

学位論文 博士（工学）

深層学習における
二次元畳み込みフィルタの生成に関する研究

2024 年度

慶應義塾大学大学院理工学研究科

福崎翔太

主 論 文 要 旨

No.1

報告番号	甲	第	号	氏 名	福崎 翔太
主 論 文 題 名 :					
深層学習における二次元畳み込みフィルタの生成に関する研究					
(内容の要旨) 画像処理分野では近年深層学習が広く用いられる。深層学習によって高精度な画像処理モデルを獲得するためには、学習データセットの大規模化や、畳み込みをはじめとした計算モジュールの受容野の拡大が有効であることがわかってきたが、限られたデータや計算資源を用いて高精度に処理可能なモデルを学習することも重要である。本研究では、強い制約によって少数のデータによる学習を得意とする二次元畳み込みに着目し、畳み込みフィルタの生成によって精度や学習速度を改善する方法を提案した。畳み込みフィルタは通常学習可能なパラメータを縦横決まった数並べたものとして表現されるが、フィルタの重み値を計算で求めることによって精度や学習速度を改善することができることを示している。 第1章に、画像処理における二次元畳み込みの特徴と近年の利用状況に関する背景を概説し、研究目的と概要を述べた。 第2章では、畳み込みの定義や性質について概説したのち、本研究の主題である畳み込みフィルタの生成に関する共通事項として、学習アルゴリズムや計算コストの取り扱いを述べた。 第3章では、従来の畳み込みフィルタが潜在的に仮定している標準基底とは異なる新たな成分系を導入し、その系の成分の線形結合によってフィルタを生成することを試みた。学習済みの畳み込みフィルタの主成分を分析し、重み付き直交性を持つ Hermite 多項式を用いた成分系の定式化を行った。また、成分系における主成分の選択方法や各成分の係数の初期化に関する工夫を行った。これにより、提案した成分系の線形結合として生成されたフィルタはパラメータ数を削減しながら精度を維持できることが示された。 第4章では、処理する画像の大きさに合わせてフィルタを生成することを試みた。また、画像の大きさによらず共通のパラメータを用いることにより、小さい画像を用いた学習を実現した。従来であれば処理したい画像の大きさに学習をする必要があったが、これにより学習過程における計算コストが低くなる。また、この学習方法においては従来の学習方法よりも精度が劣化する傾向にあるが、要因を分析し改善案を提案した。これらの改善案を導入することにより、精度の劣化を引き起こすことなく高速に深層学習モデルの学習を行うことが可能であると示された。 第5章に結論として本研究の成果を要約し、今後の展望を述べた。					

Thesis Abstract

No. _____

Registration Number	☒ “KOU” ☐ “OTSU” No. _____ *Office use only	Name	FUKUZAKI, Shota
Thesis Title A study on generating two-dimensional convolution filters in deep learning			
Thesis Summary Deep learning has become widely used in the image processing field. Increasing training data and expanding the receptive fields of computational modules such as convolution are effective in training highly accurate image processing models, but it is also important to train highly accurate models using limited data and computational resources. This study focused on two-dimensional convolution, which excels in learning with a small number of data due to its strong constraints and proposed generating convolution filters to improve accuracy and training speed. Though convolution filters are usually represented as a fixed-length array of trainable parameters, calculating the filter weight values improves the accuracy and training speed. Chapter 1 outlines the background of two-dimensional convolution concerning its properties and recent use in image processing and describes the goal and summary of this study. Chapter 2 outlines convolution and its filter generation involving learning algorithms and computational cost. Chapter 3 generates filters by linear combination of its components introducing a new component system other than the standard basis. The proposed component system formulates the principal components of trained convolution filters using Hermite polynomials. I also devised a method for selecting the principal components and initializing trainable coefficients of linear combination. The experimental results show the generated filter from the proposed component system improves accuracy reducing parameters. Chapter 4 proposes to generate filters according to the processing image size. Generating filters for images of different sizes from common parameters enables training using small images. This method saves the computational cost on training, using other than the target image size. Though this training framework tends to degrade accuracy than the conventional training, the additional proposals reduce the degradation. Introducing these improvements enables to train deep learning models at high speed without degrading accuracy. Chapter 5 summarizes this study and discusses prospects.			