

難加工材の鍛造成形に必要な設計支援技術の開発

機械電子科 本多正計 是永宗祐

Development of integrated CAE system for design of forging process for metallic biomaterials

Masakazu HONDA and Sosuke KORENAGA

Keywords : orthopedic implant, titanium alloy, forging, CAE

キーワード：整形外科用インプラント、チタン合金、鍛造、シミュレーション

1 はじめに

成長産業の一つである医療分野では、整形外科用インプラント（以下インプラント）のような難加工材（例えばチタン合金等）を使った製品が数多く製造されている。現在、これら製品の多くは切削加工によって作られているが¹⁾、材料歩留まりの向上によるコスト削減等の要求から鍛造加工を取り入れた新たな製造法への転換が求められている。しかし、鍛造加工は切削に比べて量産までの立ち上げ（設備選択や加工工程の設計ならびに金型開発等の生産プロセスの決定）に時間とコストが掛かることで知られており、特に高い機械強度が求められるインプラント製品では金属組織のコントロールが必要となるためその決定により多くの時間とコストを要する。

近年、このような生産プロセス検討時のリードタイム短縮やコストダウンを図るために、多くの鍛造関連企業でシミュレーション技術が導入され一定の効果を上げている。しかしこれらシミュレーション技術は鉄鋼材料を対象としたものが殆どであり、インプラント製品のような生体適合性材料を扱えるものは非常に少ない。また、製品の機械強度に影響を与える金属組織の変化を予測できる機能も十分に備わっていない。

そこで本研究では、インプラント製品の鍛造加工を実現させるうえで現在ボトルネックとなっている、最適な生産プロセスの決定を迅速かつ安価に行えるシミュレーション技術（設計支援技術）の開発を目指す。本報では、設計支援技術を実現させるために必要となる研究開発課題について述べる。

2 方法

インプラント製品の鍛造加工において、最適な生産プロセスを得るための設計支援技術には、生体適合性材料に加えた力や熱と変形量の間を関係を表す正確な材料特性データが必要となる。また、品質を左右する製

品の機械強度は金属組織状態に依存するため、強度低下部位を事前に評価できるような金属組織変化の予測機能も必要となる。これら材料特性データや予測機能は、汎用シミュレータには備わっていないため独自に開発していく必要がある。

3 結果及び考察

本研究では以下に示す二つの研究開発課題を設定し、インプラント製品の鍛造加工をシミュレート可能な独自の設計支援技術（図1）を開発する。

課題1：生体適合性材料（Ti-6Al-4V ELI）の高精度材料特性データの取得とデータベース化

課題2：金属組織変化を推定可能な予測技術の確立

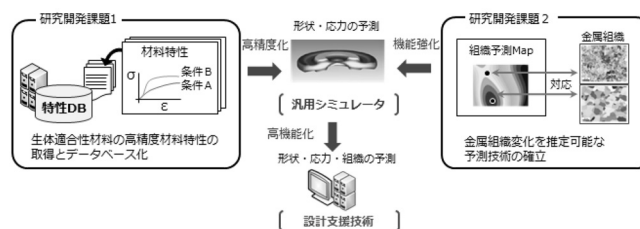


図1 設計支援技術の概略

4 まとめ

設計支援技術に必要な開発すべき要素技術（研究開発課題）を示した。現在、設計支援技術の実現に向け、生体適合性材料（Ti-6Al-4V ELI）に対する材料特性データの取得や解析、シミュレーション精度向上に向けた研究開発を進めている。

参考文献

- 1) 石川孝司：次世代産業に向けた鍛造技術の課題と展望. 型技術, 33 (5), 23-27 (2018).

加工シミュレータの解析精度の評価

機械電子科 竹居 翼 本多正計

Evaluation of analysis accuracy of processing simulator

Tasuku TAKEI and Masakazu HONDA

Keywords : processing simulator, analysis accuracy, CAE

キーワード : 加工シミュレータ、解析精度、CAE

1 はじめに

鍛造での製品開発の加速には加工シミュレータの活用が有効であるが、市販の加工シミュレータは材料特性データや設計支援機能が不足している。必要機能を補完し、設計支援技術を確認するための基盤として、市販の加工シミュレータ（米 Scientific Forming Technologies Corporation社DEFORM－SYSTEM™、以下DEFORM™）を導入した（写真1）。

正確な解析結果を得るためには、高精度な材料特性データや製品形状モデルとともに、適切な解析条件を設定する必要がある。加工シミュレータで用いられる有限要素法は、解析対象の形状モデルを解析要素に分割して解析するため、解析要素の数（以下、要素数）が解析精度に影響することが知られている。そこで、円柱形状を対象に、要素数が解析精度へ及ぼす影響について調査した。

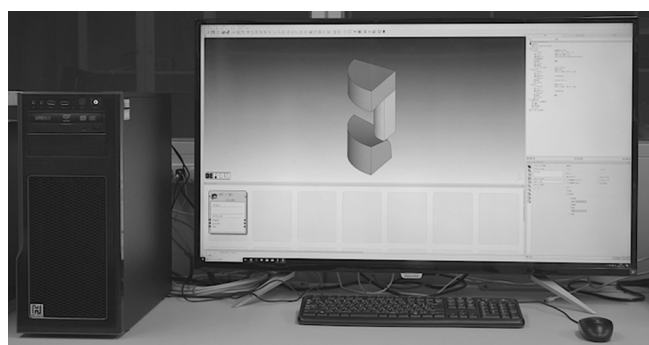


写真1 導入したシミュレーションシステム

(CPU: Intel Xeon W2133, Memory: DDR4 64GB)

2 方法

2.1 円柱の二次元解析での要素数の影響調査

垂直円柱（φ 8 mm、長さ12mm）の2D軸対称形状モデルの圧縮について解析し、円柱の応力値を取得した。DEFORM™に内蔵されているチタン材（Ti－6 Al－4 V）の応力値を理論値として比較することで、

要素数の影響を調べた。摩擦や熱の影響を除くために摩擦係数0、熱伝達なしで解析した。解析要素は、要素数1千から1万まで1千おきを目安にDEFORM™内蔵機能を用いて生成した。

2.2 円柱の三次元解析での要素数の影響調査

垂直円柱（φ 8 mm、長さ12mm）の3D形状モデルの圧縮について解析し、円柱の応力値を取得した。DEFORM™に内蔵されているチタン材（Ti－6 Al－4 V）の応力値を理論値として比較することで、要素数の影響を調べた。摩擦や熱の影響を除くために摩擦係数0、熱伝達なしで解析した。解析要素は、要素数1万から10万までを1万おき、10万から50万までを10万おきを目安にDEFORM™内蔵機能を用いて生成した。

3 結果および考察

3.1 円柱の二次元解析での要素数の影響調査

解析時間および応力値の結果を図1に示す。今回選択した要素数の範囲では、要素数に関わらず誤差0.02%程度であった。一方、要素数の増加とともに解析時間は増加するため、最低の解析要素数は1千以上とすればよいことが確認できた。

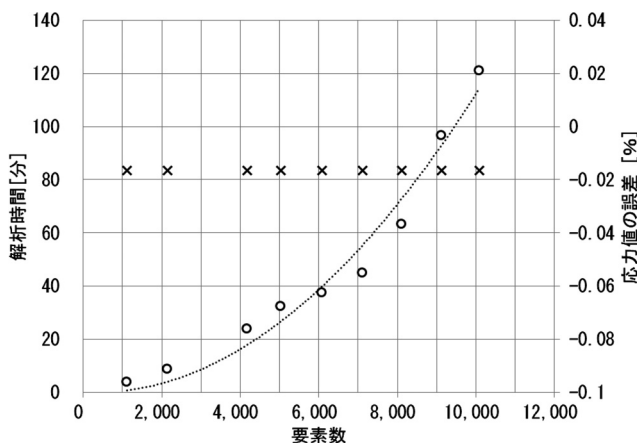


図1 円柱の2D軸対称形状モデルの解析結果

(○ : 解析時間 破線 : 解析時間の近似曲線 × : 応力値の誤差)

【ノート】

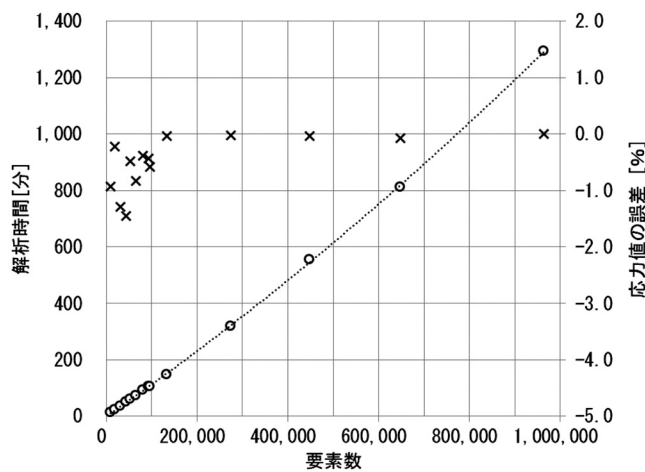


図2 円柱の3D形状モデルの解析結果

(○：解析時間 破線：解析時間の近似曲線 ×：応力値の誤差)

3.2 円柱の三次元解析での要素数の影響調査

解析時間および応力値の結果を図2に示す。要素

数10万未満では、最大2%近くの誤差が見られるが、要素数10万以上であれば大きな差は見られなかった。一方、要素数の増加とともに解析時間が増加するため、最低の解析要素数は10万以上とすればよいことが確認できた。

4 まとめ

どちらの解析でも要素数が多いほど解析時間も大幅に増大する傾向があり、3D形状モデルの解析は2D軸対称形状モデルの解析の数十倍程度の時間が必要であることを確認できた。今回選択した要素数の範囲では、2D軸対称形状モデルの解析では1千以上、3D形状モデルの解析では10万以上の要素数が必要であることがわかった。