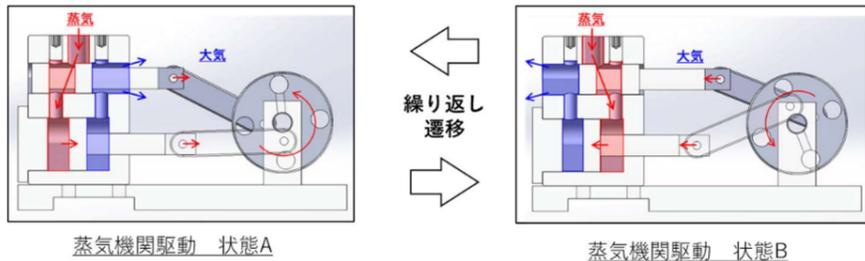


【蒸気機関の製作②～理想的な蒸気機関の研究～】

Development of steam engines
機械コース 笠井 敬太 (Kasai Keita)

1. はじめに

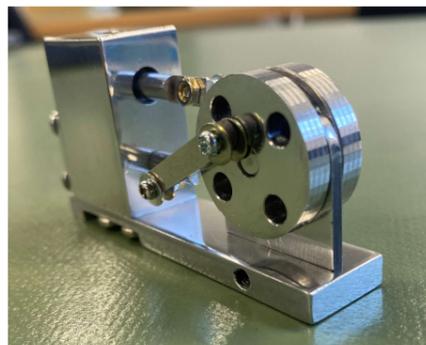
蒸気機関とは、下図のようにピストンを動かすことにより蒸気の吸入先を左右に還移させ、ホイール半回転ずつの状態を連続的に繰り返すことで、ホイールを回転させる機構のことである。



本研究を選んだ理由は、蒸気機関の設計・製作を通じて設計力の向上を図るとともに製作物を中高生に披露して、その仕組みや原理に興味を持ってもらいたいと考えたからである。

2. 研究内容

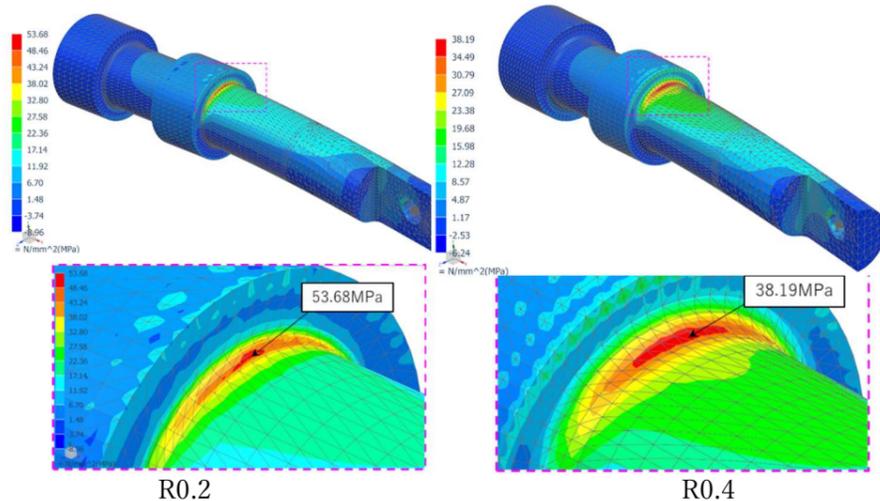
- ①設計
 - ②部品製作
 - ③組立・動作確認
 - ④解析
 - ⑤性能評価
- ①②は【蒸気機関の製作①】参照



3. 取組状況

まずは最酷部を選定して強度解析を行った。選定をするために様々な場面における力の流れを確認した。その中で、制御側ピストンはコンロッドからの荷重が軸力とせん断力に分解されるが、せん断成分荷重によりシリンダー穴に片当たりし、ピストン部が片持ち梁の要領で曲げられることから、制御側ピストンが最酷部であると考えた。

そこで、制御側ピストンを解析したところ下図の結果(蒸気圧 0.2MPa)が得られた。またR部の応力集中を解析し、R0.2とR0.4で比較・検討した。



最大応力の解析結果は右表のとおりである。またR0.4の応力集中はR0.2と比較して分散しており、約30%低下した。

	蒸気圧 0.2 MPa の時の最大応力	部品が耐えられる最大蒸気圧
R0.2	53 MPa	0.80 MPa
R0.4	38 MPa	1.13 MPa

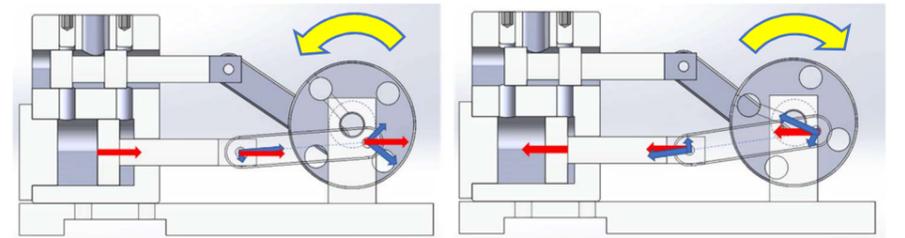
一方、材料 A5052 の引張強さ、耐力は相当大きいため、塑性変形、材料破壊のリスクはどちらもないと考え、R0.2を採用した。また発生応力と耐力の関係から最大蒸気圧を求めた。

材質	引張強さ	耐力
A5052	260MPa	215MPa

次に、ピストンのはめ合わせやネジによる締結をし、手動による動作確認をした。しかし、パワー側コンロッドとフライホイールの押えネジが外れた。また、制御側コンロッドとフライホイールのネジが締まる方向に回るため、ネジが完全に締まるとフライ

ホイールが停止してしまった。改善策として、ダブルナットのようにフライホイールの軸受側から M2 のイモネジを入れて、コンロッドとイモネジの間に圧力を加えて外れにくい仕組みにした。

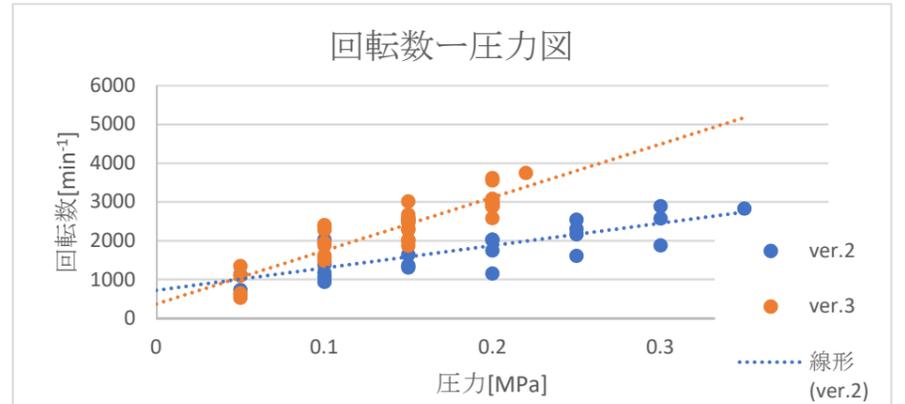
次に、エアーを用いて動作確認した。パワー側ピストンは往復動作をしたが、フライホイールは回転を続けることができなかった。この原因は、切り替えタイミングにあると考えた。



そこでピストンおよびコンロッドのベクトル分析をした。上図のようにフライホイールが切り替わるタイミングで、逆回転に作用するベクトルが発生していた。改善策として、フライホイールの軸高さを調整すれば反時計回りに作用するベクトルが得られると考え、軸受高さを修正した。その結果、無事にフライホイールを回転させることができた。しかし今度は、ピストンが押す局面で力とスピードが遅くなっていた。

そこで、さらに不具合を見つけるためにリンク分析を行った。その結果、軸受の高さ変更に伴い、パワー側/制御側ピストンのストローク量に変化し、蒸気の供給が止まるタイミングがあると判明したので、ピストン、コンロッドの長さを修正し改善した。

最後に性能評価として回転数を下の表のとおり測定した。



4. 考察

上記の結果から、軸受高さを修正したもの(ver. 2)と、さらにストロークを修正したもの(ver. 3)を比べると、ver. 3は回転効率が上昇している。この理由は、リンク分析により蒸気圧の供給タイミングを改善した効果であると考えられる。また、近似曲線の傾きが大きいことから、圧力が高くなるほど回転数の差が広がると思われる。さらに、3000回転を超えてくるとネジやフライホイール間の隙間が広がり、やがて回転が停止すると思われる。部品としては0.80MPaまで耐えられるが、実測範囲はそれほど高くなく、使用可能圧力を決める要因は強度だけではないと考えられる。

5. おわりに

本研究を通して、モノづくりは部品加工して組立すれば完成ではなく、動作不良や不具合に対する原因究明、分析、それに伴い再設計・組付き部品の修正が必要であることなど多くを学ぶことができた。

また、完成した蒸気機関をオープンキャンパスで展示し、分かりやすく説明することで、多くの学生に興味を持ってもらえたため、目的は十分に達成できた。