The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	矯正歯科治療後の三次元顔形態を予測する人工知能システムの開発
Author(s)	谷川, 千尋
Citation	サイバーメディアHPCジャーナル. 2019, 9, p. 41-44
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/77152
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

https://ir.library.osaka-u.ac.jp/

The University of Osaka

矯正歯科治療後の三次元顔形態を予測する人工知能システムの開発

谷川　千尋
大阪大学 歯学部附属病院 矯正科

1. はじめに

顔の軟組織の形態を改善することは、矯正歯科治療においては社会心理学的な立場から、重要な治療目標のひとつである[1-5]。しかし、顔の軟組織の形態予測を行う機能をもつとされる市販のソフトウェアで用いられているアルゴリズムの多くは、硬組織と軟組織の移動量が比例関係を有するとの誤った前提に立つものであり、また、比例定数値の指定は術者に依存するなど、予測結果の正当性に関する根拠は乏しい。これまで、上下切歯の後方移動によるわずかな顔面の立体形状の変化を高精度で予測するシステムはなかった。

一方、これまでに我々の研究室は、側貌（二次元）を定量的に評価し、数学的に分類する手法を開発し、報告している。この手法は、専門家の知識に基づいて計測値（特徴変量）を抽出し、抽出された計測値を多変量として同時に扱うことを特徴としている。同手法を用いることで、専門家が注目する僅かな形態の差異を最大化した上で、日本人女性の口唇と鼻を分類することに成功した。[4,5]　また、口唇口蓋裂を有する患者を対象として、同手法を三次元の顔画像に適用し、安静時の口唇部形態を三次元的に計測し客観的に分類するシステムを開発した。[3]

臨床現場における診断や治療計画立案では、過去の症例の診断や治療計画、さらにその治療成績を参照しながら、専門医の長年の “経験” により判断を行っている。我々は、これら専門医の長年の“経験”を実装するようなシステムを数値演算処理として行う方法についても過去に提案してきた。[6-8]

そこで、本研究では、上記の研究を発展させ、抜歯に伴う矯正歯科治療後の患者の三次元の顔形態を、過去の症例に照らし合わせて数値演算処理により予測するシステムを構築し、その精度を検証する事を目的とした。

2. 資料と方法

2.1　資料の収集

抜歯を伴う矯正歯科治療を行った女性患者 55 名の治療前後の三次元顔面画像および側面位頭部エックス線規格画像（以下、セファロ画像）を資料として、顔面を構成する座標値群と解剖学的特徴点の位置情報を蓄積した。座標系（図 1）を過去の報告[9]に基づいて決定した後、すべての三次元顔面画像に対し、顔の相同モデル Fpre、 Fpost（図 2 [9-11]）を HBM-Rugle（メディック社、京都）を用いて生成し、顔の治療による形態変化を表すベクトル群 C を抽出した。ベクトル群 C の性質を検討するために、距離マップと有意差マップを用いて、術前術後にかけての軟組織変化を評価した（図 3）。次に、セファロ画像より顎顔面形態を表す特徴ベクトル P を抽出した。

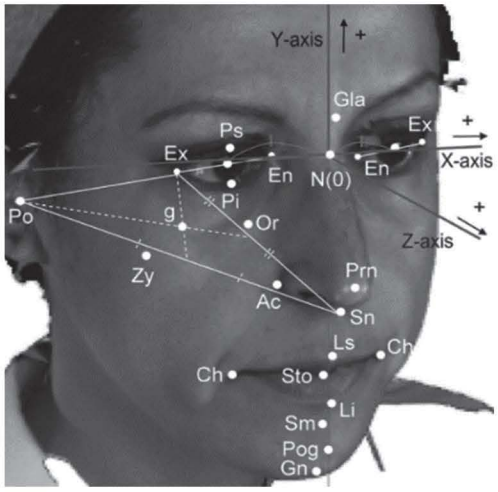

図 1：座標系[9]

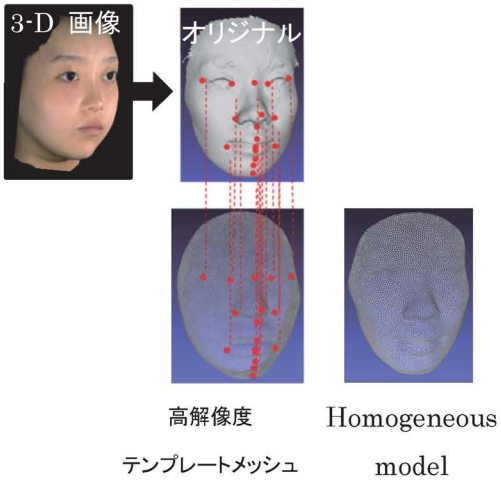

図 2：相同モデル[9-11]

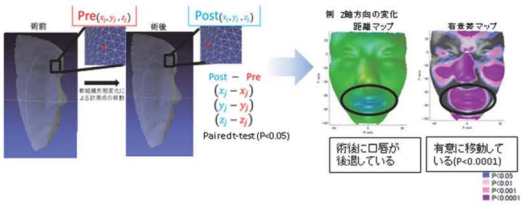

図 3：術前から術後にかけての移動量の有意の差の検定　(paired t-test)

2.2　システムの構築

新たに入力された特徴ベクトル[Fpre、P]から C を算出する回帰モデルを、深層学習を用いて生成した。回帰モデルにより算出された C を治療前の顔の相同モデル Fpre(new) に加算することで、治療前の三次元顔形態から治療後の三次元顔形態 Fpost(new) を予測するシステムを構築した（図 4）。

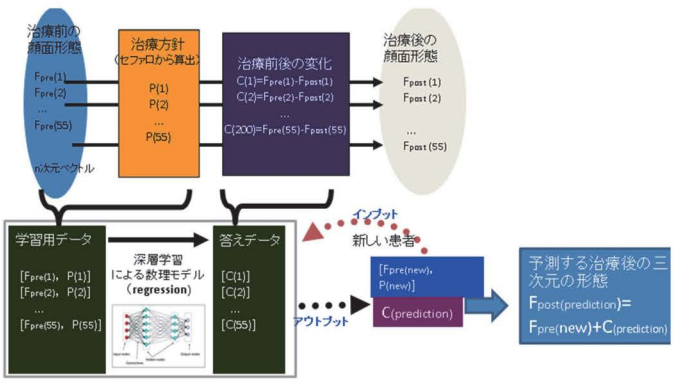

図 4：　数理モデルの概要

2.3　システム性能評価

システム性能を検討するために、11 分割交差検証をおこない、システムを用いて予測された顔面表面と実際の治療後の顔面表面の絶対距離を誤差と定義した場合の平均を表 1 の方法を用いて算出し、予測精度を評価した。

表 1：誤差 d の平均の方法（AveEachPt、AveEachPc、TotalAve の計算方法) d(I,j) は i 番目の患者の j 番目の顔の誤差を表す。

	顔面表面の座標番号				平均
患者番号	d(1,1)	d(1,2)	… d(1,j)	… d(1,6017)	AveEachPc(i=1)
	d(2,1)		d(2, j)	d(2,6017)	AveEachPc(i=2)
	⋮		⋮	⋮	⋮
	d(i,1)	d(i,2)	… d(i,j)	… d(i,6017)	AveEachPc(i)
	⋮		⋮	…	⋮
	d(55,1)	d(55,2)	… d(55,j)	… d(55,6017)	AveEachPc(i=6017)
平均	AveEachPt(j=1)	AvePtEach(j=2)	… AveEachPt(j)	… AveEachPt(j=55)	TotalAve
	StdEachPt(i=1…55,j=1)	StdPtEach(j=2)	… StdEachPt(j)	… StdEachPt(j=55)	

3.　結果

術前後の軟組織変化を図 5 に示す。口唇部は術後に有意に後退し、鼻・おとがい・頬部は有意に前突していることが示された。セファロ画像より、頭蓋底前後径・顔面高の有意の増加と、下顎実効長の増加に伴う ANB 角の有意な減少、U1 と L1 の有意の舌側傾斜移動を認めた（図 6、P<0.05)。

それぞれの症例における誤差の平均（AveEachPt）が 1mm 以下の症例を成功と定義した場合に、全体の成功率は 98％であった。平均誤差は 0.69mm であった。最大誤差を示す部位は下唇であった（図 7-8、表 2）

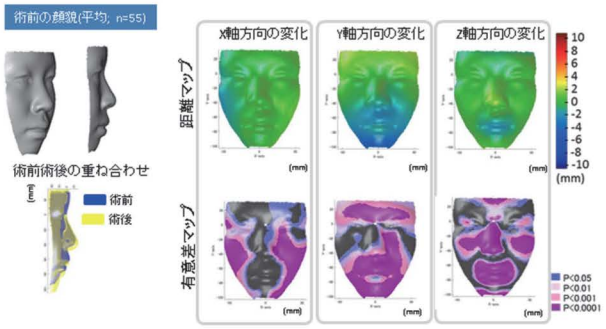

図 5：全症例平均の術前術後軟組織変化 (n=55)

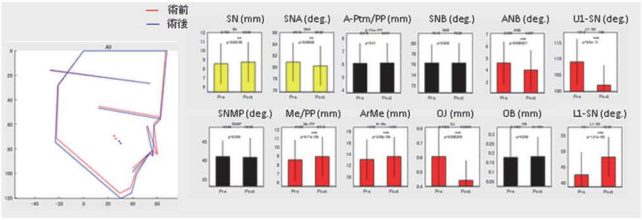

図 6：全症例平均のセファロの術前術後変化 (n=55)

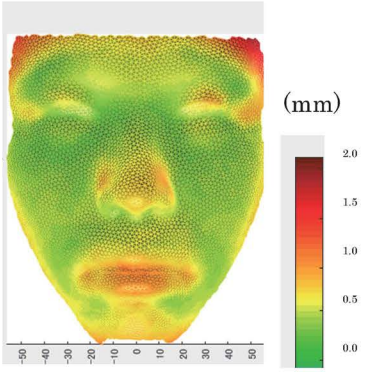

図 7：誤差（予測された顔面表面と実際の治療後の顔面表面の絶対距離）

表 2：誤差の平均、標準偏差、最小、最大(mm)
AveEachPt、AveEachPc の定義は表 1 を参照

	平均	標準偏差	最小	最大
AveEachPc	0.69	0.23	0.28	1.97
AveEachPt		0.17	0.26	1.04

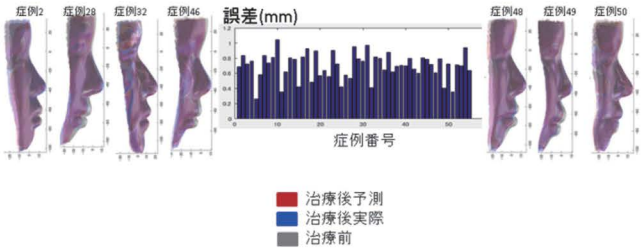

図 8：各症例の誤差（矢印に示した症例を例示した）

4. おわりに

本研究において、抜歯後の三次元顔形態を予測する人工知能システムが開発された。その予測精度は臨床応用可能な範囲であった。

本研究で示された、専門医の“経験”を実装するシステムの構築手法は、今後、他の医療診断や画像処理にも応用可能であると考えられた。[12,13]

5. 謝辞

本研究は、大規模計算機システム公募型利用を通じて、大阪大学サイバーメディアセンターの計算機を利用した成果の一部である。また、本研究は 2018 年度 AMED 橋渡し研究戦略的推進プログラムの支援を受けた。本内容は、第 77 回日本矯正歯科学会学術大会にてポスター発表を行った。

本研究結果は、大阪大学サイバーメディアセンターLee Chonho 博士の協力を得て、実装された。

参考文献

[1] Tanikawa C, Takada K. Objective Classification of Nose-lip-chin profiles and Their Relation to Dentoskeletal Traits. Orthodontics & Craniofacial Research. Article first published online: 29 MAY 2014 | DOI: 10.1111/ocr.12047

[2] Tanikawa, C., Yamamoto, T., Yagi, M. and Takada, K.: Automatic Recognition of Anatomic Features on Cephalograms of Preadolescent Children, *Angle Orthod*, **80**, pp. 811–829, 2010.

[3] Tanikawa, C., Takada, K., van Aalst J. and Trotman, C.A.: Objective 3D assessment of lip form in patients with repaired cleft lip, the cleft palate-craniofacial journal. *Cleft Palate Craniofac J.*, **47**, pp.611-622, 2010.

[4] Tanikawa, C., Nakamura, K., Yagi, M. and Takada, K.: Lip vermilion profile patterns and corresponding dentoskeletal forms in female adults, *Angle Orthod*, **79**, pp849-858, 2009.

[5] Tanikawa, C., Kakiuchi, Y., Miyata K., Yagi, M. and Takada, K.: Knowledge-dependent pattern

classification of human nasal profiles, *Angle Orthod*, **77**, pp821-830, 2007.

[6] Takada, K., Yagi, M. and Tanikawa, C.: 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, The University of Tokyo COE 21, pp15-21, 2005.

[7] Yagi, M., Shibata, T., Tanikawa, C. and Takada, K.: A robust medical image recognition system employing edge-based feature vector representation, *In* : Proc, Scandinavian Conference on Image Analysis (SCIA), pp534-540, 2003.

[8] Tanikawa, C., Yagi M. and Takada K.: Automated cephalometry: system performance reliability using landmark-dependent criteria, *Angle Orthod*, **79** (6), pp. 1037–1046, 2009.

[9] Tanikawa C, Zere E, Takada K. Sexual dimorphism in the facial morphology of adult humans: A three-dimensional analysis. HOMO. Available online 13 October 2015.

[10] Tanikawa C, Takada K. Test-retest reliability of smile tasks using three-dimensional facial topography. Angle Orthod. 2018 May;88(3):319-328. doi: 10.2319/062617-425.1. Epub 2018 Mar 6.

[11] Kono, K., Tanikawa, C., Yanagita, T., Kamioka, H., and Yamashiro, T. (2017). A Novel Method to Detect 3D Mandibular Changes Related to Soft-Diet Feeding. Front Physiol. 8:567. doi: 10.3389/fphys.2017.00567

[12] Murata S, Ishigaki K, Lee C, Tanikawa C, Date S, Yoshikawa T: Towards a smart dental healthcare: an automated assessment of orthodontic treatment need, Proc. of International Conference on Informatics and Assistive Technologies for Health-Care, 2017.

[13] Murata S, Lee C, Tanikawa C, Date S: Towards a fully automated diagnostic system for orthodontic treatment in dentistry, In Proc. Of IEEE eScience Conference, 2017.