

小型3Dスキャナによる顔面形態の形状抽出と三次元的評価への活用

3D Facial morphological analysis using small-sized 3D scanner

○茶谷竜仁¹、古谷忠典¹、遠藤憲雄¹、西方聡²、堀向弘真²、鶴木三郎³、田中憲男⁴、
布留川創⁵、常盤肇⁶、茶谷仁史¹

¹ユニ矯正歯科クリニック、²札幌東徳洲会病院 歯科口腔外科、³鶴木クリニック医科歯科、³プロ矯正歯科、
⁵イデア矯正歯科クリニック、⁶常盤矯正歯科

Tatsuhito CHAYA¹, Tadanori FURUYA¹, Norio ENDOH¹, Satoshi NISHIKATA², Hiromasa HORIMUKAI², Saburou TSURUKI³, Norio TANAKA⁴, Hajime HURUKAWA⁵, Hajime TOKIWA⁶, Hitoshi CHAYA¹

¹Uni orthodontic clinic, ²Sapporo Higashi Tokushukai Hospital Dept. of Dentistry and Oral Surgery, ³Tsuruki Clinic Dental Medical, ⁴Professional Orthodontic Clinic, ⁵IDEA Orthodontic Office, ⁵Tokiwa Orthodontic Clinic

【目的】

当院ではCBCTを用いて得られた硬組織および軟組織の情報を外科的矯正治療に役立てている。近年、急速に普及し低価格化し小型化が進む非接触型3Dスキャナによって三次元的な顔面形態を採取することにより、簡便に軟組織の形状および表面色の情報が得られると考えた。今回、その精度について検討したので報告する。

【方法】

今回はラバーとスポンジからなるマネキン1体を用意した。

I)表面形状データの再現性の確認

3Dスキャナ(Bellus3D Pro, Bellus3D inc)にて三次元的な表面形状データをカラーで10回採得した。



写真1: Bellus3D

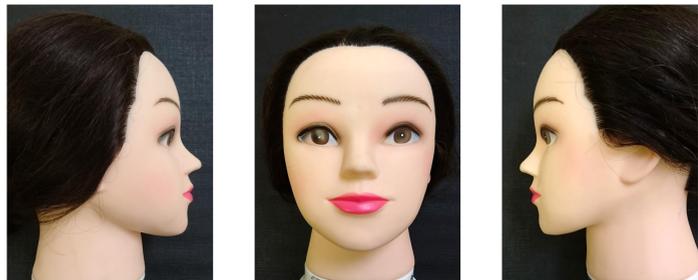
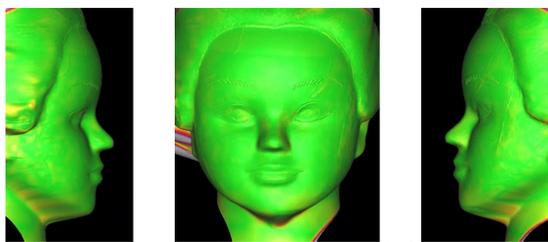


写真2: マネキンの左側面観、正面観、右側面観

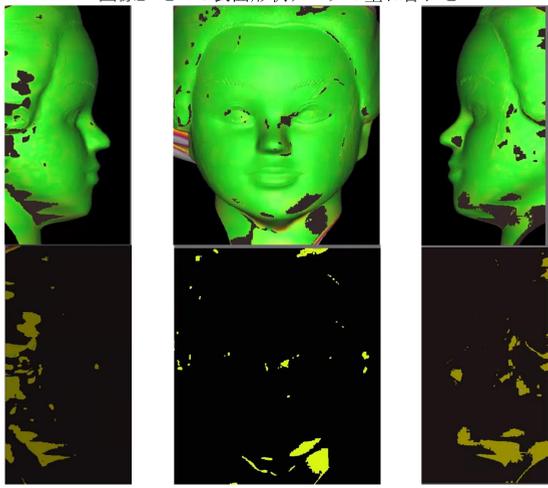


画像1: Bellus3Dにて採得したマネキンの正面像および左右側面像

次に、採得した表面形状データを頭蓋顎顔面手術用仮想術前計画ソフトウェア(Proplan CMF, Materialise)にて重ね合わせ、形状誤差のカラーマッピングを行った。10回採得した表面形状データ同士計45組において、正面、左右側面像の誤差が0.5mm以内となった割合をピクセル数をもとに算出した。



画像2: 2つの表面形状データの重ね合わせ



画像3: 重ね合わせた表面形状データ 上段(緑):誤差が0.5mm以内の領域
下段(黄色):誤差が0.5mm以上の領域

II)形状変化後の計測点移動量の比較

マネキンのTゾーンに4点、下顎に3点(A,B,C)、計7点の計測点をマーカーで記入し、設定した。マネキンの下顎を切断し、前下左方に位置をずらして固定した。

下顎の位置を変化させる前後で、接触型3Dデジタル(MicroScribe 3D, Immersion Inc)を用いて7計測点のxyz座標を記録した。また、スキャナで採得した表面形状データ1組においても、下顎の位置をずらした前後でTゾーンを中心に重ね合わせた後、記入したマーカーを参考にして計測点の設定を行った。

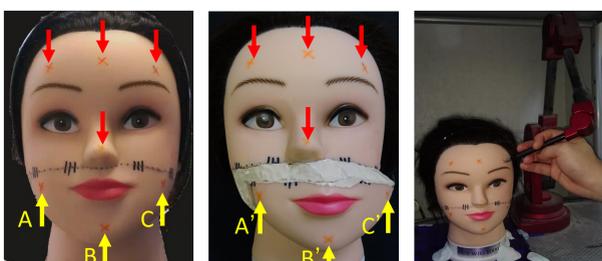
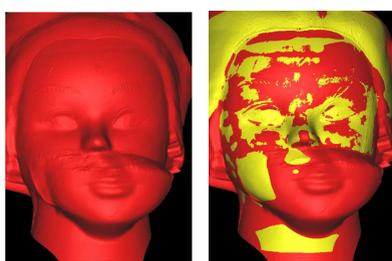


写真3: 下顎切断前後での計測点の変化
赤色:Tゾーンの計測点(位置は不変)
黄色:下顎の計測点(A→A', B→B', C→C')



写真4: 接触型3Dデジタルによる計測



画像4: 下顎の位置をずらしたマネキンの表面形状データ(左)と重ね合わせ(右)

同一の計測者により、デジタルによる計測点の設定および表面形状データ上の計測点の設定をそれぞれ10回行った。2つの設定法における計測点の再現性について検証し、10回計測した値の平均となるxyz座標情報を記録した。

また、下顎の位置を変化させた後のマネキンに対しても、I)で行った方法と同様に、スキャナにて採得した45組の表面形状データの再現性について検証を行った。

座標情報の比較を行うため、デジタルで設定した計測点と表面形状データ上に設定した計測点どちらにおいても、Tゾーンに設定した4計測点を利用して、10回計測した平均の値となるxyz座標情報をもとにxyz軸を設定した。下顎に設定した3計測点のxyz座標のばらつきについて、下顎の位置を変化させる前後で各計測点と平均となるxyz座標の距離を算出し、比較を行った。

【結果】

I)表面形状データの再現性

非接触型3Dスキャナにて10回採得したマネキンの表面形状データ同士計45組における誤差が0.5mm以内となった割合の平均は、下顎の位置を変化させる前の状態で正面:91.7%、右側面:89.3%、左側面89.1%で、下顎の位置を変化させた後の状態で正面:91.5%、右側面:88.9%、左側面88.6%であった。

	平均 (%)	最大 (%)	最小 (%)	分散
下顎の位置を変化させる前:正面	91.7	96.4	88.8	3.4
:右側面	89.3	94.6	86.9	3.4
:左側面	89.1	94.5	86.6	3.3
下顎の位置を変化させた後:正面	91.5	96.2	88.7	3.2
:右側面	88.9	94.3	86.5	3.2
:左側面	88.6	93.6	86.1	3.3

表1: 表面形状データの誤差

II)形状変化前後での計測点の比較

下顎に設定した3計測点における、各計測点のばらつきを平均となるxyz座標との距離の平均で算出したところ、デジタルにおける計測点(以下D-Point)と表面形状データ上の計測点(以下S-Point)どちらにおいても、0.2mm以下であった。また、下顎に設定した3計測点におけるD-Pointの平均座標とS-Pointの平均座標の距離(以下D-S間距離)を計測したところ0.4mm以内であった。

デジタル	距離の平均(mm)	最大距離(mm)	スキャナ	距離の平均(mm)	最大距離(mm)
D-PointA	0.13	0.24	S-PointA	0.16	0.25
D-PointB	0.15	0.25	S-PointB	0.15	0.24
D-PointC	0.17	0.23	S-PointC	0.18	0.26
D-PointA'	0.12	0.22	S-PointA'	0.15	0.25
D-PointB'	0.15	0.24	S-PointB'	0.15	0.23
D-PointC'	0.16	0.26	S-PointC'	0.17	0.26

表2: 計測点のばらつき

Point	D-S間距離(mm)	Point	D-S間距離(mm)
PointA	0.39	PointA'	0.38
PointB	0.30	PointB'	0.31
PointC	0.34	PointC'	0.35

表3: デジタルによる計測点と表面形状データにおける計測点の差

【考察】

10回撮影して得られた、表面形状データ同士の誤差が0.5mm以内の領域が88.6%以上であったため、小型3Dスキャナにて採得された表面形状データは再現性があると考えられる。表面形状データ同士の誤差が0.5mm以上となった領域は、首や顎の下に多く確認された。この領域は左右方向からの撮影で隠れており、短時間の下方向からの撮影だけでは情報が足りなかったため、計測ごとに変化が生じてしまっていると考えられる。

また、髪の変化によっても重ね合わせがずれることがあった。臨床的に使用する際は、ヘアバンド等を用いて、統一した撮影方法を設定することが望ましい。

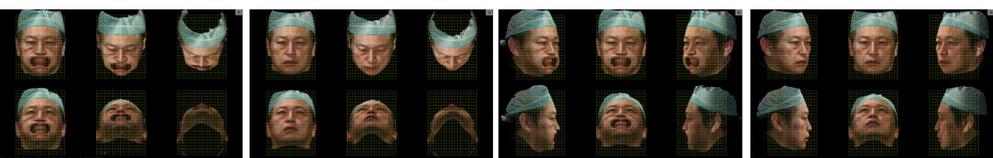
D-S間距離が0.4mm以内であった。昨今のCT撮影における1スライスの幅程度であるため、小型3Dスキャナにて採得された表面形状データが臨床使用に耐えうる精度と考察できる。



画像5: デバイスによるメッシュの違い

また、Bellus3Dはデバイスごとにメッシュの細かさが異なる。今回使用したBellus3D Proはメッシュが細かいものである。メッシュの荒いものと比較すると2倍以上のメッシュの量の差が確認された。

メッシュの細かさは形態の再現性に影響を与えられられるため、他のデバイスによる再現性についてはさらなる検証が必要となると考えられる。



画像6: 三次元顔面写真の臨床応用例

三次元顔面写真を撮影することにより、多様な方向から顔面形態の比較が可能となる。また、2時点の三次元顔面写真の重ね合わせを行うことにより、規格化された同一の方向からの評価も可能になると考えられる。今回、顎顔面手術の術前術後の三次元的な顔貌の変化を想定して、検討を行った。今回の検証によって、十分な精度があることが確かめられた。昨今、このような三次元顔面写真の低価格化が進み、日常臨床でより、利用しやすくなると思われる。

【結論】

低価格な汎用3Dスキャナでも頭蓋顎顔面手術のシミュレーションの軟組織形状の把握に役立てることができると示唆された。

本研究に関し、開示すべき利益相反(COI)はない。