

歯科用3Dプリンターを使った組み換え式顎骨モデルの作成の試み 第2報

Attempt to create a recombination type laser formed plastic model using a dental 3D printer - part 2

○古谷忠典¹、尾崎浩明²、鶴木三郎³、田中憲男⁴、茶谷竜仁¹、茶谷仁史¹

¹ユニ矯正歯科クリニック、²マテリアライズジャパン株式会社、³鶴木クリニック医科歯科、⁴プロ矯正歯科

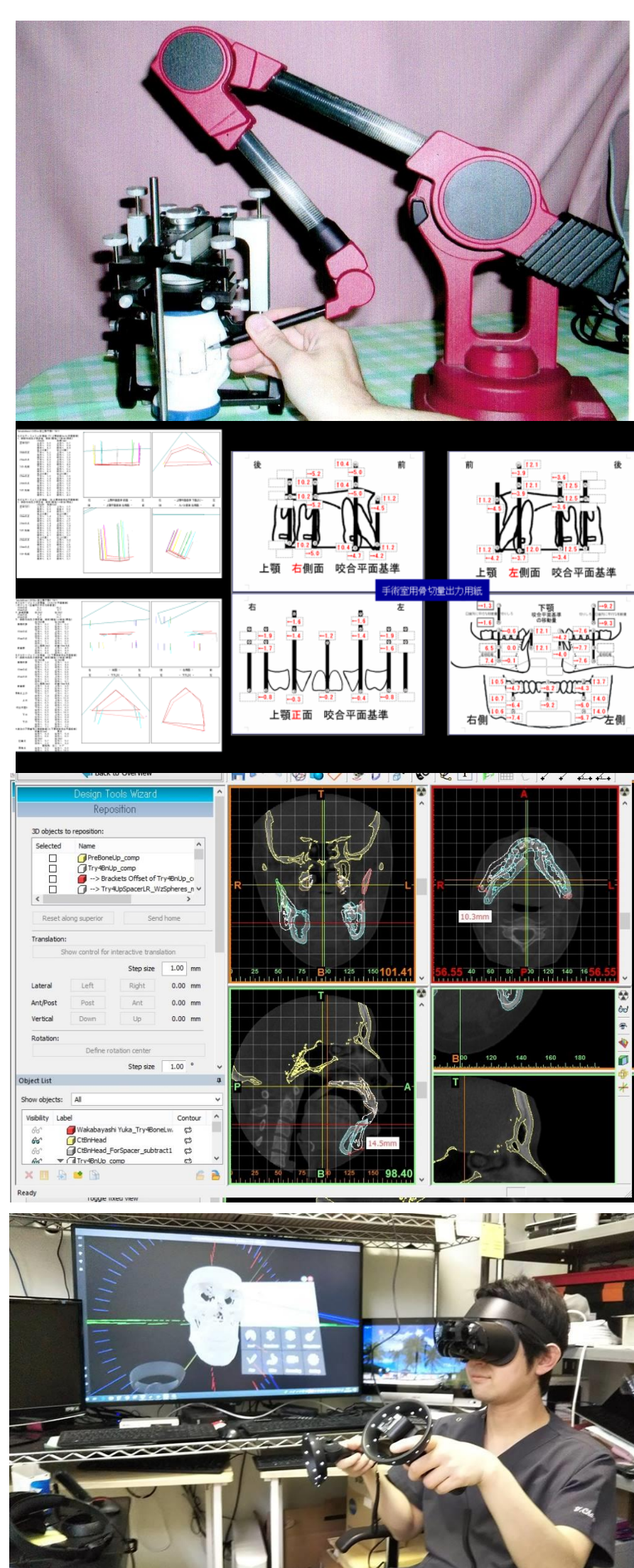
Tadanori FURUYA¹, Hiroaki OZAKI², Saburo TSURUKI³, Norio TANAKA⁴, Tatsuhiro CHAYA¹, Hitoshi CHAYA¹

¹Uni orthodontic clinic, ²Materialise Japan, ³Tsuruki Clinic Dental Medical, ⁴Professional Orthodontic Clinic

目的

Computer Graphics(以下CG)による仮想手術が発達し、硬軟組織の実体モデルやSurgical splintの作成などが可能となった。前学術大会において、術前後で組替えができるGenioplasty症例の実体モデルを作成し、その精度検証と臨床応用を試みた。今回、上下顎骨切り術での作成を試みたので報告する。

緒言



CGによる仮想手術を行った後、それを実際の手術に反映させる方法として、我々は多様な方法を考案し本学会で発表してきた。しかし、これらの数値によるイメージングや画面上で平面画像となったCGでは3次元的な形態の把握が難しく、現在Virtual Realityを用いた仮想空間での立体視などの方法を検討している。

他方、実体モデルを作成し、それを実際に切断加工して予行手術を口腔外科医が行うことは非常に有意義である。しかしながら、CGによる仮想手術結果と同様な実体モデルをフリーハンドで切断し組み上げる事は、精度の面で難しい。そこで、仮想手術と同様の骨片形態と位置の再現性を有し、なおかつ、それぞれの骨片単位での形態の検討が可能な方法を考案する必要があった。

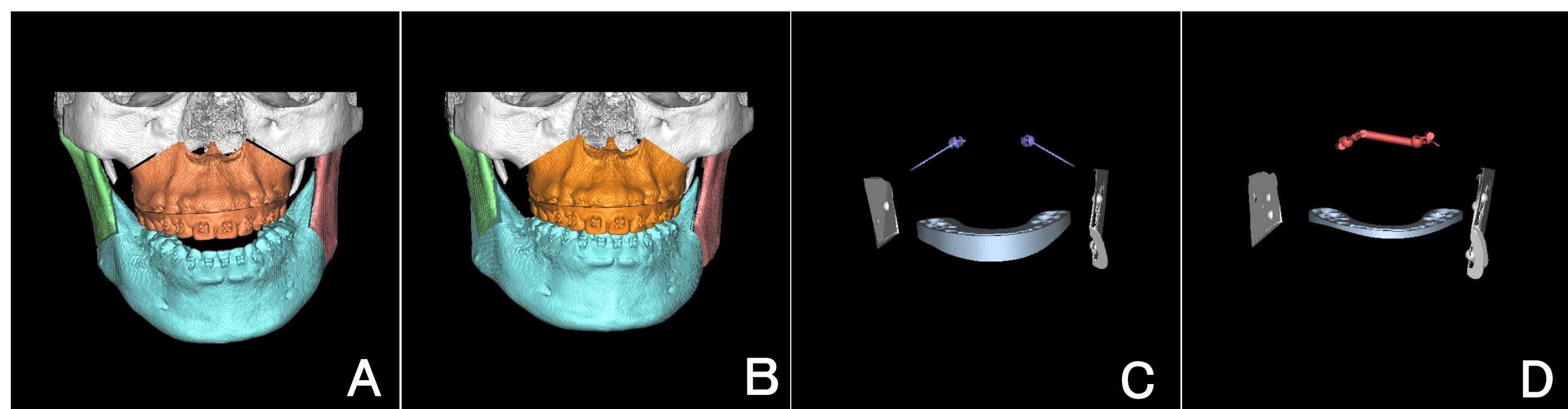


方法

顔面非対称の患者の頭蓋骨全体を歯顎顔面用コーンビームX線CT(以下CBCT)を用いて0.37ボクセルピッチで撮影し、そのDICOMデータを顔面手術3D手術計画ソフト(ProPlan CMF 3.0, Materialise社製)に入力してLeFort IおよびSSROの骨切り線を設定し、骨切幅を1mmとして仮想手術を行い、頭蓋骨、上顎小骨辺、下顎遠位骨辺、左右近位骨片の5個に分割した。(下図A,B)

上下の接合部分に0.2mmのスペースを空けた0.6mm厚の板状のパーツと、その表面に位置関係を保持する為の球状の突起等をブーリアン演算と移動を繰り返し、下顎左右骨切り部、上顎左右骨切り部の4個の離断前のスペーサ(術前スペーサ)を作成した。(下図C)

次に離断された小骨片を計画された位置に移動し、同様にPredicted Position(以下術後)でのスペーサ(術後スペーサ)を作成した。なお、上顎の術後スペーサは位置再現性を向上するため連結して1個とした。(下図D)



これらのSTLデータから積層解像度50μmで歯科用高精細光造形機(Form2, formlabs社製)をもちて、模型用の材料で造形した樹脂製実体モデルとステント用の材料で造形した歯列位置を復元する為のsplint(術前スプリントと術後スプリント)の作成した。

精度検証のために、これらスペーサーを使った実体モデルの術前と術後の状態で接合した状態(術前状態モデルおよび術後状態モデル)をCBCTで0.3ボクセルピッチで4回撮影し、そして同ソフトウェアを用いてCGでの頭蓋骨部分をIterative Closest Point法で重ね合わせた後、小骨片部分の設計時と造形後の形態の差異を0.7ないし0.8mmごとに色分けして再現性を検討した。

また、部位による差異を検討するために輪郭線の比較を行った。

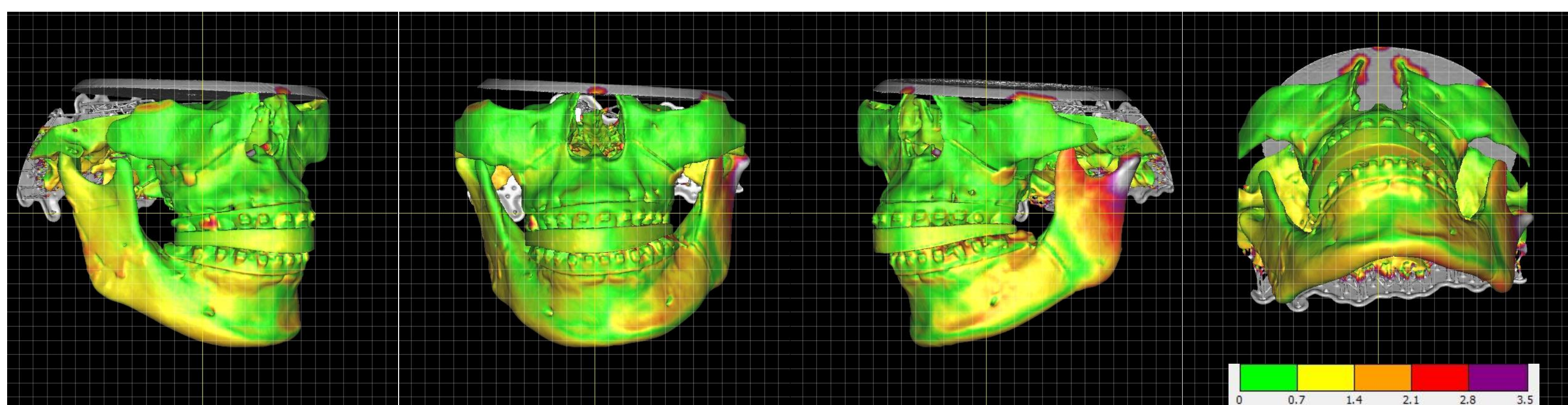
結果

術前状態モデル

上顎小骨片は、設計とモデルでは形態の差は0.7mm以下であり、ほぼ設計通りの位置が再現されていた。

下顎遠位骨片は、骨体部では下方向へ向うほど左右方向で0.7mm以上の位置のずれが認められ、オトガイ部では前後的には位置の差は約0.7mmであるが下方向へは0.7mmないし1.4mm程度の位置の差が認められた。

下顎近位骨片は左右方向での位置のずれが大きく、右側顎角部で1.4ないし2.1mm、左側下顎頭部で3.5mmを超える変位があった。

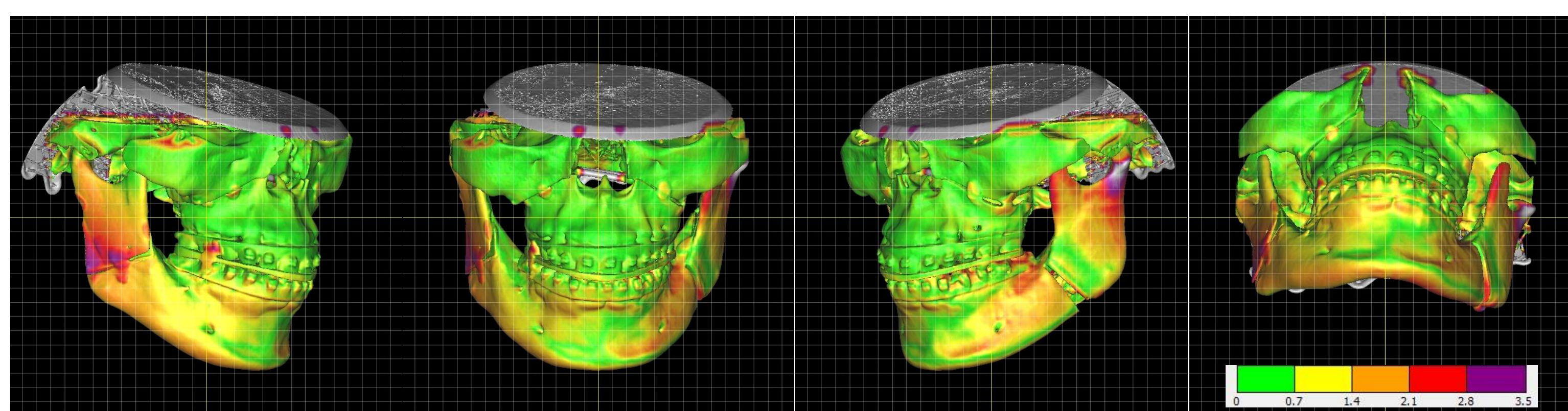


術後状態モデル

上顎小骨片は、設計とモデルでは形態の差は0.7mm以下であり、ほぼ設計通りの位置が再現されていた。

下顎遠位骨片は、骨体部では下方向へ向うほど左右方向で0.7mm以上の位置のずれが認められ、オトガイ部では前後的には位置の差は約0.7mmであるが下方向へは1.4~2.1mmの位置の差が認められた。

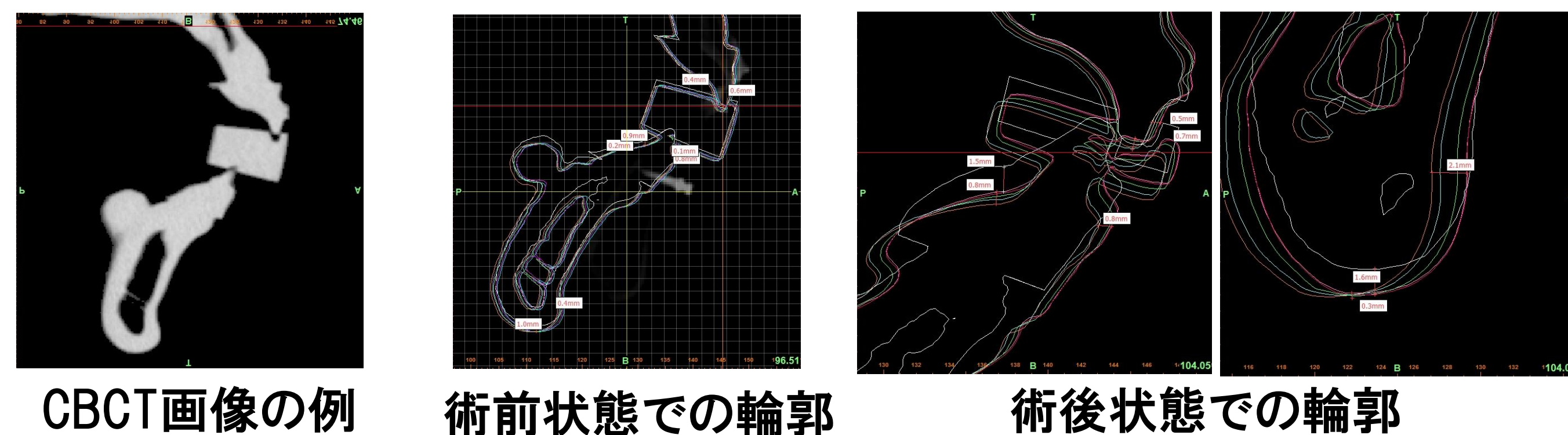
下顎近位骨片は左右方向での位置のずれが大きく、右側顎角部ならびに左側下顎頭部での変位が大きかった。



輪郭線の検討

組み替え時による輪郭線の上下前後方向で部位による違いについて、左上顎中切歯切端部付近で上下前後方向のモデルの輪郭線のばらつきが0.4~0.7mmの範囲であり、その範囲内に設計の輪郭線があった。また左下顎中切歯切端部付近での輪郭線のばらつきは上下前後方向で0.2~0.8mmの範囲であった。オトガイ部では、ばらつきの範囲は、上下的に0.3mm程度であったが、前後的には0.4~2.1mmであった。

設計の輪郭線(下図中 白線)との比較では、上顎切歯切端部では位置の差異はほとんどない(0.1~0.4mm)が、下顎切歯切端部では上下的には、ばらつきの範囲の上限から0.9~1.5mm上方であった。オトガイ部では、ばらつきの範囲の上限から上方1.0~1.6mmであったが、ばらつきの範囲内から前方に0.3mm程度であった。



従来の非組立て式モデルとの比較

従来の非組立て式実体モデルと本法との比較検討を行ったところ、より精密な骨と歯牙の形態の再現されていた。また、頭蓋骨全体をより小さい骨片に分解して、造形するため、より小さい造形範囲能力を持つ造形機であっても造形可能であった。また術前と術後の2つのモデルを作成する必要がないため、コスト削減の可能性が示唆された。なお、今回の組み立て式モデルの材料費は約4000円であった。

考察

結果より、モデルの組み替えを繰り返した時の輪郭線のばらつきは、患者撮影時のボクセルピッチが0.4mmでありモデル撮影時のボクセルピッチが0.3mmで、その和が0.7mmであることを考えると、それ以下での数値的差異は誤差範囲内である可能性が考えられ、この検証方法では組み替えは再現性があったと考えられる。

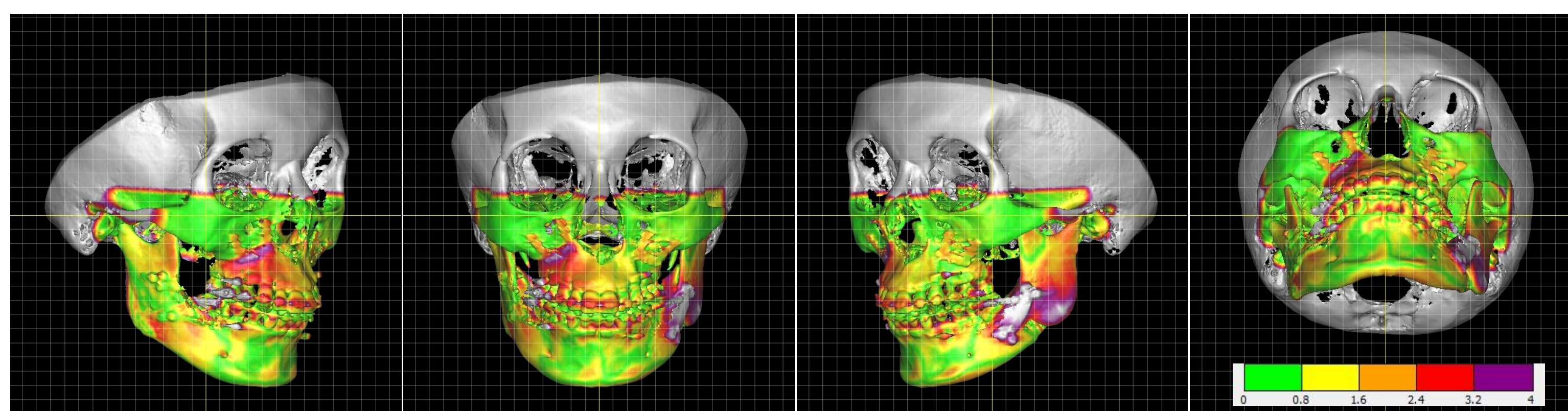
しかし設計の輪郭との比較では、上顎中切歯の位置は設計での位置と大きな差異がないと考えられるが(2)、下顎中切歯部では下方へ1.6mmであり、オトガイ部においては、前後的には2.1mmの差異があり、これらは造形時の変形の可能性に加えスプリントの適合の差異が累積したことにより、生じていると考えられた。

これらの結果より、スペーサによる上顎骨の位置を再現性は良好であったと考えられるが、スプリント部での適合性の差異により下顎遠位骨辺の位置に差異が生じたと考えられる。

今回は、CBCTを使って位置の検証を行ったが、内部構造を含む三次元的形態をつかったモデルの精度検討は、有用であると考えられた。

今後は、CAD/CAMスプリント接合部の適合性の向上する方法を模索するとともに、左右的検証やスペーサの形状の改良を行い、その作成手順を報告したい。

術後状態モデルと術後4か月時のCTの比較



術後4か月時点での咬合状態は、前歯部で上下切歯間距離が0.8mm程度となる後戻りがあるものの、両側臼歯の接触部位が多く、硬組織骨格での比較では、骨接合部や固定プレート付着部分以外の多くの部分が0.8ないし1.6mmの差異であり、また顎関節部分とオトガイ部分で0.8mm程度の差異で、重ね合わせ時の誤差を鑑みても比較的高い結果であった。(詳細は今回は省略)

なお、本手術はスプリントを用いず、すべて手技による誘導にて位置決めを行った。

結論

組み換え式実体モデルは、臨床的に有用である可能性が示唆された。(開示すべきCOIなし)