

レクチャー

矯正歯科治療における顔面三次元シミュレーション

清野 幸男

岩手医科大学歯学部口腔保健育成学講座歯科矯正学分野

(主任：三浦 廣行 教授)

(受付：2007年6月22日)

(受理：2007年6月23日)

Abstract : Three-dimensional simulation is necessary for the case that a face form is asymmetry in orthodontic treatment. Authors developed the three-dimensional measurement system which used the grid pattern projection method. And we had reported about using it for dental cast measurement. Furthermore, we applied this principle and developed the three-dimensional measurement device of a face.

This report introduces the three-dimensional measurement device of the face which used the grid pattern projection method that was developed by us. And we report about clinical application of three-dimensional simulation of the face which used this device.

It was difficult to predict a postoperative form of the face which was an asymmetry before. However, the patient is easy to have come to understand the change of postoperative facial form by performing three-dimensional simulation. The three-dimensional simulation was effective as a material of informed consent of the case especially that had an asymmetry facial form in orthodontic treatment.

Key words : Three-dimensional simulation, Facial morphology, Orthodontic treatment, Orthognathic surgery

緒 言

矯正歯科臨床において、顔貌の変形が著しい顎変形症を伴った不正咬合や第一、第二鰓弓症候群などの顔貌が非対称な不正咬合の治療に際しては、顔貌形態の術前評価が重要である。従

来は、外科矯正手術後の顔貌形態の予測は二次元的なものが多かった^{1, 2)}。しかし、顔面形態が左右非対称な症例では、形態的あるいは量的な変化を立体的に把握するためには、三次元シミュレーションが必要である³⁾。著者らは格子パターン投影法を用いた三次元計測システムを

Three-dimensional facial simulation in orthodontic treatment

Yukio SEINO

Division of Orthodontics, Department of Developmental Oral Health Science, School of dentistry, Iwate Medical University

1-3-27 Chuo-dori, Morioka, Iwate 020-8505, Japan

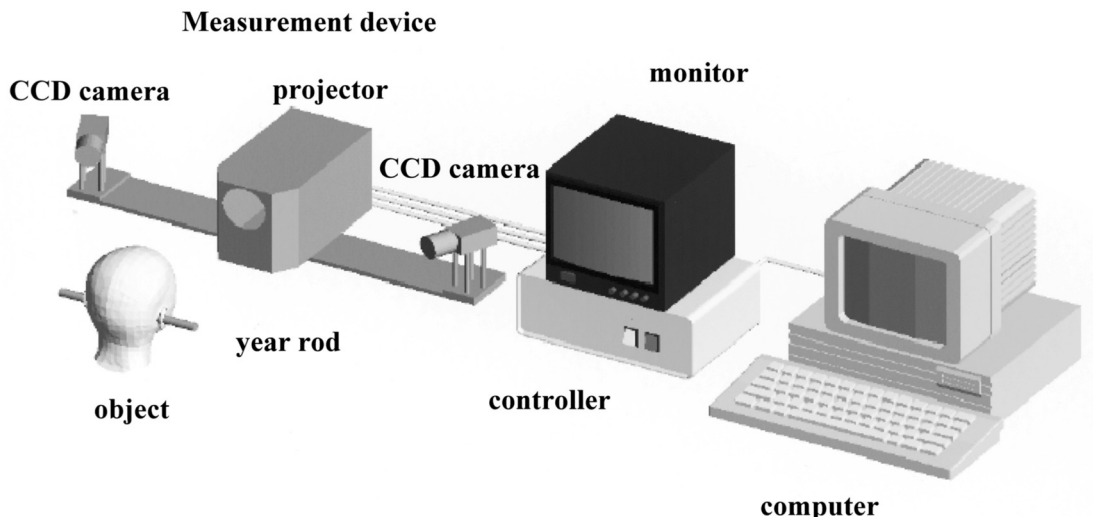


Fig. 1. A diagrammatical view of a three-dimensional measurement device using grid pattern projection method.

開発し、口腔模型計測への応用について報告してきた⁴⁾。さらにこの原理を応用した顔面三次元計測装置の開発を行ってきた。本稿では、著者らが従来から開発してきた格子パターン投影法を用いた三次元顔面計測装置を紹介すると共に、本装置を用いた顔面三次元シミュレーションの臨床応用例について検討を加えて報告する。

1. 格子パターン投影三次元撮影装置の構造と測定原理

顔面形態の撮影には、格子パターン投影非接触三次元形状計測装置 (datatron GRASP, 軌維舎社製, 東京) を用いた。装置の構成を (Fig. 1) に示す。頭部は眼耳平面を水平にしてイヤールードで頭部固定装置に固定する。計測装置本体は格子模様を投影するプロジェクタと顔面を撮影する CCD カメラで構成されている。プロジェクタから測定対象までの距離は850mmで、左右2台の CCD カメラは測定対象の中心に対して23度の方向で、カメラ間距離は720mmで配置してあり、顔面の耳前前方付近までを計測できるように設計されている。計測装置本体には格子駆動装置上に0.53mm間隔の格子が固定

されており、それを通して150W のハロゲン光を測定対象となる顔面に当て、ピッチ 6 mm の格子パターンを投影する (Fig. 2 A, B)。

コントローラは計測装置本体に電源を供給すると共に、パーソナルコンピュータからの命令に応じて格子を駆動し、顔面の画像を撮影する。

計測装置からの映像信号は、画像入力ボードを介してパーソナルコンピュータに転送される。計測分解能を向上させるため、格子パターンを4回シフトし、これらの画像を合成して三次元座標を算出する。このための格子駆動機構がプロジェクタに組み込まれており、パーソナルコンピュータからの命令で格子がシフトする。パーソナルコンピュータは Pentium 3 / 750MHz, メモリ512MB, ハードディスク60GB, Windows2000以上の性能を有する機種を使用し、格子駆動用のインタフェースと画像取り込み用のインタフェースが組み込まれている。

測定原理は、縞走査法⁵⁾を用いて、プロジェクタから測定対象に投影された格子パターンを CCD カメラで観察し、対象物の凹凸に応じて変形した格子像を得る。この格子の変形量を画像解析することにより三角測量の原理に基づい

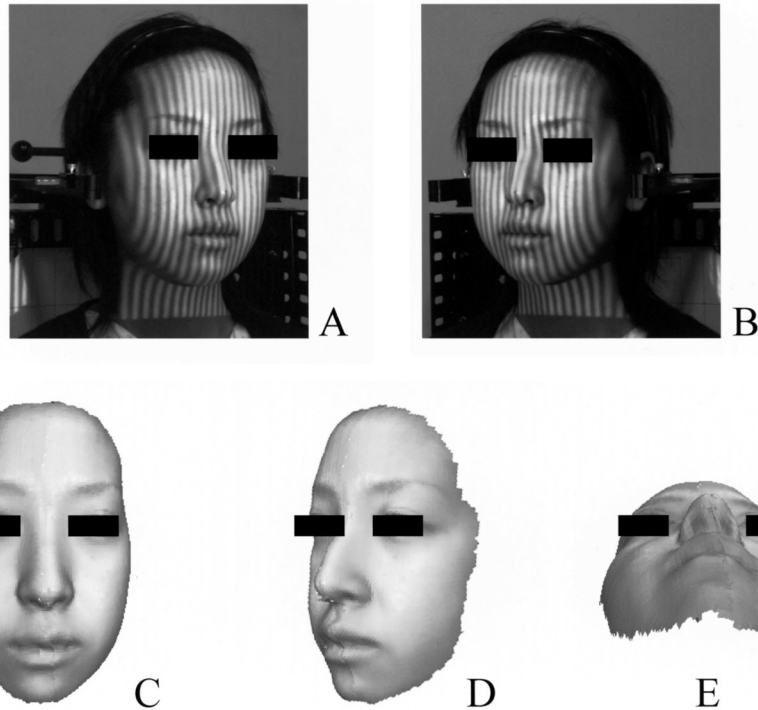


Fig. 2. A, B: Facial photographs which reflected grid pattern.
C, D, E: Composed three-dimensional images were observed from a lot of directions.

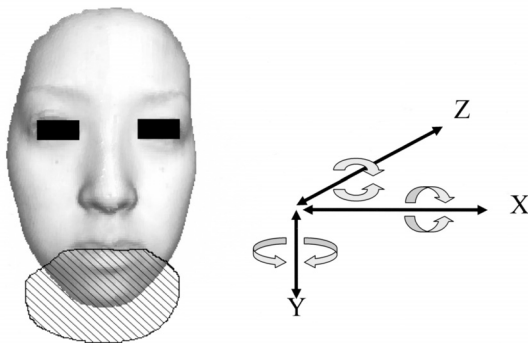


Fig. 3. The movement area where the part of a slanted line was decided.
In the movement area, movement and rotation is possible to the X-axis, Y-axis and Z-axis.

て三次元座標を算出する。計測および座標処理は専用プログラムで行った。得られた三次元像には顔面写真のテクスチャを貼り付けた。完成した三次元像はあらゆる方向から観察が可能である (Fig. 2 C, D, E)。

2. シミュレーションの方法

パーソナルコンピュータの画面上で、移動したい顔面の領域を指定する。指定した領域を X

軸、Y 軸、Z 軸の 3 方向に沿って移動させることと、3 軸に対して回転させることであらゆる方向への移動が可能になる。シミュレーション時の移動量は予測模型やペーパーサージェリーから得られた移動量を基にして数学的に算出した (Fig. 3)。

3. 症例

症例 1：手術時年齢 18 歳 3 か月の女性。

Case1
Preoperation
18y3m



Fig. 4. Preoperative facial photographs and intra-oral photographs of case 1.
Reversed occlusion was observed.

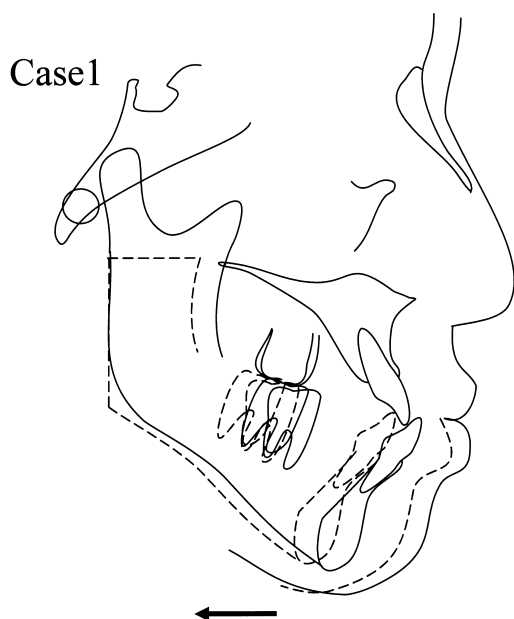


Fig. 5. Paper surgery indicated quantity of 5.5 mm setback in mandibular body segment.

手術前の顔貌と口腔内写真を（Fig. 4）に示す。顔貌所見では下顔面部の突出が認められ、口腔内所見では反対咬合が認められた。

予測模型では右側7.4mm、左側2.2mm下顎の後退が必要であった。頭部 X 線規格写真上でのペーパーサージェリーからは、下顎を5.5mm後退させる計画を立てた（Fig. 5）。硬組織に対する軟組織の移動量を80％に設定して軟組織の移動量を算出し、下顎を4.4mm後退したシミュレーションを行った。本症例の術前、シミュレーション、および術後の三次元像を（Fig. 6）に示す。その結果、側貌ではシミュレーションと術後の顔貌形態はほぼ類似していた。正貌ではシミュレーションに対して術後の方が頬部付近での幅径がやや大きかった。

症例 2：手術時年齢19歳8か月の女性。

手術前の顔貌写真と口腔内写真を（Fig. 7）に示す。顔貌所見では、正貌はオトガイ部が右側に偏位していた。側貌は直型を示し、ほぼ良好な顔貌を示していた。口腔内所見では、上顎

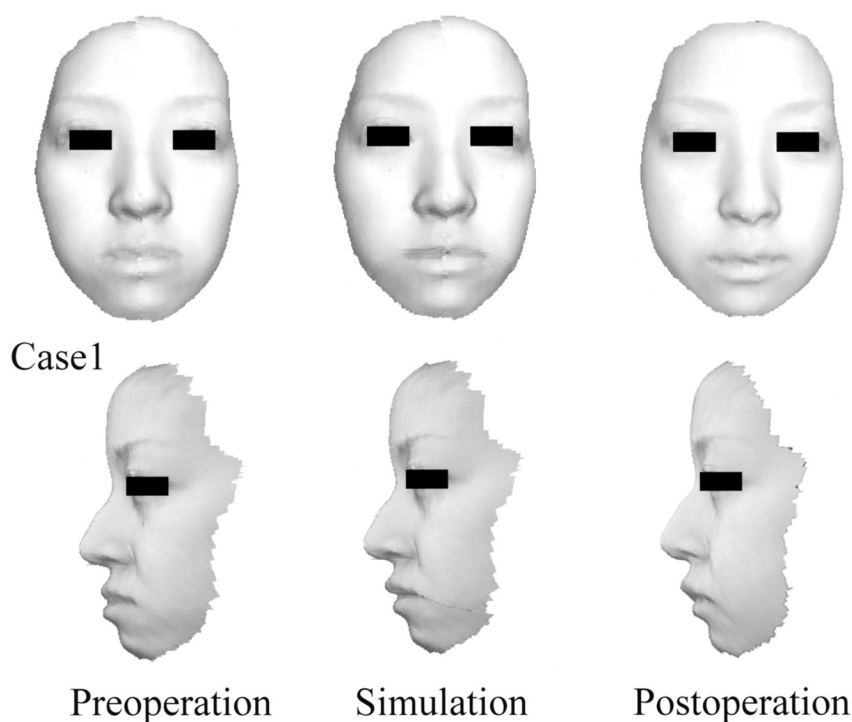


Fig. 6. Comparison of three-dimensional images of case 1, among preoperative form, simulation of prediction, and postoperative form.

Case 2
Preoperation
19y8m

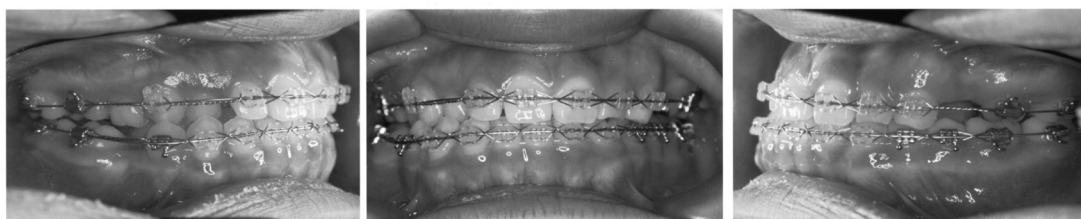


Fig. 7. Preoperative facial photographs and intra-oral photographs of case 1.
Frontal facial view was an asymmetry.
Cross-bite was observed in the right side.

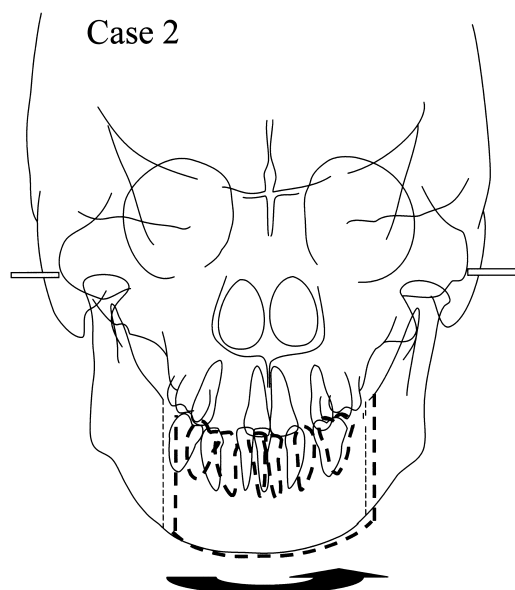


Fig. 8. Paper surgery of mandibular body segment indicated the rotation to the left side and backward.

に対し下顎が右側へ偏位し、右側で交叉咬合が認められた。

頭部 X 線規格写真のペーパーサージェリーから下顎を正中で 6 mm 左へ、左側臼歯部で 5 mm 左へ回転させながら下顎を左へ移動して交叉咬合を改善する計画を立てた (Fig. 8)。計算の結果、軟組織上では下顎を 4.6° 左へ回転したシミュレーションを作成した。本症例の術前、シミュレーション、術後の三次元像を (Fig. 9) に示す。術前に右側に偏位していたオトガイ部の形態が、シミュレーションでは修正されていることがわかる。術後ではシミュレーションとほぼ類似した形態にオトガイ部は修正されていた。

考 察

従来、顔面形態に関する研究では、頭部 X 線規格写真を用いた二次元的な分析がほとんどであった⁶⁾。三次元的な計測や分析では、顔面石膏模型法⁷⁾、モアレ写真法⁸⁾、レーザー光切断法⁹⁻¹⁶⁾、CT エックス線写真法¹⁷⁻¹⁹⁾、などが用い

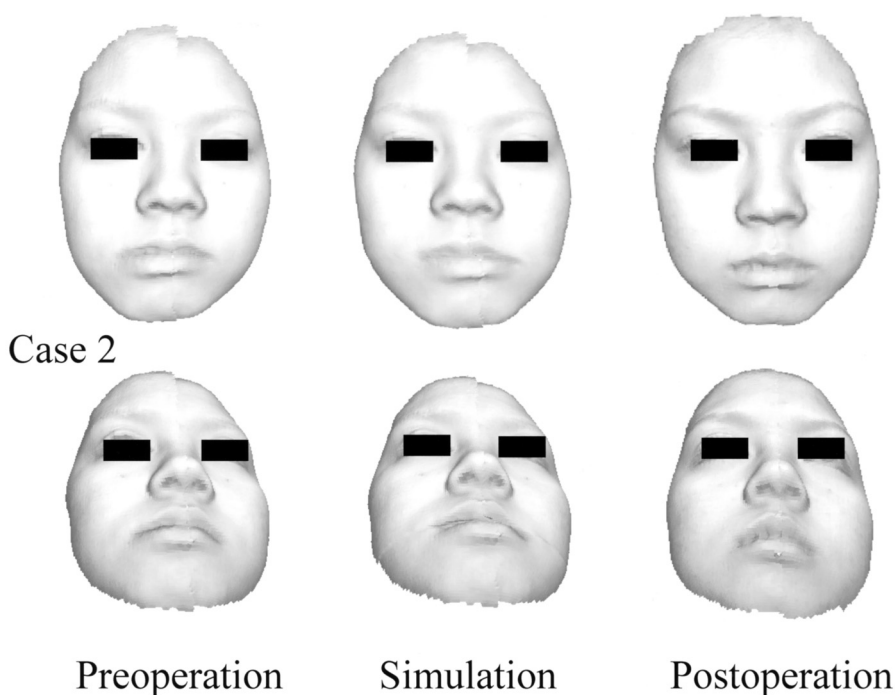


Fig. 9. Simulation which rotated mandibular segment toward left side of 4.6 degrees.

られてきた。しかし、それぞれの計測方法で計測精度、操作の煩雑性、計測時間の長さ、および放射線被曝や矯正装置によるアーチファクトなどの問題があった。これらに対して、格子パターン投影法は、計測時間が3秒程度で比較的短時間に、非接触で、一回の計測でほぼ顔面形態全体の三次元計測を行うことを可能にした。

格子パターン投影法は150Wのハロゲン光を使用するため、明るい所でも計測ができ、人体に影響を及ぼさず、患者に不安感を与える恐れがないことが特徴としてあげられる。

レーザー光切断法では、アンダーカット部の撮影が難しく、鼻翼周辺の形態が得られにくいことが問題であった^{9,10)}。そのため本装置では2台のCCDカメラを正中に対し23度の角度をつけ、左右2つ画像を合成して1つの三次元像を得るようにした。これにより鼻翼周辺のアンダーカット部も明瞭に再現することが可能となった。

従来矯正治療後の顔貌形態の予測は、主に側面頭部X線規格写真や側貌の顔面写真を用いて行われていた。症例1で示したように側貌上の変化は、頭部X線規格写真上の予測とほぼ一致する。しかし、症例2のように側貌形態にはあまり問題はなく、正貌の顔面形態が非対称な場合や、左右で後退量に違いがあり下顎が回転するように移動する場合には、術後の正貌の変化を表現するのが難しく、患者の理解が得られにくかった。顔面形態を三次元的に再現できれば自由な方向から観察でき、術後の顔貌形態の変化も患者にとって理解しやすいものとなる。このように顔面三次元シミュレーションは、とくに顔面が非対称な症例では患者の理解が得られやすく、インフォームドコンセントに有効な手段であると考えられた。

今後、さらに改良を加えて計測精度の向上を図っていきたいと考えている。

謝 辞

今回提示した症例は、岩手医科大学歯学部第一口腔外科横田光正准教授の執刀によるもので

ある。矯正歯科医が設計した移動量を手術で忠実に再現してくれる口腔外科医がいなければ患者の満足は得られない。患者から十分満足の得られる手術を施行していただいた横田准教授に感謝の意を表します。

参 考 文 献

- 1) 古田治彦：下顎前突症患者に対する下顎枝矢状分割術施行時の軟組織変化に関する臨床的研究—とくに術後軟組織側貌予測に関して—，九州歯学会誌，50：154-172，1996。
- 2) 百木田等，葛西一貴：外科矯正治療後の軟組織側貌変化の予測について，日大口腔科学，18：547-561，1992。
- 3) 布留川創，本橋信義，黒田敬之，誉田栄一，佐々木武仁：顎矯正手術のコンピュータシミュレーションのための三次元情報統合システム，日顎変形誌，10：281-289，2000。
- 4) 清野幸男，八木實，鈴木尚英，金野吉晃，三浦廣行，小豆島正典，坂巻公男，中野廣一，大塚幸喜，小松原良平：格子パターン投影法を用いた高精度三次元計測システムの口腔模型への応用，Orthod Waves，60：247-255，2001。
- 5) 小松原良平，吉澤 徹：縮重査を導入した格子パターン投影法，精密工学会誌，55：1817-1882，1989。
- 6) 伊東隆三，浦野和雄，市川和弘，川越 仁，中川幹夫，藤田信義，松本光生，伊東隆利，伊東武嗣：骨格型下顎前突に対する外科矯正治療前後の軟組織側貌の変化—水平距離計測による検討—，日矯歯誌，42：178-185，1983。
- 7) 寺野敏之，久保諒修，覚道健治，荒木春美，上田晴三，虫本浩三，白数力也，土井純子，松川公洋，高橋一朗，上埜文武，木下善之介：顎顔面・歯列模型による顎変形症の術後予測と評価，日口外誌，33：2530-2536，1987。
- 8) 陳 亮宏：モアレトポグラフィによる顎変形症患者の術前後の顔貌変化の解析に関する研究，口科誌，38：160-171，1989。
- 9) 中川公貴，寺田員人，稲見佳大，Gramaticescu Carmen-Elena，森田修一，花田晃治：非接触型顔面三次元表面形状計測装置の計測特性に関する検討，新潟歯学会誌，31：147-152，2001。
- 10) 太田剛史：正常咬合者顔面の三次元表面形状計測—外科矯正治療のための基準値構築の試み—，口科誌，50：191-201，2001。
- 11) 石畑清秀：顔面非対称患者の三次元形態分析，口科誌，52：109-123，2003。
- 12) 初川貴司，佐藤享至，菅原準二，三谷英夫，谷尻豊寿：成人女子骨格型反対咬合症に適用された上下顎移動術による三次元的顔貌変化の予測シミュレーション，Orthod Waves，61：40-51，2002。
- 13) 野口信宏，辻 光弘，重松正仁，後藤昌昭，成富貞幸，香月 武：顎矯正手術シミュレーションの開発 第1報：射影適合法を用いた歯列，顎骨お

- よび顔面形態データの統合, 日顎変形誌, 12 : 69-76, 2002.
- 14) 稲見佳大, 森田修一, 中川公貴, アルカムラ バシャーレ, 寺田員人, 花田晃治: 上下顎移動術による中顔面軟組織の三次元表面形状変化 —非接触型レーザー三次元形状計測装置を用いて—, 日顎変形誌, 13 : 35-43, 2004.
- 15) 加納浩之, 小林正治, 本間克彦, 寺田員人, 齊藤力: 非接触型三次元表面形状計測装置による上下顎移動術前後における中顔面軟組織形態の変化, 日顎変形誌, 14 : 1-10, 2004.
- 16) 神尾 崇, 高木多加志, 野間弘康: 頭部固定装置を備えた非接触型三次元計測装置を用いた顎顔面軟組織形状の計測 —ソフトウェア上での頭位補正機能の精度検証—, 日顎変形誌, 15 : 47-58, 2005.
- 17) 寺嶋雅彦, 青木義満, 徳森謙治, 橋本周司, 中島昭彦: 下顎前突症患者の下顎枝矢状分割術による形態変化の三次元シミュレーション, 日顎変形誌, 11 : 194-204, 2001.
- 18) 寺嶋雅彦, 大関加奈子, 青木義満, 祐田京子, 後藤多津子, 徳森謙二, 樋口 惣, 中島昭彦: 顎変形症患者における顎顔面形態の三次元統合システムの開発, Orthod Waves, 64 : 144-124, 2005.
- 19) 山崎幸一, 寺田員人, 中村順一, 中川公貴, 川原のぞみ, 松原大樹, 森田修一, 齊藤 力, 高木律男, 林 孝文, 斎藤 功: 顔面非対称を伴う骨格性下顎前突症患者における顎矯正手術の硬組織変化に対する軟組織変化の三次元的分析, 日顎変形誌, 15 : 87-94, 2005.