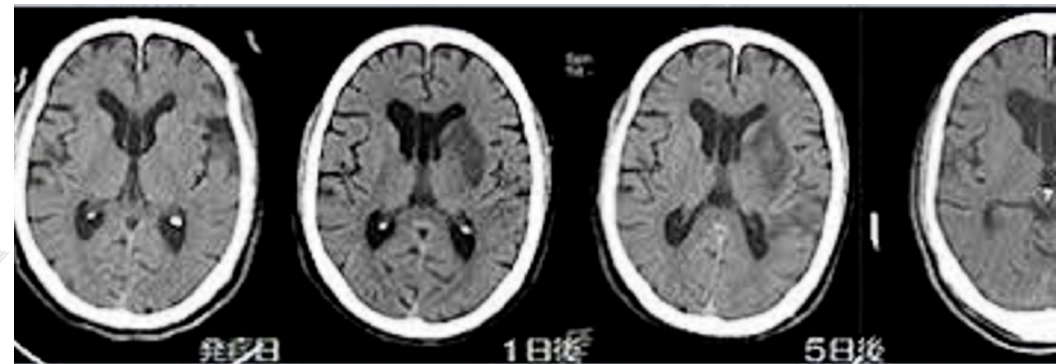
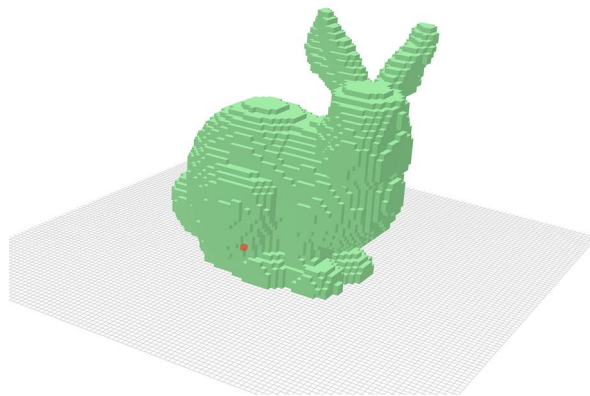
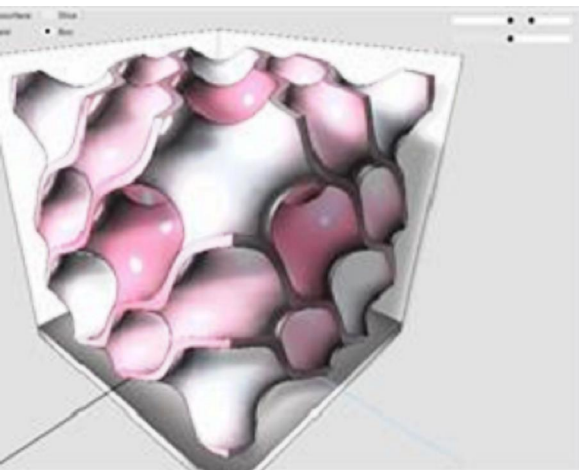


# Additive Manufacturing (AM)における ボクセルデータ利活用の検討

齋藤 和行

# ボクセル (Voxel) データとは

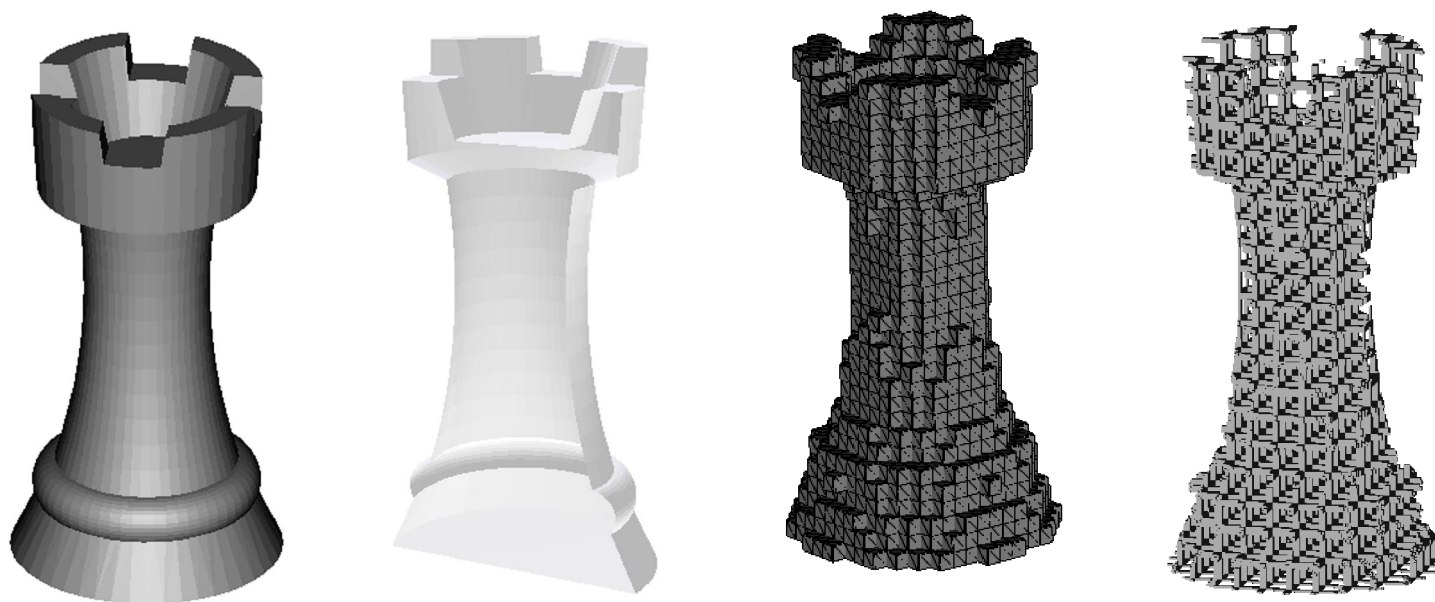
- É Volume pixelの略
- É 画像の集合としての解釈すると既存の画像処理のアルゴリズムが使える
- É 集合演算が失敗しない(ロバスト性)
- É 格子サイズが大きいと表面がガタガタ
- É 格子サイズが小さいとファイルサイズが爆発



# メッシュとボクセル

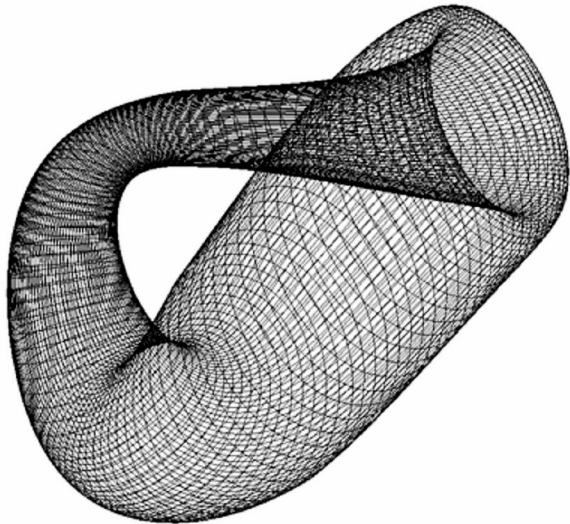
É メッシュ (STL) は境界面の情報のみ (Boundary representation: B-rep)

É ボクセルは内部を含む全体を表現



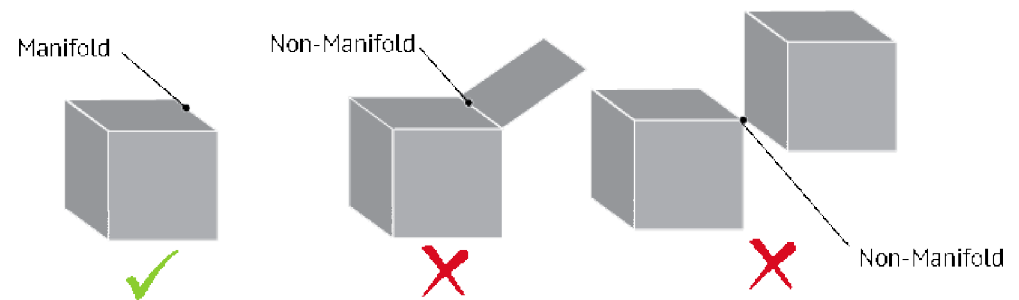
# ロバストなデータ表現

É 自己交差や非多様体のようなデータエラーはない



<http://paulbourke.net/geometry/klein/>, Klein Bottle

Self-intersection



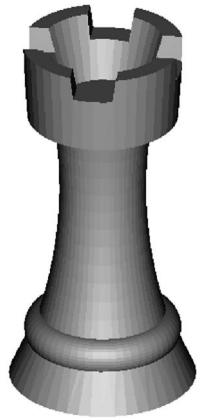
<https://www.sculpteo.com/en/tools/repair-your-file-3d-printing/>

Manifold and Non-Manifold

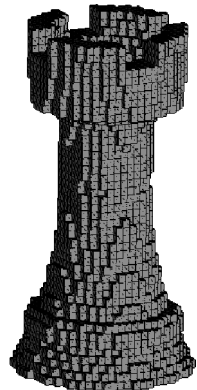
# ボクセルの問題点

É データサイズと表面性状のトレードオフ

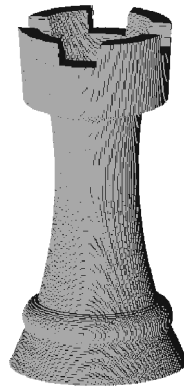
É 面の情報を持たない



0.2MByte  
(STL)

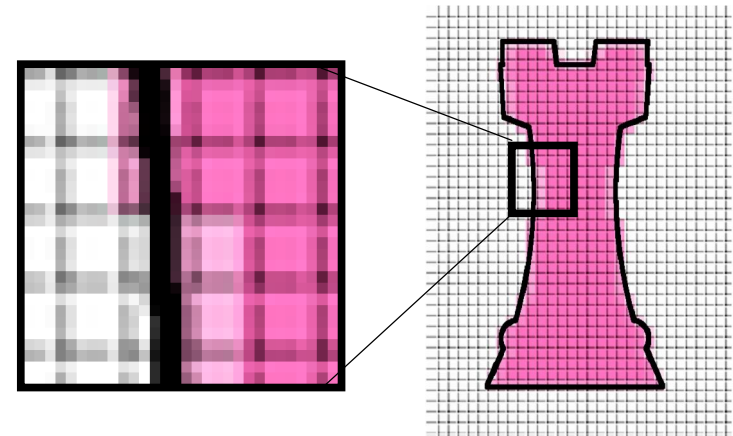


0.2MByte  
(FAV)



26.4MByte  
(FAV)

File size problem



Black indicate Mesh  
Red is voxel

Boundary problem of mesh and voxel

# AMにおけるボクセルデータ利用と課題

- É 内部構造を表現できるボクセルデータはAMに適している
- É 可視化、解析等ではボクセルの活用事例（理研VCAD、くいとVOXELCON等）は存在するが、AMに特化した事例は少ない
- É Autodesk project cyborgのような取り組みは存在するが構造最適化やジェネレーティブデザインなどボクセルによるモデリング手段や事例がまだ少ない

# 活動実績

É ISO/ASTM国際標準化

É ボクセル処理ソフトVoxFabの開発・改良

É 医療用器具の開発支援ツールの開発

É Voxel表現とモデリングの検討

# ISO/ASTM国際標準化

## É 標準化会議出席・発表 (September 18th - 21th 2017 The 10th ISO/TC261-ASTM F42 Joint meeting@Stockholm)

- 年二回開催されるISO・ASTMの定例全体ミーティングにISO国内審議委員会WG4(データと設計)エキスパートとして参加し、標準化に係る発表及び国内外の出席者と交流・情報交換を行った。

## É ボクセルファイルフォーマットFAVの提案

- 富士ゼロックス株式会社と慶応大で共同開発したボクセルファイルフォーマットFAV (<https://www.fujixerox.co.jp/company/technical/communication/3d/fav.html>) の国際標準化に向けた提案を行った。
- 国内外の利害関係者と調整をしながら今後の標準化方針を決定した。

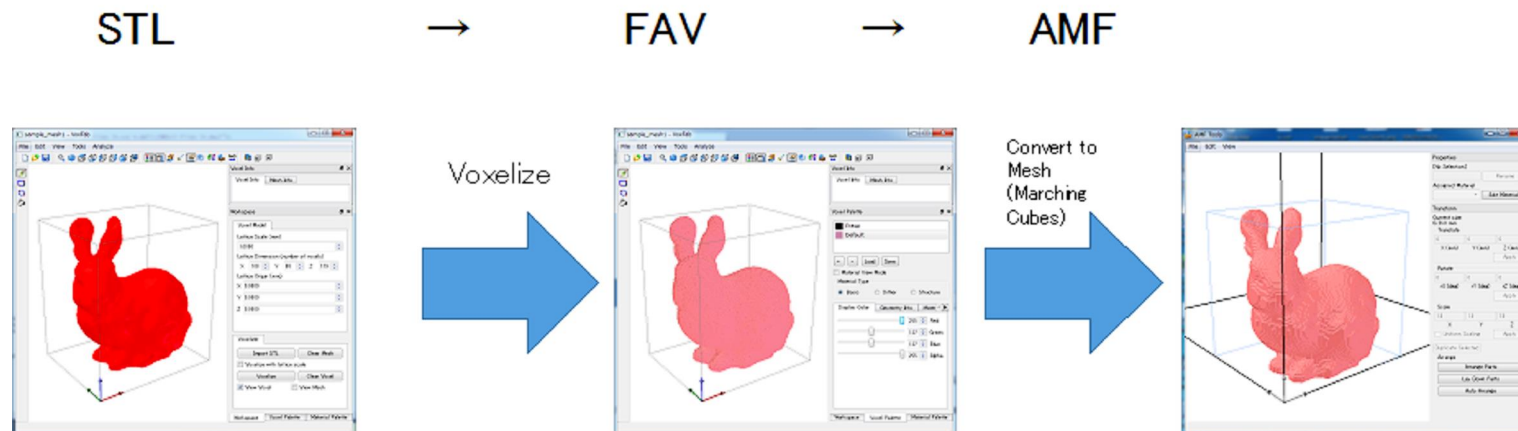
## É 次世代3DファイルフォーマットAMFの次期バージョンへの提案

- 次世代3DファイルフォーマットAMF(Additive Manufacturing File Format)のVoxel対応への提案を行った



# ボクセル処理ソフトVoxFabの開発・改良

É ボクセル処理ソフトVoxFabにメッシュデータ(STL,AMF)とボクセルデータ(FAV)の相互運用性を持たせた



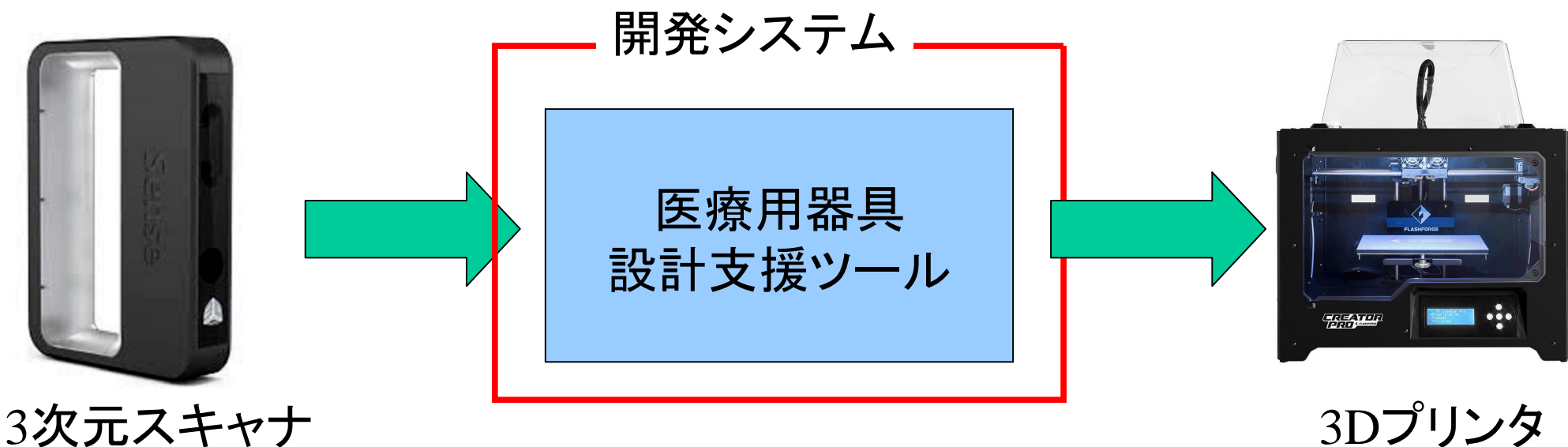
VoxFab

AMF Editor  
<https://amf.wikispaces.com/>

<https://www.fabtechs.co/>

# 医療用器具の設計支援ツールの開発

- É 3次元スキャナ・3Dプリンタを利用した医療用装具設計
- É ボクセルによる医療用装具設計手法の検討・開発
- É 医療用装具設計自動化ツールの開発・実装

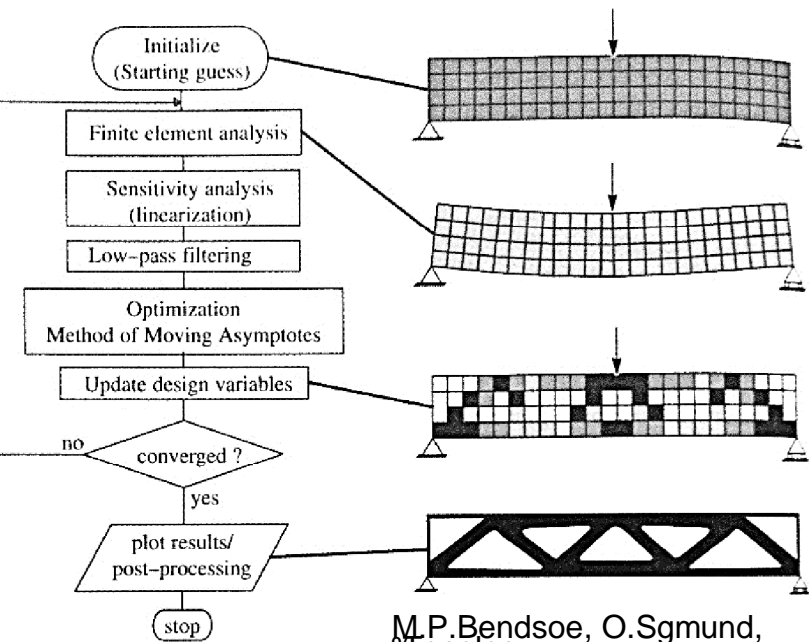


# Voxel表現とモデリングの検討 (進行中の研究課題)

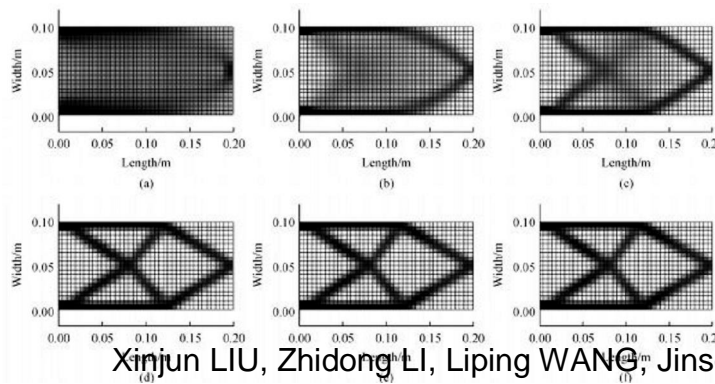
- É トポロジー最適化
- É ジェネレーティブデザイン
- É ボクセルデータ圧縮
- É 多層構造表現

# トポロジー最適化

É CAE(有限要素法など)を利用して目的(応力、温度等)に応じて最適な形状を探索する



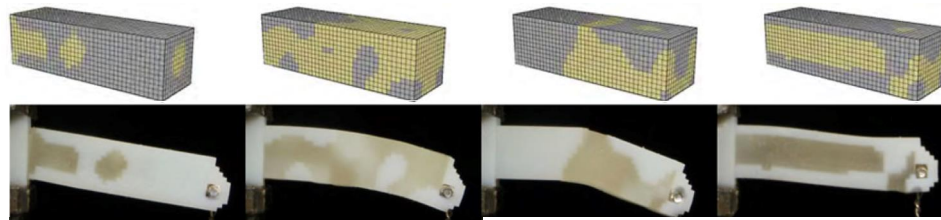
M.P. Bendsoe, O. Sigmund, *Topology Optimization+*, Springer



Xinjun LIU, Zhidong LI, Liping WANG, Jinsong WANG



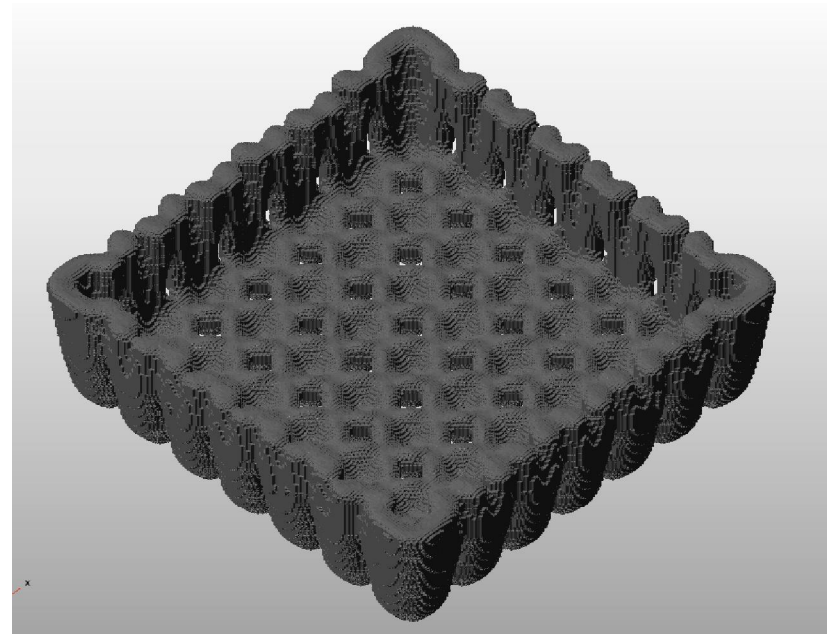
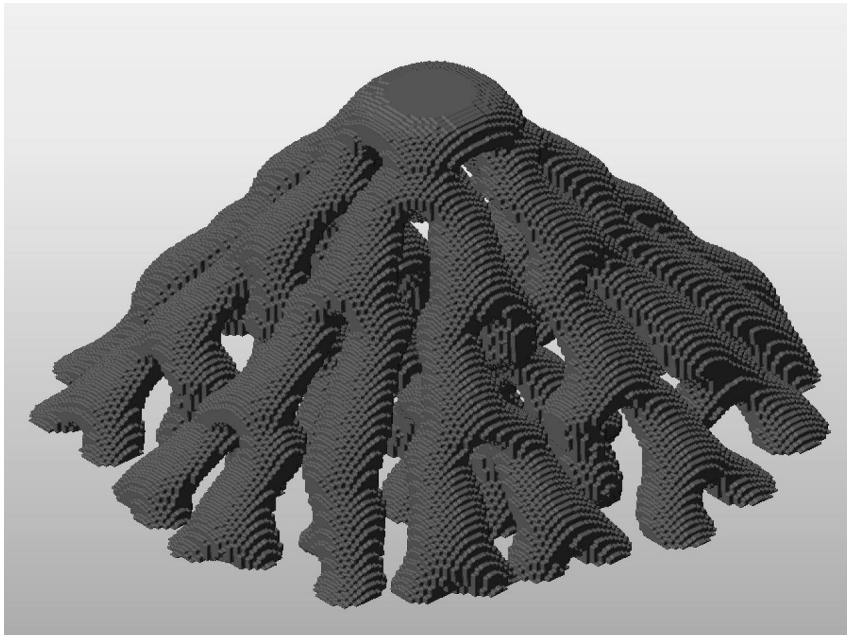
[http://www.eos.info/press/sumer\\_case\\_studies/eads](http://www.eos.info/press/sumer_case_studies/eads)



Ref : J. Hiller, H. Lipson, *Automatic Design and Manufacture of Soft Robots+*, IEEE, 2012.

# ジェネレーティブデザイン

É 数理モデルなどを利用して3Dモデルを自律的に生成する  
設計手法



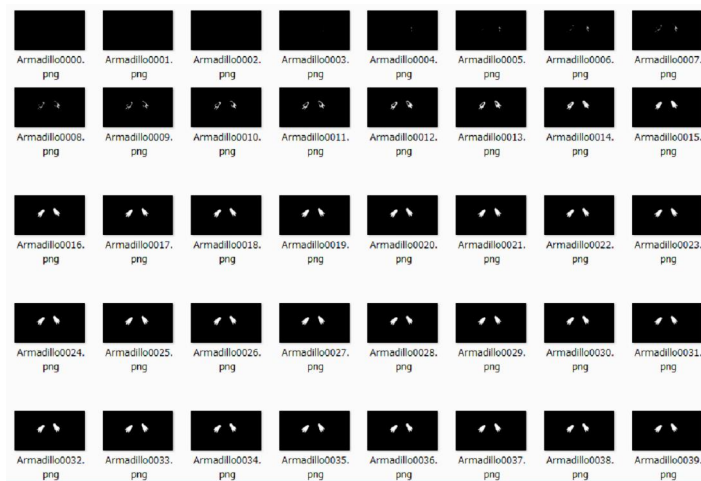
数理モデル(拡散反応方程式)を利用して自律的に生成された3Dオブジェクト

# ボクセルデータ圧縮

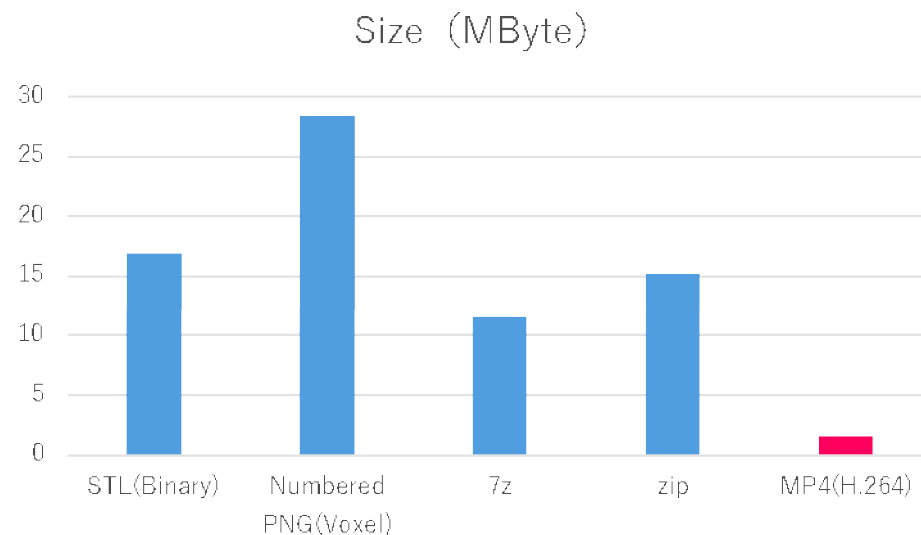
É Data compression for voxel using image/video coding technologies(experimental)



3D model



Voxel(Numbered pictures)  
/Moving picture



Comparison between various file type

# 多層構造表現

É ボクセルを階層的に表現することで効率化

