

自宅実験によるオンライン型 回路演習

京都大学工学部電気電子工学科

久門 尚史

電気電子回路演習(2回生130名・必修)

- 1回生で修得した知識を結びつけて理解
 - 微分方程式、線形代数、電磁現象と親しむ
 - 自ら課題設定できる？
- リテラシー
 - 個人PCで数値計算, シミュレーション, 回路実験、レポート作成
 - 手足のように自由に操れる？
- グループで協力
 - 発表会も
 - 議論で新たに何かを導き出せる？

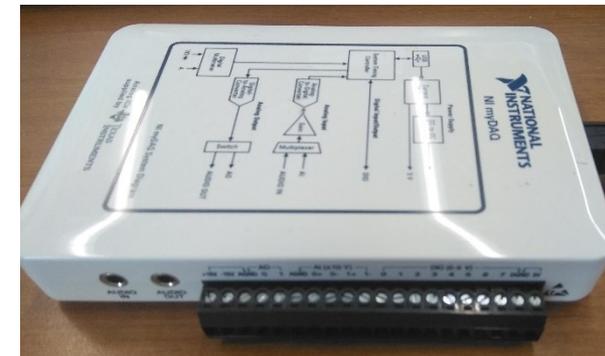
5年前から実施

オンライン環境における実験

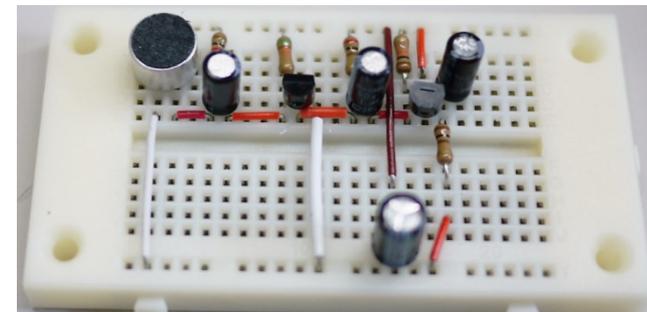
- 自宅実験
 - PCを中心にしたUSB実験装置
信号発生、オシロスコープ、電源、
周波数分析、伝達関数、
ネットワークアナライザ、
ロジックアナライザ、などが一つに
 - 実験対象も触れる
 - 部品キットWEB販売
 - ブレッドボード
 - 時間に制約されず
 - 各種DIY実験も
- オンライン実験
 - 通常の装置を教員が操る
 - 遠隔操作もあり
 - 実験対象は触れない



myDAQ



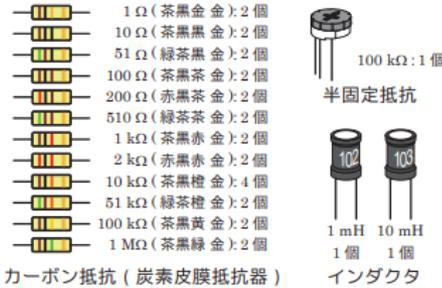
ブレッドボード



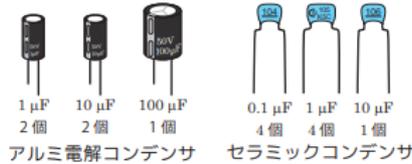
- 部品キット
- 生協店頭
- WEB販売

パーツセット内容

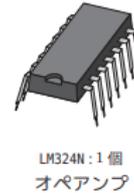
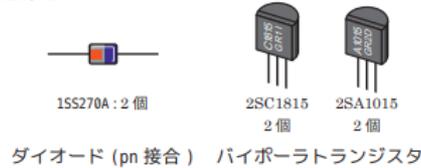
受動素子



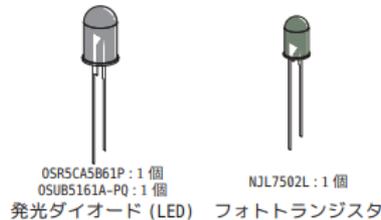
カーボン抵抗 (炭素皮膜抵抗器)



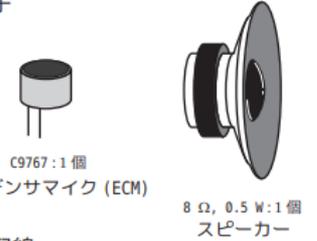
能動素子



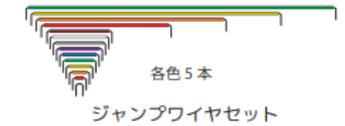
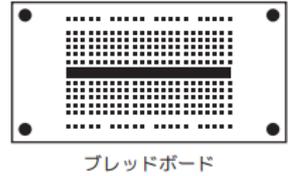
発光・受光素子



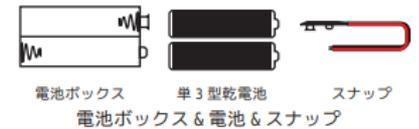
音響素子



基板・配線



その他



全体構成



例年の風景



- 対象: 2回生前期

- 木曜3・4限
- 教員: 5名
- TA: 6名
- 学生: 4名程度x36班

- 毎回の演習の構成

- 事前課題(1コマ): 自宅で学習、PandA にアップロード
- 講義(0.5コマ): 課題設定へのガイド(全体でZoom)
- 演習(1.5コマ): 発展課題を自由に設定、実行(班でZoom)
- 発展課題(1コマ): 自宅で仕上げ

- レポート(全3回)は自宅から PandA にアップロード

- テーマは自由: 刺激になるものは PandA で公開

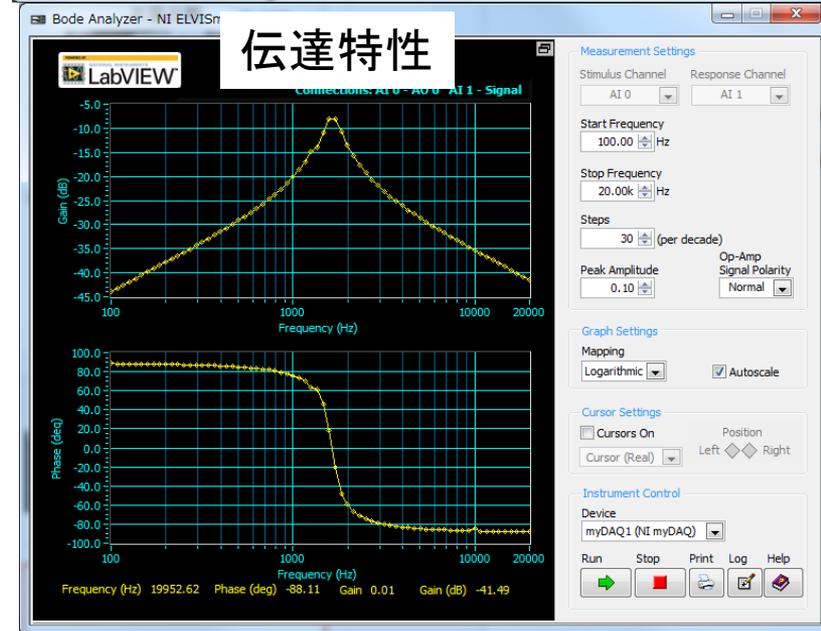
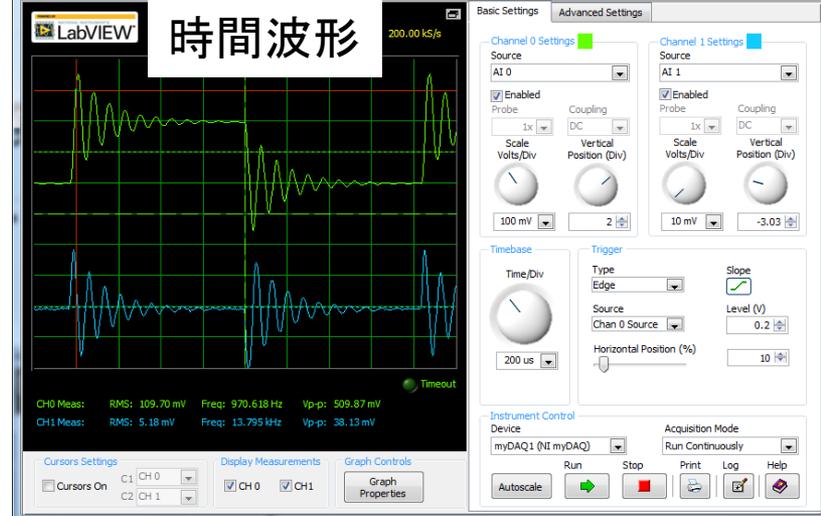
- オフィスアワー

- Zoomブレイクアウトセッションで、TAと1対1

例年とほぼ同じ

演習内容

- 1回生で既習のものを結びつける
 - 時間領域
 - 周波数領域
 - 入出力特性(伝達特性)
 - 能動回路
- ツール
 - LTspice(フリー): 回路シミュレータ
 - Octave(フリー): 数値計算ツール
 - USB実験装置(宅配): 回路実験



2020年度スケジュール

- 4月09日 : 1. spice, octave動作確認
- 4月16日 : 2. 時間領域 spice、部品キット購入
- 4月23日 : グループ討論、発展課題の設定練習, myDAQ/AD2配布
- 4月30日 : 3. 時間領域 octave
- 5月07日 : レポート課題設定練習、レポートの書き方
- 5月14日 : 4. 周波数領域 spice、第1回レポート締切
- 5月21日 : 5. 入出力特性 spice
- 5月28日 : 6. 増幅 spice、第2回レポート締切、発表会課題発表
- 6月04日 : 7. 帰還 spice

- 6月11日 : 第3回レポート締切、発表課題決定、部品配布1
- 6月25日 : 8. 時間領域実験、部品配布2
- 7月02日 : 9. 周波数領域実験、10. 入出力特性実験
- 7月09日 : 11. 能動回路実験、プレゼン準備
- 7月16日 : 発表会

発表会準備は4回

発表会

- 課題: **日本のコインの識別**
- 各班どちらかにエントリー
 - 部品キット部門
 - キットの部品のみ
 - 追加部品部門
 - 各自購入 または 教員控室部品2回の郵送
- Zoom発表会
 - 2並列セッション
 - 形式
 - 時間: 5分
 - Zoomの画面共有を用いてライブで行う
 - スライド5枚(1枚表紙)、一人一枚分しゃべる
- 表彰
 - 学生全員が各セッションすべての発表を評価、集計
 - 優秀班に学科長表彰

発表タイトル

第1セッション

- キット 2つのLEDの光り方で硬貨を判別する
- キット 共振回路の電圧の変化に注目したコインの識別
- キット 反射光を用いたコインの識別
- 追加 紫外線センサを用いた硬貨の識別
- キット 結合共振によるコイン識別
- キット LCR直列共振回路によるコインの識別
- 追加 人はコロがって学ぶ
- 追加 実質的にLCRのみで硬貨の識別
- 追加 穴発見器
- キット ボルタ式コイン判別法
- キット フォトランジスタを用いた非接触コイン識別機
- 追加 硬貨の体重計
- 追加 圧力センサを用いたコインの識別
- キット 遮断効果を利用したコイン識別
- キット インダクタの結合係数の変化を利用したコイン識別回路
- キット 硬貨の落下音による種類の判定
- 追加 電圧ラダーを用いたコインの識別
- キット ECMで利きコイン 第2グループ 班 部門 タイトル

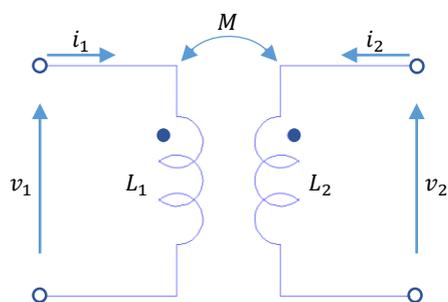
第2セッション

- 追加 金属探知機の原理を応用したコインの識別
- 追加 共振回路を用いたコインの判別
- 追加 圧力センサを使ったコイン識別
- キット 【つくってみた】全自動コイン完全識別装置【インダクタ】【差動増幅】
- キット 自作コンデンサを用いたコインの判別
- キット 変圧器を利用したコインの識別
- キット 照度による硬貨のサイズの識別
- キット 結合共振回路を用いたコインの識別-及びフォトランジスタを用いたコインの識別
- 追加 LEDによるコイン判別回路-お金を落とすだけなのの一
- 追加 三つの回路を用いたコイン識別
- キット これって何円玉？ってことあるよね
- キット データを見なくていい！光と音で全種類判別！
- キット インダクタを用いたコインの識別
- 追加 圧力素子を用いたコイン識別
- 追加 音によるコインの識別
- 追加 圧力センサを用いたコインの識別
- 追加 光の反射率の差によるフォトリフレクタを用いたコイン識別回路

【つくってみた】全自動コイン完全識別装置

【インダクタ】【差動増幅】

原理



トランス

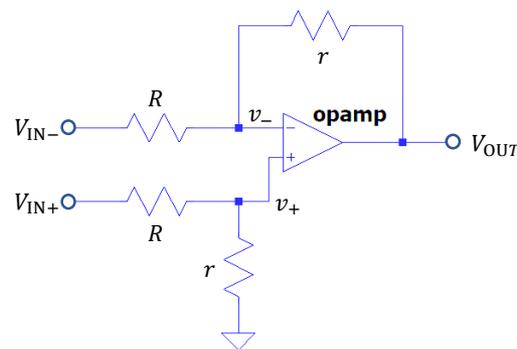
$$k = \frac{\varphi_{21}}{\varphi_{11}} = \frac{\varphi_{21}}{\varphi_{11}' + \varphi_{21}} = \frac{M}{\sqrt{L_1 L_2}}$$

$$v_2 = M \frac{di_1}{dt} + L_2 \frac{di_2}{dt}$$

$$v_1 = L_1 \frac{di_1}{dt} + M \frac{di_2}{dt}$$

k : 結合係数
 φ_{11}' : 漏れ磁束
 φ_{21} : 共通の磁束

漏れ磁束 φ_{11}' が変化すると、 $L_1 L_2$ は不変だから、 M が変化する。



差動増幅器

$$v_+ = \frac{r}{R+r} V_{IN+}$$

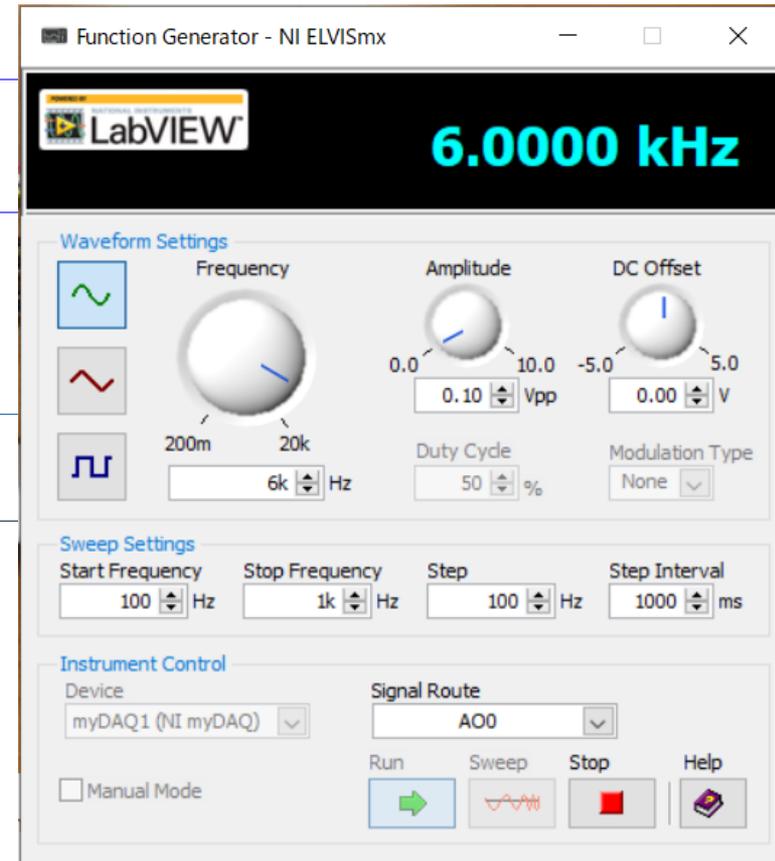
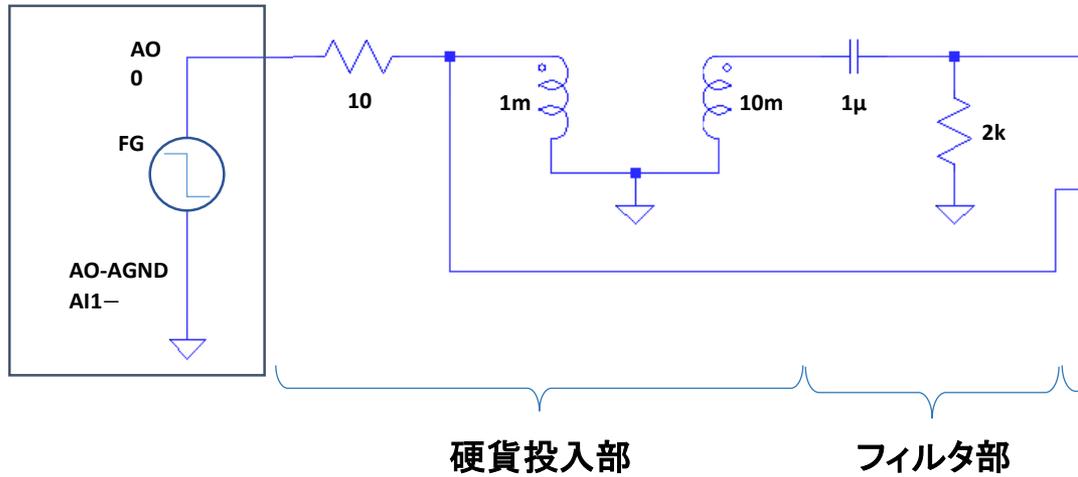
$$\frac{V_{IN-} - v_-}{R} = \frac{v_- - V_{OUT}}{r} \quad \therefore v_- = \frac{r V_{IN-} + R V_{OUT}}{R+r}$$

オペアンプの仮想短絡を想定すると、

$$v_+ = v_- \quad \therefore V_{OUT} = \frac{r}{R} (V_{IN+} - V_{IN-})$$

入力電圧の差分を r/R 倍できる。

実験装置



GNDは全て共通でAO-AGND

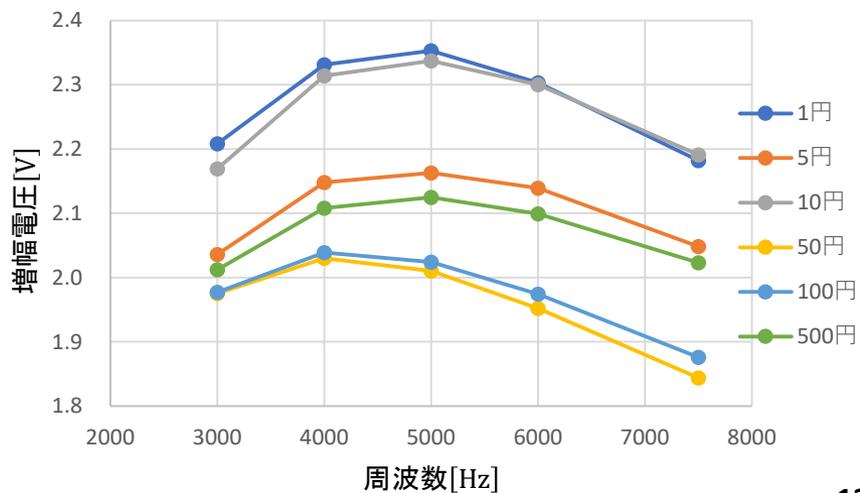
フィルタとして機能し、ノイズを軽減

3000、4000、5000、6000、7500 [Hz]で測定

結果・結論

周波数を変化させたときの各硬貨に対する増幅電圧

周波数[Hz]	V_1 [V]	V_5 [V]	V_{10} [V]	V_{50} [V]	V_{100} [V]	V_{500} [V]
3000	2.208	2.036	2.169	1.975	1.977	2.012
4000	2.331	2.148	2.314	2.030	2.039	2.108
5000	2.353	2.163	2.337	2.010	2.024	2.125
6000	2.303	2.139	2.300	1.952	1.974	2.099
7500	2.182	2.048	2.191	1.844	1.876	2.023



硬貨識別プログラムの流れ

3000、4000、5000[Hz]で
各硬貨の増幅電圧を測定



3つの増幅電圧値の和を計算

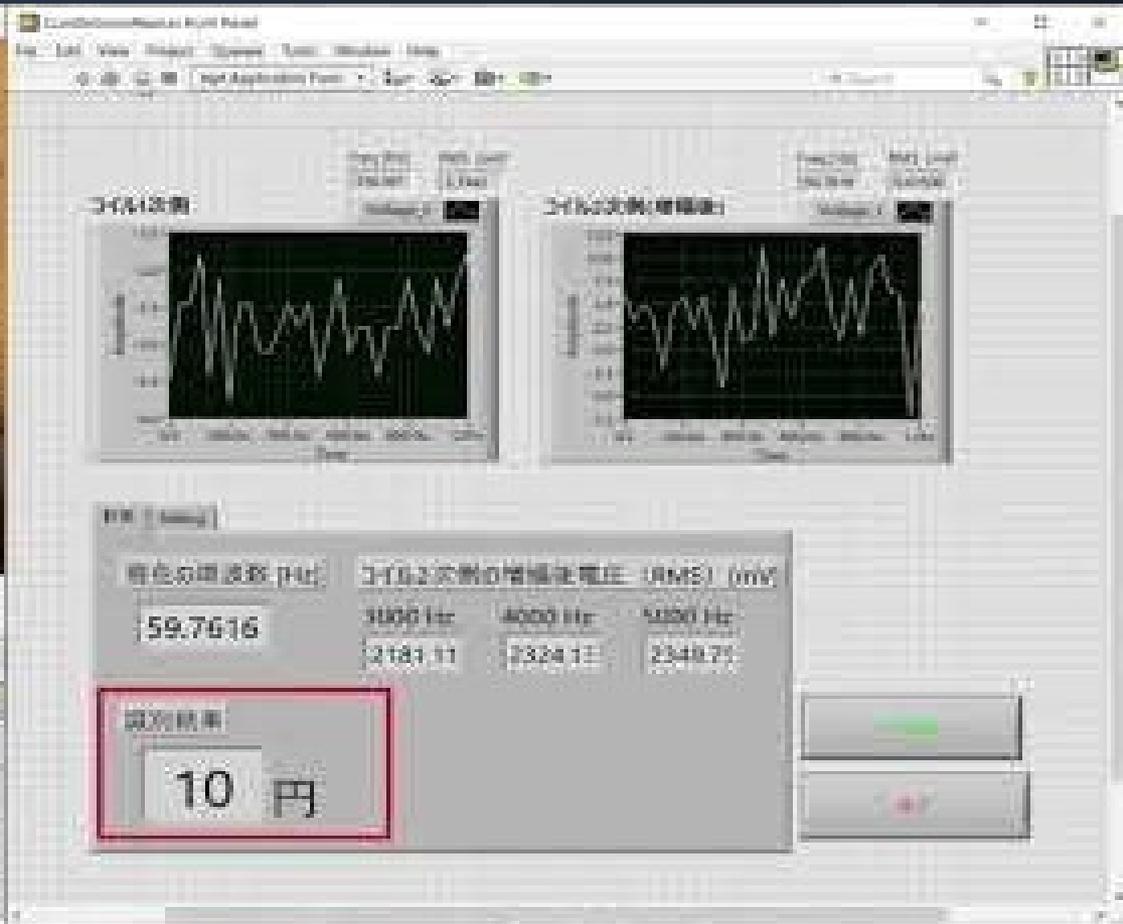


電圧和が収まる範囲によって判別



6種類全ての硬貨を自動で
精度良く識別できた

デモンストレーション



ある学生の感想

私たちの班はインダクタの結合係数の変化を使ったコイン識別装置を設計した。

今まで与えられた回路を解析したり改良したりしてきたが、テーマが与えられてそれを実現する回路を1から設計するのは初めての試みであったためとても楽しめた。

Spice上では動く回路でも実際にブレッドボード上で組むと思うように動かなかったり、動いても理想と離れていたりとデバッグがとても大変で回路設計者の苦悩の一片を知ることができた。

一方で、根気強くメンバーと協力しながら回路を改善していき、うまく動くようになった時の感動はすさまじくチームとしてのミッション達成の素晴らしさも体験することができた。

その他、私はソフトウェアよりの人間なので自動的にコインの識別結果を表示するプログラムを作成した。

ソフトウェアだけでなくハードウェアも設計できて、なおかつ両方が見事に動作してくれた時の感動は筆舌に尽くしがたかった。今でも忘れられない瞬間だった。

2回生のうちから回路設計を勉強し、実際に回路を組む機会を与えてくれて電電に入ってよかったと心から思った。

まとめ

- 自宅に実験環境
 - PCをベースにした実験装置
- オンラインでグループ活動、発表会
 - 完全オンラインでも積極的な取り組みが見られた
 - より大規模でも可能