

スパイク駆動型ボルツマンマシンの時系列データ学習能力の評価

1190328 汐見 興明 【 コンピュータ構成学研究室 】

1 はじめに

近年、スパイク駆動型神経回路網モデルの一つとして、スパイクタイミングと入力タイミングの時間的順序関係を元に STDP(Spike timing dependent plasticity) 型に学習する動的ボルツマンマシン DyBM が提案された [1]. これに対して、我々の研究室では、生物学的ニューロンの膜電位変位モデルを採用したスパイク駆動型ボルツマンマシン SSA-BM を検討している [2]. 先行研究では、一次的な評価しか実施されておらず、時系列データ学習能力について詳しくは判っていない。

そこで、本研究では、スパイク駆動型ボルツマンマシン SSA-BM の時系列データ学習能力について、DyBM との比較を含めて評価・考察を加えた。

2 時系列データ学習能力の評価方針

スパイク駆動型ボルツマンマシン SSA-BM は、図 1 に示すように、DyBM に加えて、漏れ積分発火 LIF ニューロン、SSA(Single Spike Axon), および、Decoder を導入している。LIF は、膜電位が閾値を超えると発火するという実際の神経細胞に近い動作を模擬し、SSA は各 LIF ニューロンから発火したスパイク信号に対して、入力タイミングに最も近いものを選択する。その後、Decoder は SSA で選択されたスパイクに対して、入力スパイクに最も近いタイミングで生成されたスパイク信号のセットを毎時間窓ごとに選択する。また、DyBM では離散シミュレーションの時間粒度は固定であるが、SSA-BM では任意の時間粒度に精密化できる。

先行研究では、動画像の物体軌道予測タスクとして、4x4 pixel の 2 値画像フレーム系列を対象としていた。しかし、SSA-BM の入力とは単純な 16bit の時系列データとして捉えられる。そこで、どのような n-bit の時系列パターンにどの程度の学習回数を要するか、および、どの程度不完全な時系列パターンに対して予測が可能であるか、に着目して詳細な評価実験を行った。

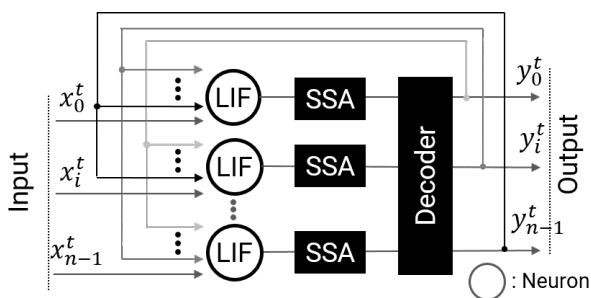


図 1 スパイク駆動型ボルツマンマシン SSA-BM

3 評価実験および考察

(a) 学習回数の評価

学習対象とする時系列データ X を、 $\{x_1, x_2, \dots, x_t\}$ (x_i : n-bit word) と定義する。時系列データ長は t であり、前半の長さ $t/2$ の時系列データに対して、対応する長さ $t/2$ の後半の時系列データを正確に予測できれば学習完了とみなす。

まず、時系列データ x_i として最も単純である n-bit word のうち 1bit だけが 1 でそれ以外は 0 とする。1 の bit 位置が重複しない時系列データ X を対象として、学習回数 (period) を測定した。時系列データ長 t が、4 から 16 の場合、学習回数は全て 3 回だった。

次に、時系列データの中央 $t/2$ を軸として左右対称な時系列 $\{x_1, x_2, \dots, x_{t/2}, x_{t/2}, \dots, x_2, x_1\}$ の場合、 x_i のビットパターン数が学習回数にどのような影響を与えるか SSA-BM と DyBM において計測する。

図 2 より、SSA-BM は DyBM に比べ 10% 以下で学習が完了した。

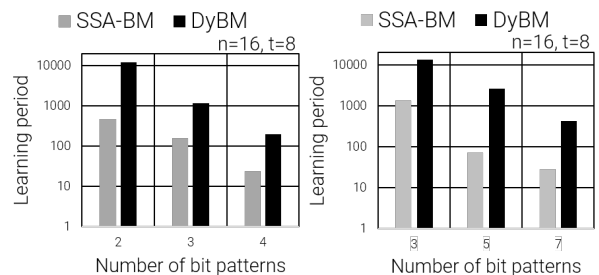


図 2 DyBM と SSA-BM の学習回数の比較

(b) 不完全データ系列に対する予測能力の評価

学習時の入力に対して、推論時に一定の時間的誤差・抜け落ちを含む入力への評価を行った。16bit の時系列データ長 16 の入力に対して、時間的誤差・抜け落ちた入力数が共に 7 つ以下まで予測可能だった。

今後は、LIF の導入による影響を更に明らかにするべく、追加評価を行う。

参考文献

- [1] T. Osogami and M. Otsuka, “Seven neurons memorizing sequences of alphabetical images via spike-timing dependent plasticity,” *Scientific Reports*, Vol. 5, No. 14149, 2015.
- [2] K. Shiomi, et al., “Spiking neural network predicting temporal sequence of 2D-patterns,” *PDPTA’18*, pp. 228–234, July 2018.