

|         |   |
|---------|---|
| 課題番号    | Q19J-05   |
| 課題名（和文） | 誤差曲面の学習停滞領域の部分 Hesse 行列を利用した学習アルゴリズム  |
| 課題名（英文） | Learning algorithm using Hessian submatrices in flat regions of parameter space |
| 研究代表者   | 所属（学部、学科・学系・系列、職位）<br>理工学部 情報システムデザイン学系 助教<br>氏名 佐藤 聖也                          |
| 共同研究者   | 所属（学部、学科・学系・系列、職位）<br><br>氏名  |
|         | 所属（学部、学科・学系・系列、職位）<br><br>氏名  |
|         | 所属（学部、学科・学系・系列、職位）<br><br>氏名  |
|         | 所属（学部、学科・学系・系列、職位）<br><br>氏名  |

|   |
|---|
| <b>研究成果の概要（和文）</b>  |
| <p>研究期間中（2019年4月から2020年3月）に以下を完了することを目標とした。</p> <p>(1) 実験的に提案法を評価：多様なデータセットを用いて提案法を評価する。</p> <p>(2) 数学的に提案法を評価：部分 Hesse 行列を用いる妥当性について数学的に示す。</p> <p>上記2点を完了したため、この成果を洋雑誌論文 Neural Networks に2020年3月に投稿した。現在は査読中である。</p> |

|  |
|--|
| <b>研究成果の概要（英文）</b>   |
| <p>We planned to accomplish the following aims:</p> <p>(1) Experimentally evaluate our proposed method using various datasets.</p> <p>(2) Mathematically evaluate the use of Hessian submatrices.</p> <p>We accomplished the above aims, wrote a paper summarizing the results, and submitted the paper to Neural Networks, which is an international journal, in March 2020. The paper is now under review.</p> |

## 1. 研究開始当初の背景

ニューラルネットワークの一種のフィードフォワードニューラルネットワーク (FNN : feedforward neural network) は隠れ層を持つことにより, 非線形の回帰問題や分類問題が可能となるが, パラメータの初期値によっては良質の解が得られないことが問題となる. FNN のパラメータを最適化する方法としては最急降下法や準 Newton 法があり, 準 Newton 法のほうが効率よく誤差曲面を降下できる. しかし, 準 Newton 法を用いたとしても誤差曲面には局所最適解や学習停滞領域が多数存在するため, 良質の解が得られるとは限らない.

## 2. 研究の目的

誤差曲面に存在する, 学習が停滞する領域 (特異領域) をあえて利用して探索する SSF(singularity stairs following)を以前提案した. この方法は隠れユニット数の増加に伴って訓練誤差を単調減少させるため, 良質の解が得られる傾向があるが, 特異領域上の Hesse 行列を求める必要があるため処理時間がかかることが問題となる.

本研究では, 完全に Hesse 行列を計算することはせず, 部分的に Hesse 行列を計算する方法 SSF(pH)を提案する. 計算機実験では SSF(pH)は解品質を劣化させることなく, SSF よりも大幅に高速に解が得られることを示す. また, 数学的に部分 Hesse 行列を利用することが妥当であることも示す.

## 3. 研究の方法

本研究では, FNN の一種の RBF (radial basis function) ネットワークを用いる. RBF ネットワークは入力誤差に頑健であるという特徴がある. 本研究では以下の 2 点を完了させる.

- (1) 実験的に提案法を評価: 多様なデータセットを用いて提案法 SSF(pH)を評価する.

- (2) 数学的に提案法を評価: 部分 Hesse 行列を用いる妥当性について数学的に示す.

## 4. 研究成果

研究期間中 (2019 年 4 月から 2020 年 3 月) に節 3 の(1), (2)を完了した. そのため, この成果を "RBF network learning utilizing singular regions and Hessian submatrices"と題して洋雑誌論文 Neural Networks に 2020 年 3 月に投稿した. 現在は査読中である.

RBF ネットの歴史は長い, 近年も新しい方法が提案されている. RBF ネットにおいて, 本研究のようなアプローチを採る研究を行うことにより, RBF ネットの誤差曲面などの理解が深まると共に, 高速に安定して良質の解を得る有効な探索法を提供するという意義を持つ.

今回対象とする RBF ネットは隠れ層を一つ持つモデルであり, 誤差曲面上に特異領域が存在する. 隠れ層が 2 つ以上のモデルも同様に誤差曲面上に特異領域を持つ. 更に, FNN のみでなく, その他の非線形ニューラルネットワーク, 混合正規分布, 隠れマルコフモデル, 確率文脈自由文法, ベイジアンネットなどの有用なモデルも特異モデルと呼ばれ, 学習が停滞する特異領域が誤差曲面上に存在する. そのため, 特異領域を逆に利用する SSF の技術は, これらの特異モデルの汎用的な基本技術として応用されることが期待できる. そのため, 本研究のアイデアを応用することにより特異モデルの誤差曲面の理解が深まると共に, 特異モデルの学習においても, ほとんど乱数に頼ることなく, 高速に安定して良質の解が得られるようになる可能性がある.

## 5. 主な発表論文等

(研究代表者, 共同研究者には下線)

無し