

電力変換回路の動作解析に関して  
学術的に一味違った切り口を探している方へ

# 電力変換回路に生じる 分岐現象の解析手法

講師

岡山理科大学工学部電気電子システム学科 准教授  
博士(工学) 麻原 寛之氏

開催日程 ▶ 2019年 7月12日 金 13:00 ~ 17:00

開催場所 ▶ 大阪市東淀川区東中島1丁目18-22 新大阪丸ビル別館 3-1号室  
JR新大阪駅東口より徒歩2分

参加費 ▶ 1名: 39,800円 ※テキスト代・消費税含む  
1口(3名まで受講可): 49,800円

お申込み方法 ▶ 下記メールアドレスまで  
お名前、会社名、人数をご連絡下さい。  
✉ office@power-ele-academy.co.jp



## Seminar Summary - セミナー概要 -

近年、CO2削減をキーワードにクリーンエネルギーを利用した分散型発電システムの普及が急務となりつつあり、様々なクリーンエネルギー発電デバイスの開発が進められています。これに伴い、電源と負荷をインピーダンスマッチングさせるための周辺電気回路の開発が再注目され、産業応用面からの需要が高まっています。

一方、新しいクリーンエネルギー発電デバイスを電源に有する電力変換回路は、学術的にも価値が高く、回路理論の発展の観点からも回路動作を解析し、回路が持つ定性的な性質を解明しておくことが重要であると言えます。

回路動作の解析には様々なアプローチがありますが、学術面において、講演者はこれまでに電力変換回路の安定性解析に従事してきました。安定性解析を通して、電力変換回路における電流・電圧波形の振る舞いの定性的な変化(分岐現象)を数学的に理解することが可能となります。

電力変換回路に生じる分岐現象に関する研究論文は現在も精力的に執筆・報告されており、解析に関するノウハウさえ身につけば、参加者の今後の学術的研究活動の核をなす課題となり得ます。

**本セミナー**では、パワーエレクトロニクス分野において、従来解析とは一味違う分岐解析の切り口から回路理論の発展に寄与する学術的アプローチを目指す入門者をターゲットに、講演者がこれまで培ってきたノウハウを紹介することを主目的としています。導入として、今後、産業分野への普及が期待される排熱発電システムについて紹介します。次に、電力変換回路に生じる分岐現象の解析過程についてDC-DCコンバータを例に説明します。また、参加者の今後の学術的研究活動のヒントとなることを期待し、電力変換回路における理想的でないスイッチング動作の影響解析の重要性および高次元系に適用可能な安定性解析手法について説明します。

# Program -プログラム-

## 第一部 次世代クリーンエネルギー発電技術の紹介 13:00~13:45

今後、産業分野への普及が期待される排熱発電システムについて紹介します。熱から電気を発電する熱発電デバイスの実用化を見据え、電源と負荷をインピーダンスマッチングするための電力変換回路の設計について説明します。

## 第二部 電力変換回路に生じる分岐現象 14:00~14:45

電力変換回路は、スイッチング動作に伴う非線形性や回路パラメータの変化に伴い、電流や電圧波形の振る舞いが定性的に変化する分岐現象が生じることが知られています。解析の簡単化のため、回路方程式が1次元で記述されるDC-DCコンバータを例に、変数変換、回路方程式の解の導出、離散写像の定義など、分岐現象を解析するために必要な数学的枠組みの導出過程と解析例を紹介します。

## 第三部 理想的でないスイッチング動作の影響解析 15:00~15:45

例えば、近年注目を集めるGaNスイッチングデバイスは、既存Si系スイッチングデバイスと比較してゲート閾値電圧が低いため、誤点弧が誘発されやすい点が問題視されています。実際に、電力変換回路においては回路中の浮遊容量や浮遊インダクタンスの影響でスイッチング直後に発生するスパイクノイズや、スイッチング信号の伝達時間遅れなど、理想的でないスイッチング動作が回路動作に多大な影響を及ぼしています。これまでの学術的研究は、スイッチング動作が理想的に行われると仮定し、電力変換回路の動作を解析しているものがほとんどであるため、分岐解析を通じて理想的でないスイッチング動作を考慮した解析の重要性について説明します。

## 第四部 高次元で記述される電力変換回路に適用可能な汎用的安定性解析手法 16:00~16:40

第二部および第三部のトピックでは、解析の簡単化のために回路方程式が1次元で記述される回路を扱います。一方、電力変換回路の中には回路方程式が高次元で記述されるものも多くあります。近年のソフトスイッチング技術の普及に伴い、回路方程式が高次元で記述される電力変換回路に適用可能な安定性解析手法を構築しておくことは重要な課題であり、モノドロミ行列を用いた高次元系へ適用可能な安定性解析手法の数学的枠組みを紹介します。

また、16:40以降は質疑応答とジュース・お菓子を含めた名刺交換会を企画しています。

一例として、図1にPWM-1制御DC-DCコンバータの回路図を示します。本回路のクロック間の振る舞いは図2に示す3種類に分類されます。本セミナーでは、回路方程式の解を導き、図3に示す離散写像を導出する過程を説明します。本回路には、電源電圧、インダクタンス、抵抗値、スイッチング周波数などの回路パラメータの変化に応じて様々な周期解およびカオストラクタが生じます。離散写像を用いて、電力変換回路に生じる解の形態の変化（動的挙動）を図4に示すように広いパラメータ空間から可視化する手法について紹介します。

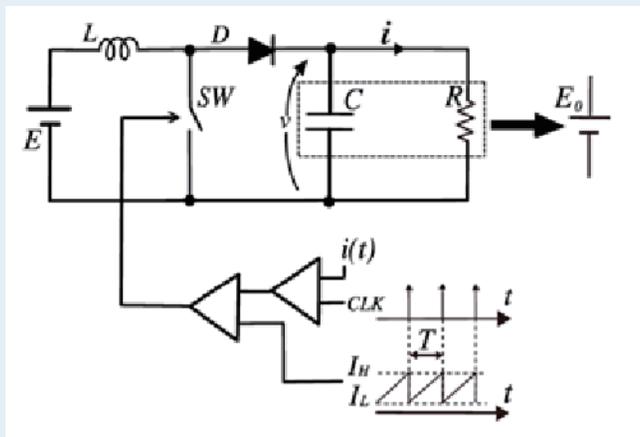


図1 PWM-1 制御 DC-DC コンバータ

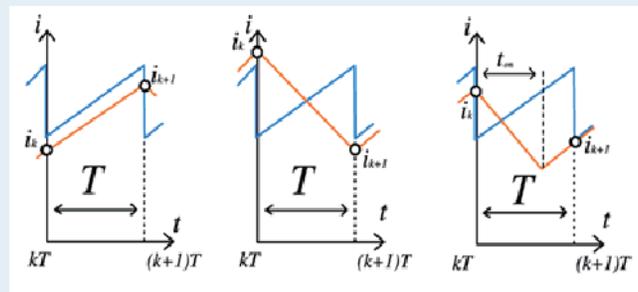


図2 クロック間に生じる解軌道の例

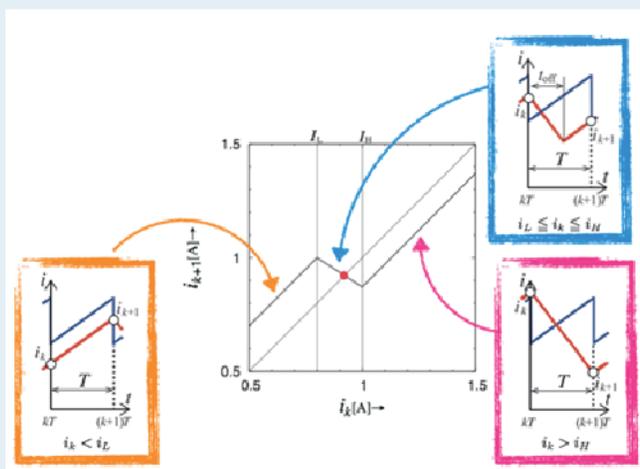
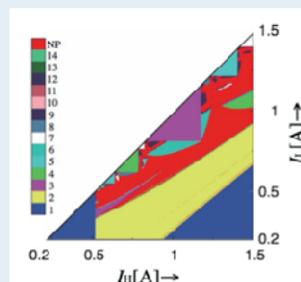
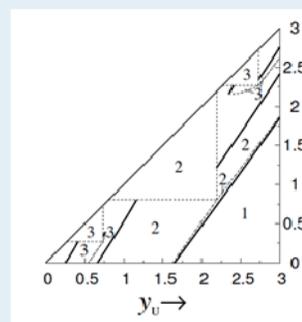


図3 離散写像を用いた解析の例



(a) ブルートフォース法に基づく解析



(b) 分岐条件に基づく解析

図4 広いパラメータ空間で可視化する回路の動的挙動の例

## Lecturer Career - 講師のご経歴 -

岡山理科大学工学部  
電気電子システム学科 准教授  
博士(工学) 麻原 寛之氏

### 職歴

2019年4月 岡山理科大学 工学部 電気電子システム学科 准教授  
2015年4月 岡山理科大学 工学部 電気電子システム学科 講師  
2013年4月～2015年3月 福岡大学 工学部 電気工学科 助教  
2011年4月～2013年3月 日本学術振興会 特別研究員(DC1)

### 学歴

2013年3月 大分大学 大学院 工学研究科 博士後期課程 物質生産工学専攻 早期修了  
2011年4月 大分大学 大学院 工学研究科 博士後期課程 物質生産工学専攻 入学  
2011年3月 大分大学 大学院 工学研究科 博士前期課程 機械・エネルギーシステム工学専攻 修了  
2009年4月 大分大学 大学院 工学研究科 博士前期課程 機械・エネルギーシステム工学専攻 入学

### 専門 受賞歴

【専門】クリーンエネルギー発電・電源回路設計・分岐解析  
【受賞歴】◆ 2016年電子情報通信学会 NOLTA ソサイエティ大会奨励賞  
◆ 第25回回路とシステムワークショップ奨励賞  
◆ 平成24年度電子情報通信学会学術奨励賞  
◆ 平成22年度電気学会全国大会優秀論文発表賞