

# VR 野球スイング時の接触時間操作による 臨場感・迫真性向上の試み

白井 将太<sup>1,a)</sup> 山高 正烈<sup>1,b)</sup>

**概要:** 人間は誰しも同じ時間の流れの中を生きているが、集中力が高まった場面や楽しく感じる場面では時間を短く感じるなど、生理的・心理的要因により時間感覚の伸縮が起こると考えられている。このことから逆に、インタラクティブな VR コンテンツを体験するときに、時間感覚の伸縮を疑似的に体験させることで人の感情・感性に何らかの影響を及ぼさないだろうか。本研究では VR コンテンツにおける感性評価の向上を目指し、VR バッティングにおいてボールとバットが接触した際に、VR 空間内の時間を停止させることが臨場感及び迫真性にどのような影響を及ぼすかを検討した。実験の結果、停止時間 0.1 s 以内であればボールとバットの接触時間を認知しているものの、臨場感や迫真性の評価には影響を及ぼさないことが示唆された。

## 1. はじめに

昨今 VR に対する需要が伸びつづけており、VR コンテンツに要求されるクオリティも高まりつつある。高い臨場感や迫真性 [1-5]、満足感が得られるコンテンツを作るためには、ユーザのニーズに応えるべく VR システムに様々な演出効果を導入する必要があると考えられる。

ところで、我々人間は、楽しい事に没頭している場合は感覚的に時間を短く感じる。これは、時間に対する意識が逸らされるためであり、シチュエーションによっては時間感覚の幅が伸縮し得ることを意味する [6]。また、次の行動準備が充分できている場合は、その準備中の時間が長く感じる言わば「運動準備時間延長錯覚」[7] といった現象も報告されており、野球のバッティングにおいてボールの動きを実際より遅く感じる錯覚現象の生起はこれに該当するものと考えられる。このように人間の時間感覚は、生理的・心理的な状態により伸縮し得ると考えられる [8]。これとは逆に、時間感覚の伸縮を意図的に操作した場合、人の感情・感性に何らかの影響を及ぼさないだろうか。

そこで本研究では、VR コンテンツの感性評価を向上させる手法の構築を目指して、VR 空間で時間感覚の伸縮を疑似体験した場合、臨場感や迫真性といった高次感性評価にどのような影響を及ぼすかを検討した。具体的には VR バッティングにおけるスイング動作に着目し、ボールと

バットの接触時に任意の時間 VR 空間の時間を停止させることで感性評価にどのような影響を及ぼすかを調べた。ここでいう「時間停止」とは VR 空間内のオブジェクトの動作などを任意の時間停止させることで、VR 空間の世界が停止したかのように体験者に感じさせることを意味する。本研究では VR 空間内のオブジェクトのアニメーションや物理演算を停止させることでこれを実現した。

## 2. 実験内容

### 2.1 実験参加者

21~25 歳の男女 10 名が実験に参加した。実験参加者は全員右利きであり、そのうち 4 名が野球経験者であった。また、1 名は眼鏡を装着した状態で実験に参加した。

### 2.2 実験環境

実験には VRHMD (Valve Corporation: Valve Index) を使用し、バッティング動作のトラッキングのためにトラッカー (HTC: VIVE Tracker 2018) を使用した。よりリアルなバッティングを体験させるために図 1 のように本物の金属バットに上記トラッカーを取り付け、その動作を VR バッティングの打者モデルに反映させた。バットの重量は約 540 g、トラッカーは約 271 g であった。なお、VR バッティングシミュレータの開発には Unity を使用した。

シミュレータのシナリオは、実際の野球で行われるフリー打撃を参考にした。Unity での座標 1 単位を現実での距離 1 m とし、球場や選手などのオブジェクトの寸法は現実に即するものとした。特に打者モデルの寸法はシミュ

<sup>1</sup> 愛知工科大学

<sup>a)</sup> 20195042@g.aut.ac.jp

<sup>b)</sup> yamatataka-masahiro@aut.ac.jp

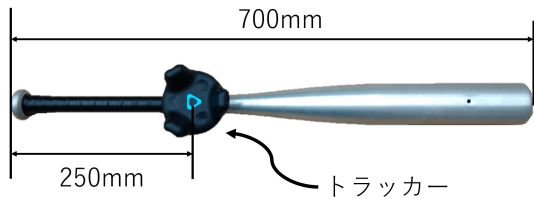


図1 バットへのトラッカー取り付け

レータの実験参加者に合わせて変更した。ただしバットに関しては、実際の寸法の通りに当たり判定を設定するとボールにミートすることが困難であったため、図2のように幅0.40、高さ0.71、奥行0.27（単位はUnity内の座標単位）として実際より大きく設定した。投球されたボールに関しては同実験下において同一の軌道で運動するよう設定した。バットとミートしたボールに関しては、どのようなバットのスイングであっても飛ぶベクトルの大きさは一定とし、角度はミート時のバットの傾きを元に計算されるよう設定した。また、バットとボールの接触時に任意の時間、VR空間の時間を停止することが可能である。実験風景を図3に示す。

### 2.3 シミュレータにおける時間停止の実装

開発に利用したUnityのバージョンはVer.2020.3.13f1であり、steamVR Pluginを導入した。Unityにはコンテ

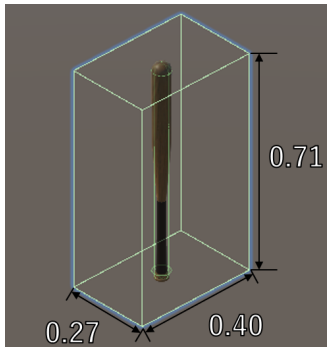


図2 バットの当たり判定（単位はUnityの座標単位）



図3 実験風景（左：実験参加者の様子、右：シミュレータの風景）

ンツのプレイスピードを操作できるtime.scaleというパラメータが標準で用意されている。これによりアニメーションや物理演算などの、おおよその物の動作速度を一括で管理することができる。このtime.scaleのパラメータを0にすることで、コンテンツの時間停止を行った。

なお、リアルタイムなトラッキングを用いたコンテンツにおいて単純に時間停止を行ってしまうと、体験者本人とトラッキングを反映するモデルとの間に動作の差異が生じ違和感を感じてしまう。例えば表1のように、体験者がa, b, cの順で動作し、動作bの前後で時間停止を行ったとする。この場合、モデルはa, a, cという動作になる。つまり、体験者が行った動作bはVR空間に反映されずそのトラッキングが消失してしまう。このように停止時間中の体験者の動作が消失することでトラッキングが反映されるモデルの動作との間に差異が生じ、違和感を感じてしまう。これにより運動主体感または身体所有感が損なわれてしまう可能性が生じた[9]。この違和感を克服するために、時間停止中のトラッキング情報を蓄積し、時間停止終了後に停止時間より短い時間で蓄積したトラッキングを反映させ、蓄積したトラッキングが終了した時点でリアルタイムなトラッキングを再開するように設定した。これにより時間停止中に動作の消失を防ぎ、違和感を軽減させた。

### 2.4 実験手順

実験はシェフェの対比較法（浦の変法）[10]に即して行い、ボールとバットが接触した際の停止時間を実験条件として設定した。停止時間は0s, 0.1s, 0.2s, 0.4s, 0.6sの5条件を設定した。現実でのバッティングではピッチャーから投球されたボールがバットに当たり、反対方向に飛んでいくまでに僅かな時間が生じるが、本実験ではこれを0sと見なし時間停止操作をしていないことと定義した。

スイングを1回したのち停止時間をランダムに変えスイングをもう1回実施し、その後前者のスイングと比較して後者のスイングに関してアンケートに回答してもらった。これを1パターンとし、1人の実験参加者に対し全20パターンを実施した。アンケートで評価する項目は臨場感、迫真性と時間の感じ方の3つであり、-3~+3までの7段階のリッカート尺度により評価した。ここでの臨場感とは

表1 トラッキング時の時間停止による動作の差異

	時間停止直前	時間停止中	時間停止終了後
体験者の動作			
モデルの動作			

その場にいる感覚を表し、迫真性は本物らしさを表しており、バッティングによりこれらの感性が得られるほど評価値が高くなる。また、時間の感じ方とはバットにボールが当たってから跳ね返るまでにどれ程の時間経過を感じたかを評価させ、長く感じるほど評価値が高くなる。

なお実験に先立って、VR空間内でバットをボールに安定してミートできるように10分程度の練習試行を行った。さらに実験中、10パターン終了した時点で10分間の休憩を設けた。実際の実験時間は1人当たり、約1時間程度であった。

### 3. 実験結果

感性評価アンケートによって得られた評価値から、各質問項目について停止時間条件ごとの平均効果値と標準誤差を算出した。これらを臨場感・迫真性を図4に、時間の感じ方は図5に示す。図から、臨場感・迫真性ともに、停止時間が長くなるにつれて評価値が小さくなる傾向が見取れる。

各項目の平均効果値についてそれぞれ停止時間条件を要因とした分散分析を行った結果、臨場感の主効果 ( $F(4,144) = 29.45, p < .01$ )、迫真性の主効果 ( $F(4,144) = 27.90, p < .01$ )、時間の感じ方の主効果 ( $F(4,144) = 90.04, p < .01$ ) の3つの項目すべてに有意差が認められた。これらについて yardstick を用いた多重比較検定 [11] を行った結果を表2に示す。

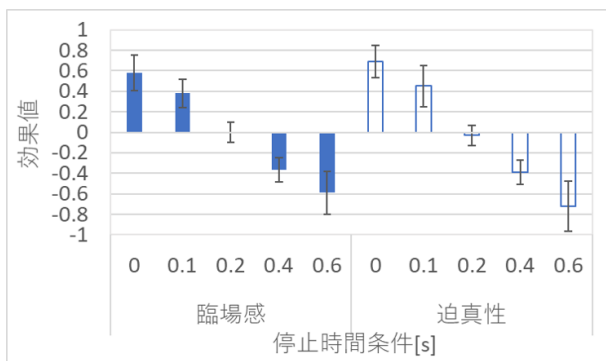


図4 臨場感・迫真性-停止時間条件別平均効果値

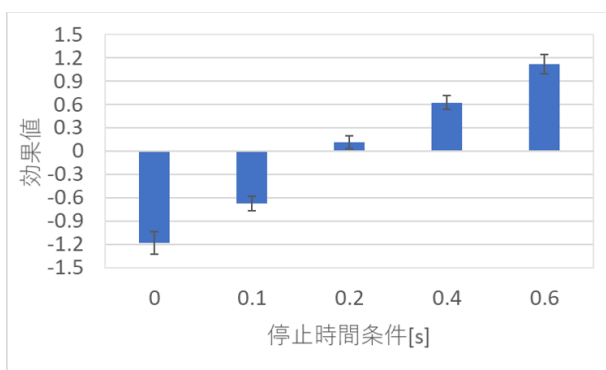


図5 時間の感じ方-停止時間条件別平均効果値

表2 yardstick を用いた多重比較の結果

停止時間条件 [s] の組み合わせ	臨場感	迫真性	時間の感じ方
0-0.1	—	—	**
0-0.2	**	**	**
0-0.4	**	**	**
0-0.6	**	**	**
0.1-0.2	*	*	**
0.1-0.4	**	**	**
0.1-0.6	**	**	**
0.2-0.4	**	—	**
0.2-0.6	**	**	**
0.4-0.6	—	—	**

(\*:  $p < .05$ , \*\*:  $p < .01$ )

多重比較の結果、どの質問項目でもほとんどの条件間に有意差が認められた。臨場感については停止時間条件が0sと0.2~0.6s、0.1sと0.4~0.6s、0.2sと0.4~0.6sの間に有意差が認められ、前者の場合が後者より評価値が有意に高くなった。迫真性については停止時間条件が0sと0.2~0.6s、0.1sと0.2~0.6s、0.2sと0.6sの間に有意差が認められ、臨場感の場合と同様に前者の評価値が後者より有意に高くなった。一方、時間の感じ方については停止時間条件が0sの場合に停止時間0.1~0.6s、0.1sの場合は0.2sから0.6s、0.2sの場合は0.4~0.6s、0.2sの場合は0.4~0.6sと比べて有意に停止時間を長く感じた。

### 4. 考察

図4,5より、停止時間が長くなる程臨場感・迫真性の効果値が小さくなり、時間の感じ方の効果値は大きくなる傾向が見取れる。このことからVR空間における時間停止は臨場感や迫真性の評価を下げ、リアリティを減少させる効果があると考えられる。

多重比較の結果、時間の感じ方については全ての停止時間条件間に有意差が認められた。一方、臨場感・迫真性の両方については停止時間0sと0.1sの間に有意差が認められなかった。このことから、今回の実験条件下においては、VR空間内で0.1s以上の時間停止を覚知することが可能であったと考えられる。即ち、0sと0.1s間で臨場感・迫真性の評価に有意差が表れなかったことから、VR空間内における停止時間が感性評価に及ぼす影響には刺激弁別閾が存在すると考えられ、VR空間内で0.1s以内の時間操作は時間停止を認識しながらもVRコンテンツの臨場感や迫真性といった高次感性が保たれる時間幅であると考えられる。

また、臨場感と迫真性共に停止時間0sと0.2sの間に有意差が認められているが、臨場感においては停止時間0.4sと0.6sの間には有意差が認められず、迫真性については停止時間0.2sと0.4s、0.4sと0.6sの間に有意差が認められなかった。この結果から、停止時間の変化量が同じ0.2s

であっても、停止時間が長くなる程、臨場感や迫真性の変化量は小さくなるのがわかる。つまり、ある程度停止時間が長くなることでリアリティの減少量の増加は小さくなるのが考えられる。

## 5. 今後の展望

本実験の結果から、停止時間 0.1 s という短い停止時間であっても VR バッティング時の時間の停止を認識可能であることが示唆された。これは、アンケート項目として直接時間の感じ方を回答させたため、実験参加者の意識を時間の経過へ向けさせたことが原因の一つとして考えられる。一方、通常の VR コンテンツ体験時においては、時間の経過をそれほど意識することはないと考えられ、実用的なコンテンツ開発を想定した研究を行うには、実験参加者の意識を時間へ向けさせることなく感性評価を行う実験を実施する必要があると考えられる。また、これに伴い臨場感や迫真性といった高次感性評価だけでなく、満足感や達成感といったコンテンツの総合的な楽しさに関する評価についても検討する必要がある今後の課題としたい。

さらに、本実験では実験参加者に VRHMD からの視覚刺激しか提示していない。しかし、実際の VR コンテンツでは聴覚刺激や振動刺激も提示する必要がある、今後はマルチモーダルな多感覚刺激の付加効果についても検討していきたい。

## 6. まとめ

本研究では、VR 空間で時間感覚の伸縮を疑似体験した場合、臨場感や迫真性といった高次感性評価にどのような影響を及ぼすかを検討した。実験結果、停止時間 0.1 s のように短時間の時間停止であれば、臨場感や迫真性の評価に影響を及ぼさないことが明らかとなった。このことは、VR コンテンツ制作において演出効果を操作可能な時間幅が 0.1 s 程度であることを意味しており、今後は満足感や楽しさ等の演出効果を促進し得る時間の制御法について探していきたいと考えている。

## 参考文献

- [1] 寺本渉, 吉田和博, 浅井暢子, 日高聡太, 行場次朗, 鈴木陽一: 臨場感の素朴な理解, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol. 15, No. 1, pp. 7-16, 2010.
- [2] 寺本渉, 吉田和博, 浅井暢子, 日高聡太, 行場次朗, 鈴木陽一: 「迫真性」を規定する時空間情報, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol. 15, No. 5, pp. 483-486, 2010.
- [3] Zhenglie Cui, Shuichi Sakamoto, Jiro Gyoba and Yôiti Suzuki: Influence of visual depth and vibration on the high-level perception of reality in 3D contents, Journal of Information Hiding and Multimedia Signal Processing, Vol. 8, No. 6,
- [4] 崔正烈, 柳生寛幸, 坂本修一, 鈴木陽一, 行場次朗: 多感覚コンテンツの音情報から生成した床振動の高次感性促進効果, 情報処理学会論文誌, Vol.59, No.11, pp.1-9, 2018.

- [5] 本田明生, 神田敬幸, 柴田寛, 浅井暢子, 寺本渉, 坂本修一, 岩谷幸雄, 行場次朗, 鈴木陽一: 視聴覚コンテンツの臨場感と迫真性の規定因, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol. 18, No. 2, pp. 93-101, 2013.
- [6] Dan Zakay and Richard A. Block: Temporal Congnition, Current Sirection in Psychological Science. Vol. 6, No. 1, pp. 12-16, 1997.
- [7] Nobuhiro Hagura, Ryota Kanai, Guido Orgs and Patrick Haggard: Ready steady slow: action preparation slows the subjective passage of time, Proc. R. Soc. B. No. 279, pp. 4399-4406, 2012.
- [8] 田山忠行: 時間知覚のモデルと時間評価のモデル, 心理学評論, vol. 30, No. 4, pp. 423-451, 1987.
- [9] 渡邊翔太, 川合伸幸: 自己身体と操作対象の身体図式的一致はより強い運動主体感・身体所有感を喚起する. 2016年度日本認知科学会第33回大会, OS03-4.
- [10] 浦昭二: 1 対比較実験の解析, 品質管理, vol. 10, No. 2, pp. 78-80, 1959.
- [11] 高木英行: 使える! 統計検定・機械学習—III—主観評価実験のための有意差検定, システム/制御/情報, vol. 58, No. 12, pp. 514-520, 2014.