

## 2020年度 独創的研究助成費 実績報告書

2021年3月19日

報告者	学科名	人間情報工学科	職名	助教	氏名	大山 剛史
研究課題	ヒトの運動軌道を生成する深層学習ネットワークに関する研究					
研究組織	氏名	所属・職		専門分野	役割分担	
	代表	大山剛史	人間情報工学科・助教	人間工学	研究立案・実行・総括	
	分担者					
研究実績の概要	<p>&lt;背景&gt;</p> <p>運動を実行するとき、運動軌道を求めてから実行すると考えられている。このときのあらかじめ求める軌道がどのようなものであるかについていくつかの仮説が提案されてきており、とりわけ、ジャーク最小軌道は取り扱いの簡便さから計算機シミュレーションなどで広く使われている。しかしながら、ジャーク最小軌道のような時系列データが生体内においてどのように計算されているかは未知の部分が多い。本研究は運動制御システムが時系列データを求める手法を考察するための第一歩として、ヒトの神経回路を模したニューラルネットワークを用いて時系列データを学習する実験を行った。</p> <p>&lt;問題設定&gt;</p> <p>ヒトの運動を模したジャーク最小軌道とは<math>x(t) = (x_f - x_0)(6t^5 - 15t^4 + 10t^3) + x_0</math>という多項式関数で表される時系列データとして表現できる。ここで、運動は時刻 <math>t = 0</math> から <math>t = 1</math> までで行われ、<math>x(0) = x_0, x(1) = x_f, \dot{x}(0) = \dot{x}(1) = 0</math> と仮定している。本研究で学習したいネットワークとは、適当な入力に対してジャーク最小軌道 <math>x(t)</math> を出力するものである。時系列データを学習するネットワークにはリカレントネットワークなどもあるが、今回は基本的な順方向型ネットワークについて実験を行った。</p> <p>入出力に設定するデータの方式として以下の三通りを試した。(1) <math>x_0, x_f, t</math> を入力すると <math>x(t)</math> を出力する、(2) <math>x_0, x_f, x(t)</math> を入力すると <math>x(t + \Delta t)</math> を出力する、(3) (2) と同様だが時刻ごとにネットワークを用意する。(3) について、本研究では時刻0から1を100等分して計算したので100個のネットワークを学習した。</p> <p>入出力データについて、学習データとして <math>x_0 = 0, 0.1, \dots, 2.0, x_f = 0, 0.1, \dots, 2.0</math> で <math>x_0 \leq x_f</math> を満たす組合せを設定した。テストデータとして <math>x_0 = 0, 0.05, \dots, 2.0, x_f = 0, 0.05, \dots, 2.0</math> で <math>x_0 \neq x_f</math> を満たす組合せを設定した。テストデータについて、<math>x_0 \leq x_f</math> を満たす学習に用いなかったデータの組合せは内挿、<math>x_0 &gt; x_f</math> の組合せは外挿とみなした。</p>					

※ 次ページに続く

<実験結果>

問題設定で述べた三通りの方式で学習したネットワーク(1), (2), (3)について学習後の性能を調べた。テストデータの入力に対するネットワークの出力と理論値との二乗誤差平均(MSE)を評価した。図1に学習データ(白抜き)、内挿テストデータ(塗りつぶし)、外挿テストデータ(網掛け)それぞれの結果を示す。

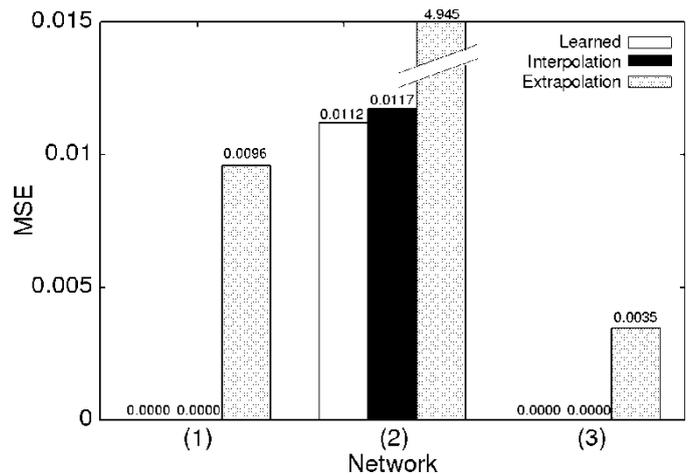


図1 各ネットワークの学習後のMSE

ネットワーク(1), (3)は学習データ及び内挿テスト

データに対してほぼ所望の軌道を生成することができた(MSE <math>10^{-6}</math>)。一方、ネットワーク(2)が生成する軌道は所望の軌道に対して時間的にずれた軌道となっており、そのため、学習データに対してもネットワーク(1), (3)と比較すればMSEが大きくなっていった。また、外挿テストデータを与えたとき、ネットワーク(2)は所望の軌道とはほとんど無関係のような軌道しか生成することができず、ネットワーク(1), (3)と比べてジャーク最小軌道を表す入出力関係を獲得できていなかった。

ネットワーク(3)は外挿データに対して最もMSEが小さくなったが、学習に時間がかかることや、100個のネットワークが互いに無関係であるなど、学習スキームや特性などについては今後更なる調査と改善が必要である。

研究実績  
の概要

成果資料目録

今年度においては学会等での発表までには至らなかったが、本研究の成果を部分的に卒業研究(機械学習による電力量予測と影響要因分析)に取り入れた。また、成果がまとまり次第、発表等を計画していく予定にある。