

学位申請論文

デジタル技術による上下無歯顎者のニュートラルゾーンの
重ね合わせと形態評価

松岸 諒

岡山大学大学院医歯薬学総合研究科 機能再生・再建科学専攻
咬合・有床義歯補綴学分野

主任教授

岡山大学学術研究院医歯薬学域 咬合・有床義歯補綴学分野
秋山 謙太郎

緒 言

全部床義歯による補綴治療は、低侵襲で全身状態や年齢を問わず適用可能な治療法であるが、症例ごとに治療の難易度や適応の程度に大きな差があるとされている^{1,2)}。令和4年歯科疾患実態調査によると、74歳以下の全部床義歯装着者の割合は10%未満である一方、80歳以上では約30%に達し、高齢者において全部床義歯による補綴治療の必要性が増加していることを示している³⁾。また、加齢に伴う神経系の老化は、新たな状況への適応能力を低下させることが知られており⁴⁾、高齢患者では義歯への適応が困難になることが指摘されている⁵⁾。さらに、加齢に伴う顎堤吸収の進行⁶⁻⁸⁾は、全部床義歯の支持、維持、把持に大きく影響し⁹⁾、高齢全部床義歯装着患者の「難症例化」が大きな社会問題となっている。

Fish は義歯の安定を得るために、正確な印象・咬合採得に加え、義歯床研磨面形態を頬、舌あるいはそのほかの粘膜に調和する dead space の重要性を提唱した^{10,11)}。今日では、この周囲軟組織との調和スペースはニュートラルゾーン¹²⁾、denture space¹³⁾、舌房¹⁰⁾と呼ばれている（本論文内では、以下ニュートラルゾーンで統一する）。ニュートラルゾーンを記録する方法として、フレンジテクニク¹⁴⁾、ピエゾグラフィ¹⁵⁾、ニュートラルゾーンテクニク¹⁶⁾が挙げられ、各手

法で異なる時期・手順で実施されるが、いずれの手技にせよ、ニュートラルゾーンを記録することで完成義歯の安定性が向上したという症例報告が多数存在する⁹⁾。

従来のニュートラルゾーン研究では、その位置や形態を二次元的に評価する手法が中心であり¹⁷⁻¹⁹⁾、唯一 Makzoumé らが、2 種類のニュートラルゾーン記録法を用いて評価を行ったものの²⁰⁾、やはり二次元的な評価であった。

ニュートラルゾーンは、「無歯顎の口腔内において、口腔の諸機能時に頬、唇による内方への圧と舌による外方への圧とによって全部床義歯に加わる荷重が均衡化されると想定される領域」であり、三次元的に評価されるべき空間である。近年のデジタル技術の進歩により、異なる記録法で得られたニュートラルゾーンを重ね合わせすることが実現できれば、ニュートラルゾーンの形態の違いを評価することが可能かもしれないと考えた。そこで本研究は、1) デジタル技術を用いてピエゾグラフィおよびフレンジテクニクによって得られる 2 種類のニュートラルゾーンを重ね合わせ、2) 記録法間のニュートラルゾーンの形態差を評価することを目的とした。

材料ならびに方法

1. 被験者

被験者は、岡山大学病院歯科（補綴歯科部門）にて上下顎全部床義歯作製後経過観察のため定期受診している患者とした。包含基準として、①上下顎無歯顎者であり、上下顎全部床義歯を使用している者、②参加にあたり十分な説明を受け、内容を理解の上、自由意思による研究参加の同意を本人から文書で取得可能な患者、③同意取得時の年齢が 18 歳以上の患者とした。

除外基準は、①不随意運動、認知症などにより術者の指示通りに動作を行うことが困難な者、②重度の精神疾患を有する者、③その他、研究責任者および研究分担者が研究対象者として不適当と判断した者とした。2015 年 1 月 1 日から 2023 年 6 月 30 日までに当院を受診した全部床義歯装着者を診療録より抽出し、18 名の患者に同意を取得したが、そのうち 2 名が途中で中断を希望したため、最終的には 16 名を対象とした（男性 7 名、女性 9 名、平均年齢 77.5 ± 7.6 歳）。

なお、本研究は、岡山大学病院研究倫理審査委員会の承認（研 2306-040）を得て、2023 年 6 月から 2024 年 3 月まで実施された。

2. 光学印象およびキール付基礎床の設計、造形

図 1 に本研究のプロトコルを示す。初回受診日に、同意取得後に口腔内診

査を行い、義歯性潰瘍などの異常所見を認めないことを確認した。次に、咬合採得用シリコーン印象材（エグザバイト II[®]，GC，東京，日本）を用いて中心咬合位にて咬合採得を行った。その後、上下顎全部床義歯を卓上スキャナ（Identica T710, Medit Cooperation, Seoul, Korea）にてスキャンした。スキャン後、上顎全部床義歯、下顎全部床義歯、咬合採得材を介在させた上下顎全部床義歯の 3 つのデータを保存した。スキャンしたデータは Computer Aided Design (CAD) ソフトウェア（Exocad, exocad GmbH, Darmstadt, Germany）を用いて加工され、上下無歯顎模型、上顎咬合床、下顎キール付基礎床、咬合平面データを作成した。上顎咬合床は、現義歯に準じて、前歯部には人工歯を排列し、臼歯部には咬合平面（上顎左右中切歯の近心隅角間の midpoint（切歯点）と上顎左右側第二大臼歯の遠心頰側咬頭頂を含む平面）に沿ったフラットテーブルを付与した。上顎咬合床、下顎キール付基礎床の粘膜面には、後の重ね合わせのために陥凹型のリファレンスポイントを付与した。キールは歯槽頂上に設置し、幅 3～4 mm，長さ 7mm の立方体形状とした。造形には Liquid Crystal Display (LCD) 型 3D プリンター（DH ソニックマイティ 4K[®]，デンケン・ハイデンタル，京都，日本）と 3D プリンターレジン（DH Print トレー[®]，デンケン・ハイデンタル，京都，日本）を用いた。造形角度は先行研究^{21,22)}に記載されている，キール付基礎床 135 度，上顎咬合床 270 度に設定し，積層厚さを 50 μm に設定した。造形後，イソプロピルアル

コールに浸漬し、超音波洗浄を行い、光重合ユニット (LC-3DPrint Box, 3D Systems Corporation, サウスカロライナ, 米国) にて後重合を 10 分間行なった。

3. ニュートラルゾーンの記録

2 度目の受診日に、上顎咬合床および下顎キール付基礎床を用いてフレンジテクニック、ピエゾグラフィを同一患者に対し順不同で実施した。フレンジテクニックでは、ソフトプレートワックス (ソフトプレートワックス®, ジーシー, 東京, 日本) を 47°C で 8~10 分浸漬軟化, キール付基礎床に築盛し, 被験者の口腔内に試適した後, 開口, 嚥下, 口唇突出, 口角牽引, 舌運動を指示した²³⁾。キール付基礎床の浮き上がりが認められなくなるまで, 上記の機能運動を行わせた後にソフトプレートワックスのトリミングを繰り返し行った。ピエゾグラフィでは, 実施前にキール付基礎床の研磨面に義歯床用接着材料 (トクヤマリベース接着材®, トクヤマデンタル, 大阪, 日本) を塗布し, 口唇と上顎咬合床にはワセリンを塗布した。Ikebe らの方法に準じて, 1 回の試行で粘膜調整材 (ティッシュコンディショナーII®, 松風, 京都, 日本) を 3 ml 口腔内に流し込み¹⁹⁾, Awuti らの発音表²⁴⁾ を基に 1 分 30 秒発音を指示した。発音を行わせた後に余剰な粘膜調整材をその都度トリミングし, 発音によるニュートラルゾーンの記録とトリミングの試行を 5 回繰り返した。診療終了後, 基礎床を消毒したのちフレン

ジテクニック，ピエゾグラフィを実施したキール付基礎床のスキャンを行なった。その後，上下顎全部床義歯，上下無歯顎模型，上顎咬合床，フレンジテクニックおよびピエゾグラフィ実施後のキール付基礎床の Standard Tessellation Language (STL) データを重ね合わせた。

4. データの解析

下顎キール付基礎床造形前に対するピエゾグラフィ，フレンジテクニックの重ね合わせの精度（真度）を評価するため，CAD 計測ソフトウェア（Geomagic Control X software, 3D Systems, サウスカロライナ，米国）を用いて，キール付基礎床造形前に対するピエゾグラフィ，フレンジテクニックそれぞれの粘膜面の偏位量のヒートマップを作成し，さらに Root Mean Square (RMS) および公差内%の中央値と四分位範囲（以下，Interquartile Range : IQR）を抽出した。両者のニュートラルゾーンの形態的評価についてはピエゾグラフィ，フレンジテクニックの頬舌的位置を解析するため，汎用 CAD ソフトウェア(Rhinoceros 7, Robert McNeel & Associates, シアトル，米国)を用いて解析を行った。図 2a に計測部位の矢状断面，前頭断面の設定方法について示す。歯槽頂線の設定は，咬合平面と平行に 100- μ m 間隔の等高線を描記し，できる限り尾根を追跡するようにした。また，本研究において，矢状断面は上顎義歯切歯点を通る，咬合平面への

垂線から作成した平面 s と定義し、前頭断面は咬合平面及び矢状断面と直交する平面と定義した。図 2a に示すように義歯後縁と歯槽頂前縁に前頭断面と平行な平面 p , a を作成し、その間を 8 等分し後方より前頭断面①～⑦と定義した。さらに図 2b に示すように矢状断面および前頭断面①～⑤において模型最下点 L から咬合平面 O 間を 8 等分し、歯槽頂を基準に頬舌側に分け、位置 1～7 における角度と距離を抽出した。図 3 は実際の被験者の前頭断面の一例を示す。

解析項目は、各ニュートラルゾーンの体積、矢状断面および前頭断面①～⑤における断面積、位置 1～7 の歯槽頂からの頬舌的距離、頬舌側におけるニュートラルゾーンと位置 1～7 がなす内角とし、各項目について中央値と IQR を参考値として抽出した。造形前のキール付基礎床に対するピエゾグラフィ、フレンジテクニックの RMS および公差内%，さらには両手法により得られたニュートラルゾーンの体積、矢状断面および前頭断面①から⑤における断面積、位置 1～7 の頬舌的距離および頬舌的角度について、ウィルコクソンの符号付順位検定を用いて検討した。統計解析は SPSS 28.0 for Windows (IBM Japan Ltd., 東京, 日本) を用い、統計学的有意水準は 5%未満とした。

結 果

1. 重ね合わせの精度

造形前のキール付基礎床に対するピエゾグラフィおよびフレンジテクニック後の粘膜面の偏位量を示すヒートマップをそれぞれ図 4a および図 4b に示す。ピエゾグラフィ、フレンジテクニックともに、ほとんどの被験者において歯槽頂を中心に公差内に収まっていたが、被験者 No.2, 6, 9 に関しては歯槽頂および頬側部分に正の偏位を認めた。

また、被験者 No.1, 3, 4, 8, 11, 13, 14, 15, 16, 17 に関しては後縁の頬側付近に負の偏位を、後縁の舌側付近に正の偏位を認めた。被験者 6 については公差内に収まっていない範囲が多く、被験者 5 についてはピエゾグラフィとフレンジテクニックで異なる偏位を示した。

図 5 に造形前のキール付基礎床に対するピエゾグラフィ、フレンジテクニックの RMS を示す。キール付基礎床に対するピエゾグラフィの RMS は 0.376 mm (IQR: 0.273-0.537 mm), キール付基礎床に対するフレンジテクニックの RMS は 0.244 mm (IQR: 0.187-0.294 mm) であり、ピエゾグラフィの RMS はフレンジテクニックの RMS より有意に大きかった。

図 6 に造形前のキール付基礎床に対するピエゾグラフィ、フレンジテクニックの公差内%を示す。キール付基礎床に対するピエゾグラフィの公差内%は 59.7% (IQR: 56.6-65.7%), キール付基礎床に対するフレンジテクニックの公差

内%は 62.7% (IQR: 53.3-67.6%)であり，有意な差を認めなかった．

2. ニュートラルゾーンの形態的評価

表 1 に 2 種類のニュートラルゾーン記録法により得られた体積および断面積の比較を示す．ニュートラルゾーンの体積に関しては，フレンジテクニクの方がピエゾグラフィより有意に大きかった．ニュートラルゾーンの断面積に関しては，矢状断面では有意な差を認めなかったが，両側前頭断面①，②，③および右側前頭断面④においてフレンジテクニクの方がピエゾグラフィより有意に大きかった．

表 2 に 2 種類のニュートラルゾーン記録法により得られた頬側距離の比較を示す．歯槽頂からの頬側距離に関しては，大部分で有意差を認めなかったが，部位によりフレンジテクニクの方が有意に大きかった．一方で，ピエゾグラフィの方が大きい部位はなかった．また位置 1，2，3，4 において欠損値が認められた．

表 3 に 2 種類のニュートラルゾーン記録法により得られた舌側距離の比較を示す．歯槽頂からの舌側距離に関して，矢状断面 1～4 においてピエゾグラフィの方がフレンジテクニクより有意に大きかった．また，右側の前頭断面において，後方の前頭断面①では全てフレンジテクニクの方がピエゾグラフィより

有意に大きく、前方（前頭断面⑤）に向かうにつれて両者に有意な差が認められない箇所が多く認められた。さらに、左側の前頭断面においても右側前頭断面同様に、後方の前頭断面ではフレンジテクニックの方がピエゾグラフィより有意に大きい箇所が多く、前方に向かうにつれて両者のニュートラルゾーンに有意な差を認めない箇所が多く認められた。

表 4 に 2 種類のニュートラルゾーン記録法により得られた頬側角度の比較を示す。ニュートラルゾーンの頬側角度に関して、大部分で両者に有意な差を認めなかった。しかし位置 7, 6 においてピエゾグラフィの方がフレンジテクニックより有意に大きかったが、一方で位置 7 および位置 1, 2, 3, 4 では欠損値をいくつか認めた。

表 5 に 2 種類のニュートラルゾーン記録法により得られた舌側角度の比較を示す。ニュートラルゾーンの舌側角度に関して、右側前頭断面③, ④, ⑤, 左側前頭断面④, ⑤および矢状断面においてフレンジテクニックの方がピエゾグラフィより有意に大きい箇所が多く認められた。また、頬側角度同様に、位置 7 のニュートラルゾーンの舌側角度はピエゾグラフィの方がフレンジテクニックより有意に大きかったが、欠損値も認められた。

考 察

本研究の目的は、1) ピエゾグラフィおよびフレンジテクニックによって得られる 2 種類のニュートラルゾーンをデジタル技術を用いて重ね合わせ、2) 異なるニュートラルゾーン記録法間による形態差を評価することであった。本研究は、異なる記録法により得られたニュートラルゾーンを三次元的に評価した初めての研究である。今回、デジタル技術の応用のみならず、上顎義歯およびキール付基礎床粘膜面に陥凹型のリファレンスポイントを付与することにより重ね合わせを行った。しかし、今回キール付基礎床そのものの造形精度を評価していないため、検証を行う必要がある。さらに全部床義歯において造形精度がどの程度であるべきかという統一した見解がない。図 4 に示す通り、被験者 6 は公差に収まらない偏位の範囲が大きく、被験者 5 はピエゾグラフィのみ頬側に偏位を示した。これらの偏位が形態的評価に影響を与えている可能性は高い。リファレンスポイントの付与の有無や形状、位置が重ね合わせの精度に与える影響について評価した報告もないため、方法論に関しては今後検証する必要がある可能性がある。

本研究では、重ね合わせの真度の検証に造形前のキール付基礎床に対するピエゾグラフィおよびフレンジテクニックの偏位量のヒートマップを作成したが、

Chaiamornsup らによる、下顎全部床義歯を Digital Light Processing (DLP) 型 3D プリンターにて 135 度で造形した場合、ヒートマップでは義歯後縁の頬側に負の偏位、舌側に正の偏位を認めた報告²²⁾と一致していた。また、彼らは下顎義歯を DLP 型 3D プリンターにて 135 度で造形した場合の真度は 0.20 mm 程度になり、270 度で造形するのが最も真度が高いと報告した²²⁾。しかし、我々は彼らの報告が発表される前に研究を開始しており、当時の造形角度と真度を検証した研究は、0 度、45 度、90 度の造形角度しか採用されていなかった。本研究では、造形角度はサポート材が粘膜面と咬合面に干渉しないように上顎咬合床 270 度、下顎キール付基礎床 135 度を採用した。キール付基礎床に対するピエゾグラフィの RMS は 0.376 mm (IQR: 0.273-0.537 mm)、キール付基礎床に対するフレンジテクニクの RMS は 0.244mm (IQR: 0.187-0.294 mm) であり、有意差を認めた。しかし本研究では過去の研究より RMS の値が 0.1 mm ほど大きくなり、ばらつきも多く認めたが、これは過去の研究は *in vitro* であったことに起因すると思う。

今回、重ね合わせの真度の検証に、ヒートマップ、RMS に加え、公差内%を用いた。これは、異なる形状の顎堤同士で数値として真度を比較するには RMS のみでは困難であると判断したためである。また、キール付基礎床に対するピエゾグラフィ、フレンジテクニクの公差内%はともに 60%前後に収まっており、

2 群間に有意差を認めなかった。Le Texier らは、複数種類の口腔内スキャナを用いて有床義歯のスキャン精度について検証したところ、下顎義歯の公差内%では 48%-69%であったと報告しており²⁵⁾、先行研究の結果と近似していた。一方で、彼らの研究結果において RMS は 0.1 mm 以内に収まっていた。彼らの研究は、口腔内スキャナの精度の検証であり、本研究とは条件が異なるため結果をそのまま当てはめることはできないが、RMS の精度が高くても ± 0.1 mm の公差に収まっていない範囲（カラーマップの緑以外の部分）が多く、RMS と公差内%の結果が同一ではない。RMS が低く公差内%が低い場合や RMS が高く公差内%が高い場合には、精度について慎重に検証する必要がある。以上のことから、本研究のように、RMS だけでなく、公差内%も精度検証の指標として用いる方が良いと考える。

本研究では、2 種類の異なる記録法で採得したニュートラルゾーンの体積および断面積について検証した。ニュートラルゾーンの体積と前頭断面①～⑤における断面積はフレンジテクニックの方が有意に大きかったが、これはフレンジテクニックでは材料の量を規定しておらず、ピエゾグラフィでは使用する材料の量を規定していることが影響していると思われる。今回すべての被験者に対し、3 ml×5 回の計 15 ml の粘膜調整材を流し込んだが、被験者の体格の違いにより下顎顎堤の大きさも異なり、さらに顎堤吸収量によって下顎欠損部のクリア

ランスも異なっていた。今後は、使用中の下顎義歯または下顎欠損部のクリアランスを基に、Ikebe らの手法¹⁹⁾を用いて使用する材料の量を規定すれば、より正確なニュートラルゾーン記録を行うことができる可能性があると考えらる。

ニュートラルゾーンの頬舌的距離に関する報告は多く存在する。Fahmi らは無歯顎期間が 2 年未満の患者では歯槽頂よりやや舌側か、歯槽頂と一致することが多く、2 年以上では歯槽頂より 1.5～2.5 mm 唇頬側に存在したと報告している¹⁷⁾。Ikebe らはピエゾグラフィを行った際ニュートラルゾーンの midpoint は歯槽頂に対し大臼歯部では 1.5 mm 頬側に、小臼歯部では 1.9 mm 頬側に位置する傾向があったと報告している¹⁹⁾。一方で、Porwal らはニュートラルゾーンの midpoint の位置は年齢、性別、無歯顎期間と有意な関連がなく、ニュートラルゾーンの位置に特定の傾向を示さなかったと報告している¹⁸⁾。従来のニュートラルゾーンの位置の評価に関する研究では、模型を何度も分割しさまざまな断面で観察することはできなかったため、二次元的な評価にとどまっていた。デジタル技術が進歩した現在、CAD を用いることで任意の位置断面を定義することが可能となり、さらには三次元的な評価を行うことができるようになった。本研究において、表 2、表 3 に示した通り咬合平面に最も近い位置 7 においてフレンジテクニッックの方がピエゾグラフィより総じて頬舌的距離が有意に大きかった。我々の手法とは異なるが、Makzoumé は発音を用いたニュートラルゾーンテクニッック（以下、

The phonetic neutral zone : PNZ) と嚥下を主体におこなったニュートラルゾーンテクニック (以下, The swallowing neutral zone : SNZ) を実施し, 得られたニュートラルゾーンを比較した. その結果, 咬合平面の高さにおいて, 頬側で PNZの方が SNZ より統計的な有意差はないものの 0.6~1.6 mm ニュートラルゾーンが舌側に位置する傾向にあると報告した²⁰⁾. この結果は, 本研究においてニュートラルゾーンの頬側距離に関してフレンジテクニックの方がピエゾグラフィより大きいという我々の結果と類似していた. ニュートラルゾーンの舌側距離に関して, 前頭断面においてフレンジテクニックの方がピエゾグラフィより有意に大きい箇所が多く, また後方の前頭断面①から前方の前頭断面⑤にかけて両者のニュートラルゾーンに関して有意差がなくなっていく傾向が見られた. また, 矢状断面においてはピエゾグラフィの方が口腔底に近い位置において, ニュートラルゾーンの舌側距離が有意に大きかった. これは後方から舌下腺部に近づくほど粘膜調整材が口腔底に貯留しやすいためではないかと考える.

ニュートラルゾーンが咬合平面と平行な水平断面 (位置 1~7) となす角度に関する評価もこれまでに報告がない. 表 5 のニュートラルゾーンの舌側角度に関して, (前方の) 右側前頭断面③, ④, ⑤, 左側前頭断面④, ⑤および矢状断面においてフレンジテクニックの方がピエゾグラフィより有意に大きい箇所が多く認められた. これは, ピエゾグラフィでは舌下腺部において流動性の高いテ

イッシュコンディショナーが貯留するためにピエゾグラフィの方がフレンジテクニックよりも水平断面となす角度が鋭角になることが原因ではないかと考える。また、ニュートラルゾーンの舌側角度に関して有意な差を認めないにも関わらず、舌側距離においてフレンジテクニックの方がピエゾグラフィより大きかった箇所があった。これは臼歯部舌側においてピエゾグラフィとフレンジテクニックで採得されるニュートラルゾーンの外形は変わらないが、フレンジテクニックの方がニュートラルゾーンの頬舌幅が大きくなる可能性があることを示唆している。この原因として、使用材料の量や特性さらには機能運動の影響が考えられるが、本研究ではそれらの影響について十分に検証することができなかったため、今後更なる検証が必要である。また、本研究の結果から人工歯排列の指標を見出すことができないかと考えたが、角度でその傾向を示すことは困難であった。また過去の研究では、角度ではなく矢状断面面唇側におけるニュートラルゾーンの形態について報告されている。その結果、同ニュートラルゾーンを3つの形状に分けて観察したところ、Ⅰ型；全体が前方に突出するもの、Ⅱ型；義歯床唇側床縁と咬合平面の midpoint より上方で前方に突出するもの、Ⅲ型；舌側に大きく陥凹した後前方傾斜するもの、のなかでⅠ型が最も多かったと報告している²⁶⁾。この報告を参考に本研究ではさらに形態の特徴を調査するため、矢状断面及び前頭断面における7つの位置の角度を調査した。表4の矢状断における角度

ではピエゾグラフィとフレンジテクニクは有意差なく、近似した中央値を示したが、四分位範囲は広いため過去の報告の通りいくつかの形態のパターンがあると考えられる。また表 4、表 5 の位置 7 において欠損値を認めることが多く認められた。これはフレンジテクニクとピエゾグラフィの材料が目視では咬合面まで達していると判断したが、CAD ソフト上では数 μm 達しておらず、角度を抽出することができなかったために生じた。測定部位については本研究の結果をもとに再検討する必要がある。今後さらなるデータの集積により、人工歯排列の角度や歯肉形成の角度をそれぞれ抽出することができれば今後の有床義歯補綴治療に応用できる可能性がある。

本研究の問題点として、第一に重ね合わせの精度に何が影響を及ぼしたか、本研究で生じた重ね合わせの偏位が許容可能か不明である点である。第二に、被験者の数が少ないことが挙げられる。被験者数を増やすために、研究開始時点で使用中の上下顎全部床義歯の経過が良好な被験者を、設定した研究期間より 8 年前にまで遡って調査したものの、包含基準を満たす患者がこれ以上増えることはなかった。今後は、多施設臨床研究を視野に入れた研究計画が必要と考える。

第三に、被験者の顎堤条件が異なる点である。全部床義歯補綴治療において、顎堤条件が患者主観評価や同治療の難易度に影響を与えることが知られている²⁷⁾。また形態的評価の際に模型最下点から咬合平面まで等分する際に、顎堤が良好

に残存している被験者の低い位置で距離や角度を抽出できない場合が散見された。第四に、2種類のニュートラルゾーン記録法における機能運動の客観的評価を行っていないことである。ピエゾグラフィは発音を、フレンジテクニクは主として嚥下を含む機能運動を実際に被験者に実施させてニュートラルゾーンを記録する方法であるが、機能運動そのものが適切に行われたかどうかについては客観的に評価できていない。機能評価に関する客観的評価も含めることでより両者のニュートラルゾーン記録法の違いをより詳細に検証できる可能性があると考ええる。

以上、異なるニュートラルゾーン記録法をデジタル技法により重ね合わせるにより、三次元的形態評価が可能となり、今後の有床義歯作製における人工歯排列や床縁形態・位置決定等の科学的根拠となる可能性が示唆された。

結 論

- 1) ピエゾグラフィ，フレンジテクニクによって得られたニュートラルゾーンをデジタルデータ上で重ね合わせることができる可能性が示唆された。

2) 異なる手法により得られたニュートラルゾーンを評価する上で、ニュートラルゾーンの体積、各断面におけるニュートラルゾーンの断面積、咬合平面と平行な頬舌的距離、咬合平面に平行な断面となす角度が評価項目となり得ることが示された。

3) 本研究の制限内で、フレンジテクニクはピエゾグラフィよりも有意に体積が大きくなり、部位によってフレンジテクニクはピエゾグラフィよりも断面積、歯槽頂からの距離が大きくなる傾向があった。

謝 辞

稿を終えるにあたり、本研究を行う貴重な機会を与えて頂き、御懇篤なる御指導と御校閲を賜りました岡山大学学術研究院医歯薬学域咬合・有床義歯補綴学分野 秋山謙太郎教授、皆木省吾名誉教授に謹んで感謝の意を表します。また、本研究を遂行するにあたり、終始懇切なる御指導と御教示を賜りました、岡山大学学術研究院医歯薬学域咬合・有床義歯補綴学分野 兒玉直紀講師に深く感謝いたします。最後に、本研究を行うにあたり、多くの御援助と御協力をいただきました岡山大学学術研究院医歯薬学域咬合・有床義歯補綴学分野の諸先生方に心から御礼申し上げます。

参考文献

- 1) Altuwaijri SH, Champirat T, Wyatt C. Appointments Needed for Complete Denture for Frail Older Adults Residing in Long-Term Care Facilities: A Cross-Sectional Study. *Dent J (Basel)*. 2024; 12: 36.
- 2) Zarb GA, Hobkirk J, Eckert S, Jacob R. *Prosthodontic Treatment for Edentulous Patients*. 13th ed. St. Louis: Mosby; 2013, 22-23.
- 3) 厚生労働省. 令和 4 年歯科疾患実態調査の概要.
<https://www.mhlw.go.jp/content/10804000/001112405.pdf> (最終アクセス 2024 年 3 月 19 日)
- 4) Ettinger RL. An evaluation of the attitudes of a group of elderly edentulous patients to dentists, dentures, and dentistry. *Dent Pract Dent Rec*. 1971; 22: 85-91.
- 5) de Baat C, Kalk W, Felling AJ, van't Hof MA. Elderly people's adaptability to complete denture therapy: usability of a geriatric behaviour-rating scale as a predictor. *J Dent*. 1995; 23: 151-155.
- 6) Carlsson GE, Persson G. Morphologic changes of the mandible after extraction and

wearing of dentures. A longitudinal, clinical, and x-ray cephalometric study covering 5 years. *Odontol Revy.* 1967; 18: 27-54.

7) Atwood DA. Reduction of residual ridges: a major oral disease entity. *J Prosthet Dent.* 1971; 26: 266-279.

8) Karaagaçlıoğlu L, Ozkan P. Changes in mandibular ridge height in relation to aging and length of edentulism period. *Int J Prosthodont.* 1994; 7: 368-371.

9) Masumi SI, Makihara E, Yamamori T, Ohkawa S. Effectiveness of denture space recording method in the prosthetic treatment of edentulous patients. *J Prosthodont Res.* 2022; 66: 221-225.

10) Fish EW. Tongue space in full denture construction. *Br Dent J.* 1947; 83: 137-142.

11) Fish EW. Using the Muscles to Stabilize the Full Lower Denture. *J Am Dent Assoc.* 1933; 20: 2163-2169.

12) Lammie GA. Aging changes and the complete lower denture. *J Prosthet Dent.* 1956; 6: 450-464.

13) Brill N, Tryde G, Cantor R. The dynamic nature of the lower denture space. *J Prosthet Dent.* 1965; 15: 401-418.

14) Lott F, Levin B. Flange technique: an anatomic and physiologic approach to increased retention, function, comfort, and appearance of dentures. *J Prosthet Dent.*

1966; 16: 394-413.

15) Klein P. La piézographie: modelage dynamique ou volume prothétique. Actual Odontostomatol (Paris). 1974; 28: 266-276.

16) Beresin VE, Schiesser FJ. The neutral zone in complete dentures. J Prosthet Dent. 1976; 36: 356-367.

17) Fahmi FM. The position of the neutral zone in relation to the alveolar ridge. J Prosthet Dent. 1992; 67: 805-809.

18) Porwal A, Satpathy A, Jain P, Ponnanna AA. Association of Neutral Zone Position with Age, Gender, and Period of Edentulism. J Prosthodont. 2018; 27: 232-239.

19) Ikebe K, Okuno I, Nokubi T. Effect of adding impression material to mandibular denture space in Piezography. J Oral Rehabil. 2006; 33: 409-415.

20) Makzoumé JE. Morphologic comparison of two neutral zone impression techniques: a pilot study. J Prosthet Dent. 2004; 92: 563-568.

21) Yoshidome K, Torii M, Kawamura N, Shimpo H, Ohkubo C. Trueness and fitting accuracy of maxillary 3D printed complete dentures. J Prosthodont Res. 2021; 65: 559-564.

22) Chaiamornsap P, Katheng A, Ha R, Tsuchida Y, Kanazawa M, Uo M, et al. Effects of build orientation and bar addition on accuracy of complete denture base fabricated

with digital light projection: An in vitro study. J Prosthodont Res. 2023; 67: 641-646.

23) 無歯顎補綴治療学. 第4版. 東京：医歯薬出版；2022, 175-178.

24) Awuti S, Sumita YI, Hattori M, Yoshi S, Kelimu S, Ohbayashi N, et al.

Morphological comparison of artificial teeth position utilising denture space in

glossectomy patients. Gerodontology. 2020; 37: 72-77.

25) Le Texier L, Nicolas E, Batisse C. Evaluation and comparison of the accuracy of

three intraoral scanners for replicating a complete denture. J Prosthet Dent. 2024; 131:

706.e1-706.e8.

26) 安元和雄, 加来哲, 桃谷泰蔵, 伊藤文隆, 豊田静夫. フランジ・テクニッ

クにおける舌房形態について. 九州歯会誌. 1985; 39: 186-190.

27) Kurushima Y, Matsuda K, Enoki K, Ikebe K, Maeda Y. Does case severity make a

difference to clinical improvement following complete denture treatment? Int J

Prosthodont. 2015; 28: 161-166.

表題脚注

岡山大学学術研究院医歯薬学域 咬合・有床義歯補綴学分野

(主任：秋山謙太郎教授)

本論文の一部は、以下の学会において発表した。

・日本補綴歯科学会 第 133 回学術大会 (2024 年 7 月, 幕張)

図の説明

図 1. 本研究のプロトコール

図 2. 咬合平面, 矢状断面, 前頭断面の決定と測定位置の設定方法

図 2a. 咬合平面, 矢状断面, 前頭断面の決定

s : 矢状断面 p : 義歯後縁 a : 歯槽頂前縁 破線 : 歯槽頂線

咬合平面 : 上顎左右中切歯の近心隅角間の midpoint (切歯点) と上顎左右側第二大臼歯の遠心 頬側咬頭頂を含む平面.

矢状断面 : 上顎義歯切歯点を通る咬合平面への垂線から作成.

前頭断面 : 咬合平面と矢状断面と直交する平面.

義歯後縁 p と歯槽頂前縁 a に前頭断面と並行な平面を作成しその間を 8 等分し,

後方より前頭断面①～⑦とした.

図 2b. ある任意の矢状断面, 前頭断面での測定位置の設定方法

O：咬合平面 L：模型最下点

模型最下点～咬合平面間を 8 等分し，歯槽頂を基準に頬舌側に分け，図 2b のように位置 1～7 における角度と歯槽頂からの頬舌的距離を抽出した．

図 3. 重ね合わせ後の前頭断面の 1 例．ピンク：現義歯，オレンジ：キール付基礎床，咬合床，白：ピエゾグラフィ，青：フレンジテクニク，黄緑：ピエゾグラフィ，フレンジテクニクの共通する面積，緑：歯槽頂を示す．

図 4. 造形前のキール付基礎床に対するピエゾグラフィ，フレンジテクニクのヒートマップ

図 4a. ピエゾグラフィ，図 4b. フレンジテクニク．

公差を $\pm 0.1 \text{ mm}$ に設定（緑），最大許容偏差を $\pm 1.0 \text{ mm}$ に設定（赤または青）．

左上に記載されている番号は被験者番号である．

図 5. 造形前のキール付基礎床に対するピエゾグラフィ，フレンジテクニクの RMS の比較． $*p < 0.05$

図 6. 造形前のキール付基礎床に対するピエゾグラフィ，フレンジテクニクの公差内%の比較．n.s.： $p > 0.05$

表 1.2 種類のニュートラルゾーン記録法により得られた体積 (mm^3) および断面積 (mm^2) の比較．P：ピエゾグラフィ，F：フレンジテクニク．中央値を上部に，四分位範囲は括弧内に示す． $*p < 0.05$

表 2.2 種類のニュートラルゾーン記録法により得られた頬側距離(mm)の比較.

P: ピエゾグラフィ, F: フレンジテクニック. 中央値を上部に, 四分位範囲は括弧内に示す. $*p<0.05$

表 3.2 種類のニュートラルゾーン記録法により得られた舌側距離(mm)の比較.

P: ピエゾグラフィ, F: フレンジテクニック. 中央値を上部に, 四分位範囲は括弧内に示す. $*p<0.05$

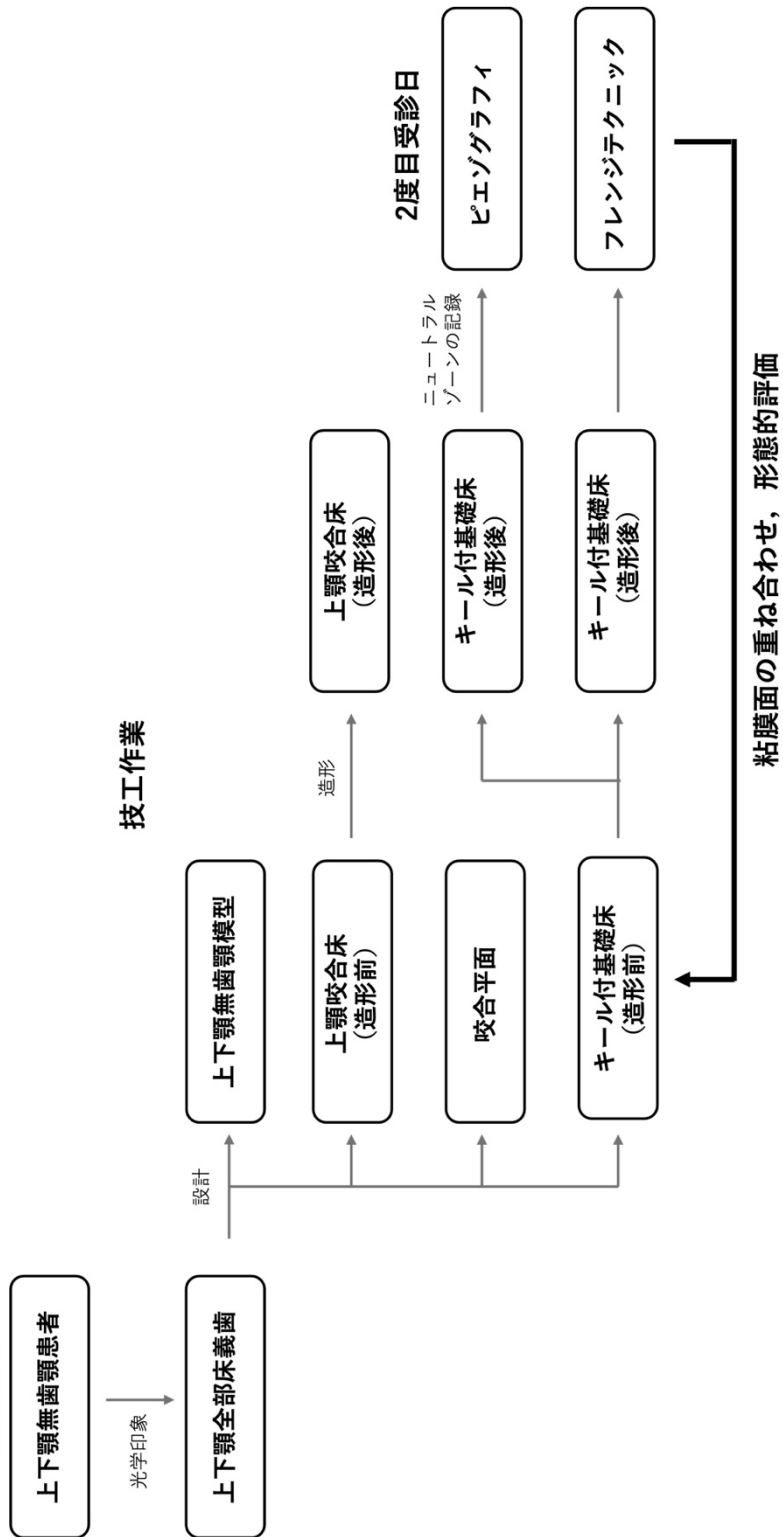
表 4.2 種類のニュートラルゾーン記録法により得られた頬側角度(°)の比較.

P: ピエゾグラフィ, F: フレンジテクニック. 中央値を上部に, 四分位範囲は括弧内に示す. $*p<0.05$

表 5.2 種類のニュートラルゾーン記録法により得られた舌側角度(°)の比較.

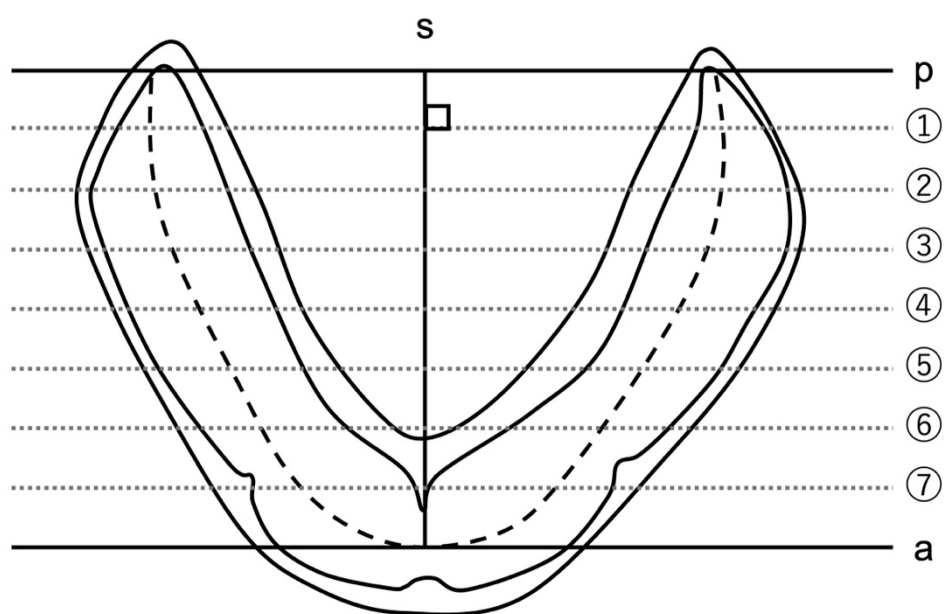
P: ピエゾグラフィ, F: フレンジテクニック. 中央値を上部に, 四分位範囲は括弧内に示す. $*p<0.05$

図 1.



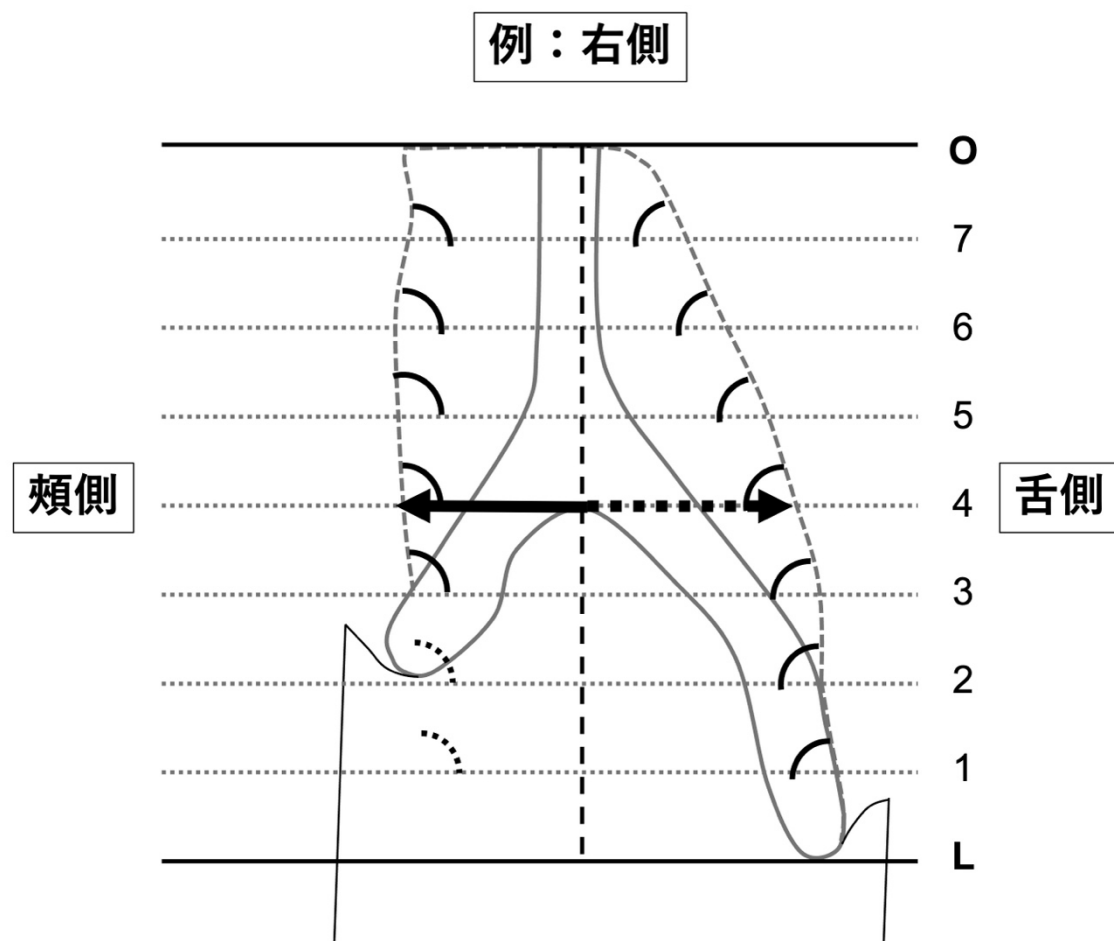
縮小率 1/1

図 2a.



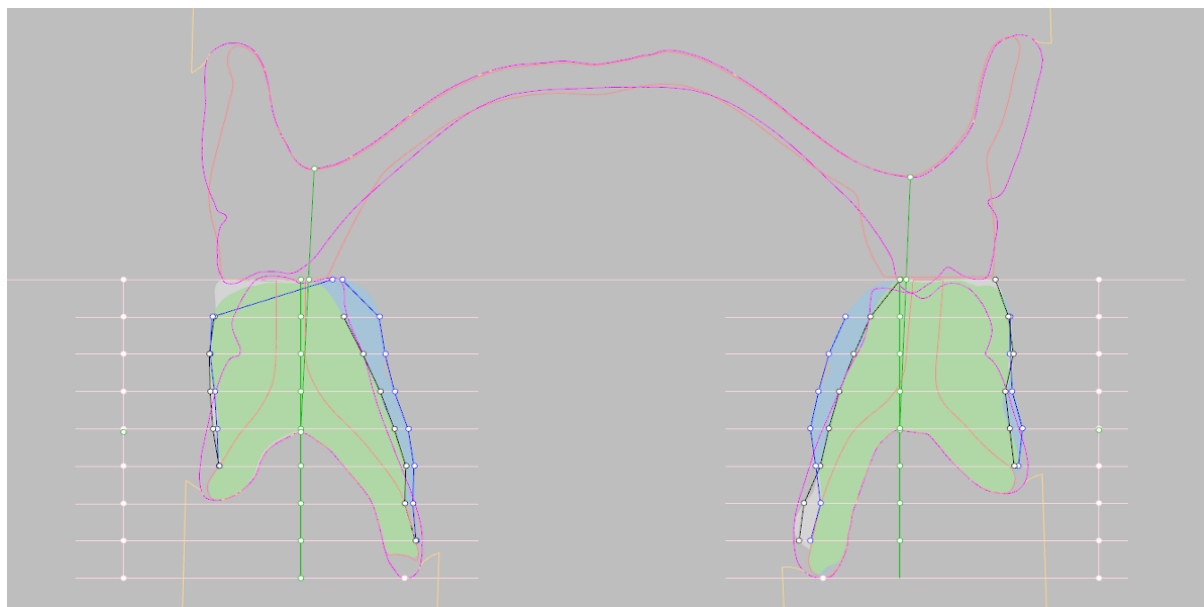
縮小率 1/1

図 2b.



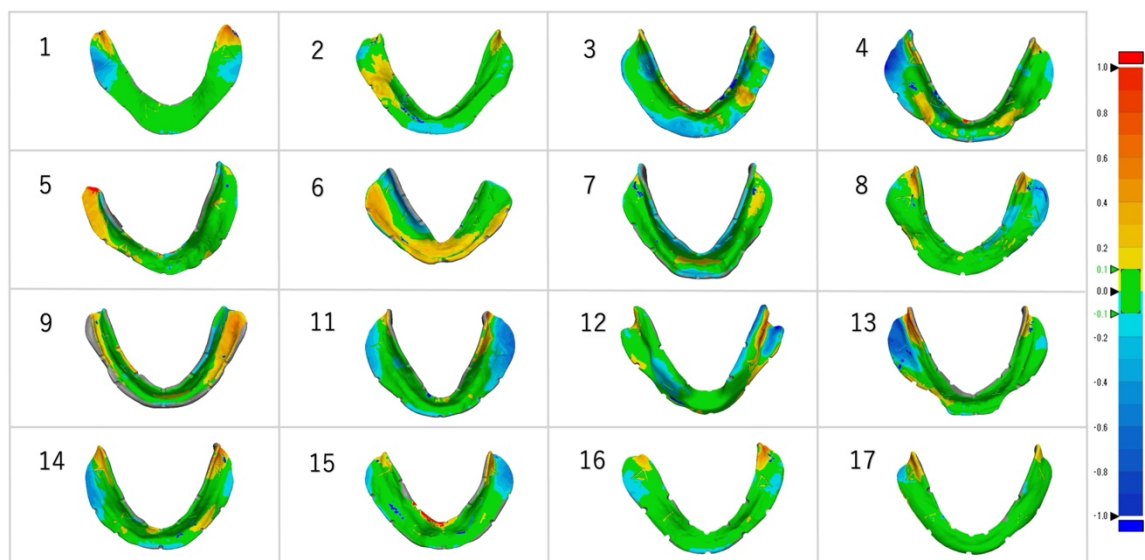
縮小率 $1/2$

図 3.



縮小率 3/4

図 4a.



縮小率 3/4

図 4b.

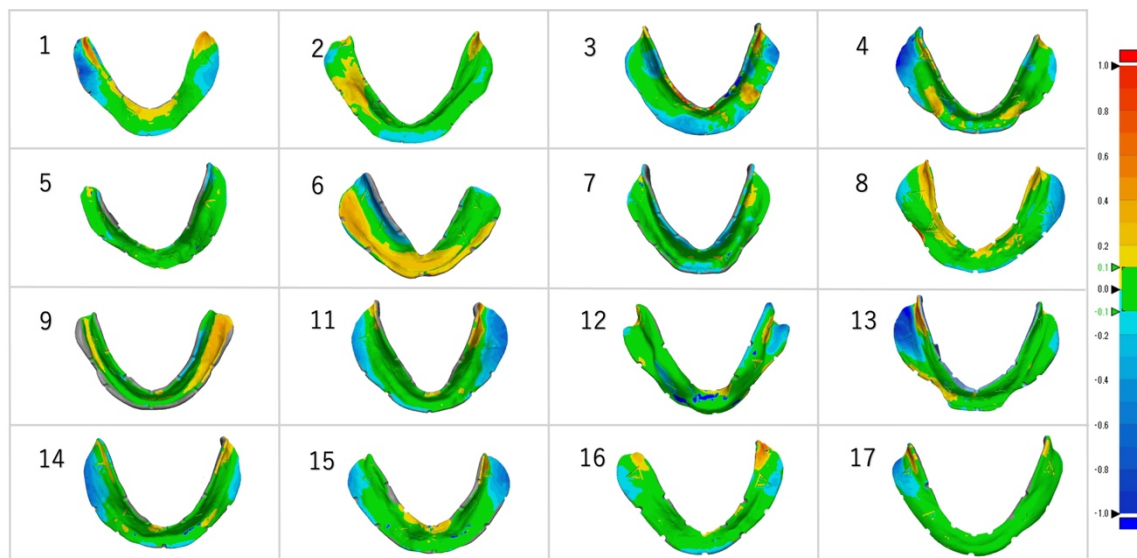


図 5.

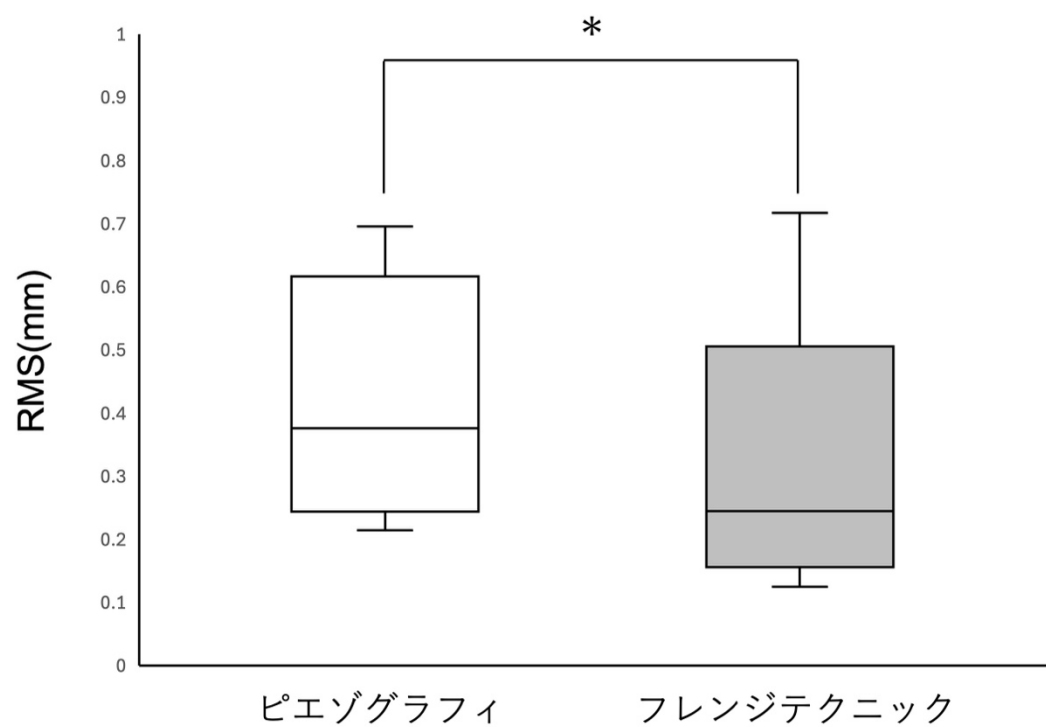
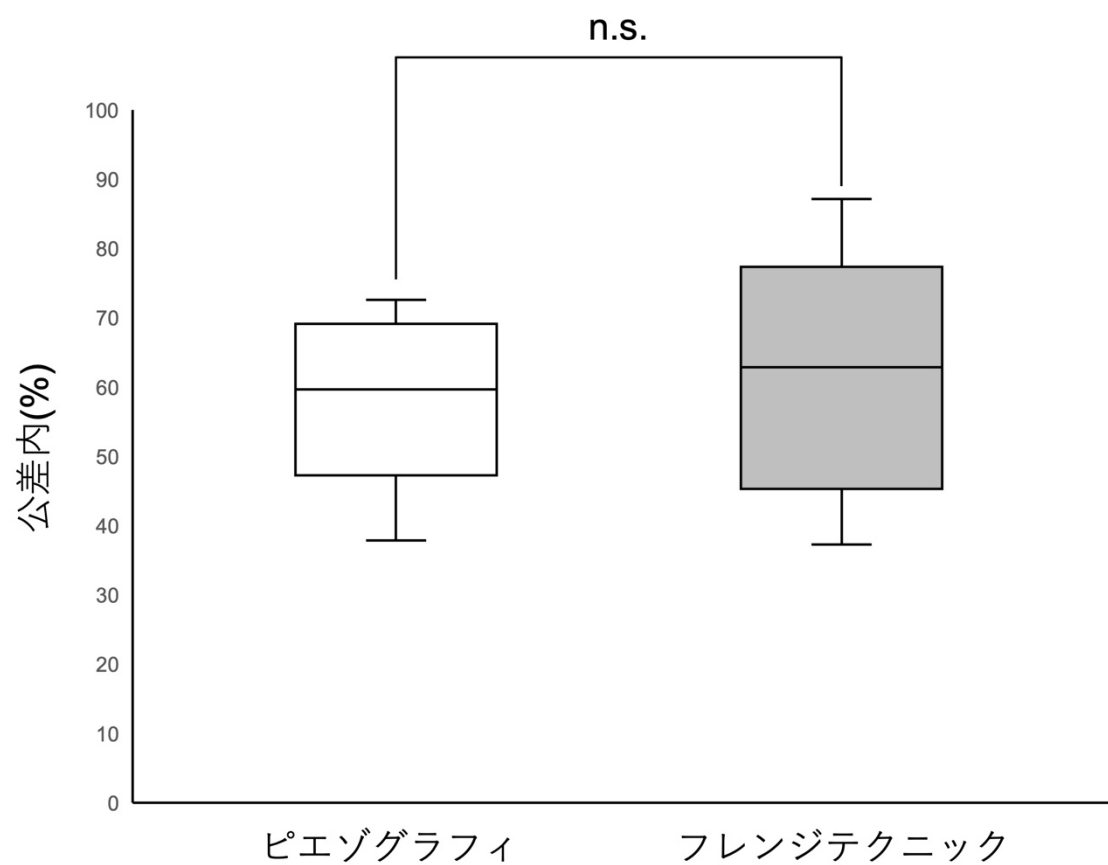


図 6.



縮小率 1/1

表 1.

	①右	②右	③右	④右	⑤右	矢状断	⑤左	④左	③左	②左	①左
P						14135.310 (10820.952, 15444.592)					
体積						13856.300 * (11197.246, 17512.605)					
F											
P	67.074 (60.878, 91.391)	111.697 (96.943, 144.222)	156.701 (135.668, 192.300)	182.180 (161.344, 219.687)	186.960 (159.616, 225.724)	122.618 (99.690, 132.181)	207.978 (153.759, 249.952)	191.940 (149.460, 229.892)	150.809 (127.721, 180.611)	110.982 (93.692, 140.422)	68.391 (53.025, 85.941)
断面						88.477	203.285	197.058	165.297 *	128.497 *	77.339 *
面積	102.229 * (89.067, 123.602)	146.755 * (139.048, 181.224)	188.906 * (165.026, 220.908)	204.284 * (174.619, 249.544)	193.536 (165.132, 231.074)		(167.587, 247.660)	(170.621, 242.340)	(155.944, 212.893)	(119.302, 168.640)	(66.670, 105.118)

単位：体積 (mm³), 断面積 (mm²)

縮小率 1/1

表 2.

位置		①右	②右	③右	④右	⑤右	矢状断	⑤左	④左	③左	②左	①左
7	P	2.022 (1.476, 3.298)	3.462 (3.042, 4.038)	4.855 (4.191, 5.531)	5.805 (5.269, 6.508)	6.330 (5.828, 7.435)	3.446 (1.464, 6.514)	5.817 (3.230, 7.317)	4.921 (2.886, 6.577)	4.525 (2.712, 5.140)	2.182 (0.975, 3.942)	2.385 (0.056, 3.340)
	F	4.387* (3.265, 5.275)	5.553* (4.670, 6.870)	6.304* (4.958, 7.418)	6.690* (5.881, 7.787)	6.695 (5.599, 7.286)	4.789 (3.677, 6.423)	6.463 (4.185, 7.524)	6.347 (2.984, 7.615)	5.415 (2.918, 6.673)	4.731* (2.337, 5.900)	3.144* (1.396, 4.645)
6	P	3.078 (1.920, 5.161)	3.908 (3.371, 5.025)	5.026 (4.543, 6.196)	6.160 (5.597, 6.819)	6.934 (5.521, 7.461)	3.063 (2.074, 5.712)	6.424 (4.034, 7.879)	5.571 (3.486, 7.171)	4.968 (3.208, 5.789)	3.080 (1.576, 5.006)	3.305 (0.168, 4.450)
	F	5.398 (4.066, 6.101)	6.519* (5.284, 7.746)	6.773* (6.087, 8.095)	7.213* (6.259, 8.187)	6.795 (5.815, 7.520)	4.853* (1.432, 6.627)	6.994 (4.806, 7.646)	6.883* (3.742, 7.960)	6.026* (4.231, 7.528)	5.653* (3.953, 7.679)	4.322* (2.436, 5.088)
5	P	3.887 (2.559, 6.241)	5.169 (3.937, 5.987)	5.791 (5.197, 6.928)	6.483 (5.614, 7.478)	6.711 (5.213, 8.008)	2.788 (2.376, 5.538)	6.058 (4.532, 8.068)	5.990 (4.188, 7.453)	5.374 (4.436, 6.432)	4.776 (2.890, 5.883)	3.915 (0.580, 5.248)
	F	5.594 (3.479, 5.866)	7.087* (5.733, 7.977)	6.796* (6.439, 8.333)	7.290 (6.506, 8.355)	6.863 (5.474, 7.571)	4.578 (2.846, 6.320)	7.020 (4.917, 7.995)	6.794 (4.346, 8.208)	6.808* (5.021, 7.694)	5.960* (4.988, 7.668)	4.276 (0.5937)
4	P	0 (0.4.344)	6.449 (5.386, 8.378)	6.533 (5.663, 8.047)	6.761 (5.310, 7.870)	6.500 (5.382, 8.521)	2.960 (2.238, 5.023)	6.006 (4.431, 7.878)	6.415 (5.217, 7.592)	6.532 (5.013, 7.330)	5.343 (3.764, 5.984)	0 (0.3.780)
	F	0 (0.5.686)	7.388 (5.848, 8.154)	7.653 (6.642, 8.295)	7.531 (6.394, 8.571)	7.242 (5.766, 7.834)	4.042 (2.405, 5.677)	7.831 (5.305, 8.382)	7.137 (4.943, 8.433)	7.383 (4.846, 8.259)	6.412* (4.165, 7.637)	0 (0.4.038)
3	P	0 (0.3.313)	5.481 (0.6.807)	7.334 (5.773, 8.990)	6.837 (5.453, 8.491)	5.682 (4.458, 7.925)	2.791 (2.341, 4.626)	5.774 (3.943, 7.892)	6.615 (5.000, 8.032)	6.703 (5.247, 7.705)	2.677 (0.5.845)	0 (0.1.566)
	F	0 (0.3.182)	5.960 (0.7.165)	7.736 (6.919, 8.487)	7.716 (5.825, 8.783)	6.659* (5.401, 8.238)	3.675 (2.280, 5.470)	7.413* (5.659, 8.575)	7.395 (5.104, 8.316)	7.334 (4.637, 9.220)	2.716 (0.6.585)	0 (0.1.445)
2	P	0 (0.0)	1.625* (0.6.413)	6.945 (5.343, 7.977)	6.460 (2.382, 8.175)	6.008 (4.568, 8.118)	3.443 (2.567, 4.419)	6.703 (5.037, 7.823)	7.416 (4.569, 8.915)	6.094 (0.7.850)	0 (0.4.197)	0 (0.0)
	F	0 (0.0)	1.609 (0.5.995)	7.144 (5.320, 8.227)	7.342 (2.549, 8.501)	6.513 (5.801, 8.398)	4.044 (2.425, 5.183)	7.574* (6.030, 8.609)	7.733 (4.636, 8.942)	5.850 (0.8.269)	0 (0.4.294)	0 (0.0)
1	P	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.7.066)	5.832 (0.8.211)	5.604 (0.7.462)	3.734 (2.781, 4.441)	6.228 (0.8.736)	4.325 (0.8.457)	0 (0.5.744)	0 (0.0)	0 (0.0)
	F	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.6.931)	6.976 (0.8.210)	6.138 (0.7.367)	4.061 (2.623, 4.849)	6.591 (0.8.788)	3.970 (0.8.814)	0 (0.5.623)	0 (0.0)	0 (0.0)

単位：頻間距離 (mm)

縮小率 1/1

表 3.

位置	①右	②右	③右	④右	⑤右	矢状断	⑤左	④左	③左	②左	①左
7	P 3.365 (2.053, 3.949)	2.375 (2.127, 4.446)	2.625 (1.524, 3.917)	2.631 (0.732, 3.362)	2.050 (1.077, 3.163)	0.856 (0, 3.121)	3.577 (1.866, 5.852)	4.833 (2.197, 6.533)	4.184 (2.302, 6.270)	3.608 (2.244, 5.917)	3.058 (2.289, 4.571)
	F 4.096* (3.697, 5.040)	4.144* (3.199, 5.762)	3.695* (3.071, 6.960)	4.844* (3.199, 7.073)	4.085* (3.223, 6.609)	1.640 (0.192, 6.503)	5.367* (4.508, 7.696)	5.452* (4.019, 7.704)	5.691* (3.945, 6.740)	4.732* (3.933, 5.644)	4.248 (3.065, 4.698)
6	P 3.640 (3.094, 4.341)	3.259 (2.525, 4.785)	3.192 (2.224, 4.606)	3.416 (1.704, 4.430)	3.136 (2.456, 4.290)	3.128 (0.587, 6.620)	4.670 (2.550, 6.926)	4.804 (2.961, 6.848)	4.244 (3.239, 6.626)	4.041 (3.051, 6.066)	3.794 (2.937, 4.891)
	F 4.705* (4.151, 5.510)	4.366* (3.529, 6.183)	4.521* (3.639, 7.517)	5.652* (4.205, 8.259)	5.127* (4.525, 7.714)	2.492 (1.362, 6.998)	6.431* (4.969, 8.515)	6.353* (5.444, 8.450)	5.908* (4.579, 7.676)	4.991 (4.326, 6.154)	4.748 (3.841, 5.505)
5	P 4.168 (3.904, 5.078)	3.986 (3.056, 5.102)	3.941 (2.961, 5.494)	4.729 (3.481, 5.498)	5.171 (3.605, 6.020)	4.832 (3.616, 7.443)	7.020 (4.917, 7.995)	5.717 (4.200, 7.824)	4.891 (4.148, 7.260)	4.751 (3.666, 6.403)	4.310 (3.155, 5.080)
	F 5.425* (4.727, 6.189)	5.285* (4.225, 7.043)	5.456* (4.176, 7.988)	6.293* (5.047, 8.543)	6.660 (5.343, 8.149)	3.565 (2.414, 7.033)	6.858 (5.908, 8.854)	7.072* (5.994, 8.931)	6.252* (5.544, 8.413)	5.454 (5.091, 6.736)	4.987* (4.455, 5.964)
4	P 4.882 (4.203, 5.588)	4.950 (3.798, 5.791)	4.976 (4.090, 6.667)	5.985 (4.736, 7.526)	7.796 (5.156, 9.487)	6.719* (5.316, 8.784)	8.406 (4.989, 10.209)	7.320 (5.154, 8.765)	6.052 (5.101, 7.871)	5.205 (4.418, 7.129)	5.061 (4.008, 5.424)
	F 5.902* (5.174, 6.908)	5.921* (5.092, 7.752)	6.148* (5.020, 8.524)	6.828 (5.527, 8.601)	7.466 (6.107, 8.716)	5.188 (3.474, 7.015)	7.393 (6.533, 10.824)	7.597 (6.380, 9.284)	6.904* (6.164, 8.737)	6.310* (5.883, 7.266)	5.621* (4.936, 6.560)
3	P 5.393 (4.828, 6.416)	6.100 (4.492, 6.911)	6.088 (5.094, 7.234)	7.386 (5.850, 8.916)	9.375* (7.071, 11.753)	8.687* (5.995, 9.831)	9.505 (7.040, 12.968)	8.345 (6.442, 9.642)	6.567 (5.822, 8.591)	5.318 (5.025, 7.514)	5.290 (4.005, 5.960)
	F 6.271* (5.822, 7.631)	6.792* (5.785, 8.113)	6.967* (5.552, 8.466)	7.528 (6.116, 8.326)	8.217 (6.792, 9.109)	5.601 (4.071, 7.552)	8.448 (7.034, 10.915)	8.086 (6.579, 9.667)	7.821* (6.440, 8.884)	7.045* (6.162, 7.994)	6.329* (5.228, 7.141)
2	P 5.946 (5.502, 7.710)	6.454 (5.310, 7.348)	6.496 (6.078, 7.822)	8.390 (6.591, 9.565)	8.238* (6.724, 13.733)	7.819* (4.867, 10.746)	9.963 (7.856, 12.489)	8.339 (7.015, 10.484)	7.518 (5.638, 8.673)	6.182 (5.384, 7.902)	5.290 (4.574, 6.946)
	F 6.591* (6.085, 8.080)	7.097* (5.962, 8.518)	7.164 (5.616, 8.833)	7.632 (6.516, 8.619)	7.818 (6.381, 8.718)	5.275 (4.267, 6.978)	9.317 (7.549, 10.277)	8.984 (6.680, 10.217)	8.496* (6.862, 9.208)	7.987* (6.222, 8.787)	6.804* (5.253, 8.178)
1	P 6.708 (6.001, 8.256)	7.257 (6.275, 8.533)	7.096 (6.246, 8.395)	8.047 (6.187, 8.629)	7.721 (3.835, 10.632)	4.237* (0, 10.928)	9.098 (6.621, 11.667)	8.330 (7.261, 10.809)	6.738 (5.980, 8.925)	6.792 (6.162, 9.000)	6.339 (5.498, 7.674)
	F 6.933* (6.374, 8.343)	7.352 (6.075, 8.591)	7.420 (5.995, 8.363)	4.844 (3.199, 7.073)	7.410 (3.437, 9.456)	1.232 (0, 5.397)	8.216 (5.290, 10.499)	8.924 (6.498, 10.034)	8.382* (6.847, 9.616)	7.862* (6.408, 9.398)	6.917* (5.782, 9.301)

単位：舌側距離 (mm)

縮小率 1/1

表 4.

位置		①右	②右	③右	④右	⑤右	矢状断	⑤左	④左	③左	②左	①左
7	P	44.557 (24.371, 60.045)	45.987* (19.736, 67.445)	54.971* (17.024, 71.550)	61.913* (0, 70.237)	54.264* (9.058, 71.831)	91.326 (71.406, 105.617)	57.290* (42.231, 69.856)	57.116* (0, 74.069)	51.379* (0, 72.027)	68.459* (0, 74.356)	33.080 (0, 72.214)
	F	54.014 (0, 64.889)	8.400 (0, 45.051)	5.165 (0, 49.280)	4.739 (0, 43.643)	0 (0, 25.561)	85.813 (75.508, 96.934)	0 (0, 49.195)	0 (0, 42.024)	0 (0, 47.079)	0 (0, 45.506)	0 (0, 49.674)
6	P	62.962 (34.883, 78.144)	77.910* (67.788, 88.286)	79.164* (73.679, 87.259)	84.012 (78.000, 92.940)	88.905 (79.119, 99.853)	100.727 (93.664, 108.202)	85.168 (75.740, 92.058)	77.205 (71.583, 86.772)	75.619 (64.916, 86.408)	69.608 (52.467, 82.449)	53.579 (39.815, 69.736)
	F	69.809 (62.231, 80.703)	69.968 (63.552, 80.793)	78.428 (67.615, 83.423)	80.518 (72.123, 86.933)	84.011 (75.620, 92.197)	100.411 (90.718, 109.413)	81.789 (72.421, 90.868)	75.198 (68.333, 82.010)	73.041 (58.128, 79.057)	62.640 (55.690, 74.142)	53.822 (34.558, 71.157)
5	P	63.554 (24.376, 73.003)	64.060 (53.008, 68.595)	76.802 (67.426, 85.615)	88.606 (79.599, 97.040)	95.448 (82.607, 99.321)	96.506 (90.550, 106.610)	88.856 (76.419, 94.505)	75.947 (64.590, 91.775)	71.533 (67.221, 75.609)	66.106 (51.186, 71.823)	49.283 (12.480, 70.327)
	F	76.145 (65.196, 97.447)	77.338* (65.242, 88.223)	83.865* (76.215, 87.976)	86.524 (78.507, 93.234)	88.929 (86.479, 94.103)	101.952 (93.421, 110.576)	86.784 (78.993, 96.654)	76.496 (71.194, 85.215)	77.234 (62.727, 83.649)	73.131* (61.029, 82.386)	57.629 (0, 81.188)
4	P	0 (0, 77.243)	56.613 (37.367, 75.229)	70.206 (54.849, 78.695)	82.531 (76.976, 91.552)	92.908 (77.100, 99.792)	91.022 (86.009, 100.685)	89.493 (74.903, 98.363)	82.138 (63.754, 89.590)	66.398 (53.914, 74.501)	55.176 (35.565, 79.136)	0 (0, 46.056)
	F	0 (0, 87.356)	83.425* (66.904, 94.501)	82.723* (69.982, 90.274)	83.283 (77.450, 93.061)	83.474 (78.535, 88.594)	92.664 (84.149, 106.802)	81.127 (74.623, 86.878)	76.898 (70.890, 88.835)	73.146 (61.613, 87.336)	83.977* (64.752, 91.061)	0* (0, 103.887)
3	P	0 (0, 37.250)	63.503 (0, 92.775)	70.903 (62.537, 75.606)	75.386 (64.245, 85.080)	91.267 (79.687, 101.761)	83.345 (75.230, 100.645)	83.692 (71.525, 96.361)	72.741 (59.590, 80.982)	67.201 (45.393, 86.370)	36.000 (0, 80.366)	0 (0, 80.894)
	F	0 (0, 92.052)	79.890 (0, 101.406)	83.701* (72.986, 91.192)	84.652 (72.650, 91.049)	84.815 (75.215, 92.981)	88.125 (79.657, 96.945)	79.024 (65.448, 92.489)	76.203 (69.512, 88.748)	76.904 (61.520, 91.223)	55.517 (0, 108.924)	0* (0, 95.460)
2	P	0 (0, 0)	26.622 (0, 113.957)	73.511 (62.665, 104.810)	72.198 (25.786, 87.904)	75.959 (68.624, 86.402)	90.041 (59.837, 100.083)	76.430 (60.484, 89.943)	68.114 (52.312, 83.946)	70.081 (0, 97.898)	0 (0, 75.882)	0 (0, 0)
	F	0 (0, 0)	37.756 (0, 115.837)	95.828 (71.880, 109.829)	86.724 (32.432, 96.780)	86.337* (78.504, 93.179)	84.845 (69.428, 97.799)	89.469* (76.609, 97.322)	81.119 (60.842, 94.812)	79.622 (0, 97.342)	0 (0, 84.449)	0 (0, 0)
1	P	0 (0, 0)	0 (0, 0)	23.633 (0, 129.609)	68.859 (0, 103.839)	63.790 (0, 86.827)	15.982 (13.420, 16.710)	59.727 (0, 107.720)	73.016 (0, 116.531)	0 (0, 68.390)	0 (0, 0)	0 (0, 0)
	F	0 (0, 0)	0 (0, 0)	37.896 (0, 127.746)	83.365 (0, 110.658)	86.168 (0, 102.669)	0 (0, 0)	88.903 (0, 111.805)	78.004 (0, 108.698)	0 (0, 71.358)	0 (0, 0)	0 (0, 0)

单位：颊侧角度（°）

単位：傾側角度 (°)

縮小率 1/1

表 5.

位置		①右	②右	③右	④右	⑤右	矢状断	⑤左	④左	③左	②左	①左
7	P	67.335 (39.935, 73.488)	51.735* (13.176, 73.829)	50.780* (13.241, 67.371)	38.602 (0, 60.695)	40.041* (12.284, 57.185)	37.341 (27.852, 52.565)	35.657* (24.596, 62.313)	31.978 (0, 57.990)	44.405* (0, 75.101)	49.945* (0, 83.300)	72.171* (61.530, 77.460)
	F	14.481 (0, 60.663)	6.107 (0, 27.416)	7.941 (0, 34.538)	7.025 (0, 25.031)	0 (0, 35.108)	56.416 (47.918, 64.331)	0 (0, 37.272)	0* (0, 20.453)	0 (0, 15.427)	0 (0, 13.764)	0 (0, 28.246)
6	P	78.366 (76.286, 79.626)	76.462 (71.900, 79.146)	74.308 (65.882, 76.398)	71.747 (64.933, 74.749)	63.373 (54.535, 69.307)	42.797 (36.553, 54.223)	71.237 (60.062, 75.760)	71.682 (68.247, 84.141)	77.241 (70.834, 81.518)	81.080 (74.659, 84.809)	79.181 (70.158, 86.597)
	F	79.696 (73.259, 84.042)	75.423 (70.775, 90.691)	76.984 (66.069, 82.227)	70.282 (63.755, 79.204)	67.939 (59.544, 79.286)	65.991* (57.632, 72.467)	68.543 (63.943, 75.913)	72.864 (69.118, 78.914)	77.086 (64.629, 81.415)	79.275 (62.452, 87.148)	71.114 (55.891, 78.080)
5	P	75.106 (69.193, 90.070)	74.321 (68.399, 76.476)	65.277 (63.644, 72.551)	60.846 (57.593, 69.188)	53.735 (49.219, 70.254)	52.932 (41.456, 63.642)	56.408 (49.395, 64.957)	70.501 (64.165, 75.805)	75.102 (71.219, 78.980)	80.630 (72.373, 83.498)	79.414 (72.939, 87.672)
	F	72.066 (69.449, 78.165)	71.796 (67.303, 74.476)	74.485 (68.397, 76.225)	73.719* (71.337, 78.461)	69.008* (62.211, 81.792)	73.441* (54.921, 88.949)	73.124* (67.579, 80.931)	75.366* (70.805, 86.452)	76.513 (70.325, 80.652)	75.283 (73.385, 81.386)	73.697 (67.345, 83.951)
4	P	73.553 (68.558, 80.117)	71.000 (66.459, 74.563)	64.970 (60.991, 74.153)	61.913 (51.137, 67.699)	50.435 (36.652, 52.629)	70.338 (41.705, 90.125)	51.948 (38.585, 59.097)	65.639 (59.108, 72.826)	70.828 (65.668, 79.498)	78.655 (69.208, 84.877)	81.420 (70.171, 87.446)
	F	73.846 (69.078, 78.231)	71.320 (66.972, 75.154)	73.719* (70.563, 81.491)	75.333* (69.951, 82.662)	74.853* (67.399, 83.852)	76.477* (66.140, 96.664)	68.827* (62.519, 82.894)	76.111* (67.624, 85.346)	77.785 (70.150, 82.734)	69.772 (65.234, 77.886)	74.623 (68.810, 82.007)
3	P	71.053 (61.949, 78.776)	73.701 (66.948, 75.771)	68.433 (60.907, 79.381)	60.894 (51.885, 72.160)	53.446 (33.017, 83.380)	88.160 (52.075, 107.469)	57.174 (44.622, 83.183)	64.797 (57.353, 87.037)	72.049 (66.772, 83.942)	72.585 (66.768, 84.317)	71.730 (68.122, 84.216)
	F	77.589 (72.314, 80.734)	76.498 (69.234, 82.022)	79.486* (74.214, 84.621)	81.226* (76.258, 85.590)	78.627* (66.694, 85.331)	80.602 (64.791, 102.701)	76.067* (63.370, 90.143)	74.657* (67.005, 97.233)	77.260 (68.860, 86.486)	72.283 (65.861, 76.343)	75.846 (65.228, 81.110)
2	P	66.646 (61.872, 78.817)	69.873 (57.822, 82.846)	78.877 (60.250, 86.717)	63.538 (53.085, 90.705)	78.024 (44.311, 94.375)	65.780 (0, 107.303)	88.247 (51.788, 99.626)	66.895 (57.935, 95.001)	71.827 (64.381, 93.526)	70.146 (62.326, 82.910)	69.980 (60.738, 80.563)
	F	78.593* (72.527, 84.845)	84.719* (78.389, 91.374)	89.067* (79.343, 94.633)	89.365* (79.909, 94.694)	86.707 (74.691, 100.573)	37.950 (0, 107.535)	85.148 (70.665, 95.242)	80.765 (68.654, 92.111)	84.309 (68.444, 88.922)	79.526 (67.233, 84.747)	80.128* (71.570, 83.907)
1	P	69.375 (61.223, 79.758)	65.747 (61.295, 74.357)	73.401 (63.402, 81.997)	84.985 (56.970, 103.877)	89.493 (58.110, 99.621)	0 (0, 0)	79.528 (54.997, 110.353)	79.702 (63.290, 92.366)	77.520 (69.774, 99.212)	71.746 (61.461, 77.320)	72.171 (61.530, 77.460)
	F	80.572* (74.219, 86.617)	89.724* (86.659, 91.454)	88.332* (79.325, 97.735)	94.472 (87.369, 102.819)	86.028 (63.717, 95.711)	0 (0, 0)	82.795 (72.016, 95.397)	90.470 (81.589, 106.312)	93.304 (84.761, 100.006)	92.784* (80.468, 95.721)	88.112* (76.900, 93.793)

単位：舌側角度（°）