

— 原著 —

クラスター分析による骨格性下顎前突症例における

正貌パターンの分類

本多綾子¹⁾, 高橋功次郎¹⁾, 丹原 惇¹⁾, 高木律男²⁾, 小林正治³⁾, 齋藤 功¹⁾¹⁾新潟大学医歯学総合病院医歯学総合研究科歯科矯正学分野 (主任: 齋藤 功教授)²⁾新潟大学医歯学総合病院医歯学総合研究科顎顔面口腔外科学分野 (主任: 高木律男教授)³⁾新潟大学医歯学総合病院医歯学総合研究科組織再建口腔外科学分野 (主任: 小林正治教授)Classification of frontal facial patterns in patients
with mandibular prognathismAyako Honda¹⁾, Kojiro Takahashi¹⁾, Jun Nihara¹⁾, Ritsuo Takagi²⁾, Tadaharu Kobayashi³⁾
and Isao Saito¹⁾¹⁾Division of Orthodontics, Niigata University Graduate School of Medical and Dental Sciences (Chief: Prof. Isao Saito)²⁾Division of Oral and Maxillofacial surgery, Niigata University Graduate School of Medical and Dental Sciences (Chief: Prof. Ritsuo Takagi)³⁾Division of Reconstructive Surgery for Oral and Maxillofacial Region, Niigata University Graduate School of Medical and Dental Sciences (Chair: Prof. Tadaharu Kobayashi)

平成 30 年 10 月 1 日受付 平成 30 年 10 月 24 日受理

Key words: 下顎前突, クラスター分析, 正貌規格写真, 正貌軟組織

和文抄録

本研究の目的は、正貌顔面規格写真を用いて骨格性下顎前突症例における正貌軟組織形態の計測結果をもとにクラスター分析を行い、分類された各群の特徴を明らかにすることである。対象は、骨格性下顎前突症と診断された 100 名 (男性 40 名, 女性 60 名) である。正貌顔面規格写真上に顔面構造物および顔面輪郭に計測点を設定し、7つの角度計測項目を定義し算出した。これらの計測結果をもとにクラスター分析にて正貌を分類し、各群における計測項目の結果について多群比較を行った。クラスター分析により 4つの群に分類され、近似している群から順に A 群, B 群, C 群, D 群とした。4群の特徴を要約すると、A 群 (22 名): 顔面輪郭の非対称は強いが顔面構造物の位置の非対称が軽度, B 群 (9 名): 顔面構造物の位置の非対称および顔面輪郭の非対称が強い, C 群 (29 名): 顔面輪郭の非対称は軽度だが顔面構造物において鼻下点および上唇の非対称が強い, D 群 (40 名): 顔面構造物の位置の非対称と顔面輪郭の非対称の両方が軽度となった。以上のことから、A 群はおもに下顎の偏位が大きく、B 群は上下顎に偏位を持ち、また、C 群は偏位が上顎に限局し、D 群は顔面非対称が少ない群という特徴を有すると考えられた。本研究の結果、顔面構造物の位置の非対称と顔面輪郭形態の特徴から 4群に分類することができ、顎偏位を伴う顎変形症例の治療計画立案に有用であると考えられた。

Abstract

The aim of this study was to clarify the characteristics of each group classified by cluster analysis based on the measurement of frontal soft tissue in patients with mandibular prongathism. The subjects were consisted with 100 patients (40 males, 60 females) diagnosed as skeletal mandibular prongathism. Frontal soft tissue was classified by cluster analysis based on these measurement results and performed multi groups comparison about the result of the measurement item in each group. The measurements were performed using the points of facial structure and facial outline and all subjects were applied the cluster analysis based on the measurements results. We got 4 clusters; group A (N=22): Patients with asymmetry of the face outline and little asymmetry of the position of facial structure; group B (N=9): Patients with asymmetry in both position of facial parts and facial outline;

group C (N=29) : Patients with slight asymmetry of the facial outline and the severe asymmetry around nose and upper lip regions in facial structure; group D (N=40) : Patients with symmetric facial outline and the position of facial structure. Those results suggested that each group may have a morphological characteristics. Group A has the patients with severe mandibular deviation with little maxillary deviation. In contrast, group B has the patients with severe bimaxillary deviation. Group C may have partially maxillary deviation with little mandibular deviation and group D has little face asymmetry. This classification must be helpful for treatment planning of surgical orthodontics for mandibular prognathisms with facial asymmetry.

【緒 言】

外科的矯正治療を適用する顎変形症例は増加傾向にある^{1),2)}。本邦における実態調査³⁾では、顎変形症のうち67.6%が骨格性下顎前突症であったとされるが、この要因としては、他の顎変形症に比べ外貌の不調和が目立つためと考えられている。骨格性下顎前突症では、前後的な不調和のみならず顔貌の非対称を伴うことも多く、下顎前突症例患者の約48.6%に側方偏位が含まれていたとの報告⁴⁾がある。顔貌の魅力は、平均性、シンメトリー性、性的二型性といった複合的な要素によって成り立っており、性別を問わず、対人関係の様々な場面でポジティブな効果を持つ⁵⁾。特に、身体の左右対称性については、一般に生物では近親交配が繰り返されることにより体の対称性が崩れる傾向を示し、個体数が減少していくことが分かっている⁶⁾。また、人間のからだの三つの体軸のうち対称性を持っているのは左右だけであり、私たちは無意識のうちに対象物の左右対称性を検索し、対称なものを美しいと感じる素質を持っているとの見解がある⁶⁾。したがって、われわれ人間にとって顔の対称性は大きな関心事であると推測できる。

非対称を有する骨格性下顎前突症の顎矯正手術に伴う軟組織の形態変化については、3次元画像を用いた重回帰分析^{7),8)}などにより検討されてきたが、術前の状態から術後形態を正確に予測することは未だ困難である^{9),10)}。これは、骨格性下顎前突症の持つ形態のバリエーションの多さが要因の一つと考えられる。石川ら¹¹⁾は、外科的矯正治療前後の硬組織と軟組織との変化の関連については個体差が大きく、外科的矯正治療後の軟組織の予測を行うには、治療前の顎顔面形態のパターンの違いを考慮する必要があると述べている。

バリエーションが大きいサンプルに対し、客観的な数値基準に従っていくつかの集団に分け、類似化することにより対象の特性を分析する手法の一つにクラスター分析がある。クラスター分析は、与えられたデータを外的基準なしに比較的高精度で分類できるという特性を有する¹²⁾。御代田¹³⁾らは、多様かつ連続的である顔面骨格タイプを分類するにあたり、単一あるいは少数変量を用いた分類はきわめて困難で妥当性に欠けるとし、客観的か

つ定量的分類を可能とするクラスター分析を用いている。また、複合的な要因を有する顎顔面形態について、その特徴を統計学的な根拠を持ってグループ化することで、その特徴と要因を明らかにするという手法の考案^{14),15)}や、骨格性下顎前突症の顔面骨格タイプを定量的に分類した結果、顎骨および歯列弓幅径の術後安定性の比較検討に有用であったとする報告も認められる¹³⁾。しかしながら、これらは側貌形態についてのみ分析したものや、正貌であっても硬組織のみ検討を行っているものであり、これまで正貌軟組織の分類を試みた報告はない。

一方、正貌軟組織は患者の治療ニーズに直接関連していることから、正貌の術後変化の予測精度の向上が望まれる。グループ化によって類似症例を分類し、その分類に則って治療開始時の正貌から治療による変化が見通せることとなれば、診療計画立案の観点からもその臨床的意義は大きい。そこで今回我々は、これまで術後変化の予測が難しいとされてきた骨格性下顎前突の正貌軟組織をクラスター分析により分類し、初診時正貌形態について類似性によってグループ化を図り、各群の特徴を明らかにすることとした。

【研究方法】

1. 対象

対象は、1994年～2015年の間に新潟大学医歯学総合病院矯正歯科に来院した患者のうち、骨格性下顎前突症と診断された顎変形症例100名(男性40名、女性60名、初診時平均年齢22歳8.5か月±9歳4.4か月)で、口唇裂・口蓋裂などの先天異常や外傷の既往がある症例は対象から除外した。

資料は、術前矯正治療開始時に当診療科で撮影した正貌顔面規格写真とした。写真撮影に際しては、カメラからイヤードまでの距離を1.5mに設定し、患者を椅子に座らせ、FH平面が床と可及的平行になるように位置づけた。左右外耳道にイヤードを挿入して頭位を固定後、レンズを直視した状態にて、咬頭嵌合位で上下口唇が軽く接触するよう指示した。撮影にはNikon FM3A (Nikon corporation, 東京)とNikon135mm, f/2.8 (Nikon corporation, 東京)を用いた。また、正貌輪郭を左右均等に撮影するために、固定された二灯ライトを用いて全例同一条件下で写真撮影を行った。

本研究は、新潟大学歯学部倫理審査委員会による承認を受けた（承認番号：27-R44-2-25）後開始した。

2. 方法

計測には、アナログ写真を用いるため、竹村ら¹⁶⁾の方法に準じ、撮影した正貌顔面規格写真のスライドをEpson scan ES-10000G (Seiko Epson Corporation, 長野)により解像度1200 dpiでコンピューターに取り込み、等倍で計測を行った。顔面輪郭は、正貌顔面規格写真上での輪郭部の陰影を参考に抽出した。計測のための座標系として、左右外耳道点 (Yr, Yr') を結ぶ線を水平基準線 (X 軸)、左右の眼瞼裂の最内側点である内眼角点 (En, En') を結んだ線の中点を通り、X 軸に直交する垂線を正中基準線 (Y 軸) と設定した (図1)。座標系設定後、以下に示す計測点を設定した。

- ・ 鼻下点 (Sn)：鼻中隔膜部の下縁と上唇の皮膚表面とがなす角の頂点
- ・ 鼻翼点 (Al, Al')：左右鼻翼の最外側点
- ・ 上唇点 (L)：上赤唇縁の中央切痕最深点
- ・ 口角点 (Ch, Ch')：左右の赤唇縁の最外側点
- ・ 下顔面輪郭点 (Lf, Lf')：左右外眼角点を通り X 軸に直行する直線と下顔面輪郭との交点
- ・ 軟組織オトガイ点 (SMe)：軟組織オトガイ部最下点
- ・ 外耳道点 (Yr および Yr')：左右のイヤードット中心点と顔面輪郭の交点
- ・ 頬部最大豊隆点 (G および G')：Yr, Yr' と SMe と結んだ直線を平行移動し、顔面輪郭と接する点

設定した計測点を元に以下に示す7つの計測項目を定義した (図2)。顎顔面形態の大きさによる個人差を排除するために、本研究の計測項目は全て角度計測とした。なお、便宜的に①～⑥の角度は座標軸に対する劣角を計測した。

- ① 鼻下点偏位度 (Deviation of Sn)：原点と Sn を結ぶ直線と Y 軸がなす角度
- ② 鼻翼傾斜度 (Cant of Al-Al')：Al と Al' を結ぶ直線と X 軸がなす角度
- ③ 上唇偏位度 (Deviation of L)：原点と L を結ぶ直線と Y 軸がなす角度
- ④ 口裂傾斜度 (Cant of Ch-Ch')：Ch と Ch' を結ぶ直線と X 軸がなす角度
- ⑤ 下顔面輪郭点傾斜度 (Cant of Lf-Lf')：Lf と Lf' を結ぶ直線と X 軸がなす角度
- ⑥ 軟組織オトガイ点偏位度 (Deviation of SMe)：原点と SMe を結ぶ直線が、Y 軸となす角度
- ⑦ 頬部最大豊隆点傾斜度 (Cant of G-G')：原点と G, G' を結ぶ直線が、X 軸となす角度の左右差

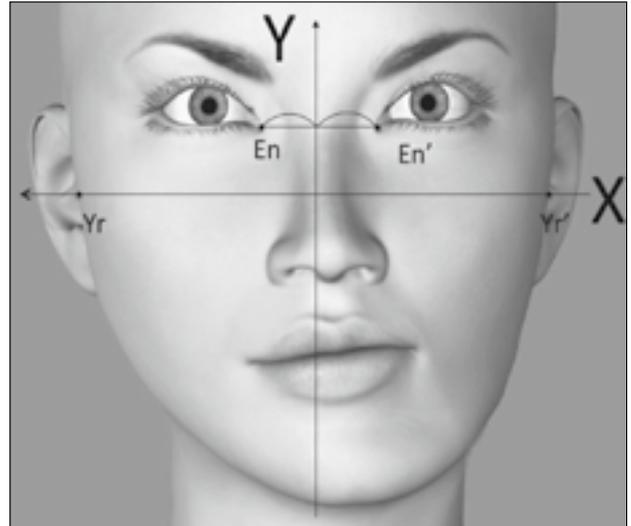


図1. 水平基準線と正中基準線の設定
En, En' 内眼角点
Yr, Yr' 外耳道点

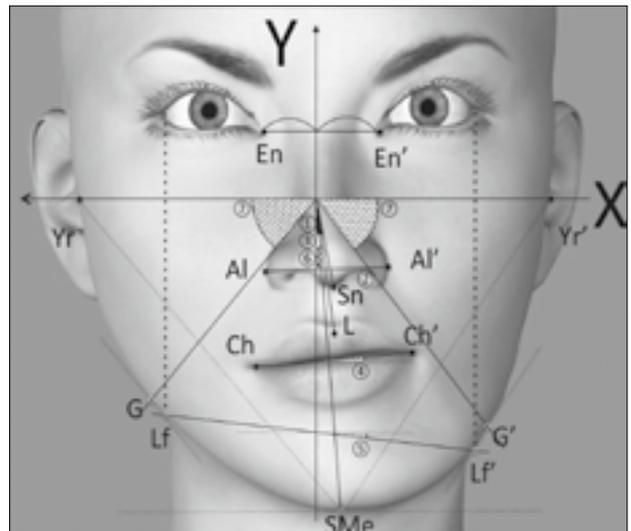


図2. 計測項目

- ① 鼻下点偏位度 (Deviation of Sn)：原点と Sn を結ぶ直線と Y 軸がなす角度
- ② 鼻翼傾斜度 (Cant of Al-Al')：Al と Al' を結ぶ直線と X 軸がなす角度
- ③ 上唇偏位度 (Deviation of L)：原点と L を結ぶ直線と Y 軸がなす角度
- ④ 口裂傾斜度 (Cant of Ch-Ch')：Ch と Ch' を結ぶ直線と X 軸がなす角度
- ⑤ 下顔面輪郭点傾斜度 (Cant of Lf-Lf')：Lf と Lf' を結ぶ直線と X 軸がなす角度
- ⑥ 軟組織オトガイ点偏位度 (Deviation of SMe)：原点と SMe を結ぶ直線が、Y 軸となす角度
- ⑦ 頬部最大豊隆点傾斜度 (Cant of G-G')：原点と G, G' を結ぶ直線が、X 軸となす角度の左右差

本研究において、鼻下点偏位度、鼻翼傾斜度、上唇偏位度、口裂傾斜度は、鼻や口裂といった顔面構造物の位置の非対称性を示し、下顔面輪郭点傾斜度、軟組織オト

ガイ偏位度、頬部最大豊隆点傾斜度は顔面輪郭の非対称性を示す項目として設定した。座標系の設定と計測作業はすべて同一の歯科医師 (A. H) が行った。また、研究に先立ち、本分析方法の計測誤差の検定を行った。同一計測者が10枚の写真が無作為に選択し、1週間以上の間隔を空けて再度座標系の設定、および計測を行った。計2回の計測結果から、Dahlberg's formulaを用いて計測誤差を算出したところ、その値は $0.10 \sim 0.28^\circ$ であった。

対象者から得られた各計測値を用いて、計測データをもとに統計解析ソフト R (Ver.1.66, R Foundation for Statistical Computing, Austria) を用いて Ward 法によるクラスター分析を行い、デンドログラム (樹形図) を作成した。さらに、作成したデンドログラムから群分けを行った。

得られた各グループについて特徴を明らかにするために、各群の計測項目の平均値について、Steel-Dwass 検定を用いて統計学的に解析した。有意水準は5%とし、解析作業は統計処理ソフトウェア JMP (ver. 5.0, SAS Institute Japan 株式会社, 東京) を用いて行った。

【結 果】

1. クラスター分析による定量的分類

角度計測の結果をもとにクラスター分析を行った結果、図3のような樹形図が得られた。作成された樹形図

において、得られる群数、各群の分岐点間のユークリッド平方距離、各群におけるサンプル数の偏り、群間の類似性を考慮した上で、本研究では分岐③-④間で切断することとし、結果として4つのクラスターに分類した。これらの4群をユークリッド平方距離が短い順、すなわち形態的特徴が近似している群から順に A 群、B 群、C 群、D 群とした。各群に分類された症例は、A 群が22名、B 群が9名、C 群が29名、D 群が40名となり、D 群が最も多く、次いで C 群が多い結果となった。

2. 各群における計測項目の平均値と標準偏差および群間の比較

得られた4群について、多群比較を行った結果を表1に示す。

- i. 鼻下点偏位度: C 群が $5.4 \pm 2.5^\circ$ で、A 群の $1.6 \pm 1.5^\circ$ 、D 群の $1.1 \pm 1.6^\circ$ と比較し有意に大きな値を示した。A 群、B 群はそれぞれ $1.6 \pm 1.5^\circ$ 、 $3.6 \pm 1.9^\circ$ を示したが有意差は認めなかった。これに対して D 群は B 群、C 群と比較し有意に小さな値となった。
- ii. 鼻翼傾斜度: B 群が $2.9 \pm 1.4^\circ$ となり、A 群の $1.5 \pm 0.8^\circ$ 、D 群の $1.1 \pm 0.8^\circ$ と比較し有意に大きな値を示した。次いで、C 群が $1.9 \pm 1.3^\circ$ となり、D 群と比較して有意に大きかった。
- iii. 上唇偏位度: B 群、C 群がそれぞれ $4.0 \pm 1.4^\circ$ 、 $3.3 \pm 1.3^\circ$ となり、ともに A 群の $1.1 \pm 1.2^\circ$ 、D 群の $0.8 \pm 1.2^\circ$ と比較し有意に大きな値を示した。

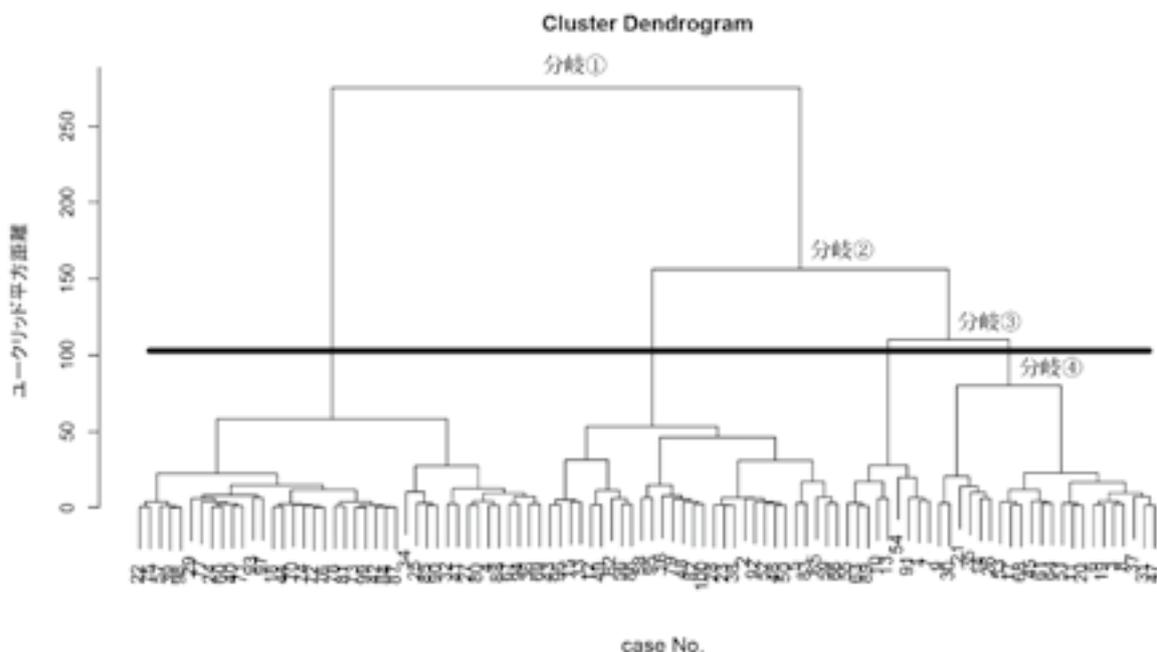


図3. クラスター分析により作成したデンドログラム

分岐①: ユークリッド平方距離 280

分岐②: ユークリッド平方距離 160

分岐③: ユークリッド平方距離 110

分岐④: ユークリッド平方距離 80

——: 切断部位

表. 各グループにおける多群比較の結果

計測項目	A群		B群		C群		D群		A群 vs B群	A群 vs C群	A群 vs D群	B群 vs C群	B群 vs D群	C群 vs D群
	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD						
鼻下点偏位度	1.6	1.5	3.6	1.9	5.4	2.5	1.1	1.6	n.s.	***	n.s.	n.s.	**	***
鼻翼傾斜度	1.5	0.8	2.9	1.4	1.9	1.3	1.1	0.8	*	n.s.	n.s.	n.s.	**	*
上唇傾斜度	1.1	1.2	4.0	1.4	3.3	1.3	0.8	1.2	**	***	n.s.	n.s.	***	***
口裂傾斜度	2.0	1.3	4.9	1.6	1.6	1.2	1.6	1.0	***	n.s.	n.s.	***	***	n.s.
下顎面輪郭点傾斜度	6.5	3.0	5.3	1.4	2.3	1.9	2.2	1.8	n.s.	***	***	**	***	n.s.
軟組織オトガイ偏位度	4.7	1.3	4.8	1.8	3.1	1.8	0.6	1.2	n.s.	*	***	n.s.	***	***
頬部最大豊隆点傾斜度	5.0	4.6	5.6	2.9	4.2	2.9	3.1	2.7	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	*	n.s.

*: p<0.05, **: p<0.01, ***: p<0.001, n.s.: not significant

- iv. 口裂傾斜度: B群が $4.9 \pm 1.6^\circ$ となり, A群の $2.0 \pm 1.3^\circ$, C群の $1.6 \pm 1.2^\circ$, D群の $1.6 \pm 1.0^\circ$ と比較し有意に大きな値を示した。
- v. 下顔面輪郭点傾斜度: A群が $6.5 \pm 3.0^\circ$ と最も大きく, 次いでB群が $5.3 \pm 1.4^\circ$ で, ともにC群の $2.3 \pm 1.9^\circ$, D群の $2.2 \pm 1.8^\circ$ と比較し有意に大きな値を示した。
- vi. 軟組織オトガイ偏位度: B群が $4.8 \pm 1.8^\circ$, A群が $4.7 \pm 1.3^\circ$, C群が $3.1 \pm 1.8^\circ$ であった。これらに対し, D群は $0.6 \pm 1.2^\circ$ で, 他の3群と比較して有意に小さい値を示した。
- vii. 頬部最大豊隆点傾斜度: B群が $5.6 \pm 2.9^\circ$ と最も大きく, D群の $3.1 \pm 2.7^\circ$ と比較し有意に大きな値を示した。A群, C群はそれぞれ $5.0 \pm 4.6^\circ$, $4.2 \pm 2.9^\circ$ で有意差は認めなかった。

【考 察】

1. 顔貌とクラスター分析

外科的矯正治療の治療方針立案にはsurgical treatment objectives および CDS analysis が主流とされるが, 著しい顔面非対称症例には適用が難しく, 依然として偏位を伴う顎変形症に対する治療計画の立案と結果の予測には苦慮することが多い¹⁷⁾。さらに, 硬組織の変化による軟組織の反応が症例によって異なることが術後変化の予測を一層困難にしている。これは, 骨格性下顎前突症の持つ形態のバリエーションの多さが要因の一つと考えられる。外科的矯正治療前後の硬組織と軟組織との変化の関連については個体差が大きく, 外科的矯正治療後の軟組織の予測を行うには, 治療前の顎顔面形態のパターンの違いを考慮する必要がある¹¹⁾。今回我々は, 様々な性質をもつデータを, 客観的な数値基準に従っていくつかの集団に分け, 類似化することにより対象の特性を分析するクラスター分析を用いて, 術前の正貌パターンを調べた。クラスター分析によって共通した特徴を示す症例を群分けすることで, 術後変化を複雑にする要因の一つである顎顔面形態パターンの個体差を縮小化し, 術後変化の傾向を捉えやすくできると考えた。

クラスター分析により, 顎顔面形態の特徴を分類した報告はいくつか存在する^{13)~15),18),19)}。山内ら¹⁸⁾は, 正

常咬合を有する男女各27名を対象とし, クラスター分析を利用して顎態を分類した結果, 男女とも3群に分類できたとしている。本田ら¹⁴⁾は, 下顎骨側方偏位が認められる下顎前突症患者46名を対象とし, クラスター分析を用いて側方への偏位様相を調べ, 4群に分類しそれぞれの群における特徴を明らかにした。さらに鍋島ら¹⁹⁾は, 成長期における下顎側方偏位の要因について検討することを目的に, クラスター分析により下顎側方偏位を伴う骨格性下顎前突症患者51名を4群に分類し, 偏位の要因について考察している。これらの報告では, いずれも資料数不足により明確な特徴を示すことができなかったとされる。一方で, Hwangら¹⁵⁾は, 顔面非対称と診断され外科的矯正治療を適用した患者100名をクラスター分析により顔面非対称の特徴を5群に分類し, どの群も明確な特徴が認められたと報告している。本研究において骨格性下顎前突症における正貌の特徴を分類, 考察するにあたり, 対象数を100名としたが, これまでの報告を踏まえると十分妥当性のある対象数と考えられる。

2. 正貌顔面規格写真および基準線の設定

正貌顔面規格写真の撮影にあたっては, 同一条件下で撮影するためにイヤードによる確実な頭部の位置付けと固定を行い, 頭部の左右方向への振り(yawing)や傾き(rolling)を防止した。イヤードを中心とした頭の回転(pitting)については, Vertical rotationによる変化において, 水平成分が受ける影響は3%以下であったという報告があり¹⁶⁾, イヤードを用いた正貌顔面規格写真は規格性, 再現性ともに十分であると言える。また正貌顔面規格写真は, 正面顔における角度計測および水平方向における距離計測の評価において有用としている報告もある²⁰⁾。本研究においては, 左右距離計測の差は顔の大きさの影響を受けると判断し除外した。また, 左右距離計測の比率を用いた場合, 計測値自体が小さくなり, 計測誤差の影響を受けやすいと判断し採用しなかった。さらに, 計測項目に角度計測, 距離計測, 比率を混在させると, 分類後の各群の特徴の把握が複雑化することが懸念されたことから, 今回は全て同じ単位, すなわち角度計測のみで分析検討した。

正貌顔面規格写真上での基準線の設定については様々な報告がある。顎矯正手術施行前後の比較検討には、正貌規格写真上での設定が比較的容易な基準点を選択し、術前後での変化が少ない基準線を設定すべきである。術前後の正貌変化を比較した西田ら²¹⁾は、判別しやすく手術による影響を受けにくい内眼角、外眼角を基準点として水平、正中基準線を設定している。下顎前突症患者の正貌の対称性評価を報告した平瀬ら²²⁾も、同様の理由で内眼角、外眼角を基準点として水平、正中基準線を設定している。本研究では、外眼角点は睫毛の影響があり不明瞭となりやすいと考えた。したがって、今回顔面非対称性を評価するにあたって、外耳道点、内眼角点を基準とした座標系を利用したことは妥当であったと考えられる。

3. デンドログラムおよび切断したユークリッド平方距離について

デンドログラムは、クラスター分析で得られたユークリッド平方距離をもとに成立する。任意のクラスター間のユークリッド平方距離が近いほど、その類似性は高く、ユークリッド平方距離が遠ければ類似性は低い。すなわち、図3においては、縦軸がユークリッド平方距離を示し、デンドログラムの縦軸の長さが短いほど、クラスター間の類似性が高くなる。したがって、対象をクラスター化するためにデンドログラムを切断する部位は、ユークリッド平方距離が十分に長いこと、および臨床応用に適したクラスター数とすることが必要である。

本研究では、ユークリッド平方距離約280の位置(分岐①)においてまず2つのクラスターに分けられ、このうち一方のクラスターはユークリッド平方距離約160の位置(分岐②)において2つに分けられた。さらに、これらのうち一方のクラスターは、ユークリッド平方距離約110の位置(分岐③)において分岐し、もう一方はユークリッド平方距離約80の位置(分岐④)において分岐した。分岐①-②間でデンドログラムを切断した場合には、ユークリッド平方距離は十分に長い、各クラスターの含む症例が多いため明確な特徴を持ったデータが得にくいという問題が生じる。また、分岐②-③間でデンドログラムを切断した場合、ユークリッド平方距離は比較的長いものの、分岐③と分岐④の距離が近い、各クラスターのサンプルに偏りが生じ明確な特徴を得にくいと考えられる。一方、分岐③-④間でデンドログラムを切断した場合には、ユークリッド平方距離が比較的長く、さらにクラスター数が4つと、臨床応用に適したクラスター数が得られると考えられた。また、分岐④よりも下の分岐で切断した場合には、ユークリッド平方距離が短くなり、各クラスターの類似性が高くなることから特徴が不明瞭になる。以上のことから、分岐③-④間でデ

ンドログラムを切断するのが適切であると判断し、分析検討した。これまで報告されている顎顔面形態に対するクラスター分析を用いた研究^{14),19),23),24)}では、各クラスターの分岐までの距離は5~20程度と比較的距離が短い部位での切断している。これはサンプル数の少ないことが影響し、適切なクラスター数を確保するために各群の特徴が似通っていても切断部位として選択せざるを得なかった可能性が高い。本研究では、各クラスターの特徴を明確にすることを考慮した結果、分岐間のユークリッド平方距離を最低30程度確保することとし、切断部位の妥当性を確保した。

4. 顔面軟組織形態の特徴と計測項目について

顎変形症例の治療方針立案にあたっては、正貌顔面規格写真において、鼻背、鼻尖、人中、口裂、オトガイの傾斜や位置、顎角部および頬部豊隆の対称性などの構造的特徴の把握が不可欠である。本研究では、骨格性下顎前突症に対する硬軟組織の術後変化を報告している過去の文献^{16), 21), 25), 26)~30)}をもとに、軟組織形態から硬組織形態を推測し、その特徴を考察した。

1) 鼻部

骨格性下顎前突症例において、上顎骨に偏位を伴った症例の場合には、外鼻形態に特徴をもつ群が存在する可能性があると考え、鼻下点偏位度および鼻翼傾斜度を分析項目に加えた。布田ら²⁵⁾は、上下顎移動術を施行した骨格性下顎前突症の術前後における鼻部の形態変化について比較検討し、鼻の形態は上顎骨の位置に影響を受けやすいとしている。また、山田ら²⁶⁾は、鼻背、鼻尖、および鼻下点の支柱である鼻中隔軟骨は顎顔面頭蓋部に存在するgrowth siteの1つで、顎顔面頭蓋の成長や上顎骨の位置の決定に対して重要な役割を果たしていると述べており、軟組織である外鼻形態と上顎骨との位置は密接に関連すると考えられる。したがって、鼻下点偏位度および鼻翼傾斜度はおもに上顎の偏位を示す項目と考えられ、A群、D群と比較してB群、C群においてこれらの計測項目が大きな値を示したことから、B、Cの2群には上顎に偏位を持つ症例が多く含まれる可能性が高いと推察された。

2) 口唇部

骨格性下顎前突症で顔面非対称を有する場合、口裂の傾斜やキュービッド弓の偏位など口唇の非対称がしばしば認められる。過去の研究においては、口裂傾斜は下顎の偏位量と相関があるとする報告²¹⁾、口輪筋や上唇挙筋といった口腔周囲筋群は上顎骨に付着しているものであることから上顎咬合平面傾斜が口腔周囲軟組織に大きく影響しているとの報告²⁷⁾がある。これらの報告をもとに、上唇偏位度および口裂傾斜度については上下顎の偏位に影響を受ける分析項目と判断した。上唇偏位度は、

鼻下点偏位度、鼻翼傾斜度と同様に、B群、C群で有意に大きな値を示したことから、上下顎の偏位のうち、特に上顎の偏位に関連して上唇の側方偏位が大きい可能性が高いと推察された。一方、口裂傾斜度については、B群のみ有意に大きな値を示していた。口裂傾斜については、顔面非対称を伴う骨格性下顎前突症例において下顎単独後退術施行症例と比較し上下顎移動術施行症例の方が術前の口裂傾斜が大きいとの報告が認められる¹⁶⁾。また、上下顎に偏位をもつ症例を対象にオトガイの偏位方向と咬合平面の傾斜について検討した報告で、下顎偏位側方向に咬合平面が上方偏位している、いわゆる正cant症例において口裂傾斜が大きい傾向にあったとされる²⁷⁾ことから、口裂傾斜度は上下顎骨の偏位に関連している可能性の高いことが示唆された。

3) 顔面輪郭

下顔面における非対称性を評価する分析項目として、下顔面輪郭点傾斜度、軟組織オトガイ偏位度、頬部最大豊隆点傾斜度を設定した。軟組織オトガイ偏位度は、これまでにも下顎骨の偏位、特に、下顎正中の側方偏位を把握するための最も簡便な指標とされてきた。今回の研究では、D群において軟組織オトガイ偏位度が有意に小さい値を示したことから、D群に分類された症例は下顎の偏位が少ない特徴をもつと推察された。これに対して、A群、B群では値が大きく、下顎骨の側方偏位症例が多く含まれている可能性が考えられた。

下顔面輪郭点傾斜度、頬部最大豊隆点傾斜度は、おもに顔面輪郭の非対称を把握する項目とした。輪郭形態の評価について小早川ら²⁸⁾は、正貌の客観的対称性評価では頬部輪郭の豊隆の程度や左右差が有用であるとしている。塩入²⁹⁾は、頬部豊隆の形態において、鼻部から口唇接合点までは下顎角部の水平的左右差の影響が大きく、口唇接合点からオトガイにかけては、下顎骨の位置的偏位よりも下顎骨自体の変形が直接影響していると述べている。その一方で近藤ら³⁰⁾は、顔面非対称を伴う骨格性下顎前突症において咬筋断面積および筋活動量を検索したところ、両者ともに下顎偏位量と高い相関を認め、いずれについても偏位側で大きい値を示したことから、頬部輪郭の豊隆には頬部軟組織の要素も含まれている可能性が高い。そこで本研究では、これらの報告を参考に、輪郭評価の計測点として下顎骨体相当部を評価する目的で下顔面輪郭点(Lf, Lf')を、顎角相当部の評価を目的に頬部最大豊隆点(G, G')をそれぞれ設定し、各計測線の傾斜度を計測することで輪郭の非対称を評価することとした。下顔面輪郭点傾斜度については、A群、B群がC群、D群と比較して有意に大きかったことから、A、B群は下顎骨体部非対称が大きな症例を含む群と考えられた。また、下顔面輪郭点と頬部最大豊隆点については、計測位置が比較的近似していること

から、頬部最大豊隆点傾斜度と下顔面輪郭点傾斜度は、A、B群で有意に大きい値を示すと予想された。しかしながら、実際に頬部最大豊隆点傾斜度において有意差を認めたのはB群とD群間のみであった。これは、他の計測項目と比較して標準偏差が大きく、下顎骨形態の非対称に加え、最大豊隆点の個体差が大きいことが要因と推察された。したがって、クラスター分析によるグループ化を行っても頬部輪郭はなお個体差が多い項目であることが示され、頬部輪郭についての評価の難しさが反映されていると考えられた。

以上述べたそれぞれの計測結果の群間比較から、各群の特徴をまとめると以下ようになる。

- i. A群：鼻部、上唇部における項目では値が小さいが、一方で下顔面部における項目では比較的大きな値を認めたことから、おもに下顎の偏位が大きい特徴をもつ群であることが明らかとなった。
- ii. B群：鼻下点偏位度、下顔面輪郭点傾斜度以外の全ての項目で4群中最も大きな値を示し、特にD群との比較では全ての項目で有意に大きな値を認めたことから、上下顎に偏位を持つ症例という特徴が明らかとなった。
- iii. C群：A群とは対照的に鼻部、上唇部の項目で大きな値を示し、下顔面部の項目ではA群、B群と比較して小さな値を示したことから、上顎の偏位を特徴に持つ群であると考えられた。
- iv. D群：全ての項目で4群中最も低い値を示したことから、顔面の非対称が少ない骨格性下顎前突症例が多いという特徴を示した。

顎偏位を伴う骨格性下顎前突症例に対する術後変化の検討は、これまで様々な特徴が混在する症例を全て画一的に評価してきたものがほとんどである。そのため、個体差の影響が大きく、変化様相も複雑化し変化を捉えにくいとされてきた。本研究において、正貌軟組織の形態計測からクラスター分析を試みた結果、4群に分類され、各群が正貌軟組織についておもに上顎と下顎の偏位の有無によって区分される比較的明確な特徴を有することを明らかにできた。これらの特徴は、顔面非対称を伴う顎変形症に対して顎矯正手術方法を選択する際の顎骨偏位を判断する要素と類似しており、本研究で得られた4群の分類は日常臨床に即したクラスタリングであったと推察された。また、類似した特徴を持つ骨格性下顎前突症ごとに分析を行うことで、治療による変化様相が把握しやすくなり、術後変化の予測をより精度高くできる可能性が期待される。今後は、各群の実際の治療方針と術後変化について分析、検討を進め、本研究結果が治療結果の予測精度向上に寄与するか検証して行く予定である。

【結 語】

今回、骨格性下顎前突症例 100 名を対象に、正貌軟組織形態の計測結果からクラスター分析によって群分けを試みた。その結果、上下顎の偏位の有無によって 4 群に分類された。各群の特徴としては、おもに下顎の偏位が大きい特徴をもつ A 群、上下顎に偏位を持つ B 群、上顎の偏位を特徴に持つ C 群、顔面の非対称が少ない骨格性下顎前突症例が多い D 群となった。

顎偏位を伴う骨格性下顎前突症について、クラスタリングを利用して正貌軟組織形態の特徴を分類できたことで、個体差の影響を可及的に小さくして術後変化を検討できる可能性が高くなり、術後変化予測の精度向上に寄与するものと考えられる。

本論文の内容に関連して申告すべき利益相反状態はない。

本研究の一部は、第 75 回日本歯科矯正学会学術大会 (2016 年 11 月, 徳島), 第 27 回顎変形症学会学術大会 (2017 年 6 月, 東京), 第 76 回日本歯科矯正学会学術大会 (2017 年 10 月, 札幌) で発表した。

本研究の遂行にあたりご指導いただきました森田修一先生に感謝申し上げます。

【参考文献】

- 1) 久保諒修, 堀内 薫, 古田治彦, 小淵匡晴, 虫本浩三: 大阪歯科大学口腔外科第 1 講座における 20 年間の顎矯正手術の臨床統計的観察. 日顎変形誌, 13 : 44-51, 2003.
- 2) 高橋晃治, 柴田孝典, 小関晴子, 松下 賢, 安川和夫, 柴田 肇, 吉澤信夫: 当科における顎矯正手術の臨床統計的観察. 日顎変形誌, 14 : 26-34, 2004.
- 3) 小林正治, 齊藤 力, 井上農夫男, 大畑 昇, 川村 仁, 後藤滋巳, 後藤昌昭, 白土雄司, 須佐美隆史, 丹根一夫, 橋本賢二, 森山哲司, 天笠光雄, 氷室利彦, 外木守雄: 本邦における顎変形症治療の実態調査. 日顎変形誌, 18 : 237-250, 2008.
- 4) 小栗由充, 長沼一雄, 原田史子, 渡辺 厚, 八巻正樹, 齊藤 力, 高木律男, 齋藤 功: 新潟大学歯学総合病院矯正歯科診療室における過去 10 年間の外科的矯正治療適用症例の動向. 日顎変形誌, 20 : 297-304, 2010.
- 5) 高橋 翠: 顔の魅力研究の現在 - 普遍性と個人差に対する進化心理学的アプローチ -. 東京大学大

- 学院教育学研究科紀要, 51 : 183-190, 2011.
- 6) 柳澤桂子: 左右を決める遺伝子. 177-193 頁, 講談社, 東京, 1986.
- 7) 焼田裕里, 寺田員人, 小原章浩, 越知佳奈子, 高木 律男, 齊藤 力, 齋藤 功: 下顎骨後方移動術後の三次元口腔周囲軟組織形態変化解析における重回帰分析の有効性. 日顎変形誌, 22 : 224-254, 2012.
- 8) Nishino K, Kohara A, Yakita Y, Ochi K, Hayashi T, Takagi R, Kobayashi T, Terada K and Saito I: Three-dimensional analysis of facial changes in skeletal Class III patients following mandibular setback surgery. J Oral Maxillofac Surg Med Path, 481-487, 2016.
- 9) 末石研二: 下顎前突を伴う顔面非対称例について - その 1 軟組織と硬組織の偏位の比較. 日顎変形誌, 5 : 118-120, 1986.
- 10) 喜地直美, 松井成幸, 喜地慶雅, 片山圭司, 大塚雄一郎, 清村 寛: 下顎骨の形態的左右差が軟組織輪郭に及ぼす影響. 日顎変形誌, 7 : 95-101, 1997.
- 11) 石川博之, 梶井貴史, 玉置幸雄: 機能と美のシンフォニー - 骨格性下顎前突患者の外科的矯正治療後における軟組織側貌の予測について -. 日顎変形誌, 25 : 1-9, 2015.
- 12) 西田英郎, 佐藤嗣二 和訳: 実例クラスター分析. 第 2 版. 1-2 頁, 内田老鶴圃, 東京, 2001.
- 13) 御代田浩伸, 菅原準二, 三谷英夫, 川村 仁: 外科的矯正治療を適用した骨格性下顎前突症における顎骨の位置および歯列弓幅径の長期安定性について - クラスター分析による顔面骨格タイプ別検討 -. 日矯歯誌, 61 : 224-238, 2002.
- 14) 本田智世, 一ツ町淳子, 本田 領, 犬伏俊嗣, 川本達雄: クラスター分析を用いた下顎骨側方偏位の分類について. 歯科医学, 67 : 73-78, 2004.
- 15) Hwang HS, Youn II-S, Lee KH and Lim HJ : Classification of facial asymmetry by cluster analysis. Am J Orthod Dentofacial Orthop, 132 : e1-279. e6, 2007.
- 16) 竹村 史, 森田修一, 八巻正樹, 齊藤 力, 高木律男, 齋藤 功: 偏位を伴う骨格性下顎前突症患者における外科的矯正治療後の正貌軟組織変化. 日顎変形誌, 17 : 238-246, 2007.
- 17) 高橋功次朗, 丹原 惇, 森田修一, 小林正治, 池田順行, 林 孝文, 齋藤 功: 骨格性下顎前突症例における下顎単独後退術の下顎後退量の左右差と正中部移動量との関係. 日顎変形誌, 27 : 1-7, 2017.

- 18) 山内 積, 石原勝利, 白土祥樹, 佐藤亨至, 三谷英夫: 最近の日本人正常咬合者の顎顔面形態について. 日矯歯誌, 54: 93-101, 1995.
- 19) 鍋島呂実, 蓮舎寛樹, 川本達雄: 成長期の交叉咬合患者における下顎側方偏位の分類. 歯科医学, 69: 166-172, 2006.
- 20) 陳 信光, 中納治久, 片岡洋子, 柴崎礼子, 久保田雅人, 横宏太郎: 骨格性下顎前突症に対する外科的矯正治療前後の正面顔貌変化-正面顔面規格写真の有用性に関して-. 昭歯誌, 26: 19-28, 2006.
- 21) 西田英莉, 田村隆彦, 外木守雄, 大木秀郎, 清水典佳: 顔面非対称症例における下顎矢状分割術単独施行の正貌術後評価. 日顎変形誌, 23: 209-215, 2013.
- 22) 平瀬直子, 西尾日朗子, 高柳讓司, 大塚雄一郎, 松井成幸, 鐘ヶ江晴秀: 下顎前突症患者の正面顔貌の対称性評価. 日顎変形誌, 15: 1-7, 2005.
- 23) 大熊信行, 石川博之, 前田英一, 小田裕昭, 入江丈元, 宮腰淳二, 徳田佳世美, 大内英樹, 安藤葉介, 楊慧瑛, 金忠在, 篠口栄司, 山村雅彦, 土佐博之, 中村進治: 咬合平面の成長に伴う変化について. 北海道矯歯誌, 20, 7-16, 1992.
- 24) 関谷利子: 下顎骨形態に影響を及ぼす潜在因子と顔面頭蓋形態との関連性について. 日矯歯誌, 57: 36-49, 1998.
- 25) 布田花子, 森田修一, 山田秀樹, 花田晃治, 齊藤力, 高木律男: Le Fort I型骨切り術に伴う鼻部の変化-上下顎移動術を施行した女性骨格性下顎前突症例について-. 日顎変形誌, 12: 85-93, 2002.
- 26) 山田義博, 松本尚之: ラットの顎上顎歯列弓拡大時における鼻中隔軟骨の顔面頭蓋への影響に関する研究. 歯科医学, 57: 436-452, 1994.
- 27) 上杉俊輔, 米満郁男, 小海 暁, 大村 進, 小野卓史: 上顎咬合平面の傾斜と下顎側方偏位方向が相反する顔面非対称患者の形態学的特徴. 日顎変形誌, 24: 27-36, 2014.
- 28) 小早川元博: 下顎前突症手術患者の顔面非対称性の評価について-数量的評価と感覚的評価の対応に関する実験的検討. 日口外誌, 36: 2322-2336, 1990.
- 29) 塩入重彰: モアレトポグラフィ法による正常人顔面の対称性に関する検討. 口病誌, 45: 147-168, 1978.
- 30) 近藤裕敏: 顔面非対称を伴う骨格性下顎前突症における咀嚼筋の形態と機能に関する研究-X線CTを利用して-. 歯科学報, 78: 1261-1279, 1991.