

博士論文

微分幾何学に基づく  
自由曲面形状の設計と造形に関する研究  
(Design and fabrication of freeform objects  
based on differential geometry)

横浜国立大学大学院 工学府  
システム統合工学専攻 機械システム工学コース

竹澤 正仁  
(Masahito TAKEZAWA)

2019年9月

# 概要

近年の IT 技術の急速な発展に伴い、製造業の分野において“デジタルエンジニアリング”で総称されるコンピュータ支援による製品設計 (CAD), 製造 (CAM), 解析 (CAE), 検査 (CAT) 等の技術が広く普及している。造船分野においてもデジタルデータを活用した業務効率化や生産性向上を目的とした取り組みは古くから行われており、特に 3 次元 CAD を活用した設計・生産システムの開発や熟練技能の伝承などの課題解決に向けた研究は数多く見られる。

船体の全体形状を構築する曲面外板の成形加工作業は、熟練の技能者による巧みな技の一つとして知られている。船体の外板はプレスによる冷間加工やガス加熱による熱曲げ・熱絞りを行うことで目標の 3 次元形状を得ることができる。この曲げ加工作業は“ぎょう鉄”と呼ばれ、職人の長年の経験に基づく技能が要求される。ぎょう鉄の効率化ならびに標準化、さらには熟練技能者の不足に伴う技能伝承問題は造船所における課題となっている。

ぎょう鉄技能の技術的な解明を目指した研究は数多く見られ、冷間加工による曲げの自動化、技能者のノウハウの抽出、数値解析に基づく施工指示、など様々な観点からのアプローチがみられるが、そのような中の一つに、曲面幾何に基づく手法が挙げられる。この手法は“曲率線展開法”と呼ばれ、設計曲面上の曲率線に沿って 3 次元形状を平面に展開することで、ぎょう鉄の効率的な作業指示の出力を可能としている。

この曲率線に基づく展開手法ならびに成形アプローチは、造船における生産性の向上、人材育成、技能継承問題の解決等に貢献できる手法であると考えられる。また造船分野に限らず、自由曲面を有する工業製品に対して適用することが可能な汎用的な手法であり、本手法を用いた様々な新しい造形手法が研究されている。本研究ではこの曲率線展開法の更なる活用に向けて、自由曲面を有する工業製品を対象とした、反復幾何処理手法を用いた新たな曲面の設計手法、より高精度な平面展開手法ならびに新たな造形手法、曲率線に基づく新たな曲面の編集手法について提案する。これらの手法について、様々な曲面モデルに適用して従来手法と比較することで、提案手法の優位性ならびに有効性について検証を行う。本研究の成果により、曲率線展開法の普及ならびに海事産業の発展をはじめとして、他分野にわたって工業製品の設計/造形技術の進展への貢献に繋がることを期待している。