

電流共振形コンバータの効率における リーケージインダクタンスの最適値

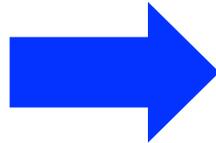
○白石尚也 落合政司 築地伸和 轟俊一郎
小堀康功 小林 春夫 高井伸和

群馬大学大学院 理工学府
電子情報・数理教育プログラム専攻
小林研究室

- ・研究背景
- ・電流共振形コンバータの基本動作
- ・電流共振形コンバータの損失と
リーケージインダクタンスと自己インダクタンスの比率の関係
- ・実験
- ・ B_{max} を一定にした場合の効率の算出
- ・最終結果とまとめ

- ・研究背景
- ・電流共振形コンバータの基本動作
- ・電流共振形コンバータの損失と
リーケージインダクタンスと自己インダクタンスの比率の関係
- ・実験
- ・ B_{max} を一定にした場合の効率の算出
- ・最終結果とまとめ

電源回路に求められる社会の要求



高効率、小型、高速応答、低コスト

スイッチング電源の高効率化の手法

スイッチング損失を低減させる手法
ZVS (Zero Voltage Switching)

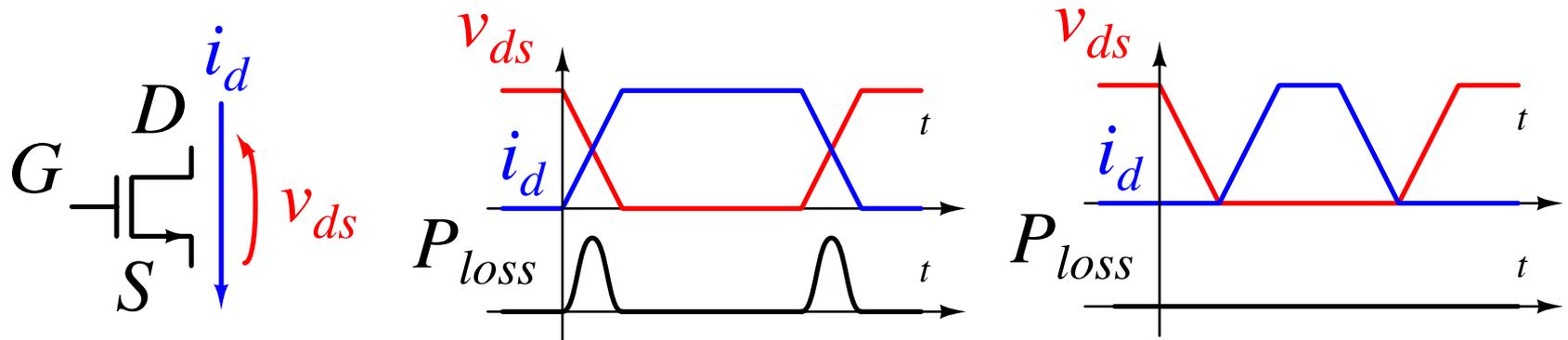
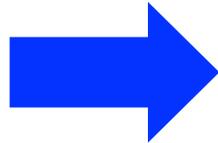


図 スwitchング損失とZVSの概要

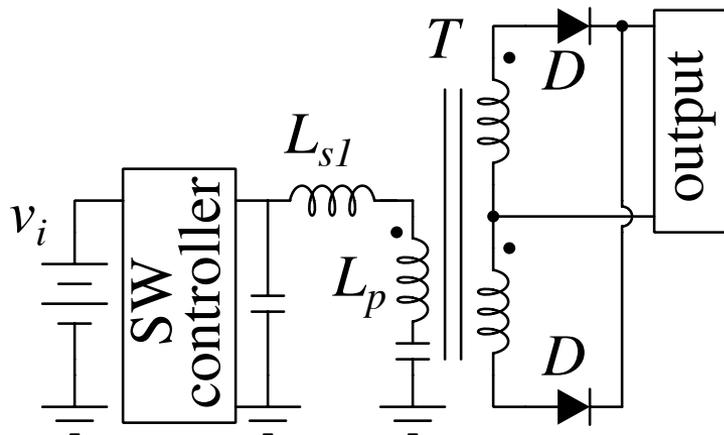
電源回路に求められる社会の要求



高効率、小型、高速応答、低コスト

スイッチング電源の高効率化の手法

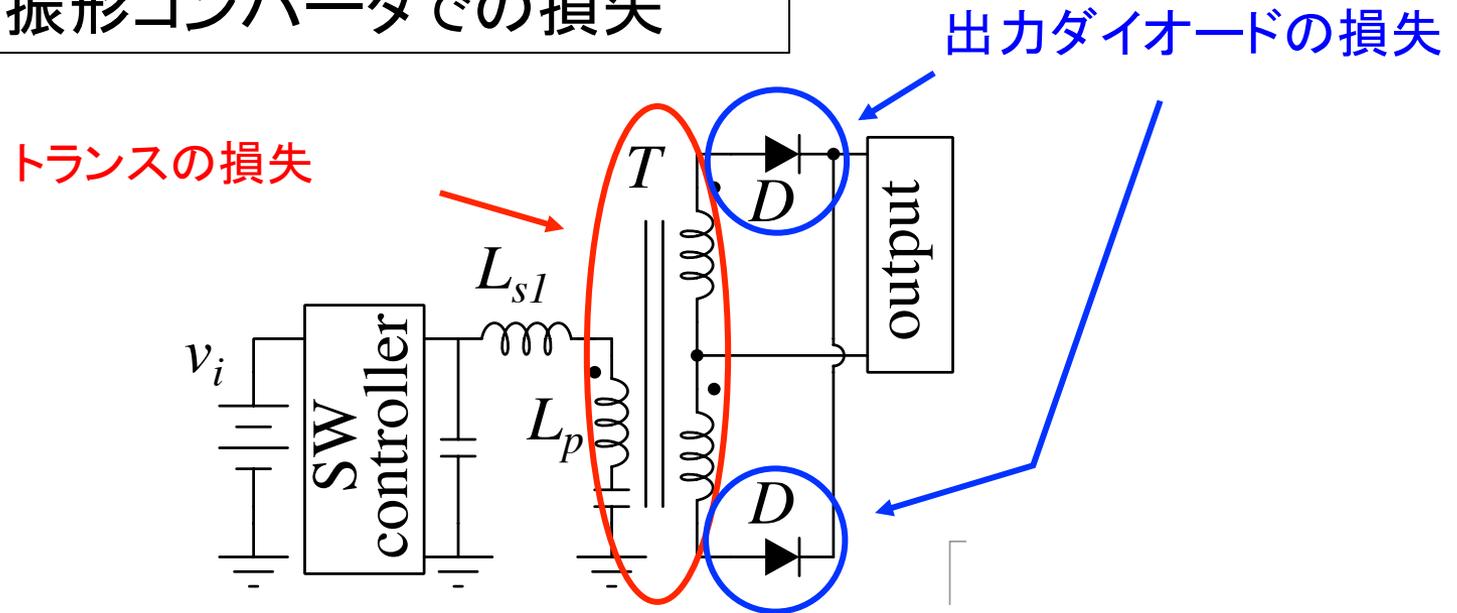
スイッチング損失を低減させる手法
ZVS (Zero Voltage Switching)



用途・・・テレビなどの家電
ACアダプタ...etc

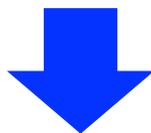
図 電流共振形コンバータ

電流共振形コンバータでの損失



これら損失の関係

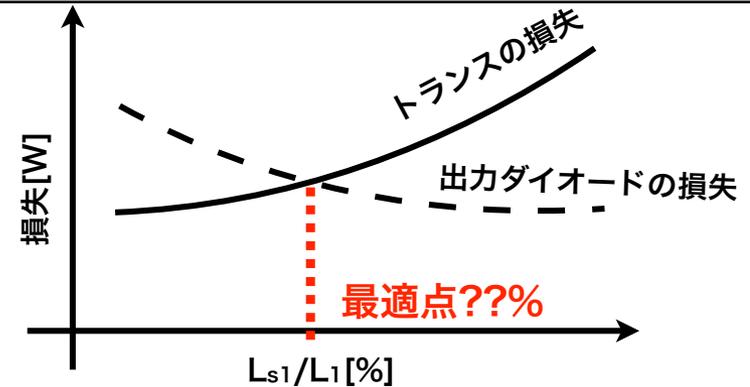
L_{s1} / L_1 増



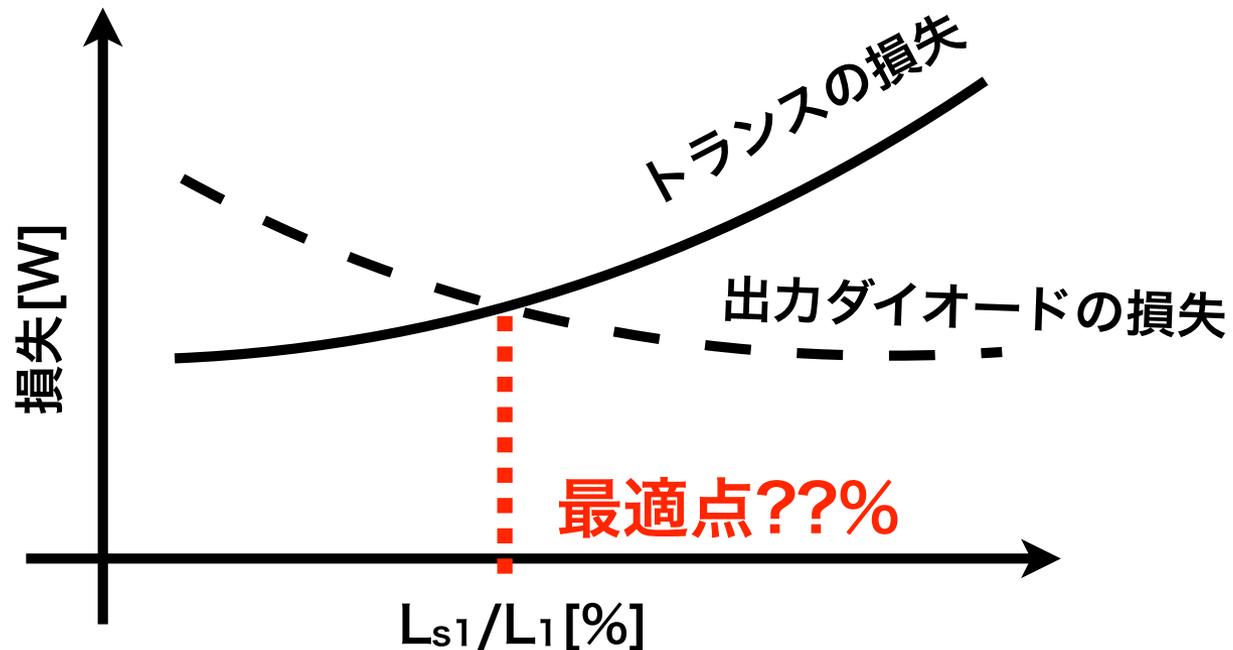
トランスの損失 増

出力ダイオードの損失 減

L_{s1} : リークインダクタンス
 L_p : 励磁インダクタンス
 $L_1 (= L_{s1} + L_p)$: 自己インダクタンス



電流共振形コンバータの効率における リーケージインダクタンスの最適値

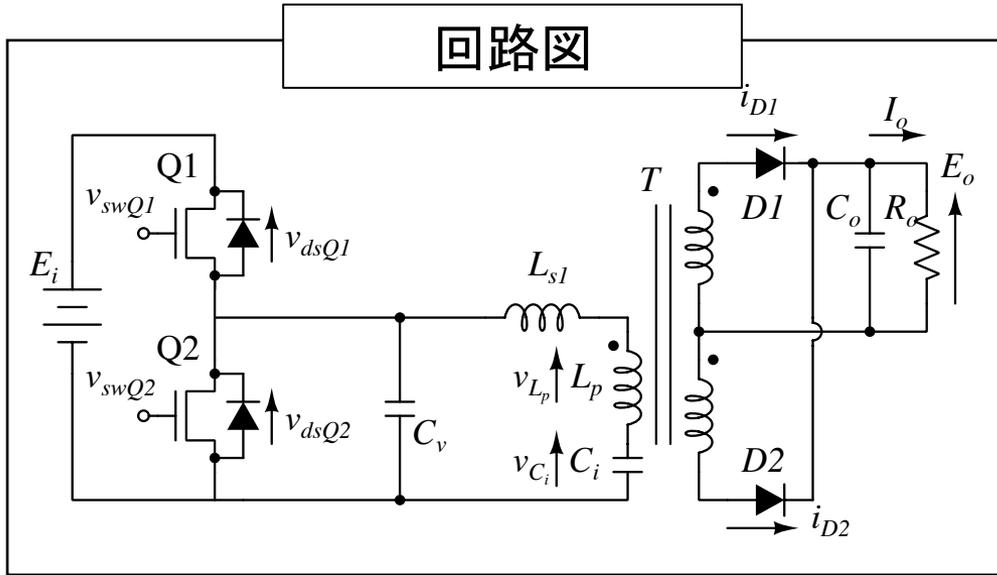


トランスの損失損失の和が最小となり、効率がもっともよくなる
リーケージインダクタンスの最適値を実験により明らかにする

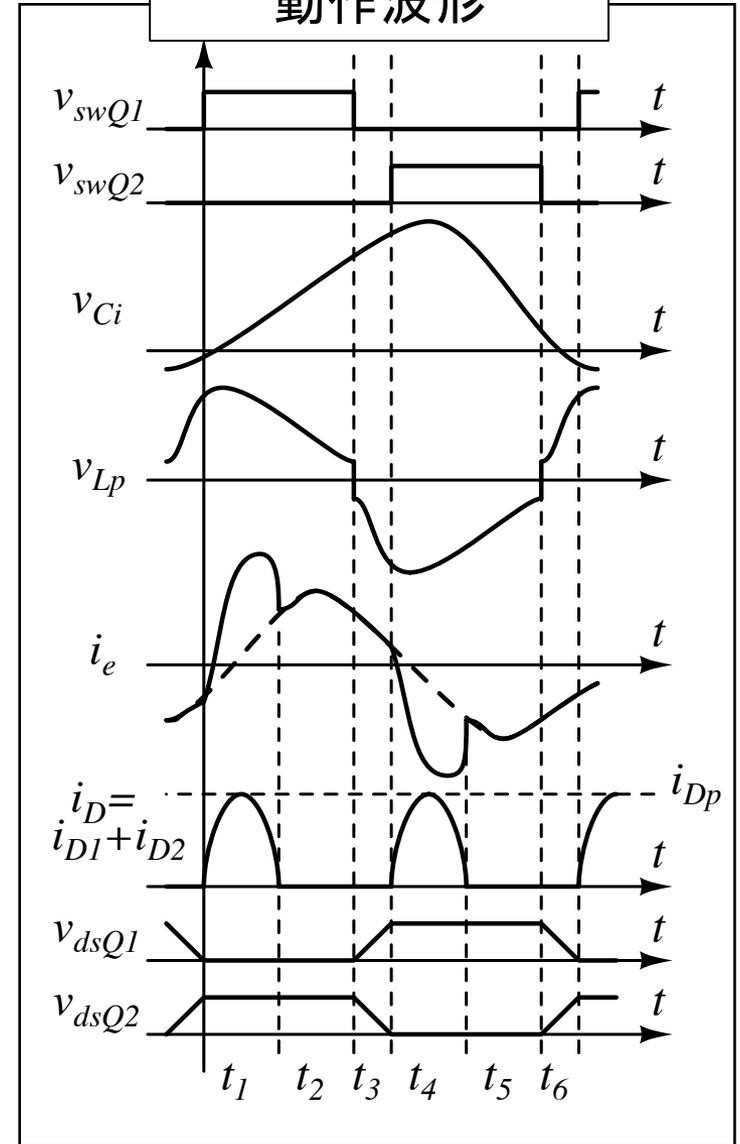
- ・研究背景
- ・**電流共振形コンバータの基本動作**
- ・電流共振形コンバータの損失と
リーケージインダクタンスと自己インダクタンスの比率の関係
- ・実験
- ・ B_{max} を一定にした場合の効率の算出
- ・最終結果とまとめ

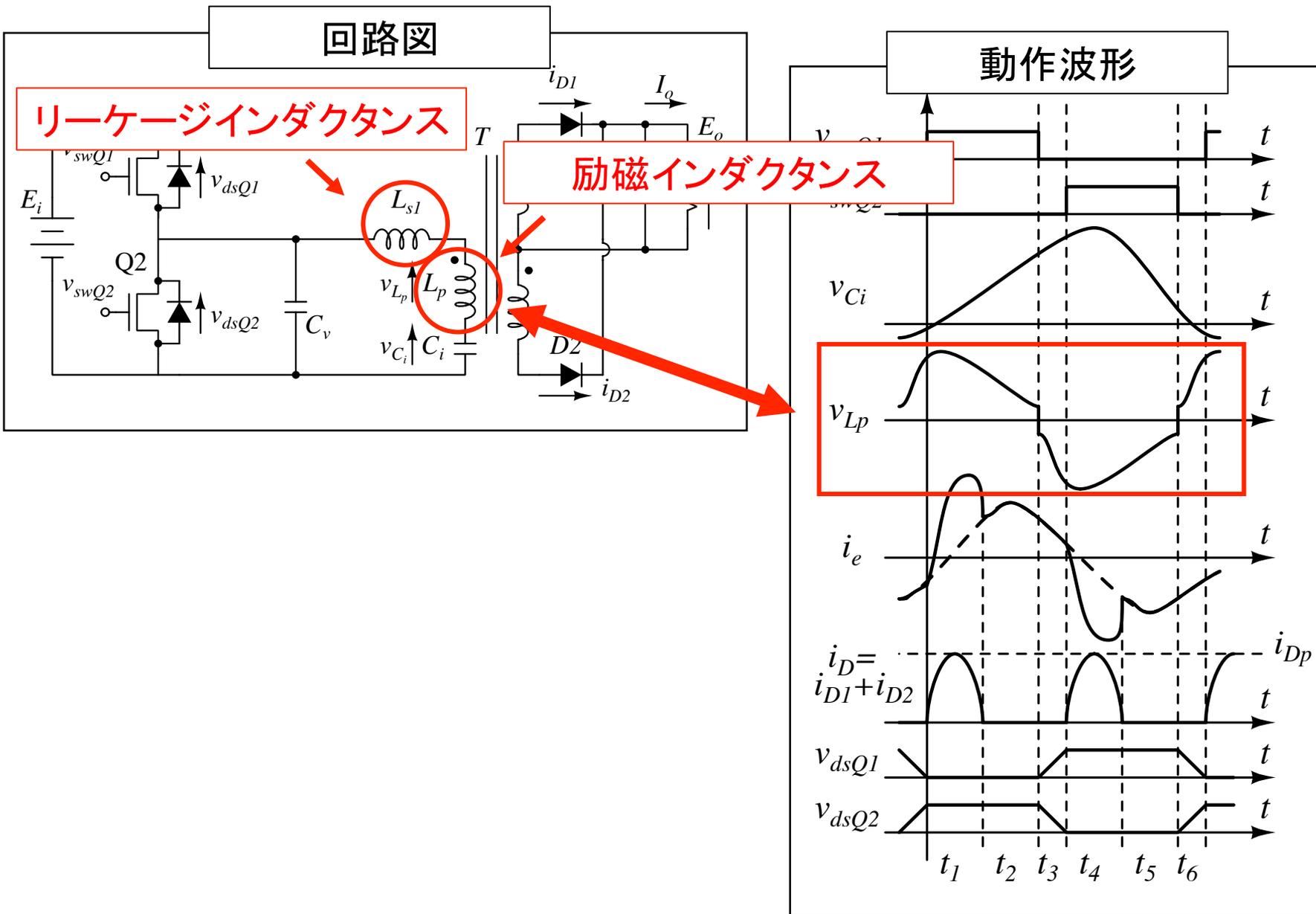
電流共振形コンバータ

回路図

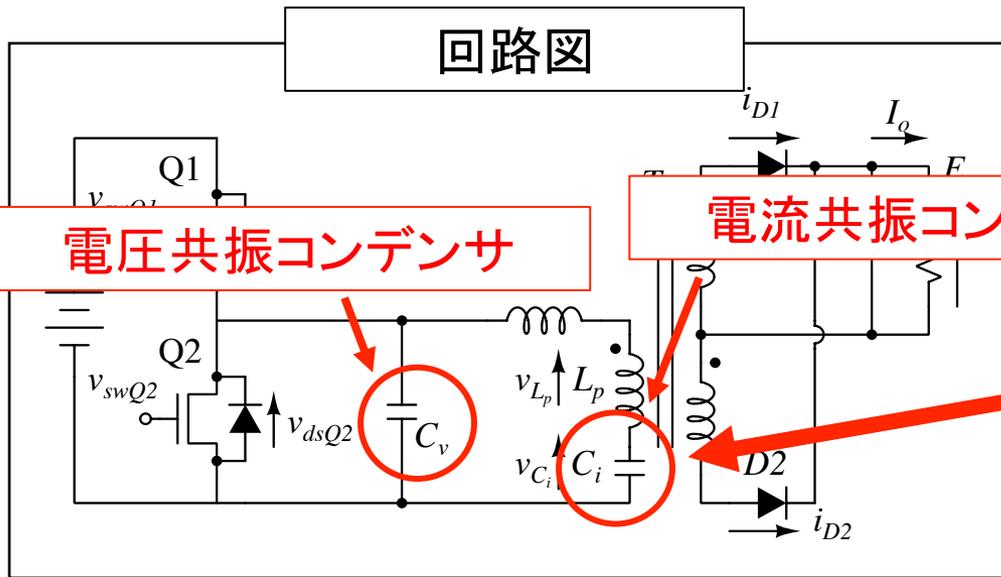


動作波形





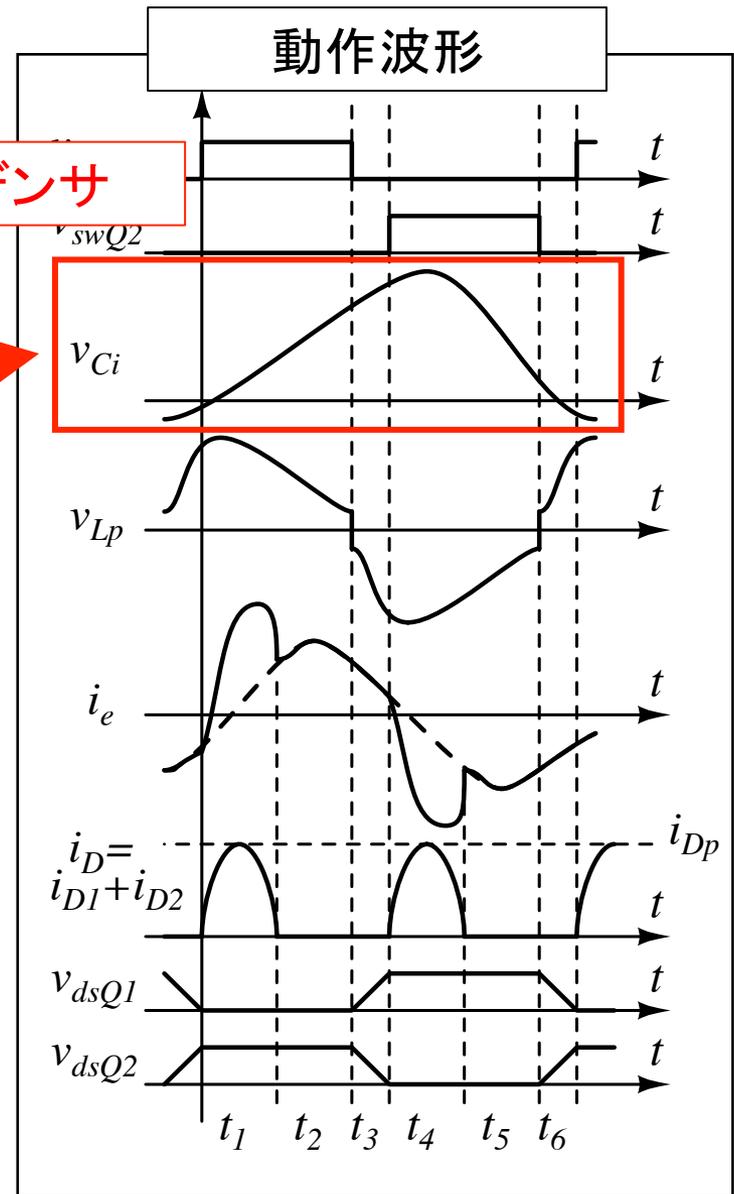
回路図



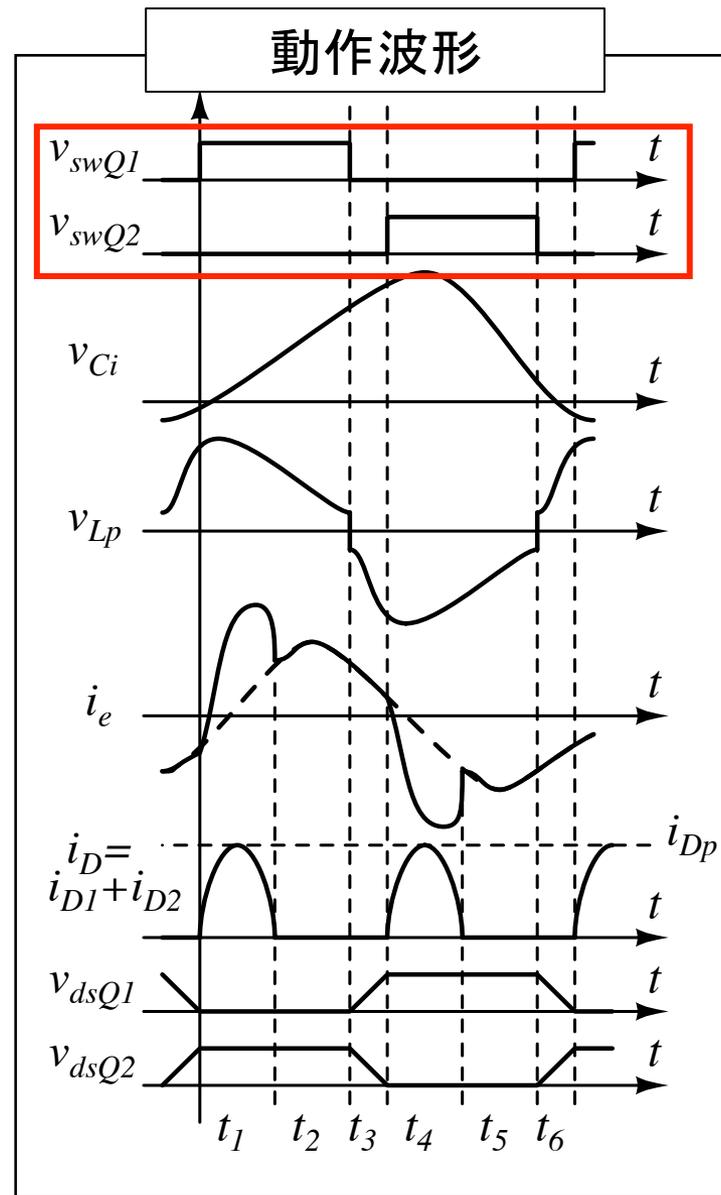
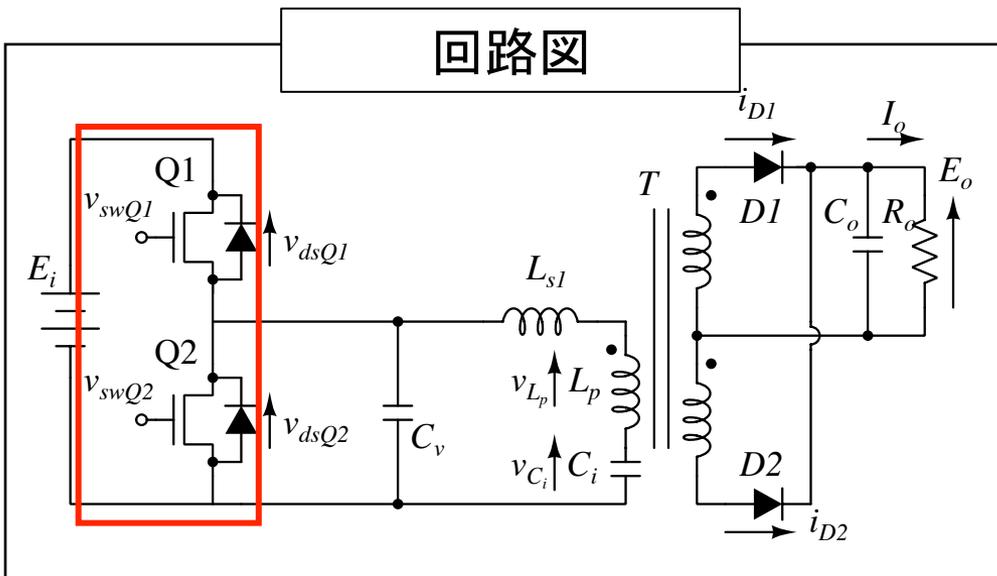
電圧共振コンデンサ

電流共振コンデンサ

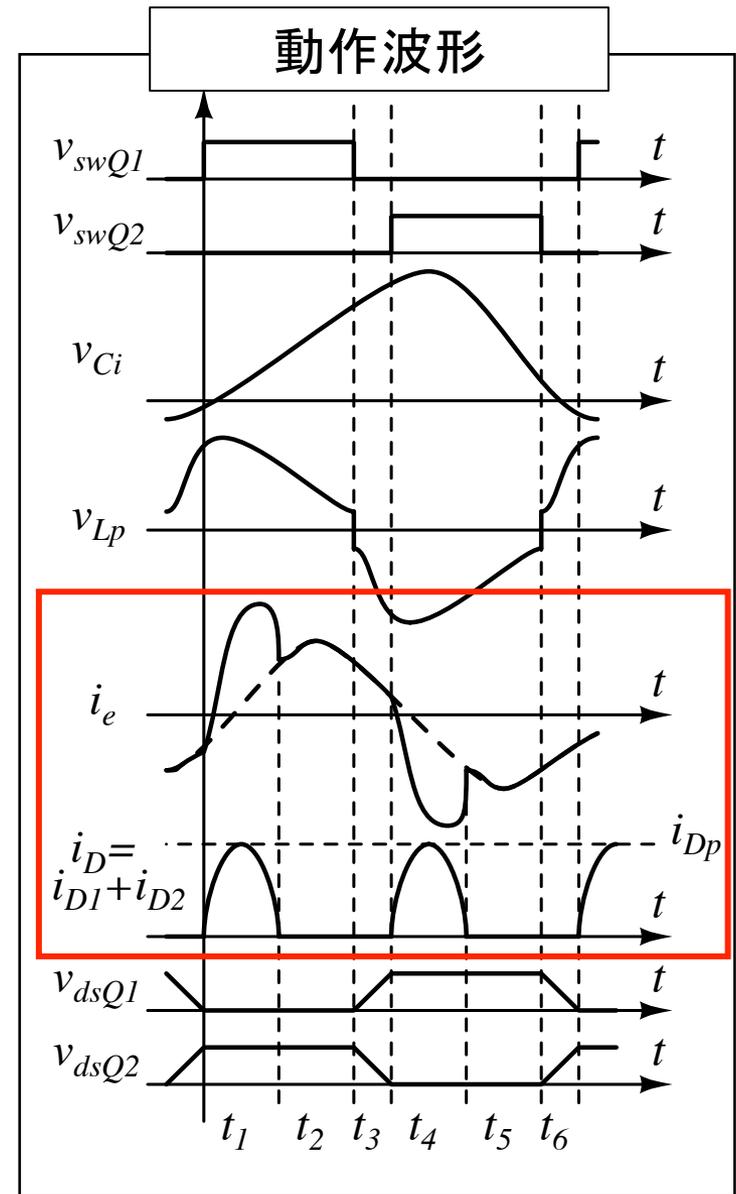
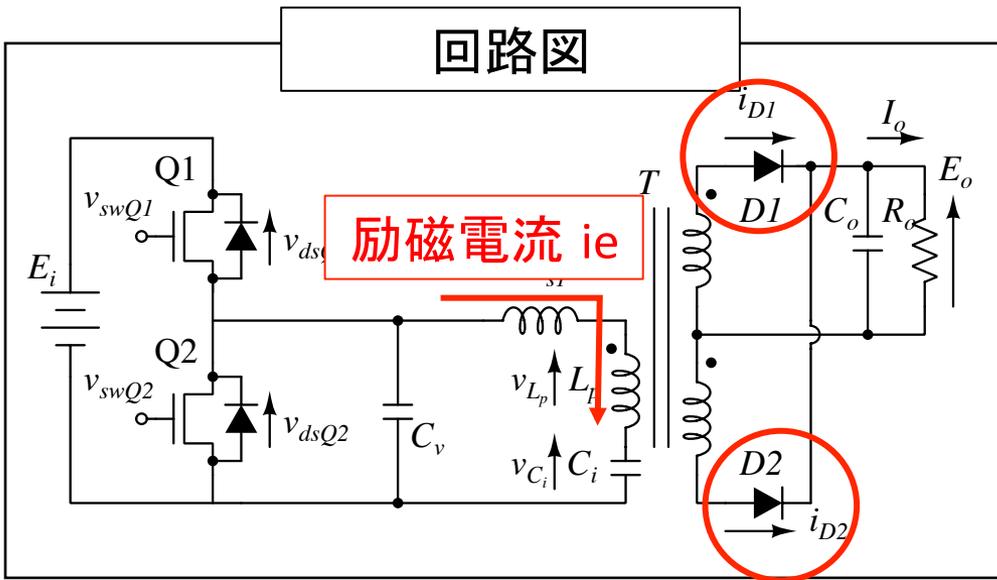
動作波形



スイッチの制御信号波形

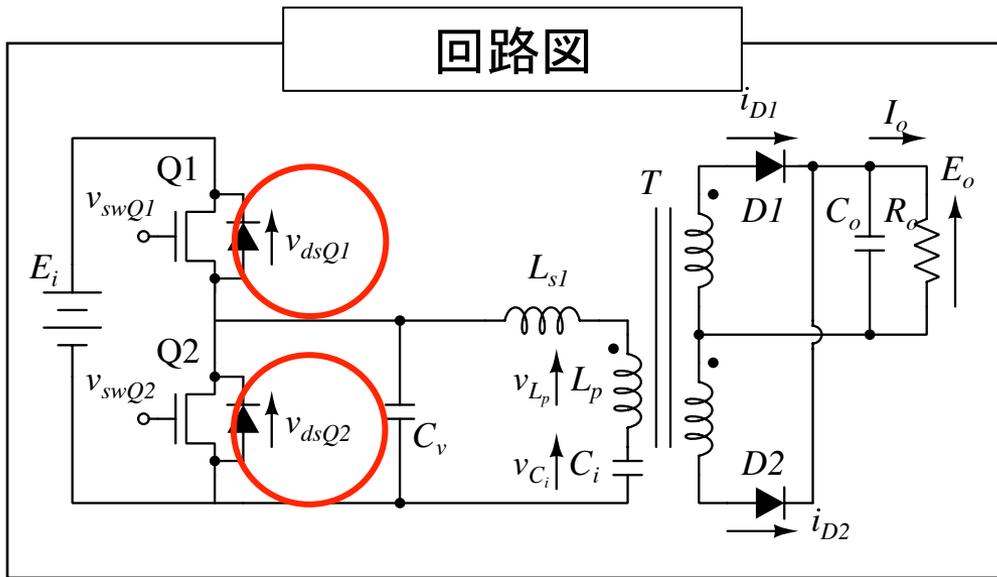


励磁電流と出力ダイオード電流

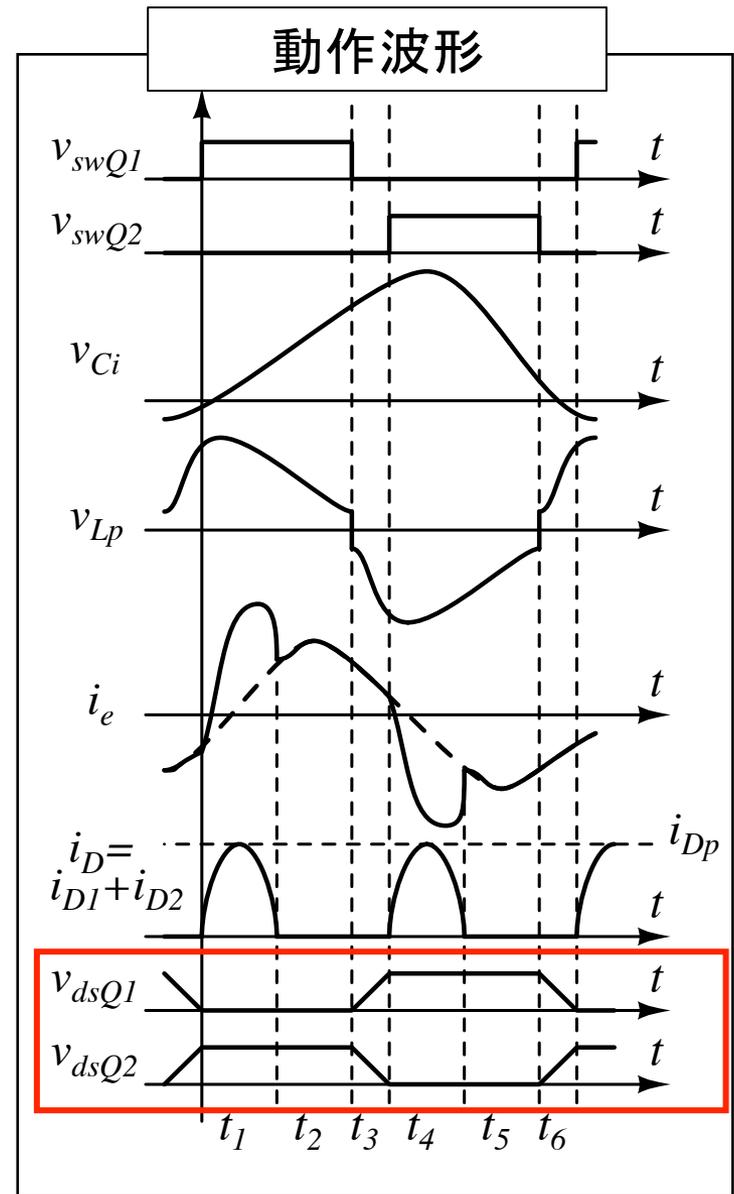


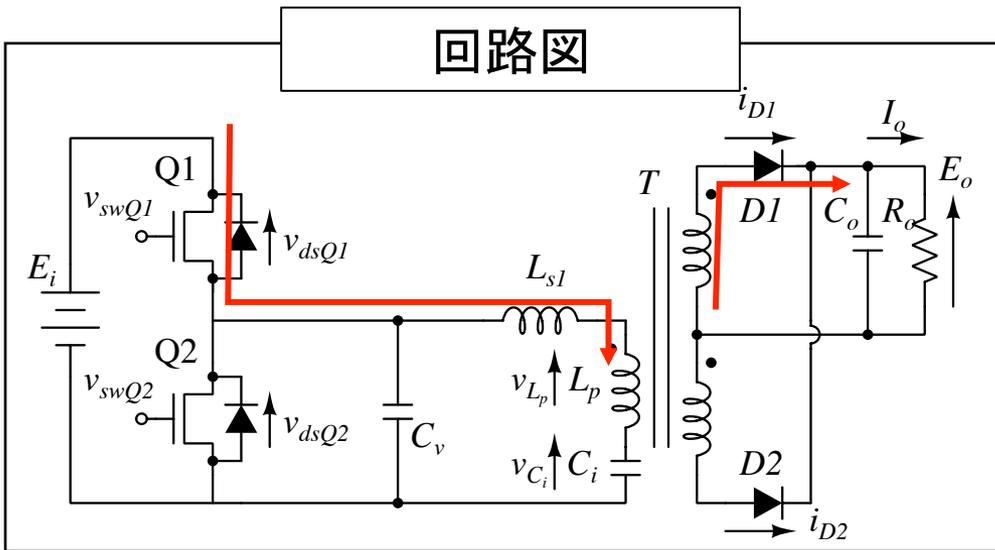
スイッチの両端電圧

回路図

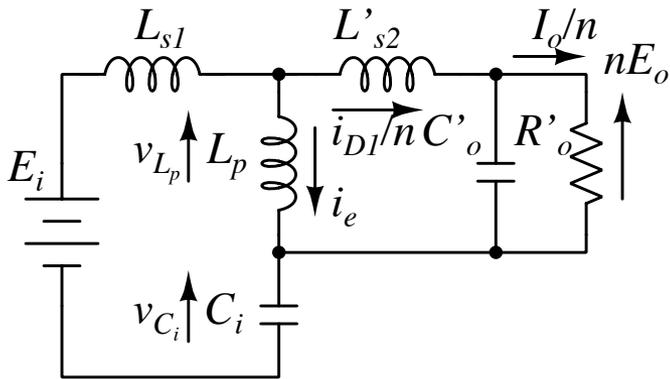


動作波形

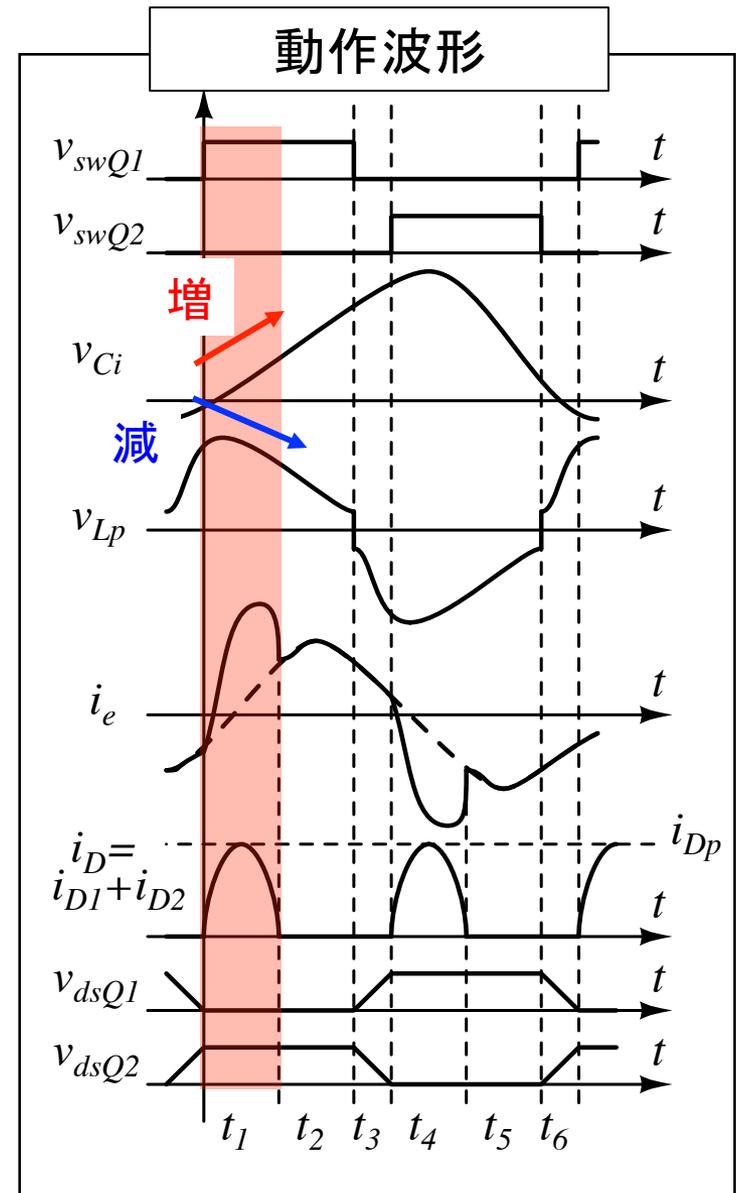




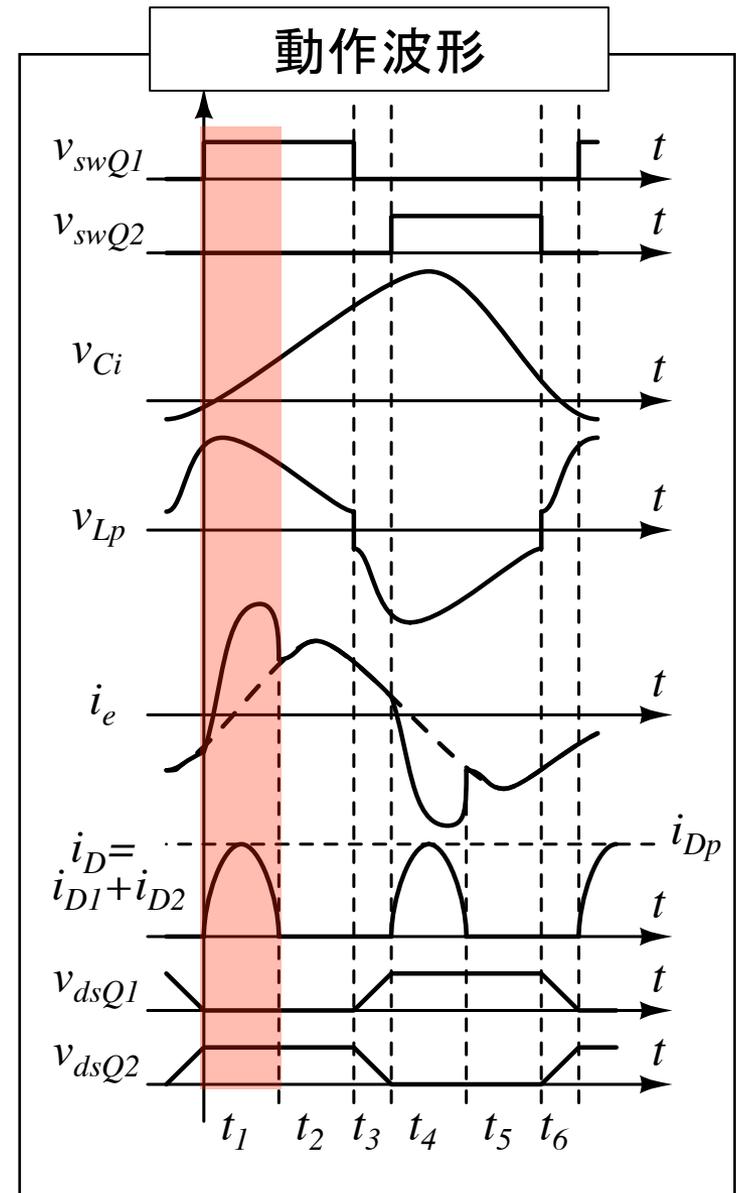
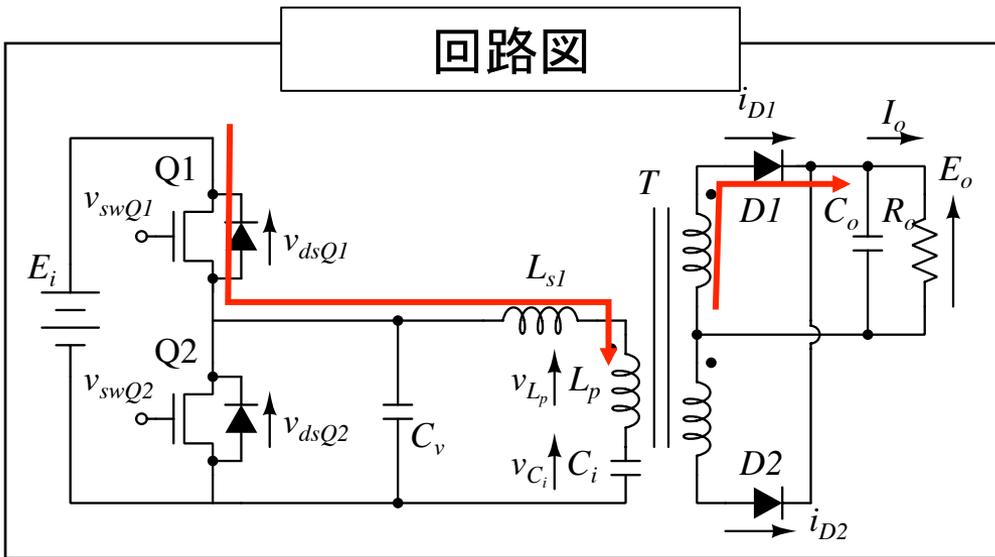
期間t1の等価回路



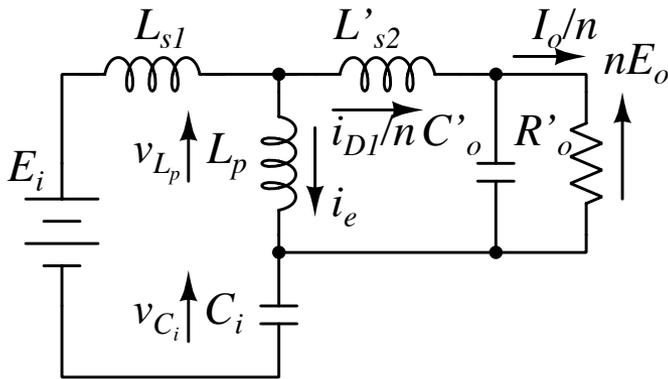
L'_{s2} :一次側換算の二次側リーケージインダクタンス、
 $n(=N1/N2)$:巻線比、 C'_o :一次側換算の出力コンデンサ、
 R'_o :一次側換算の出力抵抗、 i_{D1}/n :一次側換算のD1の電流



期間t1の共振周波数f0



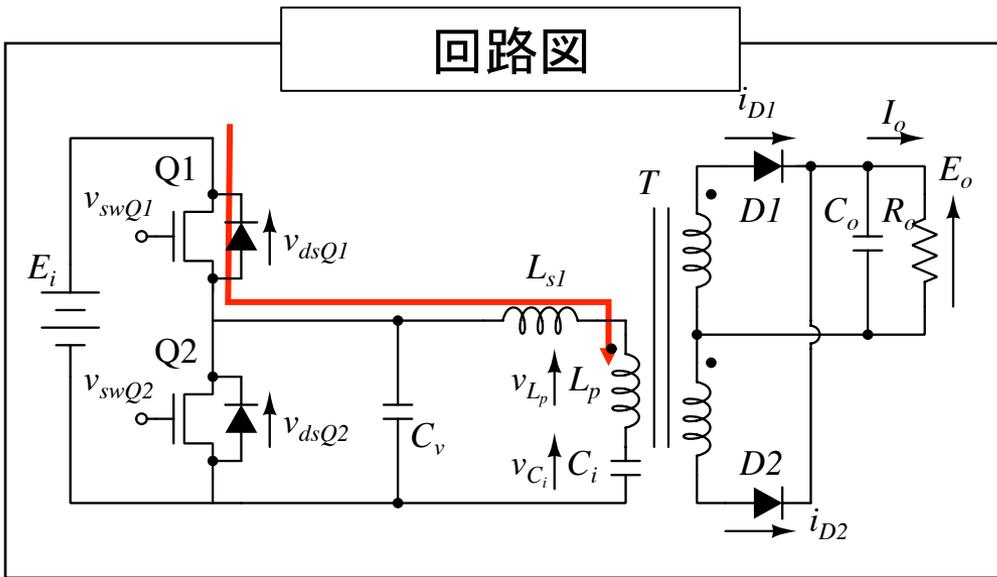
期間t1の等価回路



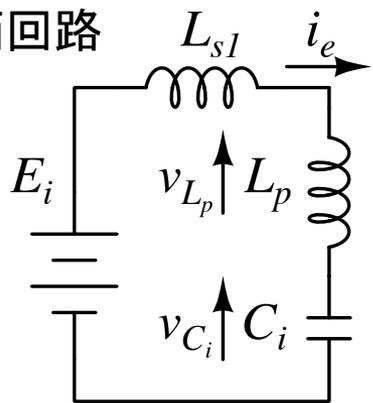
期間t1の共振周波数f0

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_s C_i}} = \frac{1}{2\pi\sqrt{\left(L_{s1} + \frac{L_p L'_{s2}}{L_p + L'_{s2}}\right) C_i}}$$

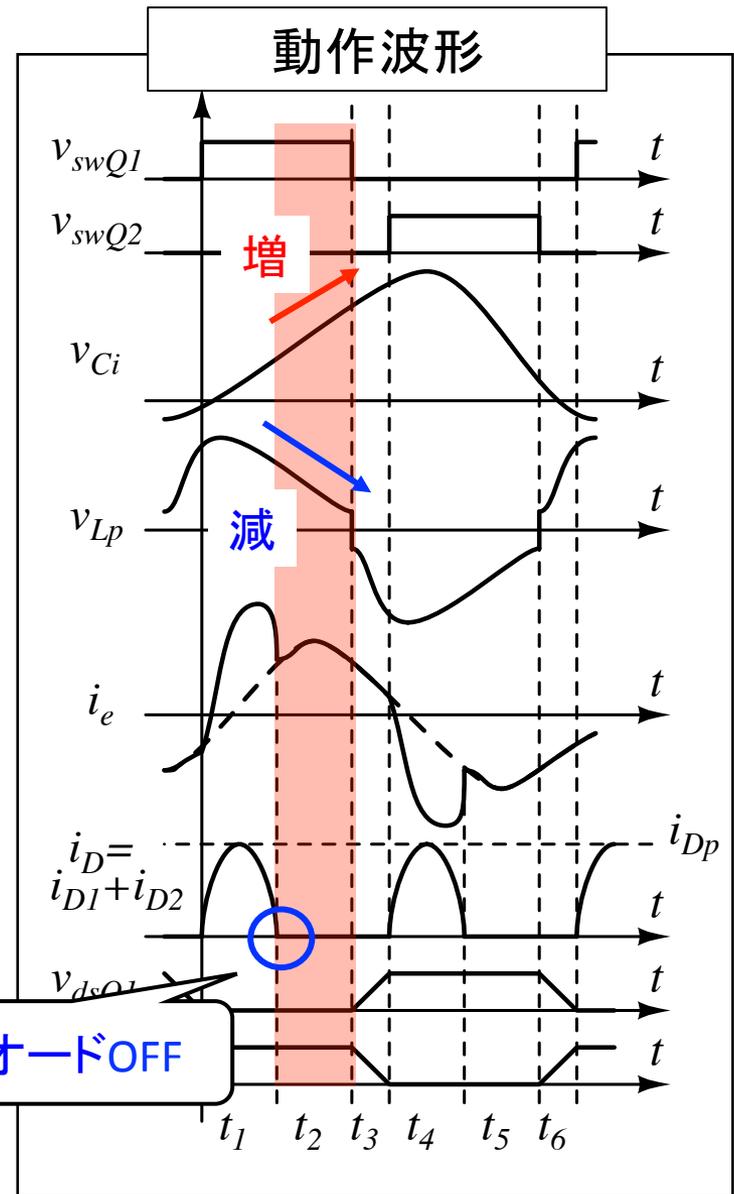
期間t2の動作



期間t2の等価回路

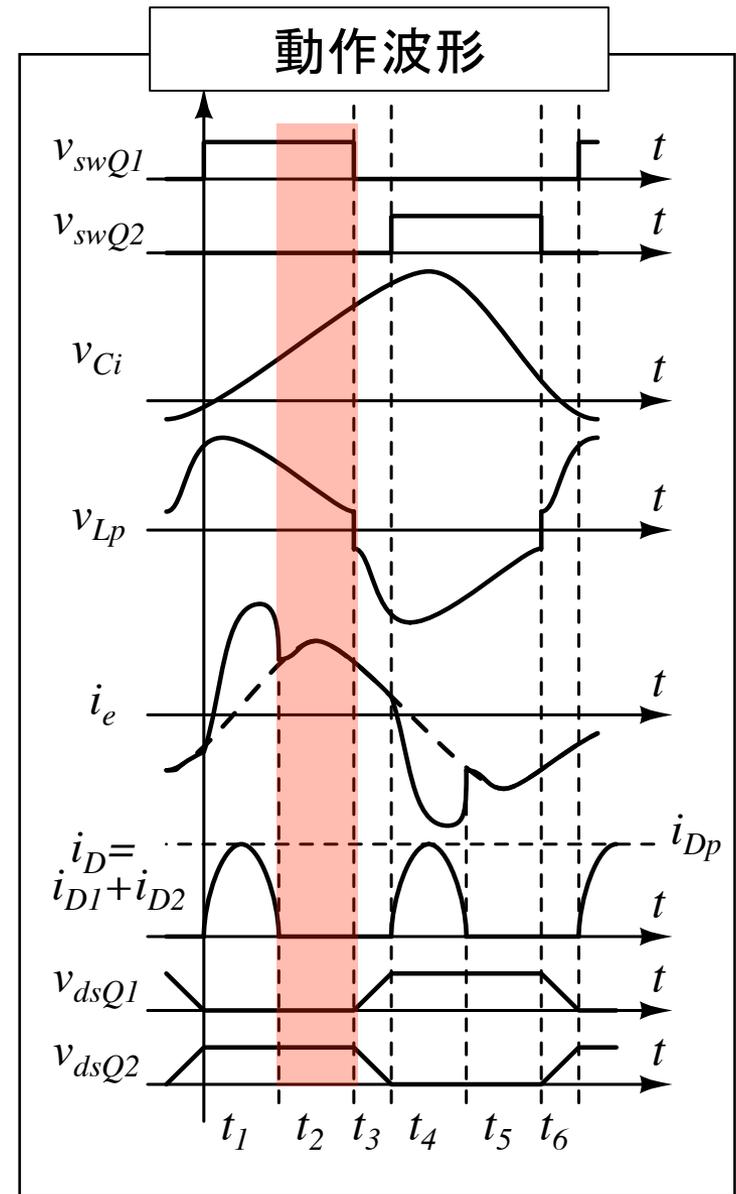
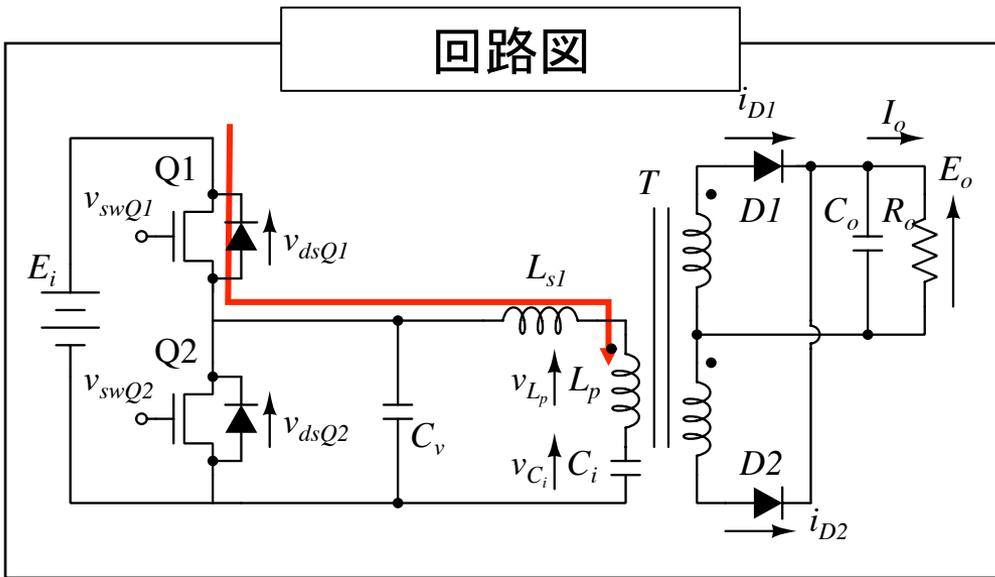


Ci: 電流共振コンデンサ

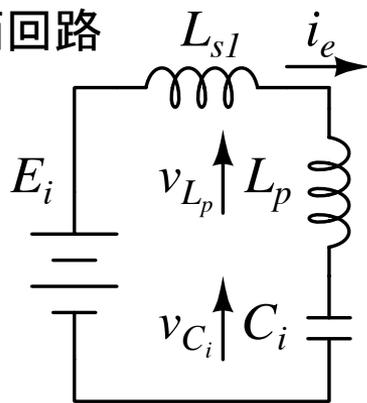


ダイオードOFF

期間t2の共振周波数f1



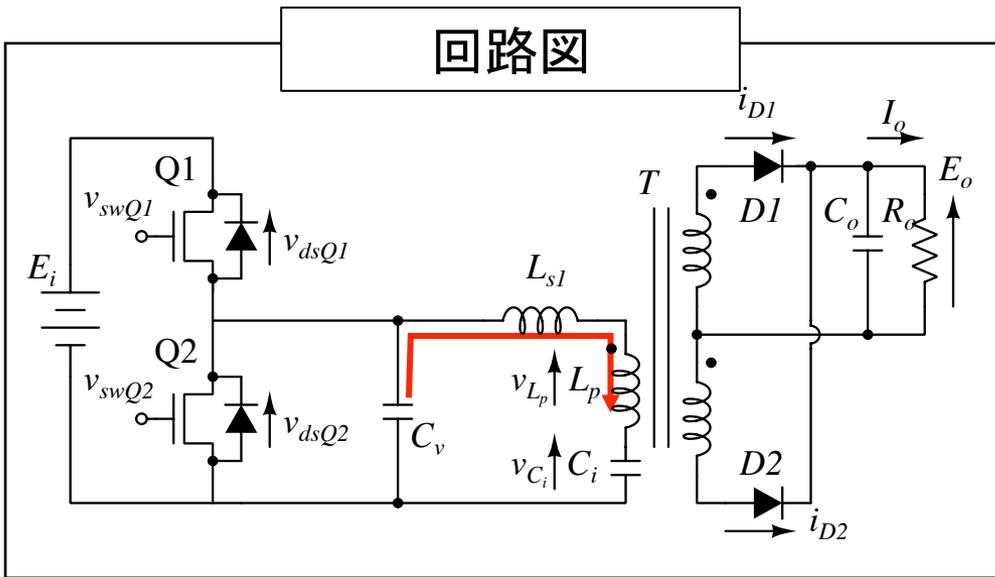
期間t2の等価回路



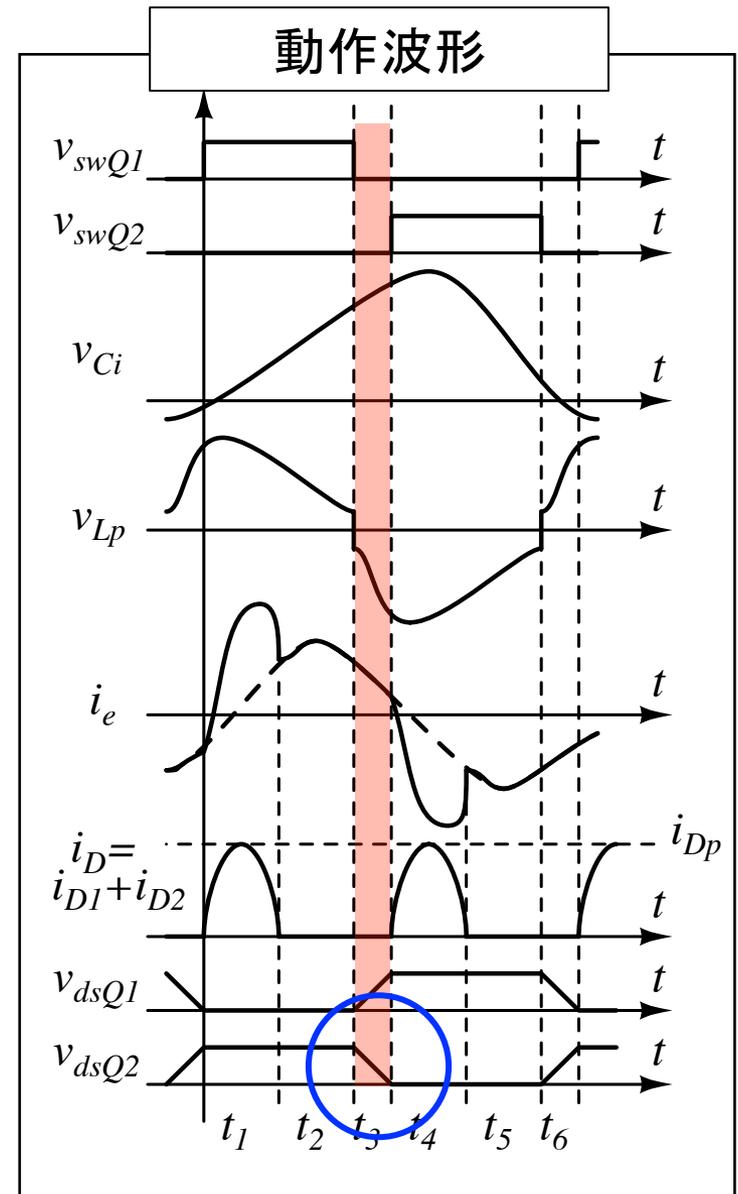
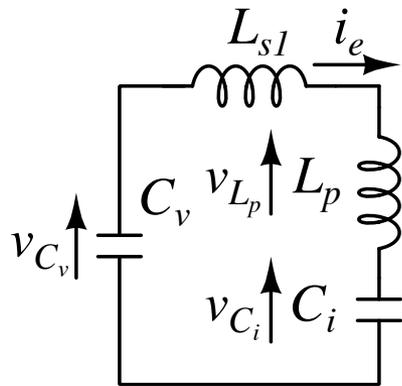
期間t2の共振周波数f1

$$f_1 = \frac{1}{2\pi \sqrt{(L_p + L_{s1})C_i}}$$

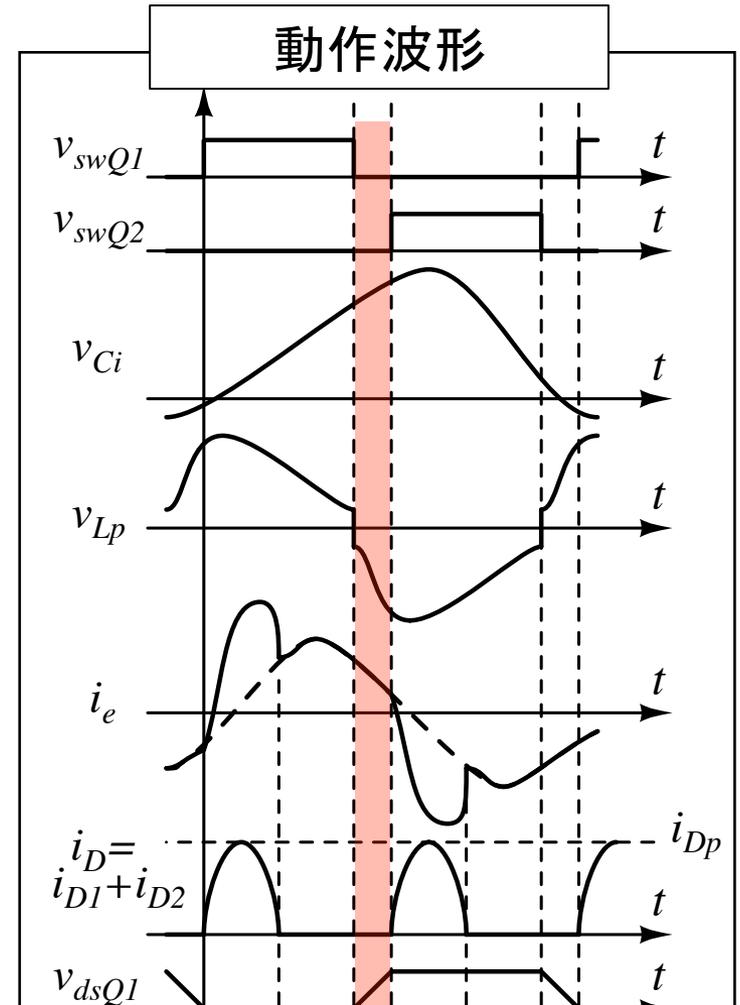
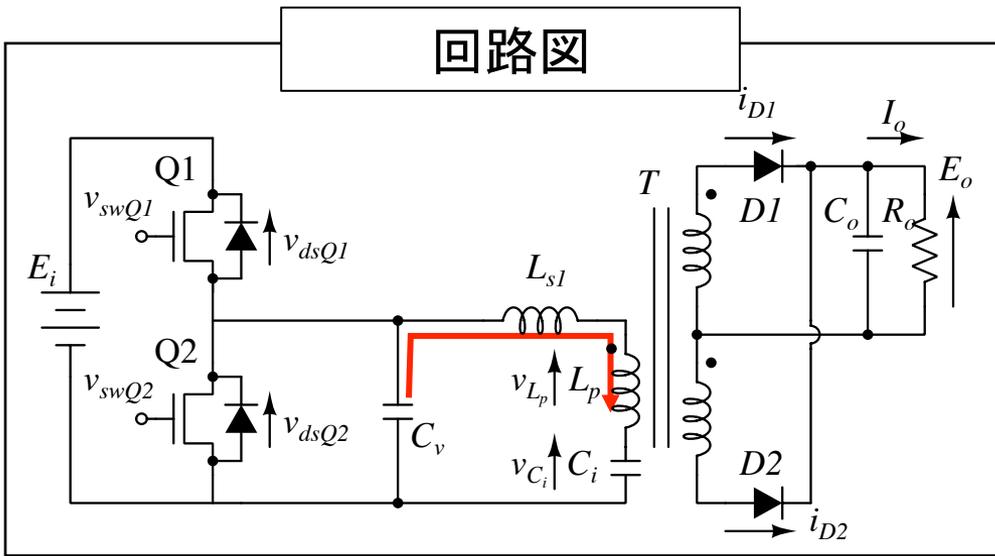
期間t3の動作



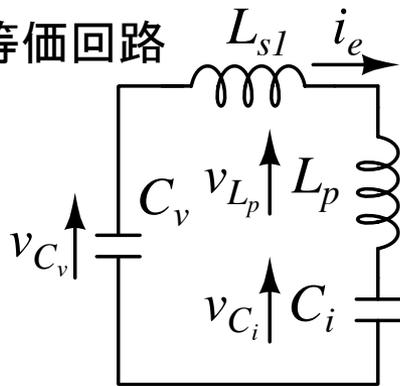
期間t3の等価回路



期間t3の共振周波数



期間t3の等価回路



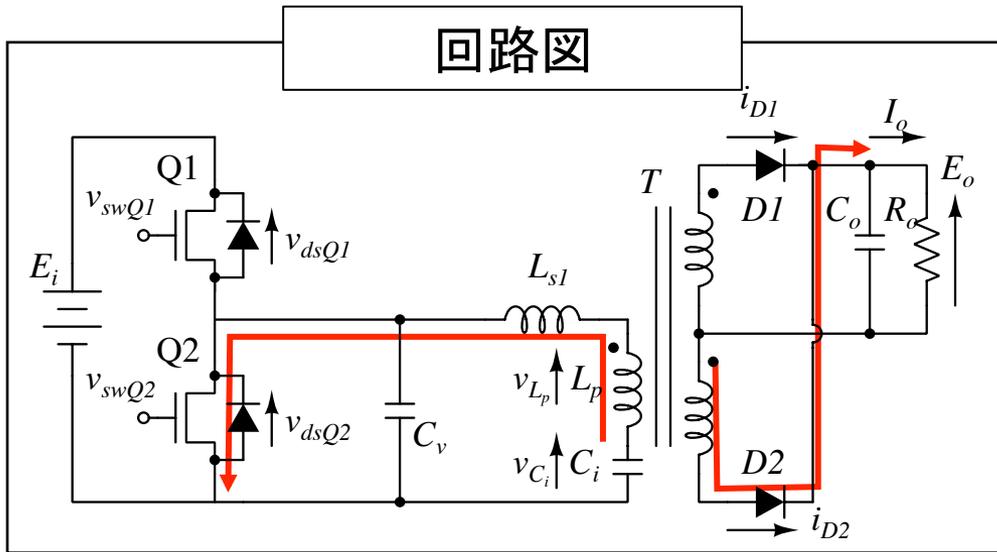
期間t3の共振周波数f2

($C_i \gg C_v$)

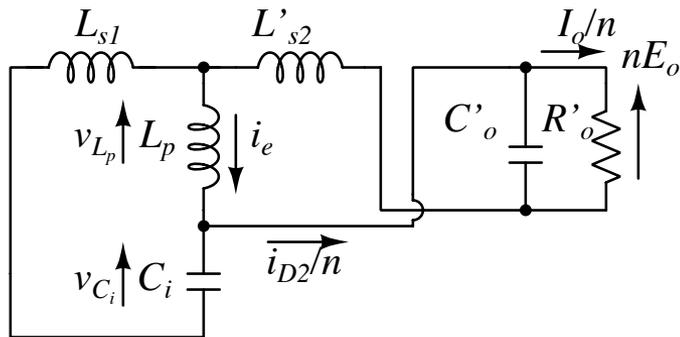
$$f_2 = \frac{1}{2\pi \sqrt{(L_p + L_{s1}) \left(\frac{C_i C_v}{C_i + C_v} \right)}} \approx \frac{1}{2\pi \sqrt{(L_p + L_{s1}) C_v}}$$

期間t4の動作

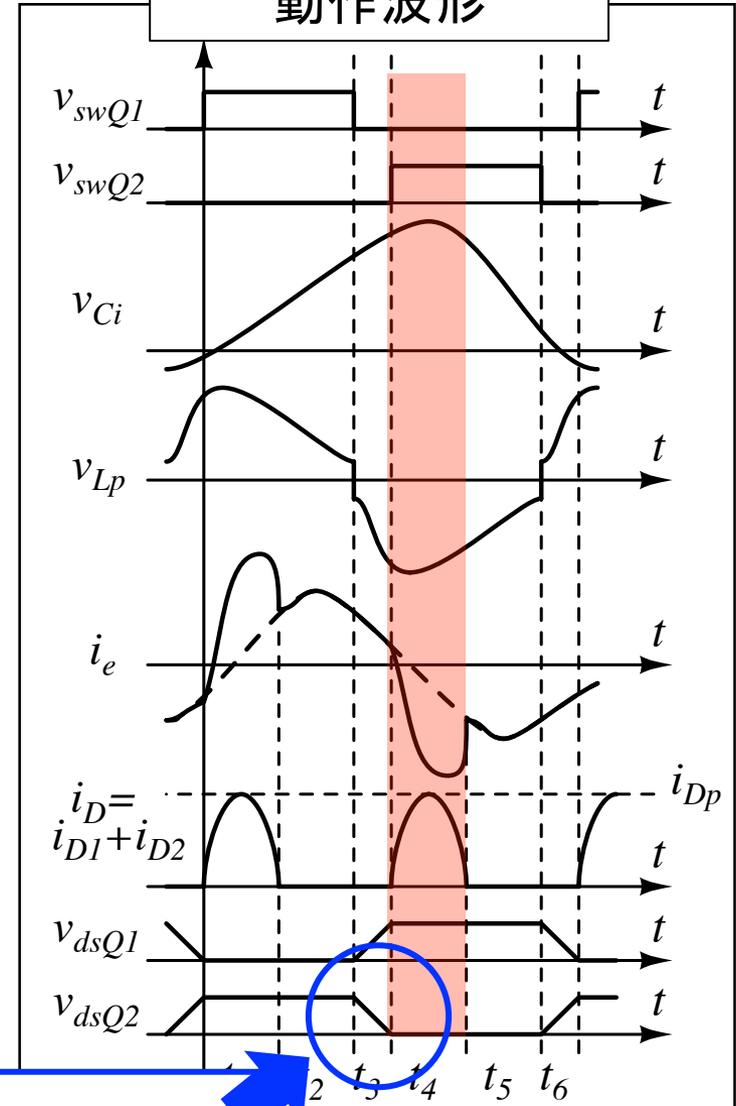
回路図



期間t4の等価回路

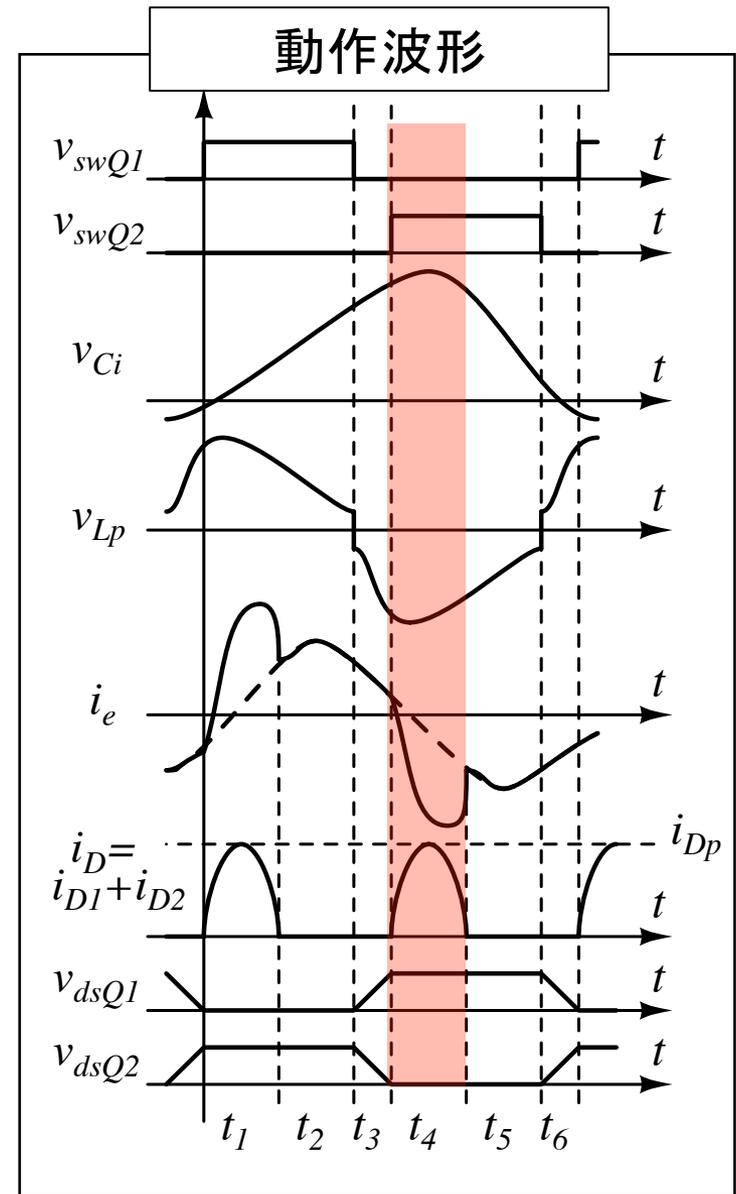
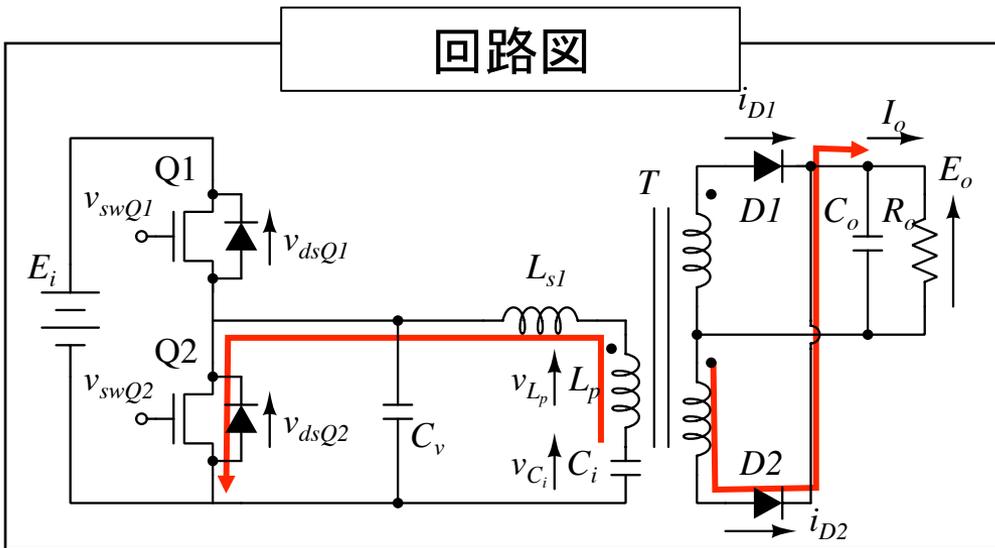


動作波形

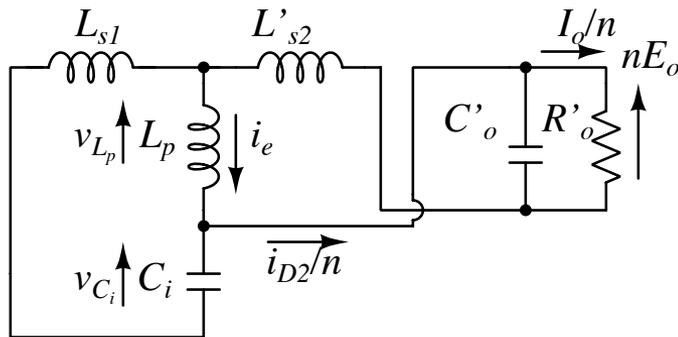


ZVS

期間t4の共振周波数f0

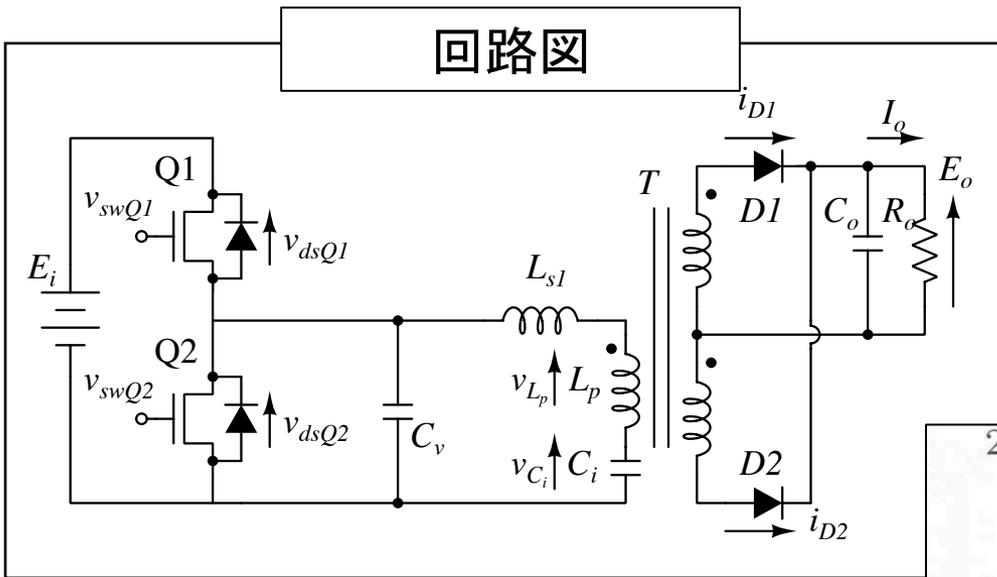


期間t4の等価回路



期間t4の共振周波数f0

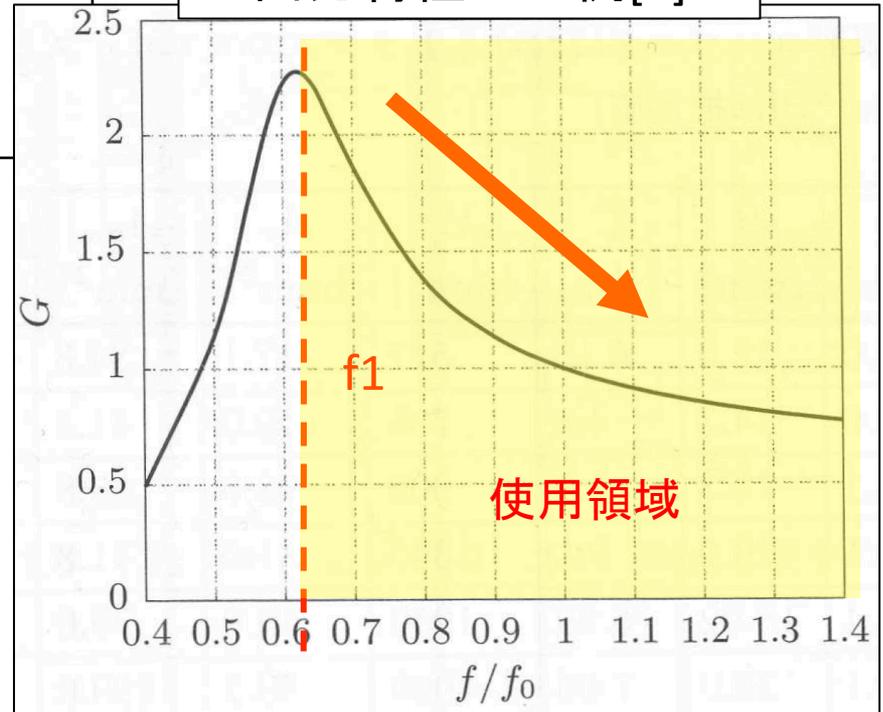
$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_s C_i}} = \frac{1}{2\pi\sqrt{\left(L_{s1} + \frac{L_p L'_{s2}}{L_p + L'_{s2}}\right) C_i}}$$



$$f_1 = \frac{1}{2\pi \sqrt{(L_p + L_{s1})C_i}}$$

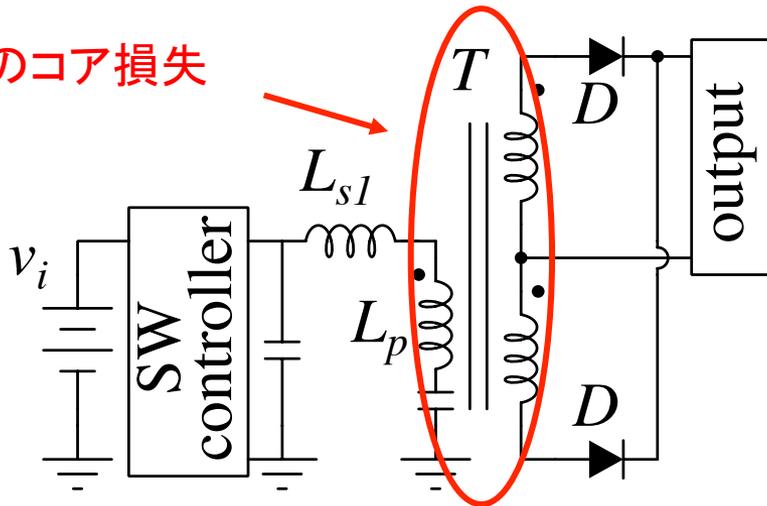
G : 昇降圧比
(= Vo / Vi)

出力特性の一例[1]



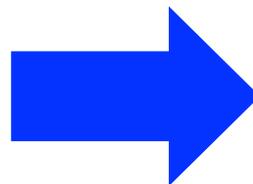
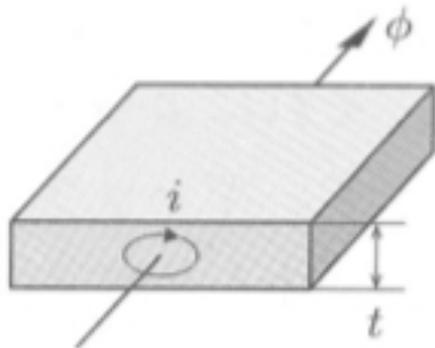
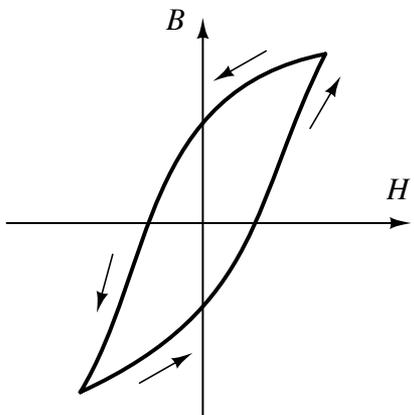
- ・研究背景
- ・電流共振形コンバータの基本動作
- ・電流共振形コンバータの損失と
リーケージインダクタンスと自己インダクタンスの比率の関係
- ・実験
- ・ B_{max} を一定にした場合の効率の算出
- ・最終結果とまとめ

トランスのコア損失

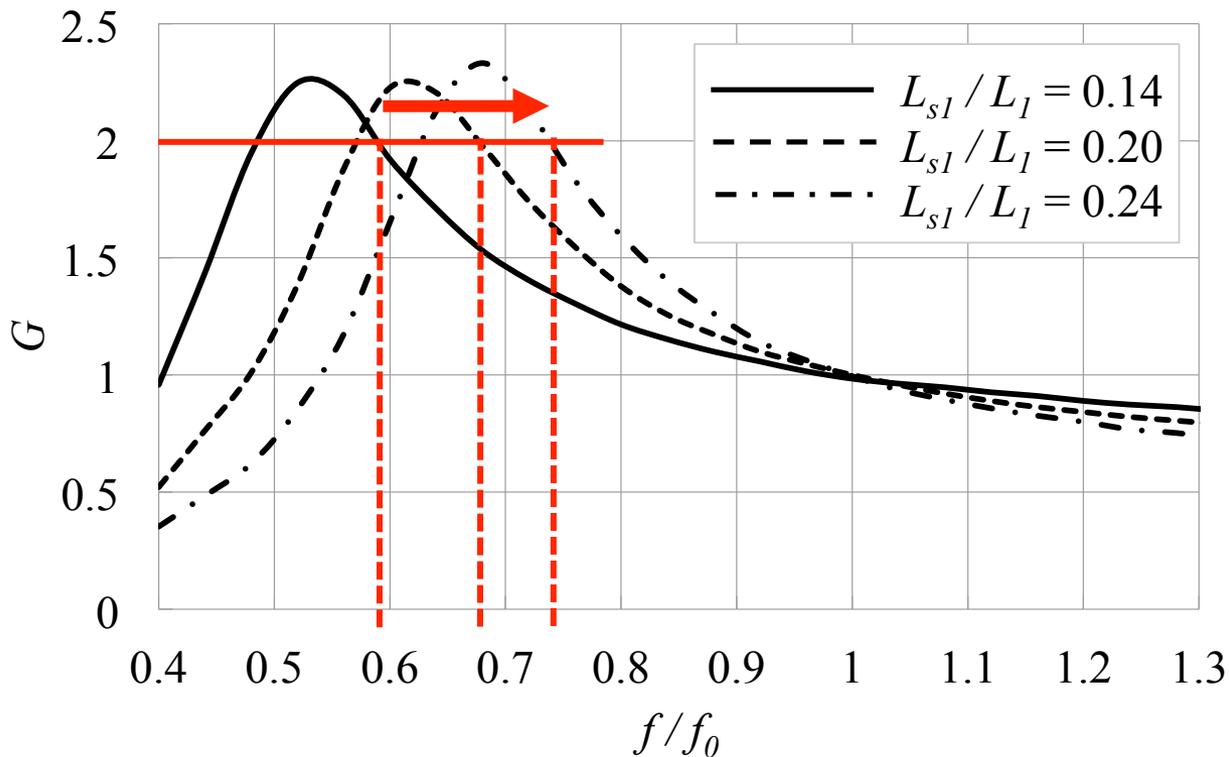


コア損失

ヒステリシス損失・・・B-H曲線のヒステリシスにより発生する損失
渦電流損失・・・コア内を通る磁束によって流れる電流による損失



周波数の増加にともない増加する



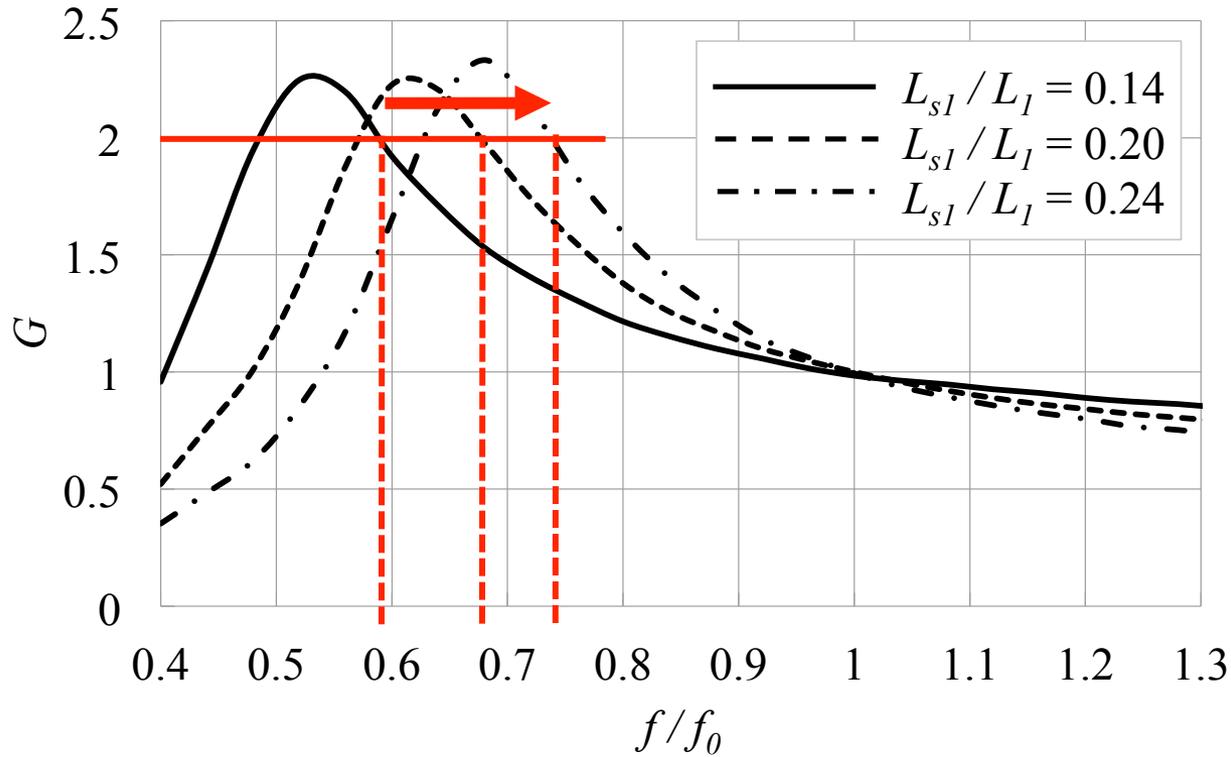
リーケージインダクタンスが増加



同じ昇降圧比を保つための
動作周波数が増加



コア損失の増加



リーケージインダクタンスが増加

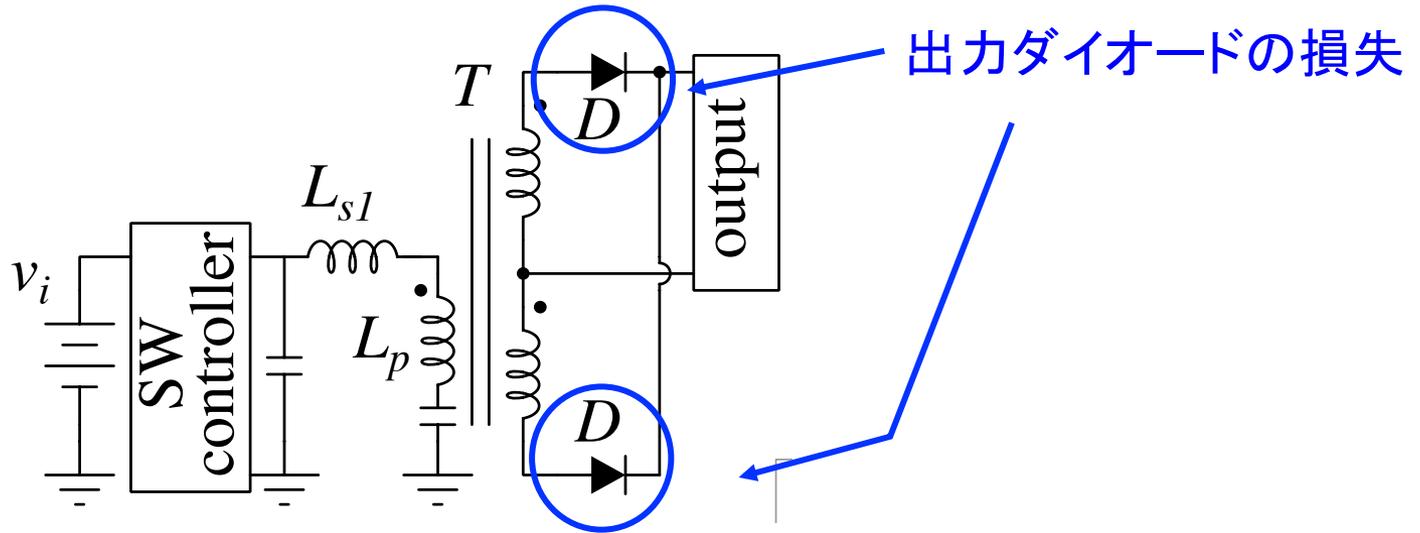


同じ昇降圧比を保つための
動作周波数が増加



コア損失の増加





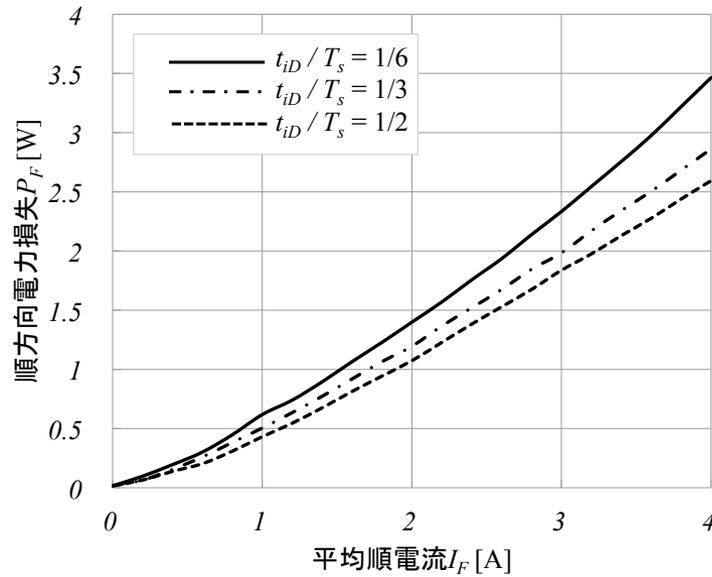
出力ダイオードの損失

- ・ピーク値が大きくなる
- ・導通時間が短くなる



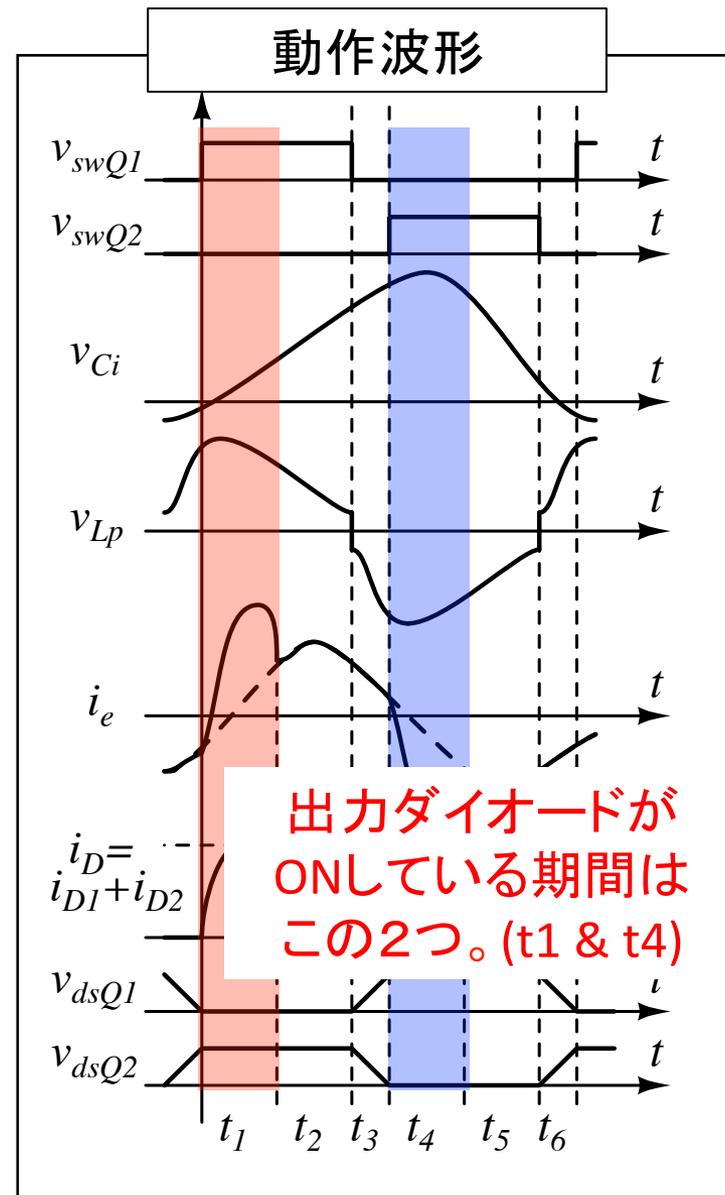
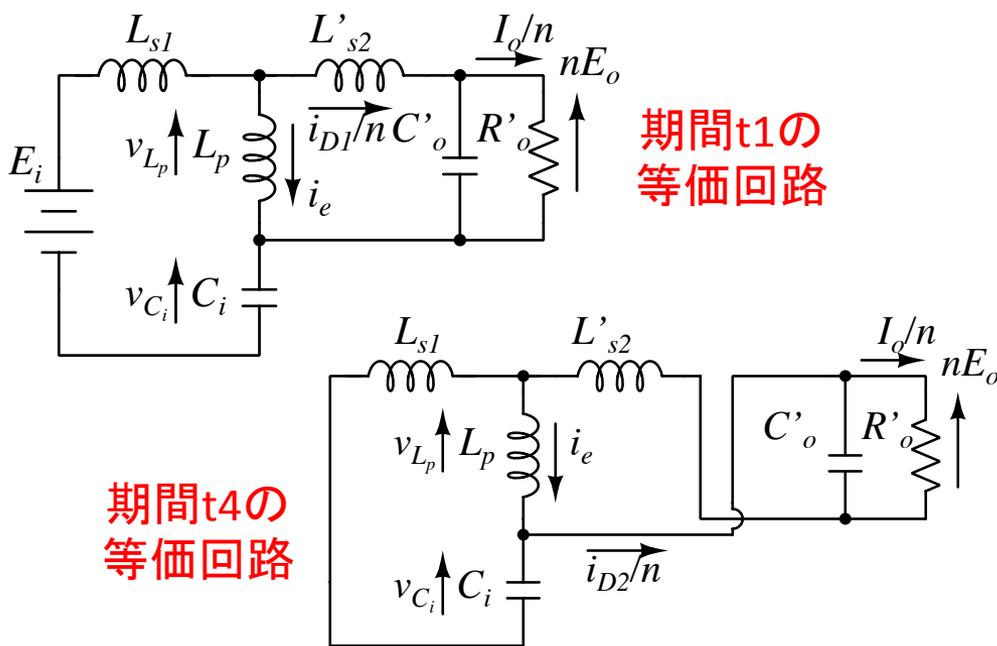
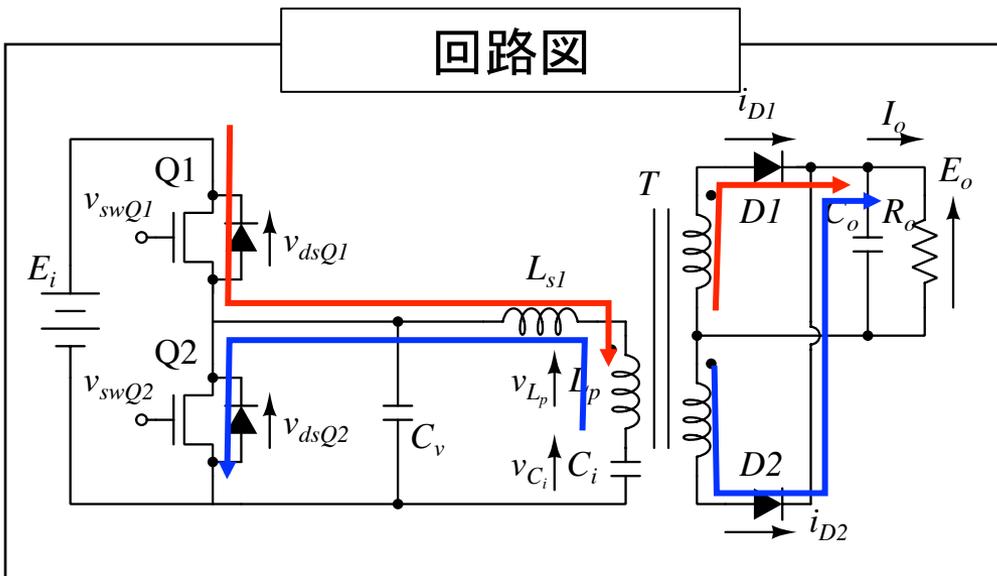
損失の増加

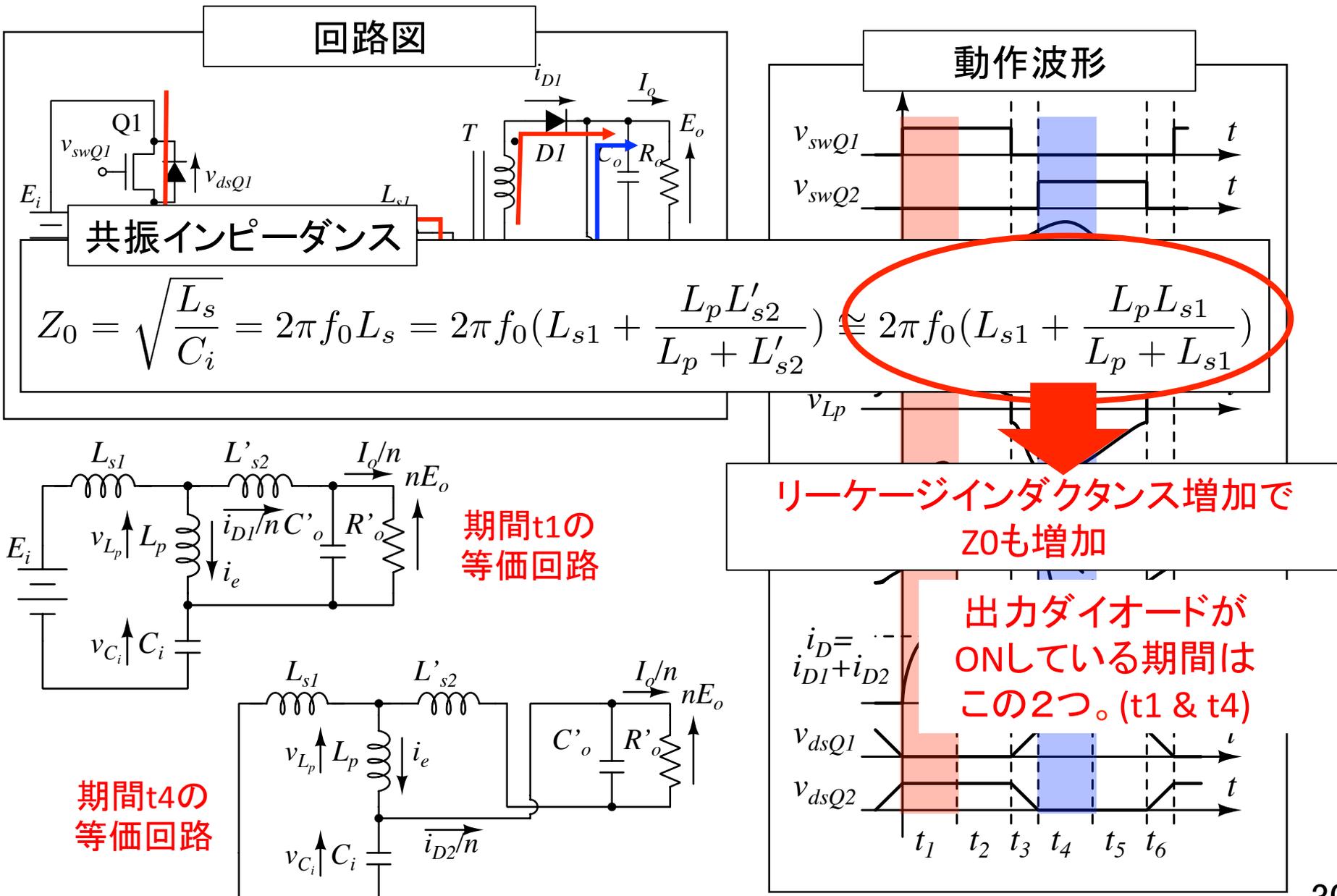
図 ダイオードの導通時間と損失の関係

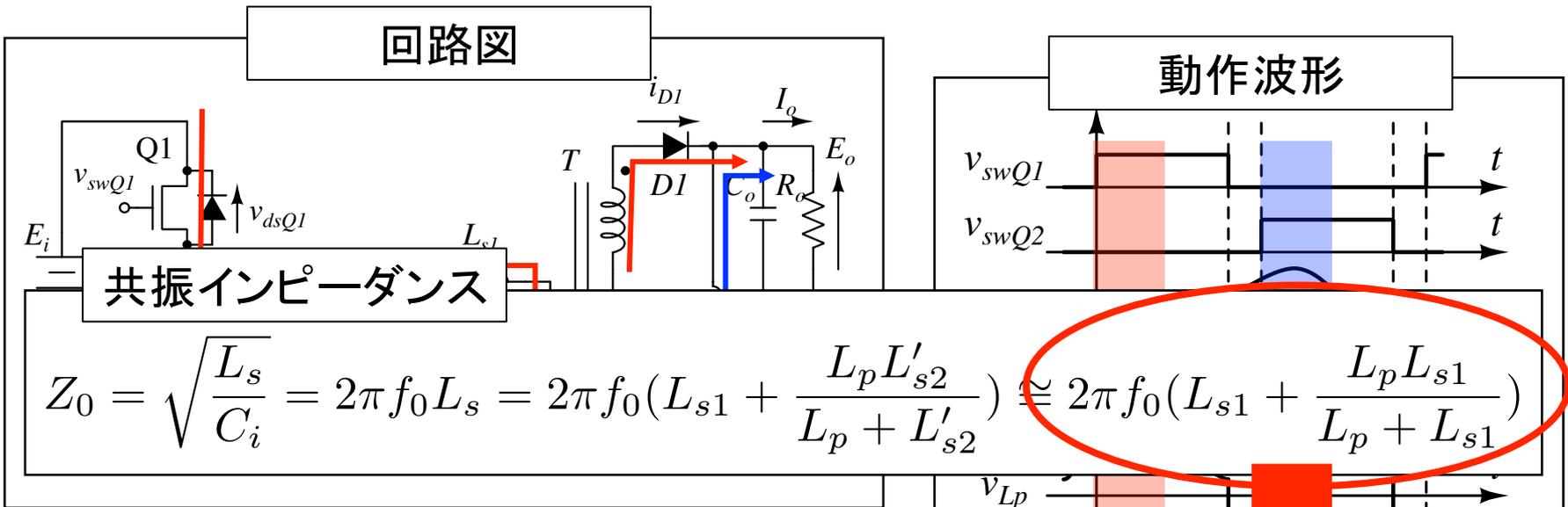


導通時間 減
損失 増

出力ダイオードが導通する期間



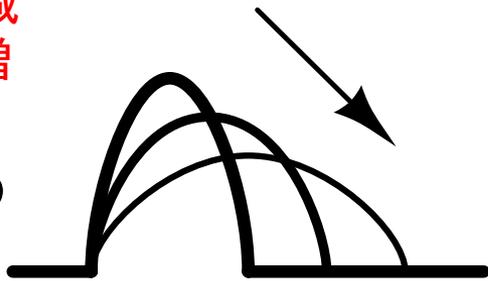




Z0の増加で

ピーク値 減
導通時間 増

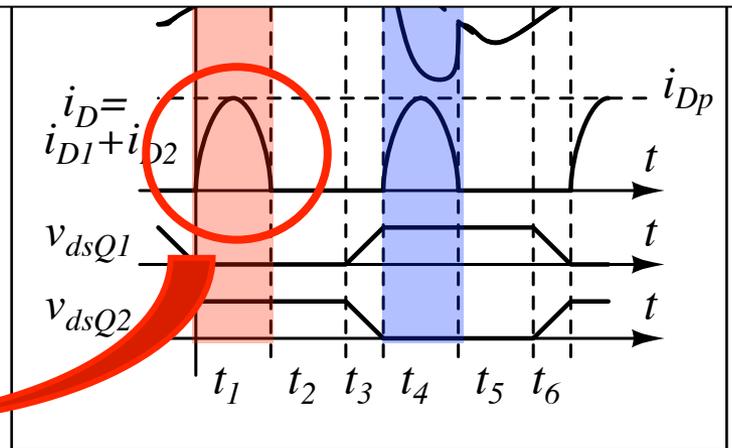
i_D

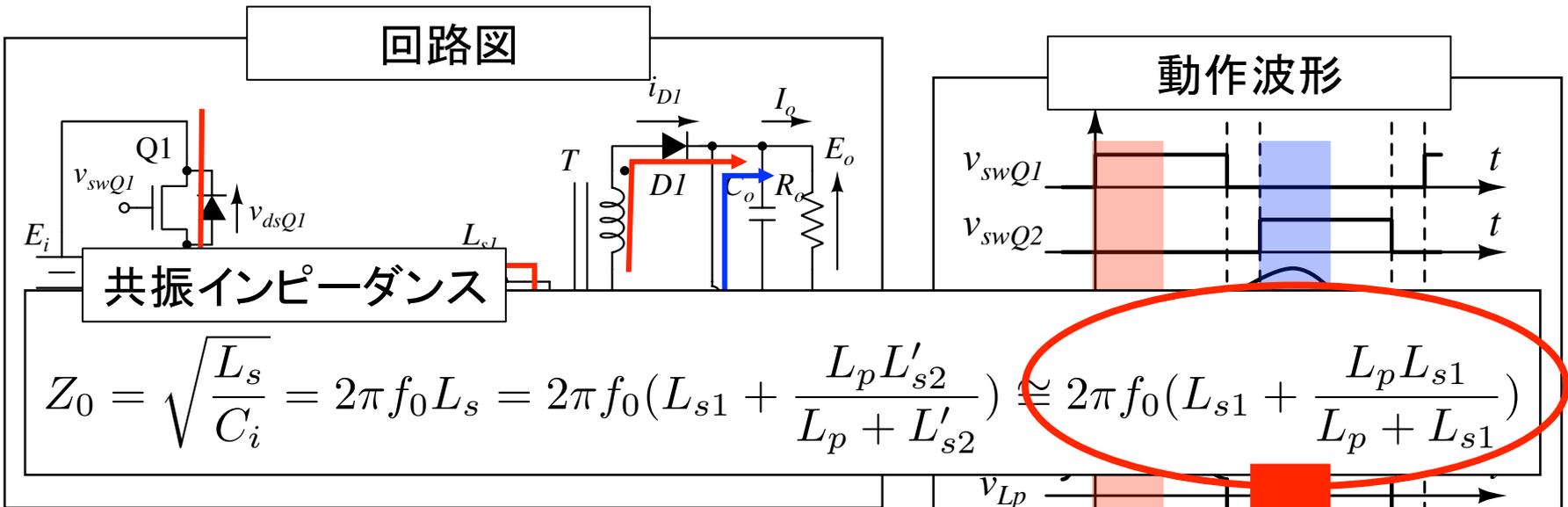


ダイオード損失 減

拡大

リーケージインダクタンス増加で
Z0も増加

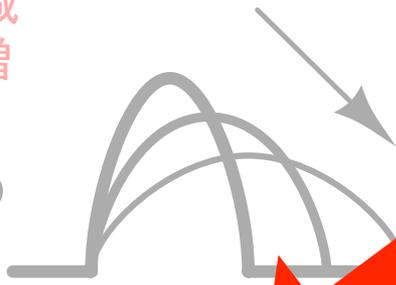




Z0の増加で、

ピーク値 減
導通時間 増

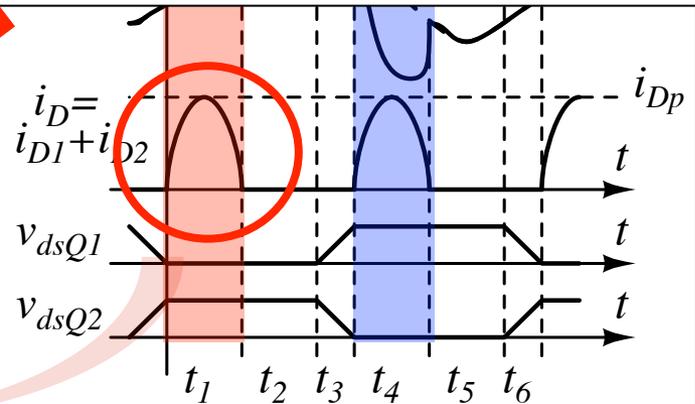
i_D



ダイオード損失 減

拡大

リーケージインダクタンス増加で
Z0も増加



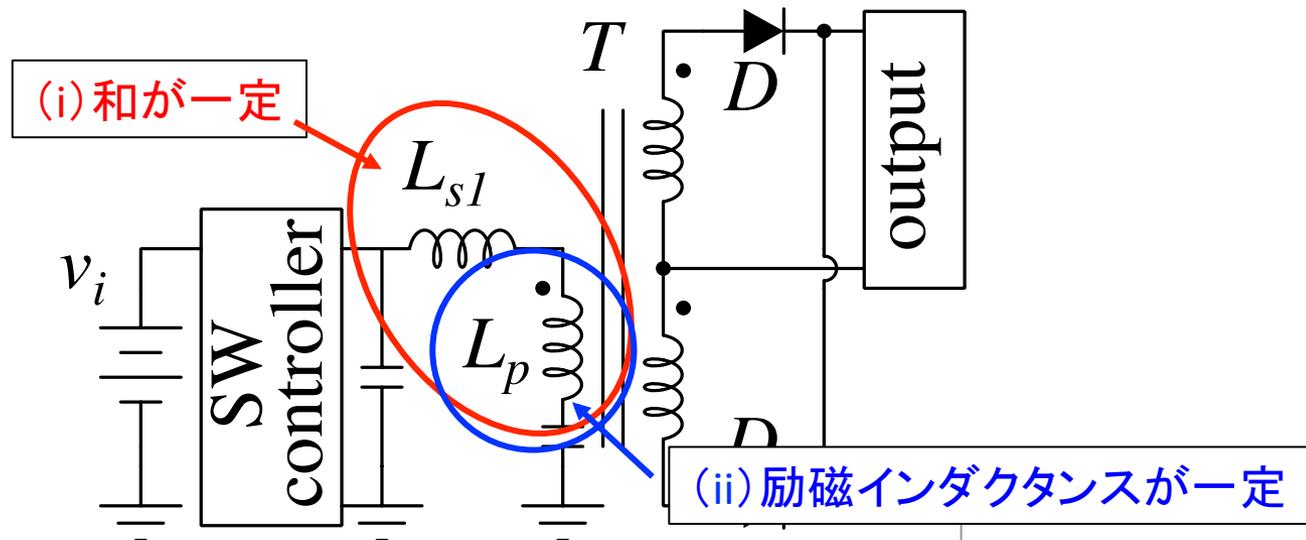
- ・研究背景
- ・電流共振形コンバータの基本動作
- ・電流共振形コンバータの損失と
リーケージインダクタンスと自己インダクタンスの比率の関係
- ・実験
- ・ B_{max} を一定にした場合の効率の算出
- ・最終結果とまとめ

トランスサンプルの作成

2種類のトランスサンプルを用意

サンプル (i) ... リークインダクタンスと励磁インダクタンスの和が一定で
リークインダクタンスと自己インダクタンスの比率を変化させたもの

サンプル (ii) ... 励磁インダクタンスが一定で
リークインダクタンスと自己インダクタンスの比率を変化させたもの



測定条件の決定

① f_2 を一定にする。

・・・ZVSを正常に行えるようにするため

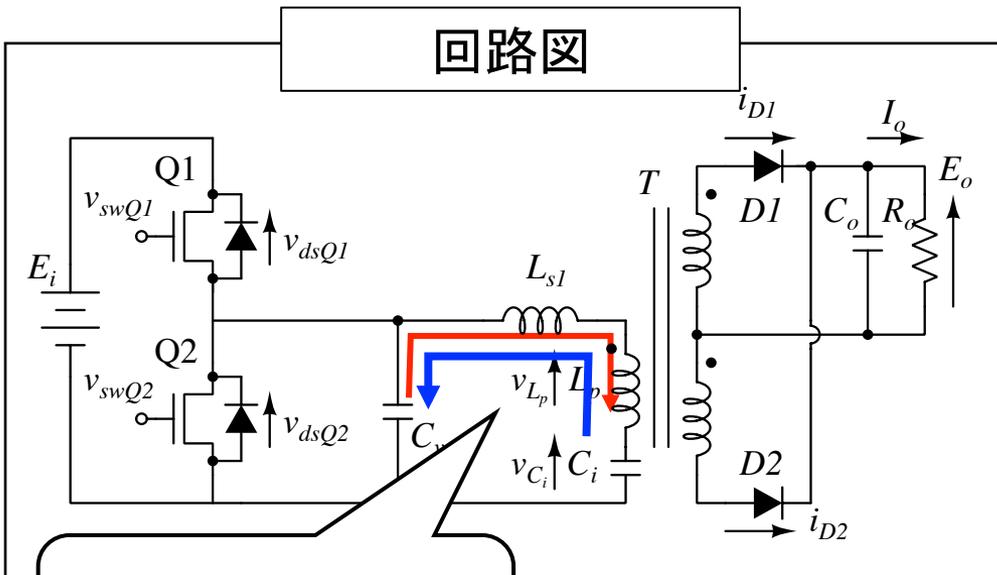
→電圧共振コンデンサ C_v の調節

② f_0 を一定にする。

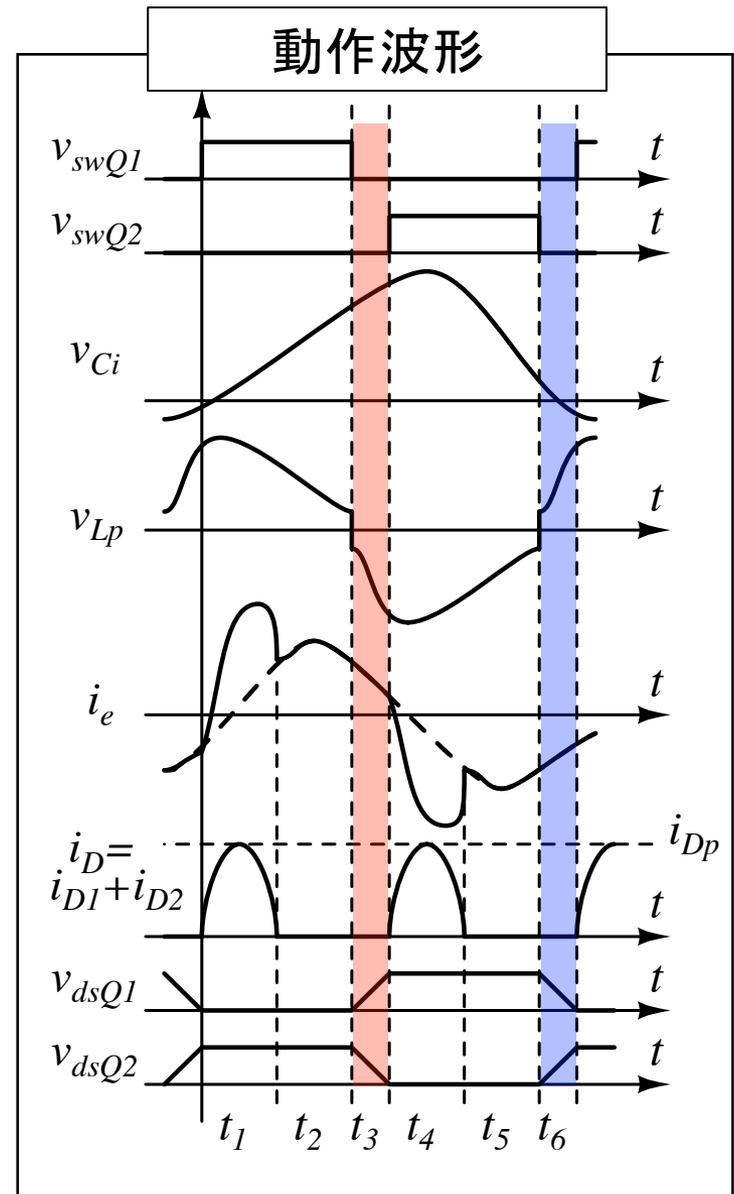
・・・現在の一般的な共振周波数100kHzに固定

→電流共振コンデンサ C_i の調節

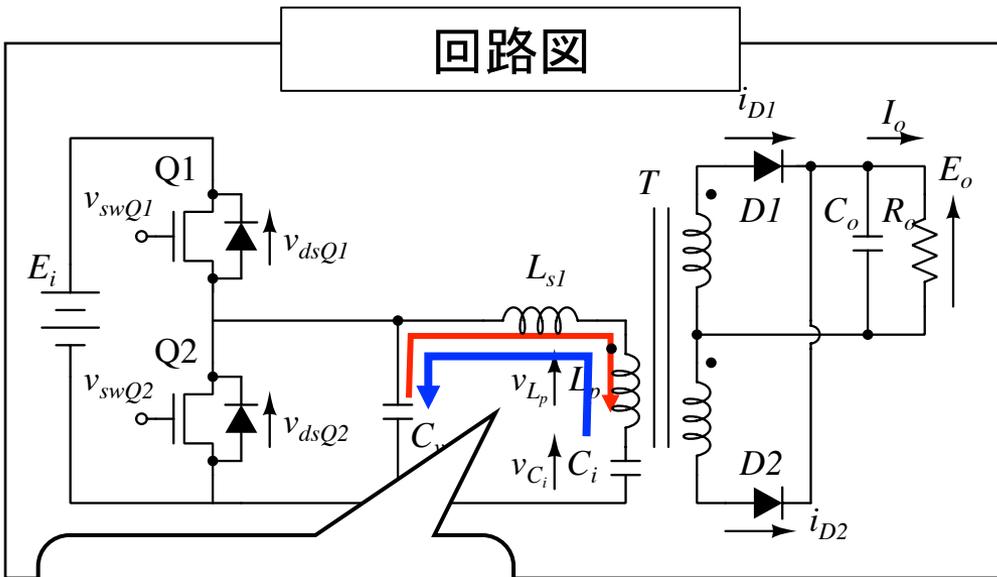
Cvの調節について



共振を行って
ZVS制御している

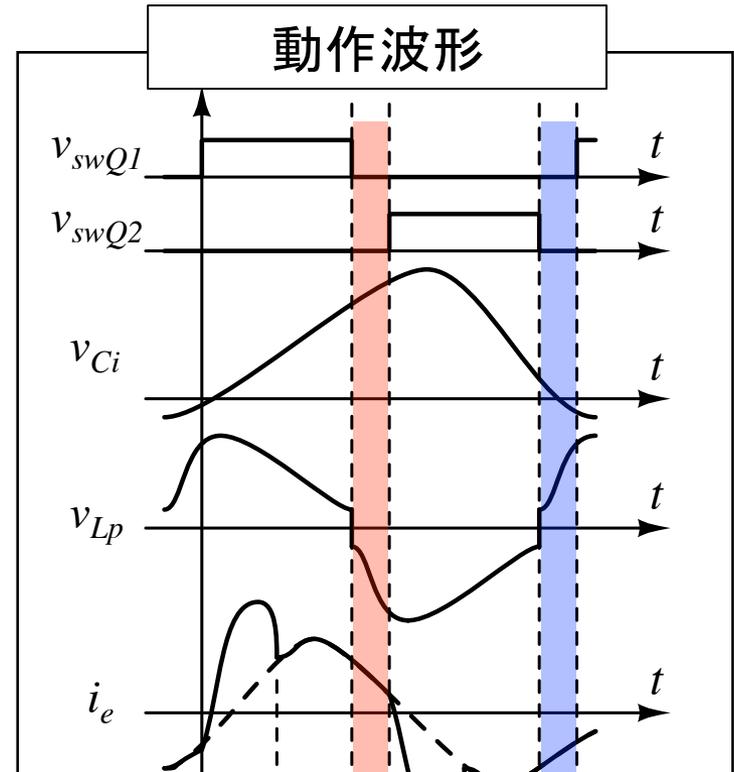


Cvの調節について



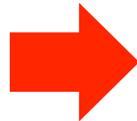
共振を行って
ZVS制御している

期間t3、t5の共振周波数f2



$$f_2 = \frac{1}{2\pi \sqrt{(L_p + L_{s1}) \left(\frac{C_i C_v}{C_i + C_v} \right)}} \approx \frac{1}{2\pi \sqrt{(L_p + L_{s1}) C_v}}$$

f2が変化すると
ZVSが行えない



Lp、Ls1の変化に合わせて
f2を一定にするようにCvを調節する

測定条件の決定

① f_2 を一定にする。

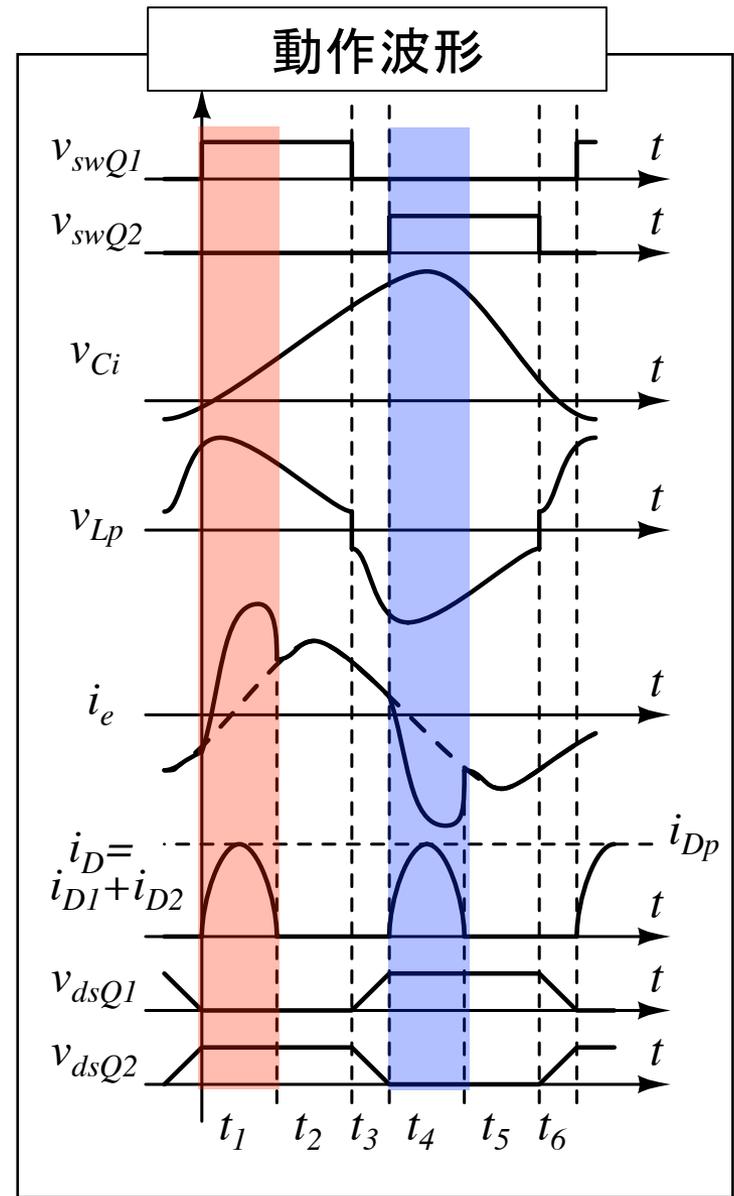
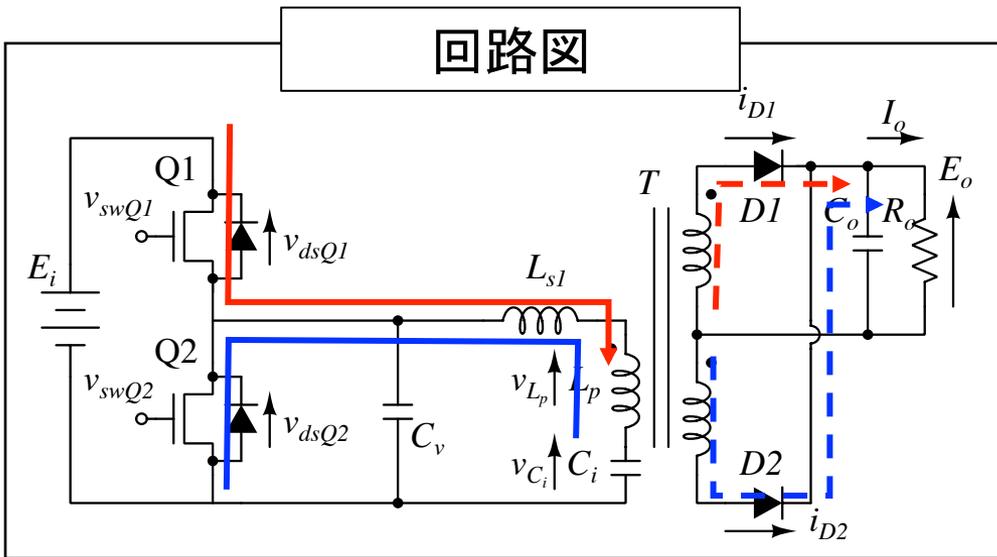
・・・ZVSを正常に行えるようにするため

→電圧共振コンデンサ C_v の調節

② f_0 を一定にする。

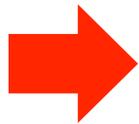
・・・現在の一般的な共振周波数100kHzに固定

→電流共振コンデンサ C_i の調節



期間t1、t4の共振周波数f0

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_s C_i}} = \frac{1}{2\pi\sqrt{\left(L_{s1} + \frac{L_p L'_{s2}}{L_p + L'_{s2}}\right) C_i}}$$



MOSFETのスイッチング速度
ノイズの面から
今回の実験では100kHzで固定

各トランスの静特性と回路定数

サンプル(i)

サンプル(ii)

サンプル	1	2	3	4
L_{s1} [uH]	11.2	16	16.9	22.2
L_p [uH]	98.9	114	92.1	93.8
L_{s1}/L_1 [%]	10.15	12.3	15.5	19.1
C_v [pF]	600	470	610	560
C_i [uF]	0.12	0.1	0.082	0.062
Gap[mm]	0.225*2	0.20*2	0.25*2	0.25*2
一次側巻線抵抗 R_{m1} [mΩ]	228.7	225.4	212	212
S1巻線抵抗 R_{m1} [mΩ]	66.2	66	66.1	66.3
S2巻線抵抗 R_{m2} [mΩ]	66.8	67.1	66.1	66.3

サンプル	1	2	3	4
L_{s1} [uH]	11.8	16	16.9	22.8
L_p [uH]	111.2	114	113.5	114.1
L_{s1}/L_1 [%]	9.6	12.3	13	16.7
C_v [pF]	500	470	470	440
C_i [uF]	0.11	0.1	0.082	0.062
Gap[mm]	0.2*2	0.20*2	0.188*2	0.2*2
一次側巻線抵抗 R_{m1} [mΩ]	229.1	225.4	212.3	212.1
S1巻線抵抗 R_{m1} [mΩ]	66.6	66	66	65
S2巻線抵抗 R_{m2} [mΩ]	66	67.1	65.2	65.1

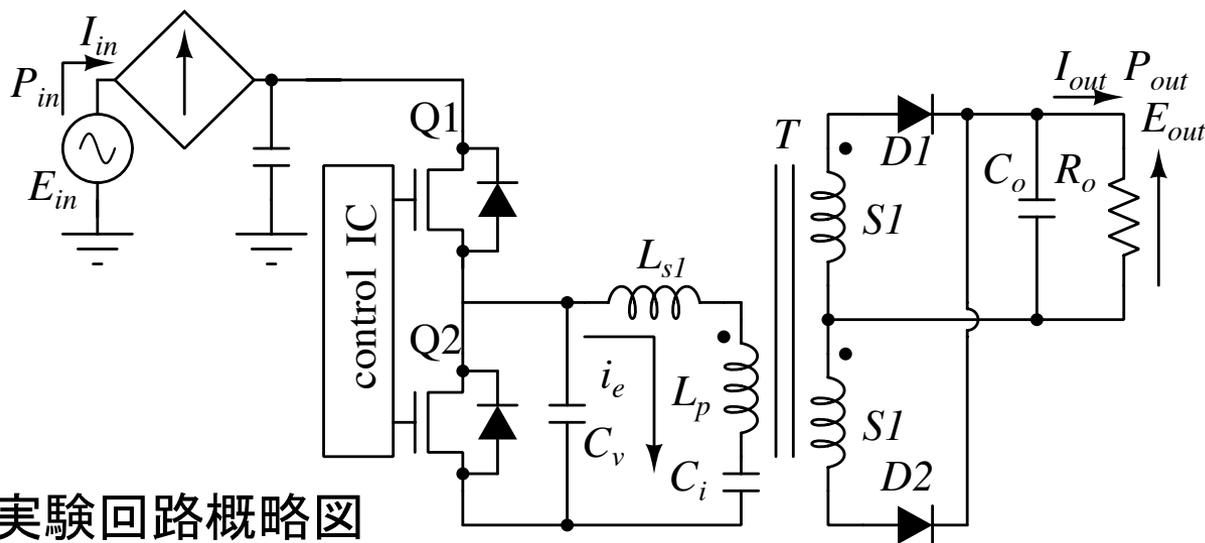
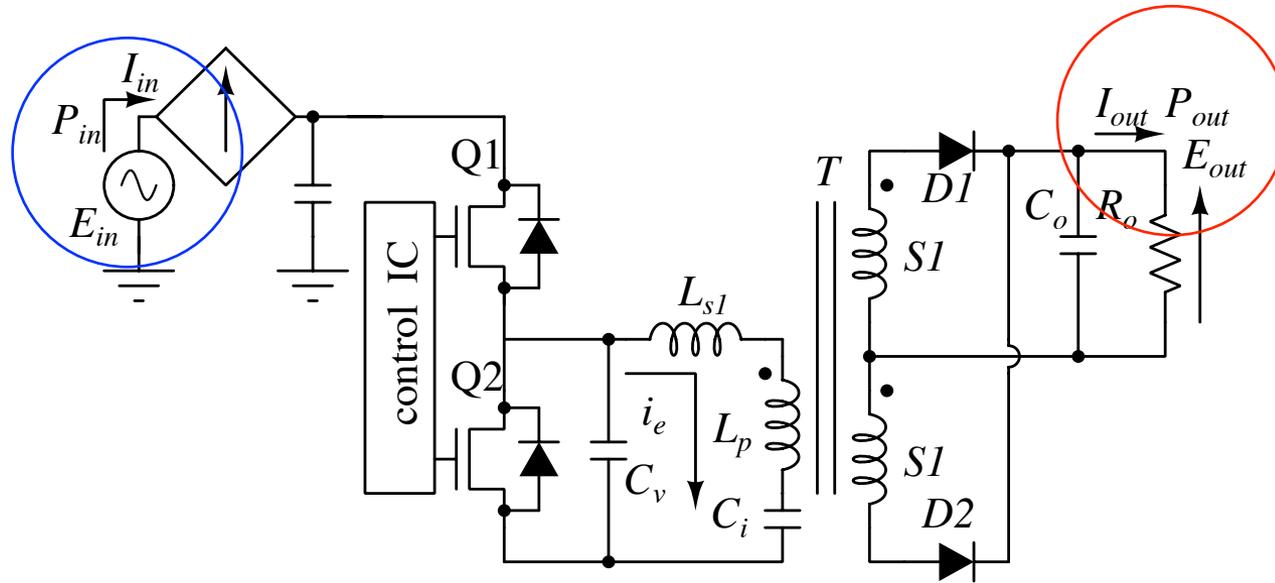


図 実験回路概略図

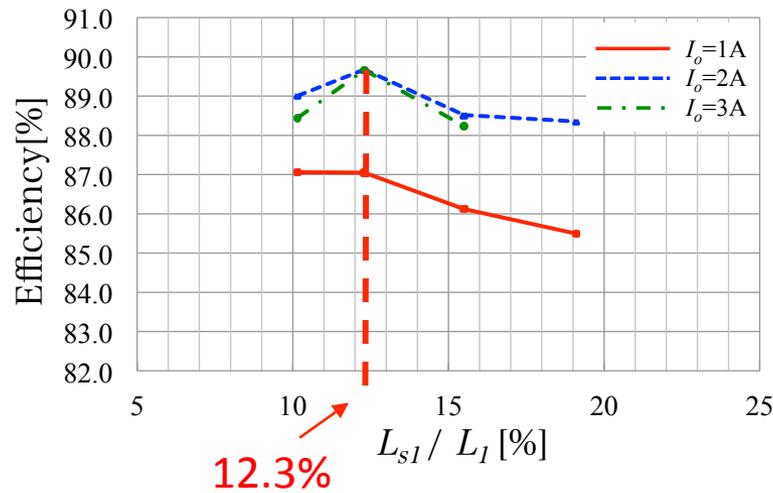
フェライト コア	型名	EK28/34D
	有効磁路長 l [mm]	74.98
	有効断面積 S [mm ²]	79.21
	有効体積 V [mm ³]	5938.81
トランス	一次巻線巻数 N_l [回]	21
	二次巻線 $S1$ の巻数 N_{s1} [回]	6
	二次巻線 $S2$ の巻数 N_{s2} [回]	6
入力電圧 E_{in} [V]		AC100
出力電圧 E_{out} [V]		DC24
負荷電流 I_o [A]		1,2,3



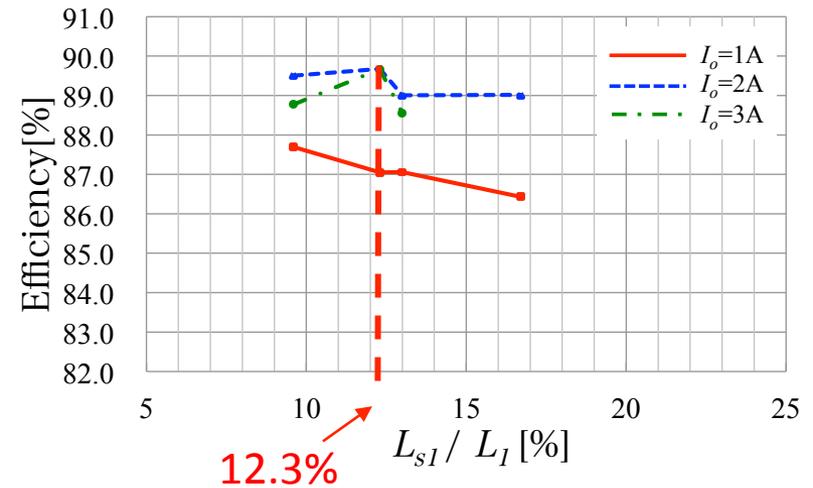
本実験における効率の定義

$$\text{効率} = \text{DC出力電力} / \text{AC入力電力} \times 100 [\%]$$

サンプル(i)の測定結果



サンプル(ii)の測定結果



軽負荷の時はリーケージインダクタンスが低い方が効率が良い

- ・研究背景
- ・電流共振形コンバータの基本動作
- ・電流共振形コンバータの損失と
リーケージインダクタンスと自己インダクタンスの比率の関係
- ・実験
- ・ B_{max} を一定にした場合の効率の算出
- ・最終結果とまとめ

B_{max} を一定にした場合の効率の算出

サンプル(i)

サンプル	1	2	3	4
L_{s1} [uH]	11.2	16	16.9	22.2
L_p [uH]	98.9	114	92.1	93.8

サンプル(ii)

サンプル	1	2	3	4
L_{s1} [uH]	11.8	16	16.9	22.8
L_p [uH]	111.2	114	113.5	114.1

励磁インダクタンス L_p が変化している

C_v [pF]	600	470	610	560
C_i [uF]	0.12		0.082	0.062
Gap[mm]	0.225*2	0.20*2	0.25*2	0.25*2

B_{max} に各トランスで差があり、一周期当たりのコア損失に差がある

R_{m1} [mΩ]	66.2	66	66.1	66.3
S2巻線抵抗 R_{m2} [mΩ]	66.8	1	66.1	66.3

B_{max} を一定にした場合の効率を求める

L_{s1}/L_i [%]

C_v [pF]

C_i [uF]

Gap[mm]

次側巻線抵抗

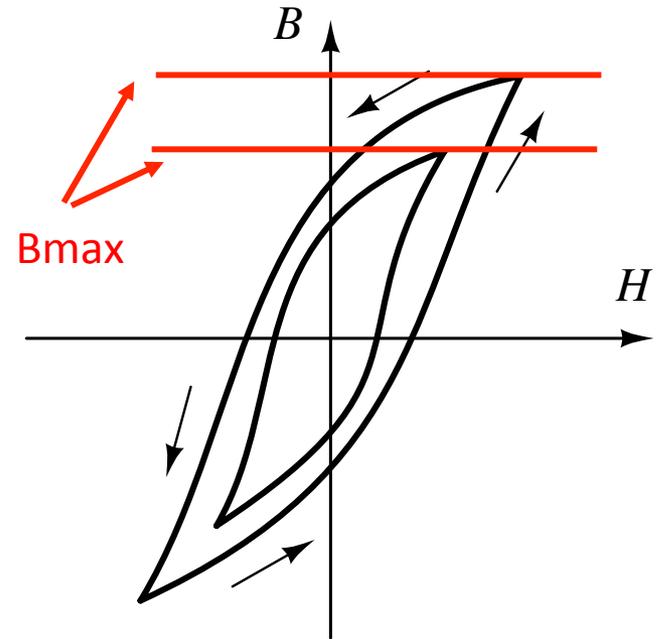
R_{m1} [mΩ]

S1巻線抵抗

R_{m1} [mΩ]

S2巻線抵抗

R_{m2} [mΩ]

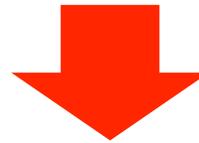


磁束密度Bは以下の式で導出される

$$B = \frac{i_e L_p}{N_1 S}$$

i_e : 励磁電流測定値
→ 効率測定の際に一緒に測定する

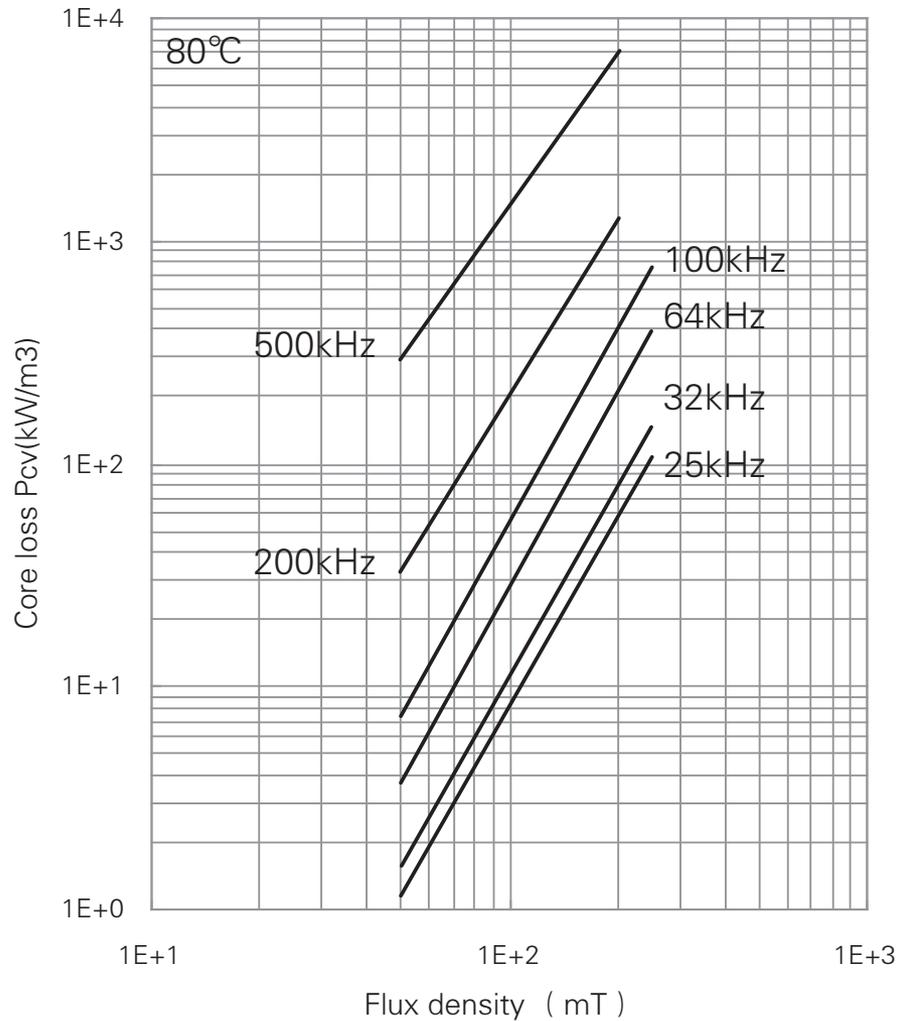
L_p : 励磁インダクタンス
 N_1 : 一次側巻線巻き数
 S : コアの有効断面積
→ トランスの仕様より



実験条件での磁束密度Bを算出

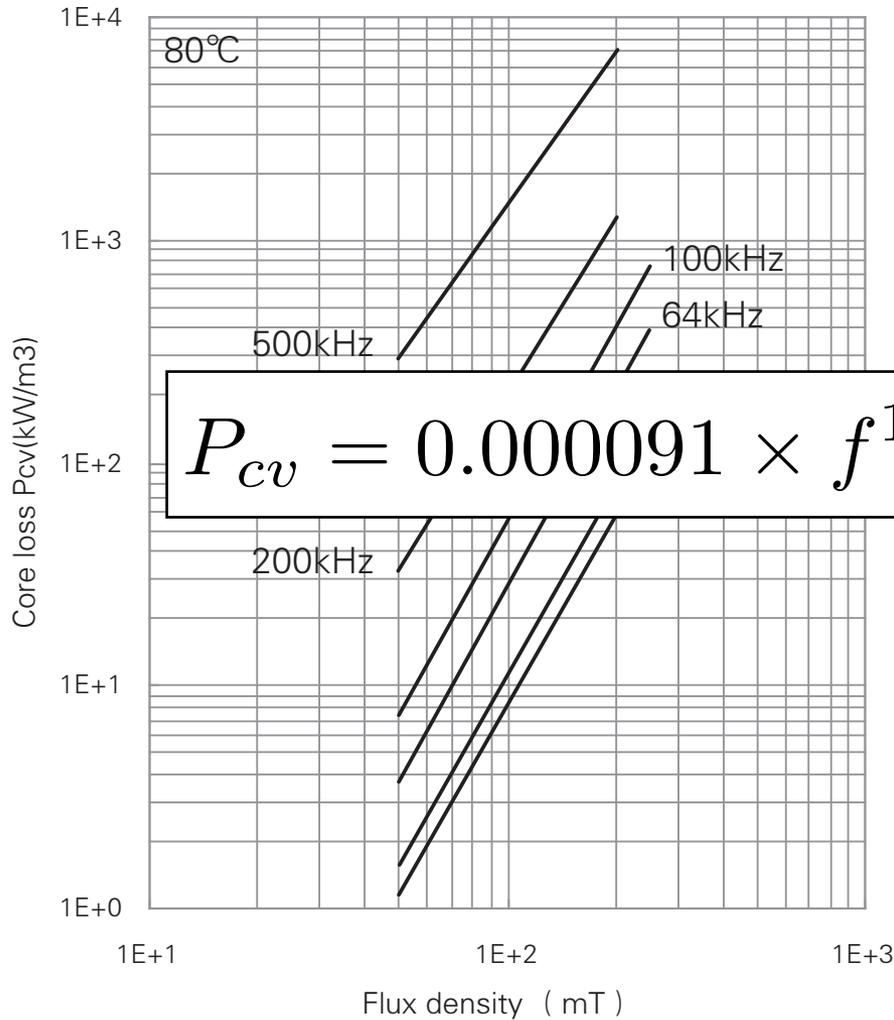
コア損失と磁束密度の関係

P_{cv}-B_m



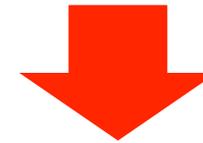
実験に用いたトランスの
磁束密度と動作周波数、コア損失の関係

P_{cv}-B_m



左図より
 磁束密度 B、コア損失 P_{cv}
 動作周波数 f
 の関係は以下のようなになる

$$P_{cv} = 0.000091 \times f^{1.528} \times B^{2.860} \times 10^3 [W/m^3]$$



実験条件でのコア損失を導出

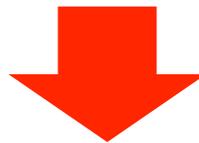
実験に用いたトランスの
 磁束密度と動作周波数、コア損失の関係

磁束密度Bを一定にした場合のコア損失の算出

$$B' = \frac{i'_e L_p}{N_1 S}$$

今回一定にする磁束密度 B' は
120 [mT] とする。

L_p 、 N_1 、 S はトランスにより決定しているので、
励磁電流 i'_e を調節して B を一定にする。

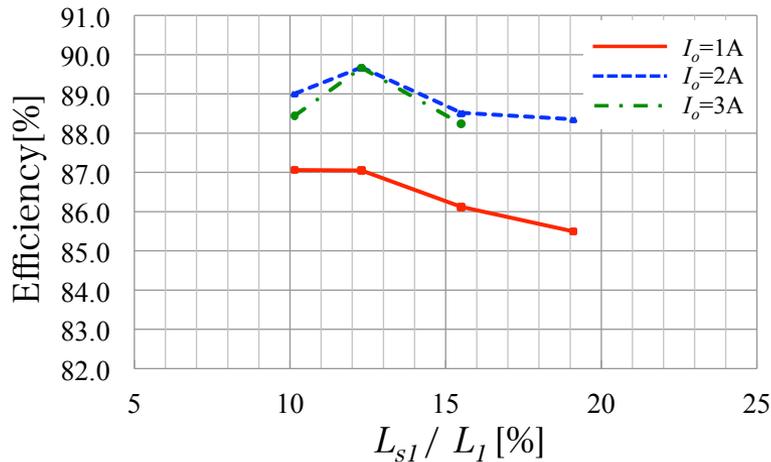


$$P'_{cv} = 0.000091 \times f^{1.528} \times B'^{2.860} \times 10^3 [W/m^3]$$

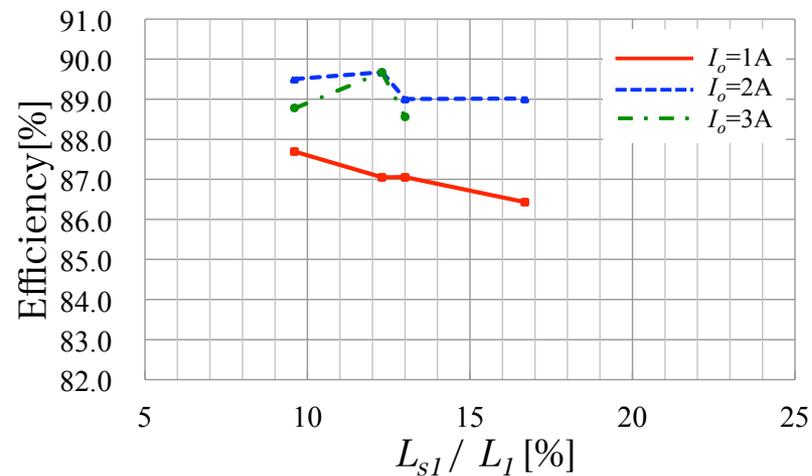


$B' = 120$ [mT] とした場合のコア損失 P'_{cv} を算出する。

サンプル(i)の測定結果



サンプル(ii)の測定結果



差分を効率の測定結果に換算

$$P_{cv} - P'_{cv} = \text{コア損失の差分}$$

磁束密度Bを一定にした場合のコア損失の算出

$$B' = \frac{i'_e L_p}{N_1 S}$$

今回一定にする磁束密度 B' は
120 [mT] とする。

L_p 、 N_1 、 S はトランスにより決定しているので、
励磁電流 i'_e を調節して B を一定にする。

サンプル(ii) 計算例

サンプル	L_p [μ H]	B' [T]	i'_e [A]
1	111.2	0.12	1.80
2	114	0.12	1.75
3	113.5	0.12	1.76
4	114.1	0.12	1.75

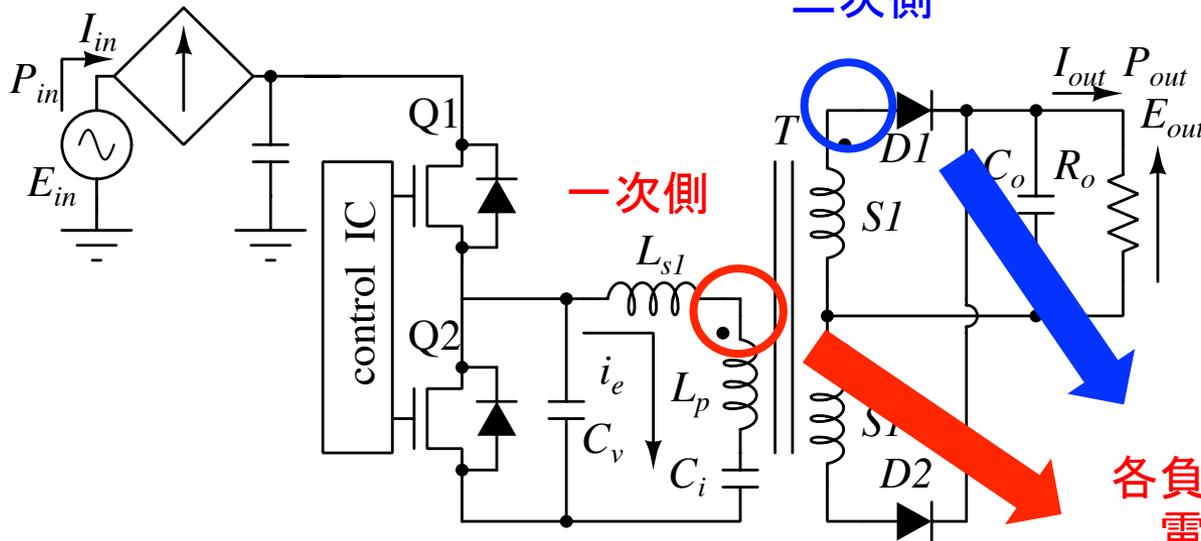
励磁電流が測定値と異なる値になっている

銅損についての換算が必要

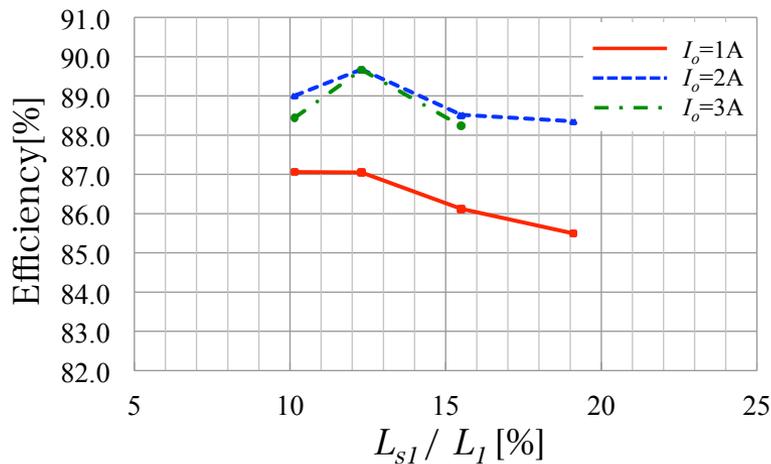
銅損を算出

$$P_r = i_{rms}^2 \times R_m$$

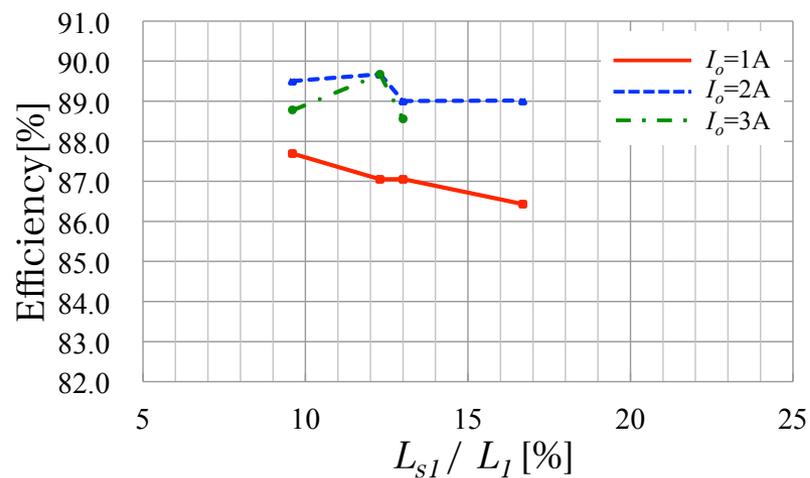
二次側



サンプル(i)の測定結果



サンプル(ii)の測定結果

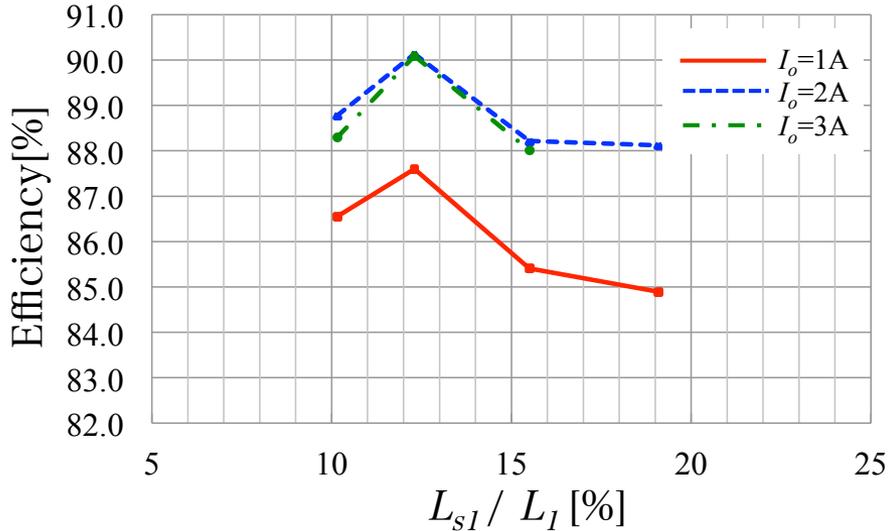


差分を効率の測定結果に換算

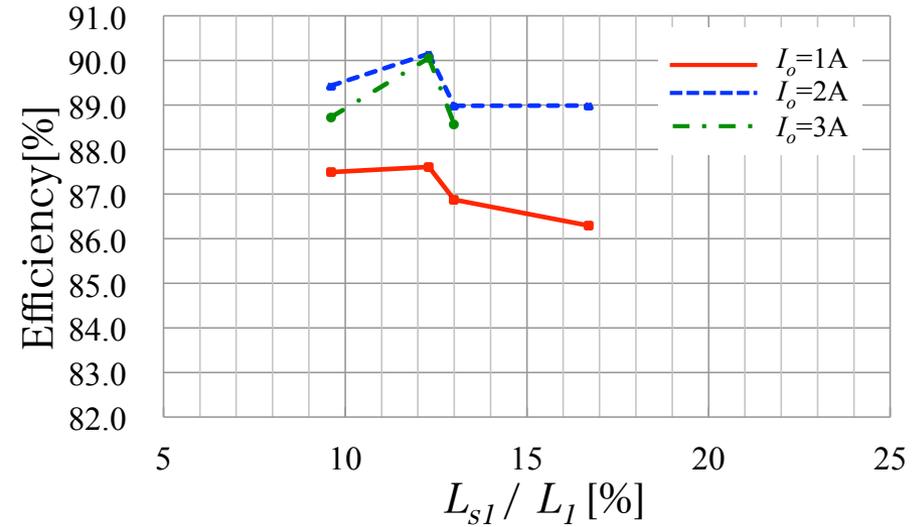
$$Pr - P'r = \text{銅損の差分}$$

- ・研究背景
- ・電流共振形コンバータの基本動作
- ・電流共振形コンバータの損失と
リーケージインダクタンスと自己インダクタンスの比率の関係
- ・実験
- ・ B_{max} を一定にした場合の効率の算出
- ・最終結果とまとめ

サンプル(i)の効率

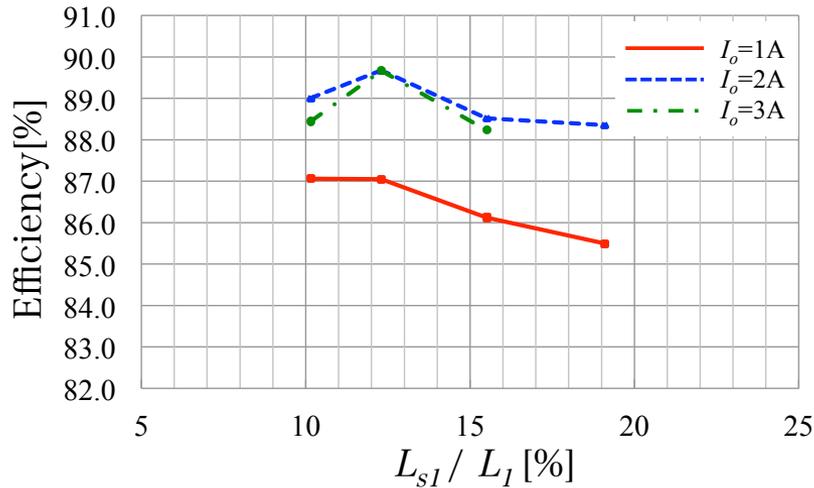


サンプル(ii)の効率

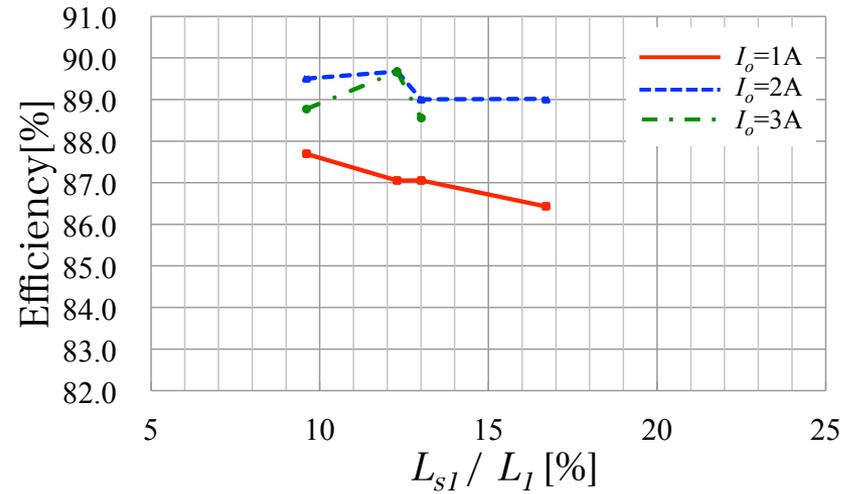


結果の比較

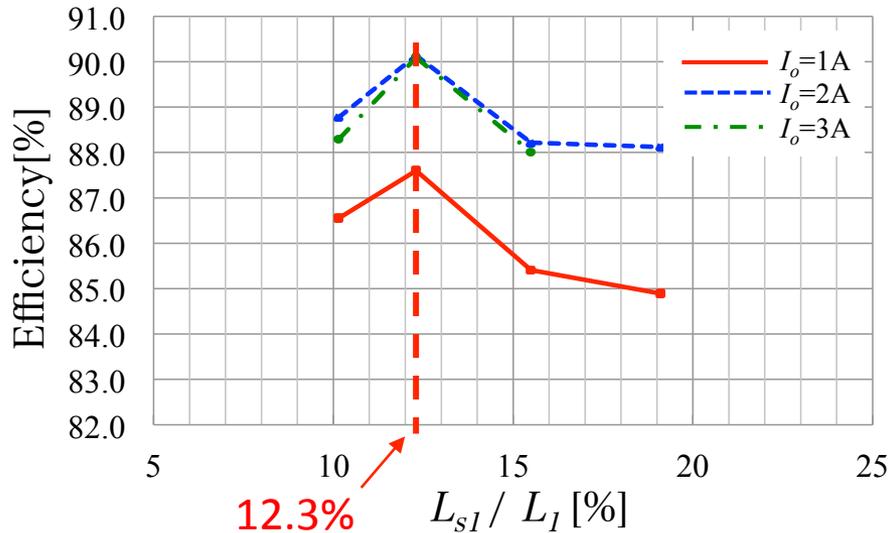
サンプル(i)
測定生データ



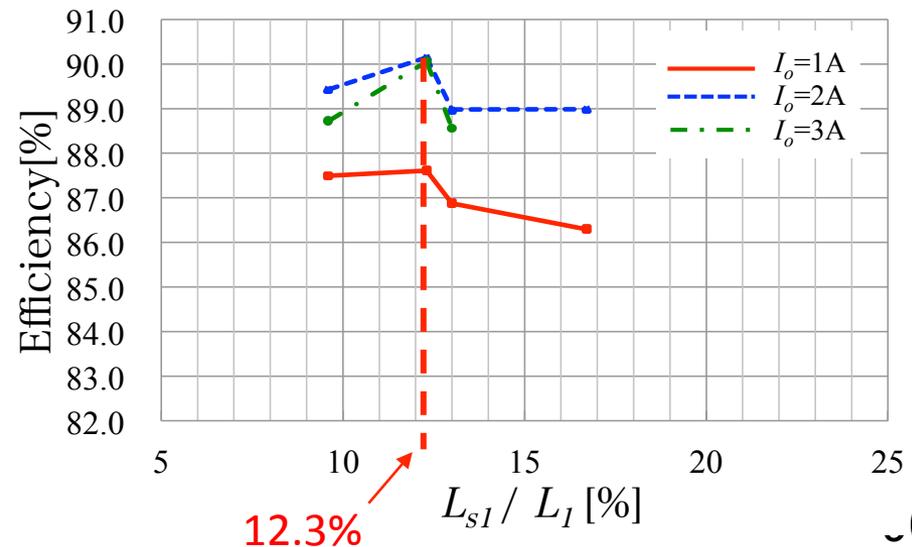
サンプル(ii)
測定生データ



Bを一定にした場合

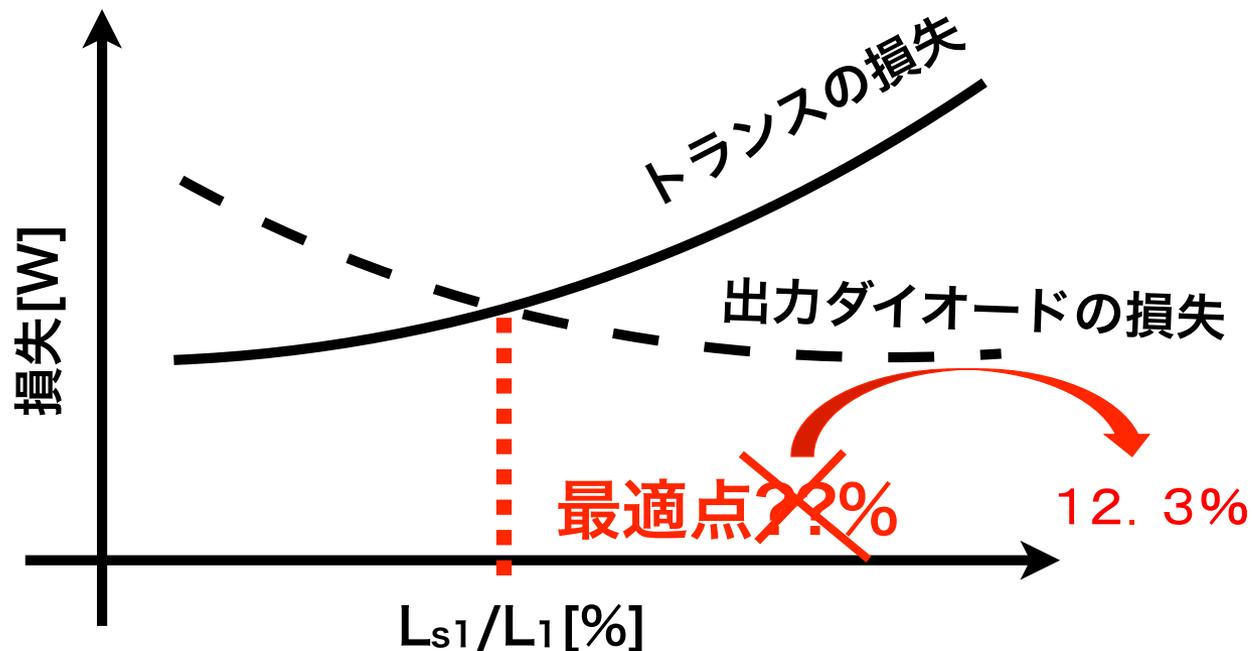


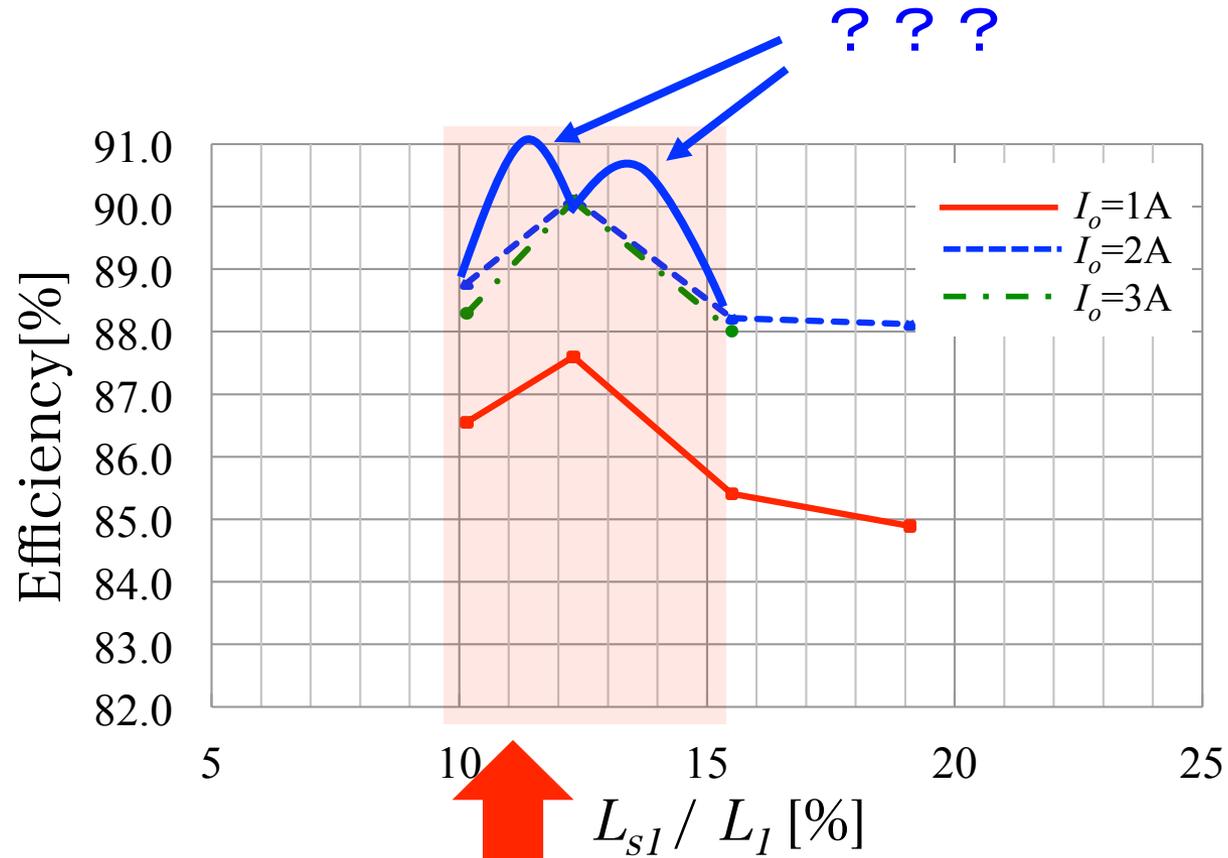
Bを一定にした場合



リーケージインダクタンスと自己インダクタンスの比率を変化させた2種のトランスサンプルを用いて、電流共振形コンバータの効率とリーケージインダクタンスと自己インダクタンスの比率の関係を測定した。

実験の結果、電流共振形コンバータの効率が最も良くなるリーケージインダクタンスと自己インダクタンスの比率は12.3%であった。

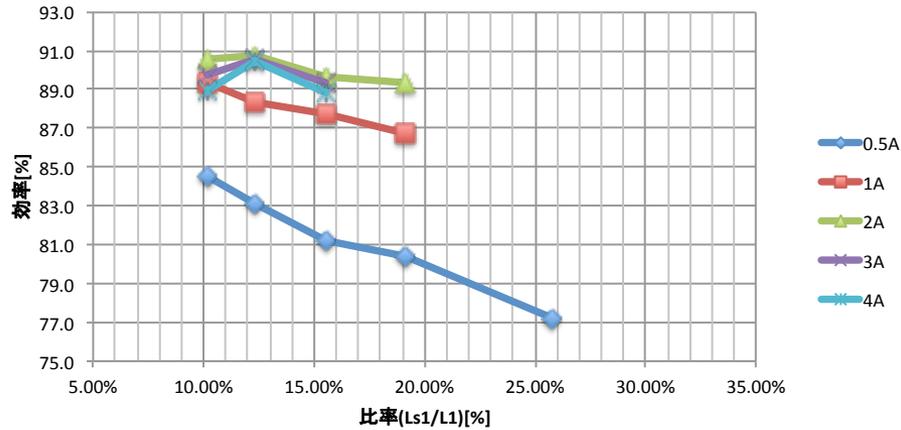




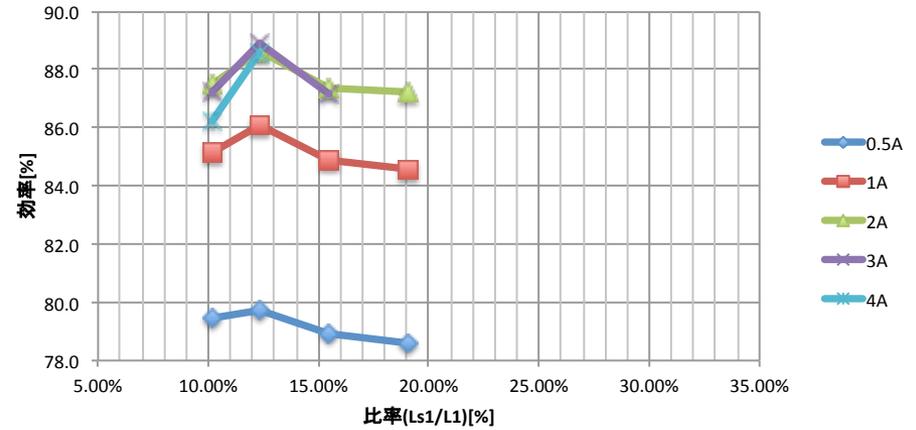
このエリアで細かく測定したい

効率測定生データ サンプル(i) 他入力電圧

AC115V 効率

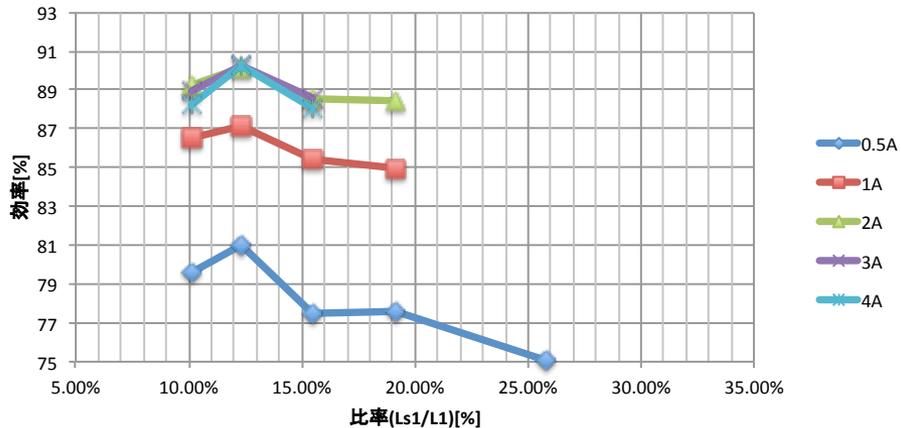


AC85V 効率

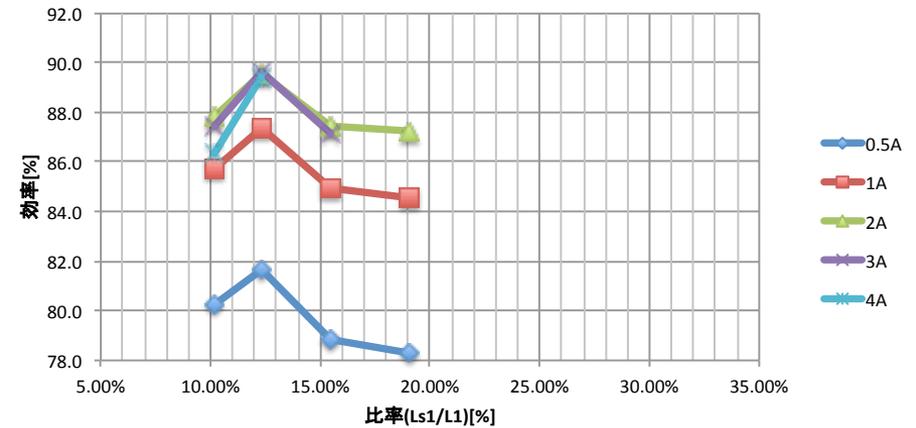


B一定時の効率データ サンプル(i) 他入力電圧

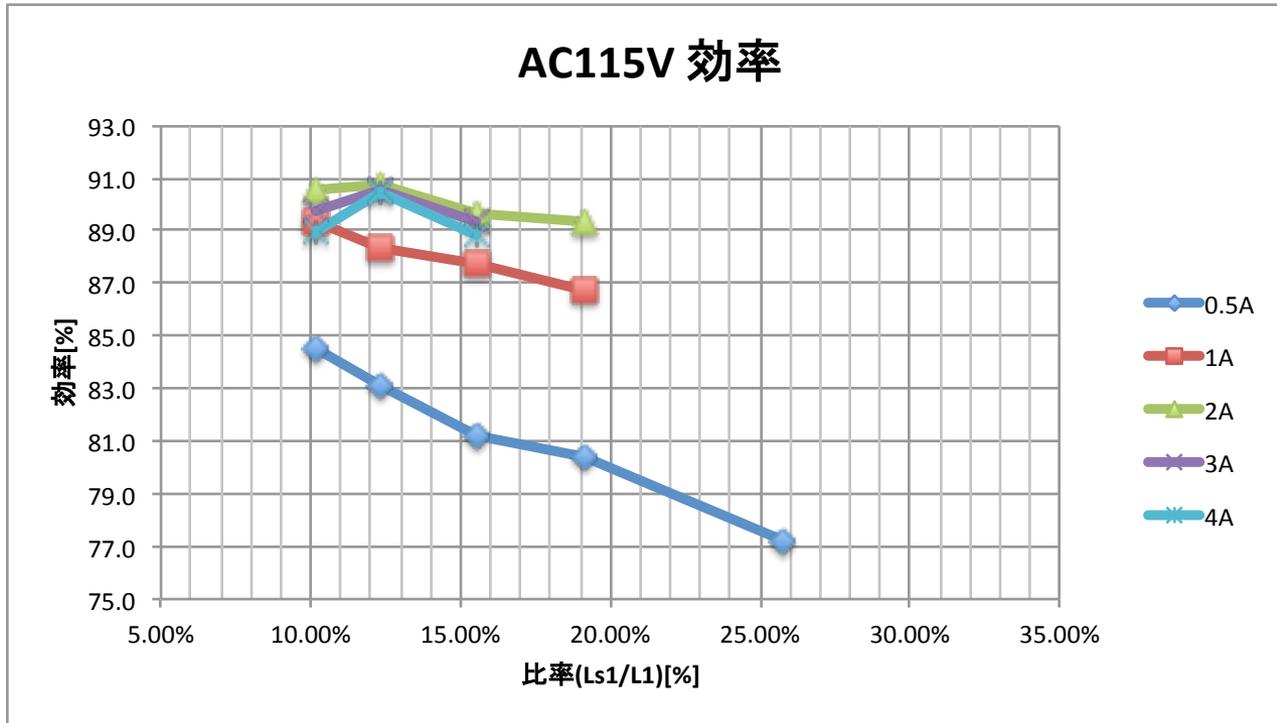
AC115V 効率



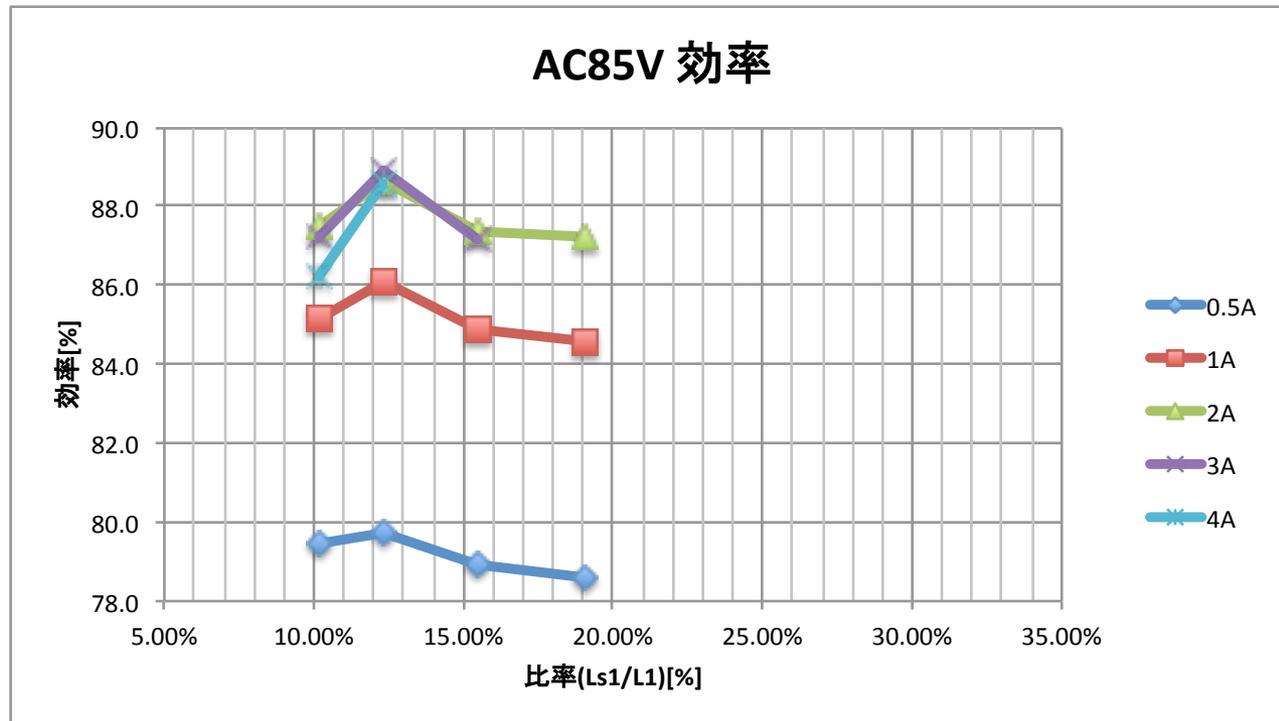
AC85V 効率



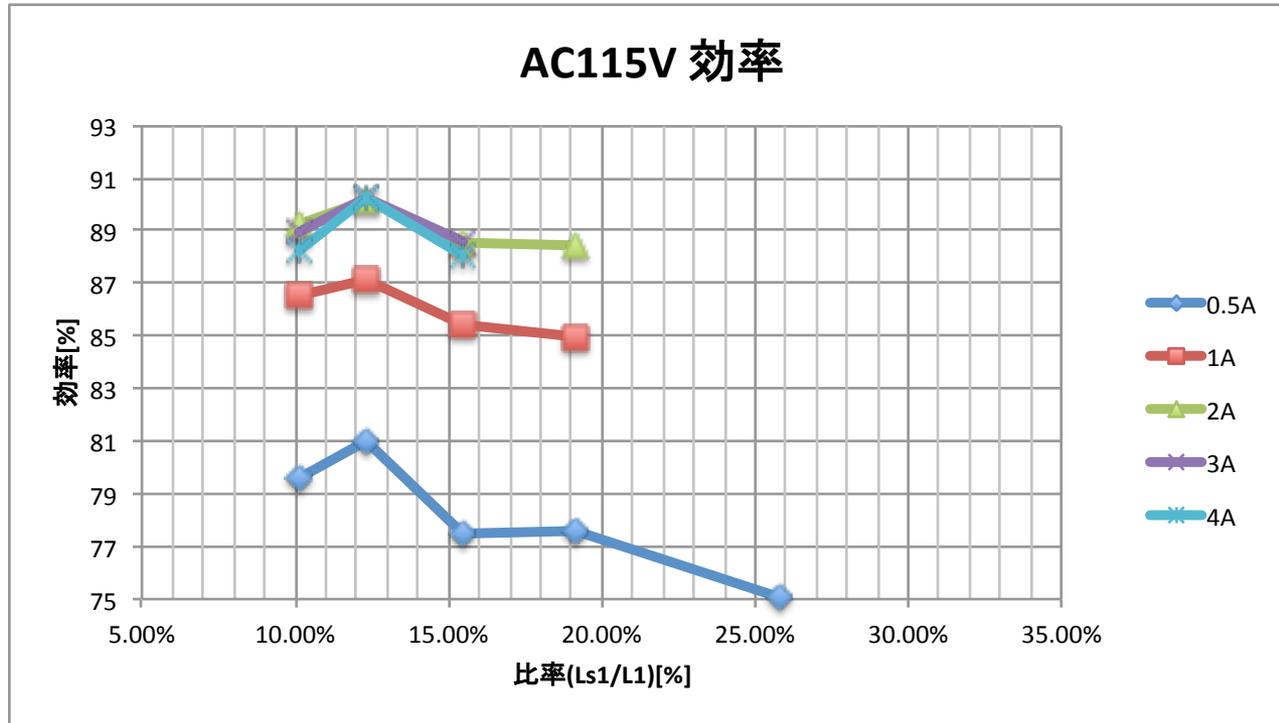
効率測定生データ サンプル(i) 他入力電圧



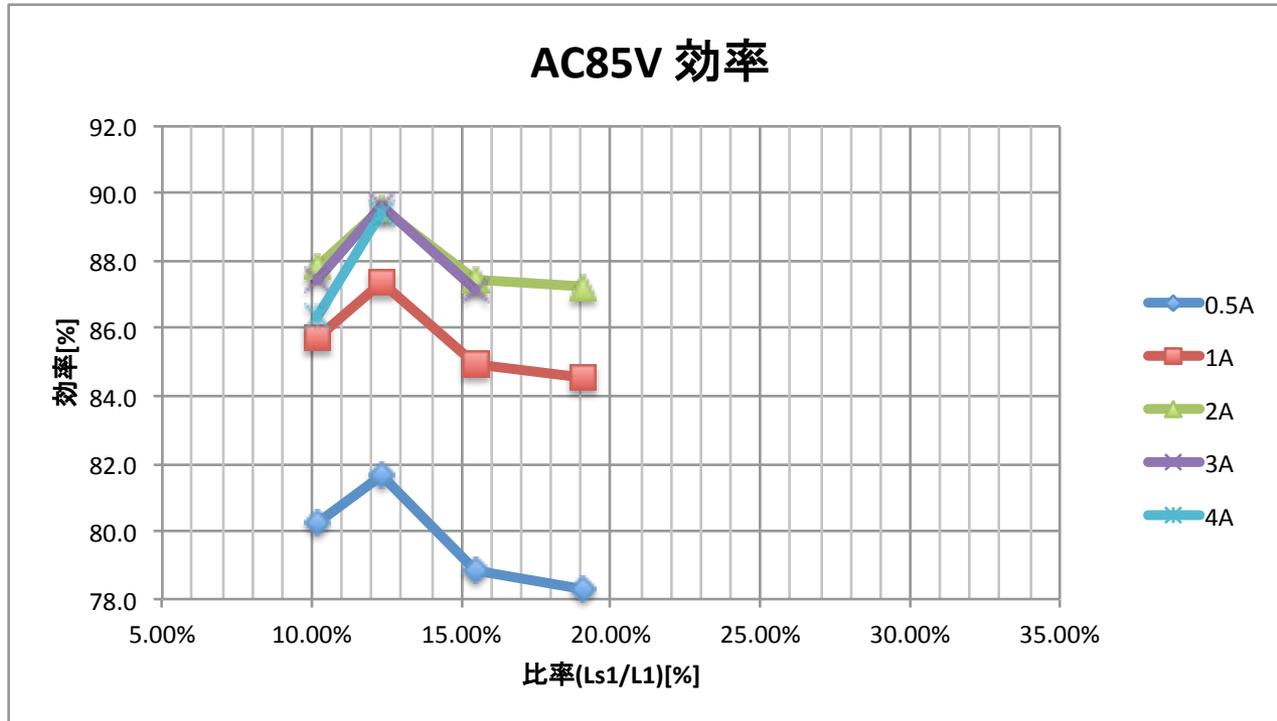
効率測定生データ サンプル(i) 他入力電圧



B一定時の効率データ サンプル(i) 他入力電圧

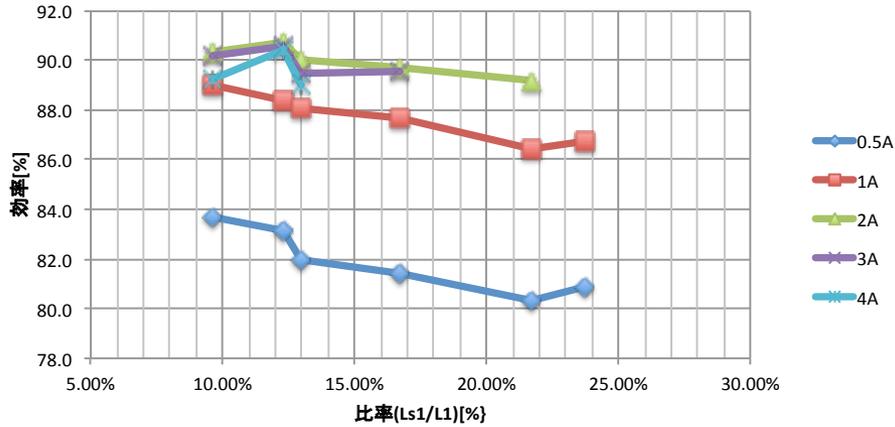


B一定時の効率データ サンプル(i) 他入力電圧

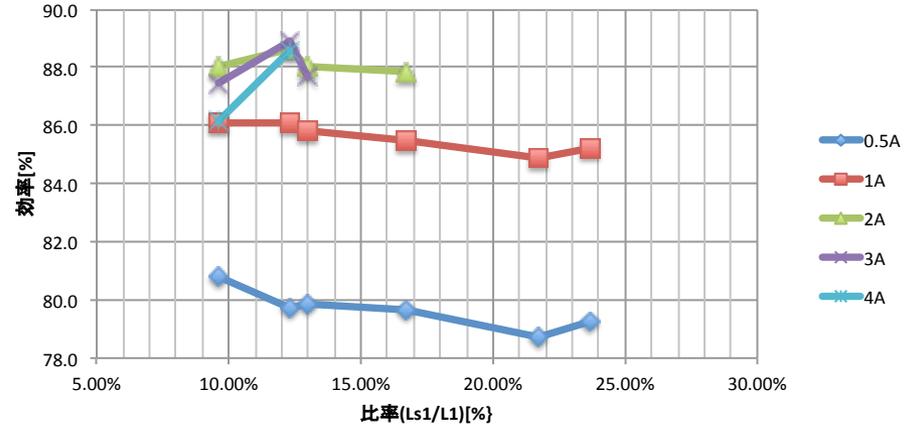


効率測定生データ サンプル(ii) 他入力電圧

AC115V 効率

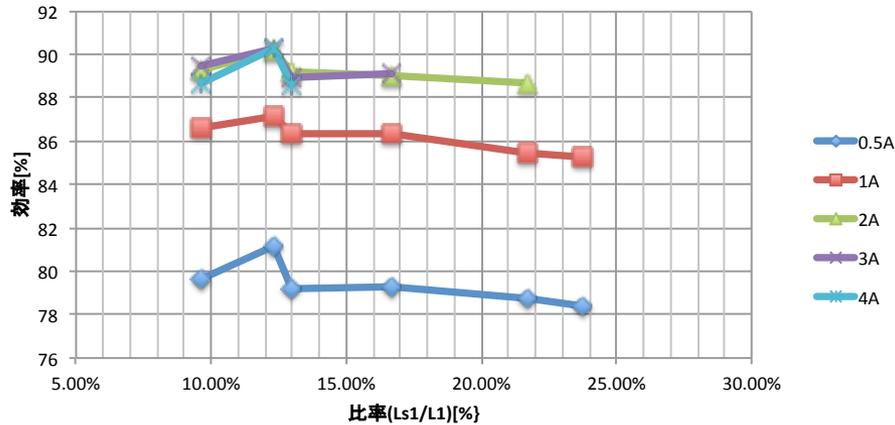


AC85V 効率

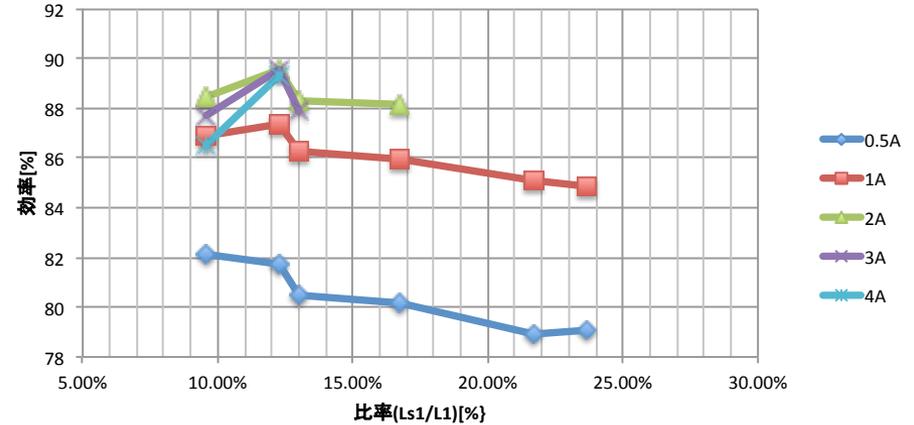


B一定時の効率データ サンプル(ii) 他入力電圧

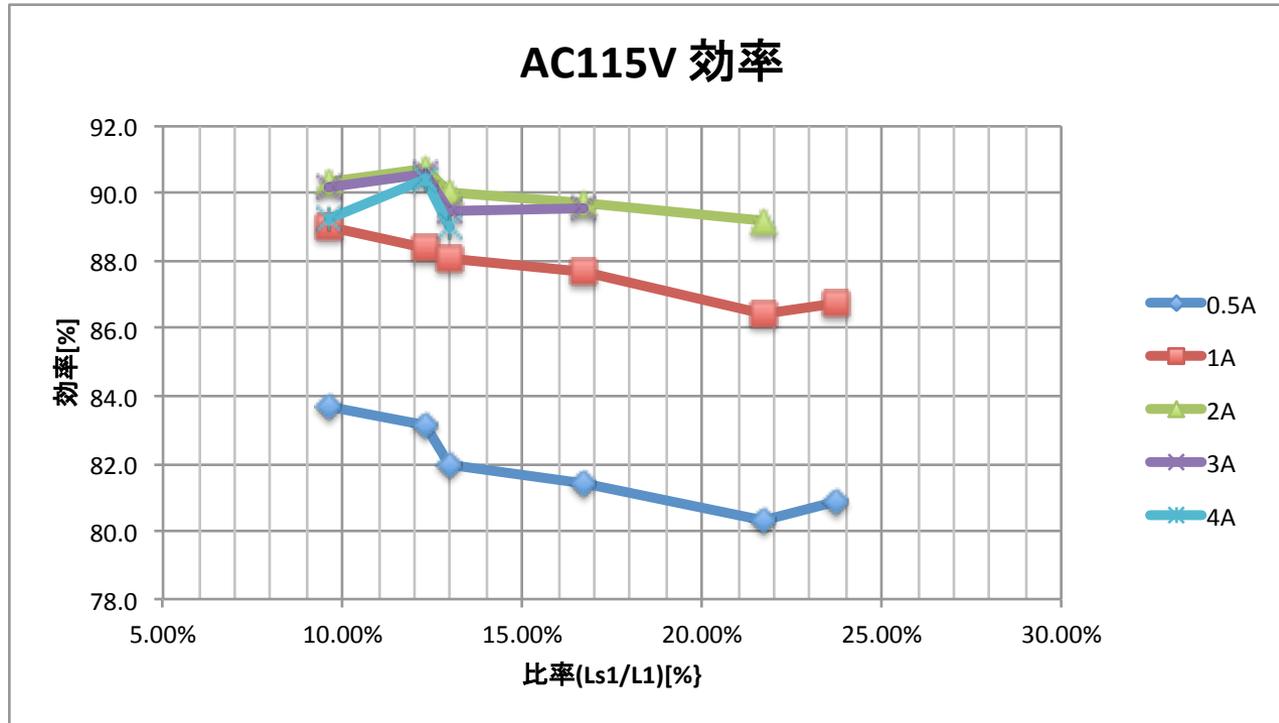
AC115V 効率



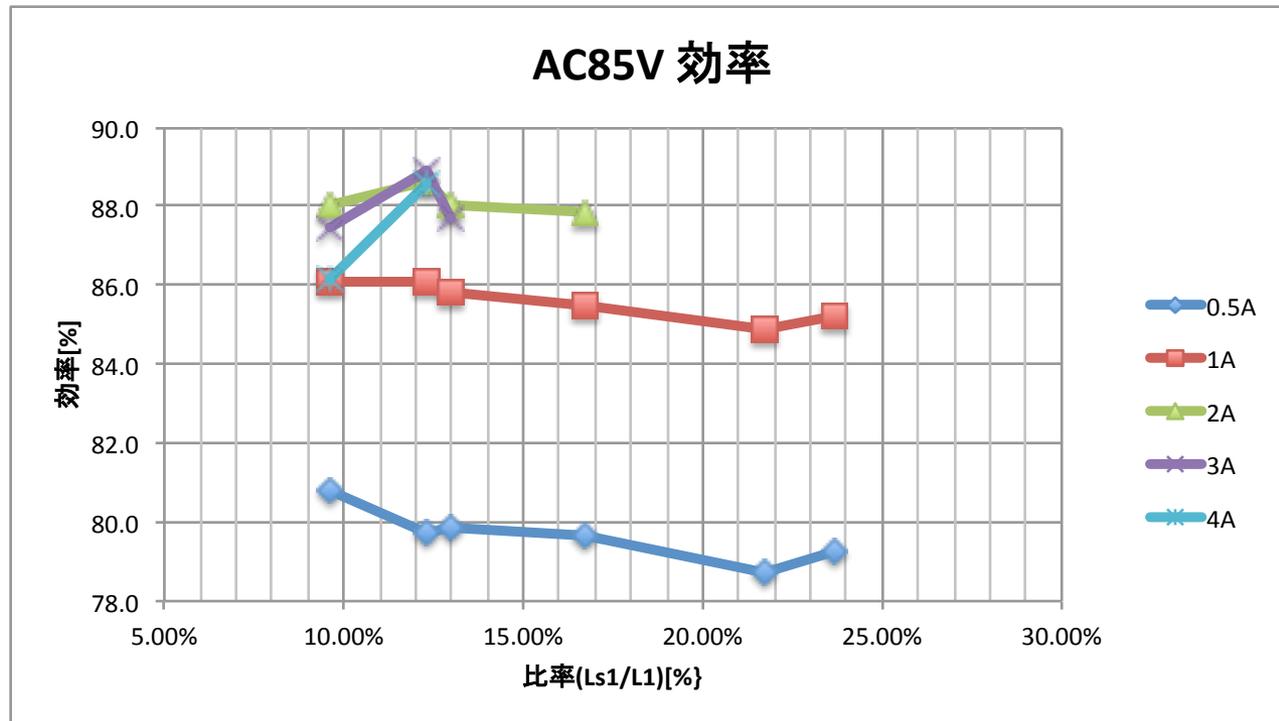
AC85V 効率



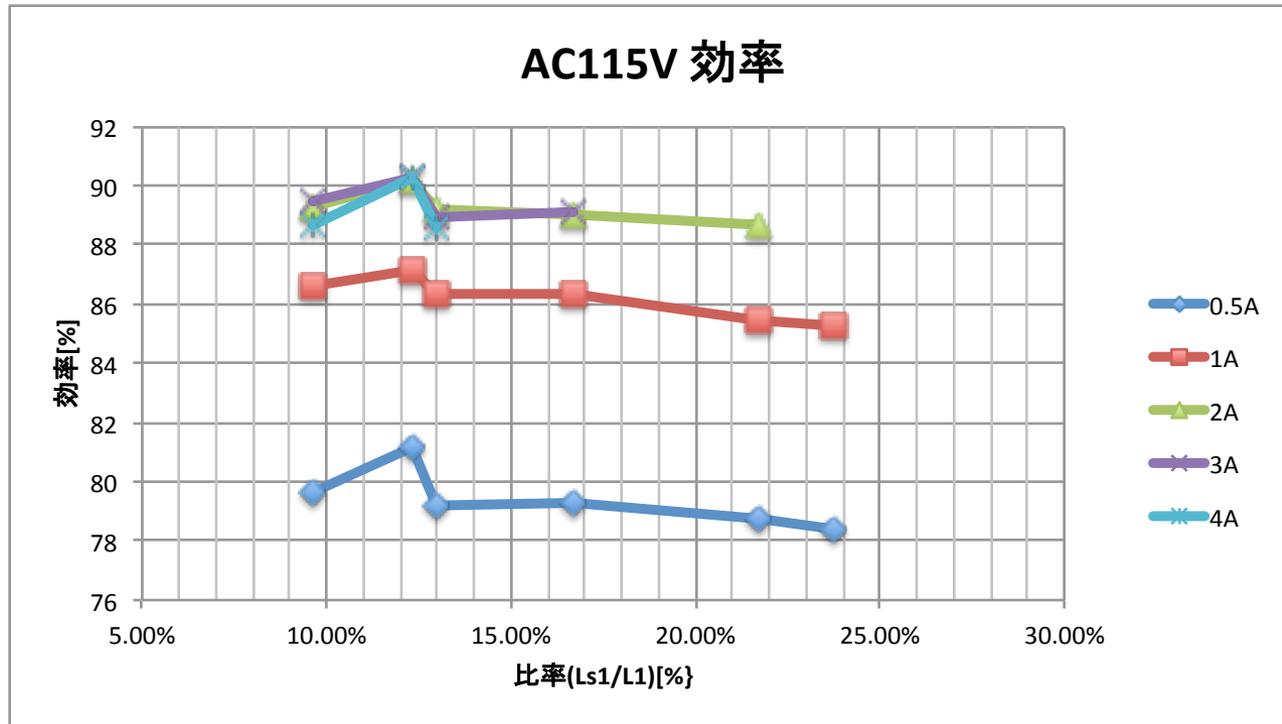
効率測定生データ サンプル(ii) 他入力電圧



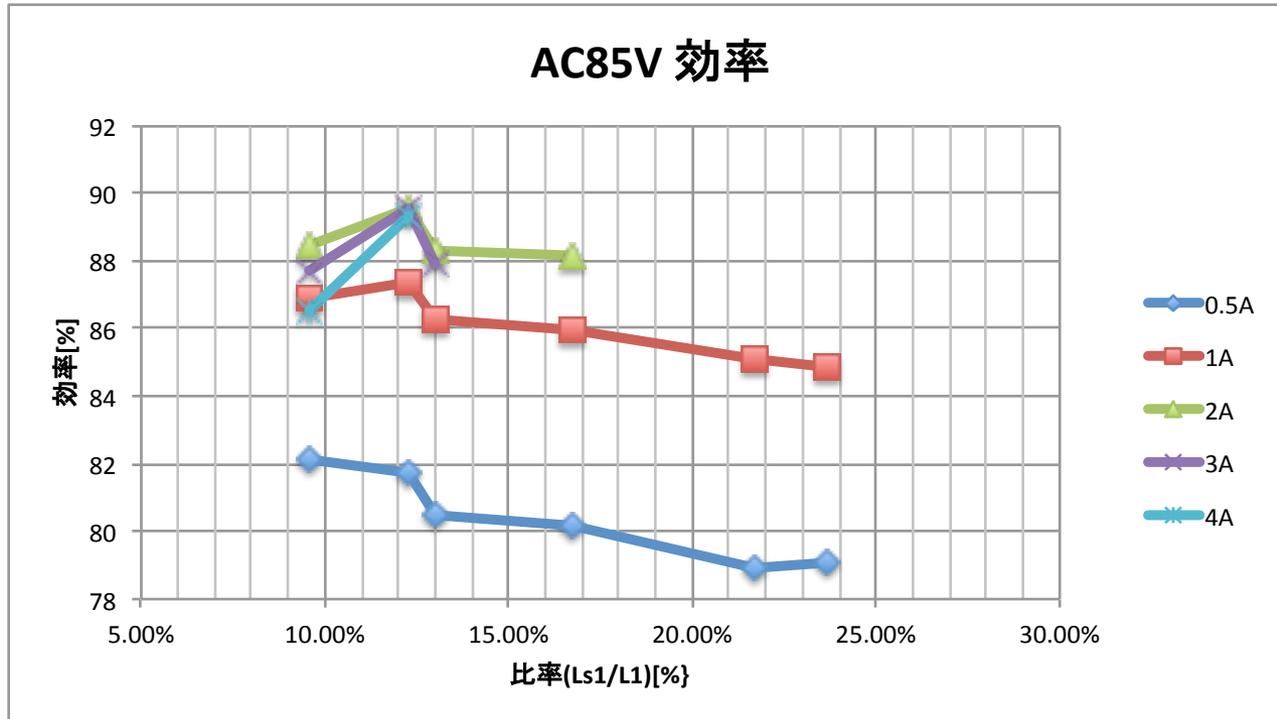
効率測定生データ サンプル(ii) 他入力電圧



B一定時の効率データ サンプル(ii) 他入力電圧

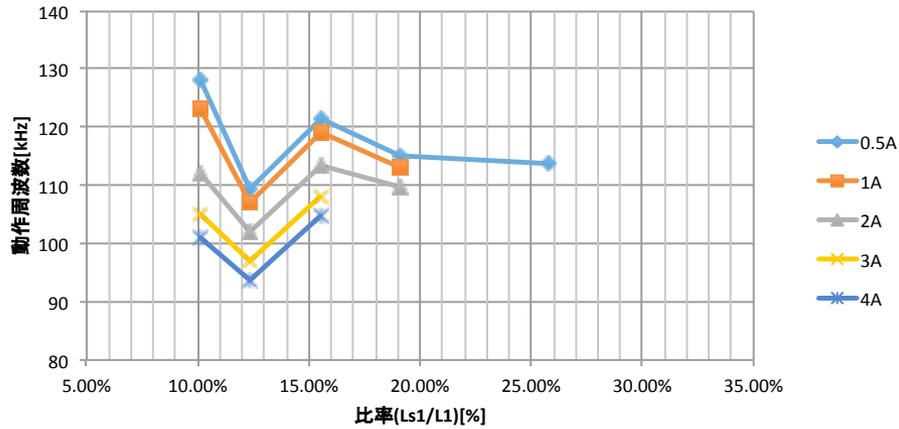


B一定時の効率データ サンプル(ii) 他入力電圧

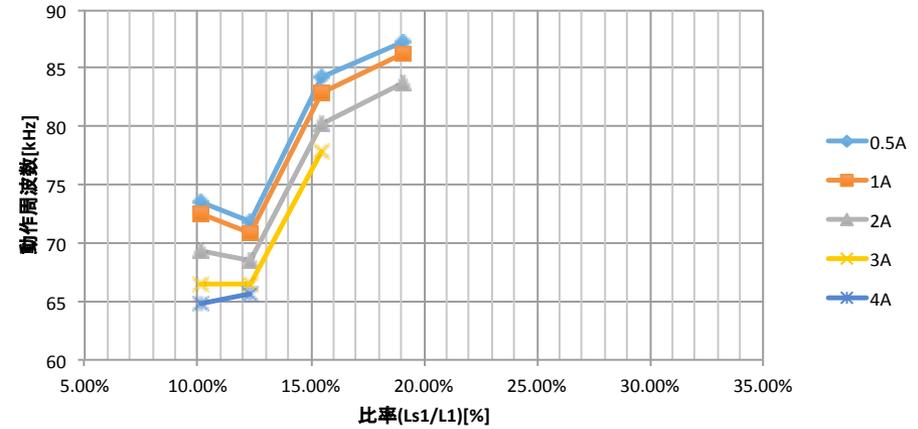


動作周波数測定結果 サンプル(i)

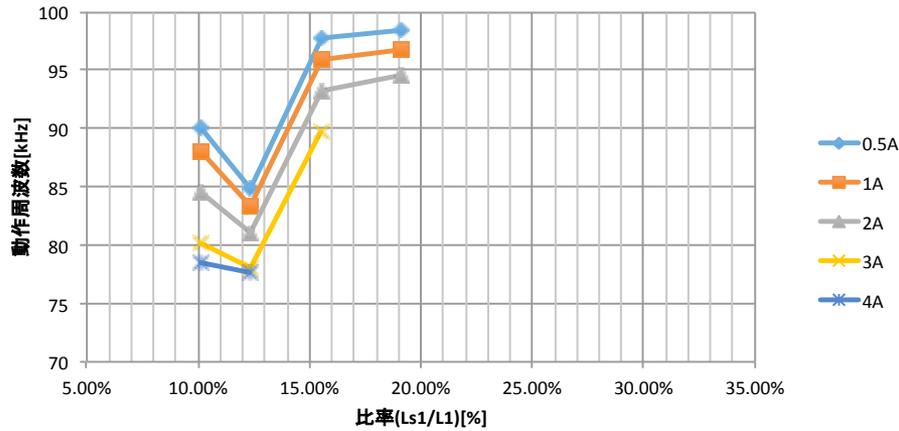
AC115V 動作周波数



AC85V 動作周波数

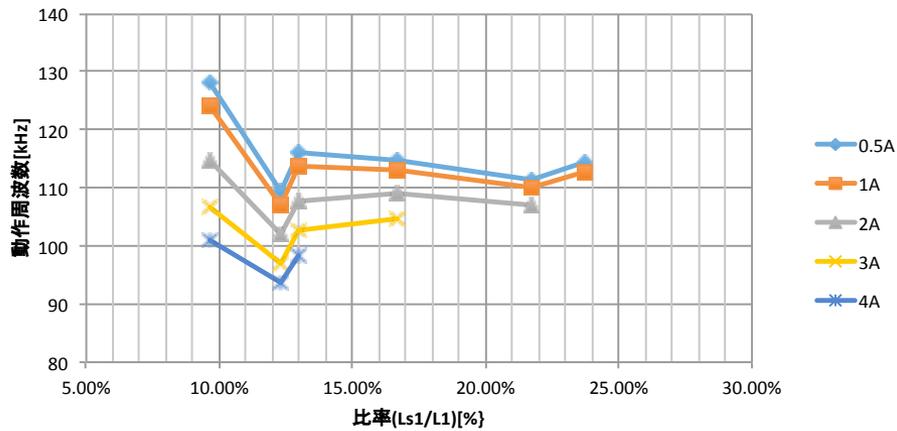


AC100V 動作周波数

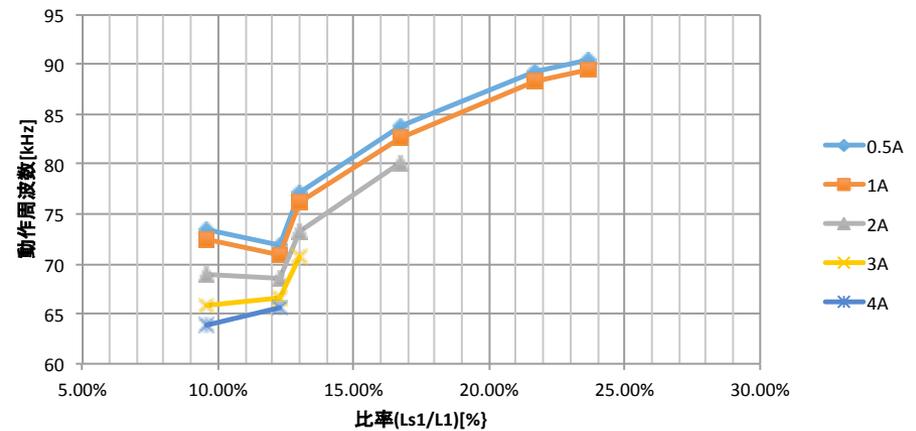


動作周波数測定結果 サンプル(ii)

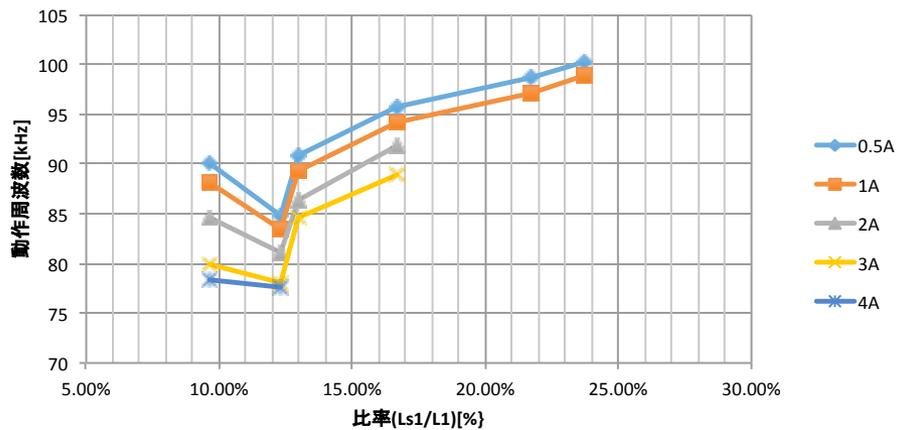
AC115V 動作周波数



AC85V 動作周波数

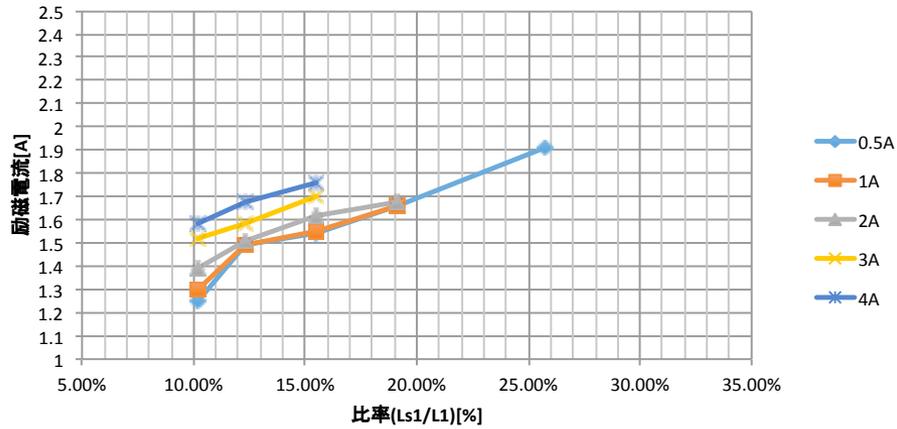


AC100V 動作周波数

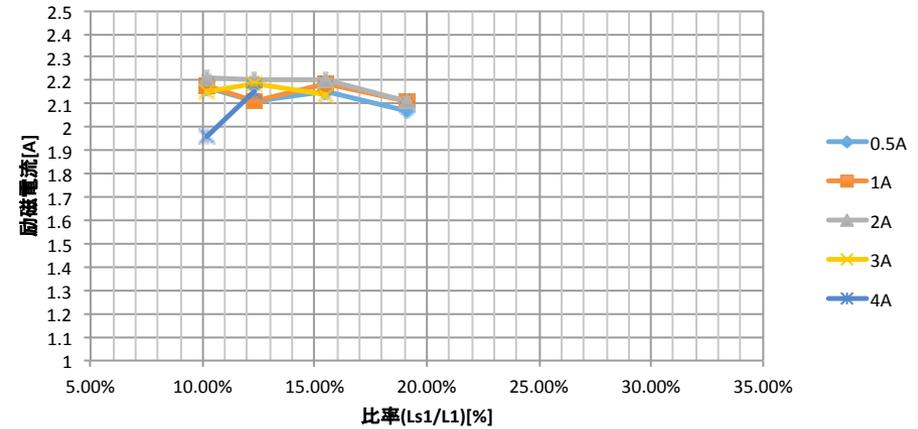


励磁電流測定結果 サンプル(i)

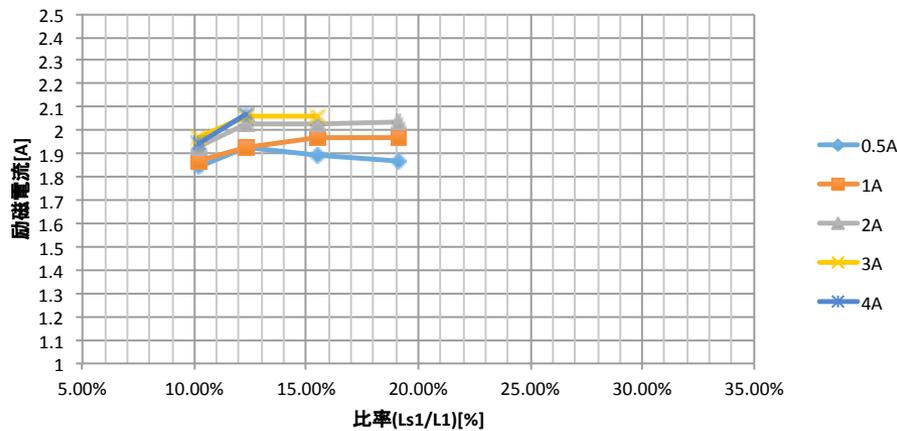
AC115V 励磁電流



AC85V 励磁電流

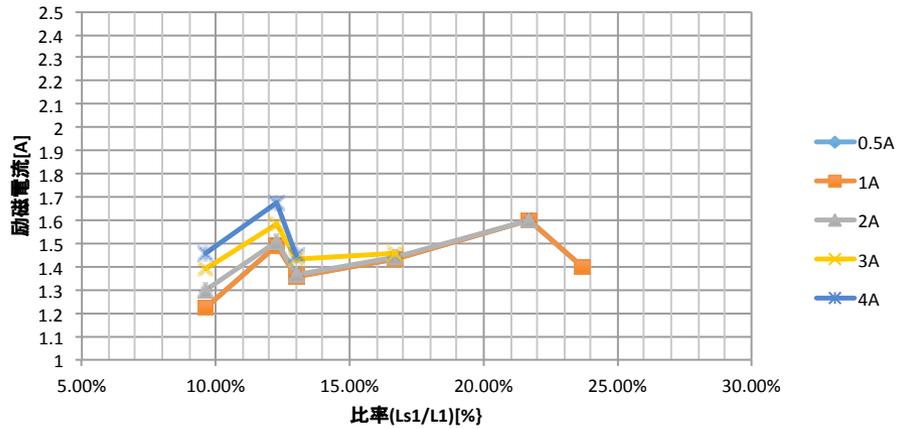


AC100V 励磁電流

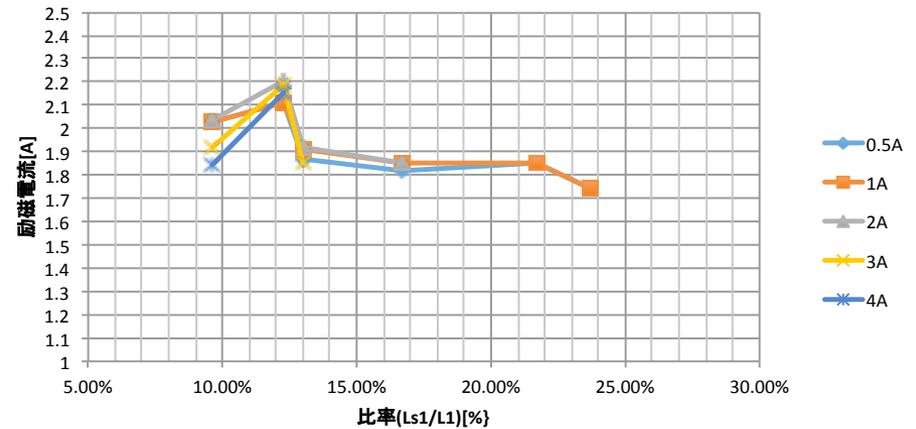


励磁電流測定結果 サンプル(ii)

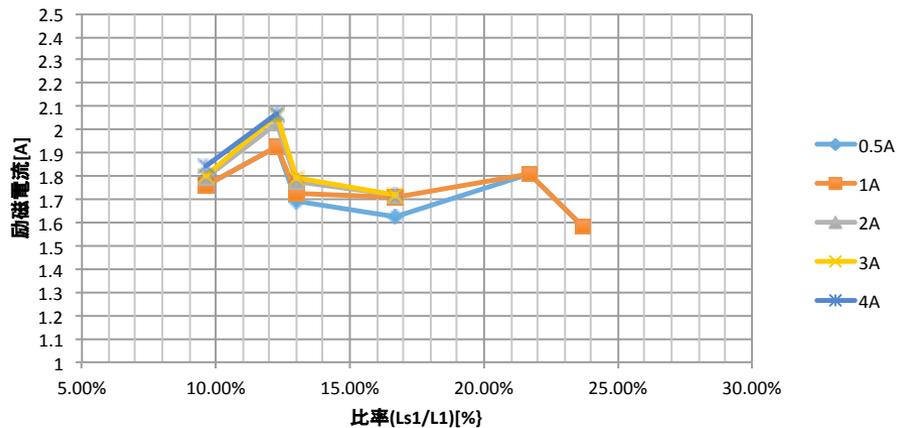
AC115V 励磁電流



AC85V 励磁電流

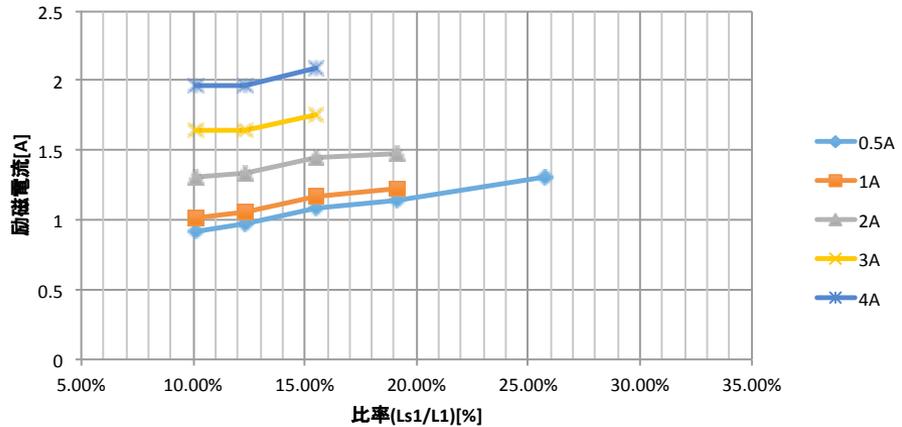


AC100V 励磁電流

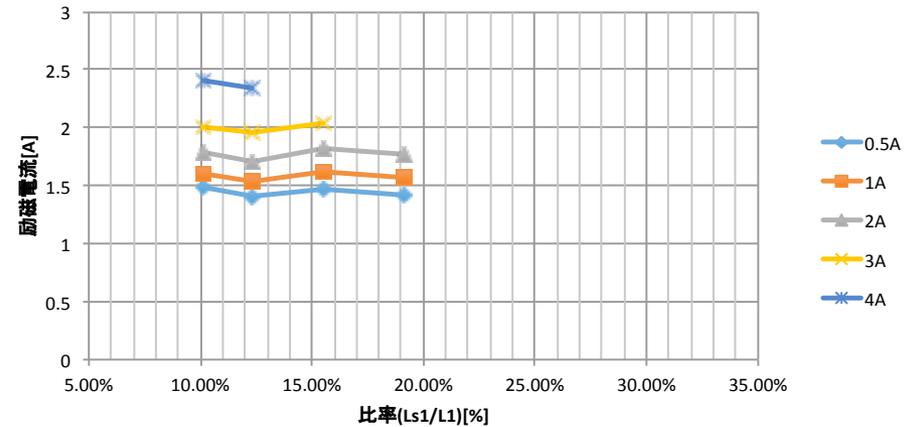


1次巻線電流実効値 サンプル(i)

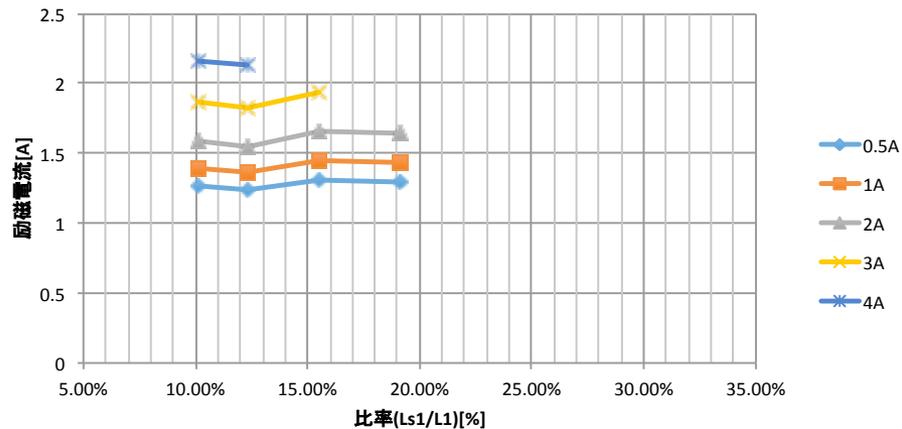
AC115V 一次巻線電流実効値



AC85V 一次巻線電流実効値

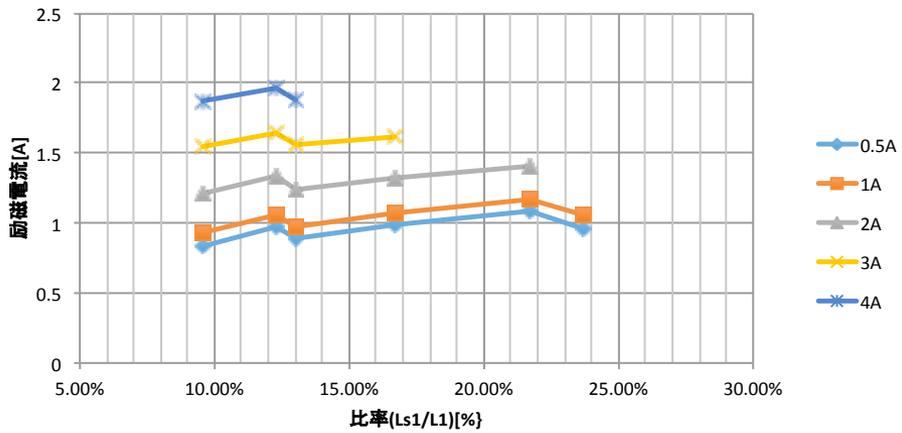


AC100V 一次巻線電流実効値

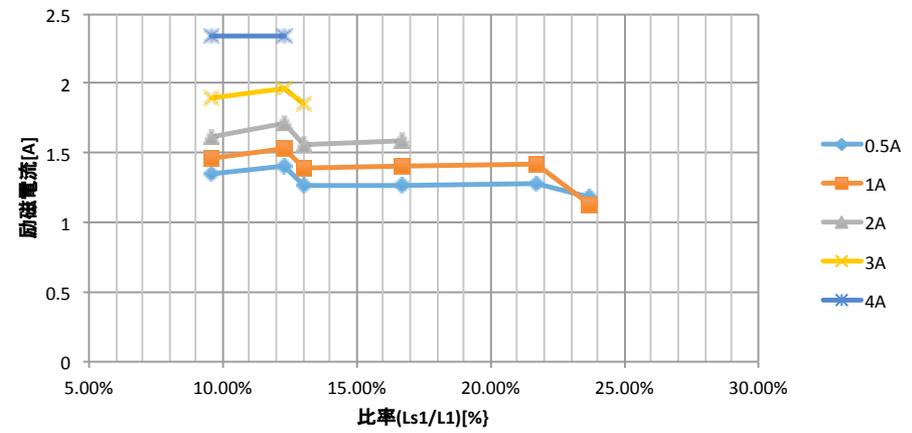


1次巻線電流実効値 サンプル(ii)

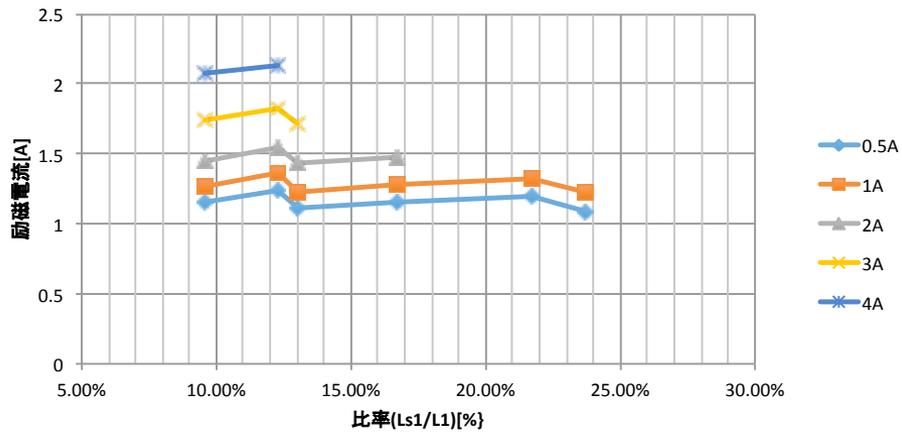
AC115V 一次巻線電流実効値



AC85V 一次巻線電流

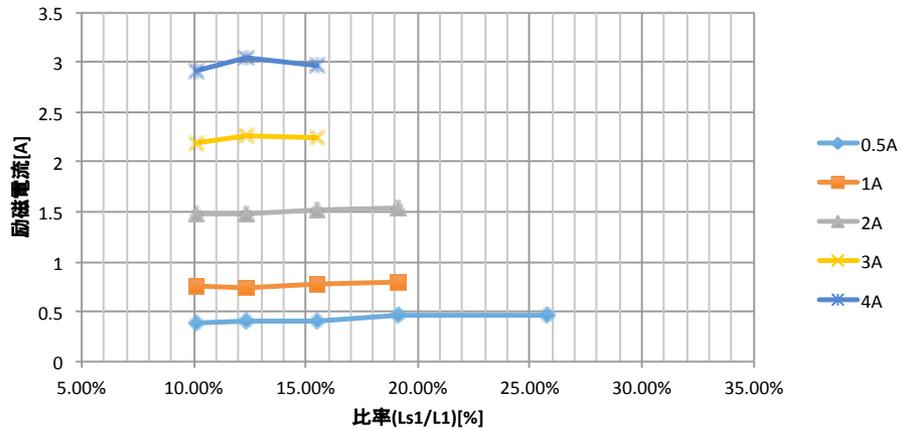


AC100V 一次巻線電流

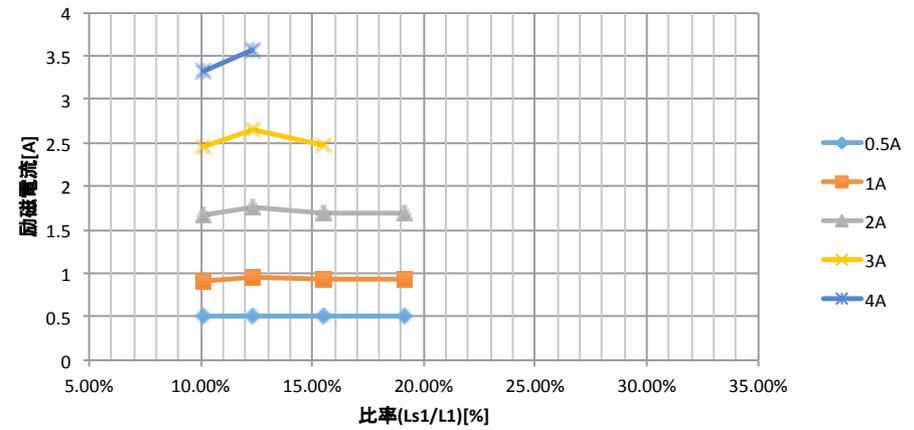


2次巻線電流実効値 サンプル(i)

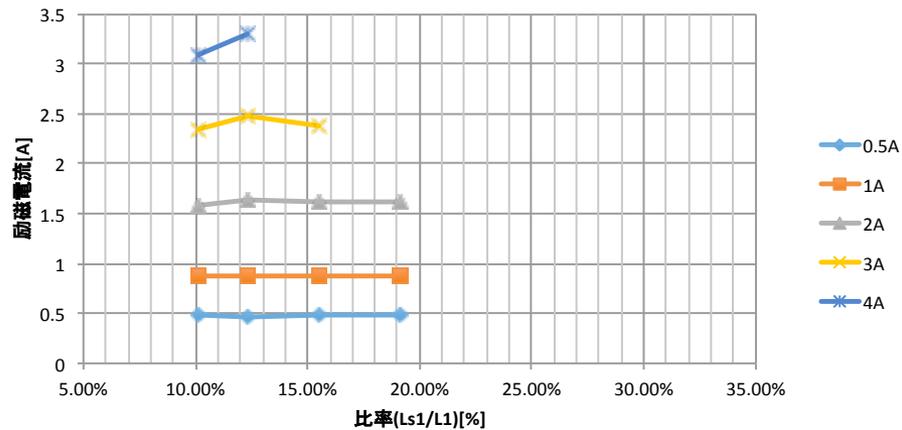
AC115V 二次巻線電流実効値



AC85V 二次巻線電流実効値

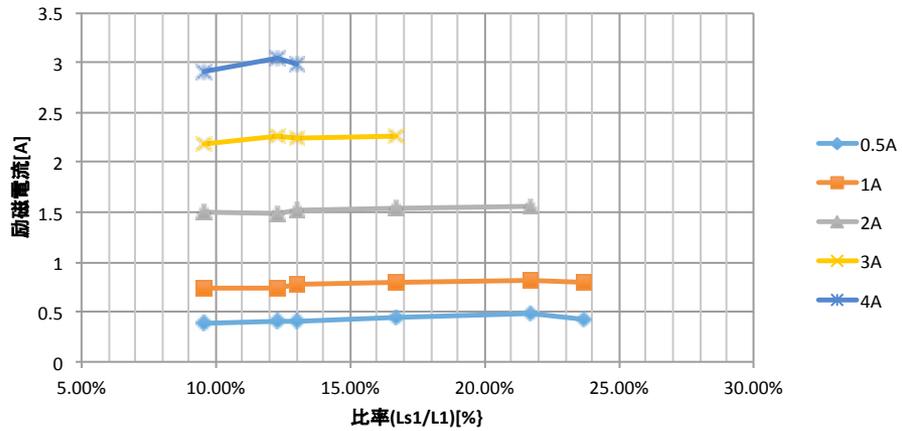


AC100V 二次巻線電流実効値

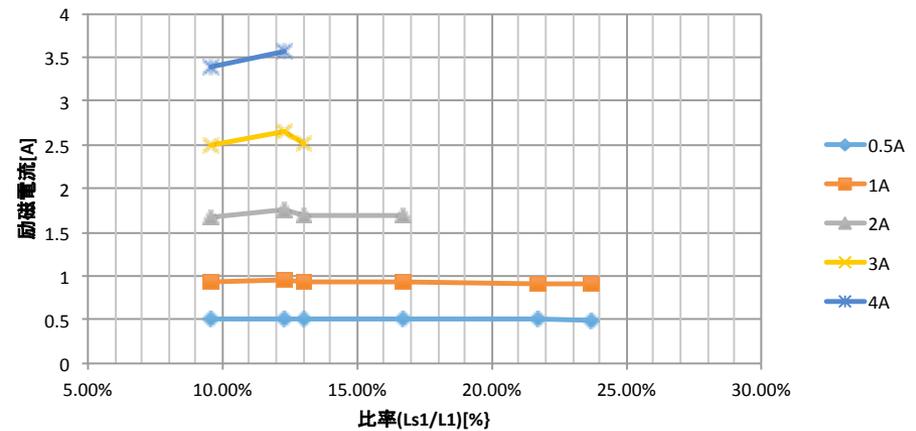


2次巻線電流実効値 サンプル(ii)

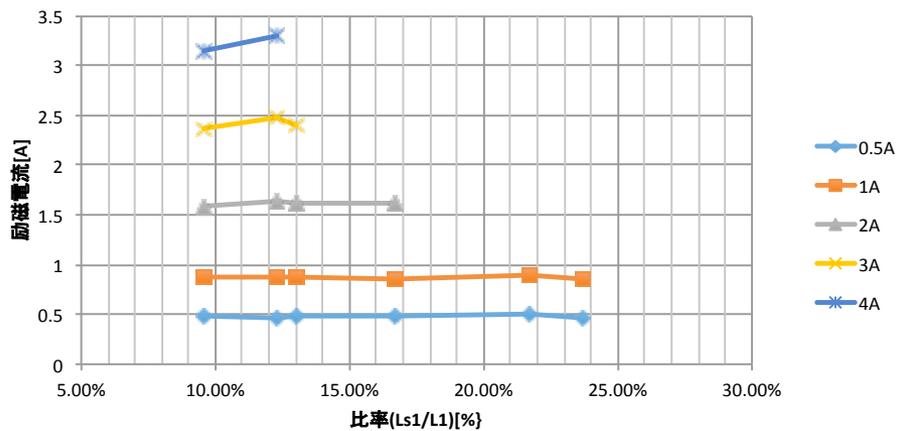
AC115V 二次巻線電流



AC85V 二次巻線電流



AC100V 二次巻線電流



◆1st サンプルの仕様

表1 各サンプルのインダクタンス

	X=L ₁ (μH)	Y=L _S (μH)	L _{S1} (μH)	L _P (μH)	L _{S1} /L _P (%)	L _{S1} /L ₁ (%)	Gap (mm)
EXT45742-072X	110	21.2	11.2	98.8	11.3	10.15	0.225×2
EXT45742-072Y	109	31.2	16.9	92.1	18.35	15.5	0.25×2
EXT45742-072Z	116	40.2	22.2	93.8	23.7	19.1	0.25×2
EXT45742-072U	117.6	52.8	30.3	87.3	34.7	25.77	0.3×2
EXT45742-072V	116.4	59.7	35.2	81.2	43.3	30.2	0.3×2
現状品	130	30	16	114	14.0	12.3	0.2×2

X:二次側開放時のインダクタンスの測定値、 $X = L_1 = L_P + L_{S1}$

Y:二次側短絡時のインダクタンスの測定値、 $Y = L_S = L_{S1} + (L_P \times L_{S1}) / (L_P + L_{S1})$

L_{S1}:一次リーケージインダクタンス、

L_P:一次励磁インダクタンス

L₁:一次自己インダクタンス、 $L_1 = L_P + L_{S1}$

◆1st サンプルの仕様

表2 各サンプルの巻線抵抗

		巻線抵抗(mΩ)			
		Prim. ②-⑥	Drive ①-④	S1 11-14	S2 12-13
EXT45742-072X		228.7	69.9	66.2	66.8
EXT45742-072Y		212.0	59.8	65.2	66.1
EXT45742-072Z		212.4	60.4	65.3	66.3
EXT45742-072U		238.6	73.2	66.2	66.4
EXT45742-072V		235.4	69.3	67.4	69.8
備考	巻数(t)	21	5	6	6
	巻線	0.1φ/70	0.35φ	0.1φ/70	0.1φ/70
	巻方	整列巻き	整列巻き	バイファイラ 巻き	バイファイラ 巻き

◆2ndサンプルの仕様

表1 各サンプルのインダクタンス

	$X=L_1$ (μH)	$Y=L_S$ (μH)	L_{S1} (μH)	L_P (μH)	L_{S1}/L_P (%)	L_{S1}/L_1 (%)	Gap (mm)
EXT45742-072X2	123	22.5	11.8	111.2	10.6	9.6	0.2×2
EXT45742-072Y2	130.5	31.7	16.96 ≒17	113.5	15.0	13.0	0.188×2
EXT45742-072Z2	136.9	41.8	22.8	114.1	20.0	≒16.7	0.2×2
EXT45742-072U2	139.0	53.9	30.2	108.8	27.8	21.7	0.225×2
EXT45742-072V2	147.5	61.3	34.9	112.6	31.0	23.7	0.2×2
現状品	130	30	16	114	14.0	12.3	0.2×2

X:二次側開放時のインダクタンスの測定値、 $X=L_1=L_P+L_{S1}$

Y:二次側短絡時のインダクタンスの測定値、 $Y=L_S=L_{S1}+(L_P \times L_{S1}) / (L_P+L_{S1})$

L_{S1} :一次リーケージインダクタンス、

L_P :一次励磁インダクタンス

L_1 :一次自己インダクタンス、 $L_1=L_P+L_{S1}$

◆2ndサンプルの仕様

表2 各サンプルの巻線抵抗

		巻線抵抗(mΩ)			
		Prim. ②-⑥	Drive ①-④	S1 11-14	S2 12-13
EXT45742-072X2		229.1	68.8	66.6	66.0
EXT45742-072Y2		212.3	58.7	66.0	65.2
EXT45742-072Z2		212.1	60.2	65.0	65.1
EXT45742-072U2		234.0	69.6	65.1	64.7
EXT45742-072V2		230.3	69.6	68.4	68.8
備考	巻数(t)	21	5	6	6
	巻線	0.1φ/70	0.35φ	0.1φ/70	0.1φ/70
	巻方	整列巻き	整列巻き	バイファイラ 巻き	バイファイラ 巻き

◆ 励磁電流の測定点

二次側ダイオード電流であり励磁電流ではない。

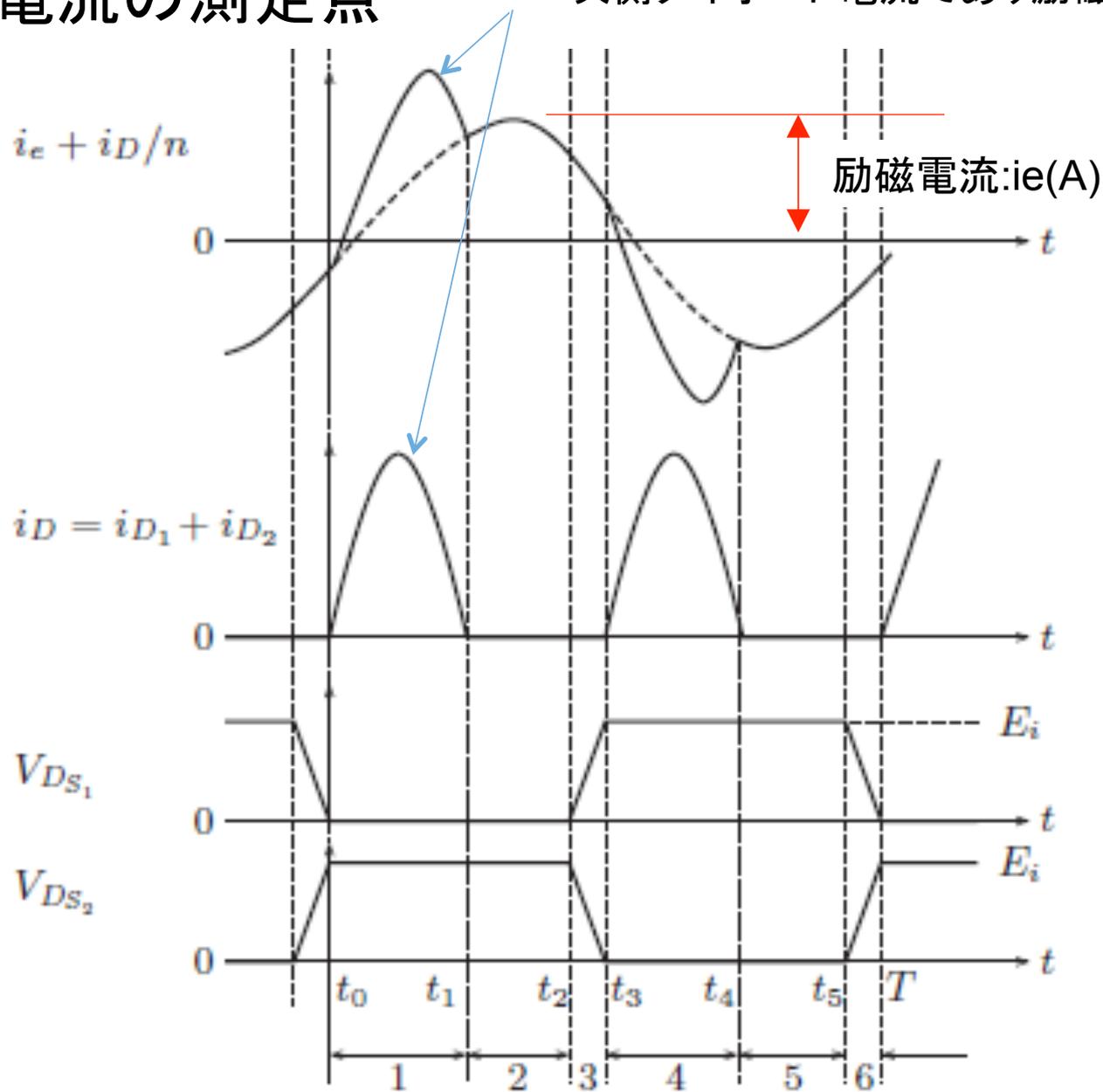
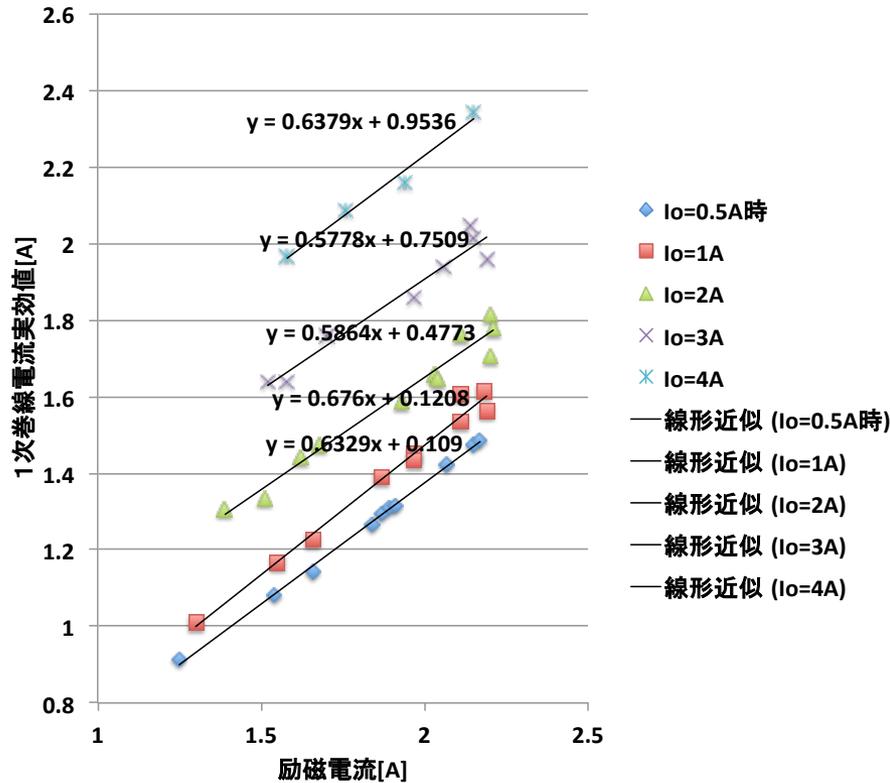


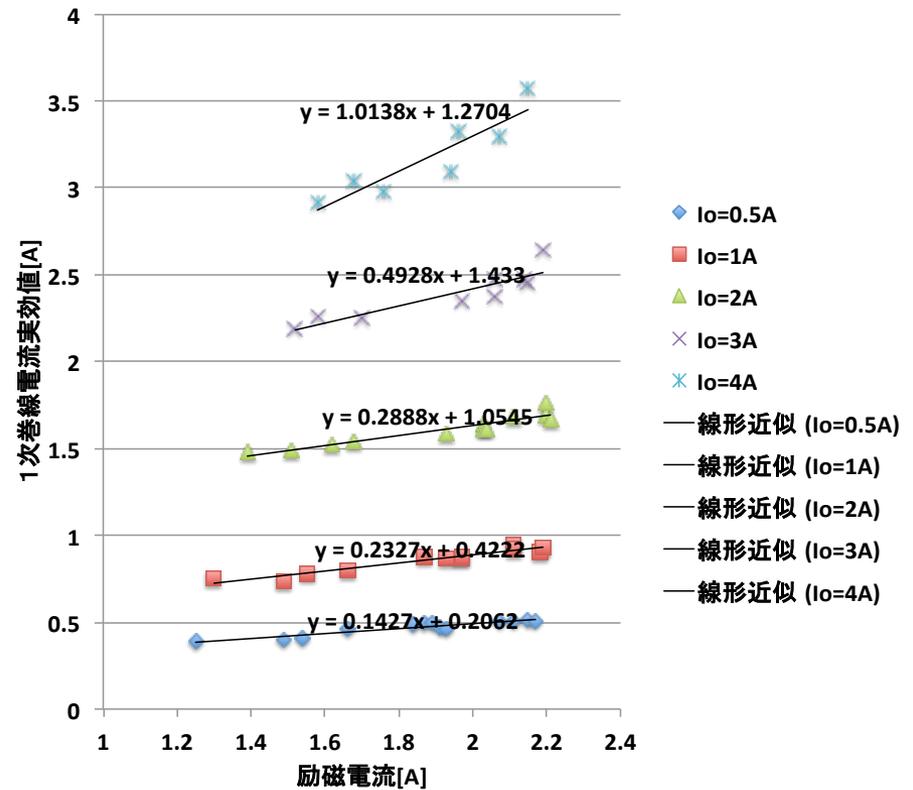
図2

◆ 励磁電流と巻線電流実効値の関係 サンプル(i)

1stサンプルー励磁電流と1次巻線電流実効値の関係

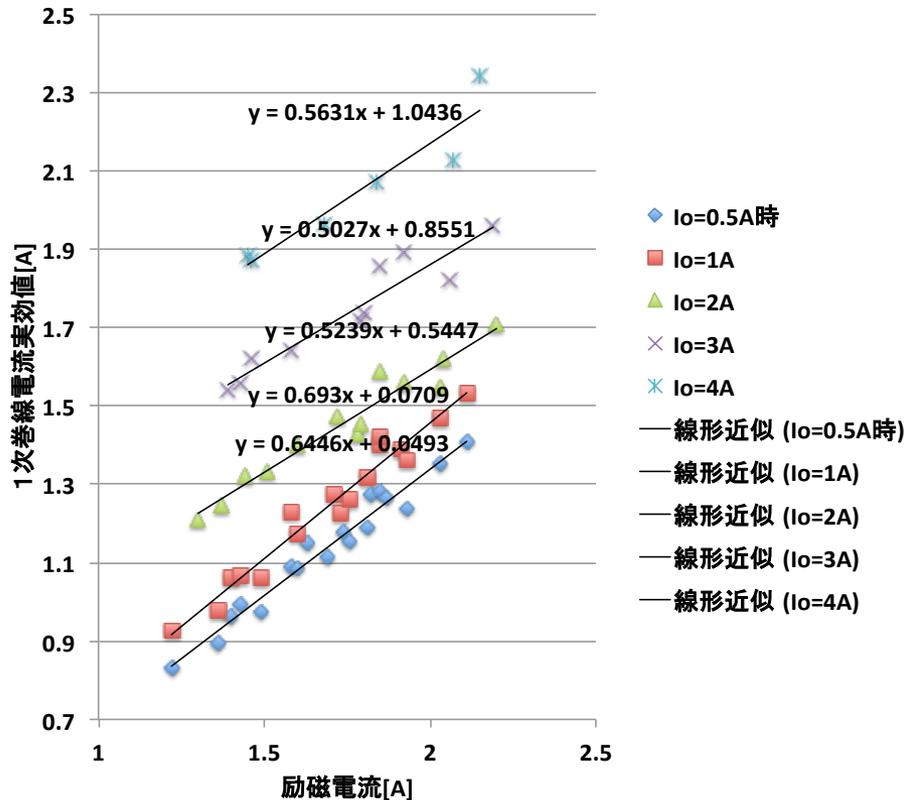


1stサンプルー励磁電流と2次巻線電流実効値の関係

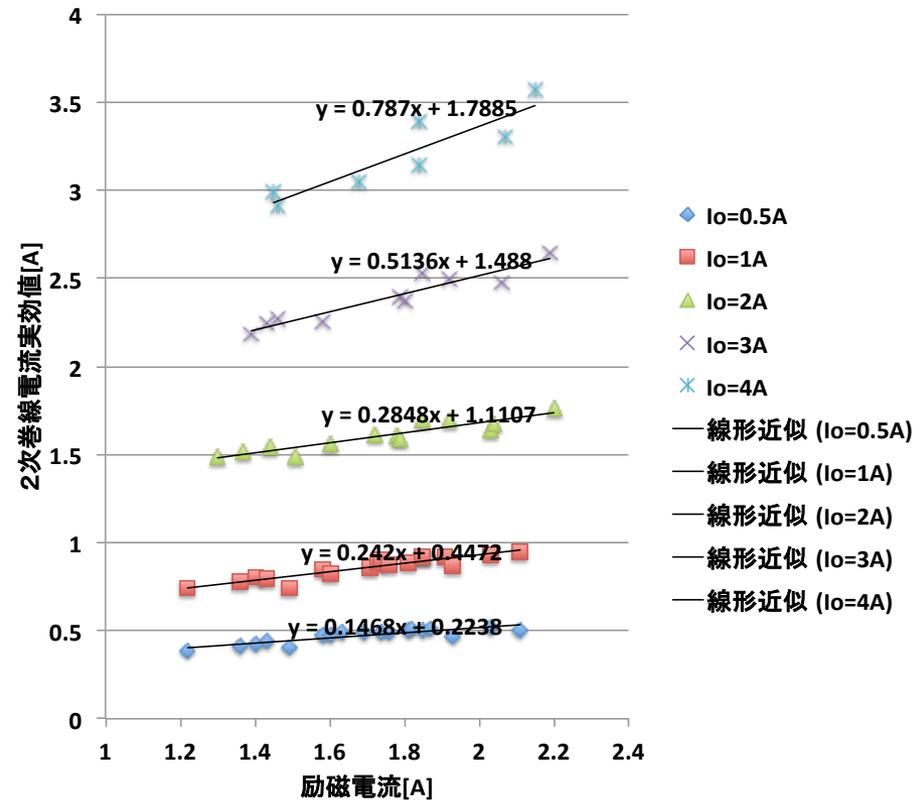


◆ 励磁電流と巻線電流実効値の関係 サンプル(ii)

2ndサンプルー励磁電流と1次巻線電流実効値の関係



2ndサンプルー励磁電流と2次巻線電流実効値の関係



Q1. 効率は何%オーダーで測定しているのか。
信頼性、精度に問題はないのか。

A1. 入力電力はワットメーターで測定、出力電力については
負荷電流は電子負荷で引いて、出力電圧は電子電圧計で測定して
積で計算している。
入力電力はワットメーターで0.1Wオーダーで測定できて、
電子電圧計は0.001Vまで測定できます。
なので信頼性はあると思います...？

Q2. 効率のピークを探すのが今後の課題で
挙げられていたが、どの程度の精度で進めていくつもりですか。

A2. 1%刻みくらいが適切かと思います。

実測はいろいろな条件によって測定結果が変化します。
なので測定機器はなにを使ったのか、数値は小数点第何位まで測定できるのか、
どういう環境でどういう手順で行ったのか、こういった部分は実測結果を示す上で、
非常に大事な要素だなと感じました。
質問で結果の信頼性について質問を受けましたが、こういった部分について
あまり意識して実験を行ってなかったのもので、質問の意図がわからず
うまく答えることができませんでした。
発表資料もその部分については全く触れていないものだったので、
そのような質問をうけたのだと思いました。
シミュレーションばかりやっていたには気づけなかったと思います。

この研究・発表はこれから商品の信頼性が非常に大事にされる
企業で働くにあたって非常にいい経験になったと感じています。
共同研究を与えてくださった小林先生、落合先生、築地さん
本当に有難う御座いました。