

リアクトルレス階調制御方式 昇圧型DC/DCコンバータ

大阪産業大学 工学部 電子情報通信工学科
教授 岩田 明彦

2022年3月1日

従来技術とその問題点

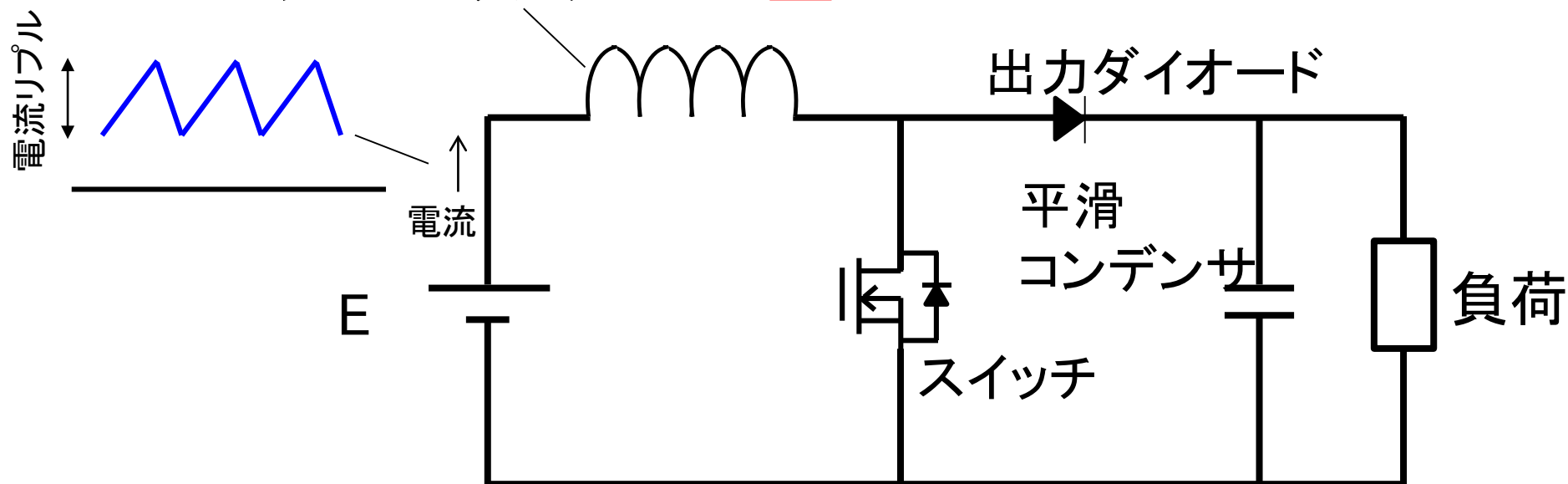
従来から広く使用されているPWM方式のDC/DCコンバータは、リップル電流を抑えるための**大型のリアクトル**が必要であった。



大型のリアクトルは重量が大きく、軽量性が求められる用途では**リアクトルを必要としない方式**が強く求められていた。

従来技術とその問題点

大型のリアクトル→**重い**



課題

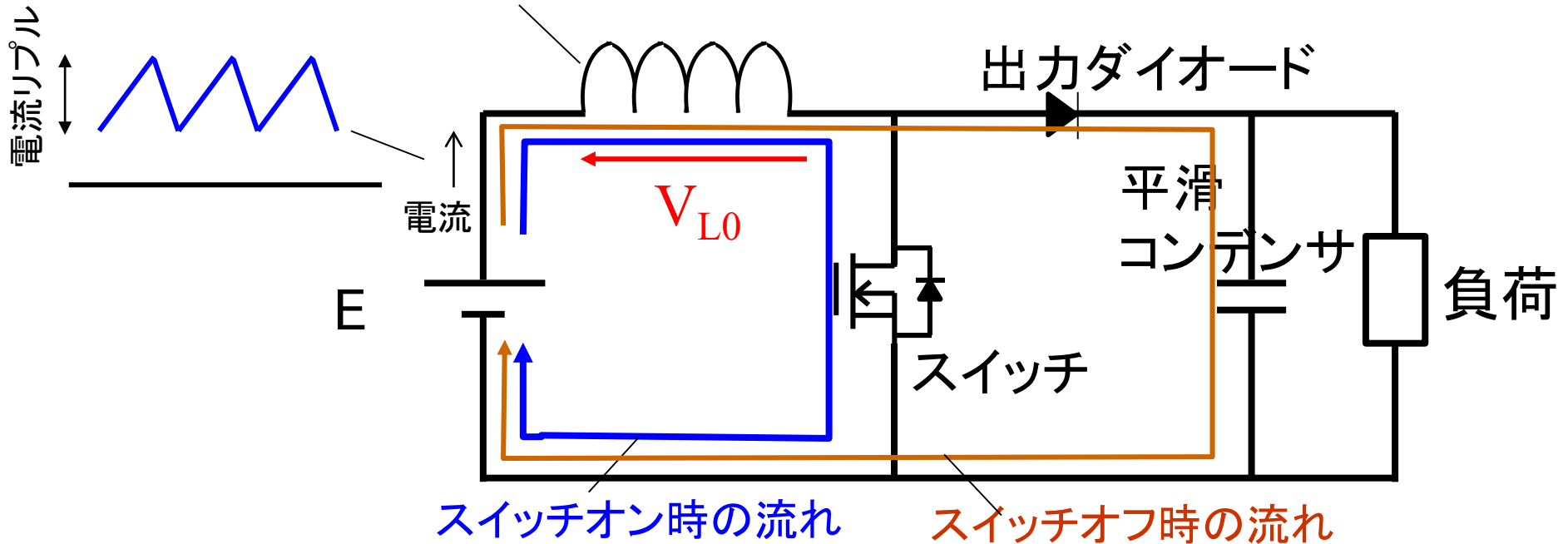
スイッチング時に電圧Eがリアクトルに印加され、電流リップルが増加。損失の原因である電流リップルを抑制するには大型のリアクトルが必要。

従来の取り組み

スイッチング周波数を上げることでリアクトルを小型化。しかしスイッチング損失が増加し、冷却装置が大型化。

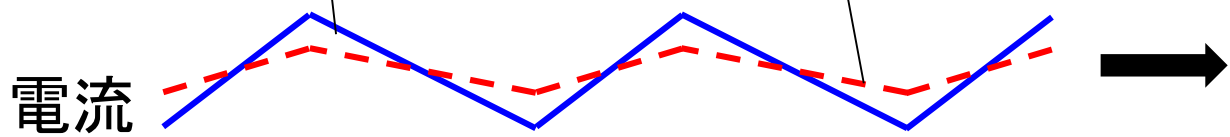
従来技術とその問題点

大型のリアクトル→**重い**



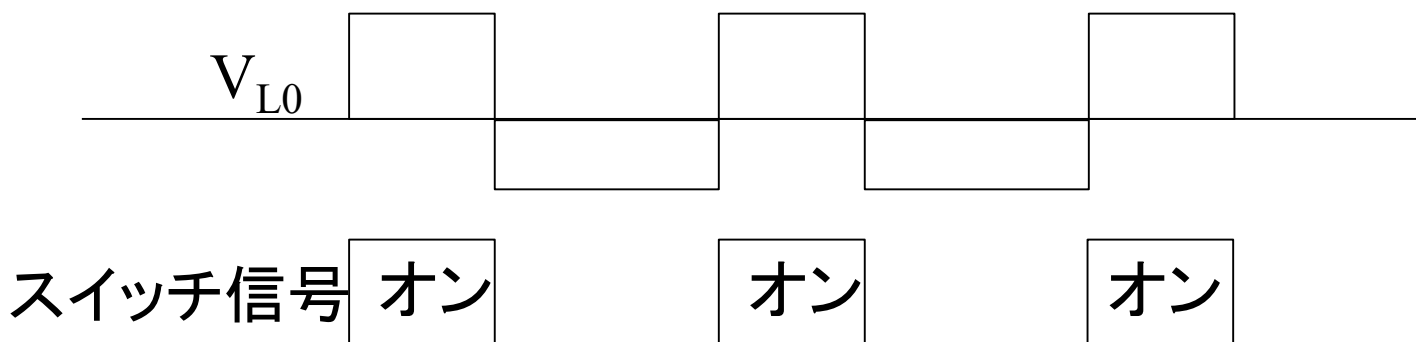
リアクトル小の場合

リアクトル大の場合

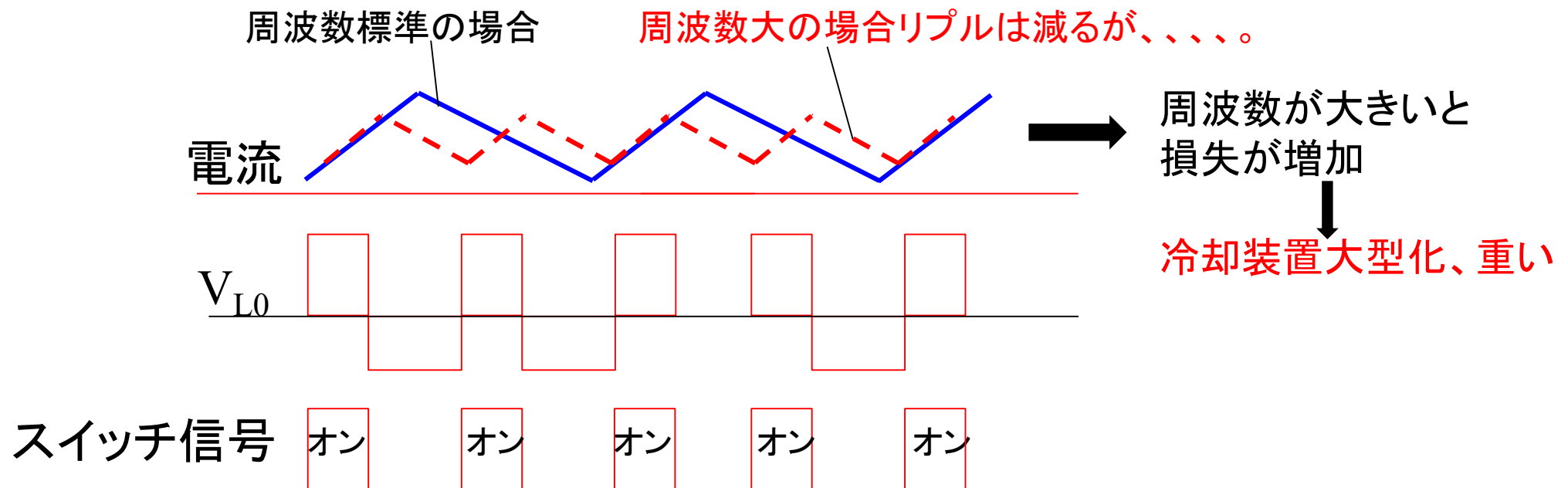
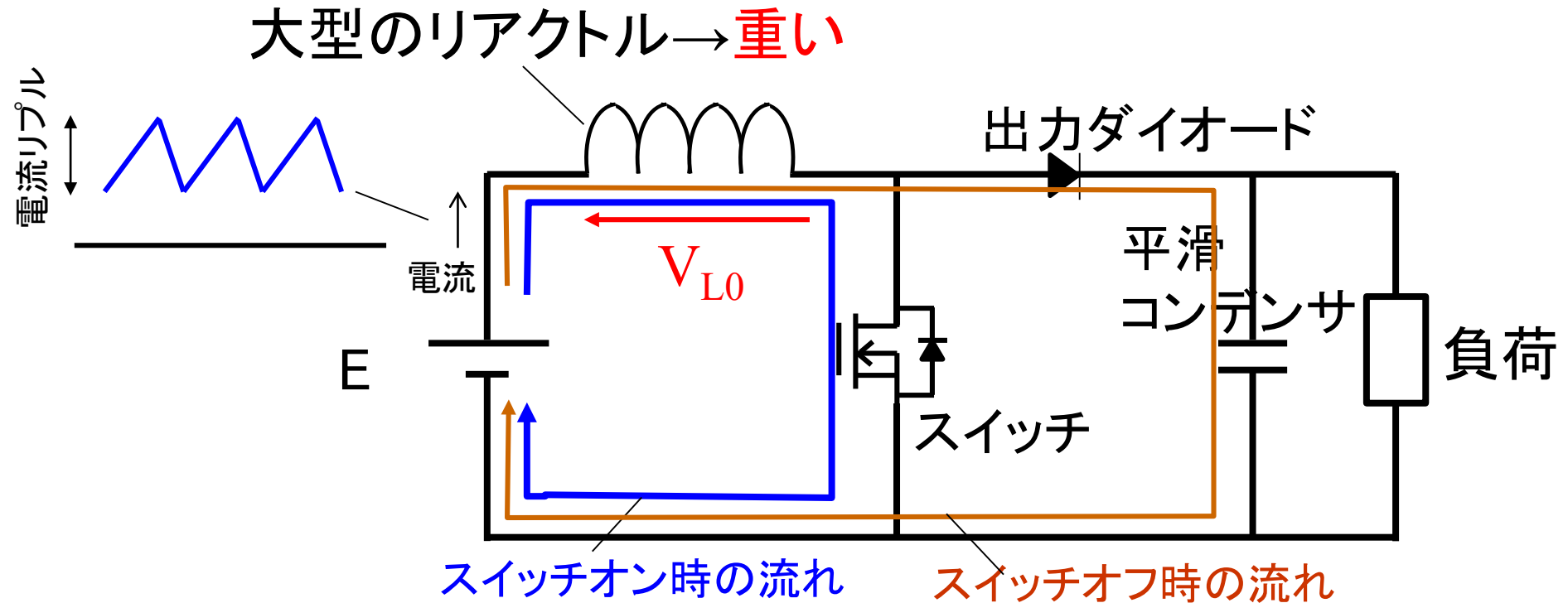


リップル電流を抑えるため
リアクトルを大型化

★装置が大型化、重い

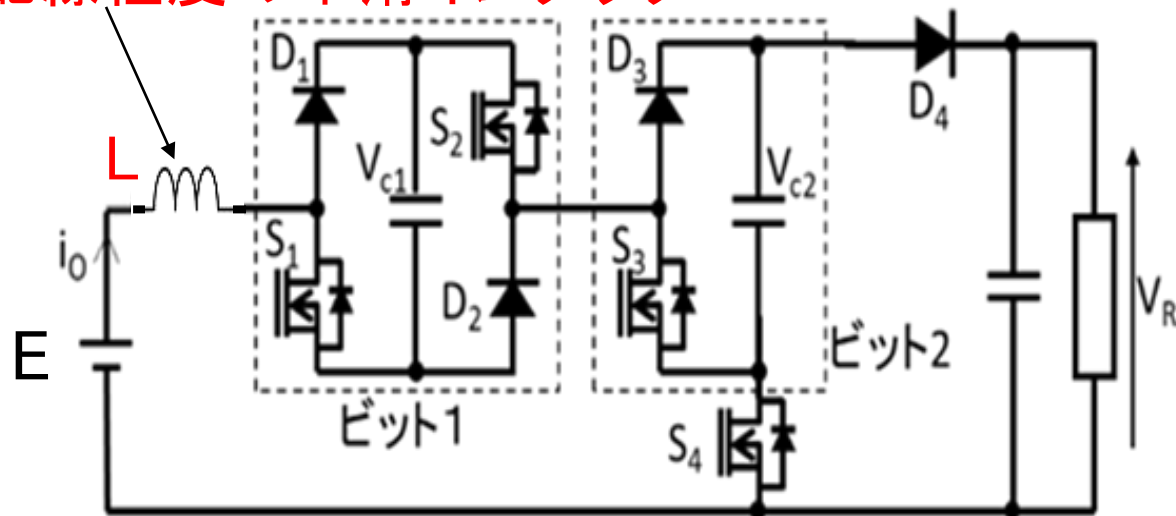


従来技術とその問題点



新技術の特徴

配線程度の平滑インダクタ



各昇圧モードと各コンデンサ電圧の関係

昇圧率	V_{in} [V]	V_{c1} [V]	V_{c2} [V]	V_R [V]
4倍	V_{in}	V_{in}	$2V_{in}$	$4V_{in}$
3倍	V_{in}	V_{in}	$2V_{in}$	$3V_{in}$
2倍	V_{in}	$V_{in}/3$	$2V_{in}/3$	$2V_{in}$
1.5倍	V_{in}	$V_{in}/2$	$V_{in}/2$	$3V_{in}/2$
1.3倍	V_{in}	$V_{in}/3$	$2V_{in}/3$	$4V_{in}/3$

技術のポイント

各昇圧モードにおいて V_{c1} 、 V_{c2} を適切な値に制御し、平滑インダクタLに印加される電圧をゼロ化。Lが小さくても電流リップルが増加しない。

効果

配線程度の平滑インダクタLで5段階の昇圧動作が可能

新技術の特徴

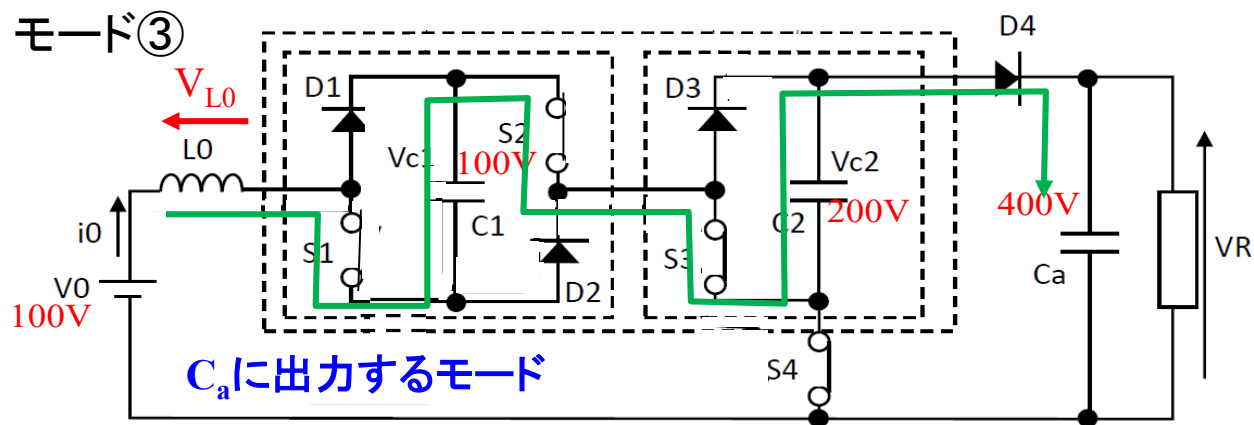
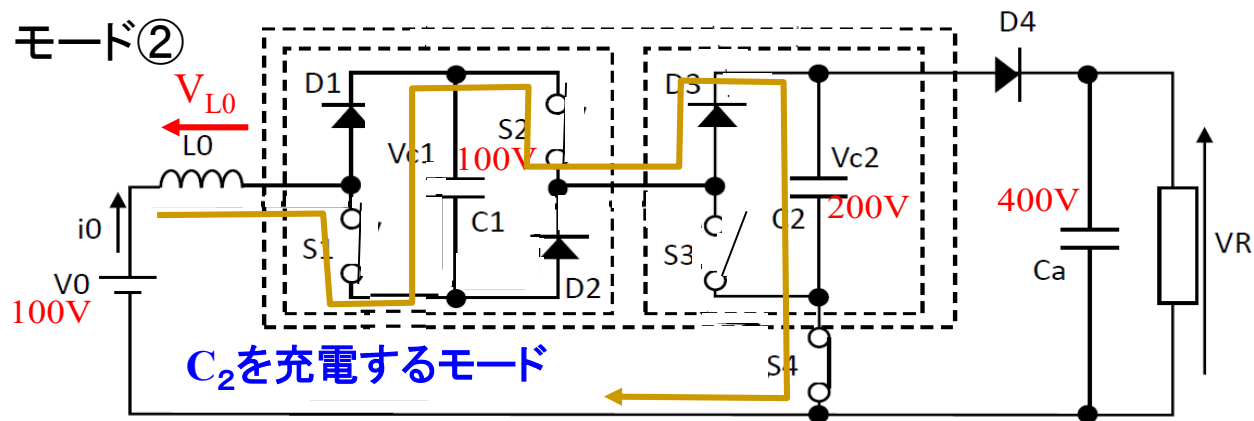
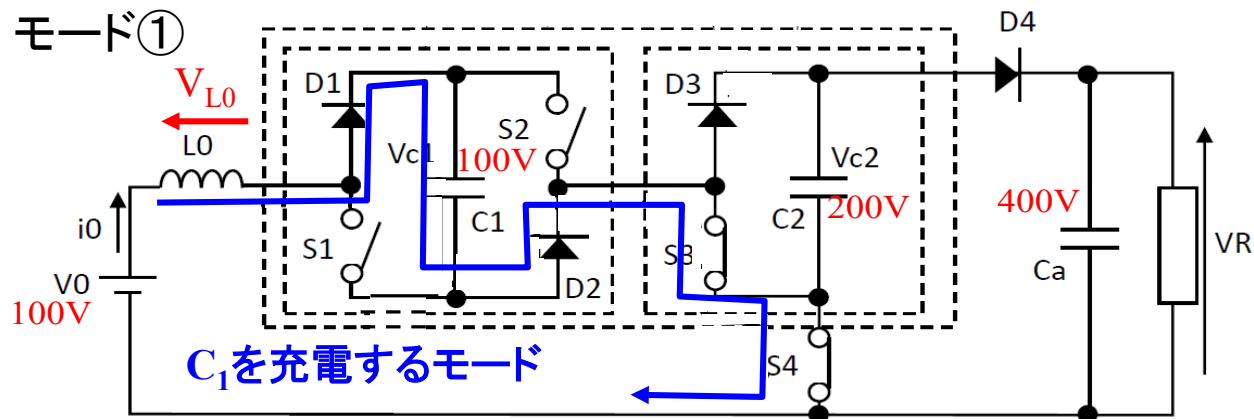
4倍昇圧の動作例

V_{c1}, V_{c2} を適正な値に設定すれば V_{L0} は常にゼロ
→リプル電流が極小化

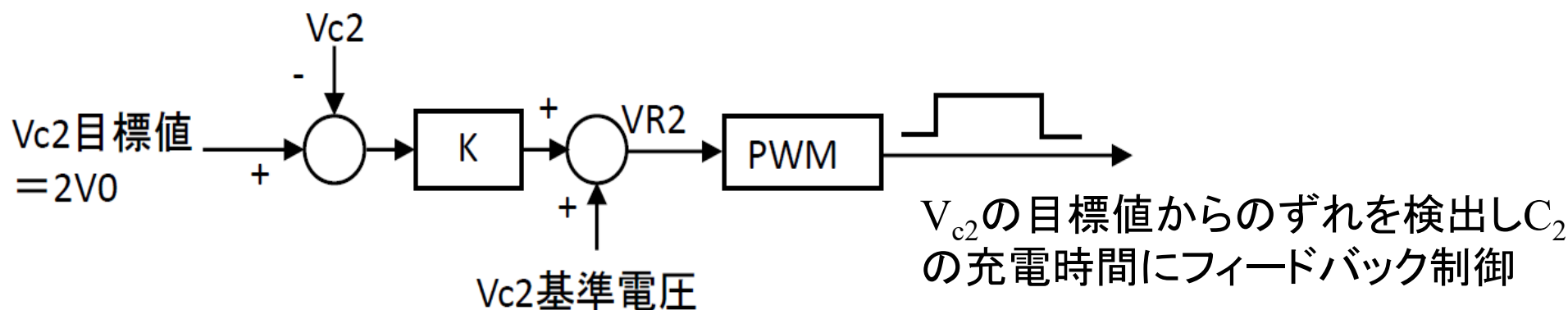
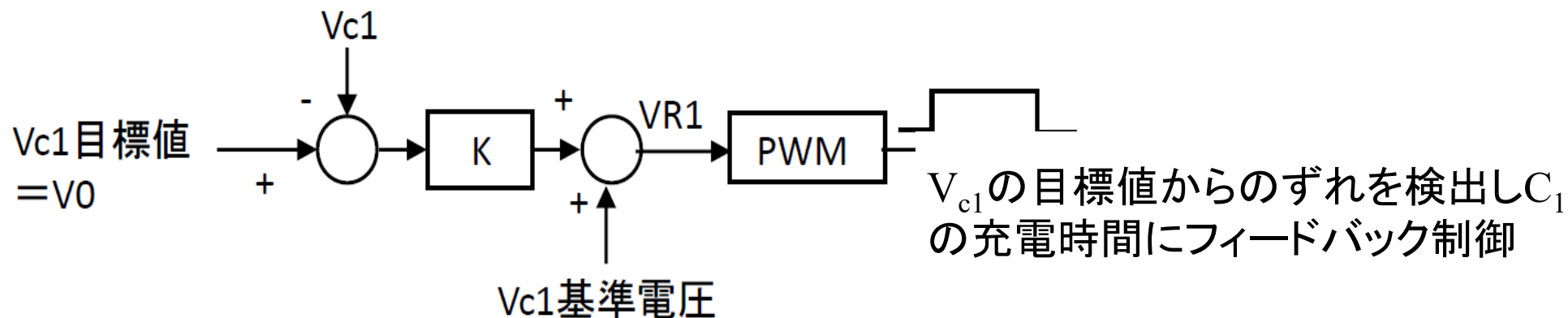
$$V_{L0} = V_0 - V_{c1} = 100 - 100 = 0$$

$$V_{L0} = V_0 + V_{c1} - V_{c2} = 100 + 100 - 200 = 0$$

$$V_{L0} = V_0 + V_{c1} + V_{c2} - V_R = 100 + 100 + 200 - 400 = 0$$



新技術の特徴

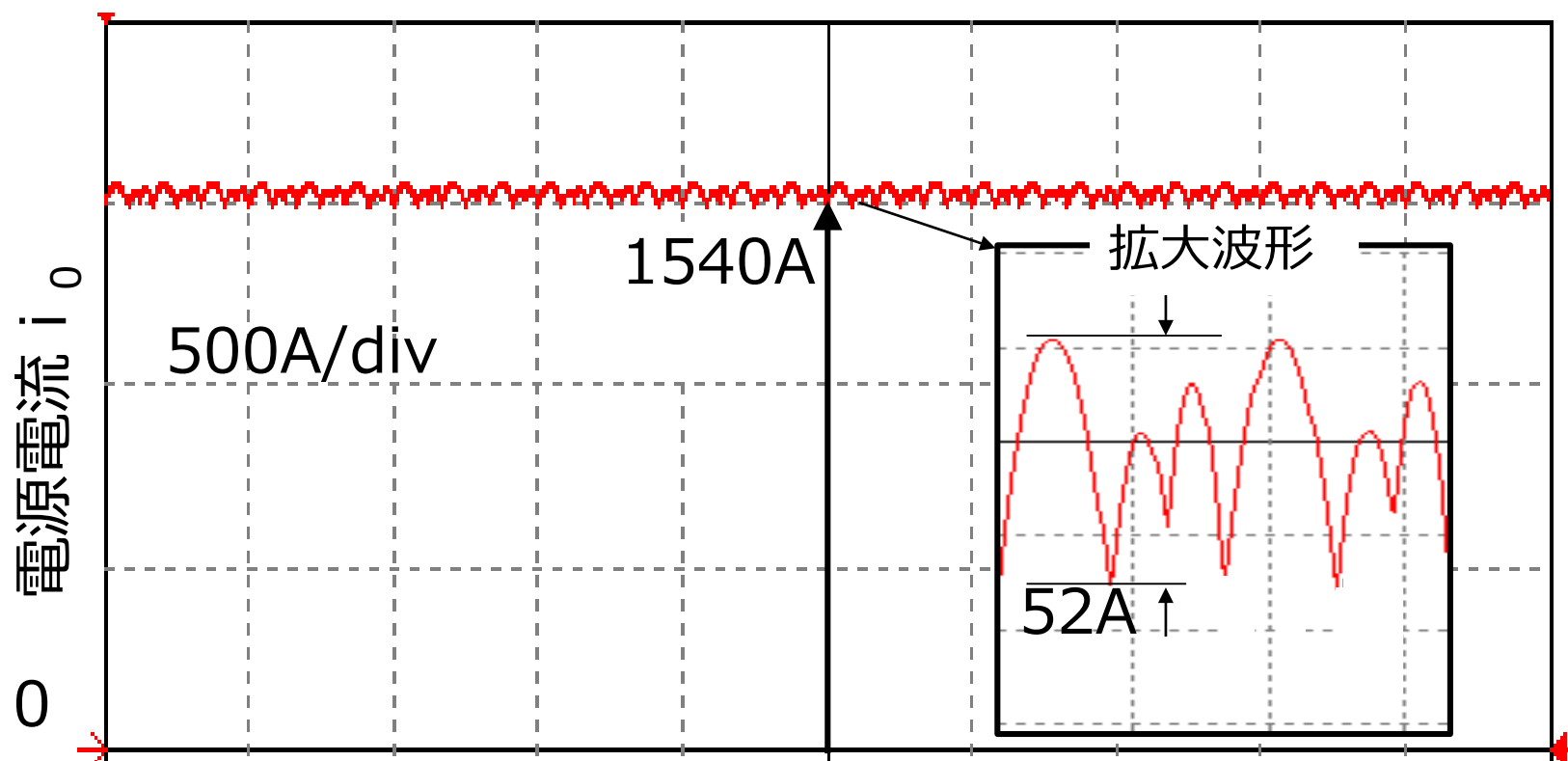


V_{c1}, V_{c2} を適正な値に制御する技術

V_{c1}, V_{c2} の目標値からのずれを検出し、 C_1, C_2 の充電時間を増減するフィードバック制御を施すことで、 V_{c1}, V_{c2} の値を適正化

新技術の特徴

入力100V、出力=386V、 $L=1\mu\text{H}$ 、 $R=1\Omega$ 、 $f_c=30\text{kHz}$



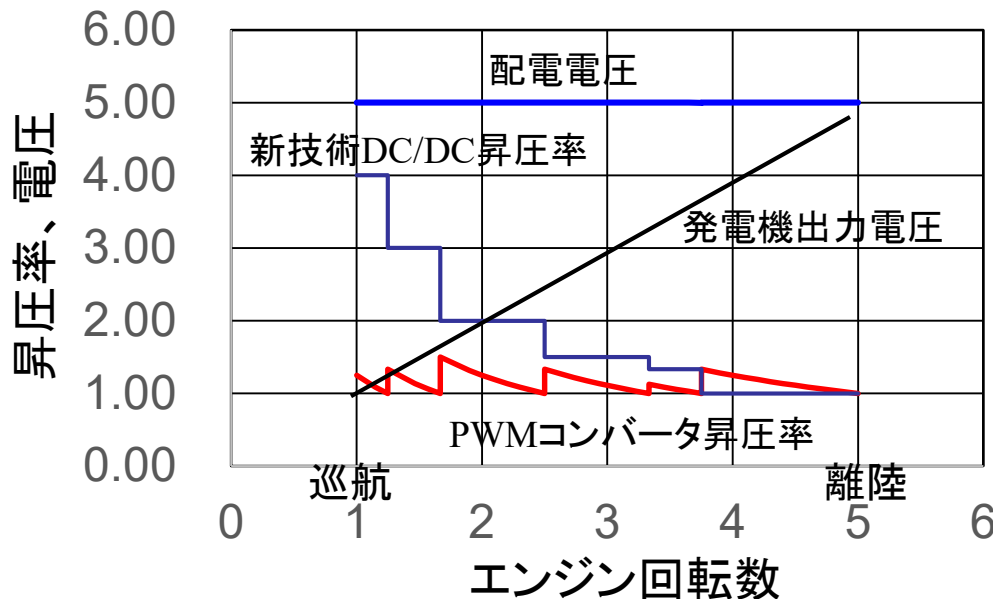
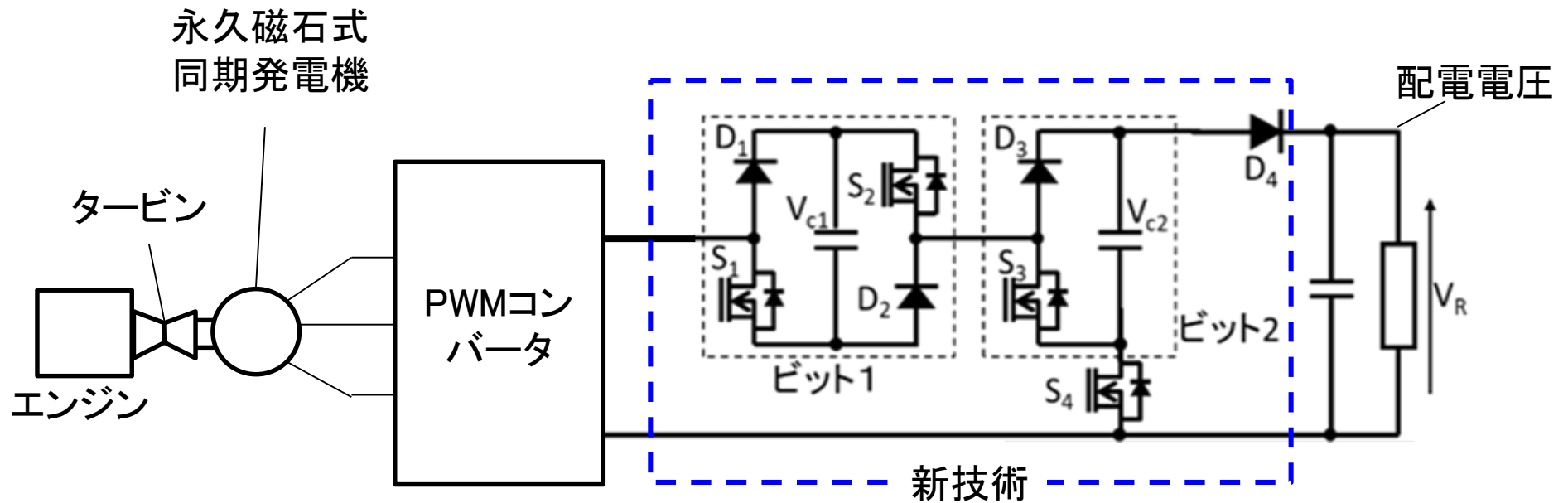
配線程度のリアクトル $1\mu\text{H}$ で4倍昇圧実現、電流リップルはわずか3%と小さい。

4倍昇圧時の各部波形

想定される応用分野と構成

- 応用分野としては、軽量性が求められる航空機、自動車/バイク、ドローン、軽量家電、携帯医療機器などへの適用が効果的である。
- また、バッテリーの電圧を大きく昇圧しなければならぬ用途への適用は大きなメリットが得られる。
- 将来の電動航空機配電システムへの適用も大きな期待がかかる。

想定される応用分野と構成



エンジンの回転数が1から5に変化しても、新技術のDC/DCコンバータとPWMコンバータの昇圧率を連携制御し、配電電圧を一定化。



新技術のDC/DCコンバータに大型のリアクトルが不要であり、要求される軽量化に適合

電動航空機用配電システムへの適用(案)

実用化に向けた課題

- 現在、一部の応用用途に対してシミュレーションでの検証を完了。今後は、様々な用途に対する適合性の確認が必要。
- またシミュレーションに加えて、試作機による検証を進めていく。

企業への期待

- 試作機での検証は現在進めており、実用化に向けた課題の抽出と対策は今後進むと予想。
- 電源制御技術を持つ、エレクトロニクスメーカーとの共同研究が可能。
- 航空機、自動車/バイク、ドローン、軽量家電、携帯医療機器などの関連メーカーとの共同研究により、本技術の適合性の検証を進めたい。

本技術に関する知的財産権

- 発明の名称 : DCDCコンバータ
- 出願番号 : 特願2021-029931
- 出願人 : 大阪産業大学
- 発明者 : 岩田明彦

産学連携の経歴

- 2019年- 国内総合電機メーカーと共同研究実施
- 2020年- 国内重工業メーカーと共同研究実施
- 2020年- NEDO「航空機用先進システム実用化プロジェクト」より研究受託

上記はいずれも継続中。

お問い合わせ先

大阪産業大学

社会連携・研究推進センター

TEL 072-875-3001

FAX 072-875-6551

e-mail sangaku@cnt.osaka-sandai.ac.jp