

令和 2 年 6 月 1 日現在

機関番号：34419  
研究種目：若手研究(B)  
研究期間：2017～2019  
課題番号：17K17680  
研究課題名（和文）解剖学的ランドマーク情報を用いた3次元医用画像上の病変認識処理の効率的深層学習  
  
研究課題名（英文）An efficient deep learning method to detect lesions on 3D medical images via information of anatomical landmarks  
  
研究代表者  
根本 充貴（Nemoto, Mitsutaka）  
  
近畿大学・生物理工学部・講師  
  
研究者番号：10451808  
交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,300,000円

研究成果の概要（和文）：深層畳み込みニューラルネットワークなど、AI画像認識処理の効率的な学習方法の1つに、深層転移学習がある。これは、認識対象とは別の画像データを使って画像認識の事前学習を行ったうえで、対象の画像パターン認識処理を構築する方法である。本研究では、医用画像上の病変パターン認識の事前学習データとして、人体内の特徴的な局所パターン（解剖学的ランドマーク：LM）を用いたときの振る舞いについて、実験的に検討した。臨床画像を用いた実験の結果、LMデータを用いて事前学習するだけで、病変認識に有用な複数の特徴量が自動的に生成されることが明らかとなった。

研究成果の学術的意義や社会的意義  
一般的に、最新のAI画像認識処理の構築には大量の学習用データが必要となる。一方で、医用画像上の病変パターンデータの大量収集は容易ではない。転移学習は、AI画像認識処理を効率的かつ少数データで構築するための2段階のAI学習法として知られている。本研究は、医用画像上の病変パターン認識AIをより効率的に構築するための方法論に関するものである。この研究の発展により、多くの病変パターン認識AIの開発が促進され、さらには医療サービスの質向上につながるものとする。

研究成果の概要（英文）：The deep transfer learning is efficient deep learning to construct AI image recognition processes, such as a deep convolutional neural network. In the learning, a pre-training is performed with a different image dataset from a target object at first. The target pattern recognizer is constructed based on the pre-trained network. In this study, we evaluated the pre-training by medical image patches, including anatomical landmarks (LMs) for lesion pattern classification. The LM is a unique anatomical structure in the human body. Collecting the LM dataset is more accessible than the lesion data collection because those LMs exist not only in healthy cases but also in malignant cases. Our experiments with the clinical dataset showed that the pre-training with the LM dataset brought effective image features for the lesion classification.

研究分野：医用画像処理

キーワード：転移学習 深層学習 コンピュータ検出支援 医用画像診断 解剖学的ランドマーク

## 1. 研究開始当初の背景

昨今、臨床における医用画像診断支援技術への期待が高まっている。医用画像処理・画像診断支援分野の代表的な国内外の学会では、パターン認識や画像処理、機械学習を基盤とした医用画像理解、病変自動認識に関する報告が数多くなされている。

一般的に、医用画像上病変の自動検出システムは、1) 前処理、2) 対象病変が含まれる解剖構造領域の抽出、3) 病変候補の検出、4) 病変候補の特徴量抽出、5) 病変候補の検出の 5 ステップからなる。近年注目を集める深層学習、とりわけ畳み込みニューラルネットワーク: CNN は、高性能な 4) 特徴量抽出および 5) 識別の処理を学習データから end to end で自動構築可能な技術である。

CNN は、高い画像認識性能を有する一方で、一から学習するには大量の学習データが必要である。病変の種類によってはデータを大量収集することが難しいため、病変認識用の CNN を一から学習しても十分な性能を得られないことがある。よって、小規模なデータセットから効率的に CNN を学習する有効な方法が求められている。

小規模データセットから効率的に学習する代表的な方法の 1 つに、転移学習(図 1)があげられる。転移学習とは、目標とする画像認識タスクのデータセットと類似した、大量収集が可能な別のデータセットによって CNN を事前学習し、事前学習 CNN を小規模の目標タスクデータセットで再度学習する方法である。この転移学習の医用画像解析適用例は多く存在するが、その時に用いられた事前学習データセットは ImageNet や CIFER-database といった一般画像であった。医用画像と一般画像は必ずしも類似するものとは言えず、一般画像で事前学習した CNN からの再学習は、誤った転移を起こす懸念がある。

## 2. 研究の目的

本研究の目的は、せいぜい数十から数百程度の小規模 3 次元医用画像データセットから、転移学習を用いて効率的に病変認識処理を深層学習し、有用な CNN を得る方法の確立である。具体的には、病変データより収集が容易な解剖学的ランドマーク(図 2)の画像データを用いた事前学習を用いた効率的な病変認識処理の深層学習法を確立する。

解剖学的ランドマーク(LM)とは、臓器の端点や血管分岐などユニークな形状をしており、かつ解剖学的に 1 点に定義できる局所的な構造を指す言葉である。LM は健常者症例にも存在するため、健診データなどを用いることでデータ収集がしやすい。我々はこれまで、CT から約 200 種類の LM を自動同時検出する方法論に関する研究に従事しており、研究レベルでの LM 自動検出システムの実用化に至っている。また、ある程度の LM 認識処理学習用 CT データも蓄積されている。これらの研究における知見と環境から、LM の画像データセットを CNN の事前学習に用いることを着想した。

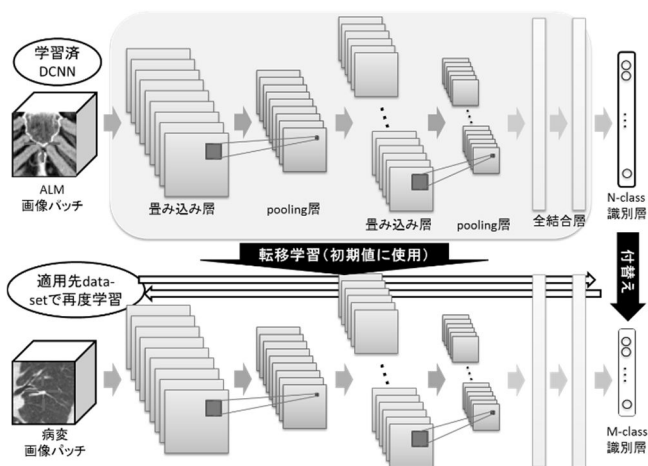


図 1 CNN の転移学習

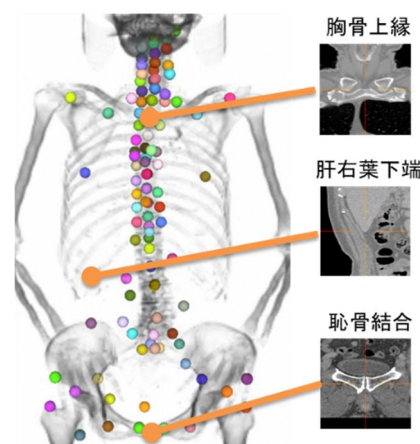


図 2 解剖学的ランドマーク

## 3. 研究の方法

### (a) LM データセットを用いた事前学習 DCNN の学習

LM の CT 画像データセットを用いて、病変認識に転移学習する前の事前学習 DCNN の学習法について検討する。DCNN の入力には医用画像上の 3D パッチ領域の画素値ベクトルを用い、事前学習では(ALM 数+1)クラスの ALM 認識処理を行う DCNN を学習する。

ここでは、できるだけ高性能な ALM 認識性能をもつ事前学習 DCNN を得ることを目標にする。理由は、事前学習 CNN の性能が最終的な CNN の性能に大きく影響するためである。CNN のハイパーパラメータ(パッチサイズや、中間層数などネットワーク構造のパラメータなど)について複数種類を試行し、できるだけ高い ALM 認識性能をもつ CNN を得る。

#### (b) 脳動脈瘤認識 CNN への転移学習に関する基礎検討

上記計画(a)にて得られた事前学習 CNN から、転移学習で胸部 CT 上肺結節認識用の CNN を取得するための実験的検討を行う。認識タスクは、脳動脈瘤 / 正常脳動脈の 2 クラス分類とする。具体的な検討内容の一つとしては、事前学習に LM データセットを用いた場合と、一般画像データセット (CIFER-10) を用いた場合との、CNN の比較がある。CNN を純粋な特徴量抽出器と見なし、最終層に強力な 2 クラス識別関数を用いた場合の病変認識性能について実験的に検討する。

### 4 . 研究成果

#### (a) LM データセットを用いた事前学習 CNN の学習

解剖学的ランドマークのデータの前学習に関する検討として、まずは CNN のアーキテクチャに関する検討を行った。様々な実験的検討を重ねた結果、VGG ネットワークに準じた CNN アーキテクチャが安定して良好な LM 認識性能を示すことが分かった。今回、転移学習する目的は医用画像上の微小な病変のため、入力画像サイズの小さい (32×32 pixel サイズ) mini-VGG のアーキテクチャをベースとした LM 認識 CNN を得た。また、LM 認識 CNN の入力画像としては、元の 3 次元画像をそのまま入力するのではなく、2.5 次元画像への変換を行うことで、学習における非最適化パラメータの削減と学習効率の改善ができた。2.5 次元画像への変換とは、3 次元画像から直交する 3 断面を抽出し、それを 3 チャンネルの画像とすることである。

次に、LM 認識 CNN の性能評価を行った。任意の CT 上に存在する 20 クラスのランドマーク分類問題から段階的に認識対象 LM の範囲を拡大させていき、最大 60 クラスの解剖学的ランドマークおよびランドマーク以外の画像データのクラス分類の学習をすることができた。120 例の体幹部 CT 上の局所切り出し画像 (パッチ画像) を用いて CNN の LM 認識精度を検証したところ、94.4%という高い top-one accuracy が得られた。こちらの結果は、本 CNN が病変認識 CNN の事前学習モデルとして有用であること、CT 上の複数種 LM の同時自動検出ツールとしても可用性が高いことを示していると考えられる。

#### (b) 脳動脈瘤認識 CNN への転移学習に関する基礎検討

LM を事前学習した CNN の転移学習に関する検討としては、頭部 MRA 画像上の脳動脈瘤パターンの認識処理への適用を行った。過去に提案済の脳動脈領域の自動抽出法を用いて抽出した血管領域から得た画像パッチデータを用いて、脳動脈瘤パッチか正常結血管パッチかを認識する処理を転移学習した。

LM 事前学習 CNN (LM-CNN) と自然画像の CIFER データで事前学習した CNN (CIFER-CNN) をそれぞれ画像特徴量抽出器として用いた時、得られる特徴量の脳動脈瘤認識性能を比較検証した。病変認識実験の際は、150 症例の頭部 MRA 画像を用いた。AdaBoost による識別器アンサンブルの学習 (100 例) とその性能評価 (50 例) を行った結果、LM-CNN 由来の特徴量に脳動脈瘤認識に極めて効果的な少数の特徴量を含んでいることが分かった。具体的には、識別器アンサンブルに含まれる識別器数が少ないとき、LM-CNN 由来の特徴量を用いた識別器アンサンブルの方が、CIFER-CNN 由来の特徴量を用いた識別器アンサンブルに比べて ROC 曲線の下面積で約 10%高いことが分かった。このことから、医用画像を事前学習することによる、医用画像解析への一定の有用性を示した (図 3)。一方で、弱識別機数を増やすことで 2 つの識別機アンサンブルの性能間に有意な差が見られなくなった。これは、LM - CNN よりも CIFER - CNN の方が大量の学習用画像を用いて十分な学習ができており、画像認識における汎用的な特徴量が多く抽出できていることを示唆する結果と考える。

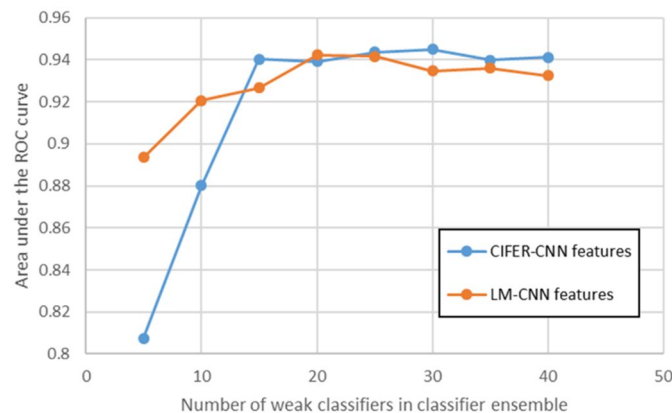


図 3 2 種類の識別機アンサンブルの認識性能：弱識別器数と ROC 下面積 (AUC) の関係

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 0件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 根本 充貴	4. 巻 35
2. 論文標題 頭部コンピューター支援診断におけるディープラーニング	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Medical Imaging Technology	6. 最初と最後の頁 200 ~ 205
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） <a href="https://doi.org/10.11409/mit.35.200">https://doi.org/10.11409/mit.35.200</a>	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計6件（うち招待講演 2件/うち国際学会 2件）

1. 発表者名 根本 充貴
2. 発表標題 人工知能・機械学習による画像診断支援： 画像診断支援のいまを知る
3. 学会等名 第40回 ソニックCTカンファレンス（招待講演）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 M Nemoto, Y Yamato, Y Kimura, S Hanaoka, N Hayashi
2. 発表標題 A pilot study to classify multiple anatomical landmarks in CT by deep convolutional neural network
3. 学会等名 CARS 2019 Computer Assisted Radiology and Surgery（国際学会）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 根本 充貴, 山戸祐樹, 木村裕一, 花岡昇平, 林直人
2. 発表標題 畳み込みニューラルネットワーク転移学習による解剖学的ランドマーク自動認識の初期検討
3. 学会等名 第3回人工知能応用医用画像研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 根本充貴, 渡辺翔吾, 木村裕一, 花岡昇平, 野村行弘, 吉川健啓, 林直人
2. 発表標題 Convolutional neural networkを用いた解剖学的ランドマークの自動検出に関する初期検討
3. 学会等名 電子情報通信学会・医用画像研究会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 M Nemoto
2. 発表標題 A pilot study for transferring deep convolutional neural network pre-trained by local anatomical structures to computer-aided detection
3. 学会等名 CARS 2020 Computer Assisted Radiology and Surgery (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 根本充貴
2. 発表標題 画像診断支援システムにおける人工知能・機械学習の応用について
3. 学会等名 第117回日本医学物理学学会学術大会 (招待講演)
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------	---------------------------	-----------------------	----