

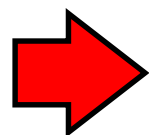
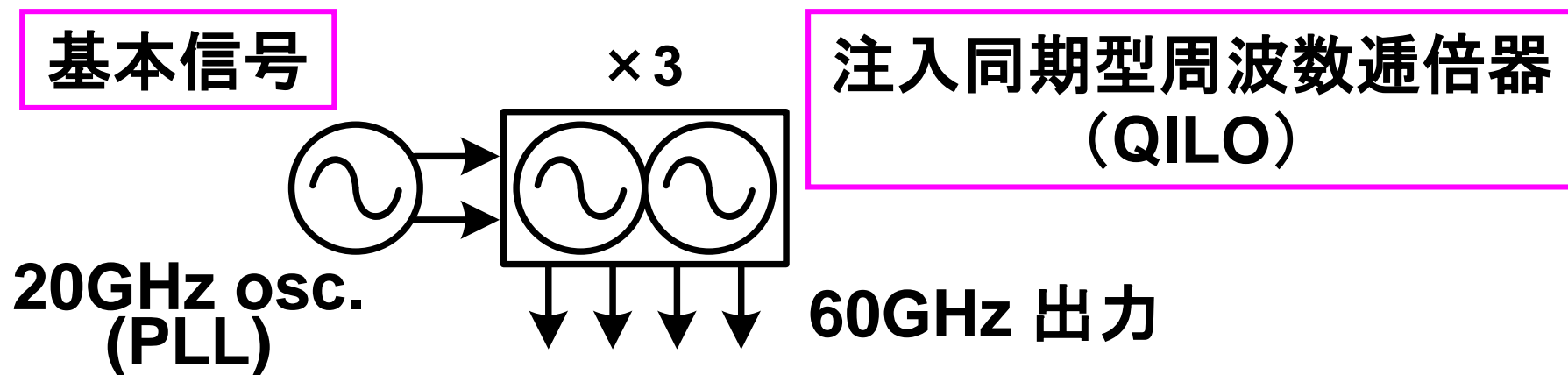
ミリ波注入同期型周波数逡倍器の 共振インピーダンス最適化

◎桂木 真希彦, 近藤 智史,
岡田 健一, 松澤 昭

東京工業大学 大学院理工学研究科

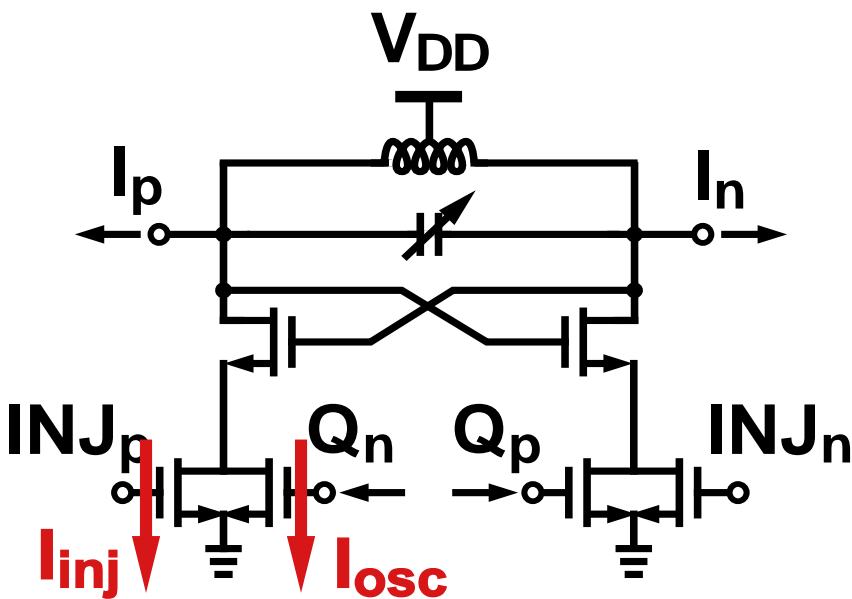
- 研究背景・目的
- 注入同期型周波数逓倍器の構成
- 共振インピーダンス最適化
 - スイッチトキャパシタ
 - インダクタ
- シミュレーション結果
- まとめ

- 60GHz帯局部発振器 [1]
 - 20GHz PLL + 60GHz QILO
 - 注入同期により位相雑音を低減
 - 位相雑音性能はPLLに依存



広ロックレンジ、低消費電力なQILOが必要

- I_{osc} を削減することによって
広ロックレンジ化と低消費電力化を同時に達成



ロックレンジ [2]

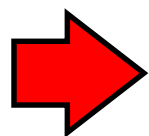
$$\omega_0 - \omega_{inj} = \frac{\omega_0}{2Q} \cdot \frac{I_{inj}}{I_{osc}}$$

ω_0 : 発振周波数

ω_{inj} : 注入信号の周波数 Q : 共振器のQ値

I_{osc} : 発振に必要な電流

I_{inj} : 注入信号による電流



共振インピーダンスを大きくして
小電流で大振幅をとれるような設計

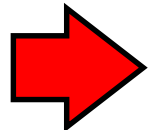
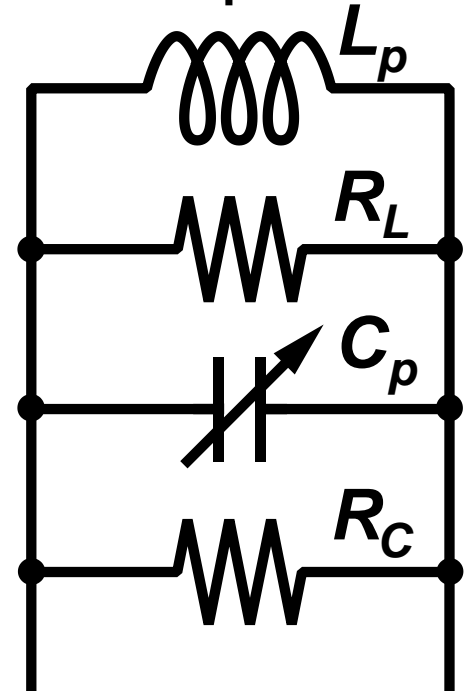
- L, CのQ値を用いて、共振インピーダンス R_p を表す

$$Q_L = \frac{1/\omega L_p}{1/R_L} = \frac{R_L}{\omega L_p}$$

$$Q_C = \omega C_p R_C$$

$$\therefore R_p = R_L \parallel R_C = \left(\frac{1}{Q_L \omega L_p} + \frac{\omega C_p}{Q_C} \right)^{-1}$$

$$= \left(\frac{1}{Q_L} + \frac{\omega^2 L_p C_p}{Q_C} \right)^{-1} \quad \omega L_p \approx \underline{(Q_L \parallel Q_C)} \underline{\omega L_p}$$

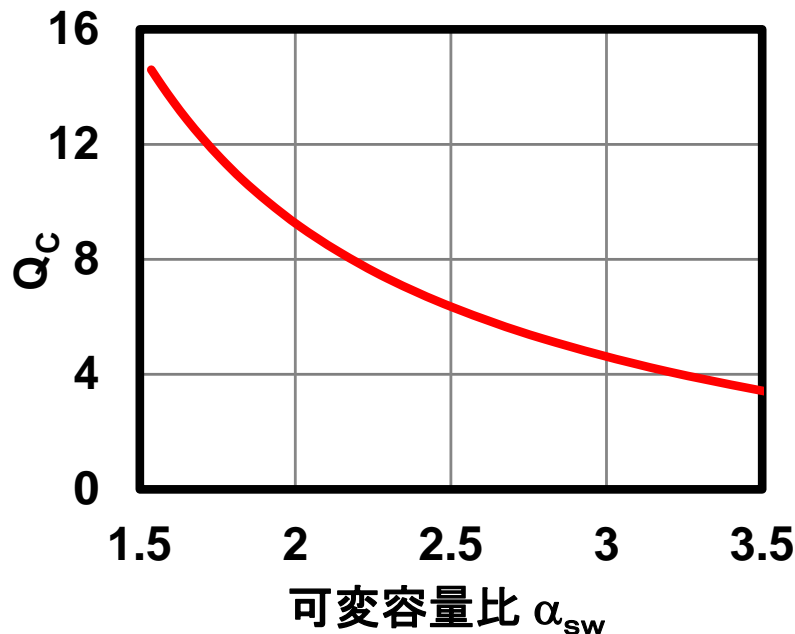
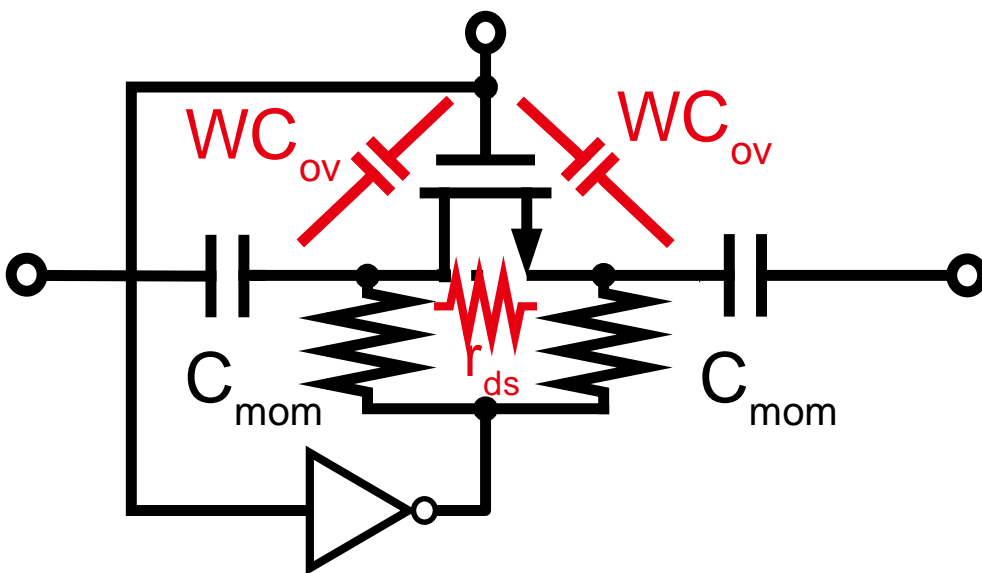


Q_C と L_p の最適な設計値を見積もる

スイッチトキャパシタ

- ON容量 $C_{sw,on} \approx \frac{C_{mom}}{2}$
 - OFF容量 $C_{sw,off} \approx \frac{WC_{ov}}{2}$
- 可変容量比 $\alpha_{sw} \approx \frac{C_{mom}}{WC_{ov}}$

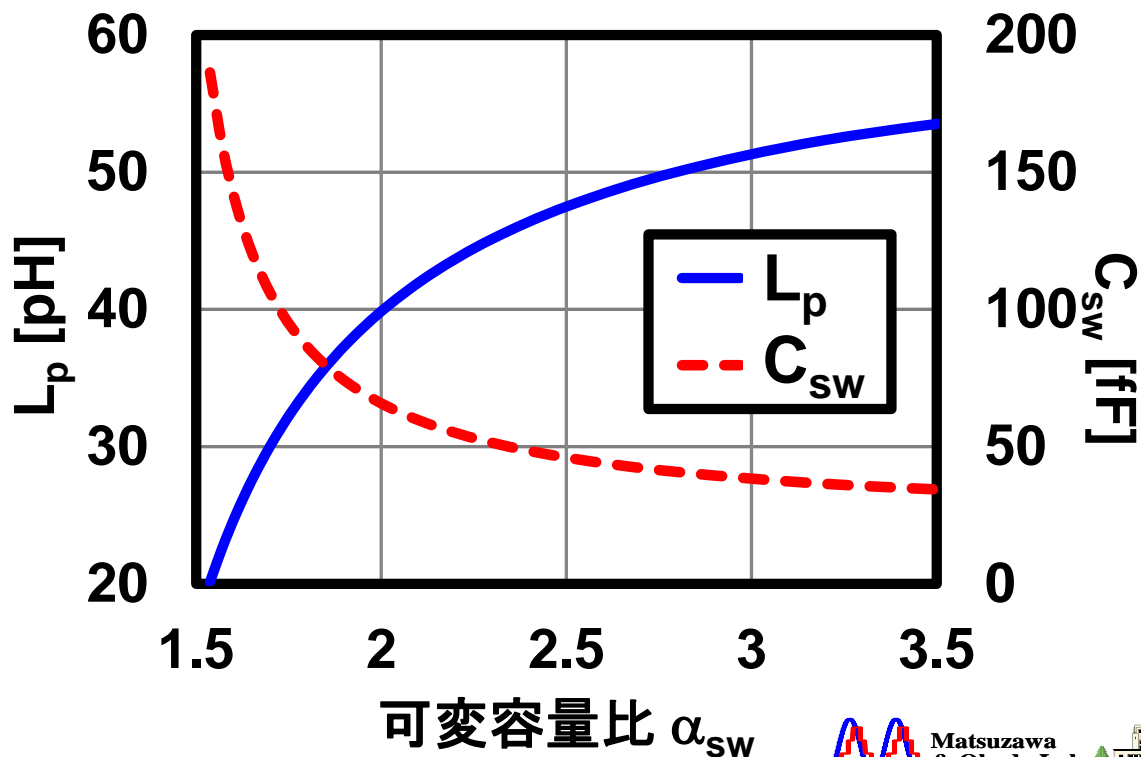
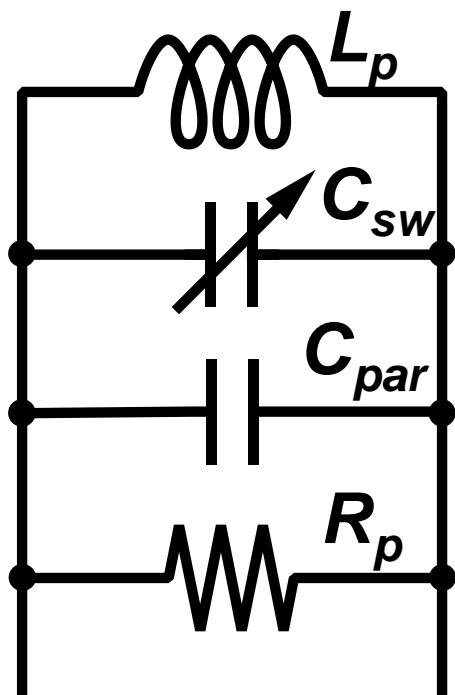
Q値 $Q_C \propto \frac{1}{r_{ds}} \propto W \propto \frac{1}{\alpha_{sw}}$



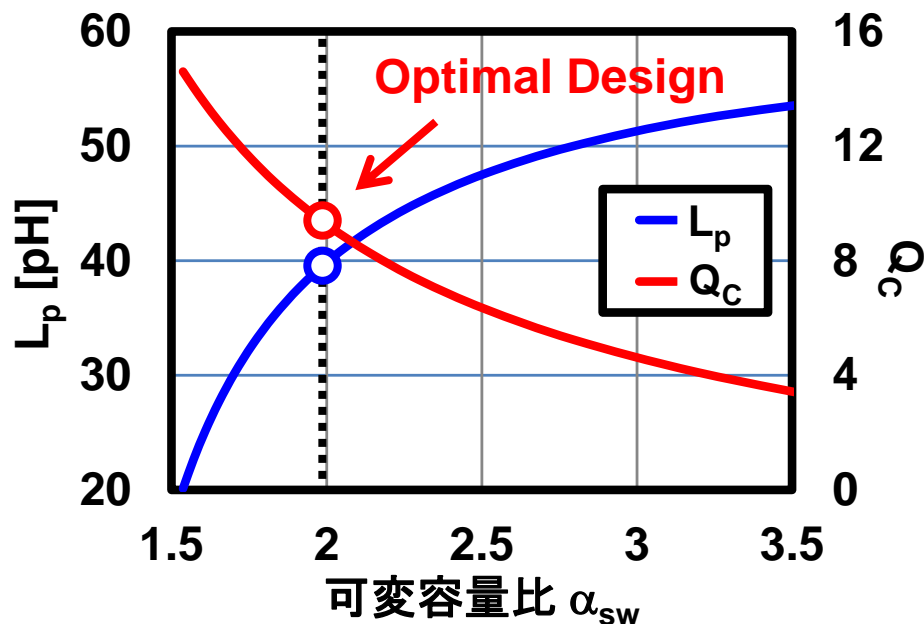
- 発振周波数 $f = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_p(\underbrace{C_{sw}}_{\text{可変}} + \underbrace{C_{par}}_{\text{固定}})}}$

$$L_p \propto \frac{1}{C_{sw}} \propto \alpha_{sw}$$

- 可変容量比 α_{sw} を大きくすれば
インダクタを大きく設計できる



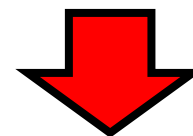
提案する最適化手法



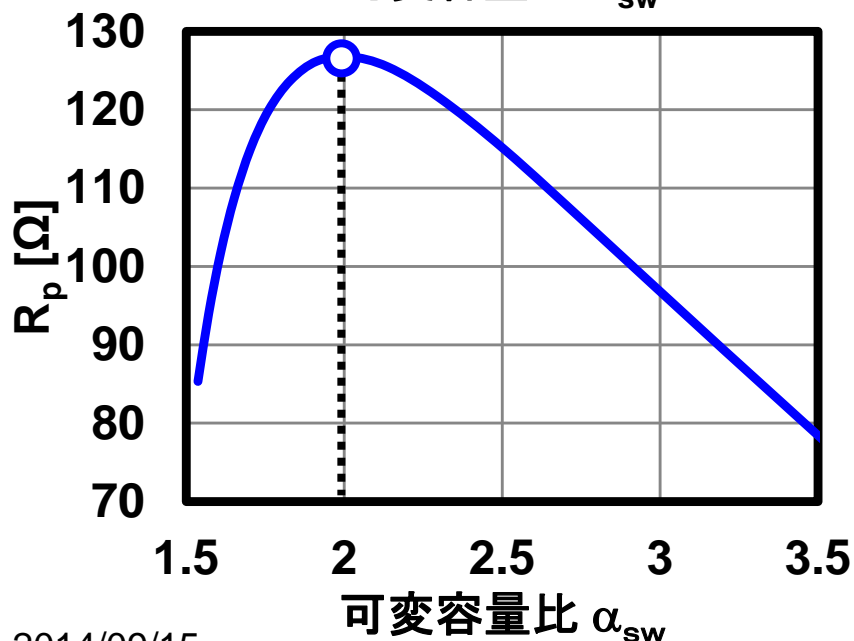
$$R_p \approx (Q_L // Q_C) \omega L_p$$

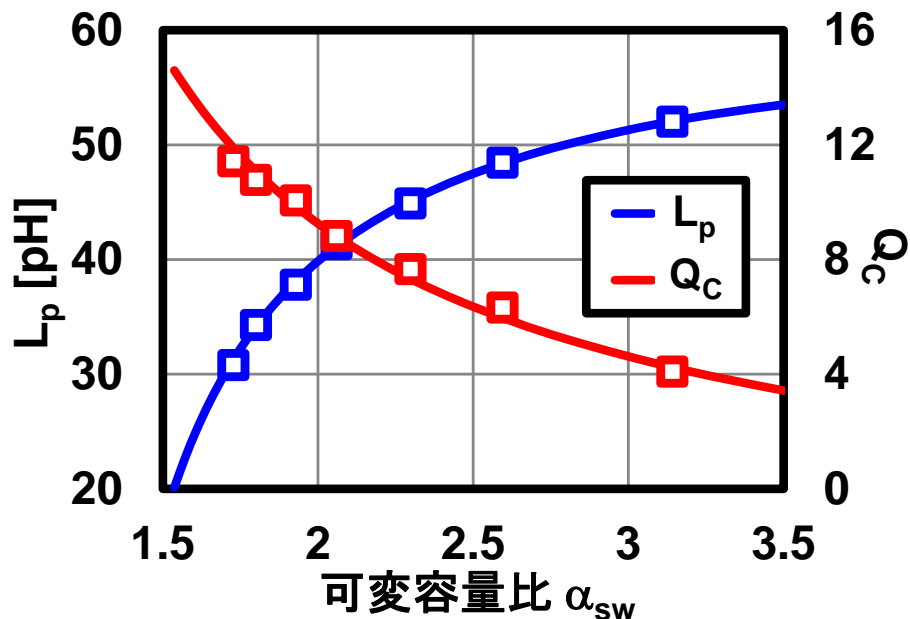
$$L_p \propto \alpha_{sw}$$

$$Q_C \propto \frac{1}{\alpha_{sw}}$$

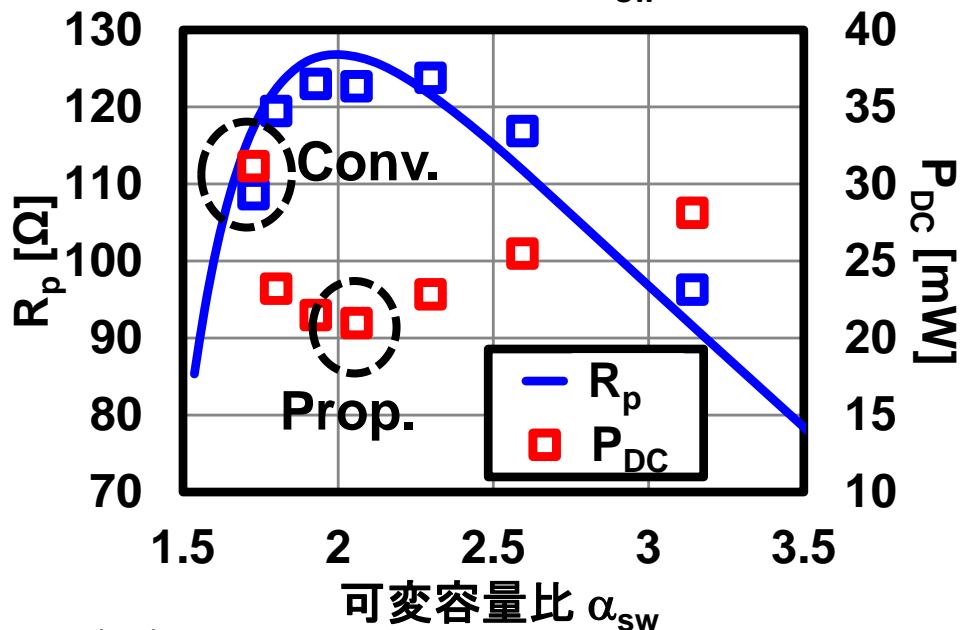


最適な共振器の
設計値が求められる





- 従来の設計手法に比べ
消費電力を33%削減
=ロックレンジは1.5倍



ロックレンジ [2]

$$\omega_0 - \omega_{inj} = \frac{\omega_0}{2Q} \cdot \frac{I_{inj}}{I_{osc}}$$

- ω_0 : 発振周波数
- ω_{inj} : 注入信号の周波数
- Q : 共振器のQ値
- I_{osc} : 発振に必要な電流
- I_{inj} : 注入信号による電流

[2] B.Razavi, JSSC 2004

- QILOの広ロックレンジ・低消費電力化のために、共振インピーダンスを最適化する手法を提案した
- 提案手法により、従来手法に比べ33%消費電力を削減し、ロックレンジを1.5倍に拡大することができた