



続々) 多人数教室でのアクティブラーニング

〈グループワークと反転授業を再び「電気機器学」で実施〉



東京工業大学

工学院 電気電子系

教授 工学博士

千葉 明

東京工業大学 電気電子工学科「電気機器学」の授業改善のため、2014年4月より開始した「Handbook」によるeラーニング、ICT機器の活用、アクティブラーニングの試行は、2015年度からは電気電子工学科内の複数教授による複数科目の授業に展開されています。この取り組みは関東工学教育協会によって評価され、関東工学教育協会賞を2016年に受賞しました。

私が体験した授業改善の試みとその効果は、今後新たに取り組まれる教員にとり、貴重な体験となると考え、「電気電子工学科での 多人数教室でのアクティブラーニングの試み」(2015年1月発行)と題してレポートにまとめ、また、翌年、「続」多人数教室でのアクティブラーニング<再び「電気機器学」で実施したところ、新たな課題が・・・>」にまとめました。今年度はアクティブラーニング試行3年目の授業で、グループワークを取り入れるべく、更なる改善を行いましたので、この新たな試みも伝達すべく、本稿を執筆しました。

ぜひ、続続編となります本稿につきましても、100人規模の授業改善の一例として参考にいただければ幸いです。

平成 29 年 1 月

東京工業大学 教授、工学博士、FIEEE

千葉 明

電気機器学では、e ラーニングの導入、ICT 機器の活用、アクティブラーニングへの展開を行ってきました。今回は、さらに、アクティブラーニングを進めて、グループワークを取り入れたいと思いました。1 時間半の授業の中でグループワークの時間を取るのは難しく、私の講義内容をビデオ化し、その時間帯にグループワークする反転授業にすることにしました。試行錯誤でスタートしました。

電気機器学は 2016 年 12 月から翌年 2 月の第 4 Q の電気電子系の 2 年生の準必修授業です。大学の教育革新センターでアクティブラーニング、反転授業を中心とした競争的資金の募集がありました。講義が第 4 クォータと 12・2 月に予定されていたため準備期間が充分とれるので、早速応募して、以下の事項を準備しました。

- 1 反転授業を行うため、予習ビデオ作成。
- 2 予習ビデオの閲覧を確認する試験問題作成、予習ビデオの圧縮と Handbook へのアップロード、精細版ビデオを基幹システム OCW へアップロード。
- 3 予習ビデオに挿入する一分間の電気機器紹介ビデオ作成。
- 4 授業中に回覧する電気機器の実験装置作成。
- 5 有限要素法解析による電気機器の中身がわかる動画の改善。

さらに、

- 6 2016 年 1Q に作成した Handbook による試験問題の精査と教科書との対応の検討。
- 7 反転授業に伴うアンケート項目の作成。

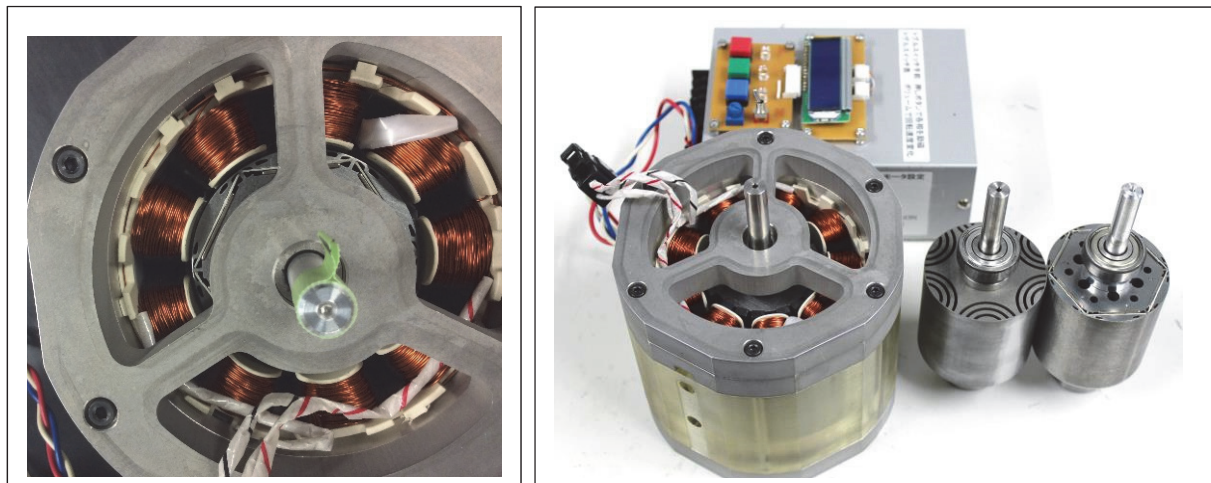
1, 3, 4 などの準備は順調に進んだが、2, 6, 7 は授業進行とともにキャッチアップとなりました。5 は前年度作成したものを改善し、学内配信には十分なレベルにはなりました。

さらに、反転授業で何を行うのかについては関係者によるディスカッションを常に行ない、改善、改良を続けることになりました。以下の表は毎回の標準的な授業の構成です。

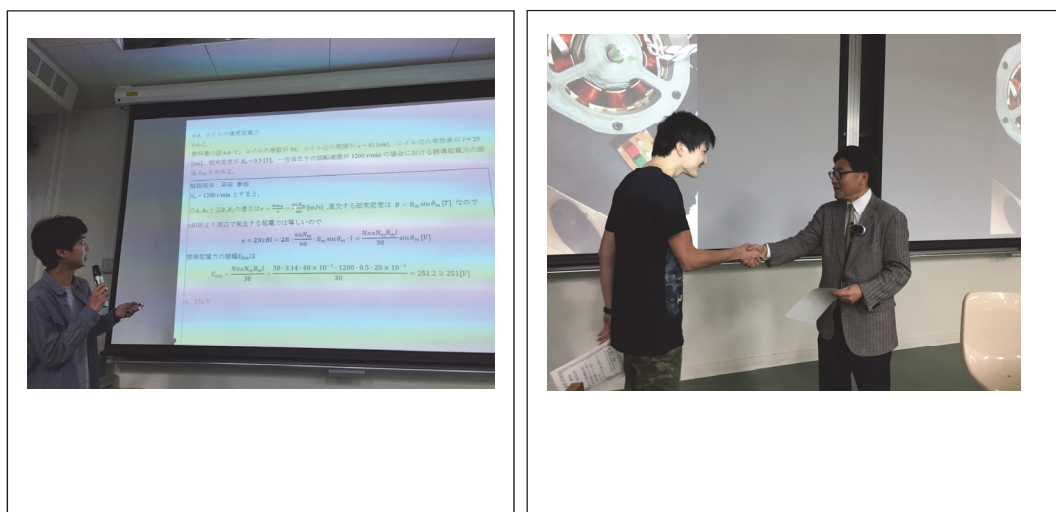
内容	講義概要説明、回覧物の説明	先週の演習試験で優秀な学生の表彰、難問解説	予習ビデオに基づく試験	グループワーク	中身が見える電気機器学動画再生と説明	先週のアンケート集計結果とレスポンス、本日のアンケート、今日の授業のまとめ	今日の演習試験 Handbook 問題を活用
担当者	千葉	杉元助教	TA 星	千葉	千葉	時岡	杉元助教
時間(分)	5	10	10	30	8	8	19
開始時刻	10:45	10:50-	11:00-	11:10-	11:40-	11:48-	11:56-

授業の最初は講義の概要の説明、回覧物の説明をおこないました。講義の概要はシラバスを照射して、前回からの流れ、本日の内容、次回へのつながりを説明していました。その後、学生さんからフィードバックがあり、予習ビデオの一部をクリップして、重要ポイントを説明するように改善しました。

回覧物は、その日の講義内容に近い小型の電気機器を持参しました。たとえば、小型の変圧器、直流モータ、ブラシレス DC モータなどです。また、大学院の TA に依頼してデモ用のモータも作成しました。実物にさわって、電流を流すと電磁力が働くことを体験できるので好評でした。



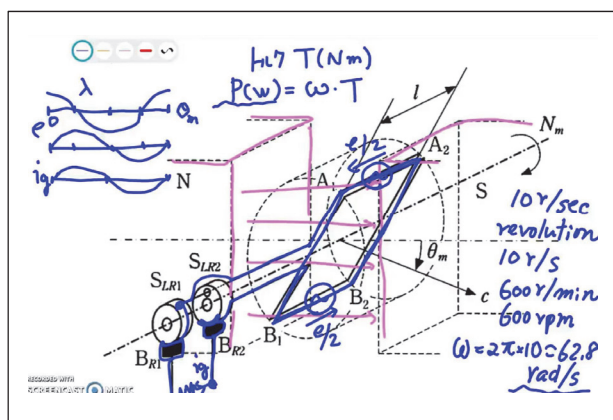
質問・意見・要望	回答
実際モーターが見れて面白かった	そう思ってもらえてよかったです。自分で動かせる回覧は毎年非常に人気があり、今年度はさらに新作も準備しています。（千葉・時岡）
「中身が見える電気機器」や「インタビュー動画」、「回覧物」は非常に良い企画だと思います。今後も続けて下さると嬉しいです。	非常にうれしい意見です。この授業では教員だけでなく、数年前皆さんと同じ授業を受けていたTA学生が関わっているコンテンツが多くあります。まさにこの意見はそれを評価してくれていると思います。次回アンケートでみんなが何をよいと思っているか聞いてみたいと思います。（千葉・時岡）



次に、先週の演習試験で一番最初に全問正解に到達した学生さんを **Handbook** のログから検索し、表彰し、また、事前に正解率が低い難問の解説を依頼しました。当初は出てきてくれるかなと心配がありました。ひとり音沙汰がない学生さんがいましたが、その他の学生さんは喜んで出てきてくれました。今年は表彰状を準備し、手渡しました。また、2回連続で一番になる学生さんもいて、彼には殿堂入りしてもらい、次のステップとして問題の作成を依頼しました。良い問題を作成してくれました。一番を目指して熱心に問題を解く学生さんが増えました。

次に、予習ビデオを見てきたかを確認する試験を **Handbook** 経由で行いました。予習ビデオを見てくれば簡単に正解できる問題を TA の星君が作成し、千葉が確認しました。この試験を行うことにより予習ビデオを見るモチベーションがあがったとおもいます。予習ビデオは教科書に説明を手書きで加える形式で、以下のような画像と音声で構成され、数分が1本であり、必ず演習問題とその解答ビデオが続きます。演習問題表示後10秒で正解が表示されます。この演習問題が次の授業の予習確認試験の類似問題です。1回の授業には2～4本のビデオを分割して用意しました。

ビデオは高精細のものは基幹システムの OCW-i にアップロードし、圧縮して容量を小さくしたものをハンドブックにアップロードした。電車の中でも予習することができます。なお、ビデオはパソコンで 1280*960 で収録しました。



演習問題4-1-1

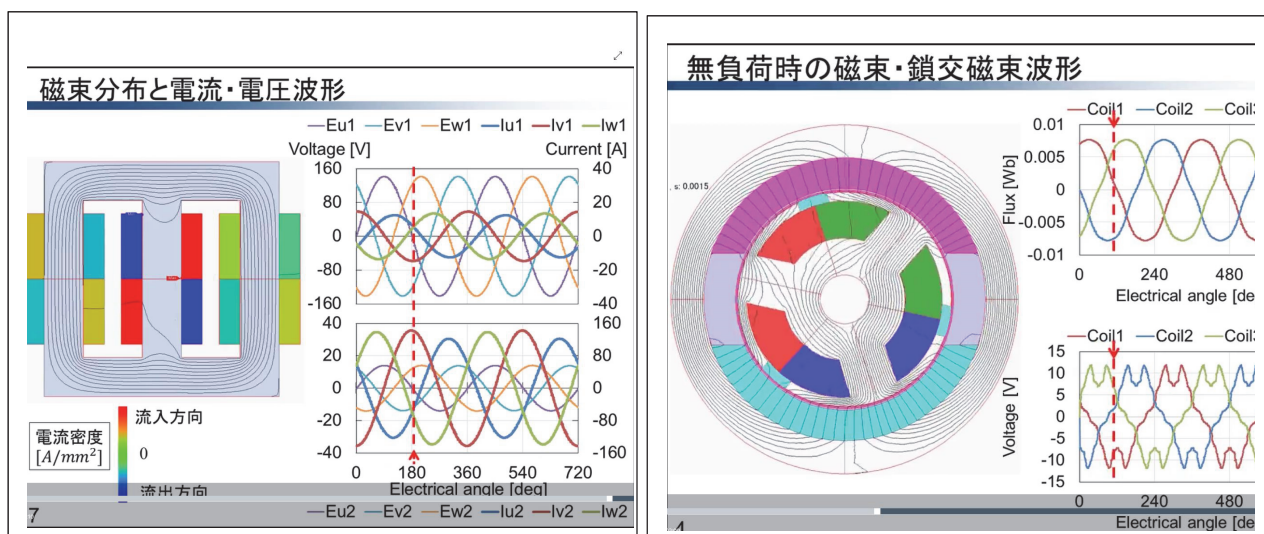
リアクトルに空隙を設けるのはなぜか。正しいものを選び。

- ① 磁束を飽和させるため。
- ② インダクタンスを一定に保つため。
- ③ 鉄心を節約するため。
- ④ 磁束を一定にするため。

◆ 10秒で切り替わるので必要に応じて一時停止すること

その後、30分程度グループワークを行います。このグループワークとして何を行うかは今回の課題でした。この課題については後述します。

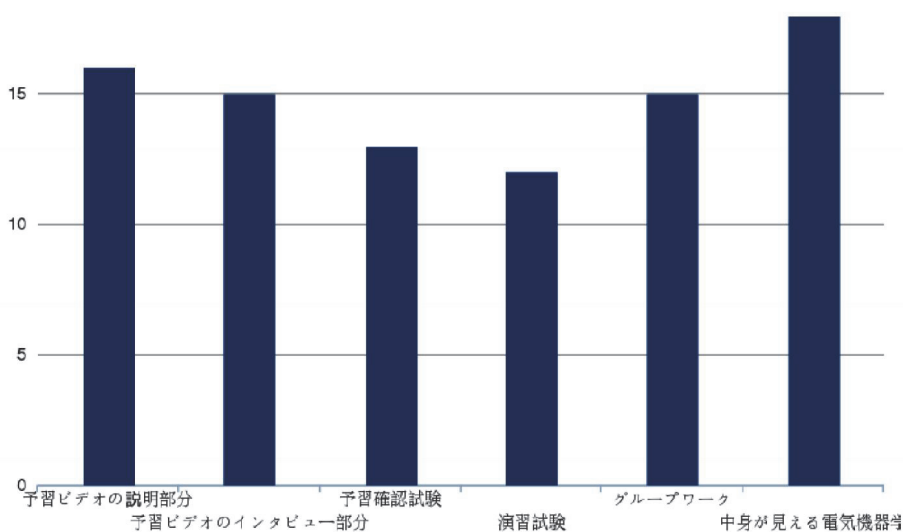
グループワーク後は、中身が見える電気機器と題して、当日のトピックスの電気機器の動画を再生して説明します。有限要素法解析を行い、磁束密度、電流密度、磁束線図などが時間とともに変化する動画を見て理解を深めます。動画は昨年まで作成したものの問題点を修正し、また、理解しやすいように配色、表示方法などの改良を重ねました。大学院生 TA に動画作成を依頼しました。TAによれば、JMAGのアニメーションがやや重く、時刻のインジケータを合わせるのが大変であったようです。アニメーションはかなり圧縮したようです。将来的には日本全国、あるいは世界中の電気機器学を学ぶ人たちの役に立つようにしたい。改善していきたいです。



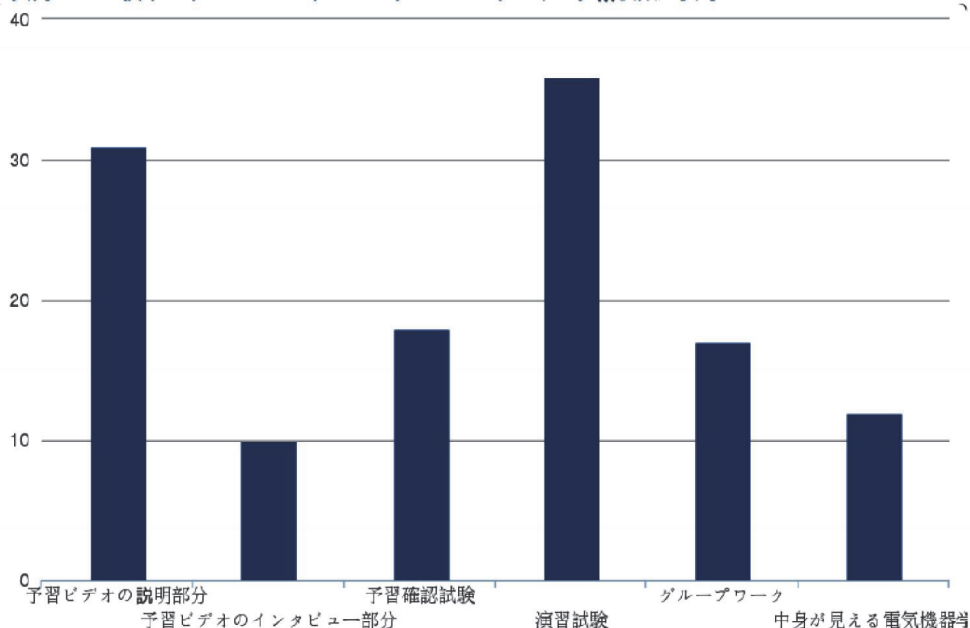
次に、先週のアンケートの集計結果解説、質問と回答をプレゼンし、その後、本日のアンケート、予習ビデオのまとめなどを **Handbook** に入力してもらいました。毎回その日の授業内容に合わせて工夫したアンケートを補佐員の時岡さんが考案しました。下のアンケートの結果は印象深いです。予習ビデオ、予習ビデオのインタビュー部分、予習確認試験、演習試験、グループワーク、中身が見える電気機器などのどの項目も「楽しい、興味がある」と回答されており、学習意欲を向上することに役立っています。しかし、役立っているのはどれかとの質問に対しては予習ビデオ、演習試験と回答しており、試験で点数をとることに役立つものがポイント高いです。また、授業定着率の向上をねらい、予習ビデオのまとめを **Handbook** に入力してもらった。3点ほどポイントを記載するように依頼しました。そのなかで、良いまとめ2, 3件については受講者が見れるようにアップロードし、名前を入れて表彰しました。表彰された友人をみて熱心に取り組む姿が見られた。

質問 3: この授業の中で楽しい、また興味があるものはどれですか。※複数選択可

20



質問 4: この授業の中で役立っていると思うものはどれですか。※複数選択可



質問 1: 今回の予習ビデオのポイントを 3 項目 (1 項目 20 字程度) 挙げてください。

以下、よくまとまっていた学生の回答抜粋

※抜粋

磁気エネルギー W_m と磁気随伴エネルギー W_m' の間には $W_m' = i\lambda \cdot W_m$ の関係がある

磁束鎖交数 λ は $\lambda = N\Phi$ で表せる

インダクタンスは回転子と固定子に対向で最大、非対向で最小になる

最後に、今日の演習試験を Handbook 経由で回答してもらいました。演習試験の問題は萩原准教授が昨年作成した問題、杉元助教が作成した問題などで、教科書の内容に応じて多少の修正を行ったものの、量、質的にも本学電気電子の学生に十分なものでした。昨年は参考程度で自由学習としていたようでしたが、本年度は授業中に時間を割いて取り組んでもらうことにしました。また、時間内に終わらなかった学生さんは宿題として勉強してもらいました。量も多いので、何度でもトライできるようにしました。クラスで一番であると授業終了前ぐらいには回答が終わるようでした。授業終了後、昼休みとなりますが、昼休みも回答を続ける熱心な学生さんが多くみられました。以下はその問題の一例です。

H 電気機器_演習試験 ▶ 演習試験5-6～5-7

設問3

5-6. 電磁力2

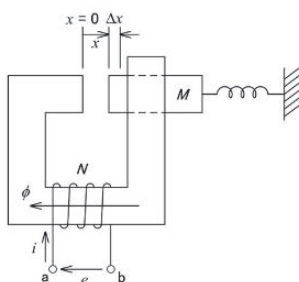


図 1

図1において、端子a-b間に $e = \sqrt{2} V \sin 2\pi f t$ を与える。また、 $S = 10 \times 10^{-4} [\text{m}^2]$ 、 $N = 400$ とする。

5-6-3

$W_m(\lambda, x)$ より、電磁力 f (平均値) を求めよ。ただし、 $V = 100 \text{ V}$ 、 $f = 50 \text{ Hz}$ とする。

$f = -$ [N] (整数)

さて、グループワークで何を行うかは色々考えるところがありました。学生さんが楽しく参加できるようにしたいと思いました。他大学の電気電子での反転授業、本学の反転授業、インターネット関係のハッカソンのグループワークなどを参考にしました。当初、ハッカソンを参考にしたプランを千葉が考え、提案したが、あまり賛同が得られず、もっと簡単などころから学生さんの様子をみて進めた方がよいとのことになりました。

その後、相談して以下の方法で進めました。

1 演習問題を紙ベースで出題し、隣り合う学

没になったグループワーク

ワークシート配布。4人グループになり担当決め、解答原案作成。15分、問題毎4隅に分かれ、同じ問題の人とペア、解答アイデア交換、相手のいいところを見つけ、理由を述べる。「それいいですね。」5分3回、解答修正。

②週：グループ内で発表、ディスカッション、発表者のいいところを記録。ワークシート回覧。15分

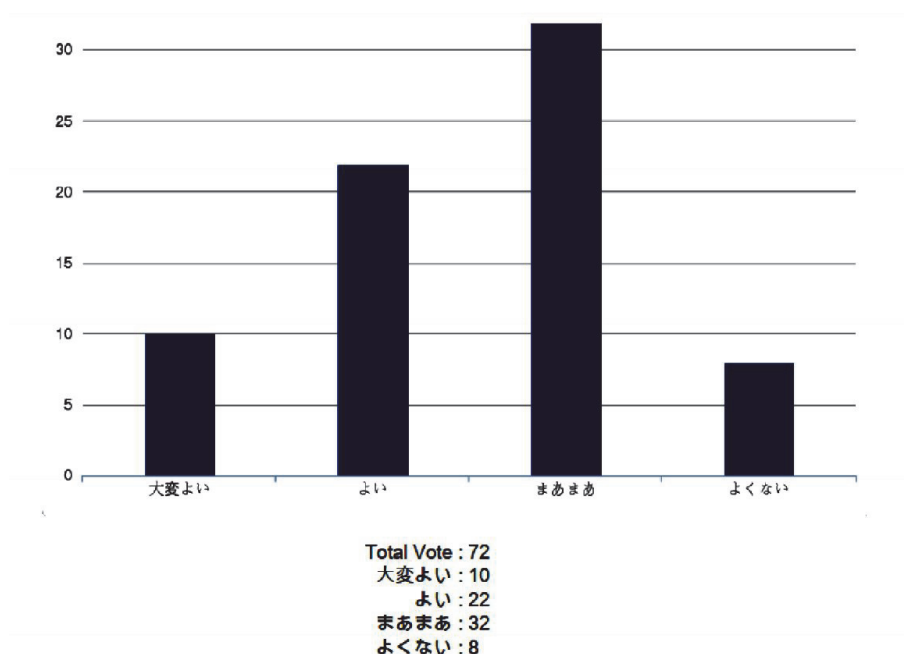
「知識が定着するのは他人に教えるとき」

③週：4隅に集まり、ワークシートを表にする。他の人のワークシートをみて、いいねと思うものに星をつける。星が多い人が前に来て発表する。

生さんで答案を交換して採点する。

2 正誤問題をグループで作成する。

1 はグループワーク未満の印象ですが、隣の人と話すきっかけ作りとして有益ではと思いました。しかし、できる学生は良いが、できない学生は余り良い気持ちはしないです。一方、次回から予習しようとする意欲は出てくとも思いました。受講者の評価は以下のようにまあまあが多いが、よい、大変よいと思う学生さんも多いことがわかりました。



次のステップに進みました。2は、まず、受講者各自にワークシートを渡し、前回から前々回の講義の対象範囲で、3つの正しい文章と1つの間違った文章を受講者が作成します。最初は受講者がひとりひとり考えて原案を作ります。次に4名程度のグループで自分の案を発表します。発表を聞いた人は、どこか良いところを探してコメントするようにします。全員の発表が終わったらグループでとりまとめて一つの問題にして、清書し、提出します。

次回までに、千葉が良くできた問題を数本ピックアップしました。その数本の問題を **Handbook** に入力し、翌週に、試験として受講生に解いてもらいました。受講生は、各問題に1から5の星をつけて、問題がためになったかを評価します。この星付けの平均値が高い問題が最も優れた問題です。**Handbook** の画面では、以下のように受講生の投票によって刻々と評価点が変わっていく様子をリアルタイムで見ることができます。AKBの総選挙のような効果があつて、盛り上がりました。受講生が一番に選んだ問題は、以下のように、奇をてらうことなく率直に間違えている問題でした。その問題を作成したグループを壇上に呼ぶと、喜んで出てきました。うれしそうな笑顔だった。アクティブラーニングのいいところです。どのように問題を作成したのかなどを聞き、握手をするとともに、記念写真を撮影しました。

グループ #

電気機器学 第5回 ワークシート

千葉

今回と前回の授業でリアクトル、電磁力の学修が修了するにあたり、グループとして正誤問題を作成せよ。

【例】

可飽和リアクトルに関して述べた以下の文章から、誤っているものを1つだけ選べ。

- ① 可飽和リアクトルの磁化特性を「角型磁化特性」とよぶ。
- ② 磁束密度が高くなり、磁気飽和するとインピーダンスは小さくなる。
- ③ 極力ギャップを小さくし、また、透磁率が高い磁性材料を適用する。
- ④ 電源と電球の間に可飽和リアクトルを挿入すると、電球が明るくなる。

答え_____理由：_____

誤っているものを一つだけ選べ。

[illegible]

解答： 誤っているのは

11

理由：

理由：

学籍番号 氏名

学籍番号 氏名

学籍番号 氏名

学籍番号 氏名

翌々週も出題範囲を変えて以上のグループワークを繰り返しました。今度は一番になりたいと思うグループも多く、熱心に問題作成に取り組んでいました。

なお、受講者もあまりグループワークを行ったことがないようで、賛否両論のコメントが多数アンケートに書き込まれました。反対の学生さんからのコメントに回答する努力を続けることにより、自分がなぜグループワークが必要と考えているのかがはっきりするようになりました。

没になったハッカソン形式のグループワーク、答案を交換するだけのグループワーク、2度行ったワークシートのグループワーク、その他さまざまな形態があるなかで、受講者数、講義室の形状、講義内容によって適切なものを創造してゆくことが重要であり、今後の課題であると思います。

第3回授業分



第1問目から第4問目の星が投票によって変化してゆく様子。

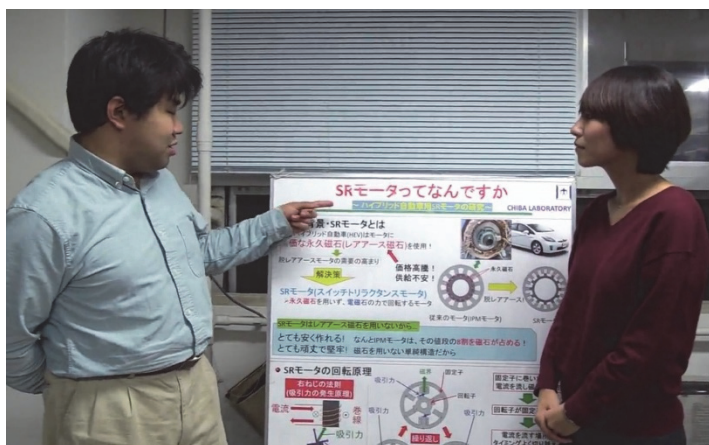
漏れ磁束によって生じる漂遊負荷損は銅損と同様に負荷損である。

鉄損の大きさは鉄心の質量に比例する。

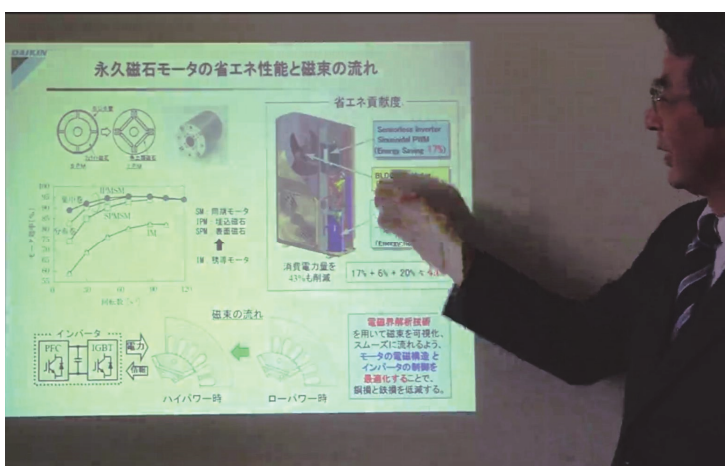
銅損の大きさは負荷電流の2乗に比例する。

ヒステリシス損は、一次電圧に比例する。

最も評価が高かった問題 誤りがあるのは4番目 正しくは「自乗に比例する。」



研究室のスタッフによる今日の電気機器を紹介するインタビュービデオ



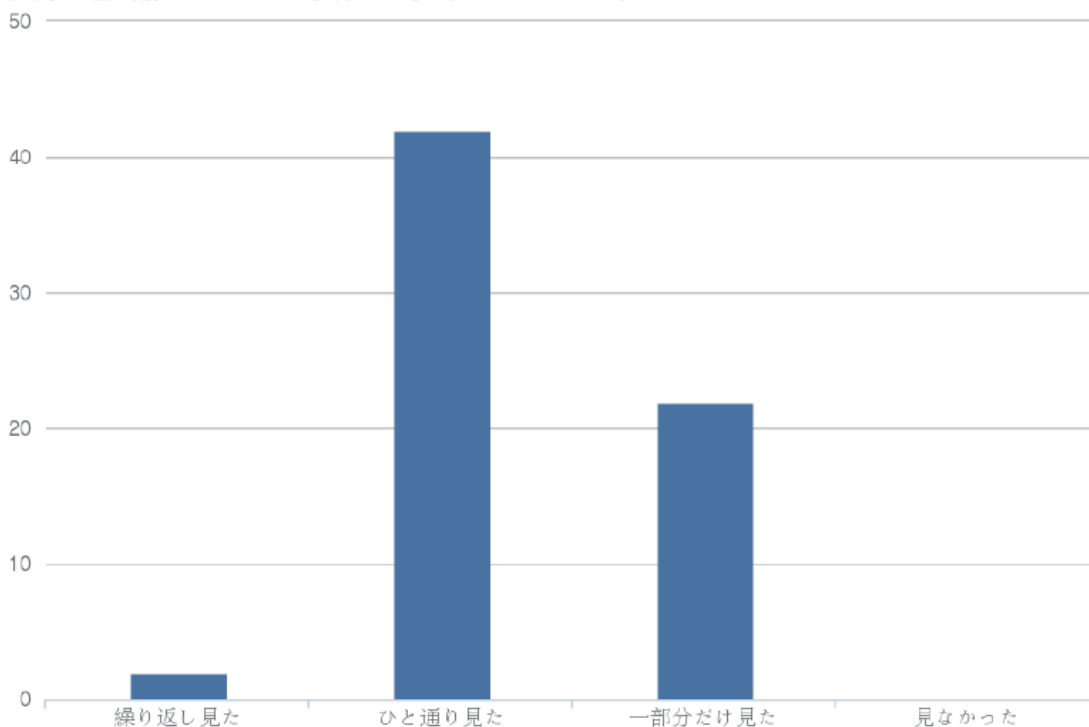
卒業生による電気機器の紹介

なお、予習ビデオは千葉がテキストなどに音声とともに Metamoji で手書きを加え、さらに、受講者と年齢が近い研究室の学生さんに、その日のトピックに関連する電気機器の紹介を一分ほど挿入しました。たとえば、変圧器の講義の際には、実際に実験で使っている変圧器の説明を大学院生にしてもらいます。その際、インタビューを行う対話形式としました。インタビューする学生さんは毎回同じで、だんだん上手になってきました。ビデオカメラ、マイクなどは教育革新センターでレンタルできました。

最後の一回だけ一流企業の役員に登場いただいた。モータドライブの高効率化において多大な貢献のある方で、トップランナー競争の中で会社を成功に導いた卒業生です。学生さんから以下の書き込みがあった。「最後の企業の方の話は非常におもしろかった。こういった方をお呼びするのは難しいと思いますが、またこんなかんじの動画を作って頂けたら幸いです。」

また、予習ビデオを見てきているかどうかは毎回アンケートをとり、見ることを奨励した。徐々に予習する学生さんが増えてきた。以下はアンケートの集計とフィードバックである。今回からアンケート集計結果にコメントを入れることにした。授業スタッフからのフィードバックである。

質問 3: 講義前までに今回の予習ビデオを見てきましたか。



Total Vote : 66
 繰り返し見た : 2
 ひと通り見た : 42
 一部分だけ見た : 22
 見なかった : 0

「見なかった」がついにゼロになりました！が、一部分だけという人が結構多いですね。空いた時間に 1 セクションずつ見てみては？ほんの数分ですよ！

以上。