

文字列集合を表現するニューラル・ネットワーク出力層の層内結合について

7F-1

古澤 昌宏 遠山 元道 浦 昭二
慶應義塾大学

1. はじめに

ノード間のつながりを重要視し、ノード群の状態の変化を情報として表現できる、階層型ニューラル・ネットワーク出力層の層内結合の一案を提示する。これを用いることにより、一般的なニューラル・ネットワークでは表現しにくい、文字列の集合をうまく表現できることを示す。

2. 従来のニューラル・ネットワークにおける問題点

層状ニューラル・ネットワークの出力層における情報表現は、[局所的表現(localized representation)]と[分散的表現(distributed representation)]に大別される。

これらは、二値のユニットを様々な組み合わせた情報表現であり、

「局所的表現では、表現すべき項目の数と同じK個のユニットを用意して、ある一つのユニットが状態1をとっている(そして、ほかのユニットは状態0をとっている)ことによって、それに対応する項目が表現されていると考える」

「分散的表現では、 $N (\leq K)$ 個のユニットを用い、そのユニットの状態値の組合せによってK個の項目を表現している」

とされている。ここで、局所的表現は分散的表現の特殊な場合(つまり $K=N$)であると解釈することもできる[1]。

またこれらの表現方法にはそれぞれ長所短所があり、用途によって自由に使い分けていくことがよいとされている[1, 2]。しかし、文字列・単語列といった情報の表現に関しては、どちらを採用しても十分に表現することができない。文字列を認識するための階層的ニューラル・ネットワークを考えた場合、その入力層への入力、その文字列を構成する文字データが順番に入力されると仮定するのが自然である。すると出力層でも、データの入力順に応じた結果が逐次的に現れてくるはずである。すると、出力層での全ユニットの状態変化そのものが、一つの情報として認識されなければならない。

図1はそれを表現しようとした一つの例であるが、入力文字列が長くなった場合、あるいは不定長であった場合、最下層のユニットの設定はどうしたらよいのであろうか。その点において、図1での最下層のユニット設定は非現実的である。

我々は、この問題点が、一般的なニューラル・ネットワークでは、ユニット群の状態の変化を情報として表現し得ないところに起因するのではないかと考え、その解決方法を探ることにした。ここでは逐次的な情報の例として日本語の漢字熟語を取り上げ、それを上手く表現する方法を提示する。

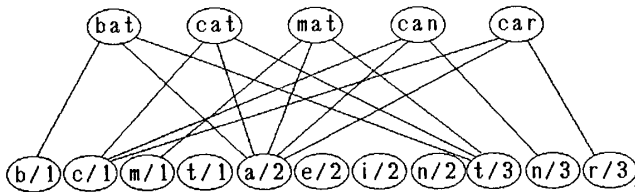


図1. 局所的表現を用いて文字列を表現したニューラル・ネットワーク[2]

A Study of Layered Neural Network to Represent Strings
Masahiro FURUSAWA, Motomichi TOYAMA, Shoji URA
Keio University

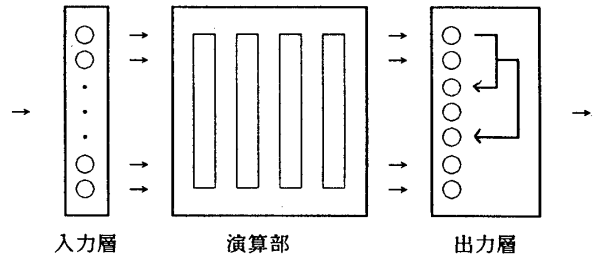


図2. 熟語認識ニューラル・ネットワークの全体像

3. なぜ状態変化を重視しなければならないか

図2は熟語を認識する場合に考えられるニューラル・ネットワークの全体像である。

文字の連鎖が文字列を構成していることを考えると、入力データの単位を文字とするのは自然である。従って、図2の入力層には、文字データが逐次的に入力される。たとえば、ある時点tに「日」という字形が入力され、次の時点 $t+\alpha$ に「吉」という字形が入力されるといった具合である。

それに対して、やはり出力層のユニットは、認識結果を逐次的に出さなければならない。つまり、時点 $t+n$ には「日」にあたるユニットj、時点 $t+n+\alpha$ には「吉」にあたるユニットkが発火するはずである。

このユニットjとユニットkが順に発火した、この状態変化こそが「日吉(慶大の所在地)」というひとつの熟語、ひとつの情報表現していると考えなければならない。なぜなら、「吉」「日」の順で入力されたら、発火するユニットはそれぞれ同じでも「吉日」という熟語を認識しなければならないからである。

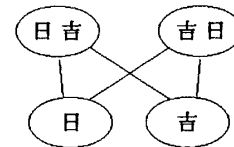


図3. 今までの方法を踏襲した出力層の構造

普通、熟語認識のニューラル・ネットワークを考えたときには、図1や図3のような構造にするであろう。しかしこれでは「日」「吉」と入力されても、「吉」「日」と入力されても結果は同じ、すなわち、「日吉」と「吉日」が両方発火するはずである。

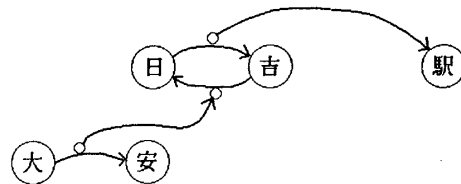


図4. 層内結合の模式図

4. 層内結合の構成

ここで、文字列を表現するための、出力層における層内結合モデルの概要を説明する。

ニューラル・ネットワークの出力層を構成するユニットは、それぞれ漢字の局所的表現であると仮定する。つまり、ユニット一つが一つの漢字に対応していることになる（注・この仮定は説明を容易にするための便宜的なものであり、不可欠なものではない）。

またこのモデルを説明する上で、一般的なネットワークでのユニットを含む部品をノードと呼ぶことにし、層内でノード等を結合するものをエッジと呼ぶことにする。これは、ノードやエッジが、それぞれ一般に使われているユニットやシナプスの特徴を包含しており、それらと区別するためである。

図4でわかるとおり、エッジはノード間のみならず、エッジ間、エッジとノードの間にも存在する。そしてエッジはノードと同じように状態を持つ。エッジの状態変化は、その前後のノードあるいはエッジの状態の変化に依存し、その順序で発火した時に主に発火する。

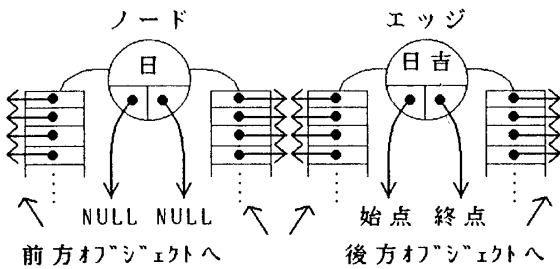


図5. エッジとノードのモデル

図5によると、両者は大変よく似た形態であるといえる。そこでノードとエッジをまとめてオブジェクトと呼ぶことにする。

両者の違いは、エッジの方が前後のオブジェクトを指すためのポイントが二つ多いだけにすぎない。オブジェクトは局所的意味やアクティブ値を表す変数、閾値関数等を保持しているユニット部分以外に、自身の状態変化が影響を及ぼす他のオブジェクト（複数）へのポイントを格納する部分を、前後に持っている。エッジには、それに加えて外部からそのエッジに影響を及ぼすオブジェクトを指すポイントを取める部分、を持っている。

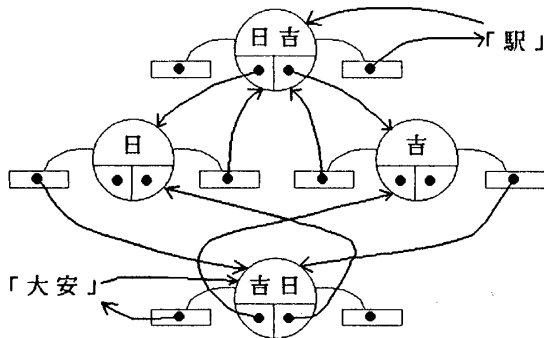


図6. ノードとエッジによる表現例「日吉」「吉日」

5. オブジェクトの状態変化

図6を基に、データ「日」「吉」がこの順に入力された時に起こる状態変化を説明する。

- 時点 t ノード [日] に演算部から刺激があり、アクティブ値が閾値を越える
- $t + 1$ [日] につながっているエッジに刺激が伝播する。すなわち、アクティブ値が少し上昇する。
- $t + 2$ $t + 1$ で刺激を受けたエッジにつながっているオブ

ジェクトの閾値が下がる。これは次に入ってくるであろう漢字データを予測し、認識率を向上させるブライミング情報の役割を果たす[3]。

- 時点 $t + \alpha$ すでにノード [日] は減衰しており、次の [吉] が発火する。
- $t + \alpha + 1$ [吉] につながっているエッジに刺激が伝播する。前方 ([吉] 起点), 後方 ([吉] 終点) とともに。その結果、エッジ [日吉] は発火する。
- $t + \alpha + 2$ [吉] の後方エッジの終端オブジェクトの閾値が下がる。[日吉] の後方エッジのアクティブ値上昇。上記のプロセスにより、出力層のオブジェクトは状態変化する。

6. 本モデルの適用例

図4の層内結合を持った単語認識ニューラル・ネットワークを別の見方でみると、図7のように考えることもできる。図7のOCR部は従来の一文字認識ニューラル・ネットワークで実現し、その出力変化をデータとして単語認識を行うというモデルである。

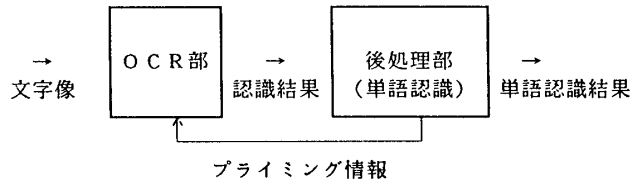


図7. 語認識モデル

認識後処理部からOCR部へブライミング情報を返す意義としては、次のようなものが考えられる。

たとえば「計算機工学」という文字列データが入ってきたときに、人間なら「計算機工学」と修正して認識するなり、単に読み間違えたりするであろう。「機」と「械」の字が似ていること、「計算機」という言葉はあっても「計算械」という熟語はないこと、など理由はいくつか考えられる。

ここまで説明してきた層内結合を持つニューラル・ネットワークでも、こういう認識を行える可能性がある。漢字が似ているということは、対応するノードのアクティブ値が同じくらい上昇するということである。また、「計算機」という言葉の存在は、「計算機」というオブジェクトの組合せに対応し、「計算」というエッジの発火によるブライミング効果で「機」の閾値を低下させ、発火させやすくすればよい。

こういう反応を誤認識とみるか、間違っただけの入力に対するリカバリとみるかは議論の分かれるところであると思うが、より人間に近い認識が可能になることは期待できる。

7. おわりに

現在ここで提案したネットワークの層内結合モデルのシミュレータを作成し、その効果について評価中である。

参考文献

- [1] 麻生英樹, ニューラルネットワーク情報処理, 産業図書, 1988
- [2] Rumelhart, D.E. McClelland, J.L. The PDP Research Group, In Parallel Distributed Processing Volume 1, MA:MIT Press, 1986
- [3] 川口 潤, 漢字知覚における意味的ブライミング効果, 心理学研究, Vol. 56, No. 5, p. p. 296-299, 1985