

# DC/DCコンバータの高性能化 に関する研究

○サハンドウラーラ, 築地伸和, 浅石恒洋  
小堀康功, 高井伸和, 小林春夫

群馬大学



# Outline

1. 研究背景・目的
2. 従来回路の動作原理と問題点
3. 提案回路の動作原理
4. シミュレーション結果
5. まとめ

# Outline

1. 研究背景・目的
2. 従来回路の動作原理と問題点
3. 提案回路の動作原理
4. シミュレーション結果
5. まとめ

# 研究背景

## スイッチング電源回路

電力源



電子機器



入力電圧を必要な電圧に変換し、安定に供給するための回路

### スイッチング電源の性能

- 効率
- 位相余裕と利得余裕
- リップル率
- 負荷応答性
- 電源応答性
- 出力インピーダンス

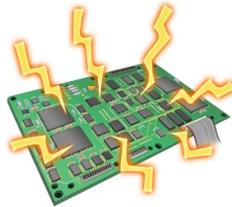
# 電源の高性能化要求

## ①省エネ意識の高まりによる 環境規制の強化

消費電力



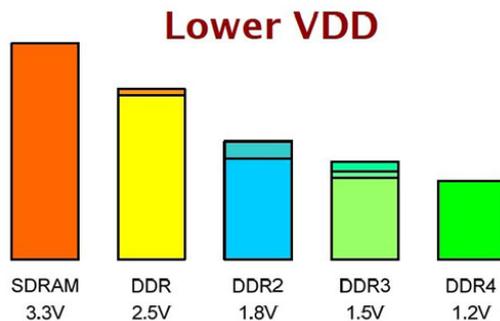
電磁波



高効率  
低ノイズ 要求

## ②半導体プロセス微細化による 電源の低電圧・大電流化

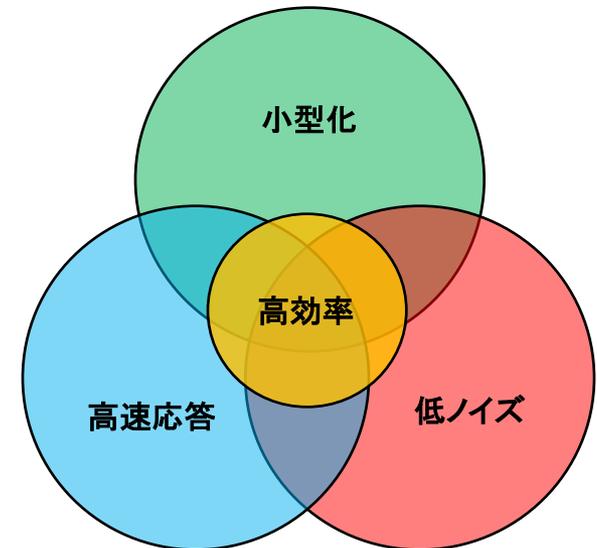
メモリ電源電圧



高速応答  
小型化 要求

→New Generation

電源の高性能化は  
必須課題



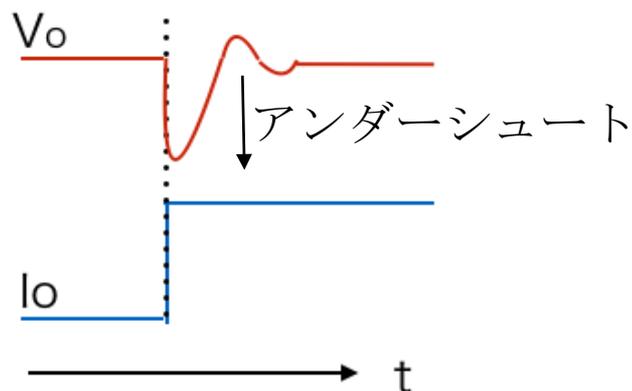
本研究でのターゲット  
「高速応答」

# 高速応答の性能指標

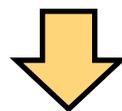
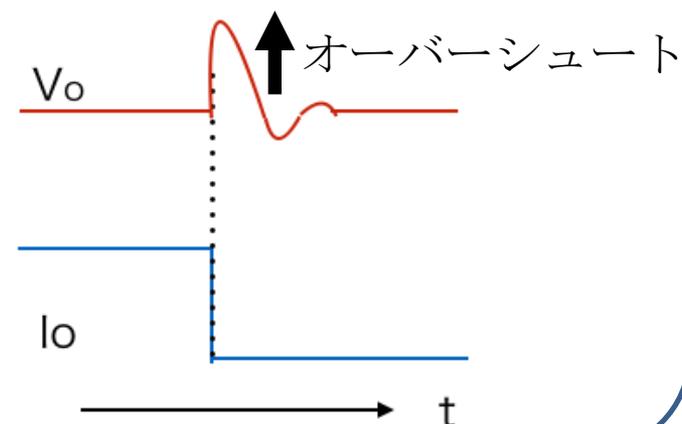
## 性能指標：負荷過渡応答

急激な負荷電流変動によって起こる出力電圧の変動量

負荷電流急変（上昇時）



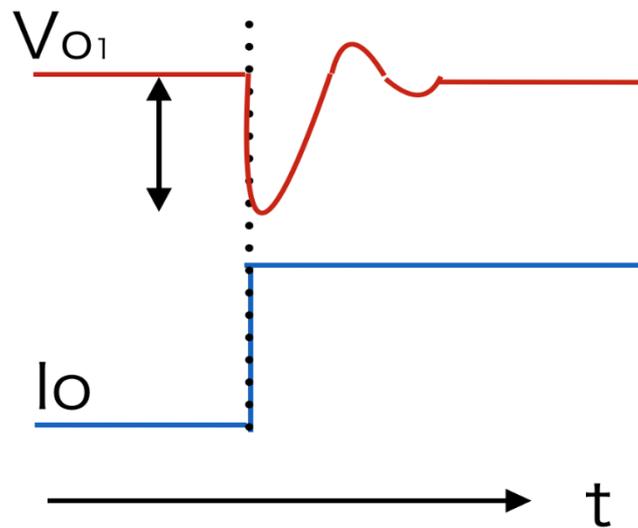
負荷電流急変（下降時）



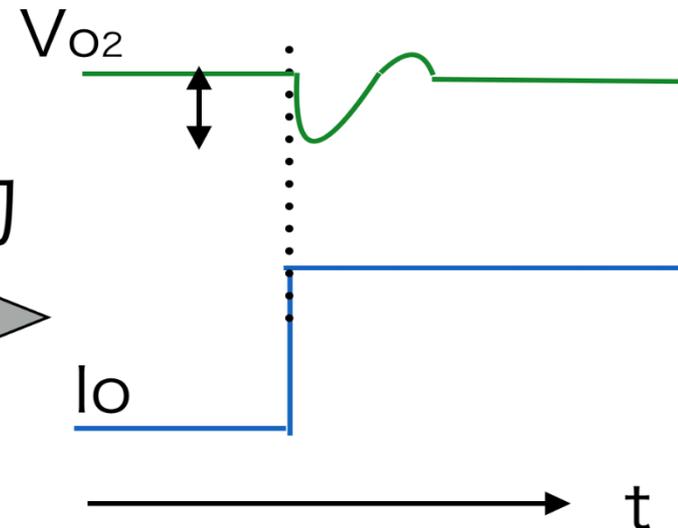
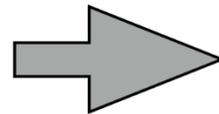
負荷変動時における出力電圧の変動量が小さいほどよい

# 研究目的

## DC/DCコンバータの高速応答性能の向上



目的



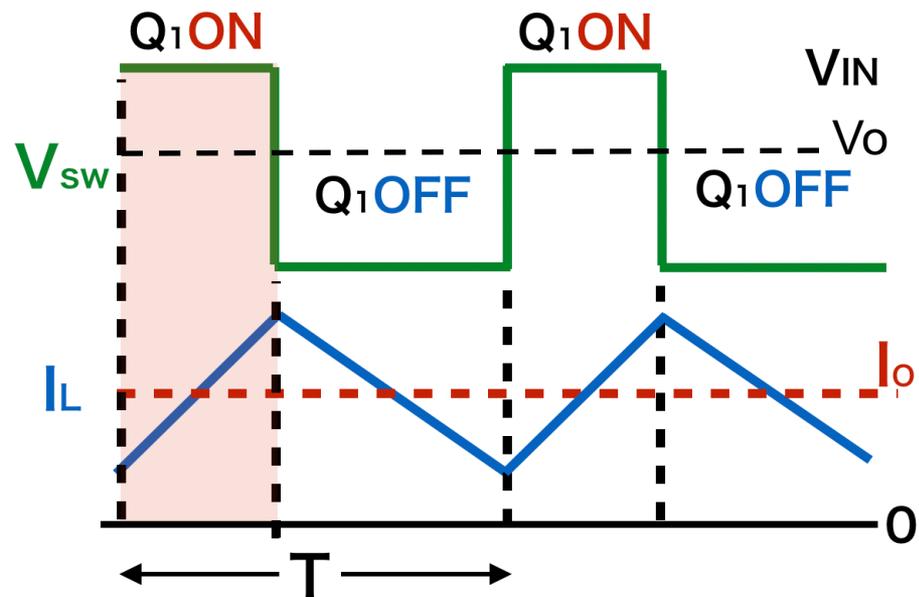
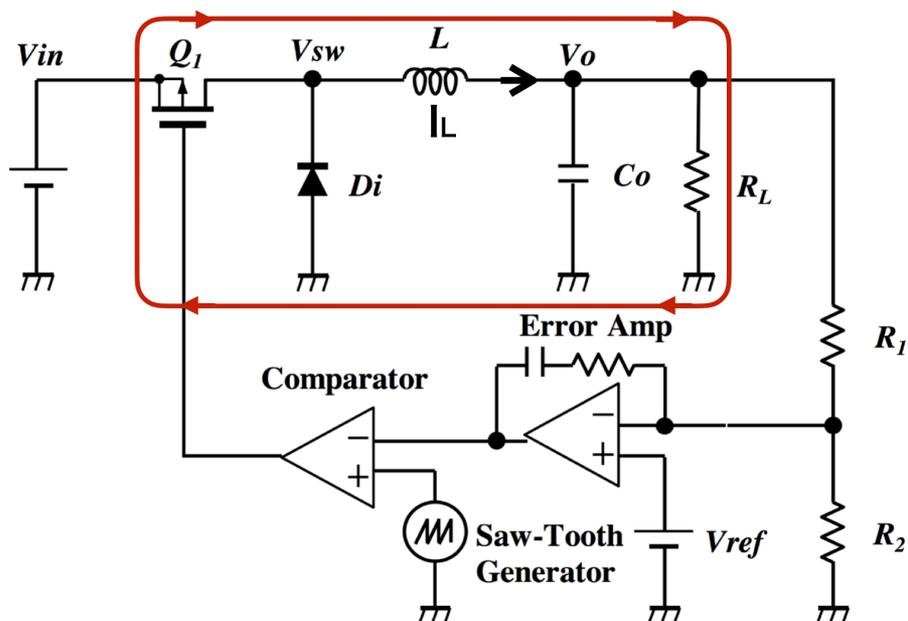
# Outline

1. 研究背景・目的
2. 従来回路の動作原理と問題点
3. 提案回路の動作原理
4. シミュレーション結果
5. まとめ

# 従来回路の動作原理

## 降圧形 DC/DC コンバータ ON 状態

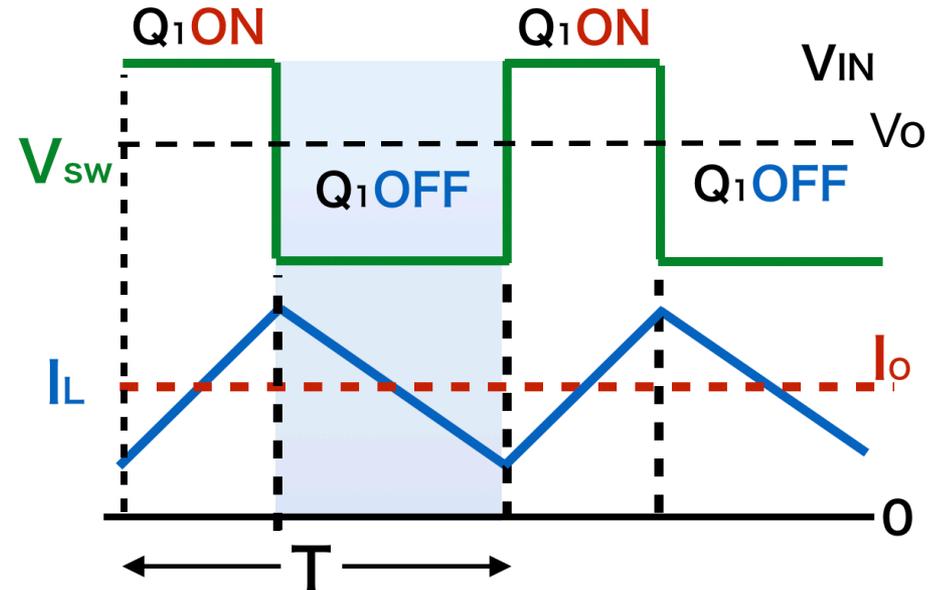
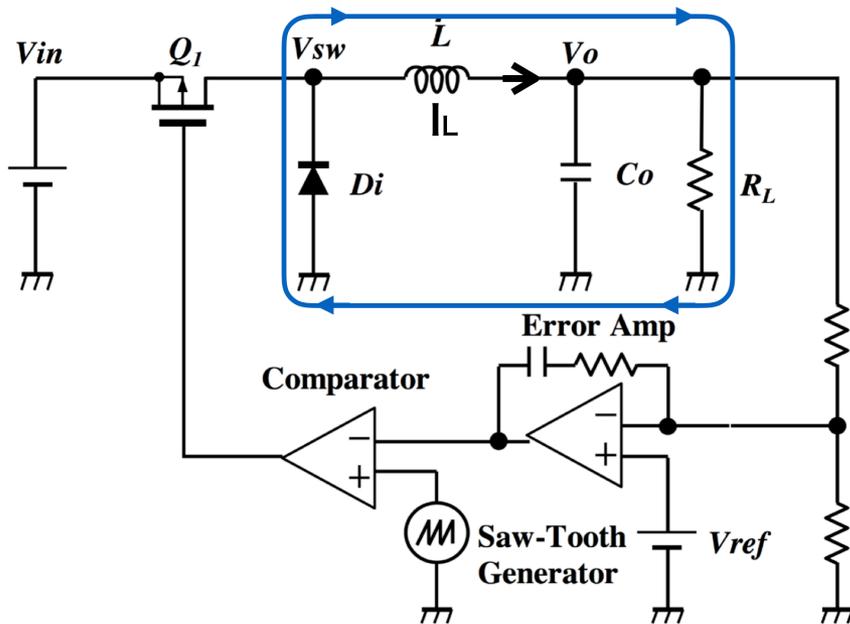
電流ループ



# 従来回路の動作原理

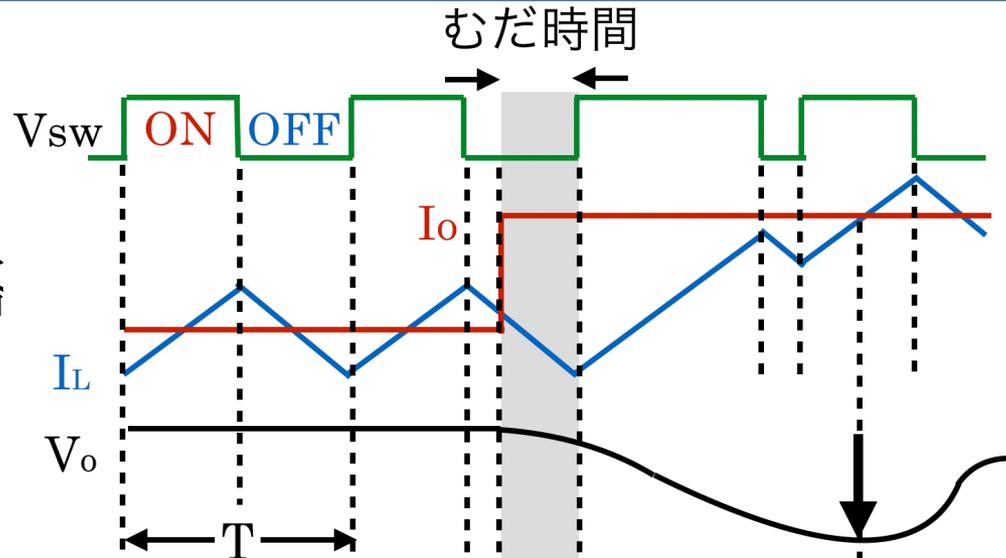
## 降圧形 DC/DC コンバータ OFF 状態

電流ループ



# 従来回路の問題点：むだ時間

従来回路



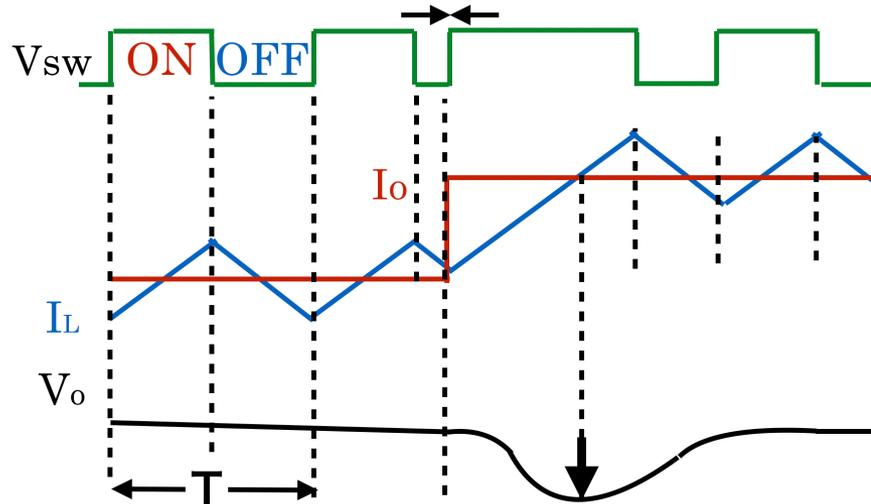
むだ時間があるため  
電流変化が遅れる！



むだ時間を低減

むだ時間 = 0

提案回路

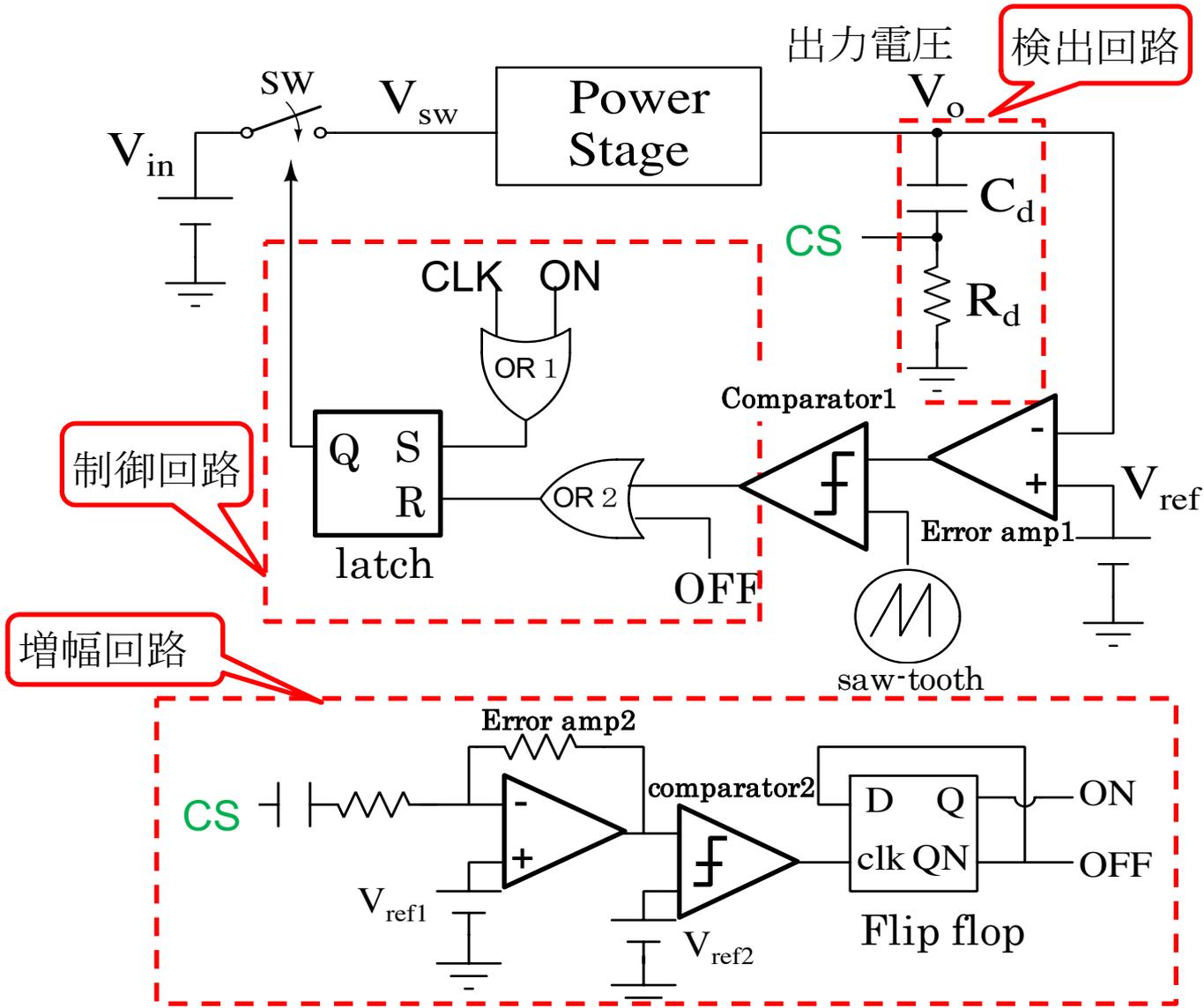


電圧変動は減少

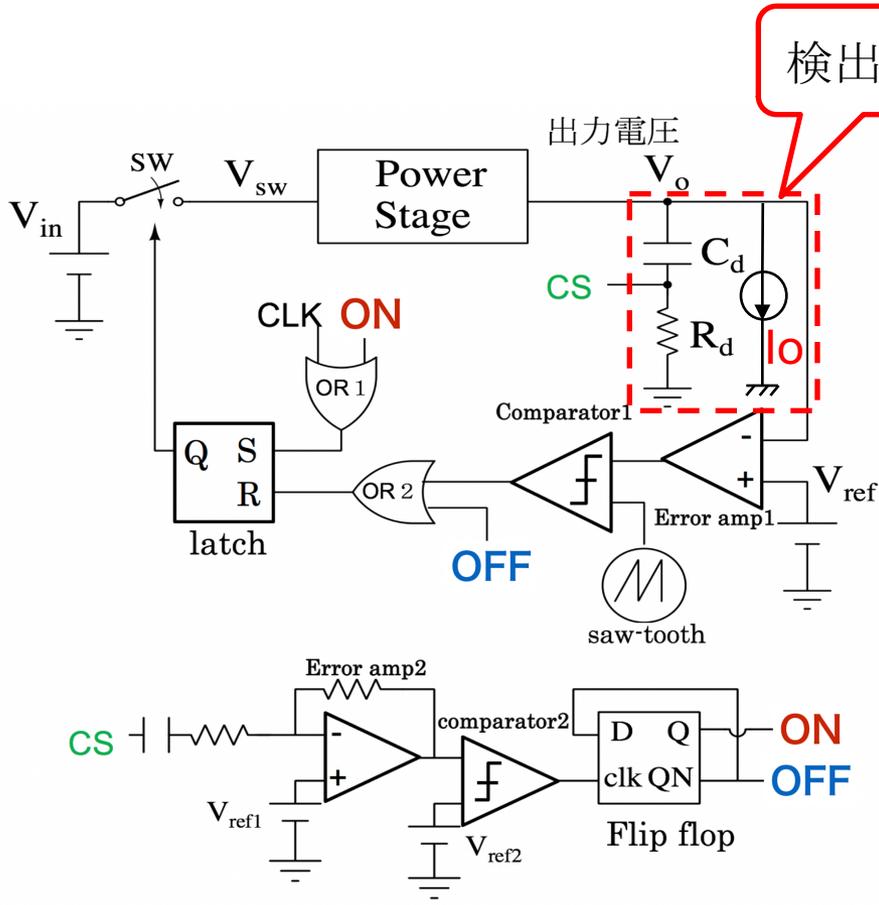
# Outline

1. 研究背景・目的
2. 従来回路の動作原理と問題点
3. 提案回路の動作原理
4. シミュレーション結果
5. まとめ

# 提案回路



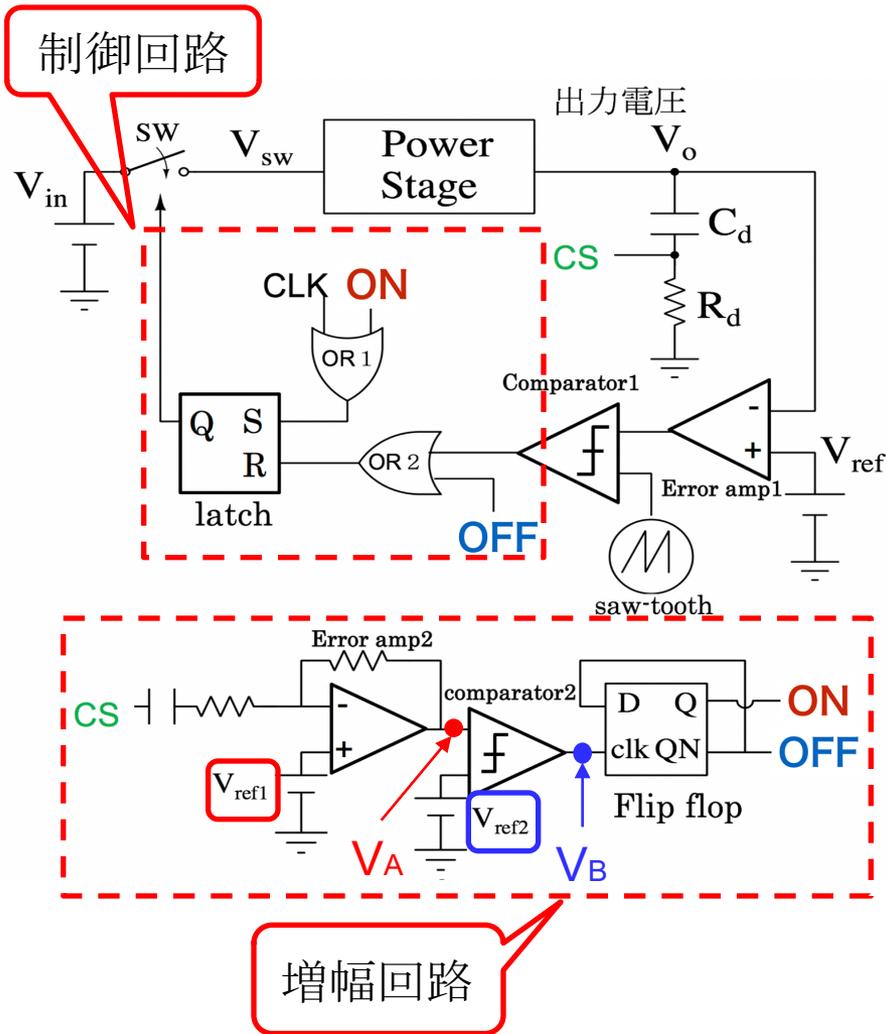
# 負荷変動を検出回路



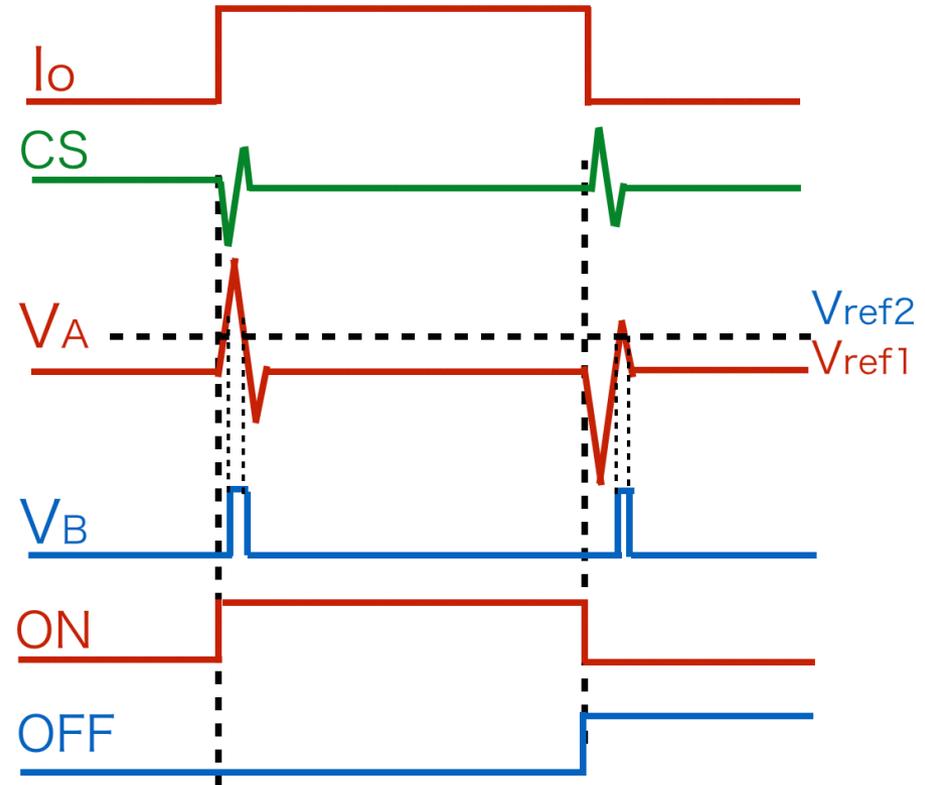
## 検出回路



# 負荷変動を増幅回路



## 増幅回路



# Outline

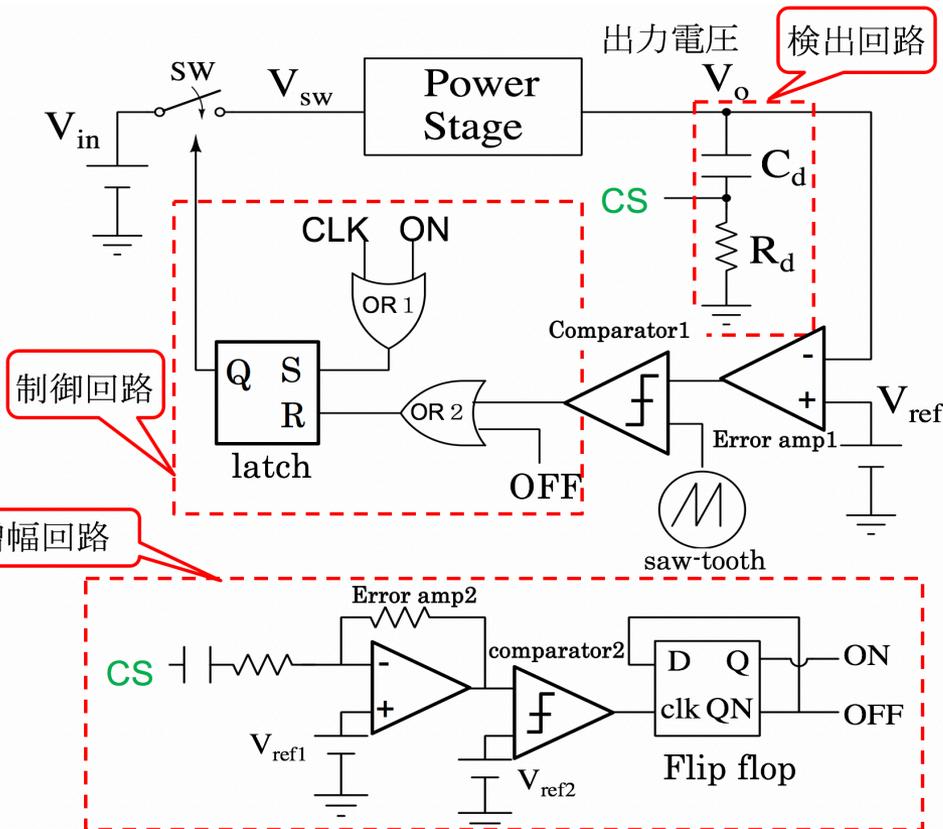
1. 研究背景・目的
2. 従来回路の動作原理と問題点
3. 提案回路の動作原理
4. シミュレーション結果
5. まとめ

# シミュレーション結果

シミュレーション **SIMPLIS** 使用

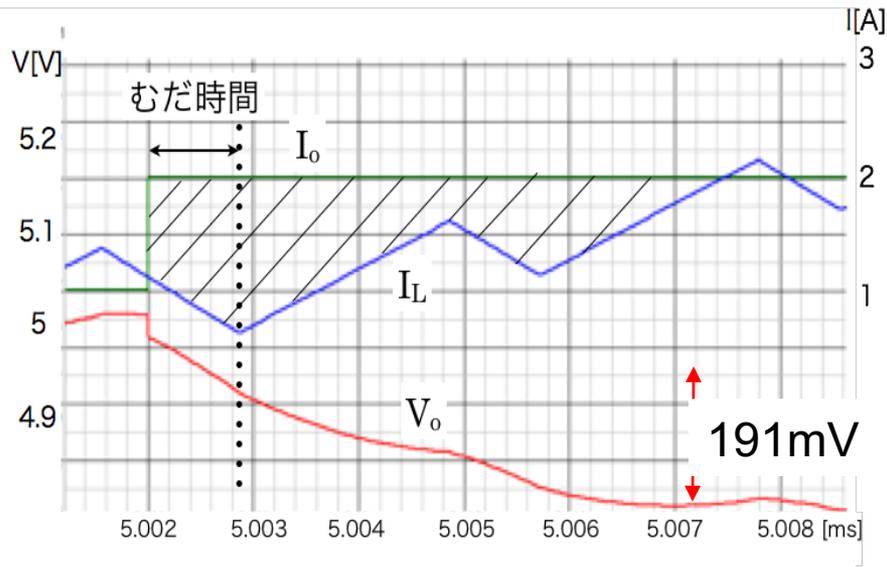
パラメータ条件

Parameter	Value
$V_{in}$	12 V
$V_o$	5 V
Frequency	350 kHz
$L$	10 $\mu$ H
$C_o$	20 $\mu$ F
$R_d$	10 k $\Omega$
$C_d$	100 pF

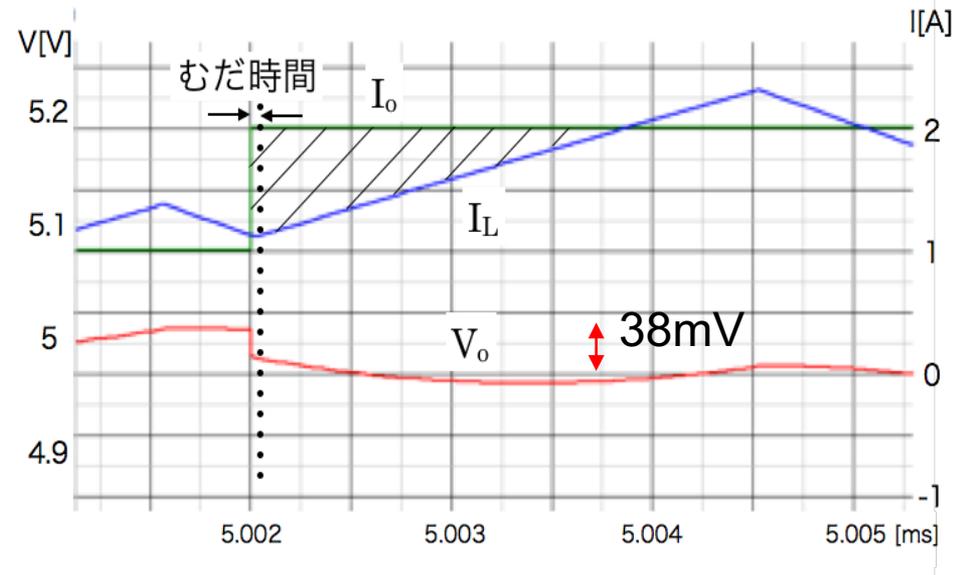


# シミュレーション結果

## 従来 방식



## 提案方式



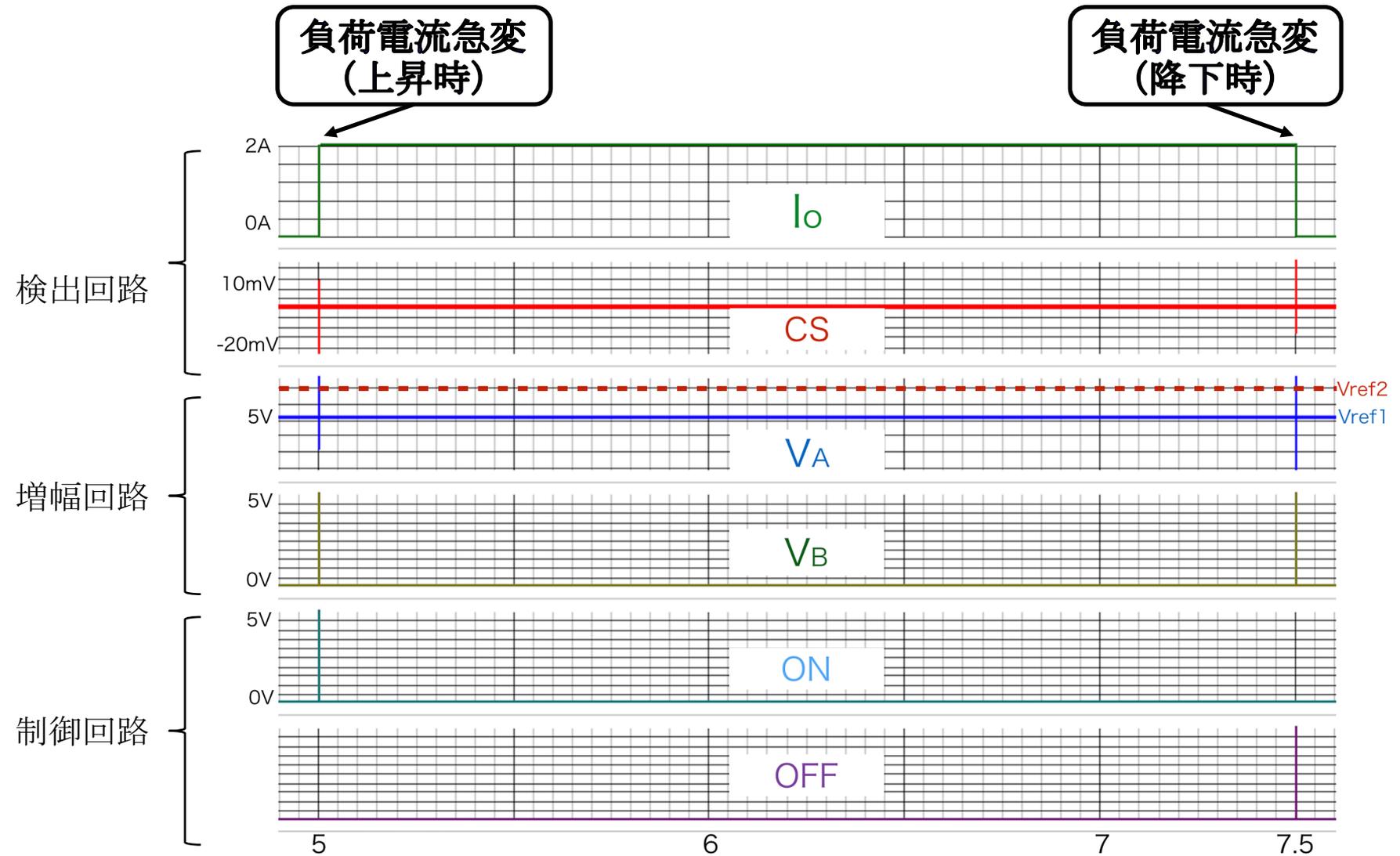
シミュレーション結果

従来方式 = 191mV

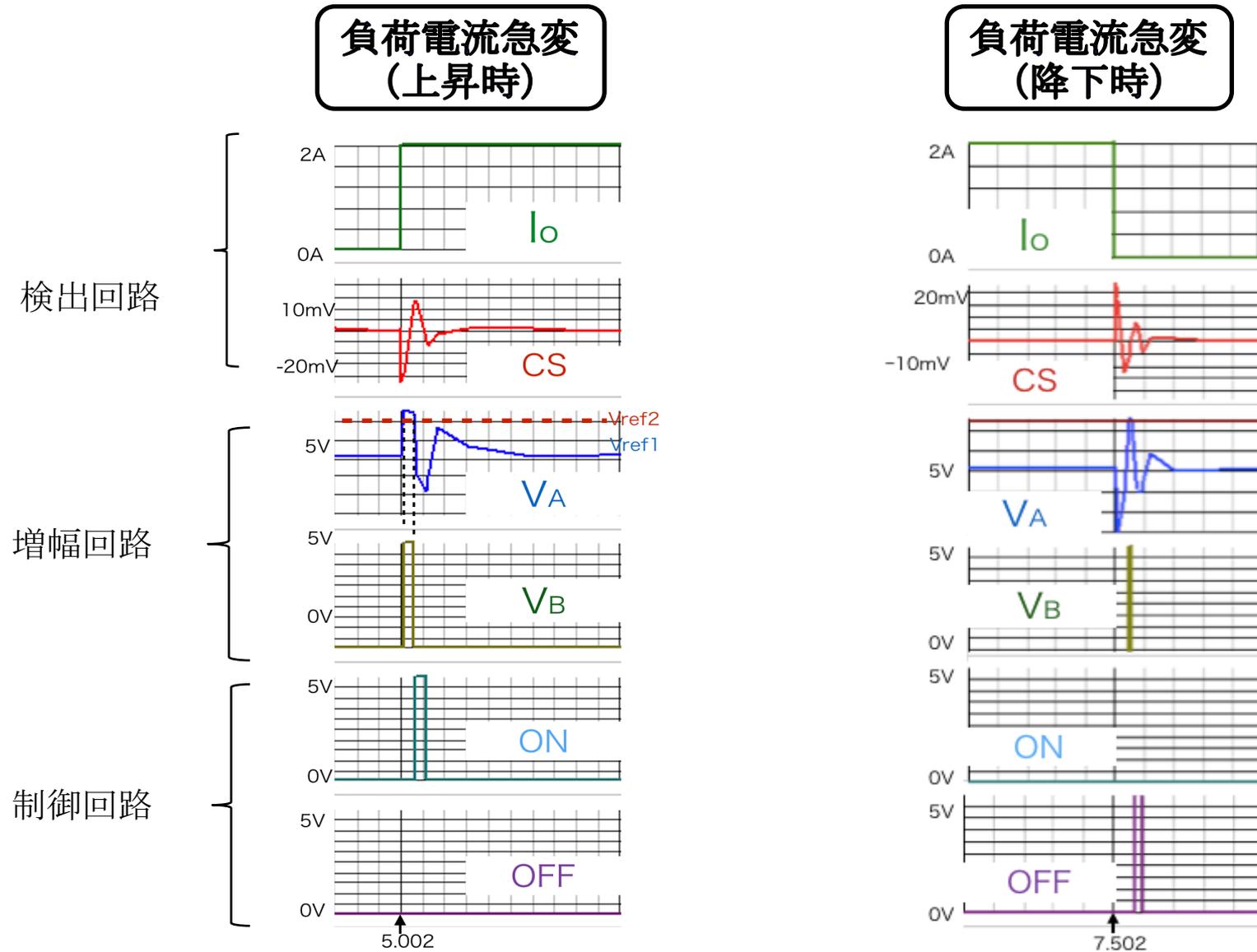
提案方式 = 38mV

電圧変動量  
80%減少

## シミュレーション結果

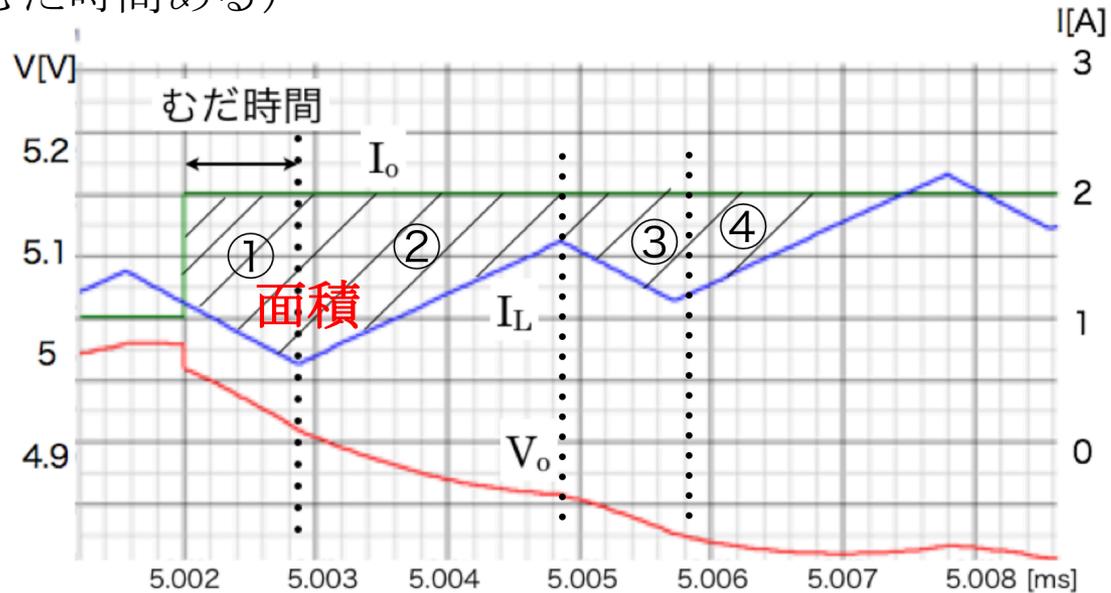


## シミュレーション結果



# 計算結果

従来回路 (むだ時間ある)



$$Q = it$$

$$\begin{aligned} \text{合計面積} &= \text{①} + \text{②} + \text{③} + \text{④} \\ &= 3.890 \times 10^{-6} \text{C} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_o &= \frac{Q}{C_o} \\ &= \frac{3.890 \times 10^{-6} \text{C}}{20 \times 10^{-6} \text{C}} \\ &= 194 \text{mV} \end{aligned}$$

$V_o$ : 電圧変動量

$Q$ : 容量

$i$ : 負荷電流

$t$ : 時間

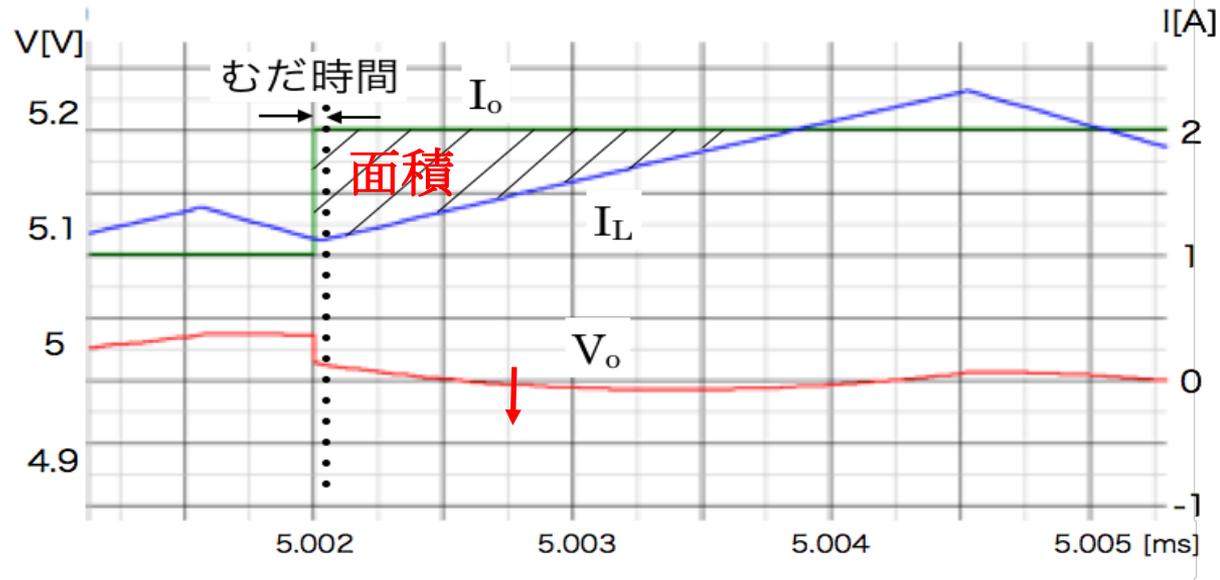
$C_o$ : 出力コンデンサ

シミュレーション  
191mV

計算  
194mV

# 計算結果

提案回路 (むだ時間なし)



$$Q = it$$

$$\text{合計面積} = 8.84 \times 10^{-7} \text{ C}$$

$$\begin{aligned} V_0 &= \frac{Q}{C} \\ &= \frac{0.884 \times 10^{-6} \text{ C}}{20 \times 10^{-6} \text{ C}} \\ &= 44.2 \text{ mV} \end{aligned}$$

$V_0$ : 電圧変動量

$Q$ : 容量

$i$ : 負荷電流

$t$ : 時間

$C_0$ : 出力コンデンサ

シミュレーション

38mV

計算

44.2mV

従来回路: 194mV

提案回路: 44.2mV

# Outline

1. 研究背景・目的
2. 従来回路の動作原理と問題点
3. 提案回路の動作原理
4. シミュレーション結果
5. まとめ

# まとめと今後の課題

負荷変動のアンダーシュートの軽減手法として

- シュートの検出によるPWM強制軽減を提案
- アンダーシュートを**80%減少** (191mV→38mV)

## 今後の課題

- むだ時間の抑制による効果の**定量化**や**実験**による実証に取り込む。

ご静聴ありがとうございました

# 質問

## 1. 松田先生

トランジスタの抵抗によって影響がありますか？

本研究では非同期整流を用いたのでトランジスタon抵抗(N-mosfet)は非常に低いです。

## 2. 他

周波数によってどう変わるのか？

周波数が高くなるとフリップフロップの遅延が発生する。