

課題情報シート

テーマ名 :	制御盤製作実習用教材の設計・製作				
担当指導員名 :	森口 肇	実施年度 :	24 年度		
施設名 :	関東職業能力開発大学校附属千葉職業能力開発短期大学校				
課程名 :	専門課程	訓練科名 :	制御技術科		
課題の区分 :	総合制作実習課題	学生数 :	4	時間 :	12 単位 (216h)

課題制作・開発のポイント

【開発（制作）のポイント】

電気エネルギー制御科で実施する「制御盤製作実習」において、制御対象がないことが課題だったので、2 年間で習得した設計・加工技術や制御技術をさらに向上させることを目的として、制御盤の製作も含む形で教材（エレベータ）の設計・製作に取り組みました。

エレベータ構想の段階で、制御盤の仕様どおりに制御可能なこと、できるだけ小型化し、将来の量産化も見据えた設計を行うことを課題として掲げました。

当初、エレベータに使用する部品は、すべて市販品から選定することを考えていましたが、ベアリングホルダやスペーサなどは、自分たちで作製した方が位置決めや全体の大きさなどを調整しやすいと考え、「ものづくり」にこだわって、自作しました。

【学生数の内訳】 制御盤製作：2 名、負荷装置（エレベータ）設計・製作 2 名

【訓練（指導）のポイント】

エレベータを設計・製作する場合、幅広い技能・知識が必要となるため、あらかじめ機械加工やモータに関する最低限の技能・知識は習得させておく必要があります。

なお、電気エネルギー制御科において、エレベータの設計・製作に取り組む場合、指導員も機械加工に関する技能・知識を習得しておく必要があります。

エレベータを自作したことにより、普段自分達は何気なく使っている物など生活の中で必要とされている製品も、苦勞して作られている事がわかり、物を大切に使おうという気持ちが強くなったと感じてくれたことが大きな収穫となりました。

課題に関する問い合わせ先

施設名 : 関東職業能力開発大学校附属千葉職業能力開発短期大学校
住所 : 〒260-0025 千葉県千葉市中央区問屋町 2-25
電話番号 : 043-262-4166 (代表)
施設 Web アドレス : <http://www3.jeed.or.jp/chiba/college/>

課題制作・開発の「予稿」および「テーマ設定シート」

次のページ以降に、本課題の「予稿」および「テーマ設定シート」を掲載しています。

制御盤製作実習用教材の設計・製作

制御技術科 学生4名
担当教員 森口 肇

1. はじめに

2年間で学んだ設計、加工、配線、シーケンス制御の技術を活かし、電気エネルギー制御科において、2013年度から開始する制御盤製作実習用教材として用いる制御盤の製作と負荷装置であるエレベータの設計・製作を行った。

2. 制御盤仕様・概要

2-1. 電源および負荷

- ① 電源 三相交流 (200V 50/60Hz)
- ② 負荷 エレベータ用三相誘導電動機 (0.2kW 200V 50/60Hz)

2-2. 動作説明

- ① 昇降バスケットが1階にあって、2階に上昇(正転)させる場合
バスケット扉および、1階、2階の搬出入口扉を閉めた状態で、1階または2階の上昇押しボタンスイッチを押すと昇降モータが正転し、2階に上昇する。バスケットが2階に到達すると位置スイッチが作動し、停止する。
- ② 昇降バスケットが2階にあって、1階に下降(逆転)させる場合
バスケット扉および、1階、2階の搬出入口扉を閉めた状態で、1階または2階の下降押しボタンスイッチを押すと昇降モータが逆転し、1階に下降する。バスケットが1階に到達すると位置スイッチが作動し、停止する。
- ③ バスケット扉および、1階、2階の搬出入口扉のいずれかが開いていると上昇、下降のボタンスイッチを押しても昇降モータは作動せず、扉が開いていることを1、2階共通のブザーを鳴らして知らせる。
- ④ 1階、2階の非常停止ボタンスイッチのいずれかを押すと昇降モータはその場で停止する。また、昇降モータが過負荷となり、サーマルリレー

が動作した場合も同様に停止する。

3. 制御ボックス加工・組立て・配線

3-1. ベニヤ作業板加工

制御ボックス取り付け位置、操作ボックス取り付け位置、表示ボックス取り付け位置、ケーブル配線位置、電線管配管位置、ケーブルのサドル位置、電線管のサドル位置をけがき、木ねじ締め付け箇所の下孔穴あけを行った。

けがく際に注意した点として、図面記載寸法をしっかりと確認したこと、けがき線は跡を残さないよう必要最低限にとどめたことなどが挙げられる。また、木ねじの下孔穴あけに際しては、 $\phi 2.3$ のドリルを使い、深さ10mmを目安に下孔をあけた。

3-2. 制御ボックス加工

制御ボックスを分解し、ボックスのマスキング、制御ボックス、ドアのけがき、下孔穴あけ、大径穴あけ、バリ取り、タップ加工(ねじ穴加工)を行った。

マスキングは、穴あけ時に切粉がボックス内に侵入するのを防ぐために行い、制御ボックス、ドアの大径穴あけの際は、ドリルが回らないよう注意した。

3-3. 外部表示・操作ボックス加工・組立て

表示ボックスを分解し、コネクタ取付用穴抜き、カバーへの表示灯および銘板の取り付けを行った。

同様に、操作ボックスも分解し、ブッシング取付用穴抜き、カバーへの押しボタンスイッチおよび銘板の取り付けを行った。

表示ボックスに穴抜きをする際は、左右対称となるよう、操作ボックスに穴抜きをする際は上下対称となるよう注意した。

3-4. ベニヤ作業板組立て

制御ボックス本体を取り付けた後、ケーブル用ブッシング、電線管用コネクタ、表示ボックス、操作ボックスの取り付け、PF 管の配管、ケーブルの端末処理およびサドルの取り付けを行った。

制御ボックス、表示ボックス、操作ボックスを取り付ける際には、取り付け曲がりに注意した。

また、PF 管の配管、ケーブル配線に際しては、制御ボックスおよび表示ボックス、操作ボックスに接続する部分は S 字曲げを行い、見た目がよくなるよう工夫した。

3-5. 制御ボックス器具取付け板用部材加工

器具レール、端子レール、ダクトのけがき・切断加工および切断面のバリ取り、器具取付け板のけがき・穴あけ加工およびバリ取り、接地端子塗装剥離、器具付け板タップ加工を行った。

器具レール、端子レール、ダクトの切断に際しては、直角に切断するように、器具付け板をけがく際は、器具レールと端子レールが混在しないよう注意した。

3-6. 制御ボックス組立て

ドアに表示灯、銘板を、器具付け板に器具レール、端子レールおよびダクトを取り付けた。

最後に、漏電遮断機・配線用遮断器・DC 電源・電磁開閉器・サーマルリレー・リレー・タイマを取り付け、制御ボックスの加工・組立てを完了させた。

ダクトを取り付ける際、取り付けねじの頭にビニールテープを貼り、後から配線する IV 線を保護するよう工夫した。

3-7. ベニヤ作業板配線

作成した結線表にしたがって、器具取付け板、ドア、ドアと器具取付け板との渡り、外部表示ボックス、外部操作ボックスを配線し、接地線を接続した。

主回路には 2.0mm² IV 線（黄）、接地線には 2.0mm² IV 線（緑）を使用した。2.0mm²の IV 線は固く、曲げるのが大変で取扱いに苦労した。

ドアの配線では、1.25mm² KIV 線（黄）を使用した。この線は柔らかく、配線しやすかった。

外部表示ボックス、外部操作ボックスへ配線する際、電線の長さに十分な余裕をもたせ、メンテナンスしやすいよう工夫した。

すべての配線終了後、電源投入前にテストで回路確認を行った。

配線を行うにあたり、結線表を作成し、マスキングテープで機器名を見やすくすることにより、配線ミスを減らすことができた。

制御ボックスの外観を図 1 に示す。

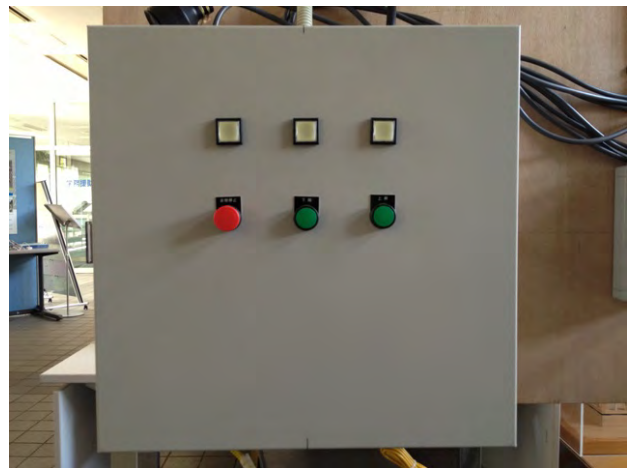


図 1 制御ボックス外観

4. 制御盤組立て・配線作業のまとめ

4-1. 制御盤組立てまとめ

加工・組立てで苦労した点や失敗した点として、①先生に頂いた図面に頼りすぎてけがきや加工をしてしまい、途中で自分たちの図面を作らなくなってしまったこと。②穴あけ位置をけがくときにけがき線が太すぎて穴位置がずれてしまい、組立てするときに穴のあけ直し等があり大変だったこと。③電動ドリルで穴あけをする時、制御ボックスなどが硬かったため、力を入れすぎあける穴の位置がずれてしまうことがあったこと。などが挙げられる。

4-2. 配線作業のまとめ

制御盤とエレベータを接続し、動作確認した時に 1 度では仕様通り動作しなかった。回路図の読

み間違えによるリミットスイッチの誤配線が原因で、リミットスイッチを4つ使うところを2つしか配線せずに誤作動させてしまった。原因が早い段階でわかったのでよかったが、回路図と配線のすり合わせが大切であることを学んだ。

以上に挙げた失敗を進学先・就職先で繰り返さないよう、今回の経験を活かしていきたい。

完成した制御盤の外観と制御盤本体の配線をそれぞれ図2、図3に示す。

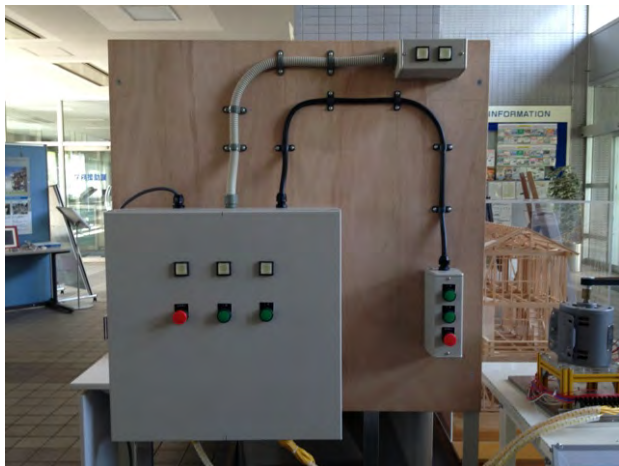


図2 制御盤外観



図3 制御盤本体配線

5. エレベータ仕様・概要

エレベータの仕様および概要を以下に記す。

- ・幅 330mm
- ・奥行 450mm
- ・高さ 300mm

- ・エレベータ幅 150mm
- ・エレベータ奥行 150mm
- ・エレベータ高さ 300mm
- ・モータ回転数 $2,700\text{min}^{-1}$
- ・1回転あたりのねじ移動量 1.5mm
- ・ベルト周長 537mm

上昇・下降ボタン（押しボタンスイッチ）を押すと上下方向に動き、上端、下端検出スイッチ（リミットスイッチ）がかごを検知するとモータの回転が止まる。また、非常停止を押すと即時にモータが停止する。

エレベータの上昇下降はエレベータの扉が閉じた状態でかつ、かごのシャッターが閉じた状態でないと操作できないようになっている。

これは安全面を考慮した結果であり、実際のエレベータに近づけた動作にするための仕様にもなっている。

3次元CADでモデリングした構想図を図4に示す。

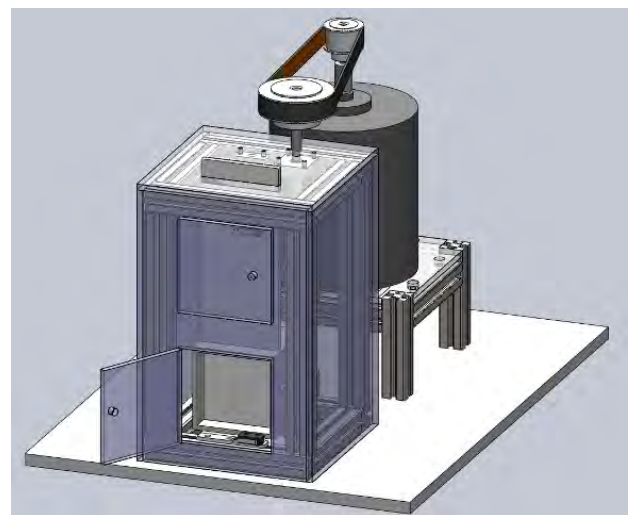


図4 エレベータ構想図

6. エレベータの設計

制御盤実習装置の負荷装置として、エレベータを設計・製作した。

エレベータを設計するにあたり、まずどのようにしてかごを昇降させるかを考え、最終的にかごをすべりねじとベルトを使用して昇降させること

にした。まず、かご固定用の六面体に、ねじ穴、ガイドシャフトを通す穴をあける。その六面体にすべりねじ、シャフトを入れた後、エレベータの天板、底板にそれぞれ固定して、モータからベルトを介して伝達される回転ですべりねじを回すことにより、かごを上下にスライドさせるしくみとした。ロープで巻き上げる方式なども考えたが、ベルトの張り具合の調整などが面倒になりがちであったので採用しなかった。

設計に際しては、3次元CADを使い、2次元構想図(図5参照)を基にモデリングした。

3次元CADでモデリングをすることにより、干渉している部分、動きや配置などが一目でわかるようになった。

初期の構想段階では、幅330mm、奥行450mm、高さ約600mmと大きいものだったが、後に無駄なスペースが多すぎるということで構想を大きく変更した。その結果、幅、奥行は変わらないものの、全体の高さを約半分にすることができた。無駄なスペースがないよう最低限のスペースのみを確保することにより、よりわかりやすく組立てのしやすいモデルとなった(図4参照)。

また、今回使用したモータは、0.2kWと高出力なものであるため、本体自体の強度も高く設定した。エレベータ本体の大きさと比較するとやや太めの20mmのフレームを使用し、フレームを固定する際のL字の固定金具も専用のものにするこ

とで、より頑丈にすることができた。かごを上下させる機構がすべりねじによるものなので、パワーの強いモータで回せば、停止位置を超えてもモータの惰力によってかごが上下に動き続けてしまう。そこで、ねじの回転速度をモータの軸、ねじの上端にそれぞれ取り付けてあるプーリーの大き

きで調整した。減速比を2:1にすることにより、ねじの回転数を半分にした。また、すべりねじを採用したことにより、通常使用されるボールねじよりも負荷を大きくすることができ、止まりやすくなっている。

モータとエレベータの位置関係についてはベルトを使用している

ので、モータを固定している部分の穴を1軸方向に動かせる長穴にした。長穴にすることによって、少しのずれならば容易に修正できるようになり、その上ベルトの張り具合の調整も簡単にできるようになった。

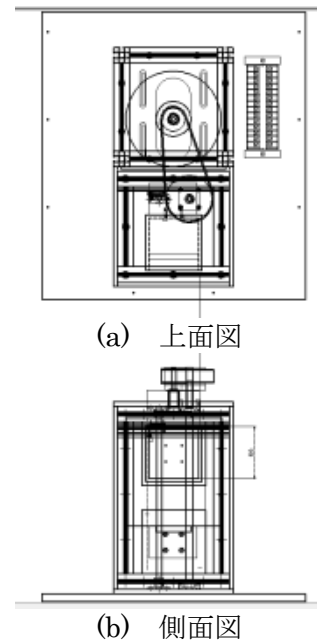


図5 2次元構想図

今回、多くの部品を発注したが、特にプーリーの選定は慎重に行った。

まず、モータの回転速度を調べ、どのぐらいの時間でエレベータを一番下から上まで動作させるか決める。それにより、プーリーの比率を計算した。計算式は以下の通りである。

$$\frac{\text{移動量}}{\text{送りねじのピッチ}} = \text{送りねじの回転数[rev]}$$

$$\frac{\text{送りねじの回転数}}{\text{昇降機の移動時間}} = \text{送りねじの回転速度[rev/sec]}$$

ねじの回転速度の単位が rev/sec であるので、 min^{-1} に変換(60倍)し、

$$\frac{\text{送りねじの回転速度}}{\text{モータの回転速度}} = \text{必要な減速比}$$

を算出した。

計算した結果、減速比(プーリーの比率)を2:1とした。

7. エレベータ部品の加工

制御盤製作実習は、2013年度から実施される予定である。制御盤に関しては、配線図や作業工程表などがあったが、エレベータに関しては何も無い状態で設計にとりかかり、苦労も絶えなかった。

エレベータに使用する部品の多くが市販品であるが、規格に合わない部品は、自分たちで加工した。加工した部品として、ベアリングホルダ、直径を変換するためのスペーサ、昇降機を支えるアルミ、ベースプレート、その他外装類などが挙げられる。今回の装置は歯車を使用せず、ベルトとプーリーを使用し、2つのプーリーの比率で速度を調整するしくみにした。プーリーの内径が異なるため、スペーサを製作する必要がある。

直径を11mmから6mmに変換するためのスペーサを図6に示す。



図6 スペーサ

ベアリングホルダに関しては、市販品でも十分使用できたが、自分たちで作製した方が位置決めや全体の大きさなどの調整がしやすいと考え、マシニングセンタを使用して加工した。

モータの土台は、高さ調整をしやすいするために、モータを支えている上部をフレームごと動かすしくみを考え加工した(図7参照)。これにより、平行を簡単に出すことができる上、ねじをゆ

るめるだけの作業で高さ調整ができるようにしている。

発注した時のミスで、ベースプレートが設計した約4倍近くの大きさに届いてしまったため、ワイヤーカット放電加工機を使用して、本来の大きさにカットした。

カットしたベースプレートに穴をあけ、モータの土台をねじで固定することにしたが、モータの位置調整を頻繁に行い、製作途中でベルトを変更したため、多くの穴をあけてしまい、見た目が悪くなってしまった。

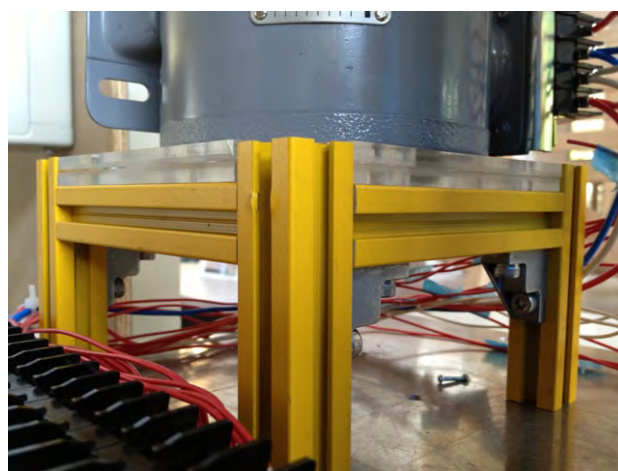


図7 モータの土台

8. エレベータ組立て・調整

エレベータの製作に際しては、フレームやボールねじなどの購入部品の組立て作業と、自作部品の加工を並行して行った。

組立てをしている際、加工部品の精度があまりよくないため、図面では干渉していない部分が干渉してしまうなどの問題が発生してしまった。装置の形状が箱になっているため、組立ての際は順序を考えながら作業することが必要になった。組立て途中での設計変更に伴い、使用する部品も変更せざるを得なくなってしまったため、組立て作業が遅れてしまった。

今回、エレベータの外装とモータの土台のフレームを20mmのアルミを加工し、製作した。必要な長さを指定して必要な本数分、市販品を購入すれば、加工する必要はないが、全体の長さを足し

1本で発注した上に、それを切断する際、精度が悪く、加工だけでなく、組立てにおいても大きく影響してしまった。さらに、装置を組み上げてから、エレベータを支える土台となるベースプレートや当初設計したモータの収納ケースが、エレベータ本体よりかなり大きくなってしまったことに気付いた。設計変更をしたがあまりうまくいかず、ベースプレートに多くのねじを通す穴をあけ、何度も組立て直した。

それらの原因として、最初の設計段階でのサイズなどの検討の甘さが考えられる。

完成したエレベータの外観を図8に示す。

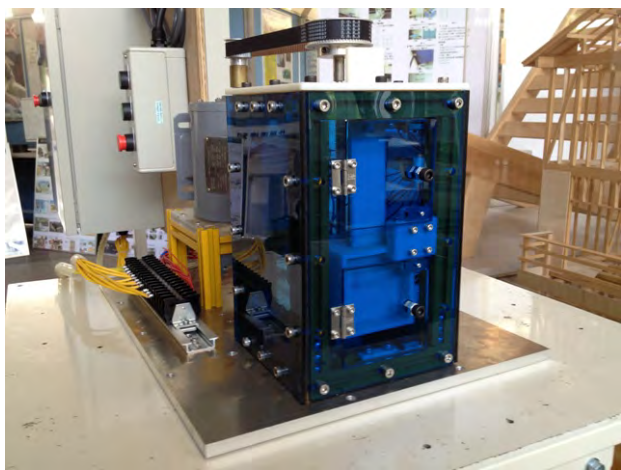


図8 エレベータ外観

9. エレベータの製作で学んだこと

エレベータの製作にあたり、設計、加工手順、材料、組立て方法など、自分たちで考えながら進めていった。形状や機能を自由に決めることができたが、そのことにより、自分たちの設計手順の間違い、加工効率の悪さなどを痛感した。

この経験から、どんな製作物でも製作する際、スケジュールを立て、予定が遅れた場合、先延ばしにする前に必ずその遅れをどのように取り戻すか考えてから行動することや、重要な部分から設計し、基準を明確にするなど、日頃から授業で言われてきたことを実践すべきだということも学んだ。また、部品発注の際は、その部品の用途、詳細、使用する意味などを理解しないと組立てをしている最中に、必要ではなかったり、自分のイメ

ージや、設計図などと少し異なることが分かり、再発注や、設計変更に無駄な時間を費やし、スケジュールが狂い、より時間がかかることも学んだ。

今回の課題に取り組んだことで、普段自分たちが何気なく使っている物など生活の中で必要とされている製品も、自分たちと同じ苦勞をしながら作られていることがわかり、物を大切に使うという気持ちが今まで以上に強くなった。

10. おわりに

今回の実習教材製作は2年間の集大成ということで、内容の濃い配線、設計、加工を経験することができた。制御盤の製作、エレベータの組立てや加工においても今まで培ってきた技術や、技術の応用がそのまま使えることもあり、習得した技能・知識を十二分に活かせたと思う。

もちろん初めて学んだことも多く、特にこの装置のような大掛かりな配線を今まで経験したことがなかったので大変ではあったが、力を合わせてやり遂げることができ、よい経験になった。

発注や設計のミスも多かったので、コスト、スケジュールを意識した作業が重要だということを改めて感じた。

学校で初めて、一から自分たちで装置を設計・製作したということもあり、非常に印象に残る総合制作実習となった。

最後に、電気エネルギー制御科の実習教材として、末永く大切に使用してもらえれば幸いである。

11. 参考文献

図解 制御盤の設計と製作 佐藤 一郎 著
日本理工出版会 (2011)

課題実習「テーマ設定シート」

作成日：平成24年7月31日

科名：制御技術科

教科の科目		実習テーマ名	
総合制作実習		制御盤製作実習用教材の設計・製作	
担当教員		担当学生	
電気エネルギー制御科 森口 肇			
課題実習の技能・技術習得目標			
制御盤製作実習教材の設計・製作を通して、システムの設計・製作及び各要素技術等の総合的な実践力を習得するとともに、グループワークで一体的に取り組むことにより、人間力（「コミュニケーション能力」、「やりぬく力」、「課題解決能力」、「考える力」）を養う。			
実習テーマの設定背景・取組目標			
実習テーマの設定背景			
本実習では、電気エネルギー制御科で使用する制御盤製作実習教材を設計・製作することにより、「ものづくり」の楽しさ、奥深さが実感でき、工場で多用されている制御盤に関する知識や制御システムを構成する各要素技術の習得を目的として、テーマを設定した。また、制御対象（エレベータ）も自作することにより、機械加工技術の向上も狙っている。			
実習テーマの特徴・概要			
有接点シーケンス制御を用いた制御盤と制御対象を1つのシステムとして製作する。制御盤は既存の図面で示されたものを製作した後、それを踏まえ、設計をやり直した上で、新たなものを製作する。また、並行して制御対象（エレベータ）の設計・製作も進め、最終的にはシステムの構築、調整、動作確認、性能評価等を行い、報告書（仕様書）を作成する。成果物（制御盤、エレベータ、仕様書等）は、電気エネルギー制御科の「制御盤製作実習」で、使用する予定である。			
No	取組目標		
①	このテーマに取り組む目的を理解します		
②	システムの仕様を考えます		
③	仕様を満たすために必要な制御盤及びエレベータの機能とその構成を考えます		
④	既存の図面を参考にして、制御盤を製作します		
⑤	③、④を踏まえ、制御盤の仕様を見直します		
⑥	④と並行して、エレベータの設計・製作を行います		
⑦	制御盤、エレベータそれぞれにおいて動作確認、性能評価を行います		
⑧	制御盤とエレベータを接続することにより、システムを構築した上で、動作確認、性能評価を行います		
⑨	この実習を通して、社会人としてのコンセンスを習得するとともに、最後に報告書（仕様書）を作成します		
⑩			