



CAD/CAMで作成された咬合床副子の精度の検証方法について

Evaluation of the accuracy of the surgical splint that was created in CAD/CAM

○田中憲男¹、古谷忠典²

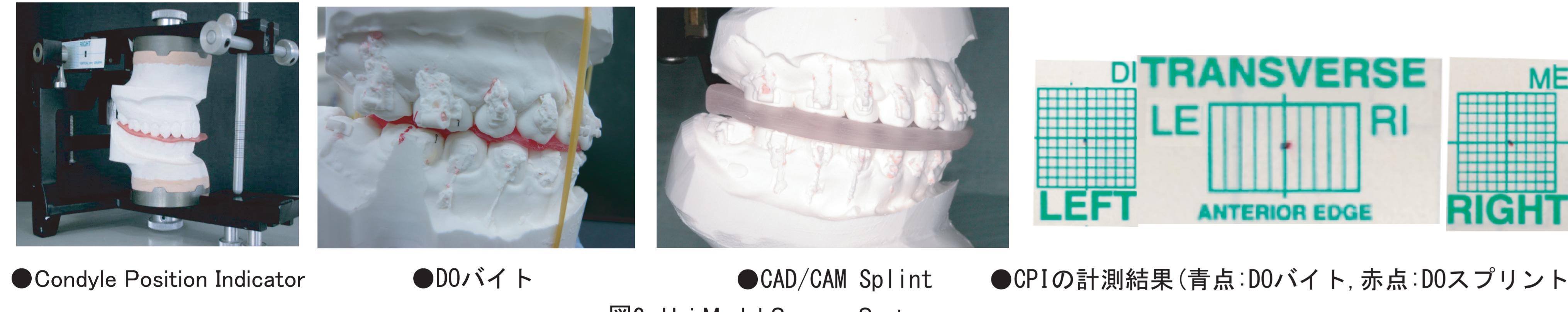
¹プロ矯正歯科、²ユニ矯正歯科クリニック

¹Norio TANAKA, ²Tadanori FURUYA

¹ Pro Orthodontic, ²Uni orthodontic clinic

目的

当院ではコンビームCTのデータから作製した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いる。そして、骨片を仮想手術で決定した位置に誘導するために、非接触型光学式三次元形状測定装置(以下 模型スキャナ)から得られた歯列模型のデータを利用して光樹脂造形法により手術用咬合床副子(以下 術中、術後位置決用CAD/CAM splint)を作製し、ダブルスプリント法に準ずる骨片の位置決めを行っている。そのCAD/CAM splintの精度を評価する為に、咬合器にマウントした歯列模型を用いて、顎位測定器を用いて精度の検証を行っていたが、咬合器にマウントしなければならず、操作手技に注意も必要であった。そこで今回、咬合器や顎位測定器を使わずに精度を評価する方法を考案し、CAD/CAM splintの精度の検証を行ったので報告する。



●Condyle Position Indicator ●DOバイト ●CAD/CAM Splint ●CPIの計測結果(青点:D0バイト、赤点:D0スプリント)

Padanent咬合器のアクセサリー機器の一つに、咬合探得した顎位の違いを検証する為の機器((Condylar Position Indicator, Panadent社)がある。この器具を使うと下顎頭を中心とした回軸での位置の変化を記録する事ができるため、顎位の変化を回転運動と平行運動に分けたうえで、下顎頭部での位置変化を作成誤差として検討することができる。

資料および方法

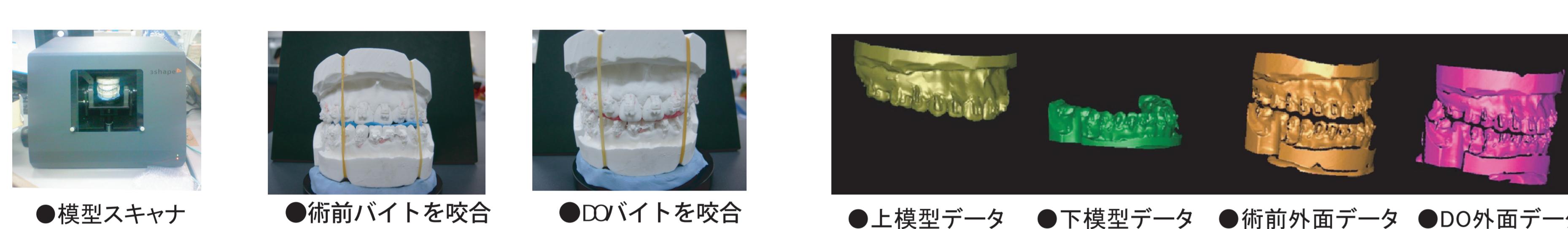
顎変形症の患者6名をコンビームCT(CBMercuRay、日立メディコ)を用いて0.37mm Boxed Pitchで撮影した。次に模型スキャナ(D-250m, 3Shape)を用いて上下歯列模型の咬合面を含む表面形状と、術前(COバイト)の咬合状態と手術後に目標とする咬合状態(DOバイト)を記録したワックスバイトを咬ませた状態で上・下歯列模型の外表面形状をそれぞれ入力した。それを顎頭面外科シミュレーションソフトウェア(Simplant O&O,デンソーブライト)以下 ソフトウェアに入力し、骨格と模型データの重ね合わせを行い仮想手術を行った。そしてCAD/CAM splintをCGで設計した形状データを用いて光樹脂造形法で作製した。次に、精度を検証するために上下歯列模型にCAD/CAM splintを咬ませた状態で模型スキャナをもちいて再び外表面の表面形状をスキャンし、上顎歯列部分が設計時の位置と同じ位置になるようにソフトウェアに入力した上で、その下顎歯列部分に一致するように、設計時の模型の下顎歯列模型ならばに下顎骨のCGを移動させ、その位置の差を歯列と下顎頭の部分で量評価した。

歯列模型位置情報にもとづく仮想手術(SSRO+LeFort I)

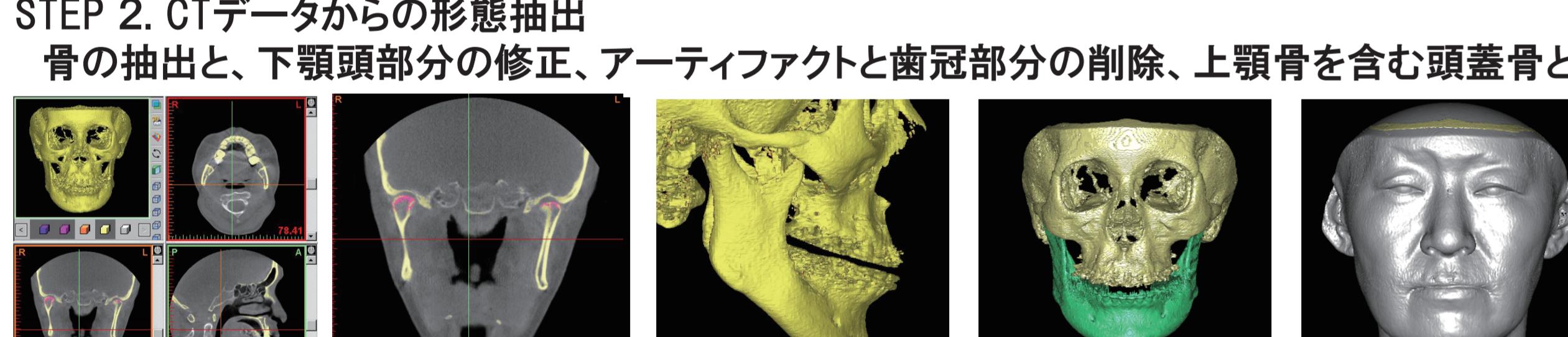
まず以下の手順で仮想手術シミュレーションを行った。この方法の利点として、歯列模型の咬合状態データとして取り込みシミュレーションを行うことによって、CGを用いて試行錯誤的に咬合状態を決めるのではなく、実体モデルを使って手指の感覚や自由に目視しながらの作業を行うことが可能となる。また、実体物の位置関係が、仮想空間上のCGによるモデルの位置関係と一致しているため、実体物を直接ノギスなどで計測する代わりに、三次元座標系を用いた位置の量化が可能となり、計測が容易になるとともに精度が向上すると考えられる。

CAD/CAM 手術シミュレーション・ワークフロー (SSRO+LeFort I)

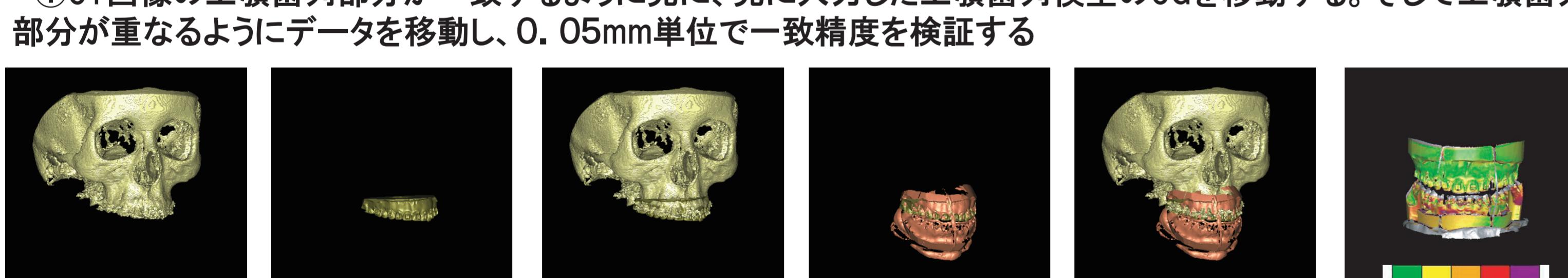
STEP 1. 歯列模型形態の取り込み
上顎と下顎の歯列模型のそれぞれを単体でスキャンした後に、歯列模型に術前咬合状態のワックスバイト(COバイト)と術後に目標とする咬合状態のワックスバイト(DOバイト)を咬ませて、それぞれの歯列模型の外側面をスキャンしてソフトウェアに入力する。



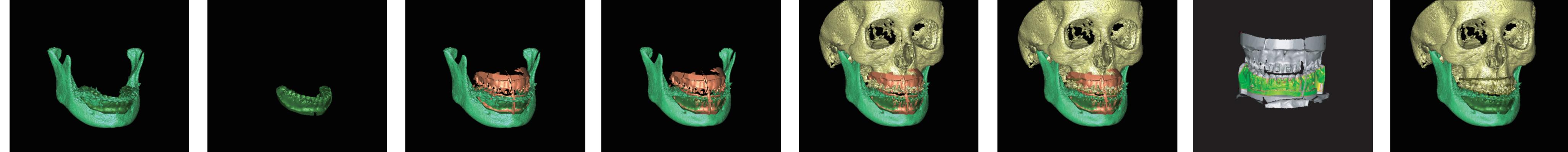
STEP 2. CTデータからの形態抽出
骨の抽出と、下顎頭部分の修正、アーティファクトと歯冠部分の削除、上顎骨を含む頭蓋骨と下顎骨の分離、軟組織の抽出を行う



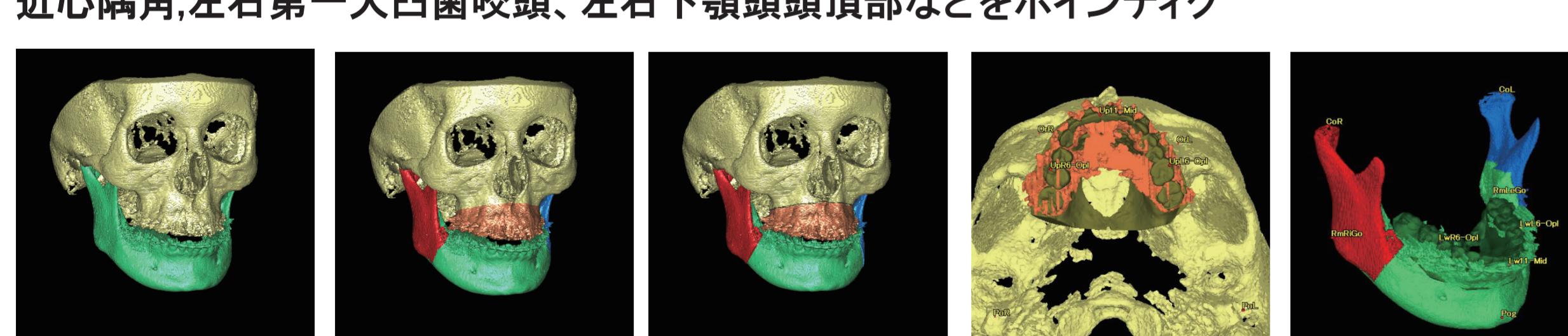
STEP 3. CTデータと模型データの重ね合わせ
① CT画像の上顎歯列部分が一致するように先に、先に入力した上顎歯列模型のCGを移動する。そして上顎歯列模型のCGに外側面データ(CO)の上顎部分が重なるようにデータを移動し、0.05mm単位で一致精度を検証する



②外側面データ(CO)の下顎部分に重なるように、下顎模型データと下顎骨を同時に移動し一致精度を検証後、ホームポジションとして登録する



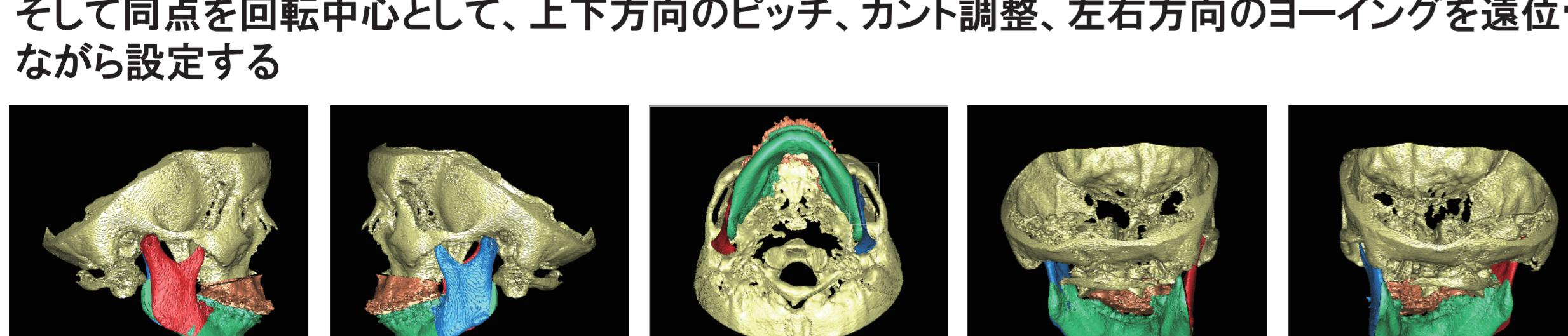
STEP 4. 上下顎骨の骨離断と、位置の分析をするための計測点の設置
SSROとLeFort Iで骨離断を行い、上顎部分は、頭蓋骨と上顎骨小骨片に、下顎骨は、左下頸枝、右下頸枝、下顎骨体に分離する。そして、上下顎中切歯心隅角、左右第一大臼歯咬頭、左右下顎頭頭頂部などをポイント



STEP 5. 下顎骨の移動(SSRO)
下顎骨体と下顎歯列模型データを同時に外側面データ(DO)の下顎歯列部分に一致するように移動し、一致精度を検証する



STEP 6. 上下顎骨を複合体として移動(LeFortI+SSRO)
①上下歯列模型データと上下顎小骨片を同時に選択し、手術計画に基づいて上顎前歯切線点の位置を自安として前後、上下、左右に平行移動後し、そして点回転中心として、上下方向のピッチ、カント調整、左右方向のヨーイングを遠位骨片後方の頸角部の骨干渉や隙をさまざまな方向から検討しながら設定する

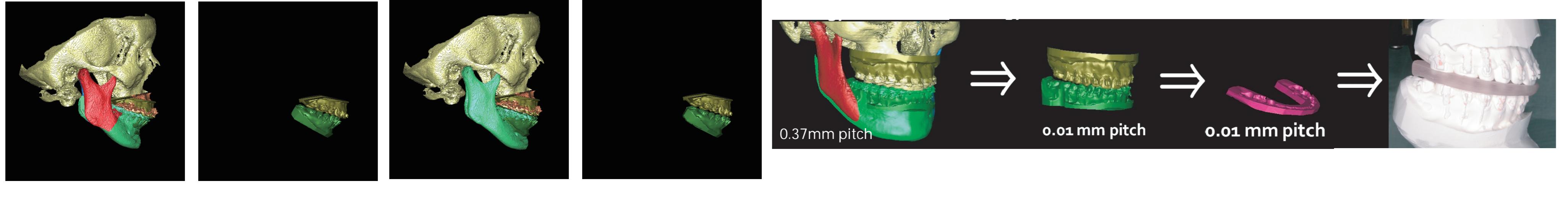


STEP 7. 口腔外科医と骨離断面の干渉や隙を検証
執刀医と骨の移動量や離断部の様相を検討し、上下顎複合体の位置の調整や下顎枝の回転量の調整、骨移植の検討、あるいはDOの再設定を行う

STEP 8. 軟組織シミュレーション用を用いた術後に予想される顔貌の検討



STEP 9. CAD/CAM Splintの作成
骨を非表示にすると術後位置決用のCAD/CAM Splintを作成するための上下歯列模型の位置関係となる。また、下顎骨と下顎歯列の位置をSTEP 3-2で設定したホームポジションに戻すと術後位置決用のCAD/CAM Splintのデータとなる



後位置決定用Splintのデータ 術中位置決定用Splintのデータ CAD/CAM Splintの作成

CAD/CAM Splintの精度検証

次に光樹脂造形法によって作成されたCAD/CAM Splintの精度を検証するために、それを上下歯列模型に適合させた状態で模型スキャナを用いて外側面の形状を取り込み、仮想空間上で設計時の上下歯列模型のCGモデルの位置と比較検討を行った。

今回は、術中位置決用CAD/CAM Splintを利用して、術前の上顎歯列模型に対して対的に、Splint装着時の下顎歯列模型の位置と、それに從属する下顎骨の位置の変化を、Splint設計時のそれとの位置の間で比較した。その位置の差異を下顎歯列上の左右第一大臼歯側近心咬頭頂部ならびに右側中切歯心隅角部分と、左右下顎頭頭頂部で算出して、集計した。

CAD/CAM Splint 精度検証・ワークフロー

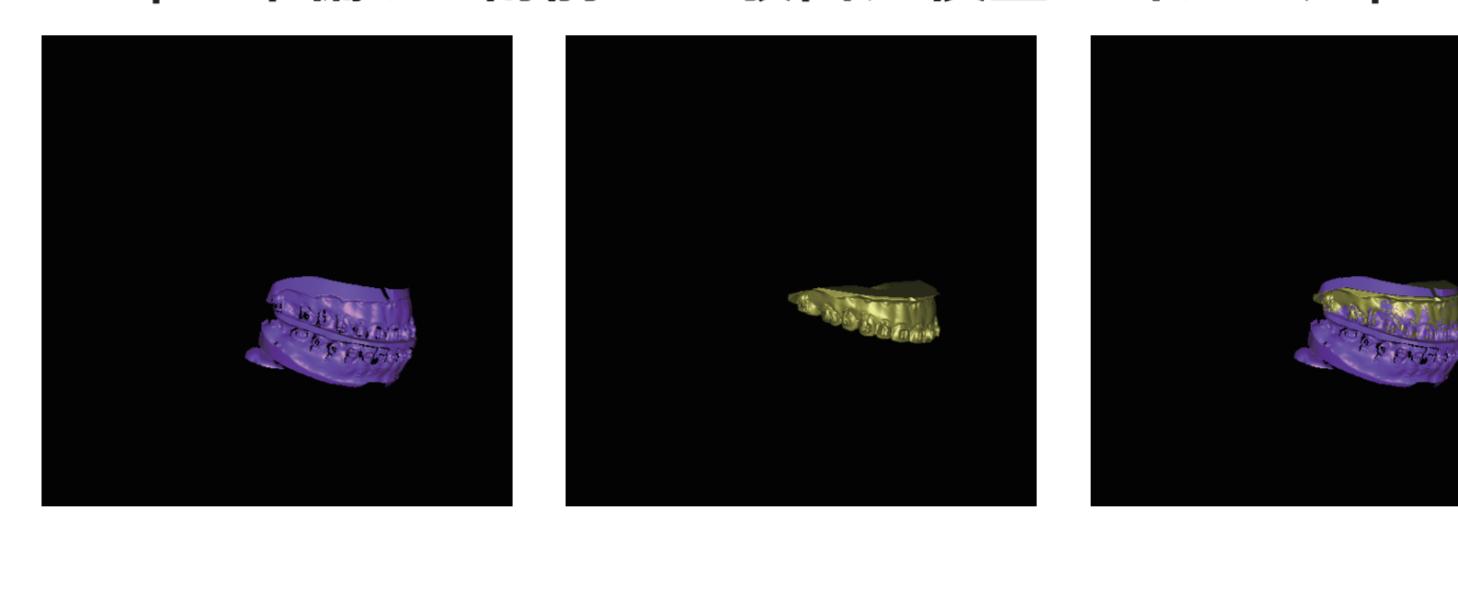
STEP 9. 術中位置決め用Splintの咬合状態の取り込み

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。



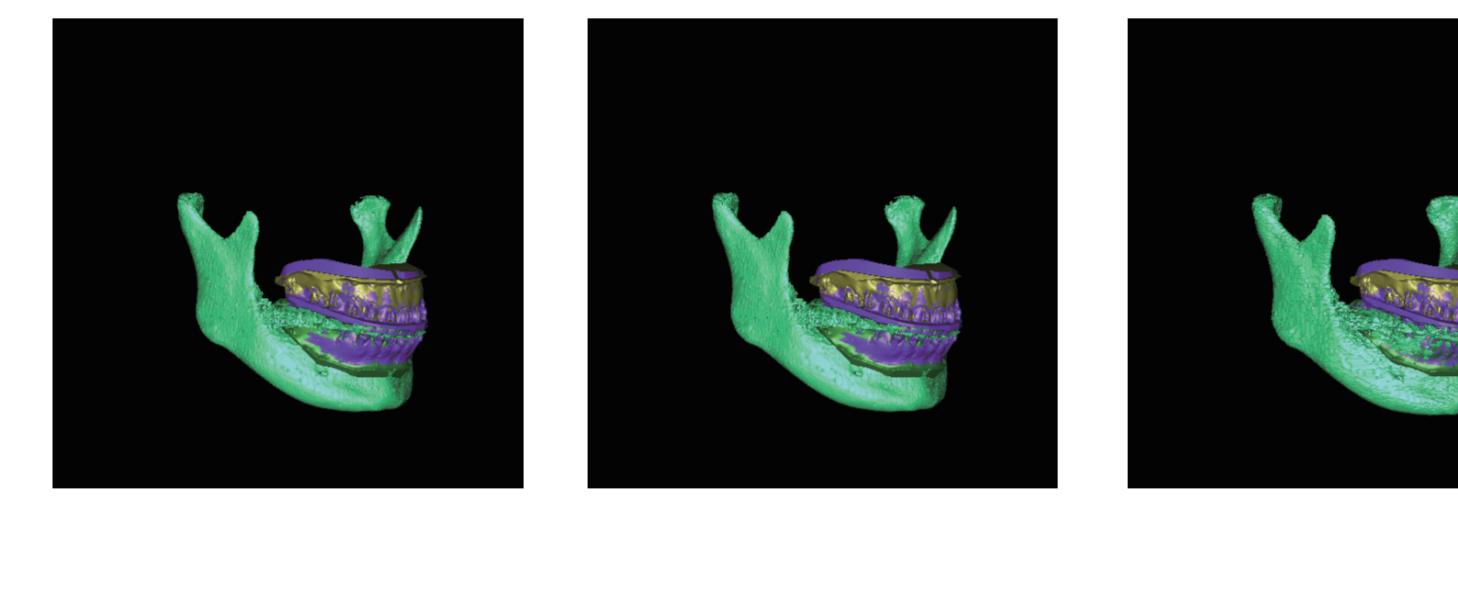
STEP 10. Splint外面データと上顎模型データの重ね合わせ

先のStepで準備した術前の上顎歯列模型の外側形と、Splint外面データの上顎部分を一致精度を検証しながら重ね合わせる。



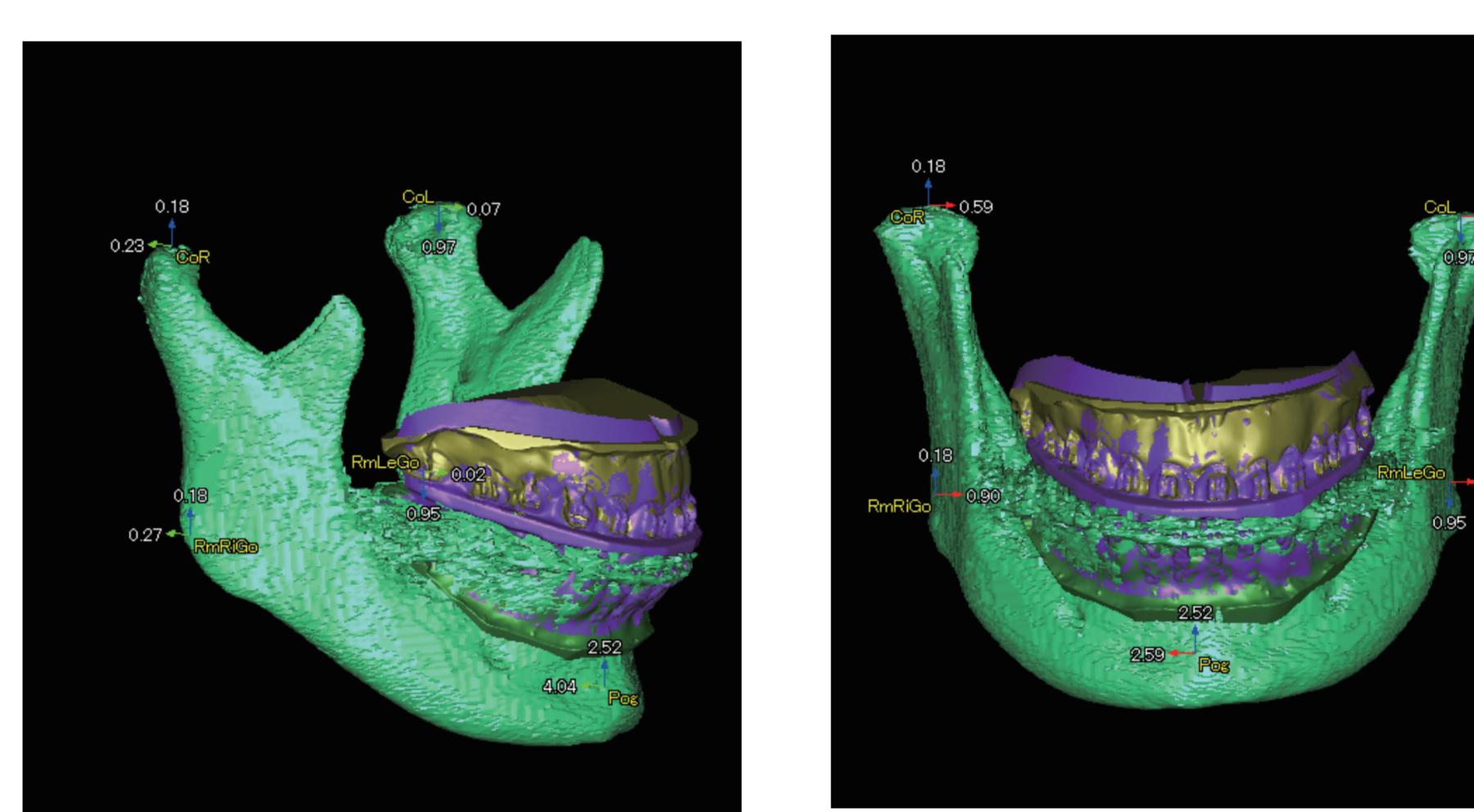
STEP 11. 下顎歯列データならびに下顎骨の重ね合わせ

骨離断前の下顎骨と下顎歯列データを同時に動かし、Splint外面データの下顎歯列部分に重ね合わせる。



STEP 13. 移動量の算出

上記の移動により、すでにポインティングされている下顎骨の計測点の位置が変化するので、その移動量を下顎歯列上の左右第一大臼歯側近心咬頭頂部(L6,L6R6)ならびに右側中切歯心隅角部分(L1)と、左右下顎頭頭頂部(CoL,CoR)での移動量をCT撮影時の自然頭位での座標系を用いて算出し、その上下、左右、前後方向の移動量を出力した。



NHP基準									
		LR6		L1		LL6			
(mm)	左(+)	前(+)	上(+)	左(-)	前(-)	上(-)	左(+)	前(+)	上(+)
Case 1	0.02	0.04	-0.15	-0.04	0.09	-0.22	0.02	0.15	-0.23
Case 2	-0.05	0.01	-0.27	-0.07	0.03	-0.32	-0.04	0.05	-0.43
Case 3	-0.02	0.26	-0.28	0.02	0.18	-0.44	-0.02	0.13	-0.44
Case 4	0.05	-0.12	-0.35	-0.06	-0.09	-0.82	0.06	0.03	-0.71
Case 5	0.07	-0.04	-0.09	-0.15	-0.04	-0.41	0.07	0.08	-0.01
Case 6	-0.09	-0.10	-0.31	-0.03	-0.15	-0.64	-0.09	-0.22	-0.36
最大値	0.07	0.26	-0.35	0.02	0.18	-0.22	0.07	0.15	-0.01
最小値	-0.09	-0.12	-0.35	-0.15	-0.15	-0.82	-0.09	-0.22	-0.71
平均値	-0.01	0.02	-0.24	-0.06	0.01	-0.49	0.00	0.02	-0.36
偏差	0.06	0.13	0.09	0.05	0.11	0.20	0.06	0.12	0.21

表1 咬合面での計測点の動きの方向と移動量

結果

集計は、2つの方法と2つの部位にわけて行った。表1ならびに表2は、各計測点の三次元空間上での移動方向と移動量を示しており、これらをもつて方向と量の検討を行った。また、表3ならびに表4は、移動量の絶対値で、誤差量を検討した。

表1ならびに表3は下顎歯列模型上の計測点で、Splintによる位置の差異が歯列模型の咬合面部分や、從属する上下顎の離断後小骨片の位置に対してどのように影響するのかを間接的に検討した。また、表2および表4は、下顎骨頭頂部での移動量を示しており、Splintによる位置の差異が顎関節部分では、どのように影響するかを検討した。

NHP基準									
		LR6		L1		LL6			
(mm)	左(+)	前(+)	上(+)	左(-)	前(-)	上(-)	左(+)	前(+)	上(+)
Case 1	0.02	0.04	-0.15	-0.04	0.09	-0.22	0.02	0.15	-0.23
Case 2	-0.05	0.01	-0.27	-0.07	0.03	-0.32	-0.04	0.05	-0.43