

# Noise Effects Caused by Settling Time Optimization in Switched Capacitor Circuits

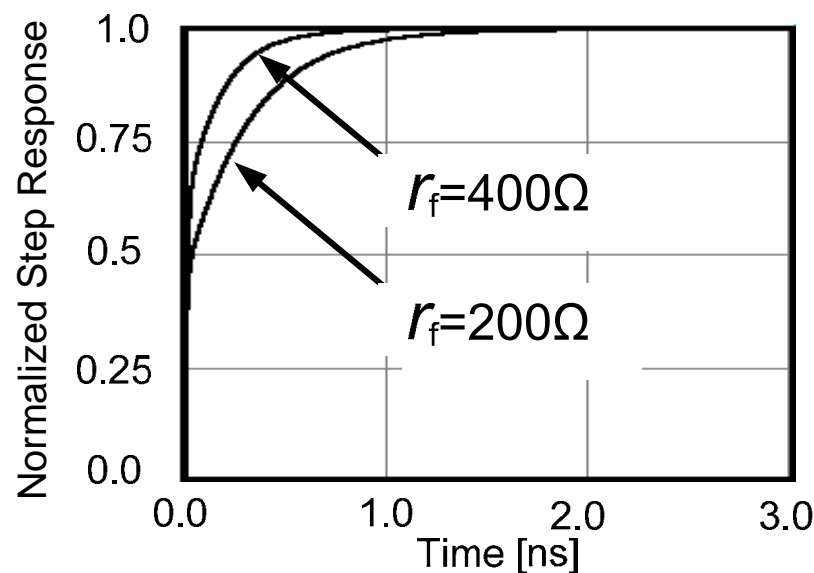
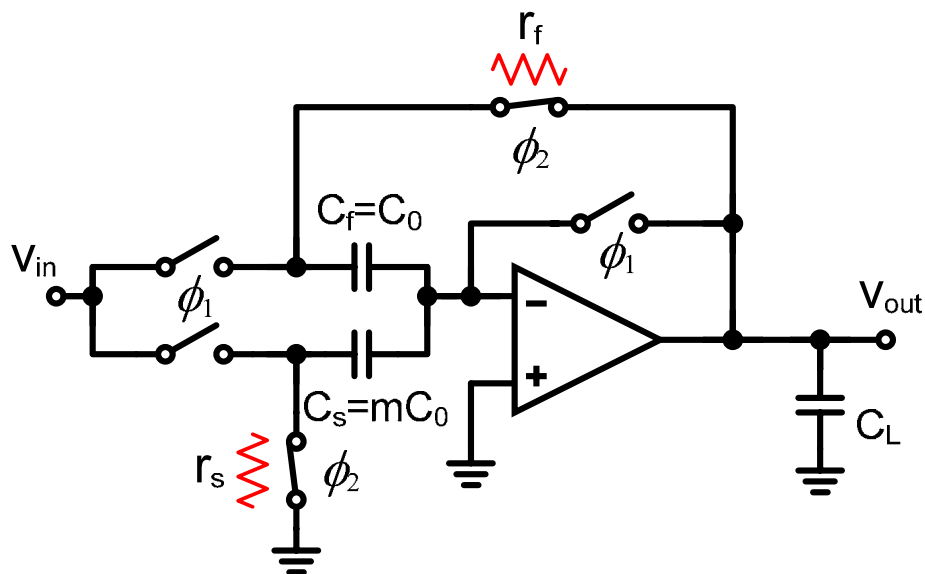
ドン ター ゴク ヒュイ, 宮原 正也, 松澤 昭

東京工業大学大学院理工学研究科

電子物理工学専攻

- 背景・目的
- ポール・ゼロキャンセル法
- ノイズへの影響
- まとめ

- ポール・ゼロキャンセル法でセッティング時間を大幅に改善できることが明らかになった [1]。



## Switched-Capacitor Amplifier

- Switched-Capacitor Amplifier (SCA)にポール・ゼロキャンセル法を用いた際のノイズの検討を行った。

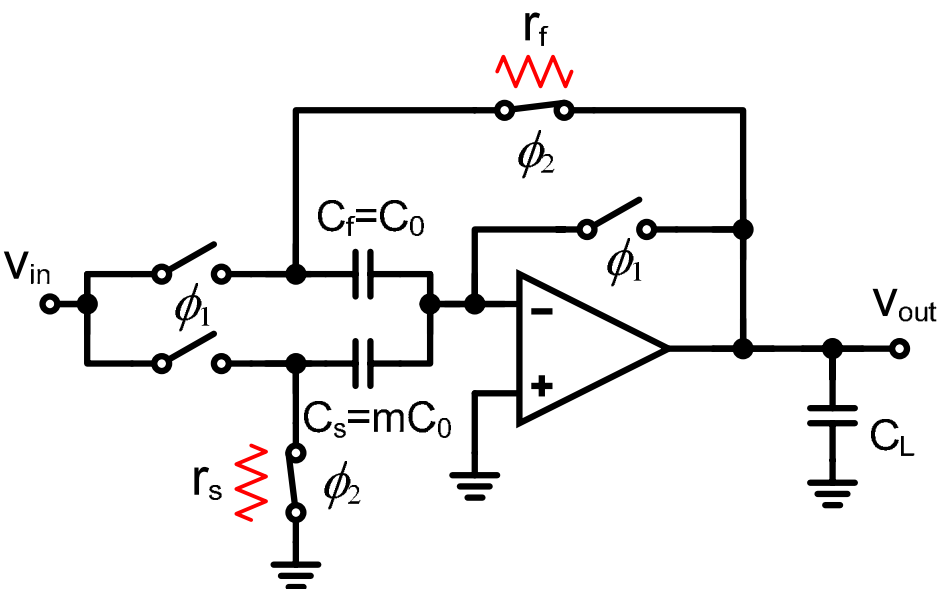
[1] M. Miyahara and A. Matsuzawa, "The Effects of Switch Resistances on Pipelined ADC Performances and the Optimization for the Settling Time," IEICE Trans. Electron., vol. E90-C, no. 6, pp. 1165-1171, June 2007.

## 以下を仮定

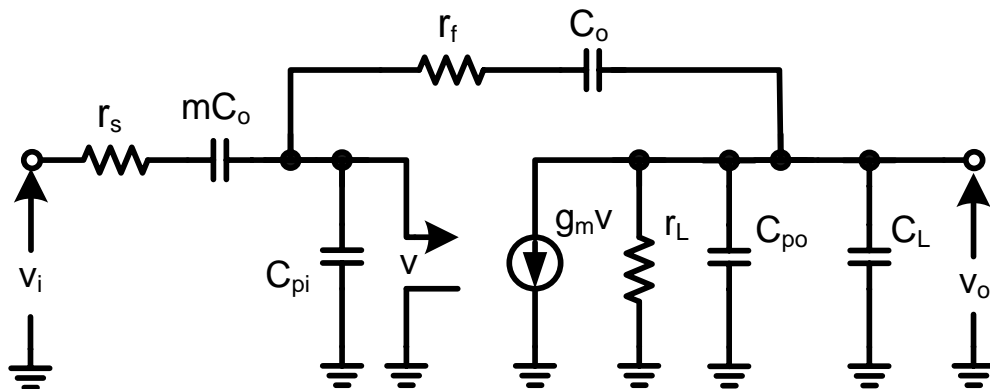
- 出力抵抗は十分に大きい、 $g_m r_L \gg 1$
- $C_{pi}$ は $C_0$ と比較して十分小さい
- オペアンプは位相補償されている

Table 1 Model parameters

$r_s$	$g_m$	$m$	$C_L$	$C_{pi}$	$C_{po}$	$C_0$
200Ω	10mS	1	1pF	100fF	300fF	2pF



## 解析を行うSCA



## SCAのアップフェーズの小信号等価回路

$r_s, r_f$ : スイッチオン抵抗

$C_{pi}, C_{po}$ : オペアンプ入出力寄生容量

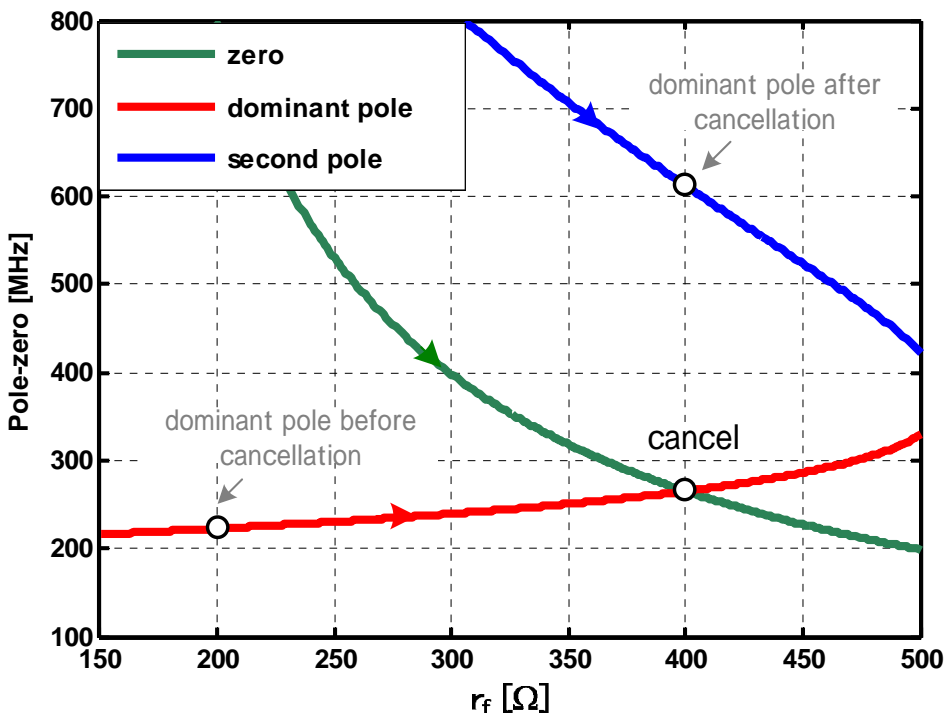
$g_m$ : トランスコンダクタンス

$r_L$ : オペアンプ出力抵抗

$C_0$ : 単位容量

$C_L$ : 負荷容量

- 第1ポールとゼロがキャンセルし、主要極が第2ポールにシフトする。

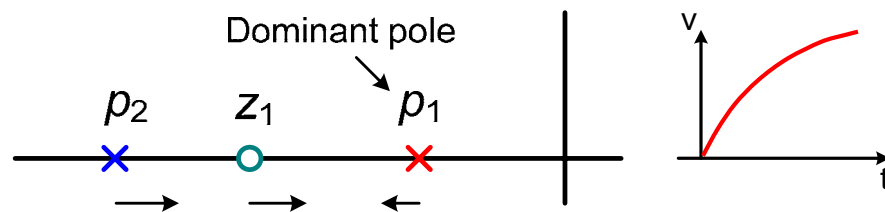


Pole-zero vs. switch resistance  $r_f$

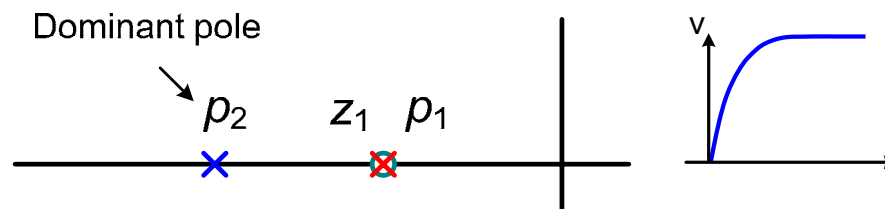
- スイッチオン抵抗の最適化の条件:

$$r_{f \text{ opt}} = mr_s + \frac{m+1}{g_m}$$

$$V_{\text{out}} = - \frac{s + z_1}{(s + p_1)(s + p_2)} V_{\text{in}}$$

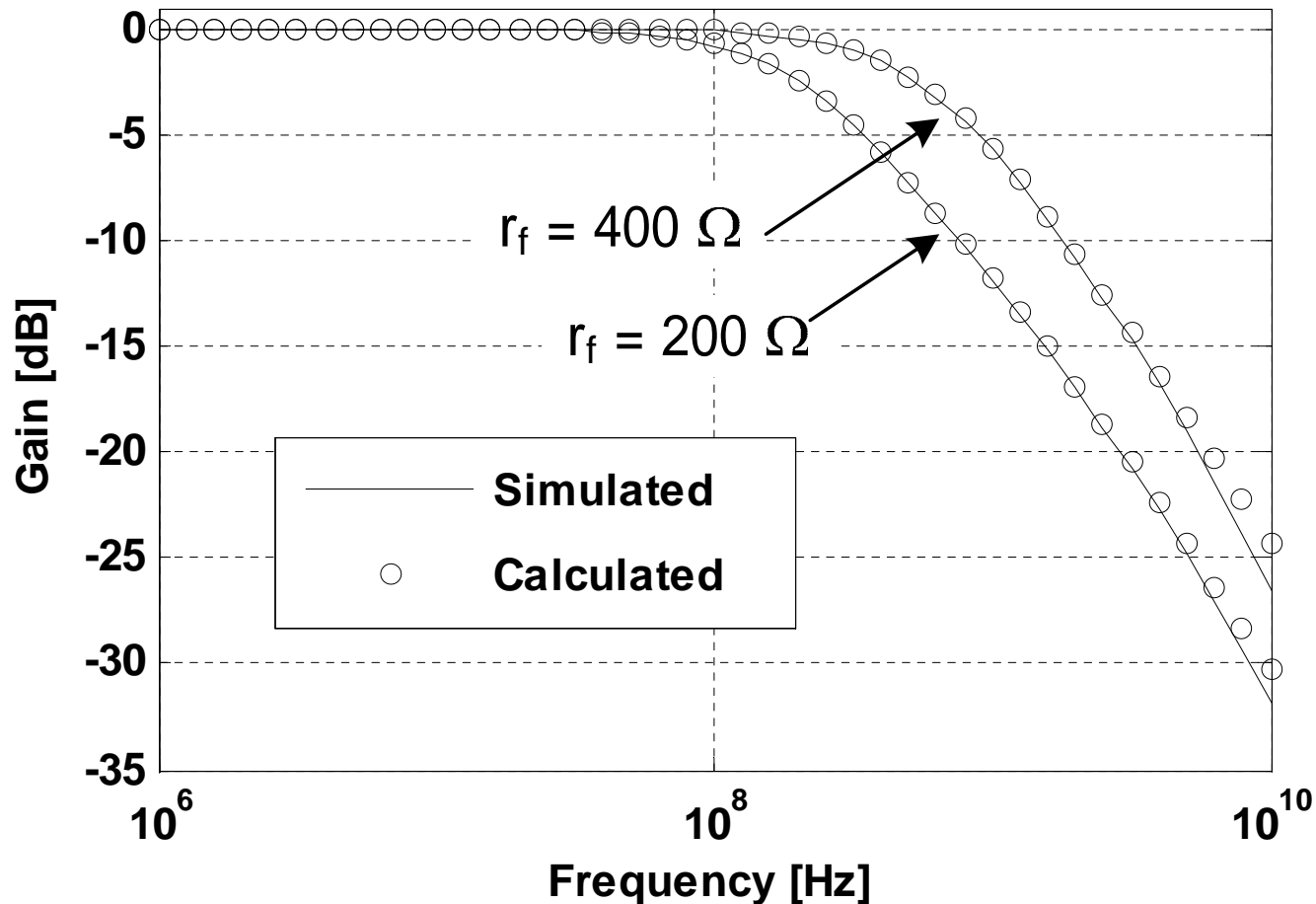


(a) セットリング時間の改善前



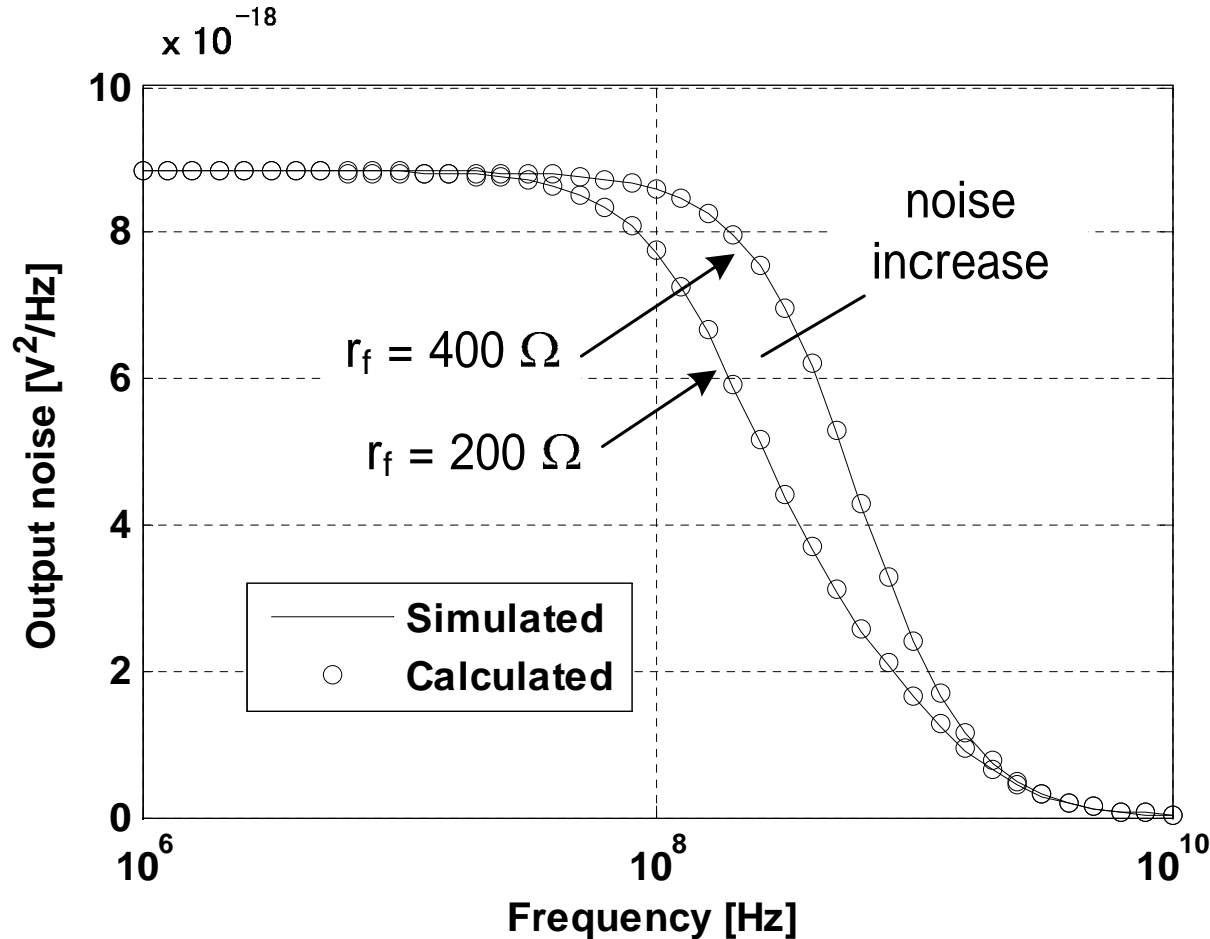
(b) セットリング時間の改善後

- ポール・ゼロキャンセル法で、 $f_{-3dB}$  は2.6倍程度に広がっている



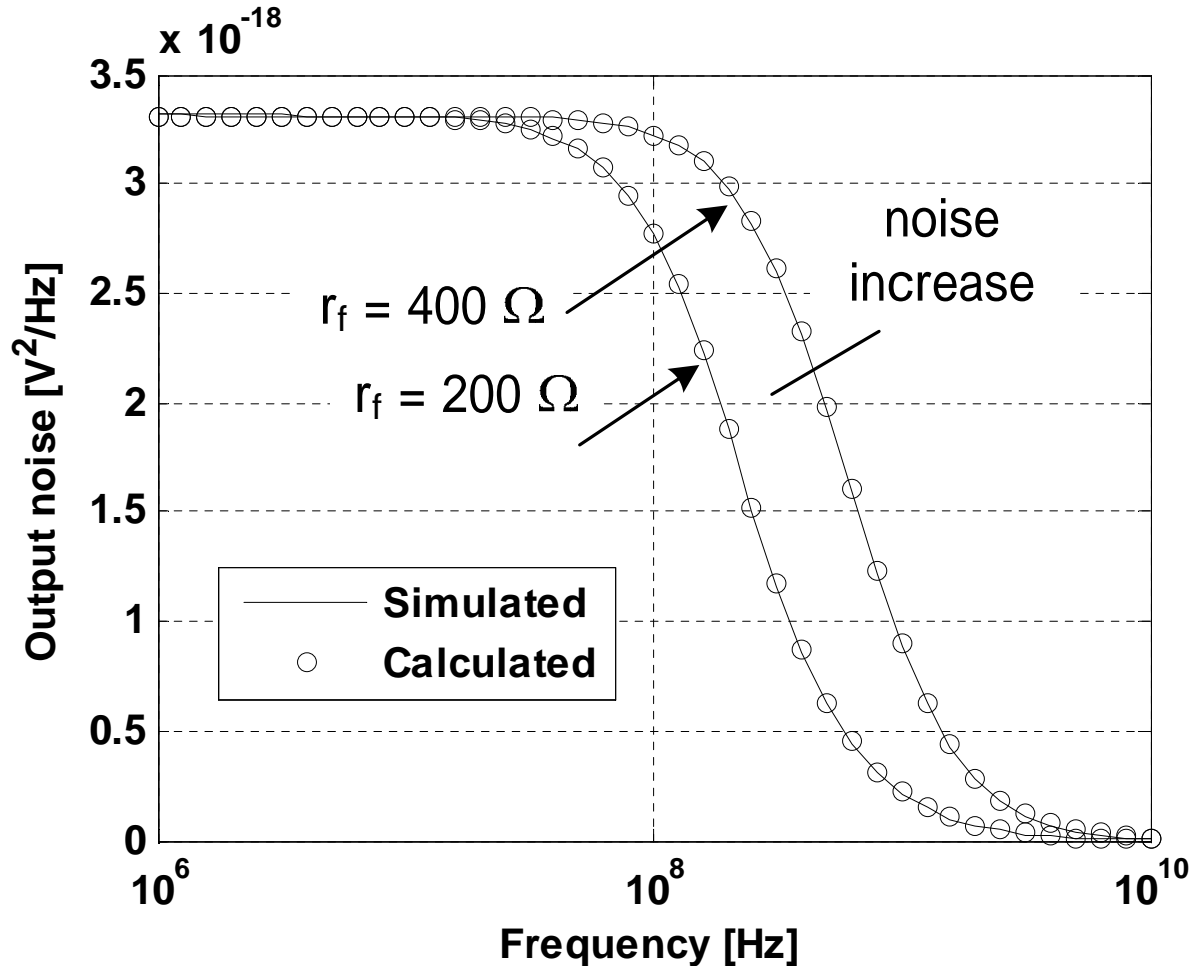
Increase of the system bandwidth

- オペアンプノイズの帯域が広がるため、アウトプットノイズパワーが増加



Output noise due to opamp noise

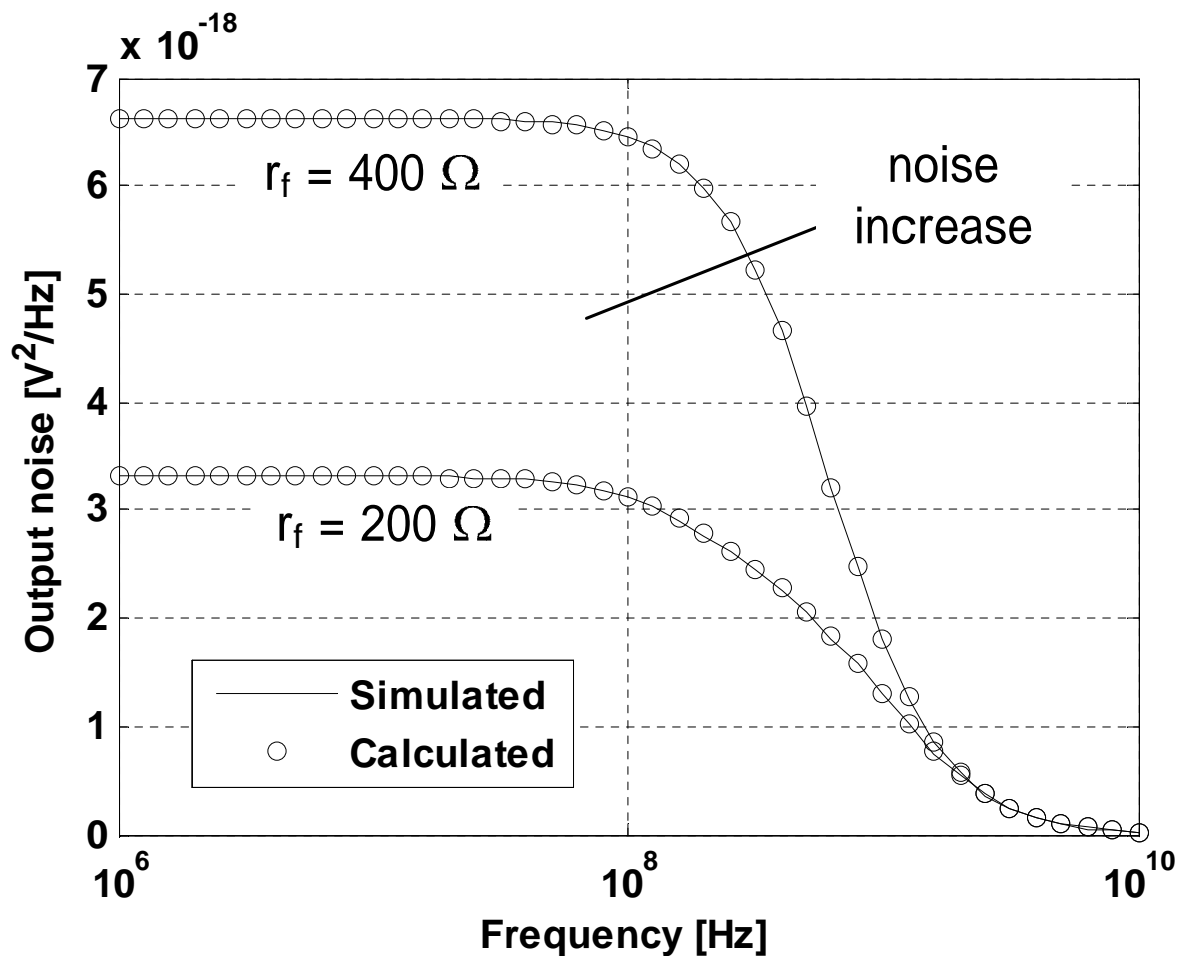
- $r_s$  ノイズの帯域が広がるため、アウトプットノイズパワーが増加



Output noise due to  $r_s$  noise

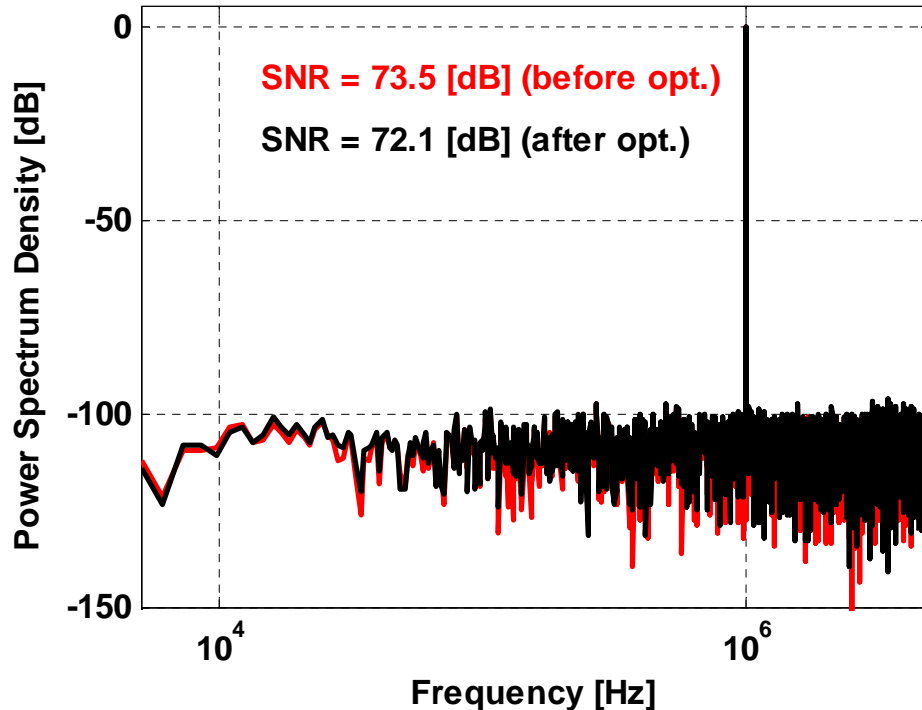


- $r_f$  値が増加するため、アウトプットノイズパワーが増加



Output noise due to  $r_f$  noise

- 全体ノイズが増加するため、SNRは1.4dB劣化



SCA output spectrum with 400mVpp sine input

## 電力効率 (Figure-of-Merit)

$$\text{FoM} = \frac{P}{f_B \times \text{SNR}}$$

ただし、 $f_B$ : 信号帯域、 $P$ : は消費電力

- ポール・ゼロキャンセル法では、
  - 信号帯域が2.6倍改善
  - SNRが1.4dB (1.4倍)劣化

➤ FoMは約1/2改善

➤ ポール・ゼロキャンセル法は電力効率が良い。

- ポール・ゼロキャンセル法でスイッチトキャパシタ回路の帯域が大幅に改善できる。
- この方法では、ノイズの広帯域化かつフィードバックスイッチオン抵抗の増加により、ノイズが増加することを示した。
- ただし、電力効率の面から考えると、ポール・ゼロキャンセル法が有効であることが明らかになった。