

ぶらさがりによる自重変化を利用した 腕が伸縮する感覚の誘発

曽我部 愛子¹ 森 光洋² 小鷹 研理^{2,a)}

概要: 近年のHMDの汎用化に伴い、VRコンテンツは我々の身近なものとなってきているが、VR環境において体験者自身の身体構造が動的に変化するような仕組みはまだ実現されていない。本論文では、ぶらさがりによる自重の変化をCGによって表現される身体構造の変化とリンクさせることで、腕が連続的に伸縮するような感覚を誘起する装置を考案したので報告する。

Subjective Arm Extension based on Self-weight Measurement during an Action of Hanging from Bar.

AIKO SOGABE¹ KOYO MORI² KENRI KODAKA^{2,a)}

Abstract: Though the virtual reality contents using HMD become popular among people, the current VR system cannot enable subjects to experience a dynamic distortion of their anatomic body-image. This paper proposes a device of giving a feeling as if their arm is stretched longer than the original proportion with a novel approach, where length of arms created by CG (seen in the HMD) is dynamically correlated with the self-weight measurement during an action of hanging from a bar.

1. 背景

近年、安価なHMD (Head Mounted Display) が続々と発表されているなかで、VR (Virtual Reality) のコンテンツは我々にとってより身近な存在となってきている。VR=仮想現実とは、コンピュータの中のプログラムによって編集された仮想的な映像空間が、あたかも現実そのものであるかのように体験できる技術の総称を指す。最近ではHMDを使用せずにVR環境が体験できる「ハコスコ」が若者を中心に話題を呼んでいる。ハコスコはダンボール製の箱にスマートフォンをセットするだけでVR環境を作ることができ、誰でも所持しているものを使った、その手軽さと安価さが魅力である。また、家庭用ゲーム機のPlay Station4に対応した「PlayStation VR」が2016年中に発売されることが発表され、誰でも簡単にゲームなどを通じてVRの世界が体験できるようになることが現実的になってきた。このような新しいメディア環境の整備により、VRはますます表現の幅を広げていくだろう。

これまでのVRの多くは、どちらかというと体験者の外側である環境側の設計に重点が置かれ、例えば、全方位カメラ等によって現実そっくりの環境、あるいは、CGによって現実ではあり得ない構造の環境を構築することによって、VR空間のリアリティーの一つの側面を担保してきたとい

える。一方で、VR空間における体験者の身体そのもののリアリティーについては、これまでに十分な検討が行われてこなかった。実際に、ゲームの中で登場する本人の代わりとなるアバターは、時折、奇抜な身体形態を有していることもあり得るが、それはあくまでプレイヤーにとって傍観される身体にすぎず、体験者自身の身体のリリアリティーと深く結びつくということはほとんど考慮されてこなかった。HMDとセンサの併用はこの状況を変える可能性を有しており、例えば、近年の新しい技術として、Leap MotionとOculus Riftを併用することによって、VR環境の中に体験者自身の手を参加させることが可能である。しかしながら、こうした技術を使った古典的なデモンストレーションは、自分の手が異なるマテリアル (例えばロボット) の手のように感じられるといったもので、その形状そのものは現実の身体物理構造に対して相似的である点に注意が必要である。つまり、VR環境における我々の身体構造の表象は、現実の物理的制約から未だに解放されていないままであると言える。今後の新たな方向性として、例えば、主観レベルで身体サイズが拡大・縮小したり、手足の長さを伸縮させることができれば、新しいメディア環境における行動の自由度は大きく広がるだろう。

こういった研究を進める上で、身体所有感や身体像の可塑性を巡る、近年の実験科学周辺の発見は示唆に富むものである。これらの研究によると、我々は普段、自分自身の身体に対して、それを所有しているという感覚を有するが、

¹ 名古屋市立大学芸術工学部

² 名古屋市立大学芸術工学研究科
Nagoya, 464-0083, Japan

^{a)} kenri@sda.nagoya-cu.ac.jp

この関係は自明ではなく、種々の感覚を同期させることで身体像は身体から遊離し、人形や映像のアバターなどに対しても身体所有感の投影されるという。これらの錯覚を誘起する上で共通しているのは、視覚から隠された身体部位への触覚刺激と、それに対応する擬似身体に対する触覚動作を示す視覚刺激の同期であり、これは1998年に発表された Rubber hand illusion (以下 RHI, [1]) の誘導スキーマに従うものである。さらに、RHI の誘発原理を応用することで、自分とサイズの異なるイメージに対しても、身体所有感を与えることも可能であることが知られている[2]。

我々の研究グループは、こうした実験科学における近年の成果を踏まえて、特定の身体部位のサイズ感が連続的に変化するタイプの錯覚に関するいくつかの研究を進めている [3]。本稿では、ぶらさがりによる自重変化に焦点を当て、この値を、HMD を通じて呈示する視覚環境と同期させることによって、腕が連続的に伸縮するような感覚を誘起するシステムを考案する。

2. アプローチ

本研究で実現したいのは腕の伸縮感覚であるが、体験者の立場に立つと、このような突飛な身体像の変化を何のインタラクシオンもなく視覚的に提示されただけでは、心理的に強い実感を与えることは難しいであろう。そこで以下の2つの新しいアプローチを導入する。

1) 手首にかかる負荷とのリンク

仮に、腕が連続的に変化する現実感のある映像を体験者が見るとして、それが自己の身体的な状態・アクションと何の関わりがないものであれば、自身の身体のリアルティとは全く無関係なものとなるであろう。そこで、ぶらさがりにより体験者の手首にかかる負荷の変化、つまり腕の筋肉の伸縮感覚が視覚環境とリンクするような状況を考え、これを1つ目のアプローチとする。

2) 自重測定による筋肉の伸縮感覚の近似

筋肉の伸縮感覚を直接に生体情報として測定する一つのアプローチとしては、例えば光学式モーションキャプチャや筋電などの利用が考えられる[4]。しかし、これらのセンサの装着は体験者にとって大きな負担になる。そこで本研究では、鉄棒に対してぶらさがりを行なっている特殊な状況で、部分的に地面に接地している状況における、自重の変化に着目した。例えば、両足を接地し、ただ鉄棒に掴まっている状態では手首に負荷がかからず、体重計で測定される数値も自分の体重そのままだが、両足を徐々に宙に浮かせるように掴まっている鉄棒に体重をかけていくにつれて、体重計の数値は小さくなり、その小さくなった数値の分、手首への負荷が高まり、腕の筋肉は伸びていく。つまり、このような特殊な状況では、筋肉の伸縮感覚を、体重計によって計測される自重の値の変化として近似できると考えた。

これら2つのアプローチを組み合わせ、腕が連続的に伸縮する感覚を誘起する状況を次のように考えた。

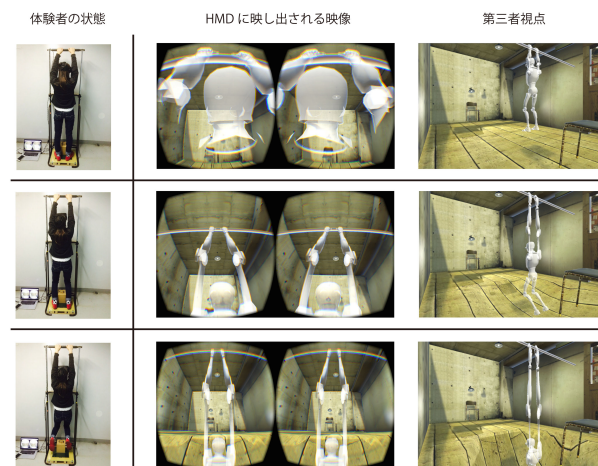


図1 ぶらさがりとCGの対応関係

図1のように、体験者はHMDを装着し、頭上の鉄棒を掴む。初め、体験者の足は完全に接地している。足元には体重計が設置してあり、そこで自重の変化を測る。体験者が掴まっている鉄棒にだんだんと体重をかけていくと、VR空間での自分の腕が伸びていく。HMDに映し出される映像には、自分(VR空間上のCGキャラクター)が映っていて、体験者の視点は、自分自身の身体を少し後ろから見ているような位置にある。これにより、体験者は自分の身体の変化を確認できる。こうして、ぶらさがっている状態での手首にかかる負荷の強さと、VR環境の中でのCGキャラクターの腕の長さが同期することによって、体験者は腕が伸縮する感覚を得ることができる。

3. 実装環境

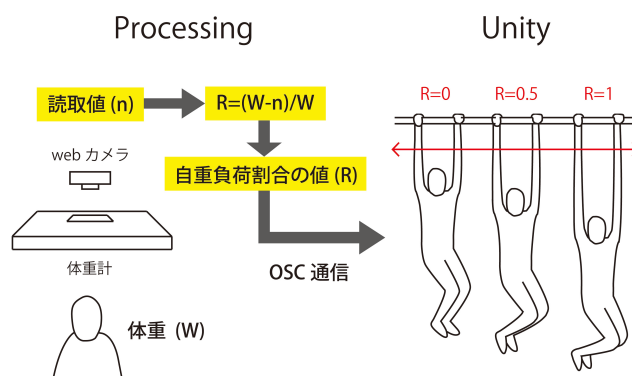


図2 信号の流れ

次に、実装環境について述べる。まず、体験者の足元に設置してある、アナログの体重計を上からWebカメラで撮影し、Processingで画像処理を行う。ここで得た数値を、体重に対する自重負荷割合($0 < R < 1$)に変換し、OSC (Open

Sound Control) 通信によって, 3D コンテンツ制作用のアプリケーションである Unity にリアルタイムで送信する. Unity では主に人型の CG モデルの動きを扱う. この中で, 人型のロボット (ロボットの CG モデルは Unity Asset Store で配布されている「Space Robot Kyle」のパラメータを変更して使用) の腕が伸縮するアニメーションを作成した. また, Unity 内の映像は, 視野角 110 度を有する VR ヘッドセットである Oculus Rift 内のディスプレイに投影される. Oculus Rift には加速度センサが内蔵されており, 装着した体験者の頭の位置や回転に応じて, CG 空間上の視点をリアルタイムに追従させることが可能である.

4. 考察

1998 年に発表された RHI のオリジナルのスキーマは, ラバーハンドに触れる<視覚>刺激と, 視界から隠された実際の手への<触覚>刺激を同期する, 視覚と触覚の同期によるものであったが[1], RHI と類似した効果を生むには, 種々の感覚を同期することそのものが重要であり, RHI のような視覚と触覚の組み合わせ以外でも, 種々のバリエーションが存在することがわかっている.

本システムでは, ぶらさがりによって得られる<筋肉の伸縮感覚>と<視覚>情報の同期に, 新たに着目した. 筋肉には自身を引き伸ばされたことを感知する「筋紡錘」という組織があり, 何らかの理由で筋肉が引き伸ばされると, 筋紡錘が活動し, その情報は感覚信号として脊髄に送られる. 我々が<筋肉の伸縮感覚>を感知できるのはそれによるものである. 本システムが設定した, 「棒にぶらさがる」という状況下では, もっとも極端な場合, 腕に自分自身の全体重をかけることができるため, 結果的に, ある程度広いレンジの<筋肉の伸縮感覚>を与えることができる点で重要である. これにより体験者は, 身体的に強い実感を得ることができる考える.

自重変化に対して, どのような身体構造の変化をリンクさせるかについては, 様々なバリエーションが考えられる. 本研究では, 腕の伸縮のみを対象としているが, 例えば, 手首にかかる負荷が大きくなるにつれて身体が潰れていく, あるいは, 体験者の足元が陥没していくなど, 様々な身体像の変化のバリエーションが考えられる. これらの要素を取り入れた実験を行なっていくのは, 今後の重要な課題である.

謝辞

本研究の一部は, JSPS 科研費 15K21281 の助成を受けたものです. 記して謝意を表します.

参考文献

- [1] Botvinick, M., & Cohen, J. (1998). Rubber hands“feel” touch that eyes see. *Nature*, 391(6669), 756.
- [2] van der Hoort, B., Guterstam, A., & Ehrsson, H. H. (2011). Being Barbie: the size of one's own body determines the

perceived size of the world. *PloS One*, 6(5)

[3] 小鷹研理, 石原由貴, 森光洋: 自己接触錯覚の原理を用いた指が伸縮する感覚を誘起する装置の考案, 情報処理学会シンポジウム・インタラクシオン 2015, インタラクティブ発表, 2015 年 3 月

[4] 松河剛司, 横山清子, 梅谷智弘, 永田雅典: モーションキャプチャと 3DCG を用いた動作解析システム, 人間工学, Vol.45, 12-18, 2009.