

黒板実験を通して見えてきた

講義と実験の融合

兵庫県立小野工業高等学校

定時制課程 理科（物理）

藤原 頌

本日の内容

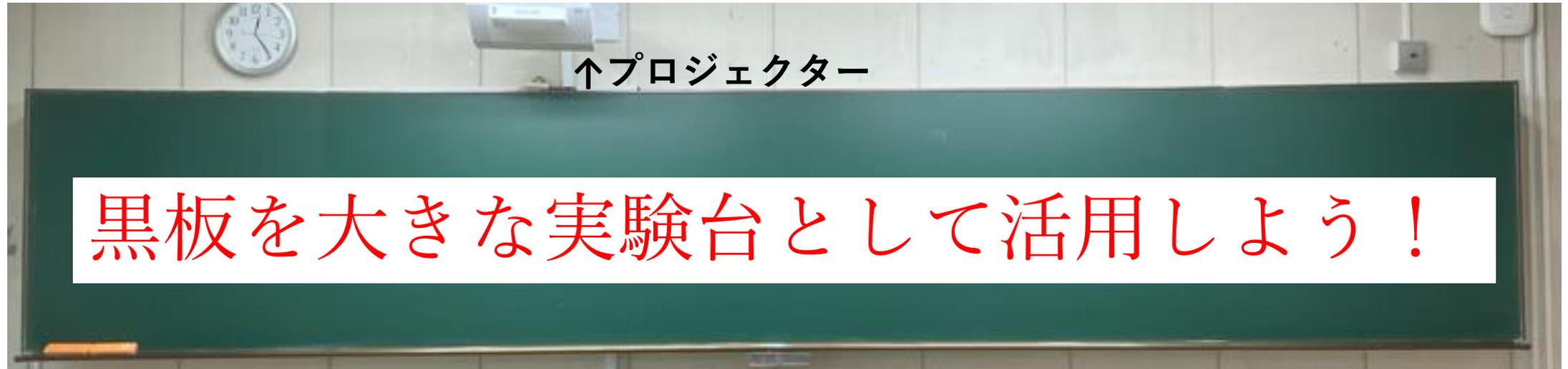
1. 黒板実験について
2. 黒板実験の事例
3. 授業アンケートの結果
4. これから求められる物理教育とは

1. 黒板実験について

黒板実験とは？

定義

黒板に回路素子などの器具を磁石で貼りつけて行う実験

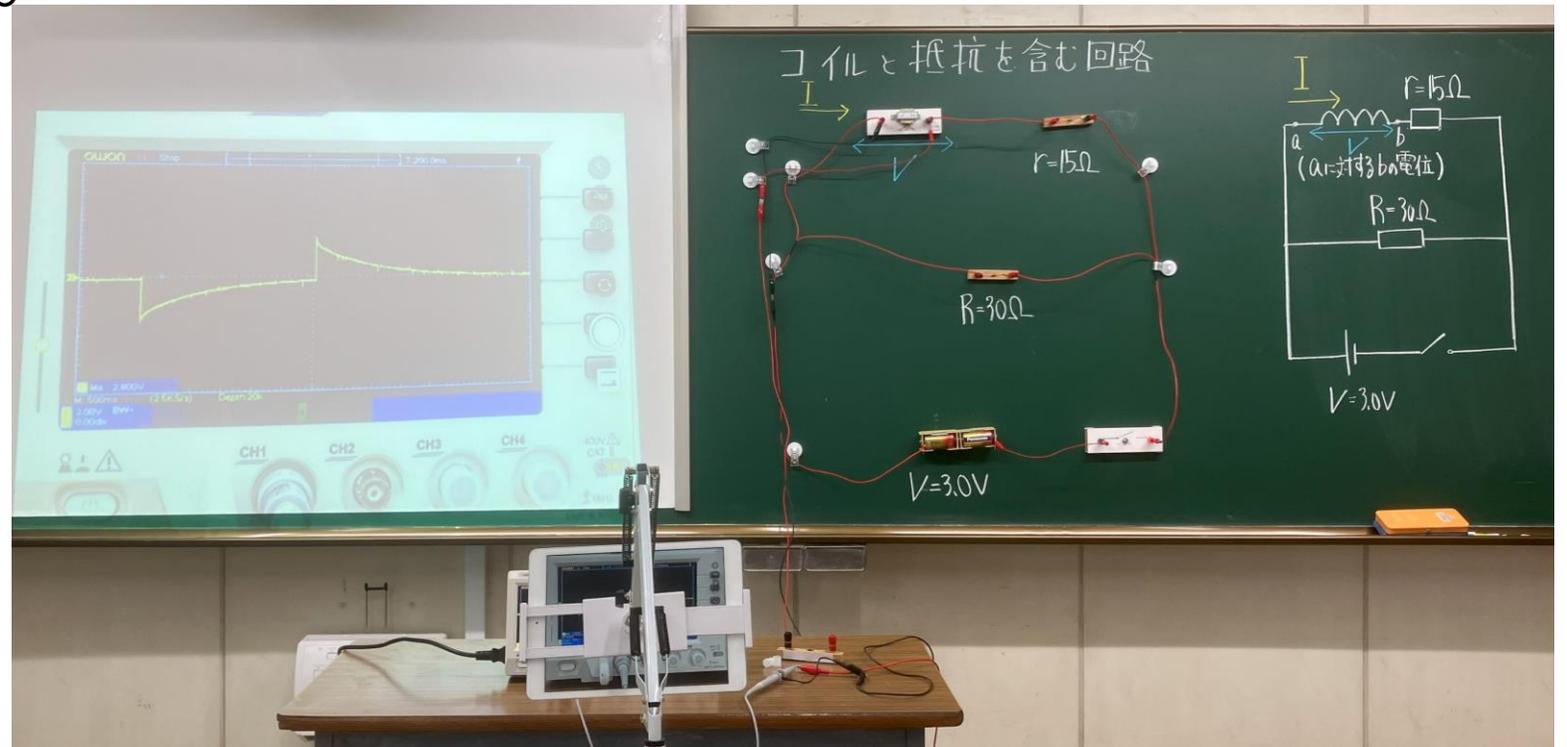
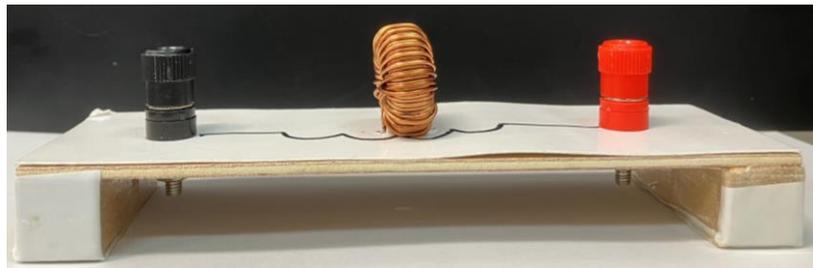
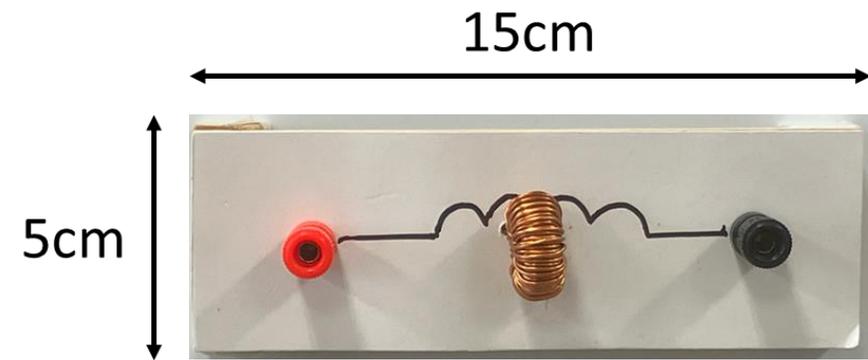


★私の着眼点

- ・ 黒板は広く、高い位置にあるので、見えやすい。
- ・ 黒板が大きな実験台として活用できるため、工夫次第で自由自在である。
- ・ ICT機器を効果的に活用すれば、より良い授業になるのではないか。

★工夫をしたところ

- ① 回路素子、実験器具をできるだけ見える形でつくる。
- ② 講義の中で、生徒が考えながら実験を観察できるようにする。
- ③ ICT機器を効果的に活用して、スクリーンに測定値をリアルタイムで可視化する。

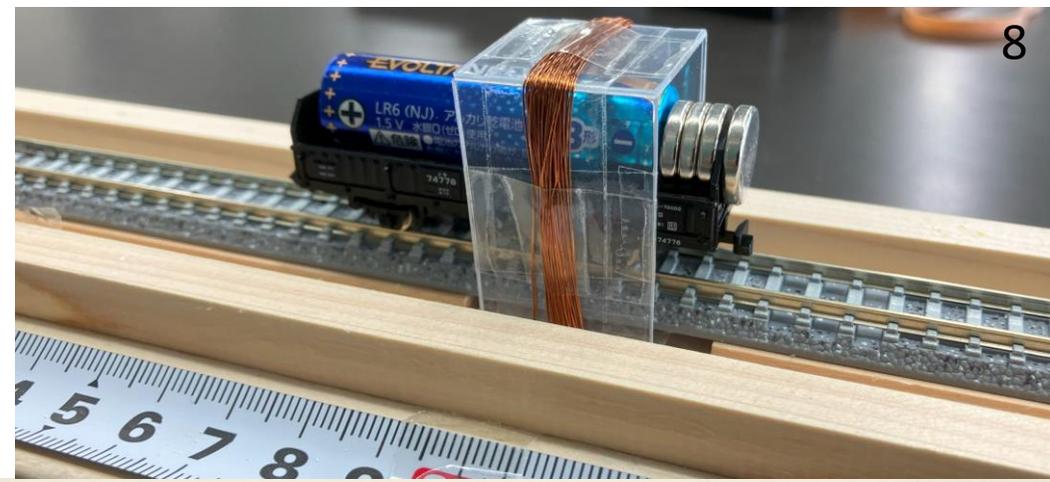


2. 黒板実験の事例

力学編冊

等加速度直線運動

トミックスのN型ゲージレールと貨車を力学台車の代用品として使用する。ビースピ（速度測定器）が使える。さらに、移動距離が時間の二乗に比例することを、電磁誘導を利用して示す。



0.100m

0.400m

0.900m

1.60m

① 0.50m/s

1.00m/s

1.50m/s

2.00m/s



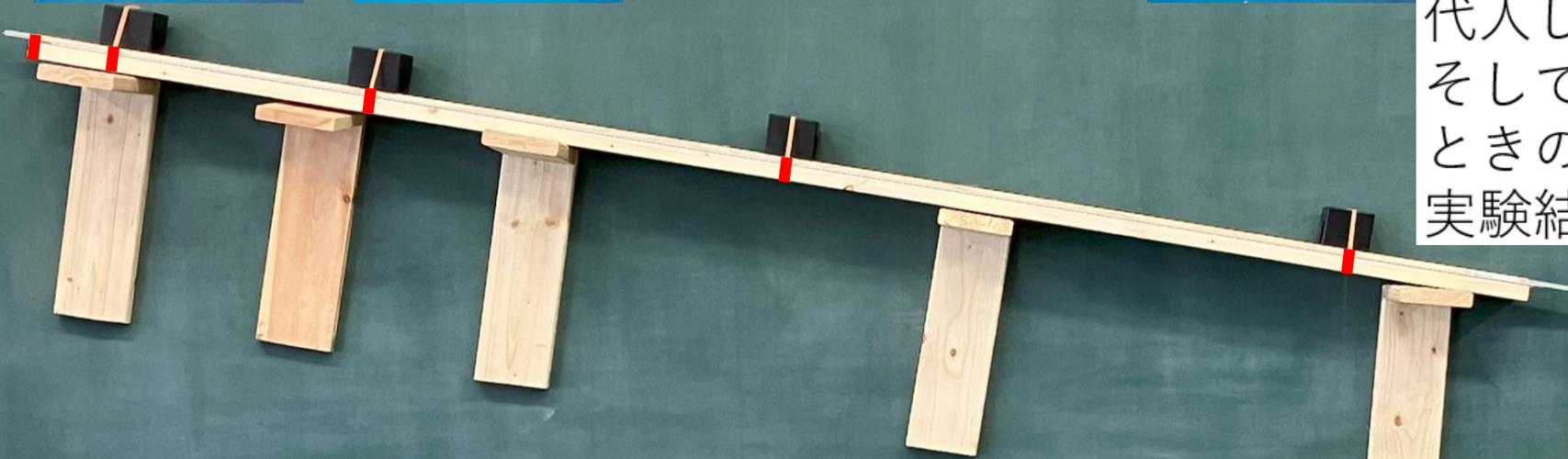
時間間隔がわかりやすいようにするため、 $\Delta t = 0.400\text{s}$ とする。

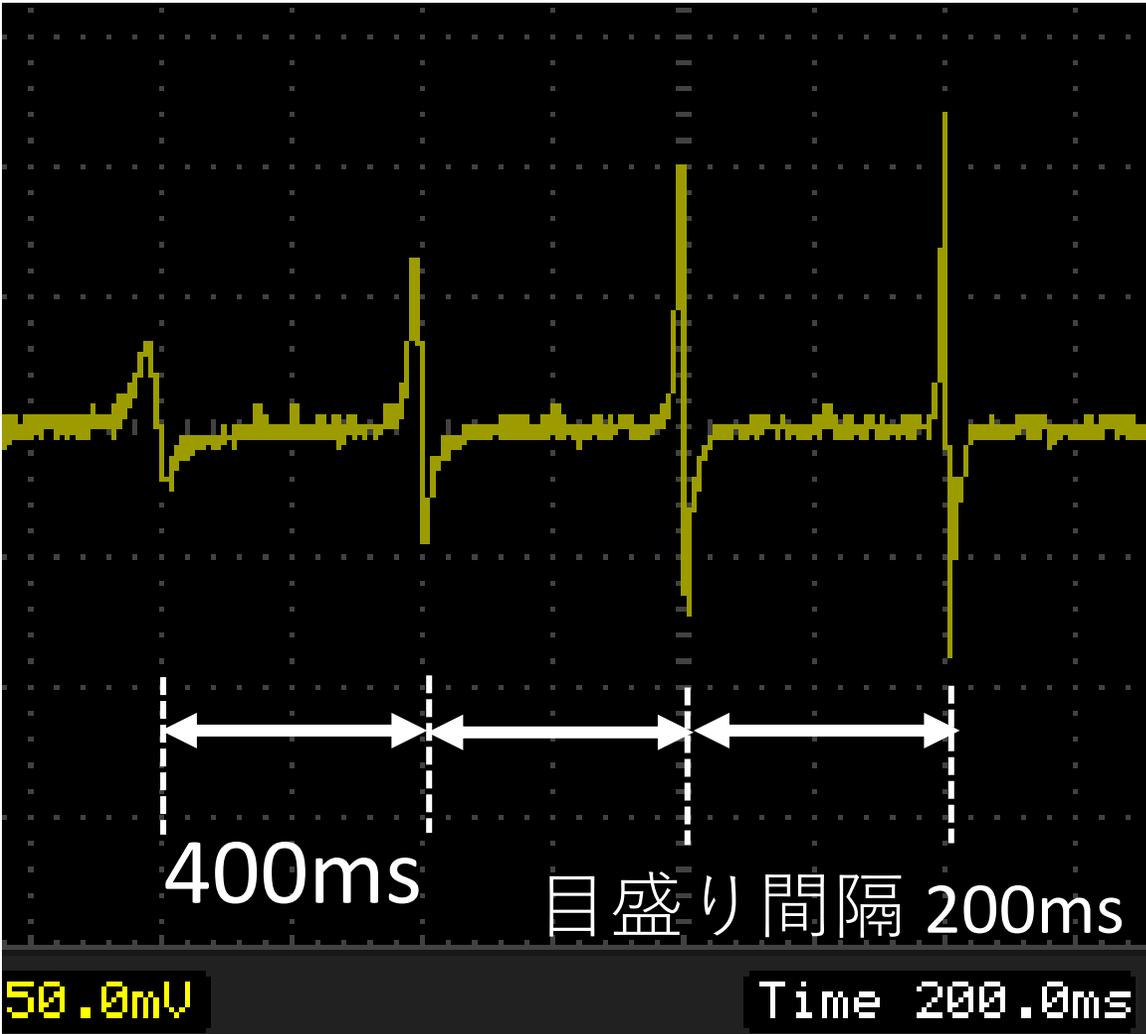
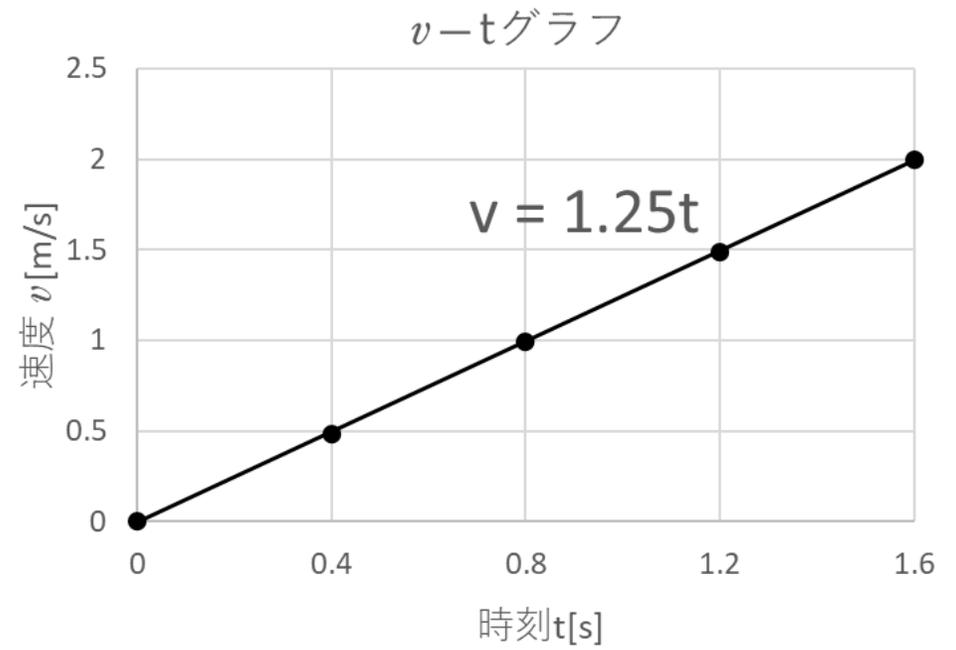
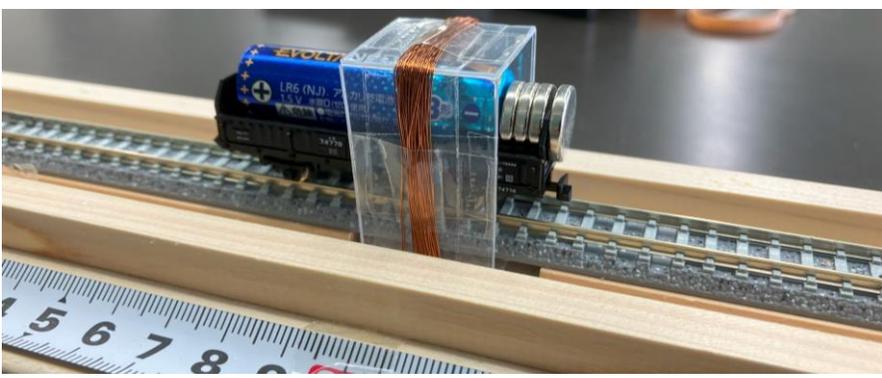
$x = \frac{1}{2}at^2$ に $x = 0.100\text{m}$ 、 $t = 0.400\text{s}$ を

代入して、加速度 a を求める。

そして、それぞれの位置を通過するときの速さを考えさせる。

実験結果に生徒は感動する。





阿部科学教育アーカイブス

所在地：三重県津市中央5-14
 電話：059-228-4746
 代表：阿部 幸夫
 メール：abekagaku@gmail.com

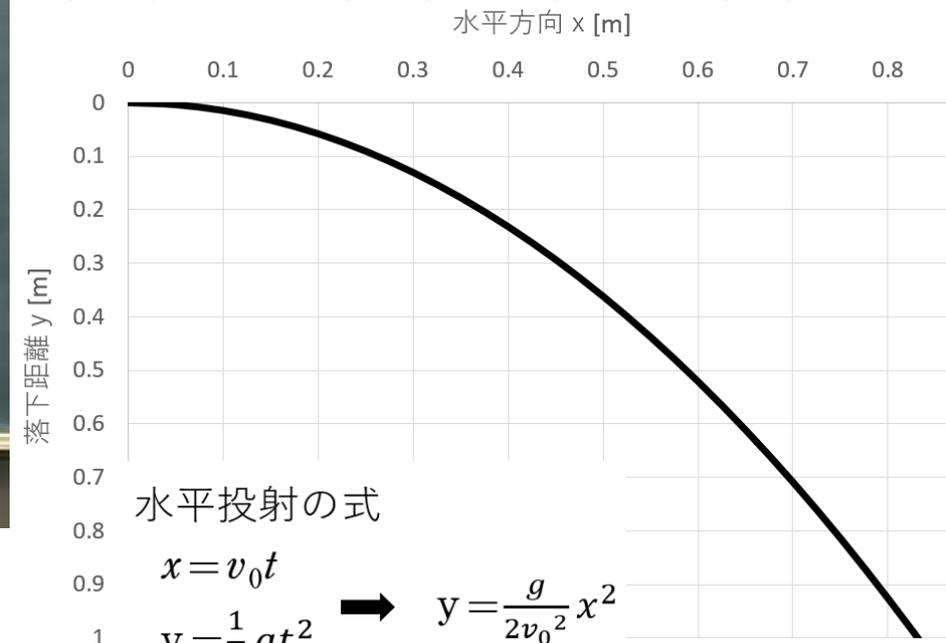
阿部科学教育アーカイブのHPを参考にして、製作した。貨物車に、ネオジム磁石と単三電池を乗せる。電磁誘導により時間を測定することを追加した。

水平投射

初速度：**1.84** m/s

水平距離 x [m]	落下距離 y [m]	
0.10	0.014	1.4 cm
0.20	0.058	5.8 cm
0.30	0.130	13.0 cm
0.40	0.232	23.2 cm
0.50	0.362	36.2 cm
0.60	0.521	52.1 cm
0.70	0.709	70.9 cm

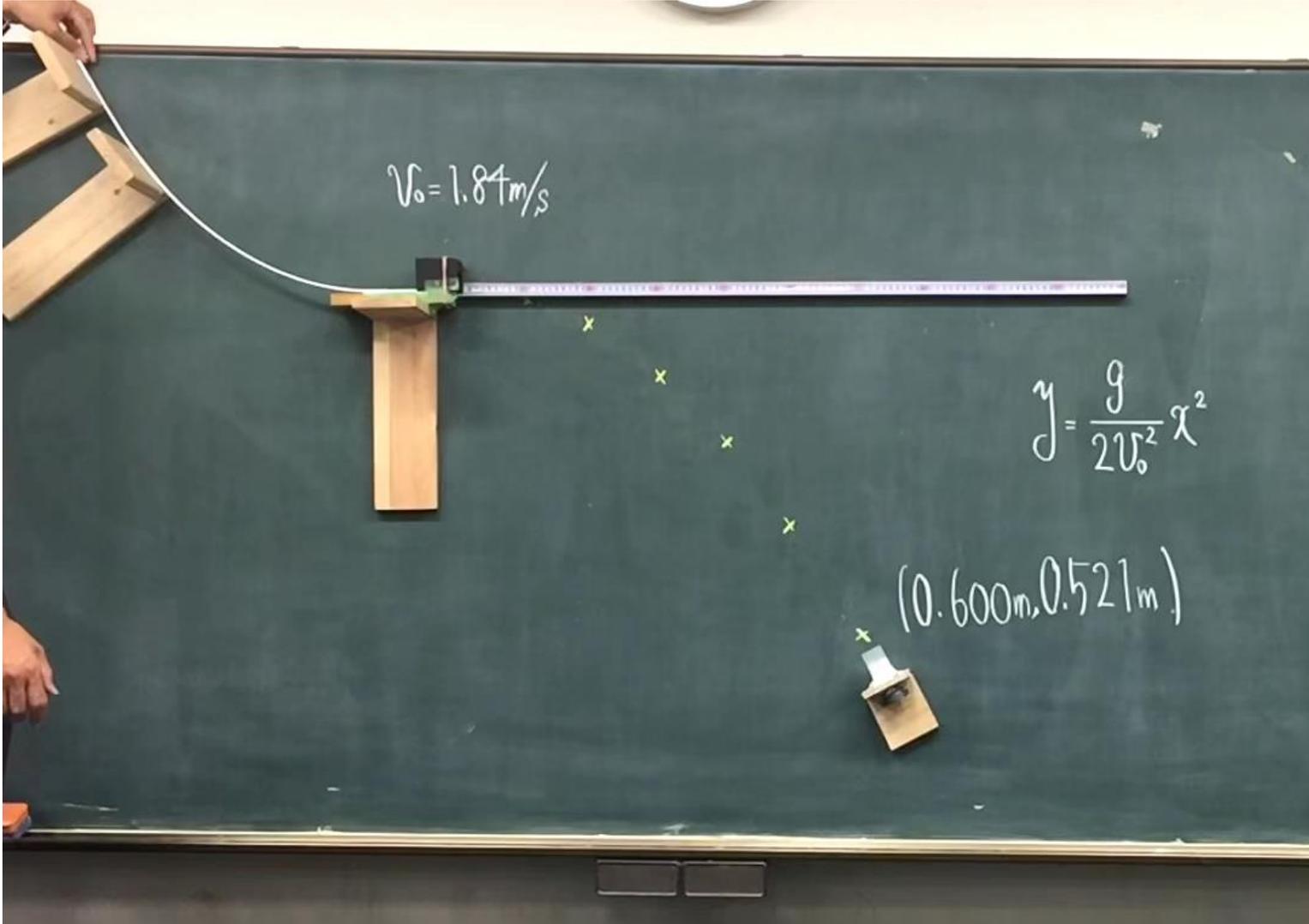
定数 $\frac{g}{2v_0^2}$ 1.45



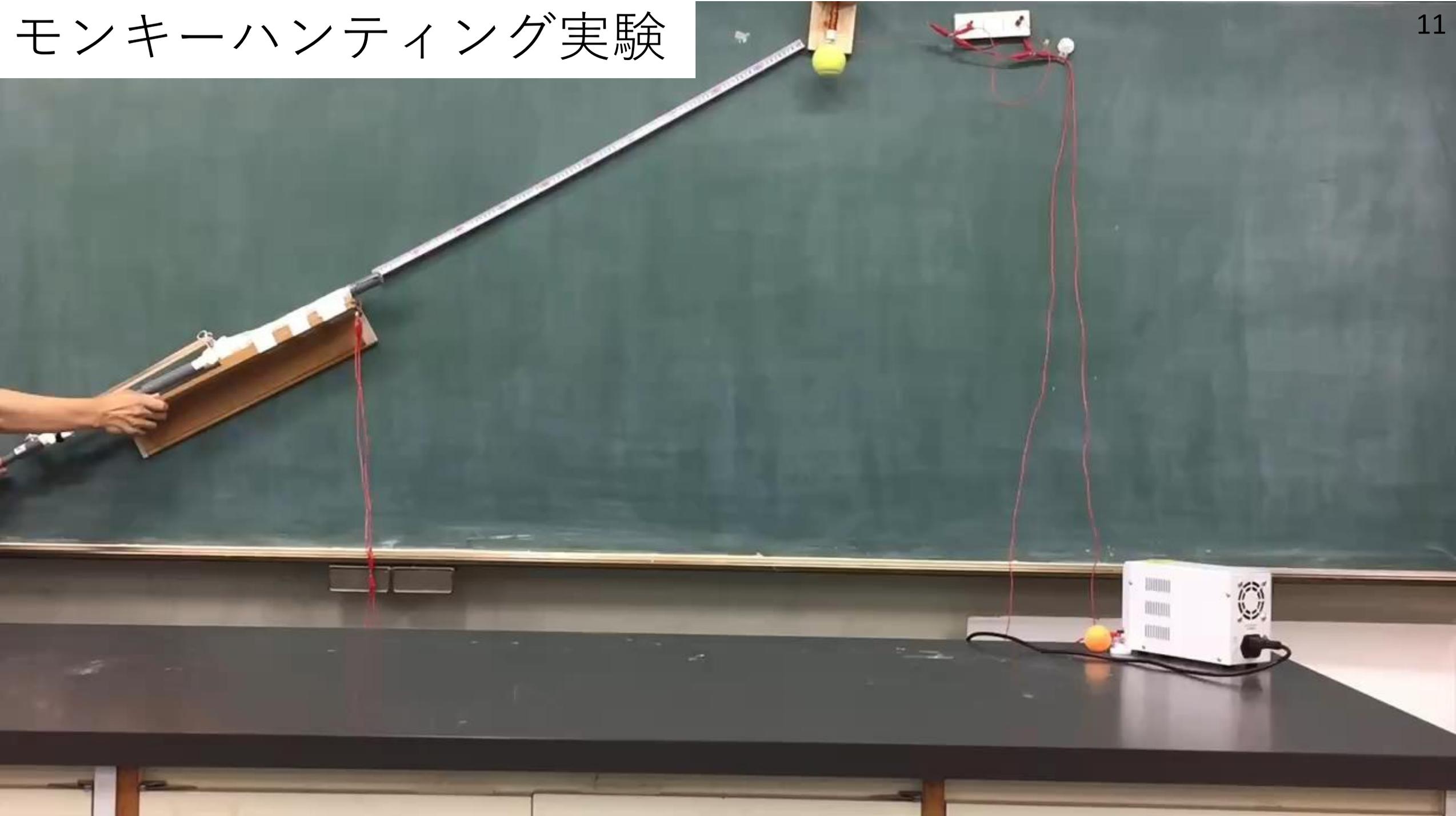
$$v_0 = 1.84 \text{ m/s}$$

$$y = \frac{g}{2v_0^2} x^2$$

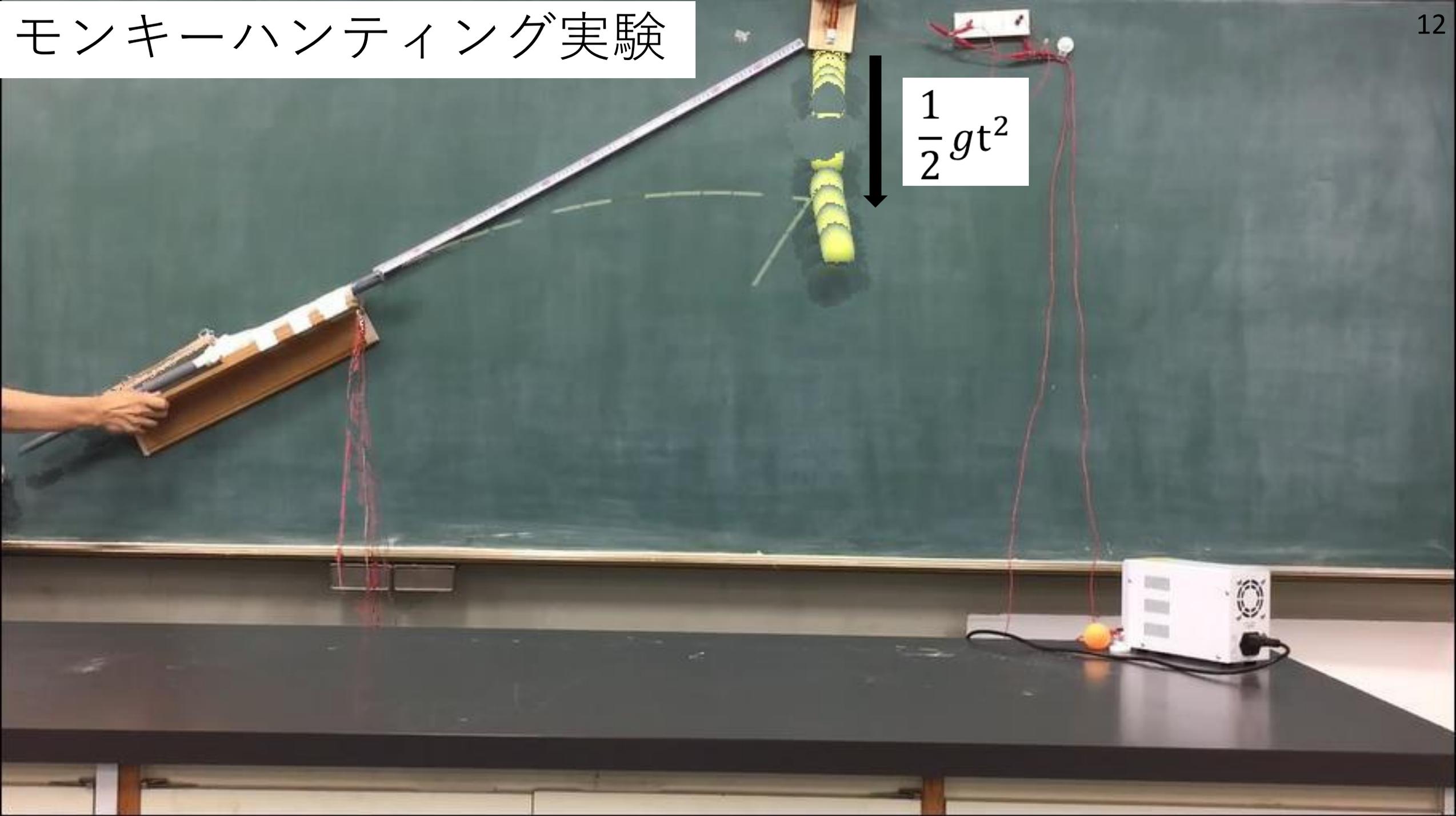
(0.600m, 0.521m)



モンキーハンティング実験



モンキーハンティング実験



力学的エネルギー保存則

力学的エネルギー保存則

$$h_1 = 0.80\text{m}$$

$$\circ \downarrow v_1 = 1.95\text{m/s}$$

0.195 m/s

$$\frac{1}{2}mv_1^2 + mgh_1 = \frac{1}{2}mv_2^2 + mgh_2$$

を確かめてみよう

$$h_2 = 0.20\text{m}$$

$$\circ \downarrow v_2 = 3.90\text{m/s}$$

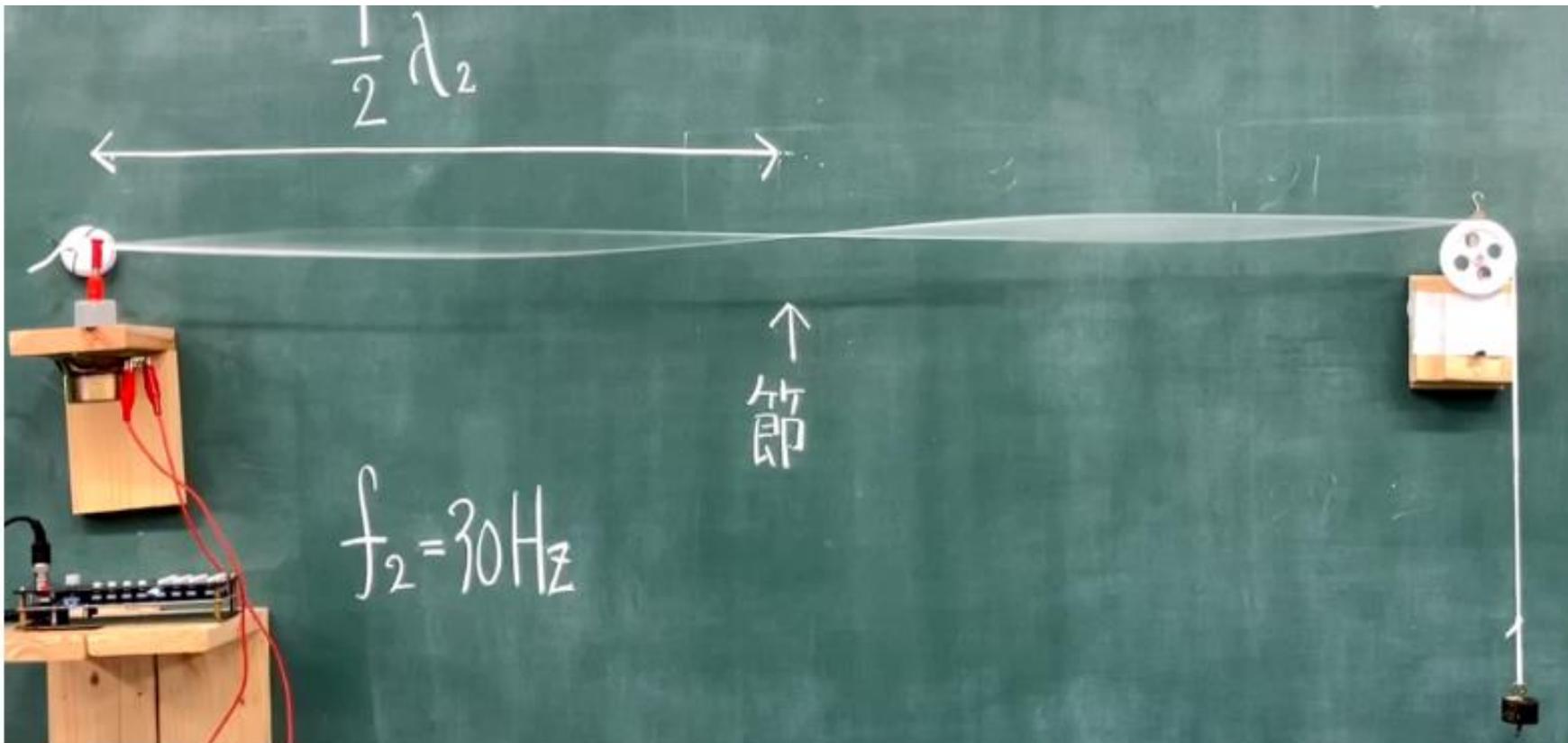
0.390 m/s

基準 $U=0$

質量 0.050 kg		重力による 位置エネ ルギー	運動エネ ルギー	力学的エネ ルギー 保存則
高さ	速度 [m/s]	U [J]	K [J]	E=U+K
1.0	0.00	0.490	0.000	0.490
0.80	1.95	0.392	0.095	0.487
0.20	3.90	0.098	0.380	0.478

波動編冊

弦の定常波



周波数発振器



入力
AUX端子

パワーアンプ



出力
バナナプラグ

スピーカー



音波の干渉実験

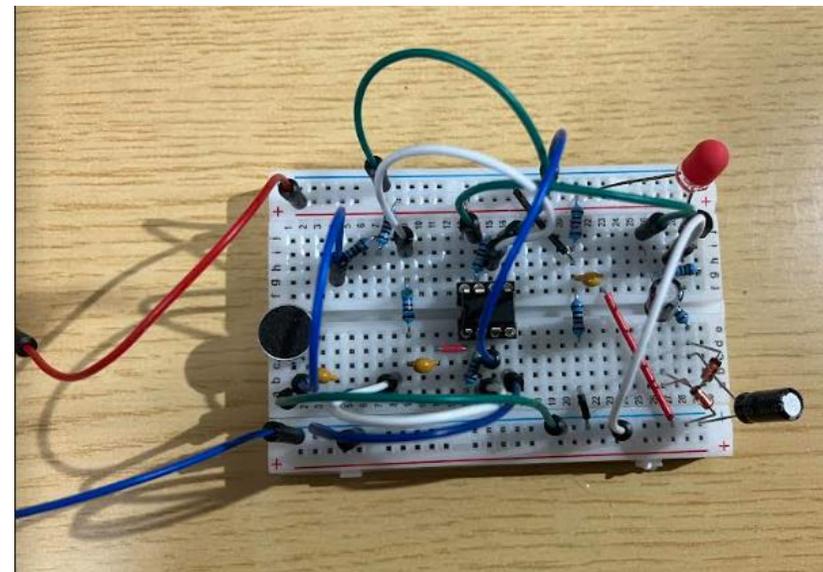
沖縄県の渡久平（とくひら）先生が提案されたセンサーを製作して、黒板実験に活用

高校物理

音を光に変換するセンサーを用いた授業展開



沖縄県立向陽高等学校 渡久平 元 *



この回路図をもとに、ブレッドボードで試作して、音センサーを製作した。

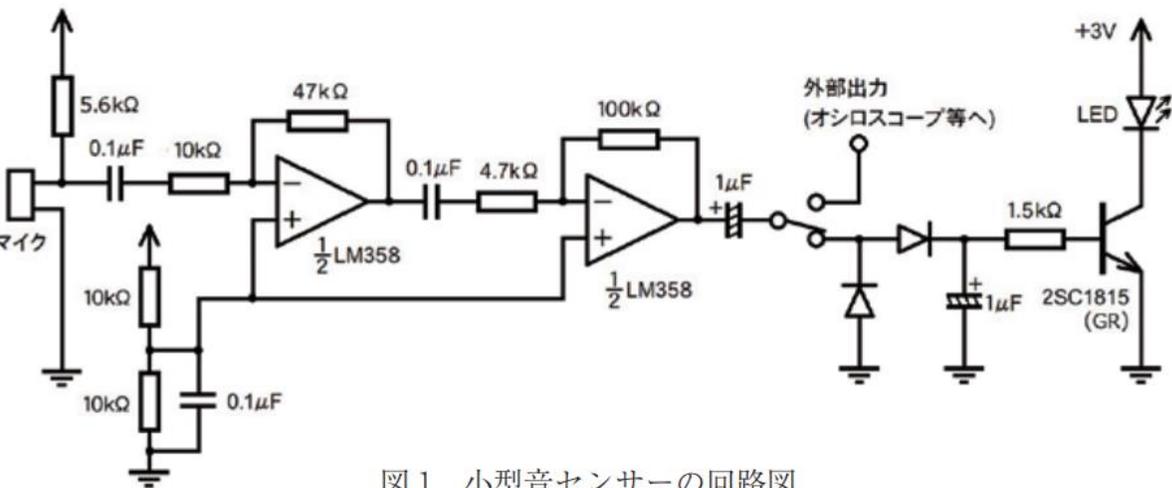
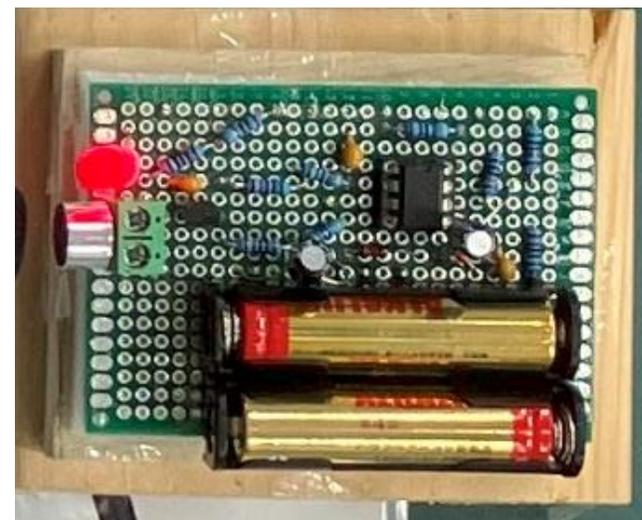
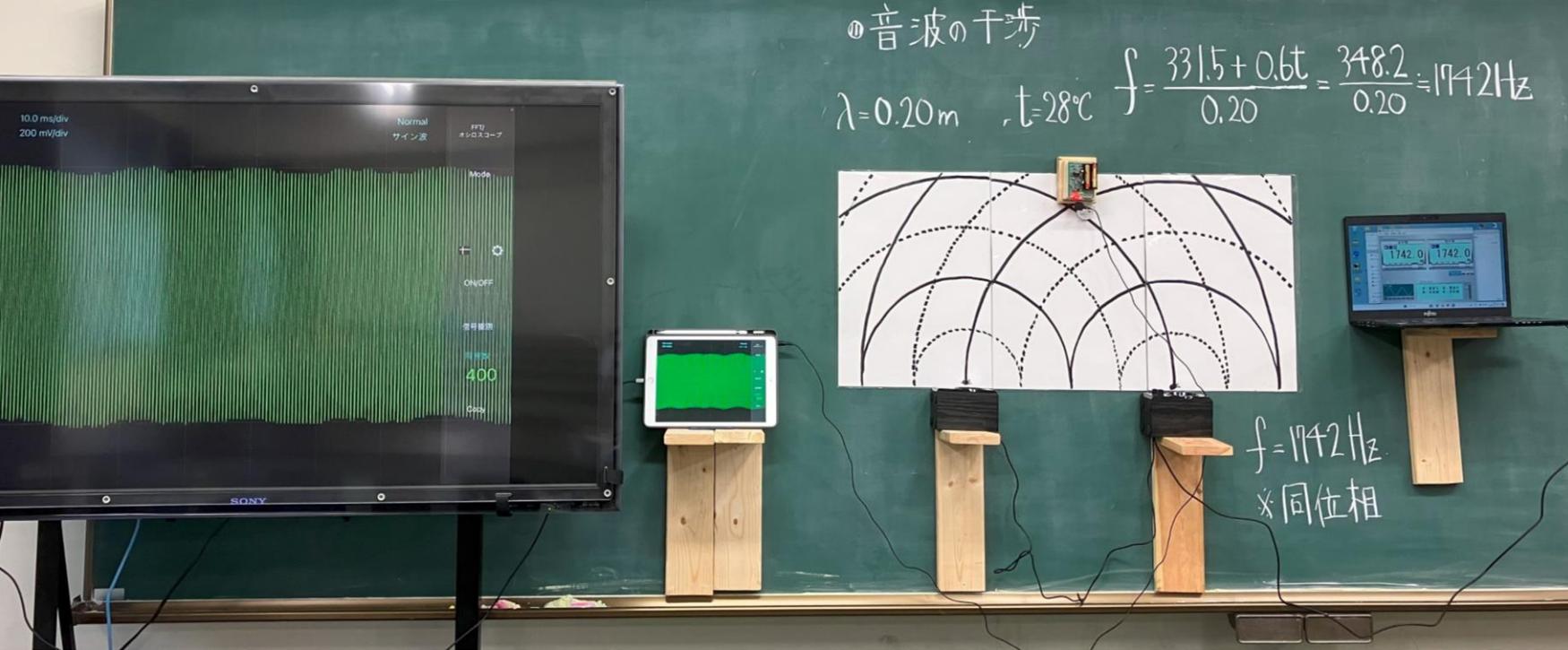


図1 小型音センサーの回路図

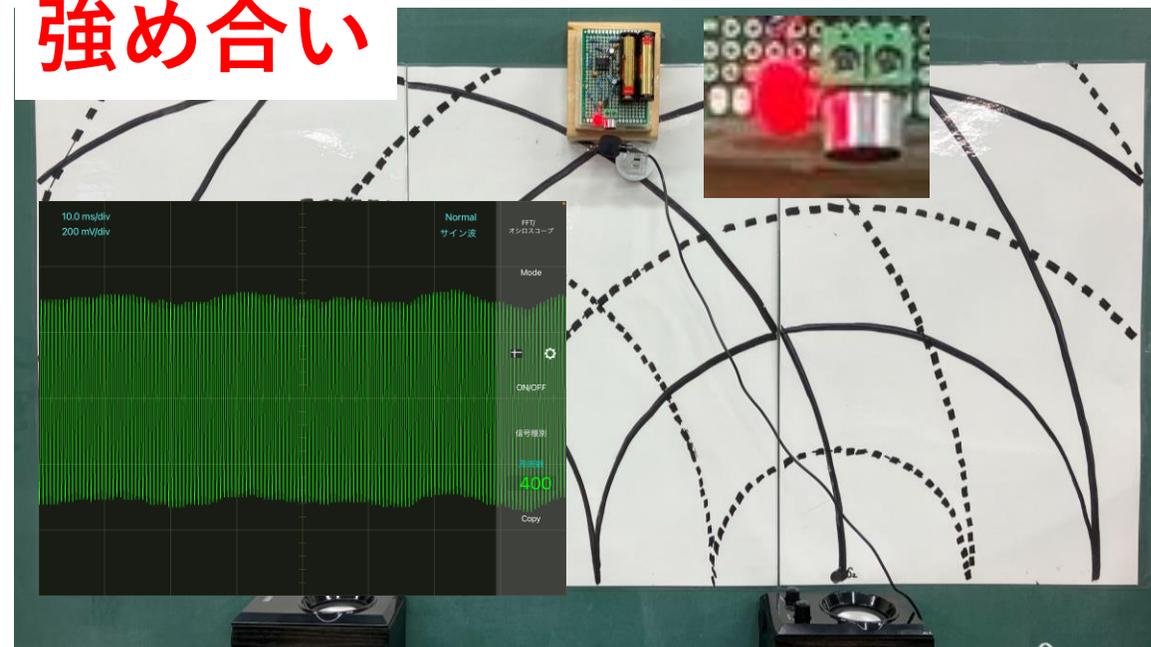
II. 音センサーの製作

1. 材料について (小型音センサー)

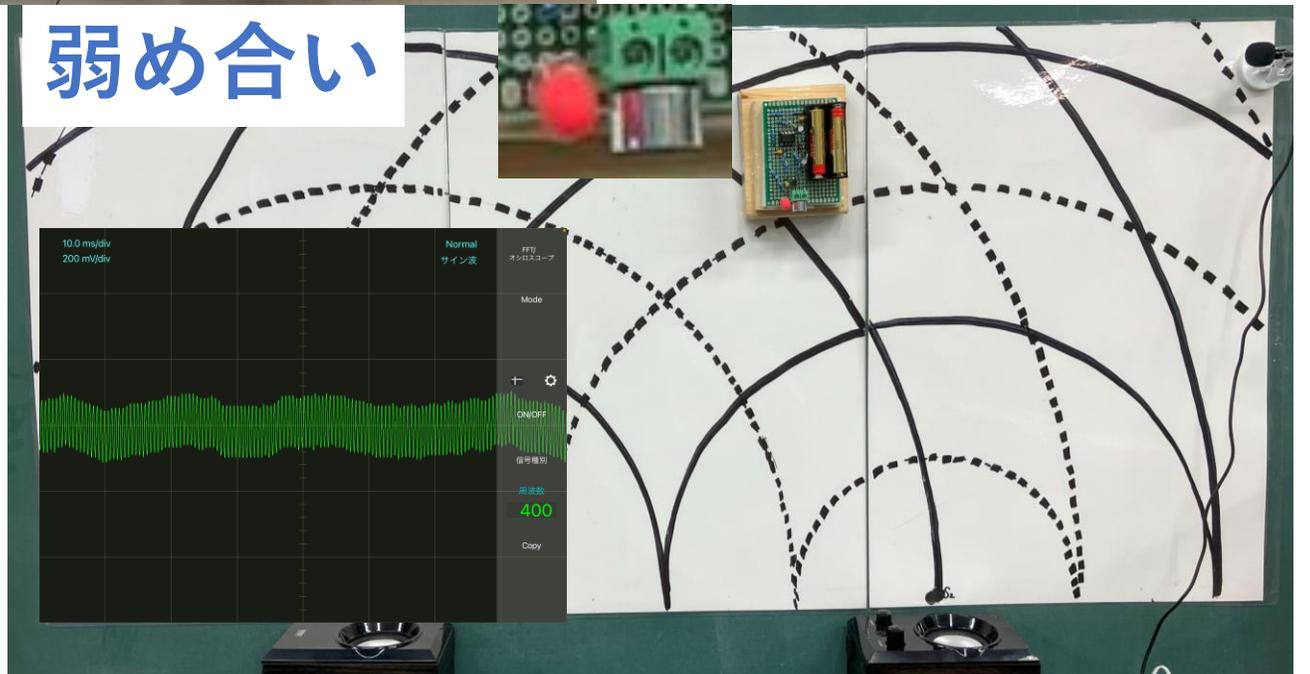
- ・ IC LM358 (1 個)
- ・ IC ソケット 8P (1 個)
- ・ トランジスタ 2SC1815GR (1 個)
- ・ ショットキーバリアダイオード BAT43 (2 個)
- ・ コンデンサーマイク 10 mm φ (1 個)
- ・ 発光ダイオード 赤色 高輝度 OS5RKA5111A (1 個)
- ・ 発光ダイオード用光拡散キャップ (1 個)
- ・ 電解コンデンサー 1 μF (2 個)、10 μF (1 個)



強め合い

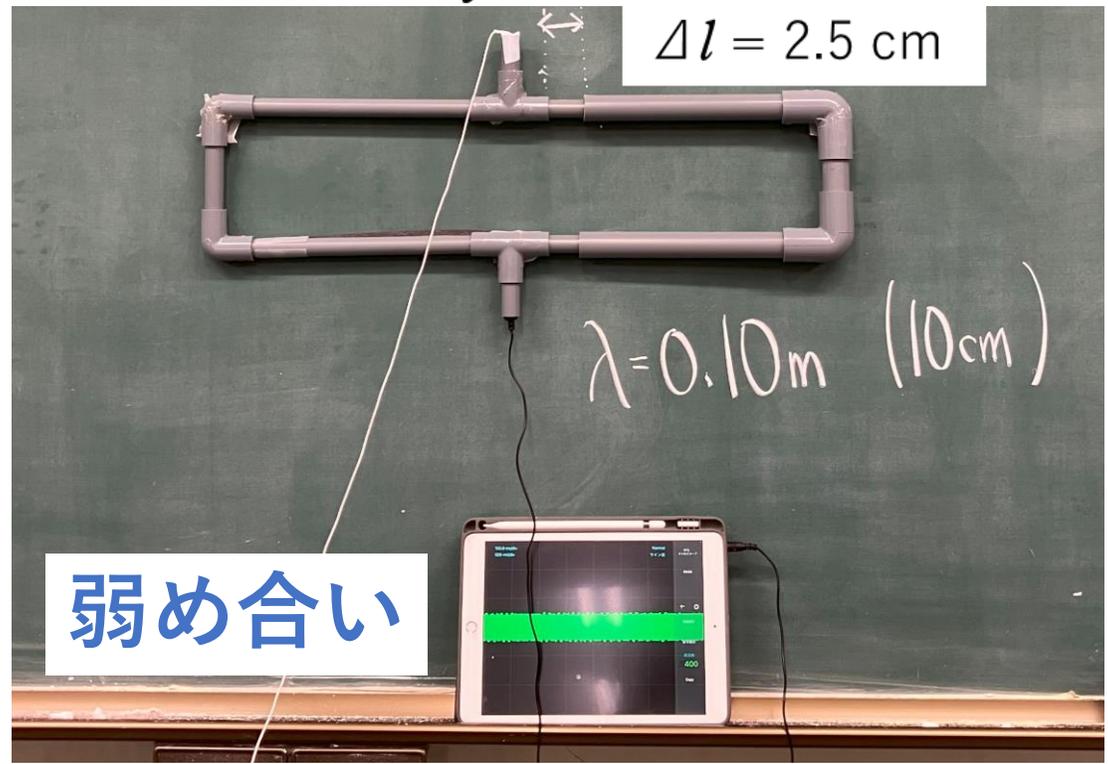
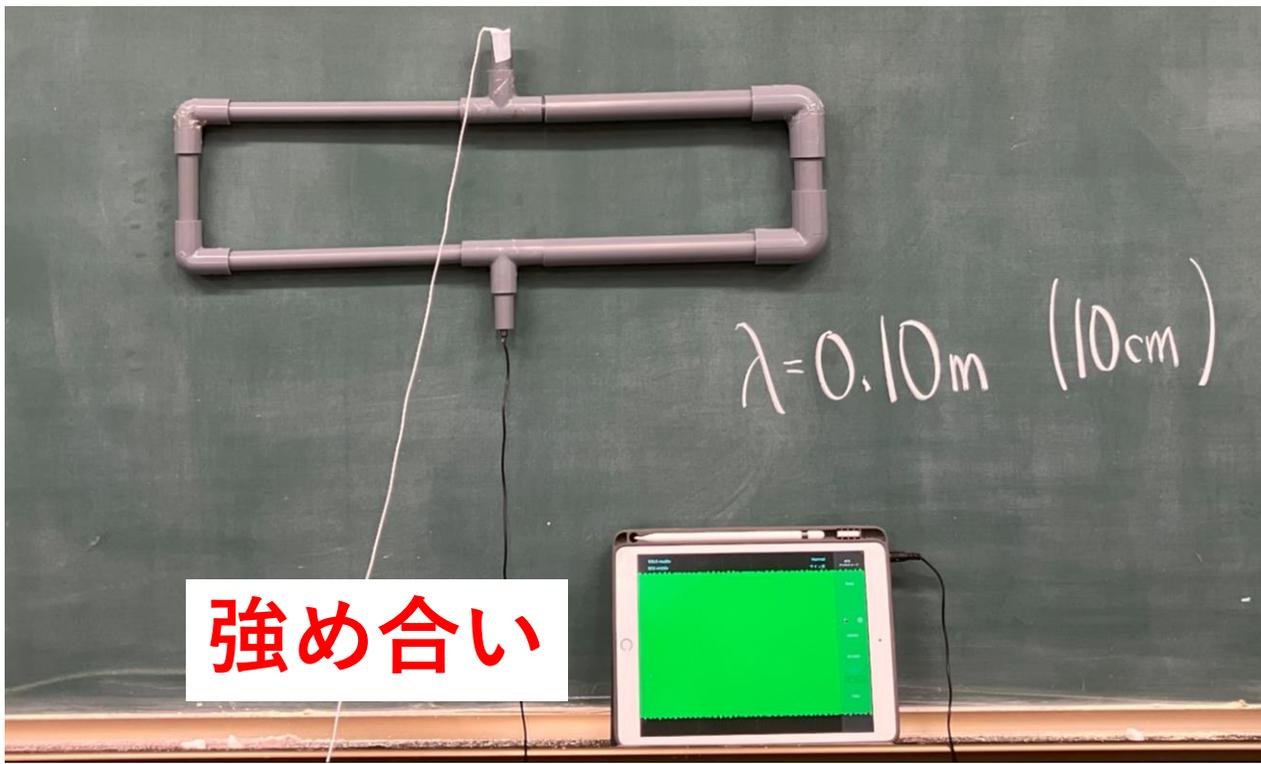


弱め合い



クインケ管による音波の干渉

$V = 348 \text{ m/s}$ 、 $f = 3480 \text{ Hz}$



気柱の固有振動

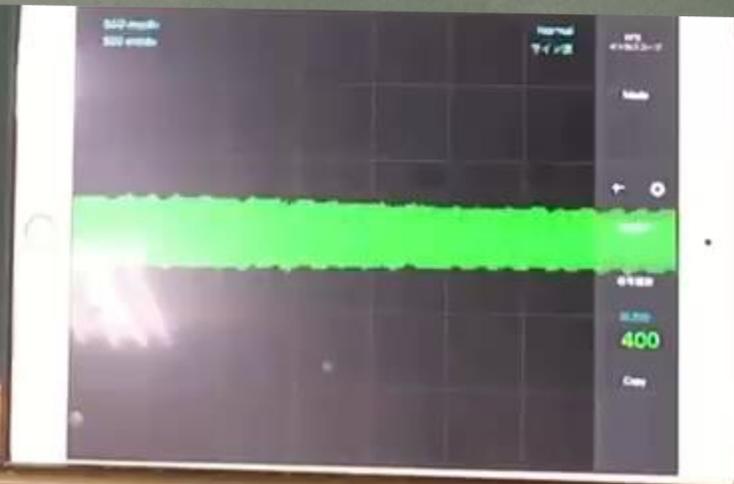
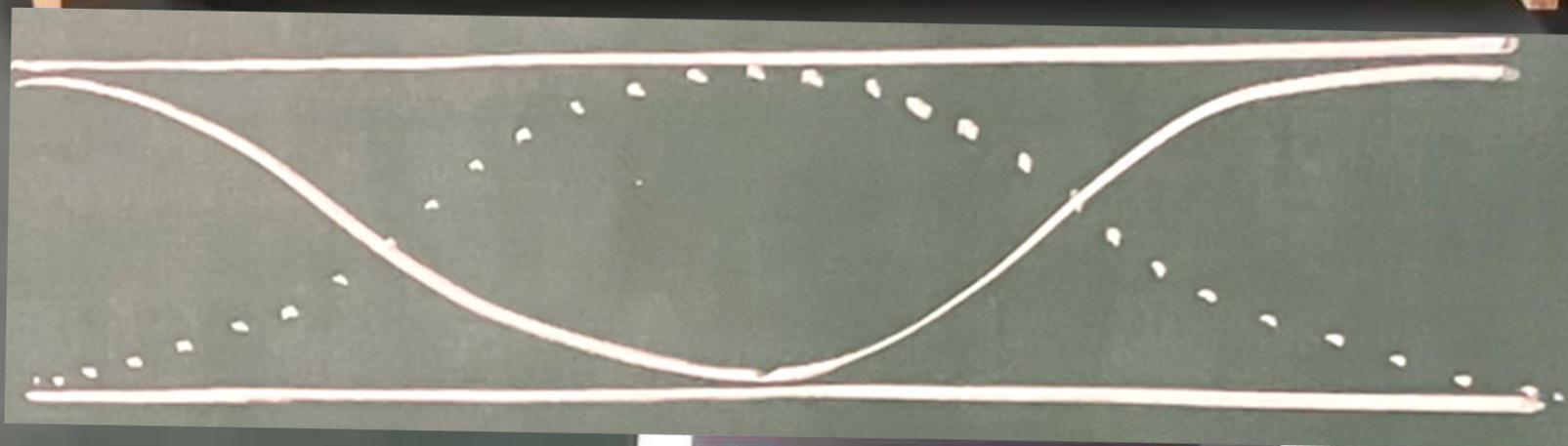


$V = 348 \text{ m/s}$
 管の長さ $l = 0.50\text{m}$

2倍振動
 $f_2 = 696 \text{ Hz}$

* 管の直径が7.0cmなので、開口端補正は約5.0cm ある。

気柱の固有振動

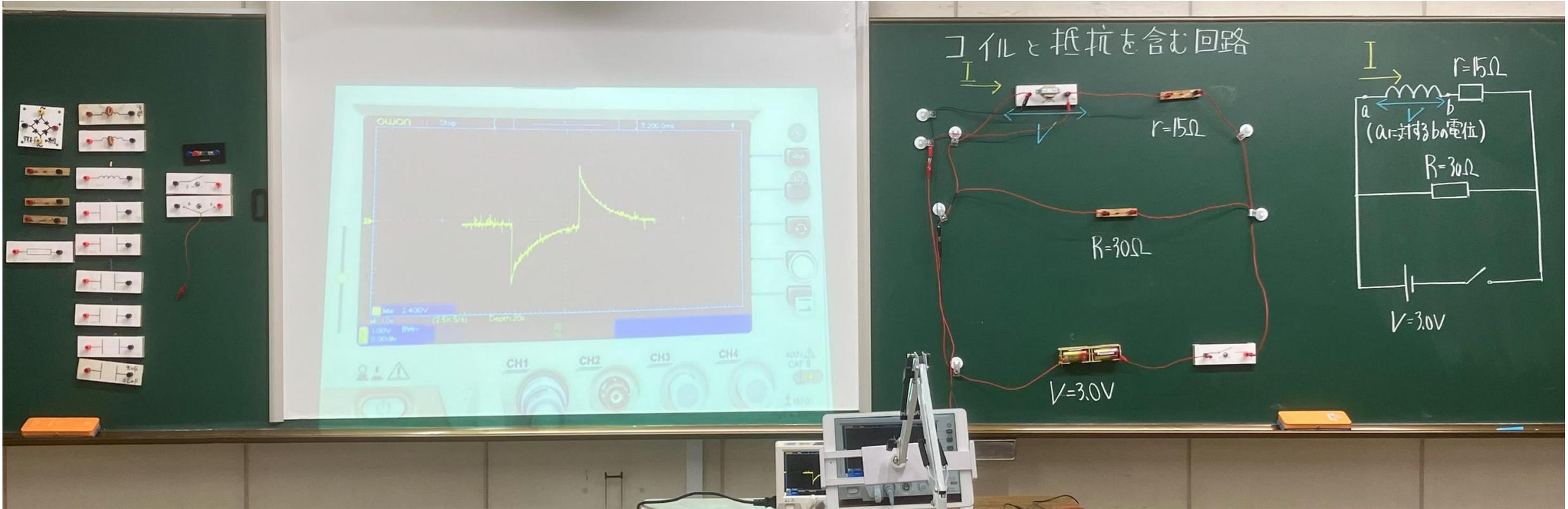


$V = 348 \text{ m/s}$
管の長さ $l = 0.50 \text{ m}$

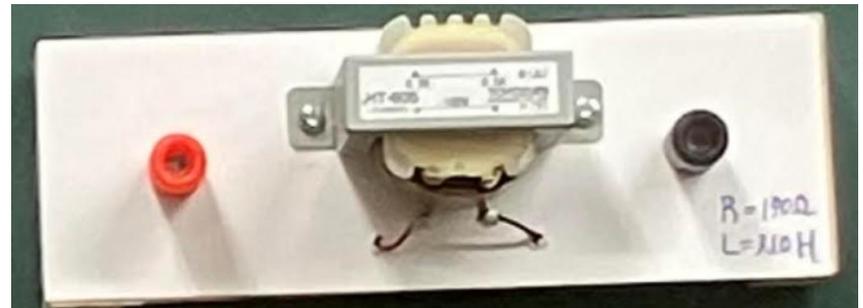
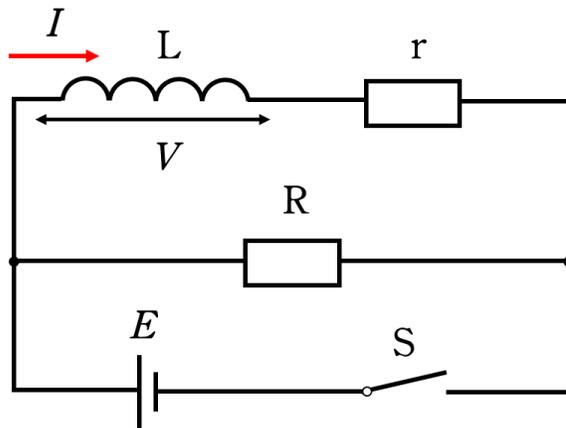
2倍振動
 $f_2 = 696 \text{ Hz}$

電磁気編

コイルと抵抗を含む回路

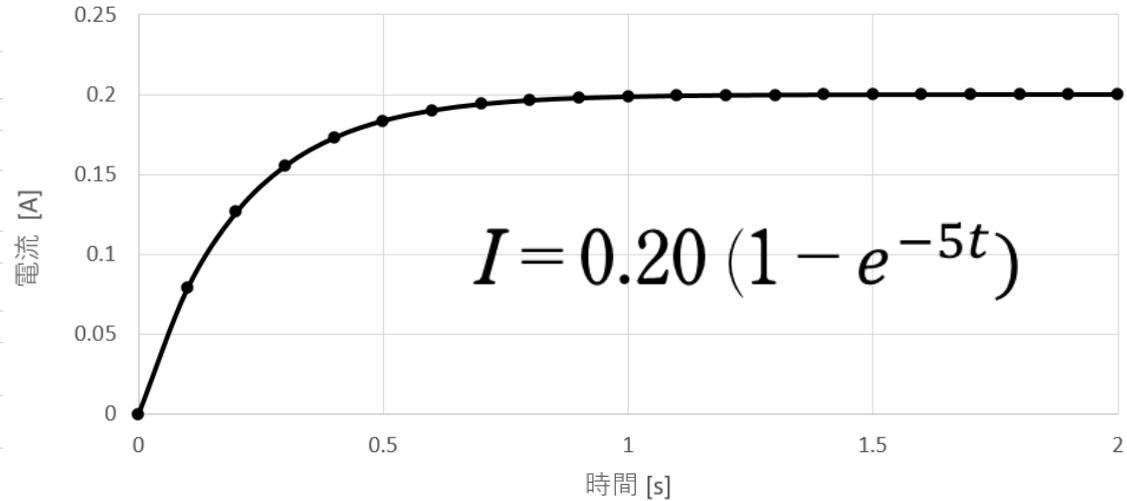


電池の起電力 :	3.0 V
自己インダクタンス L =	3.0 H
抵抗 r	r = 15 Ω
抵抗 R	R = 30 Ω



理論式 * 実験をする前に回路方程式を解き、シミュレーションを見せる

コイルに電流を流し始めたときの過渡現象_理論値



電池の起電力 E = 3.0 V

自己インダクタンス L = 3.0 H

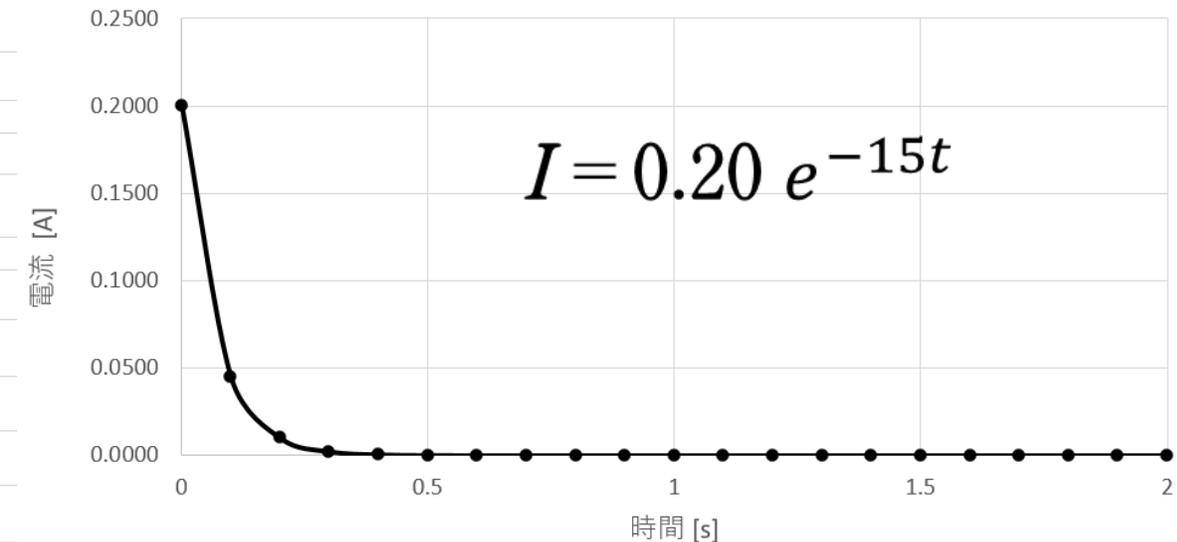
抵抗 r r = 15 Ω

時定数 L/r = 0.2 s

最大電流 I₀ = 0.20 A

$$I = \frac{E}{r} (1 - e^{-\frac{r}{L}t})$$

コイルに流れている電流を遮断したときの過渡現象_理論値



電池の起電力 : 3.0 V

自己インダクタンス L = 3.0 H

抵抗 r r = 15 Ω

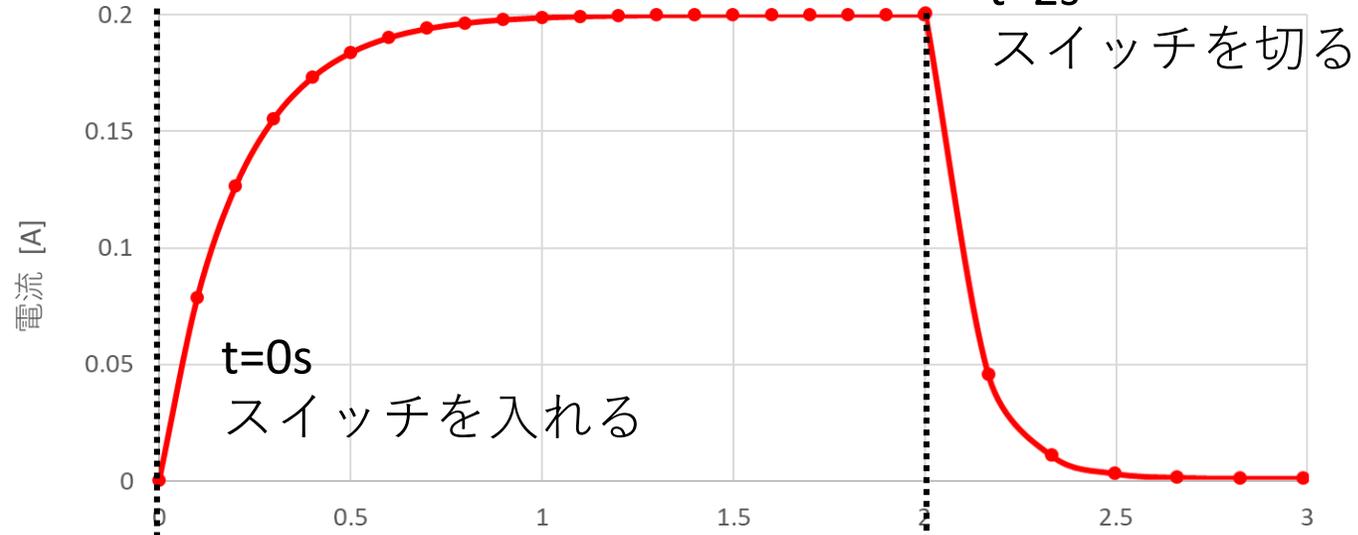
抵抗 R R = 30 Ω

時定数 L/(r+R) = 0.06667 s

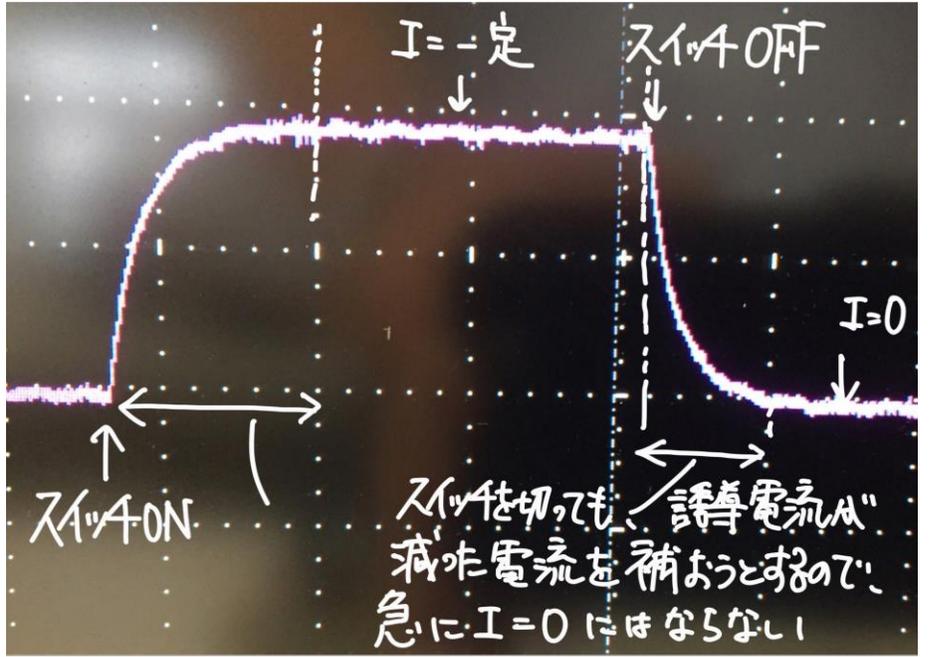
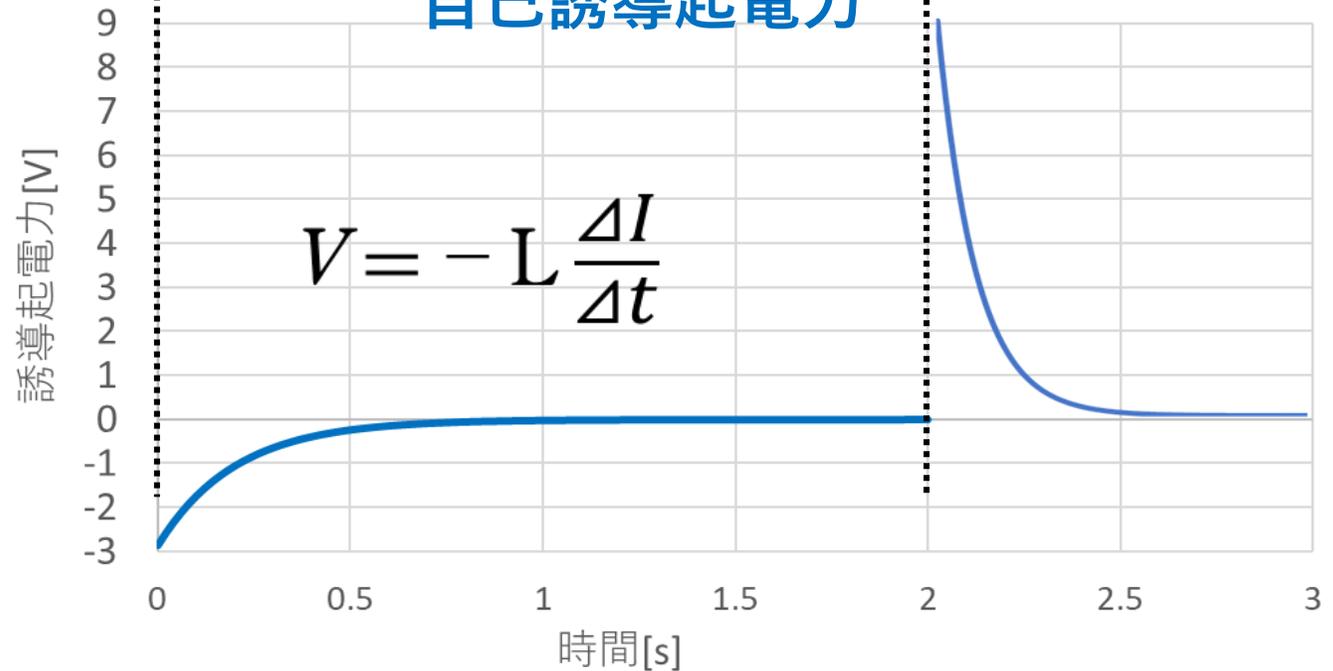
最大電流 I₀ = 0.20 A

$$I = \frac{E}{r} e^{-\frac{r+R}{L}t}$$

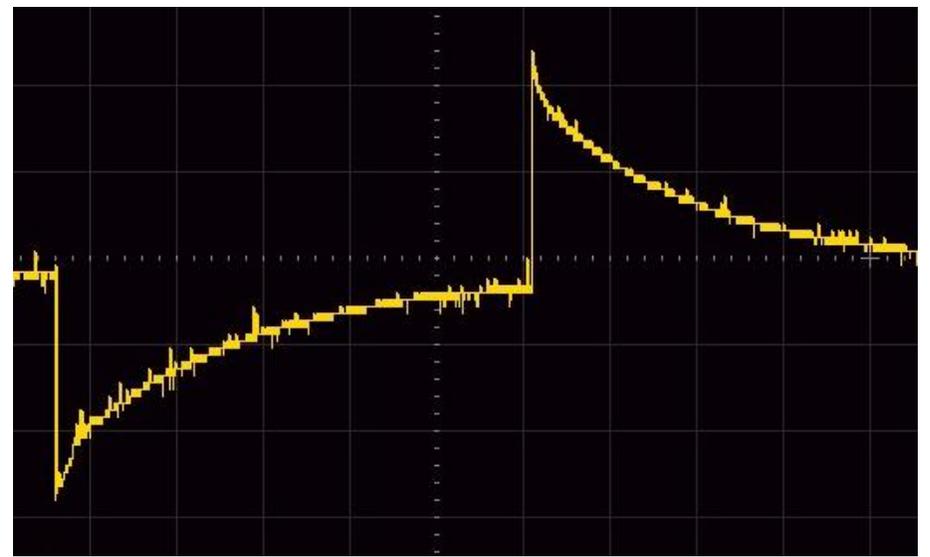
コイルに流れる電流



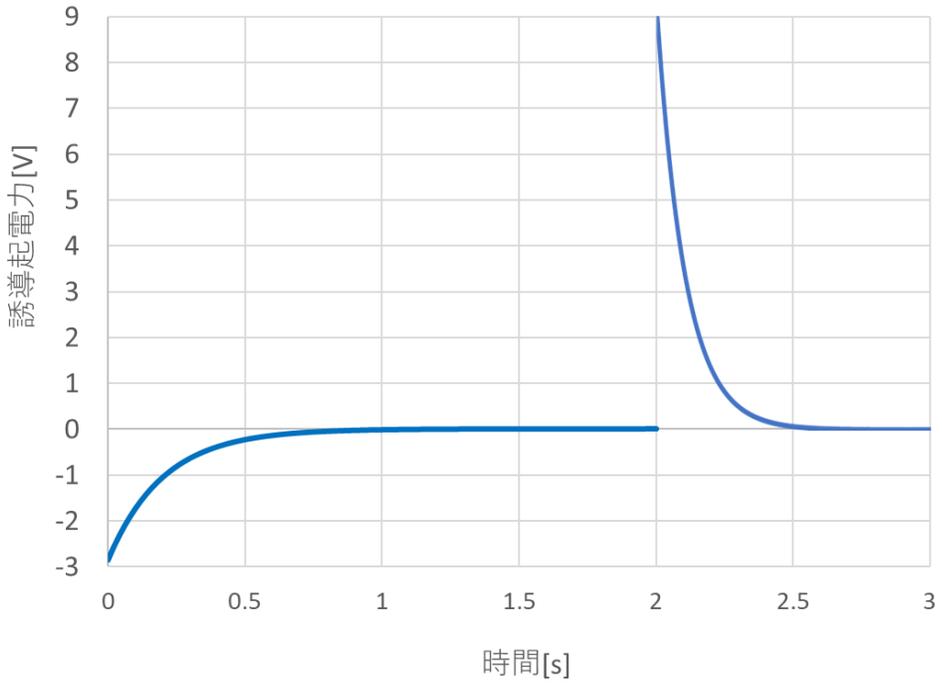
自己誘導起電力



オシロスコープの画面を写真にとり、
メモアプリで、書き込んで説明する



自己誘導起電力



t=0
スイッチを入れる

t=2s
スイッチを切る

t=0sのとき、
自己誘導起電力

t=2sのとき、
自己誘導起電力

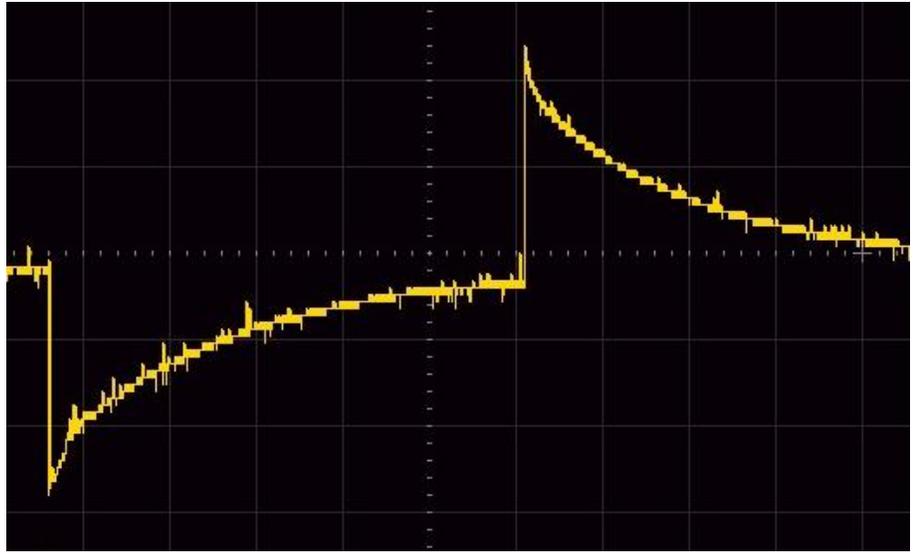
$$V = -E$$

$$= -3.0 \text{ V}$$

$$V = \frac{r+R}{r} E$$

$$= \frac{15+30}{15} \times 3.0$$

$$= 9.0 \text{ V}$$



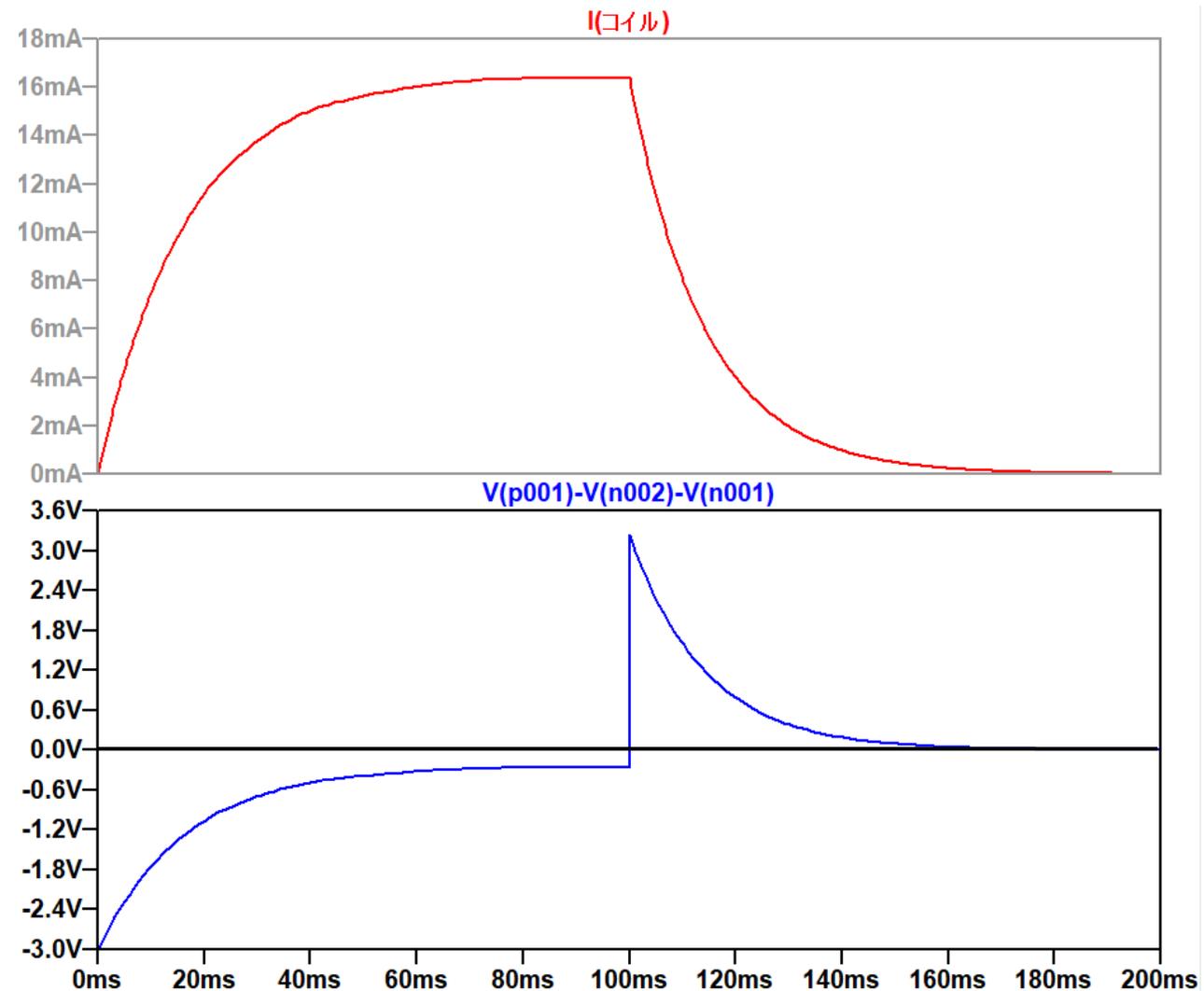
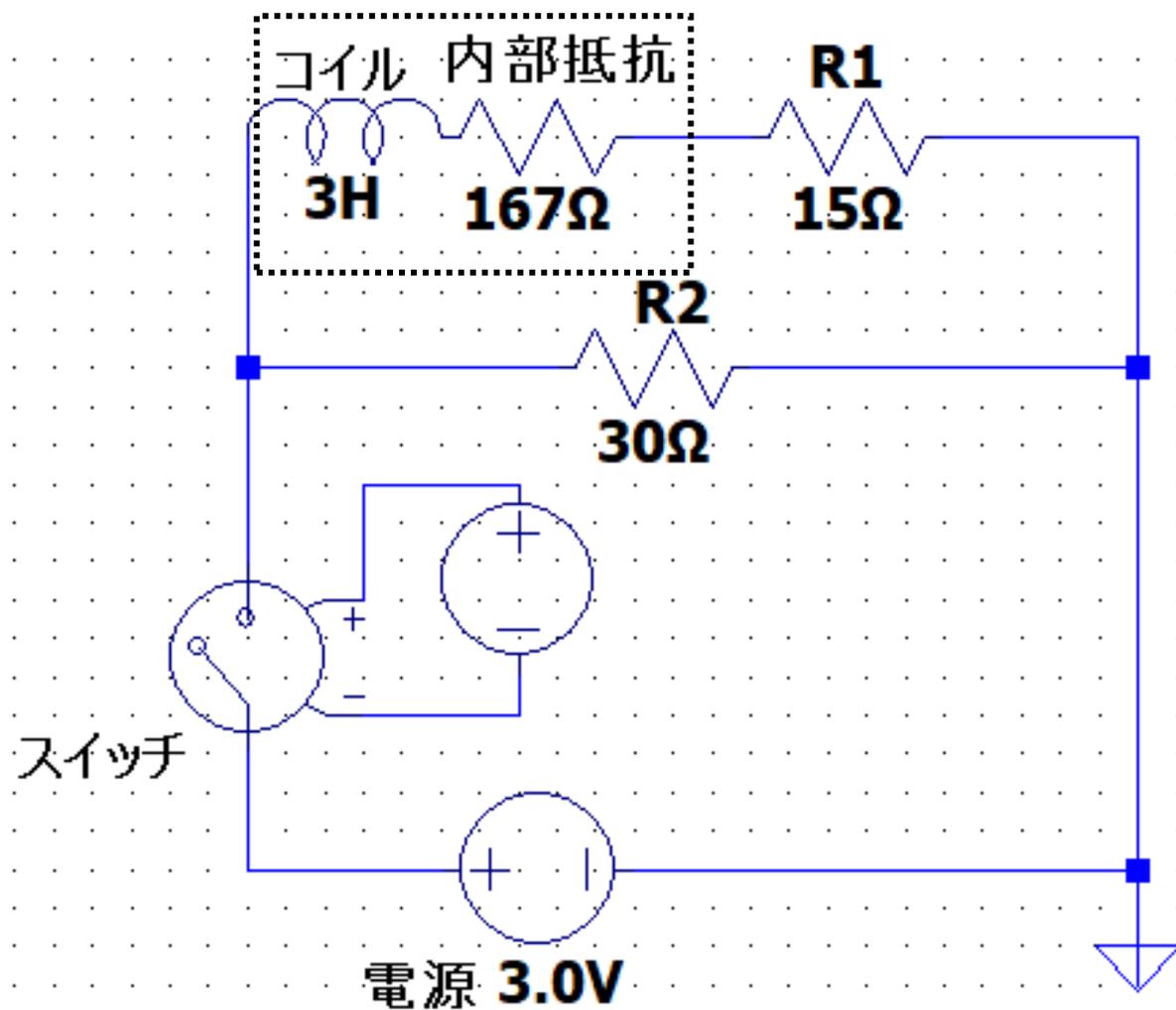
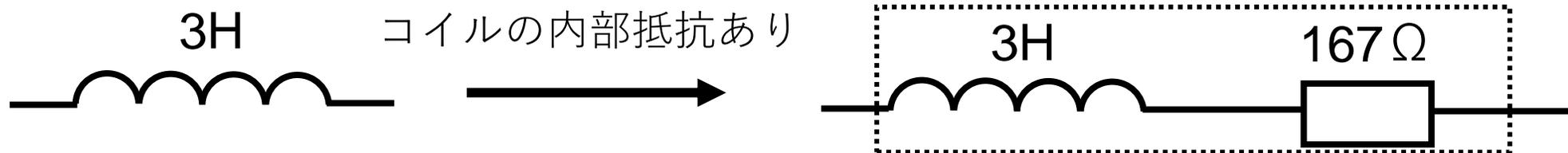
◎考えさせるポイント & 追加実験

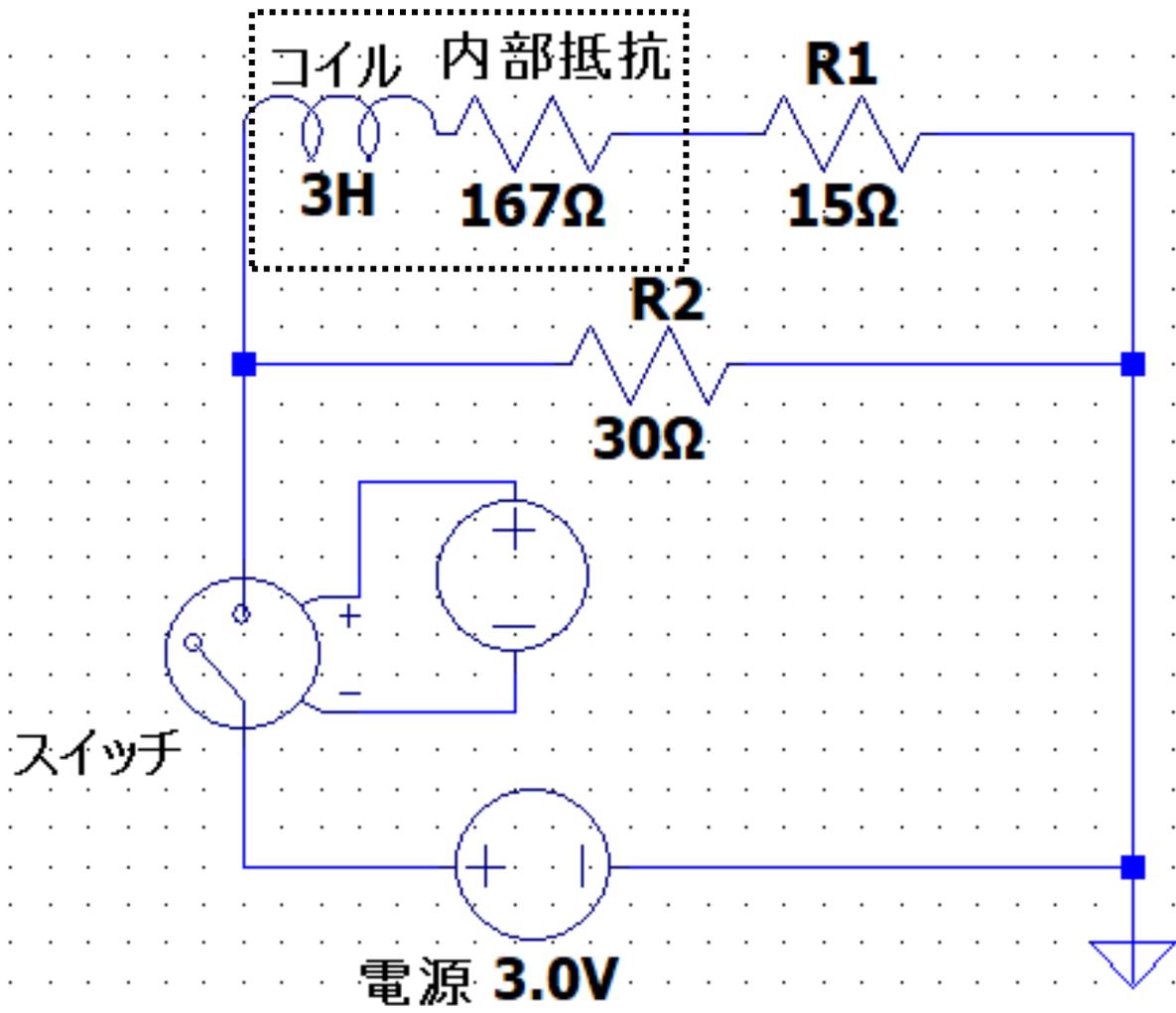
- ・理論通りに自己誘導起電力が発生しないのはなぜだろうか？



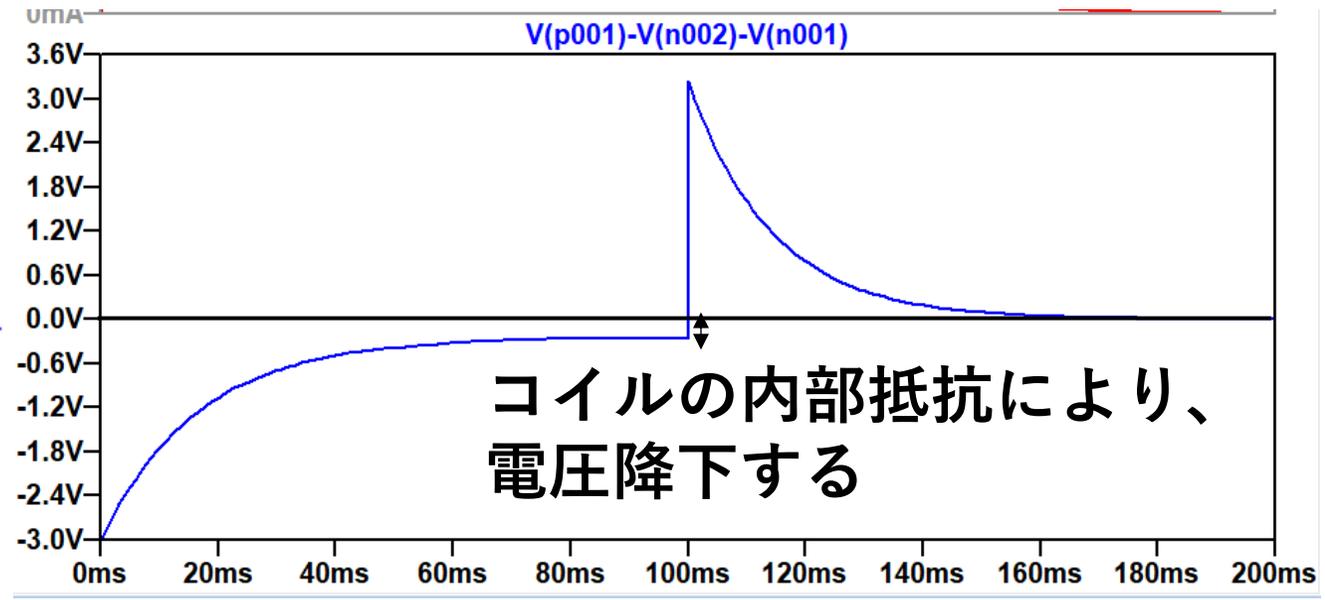
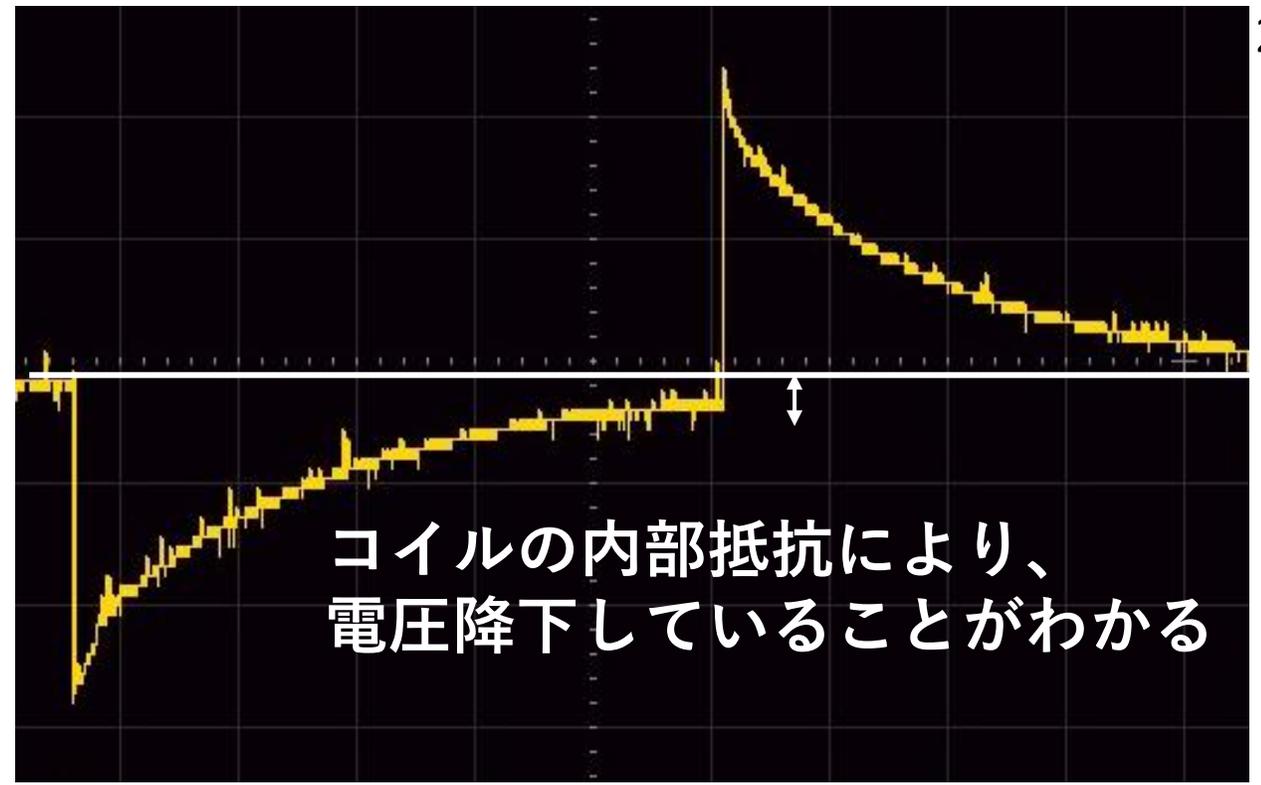
電子回路シミュレータ LTspiceを用いたシミュレーション

実際の
コイル



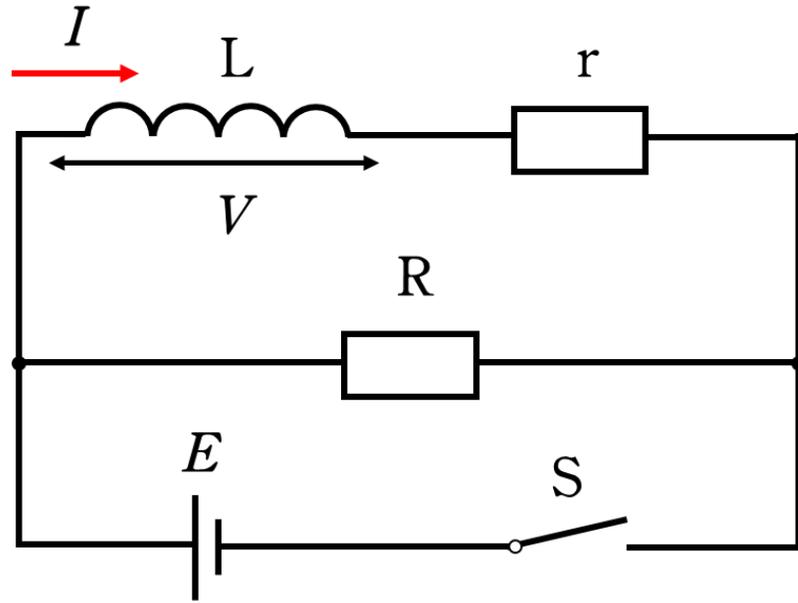


スイッチON時間を0.1sに設定

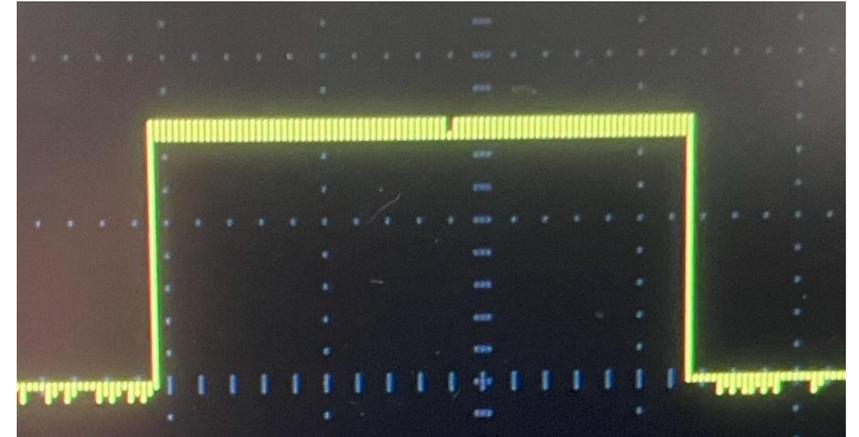
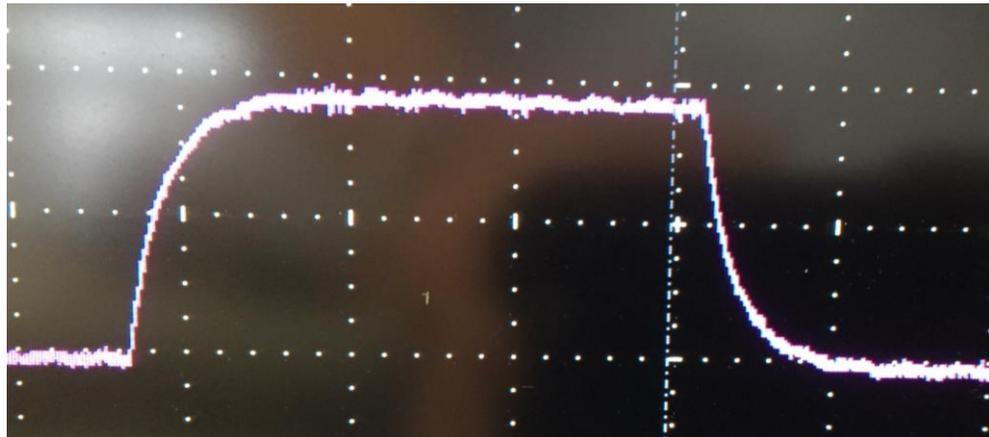
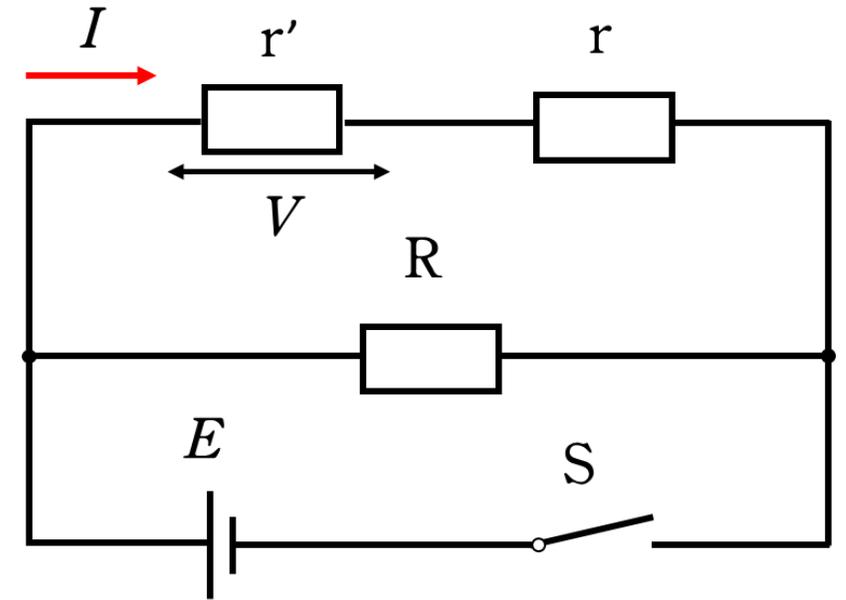


◎考えさせるポイント & 追加実験

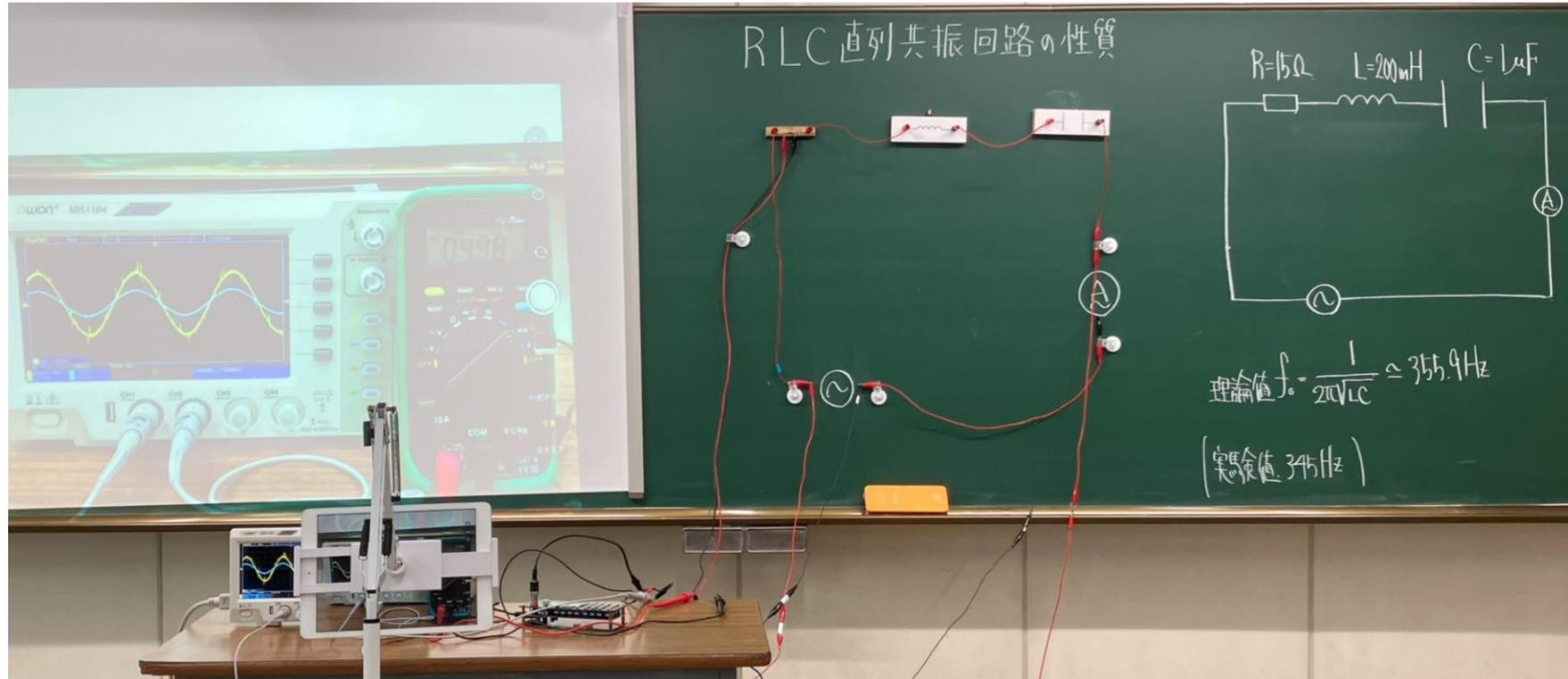
- ・コイルを抵抗に変えたとき、 $I-t$ グラフはどのようなになるか考える。



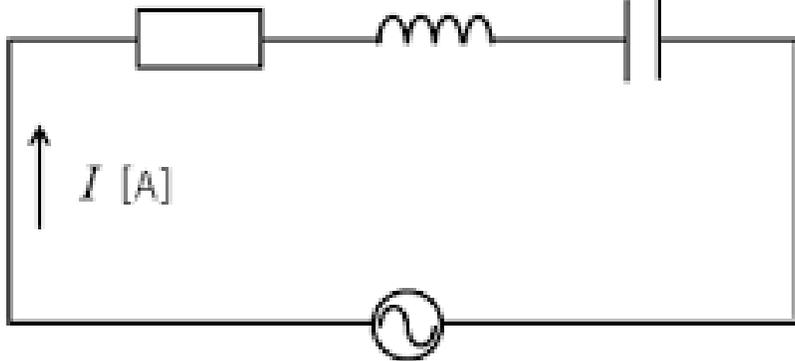
コイルを抵抗に
置き換える



RLC直列共振回路の性質

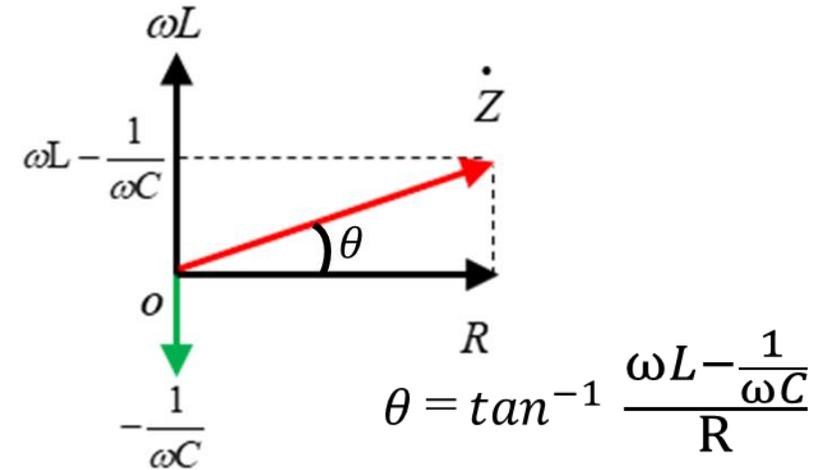


$$R = 15 \Omega \quad L = 200 \text{ mH} \quad C = 1 \mu\text{F}$$



共振周波数

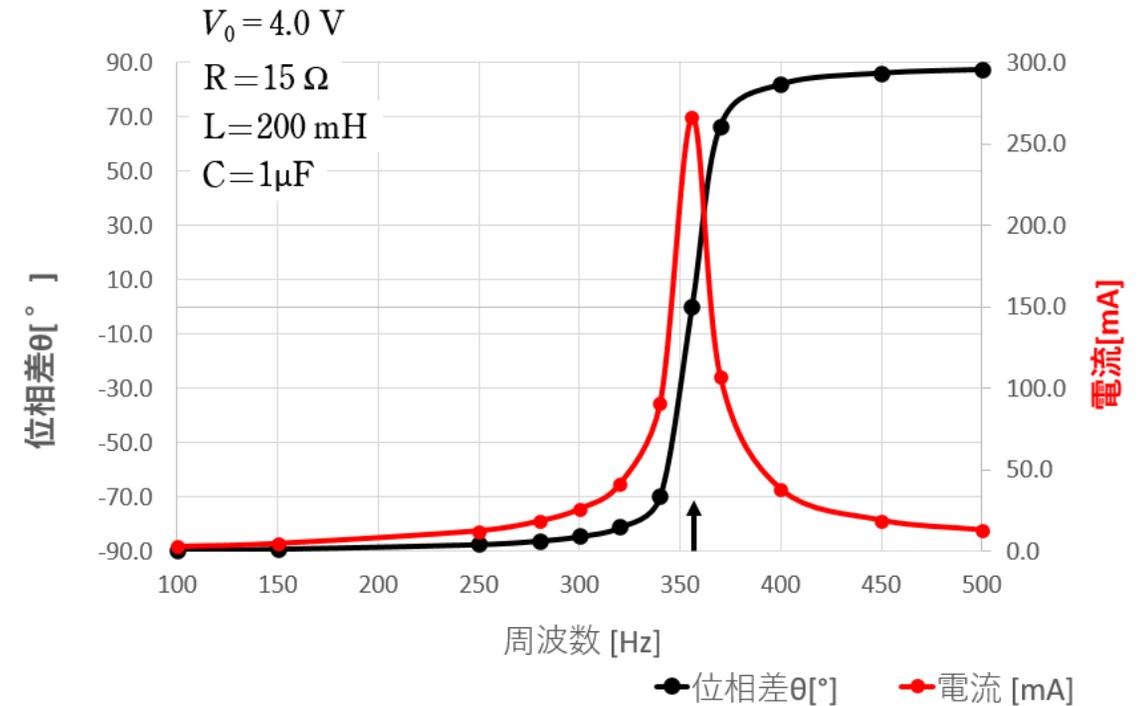
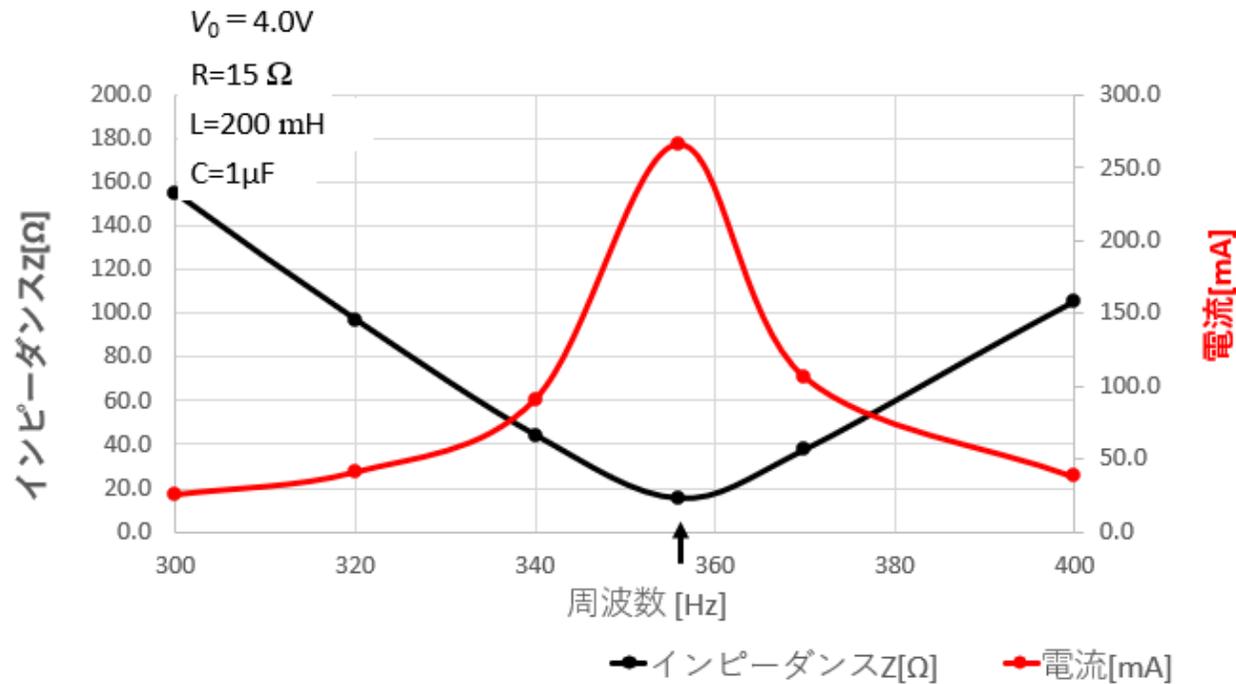
$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \approx 356 \text{ Hz}$$



理論式 *実験をする前に、シミュレーションを見せる

周波数におけるインピーダンス Z と電流の関係

周波数における位相と電流の関係

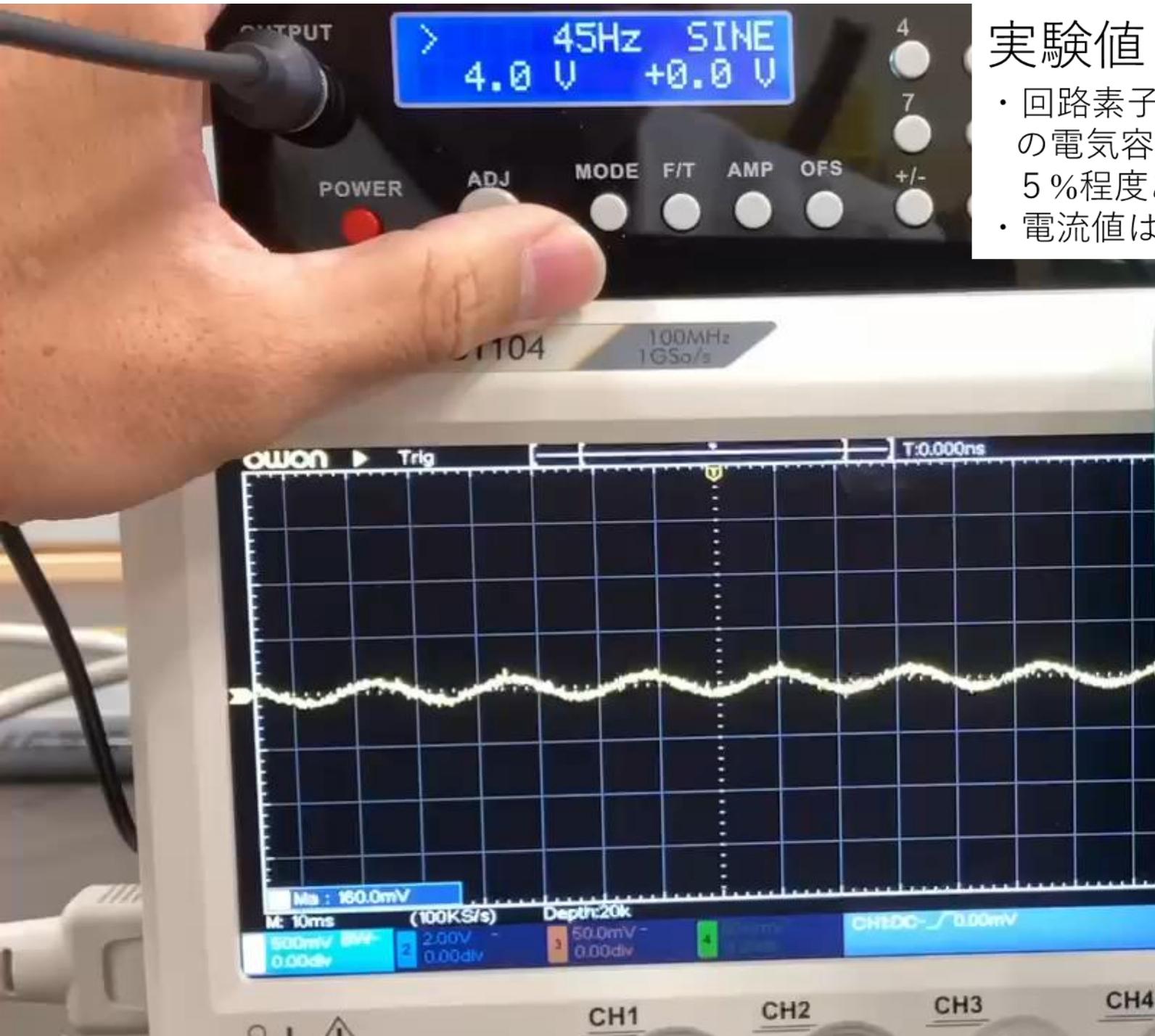


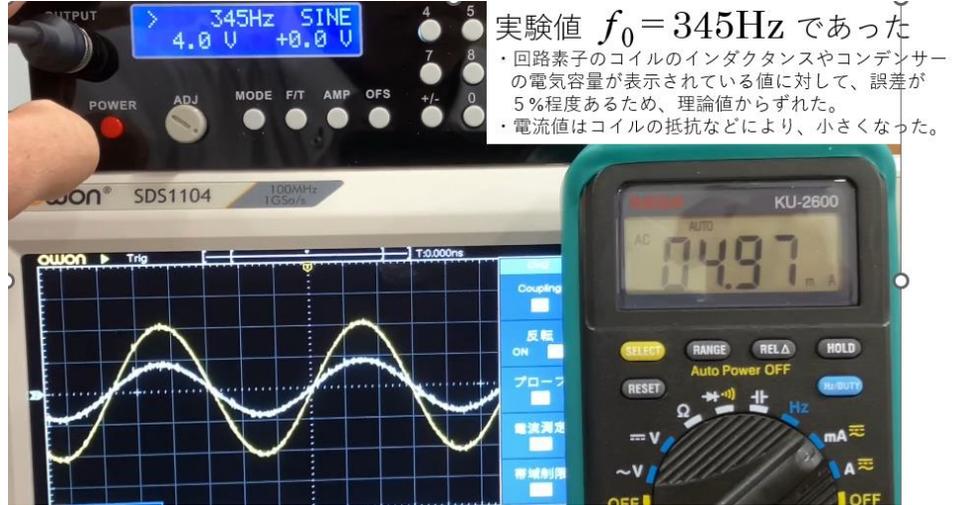
$f_0 = 356\text{Hz}$ のとき、インピーダンス Z は最小値 $Z = R$ となり、電流が最大となることがわかる。

$f_0 = 356\text{Hz}$ のとき、位相差は 0° で電流が最大となることがわかる。

実験値 $f_0 = 345\text{Hz}$ であった 29

- ・回路素子のコイルのインダクタンスやコンデンサーの電気容量が表示されている値に対して、誤差が5%程度あるため、理論値からずれた。
- ・電流値はコイルの抵抗などにより、小さくなった。





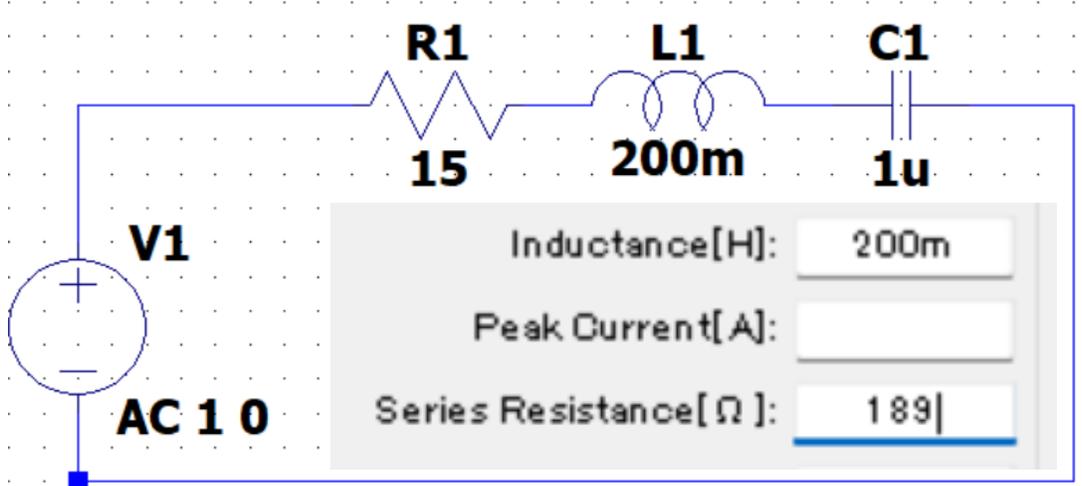
実験値 $f_0 = 345\text{Hz}$ であった

- 回路素子のコイルのインダクタンスやコンデンサーの電気容量が表示されている値に対して、誤差が5%程度あるため、理論値からずれた。
- 電流値はコイルの抵抗などにより、小さくなった。

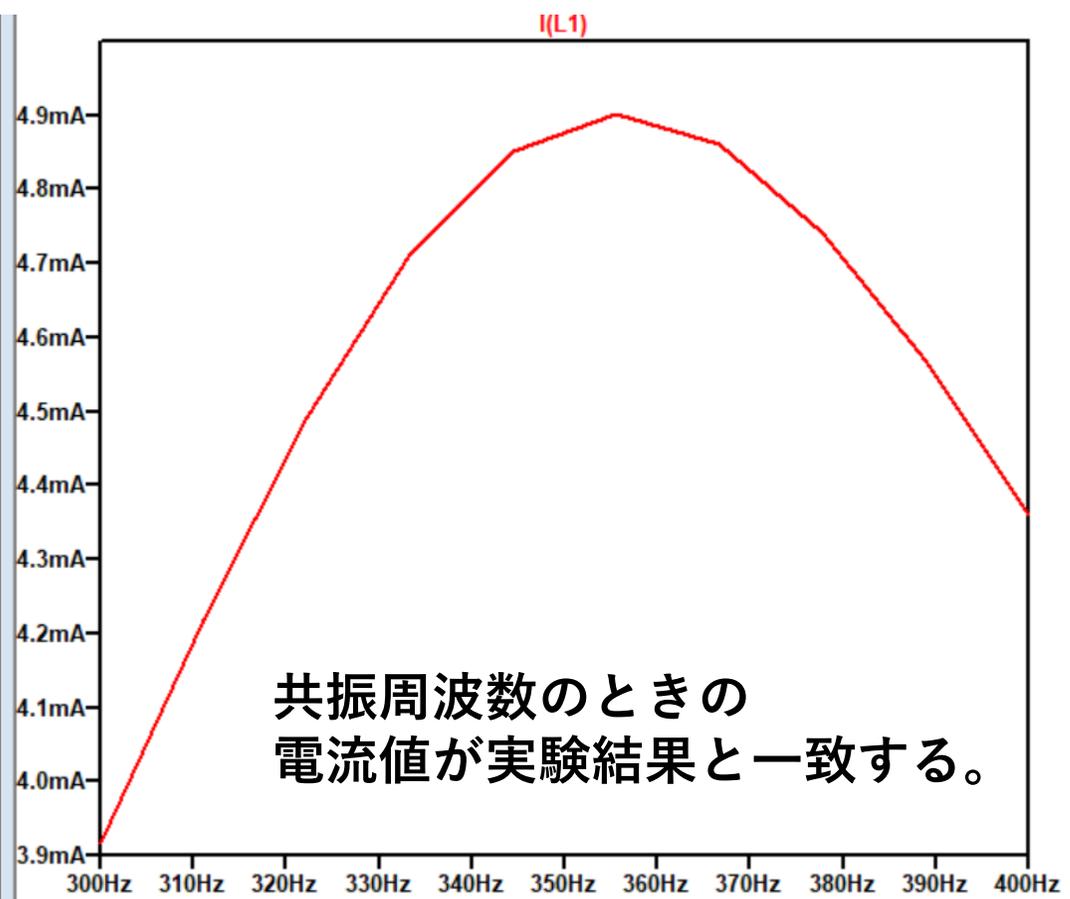
コイルの内部抵抗 189 Ω ³⁰



コイルの内部抵抗 189 Ω



.ac lin 10 300 400



3. 授業アンケート結果

対象者：

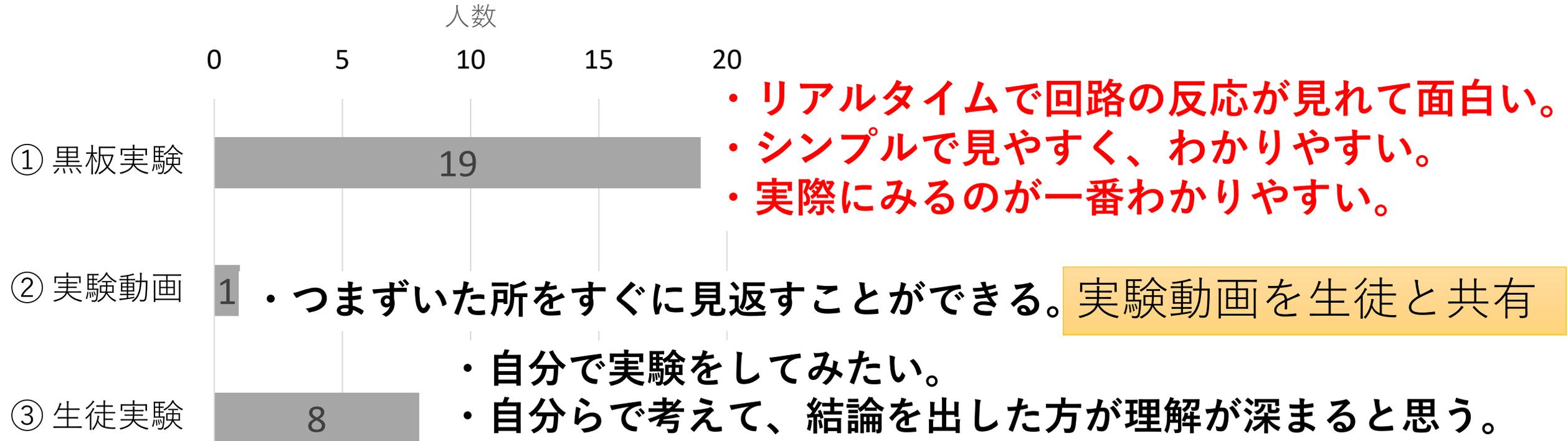
県立小野高等学校（前任校）

3年生 物理選択者 28名

令和5年10月26日実施

1. 教師が生徒に物理現象（実験のようす）を説明するとき、どのようにすれば、理解しやすいと思いますか。一つ選んで、その理由を教えてください。

- ① 黒板実験（黒板で教師が行う実験） * 演示実験も含む
 ② 実験動画で説明（教師は実験せずに、実験動画で説明する疑似体験）
 ③ 生徒実験（各班で生徒が実験を行う）



生徒実験ができる実験は行い、黒板実験と関連性をもたせる。

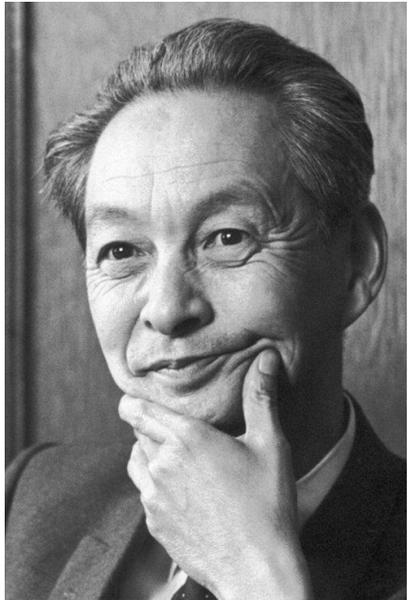
- ・教科書を終わらせないといけないので時間が取れない。
- ・実験をしたいが、他の業務で時間がない。
- ・実験装置がないのでできない。
- ・実験をしたいが、あまり実験をしたことがない。

教育効果は高い

黒板実験

- ・実験と講義を融合してできるので、教科書の進度が遅れない。
- ・HR教室で実施できるので気軽にできる。
- ・ICTを活用することにより、リアルタイムで実験データを可視化でき、わかりやすい。

4. これから求められる 物理教育とは



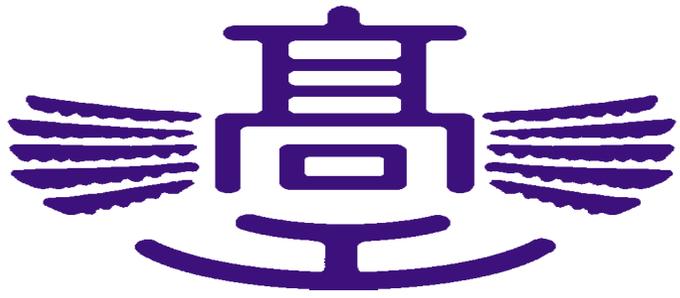
ふしぎだと思うこと これが科学の芽です
よく観察してたしかめ そして考えること
これが科学の茎です
そうして最後になぞがとける これが科学の花です

朝永振一郎

持続可能な社会を担うスペシャリスト育成のための
物理教育とは

自然との対話（実験）を通して学ぶ物理学

- ・さまざまな実験を見て、考えて、考察する力を育む。 **自然との対話**
- ・ICTを活用して物理現象を視覚的に理解させる（リアルタイム可視化）。
データを分析する力、考察する力を育む
- ・条件を変えた実験、生徒の疑問に応じた実験をする前などに、
生徒が協働して考えさせる場面をつくる。自分の考えを言語化して
伝える力。 **協働** **言語化する力**
- ・教師が探究的な学び手である。 **探究活動に取り組む姿勢**



ONO Technical High School

兵庫県立 小野工業高等学校 定時制



ご清聴、ありがとうございました