

下顎大臼歯の抜去歯を学習データとして用いた歯種鑑別 AI の開発 Development of AI for Tooth Type Identification and Dental Findings Detection in Tooth Images

○酒井俊祐¹, 塚原晴彦², 五十嵐由里子³, 内木場文男⁴, 金子美泉⁴
*Shunsuke Sakai¹, Haruhiko Tsukahara², Yuriko Igarashi³, Fumio Uchikoba⁴, Minami Kaneko⁴

Abstract: The teeth are utilized in prehistory and forensic odontology, but because the identification process requires knowledge and experience, it can only be carried out by specialists. This research aims to clarify the effective features for creating an AI to identify extracted molars, and to improve the accuracy. As a result, it was found that the crown and root were effective features for identifying lower molars by AI image analysis, as was the case with premolars.

1. 緒言

人間の歯は象牙質をエナメル質が覆っているため人体で最も頑強であり、風化にも強い。よって古代の歯が残存している場合が多く、法歯学や先史学などで幅広く利用することができる。先史学分野では遺跡などから出土した歯を鑑別することで、その遺跡の最小個体数を推定することができ、歯の形状や咬耗のパターンから食生活など、当時の人々の生活を推定できる。法歯学では遺体の歯の状態をカルテと照合することにより、遺体の身元確認が行われる。以上のように、複数の分野において利用されている遺体の歯であるが、その鑑別作業には熟練した専門家による技術が必要である。予想される人手不足に際し、迅速に正確な鑑別作業が求められることから鑑別作業の自動化が課題となっている^[1]。

このような課題に対して、X線画像や歯科情報のデータ化および自動照合に関する研究が進められている^[2]。これらの研究により、歯列弓内に位置する歯の歯種鑑別の迅速化・簡便化が実現されている。しかし、遺体の損傷が激しい遺跡などでは歯は歯列内に収まらず、単離した状態で発見されることが多い。

そこで我々は、単独歯の画像から歯種の鑑別を行う AI モデルを作成している。これまでの研究で、下顎小臼歯の単独歯複模型の場合、歯肉除去を行うことが鑑別精度の向上に有効であることが確認できた^[3]。さらに、下顎小臼歯の抜去歯を用いて学習したモデルでは、撮影方向によって精度に大きな差があり、鑑別に適した撮影方向があることが分かった^[3]。また、下顎大臼歯では、単独歯複模型の場合、外形の特徴が歯種鑑別に有効であることを確認した^[4]。しかし、実物の抜去歯を使用した下顎大臼歯のモデルについては検討が進んでいない。

そこで本研究では、抜去歯を使用した下顎大臼歯鑑

別用 AI モデルを作成するために、抜去歯の画像を学習させたモデルを作成し、下顎大臼歯を鑑別する際に有効な特徴量の検討を行った。

2. 大臼歯の鑑別モデル作成

モデル作成には、Figure 1 のような大臼歯の抜去歯を使用した。抜去歯の動画を撮影し、フレームごとに画像に切り出すことで、一つの抜去歯から多くの画像を確保した。これまでの研究から、小臼歯と同様に大臼歯においても歯種鑑別には咬合面の特徴が有効であると考えられるため、Figure 2 のように、咬合面を近心側から遠心側まで撮影した。下顎第一大臼歯と第二大臼歯ともに、作成した画像の枚数はそれぞれ、L6, L7, R6, R7 において学習用が 4316 枚、検証用が 480 枚、テスト用が 1199 枚である。これらの画像を用いてモデルを作成した。



Figure 1. Lower of molar teeth

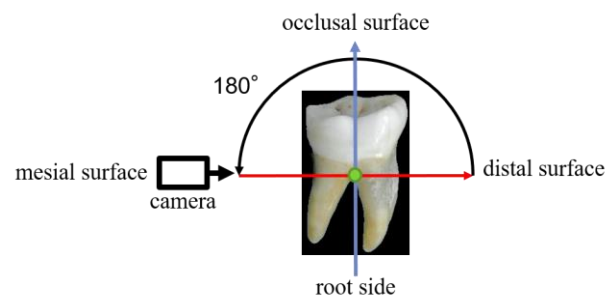


Figure 2. Direction of shooting

1: 日大理工・学部・精機 2: 日大理工・院(前)・精機 3: 日大松戸歯・教員・歯 4: 日大理工・教員・精機

3. 使用ソフト

AIの学習には、「Caffe」および「DIGITS」を使用した。DIGITSでは、訓練データやモデルの管理が容易であるほか、Convolutional Neural Network (CNN)における識別を各レイヤごとに可視化することができる。

4. テスト結果

作成したモデルのテスト結果を Table 1 に示す。Table 1 における赤文字は歯種を正しく鑑別する確率、青文字は左右を問わずに歯種を正しく鑑別する確率である。L7, R6 は歯種を正しく鑑別する確率が高く、R7 は左右を問わずに歯種を正しく鑑別する確率が高くなった。また、L6 は歯種によらず左側と判別する確率が高くなった。Table 2 には歯種を正しく鑑別する確率の平均 (Coincidence rate), 左右を問わずに歯種を正しく鑑別する確率の平均 (Type coincidence rate) を示す。

Table 1. Coincidence rate

| | | Types of Teeth | | | |
|------------------|----|----------------|--------|--------|--------|
| | | L6 | L7 | R6 | R7 |
| Coincidence rate | L6 | 16.54% | 17.32% | 16.93% | 9.47% |
| | L7 | 40.00% | 40.01% | 21.46% | 45.25% |
| | R6 | 17.98% | 10.80% | 44.48% | 14.03% |
| | R7 | 25.48% | 31.87% | 17.12% | 31.25% |

Table 2. Average of coincidence rate

| | |
|-----------------------|--------|
| Coincidence rate | 33.07% |
| Type coincidence rate | 61.08% |

Figure 3 はそれぞれの歯種を推論する際の特徴マップである。赤に近い色の箇所ほど鑑別結果において強く影響したことを示している。これらの画像から、どのモデルにおいても歯の突出面を特徴量として鑑別を行っていることが分かる。それぞれ、近心面および遠心面では歯冠部分と歯根下部の形態が、咬合面では歯冠の近心部と遠心部の形態が強く影響していることが分かった。

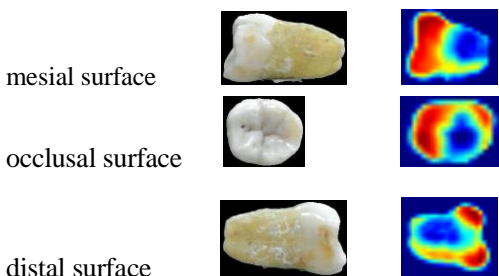


Figure 3. Feature Images of each model

5. 考察

モデルの特徴マップ (Figure 3) から、抜去歯は突出面の特徴が捉えやすいと考えられる。小白歯鑑別における検討では、歯冠および歯根の特徴が鑑別に有効であることが確認されている。小白歯と同様に、大白歯も歯冠および歯根の特徴が有効であると考えられる。

また、L6の結果が歯種の鑑別結果と比較してばらつきがある要因は、L6の学習データに一部破損している歯が含まれていることと考えられる。今回の学習データは4本の抜去歯から学習データを作成している。そのため、1本の歯の破損が結果に大きく影響しているのではないかとと思われる。他の歯種の鑑別における特徴抽出において、歯種鑑別の精度は画像枚数に関係していることから、今後、画像枚数をさらに増やし、検討を行う必要がある。

6. 結言

本稿では、抜去歯を使用した下顎大白歯鑑別用 AI モデルを作成するために、抜去歯の画像を学習させたモデルを作成し、抜去歯の大白歯における画像解析に有効な特徴量を明らかにすることを目的とした。結果、抜去歯の下顎大白歯では歯冠および歯根の突出面の特徴が有効であることを明らかにした。今後は、大白歯の画像データ増加、教師データに対する前処理などを行い、さらなる鑑別精度の向上を図る。

7. 謝辞

本稿の研究の一部は、科研費 22K06415 の助成を受けたものである。

8. 参考文献

[1] 咲間 彩香ら:「日本の災害時において歯科身元判明率が向上しない要因に関する検討」, Japanese Journal of Disaster Medicine, Vol.26, No.1, pp1-10, 2021.
 [2] 森下拓水ら:「歯科パノラマ X 線画像における深層学習を用いた歯列の認識手法」, 信学技報, Vol.119, No.399, pp.73-74, 2020.
 [3] 貴田宇宙ら:「ディープラーニング技術による画像判定を用いた人間の歯種分類システムの開発」令和4年度 日本大学理工学部 学術講演会予稿集, pp.342-343, 2022.
 [4] 貴田宇宙ら:「大白歯の画像認識に有効な特徴量の検討」5年度 日本大学理工学部 学術講演会予稿集, Vol.67, pp.ROMBUNNO.G-23, 2023.