

令和 5 年 6 月 22 日現在

機関番号：32633

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2018～2022

課題番号：18K07693

研究課題名（和文）人工知能技術を利用した肺結節の体積倍加時間変化の機序の解明に関する研究

研究課題名（英文）Analysis for volume doubling time mechanism of lung nodules by using artificial intelligence technique

研究代表者

松迫 正樹（MATSUSAKO, Masaki）

聖路加国際大学・聖路加国際病院・医長

研究者番号：90209528

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,300,000円

研究成果の概要（和文）：本研究の目的は、肺がんが疑われる結節に関して、その成長の予測と良悪性判定を、胸部CT画像から得られる結節状陰影の画像特徴から実現することである。結節の成長速度の指標は、腫瘍倍加時間（Volume Doubling Time：VDT）がよく用いられる。したがって、VDTと関連がある画像特徴量を深層学習を用いて抽出することを目的とした。また、画像特徴から結節の良悪性を判定するために、畳み込みニューラルネットワークを利用したAutoEncoderを用いて解析を行い、その良悪性鑑別に関する可能性を明らかにする。

研究成果の学術的意義や社会的意義

肺がんの早期発見は、結節状陰影の検出とその悪性度の予測が重要である。これは医師の高度な経験に基づいて行われる操作であるが、その定量解析を医師の見地から実現し、深層学習を用いて不偏的な画像特徴量を抽出する方法を明らかにした内容である。データベースの拡充が世界的な課題である中、本研究者のみが構築できた世界で唯一といえるデータベースを新たに構築し、定量画像解析が結節状陰影の鑑別に有益であると結論づけた有意義な内容である。

研究成果の概要（英文）：The purpose of this study was to predict the growth of nodules suspected of being lung cancer and to determine whether they would be benign or malignant based on the image features of nodule obtained from chest CT images. Volume Doubling Time (VDT) is often used as a measure of nodule growth rate. Therefore, we aimed to extract image features related to VDT using deep learning. In order to determine whether a nodule was benign or malignant from the image features, we analyzed the features using AutoEncoder, a convolutional neural network, to identify the possibility of differentiating between benign and malignant nodules.

研究分野：放射線医学

キーワード：肺癌 深層学習

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

令和元年の統計では、肺がんによる死亡者数は男性 53,338 人 (第 1 位)、女性 22,056 人 (第 2 位) であった。肺がんの罹患率は年々増加傾向にあり、今後も高齢化に伴い増加していくことが予想される。肺がんのがん細胞が直径 1cm になるには 10 年から 15 年程かかるといわれ、1cm を超えると成長速度が急激に増加する傾向があるといわれており、肺がんの成長速度の推定が治療方針の決定や患者の予後予測において重要となる。肺がんは特に早期の発見と治療開始が予後に直結するため、できるだけ早期に悪性を推定し、経年変化の中で起こるわずかな変化を定量的に評価する手法の開発が望まれている。

2. 研究の目的

本研究の目的は、肺がんが疑われる結節に関して、その成長の予測と良悪性判定を、胸部 CT 画像から得られる結節状陰影の画像特徴から実現することである。結節の成長速度の指標は、腫瘍倍加時間 (Volume Doubling Time: VDT) がよく用いられる。したがって、VDT と関連がある画像特徴量を深層学習を用いて抽出することを目的とした。また、画像特徴から結節の良悪性を判定するために、畳み込みニューラルネットワークを利用した AutoEncoder を用いて解析を行い、その良悪性鑑別に関する可能性を明らかにすることとした。

3. 研究の方法

VDT と関連がある画像特徴を抽出するために、まずは畳み込みニューラルネットワークで抽出する画像特徴が、VDT の値と関連があるかを調査した。深層学習モデルの学習は、画像枚数や学習回数を適宜変更して、様々な条件で実施した。そのために、悪性であるとされた 32 症例の結節に関して、画像を入力として VDT を出力する深層学習ネットワークを構築し、その出力を正解と比較した。

図 1 は用いる画像とネットワークの例である。入力画像は $64 \times 64 \times 64$ 画素で 3 次元的に切り出された結節領域である。4 分割交差検証によってネットワークの学習と評価を行った。

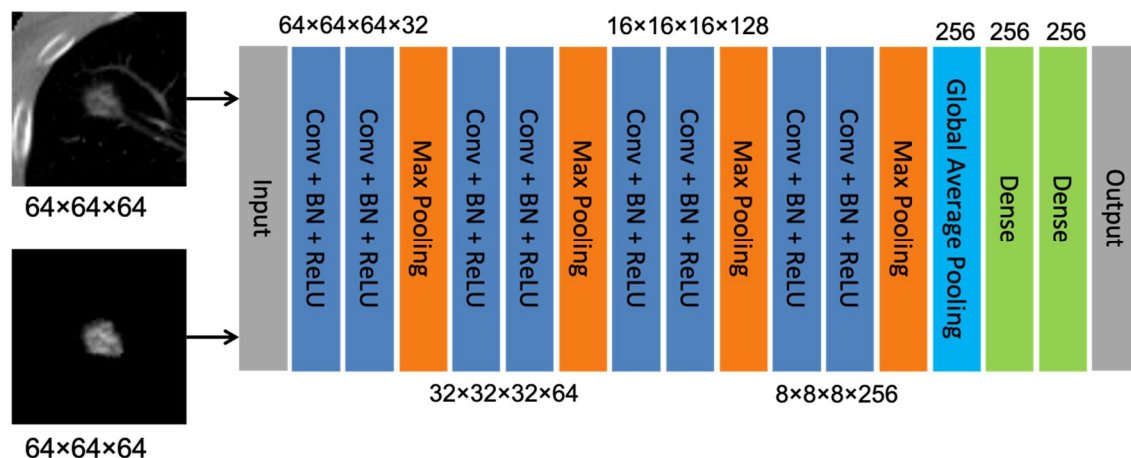


図 1 用いる畳み込みニューラルネットワークの構造と入力画像の例

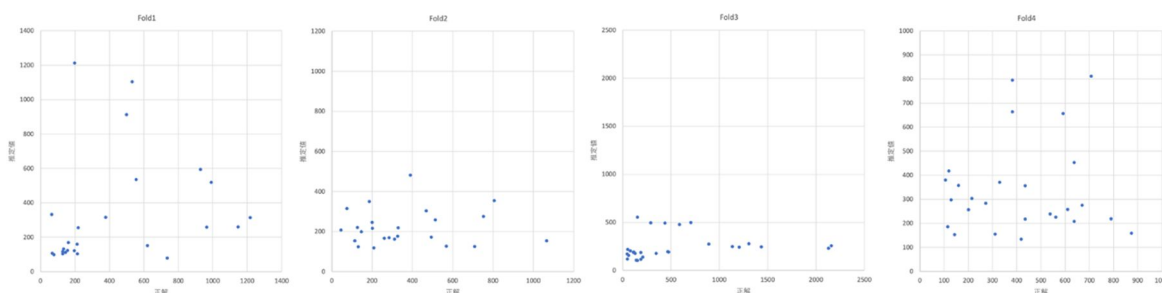


図 2 4 分割交差検証による VDT の推定結果 (横軸: 真値、縦軸: 推定値)

図 2 はその推定結果の分布である。交差検証におけるそれぞれの真値との差の平均は 289 日、218 日、400 日、235 日であった。高い精度で推定できた結節も存在し、画像特徴量と VDT の関係は認められた。

この結果を踏まえて、畳み込み型 AutoEncoder を用いて画像特徴量を抽出し、得られる画像特

徴から結節の良悪性鑑別を行った。図3は用いた AutoEncoder の構造である。得られた画像特徴量を、サポートベクターマシン (Support Vector Machine:SVM), ランダムフォレスト (Random Forest : RF) に入力し、良悪性鑑別の精度を ROC 解析によって評価した。その結果, SVM と RF から得られた良悪性鑑別に関する ROC 曲線下面積 (AUC) は、それぞれ 0.95 と 0.92 であった。

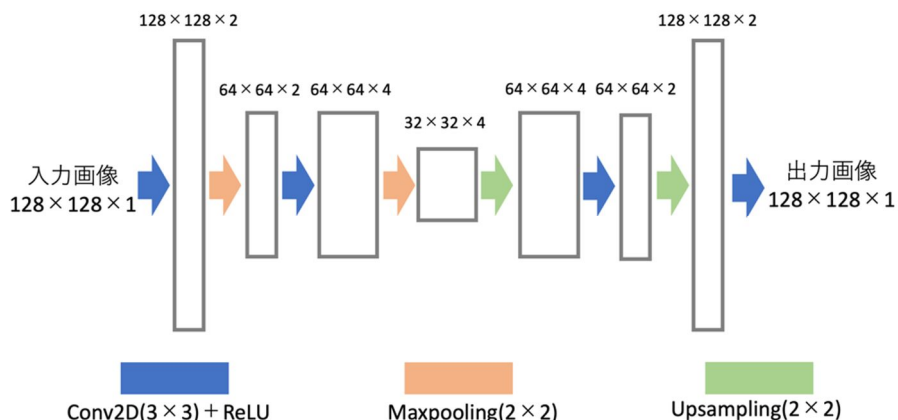


図3 画像特徴量の抽出に用いた AutoEncoder 型畳み込みニューラルネットワークの例

4. 研究成果

深層学習を用いて胸部 CT 画像から抽出する画像特徴は、結節の成長や良悪性鑑別に関連する画像特徴量として利用できる可能性が示された。これらの画像特徴量は、機械学習によって定量的に抽出される値であるため、抽出の方法論が確立できたといえる。一方で、画像データの不足が顕著であり、特に VDT の計算は、同じ結節に関して少なくとも 2 回の精密な体積計測が必要であるため、そのデータの拡充および定量的な体積計測方法に関する方法論の確立が重要である。なお、VDT と良悪性の関係および VDT の変化の研究成果は、国際論文誌への投稿を完了した。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計11件（うち査読付論文 4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 原 武史、松迫 正樹	4. 巻 39
2. 論文標題 深層学習による画像認識入門(3) 自己符号化器と異常検知	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Medical Imaging Technology	6. 最初と最後の頁 189~194
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.11409/mit.39.189	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 -
1. 著者名 深谷航生, 原 武史, 野崎太希, 松迫正樹, 片渕哲朗, 周 向荣, 藤田広志	4. 巻 MI2021-87
2. 論文標題 弱教師あり深層学習を用いたMR画像におけるびまん性を含む血管病変の領域の自動抽出	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 電子情報通信学会技術報告	6. 最初と最後の頁 186-187
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	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 -
1. 著者名 相原拓実, 松迫正樹, 原 武史, 野崎太希, 片渕哲朗, 伊藤 哲, 加藤正也, 周 向荣, 藤田広志	4. 巻 MI2021-9
2. 論文標題 畳み込みニューラルネットワークと統計学的画像を用いたPET/CT画像からの悪性腫瘍の自動検出	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 電子情報通信学会技術報告	6. 最初と最後の頁 1-6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	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 -
1. 著者名 Yamada Daisuke, Murakami Manabu, Matsusako Masaki, Tamura Tomohide, Kurihara Yasuyuki	4. 巻 203
2. 論文標題 Pulmonary Tumor Thrombotic Microangiopathy Appearance on Dual-Energy Computed Tomography	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine	6. 最初と最後の頁 759~760
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1164/rccm.202004-09071M	査読の有無 有
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 -

1. 著者名 Yamada Daisuke, Ohde Sachiko, Imai Ryosuke, Ikejima Kengo, Matsusako Masaki, Kurihara Yasuyuki	4. 巻 22
2. 論文標題 Visual classification of three computed tomography lung patterns to predict prognosis of COVID-19: a retrospective study	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 BMC Pulmonary Medicine	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1186/s12890-021-01813-y	査読の有無 有
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 -

1. 著者名 羽賀愛美, 原武史, 伊藤哲, 加藤正也, 松迫正樹, 周向栄, 片淵哲朗, 藤田広志	4. 巻 IEICE-119
2. 論文標題 PET/CT画像および統計的画像を用いた悪性腫瘍の自動抽出法	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 電子情報通信学会技術研究報告	6. 最初と最後の頁 pp.77-81
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	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 -

1. 著者名 稲垣松子, 原武史, 周向栄, 野崎太希, 松迫正樹	4. 巻 IEICE-119
2. 論文標題 胸部CT画像における結節状陰影の増殖過程の指数関数表現による解析	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 電子情報通信学会技術研究報告	6. 最初と最後の頁 pp.67-69
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	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 -

1. 著者名 初内政哉, 原 武史, 片淵哲朗, 松迫正樹, 藤田廣志	4. 巻 IEICE-119
2. 論文標題 深層学習を用いた核医学画像の画質改善手法の検討	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 電子情報通信学会技術研究報告	6. 最初と最後の頁 pp.165-168
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	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 -

1. 著者名 Xiangrong Zhou, Takuya Kojima, Song Wang, Xinxin Zhou, Takeshi Hara, Taiki Nozaki, Masaki Matsusako, Hiroshi Fujita	4. 巻 -
2. 論文標題 Automatic anatomy partitioning of the torso region on CT images by using a deep convolutional network with majority voting	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 SPIE Medical Imaging	6. 最初と最後の頁 印刷中
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
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 -

1. 著者名 青木涼真, 原 武史, 野崎太希, 松迫正樹, 周 向栄, 藤田 広志	4. 巻 M12018
2. 論文標題 深層学習を用いた膝MR画像における軟骨抽出に関して教師データが与える結果の差異	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 電子情報通信学会技術報告	6. 最初と最後の頁 63-64
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	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 -

1. 著者名 Shogo Yokoi, Takeshi Hara, Tetsuro Katafuchi, Masaki Matsusako, Xiangrong Zhou, Hiroshi Fujita	4. 巻 -
2. 論文標題 Quantitative analysis of dopamine transporter imaging using generating MR image from low dose CT image and segmentation by Deep Learning	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 International Forum on Medical Imaging in Asia (IFMIA) 2019	6. 最初と最後の頁 印刷中
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
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20件 (うち招待講演 2件 / うち国際学会 1件)

1. 発表者名 加賀谷祐太郎, 原 武史, 周 向栄, 野崎太希, 松迫正樹, 古瀬 司, 藤田広志
2. 発表標題 COVID-19肺炎の異常検知のための教師なし学習を用いた画像特徴空間の可視化
3. 学会等名 第13回呼吸機能イメージング研究会学術集会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 深谷航生, 原 武史, 野崎太希, 松迫正樹, 片淵哲朗, 周 向栄, 藤田広志
2. 発表標題 弱教師あり深層学習を用いたMR画像におけるびまん性を含む血管病変の領域の自動抽出
3. 学会等名 電子情報通信学会医用画像研究会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 相原拓実, 松迫正樹, 原 武史, 野崎太希, 片淵哲朗, 伊藤 哲, 加藤正也, 周 向栄, 藤田広志
2. 発表標題 畳み込みニューラルネットワークと統計学的画像を用いたPET/CT画像からの悪性腫瘍の自動検出
3. 学会等名 電子情報通信学会医用画像研究会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 松迫正樹
2. 発表標題 COVID-19肺炎の影響と今後の展開 COVID-19肺炎 画像診断のポイント
3. 学会等名 日本医学放射線学会秋季臨床大会 (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 山田 大輔, 松迫 正樹, 向井 紀代子, 池島 健吾, 今井 亮介, 小山田 亮佑, 富島 裕, 栗原 泰之
2. 発表標題 Dual-energy CTが診断の一助となったIVLBCLの1例
3. 学会等名 日本医学放射線学会秋季臨床大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 池島 健吾, 松迫 正樹, 山田 大輔, 村上 学, 伊藤 礼子, 鹿股 直樹, 栗原 泰之
2. 発表標題 緩徐に進行した気道内のMALT lymphomaの一例
3. 学会等名 日本医学放射線学会秋季臨床大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 田中優多, 原 武史, 周 向荣, 野崎太希, 松迫正樹
2. 発表標題 胸部CT画像における結節状陰影からのAutoEncoderを用いた特徴抽出
3. 学会等名 電子情報通信学会・医用画像研究会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 T. Maeda, M. Haga, T. Hara, T. Katafuchi, X. Zhou, M. Matsusako, S. Ito, M. Kato, A. Yamada, H. Fujita
2. 発表標題 Computer-aided detection of cancer on PET/CT images based on anomaly detection using GAN-based deep learning
3. 学会等名 European association of nuclear medicine 2020 Virtual Congress
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 松迫正樹
2. 発表標題 COVID-19肺炎 ~ 発症の成り立ちと画像診断のポイント ~
3. 学会等名 電子情報通信学会・医用画像研究会 (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 羽賀愛美, 原武史, 伊藤哲, 加藤正也, 松迫正樹, 周向栄, 片淵哲朗, 藤田広志
2. 発表標題 PET/CT画像および統計画像を用いた悪性腫瘍の自動抽出法
3. 学会等名 電子情報通信学会 医用画像研究会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 稲垣松子, 原武史, 周向栄, 野崎太希, 松迫正樹
2. 発表標題 胸部CT画像における結節状陰影の成長過程の指数関数表現による解析
3. 学会等名 電子情報通信学会 医用画像研究会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 粕内政哉, 原 武史, 片淵哲朗, 松迫正樹, 藤田廣志
2. 発表標題 深層学習を用いた核医学画像の画質改善手法の検討
3. 学会等名 電子情報通信学会 医用画像研究会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 稲垣松子, 原武史, 周向栄, 野崎太希, 松迫正樹
2. 発表標題 胸部CT画像における結節状陰影の成長速度の解析
3. 学会等名 日本生体医工学会東海支部大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 深谷 航生, 原 武史, 周 向栄, 野崎 太希, 松迫 正樹, 藤田 広志
2. 発表標題 深層学習を用いた膝MR画像における軟骨領域の自動抽出
3. 学会等名 電子情報通信学会 医用画像研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Xiangrong Zhou, Takuya Kojima, Song Wang, Xinxin Zhou, Takeshi Hara, Taiki Nozaki, Masaki Matsusako, Hiroshi Fujita
2. 発表標題 Automatic anatomy partitioning of the torso region on CT images by using a deep convolutional network with majority voting
3. 学会等名 SPIE Medical Imaging (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 青木涼真, 原 武史, 野崎太希, 松迫正樹, 周 向栄, 藤田 広志
2. 発表標題 深層学習を用いた膝MR画像における軟骨抽出に関して教師データが与える結果の差異
3. 学会等名 電子情報通信学会 医用画像研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 横井翔伍, 原 武史, 片渕哲朗, 松迫正樹, 周 向栄, 藤田広志
2. 発表標題 ドバミントランスポートイメージングにおける脳SPECT/CT像と脳MR像の画像融合と深層学習による領域分割技術に基づく定量解析
3. 学会等名 日本核医学技術学会総会学術大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 横井翔伍, 原 武史, 片淵哲朗, 松迫正樹, 周 向栄, 藤田広志
2. 発表標題 深層学習による頭部低線量CT像からのMR像の生成
3. 学会等名 医用画像認知研究会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 横井翔伍, 原 武史, 片淵哲朗, 松迫正樹, 周 向栄, 藤田広志
2. 発表標題 脳SPECT像と脳MR像の画像融合及び2D-FCNによる領域分割を用いたドパミントランスポーターイメージングの定量解析
3. 学会等名 人工知能応用医用画像研究会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Automatic Segmentation of Tumors Using Z-score Image and Development of System for Cancer Therapy and Dose Measurement
2. 発表標題 Manami HAGA, Takeshi HARA, Satoshi ITO, Masaya KATO, Masaki MATSUSAKO, Xiangrong ZHOU, Tetsuro KATAFUCHI, Hiroshi FUJITA
3. 学会等名 日本医用画像工学会
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔出願〕 計1件

産業財産権の名称 頭部CT検査用ゴーグル及び頭部CT検査方法	発明者 野崎太希, 松迫正樹	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、特願2018-176501	出願年 2018年	国内・外国の別 国内

〔取得〕 計0件

〔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
研究 分 担 者	原 武史 (HARA Takeshi) (10283285)	岐阜大学・工学部・教授 (13701)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計2件

国際研究集会 SPIE Medical Imaging	開催年 2019年～2019年
国際研究集会 北米放射線学会	開催年 2018年～2018年

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関