

VRヘッドセットとスラックレールを用いた 綱渡り体験システム

青柳 西蔵^{1,a)} 田中 敦子² 福森 聡² 山本 倫也²

概要：スラックレールは、発砲ゴム製のスラックラインを疑似体験できるおもちゃである。本研究ではVRヘッドセットとスラックレールを用いた綱渡り体験システムを提案した。システムのプロトタイプと大阪駅付近の高層ビルの間を綱渡りするコンテンツを作成し、40名の参加者による実験を通して評価した結果、VRの綱渡り体験をより恐ろしく、難しいものにする効果がみられた。

1. はじめに

スラックラインは、伸縮性のあるベルトの上でバランスを取り、歩いたりジャンプしたりする、綱渡りに似たスポーツである。スラックラインは近年広く親しまれており、フィットネス、トレーニングとしても注目されている。ただし、怪我や事故の恐れもあり、使用する道具や設置場所について注意が必要である [1]。図 1 にスラックラインのプレイ例を示す。

このスラックラインを模したスポーツ玩具として、スラックレール [2] がある。スラックレールは発砲ゴムでできた棒であり、床に置いてその上でバランスをとって遊ぶ。ゴムの弾力がベルト上に似た不安定性を作り出し、スラックラインを疑似体験できる。また、足を踏み外しても高所から落ちるわけではないので怪我をする恐れが少ない。図 2 にスラックレールのプレイ例を示す。

ここで、スラックレールやスラックラインの元となった綱渡りや高所の構造物上の歩行は、VR(virtual reality, 仮想現実) システムのコンテンツとしてよく見られるものでもある (例えば [5])。一般的な綱渡り体験の VR システム

は、ユーザが装着した HMD(head mounted display) からの視覚情報のみを用いるものである。しかし、そのようなシステムに欠けている「細い足場の上で身体のバランスをとる」という要素は、現実の綱渡り体験において主要な要素であると考えられる。著者らは、スラックレールを用いて身体のバランスをとる要素を VR 体験に付加することで、VR の綱渡りをより楽しくよりリアルにできるのではないかと考えた。

本研究では VR ヘッドセットとスラックレールを用いた綱渡り体験システムを提案する。システムのコンセプトを提案し、そのプロトタイプと VR コンテンツを開発して、参加者実験を通して評価する。

2. コンセプト

本研究で提案するシステムの主な構成要素はスラックレールと VR ヘッドセットである。本システムのユーザは、スタンドアロン型の VR ヘッドセットを装着し、綱渡りの VR コンテンツを閲覧しながら、床に置かれたスラックレール上でバランスをとる。図 3 に本システムのコンセプトを示す。

スタンドアロン型の VR ヘッドセットは、HMD にユーザの動きのトラッキングのための機器や、HMD へ映像信号を送るための小型コンピュータ、軽量のバッテリー等を含めたものである。そのため、外部機器への有線接続が全く必要なく、ユーザは VR コンテンツに従い自由に動き回ることができる。また、スラックレールは、遊ぶためおもちゃであると同時に、バランスをとることによる一種のトレーニング器具でもあり、体幹、バランス、集中力を鍛える効果が期待できる [2]。

本システムに期待される効果は VR コンテンツとスラッ



図 1 スラックライン



図 2 スラックレール

¹ 東洋大学

² 関西学院大学

a) aoyagi@toyo.jp

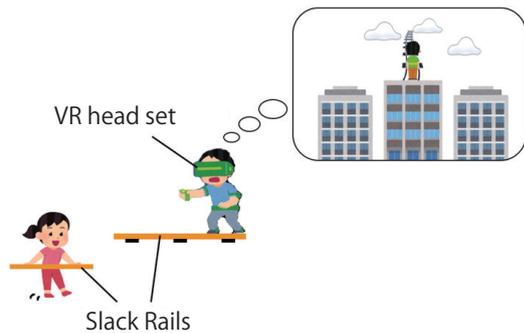


図 3 コンセプト

クレールの相乗効果である。すなわち、スラックレールが VR コンテンツに身体のパラnsをとるという要素を付加し、綱渡りをよりリアルに楽しくすると共に、VR コンテンツがスラックレールにエンターテインメントの要素を加え、トレーニングを楽しく継続できるようにする。

本研究は、実際に身体のパラnsをとるという要素を含む新たな VR 体験の実現に寄与する。ゲーム等のエンターテインメントや、健康維持のためのスポーツ、あるいはスラックラインや他の綱渡り類似体験のシミュレーションへの応用が考えられる。

3. プロトタイプ

前節のコンセプトに基づき、評価実験のためのシステムのプロトタイプを開発した。図 4 にプロトタイプの構成を示す。プロトタイプはラップトップ PC(HP, ZBook17)1 台、VR ヘッドセット (Facebook Technologies, Oculus Rift DK2)1 台、RGBD カメラ (Microsoft, Kinect v2)1 台、そしてスラックレール 1 本から構成される。本プロトタイプでは、評価実験の実施上問題が無いため、スタンドアロン型ではなく外部 PC に接続する VR ヘッドセットを利用した。

本プロトタイプの基本的な動作は、まず RGBD カメラがユーザの位置を取得し、PC がユーザ位置を VR コンテンツ内のユーザの身体に反映し、VR ヘッドセットはそれをユーザに見せるというものである。

また、評価実験に向けた VR コンテンツを作成した。作成にはゲームエンジン (Unity Technologies, Unity2017.4.2f2) を用いた。コンテンツの内容は、大阪駅周辺の複合商業施設グランフロント大阪の二つのビルの上に渡されたスラックレールを渡るものである。図 5 に本コンテンツの一部を示す。システムによってユーザの身体的位置は VR コンテンツ内に反映され、ユーザが実際のスラックレール上を歩くと、VR コンテンツ内でもスラックレール上を同じように歩く。

4. VR の追体験性

著者らは、既存研究において、本システムの公開デモン

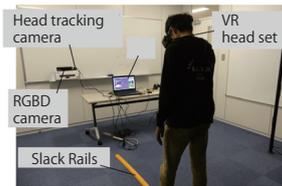


図 4 システム構成



図 5 VR コンテンツ

ストレーションを実施した [3]。参加者は比較のために、3 章で説明したスラックレールと VR コンテンツの統合された「スラックレール」タスクと、VR コンテンツのみでスラックレールを利用せず直接床の上を歩く「スラックレール無し」タスクを実施した。参加者はランダムにどちらかのタスクを先に実施した後、もう一つを実施した。

各タスク後、参加者に、本システムの体験の楽しさ、恐ろしさ、リアルさ、難しさ、トレーニングによいと感じられるかを 7 段階のリッカート法で訪ねた。その結果、難しさと、トレーニングによいと感じられるかという項目で、スラックレールタスクを後に実施した場合にのみ 2 タスク間に差が見られた。この結果の解釈として、著者らは「VR 体験は現実の追体験である」という仮説を構築した。

本仮説は、VR 内で過去の実世界の体験に似た体験をすると、VR において過去の体験に比べ欠けている情報が体験の記憶で補完されるというものである。つまり、スラックレールタスクを先に実施した場合に 2 タスク間に差が無かったのは、スラックレール無しタスクにおいて記憶がスラックレールが与える各種体性感覚を補完したためと解釈した。

ただし、公開デモンストレーションの結果は 12 名と非常に小さなサンプルで、用いられた質問紙項目も各内容を直接尋ねる 1 項目ずつのみであり、信頼性に疑問が残るものであった。そこで、本研究では、公開デモンストレーションと同様のタスクで、VR 体験に関する既存研究において利用実績のある質問紙項目を利用し、サンプルサイズに関しても条件ごとに 20 名という目安 [4] を満たす実験を実施する。

5. 評価実験

5.1 目的と方法

プロトタイプを用いた提案システムの評価と、「VR 体験は現実の追体験である」ことの検証を目的として参加者実験を実施した。この実験では、比較のために参加者に、4 章で説明したスラックレールタスクとスラックレール無しタスクの 2 つのタスクを行わせた。なお、両方のタスクにおいて VR コンテンツ内ではスラックレールが表示された。

本実験には 40 名の参加者が参加し、ランダムに 2 つのグループに割り当てられた。1 つ目のグループは、先にスラックレールタスクを実施したのち、スラックレール無しタスクを実施し、もう 1 つはその逆順で実施した。

それぞれのタスクの後、参加者は19項目からなる評価アンケートに回答した。アンケートは1から7の7段階のどれかを選択するリッカート法で、1に「そう思わなかった」、7に「そう思った」というラベルを付けた。質問項目としては、VR内の高所の棒を渡るという似た実験を実施した研究[5]を参考に、存在感(presence)の尺度[6]及びゲーム体験尺度[7]と著者らの既存研究[3]の項目を用いて、VR体験のポジティブな評価、ネガティブな評価、恐ろしさ、リアルさ、難しさ、トレーニングによいと感じられるか、没入感、VR酔いの有無について尋ねた。

スラックレールの与える身体のバランスをとるという要素により、各項目において、スラックレールタスクの方が、スラックレール無しタスクよりも評価が高いと予想される。また、本実験では、スラックレール無しタスクにおいてはHMDによる視覚的な刺激のみを与え、スラックレールタスクにおいてはそれに加えて不安定な環境でバランスをとることによる各種体性感覚が与えられる。このため、スラックレール無し、スラックレールの順番だと両者の評価結果には、刺激の違いによる差が生じると考えられる。その一方で、「VR体験は現実の追体験である」という仮説が正しければ、先にスラックレールタスクを実施すると、スラックレールタスクで得られた体験がスラックレール無しタスクを補完して、逆の順番よりも差が小さいことが予想される。

5.2 結果

アンケートを間隔尺度とみなして、スラックレール、スラックレール無しの各タスク後のアンケート回答の比較のため、及び各タスク後の回答が、それらを実施する順番に影響を受けるか否かを確かめるために、一般線形モデルによる分析を実施した。被験者内因子であるタスク種類と、被験者間因子であるタスク順序の2つを独立変数とし、アンケート結果の各項目を従属変数とし、分析にはSPSS 24(IBM)を用いた。

図6にアンケート各項目のスラックレールタスク後およびスラックレール無しタスク後の結果の平均とタスク種類の主効果の有意差($p < 0.05$)及び有意傾向($p < 0.10$)の有無を示す。エラーバーは標準偏差を示す。アンケート項目は表1と対応する番号で示してある。表1はアンケートの各項目の文と著者らが想定した対応する要因、一般線形モデルのタスク種類の主効果、及びタスク種類とタスク順序の交互作用のp値及び効果量(η_p^2)を示す。

分析の結果、タスク種類の主効果が有意あるいは有意傾向であったのは、項目4, 5, 6, 7, 8, 10, 11, 14, 15, 16の10項目であった。項目10, 12以外の全項目においてスラックレールタスクの方がスラックレール無しタスクより値が大きかった。

著者らが想定した、各項目が測定する要因のうち、恐ろ

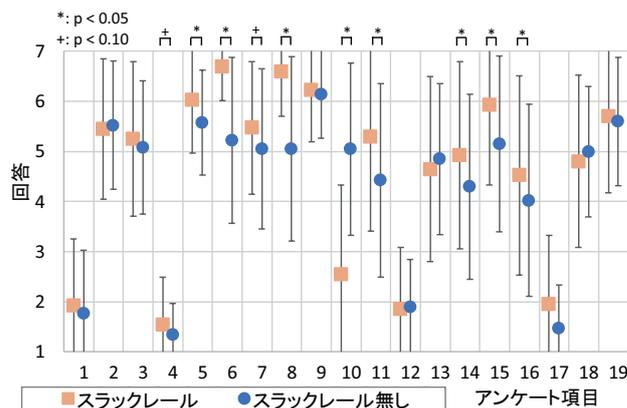


図6 アンケート各項目と結果の平均、標準偏差

し及び難しさに関する項目はすべてが有意あるいは有意傾向の結果であり、全てスラックレールタスクの方がスラックレール無しタスクより値が大きかった。残りの、ポジティブな評価、ネガティブな評価、リアルさ、トレーニングによいと感じられるか、没入感に関する項目では有意なものとはそうでないものが混在していた。VR酔いの有無に関する項目は有意差がなかった。

タスク種類とタスク順序の交互作用については、項目2「自分が実際にそこにいる感覚がした。」($p = 0.044$, $\eta_p^2 = 0.103$), 項目4「うんざりした。」($p = 0.065$, $\eta_p^2 = 0.087$), 項目10「綱渡りに成功したと感じた。」($p = 0.018$, $\eta_p^2 = 0.140$), 項目13「周りのことを忘れていた。」($p = 0.058$, $\eta_p^2 = 0.092$), 項目18「満足感を得た。」($p = 0.080$, $\eta_p^2 = 0.079$), 項目19「もう一度やりたいと感じた。」($p = 0.024$, $\eta_p^2 = 0.127$)の6つの項目において、有意($p < 0.05$)あるいは有意傾向($p < 0.10$)のタスク種類とタスク順序間の交互作用が認められた。

そのうち、「VR体験は現実の追体験である」という仮説の通り、スラックレール、スラックレール無しの順番の結果がスラックレール無し、スラックレールの順番の結果よりも差が小さかったのは、項目2「自分が実際にそこにいる感覚がした。」、項目4「うんざりした。」、項目19「もう一度やりたいと感じた。」の3項目のみであった。

5.3 考察

実験結果より、恐ろしさや難しさに関する項目でスラックレールタスクはスラックレール無しタスクより高い値が得られた。また、項目10「綱渡りに成功したと感じた。」の回答ではスラックレールの方がスラックレール無しより有意に低いことを考え合わせると、綱渡りのVRにスラックレールを取り入れることで、より恐ろしく難しい体験を作り出すことが強く示唆される。

その一方で、リアルさや楽しさを含めたポジティブな評価については、一部有意に高い回答が得られたものの、全てが一貫したものではなかった。現時点での1つの解釈と

表 1 アンケート各項目と一般線形モデル分析の結果

項目	タスク種類主 効果		タスク種類× タスク順序の 交互作用		想定要因
	p	η_p^2	p	η_p^2	
1 VR 体験中に酔いを感じた。	0.301	0.028	1.000	< 0.001	VR 酔い
2 自分が実際にそこにいる感覚がした。 *1	0.679	0.005	0.044	0.103	リアルさ
3 トレーニングに良いと思った。	0.471	0.014	0.918	< 0.001	トレーニングによい感じ
4 うんざりした。	0.065	0.087	0.065	0.087	ネガティブな評価
5 綱渡りに夢中になっていた。 *2	0.020	0.135	0.788	0.002	没入感
6 バランスをとるのが難しかった。 *2	< 0.001	0.379	0.228	0.038	難しさ
7 VR 空間内は現実的に感じた。 *1	0.051	0.097	0.724	0.003	リアルさ
8 VR 空間内のスラックレールの上を歩くのは難しかった。	< 0.001	0.353	0.561	0.009	難しさ
9 面白かった。	0.575	0.008	0.852	< 0.001	ポジティブな評価
10 綱渡りに成功したと感じた。 *2	< 0.001	0.556	0.018	0.140	ポジティブな評価
11 現実世界が見えない状態で歩くことに恐怖を感じた。 *2	< 0.001	0.344	0.258	0.034	恐ろしさ
12 つまらなく感じた。	0.795	0.002	0.604	0.007	ネガティブな評価
13 周りのことを忘れていた。 *2	0.390	0.020	0.058	0.092	没入感
14 この体験を続けると体幹を鍛えることができると思った。 *2	0.043	0.103	0.934	< 0.001	トレーニングによい感じ
15 現実世界が見えない状態で歩くことを難しく感じた。	0.007	0.174	0.651	0.005	難しさ
16 綱の高さに恐怖を感じた。	0.032	0.115	0.128	0.060	恐ろしさ
17 いらいらした。	0.013	0.153	0.891	< 0.001	難しさ
18 満足感を得た。 *2	0.310	0.027	0.080	0.079	ポジティブな評価
19 もう一度やりたいと感じた。 *2	0.672	0.005	0.024	0.127	ポジティブな評価

*1 存在感尺度より [6], *2 ゲーム体験尺度より [7]

しては、スラックレールの導入によりタスクが難しくなりすぎ、万人にとって楽しめるものではなく、また足元に気を取られ VR 体験に没入できなかつたということが考えられる。これらについては、各項目ごとに回答と参加者の属性の関係を詳しく調べる、回答結果に因子分析を実施して因子得点を計算する等、本システムの VR 体験に与える影響についてさらなる分析が必要である。

また、「VR 体験は現実の追体験である」という仮説に関しては、支持するものは 19 項目のうち 3 項目であり全体として仮説が支持されたとは言い難い。今後、この 3 項目と他の項目の違いや、仮説を支持するような回答をした参加者を抽出してその回答の構造を詳しく分析する必要がある。

6. おわりに

本研究では既存の綱渡りシミュレーションの VR システムに比べより楽しくリアルな体験を作り出すための、VR ヘッドセットとスラックレールを用いた綱渡り体験システムを提案した。システムのコンセプトを提案し、そのプロトタイプと VR コンテンツを開発して、参加者実験を通して評価した。その結果、本システムの作り出す体験は、楽しさやリアルさの点では評価が分かれた。しかし、難しく恐ろしい VR 体験を作り出すことに寄与することが示唆された。今後分析を進め、本システムの VR 体験に与える影響を明らかにしてゆきたい。

謝辞 本研究の一部は、私立大学戦略的研究基盤形成支

援事業 S1411038, JSPS 科研費 16H03225 等の支援によって行われた。

参考文献

- [1] 一般社団法人日本スラックライン連盟 教育部: スラックライン安全マニュアル, 2018 年 12 月 24 日 アクセス, 入手先 (<http://jsfed.jp/basic.html>) (2017).
- [2] Gililita inc.: Slack Rails, 2018 年 12 月 24 日 アクセス, 入手先 (<https://slackrail.jp/>) (2018)
- [3] 田中 敦子, 福森 聡, 青柳 西蔵, 山本 倫也: VR ヘッドセットを用いたスラックレール体験システムの開発, SI2018(計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会), 2D1-12, (2018).
- [4] Simmon J. P., Nelson L. D., and Simonshon U.: False-Positive Psychology Undisclosed Flexibility in Data Collection and Analysis Allows Presenting Anything as Significant, *Psychological Science*, Vol. 22, No. 11, pp. 1359-1366, (2011).
- [5] Born F. and Masuch M.: Increasing Presence in a Mixed Reality Application by Integrating a Real Time Tracked Full Body Representation, *In Proc. ACE 2017*, Springer International Publishing, pp. 46-60 (2018).
- [6] Nichols S., Haldane C., and Wilson J. R.: Measurement of presence and its consequences in virtual environments, *Int. J. Human-Computer Studies*, Vol. 52, No. 3, pp. 471-491 (2000).
- [7] IJsselsteijn W. A., and de Kort Y.A.W., and Poels K.: *The Game Experience Questionnaire*, Technische Universiteit Eindhoven, (2013).