課題番号	23若15

若手研究者助成金　実績報告書

令和　6 年　3 月　13 日

氏　　名：　伊東　浩太郎

所属・資格：　松戸歯　学部・　放射線学講座

実施研究所：　松戸歯　学部・　放射線学講座

1　研究課題

和文表記（40 字以内）

自己教師あり学習を用いた顎顔面領域医用画像の事前学習済みモデルの作成

英文表記

Creating pre-trained models for maxillofacial medical images using self-supervised learning

2　研究期間

令和 5 年度

※令和　年度　～　令和　年度（※特例措置により上記期間を変更している場合記入すること）

3　研究目的

本研究は、顎顔面領域のラベルなし画像を用いて自己教師あり学習（Self-Supervised Learning、以下 SSL）を行い、事前学習済みモデルを作成することを目的とした。

課題番号	23若15

4　研究概要

近年、画像診断領域において、畳み込みニューラルネットワーク（Convolutional Neural Network、以下 CNN）と呼ばれる人間の視覚を参考に作成されたニューラルネットワークを用いた人工知能（Artificial Intelligence、以下 AI）の研究が盛んに行われており、既に薬機法承認を得た AI-コンピュータ支援診断システムも登場するなど、実用段階に達しつつある。しかしながら、CNN には大量のラベル付き教師データが必要であり、特に、画像診断領域においては正確なラベル付けには高い専門性が必要とされ、画像診断医は日常臨床の他に AI 開発に必要なデータのラベル付けに膨大な時間と労力を費やしている。また、今後日本国内でも発展していくと予想される医療ビッグデータを用いた AI 開発プロジェクトではより如実に教師データの作成にかかる労力が問題となってくる。

ラベル付きデータ不足に対する解決策として、データの拡張や転移学習等の技術が考案されてきたが、近年、SSL と呼ばれる AI がラベル付けを行う手法に注目が集まっている。しかしながら、顎顔面領域（歯科放射線領域）の画像を用いた SSL の研究を行っている機関は非常に乏しい。

本研究は、顎顔面領域のラベルなし画像を用いて SSL を行い、事前学習済みモデルを作成することを目的とした。

本年は、自己教師あり学習の顎顔面領域の学習済みモデルの作成として骨質の画像分類モデルの作成を行った。また、自己教師あり学習の精度比較のための教師あり学習も行った。
さらに、顎関節症の画像分類モデルを作成するための教師あり学習も行った。

5　研究結果

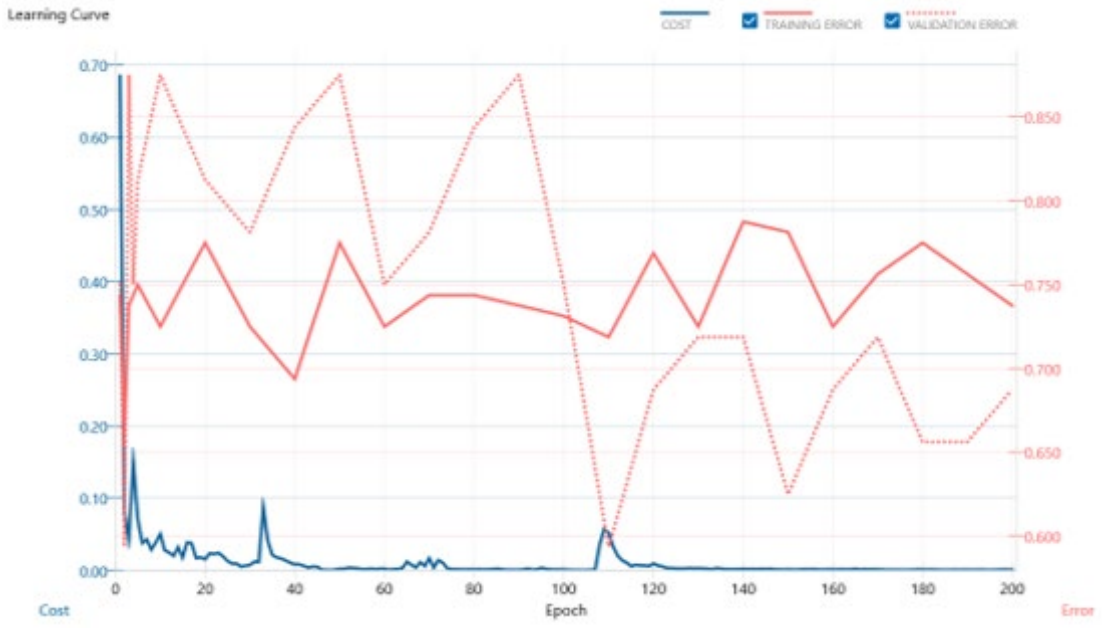
顎顔面領域の自己教師あり学習として、骨質を分類する画像分類モデルの作成を行った。本研究は 2023 年 4 月から 2024 年 1 月までの間にインプラント術前検査のために本学附属病院にて CT を施行した患者 36 名（男性 20 名、女性 16 名、年齢 23 歳～89 歳、平均年齢 59.3±18.1 歳）を対象とした。インプラント術前 CT 画像からインプラント埋入予定部位に骨吸収がみられない 257 枚の Cross sectional 画像を選択した。骨質の評価には Lekholm＆Zarb 分類を使用し、歯科放射線専門医が D1（大部分を皮質骨で占める顎骨)、D2（厚い皮質骨と密な海綿骨からなる顎骨)、D3（薄い皮質骨と密な海綿骨からなる顎骨)、D4（薄い皮質骨と疎な海綿骨からなる顎骨）の 4 つに分類した。

257 枚の CT 画像は 173 個のラベル付きトレーニングデータセット、44 個のラベル付き検証データセット、40 個のラベル付きテストデータセットに分割した。またデータオーグメンテーションを使用して作成した 1730 症例をラベルなしトレーニングデータセットとして利用した。

データオーグメンテーションは角度、アスペクト比、輝度、コントラストを調整し、データ拡張を行った。データセットは Portable Network Graphics 形式、グレースケール画像、マトリクスサイズ 28×28 pixel とした。

深層学習は骨質を分類するための畳み込みニューラルネットワークとして Vartual AdversarialTraining を使用し、200 エポック実行した。

また、比較対象としてラベルなしトレーニングデータセットを除く、同様のデータセットを利用した教師あり学習も行った。教師あり学習は CNN として ResNet152 を用いた。学習は同様に 200 エポック実行した。また、学習済みモデルの正解率、適合率、再現率、F スコアを計算した。Vartual AdversarialTraining の学習曲線は以下のとおりである。

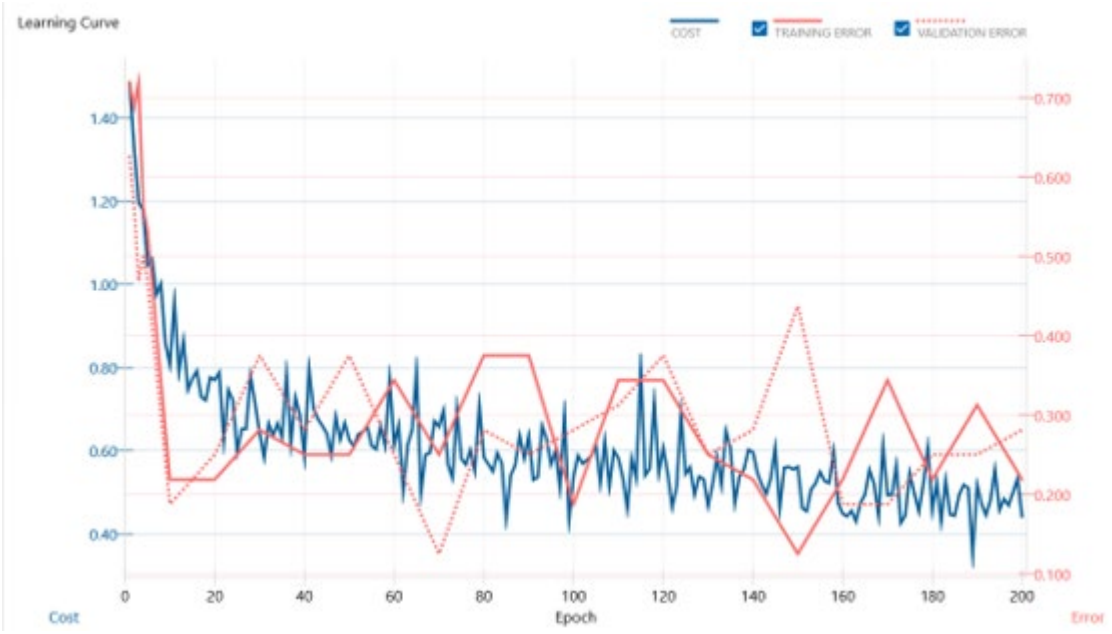


課題番号	23若15

〔5　研究結果（つづき）〕

Vartual AdversarialTraining では学習コストの向上がみられたが、トレーニングエラーが 0.7375 で、検証エラーが 0.6875 であった。また、過学習傾向がみられた。
テストデータの正解率、平均適合率 0、平均再現率、平均 F 値はそれぞれ 0.25 であった。

ResNet152 の学習曲線は以下のとおりである。



ResNet152 ではトレーニングエラーが 0.21875、検証エラーが 0.28125 であった。過学習傾向はみられなかった。
テストデータの正解率 0.7、平均再現率 0.7067、平均再現率 0.7、平均 F 値 0.6913 であった。

ラベルなしトレーニングデータを用いた Vartual AdversarialTraining では非常に精度の低い学習モデルとなった。精度を向上させるために今後は症例数の増加、パラメータの調整、画像サイズの増加などを検討する。
ResNet152 では中程度の精度の画像分類モデルの作成に成功した。また、過学習傾向がみられないことから、ResNet152 はエポック数を増加させることにより、より良い精度の画像分類モデルが既存のデータセットからも作成できる可能性が示唆された。

顎関節症を分類するモデルは ResNet152 を用いて 3000 エポック学習を行った。
顎関節症Ⅲ型を分類する画像分類モデルの正解率は 0.909、平均再現率は 0.91、平均適合率は 0.9117、平均 F 値は 0.9089 であった。非常に高い精度の学習済みモデルが作成された。今後は ResNet152 で得られたパラメータを利用し、半教師あり学習や自己教師あり学習を追加していく予定である。

課題番号	23若15

6　将来獲得を目指す学内外の競争的資金の種類　（※研究計画書に記載したものを記入すること）

科学研究費助成事業：基盤研究（C）および基盤研究（B)、厚生労働科学研究費補助金

7　本研究をもとに申請した外部研究資金及びその獲得状況

氏　　名	申請年度	研 究 種 目	研　究　課　題	採・否

8　学会発表等

要旨集の抜き刷り，発表原稿のコピー等及び発表したことがわかるものを添付してください。

発表者名	学会，発表会名等	発表テーマ	発表年月
伊東浩太郎	日本歯科放射線学会 第 4 回秋季学術大会	畳み込みニューラルネットワークを用いた顎関節症Ⅲ型の画像分類モデル	2023 年 11 月

9　著書・雑誌論文

著書，雑誌，抜き刷り等を添付してください。コピーの場合は掲載されたことが客観的にわかるものを添付してください。

著者・執筆者	著書名・雑誌名／論文名	巻・号	年月	出版社・発行所

１０　本研究課題に関するその他の発表（新聞，一般雑誌掲載等）

なし。

課題番号	23若15

１１　他の研究への発展

本研究で得られた事前学習済みモデルを、令和５年度科学研究費助成事業の若手研究である「畳み込みニューラルネットワークを用いた顎顔面領域の画像分類モデルの構築」に発展させていく。

１２　その他の成果

なし。

１３　本研究課題による発明届の提出及び知的財産権の出願・取得状況

名　　称	知的財産の種類	発　明　者 （考案者・創作者）	権　利　者	出願・登録番号	出願年月日	取得年月日

※ホームページ等での公開（☑可・□否）いずれかをチェックしてください。
否の場合は，理由書を別途添付のこと。