

キーワード：カオス、スパイク出力、パルス結合系

1. はじめに

区分定数カオススパイクング発振器 (PWCCSO) は簡素な回路モデルでありながらカオス現象を呈する[1]。カオスは非線形システムが呈する現象の一種で、非周期的で複雑な現象である。本研究では、2つの PWCCSO をスパイクで結合した回路について、どのような現象が発生するか考察していく。

2. 本論

本稿では2つの異なる PWCCSO を用いて考察する。それぞれの発振器は、一方は図1(a)のようにある初期値から一方は拡大振動し、もう一方は(b)のように収縮振動を行う特性を持つ。対象とする PWCCSO の結合系のダイナミクスは、発散振動については式(1)～(2)、収縮振動については式(3)～(4)のように表せられる[2]。

$$(x_1(\tau_+), y_1(\tau_+)) = (q_1, y_1(\tau))$$

$$\text{if } x_1(\tau) = 1 \text{ or } y_2(\tau) < 1/y_d \text{ and } x_2 = 0 \quad (1)$$

$$\begin{cases} \dot{x}_1 = \text{sgn}(x_1 - a_1 y_1) \\ \dot{y}_1 = \text{sgn}(x_1) \end{cases} \quad \text{for otherwise} \quad (2)$$

$$(x_2(\tau_+), y_2(\tau_+)) = (q_2, y_2(\tau))$$

$$\text{if } x_1(\tau) = 1 \text{ or } y_2(\tau) < 1/y_d \text{ and } x_2 = 0 \quad (3)$$

$$\begin{cases} \dot{x}_2 = -\text{sgn}(x_2 - a_2 y_2) \\ \dot{y}_2 = -\text{sgn}(x_2) \end{cases} \quad \text{for otherwise} \quad (4)$$

拡大振動する発振器では、値がしきい値 $x_1 = 1$ 、収縮振動では、値が $y_1 < 1/y_d$ かつ $x_2 = 0$ に達するとスパイクを出力し、それぞれ q_1 、 q_2 に値がジャンプするルールをそれぞれ持つ。今回はこのスパイク出力を、しきい値に達していないもう一方の PWCCSO にも入力することで、同時に値をジャンプさせる相互結合を行う。

微分方程式の右辺に sgn (符号) 関数を用いているのでアトラクタは区分的に直線な軌道になる。そして、上記の式を用いて、実際に示された結合系のアトラクタが図2である。これらはカオスアトラクタを呈している。これらと、単体のアトラクタを比較すると、形が変化していた。つまり、結合によって発散、収縮両発振器の特性に変化を及ぼしたことが確認できた。

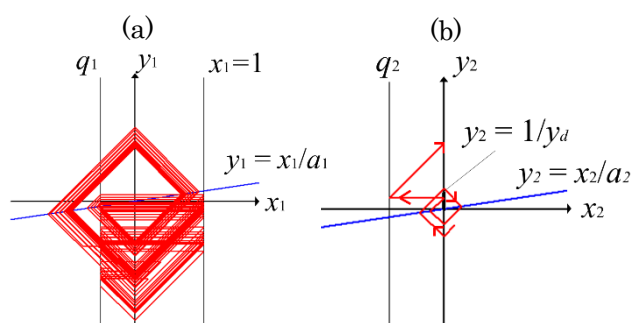


図1 発振器のダイナミクス。(a)発散振動。(b)収縮振動。

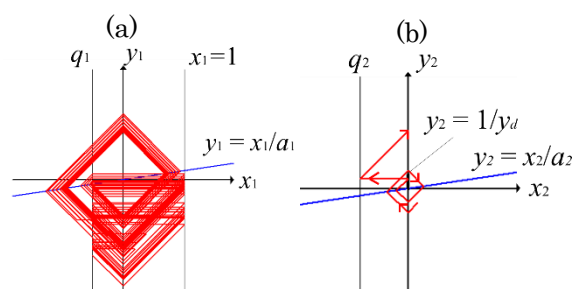


図2 結合したアトラクタ ($a_1 = a_2 = 6.8, y_d = 1/6.8$)。 (a)カオスアトラクタ ($q_1 = -0.5$)。 (b)カオスアトラクタ ($q_2 = -0.5$)。

3. まとめ

特性の異なる2つの発振器を相互に結合することで単体の時とは違うアトラクタを確認することができた。今後の課題としては、単体の時との違いについて詳しく確認していくこと、結合した発振器についての解析を進めていくことがあげられる。

参考文献

- [1] Y.Matsuoka and T.Saito, A Simple Spiking Oscillator Having Piecewise Constant Characteristics, IEICE Trans. Fundamentals, Vol. E89-A, No. 9, pp. 2437-2440, 2006.
- [2] 松岡 祐介, 電子情報通信学会 技術研究報告, NLP2014-157, pp.79-83.

お問い合わせ先
氏名：松岡祐介

E-mail : yatsuoka@yonago-k.ac.jp

E-02 矩形波しきい信号を持つスパイクングニューロンの解析

(米子高専専攻科生産システム工学専攻¹、米子高専電気情報工学科²)

○河崎紘之¹・松岡祐介²

キーワード：ニューロンモデル，スパイクングニューロン，スパイク列出力。

1. 緒言

ニューロンとは、脳の神経細胞の一種で、これをモデル化し、簡素化した物が人工ニューロンモデルである。人工ニューロンモデルは、多くの研究の対象となっている⁽¹⁾⁽²⁾。人工ニューロンモデルは、周期的または非周期的スパイク列を時間 τ に対して出力する。その中の種類の1つにスパイクングニューロンがある。

2. 本論

本研究で対象となる矩形波しきい信号をもつスパイクングニューロン⁽²⁾は次式で表される。

$$\begin{cases} \frac{dx}{d\tau} = s, y = 0 & \text{for } x(\tau) < th(\tau), \dots (1) \\ x(\tau+) = -b, y(\tau+) = 1 & \text{if } x(\tau) \geq th(\tau). \end{cases}$$

ただし τ は無次元の時間、 x は無次元の状態変数、 y はスパイク出力である。 $th(\tau)$ は矩形波のしきい信号で、次式で表される。

$$th(\tau+1) = th(\tau), th(\tau) = \begin{cases} 1 & \text{for } 0 \leq \tau < \tau_d, \dots (2) \\ 0 & \text{for } \tau_d \leq \tau < 1. \end{cases}$$

ただし τ_d はデューティ比を表す。パラメータの条件は $0 < s, 0 < b \leq 1.0, 0 < \tau_d < 1.0$ である。図1にニューロンのダイナミクスを示す。状態変数 x が時間とともに傾き s で上昇する。 x が $th(\tau)$ に当たった時、ニューロンは発火しスパイク $y = 1$ を出力すると共に x はベースレベル $-b$ に瞬間的にリセットされる。この動作をニューロンは繰り返す。解軌道はしきい信号の垂直部分に当たり、再び当たると周期的な波形になる⁽²⁾。

ここで、時間波形の1周期はしきい信号の垂直部分に軌道が当たってから、つぎに軌道が垂直部分に当たるまでの間と定義する。傾き s 、

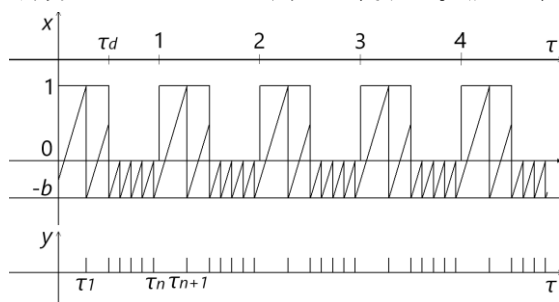


図1 ダイナミクス($s=4.5, b=0.5, \tau_d=0.5$)

ベース b 、デューティ比 τ_d をパラメータとして変化させ、周期的な軌道を持つ物の中でも、1周期の長さが $\tau = 1$ の軌道と、それ以外の軌道かどうかを調べた。 $s-b$ パラメータ空間において1周期の長さが $\tau = 1$ であることを白色、1周期の長さが $\tau > 1$ のときを黒色で図2に示す。図2は $0 < s \leq 10, 0 < b \leq 1.0$ の範囲のパラメータ空間である。図2より、 $\tau = 1$ と $\tau > 1$ の境界があり、ある一定の法則があると考えられる。

3. まとめと今後の課題

パラメータ空間において1周期の長さが $\tau = 1$ か $\tau > 1$ の境界があり、ある一定の法則があると考えられる。今後の課題としては、他パラメータ空間での境界の解析、またスパイク列出力からのパラメータの推定などが挙げられる。

参考文献

- (1) E.M. Izhikevich, "Simple model of spiking neurons," IEEE Trans. Neural Netw., vol.14, no.6, pp.1569-1572, 2003.
- (2) Yusuke Matsuoka, IEICE Trans. Fundamentals, Vol.E101-A, No.11, pp1944-1948, 2018.

お問い合わせ先

氏名： 松岡祐介

E-mail : ymatuoka@yonago-k.ac.jp

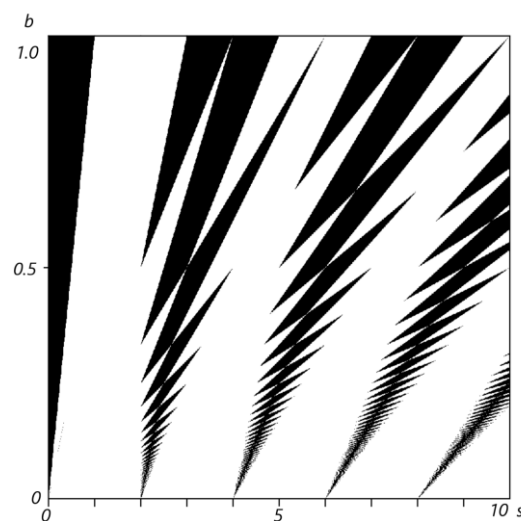


図2 $s-b$ パラメータ空間($\tau_d = 0.5$)

E-03 NPC インバータを想定した昇圧チョップの制御性能の比較

(鹿児島高専専攻科 電気情報システム工学専攻¹⁾)

○徳永海斗¹・逆瀬川栄一¹

キーワード： 昇圧チョップ、NPC インバータ、コンデンサ電圧リプル

1. 緒言

近年、CO₂の排出規制や地球環境問題対策のため PHV や電気自動車などの普及が進んでいる。通常、PHV のモータードライブシステムは、昇圧チョップと 2 レベルインバータが主流である。現在、更なる高電圧化に適しているモータードライブシステムとして昇圧チョップ付 NPC インバータが提案されている^[1]。しかし、中性点電位がフローティングになることが問題である。

昇圧と中性点電位の同時制御の手法として、補正型制御と交差型制御の二種類が存在する。文献[1]では、交差型制御について検討し、文献[2]では、補正型制御について検討している。しかし、補正型制御と交差型制御の比較は行われていない。そこで、本研究では補正型制御と交差型制御において、コンデンサ電圧リプルについて比較を行うことを目的とする。

2. 昇圧チョップの制御方法

昇圧チョップの基本動作に着目するため NPC インバータを抵抗に置き換え、NPC インバータを想定した図 1 の NPC 昇圧チョップ回路について検討を行う。NPC 昇圧チョップは、上下デバイスの 1 スwitchング期間における ON 時間(以降、通流比)により昇圧と中性点電位の同時制御を実現している。その際、S₁, S₂ の通流比を D_p, D_n とする。

補正型制御は、図 2 のように 1 つのキャリアと通流比 D_p, D_n を比較してゲート信号を生成する制御方法である。交差型制御は、図 3 のように 2 つのキャリアと通流比 D_p, D_n を比較してゲート信号を生成する制御方法である。

3. シミュレーション結果

図 1 の回路条件は、電源電圧 E=20V、インダクタ L=10mH、コンデンサ C=2.2mF、負荷 R=60Ω、キャリア周波数 10kHz である。直流リンク電圧指令値は、40V に設定している。今回、シミュレーションに使用したソフトウェアは PSIM ver. 10.0.4.564 である。図 2 に補正型制御、図 3 に交差型制御のシミュレーション波形を示す。補正型制御において、コンデンサ電圧 v_{cp} に、リプルが生じる。このリプルは、L, C の共振(1)式によるリプルだと考えられる。一方、交差型制御の

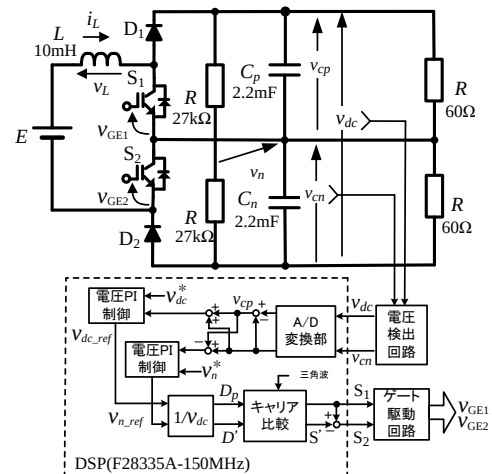


図 1. NPC 昇圧チョップのシステム構成

の場合、コンデンサのリプル成分がスイッチングにより打ち消される。そのため、コンデンサ電圧 v_{cp} に、リプルが生じない。これより、補正型制御より交差型制御の方が優れている。

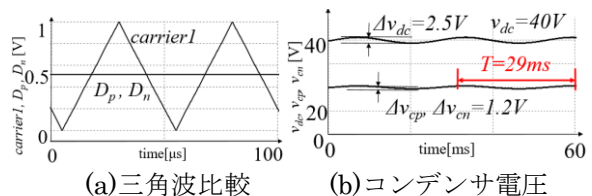


図 2. 補正型制御波形

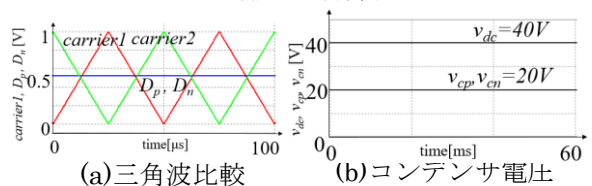


図 3. 交差型制御波形

[1] 古田将空・大西徳生：「昇圧チョップ制御直列電圧源を用いた NPC インバータ」, 平成 22 年電気学会産業部門大会, 1-21 (2010)

[2] 藤井勝秀・逆瀬川栄一・芳賀仁：「NPC インバータを想定した昇圧チョップの実験検証」, 平成 31 年電気学会全国大会

お問い合わせ先

氏名：逆瀬川 栄一

E-mail : sakasegw@kagosima-ct.ac.jp

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \quad (1)$$

FPGA を用いた昇圧チョップ付 NPC インバータの開発

(鹿児島高専専攻科 電気情報システム工学専攻¹⁾)○猪野司¹・逆瀬川栄一¹

キーワード：昇圧チョップ付 NPC インバータ、FPGA、ゲート信号、キャリアの位相変調

1. 緒言

現在、排出ガスによる大気汚染や地球温暖化が深刻な問題となっている。この解決策として電気自動車(EV)やプラグインハイブリッド車(PHV)などのクリーン自動車が注目されている。これらを普及させるには、モータドライブシステムに用いられる昇圧チョップの小型化が重要である。また、文献[1]により、現在のモータドライブシステムは2レベルインバータに昇圧チョップを組み合わせたものが主流であるが、電力変換効率の問題から更なる高電圧化が可能なNPCインバータの適用が有効である^[1]。しかし、NPCインバータは中性点電位がフローティングになり、また、大容量コンデンサのために装置が大型化する問題がある。そこで、本研究では中性点電位を同時に制御可能であり、小型化も可能な昇圧チョップとNPCインバータを合わせた図1の昇圧チョップ付NPCインバータに着目した。

文献[2]は、NPC昇圧チョップを製作し、回路の有効性をシミュレーション及び実機検証により確認している^[2]。文献[2]では、NPC昇圧チョップのみの検証のため、本研究では、NPC昇圧チョップとNPCインバータを組み合わせた図1の昇圧チョップ付NPCインバータの制御システムの開発とゲート信号の出力、キャリアの位相変調を目的とする。

なお、キャリアの位相変調は昇圧チョップ付NPCインバータの小型化の決定因子であるコンデンサ電圧リプルを低減するために必要である。また、このキャリアの位相変調を可能にするために、Myway プラス社製のデジタル制御システム「PE-Expert4」内のFPGAを使用する。このFPGAによるキャリアの生成、位相変調方法については3章に示す。

2. システム構成

図1に昇圧チョップ付NPCインバータの回路を示す。図2にシステム構成を示す。このシステムでは、昇圧チョップ側のゲート信号4本、インバータ側のゲート信号12本の合計16本のゲート信号の出力を可能にする。

本研究で製作する制御システムはMyway プラス社製のデジタル制御システム「PE-Expert4」が

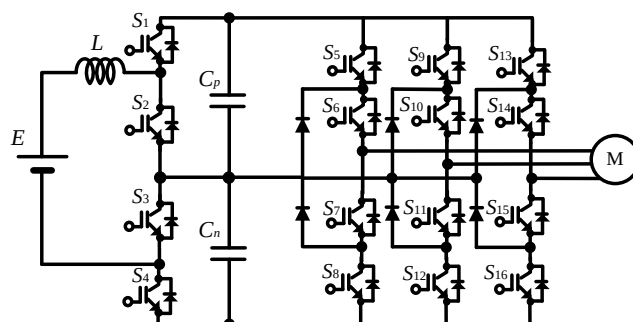


図1. 昇圧チョップ付 NPC インバータ

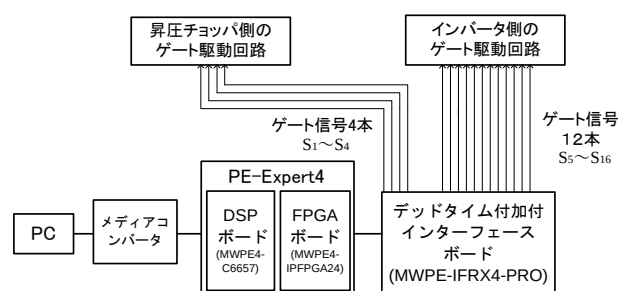


図2. システム構成

中核となる。「PE-Expert4」はDSPボードとFPGAボードにより構成されている。DSPボードは指令値の生成のために用いられ、FPGAボードはキャリアの生成、比較、キャリアの位相変調、ゲート信号の出力を実現するために用いられる。このDSPボードによる指令値とFPGAボードによるキャリアを比較することでゲート信号を出力することができる。これらを可能にするためにDSPボードとFPGAボードのプログラムの作成を行う必要がある。双方のプログラム言語には違いがあり、DSPボードはC言語、FPGAボードはHDL(ハードウェア記述言語)を用いる。

3. FPGAによるキャリアの生成、位相変調

FPGAによるキャリアの生成、位相変調の方法について示す。キャリアの生成方法として、FPGA

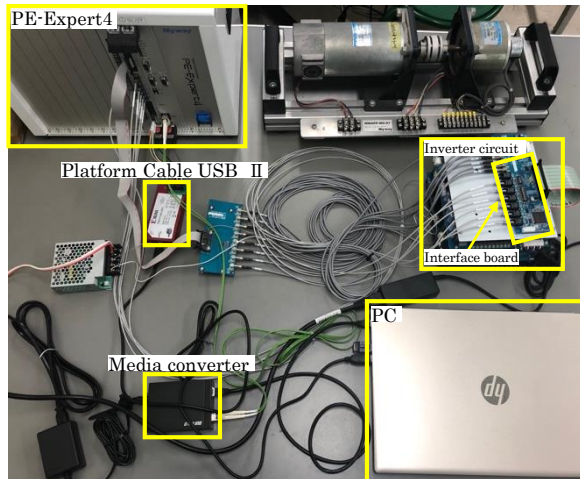


図 3. 実験回路

のプログラム内でカウンタ(carrier_cnt)の関数を用いて生成している。

原理としては、carrier_up_down が 1 のとき、carrier_cnt はカウントアップし carrier_cnt が最大値(キャリア周波数によって決定する)に達すると、carrier_up_down が 1 から 0 へ変化し、カウントダウンに転じる。

carrier_cnt の最大値(carrier_cnt_max_bb)はポート 1(DSP ボードから書き込まれる変数)で設定することができる。

carrier_cnt の最大値とキャリアの周波数の関係式は下記の通りとなる。

キャリア周波数=

$$1 / (\text{carrier_cnt_max_bb} \times 10\text{ns} \times 2)$$

本研究では、キャリアの周波数を 10[kHz] にするため DSP 側のプログラムで carrier_cnt の最大値を 5000 に設定する。

キャリア周波数=

$$1 / (5000 \times 10\text{ns} \times 2) = 10[\text{kHz}]$$

このように最大値でキャリア周波数が決まるため、キャリアと比較する指令値のスケールもキャリアに合わせる必要がある。

キャリアの位相変調の方法として、図 4 のようにキャリアの初期値を変更することで位相を変調することが出来る。carrier_cnt の場合、初期値を 0、carrier_cnt2 の場合、初期値 5000 とすることで位相変調が実現している。

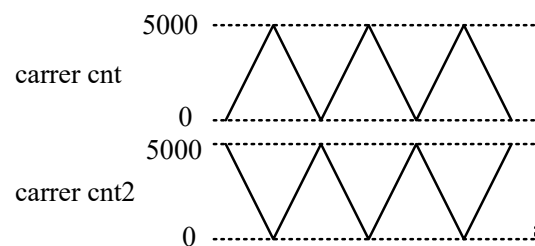


図 4. キャリアのイメージ図

4. 実験回路と結果

図 3 に図 2 のシステム構成の実際の実験回路を示す。ゲート信号の生成は図 4 のキャリアと三相指令値、昇圧チョップの指令値の比較により行っている。

回路条件として、三相指令値の周波数を 50[Hz]、昇圧チョップのデューティ比を 0.5、キャリアの周波数を 10[kHz] とする。

図 5 に昇圧チョップ側のゲート信号を示し、図 6 にインバータ側の U 相のゲート信号を示す。V 相、W 相のゲート信号については省略する。昇圧チョップのデューティ比は 0.5 とする。そのため、図 5 の昇圧チョップ側のゲート信号の波形の ON と OFF の時間が 0.5 と等しくなっている。また、図 5 の昇圧チョップのゲート信号 S₁、S₂、S₃、S₄ は図 1 の昇圧チョップ付 NPC インバータの回路図に対応している。図 6 についても同様に対応している。また、波形は、縦軸の 1 目盛、5[V/DIV]、横軸の時間は 0.05[ms] である。

また、キャリアの位相変調の観点から図 6 の U 相のゲート信号の実験結果を確認するとゲート信号 S₅ と S₇ のデューティ比が異なるため、FPGA ボードで生成したキャリアの位相が変調されていることが分かる。

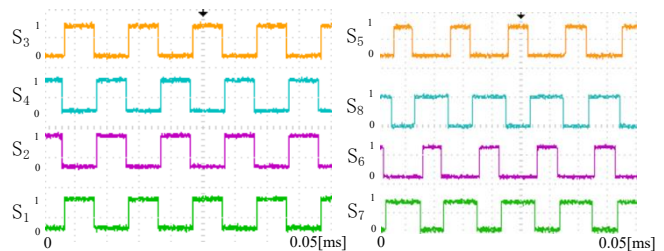


図 5. 昇圧チョップのゲート信号

図 6. U 相のゲート信号

5. 結言

Myway プラス社製のデジタル制御システム「PE-Expert4」を用いて、昇圧チョップ付 NPC インバータの制御システムの開発を行うことができた。

また、実験システムによりキャリアの位相変調、昇圧チョップ付 NPC インバータのゲート信号の出力を行うことができた。

6. 参考文献

- [1] 古田将空・大西徳生：「昇圧チョップ制御直列電圧源を用いた NPC インバータ」、平成 22 年電気学会産業部門大会、1-21(2010)
- [2] 藤井勝秀・逆瀬川栄一・芳賀仁：「NPC インバータを想定した昇圧チョップの実験検証」、平成 31 年電気学会全国大会、1-9(2019)

お問い合わせ先

氏名：逆瀬川栄一

E-mail : sakasegw@kagoshima-ct.ac.jp

E-05 自律型移動ロボットによる自己位置検出を目的とした

ランドマーク設置座標の検出法

(米子高専 電子制御工学科¹)

○小谷 尚輝¹・永田 崇弘¹・中山 繁生¹

キーワード：自律型移動ロボット，自己位置検出，発光型ランドマーク，全方位カメラ，Lidar

1. はじめに

農業や地雷除去といった屋外作業用ロボットは、動作を決定するためにロボット自身の自己位置検出が重要となる。現在自己位置検出に用いられている GPS やデッドレコニングといった手法は、ロボットが作業する上では誤差が大きく、ロボットが正確な作業を行うことに支障をきたす。

そこで、本研究では LED ランドマークを使用した、ロボットの自己位置検出法を検討する。これまで本研究では座標が既知である LED ランドマークをロボットが検出し、LED ランドマーク間の相対角度を Cassini の定理に適用し、ロボットの自己位置検出を行ってきた。

Cassini の定理を適用するためには、LED ランドマークの正確な座標が既知である必要がある。そのため自己位置検出の前段階で、人間が正確に計測した座標上に LED ランドマークを設置しなければならない。しかし、ロボットが屋外作業を行う場合に、作業の度に LED ランドマークを正確な座標上に設置することは困難であり現実的ではない。

そこで本報では、ロボットが自己位置検出を行う前段階で、ロボットに搭載した全方位カメラと Lidar による LED ランドマークの座標検出法について提案し、実用的な自己位置検出法を提案する。

2. ランドマークの検出と自己位置検出法

2.1 LED ランドマークの検出

本研究では LED を円状に配置した発光型ランドマークを用いて実験を行う。LED が点灯している画像と消灯している画像に対して XOR 処理を行い、双方の画像の変化分を抽出し、ランドマークのみを検出する。

実際に全方位カメラで撮影した画像を Fig.1 に示す。ここではランドマークの LED を消灯、点灯、消灯の順番に計 3 枚撮影する。それにより XOR 処理を行った 2 枚の画像に対してさらに AND 処理を行い、ノイズ除去を行う。

以上の画像処理を終了した画像を Fig.2 に示す。この画像中にある円を検出することによって、全方位カメラを中心とした LED ランド

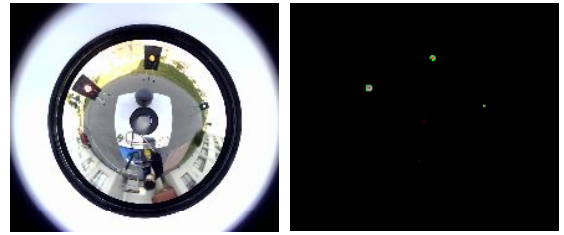


Fig.1 Captured image Fig.2 Processed image

マークの相対角度を求めることができる。

2.2 Cassini の定理

Cassini の定理は座標が既知である 3 つのランドマークについて、ロボットを中心とした各ランドマークの相対角度から、ロボットの座標を求めるものである。Fig.3 に示すロボット P 点の座標(x_P, y_P)を求める式を以下に示す。

$$x_P = x_D + \frac{y_B - y_D + (x_B - x_D) \cot \phi_{DE}}{\tan \phi_{DE} + \cot \phi_{DE}} \quad (1)$$

$$y_P = y_D + \frac{y_B - y_D + (x_B - x_D) \cot \phi_{DE}}{\tan \phi_{DE} + \cot \phi_{DE}} \tan \phi_{DE} \quad (2)$$

$$\tan \phi_{DE} = \frac{y_D - y_E}{x_D - x_E} \quad (3)$$

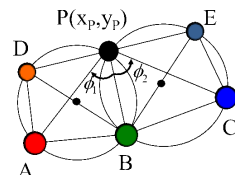


Fig.3 Cassini's theorem

3. LED ランドマークの座標検出実験

3.1 実験条件

本実験では Fig.4 に示すロボットを使用した。ロボットは全長 500[mm](W)×650[mm](D)×800[mm](H)である。ロボットの上部には 100[mm]の間隔で全方位カメラと Lidar を設置した。

また、検出する LED ランドマークは Fig.5 に示す。ランドマークの高さは 1000[mm]であり、上部に 300[mm](W)×450[mm](H)の板を取り付け、直径 90[mm]の円となるように LED

を配置する. ランドマークは最大 6 色で発光し, 発光色を区分し検出することでランドマークの識別を行う. 実験は屋外と屋内で実施する.

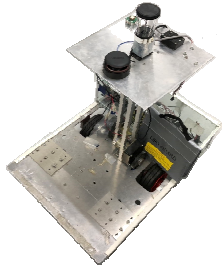


Fig.4 Mobile robot



Fig.5 LED Landmark

3.2 屋外での LED ランドマーク検出実験

屋外の実験では, Fig.6 に示す配置で 3 つの LED ランドマークの検出を行った. 全方位カメラで検出したランドマークの角度情報を, Lidar で取得した距離情報に適用して作成したマップを Fig.7 に示す. Fig.7 では, Fig.6 で示した実際の配置と同様の状態が確認できた. これにより屋外で LED ランドマークを検出し, その配置をマップとして表現することができた. ここで実験では, 自然光の影響により LED ランドマークの発光色までを独立検出するには, カメラとランドマーク間の距離を 4[m]以下にすることを確認した.

3.3 屋内での LED ランドマーク検出実験

Cassini の定理を用いてロボットの自己位置検出を行う場合, LED ランドマークの正確な座標が必要となる. したがって, これまでの実験で得られた LED ランドマークの位置情報を, 座標として求める必要がある. 実験は LED ランドマークを正確な座標上に配置するため路面に起伏の無い屋内で行った. ロボットの初期位置を原点として LED ランドマークを配置し, その座標をメジャーによって計測した. その後, ロボットによって LED ランドマークの検出を行い, 角度と距離情報から LED ランドマークの座標を算出した. LED ランドマークの座標算出結果を Table1 に示す.

3.4 実験結果

Table1 の結果より, 3 つの LED ランドマークの座標を算出し, その最大誤差は 103[mm] であり, 最低でも 10[mm] の誤差があった. この結果から, 特に誤差の大きい Landmark1



Fig.6 Arrangement of LED landmarks

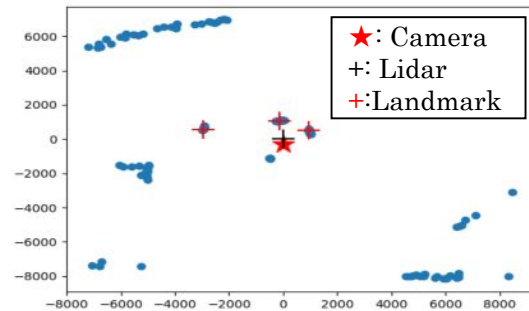


Fig.7 Detected landmarks

の x 座標と Landmark2 の y 座標は本実験の設置環境ではロボットとの距離が 1000[mm] と 500[mm] と比較的ロボットに近いものであった. したがって, ロボットとの距離が小さいほど誤差が顕著に現れるのではないかと推測できる. なお, 実際の誤差は距離に対して 10% 程度に収まっていることが確認できる.

4. まとめ

本研究の成果を以下にまとめる

- 1) 屋外の実験では, 現行のシステムでは LED ランドマークを 4[m] 以下の間隔で配置する必要があり, 今後自然光の対策が必要である.
- 2) 屋内の LED ランドマークの検出実験により, 座標の検出誤差を 10% 程度で捉えた.
- 3) 今回得られた座標情報を元に, 実際に Cassini の定理を適用した, ロボットの自己位置検出の精度を検証する.

参考文献

- 1) 岩本佳吾ほか, 移動ロボットの自己位置検出を目的とした多色発光ランドマークの独立検出法, 第 26 回計測自動制御学会中国支部学術講演会論文集, pp.111-112(2017)

お問い合わせ先

氏名: 中山繁生

E-mail: nakayama@yonago-k.ac.jp

Table 1 Experiment result

	Coordinate of landmark[mm] (Measured value)		Coordinate of landmark[mm] (Detected by Lidar)		Error[mm]	
	x	y	x	y	x	y
Landmark1	-1000	2000	-1103	1990	103	10
Landmark2	1500	2500	1516	2523	16	23
Landmark3	3000	500	3018	586	18	86

～第3報～

(米子高専生産システム工学専攻)

○西村俊志・宮田仁志・石倉規雄・権田英功

キーワード：太陽光発電、MPPT、部分影、SOM

1. 緒言

現在、日本の発電方式は火力発電をはじめとする非再生可能エネルギーが年間発電電力量の約9割を占めている。このような状況の中、再生可能エネルギーが注目を集めている。中でも、資源が無限で住宅にも設置可能な太陽光発電に期待が集まり、多くの研究がなされている。本研究では再生可能エネルギー発電の中でも太陽光発電に着目し、その高性能化について検討した。

2. 日射量の急変に対応した MPPT

(Maximum Power Point Tracking)

< 2. 1 > SOM(Self- Organizing Maps)を用いた MPPT

太陽光発電に用いられる太陽電池はエネルギー変換効率が低いため、最大電力点追従制御 MPPT によって、まず出力を最大に保つ必要がある。MPPT の 1 つに山登り法がある。山登り法とは最大電力が得られるまで、動作電圧と電流を調整し続けるというものである。例えば、動作電圧を高めると出力が増加する場合は、出力が低下し始めるまで動作電圧を高める。そして、出力の低下を検知したら、出力が最大値に戻るまで、動作電圧を引き下げるというものである。

本研究では、SOM を用いて最大電力点を探索し、それを用いて、山登り法の欠点である部分影が生じたときなど、日射量の急激な変化に対応できる太陽光発電システムの開発を目指す。

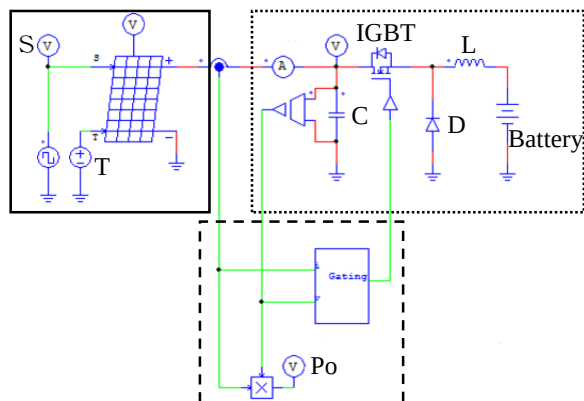


図1 降圧チョップによるMPPTのハードウェア

< 2. 2 > 動作試験

図1にシミュレーション回路を示す。実線内は太陽光パネル、点線内は降圧チョップ回路になっており、破線内の回路によってMPPT制御を行っている。MPPT制御が正しく動作することは、シミュレーションで確認している。

しかしながら、部分影が生じる場合については、シミュレーションが難しいことが分かった。



図2 発電量測定器

SOMを用いるためにはまず太陽電池パネルの特性データが必要である。図2示す測定器を用いて特性を測定する。

電圧は太陽光パネルの電圧をそのまま電圧プローブで、電流は電流センサで電圧値に変換し、それぞれデータロガーで収集するという回路となっている。データロガーはPCとBluetoothで接続され、測定データをPCに送信する。

3. まとめ

実験装置を完成させ、現在は様々な条件下での太陽光パネルのI-V特性のデータを収集している。今後はそのデータを用いてSOMを作成する。

お問い合わせ先

氏名：宮田仁志

E-mail：miyata@yonago-k.ac.jp

E-07 ピコ秒グリーンレーザーによるアブレーションを利用した アルミナ板からの微小片切り出し加工

(長岡高専専攻科電子機械システム工学専攻¹

長岡高専電気電子システム工学科²)

○細川和真¹・中村奨²

キーワード: ピコ秒グリーンレーザー、アブレーション、アルミナ板、微小片切り出し加工

1. 緒言

2011 年 3 月 11 日に起こった東日本大震災とそれに引き続く福島第一原子力発電所の炉心溶融に至った過酷事故は、それまでの原子力利用技術への信頼を一変させるものとなった。事故炉の廃炉を行う上で、溶融して固まった燃料（以下「燃料デブリ」という）の取り出しは極めて重要な課題である。燃料デブリ取出しの際の安全を確保し、取出し装置・保管容器を開発するためには、デブリの各種性状を正確に把握しておく必要がある。そのためには、まずは燃料デブリの微小片を炉内から採取する必要がある。

本研究は将来的な燃料デブリ取り出しに向けた基礎的な燃料デブリ取り出しに向けた基礎的な燃料デブリ取り出しを目的に、超短パルスレーザーによるアルミナ板からの微小片の切り出し加工を行った。レーザーの持つ非接触、遠隔、高い制御性といった特徴を利用して廃炉技術への適用を試みた。

2. 実験方法

Fig. 1 に実験装置の概略を示す。実験に使用したレーザーは、Photonics Industries International 社製のピコ秒グリーンレーザー、RGH532-8 である。レーザーの仕様は、波長 532 nm、最大出力 8 W、発振周波数 100 kHz、パルス幅 <15 ps である。被加工材として、アルミナ板緻密質(アズワン株式会社、縦 50 mm × 横 50 mm × 厚さ 2 mm、品番 1-2381-01)を使用した。アルミナ板から微小片を切り出すため、レーザー光はガルバノメータスキャナーにより操作し、焦点距離 163.9mm の f θ レンズにより材料に向けてレーザー光を集光した。

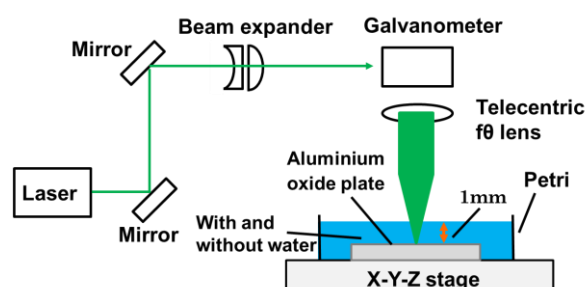


Fig. 1 Experimental setup

福島第一原子力発電所の燃料デブリを取り出す方法としては、燃料デブリを水没させて取り出す「冠水工法」の適用と、燃料デブリを気中に露出した状態で取り出す「気中工法」の両方が検討されている。そのため本研究においても、気中での切り出しと水中での切り出しの両方を試みた。

3. 実験結果

Fig. 2 にアルミナ板上部を覆う水層の厚さを変化させて、溝加工を行った際の溝深さを示す。水層の厚さ 0 mm は、気中加工を意味する。この図より水層の厚さ 0.5 mm の条件下で、一番深い溝が形成されたことがわかる。

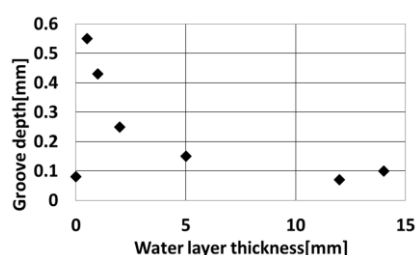


Fig. 2 Relation between water layer thickness and groove depth

アルミナ板上部の水層の厚さを 0.5 mm とし、レーザー走査速度 900 mm/s、レーザー走査回数 1,750,000 回の加工条件でアルミナ板からの切り出し加工を試みた。Fig. 3 に示すとおり直径 2.4 mm の円形の微小片を切り出すことができた。

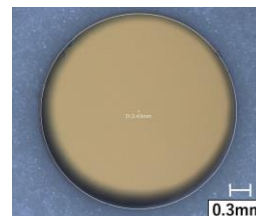


Fig. 3 Cut out of small piece of circle from alumina plate

お問い合わせ先

氏名: 中村奨 E-mail: snaka@nagaoka-ct.ac.jp

(長岡高専専攻科電子機械システム工学専攻¹長岡高専電気電子システム工学科²)○藤島睦¹・中村奨²

キーワード：チタン板、濡れ性、撥水性、微細周期加工、ピコ秒グリーンレーザー

1. 緒言

濡れ性とは、固体表面に対する液体の濡れやすさを表すものである。特に固体表面の水を弾く性質、いわゆる撥水性は自然界の蓮の葉を始めとして、傘、衣服、調理器具、ガラスなどの性能向上に利用されている。一般的に材料への撥水処理法としては、コーティング法が主流である。しかし、コーティング法は膜の剥離が問題点として挙げられる。この他の手法として、近年、レーザーによる表面改質が行われている。基材にレーザー照射を行い、表面に微細な凹凸構造を周期的に形成させ、基材表面の性質を変えることで水に濡れやすい、あるいは濡れにくい状態を作り出すことができる。本研究では金属の中でも汎用性に優れているチタン板表面に超短パルスレーザー光を照射し、濡れ性の評価を行った。

2. 実験方法

2. 1 微細形状付与

図1にレーザーの走査パスを示す。本実験では純チタン板に対してピコ秒グリーンレーザー(PI International 社製 RGH-532)を照射し、表面に平行線状の周期構造を形成した。レーザーの加工面積を5 mm×5 mm、走査間隔を50 μm～100 μmとして加工面を作製した。レーザーの波長532 nm、出力4.2 W、発信周波数100 kHz、パルスは幅15 psである。

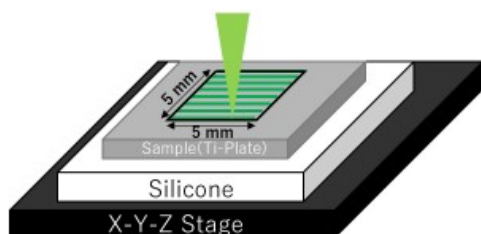


図1 レーザー走査パス

2. 2 濡れ性の評価

本実験ではKYOWA社製DMe-201を用いて接触角を測定した。チタン板表面に純水1 μLを着滴させ、計器内カメラを用いて画像を取得した。 $\theta/2$ 法を用いて接触角を解析し、評価した。

3. 実験結果

図2にレーザーの走査間隔と接触角の関係を示す。実験に先立ち未加工のチタン板表面の接触角を測定したところ79.1°であった。この値を、図2において点線で示す。レーザーの走査間隔が60 μm以下では未加工時より接触角が増加した。これはチタン板表面に空気を噛み込むことができる溝が形成されたためであると考えられる。また、走査間隔90 μm以上では接触角が未加工時よりも減少した。

図3に、(a) 未加工面、(b) 走査間隔50 μm、(c) 走査間隔100 μmの場合の液滴画像を示す。

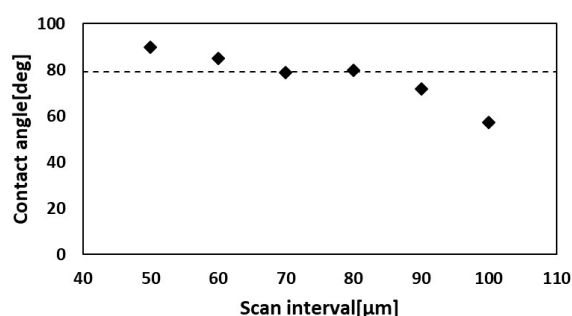
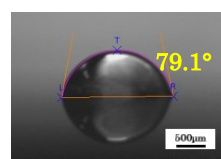
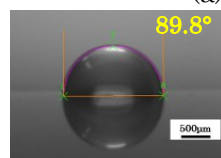


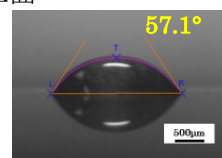
図2 走査間隔と接触角の関係



(a) 未加工面



(b) 間隔 50 μm



(c) 間隔 100 μm

図3 未加工面と加工面の接触角の比較

お問い合わせ先

氏名：中村 奨

E-mail : snaka@nagaoka.kosen-ac.jp

キーワード：フォークリフト、斜面走行、制御システム、運転アシスト

1. 緒言

フォークリフトなどの運搬車両は、荷役作業の効率化、省力化には欠かせないものであり、多くの工場や倉庫などの物流現場で用いられている。しかし、フォークリフトの転倒事故や、フォークリフト操縦者の誤操作による事故などの労働災害も発生している。また、陸運業で発生した労働災害のうち、交通労働災害は全体の約7%であるのに対し、荷役作業時の労働災害は70%となっている。そのため、労働災害を減少させるには、荷役作業の安全対策は必須であると言え、その改善策として、運転者の十分な教育や、車両の安定性を向上させることが挙げられる。さらに、近年の日本では少子高齢化に伴う労働人口の減少から人手不足が深刻化しており、それは荷役作業の労働者においても例外ではない。加えて、運搬車両の自動運転化において、横転分析は重要な課題である。特に斜面などにおいては安定性や正確な走行などの課題が残る。これらの問題に対し、運搬車両を自動運転化することはひとつの解決法になることが期待される。

2. 目的

本研究では、車両の駆動力と舵角を制御することにより、運転のアシストを行う制御システムを製作することを目標とする。また、荷役作業の安全対策として、工場や倉庫などで扱われている運搬車両の自動運転化を目指す。それに加えて、斜面においても指定された軌道を正確にトレースできるような制御システムを完成させることを目的とする。

3. 方法

車両の斜面上での運動方程式を導出するにあたり、斜面と車両の姿勢によって車両に働く力を外乱とみなす。また、フォークリフトを想定して後輪駆動とする。その際、車両は急激な旋回は行わないものとする。車両が斜面を旋回するとき、車両の向きは刻一刻と変化する。車両の座標を基準にすれば、斜面による外乱の入射角も刻一刻と変化する事になる。それを踏まえた上で導出した運動方程式をもとに、車両の軌跡を描くシミュレーションモデルを製作し、斜面の角度や向き、車両の舵角などの条件を変えることで車両の挙動を知る。

また、運動方程式のシミュレーションモデルの製作には、数値解析ソフト Scilab に内蔵されているブロック線図環境の Xcos を用いる。Xcos で製作したシミュレーションモデルにおいて、車両の駆動力と車輪の舵角を、斜面の傾きや車両の速度、重量などに応じて自動で制御し、坂道や狭い通路などで指定した道をスムーズに走行できるような制御システムを製作する。製作したシミュレーションモデルを用いて水平面上と斜面上とでの車両の挙動の違いを解析するとともに、車両を定常円旋回させ、車両運動の基本的な性質を理解する。加えて、摩擦を考慮した斜面でも安定した定常円旋回ができるように、車両の駆動力と舵角を制御するシステムを製作する。そのシミュレーション結果を元に、斜面においても指定された軌道を正確にトレースできるような運転アシストシステムを完成させる。製作した現時点のシミュレーションモデルの外観を図1に示す。

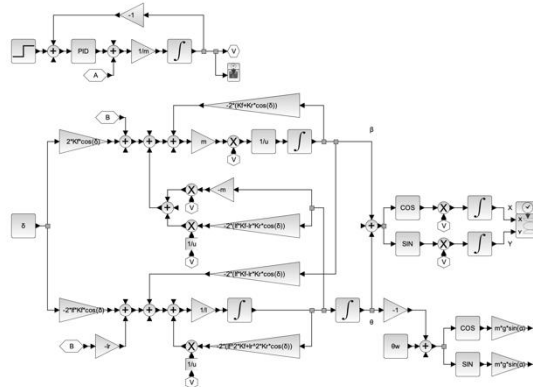


図1. Xcos で製作したシミュレーションモデル

4. 今後の展望

PID 制御を用いて車両の速度を調節し、かつ速度に合わせて舵角を調整することなどによって斜面上でも車両を定常円旋回が可能なようにする。また、斜面の滑りやすさなどの路面状況を考慮したシミュレーションモデルを製作する。

お問い合わせ先

氏名：笠原美左和

E-mail：misawa@metro-cit.ac.jp

E-10

PSIM を用いた太陽光発電システムにおける ホットスポットセルの熱伝達シミュレーション

(米子高専専攻科生産システム工学専攻¹,

米子高専電気情報工学科², 宇部高専機械工学科³)

○岡本智希¹・石倉規雄²・南野郁夫³

キーワード：太陽光発電システム，ホットスポット，部分影，シミュレーション

1. はじめに

近年太陽光発電システムが普及してきた一方で設備の故障や事故などが確認されており，それに伴って太陽光発電システムの安全性に関する研究が進んでいる^{1)~3)}。

本研究ではバイパスダイオード(BPD)が開放故障したことによるホットスポットの発生をパワーエレクトロニクス用の計算機シミュレータ(PSIM マイウエイプラス社)を用いて模擬することを目的とする。

2. 熱モデル構成

太陽光発電システムの最小単位であるセルをさらに縦 7 横 5 のメッシュに分割した。このメッシュそれぞれで温度を算出し，熱の広がり模擬する。文献⁴⁾ではセルをガラス層，シリコン・ガラス層，バックシート層でそれぞれメッシュを切っていたが本研究において現在は中層のシリコン・ガラス層のみを模擬する。

メッシュ間の熱伝導は式(1)とした。

$$Q_d = A\lambda \frac{T_i - T_j}{d} \quad (1)$$

A はメッシュの断面積， λ は材料の熱伝導率， T は温度， d は距離を表している。

また，ガラスのメッシュは空気への熱伝達を考慮しており，熱伝達は式(2)とした。

$$Q_v = A_s h \frac{T_i - T_\infty}{d} \quad (2)$$

A_s はメッシュの表面積， h は熱伝達率， T_∞ は空気の温度である。その他は式(1)と同様である。以上の式に基づいて図 1 のように熱量の移動を模擬する。

3. 解析結果

シリコンメッシュのうち 1 つの初期温度を文献⁴⁾に倣い 252℃，その他のメッシュは 0℃とした。シミュレーションを 5000 回繰り返した場合の温度の変化を図 2 に示す。文献⁴⁾の結果と比較をするとガラスのメッシュは温度の上昇が小さい点，シリコンメッシュは全体的に 200℃前後まで上昇している点が一致している。異なる点としては角のガラスのメッシュの温度が高めになっていること，右下方のシリコ

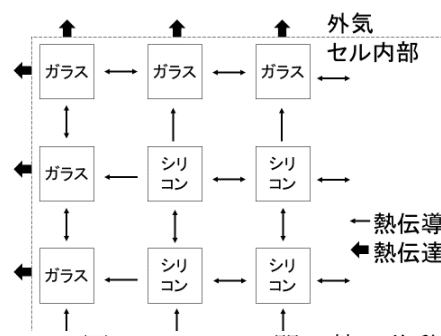


図 1. メッシュ間の熱の移動

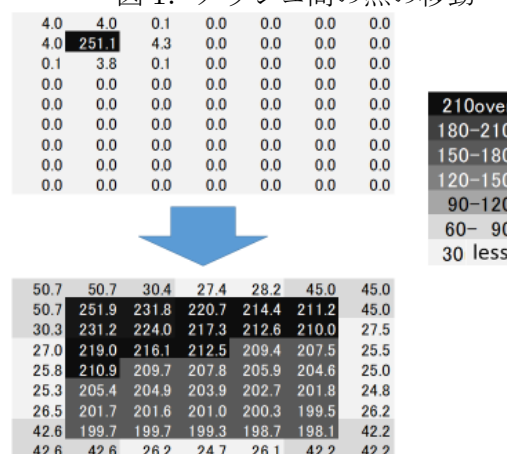


図 2. メッシュ間の熱の移動

ンメッシュの温度が若干高いことが挙げられる。原因として角のメッシュから外気への熱伝達に問題があること，熱輻射を考慮していないことなどが考えられる。

文 献

- 1) 竹谷是幸：「太陽光発電システム事例解説書，雷保護と設計法」，設計技術シリーズ(2015)，pp.94-99
- 2) 石倉，龍田，南野：「回路シミュレータを用いた PV セルの温度分布を予測する連成モデルの検討」，太陽/風力エネルギー講演論文集(2019)，45
- 3) 岡本，石倉，南野，桶，濱田，藤井：「ダメージを受けたバイパスダイオードの抵抗値低下の状態方程式を用いたモデリング」，太陽/風力エネルギー講演論文集(2018)，P8
- 4) 山本稜之，和木大祐，南野郁夫：「部分影によりホットスポットが発生した PV セルの温度分布を予測する連成モデル」日本太陽エネルギー学会 太陽エネルギー VOL.45 NO.3 2019，p99-104

お問い合わせ先
氏名：石倉 規雄
E-mail：ishikura@yonago-k.ac.jp

屋外 LED 照明用電源の再設計

(米子高専電気情報工学科¹)○横山康平¹・石倉規雄¹

キーワード：LED 用電源，高出力化，インタリーブ

1. 緒言

近年，屋外 LED 照明の大容量化に伴った電源の大容量化が求められている．本研究では 150W の屋外 LED 照明用電源のための AC/DC コンバータを設計及び作製を行っているが，定格出力の 72% のみの動作であった⁽¹⁾．そこで本稿では MOSFET のゲート抵抗を調整することで，スイッチングを改善し，定格出力の 89% まで動作できるようになったので報告する．

2. 回路構成

図 1 に主回路の回路図を示す．本研究では，力率改善，出力波形の精度向上のため，インタリーブ方式を用いて実験を行う．インタリーブ方式とは電流を二相に分け，各相のスイッチングに位相差を持たせることで，各相に発生した電流などをお互いに打ち消しあうように合成させる制御方法の一つである．

dsPIC(30F4012)を用いてパルス波の生成を行う．フォトカプラ(TLP351)により，パルスの増幅，dsPIC の保護を行う．

3. 実験結果

主回路の MOSFET (TK13A60D)を確実にオフさせるために，ゲートソース間抵抗 R_{GS} を設置した．文献(1)では $R_{GS}=22\text{k}\Omega$ ，MOSFET のゲート容量 2290pF だったので，時定数 $\tau=50\mu\text{s}$ であった．本稿では $R_{GS}=12\text{k}\Omega$ とすることで $\tau=27\mu\text{s}$ とした．

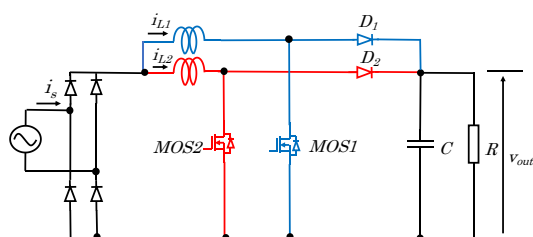


図 1 主回路図

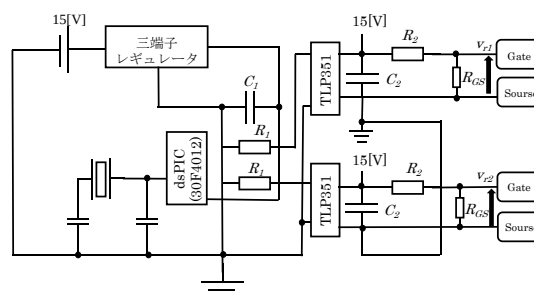


図 2 制御回路図

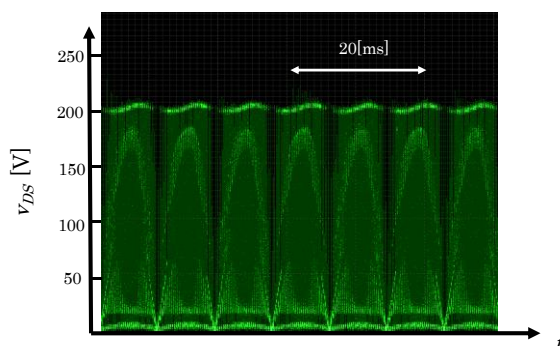
図 3 出力波形($v_s=70\text{V}$, $R_{GS}=12\text{k}\Omega$)

図 2 に入力電圧 $v_s=70\text{V}$ ， R_{GS} を $12\text{k}\Omega$ とした時の出力波形を示す．シミュレーションでの出力電圧 210V に対して実験での出力電圧は約 200V であった．

今回得られた結果より出力電圧は，およそ 133W であり，これは，定格出力 150W の約 89% であり，文献より 17% 向上できた．

参考文献

- (1) 白石雄大，石倉規雄：「150W 級 LED 照明用 PFC コンバータの設計」，第 24 回高専シンポジウム，2018

お問い合わせ先

氏名：石倉規雄

E-mail：ishikura@yonago.kosen-ac.jp

キーワード：人工ニューロンモデル、非線形性、非周期性、カオス

1. 緒言

本研究はカオスの性質を伴う非線形システムの基礎研究の発展への寄与を目的とし、まだ先行研究[1]等ではなされていない系について考察する。内容は二つのニューロンモデルを相互発火ルールで結合させ、このときの系のふるまいを数値実験により解析を行う。

2. 結合ルールとそのふるまい

本原稿では二つのニューロンモデルを結合した系を考察する。このニューロン1と2の振る舞いは次式で表される。

$$\begin{cases} \frac{dx_m}{d\tau} = s_m, y_m(\tau) = 0, \\ \text{for } x_1(\tau) < 0 \text{ and } x_2(\tau) < 0. \\ x_m(\tau) = b_m(\tau), y(\tau) = 1, \\ \text{for } x_1(\tau) \geq 0 \text{ or } x_2(\tau) \geq 0. \end{cases} \quad (1)$$

ただし $m = 1 \text{ or } 2$ のとき、ニューロン1またはニューロン2のダイナミクスを表す。 s_m は各状態の傾き、 x_m, y_m は各ニューロンの状態と出力、 τ は無次元の時間を表す。また、各ニューロンのベース信号は、

$$\begin{cases} b_m(\tau) = k_m \sin(2\pi\tau) - 1 \text{ for } 0 \leq \tau < 1, \\ b_m(\tau + 1) = b_m(\tau). \end{cases} \quad (2)$$

と表され、同様に $m = 1 \text{ or } 2$ である。

相互発火ルールとは、二つのニューロンの発火タイミングを監視し、先に発火したニューロンのタイミングに応じて、もう一方のニューロンも同時に発火するというルールである。発火とは各ニューロンの状態が、しきい値($x_m(\tau) = 0$)に到達したとき、各ベース信号にジャンプする($x_m(\tau) = b_m(\tau)$)振る舞いのことである。自分の状態がしきい値に達したことによる発火を自己発火、もう一方が発火させられたことを強制発火と呼ぶ。

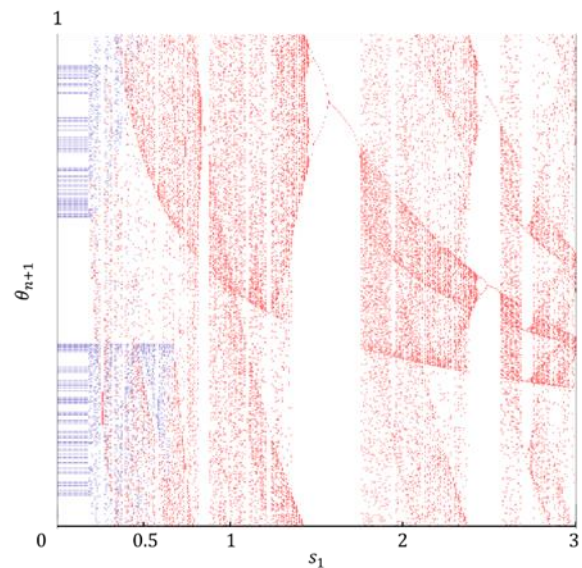
図1に特定のパラメータによる分岐図を示す。横軸 s_1 はニューロン1の傾きを示し、縦軸 θ_{n+1} は発火タイミングの位相を表し、 $n+1$ 番目の発火時刻 τ_{n+1} の $\text{mod } 1$ をとったもの： $\theta_{n+1} = \tau_{n+1} \text{ mod } 1$ である。図1の赤(青)色は、ニューロン1(2)が自己発火したことを示し

ている。この系のふるまいは、ニューロン1の傾き s_1 が、ニューロン2の傾き s_2 に近づくと、お互いのニューロンが共に自己発火し始める。図より、 s_1 が0.3以下付近ではニューロン2だけが自己発火していることが読み取れるが、0.3を超えた付近から、ニューロン1を示す赤点が出はじめ、自己発火していることがわかる。 $s_1 > s_2$ になるとニューロン2の自己発火頻度が減少し始め、 s_1 が0.7以上付近から完全に自己発火しない事がわかる。

3. まとめ

本原稿では結合モデルのダイナミクス、特定のパラメータの分岐図を説明した。その他のパラメータの組み合わせによる、ふるまいの傾向を解析していく。

図1. 分岐図(青：ニューロン1, 赤：ニューロン



2), $s_2 = 0.5, k_1 = 0.75, k_2 = 0.3$.

参考文献

[1] Yusuke Matsuoka, IEICE Trans, Vol, E101-A, No, 11, PP, 1944-1947, 2018.

お問い合わせ先
氏名：松岡祐介

E-mail : ymatuoka@yonago-k.ac.jp

E-13

Bi 系高温超伝導線材における加熱処理温度の影響

(米子高専生産システム工学¹、米子高専²、物質・材料研究機構³)

○仲村和貴¹・村上諒¹・田中博美²・篠塚寛志³・吉川英樹³

キーワード：超伝導、表面分析、X線光電子分光法、X線回折、加熱処理

1. 緒言

高温超伝導体 (HTS) は超伝導転移温 (以下、 T_c) 以下で完全導電性を示すことが知られている。この特性を電力ケーブルに応用することにより「熱損失ゼロ」で大電流輸送が可能となる。そのため、大幅な省エネルギー化を実現できるとして期待を集めている。一方で、超伝導ケーブルを世界中に張り巡らせるためには、何万 km もの長さが必要となる。現状、HTS ケーブルは一度に数百 m 程度しか製造できないため、HTS ケーブル同士の接合が必要不可欠である。先行研究では、ピーリングにより線材表面の補強材を取り除くことで、HTS - HTS の直接接合を簡単かつ安価に実現する手法を提案した。しかしながら、接合時の加熱温度は実験者の勘を頼りに決定していた。

そこで本研究では、X線光電子分光法 (XPS) および X線回折 (XRD) と 4 端子法抵抗測定法を用いて、超伝導層を露出させた HTS 線材における加熱処理の影響を検討した。得られた電気特性 (R - T 特性および T_c) と XPS・XRD で分析した化学結合状態の関係から、接合時の接合界面の状態が予想できると考える。本研究は、加熱処理温度の観点から HTS 接合において特性劣化の少ない実験条件を提供することを目的とする。

2. 実験方法

本実験では、HTS として住友電気工業㈱が製造している高温超伝導線材 DI-BSCCO type HT-NX (幅: 2.9 ± 0.01 mm 厚さ: 0.34 ± 0.01 mm) を用いた。加熱処理は管状炉を用いて行い、100℃から 800℃の温度で 30 分の加熱処理を行った。XPS は表面敏感な分析手法であるため、加熱後すぐに窒素雰囲気下のグローブボックスで保管した。試料は大気非曝露で XPS 内に輸送し、表面汚染の影響を低減した上で測定を行った。その後、XRD で測定を行った。 R - T 特性は 4 端子抵抗法を用いて行い、試料は液体窒素により冷却した。

得られた XPS および XRD スペクトルはピーク形状およびピーク位置から各温度の化学結合状態の分析を行った。XPS のピーク位置の校正には価電子帯の立ち上がりを利用した。

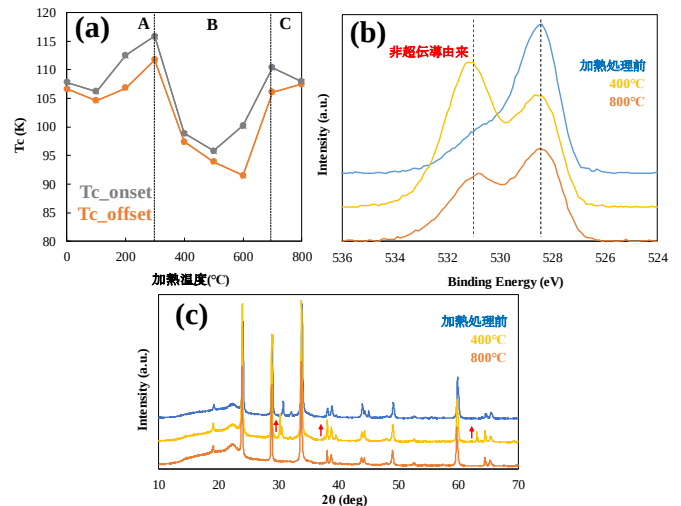


図 1. 加熱処理した HTS 線材の測定結果

[(a) 超伝導特性, (b) O1s XPS スペクトル, (c) XRD スペクトル]

3. 結果と考察

図 1 (a) に加熱処理した線材から得られた T_c の onset および offset と加熱温度の関係を示す。加熱処理前の線材から得られた T_c は 107K であった。A および B の温度領域では T_{c_onset} の大きな低下は見られなかったのに対し、図中の B とした領域である 400℃から 600℃の温度帯で T_{c_onset} が約 10K 低下した。

図 1 (b) には、加熱処理前および 400℃、800℃で加熱した試料の O 1s XPS スペクトルを、図 1 (c) には XRD スペクトルを示す。XPS スペクトルでは、非超伝導由来の成分が 400℃で増加していることが確認された。XRD スペクトルからは 400℃の場合に、加熱処理前および 800℃にはないピークが確認された。この結果から、加熱処理温度によって超伝導特性が劣化する領域が存在することが分かった。非超伝導由来成分が増加したことによる試料の化学状態の変化が原因であると考えられる。

お問い合わせ先

氏名：仲村 和貴

E-mail： s18712@yonago.kosen-ac.jp

フォトポリマーホログラムの記録特性

(長岡高専 専攻科電子機械システム工学専攻¹ 電気電子システム工学科²)

○佐藤功基¹ 長部恵一²

キーワード：フォトポリマー，ホログラム，モノマー，YVO レーザ， BHEA

1. 研究背景

現在ホログラフィはホログラムメモリーなどとして次世代の大容量記録媒体となることを期待されている。しかし、安価かつ高性能なホログラム記録材料が存在しないことが課題として挙げられる。

本研究では記録材料としてフォトポリマーに着目した。フォトポリマーは安価、高感度、高回折効率といった長所を有する。本研究では安価かつ水溶性の性質を持つメタクリル酸 2-ヒドロキシエチルに着目した。水溶性のモノマーは水を溶媒とし、ポリビニルアルコールをバインダーとすることにより容易に高性能なフォトポリマーを作製できる可能性がある。

今回はフォトポリマーの膜厚とモノマー量を変化させてフォトポリマーホログラムの記録特性を比較した。まず、同一のフォトポリマー溶液を用いて、膜厚の異なるフォトポリマーを作製し、回折効率-記録時間特性を測定した。次にモノマー濃度の異なるフォトポリマー溶液を作製し、モノマー量が異なる場合の回折効率-記録時間特性を測定した。

2. 実験方法

表 1 に使用する薬品とその量の比を示す。本研究では、(a)の処方により膜厚が異なる 2 種類の試料を作製した。また、(b)の処方によりモノマー量が異なる試料を作製した。

表 1 フォトポリマー構成材料

試料	純水 (g)	ポリビニ ルアル コール (g)	トリエタ ノールア ミン (g)	エオシ ン Y (g)	メタクリル酸 2-ヒドロキ シエチル (g)
(a)	500	80	80	0.03	100
(b)	500	80	80	0.03	64.8

記録には波長 532nm の YVO レーザをハーフミラーで 2 つに分け、法線角に対して入射角度 ± 10 度で照射し、654 lines/mm の回折格子を記録した。YVO レーザ光の入射ビーム直径は 0.98mm であり、入射光強度は 50 μW とした。

記録と同時に、再生には波長 633nm の He-Ne

レーザを YVO レーザとは反対の方向からブラック角 11.9 度で照射し、パワーメータを使用して回折光強度を測定した。

3. 結果と考察

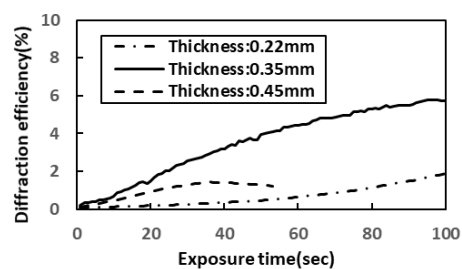


図 1 膜厚を変化させた回折効率

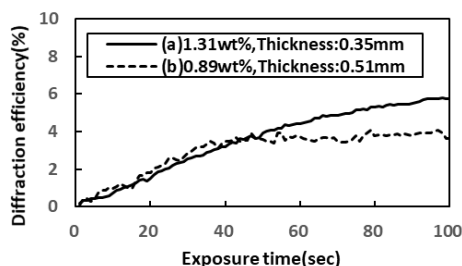


図 2 モノマー量を変化させた回折効率

図 1 に膜厚を変化させた結果を示す。図より膜厚 0.35mm の試料の回折効率が最も高いことがわかる。このことからフォトポリマーの回折効率は試料の膜厚に依存すること考えられる。資料の膜厚が薄すぎる場合、十分な屈折率変調が得られず回折効率が減少する可能性がある。また、また、試料の膜厚が厚すぎる場合、光吸収が多く、回折格子の記録が不十分となる可能性がある。

次に図 2 にモノマー量を変化させた結果を示す。試料(a)の回折効率は試料(b)の回折効率よりも高く、その最大値は 5.91%であった。モノマー量が多い試料の回折効率が高い理由は、モノマー量の増加により屈折率変調が増加したためと考えられる。

お問い合わせ先

氏名：長部恵一

E-mail: ktuchi@nagaoka-ct.ac.jp

雷に起因する太陽光発電システムおよび その保護素子故障の長時間通電におけるメカニズム解析 (米子高専専攻科生産システム工学専攻¹、米子高専電気情報工学科²) ○青砥拓海¹・石倉規雄²・宮田仁志²

キーワード：太陽光発電，ダイオード，雷，故障

1. はじめに

本研究では、落雷による太陽光発電システムの故障に関して、保護素子故障のメカニズム解析とその対策について検討を行う。具体的には、落雷などによる高電圧を原因とするバイパスダイオードの故障を再現し、抵抗分となったダイオードの影響を考察する。同様の実験が行われている^[1]が、まだサンプル数が少ない。本稿では、故障ダイオードのサンプル作成および故障進行の観察結果を報告する。

2. 実験方法

Fig.1 に放電実験システムの構成を示す。はじめにこのシステムを用いて、故障状態を再現したダイオードを作成するために、正常なダイオード(SBM1045VSS)に逆方向電圧を放電した。

また、Fig.2 に測定と通電実験を行う回路を示す。故障したダイオードは数 Ω 程度の低抵抗に変化するので、順方向・逆方向の電圧-電流特性をそれぞれ測定した。さらに、故障状態のダイオードへ通電を続けることで、段階的に故障が進行する^[2]様子を観測した。

3. 結果および考察

Fig.3 に作成した故障ダイオードの特性を示す。Sample 1 は 128kV で、Sample 2 は 72kV で放電したとき、それぞれダイオードの特性を失った。

Fig.3 の第四象限に示す本来電流を流さない逆方向電圧領域において、抵抗分と同様な線形性を持った電圧-電流特性に変化していることが確認できた。また、Fig.3 の第二象限に示す順方向電圧領域では、スレッシュホールド電圧より小さい電圧領域において、第四象限で見られたような線形性を持つ電圧-電流特性を確認することができた。これは高電圧の印加によって、雷電流がダイオード内を通過する際に経路が変質し、本来電流の流れない n 型半導体から金属方向に向けて、電流の流れやすい経路が出現したからだと考えられる。さらに、Fig.3 の第二象限のスレッシュホールド電圧よりも大きな順方向電圧領域では、指数関数的なダイオードの特性が残留していた。

長時間通電実験に関しては、文献[2]では 40 時間で不安定に、73~76 時間で短絡に至っている。本研究では、Sample 1 のダイオードは約 44 時間、Sample 2 は約 39 時間の通電を行ったが、現時点では特性の変化は表れないことがわかった。

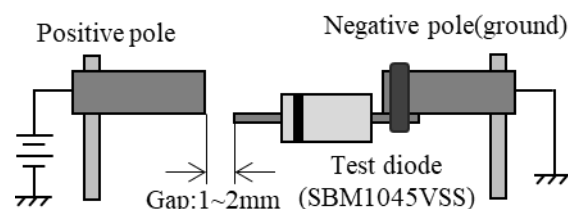


Fig.1 Diode Airborne discharge test

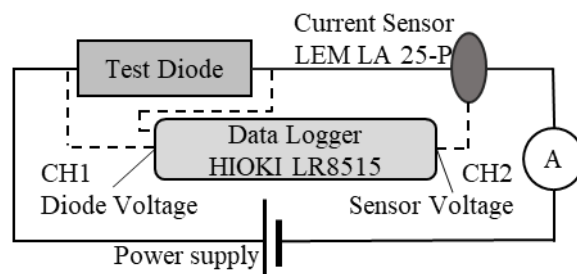


Fig.2 Diode Characteristic test and Energized test

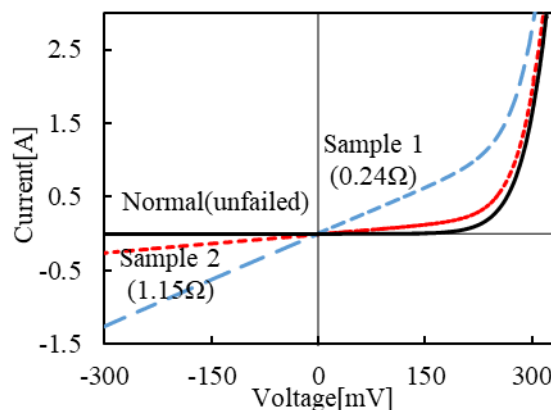


Fig.3 Differences of Diode Characteristics

参考文献

- [1]青砥・石倉, “雷インパルス発生装置を用いた太陽光発電システムの保護素子故障の簡易的な表現”, 第 24 回高専シンポジウム in Oyama(F-21).
- [2]Shinichiro Oke, et al. “Overheating of photovoltaic module with short circuit of bypass diode”, Proc. of JSES/JWEA JC2018.

お問い合わせ先

氏名：石倉規雄

E-mail：ishikura@yonago-k.ac.jp

ホログラムの記録特性

(長岡高専 電子機械システム工学専攻¹、長岡高専 電気電子システム工学科²)○堀川亮汰¹・長部恵一²

キーワード：ホログラム、フォトポリマー、モノマー、N-ビニルアセトアミド、回折効率

1. 緒言

本研究室では、アクリルアミドをモノマーとしてフォトポリマーの研究を行ってきた。しかしながら、アクリルアミドをモノマーとするフォトポリマーは光感度、保存時の回折効率の安定性、そして記録時の分解能の限界、劇物など幾つかの問題点が残っている。

そこで本研究では、水溶性のモノマーであり、劇物でなく実験時の安全性が高い N-ビニルアセトアミド(以下 NVA と略す)をモノマーとしたフォトポリマーを用いて、モノマー量と膜厚を変化させ比較し、ホログラムの記録特性を評価することとした。

2. 実験方法

2.1. フォトポリマーの作製方法

まず、Table 1 に示してある構成材料でフォトポリマー溶液を作製した。次に、スライドガラスをシャーレに入れ、そこに溶液を滴下し、乾燥させた。乾燥後、スライドガラスに沿ってシャーレから切り出した。

実験は、モノマー量と膜厚を変化させ比較した。モノマー量は NVA 使用量を 1.0g、2.0g とし、2 種類のモノマー量で比較した。膜厚は 0.17mm、0.23mm、0.38mm の 3 種類の異なる膜厚で比較した。

Table1. Photopolymer constituent materials

	材料名	使用量
モノマー	NVA	1or2g
溶液	純水	500ml
母体	PVA	80g
重合開始剤	トリエタノールアミン	15ml
色素	エオシンY	80mg

2.2. 測定方法

波長 532nm の YVO レーザをハーフミラーで 2 つに分け、法線角に対して入射角 10 度で照射した。YVO レーザ光のビーム径は 0.98mm、入射光強度は 30 μ W とした。記録と同時に、再生には波長 633nm の He-Ne レーザを YVO レーザとは反対の方向から照射し、パワーメータを使用して回折光強度を測定した。

3. 結果及び考察

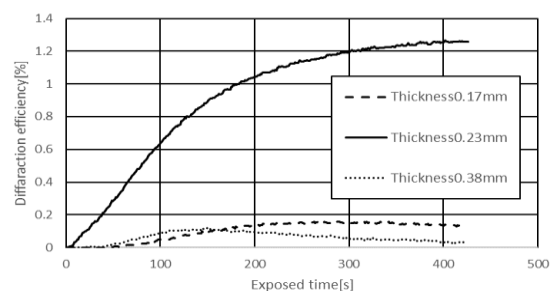


Fig2. Diffraction efficiency for the photopolymer containing 2.0g of NVA

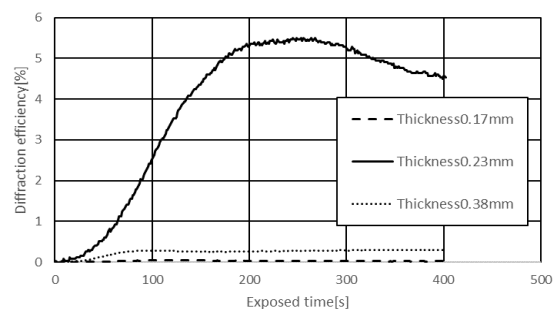


Fig2. Diffraction efficiency for the photopolymer containing 2.0g of NVA

Fig.1 と Fig.2 はそれぞれ、NVA の使用量が 1.0g と 2.0g の試料の露光時間一回折効率の測定結果である。2 つの測定結果について共通して膜厚が 0.23mm の試料の回折効率が最も高い。このことから、NVA を用いたフォトポリマーは膜厚の最適値があると思われる。そして、NVA の使用量が 2.0g の試料の最大回折効率は 5.4 % であり、NVA の使用量 1.0g の試料の最大回折効率よりも約 4 倍高い。この理由は NVA の使用量が 2.0g の試料の屈折率変調が大きいためと思われる。

お問い合わせ先

氏名：長部恵一

E-mail : ktuchi@nagaoka-ct.ac.jp

(神戸高専電子工学科)

○橋本 好幸・藤原 圭吾

キーワード：パルスマイクロ波、パルスパワー、電磁波、小松菜種子、発芽率

1. はじめに

近年、植物に適度な電氣的刺激を与えることで細胞が活性化することがわかってきた⁽¹⁾。電気刺激を与える方法の一つに電磁波照射がある。現在、我々の研究室では、パルスパワー装置を用いて、短時間で広範囲に照射可能な大電力広帯域マイクロ波源の開発を行っている。また、その先行実験として、マグネトロンで発生させたパルスマイクロ波を種子に照射し、その発芽への影響についても研究を行っている。

本報告では、小松菜種子にパルスマイクロ波を照射し、低温状態で種子の発芽率の変化について測定した結果について報告する。

2. 実験装置の概略および実験方法

実験装置の概略を図1に示す。マイクロ波はパルスマグネトロン 9505E(発振周波数 9.4GHz、最大電力 40kW)で発生させ、アイソレータ、アテネータおよび方向性結合器を介して導波管(WRJ-10)中央に置かれた小松菜種子に照射する。マイクロ波は、方向性結合器でその一部を取り出し、クリスタルディテクタで検波した波形をオシロスコープで観測して、その波形からマイクロ波の電力を算出する。

マイクロ波を照射した種子は、ポリスチレン容器の底に水に浸した紙を敷き、その上に格子状に並べ、8℃に設定されたクールインキュベータ内で育成する。その後、1日ごとに発芽した種子の個数を観察し、その発芽率を評価する。なお、発芽の観察日数は2週間とした。本実験では、発芽適温 20～25℃、発芽率 85%以上である小松菜種子(タキイ ATU121)を用いた。

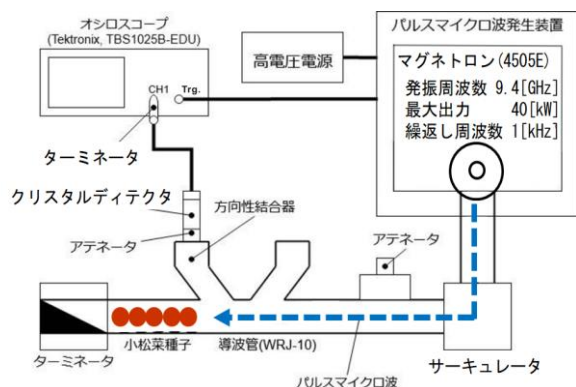


図1 実験装置の概略

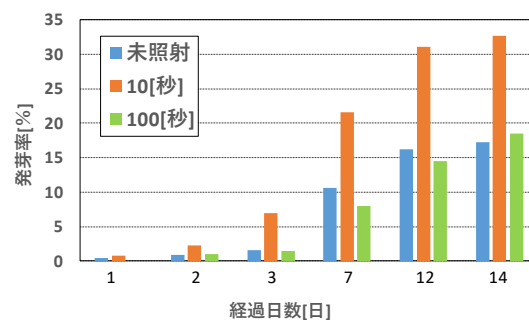


図2 マイクロ波照射時間と発芽率の比較

3. 実験結果

小松菜の種子にマイクロ波(9.4GHz, 20kW, 1μs, 1kHz)を10秒間および100秒間照射した種子の発芽率と、マイクロ波未照射種子の発芽率を比較した結果を図2に示す。同図より、未照射およびマイクロ波を100秒間照射した種子の14日経過後の発芽率は、ほぼ等しく18%前後であることがわかる。これに対してマイクロ波を10秒間照射した種子の14日後の発芽率は約33%であり、マイクロ波未照射種子の約1.8倍となった。

この結果より、小松菜種子に特定なパルス幅を持つマイクロ波を照射することで、低温下における発芽特性を改善できることがわかった。

4. まとめ

小松菜種子にパルスマイクロ波を照射し、低温状態(8℃)で種子の発芽率の変化について測定した結果、マイクロ波(9.4GHz, 20kW, 1μs, 1kHz)を10秒間、種子に照射することで発芽率が改善することが分かった。

本研究の一部は、JSPS 科研費 JP17K06330 の助成を受けたものである。

参考文献

- (1) 林 信哉 他:「パルスパワー・プラズマによる農作物の収量改善」, J. Plasma Fusion Res. Vol.90, No.9, pp.541-546, 2014.

お問い合わせ先

氏名: 橋本 好幸

E-mail: kcct-dhashimo@g.kobe-kosen.ac.jp

キーワード：スピントロニクス，鉄シリサイド半導体，電氣的スピン注入，スピン流

1. 緒言

近年，電子工学の分野において，電子が持つ電荷のみならず，磁石としての性質まで利用したスピントロニクスと呼ばれる新しい学術分野が注目を集めている．スピントロニクスの研究分野において，巨大磁気抵抗(GMR)素子では非磁性層に非磁性金属，トンネル磁気抵抗(TMR)素子では非磁性層に絶縁体がいられる．これらに対して，本研究は非磁性層に半導体を用いる半導体スピントロニクスの分野に属する．その中でも，非磁性層に鉄シリサイド半導体 FeSi_2 を用いる点が本研究の特徴である．これまで，主に二端子受動デバイス(CPP-MR，電流注入磁化反転，温度変調磁化反転)に関する研究に取り組んできた．今後は，スピントランジスタやスピン流回路に拡張したいと考えている．現在は，その基盤技術となる電氣的スピン注入の研究に取り組んでいる．電氣的スピン注入は，局所 2 端子型スピンバルブ効果，非局所 4 端子型スピンバルブ効果，非局所 4 端子型ハニル効果に大別されるが，本研究では，実験装置の都合上，局所 2 端子型スピンバルブ効果，および縦型非局所 3 端子型スピンバルブ効果を利用して，室温下で，スピン流の生成と検出に取り組んだ．

2. 実験方法

薄膜の創製には，スパッタ法を用いた．結晶構造評価には，HAADF-STEM および XRD を用いた．磁化曲線測定には，VSM を用いた．スピンバルブ信号の測定には，面内方向磁場印加型電磁石コイルを用いた．

3. 実験結果と考察

Figure1 に，HAADF-STEM 像を示す．三層膜が形成されていることがわかる．界面の原子層拡散は，マスク交換の際に，酸化層が形成されたものと思われる．

Figure2 に，室温下における縦型非局所 3 端子型スピンバルブ効果による純スピン流生成の結果を示す．純スピン流の生成を示唆する下向きスピンバルブ信号が得られた．

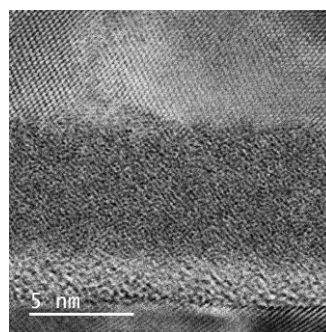


Fig. 1. HAADF-STEM image of $\text{Fe}_3\text{Si}/\text{FeSi}_2/\text{Fe}_3\text{Si}$

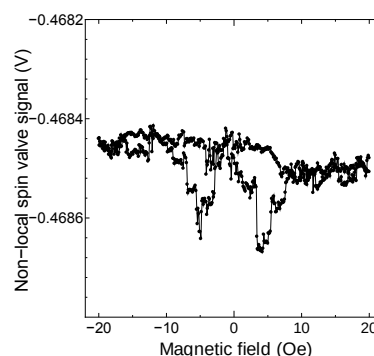


Fig. 2. Non-local spin valve signal

お問い合わせ先
氏名：堺 研一郎
E-mail：k_sakai@kurume-nct.ac.jp

E-19 渦電流励磁器のための磁界強度の簡易計算手法の確立

鈴鹿工業高等専門学校電気電子工学科

○水谷拓都・船木佑也・橋本良介

キーワード：磁気光学効果、磁気光学イメージング、非破壊検査、有限要素法

1. 緒言

疲労亀裂は、鉄鋼材料の破壊原因として最も高い割合を占めている。そこで疲労亀裂を非破壊検査で可視化する方法が求められており、我々はその手法として磁気光学イメージングに着目した。我々の先行研究では、磁気光学イメージングにおいて、強磁性体に直流磁界をかけて探傷していた。しかし、金属材料にはアルミニウムのような常磁性体も多く使われており、直流励磁器では対応できていなかったため、対応可能な励磁器の開発が必要である。

その手法として、我々の研究室では渦電流コイルに着目し、被検体に渦電流を流したときの磁場の分布を有限要素法（FEM）により解析している。本研究では、これまでにシミュレーションした結果を利用して、計算時間や予算を削減するために、FEM を使用せず簡易的に計算できる手法を検討した結果を報告する。

2. 実験方法

本研究は、被検体表面からの高さ方向の距離を Z 軸として解析した。磁気光学イメージングの場合には、一般的な渦電流試験と異なりコイルから発生する磁束がノイズとなる。そこで、コイルから発生する磁束を打ち消すために、電流の方向が相反する 2 相コイルをモデルとして、コイル間距離を最小値から最大値まで変化させた時に Z 軸方向に発生する磁場の強さを解析した。

FEM による解析結果から、解析結果を満たす方程式を導き出して、FEM を利用せずとも磁界の強さが算出可能な関数を推定した。

コイル間距離を L として計算した。 Z 軸方向の距離が $1\sim 200\text{ }\mu\text{m}$ までの漏洩磁界強度を計算した。 $1\sim 100\text{ }\mu\text{m}$ までは $10\text{ }\mu\text{m}$ ステップで、 $100\sim 200\text{ }\mu\text{m}$ までは $100\text{ }\mu\text{m}$ のステップで計算した。

FEM による解析結果が式(1)で与えられる関数となっていると仮定して、解析結果を満たす各定数を解析結果から導出した。

$$H_z = \frac{X(z)}{L} \cdots (1)$$

H_z :漏洩磁界強度 $X(z)$:定数 L :コイル間距離

式(1)から $X(z)$ を決定することで、任意のコイル間距離での漏洩磁界強度を、FEM 解析を用いずに計算することができる。

ただし式(1)で、定数 $X(z)$ は Z 軸方向の距離の関数となっているため、 Z 軸方向の距離との相関関係から決定した。

3. 実験結果

図 1 に FEM を用いて計算した磁界強度のグラフと、式(1)と相関関係から計算したグラフを示す。この 2 つの結果はほとんど一致しており、その誤差率は約 0.01% となった。

このことから、FEM を用いなくとも、式(1)を用いて漏洩磁界強度を算出できる簡易計算手法が確立できた。

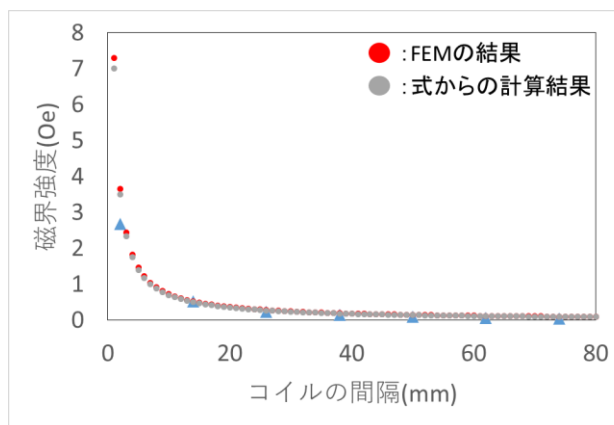


図 1 FEM の結果と式の計算結果

4. まとめ

今回行ったシミュレーションにより、FEM を用いなくとも、式(1)を用いて漏洩磁界強度を算出できる簡易計算手法が確立でき、計算時間や予算を削減することができる。今後は、実用化に向けた渦電流の励起条件などを調査していきたい。

参考文献

1) R.Hashimoto, *et al.*, “Magneto-optical imaging using magnetophotonic crystals”, *Journal of Applied Physics*, **115**, p.17A931, (2014)

お問い合わせ先

氏名：橋本良介

E-mail：hashimoto@elec.suzuka-ct.ac.jp

磁気光学イメージングのための YAG 磁性体膜の光透過率の解析

(鈴鹿高専専攻科総合イノベーション工学専攻¹、

鈴鹿高専電気電子工学科²)

○松木佑也¹・片山達貴²・橋本良介²

キーワード：非破壊検査、磁気光学効果、磁気光学イメージング

1. 緒言

高分解能な非破壊検査の手法の一つとして、磁気光学 (Magneto-optical: MO) イメージングが注目されている。MO イメージングは、光の進行方向と同方向に磁化された磁性体中を光が透過すると光の偏光面が傾く磁気光学効果 (MO 効果) が用いられている。つまり、MO イメージングには、光の透過率が重要である。MO イメージングの検査手法として、基板上に磁性体薄膜を成膜した物をセンサとして被検体上に配置して行う。従来は、成膜を単結晶基板上にスパッタ法で行っていた。スパッタ法であれば、磁性体の連続膜を成膜することができ、センサを透過してきた光は磁性体を透過してきたことが容易に分かる。しかし、この方法には、高温による熱処理が含まれており、検査対象の曲面に対応するためのフレキシブル基板上での成膜が出来なかった。

本研究室では、磁性体を結晶化させた後に微粒子状にし、接合剤と混合し、液体状にした物を、スピコート法を用いて成膜している。スピコート法は接合剤の中で磁性体の粒子が分散しており、センサを透過してきた光が必ずしも磁性体を透過してきたとは判断できない。そこで本研究は、磁性体としてイットリウムアルミニウムガーネット (YAG) を使用し、フレキシブル基板上の YAG の密度より、透過してきた光の中で、磁性体を透過した光の割合を解析した。

2. 実験方法

分散膜における光の挙動として、図 1 に示すように、(a)反射・散乱、(b)基板のみを透過、(c)基板と磁性体を透過、(d)基板及び磁性体による吸収に分けられる。分光光度計で測定すると、(b)と(c)の光が、透過率として観測される。

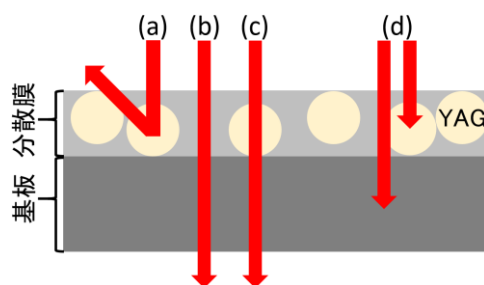


図 1 光の挙動

基板と磁性体の接合剤として 15(wt%) のポリビニルアルコール (PVA) 水溶液を使用し、YAG と PVA 溶液の質量比が 1:3 の塗布液を作製した。その塗布液を用いてフレキシブル基板上にスピコート法で成膜した。成膜条件が、それぞれ 1000 [rpm]、3000 [rpm]、6000 [rpm] の 3 種類のサンプルを作製した。成膜時間はいずれのサンプルとも 60 秒間である。

YAG 膜の密度解析のモデルとして、粒径が 1 ミクロンで完全な球体である粒子が基板上に隙間無く堆積したと仮定して、サンプルの質量から近似的に密度を計算した。

3. 結果

作製した磁性体膜の基板上の YAG 密度の計算結果を図 2 に示す。回転数が上昇するにつれて密度が減少していることがわかる。

YAG の形状が球体であると仮定した場合、粒子が占める割合は、基板の面積を 100%とした場合の 79%となり、残りの 21%は基板が露出していることになる。つまり、光の透過率の約 20%は基板を直接透過した光 (図 1(b)) であると解析された。

一方で、先行研究において分光光度計で測定した、YAG 膜の透過率は 40%程度であった。従って、全体の透過率から基板を直接透過した光を差し引くと、20%の光が YAG 粒子を透過していると示唆された。

今後は、計算結果の妥当性を実験結果より調査していきたい。

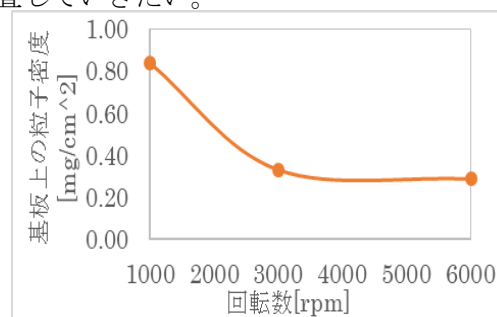


図 2 基板上の YAG の密度

お問い合わせ先

氏名： 橋本 良介

E-mail : hashimoto@elec.suzuka-ct.ac.jp

E-21 遠隔磁気光学イメージングに向けた反射型光学系の構築

(鈴鹿高専電気電子工学科)

○中川 響真・橋本良介

キーワード：磁気光学（MO）イメージング，偏向角と光強度の測定

1. 緒言

構造物の破壊の原因の約 8 割は疲労亀裂である。それらを検査し、安全を維持するために日々様々な非破壊検査が行われている。その中でも磁気光学(MO)イメージングによる非破壊検査は検査速度の速さ、空間分解能の高さ、欠陥探知能力の高さなどから近年有用な手法として着目されている。しかし、従来の検査方法では欠陥を発見するにはセンサを近付けて検査しないといけないため、鉄橋など高所の現場に実用が困難である。よって本研究では MO イメージング機能を搭載したドローンを用いたデバイスを開発する。

2. 実験方法

偏光角と光強度の関係を測定するための構成図を Fig.1 に示す。Fig.1 に示すように、MO センサは挿入せず光学系を構成した。また光源としてハロゲンランプを用いた。実験は室内灯をつけたまま行った。

偏光子の角度は固定して、検光子の偏光角を $0^\circ \sim 180^\circ$ まで回転させることで偏光角と光強度の関係を測る。偏光子によって直線偏光した光のうち検光子を通り抜けた光をカメラで撮影する。撮影した画像はフリーソフト ImageJ を利用してピクセルごとに画素値を解析し、その平均値を測定する。同様に、偏向角を 10° ステップで繰り返し行った。

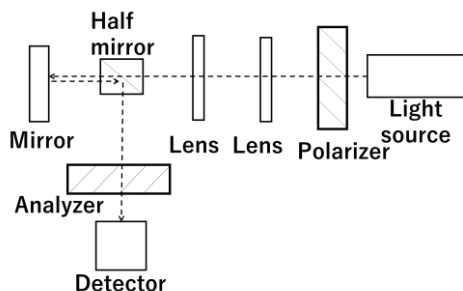


Fig.1 回転検光子法による MO イメージング用デバイスの構成図

3. 実験結果および考察

理論値は次の①式と表される。

$$I_{out} = 120 \cos^2(\theta_p - \theta_A) + 115 \quad \dots \textcircled{1}$$

入射光強度とバックノイズは誤差率が低くなるようにフィッティングしたものであり、実際に測定した値ではない。

実測値と理論値の誤差率を算出するために

$$\varepsilon = \frac{1}{n} \sum \frac{M_i - T_i}{T_i} \times 100 [\%] \quad \dots \textcircled{2}$$

を用いた。その結果誤差率の平均は 40.0% となった。

その結果を Fig.2 に示す。プロットされているものが実測値であり、実線で繋がっているものが理論値である。横軸を偏向角、縦軸を画素値とする。

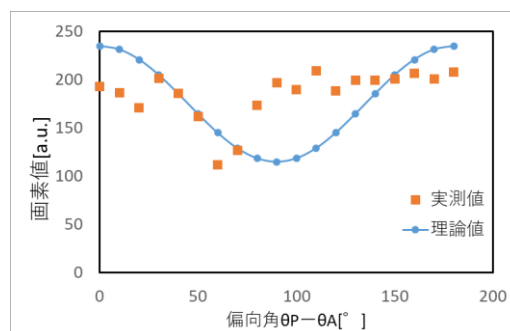


Fig.2 偏光角と画素値の関係

結果から偏向角が 100° 付近での誤差が特に大きく、全体の誤差平均も約 40% とかなり大きい。この原因として、レンズ 2 枚を通して、光源から良質な光の部分のみを取り出し、コリメートする際に光が集光されており入射の光強度が強くなりすぎたことが考えられる。

4. まとめ

MO イメージング機能を搭載したドローンを開発するために、反射型の光学系を試作して、光学応答性を調査した。ノイズレベルを 115 とすると誤差率は 40.0% と評価できた。今後は、誤差率 10% 未満を目標にして、光学系を改善していく予定である。

お問い合わせ先

氏名：橋本良介

E-mail：hashimoto@elec.suzuka-ct.ac.jp

Generation of Shock Wave by Thin Wire Discharge And Crack Control of Concrete

(Department of Production System Engineering,
National Institute of Technology, Kumamoto College)
OKyohei TAGAWA · Daiki FUJIHARA · Fumiya HIRATA · Koichi MURAYAMA

Keyword : discharge shock crushing method, wedge-shape, crack control

1. Introduction

Currently, gunpowder has been widely used to crush the concretes and rock mass. But the gunpowder affects the surroundings largely, so a new method is desired.

In this research, thin metal wire discharge is using instead of gunpowder. This method is excellent in efficiency, safety, and an environmental effect. The purpose of this research is to establish a crack control technic in this method.

2. Methods

The basic principle of the discharge shock crushing method is as follows. The electrical energy stored in the capacitor is instantaneously discharged to thin metal wire. The thin wire melts and vaporizes in a short time then the high impact force is generated by volume expansion and vaporization of the surrounding liquid medium.

In this study, the impact force obtained by discharge is collected in a wedge-shaped cavity provided in the specimen.

Fig.1 shows the wedge-shape of the small specimen for crack control and fig.2 shows the model of large specimen embedded the small specimen.

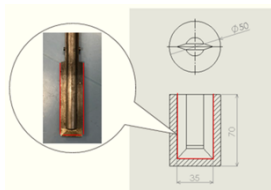


Fig.1 wedge-shape

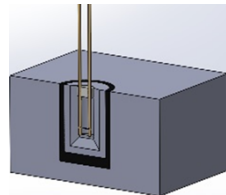


Fig.2 specimen model

3. Results

Fig.3 shows the result of an experiment. The specimen is crushed by thin wire discharge and

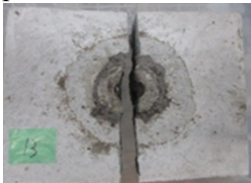


Fig.3 result of experiment

separated into two pieces. The crack occurs along the wedge-shape in the small specimen, so the crack control is possible with this method.

4. Discussion

From the experiment, the success rate of cracking is higher when the embedding ratio exceeded 90%. Currently crushing succeeded at a rate of 71% in experiments where the embedding rate exceeding 90%.

Fig.4 shows the digitized graph of the crack in the specimen photo after the experiment. It makes be possible to quantitatively evaluate the crack control of crushing.



Fig.4 crack of specimen and digitized graph

5. Conclusions and future work

It is confirmed experimentally that crack control is possible by wedge-shape in the small specimen. In addition, it becomes possible to evaluate the crack control quantitatively.

As future work, a more suitable wedge-shape in the small specimen will be devised to improve the crack control.

お問い合わせ先

氏名 : 村山 浩一 (Koichi MURAYAMA)

E-mail :

murayama.koichi@kumamoto-nct.ac.jp

E-23 磁気光学イメージングのための塗布型センサの開発

(鈴鹿高専電気電子工学科¹,

鈴鹿高専専攻科総合イノベーション工学専攻²)

○片山達貴¹・松木佑也²・橋本良介¹

キーワード：磁気光学イメージング・非破壊検査・スピコート

1. はじめに

現在、日常生活の安全性を維持するために様々な非破壊試験が行われている。中でも、磁気光学イメージングは、高い空間分解能や高コントラストを兼ね備えた有用な試験手法として着目されている。鉄鋼材料の破壊原因である疲労亀裂は、マイクロクラックと呼ばれる微小亀裂が進展して発生するため、高空間分解能な試験技術が開発できれば、マイクロクラックの検出が可能と期待される。しかし、センサの作製工程に熱処理が含まれており、これまでプラスチックの様なフレキシブル基板上ではセンサの作製が困難だった。本研究は、先行実験により作製されたフレキシブル基板上のセンサの評価、他の非破壊試験との比較を行い、曲面に対応したセンサを開発する。

2. 実験方法

本研究の目的は、MO センサを作製し、光学特性を測定することである。MO センサには、ある程度の光の透過率が必要である。そのため、ファラデー効果を観測する前に、光の透過率を観測した。先行研究での光の透過率の実際の観測結果を Fig.1 に示す。

(Bi_{0.5}Y_{2.5})Fe₅O₁₂ を使用して生成したセンサの光の透過率の測定結果では、透過率は波長によらず 0% となった。そのため、ファラデー効果を観測することができない。

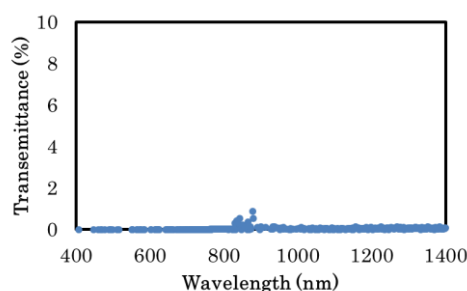


Fig.1 (Bi_{0.5}Y_{2.5})Fe₅O₁₂ のセンサの透過率

透過率が 0% であった原因として、MO センサに用いたセンサ材料の特性による影響が考えられる。先行研究で MO センサに使用していたセンサ材料である (Bi_{0.5}Y_{2.5})Fe₅O₁₂ に含まれる Fe(鉄)は光吸収率が高い特性を持っている。そこで、センサ材料を Y₃Al₅O₁₂ に変更

して、センサを生成した。Table.1 に成膜条件、Fig.2 に測定結果を示す。

Table.1 成膜条件

No.	質量比 YAG:PVA溶液	PVA濃度(wt%)	スピコート条件 (rpm/s)		
			1	2	3
1	1 : 3	10	500/10	3000/60	6000/10
2		15	500/10	3000/60	6000/10
3		10	500/10	3000/60	6000/10
4		10	500/10	6000/60	
5		15	500/10	6000/60	
6		10	500/10	3000/60	6000/10

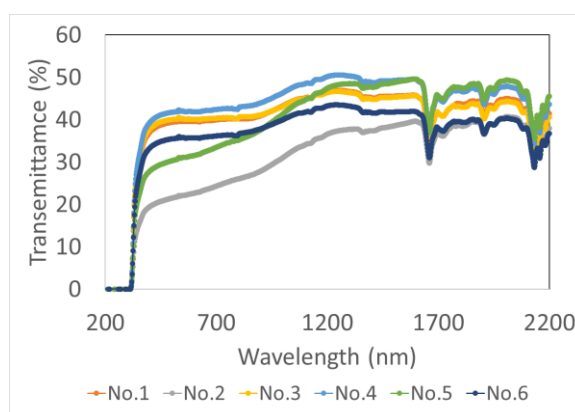


Fig.2 Y₃Al₅O₁₂ のセンサの透過率

3. 考察と研究方針

先行研究で使用した (Bi_{0.5}Y_{2.5})Fe₅O₁₂ では光が透過しなかった。これは、Fe(鉄)は光吸収率が非常に高いという特性を持っているためであると考えられる。そこで、鉄に比べて光透過率の高いアルミニウム(Al)を含む Y₃Al₅O₁₂ を使用してセンサを生成・試験した。

この結果から Y₃Al₅O₁₂ を使用したセンサであれば、光の透過率は 50% 程度まで測定できた。しかし、アルミニウム(Al)は常磁性体のため透過特性ファラデー回転角が小さい。そこで、Y₃(Al_xFe_y)₅O₁₂ を用いて、徐々に鉄(Fe)の割合を増やしながら、透過特性を調べ、ファラデー効果を観測する。

お問い合わせ先

氏名：橋本良介

E-mail : hashimoto@elec.suzuka-ct.ac.jp

E-24 磁気光学イメージング用過電流励磁器のコイルの設計・開発

(鈴鹿高専電気電子工学科)

○水谷 圭佑・水谷拓都・橋本良介

キーワード：非破壊検査、磁気光学イメージング、渦電流探傷試験

1. 緒言

現在、鉄鋼材料の老朽化による安全性の低下が懸念されている。鉄鋼材料の破壊原因にマイクロクラックと呼ばれる小さな亀裂が進展して生じる疲労亀裂があり、疲労破壊を未然に防ぐために様々な非破壊検査が行われている。

磁気光学イメージングを用いたマイクロクラックの可視化は、有効な非破壊検査の手法と考えられる。しかし、先行研究では、励磁器に直流コイルを利用していため、常磁性金属を磁化することが出来ず、ステンレスやアルミニウムには対応出来ていなかった。本課題を改善するためには、励磁電流を交流に変換して、常磁性金属表面に渦電流を励起するためのコイルを開発する必要がある。

本研究は、昨年までにシミュレーションされた渦電流励磁器の動作特性を基に、コイルを設計して開発することが目的である。

2. 実験方法

MO イメージングを利用して、被検体に渦電流を励起した際に、渦電流によって鎖交する磁束を可視化する。磁束の分布が欠陥の有無によって変化することを利用して、探傷することが出来る(図 1)。

2.1. 渦電流コイルの作製

200 回巻のコイルに体積 $100 \times 6 \times 6(\text{mm})$ のフェライトコアを鉄心として 10 本使用した。コイルの導線には直径 1 mm のポリウレタン導線を使用した。

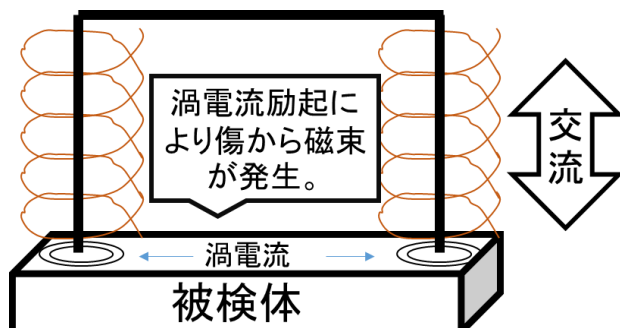


図 1. 渦電流励起の為のコイルのモデル

2.2. 発生する磁束の測定

本研究では、渦電流を利用した MO イメージングの初期的検討として、コイルに交流電流を流して発生した磁束をガウスメータ (GM-301/電子磁気工業株式会社) で測定した。流した電流は 50–200 A で周波数は 60 Hz とした。電源はコンセントを利用して、変圧器を利用して、電圧制御により任意の電流を流した。コイルとガウスメータ間のギャップが 2 mm になるように固定して、コイルから発生する磁束を 3 回測定した。使用したガウスメータの測定感度から、発生する磁束は 10 mT 以上が望ましい。

3. 実験結果および考察

表 1 に測定した磁束を示す。200 mA の電流を流した結果、最大で 3.7 mT の磁束を発生させることが出来た。先行研究での直流コイルと同程度の性能を発揮するためには、10 mT 以上の磁束を発生させる必要がある。発生する磁束は流した電流に比例するが、効率よく MO イメージングを行うためには、できるだけ小さい電流で大きな磁束を発生させることが望ましい。磁束の強さは、コイルに利用したフェライトコアの体積に依存する。従って、今後は 10 mT を達成するために、フェライトコアの体積をより大きくし、さらに効率よく磁界を発生させることを目的とする。

表 1 コイルに加えた交流と発生した磁界の関係

発生した磁界の強さ(mT)			
コイルに流した交流	200(mA)	100(mA)	50(mA)
1 回目	3.7	3.0	2.8
2 回目	3.5	2.9	2.9
3 回目	3.4	3.1	2.9

お問い合わせ先

氏名：橋本良介

E-mail : hashimoto@elec.suzuka-ct.ac.jp

E-25 MMC を用いた電気鉄道用パワーラインコンディショナの 不平衡とバスライン電圧

(米子高専専攻科生産システム工学専攻¹, 米子高専電気情報工学科²)

○白石雄大¹・石倉規雄²

キーワード：MMC, BTB, 電気鉄道

1. 緒言^[1]

交流電気鉄道は、電気車の頻繁な加減速による、不平衡、高調波電流、無効電流を補償する装置が用いられる。先行研究において、MMC(Modular Multilevel Converter)を採用しマッチングトランスが不要な小型のパワーラインコンディショナが提案されたが、MMCを構成するキャパシタの電圧を制御できなかった。本稿では電源電流の不平衡を補償しない代わりにキャパシタ電圧が制御できることを示す。

2. 解析方法・結果

計算機シミュレーションソフト PSIM を用いて解析した。MMCの主回路は図 1(a)に示すように、縦続接続された2つのセル(図 1(b))の各相2段目のバスラインキャパシタを共有したBTB(Back-To-Back)システムを有するものであり、 i_{La} , i_{Lb} は各相の負荷電流、 i_{ca} , i_{cb} はパワーラインコンディショナの出力電流、 i_{sa} , i_{sb} は電源電流、 v_{sa} , v_{sb} は電源電圧を表す。

図2より i_{sa} , i_{sb} 及び v_{sa} , v_{sb} が同位相となっており力率1が実現されている。また、電源電流 i_{sa} , i_{sb} が不平衡となっていることが確認できる。

次に、各相のバスラインキャパシタに加わる電圧について、 v_{caj} , $v_{cbj}(j$:セルの段数)とすると、一部セルへ目標値を大きく上回る電圧が加わる問題が解消されているといえるが、文献[1]と同様に2段目はセルが充電されておらず、回路が正常に動作していない。

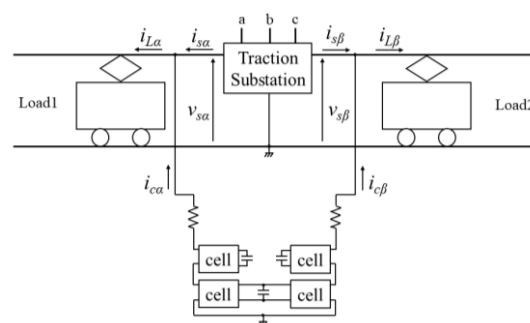
お問い合わせ先

氏名：石倉規雄

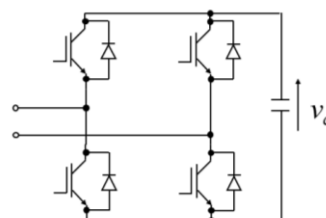
E-mail : ishikura@yonago-k.ac.jp

文 献

[1]那須翔太, 石倉規雄, 宮田仁志, "Modular Multilevel Converter を用いた電気鉄道用パワーラインコンディショナの動作検証～負荷不平衡における直流バスラインの共有による補償～", 第23回高専シンポジウム in Kobe 講演要旨集, I-014(2018)



(a) 主回路



(b) セルの構成

図1 パワーラインコンディショナの回路構成

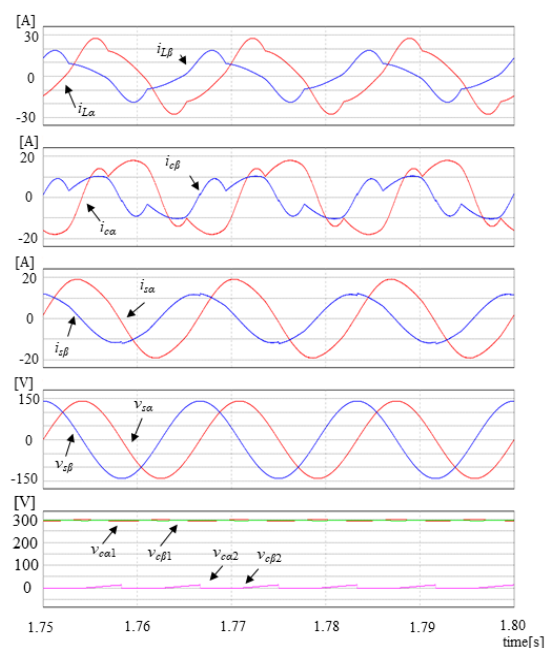


図2 シミュレーション結果