

# 数理学的手法による客観的な矯正歯科の臨床診断



研究室紹介

社 浩太郎\*, 谷川千尋\*\*

Mathematical approaches for objective diagnosis in clinical orthodontics

Key Words : *In silico* model, Human jaw, Face

## はじめに

当教室では、数理学的手法を客観的な矯正歯科の臨床診断を行うために積極的に応用しております。顎顔面口腔は、個々に極めて複雑で多様な構造と機能を有する生体システムであり、個体に最適な診断や治療結果の予測を行うことは必然的に困難です。一般的に、客観的な診断方法の開発には、数理学的な解析・分類手法やモデル化による方法論を応用することが有効です。今回は生体力学的・工学的研究の代表例について2種類に分類してご紹介いたします。

## 1. 個体 *In silico* モデルを用いた顎顔面口腔の機能と形態の相互作用の診断

社 浩太郎

顎顔面口腔の筋・骨格・歯系は、個々に極めて複雑で多様な構造と機能を有する生体システムです。機

能的・形態的な多様性は、最適な診断を下すことを極めて困難にしてきました。一般に、個体 *In silico* モデルを臨床研究に応用することが求められる具体的な理由として、次の3項目が挙げられます<sup>(1-4)</sup>。

- ・ *In vivo* で生じる多くの事象を実験的に計測することは不可能である。
- ・ 特定の形態学的パラメータの系統的な変化が、機能的変数に及ぼす影響について実験的に明らかにすることは極めて困難、或いは不可能である。
- ・ 数理モデルによるシミュレーションの結果は、臨床的なトピックに応じて実施される新たな実験計画や実験デザインの考案、そして、作業仮説の設定を行うための客観的根拠を与える。

第一段階として、各個体が有する顎関節や臼歯咬合面の形態を代表する三次元サーフェスモデルを入力し(図1)、さらに、咀嚼・咬合機能の一部を示すデータとして、上下歯列弓の歯の咬合面上での咬合接触領域の三次元的位置と接触状態、それぞれの接触部位での咬合圧の計測値を入力して、噛みしめ



\* Kohtaro YASHIRO

1960年5月生  
大阪大学大学院歯学研究科分子病態口腔  
専攻  
現在、大阪大学大学院歯学研究科  
矯正科 准教授 博士(歯学)  
歯科矯正学  
TEL : 06-6879-2958  
FAX : 06-6879-2960  
E-mail : yashiro@dent.osaka-u.ac.jp



\*\* Chihiro TANIKAWA

1975年12月生  
大阪大学大学院歯学研究科分子病態口腔  
専攻(2005年)  
現在、大阪大学歯学部附属病院  
矯正科 講師 博士(歯学)  
歯科矯正学  
TEL : 06-6879-2958  
FAX : 06-6879-2960  
E-mail : ctanika@gmail.com



図1 顎顔面口腔の個別数理モデルにおける三次元オブジェクト(硬組織)  
(By courtesy of the University of British Columbia)

やブラキシズムを行っている時に、顎関節にかかる負荷ベクトルを予測します。咬合接触部位・領域と咬合圧に加えて、下顎全体の微少な運動を計測しておくことができれば、閉口筋の三次元筋力ベクトルの総和を数理的に推定することも可能です。各咀嚼筋は、Hill型<sup>1,4)</sup>のラインアクチュエーターとしてモデル化され、筋モデルが発揮する筋張力は下顎運動を惹起します。筋力は、筋の断面積、筋活動量、および単位断面積あたりに発生する力や、筋繊維の長さおよび収縮速度と筋張力との間に存在する関連から推定します。

われわれはこの一般数理モデルを用いて歯根膜および関節円板の粘弾性と顎関節負荷ベクトルについて推定しました。上方へ徐々に閉口筋の筋力を上昇させて、下顎を安静位から最大咬頭嵌合位に至らせる噛みしめ運動をシミュレーションした結果、閉口筋の活動が上昇するほど、下顎骨の重心の回りに開口方向のトルクがかかり、下顎頭が前上方へと移動するために関節円板には前上方への負荷がかかることが予測されました。前上方への顎関節負荷ベクトルの存在は、他の研究データとも一致するため、モデルの予測結果には妥当性があることが示唆されました。

現在のところ臨床家は、何らかの根拠がある仮説を持たないまま治療結果を遡及的 (retrospective) に追求して、その意味を考えなければなりません。しかし、個別別数理モデルを用いて各個体の縦断的データを論理的に解釈することができれば、遡及的研究を今までよりも効率よく、また客観的判断に基づいて行うことができます。

## 2. 顔の客観的評価

谷川 千尋

“容貌”は個人を識別するうえで重要な情報を与える要素であることから<sup>5)</sup>、我々にとって自らが社会的に受け入れられているという心理的な充足を得るうえで強い影響を及ぼします。すなわち、“容貌”は顔の基本的な“働き”であるといっても過言ではありません<sup>6)</sup>。したがって、顔の軟組織の形を改善することは、現代の矯正歯科治療における重要な治療目標のひとつです<sup>7)</sup>。例えば、上顎前歯の位置や傾きに問題のあるかみ合わせを有する患者の治療計画を立てる場合、前歯の移動量が術後の顔の側面観

に影響を与えるため、術前の顔の形態を綿密に調べる必要があります。上顎骨や下顎骨の位置に問題のあるかみ合わせを有する患者の治療計画を立てる場合には、上顎骨と下顎骨をどのように動かすかということは、顔の形態を評価することで決定します。このように顔の形態的特徴を詳しく評価することは、矯正診断において不可欠の作業です。

しかしながら、現在、顔の形態の評価方法は、鼻とオトガイを結んだ線からどの程度唇が出ているかという距離や鼻と唇の角度などの離散的な値が用いられているのみで、顔の形そのものの最終的な評価は歯科医師の主観に依存しています。医療の分野において、診断や治療計画立案は専門医の長年の経験によって獲得した知識をもとに行われることが多く、顔の評価もこれまで専門医の経験をもとに主観的・視覚的に行われてきました。専門医の長年の経験 (知識) を数学的記述し、顔の形態を客観的に評価し、さらに治療結果を予測し、また治療難易度判定のための診断・治療支援ツールとして専門医の知識を汎用化することが可能となれば、国民ひとりひとりが‘証拠に基づく’高品質な医療を受ける上で極めて大きな意義を有します。

そこで、我々の教室では、変異に富むヒトの顔の側面像における輪郭線形状の識別に有効な図形パラメータ (ベクトル要素) を決定し、各個体について抽出された特徴ベクトルに対して、一般化Lloydアルゴリズムに基づくベクトル量子化を適用することにより、数学的に最適化された数の特徴的なパターン群を求め、各コードベクトルの形態的特徴と出現の割合を明らかにするという研究を行いました。その結果、人の横顔は8パターンに数学的に分類されることがわかりました<sup>8)</sup>。

また、本研究室では、側面位頭部エックス線写真の自動認識技術を実用化する研究<sup>9,10)</sup>、三次元顔面写真の鼻部輪郭形状および口唇輪郭形状の特徴抽出と客観的分類を行う研究<sup>11-12)</sup>、三次元顔写真について客観的な顔の形状の評価方法を確立し、顔の性差を明らかにする研究<sup>13)</sup>なども行っており、今後も、専門医の長年の経験 (知識) を数学的記述することで、証拠に基づく新しい診断基準の確立を行いたいと考えております。

謝辞：本研究の共同研究者に深謝いたします。

文献：

- 1) Hannam, A.G., Langenbach, G.E.J. and Peck, C.C. (1997) : Computer simulation of jaw biomechanics. In: Science and Practice of Occlusion (McNeil C, editor), Quintessence, Chicago, 187-188.
- 2) Koolstra, J.H. and van-Eijden, T.M. (1997) : The jaw open-close movements predicted by biomechanical modelling. *J Biomech.*, **30**: 943-950.
- 3) Koolstra, J.H., van-Eijden, T.M., Weijs, W.A. and Naeije, M. (1988) : A three-dimensional mathematical model of the human masticatory system predicting maximum possible bite forces. *J Biomech.*, **21**: 563-576.
- 4) Peck, C.C., Langenbach, G.E. and Hannam, A.G. (2000) : Dynamic simulation of muscle and articular properties during human wide jaw opening. *Arch.Oral Biol.*, **45**: 963-982.
- 5) Bruce, V., Burton, M. and Craw, I. (1992): Modeling face recognition, *Phi Trans R. Soc Lond B.* **335**: 121-128.
- 6) Burstone, C.J.(1958): The integumental profile. *Am J Orthod.* **44**: 1-25.
- 7) Proffit, W.R., Raymond, P.W. and David, M.S. (2003): Contemporary Treatment of Dentofacial Deformity, St. Louis, Mosby.
- 8) Tanikawa C, and Takada K. (2014): Objective Classification of Nose-lip-chin profiles and Their Relation to Dentoskeletal Traits. *Orthodontics & Craniofacial Research.* **17**: 226-238.
- 9) Takada, K., Yagi, M. and Tanikawa, C. (2005): Dependable systems for decisions in clinical dentistry- how electronics implements what dentists know, In : Proc, International Symposium on Advanced Electronics for Future Generations, "Secure-Life Electronics" for Quality Life and Society:15-21.
- 10) Tanikawa, C., Yagi M. and Takada K. (2009): Automated cephalometry: system performance reliability using landmark-dependent criteria, *Angle Orthod.*, **79**: 1037-1046.
- 11) Tanikawa, C., Kakiuchi, Y., Miyata, K., Yagi, M. and Takada, K. (2006): Knowledge-dependent pattern classification of human nasal profiles. *Angle Orthod.* **77**: 821-830.
- 12) Tanikawa, C., Nakamura, K., Yagi, M. and Takada, K. (2009): Lip vermilion profile patterns and corresponding dentoskeletal forms in female adults, *Angle Orthod.*, **79**: 849-858.
- 13) Tanikawa, C., Takada, K., van Aalst J. and Trotman, C.A. (2010): Objective 3D assessment of lip form in patients with repaired cleft lip, the cleft palate-craniofacial journal. *Cleft Palate Craniofac J.*, **47**: 611-622.
- 14) Tanikawa, C., Zere, E. and Takada, K. (2015): Sexual dimorphism in the facial morphology of adult humans: A three-dimensional analysis. *HOMO. (in press)*

