

学習データを考慮したニューラルネットワーク の初期値設定

5H-5

保住 透 菅田一博 井須尚紀 清水忠昭

鳥取大学

1. はじめに

ニューラルネットワーク（以下、NN）への入力データが存在する空間（以下、入力空間）を考えると、NNは入力空間の分割を行っていると考えられる。NNは、分割した入力空間のどの領域に入力データが存在しているのかを分類している。

NNは入力空間の分割の仕方をユニット間の結合荷重とユニットのしきい値で記憶している。NNの学習とは、学習データを用いて、NNが入力データの分類を適切に行えるように入力空間を分割する結合荷重としきい値を逐次的に決定することである。

NNの学習を始めるときに与える結合荷重としきい値の初期値は一般に乱数で設定される。乱数で設定された初期値は入力空間を適切に分割する結合荷重としきい値に関係がない。したがって、乱数で設定された初期値から学習を始めると多くの学習回数が必要となることがある。

本研究では、学習データの統計的性質を用いて、入力空間を適切に分割する結合荷重としきい値に近い値を初期値とする方法を提案する。提案する初期値設定法を用いることによって従来の乱数による初期値を用いた場合と比較して学習回数の低減を計る。

2. 対象とするニューラルネットワーク

本研究では、出力層のユニットが1個、中間層のユニットが k 個、入力層のユニットが N 個の3層構造のNNを扱う。ユニットの応答関数はシグモイド関数を用いる。NNの学習則は誤差逆伝播学習とする。

NNの学習データを、入力 $\mathbf{x}^l = (x_1^l, x_2^l, \dots, x_N^l)$ ($l=1, 2, \dots, L$)、 \mathbf{x}^l の期待出力を c^l ($c^l = 0$ or 1)とする。ここで、 \mathbf{x}^l の要素 x_i^l は入力層のユニット i に対する入力である。 $c^l = 1$ を期待出力とする \mathbf{x}^l の集合を \mathbf{X}^+ 、 $c^l = 0$ を期待出力とする \mathbf{x}^l の集合を \mathbf{X}^- とする。対象とするNNは入力 \mathbf{x} が \mathbf{X}^+ と \mathbf{X}^- のどちらに属するかを識別するNNとする。

入力層のユニット j ($j=1, 2, \dots, N$)から中間層のユニット i への入力を x_j 、ユニット i からユニット j との間の結合荷重を w_{ij} 、ユニット i のしきい値を θ_i 、ユニット i の内部状態を u_i とすると、ユニット i の出力 y_i は式(1)で表される。

$$u_i = \sum_{j=1}^N (w_{ij} \times x_j) + \theta_i \quad (1)$$

$$y_i = 1 / \{1 + \exp(-u_i)\}$$

$u_i = 0$ は、 N 次元ユークリッド空間においてベクトル $\mathbf{w}_i = (w_{i1}, w_{i2}, \dots, w_{iN})$ に垂直な平面を表している。ユニット i への入力 $\mathbf{x} = (x_1, x_2, \dots, x_N)$ は N 次元ユークリッド空間内の1点として表現できる。中間層のユニット i の出力 y_i は、入力 \mathbf{x} が平面 $u_i = 0$ のどちら側にあるかを示している。以下、平面 $u_i = 0$ を中間層のユニット i の分割平面と呼ぶ。

3. 提案する初期値設定法

NNが識別するデータについて以下の仮定を立てる。
[仮定]

$\mathbf{x} \in \mathbf{X}^+$ なる $\{\mathbf{x}\}$ の重心を $\mathbf{g} = (\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_N)$ 、 \mathbf{x}^l の各成分 $\{x_j\}$ の標準偏差を σ_j とする。 $\mathbf{x} \in \mathbf{X}^+$ なる $\{\mathbf{x}\}$ の各成分 $\{x_j\}$ は平均 μ_j 、標準偏差 σ_j の正規分布で近似でき、 $\mathbf{x} \in \mathbf{X}^+$ なる $\{\mathbf{x}\}$ は \mathbf{g} を中心とした空間に存在している。

以下、 $\mathbf{x} \in \mathbf{X}^+$ なる $\{\mathbf{x}\}$ が存在する空間を単に \mathbf{X}^+ の空間と呼ぶ。

A study of Initial Value Setting for Neural Network
by use of Statistical Features of Input Data.

Tohru Hozumi, Kazuhiro Sugata, Naoki Isu,

Tadaaki Shimizu

Tottori University

4-101 Koyamacho-Minami, Tottori 680, Japan

学習後のNNは、全ての中間層のユニットの分割平面で \mathbf{X}^+ の空間の境界曲面を近似していると考えられる。また、出力層のユニットの出力は、全ての中間層のユニットの分割平面と入力 \mathbf{x} が表す点との位置関係を表していると考えられる。

提案する初期値設定法では、 \mathbf{X}^+ の空間の境界曲面を推定し、全ての中間層のユニットの分割平面で境界曲面を近似するように中間層のユニットの初期値を設定する。入力 \mathbf{x} が \mathbf{X}^+ の空間に存在するとき、全ての中間層のユニットが大きな値(0.5以上)を出力する。したがって、中間層のユニットが全て大きな値を出力したときのみ出力層のユニットが大きな値を出力するように出力層のユニットの初期値を設定する。

提案する初期値設定法では、境界曲面を \mathbf{g} を中心とした半径 $2 \times \min(\sigma_1, \sigma_2, \dots, \sigma_N)$ の球と推定する。

入力が分割平面の法線ベクトル側にある場合、式(1)の u_i は $u_i > 0$ となり、中間層のユニット i の出力は大きな値となる。そこで、推定した球に接して重心 \mathbf{g} を向く法線ベクトルを持つ分割平面を決定する結合荷重としきい値を中間層のユニット i の初期値とする。ただし、法線ベクトルの始点は乱数で決定する。

4. 適用実験

従来の初期値設定法と、提案した初期値設定法の比較を行うため、LSPパラメータの時間変動を識別することによって連続音声から有声音部を抽出するNNの学習に適用した。

1) LSPパラメータ

LSP(line spectrum pair)パラメータは音声分析法の一つであるLSP分析法によって得られるパラメータである。LSPパラメータの時間変動は有声音部では定常であるが、無声音部やわたり部では非定常である。LSPパラメータの時間変動の定常と非定常とを識別することによって連続音声から有声音部を抽出することが可能である。

2) 学習データ

連続音声进行分析次数12次でLSP分析して得られたLSPパラメータから x_i^j を作成した。 x_i^j の時間的に連続

した5点を入力 \mathbf{x}^j とした。

期待出力 c^j は \mathbf{x}^j が定常なら $c^j = 1$ 、非定常なら $c^j = 0$ とした。

3) 実験に用いたNNの構造

前項で述べたように、NNへの入力 \mathbf{x}^j の次数を5次とした。したがって、NNの入力層のユニットの数は5個とした。

中間層のユニットの数を5, 8, 10個とした3つのNNの学習を行った。

誤差逆伝播学習の学習係数 η は0.1とした。

従来の初期値設定法に用いる乱数は $[-1, 1]$ の範囲の一律乱数とした。

用いた乱数の影響を除いて初期値設定法の評価を行うため、従来の初期値設定法、提案した初期値設定法とも、異なる複数の初期値を作成した。従来の初期値設定法と提案した初期値設定法の比較を、NNの出力と期待出力の自乗誤差和が0.01になるまでに要した学習回数で行った。

中間層のユニットの数を変えた3つのNN全てについて、提案した初期値設定法で作成した初期値からの学習が要した学習回数は従来の初期値からの学習が要した学習回数の約1/30以下であった。

したがって、提案する初期値設定法は学習回数の低減に有効である。

5. おわりに

本研究では、学習回数を低減するために、入力データの統計的性質を用いたNNの初期値設定法を提案した。

提案した初期値設定法では、同じ期待出力を持つ入力データ群の統計的性質から入力空間におけるその入力データ群の存在範囲を推定する。推定した存在範囲を用いて、ユニット間の結合荷重とユニットのしきい値の初期値を設定する方法である。

提案した初期値設定法の有効性を検討するために連続音声から有声音部を抽出するNNの学習に適用した。実験の結果、提案した初期値設定法による初期値からの学習は、乱数で設定された初期値からの学習より学習回数を低減できることがわかった。