

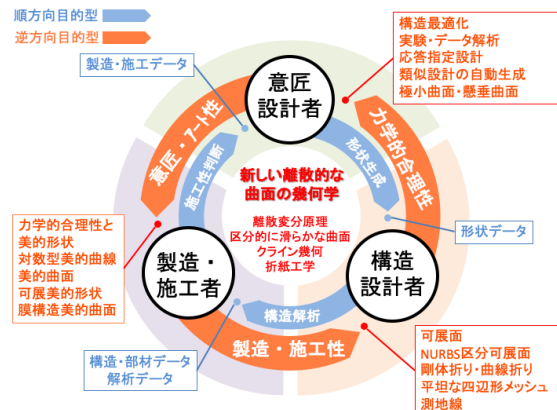
梶原 健司

九州大学 マス・フォア・インダストリ研究所
教授

設計の新パラダイムを拓く新しい離散的な曲面の幾何学

§ 1. 研究成果の概要

本研究課題の目的は、性質のよい連続曲面を形状要素にもつ新しい離散曲面の幾何学、および新しい離散変分原理を創始し、そこに工業意匠設計分野で研究されてきた美的形状の理論を取り込んだ理論的枠組みを確立し、構造最適化などの手法と組合せ、美とアート性、力学的合理性を備え、施工性に優れ、かつ幾何学的に性質のよい形状設計を直接可能にする革新的なソフトウェアプラットフォーム、すなわち「双方向循環型設計プラットフォーム」を構築することである。目的を達成するため、研究計画の初年度である今年度は以下のような研究を実施して成果を得た。



I. 新しい離散的な曲面論の構築

- (a) 区分的に連続な曲面の幾何学
- (b) アート性が高い形状を効率的に設計可能にする「美的曲面の理論」

II. I.の数学的枠組みに基づいた設計法の構築と双方向循環型設計プラットフォーム開発

- (a) 曲面の新しいパラメトリック表現と幾何的制約をみだす区分的連続曲面生成法
- (b) 美的形状を有する曲面状建築の設計法
- (c) 区分的に滑らかな曲面の特徴量の作る幾何構造に基づく解析・同定と最適化手法
- (d) 施工性+力学的合理性に優れた幾何的に性質のよい曲面構造
- (e) 幾何的な汎関数の離散化の有限要素法への応用

- (f) 対数型美的曲線のクライン幾何類似と実装
- (g) クライン幾何による美的曲面類似と実装
- (h) 曲面法線マップ画像に基づく区分可展面の生成技術
- (i) 空間曲線での折りを含む可展形状の対話的設計法の構築

III. 異分野融合による新しい設計技術と数理技術の開拓

- (a) 折紙工学における曲線折りの仮設構造物等への応用

【代表的な原著論文】

1. Sebastián Elías Graiff Zurita and Kenji Kajiwara, “Fairing of Discrete Planar Curves by Discrete Euler’s Elasticae”, JSIAM Letters, vol.11, pp.73–76, 2019.
2. Hayato Naojima and Tadatoshi Sekine, “Stabilized Explicit Isogeometric Analysis (SE-IGA) for Efficient Modeling and Analysis of 2-D Curved Structures,” in Proc. EMC Europe 2019, Barcelona, Spain, pp. 825–830, 2019.
3. R.U. Gobithaasan, S.W. Yip, K.T. Miura, M. Shanmugavel, “Optimal Path Smoothing with Log-Aesthetic Curves based on Shortest Distance, Minimum Bending Energy and Curvature Variation Energy”, Computer-Aided Design and Applications, vol.17, No.3, pp.639–658, 2020.

§ 2. 研究実施体制

(1) 梶原グループ

- ① 研究代表者: 梶原 健司 (九州大学マス・フォア・インダストリ研究所 教授)
- ② 研究項目
 - ・新しい離散的な曲面論の創出
 - ・曲面に対する離散変分原理の構築
 - ・クライン幾何による美的形状の理論

(2) 大崎グループ

- ① 主たる共同研究者: 大崎 純 (京都大学工学研究科 教授)
- ② 研究項目
 - ・区分的連続曲面の幾何学に基づく力学的合理性とアート性を備えた曲面の生成法
 - ・美的形状を有する曲面状建築の設計法
 - ・区分的に滑らかな高次元多様体に基づく解析・同定と最適化手法

(3) 本間グループ

- ① 主たる共同研究者: 本間 俊雄 (鹿児島大学理工学研究科 教授)
- ② 研究項目
 - ・施工性+力学的合理性に優れた幾何的に性質の良い曲面構造
 - ・幾何的な汎関数の離散化と有限要素法への応用
 - ・折り紙工学における曲線折りの仮設構造物等への応用

(4) 三浦グループ

- ① 主たる共同研究者: 三浦 憲二郎 (静岡大学創造科学技術大学院 教授)
- ② 研究項目
 - ・クライン幾何による美的曲線・曲面の理論とCAD システムへの実装
 - ・可展面や膜構造における美的曲面の定式化

(5) 前川グループ

- ① 主たる共同研究者: 前川 卓 (早稲田大学理工学術院総合研究所 上級研究員)
- ② 研究項目
 - ・可展面による自由曲面の近似方法の確立
 - ・法線マップの画像処理による曲面情報の2次元化
 - ・エッジ保持平滑化による区分線の明確化
 - ・最適化問題解法に基づく区分可展面の生成

(6) 三谷グループ

- ① 主たる共同研究者: 三谷 純 (筑波大学システム情報系 教授)
- ② 研究項目
 - ・折り目を含む可展形状の離散表現および対話的な設計手法の開発
 - ・折り目が展開された状態から折られた状態への推移過程のモデル化
 - ・可展面の連続変形とクライン幾何学的分析