

検診結果に基づく深層学習による予測システムの開発と ひろしま健康長寿ネットワークの構築 (162308002)

Development of prediction system based on comprehensive medical examination result
and Its application to Hiroshima Health and Longevity Network

研究代表者

市村 匠 県立広島大学

Takumi Ichimura Prefectural University of Hiroshima

研究分担者

田村 慶一[†] 原田 俊英^{††} 飯田 忠行^{††}

Keiichi Tamura[†] Toshihide Harada^{††} Tadayuki Iida^{††}

[†]広島市立大学 ^{††}県立広島大学

[†]Prefectural University of Hiroshima ^{††}Prefectural University of Hiroshima

研究期間 平成 28 年度～平成 29 年度

概要

本研究課題では、深層学習(Deep Learning)による理論的な学習手法を開発するとともに、検診機関、診療所と連携し、血液検査や問診データ、医療画像等から構成されるマルチモーダルな医療検診データから、医療に当たる医師の診断を支援する医療診断支援システム構築した。そのために、深層学習手法として、構造適応型深層学習法を開発し、医療マルチモーダルデータに適用し、クラスタリング手法の開発を行った。さらに、学習後の深層学習からの知識獲得を行った。また、単なる画像診断だけではなく、リカレントニューラルネットワークの考えを用い、N 年経年変化の予測システムの開発を行った。開発した手法は、画像・時系列ベンチマークテストに対し、高い分類精度を示すことができた。開発したシステムを広島県の複数の病院に導入し、継続的に検査データの経年変化をモニタリングすることで日常的な健康管理を行い、N 年経年変化の予測の正答率の向上を行った。

1. まえがき

近年、日本人の生活習慣の変化や高齢者の増加により、生活習慣病による死亡のリスクが高まっている。広島県では、メタリックシンドロームの早期発見と予防を目的とした特定健康診査における受診率が全国平均と比べて低い。また中山間地や島しょ部の診療所では、検診結果を通信によって受信しているが、専門医が不足しているため、疾病の判定が困難である。継続的な検診、精細な診断ができれば、改善によって生活習慣病予防や疾病の予防につながるだけでなく、患者自身により健康管理が実現できる。

このような検診率の向上及び専門医不足に関する課題を解決するために、本研究課題では、問診・血液検査結果などの数値データや自然言語、レントゲン、MRI、CTなどの画像をもとに、独自に開発した深層学習アルゴリズムを用いて生活習慣やがん検診の判定を医師に提示する予測システムを開発した。医師は提示された判定結果とその他の情報を総合的に判定することが可能となる。また、継続的な検診により、継続的に経年変化をモニタリングすることが可能となり、N 年経年変化を予測する機能として、リカレント型深層学習アルゴリズムを開発した。広島県中山間地・島しょ部における診療所の複数の病院で検査データを収集し実証実験を行った。血液検査結果の関連や特定検診の結果を深層学習結果と比較し、偽陰性の可能性について調査した。

2. 研究開発内容及び成果

本研究では、下記の①～⑥に関する研究開発を実施した。

①構造適応型 Deep Learning の学習手法の開発

Deep Belief Network (DBN)は、深層学習の代表的な手法の一つで、事前学習を行った複数の Restricted Boltzmann Machine (RBM)を階層的に組み合わせることで、入力データの様々な特徴を表現することができる学

習法である。ところが、高い分類精度を持ったネットワークの構築には、入力データに応じて適切な隠れニューロン数及び隠れ層数を定める必要があるが、一般にこれらは試行錯誤的に調整されている。本研究ではこの問題を解決するために、入力データに応じて自動で最適構造を求める構造適応型学習法を開発した(図 1)。

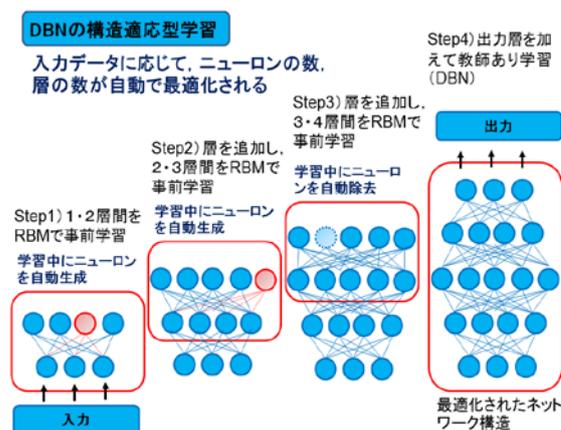


図 1: 構造適応型 DBN

開発した構造適応型学習法は画像ベンチマークテスト CIFAR-10、CIFAR-100 の未知なデータに対してそれぞれ 97.4%、84.5% の分類精度を達成し、他の手法(AlexNet、ResNet)よりも精度が高い。さらに、胸部 X 線の画像ベンチマークテストである ChestX-ray8(CXR8)にも本手法を適用した結果、本手法は、8 種類の疾病に対して 99% 以上の分類精度を示し、他の深層学習手法よりも大幅に良い学習結果が得られた。

②医療マルチモーダルデータのクラスタリング並列システムにおけるクラスタリングと RBM 学習法の開発

①の構造適応型学習法に適用するデータの取り扱い方

法において、医療検診マルチモーダルデータを高速に学習する手法を提案した。①の学習中の信号の流れから画像とその他の検診データの関連性を探索しながら最適に並び替えて配置する。提案手法は、広島県環境保健協会提供データの検診データやその他のマルチモーダルデータに対し適用して、分類精度を維持したまま、約 30%学習時間を削減することに成功した。

さらに、マルチモーダルデータ学習法によって生成された Deep Learning の構造とニューロンの活性化状態やパラメタをもとにユニットのクラスタリングを行う手法を開発した。これらのクラスタリング結果から、クラスを分類するためのユニット群を発見するに至った。

一方、医療マルチモーダルデータのクラスタリング手法を開発した。セルベースの DBSCAN アルゴリズムにおいて、データ空間を複数の領域に分割し、各領域においてマルチコア CPU によるクラスタリング処理を行い、並列計算による計算速度の高速化を実現した。

③Deep Learning から知識獲得法の開発

①の手法の学習後ネットワーク構造から知識獲得手法を開発した。ここでは、得られたパターンから、誤った出力を生じる信号の流れを発見し、正しく出力するように信号の流れを変換(調整)する Fine Tuning 法を開発した。広島県環境保健協会の過去検診データに対し、①の手法は 95.5% の分類精度を示したが、③の Fine Tuning 法により、その分類精度は 97.6%に向上した。

④構造適応型リカレント Deep Learning の構築

患者の経年変化を捉えた生存率の推定のために、時系列データに対する Deep Learning 学習アルゴリズムを開発した。時系列データのベンチマークテストを用いて開発した手法の性能を評価したところ、従来のモデルと比較して、優れた精度を示すことができた。また、学習中に学習係数を自動で調整する方法を開発し、N 年経年変化の予測システムを開発した。このシステムを広島県環境保健協会の検診データ 4 年分に適用して評価したところ、4 年目の状態を 90%以上の精度で予測できた。

⑤医療診断支援システムのプロトタイプ開発とその評価

①～④の手法による推論結果及び検査結果をタブレット端末上で表示する医療診断支援システムのプロトタイプを開発した。図 2 は開発したシステムの出力画面である。



図 2: 医療診断支援システムの出力画面(Android)

⑥病院と連携した医療診断支援ネットワークの構築

①～⑤で開発したシステムを用いて、広島県の医療機関と協働し、実証実験を行った。タブレット端末を通じてシステムの検査結果を送受信できる体制を構築した。収集されたデータを用いた分析した結果、血液検査項目の中で、癌に関連があると考えられる項目の特徴がいくつか見られた。これらの結果は、専門的には癌の判定にはそのまま使用できないが、今後の経過観察において注意すべき特徴であり、癌の早期発見に至る可能性のある知見が得られた。

3. 今後の研究開発成果の展開及び波及効果創出への取り組み

広島県の複数の医療機関、島しょ部の検査機関等に開発したシステムを導入し、検査データの収集を行いながら継続的なシステムの運用を行い、健康寿命を増加させるための日常的な健康管理を行うことが必要である。システムを通じて患者がデータに基づいた健康管理を自ら行う重要性を認識できるようになれば、健康管理に必要な検診の受診につながることを期待できる。また、専門医不足の問題が指摘されているにシステムを導入し、医師がシステムを利用することで、初期対応の迅速化が高まることを期待できる。県立広島大学では、包括連携協定を締結している広島県環境保健協会と協働し、実用化を検討している。

4. むすび

本研究課題では、深層学習やクラスタリング手法による理論的な学習手法を開発し、検診機関、診療所と連携し、血液検査や問診データ、医療画像等から構成されるマルチモーダルな医療検診データから、医療に当たる医師の診断を支援する医療診断支援システム構築した。今後は、システムの実用化を検討する。

【誌上发表リスト】

- [1] 鎌田真, 市村匠, “リカレント構造適応型 Deep Belief Network による時系列データの学習”, 計測自動制御学会論文集, Vol.54, No.5, pp.628-639 (2018 年 8 月)
- [2] S.Kamada, T.Ichimura, et al., “Adaptive Structure Learning Method of Deep Belief Network using Neuron Generation-Annihilation and Layer Generation”, Neural Computing and Applications, pp.1-15(July 2018)
- [3] K.Tamura and T.Ichimura, “Classifying of Time Series using Local Sequence Alignment and Its Performance Evaluation”, IAENG International Journal of Computer Science, Vol.44, No.4, pp.462-470 (November 2017)

【申請特許リスト】

- [1] 市村匠, 鎌田真, 「深層学習自動学習システム、クライアント装置およびサーバ装置」、特願 2017-93205、日本、2017 年 5 月 9 日
- [2] 市村匠, 鎌田真, 「異種データ深層学習装置、異種データ深層学習方法、および異種データ深層学習プログラム」、特願 2017-200830、日本、2017 年 10 月 17 日

【受賞リスト】

- [1] 鎌田真, 市村匠, 丸山壘, 「FAN2017 優秀論文賞」、「ReLU 関数を用いた構造適応型 Deep Belief Network の分類精度向上の検討」、第 27 回 インテリジェント・システム・シンポジウム (2018 年 11 月 7 日)
- [2] 市村匠, 「Industry-University Collaboration Workshop Best Poster Presentation Award」、「Adaptive Structural Learning of Deep Belief Network for Comprehensive Medical Examination Data」、県立広島大学第 2 回国際産学連携交流会 (2018 年 2 月 9 日)
- [3] K.Tamura, T.Ichimura, 「Best Paper Award」、「MHSAX-based Time Series Classification using Local Sequence Alignment Technique」、(2017 年 5 月 25 日)