

公募シンポジウム

## 公募シンポジウム7

## 歯科医療情報共有化と異分野融合によるデータ駆動型時代の歯科医療

2023年11月24日(金) 13:30 ~ 16:00 C会場 (EX1-B)

### [3-C-3-06] 歯科診療時における顔面領域映像の歯列弓検出モデル構築 Dental Arch Detection Model for Facial Region Video during Dental Examination

\*吉田 俊介<sup>1</sup> (1. 大阪大学歯学部)\*Shunsuke Yoshida<sup>1</sup> (1. Osaka University School of Dentistry)

キーワード : Dentistry, Anatomy, Dental arch

近年、歯科診療そのものを一つの観察対象とし、それに対して記録を行い解析しようとする動きが見られる。西本ら（2022）は歯科用チェアユニットに着座した患者を対象として、診療中における顔面領域の動画撮影を行い、機械学習を用いて診療器具の位置検出による診療部位特定を行った。しかし、医療安全面などでの応用を考慮すると、診療部位特定の精度は十分高いとはいえない。その原因の一つに、口腔内と顔面上に設定したランドマークの認識精度が不足していることが挙げられる。

本研究では歯列弓の特定によるランドマーク認識精度向上を目的とした。

歯列弓の特定により、1) 歯列弓の標準から外れて検出された歯牙を誤検出として判定でき、さらに2) 標準的な歯冠幅径のデータを用いて歯列弓上で未検出の歯牙の位置推定ができ、診療部位特定の精度向上が期待できる。そこで本研究では診療中の患者の動画をフレーム毎の画像データに分割し、この画像の中の歯列弓を求めることから始めた。歯列弓は一般に放物線であるといわれている。顔面のランドマークから放物線の軸を特定し、この軸上に頂点を取り、その頂点と歯牙を通る放物線の開きを特定し、その開きの分散を求めた。頂点を動かし、二次関数の係数（放物線の開き）の分散が最小となる時、その放物線を画面中の歯列弓とした。結果、目視にて歯列弓の描写が確認できた。

口腔内と顔面のランドマークの位置情報のみでは完全な歯列弓の描写には至らなかったが、演繹的に解剖学的な知識をパラメータとして認識モデルに与えることで歯列弓検出モデルの精度向上が期待できることが期待できる。加えて十分な精度の歯列弓を用いると、検出されたランドマークの検証や未検出の口腔内のランドマークの特定を行えることが期待できる。

口腔内と顔面のランドマークの位置情報から放物線の特定が可能であることが分かった。

In recent years, there has been a movement toward recording and analyzing dental treatment itself as an object of observation. However, the accuracy of identifying the treatment site is not high enough considering the application to medical safety and other aspects. This study aimed to improve landmark recognition accuracy by identifying the dental arch. By identifying the dental arch, 1) teeth detected outside the standard dental arch can be determined as false positives, and 2) the location of undetected teeth on the dental arch can be estimated using standard crown width diameter data, which improve the accuracy of identifying the treatment site. Therefore, we divided the video of a patient undergoing treatment into frame-by-frame image data, and started by determining the dental arch in these images. The dental arch is generally said to be parabolic. The axis of the parabola was identified from the facial landmarks, the vertex was taken on this axis, the opening of the parabola through the vertex and the dentition was identified, and the variance of the opening was obtained. The vertex was moved, and when the variance of the coefficient of the quadratic function was minimized, that parabola was considered the dental arch in the screen. As a result, the depiction of the dental arch was confirmed visually. Although the positional information of the landmarks in the oral cavity and on the face alone did not lead to a complete depiction of the dental arch, the accuracy of the dental arch detection model can be improved by deductively providing the recognition model with

anatomical knowledge as a parameter. In addition, with a sufficiently accurate dental arch, we can expect to validate detected landmarks and identify undetected intraoral landmarks. It is possible to identify parabolas based on the location information of landmarks in the oral cavity and on the face.

# 歯科診療時における顔面領域映像の歯列弓検出モデル構築

吉田 俊介<sup>\*1</sup>

<sup>\*1</sup> 大阪大学歯学部

## Dental Arch Detection Model for Facial Region Video in Dentistry

Shunsuke Yoshida<sup>\*1</sup>

<sup>\*1</sup> Osaka University School of Dentistry

The purpose of this study is to improve landmark recognition accuracy by identifying the dental arch. By identifying the dental arch, 1) teeth detected outside the standard dental arch can be judged as false positives, and 2) it is possible to estimate the position of undetected teeth on the dental arch using standard crown width diameter data, thereby improving the accuracy of identifying the treatment site. In this study, we divided the video image of a patient undergoing treatment into frame-by-frame image data and started by determining the dental arch in this image. The dental arch is generally said to be a parabola. The axis of the parabola was identified from the facial landmarks, the vertex was taken on this axis, the opening of the parabola through the vertex and the dentition was identified, and the variance of the opening was obtained. When the vertex was moved and the variance of the parabolic opening was minimized, that parabola was considered the dental arch in the screen. As a result, the depiction of the dental arch was visually confirmed.

Keywords: Dentistry, Anatomy, Dental arch,

### 1. 結論

近年、歯科診療そのものを一つの観察対象とし、それに対して記録を行い解析しようとする動きが見られる。西本ら(2022)<sup>1)</sup>は歯科用チェアユニットに着座した患者を対象として、診療中における顔面領域の動画撮影を行い、機械学習を用いて診療器具の位置検出による診療部位特定を行った。しかし、医療安全面などでの応用を考慮すると、診療部位特定の精度は十分高いとはいえない。その原因の一つに、口腔内と顔面上に設定したランドマークの認識精度が不足していることが挙げられる。求めた歯列弓を基準に解剖学的標準値から十分離れて検出されたオブジェクトを誤検出として判定できると考えられる。そこで本研究では機械学習により比較的安定して検出された口腔外のランドマークの座標を用いながら、口腔内に露出した少数のランドマークである歯牙の位置情報をもとに歯列弓を求めることとした。

### 2. 目的

歯列弓の特定により、1) 歯列弓の標準から外れて検出された歯牙を誤検出として判定でき、さらに2) 標準的な歯冠幅径のデータを用いて歯列弓上で未検出の歯牙の位置推定ができる可能性がある。本研究では、診療部位特定の精度向上に寄与すると思われる、歯列弓の特定によるランドマーク認識精度向上を目的とした。

### 3. 方法

本研究ではまず、診療中の患者の動画をフレーム毎の画像データに分割し、これらの画像中の歯列弓の検出を行った。具体的には、1) 各フレームの画像の中の顔面および口腔内のランドマークの座標データを、機械学習により抽出した。2) 口腔外のランドマークを用いて、口腔内のランドマークをもとに歯列弓を求めるため、まず歯列弓を二次曲線で近似し、中心線を左右の鼻翼端の中央とオトガイを結ぶことで特定し、この軸上に二次曲線の頂点を取り、その頂点と各歯牙を通る二

次曲線の2次の項の係数(以下、開きと呼ぶ)の分散を求めた。3) 二次曲線の頂点を動かし開きの分散が最小となるときをその画像における歯列弓とするように、最適化した。これにより通常放物線の特定に必要な3点の座標を、2点とすることで、対象画像上で確認できる歯牙が少ない状況でも歯列弓の特定が可能となった。

### 3.1 研究に利用したデータについて

本研究では西本らの研究<sup>1)</sup>にて得られた実験データを用いた。通常の歯科治療時を想定した環境下のチェアに着座した状態の被験者の顔面を完全に含むようにし、コントラングルハンドピースやデンタルミラーを用いた診療を模した動作を iPhone 12 pro (Apple Inc., USA)にて撮影された動画およびそのランドマークの検出結果を用いた。各フレームの画像は左上を原点とし、短軸方向を  $x$  軸、長軸方向を  $y$  軸とした。あるフレームの画像を図1に示す。

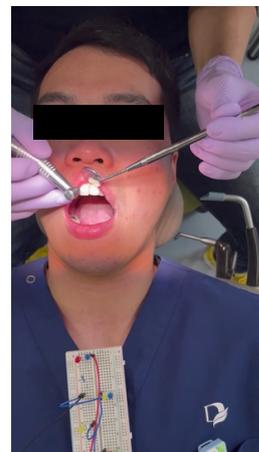


図1. 撮影された動画のフレームの例

### 3.2 利用したランドマークおよび代表点について

歯列弓検出に用いたランドマークとその使用目的を表1に

示す。検出されたランドマークは、検出領域として画像中の位置座標、横幅および高さの値を有する。これらの値をもとに歯列弓特定に用いる代表点は、

- 歯牙切縁
- 咬合面の高さ
- 近遠心的中心
- 検出領域の中心

とした。

表 1 ランドマークとその使用目的

器官	項目	主な目的
鼻	鼻翼左端 / 右端	中心線同定
オトガイ	オトガイ	中心線同定
歯牙	上顎 / 下顎の歯牙	2 次 の 項 の 係 数 の 決 定
口角	左 / 右口角	描写範囲決定

### 3.3 フレームごとの放物線の描写

#### 3.3.1 歯列弓の描写条件の判定

以下の手順にて判定を行った。

- 左右の鼻翼が検出されている。
  - オトガイが検出されている。
  - 少なくとも一方の口角が検出されている。
- これら a-c の条件を全て満たした状態で、
- 口腔内のランドマークが 3 点以上
  - 口腔内のランドマークが 2 点なら、2 点を結ぶ線と中心線 (3.3.2 に示す) の成す角度が  $90^\circ$  から十分離れている。

このうち d. または e. を満たすなら可能とした。

#### 3.3.2 中心線の設定

左右の鼻翼の中心とオトガイを結ぶ線を顔面の正中とし、放物線の軸とする。この直線を以下軸  $l$  と呼ぶ。軸  $l$  上に点を取り、これを放物線の頂点 (以下:  $\alpha$ ) とする。 $\alpha$  を  $y$  軸方向に鼻翼の高さからオトガイの高さまで動かす。

#### 3.3.3 ノイズ除去

歯列弓描写のために、使用するランドマークの位置の検証を行った。デンタルミラーやハンドピースは座標および範囲が与えられており、この中に映り込んだランドマークは信頼できないものとして歯列弓描写に用いないこととした。

#### 3.3.4 口腔内のランドマークの回転

ある頂点  $\alpha_i$ 、 $i=\{1, \dots, n\}$  を用いての座標を  $(\alpha_{ix}, \alpha_{iy})$  とする。軸  $l$  の傾きを  $\theta$  とし、口腔内のランドマークを  $p_k$ 、 $k=\{1, \dots, n\}$  とする。これを頂点  $\alpha_i$  を原点に移動し- $\theta$  回転させた点を  $p'_k$  とする。この操作の模式図を図 2 に示す。

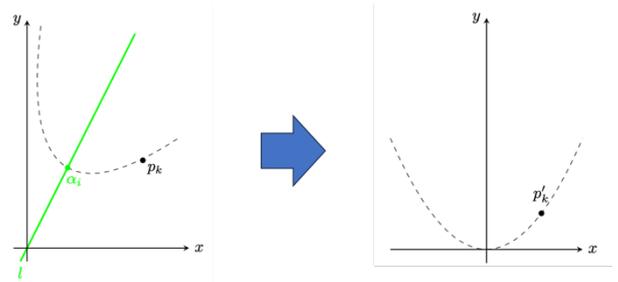


図 2. 口腔内のランドマークの回転を示す模式図

#### 3.3.5 放物線の開きの算出

回転時の放物線の軸は  $y$  軸に平行であるため、 $p'_k$  を通る時の開きを  $a_i$ 、ただし  $l=\{1, \dots, m\}$  とすると口腔のランドマーク  $p$  の位置と頂点  $\alpha_k$  を通る放物線の開きの分散  $s^2$  を求めることができる。

#### 3.3.6 放物線の特定と描写

$\alpha$  を動かして  $s^2$  が最小となる時の放物線を歯列弓描写に用いた。この時の頂点を  $\arg \min_{s^2} \alpha$ 、開きを  $a$  とする。このように求

まった放物線の定義域を左右の鼻翼の  $x$  座標の最小値  $x_{\min}$  から最大値  $x_{\max}$  までとする。回転された歯列弓上の点群  $Q=\{q_1, \dots, q_j \mid 0 < j < x_{\max} - x_{\min}\}$  が求まる。

さらに、 $Q$  に対し中心線の傾き  $\theta$  だけ回転させ、 $\arg \min_{s^2} \alpha$  移動させて点群  $Q'$  を求めた。

点群  $Q'$  をフレームごとの画像に描写することで、歯列弓の描写を行った。この操作の模式図を図 3 に示す。

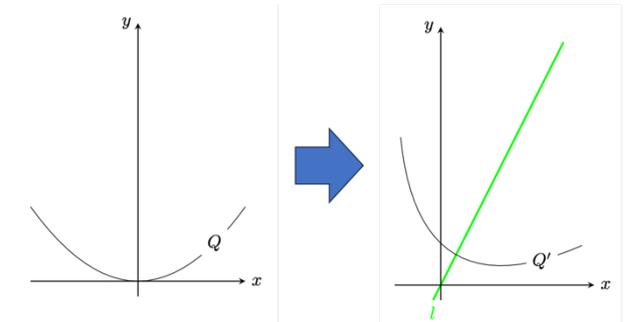


図 3. 放物線の描写を示す模式図

## 4. 結果

目視にて画像中に上下歯列弓に近似しうる放物線の描写が行えることが確認できた。この手法により得られた歯列弓の画像を図 4 に示す。これは図 1 と同じ動画の同じフレームの画像である。3 歯以上検出された際の放物線は離間が少なかったが、2 歯のみから描写される放物線は実際との離間が大きかった。この例を図 5 に示す。また、上顎の方が下顎より離間が大きかった。



図 4. 描写された歯列弓  
赤枠はハンドピースの先端、青線は検出された上顎歯列弓、空色の線は検出された下顎歯列弓を表す。

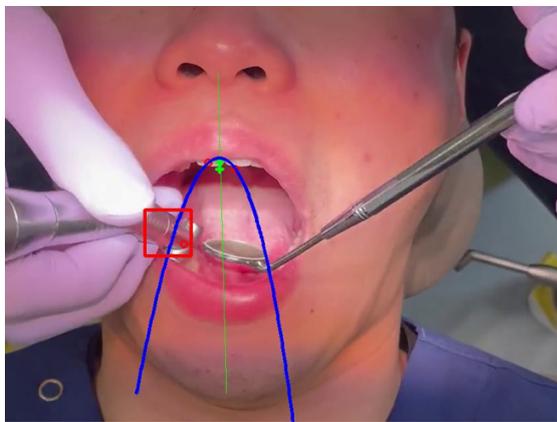


図 5. 実際とは異なる歯列弓を検出した例  
この歯列弓に用いた歯牙は上顎二歯のみであった。

## 5. 考察

### 5.1 描写された歯列弓と実際の離開について

#### 5.1.1 上顎の離開が多い理由について

歯列弓形態は、単純な放物線以外にも、犬歯より唇側では楕円で表現できるという説<sup>2)</sup>がある。今回の被験者の実際の上顎の歯列弓は目視では前歯部はほぼ直線状であり、これらを本研究とは別の手段で評価を行っても単純な放物線に近似できない可能性がある。従って上顎に描写された歯列弓は実際の歯牙とは乖離した部分にまで描写が及んだと考えられる。

#### 5.1.2 障害物による位置誤検出について

診療中の映像中にはデンタルミラーや種々のハンドピースが写りこんでいる。これらに反射した歯牙や隠れて正確な位置が検出されなかったことにより、本来とは異なる位置に歯列弓が描写されたことがあった。これらのノイズは治療開始からの位置データを経時的に解析することで除去でき、歯列弓描写精度の向上につながると考えられる。

### 5.2 今後の展望について

口腔内と顔面のランドマークの位置情報のみでは完全な歯列弓の描写には至らなかったが、演繹的に解剖学的な知識

をパラメータとして認識モデルに与えることで歯列弓検出モデルの精度向上が期待できることが期待できる。その一例として、鼻翼の端が犬歯と近遠心方向で近似できることを利用し、前歯部と臼歯部で曲線の種類を変えることが検討できる。加えて十分な精度の歯列弓を用いると、検出されたランドマークの検証や未検出の口腔内のランドマークの特定を行えることが期待できる。

## 6. 結論

口腔内と顔面のランドマークの位置情報を用いて、本研究の手法を用いると歯列弓の推定が可能であることが分かった。

## 7. 参考文献

- 1) 西本真太郎, 岡真太郎, 野崎一徳, 北村温美, 中島和江, 林美加子. 画像認識を用いた歯科治療部位の推定システムの構築. 第 42 回医療情報学連合大会 2022.
- 2) Ganesh P.Pokhariyal. Humans Dental Arch Shapes. USA: Global Journals Inc. , 2015. [https://globaljournals.org/GJMR\_Volume15/1-Humans-Dental-Arch-Shapes.pdf].