

電気電子工学実習

電気電子工学実習報告書

太陽光発電を利用した電源システム設計

工学部電気電子工学科

学生番号：1026351380

5 班 市川弦慈

提出日 2025 年 10 月 17 日

1 概要

本実習では、環境によって出力の異なる太陽光電池を用いて安定した電源供給システムを構築し、またそのシステムを評価する。

2 太陽電池の特性

2.1 目的

1. 照度と、光源からの距離との関係調べる。
2. 太陽電池の特性を測定し、等価回路のパラメータや出力できる電力について評価する。

2.2 原理

今回作成するシステムの入口となる光エネルギーから電気エネルギーへの変換部分を担うのが太陽電池であり、これは、ダイオードの光特性を利用した素子である。太陽電池の等価回路は図 1 の青点線部で表される。このとき図 1 中の V, I に関して、

$$I = I_{\text{ph}} - I_0 \left\{ \exp \left[\frac{e(V + R_s I)}{nkT} \right] - 1 \right\} - \frac{V + R_s I}{R_{\text{sh}}} \quad (1)$$

という関係が成り立つ。ここで、 I_0 : 飽和電流、 e : 電気素量、 k : ボルツマン定数、 n : 接合定数、 T : 絶対温度、 I_{ph} : 光電流である。

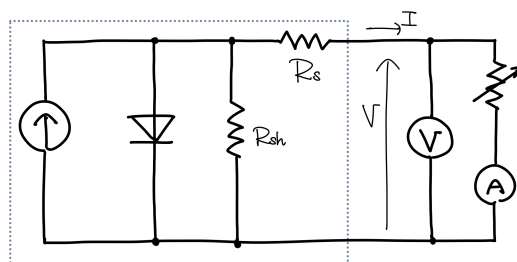


図 1 太陽電池の特性を測定するための回路

等価回路の抵抗を求める際は、ダイオードが動作している (電圧源とみなせる) ときと、動作していない (開放とみなせる) ときに分けて考える。

2.2.1 ダイオードが動作しているとき

ダイオードの動作電圧を V_{on} とすると、キルヒホッフの電圧則から、

$$V_{\text{on}} = V + R_s I \quad (2)$$

両辺を V で微分して、

$$0 = 1 + R_s \frac{dI}{dV} \quad (3)$$

$$R_s = - \frac{dV}{dI} \Big|_{V \sim V_{on}} \quad (4)$$

となる.

2.2.2 ダイオードが動作していないとき

キルヒホッフの電圧則から,

$$V + R_s I = R_{sh}(I_{ph} - I) \quad (5)$$

両辺を I で微分して,

$$\frac{dV}{dI} + R_s = -R_{sh} \quad (6)$$

$$R_{sh} = - \frac{dV}{dI} \Big|_{V \sim 0} - R_s \quad (7)$$

2.3 方法

2.3.1 照度と光源からの距離に関する実験 (実験 1.1)

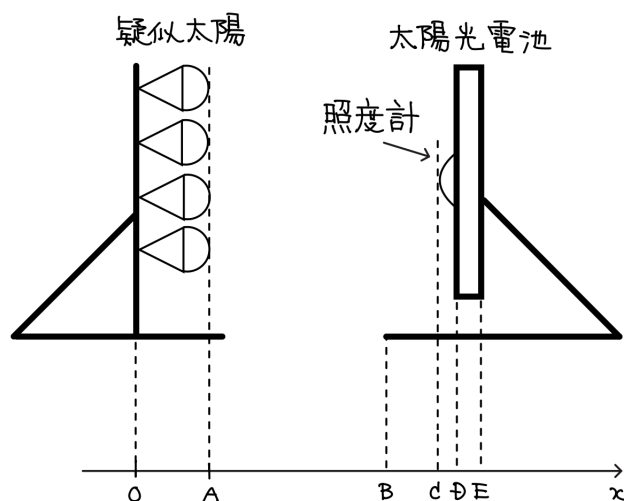


図2 照度測定の様子を横から見た図

図2のように疑似太陽と太陽光電池, 照度計を配置し, 疑似太陽と太陽光電池との間隔を変えて, 太陽光電池の中央での照度を計測した. 測定点は $OB = 60 \text{ cm}, 75 \text{ cm}, 90 \text{ cm}, 105 \text{ cm}, 120 \text{ cm}$ の5点とした.

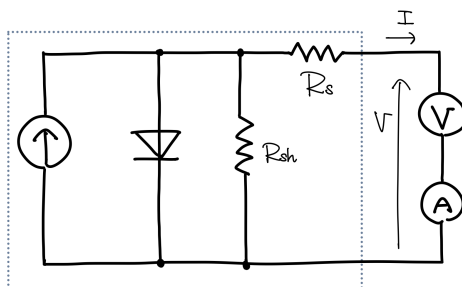


図3 太陽電池の特性を測定するための回路 (I が 0 A 近傍のとき)

2.3.2 太陽電池の特性を調べる実験 (実験 1.2)

図2中 OB 間の距離が 60 cm , 105 cm , 120 cm の3つの場合について、図1の回路を用いて V, I を測定した。また、 I が 0 A 近傍の測定については、抵抗を印加しない開放での測定を再現するため、図3の回路を用いた。

2.4 使用器具

(型番を記していない器具については確認し次第追記します。)

1. 太陽電池モジュール：昭和ソーラーエネルギー (株) GT234
2. 電圧計
3. 電流計

2.5 結果

2.5.1 実験 1.1

$AC = OB - 4.5\text{ cm}$ と照度の測定結果を図4に示す。

2.5.2 実験 1.2

各間隔での電流電圧特性の測定結果を図5に示す。

2.6 考察

2.6.1 実験 1.1

光源が点光源の場合は、照度は距離の逆二乗に比例することが知られている。今回の実験では点光源ではないことを考慮し、照度を E 、距離を d とおいて、

$$E = \frac{A}{ad^2 + bd + c} \quad (8)$$

に従うことを仮定する。 A, a, b, c は定数である。図4に対しフィッティングを行ったものを図6に示す。

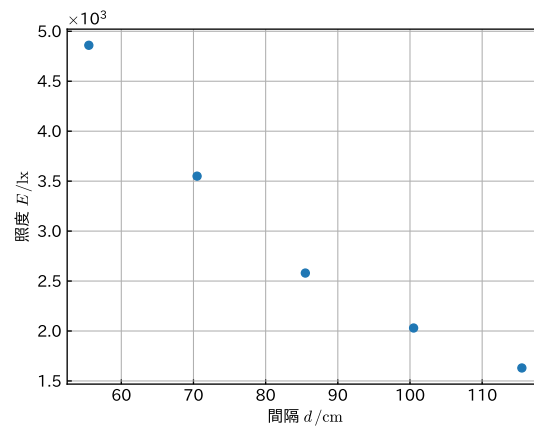


図 4 光源から照度計までの距離と照度との関係

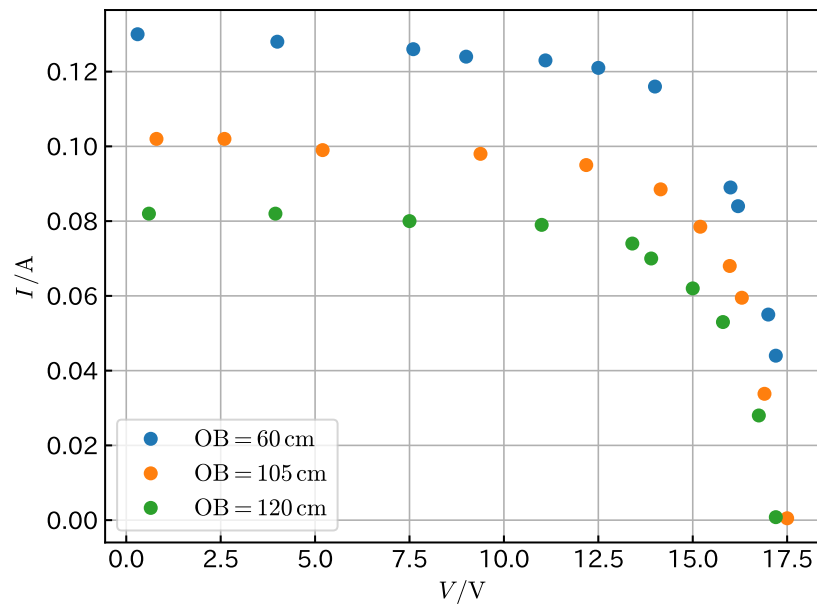


図 5 光を照射したときの太陽電池の電流電圧特性の測定結果

今回の測定から,

$$E = \frac{1.47 \times 10^4 \text{ lm}}{(5.4 \times 10^{-4}) \times d^2 + (9.2 \times 10^{-3} \text{ m}) \times d + (0.84 \text{ m}^2)} \quad (9)$$

と係数を決定できた.

2.6.2 実験 1.2

代表として $OB = 105 \text{ cm}$ の場合について解析する.

ダイオードが動作している領域・動作していない領域でフィッティングした図を図 7 に示す. ここで得られ

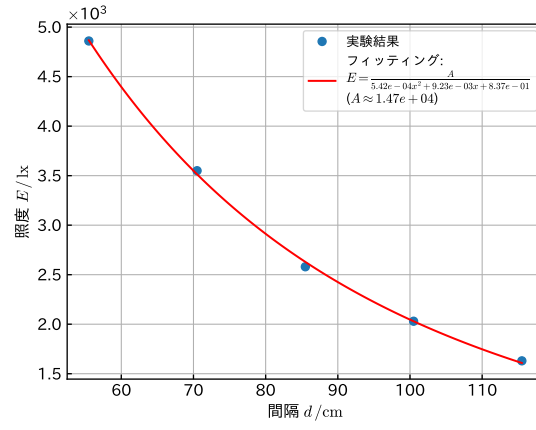


図6 照度測定結果とそのフィッティング

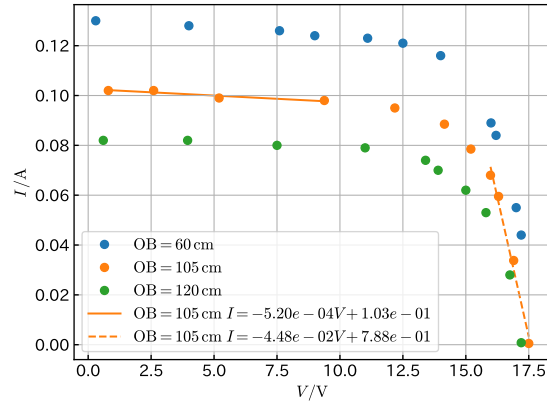


図7 電流電圧特性の測定結果とフィッティング

た傾きと式 (4)(7) から,

$$R_s/\Omega = -\frac{1}{-4.48 \times 10^{-2}} \quad (10)$$

$$R_s \simeq 22.3 \Omega \quad (11)$$

$$R_{sh}/\Omega = -\frac{1}{-5.20 \times 10^{-4}} - 22.3 \quad (12)$$

$$R_{sh} \simeq 1.90 \times 10^3 \Omega \quad (13)$$

と, 等価回路の抵抗値が得られる.

3 DC-DC コンバータ

3.1 目的

太陽電池から得られる直流の電圧，電流を増幅するために DC-DC コンバータを用い，チェックコンバータを用いる．本実験では，チェックコンバータのスイッチ制御を変化させたときの電力利得を調べる．

3.2 原理

DC-DC コンバータは，スイッチングを行うことで電圧を増幅できる装置である．1 周期のスイッチングのうちのオンの時間の割合 (デューティ比 D) によって，入力電圧 V_i と出力電圧 V_o との間に

$$V_o = -\frac{D}{1-D}V_i \quad (14)$$

という関係が成り立つ．

3.3 方法

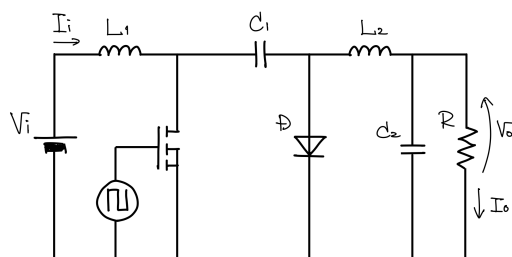


図 8 測定対象の回路

測定対象の回路を図 8 に示す．この回路に対して，方形波にデューティ比がそれぞれ 10 %, 25 %, 40 %, 50 %, 60 %, 75 %, 80 % を印加したときの入力電圧 V_i ，入力電流 I_i ，出力電圧 V_o ，出力電流 I_o を測定し，入力電力 P_i と出力電力 P_o の関係をプロットする．各素子や信号の詳細は，

1. $L_1 = 470 \mu\text{H}$
2. $L_2 = 470 \mu\text{H}$
3. $C_1 = 100 \mu\text{F}$
4. $C_2 = 100 \mu\text{F}$
5. 方形波：(周波数：100 kHz, 電圧：5 V_{pp}, オフセット：2.5 V)

である．

3.4 使用器具

(型番については確認し次第追記します．)

1. 電圧計
2. 電流計
3. 直流電源
4. ファンクションジェネレータ

3.5 結果

各デューティ比 D での電力利得を図 9,10,11,12,13,14,15, に示す.

3.6 考察

デューティ比と電力利得の関係を表すプロットを図 16 に示す. この関係から, 電力利得を良くするためにはデューティ比が 0.4 ~ 0.7 の範囲で動作させればよいことがわかる.

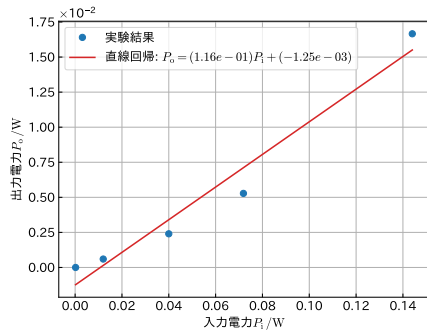


図 9 $D = 0.1$

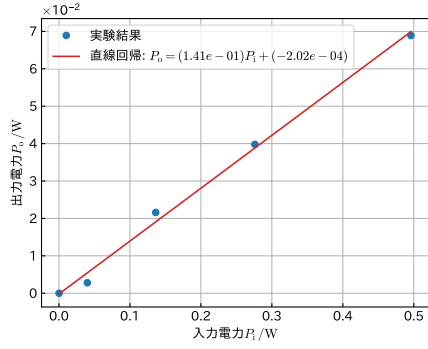


図 10 $D = 0.25$

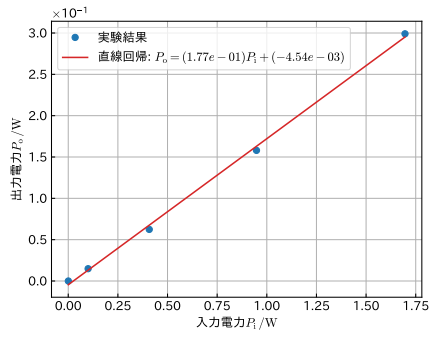


図 11 $D = 0.4$

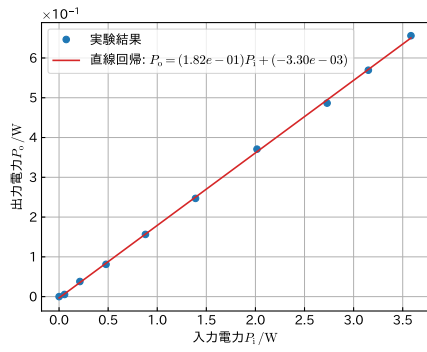


図 12 $D = 0.5$

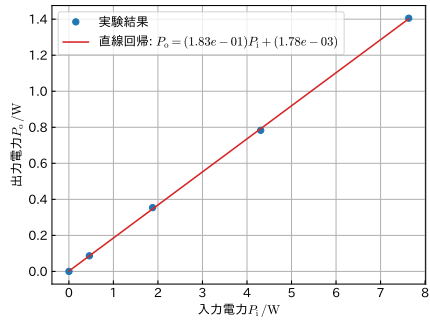


図 13 $D = 0.6$

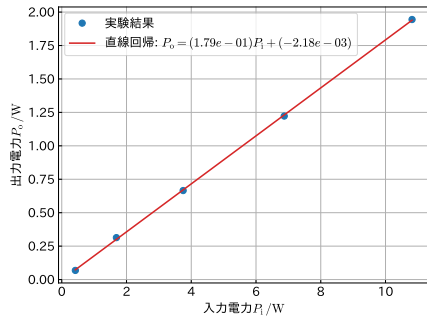


図 14 $D = 0.75$

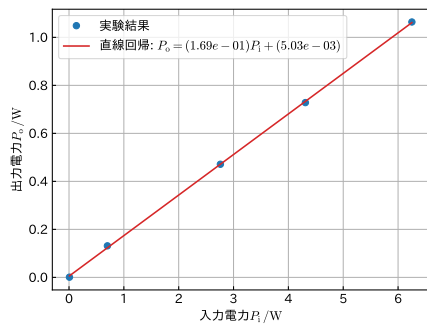


図 15 $D = 0.8$

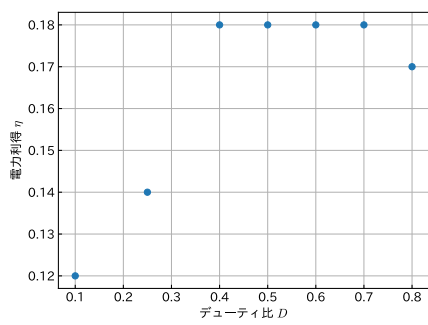


図 16 デューティ比と電力利得の関係