

矯正歯科治療後の三次元顔形態を予測する人工知能(AI)システムの開発

Development of AI system to predict the 3D face morphology after orthodontic treatment



【緒言】 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。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し、色情報を含めて可視化するシステムはない。そこで、本研究では、拔牙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ている。

【目的】 本研究の目的は、拔牙に伴う矯正歯科治療後の顔の形予測するAIシステムを開発し、その予測精度を評価することにある。

【資料と方法】

➢ 資料の収集

拔牙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)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、セファロ画像より顔面形態を表す特徴ベクトルPを抽出した。

➢ 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)。

➢ 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。

(* 正解付きのデータを11分割して、そのうち1個をテストデータに残りの10個を学習データとして学習を行い、テストと学習用データを順に11回入れ替えて全ての症例の予測精度を評価した。)

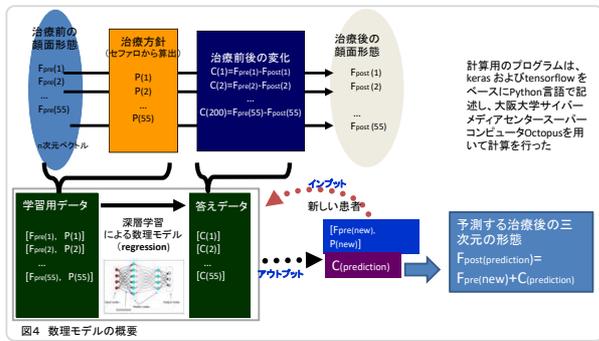


表1 誤差の平均の方法 (AveEachPt, AveEachPc, TotalAveの計算方法)

d(i,j)は番目の患者の番目の顔の誤差を表す

| | | | | |
|-----------------------|-----|-----------------------|-----|------------------------|
| 顔面表面の距離値表 | | | | 平均 |
| d(1,1) | ... | d(1,i) | ... | d(1,6017) |
| d(2,1) | ... | d(2,i) | ... | d(2,6017) |
| ... | ... | ... | ... | ... |
| d(55,1) | ... | d(55,i) | ... | d(55,6017) |
| AveEachPt(i=1) | ... | AveEachPt(i=2) | ... | AveEachPt(i=6017) |
| AveEachPc(j=1) | ... | AveEachPc(j=2) | ... | AveEachPc(j=55) |
| StdEachPt(i=1~55,j=1) | ... | StdEachPt(i=1~55,j=2) | ... | StdEachPt(i=1~55,j=55) |
| TotalAve | | | | |

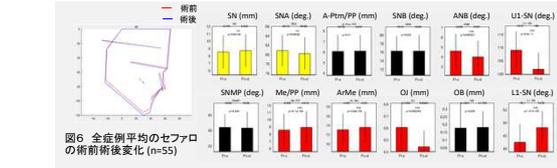


図6 全症例平均のセファロの術前術後変化 (n=55)

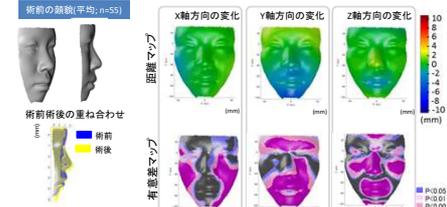
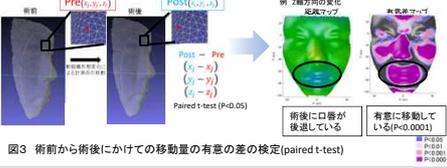
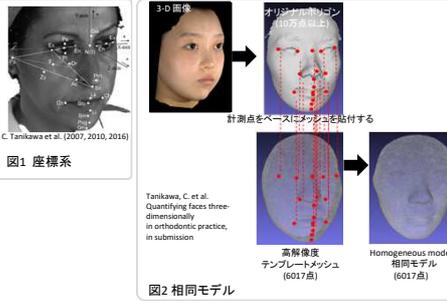
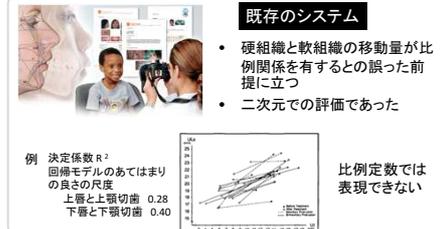


図5 全症例平均の術前術後軟組織変化 (n=55)

表2 誤差の平均、標準偏差、最小、最大 (mm)

| 平均 | 標準偏差 | 最小 | 最大 |
|----------|------|------|------|
| AveEscPt | 0.69 | 0.23 | 0.28 |
| AveEscPc | 0.17 | 0.26 | 0.14 |

【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7-9、表2)。

【考察と結論】 拔牙後の三次元顔形態を予測するAI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

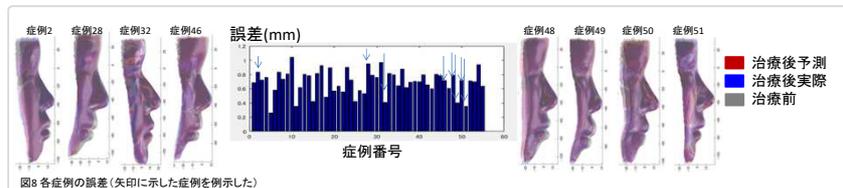


図8 各症例の誤差 (矢印に示した症例を例示した)

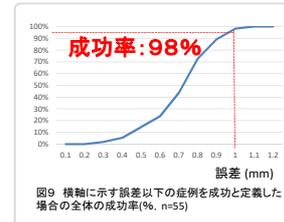


図9 横軸に示す誤差以下の症例を成功と定義した場合の全体の成功率(%、n=55)

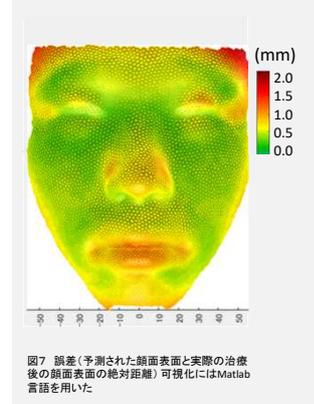


図7 誤差(予測された顔面表面と実際の治療後の顔面表面の絶対距離)可視化にはMatlab言語を用いた