

主査	舟橋 健司	副査	徳田 恵一	研究室	舟橋研究室
入学年度	平成 22 年度	学籍番号	22417595	氏名	濱口 真一
論文題目	手動作推定によるセンサー数の少ないデータグローブのためのデータ補正法				

1 はじめに

近年、バーチャルリアリティ (Virtual Reality: 以下 VR) 技術の発展に伴い、一般家庭を対象としたシミュレータ等の VR システムに関する研究が行われている。このようなシステムのインターフェースとしては、実空間と同じように仮想物体を操作できるものが望ましい。人間は実空間では物体を手で扱うことから、手の動きを計測するデータグローブに注目する。データグローブは VR 分野で広く使用されている入出力デバイスであり様々な種類があるが、本稿では各指の関節部分に備えたセンサーで手の各関節の角度を計測するものを想定する。人間の手動作を正確に取得するためには、多数のセンサーを備えたデータグローブを用いる必要があるが、そのようなデータグローブは高価である。一方で、低価格帯のデータグローブでは必然的にセンサーの総数が少なくなる傾向にあり、手動作の詳細なデータを取得できない。そこで当研究室では、一般家庭での利用を想定し、センサー数の少ない低価格帯のデータグローブで手動作を取得するために、指の関節同士の相関関係を利用したデータ補正法 [1] を提案している。しかし、この手法では手の動作を 1 種類に限定しており、我々の手で可能な多様な動作については対応できていない。そこで本研究では、各指同士での屈曲の大きさの関係に基づいてデータグローブの出力値からユーザーの手動作の種類を推定することにより、多様な手動作を取得可能なデータ補正法を提案する。

2 先行研究における補正法

指関節角度同士の相関関係を利用したデータ補正法では、手の動作を、手を開いた状態から例えば握る状態にするという 1 種類に限定し、その動作における各指関節角度の相関関係に基づいて各関節の角度を決定している。まず実際にデータグローブを装着した状態でサンプリングを行い、指のセンサーが計測した値を基に各指の第 3 関節の曲げ角度を決定する。そして、握る動作での、第 3 関節及び指関節同士の相関関係に基づき、残りの指関節の角度を決定する。この手法により、手全体で 5 個のセンサーから 15 個の関節角度を決定し、ユーザーの手動作を取得することができる。

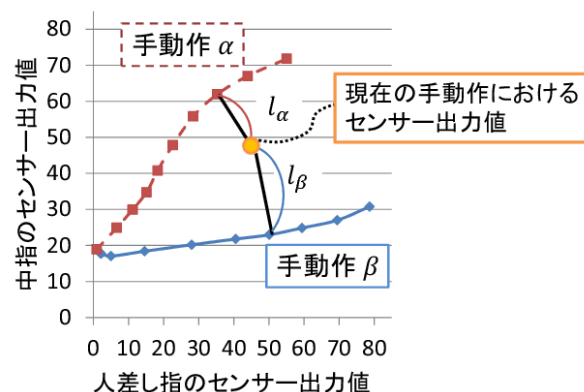


図 1: 各サンプルデータとの最短距離 l_p

3 手動作推定に基づくデータ補正

3.1 指同士の関係による手動作推定

本研究では、握る動作、摘む動作、挟みこむ動作の 3 種類を主要な手動作として想定する。実際にデータグローブを装着して、これらの手動作の動作の開始から終了までのセンサー出力値をサンプリングし、得られたデータを手動作 p における各指の理想的な値とする。実際に得られたデータグローブの出力値が 3 種類のうちいずれかの手動作を行う際のセンサー出力値と一致する場合は、2 章の手法で各関節角度を求めることができる。しかし実際には、人間は理想的な値と完全に一致するように手を動かすことはないと考えられる。このような場合は、以下のように各手動作を行う場合での関節角度から角度の補間を行い、入力値に対する関節角度を決定する。

まず、手動作 p のサンプルデータと、ユーザーの現在の手動作における各指のセンサー出力値との最短距離 l_p を、図 1 に示すように求める。図 1 は、横軸を人差し指のセンサー出力値、縦軸を中指のセンサー出力値とするグラフであり、破線はある手動作 α のサンプルデータ、実線はある手動作 β のサンプルデータを表す。ユーザーの手動作は手動作 p を比率 $r_p(l_p)$ より導出する) で含む手動作とし、 r_p を基に補間を行う。

ところで、 l_p は 5 本の指のセンサー出力値に基づく 5 次元空間上のユークリッド距離として導出している。しかし、ユークリッド距離に基づく場合では、各手動作のサンプルデータから離れた手動作を正確に推定できない。このような手動作について正確に推定するため

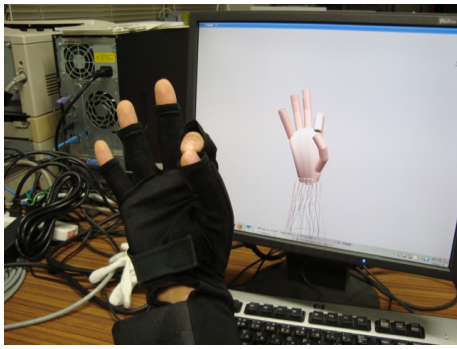


図 2: 実験風景

に、ユークリッド距離に基づく最短距離とマンハッタン距離に基づく最短距離の平均として l_p を求めたところ、比較的良好な結果が得られた。

人間の手では、各手動作において動作の開始から終了までの屈曲の大きさがある程度決まっていると考えられる。この各指の屈曲の関係を利用し、新たな距離尺度として、各指の屈曲の関係が値に大きく影響するように加工した特徴量として、予備実験に基づき、親指と薬指のセンサー出力値の積を加えた 6 次元空間上のユークリッド距離として l_p を求めることで、センサー出力値からユーザーの実際の手動作を推定する。

3.2 関節角度の決定

推定結果の比率 r_p に基づき、各指の関節角度を決定する。まず事前に、実際に各手動作を行う場合での、手動作の開始から終了までの各指の第 2、第 3 関節角度の値をサンプリングする。各手動作における第 2、3 関節角度のサンプルデータとセンサー出力値のサンプルデータとを対応付けることにより、センサー出力値から各関節の角度を算出する式を得る。グローブから実際にセンサー出力値が得られた場合、手動作推定により r_p を求める。続いて、3 種類の手動作を実際に行う場合での、各指の関節角度の値をセンサー出力値に基づいて算出する。最後に、得られた関節角度の値を r_p を用いて内分し、推定した手動作における各指の関節角度を決定する。これまでの手順で、ユーザーの実際の手動作が取得できる。

4 実験

本研究で提案した手法に基づく実験システムを作成し、提案手法における手動作推定の精度について実験を行った。図 2 に実験システムの様子を示す。実験システムでは、データグローブから得られた値に基づいて手動作を推定し、ディスプレイ上における仮想手の動作に反映している。実験ではある手動作 p での各指

表 1: 各手動作における r_p の平均値

	握り	摘み	挟みこみ
ユークリッド距離	0.47	0.41	0.48
提案手法	0.82	0.87	0.87

のセンサー出力値のサンプルデータから 10%離れた 5 次元の値を作成し、このデータを各指のセンサー出力値としたときの手動作を推定する。また、比較対象として、 p のサンプルデータから 10%離れた値を用いて 5 次元空間上のユークリッド距離に基づく手動作推定を行う。それぞれの推定の結果得られた手動作 p の比率 r_p を比較することで、提案手法によって推定精度を向上できたか確認する。

実験の結果を表 1 に示す。表 1 は、それぞれの手法での、各手動作の開始から終了までの r_p の平均値のまとめである。ユークリッド距離の場合に比べ提案手法での r_p が高いため、ユークリッド距離に基づく推定より提案手法の方が手動作 p に近い手動作を取得できたといえる。また、提案手法によって実際の手動作を自然に取得できたかどうかについてアンケートを行ったところ、ある程度自然に取得出来ているとの評価が得られた。しかし提案手法ではユーザーの手形状の個人差を考慮していないため、違和感を感じるとの意見も得られた。

5 むすび

本研究では、センサー数の少ないデータグローブで人間の多様な手動作を取得可能とするデータ補正法を提案した。実験の結果から、提案手法に基づく手動作推定により各指の関節角度を決定することで、ユーザーが実際に行う手動作を取得できた。今後の課題としては、ユーザーの手形状に応じてデータグローブのキャリブレーションを行うことや、3 種類の手動作以外の新たな手動作に対応することも考えられる。最終的には、センサー数の少ないデータグローブであらゆる手動作を取得可能なデータ補正法の実現を目指す。

参考文献

- [1] 濱口真一, 舟橋健司: 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, 日本バーチャルリアリティ学会第 15 回大会講演論文集, 2A2-4 (DVD-ROM), 2010.
- [2] ELKORA G.: "Handrix: Animating the Human Hand", Proceedings of the 2003 ACM SIGGRAPH / Eurographics Symposium on Computer Animation, pp.110-119, 2003.