

FreeCAD による部品の強度解析

1. はじめに

前回の記事では、無料で利用できる 3 次元 CAD ソフトウェア「FreeCAD」を使って、簡単な部品の 3 次元モデルを作成しました。

3 次元 CAD で作成したモデルは、部品の形状を確認するだけでなく、強度解析などにも利用することができます。FreeCAD には有限要素法による解析を行うための「FEM」ワークベンチが用意されています。

そこで今回は、前回作成した 3 次元モデルを使って強度解析を行い、部品に生じる変形や応力を確認してみました。

2. 解析するモデル

図 1 に今回解析する 3 次元モデルを示します。

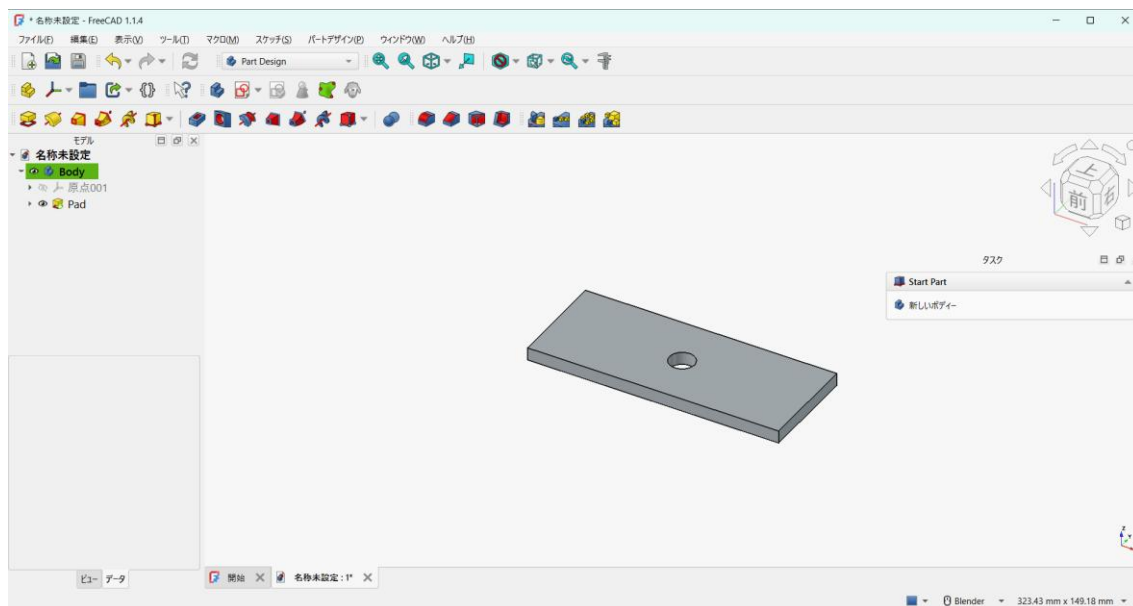


図 1 解析する 3 次元モデル

前回の記事で作成した、中央に穴のある板を使用します。モデルの寸法を表 1 に示します。

表1 モデルの寸法

長さ	100 mm
幅	40 mm
厚さ	5 mm
穴径	10 mm

今回は、この板の一方の端面を固定し、反対側の端面を引っ張った場合について解析します。

FreeCAD で有限要素法による解析を行うため、「FEM」ワークベンチを選択します。図 2 に FEM ワークベンチを選択した画面を示します。

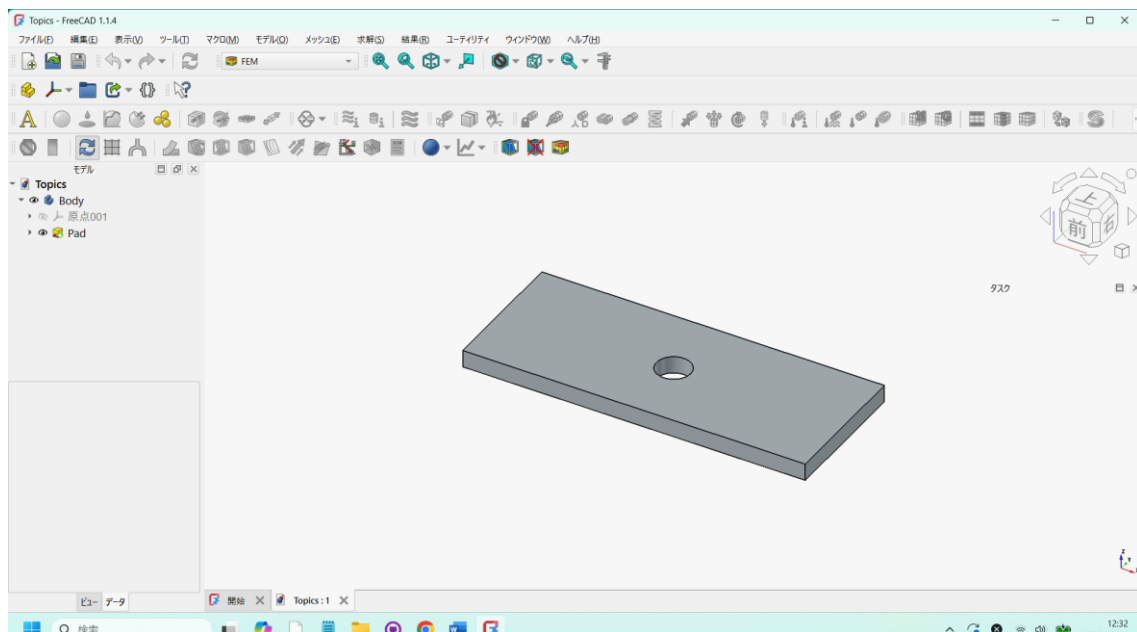


図2 FEM ワークベンチを選択した画面

3. 解析条件の設定

強度解析を行うためには、材料や拘束、荷重などの条件を設定する必要があります。

今回は、材料を鋼とし、図3に示すように板の一方の端面を固定しました。

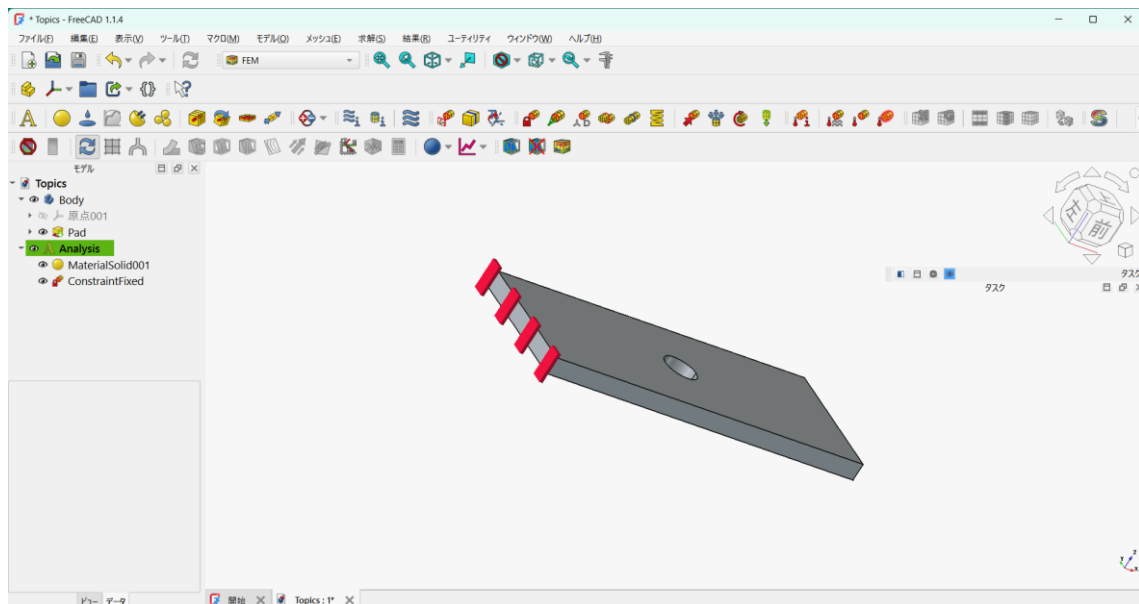


図3 固定する端面（赤四角）

次に、反対側の端面に 20,000 N の引張荷重を設定しました。図4に荷重を設定した状態を示します。

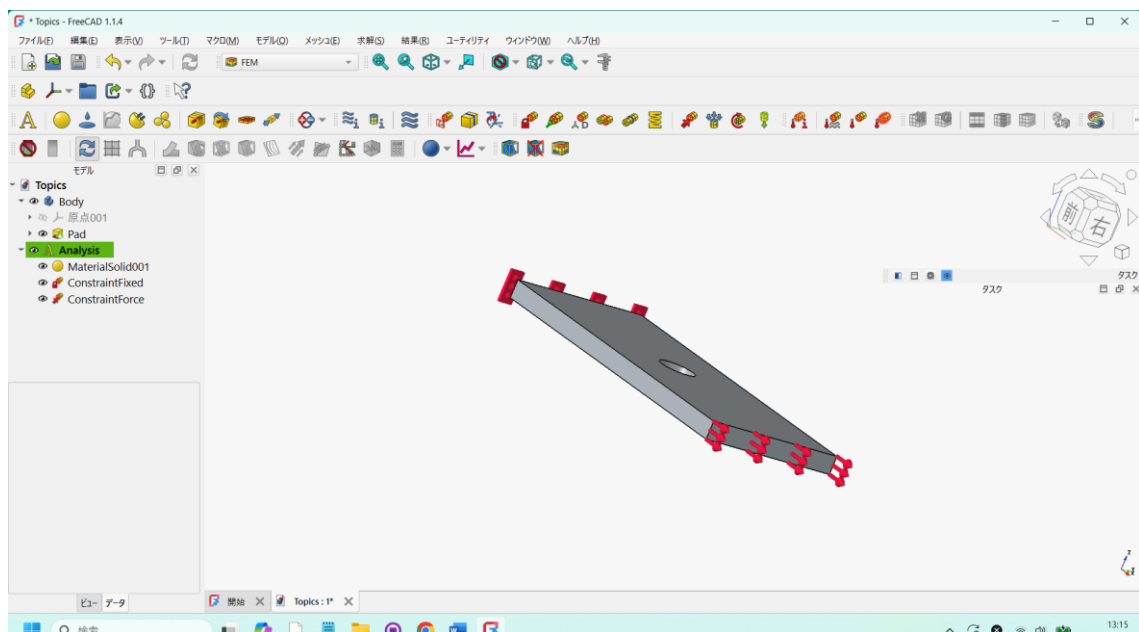


図4 引張荷重の設定（赤矢印）

今回の解析条件を表2に示します。

表2 解析条件

項目	条件
材料	鋼
拘束条件	一方の端面を固定
荷重条件	反対側の端面に、面に垂直に 20,000 N
解析	静解析

材料は、FreeCAD に登録されている鋼材の物性値を使用しました。

実際の部品を解析する場合には、材料特性や拘束条件、荷重条件などを実際の使用状態に合わせて設定する必要があります。

4. メッシュの作成

有限要素法では、解析するモデルを小さな要素に分割して計算を行います。この要素分割を「メッシュ」と呼びます。

図5に今回作成したメッシュを示します。

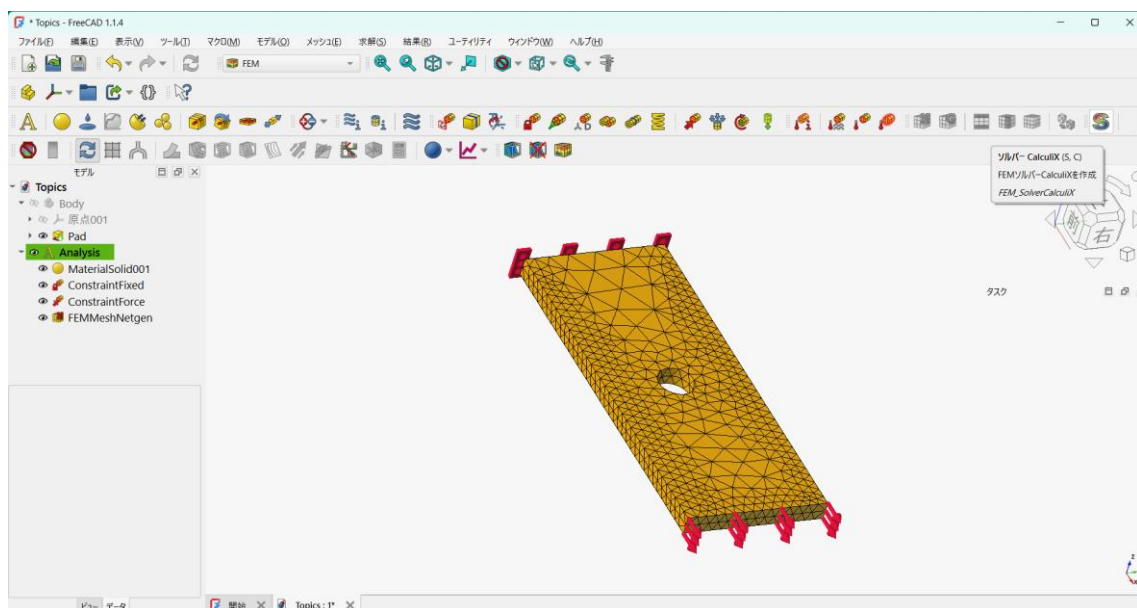


図5 作成したメッシュ

今回のモデルでも、板や穴の周辺が多数の小さな要素に分割されていることが分かります。

メッシュの大きさは解析結果に影響します。一般にメッシュを細かくすると形状や応力分布を詳しく表現できますが、要素数が増えるため計算量も増加します。

今回は FreeCAD で強度解析を試すことを目的として、図5に示すメッシュを使用しました。

なお、メッシュの細かさによって解析結果は変化するため、本来は結果の収束性を確認することが望まれます。

5. 解析の実行

材料、拘束、荷重およびメッシュを設定した後、ソルバーを実行して計算を行います。
今回は、FreeCAD から CalculiX を使用して計算を行いました。
計算が正常に終了すると、変位や応力などの解析結果を確認することができます。

6. 解析結果

図 6 にフォンミーゼス応力の解析結果を示します。

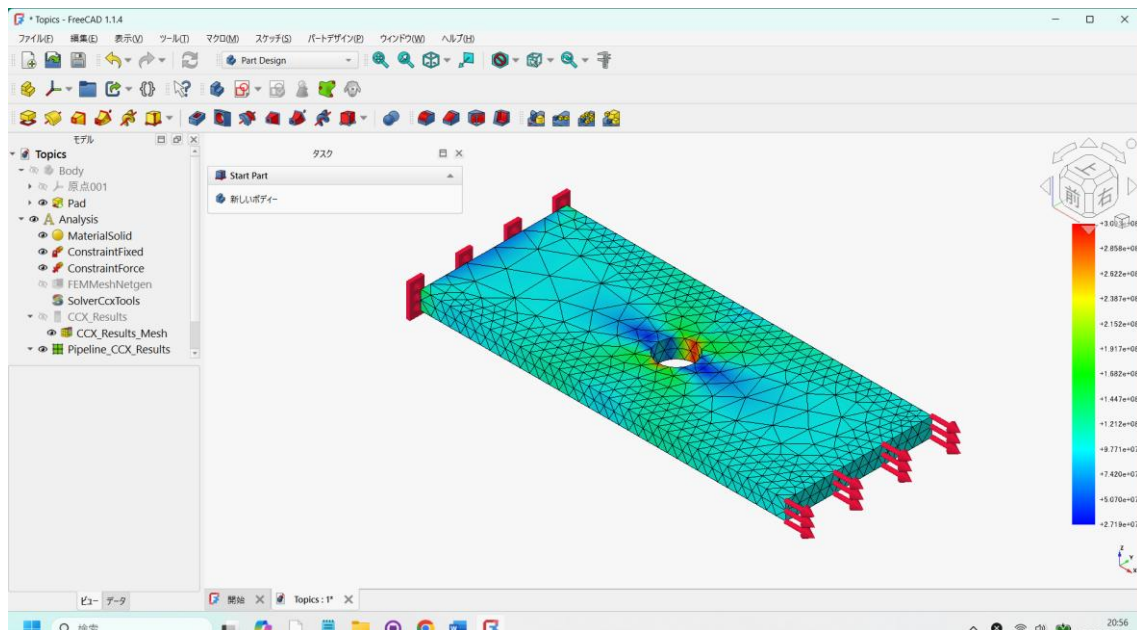


図 6 フォンミーゼス応力の解析結果

解析結果を色で表示すると、板全体で応力が一様ではなく、中央の穴の周辺で応力が高くなっていることが分かります。

今回の解析では、最大フォンミーゼス応力は約 309 MPa となりました。

なお、FreeCAD の Pipeline による結果表示では応力が Pa で表示される場合があります。図 6 の最大値である約 3.09×10^8 Pa は

$$3.09 \times 10^8 \text{ Pa} = 309 \text{ MPa}$$

となります。

ここで、穴から離れた部分の断面積から単純に応力を計算してみます。板の幅は 40 mm、厚さは 5 mm であるため、長手方向に垂直な断面の断面積は 200 mm^2 となります。今回は 20,000 N の荷重を加えているため、穴から離れた位置における長手方向に垂直な断面の垂直応力は 100 MPa となります。これに対して、解析で得られた穴周辺のフォンミーゼスの最大応力は約 309 MPa でした。今回の解析では、最大応力は公称応力の約 3 倍になりました。

穴などの形状変化がある部分では、その周辺で局所的に応力が高くなることがあります。この

ような現象を「応力集中」と呼びます。今回の解析でも、中央の穴の周辺で応力が高くなる様子を確認することができました。

今回のような解析では、3次元モデルを作成して荷重を設定すれば、自動的に正しい結果が得られるわけではありません。解析結果は、材料特性、拘束条件、荷重条件、メッシュの大きさなどによって変化します。また、実際の部品では接触、摩擦、塑性変形などを考慮する必要がある場合もあります。このため、解析結果の数値だけを見るのではなく、設定した条件が実際の状態を適切に表しているかを確認することが重要です。

今回の解析は、FreeCADによる強度解析の基本的な流れを確認するために行っています。

7. 終わりに

今回は、前回作成した3次元モデルを使って、FreeCADによる強度解析を行いました。

材料、拘束条件、荷重条件を設定し、メッシュを作成して計算することで、部品に生じる応力を色分布として確認することができました。また、中央に穴のある板を引っ張ることで、穴の周辺に応力が集中する様子も確認することができました。

FreeCADを使うことで、3次元モデルを作成するだけでなく、そのモデルを使った簡単な強度解析も試すことができます。その一方で、解析結果は設定した条件によって変化するため、その値が妥当であるかを確認しながら使用することも重要です。

今回の記事が、3次元CADを試してみるきっかけになれば幸いです。FreeCADの詳しい操作方法については、「魁高専FreeCADコース」などのWebサイトも参考になります。

参考

- FreeCAD 公式 Web サイト <https://www.freecad.org/?lang=ja>
- 魁高専「FreeCAD コース」 <https://sakigake-robo.com/courses/freecad-intro/>

問い合わせ：新潟県工業技術総合研究所
技術統括センター 斎藤 雄治
TEL：025-247-1320