

審査の結果の要旨

氏名 兼松 学

兼松学氏から提出された「建築材料分野における性能指向型設計支援多基準最適化システムの構築」は、建築材料分野の随所で直面する工学的に多基準な意思決定プロセスに対して、最適化論的アプローチによる性能指向型材料設計の体系を提案し、そこに共通する問題構造を抽出することで最適解導出のための汎用システムを構築することを目的としたものであり、目的を達成するために、最適化論的アプローチにより「材料の設計因子」、「性能」、「評価」の3つの関係を多基準最適化問題として記述するための方法論の提示がなされるとともに、性能指向型材料設計における多基準最適化表現に対するパレート最適解集合の導出を目的とした汎用多目的最適化システムの構築がなされ、最後に汎用多目的最適化システムの有用性について実証がなされている。

本論文は6章から構成されており、各章の内容については、それぞれ下記のように評価される。

第1章では、本研究の背景、目的、特色などが的確に述べられている。

第2章では、既往の文献調査により、性能設計、性能評価および多目的最適化手法に関する研究についてのレビューがなされており、性能指向型材料設計の定義と問題点が整理されるとともに、価値関数の導入から多基準最適化までの流れについて整理がなされている。また、遺伝的アルゴリズムが大域的かつ発見的探索に優れており、逆問題への適用も容易で安定して良解の導出を行うことが可能な手法である旨を明らかにしている。

第3章では、建築材料の要求性能項目と性能・物性・代替指標との関係の類型化が行われるとともに、制約型性能評価関数および単峰型性能評価関数が設定されており、これらの関数形によって建築材料分野における性能評価関数および制約条件を集約して表現できることが示されている。また、性能評価関数を用いて、性能指向型材料設計の多基準最適化表現手法の提案が行われており、様々な意思決定ステージにおいて共通する問題構造の表現が可能であることが示されている。さらに、パレート最適解空間の導出を目的とした遺伝的アルゴリズムによる多基準最適化システム (bmeGA) の構築が行われ、システムの有効性について考察がなされている。その結果、bmeGA は、2 基準最適化問題に対して柔軟にパレート最適個体の集合が提示でき、重み付け係数法による場合には多峰性を有するような問題において

も柔軟に最適個体集団が提示されることが確認されるとともに、評価基準が相反しており、明確な最適解が見当たらないような関数系においても妥協解を提示できることが確認されており、bmeGA は意思決定支援ツールとして汎用性が高く信頼できる情報の提供が可能なシステムであることを明らかにしている。

第4章では、コンクリートの調合設計に対する bmeGA の適用が検討されている。すなわち、既往の文献調査に基づき、強度、スランプ、中性化速度係数、塩化物イオン拡散係数などといったコンクリートの性能・物性を使用材料およびコンクリートの調合から予測可能な性能予測関数の構築がなされ、それらの性能予測関数が bmeGA に実装された後、数通りのケーススタディが行われている。その結果、いずれのケースにおいても、bmeGA によって要求性能を満たすパレート最適解候補群を導出可能であることが示されており、コンクリートの調合設計における最適化論的アプローチによる性能指向型材料設計の有効性が実証されている。

第5章では、鉄筋コンクリート構造物の維持保全計画策定支援システムの開発が行われ、最適化論的アプローチによる性能指向型材料設計手法の有効性の実証がなされている。システムの構築が主眼とされているため、検討対象の劣化現象は中性化および塩害に限定されてはいるが、二酸化炭素の拡散を非定常とし、反応消費項を系全体の見かけのものとして扱うことでコンクリート・モルタルの中性化速度を忠実に表現できることが確認されており、また、仕上材・補修材の中性化抑制性能についても定量的な評価がなされている。それらを bmeGA に実装することにより、鉄筋コンクリート構造物の維持保全計画策定支援システムの開発がなされており、ケーススタディの結果、実際の鉄筋コンクリート構造物の維持保全計画策定に対して有効な解が導出できることが確認されている。

以上のように、本論文では、最適化論的アプローチにより「材料の設計因子」、「性能」、「評価」の3つの関係を多基準最適化問題として記述するための方法論が提示され、性能指向型材料設計における多基準最適化表現に対するパレート最適解集合の導出を目的とした汎用多目的最適化システム (bmeGA) の構築がなされている。さらに、ケーススタディを通じて提案された手法が性能指向型材料設計に対するパレート最適解導出に有効であることが示されている。

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。