

論文審査の要旨

| | | | |
|---|----------------|-------|---------------------------------------|
| 博士の専攻分野の名称 | 博 士 （ 工 学 ） | 氏名 | MUSADDIQ ABDIL KHALIQ MALEH AL-ALI |
| 学位授与の要件 | 学位規則第4条第1・2項該当 | | |
| 論 文 題 目 Stress minimization of artificial bone using Non Parametric Optimization (ノンパラメトリック最適化を用いた人工関節の応力最小化) | | | |
| 論文審査担当者 | | | |
| 主 査 | 准教授 | 竹澤 晃弘 | 印 |
| 審査委員 | 教 授 | 北村 充 | 印 |
| 審査委員 | 教 授 | 岩下 英嗣 | 印 |
| 審査委員 | 准教授 | 田中 智行 | 印 |
| 〔論文審査の要旨〕 | | | |
| <p>顎部，大腿骨，股関節等の高強度が要求される部位の重度骨疾患や損傷に対して，患部をチタン合金等の生体親和性に優れた金属製の人工関節に置換する治療法がある．金属人工骨は，残存骨との剛性を親和させるため，あえて空孔を含む低剛性構造が取られる場合が多いが，その際には高い応力集中が問題となり，それを緩和するような設計が重要になる．本研究では，トポロジー最適化を用いた人工関節の設計方法を提案し，その有効性を示した．</p> <p>本論文は5章で構成されている．</p> <p>第1章の「Engineering aspects of prosthesis design with topology optimization」では，応力に関する弾性力学理論について説明した後に，構造解析に使用する有限要素法の理論について解説している．さらに，最適化アルゴリズムの数学的理論及びトポロジー最適化について述べ，本研究で取り扱う手法の詳細を示している．</p> <p>第2章の「The bio-mechanical interaction principal」では，人工関節に必要な性能特性について説明した後に，人工関節の設計課題について述べている．また，人工関節を作成するのに適切な材料の選択についても述べている．</p> <p>第3章の「The intuitive of the design methodologies of the prosthesis using topology optimization」では，構造最適化に関する基礎検討として，剛性最大化問題及び応力最小化問題を取り上げ，有限要素の種類やメッシュの細かさが最適解に与える影響について，数値計算を用いて検証した．そして，ノンパラメトリック構造最適化手法であるトポロジー最適化と，パラメトリック形状最適化の性能を比較し，それぞれの利点及び欠点について議論している．</p> <p>第4章の「Medical challenges examples」では，トポロジー最適化を用いて，高寿命の人工関節の最適設計について述べている．まず，人工関節において，重要な性能指標であ</p> | | | |

る疲労強度とその向上には応力の低下が必要であることを述べている。そして、応力の最小化を目的関数として、トポロジー最適化問題を定式化している。次に、顎部の人工関節を題材に、最適設計の例を示している。まず、医療用のサンプル 3D モデルを活用し、文献に記載の作用荷重を与え、構造解析モデルを作成している。そして、そのモデルに対しトポロジー最適化を行い、新形状を得ている。それに対し、一般的な形状との比較しながら疲労強度の評価を行うことで、トポロジー最適化により性能が向上することを確認している。また、二つ目の例として、大腿骨の根元部に使用する人工関節を取り上げ、最初の例と同様の手順をふむことで、トポロジー最適化による設計の有効性を示している。

第 5 章の「Conclusion, and recommendations」では、本論文で獲得した知見を総括するとともに、実際の人工関節設計への応用に関する展望を述べている。

以上、審査の結果、本論文の著者は博士（工学）の学位を授与される十分な資格があるものと認められる。

備考：審査の要旨は、1,500 字以内とする。