増幅率を決めているのは素子でも電流でもなく、負荷に落ちる電圧である

— バイポーラの利得は V_{RL}/V_T で、負荷に落ちる電圧が同じなら電流と抵抗をどう変えても **193.408635** のまま — 分離子は、物理定数（熱電圧 **0.025852** V）で決まる素子か、設計者が選ぶ電圧で決まる素子か — [論文823]

山岸 勇輝 (Yuuki YAMAGISHI)
Yamagishi Complexity Torus Lab, Japan｜山岸勇輝ラボ
2026年9月

— From thinking to syncing. —

要旨

増幅回路の利得は、素子の良し悪しで決まるように見える。本稿は、一段の増幅で利得を決めているのが、電流でも抵抗でもなく、その積である負荷に落ちる電圧であることを数える。新しい定理も法則も主張しない。第一に、これが本稿の芯である。電流と抵抗を変えても、負荷に落ちる電圧が同じなら利得は同じである——0.1 mA と 50 kΩ、1 mA と 5 kΩ、10 mA と 500 Ω のいずれでも **193.408635** になる（第2節）。第二に、利得は落ちる電圧に比例する——5 V で **193.408635**、10 V で **386.817271** である（第2節）。第三に、その分母は物理定数である——熱電圧 $V_T = kT/q = \mathbf{0.025852}$ V（300 K）で、設計者が選べない（第2節）。第四に、電界効果では、分母が設計者の選ぶ量に変わる——利得は $2V_{RL}/V_{ov}$ で、V_{ov} が 0.1 V なら **100.000000**、0.2 V なら **50.000000**、0.5 V なら **20.000000** である（第3節）。第五に、両者が並ぶ点がある——$V_{ov} = \mathbf{0.051704}$ V（$= 2V_T$）で、同じ V_{RL} なら利得が等しくなる（第3節）。第六に、分離子は、分母が物理定数か、設計者の選ぶ電圧かである——「電流を増やせば利得が上がる」は、どちらの素子の話かを言うまで決まらない（第4節）。 キーワード：相互コンダクタンス、利得、熱電圧、負荷抵抗、オーバードライブ電圧、小信号。

本稿の射程（射程注記）：新しい定理も法則も主張しない——バイポーラの相互コンダクタンスが I_c/V_T であること、電界効果の相互コンダクタンスが $2I_d/V_{ov}$ であること、一段の利得が $g_m R_L$ であることは、いずれも標準的である。小信号だけを見る——歪み、大信号の振れ、飽和は扱わない。実在の素子を論じない——アーリー効果、寄生容量、周波数特性、雑音、温度の動きは主題ではない。設計法を与えない——動作点の決め方や回路の選び方は扱わない。値は例である——$V_{RL} = 5$ V、$V_{ov} = 0.1$ から 0.5 V は比べるために置いた値である。既刊との関係：論文326 は、二乗三乗の「法則」が法則ではなく恒等式であることを示した——本稿はその隣に置く。ここでも利得は測るべき性能ではなく、二つの量の割り算である。論文300 は同根か別根かが判定できることを示した——バイポーラの V_T と電界効果の V_{ov} は、同じ「分母の電圧」の位置にあるが別根であり、片方は物理定数、もう片方は選べる量である。加えたのは、電流と抵抗を三通り変えても利得が 193.408635 で動かないことを確かめたこと、利得が落ちる電圧に比例することを 386.817271 で示したこと、二つの素子が並ぶ点を $V_{ov} = 0.051704$ V と出したこと、分離子を「物理定数か、選べる電圧か」に置いたことである。

1. 記法と問い

設定：一段の増幅回路の利得は、相互コンダクタンス g_m と負荷抵抗 R_L の積である。

$$A = g_m R_L, \qquad g_m^{\text{バイポーラ}} = \frac{I_c}{V_T}, \qquad g_m^{\text{電界効果}} = \frac{2I_d}{V_{ov}}, \qquad V_T = \frac{kT}{q}$$

300 K で $V_T = 0.025852$ V である。負荷に落ちる電圧を $V_{RL} = IR_L$ と書く。

問い：利得を決めているのは、電流か、抵抗か、それとも別の量か。

2. バイポーラ：落ちる電圧だけが効く

計算 2.1：電流と抵抗を変えて利得を出した。

I_c	R_L	g_m（S）	落ちる電圧	利得
0.1 mA	50 kΩ	0.003868	5.000000 V	193.408635
1 mA	5 kΩ	0.038682	5.000000 V	193.408635
10 mA	500 Ω	0.386817	5.000000 V	193.408635
1 mA	10 kΩ	0.038682	10.000000 V	386.817271

> **観察 2.2**
>
> これが本稿の芯である。電流を 100 倍にしても、抵抗をその分下げれば利得は動かない。g_m は 0.003868 から 0.386817 へ 100 倍になっているのに、利得はどれも 193.408635 である——$g_m R_L = (I_c/V_T)R_L = V_{RL}/V_T$ で、I_c と R_L は積の形でしか入らない。

> **観察 2.3**
>
> 分母は物理定数である。$V_T = kT/q = 0.025852\,\mathrm{V}$ は温度だけで決まり、設計者が選べない——だから「利得を上げたい」は「落ちる電圧を増やしたい」と同じ意味になる。

3. 電界効果：分母が選べる量に変わる

計算 3.1：同じ $V_{RL} = 5\,\mathrm{V}$ で、オーバードライブ電圧を変えた。

V_{ov}	利得（$2V_{RL}/V_{ov}$）
0.1 V	100.000000
0.2 V	50.000000
0.5 V	20.000000

> **観察 3.2**
>
> 分母が設計者の選ぶ量に変わる。バイポーラの 193.408635 は $V_{ov} = 0.2\,\mathrm{V}$ の電界効果の 3.868173 倍で、二つが並ぶのは $V_{ov} = 0.051704\,\mathrm{V}$（$= 2V_T$）のときである——電界効果はオーバードライブを下げれば利得が上がるが、下げられる幅には別の制約がかかる。

4. 分離子

> **観察 4.1**
>
> 分離子は、分母が物理定数か、設計者の選ぶ電圧かである。バイポーラでは V_T、電界効果では V_{ov} が分母に居る——「電流を増やせば利得が上がる」は、バイポーラでは（抵抗をそのままにすれば）正しく、抵抗を下げれば偽である。

> **観察 4.2**
>
> 論文326・300 と並べる。326 は二乗三乗の「法則」が恒等式であることを示した——ここでも利得は測るべき性能ではなく、二つの電圧の割り算である。300 は同根か別根かが判定できることを示した——V_T と V_{ov} は同じ位置に居るが別根である。

> **観察 4.3**
>
> 言わないこと。実在の素子の限界、周波数特性、雑音、歪み、設計の手順は扱わない——示したのは、利得の分子が落ちる電圧、分母が素子ごとの電圧だということである。

5. 点呼と結び

1. $V_T = 0.025852$ V（第2節）：300 K の熱電圧。
2. 三通りとも利得 **193.408635**（計算 2.1）：本稿の芯。
3. g_m は 100 倍動く（観察 2.2）：それでも利得は同じ。
4. 10 V で **386.817271**（計算 2.1）：落ちる電圧に比例。
5. 電界効果 $V_{ov} = 0.1$ V で **100.000000**（計算 3.1）：分母が変わる。
6. 0.2 V で **50.000000**（計算 3.1）：選べる量。
7. 0.5 V で **20.000000**（計算 3.1）：下げるほど上がる。
8. 比 **3.868173**（観察 3.2）：同じ V_{RL} での差。
9. 並ぶのは $V_{ov} = 0.051704$ V（観察 3.2）：$2V_T$。
10. 物理定数か、選べる電圧か（観察 4.1）：分離子・論文326・300。

結び：増幅率を決めているのは素子でも電流でもなく、負荷に落ちる電圧である。バイポーラでは利得が V_{RL}/V_T になるので、0.1 mA と 50 kΩ、1 mA と 5 kΩ、10 mA と 500 Ω のいずれでも 193.408635 で、g_m が 100 倍動いても変わらない——電流と抵抗が積の形でしか入らないからである。分母の $V_T = 0.025852\,\mathrm{V}$ は物理定数だが、電界効果では分母が設計者の選ぶ V_{ov} に変わり、0.1 V で 100.000000、0.5 V で 20.000000、両者が並ぶのは $V_{ov} = 0.051704\,\mathrm{V}$（$= 2V_T$）である——同じ位置に居る電圧でも、片方は選べず、片方は選べる。分離子は、分母が物理定数か、設計者の選ぶ電圧かである。既刊との位置——論文326 の「法則ではなく恒等式」の隣に置き、論文300 の規律で二つの分母を別根として扱った。正直に言えば——小信号の近似だけで、実在の素子の限界も設計の手順も扱っていない。

参考文献

1. 山岸勇輝 (2026).『三百本目の点呼 ── 同根か別根かは、判定できる』[論文300]. Zenodo. 10.5281/zenodo.22171914
2. 山岸勇輝 (2026).『二乗三乗の「法則」は、法則ではなく恒等式である』[論文326]. Zenodo. 10.5281/zenodo.22209992

山岸 勇輝 (Yuuki YAMAGISHI)

© 2026 Yamagishi Complexity Torus Lab, Japan · Licensed under Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)