データグローブを用いたロボットハンド操作のための ニューラルネットワークベースマッピング
Neural Network Based Mapping of Data Glove for Robot Hand Telemanipulation

1W163021-7　内海力郎　　指導教員　尾形 哲也 教授
UTSUMI Chikara　　Prof. OGATA Tetsuya

概要: ロボットハンドを遠隔操作するテレマニピュレーションでは人間の手から情報を得るための手袋型デバイス，データグローブがよく用いられる．また，データグローブとロボットハンド間の状態を対応させるマッピング技術がテレマニピュレーションには欠かせない．従来のマッピング手法ではロボットハンドごとの構造に関する専門知識が求められる．また，マッピングで用いられるデータグローブので主に行われるキャリブレーションは手の大きさやデータグローブの構造から生じる非線形な誤差に適応できないことが知られている．そこで本研究では (1) ロボットに対する専門知識を必要としない (2) 上記の非線形な誤差を考慮できるという 2 つの目的を満たすマッピング手法の提案を目的とする．結果としてニューラルネットワークの学習データに個人ごとの閾値を付与して学習させることで個人差を加味した姿勢のマッピングが可能であることを確認した．
キーワード: ロボットハンド，遠隔操作，データグローブ，キャリブレーション，ニューラルネットワーク
Keywords: Robot Hand, Telemanipulation, Data Glove, Calibration, Neural Network

1　序論

人間の手を模した構造を持つロボットハンドは人間の器用さを前提とした様々な物体の操作ができる汎用エンドエフェクタとしての役割が期待されている．しかしロボットハンドは関節の多さから動作を作ることが難しく，人間の手の動きからロボットを遠隔操作するテレマニピュレーションによって動作を作ることが主流である．テレマニピュレーションには使用するロボットや目的によって人間の手とロボットハンドの状態を対応させるマッピング技術が必要となる．しかし，マッピングには環境やロボットに固有の知識を必要とし，他のロボットへ転用するには操作するロボットへの専門知識が必要という問題がある．

本研究のマッピングではデータグローブという手袋型デバイスを用いる．データグローブは手の状態を低次元データとして獲得できるため，ハンドロボットのマニピュレーションに広く用いられるデバイスである．しかしロボットハンドのマッピングの研究 [1] では，データグローブはキャリブレーション済みであることを前提とすることが多い．データグローブのキャリブレーションは，時間をかけて専用の工程を行う [2] か，ある程度の誤差を許容した簡単な手法 [3] のどちらかを行うのが一般的である．一方で従来のキャリブレーションを行わず，データグローブの生のデータから個人差を加味してマッピングを行った研究もある．Minas らはいくつかの動作からデータグローブの入力の上限値を求めることでマッピング手法固有のキャリブレーションを行った [4]．これにより操作する人間が変わっても十分に操作可能なことが示されている．しかしこの研究の手法は入力を正規化しているだけであり動作途中の変位といったデータグローブにおける非線形な個人差には対応できていない問題がある．

以上の問題を踏まえ，本研究では専門知識がなくても行え，キャリブレーションを行っていないデータグローブから非線形個人差を加味して直接動かせるマッピング手法の提案を目的としている．この目的の達成のため，対応する姿勢データからマッピングを行えるニューラルネットワークモデルを基に個人差を自己組織化できるパラメータを持ったモデルを提案している．

2　提案手法

本研究では個人差を加味したマッピングのため，Feedforward Neural Network with Parametric Bias (FNNPB) を用いる．このモデルはシンプルな全結合層のみで構成された Feedforward Neural Network (FNN) に PB を加えたものであり，PB はモデル学習時に重みやバイアスと同様に更新される．FNNPB において PB はマッピング動作全体における入力の個人差を認識する役割を持つ．また，データグローブの一連の動作を通じて生じる個人差を低次元ベクトルとして表現することができる．

3　実験と結果

3.1　実験設定

データグローブには Cyber Glove Systems の Cyber Glove, ロボットハンドには Wonic Robotics の Allegro Hand を用いる．Cyber glove からはキャリブレーションを行わず 22 次元の状態データを受け取り，Allegro Hand の 16 個の関

節のうち人差し指と親指に当たる 7 個の関節のみを操作する．実験の全体システムを図 1 に示す．

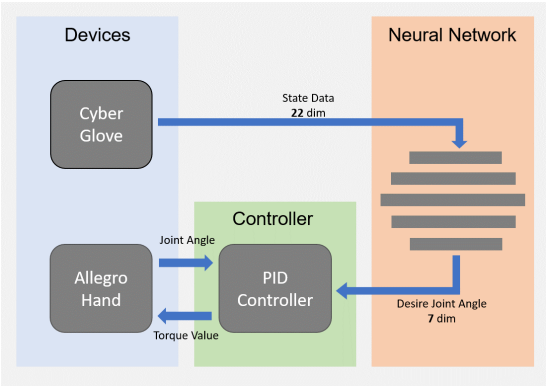

図 1　実験システム図

3.2　実験方法

今回の実験では FNN,FNNPB の二つのモデルでマッピング精度を比較する．実験のため Cyber Glove を付けた操作者の指の幅と Allegro Hand の指の幅が同じになるようにマッピングを行った．指の幅を一定にするために 9 種類のオブジェクト (一片の幅が 1,2, ... ,9[cm]) を持った状態，加えて指が完全に接触した状態の計 10 種類の状態をトレーニングデータ (図 2) とする．操作者は計 4 人でそれぞれ 6 回ずつデータ記録を行った．動作テストでは 4 人のうちの一人から同様の条件で 10 回記録したテストデータを FNN と FNNPB でそれぞれマッピングする．Allegro Hand が動作した時の指の幅を計測し，テストデータの指の幅との差を誤差とする．

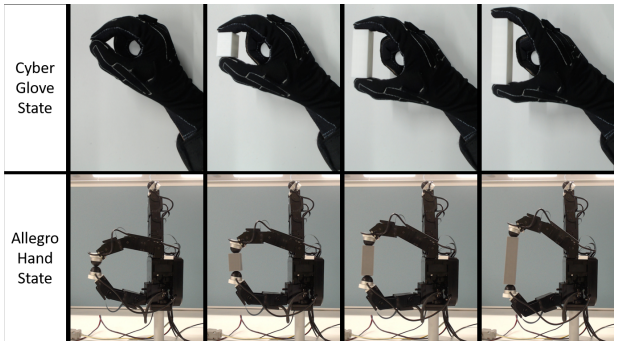

図 2　トレーニングデータの一部

3.3　結果と考察

テストデータを用いて FNNPB と FNN の動作を行った結果を図 3 に示す．この図では第一四分位点 $Q_{1/4}$ と第三四分位点 $Q_{3/4}$ を用いて以下の式 3.1 の範囲に収まらないデータを外れ値として別にプロットしている．

$$\begin{aligned} &[Q_{1/4} - 1.5IQR, \quad Q_{3/4} + 1.5IQR] \\ &where \quad IQR = Q_{3/4} - Q_{1/4} \end{aligned} \tag{3.1}$$

どちらのモデルでも Allegro Hando で再現した指幅は最大で 5[cm] 近くの誤差を生じているものの，人間側の指幅との相関がみられ，マッピングができているといえる．誤差が生じる原因としては人間がオブジェクトを持つ時の姿勢が一定に決まらず，他の指の握りこみ方，指先の接触位置のずれなどで Cyber Glove のデータが変化することが原因であると考えられる．また，FNNPB は FNN と比べ外れ値が少なく，FNN では 7 回の外れ値が生じているのに対して FNNPB は 1 回に抑えられている．これは Cyber Glove の個人差を PB によって判別することで混同しなくなった結果だと考えられる．

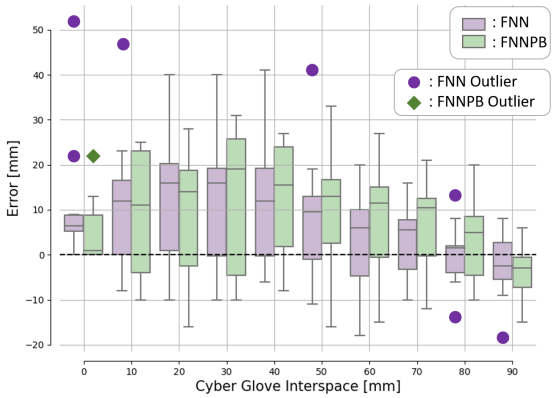

図 3　テストデータに対する FNNPB と FNN の誤差

4　結論

今回の実験ではニューラルネットワークを用いることでデータグローブとロボットハンドの対応データからマッピングを行うことができた．また，PB を用いて人間の動作におけるデータグローブの個人差を獲得することで，未校正のデータグローブデータから非線形な個人差を加味してマッピングが行うことができた．今後はより多くの動作への対応のためデータを収集し，ロボットハンドのすべての関節に対するマッピングを実装する予定である．

参考文献

[1] Heng Wang, K. H. Low, M. Y. Wang, and Feng Gong. A mapping method for telemanipulation of the non-anthropomorphic robotic hands with initial experimental validation. In *Proceedings of the 2005 IEEE International Conference on Robotics and Automation*, pp. 4218–4223, April 2005.

[2] S. Jin, Y. Li, and W. Chen. A novel dataglove calibration method. In *2010 5th International Conference on Computer Science Education*, pp. 1825–1829, Aug 2010.

[3] F. Renna G. Attolico A. Distante S. Partipilo, F. De Felice. A natural and effective calibration of the cyberglove. *Eurographics Italian Chapter Conference*, pp. 83 – 89, 2006.

[4] M. V. Liarokapis, P. K. Artemiadis, and K. J. Kyriakopoulos. Telemanipulation with the dlr/hit ii robot hand using a dataglove and a low cost force feedback device. In *21st Mediterranean Conference on Control and Automation*, pp. 431–436, June 2013.