

題目：胸部 CT 画像からの経時的変化検出のための画像位置合わせ法に関する研究  
氏名：三宅 徳朗

現在、世界の死因において癌は上位に位置しており、全体として癌の発生と死亡者数は増加している。特に肺癌は世界の癌のなかでも死亡の主な原因であり、この問題を改善するため、肺癌検査の機会が増加している。肺癌検査では早期発見と経過観察が重要になるが、肺癌初期の微妙な病変はコントラストが低い傾向にあり、単純 X 線を始めとする一部の機器では未検出が発生することも多い。この問題に対し、様々な医用画像機器の発展により、これらの装置の高性能化が図られ、画像診断は医療に欠かせないものとなっている。特に、CT (Computed Tomography) は高精細な画像を短時間で取得できるようになり、検出の面で効率化が図られた。しかし、患者一人当たりの画像枚数が膨大化する問題があり、多くの被験者の画像を読む読影医師への負担も大きくなっている。そこで医用画像診断の分野では、診断の精度と効率の向上、読影負担の軽減、診断精度のバラツキの低減等を目的とした CAD (Computer Aided Diagnosis) が注目されている。CAD とは、計算機を用いて医用画像に画像処理や解析を行うことにより、計算機の処理結果を医師が「第 2 の意見」として利用する診断のことを指す。近年、様々な画像処理技術を駆使した CAD システムの開発が行われてきたが、性能の面で改善が求められている。臨床現場において、これらの CAD システムを効率的に利用することにより、疾病の早期発見や早期診断・治療を目指し、QOL (Quality of Life) の向上を目的とした、さらなるシステムの改善や新システムの開発が必要である。

このような背景から本論文では、CAD 技術である、肺癌検出のための胸部 CT 画像の経時的差分像技術の確立を目的とし、同一被験者の現在画像と過去画像間のレジストレーション手法の開発および深層ニューラルネットワークによる新しい経時的差分画像の生成法を開発し、その有用性について報告する。具体的には、胸部 CT 画像を対象として、構造情報である GGVF (Generalized Gradient Vector Flow) 集中度の正規化相互相関値を画像類似度の指標としたレジストレーション法、および局所領域内に限定した有限要素法を用いたレジストレーション法を提案する。提案手法は、肺野内に多く存在する、細長い形状を持っている血管影や気管支壁などの正常組織に対し、細部の凹凸の検出に有効な GGVF 集中度による構造情報を用いることにより、正確な位置合わせを行うことができることを確認した。さらに、有限要素法の特徴である、濃度や構造に加えて空間全体を柔軟に変形できる特性により、高精度なレジストレーションが実現できた。これらにより、提案手法は経時的差分画像上のアーチファクトの低減を実現し、病変部がどこにあるかが分かりやすく、読影に役立つ画像が生成できることを確認した。

しかし、実験結果から良好な精度が得られたものの、精度向上のためにさらなる改善が必要である。また、昨今、CAD を含む、多くの研究分野で深層ニューラルネットワークを用いた技術が爆発的に増加しており、病変部検出、位置合わせ、セグメンテーション、外科手術などのナビゲーションなど、あらゆる CAD において深層ニューラルネットワークを用いた技術報告が急増している。そこで、本論文においても、胸部 CT 画像のための経時的差分像技術のさらなる発展のため、3D 画像をパッチに分割し、パッチごとに深層ニューラルネットワークモデルである ResidualVoxelMorph を適用する経時的差分像の生成法を提案する。実験結果から提案手法は、従来の深層ニュー

ラルネットワークと比較して、良好な画質の経時的差分画像が生成できることを確認した。しかしながら、学習データセットが小規模であったため、未だ経時的差分画像上のアーチファクトは残存しており、今後、大規模な学習データセットを用いたうえで、深層ニューラルネットワークモデルの改良、損失関数の改良等を図り、アーチファクトの低減を試みる必要がある。そのために今後、研究報告と並行して、医用画像のビッグデータの収集方法および実用化に向けての産学官の連携を進める予定である。

本論文での成果により、胸部 CT 画像に対する経時的差分技術の開発を通じた、様々な診断支援技術への発展が可能である。例えば、本論文にて開発した手法は、胸部 CT 画像だけでなく、腹部または頭部 CT 画像などの肺野領域以外の臓器への応用も期待できる。具体的には、造影剤使用時の各造影時相間の画像解析へ応用などである。また、近年、モダリティの発展により、三次元動画画像の取得も可能となりつつある中、本論文にて開発した手法は、肺野、心臓など、動きを伴う臓器に対する画像からの、動体解析への応用も考えられる。そして、単純 X 線画像、MRI 画像や PET 画像などの多モダリティに対する画像処理技術への応用も可能である。さらに、画像診断以外にも手術計画などへの応用も考えられる、それらの技術への応用に向けた開発を進める予定である。