

令和3年度5月 報告書

報告書 NO.02 2021/6/2 来代 勝胤

報告内容

- 進捗概要
- OpenFOAM での解析練習
- 今後の予定

1 進捗概要

5 月は実験環境における流れ場の数値解析を目標に OpenFOAM を用いて解析練習を行った。

2 OpenFOAM での解析練習

数値計算を行うことのできたモデル及び条件は以下の 3 例である。なお、今回の解析条件はチュートリアル内の”motorbike”を参考に設定した。

- (a) タイヤモデル単体の解析 (回転なし)
- (b) タイヤモデル単体の解析 (回転あり)
- (c) ホイールハウスを含むモデルの解析

2.1 OpenFOAM における解析の流れ

OpenFOAM を使用した解析は以下のような流れで行った。

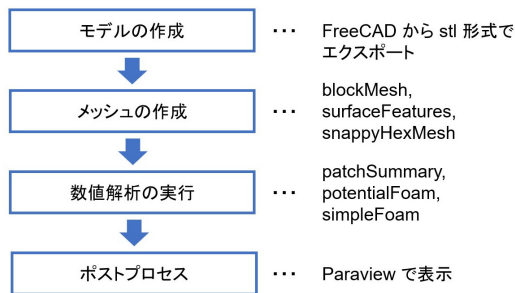


fig.1 analysis process

2.2 解析条件

境界条件は右上の table 1~table 3 のように設定し、計算回数は 500 回とした。また、レイノルズ数は、摂氏 20 度における水の動粘度係数を採用し、 $\nu = 1.004 \times 10^{-6} [\text{m}^2/\text{s}]$ とした。

table 1 analysis condition of stopped tyre model

	type	value
inlet	fixedValue	(-0.25 0 0) [m/s]
outlet	inletOutlet	(-0.25 0 0) [m/s]
model	noSlip	
その他	slip	

table 2 analysis condition of rotating tyre model

	type	value
inlet	fixedValue	(-0.25 0 0) [m/s]
outlet	inletOutlet	(-0.25 0 0) [m/s]
model	rotatingWallVelocity	(y軸) 10 [rad/s]
その他	slip	

table 3 analysis condition of full model

	type	value
inlet	fixedValue	(-0.25 0 0) [m/s]
outlet	inletOutlet	(-0.25 0 0) [m/s]
model	noSlip	
その他	slip	

2.3 メッシュの生成

解析領域は、 $(x, y, z) = (2000, 600, 600) [\text{mm}]$ を設定し、 $(500, 300, 0)$ の位置にモデルを設置している。最大要素数は 200,000 要素とした。モデルの原点のズレがあるが、上記の 2 枚は同じ画角から画像を取得している。fig.2 については、モデル周りの流れを可能な限り再現するために、タイヤモデルの前方 50mm から後方 150mm までのメッシュ部分を細分化した。同様に、fig.3 のモデルにも細分化領域を指定した snappyHexMeshDict を使用したが、メッシュの細分化が行われなかった。なお、細分化領域についてはモデル (c) が十分に収まる領域を指定している。

複数回同様の条件でメッシュの作成を行ったが、改善されることはなかった。最大要素数の影響も考えられるため、今後条件を変更して実行する予定である。

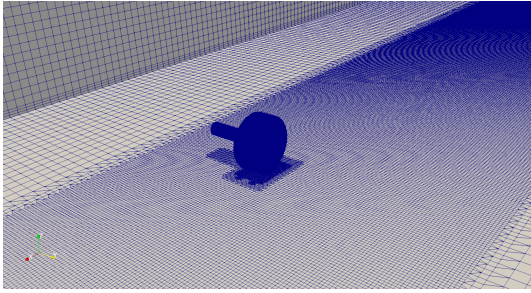


fig.2 tyre model mesh

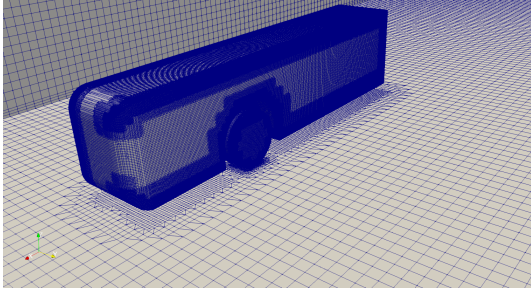


fig.3 full model mesh

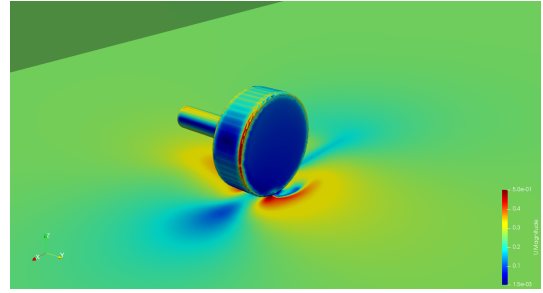


fig.6 velocity of stopped tyre model

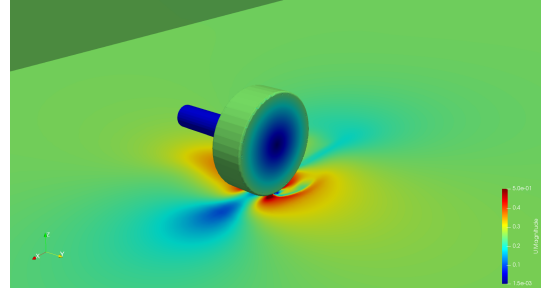


fig.7 velocity of rotating tyre model

2.4 解析結果

2.4.1 モデル (a) とモデル (b) の比較

モデル (a) とモデル (b) について、タイヤの回転条件がどのように解析結果に現れるかを確認した。

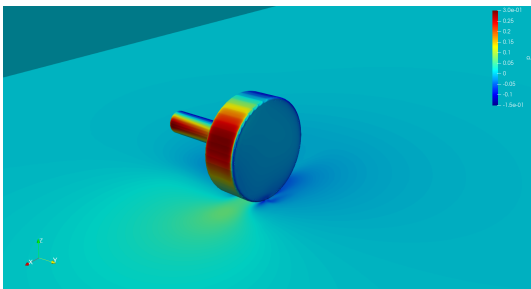


fig.4 pressure of stopped tyre model

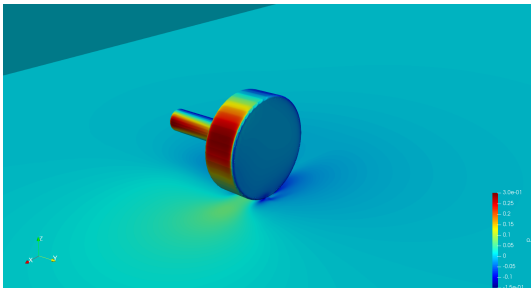


fig.5 pressure of rotating tyre model

以上の fig.4 および fig.5 をみると大きな違いは確認できなかった。そこで、モデル表面の速度分布を表示した画像を示す。

速度分布を見ると、fig.6 においてモデル表面の速度分布はゼロに近くなっていることがわかる。また、fig.7 においてモデルの回転軸を中心に円形状に速度分布がみられる。したがって、タイヤ表面における回転条件は付与されていることがわかる。しかし、fig.6 においてモデル表面に速度がゼロでない部分がみられる理由がわからなかった。

次に後流の流れを流線を用いて可視化してみた。

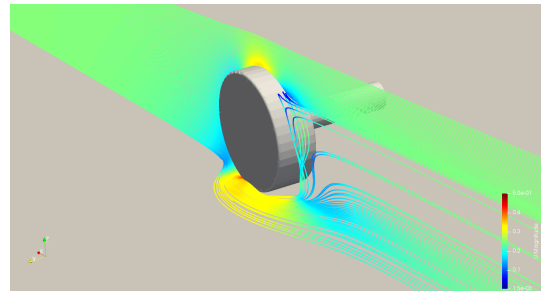


fig.8 stream of stopped tyre model

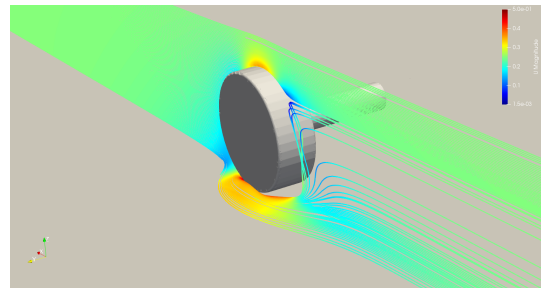


fig.9 stream of rotating tyre model

fig.8 および fig.9 にあるように明らかな差異を確認することはできず、モデル上部の流れ及びモデル下部の横に回り込む流れの流線の色を比較すると、モデル (b) が微妙にモデル (a) より流速が大きいといった違いがみられる程度であった。

2.4.2 モデル (c) の解析画像

fig.3 に示した細分化領域の作成されていないメッシュを使用して、試験的に解析を行った画像を以下に示す。今後はメッシュの細分化、タイヤモデルへの回転条件の付与を目標に解析方法を探っていきたい。

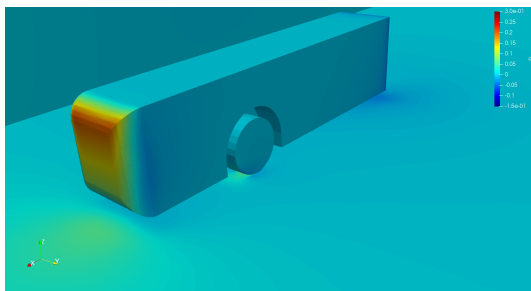


fig.10 pressure of full model

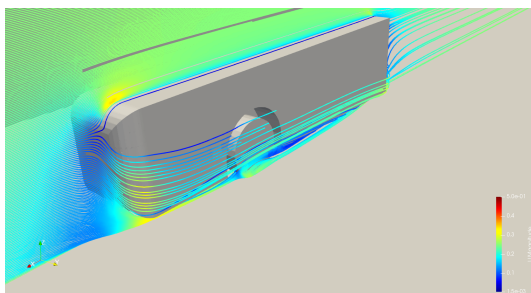


fig.11 stream of full model

2.5 今後の課題

今回は「解析を実行した」のみにとどまってしまったため、今後は解析結果や解析の条件の分析に努めたい。分析の内容として、以下のような項目が挙げられる。

- 乱流モデルの違いが計算結果に与える影響
- 要素数の違いが計算結果及び計算速度に与える影響
- メッシュ設定の違いが計算結果に与える影響 (境界層・細分化部分の指定 等)
- 境界条件の違いによる流れ場への影響

分析の方法としては、人間の目では認知できない微妙な違いを判別する必要がある場合も考えられるため、画像処理を用いて行おうと考えている。

また、数値解析における最大の難点として、計算に長時間必要であることが挙げられるが、近年では、GPUを用いた並列計算の手法も開発されつつあり、利用する

ことができれば大幅な計算時間の短縮が期待できると考えられる。

2.6 解析における注意点及び疑問点

【注意点】

- FreeCAD でモデルを作成する場合は、stl ファイルでエクスポートした際に、寸法が 1000 倍になるためスケール倍率を変更する必要がある。
- 境界条件等の設定を含む” 0 ”のフォルダは、解析中に書き換えられる可能性があるため、”0.orig”等の名前でフォルダのコピーを作成しておくが良い。

【疑問点】

- メッシュの境界面への名前の付け方 (一体で作成したモデルをタイヤモデルとホイールハウスに名前を別々につける 等)
- 計算過程の残差のグラフ表示
- 解析結果の収束自動判定
- 効果的な解析画像の撮り方
- 解析結果の分析のセオリー
- 非定常解析の方法
- movingWallVelocity と rotatingWallVelocity の条件の違い

3 今後の予定

- 作用力測定の実験補助
- OpenFOAM を用いた解析