



没入感の違いが体感温度に及ぼす影響

伴野 明^{*1} 朝田 行登^{*1} 吉田 直矢^{*1}

Relation Between Feeling Received From Screen Size and Sensible Temperature

Akira Tomono^{*1}, Yukito Asada^{*1} Naoya Yoshida^{*1}

Abstract - The study aims at designing a system to leverage sensible temperatures which people can feel. In order to do so, the research used a *kansei* multimedia display for presentations of stimuli of human sensations. Our previous study revealed participants felt the temperatures warmer when presenting exciting / breathtaking visual movies with sounds in the winter season. This happened due to inspiring sympathetic nervous functions. The objective of this paper is to correlate such nervous systems with people's immersive feelings towards visual contents. In order to create different conditions for various immersive experiences, the study applied three types of displays: a small monitor screen, a large display screen and a 4K display. Biological responses such as sensible temperatures, automatic nervous systems and skin temperatures were measured for the analysis.

Keywords: Sensible Temperature, Autonomic Nervous System, Image, Electrocardiogram

1. はじめに

節電対策や快適なくつろぎ空間の生成を目的として、映像コンテンツの提示によって体感温度を制御する手法について検討している。家庭やオフィスでは空調設備の設定温度を1度変化させるだけで10%の消費電力抑制に繋がるとされるため^[1]、夏場に体感温度を下げ、冬場に体感温度を上げる手段、及び、その計測技術は、重要な課題である。体感温度は、与えられた環境下における感覚的な温度の事である。この体感温度は、風や湿度などの物理的要因によって変化する事が知られている。気温と湿度が体感温度に及ぼす影響は、ミスナールの公式^[2]として良く知られており、衣服や身体活動の影響を考慮した体感温度もファンガーの予測平均温度感として知られている^[3]。また、体感温度は、心理的な温度であるため、壁の色や、照明などでも変化する事が知られている。

当研究室では、映像や音響に香りを加えた感性マルチメディアにも体感温度に作用する性質があると考え、体感温度を数値化する方法を提案し、夏場28℃の室温環境において、癒し系のコンテンツを提示することで体感温度が1から2度程度減少する場合があることを明らかにした^[4]。しかし、何故体感温度が変化するのか、その心理的、生理的メカニズムについては課題として残されていた。体温の維持には、自律神経系が深く関わっていることが知られているため^[5]、感性マルチメディアの提示

が自律神経系に作用すれば、体感温度にも影響を及ぼすと考え検討を進めている。前回の報告^[6]では、冬場において、興奮系コンテンツを提示したときの体感温度変化を前記方法で計測するとともに、心拍を計測し、その揺らぎから交感神経、副交感神経の働きを分析することを試みた。その結果、興奮を起こしやすい音楽映像提示した際、交感神経系が優位になる被験者に体感温度の上昇と皮膚温度の上昇が見られた。

本発表では、同実験を進展させ、映像への没入感と体感温度の関係を調べる。興奮系映像を提示しても利用者が当該コンテンツに没入しなければ効果は少ないと思われる。没入感は、画面サイズの影響を大きく受けるため、大きさの異なる3種類の表示装置を用い、体感温度、自律神経系の変化、皮膚温度分布の変化を比較する。

2. アンケートによる体感温度算出

2.1 基本原理^[4]

我々が提案する体感温度推定法は、温度以外のすべてのパラメータがある特定の値をとるような標準環境を想定し、与えられた環境の温度と同じ温度であると感じられるような標準環境の温度を、その環境下での体感温度とするというものである。ここで、標準環境は、実験心理学における統制手段のことであるが^[7]、本論文では、この手段として物理温度（室温）、湿度、コンテンツ提示を制御できる恒温室を用いることが特徴である。以下では、比較のためにいくつか選択された標準環境を参照環境と呼称し、体感温度を決定したい環境をコントロール環境と呼称する。従って、コントロール環境と複数の参照環境での温かさの感じ方（類似性）を比較した結果、コントロール環境での温かさに近い温かさの参照環境を

^{*1}: 東海大学 情報通信学部 情報メディア学科
〒108-8619 東京都港区高輪 2-3-23

^{*1} Department of Information Media Technology, School of Information and Telecommunication Engineering, Tokai University

構成する室温をコントロール環境での体感温度とする。

図 1 に計測のための一連の処理を示す。例えば、所定室温 A において、映像コンテンツ提示での体感温度を求めたいとする。恒温室を用いて、室温 A の近傍で温度を段階的に変化させ、各々の室温 B1~Bn (参照環境) における体感温度の感性評価を、複数の感性表現形容詞対を用いたアンケートにより行う。アンケートは SD 法 (Semantic Differential method) [8]に基づき、10 個の形容詞対、7 段階評価とした。(前実験の感性評価アンケート表を参照。) 得られたアンケートの結果を主成分分析し、前記室温 B1~Bn における感性値を少数次元($k'1 \sim k'n$) 空間 S にプロットする。その後室温 A において、映像コンテンツを提示し、前記と同じ手段で、感性値 $k'c$ を得て、S 空間にプロットする。S 空間で、 $k'c$ と $k'1 \sim k'n$ を比較し、最も近い $k'i$ に対応する Bi を“室温 A で映像コンテンツを提示した際 (コントロール環境)”の体感温度とする。

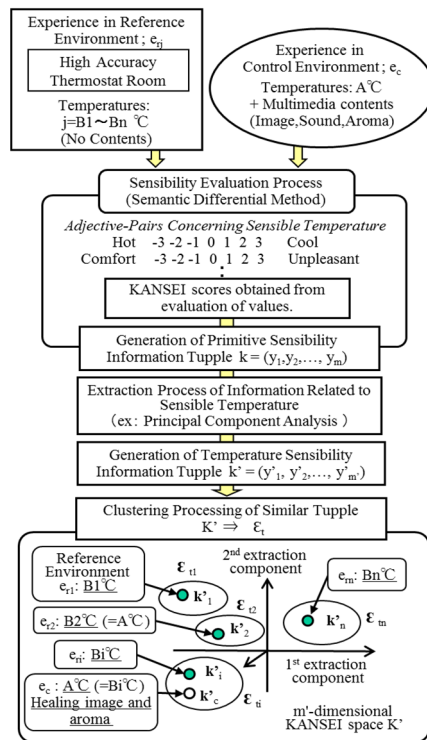


図 1 感性メディアの体感温度変化計測法

Fig. 1 Principle of sensible temperature measurement method.

2.2 評価映像

評価映像は、2 種類で、ディズニー作品「アラジン」[9]、及び、葉加瀬太郎のコンサート「情熱大陸」[10]である。共に、興奮が得られる激しい音楽演奏シーン 10 分程度を使用した。交感神経系が活性化しやすい内容である。

2.3 実験方法

今回は、冬場に体感温度の上昇を期待して行う実験であるため、参照環境温度 B1~Bn は、20 から 24℃、コントロール環境温度 A はやや低めと感じる 22℃とし、上記

コンテンツを提示した。画面サイズは、30×23cm の小スクリーン(SS)、200×150cm の中スクリーン(NS)、及び、300×540cm の HoloStage™, 4K サイズ (大スクリーン(HS))の 3 つとした。被験者は、背もたれのあるゆったりした椅子に座って視聴する。図 2 は、大スクリーンで視聴中の被験者の様子を示す。被験者は、21~22 歳の男子大学生 11 名である。実験前 5~10 分ほど安静にし、その後、前記 2 つの興奮系映像を視聴してもらった。視聴した後で体感温度を計測するためのアンケートを行う。

前記に先立って行う参照環境では、A の周辺である 20~24℃の範囲で 1℃置きに 5 つを設けた。アンケート表の質問項目に対する被験者の評価を図 3 に示す。横軸は質問項目、縦軸は評価の平均値である。ここで、評価平均値を出す際、質問項目に対する回答を-3 から+3 の数値に置き換えた。同図から、多くの質問項目の評価平均値は、室温の上昇とともに増加することが見て取れる。従って、アンケートを構成する質問項目の表現 (形容詞対) は、温度の変化に適切に反応し、体感温度に関する感性反応を測るのにふさわしいアンケートと考えられる。

前記アンケート結果に主成分分析を施した結果、表 1 に示す主成分とこれに対応する累積寄与率を得た[11]。第二主成分までで累積寄与率が 80%を超えているので、第一、第二主成分のみを用いることにした。主成分負荷量から考察すると、第一主成分は温度や嗜好に関連し、第二主成分は気分や湿度に関連する成分である。次に、この主成分空間において、被験者ごとに各参照環境下でのアンケートに対応する点とコンテンツ提示時のアンケートに対応する点との距離を求め、最も近い点に対応する参照環境の室温を体感温度として求めた。また、当該温度を 22℃から引いた値を当該コンテンツの平均体感温度上昇効果として求めた。



図2 4K大画面で視聴中の被験者

Fig.2 Subject who is watching on 4K large screen.

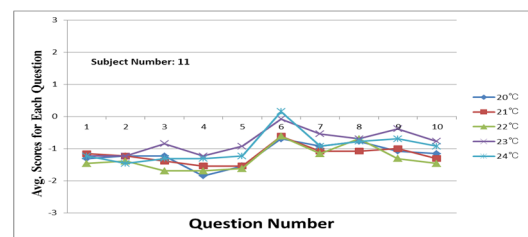


図3 各参照環境でのアンケート結果平均値

Fig. 3 Average scores of questions for each room temperature in the reference environments.

表1 固有値と寄与率

Table 1. Eigenvalues and contributions factors.

PC No.	Eigenvalue	CF (%)	Accumulated CF (%)
1	7.35	73.52	73.52
2	0.81	8.14	81.66
3	0.49	4.86	86.53
4	0.37	3.65	90.18
5	0.29	2.89	93.07
6	0.21	2.11	95.18
7	0.18	1.77	96.95
8	0.14	1.36	98.31
9	0.10	0.95	99.26
10	0.07	0.74	100.00

・ PC for Principal Component

・ CF for Contribution Factor

2.4 実験結果（体感温度の変化）

図4は、「情熱大陸」を各サイズのスクリーンで視聴したとき、被験者11名の体感温度変化の割合を示す。全体として体感温度が上昇した被験者が多い。詳細にみると、SSでは、変化なしや低下がみられる被験者もいるが、2度程度上昇が20%程度である。NS, HSになるにしたがって、上昇傾向が明確になっている。興奮系映像の視聴による上昇の結果は、先行研究の結果^[4]とも概ね一致する。

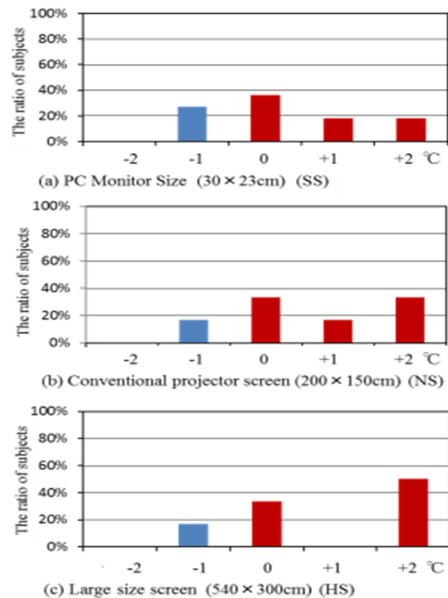


図4 興奮系映像提示時の体感温度変化

Fig.4 Sensible temperature change when exciting movie is presented.

3. 心電計を利用した自律神経系の計測

3.1 実験方法

2章のアンケートを用いた体感温度計測に合わせて、体感温度の変化に伴って生じる生体反応を計測するため、被験者の胸に、心電計センサ（テレメータピッカ）を装着した。使用した機器は、日本光電工業社製、多チャンネルテレメータシステム WEB-1000 である。同装置は、

ワイヤレス式のため、被験者の心拍数を無拘束で測定でき、また、当該心拍データをコンピュータ解析することで、実時間で自律神経系のバランスを測定できる。解析ソフトには MemCalc/Tarawa（株式会社GMS）を用いた。

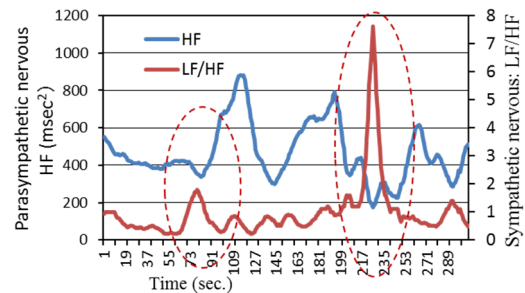
3.2 実験結果（自律神経系の変化）

図5は、コンテンツ提示環境の違いによる心拍の揺らぎ解析から得られる自律神経系の計測結果である。

図5(a)は、「情熱大陸」の映像をHSで見て体感温度が上昇した被験者の交感神経系指標(LF/HF)と副交感神経系指標(HF)の変化を示す。2か所でLF/HFが顕著に優位になる部分がある。前者は、アーティスト全員の演奏シーンであり、後者は、葉加瀬太郎氏のソロパートで、たくさんの照明が点滅を繰り返すシーンである。内容的にも視覚的にも刺激が強く興奮が起きやすいため、その反映と思われる。

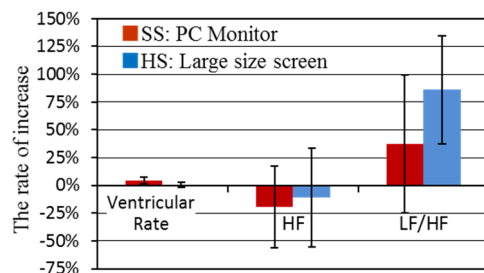
図5(b)は、心拍数、LF/HF、HFについて、平常時の平均に対する映像視聴時の平均の変化割合を求めた結果である。画面サイズはSSとHSで、体感温度が上昇した3名(男2, 女1)の当該割合の平均値と標準偏差を示している。どちらのサイズでも興奮映像の提示によって交感神経系指標(LF/HF)が優位になっているが、SSに比べてHSでは当該指標は大きく上昇している。

以上の実験から、コンテンツの性質だけで体感温度に影響が生じるとは言えず、最も重要な要因は、当該コンテンツに被験者が没入できるかどうかにかかっており、大画面ではその条件が満たされやすいと考察される。



(a) Example of autonomic nervous system change.

(HS in Subject A, Jounetu Tairiku)



(b) Changes due to screen size.

図5 画面サイズによる自律神経系の変化

Fig.5 Changes of autonomic nervous system.

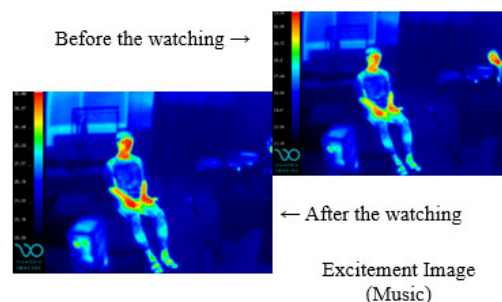
4. 体表面温度の計測

4.1 実験方法

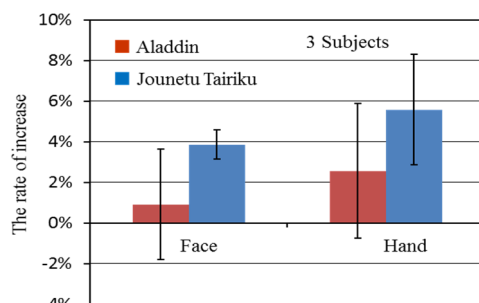
興奮によって体感温度が上昇するのであれば、血行が良くなり体表面の温度にも変化が出ると考え、映像を視聴中、近赤外カメラを被験者の斜め前方の位置に設置し皮膚表面温度を測定した。使用したカメラは、ヴェオールイメージング社のサーマルビューX-OFSで、解像度は320×256、温度分解能は0.05℃、測定精度は、黒体炉温度との比較で、20～40℃の範囲において、誤差平均は、0.47℃、標準偏差は0.25℃である。

4.2 実験結果

図6(a)は、興奮系映像を視聴中に体感温度が上昇した被験者の皮膚表面温度の変化例である。視聴前には、腕・首部分は黄色く低い温度を示しているが、視聴が始まると徐々に色が変わり、視聴後では、高い温度を示す赤色部分が増加していることが分かる。図6(b)は、「アラジン」と「情熱大陸」を視聴した3名の被験者の顔と手の温度の上昇割合を示している。なお、手と顔の温度は、当該所定領域の温度を上記解像度のセンサで計測し平均値で求めた。何れのコンテンツでも上昇が見られたが、手の方が明確である。指先まで温まっており、このような身体変化が体感温度に反映されたと考察する。



(a) Change of Skin Surface Temperature.



(b) Rising ratio (Average of three subjects).

図6 体表面温度の上昇

Fig.6 Rise of body surface temperature

5. まとめ

冬場を想定し、22℃の部屋において、3種類の画面サイズでそれぞれ興奮系映像を視聴するコントロール環境が体感温度にどのような影響を与えるかを検討し、以下のことを明らかにした。

- (1) コントロール環境での体感温度の算出では、感性アンケートが重要であるが、参照環境温度を反映するアンケートは作成できることを示した。
- (2) 体感温度は、興奮系映像を視聴する際、小スクリーン、中スクリーン、大スクリーンの順で上昇する傾向が見られた。
- (3) 体感温度上昇者群では、交感神経系が優位になる傾向が見られた。また、このとき、皮膚表面温度も上昇する傾向が見られた。映像視聴によって興奮が起き、代謝が活発になり身体は動いていないものの末端の血行が良くなった結果と思われる。

ただし、上記考察と矛盾する被験者も含まれる。被験者の体調や映像への関心、視聴態度なども複雑に影響していると思われる。今後の研究において、要因を切り分けて実験を進め、より明確な結論を導いていきたい。

最後に、本研究を進めるに当たり、実験、及び、データ整理に御協力頂きました東海大学情報メディア学科の学生諸君に感謝致します。本研究の一部は、日本学術振興会科学研費助成事業（基盤研究(C)-26330231）の支援による。

参考文献

- [1] 環境省：みんなで節電アクション；(<http://www.challenge25.go.jp/setsuden/>)
- [2] Missenard, A.:Temperature effective d'une atomosphere; Temperature resultant d'un milieu ; *Chaleur et Industrie*, 137(12), pp.552-557 (1931).
- [3] Fanger, P.O.:Thermal comfort: Analysis and applications; *Environmental engineering*, McGraw-Hill,New York,(1972).
- [4] 伴野明, 山本修平：心理的要因による体感温度への影響の数値評価法;電学論(E), 133, 6, pp.190-198 (2013.06).
- [5] 西田佐保子：ライフラインを支える自律神経；毎日新聞(<http://mainichi.jp/premier/health/articles/20160202/med/00m/010/005000c>)
- [6] 伴野,澤井,大木:映像提示の自律神経系への作用と体感温度への影響; HI-2015, No.2516P, pp.603-606 (2015.09).
- [7] 兵藤,須藤著:認知心理学基礎実験入門;八千代出版 (2008).
- [8] David R. Heise:The Semantic Differential and Attitude Research; Chapter 14 in Attitude Measurement. Edited by Gene F. Summers. Chicago: Rand McNally, pp.235-253 (1970).
- [9] アラジン:Disney on CLASSIC/まほうの夜の音楽会;ライブ完全版, Blu-ray (2012).
- [10] 情熱大陸：CONCERT TOUR 2011 THE BEST OF TARO HAKASE, DVD (2011).
- [11] 菅民郎:多変量解析の実践（上）；現代数学社 (1993).