

授業初回（6月9日）までの宿題	2
第1章 本書について	2
第2章 授業参加の際の注意事項	2
●2-1 作業時の服装	2
●2-2 D I Yのような工作を扱う意図	3
●2-3 取り組む姿勢	3
●2-4 掃除に関する御願い	4
第3章 手作り模型スターリングエンジンの工作	5
●3-1 部品加工と組み立ての段取り	5
●3-2 材料と工具	8
●3-3 手動による穴あけ加工やハサミでの切り出し	9
●3-3-1 ドリルで穴をあける方法	9
●3-3-2 直径約 6mm の穴をあけてチューブを留める ..	15
●3-3-3 複数の部品の穴の位置を合わせる	18
●3-3-4 新しい材料で穴あけをやり直す場合	19
●3-3-5 ハサミによる塩ビ板の切り出し	20
●3-3-6 カッターナイフ	21
●3-4 A. 塩ビ板に穴をあけて切り出して機構部の部品を作る	23
●3-4-1 機構を支持する塩ビ板に金折れを取り付ける	23
●3-4-2 リンクになる部品を切り出す	26
●3-5 B. アルミバットの穴あけ加工	29
●3-6 C. ディスプレーサの製作	36
●3-7 D. シリンダ部の切り出し	41
●3-8 E. クランク軸	42
●3-8-1 クランク軸製作の概要	42
●3-8-2 クランク軸とフライホイールをつなぐ塩ビ板 ...	43
●3-8-3 ゼムクリップの加工	45

● 3 - 8 - 4	クランク軸の組立	49
● 3 - 9	E. ゼムクリップから「シリンダの位置決めで使う金属線」と「リンク機構で使う軸」を作る	53
● 3 - 1 0	a. 機構部の部品のネジ留め	55
● 3 - 1 0 - 1	機構部の部品のネジ留めの概要	55
● 3 - 1 0 - 2	リンクの組み立て	56
● 3 - 1 0 - 3	機構の支持部の組み立て	60
● 3 - 1 1	b. ディスプレーサチャンバの組立（全然説明になっていません）	62
● 3 - 1 2	c. ディスプレーサロッドシール	70
● 3 - 1 3	d. ベローズとその接続棒	72
● 3 - 1 3 - 1	未調整のベローズと接続棒	72
● 3 - 1 3 - 2	ベローズ	72
● 3 - 1 3 - 3	ベローズの接続棒	77
● 3 - 1 4	e. フライホイールにバランスウェイトを取り付ける	78
● 3 - 1 5	機構部の組立と調整	82
● 3 - 1 5 - 2	機構部をアルミバットにネジ留め	82
● 3 - 1 5 - 3	クランク軸を軸受けにのせる	82
● 3 - 1 5 - 4	リンク機構の組立と調整	84
● 3 - 1 5 - 5	ベローズの取り付けと調整	87
おわりに		93

授業初回（6月9日）までの宿題

班の中で話し合って、各自がどの作業チームを担当するのか定め、事前に各自の作業内容について説明を読んでおいてください。授業では学籍番号下一桁で「1番と4番」「2番と5番」「3番と6番」「7番と0番」「8番と9番」で班に分かれます。各班1台のスターリングエンジンを工作します。各班の中に設ける5つの作業チームの作業内容と人数は後述します。

第1章 本書について

本文書は、大分大学理工学部機械工学プログラムの1年生を対象に開講される授業「理工学導入」で、2025年6月9・16・23日の授業のために急遽作成するものである。説明に用いる写真は別の工作で用いた写真が流用されている。下記動画は類似の機種の工作の様子を記録したものだが、作業方法が異なる箇所がある。

- 60倍速 二日で試作「お湯で動く機械 手作り模型スターリングエンジン 2024年版」 <https://youtu.be/jJ3PO-7bWKU>
- 10倍速 二日で試作「お湯で動く機械 手作り模型スターリングエンジン 2024年版」 <https://youtu.be/rlsjsJUJzD8>

第2章 授業参加の際の注意事項

● 2-1 作業時の服装

作業当日の服装や持ち物は、切粉（注：「きりこ」と読む）等が落ちやすいものにすることが推奨される。ファー・ニット・フリース・

レースなどは切粉が払えない。

● 2 - 2 D I Y の よ う な 工 作 を 扱 う 意 図

理屈が分からなくても，スターリングエンジンの工作は可能である．逆に，理屈を知っていても，作る手段を持たない者は何も作れない．実物を取り扱ったことが無い人は，おそらく理屈を用いるべきポイントが分からない．

設計やデザインも，大学の授業の課題を普通に取り組んで学べるものではない．設計やデザインに興味がある若い人には，スターリングエンジンを自分のアイディアで改造することが推奨される．些細なことで失敗すると予想されるが，大学の授業で学ばないような諸々のことを泥臭く考えて，妥協点を模索する機会になる．そういった経験は，スターリングエンジン以外の設計の際にも参考になる．

この文書では動作する理論の説明を割愛する．注意事項は，下記2点である．

- 気密が破れていると動作しない
- 「摩擦」や「動く部品の重さの釣合いの崩れ」が十分に抑制されないとは動かない

● 2 - 3 取 り 組 む 姿 勢

共同作業の場合，「自身の作った部品」が失敗の原因になる可能性はある．特に穴あけ加工の際のバリが残っていると，ネジの抜き差しがしにくい上に，組立ての際の部品の位置がずれ，可動部の摩擦を生じる，などの不具合の原因になる．バリ取りの際に穴が大きくなるまで削ってしまうと，これも部品の位置がずれる，可動部のガタが大きくて設計通りの動きをしない，などの不具合が生じる．

今回も授業の準備は不十分ですが，仮に授業の準備がそれなりに整っていても，全ての所作を細かく指図する準備はしません．「作っている部品が何に使われているか分からない」と感じるなら，組み

立て済みの完成品を見ることが推奨される。授業時間全てを費やしても、題材や課題への理解が完璧になるはずはなく、暇は無いはずである。これは課題に向き合う姿勢であって、興味の有無は無関係である。

● 2 - 4 掃除に関する御願い

切屑等のゴミは、屋外への放出や下水への放流を慎むことが強く推奨される。また、塩化ビニル板の切れ端は角が鋭いので、捨てる時に廃ペットボトルや紙パックの中に納めるなど、回収者に危害を与えない配慮も望まれる。

第 3 章 手作り模型スターリングエンジンの工作

● 3 - 1 部品加工と組み立ての段取り

スターリングエンジンは，今回作るものと機種は異なるが図 3-1-1-1 のように，いくつかの大きな部分に分かれる．

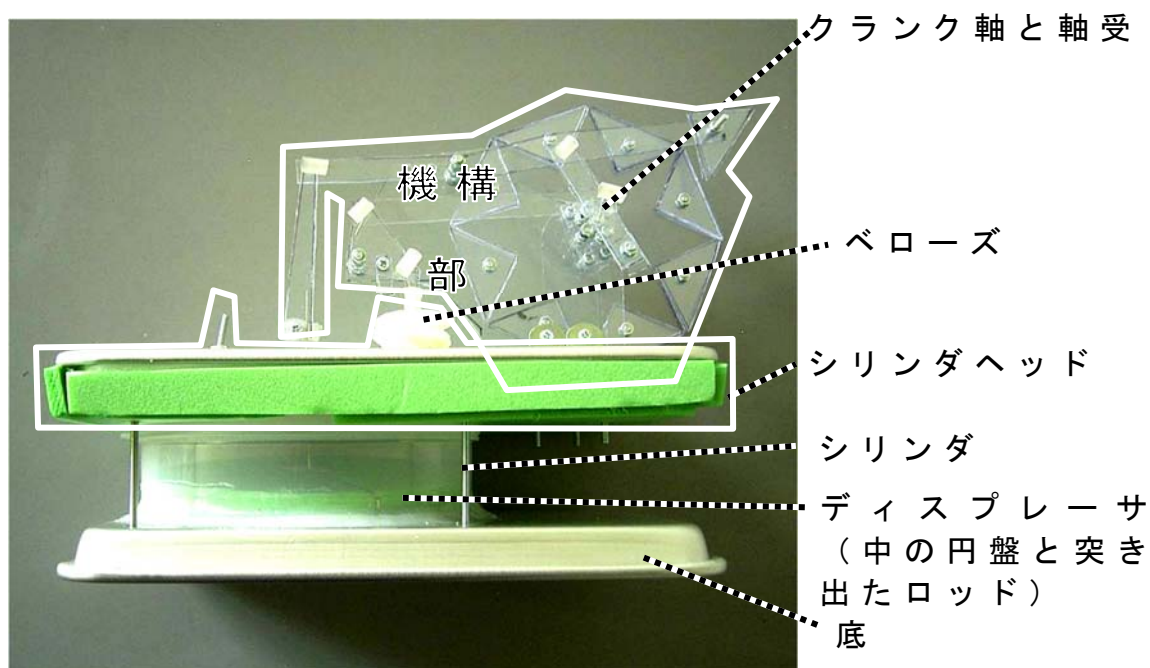


図 3-1-1-1 スターリングエンジン各部の大雑把な分類

初年度教育の授業として 90 分×3 回でスターリングエンジンを工作する段取りの案として，一班 14 人を 5 つの作業チームに分けて取り組むことを想定し，以下が提示される．

事前加工： 印刷した型紙を図 3-1-2 のようにピットハイパーで塩ビ板に張り付ける．

1st-1.5h A: 「リンク機構を支持する塩ビ板」を切り出して金折とネジを取り付けてアルミバットの穴あけチー

ムに引き渡す． クランク軸とフライホイール以外の
機構部の部品を切り出す．

1st-1.5h B: アルミバットに穴をあけ，金折れをネジ留めする．

1st-1.5h C: ディスプレーサを作る

1st-1.5h D: 円筒容器をノコギリで切り，シリンダと部品入れ
に分ける．

1st-1.5h E: ゼムクリップからクランク軸を作り，失敗作や切り
落とした切れ端から「シリンダの位置決めの金
属線 4 本」と「1cm 弱の L 字の金属線 2 個）を作
る．また，クランク軸とフライホイールの取り付け部
も作る．

2nd-1.5h A: 塩ビ板の型紙をはがし，機構部を組立てる．

2nd-1.5h B: 底・シリンダ・シリンダヘッドの中にディスプレー
サを収めて組立てる．

2nd-1.5h C: 中でロッドが往復動する穴の漏れ止めを作る．

2nd-1.5h D: ベローズを作る．

2nd-1.5h E: バランスウェイト 60 個を作る．

組立後： 形ができた後，動くまで修正や調整を行う！

人数配分の目安は，一班 14 人の場合，作業チーム A・D が 2 人
で，作業チーム B・C・E が 3 人である．作業していないメンバー
は，短い時間でスターリングエンジンを作るために，「作業環境の
整理」「次の作業で交代する準備」「作業への助言」などの役割
が求められる．作業内容を理解するだけでも時間が過ぎるので，
作業と同時並行で別メンバーが考えるのは大事である．作業する
場所は，スターリングエンジンを作る班で集まるのではなく，作業
内容が同じ人達で集まるように配置する予定である．そのため，
作業者の周囲には，他班の同じ作業を担当する人がいるので，自

分の作業チームの相談は他班の人ともする。

大学の授業では作業時間を確保のための事前作業として、 $30\text{cm} \times 30\text{cm} \times 0.5\text{mm}$ の硬質塩化ビニル板には、図 3-1-1-2 のように型紙がスティックのり「ピットハイパワー」で張り付けられた状態で出される。硬質塩化ビニル板で部品を作る作業の始まりは、硬質塩化ビニル板を作業内容ごとに切り分けて、各分担チームが同時に作業をできるようにする。授業で使う型紙は、受講者が段取りを考えずに作業を進められるように、分担作業事にまとめて配置することを優先してあり、無駄にゴミが発生する。

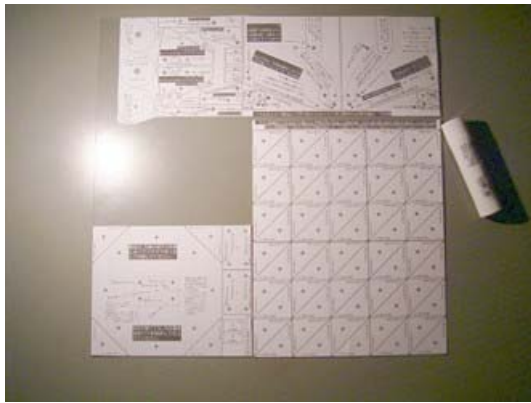


図 3-1-1-2 $30\text{cm} \times 30\text{cm}$ の硬質塩化ビニル板に型紙をピットハイパワーで貼る。商品名ピットハイパワーにはサイズを示すアルファベットがつく。張り付けた紙は、加工後に水で濡らしてはがす。

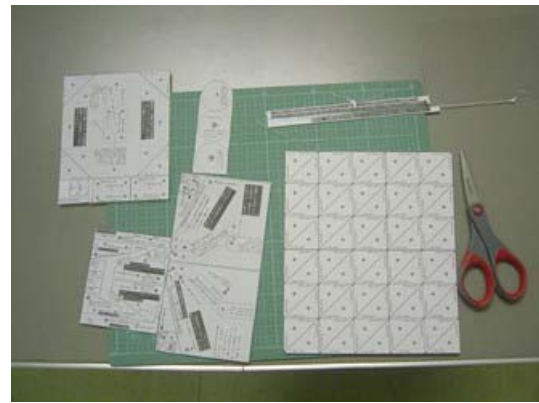


図 3-1-1-3 方眼でまとまったグループ頃に切り出し、型紙の貼られていない箇所は大きな形で残して「部品の作り直し」に備える

● 3 - 2 材料と工具

最初に各グループで以下の工具や材料が揃っていることを確認してください。

確認	品名	個数	
	カッターマット		
	段ボール紙		
	ピンバイス（中にコレットが2種類）		
	φ1.0mmのドリル		
	φ3.0mmの六角軸ドリル		
	テーパーリーマ		
	面取り用ドリル		
	ハサミ		
	カッターナイフ		
	三角定規（30°と60°，45°）		
	プラスドライバ		
	ラジオペンチ		
	ヘラ		
	鋸		
	マスキングテープ（幅15mm）		
	ビニルテープ（幅19mm）		
	トレイ		

● 3 - 3 手動による穴あけ加工やハサミでの切り出し

● 3 - 3 - 1 ドリルで穴をあける方法

工作入門用スターリングエンジンの工作で開ける穴の直径は，主に 1.0mm と 3.0mm と約 6mm の 3 種類である．穴あけ作業は， ϕ 1.0mm のドリルで下穴をあけ，次に ϕ 3.0mm のドリルで穴を広げ，リーマで更に径を広げ，必ず最後はバリ取りをして終える．



図 3-3-1-1 コレットチャックを外したピンバイスにコレットを入れ，コレットにドリルを入れる



図 3-3-1-2 コレットチャックを締め，ドリルが緩まないようにする



図 3-3-1-3 目印の中心にドリルの先端を添える



図 3-3-1-4 ピンバイス中ほどの回転するところを保持して適度な力で材料に押し当て，ピンバイス端部を持って時計回りに回す



図 3-3-1-5 指の付け根で後端を押さえて，片手で扱えるピンバイスもある

ピンバイスの使い方の概要を図 3-3-1-1 から 3-3-1-4 に示す．これらの図では，机が傷つかないように配慮し，カッターマットを置いている．コレットはドリルが通り，なおかつコレットチャックを締めたときにドリルが緩まないものを選ぶ．図 3-3-1-5 に示されるような，「自由回転する部品が後端にあるピンバイス」や六角軸ドリルは，ドリルを回す時に使う人差し指の付け根で六角軸やピンバイスの後端を押しながら，親指と人差し指でドリルを回す．アルミ材を $\phi 3.0\text{mm}$ の穴あけする際は，六角軸が指の付け根に擦れて痛いのが，手の「ドリルとこすれる箇所」にビニルテープを貼り付けておくと，手とドリルが直接こすれなくなるので，痛み方がやわらぐ．

力加減の目安は， $\phi 3.0\text{mm}$ のドリルで作業している図 3-3-1-6，3-3-1-7 の切り屑が目安になる．押さえ過ぎると，ドリルが貫通する直前にドリルが回し難くなる．コレットが滑ってドリルが回らなくなることや，ひどい場合はドリルが折れる．折れたドリルで怪我をすることがある．コレットが滑ってドリルが回らないときは，「コレットを強く締めなおす」「ドリルを数回反時計回りに回したのちに，再度時計回り方向に回転させてみる」「下穴が貫通していれば，裏返し

て反対側から穴をあける」などを試してみることになるが，いずれもドリルを材料に押し当てる力を弱めに加減する．

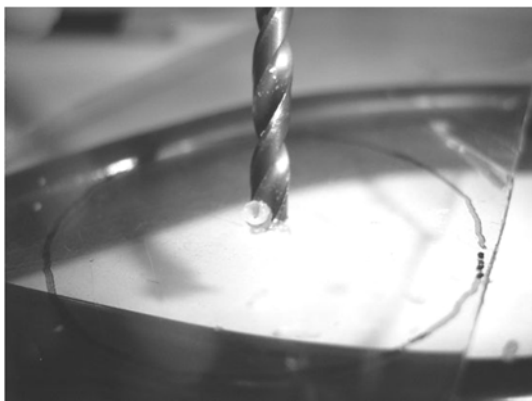


図 3-3-1-6 力加減が強過ぎる時の切り屑

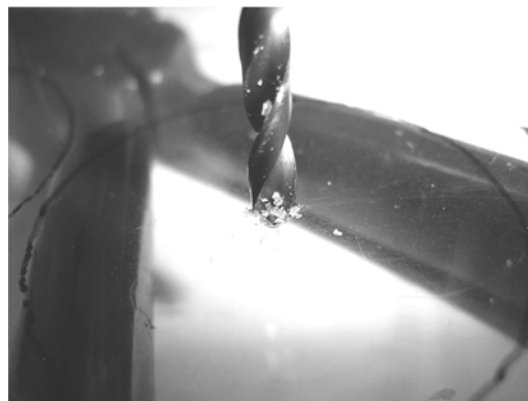


図 3-3-1-7 良い力加減の切り屑は細かい



図 3-3-1-8 穴を開けた後のバリは面取り用ドリルを押し当てて回すと処理できるが， $\phi 1.0\text{mm}$ の穴は $\phi 3.0\text{mm}$ のドリルで代用できる．バリ取りで穴も拡大するのでやり過ぎない

バリの処理は，図 3-3-1-8 のようにする．バリの有無は図 3-3-1-9，3-3-1-10 のように見た目に目立たない場合もあるが，指でなぞると図 3-3-1-10 のような見た目に目立たないバリも違いが感じやすい．大きくしない穴については，図 3-3-1-11 のような対応をしておくで，誤って穴を広げることを防げる．ディスプレイサを往復同させるロッドを通す穴を誤って広げてしまった場合は，図 3-3-1-12 のように補修する．



図 3-3-1-9 バリをとった，アルミ材の $\phi 1.0\text{mm}$ の穴



図 3-3-1-10 バリによっては，見た目に目立たないが，指でなぞると引っ掛かりがある（アルミ材の $\phi 1.0\text{mm}$ の穴）

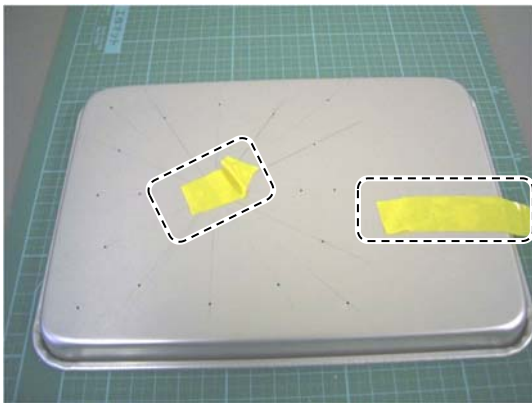


図 3-3-1-11 $\phi 1.0\text{mm}$ のままで良い穴は，誤って $\phi 3.0\text{mm}$ に拡大しないようにテープなどでふさぐ

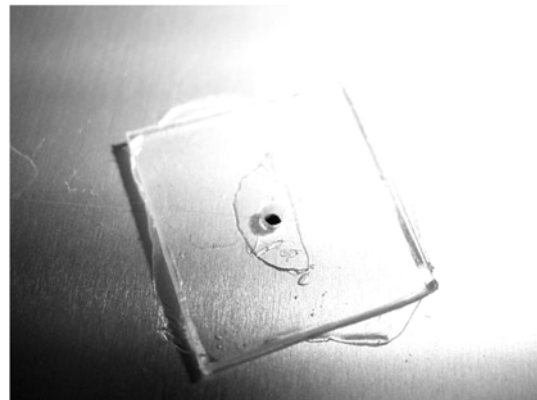


図 3-3-1-12 誤って穴を拡大してしまった場合は， $\phi 1.0\text{mm}$ の穴をあけた塩化ビニル板をバスコークで接着して補修する事も可能

たわみが生じる材料の加工は図 3-3-1-13 が示すように，当て板を敷いて，その上に載せた材料を加工する．ドリルで穴をあけている最中，不透明な材料だとドリルがどこまで掘り進んでいるのか見えず，当て板があると材料を貫通してもドリルには当て板を加工する手応えが生じるので，穴をあけ終わったか判断しにくい．図 3-3-1-14 は，ドリルにテープで目印をつけ，少しでもドリルの進み具合を推測し易いようにしている．



図 3-3-1-13 硬質塩化ビニル板のように，たわんでしまう材料は当て板で支えて加工する



図 3-3-1-14 不透明な材料に当て板をして穴あけ加工をしていると，ドリルの進み具合が確認しにくいので，目印をドリルにつけた



図 3-3-1-15 $\phi 3.0\text{mm}$ のドリルにも目印をする

塩化ビニル板は，部品を切り出す前に穴をあけておく方が作業はしやすい．図 3-3-1-14 は小学生に家庭で穴あけ加工の作業を課す時の作業手順書である．

穴あけ加工をするとき

注意事項

- ☐ ドリルを落としたり，折らないように気を付ける．（折れるとき，折れた破片で怪我をする）
- ☐ けずりカスを掃除できるようにする．（飛び散ると掃除しにくく，毛やぬいぐるみのような起毛しているものに付くと取れにくい．）
- ☐ 机に穴をあけない．

作業開始前

- ☐ 片づける．
 - ☐ 作業する周り 1 ～ 1.5 メートルくらい，床に工作関係以外の物と掃除道具以外置かない．
 - ☐ 机の上も，掃除できないようなもの（食べ物）などは置かない．
- ☐ 掃除機を準備する
- ☐ ティッシュと霧吹きも準備する（プラスチックのけずりカスの掃除で使ったものは洗わないので，ぞうきんは使わない）
- ☐ けずりカスが残りやすい服の場合は着替える．
- ☐ 新聞紙を作業台に敷く
- ☐ 椅子に，タオルの上から更に新聞紙等でカバーをする
- ☐ カッターマットを置く
- ☐ 使わないときに工具を戻す場所として，机上の右側に「小さい工具箱」を置く
- ☐ 大き目のカスを捨てる袋を用意
- ☐ 切り出した工作物を収納するトレイなどを準備
- ☐ 使わない物は出さない

作業場から離れるとき

- ☐ 工具を机上の右側においた「小さな工具箱」に置く
- ☐ 手を「カスを捨てる袋」の上で払う．
- ☐ 体や服にカスがついていたら，掃除する
- ☐ 歩くとカスが足に付くほど床が汚れていたら，掃除する

掃除

- ☐ 十分に時間の余裕をもって作業をやめる
- ☐ 体や服についたけずりカスを丁寧に「カスを捨てる袋」の上で払う．
- ☐ 工具や作ったものについたカスを机の上の「カスを捨てる袋」の上などきれいにする．ただし工具をウェットティッシュで拭くとサビるので，乾いたティッシュか水でぬらしたティッシュで拭う．
- ☐ 新聞紙から捨ててはいけないものをどける
- ☐ 新聞紙の上のけずりカスを落とさないように，新聞紙を折りたたみ，「カスを捨てる袋」に捨て，ゴミ箱に捨てる．
- ☐ 濡れティッシュで机の上のけずりカスを拭きとり，「カスを捨てる袋」に捨てる．
- ☐ 掃除機で床を掃除する

図 3-3-1-12 穴あけ加工初心者の小学生向け作業手順書

● 3 - 3 - 2 直径約 6mm の穴をあけてチューブを留める



図 3-3-2-1 穴に先端を通したリーマを，軽く押しながら，中心軸がぶれないように注意しつつ，左右に回転させ，穴を広げる

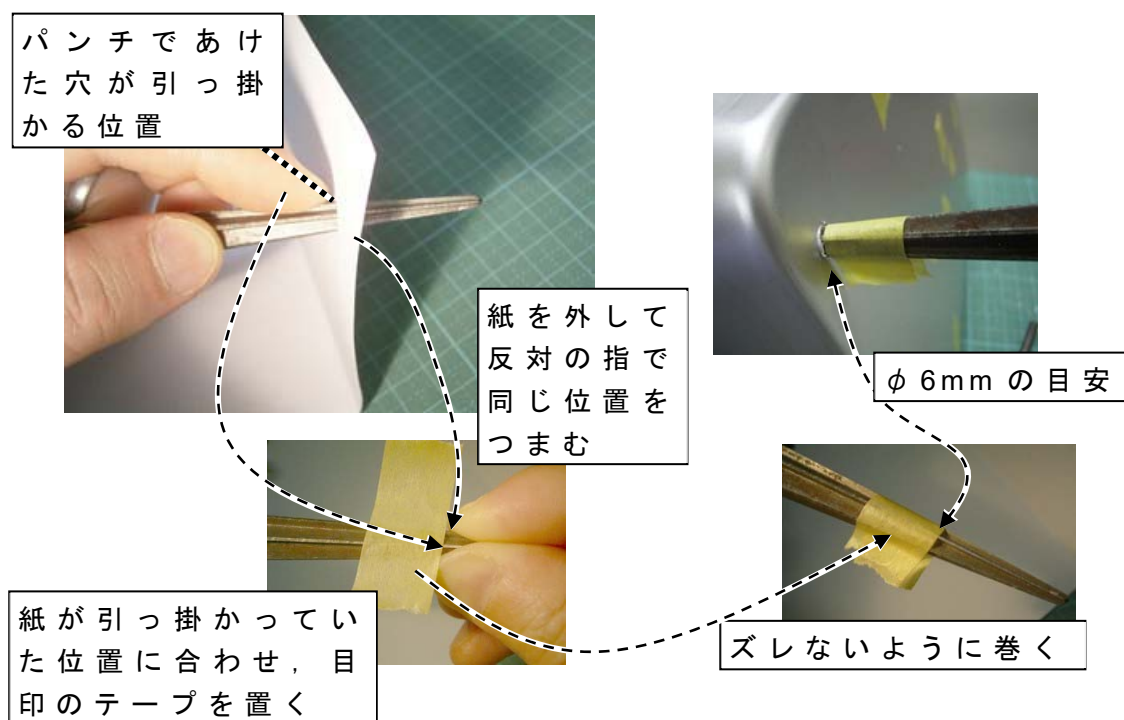


図 3-3-2-2 リーマに目印があると，チューブを当てて穴の径を確認する回数は少なくて済む

φ 3mm より大きい穴をあけるときに工作入門用スターリングエンジンの工作ではテーパリーマ（注：以下ではリーマと記述する）を用いる．リーマは，穴を広げるもので，事前にあけた直径 3mm 以上の穴に先端が通して使う．ドリルと異なり，図 3-3-2-1 の

ようにリーマは回す方向が特がない．直径 6mm 程度の穴あけ加工が多いので，図 3-3-2-2 のように目印を目安に加工することができる．リーマを使うと大きなバリが出るので面取り用のドリルで処理するが，薄い板はバリ取りで穴が大きくなる．チューブを当てて穴の径を確認する時は，図 3-3-2-3 のように先にバリ取りをする．なお作業の利便性を考慮すると，リーマの握り部分の金属棒は図 3-3-2-4 のようにテープが張ってあった方が使い易い．

広げ過ぎた穴は直せないが，薄板はバリ取りでも穴が広がる．



両面からバリ取りをした後，チューブが通るかどうか確認する

図 3-3-2-3 チューブを固定する穴は，チューブが丁度通る大きさになるまで，面取り用ドリルの仕上げと大きさのチェックを繰り返しながら，少しずつ穴を大きくする



図 3-3-2-4 リーマの握り部分に通す金属棒は，そのままだと作業中頻繁に抜け落ちるが，端にテープをつけると落ちない

チューブジョイントの固定は図 3-3-2-5 から 3-3-2-8 の手順で行う．

図 3-4-4-9 は穴が大きくて緩い場合の対処方法である．

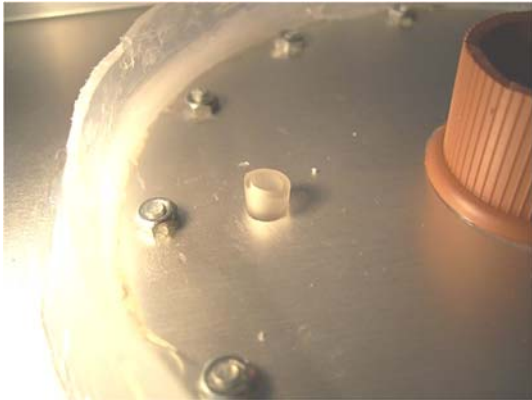


図 3-3-2-5 チューブジョイント固定の手順 1 では，短く切ったチューブを穴に挿す



図 3-3-2-6 チューブジョイント固定の手順 2 では，チューブにチューブジョイントの先端を挿し入れる



図 3-3-2-7 チューブジョイント固定の手順 3 では，裏側からチューブを押さえた状態で，チューブジョイントを押し込む



図 3-3-2-8 チューブジョイントを固定した面の裏側

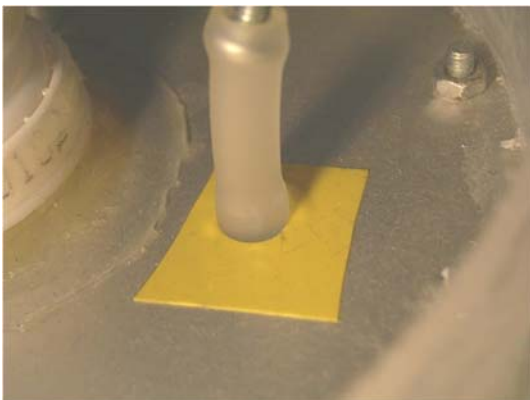


図 3-3-2-9 チューブが固定できても気密が確保しきれない緩い穴は，パンチで穴をあけたビニルテープを貼ると，気密が確保できる場合がある

● 3 - 3 - 3 複数の部品の穴の位置を合わせる

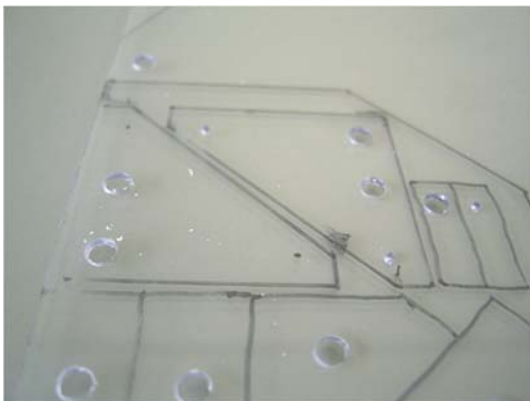


図 3-3-3-1 ボルトを通すφ3.0mmの穴とその他のφ1.0mmの下穴があいた方をマスターとし，その他のコピーする部品はボルトを通す穴以外は目印が残る

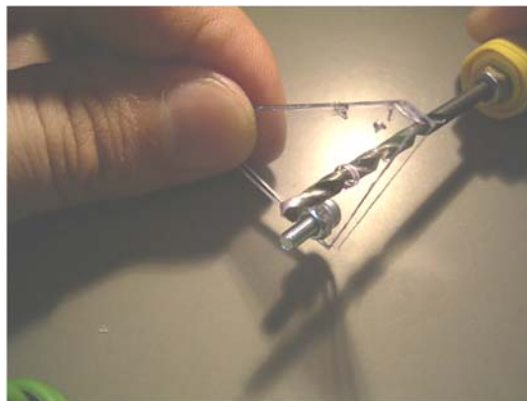


図 3-3-3-2 穴の位置をコピーする部品の側からボルトを通してマボルトが通るようにドリルで穴を広げる

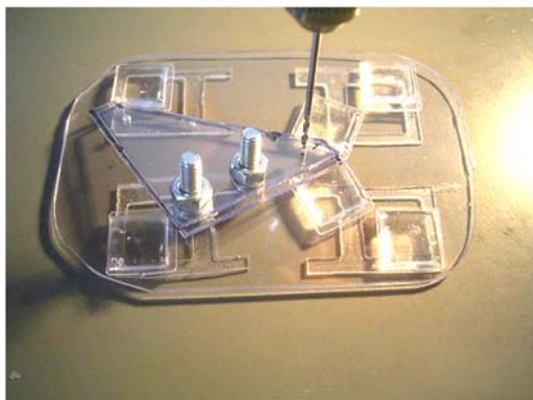


図 3-3-3-3 2つのボルトで締結したら，マスターの部品を上にして置き，マスターの下穴を通してφ1.0mmのドリルで加工していく

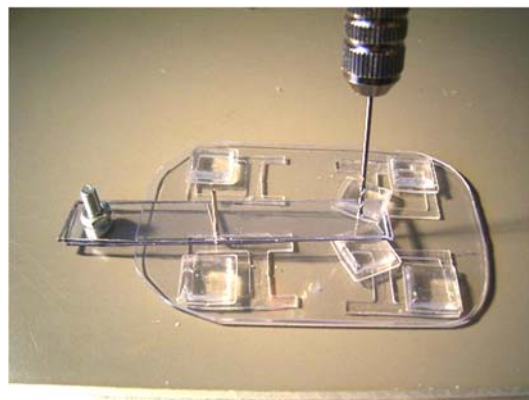


図 3-3-3-4 ボルト2本ではなく，一つをゼムクリップから切り出した金属線にして位置合わせをするときは，金属線が傾かないようにする

複数の部品で穴の位置を合わせる箇所では，一つ目の部品の穴を開けて「マスター」とし，「穴の位置を合わせたい次の部品」に「マスター」をずれないように押さえて，「マスター」の穴と同じサイズのドリルで「穴の中心となる目印」をつける．部品の押さえ方は，図 3-3-3-1 から 3-3-3-4 のようにネジ等で固定する方法が確実である．手でしっかり押さえてドリルをがさつに回さない方法は，確実さに欠けるが，簡便である．なお「マスター」の板厚が薄くて穴の

径が大きいとドリルの外周が穴の内径に触れない為、穴の中心とドリル先端の中心が大きくズレ、部品同士の穴の位置が合わなくなる。そのため、板厚 0.5mm の場合は、「マスター」を $\phi 1.0\text{mm}$ のドリルで開ける下穴だけで作り、 $\phi 1.0\text{mm}$ のドリルで「穴の位置を合わせたい次の部品」に「穴の中心となる目印」をつける。「穴の中心となる目印」は、押し当てたドリル数回回せばつく。部品同士の形が同じとは限らない。穴の位置を合わせる部品一式の加工が済んだら、全部重ねてボルトで締結し、位置を合わせる穴の内側を再度ドリルで一つ一つ削る。ボルトやクリップを通す穴は、一通り全部通してみる。ネジ留めできない部品の穴の位置も図 3-3-3-5 のように揃える。



図 3-3-3-5 別の部品の穴の位置に合わせて、新しい穴をあける

工作入門用スターリングエンジンでは一度に複数の薄い塩ビ板を重ねて一度に穴開け加工するが、部品のたわみで穴の位置が若干ずれる。

● 3 - 3 - 4 新しい材料で穴あけをやり直す場合

穴あけ加工に失敗して塩ビ板の加工を新しい材料でやり直す場合、

型紙の上に塩ビ板を載せて図 3-3-4-1 のように目印を油性ペンで写し、図 3-3-4-2 のようにドリルを当てて、穴をあける。

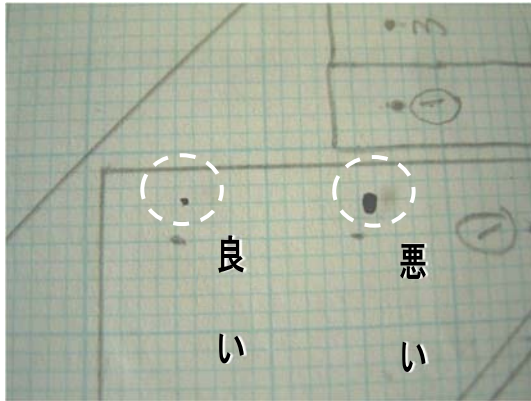


図 3-3-4-1 油性ペンで目印を入れ直す場合、良い目印は細い油性ペンで軽く一度触れるように小さく描かれ、悪い目印は方眼紙の 1mm のマスと遜色ない大きさで描かれる



図 3-3-4-2 下穴を開けるドリルは、先端の尖ったところを目印の中心にあてる

● 3 - 3 - 5 ハサミによる塩ビ板の切り出し

右手でハサミを持って、ハサミで線に沿って切る場合、わざわざ言うほどの事ではないが、以下を参考にして作業して頂きたい。

- ハサミの刃先は常に自分の正面に向け、切る方向を変える時は切る物を動かす
- 左手は、ハサミの刃の横で、切る物を押さえる。ハサミの刃の先の延長線上で押さえない。
- ハサミの上の刃が、切る線に乗っていくのを目で確認
- ハサミの下刃は目視できない場合が多いが、切ろうと思っている物以外が触れていないことは確認する。
- 一カ所切っている間は、切終わるまでハサミを閉じない。
- 使い終わったら刃を閉じて置く。すぐにハサミをまた使う時は、右側に置くのがお勧め。



図 3-3-5-1 ハサミの刃先は常に自分の正面に向け，切る方向を変える時は切る物を動かす．切る物を押さえる手が持つ位置は，ハサミの刃の横であり，ハサミの刃の先の延長線上ではない．そしてハサミの上の刃が，切る線に乗っていくのを目で確認しながら切る

ハサミを閉じずに，小刻みに開閉しながら切った箇所

ハサミを閉じながら切り進めると，切った場所に刃先の跡が残る．ハサミや材料によっては，閉じた刃先が当たった部分に亀裂が生じる

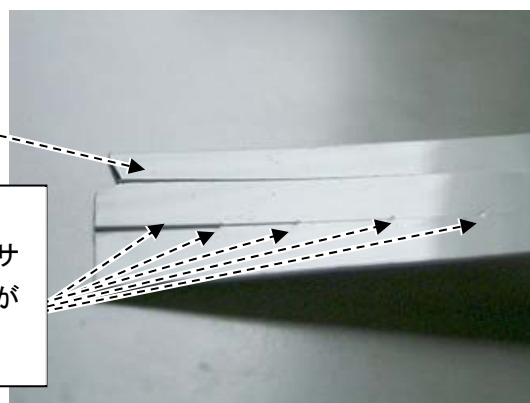


図 3-3-5-2 切る時はハサミを閉じきらないで，小刻みに開閉を繰り返す方がよい

● 3 - 3 - 6 カッターナイフ

カッターナイフを使う時，以下を参考にして頂きたい．

- 必要以上にカッターナイフの刃を出さない．
- カッターマットに載せた紙や発泡パネルを切る時，自分に向かって引くように，刃が「切りたい線」を進んでいることを確かめながら，切り進める．
- 固さのある物を削る時は，刃を外に向けて動かすが，削りカスや

刃の動きの延長線上に「材料を押さえている手」「他人」「傷つけない物」が無いようにする

- 切る向きを変えたい時は，材料の向きを変える．
- 切断中，切断面と刃は同一平面上に位置させても，刃の端の並びを進行方向に対して斜めにする



例えば，厚さ 5mm の発泡パネルは，1～1.5cm 刃が出ていれば切れるが，しばしば 2～3cm を超えて長く刃を出して作業する人はいる．

● 3 - 4 A. 塩ビ板に穴をあけて切り出して機構部の部品を作る

● 3 - 4 - 1 機構を支持する塩ビ板に金折れを取り付ける

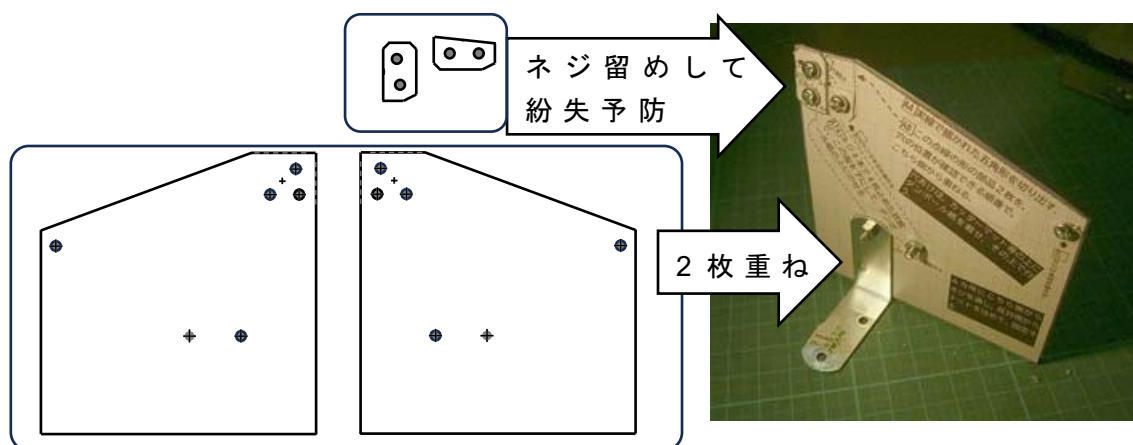


図 3-4-1-1 型紙が張り付いたままでだが，塩ビ板の部品を 4 枚作り，金折れを取り付ける

ここでは図 3-4-1-1 のような形状の塩ビ板を切り出し，金折れをネジで取り付けた状態にする．使う工具はカッターマット，段ボール紙，ピンバイス， $\phi 1.0\text{mm}$ のドリル， $\phi 3.0\text{mm}$ のドリル，面取り用のドリル，プラスドライバ， $\text{M}3 \times 8\text{mm}$ のネジ 6 本とナット 6 個，ハサミである．材料は図 3-4-1-2 に示す型紙が貼られた塩ビ板と金折れ 2 個， $\text{M}3$ のネジとナットである．

作業は，図 3-4-1-3 に示す型紙が厚さ 0.5mm の塩ビ板にスティックのり「ピットハイパワー」で張り付けてあるので，その指示に従って進める．

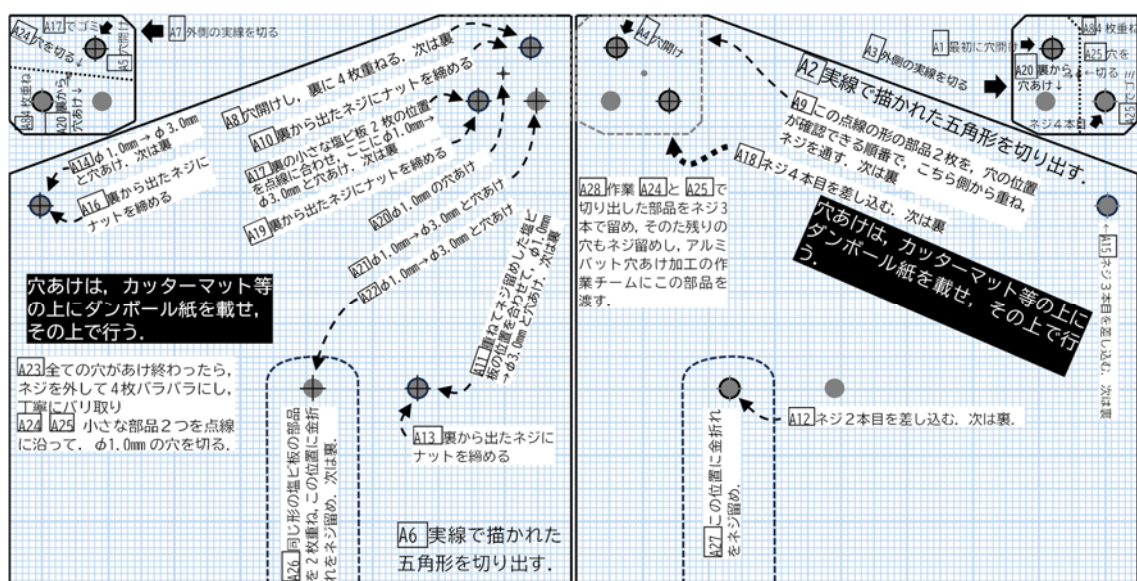


図 3-4-1-2 機構を支持する塩ビ板の型紙



図 3-4-1-3 ネジを締めてもズレるので、丁寧に位置を合わせ、ドリルを当てて回すときも慎重に回す。



図 3-4-1-4 4 枚の塩ビ板をネジ留めして加工するが、塩ビ板が反らないように、穴をあける場所には当て板を当てるが、ネジを当て板に乗せない

ネジ留めしても位置はずれるので、図 3-4-1-3 が示すように重ねる塩ビ板は外形を参考にして位置合わせをし、塩ビ板が反らないように図 3-4-1-4 が示すように穴をあける箇所に当て板をしつつネジが当て板に乗らないようにする。



図 3-4-1-5 ネジを外し，バリを取り，小さな部品も $\phi 1.0\text{mm}$ の穴を切る



図 3-4-1-6 バリ取りした塩ビ板の部品を再度ネジ留めし金折れを取り付け， $\phi 1.0\text{mm}$ の穴の位置が揃っていることもドリルや金属線を通して確認

図 3-4-1-5 図 3-4-1-6 の状態を経て，金折れ 2 個がネジ留めされた塩ビ板を，アルミバット穴あけの作業に送る．アルミバットに金折れ 2 個をネジ留めした後，機構部を支持する塩ビ板 2 枚は機構部の組み立てに回す．

● 3 - 4 - 2 リンクになる部品を切り出す

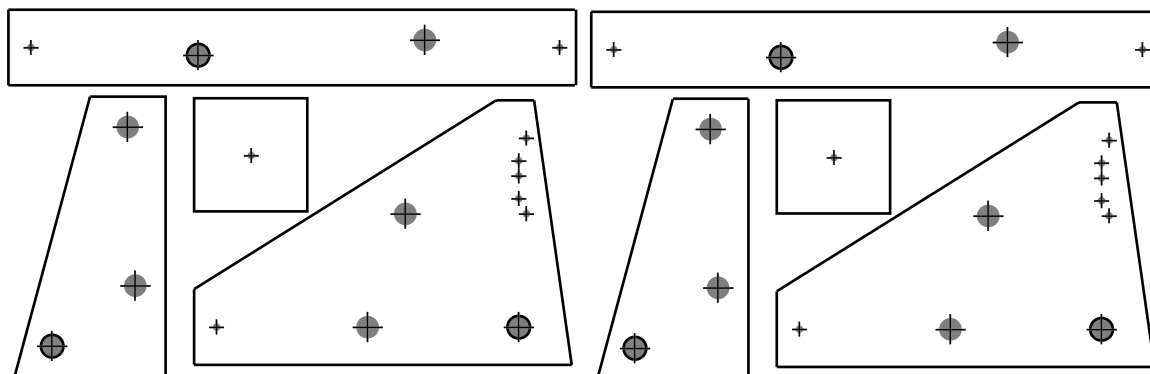


図 3-4-2-1 型紙が張り付いたままで良いので，塩ビ板に穴をあけてリンク機構の部品 8 個を切り出す

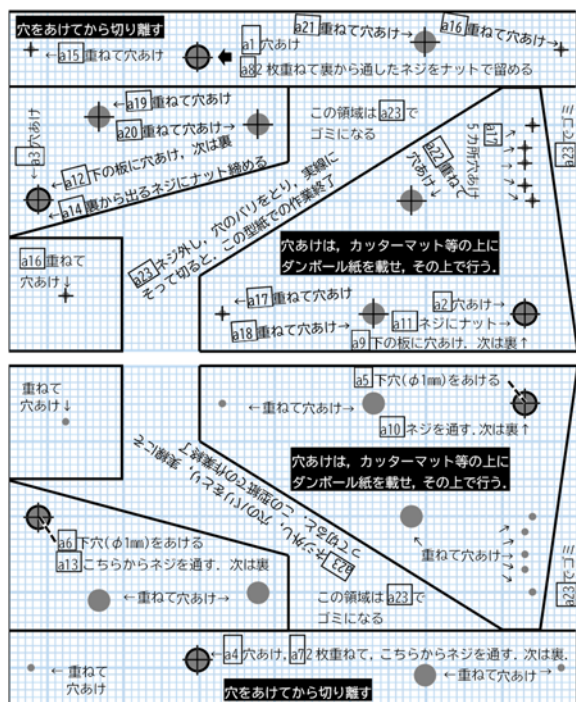


図 3-4-2-2 機構のリンクになる塩ビ板の型紙



図 3-4-2-3 型紙のついた塩ビ板 2 枚を重ねてネジで固定し，穴をあける

ここでは図 3-4-2-1 に示す部品を作る．使う工具はカッターマット，段ボール紙，ピンバイス， $\phi 1.0\text{mm}$ のドリル， $\phi 3.0\text{mm}$ のドリル，面取り用のドリル，プラスドライバ， $M3 \times 8\text{mm}$ のネジ 3 本とナット 3 個，ハサミである．材料は図 3-4-2-2 に示す型紙が貼られた

塩ビ板である．

作業は，図 3-4-2-2 に示す型紙が厚さ 0.5mm の塩ビ板にスティックのり「ピットハイパワー」で張り付けてあるので，図 3-4-2-4～3-4-2-9 を参考にしつつ，型紙の指示に従って進める．なお型紙の指示はまだ所々誤りがある．



図 3-4-2-4 ネジ留め前の状態

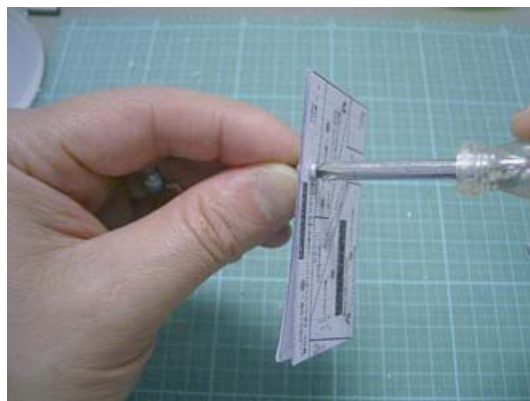


図 3-4-2-5 ネジは，2 枚の塩ビ板の位置を合わせ，ドライバを使って緩みなく締める

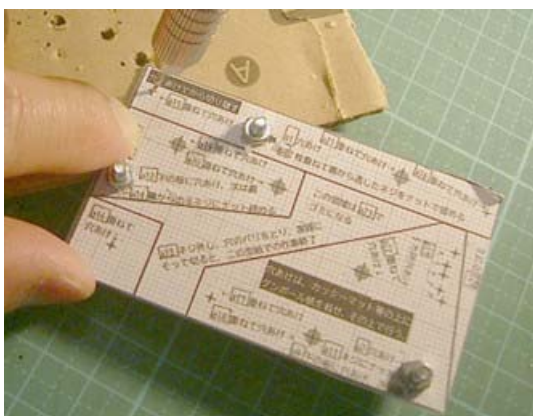


図 3-4-2-6 塩ビ板がたわむので，穴をあける場所には当て板を当てるが，ネジは可能な限り当て板に載せない

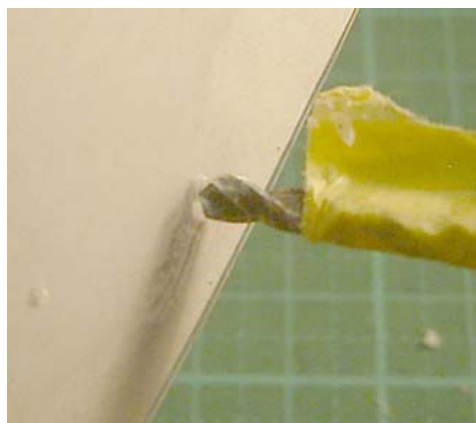


図 3-4-2-7 小さな穴のバリはφ3.0mm のドリルを当てて軽く 2～3 回転させる方が，面取り用のドリルより作業がしやすい



図 3-4-2-8 切り出した部品

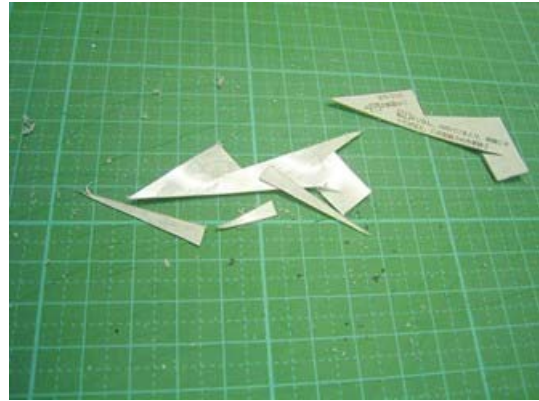


図 3-4-2-9 ゴミになる部分はどのような切れ込みが入っていても構わない

● 3 - 5 B. アルミバットの穴あけ加工



図 3-5-1-1 アルミバットに金折れ二つをネジ留めしたものと、
穴が 4 つあるアルミバット

ここでは図 3-5-1-1 に示す部品を作る．穴をあける際に使う工具はカッターマット，ピンバイス， $\phi 1.0\text{mm}$ のドリル， $\phi 3.0\text{mm}$ のドリル，テーパーリーマ，面取り用のドリル，マスキングテープ，チューブであり，その他型紙の切り抜きにハサミを用い，金折れを取り付ける際に「3-4-1 項で加工した塩ビ板 2 枚」とプラスドライバとラジオペンチを用いる．材料はアルミ標準合金バット 5 号 2 枚の他，「3-4-1 項で加工した塩ビ板 2 枚」に取り付けていた金折れ 2 個， $M3 \times 8\text{mm}$ のネジ 2 本とナット 2 個である．

作業は，まず図 3-5-1-2 に示す型紙に記載の指示通りに始める．図 3-5-1-3 のように裏返したアルミバットの底にマスキングテープで貼り付ける．

その次に図 3-5-1-4 が示すように，型紙に記された「穴の中心」に $\phi 1.0\text{mm}$ のピンバイスを合わせ，アルミバットに傷がつく程度に 5 回ほど時計回り方向に回転させる．先に型紙に記されている穴全てについて，「穴の中心の目印」をアルミバットに写し，図 3-5-1-5 のように確認し，図 3-1-5-6 のような穴あけはその後にする．

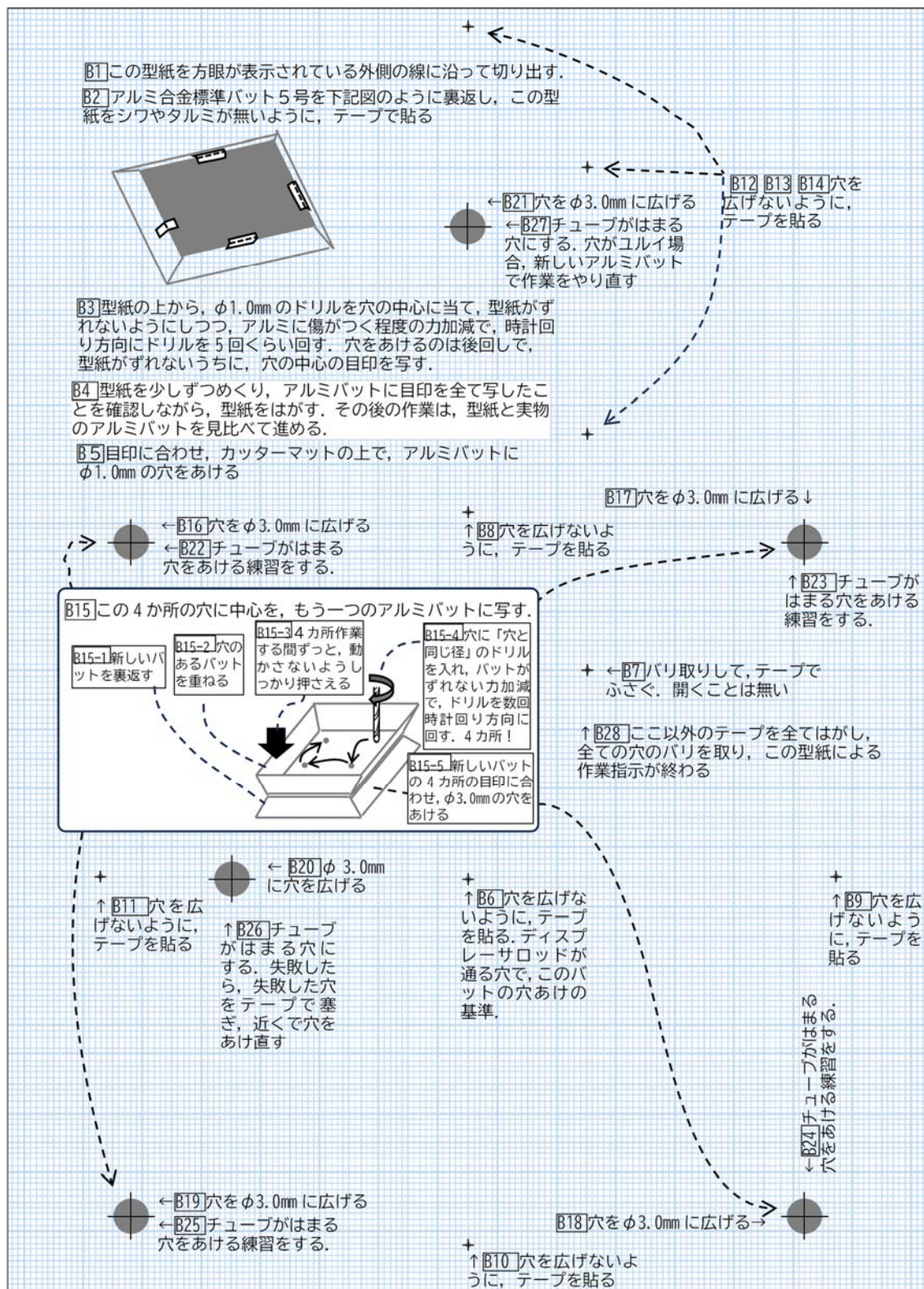


図 3-5-1-2 アルミ標準合金バット5号加工用の型紙



図 3-5-1-3 裏返したアルミバットの底にテープで型紙を貼る

穴の中心の目印にドリルの先端を「程々の力」で押し当て、時計回り方向に5回ほど回す

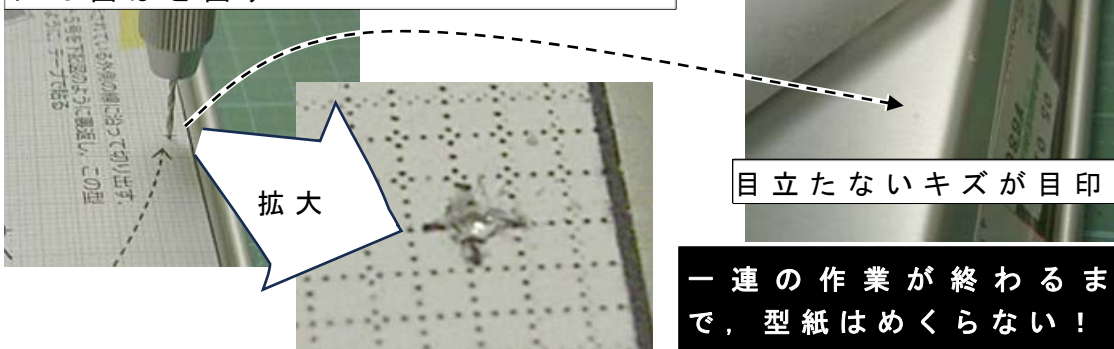
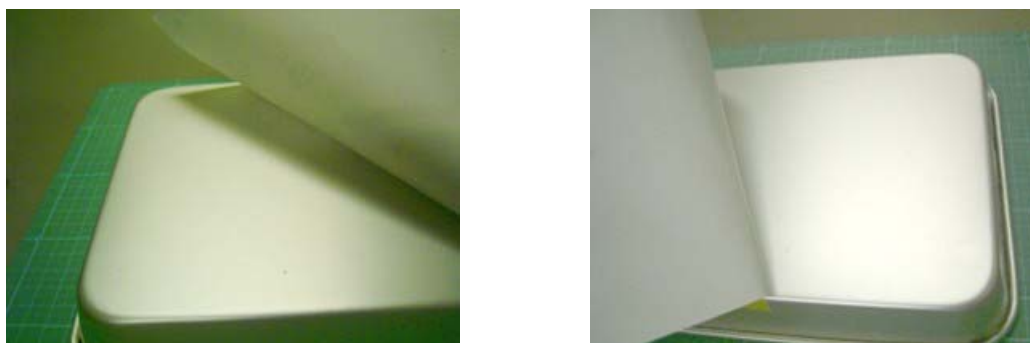


図 3-5-1-4 型紙の上からドリルでアルミバットに目印を入れる



型紙を張り付けていたテープを一部残して、型紙をめくり、「型紙が指示した目印」が全てついていることを確認

図 3-5-1-5 目印の確認

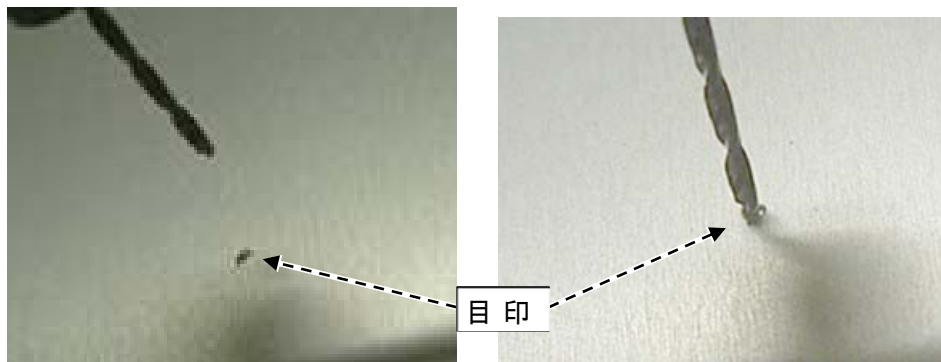


図 3-5-1-6 $\phi 1.0\text{mm}$ のドリルの先端が目印に合うと，引っ掛かる手応えがある



図 3-5-1-7 はがした型紙を隣に置き，型紙の指示を見ながら，作業をする．この図は 2 枚目のアルミバットに 4 つの穴の目印をつける様子である．



図 3-5-1-8 誤って広げては困る穴にテープを貼る．

「底になるアルミバット」は $\phi 3.0\text{mm}$ の穴を 4 つあけるだけである．図 3-5-1-7 は目印の位置を写すときの様子である．図 3-5-1-8 のように「拡大してはいけない穴」にテープを貼ると，誤って穴を広げてしまうことを予防できるかもしれない．シリンダヘッド側で，直径約 6mm の径が指示されている穴について，底と同じ位置にある 4 つの穴の径は径の指示を無視しても差しさわりのないが，残りの 2 か所はチューブを固定する必要がある．そのため，型紙が指示するように，チューブを固定しない 4 か所で「穴のサイズをチューブ

に合わせる練習」を先にする。



図 3-5-1-9 型紙の指示する加工が終わった状態の 2 枚のアルミバット

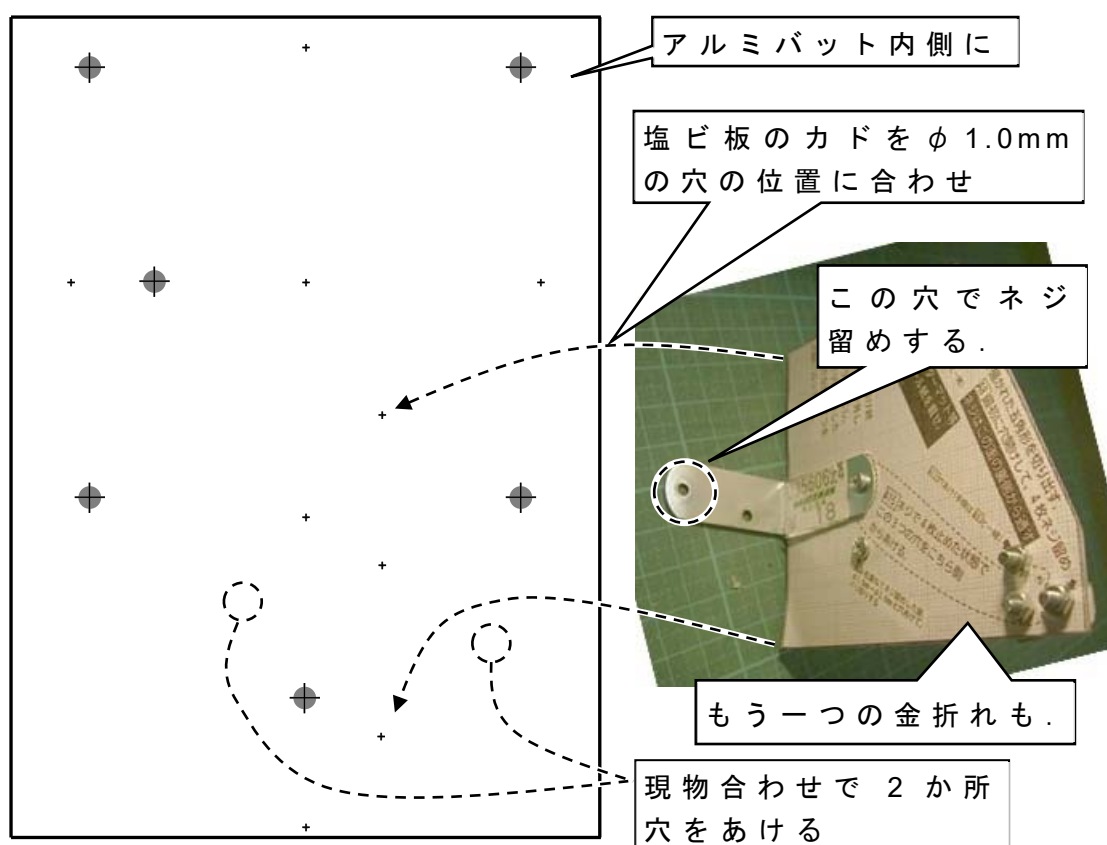


図 3-5-1-10 アルミバットに金折れを取り付ける作業の概要

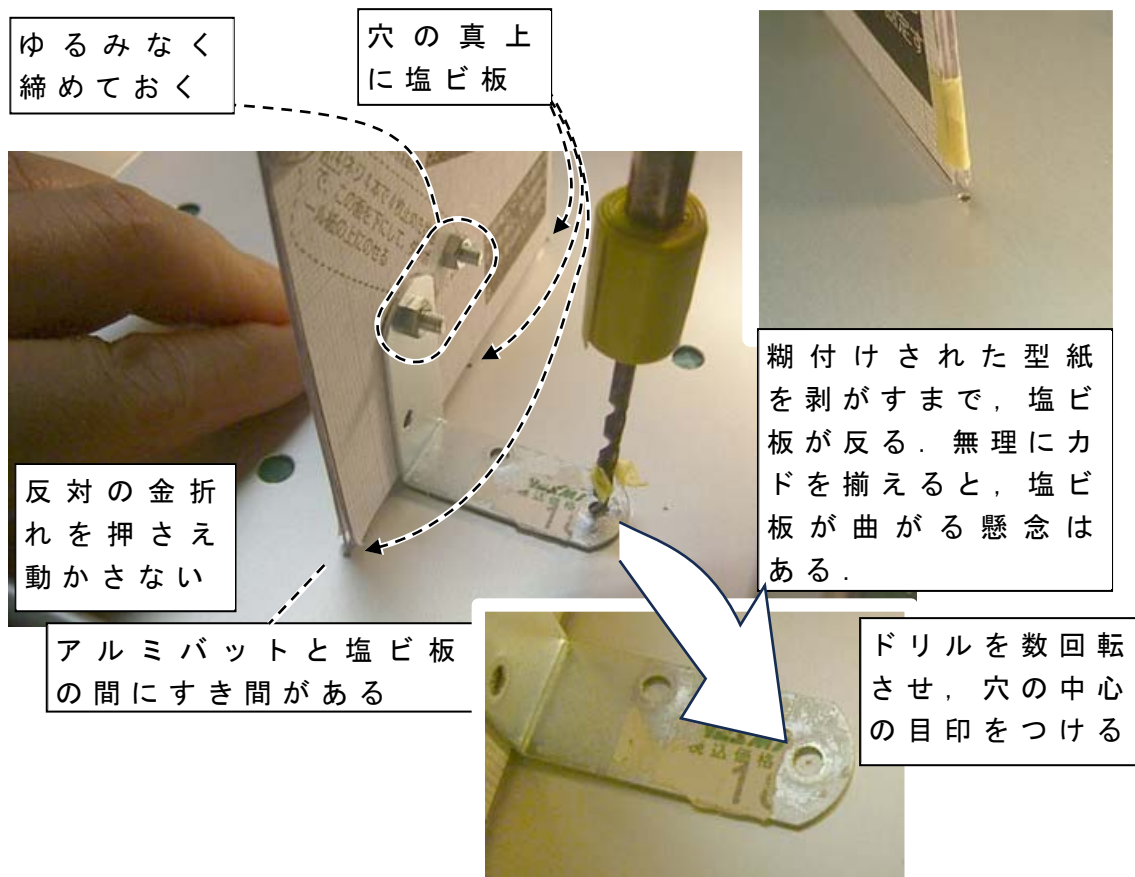


図 3-5-1-11 アルミバットに一つ目の穴の位置を写す

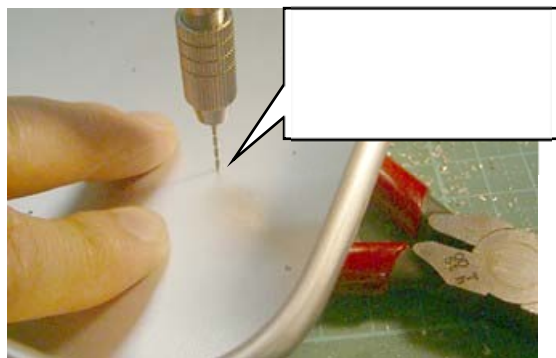


図 3-5-1-12 目印に合わせて下穴をあけ、 $\phi 3.0\text{mm}$ の穴をあける。写真ではラジオペンチの握りでアルミバットとカッターマットの間に空間を設けている

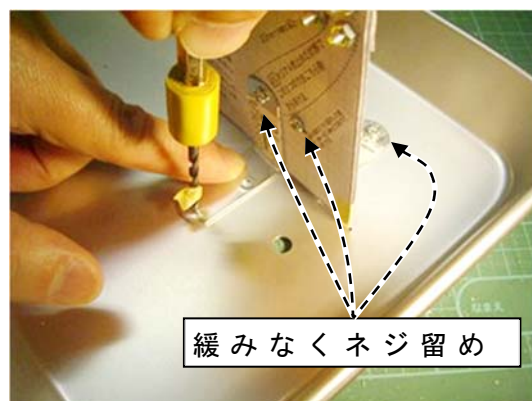


図 3-5-1-13 金折れを留める 3 カ所のネジを緩みなく締め、一つ目の穴と同様に二つ目の穴の位置をアルミバットに写す。



図 3-5-1-14 アルミバットに金折れ二つをネジ留めして，塩ビ板の位置が揃う事を確認したら，

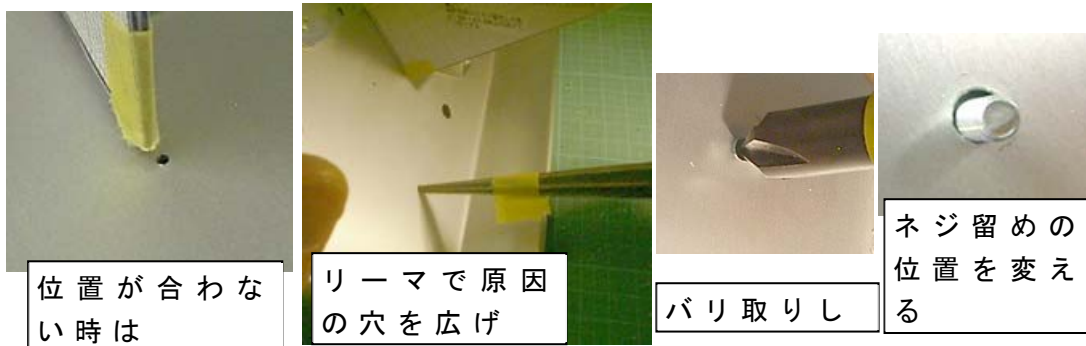


図 3-5-1-15 少々ズレはネジを通す穴を広げて対応できる



図 3-5-1-16 アルミバットに金折れを残し，塩ビ板の部品を「『クランク軸とフライホイール以外』の機構部の部品」を切り出している作業に戻る

● 3 - 6 C. ディスプレーサの製作

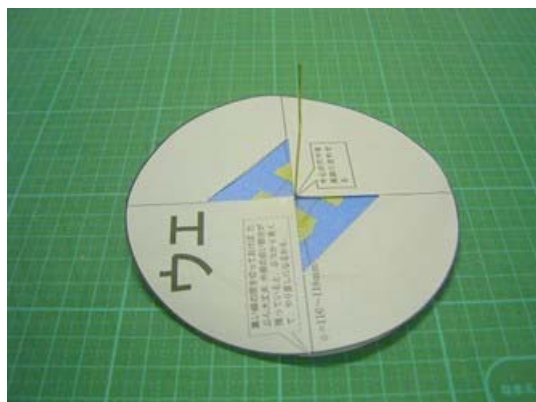


図 3-6-1-1 ディスプレーサロッドを取り付けたディスプレイサ

ここでは図 3-6-1-1 に示す部品を作る．

作業で主に用いる工具は，カッターナイフ，カッターマット，マスキングテープ，ハサミ，ラジオペンチ，三角定規 2 枚，極細の油性ペンである．塩ビ板の部品も二つ作るのので，ピンバイスと $\phi 1.0\text{mm}$ のドリル， $\phi 3.0\text{mm}$ のドリルも必要だが，塩ビ板を主に取り扱うところで加工して済まして良い．

材料は「図 3-6-1-2 の型紙が印刷された A4 サイズの OA 用紙」，「厚さ 5mm で一辺 8 cm の正方形を切り出せるサイズの発泡パネル」，「両面テープ」と「工具にも挙げたマスキングテープ」，「ベロス株式会社 VK-101，大 V ゼムクリップ」である．「ベロス株式会社 VK-101，大 V ゼムクリップ」は，材料として使うのは 1 個だが，加工に失敗して新しい材料が必要になることもあるので，事前準備として失敗に備えて複数用意使えるようにしておく．

作業は，まず図 3-6-1-3 に示すように，大 V ゼムクリップを変形し，図 3-6-1-4 のようにする．傷も曲がりもない箇所を 20mm 以上確保できるよう注意しながら，ゼムクリップを延ばす．次に図 3-6-1-2 の型紙に記載の指示通りに取り組む．

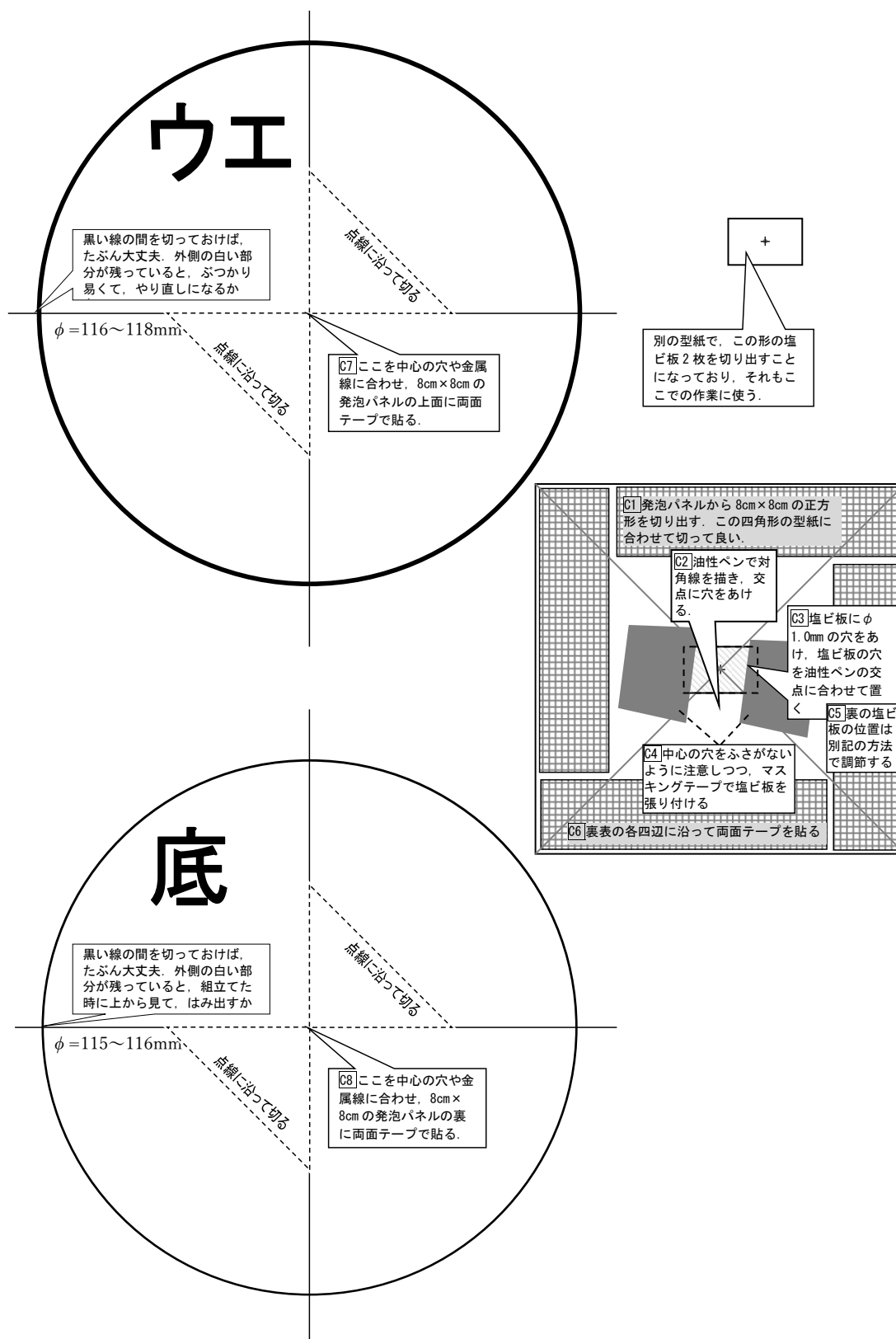


図 3-6-1-2 ディスプレーサの型紙は円盤2枚がそのまま材料になる

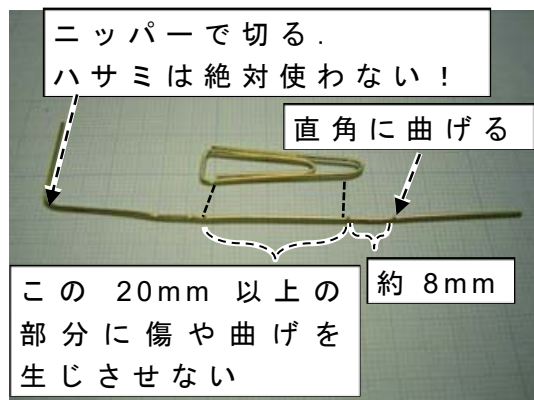


図 3-6-1-3 大 V ゼムクリップをラジオペンチでのばす

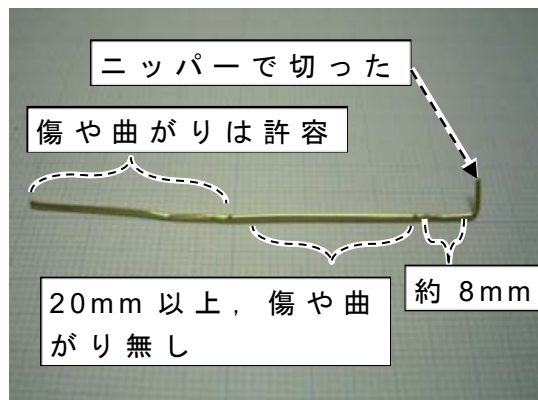


図 3-6-1-4 出来上がったディスプレイサロッド

8 cm × 8 cm × 5mm の発泡パネルの表側でディスプレイサロッドが貫く位置は，図 3-6-1-2 に記載の **C2** から **C4** までの作業で定まる，中心の穴でよい．8 cm × 8 cm × 5mm の発泡パネル裏面において，ディスプレイサロッドが貫く位置は，図 3-6-1-5～3-6-1-10 が示す手順で定める．これらはこの後張り付ける円盤の中心になる．

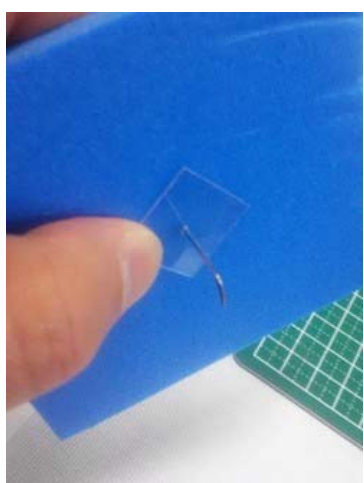


図 3-6-1-5 ディスプレサロッドの真直ぐな部分を表から裏まで貫き，裏側の塩ビ板の位置でロッドの角度を調節する

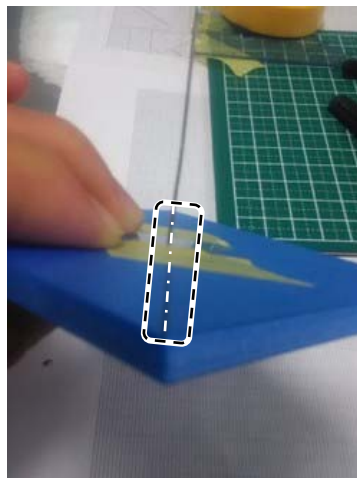


図 3-6-1-6 表側は発泡パネル上の対角線とディスプレイサロッドが一直線上に重なって見える．2本の対角線それぞれで成り立つように，裏面の塩ビ板の位置を調節する．

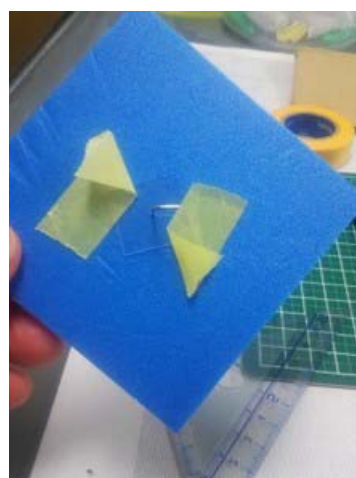


図 3-6-1-7 位置が合ったら，裏面の塩ビ板をマスキングテープで留める．

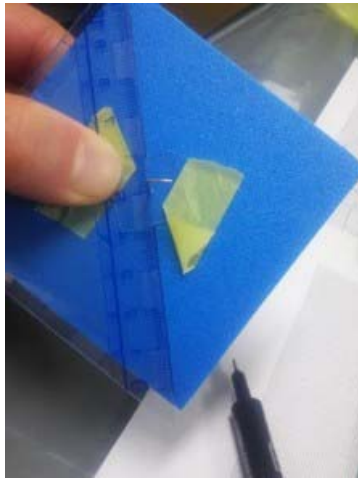


図 3-6-1-8 裏面に，ディスプレイサロッドが貫く穴を通る直線を引く

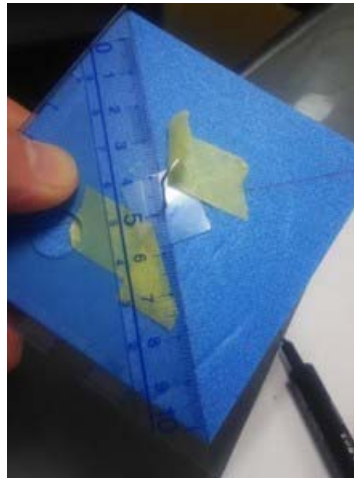


図 3-6-1-9 交点がディスプレイサロッドの貫く位置を示すよう，2本目の線を引く

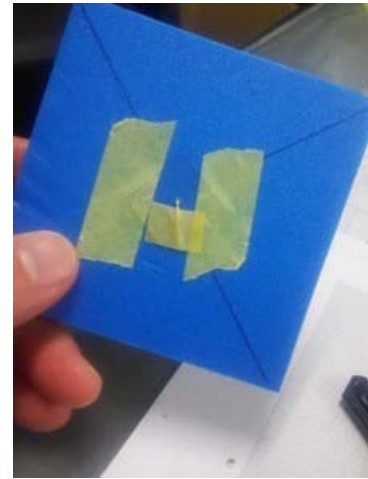


図 3-6-1-10 発泡パネルの裏側でディスプレイサロッドもマスキングテープで留める．

ディスプレイサロッドと発泡パネルの角度は，図 3-6-1-11,3-6-1-12 のように「三角定規 2 枚を貼り合わせた道具」で確認しながら，垂直に近づける．図 3-6-1-12 の状態になったら，図 3-6-1-2 の型紙に従って作業して，図 3-6-1-13，3-6-1-14 のような過程を経て，図 3-6-1-1 の形状にする．型紙から円を切り出す際，縁の切り残しは，濃い目の物の上に乗せて見ると，白く目立つ．

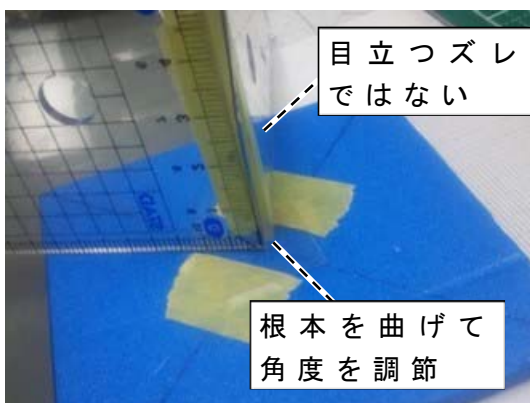


図 3-6-1-11 突き出たディスプレイサロッドが，貼り合わせた2枚の三角定規の垂直な辺に沿っていない

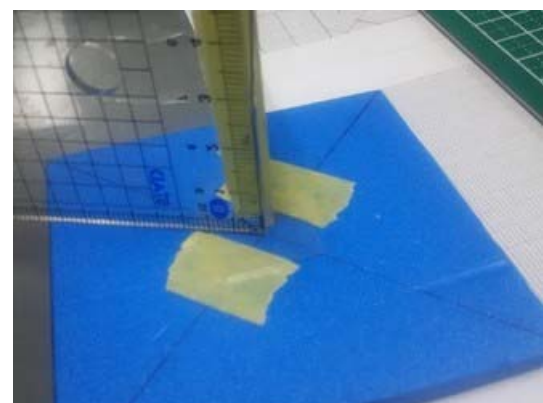


図 3-6-1-12 突き出たディスプレイサロッドが，貼り合わせた2枚の三角定規の垂直な辺に沿っている状態を目指す

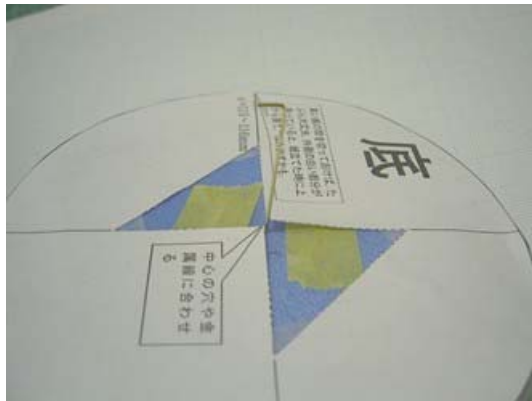


図 3-6-1-13 裏面の紙を貼る時は、ディスプレイサロッドを留めているマスキングテープをはがした方が、中心を合わせやすい

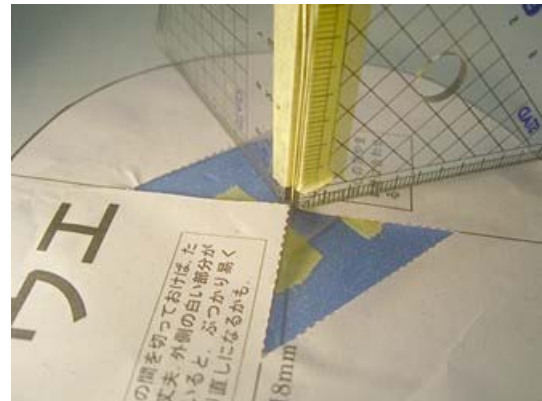
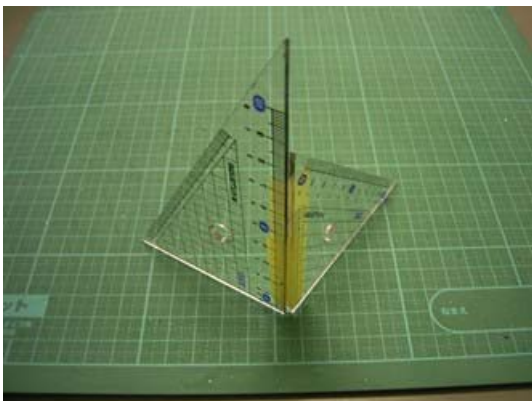


図 3-6-1-14 突き出たディスプレイサロッドの角度は、円盤状にしてから調節しても良い



● 3 - 7 D. シリンダ部の切り出し

円筒容器を開口部のフチから 38 mm のところで切り落とし、シリンダとする。図 3-7-1-1, 3-7-1-2 のように目印をつけ、図 3-3-3 のように切り出す。はじめ、鋸の刃が円筒容器の内側まで貫通するまで、爪に鋸の刃の側面を当てると鋸の刃がずれにくい。一度、鋸の刃が円筒容器の内側まで貫通したら、鋸がつけた溝をガイドにして、円筒容器を少しずつ回しながら切って図 3-7-1-4 の状態にする。鋸による切断は、シリンダを手で支えられる程度の力加減で作業する。高さが 1mm 程度狂っても、また切断面が少々荒れていても、パテで隠れる。



図 3-7-1-1 幅 19 mm のビニルテープを円筒容器の内側に、フチを合わせて貼る



図 3-7-1-2 円筒容器内側のテープのフチに合わせ、フチから 38 mm の目印となるよう、外側からテープを貼る



図 3-7-1-3 円筒容器の開口部側を手で押さえ、粘着テープの縁に沿って鋸で切る。切り始めは刃がズレやすいが、爪を鋸の刃の側面に添えるとズレにくくなる。容器の内側を傷つけない。



図 3-7-1-4 切り落とした部分がシリンダになる



図 3-7-1-5 バリをカッターナイフもしくはバリ取り用の工具で落とす

● 3 - 8 E. クランク軸

● 3 - 8 - 1 クランク軸製作の概要

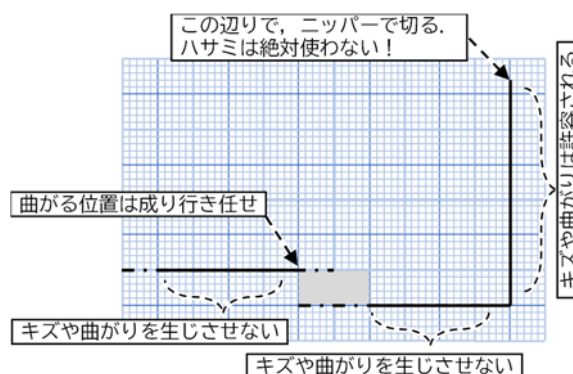
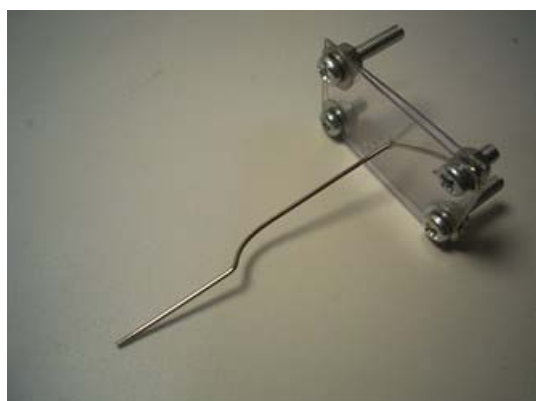


図 3-8-1-1 ゼムクリップを曲げ 図 3-8-1-2 ゼムクリップから作
て作った軸にフライホイールとの接 するクランク軸の形を確認する図
続部をとりつけたもの

ここでは図 3-8-1-1 に示す部品を作る．

使う工具はカッターマット，当て板の段ボール紙，ピンバイス， $\phi 1.0\text{mm}$ のドリル， $\phi 3.0\text{mm}$ のドリル，面取り用のドリル，プラスドライバ，マスキングテープ，ハサミ，ラジオペンチ，油性ペンである．穴の位置がずれていれば，テーパーリーマを使う．またゼムクリップを変形させて作る部品は，図 3-8-1-2 が印刷された紙に載せて，形を整える．霧吹きもしくは水を張れる容器と，ノリの付いた水を拭取る布か厚手のペーパータオルもいる．

材料は「図 3-8-1-3 が示す型紙の貼られた塩ビ板」，ゼムクリップ大，M3×8mm のネジ 2 本，M3×15mm のネジ 2 本，ナット 4 個，ワッシャー 6 個である．



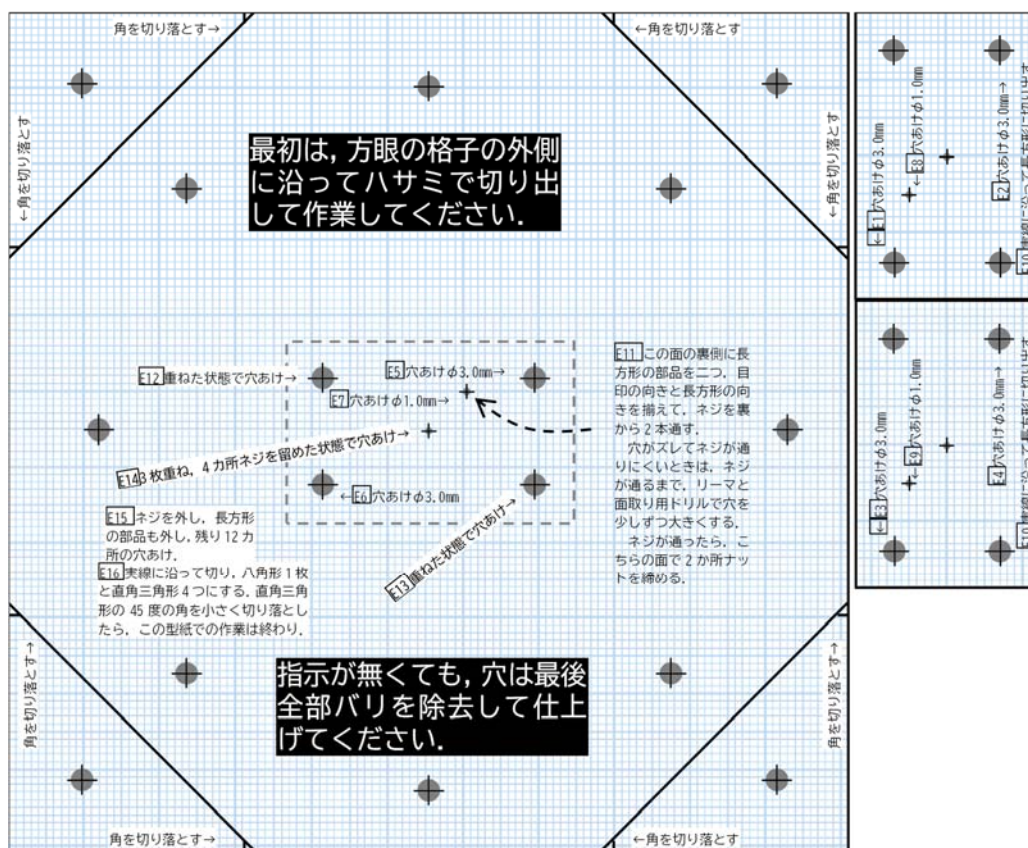


図 3-8-1-3 フライホイールクランク軸をつなぐ部品およびフライホイールの型紙

● 3 - 8 - 2 クランク軸とフライホイールをつなぐ塩ビ板

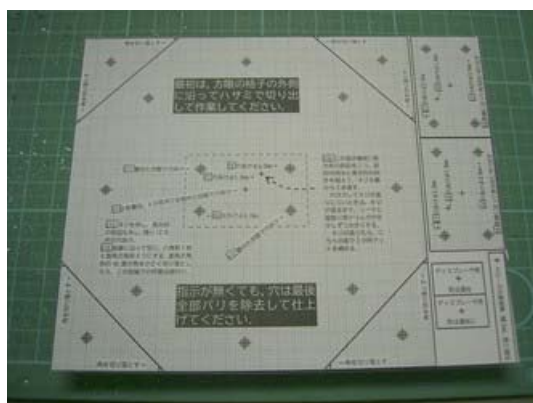


図 3-8-2-1 型紙が貼られた塩ビ板は、ディスプレイサの部品やベローズに取り付ける接続棒も含まれている

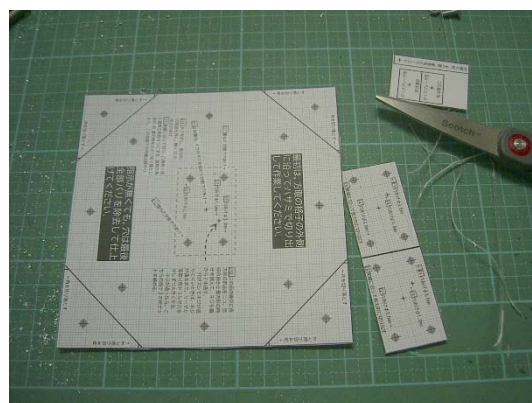


図 3-8-2-2 型紙の外形の線に沿って、余分な塩ビ板を細かく取り除く

作業は、図 3-8-1-3 の型紙に従って、図 3-8-2-1～3-8-2-9 のように進める。

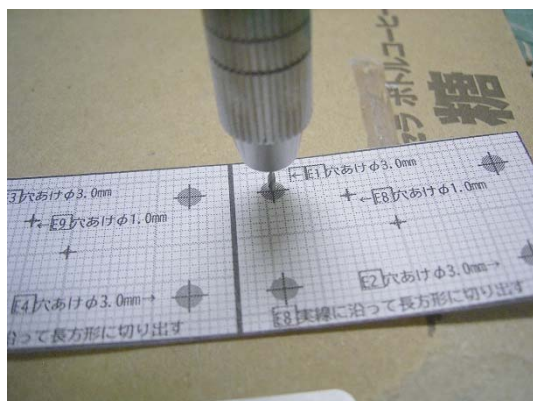


図 3-8-2-3 カッターマットの上に塩ビ板を載せて，その上で穴あけ作業をする



図 3-8-2-4 2 本目のネジの通りが悪ければ，1カ所ネジ留めしたまま二つめの穴を揃え， $\phi 3.0\text{mm}$ のドリルでさらう

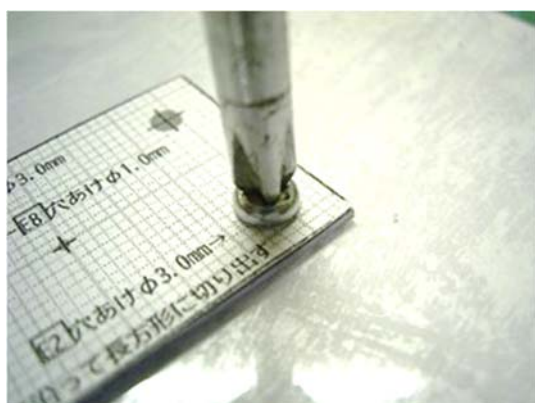


図 3-8-2-5 塩ビ板を重ねて加工する際，ネジはドライバで緩みなく締める．



図 3-8-2-6 塩ビ板を 3 枚重ねた状態で， $\phi 1.0\text{mm}$ の下穴もあける

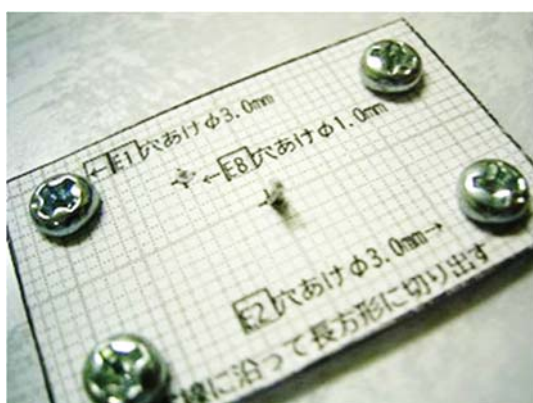


図 3-8-2-7 中心の穴が若干ずれた．手加工だとドリルが真直ぐになっていないので，重ねる枚数が多い程ずれる．

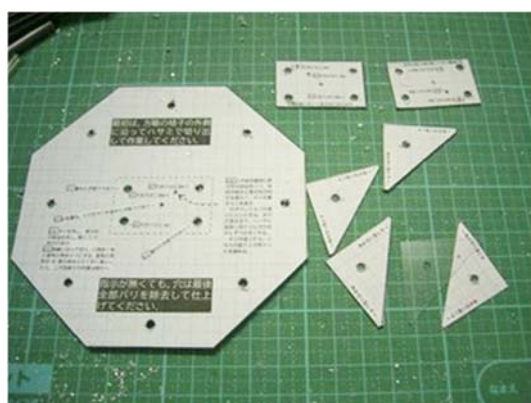


図 3-8-2-8 型紙の指示通りに塩ビ板を加工する．型紙が少々はがれても，作業可能であれば貼りなおさなくて良い



図 3-8-2-9 バリをとった後，型紙が貼られた塩ビ板を水で濡らす



図 3-8-2-10 型紙はきれいにはがして捨てる．塩ビ板は水や残ったノリをぬぐいとる．透明な部品は無くなりやすいので注意

● 3 - 8 - 3 ゼムクリップの加工

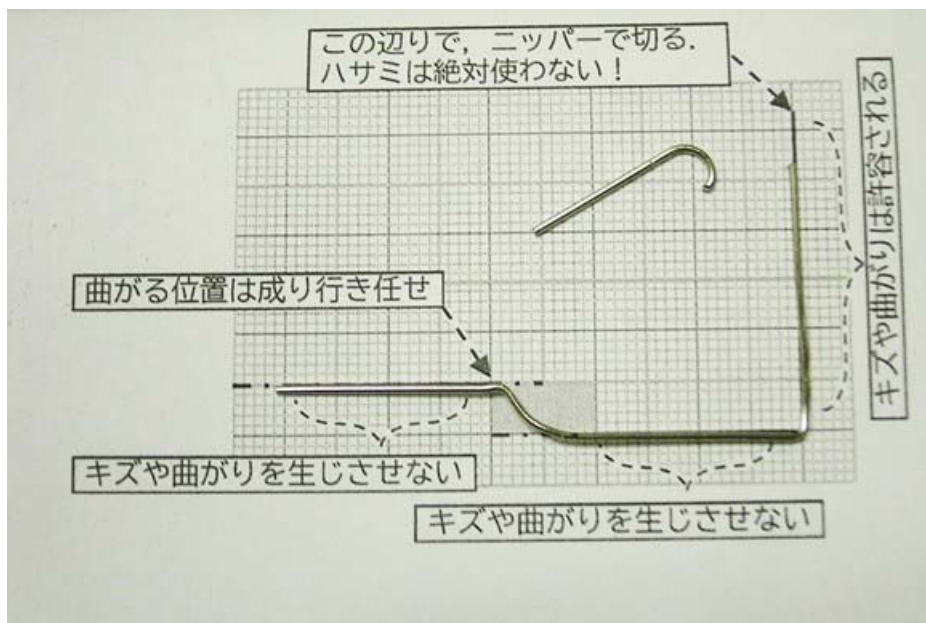


図 3-8-3-1 クランク軸を作る際，塩ビ板の部品と現物合わせをする前の，ゼムクリップの曲げ加工で目指す形

まずゼムクリップを曲げて図 3-8-3-1 の状態にすることを目指す．作業手順が図 3-8-3-2～3-8-3-7 である．図 3-8-3-8 のような不具合は見逃し易いが，見逃しても取り返しはつく．図 3-8-3-9 は極端だが，よじれたクランクは型紙で形をチェックすることもできないので，可能なら図 3-8-3-10 のように確認しながら修正する．

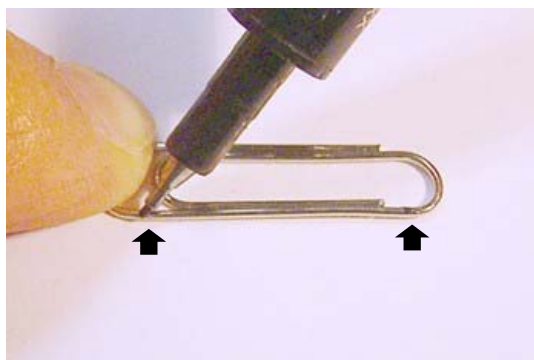


図 3-8-3-2 ゼムクリップの真直ぐな部分の両端に目印を入れる

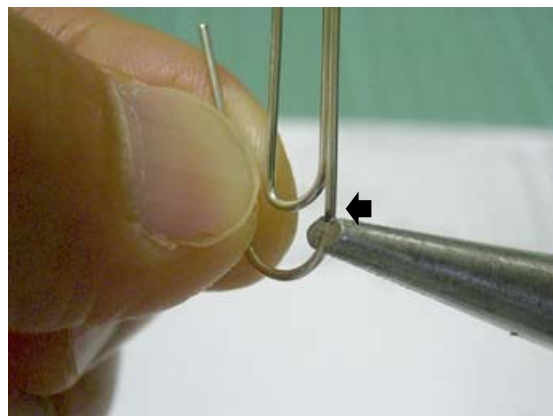


図 3-8-3-3 目印と目印の間はペンチでつかむことを極力避ける

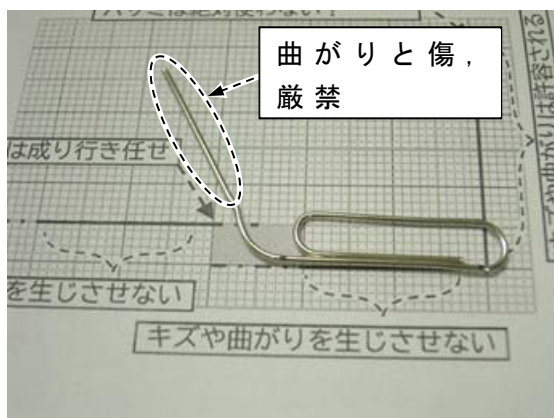


図 3-8-3-4 ゼムクリップの外側だった真直ぐな部分を斜め上に向ける

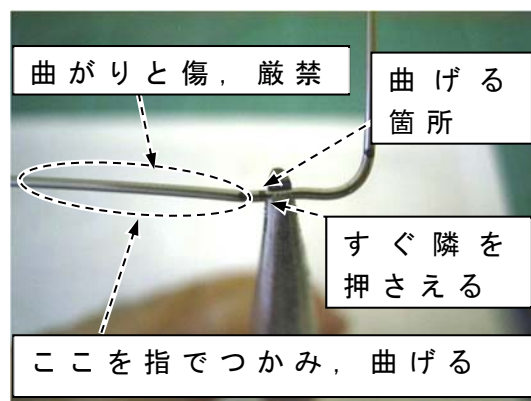


図 3-8-3-5 曲げる箇所のすぐ隣をラジオペンチで押さえ、曲げる

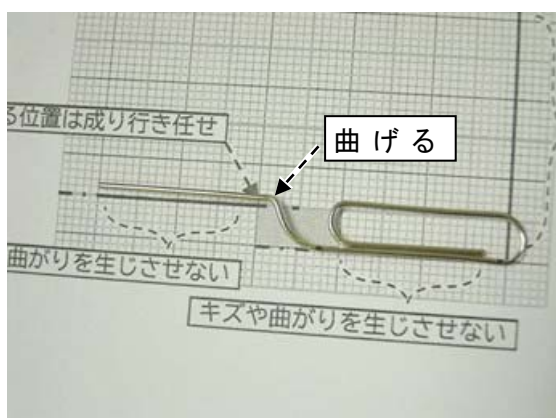


図 3-8-3-6 真直ぐな部分 2カ所を、5mm 離れた平行な 2 本の線に近づける

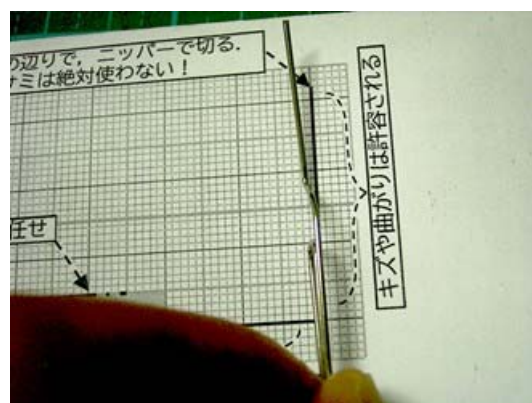


図 3-8-3-7 よじれたものは、型紙に載せて形をチェックできるまで修正するか、または廃棄して新しいゼムクリップやり直す

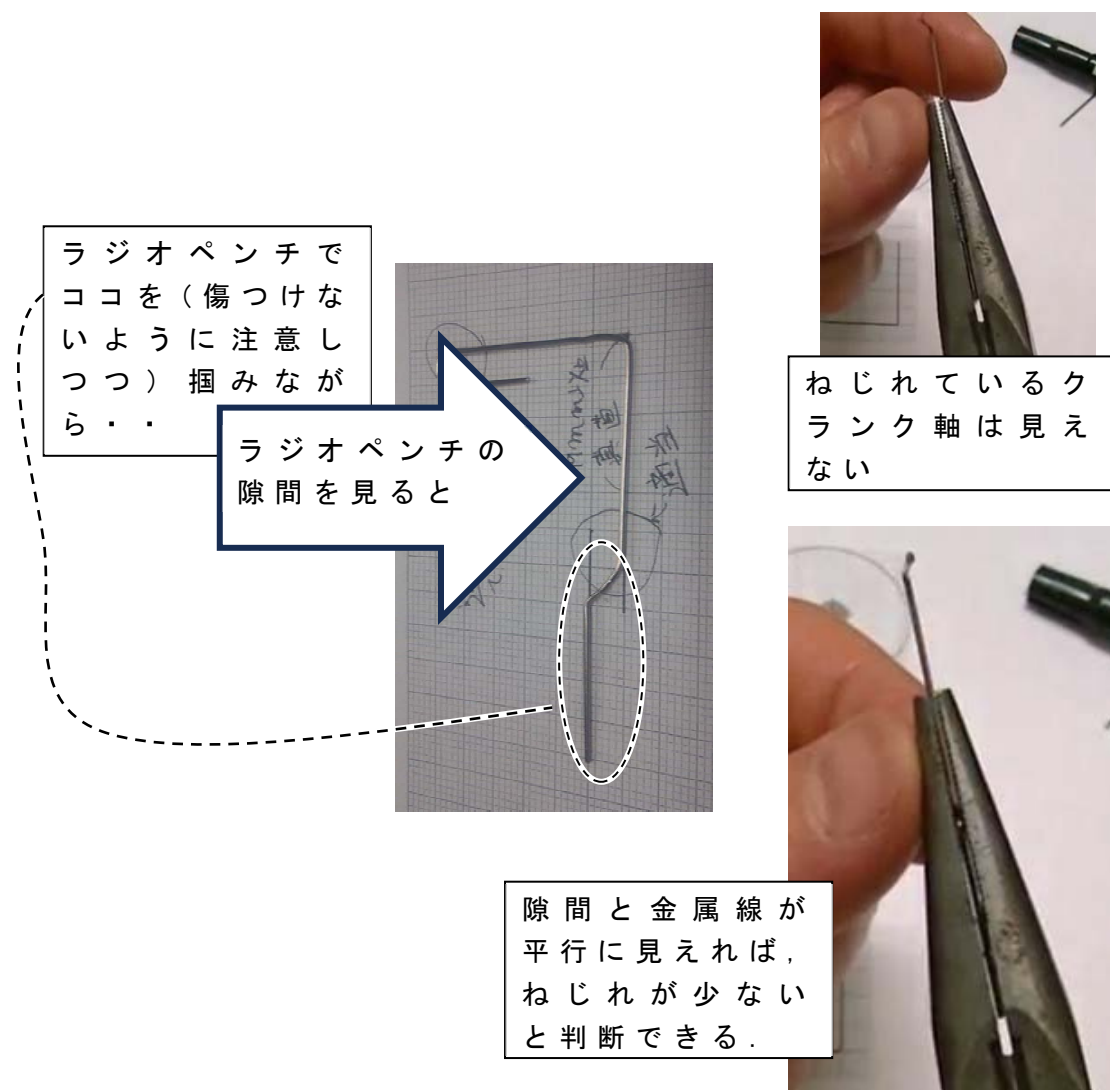


図 3-8-3-8 クランク軸のよじれ具合の確認方法として、このような方法もあるが、ラジオペンチで傷つけると使えなくなる

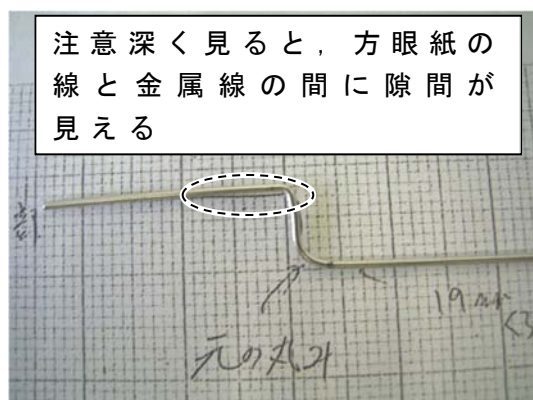


図 3-8-3-9 わずかでも隙間があると、後で不具合が出て機構部の分解とクランク軸の作り直しが必要なこともある

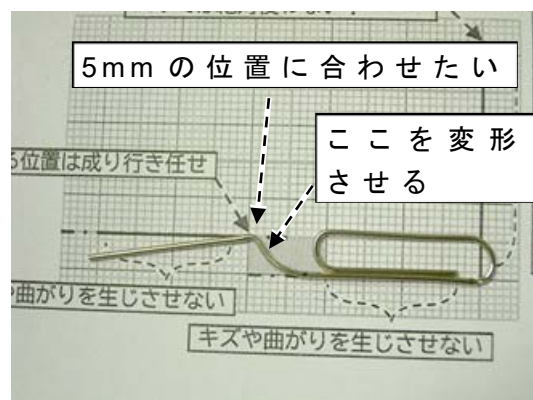


図 3-8-3-10 真直ぐな部分を平行にするより先に、折り曲げた位置を 5mm の線に合わせる

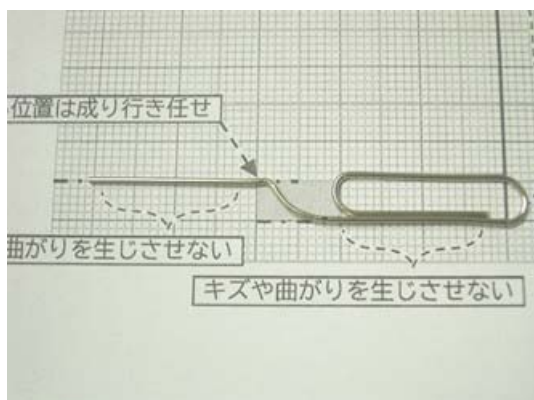


図 3-8-3-11 真直ぐな部分が 5mm の線に合うまで，折り曲げる角度を調節し続ける

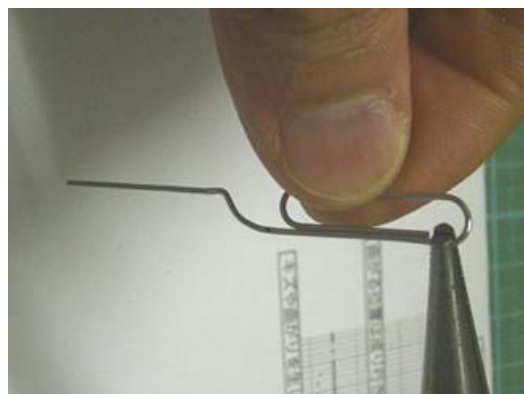


図 3-8-3-12 目印を入れた辺りをラジオペンチでつまんでしまっている．ラジオペンチの溝の向きを合わせ，気は遣い，目立つ傷が入らないことを願う．

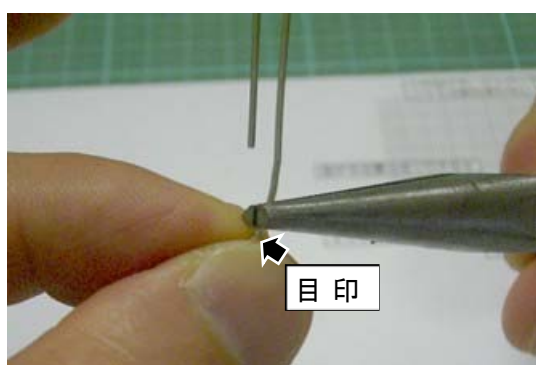


図 3-8-3-13 ゼムクリップだった時に曲がっていた場所を，ガタガタでも良いので真直ぐに近づける

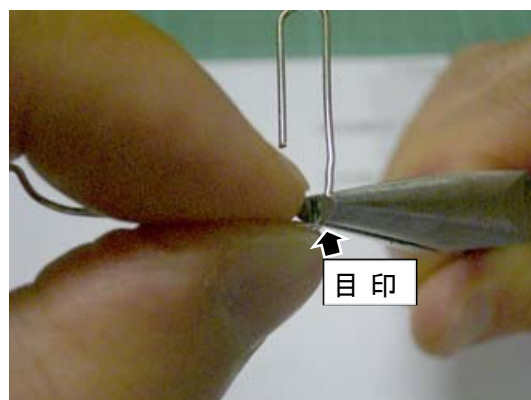


図 3-8-3-14 目印の辺りで曲げる

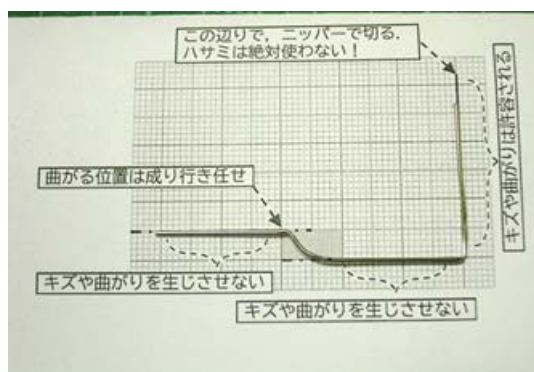


図 3-8-3-15 短く切ったことで，後で大変になる

● 3 - 8 - 4 クランク軸の組立



図 3-8-4-1 フライホイールを取り付ける部品が設けられたクランク軸

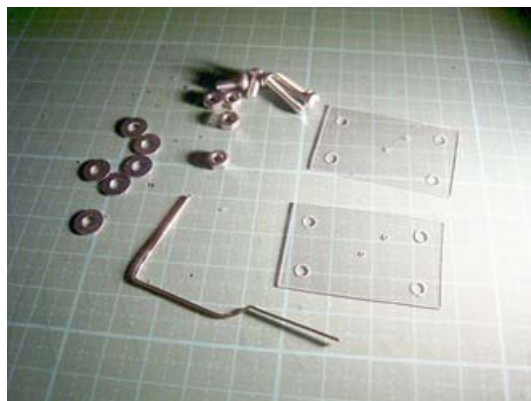


図 3-8-4-2 フライホイールを取り付けられるクランク軸を作る時の材料

クランク軸は図 3-8-4-11 の形にして，軸受けと組み合わせる．図 3-8-4-12 の部品を，図 3-8-4-13 から 3-8-4-18 の手順で組み立て，部品 2 のフライホイールが組みつけられるまで，図 3-8-4-19 から 3-8-4-20 の作業を繰り返す．

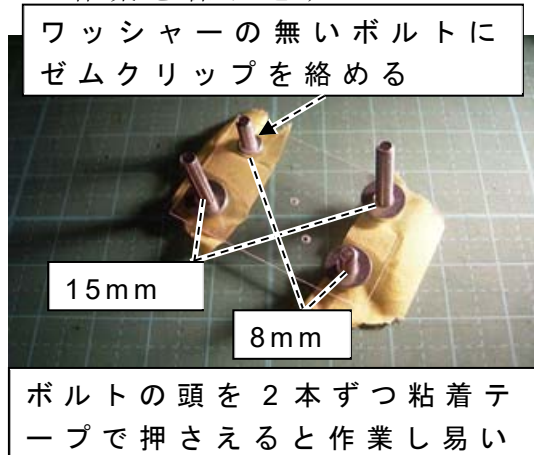


図 3-8-4-3 塩ビ板の部品にネジを通すが，対角に配置されるボルトの長さを揃え，そのうち 3 本のボルトを 2 枚重ねたワッシャーに通す．ボルトの頭を 2 本ずつテープで仮押さえる．

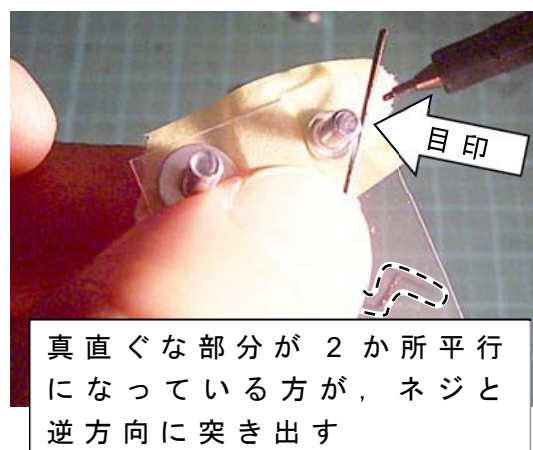


図 3-8-4-4 ゼムクリップを加工した部品を，塩ビ板で作った部品の中心の穴に通し，ワッシャーの無いボルトのねじ山に長い部分を当て，ネジを囲うように曲げる時の曲げる位置を記す



図 3-8-4-15 ゼムクリップの部品を，外して，油性ペンの目印に合わせてラジオペンチでつかみ，曲げる

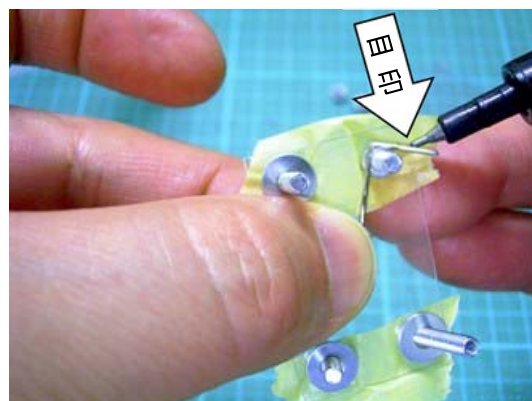


図 3-8-4-16 曲げたゼムクリップの部品を，塩ビ板の中心の穴に通し，もう一度曲げてネジを囲めるように「曲げる位置」の目印を入れる

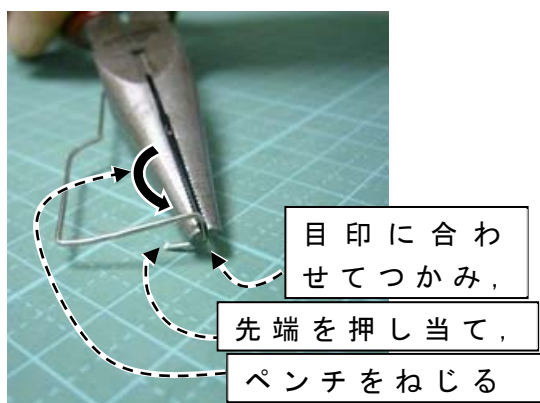


図 3-8-4-17 再びゼムクリップの部品を外して曲げるが，つかむめないほど短ければ，硬いものに押し当てて曲げる

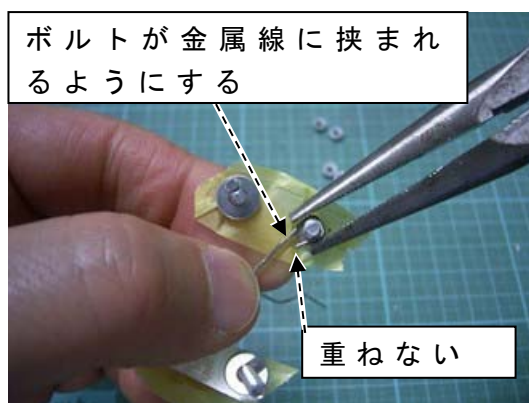


図 3-8-4-18 曲げたゼムクリップの部品を，塩ビ板の中心の穴に通し，ネジを緩みなく挟ませる

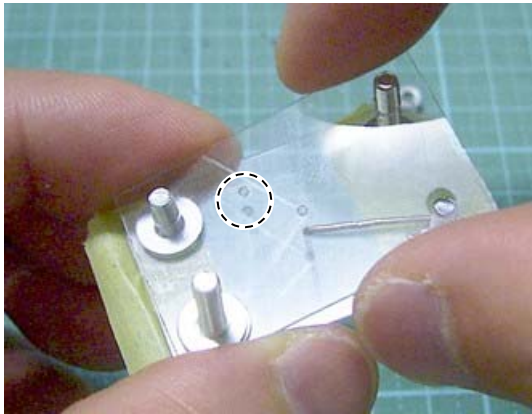


図 3-8-4-19 目印を参考にして部品の向きや表裏を合わせ、もう一つの塩ビ板の部品をはめる

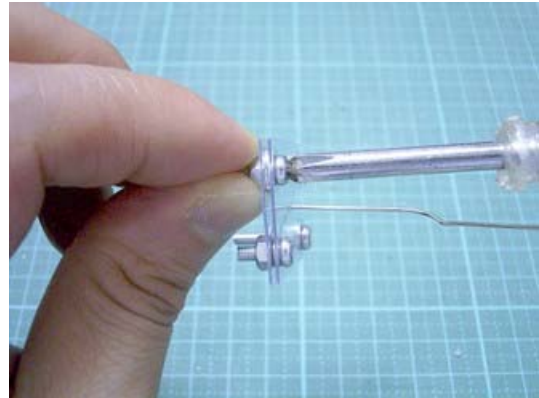


図 3-8-4-20 4箇所になットをはめ、工具を使って緩まぬように締める

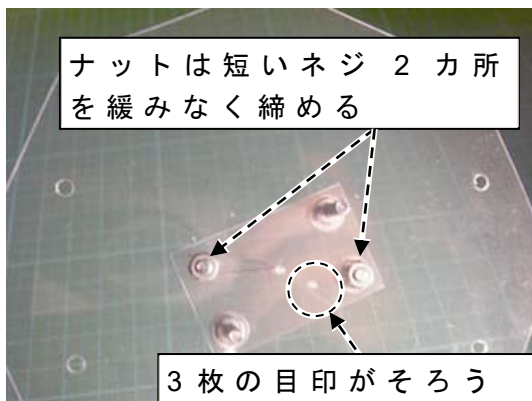


図 3-8-4-21 目印を合わせて正八角形のフライホイールと円滑に組み合うことを確認する。組み合わない場合は、ボルトが合わない穴を少し大きくし、円滑に組み上がるまで穴の拡大とバリ取りとチェックを繰り返す

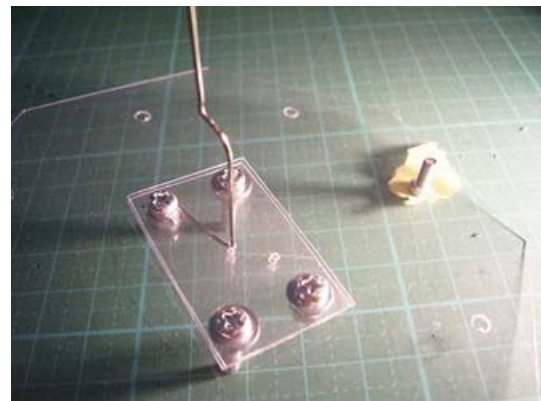


図 3-8-4-22 クランク軸と同じ向きで突き出るように、フライホイールの正八角形の部品に短いボルトを差し込み、テープで仮留めする

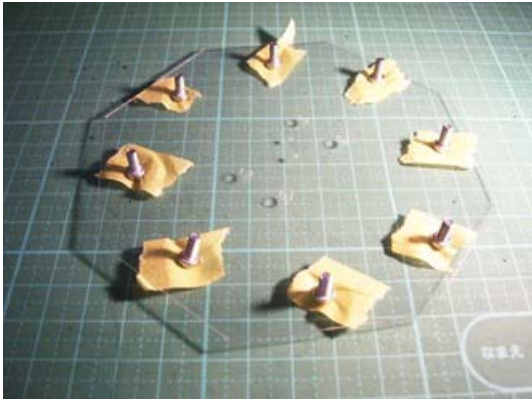


図 3-8-4-23 フライホイルの正八角形の部品に短いボルト 8 本をテープで仮留めしたら，クランク軸を外しておく

● 3 - 9 E. ゼムクリップから「シリンダの位置決めで使う金属線」と「リンク機構で使う軸」を作る

ここでは図 3-9-1-1 に示す部品を作る．

使う工具はハサミラジオペンチである．材料は図 3-9-1-2 のゼムクリップで，図 3-9-1-3 のように，クランク軸の材料のしたもの残りでも良い．図 3-9-1-1 左側 2 本の「リンク機構で使う軸」は，図 3-9-1-3～3-9-1-4 の過程を経て作る．図 3-9-1-1 右側 4 本の「シリンダの位置決めで使う金属線」4 つは，図 3-9-1-5～3-9-1-7 の過程を経て作る．



図 3-9-1-1 リンク機構で使う軸 2 つと，シリンダの位置決めに使う金属線 4 つ.方眼が長さの目安になる



図 3-9-1-2 材料になるゼムクリップは線径 1mm 未満のもので，折り曲げても折れにくいものにする

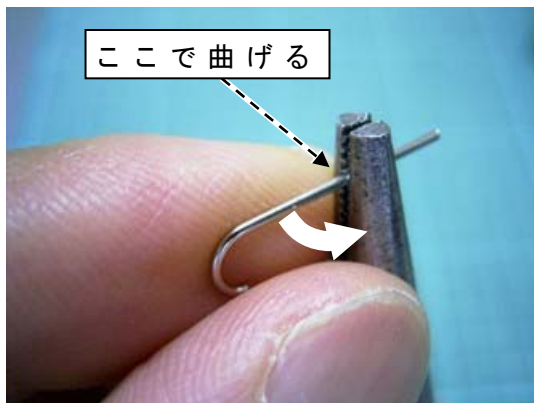


図 3-9-1-3 材料は真直ぐな部分だけ使うが，クランク軸を作ったときの残りや失敗したものでも構わない．短く切る前に曲げる



図 3-9-1-4 リンク機構の軸に使う 2 本は，曲げる長さをミリ単位で気にするようなものではない．曲げてから，弧を描いている部分をニッパーで切る

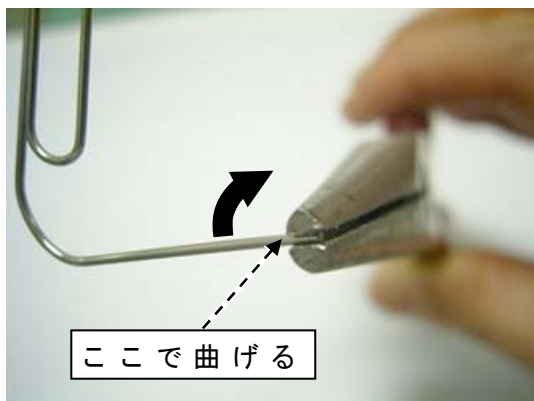


図 3-9-1-5 シリンダの位置決めに使う金属線は，折れ曲がった時の短い方の長さを，ラジオペンチの先端の幅に合わせる



図 3-9-1-6 折り曲げて切る．切り落とす長さは「指でつまめる範囲内で短く」

● 3 - 1 0 a.機構部の部品のネジ留め

● 3 - 1 0 - 1 機構部の部品のネジ留めの概要

ここでは塩ビ板から作った部品を図 3-10-1-1 と図 3-10-1-2 の状態にする。主に使う工具はハサミ，ドライバ，ラジオペンチ，霧吹きもしくは水を張れる容器と，ノリの付いた水を拭取る布か厚手のペーパータオルである。バリが取れていない場合は穴あけの道具や面取り用ドリルが必要になる。

材料として，3-10 項で加工した 2 本の「リンク機構で使う軸」，チューブ約 3 cm が一本とチューブ 1 cm 弱が 2 本，M3×30mm のネジ 1 本，M3×15mm のネジ 3 本，M3×8mm のネジ 8 本，ナット 20 個，ワッシャー 22 枚，スプリングワッシャー 2 個である。

3-4 項で加工した塩ビ板から，図 3-10-1-3，3-10-1-4 のように型紙をはがし，残ったバリがあれば図 3-10-1-5 のように除去しておく。



図 3-10-1-1 クランク軸からディスプレイサまで動きを伝えるリンク



図 3-10-1-2 リンク機構を支持する部品



図 3-10-1-3 型紙がついた加工済みの塩ビ板を水に漬ける



図 3-10-1-4 型紙は水に漬ければきれいに剥がれる。水に漬けにくい大きさの部品も濡らして少し待てば，型紙がはがれる。

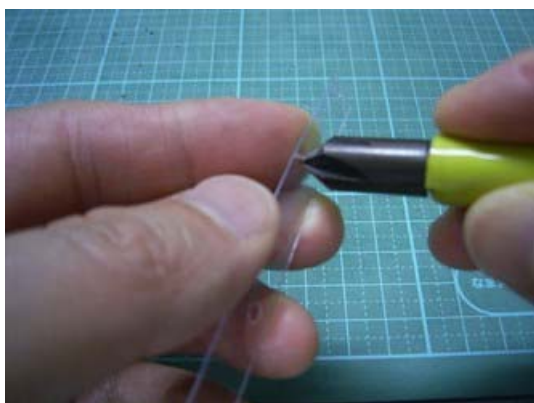


図 3-10-1-5 バリが残っている穴はバリを処理する

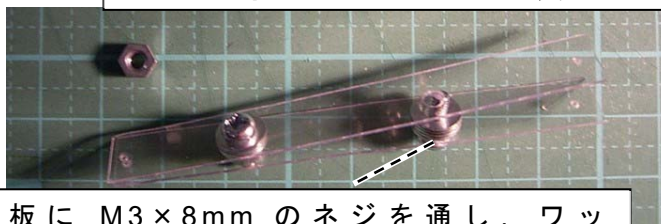
● 3 - 1 0 - 2 リンクの組み立て

図 3-10-2-1～3-10-2-10 に示される作業を，多少手順が前後しても構わないので，遂行する。

塩ビ板 2 枚の間にワッシャー 4 枚を入れ、
M3×8mm のネジとナットで固定



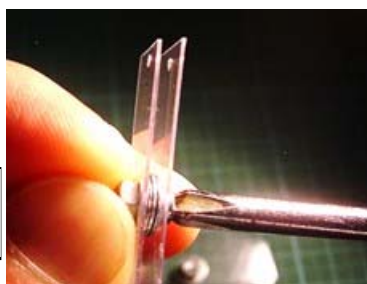
ネジの向きはどちらでも良い。



塩ビ板に M3×8mm のネジを通し、ワッ
シャー 4 枚を入れる。上から塩ビ板をか
ぶせて、ナットで固定する。

φ 1.0mm の穴の
位置はそろえる

2 カ所とも緩み
なく締める



次

次

図 3-10-2-1 塩ビ板 2 枚の間にワッシャーを挟んでネジ留めして
リンクにする

塩ビ板 2 枚の間に、一カ所辺
りワッシャー 6 枚を入れ、M3
×8mm のネジとナットで固定

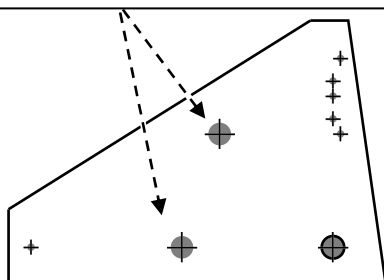


図 3-10-2-2 塩ビ板 2 枚を M3×
8 mm のネジで 2 カ所、ネジ留
めするが、ネジ留めする

図 3-10-2-3 緩みなくネジを締
める際に、穴の位置を揃える。

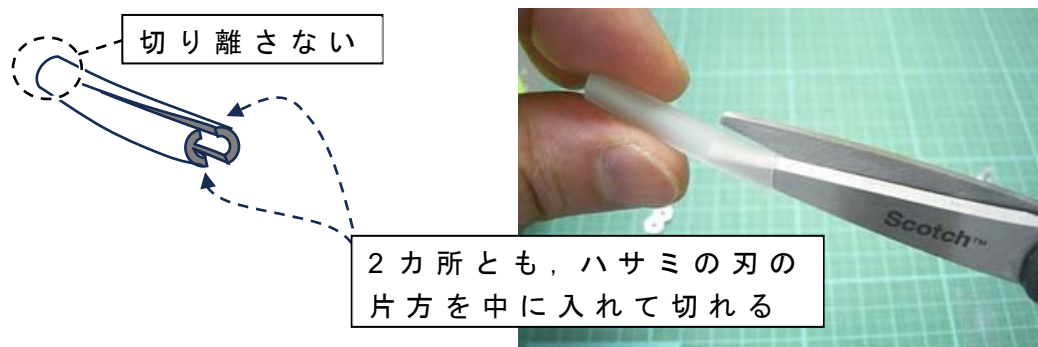


図 3-10-2-4 約 3 cm の長さのチューブを一部つなげたまま，縦に半分に裂く



図 3-10-2-5 縦に半分に裂いたチューブを間に挟み，塩ビ板 2 枚を M3×8mm のネジ 2 本で留める．ネジの向きは揃え，ナットはチューブが脱落しない程度に軽く締める



図 3-10-2-6 組立てたリンク 3 種類とゼムクリップから作った「リンク機構で使う軸」2 本，長さ 1 cm 弱のチューブを用意する

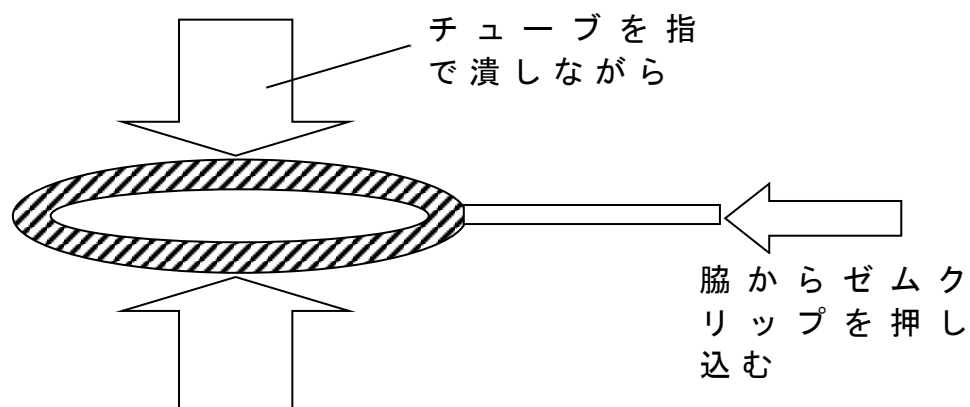


図 3-10-2-7 2 個のチューブには，真ん中辺りに穴をあける



図 3-10-2-8 リンクをつなぐ

● 3 - 1 0 - 3 機構の支持部の組み立て

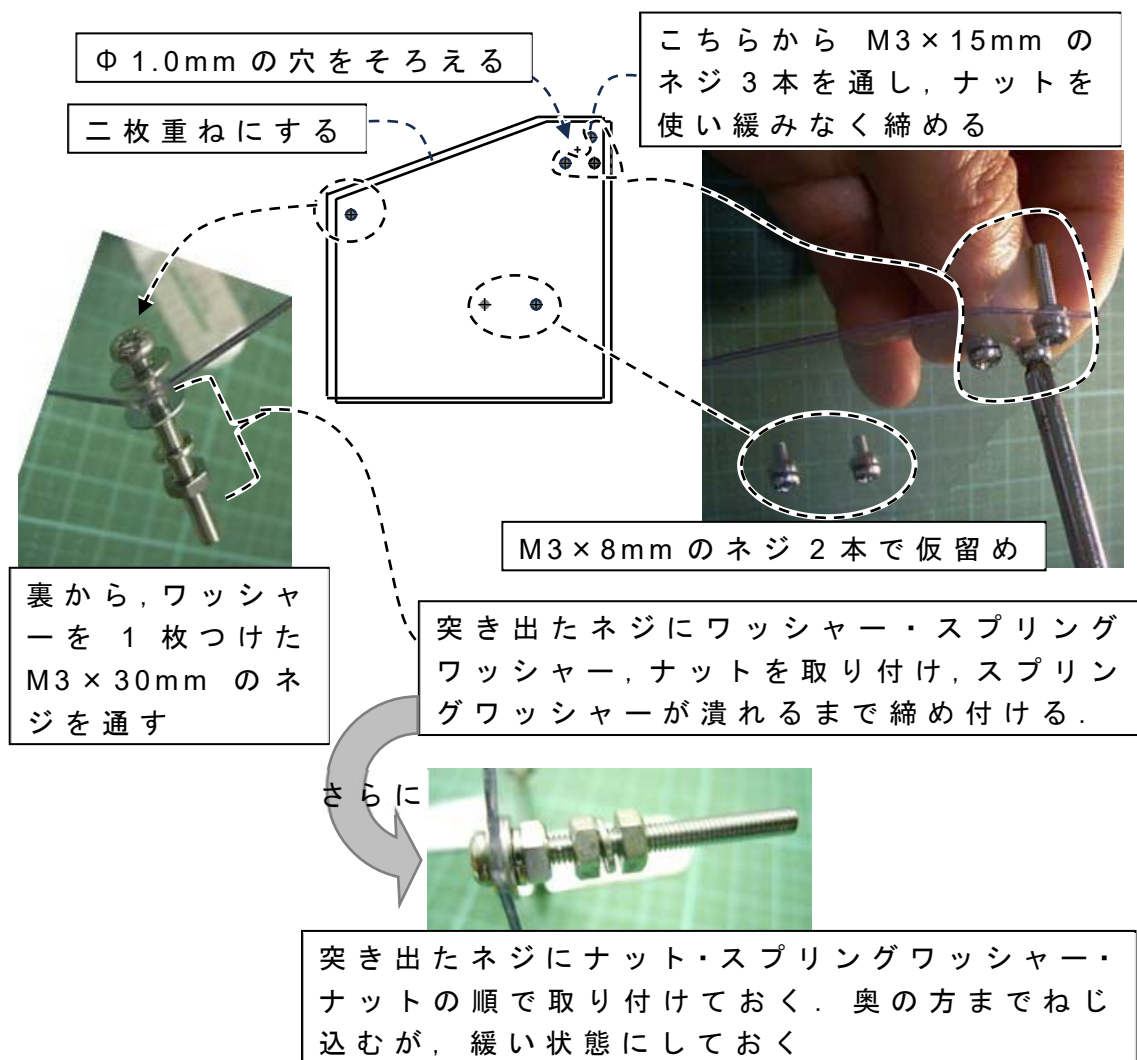


図 3-10-3-1 機構部の支持部

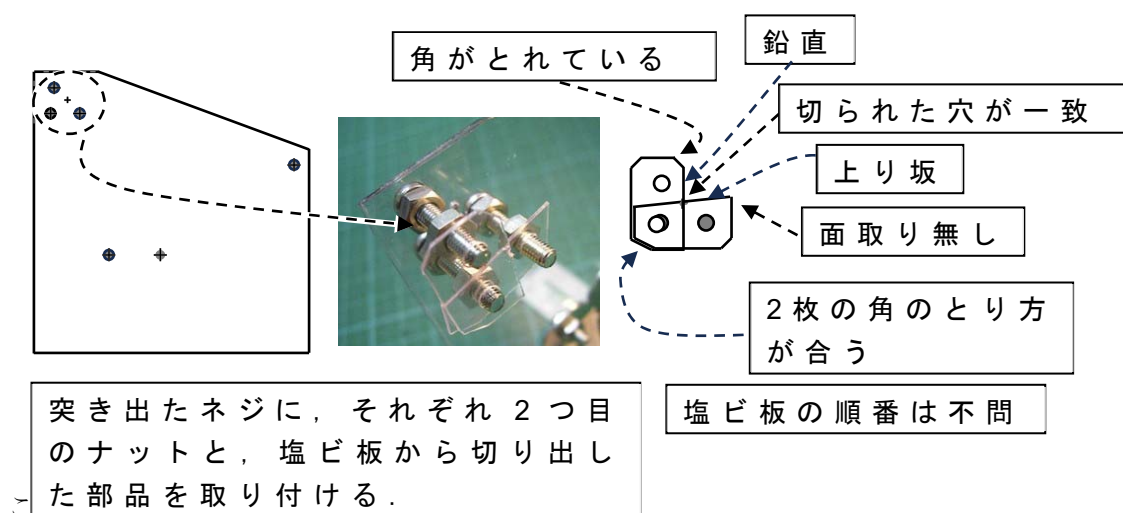
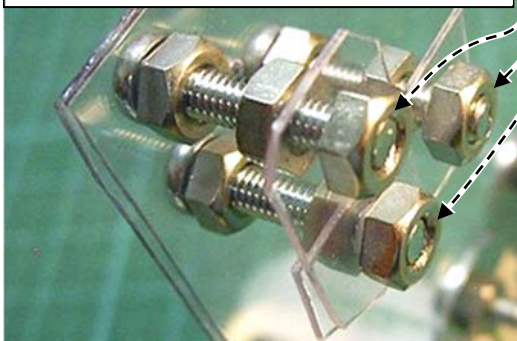


図 3-10-3-2 クランクの主軸受の組立て①

それぞれ 3 つ目のナットを，
ネジの先端とナットの面が
合うように取り付ける．



3-10-3-3 クランクの主軸受の
組立て②

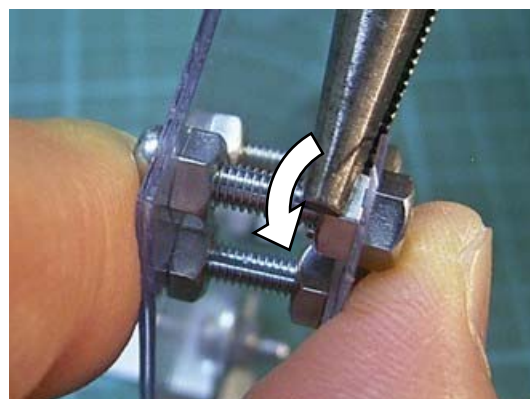
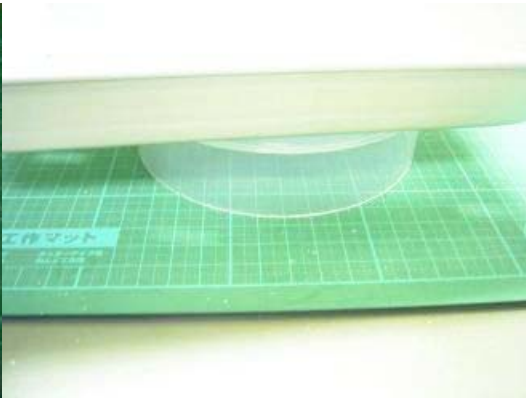


図 3-10-3-4 各ネジの 2 つ目
のナットと 3 つ目のなつとで
塩ビ板を締め付け，固定す
る． 3 カ所とも．

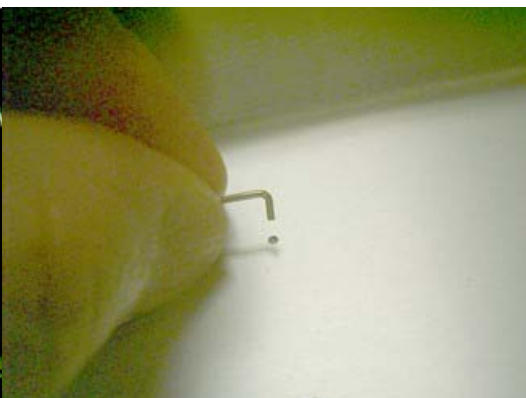
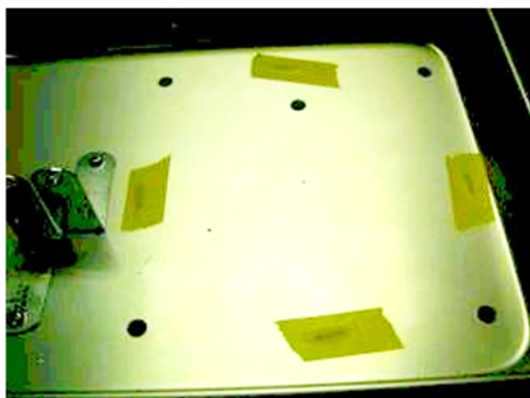
図 3-10-3-1～3-10-3-4 が示す作業を経て，機構部を支持する部品
が図 3-10-1-2 のような形になる．

● 3-11-1 b. ディスプレーサチャンバの組立（全然説明になっていません）



3-11-1-? シリンダ内外のビニルテープをはがし，中にディスプレイサを入れ，シリンダとディスプレイサの間に隙間があることを確認する

図 3-11-1-? シリンダの上に穴を沢山あけたアルミバットを載せる



3-11-1-? 図中のテープが張られている4か所がシリンダの位置決めに使う金属線を入れる場所になる．テープの向きは挿入する金属線の向きとして参考になる

図 3-11-1-? アルミバットの内側から，短い方を差し込む．裏側の出っ張りは1mm前後しかない

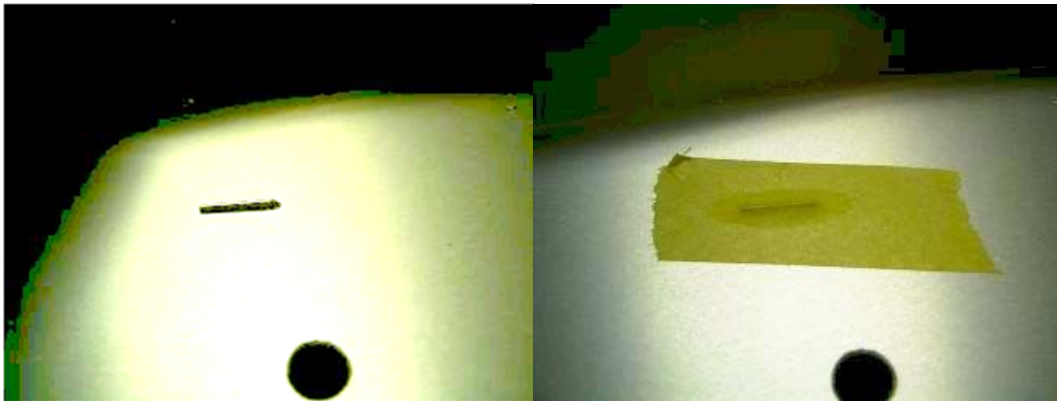
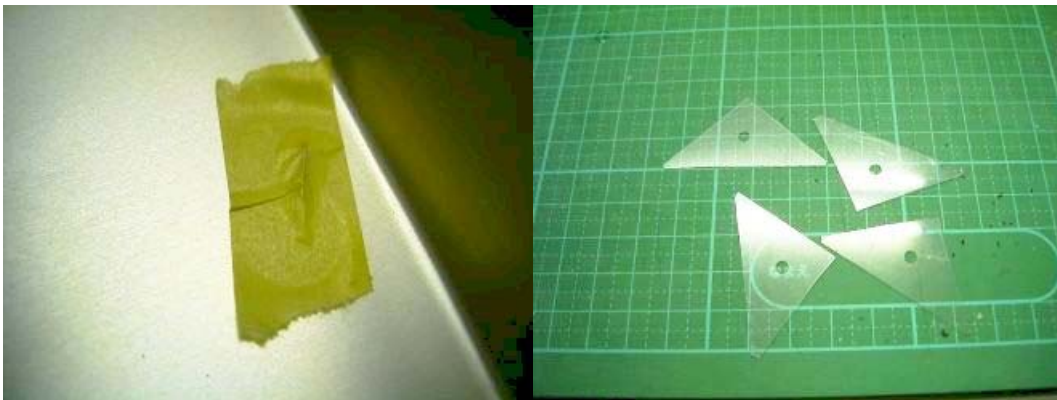


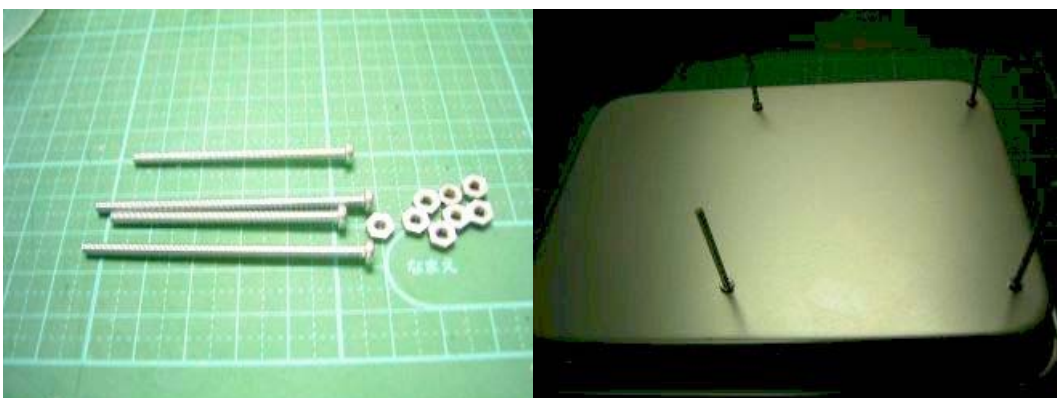
図 3-11-1-? シリンダの位置
決めに使う金属線が穴に差し
込まれた状態

図 3-11-1-? 金属線の方に
合わせて、シワを発生させな
いように、粘着テープを貼
り、金属線を保持すると共
に、表と裏の気密を保つ。



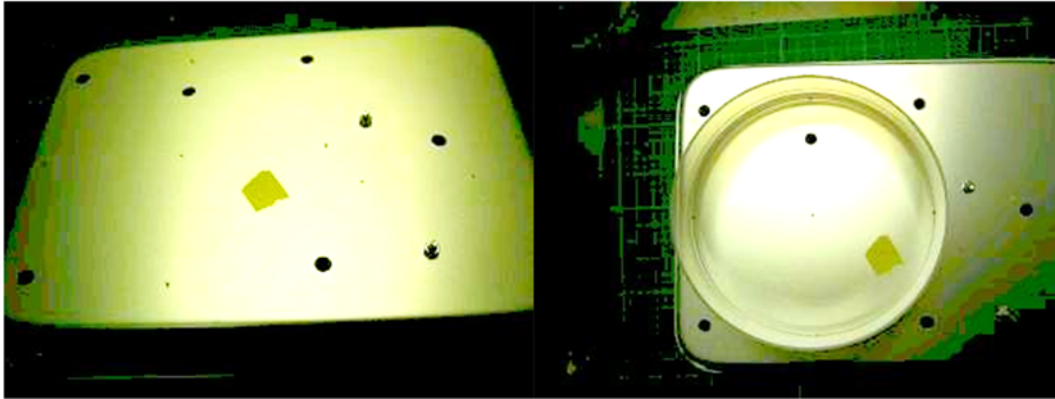
3-11-1-? テープの貼り方とし
て、こういったシワが金属線
からテープの外周までつなが
っているのは、気密が保てな
いので、やり直す必要がある

図 3-11-1-? 型紙上で、フラ
イホイルの周りにあった、4
つの三角形を部品として使う



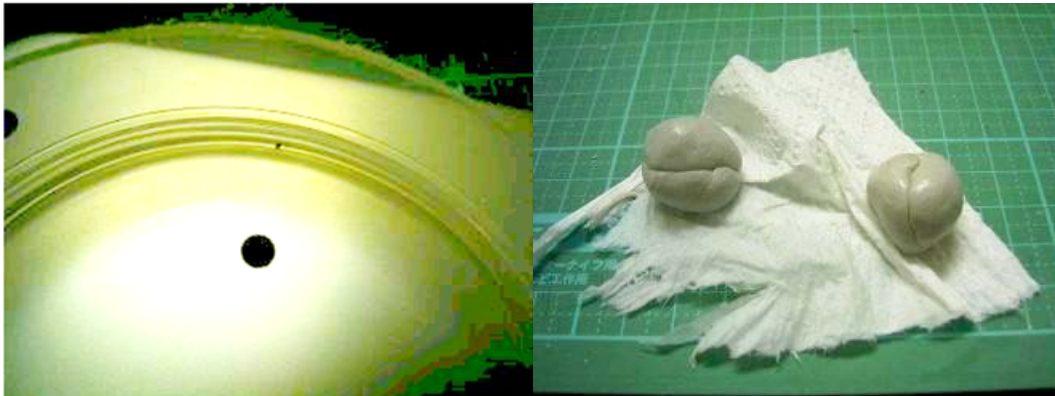
3-11-1-? M3×50mm もしくは
M3×60mm のネジを合計 4 本
とナット 8 個を用いる

図 3-11-1-? 底になる方のア
ルミバットにネジ 4 本を差し
込み，落ちないようにナット
をつける．



3-11-1-? シリンダの上に載る
アルミバットの下側．シリン
ダの位置決めに使う金属線が
4 本，小さく飛び出ている．

図 3-11-1-? 「シリンダの位
置決めに使う金属線」が 4 本
全部シリンダの内側になるよ
うにシリンダを置く



3-11-1-? アルミバットの穴か
ら小さく飛び出ている金属線
は，シリンダの内側にピッタ
リとおさまるはずだが，シリ
ンダがゆがんでいる場合は何
とかする

図 3-11-1-? エアコン配管用
のパテを約 20～25g 用意す
る．



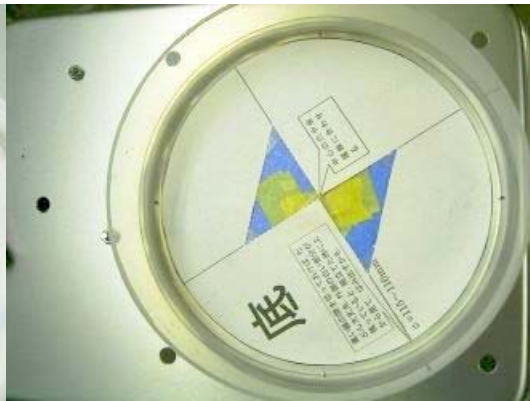
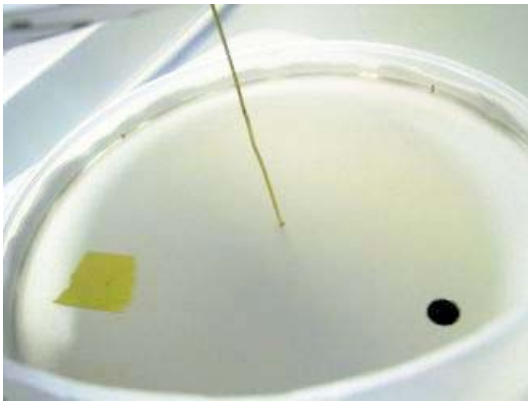
3-11-1-? 20～25g のエアコン配管用パテを 20cm×4 本に分ける

図 3-11-1-? 5cm くらいのネジが 4 本ついているアルミバット，ディスプレイサ，シリンダ，20cm のパテ 4 本，穴があいた三角形の塩ビ板 4 枚，ナット 4 個，シリンダの位置決めに使う金属線が 4 本取り付けられたアルミバット，それらを使ってディスプレイサチャンバを組立てる



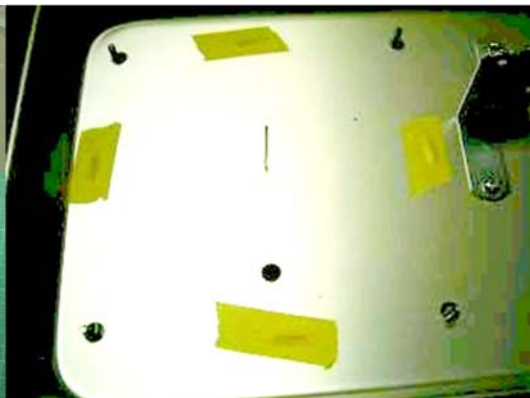
3-11-1-? 20～25g のエアコン配管用パテをシリンダとアルミバットの境目に外側から一周置く。

図 3-11-1-? シリンダやアルミバットに軽く密着する程度の力加減で，パテを押しつける。指の背の方が押しやすい場合もある。シリンダが動いてしまわないようにする。



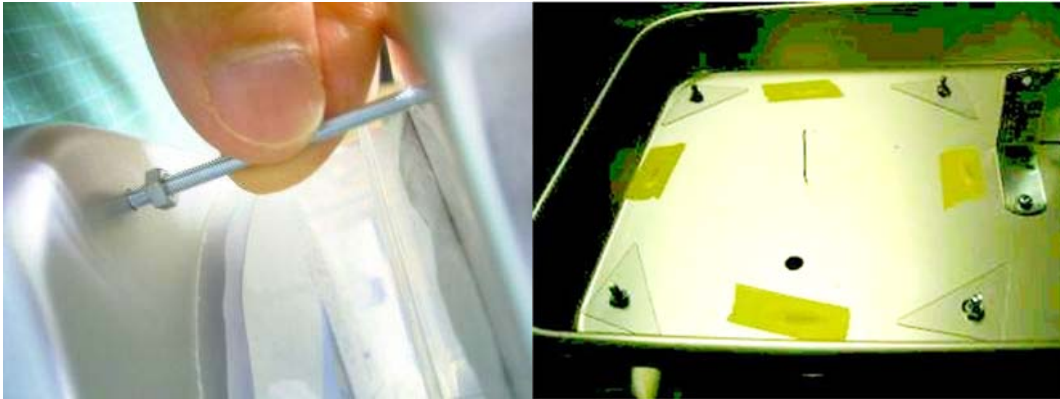
3-11-1-? ぐるりと一周パテを押し付けたら，ディスプレイサロッドを真ん中の $\phi 1.0\text{mm}$ の穴に差し込む

図 3-11-1-? ディスプレーサロッドを $\phi 1.0\text{mm}$ の穴に置くまで差し込み，シリンダとディスプレイサの隙間が程々であることを確かめる．隙間が大き過ぎる・小さ過ぎるといった不具合があれば，修正する．



3-11-1-? 底になるアルミバットから出ている4本のネジを対になるアルミバットの4つの穴に入れ，シリンダと底になるアルミバットを合わせる

図 3-11-1-? 対になるアルミバットの4つの穴から出るネジをそのままにしておくと，底になるアルミバットが落ちる



3-11-1-? 底になるアルミバットのナットを緩めておくと，この後の作業で，図のようにネジを持ってネジを回すこともできる

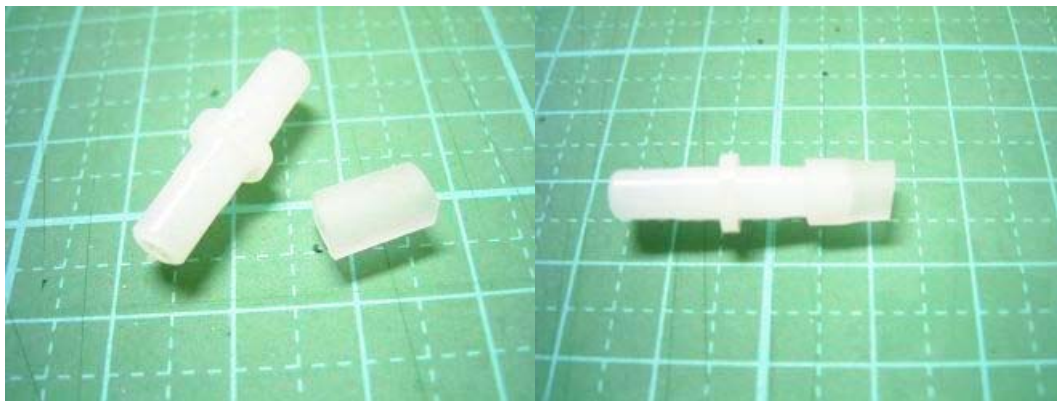
図 3-11-1-? シリンダヘッド側から，穴の開いた三角形の塩ビ板を，底になるアルミバットから突き出たネジに取り付け，ナットで固定する．ナットを締める順番は対角方向の締め具合のバランスをとらないと，占めたネジの対面が浮く



70

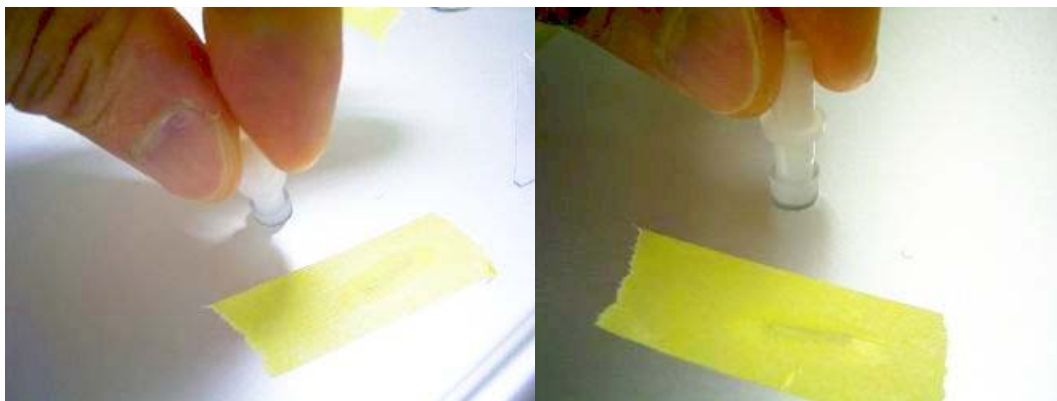
3-11-1-? 底になるアルミバットとシリンダの隙間をあいている

図 3-11-1-? ネジとナットで外れなくなったアルミバット2枚とシリンダを，横向きに置き，エアコン配管用パテを鉛直上方から滑らせて，シリンダとアルミバットの隙間を埋められる位置に置く．作業はしにくいですが，パテを隙間に押し付ける．力加減として，シリンダ内側にパテがはみ出したり，シリンダがずれるのは過剰である．



3-11-1-? チューブジョイントと長さ 8mm 程度のチューブを用意する

図 3-11-1-? チューブの 4mm 残す程度まで，チューブジョイントを挿し込む



3-11-1-? チューブジョイントが差し込まれていないチューブを型紙の **B20**・**B26** で作業した穴に挿し入れる。

図 3-11-1-? チューブジョイントをそのまま押し込む



3-11-1-? アルミ材がチューブに食い込む状態にする

図 3-11-1-? こちらは 30cm のチューブを下から少しだけ出す。



3-11-1-? チューブジョイントでアルミバットにチューブを固定する。

図 3-11-1-? 機構部の前とシリンダ内をチューブでつなぐ。チューブは 30cm あれば良く、チューブは、まだ他の部品で使うが、必要になったときに、ここから切り取る。

● 3 - 1 2 c. ディスプレーサロッドシール

ディスプレイサロッドシールは，ディスプレイサを往復動させるロッドが出入りする穴において，気密を保つためのものである．ロッドが出入りする際の摩擦が少ないことが望まれるのだが，摩擦を抑制しつつ気密を保つことは難しい．工作教室用スターリングエンジンでは，図 3-12-1-1 のようなものを用いる．ポリ袋の切れ端でリップシールを製作する方法は，低温度差スターリングエンジン競技会・発表会に出場した失敗学会ゲームと失敗学分科会の斉藤貞幸氏の案を参考にしたものである．

製作と取り付けに用いた工具は，カッターナイフ・ハサミ・カッターマットである．消費した物は，両面テープ「ナイスタック」の長さ 15mm 程度，図 3-12-1-2 に示すポリ袋少々，である．図 3-12-1-2 から図 3-12-1-3 まではアルミバットの作業と無関係に進められるので，事前に準備していて良い．図 3-12-1-4～3-12-1-6 の過程を経てスターリングエンジン本体に設置する．ハンドクリームではなくグリスを用いることも可能だが，グリスは取り扱いが面倒である．

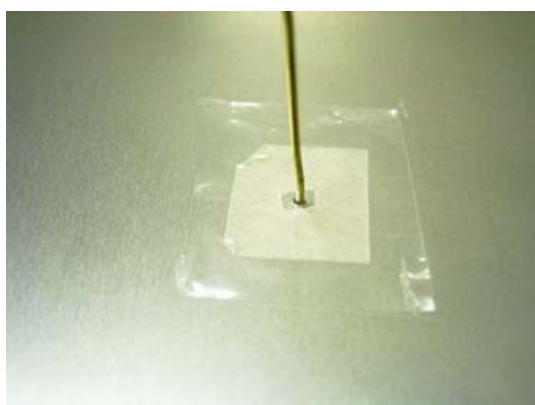


図 3-12-1-1 ディスプレーサロッドシール



図 3-12-1-2 材料の両面テープ「ナイスタック」幅 15mm×長さ 15mm を，材料にもなるポリ袋に張り付ける．



図 3-12-1-3 $\phi 1.0\text{mm}$ の穴より大きな穴を両面テープにあける

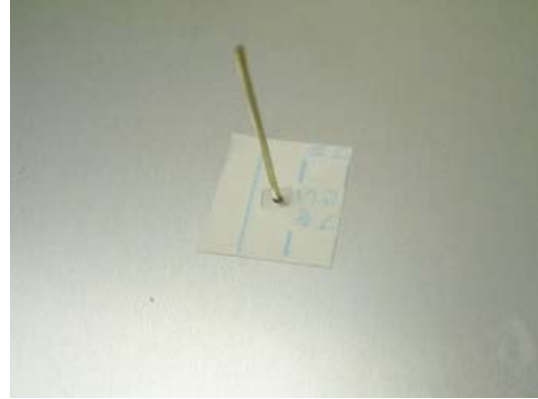


図 3-12-1-4 取り付けるときは，アルミバットのディスプレイサロッドが突き出ている穴の周囲を囲むように両面テープを張り付ける

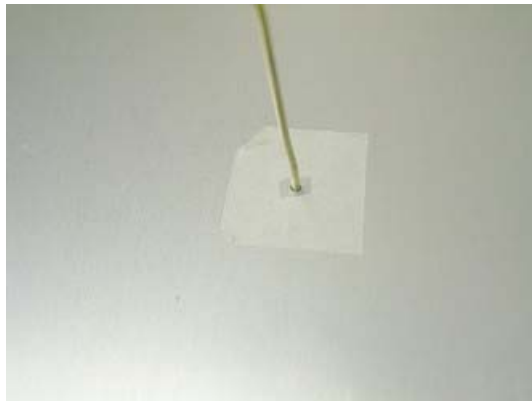


図 3-12-1-5 剥離紙をはがして，ポリ袋の新しい切れ端をシワなく張り付ければディスプレイサロッドシールになる．



図 3-12-1-6 ポリ袋の切れ端を，ディスプレイサロッドが貫いた状態で，アルミバットにシワなく張り付け，摺動部にハンドクリームを塗る．

● 3 - 1 3 d. ベローズとその接続棒

● 3 - 1 3 - 1 未調整のベローズと接続棒

ここでは図 3-13-1-1 に示されるベローズと図 3-13-1-2 に示される「ベローズの接続棒」を用意する．これらは，スターリングエンジン本体に取り付けた後に，調整して，仕上げる．



図 3-13-1-1 ベローズ



図 3-13-1-2 ベローズの接続棒

● 3 - 1 3 - 2 ベローズ

ベローズは，図 3-13-3-1 の「型紙の拡大図」が示す形状の塩ビ板の部品を作るところから始まり，図 3-13-2-2～3-13-2-34 の過程を経て，作られる．ベローズの漏れチェックは図 3-13-2-35～3-13-2-37 のように行う．天然ゴムは経時変化により穴が開き，ひどい場合は消失する．

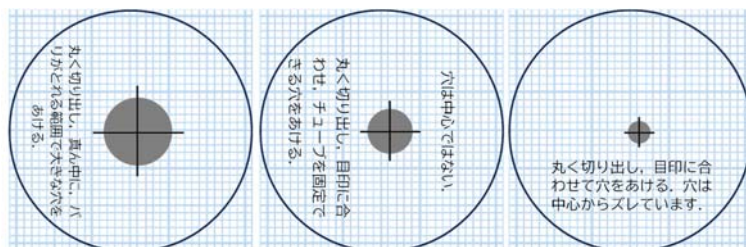


図 3-13-2-1 ベローズに使う塩ビ板の型紙

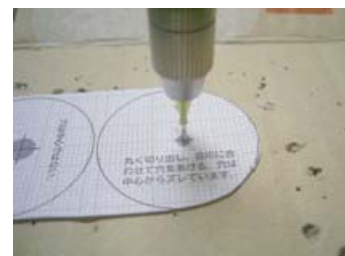


図 3-13-2-2 3-3 項に記載の方法で穴をあけ始める



図 3-13-2-3 ϕ 1.0mm の下穴を ϕ 3.0mm のドリルで拡大する



図 3-13-2-4 型紙に記載の指示に従ってチューブが通る穴をあけ始める



図 3-13-2-5 穴の大きさを確かめる前にバリ取りをする。



図 3-13-2-6 バリ取りは裏表両面する



図 3-13-2-7 チューブが通らなくても、広げるだけなので問題はない



図 3-13-2-8 チューブが通らなかった穴を広げる



図 3-13-2-9 再びチューブを当ててチェックする前に裏表でバリ取りをする



図 3-13-2-10 チューブが通ったら、その穴の加工は終わり



図 3-13-2-11 次の穴を、型紙の指示に従って、広げる



図 3-13-2-12 面取り用のドリルで穴を広げる



図 3-13-2-13 バリを処理して穴の加工は終わり



図 3-13-2-14 実線に沿って切り出し、水に漬ける

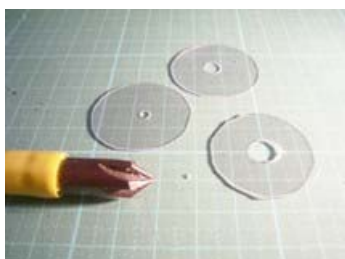


図 3-13-2-15 型紙をはがし、水とピットノリをふき取った後、バリが残っていたらバリを取る



図 3-13-2-16 ニッパーでチューブジョイントの片方を切り落とす



図 3-13-2-17 短く切り落としたチューブジョイントの中をφ3.0mmのドリルでさらい、狭窄を改善する



図 3-13-2-18 φ6mmの穴に押し込む、長さ約2cmのチューブを用意しておく

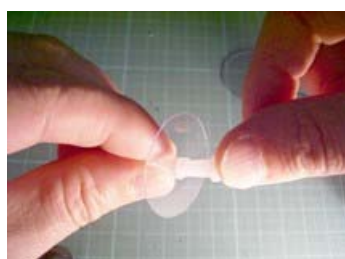


図 3-13-2-19 φ6mmの穴にチューブを差し込み、更に短く切ったチューブジョイントを押し込む



図 3-13-2-20 塩ビ板が醜くゆがんでいる場合は、塩ビ板が歪んでいるので、少し穴を広げる



図 3-13-2-21 天然ゴムの薄手の手袋は、Mサイズのものを使う。非利き手の、人差し指・中指と薬指を使う。指先も使う。



図 3-13-2-22 「指先」と「指先以外の指全体」を濡らす



図 3-13-2-23 ϕ 3mm の穴がある円盤，ゴム手袋の指先，真ん中過ぎまでナットに通した M3×8mm のネジ，更にナットが一つ

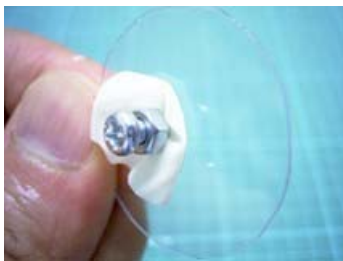


図 3-13-2-24 ゴム手袋の指先を穴にあてがい，その上からネジを押し込む



図 3-13-2-25 ϕ 3.0mm の穴から突き出たネジを覆う天然ゴムに傷をつける



図 3-13-2-26 天然ゴムの傷は小さい



図 3-13-2-27 天然ゴムの傷を広げ，ナットをかぶせる



図 3-13-2-28 ナットにネジをねじ込み，その後はナットとナットをしっかりと締める



図 3-13-2-28 ゴム手袋の指先の無い指と，チューブがついた円盤，大きな穴のあいた円盤，ネジの頭が突き出た円盤を用意する



図 3-13-2-30 ゴム手袋の指の中ほどまで，穴の開いた円盤を入れる

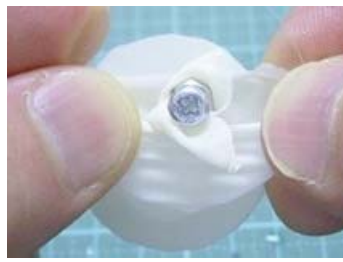


図 3-13-2-31 ネジの頭が外になるように，円盤をゴム手袋の指に入れていく

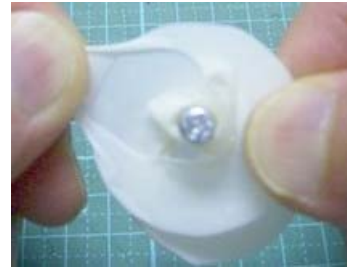


図 3-13-2-32 ゴム手袋の指のフチを引っ張って，円盤のフチにかぶせる



図 3-13-2-33 ネジの頭が突き出た側の反対側には，チューブジョイントを挿したチューブが突き出すようにする



図 3-13-2-34 ネジの頭に 2 cm 程度のチューブを取り付ける



図 3-13-2-35 チューブジョイントが挿しこまれたチューブを指で塞いだ時，漏れが無ければ，ベローズは形を保つ



図 3-13-2-36 漏れが無ければ，縮んだ状態で「チューブジョイントが挿しこまれたチューブ」を指で塞ぐと，ベローズは引っ張っても伸びない



図 3-13-2-37 漏れが無ければ，伸びた状態で「チューブジョイントが挿しこまれたチューブ」を指で塞ぐと，ベローズは押しても縮まない

● 3 - 1 3 - 3 ベローズの連接棒

ベローズの連接棒は，図 3-13-3-1 の「型紙の拡大図」が示すように幅 5mm の長方形の板に $\phi 1.0\text{mm}$ の穴をあけ，図 3-13-3-2 のようにバリをとり，型紙があれば型紙をはがすことで，準備が一段落する．

使う工具は，ハサミ， $\phi 1.0\text{mm}$ のドリルとピンバイス， $\phi 3.0\text{mm}$ のドリルもしくは面取り用ドリル，水，水とピットノリをふき取る物である．材料は塩ビ板だが，図 3-13-3-1 に示す型紙無しで，適当に幅 5mm の板を切り出しても，程々の長さなら大丈夫である．

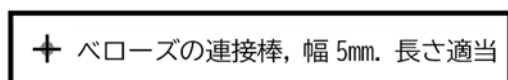


図 3-13-3-1 ベローズの連接棒の型紙の拡大図．本物は 5mm×34mm 程度の長方形に $\phi 1.0\text{mm}$ の穴をあける指示があるだけである．



図 3-13-3-2 穴をあけて切り出した後は，バリをとる． $\phi 1.0\text{mm}$ の穴のバリは，面取り用ドリルより， $\phi 3.0\text{mm}$ のドリルの方が作業をしやすい

● 3 - 1 4 e. フライホイルにバランスウェイトを取り付ける

フライホイルに取り付けるバランスウェイトは図 3-14-1-1 に示す形状で、型紙は図 3-14-1-2 のような配置で並べられている。

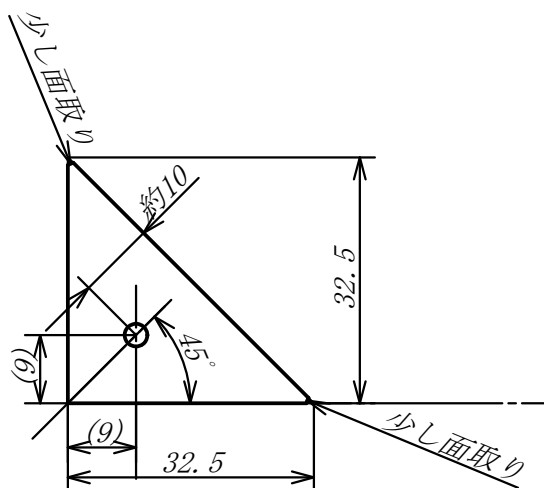


図 3-14-1-1 フライホイル上に取り付けるバランスウェイトの形

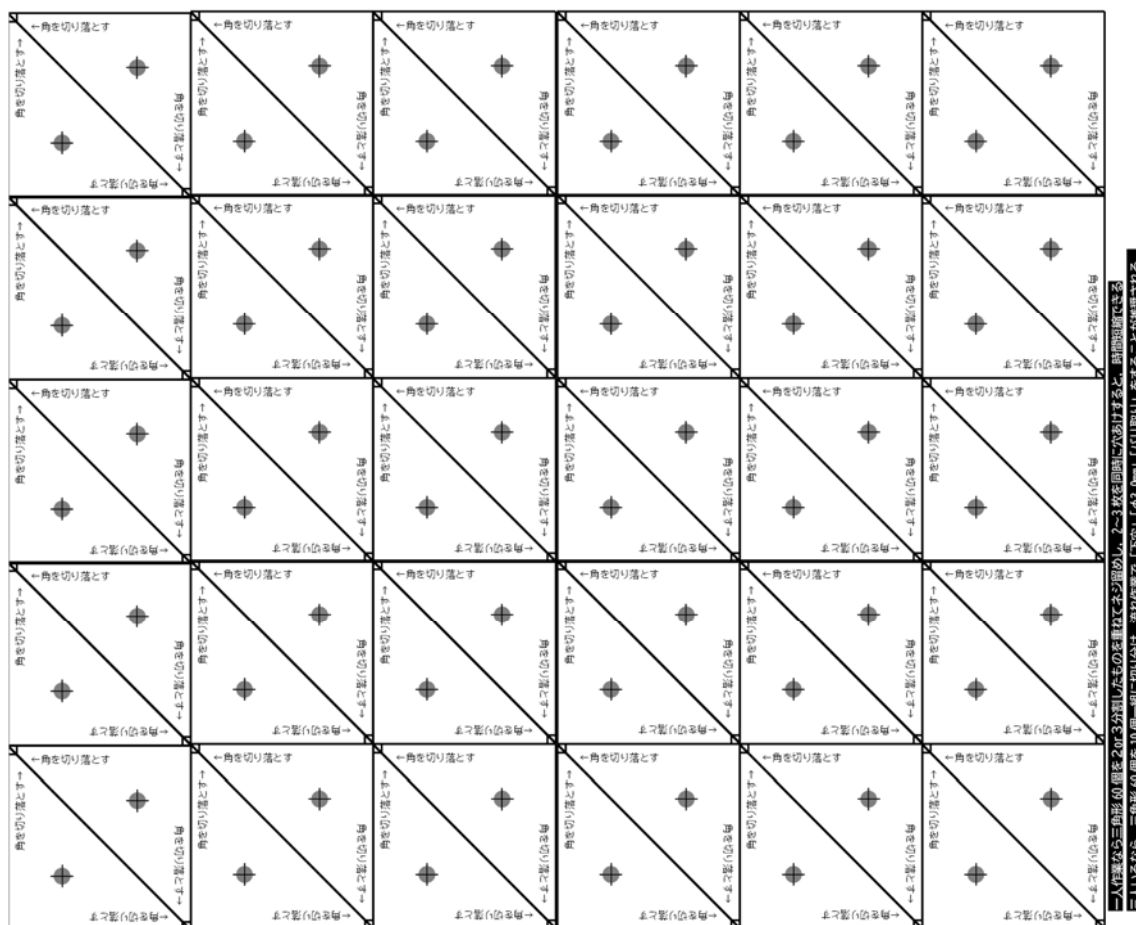
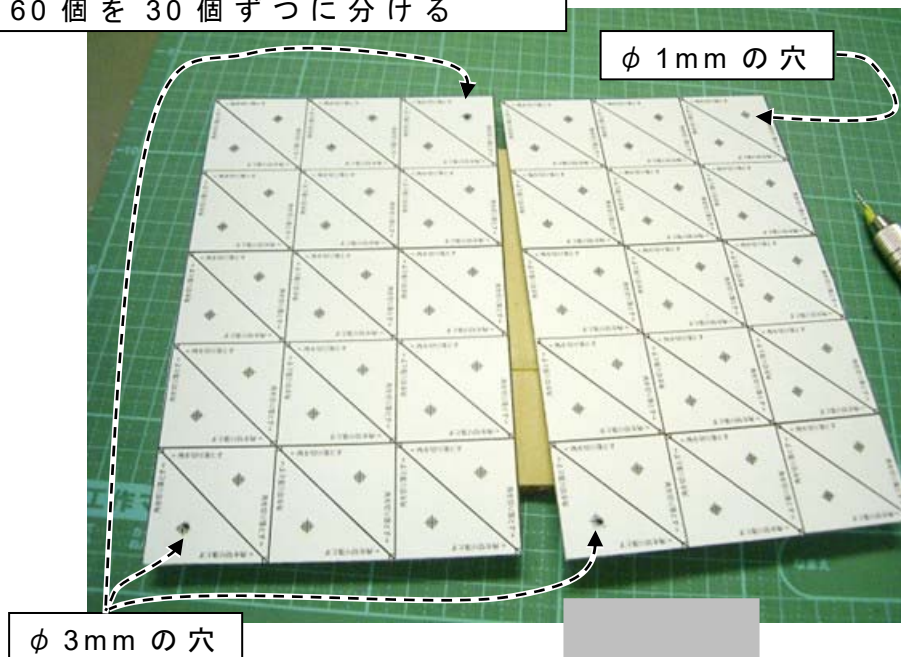


図 3-14-1-2 フライホイル上に取り付けるバランスウェイトの形

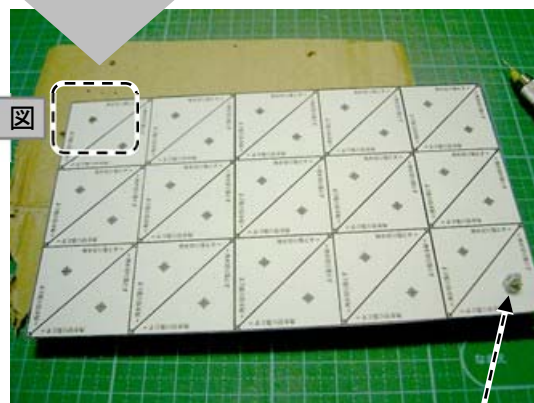
1人作業で時間短縮を図る場合、
60個を30個ずつに分ける



2枚重ね



拡大図



φ 3.0mm の
ドリルで穴
あけ



下からネジを通して、緩まないように
固定した。ネジは当て板に載せない

裏からネジを
通して緩みな
く締める



図 3-14-1-3 1人作業の場合は2枚重ねで穴あけ加工して時間短縮

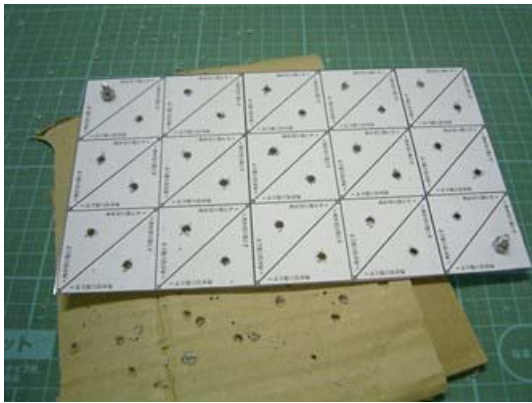


図 3-14-1-4 2枚重ね，2カ所ネジ留めして，2枚同時に $\phi 3.0\text{mm}$ の穴まであける

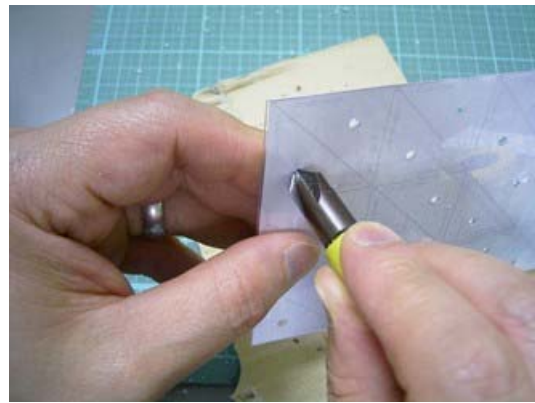


図 3-14-1-5 バリ取りはネジを外して，1枚ずつ裏表で実施する．



図 3-14-1-6 2人以上で作業できる場合は，10個一組で切り出す．



図 3-14-1-7 重ねずに下穴を10個あける

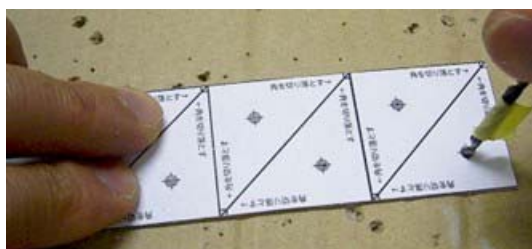


図 3-14-1-8 下穴を全部あけた10個組を，次の人が $\phi 3.0\text{mm}$ の穴あけ加工をする



図 3-14-1-9 10カ所 $\phi 3.0\text{mm}$ の穴があいた10個組を，更に次の人が面取りする



図 3-14-1-10 2 個一組の正方形 30 個に切り出す。



図 3-14-1-11 二つ同時に角を切る

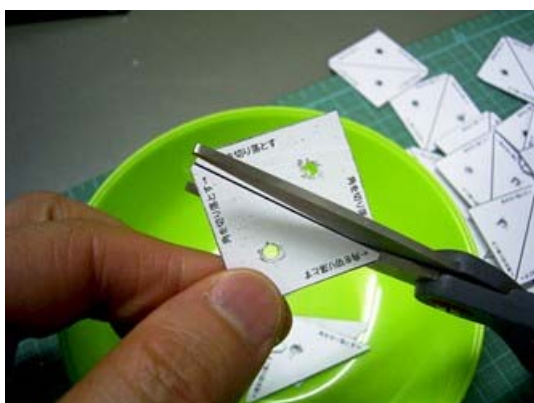


図 3-14-1-12 水の中で型紙をはがす準備をしつつ、切って直角二等辺三角形に分ける



図 3-14-1-13 60 個を水に浸す



図 3-14-1-14 型紙をはがし、水やピットノリを拭き取った



図 3-14-1-15 フライホイールにバランスウェイト 60 個を取り付け、ナットを手で絞めておく

● 3 - 1 5 機構部の組立と調整

● 3 - 1 5 - 2 機構部をアルミバットにネジ留め



図 3-15-2-? 塩ビ板の下のが、それぞれアルミバットに設けられた $\phi 1.0\text{mm}$ の穴の真上に来る位置に合わせ、緩まないようにネジを締める。

図 3-15-1-? 項の説明，2025年6月16日はここまでしか作成できていません。

● 3 - 1 5 - 3 クランク軸を軸受けにのせる

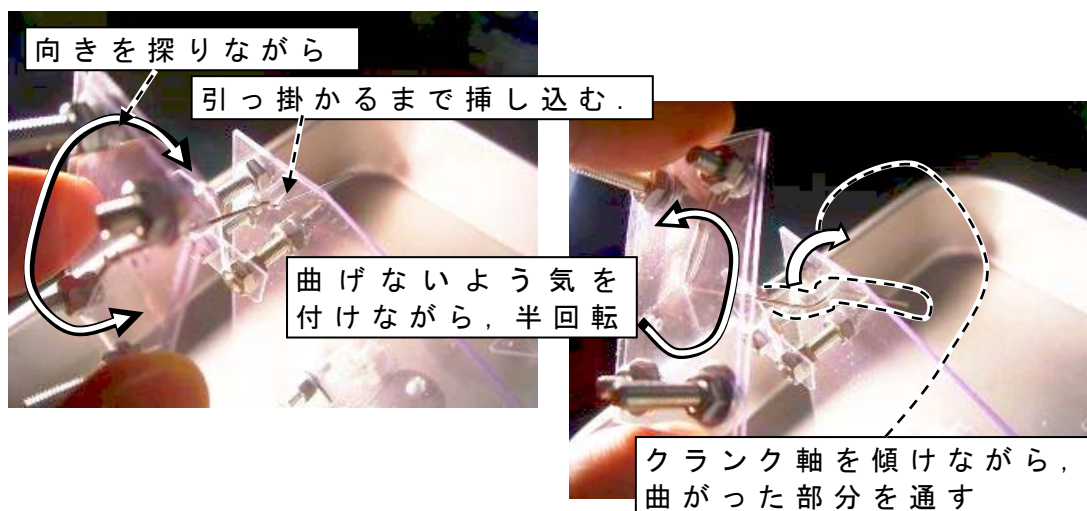


図 3-15-3-1 機構部を支持する塩ビ板にある $\phi 1.0\text{mm}$ の穴に，クランク軸を，引っ掛かりが生じるまで挿し込み，半回転させた後に傾けながら曲がった部分を穴の向こう側まで通す

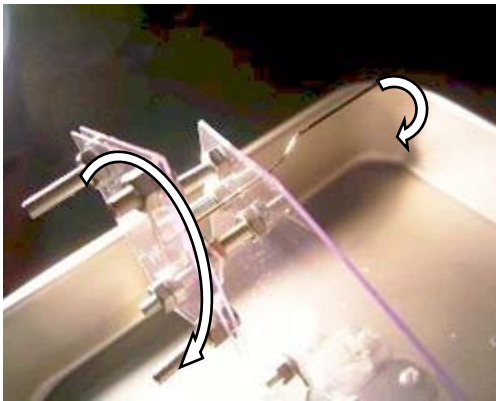


図 3-15-3-2 手を離した状態でクランク軸が落ち着き，円滑に回転することを確認する

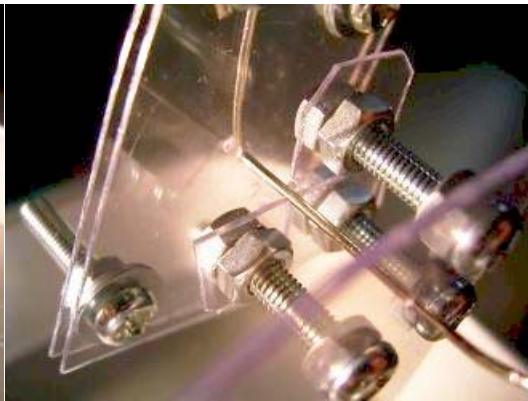


図 3-15-3-3 L字型の切り欠きの隅に金属線が収まっていることも確認する

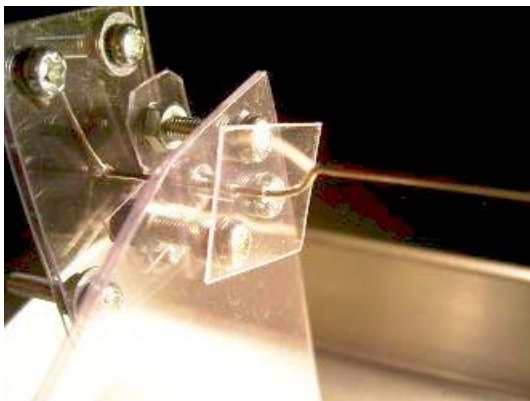


図 3-15-3-4 四角い塩ビ板に，クランク軸の曲がった部分の先まで通す

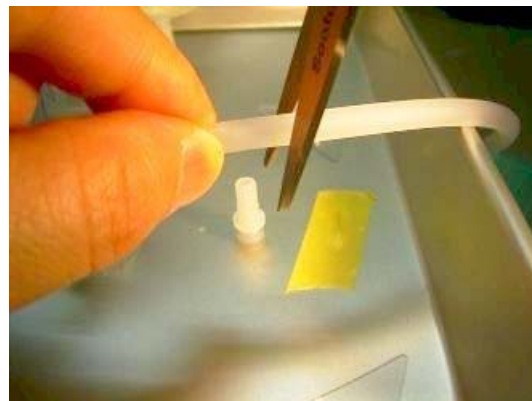


図 3-15-3-5 材料にするためのチューブを，ディスプレイサチャンバに取り付けていたチューブから切り取る

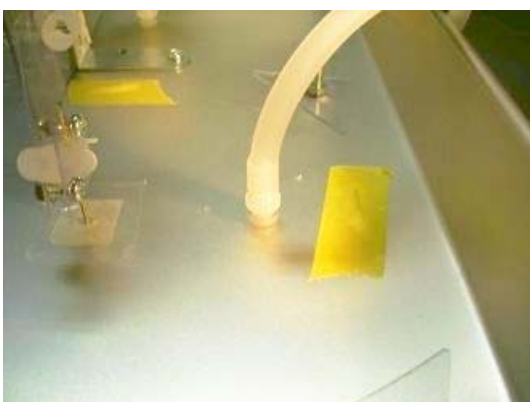


図 3-15-3-6 ディスプレーサチャンバのチューブは再接続

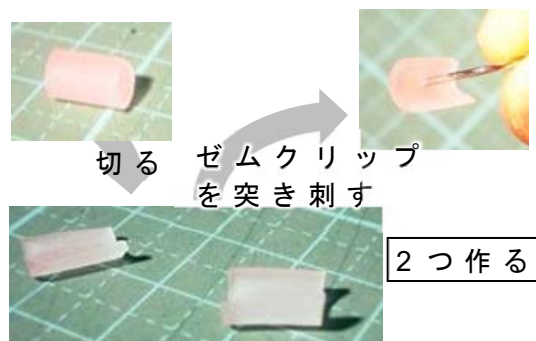


図 3-15-3-7 半分に割ったチューブ 2 つに穴をあける

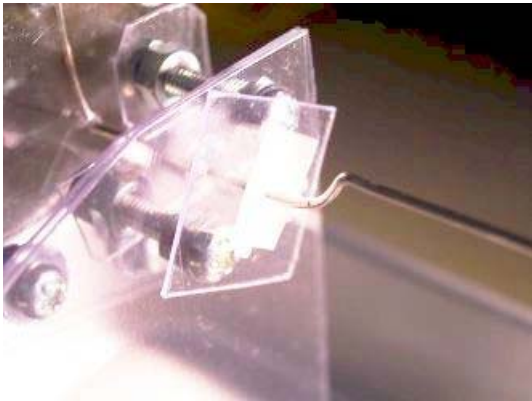


図 3-15-3-8 四角い塩ビ板が脱落しないように，チューブの切れ端で押さえる

● 3 - 1 5 - 4 リンク機構の組立と調整

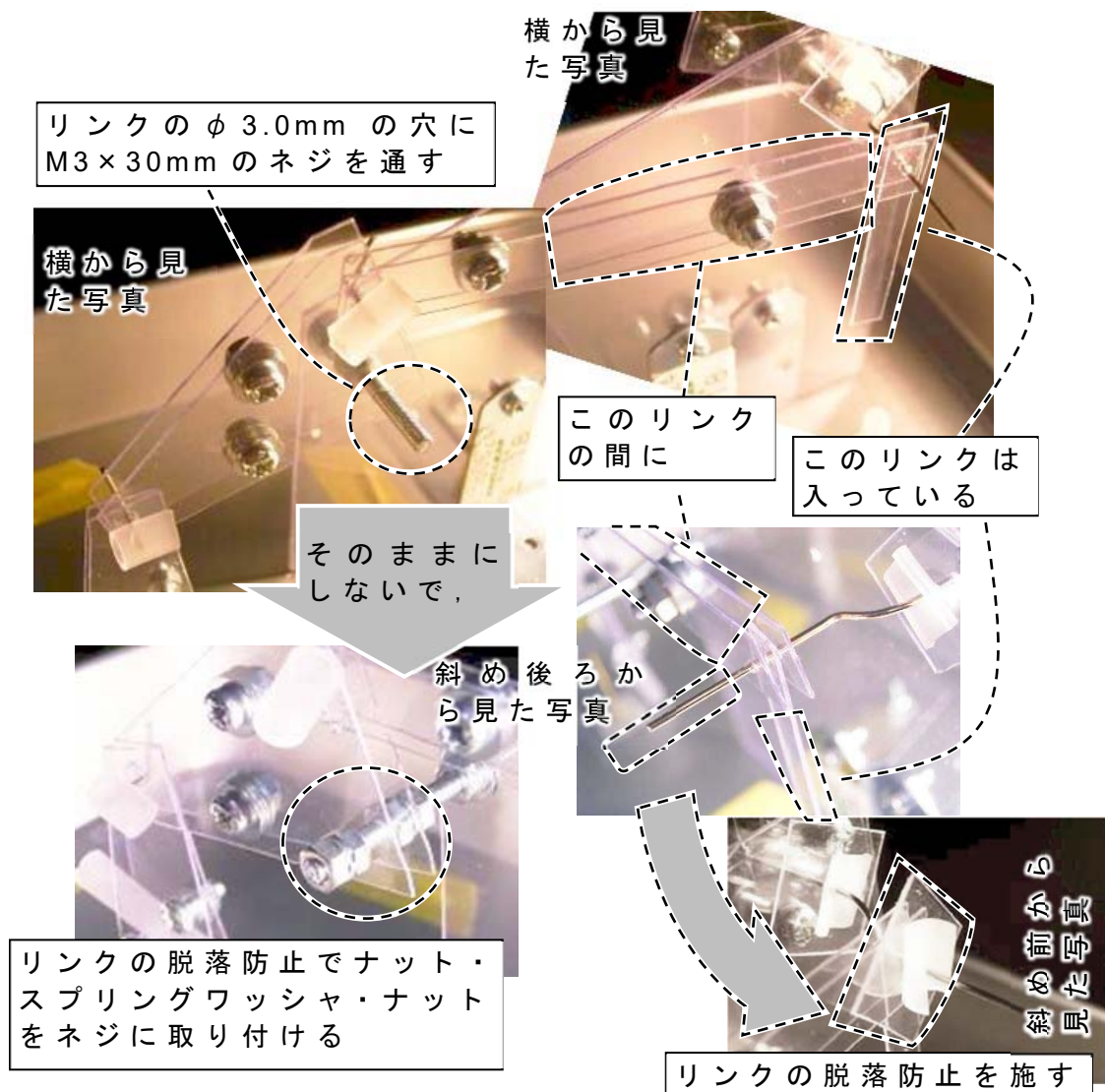


図 3-15-4-1 リンクをクランク軸やネジに取り付ける

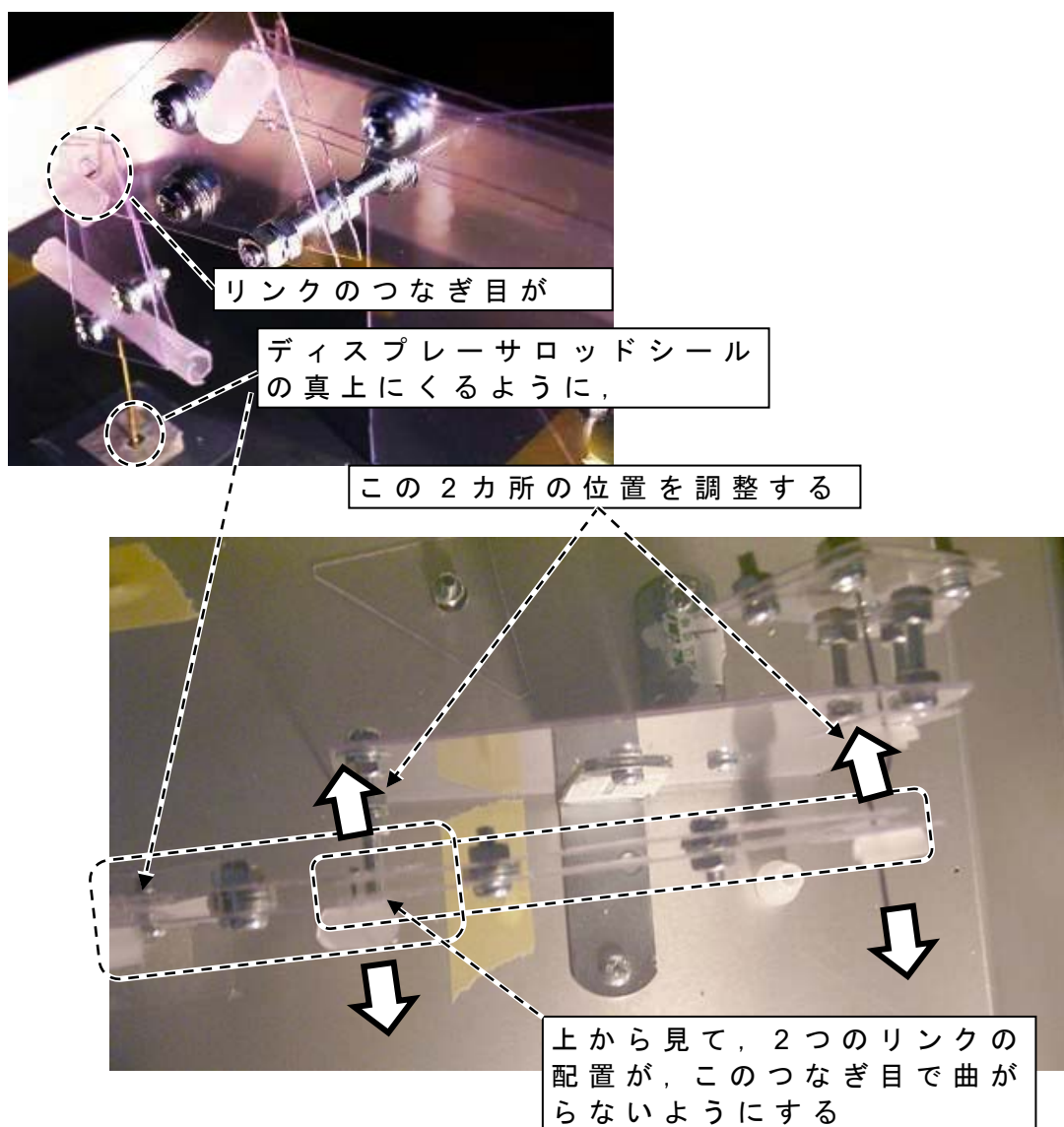


図 3-15-4-2 ディスプレーサロッドの位置にリンクを合わせる

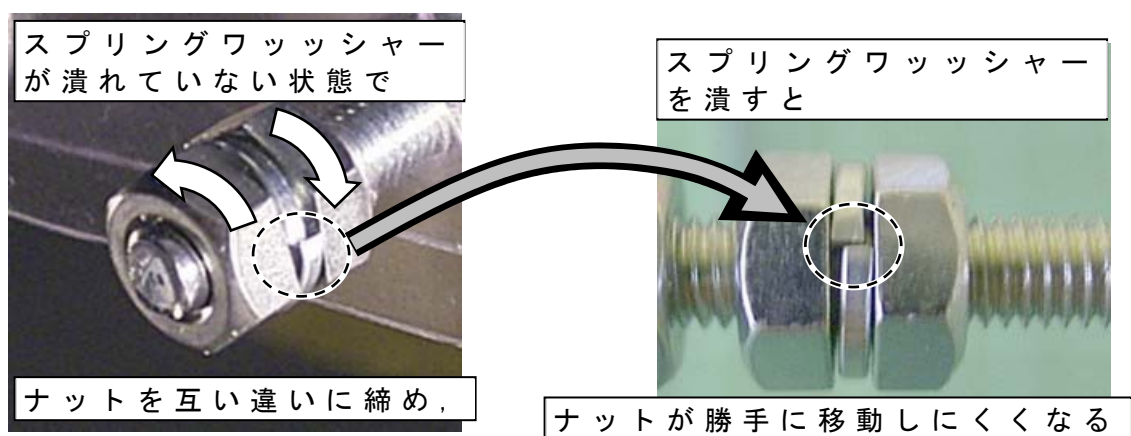


図 3-15-4-3 ナットとナットの間のスプリングワッシャーを潰して
の緩み防止

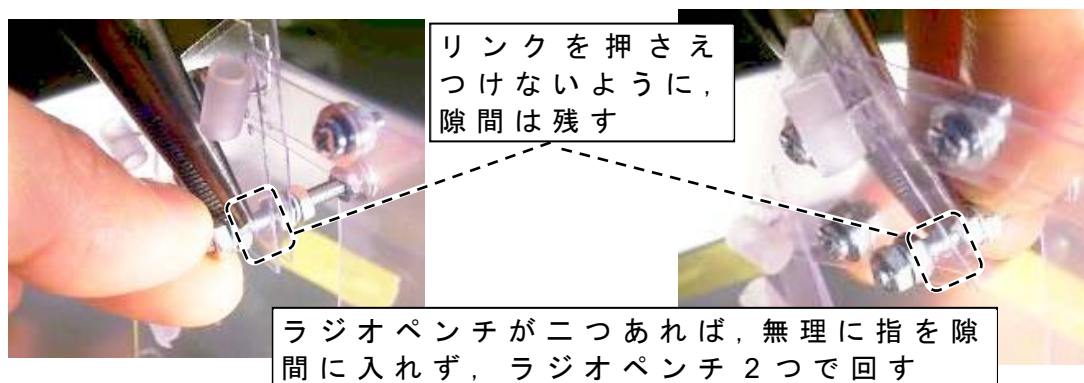


図 3-15-4-4 ナットの緩み防止を二カ所に施す

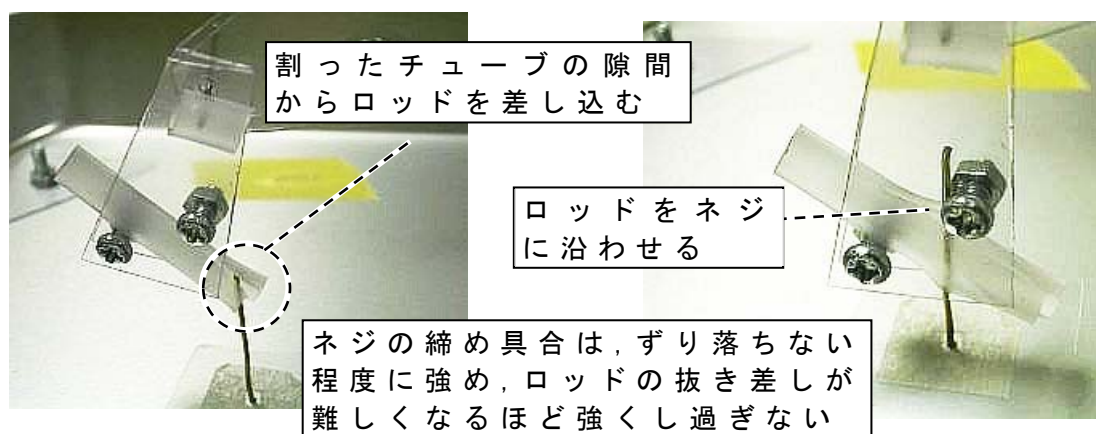


図 3-15-4-5 ディスプレーサの取り付け

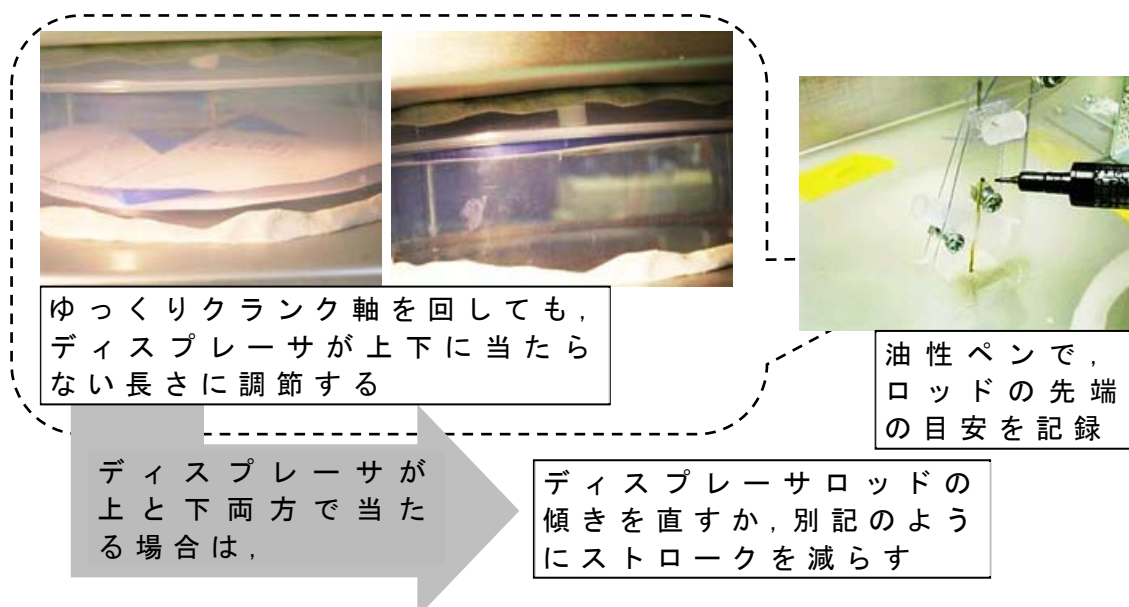


図 3-15-4-6 ディスプレーサロッドの長さの調節

● 3 - 1 5 - 5 ベローズの取り付けと調整



図 3-15-5-1 クランク軸の真下のチューブにベローズを取り付ける

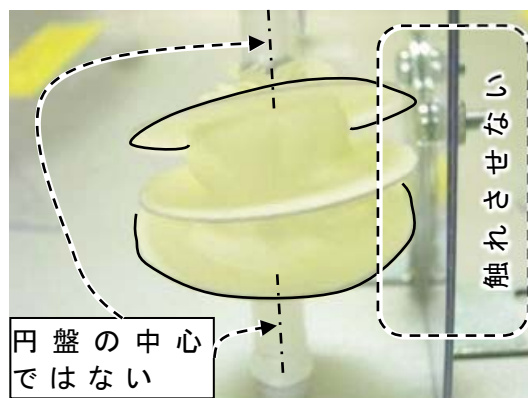


図 3-15-5-2 ベローズが他の部品に触れないようにする。ベローズを回したり，ベローズをバラバラにして中の部品の位置を工夫すると接触を回避できる

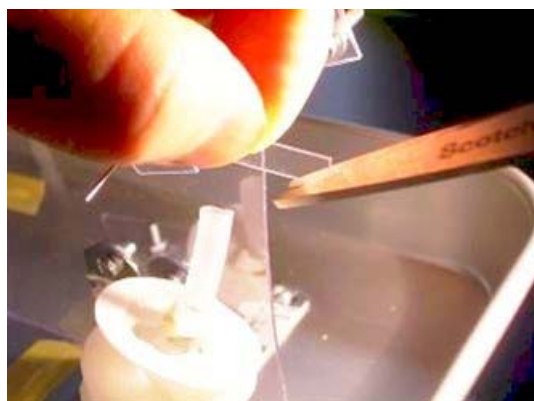


図 3-15-5-3 クランク軸から下がっている塩ビ板の角を 1 カ所落として，チューブに挿し込みやすくする

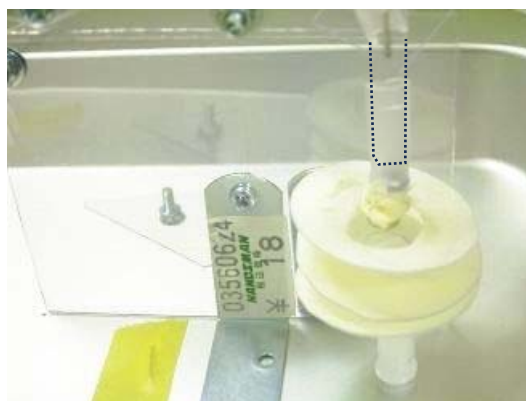


図 3-15-5-4 ベローズのボルトに付けたチューブに，クランク軸から下がる塩ビ板を差し込む



図 3-15-5-5 「クランクが一番下がる状態」にしたとき、ベローズの中の部品が互いにぶつからないようにする



図 3-15-5-6 「クランクが一番上がる状態」にしたとき、ベローズが伸び切らないで少しだけ余裕がある状態にする

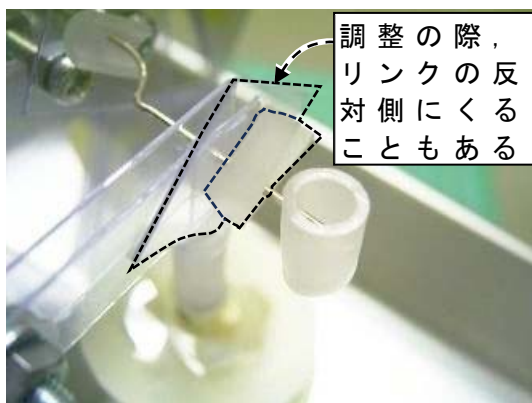


図 3-15-5-7 クランク軸の先端にチューブをつける

● 3 - 1 5 - 6 フライホイルの取り付け



図 3-15-6-1 フライホイルをつける

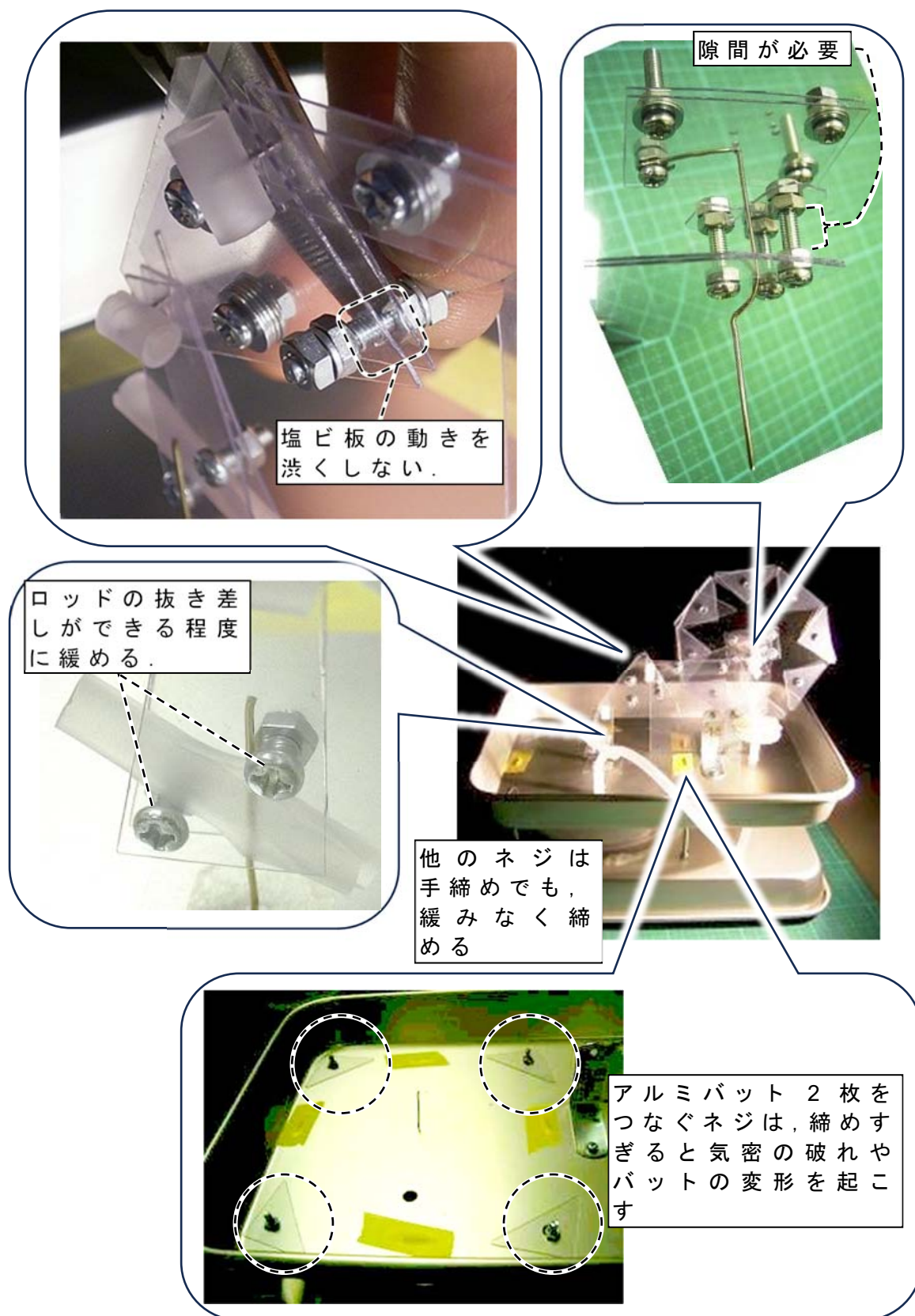


図 3-15-6-2 ネジの緩みが無いか確認するときの例外

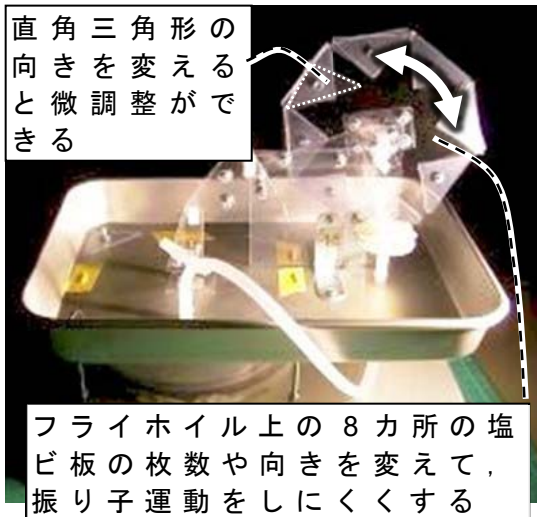


図 3-15-6-3 バランスを取る前のフライホイールで，振り子運動が1～2回で収まるのは，不具合で摩擦が大きい状態．摩擦が少ない状態にした後，バランスの調整をする

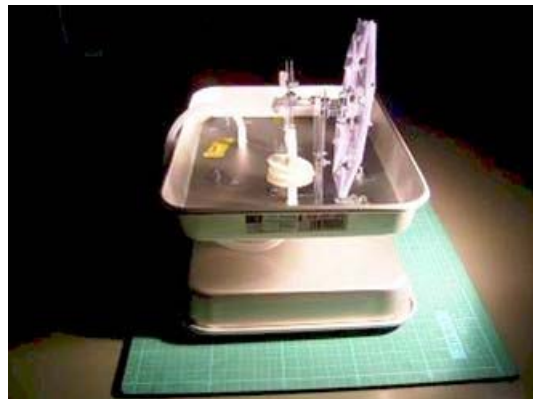


図 3-15-6-4 フライホイールが斜めでも，回したときにぶつからなければ良い．ぶつかるなら，クランク軸を垂直に直す

● 3 - 1 5 - 7 試運転と調整

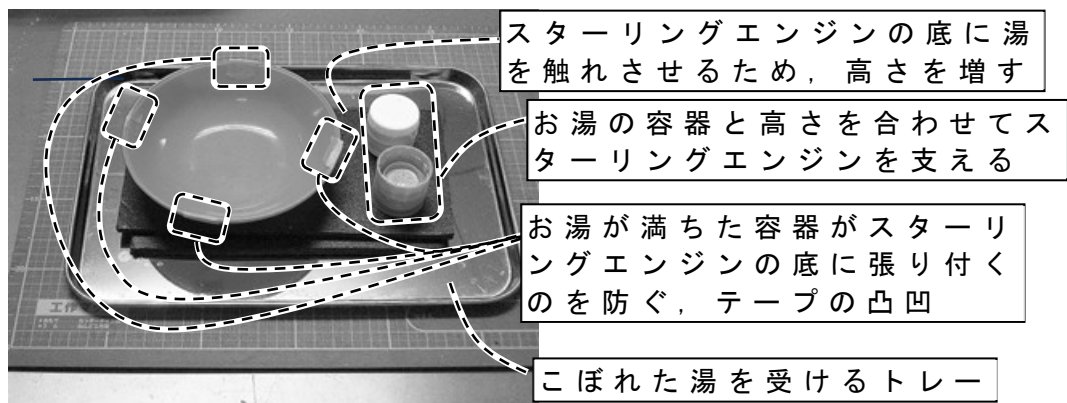


図 3-15-7-1 熱湯が満たされた容器がアルミバットに張り付くのを防ぐため，お湯を溜める容器はフチにテープで段差を設ける

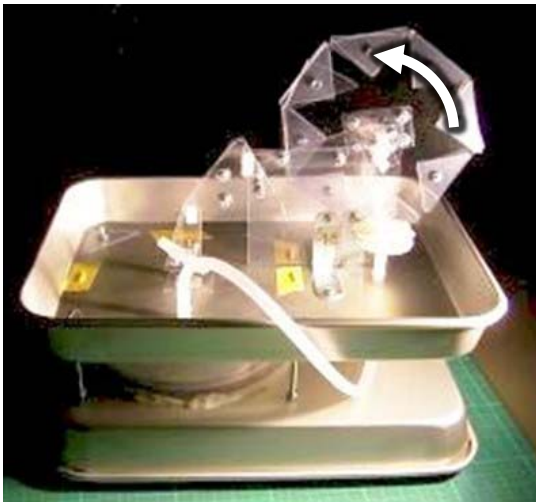


図 3-15-7-2 下からお湯で温め，底のアルミバットが厚くなったところで，フライホイールを 1 秒 1 回転程度の初速で回すと，動くときは動く．動かない場合は，修正や改変をする必要がある．



図 3-15-7-3 ディスプレーサの往復動の距離は 5 つ並んだ $\phi 1.0\text{mm}$ の穴のどれを使うかによって，多少の調節ができる．これを変更すると，フライホイールのバランスを取り直す必要がある．

機械加工の実習の題材としてスターリングエンジンが広まったので、金属を加工した部品が多い傾向がある。以前は20マイクロメートル程度の加工精度が必要という方もいた。部品がこすれながら、往復動する部分を、「気体の漏れなく、滑らかに動かす」のが難しい、とても。

「遊び」が大きいと動かない

「遊び」が大きくても大丈夫

フライホイール。「はずみ車」とも言う。回転の勢いを保つ役割がある。小さいと、動きがぎこちなかったり、動かなくなる。重いと、摩擦が増えたり、加工の誤差でバランスが崩れやすくなる。

ピストン。スターリングではパワーピストンとも言う。ここが力を発生させる。

漏れなく、滑らかに動かす工夫が必要

気体の通り道が、広いと非力になり、狭いと抵抗になる。気体の通り道に、「再生器」と呼ばれるスチールウールや重ねた金網を設けると、力強くなる。

ディスプレイサ。気体を高温側と低温側の間で移動させる。大きく動かした方が力強いが、ぶつくと動かない。

大きさの比は、加熱・冷却の温度差を「加熱温度(℃) + 273」で割った値の10分の1が目安。位相差も90度に限らない。

加熱と冷却の温度差が大きい方が力強い。加熱部と冷却部を金属で締結しない方がよい。エンジン本体以外にも工夫の余地がある。

軽い素材のディスプレイサは、この棒の接続の位置が決まりにくい。

中の気体が漏れると動かない。粘着テープやパテで漏れは止まるが、「粘着テープのシワ」や「厚手の粘着テープは重ねた隙間」が漏れの原因になる。漏れの有無は温度差を与えた状態でディスプレイサを静止させてもピストンが静止できないなどの状況から判断できる。漏れた箇所を探す際は、中を加圧しながら、石鹼水を吹き付けたり、水中に沈める。

20世紀に研究開発されていた高性能なスターリングエンジンが、再生器の劣化等を避けて内部に潤滑油を使わなかった。低温度差の模型スターリングエンジンは臨機応変に潤滑油を使う。しかし劣化するとベタベタになって、しかも洗い落としにくい等、潤滑油やグリスの取り扱いは厄介。なのでフッ素樹脂や黒鉛が摺動部に用いられることがある。日本国内の模型スターリングエンジンだと、摩擦が少ないガラスの注射器でピストンとシリンダを作るのが主流で、スターリングエンジン用に販売されている注射器もある。ガラスの注射器は、ダイヤモンドやすりを使えば、手作業でも切れる。

おわりに

この文書はまだ未完成で誤字脱字のチェックすらしていないため、許可なく頒布や公開を禁止する。

Copyright©KATO Yoshitaka 2025 All Rights Reserved