

講演

東京歯科大学教授(口腔病態外科学講座)
水道橋病院 病院長

片倉 朗 教授

ここまで進化！
歯科の最先端技術は患者さんにも社会にも大きなメリットが！

Society 5.0時代の 歯科医療におけるDX

東京歯科大学
水道橋病院 病院長
(口腔病態外科学講座 教授)
片倉 朗

Today's topics

- ✓一般歯科におけるデジタルテクノロジーの進歩
- ✓FabLab TDC
- ✓3Dテクノロジーを用いた口腔顎顔面外科手術支援
- ✓Extended Reality (XR) 手術支援
- ✓歯科での遠隔医療×DX

新たな社会 “Society 5.0”

アルビン・トフラーが「第3の波」で予言した、全く新しい世界

第1の波
農業革命

第2の波
産業革命

第3の波
情報革命

採取・狩猟社会

農業社会

工業社会

情報社会

Society 5.0



弓矢・石器

農耕具・灌漑

機械・動力

コンピュータ
インターネット

IoT, AI
ビッグデータ
ロボット

Society 5.0時代のヘルスケア

健康寿命の延伸や医療費の適正化、医療の成長産業化に貢献を目指し、ヘルスケアDX（デジタルトランスフォーメーション）の流れが加速中

各主体がすべきこと

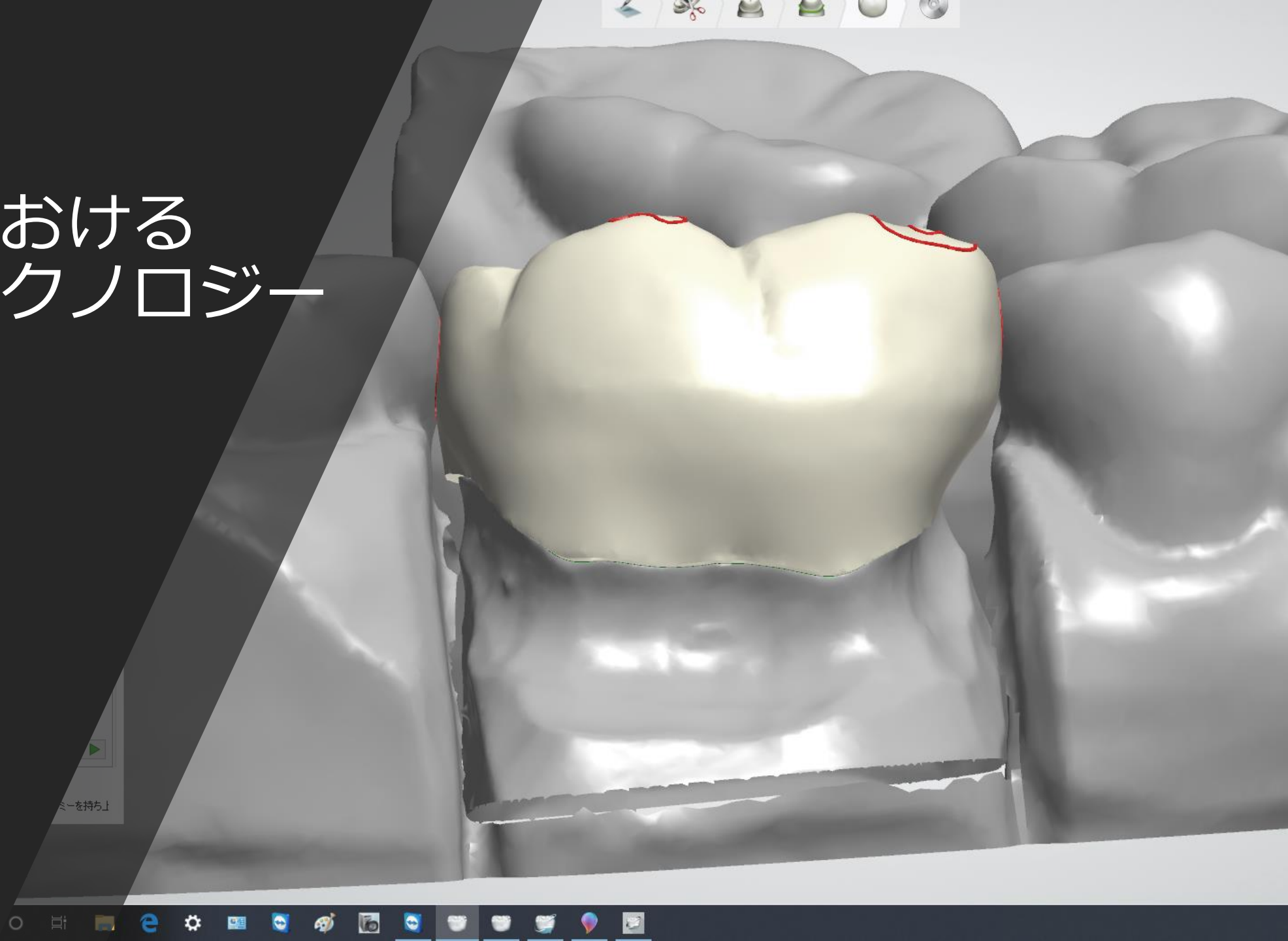
一人ひとりのデータを軸に
個人、医療介護関係者、政府、企業が連携し取り組みを進める



http://www.keidanren.or.jp/journal/times/2020/0716_04.html?v=p

一般社団法人
日本経済団体連合会

一般歯科における デジタルテクノロジー の進歩



従来までの歯科におけるデジタル機器の進歩

従来の歯科医院

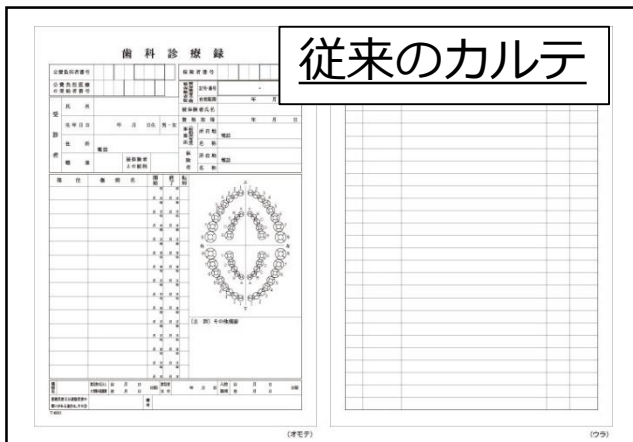


最近の歯科医院



PCなどのデジタル機器が
チェア周辺に

従来のカルテ



電子カルテ



電子カルテの一般化
保険請求をするために必須

**デジタルテクノロジーは
診療環境から歯科の診療そのものに導入される時代へ**

従来のクラウン(金属の被せ物) の製作



印象採得



咬合器マウント



ワックスアップ

鋳造

完成補綴物

廃棄物処理等科学研究費補助金

歯科鑄造用鑄型材の汎用リサイクルシステムの開発

玉置幸道（昭和大学）2002－2003

- ・ 鑄型は目的となる金属製の歯冠修復物・補綴物が製作されると廃棄物となる
- ・ 鑄造による製作工程が歯科技工所で日常頻繁に使用されていることを考慮すると、歯科関連の廃棄物としてはかなりの量を占める。
- ・ 鑄造床義歯あるいは多数歯に及ぶブリッジの製作では得られる鑄造体が大きいため、使用する鑄型材料の量も多くなり、廃棄物も増える。
- ・ 鑄型を作る際に生じた余剰の鑄型材料は、放置すると環境汚染につながる成分が溶出する可能性もあり簡単に廃棄している現状には問題がある。

**この研究ではこの鑄型材料の再利用について基礎的な実験を試み、
歯科技工における鑄造工程から見た循環型社会構築の可能性について探った。**

医療施設の廃棄物処理

分類		例
一般廃棄物	特別管理 一般廃棄物	唾液や血液の付着したガーゼや脱脂綿 抜去歯 組織片
	一般廃棄物	唾液や血液の付着していないガーゼ
産業廃棄物	特別管理 産業廃棄物	使用済みの注射針・メス・手術用グローブ
	産業廃棄物	エックス線フィルムの現像液や定着液 石膏模型

産業廃棄物処理票（事業系マニフェスト）A 票

発出番号: 000000000000

発出年月日: 2024/01/01

発出場所: 〇〇〇〇〇〇〇〇〇〇〇〇

受入場所: 〇〇〇〇〇〇〇〇〇〇〇〇

品名: 〇〇〇〇〇〇〇〇〇〇〇〇

数量: 〇〇〇〇〇〇〇

単位: kg

備考: 〇〇〇〇〇〇〇〇〇〇〇〇

約 ￥ 30 / 1kg

石膏模型の保管と廃棄

最終処分場はあと16年ですべて埋まる試算



模型保管スペース（歯科技工室）



倉庫に保管された石膏模型



photolibraray.jp 4301256

歯科からも
資源の節約・産業廃棄物の減少へ



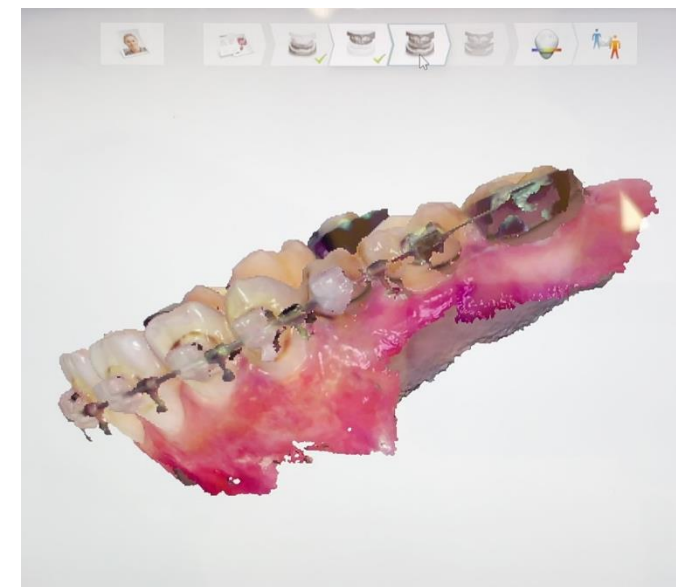
SDGsとは？ | JAPAN SDGs Action Platform | 外務省 (mofa.go.jp)

保管後は粉碎等処理し最終処分場で埋め立てて処分
感染廃棄物は焼却によって95%ほど減容化，しかし石膏はこれらが困難

光学スキャナによる型取りと歯型模型の導入



3shape TRIOS®



光学スキャナによるデータ管理
省スペース, 紛失防止, 破損防止,
再利用可能, 色調の確認

光学スキャナの利点

- **印象材が不要**になる（印象材料代と印象練るのとトレー洗浄滅菌の時間）
- **石膏注入が不要**になる（材料代と時間、気泡混入無し） → **産業廃棄物が減る**
- IOSデータは**保管場所が不要**になる（随時模型プリント可能）
- 視覚的に印象（型取り）の欠陥が判るので、印象技術が不要
- 患者さんへの説明も3D画像として見せることができる
- インプラント部の印象採得は容易
- 嘔吐反射がある方でも型取りが快適にできる
- 機器を導入すれば診療所内で製作物ができる
- IOSデータから様々な技工物の作製が可能
- コロナ渦中、型取りや模型の唾液・血液の汚染がないので、**感染リスクが減る**

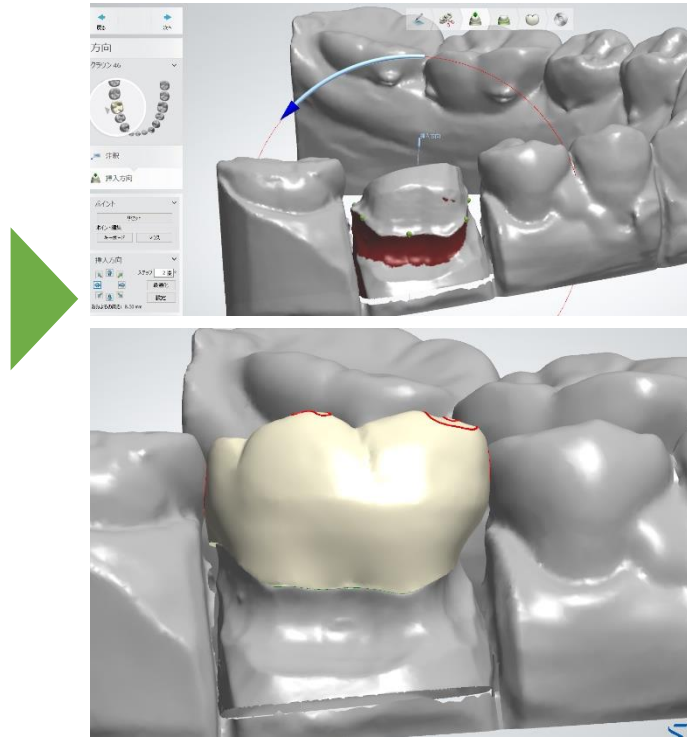
デジタルデンティストリーによる歯科補綴

材料：ジルコニア半焼成体のミリング工程

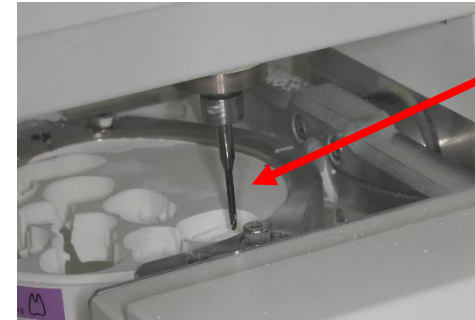


3shape TRIOS®

光学印象



CAD/CAM技工作業



材料のジルコニア円板



ミリング



完成物

円板 1枚 ￥40,000~50,000 1枚から約20歯分の被せ物が作れる
従来の方法だと1歯 材料+技工料 = ￥40,000~50,000

診療室のデジタル機器はすべてPCとつながる

<http://www.orthodonticproductsonline.com/2015/03/stratasys-introduces-new-objet260-dental-selection-3d-printer/>

世界初の歯科用3Dプリンタ



Stratasis Objet260 Dental Selection 3D Printer



歯科用3Dプリンタは
歯や歯肉の造形も可能



ミリングシステム



コーンビームCT



デジタル技工システム



光学スキャナ

口腔内写真、石膏模型、エックス線写真などの情報 → デジタル化

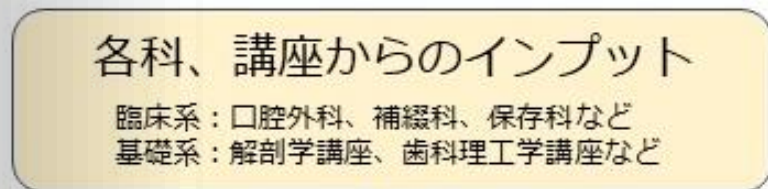
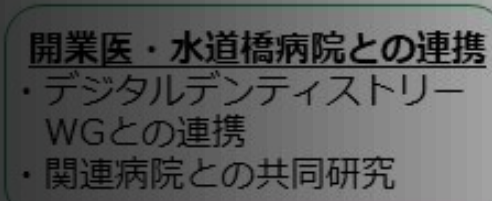
咬合器、鑄造装置、重合器 → デジタル機器に変容

Society 5.0 によって歯科の治療や作業システムが一新する

FabLab TDC

Fab Lab、**fabrication laboratory**

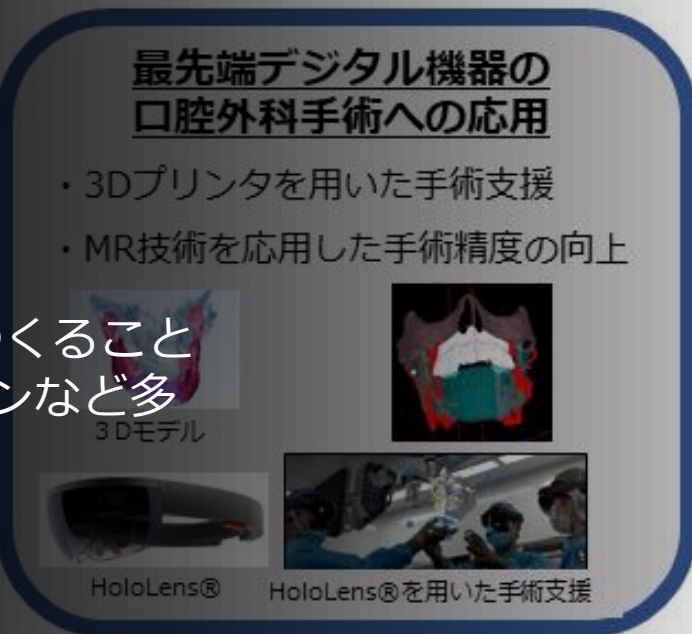
「ほぼあらゆるもの（“almost anything”）」をつくることを目標とした、3Dプリンタやカッティングマシンなど多様な工作機器を備えたワークショップ



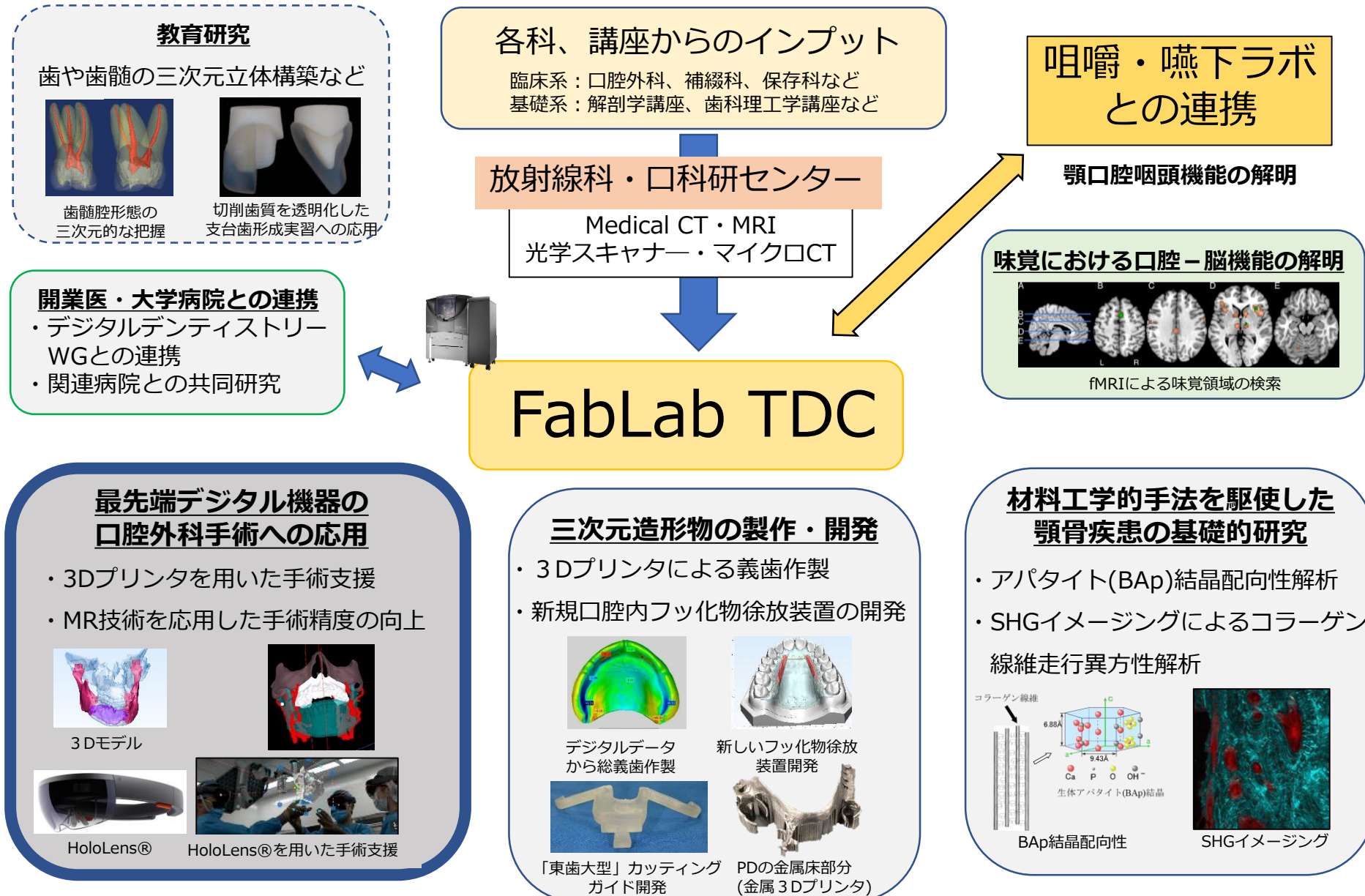
放射線科・口科研センター

Medical CT・MRI
光学スキャナー・マイクロCT

FabLab TDC



東京歯科大学のFabLabの構成



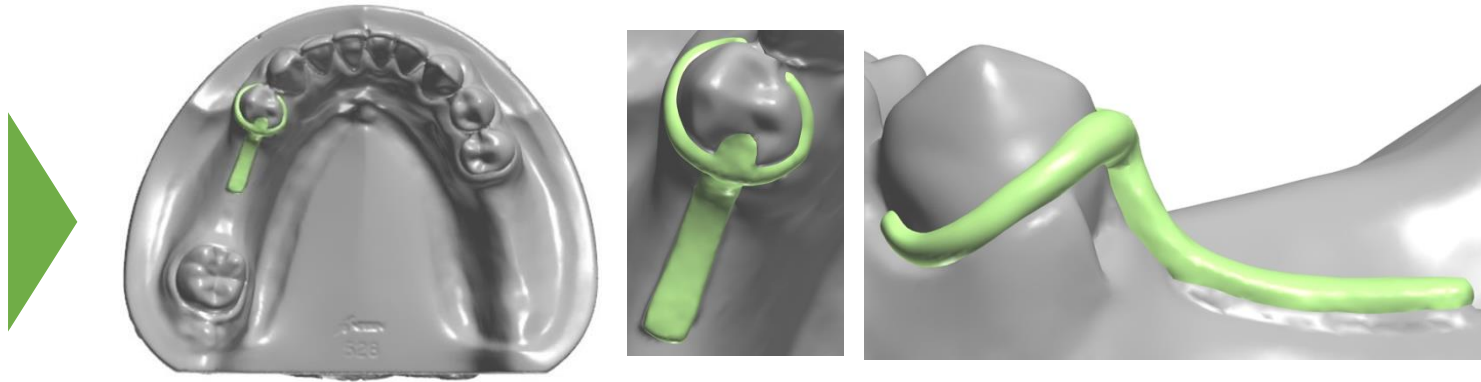
CAD/CAMでの入れ歯の製作



3Dスキャナ



模型データ

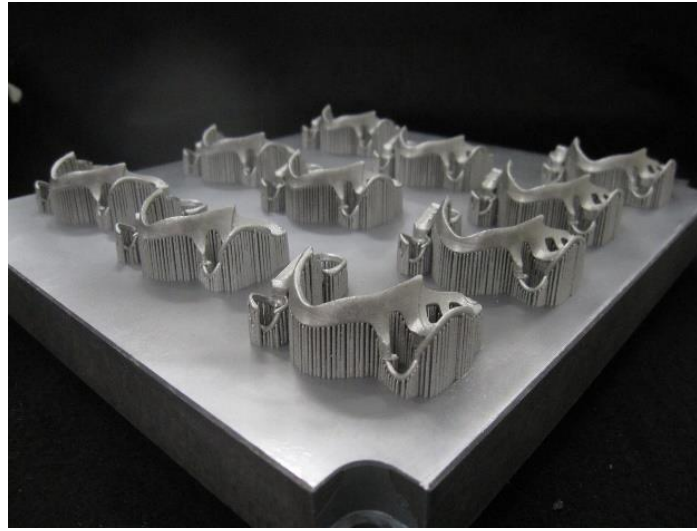


設計

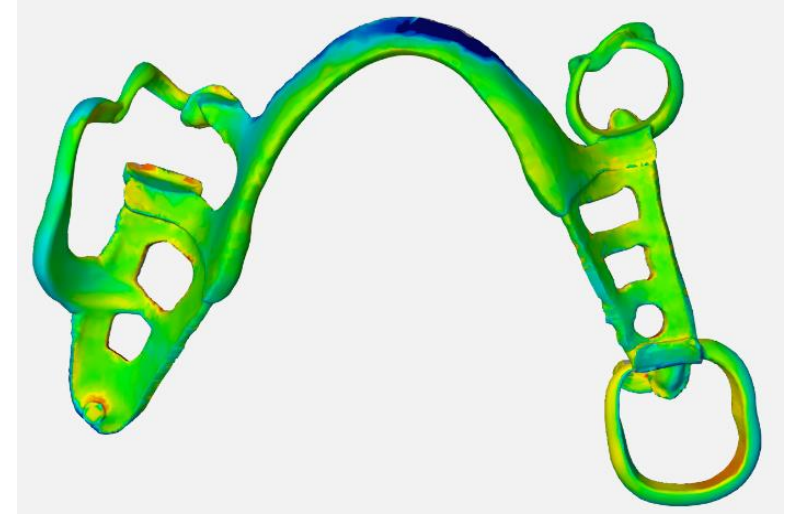
CAD/CAM技術で 入れ歯の金属フレームを製作する



金属プリンター
(EOSINT M270, EOS)
和田精密歯研株式会社所有



金属積層造形



形態誤差のカラーマップ

Tasaka A, Okano H, Shimizu T, Kato Y, Higuchi S, Yamashita S

Influence of reinforcement bar on accuracy of removable partial denture framework fabricated by casting with a 3D-printed pattern and selective laser sintering.

J Prosthodont Res. 2020. doi: 10.2186/jpr.JPOR_2020_10.

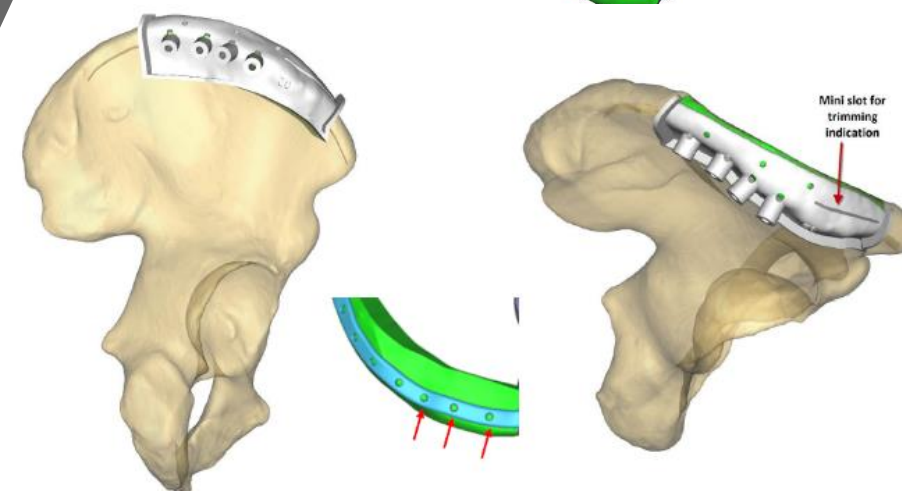
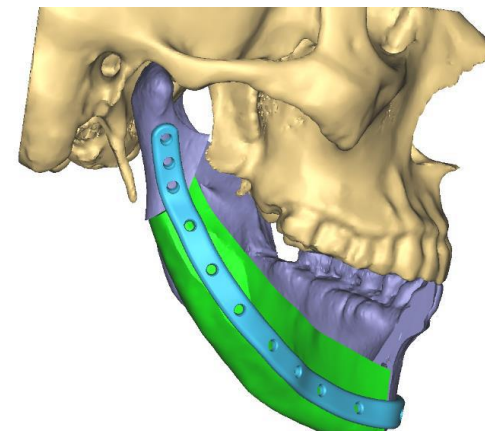
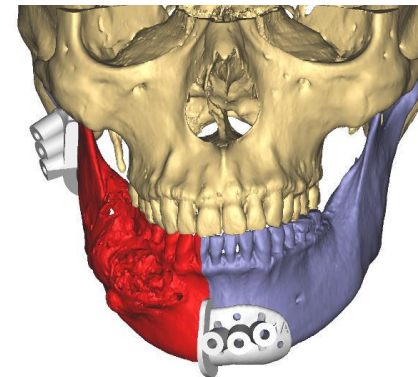
メタルフリーの入れ歯の製作

データの交換により
短期間・低価格で
3Dプリンターでのメタルフリーの
入れ歯ができる

実は透明の入れ歯が
装着されています



3Dテクノロジーを用いた口腔顎顔面外科手術支援



顎口腔外科の手術

この後に手術中の写真が提示されます

- 骨に対する手術が多い

顎変形症・口蓋裂・顎骨内の腫瘍

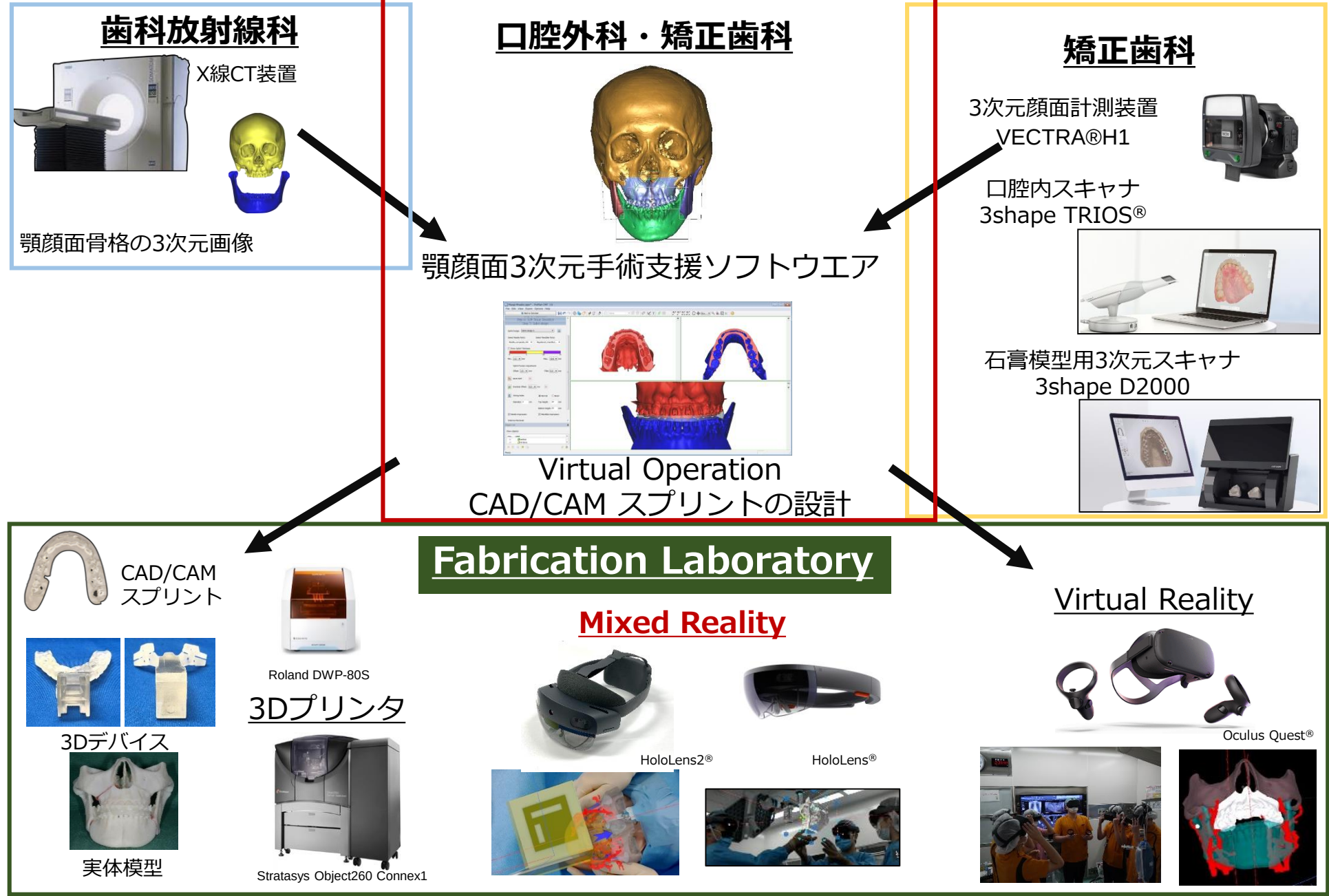
- 血管・神経が複雑に走行している

- 機能と形態を再建

容姿に影響→患者さんのQOL向上を目指す

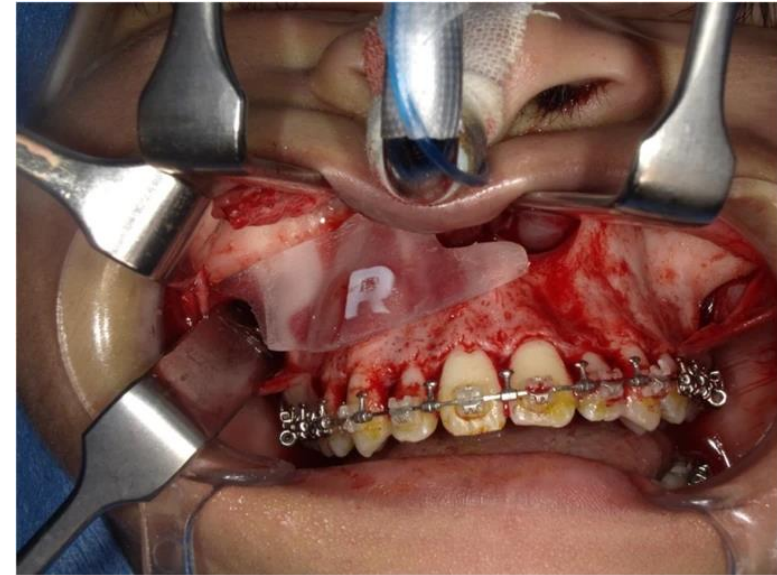
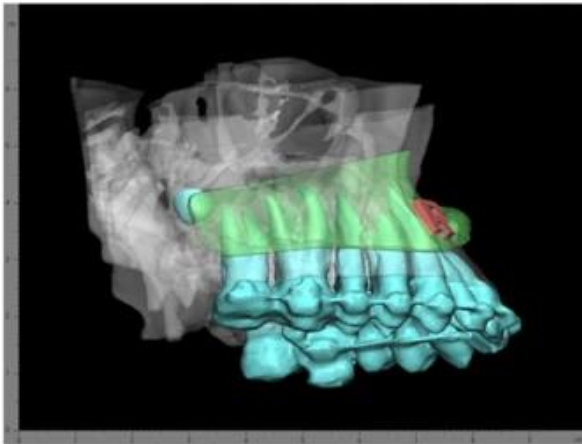
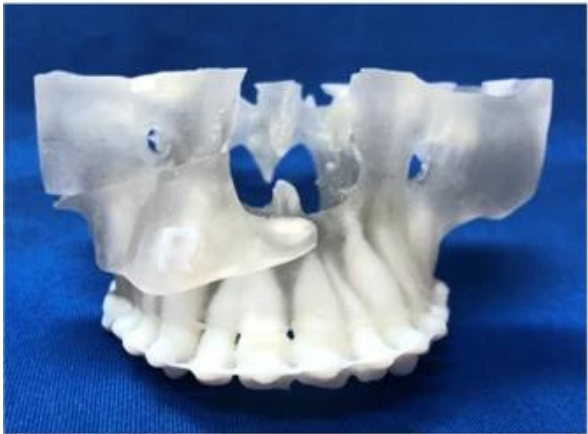
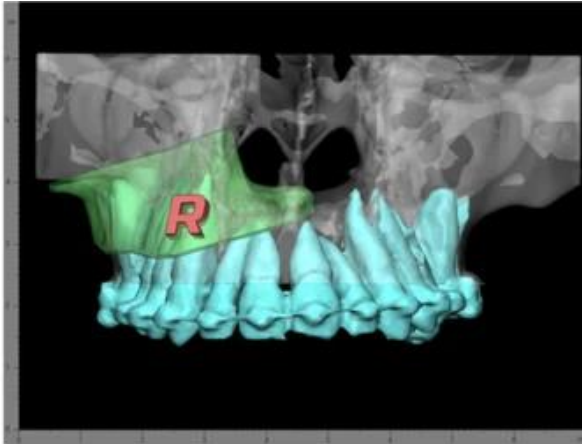
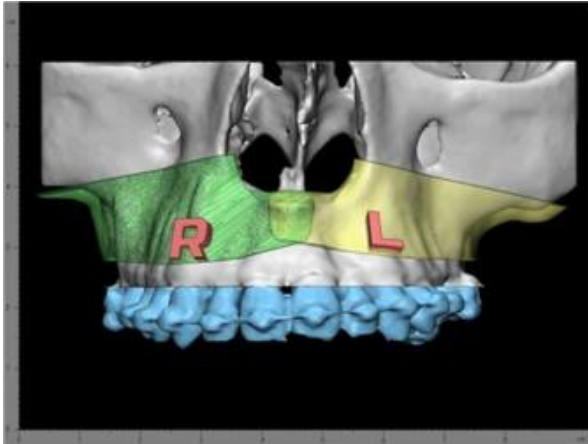
3Dテクノロジーの応用で診断と手術精度が飛躍的に向上
CAD/CAM VR技術 MR技術 の応用に最適な医療分野

3Dテクノロジーを用いた口腔顎顔面外科の手術支援



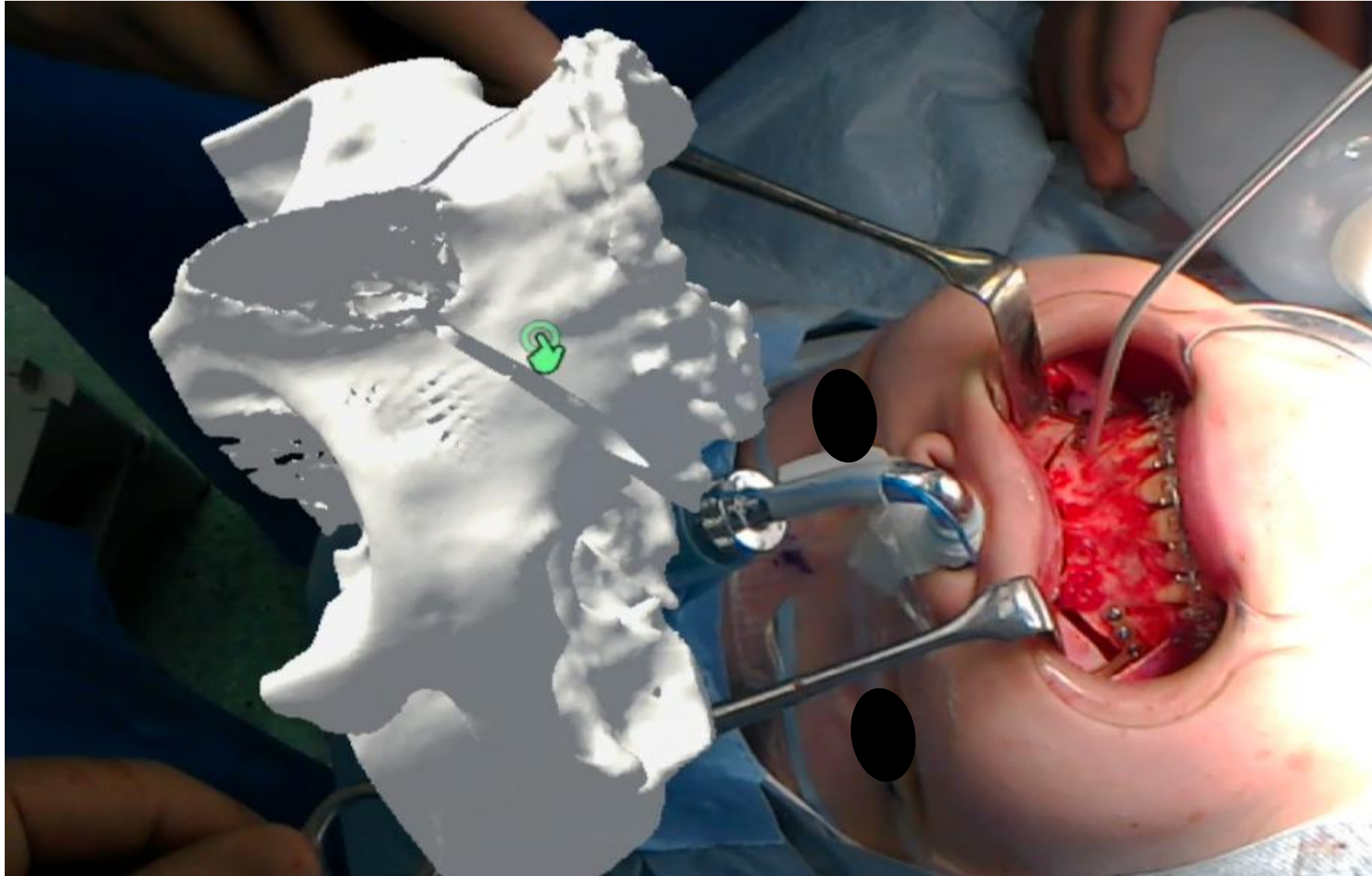
CAD/CAM支援手術

CAD・CAMにより作成したガイドプレートで
コンピューター上での手術シュミレーションを術野にそのまま反映できる

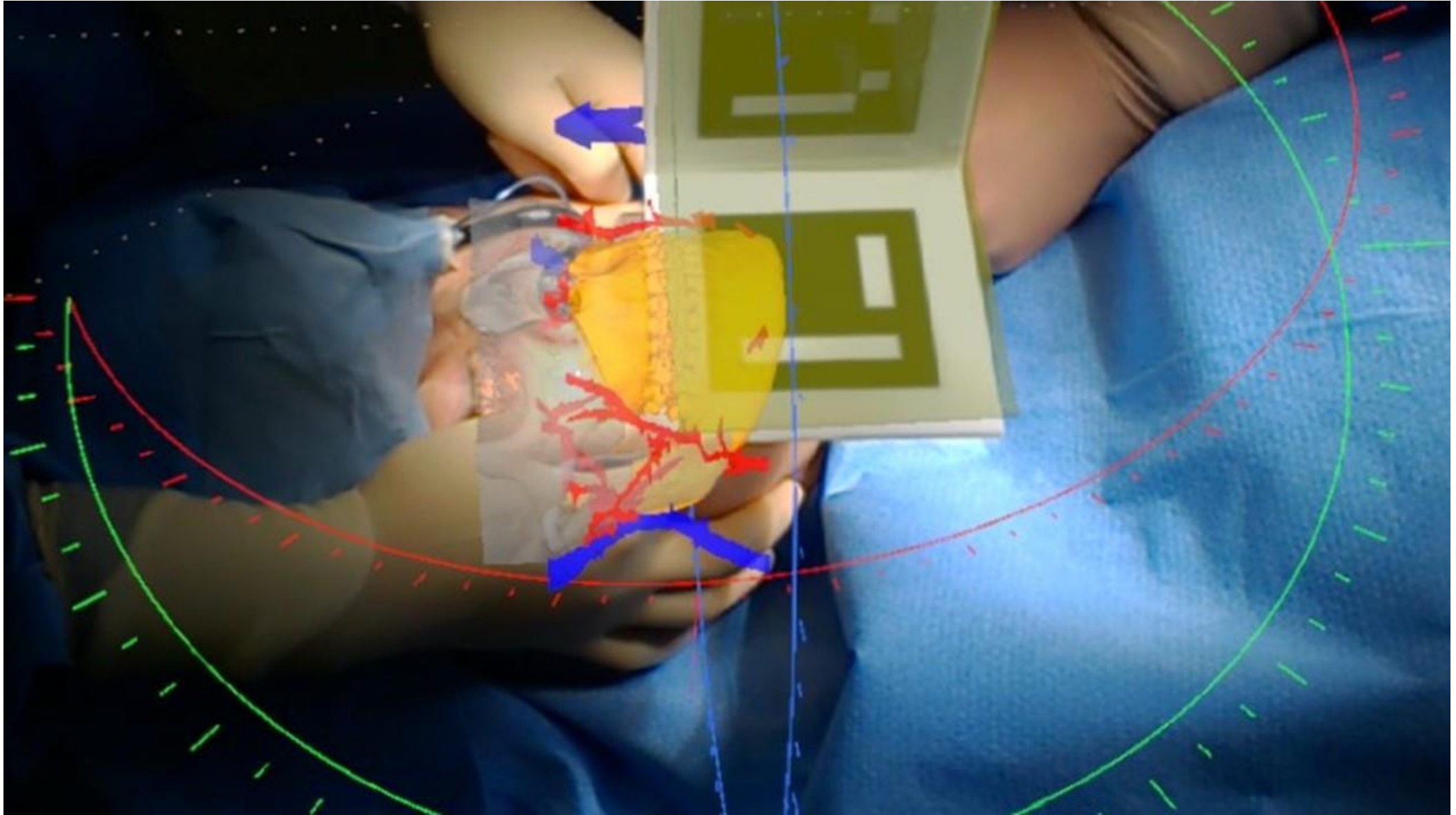


**ミリ単位で移動する骨切り手術の
手術精度が向上**

術者の目線

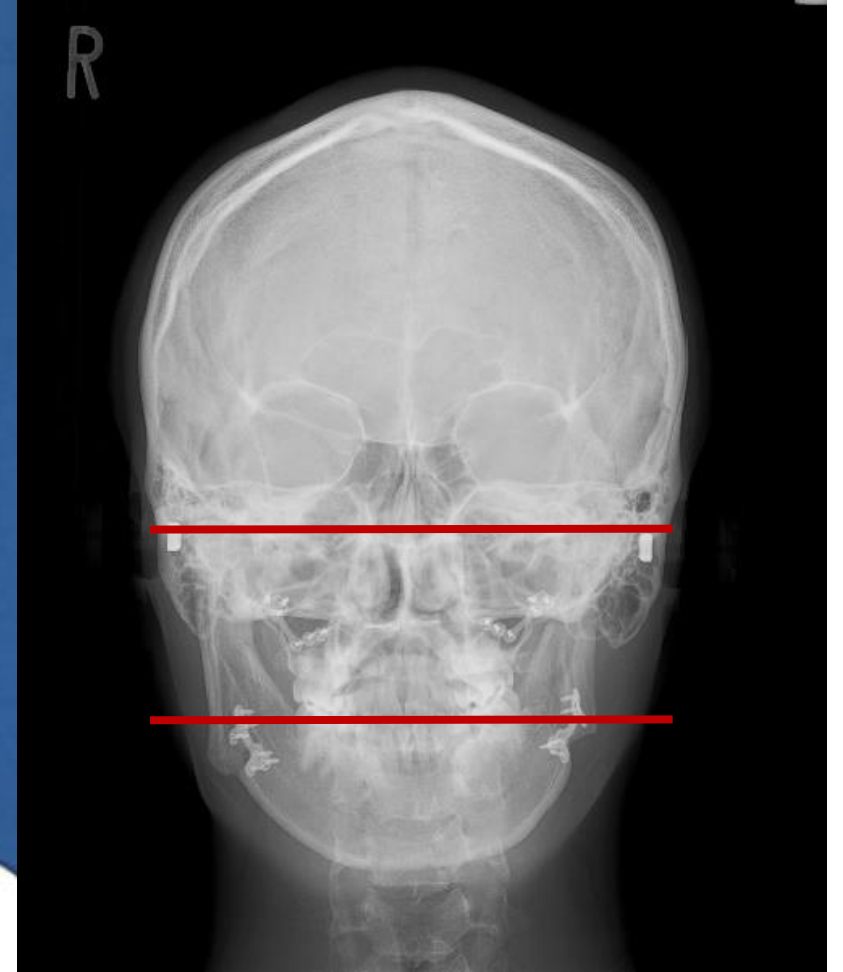
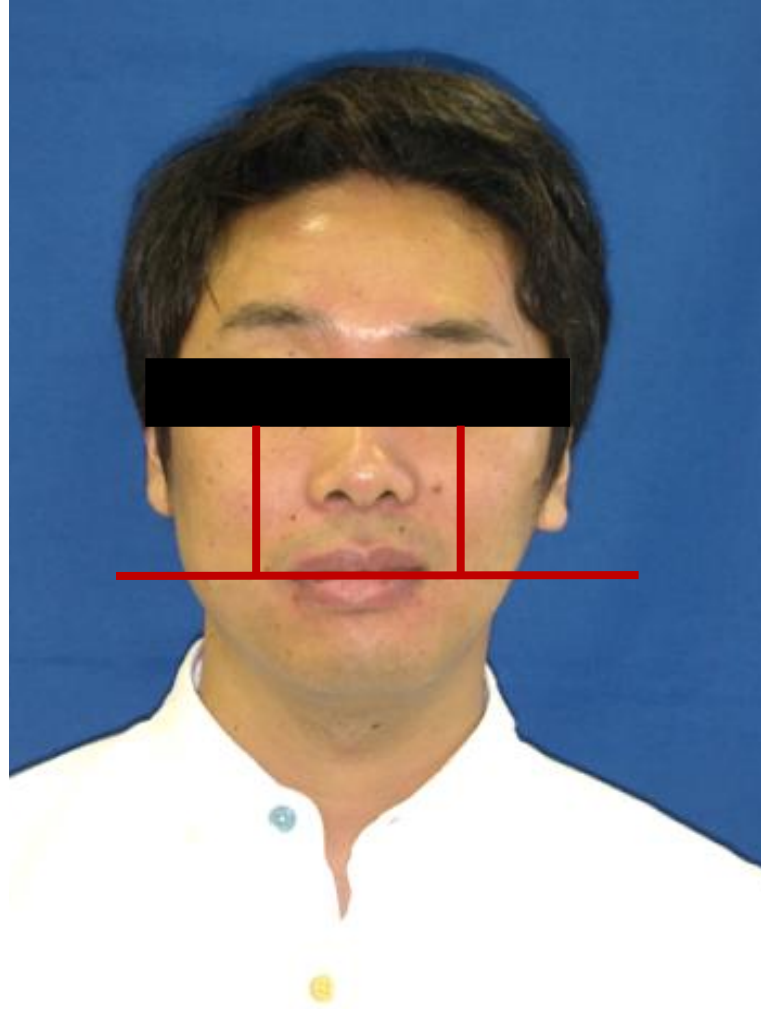
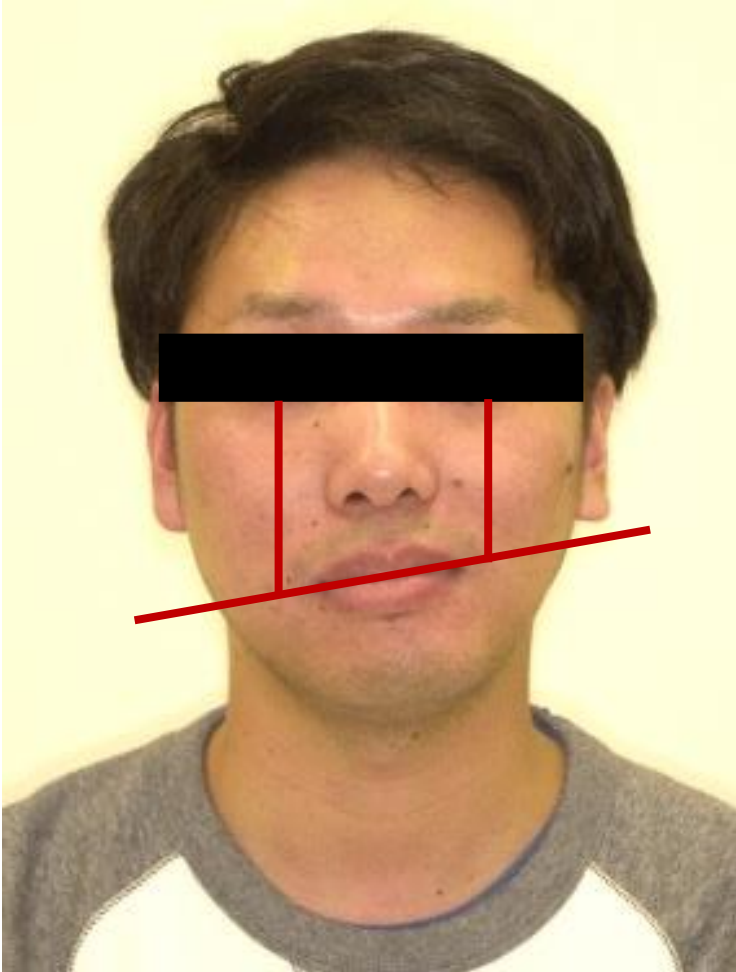


術者の目線



手術前

手術後



従来の石膏による3Dプリンタの造形モデル

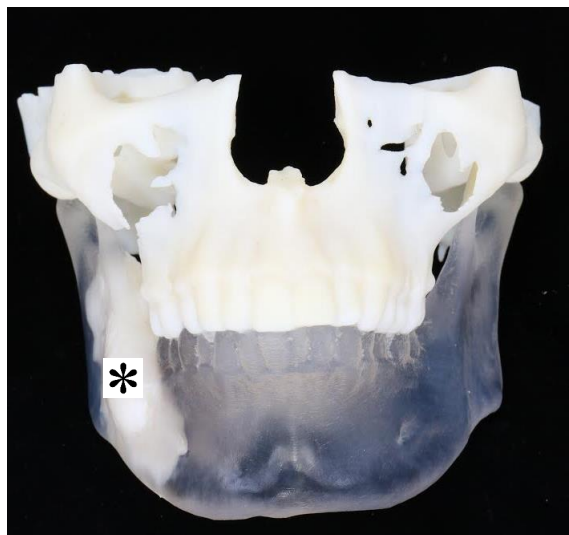


石膏3D模型は外形の把握はできるが、顎骨内は観察できない

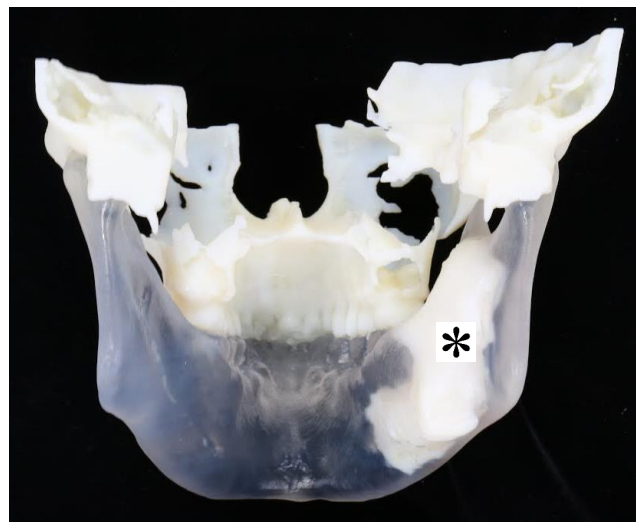
インクジェット3Dプリンタで作製した 内部の構造まで再現した造形モデル

下顎骨内にできた良性腫瘍

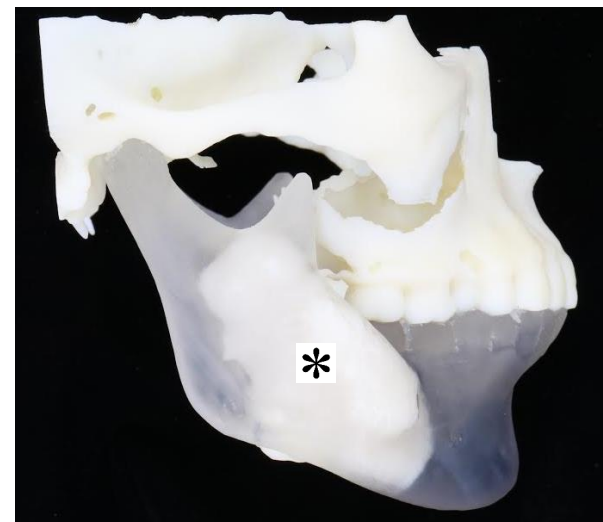
* 腫瘍



前から



後から

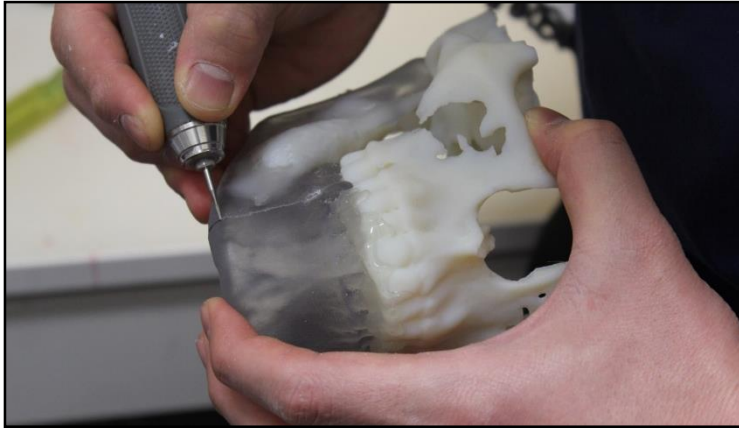


右側から

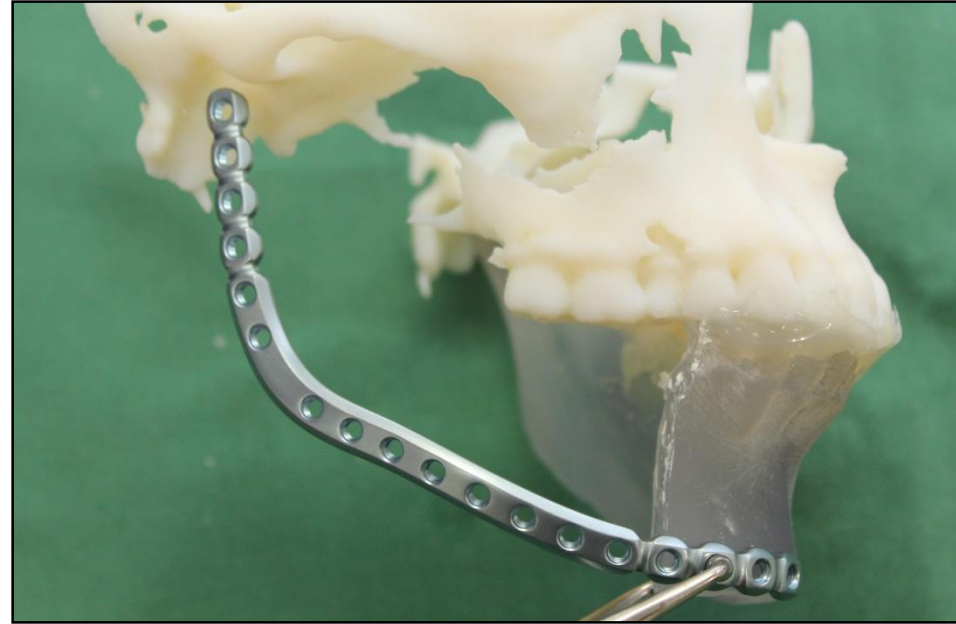
腫瘍と下顎管（血管・神経の通り道）の位置関係を確認するために
下顎骨を透明・上顎・腫瘍・下顎管を白色で作製

顎骨を取り出して直視下でどこからの方向からも病変を観察できる

造形モデルの手術への応用



模擬手術

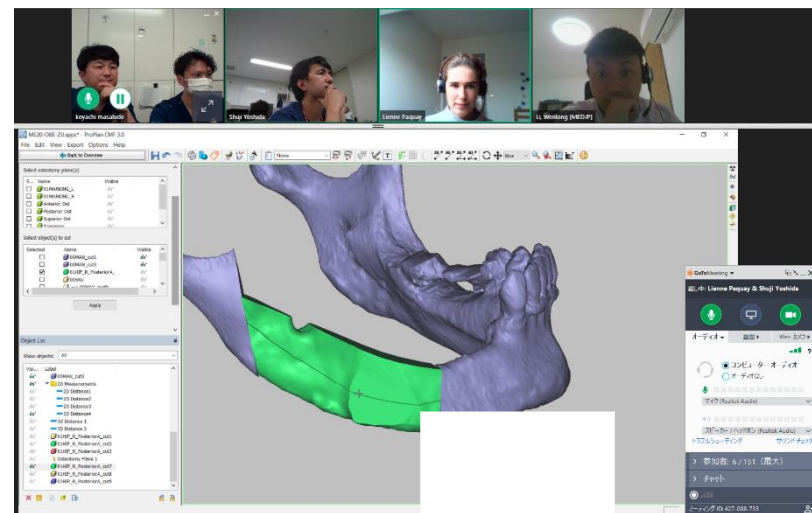


- ・ 造形モデル上でチタンプレートを本来の形態に合わせて予め屈曲しておくことで手術時間が短縮
- ・ 下顎骨の残せる範囲を直視して検討できる



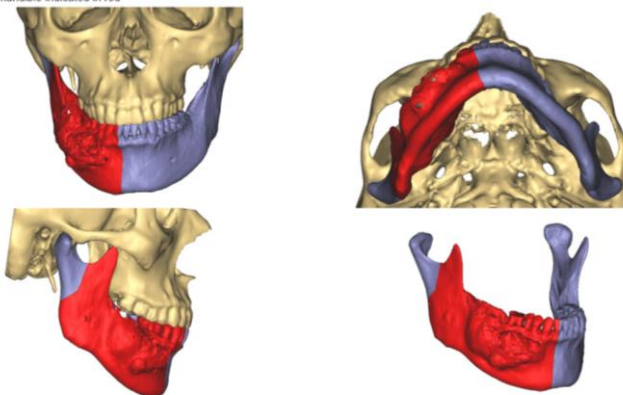
模型上で実際に再建用プレートを屈曲

顎骨再建オーダーメイドシステム (TruMatch Reconstructionシステム)



PROPLAN CMF®
Case ID: ME20-VIG-DUX
Case Report Version: 1.0
Page 4

Surgical Plan: Resection
Resected mandible indicated in red



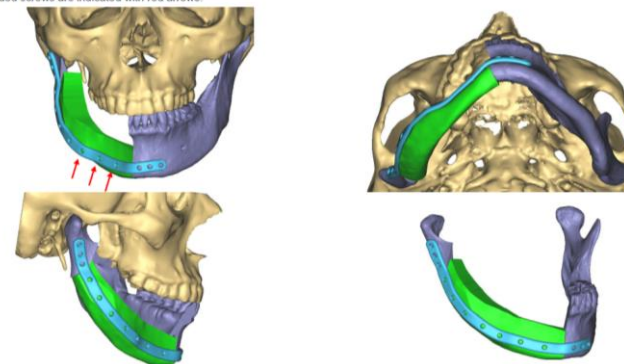
DePuySynthes

L-100835-03
CONFIDENTIAL

materialise
innovators you can count on

PROPLAN CMF®

Surgical Plan: Mandible Reconstruction with PSP Mandible
Non-Guided screws are indicated with red arrows.



DePuySynthes

materialise
innovators you can count on

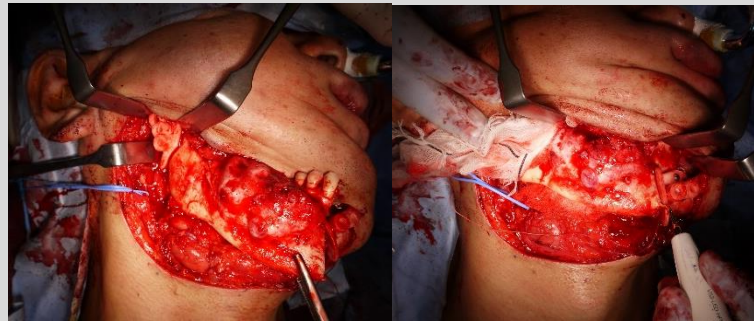
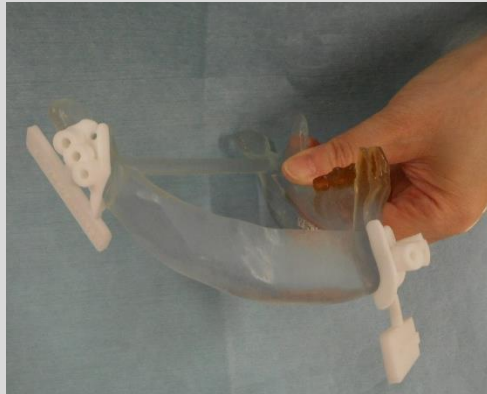
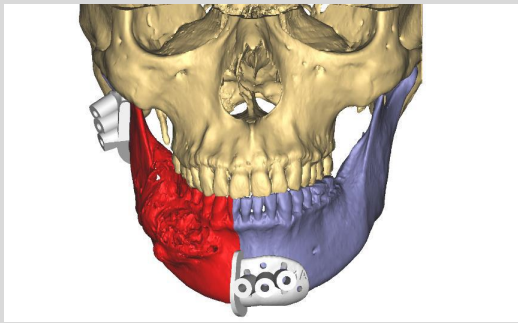
赤：切除範囲

緑：移植骨
水色：プレート

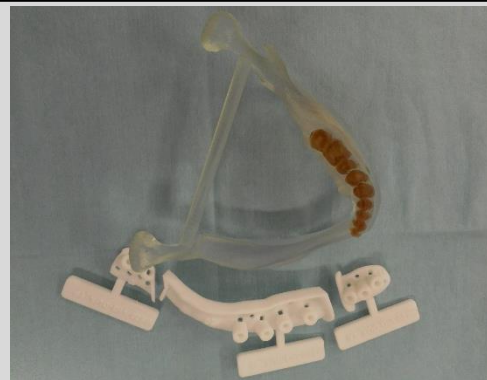
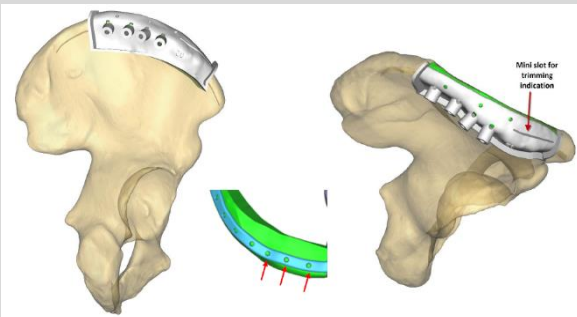
海外のエンジニアとオンラインで切除範囲・移植骨・再建プレートデザインをディスカッションしてオーダー

顎骨再建オーダーメイドシステムによる手術

下顎骨腫瘍の切除範囲とガイドの設計

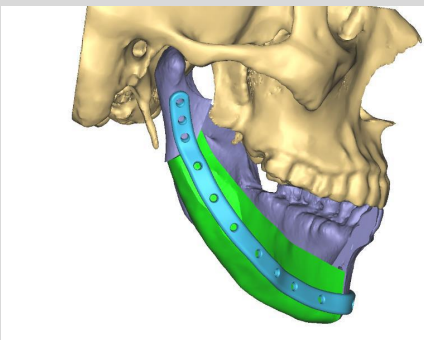


腸骨(腰骨)採取のガイドの設計



計画通りの手術
手術時間・出血量の減少
最小限の手術侵襲
本来の形態と機能の再現

金属プレート・スクリューホール設計



手術前



手術後



Extended Reality 手術支援



Extended Reality : XR

現実世界において実際には存在しないものを表現・体験できる技術

Extended Reality

Augmented Reality 拡張現実

現実世界（一部）に仮想
の情報を重ね合わせる



DRAGON QUEST WALK

Mixed Reality 複合現実

現実世界（視界前面）に
仮想の情報を重ね合わせる



Virtual Reality 仮想現実

現実世界は遮断し仮想
世界のみ描く



低い

没入感

高い

ヘッドマウントディスプレイ(HMD)

Mixed Reality 複合現実



HoloLens®



HoloLens2®

Virtual Reality 仮想現実



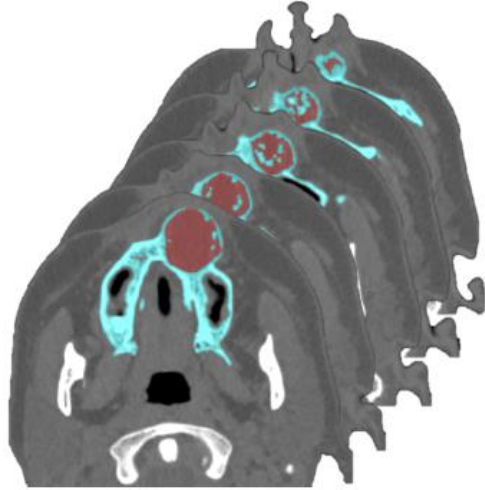
Oculus Quest®



Oculus Ques 2®

HMDを用いたXR支援手術の流れ

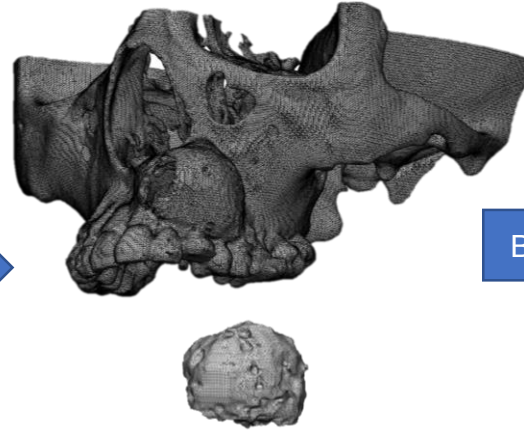
CT 画像取得



Segmentation

Export

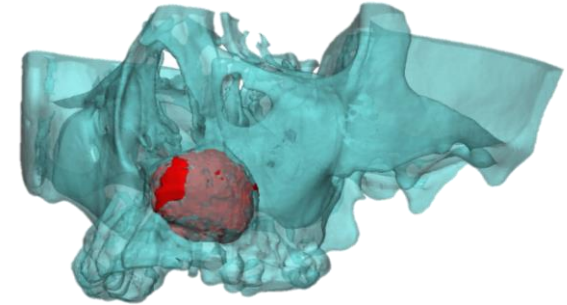
Data 解析



Polygon

Build

XR application 作製



HoloLens へアプリのインストール

Install

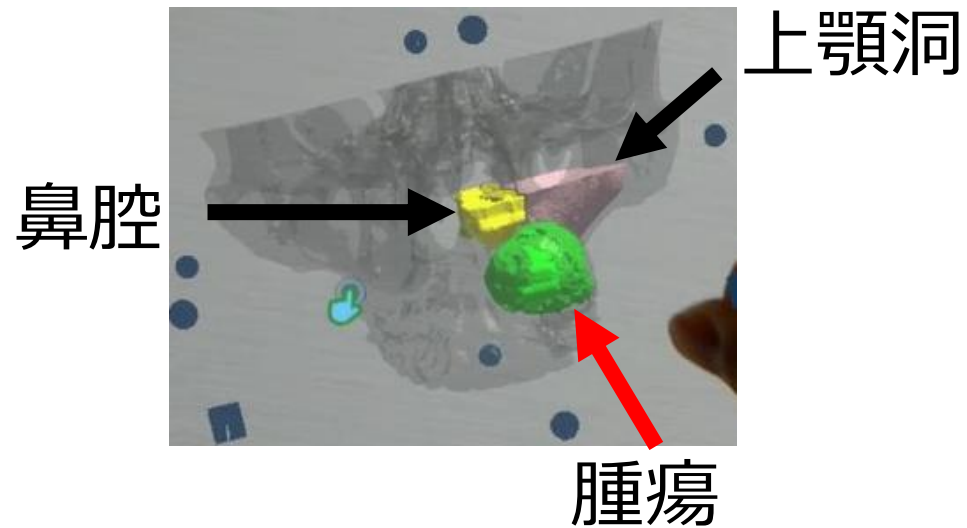


Operation

術中重ね合わせ



XR技術を用いた上顎骨内の腫瘍切除

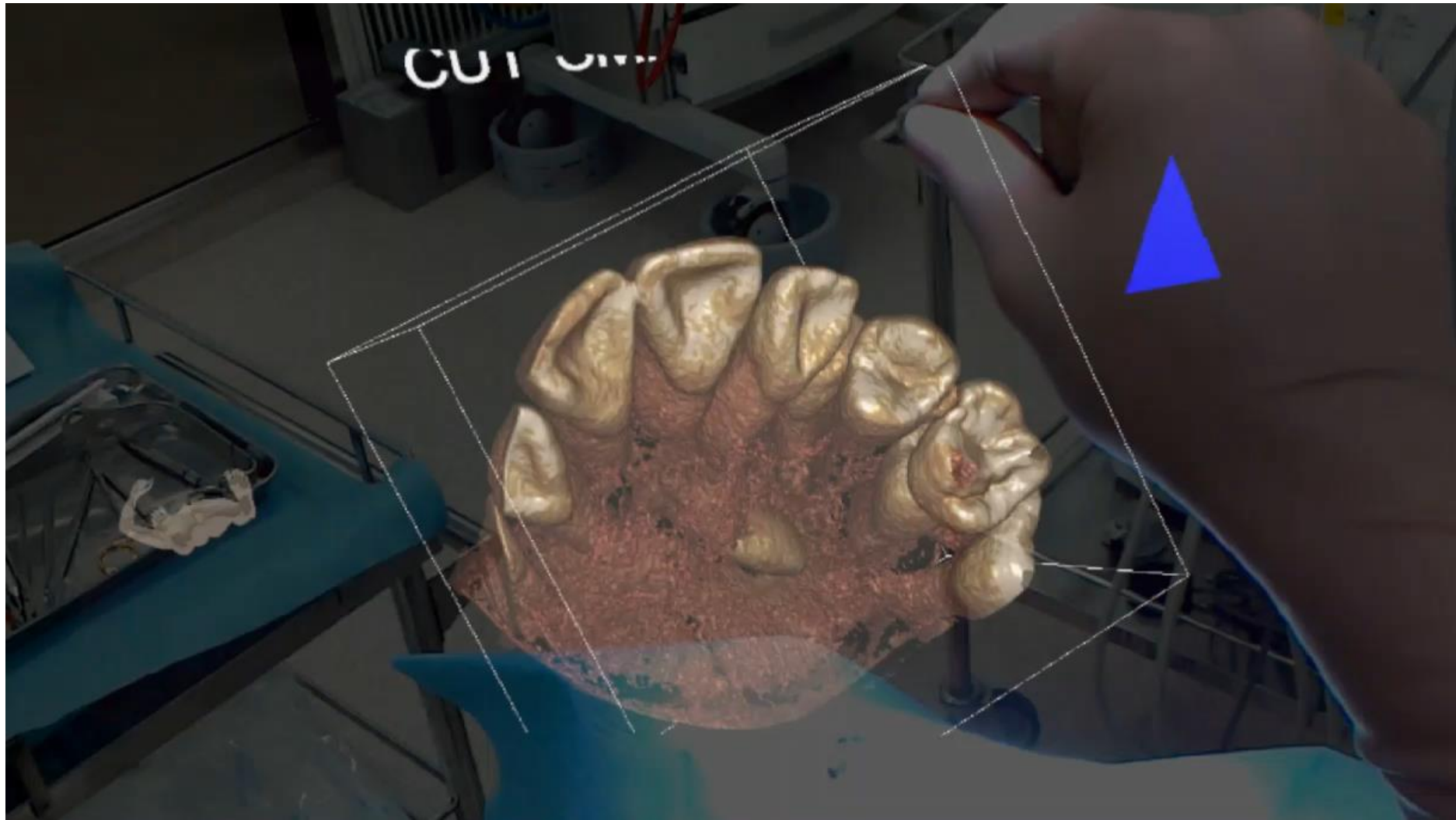


XR技術を用いた上顎の埋伏歯の抜歯

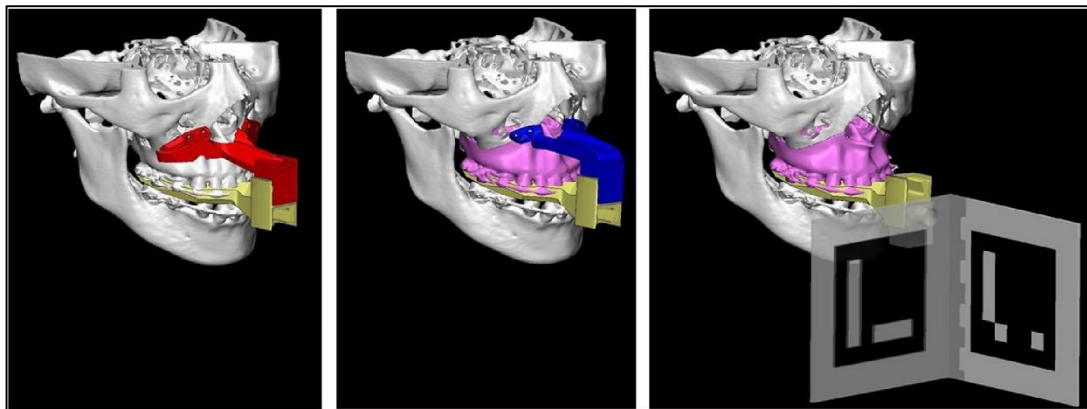


菅原圭亮，片倉朗：口腔顎顔面領域におけるデジタルファブリケーション～ 3Dプリンタ・Mixed Reality技術の応用～
日本歯科医師会雑誌，72(9)，31-39，2019年

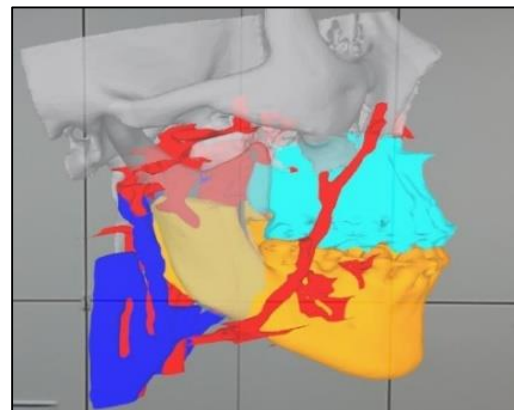
術者の目線



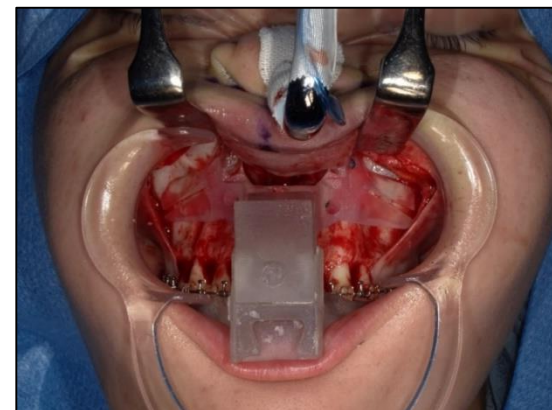
XRとCAD/CAMを併用した 顎変形症に対する上顎骨骨切り術



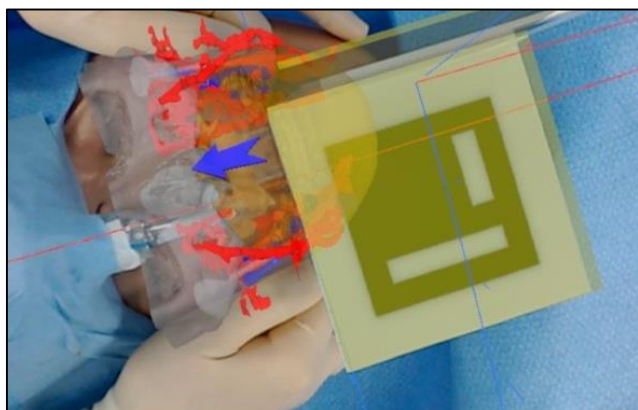
手術ガイドの設計・造形



ホログラムの作製



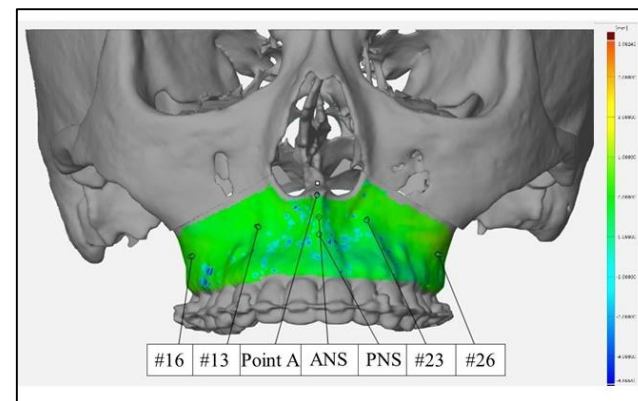
手術ガイドを用いた骨切り



重ね合わせ用マーカーにより
自動でデータを生体に重ね顎骨
の移動を確認



データを共有し同一のVRを観察しながら
手術を行うことが可能である。



ヴァーチャルオペレーションデータと
術後のCTデータを重ね合わせて評価
きわめて精緻な骨の移動を確実に再現

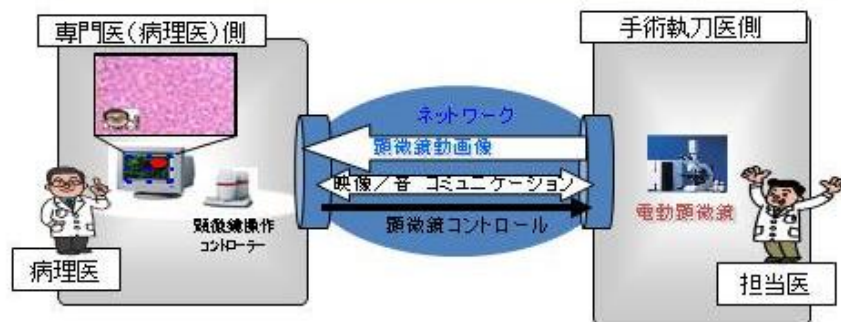
遠隔医療 × DX



遠隔医療

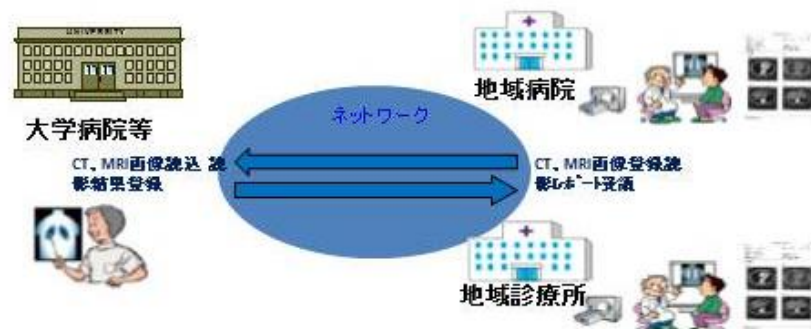
遠隔病理診断(テレパソロジー)

【概要】体組織の画像や顕微鏡の映像を送受信するなどし、遠隔地の医師が、特に手術中にリアルタイムに行う遠隔診断を行う。
【効果】リアルタイムで手術範囲の決定など専門医の判断を仰ぐことができる。



遠隔画像診断(テレラジオロジー)

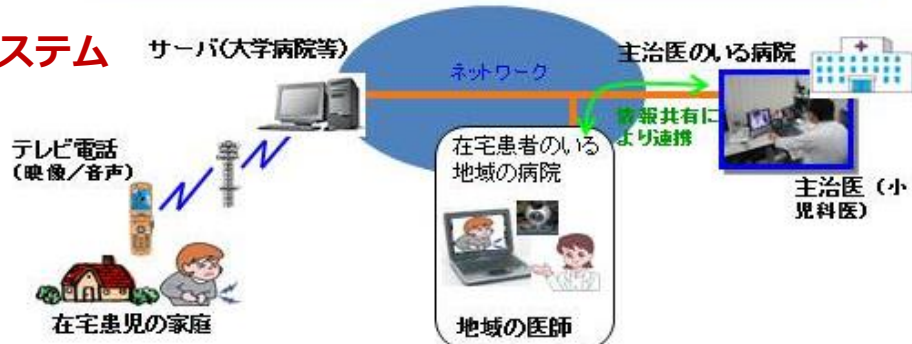
【概要】X線写真やMRI画像など、放射線科で使用する画像を通信で伝送し、遠隔地の専門医が診断を行う。
【効果】専門医による高度で専門的な診断を受けられる。



画像診断サービス

遠隔相談(テレコンサルテーション)

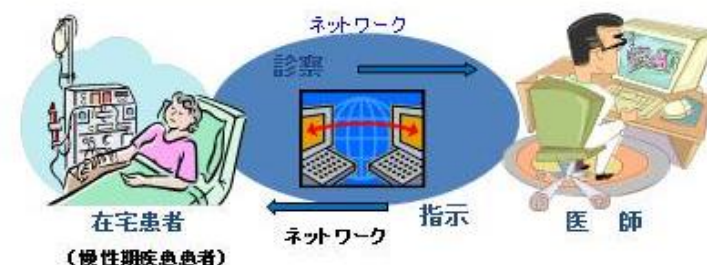
【概要】画像を見ながら遠隔地の医師との症例検討を行うなど、医師等に指導を行う。また、在宅の患者とのコミュニケーションを図る。
【効果】医療の地域間格差の解消、患者やその保護者などの安心感向上につながる。



口腔粘膜疾患の
ナビゲーションシステム

在宅医療(テレケア)

【概要】情報通信端末で測定した生体情報(体温、血圧、脈拍、尿糖値等)やテレビ電話等を通じ患者の映像・音声等を遠隔地の医師へネットワークを通じ送信し医師に対し有用な情報を提供。
【効果】交通インフラが不十分であったり、高齢化・過疎のため受診が困難な慢性期疾患患者に対する医療の提供が可能となる。



歯科 訪問・在宅診療
遠隔診療

海外からの遠隔医療



遠隔医療カンファレンス



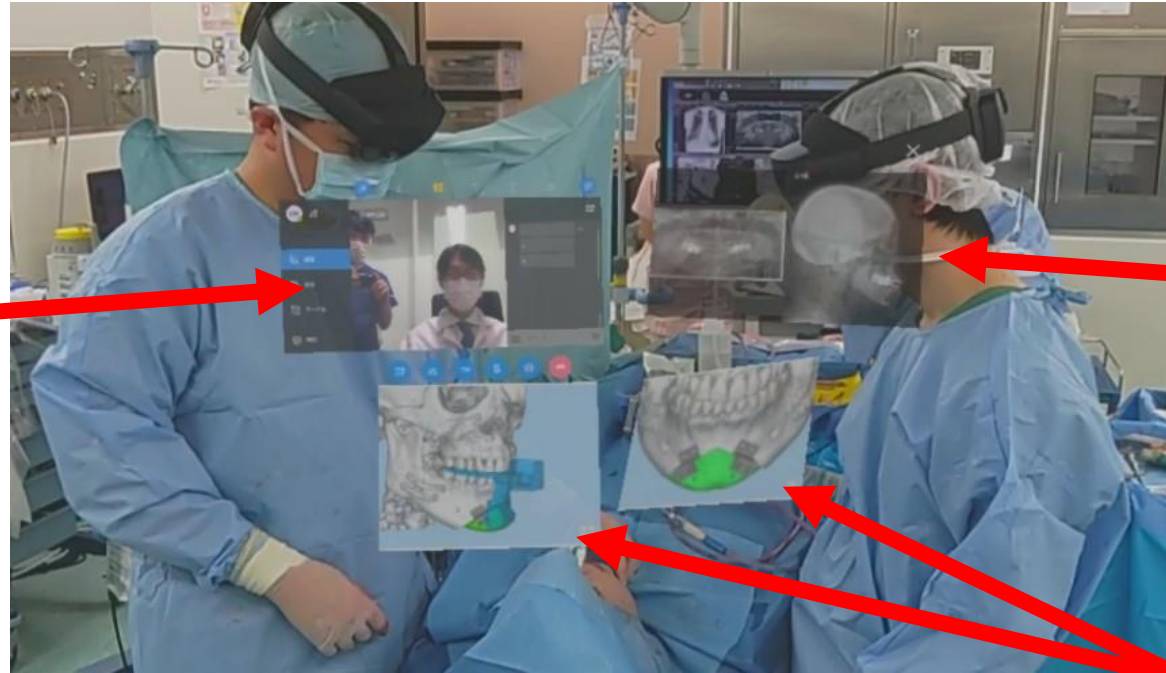
遠隔地歯科医師のアバター

docomo 5G OPEN LAB
Magic Leap 1

遠隔手術支援

この後に手術中のビデオが流れます

遠隔地 手術支援者
モニター



X線画像

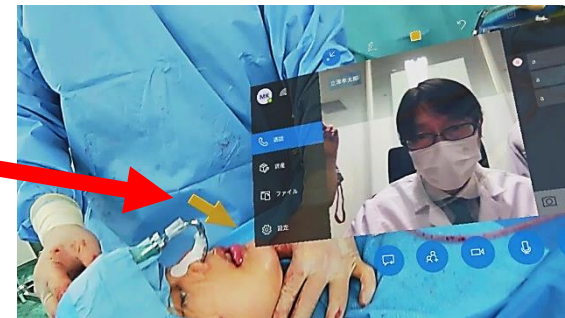
術中視野

術前ヴァーチャルオペレーション



遠隔地の口腔外科指導医

遠隔地歯科医師
がPC上で描いた
文字や矢印は
3次元空間に
固定される。



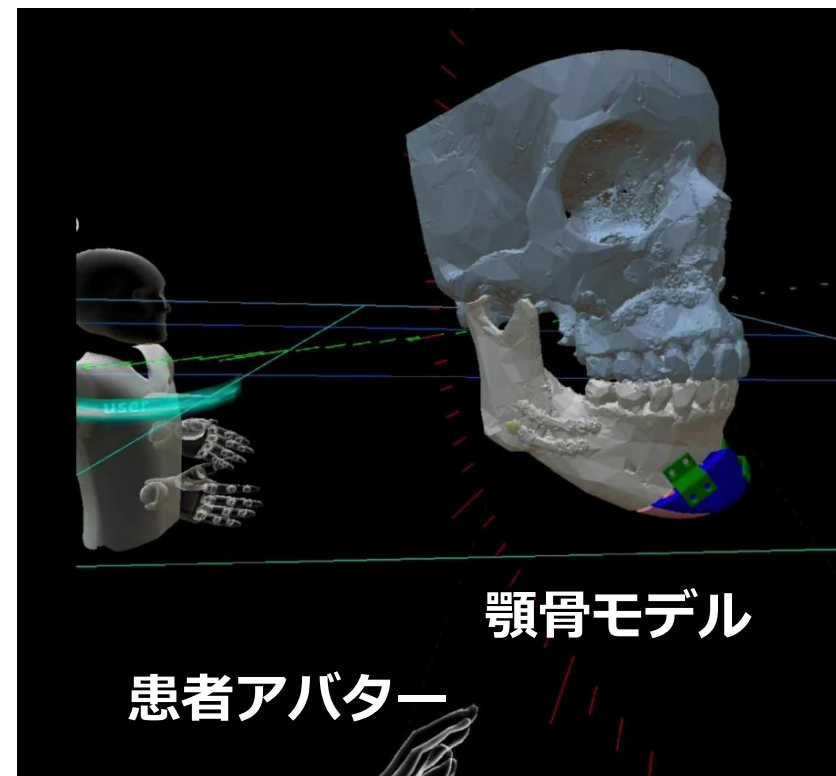
遠隔地の矯正科医

Dynamics 365 Remote Assist, HoloLens2, Microsoft

遠隔手術支援



患者さんの説明への応用



複雑な形態の顎口腔領域にできた病状の説明、治療方法の説明にきわめて有用
患者さんの理解度が向上 → 信頼関係の構築・治療への協力 に有用

Take-Home Message

- ✓ Society 5.0時代の中で歯科医療の分野も発展を目指して進んでいます
- ✓ 光学スキャナー、CAD/CAMの普及
 - 産業廃棄物の減少・レアメタルの消費低減・環境汚染の回避
- ✓ 3Dテクノロジーを利用した顎口腔領域の手術
- ✓ Extended Realityを応用した診療・手術支援
 - コンピューターでの手術シュミレーションをそのまま手術に再現
 - 手術時間の短縮 / 手術精度・安全性の向上
 - 遠隔診療・遠隔での手術への参加や支援
 - インフォームドコンセントの充実
 - 地域包括ケアシステムでの多職種連携のツール



Thank you!
katakura@tdc.ac.jp