

WCDMA無線受信機におけるノッチ フィルタの歪み特性解析

伊藤 利彦* , 古谷聡** , 今西大輔**

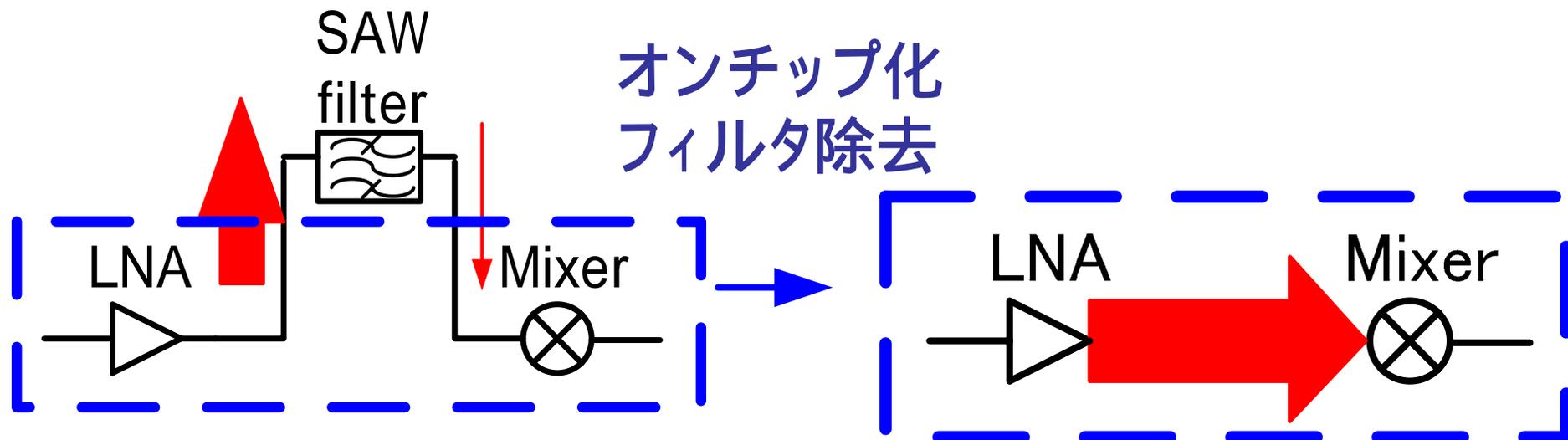
岡田 健一** , 松澤 昭**

*東京工業大学工学部電気電子工学科

**東京工業大学大学院理工学研究科

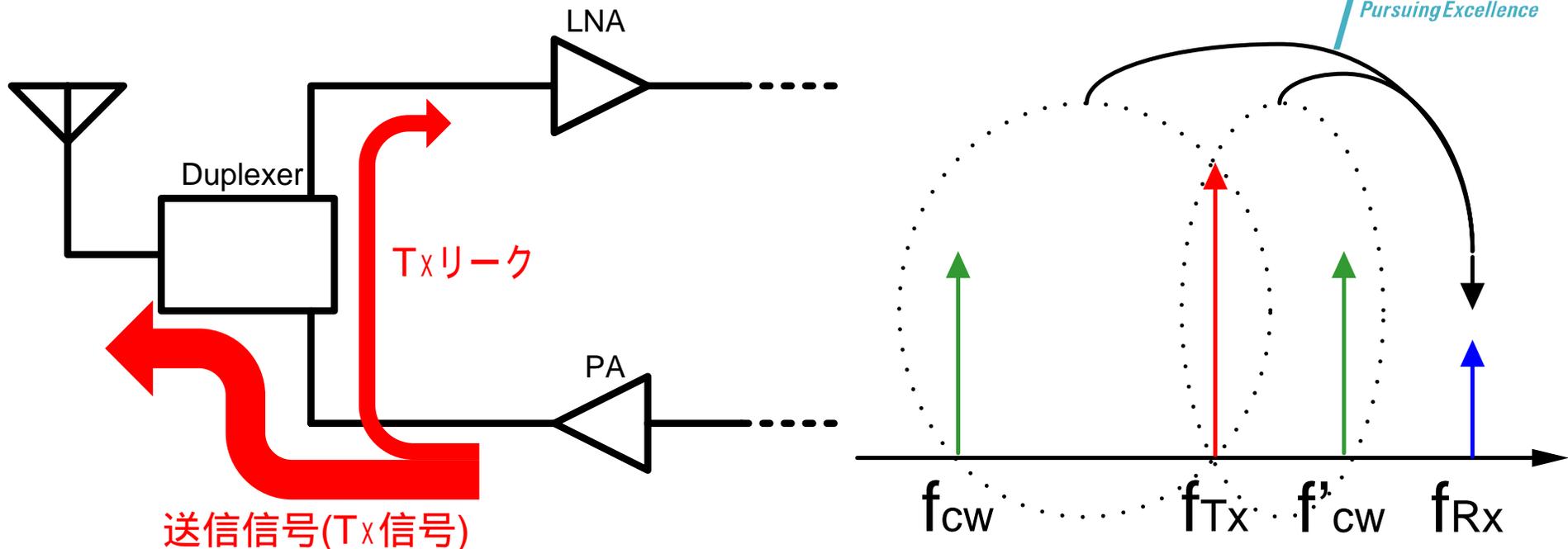
- 背景
- IM3の解析
- シミュレーション
- まとめ

従来の無線受信機

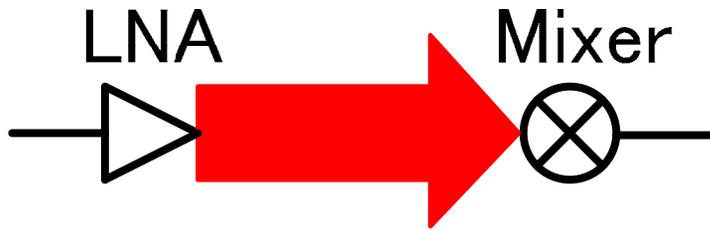


フィルタ除去による問題点

- Txリークを除去できなくなる
- LNAやMixerに高い線形性が必要になる

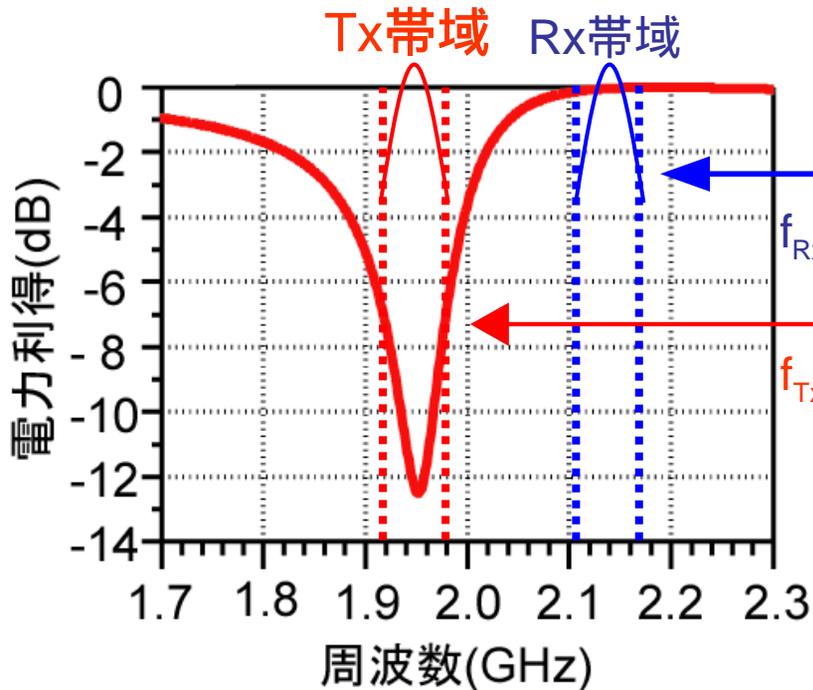
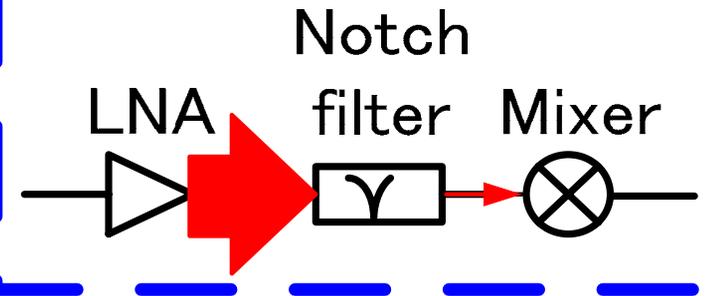


送信側から漏れるTxリークと
CWブロッカによって受信帯域に
歪み(IM3)が発生する



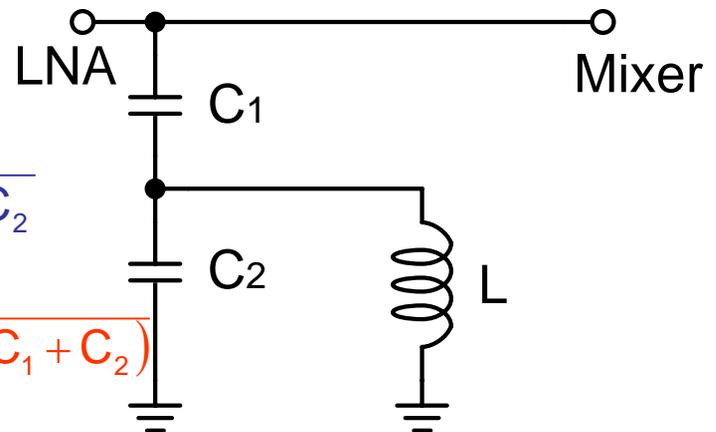
オンチップ

ノッチフィルタ挿入



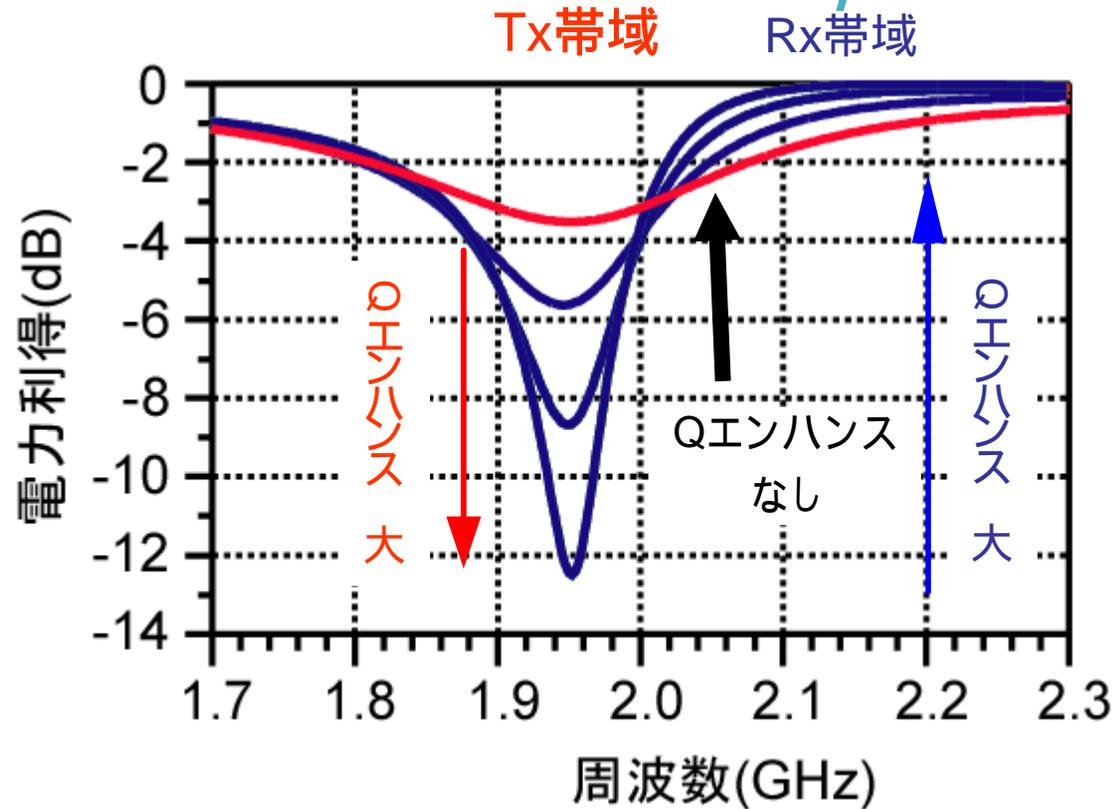
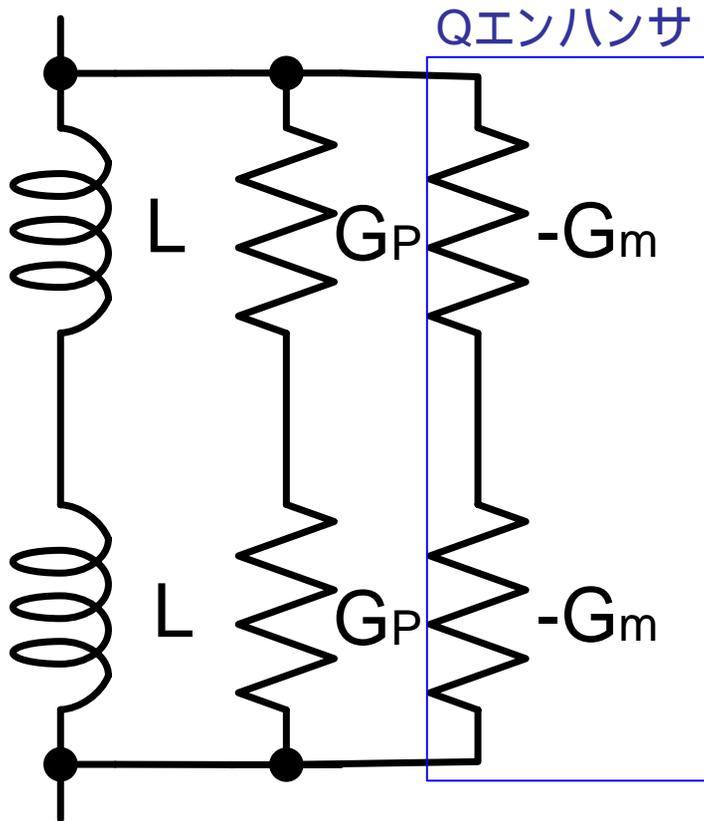
$$f_{Rx} = 1/2\pi\sqrt{LC_2}$$

$$f_{Tx} = 1/2\pi\sqrt{L(C_1 + C_2)}$$

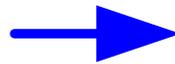


ノッチフィルタでTxリーク
の除去が可能

Qエンハンサ挿入による利点

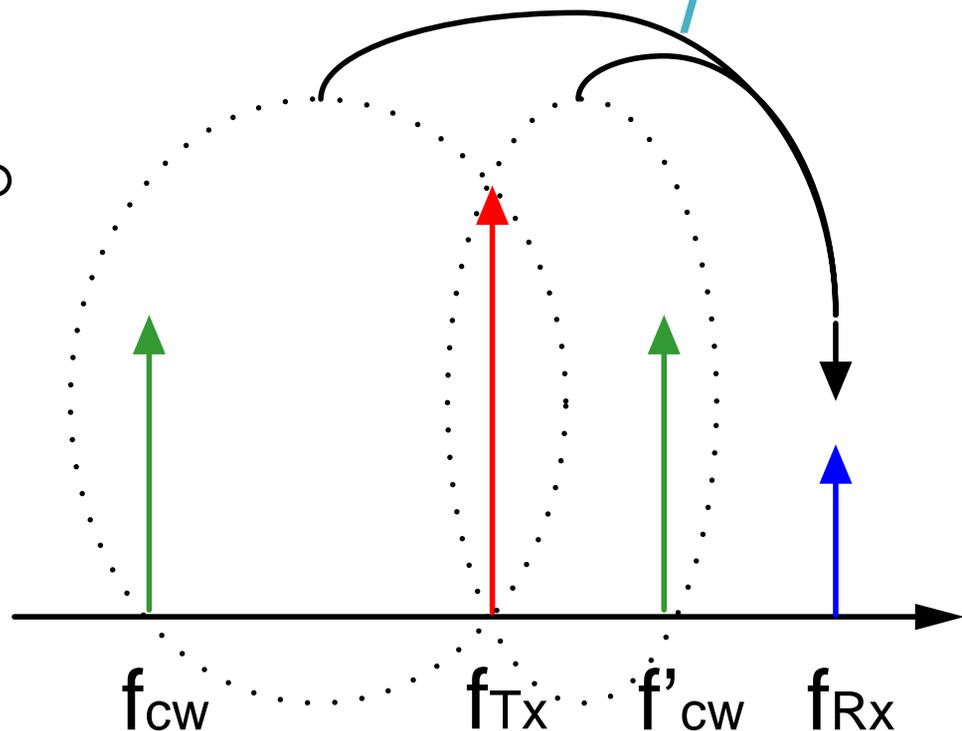
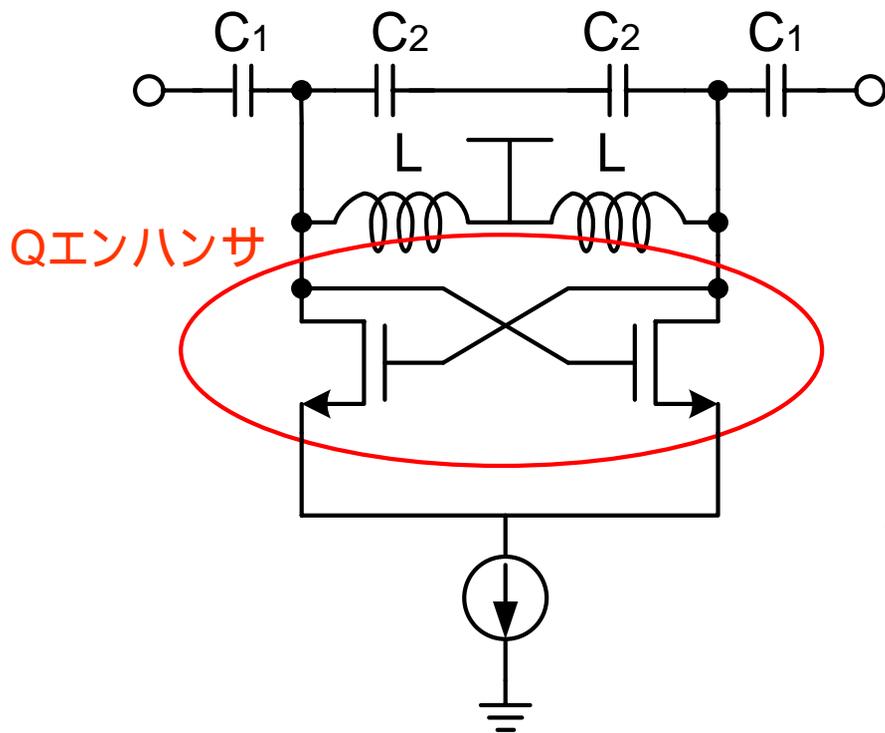


負性コンダクタンス
によりQ値が改善

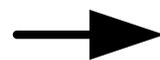


Txリークの抑圧量増加
Rx信号のロスが減少

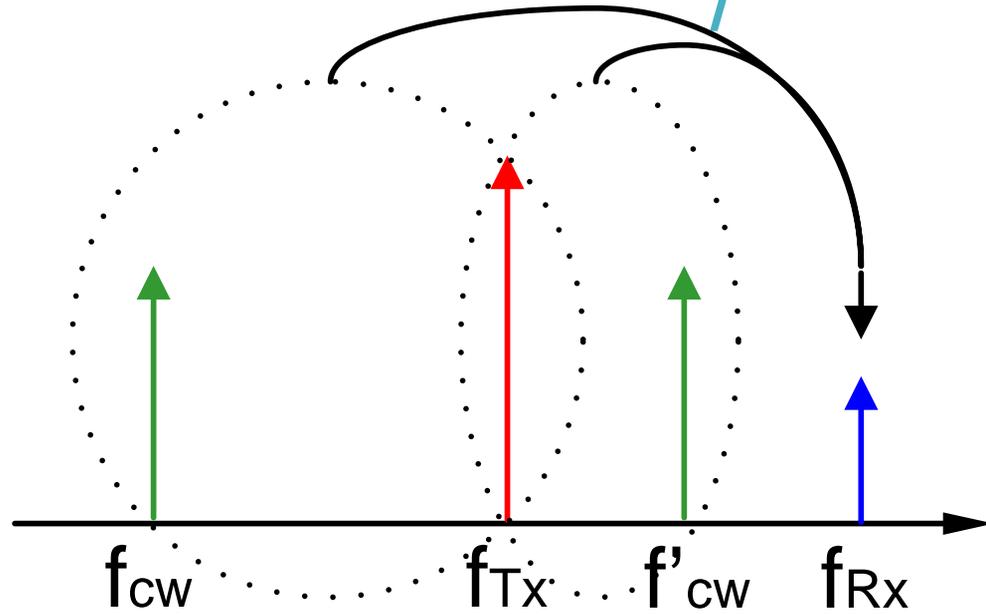
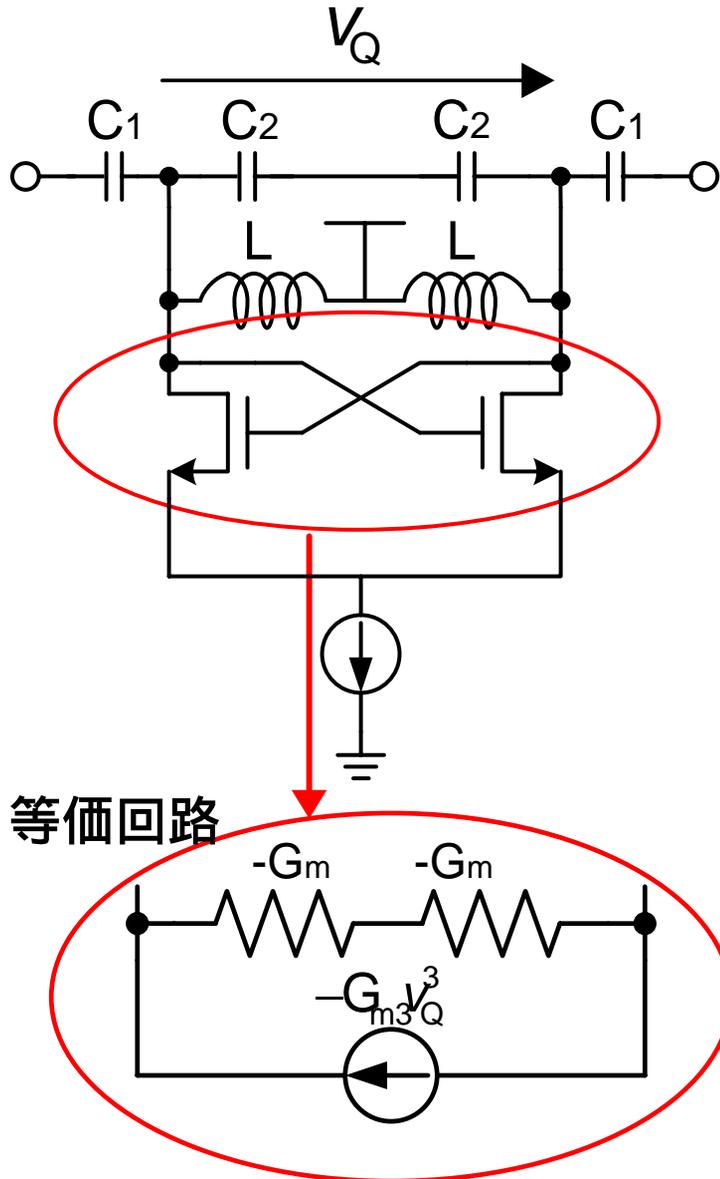
ノッチフィルタ



Qエンハンサに使用される
トランジスタの非線形性により
フィルタ自身がIM3を発生させる



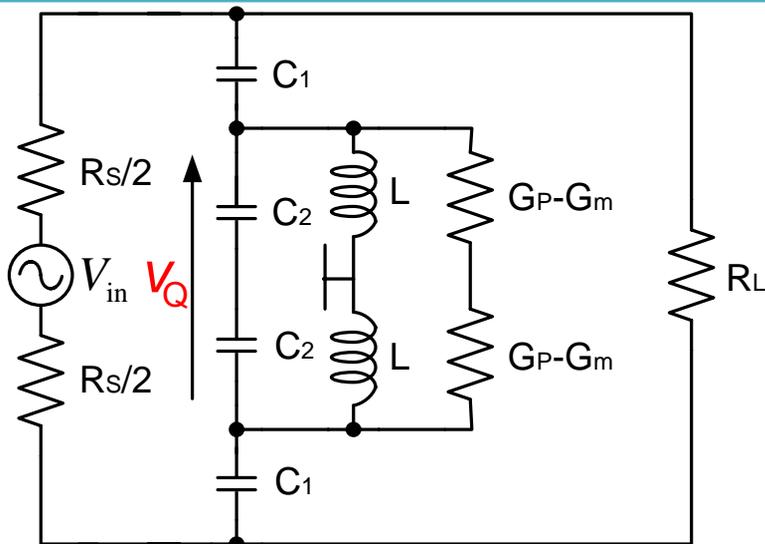
IM3の特性を
解析する必要がある



:Txリークの2乗に比例
:CWブロッカの2乗に比例

CWブロッカ \ll TxリークとしてのIM3のみ考慮する

歪みの解析



$$V_{in} = V_{Tx} e^{-j\omega_{Tx}t} + V_{CW} e^{-j\omega_{CW}t}$$

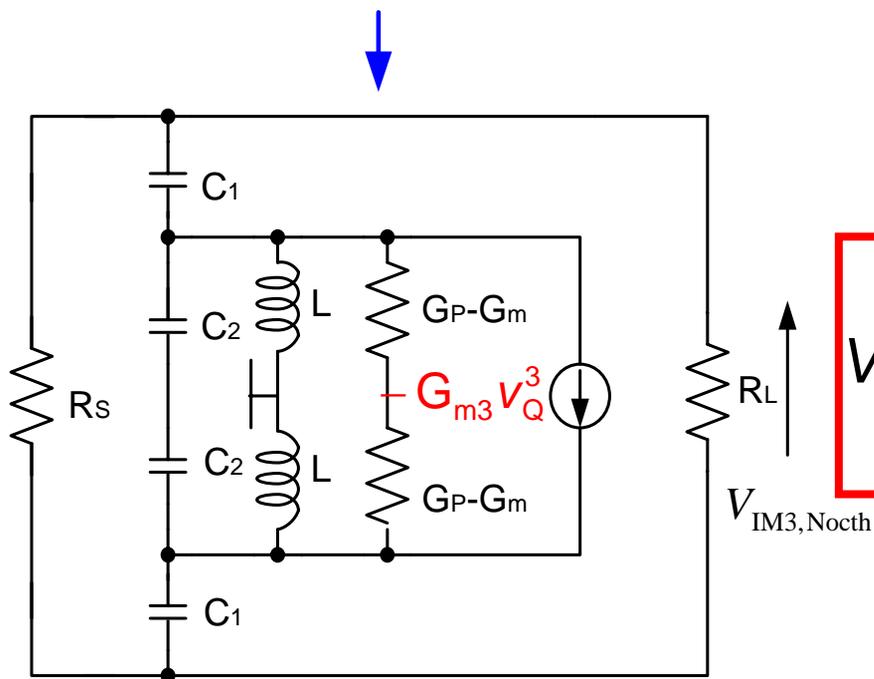
を代入し、 v_Q を求める

下図から $V_{IM3,Notch}$ を求め、
(1)~(3)を代入する

$$G_P = G_m \dots (1)$$

$$\omega_{CW} + \Delta\omega = \omega_{Tx} = \omega_{Rx} - \Delta\omega \dots (2)$$

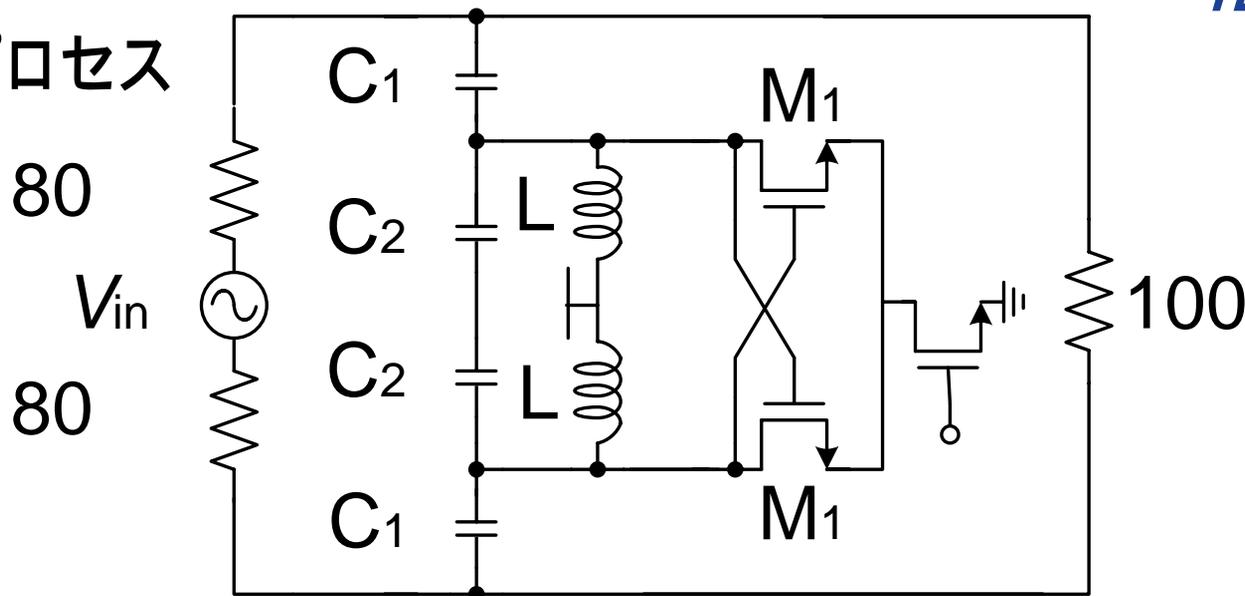
$$\omega_{CW} \gg \Delta\omega \dots (3)$$



$$V_{IM3,Notch} = \frac{3V_{Tx}^2 V_{CW} G_{m3} R_L^2 \omega_{CW} \omega_{Tx} \omega_{Rx}^2 L^2}{R_S (R_S + R_L)^2 \Delta\omega^2}$$

Lが小さいほどIM3も
小さくなる

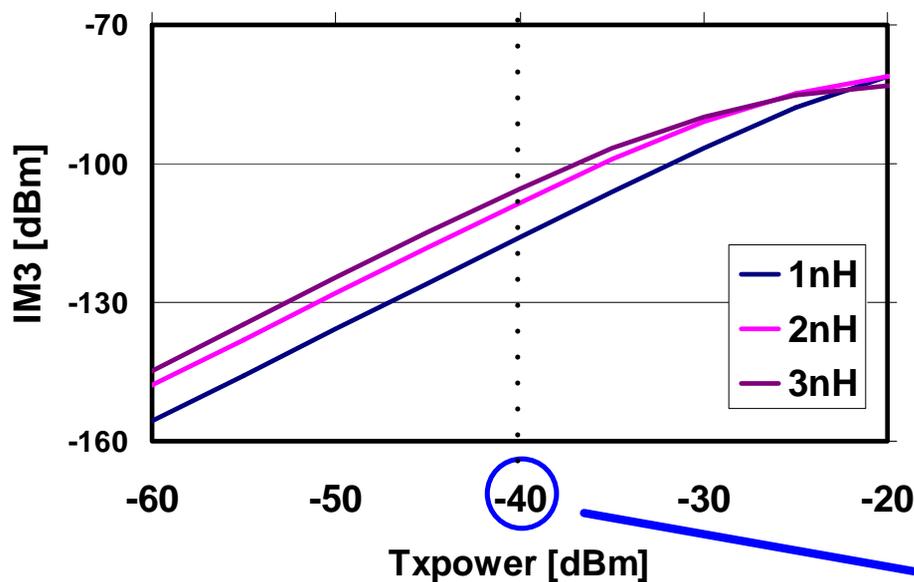
0.18 μm プロセス



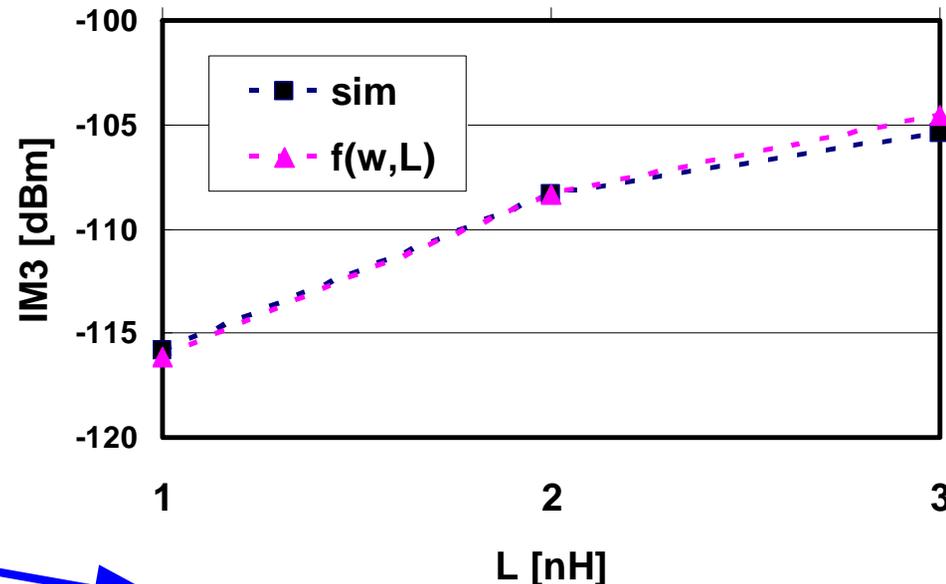
- CWブロッカ=-45dBm
- Txリークパワーを掃引
- Txリーク抑圧量:16dB
- Rx帯域ロス:0dB
- M_1 の V_{gs} を0.45Vで統一

L	C ₁	C ₂	w(M ₁)
1nH	1.15pF	4.13pF	2.4 μm
2nH	0.61pF	1.91pF	3.5 μm
3nH	0.45pF	1.17pF	5.7 μm

$$f(w, L) = \text{IM3}_{L=2\text{nH}} + 20 \log \left(\frac{wL^2}{3.5 \times (2 \times 10^{-9})^2} \right)$$



(1) L=1,2,3nHのIM3の比較



(2) 入力信号=-40dBmの時のIM3

- 消費電力は2.2mW、1.1mW、0.65mW
- インダクタが小さいほどフィルタで発生するIM3が小さいことがわかる

- ノッチフィルタで発生するIM3の影響が懸念される
- 小さいインダクタを使用することで歪みを抑制できることが解析、シミュレーションからわかった