



Dirtist cube

dirtist cube

植田太一¹⁾,加茂熙海¹⁾,田淵文也¹⁾,灘龍多¹⁾,山内康生¹⁾,山本沙充也¹⁾

Taichi Ueda, Satomi Kamo, Fumiya Tabuchi, Ryota Nada, Kosei Yamauchi, Samiya Yamamoto ;

1) 大阪芸術大学 アートサイエンス学科 (〒585-0001 大阪府南河内郡河南町469, osaka-geidai.ac.jp)

概要：本企画では任意の素材を手を持った感覚を提示し、VR内での体験をより没入感を持った状態で提供する。HMD及びグローブ型デバイスを装着した上で箱型のデバイスを持った体験者に、各デバイスをを用いて土石木のいずれかを持った体験を提示する。素材は体験中の任意のタイミングで変更でき、各デバイスの挙動も動的に変化する。素材特有の質感は要素ごとに分解され各デバイスで直接的、錯覚的な手法をもって再現する。各素材の質感をVRゲームと同時に体験することで、ゲーム内の物体を実際に持っているような感覚を体験させる。ゲーム内の物を持っている感覚を与えることで、ゲームの世界にいる感覚を感じさせ、より強い没入感を与える。

キーワード：VR, 錯覚, エンターテインメント, 没入体験

1. はじめに

ゲームにおける「没入感」は、多くのプレイヤーが求める要素である。例えば最も売れたサンドボックスゲームである「マイクラフト[1]」に対して、HMDや影MOD[2]で現実に近い視野や光処理を再現する事で視覚的リアリティを高めるプレイヤーも多くいる。マイクラフトのようなゲームにおいては、多様なオブジェクトに破壊や設置などの干渉が出来るという感覚は非常に魅力的である。しかしながら、未だに現実世界でものを壊し組み立てる感覚とは乖離している。これは既存のゲーム体験に触覚的フィードバックが不足していることが要因の一つと言える。[3]

そこで、質感や質量を感じさせる技術を導入すれば視覚と触覚の両面でリアルな体験を提供し、現実世界を拡張した3Dゲームの没入感をさらに追求できると考え、今提案に至った。

本企画ではブロックで構成された世界のVRゲームでのブロックを持つ操作に対して、専用のコントローラーでゲーム内の素材感を与える体験の構築を目指す。ゲーム内の形状、テクスチャ、変形などは箱型デバイスとグローブ型デバイスで疑似的に再現され、また再現する素材はゲーム内の行動によってシームレスに変更される。

1.1 体験内容

本企画では目標とする素材の触感提示によるVRゲームへの没入感の向上体験を、数分間のVRサンドボックスゲーム体験として提供する。

ゲームはHMDと専用のグローブを装着した上で、専用の箱型デバイスをコントローラーとして操作を行う。体験者はゲーム内で選択したブロックの感覚をグローブと箱型デバイスから受け取り、より現実的な工作を体験する。工作はゲーム内で示される大まかな目標を元に行う。目標を元に工作を行うことで、様々なブロックに触れる機会を作り、動的な感覚提示の変化を体験させる。

1.2 体験の流れ

ゲームは独自のコントローラーを用いたブロック操作について説明を行った後に自由操作ができる状態として開始する。自由操作状態では歩く事は出来ず、プレイヤーは手の届く範囲の様々な物にインタラクションを行いながらゲームを体験する。

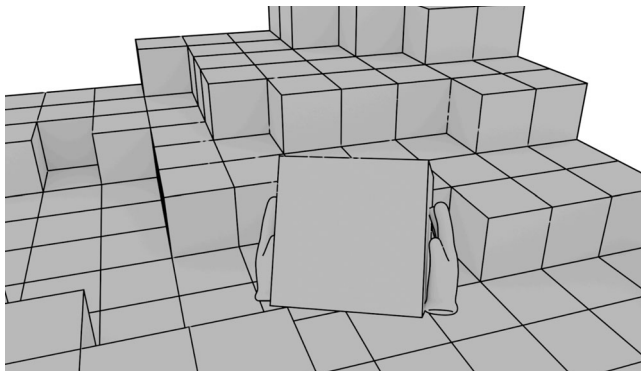
自由操作が始まると同時にプレイヤーに依頼が送られ、プレイヤーはその依頼を達成するためにゲーム内で数分かけて制作を行う。この制作は完全に自由に行うことが可能になっており、依頼に添付された参考画像を真似ても、オリジナルの物を作ってもゲーム進行に問題は無い。制作は、プレイヤーがゲーム内で所有する「どんな素材も設置できるブロック」を用いて行われる。プレイヤーは様々な物質を手持ちのブロックに適用し、それによって生成したブロックを制作物に接着していく事で制作を行う。

自由制作の時間が終了すると、プレイヤーが組み立てた物がゲーム内の依頼者によって評価される。評価はゲーム内の依頼者が、実用的だ、芸術的だ、などとリアクションを示す事で提示される。



体験者が装着するデバイス 図1

体験者から見たゲーム画面



選択した素材は視覚的に示される

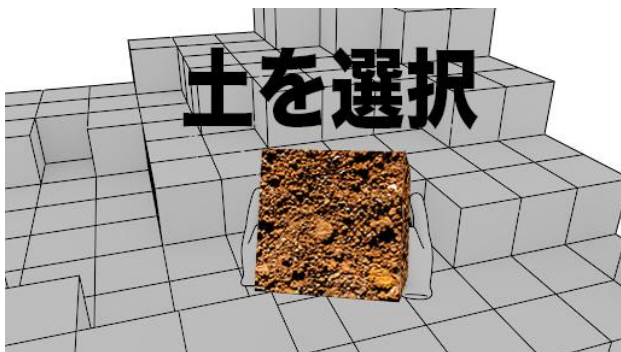
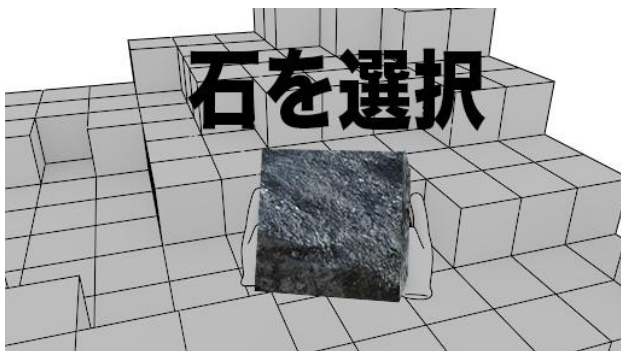


図2

1.3 提示する感覚の目標

本企画ではマインクラフトなどでよく操作するオブジェクトについて、土などのオブジェクトの触覚提示を中心としたVRゲーム体験の構築を行う。ここでは複雑な触覚を示すオブジェクトの例として土を挙げる。土は手に持った感覚を想像できると同時に、重量と剛性の関係から実際に土の塊（以下、土塊）を持つ体験の難易度が高い。つまり理解可能かつ経験不可能な体験として、既存のVRゲームの拡張に最適だと判断した。

土塊の把持感覚は、手への沈み込み、土塊表面の粒子の落下、自重による内部断裂と滑落、など様々なフィードバックが複合し、また断続的に発生することで実現できると考えられる。リアルな土塊の所持感覚の再現にはこれらの挙動の提示が必要であり、そのためには素材の変化に動的に対応するデバイスが必要であるといえる。

1.4 実現方法

本企画では、リアリティのある非現実体験を可能とする

ために、VRゲームに土塊を”手に持つ感覚”（以下、保持感覚）を追加する。土塊の保持感覚は以下の3要素に分解し、各装置で提示する。

- ・形状的力覚
 - ・触覚（テクスチャ感覚）
 - ・変形力覚及び運動力覚提示装置
- ※変形力覚及び運動力覚は以下で変動力覚とする

各装置はゲーム内で予測された体験に基づいた感覚を提示する

2. システム構成

2.1 システム全体とそれに伴う装置

ユーザーが情報を受け取るデバイスは四つ

- ・箱型デバイス
- ・グローブ型デバイス
- ・HMD
- ・スピーカー

以上の4つのデバイスはすべてメイン処理を担当するPCのUnity上で管理される。

ユーザーの操作情報はHMD、箱型デバイス、グローブ型デバイスの移動量と角度によって計測され各装置に反映される。

2.2 各デバイス概要

素材に触れる感覚は大まかな素材感の上に詳細な素材感を加えることで再現する。

大まかな素材の提示は箱型デバイスで行われる。箱型デバイスは再現する素材の大まかな形状と剛性をな手段を用いて直接的に再現する。

詳細な素材の提示はグローブ型デバイスにて行われる。グローブ型デバイスは素材のテクスチャ感覚や運動エネルギーを錯覚を用いて疑似的に再現する。

視覚と聴覚は拡張元の体験を成り立たせると同時に、素材に変化が現れた際の追加のフィードバックとしても使用する。

2.3 箱型デバイス概要

このデバイスでは、再現する素材の大まかな形状を提示する。これにより、ゲーム内で表示される数十cm立方のやわらかい土塊が手に乗っている感覚を提示する

箱型デバイスは約20cm四方の立方体の構造をしている。金属製のフレームの表面に布が張っており、内部には各種装置が配置されている。

箱型デバイスのフレーム

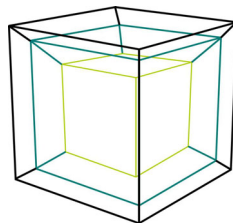


図3

フレームは三層の立方体の頂点を結んだ形状をしている。フレームは金属製にして剛性を確保する。フレームの最外面には保護用の布を貼る。フレームの内部には各種機構が配置される。

箱型デバイス内部の各装置の配置

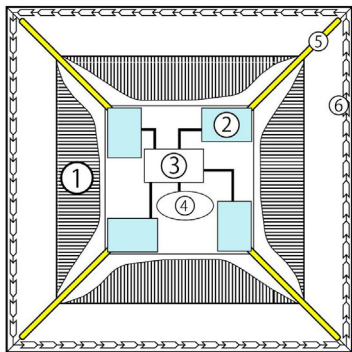


図5 内部はフレーム二より3層に分かれ、外側から順に「形状提示装置」「変形力覚提示装置用区画」「中央制御機構」

- ① 予備用の重心制御装置用区画
- ② 制御用アクチュエーター配置場所
- ③ CPU及び制御基板
- ④ ジャイロセンサー
- ⑤⑥ 制御用の糸の経路地点
- ⑥ 形状変化デバイス

物体の形状の提示	形状提示装置
変動力覚エネルギーの補助的な提示	変形力覚提示装置

変形力覚提示装置は後述のグローブ型デバイスでの感覚提示が不十分であった時のバックアップ用の装置として設定しているため、概要での記載は省略する。

2.3.1 物体の形状の提示

形状提示装置

形状変化装置はブロックの各面を再現する6機のユニットからなり、各ユニットは箱型デバイスの各面に1機ずつ配置される。各ユニットは箱型デバイス中央のアクチュエーターで動作させる。

形状変化装置の各ユニットは図6の様なピースが集まってできている。ピースは前後左右に凹凸と穴が空いている。ピースは穴に通した糸によって制御され、ピース同士の凹凸が噛み合うようにして固定される。

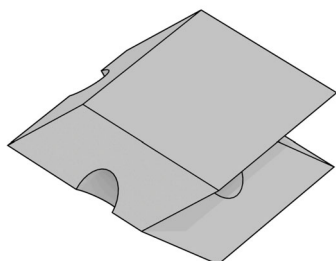


図6

基本的に格子状に配置された糸の交点にピースは配置される。糸の内、この格子状に配置されたものをレール糸と呼ぶ。レール糸は制御に直接的に作用しない部分に敷

かれている。レール糸は低摩擦なナイロンテグスによって構成されている。糸の内、機構の制御に関連する部分は制御糸と呼称する。制御糸は各ユニット当たり一本の糸であり、ユニット内のパーツを”田”の漢字の様に巡る配線をされている。やわらかい形状を再現する際は、制御糸の緊張を緩め各パーツがレール糸上で自由に動くようにし、硬い形状を再現する際は、制御糸の緊張を高め各パーツを縛るように固定することで、自由でシームレスな形状と剛性の再現を可能とする。

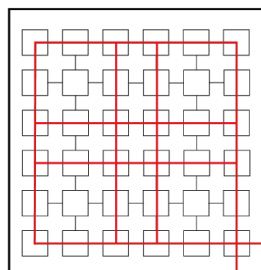


図7 レール糸は赤色で示されたもの

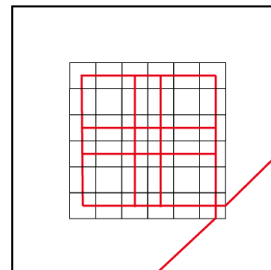


図8

※図7、図8ではフレーム幅9*9cmピース数6*6で示しているが、実際にはフレーム幅約20*20cmピース数16*16で制作する

体験者の手とのインタラクション

非緊張時、やわらかい物の再現時
ピース同士のかみ合いが解け、手が装置に沈み込むような挙動をする。

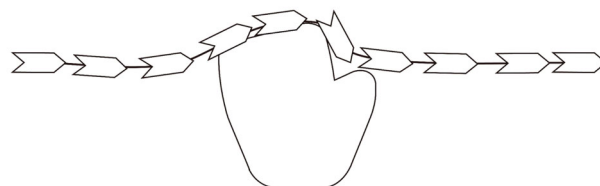


図9

緊張時、硬い物の再現
ピース同士のかみ合い、ユニットは手で形状を変えられないものとしてふるまう。

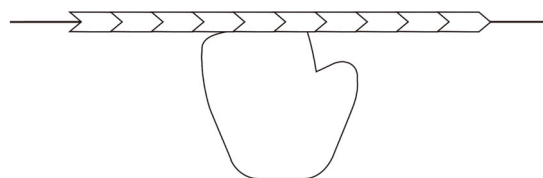


図10

物体の形状は箱型デバイスの表面下に設置された形状提示装置(図5-⑥)で提示される。これは素材の大き様な形状と剛性を再現し、物体の保持感覚の土台とする。土と石及び木には素材の剛性に差があり、手で触れた際にこれは手沈み込みの有無と指圧に対しての反発エネルギーによって示される。形状提示装置では基盤の目状に繋がったパーツ群によってこれらの素材剛性による差を再現、提示する。形状提示装置の各パーツは約

1.5×1.5×0.5cmの樹脂製直方体に切り込みなどを入れたもので、各パーツは互いにかみ合う構造をしている。前後左右の二軸に制御用の糸が通っており、その糸の緊張量で形状を制御する。

土の形状を提示する際は糸を緩め、パーツ同士がかみ合わないようにする。パーツ同士の噛み合わせが緩くなることで指の沈み込みと流動的な形状の大まかに再現する。石や木の形状を提示する際は糸を絞り、パーツ同士を噛み合わせる。パーツ同士が隙間なくかみ合い一枚の板のようになることで、実際の石や木と同じ形状と剛性を再現する。

2.4 グローブ型デバイス

このデバイスでは、再現する素材のテクスチャ感覚と変動力覚を提示する。

ベースとなる手袋の各所に振動を起こす装置が配置された構造をしている。

テクスチャ感覚の提示	触覚提示装置
変動力覚的エネルギーの提示	運動提示装置

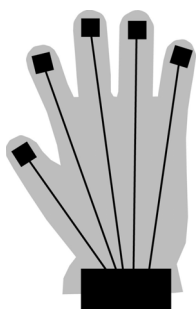


図 1 1

グローブ型デバイスは手全体を覆う手袋の内外の各部に振動デバイスが取付られた構造となっている。振動デバイスは各爪の上に取り付けられており、これらは手首の制御装置で管理される。

2.4.1 錯覚による触感の提示

体験者が選択した素材の表面的な触感を触覚提示装置で示す。グローブは素材表面の凹凸の触感を振動による錯覚で提示する。

グローブは、グローブ内の感圧センサーと加速度センサーによりグローブと箱型デバイスの干渉を確認する。箱に振れておりかつ移動している時に振動デバイスを動作させ、テクスチャ感覚を提示する。感覚を提示する際は、グローブの移動速度に素材ごとのテクスチャ情報（振動データ）をかけ合わせ最終的な振動パターンを生成し、爪部分に装着した振動デバイスから振動を起こす。

2.4.2 変動力覚の提示

素材に起きる変動力覚的なフィードバックを、グローブの振動デバイスによる疑似牽引力で提示する。具体的には、デバイスを振った時に生じる慣性モーメントや素材の崩壊による断続的な運動エネルギーなどを再現する。

本装置は10秒以上連続で稼働しない様に制御する。これは疑似牽引力の研究[4]にて示されている約60秒以上の体験をした場合の疑似牽引力の低下を抑制するためである。

疑似牽引力の提示量は箱型デバイスのVR空間上での移動量から計算される。ゲーム上での操作から手に持った素材に発生する変化を予測、そこから変化に応じた運動エネルギー計算、分配され、グローブの振動装置で再現される。

2.5 ベースとなるゲームと視聴覚提示

ゲーム内容はボクセル調かつブロック単位で構成されたサウンドボックスとする。これはあらゆるオブジェクトに干渉可能なゲームを制作する際の技術的障壁を回避するため、またマイクラフト[1]の文脈に載せ体験を円滑に進めるために選択している。サウンドは実際に素材の音をサンプリングし、MetaQuest3の3Dサウンド機能を用いて提示する。これらは低遅延な体験を実現させるため、メインPCのUnityを基幹としたOSC通信で制御する。

3. まとめ

この体験は、VRによる視聴覚体験に直接的手法と錯覚的手法を用いた感覚提示を加えることで、

また、従来のデバイスでは出来なかった触感の表現方法を示すことで、今後のエンターテインメントの助けになることを期待する。

参考文献

- [1] マインクラフト
<https://www.minecraft.net/ja-jp>
- [2] 影MOD
<https://www.curseforge.com/minecraft/shaders/astralex-shader-bsl-edit>
- [3] Using Haptics to Improve Immersion in Virtual Environments
https://link.springer.com/chapter/10.1007/11758525_81
- [4] 非対称振動刺激による牽引力錯覚の研究動向
https://www.jstage.jst.go.jp/article/tvrsj/25/4/25_291/article/-char/ja