

深層学習と進化的アルゴリズムで ○○っぽいデザインを作る

千葉大学大学院 工学研究院

助教 加戸 啓太

2024年9月26日

従来技術とその問題点

建築物の内装やインテリアなどのデザインをシミュレーション・評価などを行い改良する手法をコンピューターシヨナルデザインと呼ぶ。

Google
コンピューターシヨナルデザイン

すべて 画像 動画 ニュース ショッピング 地図 ウェブ もっと見る ツール

建築 ファサード グラス ホッパー コンペ 屋根 清水建設 家具 竹中工務店 小淵祐介 構造 Computational design Grass

ArchiFuture Web
コンピューターシヨナルデザインの源...

ArchiFuture Web
コンピューターシヨナルデザイン...

ニュースイッチ
ゼネコンで広がる「コンピューターシ...

ArchiFuture Web
コンピューターシヨナルデザインの源流と...

WS WORKSIGHT
コンピューターシヨナルデザインで...

テンプラスワン・ウェブサイト
10+1 website | コンピューターシヨナル...

Googleの検索結果より・Google and the Google logo are trademarks of Google LLC.

従来技術とその問題点

- 形状生成アルゴリズムに、進化的アルゴリズムを適用し、シミュレーション・評価を繰り返し、自動的にデザインを作ることも行われる
- この時の評価には、強度が強い、省エネルギーといった軸のみが用いられる



進化的アルゴリズムの適用された建築物の例
右:EQハウス*: パネルのパターンを室内の光・温熱環境とレーザーカットに掛かるコストなどの観点から最適化
左:カタール・ナショナル・コンベンション・センター*: 屋根を支える構造の最適化(トポロジー最適化)

* https://www.takenaka.co.jp/eq_house/

** <https://www.theplan.it/eng/architecture/qatar-national-convention-centre>

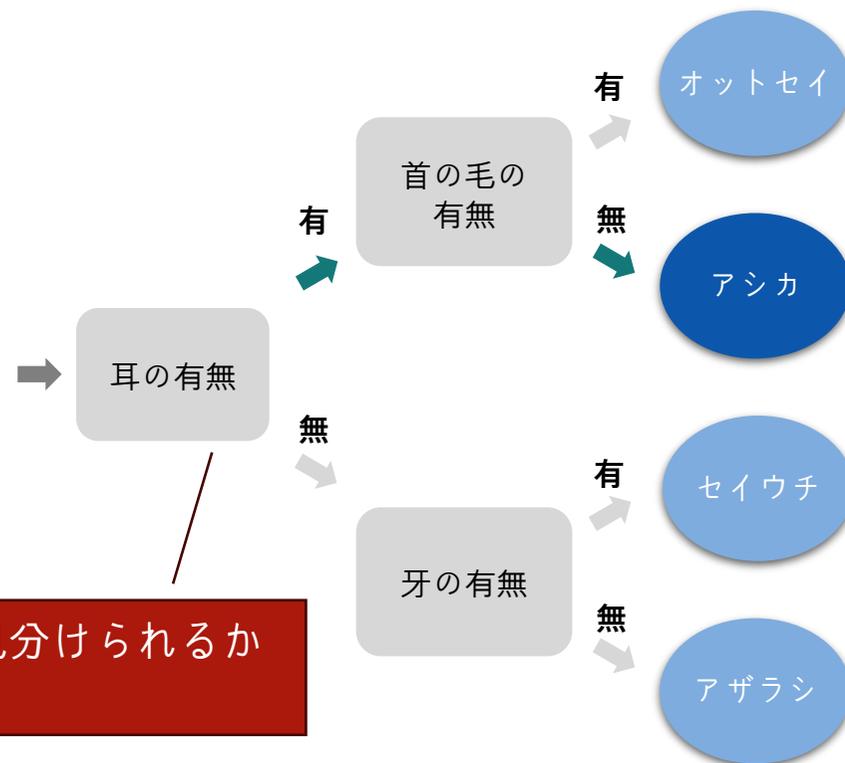
新技術の特徴・従来技術との比較

この評価軸に、深層学習を用いた評価軸を導入。

- 強度が強い、省エネルギーといった従来の軸に加え、「木漏れ日っぽい」といった定性的な評価軸を含めて最適化を行うことができる
- 機構的な制約は形状生成アルゴリズムで担保できる

(補足) 深層学習による評価

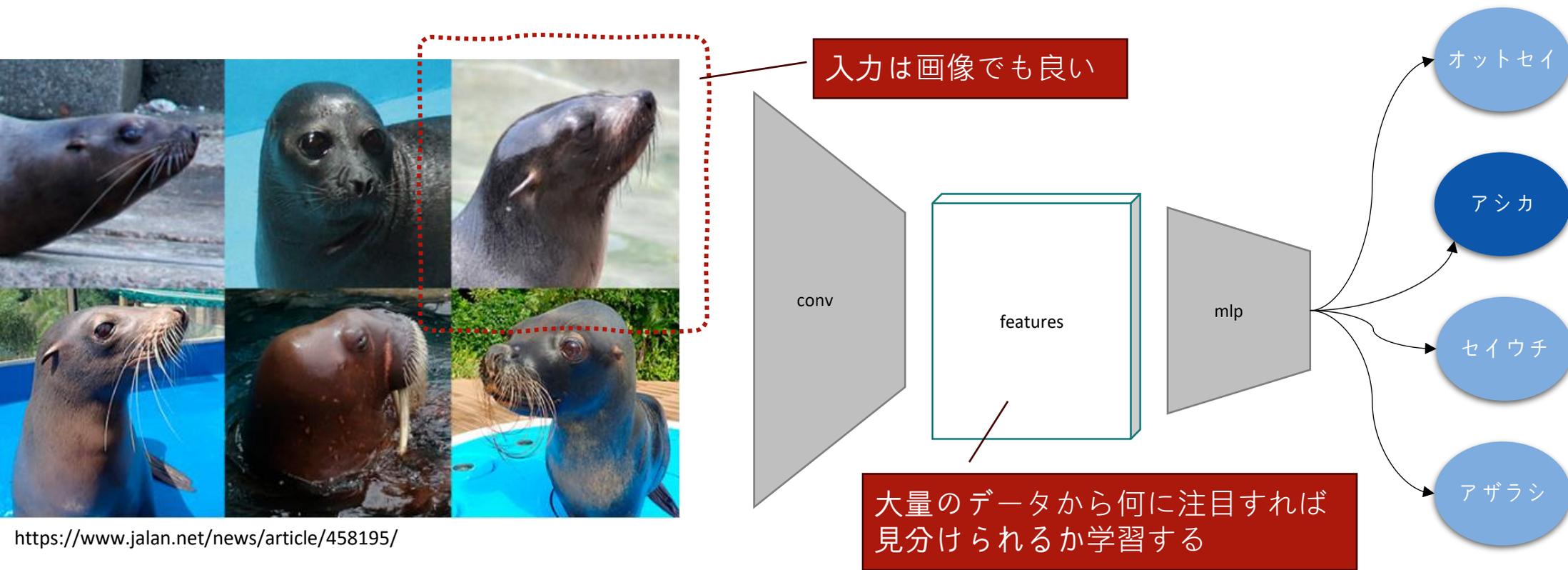
オットセイ・アシカ・セイウチ・アザラシを人が分類する



何に注目すれば見分けられるか
人が考える

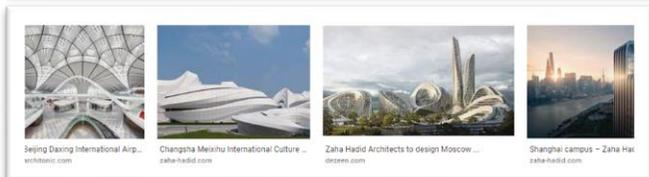
(補足) 深層学習による評価

オットセイ・アシカ・セイウチ・～を深層学習が分類する

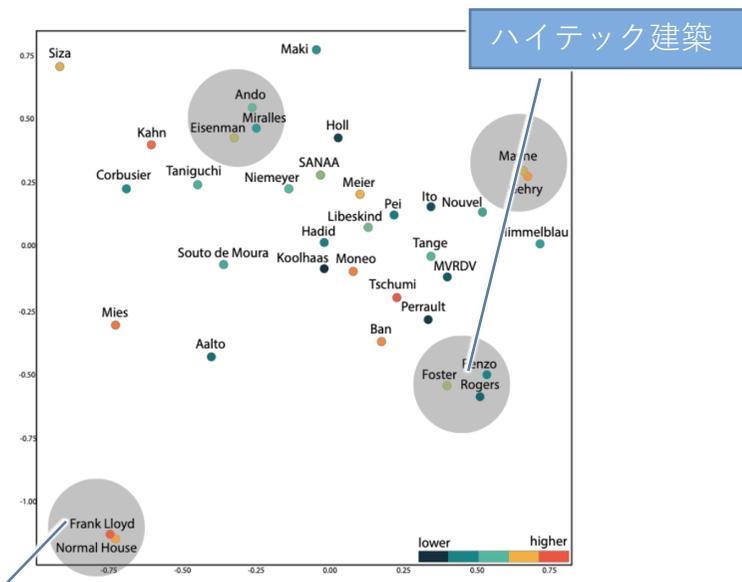


(補足) 深層学習による評価

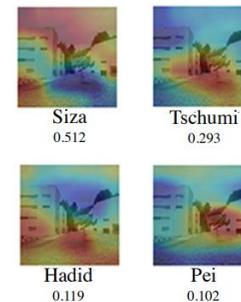
建築作品の分類を学習すると…*:



上の写真ならRenzo Piano、下ならZaha Hadid、と教える



F. L. Wrightとプレーリースタイル

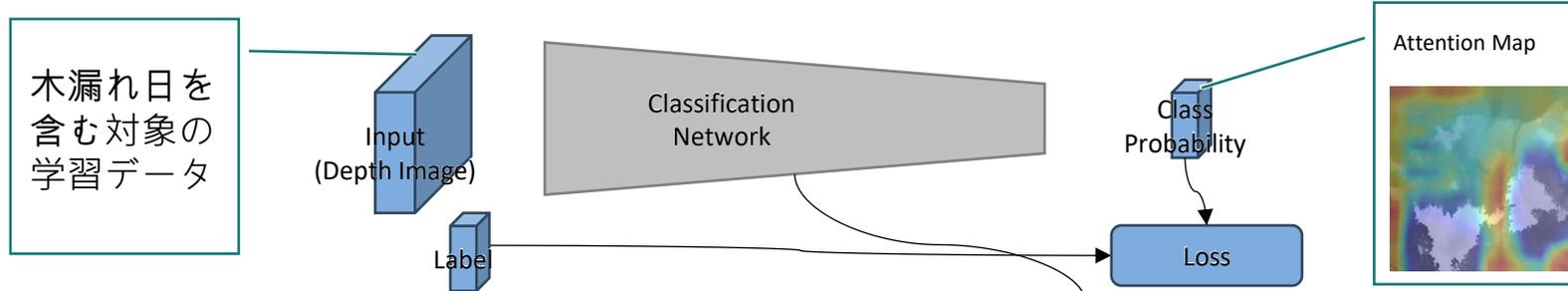


* Yoshimura Y., Cai B., Wang Z., Ratti C. (2019) Deep Learning Architect: Classification for Architectural Design Through the Eye of Artificial Intelligence. In: Geertman S., Zhan Q., Allan A., Pettit C. (eds) Computational Urban Planning and Management for Smart Cities. CUPUM 2019. Lecture Notes in Geoinformation and Cartography. Springer, Cham

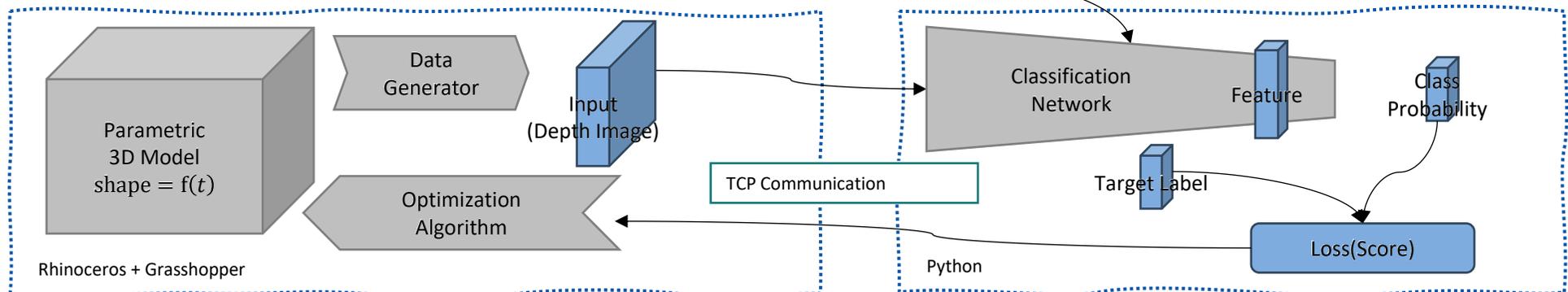
仕組み

「木漏れ日っぽい」デザインを作る例。

① 木漏れ日らしさを学習する分類ネットワーク



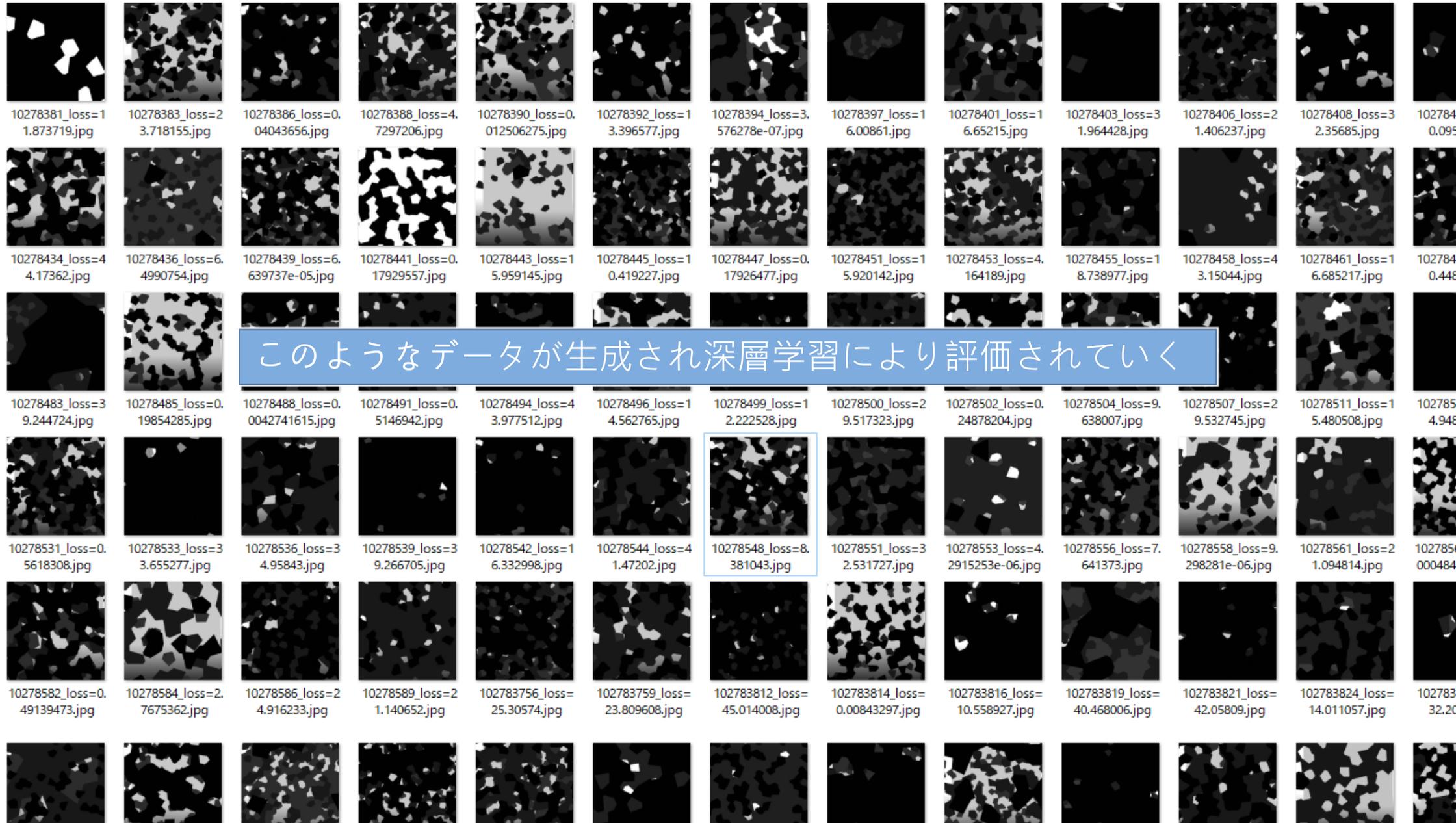
② 深層学習による評価を取り入れた最適化



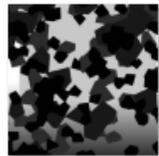
適用例

3層のポロノイ状のパネルで試すと…

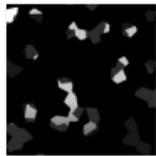




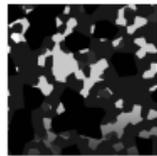
10278381_loss=1.873719.jpg



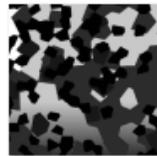
10278383_loss=2.3718155.jpg



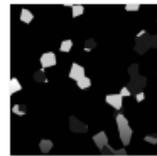
10278386_loss=0.04043656.jpg



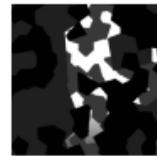
10278388_loss=4.7297206.jpg



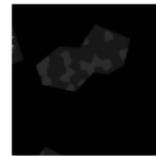
10278390_loss=0.012506275.jpg



10278392_loss=1.3396577.jpg



10278394_loss=3.576278e-07.jpg



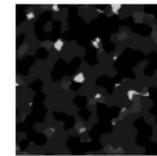
10278397_loss=1.600861.jpg



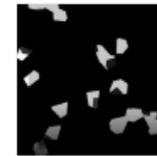
10278401_loss=1.665215.jpg



10278403_loss=3.1964428.jpg



10278406_loss=2.1406237.jpg



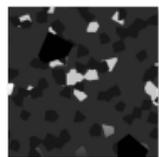
10278408_loss=3.235685.jpg



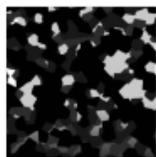
10278411_loss=0.0095.jpg



10278434_loss=4.417362.jpg



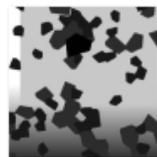
10278436_loss=6.4990754.jpg



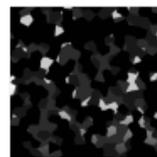
10278439_loss=6.639737e-05.jpg



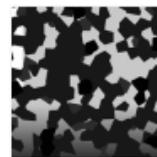
10278441_loss=0.17929557.jpg



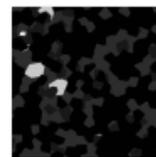
10278443_loss=1.5959145.jpg



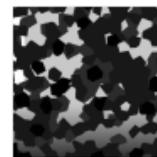
10278445_loss=1.0419227.jpg



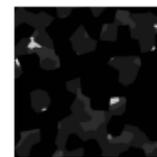
10278447_loss=0.17926477.jpg



10278451_loss=1.5920142.jpg



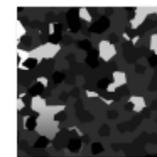
10278453_loss=4.164189.jpg



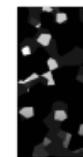
10278455_loss=1.8738977.jpg



10278458_loss=4.315044.jpg



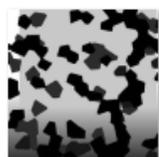
10278461_loss=1.6685217.jpg



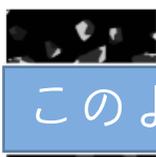
10278464_loss=0.448.jpg



10278483_loss=3.9244724.jpg



10278485_loss=0.19854285.jpg



10278488_loss=0.0042741615.jpg



10278491_loss=0.5146942.jpg



10278494_loss=4.3977512.jpg



10278496_loss=1.4562765.jpg



10278499_loss=1.222528.jpg



10278500_loss=2.9517323.jpg



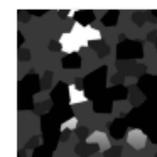
10278502_loss=0.24878204.jpg



10278504_loss=9.638007.jpg



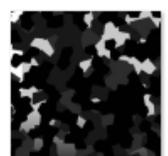
10278507_loss=2.9532745.jpg



10278511_loss=1.5480508.jpg



10278514_loss=4.948.jpg



10278531_loss=0.5618308.jpg



10278533_loss=3.3655277.jpg



10278536_loss=3.495843.jpg



10278539_loss=3.9266705.jpg



10278542_loss=1.6332998.jpg



10278544_loss=4.147202.jpg



10278548_loss=8.381043.jpg



10278551_loss=3.2531727.jpg



10278553_loss=4.2915253e-06.jpg



10278556_loss=7.641373.jpg



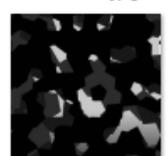
10278558_loss=9.298281e-06.jpg



10278561_loss=2.1094814.jpg



10278564_loss=0.000484.jpg



10278582_loss=0.49139473.jpg



10278584_loss=2.7675362.jpg



10278586_loss=2.4916233.jpg



10278589_loss=2.1140652.jpg



102783756_loss=25.30574.jpg



102783759_loss=23.809608.jpg



102783812_loss=45.014008.jpg



102783814_loss=0.00843297.jpg



102783816_loss=10.558927.jpg



102783819_loss=40.468006.jpg



102783821_loss=42.05809.jpg



102783824_loss=14.011057.jpg



102783827_loss=32.20.jpg

適用例

深層学習による評価例

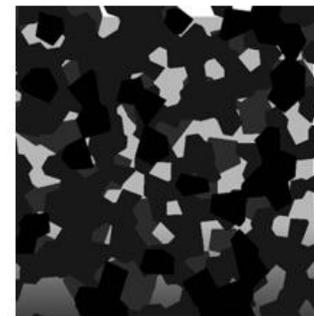
右ほど木漏れ日っぽい評価



loss(CCE) 16.12



loss 0.88



loss 1.1e-17



適用例

人による評価との比較

- 一対比較法で相対的な印象を分析 (N=14)
- (深層学習では左ほど木漏れ日らしいと評価)



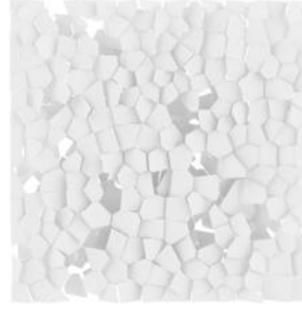
A
loss 0.001



B
loss 0.008



C
loss 1.817



D
loss 2.178



E
loss 6.957



F
loss 8.105

適用例

人による評価との比較



A
loss 0.001

得票 **47票**
順位 **3位**



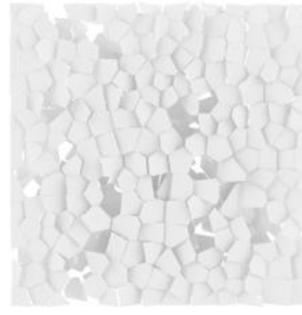
B
loss 0.008

得票 **64票**
順位 **1位**



C
loss 1.817

得票 **48票**
順位 **2位**



D
loss 2.178

得票 19票
順位 4位



E
loss 6.957

得票 18票
順位 5位



F
loss 8.105

得票 14票
順位 6位

損失の小さいデザインに得票が集まる

ここに境界



A (①)
loss 0.001

得票 47票
順位 3位



B (②)
loss 0.008

得票 64票
順位 1位



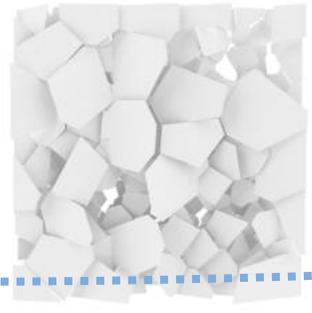
C (③)
loss 1.817

得票 48票
順位 2位



D (④)
loss 2.178

得票 19票
順位 4位



E (⑤)
loss 6.957

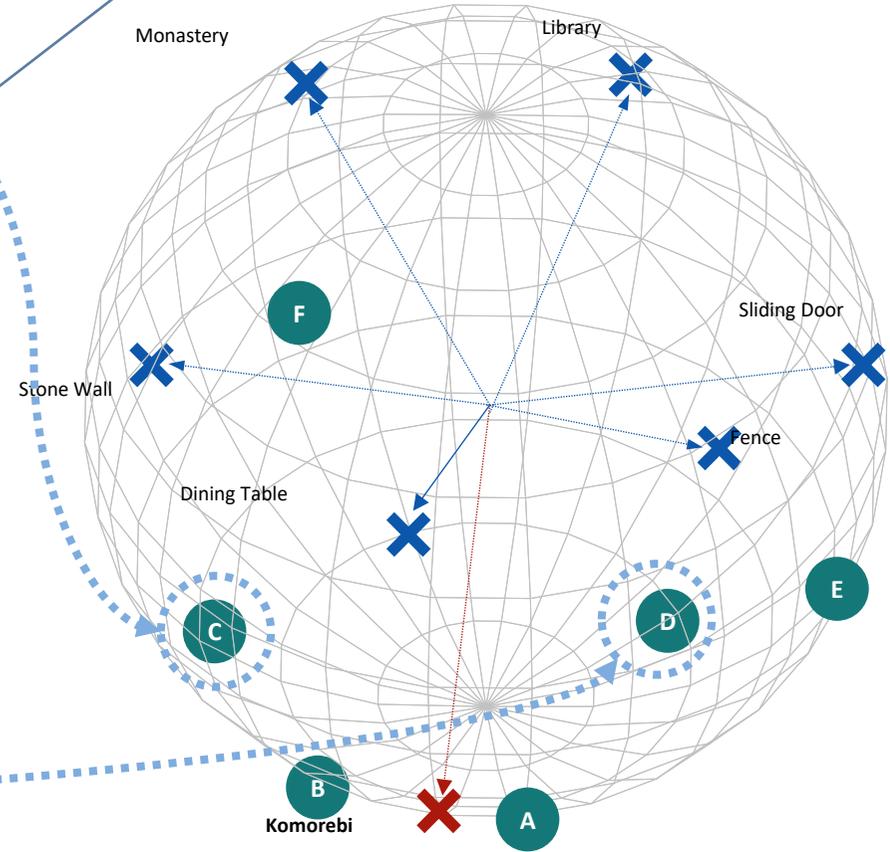
得票 18票
順位 5位



F (⑥)
loss 8.105

得票 14票
順位 6位

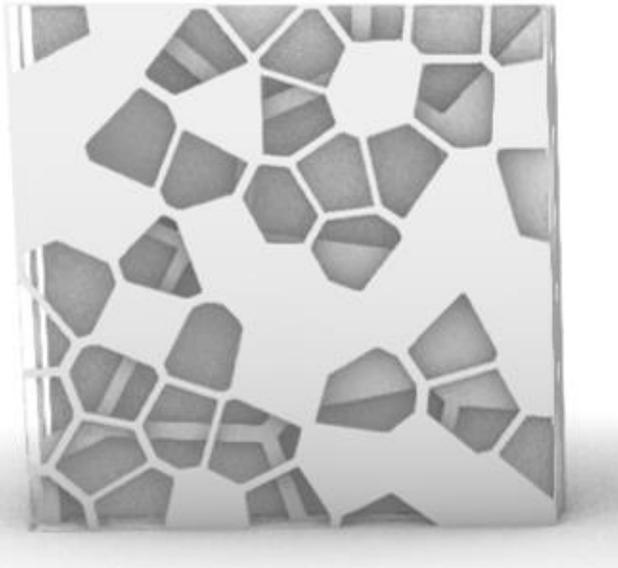
石垣に近い



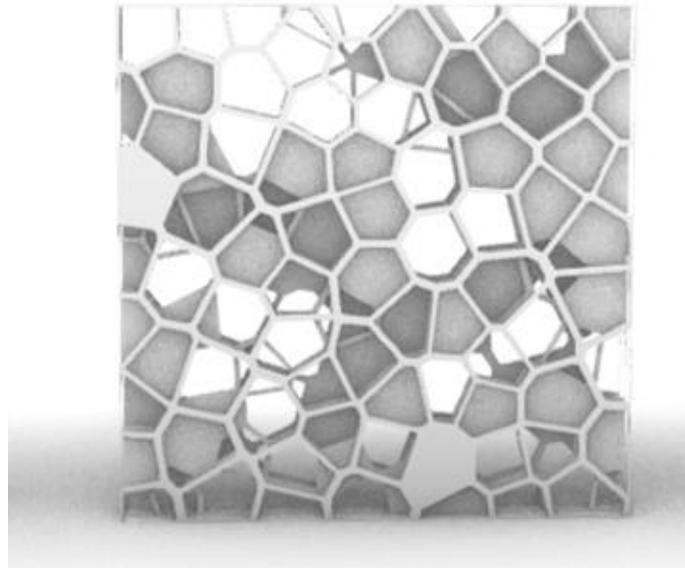
フェンスに近い

...言われてみればフェンスっぽい?

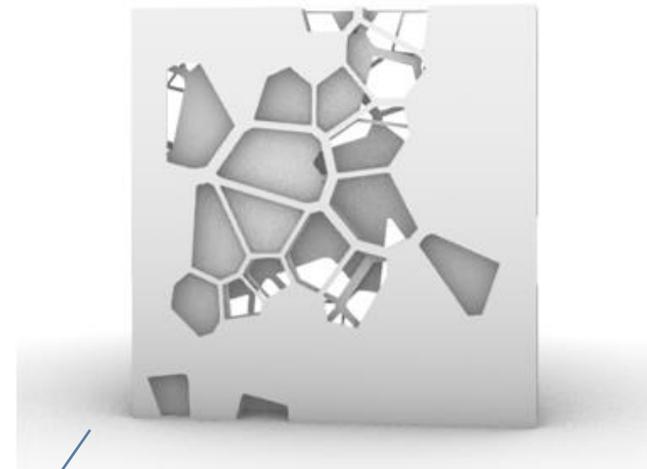
適用例



loss 14.11



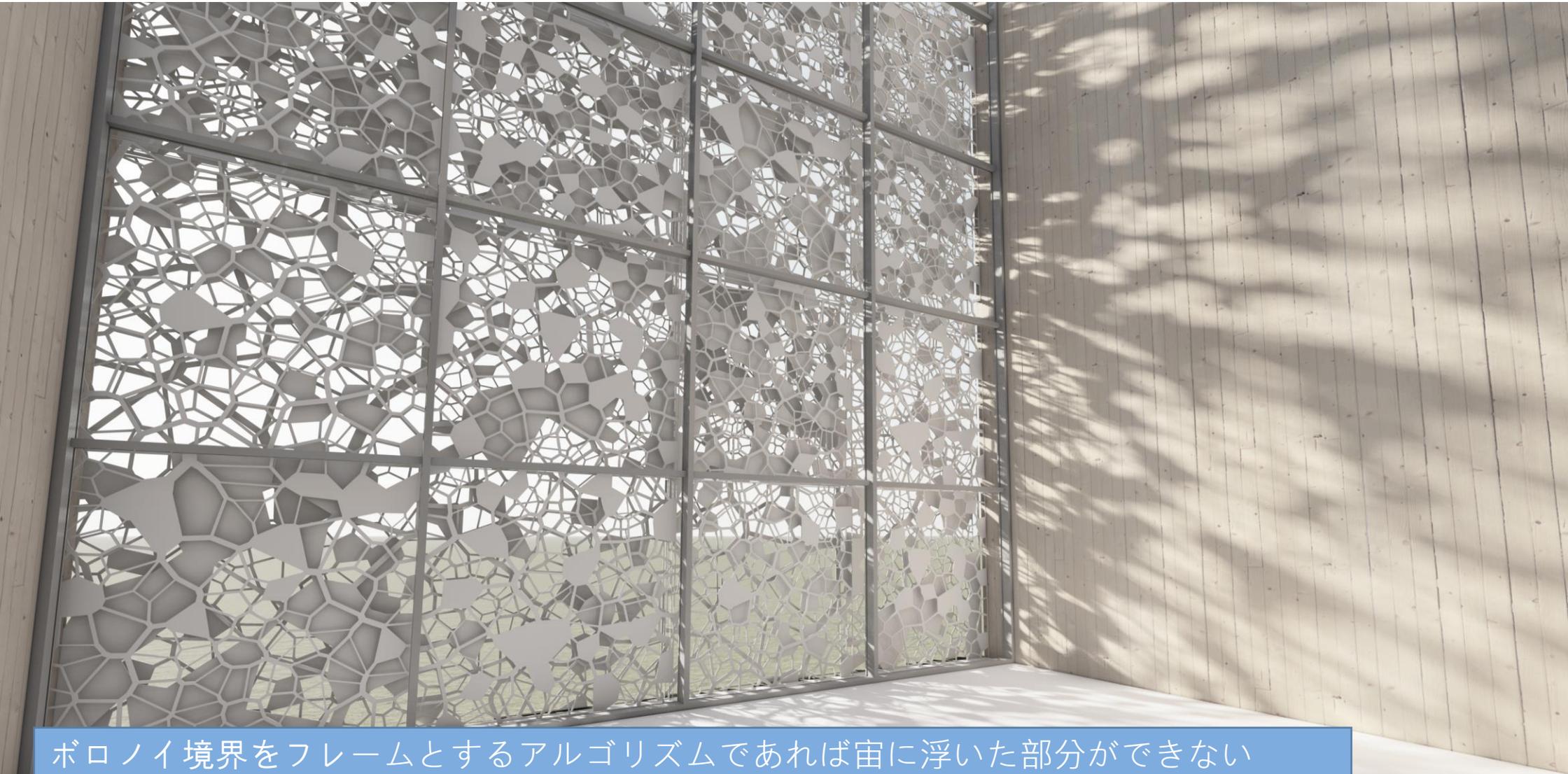
loss 0.00038



特定の木漏れ日画像に
近づくよう最適化

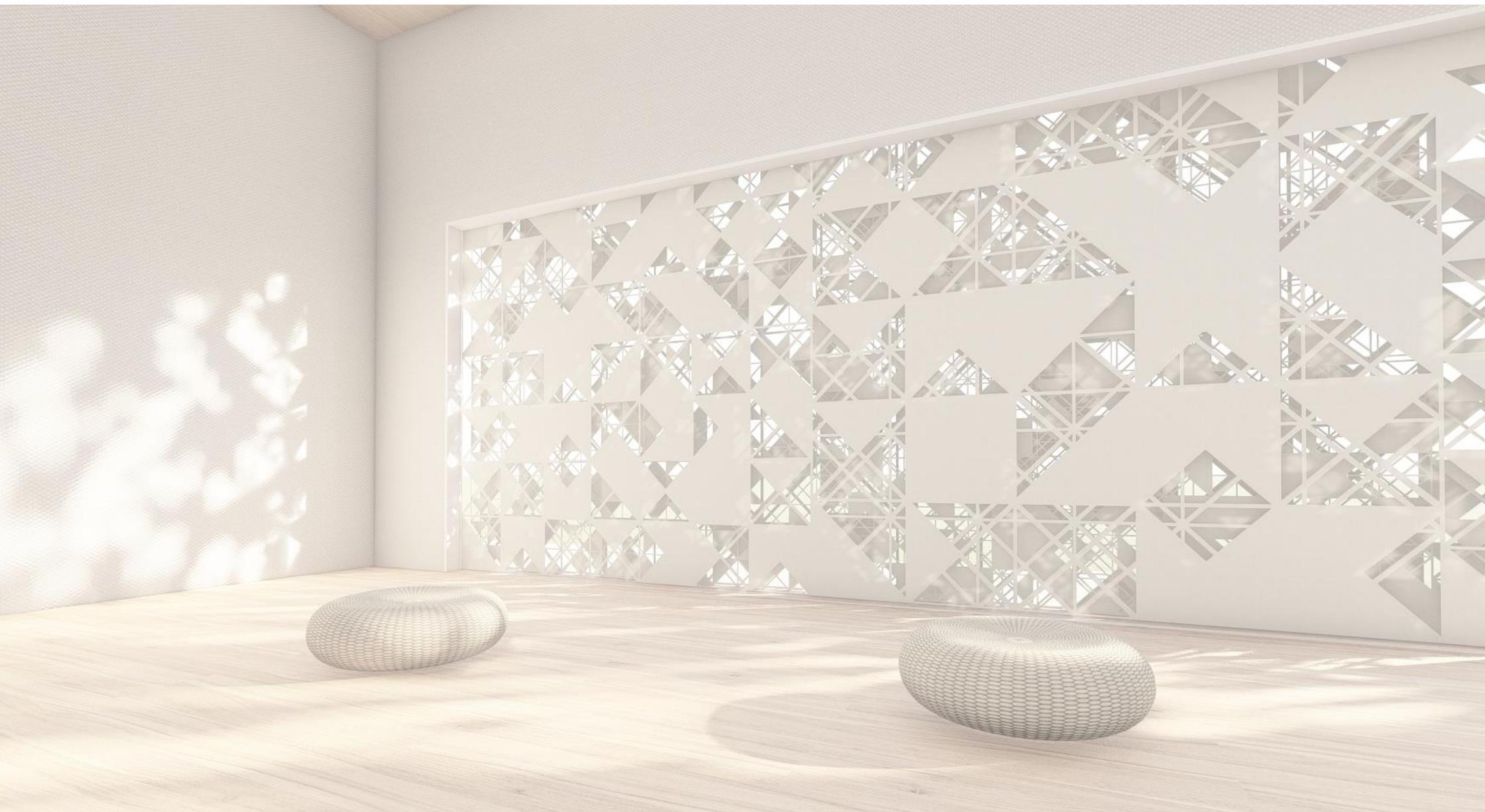
ボロノイ境界をフレームとする形状生成アルゴリズムへ適用

適用例



ポロノイ境界をフレームとするアルゴリズムであれば宙に浮いた部分ができない
多目的最適化として他の機能とのバランスを模索することも可能

適用例



想定される用途

本技術の特徴を生かすためには、**建築物の内装やインテリア、外装（カーテンウォール）**などへ適用することで機構的・意匠的な性能のバランスをとれたデザインが生成できるメリットが大きいと考えられる。

また、デジタルファブリケーションとの相性が良いのではと考えている。

実用化に向けた課題

現在、適用例で示した木漏れ日パネルについては実現済みであるが、以下の点が未検証。

- 他のモチーフや他のパターンへの適用
- 他の対象への適用

今後、必要に応じてこれらの実験・検証を行い、適用の条件などについて知見を蓄積すること行っていく。

企業への期待

この技術で未解決とした事項については、実際にデザイン・製造に関わる企業との共同研究において実施したい。

- デザイン・製造についてノウハウを持つ企業との共同研究ができれば
- 建築の内外装など人の目に触れるもののデザイン・製造には本技術が有効では

本技術に関する知的財産権

- 発明の名称 : 設計支援装置および設計支援方法
- 出願番号 : 特願2023-172786
- 出願人 : 千葉大学
- 発明者 : 加戸啓太、福本健人、前田雄飛、
鳥羽潤

お問い合わせ先

千葉大学 学術研究・イノベーション推進機構
産学官連携推進部

TEL 043-290-3048

FAX 043-290-3519

E-MAIL ccrcu@faculty.chiba-u.jp