

審査の結果の要旨

論文提出者氏名 岸本 直子

修士（工学）岸本 直子 提出の論文は「階層性をもつ構造物システムに関する研究」と題し、7章と3項目の補遺とから成っている。

人工物、また自然物はいろいろな部分構造からなる空間的複合構造物である。同時に、特に自然物の多くは、時間的な経過に対して積極的に形態を変化させるなど、時間的複合構造物としての側面もあわせ持っている。多様で高度な機能をもつ将来の人工物には、空間的複合構造物であることに加えて、周辺の変化に柔軟に対応できる時間的複合構造物であることが求められる。特に軌道上の宇宙構造物では、建設や運用、さらには回収・再利用・廃棄などのさまざまなフェイズにおける自身の変化をある程度自律的に行わねばならない。さらには基本となる計画や設計そのものの変更にも柔軟に対応できる必要もある。

人工物におけるそのような新しい要求に対応できる構造物システムとして、本論文では、階層モジュラー構造物システムを提案している。階層性を示す幾何学的数式表現を提示すると同時に、2次元および3次元階層モジュラー構造物の具体的な構成法を提案している。そのようにして得られる階層モジュラー構造物は、全体および部分系における強い対称性、規模や形態の拡張性、そして規則的な空隙性という有用な幾何学的特性を持つ。さらに、その構成を効果的に機能させるためにモジュールあるいはモジュール群間の相互作用を明示的に扱う結合部を導入している。そのような階層モジュラー構造物システムは、特定の規模や境界条件に限定されない適応的な力学特性を持っていて、また多様な制御法の系統的な構築を可能にして、自律分散の概念を容易に実現できる構造物システムとなっている。本論文が提示した構造物は、環境変化に適応して自ら機能や形態を変化させることができる知的適応構造物にはほかならないが、従来の知的適応構造物に関する研究には本論文のような構造物システムの視点に基づく研究はほとんどない。

第1章は序論であり、構造物システムに関する広い視点から本研究の背景と従来の研究について考察し、本論文の目的を述べている。

第2章では、自律的なライフサイクルを考慮した空間的・時間的複合構造物という視点から構造物を捉えなおし、受動構造、要素論的アプローチ、最適化指向といった従来の構造工学での考え方に加え、新たに能動構造、システム論的アプローチ、多様化指向の考え方が将来の構造物システムには必要であることを指摘している。そして、それらに対応できる構造物システムとして階層モジュラー構造物の概念を提案している。

第3章では、平面フラクタル図形として代表的な **Sierpinski-Gasket** の形態を持つトラス構造物が境界条件および規模の変化に対して適応的であることを示した。さらに、そのよう

な自己相似形態の数式表現を拡張して、階層モジュラー構造の基本的な幾何学的数式表現を提示している。

第4章では、階層モジュラー構造の基本的な幾何学的数式表現に閉ループ構成を導入して、2次元および3次元階層モジュラー構造物の具体的な構成法を提案している。2次元の閉ループ構成には回転写像を適用し、3次元の閉ループ構成には回転群による写像を適用した。このような構成法によって、はじめて階層モジュラー構造物の概念を系統的に提示できたことを述べている。

第5章では、階層モジュラー構造物における相互作用について、運動方程式と剛性行列を用いて考察し、そのさい具体的な結合部を用いることでモジュール間の相互作用を明示的に扱えることを示した。さらに、簡単な1次元バネマスモデルを用いて、結合部の制御による相互作用の調整が効果的であることを示し、階層性から導かれる系統的な制御法の構成例を示している。また、導入した具体的な結合部の特性と構造物全体の力学特性との関係を、1次元梁モデルを用いて考察している。

第6章では、2次元階層モジュラー構造物について、その基本的な力学および制御特性を明らかにしている。同一仕様かつ同一数のモジュールからなる階層モジュラー構造物が、固有振動数や内力分布においてさまざまな特性をもつことを明らかにし、本論文で提案した階層モジュラー構造物システムが多様な力学的要求に応じた構造物を提供できることを示した。また、結合部の制御による効率的な自律分散制御や階層ごとに異なる制御則を適用した多様な制御法の系統的な構築が可能であることを示している。

第7章は、結論であり、本研究の成果を要約している。

以上要するに、本論文は、同一形状のモジュールが階層的アルゴリズムにより結合した階層モジュラー構造物システムの構成法とその構造物システムとしての有効性を示した独創的な論文で、宇宙工学、構造工学、および建築学上貢献するところが大きい。

よって、本論文は博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。