

総 説

顎顔面形態に関する三次元画像解析

北 井 則 行 八 木 孝 和 川 崎 馨 嗣

Three-dimensional Image Analysis for Craniofacial Morphology

KITAI NORIYUKI, YAGI TAKAKAZU, KAWASAKI KEISHI

抄録：顎顔面形態について、CT・MRIを用いた三次元画像解析を行うことは、(1)従来のエックス線写真などの二次元投影画像では重なって表示される構造物の位置関係を三次元的に把握できること、(2)内部構造の精査が可能であること、(3)軟組織と硬組織の形態的特徴を三次元的に把握できることなどの理由により、臨床で多く応用されるようになった。本論文では、埋伏歯の認められる症例、頭蓋顎顔面に形成異常の認められる症例、顎顔面に関して極端にバランスの悪い成長パターンを有し外科的矯正治療を必要とする症例、なかでも顎の左右非対称症例および骨格性下顎前突症例に対して行ったCTを用いた三次元画像解析、および顎関節に臨床症状を認める症例に対してMRIを用いて行った顎関節の三次元的な解析を例にあげて、CT・MRIを用いた形態解析の有用性について紹介する。

キーワード：三次元画像解析, CT, MRI

Abstract: Three-dimensional image analysis using CT and MRI has become increasingly employed in the diagnostic imaging of craniofacial morphology. The analysis method is superior to conventional radiography in terms of visualizing (1) the positional relationship between overlapping anatomical structures in the projected images obtained by conventional radiographs, (2) detailed description of internal structures, and (3) morphological characteristics of soft and hard tissues. This report describes the suitability of the three-dimensional image analysis using CT and MRI for cases of multiple impacted teeth, craniofacial anomaly, cases requiring orthognathic surgery and with TMJ involvement.

Key words: Three-dimensional image analysis, CT, MRI

1. はじめに

近年、CTおよびMRIの著しい進歩により、頭蓋顎顔面領域の硬組織および軟組織形態を高精度に記録し、その特徴を三次元的に解析することが容易に行えるようになった。現在のところ、このような評価法は、従来から行われている評価法との違いを明確にした解析方法が確立されていないことおよび検査料金が高いことなどのために利用が限られているが、顎顔面形成異常を有する患者や外科的矯正治療の適応となる患者の診断、治療計画の立案、治療結果の評価および予後

観察には積極的に活用されている^{1,2)}。顎顔面領域の一部が障害されている症例の顎顔面形態を三次元的に定量解析することは、顎顔面形態の特徴が決定される過程に、先天的・遺伝的な要素あるいは後天的・機能的な要素がどのように影響しているのかを考察するためにも、重要である。本論文では、顎顔面領域の骨格性および歯槽性の形態的な不調和を有する症例に対して行ったCTおよびMRIを用いた三次元的および四次元的（時間軸を含む）な解析を紹介して、CT・MRIを用いた形態解析の有用性について述べる。

2. 三次元画像解析法の利点と欠点

CT・MR スキャンを用いた三次元画像解析法の利点は、硬組織（骨、歯など）、軟組織（筋肉、関節円板、舌など）の大きさ、形態および相互的位置関係について三次元情報が得られることである。一方、この解析法の欠点としては、検査料金が低い、放射線当量が比較的高い（CT）、利用機会が少ない、解析方法が確立されていない、標準値が利用できないなどが挙げられる³⁾。最近では、これらの問題に対して次のような解決法が考えられてきている。検査料金については、必要不可欠な検査として保険適応が認められる場合がある。放射線被曝については、CT 撮影装置の進化により撮影時間が短縮され、1 検査あたりの放射線当量が少なくなっている。活用法については、形成異常あるいは顎変形症を伴う患者に適用して検査診断システムを確立することにより、他の症例にも応用していくことが可能となる。解析法についてはハード面とソフト面の著しい進歩により、ユーザーインターフェースの改善がすすみ、自由な面でスライスして画像を解析したり、三次元ボリュームレンダリング画像を用いて頭蓋顎顔面領域の内部構造を観察したりすることが容易に行えるようになった⁴⁾。標準値については、各計測項目についての標準的な値を解析する研究が行われてきている。^{5,6)}

3. 顎顔面形態に関する三次元画像解析

顎顔面形態に関する CT・MRI を用いた三次元画像解析は、パノラマエックス線写真や頭部エックス線規格写真などの二次元投影画像では重なって表示される構造物の位置関係を三次元的に把握できること、内部構造の精査が可能であること、軟組織と硬組織の形態的特徴を三次元的に把握できることなどの理由により、臨床で多く応用されるようになった技術である。活用法について、以下に例を挙げて示す。

（1）解剖学的構造物の三次元的な位置関係

埋伏歯を伴う患者の場合、矯正的に歯を牽引するかどうかの診断のためには、埋伏歯がどこにどのような方向に埋まっているのか、隣在している歯根と埋伏歯歯冠の相互的位置関係を詳しく知ることが重要である。しかし、従来のパノラマエックス線写真などの検査では、それらの構造物が重なりあって表示されるため、埋伏している歯の位置を正確に知ることができなかった。このような埋伏歯症例に、CT 検査を応用することにより、二次元投影画像では重なり合っていた構造物の位置関係を三次元的に把握することが可能となる。多数歯埋伏を伴う症例についての報告⁷⁾で、CT の三次元画像により、正中埋伏過剰歯の存在や上顎左側の埋伏犬歯による第一小臼歯の歯根の吸収が認められた（図 1）。また、下顎骨の関節頭、前歯歯頸

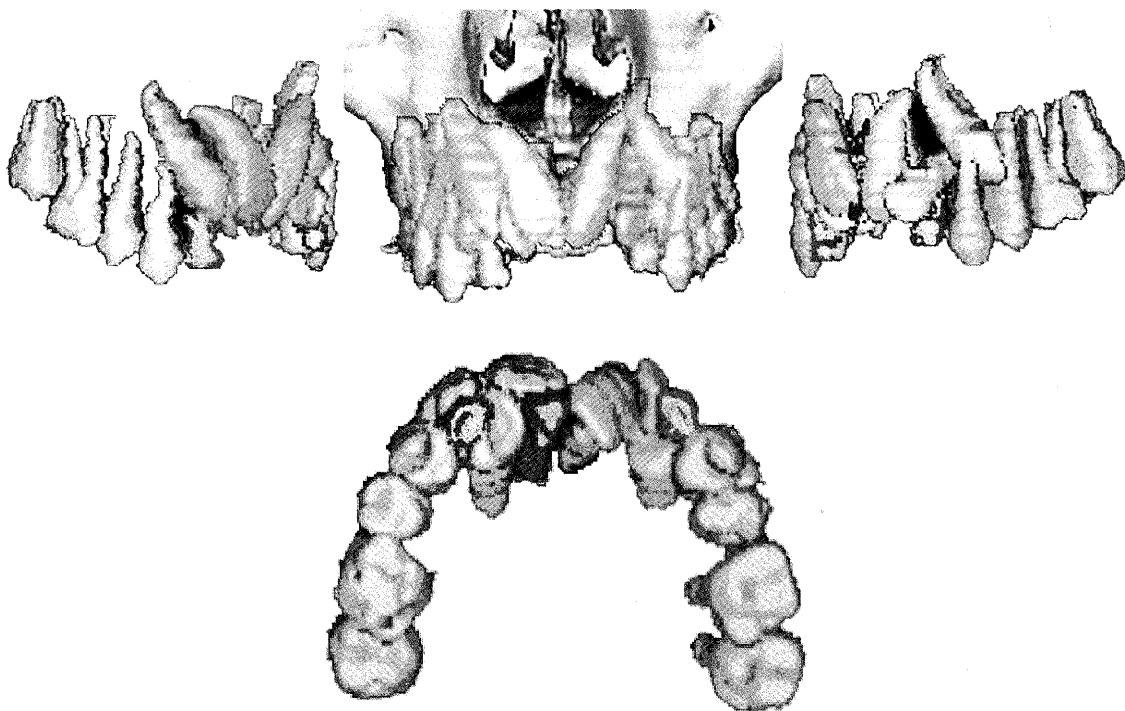


図 1. 多数歯埋伏症例における、埋伏歯および隣在歯の三次元構築画像（1：前頭面観と側面観，2：咬合面観，ピンク：埋伏歯，水色：永久歯，緑色：乳歯，赤色・黄色：過剰歯）

部なども、周辺構造物が重なって表示される部位であるため、CT 検査を用いることが有効である。Hypoglossia hypodactylia syndrome を伴う症例に CT を応用した報告⁸⁾では、舌と下顎骨の著しい低形成とオトガイ部の後退感を認めるが、下顎頭に形成異常は認められなかった。また下顎前歯部歯槽堤に骨欠損が認められた(図2)。

(2) 顎顔面領域の内部構造の精査

顎顔面領域の内部構造を精査した例として、鼻の無形成を伴う患者⁹⁾における気道のボリュームレンダリング画像より、鼻腔の低形成が認められ、鼻気道が無形成で、扁桃肥大および鼻咽頭部の狭窄が確認された(図3)。これにより、鼻閉塞による機能的障害が上顎骨の低形成に影響を与えていることが示唆された。

また、下顎前歯の歯槽骨内での歯根の位置について精査を行う場合には、高解像度 CT を用いることが有用である。従来の側面位頭部エックス線規格写真では、歯槽骨と歯根を正中矢状面に投影して解析しているため、下顎歯槽骨内の下顎切歯歯根の位置を表すことは

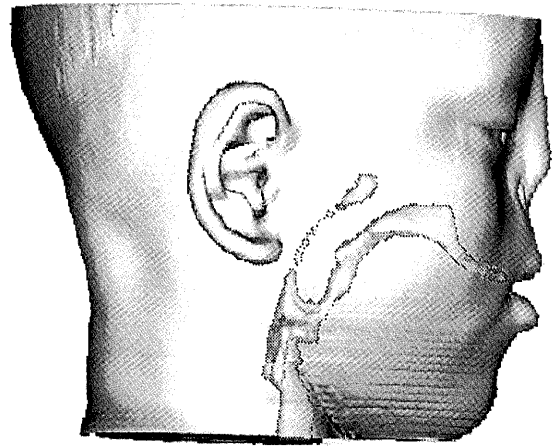


図3. 鼻の無形成を伴う患者における、皮膚および気道のボリュームレンダリング画像(灰色の部分が気道を示す)

不可能であったが、CT を用いると、歯槽骨内の歯根の位置を正確に調べることが可能である(図4)。

(3) 軟組織と硬組織の三次元形態的特徴

顔の左右非対称を示す hemifacial microsomia で

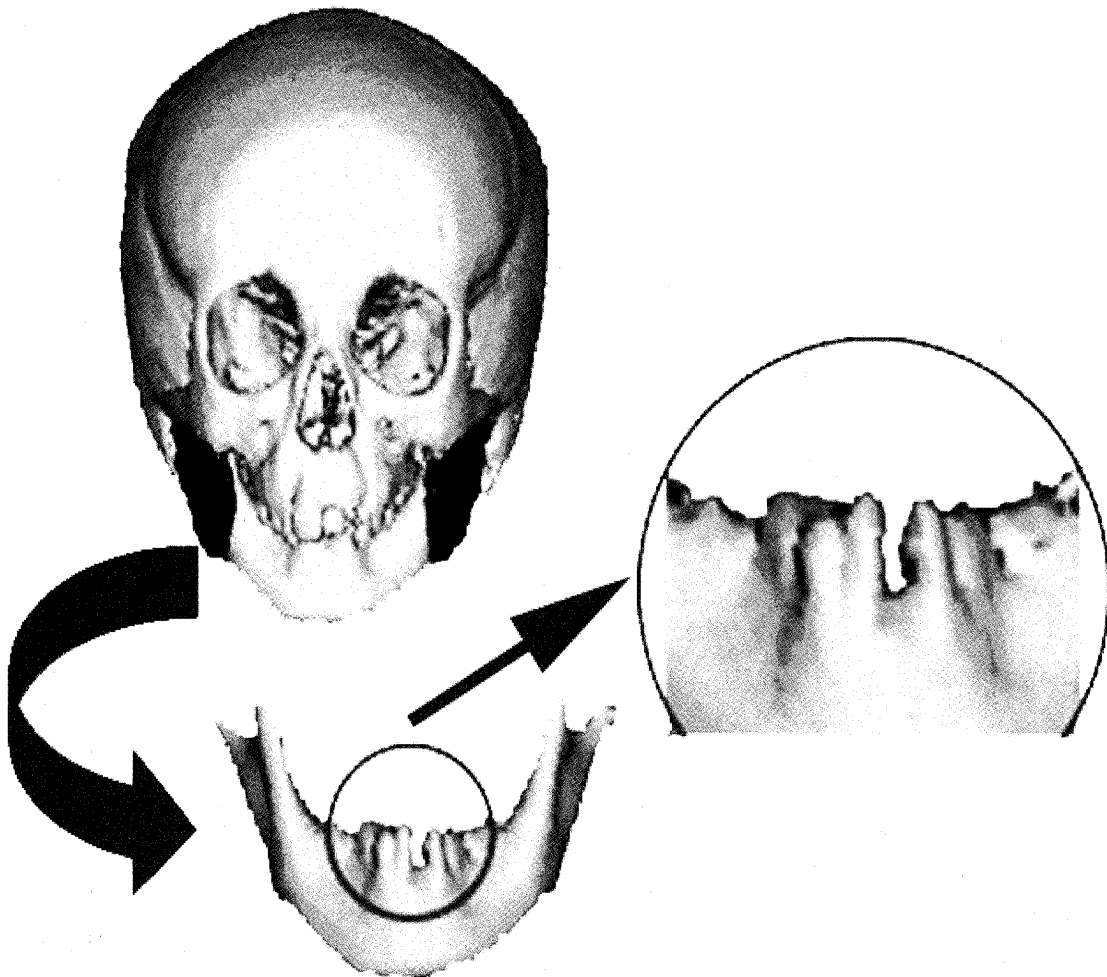


図2. Hypoglossia hypodactylia syndrome を伴う症例における、骨格構造の三次元構築画像



図4．高解像度 CT を用いて描出した下顎歯槽骨内での切歯歯根の位置

は^{10,11)}、咬筋、内側翼突筋、外側翼突筋、側頭筋について、患側の体積は健側の体積に比べて有意に小さい値を示し、患側の咀嚼筋は健側の咀嚼筋と比較して不規則な表面形状を示した(図5)。また、MRI を用いた hemifacial microsomia の顎関節を調べた報告では、健側では、関節円板を含めて健常に近い関節が認められた¹²⁾。

顎顔面形態と咀嚼筋の関係について、骨格性下顎前突を呈する成人について、頭蓋顎顔面部の CT 画像を記録し、側頭筋および咬筋と頬骨弓および下顎角部の形態的關係を調べた報告¹³⁾では、側頭筋体積および

咬筋体積は、両側頬骨弓幅と有意の相関が認められた。また、側頭筋体積および咬筋体積は、側頭窩—頬骨弓間距離との間にも有意の相関が認められたが、両側側頭窩幅との間には、有意の相関が認められなかった。また、咬筋体積は、頬骨弓断面積ならびに下顎枝断面積との間に有意の相関が認められた。これらの結果から、咬筋が直接付着している骨格部位の大きさは咬筋の大きさと関連していることが示された。すなわち、咬筋が大きいほど咬筋の付着している頬骨突起および下顎骨の断面積も大きいことが示され、筋力が直接作用する部位の骨構造と筋肉の大きさとの間に関連のあることが示唆される。

また、高解像度 MRI を用いて、開口時と閉口時における顎関節の形態的特徴を精査する^{14,15)} ことによって、下顎頭と関節円板の位置的関係を動的に把握することが可能である(図6)。

文 献

- 1) Kreiborg S, Marsh JL, Cohen MM Jr., Liversage M, Pedersen H, Skovby F, Borgeesen SE and Vannier MW. Comparative three-dimensional analysis of CT-scans of the calvaria and cranial base in Apert and Crouzon syndromes. *J Craniomaxillofac Surg.* 1993; 21: 181-188.
- 2) 北井則行. 頭蓋顎顔面骨格と咀嚼筋との形態的關係について. 阪大歯誌. 2004; 48: 54-59.
- 3) 北井則行, 高田健治 (訳). 三次元セファロ分析, 21世紀のオーソドンティクス. 高田健治; Proffit WR 編. 東京: クインテッセンス出版; 2003: 94-100 (3D cephalometric analysis, Kreiborg S, In: Orthodontics in the 21st Century, Takada K and Proffit WR, editors, Osaka: Osaka University Press; 2002).

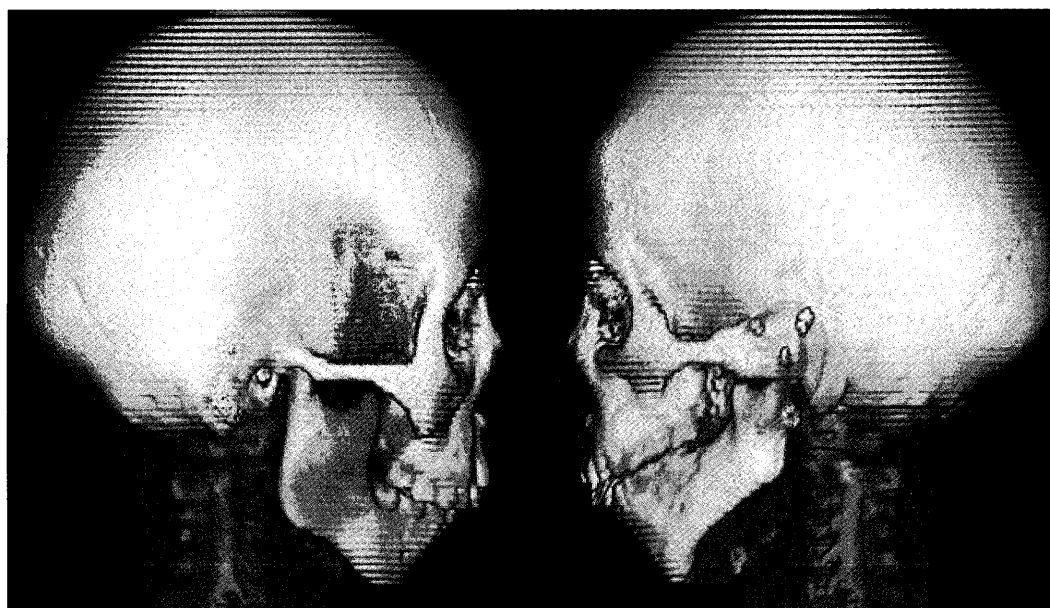


図5．Hemifacial microsomia を有する患者における、咬筋および側頭筋の三次元構築画像



図6. 若年性慢性関節炎を有する患者における，開口時と閉口時の関節窩，下顎頭および関節円板の位置的関係（緑色：関節窩，黄色：下顎頭，赤色：関節円板）

- 4) Katsumata A, Arijii Y and Langlais RP. Three-dimensional computed tomography imaging in dentistry. *Dent Clin North Am.* 2000 ; 44 : 395-410.
- 5) Waitzman AA, Posnick JC, Armstrong DC and Pron GE. Craniofacial skeletal measurements based on computed to-

- mography: Part II. Normal values and growth trends. *Cleft Palate Craniofac J.* 1992 ; 29 : 118-128.
- 6) Chidiac JJ, Shofer FS, Al-Kutoubi A, Laster LL and Ghafari J. Comparison of CT scanograms and cephalometric radiographs in craniofacial imaging. *Orthod Craniofac Res.* 2001 ; 5 : 104-113.
- 7) Kitai N, Fujii Y, Murakami S, Takada K. Three-dimensional evaluation of a rare case with multiple impacted teeth using CT. *J Clin Pediatr Dent.* 2003 ; 27 : 117-121.
- 8) Yasuda Y, Kitai N, Fujii Y, Murakami S and Takada K. Report of a case with hypoglossia-hypodactylia syndrome and a review of literature. *Cleft Palate Craniofac J.* 2003 ; 40 : 196-202.
- 9) Kitai N, Iguchi Y, Takashima M, Murakami S, Kreiborg S, Kamiji T and Takada K. Craniofacial morphology in an unusual case with nasal aplasia studied by roentgencephalometry and 3 D CT-scanning. *Cleft Palate Craniofac J.* 2004 ; 41 : 208-213.
- 10) Takashima M, Kitai N, Murakami S, Furukawa S, Kreiborg S and Takada K. Volume and shape of masticatory muscles in patients with hemifacial microsomia. *Cleft Palate Craniofac J.* 2002 ; 40 : 6-12.
- 11) Takashima M, Kitai N, Yoshihide M, Murakami S, Kreiborg S and Takada K. Mandibular distraction osteogenesis using an intra-oral device and a bite plate for a case of hemifacial microsomia. *Cleft Palate Craniofac J.* 2002 ; 40 : 437-445.
- 12) Kitai N, Murakami S, Takashima M, Furukawa S, Kreiborg S and Takada K. Evaluation of temporomandibular joint in patients with hemifacial microsomia. *Cleft Palate Craniofac J.* 2004 ; 41 : 157-162.
- 13) Kitai N, Fujii Y, Murakami S, Furukawa S, Kreiborg S and Takada K. Human masticatory muscle volume and zygomatico-mandibular form in adults with mandibular prognathism. *J Dent Res.* 2002 ; 81 : 752-756.
- 14) Kitai N, Eriksson L, Kreiborg S, Wagner A and Takada K. Three-dimensional reconstruction of TMJ MR images: A technical note and case report. *Cranio.* 2004 ; 22 : 77-81.
- 15) Kitai N, Kreiborg S, Murakami S, Bakke M, Møller E, Darvann TA and Takada K. A three-dimensional method of visualizing the temporomandibular joint based on magnetic resonance imaging in a case of juvenile chronic arthritis. *Int J Paediatr Dent.* 2002 ; 12 : 109-115.