

デザイン課題：セルフロック機構の設計製作
実施報告書

課題：

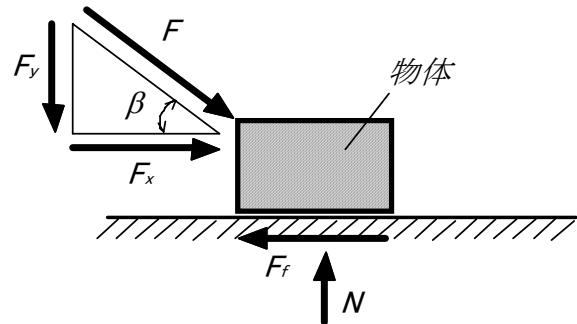
<セルフロックの原理について>

セルフロック (self-lock) とは摩擦などを利用して、物体のある方向の動きを制止し、その方向へ力が大きければ大きいほど制動力も大きくなり、機構が破壊されない限りその動きができないことをいう。セルフロック機構は機械のみならず日常生活にも多用されている。安全装置やストッパーなどにセルフロック機構が多く見られる。

摩擦を利用したセルフロックの原理については図1に示す物体を力 F で押し、平面上に滑らせるケースを考えてみよう。 F と平面との角度は β とし、物体と平面との静摩擦係数は μ とする。物体の重さを考えなければ、物体と平面との圧力は F の垂直方向の分力 F_y であるため、物体と平面との静摩擦力は μF_y となる。一方、物体を滑らせる力は F の水平方向の分力 F_x であり、 F 、 F_y 、 F_x の間には以下の関係がある。

$$F_y = F \sin \beta$$

$$F_x = F \cos \beta$$



物体を滑らせるためには推進力 F_x が摩擦抵抗 μF_y より大きくなければならない、すなわち、

$$F_x \geq \mu F_y \quad \Rightarrow \quad \cos \beta \geq \mu \sin \beta$$

図1 平面上に滑る物体の力学

を満足しなければ物体は滑らない。上記の関係から、 β は一定の値を超えれば $\cos \beta < \mu \sin \beta$ となり、いくら大きい力 F を加えても物体が動かないことになる。極端のケースであるが、 $\beta = 90^\circ$ 、すなわち、物体を垂直に押ししている場合、物体が動くはずがないだろう。これはセルフロックの原理である。

<セルフロックの機構例>

安全装置やストッパー、過大解釈してひもの結び方もセルフロックの原理を考えて設計した例が多くある。図2は通常よく見られるセルフロックの機構である。板は上には移動できるが、下へ引っ張られるとロックされ、強く引っ張るほどロックが強くなる。

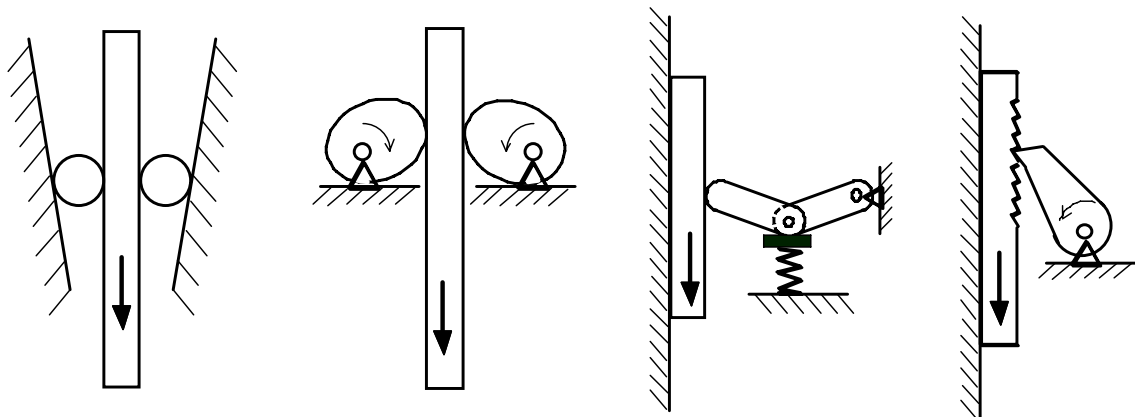


図2 セルフロック機構例

＜設計製作の製品について＞

図2の機構を含むセルフロック機構を実現するための具体的製品を設計製作しなさい。板はアクリル製で、厚さ5mm、幅20mm、長さ300mmである。摩擦係数 μ は0.1とする。製品は板のサイズを考慮してできる限り小さく設計すること。

製品製作に使用する工作機械： 工作センター所有のボール盤、旋盤、フライス盤、ノコギリ盤など、必要な場合外注による放電加工も考えられる。

材料と部品： 主な材料は軟鋼，中炭素鋼で，必要な標準部品や半製品部品は購入できる。

予算： 材料と部品の購入費は各グループ10,000円以内とする。

設計製作の情報収集

設計・製作に必要な情報や知識の収集は以下の手法で

- 1) 教科書（機械設計工学，機械製図）
- 2) 参考書（機構学や機械設計便覧等）
- 3) インタネット

実施方法

- ・グループによる協同設計・製作
- ・1グループは4～5人で構成する。グループリーダーは互選によって決める。

提出要件

- ①組立図と部品図，ただし，図面が多い場合教員の指定にしたがう。
- ②設計製作レポート（機構の説明，主な寸法の算出過程，加工方法，加工工程，製品についての自己評価，設計製作中の役割分担，感想・反省点等）
- ③完成した製品

実施計画

- 第1回：内容説明・グループ分け，設計案検討
- 第2～4回：設計案検討・決定，製品製作用材料・部品の請求
- 第5～7回：製図
- 第8～11回：製品の製作
- 第12～13回：評価（作成した図面に対する教員の評価と変更のアドバイス）
- 第14回：設計製作案の修正，レポートの作成，発表準備
- 第15回：発表会（最終試験），レポート，図面と製品の提出

成績評価基準

- ・設計製作案評価：設計案の合理性，製作の便宜性（10点）
- ・製品の完成度評価：ロックの強さ，製品の安定性（20点）
- ・製作コスト評価：製品製作にかかる費用と時間（10点）
- ・レポート評価：レポートの構成と記述状況（15点）
- ・図面評価：製図方法の正確性，図面の質（20点）
- ・実施状況評価：出席状況，取組状況，質問や検討姿勢（10点）
- ・発表会：発表の方法，説明の分かりやすさ，アピール手法（15点）

担当教員（随時質問可）

デン（C426），木之下（C425）

実施風景



ものづくりに楽しんでいるようですね。設計ミスや製作ミスがありませんか。



なかなかよい構えです。作業姿勢は出来上がりの質に影響します。

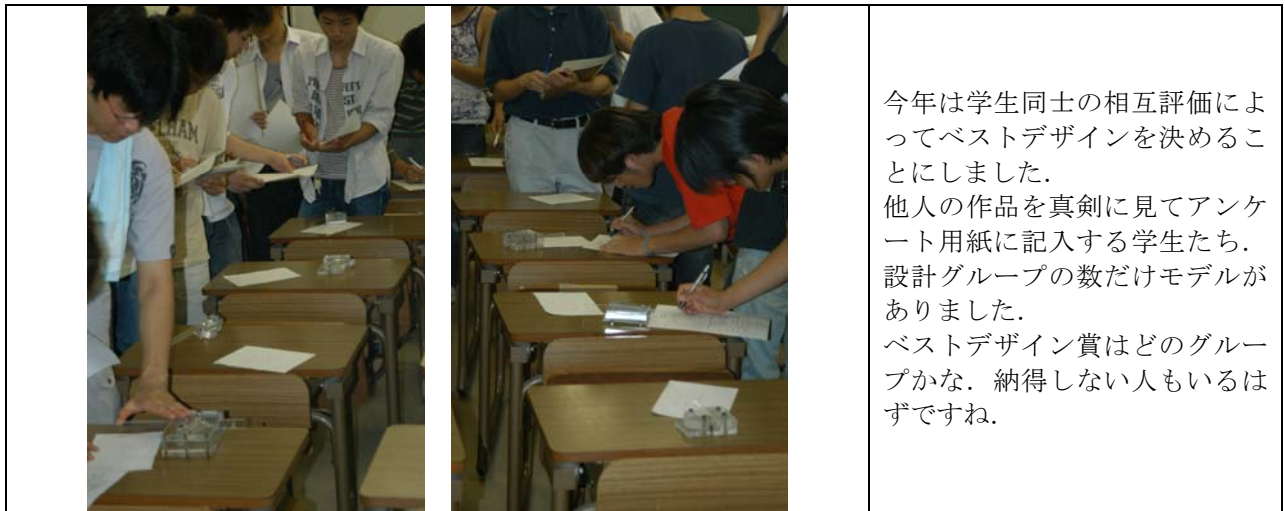


機械加工は技術職員の指導の下で行っています。問題意識があるから説明がわかりやすいと思います。いかがでしたでしょうか。



できることは自分でやります。慣れない手つきで、失敗が多いが、それによって得られることもたくさんあるはずです。





総評

今年度のデザイン課題ははじめて半期を通して実施することで、以前より実施時間は増えたため、機械の設計、製図、製作および評価を充実に実施することができました。セルフロック機構は摩擦を利用した運動を止める機構であり、固定や安全装置には多用されています。この機構を実現するため力学の解析能力、摩擦係数のような摩擦面や材料などによって大きく変わる不確定要素の対処能力、機械加工の手法と加工精度などに関する知識が不可欠です。すなわち、以下の問題を常に念頭に入れておく必要があります。その対処方法を考えながら設計することが必要です。

- 1) 摩擦係数はどのくらい、材質や表面状況によってどのくらい変わるのか
- 2) 上記の問題ははっきり回答できない場合、設計はどのように進めるべきなのか
- 3) 摩擦面の角度はどのくらいで妥当なのか
- 4) 摩擦係数が変わった場合摩擦面の角度をどのように調節するのか
- 5) 摩擦面角度の調節範囲を現有の加工技術で確保できるのか
- 6) 自分で加工できるのか、材料や部品の入手はできるのか

おそらく、皆さんは上記の問題に悩まされ、うまく(?)解決して完成に至ったと思います。しかし、皆様の最初の設計を見て、はっきり言ってさびしい。専門性のところか、機械のセンスはまるきりありませんでした。全体のバランス、締結要素の使い方、ばねやボールの固定方法等など、手当たりしだい。よい機械は美しい！見るからに弱そう、バランスが悪そうな機械は性能がよいはずがない。このことをしっかり覚えていただきたいです。幾多の修正を行った結果、現在の製品となりました。すべてのモデルはロック機能を実現しましたが、滑った場合の調整機構や部品の設計と加工の面においては更なる改良が必要と思われます。以下は各グループが設計製作したモデルの問題点をまとめ、今後のデザインに生かせれば幸甚です。

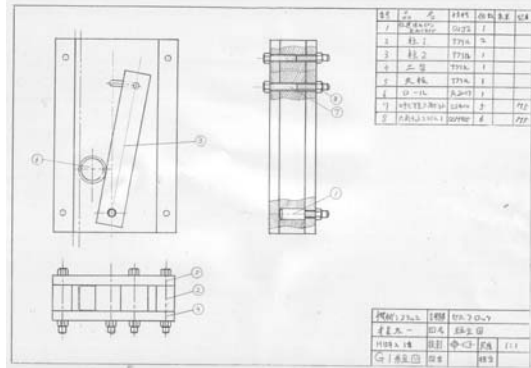
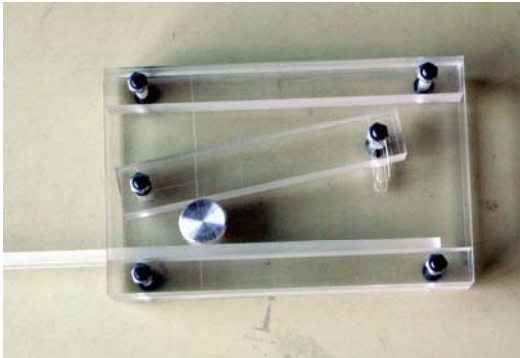
まず、人気投票(相互評価)の結果を報告します。1位はダントツトップでした、22%の支持を得られました。商品を用意できず申し訳ないですが、成績評価で反映することにしていきます。

表 ベストデザインの投票結果

グループ	票数	得票率%
1	2	3.7
2	6	11.1
3	2	3.7
4	9	16.7
5	3	5.6
6	4	7.4
7	1	1.9
8	12	22.2
9	1	1.9
10	8	14.8
白票	6	11.1
合計	54	

第1位	グループ8	22%
第2位	グループ4	17%
第3位	グループ10	15%

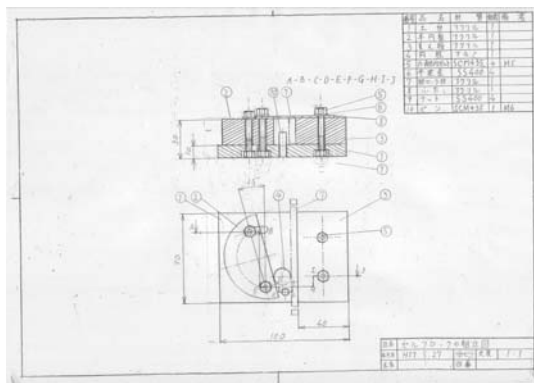
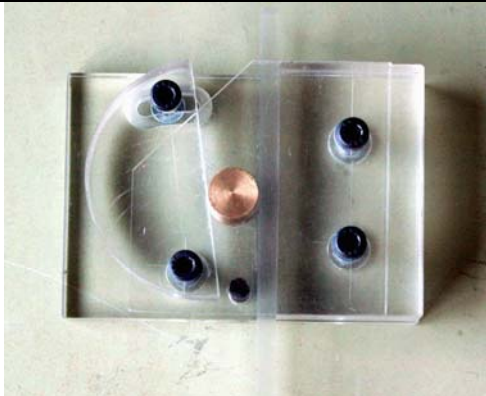
第1グループ



☆確実にロックができる。がっちりした設計で丈夫で持ちやすい。

★サイズが大きすぎ、このサイズは必要ですか。ボルトの頭を沈める（ザグリ）べき

第2グループ

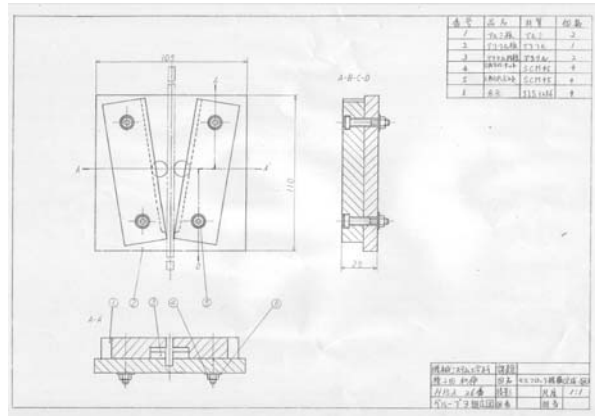
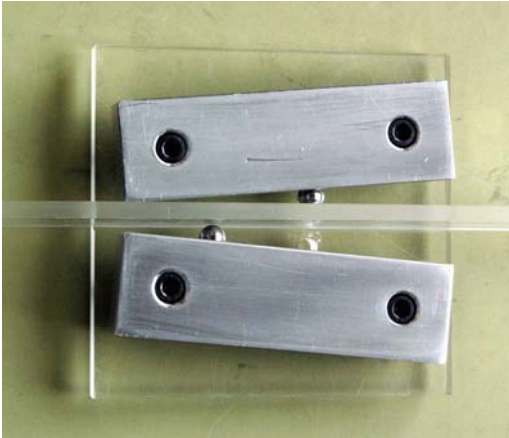


☆コンパクトな設計，作りやすさも考えている。

★六角穴つきボルトの使い方がよくない（ザグリにすべき）

ローラの拘束用の上面にある薄い板の形状は見苦しい。

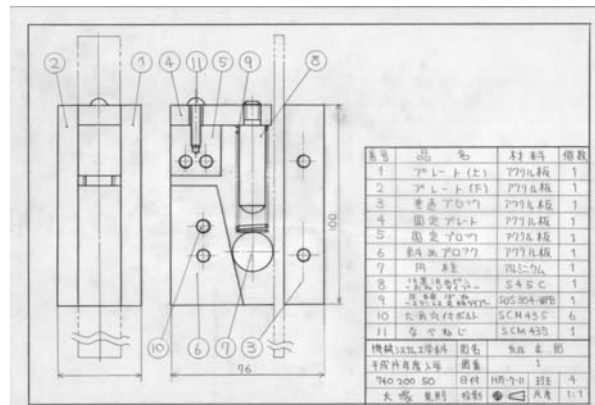
第3グループ



☆形がよく，加工と組み立ては簡単。

★ロックするためのボールはよく落ちてしまう。ボールの位置は設計とおりに対称にならないため，ロックは不安定。

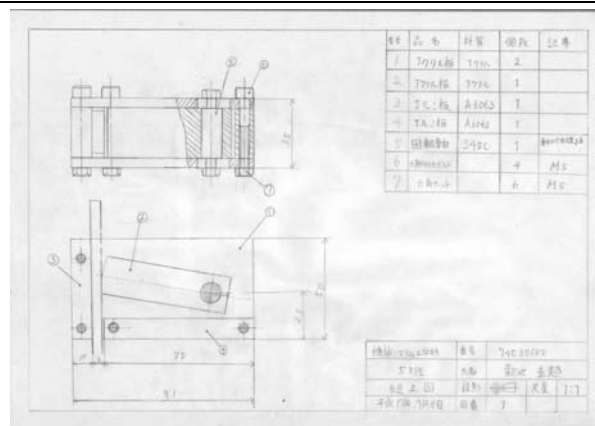
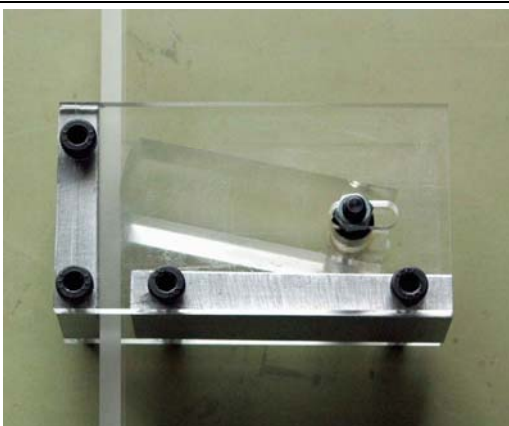
第4グループ



☆ばねを使ったため，モデルをどの方向に置いても確実にロックできることが評価できる。

★固定はもう少し簡単にできないか，それにばねでものを抑えるときの方法についても少し資料を調べるべき。

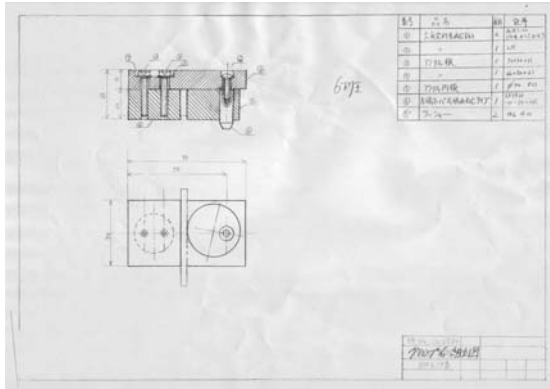
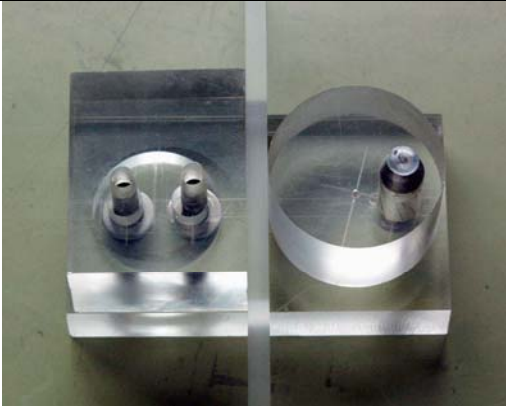
第5グループ



☆コンパクトである。加工の量はすくない。

★六角穴つきボルトの使い方はよくない（ザグリあるべき）。ロックするための②番の部品の固定は弱い，ロックの力ですべてしまう可能性がある。

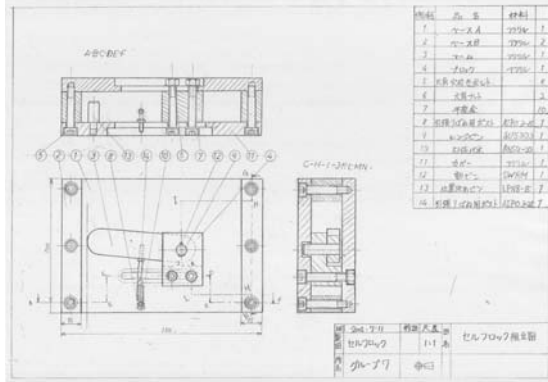
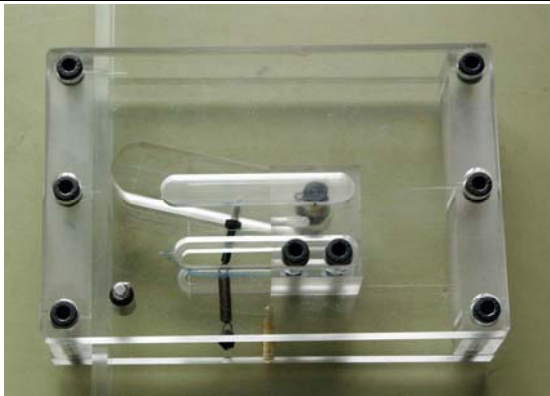
第6 グループ



☆コンパクトである。両方向ともロックができる。

★部品④のねじ穴を貫通しないほうがもっときれいにみえる。調節機能は確認できない。

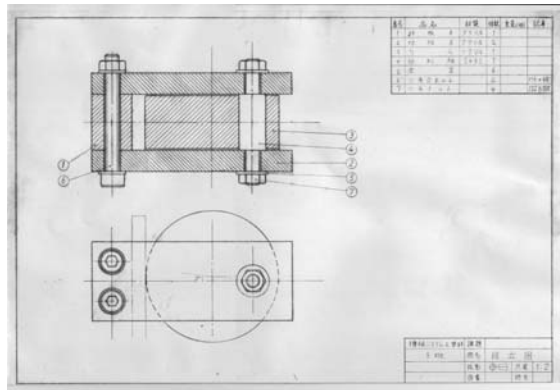
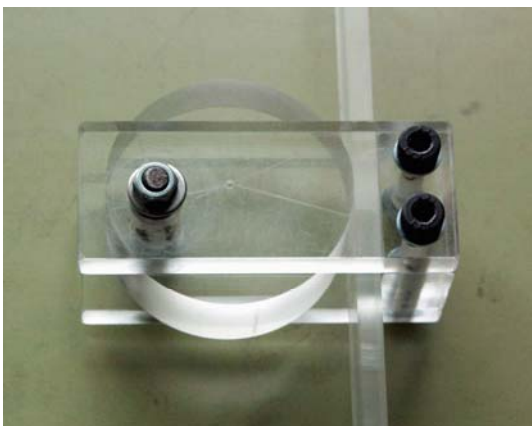
第7 グループ



☆よく考え、他のグループより努力したことが評価できる。

★しかし、結果が悪ければ意味がない。機構は複雑すぎる。必要性を最優先に考えるべき。ばねの固定方法については独習する必要がある。

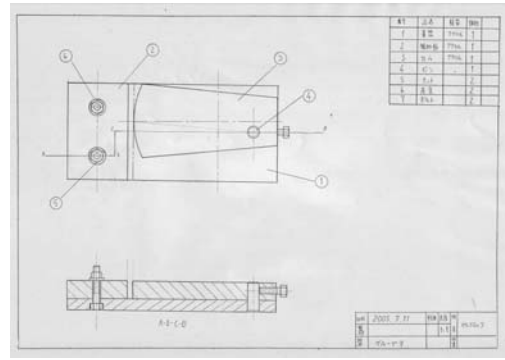
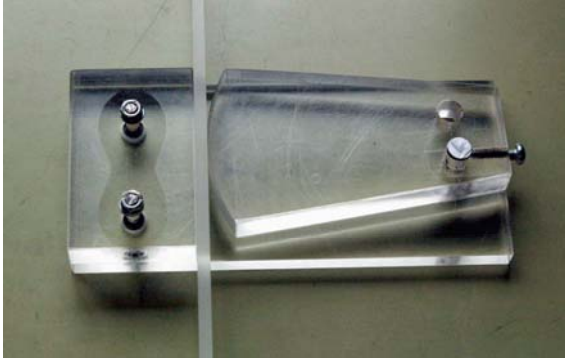
第8 グループ



☆コンパクトである。両方向ともロックができる。ベスト設計に選ばれおめでとう。

★持ちにくい。調節機能は確認できない、ボルトの使い方を工夫すればもっときれいに見える。

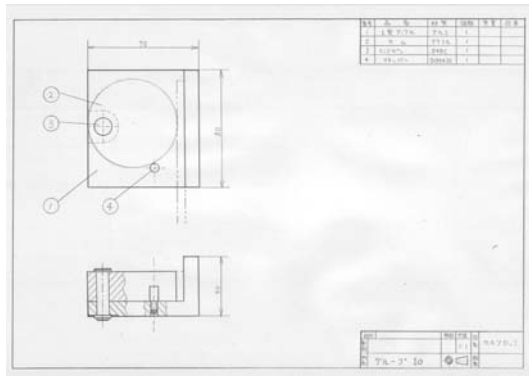
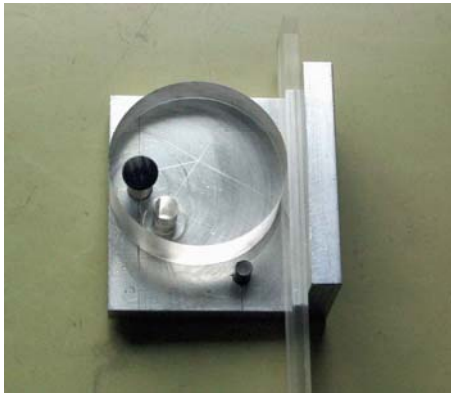
第9グループ



☆確実にロックできる部品点数はすくない。

★部品③の使っていない穴は見苦しい。部品3番のサイズは大きすぎ。

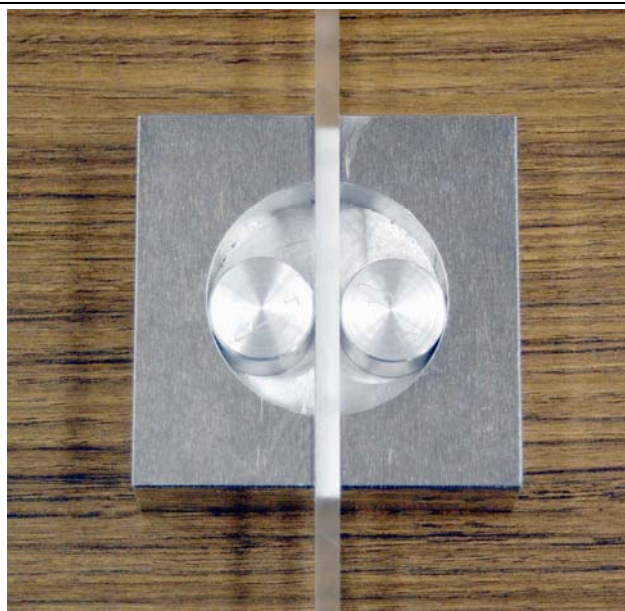
第10グループ



☆アルミのアンクルを活用しました。製作は簡単のため一番早く出来上がったことは評価できる。

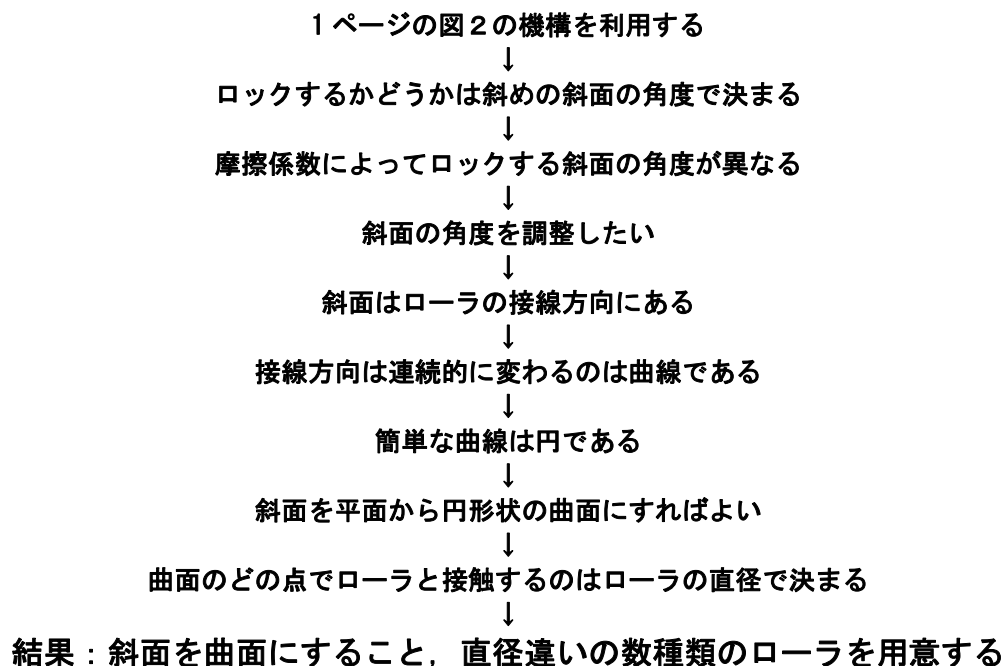
★なぜ、ベストデザインに選ばれなかったのか考えてほしい。部品①と②の接触面は大きすぎのため摩擦が大きくなった。この問題解決に設計を変更したね。

教員の作品



上のモデルは私の作品です. 特徴として, 部品は2種類, 3点しかなく, 材料は角材を購入すれば, 加工は旋盤とフライス盤だけで, 加工は簡単です. ローラの直径を調整すればどんな材料でもロックできます.

新しいものを設計するとき, 問題の整理 (力学メカニズムの理解) は最も重要です. それに基づいて, 問題解決のポイントは何処なのかを考えます. 問題対処の方法, 考えの道筋, 考える方法については大学院の講義で紹介していますが, ここで, このモデルの着想に至る経緯 (思考のプロセス) を説明しましょう.



最後に, 授業評価に出されている主な意見について回答します.

1. 製作時の待ち時間は長すぎ, 工作機械を増やしてほしい

平成 17 年度の後期に新しい旋盤, フライス盤, ノコ盤数台が導入する予定です. 来年はこの問題は解消されるでしょ.

2. 教員によってアドバイスと設計に対する要求が異なっています, 統一してほしい

製図の方法や図面の数については教員間の事前の話し合いが必要だと思います, 今後改善します. しかし, 設計案に対するアドバイスは教員の考え方や実務経験によって異なることが当然あります. デザインは創造活動であり人によってやり方や結果が異なります. いろいろな意見を聞き, 理解して選択することは受講生皆さんの仕事です. このことについてご理解していただきたいです.

3. ボルトの使い方や力学の計算方法は先に教えてほしい

従来とおりの教育手法では本当のデザイン教育になれません. 悩んで, ミスして, 失敗してから得られた知識は忘れないでしょう. 失敗は成功の母と言われていることを忘れないで, 見事に失敗し, その原因を分析して対策を考え, 改善を重ねて成功に導くのは私の役割です. 確かに, この考え方について事前に十分に説明する必要がある, 今後改善する予定です.

以上