

# 仮想筋電義手の開発に関する研究

神戸市立工業高等専門学校  
電子工学科 河合 将暉

2023 年 10 月 28 日

# 目次

第 1 章	はじめに	3
第 2 章	解説	4
2.1	EinScan HX . . . . .	4
2.1.1	製品仕様 . . . . .	4
2.2	Blender . . . . .	5
2.2.1	スムージング . . . . .	5
2.2.2	ボーン構成 . . . . .	5
2.2.3	ウェイトペイント . . . . .	5
2.3	Unity . . . . .	5
2.3.1	座標系 . . . . .	5
2.3.2	シェーダー . . . . .	5
	既存シェーダー . . . . .	5
	Reflex Shader 2.2 . . . . .	5
2.3.3	カメラ . . . . .	5
2.3.4	C#スクリプト . . . . .	5
2.3.5	オブジェクト . . . . .	5
2.3.6	衝突判定 . . . . .	5
2.3.7	ペアレント . . . . .	5
2.3.8	コンストレイント . . . . .	5
2.3.9	物理演算 . . . . .	6
2.3.10	エディタ設定 . . . . .	6
2.3.11	プラグイン . . . . .	6
	FVRsdk . . . . .	6
	Xcharts . . . . .	6
	Android Logcat . . . . .	6
	XR Interaction Toolkit . . . . .	6
	Google VR . . . . .	6
2.3.12	ビルド . . . . .	6
	iOS . . . . .	6
	Xcode . . . . .	6
	Android OS . . . . .	6
2.4	FirstVR . . . . .	6
2.4.1	デバイス構成 . . . . .	6
2.4.2	筋変位センサ . . . . .	6
2.4.3	トラッキング . . . . .	6
2.4.4	キャリブレーション . . . . .	6
2.4.5	BLE 通信 . . . . .	6
2.5	Meta Quest2 . . . . .	6

2.5.1	デバイス構成 . . . . .	6
2.6	rasberry py . . . . .	6
<b>第 3 章</b>	<b>研究手順</b>	<b>7</b>
3.1	使用器具 . . . . .	7
3.2	3D スキャナ . . . . .	7
3.2.1	3D モデルの取り込み . . . . .	7
3.2.2	出力形式 . . . . .	7
3.3	Blender . . . . .	7
3.3.1	スムージング処理 . . . . .	7
3.3.2	ボーン配置 . . . . .	7
3.4	Unity . . . . .	7
3.4.1	オブジェクトの処理 . . . . .	7
3.4.2	ステージ構成 . . . . .	7
3.4.3	アニメーション設定 . . . . .	7
	アニメーションクリップ作成 . . . . .	7
	アニメーター設定 . . . . .	7
3.4.4	オブジェクト保持 . . . . .	7
3.4.5	衝突判定 . . . . .	7
3.4.6	腕の回転 . . . . .	7
3.4.7	カメラ位置 . . . . .	7
3.4.8	コンストレイント . . . . .	7
3.4.9	UI . . . . .	7
3.5	FirstVR . . . . .	7
3.6	ビルド . . . . .	7
3.7	評価 . . . . .	7
<b>第 4 章</b>	<b>研究結果</b>	<b>8</b>
<b>第 5 章</b>	<b>まとめ</b>	<b>9</b>
<b>第 6 章</b>	<b>今後の課題</b>	<b>10</b>
	<b>参考文献</b>	<b>11</b>

# 第 1 章

## はじめに

上肢切断者が筋電義手を装着する際、自在に扱うことができるように訓練を行う必要がある。VR を用いた筋電義手トレーニングの効果については先行研究 [1][2] で検討されているが、3D モデルのリアリティについて検討されていなかったため、本研究では仮想筋電義手モデルのリアリティによる訓練効果や幻肢痛緩和効果に着目し 3D スキャナで取り込んだ仮想筋電義手モデルを用いた VR トレーニングシステムを構成し、その見た目によって訓練効果に変化があるかを評価することを目的とする。また、近年では株式会社 mediVR が販売する“カグラ”という製品は上肢機能障害者のリハビリテーションのために運用されるなど VR トレーニングシステムは義手装具者以外にも需要が高まっている。

本研究は 2023 年度、神戸高専 Digital Faburication Lab に新規導入されたハンディ 3D スキャナ“Ein Scan HX”の活用方法の一例としても後続の研究に活用していただきたい。

# 第 2 章

## 解説

本章では，本研究で利用した“Ein Scan HX”をはじめ各種ソフトウェアの利用方法およびその使い方について解説していく．また，機器を選定した理由についても記述する．

### 2.1 EinScan HX

EinScan HX は株式会社サンステラが提供するハンディ 3D スキャナである．主な使用用途としては，工業製品などの比較的大きな物をスキャンし，リバースエンジニアリングや測定などに用いられている．製品仕様については次項で解説する．

#### 2.1.1 製品仕様

EinScan HX の製品仕様について表 2.1 に示す．

表 2.1: EinScan HX の製品仕様

スキャン形式	Rapid スキャン	レーザースキャン
スキャン精度	0.05 mm	0.04 mm
ポイント間隔	0.25～3.00 mm	0.05～3.00 mm
被写体長 3D 精度	±0.1 mm	±0.06 mm
シングルスキャン精度	420 × 440 mm	
光源	ブルー LED	ブルーレーザー 7 本
被写体深度		
対象物との距離		
テクスチャスキャン		
安全性		
データ出力		
本体サイズ		
本体重量		

ここで，被写体長 3D 精度というのはスキャン時に取得するポイントの最大累積誤差を示したもので，測定する点数が増える場合や取得点の距離が大きい場合に誤差が累積し，大きくなっていく．

本研究では，腕の 3D オブジェクトにテクスチャを用いることを前提としているため，スキャン形式を Rapid スキャンモードで,3D モデルのファイルサイズが大きくなり過ぎないように頂点数を 50 万点で出力した．また，出力形式は元からテクスチャがメッシュに割当されている.obj 形式で出力した．

## 2.2 Blender

Blender とは、オープンソースの完全無料統合型 3DCG・2D・映像編集ソフトウェアである。本研究では“EinScan HX”によって出力した.obj 形式の 3D モデルを編集する目的で使用した。次項からは本研究で用いた Blender の機能について解説する。

### 2.2.1 スムージング

スムージング機能とは、3D オブジェクト表面をペイントソフトのようになぞるだけで表面を平滑化し、頂点を揃える機能である。

### 2.2.2 ボーン構成

ボーンは、3D オブジェクトを変形させる際に頂点の移動を制御する支柱の役割を果たす機能である。

### 2.2.3 ウェイトペイント

ウェイトペイントは、ボーンによって制御された頂点の変形の度合いをスペクトルで表示したもので、赤になるほど大きく変形し、青に近づくほど変形しなくなる。関節部分は赤色に、それ以外は青色にウェイトペイントを設定する。自然な変形のためには、関節部分の赤色からグラデーションのように広げていくと 3D オブジェクトが自然に変形する。

## 2.3 Unity

Unity は、

### 2.3.1 座標系

### 2.3.2 シェーダー

既存シェーダー

Reflex Shader 2.2

### 2.3.3 カメラ

### 2.3.4 C#スクリプト

### 2.3.5 オブジェクト

### 2.3.6 衝突判定

### 2.3.7 ペアレント

### 2.3.8 コンストレイント

### 2.3.9 物理演算

### 2.3.10 エディタ設定

### 2.3.11 プラグイン

FVRsdk

Xcharts

Android Logcat

XR Interaction Toolkit

Google VR

### 2.3.12 ビルド

iOS

Xcode

Android OS

## 2.4 FirstVR

### 2.4.1 デバイス構成

### 2.4.2 筋変位センサ

### 2.4.3 トラッキング

### 2.4.4 キャリブレーション

### 2.4.5 BLE 通信

## 2.5 Meta Quest2

### 2.5.1 デバイス構成

## 2.6 raspberry py

## 第 3 章

# 研究手順

### 3.1 使用器具

### 3.2 3D スキャナ

#### 3.2.1 3D モデルの取り込み

#### 3.2.2 出力形式

### 3.3 Blender

#### 3.3.1 スムージング処理

#### 3.3.2 ボーン配置

### 3.4 Unity

#### 3.4.1 オブジェクトの処理

#### 3.4.2 ステージ構成

#### 3.4.3 アニメーション設定

アニメーションクリップ作成

アニメーター設定

#### 3.4.4 オブジェクト保持

#### 3.4.5 衝突判定

#### 3.4.6 腕の回転

#### 3.4.7 カメラ位置

#### 3.4.8 コンストレイント

#### 3.4.9 UI

### 3.5 FirstVR

### 3.6 ビルド

### 3.7 評価



## 第 4 章

# 研究結果

## 第 5 章

### まとめ

## 第 6 章

### 今後の課題

## 参考文献

- [1] 芝軒 太郎 他.“VR を利用した筋電義手操作トレーニングシステムの開発と仮想 Box and Block Test の実現”. JRSJ. 2012 July.
- [2] Osumi M, et al. “Characteristics of Phantom Limb Pain Alleviated with Virtual Reality Rehabilitation”. Pain Med. 2019 May.
- [3] H2L.Inc.,Tokyo106-0032,Japan;satoshi.hosono@h2l.jp
- [4] Tamon Miyake, etal“Gait Phase Detection Based on Muscle Deformation with Static Standing-Based Calibration”. MDPI. 2021 Feb
- [5] 株式会社サンステラ, <https://www.einscan.jp/einscan-hx>