

数学・数理科学と情報科学の連携・融合による情報活用基盤の創出と社会課題解決に向けた展開

2019年度採択研究代表者

2022年度
年次報告書

梶原 健司

九州大学 マス・フォア・インダストリ研究所
所長・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

主たる共同研究者:

大崎 純 (京都大学 大学院工学研究科 教授)

前川 卓 (早稲田大学 理工学術院 上級研究員(研究院教授))

三浦 憲二郎 (静岡大学 創造科学技術大学院 教授)

三谷 純 (筑波大学 システム情報系 教授)

横須賀 洋平 (鹿児島大学 学術研究院理工学域工学系 准教授)

研究成果の概要

本研究課題では、連続曲面を形状要素にもつ新しい離散曲面の幾何学を確立し、美とアート性、力学的合理性を備え、施工性に優れ、幾何学的に性質のよい形状設計を直接可能にする「双方向循環型設計プラットフォーム」を構築する。I. 新しい離散的な曲面論の構築、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プラットフォーム開発、III. 異分野融合による新しい設計技術と数理技術の開拓、というテーマを設定し、異分野連携研究を進めている。

- I. 区分的滑らかな曲面 (PWS) の幾何学と相似可積分曲線・曲面論の深化、ピローボックス型 PWS 閉可展面の体積変分問題の解決、離散キルヒホッフ弾性棒のテータ函数による明示公式などの成果を得た。
- II. 双方向循環型設計ソフトウェアの要素技術の開発を進めた。区分的ガウス曲率一定曲面の設計法と施工性・構造性能の最適化、曲面全体が可展面となる PWS 生成技術、指定曲面を近似し施工性に優れた六角形ラチスによる形状生成、弾性体の構成則多様体に対するデータ駆動型表現、離散測地線によるグリッドシェル構造設計と応力解析手法、クライン幾何による施工性に優れた離散曲率線グリッドシェル構造の生成、座標仮定有限要素法の複合構造の形状・応用変形解析への展開、対数型美的曲線による曲線近似技術と曲面上への拡張や境界値問題の高精度実装、曲線折り目を含む区分的可展形状の対話的設計システムや剛体可折な折りパターンの設計手法、可展面を拡張した区分的ガウス曲率負曲面の幾何学などが得られた。
- III. 可積分な離散膜 O 曲面の理論開拓と建築曲面設計ツールの開発、可積分幾何に基づく力学的合理性、施工性、美的性を兼ね備えた Michell トラス構造の生成、ピローボックス型 PWS 体積変分問題と曲線折りの応用による、組み立てる平板材面積に対し容積最大の可搬性の高い建築物の模型製作などの成果を得た。

【代表的な原著論文情報】

- 1) K. Hayakawa, M. Ohsaki and J. Y. Zhang, Meshless non-parametric shape design of piecewise approximately developable surfaces using discretized local Gauss map, *J. Int. Assoc. Shell Spatial. Struct.*(2023) <https://doi.org/10.20898/j.iass.2022.023>
- 2) K. Hayashi, Y. Jikumaru, M. Ohsaki, T. Kagaya and Y. Yokosuka, Mean curvature flow for generating discrete surfaces with piecewise constant mean curvatures, *Computer-Aided Geometric Design*, Vol. 101 (2023) 102169. <https://doi.org/10.1016/j.cagd.2023.102169>
- 3) Sebastián Elías Graiff Zurita, Kenji Kajiwara, Kenjiro T. Miura, Fairing of planar curves to log-aesthetic curves, *Japan J. Indust. Appl. Math.* 40 (2023) 1203-1219. <https://doi.org/10.1007/s13160-023-00567-w>
- 4) Jun Mitani and Kaoru Ohashi, Interactive curved fold modeling using a handle curve, *Computer-Aided Design and Applications*, 20(2) (2022), 275-289. <https://doi.org/10.14733/cadaps.2023.275-289>
- 5) 横須賀 洋平, 鳥越 さくら, 本間 俊雄, 座標仮定有限要素技術の梁要素を用いた形状決定問題: Active bending が作用する梁・膜・ケーブル要素による複合張力構造, *日本建築学会構造系論文集*, 88 (804)(2023), 247-254. <https://doi.org/10.3130/aijs.88.247>