

# 3D-SRGANにおける位相不変量 を考慮した形状改善と評価

宮崎大学 工学部 情報システム工学科

指導教員 椋木雅之

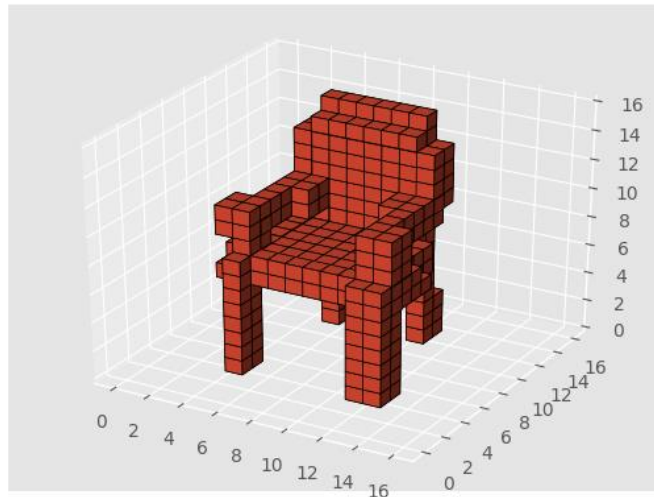
67180340 野村淳也

2022/02/16

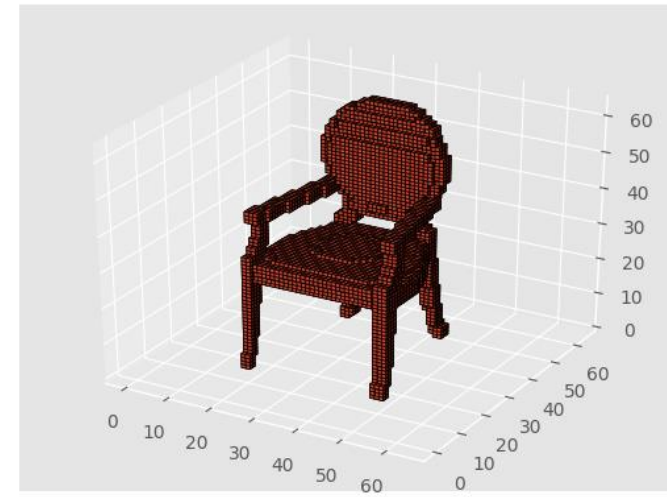
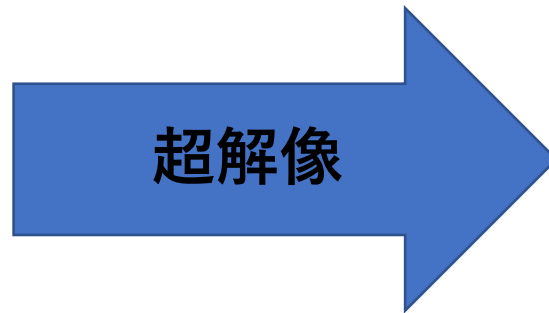
# ボクセル表現3次元モデルの超解像

- 3D-SRGAN[1]

敵対的学習を使用し、超解像を行う



低解像度3次元モデル

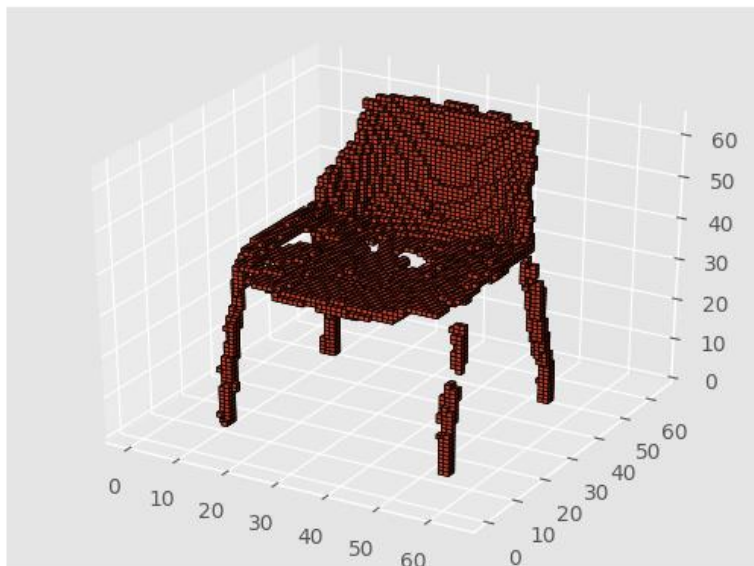


高解像度3次元モデル

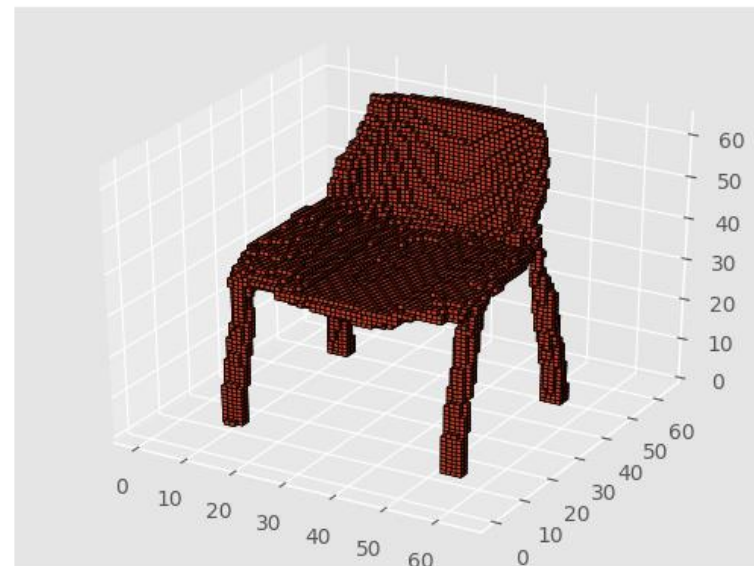
[1] 岡和寿, “SRGANの3次元モデル超解像への拡張”, 平成30年度 宮崎大学 工学研究科 情報システム工学分野修士論文, 2019

# 3D-SRGANの問題点

1. 誤った穴、途切れが生成される
2. 定量評価が見た目（視覚的品質）を反映していない



視覚的品質 : ×  
定量評価 : ○



視覚的品質 : ○  
定量評価 : ×

# 位相不変量

穴、途切れ（連結成分）：位相不変量

位相不変量が異なる

- 本質的に異なる図形となる
- 視覚的品質に大きな影響を与える

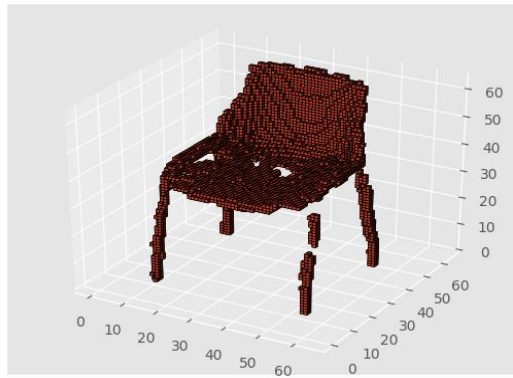


**位相不変量が適切なら  
本質的にも視覚的にも正しい図形ができる**

# 研究の目的

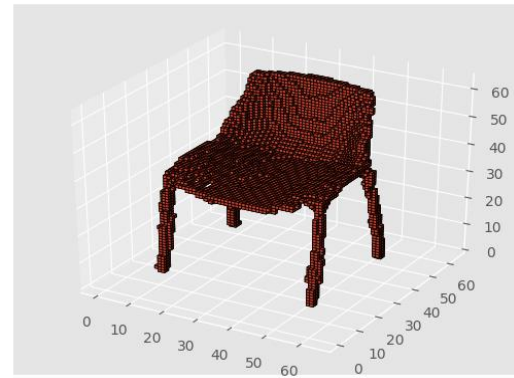
## 位相不変量を考慮することによる

- 3D-SRGANの超解像結果の形状改善
- 超解像結果の評価基準改善



視覚的品質 : ×  
定量評価 : ×

形状改善

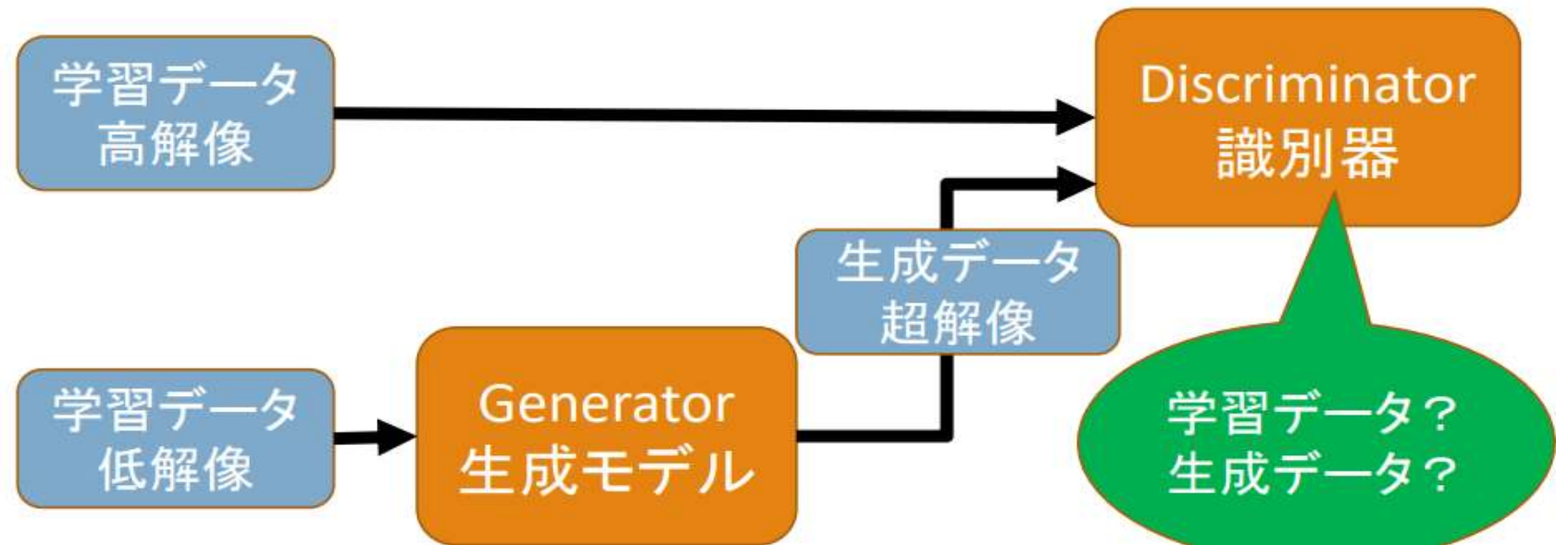


視覚的品質 : ○  
定量評価 : ○

評価基準改善

# 3D-SRGAN

- 2次元画像の超解像を行うSRGANを3次元に拡張
- Generatorが学習用データに近いモデルを生成するために敵対的学習を行う



引用： [1]

# Generatorの学習

$$l_G = l_{con} + \lambda l_{Gen}$$

$l_G$  : GeneratorのLoss関数

値が小さくなるように学習を進める

$l_{con}$  (Content Loss) :

高解像度3次元モデルと超解像3次元モデルのボクセル毎の値 (ボクセル値) の一致

$l_{Gen}$  (Adversarial Loss) : Discriminatorの識別結果

Discriminatorが学習用データと見分けがつかないように学習する

# 3D-SRGANの問題点

1. 誤った穴、途切れが生成される

従来のContent Loss

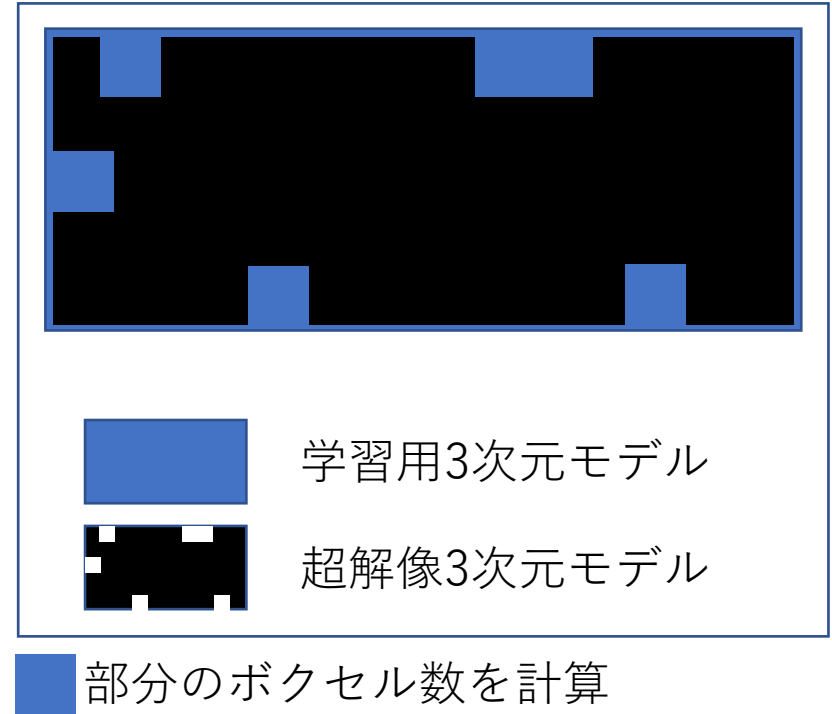
ボクセル毎の値の一致のみを用いている



隣接するボクセルとの繋がりを考慮していない

**誤った穴や途切れが生成されやすい**

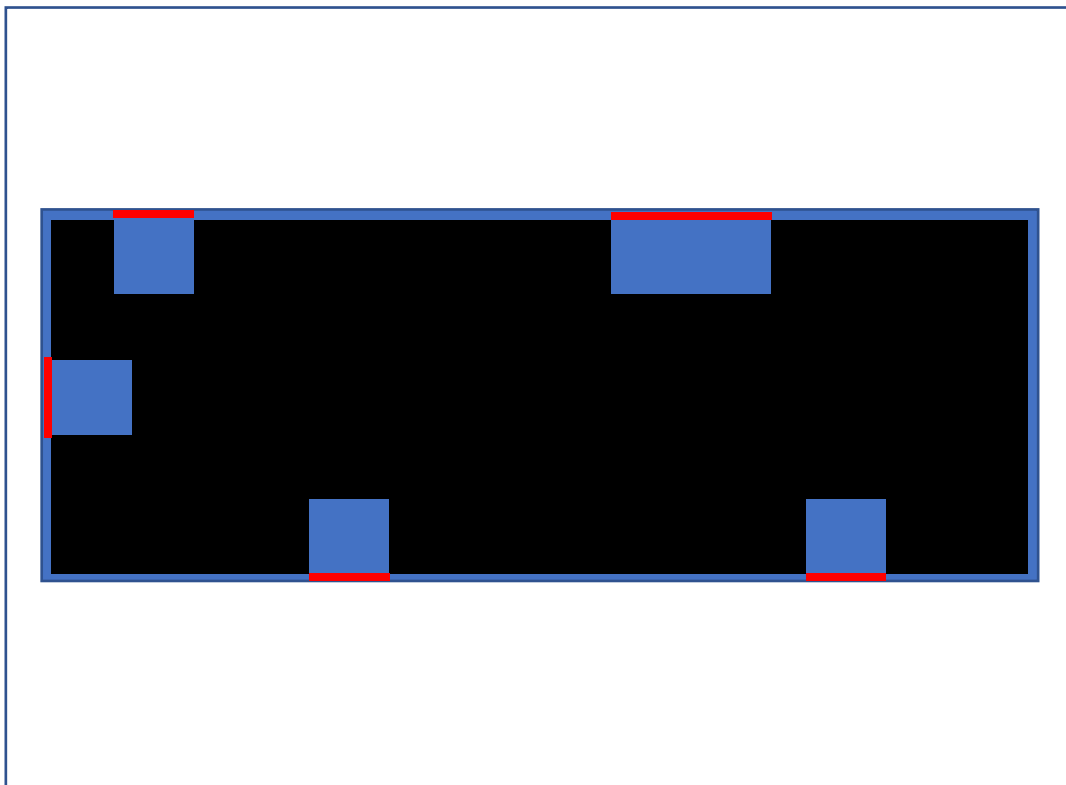
従来のContent Loss





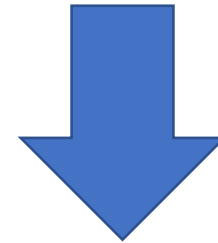
# Content Lossの変更

変更点



■と—のボクセル数を計算

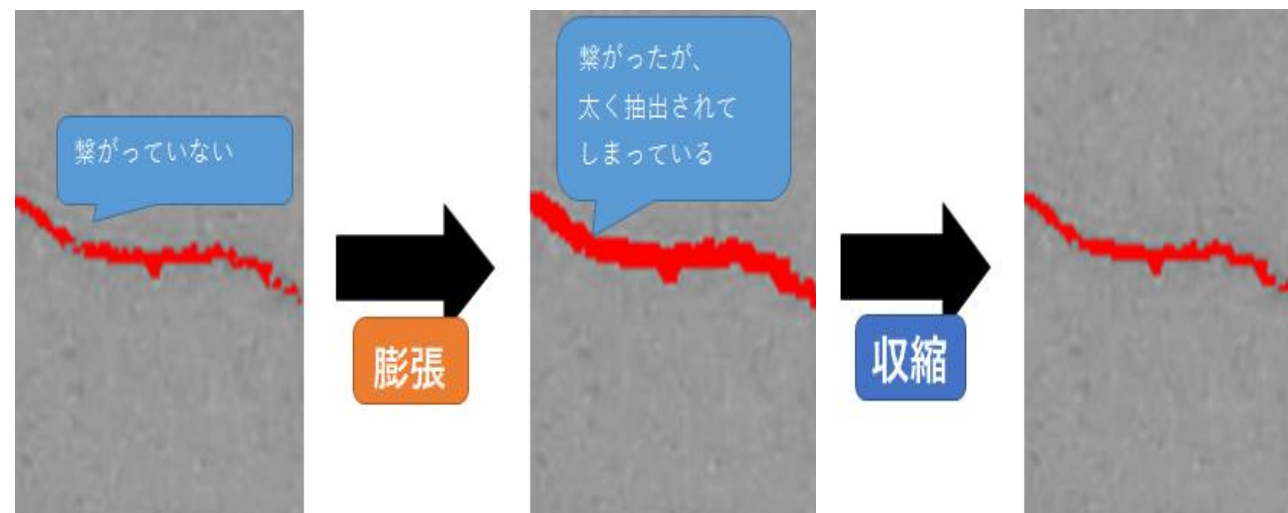
表面が正しければ  
誤った穴や途切れが減る



位相不変の実現につながる

# クロージング、閾値変更の追加

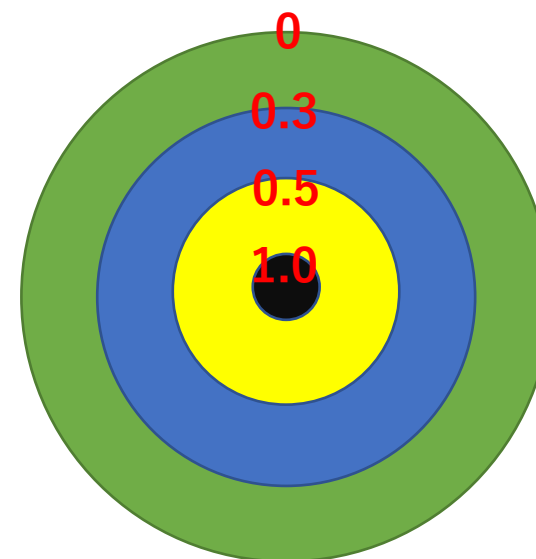
- クロージング



引用：<https://www.mitani-visual.jp/mivlog/imageprocessing/closing968.php>

- 閾値変更

小さいほどボクセル総数が多くなる



穴や途切れを減らすことができる

**位相不変につながる**

# 3D-SRGANの問題点

2. 定量評価が見た目（視覚的品質）を反映していない

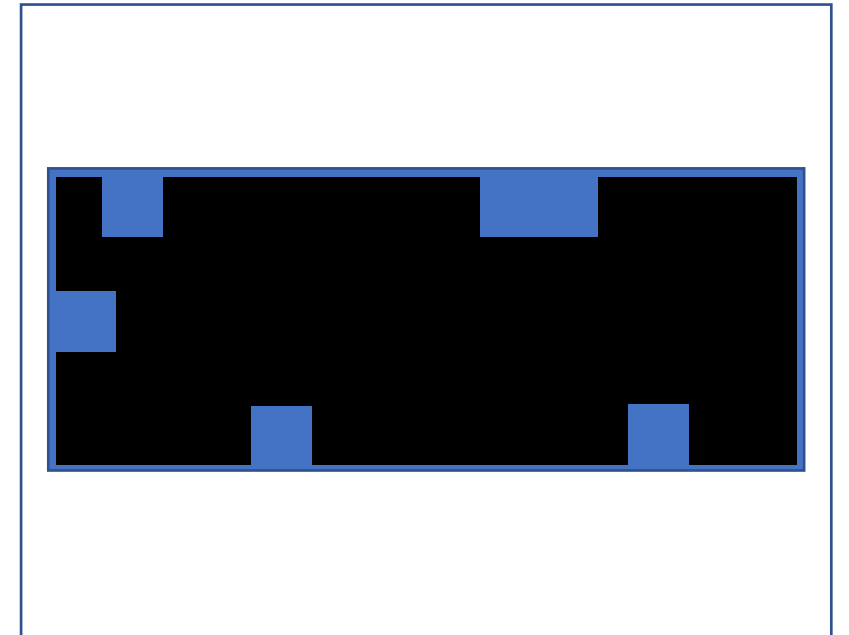
従来の評価基準

従来の評価基準[2]

ボクセル毎の値の一致のみを用いている



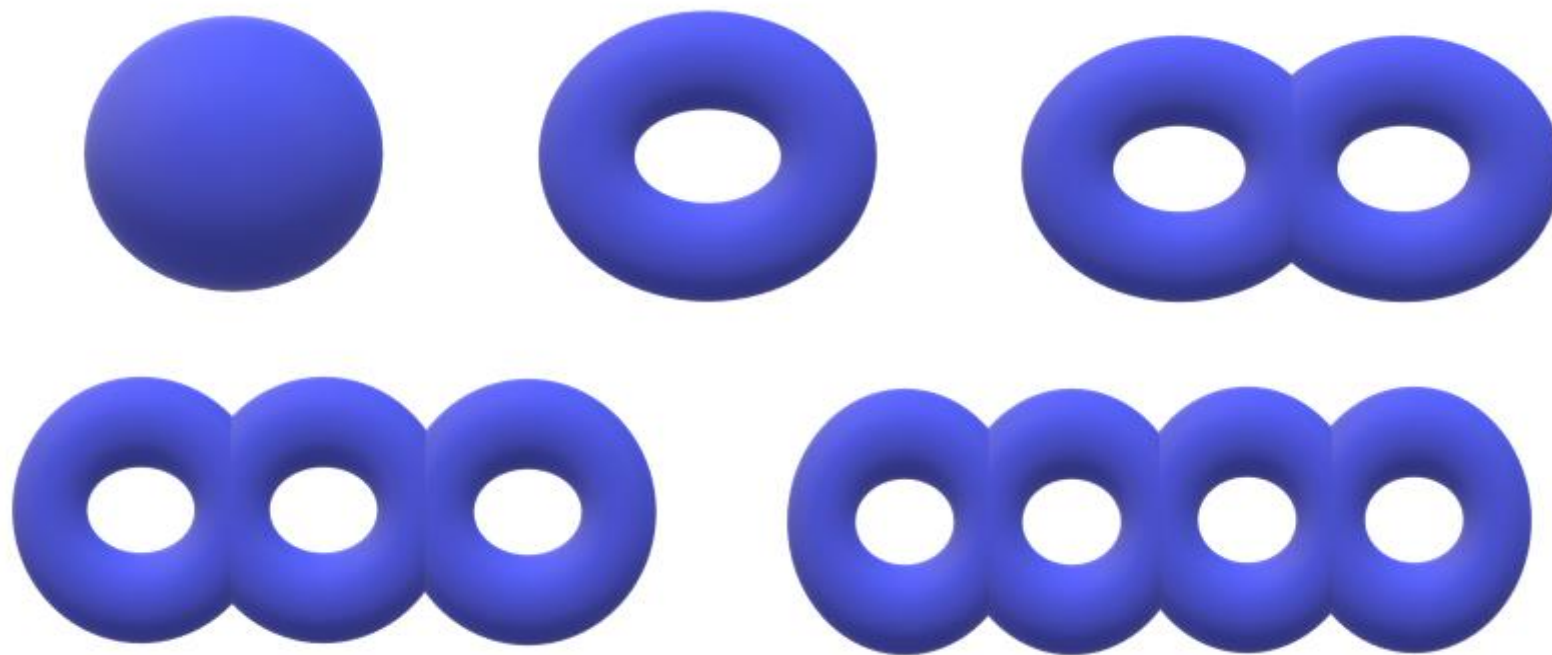
隣接するボクセルとの繋がりを考慮していない



■ 部分のボクセル数を計算

# 定量評価の評価基準追加

位相不変量（穴、連結成分）を導入



# 実験

1. Content Lossの改良による形状改善
2. クローニング、閾値変更による形状改善

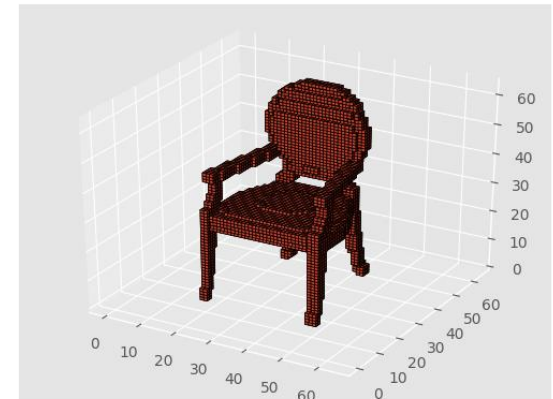
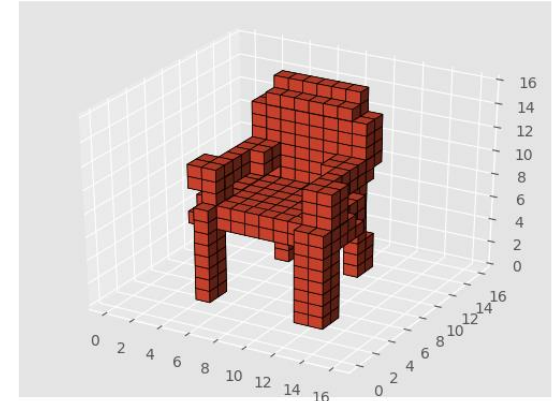
# 実験用データ

- ModelNet10のイスのクラスの3次元モデル
  - 学習用データ : 889個
  - テスト用データ : 100個



低解像度3次元モデル :  $16 \times 16 \times 16$

高解像度3次元モデル :  $64 \times 64 \times 64$



# 評価基準

定性評価：○、△、×で評価

- ① 3次元モデルの形状の滑らかさ（滑）
- ② 3次元モデルの連結成分同士の連続性（連）
- ③ 3次元モデルの表面の連続性（表）

定量評価：

- ① 高解像度モデルと超解像モデルの連結成分の差（連）
- ② 高解像度モデルと超解像モデルの穴の総数の差（穴）
- ③ 高解像度モデルと超解像モデルのボクセル毎の値が異なるものの数（値）

# 実験 1 : 実験手法

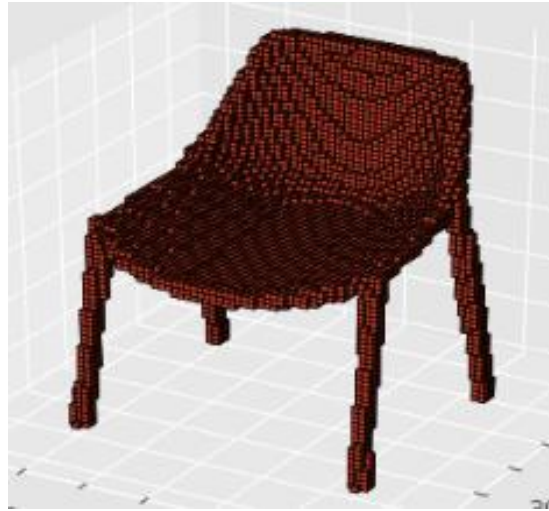
Content Lossをモデルの表面と内部を考慮するように変更し、  
形状改善につながるか検証した

## 比較対象

- 内部のみ : Loss関数の変更なし
- 表面のみ : Loss関数を変更せず、学習用データ内部を空洞にする
- 表面 + 内部 : 提案手法



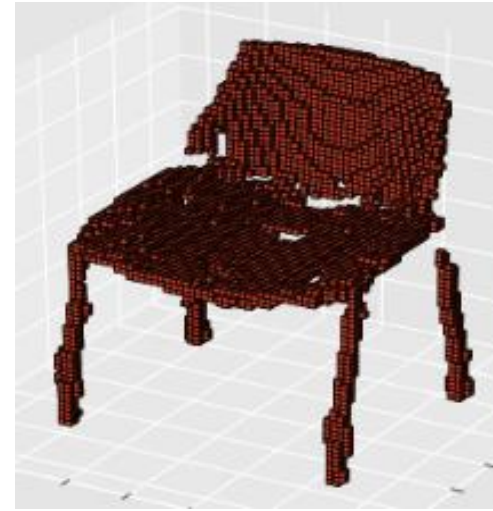
# 実験1：実験結果（モデル1）



高解像度3次元モデル

定量評価

連：1  
穴：0  
値：0



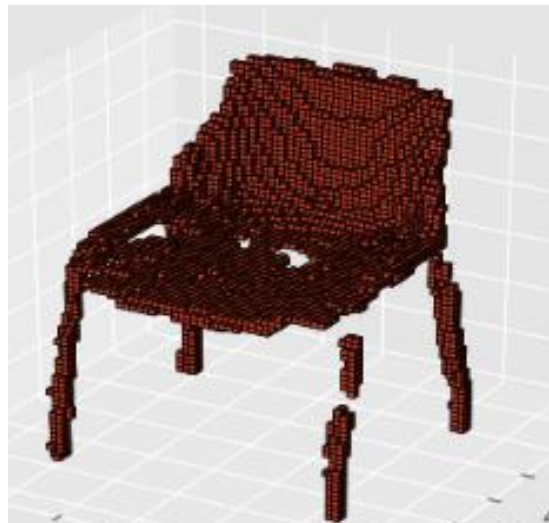
内部のみ

定性評価

滑：×  
連：△  
表：×

定量評価

連：4  
穴：33  
値：2804



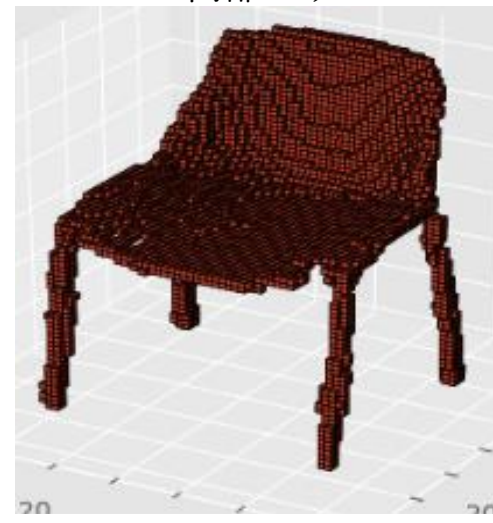
表面のみ

定性評価

滑：×  
連：△  
表：×

定量評価

連：5  
穴：41  
値：2721



表面+内部（提案手法）

定性評価

滑：○  
連：○  
表：○

定量評価

連：0  
穴：35  
値：2418

# 実験1：実験結果（モデル2）



高解像度3次元モデル

定量評価

連：1  
穴：16  
値：0



内部のみ

定性評価

滑：△  
連：△  
表：○

定量評価

連：2  
穴：7  
値：3164



表面のみ

定性評価

滑：×  
連：△  
表：△

定量評価

連：12  
穴：7  
値：3993



表面+内部（提案手法）

定性評価

滑：○  
連：○  
表：○

定量評価

連：2  
穴：8  
値：3093

# 実験 1 : 実験結果 (評価)

| 評価項目              | モデル1 |   |   | モデル2 |   |   | テスト用モデル全体の平均 |            |               |
|-------------------|------|---|---|------|---|---|--------------|------------|---------------|
|                   | 滑    | 連 | 表 | 滑    | 連 | 表 | 連            | 穴          | 値             |
| 表面のみ              | ×    | △ | × | ×    | △ | △ | 19.1         | 64.6       | 11230.9       |
| 内部のみ              | ×    | △ | × | △    | △ | ○ | 4.8          | 13.5       | 8447.1        |
| 表面 + 内部<br>(提案手法) | ○    | ○ | ○ | ○    | ○ | ○ | <b>2.5</b>   | <b>8.3</b> | <b>6569.9</b> |

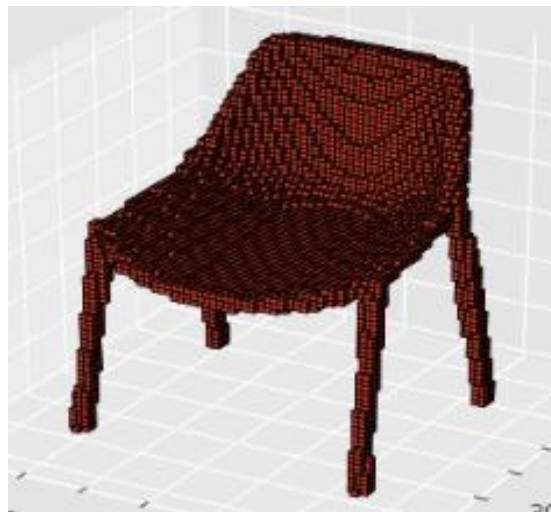
# 実験 2 : 実験手法

後処理の形状改善への有効性を検証した

比較対象

- 2値化閾値変更 : 2値化閾値を0.5から0.3へ変更した
- クロージング
- Loss関数変更 + クロージング

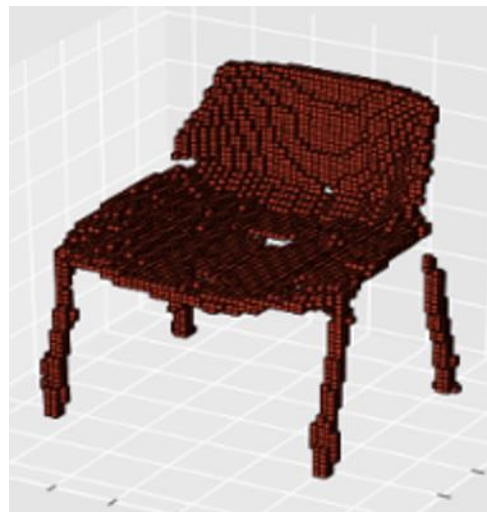
# 実験2：実験結果（モデル1）



高解像度3次元モデル

定量評価

連：1  
穴：0  
値：0



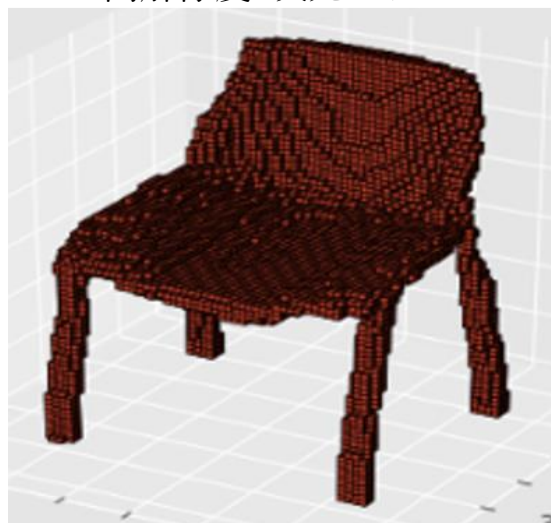
クロージング

定性評価

滑：△  
連：△  
表：△

定量評価

連：3  
穴：37  
値：2905



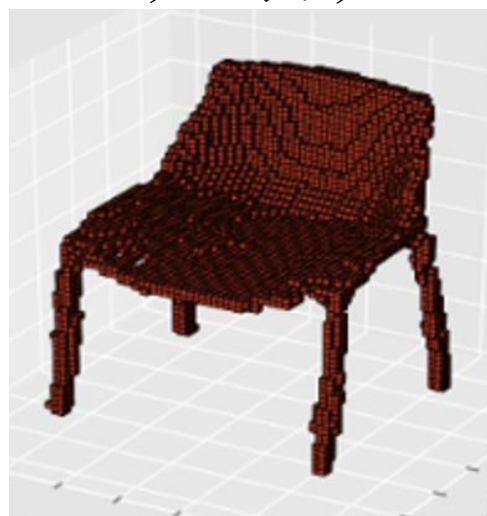
2値化閾値変更

定性評価

滑：○  
連：○  
表：○

定量評価

連：1  
穴：1  
値：4038



Loss関数変更+クロージング

定性評価

滑：○  
連：○  
表：○

定量評価

連：0  
穴：28  
値：2640



# 実験2：実験結果（モデル2）



高解像度3次元モデル

定量評価

連：1  
穴：16  
値：0



クロージング

定性評価

滑：△  
連：△  
表：○

定量評価

連：2  
穴：7  
値：3363



2値化閾値変更

定性評価

滑：○  
連：○  
表：○

定量評価

連：0  
穴：6  
値：4361



Loss関数変更+クロージング

定性評価

滑：○  
連：○  
表：○

定量評価

連：0  
穴：6  
値：3189

# 実験2：実験結果（評価）

| 評価項目                | モデル1 |   |   | モデル2 |   |   | テスト用モデル全体の平均 |             |               |
|---------------------|------|---|---|------|---|---|--------------|-------------|---------------|
|                     | 滑    | 連 | 表 | 滑    | 連 | 表 | 連            | 穴           | 値             |
| 2値化閾値変更             | ○    | ○ | ○ | ○    | ○ | ○ | <b>1.4</b>   | 8.74        | 8290.6        |
| クロージング              | △    | △ | △ | △    | △ | ○ | 4            | 9.38        | 8466.3        |
| Loss関数変更+<br>クロージング | ○    | ○ | ○ | ○    | ○ | ○ | 1.69         | <b>5.26</b> | <b>7035.5</b> |

# まとめ

## 3D-SRGANによる超解像における位相不変量の考慮

### 位相不変量を考慮した形状改善

- Loss関数の改良 : 有効
- クロージング : 有効
- 2値化閾値の変更 : 非常に有効
- Loss関数変更 + クロージング : 非常に有効

### 位相不変量を考慮した評価基準

定量評価の基準として適している

### 今後の課題

位相不変量のLoss関数への導入