



一般社団法人日本獣医麻酔外科学会 東京地区講習会

## ここまで来た！ 3D プリンタ活用術 『整形外科編』

### プログラム

#### 「3D プリンタの概要や骨モデルの造形手順など」

原田恭治（日本獣医生命科学大学）

#### 「球状切削型肩関節固定術に対する 3D モデルリハーサル手術の有用性 ～獣医療現場の安全を支える～」

池田人司（オールハート動物リファーマルセンター）

#### 「膝蓋骨内包脱臼症例への 3D プリンター活用術」

赤木浩之（YPC 東京動物整形外科病院）

#### 「教育用モデルとしての活用例」

本阿彌宗紀（東京大学）

#### 総合討論

座長：上條圭司（ゼファー動物病院），高橋文孝（YPC 東京動物整形外科病院）

この PDF データの著作権は、講師が有します。この PDF データは下記の目的に限り、ご利用いただけます。

セミナー参加者が聴講時および復習時に個人で閲覧・印刷する場合

上記以外の目的で、許可なく PDF データや文章ならびに画像の一部または全体を複製、改変、転載、第三者への譲渡等することは固く禁じます。

一般社団法人 日本獣医麻酔外科学会  
東京地区講習会  
2023年3月9日

## ここまで来た！ 3Dプリンタ活用術「整形外科編」

① 3Dプリンタの概要や骨モデルの造形手順など

日本獣医生命科学大学  
原田恭治

### 本講演の目的

- 3Dプリンタを獣医臨床に活用するために必要となる初歩的な知識や技術を共有すること。
- 自分自身の思考や特性が「ものづくり」に適しているの理解できること。

### 本講演の対象

- 3Dプリンタに興味のあるすべての獣医師。

### 本講演の内容

- 3Dプリンタの概要について。
  - 3Dプリンタの種類や仕組みについて。（主な選択肢はFDM、SLA、SLSの三種類）
- CT検査データ（DICOM）から3Dプリンタ用データ（STL）を作成していく手順について。
  - これができれば3Dプリンタを持っていなくても外注で造形可能。
- 整形外科疾患での活用例。
  - 環軸亜脱臼、矯正骨切り術、腰仙椎亜脱臼

## 3Dプリンタの概要

### 私の使用している3Dプリンタ①




フュージョンテクノロジー社製  
L-DEVO M3145TP (旧モデル)

FDM（熱溶解積層法）方式  
最大造形寸法 310mm x 310mm x 450mm  
本体サイズ 460mm x 460mm x 750mm  
本体重量 30kg

造形マテリアル H-PLA/ABS/PLA/Polymax/FLX/Pc-MAX

### FDM（Fused Deposition Modeling・熱溶解積層）方式

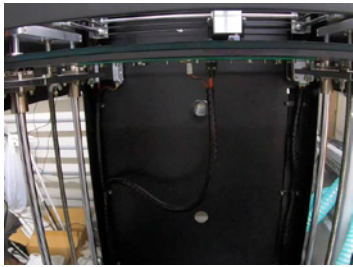
- 材料押出法（Material Extrusion）
- FFF（Fused Filament Fabrication）



高温に熱した樹脂フィラメントを下から順序良く塗り重ねていく方式。三次元的に複雑な構造を造形するためには、サポート材（後で取り除く）も同時に造形していく必要がある。

出典：<https://www.3d-printer.jp/knowledge/classification/>

FDM方式での造形の様子。（タイムラプス撮影）



[https://youtu.be/vBW8E2km\\_k4](https://youtu.be/vBW8E2km_k4)

サポート材の除去作業



[https://youtu.be/9VukCQ\\_AD0c](https://youtu.be/9VukCQ_AD0c)

サポート材の除去に便利なグッズ



ネイルやすり      ニッパ型爪切り      歯科用スケララー

PLAの接着、表面コート



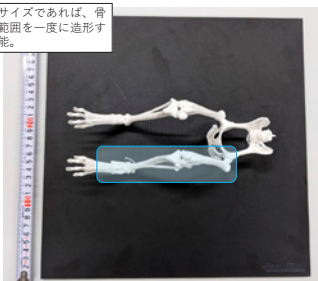
PLA素材では、ジクロロメタン（アクリル用接着剤）を接着剤として使用することができる。またこれを全体的に塗ることでコーティング剤としても利用できる。



やすりで削った後にジクロロメタンを塗布

30cm x 30cmで造形可能なサイズ

トイ犬種のサイズであれば、骨盤～爪先の範囲を一度に造形することが可能。



ボメラニアン  
両後肢骨盤～爪先まで  
所要時間：約20時間  
左後肢の股関節～中足骨まで  
所要時間：約7時間

30cm x 30cmで造形可能なサイズ

柴犬以上のサイズになると、一度に骨盤から爪先までプリントアウトするのは不可能



雑種犬 体重16kg  
両後肢骨盤～膝まで  
所要時間：約53時間  
両後肢膝～爪先まで  
所要時間：約46時間  
合計：99時間（4日間）

### 30cm x 30cmで造形可能なサイズ

これまで作成した中で最大のサイズ



ゴールデンレトリバー 体重37kg

両後肢骨盤～膝まで  
所要時間：約75時間

両後肢膝～爪先まで  
所要時間：約61時間

合計：136時間（6日間）



ウサギ  
全身骨格  
合計：77時間（4日間）

### Memo

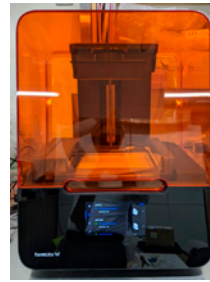


ほとんどの関節において、隣り合う骨同士は接合してしまう。CT検査の時点で、適切な体勢で撮影する必要がある。



骨折や脱臼している箇所は、離した状態でプリントアウトできる場合が多いが、骨折線などの精度はそれほど高くなく、生体のようにぴったり接合するものではない。

### 私の使用している3Dプリンタ②



formlabs社製 Form3+

SLA方式  
最大造形寸法 145mm x 145mm x 185mm  
本体サイズ 400mm x 380mm x 530mm  
本体重量 17.5kg  
造形マテリアル レジン

### SLA方式（Stereolithography・光造形方式）

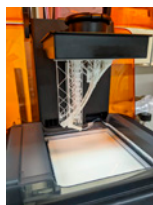
- 紫外線が当たると硬化する液体状のレジンを使用する方式

#### SLA（光造形法）

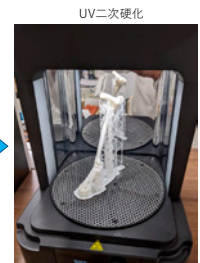


出典：https://i-maker.jp/blog/photopolymerization-3d.html

レジンの液槽中でUVレーザーを照射し一層ずつ硬化させ、ステージを引き上げていく



### SLA方式の後処理



### SLA（光造形）方式の特徴

- 表面が滑らかで美しい。（積層痕が目立たない）
- 造形精度が高いため、ドリルガイドや骨切り用ジグなどの作成にも利用可能。
- サポート材が除去しやすく、また、サポート痕も残りにくい。
- モデルの中心部分を空洞化できない。（造形データに骨髄腔が含まれる場合、そのままでは造形できない。）
- 硬く、割れやすい。



### 外注する場合（3Dプリンタ出力サービス）

**DMM.make**  
<https://make.dmm.com/print/>



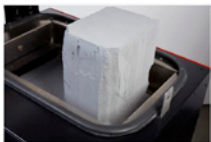
**3Dayプリンター**  
<https://3day-printer.com/>



**SHAPEWAYS**  
<https://www.shapeways.com/>



### SLS方式（Selective Laser Sintering・粉末焼結積層造形）



出典：<https://d8d8apan.com/blogs/article/what-is-sls-3d-printing>

- ナイロンなどの粉末を積層し、レーザー光をあてて硬化させていく方式
- 焼結されていない部分の粉末がサポート材として機能するため、あらゆる形状の造形が可能。
- 光造形ほどではないものの、積層痕は認められず、表面は平滑で美しい。



SLS方式の装置は大型かつ高額（数百万円以上）なため、ホームユースには向かない。主に外注サービスで利用。

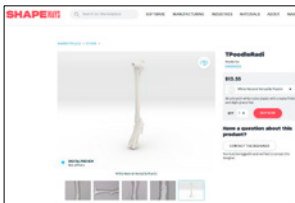
### 実際に外注した場合の価格



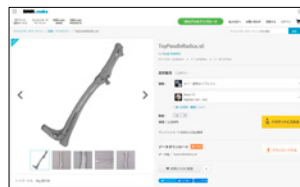
DMM.make SLS：エコノミーナイロン：7352円  
 SLA：タフタイプレジン：1586円  
<https://make.dmm.com/item/1522623/>

SHAPEWAYS SLS：PA12（ナイロン）：13.55ドル  
 SLA：Accura Resin：73.12ドル  
<https://www.shapeways.com/product/WGPNBVDA8/tpoodleradi?optionId=298151686&li=shops>

### アップロード



<https://www.shapeways.com/product/WGPNBVDA8/tpoodleradi?optionId=298151686&li=shops>



<https://make.dmm.com/item/1522623/>

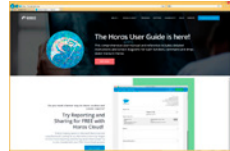
CT検査データ（DICOM）から3Dプリンタ用データ（STL）を作成していく手順について

## 必要となるもの

- CTデータ (DICOM)
- DICOMビューアー (Osirix もしくは Horos)
- Mac (Apple社製PC)



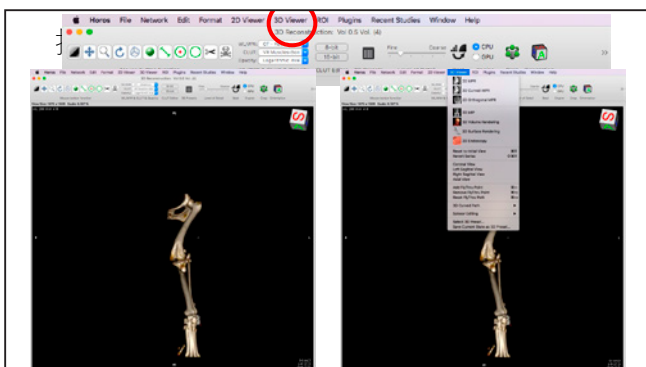
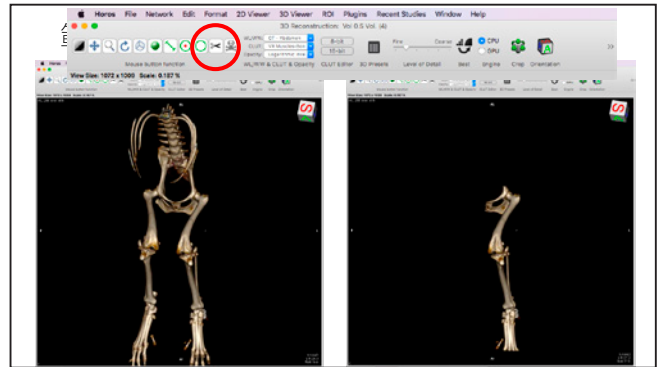
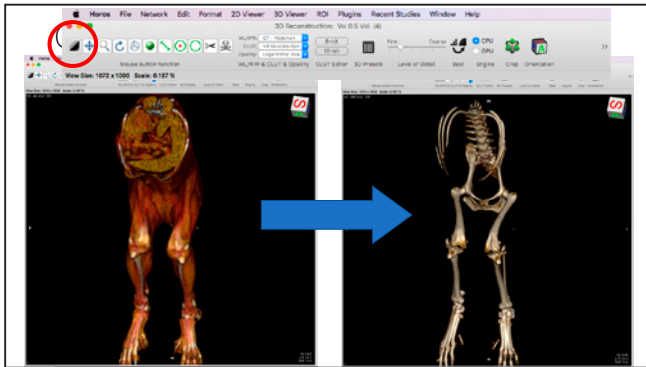
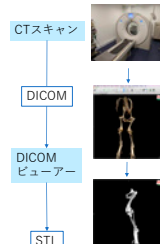
<https://www.osirix-viewer.com/>



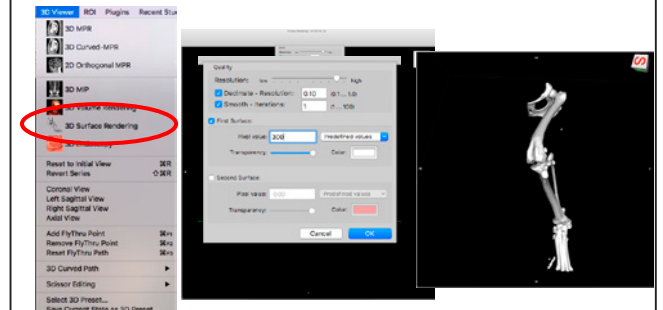
<https://horosproject.org/>

## DICOMデータからSTLデータを作成する手順

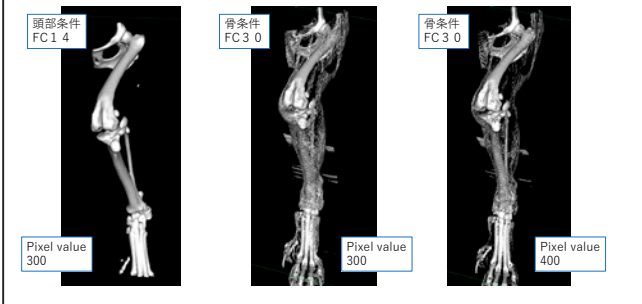
1. 目的の姿勢や関節角度でCTスキャンを行い、DICOMデータで保存する。
2. DICOMビューアーを使用して、必要な箇所だけ抽出する。
3. STLデータとして保存する。
4. 3Dプリンタでプリントアウトする。



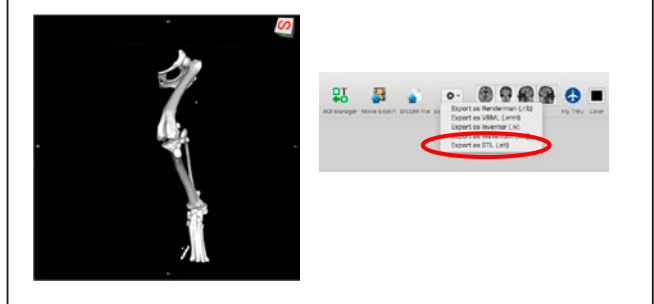
## 抽出したデータをSTLデータへ変換する



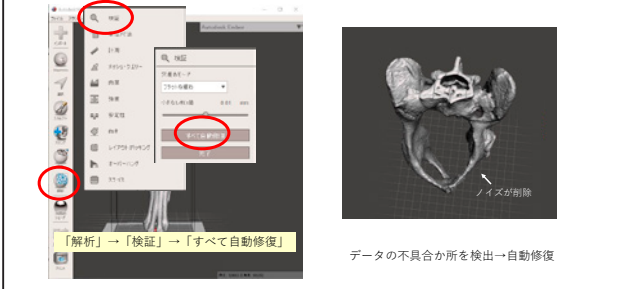
### CTの撮影条件は皮膚ノイズに影響する



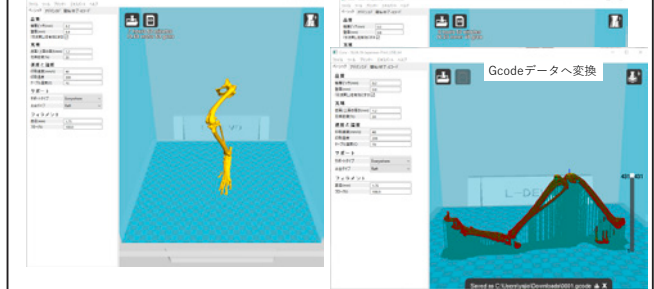
### 抽出したデータをSTLデータへ変換する



### 作製したデータの不具合か所を自動修正する Autodesk社・Meshmixer (https://www.meshmixer.com/)



### 自分でプリントする場合、プリントアウト用ソフトウェアで造形方向を指定してからプリントアウト。



### 整形外科疾患での活用例

### 「実物大臓器立体模型による支援」

人の医療において、保険適用の認められている手術

整形外科	四肢	大腿骨頭回転骨切り術、大腿骨近位部骨切り術
	脊椎	脊椎骨盤悪性腫瘍手術、椎弓形成、脊椎側彎症手術
形成外科	頭蓋	広範囲頭蓋底腫瘍切除・再建術、頭蓋骨形成手術
	眼窩	眼窩骨折整復術、眼窩悪性腫瘍手術、眼窩縁形成手術
	中耳	中耳側頭骨腫瘍摘出術、側頭骨摘出術
	口腔	口蓋腫瘍摘出術（口蓋骨に及ぶもの）
	顔面	頬骨変形治療骨折矯正術、顔面多発骨折観血的手術
	顎骨	顎骨腫瘍摘出術、下顎骨部分切除術

## 獣医整形外科分野での用途

- 手術症例への利用
  - 矯正骨切り術の術前シミュレーション
  - 患者への説明用
  - 手術チーム内での情報共有用
  - 手術支援用ジグの作成
- 教育用途
  - 手術手技の練習用
  - 骨格モデル（解剖学用）

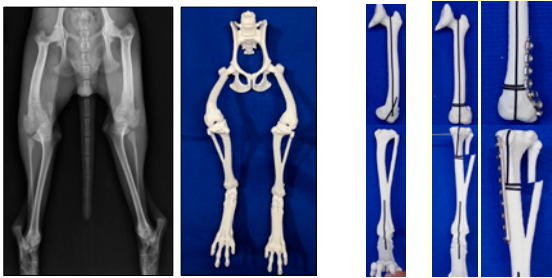
## 環軸亜脱臼

3DCTをパソコン画面で観察するだけでは、軸椎を引き戻した時の位置関係を把握することはできない。3Dプリンタ骨モデルを利用すると、修復後の環軸椎の位置関係、ピンを設置方向などを確認・検討できるようになり、術前の心配事がかなり解消された。



## 矯正骨切り術

矯正骨切り術の対象となる症例はそもそも骨形態に異常がある。個々の症例で変形の位置や状態は異なるので、オーダーメイド医療が求められる。



## Three-Dimensional-Printed Patient-Specific Osteotomy Guides, Repositioning Guides and Titanium Plates for Acute Correction of Antebrachial Limb Deformities in Dogs

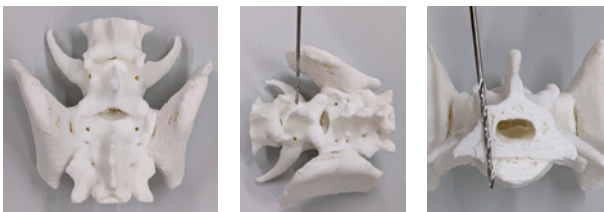
Darren K. Corwarde<sup>1,2</sup> Mark J. Cooley<sup>2</sup> Neil J. Burton<sup>2</sup> Fiona L. O'Malley<sup>2</sup> Kevin J. Parsons<sup>2</sup>

Vet Comp Orthop Traumatol 2021;34:43-52.



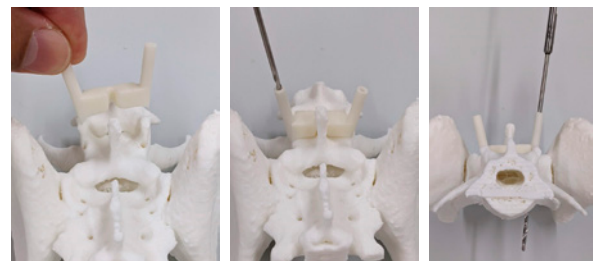
## 腰仙椎不安定症

椎体固定では、スクリューの設置位置や方向が非常に重要である。手術中に観察できるランドマークは非常に限られており、「誤った方向へ刺入してしまわないか」は常に心配の種である。



## ドリルガイドの作成

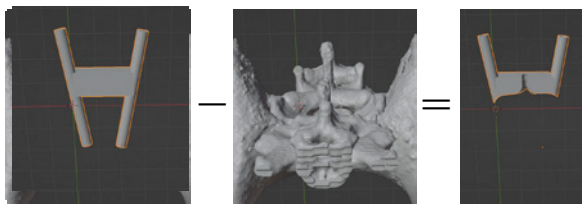
CAD (Computer Aided Design: コンピューター支援設計) ソフトを使用することで、症例個々の椎体形状に適合したドリルガイドをオーダーメイドすることができる。





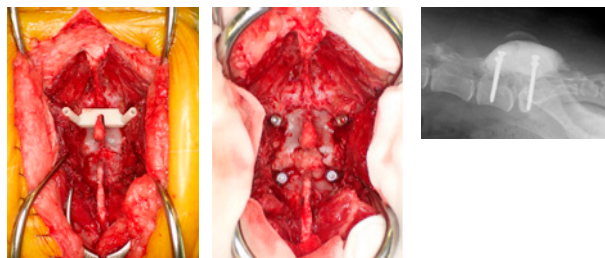
### ブーリアン演算

ソフトウェアを利用してブーリアン演算を行うと、立体形状を合体させたり差し引いたりすることができる。これにより、個々の症例の骨形状に適合したドリルガイドをオーダーメイドすることができる。

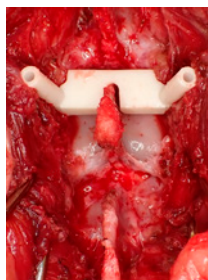


 <https://www.blender.org/>

### 腰仙椎不安定症



### Memo



骨の表面には骨膜や筋肉などの軟部組織が付着している。また、CTの撮影条件や再構成関数の条件によってもプリントアウトされる骨のサイズは変化する。作成したドリルガイドやジグが生体にぴったり接合するとは限らない。



業者やエンジニアなど、第三者に頼り切るのは非常に危険。

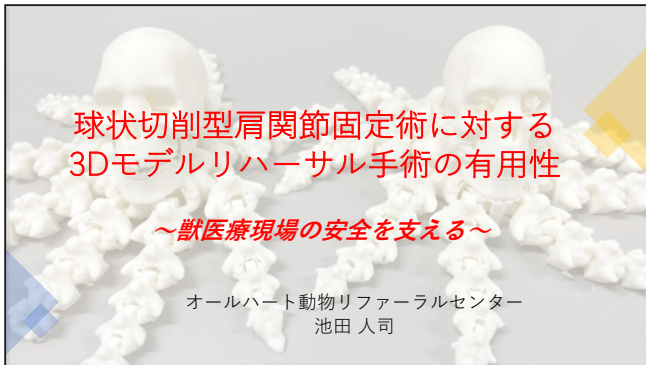
インプラント可能な金属材料で3Dプリントしたプレートなどが医療用として認可可能なのは現在調査中。

### まとめ

- FDM（熱溶解積層）方式はrapid prototypingに優れており、手術計画用としての汎用性が最も高い。
- SLA（光造形）方式は精度の高い造形が可能であるが、レジンの硬度は高く、K-wireを無理やり刺入させると割れてしまう。
- SLS（粉末焼結積層）方式は造形ミスが発生しにくく、なおかつ仕上がりも美しい。外注での主な選択肢。
- CAD/CAM 技術を習得し、術者自身がsurgical guideを設計できるようになれば、手術精度は飛躍的に向上し、手術時間も短縮される。このような技術は獣医整形外科の発展に大きく貢献すると期待される。

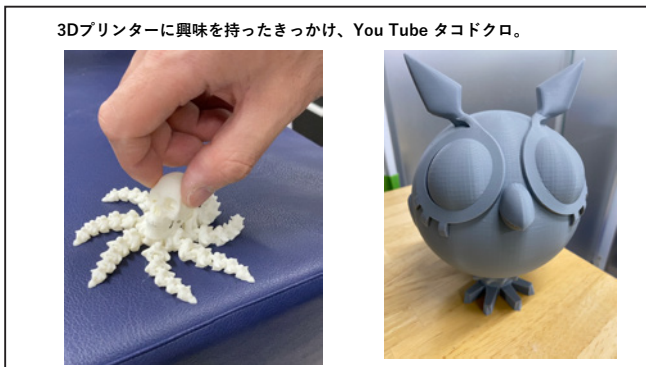
# 球状切削型肩関節固定術に対する 3D モデルリハーサル手術の有用性

～獣医療現場の安全を支える～



日本獣医麻酔外科学会  
筆頭発表者のCOI開示  
筆頭発表者名：池田 人司

演題発表に関連し  
開示すべきCOI関係にある  
企業等はありません



### 3Dモデルリハーサル手術のメリット

- ・ **アニマル・ウェルフェア**の観点から生体実験は出来ない。
- ・ 術前に何度も納得いくまで**リハーサル手術**が出来る。
- ・ 正確な骨切り計画とインプラントの埋入計画・レイアウト
- ・ インプラントの**プレフォーム**（ベンディング・ツイスティングなど）
- ・ **麻酔時間**の短縮につながる。
- ・ 病気が手に取るように分かる**一手にとって分かる**。
- ・ 手術計画を**ご家族や主治医**と共有できるので理解を得やすい。
- ・ **一発勝負**の骨切り手術では無くなる。
- ・ 手術が**キャンセル**になった場合でも手術経験が出来る。
- ・ 同僚や他の整形外科医の**オピニオン**を得やすい。
- ・ **新しい術式の考案**。

### 3Dモデルリハーサル手術のリミテーション

- ・ 軟部組織の情報が得られないため、実際はより複雑な手術となる可能性がある。
- ・ 本物の骨のクオリティと異なる。(PLA ポリ乳酸)

株) タナック  
TANAC BONE

皮質骨から海綿骨に移行する感覚が分かる。

公益財団法人 日本医療機能評価機構 2021年度

消化器科	486	7.3
血液内科	107	1.6
循環器外科	42	0.6
アレルギー科	7	0.1
リウマチ科	21	0.3
小児科	282	4.3
外科	496	7.5
整形外科	708	10.7
形成外科	76	1.1
美容外科	1	0
脳神経外科	253	3.8

より臨床に近い感覚の模擬骨で満足度の高いハンズオンセミナーに。

TANAC BONEは、日本人のCTデータから作成された模擬骨で、一般的な動物用手術器具を使用した際の適切なガイドの挿入、ネールやスクリューの挿入、ロップやスラムの設置、スクリューやプレート/ワイヤーの調整、リーニング、アジャスター調整、固定などの手術経験を再現しました。手術中のやり取り、臨床に近い感覚での練習が可能になるように設計しております。また、骨内・骨外・神経などを取り除くことで、更に高度な練習も可能になります。

お客様の声

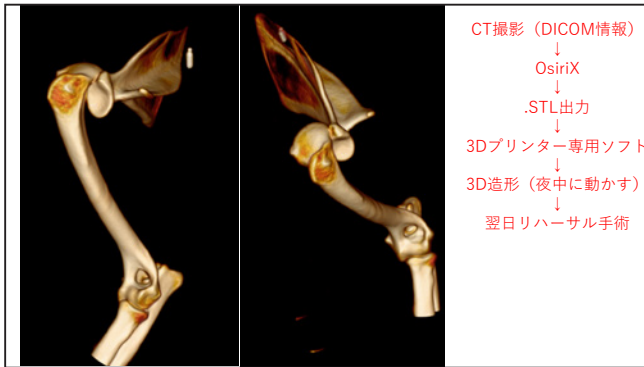
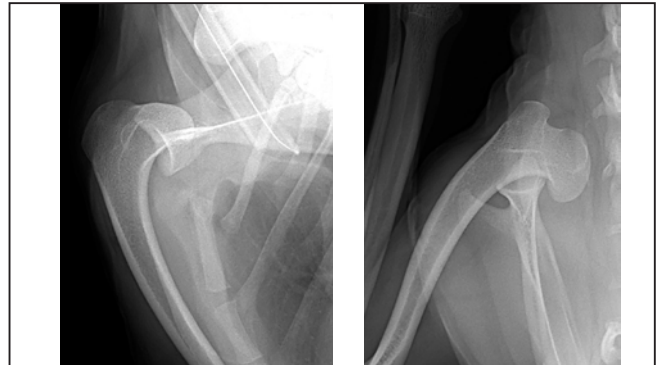
- エグジューティブ層に、医療者と医療者の違いが分かった。レントゲンを使用したのがらのハンズオンは臨床に近く有意義だった。
- 高価格、高品質の模擬骨がリアルだった。動物や獣内などの施設に積極的に近かった。
- 動物の手は人間の指よりも太い。リーニング時に皮膚から骨まで入った際の感覚の違いが分かり、良い練習になった。

株) タナック

整形外科は医療事故のTOP

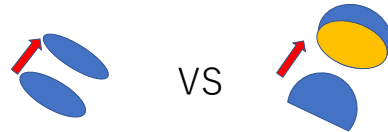
## 症例

- トイ・プードル
- 2歳 去勢雄
- 5.1kg
- BCS 3/5
- 主訴：動物病院のペットホテルを利用中、獣医師が犬舎の見回りの際に患者がケージ内で左前肢を挙上している所を発見した。
- エックス線検査で左肩関節内方脱臼が確定され、外科的な対応を希望し主治医とご家族と一緒に来院。

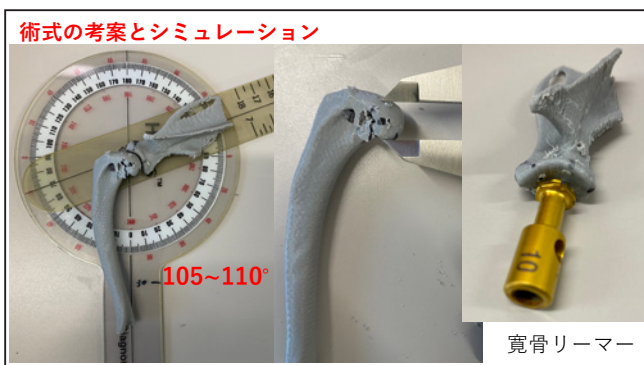


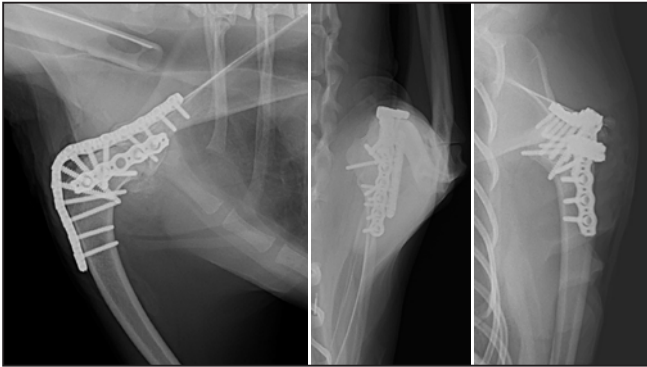
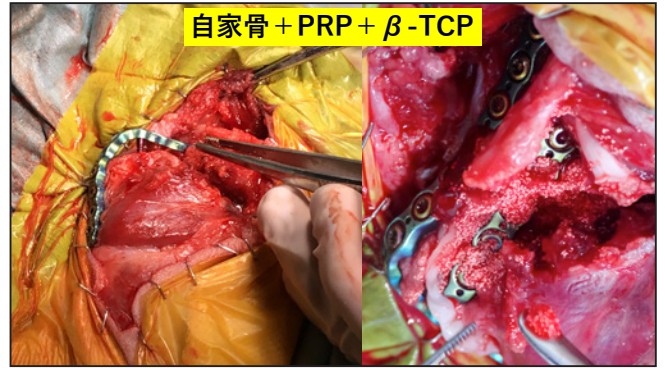
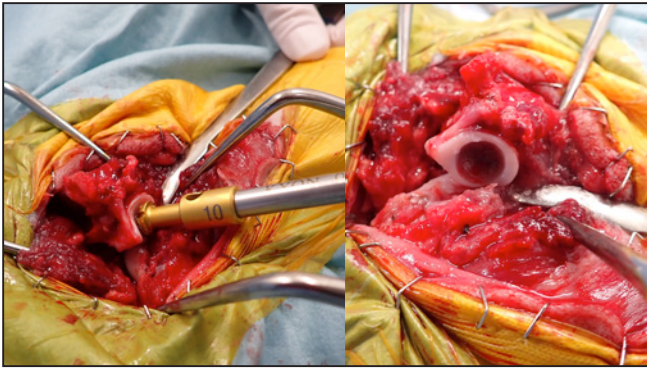
## 骨の接触面積(半径5mm)

- パラレルカット： $5\text{mm} \times 5\text{mm} \times 3.14 = 78.1\text{mm}^2$
- 球状カット： $4 \times 5\text{mm} \times 5\text{mm} \times 3.14 \div 2 = 156.2\text{mm}^2$



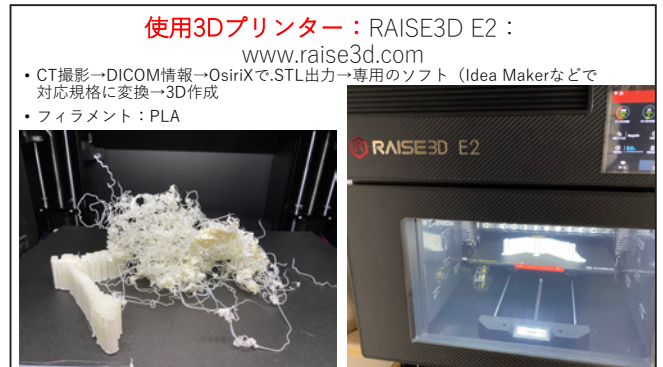
球状切削型肩関節固定術にメリットあり







## セメントレスAAI



## 使用3Dプリンター：RAISE3D E2：

[www.raise3d.com](http://www.raise3d.com)

- CT撮影→DICOM情報→OsiriXで.STL出力→専用のソフト (Idea Makerなどで対応規格に変換→3D作成)
- フィラメント：PLA



## リハーサル手術

アライメント調整



## 外部注水 コントラアングル

## ミニクイックカップリング

株) デンテック(テクニカ)

## 使用機材

- CT装置 (キャノン)
- OsiriX (DICOM ビューアー)
- **3Dプリンター (RAISE 3D)： ¥612,700**
- $\beta$ -TCP
- PRP (自家多血小板血漿)
- 2.0mm 純チタンロックングプレート (ソフィアテック)
- チタン合金スクリュー 2.0mm 2.4mm (ソフィアテック)
- 10mm 寛骨リーマー (KYON)
- コントラアングル(NAKANISHI)
- ドリルCA-Vet (デンテック)

## 自験 3D作成症例

- 環軸固定術(セメントレス固定法)
- 肘関節脱臼 (Type I 矯正)
- 肩関節固定術
- 股関節形成不全 (Mini-TPO、THR)
- 脛骨遠位変形矯正 (パス・バラス)
- 膝蓋骨内方脱臼グレードIV (重度骨格変形)

## 今後 作成してみたい症例

- コクサバルガ症例に対する転子間骨切り術

### 手術・麻酔時間の短縮

- 球状切削型関節固定術：直近5例の平均手術時間:160分
- 球状切削型関節固定術：リハーサル手術後の2例:115分
- 約45分間の手術・麻酔時間の短縮
- 高齢のトイプードル→甲状腺機能低下症、僧帽弁閉鎖不全などの全身性疾患あり
- 新規手術のシミュレーション

### まとめ

- アナトミカルに近い厳密な整復と骨に密着したプレートの設置が要求されることは言うまでもなく基本中の基本。
- ロッキングプレートだから腕を磨かなくても良いというわけにはいかない。
- 3D造形モデルを作成し、何度もリハーサル手術を行う。
- 面倒でも一手間が大事。

2022年度 日本獣医麻酔外科学会東京地区講習会

## 膝蓋骨内方脱臼症例への 3Dプリンター活用術

～YPC 東京動物整形外科病院 Ver～

VCA Japan  
YPC 東京動物整形外科病院  
赤木浩之

YPC Tokyo Animal Orthopedic Surgery Hospital

発表者のCOI開示  
発表者名: 赤木 浩之

演題発表に関連し  
開示すべきCOI関係にある  
企業等はありません

YPC Tokyo Animal Orthopedic Surgery Hospital

2022年度 日本獣医麻酔外科学会東京地区講習会

## 当院で使用している3Dプリンター



- フュージョンテクノロジー社
- L-DEVO F300TP PLUS
- 504 × 504 × 1004 (mm)
- FDM(熱溶解積層法)
- PLAフィラメント
- 積層ピッチ: 0.2mm

YPC Tokyo Animal Orthopedic Surgery Hospital

2022年度 日本獣医麻酔外科学会東京地区講習会

## 手術成功の三要素

- 知識: 解剖・病態整理
- 技術: 手技
- イメージ: 術中・完成予想

YPC Tokyo Animal Orthopedic Surgery Hospital

2022年度 日本獣医麻酔外科学会東京地区講習会

## イメージを高めるツール

- 画像解析ソフト  
Ex: Osirix・Horos・Aze
- 骨模型  
Ex: 3Dプリンター・石膏モデル
- 手術支援システム  
Ex: Mako



YPC Tokyo Animal Orthopedic Surgery Hospital

2022年度 日本獣医麻酔外科学会東京地区講習会

## 骨模型の目的

- 術前のイメージ把握  
サイズ感・変形箇所・インプラントサイズ
- 手術プラン作成 (変形矯正 プレベンディング)  
事前手術
- オーナー様とのイメージ共有  
なぜその処置が必要になるのか?  
手術のどこが難しいのか?  
合併症の事前把握
- 術後評価

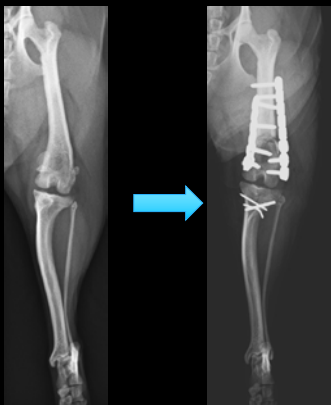
YPC Tokyo Animal Orthopedic Surgery Hospital

### 3Dプリンター使用例

- 2022年7月～12月までの6カ月間
- 12例18肢に3Dモデルを作成  
前肢:2肢(前腕矯正)  
後肢:16肢(MPL:13肢 LPL:2肢 TPO:1例)

### MPL症例への3Dプリンター使用例

- 月齢: 27.2±29.0 month(Mean±SD)
- 体重: 5.4±6.1kg(Mean±SD)
- 犬種: トイプードル 4頭、チワワ 3頭、  
ポメラニアン 柴犬 ヨークシャーテリア1頭  
Mix 3頭
- MPLグレード: Grade3:5例 Grade4:8例



- 大腿骨矯正骨切り術
- 大腿骨短縮術
- 脛骨粗面転移術(TTT)
- 内側支帯解放術
- 外側関節包縫縮術



Brivo CT385(GE社製)  
120kV 195mA  
スライス厚:0.625mm  
ピッチ:0.938

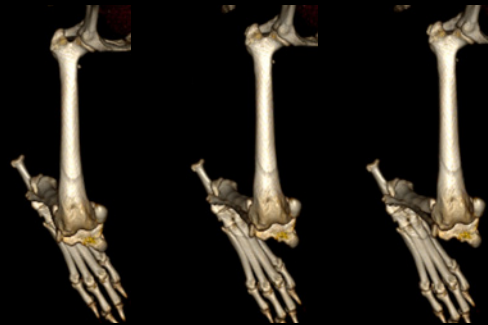
### CTデータと3Dプリンター



13h24m

### 3D画像は正面が難しい

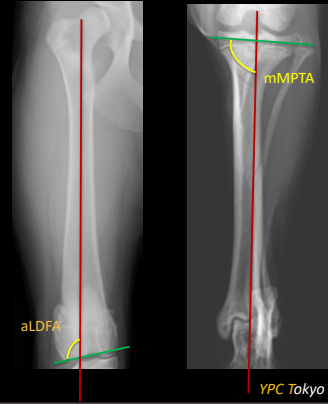
とりえずCT撮影すれば形態異常が正確に分かる！かは怪しい





### 膝蓋骨内方脱臼症例への3Dプリンター適応

### 大腿骨と脛骨の形態評価



基準値  
 aLDFA:94-97  
 mMPTA:89.9-97.0  
 (degree)

Veterinary Small Animal Surgeryより引用

### アカリ ポメラニアン 4y 5.1kg LR-MPL(G4)



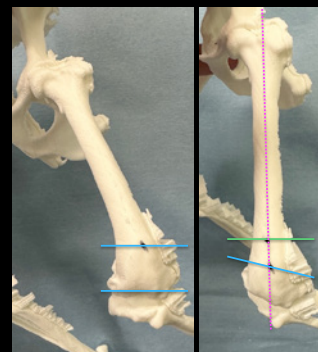
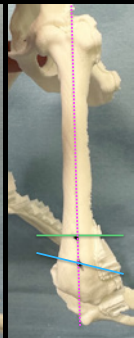
aLDFA:109.8  
 mMPTA:109.6  
 (CT)

14h27m

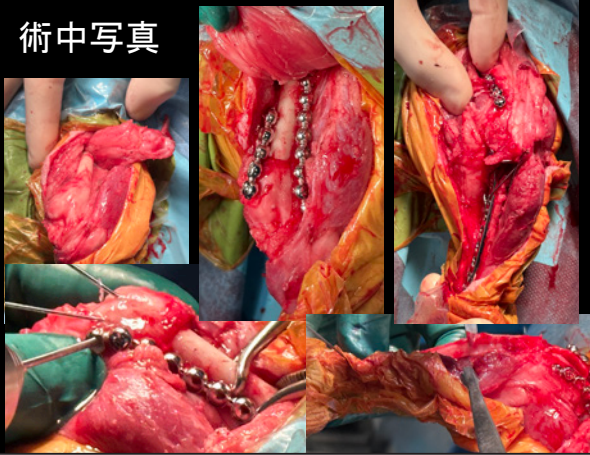
### 術前



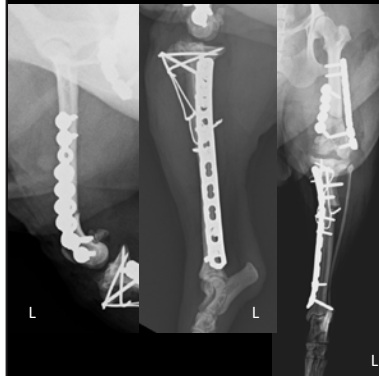
### 術前計画



術中写真



術後



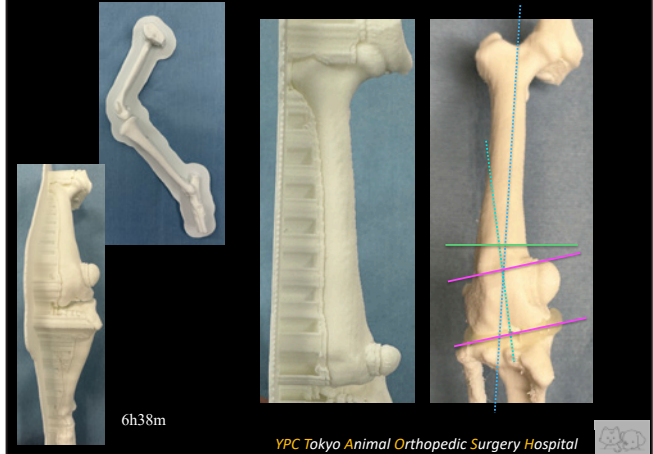
- 内側支帯解放術
- 外側関節包縫縮
- 滑車溝造溝
- TTT
- 大腿骨矯正骨切り術
- 脛骨矯正骨切り術
- 大腿骨  
Φ2.0mm SOPプレート
- TTT  
φ1.2mm & 1.0mm Kワイヤー  
22G 軟性ワイヤー
- 脛骨  
Φ2.0mm LCPプレート
- aLDFA:95.5  
mMPTA:89.8

ラスカル チワワ 1y9m 3.8kg R-MPL(G4)



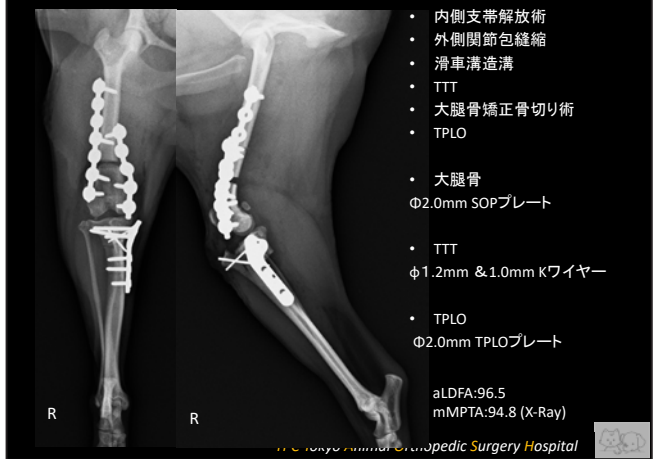
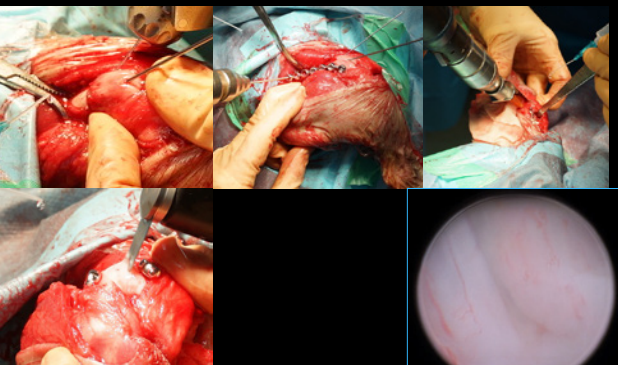
- R-MPL(G4)
- Fat Pad : +
- Drawer : -
- CrTT : -

aLDFA:101.1  
mMPTA:94.5 (CT)



6h38m

術中写真



- 内側支帯解放術
- 外側関節包縫縮
- 滑車溝造溝
- TTT
- 大腿骨矯正骨切り術
- TPLO
- 大腿骨  
Φ2.0mm SOPプレート
- TTT  
φ1.2mm & 1.0mm Kワイヤー
- TPLO  
Φ2.0mm TPLOプレート
- aLDFA:96.5  
mMPTA:94.8 (X-Ray)

## 結語～個人的印象～

- 自身の手術プランを洗練することに有効
- 何度もシミュレーションし、手術の理想形を追求可能
- オーナー様とのイメージ共有が可能



東京地区講習会

ここまで来た！3Dプリンタ活用術「整形外科編」


## 教育用モデルとしての活用例

東京大学附属動物医療センター  
整形外科・神経外科  
**本阿彌 宗紀**  
Munekichi Honnami, DVM, PhD

当施設の3Dプリンタ

### Makerbot社製 Replicator+

2018年4月導入



- 熱溶解積層 (FDM) 形式
- 積層ピッチ: 0.1mm
- 材料: PLAフィラメント
- 造形サイズ:  
295(X) × 195(Y) × 165(Z)mm
- 38万円
- 現在は販売終了

Makerbot/Stratasys社製  
METHOD  
ピッチ0.02mm!!  
73万円

- ✓ オートキャリブレーション
- ✓ 専用ソフトウェア
- ✓ STLデータからワンタッチ造形
- ✓ トイ犬種の橈尺骨で2-3時間

### 教育用モデルとして



- 手術室における学生・研修医教育
- 医療用インプラントの研究開発
- 実習用教材としての利用

### 手術室における術式解説

「手に取るようにわかる解説」  
よりも  
**「手に取ればわかる骨模型」**



トイ犬種  
膝蓋骨内方脱臼G4  
変形矯正骨切り術

### テイラーメイドチタンケージの開発



3Dプリンター

人工骨

移植

### チタン合金粉末 & 3Dプリンターでインプラントを作る！



チタン合金粉末

## 犬の凍結保存骨への装着実験

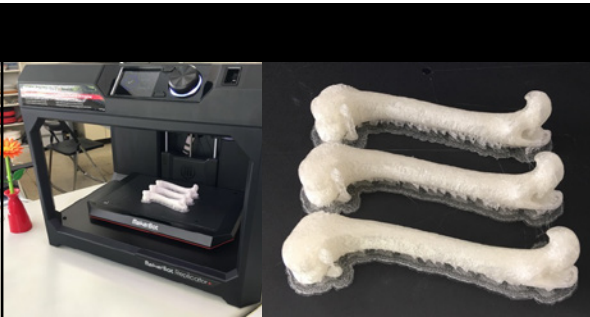


## 制約の多い整形外科実習。。。。

- 生体は使用しない
- インプラントや特殊器具の少ない実習
- 骨模型は高い



ポリ塩化ビニルチューブ  
Makita 電動ドリル  
SK smallセット  
で骨折修復体験



実際のビーグル大腿骨CTデータから積層造形

