

## 6自由度下顎運動測定による小児期顎口腔機能の観察

山崎 要一

鹿児島大学 大学院医歯学総合研究科 健康科学専攻  
発生発達成育学講座 口腔小児発達学分野

### The analysis of stomatognathic function in children by the application of six degree of freedom jaw movement tracking devices

Youichi Yamasaki

Department of Pediatric Dentistry, Division of Developmental Medicine, Course of Health Research,  
Kagoshima University Graduate School of Medical and Dental Sciences  
8-35-1, Sakuragaoka, Kagoshima, 890-8544, Japan

#### **Abstract:**

Pediatric dentistry is comprehensively covering the oral health care through the active period of growth and development in human life cycle. Not only the normal physical growth in the orofacial region, but also the developmental process of stomatognathic function in this period are necessary to clarify, because the functional development of children is always progressing and leads to the maturation of masticatory function in adulthood. Jaw motion provides a lot of important information about oral function because it is performed by the functional integration of teeth, maxillary and mandibular bones, masticatory muscle, nervous system, and other organs. The application of six degree of freedom jaw movement tracking devices must be the most suitable method to evaluate jaw motion, and to detect in detail the dynamic characteristics of the whole mandibular function. In this study, the application of a few measurement systems to children was discussed including two sets of our systems, and some results on jaw motion analyses of children were presented; 1) Characteristics of mandibular excursion of children, 2) Eight year longitudinal changes of jaw tracks of one child, 3) Characteristics of condylar motion during opening-closing movement, 4) Focusing characteristics of the condylar tracks, 5) Design of the curved mesh diagram of mandibular excursion, 6) Mandibular movement of reverse bite children, etc.

In conclusion, jaw movement of children had many different characteristics in comparison with those of adults. Furthermore, children with malocclusion showed many types of abnormal jaw movement. It is thought that the pedodontist must carefully manage oral health of children and perform the early treatment to children with malocclusion for their healthy development of oral function.

**Key Words:** jaw motion in six degree of freedom, condylar movement, mastication, occlusion, children

## I. 緒言

人のライフサイクルにおいて、小児歯科は成長発育の旺盛な期間の包括的な歯科医療を担当している。この時期には萌出したばかりの歯の齲蝕予防、齲蝕治療を行うとともに、乳歯列期、混合歯列期の歯列不正や咬合異常に対して、発育を考慮しながら早期に対処を行ない、齲蝕や歯周疾患のない健全な永久歯列による良好な咬合状態と顎口腔機能の育成を目標としている。

一般的に顎口腔系の機能としては下顎歯列や顎関節部の動態がとかく注目されがちであるが、そのほかにも摂食・嚥下機能、呼吸機能、構音機能、表情・コミュニケーション機能、感覚機能などがあげられる。これらの機能がバランス良く発達することにより、豊かな人生の基礎が形作られると言える。

発達過程における正常な顎顔面部の成長と顎口腔領域の機能的発育の関連性を経時的に観察することは、様々な経緯を経た結果として生じている成人の下顎運動の成立要素を考える上でも有用な情報源となる<sup>1-3)</sup>。

また、歯列や咬合に異常を有する小児において、形態異常に関連した顎機能異常の程度を把握するとともに、これらの異常の改善による歯列咬合の形態的变化が顎の運動機能に及ぼす影響を調査することは、小児の顎口腔領域の健康な発育に対する社会認識を高揚し、小児期における良好な咬合状態の育成を通して、その後の成人期、老年期における口腔機能の維持安定にも大いに寄与できるものと考えられる。

発達過程にある小児において、歯、顎骨、筋、靭帯、神経系などの複雑な相互作用の結果として現れる下顎運動を6自由度で測定し評価することは、科学的証拠に基づいた発達期の歯科医療を実践して行く上で有効な手段であると認識される。

本稿では、小児用6自由度下顎運動測定システムの開発、並びにその臨床応用を通して、小児期顎口腔機能の発達状況や、早期の歯列咬合治療が小児期の咬合機能に及ぼす影響について、これまで著者が行ってきた研究成果を中心に概説する。

## II. 小児における6自由度下顎運動測定の歴史

低年齢の小児の6自由度下顎運動測定としては、フロリダ大学のリプリケーターシステムが知られており、1980年代初頭に正常咬合を有する乳歯列期や混合歯列期の小児や過蓋咬合児を対象として、咀嚼運動を下顎切歯点または大白歯の1点において観察しているが、複数の下顎任意点についての同時運動解析はまだなされていなかった<sup>4-6)</sup>。

その後、小児の6自由度下顎運動測定に関しては著者の報告を待つ事になるが、1990年代半ばより少しずつ市販の装置や開発中の測定器を使った報告もなされるようになってきた<sup>7-11)</sup>。

## III. 6自由度下顎運動測定システム開発の経緯

### 1. 下顎多点運動解析システムの開発

小児の下顎の三次元動態を測定するには、被験者に対する心理的・身体的な負荷を可及的に低減して正確に測定できることが重要である。著者が九州大学で小児用の下顎運動測定システム開発に着手した1983年当時は、現在のように6自由度下顎運動測定器が市販され容易に入手できる時代ではなかった。このため、下顎歯列の複数の解析部位について滑走距離や回転角度などの下顎の三次元動態を解析するためには、それぞれの研究機関において独自に創意工夫した6自由度運動測定システムを開発する必要があった。

まず、発光ダイオードの三次元位置座標を非接触で検出し、身体の運動障害のリハビリテーション評価を行う目的で市販されていたセルスポットシステム (Selcom Inc., Sweden) に着目し、下顎運動測定と解析に必要な線形代数理論を構築して、コンピュータソフトウェアを作製した結果、6自由度下顎運動測定器の開発に成功した。この下顎運動測定器は下顎多点運動解析システムと命名され、1985年より乳歯列期小児の下顎任意点の運動解析を開始した<sup>12)</sup>。被験者の上下歯列に装着される各3個の発光ダイオードのフレームはわずか14gと非常に軽量であった。また、歯列に装着される発光ダイオードとセンサーカメラまでの非接触距離は75cmであり、被験者が5歳前後の小児であっても、測定時にあまり大きな心理的・身体的負担を与えることはなかった。

測定精度に関しては、出力歪みの空間補正に関する幾何学理論とそのプログラムを開発した結果、測定視野内で1mm以上あった発光ダイオード座標値の三次元歪み量を平均で0.06mmまで低減できた。このため、下顎多点運動解析システムは、当時、成人の下顎運動測定用に開発されていた数件の6自由度下顎運動測定器と比較しても、被験者への負担と精度の点において乳歯列期小児の測定に最も適していたと考えられる<sup>13)</sup>。本システムでは延べ100名の小児の下顎運動測定を行った(図1)。

### 2. 咀嚼機能解析システムの開発

下顎多点運動解析システムは、その後さまざまな改

良を加えながら約10年間使用したが、メインコンピュータの老朽化や運動データ転送方法、ネットワーク化などに問題が生じ、1992年より新システムの開発に乗り出した。このシステムは市販の6自由度下顎運動測定器トライメット（東京歯材社、東京）を測定部として、ネットワーク上でグラフィックワークステーションや接触型三次元形態測定装置、筋電計、レーザー形状測定装置と接続されており、小児や成人の咀嚼機能を総合的にデータ管理して分析できるもので、咀嚼機能解析システムと命名し、現在も種々のソフトウェアを開発しながら6自由度下顎運動解析を行なっている<sup>14)</sup>。実際に本システムが稼働しはじめた1994年より著者が鹿児島大学に赴任する2003年1月までの被験者数は延べ400名を超えている（図2）。

## VI. 小児の下顎運動機能の解析

小児の顎口腔機能の正常な発育過程を解明することは、さまざまな経緯を経た結果と考えられる成人の下顎運動の正常像やその成立要素を考察する上で、有用

な情報を提供できると考えられる。

これらの解析システムを使用して、乳歯列期や混合歯列期の小児、さらには成人の下顎歯列および顎関節顎頭部の三次元動態について調査した。また、下顎運動の一部は同時期の歯列模型の三次元形態と組み合わせて、小児期の口腔機能と歯列形態との関係についても検討した。

### 1. 小児の下顎滑走運動の特徴

正常な歯列咬合を有する乳歯列期小児と成人女性各9名の前方滑走時の下顎歯列の三次元動態を、下顎切歯点の移動距離が0.5mmから5.0mmまで0.5mmごとの顎位について解析した。解析部位は、乳歯列期小児では下顎切歯点、乳犬歯および第二乳臼歯、成人では下顎切歯点、永久犬歯および第一大臼歯とした。咬合平面を基準として矢状面投影角を比較したところ、乳歯列期小児は成人より有意に角度が小さく、前頭面投影角では、乳歯列期小児は成人より前方運動時の側方偏位が大きかった<sup>15, 16)</sup>。また、側方滑走運動の所見から

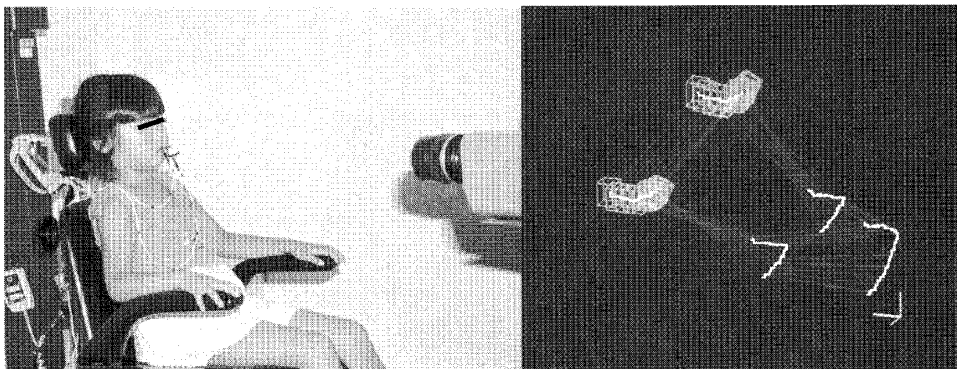


図1 下顎多点運動解析システムと出力例

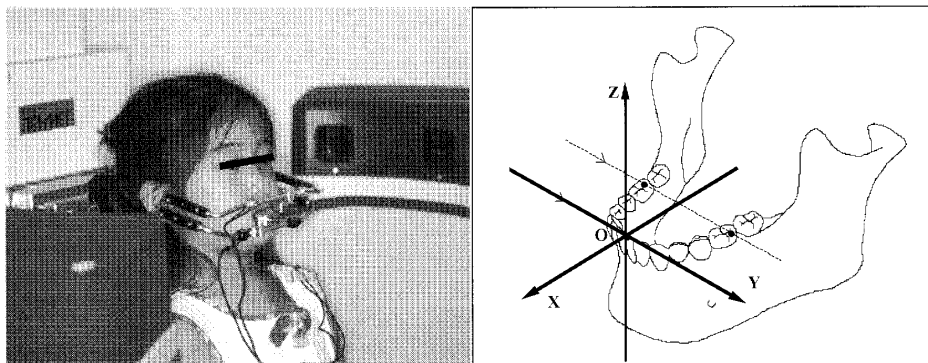


図2 咀嚼機能解析システムと基準座標系

も乳歯列期小児は下顎歯列の下方移動が少なく水平的であり、やや前方よりに運動していた(図3)<sup>12, 17, 18)</sup>。

2. 下顎運動の経年変化

発達期間中にある小児下顎運動の経年的変化の様相を調査する目的で、1名の健全歯列を有する小児被験者について、永久中切歯萌出期から第二大臼歯萌出完了期までの8年間にわたる経年的な下顎運動測定を行い、各々の計測時期に採得した歯列模型から上顎中切歯の形態を再現して、運動軌跡と重ね合わせて歯牙交換期における個人内下顎運動変化を調査した。

前方滑走運動における下顎切歯点の運動軌跡を矢状方向から観察したところ、上下中切歯が萌出途中で、垂直被蓋がまだ浅い時期には前方へほぼ直線的に運動していたが、上下切歯の被蓋関係ができるに従い下顎切歯は上顎切歯の舌側面に沿うように運動していた。

切歯点の移動距離を基準とした矢状面投影角度の経

年的変化は、上下切歯が咬合する前は角度が小さく、経年的には次第に角度は増加するが、切歯歯軸や水平的垂直的な被蓋変化の大きい側方歯群交換期を境に再び小さくなっていった(図4)。また、前頭方向からの観察でも、上下歯牙の垂直被蓋が浅い時期には下顎切歯点は側方へほぼ水平的に運動していたが、以後は経年的に下方への運動経路をとっていた(図5)<sup>19)</sup>。

小児期は歯列の発育変化に伴い、下顎運動所見においても経年的に大きな変動が観察され、乳歯列期の水平的な運動から次第に成人の下顎運動域に落ちていくものと推察された。

3. 開閉口運動時の顎頭動態の特徴

小児の開閉口運動中の顎頭動態を調査するために、切歯点に対する顎頭移動の様相を、乳歯列期、混合歯列期小児と成人(永久歯列)の各群10名について、習慣性開閉口運動を開口相と閉口相に分けて、咬頭嵌合

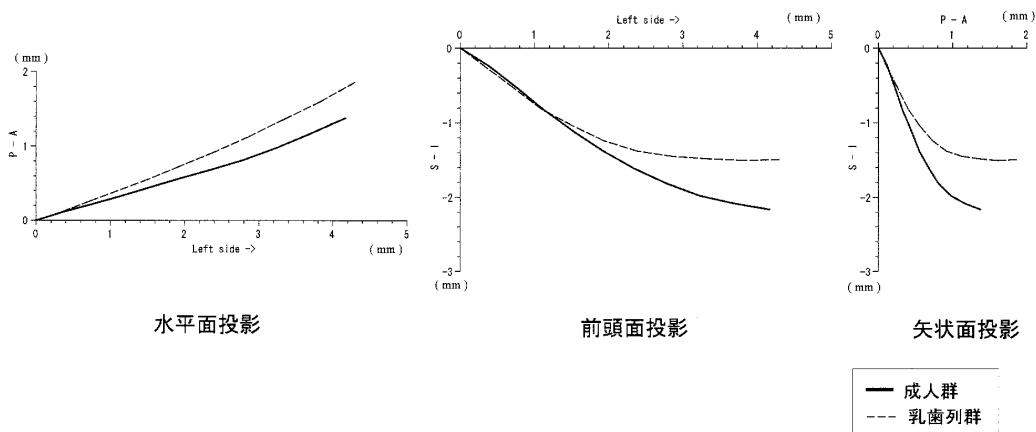


図3 側方滑走運動中の下顎切歯点の平均運動軌跡

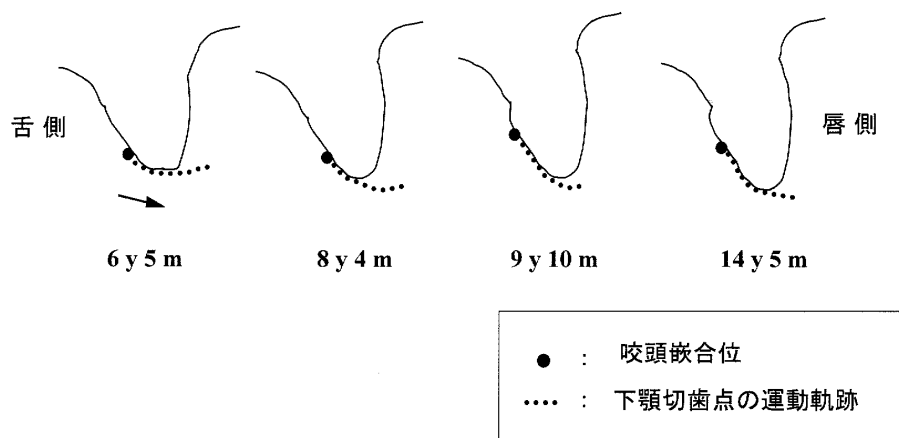


図4 経年的な下顎切歯点の前方滑走運動軌跡と上顎中切歯形態(矢状面観)

位を始点とする切歯点と顎頭中央点の直線移動距離を解析した。切歯点および顎頭点の最大直線移動距離を100%として、切歯点移動率に対する顎頭中央点の垂直移動率を解析したところ、乳歯列群が開閉口相間での顎頭点移動率の違いが最も大きく、閉口相の方が下方を通っており、切歯点および顎頭点の移動率が100%となる位置はほぼ一致していた。永久歯列群では、開閉口の顎頭点移動パターンに差がみられず、関節結節を越えて再び顎頭位が上昇するほぼ同様な変化を示していた。混合歯列群は開口相と閉口相にやや違いがみられ、両群の中間的なパターンをとっていた(図6)。

#### 4. 顎頭運動軌跡の集束性

成人においては、顎頭部の運動集束点である全運動軸の存在が知られているが、小児にもこれに類似した運動特異点が存在するか否かを調査するために、小児の顎頭部周囲において、前方、左右側方滑走運動および習慣性開閉口運動の4つの運動軌跡によって取り囲まれる部分の面積の大きさを評価した。

顎頭部の運動軌跡の面積は、はじめに顎頭中央点における4種類の基本運動軌跡を矢状面、水平面、前頭面の各平面に投影し、各平面ごとに最も外側の軌跡で囲まれた部分の面積を算出した。そして顎頭中央点の座標を中心にして前後軸、左右軸、上下軸方向にそれぞれ±10mmの範囲内で0.5mmごとに同様の面積計

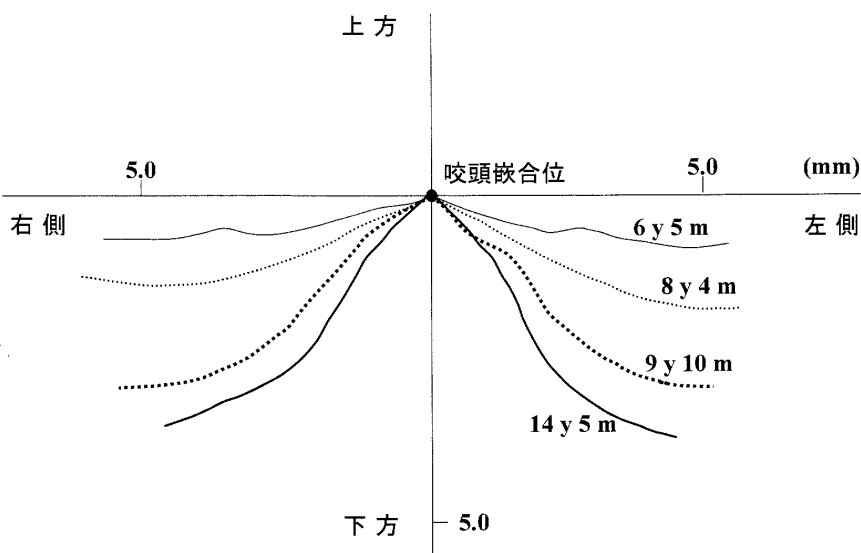


図5 経年的な下顎切歯点の側方滑走運動軌跡(前頭面観)

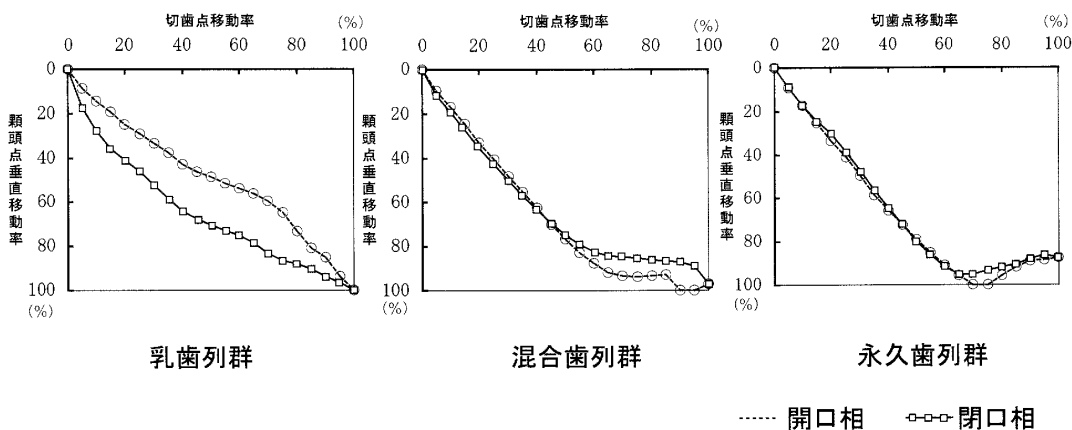


図6 開閉口運動時の下顎切歯点と顎頭動態の関係

算を行い、顎頭中央点周囲の約11,000点分の面積を算出し、その中で最小の面積が得られた部位を顎頭の運動集束点とした<sup>20, 21)</sup>。この運動集束点における最小運動面積の平均値と標準偏差を乳歯列期、混合歯列期小児と永久歯列の各群10名について比較したところ、各方向の投影面積ならびに合計値のほとんどにおいて乳歯列群が最も大きく、混合歯列群、永久歯列群になるに従い運動は集束性が増していた。

矢状面における顎頭部運動軌跡の面積変化の様相を濃度分布で観察したところ、乳歯列群では集束域が顎頭部より離れた下方に位置し、永久歯列群では顎頭中央部付近に、そして混合歯列群では両者の移行型と考

えられる顎頭中央部付近とその下方に2つの集束域が分布していた。また、面積の大きさを表す濃度は乳歯列群が薄く、混合歯列群、永久歯列群の順で全体に濃くなっており、運動集束点の周囲においても全体として運動軌跡の集束性が高まっていた(図7)。水平面における面積の変化の様相は、3群ともに左右顎頭点を結ぶ線上に帯状の集束がみられ、特に永久歯列群では濃度が濃く集束域が狭く明確であった<sup>22)</sup>。

## 5. 下顎滑走運動面の作製

咀嚼運動の終末付近において上下歯牙の接触滑走状態を評価する方法として、下顎限界運動の上面である

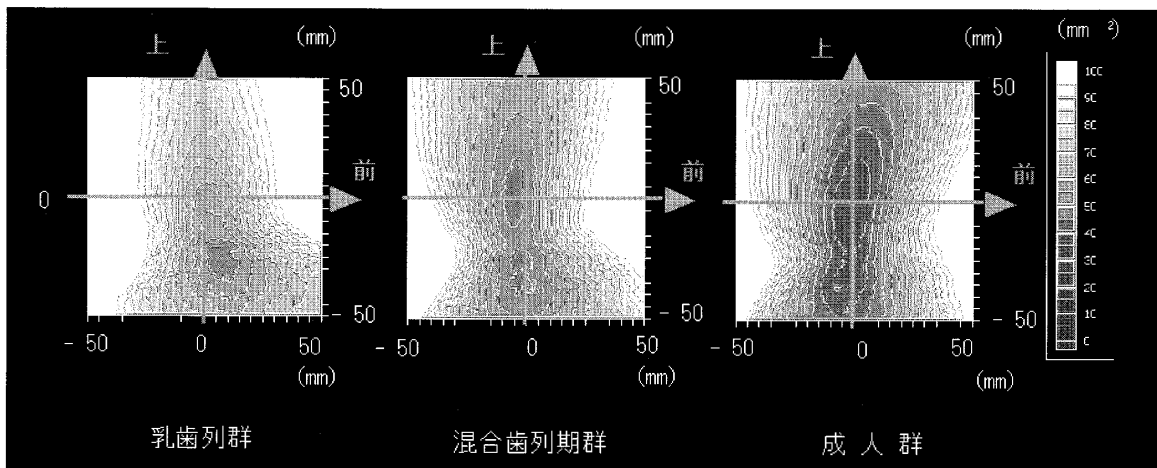


図7 顎頭部運動軌跡の集束状態(矢状面観)

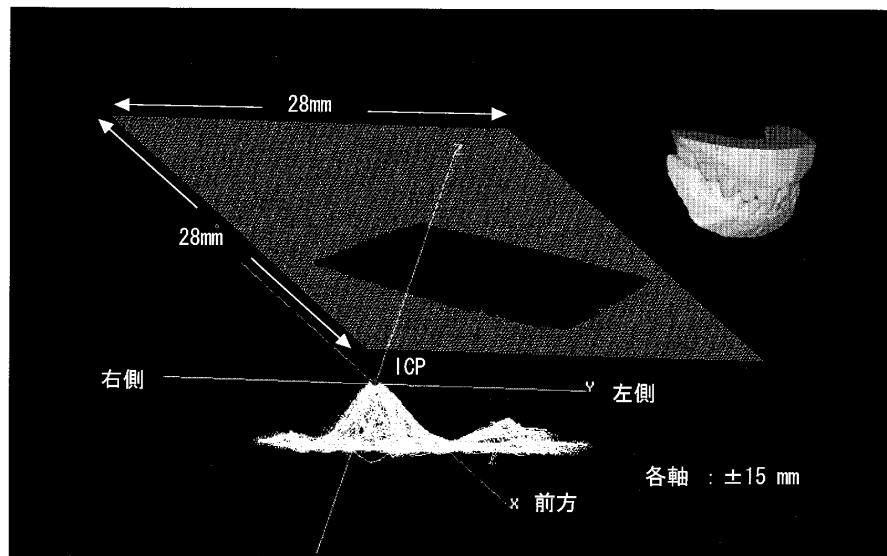


図8 任意下顎滑走運動と滑走運動面の検出格子

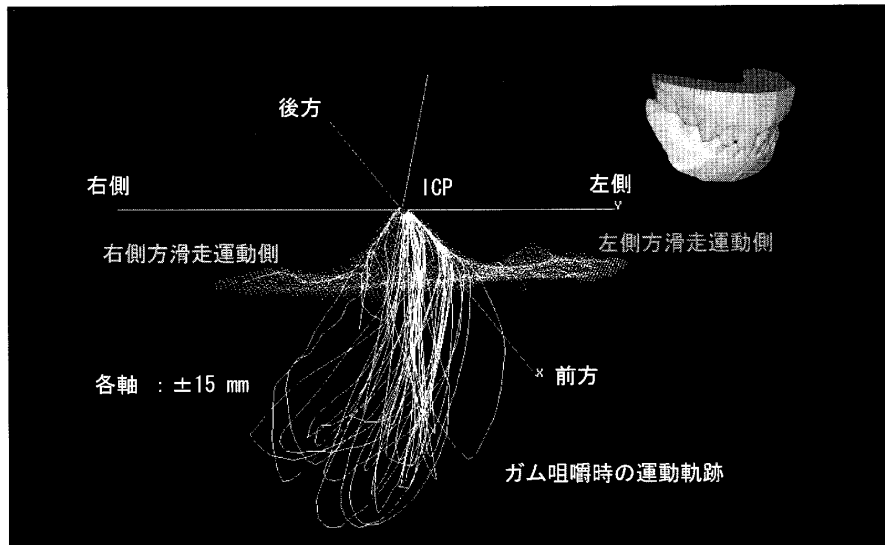


図9 下顎滑走運動面とガム自由咀嚼経路，側方滑走運動経路の関係

下顎滑走運動面の抽出方法を考案し試作した。これは12,000顎位に及ぶ任意の下顎滑走運動の座標値をもとにして，水平面上に設定された0.1mm間隔の格子点に，水平面上における最近接顎位の上下方向座標値を与え，滑走運動面に関与しない部分を削除することにより得られる（図8）。下顎任意点における滑走運動面が視覚化されることにより，下顎上の位置の違いによる運動面形態の相違を機能的な側面から評価することができ，成長に伴う変化や顎機能異常の評価にも役立つものと考えられ，さらには下顎滑走運動面内での前方や側方滑走運動の様相や，咀嚼運動の終末付近における接触滑走状態を把握することも可能となる（図9）<sup>23, 24)</sup>。

## 6. 小児歯科臨床への応用

その他の6自由度下顎運動測定の小児への適用としては，歯列発育段階別にみた，咀嚼運動終末位と咬頭嵌合位との位置関係<sup>25)</sup>や，歯列全体の三次元座標と6自由度下顎運動との組合せによる滑走運動時の咬合接触状態の変化パターンの相違（図10，図11）<sup>26-28)</sup>，歯列咬合異常を有する乳歯列期小児の下顎運動の特徴（図12，図13）<sup>29, 30)</sup>などがある。また，乳歯列期に反対咬合の被蓋を改善し，その後に混合歯列期を迎えた小児の開閉口運動路は，同時期の反対咬合児の運動所見とは明らかに異なり，正常咬合児に近い動態であることも確認している<sup>31)</sup>。

さらに口腔の機能発達の研究と同様に，歯列咬合異

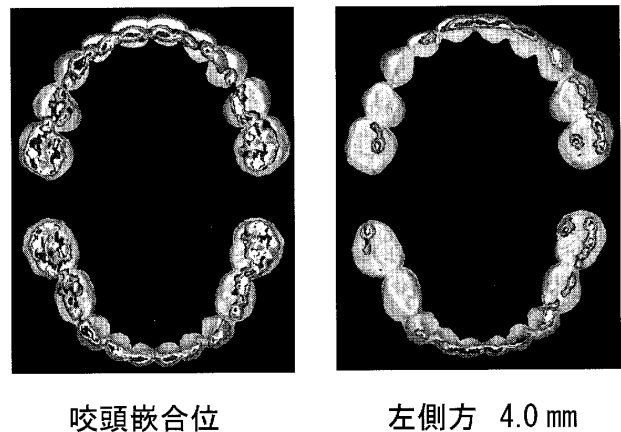


図10 乳歯列児の左側方滑走運動時における咬合接触状態の一例（6歳1か月女児）

常を有する乳歯列期や混合歯列前期の小児に対する新しい治療方法の開発（図14）<sup>32)</sup>や，それらの効果についての臨床研究<sup>33-36)</sup>を行っており，これまでの数多くの治療経験と治療後の長期間の機能観察から，低年齢児の早期咬合治療はその形態的な改善に留まらず，その後の口腔機能の発達にも良好な影響を及ぼしているという強い感触を得ている。

## V. 今後の展望

小児において6自由度下顎運動測定器を使用して顎機能を調査することは，口腔機能情報を目に見える形

で認識することであり、増齢による顎顔面部の形態的発育に伴う機能的な発達状況を把握する有力な手段である。すでに正常小児の下顎運動についてはいくつかの知見を得ているが、さらに咬合異常や顎関節異常を有する小児の下顎運動所見から機能的な問題を指摘し、歯列咬合の育成を通してこれらの問題を早期に改善して行くことは、小児の口腔領域の形態と機能の健全な

発育を促進し、成人期、老年期へと続くライフステージの中で口腔機能の維持安定に寄与できるものと思われる。

小児期の顎口腔機能の観察は、小児を対象とした歯科医療に対する社会的認識を向上させ、低年齢児の早期咬合治療と言う新しい歯科医療の需要を開拓するための説得力のある証拠を呈示できるものと考えている。

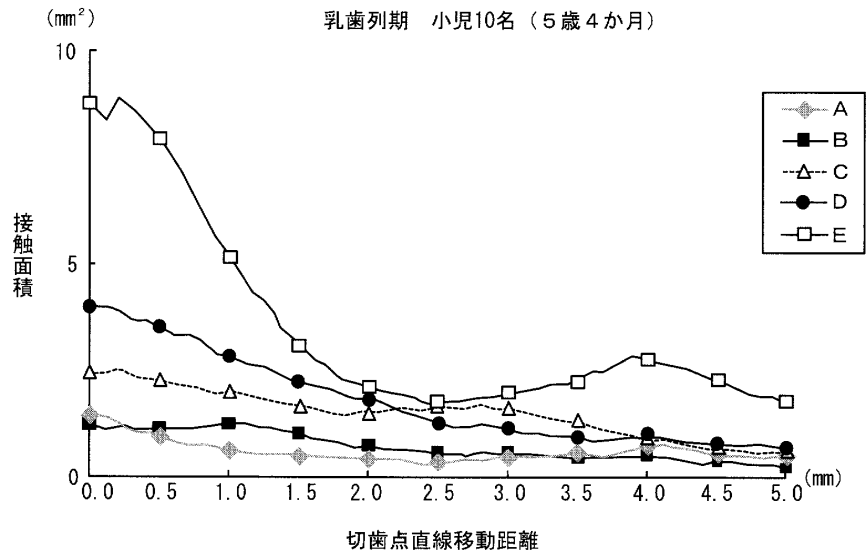
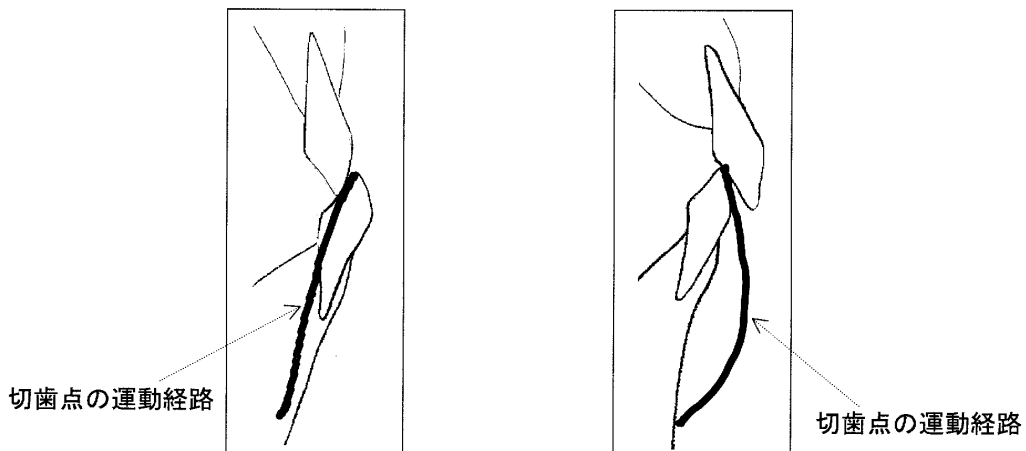


図11 乳歯列群作業側の下顎歯種別接触面積  
(解析結果：0.1mm 毎， マーカー：0.5mm毎)



反対咬合児の一例

正常咬合児の一例

図12 乳歯列児の習慣性開口運動における切歯点運動経路



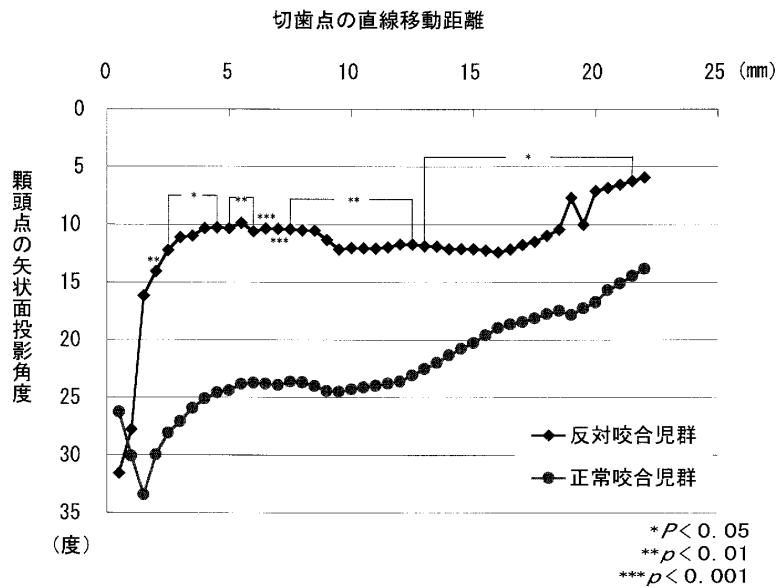


図13 乳歯列児の習慣性開口運動における顎頭点の矢状面投影角度

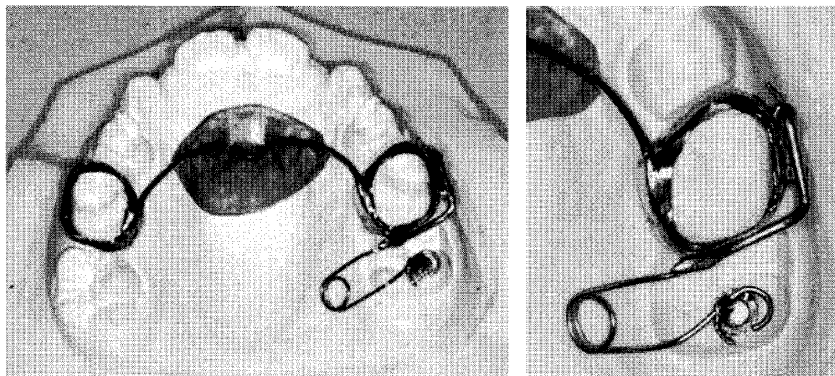


図14 上顎左側第一大臼歯の異所萌出への対応法

## 文献

- 1) 中田 稔：小児の咬合機能の発育変化に関する研究. 歯医学誌, 11: 58-64, 1992.
- 2) 中田 稔：生理的咬合へのアプローチ 小児歯科学から生理的咬合を考える. 歯界展望別冊, 183-192, 東京：医歯薬出版, 1992.
- 3) 中田 稔, 山崎要一, 緒方哲朗：顎口腔機能分析の基礎とその応用 -ME機器をいかに臨床に活かすか (編集 石岡 靖, 小林義典, 長谷川成男, 河野正司, 林 豊彦) -第4章- 5小児における下顎運動と咬合の発達, デンタルダイヤモンド, 東京, pp.300-307, 1991.
- 4) Wickwire NA, Gibbs CA, Jacobson AP and Lundeen HC: Chewing pattern in normal children. Angle Orthod, 51: 48-60, 1981.
- 5) Gibbs CA, Wickwire NA, Jacobson AP, Lundeen HC, Mahan PE and Lupkiewicz SM: Comparison of typical chewing patterns in normal children and adult. JADA, 105: 33-42, 1982.
- 6) Alexander TA, Gibbs CA and Thompson WJ: Investigation of chewing pattern in deep-bite Malocclusions before and after orthodontic treatment. Am J Orthod, 85: 21-27, 1984.
- 7) 大久保由紀子, 郡 元治, 坂東永一：小児の咀嚼

- 運動と咬合接触の観察 (抄). 小児歯誌, 31:302, 1993.
- 8) 菊池元宏:咬合発育段階における下顎運動範囲の6自由度的検討. 日大歯学, 69:704-716, 1995.
  - 9) 藤村哲也, 坂東永一, 山内英嗣:小児の顎運動測定 (抄). 日本顎口腔機能学会, 第13回学術大会抄録集:14-15, 1997.
  - 10) 鶴山賢太郎, 倉田康弘, 谷 博司, 前田隆秀:小児顎運動の3次元解析 第2報 動的計測点に対する再現性について (抄). 小児歯誌, 36:263, 1998.
  - 11) 井上吉登, 大山 洋, 葉山淑人, 熊坂純雄, 進士久明, 内村 登:小児の咬合推移と顎関節の発達に関する研究 1. 光学式3次元6自由度顎運動測定装置の基礎的検討 (抄). 小児歯誌, 36:335, 1998.
  - 12) 山崎要一:セルスポットを応用した下顎多点運動解析システムの開発と乳歯列期小児の側方滑走運動に関する研究, 小児歯誌, 27:395-414, 1989.
  - 13) 長谷川成男, 坂東永一, 監修:臨床咬合学事典, 263-267, 東京:医歯薬出版, 1997.
  - 14) 中田 稔, 早崎治明, 西嶋憲博, 峰松清仁, 山崎要一:コンピュータ・シミュレーションの歯科への応用の現在と未来 7. 小児の咬合誘導におけるコンピュータ・シミュレーションの応用. クインテッセンス, 14:1695-1702, 1995.
  - 15) 早崎治明, 山崎要一, 中田 稔:小児の下顎前方滑走運動に関する研究. 小児歯誌, 29:379-388, 1991.
  - 16) Hayasaki H, Yamasaki Y, Nishijima N, Naruse K and Nakata M: Characteristics of protrusion and lateral excursion of the mandible in children with primary dentition. *J Oral Rehab*, 25: 311-320, 1998.
  - 17) Yamasaki Y, Hayasaki H, Ogata T, Arima K, Ishii M and Nakata M: The relationship between incisal overlap and direction of mandibular excursions in children with primary dentition. *Pediat Dent J*, 2: 15-21, 1992.
  - 18) Yamasaki Y, Hayasaki H, Nishi M, Nakata S and Nakata M: Condylar Motion in Children with Primary Dentition during Lateral Excursion, *Journal of Cranio Mandibular Practice*, 20(3): 172-180, 2002.
  - 19) Hayasaki H, Okamoto A, Nakata S, Yamasaki Y and Nakata M: Longitudinal observation of basic mandibular movements: report of a case, *Journal of Clinical Pediatric Dentistry*, 27(4): 333-337, 2003
  - 20) 西嶋憲博, 早崎治明, 山崎要一, 中田 稔:小児の顎頭部三次元動態に関する研究—前方滑走運動時について—. 小児歯誌, 33:985-994, 1995.
  - 21) Nishijima N, Hayasaki H, Okamoto A, Nakata S, Yamasaki Y and Nakata M: Difference in tracks between habitual open and close mandibular movements at the condyle in children, *Journal of Oral Rehabilitation*, 27(11): 999-1003, 2000.
  - 22) 西嶋憲博, 早崎治明, 岡本篤剛, 中田 稔:小児における顎頭部運動軌跡の集束性に関する研究 第2報 (抄). 日本顎口腔機能学会 第10回学術大会 抄録集:18-19, 1996.
  - 23) 早崎治明, 中田志保, 山崎要一, 西嶋憲博, 岡本篤剛, 峰松清仁, 中田 稔:下顎滑走運動面と咀嚼運動終末路の関連性に関する研究. 顎機能誌, 3(2):147-152, 1997.
  - 24) Hayasaki H, Nakata S, Nishijima N, Okamoto A, Minematsu K, Yamasaki Y and Nakata M: CMDME (curved mesh diagram of mandibular excursion) method for visualization and diagnosis of mandibular movement, *Journal of Oral Rehabilitation*, 25: 672-676, 1998.
  - 25) 早崎治明, 齊藤一誠, 中田志保, 岩瀬陽子, 岡本篤剛, 山崎要一, 中田 稔:乳歯列期小児の咀嚼運動における終末位付近の動態, 顎機能誌, 6: 153-161, 2000.
  - 26) 岡本篤剛, 早崎治明, 山崎要一, 中田 稔:乳歯列の側方滑走運動における咬合接触解析システムの開発, 小児歯誌, 37(3): 580-589, 1999.
  - 27) Okamoto A, Hayasaki H, Nishijima N, Iwase Y, Yamasaki Y and Nakata M: Occlusal contacts during lateral excursions in children with primary dentition, *J. Dent. Res.*, 79(11): 1890-1895, 2000.
  - 28) Hayasaki H, Okamoto A, Iwase Y, Yamasaki Y and Nakata M: Occlusal Contact Area of Mandibular Teeth during Lateral Excursion, *The International Journal of Prosthodontics*, 17(1): 72-76, 2004.
  - 29) Nagata M, Yamasaki Y, Hayasaki H and Nakata M: Translation and rotation of the mandible during habitual mouth opening movement in children with anterior reverse bite in the primary dentition, *Journal of Cranio Mandibular Practice*, 19(2): 96-105, 2001.
  - 30) Nagata M, Yamasaki Y, Hayasaki H and Nakata M: Incisal and condylar paths during habitual mouth

- opening movement of children with anterior reverse bite in the primary dentition, *Journal of Oral Rehabilitation*, 29: 64-71, 2002.
- 31) 佐藤恭子：乳歯列期反対咬合改善例との比較による混合歯列前期反対咬合の習慣性開閉口運動に関する研究，九州大学大学院歯学研究科博士論文，2003.
- 32) 山崎要一，徳富順子，櫻江玲史，岡 暁子，野中和明，中田 稔：上顎第一大臼歯の異所萌出への早期対応法の検討，*小児歯誌*，40(3)：549-556, 2002.
- 33) 山崎要一，中田 稔：乳幼児歯科診療の実際（編集 木村光孝，祖父江鎮雄，下岡正八）第5章 乳幼児の歯科治療，クインテッセンス出版，東京，pp.150-158, 1998.
- 34) 山崎要一，渡辺里香，永田めぐみ，黒田國康，佐藤恭子，早崎治明，中田 稔：ファンクショナル・アプライアンスを使用した咬合誘導，*咬合誘導研究会会誌*，4(1)：21-24, 2000.
- 35) 中田 稔，山崎要一：新小児歯科学（編集 祖父江鎮雄，長坂信夫，中田 稔）第9章 咬合誘導 1～4，医歯薬出版，東京，pp.557-595, 2001.
- 36) 山崎要一：臨床家のための矯正 *Year Book '03*，（編集 花田晃治，伊藤学而，中島榮一郎），小児歯科における咬合誘導の位置付け，クインテッセンス出版，東京，pp.119-127, 2003.