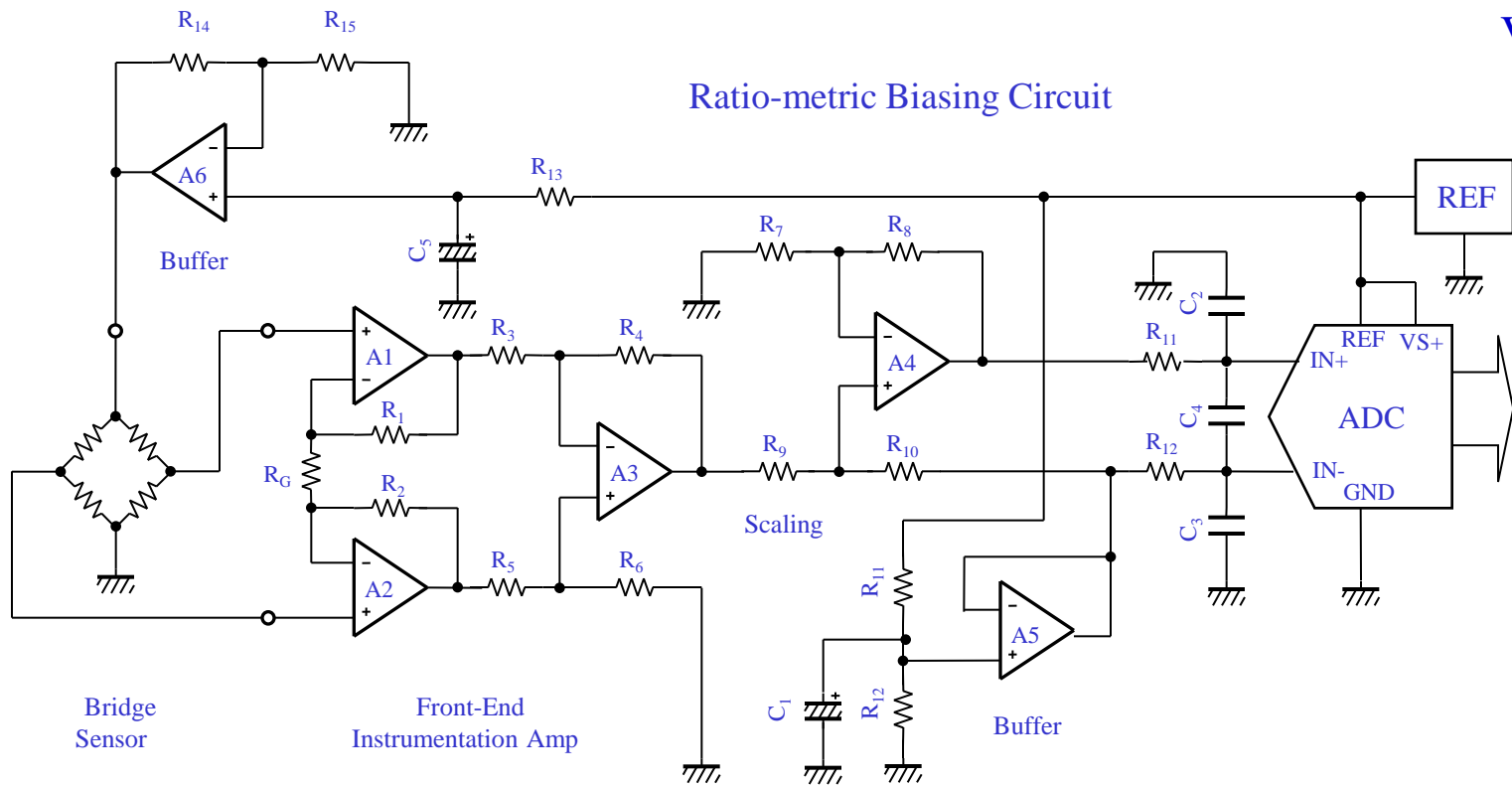


Signal Chain Training Text for Level 1

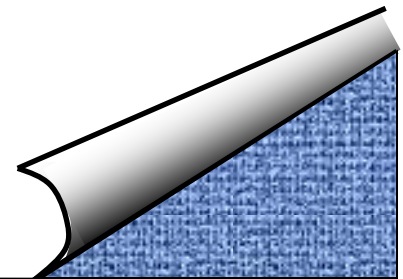
オペアンプその2

Ver.-2.0



セッション・インデックス

- + 理想オペアンプ
- + バーチャル(イマジナリ)・ショート
- + 入出力電圧範囲
- + GB積(ゲインと帯域幅)
- + 位相特性
- + 発振の問題
- + 単電源オペアンプ



理想オペアンプ(復習)

◇ 理想オペアンプ

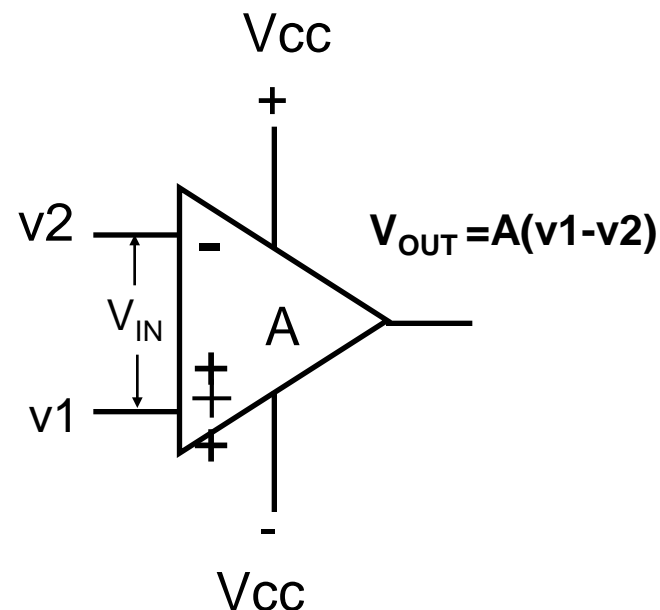
1. 差動電圧利得 = ∞
2. 同相電圧利得 = 0
3. 周波数帯域幅 = ∞
4. 入力インピーダンス = ∞
5. 出力インピーダンス = 0

$$\text{出力} = A(V_1 - V_2)$$

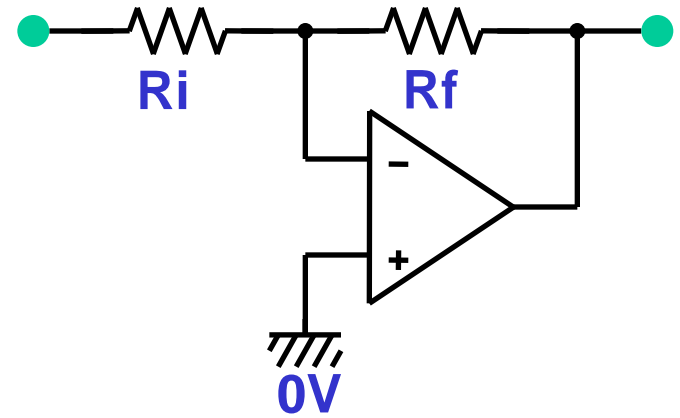
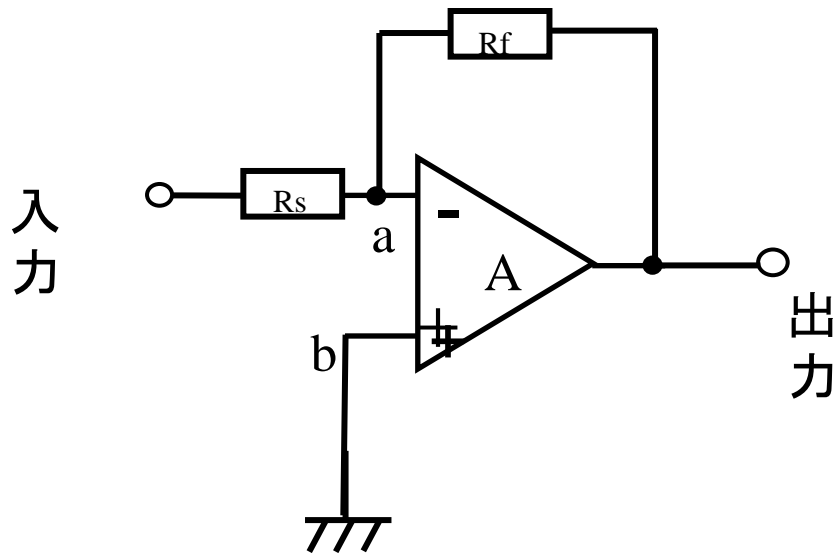
入力電圧の差によって出力電圧が決まる。

V_1 が大きければ + 側になる。

V_2 が大きければ - 側になる。

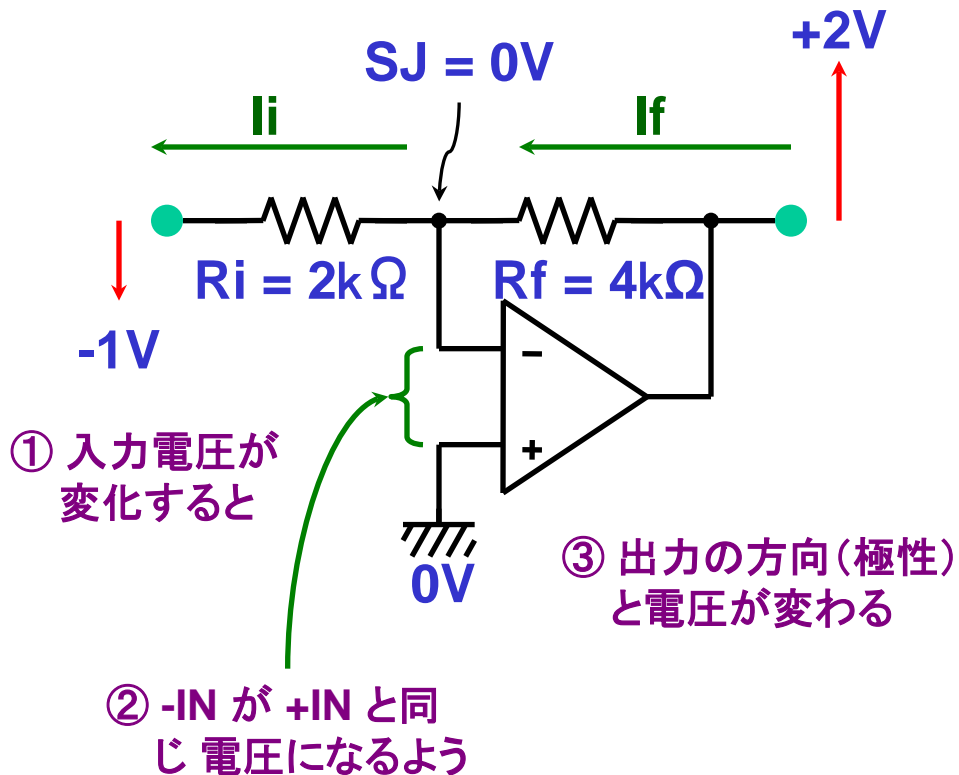


オペアンプの回路

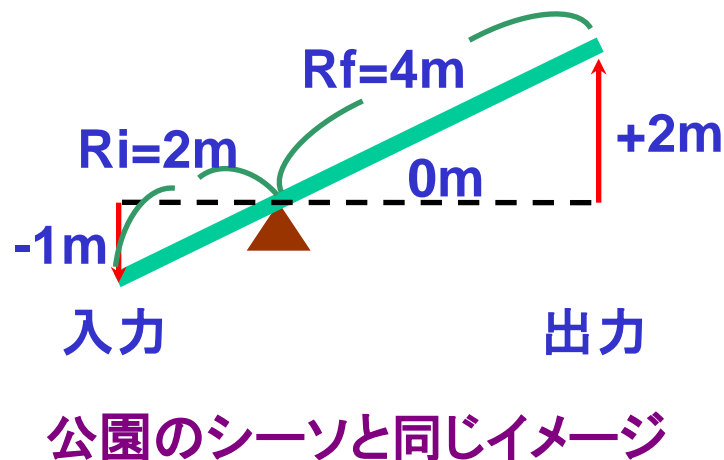


同じ回路
反転増幅器

オペアンプの基本動作(反転アンプ)

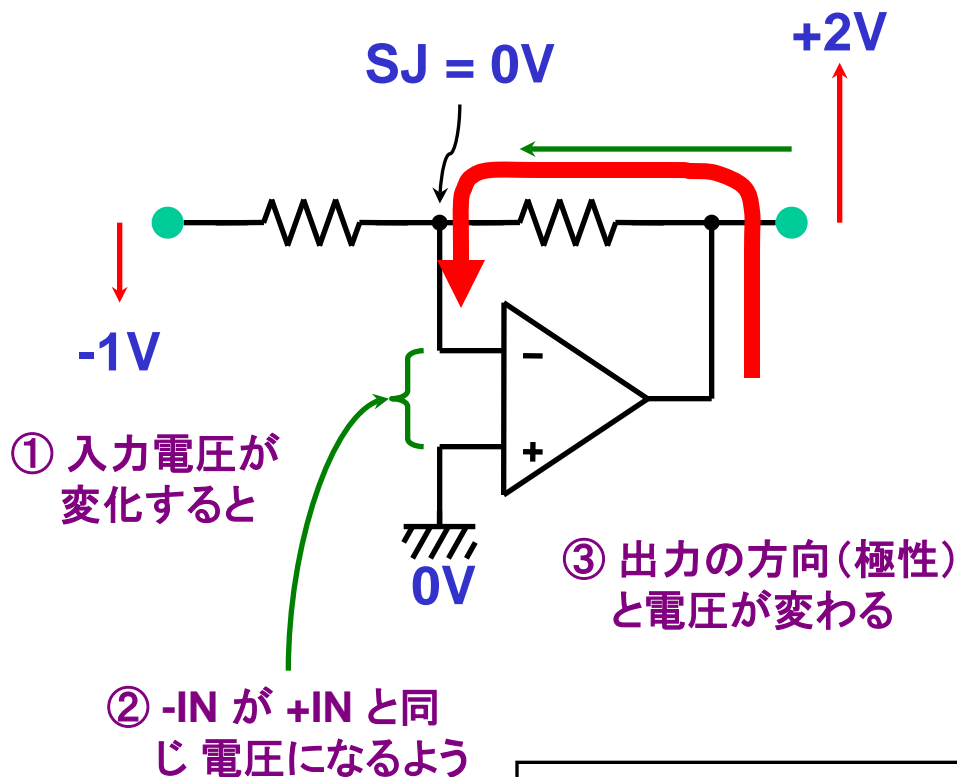


$$V_o = -\frac{R_f}{R_i} V_i \rightarrow \text{反転アンプのゲイン}$$



オペアンプが正しく動作している限り、-INが+INと同じ電圧になるよう、出力が変化する。

バーチャル(イマジナリ)・ショート



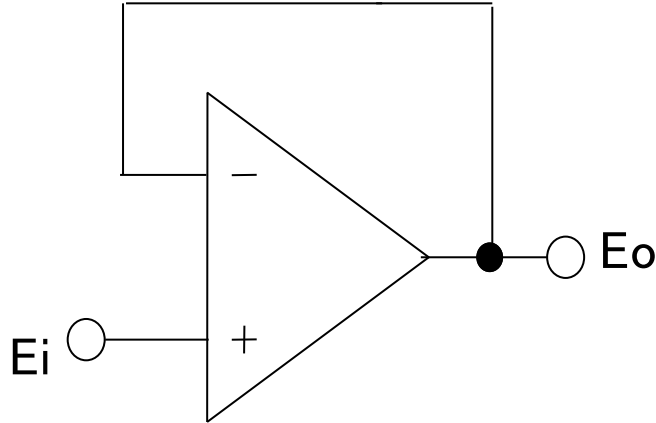
右の回路のように、入力と出力で極性が反転して、出力が入力と繋がる。

出力が入力にもどるので、そのことをフィードバックすると言う。

入力と出力で極性が反転している場合をネガティブ・フィードバックと言う。

ネガティブ・フィードバックの回路は、常に入力の-INと+INが同じになるように動作します。これを**バーチャル(イマジナリ)・ショート**と言います。

ボルテージ・フォロア

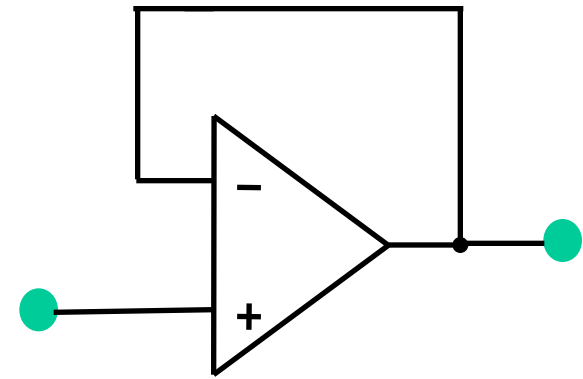
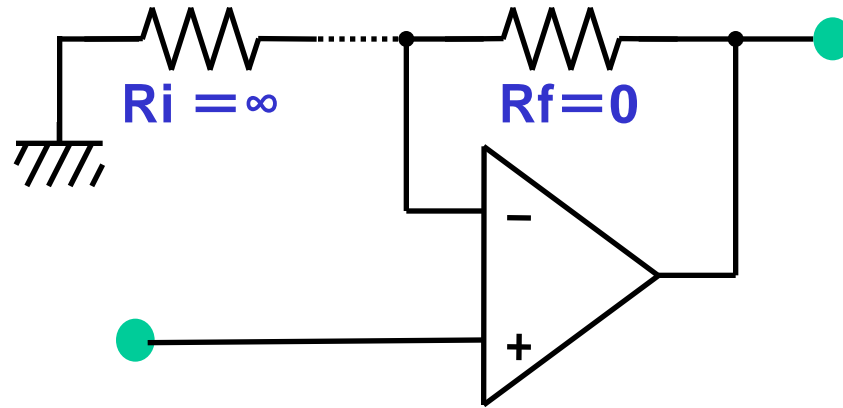


$$E_i = E_o$$

ボルテージ・フォロアも出力が-INに入っているの
でネガティブ・フィードバック
となります。

ネガティブ・フィードバック
であれば、バーチャル・シ
ョートが成立します。

ボルテージ・フォロア考え方



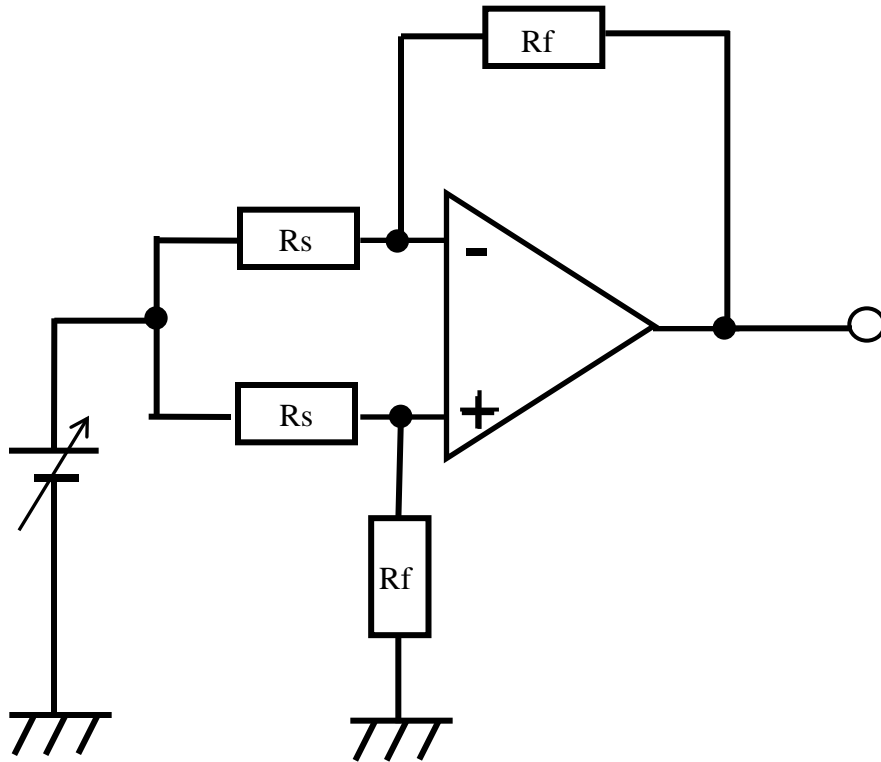
R_i が ∞ 、 R_f が 0Ω になると

$$A = \frac{R_i + R_f}{R_i} \quad \longrightarrow \quad A = \frac{\infty + 0}{\infty} \quad \longrightarrow \quad A = 1$$

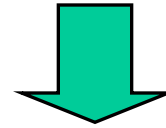
(非反転増幅回路の式)

同相モード入力電圧

入力電圧範囲	V_{CM}								
同相モード電圧範囲			$(V-) + 2$		$(V+) - 2$				
同相モード除去比	CMRR	$V_{CM} = (V-) + 2V \sim (V+) - 2V$	130	140			*	*	V
$T_A = -40^\circ\text{C} \sim +85^\circ\text{C}$		$V_{CM} = (V-) + 2V \sim (V+) - 2V$	128				115	115	dB

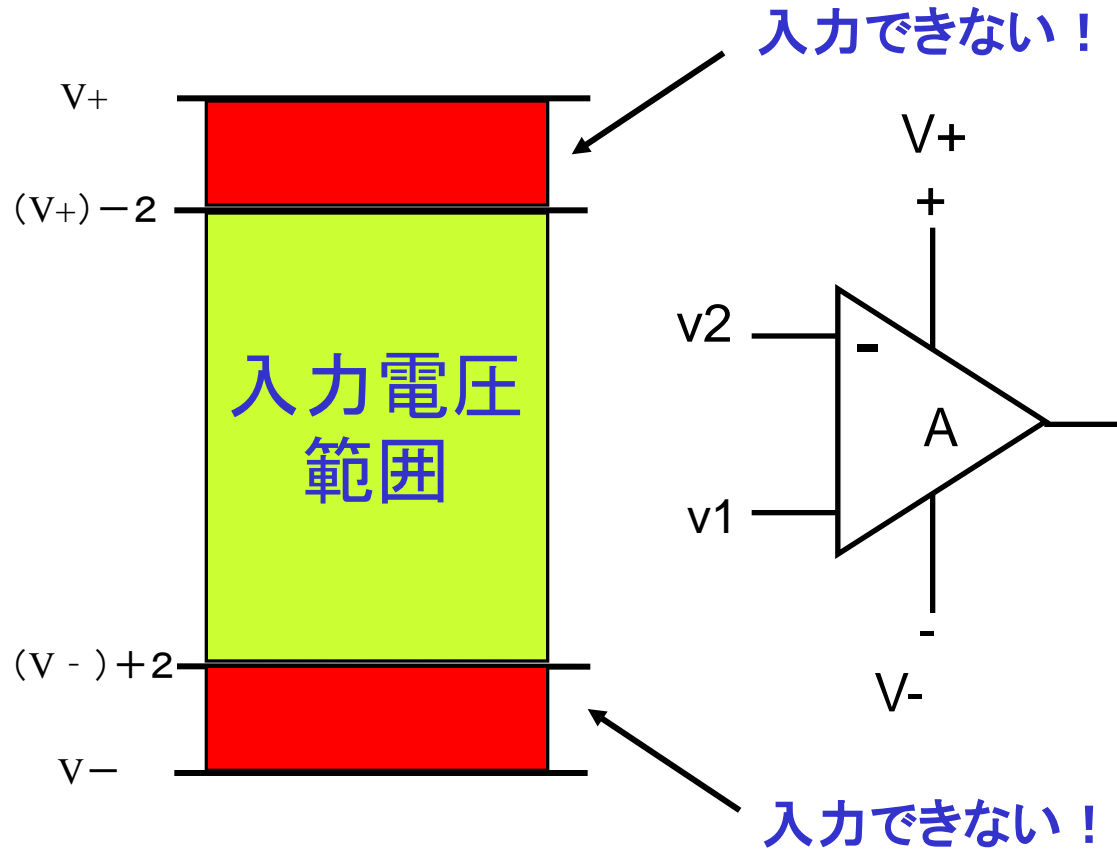


同相入力範囲

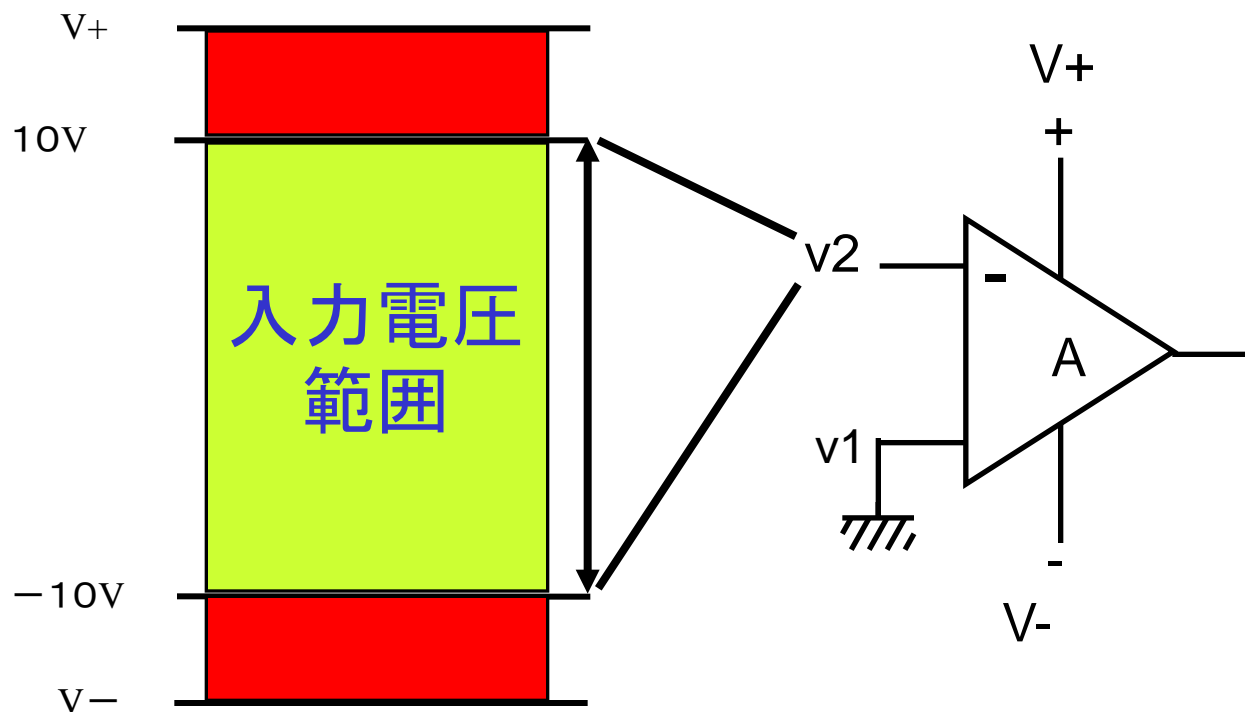


入力電圧範囲

入力電圧範囲

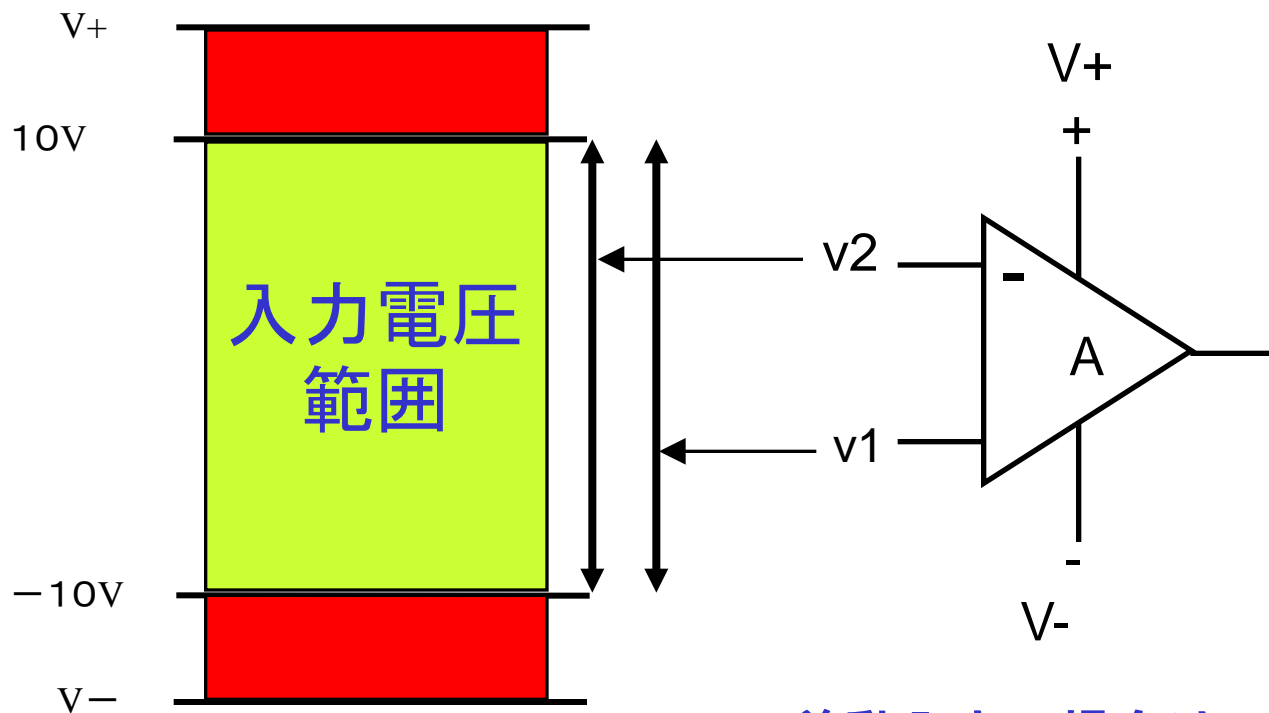


入力電圧範囲 (シングルエンド)



入力の片方がGNDだとシングルエンド
と言い入力できる範囲は $10V \sim -10V$
となります。

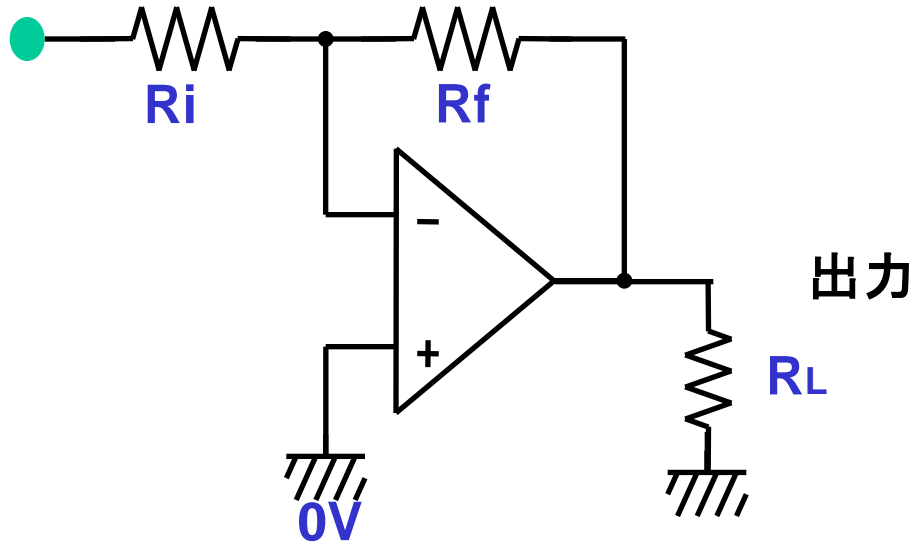
差動の入力電圧



差動入力の場合は±20Vとなります。

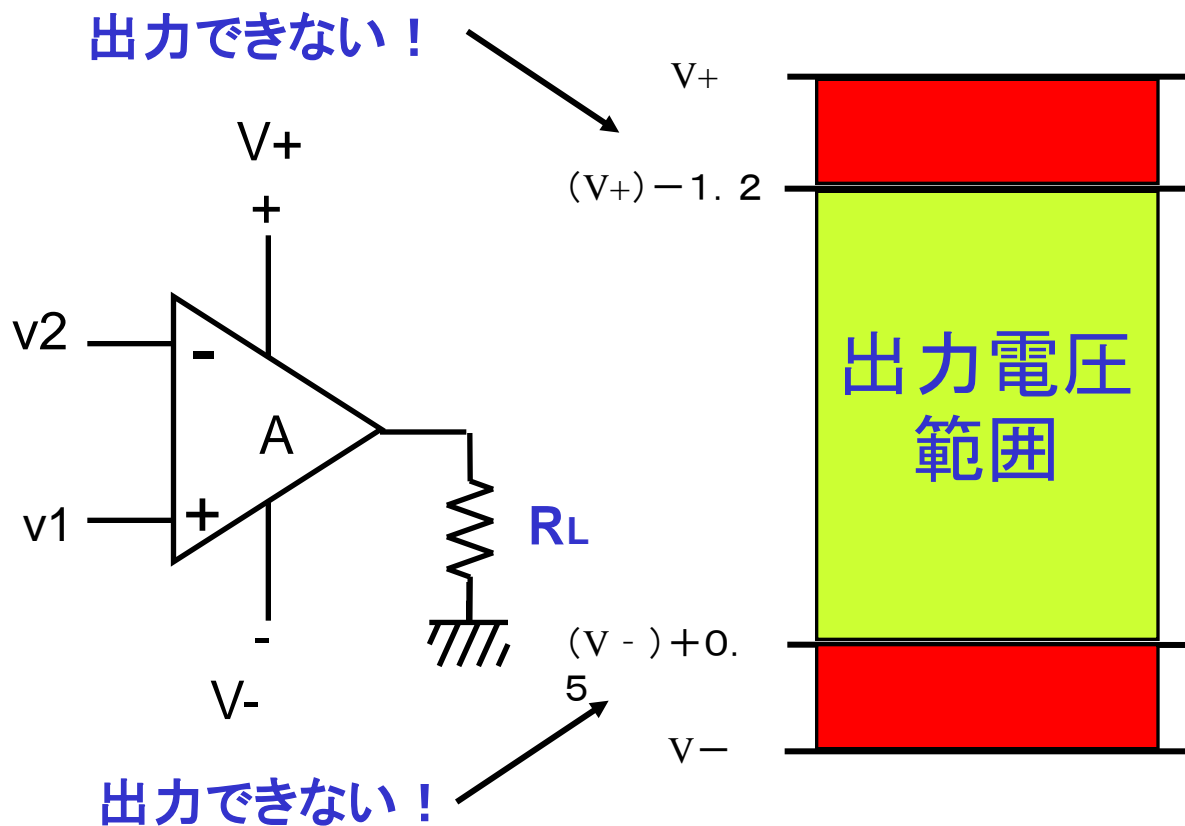
出力電圧範囲

出力 電圧出力 $T_A = -40^\circ\text{C} \sim +85^\circ\text{C}$ $T_A = -40^\circ\text{C} \sim +85^\circ\text{C}$ 短絡電流	$R_f = 10\text{k}\Omega$ $R_f = 10\text{k}\Omega$ $R_L = 2\text{k}\Omega$ $R_L = 2\text{k}\Omega$	(V-) +0.5 (V-) +0.5 (V-) +1.5 (V-) +1.5	(V+) -1.2 (V+) -1.2 (V+) -1.5 (V+) -1.5	*	*	*	*	V V V V
--	--	--	--	---	---	---	---	------------------



出力の電圧範囲は負荷抵抗 R_L によって変わります。

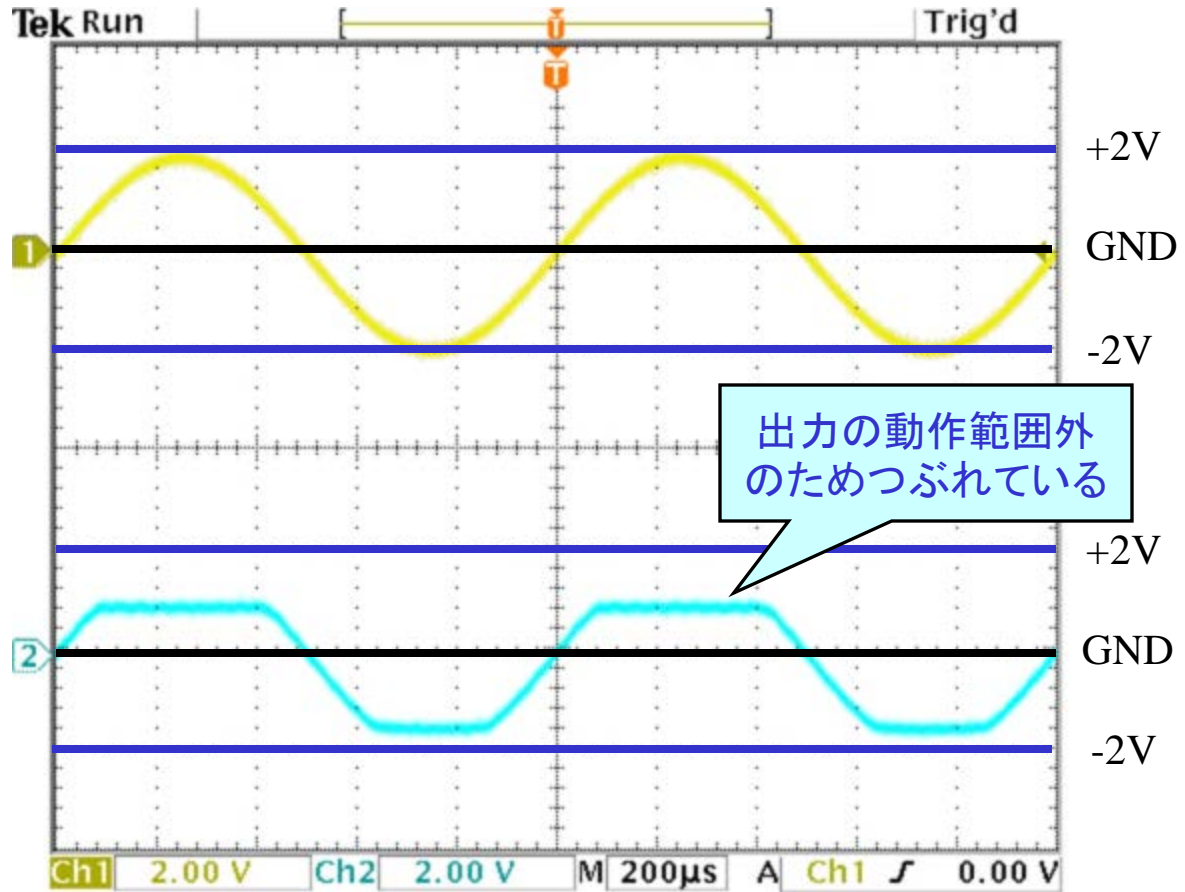
出力電圧範囲



両電源の入出力波形(1)

入力波形

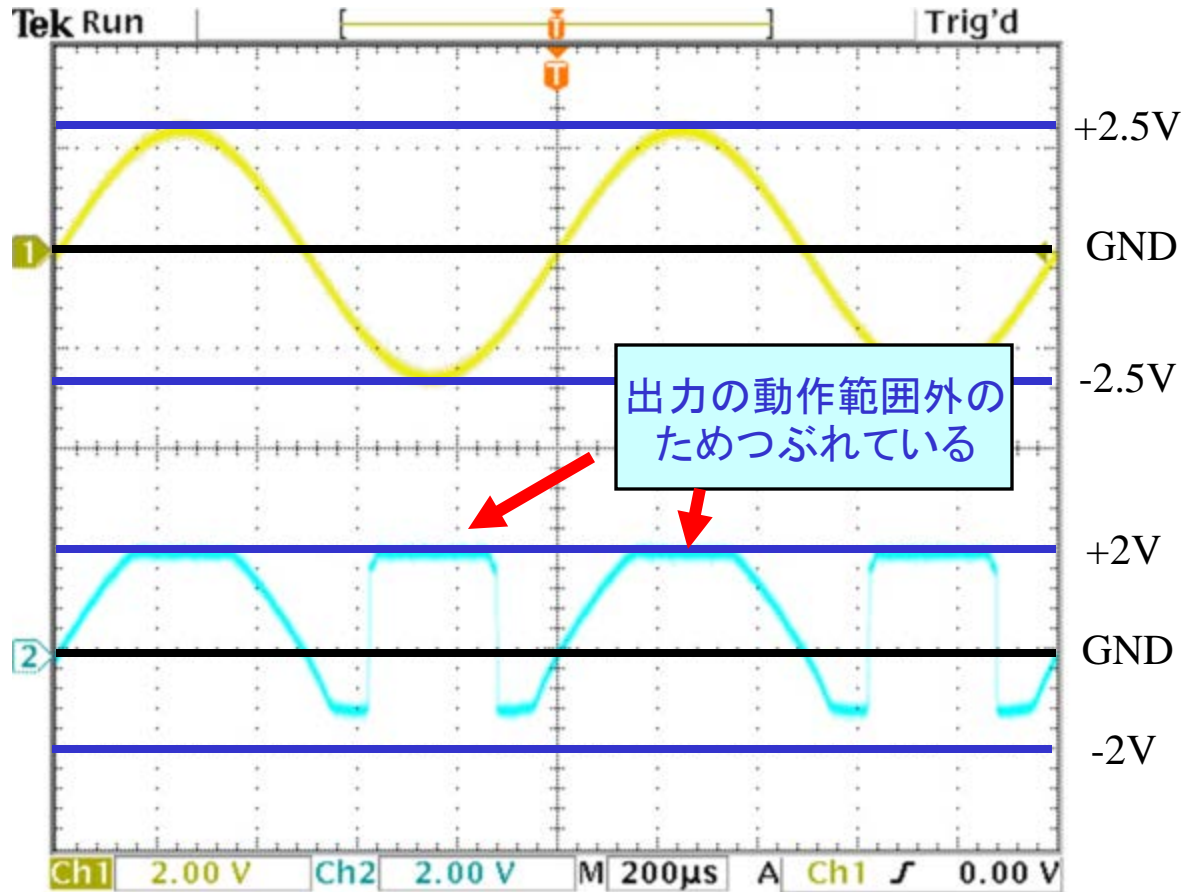
出力波形



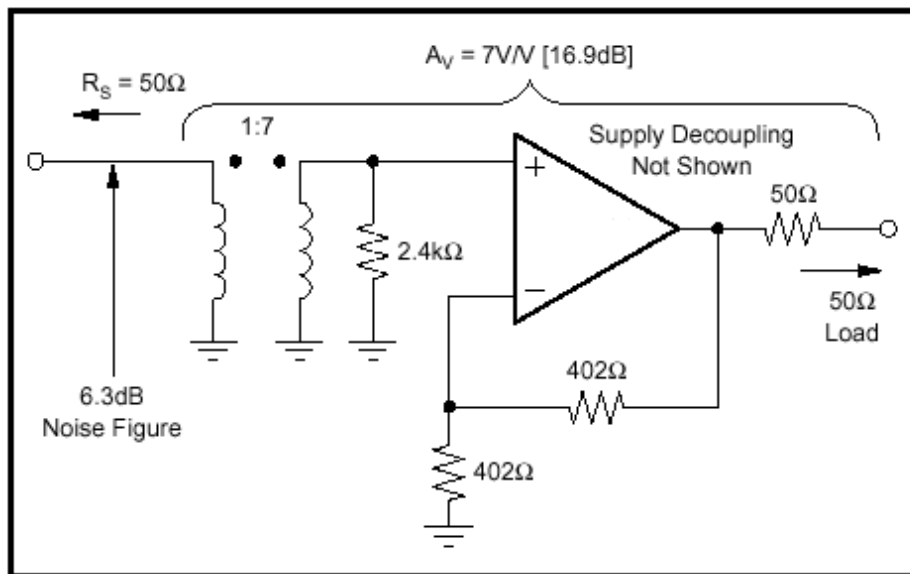
両電源の入出力波形(2)

入力波形

出力波形



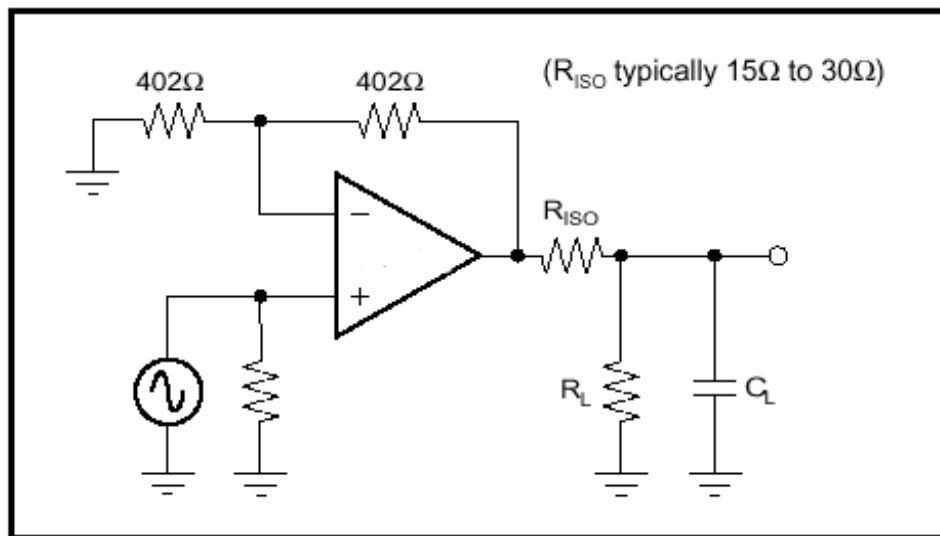
実践的なOP-AMPの選択 1



ヒント・・・ V_{io} が 500μ 以下

- 条件
- 電源電圧・・・ $\pm 15V$
- GBW・・・10MHz以上
- スルーレート・・・10V/ μ Sec以上
- バイアス電流・・・20nA以下
- オフセット電圧・・・0.5mV以下

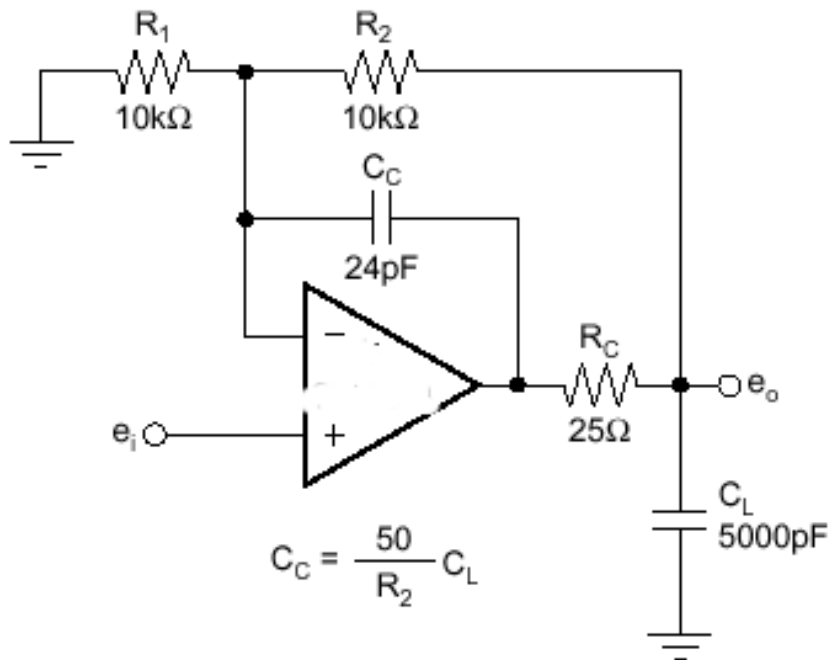
実践的なOP-AMPの選択 2



ヒント…高精度で高速
増幅率に注意

- 条件
- 電源電圧… $\pm 15V$
- GBW… $5MHz$ 以上
- スルーレート… $30V/\mu s$ 以上
- V_{io} … $0.5mV$ 以下
- I_{IB} … $100nA$ 以下

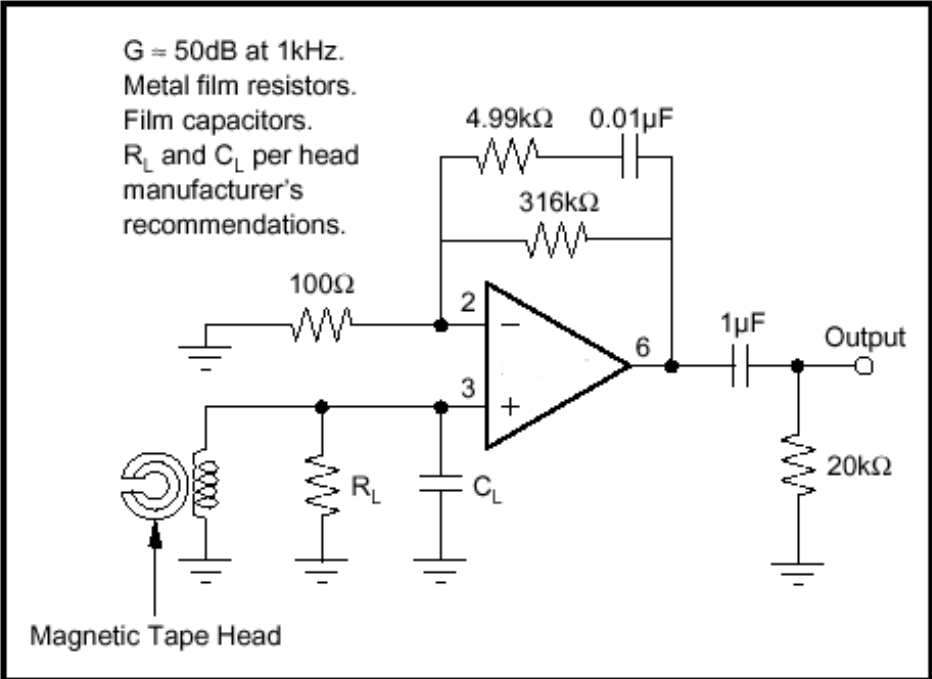
実践的なOP-AMPの選択 3



- 条件
- 電源電圧・・・ $\pm 15\text{V}$
- GBW・・・ 10MHz 以上
- ノイズ・・・ $10\text{nv}/\sqrt{\text{Hz}}$ 以下
- バイアス電流・・・ 50pA 以下
- オフセット電圧・・・ $100\mu\text{V}$ 以下

ヒント・・・ロー・ノイズ

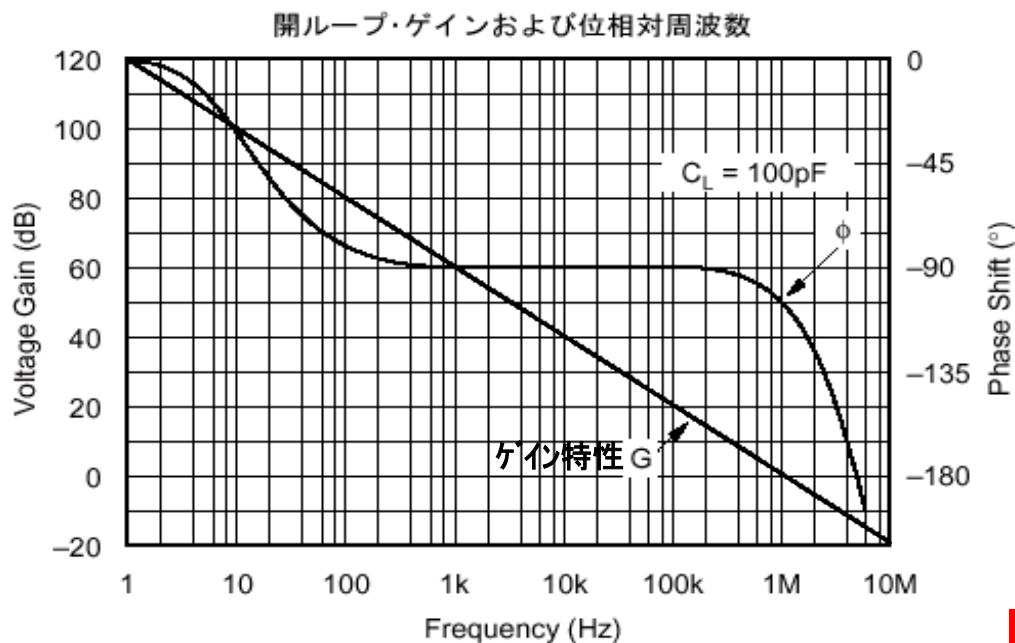
実践的なOP-AMPの選択 4



- 条件
- 電源電圧・・・+5V
- GBW・・・100MHz以上
- オフセット電圧・・・10mV以下
- V_n ・・・10nV/ $\sqrt{\text{Hz}}$
- Rail to Rail・・・入・出力

ヒント・・・低電圧, ハイスピード

GB積(1)



-20dB/dec (decade = 10倍) 1ディケードごとに20dB下がります。

左の特性では

G=1倍の帯域は1MHz

G=10倍(20dB)で100KHz

G=100倍(40dB)で10KHz

・

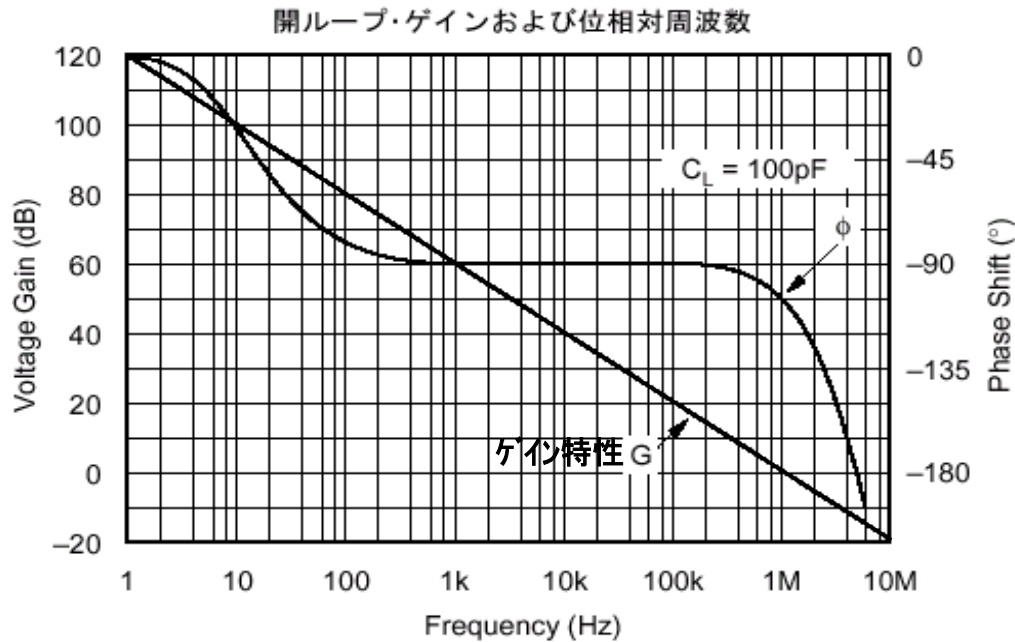
G=10000倍(80dB)で100Hz

ゲインを10倍増やすごとにオペアンプの帯域は1/10ずつ減る

これはどのオペアンプでも同じ特性

このことから、ゲイン(増幅率)とバンド(周波数帯域幅)の乗算したものは常に同じとなります。

GB積(2)



(セレクション・ガイド)

GBW値 = 1倍の帯域幅

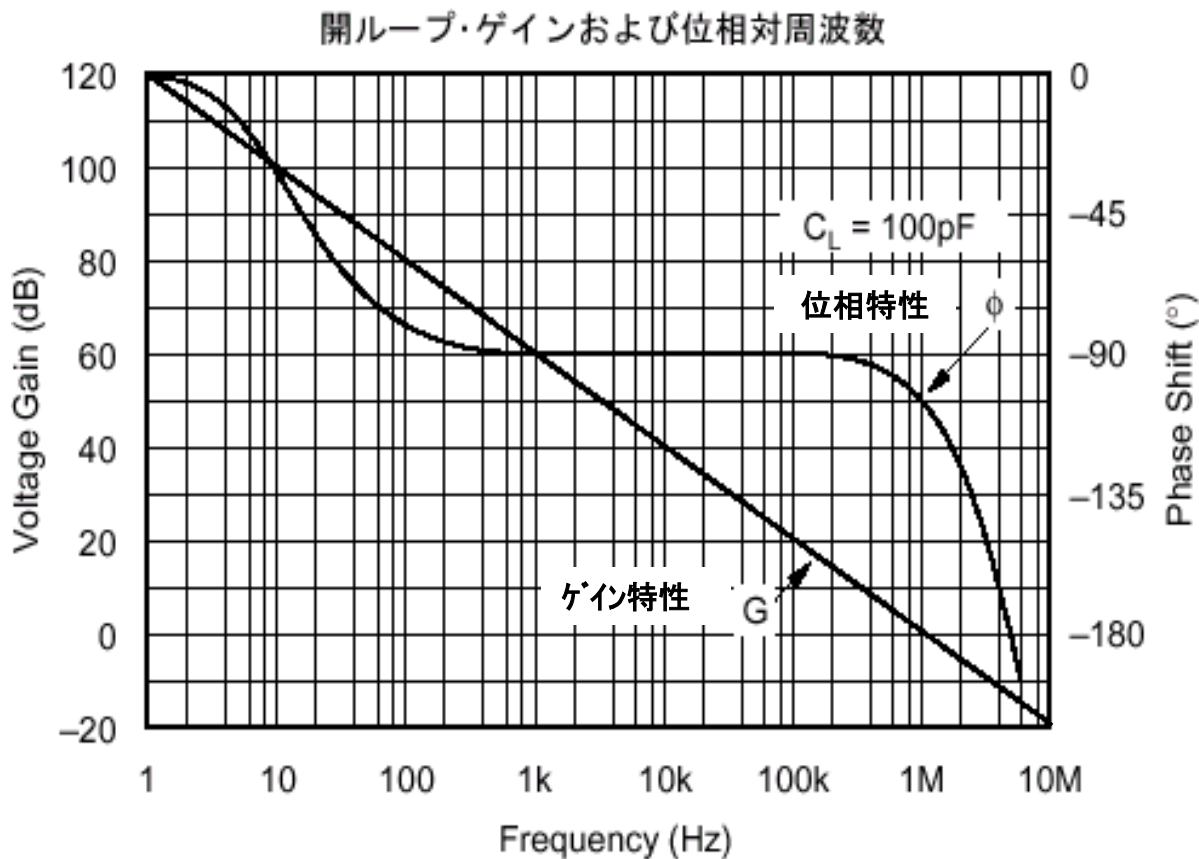
G=1倍の帯域が1MHzであれば

G=100倍の使用では

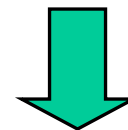
帯域幅 = $1\text{MHz} \div 100 = 10\text{kHz}$

となります。

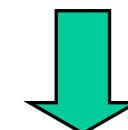
位相



位相特性

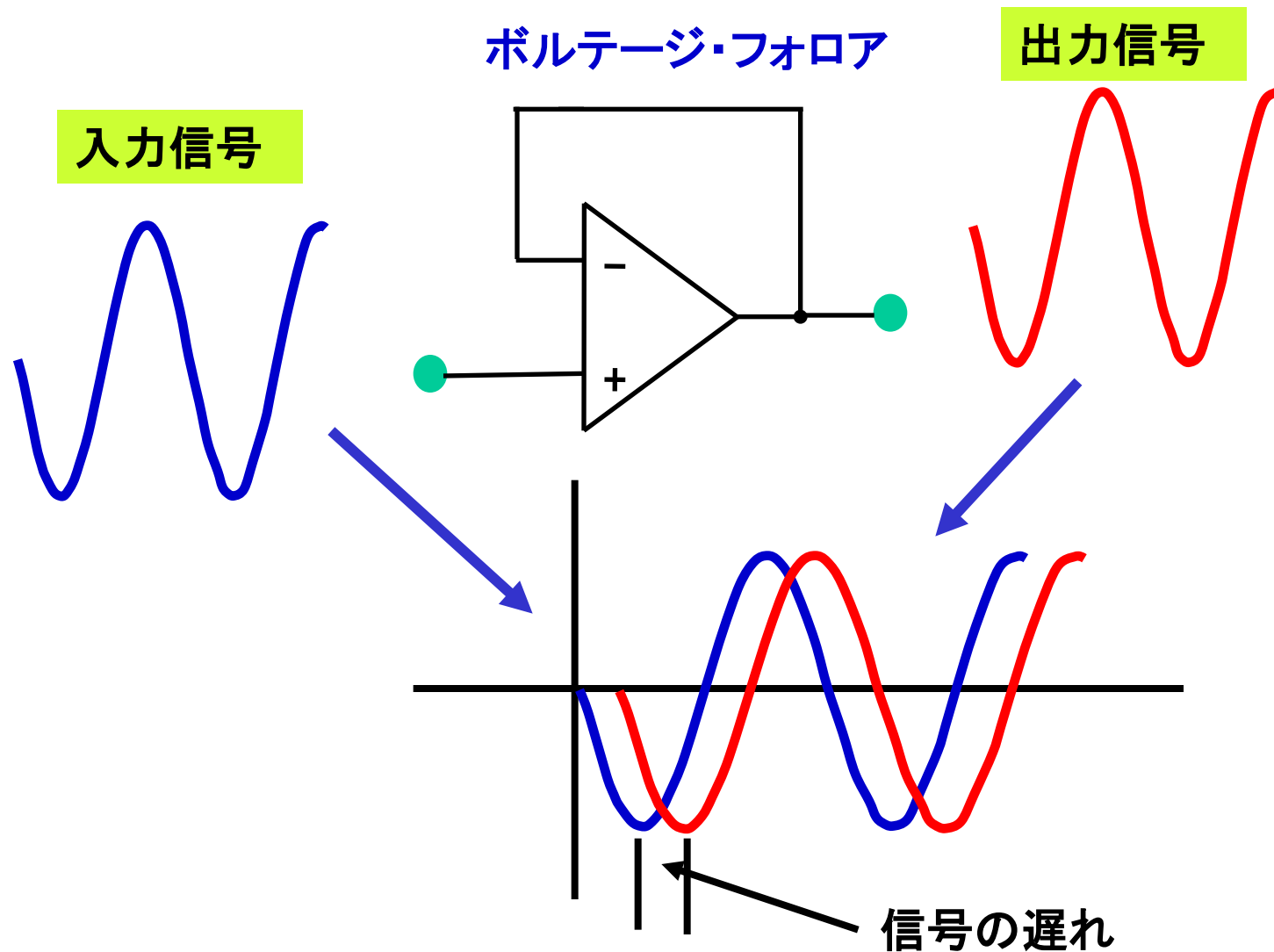


信号の遅れ



単位は角度の
度(°)になります。

位相の考え方



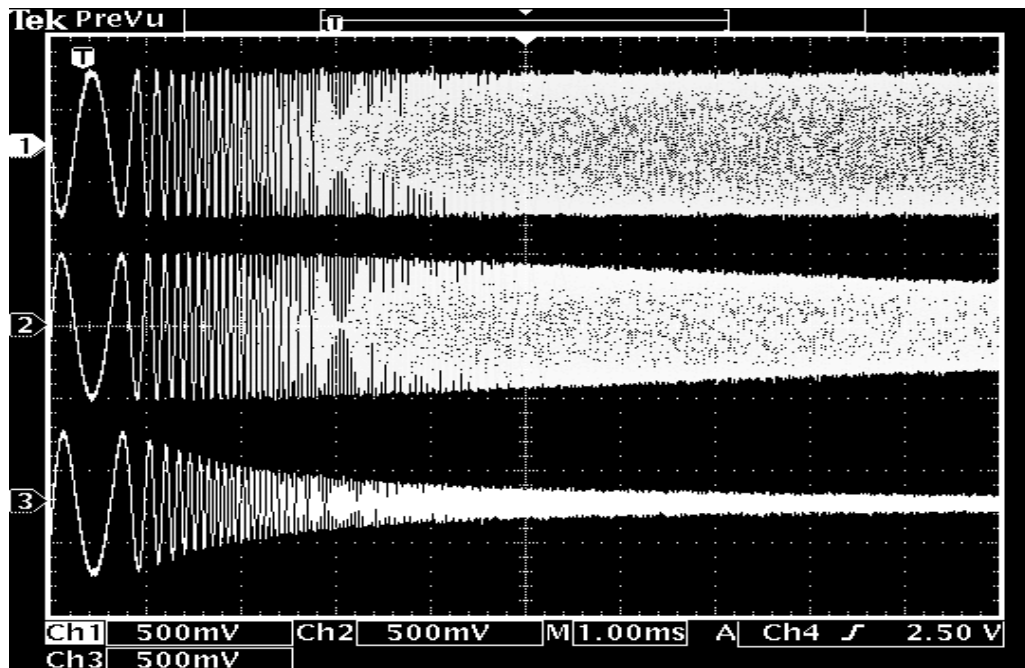
信号の変化速度に追従できないオペアンプの出力波形

入力周波数を徐々に高くした波形

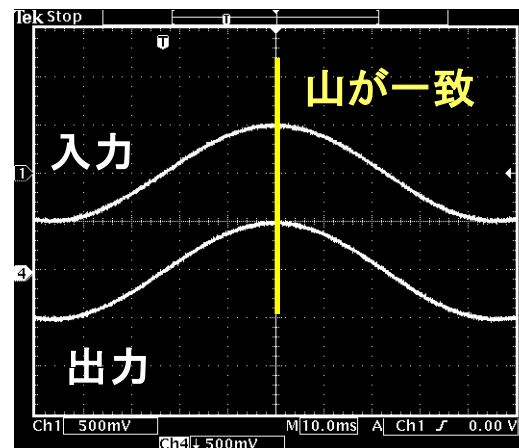
Ch1: ゲイン = +1 (非反転)

Ch2: ゲイン = -10 (反転)

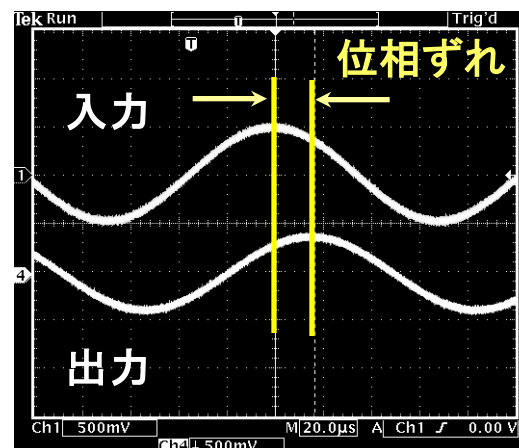
Ch3: ゲイン = -100倍



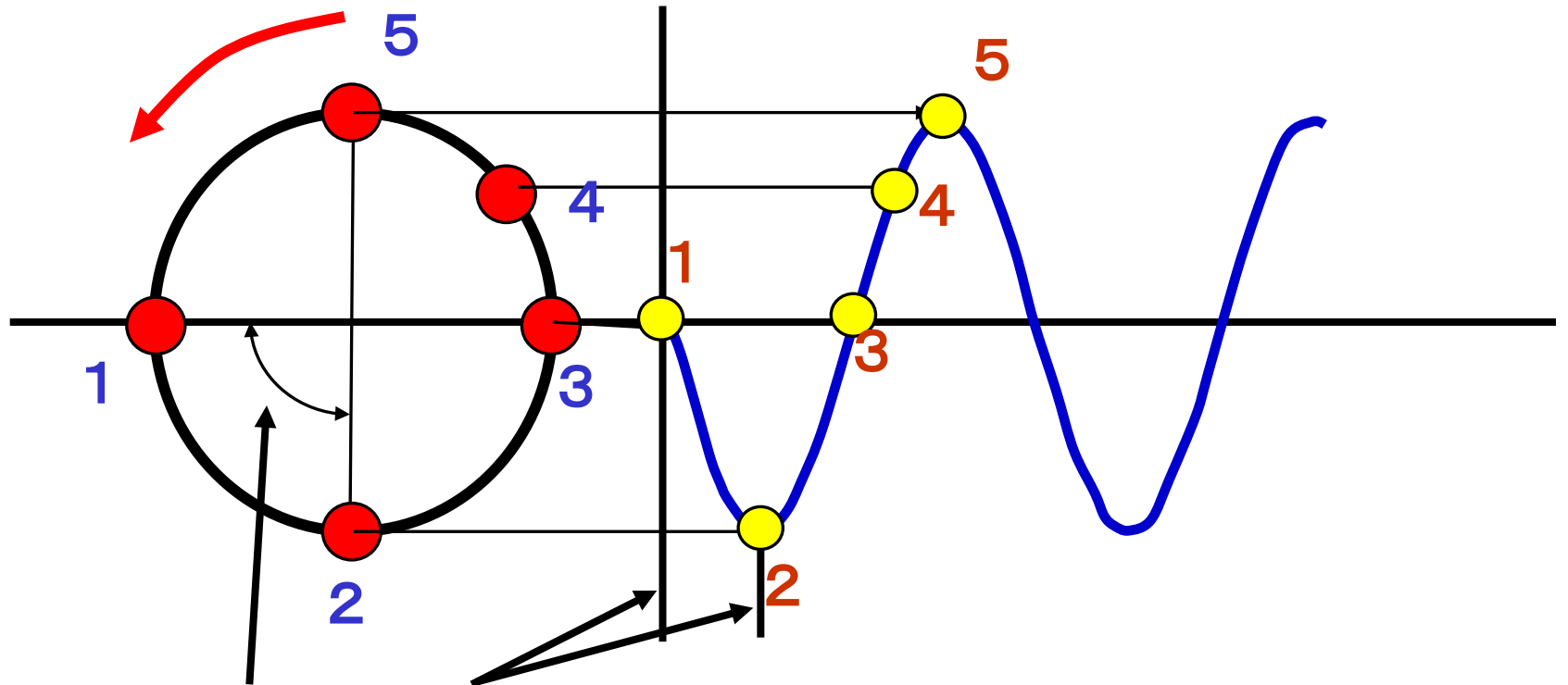
低周波での入出力波形



高周波での入出力波形



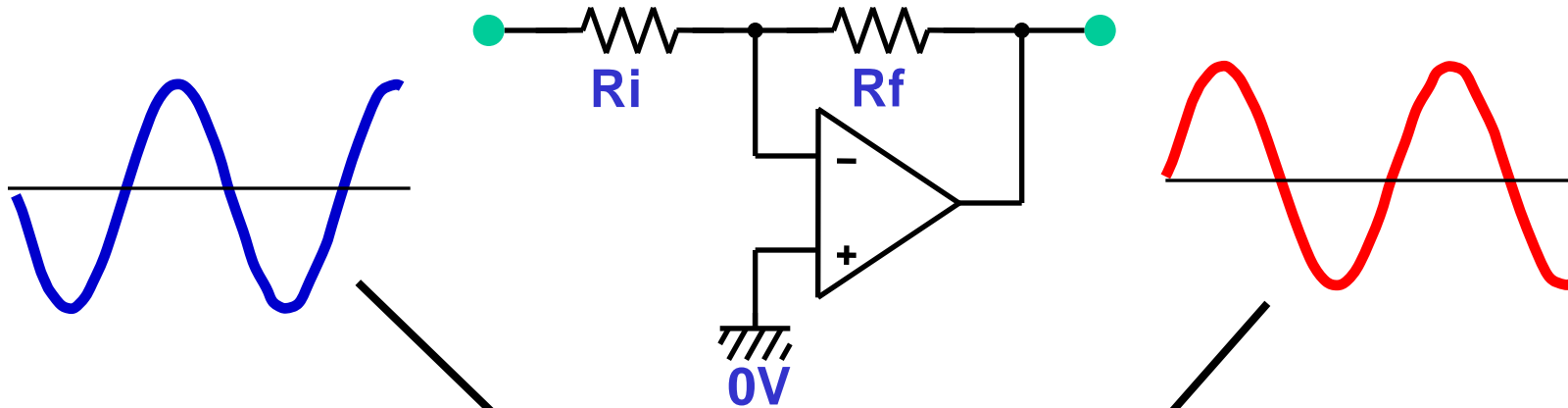
位相角度の考え方



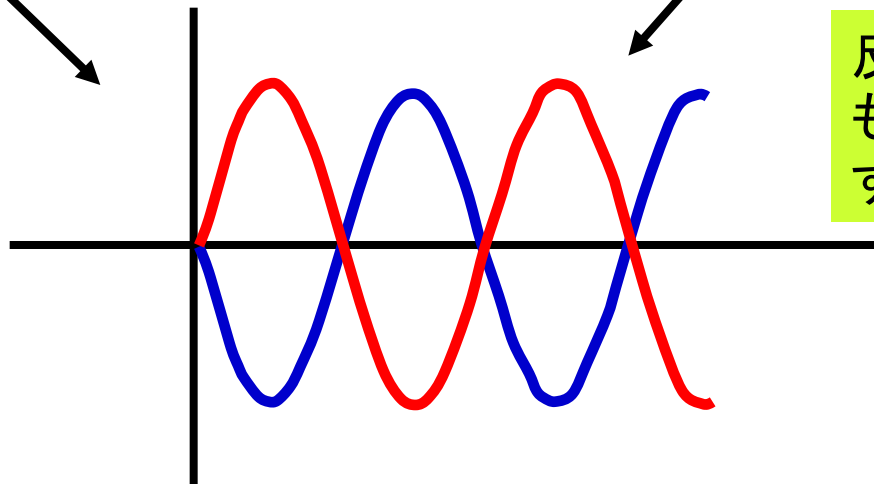
正弦波信号では信号の遅れを角度で示せる。

位相反転

反転増幅器

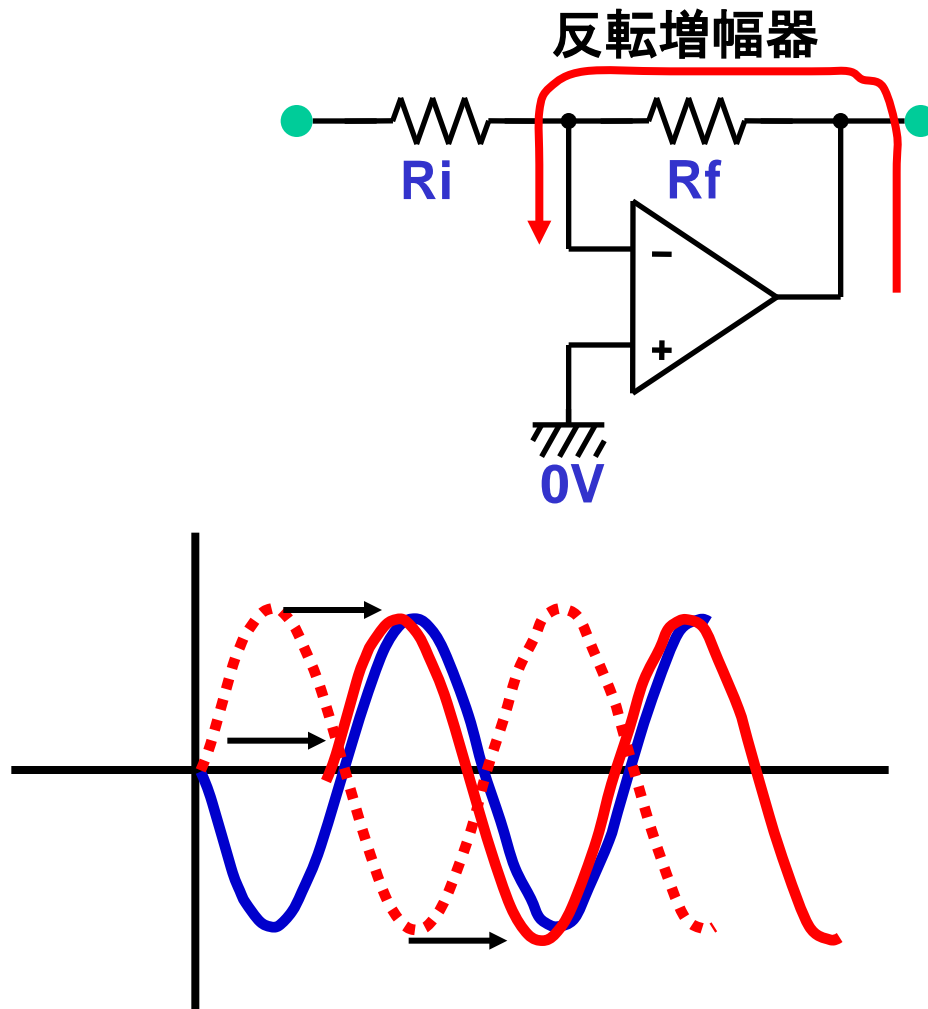


位相が 180° 遅れる
とどうなりますか？



反転増幅器はもともとも位相が 180° ずれている。

フィードバックと発振

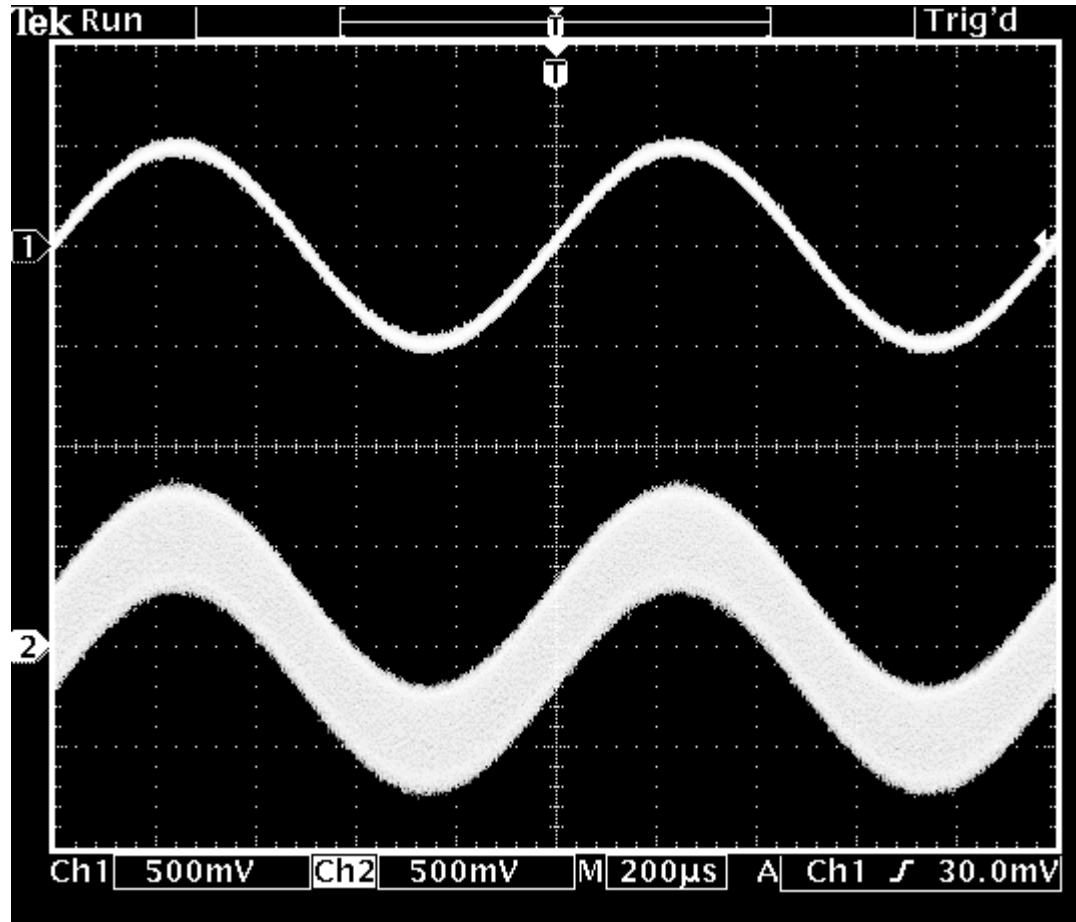


反転増幅器はネガティブ・フィードバックがあるので出力が 180° 遅れると入力と同じ信号となる。



発振

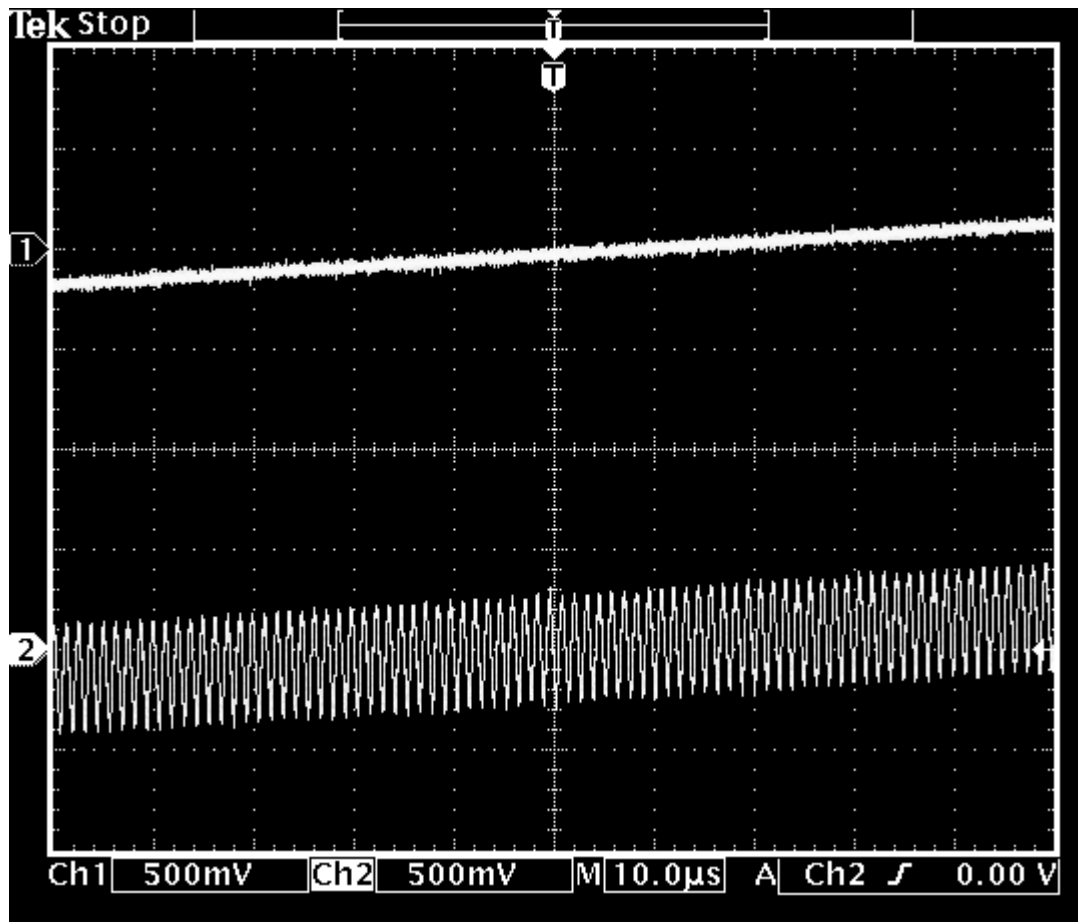
発振波形(1)



入力波形

発振している
出力波形

発振波形(2)



拡大した
入力波形

拡大した
出力波形

発振の問題

発振条件

- ✦ フィードバックがある。
- ✦ 増幅率が1以上。
- ✦ 位相のズレが 360° 以上。

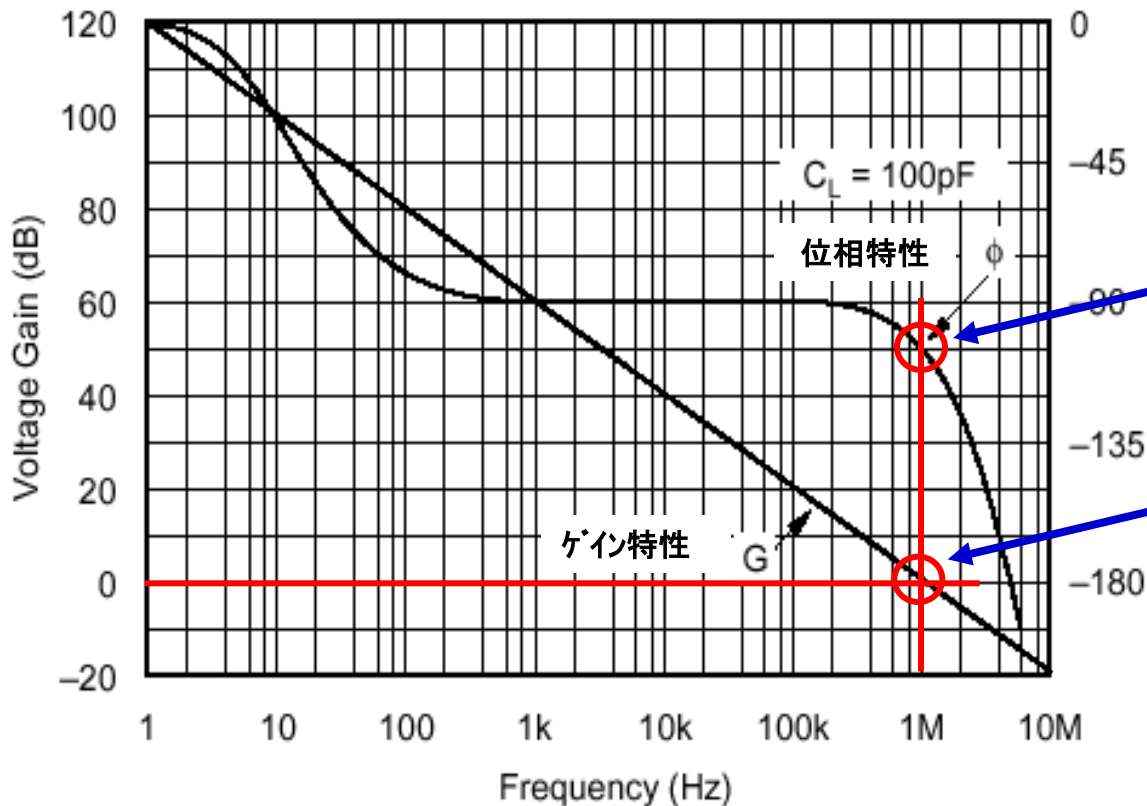
結果



- 振幅が大きくなる。
- 破壊にいたる事もある。
- 突然起こる。
- 正常な信号処理ができない。

位相特性と発振の関係

開ループ・ゲインおよび位相対周波数

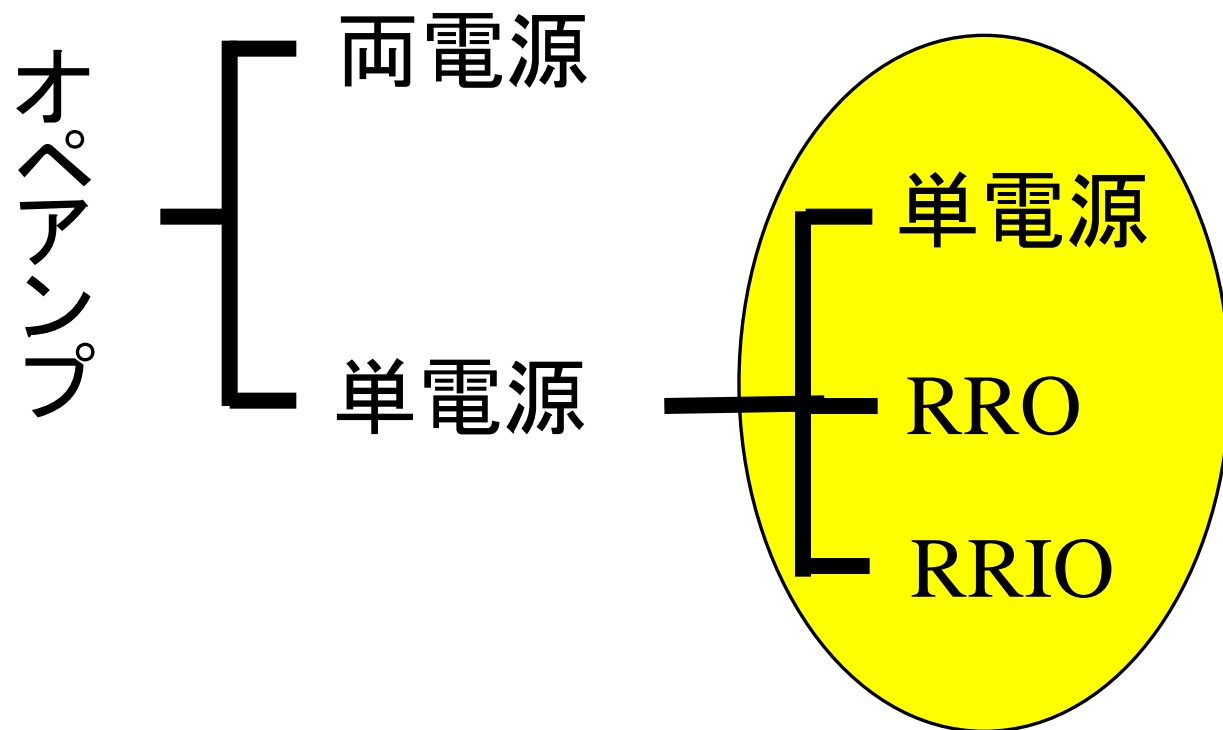


位相: -105°

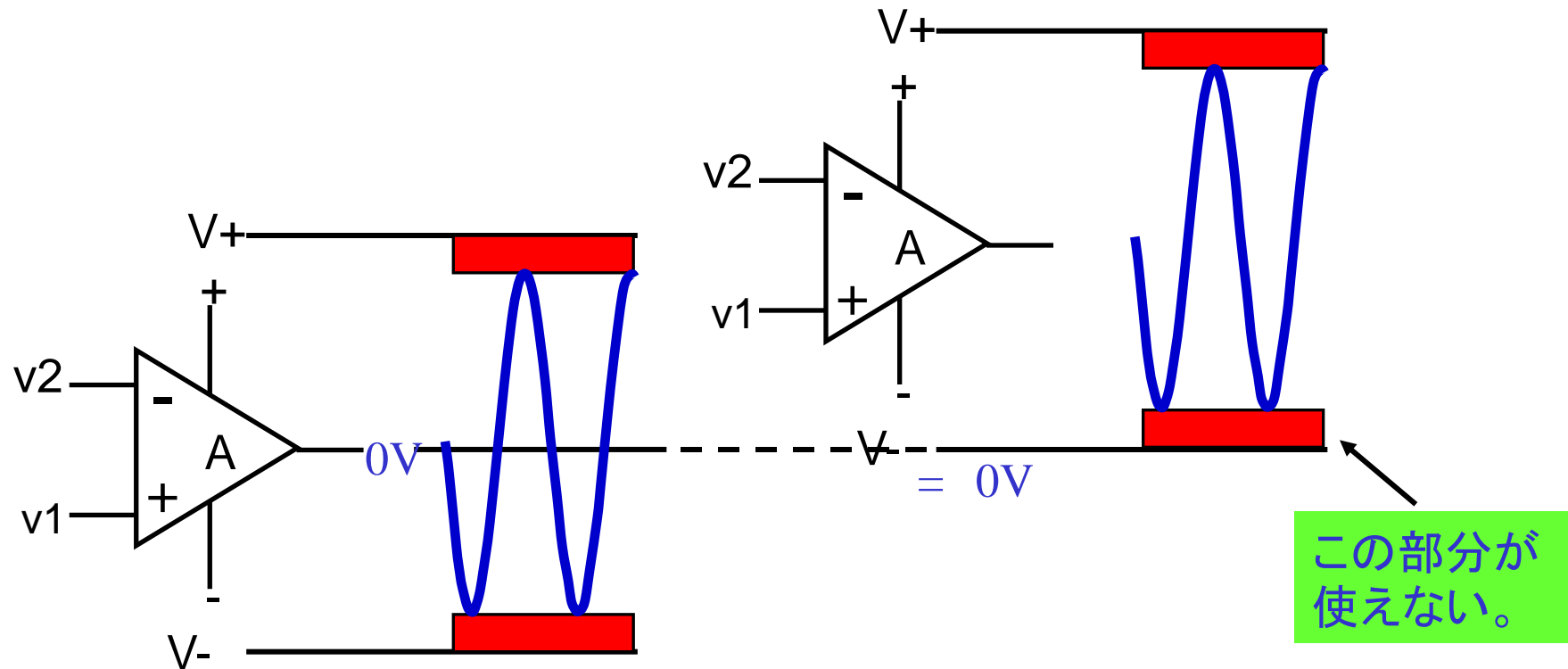
増幅率: 1倍

ネガティブ・フィードバック
増幅率1倍で 60° 以上位相
余裕があれば発振はしない

オペアンプの分類(電源関連)

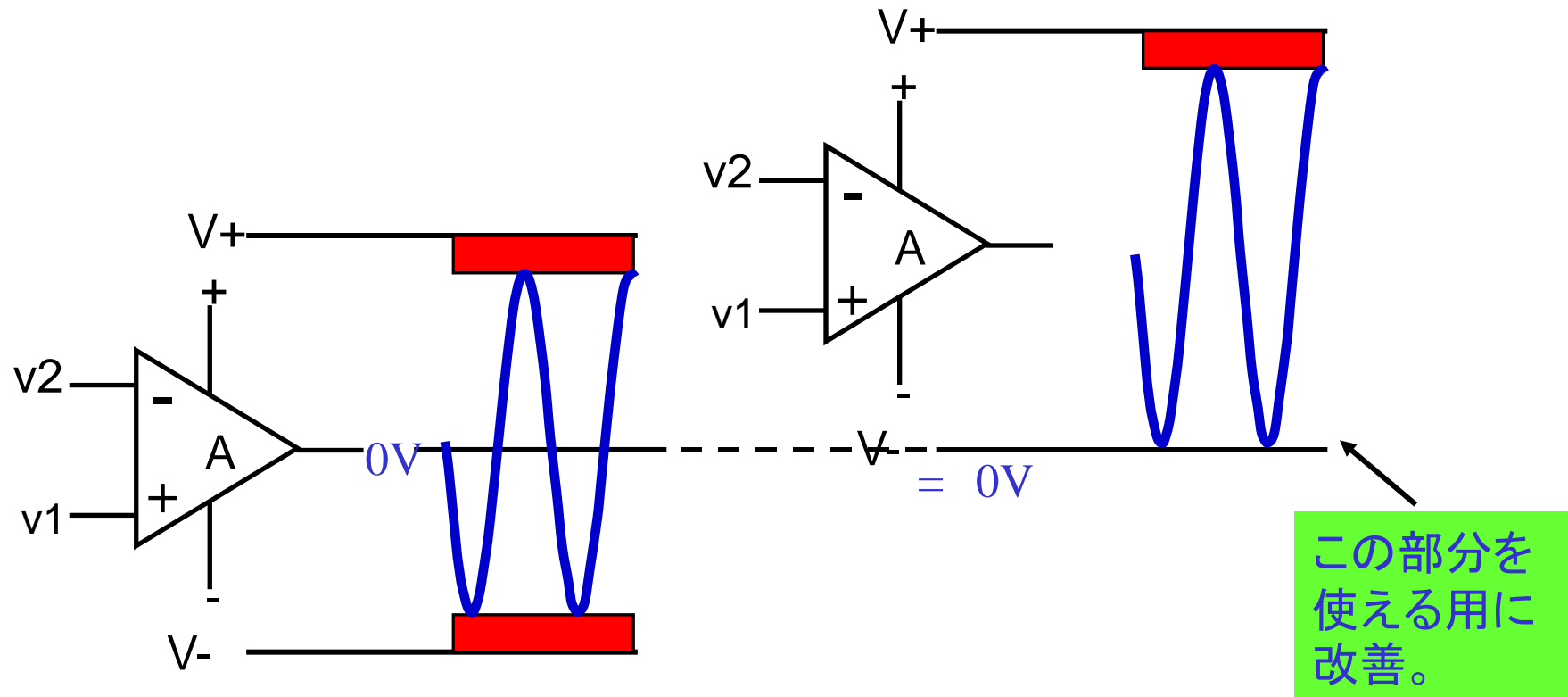


電源 (両電源オペアンプ)



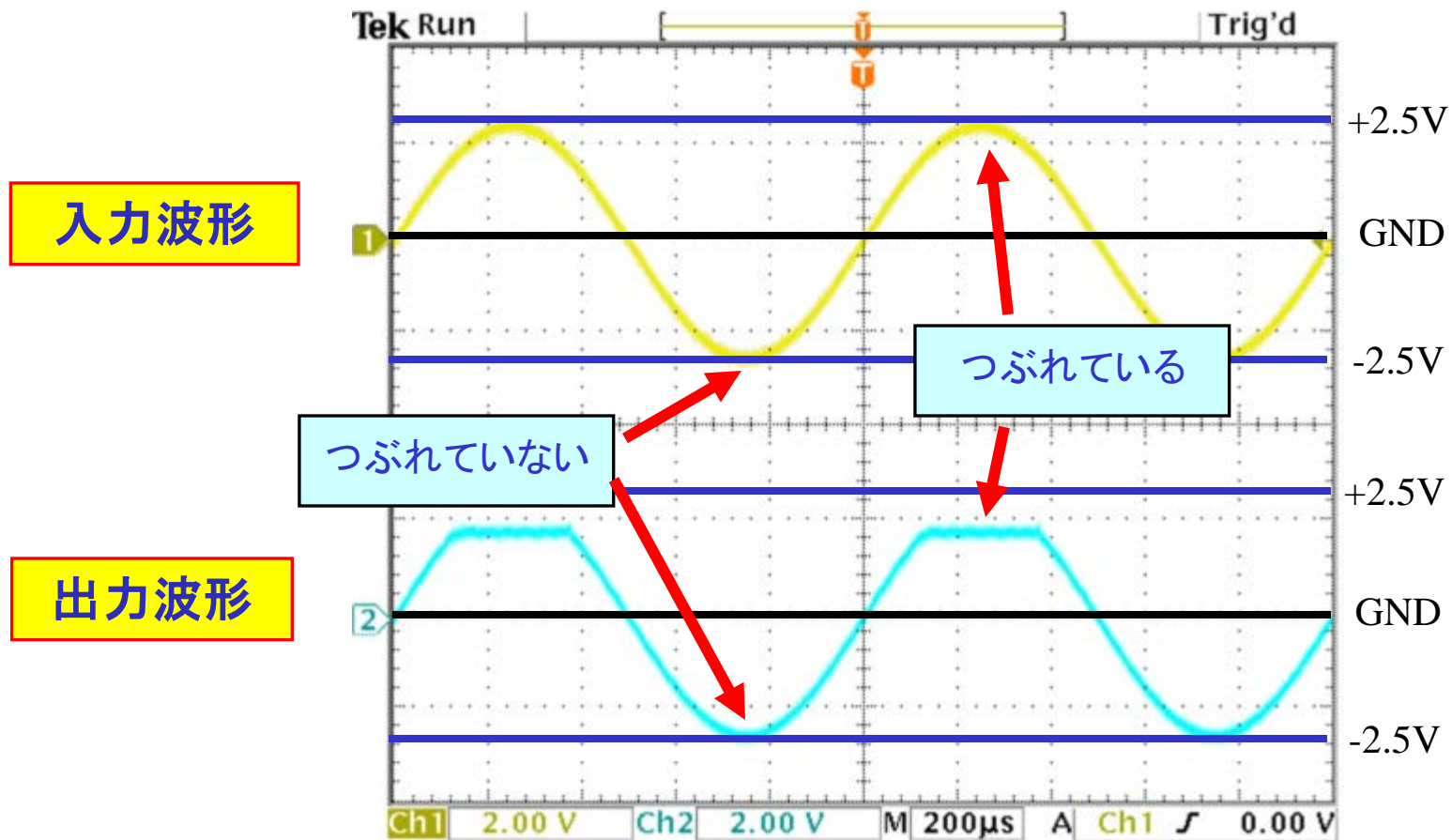
両電源オペアンプを片電源で使用するとGND付近が使えない。

電源 (単電源オペアンプ)

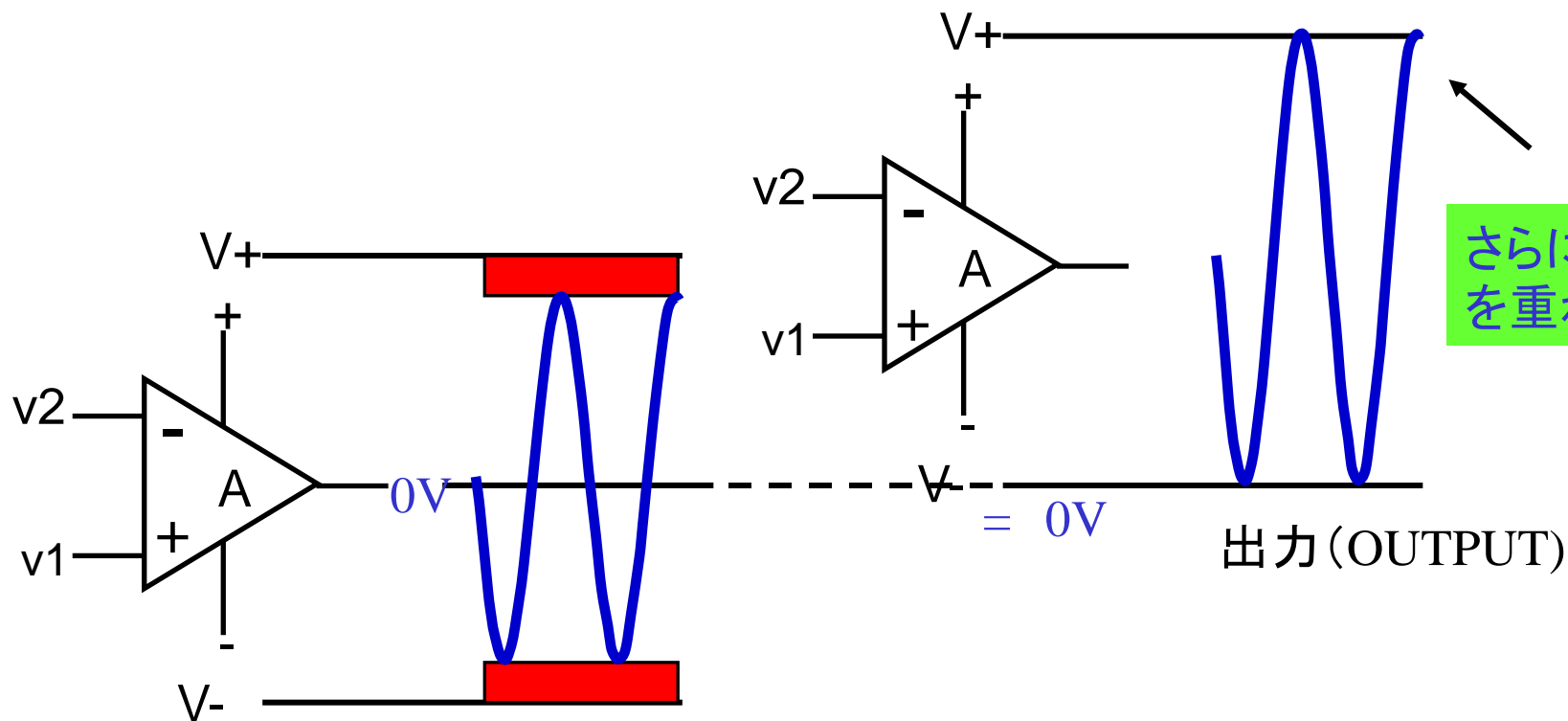


単電源オペアンプはGND電位付近が使えるように改善したもの。

単電源の入出力波形



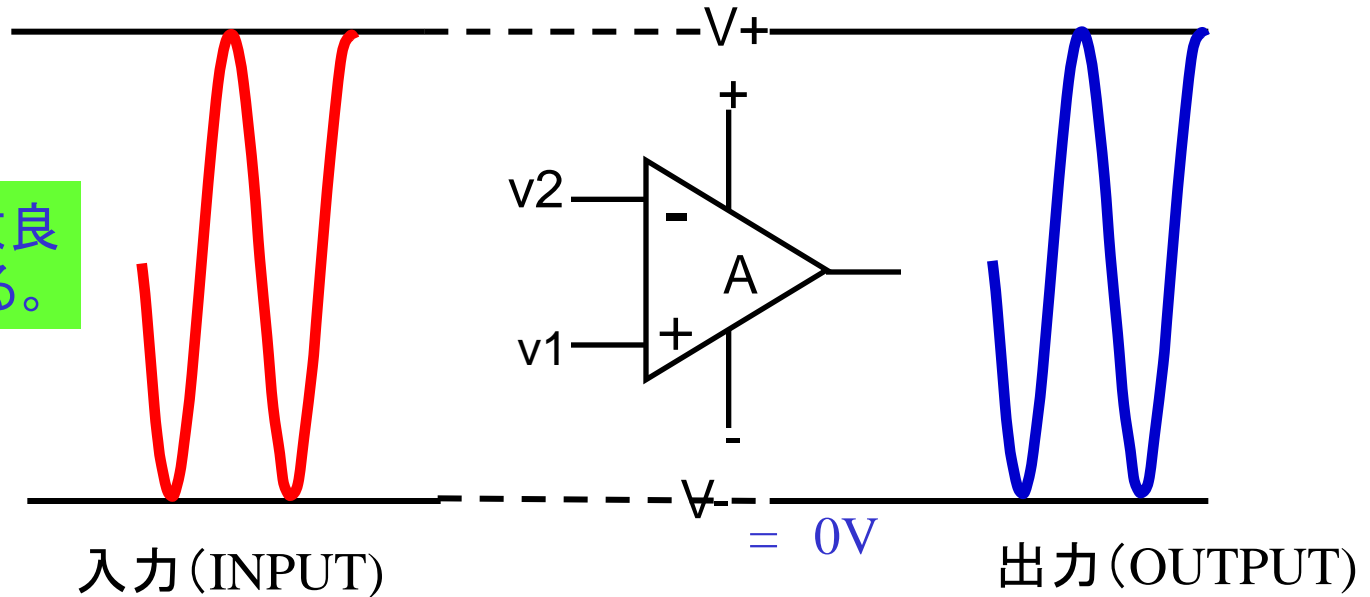
RRO (単電源オペアンプ)



単電源オペアンプのレール・ツー・レール出力となる。(RRO)

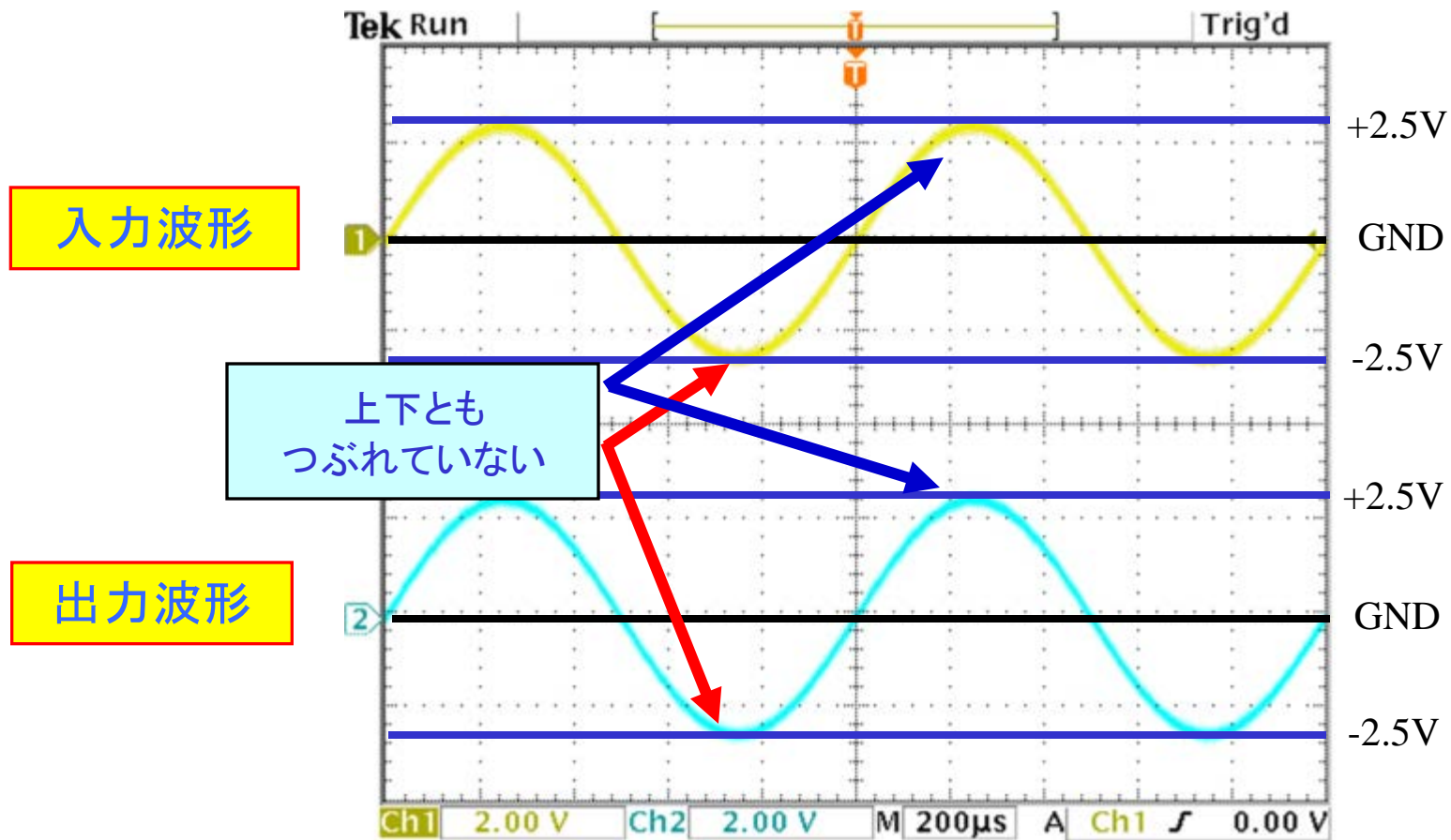
RRIO (単電源オペアンプ)

さらに改良
を重ねる。

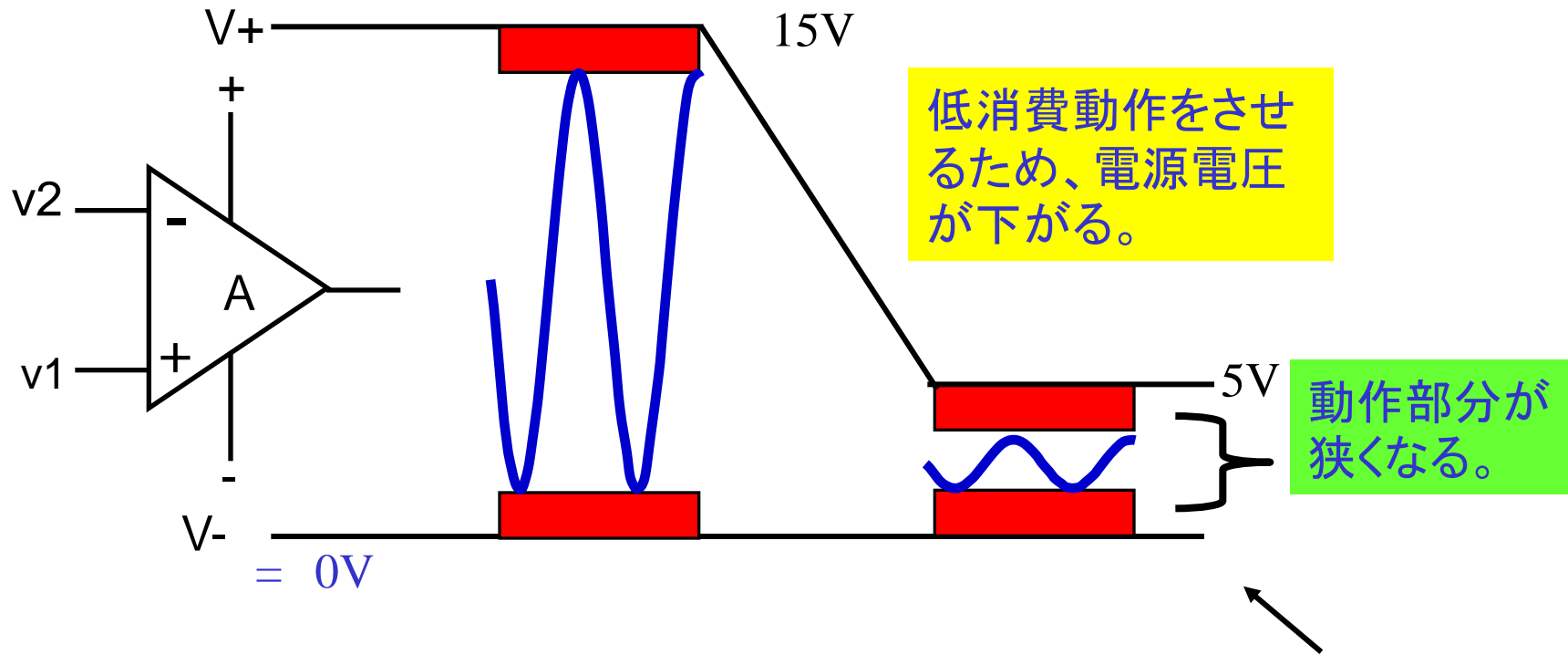


単電源オペアンプで入力と出力が電源ライン(レール)まで使えるオペアンプをレール・ツー・レール入出力(RRIO)と言います。

レール・ツー・レールの入出力波形



単電源オペアンプの考え方



動作領域を確保するために単電源オペアンプが作られました。

セッション5 終わり

お疲れ様でした.

