Elman ネットは拡張可能か

浅川伸一

(東京女子大学)

キーワード: エルマンネット, 長距離依存, 数の一致

Can we extend the Elman network?

Shin-ichi Asakawa

(Tokyo Woman's Christian University)

Key words: Elman network; memory capacity; number agreement; long distance dependency.

エルマンネットの処理能力は強力であり, 種々の言語課題をこなすことができる。しかしそこには弱点もある。たとえば, オリジナルのエルマンネットでは, かならずしも長距離依存 (たとえば名詞と動詞の数の一致など) が獲得できるとは限りらない。この制約は, 隠れ層と文脈層という構造によるのだろうか。すなわちエルマンネットは一世代前の情報だけを文脈層に保持するが, それ以上前の情報を明示的保持する機構が用意されていない。もし, エルマンネットに与えられた文が, 数多くの中央埋め込みの文型をとる, 関係代名節を含むのであれば, 文脈層を複数個用意しておいた方が, 多重埋め込み文を扱う際には, 有利であることが予想される。n 個の関係代名詞からなる文章では, n 個の文脈層を持つ拡張されたエルマンネットの方が, 例示された文を正しく処理できることが予想される。

重要なことは, push down automaton は中央埋め込み文を保持 (追跡) するようにスタックあるいはカウンタのような付加的な記憶装置を持つ finite state machine である。時間的情報の複雑な構造的関係 — 文脈自由言語など — を学習することは, 明示的な記憶装置を持たない処理装置にとっては深刻な問題である。再起型ニューラルネットワークに匹敵する能力を発揮するけれども, 文脈自由言語を学習するときに, なぜネットワークがそのような装置を発現させるのかは明らかではない。簡単な人工文法を用いて再起型ニューラルネットワークを使った実験的研究では, 正規言語による文字列の認識と, 学習可能性が示されてきた。(Giles & Omlin, 1993; Giles et al., 1992; Servan-shrieber et al., 1988; Smith & Zipser, 1989; Waltrous & Kuhn, 1992)。さらに, 再起型ニューラルネットワークは有限状態オートマトンの計算 push down automaton におけるプッシュポップ遷移 (Sun et al., 1990), チューリングマシンにおける read/write/shift 遷移 (Cottrel & Tsung, 1993; Williams & Zipser, 1989) を実装しうることが示されてきた。事実, 再起型ニューラルネットワークは, 有限状態マシンにおける状態と状態間の遷移を模倣するために中間層の領域と領域間の遷移を使用できることが解析されている。計算精度が制限されているので, 再起型ニューラルネットワークは空間上の有限個の領域を表現できるだけである, それによって, 有限状態機械の能力以上には決して到達できない。従って, 再起型ニューラルネットワークによる 文脈自由言語を学習する如何なる試みも, 制限のある, あるいは一般化不可能な有限状態マシンと同様な結果しかとれないことが議論されてきた。しかし別の方法でそれを示すことができる。

長距離依存を解決するための方策として, 少なくとも 2 つのネットワークアーキテクチャが考えられる: (1) 文脈層 (従って中間層) のユニットを増やすこと。 (2) 文脈層を多段化すること。1. である。 (1) の中間層のユニット数を増加させることは, 長距離依存などの複雑で時間依存の解を見出す

ことがたやすくなるだろう。しかし, 中間層の数が十分でない時には, 正確な解を見出すことに失敗すると予想される。一方, (2) の文脈層の世代を増やすことは, 中間層と文脈層に保持される情報が豊富になることを意味する。長距離依存などを解くためのアーキテクチャを有しているとみなすことができよう。なぜなら第 n 世代までの記憶を直接保持する機能があるからである。

Figure 1 The extension of number of generations in context layers

拡張されたエルマンネットの能力を調べるために数値実験を行った。もちいたデータは以下の表に基づくものであった。

Table 1 The grammar used in the experiment.

S	→	NP VP “.”
NP	→	PropN N N RC
VP	→	V (NP)
RC	→	who V who V NP who V (NP)
N	→	boy girl cat dog boys girls cats dogs
PropN	→	Mary John
V	→	chase feed walk live chases feeds walks lives see hear sees hears

Additional restrictions:

1. number agreement between N & V within clause, and (where appropriate) between head N & subordinate V
2. verb arguments: chase, feed → require a direct object

形式言語の理論によれば, 文脈自由文法は, 有限状態オートマトンと考えられている。それゆえ, それを解くプログラムが存在する。ここで導入したエルマンネットの拡張モデルは, この一つの解とみなすことができる。