

センサ値分布を考慮したセンサ数の少ないデータグローブのデータ補正法

A data adjustment method of low-priced data-glove considering distribution of sensor values

高橋 寛昌* 舟橋健司
Hiromasa Takahashi Kenji Funahashi
名古屋工業大学 情報工学専攻

Department of Computer Science and Engineering, Nagoya Institute of Technology

1. はじめに

近年、バーチャルリアリティ(VR)技術の発展に伴い、一般家庭向け VR システムが注目されはじめています。使用されるインタフェースは、小規模・低コストで実現可能であることが望ましい。人間の手動作を正確に取得するためには、多数のセンサを備えたデータグローブを用いる必要があるが高価である。一方で、各指全体の曲がり具合を一つのセンサでまとめて計測する安価なデータグローブも存在するが、詳細なデータを直接的には取得できない。そこで当研究室では、後者のデータグローブより得られるセンサ出力値から、各指同士の屈曲具合の関係を基に手の動作を推定することで、各関節角度を取得する手法を提案している[1]。しかし、手動作の推定精度が十分ではなく、ユーザの手と推定関節角度に違いが生じる場合がある。本研究では、センサ値分布を考慮した手動作推定手法を提案し精度向上を図り、より自然な関節角度推定を実現する。

2. 先行研究における補正法

従来研究では、握る動作、摘む動作、挟み込む動作を主要な手動作として想定している。これらの手動作を行った時のセンサ出力値をサンプリングし、得られたデータを手動作 p における理想的な値としている。そして、各データと現在のセンサ出力値との5次元特徴空間でのユークリッド距離 l_p を求め(図1)、 l_p の値が小さい二つの手動作を選択する。さらに現在の手動作は手動作 p を比率 r_p で含む合成動作とし、各手動作における指関節角度決定式から得られる各手動作別の指関節角度を r_p を用いて内分することで、中間的な動作も含む現在の各指の関節角度を決定する。

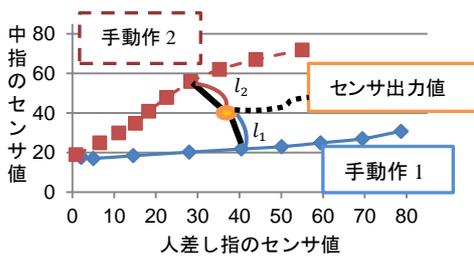


図1: 各サンプルデータとの最短距離 l_p

3. センサ出力値分布に基づく手動作推定による補正

従来は各サンプルデータを各手動作の理想的な値としていた。しかし実際には想定された手動作を行った時のセンサ出力値がある程度ばらつくことを考慮する必要がある。**ばらつきの分布の調査** 各手動作のセンサ出力値をサンプリングし、有意水準5%でD'Agostino-Pearson検定を行ったところ、有意差が認められなかった。従って多変量正規分布に従うと仮定する。

センサ値分布に基づく手動作推定 各指のセンサ値を特徴ベクトルとした5次元特徴空間における n 点に対して、多変量

正規分布の確率密度関数に基づく次式を設定する。

$$L_{pn}(\mathbf{S}; \boldsymbol{\mu}_{pn}, \boldsymbol{\Sigma}_{pn}) = \exp\left\{-\frac{1}{2}(\mathbf{S} - \boldsymbol{\mu}_{pn})^T \boldsymbol{\Sigma}_{pn}^{-1}(\mathbf{S} - \boldsymbol{\mu}_{pn})\right\} \quad (1)$$

ただし、 \mathbf{S} はセンサ値ベクトル、 $\boldsymbol{\mu}_{pn}$ および $\boldsymbol{\Sigma}_{pn}$ は手動作 p における $n(1 \leq n \leq 25)$ を満たす整数)点目のセンサ値平均ベクトル、分散共分散行列を表す。続いてグローブから実際にセンサ出力値が得られた場合、式(1)より出力される値の中で最大となるものを次式に従い選択することで、現在のセンサ出力値に対する手動作 p における尤度を得る。

$$L_p = \max_n \{L_{pn}(\mathbf{S}; \boldsymbol{\mu}_{pn}, \boldsymbol{\Sigma}_{pn})\} \quad (2)$$

その上でユーザの行っている手動作を3種類の手動作の合成動作として考え、手動作 p の比率 r_p を次式に従い決定する。

$$r_p = \frac{L_p}{\sum_{p=0}^2 L_p} \quad (3)$$

関節角度推定 この比率 r_p を重み係数として、実験的に求めた各手動作における指関節角度決定式から得られる各手動作別の指関節角度の加重平均値を算出することで、ユーザの各関節角度を推定する。

4. 実験と考察

実験システム(図2)では取得した関節角度に基づく仮想手をCGとして描画する。データグローブは各指に1つのバンドセンサを備える5DT Data Glove 5 Ultraを用いる。想定した各手動作を複数回行った時の各指のセンサ出力値を入力データセットとして、従来システムと提案システムに与えた際の推定結果(比率 r_p)を比較した(表1)。従来手法に比べ提案手法での r_p が高く、本手法の有効性が確認された。また従来手法では、実際とは異なる動作の比率が高く、第1,2関節が屈曲してしまっているが、提案手法では、実際に近い動作が表現できていることが確認できた(図3)。今後は、指の長さや太さなど手形状の個人差を考慮したデータグローブのキャリブレーションなどを行いたい。

表1: 各手動作における r_p の平均値

	握り	摘み	挟み込み
従来手法	0.64	0.62	0.62
提案手法	0.97	0.92	0.86



図2: 実験の様子



図3: 仮想手の挙動の違い

謝辞 本研究の一部はJSPS 科研費 24501186の研究助成による。
参考文献 [1] 濱口真一, 舟橋健司: “センサー数の少ないデータグローブによる手動作推定に基づくデータ補正法”, 日本VR学会第16回大会講演論文集, 33D-6 (DVD-ROM), 2011