

# 傾斜機能ラティス構造を用いた人工股関節ステムの開発

機械情報システム課 中村陽文 ものづくり研究開発センター 山本貴文 機械情報システム課 能登有里彩\*1

## 1. 緒言

人工股関節は、大腿骨に埋め込まれるステム部に使用される金属材料の弾性率が、骨の弾性率に比べて極めて高いため、荷重の大半を金属が受け止め、荷重が伝達されなくなった部位の骨が萎縮する応力遮蔽が発生し、大腿部痛や骨折等の症状が発生することが医療現場における課題となっている。

ラティス構造は、構造内部の幾何形状を変化させることで、部材全体の幾何形状を変えずに軽量かつ様々な機械的特性をもたせることができるとして、積層造形技術の発展とともに注目されている。本研究では、従来のようにコンプライアンスを最小化する通常のトポロジー最適化とは異なり、ステムを埋め込む大腿骨の総ひずみエネルギー最大化を目的関数としてトポロジー最適化を行うことにより、近位部から大腿骨に荷重を積極的に付加させ、応力遮蔽を抑制可能な人工股関節ステムの開発を行った。

## 2. 実験方法

本研究では、3重周期極小曲面のひとつである、Gyroid型のユニットセルを用い、著者らがこれまでに開発してきたラティス構造最適化手法<sup>1)</sup>を改良することで、ラティス構造の最適化を行った。最適化計算は大腿骨の領域の総ひずみエネルギーを最大化するように行った。最適化計算後、応力遮蔽を定量的に評価することを目的として、Stress Shielding Increase(SSI)<sup>2)</sup>を計算した。金属積層造形装置(EOS、EOSINT-M280)を用いてステムの作製を行った。材料はEOS社製のSUS316Lとし、造形パラメータは装

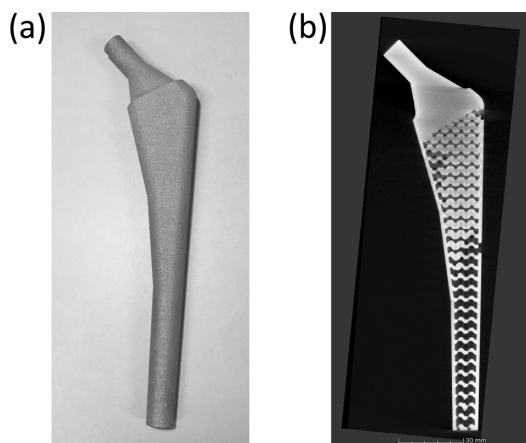


Fig. 1 (a)Printed-out optimal stem and (b)CT image of the cross section

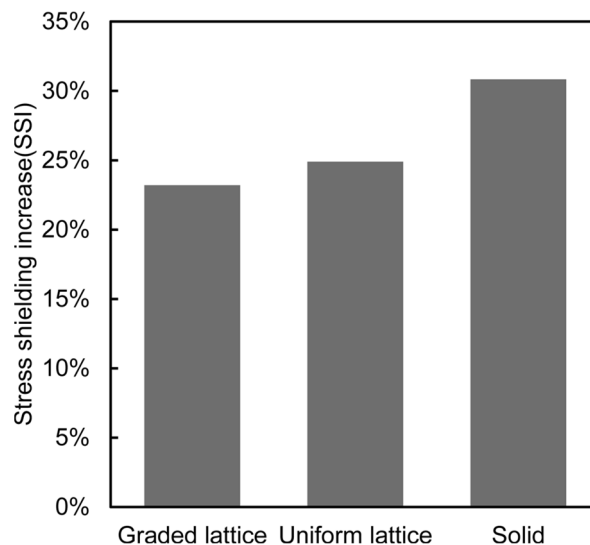


Fig. 2 Comparison of stress shielding increase (SSI)

置メーカー提供の標準条件を用いた。

## 3. 実験結果および考察

Fig. 1 に金属積層造形装置で作製された傾斜機能ラティス構造のステム外観および、その X 線 CT 断層図を示す。Fig. 1 に示されるように、ステムの上部は相対密度が高く、下部は低くなっていることがわかる。一般的には、剛性の高い部分は低い部分よりも優先して荷重が伝達されると考えられていることから、相対密度の最適化されたステムは遠位部に比べて近位部から骨への荷重伝達が促進されるものと考えられる。X 線 CT 撮影の結果からは、数百  $\mu\text{m}$  以上の形状誤差および欠陥は確認されなかった。Fig. 2 に、傾斜機能ラティス構造(Graded lattice)、均一ラティス構造(Uniform lattice)および中実構造(Solid)において、計算により得られた SSI を比較した結果を示す。SSI は、小さい値ほど、応力遮蔽が少ないことを表し、Fig. 2 に示されるように、傾斜ラティス構造ステムの SSI は、中実構造に比べて 8%、均一ラティス構造に比べて 2%低い値を示しており、本研究で作成した傾斜ラティス構造ステムは応力遮蔽抑制効果があるものと考えられる。

## 参考文献

- 1)中村陽文他:富山県産業技術研究開発センター研究報告, 34(2020) pp.90-91
- 2)M. Fraldi *et al.*:*Biomechanics and Modeling in Mechanobiology*, 9(2010) pp.389-402

\*1 現 生活工学研究所