

FDM方式3Dプリンタの 歯科口腔外科領域への応用と課題



○ 神尾 崇, 松本暢久, 林 宰央, 恩田健志
薬師寺孝, 高木多加志, 柴原孝彦, 澁井武夫*

東京歯科大学口腔顎顔面外科学講座, *東京歯科大学オーラルメディシン・口腔外科学講座

目的

医療分野において3Dプリント技術の発展は目覚ましい。歯科口腔外科領域においても実物大臓器立体モデル(以下、3Dモデル)の利用は増えている。今日、これらを患者説明、手術計画立案や実際の手術機器を用いた模擬手術、学生・研修医教育などに大いに活用している。一方、3Dモデルの利用機会増加は諸々のコスト増加を意味し、3Dモデル入手に至るコストの低減が喫緊の課題となっている。

我々は施設内にFDM※方式3Dプリンタを基幹とする3Dモデル作製環境を整備した。本発表では、これまで100例を超える作製経験を経て、一連の作製環境の概要、また低コストかつ迅速に供給しうる3Dモデル作製に向けた取り組みについて報告する。

※Fused Deposition Modeling: 熱溶解積層法

材料および方法 使用機材およびソフトウェア

ヒト乾燥下顎骨を試料としMDCT撮像を行い、Volume Extractor 3.0 と POLYGONAL meister を使用し、DICOM画像データから3D CADデータを作成した。その後、積層ピッチを0.2mm、0.3mm、0.4mm、0.5mmで設定した下顎骨3Dモデルをそれぞれ作製し、それら3Dモデルのリバーススキャンを経て、元データとする3D CADデータとの重ね合わせを行い、3Dプリンタで作製した各3Dモデルについて、造形条件と造形変形「設計データと比較し造形物に歪みがあるか否か?」について評価した。

[3Dプリンタ]
FDM方式3Dプリンタ **ValueMagiX MF-2000**(MUTOH)

[3D CADデータ処理システム]
汎用3次元画像処理システム **Volume Extractor 3.0**(i-Plants Systems)
ポリゴン編集ソフトウェア **POLYGONAL meister V2**(日本ユニシス・エクセリユーションズ)

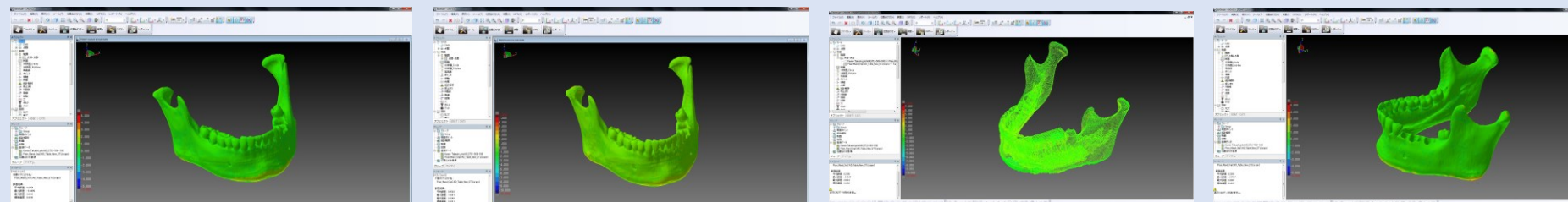
[3D CAD精度評価]
CADデータ検査システム **spGauge 2014.1**(Armonicos)

結果

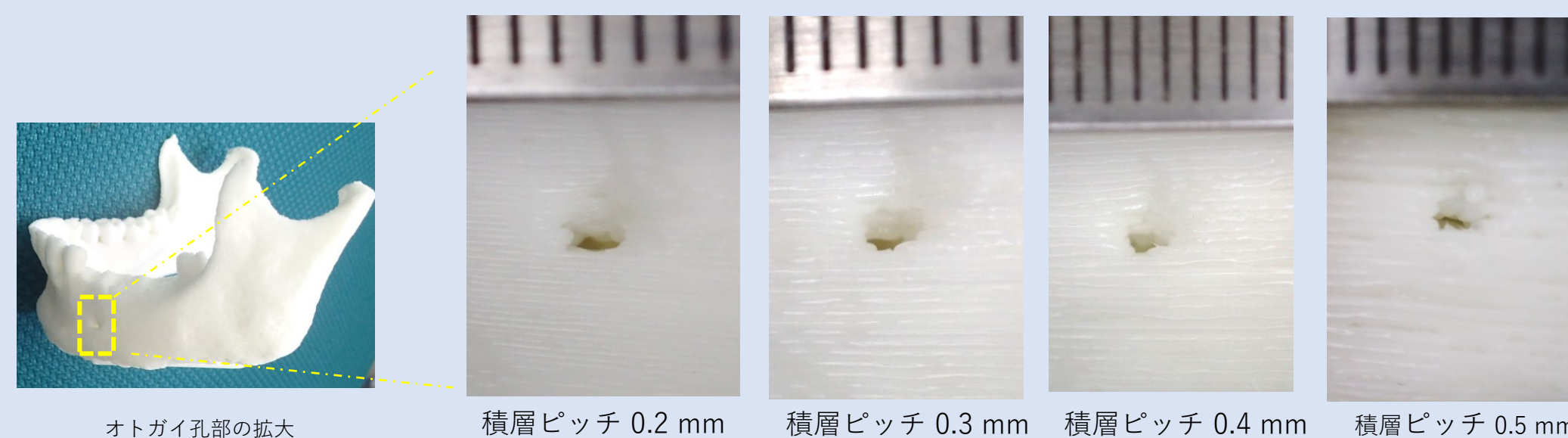
積層ピッチの増加により3Dモデル重量、造形時間は減少・低下する。しかしピッチ増加に伴う寸法精度に差異は認めなかった。

1) CADデータと各3Dモデルとの形状比較

積層ピッチ	0.2mm	0.3mm	0.4mm	0.5mm	
3Dプリント所要時間	4h37m	3h13m	2h33m	2h17m	
3Dモデル重量	51g	50g	49g	48g	
CADデータとの比較	平均誤差(mm)	0.42	0.31	0.28	0.45
	最小誤差(mm)	-3.68	-2.00	1.98	-3.71
	最大誤差(mm)	2.75	2.00	2.00	1.50
	標準偏差	0.72	0.46	0.39	0.74



2) 各3Dモデル表面性状の観察



考察

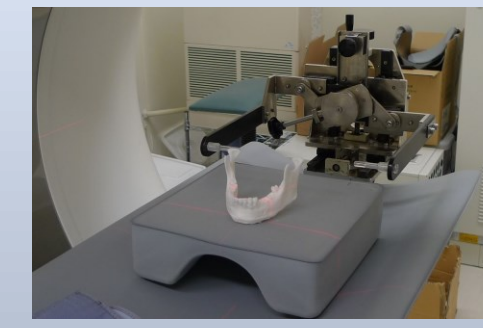
3Dプリンタ本体の価格や3Dモデル作製にかかるコストも避けては通れない大きな問題である。一括りに3Dプリンタと言っても、1台数万円~50万円程度で販売され、材料や加工精度をあまり気にしない個人やオフィス用途などで利用されるパーソナル3Dプリンタと、1台数千万円~1億円超で販売され、金属粉末や樹脂、セラミクスなどを高精度で造形できる工業用途向けのプロフェッショナル3Dプリンタなど様々な機種が存在する。

手術シミュレーションやトレーニングなど3Dモデルが活躍する場は多い。本結果からは積層ピッチの高低に依らず、その寸法精度に差異は無いと考えられた。このことはさらなる造形時間短縮、造形コスト低減に繋がると言える。プロフェッショナル3Dプリンタと比較し造形コストが安価、かつ機器維持費も安価なFDM方式3Dプリンタは、より多くのニーズに応えることを可能にし歯科口腔外科臨床に新たな展開を見出すことが出来る。しかしながら、3Dプリンタを導入しても直ちに使えるわけではない。造形対象とする患者個々で異なる病態を忠実に再現するために、解剖学や手術に対する理解をはじめ、各種画像検査モダリティへの理解、各種ソフトウェア操作の習熟などが必要となる。作製に際し多くの手間や時間を要することを考えると、専門のラボに依頼する方が適当と思われる場面も少なくはないと考える。

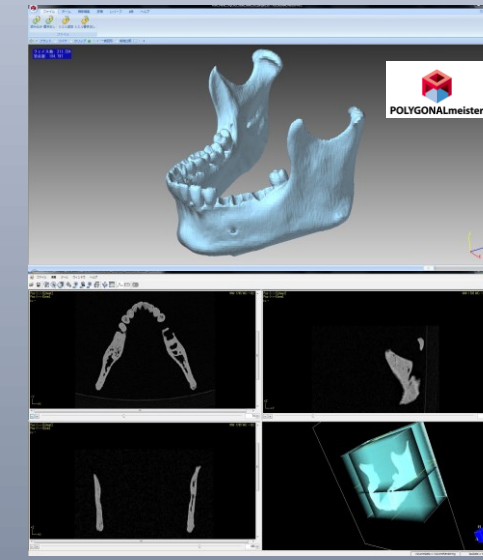
歯科口腔外科領域において、歯科補綴物によるアーチファクト、中でも金属アーチファクトやビームハードニング、の多寡は3D CADデータの設計を左右する。今回用いたソフトウェア群は、このようなアーチファクト、言わば画面上のノイズを減らすことを可能にする。しかし限界もあり、その除去により形態を作為的に変化させてしまう可能性がある。将来、歯列3Dスキャナによるデータとの融合がより簡便に出来るようになれば、更なる高精細3Dモデルの作製がより容易となるであろう。

結語

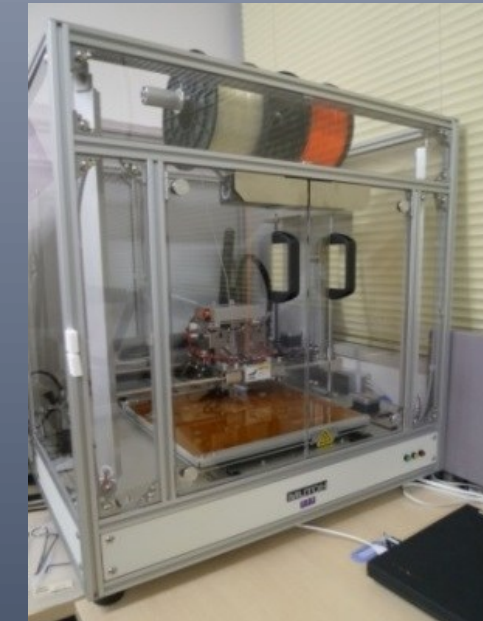
本結果から、積層ピッチの調整により造形材料使用量の低減=作製コストの低減を図ることができると考えられる。今後、歯科口腔外科領域の様々な用途での3Dモデルの利用は増えてゆくと思われるが、低コスト3Dモデルを作製しうるFDM方式3Dプリンタはその一旦を担えるものと期待する。



①試料のMDCT撮像
SOMATOM Definition AS64
(Siemens)



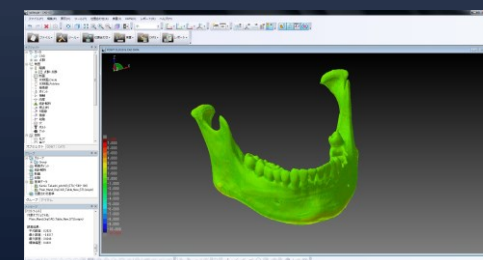
②3D CADデータ構築
Volume Extractor 3.0
(i-Plants Systems)
+
POLYGONAL meister V2
(UEL Corp.)



③3Dモデル作製
ValueMagiX MF-2000
(MUTOH)



④リバーススキャン
SOMATOM Definition AS64
(Siemens)

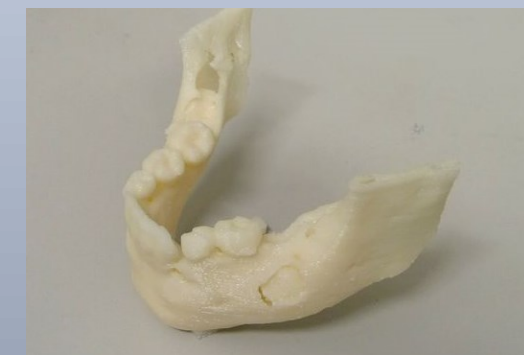


⑤重ね合わせと評価
spGauge 2014.1
(Armonicos)

CADデータ作成~3Dモデル作製~評価の流れ



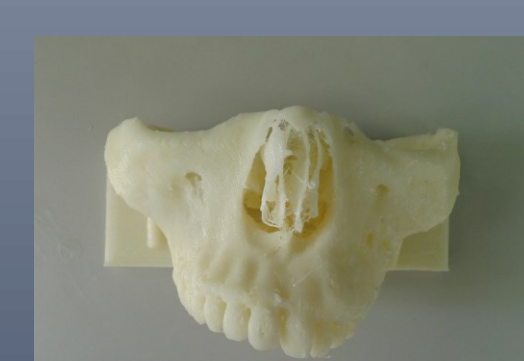
上顎歯根嚢胞



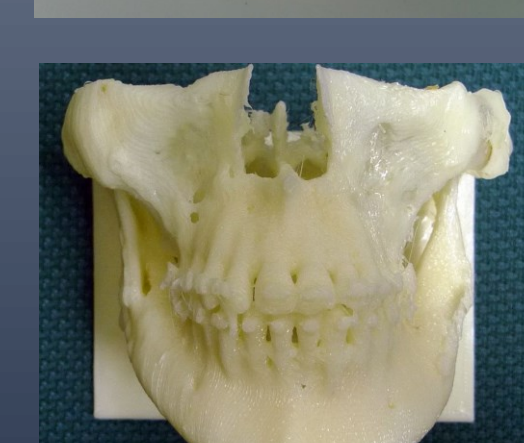
下顎第一大臼歯埋伏



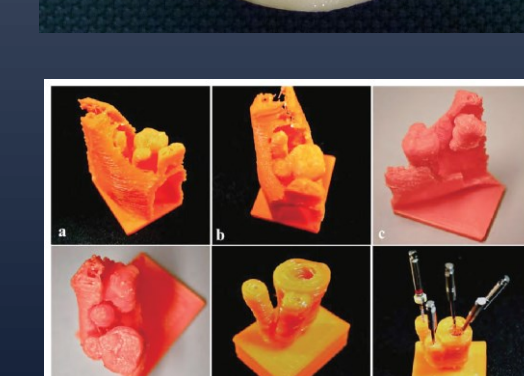
(二次再建術前評価)



上顎歯原性腫瘍



顎変形症



過剰歯癒着と臼歯癒着を伴う下顎第二大臼歯 [文献2]

3Dモデル作製例

文献

- 1) 神尾 崇, 高木多加志: 3Dプリンタの口腔外科への応用. 別冊the Quintessence 一般臨床家, 口腔外科医のための口腔外科ハンドマニュアル'16, p195-203, クインテッセンス出版, 東京, 2016.
- 2) Kato H & Kamio T: Diagnosis and endodontic management of a fused mandibular second molar and a paramolar with a concret supernumerary tooth using Cone-beam CT and 3D printing technology: A case report. Bull Tokyo Dent Coll, 56: 177-184, 2015.
- 3) 加藤広之, 神尾 崇: 3Dプリント技術の外科的歯内治療マネージメントへの活用. 日歯内療誌, 37:97-105, 2016.