



東京大学
THE UNIVERSITY OF TOKYO

メタル-樹脂複合材料の格子ドームのトポロジー最適化

東京大学工学系研究科 機械工学専攻 柳本研究室

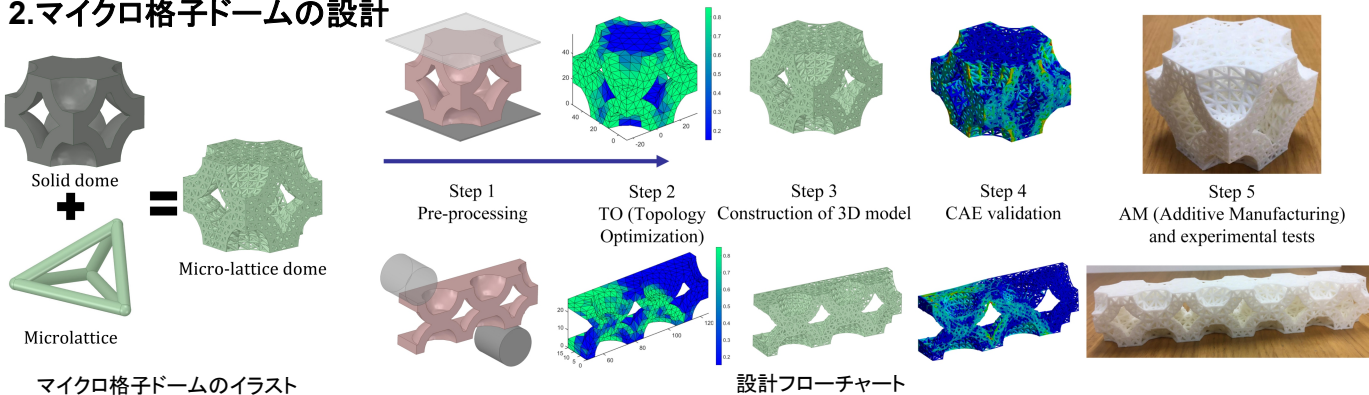


Chair of Engineering Materials
Graduate School of Engineering, The University of Tokyo
Jingwei Zhang and Prof. Dr.-Eng. Jun Yanagimoto

1. 研究の概要

サンドイッチシートのコア構造として一般的に使用されている従来のドームの重量固有の剛性とエネルギー吸収能力を向上させるために、ドームの固体部分をストレッチが支配的なマイクロ格子で満たすという新しい概念が提案される。微細格子の最適な密度分布は、均質化ベースのトポロジー最適化手法を格子構造と統合することにより得られる。実験および数値的調査により、マイクロ格子ドームの剛性とエネルギー吸収は、トポロジー最適化によって大幅に改善されたことが明らかになる。微小格子ドームの機械的特性に対するセルサイズの影響についての調査により、大きなセルサイズは、特定の全体的な体積分率の制約で、重量固有の剛性とエネルギー吸収能力により寄与することが明らかになる。

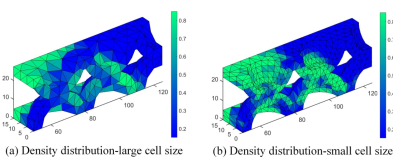
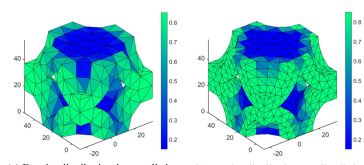
2. マイクロ格子ドームの設計



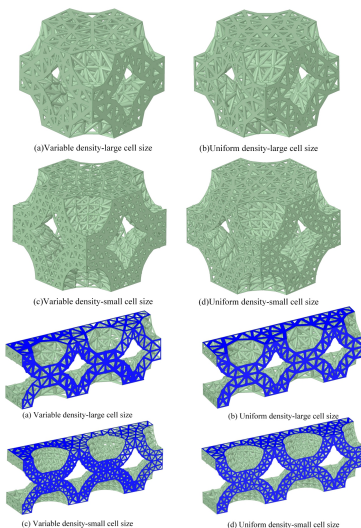
3. トポロジー最適化

$$\min_{\rho_e} c(\rho_e) = \mathbf{U}^T \mathbf{K} \mathbf{U} = \sum_{e=1}^N \mathbf{u}_e^T \mathbf{k}_e \mathbf{u}_e \quad \mathbf{K} \mathbf{U} = \mathbf{F}$$

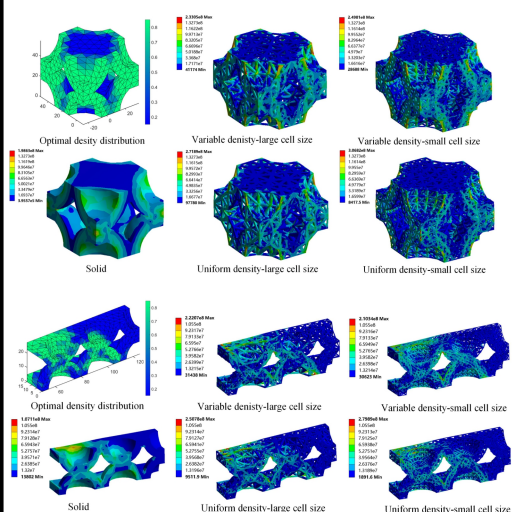
$$\frac{V(\rho_e)}{V_0} = f \quad 0 \leq \rho_{\min} \leq \rho_e \leq \rho_{\max} \leq 1$$



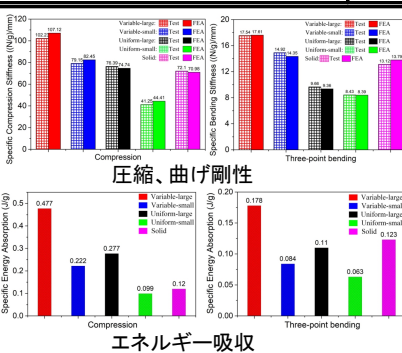
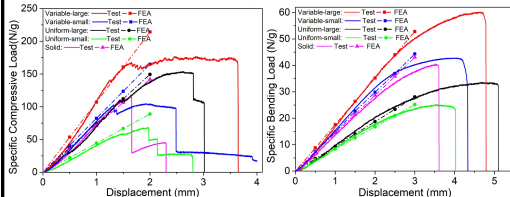
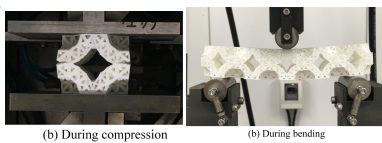
4. マイクロ格子ドームの構築



5. 機械的特性の数値シミュレーション



6. 機械特性の実験的調査



7. 結論

1. ドーム構造の固体部分が、より密度が低く、もろくない、伸びが支配的な四面体微小格子に置き換えられるという新しい概念が提案されている。
2. 格子の最適密度分布は、均質化ベースのトポロジー最適化手法を格子構造と統合することにより得られる。
3. 可変密度モデルの圧縮、曲げ剛性、およびエネルギー吸収は、最適化されていない均一密度モデルよりも高い。
4. セルサイズが大きいと、特定の全体的な体積分率の制約で、重量固有の剛性とエネルギー吸収能力が大きくなる。