

# — 運動学習におけるインピーダンスの習熟と内部モデルの信頼度

レネ研究室  
1915015 大森 一輝

## 1.はじめに

近年、バイオミメティクスといわれる生物を模倣し、新たなモノづくりや技術開発をする科学技術が発展してきている。主に行われているのは、動物や植物などの仕組みなどの模倣が多い。しかし、人間に関しての模倣が少ないのが現状である。本研究では、PsychoPyといわれるソフトを使い、なぞり運動実験を作成する。そして、なぞり運動実験で取得したデータをもとに習熟していることを確認する。確認ができたら、取得したデータを用いて内部モデルの信頼度、インピーダンスパラメータである腕の慣性、粘性、剛性行列を算出する。

## 2.バイオミメティクスによる制御

知覚運動学習といわれる状況にふさわしい知覚と運動の関係を学習する運動学習がある。知覚運動学習の1つである鏡映描写課題という鏡に映った自分の手の像を見ながら図形をペンでなぞる課題を再現するために、PsychoPyを用いてなぞり運動実験を作成する。PsychoPyとは、心理学実験を行うためのツールである。この実験では、主に座標の推移データ、時間データを取得することができる。

運動学習に伴い、力の制御を行うことが必要である。そこで、インピーダンス制御といわれる慣性行列、粘性行列、剛性行列を望ましい値に設定するものがある[1]。これらのインピーダンスパラメータを調節することで、運動を滑らかに行うことができる。

## 3.内部モデルによる習熟メカニズム

内部モデルとは、外界の仕組みを脳の内部でシミュレーション・模倣する神経機構のことであり、この内部モデルにより人間は運動する際に事前にシミュレーションをし、それを用いて予測をする。人間の行う随意運動制御では、始めはぎこちないが、練習を繰り返すと能率良く作業が行えるようになる。これは、内部モデルが小脳内に形成され、内部モデルの適応が進んでいくからである。

内部モデルの学習方法として、フィードバック誤差学習というものがある。これは、誤差情報をフィードバックすることによって内部モデルが修正され、徐々に正確なフィードフォワード運動指令を出力する内部モデルが生成されるといったものである[?]

## 4.提案手法

なぞり運動実験で習熟を確認するために、実験で取得した座標の推移データを用いて誤差の推移を算出する。

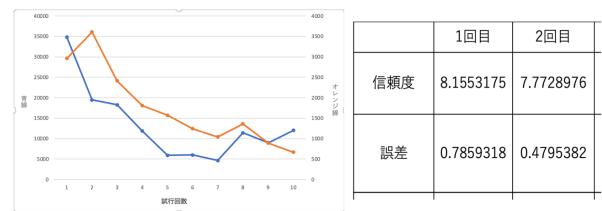


図 1: 誤差とデータ総数の推移

また、実験で取得した座標の推移データ、時間データを用いて速度・加速度を算出する。

カルマンフィルタといわれる内部の見えない「状態」を効率的に推定するための計算手法を用いて、内部モデルの信頼度を算出する。座標の推移、速度、加速度のデータを回帰分析にかけ、インピーダンスパラメータである慣性、粘性、剛性行列を算出する。

## 5.本研究の新規性

この研究ではインピーダンスの計算の際に、行列演算の結果が負の値で出てしまう。まずはそれを改善するために反力を測る。ゲームで用いられるハンドルコントローラを用いて加速度、角速度、角加速度のデータを取り、これをもとに回帰分析を行いインピーダンスを算出する。また、簡易脳波計を用いて、人間の習熟メカニズムとの関連性を調べる。

## 6.おわりに

なぞり運動実験を作成し、その実験で取得したデータをもとに、内部モデルの信頼度およびインピーダンスパラメータを算出した。これからとしては、インピーダンスの計算を精度の高いものにし、人間の習熟メカニズムを脳波の観点から考える。

## 参考文献

- [1] 清水豪士, "運動学習におけるインピーダンスの習熟と内部モデルの信頼度", 富山県立大学卒業論文  
2021