

低温流体内のマイクロマシンの可能性

システム科学技術学部 機械工学科

1年 鯉沼 伶奈

1年 鈴木 華子

1年 上田 隆ノ介

1年 高橋 瑠偉

指導教員 システム科学技術学部 機械工学科

助教 二村 宗男

教授 佐藤 明

1. 目的

以前から流体の分野に興味があり,その分野に関係することについて研究をしてみたいと考えており,「液体窒素中を用いたマイクロマシンの開発」という題材の紹介があったため,関心を持った.そこで,液体窒素を使うことによってどういった動きができて,どれくらいの力が発生するのか調べるために,窒素の蒸発する力で動作するマシンを製作し,速度などを計測する.

2. マシンの原理と製作

マシン内部のニクロム線に通電することによって液体窒素を気化し,その膨張する勢いでシャトルが押し出されるマシンを製作する.

マシン本体は,外パイプ(外径6mm,内径5.5mm,長さ60mm)の一端が塞がれており,塞いだ内部に,ニクロム線が固定されている.他端は開放されており,そこからシャトル(外径4.5mm,長さ20mm)を入れた.断面図を図1に示す.液体窒素中にマシンを沈め,ニクロム線に通電して発熱することで,液体窒素を気化してその体積膨張によってシャトルが飛び出る仕組みである.このマシンを固定するためにFDM-3Dプリンタで土台を製作し,マシンを固定して窒素容器内へ沈めた.土台はニクロム線への通電前にマシン内にたまった窒素ガスがぬけるように,マシンの開放部を上 5° 傾けるようにした.

図2に製作したマシンを示す.

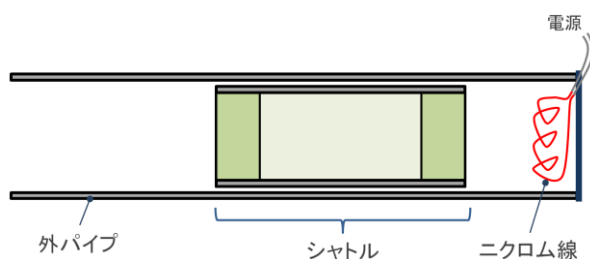


図1 マシン概要図 (断面図)

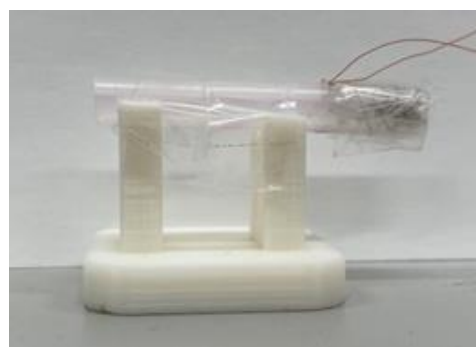


図2 製作したマシン

3. 実験

○使用機器

バイポーラ電源 nf BP4610 , データロガー midi LOGGER GL900,

高速度カメラ ディテクト HAS-U2

図3にバイポーラ電源, 図4にデータロガー, 図5に測定の様子, 図6に低温容器内の様子を
示す.



図3 バイポーラ電源



図4 データロガー



図5 測定の様子



図6 低温容器内の様子

○実験内容

ニクロム線に流す電流値を変えて、シャトルの動きを測定する。

バイポーラ電源からエナメル線を通してニクロム線に通電して液体窒素を加熱する。液体窒素が気化してシャトルが動く様子を、低温容器の上方の高速度カメラで撮影した。バイポーラ電源から流す電流は、モニター信号を、データロガーを介してPCに取り込んだ。電源の信号と高速度カメラの映像は、同期計測システム DIPP-AD2 によって時間を合わせて計測した。撮影画像は1秒間に100コマの速さで撮影した。撮影画像から、押し出されて動くシャトルの速度や移動距離、時間などの関係を調べた。

電流値を2.0 A から4.0 A まで0.5 A 刻みで変化させて、電流の違いによる動きを測定した。

4. 実験結果

時間と移動距離の関係を図7、電流と総移動距離の関係を図8、移動距離と電流および時間の関係を図9、電流と最大速度の関係を表1にまとめる。

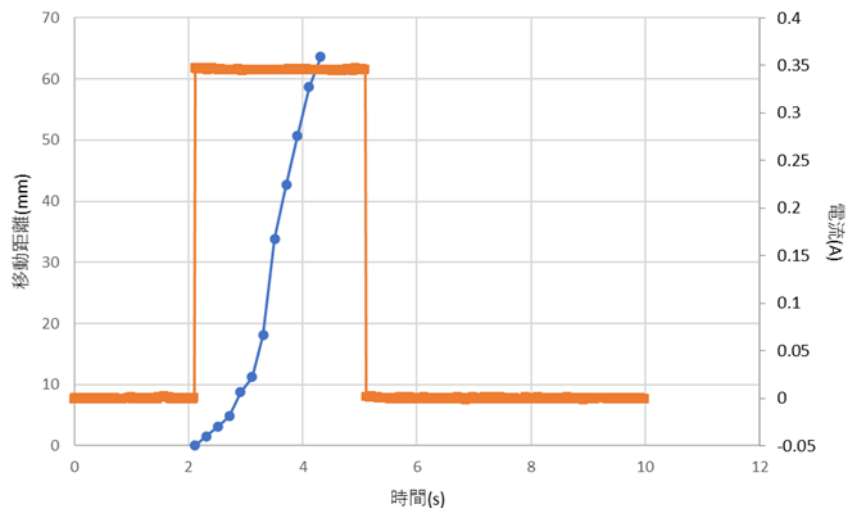


図7 移動距離と電流および時間の関係

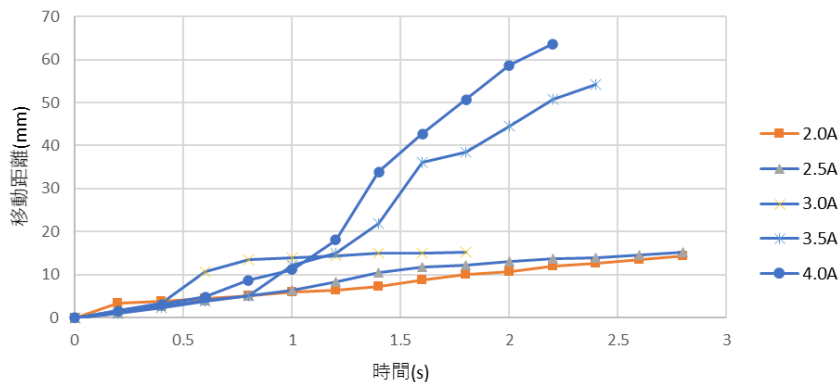


図8 時間と移動距離の関係

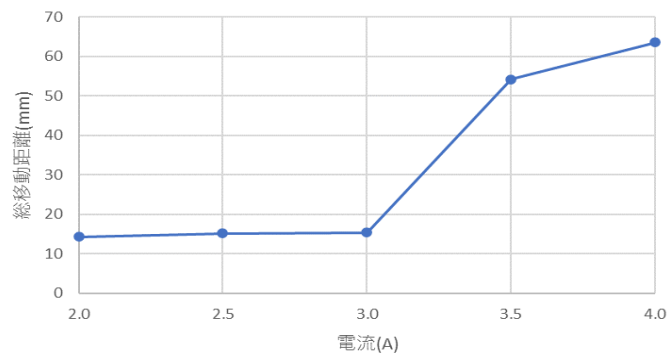


図9 電流と総移動距離の関係

表1 電流と速度の関係

電流(A)	最大速度(mm/s)
2.0	16.4
2.5	10.4
3.0	35.9
3.5	71.3
4.0	79.2

図7より、電流を流し始めるのが2.0秒で、移動距離が大きく変化し始めるのがおよそ3.0秒であり、図8より、3.0A以外のときは、シャトルを押し出すまでおよそ1.0秒かかることがわかる。3.0Aのときはおよそ0.5秒で押し出しが開始された。また、電流値を大きくすればするほど移動距離が大きくなるということがわかった。図9より、2.0Aから3.0Aまでは総移動距離にあまり差がないことから、およそ3.0Aがシャトルをより遠くへ押し出すための最低電流値だと言える。また、3.0Aから3.5Aにすると、総移動距離が一気に大きくなった。よって、3.5A以上の電流を流すことでシャトルをさらに遠くまで押し出すことができるということがわかった。

また、表1より、電流値によって最大速度にばらつきがあるが、2.0Aから3.0A、3.0Aから3.5Aにおいては最大速度が2倍以上になっていることから、電流値を大きくするほど最大速度も大きくなるということがわかった。

5. まとめ

様々な機器を用いて速度や推進距離などを測定して、測定結果より、流す電流値が大きいほどシャトルを遠くまで進めることができ、速度も大きくなるということがわかった。

また、今回学生自主研究をやってみて、実験のやり方や報告書のまとめ方など基本的なことを一から学び、さらに、実験を通して、液体窒素に関する知識や液体窒素を用いる場面などを知ることができた。実験中に思わぬトラブルが発生するなど、思ったように進まないことも多々あったが、そのようなことも全部含めて良い経験となったと思う。今後活かしていきたい。