

「折る・切る・編む」を用いた展開構造物の設計： 幾何学と生物模倣に基づいた形態創生手法の提案

北島, 千朔

<https://hdl.handle.net/2324/7363566>

出版情報 : Kyushu University, 2024, 博士 (工学), 課程博士
バージョン :
権利関係 :



氏 名 : 北島千朔

論 文 名 : 「折る・切る・編む」を用いた展開構造物の設計・幾何学と生物模倣に基づいた形態創生手法の提案

区 分 : 甲

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、運搬や収納の際に小さく折りたたみ、用途に応じて展開することで空間を構成する展開構造物を研究対象としている。建築分野における展開構造物は、設置場所を問わずにその場での素早く組み立てや撤去が可能であり、工場生産による精度確保や素材利用の合理化といった利点も併せ持つ。しかしながら、展開構造物を組み立てるためには、部材厚みに起因する折りたたみ時の干渉、部品製造方法の複雑さ、施工時の安全性確保といった課題を解決しなければならない。

本論文では、展開構造物が空間を構成する際の操作として、面的な形の変化に基づいて、「折る」「切る」「編む」の三つの方法を提示し、これらの操作を用いた設計手法によって、展開構造物を実現する際の各課題を解決することを目的としている。また従来の設計手法を拡張するために、生物の構造と機能を工学的に応用する生物模倣の考え方も用いている。

本論文は第 1 章から第 5 章で構成される。

第 1 章では、建築分野における展開構造物の概要を述べるとともに課題を整理し、展開構造物の形状変化の操作を「折る」「切る」「編む」の 3 つに大別して、それぞれの背景と特徴について述べている。また、生物模倣の関連研究についても整理している。

第 2 章では、昆虫の翅の中で最もコンパクトに折りたたむことが可能であるハサミムシの後翅の展開における「折る」操作に着目した。この翅にはほぼ厚みがないが、それを建築的に利用する場合には厚みのある素材が必要なため、厚板の折りたたみ時にも材料同士が干渉しない設計方法を開発した。折りたたみが可能な幾何学条件について整理し、異なる山谷折り線の割り当て方法を基に 2 つの折りたたみモードを提案した。

第 3 章では、キヌガサタケの菌網の展開方法を「切る」操作としてモデル化し、二次元加工が可能な切り紙パターンを生成する手法を提示した。キヌガサタケの菌網は、展開前は傘の中に小さく折りたたまれているが、展開後は網目構造となって高い展開率を実現している。この応用によって、小さな平面素材から巨大な展開構造物の製造が可能となる。本章では、菌網の展開方法の分析から幾何学的な条件を抽出した後にモデル化を行い、二次元加工が可能な切り線パターンを算出する方法を提示した。

第 4 章では、レシプロカル・フレームの「編む」操作に着目し、展開によって立体的な構造物を施工する方法を提示した。レシプロカル・フレームは、短小な構成部材同士が相互に支持することで大スパンを構築できる。ここでは、任意の曲面形状に測地線グリッドを配置する展開構造の設計手法にレシプロカル・フレームの仕組みを組み込んだ。短小部材を用いて 2 次元平面上に構成されたユニットを展開することで、最終的に 3 次元曲面を形成する方法を提示した。さらに実大スケールの仮設構造物を試行建設によって建設し、レーザー 3D スキャンによる形状比較検討を行った。

第 5 章では、「折る・切る」のそれぞれについて立体形状へと展開する方法を提示した。「折る・切る・編む」という操作でできあがった展開構造物は、面内に不連続な部分をつくれば、非可展面と呼ばれる曲面も作成できる。本章では、可展面と非可展面について概説し、ハサミムシの後翅の展開図と、キヌガサタケの菌網を模倣して得られた切り紙パターンの設計方法に操作を加え、立体形状へと展開する方法について詳述した。また、それぞれについてワーキングモデルを用いて展開時の挙動を確認した。

第 6 章では、展開構造物を建築へ応用する際の課題に対して、「折る」「切る」「編む」という 3 つの操作とその設計手法から得られた各成果を総括し、考察を加えてまとめとしている。

本論文は、微分幾何学、生物模倣、折り紙工学といった一般の建築分野に留まらない広範囲の手法を取り入れることで展開構造物の新しい設計手法の確立を試みている。ここで「折る」「切る」「編む」という 3 つの操作をそれぞれ異なる課題に対応させているが、こうした成果は、建築での展開構造物の設計手法に新しい可能性を示すものと言える。