

Title	深層学習を用いた画像処理技術による医用画像の高解像度化
Author(s)	梅原, 健輔
Citation	大阪大学, 2018, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/69475
rights	
Note	やむを得ない事由があると学位審査研究科が承認したため、全文に代えてその内容の要約を公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉 大阪大学の博士論文について 〈/a〉 をご参照ください。

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

論文内容の要旨

氏名 (梅原 健輔)

論文題名 深層学習を用いた画像処理技術による医用画像の高解像度化

論文内容の要旨

医用画像の高解像度イメージングは、近年の医療用高解像度モニタの実用化に伴って、より正確な放射線画像診断への寄与が期待され、その導入が望まれている。医用画像の高解像度化には、ハードウェアレベルとソフトウェアレベルによるアプローチがあるが、前者は開発や導入コストの問題から高解像度撮像が可能な装置の普及は現時点では困難である。後者で現在、広く用いられている手法として拡大補間法があるが、ジャギーや過度な平滑化、リング等々の種々のアーチファクトの発生が問題となっているため、診断能に影響を及ぼす可能性がある医用画像においては、より高画質化が可能な拡大補間法の代替となり得る新たな画像処理技術の導入が望まれている。本論文は、近年注目を浴びている深層学習 (Deep Learning) を用いた画像処理技術による医用画像の高解像度化に関する研究結果についてまとめたものである。

本論文は、「第1章 緒論」、「第2章 深層学習を用いた画像処理技術」、「第3章 胸部X線画像における超解像度畳み込みニューラルネットワークの有用性」、「第4章 乳房X線画像に対する超解像度畳み込みニューラルネットワークの適用と評価」、「第5章 超解像度畳み込みニューラルネットワークによる胸部高解像度CT画像の再構成」および「第6章 総括」により構成される。

第1章では、医用画像における高解像度化の重要性について述べ、高解像度化に際して現在、一般的に使用されている拡大補間法の概要とその問題点、および拡大補間法で生じる偽像を抑制することで高精細な画像を生成する超解像技術について述べ、本研究の目的と意義を明らかにしている。

第2章では、深層学習について概説し、本論文の主テーマである深層学習を用いた画像処理技術である超解像度畳み込みニューラルネットワーク (Super-Resolution Convolutional Neural Network: SRCNN) の概要を解説している。

第3章では、胸部X線画像を用いてSRCNNを構築し、未学習データである胸部X線画像の結節像に対して適用して劣化一復元系実験を実施し、定量的画質指標の測定と統計学的解析により、拡大補間法と再構成後の画質を比較検討している。SRCNNは、拡大補間法と比較して有意に画質が向上するだけでなく、従来の事例ベース超解像技術と比較して高画質かつ高速処理が実現可能であることを明らかにしている。

第4章では、乳房X線画像を学習に用いてSRCNNを構築し、未学習の乳房X線画像の腫瘍陰影に適用し、拡大補間法と再構成後の画質を比較検討している。SRCNNによって再構成した乳房X線画像の画質は、拡大補間法よりも有意に高値を示すことを明らかにしている。また、臨床的所見の観点からSRCNNによる再構成後の画質を比較検討した結果、乳腺密度に関しては非高濃度乳房群よりも高濃度乳房群が、BI-RADS (Breast Imaging-Reporting and Data System) リスクカテゴリーに関しては低リスク群よりも高リスク群が、組織診による良悪性に関しては良性群よりも悪性群が、それぞれ有意に画質メトリクス値が高値であった。したがって、SRCNNは臨床的所見によって高画質化の程度に差異が生じる特性を有していることを明らかにしている。

第5章では、胸部CT画像を学習に用いてSRCNNを構築し、未学習の胸部CT画像に適用し、拡大補間法と画質および復元精度を定量的画質指標と差分画像により比較検討している。SRCNNによって再構成した胸部CT画像は、拡大補間法よりも画質の点で有意に優れ、かつ高周波成分の復元精度が高いことを明らかにしている。非医用画像と医用画像の2種類の学習画像でのSRCNNによる再構成画像の画質を比較検討した結果、目的画像に類似した画像での学習が更なる高画質化に寄与する可能性があることを明らかにしている。先述の初期的検討を踏まえ、実際の使用局面を想定した仮想的な胸部高解像度CT画像の再構成を行った結果、SRCNNは拡大補間法よりも解剖学的構造の高精細かつ鮮鋭な描出に成功している。加えて、高解像度化を含めた深層学習による画像処理技術を応用した医用画像の仮想イメージングの可能性を述べている。

第6章では、得られた結果および知見をまとめ、本論文を総括している。

本論文では、コンピュータビジョンの領域で提唱された深層学習を用いた画像処理技術であるSRCNNを、医用画像の高解像度化に応用し、その有用性と特性を明らかにした。本研究により得られた知見は、深層学習を用いた画像処理技術による次世代の放射線画像診断への礎になるものと期待される。

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏 名 (梅 原 健 輔)		
	(職)	氏 名
論文審査担当者	主 査	教授 石 田 隆 行
	副 査	教授 小 泉 雅 彦
	副 査	教授 近 江 雅 人

論文審査の結果の要旨

医用画像の高解像度イメージングは、近年の医療用高解像度モニタの実用化に伴って、より正確な放射線画像診断への寄与が期待され、その導入が望まれている。医用画像の高解像度化には、ハードウェアレベルとソフトウェアレベルによるアプローチがあるが、前者は開発や導入コストの問題から高解像度撮像が可能な装置の普及は現時点では困難である。後者で現在、広く用いられている手法として拡大補間法があるが、ジャギーや過度な平滑化、リンギング等の種々のアーチファクトの発生が問題となっているため、診断能に影響を及ぼす可能性がある医用画像においては、より高画質化が可能な拡大補間法の代替となり得る新たな画像処理技術の導入が望まれている。本論文は、近年注目を浴びている深層学習 (Deep Learning) を用いた画像処理技術による医用画像の高解像度化に関する研究結果についてまとめたものである。

本論文は、「第1章 緒論」、「第2章 深層学習を用いた画像処理技術」、「第3章 胸部X線画像における超解像畳み込みニューラルネットワークの有用性」、「第4章 乳房X線画像に対する超解像畳み込みニューラルネットワークの適用と評価」、「第5章 超解像畳み込みニューラルネットワークによる胸部高解像度CT画像の再構成」および「第6章 総括」により構成される。

第1章では、医用画像における高解像度化の重要性について述べ、高解像度化に際して現在、一般的に使用されている拡大補間法の概要とその問題点、および拡大補間法で生じる偽像を抑制することで高精細な画像を生成しうる超解像技術について述べ、本研究の目的と意義を明らかにしている。

第2章では、深層学習について概説し、本論文の主テーマである深層学習を用いた画像処理技術である超解像畳み込みニューラルネットワーク (Super-Resolution Convolutional Neural Network: SRCNN) の概要を解説している。

第3章では、胸部X線画像を用いてSRCNNを構築し、未学習データである胸部X線画像の結節像に対して適用して劣化一復元系実験を実施し、定量的画質指標の測定と統計学的解析により、拡大補間法と再構成後の画質を比較検討している。SRCNNは、拡大補間法と比較して有意に画質が向上するだけでなく、従来の事例ベース超解像技術と比較して高画質かつ高速処理が実現可能であることを明らかにしている。

第4章では、乳房X線画像を学習に用いてSRCNNを構築し、未学習の乳房X線画像の腫瘍陰影に適用し、拡大補間法と再構成後の画質を比較検討している。SRCNNによって再構成した乳房X線画像の画質は、拡大補間法よりも有意に高値を示すことを明らかにしている。また、臨床的所見の観点からSRCNNによる再構成後の画質を比較検討した結果、乳腺密度に関しては非高濃度乳房群よりも高濃度乳房群が、BI-RADS (Breast Imaging-Reporting and Data System) リスクカテゴリーに関しては低リスク群より

も高リスク群が、組織診による良悪性に関しては良性群よりも悪性群が、それぞれ有意に画質メトリクス値が高値であった。したがって、SRCNNは臨床的所見によって高画質化の程度に差異が生じる特性を有していることを明らかにしている。

第5章では、胸部CT画像を学習に用いてSRCNNを構築し、未学習の胸部CT画像に適用し、拡大補間法と画質および復元精度を定量的画質指標と差分画像により比較検討している。SRCNNによって再構成した胸部CT画像は、拡大補間法よりも画質の点で有意に優れ、かつ高周波成分の復元精度が高いことを明らかにしている。非医用画像と医用画像の2種類の学習画像でのSRCNNによる再構成画像の画質を比較検討した結果、目的画像に類似した画像での学習が更なる高画質化に寄与する可能性があることを明らかにしている。先述の初期的検討を踏まえ、実際の使用局面を想定した仮想的な胸部高解像度CT画像の再構成を行った結果、SRCNNは拡大補間法よりも解剖学的構造の高精細かつ鮮鋭な描出に成功している。加えて、高解像度化を含めた深層学習による画像処理技術を応用した医用画像の仮想イメージングの可能性を述べている。

第6章では、得られた結果および知見をまとめ、本論文を総括している。

本論文では、コンピュータビジョンの領域で提唱された深層学習を用いた画像処理技術であるSRCNNを、医用画像の高解像度化に応用し、その有用性と特性を明らかにした。本研究により得られた知見は、深層学習を用いた画像処理技術による次世代の放射線画像診断への礎になるものと期待される。

以上より、本研究は、博士（保健学）に値すると評価した。