



CBCTを用いた顎離断手術による骨形体の変化の定量的解析

Quantitative analysis of changes in bone form by transection jaw surgery using CBCT

○古谷忠典¹、茶谷仁史¹、遠藤憲雄¹、阿部ふじ恵¹、西方聰²、堀向弘眞²

¹Tadanori FURUYA,¹Hitoshi CHAYA, ¹Norio ENDOH, ¹Fujie ABE, ²Satoshi NISHIKATA, ²Hiromasa HORIMUKAI

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

¹Uni orthodontic clinic, ²Sapporo Higashi Tokushukai Hospital Dept. of Dentistry and Oral Surgery

目的

当院では外科矯正手術を行う際に、歯科用コンピュームCT(以下CBCT)から得られたデータをもとにコンピュータグラフィック(以下CG)を用いて仮想手術を行って骨片の移動量を決めている。しかし、仮想手術での移動量と実際の骨片の移動結果には差異があるが、二次元的なX線規格写真などを用いた三次元的な分析には、いくつかの問題があった。今回、2時点のCBCTデータから、それぞれの骨片の動きを三次元的に解析、表示する方法を考案したので発表する。

資料および方法

著しい顎面非対称の顎変形症の患者1症例を、術前術後において歯科用CBCT(CB Mercuray, 日立メディコ)を用いて0.37mm boxel pitchで撮影した。そして術前に顎面治療シミュレーションソフトウェア(SimPlant O&O, デンツクライIH)を用いて仮想手術を行い、骨片の移動量を算出し手術時に利用した。次に、術後に撮影したCTデータをソフトウェアに取り込み、術前の骨片を術後の骨片の位置へ重なるように移動、誤差を検討した上で、実際の手術による移動量を算出し、仮想手術による移動量と比較した。

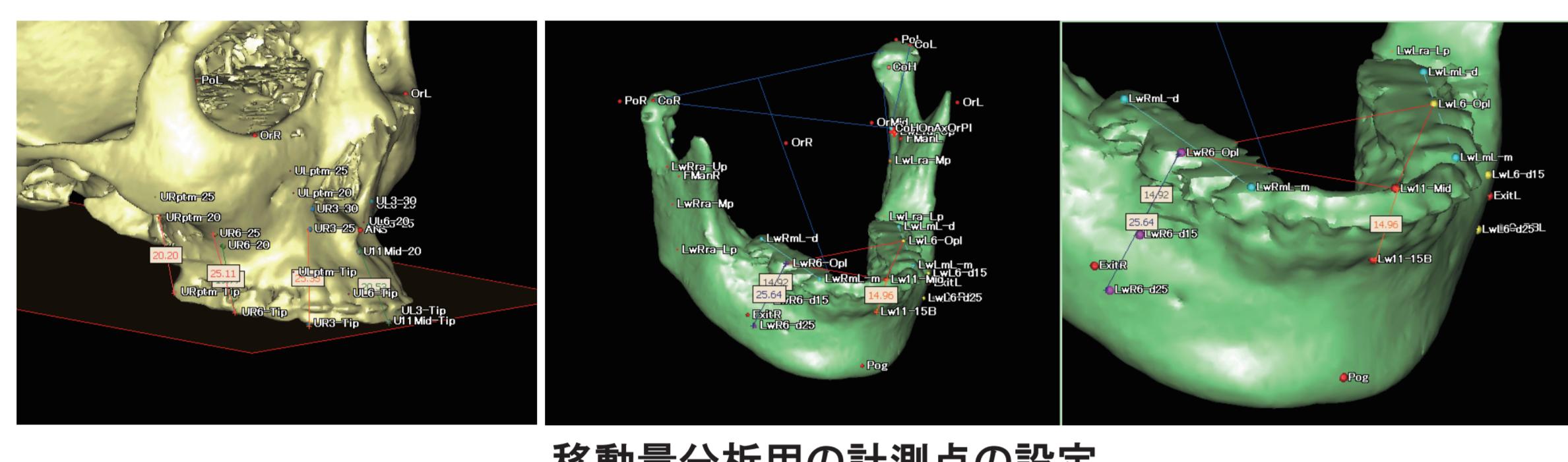
CBCTによる歯列模型位置情報を用いた仮想手術(SSRO+LeFort I)

まず以下の手順で咬合器をCBCTで撮影しながら仮想手術シミュレーションを行った。この方法の利点として、咬合器上の歯列位置情報を用いることで、咬合器によるモデルサーチャーとCGによる仮想手術を一致させることができる。なお、位置情報の精度を向上させるため、咬合器は0.2mm boxel pitchで撮影している。この方法については、2010年の当学会学術大会で接触型三次元デジタルとの計測結果の比較を交えて発表した。

CBCTと咬合器を使った手術シミュレーション・ワークフロー (SSRO+LeFort I)

STEP 1. 骨データの準備

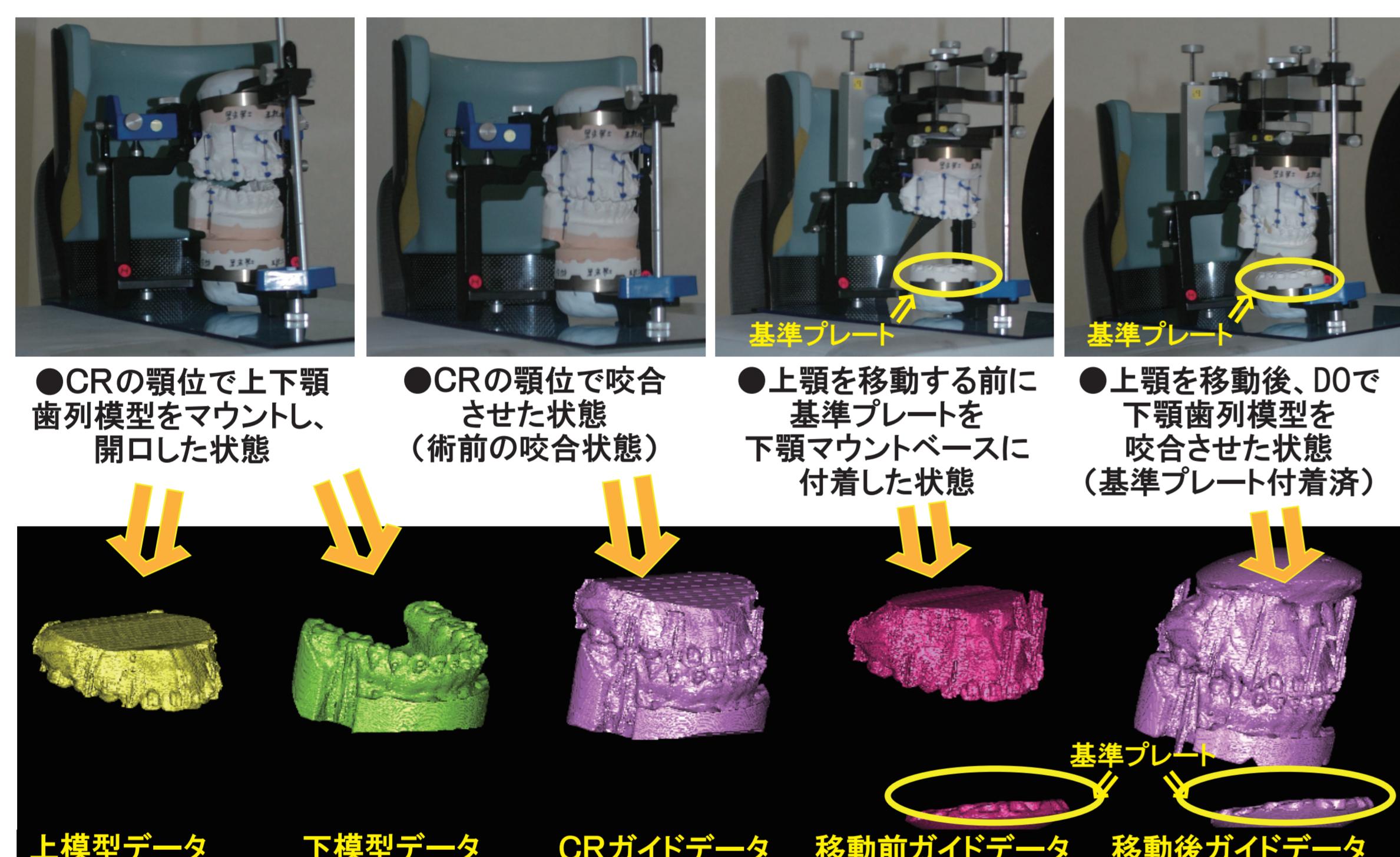
CBCTにて、0.37mm boxel pitchで撮影した顎面のCTデータをソフトウェアに入力し、頭蓋を含む上顎骨と下顎骨の抽出を行い、解剖学的特徴点や、骨切部、咬合面などに、骨片の移動量を算出する為の計測点を設定した。



移動量分析用の計測点の設定

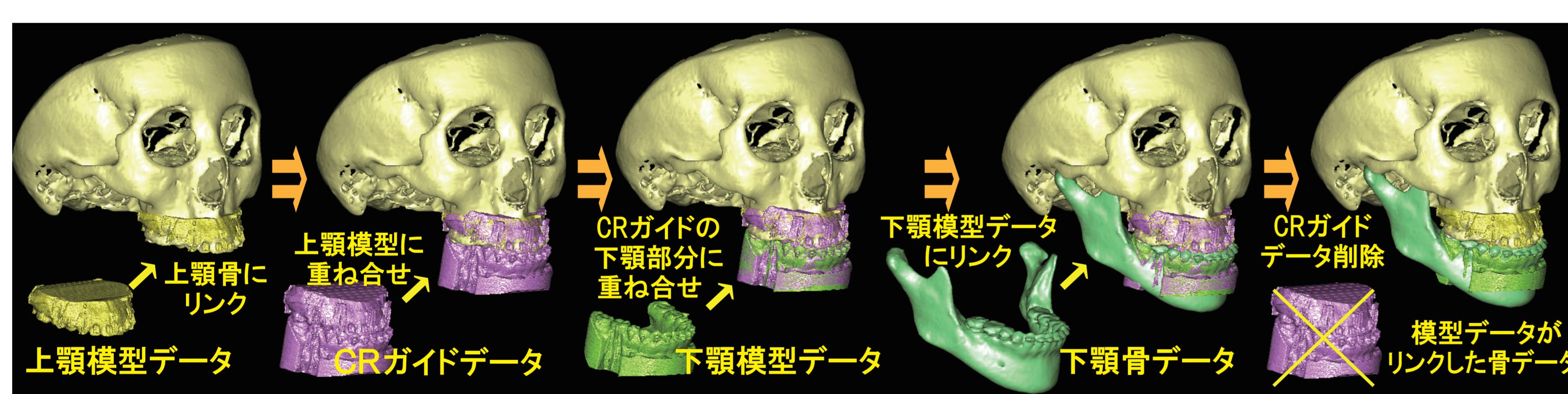
STEP 2. 模型データの準備

0.2mm boxel pitchで上下歯列石膏模型(模型データ)と、これに術前の咬合状態(中心位、以下CRの顎位)を記録したWax-biteを咬ませた状態も撮影した。そしてOrthognathic Occlusal Relator(以下OOR)に、上顎歯列石膏模型と位置あわせ用のプレート(以下、基準プレート)を下顎台座に付着し、上顎骨の移動前の状態を撮影した。基準プレートは、上顎の位置がOORによって移動しても位置が変わらないで、重ね合わせの基準として利用できる。上顎骨を移動した後、Desired Occlusion(手術後の目標となる咬合状態、以下DO)で咬合した状態の下顎歯列石膏模型を上顎歯列模型にレジンにて付着して撮影し、最後に、それぞれの撮影CTデータから歯列模型の外形をCGとして抽出した。

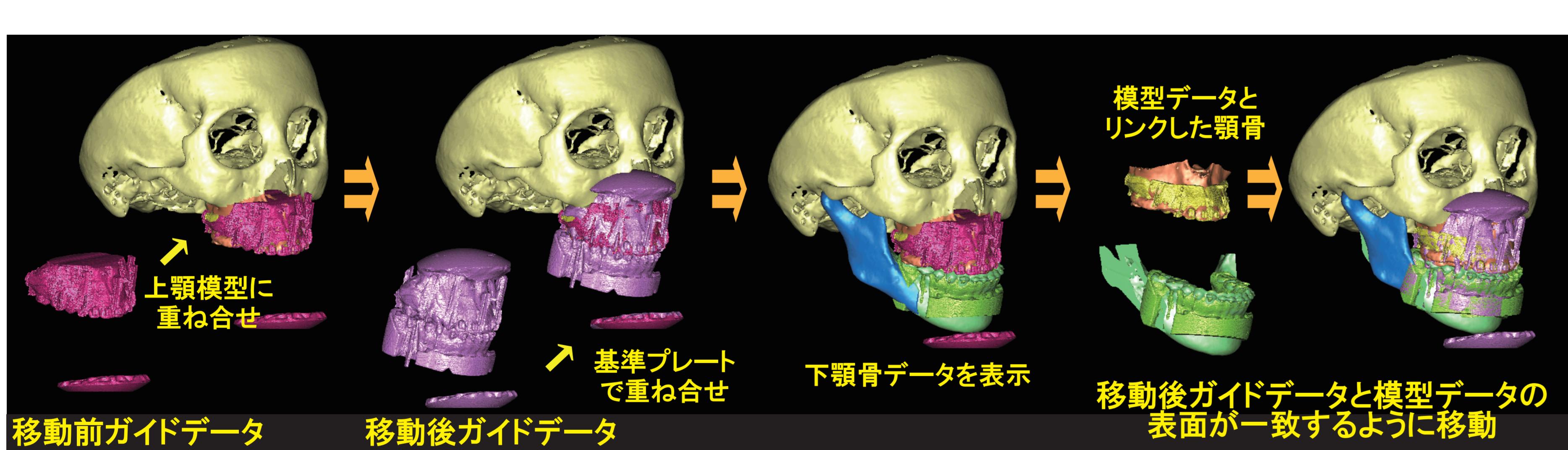


STEP 3. 術前の状態での骨データと模型データの重ね合わせ

①上顎模型データを上顎歯列部分に重ね合わせた後に模型データと骨データをリンクした。そして、咬合器を撮影して得られたCRガイドデータの上顎歯列部分も重ね合わせた。次に、CRガイドデータの下顎歯列部分に、下顎模型データを重ね合わせた上、さらに下顎骨データも重ね合わせて模型データと骨データをリンクした。最後にCRガイドデータを削除すると、CTによる上下顎骨に上下歯列模型のデータが統合された状態となる。

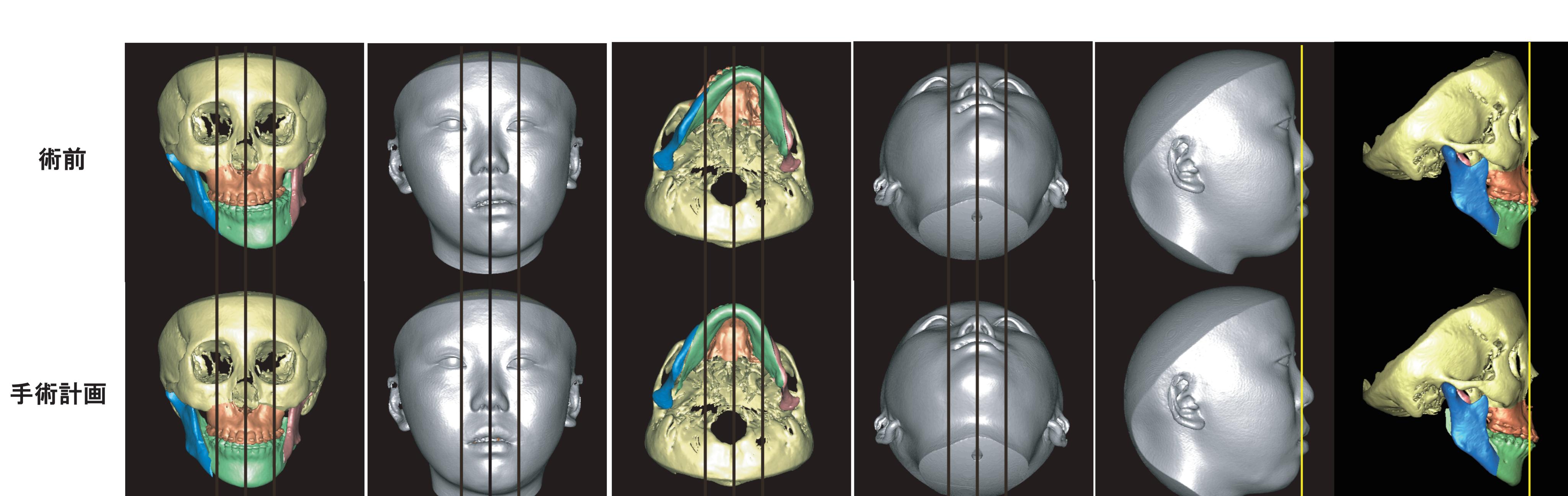


②次に上顎模型データと移動前ガイドデータを重ね合わせて、術前の上顎骨の位置を利用して、基準プレートを相対的に位置づけた。そして、移動前ガイドデータと、上下顎骨片の移動後ガイドデータの基準プレート部分を重ね合わせて、骨片移動後の歯列模型の表面を表示した。最後に、模型データとリンクした上下顎の模型データ部分と移動後ガイドデータの表面が一致するように移動した。



STEP 4. 軟組織シミュレーションと手術結果の検討

軟組織シミュレーションを行って、手術による顔貌の改善の程度を検討する。また執刀医と骨の移動量や離断部の様相を検討し、上下顎複合体の位置の調整や下顎枝の回転量の調整、骨移植の検討、あるいはDOの再設定を行った。



この症例では、遠位骨片が大きく右方向へ動くため、右側近位骨片が大きく骨干渉し、そして左側近位骨片との間に大きな空隙が生じるため、カントの修正量が問題となった。口腔外科医と仮想手術を繰り返し検討を重ね、最終的には、頬の部分の顎面非対称も改善するために、右側近位骨片は前方から見て下顎頭を中心に外側へ6°、左側近位骨片は下顎頭を中心に内側へ6°回転させて、右側の干渉を残し、左側の空隙は閉鎖させる手術計画とした。

STEP 5. 骨片移動量の算出

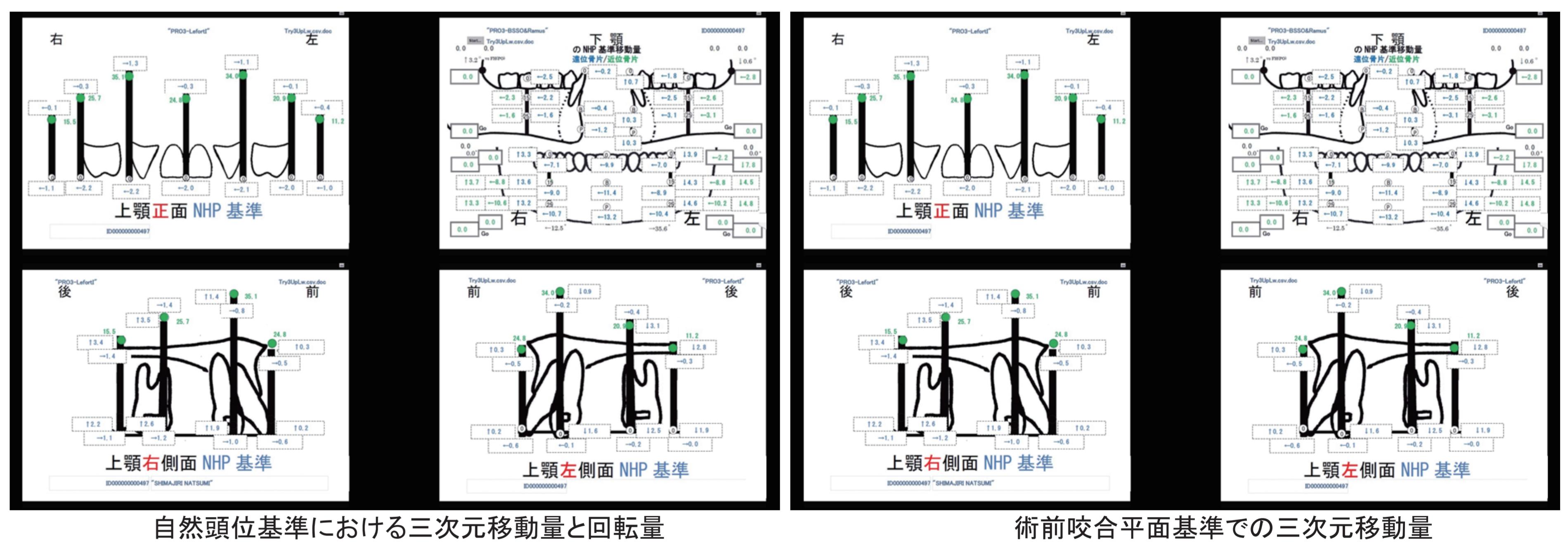
それぞれの計測点の移動量および方向を、CT撮影時に設定した自然頭位(NHP)基準と咬合面基準で算出した。なお、基準平面や分析項目は任意に定義、設定可能である。



自然頭位基準における三次元移動量

ユーザー一定義分析項目(術前咬合平面基準の動きなど)

計算結果を、別のソフトウェア(Word 2002, Microsoft社)を用いて図表化した(図1)。上顎小骨片と下顎遠位骨片の三次元的な移動量の他に、下顎骨離断部断端部の直線距離、遠位骨片の骨切削面に対する前後的な移動量、近位骨片(下顎枝)の下顎頭での移動量と回転量などを表示した。なお、移動量の算出に2つの基準を用いる理由としては、顎面全体を基準とした移動量の検討を目的とした利用法と、手術執刀者が手術時に利用している咬合平面に対する移動量の検討を目的とした利用法に使い分けているためである。



自然頭位基準における三次元移動量と回転量

術前咬合平面基準での三次元移動量

術後CTデータを利用した骨片移動量の検証

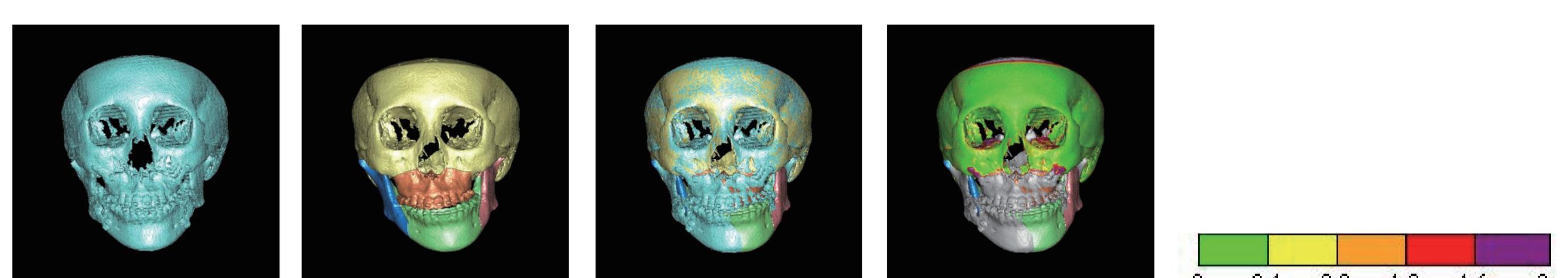
術前の手術シミュレーション時に分割した小骨片を手術前の位置に戻したうえで、術後に撮影した患者のCTデータをソフトウェアに入力し、頭蓋骨部分で重ね合わせを行い、骨片を術後の骨の輪郭の位置まで三次元的に移動する。この時の移動量が、手術による骨片の実際の移動量となる(図2)。

この方法の利点として、術前のCTデータにおける座標空間上に術後のCTデータを入力するため、同じ座標系で移動量を算出でき、そして、計測点は、手術前に設置したものをそのまま利用するため、計測点のポインティングの位置の差異による誤差を考慮する必要がなくなるとともに、術後に骨形態が変わっても(例として、前鼻棘や頸角など)計測値に影響せず、また頭部X線規格写真を使った分析時に見受けられる骨の回転による陰影の変化の問題も関与しないという事などがある。

術後CTデータを利用した骨片移動量の検証法・ワークフロー

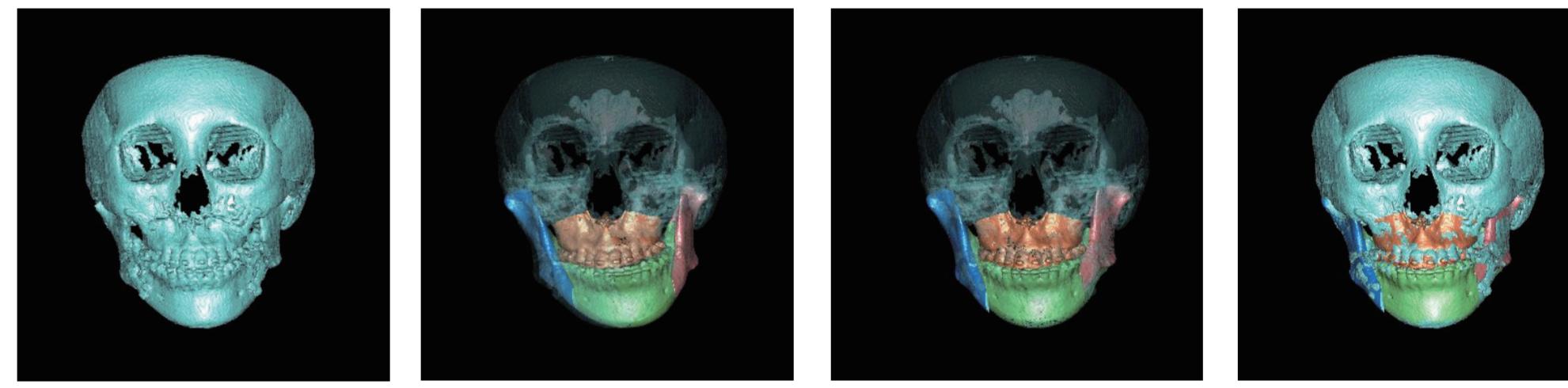
STEP 6. 術中位置決め用Splintの咬合状態の取り込み

①上顎と下顎の歯列模型を術中位置決め用Splintを咬合させた状態で、外側面をスキャンして、Splint外面データを作成する。CT撮影時のboxel pitchを考慮し、0.4mm単位でその差異を色分けして表示し、頭蓋骨部分の大部分が、0.4mm以下で一致している事を確認する。



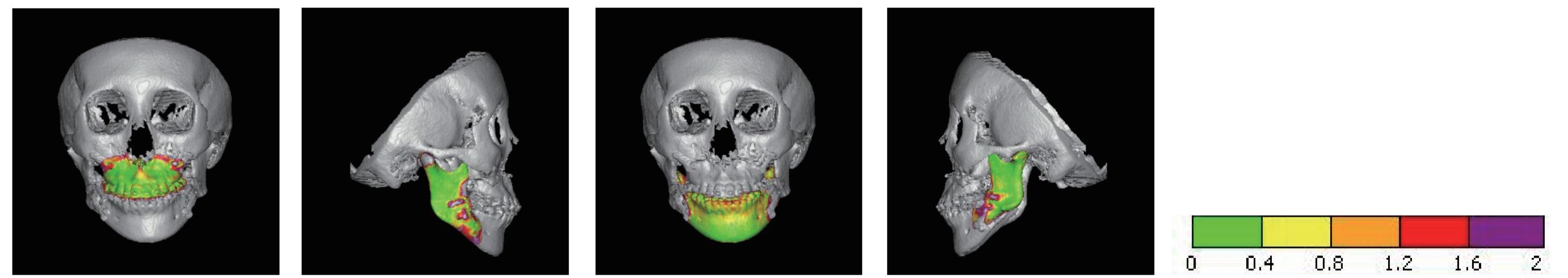
STEP 7. 術後CTデータの位置への各骨片の移動

水色で示される術後CTデータから得られた骨形態の輪郭が重なるように、各小骨片を移動、一致させる。この移動量が手術による骨片の三次元的移動量となる。なお、重ね合わせを行う際には、筋肉の付着部位や歯根と隣接する歯槽骨部分、骨離断部付近を避け、骨のリモデリングが起きやすい部位を避け、計画時の骨離断部と実際の手術での離断部の差異や、骨片固定用プレート、CT撮影時のアーティファクトなどによる形態への影響などに注意する。

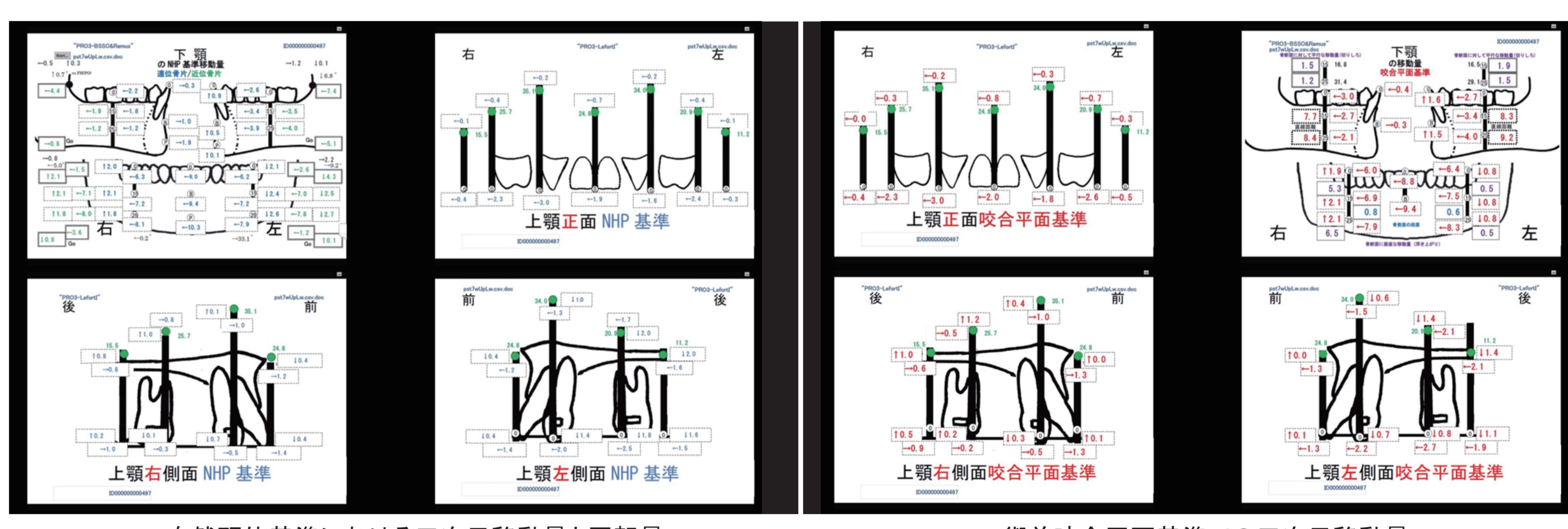


STEP 8. 移動後の一致精度の検証

術前の位置の骨片が正確に術後の位置に移動しているかを、それぞれの小骨片毎に多方向から検証する。CT撮影時のboxel pitchを考慮し、0.4mm単位でその差異を色分けして表示した。骨片の多くの面で0.4mm以下で一致している事を確認し、必要に応じて再移動を行なう。



結果



自然頭位基準における三次元移動量と回転量

術後CTデータにおける骨片移動量の計算結果

考察

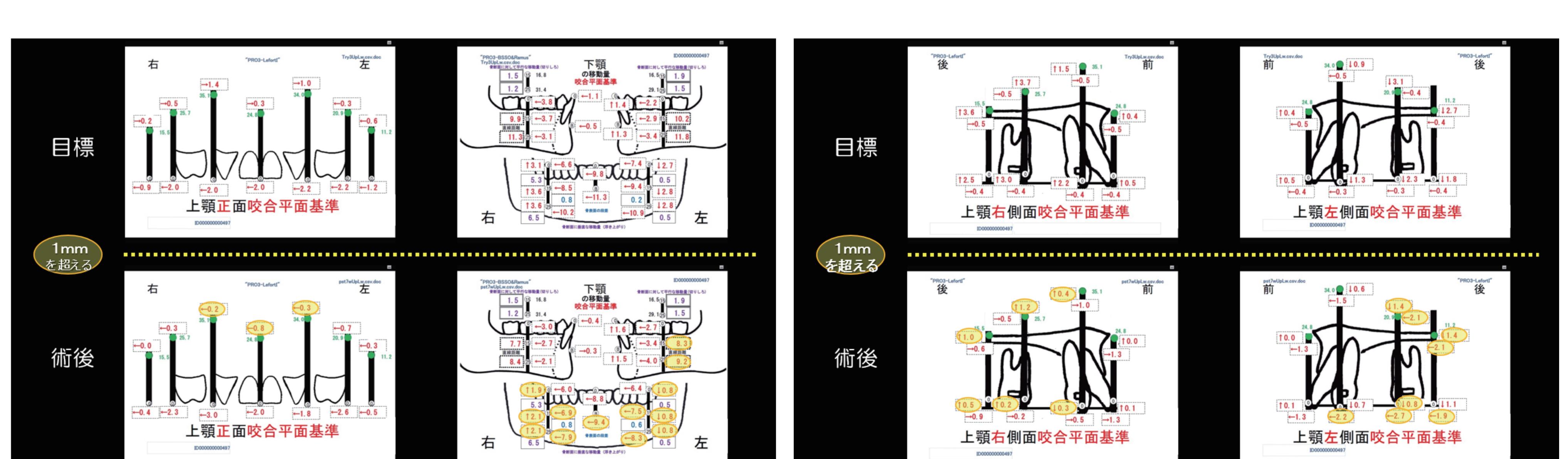


図2 術後CTデータにおける骨片移動量の計算結果

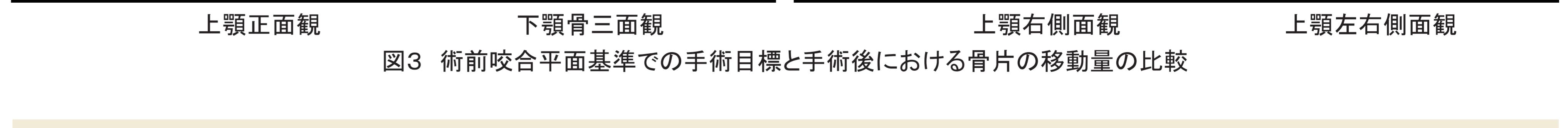


図3 術前咬合平面基準での手術目標と手術後における骨片の移動量の比較

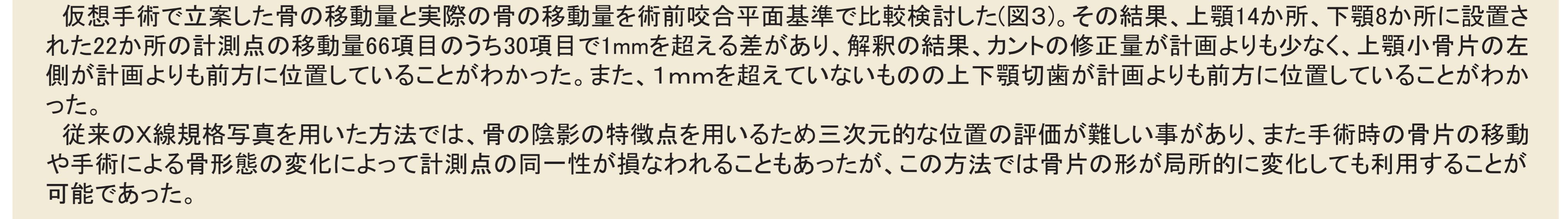


図4 術前咬合平面基準での手術目標と手術後における骨片の移動量の比較

図5 術前咬合平面基準での手術目標と手術後における骨片の移動量の比較

図6 術前咬合平面基準での手術目標と手術後における骨片の移動量の比較

図7 術前咬合平面基準での手術目標と手術後における骨片の移動量の比較

図8 術前咬合平面基準での手術目標と手術後における骨片の移動量の比較

図9 術前咬合平面基準での手術目標と手術後における骨片の移動量の比較

図10 術前咬合平面基準での手術目標と手術後における骨片の移動量の比較

図11 術前咬合平面基準での手術目標と手術後における骨片の移動量の比較

図12 術前咬合平面基準での手術目標と手術後における骨片の移動量の比較

図13 術前咬合平面基準での手術目標と手術後における骨片の移動量の比較

図14 術前咬合平面基準での手術目標と手術後における骨片の移動量の比較

図15 術前咬合平面基準での手術目標と手術後における骨片の移動量の比較

図16 術前咬合平面基準での手術目標と手術後における骨片の移動量の比較

図17 術前咬合平面基準での手術目標と手術後における骨片の移動量の比較

図18 術前咬合平面基準での手術目標と手術後における骨片の移動量の比較

図19 術前咬合平面基準での手術目標と手術後における骨片の移動量の比較

図20 術前咬合平面基準での手術目標と手術後における骨片の移動量の比較

図21 術前咬合平面基準での手術目標と手術後における骨片の移動量の比較

図22 術前咬合平面基準での手術目標と手術後における骨片の移動量の比較

図23 術前咬合平面基準での手術目標と手術後における骨片の移動量の比較

図24 術前咬合平面基準での手術目標と手術後における骨片の移動量の比較

図25 術前咬合平面基準での手術目標と手術後における骨片の移動量の比較

図26 術前咬合平面基準での手術目標と手術後における骨片の移動量の比較

図27 術前咬合平面基準での手術目標と手術後における骨片の移動量の比較

図28 術前咬合平面基準での手術目標と手術後における骨片の移動量の比較

図29 術前咬合平面基準での手術目標と手術後における骨片の移動量の比較

図30 術前咬合平面基準での手術目標と手術後における骨片の移動量の比較

図31 術前咬合平面基準での手術目標と手術後における骨片の移動量の比較

図32 術前咬合平面基準での手術目標と手術後における骨片の移動量の比較

図33 術前咬合平面基準での手術目標と手術後における骨片の移動量の比較

図34 術前咬合平面基準での手術目標と手術後における骨片の移動量の比較

図35 術前咬合平面基準での手術目標と手術後における骨片の移動量の比較

図36 術前咬合平面基準での手術目標と手術後における骨片の移動量の比較

図37 術前咬合平面基準での手術目標と手術後における骨片の移動量の比較

図38 術前咬合平面基準での手術目標と手術後における骨片の移動量の比較

図39 術前咬合平面基準での手術目標と手術後における骨片の移動量の比較

図40 術前咬合平面基準での手術目標と手術後における骨片の移動量の比較

図41 術前咬合平面基準での手術目標と手術後における骨片の移動量の比較

図42 術前咬合平面基準での手術目標と手術後における骨片の移動量の比較

図43 術前咬合平面基準での手術目標と手術後における骨片の移動量の比較</