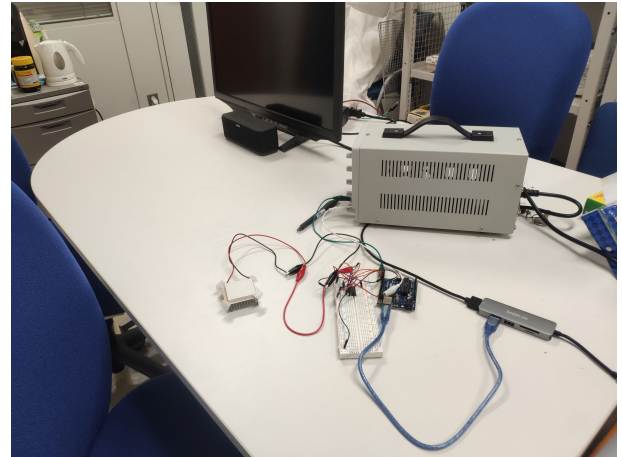


図 1 実験システム概要

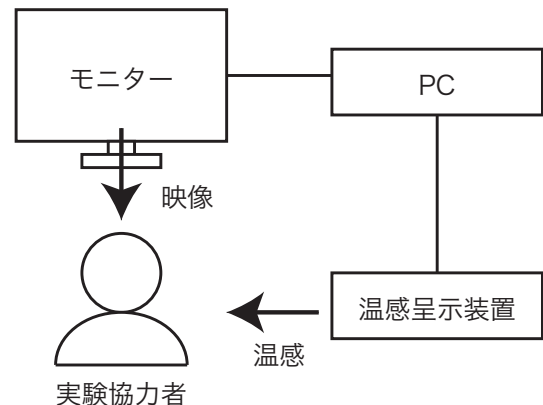


図 2 実験システムの構成

¹ 京都産業大学大学院先端情報学研究科

² 京都産業大学情報理工学部

^{†1} 現在，株式会社インタースペース

^{a)} mmmina@cc.kyoto-su.ac.jp

ゲーム映像には任天堂発売のゲーム「スプラトゥーン2」を使用した。スプラトゥーン2は4人のプレイヤーが1チームとなり2チームが対戦するTPS (Third-Person Shooter) タイプのゲームである。

スプラトゥーン2のルールには勝利条件が異なる5種類がある。本実験ではナワバリバトルとガチャグラの2つのルールのゲーム映像を使用した。

ナワバリバトルは3分のゲーム時間終了時点で自チームのインクで塗った面積が多いチームが勝利となるが、ゲーム状況はマップを開かないと分かりにくいいため、実験協力者は主に敵との撃ち合いを見ることになる。そこで、プレイヤーキャラクタと敵が撃ち合っている状況で温感呈示をすることにした。

ガチャグラは、温感呈示のタイミングのバリエーションを増やすために採用した。このルールでは、ヤグラというオブジェクトにプレイヤーキャラクタが乗って敵陣に進め、より多く進めたチームが勝利となる。このヤグラの進行度はゲーム画面上部に表示されているため、実験協力者はゲーム状況を理解しやすい。そこで、自チーム側の有利状況に合わせて温感呈示することにした。

整理すると、温感呈示のタイミングは次の2種類とした。
接敵時

敵プレイヤーとの戦闘時（撃ち合っている場面）で温感を呈示し、戦闘終了後に温感呈示を止める。

戦況

自チーム側がヤグラを進めている際に温感呈示を行い、敵側が進めている際には行わない。ヤグラの進め始めは所定の呈示温度の50%の温度とし、15秒ごとに25%ずつ出力を上げていく。

2.2 手順

実験協力者にはまず実験内容について説明し、使用したゲームに関する知識を確認した。また、映像の視聴に問題が無いか確認してもらった。次に、温感呈示装置に触れてもらい、少し熱く感じる程度を100%の出力での呈示温度とするように設定した。

以上の準備の後、実験協力者にはナワバリバトルの映像4本を1回ずつと、ガチャグラの映像を1本を3回視聴してもらった。ナワバリバトルの映像はそれぞれ2本ずつで温感呈示有りと無しとした。ガチャグラの映像3回ではそれぞれ、温感呈示無し、接敵時に温感呈示、戦況に応じて温感呈示、とした。同じ映像を繰り返し視聴すると試合展開を覚えてしまう可能性を考慮して、ナワバリバトルの映像はそれぞれ異なるものとした。一方、ガチャグラの映像は温感呈示のタイミングの違いを比較するために同じ映像を使用することにした。

ナワバリバトルでの温感呈示の有無、ガチャグラでの温感呈示のタイミングの順序は実験協力者ごとに変更した。

映像の視聴順の例を表1に示す。

表1 実験映像の視聴順の例

順番	映像の種類	時間	温感呈示の種類
1	ナワバリバトル1	3分	あり(接敵)
2	ナワバリバトル2	3分	なし
3	ナワバリバトル3	3分	あり(接敵)
4	ナワバリバトル4	3分	なし
5	ガチャグラ	5分	あり(接敵)
6	ガチャグラ	5分	あり(戦況)
7	ガチャグラ	5分	なし

映像の視聴終了後、アンケートを実施し、スプラトゥーン2を実際にプレイしたことがあるか、温感呈示に気づいたかどうか、様々な情動を感じたかどうかを温感呈示の有無で比較して5段階の評価尺度(図3)で回答してもらった。情動は楽しさ、面白さ、冷静さ、興奮、焦り、緊張の6種類とした。

1. 楽しさ

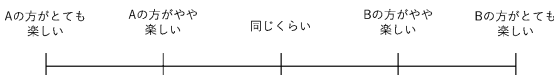


図3 情動ごとの評価尺度。Aは温感呈示なし、Bは温感呈示あり。

アンケートに回答してもらった後インタビューを行い、実験を終了した。インタビューは以下の設問とした。

- (1) 映像の内容は理解できましたか
- (2) 普段はどんなゲームをしますか
- (3) 温度変化についてはどう感じましたか
- (4) 温感呈示はあった方がよかったですか
- (5) 温度変化があるときとないときではどんな違いがありましたか
- (6) 温感呈示のタイミングや温度はどうでしたか
- (7) どのパターンが良かったですか
- (8) その他気づいたことやコメント

実験協力者は京都産業大学の大学生・大学院生10名であった。本実験は京都産業大学研究倫理委員会の承認(京産大倫理第0148号)を得て行った。

3. 結果

3.1 アンケート

実験前の確認では実験協力者は全員使用したゲームを知っていた。実際にプレイしたことがある実験協力者は2名で、残りの8名はゲームのプレイ動画などを見たことがある程度であった。

温度変化は全員が気付いたと回答した。

実験協力者ごとの、各種情動に対する回答を表2に示す。なお値は、温感呈示無し(A)の「とても」を-2、「や

や」を-1, 同程度を 0, 温感呈示あり (B) の「やや」を 1, 「とても」を 2 として表記している。

表 2 情動に関するアンケート結果

	協力者 1	協力者 2	協力者 3	協力者 4	協力者 5
楽しさ	1	1	1	2	0
面白さ	1	1	0	1	0
冷静さ	-2	-1	1	-1	-1
興奮	1	1	1	1	0
焦り	2	1	-1	1	0
緊張	0	1	0	2	1

	協力者 6	協力者 7	協力者 8	協力者 9	協力者 10
楽しさ	1	2	1	0	0
面白さ	2	1	0	0	0
冷静さ	0	2	-1	1	-2
興奮	0	0	1	-1	0
焦り	1	2	1	-1	0
緊張	1	1	0	0	1

3.2 インタビュー結果

以下, インタビューの各質問ごとに特徴的であった回答を記載する。

(1) 映像の内容は理解してもらえましたか

- 全員が理解したと回答した。

(2) 普段はどんなゲームをしますか

- FPS (First-Person Shooter) ゲーム (協力者 1, 2, 5, 6)
- パズルなど静かなゲーム (協力者 9)

(3) 温度変化についてはどう感じましたか

- 温度変化があることによって興奮度が高くなり, 楽しめた (協力者 1)
- 動画中で攻防があるときにうまく温度が呈示されていて, プレイしているのと同じような面白さがあった (協力者 4)
- 温度変化があると, 焦っているときに落ち着いてしまう (協力者 3)
- ない方が集中してみられる, 2 回目くらいで熱かった (協力者 10)

(4) 温感呈示はあった方がよかったですか

- 激アツポイント (見せ場) がわかりやすかった (協力者 1)
- あった方が体験が一つ増える (協力者 7)
- 対戦形式でも温感呈示のタイミングが重要 (優勢のときにあったかくなるなど). タイミングがズレると上の質問のように落ち着いたり, 客観的になる (協力者 3)
- ない方が集中して見られる (協力者 9)

(5) 温度変化があるときとないときではどんな違いがありましたか

- 温度変化があるときの方が打ち合っている緊張感が出る. ある方が危機迫る感じがする (協力者 2)
- 温度変化がないときと比べると, ある方がいつも以上に情動の幅が大きくなる (協力者 4)
- 温感呈示があるときに, 若干発汗して手とかが湿っぽくなった. 危ないシーンや緊迫した場面でドキドキしたが, 映像によるものなのか温度によるものなのかはわからない (協力者 5)
- 温度変化があるときの方が焦りとかが増えた (協力者 7)
- 温度が熱くなると画面から目が逸れる. ない時の方が見やすい. (協力者 10)

(6) 温感呈示のタイミングや温度はどうでしたか

- タイミングはよかった. 温度は若干熱い (温かい) は超えているくらい (協力者 1)
- タイミングは最初がラグがあるのかな? と思ったが, 戦闘のときにはいい感じになっていた (協力者 4)
- タイミングは敵の方が優勢になったときに熱くなって, 「負けないで!」となった. 温度は熱すぎるということもなかった (協力者 8)
- 許容範囲ではあるが続けてやっていると熱かった (協力者 5)

(7) どのパターンが良かったですか

- パターンの違いを意識していなかった. ゲームをやったことがなくてわからなかった (協力者 3)
- 違うのは気づいたけど, どう違ったのかはわからない (協力者 5)
- 何が違ったのかわからなかった, 気にしていなかった (協力者 9)

(8) その他気づいたことやコメント

- やられて焦りそうなどときでも手に感じた温かさで逆に落ち着いてしまうことがあった (協力者 3)
- 自身は普段から汗をよく手にかく為, ゲームに熱中しているときなどは特にかく. 今回は動画を見る形態であったが, 攻防の激しい場合などで手が温かくなると, 熱中したような感覚になって, 実際に自分でゲームをしているときに温感呈示があるとよりアツい戦闘を楽しめそうだと感じた. (協力者 4)
- 最初の温度変化ありの時は, 熱いまではいかなかったが後半になるにつれて最も熱いと感じる程度が高くなっていったように思える. (協力者 5)

4. 考察

表 2 の回答結果について検定を行った結果を表 3 に示す. 帰無仮説を「情動の変化がなかった (平均が 0 となる)」, 対立仮説を「情動の変化があった (平均が 0 でなかった)」

とし、それぞれの情動に対して1標本両側t検定を行い、有意水準を0.05とした。

表3 各情動に対する検定結果

	平均	t 値	p 値	有意差
楽しさ	0.9	3.8571	0.003864	あり
面白さ	0.6	2.7136	0.02386	あり
冷静さ	-0.4	-0.93704	0.3732	なし
興奮	0.4	1.8091	0.1039	なし
焦り	0.6	1.765	0.1114	なし
緊張	0.7	3.2796	0.009535	あり

楽しさ、面白さ、緊張に関しては有意差が認められたが、冷静さ、興奮、焦りに関しては有意差は認められなかった。有意差が認められなかった情動に関しては温度変化がない方が良かったという意見が多かった。これは、インタビュー結果でも言及されているように、温感呈示があることで集中できなかった影響であると考えられる。

インタビュー結果については、温度変化についてはどう感じましたかという質問において、興奮や緊張、実際にプレイしている際の臨場感などがあったという意見があった一方、焦っている際に提示されると落ち着いてしまうという意見や、無い方が集中できると意見があった。無い方が集中できると言った意見に関しては暖かさで逆に安心感を覚えてしまったり、温感呈示を長時間続けた際に体感する温度が熱くなりすぎたため視聴に集中できなかったという意見があった。このように、温感呈示の感じ方には個人差が大きいようであった。

ガチャグラのゲームルールでは、温感呈示のタイミングとして接敵時と戦況の2種類を用意したが、ほとんどの協力者はこれらの違いを感じていなかった。戦況に応じた温感呈示は自身のチームが有利な状態にある場合に行っていたが、そのような状況下では自然と接敵が多くなるため感じ方に違いが出にくかった可能性がある。また、実際にプレイ経験のある実験協力者が少なかったことも要因として考えられる。より有効的な温感呈示のタイミングに関してはさらに検討する余地がある。

5. 関連研究

情動に起因する血流量などの生体反応による体温の変化については、特に鼻部皮膚温に現れやすいことが知られており、情動の計測手法として多数研究がなされている。

本研究と同様の、外部からの温度刺激によって情動を制御する研究としては、例えば森万らは鼻部皮膚の温度制御によって作業能率を向上させる試みを行った[4]。その結果、加熱時には緊張が和らぐためパフォーマンスが下がり、冷却時には緊張が増加するためパフォーマンスが向上した。また、冷感によって気が散ってしまうなどの問題を指摘している。我々の実験では緊迫した状況で温感を呈示

したが、部位による効果の違いや対象とする情動の種類についてはさらに調査する必要がある。

また、中茂らは手掌部への温感情報呈示を通じて視覚情報に対する印象の変化を評価した[3]。操作デバイスのマウスにペルチェ素子を取り付け、料理画像をクリックすると温感を呈示する実験を行った。常温よりも高い温度で食べる料理に対しては温感を呈示すると美味しそうという印象評価が増え、常温もしくは常温より低い温度で食べる料理に対しては温感を呈示すると美味しくなさそうという評価が増えた。この温感情報の利用方法は表象に基づくものであり生体反応とは異なるが、温感によって現象を連想する効果についても今後検討していく必要がある。

6. まとめ

温感呈示による情動制御の効果を検証するために、ゲーム映像に合わせて温感呈示を行い、温感呈示の有無で感じ方を比較する実験を行った。その結果、使用したゲームの内容では楽しさ、面白さ、緊張の情動においては効果があることを確認した。一方、冷静さ、興奮、焦りについては効果が認められなかった。また、長時間の温感呈示は本来のコンテンツの体験を阻害する可能性もあることが示唆された。

今後の展望として、温感呈示に適したコンテンツや効果的なタイミングを調査していくことが考えられる。また今回は温感のみを扱ったが、冷感の利用も考えられる。例えばホラーゲームなどで不安感や恐怖感を誘引できる可能性もある。

謝辞 本研究は JSPS 科研費 18K11608 および京都産業大学総合学術研究所特定課題研究の助成を受けたものです。

参考文献

- [1] 牛尾大翔, 水口充: 温度提示による情動制御手法の提案, エンタテインメントコンピューティングシンポジウム 2020 論文集, pp. 99–102 (2020).
- [2] 牛尾大翔, 水口充: 既存のゲームシステムを温冷覚での情動変化で支援するシステムの開発, エンタテインメントコンピューティングシンポジウム 2021 論文集, pp. 379–380 (2021).
- [3] 中茂睦裕, 飯塚重善: マウスへの温感情報呈示による視覚情報に対する印象評価の変化, ヒューマンインタフェース学会論文誌, Vol. 10, No. 4, pp. 479–486 (2008).
- [4] 森万由花, 藤嶋英治, 柳田康幸: 鼻部皮膚温度刺激を介した緊張感制御による作業能率向上手法の提案, 日本バーチャルリアリティ学会大会論文集, Vol. 26, pp. 2B1–1 (2021).