

はじめに  
やったこと  
書式の統一  
文献調査 (1)  
文献調査 (2)  
作成したプログラム  
中間に向けて行う  
こと

# 進捗報告

小澤 翔太

富山県立大学 情報システム工学科

2024 年 9 月 20 日

## 中間発表のテーマ

(強化学習 or SOM or PSO) への複製・競合を考慮したアルゴリズムの適用

## 本研究の目的

教師あり学習のアルゴリズムである適者生存型学習則を適用した競合動径基底関数ネットワークを教師無し学習に組み込むことで、従来のアルゴリズムと比較した場合の処理速度の向上を図る。

## 書式の統一

各論文で異なっていたシナプス可塑性方程式をはじめとした数式、添え字の統一

## 文献調査

- ・ 数理生態学の教科書
- ・ Foundations of Synergetics I, A.S.Mikhailov
- ・ 複雑系の動力学とその機能, 土屋 和雄

## プログラム作成

- ・ シナプス結合荷重間の競合をシミュレーションするプログラム
- ・ 上記にターミナルアトラクタの概念を適用したプログラム (作成中)
- ・ 基底関数の複製を考慮したシミュレーションプログラム (作成中)

## シナプス可塑性方程式

第  $j$  ニューロンが発火して第  $i$  ニューロンに情報を伝達する際の、第  $i$  ニューロンの第  $k$  微小領域  $B_{ik}$  におけるシナプス間感度の大きさ  $w_{ik}^j$  の時間変化は以下のシナプス可塑性方程式に従う。

$$\frac{dw_{ik}^j}{dt} = \alpha_{ik}^j w_{ik}^j + g_{ik}^j w_{ik}^j + f_{ik}^j \quad (1)$$

ここで、 $\alpha_{ik}^j$  は内的自然増加率、 $g_{ik}^j$  は第  $j$  ニューロンのシナプスが取得できる神経成長因子 (NGF) の量、 $f_{ik}^j$  は NGF と環境因子に依存するゆらぎである。

第  $i$  ニューロンが興奮性の場合は  $\mu_i = 1$ 、抑制性の場合は  $\mu_i = -1$  となる Dale 則を考慮するためのインデックス  $\mu_i$  は、基底関数に乗算することで教師信号が負の場合も関数近似が行えるようにしている。

本研究では、このシナプス可塑性方程式と添え字の書き方をもとに記述する。

## 一般 Lotka-Volterra 競争系

種間の競争をモデル化したもので、同じ資源をめぐる競争する  $N$  種の生物種の相互作用を数学的に表現できる．具体的には、限られた資源（食物、空間、光など）を巡る生物間の競争が、各生物種の個体数の変化にどのように影響するかを説明する．

$$\frac{dn_i}{dt} = (\epsilon_i - \sum_{j=1}^N \mu_{ij} n_j) n_i \quad (i = 1, 2, \dots, N) \quad (2)$$

ただし、 $\epsilon_i > 0$ 、 $\mu_{ij} > 0$  であり、次の条件が課せられている．

## 一般 Lotka-Volterra 競争系

$$\mu_{ij} = \int u_i(x)u_j(x)dx \quad (i, j = 1, 2, \dots, N) \quad (3)$$

$$\epsilon_i = \int K(x)u_i(x)dx \quad (4)$$

ここで、 $K(x)$  は資源関数、 $u_i(x)$  は資源利用関数と呼ばれ、 $K(x)$  は資源  $x$  が単位時間に供給される速度を表し、 $u_i(x)$  は  $i$  番目の種の 1 個体が単位時間に資源  $x$  を消費する速度を表す。

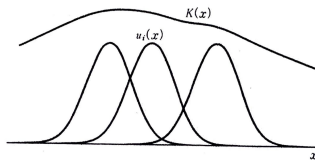


図 1: 資源関数  $K(x)$  と資源利用関数  $u_i(x)$

はじめに

やったこと

書式の統一

文献調査 (1)

文献調査 (2)

作成したプログラム

中間に向けて行うこと

## 一般 Lotka-Volterra 競争系

いま、 $i$  種と  $j$  種が同時に資源を消費すれば、 $u_i(x)$  と  $u_j(x)$  の重なっている部分で取り合いになる。

そこで競争係数  $\mu_{ij}$  は (3) 式のように 2 つの資源利用関数  $u_i(x)$  と  $u_j(x)$  の重なり積分であらわされると仮定する。

また、内的自然増加率  $\epsilon_i$  は、単位時間に利用する資源の量に比例すると考えて、資源供給量  $K(x)$  とそれを  $i$  種が消費する速度  $u_i(x)$  との積の  $x$  に関する積分量である (4) 式が用いられる。

本研究では、シナプス結合荷重間の神経成長因子 (NGF) の取り合いによる競合が、この一般 Lotka-Volterra 競争系のモデルにしたがって生じると考えてシミュレーションを行っていく。

## Foundations of Synergetics I

この論文では文献調査 (1) で紹介した一般 Lotka-Volterra 競争系における特殊なパターンについて考察を行っている。

特殊なパターンとは, (2) 式において外部リソース  $f_{i,j}$  が存在するパターンなどが挙げられており,  $f_{i,j} = 0$  のときは 1 種が生存し,  $0 < f_{i,j} \ll 1$  のときは複数の種が生き残る, といった分岐特性を示すことが記されている。

## 複雑系の動力学とその機能

この論文においても文献調査 (1) で紹介した一般 Lotka-Volterra 競争系の特殊なパターンにおける探索機能などについて考察を行っている。

探索機能とは, パラメータの値の増減によって共存する要素をどのくらい除外するか, 要素間に競合を起こさせて条件に適合した一要素のみを生存させるという分岐特性のことである。



## 内容

競合動径基底関数ネットワーク (CRBFN) はシナプス結合荷重間に競合を生じさせることで冗長なニューロンを消滅させることが可能であり、それによって効率的な学習の達成を目標とする。

## 設定

- ・ 入力側のニューロン数：10
- ・ 微小領域の数：1
- ・ 出力側のニューロン数：1
- ・ 基底関数の数：10
- ・ シナプス結合荷重の初期値：0.1～5 のランダム値
- ・ 教師信号：

$$\eta(x) = 4N(-13, 2) - 2N(-1, 1) + 3N(8, 4) - N(4, 0.5)$$

# シミュレーション結果 (1)

10/12

はじめに  
やったこと  
書式の統一  
文献調査 (1)  
文献調査 (2)

作成したプログラム

中間に向けて行うこと

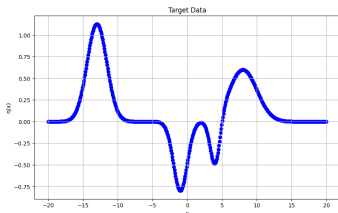


図 2: 教師信号  $\eta(x)$

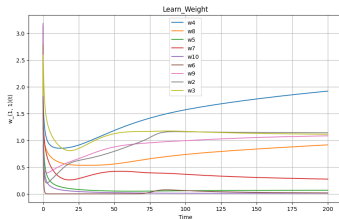


図 3: シナプス間感度  $w$  の学習結果

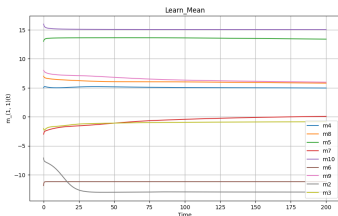


図 4: 中心位置  $m$  の学習結果

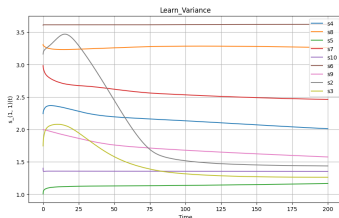


図 5: 標準偏差  $\sigma$  の学習結果

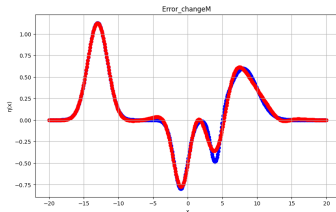


図 6: 出力結果

- ・ 試行回数を増やして、この学習結果が偶然なのか確かめる必要がある。
- ・ 正負の転換点付近ではうまく近似できないのか、学習回数を増やせば近似できるのか検証する必要がある

- ターミナルアトラクタと基底関数の複製を行うプログラムを作成し、シミュレーションを行う
- 中間発表のポスター作成

はじめに

やったこと

書式の統一

文献調査 (1)

文献調査 (2)

作成したプログラム

中間に向けて行うこと