

様式 C - 7 - 1

平成30年度科学研究費助成事業（科学研究費補助金）実績報告書（研究実績報告書）

所属研究機関名称		奈良先端科学技術大学院大学	機関番号	14603
研究代表者	部局	情報科学研究科		
	職	特別研究員(DC2)		
	氏名	古庄 泰隆		

1. 研究種目名 特別研究員奨励費 2. 課題番号 18J15055

3. 研究課題名 ディープニューラルネットワークの特性解析と最適設計

4. 研究期間 平成30年度～令和元年度 5. 領域番号・区分 -

## 6. 研究実績の概要

ディープニューラルネットワーク(DNN)は物体認識から囲碁のプレイングまで幅広い分野で目覚ましい成果を上げており、現在最も注目されている分野である。近年のDNNの成功はResNetとバッチ正規化がより深いDNNの学習を可能にすることに起因する。しかしながら、高い性能を持つDNNの実現には途方もない時間を要する。これは次の2つの問題点に起因する。(1)問題に合ったDNNのアーキテクチャをトライ・アンド・エラーで探索せざるを得ない点。(2)DNNの学習に時間を要するという点。そこで我々は上記2つの問題点を解決するためにDNNのアーキテクチャがその性能と学習速度に及ぼす影響を解析し下記2つの結果を得た。これらの理論的な結果を基に最適なDNNのアーキテクチャと学習アルゴリズムを設計でき上記の問題点が解決できると考えられる。まず性能について、異なるクラス間の特徴ベクトルの角度が大きいほどDNNの性能は向上する。そこで我々は入力の特徴ベクトルが初期化されたDNNの隠れ層を巡るにつれてどう変化するかを解析し次の結果を示した。多層パーセプトロンは層の数に対して指数的に角度が減少する問題がある。ResNetとバッチ正規化はこの角度の減少を逆数的な減少へと緩和する。また初期化時点で入力の特徴ベクトルを高い層でも保つことで学習後のクラス間の特徴ベクトルの角度が更に増加することを示した。次に学習速度について、勾配降下法の学習率が大きいほど学習速度は速くなるが、大きすぎると学習が収束しない。そして収束するための最大の学習率はDNNの損失関数の形状に依存する。そこで我々は損失関数の形状を解析し各DNNのアーキテクチャが収束するための最大の学習率を導出した。その結果、ResNetは層の数に対し指数的に小さな学習率しか利用できないが、バッチ正規化により層の数に対し逆数的に小さな学習率を利用できる。

## 7. キーワード

ディープニューラルネットワーク ResNet バッチ正規化

## 8. 現在までの進捗状況

区分 (2) おおむね順調に進展している。  
理由  
現在までの進捗状況については概ね順調に進んでいる。  
研究計画では2年間に渡り(1)モデル設計指標の導出と(2)学習アルゴリズムの最適化の研究を行う予定であった。本年度で既に学習アルゴリズムの最適化を概ね完了し、モデル設計指標の導出も順調に進展している。  
そのため進捗状況は順調と言える。

2 版

## 9. 今後の研究の推進方策

本年度の研究では学習アルゴリズムの最適化とモデル設計指標の導出を行った。  
 しかしながら、導出したモデル設計指標は学習の定量的な影響を考慮していない問題点がある。  
 今後の研究では学習の定量的な影響まで考慮したモデル設計指標を導出する。  
 具体的には学習によるディープニューラルネットワークのパラメータのダイナミクスを解析し、それに基づきモデル設計指標を導出する。

## 10. 研究発表（平成30年度の研究成果）

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計9件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 3件）

1. 発表者名 Yasutaka Furusho, Kazushi Ikeda
2. 発表標題 Effects of Skip-connection in ResNet and Batch-normalization on Fisher Information Matrix
3. 学会等名 INNS Big Data and Deep Learning (国際学会)
4. 発表年 2019年
1. 発表者名 Yasutaka Furusho, Tongliang Liu, Kazushi Ikeda
2. 発表標題 Skipping two layers in ResNet makes the generalization gap smaller than skipping one or no layer
3. 学会等名 INNS Big Data and Deep Learning (国際学会)
4. 発表年 2019年
1. 発表者名 Yasutaka Furusho, Kazushi Ikeda
2. 発表標題 Non-asymptotic analysis of Fisher information matrices of Multi-layer perceptron, ResNet, and Batch-normalization
3. 学会等名 INCF J-Node International Workshop (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 古庄 泰隆, 池田和司
2. 発表標題 Batch-normalizationがResNetのフィッシャー情報行列に与える影響の理論解析
3. 学会等名 電子情報通信学会 IBISML研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 古庄 泰隆, 池田和司
2. 発表標題 ニューラルネットワークの隠れ層のユニット数とReLU活性化が汎化能力に与える影響の理論解析
3. 学会等名 電子情報通信学会 IBISML研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 古庄 泰隆, 池田和司
2. 発表標題 Effects of skip-connection in ResNet and Batch-normalization on Fisher Information Matrix
3. 学会等名 脳と心のメカニズム冬のワークショップ
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 古庄 泰隆, 池田和司
2. 発表標題 Stable Embedding of Wide Neural Networks with ReLU Activation and its Generalization Ability
3. 学会等名 脳と心のメカニズム冬のワークショップ
4. 発表年 2018年

2 版

1. 発表者名 古庄 泰隆, 池田和司
2. 発表標題 ニューラルネットワークの埋め込み安定性と汎化能力の関係
3. 学会等名 計測自動制御学会 コンピュータショナル・インテリジェンス研究会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 古庄 泰隆, Tongliang Liu, 池田和司
2. 発表標題 ResNetのショートカットが学習速度と汎化ギャップに及ぼす影響の理論解析
3. 学会等名 電子情報通信学会 IBISML ワークショップ
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

1 1 . 研究成果による産業財産権の出願・取得状況

計0件（うち出願0件 / うち取得0件）

1 2 . 科研費を使用して開催した国際研究集会

計0件

1 3 . 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関			
オーストラリア	シドニー大学	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-

1 4 . 備考

-