

審査委員会報告書

【書式10】

令和 4年 1月 24日

申請者	フリガナ	クリフォード ブロニベディアコ CLIFFORD BRONI-BEDIAKO (男)女)	生年月日	1974年10月8日生
	氏名		国籍又は本籍	ガーナ
	学籍番号	18D5252	専攻名	情報システム工学専攻
論文題目		Automated Deep Neural Networks with Gene Expression Programming of Cellular Encoding - Towards the Applications in Remote Sensing Image Understanding		
翻訳題目 (英文の場合のみ)		セルエンコーディングの遺伝子表現プログラミングに基づく深層ニューラルネットワークの自動学習 - リモートセンシング画像理解における適用に向けて		
審査 委員会 委員	(氏名) 印 (所属機関名) (役職名)			
	主査委員:	渥美 雅保		創価大学大学院理工学研究科 教授
	委員:	畝見 達夫		創価大学大学院理工学研究科 教授
	委員:	鳥居 直哉		創価大学大学院理工学研究科 教授
内容の要旨及び審査結果の要旨 最終試験の結果の要旨		別紙1 別紙2	※文系は書式任意	
博士学位申請論文の受付		受付日: 令和 4年 1月 4日		
博士学位申請論文の受理		受理日: 令和 4年 1月 12日	(可) ・ 不可	
論文審査の合否		実施日: 令和 4年 1月 21日	(合) ・ 否	
最終試験の合否		実施日: 令和 4年 1月 21日	(合) ・ 否	
審査 委員会 の結論	本論文は博士(工学)の学位論文として十分に価値を有するものであり、かつ申請者は専門分野に関して十分な学力と研究能力を有するものと判定した。			

審査委員会の審査及び最終試験の結果を受け、当該研究科委員会は以下の通り判定しました。

研究科委員会の判定	開催日: 令和 4年 2月 15日		
	出席者数 31名	可数 31名	不可数 0名

最終合否 (合) ・ 否

学位記番号	博 (甲)・乙 185号	授与年月日	令和 4年 3月 18日
学位の種類	博士 (工学)	備考	

研究科長 北野晃朗

内容の要旨及び審査結果の要旨

【書式 1 1】

令和 4 年 1 月 24 日

氏名 (本籍)	CLIFFORD BRONI-BEDIAKO (ガーナ)		
学位の種類	博士 (工学)		
学位記番号	停甲 185号		
学位記の授与日	令和 4 年 3 月 18 日		
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当 創価大学大学院学則第 31 条第 2 項該当 創価大学学位規則第 3 条の 3 第 1 項該当		
論文題目	Automated Deep Neural Networks with Gene Expression Programming of Cellular Encoding - Towards the Applications in Remote Sensing Image Understanding		
論文審査機関	理工学研究科委員会		
論文審査委員	主査委員	博士 (工学)	渥美 雅保
	委員	博士 (工学)	畝見 達夫
	委員	博士 (工学)	鳥居 直哉



<論文の内容の要旨>

本論文は、深層ニューラルネットワークの自動生成のための NAS (Neural Architecture Search) の分野において進化的計算アプローチの新たな手法 SLGE (Symbolic Linear Generative Encoding) を提案し、それをコンピュータビジョントask、特にリモートセンシングにおけるシーン分類とセマンティックセグメンテーションのためのニューラルネットワーク自動生成に適用することを通じて、最先端 (State-of-the-Art) の性能を達成することにより提案手法の有効性を検証した論文である。

与えられたサイズ制約の下で高い性能を達成する畳み込みニューラルネットワークのアーキテクチャを設計することは専門知識を要する難しい問題であり、自動生成手法による支援が探求されている。SLGE は、ニューラルネットワークアーキテクチャを複数の遺伝子列で簡潔に表現する GEP (Gene Expression Programming) にモジュール構造を表現可能な CE (Cellular Encoding) を組み込むことにより、畳み込みモジュールとして有効なショートカット結合と複数ブランチ結合をもつ ResNet-Inception モジュールを進化的手法により探索し、それらモジュールを組み合わせることで積み重ねることによりサイズ制約のもとで複雑なアーキテクチャの畳み込みニューラルネットワークを自動生成する手法である。本手法は、分類型ニューラルネットワークのみでなくエンコーダ・デコーダ型ニューラルネットワークの自動生成も可能としている。

本論文は 6 章から構成されている。第 1 章では、深層ニューラルネットワークの NAS のための進化的計算アプローチの課題として、ショートカット結合と複数ブランチ結合をもつ複雑な畳み込みモジュールをビルディングブロックとして生成可能な進化的探索手法の必要性を論じている。そして、この課題に対して、ニューラルネットワークアーキテクチャを複数の遺伝子列で簡潔に表現する GEP にモジュール構造を表現可能な CE を組み込んだ新たな手法 SLGE を提案し、リモートセンシングにおけるシーン分類とセマンティックセグメンテーションに適用してその有効性を検証することを目的としている。

第 2 章では、NAS の手法として、ランダムサーチ、進化的アルゴリズムを中心に既存研究をサーベイし、提案手法の位置づけを述べている。また、リモートセンシング画像理解における伝統的手法、及び畳み込みニューラルネットワークを用いた手法の既存研究をサーベイし、リモートセンシング画像理解問題への提案手法によるアプローチの位置づけを述べている。

第 3 章では、提案手法 SLGE の背景となる GEP と CE に関して簡単に紹介した後、SLGE の詳細、及び画像分類の標準ベンチマーク CIFAR-10 と CIFAR-100 を用いた性能評価について述べている。SLGE では GEP と同様にヘッドとテイルを持つ複数の遺伝子のヘッドに CE のグラフ文法を、テイルにオペレータを符号化している。SLGE は、ショートカット結合と複数ブランチ結合をもつ

ResNet-Inception 畳み込みモジュールを遺伝子型空間での複数の遺伝子列の進化的探索と表現型空間へのマッピングにより生成する手法であり、それらモジュールを積み重ねることによりサイズ制約のもとでモジュラー構造を持つ畳み込みニューラルネットワークを自動生成する。SLGEに基づいて CIFAR-10 データセットを用いて NAS 学習を行う実験、及びそのベストアーキテクチャを CIFAR-100 データセットを用いて転移学習させる実験により、それぞれ誤り率 3.74%と 22.95%の最先端モデルに匹敵する性能を達成し、提案手法の有効性を確認した。

第4章では、リモートセンシングにおけるシーン分類タスクのための畳み込みニューラルネットワークの SLGE に基づく自動生成について述べている。探索手法として早期停止戦略のもとでのランダムサーチを用いて、RGB 航空画像データセット NWPU-RESISC45 で 96.56%、AID で 96.10%、マルチスペクトラル衛星画像データセット EuroSAT で 99.76%、BigEarthNet で 93.89%の最先端モデルに匹敵するアキュラシーをより少ないパラメータ数で達成し、提案手法の有効性を示した。

第5章では、リモートセンシングにおけるセマンティックセグメンテーションタスクのためのエンコーダ・デコーダ畳み込みニューラルネットワークの SLGE に基づく自動生成について述べている。SLGE が畳み込みモジュールと ATROUS 空間ピラミッドプーリングモジュールのペアを探索できるように拡張され、一様突然変異、2点交叉、遺伝子交叉の遺伝オペレータを用いた遺伝的アルゴリズムのもとで実験がなされた。そして、最先端モデルと比べて航空画像データセット Vaihingen で 1.0%、Potsdam で 1.4%のアキュラシーの改善、UAV 画像データセット UAVid で 18.9%の平均 IoU の改善をより少ないパラメータ数で達成し、提案手法の有効性を示した。

第6章では、本研究で達成された成果のまとめに基づいて本論文の総括的な結論、及び今後の研究の発展への展望が述べられている。

<論文審査結果の要旨>

本論文では、進化的計算アプローチに基づく深層ニューラルネットワークの新たな自動生成手法 SLGE を提案し、SLGE をコンピュータビジョンにおける画像分類の標準ベンチマークタスク、及びリモートセンシングにおけるシーン分類とセマンティックセグメンテーションの2つの異なるタイプのコンピュータビジョンタスクに適用することにより、専門家が設計したニューラルネットワークと同程度もしくはそれを超える性能を達成するニューラルネットワークを自動生成可能であることを実験により確かめた。また、SLGE に基づいて1つのデータセットを用いて自動生成したアーキテクチャを持つニューラルネットワークが、転移学習により他のデータセットにおいても高い性能を達成することを実験により確かめた。これらのことは、ニューラルネットワークの高度な専門知識を持たないユーザでも、コンピュータビジョンの応用タスクにおいて高性能なニューラルネットワークを設計できることを示している。

以上のことから、本論文は、博士（工学）の学位論文として十分な価値を有するものと認められる。




なお、本論文の内容の一部は、下記の信頼できる査読制度を有する権威ある学術雑誌に2編が掲載されており、本論文の研究成果が国際的にも評価されていることを示している。

- 1) C. Broni-Bediako, Y. Murata, L. H. B. Mormille and M. Atsumi, "Searching for CNN architectures for remote sensing scene classification", IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, pp. 1-13, 2021. DOI:10.1109/TGRS.2021.3097938. (IF: 5.6)
- 2) C. Broni-Bediako, Y. Murata, L. H. B. Mormille and M. Atsumi, "Evolutionary NAS for Aerial Image Segmentation with Gene Expression Programming of Cellular Encoding", Neural Computing and Applications, 2021. DOI:10.1007/s00521-021-06564-9. (IF: 5.6)

最終試験の結果の要旨

【書式12】

令和 4年 1月 24日

フリガナ 申請者氏名	クリフォード ブロニベディアコ CLIFFORD BRONI-BEDIAKO	専攻名	情報システム工学専攻
審査委員会委員	主査委員	渥美 雅保	
	委員	畝見 達夫	
	委員	鳥居 直哉	
要旨			
<p>審査委員3名により、学位論文の内容、及び関連する学問分野に関して口頭で試問を行った。その結果、申請者が博士（工学）としての十分な学力と研究能力を有することを確認した。よって、審査委員会は最終試験の結果を合格と判定した。</p>			