スマートフォンVRを用いた児童公園遊具の絶叫化手法の提案

新地 洋一[1]　水野 慎士[1]

概要：本研究では，2 台以上のスマートフォンを用いることで，児童公園に設置されているシーソー，グローブジャングル，ブランコなど動きのある遊具を絶叫マシンに変化させる手法について述べる．提案手法では，1 台のスマートフォンは遊具の動きを取得して，他のスマートフォンは VR ゴーグルとして用いる．VR 空間には遊具が再現されており，ユーザが VR ゴーグルを装着した状態で遊具で遊ぶと，VR 空間の遊具も同じように動くため，VR 空間でも遊具で遊ぶことができる．このとき，VR 空間の遊具について，動きを実際の動きよりも大きくしたり，サイズや設置場所を変化させることも可能である．これにより，遊具の動きを実際に体感しながら視覚情報が誇張されるため，児童公園での遊具遊びをよりスリリングにすることができる．

Proposal of a Method for Enhancing Playground Equipment Experience using Smartphone VR

YOICHI SHINCHI[1]　SHINJI MIZUNO[1]

1. はじめに

近年，HMD などのハードウェアの進化と普及に伴って，VR を用いたシステムやコンテンツが多く開発されている．初期の HMD を用いた VR コンテンツは VR 空間を定位置で視覚的に観察するだけであったが，Vive などの新しい HMD の登場で VR 空間を歩いて移動できるようになり，運動感覚も VR 空間で体感できるようになった．また，力覚デバイス [1]，嗅覚ディスプレイ [2]，加速度体感デバイス [3] などを用いて，触覚や嗅覚，平衡感覚なども VR 空間で体感できるシステムも開発されている．

そして，HMD で与える視覚情報を操作することで，触覚，運動感覚，平衡感覚などを強調したり変化させたりする手法もいくつか開発されている．例えば，実際には円筒状の壁を HMD を用いてまっすぐに伸びているように見せることで，VR 空間で無限に続く壁を伝って歩くことを実現する手法が開発されている [4][5]．また，ゴムロープを用いたジャンプ体験において，HMD を用いて VR 空間でのジャンプの高さを誇張したり場所を変化させることで，バンジージャンプを疑似体験させるコンテンツも開発されている [6]．

このように，HMD を用いた視覚情報に加えて，様々な追加デバイスを用いて触覚，運動感覚．平衡感覚などを与えることで，VR 空間での体験はよりリアルなものになる．そして，視覚情報を操作することで，実空間の体験を誇張した VR 空間の体験を実現できる．しかし，触感，運動感覚，平衡感覚などを与えるデバイスは HMD に比べて一般的ではないため，このようなコンテンツを体験できる機会や場所は限られている．

そこで，本研究では児童公園の遊具を利用しながら，身近なデバイスだけを用いて視覚に加えて運動感覚や平衡感覚を与えることができる VR コンテンツを提案する．このコンテンツでは，視覚，運動感覚，平衡感覚を組み合わせた VR 空間でのリアルな遊具遊びを体験できる．そして，このときに視覚的な誇張を与えることで，遊具での遊びを絶叫化する手法を提案する．本研究で使用するデバイスは 2 台以上のスマートフォンとスマートフォンを装着して使用する VR ゴーグルだけである．そして，VR ゴーグルを

1 愛知工業大学大学院 経営情報科学研究科
Graduate School of Business Administration and Computer Science, Aichi Institute of Technology

© 2019 Information Processing Society of Japan

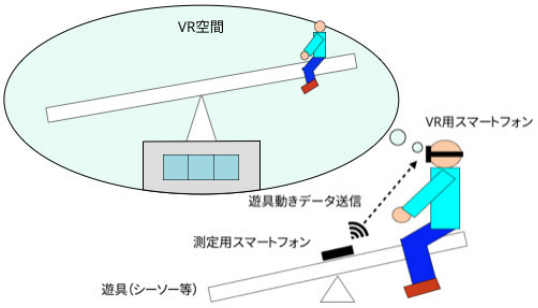


図 1　システム概要

装着して遊具で遊ぶことにより，遊具の動きを運動感覚や平衡感覚で実際に体感しながら，VR ゴーグルで視覚的には誇張された動きやサイズを観察することで，児童公園での遊具遊びがよりスリリングになるコンテンツを目指す．

2.　概要

本研究では，児童公園の遊具とスマートフォンという身近な道具やデバイスを用いて，視覚，運動感覚，平衡感覚を組み合わせた VR 空間での遊具遊びコンテンツを開発する．図 1 に本研究で提案するシステムの概要を示す．使用するのは遊具と 2 台以上のスマートフォンだけである．対象とする遊具は，シーソー，グローブジャングル，ブランコ，スプリングである（図 2）．

ユーザはスマートフォンを取り付けた VR ゴーグルを装着してこれらの遊具で遊ぶ．VR 空間には同じ遊具が再現されており，実空間の遊具に取り付けたスマートフォンからの情報に基づいてその動きもリアルタイムで再現する．そのため，ユーザは VR 空間においても，遊具の動きを視覚，運動感覚，平衡感覚で実際に感じながら遊具で遊ぶことができる．

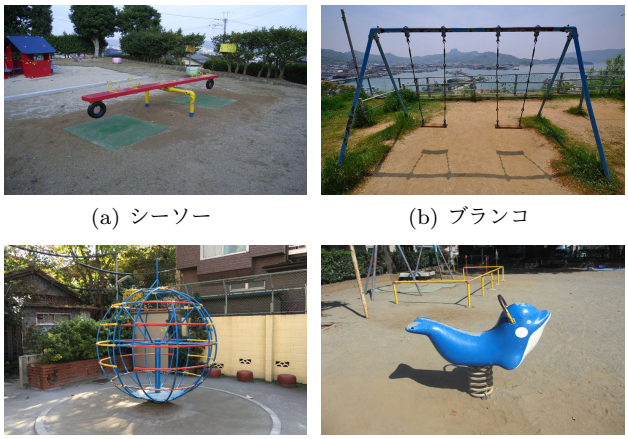
ここで，視覚については様々な誇張を行う．具体的には，遊具のサイズの拡大，シーソーの傾斜角の誇張，グローブジャングルの回転速度の誇張，遊具設置場所の変更を行う．1 章で述べたように，視覚情報を操作することで，触覚，運動感覚，平衡感覚などを錯覚させる研究事例がいくつか報告されている．そこで，本研究でも VR 空間での遊具遊びで視覚情報を誇張することで，運動感覚や平衡感覚も錯覚させながら，リアルかつ実空間よりもスリリングな VR 空間での遊具遊びを実現する．

本研究を実現するには，スマートフォンを用いた VR 空間での遊具の再現，実際の遊具の動きの取得と VR 空間遊具への適用，VR 空間遊具の視覚的誇張などの要素が必要となる．次章では各要素について説明する．

3.　システムの実現方法

3.1　構成

本研究では，児童公園の遊具と 2 台以上のスマートフォンを使用する．1 台のスマートフォンは遊具の動きを取得して送信するための測定用として用いる．残りのスマートフォンは VR 空間を再現して映像を提供する VR 用として用いる．測定用のスマートフォンと VR 用の各スマートフォンとは無線 LAN で接続されており，測定用のスマートフォンは取得した遊具の動きデータを VR 用スマートフォンに逐次送信する．



(a) シーソー　(b) ブランコ　(c) グローブジャングル　(d) スプリング

図 2　対象遊具

3.2　VR 空間での遊具の再現

VR 用スマートフォンで観察する VR 空間内では，対象となる遊具を三次元 CG モデルで構築する．図 3 に各遊具の三次元 CG モデルを示す．

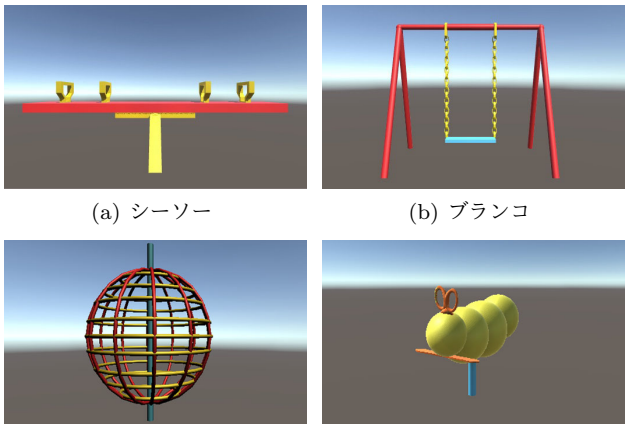
各遊具のモデルはそれぞれ，実際の遊具の動きを再現するための最低限の動きが再現できるように構築されている．シーソとブランコは軸を中心とした自由度 1 の傾斜運動，グローブジャングルは軸を中心とした自由度 1 の回転運動，スプリングは軸の接地点を中心とした自由度 2 の傾斜運動である．そのため，VR 空間の遊具に対して，傾斜角や回転角度など 1 つまたは 2 つのパラメータを与えることで遊具の状態が変化して，それを連続的に与えることで動きを再現することができる．

また，遊具には遊具自体のサイズを変更するパラメータが設定されており，自由に変更することができる．シーソーの場合には左右の腕の長さ，グローブジャングルの場合は直径，ブランコの場合には鎖の長さ，スプリングの場合にはコイルスプリングの長さが変更可能である．初期状態では実際の遊具と同サイズとしている．

VR 空間では遊具を設置するためのシーンも三次元 CG モデルで構築する．シーンとしては，実空間で実際に遊具が設置されている公園の他，構想ビルの屋上など実際には遊具を設置することが困難なシーンも用意している．

シーン中に遊具の三次元 CG モデルが設置された VR 空間は，スマートフォンを取り付けたステレオ VR ゴーグルで観察することができる．このとき，VR 用スマートフォ

© 2019 Information Processing Society of Japan



(a) シーソー　(b) ブランコ

(c) グローブジャングル　(d) スプリング

図 3　対象遊具の三次元 CG モデル

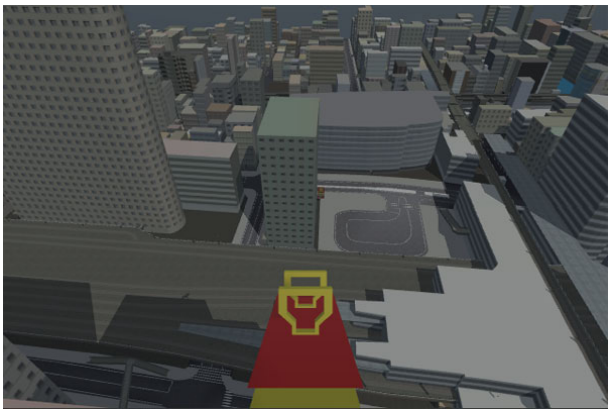


図 4　VR 空間でビル屋上に設置されたシーソーの三次元シーン

ンでは内蔵センサでスマートフォン自体の傾きを毎フレーム取得しながら顔の方向を取得しているため，ユーザは顔の向きを変えることで全方位を没入感を感じながら観察することができる．VR 空間の視点位置は，各遊具で実際に遊ぶ場合と同じような位置に設定している．図 4 に VR 空間の三次元シーン（高層ビル屋上）に設置された VR シーソーに座った状態で観察した例を示す．

3.3　遊具の動きの取得と適用

遊具の動きは測定用スマートフォンで取得する．測定用スマートフォンは各遊具によってそれぞれあらかじめ設定した場所に設置する．シーソーの場合はシーソーの支点部分，グローブジャングルの場合は回転中心となる支柱，ブランコやスプリングは座席部分に設置する．

測定用スマートフォンには 3 軸のジャイロセンサと加速度センサが内蔵されているものを使用して，それらの値を逐次取得する．ジャイロセンサと加速度センサの値を用いることで，図 5 に示すようにスマートフォン自体の三次元的姿勢を取得することができる．そのため，シーソー，ブランコ，スプリングの傾斜角やグローブジャングルの回転角度といった遊具の状態を示す値も容易に求めることができる．

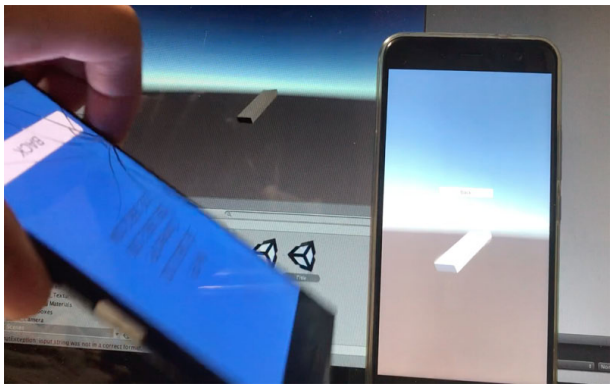


図 5　三次元姿勢の取得と適用

測定用スマートフォンは，実空間の遊具の状態に関する値を逐次取得しながら，無線 LAN 経由で VR 用スマートフォンに送信する．VR 用スマートフォンでは受信した値を VR 空間の遊具に適用することで，実空間の遊具の傾斜や回転の状態を VR 空間の遊具でも再現することができる．そして，実空間の遊具の状態を示す値を逐次受信しながら VR 空間の遊具に逐次適用することで，実空間の遊具と同じ動きを VR 空間の遊具でも再現することができる．

3.4　VR 空間での視覚的誇張

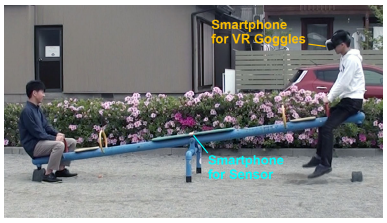
VR 空間の遊具のサイズは初期状態として，実空間の遊具の状態を表す値をそのまま適用した場合には，提案システムによる VR 空間での遊具遊びの感覚は，実空間の遊具遊びとほぼ同等である．

3.2 節で述べたように，VR 空間の遊具のサイズはパラメータで変更可能である．そして，サイズを変更することで VR 空間での遊具遊びに対して視覚的な誇張が可能である．シーソーの腕の長さを拡大した場合，シーソーの動きによる視点の上下運動が大きくなり，それに伴って移動速度も大きくなる．ブランコやスプリングも同様である．また，グローブジャングルの直径を拡大した場合，回転に伴う移動速度が大きくなる．

測定用スマートフォンから得られた遊具の状態を示す値を VR 空間の遊具にそのまま適用するのではなく，定数倍（> 1）して適用することで，動きそのものを誇張することができる．シーソーの傾斜角を定数倍することで，VR 空間のシーソーの傾きは実際のシーソーの傾きよりも大きくなる．それに伴って移動速度も大きくなる．ブランコやスプリングも同様である．また，グローブジャングルの回転角度を定数倍することで，回転速度そのものが大きくなる．

3.2 節で述べたように，VR 空間では遊具を高層ビルの屋上など現実ではほとんどあり得ない場所に設置することができる．そして，遊具の大きさの誇張と動きの誇張を組み合わせることで，VR 空間での遊具遊びは非常にスリリングになることが想定される．

© 2019 Information Processing Society of Japan

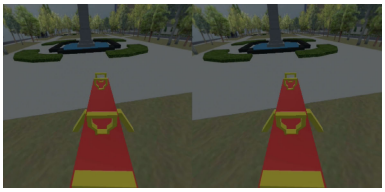


(a) シーソー

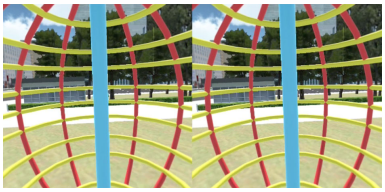
(b) グローブジャングル

(c) ブランコ

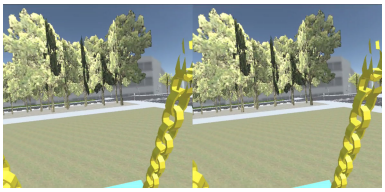
図 6　構築環境



(a) シーソー



(b) グローブジャングル



(c) ブランコ

図 7　VR 再現実験

4.　実験

提案システムを実装し，シーソー，グローブジャングル，ブランコの 3 種類で VR 再現実験と VR 拡張実験をした．

遊具動きデータの取得，通信，VR 空間の生成，エフェクト発生には Unity を使用している．今回はより没入感を得るために単眼ではなく二眼の VR ゴーグルを使用した．実際の実験での構築環境を図 6 に示す．

4.1　VR 空間での遊具の動きの再現

4.1.1　シーソー

はじめにシーソーを対象とした再現実験を行った．図 7(a) に VR 空間の映像を示す．まず，設置場所，シーソーのサイズ，傾斜角は変化させずに現実のシーソー遊びと同様の VR シーソー遊びを行った．実験の結果，現実のシーソーによる上下運動を実際に感じながら，VR 空間でも同様の上下運動を認識できた．

4.1.2　グローブジャングル

次にグローブジャングルを対象とした実験を行った．図 7(b) に VR 空間の映像を示す．まず，設置場所，グローブジャングルのサイズ，回転速度は変化させずに現実のグローブジャングル遊びと同様の VR グローブジャングル遊びを行った．実験の結果，現実のグローブジャングルによる回転運動を実際に感じながら，VR 空間でも同様の回転運動を認識できた．

4.1.3　ブランコ

さいごにブランコを対象とした実験を行った．図 7(c) に VR 空間の映像を示す．まず，設置場所，ブランコのサイズ，振り子の角度は変化させずに現実のブランコ遊びと同様の VR ブランコ遊びを行った．実験の結果，現実のブランコによる振り子運動を実際に感じながら，VR 空間でも同様の振り子運動を認識できた．しかし，ブランコの揺れがわずかな場合には視覚的変化もあまり見られず．振り子運動を認識することができなかった．

4.2　VR 空間での視覚的誇張

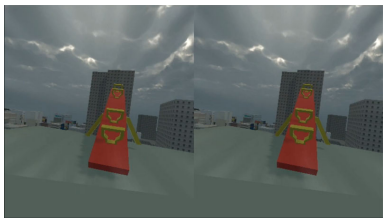
4.2.1　シーソー

次に誇張表現を用いた実験を行った．実験はサイズを変化させずに傾斜角を 5 倍にした場合，サイズを 10 倍にして傾斜角を変化させない場合，サイズを 10 倍にして傾斜角を 5 倍にした場合の 3 通り行った．どの実験でも設置場所の VR 空間において，シーソーは高さを直感できるようにビル屋上に設置されている．

初めにサイズを変化させずに傾斜角を 5 倍にして実験を行った．実験中の VR 空間の映像を図 8 に示す．サイズを変化させずに傾斜角を 5 倍にした場合，再現実験に比べ動いている感覚が得られた．しかし，動いている感覚が得られるだけであまり恐怖感を得ることはできなかった．

次にサイズを 10 倍にして傾斜角を変化させずに実験を行った．実験中の VR 空間の映像を図 9 に示す．サイズを 10 倍にして傾斜角を変化させない場合，サイズの誇張によって移動距離が増加したため再現実験に比べ動いている感覚が得られた．また，傾斜角を 5 倍にした実験に比べ恐

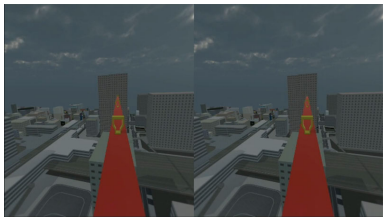
© 2019 Information Processing Society of Japan



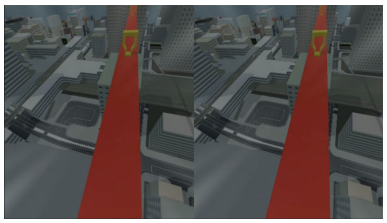
(a) 視点 1

(b) 視点 2

図 8 サイズ等倍傾斜角 5 倍での実験

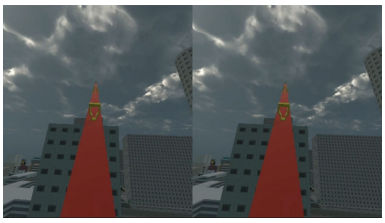


(a) 視点 1

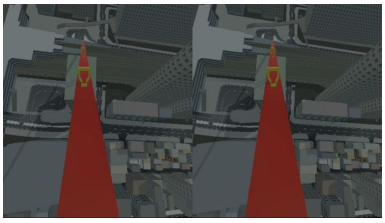


(b) 視点 2

図 9 サイズ 10 倍傾斜角等倍での実験

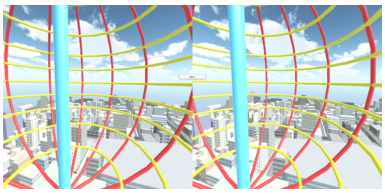


(a) 視点 1

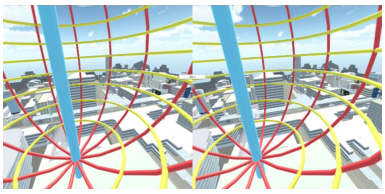


(b) 視点 2

図 10 サイズ 10 倍傾斜角 5 倍での実験



(a) 視点 1



(b) 視点 2

図 11 サイズ 5 倍回転速度等倍での実験

怖感を得ることができた．

最後にサイズを 10 倍に傾斜角を 5 倍にして実験を行った．実験中の VR 空間の映像を図 10 に示す．サイズを 10 倍に傾斜角を 5 倍にした場合，前述の実験 2 つに比べ提供される映像に変化が多く見られた．またそれに伴い，動いている感覚も得られビルの上にいるという現実離れした光景を体感できるため，かなりの恐怖感を得られた．

実験の結果，現実のシーソーによる上下運動を実際に感じながら，VR 空間では現実離れした設置場所と強調表現により誇張された傾斜角，サイズを組み合わせることで違和感なく視覚的に認識することができるため，スリルのあるシーソー遊びとなることを確認した．

4.2.2 グローブジャングル

グローブジャングルにおいても同様に誇張表現を用いた実験を行った．実験はサイズを 5 倍にして回転速度を変化させない場合，サイズを変化させずに回転速度を 2 倍にした場合，サイズを 5 倍にして回転速度を 2 倍にした場合の 3 通りの実験を行った．VR 空間でのグローブジャングルの設置場所はシーソーと同じくビルの屋上である．

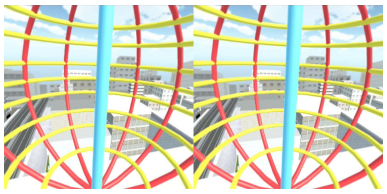
初めにサイズを 5 倍にして回転速度を変化させずに実験を行った．実験中の VR 空間の映像を図 11 に示す．サイズを 5 倍にして回転速度を変化させない場合，サイズの誇張を認識し現実離れした景色を眺めながら遊ぶことができたためスリルのあるものとなった．

次にサイズを変化させずに回転速度を 2 倍にして実験を行った．実験中の VR 空間の映像を図 12 に示す．サイズを変化させずに回転速度を 2 倍にした場合，VR 空間での回転速度を現実空間の回転速度と同様に錯覚することはできたが，サイズを誇張させた場合に比べ恐怖感としてはあまり感じられなかった．

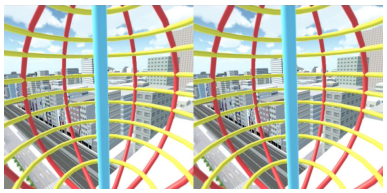
最後にサイズを 5 倍に回転速度を 2 倍にして実験を行った．実験中の VR 空間の映像を図 13 に示す．サイズを 5 倍にして回転速度を 2 倍にした場合，回転時の速度が一番速く感じられたが，恐怖感としては最初の実験と同程度であった．

実験の結果，現実のグローブジャングルによる回転運動を実際に感じながら，VR 空間では現実離れした設置場所

© 2019 Information Processing Society of Japan

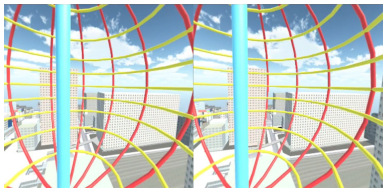


(a) 視点 1

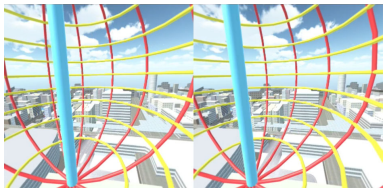


(b) 視点 2

図 12 サイズ等倍回転速度 2 倍での実験

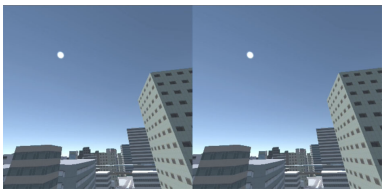


(a) 視点 1

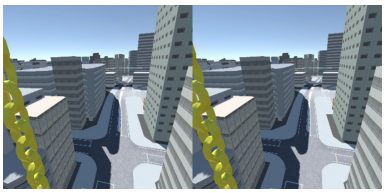


(b) 視点 2

図 13 サイズ 5 倍回転速度 2 倍での実験

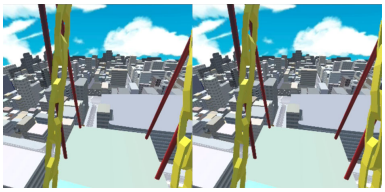


(a) 視点 1



(b) 視点 2

図 14 サイズ 5 倍での実験



(a) 視点 1

(b) 視点 2

図 15 サイズ 10 倍での実験

と強調表現により誇張された回転速度，サイズを違和感なく視覚的に認識することができるため，非常にスリルのあるグローブジャングル遊びとなることを確認した．

4.2.3 ブランコ

ブランコにおいても同様に誇張表現を用いた実験を行った．実験はサイズを 5 倍にした場合，サイズを 10 倍にした場合の 2 通り行った．VR 空間でのブランコの設置場所はシーソーと同じくビルの屋上である．

初めにサイズを 5 倍にして実験を行った．実験中の VR 空間の映像を図 14 に示す．サイズを 5 倍にした場合，揺れている時間が通常のブランコ遊びと変わらないので大きくなっているようには感じられなかった．また，サイズの影響よりも下が見えたりすることへの恐怖感が多かった．

最後にサイズを 10 倍にして実験を行った．実験中の VR 空間の映像を図 15 に示す．サイズを 10 倍にした場合，サイズを 5 倍の実験と同様に通常のブランコ遊びであった．しかし，高度が増したことによる浮遊感や下が見えることへの恐怖感があった．

実験の結果，現実のブランコによる振り子運動を実際に感じながら，誇張された大きさはあまり感じられなかったが高さや浮遊感への恐怖感は感じられた．

4.3 考察

設置場所，遊具のサイズ，遊具の動きデータを変化せずに行った実験では，現実の遊具で遊ぶときの運動を VR 空間でもほぼ同様に認識ができることを確認できた．しかし，シーソーやブランコの実験では運動を認識できないこともあった．これはシーソー自体があまり傾かないことやブランコの振れ幅が少なかったことで，VR 空間での映像の変化があまりなかったためであると考えられる．また，シーソーの実験ではサイズ，傾斜角の誇張は恐怖感に影響があったが，グローブジャングルにおいては回転速度の誇張はその速度で回転しているように錯覚することはできたが，直接的な恐怖感への影響は少なかった．ブランコの実験では揺れの時間が同じのため大きくなっているように錯覚ができなかったが，足がついていないときに浮遊感や高さを感じられた．遊具によっては動きデータの誇張や大きさ等の動きへの直接的な誇張ではなく設置場所などのシチュエーションでの誇張などが有効であると考えられる．

また本研究では，現実の遊具の動きデータに基づいた VR 空間の三次元 CG 遊具の動きの誇張表現から恐怖感やスリル感を得られたため，本システムでは適切な誇張や誇張表現の強調，シチュエーションの変更を行うことで児童

© 2019 Information Processing Society of Japan

公園の絶叫化が可能であると言える．

5. まとめ

本研究では，VR 技術を用いた児童公園遊具の絶叫化手法について提案した．測定用と VR 用のスマートフォン 1 台ずつとシーソーとグローブジャングル，ブランコの 3 つの遊具を用いたシステムを実装し，それぞれの遊具で実験を行なった．実装したシステムでは，遊具の動きデータの取得，データの送受信，動きデータの誇張，誇張を強調するためのエフェクト表示，ステージ設定などを組み合わせて実験を行った．視覚的誇張された遊具により，通常の遊具使用時よりも高い恐怖感を得られた．しかし，誇張があまりに強いと現実との差異が大きくなるため，逆に恐怖感が少なくなる場合や VR への没入感が薄れる場合もあった．今回，実験した遊具以外でも適当な誇張や誇張表現を強調するエフェクトの発生，シチュエーションの設定を行うことで恐怖感を得られる期待ができる．

今後の課題として，より多くの遊具を対象とした実験と実験を行うことが挙げられる．また，誇張表現を強調するエフェクトについて，より効果的な表現方法や適切なタイミングでの発生などを実現するつもりである．

参考文献

[1] 永井 一樹，田上 想馬，赤羽 克仁，佐藤 誠，”没入型 VR 環境のためのウェアラブル手首力覚提示デバイス”，エンタテインメントコンピューティングシンポジウム 2015 論文集， pp. 365–371，2015.

[2] 赤羽 克仁，高橋 実里，佐藤 誠，中本 高道，”嗅覚及び力覚インターフェースを用いたマルチモーダル VR 環境の開発”，日本バーチャルリアリティ学会論文誌 24 巻 1 号「VR 心理学 7」， pp. 69–76，2019.

[3] MoguraVR，電気刺激で加速度を感じるデバイス、阪大が開発 一体型 VR ヘッドセットにも搭載可能，2017，入手先 ⟨https://www.moguravr.com/osaka-univ-gvs/⟩，（参照 2019-05-13）.

[4] K. Matsumoto, Y. Ban, Unlimited Corridor: Redirected Walking Techniques Using Visuo-Haptic Interaction, SIGGRAPH 2016 Emerging Technologies, Article No. 20, 2016.

[5] K. Matsumoto, T. Hashimoto, J. Mizutani, H. Yonahara, R. Nagao, T. Narumi, T. Tanikawa, M. Hirose, Magic Table: Deformable Props Using Visuo Haptic Redirection, SIGGRAPH Asia 2017 Emerging Technologies, Article No. 9. 2017.

[6] メディアフロント・ジャパン株式会社，ジャングルバンジー VR，2017，入手先 ⟨https://www.mediafront.co.jp/vrpark.html⟩，（参照 2019-05-13）.

© 2019 Information Processing Society of Japan