



経年劣化に伴う金属物体上の塗膜の亀裂・湾曲表現 —静力学的破壊判定と位置ベース変形による 準静的過程のビジュアルシミュレーション—

石飛 晶啓 中山 雅紀 藤代 一成 (慶應義塾大学)



背景



現実の塗膜剥離

ウェザリング:

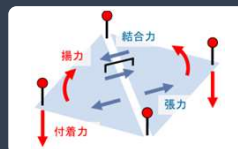
- 作品に劣化を施す技法
- 金属の劣化は主要なCG研究対象

塗膜:

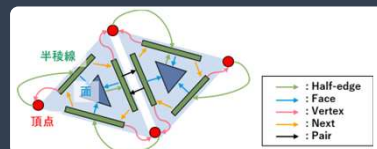
- 現実世界に遍在する金属の多くに塗布
- 亀裂・湾曲のような変形を伴って劣化

目的

金属物体上の塗膜に対する
3D変形を伴うウェザリング手法の提案



ポリゴン間の力のやり取り



ハーフエッジ構造

手法の概要

モデリングの基本方針

- 三角ポリゴンメッシュで塗膜をモデル化
- ポリゴンメッシュはハーフエッジ構造で構成
- 隣接するポリゴンは畳むような揚力と引き合うような張力を互いに付与

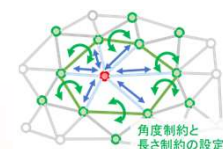
シミュレーションの流れ

- 位置ベース変形により継続的に湾曲を進行
- 位置ベース変形の対象となる箇所は静力学的破壊判定によって断続的に変化

静力学的破壊判定

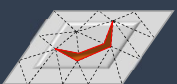
破壊の進行

分離: 頂点が基板から離れる揚力が付着力を上回るときに発生

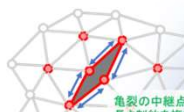


分離した頂点の周辺に角度制約と長さ制約を設定

断裂: ポリゴン間の接続が断たれる結合力が張力を上回るときに発生

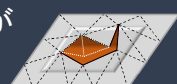


断裂した稜線の角度制約を削除



孔の周辺に長さ制約を再設定

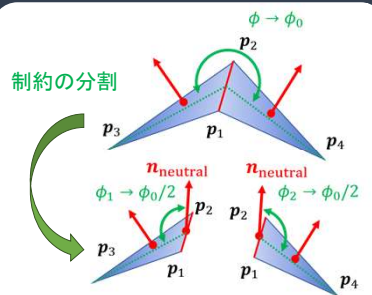
剥落: ポリゴンが落ちて無くなる周のすべての稜線が断裂したときに発生



剥落したポリゴンの周囲に設定された長さ制約を削除

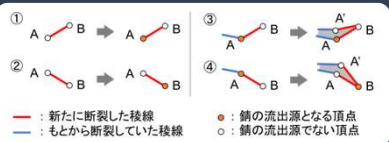
位置ベース変形

- 位置ベース動力学 (PBD: Position Based Dynamics) に基づき、幾何的な制約に従って頂点を移動
- 長さ制約と角度制約を組み合わせることで塗膜の湾曲を表現
- 角度制約は1組のポリゴン対につき2種類設定することで安定した角度制御を実現

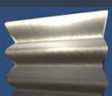


角度制約の分割

汚れの表現



流れ錆の表現. 亀裂に沿って周囲より低い点から錆が流出



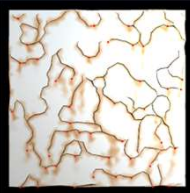
高さの効果



法線の効果



曲率の効果



黒ずみの表現. 幾何情報をもとに黒ずむ速度を計算

結果



課題

- 現実世界の物理量との対応付け
- 水分などの外的要因の考慮と基板のウェザリング

謝辞

科研費基盤研究(A)21H04916

公開文献

- [1] Akinori Ishitobi, Masanori Nakayama, and Issei Fujishiro: "Visual Simulation of Weathering Coated Metallic Objects," *The Visual Computer (Special Issue of CG International 2020)*, Vol. 36, No. 10, pp. 2383—2393, October 2020 (DOI: 10.1007/s00371-020-01947-w).
- [2] Akinori Ishitobi, Masanori Nakayama, and Issei Fujishiro: "A Deformation Method for Simulating Coating Degradation While Taking Mechanical Behavior into Account," *In Proceedings of the 2019 International Conference on Cyberworlds*, pp. 360—361, October 2019 (DOI: 10.1109/CW.2019.00066).