

# 低価格帯3Dプリンターによる 実物大臓器立体モデルの作製とその利用

徳島県立中央病院 医療技術局 放射線技術科

○山岡哲也 原美伸 原田英三 高開広幸

# 背景・目的

マルチスライスCTの普及により、3D-VolumeDataと3Dプリンターで作製された実物大臓器立体モデル(以下立体モデル)が、手術前シミュレーション、患者説明などに用いられるようになった。

しかしながら、業務用3Dプリンターの導入には多額のコストを要すること、また、立体モデル作製を外注した場合にも高額な費用負担や作製期間にある程度の日数を要することなどが立体モデルを作製する上での懸念であった。

近年になり、低価格帯3Dプリンターが発売され、容易に購入できるようになったことで、低コストでの作製が可能となった。当院においても、従来よりおこなっていた3D画像による手術支援に加え、低価格3Dプリンター導入、立体モデルの作製、ならびにそれらの手術支援を目的とした利用を検討した。

# 使用機器

## CT装置

Philips Brilliance iCT

## 3Dワークステーション

AMIN ZIO STATION2 Ver.2.2.0a

## 3Dプリンター

XYZprinting DaVinci 1.0A

## スライスソフト

XYZprinting XYZware 2.1.13.1

# CT撮影条件

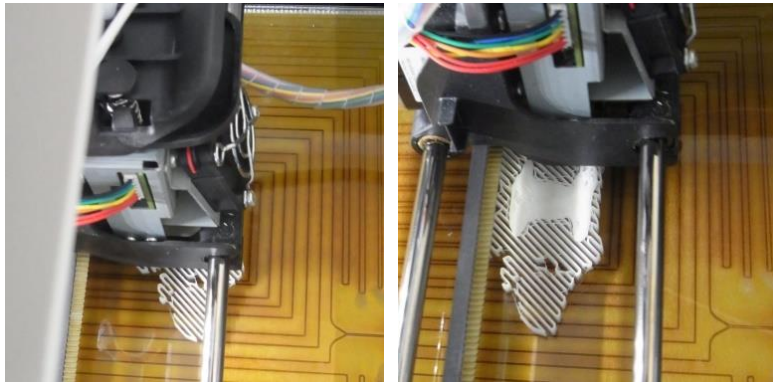
- 管電圧 120KV
- mAs 150~250mAs
- Rotation-time 0.5sec
- 再構成filter Standard(B)
- slice厚 1mm
- 再構成pitch 1mm

# 3Dプリンター選定条件

- 低価格帯(10万円以下)であること
- 操作・メンテナンスが簡単であること
- ユーザーが多く、稼働実績があること
- ネット上の情報が豊富であること

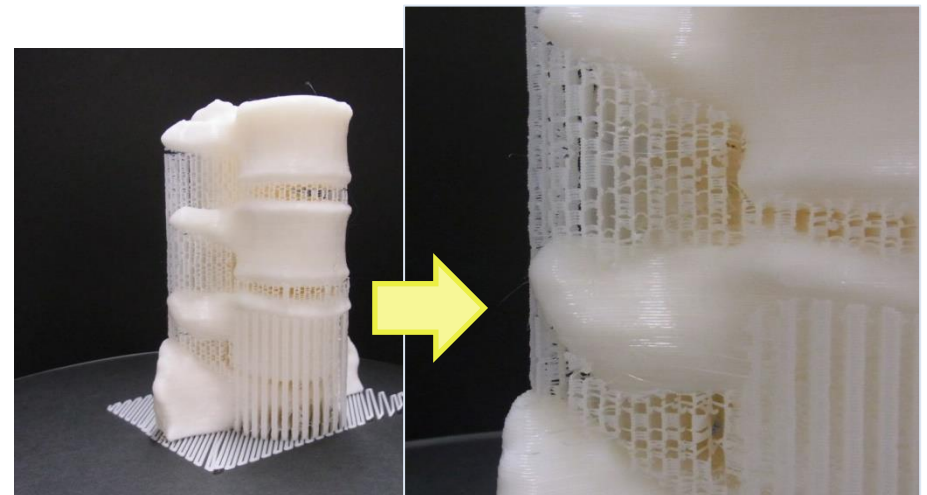
# 3Dプリンターについて

- 単色印刷
- プリント方式  
熱溶解樹脂積層 (FFF:Fused Filament Fabrication) 方式
- 積層ピッチ  
0.1~0.4mm

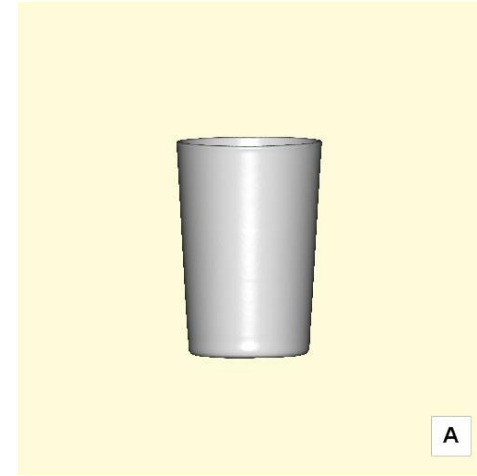
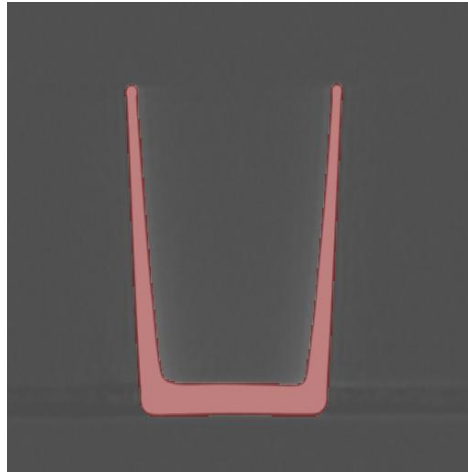


熱で溶かした樹脂を積層ピッチの厚みで重ねていく

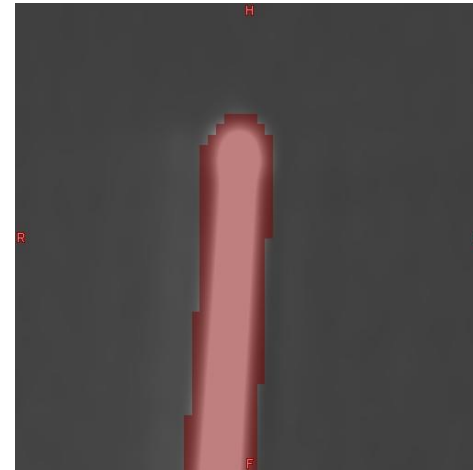
横に突き出たような構造はそのままでは作製できないため、サポートという構造物で支える。



# 3Dプリンター作製精度



	外径	全高
コップ(オリジナル)	61.7mm	90.8mm
3Dモデル(コピー)	63.1mm	92.3mm
誤差	+2.2%	+1.7%



約2pixel  
 $200/512 \times 2$   
 $= 0.78\text{mm}$

# 作製部位決定条件

- 立体モデル抽出の容易な骨部であること。
- 3Dプリンターで作製可能な大きさであること。  
(20×20×20cm)
- できれば診療報酬請求可能であること。
- 手術前シミュレーションに利用可能であること。

以上を考慮し、整形外科医と協議



# 診療報酬・手術実績（一部抜粋）

- K239 画像等手術支援加算      2 実物大臓器立体モデルによるもの

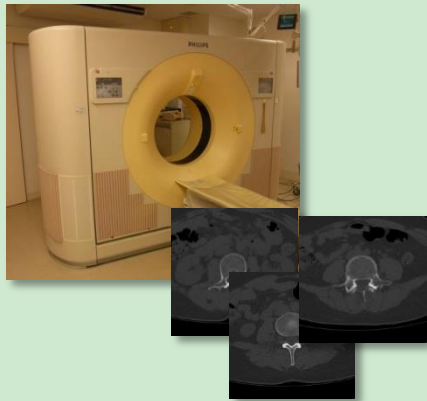
部位	区分	名称	手術実施件数 (平成27年4月～ 平成28年3月)	
四肢骨	K055-2	大腿骨頭回転骨切り術	0	
	3	大腿骨近位部骨切り術	0	
脊柱	K136	脊椎、骨盤悪性腫瘍手術	1	
骨盤	K142	脊椎固定術、椎弓切除術、椎弓形成術	6 椎弓形成 49	
	K142-2	脊椎側弯症手術	1 固定術	0
			2 矯正術	
			イ)初回挿入	0
			ロ)交換術	0
			ハ)伸展術	0
頭蓋	K151-2	広範囲頭蓋底腫瘍切除・再建術	0	
	K162	頭皮、頭蓋骨悪性腫瘍手術	頭皮	0
			頭蓋骨	0
	K180	頭蓋骨形成術	1 頭蓋骨のみのもの	1
			2 硬膜形成を伴うもの	3
3 骨移植を伴うもの			0	

# 作製部位決定

- 頸椎 (椎弓形成術 術前シミュレーション用)  
診療報酬請求可
- 腰椎 (後方固定術 術前シミュレーション用)  
診療報酬請求不可

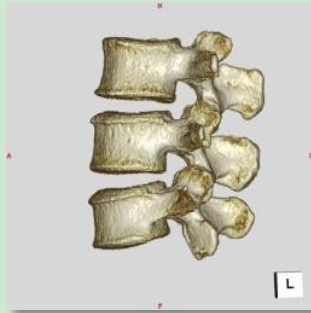
# 作製のながれ

CT装置



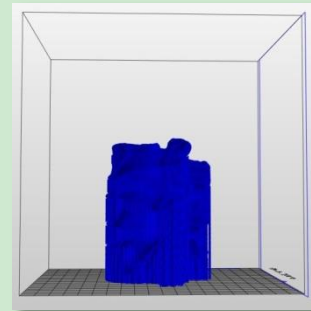
DICOM画像

3DWS



VR→STL

PC



STL→3W

3Dプリンター

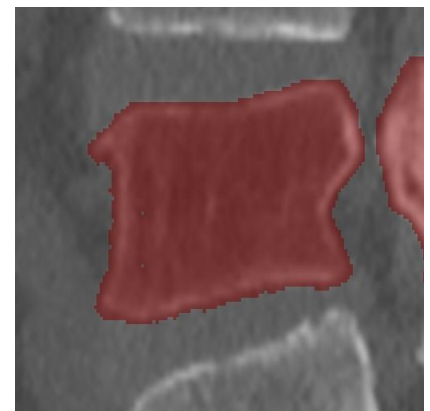
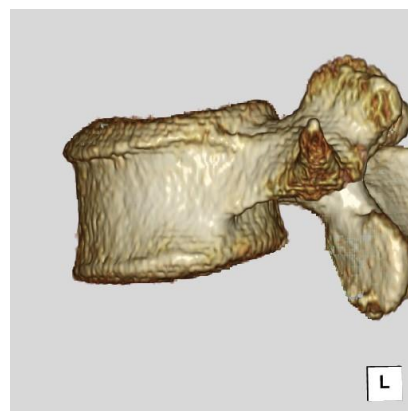
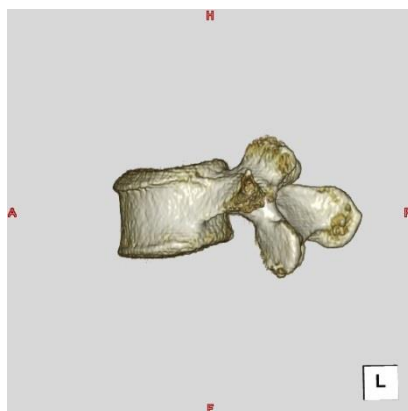
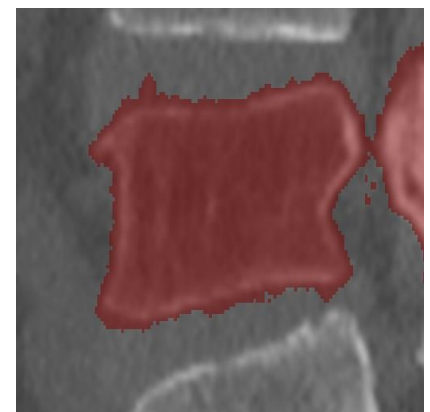
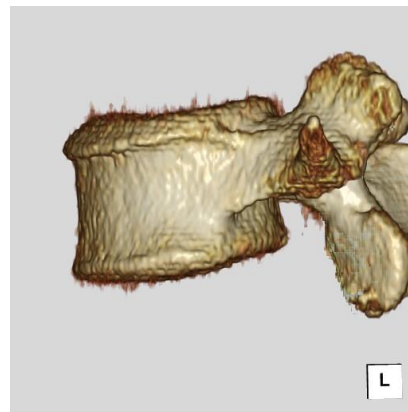
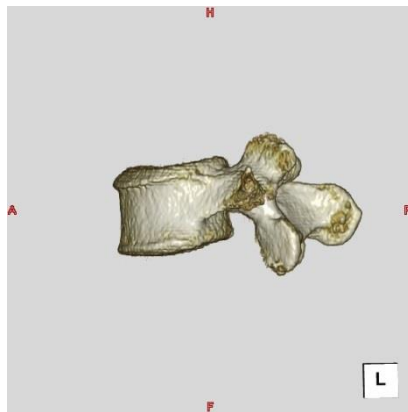


立体モデル

STL: Standard Triangulated Language

# 3DWSの抽出処理

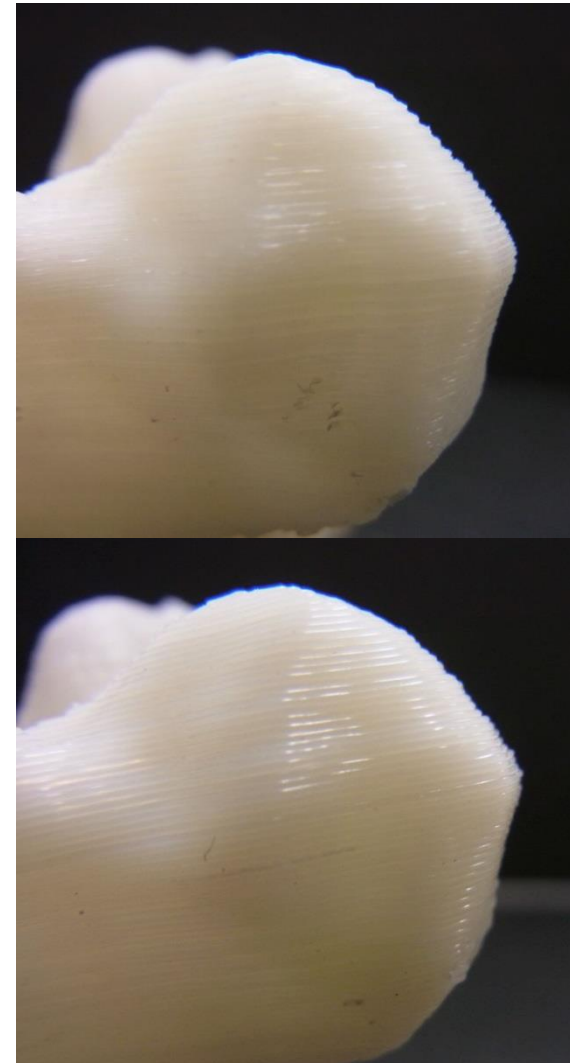
- 画像処理の影響による立体モデル完成度の差



# PCによる作製パラメータ

- 積層ピッチの設定

	積層ピッチ	作成時間
頸椎 (C2~C7)	0.1	19時間10分
	0.2	11時間23分
	<b>0.3</b>	<b>8時間15分</b>
	0.4	6時間42分
腰椎 (L3~L5)	0.1	22時間29分
	0.2	12時間26分
	<b>0.3</b>	<b>8時間59分</b>
	0.4	7時間19分

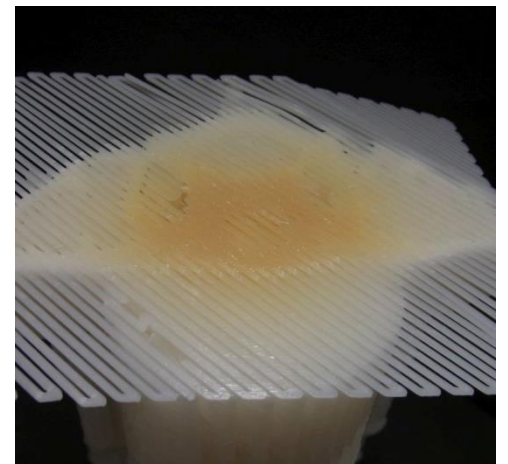
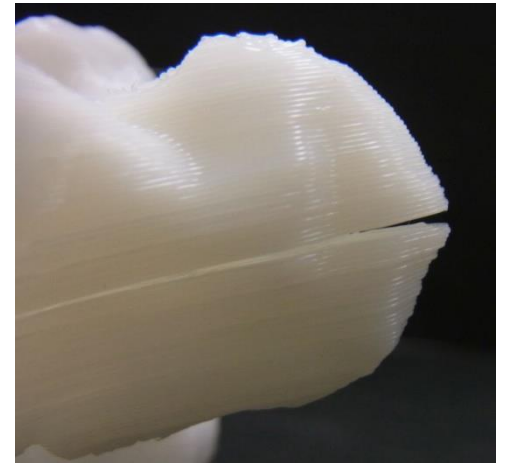


0.1mm

0.3mm

# 3Dプリンター作製の問題点

- ハイスペック機に比べ、精細度が劣る。
- 長時間の作製では樹脂の縮みによる隙間が生じる。
- 接地面の大きな作製物では、接地面の焦げ付きが発生する。



# 作製方法(頤椎・椎弓形成術)

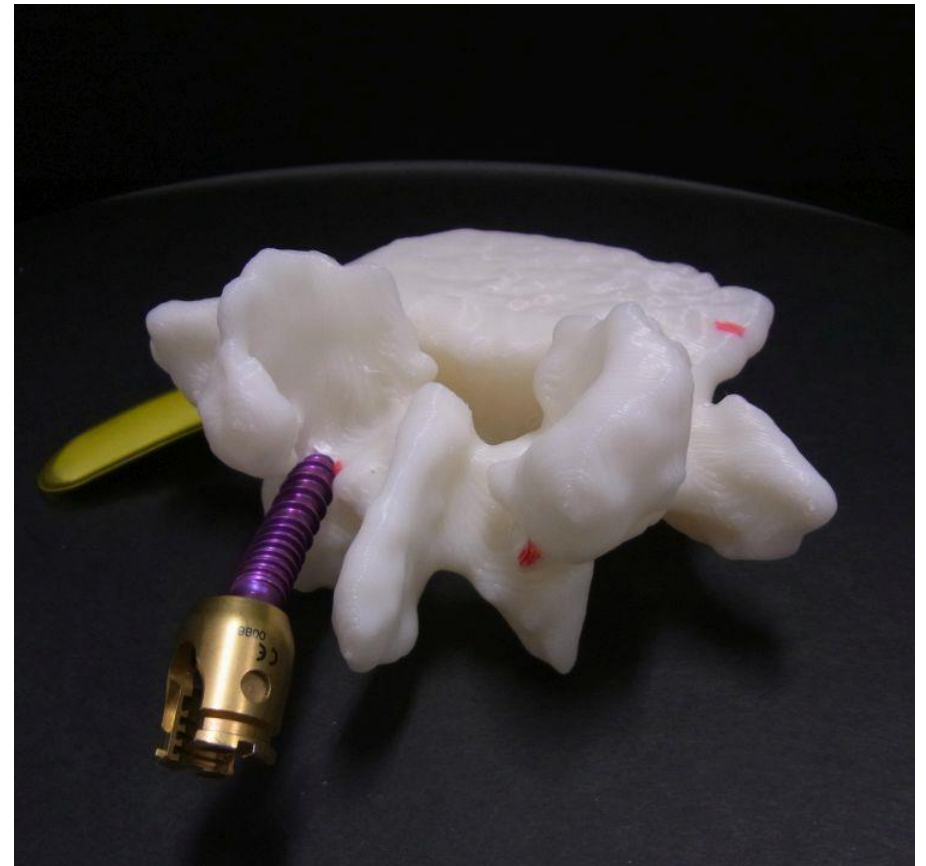
手術範囲内の椎弓が一度に  
確認できるほうが立体イ  
メージを把握しやすい  
⇒椎体を一体で作製



# 作製方法(腰椎・後方固定術)

対象の椎体ひとつずつ、複数の角度から(頭尾方向を含む)スクリュー穿孔位置と刺入方向を確認する必要があるため

⇒椎体を個別に作製





# 整形外科医による術前シミュレーション における利用の評価

- 実際に手に取ることができ、3D画像に比べ、より立体的な位置の把握が可能
- 作製物はオリジナルに比べ僅かに拡大されるが、椎弓形成術では溝を掘る場所の確認、後方固定術ではスクリューを穿刺位置の確認に利用するため、サイズ誤差による影響は少ない。
- 課題として、滅菌処理された実体モデルの術中利用および、後方固定術の術前シミュレーションにおいて半透明かつ割れにくい素材の利用を検討

# まとめ

	三次元実体モデル自身	作製工程	コスト・運用
利点	<ul style="list-style-type: none"><li>・実際に手に取ることができ、3D画像に比べ、より立体的な位置の把握が可能</li><li>・オリジナルをほぼ忠実に再現できる(拡大率:102%)</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>・スキャナーを使用することなく、CTから容易に3Dデータを取得できる</li><li>・WSの標準機能でSTL出力できる</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>・3Dプリンター本体価格・作製コストともに安価</li></ul>
欠点	<ul style="list-style-type: none"><li>・ハイスペック機に比べ、精細度が劣る</li><li>・長時間の作製では樹脂の縮みによる隙間が発生する</li><li>・接地面の大きな作製物では、接地面の焦げ付きが発生する</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>・ボリュームデータの切り出しに時間がかかる</li><li>・積層ピッチを細かくすると作製時間が大幅に伸びる</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>・保守契約がないため、修理にはメーカーに本体を送付する必要がある</li></ul>

# 結 語

- 本プリンターで作製された立体モデルは、低コストでありながらも実用性に優れ、椎弓形成術・後方固定術の術前シミュレーションにおいて有用であった。

# 補足

- 作製コストと作製時間
  - 頸椎(2~7):40m⇒456円      6~8時間
  - 腰椎(3・4・5):50m⇒570円      8~10時間
  - ※ABSフィラメント1本(240m)当たり2733円
  - 電気代 消費電力200W 12時間で約43円
- 診療報酬請求
  - 2016年3月の請求から17件請求したが、査定・返戻なし。