

学位論文審査の要旨

論文提出者	上村 ひかり
論文審査委員	(主 査) 朝日大学歯学部 教授 北井 則行 (副 査) 朝日大学歯学部 教授 勝又 明敏 (副 査) 朝日大学歯学部 教授 中本 哲自
論文題目	ディープラーニングによる頸椎形態分類
<p>頸椎形態の成熟度と顎顔面骨格の成長とが関連していることが報告されていることから、頸椎形態の分類が成長の予測につながり、矯正歯科治療計画の立案に役立つことが予想される。人工知能 (Artificial Intelligence, AI) の技術のひとつであるディープラーニングを応用することにより、手根骨形態を分類するシステムが報告されている。ディープラーニングを用いれば、頸椎形態についても分類することができると考えられる。本論文は、矯正歯科治療の診断のために採得した側面頭部 X 線規格写真上の頸椎形態について、ディープラーニングによる自動識別、分類が可能かを検討したものである。</p> <p>2019 年から 2022 年の間に朝日大学医科歯科医療センター口腔診断放射線科にて撮影された 999 枚の側面頭部 X 線規格写真を朝日大学医科歯科医療センターの画像データベースから収集した。被験者数は 774 名 (男性 287 名; 女性 487 名; 平均年齢, 14.1 歳; 年齢標準偏差, 6.6 歳) であった。側面頭部 X 線規格写真は、頭部 X 線規格写真撮影装置 (CX-150 W, 朝日レントゲン工業) を用いて、管電圧 62 kV, 管電流 400 mA, 撮影時間自動, ピクセルサイズ 0.15 mm×0.15 mm で撮影した。CVM のステージングは Baccetti らの頸椎成熟 (Cervical Vertebral Maturation, CVM) 分類法 (CVM 法) を用いた。この CVM 法では、側面頭部 X 線規格写真画像上の 2 番目 (C2), 3 番目 (C3), および 4 番目 (C4) の頸椎形態に基づいて、6 つの成熟段階を分類するもので、その分類は、臨床経験 4 年の矯正歯科医と 15 年の矯正歯科医が行った。本研究では、CVM 法で評価した頸椎の成熟度を 2 群に分けた。CS1, CS2 および CS3 を 0 群とし、CS4, CS5 および CS6 を 1 群とした。選択された 999 枚の側面頭部 X 線規格写真画像から、頸椎の後関節面に対し垂直な底面を持ち、第 2-4 頸椎を含む画像 (第 2-4 頸椎画像) を長方形の範囲で切り出した。画像サイズを統一するため、Neural Network Console (NNC, ソニーネットワークコミュニケーションズ) 上の機能を用い、マトリックスサイズが 300×300 pixel となるように第 2-4 頸椎画像を Resize と Padding の二種類の処理を行い、データセットを作成した。学習データは 799 枚、テストデータは 200 枚でおよそ 8:2 の割合とした。第 2-4 頸椎画像について、あらかじめ CS3 以前と CS4 以後の 2 群に分類したデータ (学習データ) を用いて、自動識別・分類するディープラーニングプログラムを構築した。ディープラーニング環境は NNC を用いた。ディープラーニングの学習・識別器は、NNC にテンプレートとして用意されている LeNet と AlexNet をもとにパラメータを調整したネットワークを用いた。</p>	

LeNet は、分類クラス 2、畳み込み+全結合層=4 層、データセット (n=999)、学習データ:テストデータ=8:2、Max Epoch=20、Batch size=20 とした。AlexNet は、分類クラス 2、畳み込み+全結合層=8 層、データセット (n=999)、学習データ:テストデータ、Max Epoch=50、Batch size=20 とした。

第 2-4 頸椎画像を 2 群に分類し、Lenet Resize を使用したテストの結果、正解率は 59.0%、適合率は 29.5%、再現率は 50.0%、F 値は 37.1 % であり、学習曲線は収束しなかった。LeNet Padding を使用したテストの結果、正解率は 89.5 %、適合率は 88.4 %、再現率は 89.4 %、F 値は 88.8 % であった。AlexNet Resize を使用したテストの結果、正解率は 90.5 %、適合率は 90.1 %、再現率は 90.5 %、F 値は 90.2 % であった。AlexNet Padding を使用したテストの結果、正解率は 93.0 %、適合率は 92.0 %、再現性は 93.3 %、F 値は 92.6 % であり、もっとも高い分類成績をおさめた。

頸椎に手動でラベルを付けたサンプルを使用し、Artificial Neural Network を用いて頸椎ステージを 6 群に分割した際の正解率が 86.9% であったと報告されている。また、C2-C4 を中心にセグメンテーションを行い、セグメンテーションを行っていないモデルと比較して、高い分類精度 (62.5%) であったという報告も認められる。これらのことから、分類前にラベル付け、セグメンテーションなどを行うと、分類精度が向上することが期待できる。

また、頸椎下縁に沿った棘の発生を認めるものがあり、このような棘を認める場合、頸椎下縁の延長のように見えるため、頸椎分類を混乱させることがある。本研究においても、棘の発生を認めるものがあつた。棘の発生を認めるものは、頸椎分類を誤る可能性がある。

側面頭部 X 線規格写真上の頸椎成熟度について、第 2 頸椎から第 4 頸椎の画像を CS3 以前と CS4 以後に、ディープラーニングによる自動分類が可能であることを検討したところ、以下のことが明らかになった。

ディープラーニングによる頸椎分類は、LeNet で Padding した場合と、Alex Net で Resize および Padding した場合に 9 割程度の高い成績が得られた。Resize した場合よりも、Padding した場合の方が精度高く分類できることが示唆された。

本研究により、頸椎成熟度の分類が AI により高い精度で行うことができることが示唆された。