

切削ライフ
～ギヤボックス製作編～

f/ats 著

2019-08-12 版 発行

はじめに

この度は「切削ライフ～ギヤボックス製作編～」を手にとっただきありがとうございます。本書は弊社サークル f/ats による「切削ライフ」シリーズ 5 冊目となります。

本書は Fusion 360 で設計したギヤボックスを CNC フライスで製作する方法を紹介する本です。解説の題材は「アクリルギヤボックス」です。切削の対象となる材料はアクリル板です。

ギヤボックス製作のポイントは「はめ込み」です。アクリル板を高精度に組み合わせて製作するため、アクリル板の板厚のバラツキに対応した設計データを作成します。

はめ込み

「CNC フライスでも立体物を製作したい」と考える人は多いのではないのでしょうか？ 3D プリンタのような立体物を製作するには不向きな CNC フライス*1ですが、板同士のはめ込みを利用すれば高精度な立体物を製作できるようになります。

筆者は 5 年前にもアクリル板同士のはめ込みを利用したアクリルギヤボックスを製作しました。しかし、アクリル板の板厚が 0.1mm 変わると組み上がらなかつたり、はめ込み部がゆるくなりすぎたりする等の問題がありました。

今回、Fusion 360 を利用することで板厚のバラツキに対応した設計データを作成できたため、本書を書くにいたりしました。

こんな方にオススメ

本書では、筐体設計に Fusion 360 を使い、CNC フライス（オリジナルマインド KitMill SR200*2）でアクリル板を加工する方法について解説していきます。

そのため、次のような方に特に役立つ内容になっていると思います。

*1 個人で利用するような 3 軸 CNC フライスを想定しています。

*2 これまでの切削ライフでは KitMill RD300 を使用していましたが、今回は筆者（ししょー）の自宅にある KitMill SR200 を使用しています。

- CNC フライスを使ったアクリルの加工に興味のある方
- Fusion 360 と CNC を組み合わせた設計や作品創りに興味のある方

前提知識

本書を読むにあたり、CNC フライス、Fusion 360、KiCAD に関する基礎知識を持っていることが望ましいです。作業のポイントは紹介していますが、CNC フライスやソフトウェアの基本概念・基本操作については詳しく解説していません。それらに関する情報は、公式ドキュメント・web・書籍などに素晴らしい解説があります。必要に応じて各自参照ください。

また、CNC フライス関連で使われる特有の用語も、特に断りなく使用します。人によって呼び方が違ったり、機種によって名称が違ったりすると思うので、適宜読み替えてください。

設計環境・切削環境

- Windows 10 64bit 版
- Fusion 360 2.0.6045 (2018-08-07 時点最新版)
- CNC フライス：オリジナルマインド KitMill SR200
- CNC 制御ソフト：USBCNC V3.52.8
- 汎用超硬エンドミル：
 - オリジナルマインド 超硬エンドミル 刃径Φ 1mm / 刃長 2.5mm / 刃数 2

f/ats について

f/ats(フラッツ)はアート、技術ネタ、実験を楽しむサークルです。
"Have fun with Art, Tech, Science!"

お問い合わせ先

- <https://f-l-ats.blogspot.jp>
- flatsCircle@gmail.com

意見、要望、質問は web サイトまたはメールでお問い合わせください。

免責事項

本書の記載内容は、情報の提供を目的としています。内容には可能な限りの注意を払っておりますが、正確性や安全性に責任を負うものではありません。

使用しているソフトウェアは、今後のアップデートで仕様が変わる可能性があります。使うときは公式サイトから最新情報を手に入れることを心がけてください。

切削に関する情報は、個人レベルの経験的なノウハウであること、環境や機材に依存することに十分注意してください。

目次

はじめに	2
はめ込み	2
こんな方にオススメ	2
前提知識	3
設計環境・切削環境	3
f/ats について	3
お問い合わせ先	3
免責事項	4
第 1 章 アクリルギヤボックス	7
1.1 アクリルギヤボックスの仕様	7
1.2 設計コンセプト	8
1.3 設計図	10
1.4 設計データのダウンロード先	16
第 2 章 作製方法	17
2.1 ワークフロー	17
2.2 データ作成（設計）	18
2.3 CNC フライス加工	18
2.4 仕上げ・組み立て	18
2.5 まとめ	19
第 3 章 使用するもの一覧	20
3.1 ソフトウェア	20
3.2 CNC フライス関連	20
3.3 材料	21
3.4 その他	21

第 4 章	モデリング (Fusion360)	22
4.1	モデリング	23
4.2	アクリルギヤボックスの作成	30
4.3	面付	32
4.4	まとめ	34
第 5 章	CAM (Fusion 360)	35
5.1	エンドミルの設定	36
5.2	アクリル板パーツのツールパスの作成	37
5.3	G-Code ファイル出力 (ポスト処理)	43
5.4	まとめ	45
第 6 章	CNC フライス加工	46
6.1	加工する前に	47
6.2	アクリル板パーツの切削	48
6.3	まとめ	52
第 7 章	仕上げ・組み立て	54
7.1	アクリル板パーツ	55
7.2	軸, スペーサ	55
7.3	組み立て	57
7.4	完成	62
付録 A	切削ライフ シリーズ情報	63
あとがき		64
おまけページ		65
	著者紹介	67

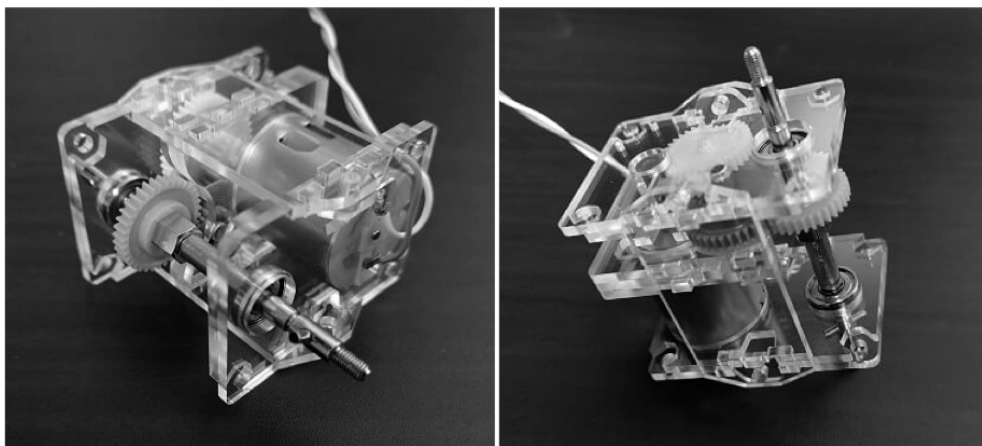
第1章

アクリルギヤボックス

本章では、題材となる「アクリルギヤボックス」の仕様を紹介します。

1.1 アクリルギヤボックスの仕様

題材となるアクリルギヤボックスの完成写真を図に示します。タミヤの6速ギヤボックス*¹を参考に、ネジの固定位置とエンコーダ*²を取り付けるスペースを増やしています。



▲図 1.1 アクリルギヤボックス

*¹ タミヤ テクニクラフトシリーズ No.5 6 速ギヤボックス：
<https://www.tamiya.com/japan/products/72005/index.html>

*² 本書では解説ませんが、エンコーダのフォトインタラプタ側の基板とエンコーダディスクも CNC フライスで製作しています。CNC フライスをを使った基板の製作方法については、既刊の「切削ライフ～基板切削編～」、「切削ライフ～量産編～」に載せています。

使用モータ (RE-260RA-2670*³) の仕様を表 1.1 に、アクリルギヤボックスの仕様を表 1.2 に示します。

▼表 1.1 モータの仕様

項目	値
動作電圧範囲 (V)	1.5 - 3.0(標準 1.5)
回転速度 (rpm)	5040(最大効率時)

▼表 1.2 アクリルギヤボックスの仕様

項目	値
ギヤ比	29.8 : 1
出力軸回転速度 (rpm)	169(最大効率時)* ⁴

1.2 設計コンセプト

アクリルギヤボックスは次のことを考えながら設計しました。

- ロボットトライアスロン*⁵のノーマルカテゴリ*⁶で出場できるギヤボックス
 - 6速ギヤボックスと同じモータ, ギヤを使用する
 - エンコーダを内蔵できる
 - 取り付け穴を増やしてロボットなどに固定しやすくする
- お手軽に量産できる
 - 材料は簡単に入手できる部品のみ
 - ネジ無しで, はめ込みのみで製作できるようにして, 組み立て精度のバラツキを抑える
 - 自作する軸, スペーサの数を極力減らして, 組み立てやすくする
- 美しさ
 - ギヤを見せるために透明のアクリル板を使用

*³ マブチモータのホームページより抜粋:

<https://product.mabuchi-motor.co.jp/detail.html?id=63>

*⁴ 計算上の値であり, 実際に計測はしていません。

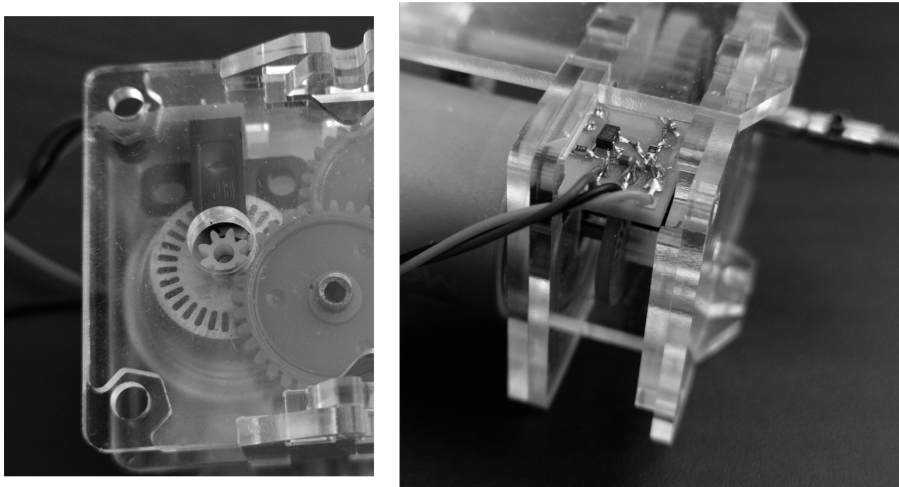
*⁵ ライントレース, 迷路, 玉入れの3種競技を連続して行う, 北海道内の大学生を対象としたオリジナル・ルールのロボット・コンテストのこと。筆者はすでに学生ではありませんが, 毎年見学に行っています。
<http://www.robot-triathlon.org/top.html>

*⁶ 移動機構に6速ギヤボックス, または同等性能のギヤボックスを使用しているロボットが参加可能 (オープンカテゴリというのがありますが, 参加者数は少ないです)。

エンコーダを取り付けた場合

Fusion 360 にデータ移行する前に作成したギヤボックス（旧ギヤボックス）にはエンコーダを取り付けていたので簡単に紹介します（図 1.2）。エンコーダディスクは生基板を CNC フライスで切削したものを使用しています。タイヤ（タミヤ楽しい工作シリーズ No.145 ナロータイヤセット 58mm 径）を付けた場合で、約 0.03mm の精度でタイヤの回転を検知することができます。

残念ながら今回はエンコーダを取り付けるところまではできていません。しかし、フォトインタラプタを取り付ける部分は製作したため、そのうち時間があればエンコーダを搭載したいと考えています。

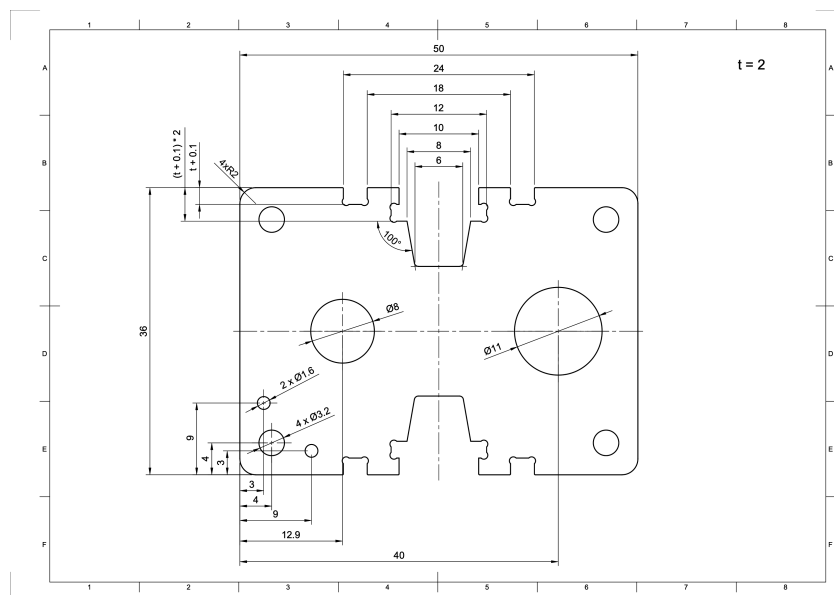


▲図 1.2 旧ギヤボックスのエンコーダ

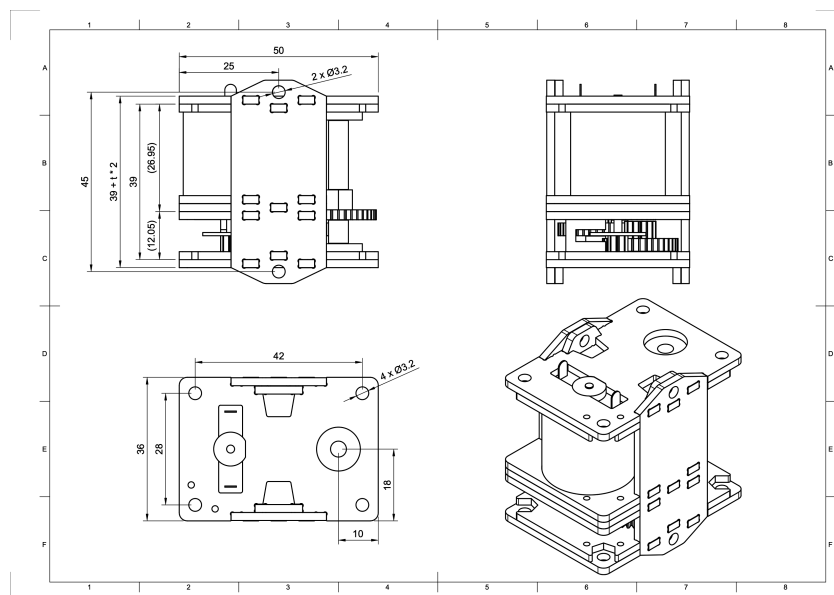
1.3 設計図

設計図と組立図を図 1.3～図 1.12 に示します。

板厚 t は 2mm としていますが、設計としては 1.8mm～2.2mm までの板厚に対応しています。他のパーツと同じ形状である部分の寸法は省略しています。組立図には便宜上モータ、ギヤ、軸、スペーサも含めています。



▲ 図 1.3 設計図：アクリル板 1 枚目



▲ 図 1.12 組立図

各パーツは次のように呼ぶことにします。

- 筐体
 - アクリル板パーツ x 13 (1 枚目～9 枚目, 固定板 x 4)
- ギヤ
 - ピニオンギヤ
 - 黄色ギヤ (ピニオンギヤの次のギヤ)
 - 青色ギヤ (黄色ギヤの次のギヤ)
 - 橙色ギヤ (黄色ギヤの次のギヤ, 出力軸のギヤ)
- 軸
 - 出力軸 (6 速ギヤボックス付属の「ドライブシャフト」)
 - アルミパイプ軸 x 1 (自作)
- スペーサ
 - 真鍮パイプスペーサ x 3 (自作)
- その他
 - モータ x 1
 - ベアリング x 2