



豆|頁：なんかきられてももどるやつ

HE|AD: something that gets cut and recovers

菊池勇吾¹⁾, 金井美桜¹⁾, 佐々木涼¹⁾, 村上聡¹⁾, 伊藤勝徳¹⁾, 尾形優斗¹⁾, 柴藤りん¹⁾, 佐藤生琉¹⁾,
西山喜尋¹⁾

Yugo KIKUCHI, Mio, KANAI, Ryo SASAKI, Akira MURAKAMI, Katsunori ITO, Yuto OGATA, Rin SHIBATO,
Ikuru SATO and Mahiro NISHIYAMA

1) 東北大学 電気通信研究所 (〒983-8577 仙台市青葉区片平 2-1-1, kikuchi.yugo.r2@dc.tohoku.ac.jp)

概要: 本企画では、現実では不可能な「頭が縦に真っ二つに分かれた感覚」を視覚、触覚、聴覚の提示により安全かつ没入的に再現する。しかし自分が斬られるという場面では一般的に「恐怖」などのネガティブな印象を与えてしまう。そこで本企画では斬られた感覚を提示するだけでなく、自らの手で身体が簡単に再生する感覚を提示することで、切断体験に「楽しさ」などのポジティブな印象を与えることを目指す。VR の特性を活かし、切断と再生という現実の法則から逸脱した一連の身体体験をポジティブな体験として提示することで、VR における身体性の拡張と表現の可能性を切り拓くことが期待できる。

キーワード: 頭部切断, 再生, マルチモーダル, VR

1. はじめに

「頭が縦に真っ二つに分かれた感覚」を想像できるだろうか。刀が頭の中心を通り、視界が分断され、音が内側から聞こえる。頭部には感覚器官が多くあるため、腹部や腕が切られた感覚よりも想像しにくいはずだ。この感覚を知覚したいとしても、実行することはできない。なぜなら、実行したが最期、生還は望めないからだ。

また、自分の身体が切断されることを想像すると、恐怖を感じる人も少なくないだろう。実際に VR において断頭台で首を斬られる体験をし、現実の心身に悪影響を及ぼした者が現れたという事例もある[1]。そのため、VR で斬られる体験を作るのは難しい。

これを踏まえて本企画「豆|頁：なんかきられてももどるやつ」では、頭部が縦に切断されるという、現実なら生還不可能な出来事を、視覚・聴覚・触覚を駆使した VR 技術によって、没入感を保ちつつ、安全かつ安心な体験として再現することに挑戦する。

そのために我々は、「斬られた後」の表現に着目した。体験者のアバターは、斬られた後も、手で頭部を押し戻すだけで分かれた頭部を再接合し、簡単に再生することができる。この現実ではあり得ない「死に直結する出来事の無害化」は、体験者にシュールさや安心感といったポジティブな感情を喚起するはずだ。これによって、VR 特有の、現実の法則から逸脱した身体性の面白さが際立ち、身体が斬られる体験を、恐怖感を伴う「二度と体験したくない」コ

ンテンツから、ワクワク感を伴う「何度でも体験したい」コンテンツとして提示することができると考える。

このように「切断」と「再生」という二つの両極端な身体的出来事を、没入感がありかつ楽しさを感じられるひとつの連続した体験として体感できること。これこそが「豆|頁：なんかきられてももどるやつ」の最大の魅力である。現実には不可能で、かつネガティブに捉えられがちな「斬られる」という行為を、ポジティブな感情とともに体験可能にする本体験は、VR における身体性の拡張と表現の可能性を切り拓くことが期待できる。

2. 体験の流れ

本体験の流れを以下及び図 1 に示す。

1. 体験者はヘッドマウントディスプレイ (HMD)、イヤホン、振動子のついた触覚提示用カチューシャ型デバイス、振動子と圧力センサが搭載されたマスク型のデバイスを装着し、椅子に座る。HMD に提示される VR 空間は体験者アバターの一人称視点で表示されている。また鏡が正面に設置されており、体験者は鏡を利用して、アバターの姿を確認することができる。
2. 体験者アバターは背後から縦一文字に頭部から頸部にかけて切断される。この際、切断を想起させる視覚、触覚聴覚、刺激が提示される。
3. 体験者アバターの頭部は V 字状に分かれた状態に

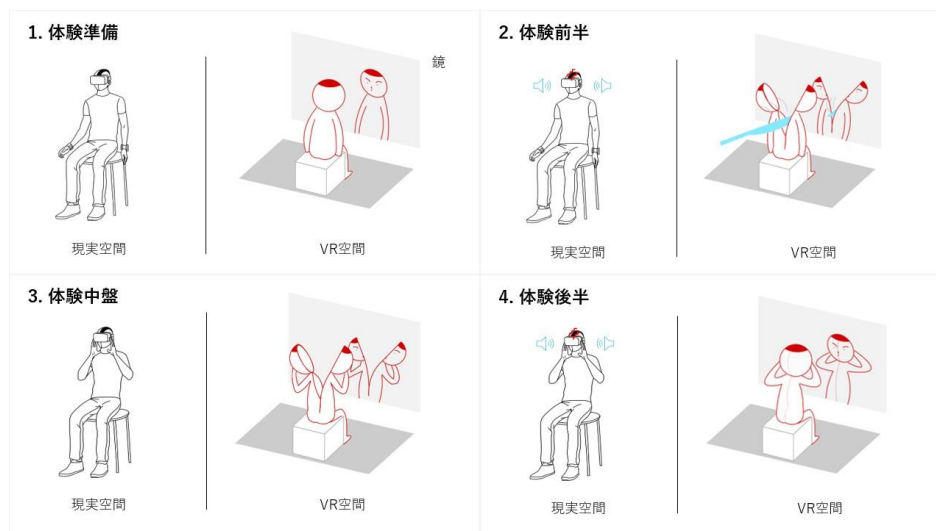


図 1: 体験の流れ

なり、体験者は鏡を利用して切断されたアバターの姿を確認することができる。体験者が現実空間で頬を触ると、体験者アバターが分かれた状態の頬を触っているような視覚情報が提示される。

- 体験者が頬を顔中心線方向へ向けて押し込むと、体験者アバターの分かれた頭部が徐々に再生していくような視覚、触覚、聴覚刺激が提示される。頭部の再生が終了次第、体験は終了となる。

3. 企画の概要

3.1 システム構成

本体験で使用するデバイスのシステム構成図を図 2 に示す。カチューシャ型デバイス及びマスク型デバイスの制

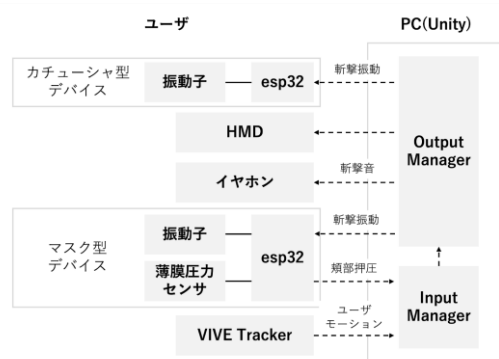


図 2: システム構成図

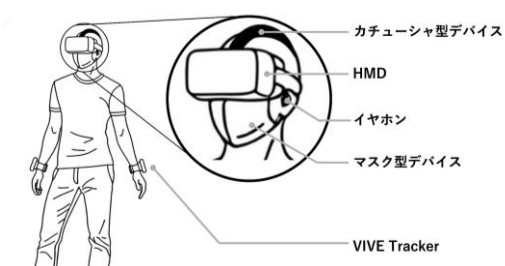


図 3: デバイスを装着した体験者の様子

御にはマイクロコントローラとして esp32 を用いる。また、使用するデバイスを装着した体験者の様子を図 3 に示す。

3.2 視覚の提示

VR 空間では体験者の目の前に体験者の全身が見える鏡が置かれており、体験者は頭頂部から頸部にかけて切り裂かれた様子を鏡によって三人称的な視点で見ることができる。また、頭部が左右に斬られ、両目の位置がずれるのに合わせた視点を HMD に提示することで、斬られたときの視界を一人称視点で見ることができる。図 4, 5 は開発初期段階で Unity を用いて実装したプロトタイプで見られる、身体を斬られる前と身体を斬られた後の一人称視点の画像である。ここで、両目の位置がずれるのに合わせた視点を提示するだけでは身体が分かれたことが知覚しにくいいため、視界に何らかの視覚的な演出を付けて、斬られて左右に分かれたような感覚を体験者に感じてもらいやすくする（詳細は第 4 節参照）。なお、視覚的な恐怖感を与えないため流血の表現は無い。

3.3 触覚の提示

斬られる感覚を触覚的に提示するために、ファントムセ

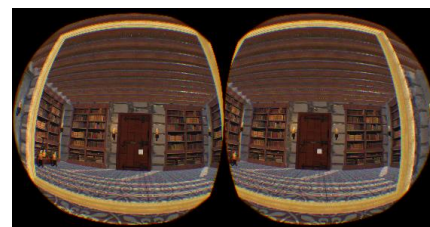


図 4: 身体を斬られる前の一人称視点

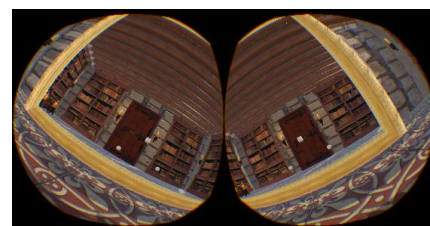


図 5: 身体を斬られた後の一人称視点

ンセーション、仮現運動、及び Haptic Retargeting という錯覚現象を用いる。カチューシャ型デバイス及びマスク型デバイスを装着させた時の横からの様子を図 6 に示す。

3.3.1 ファントムセンセーション

ファントムセンセーションとは、皮膚上の 2 点に振動を与えるとその 2 点を結ぶ直線状に振動の感覚が生じる錯覚現象である[2]。本体験では現実空間において、たとえば額と後頭部のように、頭の前後にある同じ高さの 2 か所に同時に振動を与えることで、その間を刀が通り抜けたように錯覚させる（図 7）。

3.3.2 振動触覚における仮現運動

仮現運動とは、空間的に離散的な刺激点を適切な時間間隔で継時的に刺激すると、あたかも一つの刺激がなめらかに移動したかのように感じられる現象であり、振動触覚においても仮現運動が生じることが分かっている[3]。本体験では、VR 空間で刀が頭頂部から頸部まで通り抜けるタイミングに合わせて、現実の身体でもその通り道に沿った皮膚の場所に振動を与えることで、刀が頭から胸を貫いたように錯覚させる（図 7）。

3.3.3 Haptic Retargeting

Haptic Retargeting とは、VR 空間の腕を現実空間の腕とずらして視覚提示することで触覚提示の幅を広げる手法である[4]。本体験では、身体が頭部から頸部まで斬られて頭部が V の字に分かれた後、体験者は自分の頬を自由に触ることができる。この時 Haptic Retargeting を応用することで、現実空間の自分の頬に触れると VR 空間での分かれた身体の頬に触れているように見せる。これにより、斬られた状態での視覚と触覚に整合性を持たせることで、本当に斬られて身体が分かれているように体験者に錯覚させる。

3.3.4 圧力センサを用いた再生及び再生時の振動

体験者の耳下から頬の部分にかけて薄膜状の圧力センサをマスク越しに張り付ける。斬られた後、体験者が現実空間における自身の頭部の左右側面にある圧力センサを押し込むと、VR 空間におけるアバターの頭部が接合される。これによりアバターは体験開始時の状態に戻ることができる。

また、再生時には切断時とは反対に、VR 空間で頸部から頭頂部にかけて、身体が接合された皮膚の場所に振動を与える。この振動は斬られたときと比べて細かい振動であ

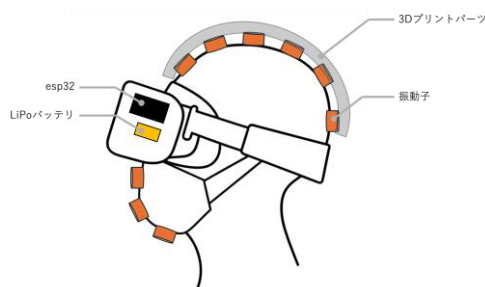


図 6: 振動提示デバイスを装着した体験者の様子

り、斬られたときの物理的な衝撃と対比させる。

3.4 聴覚の提示

体験中には切断時と再生時の効果音（それぞれ切断音、再生音と呼ぶ）及び環境音を再生する。切断音の音源の位置は VR 空間において身体内を通る刀の位置に対応して移動する。同様に再生音の音源の位置は VR 空間において身体が接合する箇所に対応して移動する。また、切断され頭部が V 字状に開かれることで、VR 空間のアバターの耳の位置や向きが変わる。これらを考慮した聞こえ方を提示する。

4. 検討が必要な事項

本体験のシステム実装と並行し、体験の質を向上させるために、以下の 5 つの主要なパラメータ及び演出効果について検討している。必要に応じて、簡易的な予備実験を実施し、効果を検証する。

4.1 振動子のレイアウト

まず、カチューシャ型デバイス及びマスク型デバイスにおいて、仮現運動を効果的に生じさせるために最適な振動子の個数と配置を検討する。

4.2 アバターの外観

次に、アバターの視覚的特徴について検討する。写実的なアバターは自己所有感（Illusion of Virtual Body Ownership）を高める効果が報告されている[5]が、一方で切断時の恐怖感を増幅させてしまう可能性も否定できない。そのため、現時点では、体験者の心理的負荷を考慮し、デフォルメされたアバターを体験者に適用することを想定している。また、自己所有感が低くなりすぎないように、手の視覚運動同期を一人称視点及び鏡を通した三人称視点で忠実にフィードバックすることに留意する。

関連して、体験者のアバターを背後から斬りつけるキャ

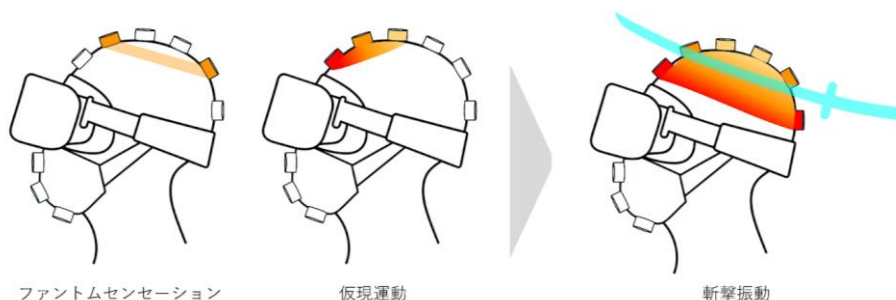


図 7: 振動刺激提示の様子

ラクター (NPC) の見た目も検討対象とする。この NPC については、人間的な等身大モデル、デフォルメされたデザイン、あるいは手や刀のみといった部分的な表示など、複数の選択肢を比較検討し、体験への没入感が最も高いものを採用する。Marc らの研究[5]によると、他者アバターが写実的であると、自分の身体が変化したという自己認識に対する印象が高まる傾向にある。よって、写実的な NPC アバターを採用することで、本体験の「頭が縦に真っ二つに分かれた感覚」を補強できる可能性がある」と推察できる。

4.3 視界に加える演出効果

3 番目に、視界に加える演出効果を検討する。左右の目にそれぞれ異なる映像を投影した場合、両眼の視覚情報が競合し、両眼視野闘争[6]と呼ばれる現象が生じる。開発中のプロトタイプシステムによる検証により、一方の視界の抑制及び視界の中央付近における像の融合が発生することが確認された。この現象は、普段は意識されることのない脳の視覚処理メカニズムを体験させる可能性を秘めている。しかし、この視界の融合は、身体切断によって左右の眼球が分離するという状況とは直感的に矛盾する。体験の直感性を損なわずにこの効果を利用するため、アバターが切断されている間は、視界の中央付近に切断のエフェクトを表示することにより、不自然さを軽減することを検討している。

4.4 聴覚的な演出効果

4 番目に、聴覚的な演出効果として、切断音、再生音及び環境音として使用する音源を検討する。特に切断音に関しては、恐怖感を抑えつつ、斬られたような感覚を十分に表現できるよう、「スパーン」「サクッ」といった軽めの音源を採用する。再生音と環境音に関しても、没入感を担保しつつ、体験中の音響変化が知覚しやすいものを選定する。

4.5 アバターの切断角度

最後に、アバターが斬られた際に頭部が V 字状に裂ける最適角度について検討する。この角度が大きいほど、切断体験のインパクトが増すと推測される。一方で、角度が過度に大きい場合、現実空間における体験者の頭部の位置と、VR 空間におけるアバターの頭部の位置との間に顕著なずれが生じ、特に手を用いたインタラクションにおいて違和感を引き起こす可能性がある。このトレードオフの中で、体験のリアリティとインタラクションの自然さを両立できる最大の角度を模索する。

5. 安全面の配慮

5.1 VR 酔いへの対策

本体験においては、3.3 で述べたように左右の目にそれぞれ異なる映像を投影されるシーンが含まれるため、VR 酔いが生じる可能性が懸念される。プロトタイプシステムによる検証では、深刻な VR 酔いを訴える事例は確認されなかった。この結果を踏まえると、本体験における VR 酔

いは重大な問題とならない可能性が高いと考察される。しかし、体験者が VR 酔いを訴えた場合は、直ちに体験を中断できる機能を講じる。

5.2 頭部切断体験による心身への負荷に関する対策

本体験は切断を伴う体験でありながら、体験者に恐怖感を与えないようデザインされている。しかし過去には、ギロチンによる断頭を題材とした VR 体験で、体験者に発汗、四肢の痺れ、意識の混濁といった悪影響が生じた事例があった[1]ことも無視できない。この点を踏まえ、本体験では以下の対策を実施する。まず、企画内容の詳細を体験者に事前に説明し、参加の可否について体験者の同意を得る。また、体験中に VR 酔いや心身への負荷を感じた際、体験者の任意のタイミングで体験を中断できる機能を実装する。

5.3 デバイス衛生管理

本体験で体験者は HMD、イヤホン、カチューシャ型デバイス、マスク型デバイスを装着する。体験者の交代時には、これらのデバイスに対してアルコール消毒を徹底する。またイヤホンとマスク型デバイスにおいては消毒に加え、使い捨てのイヤホンカバー及びマスクをつけてもらい肌に触れないようにすることで、衛生面を確保する。

参考文献

- [1] Mogura VR 編集部. (2018). VR で断頭台に……刃が落とされた瞬間ユーザーに起きた“異変”. <https://www.moguravr.com/vr-guillotine/> (2025/05/22 閲覧)
- [2] Gardner, E. P., & Spencer, W. A. (1972). Sensory funneling. I. Psychophysical observations of human subjects and responses of cutaneous mechanoreceptive afferents in the cat to patterned skin stimuli. *Journal of Neurophysiology*, 35(6), 925–953. <https://doi.org/10.1152/jn.1972.35.6.925>
- [3] Sherrick, C. E., & Rogers, R. (1966). Apparent haptic movement. *Perception & Psychophysics*, 1, 175–180. <https://doi.org/10.3758/BF03215780>
- [4] Azmandian, M., Hancock, M., Benko, H., Ofek, E., & Wilson, A. D. (2016). Haptic retargeting: Dynamic repurposing of passive haptics for enhanced virtual reality experiences. In *Proceedings of the 2016 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems* (pp. 1968–1979). ACM. <https://doi.org/10.1145/2858036.2858226>
- [5] Latoschik, M. E., Roth, D., Gall, D., Achenbach, J., Waltemate, T., & Botsch, M. (2017). The effect of avatar realism in immersive social virtual realities. In *Proceedings of the 23rd ACM Symposium on Virtual Reality Software and Technology (VRST '17)* (Article 39, pp. 1–10). ACM. <https://doi.org/10.1145/3139131.3139156>
- [6] Breese, B. B. (1909). Binocular rivalry. *Psychological Review*, 16(6), 410–415. <https://doi.org/10.1037/h0075805>