

フォトダイオード用  
トランスインピーダンス・  
アンプの  
周波数特性の不思議

アナログ・デバイセズ株式会社

石井 聡

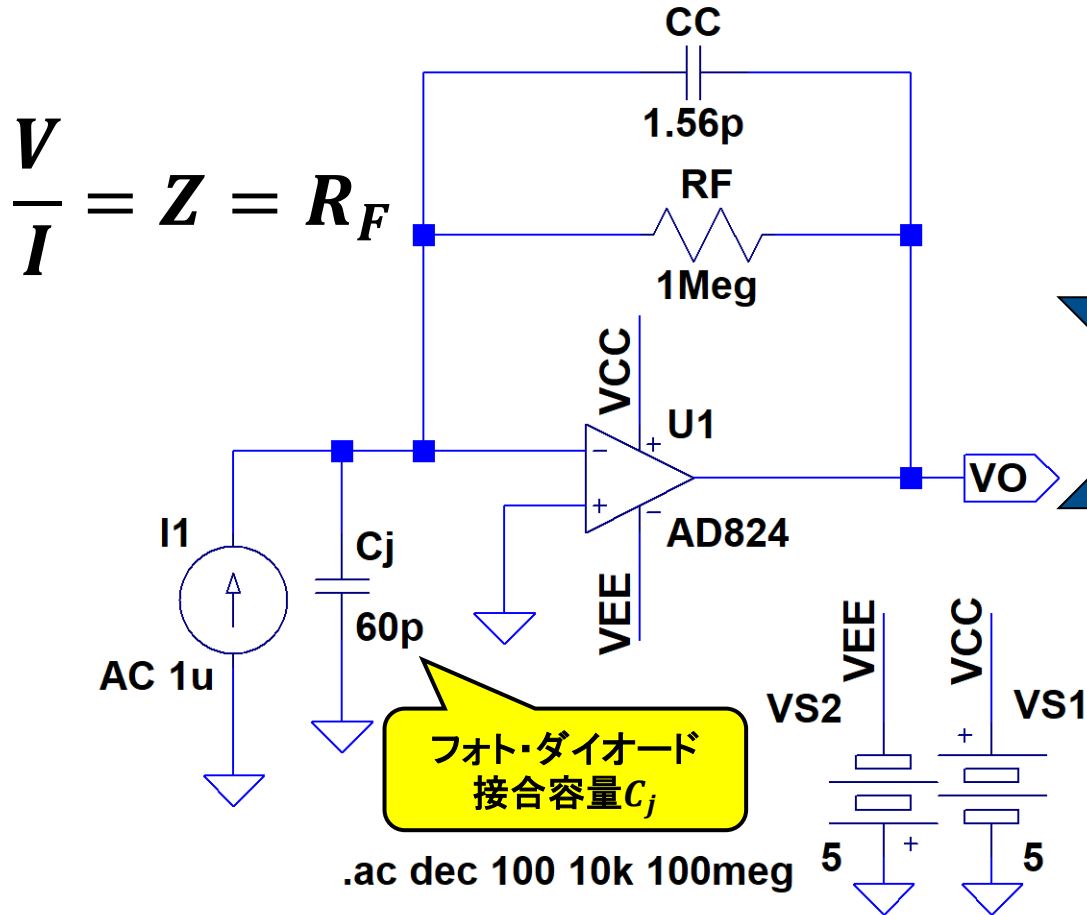


AHEAD OF WHAT'S POSSIBLE™

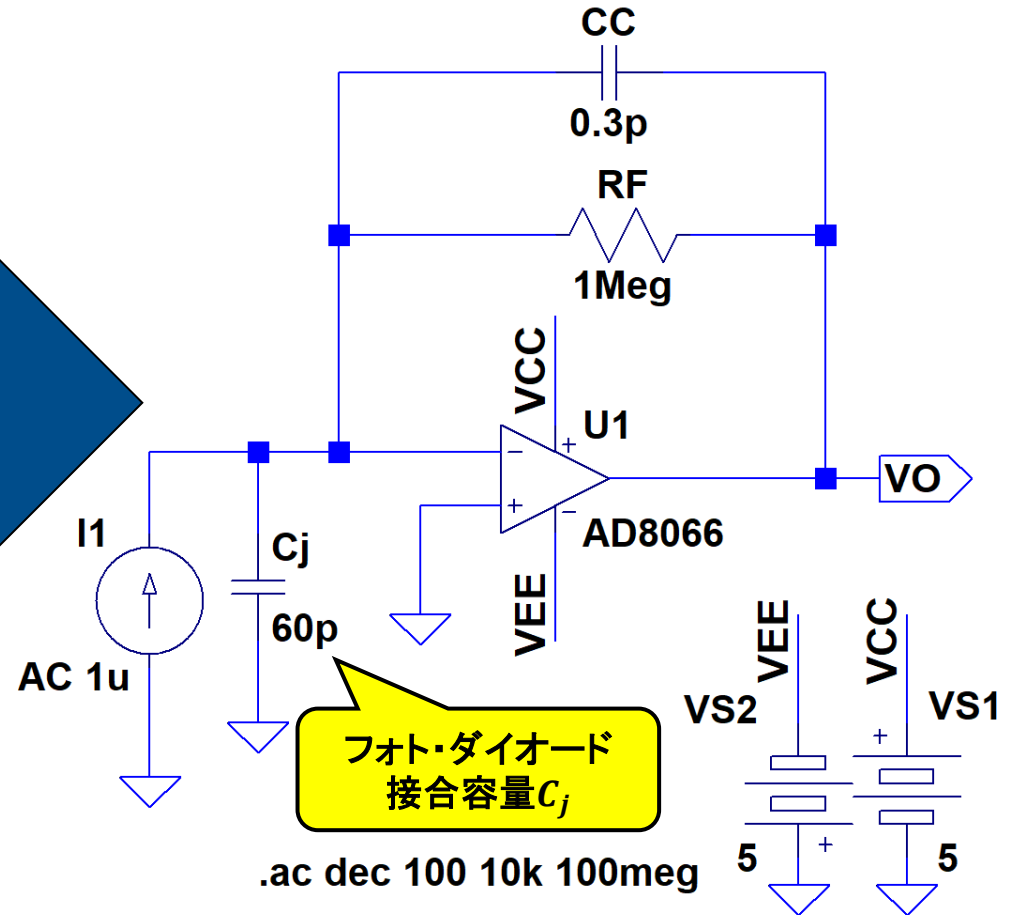
- ▶ GBW（利得帯域幅積）の異なるアンプを用いたTIAの周波数特性
- ▶ 出力ノイズは入力換算の「ノイズ・ゲイン」倍になり、それで周波数特性も決定する
- ▶ ループゲインの考え方
- ▶ これらの考察からわかること

# GBW（利得帯域幅積）の異なるアンプを用いたTIAの周波数特性

フォト・ダイオードには接合容量がある  
両方の帰還補償CCは同じ3dBのゲイン・ピーク(位相余裕)で設定

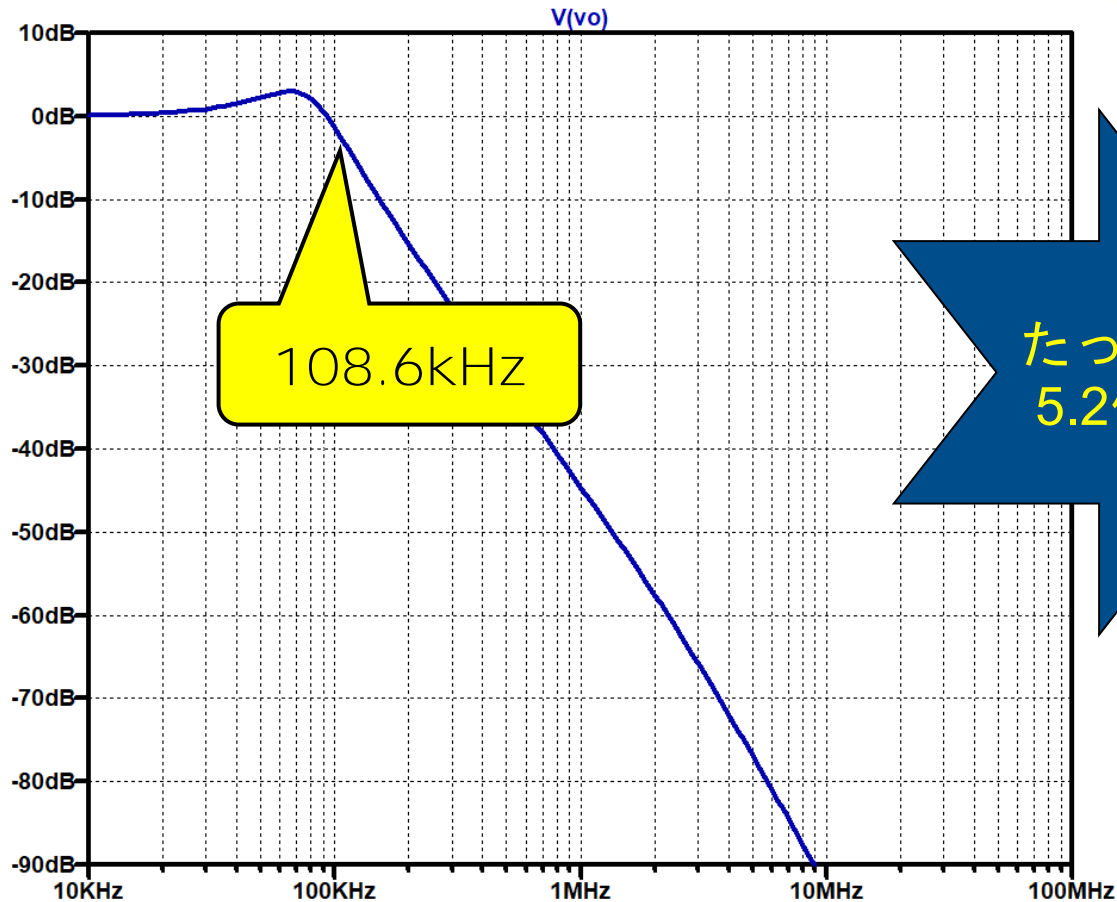


AD824 GBW = 2 MHz

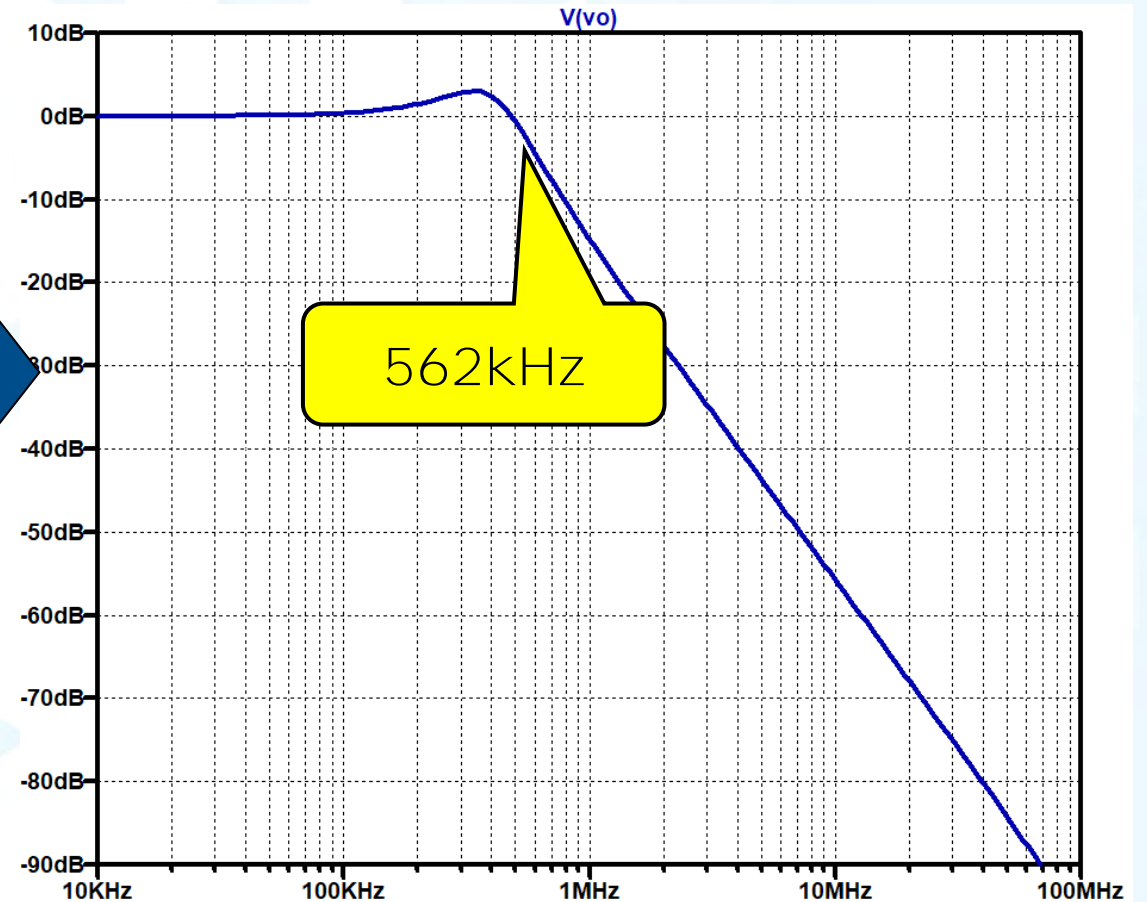
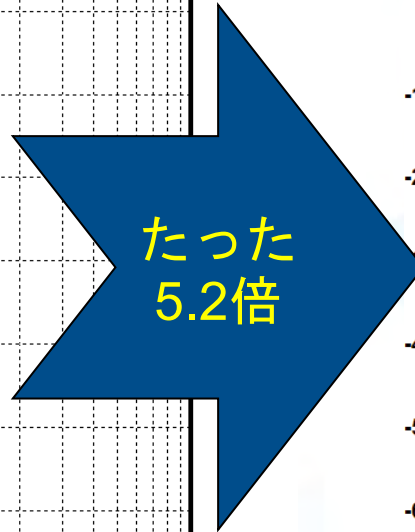


AD8066 GBW = 65 MHz

# GBWの異なるアンプを用いたTIAの周波数特性



AD824 GBW = 2 MHz

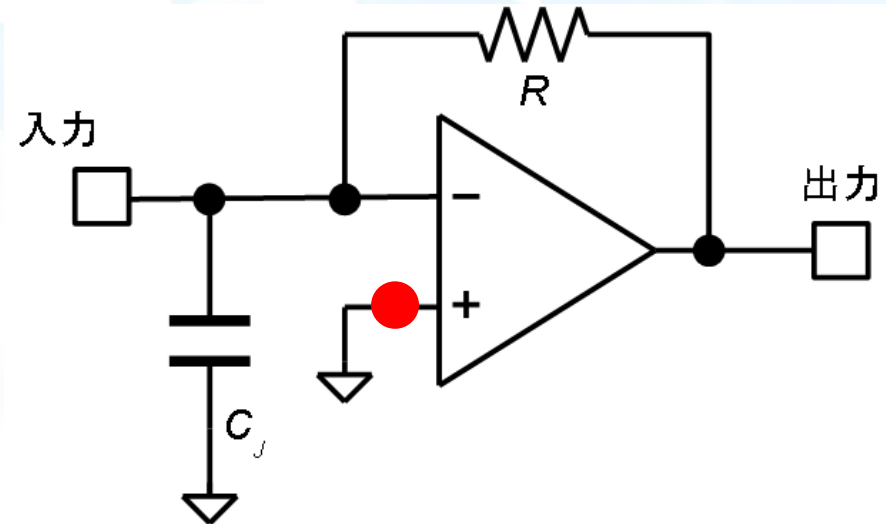
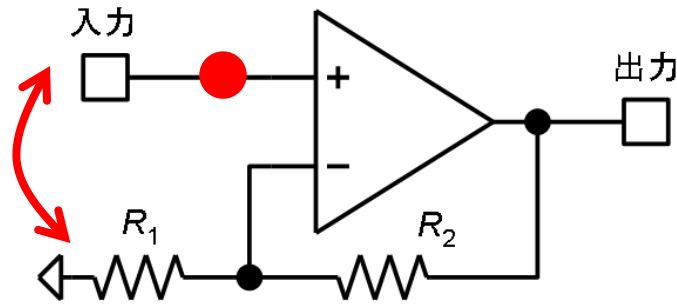


AD8066 GBW = 65 MHz

結果は比例関係ではない  
これはなぜ?

# 出力ノイズは「ノイズ・ゲイン $G_{NG}$ 」倍になり、それで周波数特性も決定する

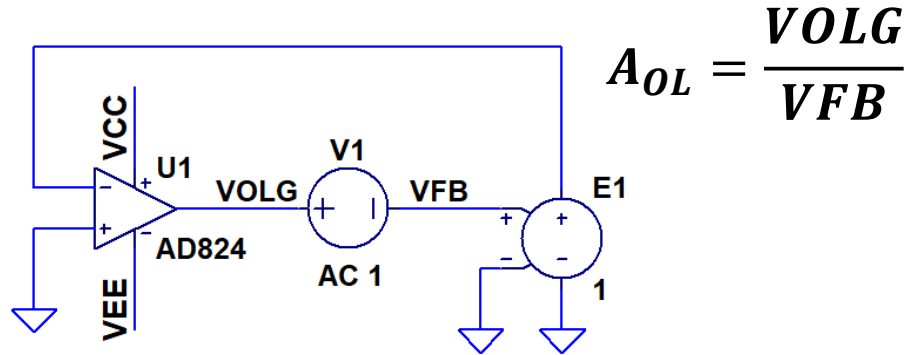
- ▶ 回路を非反転アンプとして見たときのゲインと等しい
- ▶ 周波数特性もノイズ・ゲイン $G_{NG}$ で決定する
- ▶ TIAのノイズ・ゲインは $C_J$ の考慮が必要



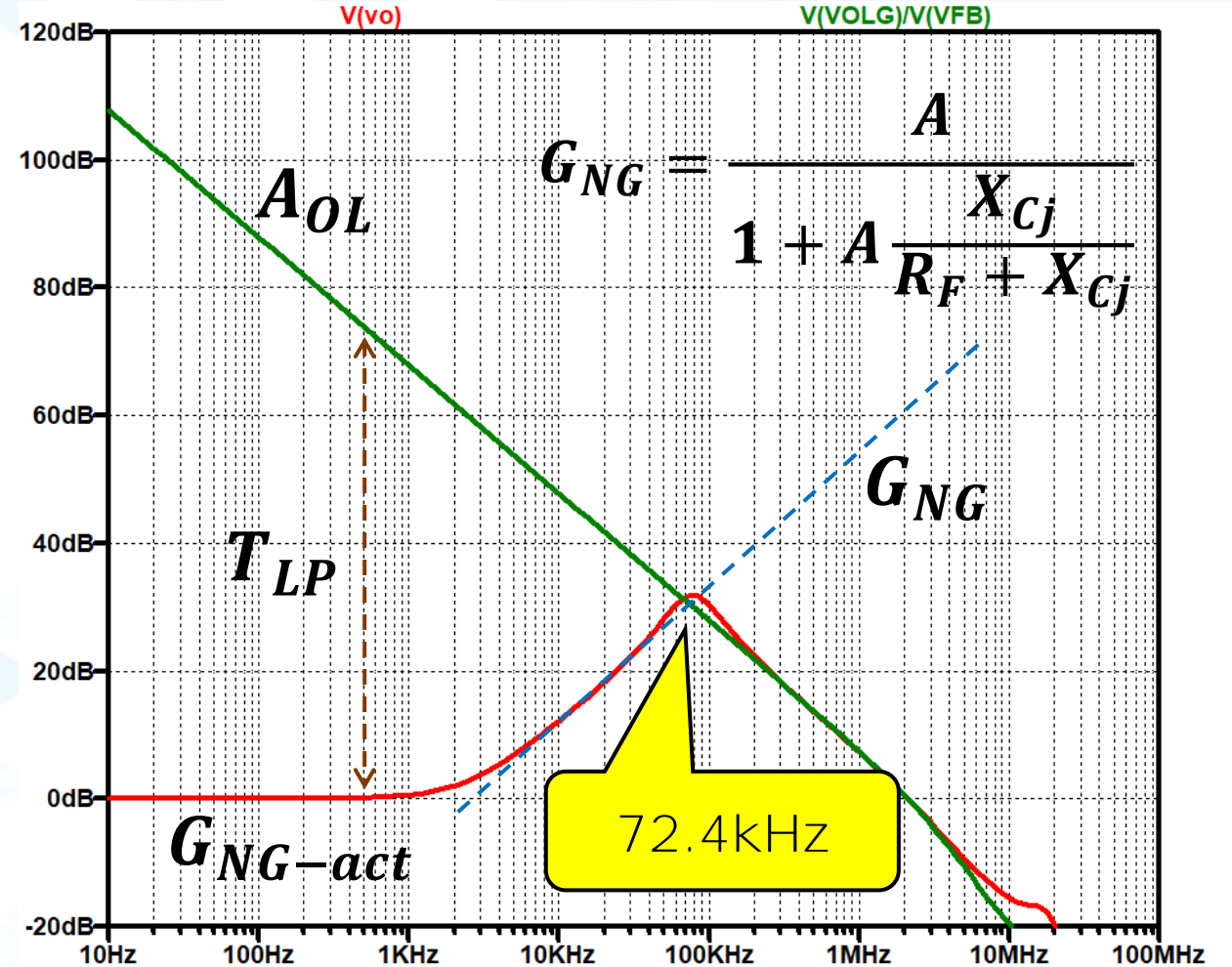
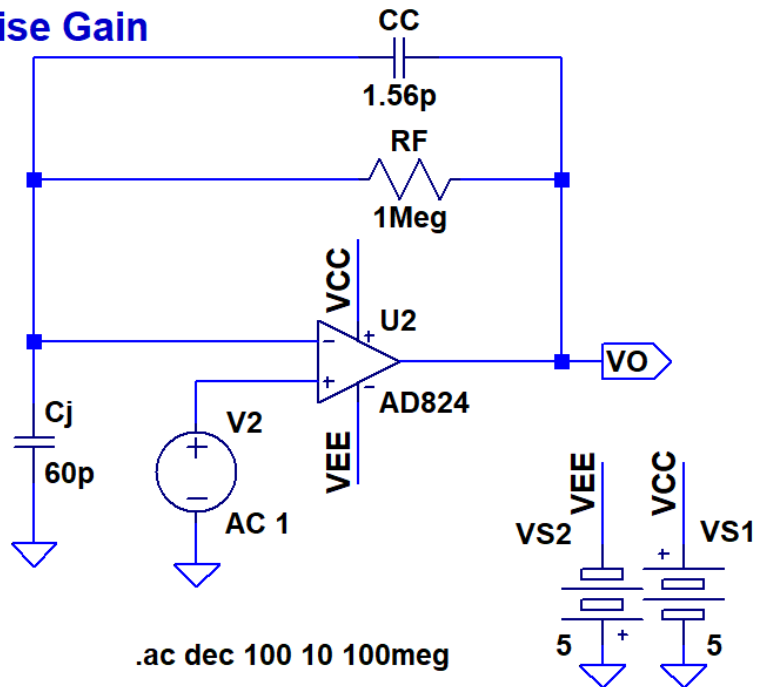
$1 + \frac{R_2}{R_1}$	信号ゲイン	$(V/I =)R$
$1 + \frac{R_2}{R_1}$	ノイズ・ゲイン	$1 + j\omega RC_J$

# 実際のノイズゲイン $G_{NG-act}$

## Open Loop Gain



## Noise Gain

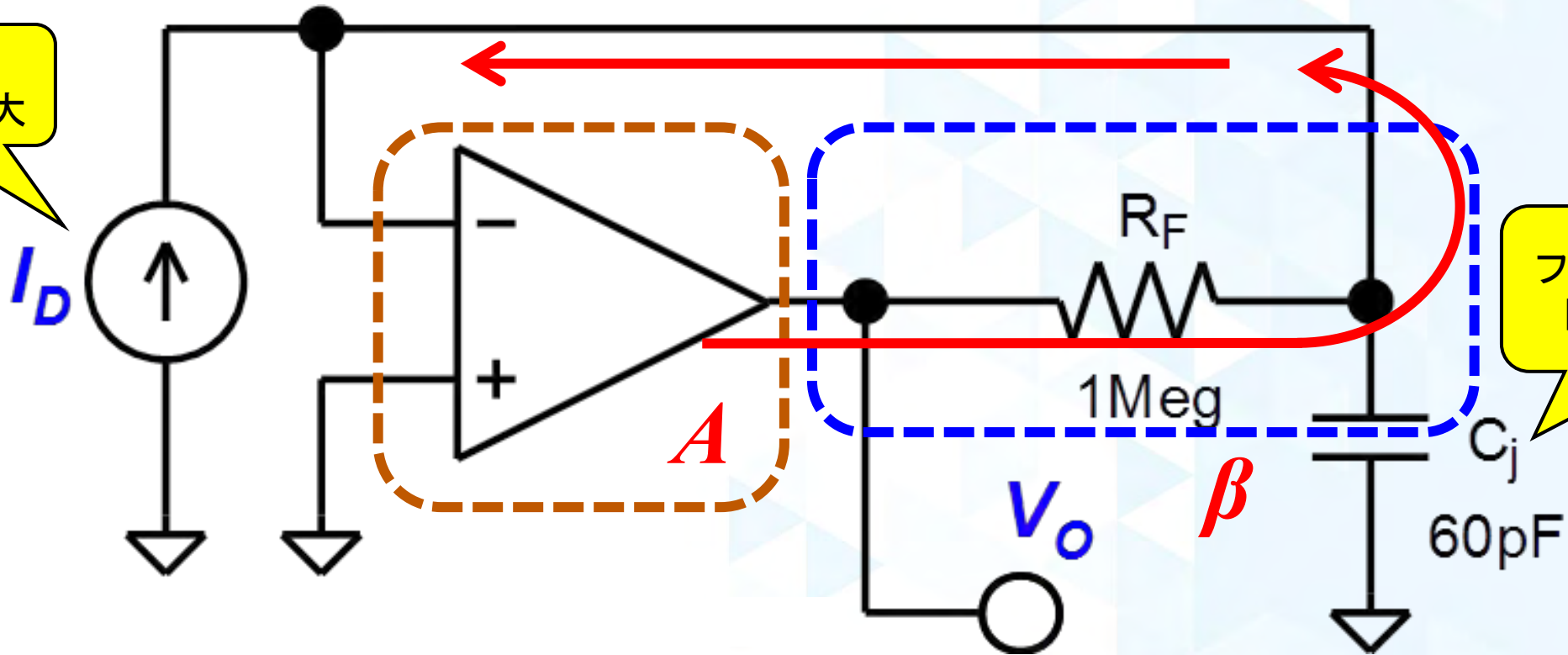




# ループゲイン $T_{LP}$ の考え方

ループゲイン $T_{LP} = A\beta$   
というもので考える

電流源は  
抵抗は無限大



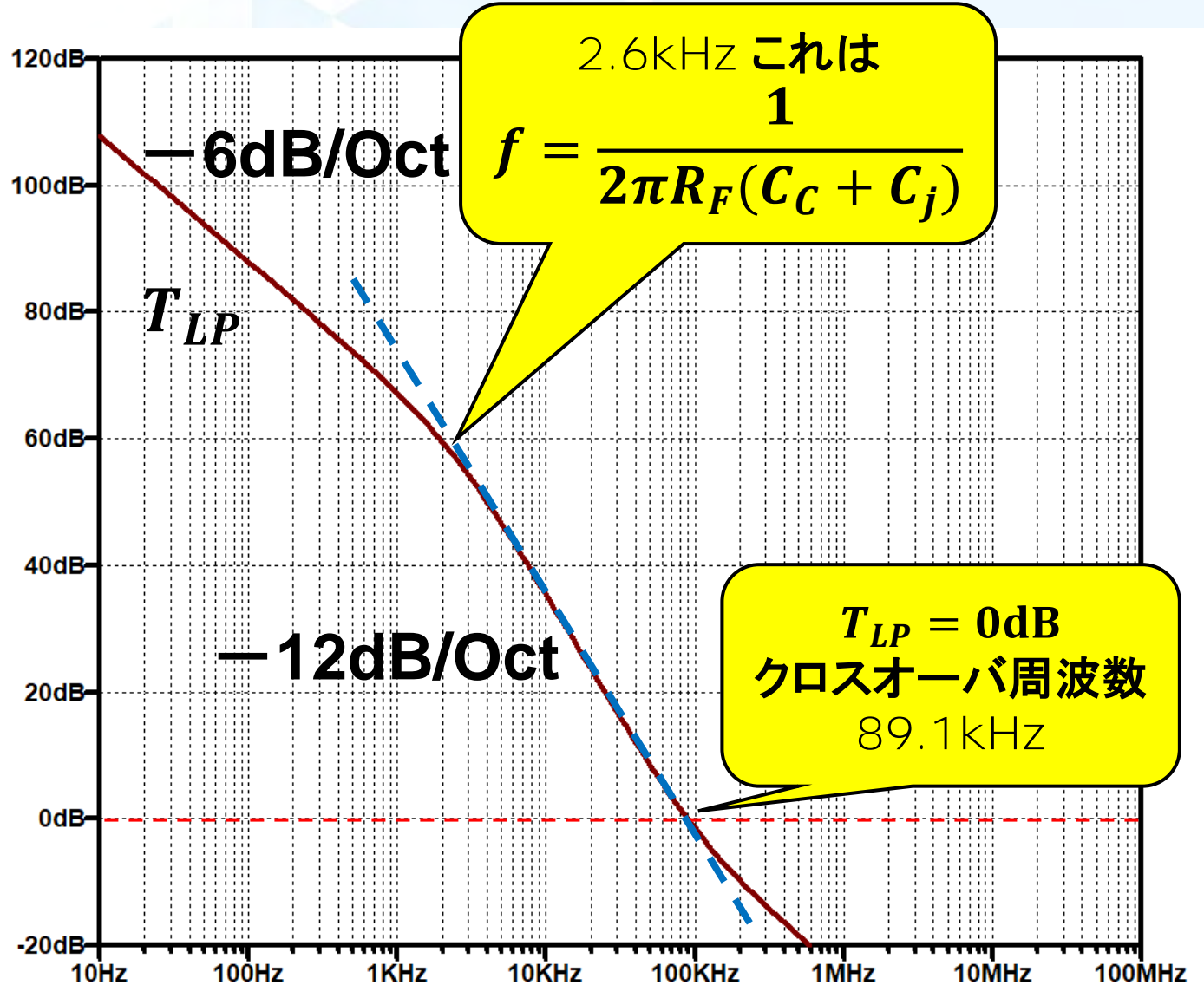
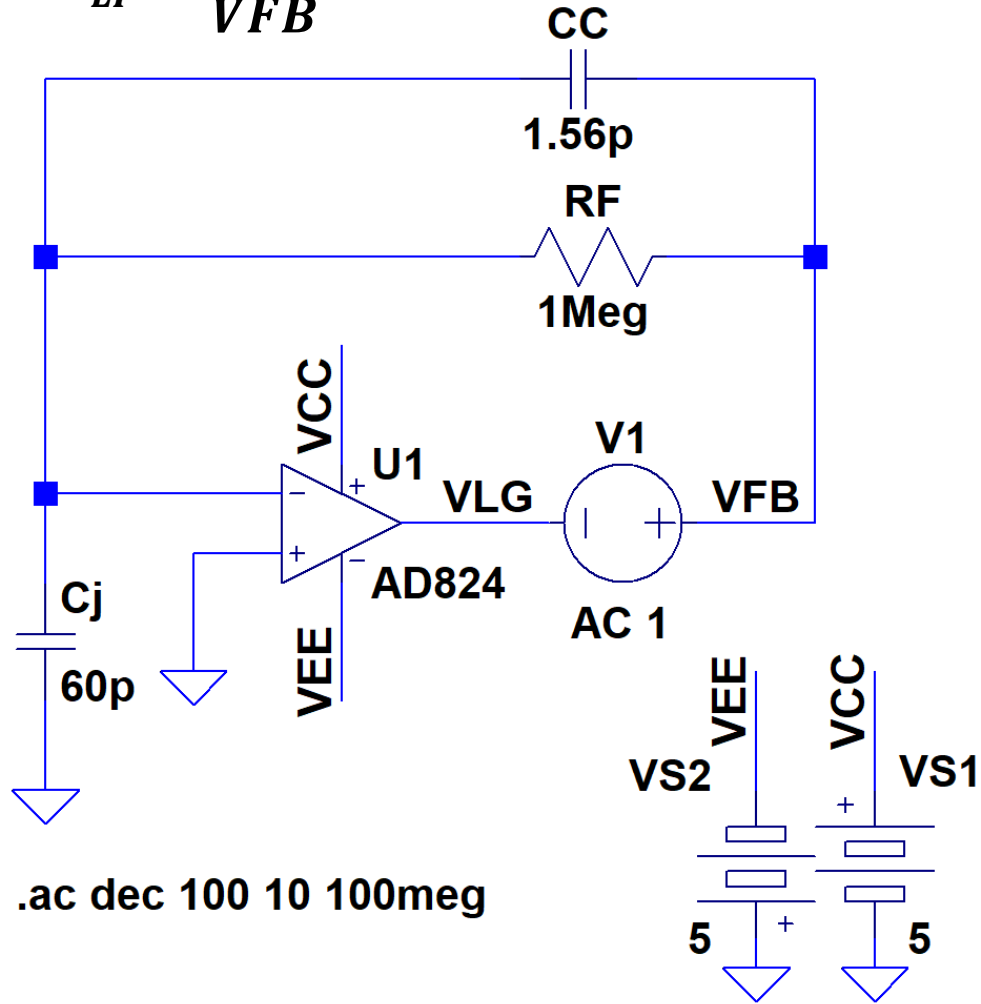
フォト・ダイオードの接合容量 $C_j$

OPアンプ単体の  
オープンループゲイン

電流電圧変換抵抗と接合容量  
により形成される帰還経路

# 実際のループゲイン $T_{LP}$

$$T_{LP} = \frac{VLG}{VFB}$$





# ここまでの考察からわかること

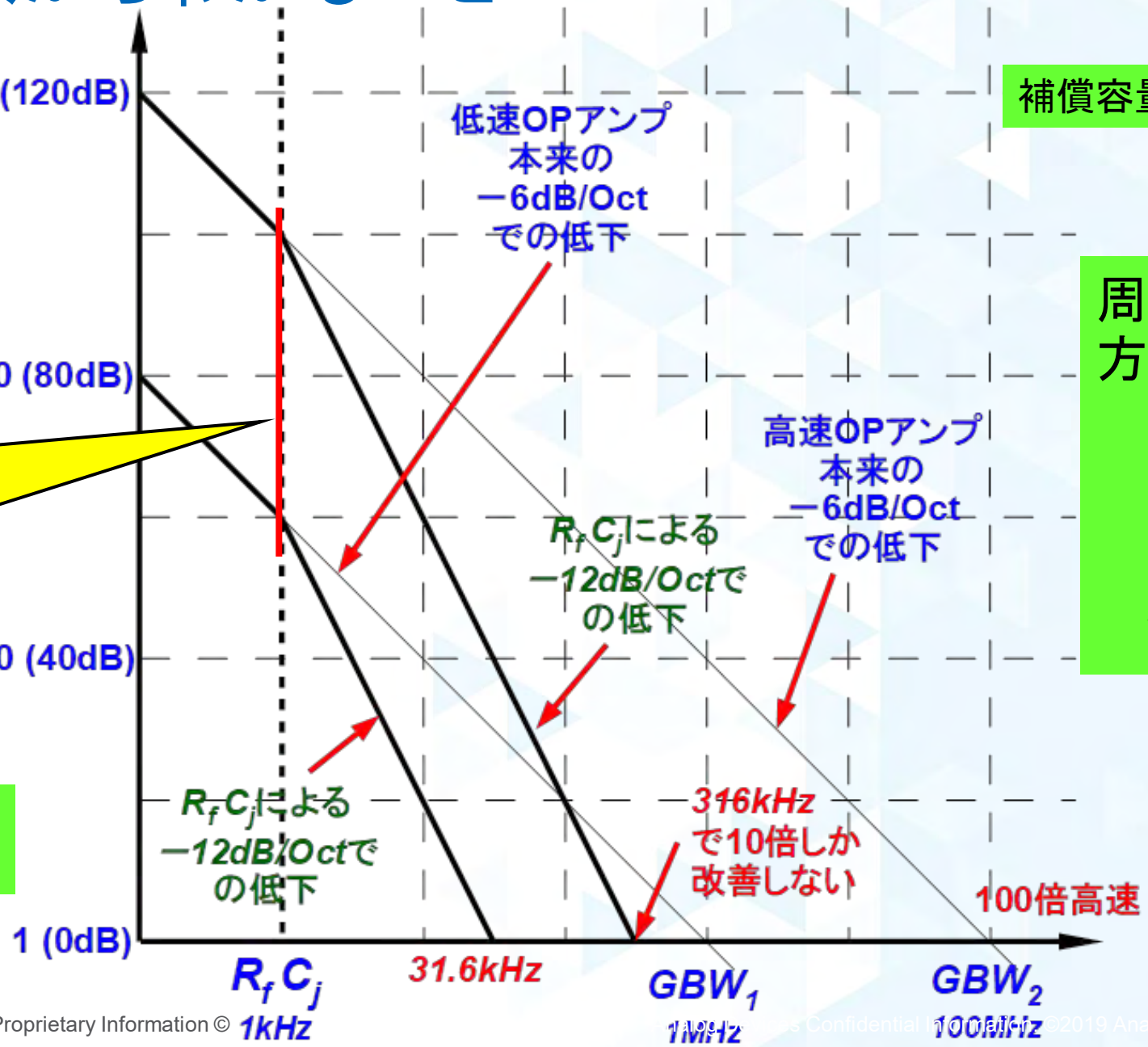
補償容量CCは無視している

周波数特性は平方根の関係だ...

$$\sqrt{\frac{GBW_2}{GBW_1}}$$

付加されたポール  
 $f = \frac{1}{2\pi R_F(C_J + C_C)}$   
 が周波数特性を制限する

「ポール」はRC LPFの-3dB周波数だと考えれば簡単



TIAの周波数特性をよくするには、OPアンプを高速なものに変えればいいですか？

- ▶ 周波数特性は平方根の関係です

$$\sqrt{\frac{GBW_2}{GBW_1}}$$

- ▶ 意外と周波数特性を向上させるのは難しい . . .
- ▶ 次の「周波数特性の改善方法」もご覧ください