

平成28年度 卒業論文

論文題目

小児医療保育における衛生環境向上のための  
VR手洗い教育システム

指導教員

舟橋 健司 准教授

名古屋工業大学 工学部 情報工学科

平成25年度入学 25115079番

名前 島田 祥伍

# 目次

第1章	はじめに	1
第2章	システムのハードウェア構成	4
第3章	VR手洗い教育システム	8
3.1	手の描画	8
3.2	細菌の描画	10
3.3	手の洗い判定	13
3.4	判定結果画面の描画	21
第4章	実証実験	23
4.1	実験の概要	23
4.2	実験手法	24
4.3	実験結果	26
第5章	むすび	28
	謝辞	29
	参考文献	30

## 第1章 はじめに

近年、バーチャルリアリティ(Virtual Reality：以下 VR)に関する研究、開発が多くの企業で積極的に行われており、ゲームなどのエンターテインメントをはじめとした様々な分野で商品化されている。VRとは「それがそこにもかかわらず、観察する者にそこにあると感じさせるもの」[1]であり、様々な目的に応じて現実世界を構成する要素を抽出し、観察者にそれを体感させることがVRであるといえる。

VR技術を用いることで、訓練・教育を容易に繰り返せる環境、実物を用意するためのコストの削減、実際の環境で起こり得るリスクの回避などが実現できる。そのため、多方面の分野でVR技術を用いた訓練・教育シミュレーター[2][3]が開発されている。またこれらのVRシミュレーター以外にもテーマパークやイベントのアトラクションなどにもVR技術を用いている例が存在する。しかしながら、これらのシステムは扱う分野が専門的で、開発費用も高額なため一般家庭に普及することは困難である。

VR技術を用いたシステムのインターフェースには、ヘッドマウントディスプレイ、ロボットアーム、データグローブ、タッチパネル、三次元マウス、筋電位計測装置など様々なものが存在する。近年では一般家庭向けに比較的安価かつ小型なVRインターフェースも検討・開発されている。特にヘッドマウントディスプレイに関しては、SONY株式会社のPlay Station VR[4]、Oculus VR社のOculus Rift[5]、携帯端末を中に入れて使うハコスコ株式会社のハコスコ[6]などが販売されている。2016年は「VR元年」と呼ばれているように、これらのVR技術は私たちの生活に浸透してきたと考えられる。しかしながら、これらのインターフェースは全てエンターテインメントの分野で使用されており、それ以外の分野では依然として一般家庭に普及しているとは言い難い。

当研究室ではこれまで、家庭向けの小型かつ安価なVRインターフェースの開発を目指してきた。特に人間は現実世界では手を用いて物体操作をすることが多いことから、仮想空間上で手を用いた物体操作を可能にするデータグローブに関する研究を行ってきた。VRインターフェースであるデータグローブとしての手指の姿勢を安価な構成で取得するために、様々な研究が行われている。例えば、カメラから得られた画像をもとに手の姿勢を推定するビジョンベースデータグローブという考え方がある。これについて様々な研究が行われており、藤木ら[7]はカメラを2台用いて、手に取り付けた6つの色マーカの位置をステレオ視で計測し、逆運動学を解いて手の姿勢を推定している。また、Oikonomidisら[8]はKinectセンサーによって得られる自己遮蔽を含むデータに対して、粒子群最適化(Particle swarm Optimization)法を用いて最適なパラメータを時系列追跡することで、手

の姿勢を推定している。当研究室では手背画像において、指先が隠れている場合でも、取得画像における手領域の面積、その凸包輪郭線長、および縦横比をもとに手首の角度毎に各指関節角度を求める手法を提案している [9][10]。また、2012年に Leap Motion 社から開発された Leap Motion [11] は赤外線 LED により照らされた手を 2 基の赤外線カメラで撮影するとともに、画像解析によって手の姿勢を推定している。このデバイスは前述の Oculus Rift 上でハンドコントローラーとして使用されており、約 1 万円と低価格ながら高い精度で手の姿勢推定が可能である。

ところで、小児医療の現場では病院で小児が安心して治療を受けるために様々な工夫がなされている。あいち小児保健医療総合センターでは、入院生活での事故予防のための親子で読めるしかけ絵本を導入している [12]。手術中の小児を落ち着かせるために、手術室でのプロジェクションマッピングの導入 [13] も行われている。このように様々な取り組みが行われているが、また、小児医療の現場では小児用のおもちゃ等を介して、様々な感染症を接触感染してしまうリスクがあり、これを抑えることが望まれる。接触感染を予防する最も簡単で効果的な方法は手指衛生であり、インフルエンザなどの流行時期に限らず日常的に日々の手指衛生の意識が必要である。手指衛生とは手指の汚染を除去するために実施する行為であり、具体的には擦式アルコール製剤による手指の擦り、または、石けんと流水による手洗いで行われる。米国の CDC (Centers for Disease Control and Prevention) や APIC (The Association for Professionals in Infection Control and Epidemiology)、日本環境感染学会などが、その重要性を強調し、適切な手指衛生の遵守を推奨している [14][15][16]。

現在、病院は小児への手指衛生教育として、院内に正しい手の洗い方のポスターを設置したり、看護師が小学校や保育園などに出向き手洗い教室を行ったりしている。しかしながら、ポスターなどの視覚に訴える教育法は、成人と比べて小児には効果が薄い。また、手洗い教室では看護師に対する小児の数が多くなり、一人一人に的確な教育ができていないとは限らない。特に手指衛生についての教育を受けたことがない未就学児に対しては、これらの教育法はより効果が弱まってしまう。

そこで本研究では VR 技術を用いて、本来なら視認することができない手指の細菌をイラストの重畳表示により可視化することで、小児に手の洗い方を教育することができるシステムを開発する。将来的には家庭にしながら手指衛生の教育が出来ることを目指しているため、システムのハードウェア構成は小規模な物であり、また安価に構成できる物としたい。システムはまず、小児の両手の位置や姿勢データを取得する。これらのデータをもとに、細菌のイラストを重畳表示する。両手を擦り合わせるなどの適切な動作を行うことで、細菌のイラストを少しずつ消滅させる。このシステムを利用することで、本来は見えないはずの細菌が、自分の手洗い動作によって消滅していく様子を確認することができ、手洗い動作により細菌を消すという体験を通して、小児は適切な手の洗い方やその重要性を遊びながら学ぶことができる。しかしながら、カメラ画像をもとにした手認識においては、手を重ね合わせたりすることで、片方の手がカメラから見えなくなると、見えなく

なった側の手は基本的に認識できない。また、両手の擦り合せ動作においても、それぞれの手指が重なることにより独立した手としての認識が困難である。本研究ではこれらの問題に対し、認識ができている手の動きが手の各部分を洗うジェスチャーと認識した場合には、他方の手の認識ができていない場合でも手洗い動作が自然に進むようにする。提案のVRシステムを用いることでより直感的に手の洗い方を学ぶことができるか、また、小児に対してこれまでの手指衛生教育法よりも効果があるかどうかの評価実験を行った。

本論文では第2章でシステムのハードウェア構成の概要について述べる。第3章では開発したシステムの詳細について述べる。第4章では実証実験と結果について述べる。第5章には本研究のまとめと今後の課題について述べる。

## 第2章 システムのハードウェア構成

本研究ではVR技術を用いて手の細菌を可視化し、自分の手洗い動作によって手の細菌が消滅していく様子を小児に体験させることで、手指衛生教育を行うことを目的とする。本システムは小児に細菌を提示する必要があるため、ヘッドマウントディスプレイを用いる必要がある。しかしながら、一般的なヘッドマウントディスプレイは高価なものが多く、家庭向けのシステムには向いていない。そこで、比較的安価な携帯端末を中に入れて使うタイプのヘッドマウントディスプレイを用いる。また、本システムは小児の使用を前提とするので、斜視のリスクを失くす為に双眼式のものを用いることができない。本システムでは、これらの条件を満たすヘッドマウントディスプレイであるルクラスを用いる。ルクラスはルクラ株式会社から販売されているヘッドマウントディスプレイである。双眼式のものと同眼式のものも販売されており、前述の通り本研究では単眼式のルクラスを使用する。

本システムには小児の手動作の取得と、体験者視点からの手の映像撮影にカメラが必要である。通常のVRシステムではデータグローブにより手動作を取得することが多いが、データグローブも高価なため本システムには向いていない。加えて、手に直接装着するので小児が嫌がる恐れもある。他に人間の動作を取得できるMicrosoft Kinectがあるが、これは設置キャリブレーションが必要であり、持ち運びに向いていない。カメラはヘッドマウントディスプレイに取り付けられる小型なものである必要がある。そこで、小型かつ安価であり、手動作とカメラ画像を同時に取得することが出来るLeap motionを用いる。Leap motion (図2.1)は2012年にアメリカのLeap motion社から開発された、手のジェスチャーによってコンピューターの操作をするための入力機器である。マウスや画面タッチを用いずに操作ができるシステムで、ジェスチャーによって直感的な操作を可能にする。2基の赤外線カメラと3基の赤外線照射LEDから構成されており、赤外線LEDに照らされた手や指を2基の赤外線カメラで撮影し、画像解析によって3D空間での手や指の位置を推定することで、両手と10本の指をそれぞれ独立して同時に認識することができる。半径50センチ程度、中心角110度の空間まで検知することができ、本体の大きさは $80 \times 30 \times 11\text{mm}$ であり、理想的な環境では $1/100\text{mm}$ の精度で位置を計測することができる。

本研究ではLeap motionのAPI [17]を利用する。Leap motionから取得できる主なデータは、腕に関しては、手首の位置、肘の位置、腕の向き(肘から手首の方向)などが取得できる。手に関しては、掌の位置、掌の法線、手の動作速度[mm/秒]、手の幅[mm]、掌

と球面で接する球体の半径 [mm] (図 2.3), 右手か左手かの区別などが取得できる。指に関しては, 指の向き (根本から指先), 指先の位置, 指が曲がっているかどうか, 指の長さ [mm] などが取得できる。指骨に関しては, 上端 (指先側) の位置, 中心の位置, 下端 (手首側) の位置, 指骨の長さ [mm] などが取得できる。なお, Leap motion の座標系は図 2.2 の通りであり, 原点は中央の赤外線照射 LED の位置である。また, 位置, 速度はベクトルとして返され, 向きと法線については正規化されたベクトルで返される。指骨の場所は末節骨, 中節骨, 基節骨, 中手骨の 4 つが定義されており (図 2.4), それぞれについてデータが取得できる。

可搬性を考慮してノート PC を用いる。スペックは以下の通りである。

- CPU: Intel Core i7-6500U CPU 2.50GHz
- RAM: 8GB

ルクラスと PC の接続については, USB ケーブルで接続することで携帯端末を PC のサブモニターにできる Twomon usb というソフトを用いる。

これらのハードウェアを用いて VR 手洗い教育システムを構築する。次章で構築したシステムについて説明する。

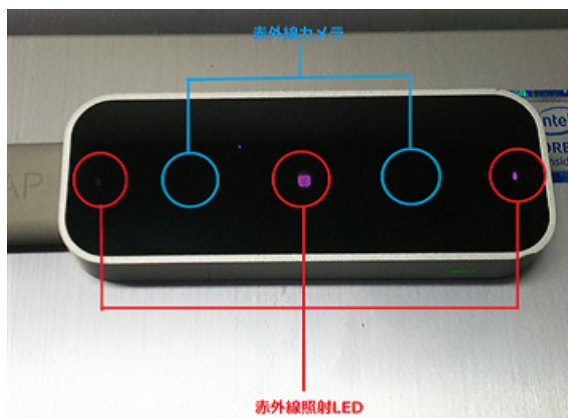


図 2.1: Leap motion

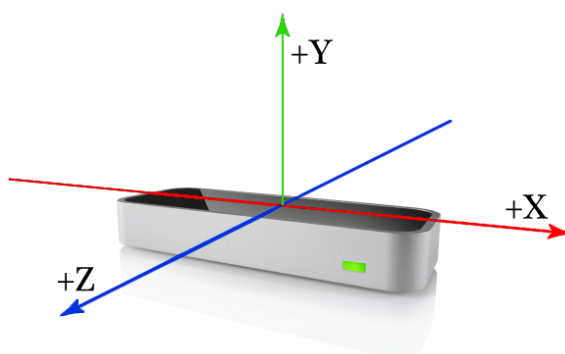


図 2.2: Leap motion の座標系 [17]



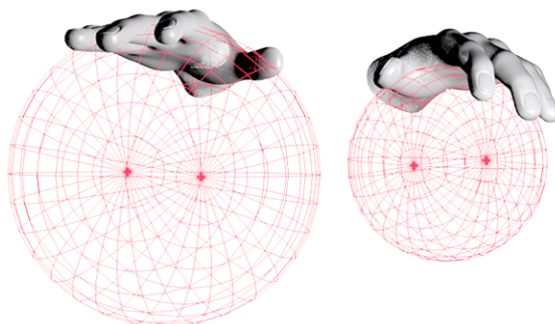


図 2.3: 掌と球面で接する球体 [17]

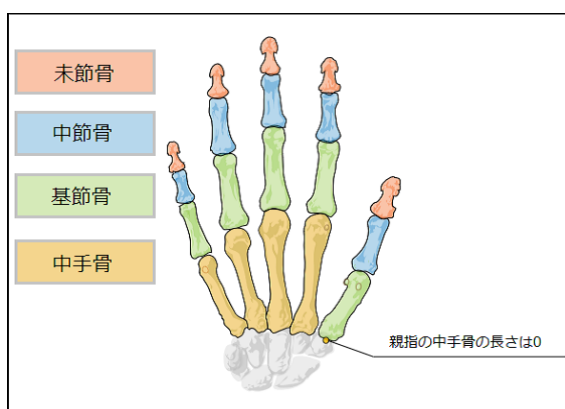


図 2.4: 4種類の指骨 [17]

## 第3章 VR手洗い教育システム

この章では2章で述べた Leap motion から取得できる手指に関するデータをもとに行う様々な判定や処理について述べる。また、子どもが好んで利用できるための工夫についても述べる。

### 3.1 手の描画

Leap motion の赤外線カメラから得られる画像データは 150 度の広角レンズを通して得られる。そのため樽型の歪みが生じてしまう (図 3.1)。Leap motion の SDK にはこのカメラ画像の歪みを補正する機能が用意されている。図 3.1 の画像を補正し、正方形にしたものを図 3.2 に示す。本研究のシステムでは単眼のヘッドマウントディスプレイを用いるため、2基あるカメラのうち1つのカメラ画像を用いる。

このカメラ画像は赤外線カメラから得られるため、輝度値のみのグレースケールの画像であり、小児の意欲を削いでしまう。そこで、カメラ画像内で手が映っている箇所は輝度値が高くなることを利用して、画像上のピクセル P の輝度値を  $l$ 、新たに作る画像上の P に対応するピクセル Q の R 値を  $r$ 、G 値を  $g$ 、B 値を  $b$ 、 $\alpha$  値 (透明度) を  $a$  とし、以下の処理を行う。なお、各  $l$ 、 $r$ 、 $g$ 、 $b$  値は 0 から 255 の値である。

$$40 \leq l \text{ のとき } \begin{cases} r = l \\ g = b = l * 0.75 \\ a = 255 \end{cases} \quad (3.1)$$

$$l < 40 \text{ のとき } \begin{cases} r = 90 - \frac{l^2}{32} \\ g = b = 180 - \frac{l^2}{16} \\ a = 100 \end{cases} \quad (3.2)$$

手が映っていると推測される輝度値が高い箇所は、G 値、B 値を下げることで薄橙色に着色し、手が映っていないと推測される輝度値が低い箇所は R 値を G 値、B 値の半分とすることで、水色に着色する。また、 $\alpha$  値を下げ後述のイラストが見えるようにする。また、小児に積極的にシステムを使用してもらうために、画像全体の背景に洗面台のイラストを表示する (図 3.3)。

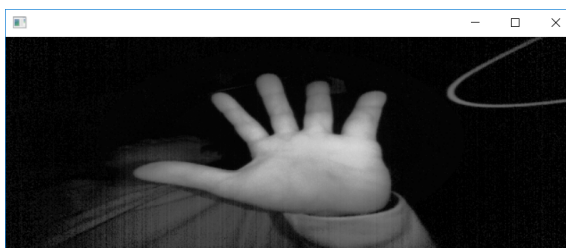


図 3.1: 歪み補正前の画像

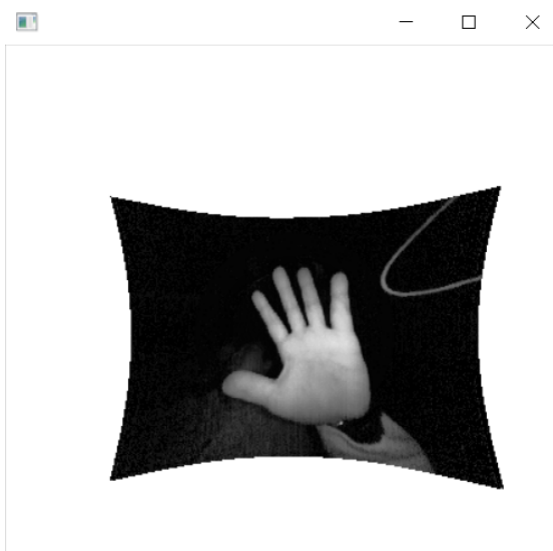


図 3.2: 歪み補正後の画像



図 3.3: システムの実行画面

### 3.2 細菌の描画

細菌のイラストは図3.4のようにデフォルメされたものを用いる。イラストの表示位置は株式会社サラヤの手洗いマニュアル[18]を参考にして、両手それぞれに、掌、指先、指の股、親指、手の甲、手首の計12箇所とする。また指先と指の股に関しては実行ごとに乱数を用いて表示位置を変更している。

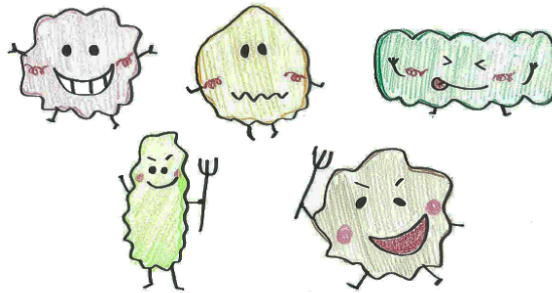


図 3.4: 細菌のイラスト

2章で述べたように Leap motion から得られる手の各部分の位置は全て三次元座標で得られる。この三次元座標をスクリーン上の対応する二次元座標に変換する必要がある。画面上の原点(0,0)を左上の隅とする。Leap motion から得られる三次元座標を  $(x, y, z)$  とし、中央の赤外線照射 LED からカメラまでの距離を  $cameraOffset$  とすると、変換後のカメラ位置を原点とする二次元座標  $(h_0, v_0)$  は

$$h_0 = \frac{-(x + cameraOffset)}{y} \tag{3.3}$$

$$v_0 = \frac{z}{y}$$

と表される。Leap motion の広角レンズの画角は150度であり、Leap motion のデータをもとに得られる  $(h_0, v_0)$  の値域は  $[-4, 4]$  である (図3.5)。

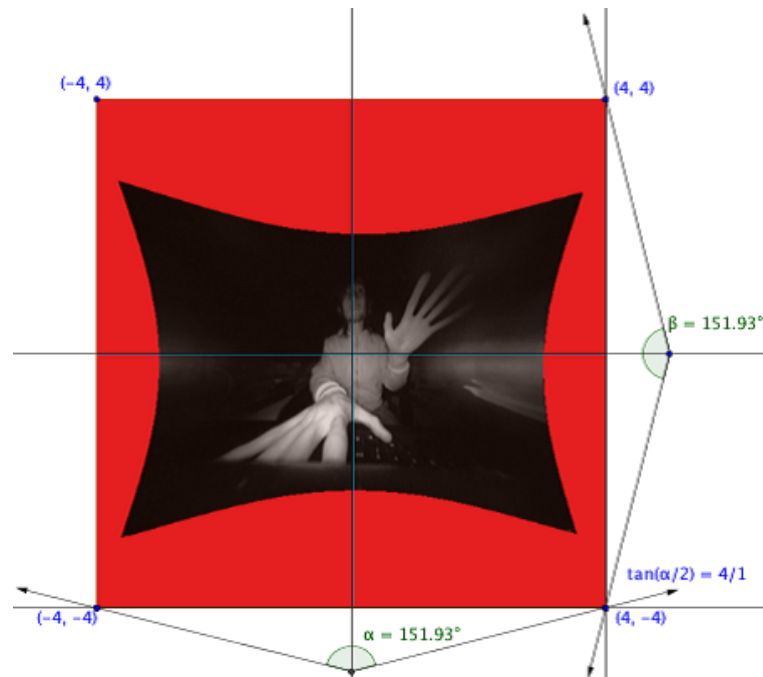


図 3.5: 150 度の視野角 [17]

値域  $[-4,4]$  の  $(h_0, v_0)$  を後の処理のために値域  $[0,1]$  の  $(h_1, v_1)$  に正規化するために以下の処理を行う。

$$\begin{aligned} h_1 &= h_0 \times 0.125 + 0.5 \\ v_1 &= v_0 \times 0.125 + 0.5 \end{aligned} \quad (3.4)$$

最後に  $(h_1, v_1)$  を画面上に対応する点  $(h_2, v_2)$  に変換する。この処理は画面の幅を  $Width$ 、高さを  $Height$  とすると以下の式で表される。通常この処理では  $Width$  と  $Height$  が等しくないと縦横比がおかしくなり、歪んでしまう。本研究では実行画面を携帯端末で表示する必要があるため、正方形に補正した画像をテクスチャとし、違和感の無い程度に横に引き伸ばして描画している。

$$\begin{aligned} h_2 &= h_1 \times Width \\ v_2 &= v_1 \times Height \end{aligned} \quad (3.5)$$

また、イラストの大きさは描画している位置からカメラからの距離によって変更する必要がある。具体的にはカメラからの距離を  $d$  とすると、イラストの描画倍率を  $kd$  倍にしている。ここで  $k$  はイラストのサイズに依存する。細菌イラストの描画は、掌側の細菌は掌がカメラの方を向いているかどうかを掌の法線ベクトルによって判断し、掌がカメラの方を向いている場合のみ描画する。手の甲側の細菌についても同様に、手の甲がカメラの方を向いている場合のみ描画する。指先の細菌は、指が曲がっているかどうかを調べ、伸びている場合は描画し、曲がっている場合は描画しない。掌の細菌は掌と球面で接する球体

の半径を利用し，手の開閉度合を求め，手が一定以上開いている場合は描画し，閉じている場合は描画をしない．

細菌のイラストが他方の手などで隠れているかどうかの判定も必要である．二つの位置情報のオクルージョン判定をその位置情報の  $y$  成分（奥行き）と二つの三次元ベクトルが形成する平面  $H$  内での，ベクトルがなす共役角の小さい方の角度を用いる．細菌のイラストを描画する位置  $P$  を  $(x_P, y_P, z_P)$  とし，もう片方の手の位置  $Q$  を  $(x_Q, y_Q, z_Q)$  とする（図 3.6）． $P$  と  $Q$  のなす共役角の小さい方の角度を  $a$  (rad) とする．細菌のイラストを描画する位置全てにおいて，もう片方の手の掌，5つの指の指先及び基節骨の中心，手首の位置について式 3.6 を満たすときオクルージョンしているという判定をし，その位置の細菌のイラストは描画しない．

$$\begin{aligned} y_Q < y_P \\ a < 0.3 \end{aligned} \quad (3.6)$$

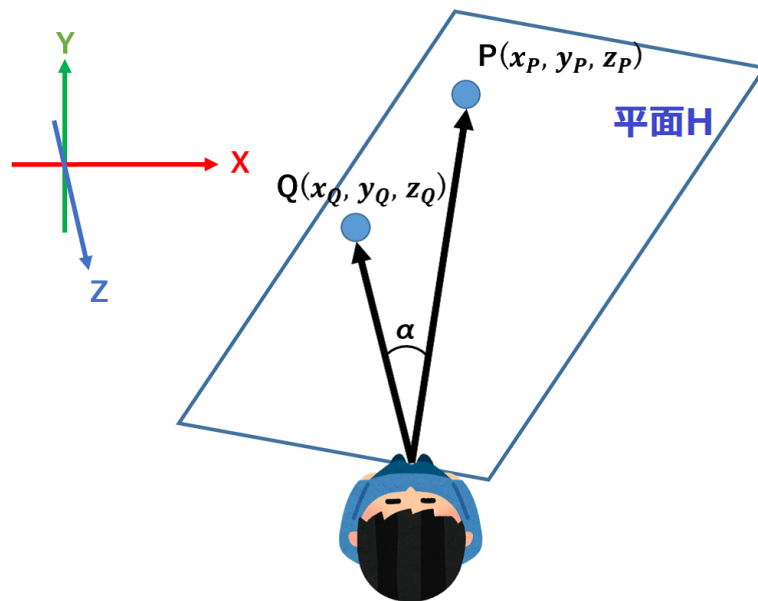


図 3.6: オクルージョン判定時の手の位置関係

### 3.3 手の洗い判定

細菌のイラストを消滅させるための洗い判定はサラヤ株式会社の手洗いマニュアルを参考にした(図3.7)。本システムでは12個の細菌それぞれにカウンタを実装し、約1秒間隔で後述する細菌の位置毎に定めた条件を満たしているか(適切に洗えているか)どうかを判定し、出来ている場合カウントを進める。しかしながら、Leap motionでは手の重ね合わせなどで手がカメラから映らなくなると、映っていない側の手の認識が不可能になる。また、両手の擦り合わせ動作でも認識が不可能となることがある。そのため本研究では、手の認識ができなかった場合、その直前の手の位置情報が継続しているものとして扱う。これにより、手の認識が途絶えた場合でも、定めた条件を満たしているかどうかの判定を行うことができる。また、カウントの値は0~4とし、値が0もしくは1の時イラストを通常描画、2もしくは3のときイラストを半透明描画、4のときイラストを描画しない(消滅)とする。適切に洗えているかどうかの判定は、①掌の細菌については両手を擦り合わせる姿勢、②指先の細菌については他方の掌に指先を擦りつける姿勢、③指の股の細菌については手を組み擦り合わせる姿勢、④親指の細菌については他方の手で握り擦る姿勢、⑤手の甲の細菌については他方の掌で擦る姿勢、⑥手首の細菌については他方の手で握り擦る姿勢とする。各細菌の洗い判定の手の位置関係を図3.8から図3.13に示す。図中の黒の矢印は掌の法線もしくは指の向きであり、正規化されたベクトルである。洗う側の手をAとして、もう片方の手をBとする。表3.1から表3.6に細菌の位置毎に定めた条件を示す。

### 手洗い手順 (泡石けん液)

SARAYA

1 ます手指を流水でぬらす

2 泡せけん液を適量手の平に取り出す

3 手の平と手の平を擦り合わせよく泡立てる

4 手の甲をもう片方の手の平でもみ洗う(両手)

5 指を組んで両手の指の間をもみ洗う

6 親指をもう片方の手で包みもみ洗う(両手)

7 指先をもう片方の手の平でもみ洗う(両手)

8 両手首までていねいにもみ洗う

9 流水でよくすすぐ

10 ペーパータオルでよく水気を拭き取る

© SARAYA CO.,LTD.

図 3.7: 一般的な手洗いマニュアル [18]



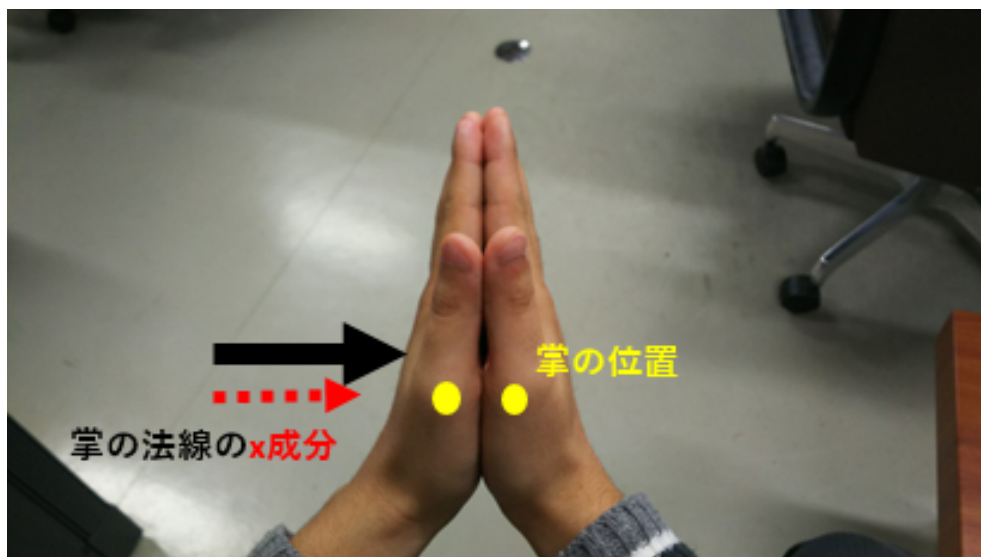


図 3.8: ①掌を洗う際の手の位置関係

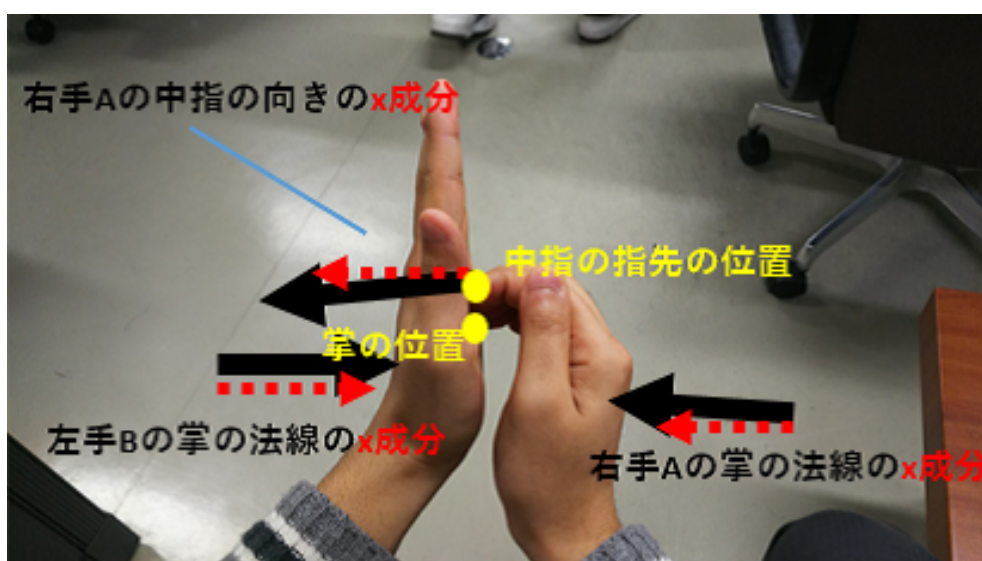


図 3.9: ②指先を洗う際の手の位置関係



図 3.10: ③指の股を洗う際の手の位置関係



図 3.11: ④親指を洗う際の手の位置関係



図 3.12: ⑤手の甲を洗う際の手の位置関係

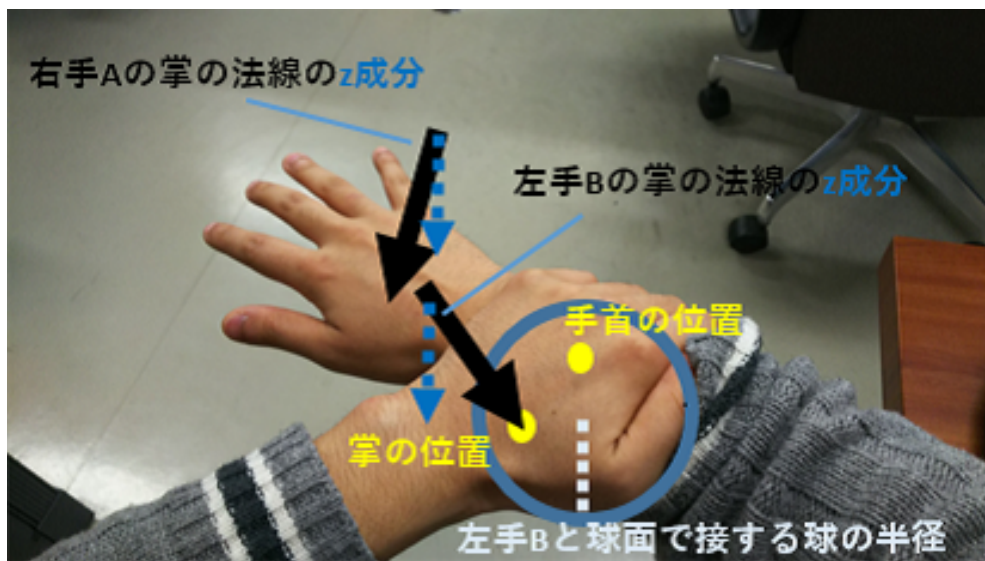


図 3.13: ⑥手首を洗う際の手の位置関係

表 3.1: ①掌の細菌の洗い判定

調べる距離, ベクトル (絶対値)	条件
A の掌の位置と B の掌の位置との距離	40[mm] 以下
A もしくは B の法線ベクトルの $x$ 成分	0.7 以上

表 3.2: ②指先の細菌の洗い判定

調べる距離, ベクトル (絶対値)	条件
A の中指の指先の位置と B の掌の位置との距離	60[mm] 以下
A の法線ベクトルの $x$ 成分	0.7 以上
B の法線ベクトルの $x$ 成分	0.7 以上
A の中指の向きの $x$ 成分	0.7 以上

表 3.3: ③指の股の細菌の洗い判定

調べる距離, ベクトル (絶対値)	条件
A の指の股の位置と B の指の股の位置との距離	80[mm] 以下
A の法線ベクトルの $x$ 成分	0.4 以上
B の法線ベクトルの $x$ 成分	0.4 以上
A の法線ベクトルの $z$ 成分	0.2 以上
B の法線ベクトルの $z$ 成分	0.2 以上

表 3.4: ④親指の細菌の洗い判定

調べる距離, ベクトル (絶対値)	条件
A の親指の位置と B の掌の位置との距離	50[mm] 以下
A の法線ベクトルの $y$ 成分	0.2 以上
B と球面で接する球体の半径	40[mm] 以下

表 3.5: ⑤手の甲の細菌の洗い判定

調べる距離, ベクトル (絶対値)	条件
A の掌の位置と B の掌の位置との距離	60[mm] 以下
A の法線ベクトルの $z$ 成分	0.6 以上
B の法線ベクトルの $z$ 成分	0.6 以上

表 3.6: ⑥手首の細菌の洗い判定

調べる距離, ベクトル (絶対値)	長さ, 大きさ
A の手首の位置と B の掌の位置との距離	60[mm] 以下
A の法線ベクトルの $z$ 成分	0.6 以上
B の法線ベクトルの $z$ 成分	0.6 以上
B と球面で接する球体の半径	50[mm] 以下

Leap motion は、一度片方の手の認識が途絶えた場合、両手がある程度離れないと手を再認識することができない。つまり、本システムを使用する際、手の甲を洗った後に両手を離さずに別の箇所を洗おうとすると、片方の手の認識が途絶えたままになり、新たに洗っている箇所のカウントを進めることができなくなってしまう。そこで本研究では小児に手洗い動作を自然なものと感じさせるとともに、本システムの体験を通して達成感を感じてもらうために、片方あるいは両方の手の認識が途絶えて約3秒経過した際、「どこかの細菌を洗っている」と判断し、約1秒間隔でカウントが最小の細菌のカウントを1進める処理を行う。

また、細菌が洗えていることを小児に分かりやすく提示するために、細菌のカウントが進むたびにビーブ音を鳴らす。ビーブ音は状況によって以下の3種類を鳴らす。

表 3.7: カウントが進むたびに鳴らすビーブ音

正常にカウントが進んだとき	手の認識が途絶えて自動でカウントが進んだとき	細菌が消滅したとき
523Hz を 100ms (高いド)	440Hz を 75ms (短いラ)	262Hz を 500ms (長く低いド)

他に、視覚でも細菌が洗えていることを提示する。実行画面の左上と右上に、それぞれの手の細菌のカウントに応じて色と長さが増える長方形のゲージを描画する。ゲージの色と長さの変化を図 3.14 に示す。システムの実行画面を図 3.15 に示す。

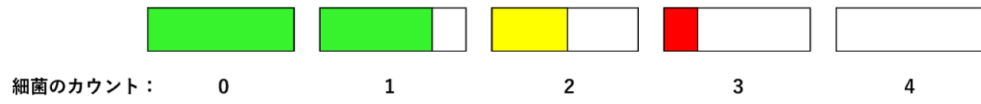


図 3.14: 細菌のカウントを表すゲージ

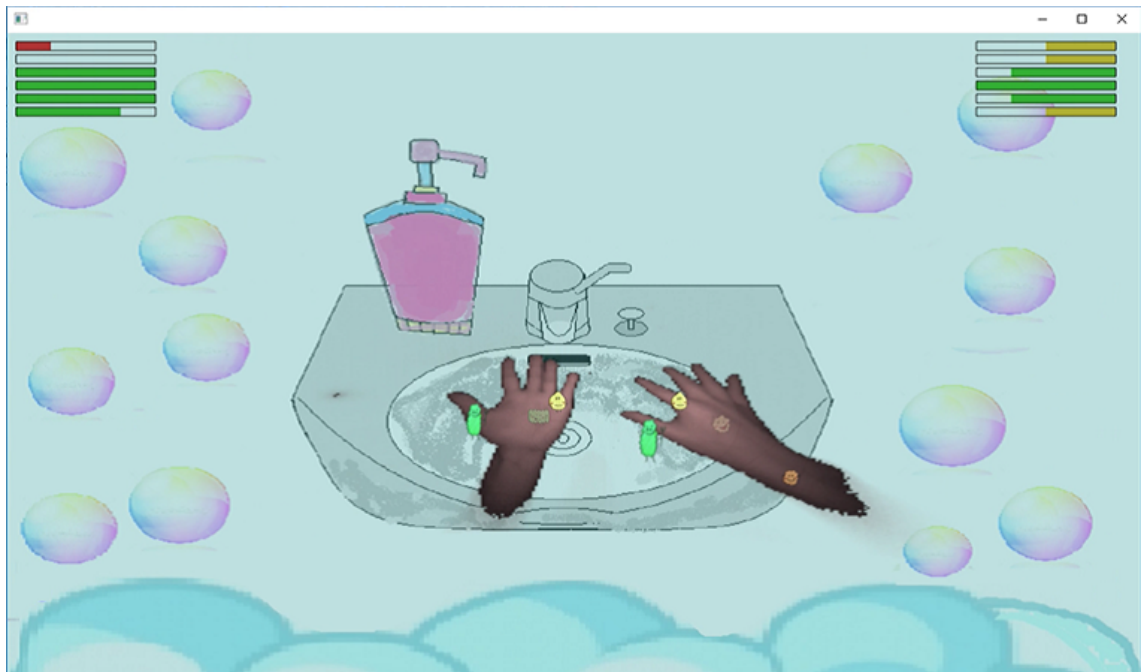


図 3.15: システムの実行画面

### 3.4 判定結果画面の描画

本システムは小児にゲーム感覚で手洗いの教育を行うために、約1分30秒の制限時間を設け、手洗いの成果により判定結果画面を描画する。制限時間内に全ての細菌を消滅させることができなかった場合、進めた細菌のカウントの総和が全体の75%以下である場合には図3.16のイラストを、75%以上である場合には図3.17のイラストを描画する。また、制限時間内に全ての細菌を消滅させることができた時は図3.18のイラストを描画する。また各結果画面の描画時に、それぞれ異なる効果音も同時に鳴らす。





図 3.16: 全体の 75%のカウントを進めることができなかった場合



図 3.17: 全体の 75%のカウントを進めることができた場合



図 3.18: 制限時間内に全ての細菌を消滅させた場合



## 第4章 実証実験

第3章で述べたシステムを用いて実証実験を行うことで、構築したシステムの有用性を検証する。

### 4.1 実験の概要

実験システムに使用するハードウェアは第2章で述べたとおりである。携帯端末を中に入れたヘッドマウントディスプレイは小児の頭に装着するには重すぎたため、本実験ではスタンドを用いてヘッドマウントディスプレイを固定し、それを小児が覗き込む形で使用する。実験の様子を図4.1に示す。



図 4.1: 実験の様子

## 4.2 実験手法

従来の手指衛生教育法と、本システムでの仮想的な体験による学習との効果の違いを検証する。被験者はあいち小児医療総合センターに入院している3歳から11歳までの小児12人で、そのうち5人は愛知県が作成した「あわあわゴッシーのうた」(図4.2) [19]を用いた手指衛生指導, 7人は本システムでの手指衛生指導を行う。まず, 両方のグループの小児の手に手指衛生指導用の蛍光塗料を塗った状態で, それぞれの指導を行う。指導終了後にブラックライトにより手洗い状況のチェックを行う(図4.3)。掌, 指先, 指の股, 親指, 手の甲, 手首の6箇所について手を綺麗に洗えているかどうかを衛生士の方に判断してもらい, 通常洗い忘れが多いと医師が提示した指の股, 親指, 手首については洗えている場合は◎(2点)とし, 他の位置については洗えている場合は○(1点), 洗えていない場合は×(0点)とする。被験者毎にどれだけ手を洗えているかを9点満点で評価する。



図 4.2: あわあわゴッシーのうた [19]



図 4.3: ブラックライトを用いた手洗いチェック

### 4.3 実験結果

あわあわゴッシーのうたを用いた手指衛生指導と、本システムを用いた手指衛生指導での手洗いチェックの結果を表4.1と表4.2に示す。それぞれの平均点を比較すると、本システムを用いた手指衛生指導はあわあわゴッシーのうたを用いた手指衛生指導よりも効果が高いと言える。特に医師が洗い忘れやすいとした指の股と手首についてはあわあわゴッシーのうたと比べてよく洗えていることがわかる。また、被験者の保護者（37歳男性）が手洗い教育システムを使ってみたところ、全ての細菌を時間内に消すことができ、手洗いチェックにおいても全ての箇所を適切に洗えていた。小児のシステムへの取り組む様子は、知的などの発達が遅れがある場合は、ヘッドマウントディスプレイを覗くことを怖がる子もいたが、ほとんどの子が興味を示し必死になって手を擦る姿が見られた。

年齢	性別	掌	指先	指の股	親指	手の甲	手首	計
7	女	○	○	◎	◎	○	×	7
11	男	○	○	◎	◎	○	×	7
6	男	○	○	×	◎	○	×	5
3	女	○	○	×	×	○	×	3
5	男	○	○	◎	◎	×	◎	8
							平均	6

表 4.1: あわあわゴッシーのうたを用いた手指衛生指導

年齢	性別	掌	指先	指の股	親指	手の甲	手首	計
11	女	○	○	◎	◎	×	×	6
6	女	○	○	◎	◎	○	×	7
10	女	○	○	◎	×	○	×	5
6	男	○	○	◎	◎	○	◎	9
6	女	○	○	◎	◎	×	◎	8
7	男	○	×	◎	×	×	◎	5
11	男	○	○	◎	◎	○	×	7
							平均	6.7

表 4.2: 本システムを用いた手指衛生指導

## 第5章 むすび

本研究では小児医療における小児の衛生環境の向上ために、VR技術を用いて手に細菌のイラストを重畳表示することで、小児に効率的に手洗い指導を行えるシステムを構築し、評価を行った。本システムは適切な洗い方をすることで、手に重畳表示された細菌のイラストを消滅させる。本システムを利用することで、小児が手洗いによって細菌が消えていく様子を体験できる。システムにおいて手が認識できなくなった場合にも、認識できている側の手の動きを用いることで自然に手洗い動作が進むようにした。

また、小児に積極的に本システムを利用してもらうために、視聴覚的に小児にとって楽しいと感じるシステムとした。評価実験では、従来の手指衛生指導法との効果を比較し、その学習効果について一定の評価を得ることができた。今後は、手が認識できていない場合のより正確な手洗い処理の模索、年齢に合わせた難易度変更機能などの実装、可搬性や価格面を改善するために、ノート型PCを利用せずに携帯端末のみでの実装などをしていきたい。また、より多い人数での実験、評価も行っていきたい。さらには、VR技術を用いた手洗い教育システムの実用を目指したい。

## 謝辞

本研究を進めるにあたって、日頃から多大な御尽力を頂き、ご指導を賜りました名古屋工業大学、舟橋健司 准教授、伊藤宏隆 助教 に心から感謝致します。また、本研究は株式会社 NTT ドコモ東海支社とあいち小児保健医療総合センターとの共同研究の一部であり、研究の機会を与えてくださった NTT ドコモの森木亮子 様、あいち小児保健医療総合センターの棚瀬佳見 様、ほか皆様に深く感謝致します。最後に、本研究に多大な御協力頂きました舟橋研究室諸氏に心から感謝致します。

## 参考文献

- [1] 館暲, 佐藤誠, 廣瀬通孝, “バーチャルリアリティ学”, 日本バーチャルリアリティ学会, 工業調査会, 2010
- [2] 富川盛雅, 橘爪誠, “バーチャルリアリティシステムを用いた内視鏡外科手術トレーニングシステム”, 日本外科学会雑誌, Vol.112, No.4, pp.255-261, 2011
- [3] 橋本宣慶, 加藤秀雄, 松井恭平, 石田洋子, 王亮, “シュミレータによる歯石除去の訓練 シュミレータの構築と人工歯石除去による訓練効果の検討”, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol.11, No.4, pp.453-458, 2006.
- [4] ソニー株式会社 Play Station VR <https://www.jp.playstation.com/psvr/>
- [5] Oculus VR Oculus Rift <https://www.oculus.com/rift/>
- [6] ハコスコ株式会社 ハコスコ <https://hacosco.com/>
- [7] 陳維英, 藤木隆司, 有田大作, 谷口倫一郎, “複数カメラを用いた実時間三次元手形状推定”, 画像の認識・理解シンポジウム, pp.328-333,2006.
- [8] Iason Oikonomidis, Nikolaos Kyriazis, Antonis A. Argyros, “Efficient Model-based 3D Tracking of Hand Articulations using Kinect”, Proc. BMVC, pp.101.1-101.11, 2011.
- [9] Yutaro Mori, Kazuki Kawashima, Yu Yoshida, Masahiro Okada, Kenji Funahashi, “A Study for Vision Based Data Glove with Back Image of Hand”, Proc. ICAT-EGVE, 2015
- [10] 近藤 翔太, “手背画像による手首の回転を考慮したビジョンベースデータグローブ”, 平成 27 年度名古屋工業大学卒業研究論文, 2015.
- [11] Leap Motion <https://www.leapmotion.com/>
- [12] 布施 智絵, 棚瀬 佳見, “危険回避教育ツール しかけ絵本の導入”, 第 17 回子どもの療養環境研究会, pp.42-43, 2016.
- [13] 棚瀬 佳見, 水野 光規, “手術室におけるプロジェクションマッピングの実践報告”, 第 17 回子どもの療養環境研究会, pp.46-47, 2016.



- [14] John M. Boyce, Didier Pittet, “医療現場における手指衛生のための CDC ガイドライン”, 満田 年宏 (監訳), 国際医学出版株式会社, 2003
- [15] Elaine L. Larson, “APIC Guideline for Hand Washing and Hand Antisepsis in Health-Care Settings”, American Journal of Infection Control, 1995
- [16] 辻 明良, “病院感染防止マニュアル”, 日本環境感染学会, 2001
- [17] Leap motion API ドキュメント  
<https://developer.leapmotion.com/documentation/cpp/>
- [18] サラヤ株式会社 ホームページ <http://family.saraya.com/tearai/index.html>
- [19] 愛知県公式ウェブサイト <http://www.pref.aichi.jp/soshiki/eisei/>