



Title	ディープラーニングを用いた歯科治療部位推定システムの構築
Author(s)	西本, 真太郎
Citation	大阪大学, 2025, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/101555
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、大阪大学の博士論文についてをご参照ください。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

論文内容の要旨

氏 名 (西 本 真 太 朗)	
論文題名	ディープラーニングを用いた歯科治療部位推定システムの構築
<p>【研究目的】</p> <p>歯科治療における医療安全を守ることが極めて重要であるにもかかわらず、誤抜歯を含む治療部位誤認は依然として発生している。歯科治療において有害事象の発生を防止する介入策として、外科手術で用いられているチェックリストの導入が挙げられるが、一般歯科の治療対象や診療環境は外科手術の想定とは異なるため、チェックリストの効果は限定的なものと考えられる。</p> <p>さらなる医療安全の向上を図るためには、人間の注意力のみで行う従来の安全対策に依存しない新たな対策が必要であると考え、AIを使用して治療部位を特定することを想起した。本研究では、深層学習を用いてデンタルチェアに設置したカメラで診療風景を撮影した映像データから、現在の治療部位を自動的に特定するシステムを構築し、歯科における医療安全対策としての歯科治療部位推定システムの実効性を検証することを目的とした。</p> <p>【材料・方法】</p> <p>1. 顔面のランドマークに基づく歯科治療部位推定システムの構築</p> <p>1-1. 顔面のランドマーク及びハンドピースのアノテーションと YOLOv9 による検出精度評価</p> <p>撮影された映像から訓練用画像 464枚、検証用画像 144枚、テスト用画像 77枚を用意した。顔面のランドマークとして左右の鼻翼、上口唇、下口唇、オトガイを採用し、治療器具として採用した、歯科用ガス圧式ハンドピースと歯科用電動式ハンドピースと共にアノテーションを行い、YOLOv9の学習と検出精度の評価を行った。評価指標として、IoU (Intersection over Union) が50%の場合の再現率 (Recall)、適合率 (Precision)、F値 (F1-measure)、および平均適合率 (mAP: mean Average Precision) を使用した。</p> <p>1-2. 顔面のランドマークから設定した基準線とハンドピースの位置関係による治療部位の推定</p> <p>顔面のランドマークから上下左右の基準線を設定し、この基準線とハンドピースとの位置関係から治療部位推定を行った。治療部位推定精度の評価は、上下左右ともに正確に推定した“部位的中率”、左右のみ正しく推定した“左右的中率”、上下のみ正しく推定した“上下的中率”の3項目を指標として行った。</p> <p>2. 画像分類に基づく歯科治療部位推定システムの構築</p> <p>2-1. 画像全体を学習データとして用いたVGG16による検出精度評価</p> <p>画像全体を学習用データとして画像分類アルゴリズムの学習を行い、その治療部位推定精度を評価した。学習用画像2225枚、検証用画像221枚を用意し、右上、左上、左下、右下ごとにカテゴリに分類したデータセットを構築した。学習用画像2225枚に対してVGG16で学習を実施し、最終層の重みを適用して検証用画像221枚に対して治療部位の推定及びその精度評価を1-2. と同じ評価指標で行った。</p> <p>2-2. Grad-CAMを用いた特徴量の可視化</p> <p>モデルが画像のどの部分を基に分類の判断を行ったのかを確認するため、Grad-CAM (Gradient-weighted Class Activation Mapping) を使用して入力画像の各領域が分類の判断にどの程度寄与したかについての可視化を行った。</p> <p>3. 顔面のランドマークを利用した画像分類に基づく歯科治療部位推定システムの構築</p> <p>3-1. 2. で使用したデータセットに対して、①正中線の描画、②口腔周囲のトリミング、③正中線+口腔周囲のトリミングの3通りの方法で口腔周囲を強調した画像を作成し、これらの画像を用いて2-1. と同様にVGG16の学習を行い、最終層の重みを適用して検証用画像221枚に対して治療</p>	

部位の推定及びその精度評価を1-2.と同じ評価指標で行った。

3-2. Grad-CAMを用いた特徴量の可視化

2-2.と同様にモデルが画像のどの部分を基に分類の判断を行ったかを確認するため、Grad-CAMを使用して入力画像の各領域が分類の判断にどの程度寄与したかについての可視化を行った。

【結果】

1. 顔面のランドマークに基づく歯科治療部位推定システムの構築

1-1. 最も高いF値は鼻翼の83.9%となり、最も低いF値は上口唇の68.8%となった。上口唇を除く3項目では78%以上のF値を示し、鼻翼とオトガイのF値は82%を上回った。mAP50についても同様の傾向を認め、鼻翼が95.7%と最も高い値を示し、上口唇が73.0%と最も低い値を示した。再現率、適合率、F 値、mAP50のいずれの指標においても、鼻翼、オトガイ、下口唇、上口唇の順に高い値を示した。

1-2. 部位的中率の平均精度は42.5%、上下的中率は58.8%、左右的中率は76.5%となった。左右的中率は上下的中率と比較して高い精度を示し、特に右下で89.4%、右上で82.1%と右側において80%以上の精度が示された。

2. 画像分類に基づく歯科治療部位推定システムの構築

2-1. 部位的中率の平均精度は67.9%、上下的中率は86.4%、左右的中率は76.0%となり、部位的中率と上下的中率は1-2.と比較して25%以上精度が向上したが、左右的中率は1-2.よりも精度が低下した。

2-2. 入力画像には入力画像には顔面全体だけでなくその周囲の情報も含まれているが、口腔周囲の領域が高い特徴量を持つことが確認された。一方で口腔周囲以外の領域で高い特徴量が示される場合もあった。

3. 顔面のランドマークを利用した画像分類に基づく歯科治療部位推定システムの構築

3-1. ③正中線+口腔周囲のトリミングを行った画像を用いてVGG16の学習及び治療部位推定を行った場合、部位的中率72.4%、上下的中率81.0%、左右的中率87.3%となり、①正中線の描画、②口腔周囲のトリミングよりも高い精度を示した。

3-2. ①正中線の描画の場合は、正中線の両端付近に高い特徴量が確認された一方で、口腔内やその周囲の特徴量は低くなる傾向にあった。②口腔周囲のトリミング、③正中線+口腔周囲のトリミングでは①と比較してより口腔周囲が高い特徴量を持っていることが確認された。

【考察・結論】

歯科治療における医療安全対策のひとつとして、ディープラーニングを用いた歯科治療部位を推定するシステムの実効性を検討するため、まず顔面のランドマークに基づく歯科治療部位推定を行った。そこでは、顔面のランドマークとハンドピースの位置関係を用いて治療部位の推定を行ったが、映像中に術者の頭や手などによりランドマーク相当部位が遮蔽され、直接ランドマーク対象部位が存在しない場合には治療部位の推定精度が低下することが課題となった。次に行った画像分類に基づく歯科治療部位推定では、術者の手や腕などの間接的情報を含めて治療部位を推定したことで推定精度は向上した一方で、口腔周囲以外の領域においても高い特徴量が確認されたため、これらの要素が治療部位推定に影響を与えた可能性が高いと考えられた。さらに、顔面のランドマークを利用した画像分類に基づく歯科治療部位推定では、鼻翼、上下の口唇、オトガイを活用して口腔周囲を強調した画像を作成することで、試行した方法のなかで最も高い精度を示した。これにより、歯科治療中に起こり得るノイズとしてのランドマーク相当部位の遮蔽に頑強な治療部位推定手法の確立という課題に応え、今後の実用的なフレームワークとなることが示唆された。

本研究により、歯科治療に特有な術者の腕や器具などで顔面の一部が隠れた場合にも治療部位を推定可能であることが示された。これは、従来の方法とは異なる新たな安全対策として、リアルタイムでの歯科治療部位推定システムの基盤となるものである。

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏 名 (西 本 真 太 朗)		
	(職)	氏 名
論文審査担当者	主 査	教授 林 美加子
	副 査	教授 村上 秀明
	副 査	准教授 野崎 剛徳
	副 査	講師 谷川 千尋
<p>論文審査の結果の要旨</p> <p>本研究では、歯科における医療安全の課題のひとつである治療部位誤認の防止を目的とし、歯科診療の映像からディープラーニングを用いて、治療部位を推定するシステムを構築した。その結果、実際の歯科診療の映像を用いた治療部位の判定において、顔面のランドマークを基準として、正中線の描画と口腔周囲のトリミングを行ったシステムが、最も高い精度を達成した。</p> <p>以上の研究成果は、従来とは異なる新たな安全対策として、リアルタイムでの治療部位誤認防止システムの基盤となるものであり、本研究は博士（歯学）の学位授与に値するものと認める。</p>		