

電子システム工学基礎実験 報告書

グループ： A

実験題目 電流と磁場

報告者 第 1 班 学生番号 21121001 氏名 浅井 雅史

メールアドレス b1121001@edu.kit.ac.jp

共同実験者	学生番号	<u>21121002</u>	氏名	<u>浅岡 駿介</u>
	学生番号	<u>21121007</u>	氏名	<u>伊藤 大智</u>
	学生番号	<u>21121008</u>	氏名	<u>井上 翔陽</u>
	学生番号		氏名	

実験実施日	<u>2022</u> 年 <u>11</u> 月 <u>24</u> 日	天候	<u>曇り</u>	温度	<u>17</u> °C	湿度	<u>51</u> %
報告書提出	(第1回目)	<u>2022</u> 年 <u>11</u> 月 <u>30</u> 日	⇒	受理	/	要再提出	
	(第2回目)	年 月 日	⇒	受理	/	要再提出	
報告書受理日	(最終)	年 月 日					

報告書提出者の自己チェック欄(できていれば□にチェックせよ)

- | | |
|---|--|
| <input checked="" type="checkbox"/> 実験結果は示されているか？ | <input checked="" type="checkbox"/> 図表の書き方・まとめ方は適切か？ |
| <input checked="" type="checkbox"/> 考察は十分になされているか？ | <input checked="" type="checkbox"/> 演習問題はできているか？ |
| <input checked="" type="checkbox"/> レポートとしての体裁は適切か？ | |

[注意] ・自己チェック欄が未記入のレポートは内容を見ずに返却する
・自己チェック欄と内容に相違があるものは、その程度に応じて減点する

[報告書に対する教員の所見]	[所見に対する報告者の回答]
<input type="checkbox"/> 図表の体裁に不備がある ()	
<input type="checkbox"/> 実験結果のまとめ方が適切でない ()	
<input type="checkbox"/> 結果に対する考察が不足している ()	
<input type="checkbox"/> 演習問題が解答されていない ()	
<input type="checkbox"/> レポートとしての体裁が整っていない ()	
裏面に続く	裏面に続く

1 目的

ソレノイドを用いて電流と磁場 \vec{H} の関係を理解すると共に、それらの測定原理およびその方法を習得する。

2 原理

2.1 ソレノイドによる磁場

図1のような半径 a 、長さ b の円筒ソレノイドによって中心軸上 ($r = 0$) の P 点に作られる B_z は、単位長さあたりの巻数を n 、ソレノイドに流れる電流を I とすると、

$$B_z = \frac{\mu_0 n I}{2} (\cos \theta_2 - \cos \theta_1)$$

であるから、ソレノイドの総巻き数を $N(=nb)$ 、左側から P 点までの距離を z とすると、

$$\cos \theta_1 = \frac{z - b}{\sqrt{a^2 + (z - b)^2}} \quad , \quad \cos \theta_2 = \frac{z}{\sqrt{a^2 + z^2}}$$

であるから、

$$B_z = \frac{\mu_0 N I}{2} \left\{ \frac{z}{\sqrt{a^2 + z^2}} + \frac{b - z}{\sqrt{a^2 + (z - b)^2}} \right\}$$

となる。

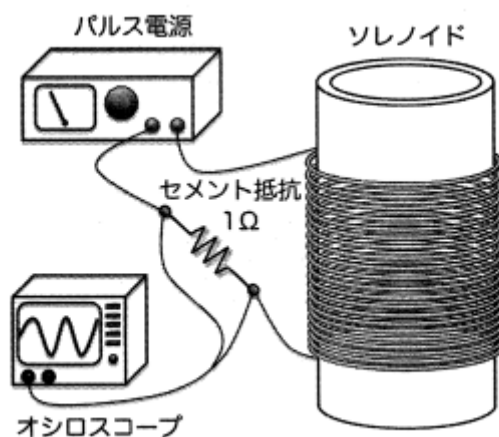


図1 有限長ソレノイド

2.2 磁気プローブ

巻数 N が 1 巻のコイルに鎖交する全磁束 Φ が時間変化すると、コイルの両端に、

$$V_{c0} = -\frac{d\phi}{dt}$$

の誘導電圧が現れる。このコイルの大きさが \vec{B} の空間変動に比べて十分小さければ、コイルの断面積 S 上で $|\vec{B}|$ が一定とみなすことができる。多くの場合、 N の値は (≥ 2) であり、この時の全鎖交磁束は、

$$\phi \simeq NBS$$

であるから、

$$V_{c0} = -\frac{d(NBS)}{dt} = -NS\frac{dB}{dt}$$

と書ける。この式の右辺は B の時間微分の形になっているので、 B を求めるためには両辺を時間積分すれば良い。つまりコイル電圧 $V_{c0}(t)$ を時間積分することにより、

$$B = -\frac{1}{NS} \int_0^t V_{c0}(t) dt$$

として B の値を得ることができる。この方法を磁気プローブによる磁束密度測定法という。

2.3 ログスキーコイルを用いた大電流測定

アンペールの周回積分の法則より、任意の閉ループに沿った B の線積分はそのループと鎖交する電流 i の値を与え、ループの形状によらない。このことから、断面積 S 、全巻き数 N 、長さが l のログスキーコイルが i を取り囲む形で置かれていると、

$$\mu_0 i = \oint \vec{B} \cdot d\vec{l}$$

という式が成り立つ。よって $i(t)$ の作る磁束の時間変化によりログスキーコイルの両端に現れる誘導電圧 $V_e(t)$ の関係は、

$$i = -\frac{l}{\mu_0 NS} \int_0^t V_e(t) dt$$

となる。また、電流路とログスキーコイルの相互インダクタンス M が既知の場合、 V_e は、

$$V_e = M \frac{di}{dt}$$

なので、

$$i = \int_0^t \frac{1}{M} V_e(t) dt \simeq \frac{RC}{M} V_c$$

としても求めることができる。

3 実験

3.1 実験器具

TEKTRONIX TBS1022 オシロスコープ, ソレノイドコイル, 磁気プローブ, ログスキーコイル, 高電圧パルス大電流発生電源, 抵抗 ($220\text{ k}\Omega$), 可変抵抗 ($< 20\ \Omega$)

3.2 セットアップ

1. 図 2 のように実験配置を組み立てる. ただし, 外部抵抗 R (可変抵抗) は臨界制動波形となる抵抗値になるように調整し, 接続する.

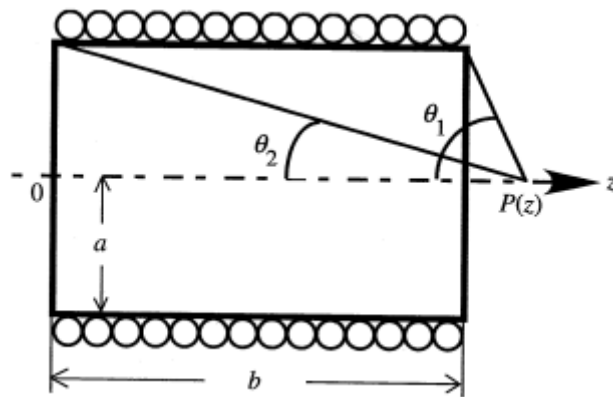


図 2 実験装置

3.3 磁気プローブによる磁場測定

1. 磁気プローブのターン数 N と断面積 S を実測により求め、記録する。
2. 図 3 のように実験器具を配置し、磁気プローブをソレノイド中心軸上の適当な位置に保持し、放電する。この際、充電電圧は 50 V 程度とし、その値を記録する。
3. 抵抗 R の両端は臨界制動波形 V_R が現れ、磁気プローブからは出力波形 V_{c0} が得られることを確認する。
4. 磁気プローブをソレノイド中心軸上に沿って動かしながら、ソレノイド中心軸上の z 座標と、その点で得られた臨界制動波形 V_R および出力波形 V_{c0} を記録する。ただし、磁束密度分布 $B_z(z)$ が滑らかに算出できるように細かく測定を行う。

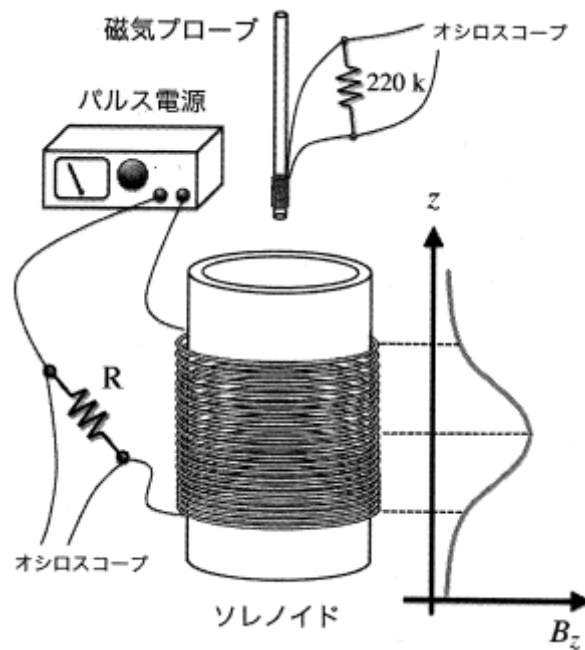


図 3 実験課題 1 における実験配置

3.4 ログスキーによる電流測定

1. ログスキーコイルのターン数 N ，断面積 S ，円周長さ l の値を実測より求め，記録する．
2. 図 4 のように実験器具を配置し，実験を行う．この際，充電電圧値を記録する．
3. 抵抗 R の両端は臨界制動波形 V_R が現れ，ログスキーコイルからは出力波形 V_e が得られることを確認する．
4. ログスキーコイルを貫く導線の数 (鎖交電流) を徐々に変化させて，鎖交数と得られた出力波形を記録する．

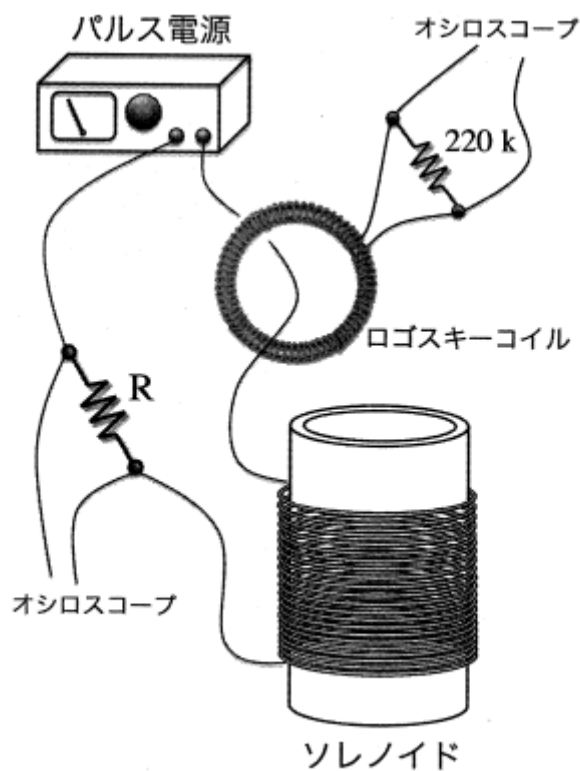


図 4 実験課題 2 における実験配置

4 結果

4.1 実験課題 1

ソレノイド底面を $z = 0$ [cm] とし, 各 z 座標における測定結果を以下の図 5～図 23 に示す. また, z 座標と磁気プローブの出力 V_{c0} の積分である $\int_0^t V_{c0}(t)dt$ との測定結果を表 1 に示す. ただし, 磁気プローブの出力 V_{c0} の積分はオシロスコープから得られるデジタルデータ (テキストデータ) を使用して算出する方法を用いる.

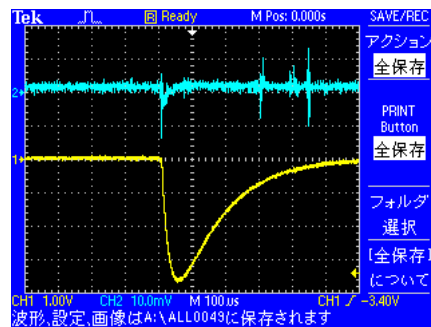


図 5 $z = -10$ [cm] における測定結果

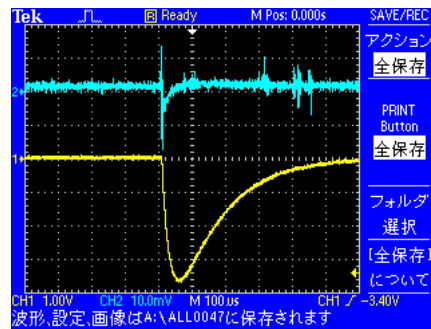


図 6 $z = -8$ [cm] における測定結果

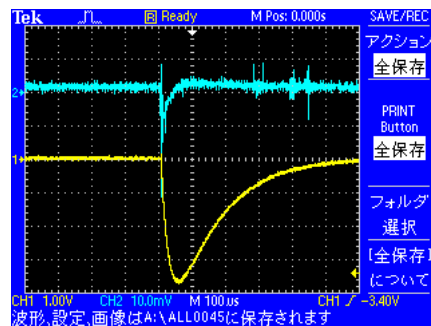


図 7 $z = -6$ [cm] における測定結果

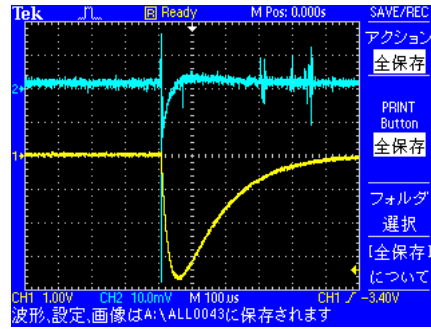


図 8 $z = -4 [cm]$ における測定結果

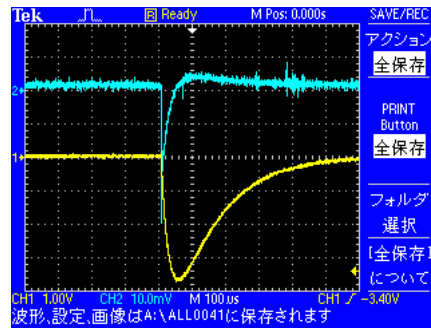


図 9 $z = -2 [cm]$ における測定結果

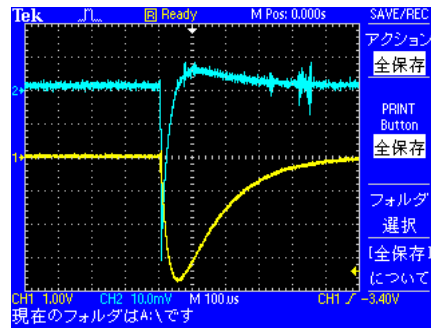


図 10 $z = 0 [cm]$ における測定結果

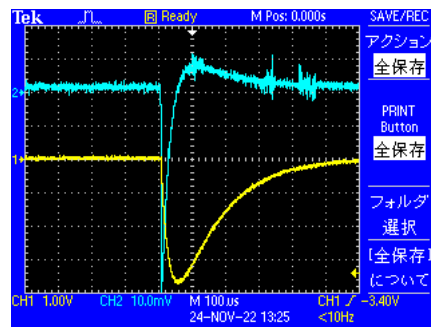


図 11 $z = 2 [cm]$ における測定結果

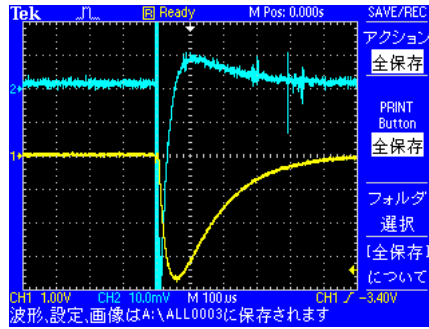


図 12 $z = 4 [cm]$ における測定結果

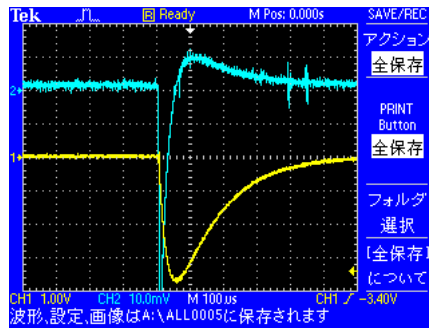


図 13 $z = 6 [cm]$ における測定結果

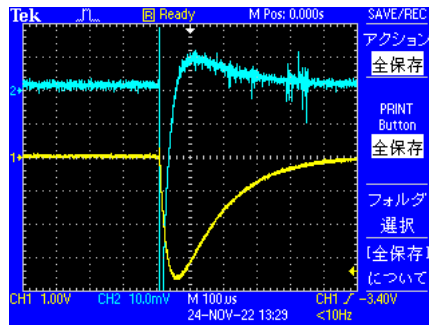


図 14 $z = 8 [cm]$ における測定結果

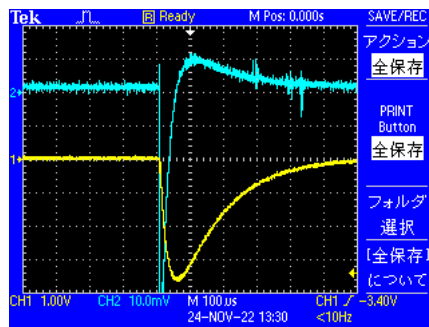


図 15 $z = 10 [cm]$ における測定結果

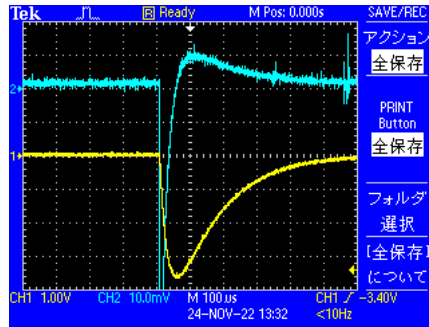


図 16 $z = 12 [cm]$ における測定結果

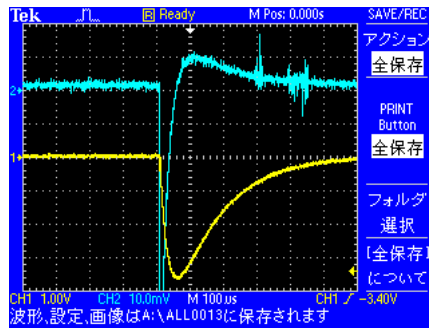


図 17 $z = 14 [cm]$ における測定結果

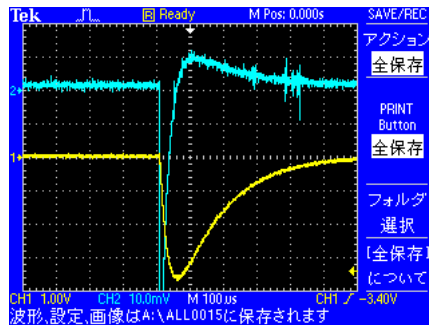


図 18 $z = 16 [cm]$ における測定結果

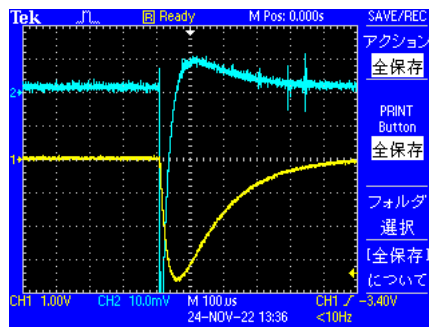


図 19 $z = 18 [cm]$ における測定結果

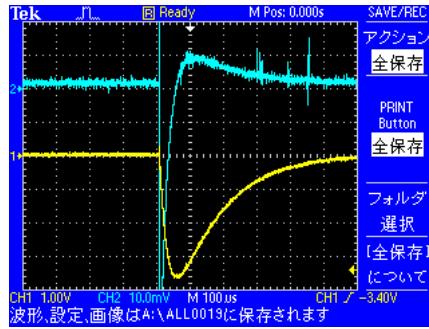


図 20 $z = 20 [cm]$ における測定結果

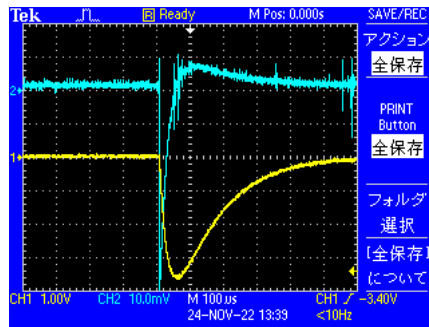


図 21 $z = 22 [cm]$ における測定結果

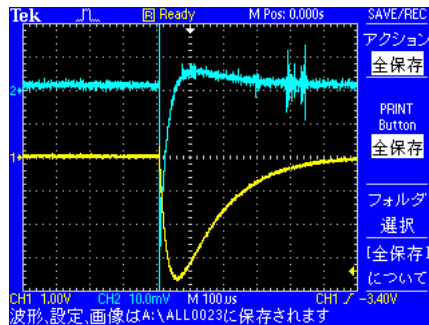


図 22 $z = 24 [cm]$ における測定結果

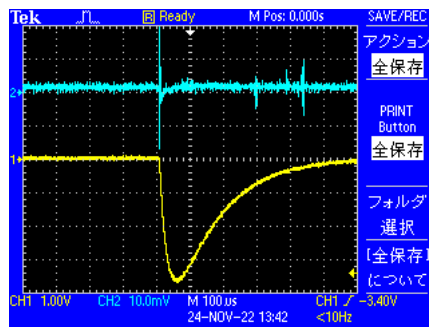


図 23 $z = 26 [cm]$ における測定結果

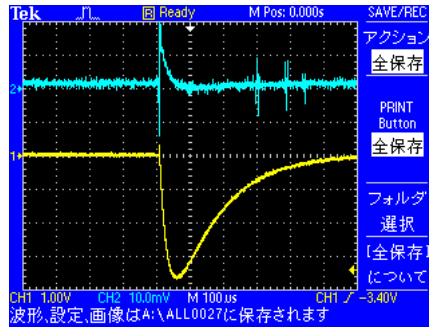


図 24 $z = 28 [cm]$ における測定結果

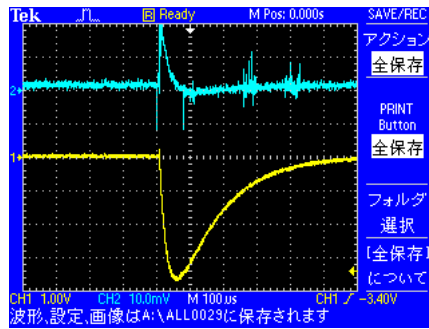


図 25 $z = 30 [cm]$ における測定結果

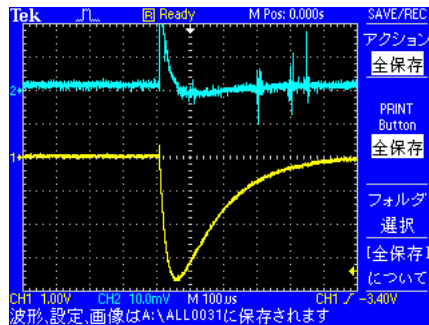


図 26 $z = 32 [cm]$ における測定結果

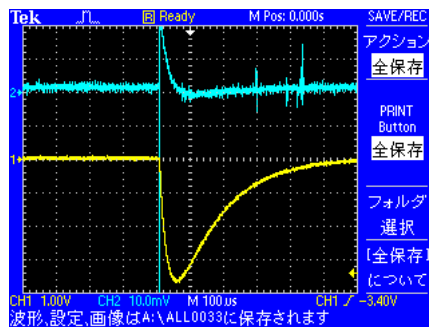


図 27 $z = 34 [cm]$ における測定結果

参考文献

[1]