



熱風ディスプレイの体験設計に向けた基礎検討： 爆発シーンを用いた提示方向の影響評価

Basic Study for Experience Design of Hot Air Displays:
Evaluation of the Effect of Presentation Direction Using Explosion Scenes

森嶋理沙¹⁾, 服部光稀¹⁾, 目黒淳一¹⁾

Risa MORISHIMA, Mitsuki HATTORI, and Junichi MEGURO

1) 名城大学（〒468-8502 愛知県名古屋市中白区塩釜口 1-501）

概要：アミューズメントにおいて、熱風刺激をコンテンツに組み合わせることで、より高い臨場感を伴う体験の提供が可能となっている。しかし、視聴覚向けディスプレイと比べ、熱風ディスプレイは普及しておらず、刺激設計に関する体系的な知見が確立されていない問題がある。そこで本研究では、熱風刺激が求められるシーンを分類し、それぞれに適した提示特性を明らかにすることで、様々なシーンに対応できる熱風ディスプレイの設計を可能とすることを目的とする。特に本論文では、その初期的な試みとして、VR 空間内における前後左右の爆発シーンに対して、実空間で顔正面またはうなじ側に熱風を与え、その方向の違いが体験のリアリティに与える影響を検証する。検証の結果、爆発方向が前方の場合は、顔正面から熱風を与える方が本物らしさ・Pleasure・Arousal が高まる傾向が確認された。一方、後方から熱風を与える場合は、顔正面・うなじ側いずれの熱風方向でも大きな差が無い結果が得られることが確認された。

キーワード：クロス・マルチモーダル、アート・エンタテインメント、熱風付与、爆発体験

1. 緒言

近年、バーチャルリアリティ(VR)技術の発展に伴い、映像や音といった視聴覚に加え、振動や温度、風などの物理的刺激を組み合わせた多感覚インタフェースが注目されている。特に爆発や炎といった刺激的なシーンにおいては、視聴覚に加えて熱風を与えることで、体験の臨場感や没入感を一層高めることが期待されている。このような手法は、アミューズメント施設や映画館の 4DX システムなどですでに実用化されており、熱風刺激の効果は実際に活用されていると言える。

また、熱風ディスプレイの研究開発に関しては、温冷感を非接触で付与できる装置[1,2]や、熱と風を組み合わせた演出に関する先行研究[3]が実施されている。一方、熱風という複合刺激を、リアルタイムかつ方向性をもって制御・付与できる装置は、一般ユーザには未だ普及していないと言える。加えて、温度、風量、付与方向等の、熱風ディスプレイの設計に関する体系的な知見も、十分に蓄積されていない。特に、熱風の付与方向がユーザ体験に及ぼす影響は、十分に検証されていない。

そこで本研究では、VR 空間における爆発シーンに注目

し、熱風刺激の付与方向が主観的な「本物らしさ」や「快感」といった、体験品質に与える影響を評価することを目指す。具体的に本研究では、熱風ディスプレイの体験設計に必要な知見を得ることを目指し、被験者の体験の質と、実空間で熱風を与える方向、及び、VR 空間内の爆発方向の関係を検証する。なお、本研究における「本物らしさ」とは、「実際の火災や爆発現象らしさ」を指すのではなく、アミューズメント施設や 4DX 映画などにおける「演出の爆発らしさ」を意味する。

2. 本研究の概要

本研究では、熱風ディスプレイの体験設計にあたり必要な知見を得ることを目的とし、VR 空間の爆発シーンに対し実空間で熱風を与えた場合における、被験者への影響に関する検証を実施する。そのため、まず、実空間において熱、風を与えるタイミングや、温度の精度を高めた検証を可能にするため、温度制御が可能で、かつ、熱と風を映像と連動させ被験者に与えるのが可能な装置を製作する。

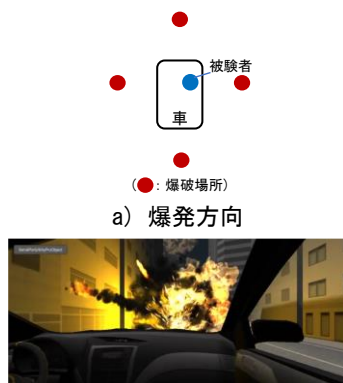
そして、製作した装置を用いて、実空間で熱風を与える方向と、VR 空間内の爆発方向との関係について検証を実

4. 実空間の熱風付与方向と VR 空間の爆発方向との関係に関する検証

4.1 検証方法

3 章で説明した熱風付与装置を用い、VR 空間内での前後左右の爆発に対して、被験者の実空間で顔正面またはうなじ側に熱風を与えた場合に、体験の質に与える影響を検証する。なお、被験者は 20 代の男女 8 名で実施する。

ここで、被験者が装着する HMD では、前方に走行する車に映像が再生され、その後、車外で被験者を中心にして前後左右の 4 ヶ所(図 5a))のうち、1 ヶ所が爆発する映像(例: 前方の場合は図 5b))が投影される。その際に、実空間では被験者の顔正面もしくはうなじ側に熱風が与えられる。



b) VR 映像(前方の場合)

図 5: VR 空間内の様子

また検証は、各被験者に基準の体験が提示された後、VR 空間の爆発の向き(4 条件)、実空間の熱風の向き(2 条件)を組み合わせ、計 8 条件が提示されることで実施される。なお、本研究における基準の体験は、実空間で被験者に熱風を与えず、前方で爆発する映像のみを見せた体験とする。ここで本実験では、爆発体験の慣れにより、順番が後ろの条件のアンケート評価が下がる可能性が懸念される。そのため、全ての条件が必ず 1 回は先頭にくるような提示順で検証を実施する。

加えて被験者には、3 つのアンケートに答えてもらい、評価を実施する。1 つ目のアンケートは、本物らしさを 5 段階リッカート尺度(1: 基準と同程度, 5: アミューズメントでの体験)で実施する。このアンケートについては、EZR[4]を用いて対応する 2 群間の比較(Wilcoxon の符号順位検定)で VR 空間の条件ごとの評価をする。2, 3 つ目は図 6a), 6b)に示す SAM(Self-Assessment Manikin[5])の Pleasure, Arousal で回答するアンケートを実施する。Pleasure(情動値)は、快・不快度についての評価である。1~4 が不快, 5 がどちらでもない, 6~9 が快感となっている。この 6~9 の評価を得られる方が、実際のアミューズメントの体験に近づいているため、望ましいと考えられる。Arousal(覚醒度)は、驚き度についての評価である。アミューズメントにおいて、爆発を含む体験はスリルがあるもの

がほとんどのため、ある程度驚きがある体験が望ましいと考えられる。

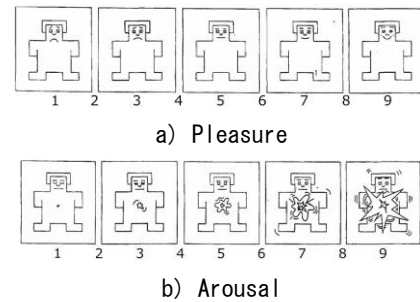


図 6: SAM(Self-Assessment Manikin) [5]

4.2 検証結果

図 7 に本物らしさの結果を、図 8 に Pleasure の結果を、図 9 に Arousal の結果を示す。それぞれのグラフの横軸は検証条件を、縦軸はアンケート結果を示している。図 7, 8, 9 に示した各計測結果には、有意差は見受けられないが、本物らしさ、Pleasure、Arousal は、爆発方向が前方の場合には、顔正面から熱風を付与した方が高まる傾向が確認される。一方、爆発が後方の場合には、顔正面・うなじ側で、いずれの熱風方向でも大きな差は見受けられない結果が得られた。

また、図 7, 8 より、爆発方向が右側・左側の場合には、本物らしさと Pleasure は顔正面から熱風を付与した方が高まる傾向が確認される。一方、図 9 より Arousal は、爆発方向が右側・左側の場合には、熱風が顔正面・うなじ側いずれの方向でも大きな差は見られない結果が得られた。

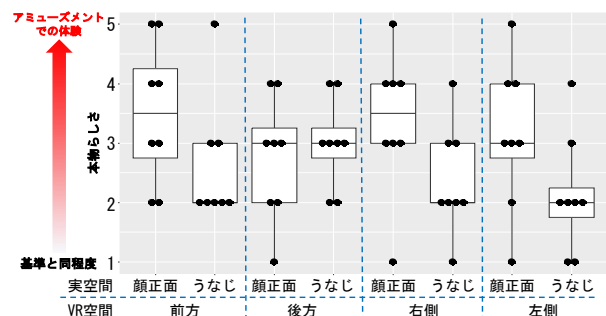


図 7: 本物らしさの結果

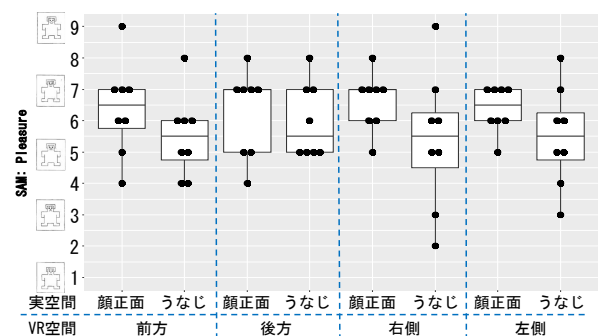


図 8: Pleasure の結果

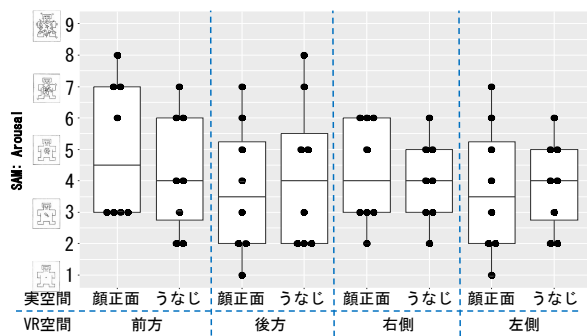


図 9: Arousal の結果

4.3 考察

図 7 に示す本物らしさの結果より、VR 空間の爆発方向が後方でも、熱風方向が顔正面／うなじ側の場合の本物らしさは、同等であることが確認された。ここで、アンケートで「熱風が顔にきたから本物らしさがあった。」という回答があり、視覚刺激より熱風による皮膚感覚への刺激の方が優位であるということが、この結果が得られる要因の一つとして考えられる。

また、図 8 に示す Pleasure の結果では、VR 空間の全ての爆発方向に対して、顔正面よりうなじ側から与えた時の方が低い傾向が得られた。特に、後方で爆発／うなじに熱風の場合でも、顔正面に熱風を与えた場合と同等な Pleasure になる結果が得られた。ここで、アンケートでは「うなじ側に熱風が来た際にぞわっとして不快に感じた。」という回答もあり、人間の感覚として、顔正面よりうなじ側の方が熱風刺激に対して鋭敏で、かつ不意打ちで与えると不快に感じやすい可能性が考えられる。

5. 結言

VR 空間の爆発シーンにおいて、熱風刺激を与えることで体験の臨場感を高めることが期待されているが、熱風ディスプレイの普及は進んでおらず、その装置を設計するうえでの体系的な知見も十分に蓄積はされていない問題がある。特に、熱風の付与方向が、体験にどのような影響を与えるか検証があまりされていないと言える。そこで本研究では、VR 空間の爆破シーンにおいて、熱風刺激が「本

物らしさ」や「快感」、「驚き」といった体験品質に与える影響の検証をすることを目的とし、実験的検証を行った。

まず、本研究では熱風付与装置を製作し、検証において熱風付与が適切にできる準備を整えた。そして、実空間で顔正面またはうなじ側に熱風を与え、VR 空間の爆発方向(前後左右)との対応関係が体験の質に与える影響の検証を実施した。検証の結果、爆発が前方の場合は、顔正面から熱風を与える方が本物らしさ・Pleasure・Arousal が高まる傾向が確認された。一方、後方の場合は顔正面・うなじ側のいずれも大きな差は見られなかった。左右方向の爆発では、本物らしさと Pleasure は顔正面からの熱風で高まる傾向が確認されたが、Arousal は大きな差は見られなかった。

謝辞

本研究を実施するにあたり助言を頂いた豊田中央研究所小玉氏に感謝する。

参考文献

- [1] Yuichiro KUME, Tota MIZUNO, Rio YONEZAWA: "A Non-Contact Thermal Display by High and Low Temperature Radiation Sources, AsiaHaptics 2022.
- [2] 久米祐一郎, 水野統太: 高温・低温性外線輻射源による非接触温度情報提示, TVRSJ, Vol. 28, No. 3, pp. 263-269, 2023
- [3] 伊藤亘輝, 羽田久一: VR 空間で全周囲から触覚刺激を提示する為の熱源の配置と検討, エンタテインメントコンピューティングシンポジウム, 2019.
- [4] Kanda Y: Investigation of the freely available easy-to-use software 'EZ' for medical statistics, Technical Report of Bone Marrow Transplantation, vol. 48, pp. 452-458, 2013
- [5] MARGARET M. BRADLEY and PETER J. LANG: MEASURING EMOTION: THE SELF-ASSESSMENT MANIKIN AND THE SEMANTIC DIFFERENTIAL, J. Behav. Ther. & Exp. Psychol., Vol. 25, No. 1, pp. 49-59, 1994.