

# VR ネットショッピングのための センサー数の少ないデータグローブによるデータ補正法

A data adjustment method of low-priced data-glove for VR online shopping

濱口真一<sup>1)</sup>, 舟橋健司<sup>2)</sup>

Shinichi Hamaguchi and Kenji Funahashi

1) 名古屋工業大学 工学研究科

(〒 466-8555 愛知県名古屋市昭和区御器所町, hama@center.nitech.ac.jp)

2) 名古屋工業大学 情報基盤センター

(〒 466-8555 愛知県名古屋市昭和区御器所町, kenji@nitech.ac.jp)

**Abstract :** Data-glove is one of I/O devices widely used in virtual reality researches. We suggested online shopping system as VR application for home in the past. However, data-glove is generally so expensive, and it is difficult for home to use. But a low-priced data-glove has too few sensors to get accurate data of human hand motion. In this paper, we suggest a data adjustment method for reproducing natural motion by few-sensored data-glove. We do a survey of angle correlation between each finger joint and adjust data-glove outputs to these angle. Using this method, we can use few-sensored and low-priced data-glove to capture natural hand motion.

**Key Words:** VR online shopping, data-glove, finger joints correlation

## 1. はじめに

近年、インターネット等に代表される情報通信メディアはめざましい発展を見せている。これに伴い、オンラインショッピングなどの通信販売が登場し、その利用者は増加傾向にある。通信販売は店舗販売に比べてコストがかからないため、商品の価格が安いという利点がある。しかし、想像していた商品と実物の大きさが違うなどという問題も存在する。この問題は、店舗販売と同様に商品を手にとることができれば防止できると考えられる。そこで当研究室では、仮想空間上で定義された仮想手-仮想物体操作モデルによる実験システムを用いて、消費者が店舗販売と同様の購入プロセスを踏むことが出来る「VR ネットショッピング」の実現を目標とした研究 [1, 2] を行っている。現在実用化されている VR ネットショッピングには、ユーザー本人の写真に商品の服の画像を重ねることで試着を行うバーチャル試着室や、仮想空間上の街の中を移動して店を選ぶバーチャルショッピングモールといったものがあるが、自分の手で商品に触れるようなシステムは登場していない。

そこでこの VR ネットショッピング実験システムでは、現実世界での商品を手にとる行為を仮想空間上で仮想物体に対して再現することに焦点を当てている。これは、実際に

自分の手で商品に触れているかのような臨場感や没入感の高いシステムの実現を目標とする。

そのため、ユーザーがより直感的に操作できる入力装置として、データグローブを使用している。

前述の実験システムでは、手の各部に合計 18 個のセンサーを備えたデータグローブを使用している。これは多くの手関節の角度を測定することができるが、高価である。しかし我々が想定している VR ネットショッピングの主な利用者層は一般家庭であることから、システムの普及を考慮し、比較的安価なデータグローブを用いることを考える必要がある。

一般家庭で購入できる価格帯のデータグローブでは、必然的にセンサーの個数は少なくなるものと予想される。センサーの個数が少ない場合、手の関節角度を十分に測定できないため、ユーザーの複雑かつ自然な手の動作を仮想手に反映させることが困難になる。VR ネットショッピング実験システムでは仮想手が実際の手のように違和感なく動くことが重要であるため、この問題について対処する必要がある。そこで本研究では、センサーによる測定データを補正して仮想手に反映することで、センサー数の少ないデータグローブで動かすことの出来る仮想手モデルの実装を目指す。

## 2. 少数のセンサーによる手動作の再現

人間の手にはいくつもの関節があり、多種多様な動作を行うことができる。しかし今回用いるセンサー数の少ないデータグローブでは手の全ての関節角度を測定できないため、仮想手で実際の手のような複雑な動作を表現することは難しい。そこで今回は、あらかじめ仮想手の動作を手の基本的な動作のひとつである「握る動作」に限定してシステムに実装し、その他の動作については今後の課題とすることにする。

### 2.1 使用機器

今回使用するデータグローブは、手の各指につきセンサー1個、計5個のセンサーをもつ5DT社の5DT Data Glove 5 Ultra(以下5DT、図1)である。過去にはこれよりさらに安価で、一般家庭でも比較的容易に入手できるデータグローブとしてEssential Reality社のP5やパックス・コーポレーション社のパワーグローブ等があった。



図1: 5DT Data Glove 5 Ultra

5DTはひとつのセンサーで指の3つの関節の屈曲具合を測定するが、これらの関節の個々の角度を計測することはできない。このグローブを用いて、手を開いた状態から拳を握るまでの一連の動作を仮想手で行うためには、仮想手の指の各関節に対して、ひとつのセンサーの測定値からそれぞれの関節角度を算出する必要がある。なおこれ以降、指の3つの関節を、先端から順にDIP関節、PIP関節、MP関節と呼ぶことにする。

また、今回は手の関節角度のサンプルデータを収集するために、[1, 2]で入力装置として使用したImmersion社のCyberTouch(図2)を用いる。これは各指につき根元と先端部の計2個と、手のその他の部位に数個、計18個のセンサーをもつ。



図2: CyberTouch

### 2.2 5DTの測定データの補正

まず、5DTのひとつのセンサーの測定値から、仮想手指関節のうちMP関節の角度を算出する。仮想手の動きを握る動作に限定することにより、それぞれの関節は互いに影響し合い曲がる。すなわち手を握る際、同じ指の関節角度同士で相関関係がみられる。この相関関係と、最初に算出したMP関節の角度を用いて、他の関節の角度を求める。ここまでの処理の流れを図3に示す。この手法により、5DTのようなセンサー数が少ないデータグローブでも手の動きを仮想手に反映することが可能である。

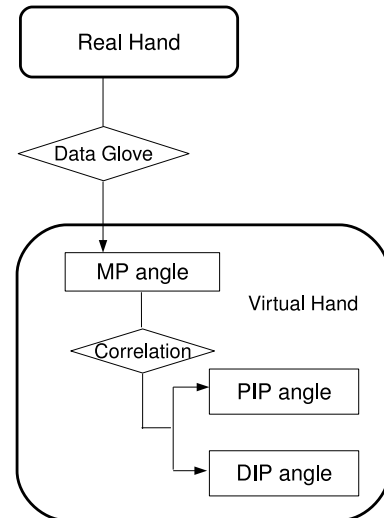


図3: データ補正処理の流れ

なお、親指については関節構造が他の指と異なるため複雑な動きをすることから、今回は考慮しないものとする。

#### 2.2.1 MP関節角度の算出

仮想手のMP関節角度を算出するために、5DTのセンサー測定値と人間の手のMP関節の角度との対応関係を求める。図4に示すように、実際に5DTを装着して手を握る動作を行い、MP関節角度に対するセンサーの測定値を調べた。



図4: 5DTによる手動作データの取得の様子

その結果、図 5 のような散布図が得られた。なお、これは中指のデータについて作成した図である。

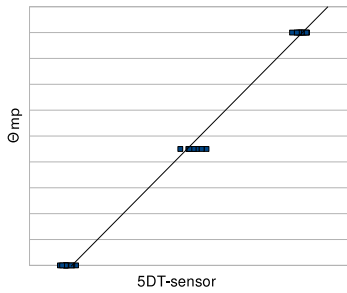


図 5: 5DT の測定値に対する MP 関節角度の分布

図中のように各データ点の近傍を通る直線を引く。ある指  $i$  の MP 関節角度  $\theta_{mp(i)}$  は、5DT のセンサー測定値を  $s(i)$  としてこの直線の方程式 (1) で近似できる。

$$\theta_{mp(i)} = A_{(i)}s(i) + B_{(i)} \quad (1)$$

$A_{(i)}$ 、 $B_{(i)}$  は定数である。この  $\theta_{mp(i)}$  をもとに、次節で DIP、PIP 関節の角度を算出する。

### 2.2.2 DIP/PIP 関節角度の算出

CyberTouch を装着して手を握る動作を行い、前節と同様の手順でセンサーの測定値と指の MP 関節角度との対応関係をとる。ここで、DIP 関節の角度  $\theta_{dip}$  と PIP 関節の角度  $\theta_{pip}$  には以下の式 (2) のような比例関係がある [3]。

$$\theta_{dip} = \frac{2}{3}\theta_{pip} \quad (2)$$

式 (2) の比例関係により、CyberTouch の指先端部のセンサーから  $\theta_{dip}$ 、 $\theta_{pip}$  の値が求められる。これらの DIP、PIP 関節角度と MP 関節角度との間にどのような相関関係があるかを調査する。

そこで、再度 CyberTouch を装着して手を握る動作を行ったときのセンサー測定値を調査した結果、図 6 のような散布図が得られた。なお、これは中指のデータについて作成した図である。

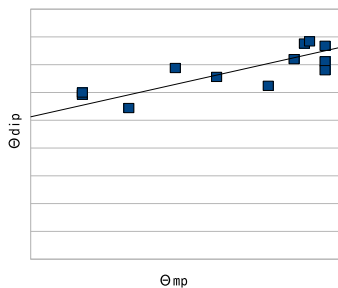


図 6: MP 関節の角度に対する DIP 関節の角度の分布

散布図 6 から、2.2.1 節と同様に各データ点の近傍を通る直線を引く。ある指  $i$  の DIP 関節角度  $\theta_{dip(i)}$  と MP 関節角度  $\theta_{mp(i)}$  との関係は、以下に示すこの直線の方程式 (3) で表せる。

$$\theta_{dip(i)} = C_{(i)}\theta_{mp(i)} + D_{(i)} \quad (3)$$

$C_{(i)}$ 、 $D_{(i)}$  は定数である。

2.3 節で 5DT の測定値から算出した MP 関節角度に対して、式 (2) と式 (3) の相関関係を利用することで、残る 2 つの関節角度を算出できる。

## 3. 実験

前章で提案したデータ補正手法による、センサー数の少ないデータグローブによる実験システムを作成した。実験システムの様子を図 7 に示す。



図 7: 実験システムの様子

実験システムは C 言語により実装している。実験は Dual-Core AMD Opteron(tm) Processor 1210 1GHz の CPU をもつマシン環境で行い、仮想空間における仮想手や仮想物体は CG によってディスプレイ上に出力される。また、データグローブは 5DT を使用している。

### 3.1 実験方法

データグローブを装着した被験者に実際に画面上の仮想手を動かしてもらった後、アンケート調査を行った。以下に実験の手順を示す。

1. データグローブを装着した状態で手を動かす。
2. 握る動作と開く動作について、手を動かしているときの実際の手と画面上の仮想手の動きを比較する。
3. どの程度自然に動いているか、動きに違和感はないかを評価する。

これらの実験は 20 代の男性 4 人、女性 1 人に対して行った。また、評価はリッカート法による 5 段階の尺度とし、「違和感を感じない」を「5」、「違和感を感じる」を「1」とした評価を行った。

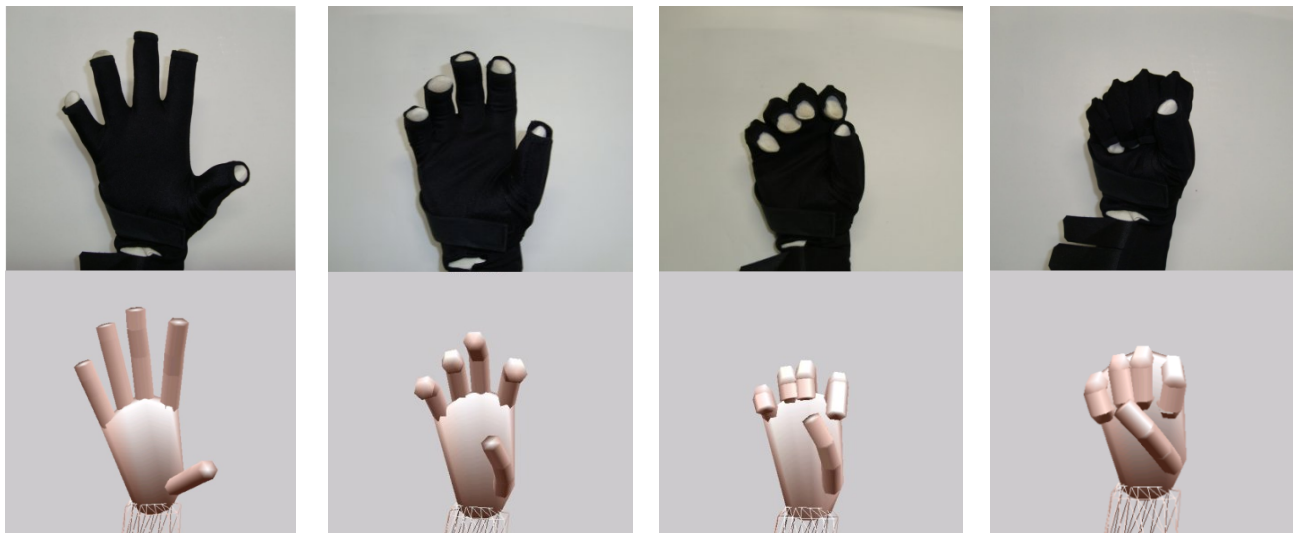


図 8: 同時刻の実際の手 (上段) と仮想手 CG (下段)

表 1: 各動作の自然さにおける評定平均点

	握る動作	開く動作
被験者 1	5	4
被験者 2	3	4
被験者 3	4	3
被験者 4	4	3
被験者 5	5	4
平均点	4.2	3.6

### 3.2 結果及び考察

実験結果を表 1 に示す。また、図 8 は実験の際のグローブを装着した手と CG で表示された仮想手の同時刻の画像である。

アンケート調査の結果、手を開いた状態から手を握った状態までの「握る動作」の自然さについては平均 4.2、手を握った状態から手を開いた状態までの「開く動作」の自然さについては平均 3.6 という評価結果が得られた。この結果から、握る動作については動きがかなり自然に感じる程度まで再現できていると考えられる。しかし表 1 の結果によると、手を開く動作については握る動作と比較して良い結果が得られていない。

また握る動作についても、被験者はグローブをはめた状態で指を曲げているのに対して、仮想手の指が曲がりきっていないという状況があった。これはグローブの構造上、センサーの測定値が被験者の指の長さの影響を受けるためと考えられる。本論文ではデータ収集により得たサンプルからデータの平均値を算出し、この平均値を基準に各関節角度を算出している。しかし人間の指の長さには個人差があるため、被験者によっては測定結果が平均値と大きく異なる場合がある。こういった場合、補正後の値と実際の指の関節角度の値に誤差が生じるため、仮想手は違和感のある動きをする。そのため、今後は被験者の指の長さに応じ

てキャリブレーションを行う必要がある。

### 4. むすび

本研究では仮想手モデルにおいて、データグローブを用いて仮想手を動かすとき、グローブのセンサー数が少なくても手の自然な動きを再現できるデータ補正法を提案した。

実験の結果、本手法により手の測定データを補正し仮想手各関節の角度とすることで、仮想手の動作はかなり自然なものに見えるという評価が得られた。手を握る動作であれば、センサー数の少ないグローブでも再現が可能である。ただし、他の四指と構造の異なる親指の動作に関しては違和感があると答えた被験者がいた。そこで、今後は親指に関して今回とは異なるデータ補正を行い、より自然な動きに近づける必要がある。また、ユーザーの手の大きさに応じたキャリブレーションを行う必要がある。このほか、今回のデータ補正法は仮想手で再現する動作を握るという一つ動作に限定して行ったため、今後は複数の動作に対応し、新たなデータ補正法を考案する必要もある。

オンラインショッピングの利用者は現在でも増加傾向にある。そのため、今後も改良を重ねていき、一般家庭に導入可能な VR ネットショッピングシステムを実現したい。

### 参考文献

- [1] Kenji Funahashi, Yuuta Kuroda, Masumi Mori: A Study for Touchable Online Shopping System with Haptical Force Feedback Proc. ICAT2008, pp.297-300, 2008
- [2] Kenji Funahashi, Masahisa Ichino, Mototoshi Teshigahara : Experiments for Developing Touchable Online Shopping System Proc. ACM VRST2009, pp.241-242, 2009
- [3] ELKOURA G. "Handrix: Animating the Human Hand", Proceedings of the 2003 ACM SIGGRAPH/Eurographics Symposium on Computer Animation, 2003.