

滑落中の崖面にナイフを刺して停止する マンガ物理学的 MR システム

常川広貴[†] 松浦昭洋[†]

人が崖を滑落中にナイフを斜面に突き立てて停止する、という「マンガ物理学」の代表的なシーンを体感するための MR システムを提案する。本システムでは、崖面を模した可動式のデバイスにナイフ型デバイスを接触させることでプレイヤーに自身の滑落を相対的に体感させ、ナイフ型デバイスを斜面に突き立てたときの圧力センサの値から崖面の運動速度を変更していく。実際に仮想的な崖の世界観の中で、滑落・停止の MR 体験が可能であることを確認した。

A Cartoon Physical MR System for Sliding Down A Cliff and Stopping by Stabbing A Knife

HIROKI TSUNEKAWA[†] AKIHIRO MATSUURA[†]

We present an MR system for experiencing one of the representative cartoon physics scenes of sliding down a cliff and stopping by stabbing a knife. In this system, a player relatively gets the sense of sliding down a cliff by making contact to a rotatable cliff device with a knife-shaped device. The sliding speed is changed interactively according to the values of pressure sensor attached to the knife device. We confirmed that a player can actually make a novel MR experience in a virtually-set cliff environment.

1. はじめに

仮想空間の視聴覚情報に加え、実世界の環境情報や触覚等の感覚情報の提示も行う複合現実 (Mixed Reality, MR) の研究開発が進展している。高い没入感や実在感をもつ MR 表現を実現するためには、仮想世界における条件設定と、実環境・実物体に関する形状や物理条件との間の同期、整合性が要求される。視聴覚情報については、Microsoft 社の HoloLens 等のプロダクトにおいても、実時間でのプレイ・鑑賞に耐えるシステム・コンテンツが存在している。触覚に関しても、比較的静的な物体の触感や運動特性に対しては、物体の硬さや容器を把持する感覚等を再現する MR システムが開発されており、身体の拡大縮小 (スケールリング) という非現実的な形状変化を、手に持つデバイスを仮想世界と同期・拡大縮小させてことで体感させるシステムも開発されている[1]が、小説やマンガ、映像で表現される多くの空想的現象は MR の枠組では実現されていない。

本研究では、マンガやアニメーションの世界で蓄積されてきた「マンガ物理学 (Cartoon Physics)」の事象に着目し、MR による実現を目的とした。「マンガ物理学」とは、マンガやアニメーションで、通常の物理法則に反するが、多くの人にユーモアをもって受け入れられる事象の総称である[2]。本稿では、マンガ物理学的な事象として現れる、何らかのきっかけで崖の斜面を滑落している人がナイフを斜面に刺して停止する、というシーンに着目し、ナイフと崖面をデバイス化して、自身が滑落する代わりにナイフと接触する崖面が上昇することで滑落を相対的に感じさせる MR

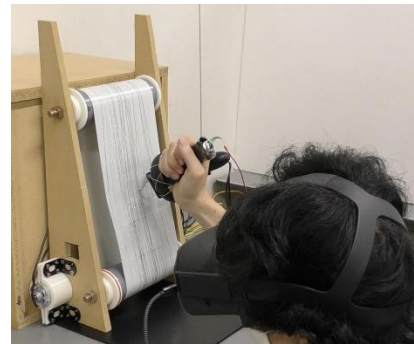


図 1 MR による崖の滑落・停止体験

システムの開発を行った。本システムにおいて、プレイヤーは面に押し当てる際の圧力の検出が可能なナイフ型デバイスを把持し、HMD により提示される崖面を滑り落ちる仮想的な映像世界の中で、ベルトコンベアを有する可動式の崖面デバイスにナイフを押し当て、滑落・停止時の主に腕部周辺の体感を実現させる。

2. システム構成

本システムは主に HMD (Oculus Quest)、ナイフ型デバイス、崖面デバイス、Arduino Uno、PC により構成される。図 2 にシステムの概観図を示す。以下、ナイフ型デバイスと崖面デバイスについて詳述する。

(1) ナイフ型デバイス

ナイフ型デバイスには、突き立てると刃が柄の中に引っ込むナイフを用いる。その理由は、実際のナイフを面に刺し込んだ場合と類似の状態と体感を作れるからである。ナイフの柄の底面には、図 3(a)のように圧力センサを取り

[†] 東京電機大学
Tokyo Denki University.

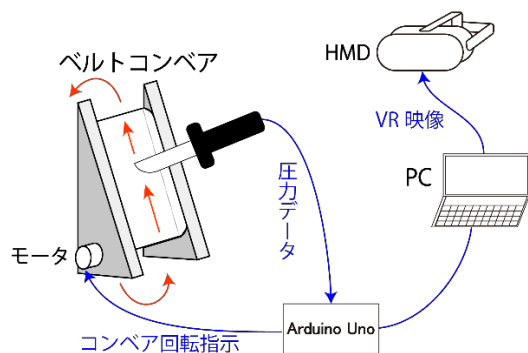


図 2 システム全体図

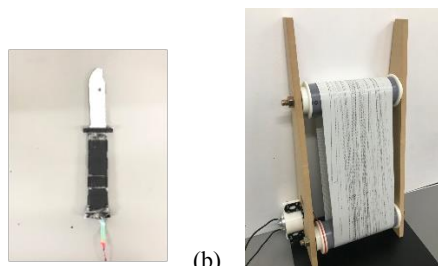


図 3 (a)ナイフ型デバイス; (b)崖面デバイス

付け、刃を押し込む際の強さをその値を対応させる。圧力値は Arduino Uno を介して後述する崖面デバイスの面の移動速度に反映させるとともに、PC に送信して映像にも反映させる。ナイフ型デバイスの位置をトラッキングするため、Oculus Quest のコントローラも取り付け。

(2) 崖面デバイス

崖面デバイスの全体を図 3(b)に示す。本デバイスは主に約 36.5×15.1 [cm]の前面をもつベルトコンベアとそれを回転させるための DC モータ (YM-2774, 6-12[V], 2.6[A], 回転数 18,800[RPM]) を有する。面の斜度は約 80 度である。ナイフ型デバイスを本面に押し当てたときの圧力値は、コンベアの上方向への移動 (回転) 速度に反映される。モータの回転数は、上記の圧力値を元にした 256 段階の PWM 制御でコントロールされる。

3. アプリケーション

(1) Arduino のアプリケーション

ナイフ型デバイスにおける圧力データは、Arduino Uno のアナログピンにより読み取られ、その値に基づいて、崖面デバイスのモータにかかる電圧が定められ、モータに直接指示が送られる。圧力データは Arduino を介して PC に送信され、VR アプリケーションでも使用される。

(2) VR アプリケーション

VR アプリケーションでは、上記圧力センサの値に基づいて、HMD で提示する壁の移動速度 (すなわちプレイヤーの滑落速度) を定め、プレイヤーに崖面、ナイフ、自身の手等を含む映像を提示する。本アプリケーションは Unity 2020.3.10f1 を用いて作成した。

4. システムの実行例

本 MR システムの体験の流れを示す。プレイヤーはナイフ型デバイスを手に持ち、崖面デバイスに対峙してナイフを崖面に当てる。システムを開始すると崖面のベルトコンベアが速度を上げる (図 4(a))。ナイフをコンベアに押し当てると刃が柄の内部に沈むと、コンベアの速度が遅くなると同時に、HMD に表示される映像内の崖の移動速度も遅くなり、視触覚で落下速度が遅くなったことをプレイヤーに体感させる (図 4(b))。さらにナイフを強く押し込むと、閾値を超えたところでコンベアが停止し、映像上もナイフを持つ身体感覚上も停止を体感させて終了する (図 4(c))。

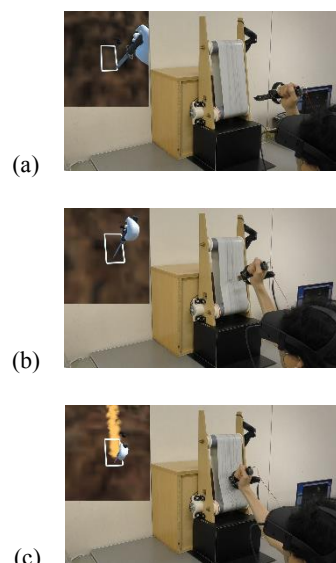


図 4 崖の滑落・停止 MR 体験

5. まとめ

崖を滑落中にナイフを刺して停止するマンガ物理的な MR システムを開発し、滑落・停止時の主に腕部周辺の体感が可能であることを確認した。しかし、まだ様々な課題・改善点が残っている。まず、今回使用した (通常の) コンベアは面が柔らかく、硬い崖の斜面を十分表現できていないため、より固い面を実現する必要がある。また、腕部への刺激は強いが、全身、特に脚周りの滑落時の不安定感がないので、それも体感できるようなシステムを拡張することを考えている。また、コンベアの色 (滑落速度) とナイフの刺す際の圧力との関係を、理論も含め十分検討できていないため、その評価・応用も今後の課題である。

謝辞 本研究は JSPS 科研費 21K12198 の助成を受けて行った。

参考文献

- 1) Kawaraya, Y., Kubo, R., and Matsuura, A.: Tactile Scaling: An MR System for Experiencing Virtual Body Scaling, Proc. of ACM SIGGRAPH Asia 2020 Posters, Article No. 18, pp.1-2 (2020).
- 2) Cartoon physics - Wikipedia, https://en.wikipedia.org/wiki/Cartoon_physics# (accessed 07/25/2021).