



マルチモーダル刺激が 恐怖感および不安感に及ぼす影響の検討

Investigation of the Effects of Multimodal Stimuli on Fear and Discomfort

太田あかり¹⁾, 石川 博規³⁾, 西村 昭治²⁾

Akari OHTA, Hironori ISHIKAWA, and Shoji NISHIMURA

- 1) 早稲田大学大学院 人間科学研究科 (〒359-1192 所沢市三ヶ島 2-579-15, ohta.akari@fuji.waseda.jp)
- 2) 早稲田大学 人間科学学術院 (〒359-1192 所沢市三ヶ島 2-579-15, kickaha@waseda.jp)
- 3) 株式会社 NTT ドコモ (〒100-6150 東京都千代田区永田町 2 丁目 11 番 1 号 山王パークタワー, ishikawahiron@nttdocomo.com)

概要: 触覚提示技術の進展に伴い、VR 等を用いて視覚・聴覚・触覚のモダリティを組み合わせたコンテンツの普及が予想される。こうしたコンテンツには、けがをするなどの恐怖感や不安感を引き起こすものが含まれるが、モダリティの組み合わせによる恐怖感や不安感の相乗効果や危険性は十分検討されていない。本稿では具体的なシーンを用いて、モダリティの組み合わせパターンが恐怖感および不安感に与える影響を検証する。

キーワード: マルチモーダル、クロスモーダル、触覚刺激、不安尺度

1. はじめに

現在の VR コンテンツの中には、視覚や聴覚に対する攻撃的な演出を用いたものが存在する。また、触覚体験を提供する VR 装置も開発されている[1]。こうした体験の中にはリアリティがあるものも多く、刺激の強いものは精神や身体に悪影響を及ぼす可能性がある。

先行研究では、視覚情報と触覚刺激の同期によって自分の身体でない物体を自分の身体のように感じる「ラバーハンド錯覚」と呼ばれる現象が報告されており[2]、この錯覚によって偽のゴムの手を自分の手のように知覚させ、その後その偽のゴムの手を傷つけるのを見せると、強い皮膚コンダクタンス反応 (SCR) を示したという報告がある[3]。

また VR においては、触覚刺激を提示しなくても、視覚情報によってラバーハンド錯覚と同様の所有感覚を誘発する可能性があることが示唆されている[4]。すなわち、自分の手と同期した動きをするバーチャルな手を見ると、バーチャルな手に対する所有感覚が生じうることである。VR 上の作業環境で手が危険部位に接触する事故を再現した実験では、事故を主体的に体験できる可能性が示唆されている[5]。

VR の体験においては、モダリティの組み合わせによって主観的な没入感が増しパフォーマンスが向上する[6]。こうした身体所有感覚が生じて没入感が増した状態で攻撃

的な演出を体験する場合、実際の肉体に直接の影響がないとわかっていても、その高い没入感から強い心理的負担を感じる可能性がある。また、実際に触覚を提供するデバイスを利用する場合、実際の触覚刺激より強い負荷を感じる可能性も考えられる。より没入感のある VR コンテンツや現実世界を再現した VR コンテンツの普及にあたり、その安全性を検証する必要があるといえる。

本研究ではインターバース、特に VR 環境における体験において視覚・聴覚・触覚のモダリティを組み合わせたマルチモーダルな刺激が恐怖感および不安感に与える影響を調査する。これにより、マルチモーダルな VR コンテンツの開発の際の、安全性基準やガイドラインの根拠となる結果を得ることを目指す。具体的には、マルチモーダル刺激による恐怖感・不安感の増幅効果を定量化し、モダリティ間の相乗効果を明らかにすることを目指す。また、恐怖・不安感の感じやすさには個人差があるため、実験参加者がもともと持つ恐怖や不安に関しても合わせて調査することで、VR コンテンツがより広く普及しても対応できる知見が得られると考えられる。

2. 実験

2.1 実験条件

本研究では事前に恐怖感や不安感の感じやすさを調査したあと、視覚・聴覚・触覚の 3 種類のモダリティを組み

合わせた計 8 通り (2^3) の条件下で不安や恐怖を感じると考えられるシーンを体験してもらい、参加者の恐怖感および不安感を主観的・客観的指標で測定する (図 1)。各モダリティの組み合わせは以下である。

- ・ 視覚のみ
- ・ 聴覚のみ
- ・ 触覚のみ
- ・ 視覚+聴覚
- ・ 視覚+触覚
- ・ 聴覚+触覚
- ・ 視覚+聴覚+触覚
- ・ 統制条件 (刺激なし)

2.2 シーンの設定

不安や恐怖を感じると考えられるシーンとして、二つのシーンを作成した。実験シーンは Unity (2022.3.22f1) を用い、VRChat Creator Companion (VCC) を用いて VRChat のワールドとして制作した。視覚刺激は HMD (Meta Quest 3, Meta) をコンピュータ (CPU: Ryzen7 9800X3D, メインメモリ: 64GB, OS: Windows 11 Pro, GPU: NVIDIA GeForce RTX 5070Ti) と接続して提示し、聴覚刺激は Unity で Spatial Blend の値を 1 とした 3D オーディオで設定し、HMD のスピーカーを用いて提示した。

アバターは VRChat で用いることのできるシンプルなアバターを使用し、HMD のカメラを用いた両手のハンドトラッキング (Meta Quest, Hands 2.3) が行われた。

2.2.1 やけどのシーン

はんだごての 3D モデル (TsubokuLab Store, <https://booth.pm/ja/items/1226043>) を利用し、Unity の Animation を用いて、はんだごてが動いて手の甲に 5 秒間

接触するアニメーションを制作した (図 2)。

聴覚刺激として、手の甲への接触時に肉が焼けるような音を提示した。触覚刺激にはよく冷やした金属製の棒 (直径 2cm 程度) を用い、アニメーションに合わせて実験者が直接提示した。

2.2.2 腕を引っかかるシーン

猫の 3D モデルを利用し、猫の前脚が被験者の腕を引っかくアニメーションを制作した。

聴覚刺激として、引っかかり動作と同時に「シャッ」という鋭い爪音を提示した。触覚刺激には低周波治療器 (オムロン, HV-F230-JAZ3) を用い、アニメーションに合わせて提示した。

2.3 実験手順

事前に恐怖感や不安感の感じやすさに関する個人差を調査するため、Fear Survey Schedule (FSS) [7] と State-Trait Inventory for Cognitive and Somatic Anxiety (STICSA) [8] を用いた。FSS は、さまざまな対象にどの程度恐怖を感じるかを 5 段階で評価する心理尺度であり、因子分析によって「死、怪我、病気、血液や外科手術」や「動物」といった対象への恐怖の感じ方の個人差を調べることができる [9][10]。STICSA は状態・特性不安の尺度であり、不安の認知的側面と身体的側面を区別する 21 項目の 4 件法で評価する (表 1)。事前調査では実験参加者の一般的な傾向を見るため、特性不安を測定する指示文で STICSA の評価を実施した。

体験中の恐怖感や不安感の客観的な指標として、心拍数と皮膚コンダクタンスを測定した。皮膚コンダクタンスは、自律神経系の活動を示す生理学的指標である。心拍数の測定は光学式心拍センサーである POLAR 社製の Polar Verity Sense を用いた。皮膚コンダクタンスの測定には Mindfield® eSense Skin Response を用いた (図 3)。

事前調査後、先に述べたシーンの 8 通りの条件のうち統

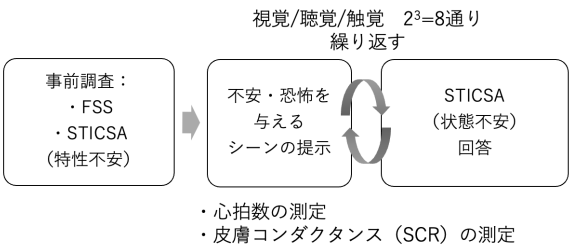


図 1: 実験手順

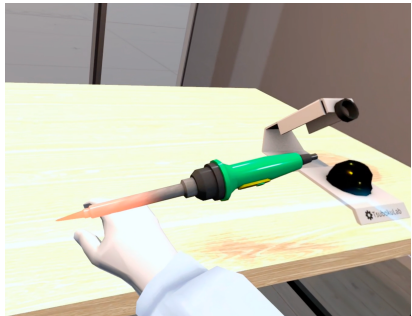


図 2: 実験で提示したやけどのシーン。緑の柄の棒ははんだごてであり、手との接触時に焼けるような音を提示した。

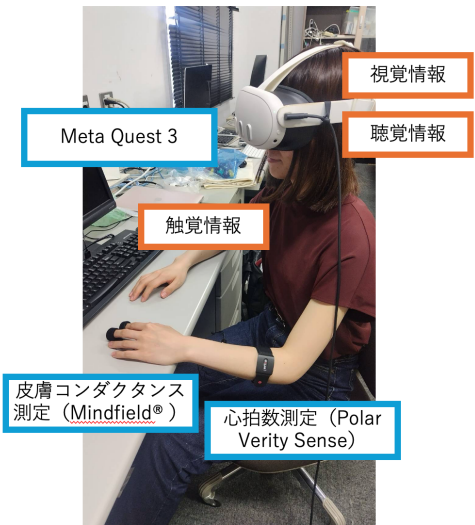


図 3: 実験イメージ。視覚情報、聴覚情報、触覚情報を組み合わせた 8 通りのシーンを体験する。

表 1: STICSA の評価項目。4 件法で回答する。No. 1-10 の 10 項目で不安の認知的側面、No. 11-21 の 11 項目で不安の身体的側面を測定する。

No.	原文 (Ree et al, 2008)	日本語訳
1	I think the worst will happen	最悪の事態が起きると思う
2	I can't concentrate without irrelevant thoughts intruding	関係のない考えが入り込んで集中できない
3	I picture some future misfortune	将来の不幸な出来事を思い浮かべる
4	I worry that I cannot control my thoughts as well as I would like to	自分の考えをうまくコントロールできないのではと心配する
5	I can't get some thoughts out of my mind	ある考えが頭から離れない
6	I think that others won't approve of me	他人に認めてもらえないのではないかとと思う
7	I feel agonized over my problems	自分の問題について苦しんでいると感じる
8	I feel like I am missing out on things as I can't make up my mind soon enough	すぐに決断できないせいで、何かを逃しているように感じる
9	I keep busy to avoid uncomfortable thoughts	不快な考えを避けるために忙しくしている
10	I have trouble remembering things	物事を思い出すのに苦労する
11	I feel dizzy	めまいを感じる
12	My muscles feel weak	筋肉に力が入らないと感じる
13	My arms and legs feel stiff	腕や脚がこわばって感じる
14	My muscles are tense	筋肉が緊張していると感じる
15	My breathing is fast and shallow	呼吸が浅くて速い
16	My face feels hot	顔が熱く感じる
17	I have butterflies in my stomach	胃がムズムズする
18	My palms feel clammy	手のひらがじっとり汗ばんでいる
19	I feel trembly and shaky	体が震えてふらつく感じがする
20	My heart beats fast	心臓がドキドキしている
21	My throat feels dry	喉が渇いていると感じる

特性不安評価の際の指示文：
「各文を注意深く読んで、あなたが普段どのように感じているか、つまりほとんどの時間において感じている気持ちを最もよく表している番号に丸をつけてください。」
状態不安評価の際の指示文：
「各文を注意深く読んで、今の瞬間、現在の気持ちを最もよく表している番号に丸をつけてください。」

制条件として安静状態のデータを測定し、シーンごとカウンターバランスをとりランダムに体験してもらった。

それぞれのシーン体験後には恐怖感、不安感の主観的な評価を得るため、毎回 STICSA の質問紙に回答してもらった。その瞬間における主観的な不安を評価するため、状態不安を測定する指示文で STICSA の評価を実施した。

3. 実験の結果と考察

シーン設計段階における予備的検討からは、モダリティの組み合わせが恐怖感・不安感の主観的評価および生理的指標に影響を与える可能性が示唆されている。特に、視覚・聴覚・触覚の3要素を同時に提示する条件においては、没入感が増し、皮膚コンダクタンス反応や心拍数などの生理的变化が顕著になることが予想される。上記の方法に基づき実験を実施し、その結果を報告する。

4. おわりに

本研究では、VR 環境における視覚・聴覚・触覚のマルチモーダルな刺激が、体験者の恐怖感や不安感に及ぼす影響を、主観的・客観的指標によって検証する実験を設計・実施した。また、恐怖や不安に関する個人差を検討したことで、個人特性に応じて刺激を制御するといった応用が考えられる。

今後、本実験によって得られるデータを分析することで、VR コンテンツの安全性評価や、ユーザーの特性に応じた

刺激の設計の指針となることが期待される。今後は、より実際の VR コンテンツでの実装が想定されるシーンを対象に、マルチモーダル刺激による心理的影響とその安全性の検討を拡張していくことが望まれる。

謝辞 この成果は、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）の委託業務（JPNP23025）の結果得られたものです。

参考文献

[1] SenseGlove Nova 2 (https://www.senseglove.com/product/nova-2/) , 2025/07/13 確認

[2] Botvinick, M., & Cohen, J. (1998). Rubber hands ‘feel’ touch that eyes see. *Nature*, 391(6669), 756-756.

[3] Armel, K. C., & Ramachandran, V. S. (2003). Projecting sensations to external objects: evidence from skin conductance response. *Proceedings. Biological sciences*, 270(1523), 1499–1506.

[4] Sanchez-Vives MV, Spanlang B, Frisoli A, Bergamasco M, Slater M (2010) Virtual Hand Illusion Induced by Visuomotor Correlations. *PLOS ONE* 5(4): e10381.

[5] 盛川浩志, 河合隆史, 宗形昌幸, 田邊亨, 斎藤史彦, 野中睦. (2006). 安全教育 VR コンテンツにおけるクロスモーダル刺激の呈示方法に関する検討 (「教育・訓練」特集). *日本バーチャルリアリティ学会論文誌*, 11(4), 479-485.

[6] Triantafyllidis, E., McGreavy, C., Gu, J., & Li, Z. (2020). Multimodal interfaces for effective teleoperation. *arXiv preprint arXiv:2003.14392*.

[7] Wolpe, J., & Lang, P. J. (1964). A fear survey schedule for use in behaviour therapy. *Behaviour Research and Therapy*, 2(1), 27-30.

[8] Ree MJ, French D, MacLeod C, Locke V. Distinguishing Cognitive and Somatic Dimensions of State and Trait Anxiety: Development and Validation of the State-Trait Anxiety Inventory for Cognitive and Somatic Anxiety (STICSA). *Behavioural and Cognitive Psychotherapy*. 2008;36(3):313-332.

[9] 伊藤由美, 丹野義彦. (2003, September). P2-17 恐怖の階層的構造: Fear Survey Schedule-III の因子構造と、人によるタイプの違い. In *日本性格心理学会発表論文集 12* (pp. 136-137). 日本パーソナリティ心理学会.

[10] Arrindell, W. A., Pickersgill, M. J., Merckelbach, H., Ardon, A. M., & Cornet, F. C. (1991). Phobic dimensions: III. Factor analytic approaches to the study of common phobic fears; an updated review of findings obtained with adult subjects. *Advances in behaviour research and therapy*, 13(2), 73-130.