

# 広帯域フィルタに用いる相補入力型 Gmセルの同相電圧安定化に関する研究

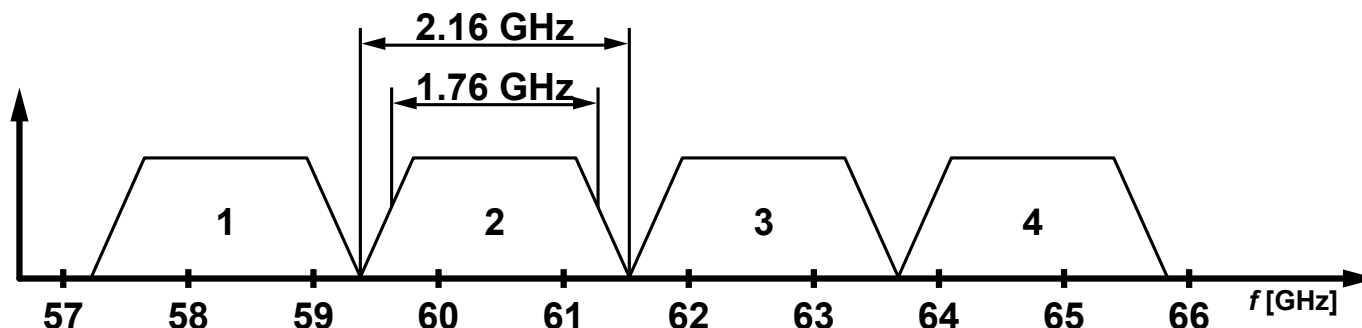
○木邨 友弥, 金子 徹, 横溝 真也, 宮原 正也, 松澤 昭

東京工業大学大学院  
理工学研究科 電子物理工学専攻

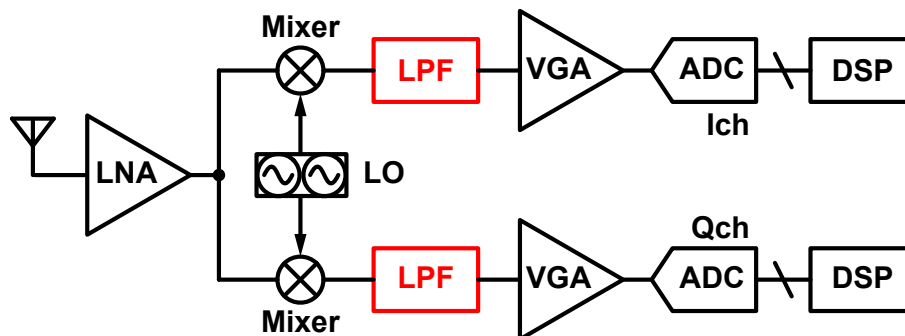
- 60GHz帯の特徴

- 無免許で**広帯域**が利用可能<sup>[1]</sup>

➡ 高速無線通信に期待



- 受信器回路構成



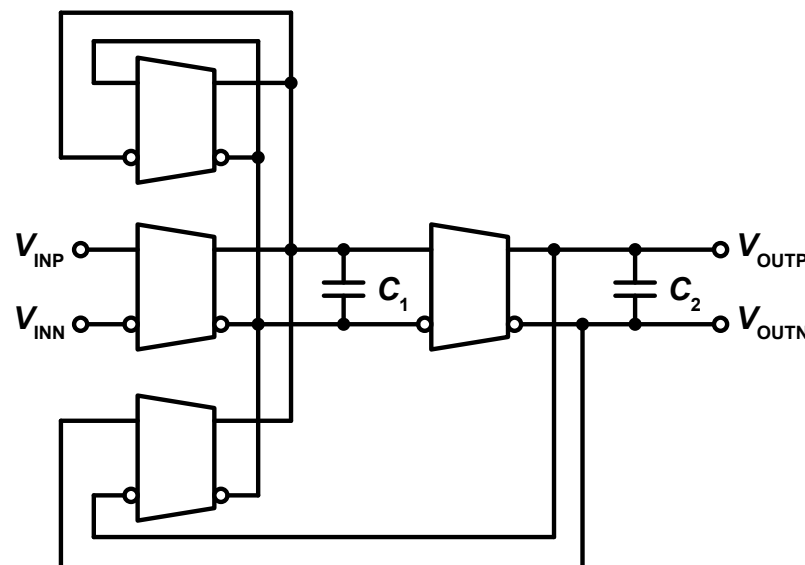
➡ 1GHz以上の広帯域が要求

[1] IEEE Std., IEEE802.15.3c-2009, Oct. 2009 [Online]

- Gm-Cフィルタ[2]
  - ☺ 1GHz以上の広帯域
  - ☹ 低消費電力化が困難

## 相補入力型Gmセル

- ☺ 低消費電力
- ☹ 同相利得が高い

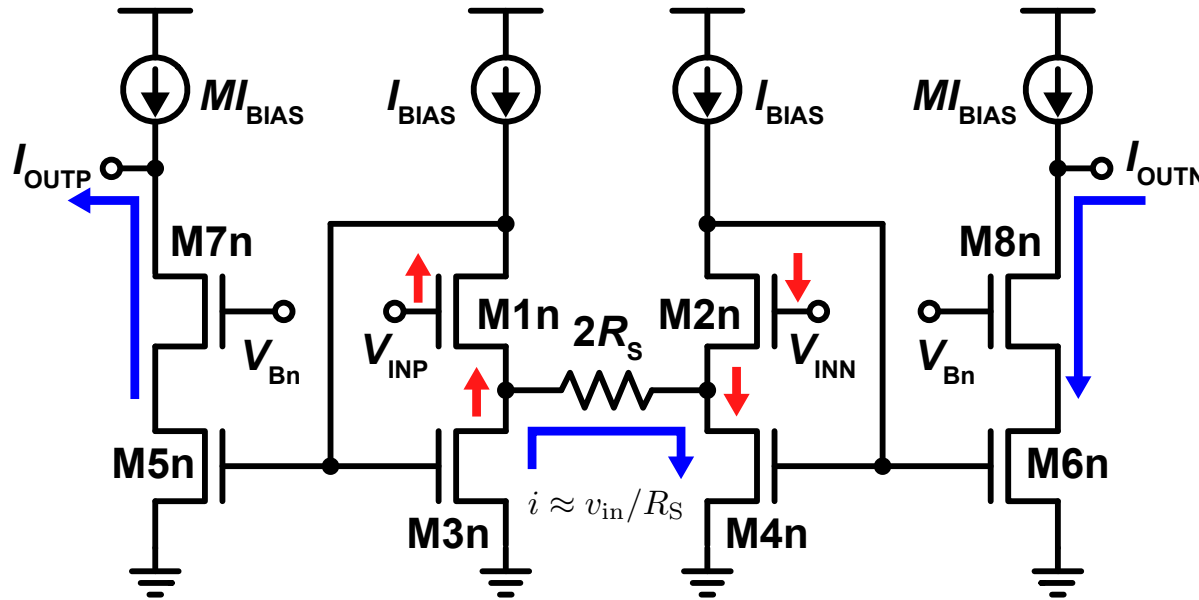


相補入力型は同相利得が大きく同相発振の可能性

→ 同相発振を抑制し、フィルタに利用可能にする

低消費電力なフィルタを構成

- Flipped Voltage Follower 構造を持つGmセル[2]



↑ 差動電圧    ↑ 差動電流  
ミラー比:  $M$

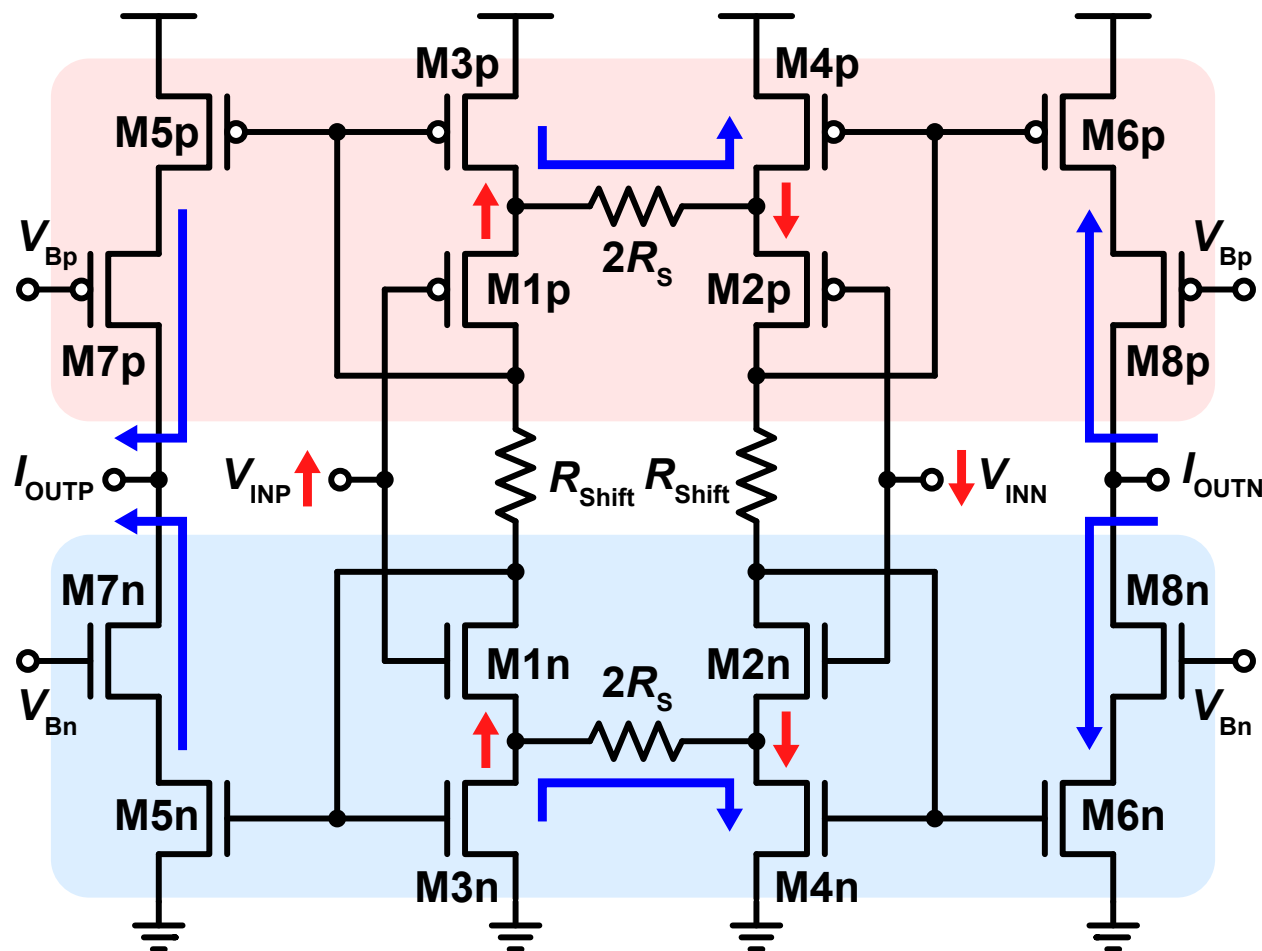
😊 高線形性, 高速動作

トランスコンダクタンス

$$G_m = \frac{Mi}{v_{in}} \approx \frac{M}{R_s}$$

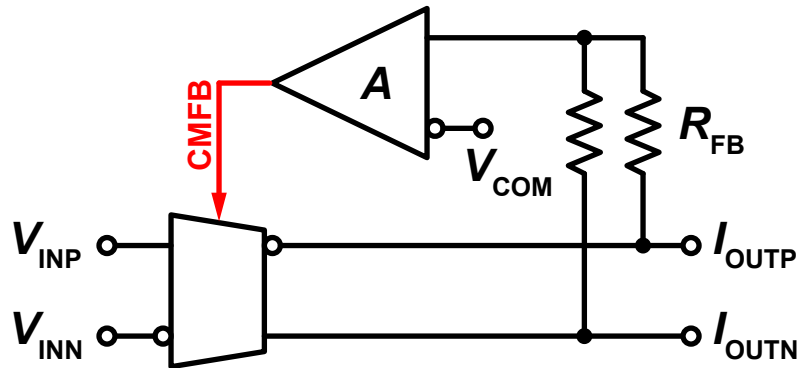
消費電力 ↔ 線形性

→ Gm-Cフィルタの低消費電力化が困難

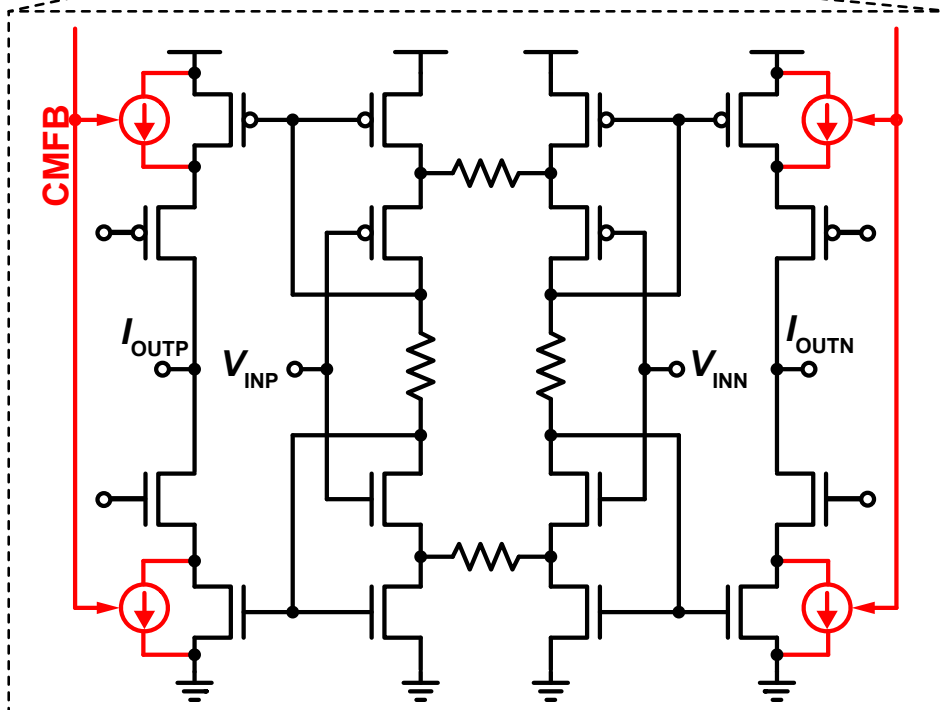


PchとNchで  
対称の回路

- 消費電力, 線形性をそのままにGmを2倍に  
→ ミラー比を半分にして, 低消費電力化



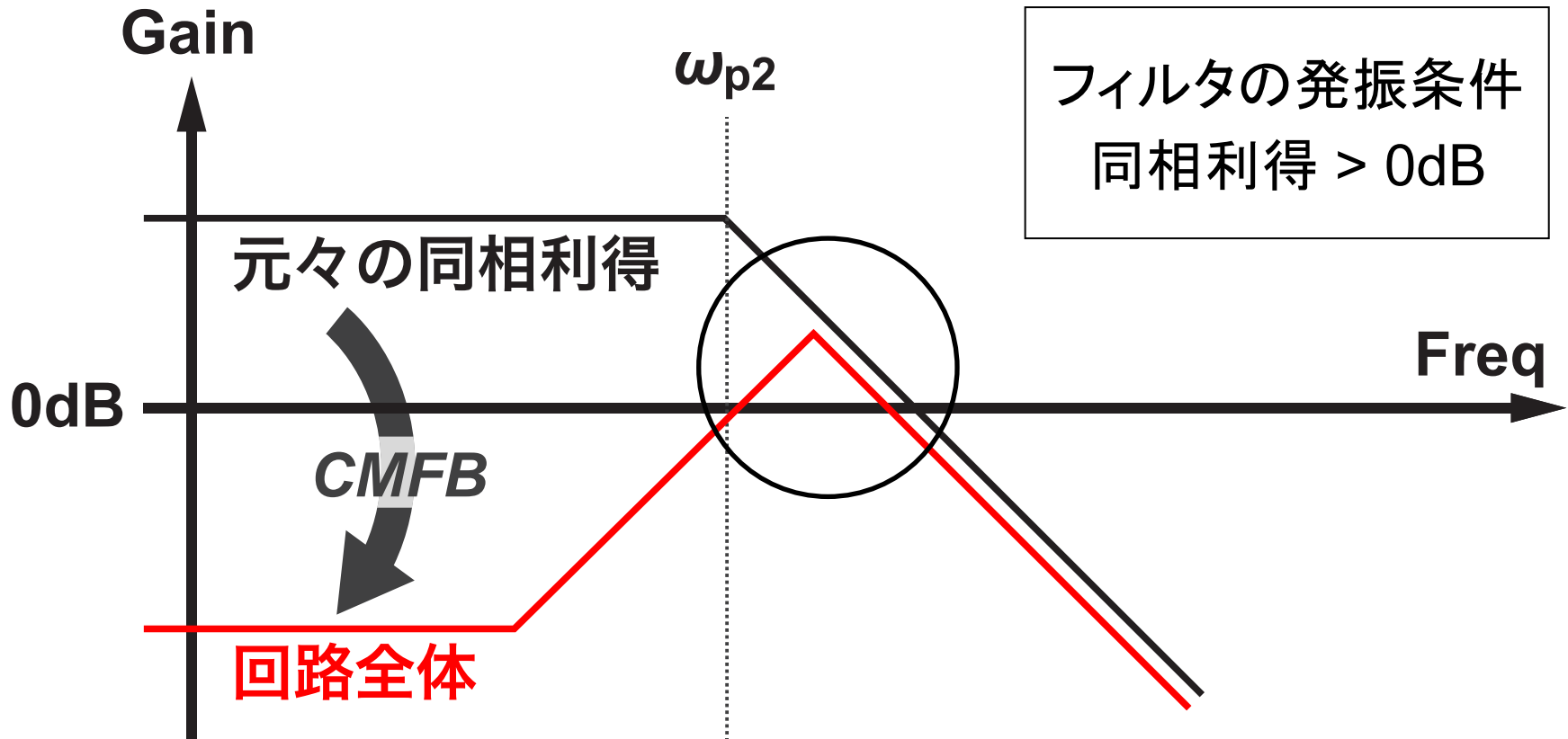
## Common-Mode Feedback (CMFB)



CMFBループで  
発振の可能性

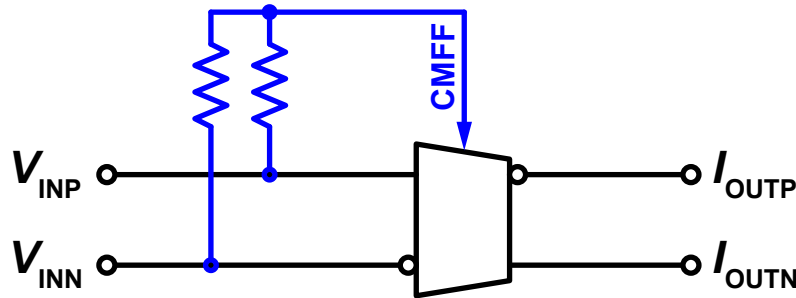


CMFBアンプの帯域を  
広げられない



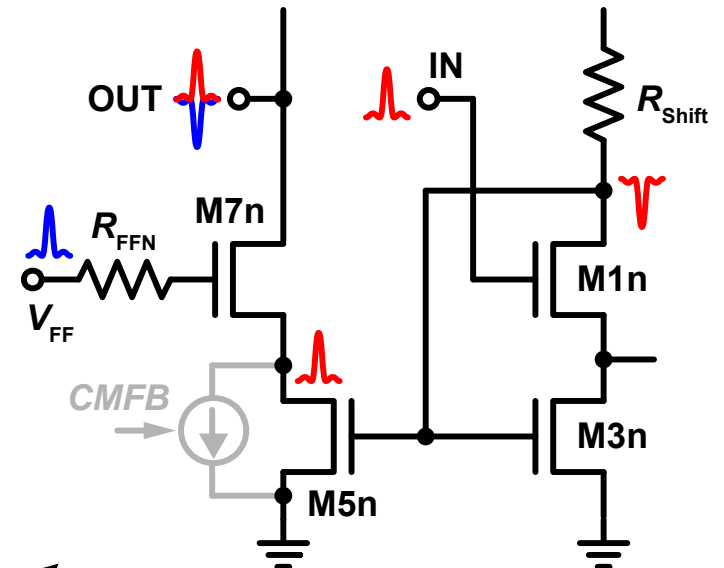
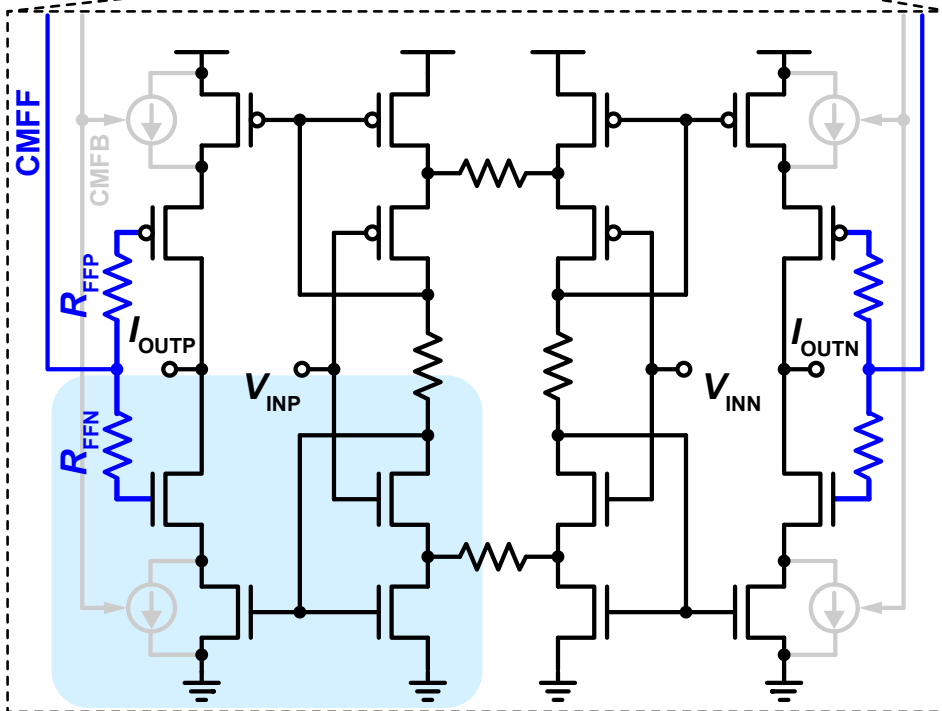
高周波において同相発振を引き起こす可能性

## Common-Mode Feedforward (CMFF)

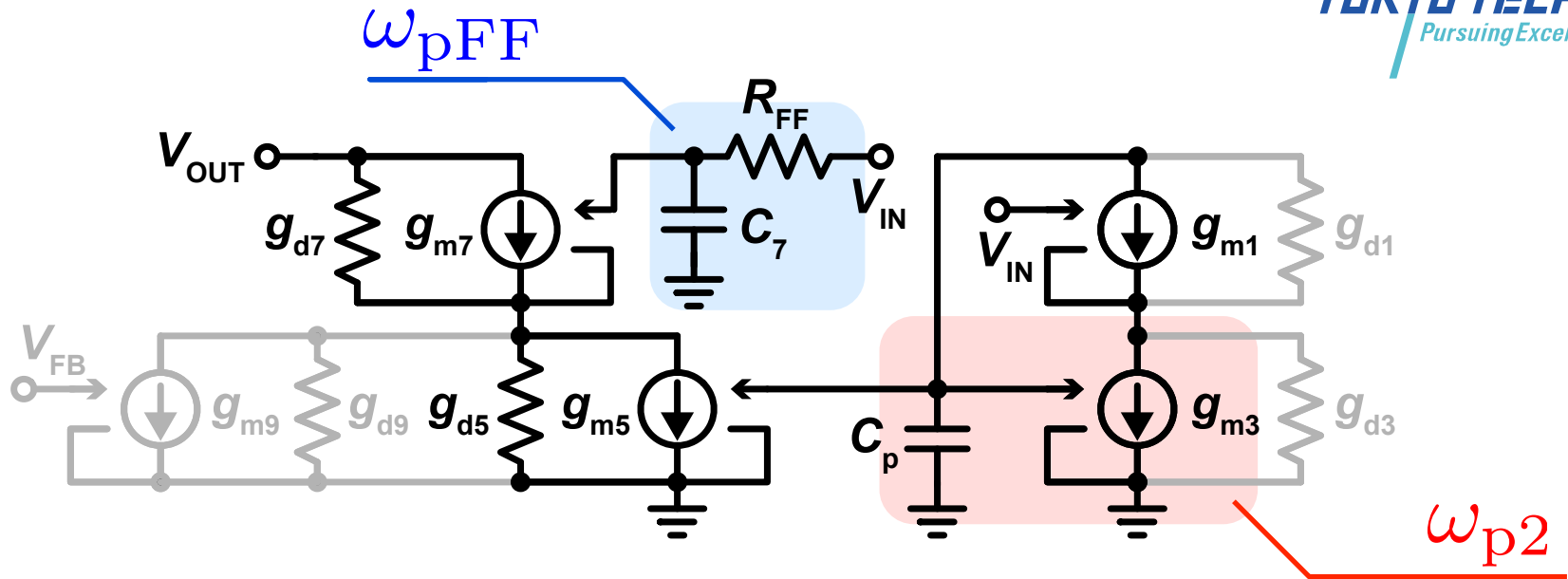


- 入力同相電圧を検出し、フィードフォワードを行う

☺ 消費電力の増加が生じない







元々の回路

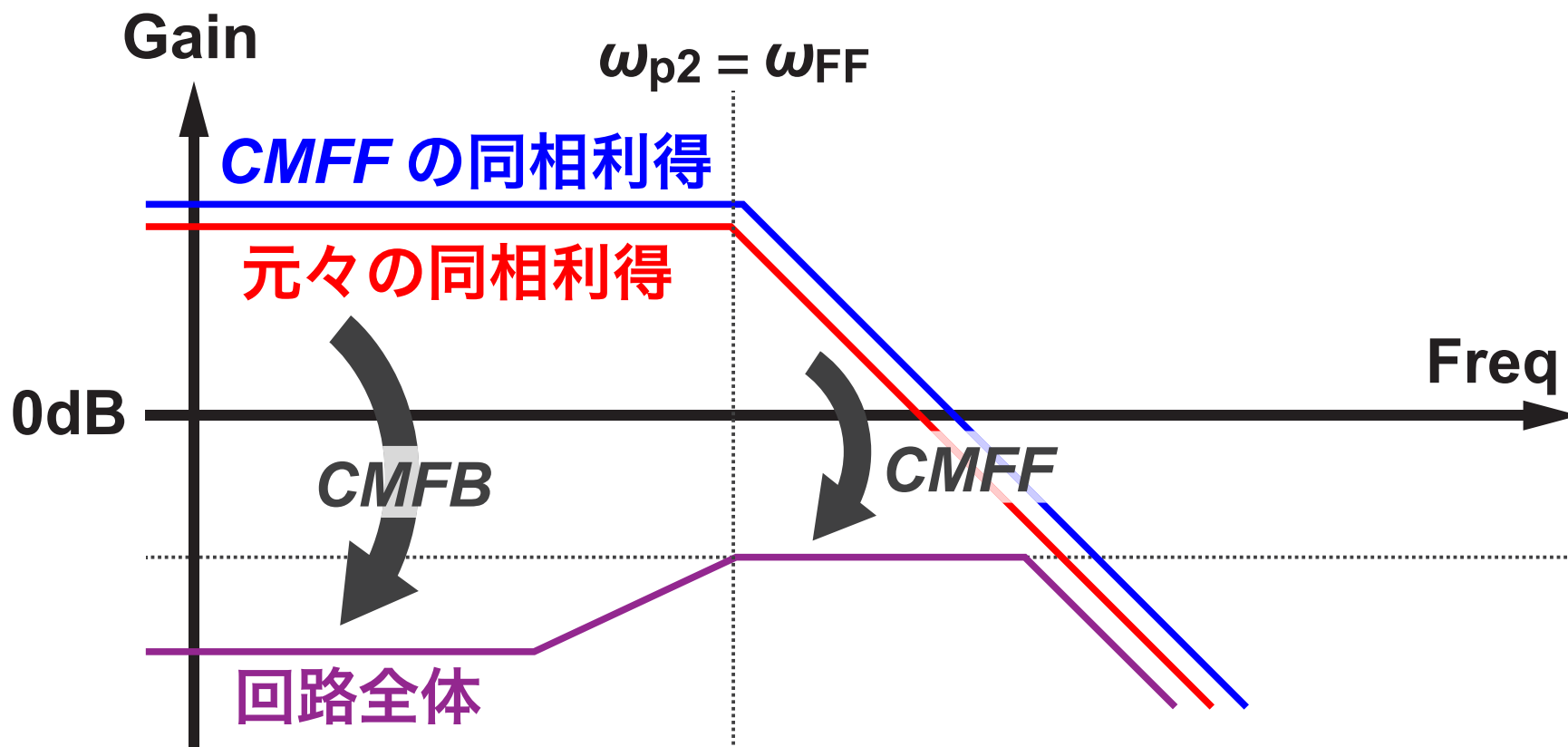
CMFF

$$A_c \approx \frac{2g_m/g_d}{1 + \frac{s}{g_{m3}/C_p}} - \frac{2g_m/g_d}{1 + \frac{s}{1/C_7 R_{FF}}} = 2g_m/g_d \left( \frac{1}{1 + \frac{s}{\omega_{p2}}} - \frac{1}{1 + \frac{s}{\omega_{pFF}}} \right)$$

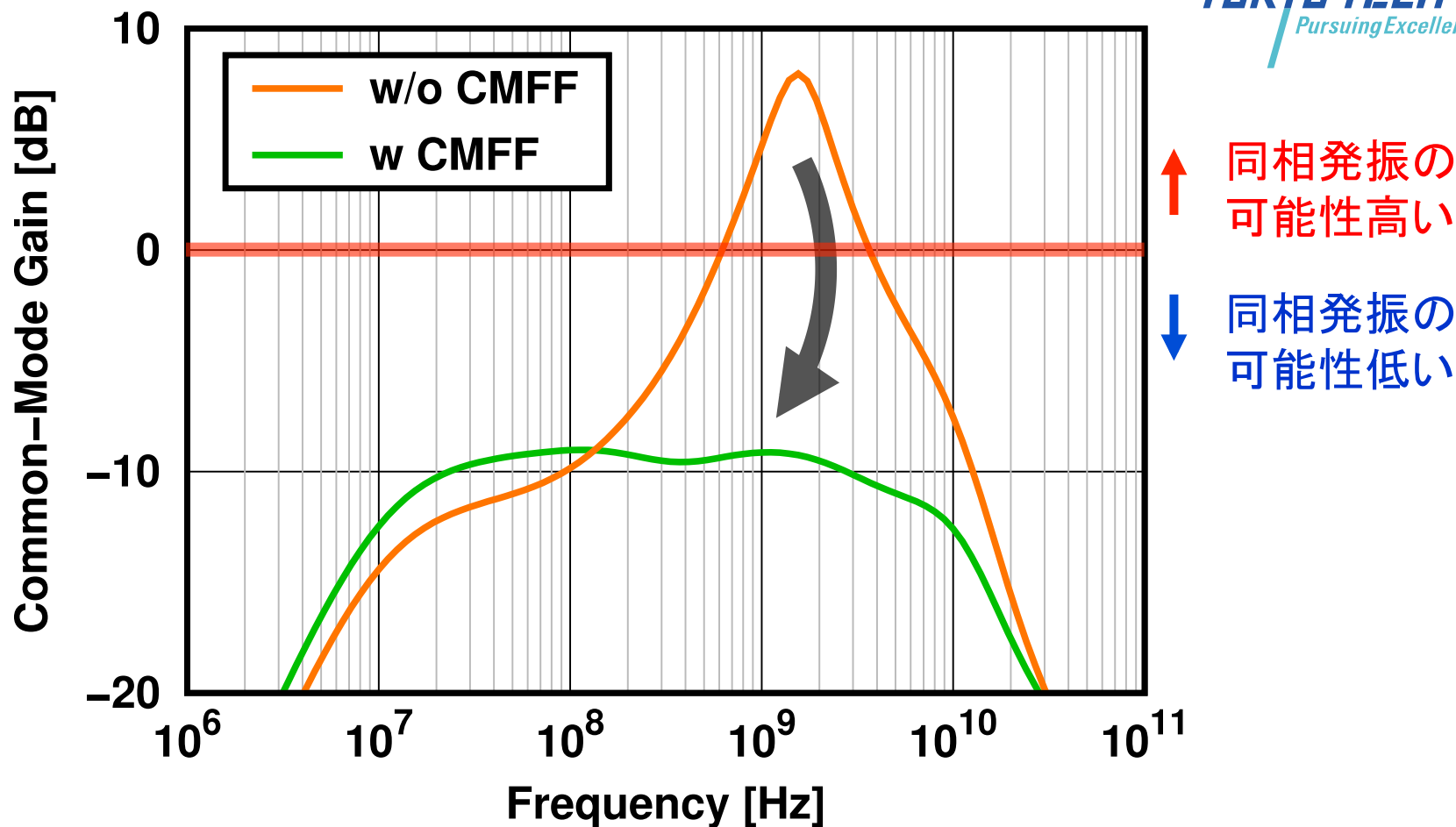
$$\omega_{p2} = \omega_{pFF}$$



すべての周波数で  
同相利得を0dB以下に

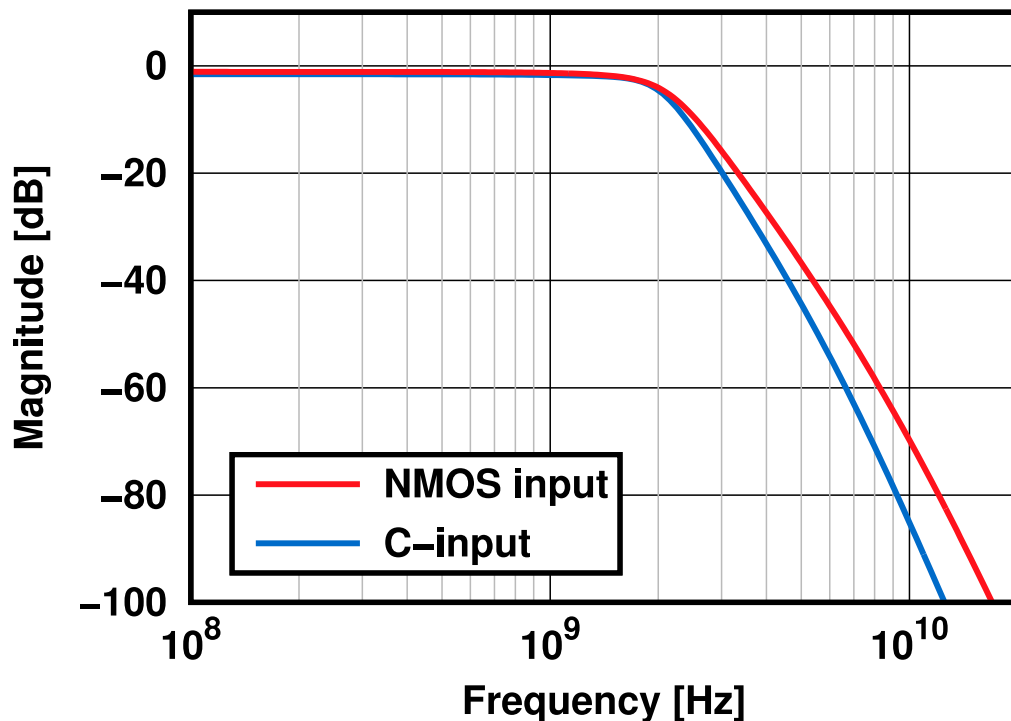


高周波でも同相利得を抑制可能



- 最大 **8dB** あった同相利得が **-9dB** まで減少  
→ フィルタとして利用可能

- 帯域2GHz, 4次Gm-Cフィルタ



	相補入力	NMOS入力
-3dB 周波数	2.0 GHz	2.0 GHz
次数	4	4
IM3 @2GHz, 300mVpp	-46.6 dBc	-45.1 dBc
消費電力	19.9 mW	30.2 mW

- 線形性を劣化させることなく  
消費電力を**34%削減**

プロセス	65nm CMOS
電源電圧	1.2 V
$R_s$	290 $\Omega$

- 相補入力型Gmセルにおいて, CMFFを行う手法について検討を行った。
- 最大8dBあった同相利得を-9dBまで抑え同相発振を抑制した。
- 帯域2GHz, 4次Gm-Cフィルタ構成した際にNMOS入力型と比較してIM3を劣化させることなく消費電力を34%削減した。

- [1] IEEE Std., IEEE802.15.3c-2009, Oct. 2009 [Online]. Available: <http://standards.ieee.org/getieee802/download/802.15.3c-2009.pdf>
- [2] Tien-Yu Lo, Chung-Chih Hung, “1V CMOS Gm-C Filteres,” Springer, ~2009.
- [3] 金子徹, 宮原正也, 松澤昭, “CMOS 入力高線形アンプの検討,” 電子情報通信学会ソサイエティ大会, 9月, 2013.
- [4] 浅田邦博, 松澤昭共編: アナログRF CMOS集積回路設計基礎編, STAR C教育推進室監修, 2010