


## 学位論文審査結果の要旨

専攻	物質生産工学 専攻	氏名	麻原 寛之
論文題目	ミススイッチングが合成力学系に及ぼす影響		
主査	高坂 拓司		
審査委員	江崎 忠男		
審査委員	松尾 孝美		
審査委員	劉 孝宏		
審査委員	後藤 雄治		
審査結果の要旨 (1000 字以内)			
<p>本研究の目的は、電気系における DC/DC コンバータのような解の状態や時刻に依存してシステムが切り替わる合成力学系において、理想的でないスイッチング動作(ミススイッチング)が系の挙動に及ぼす影響を解明することである。スイッチング信号の伝達遅れやスイッチングに伴い発生する高周波数振動は、ミススイッチングの典型例であり、系の定性的性質に影響を及ぼす可能性がある。しかし、ミススイッチングが合成力学系の挙動に及ぼす影響の解析はほとんど行われていない。また、ミススイッチングを有し、かつ高次元で記述される合成力学系に対する効果的な安定性解析手法も見当たらない。本研究は、低次元で記述される合成力学系を提案し、ミススイッチングが系の挙動に及ぼす影響を解析している。その結果、ミススイッチングを有する系には理想的なスイッチング動作が行われる場合において観測されない新たな解軌道の振る舞いが生じ、系の定性的性質に影響を及ぼしていることを明らかにしている。また回路実験を行い、理論の正当性を実証している。本合成力学系は、電力変換回路のスイッチング動作を模擬しているため、ミススイッチングを有する電力変換回路においても同様の現象がみられる。一方、ミススイッチングを有し、かつ高次元で記述される合成力学系に対しても考察を行っている。具体的には、Floquet および Filippov の理論を応用した安定性解析手法を提案している。また、提案手法をミススイッチングを有する合成力学系に適用し、既存の手法と同等の計算精度を有することを確認している。本提案手法は、既存の手法において不可欠であった Poincaré 写像の合成およびその微分等の煩雑な計算過程を必要としないため、ミススイッチングを有し、かつ高次元で記述される合成力学系に対して効果的な安定性解析手法であるといえる。</p> <p>なお、論文審査会や公聴会における著者の説明は明確であり、質問に対しても的確に回答がなされていた。以上のことから、本論文は博士(工学)の学位に値するものと認められる。</p>			

## 学位論文の要旨

専攻名	物質生産工学	ふりがな氏名	あさはら ひろゆき 麻原 寛之	
学位論文題目	ミススイッチングが合成力学系の定性的性質に及ぼす影響			

DC/DC コンバータのように2つ以上のサブシステムを有し、かつ解の状態や周期外力の印加によってシステムが切り替わる力学系は合成力学系と呼ばれる。合成力学系は、パラメータの変化に伴い非線形現象が生じることが知られており、古くから解析が行われてきたが、過去の研究成果の大部分は、系の切り替わりが理想的に行われるとの仮定に基づいていた。一方近年、回路を構成する個々の素子の入力から出力へ信号が伝達するまでの遅延(スイッチング遅れ)や、回路中の浮遊容量・浮遊インダクタンスの存在によってサブシステムが切り替わった直後に発生する瞬間的な高周波数振動(スパイクノイズ)の影響で、系の切り替わりが理想的に行われない場合(ミススイッチング)が生じ、合成力学系の挙動に影響を及ぼしているとの実験結果が報告された。しかし、ミススイッチングが合成力学系の挙動に及ぼす影響の解析はほとんど行われていない。また、高次元で記述され、かつミススイッチングを有する合成力学系に対して効果的な安定性解析手法も見当たらない。

本論文は、(1)ミススイッチングが、DC/DC コンバータの挙動を模擬した合成力学系に及ぼす影響の解明および(2)高次元で記述され、かつミススイッチングを有する合成力学系に対する効果的な安定性解析手法の提案を行った。以下、上記(1)(2)に沿って研究概要および得られた結果について説明する。(1)については、まず系の切り替わりが理想的に行われる場合およびミススイッチングが生じる場合の解軌道の振る舞いを示した。次に、解軌道を一定周期毎に離散化し、Poincaré 写像を定義した。続いて、本系に生じる周期解の分岐条件を明らかにし、1 および 2 パラメータ分岐図を導出した。最後に、分岐図を用いてミススイッチングが系の定性的性質に及ぼす影響を議論した。その結果、ミススイッチングの影響で新たな解軌道の振る舞いが生じ、系の定性的性質に影響を及ぼしていることがわかった。具体的には、Poincaré 写像における次元数の増加、解の共存などが観測され、これらは系の切り替わりが理想的に行われる場合にはみられない現象であった。また、スパイクノイズは大域的分岐現象の発生パラメータにのみ影響を及ぼすが、スイッチング遅れは局所的分岐現象および大域的分岐現象の双方の発生パラメータに影響を及ぼすことを明らかにした。一方(2)では、ミススイッチングを有し、かつ解の状態と時刻に依存してシステムが切り替わる  $n$  次元合成力学系に対して、Filippov の理論に基づく安定性解析手法を提案した。まず、Floquet の理論に基づき周期軌道の安定性について説明した。次に、本手法の核となる Monodromy 行列の構成法を示した。最後に、提案手法をスイッチング遅れを有する合成力学系に適用し、既存の手法(Poincaré 写像に基づく手法)と同等の計算精度を有することを確認した。提案手法は既存の手法において必要不可欠であった Poincaré 写像の合成およびその微分を必要としない簡便な安定性解析手法であるため、高次元で記述されかつミススイッチングを有する合成力学系に対して効果的な安定性解析手法であるといえる。