

平成27年2月2日

## 学位論文の審査要旨

学位論文申請者氏名：呉 ジュ (Wu Shu)

論文題目：Dynamic Performance Analysis and Improvement  
for DC-DC Buck Converter

(和訳) 降圧型 DC-DC 変換器の動特性解析・向上手法の研究

### 論文の概要及び判定理由

この論文では、スイッチングコンバータのダイナミック性能向上手法を提案・検証を記述している。集積回路に対して信号処理技術の進歩は、電源回路に厳しい課題を提起している。高速クロック、高速な動的電流スルーレートおよびより低い出力電圧は、スイッチングコンバータの動的性能を向上させるために不可欠な要素となる。

第2章では、スイッチングコンバータの三つ基本的な回路トポロジをレビューした。定常状態の等価回路モデル構造と伝達関数を紹介した。第3章では DC-DC 降圧コンバータに着目し、ダイナミック性能を解析した。ループ利得の周波数特性から考察し、入力電圧、負荷電流と参照信号の変動による過渡応答の表現を導出した。解析結果により電圧モード制御と電流モード制御の制御システムを設計することができる。電圧モード制御は、電流モード制御より高性能化に有利であるが、閉ループ帯域幅がオペアンプの利得帯域幅積に厳しく制限される。システム内の任意の変動は出力変化として検査される。これらはダイナミック性能の劣化の原因となる。

従来の固定三角波で制御変数と比較することのかわりに、傾き調整可能な三角波を電圧モード制御に用いることを提案した。これを用いてスイッチング素子を駆動するために使用されるパルス幅変調信号を生成する。提案した三角波の傾きは入力電圧と出力電圧の偏差に依存する。第4章で、設計した三角波発生器 (TWG) 回路、安定性解析、シミュレーション結果を示す。提案した TWG を用いることで負荷およびライン過渡応答が改善されることを示した。入力フィードフォワード制御を提供したため、TWG は入力過渡応答が改善された。また閉ループ帯域幅が増加できたので優れた動的性能が得られる。必要な追加の回路構成要素は、電圧加算器、電圧制御線形抵抗と電圧制御電流源だけである。提案した TWG は、DC-DC 降圧コンバータの動的性能を改善するために簡単に有効な方法である。

第5章で、TWG を SIDO 降圧型コンバータに適用し、クロス・レギュレーションを改善できたことを示した。

以上のように、本論文では電気電子機器においてますますの性能向上が要求されるス

スイッチング電源回路の性能向上技術に貢献する工学的価値の高い研究成果であり、また学位論文申請者は最終試験においても十分な学識を示したので、博士（工学）の学位に値するものと判定した。

審査年月日 平 2 7 年 2 月 2 日

#### 審査委員

主査	群馬大学大学院理工学府	教授	石川 赴夫	印
副査	群馬大学大学院理工学府	教授	安達 定雄	印
副査	群馬大学大学院理工学府	客員教授	小堀 康功	印
副査	群馬大学大学院理工学府	客員教授	恩田 謙一	印
副査	群馬大学大学院理工学府	教授	小林 春夫	印

#### 関連論文

1. 著者名 S. Wu, Y. Kobori, N. Tsukiji, H. Kobayashi

論文題目 Transient Response Improvement of DC-DC Buck Converter by  
a Slope Adjustable Triangular Wave Generator

(和訳) 傾斜調節可能な三角波発生回路による降圧型 DC-DC 変換回路の  
過渡特性の向上

雑誌名 IEICE Trans. Communication 第 E98-B 巻 第 2 号  
288 頁～295 頁 2015 年 2 月

2. 著者名 S. Wu, Y. Kobori, H. Kobayashi

論文題目 A Simple Analog Feed-Forward Controller Design for DC-DC Buck  
Converter

(和訳) 降圧型 DC-DC 変換回路のシンプルなアナログフィードフォワード制御器  
設計

雑誌名 Key Engineering Materials, 2015 年 3 月 (掲載決定)

#### 参考論文

1. 著者名 F. Zhao, H. Gao, L. Xing, Y. Kobori, S. Wu, H. Kobayashi, S. Miwa,  
A. Motozawa, Z. Nosker, N. Takai,

論文題目 Continuous-Time Delta-Sigma Controller for DC-DC Converter

(和訳) DC-DC 変換回路の連続時間デルタシグマ変調制御器

雑誌名 Key Engineering Materials, 2015 年 3 月 (掲載決定)

2. 著者名 M. Li, Y. Kobori, F. Zhao, Q. Zhu, Z. Nosker, S. Wu, S. N. Mohyar,  
H. Kobayashi, N. Takai  
論文題目 Single-Inductor Dual-Output DC-DC Converter Design with Exclusive  
Control  
(和訳) 排他制御を用いた単一インダクタ 2 出力 DC-DC 変換回路の設計  
雑誌名 Key Engineering Materials, 2015 年 3 月 (掲載決定)
  
3. 著者名 S. Wu, Y. Kobori, H. Kobayashi  
論文題目 Dynamic Performance Improvement of DC-DC Buck Converter by Slope  
Adjustable Triangular Wave Generator  
(和訳) 傾斜調節可能な三角波発生回路による降圧型 DC-DC 変換回路の  
過渡特性の向上  
雑誌名 Proceedings of IEEE 11th International SoC Design Conference, Jeju,  
Korea 2014 年 11 月
  
4. 著者名 S. Wu, Y. Kobori, Z. Nosker, M. Li, F. Zhao, L. Quan, Q. Zhu, T. Yamaguchi,  
E. Shikata, T. Kaneko, K. Ueda, N. Takai, H. Kobayashi  
論文題目 Design of a Simple Feed-Forward Controller for DC-DC Buck Converter  
(和訳) 降圧型 DC-DC 変換回路のシンプルなフィードフォワード設計  
雑誌名 Proceedings of the 4th IEICE International Conference on Integrated  
Circuits Design and Verification, Ho Chi Minh City, Vietnam, 2013 年 11 月