



Title	口唇閉鎖不全を有する患者における咀嚼時顔面軟組織運動の様相
Author(s)	長田, 奈幹
Citation	大阪大学, 2023, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/91867
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 (長 田 奈 幹)	
論文題名	口唇閉鎖不全を有する患者における咀嚼時顔面軟組織運動の様相
【目的】 咀嚼とは摂食，咬断（切断），粉碎，混合，食塊形成，嚥下までの一連の動作からなる機能であり，主要な顎口腔機能の一つある．歯科治療により咀嚼機能の回復や咀嚼機能維持を行う上で，咀嚼機能を客観的に評価することが非常に重要である．従来，咀嚼機能については，下顎運動軌跡評価や口顎諸筋の活動評価により客観的な評価がおこなわれてきた． 一方，咀嚼中の食塊が口腔内で適切に位置づけられるためには，歯列を外部より取り囲む口唇と頬部を含む顔面軟組織の動きが重要である．例えば，前歯部開咬に起因する口唇閉鎖不全を有する患者では，口唇閉鎖不全に対する代償的な筋活動の亢進が認められ，口唇閉鎖不全は，临床上「食べこぼし」の原因となることが知られており，同症状を有する患者では，咀嚼中の歯列を外部より取り囲む口唇と頬部を含む顔面軟組織の動きの異常があることが示唆された．すなわち，口唇閉鎖不全を含む，咬合異常を有する者では，咀嚼時の顔面軟組織の動的変位の様相は正常咬合者とは異なることが予想された． しかしながら，これまで，口唇・頬部の筋肉・皮膚を主体とする軟組織と下顎の動きが複合された動的変位の様相は定量評価の対象とはされていなかった．その理由として，顔面のようになだらかな彎曲を示しかつ変形の自由度が高い構造体の変化を捉えるために必要な観測方法が確立されていなかったことがある． 本研究は，顔面軟組織の動的変位の様相の客観的評価を行う新規システムを開発することを目的として行われた．また，現在，臨床において，口唇閉鎖不全を含む口腔機能発達不全症を診断する目的で，既存のシステムとして口唇閉鎖力を測定する機器が用いられている．そこで，開発した新規システムとの比較を行うことを目的として，既存システムを用いて口唇閉鎖力について測定することとした． 【材料と方法】 <u>実験 1：三次元顔面軟組織運動を相同モデルで評価した場合の再現性</u> 被験者として成人 6 名（年齢：27－31 歳，男性 2 名，女性 4 名）を用いた．すべての被験者は，平均的な顔貌および咬合関係，すなわちストレートタイププロファイルかつオーバージェット 2.0 mm 以上，5.0 mm 未満を呈した．三次元顔面軟組織運動の計測するため，フォトグラメトリ式 3 D カメラ（Temporal 3dMD head System；3dMD, GA, USA）を用いた．白色のアイライナー（UZU アイオープニングライナー；フローフシ，東京，日本）を用いて，被験者の顔面に，39 点のマーカを記入した．撮影中は，被験者に右側の片側ガム咀嚼を 7 秒間行わせた．ガム咀嚼時，可能な限り口唇を閉鎖するよう指示した．7 秒間の撮影を，10 秒間の休憩時間を設けて 3 回繰り返した．以上により，70 フレームからなる一連の三次元顔面軟組織画像を 3 回分取得した． 三次元顔面軟組織画像に 39 点のマーカの座標値の取得を行うため，三次元解析ソフトウェア（HBM-Rugle；メディックエンジニアリング，京都，日本）を用いた．被験者の三次元顔面軟組織画像をコンピュータディスプレイ上に表示させた．検者 A が視覚的に評価することで，すべてのフレームに対して事前に記入された 39 点のマーカの位置を，コンピュータマウス機器を用いて記録した．得られた三次元座標値群を，誤差を求める場合の真の値として用いた． また，前記三次元解析ソフトウェアを用いて，被験者の三次元顔面軟組織画像にテンプレートメッシュのフィッティングを行い，12,537 点の接合点から構成される相同モデルを作成した．被験者の全フレームの三次元顔面軟組織画像の，相同モデル化を行った．各被験者の，1 フレーム目の三次元顔面軟組織画像から得られた相同モデルを構成する接合点中で，1 フレーム目で同定した真の値と対応する番号の接合点を最小二乗法にて決定した．指定した番号の接合点を，相同モデル上の仮想マーカとし，2 フレーム目以降の相同モデルでも同じ番号の接合点を仮想マーカとして採用した．相同モデルの精度を検討するため，2 フレーム目以降の相同モデルの仮想マーカの三次元座標値と真の値の絶対誤差を計算した．マーカごとに平均絶対誤差を計算した．	

実験 2：顔面軟組織運動を記録するために必要なサンプリングレートおよび内挿方法の検討

2011－2020 年に大阪大学歯学部附属病院矯正科に顎変形症にて、外科的矯正治療を予定していた治療前の患者169 名（年齢：23.2±7.7 歳，男性61 名，女性108 名）の顎運動経路の記録を用いた．顎運動経路は超音波式三次元顎運動計測システム（WinJaw；Zebris, Isny, Germany）を用いて記録した．40 Hzのサンプリングレートにて，ガム咀嚼時の下顎切歯点の時系列の三次元座標値群を得た．30 秒間の左側の片側ガム咀嚼時の時系列三次元座標値群を真の値とし使用した．下顎切歯点の時系列三次元座標値群を等間隔で間引くことにより，20 Hz，10 Hz，5 Hzにリサンプリングした．リサンプリングした三次元座標値群を，線形内挿法，平滑化スプライン法およびローパス内挿フィルター法によって40 Hzに内挿した．内挿して得られた40 Hzの時系列三次元座標値群と真の値を，平均二乗誤差，相関係数および差の最大値を用いて比較することで，内挿して得られた40 Hzの時系列三次元座標値群の正確度を検討した．

実験 3：咀嚼時顔面軟組織運動の客観的評価

被験者として，2020 年10 月から2022 年8 月までに大阪大学歯学部附属病院矯正科を受診した，口唇閉鎖不全群16 名（年齢：6－12 歳，男子7 名，女子9 名）と，対照群23 名（年齢：6－12 歳，男子7 名，女子16 名）を用いた．口唇閉鎖不全を呈するか否かの判断基準は，口唇安静時に上下の口唇が3.0 mm以上離開する場合と定義した．被験者に，習慣性咀嚼側にて7 秒間の片側ガム咀嚼を3 回行わせた．3 回の測定の際に，それぞれ10 秒間の休憩時間を設けた．実験1 で用いたフォトグラメトリ式3 Dカメラを用いて10 Hzで三次元顔面軟組織動画を撮影した．各被験者の時系列の顔面相同モデルを作成した．

まず，ガム咀嚼開始時のフレームの相同モデルを基準モデルとした．基準モデル上のワイヤーフレームの接合点間の距離を d_0 とし， t 番目の顔面相同モデルの接合点間の距離を d_t とした場合，その変化量 $\Delta d_t = d_t - d_0$ を用いて，各フレームおよび各接合点間における弾性エネルギーを計算した．弾性エネルギーの大きさと接合点間を結ぶ線分の色を対応させたモデルを作成し，「弾性エネルギーモデル」と新たに定義した．上唇領域と下唇領域それぞれにおいて，接合点間の正規化弾性エネルギーの平均値を計算した．上下口唇の正規化弾性エネルギーの平均値の差を時間積分した値を「上下口唇エネルギー間積分値」と新たに定義した．各片側ガム咀嚼の測定に対して，上下口唇エネルギー間積分値を計算した．Welchの t 検定にて，口唇閉鎖不全群と対象群で上下口唇エネルギー間積分値に有意の差を認めるか否かを検討した．

また，作成した顔面相同モデルのオトガイ相当の接合点を指定し，指定した番号の接合点の時系列三次元座標値群を抽出し，三次元顎運動軌跡を抽出した．抽出されたすべての三次元顎運動軌跡について正規化ジャークコストを計算した．Welchの t 検定にて，口唇閉鎖不全群と対照群で正規化ジャークコストの差が有意であるか否かを検討した．

実験 4：口唇閉鎖不全の有無と口唇閉鎖力の関係の検討

被験者として，実験3 の患者を用いた．口唇閉鎖力を測定するため，口唇閉鎖力測定器（りっぷるくん；松風，京都，日本）を用いた．被験者が1 回練習を行った後，測定を3 回行った．3 回の測定値の平均値を求めた．Welchの t 検定にて，口唇閉鎖不全群と対象群の口唇閉鎖力の差が有意であるか否かを検討した．

【結果および考察】

実験 1： x 軸方向（水平方向）のすべての仮想マーカーの平均絶対誤差は 0.90 ± 0.32 mm であった． y 軸方向（垂直方向）のすべての仮想マーカーの平均絶対誤差は 0.84 ± 0.30 mmであった． z 軸方向（前後方向）のすべての仮想マーカーの平均絶対誤差は 0.64 ± 0.44 mmであった．

実験 2： 平均二乗誤差，相関係数および差の最大値において，内挿して得られた40 Hzの時系列三次元座標値群の正確度は，10 Hzにリサンプリングした三次元座標値群を内挿した際に，定常に達した．10 Hzを適切な周波数として採用した．平滑化スプライン法およびローパス内挿フィルター法により内挿した三次元座標値群の平均二乗誤差は，線形内挿法にて内挿した三次元座標値群の平均二乗誤差と比較して小さかった．

実験 3： 上下口唇エネルギー間積分値について口唇閉鎖不全群が対照群より有意に大きかった（ $p < 0.05$ ）．すなわち，口唇閉鎖不全患者は上下口唇運動の同期度が低いことが明らかとなった．正規化ジャークコストについて，口唇閉鎖不全群が対照群より有意に大きかった（ $p < 0.05$ ）．すなわち，口唇閉鎖不全患者は顎運動の円滑性が低いことが明らかとなった．

実験 4： 口唇閉鎖力について，口唇閉鎖不全群と対照群の間に有意の差は認めなかった（ $p \geq 0.05$ ）．

【結論】

相同モデル化手法を用いて，咀嚼時の顔面軟組織の動的変位の様相を評価するシステムを開発した．口唇閉鎖力については，口唇閉鎖不全の有無と関連を認めなかった．一方で，口唇閉鎖不全を有する患者の顔面軟組織運動については，円滑性が低く，また上下唇間の同期度が低いことが明らかとなった．

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏 名 (長 田 奈 幹)			
	(職)	氏 名	
論文審査担当者	主 査	教 授	山 城 隆
	副 査	教 授	田 中 晋
	副 査	准教授	豊 田 博 紀
	副 査	講 師	古 田 貴 寛
論文審査の結果の要旨 本研究は、相同モデル化手法を用いて咀嚼時の顔面軟組織の動的変位を評価するシステムを開発し、口唇閉鎖不全を有する患者の顔面軟組織運動を評価した。また、既存システムを用いて口唇閉鎖力の計測を行い、口唇閉鎖不全の有無と口唇閉鎖力との関連を検討した。 口唇閉鎖力については、口唇閉鎖不全の有無と関連を認めなかった。一方で、口唇閉鎖不全を有する患者の顔面軟組織運動については、円滑性が低く、また上下唇間の同期度が低いことが明らかとなった。 本研究において開発された、顔面軟組織の動的変位の定量評価法は、口唇閉鎖不全を伴う口腔機能発達不全症の診断に有用であった。よって、博士（歯学）の学位論文として価値のあるものと認める。			