

アナログ電子回路

授業開始までしばらくお待ちください。

授業の受講に関して

- 講義資料（スライド等）は Google drive に置く。授業前には虫喰い状態のスライドのみを提供するが、授業後に穴埋め版を uncovered フォルダに置くので復習に活用されたい。
<https://drive.google.com/drive/folders/1yzIsRZsVGFErhnfzn8Hycsn6nRPNCczn>



- 授業の録画も同じところに置く。
- ミニレポートは **Google Forms**
(<https://forms.gle/MpUmErDi6qk8GSUC6>) に提出。

授業の進め方

- 出席は UNIPA で取るが、出席そのものは評価せず。極論するとテストのみ出席で他は全欠席でも A 評価はあり得る。なお、**不正出席をした場合は 21 点の減点**とする。
- 基本的には**中間演習と期末試験**で評価。
- 毎回ミニレポートを課す。出す者は提出期間を厳守すること。
- 試験の不合格者は**毎回のミニレポートと出席**で少し救済する。
(しっかりした内容のミニレポートを概ね 9 割以上提出し、かつ UNIPA で 8 割以上遅刻せず出席していた場合最大 10 点程度の救済。提出数や出席数が少ない場合は救済幅が縮小する。いずれかが 7 割を下回ったら一切救済しない。締め切り後の提出は認めない。)
- スライド穴埋め版はその回の授業終了後に公開。
- 授業中に**スライドの誤りを見つけて指摘してくれた者には、誤り一箇所につき先着一名様限り 100 点満点 1 点相当の加点を行う。(ただしごく軽微なものなど、内容によっては加点しない場合もあり。)

2025

S科アナログ電子回路

Analog Electronics

『周波数特性 2 ~高域編~』

小林裕之

大阪工業大学 RD 学部システムデザイン工学科



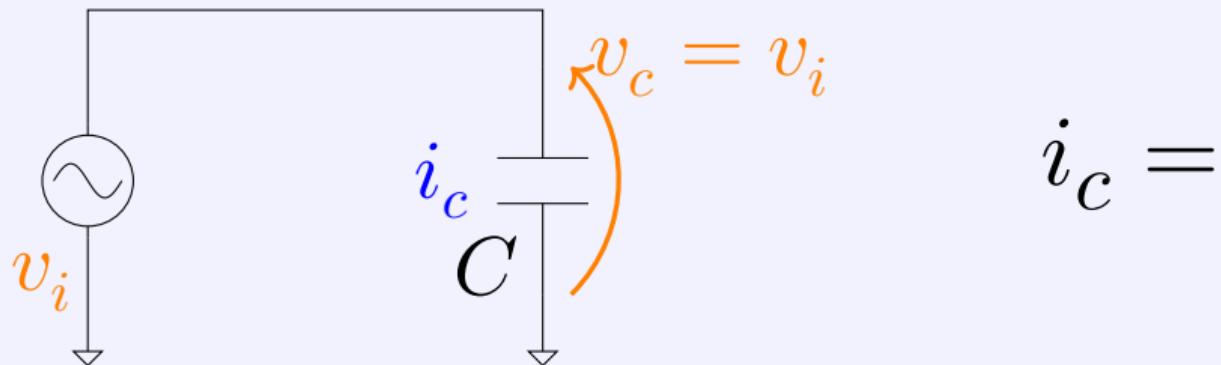
OSAKA INSTITUTE OF TECHNOLOGY

11 of 14

a L^AT_EX + Beamer slideshow

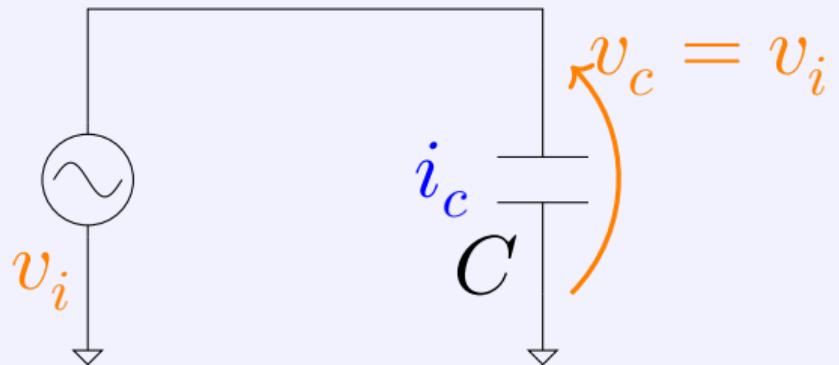
突然なにを今さらという確認

問: キャパシタに流れる電流 i_c を入力電圧 v_i を使って表せ。



突然なにを今さらという確認

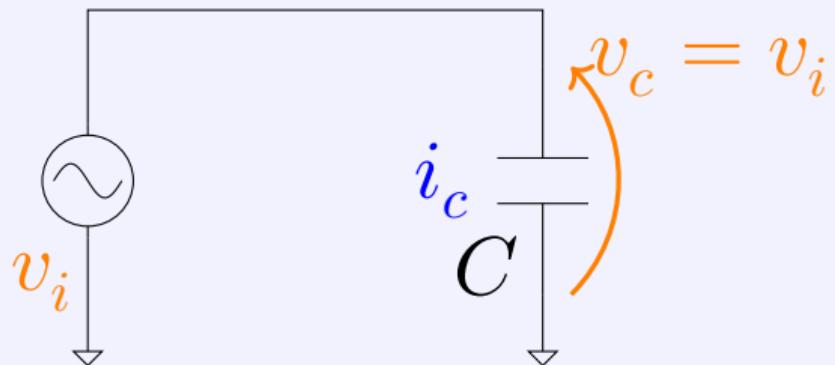
問: キャパシタに流れる電流 i_c を入力電圧 v_i を使って表せ。



$$i_c = C \frac{dv_c}{dt} = C \frac{dv_i}{dt}$$

突然なにを今さらという確認

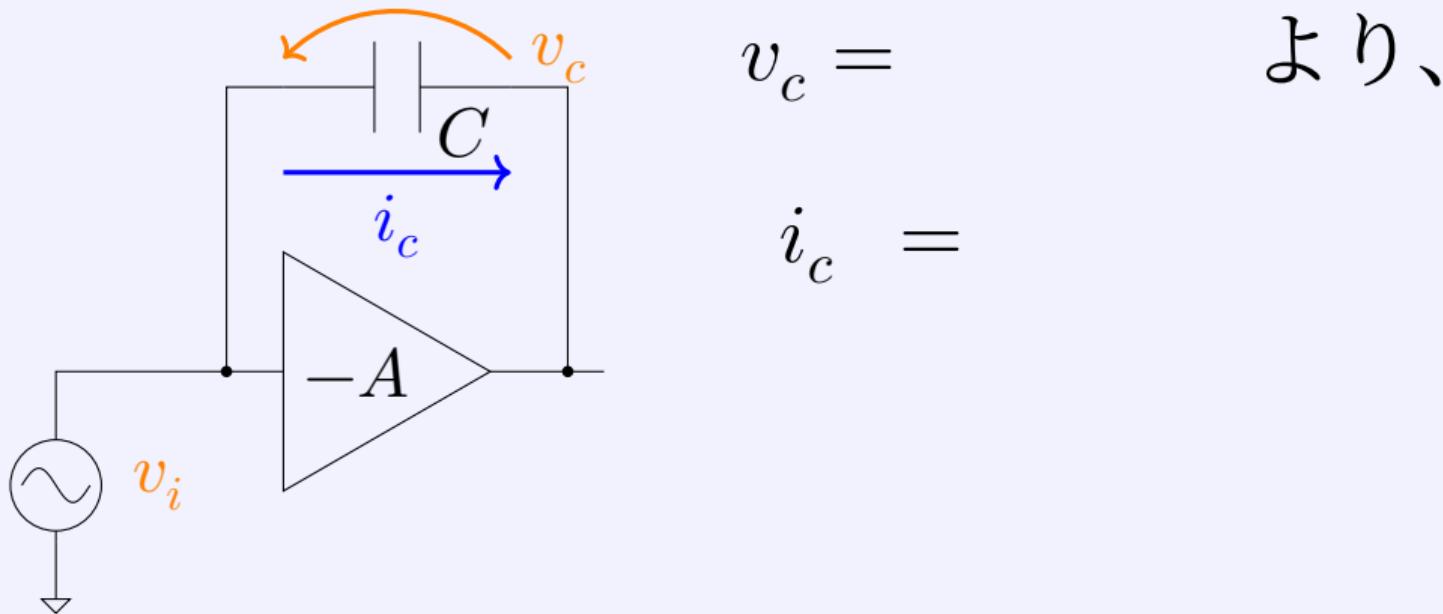
問: キャパシタに流れる電流 i_c を入力電圧 v_i を使って表せ。



$$i_c = C \frac{dv}{dt}$$

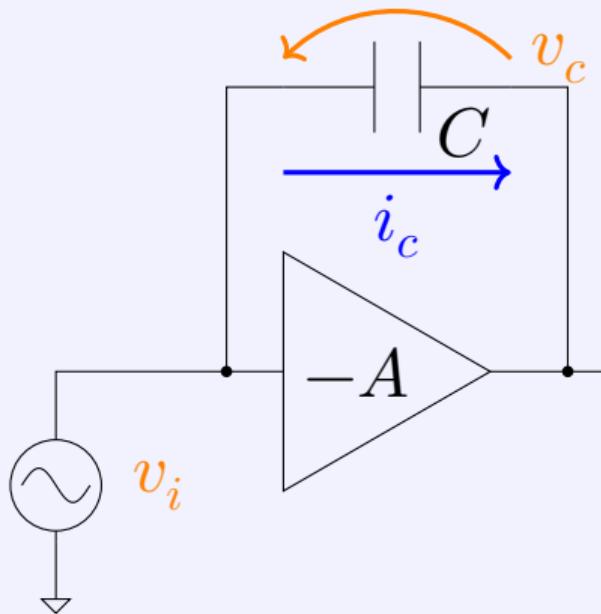
一体なにが言いたいのという問題

問: キャパシタに流れる電流 i_c を入力電圧 v_i を使って表せ。



一体なにが言いたいのという問題

問: キャパシタに流れる電流 i_c を入力電圧 v_i を使って表せ。

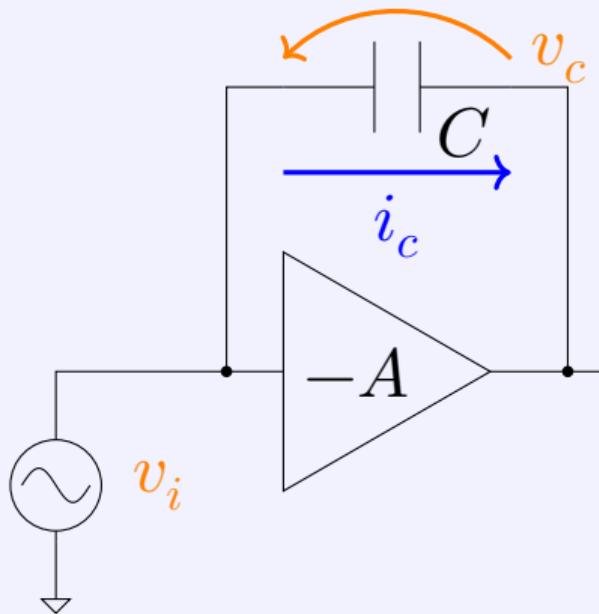


$$v_c = (1 + A)v_i \text{ より、}$$

$$i_c =$$

一体なにが言いたいのという問題

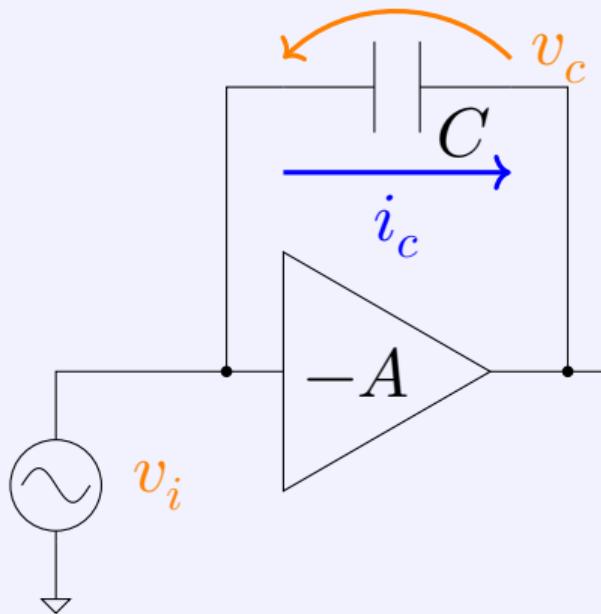
問: キャパシタに流れる電流 i_c を入力電圧 v_i を使って表せ。



$$v_c = (1 + A)v_i \text{ より、}$$
$$i_c = C \frac{d}{dt} (1 + A)v_i$$

一体なにが言いたいのという問題

問: キャパシタに流れる電流 i_c を入力電圧 v_i を使って表せ。



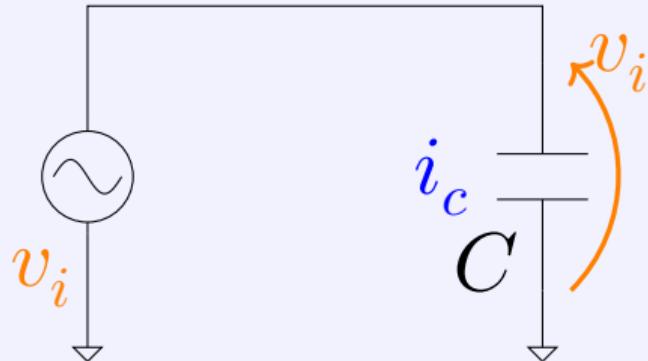
$$v_c = (1 + A)v_i \text{ より、}$$

$$i_c = C \frac{d}{dt} (1 + A)v_i$$

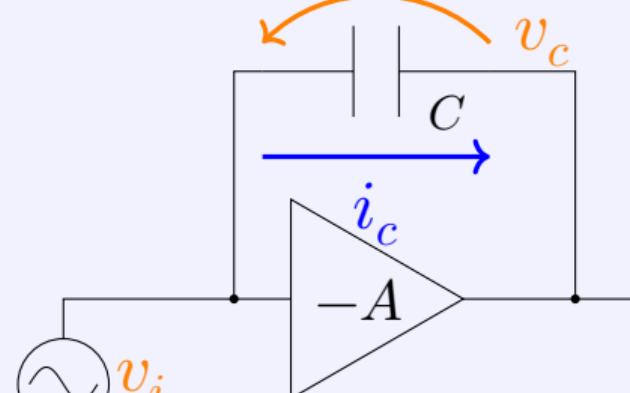
$$= (1 + A)C \frac{d}{dt} v_i$$

あれ?

ふたつの問題を振り返ってみると…



$$i_c = C \frac{d}{dt} v_i$$



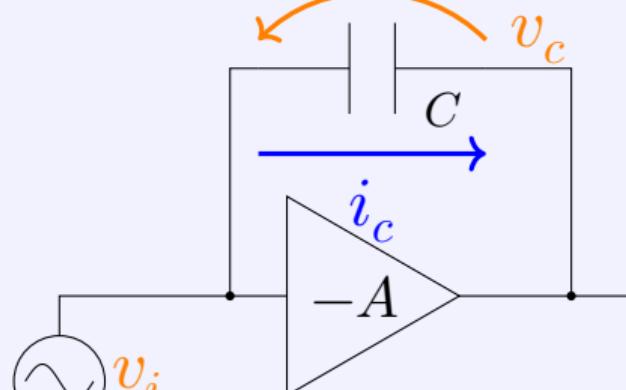
$$i_c = (1 + A)C \frac{d}{dt} v_i$$

ふたつの問題を振り返ってみると…



$$i_c = C \frac{d}{dt} v_i$$

↑式のかたちが同じ !→



$$i_c = (1 + A)C \frac{d}{dt} v_i$$

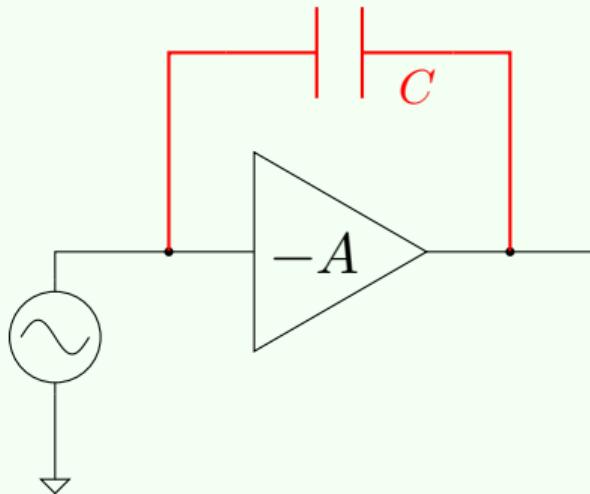
ミラー効果

mirror じゃないよ

effect

$-A$ 倍の増幅器と並列に繋がったキャパシタは、

倍の容量に見える！



これが、

こう見える！

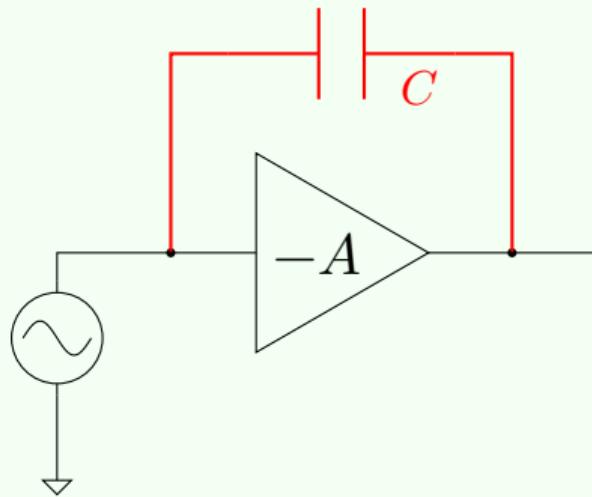
ミラー効果

mirror じゃないよ

Miller effect

$-A$ 倍の増幅器と並列に繋がったキャパシタは、

倍の容量に見える！



これが、

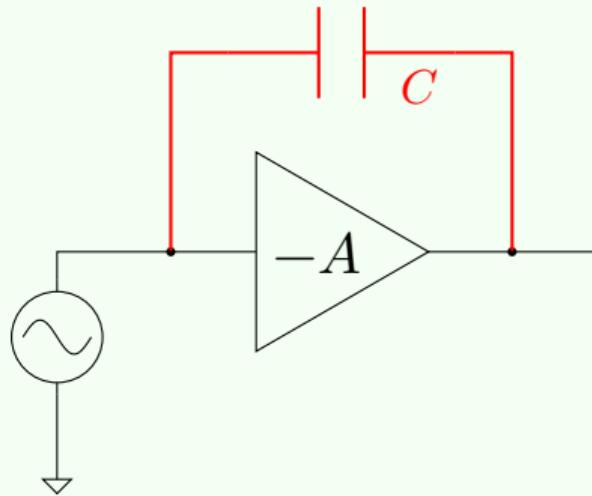
こう見える！

ミラー効果

mirror じゃないよ

Miller effect

$-A$ 倍の増幅器と並列に繋がったキャパシタは、 $(1 + A)$ 倍の容量に見える！



これが、

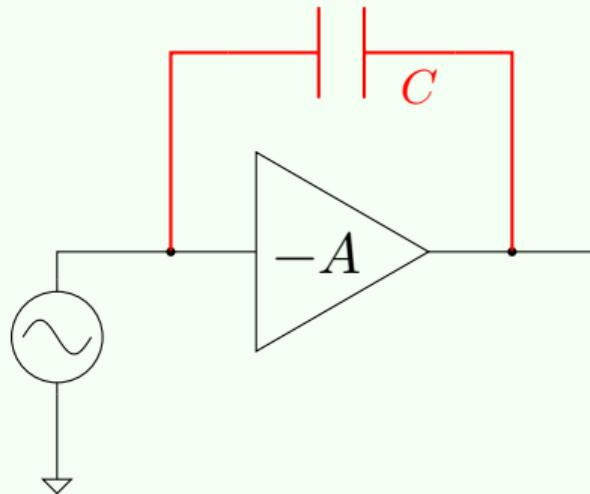
こう見える！

ミラー効果

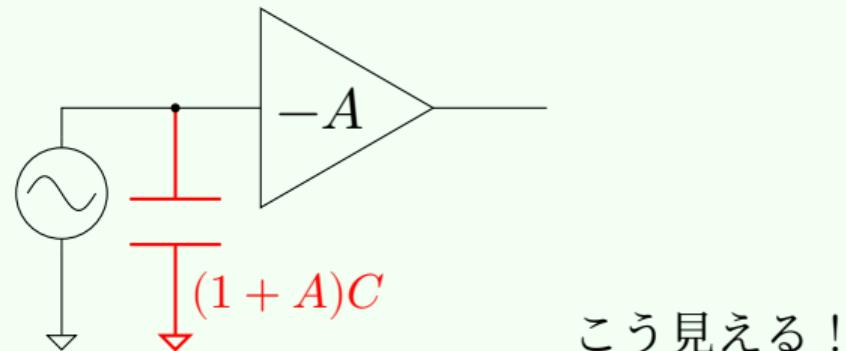
mirror じゃないよ

Miller effect

$-A$ 倍の増幅器と並列に繋がったキャパシタは、 $(1 + A)$ 倍の容量に見える！



これが、



こう見える！

- **結合容量**(入力のところにあるやつ)は無視する

結合容量は **HPF** の働きをするが、今考える信号は十分高いh i g h ので完全に通過する、と考え無視。

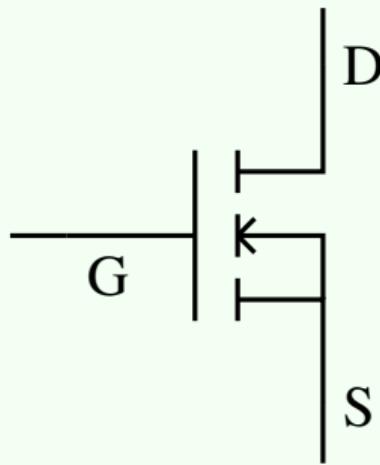
- トランジスタ内部の**寄生容量**の影響が出てくる

- これが **LPF** として効いてくる。
- 2つあるが、うまく処理すると1つにまとめられる。

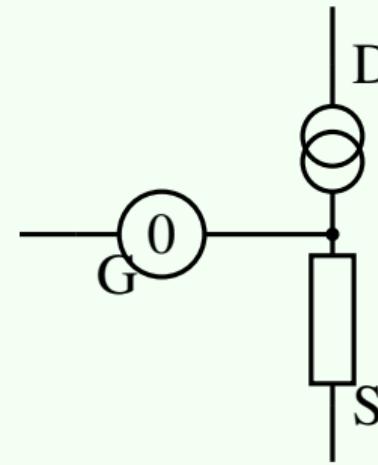
MOSトランジスタの高周波モデル

信号周波数が高くなると無視できなくなる寄生容量を考慮する。

GS間, GD間の寄生容量



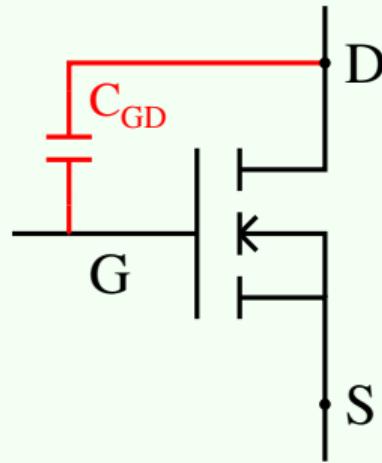
高周波小信号モデル



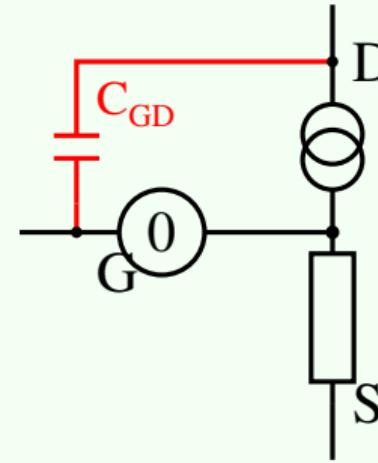
MOSトランジスタの高周波モデル

信号周波数が高くなると無視できなくなる寄生容量を考慮する。

GS間, GD間の寄生容量



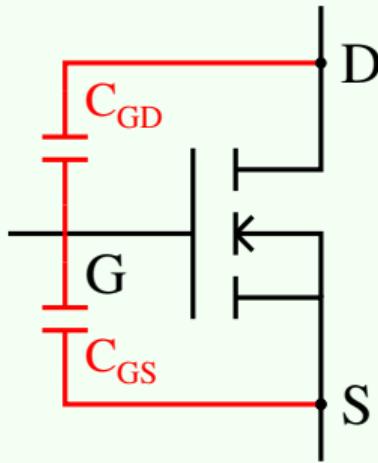
高周波小信号モデル



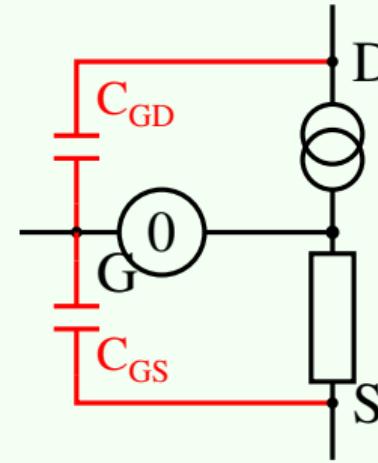
MOSトランジスタの高周波モデル

信号周波数が高くなると無視できなくなる寄生容量を考慮する。

GS間, GD間の寄生容量

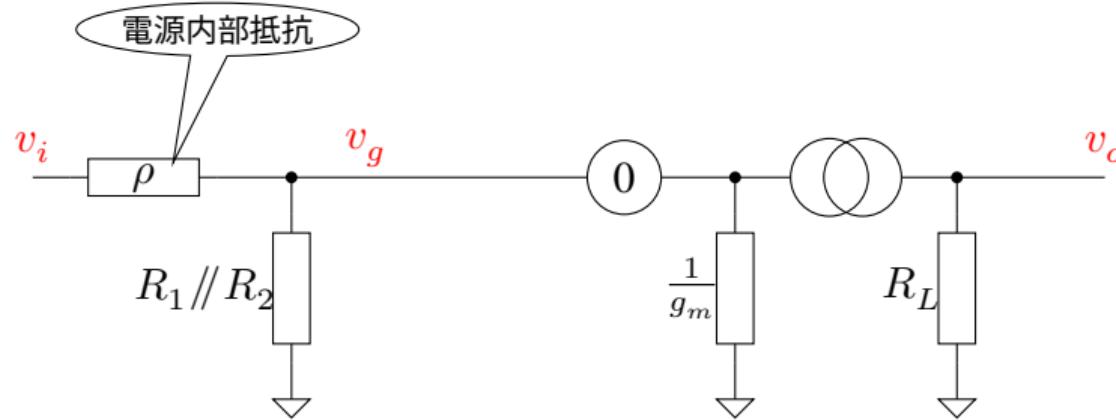


高周波小信号モデル



ソース接地増幅回路の高周波小信号モデルの考え方

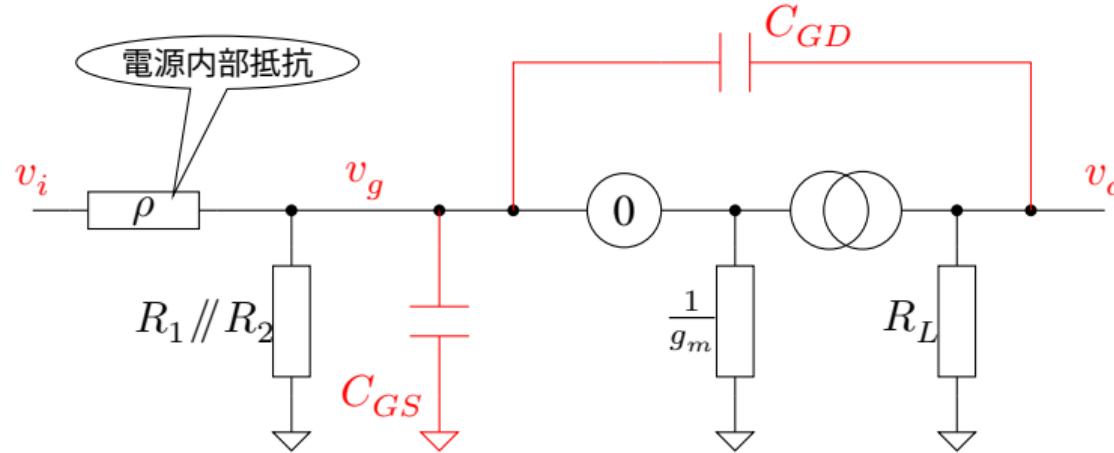
Miller効果を使います。



ここで Miller効果を考えると……?

ソース接地増幅回路の高周波小信号モデルの考え方

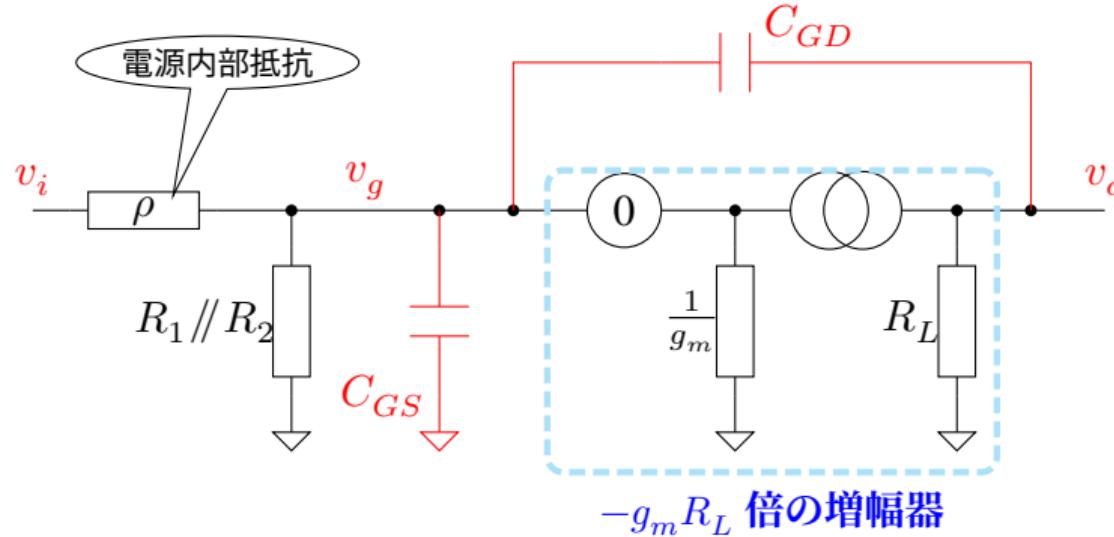
Miller効果を使います。



ここで Miller効果を考えると……?

ソース接地増幅回路の高周波小信号モデルの考え方

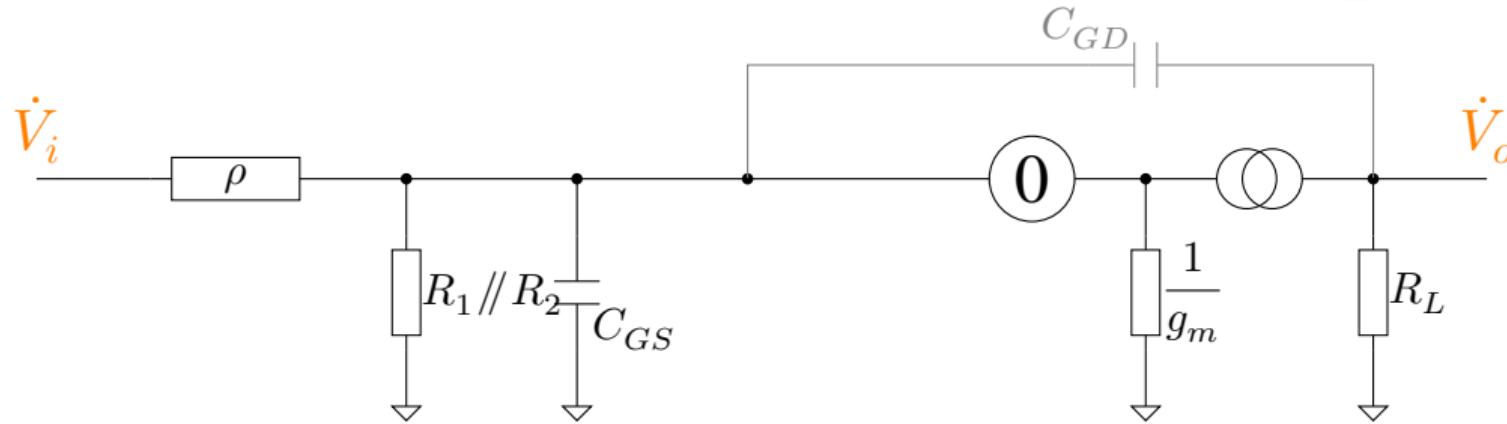
Miller効果を使います。



ここで Miller効果を考えると……?

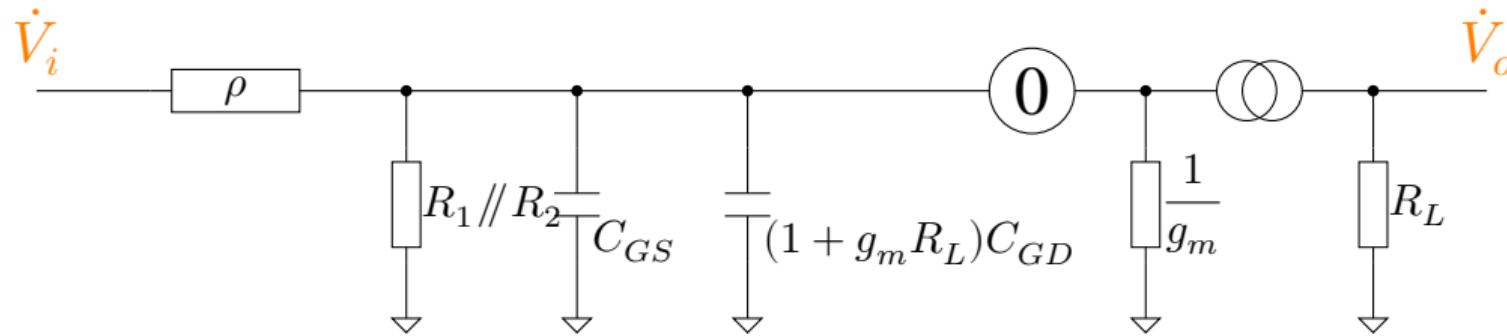
ソース接地増幅回路の高周波小信号モデル

いろいろあったけど結局こうなります。



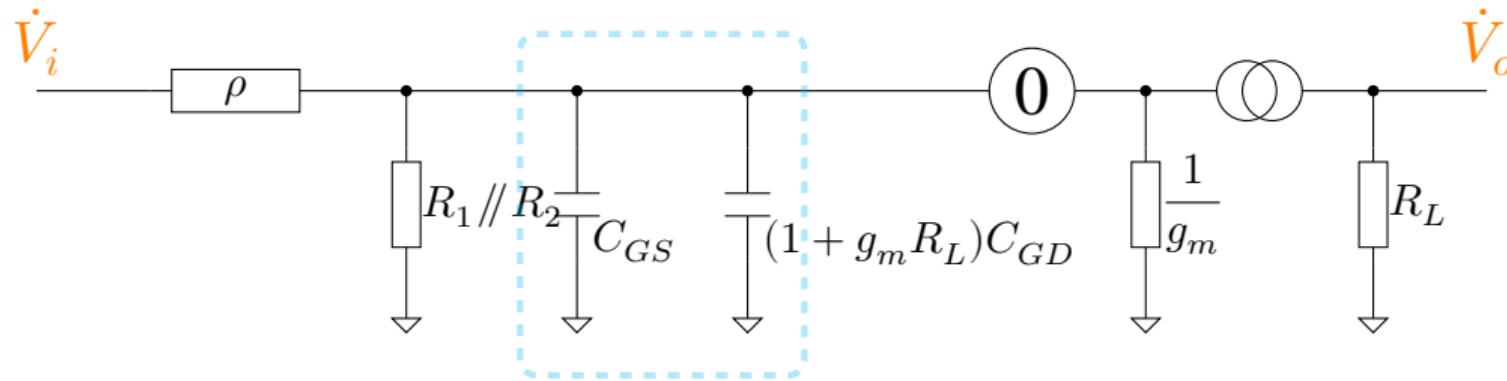
ソース接地増幅回路の高周波小信号モデル

いろいろあったけど結局こうなります。



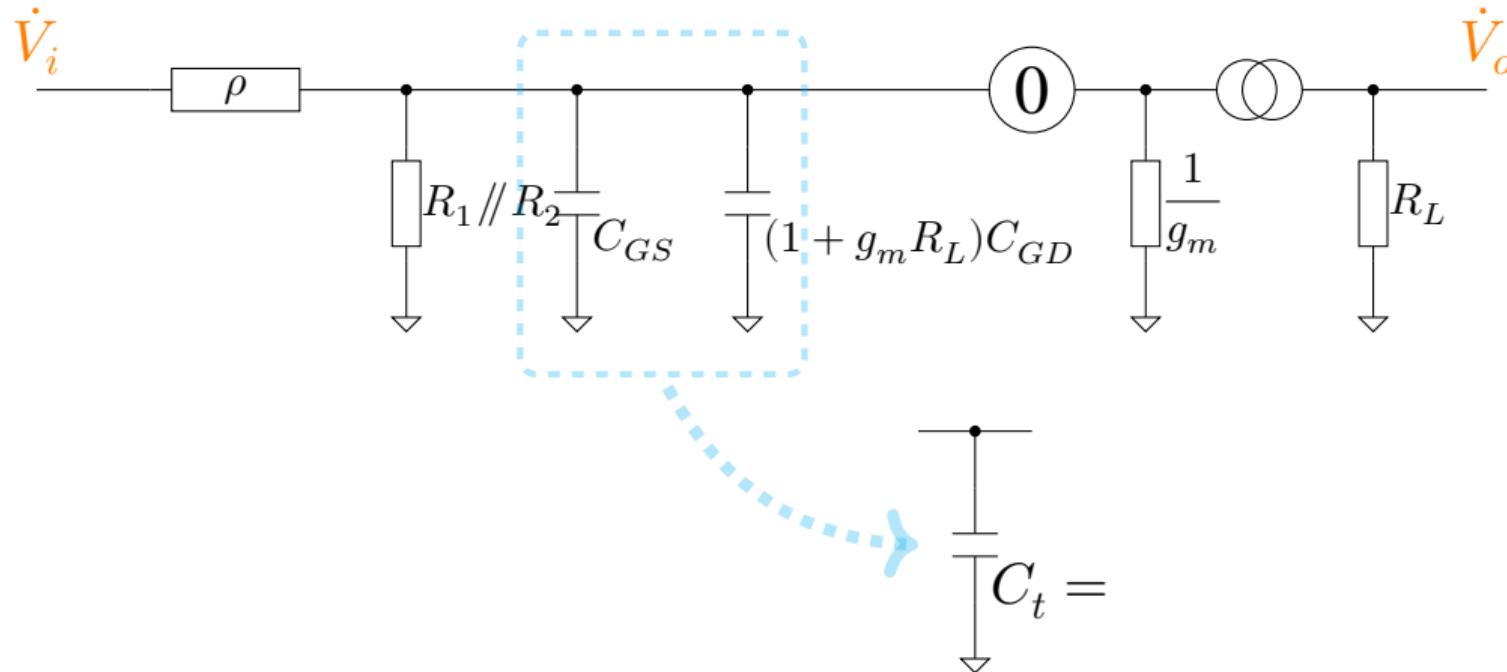
ソース接地増幅回路の高周波小信号モデル

いろいろあったけど結局こうなります。



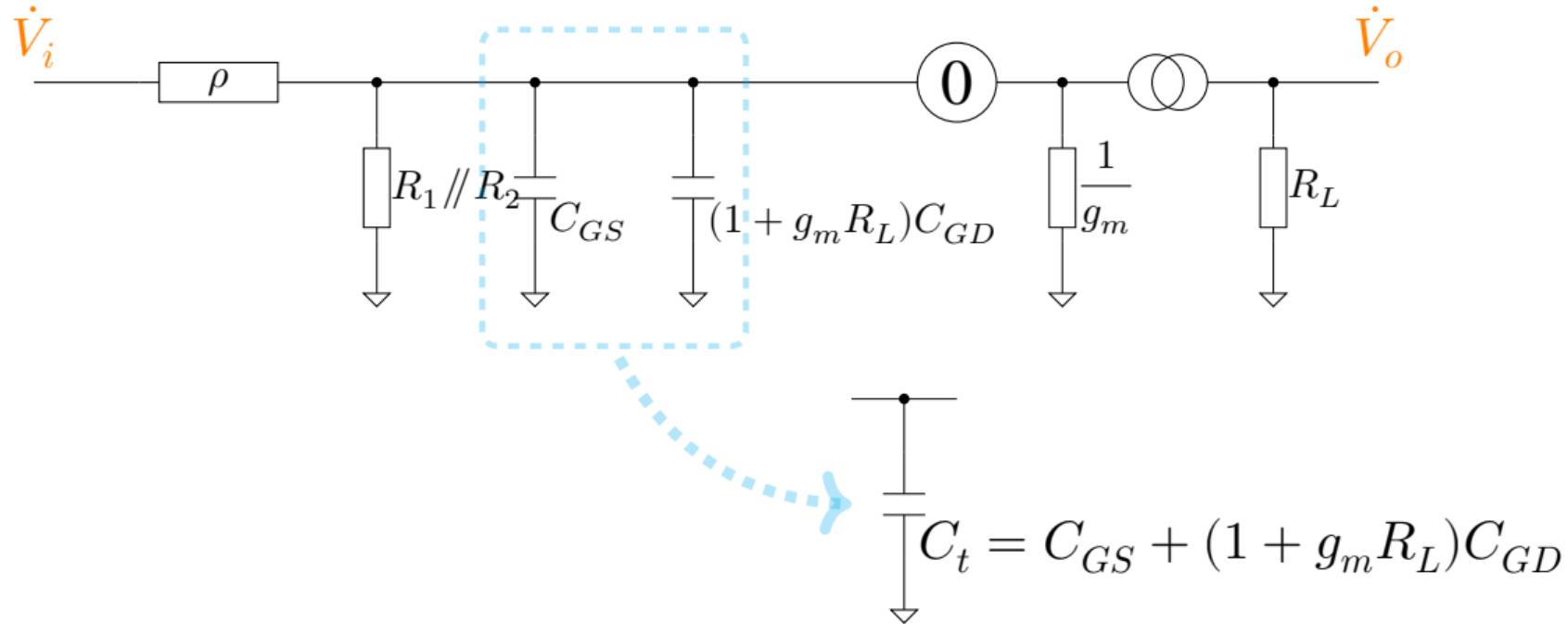
ソース接地増幅回路の高周波小信号モデル

いろいろあったけど結局こうなります。

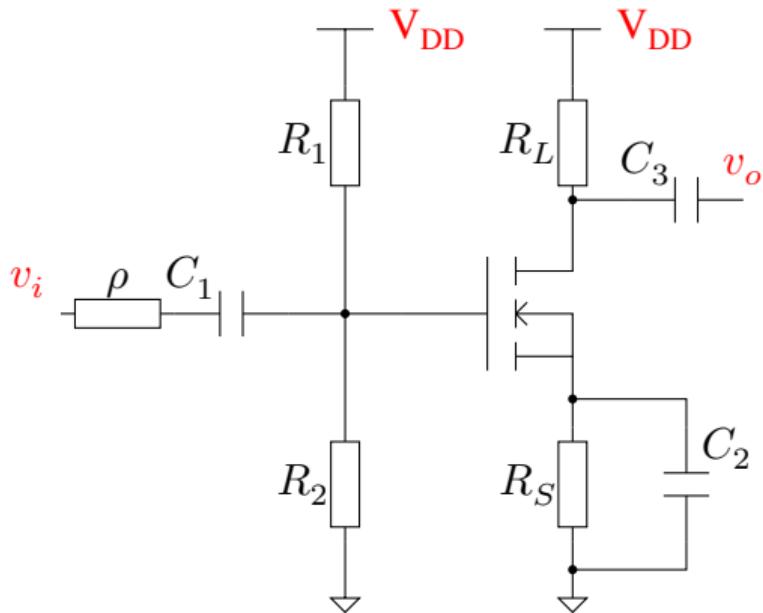


ソース接地増幅回路の高周波小信号モデル

いろいろあったけど結局こうなります。



練習問題 1

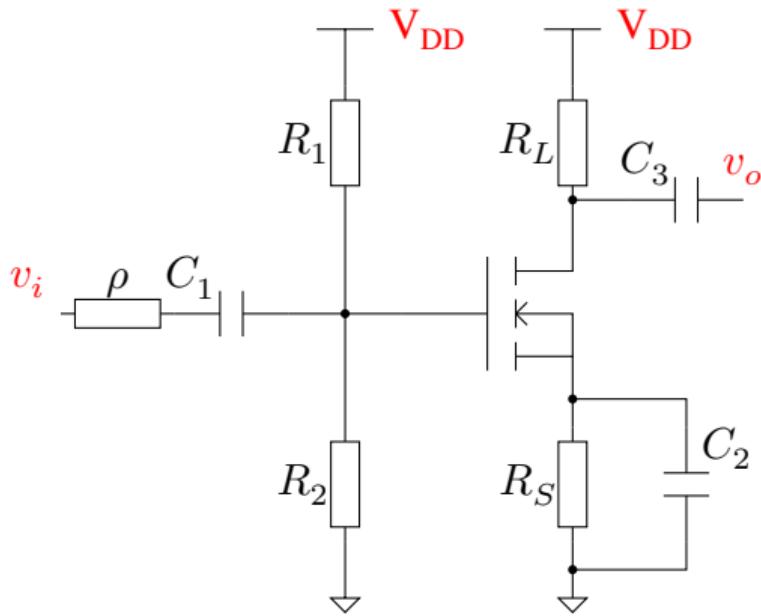


問: $C_1 = 10 \mu\text{F}$, $R_1 = 10 \text{k}\Omega$, $R_2 = 15 \text{k}\Omega$, $R_L = 10 \text{k}\Omega$, $R_S = 20 \text{k}\Omega$, $\rho = 12 \text{k}\Omega$, のときこの回路の高域遮断周波数を求めよ。ただし

- 伝達コンダクタンスは $g_m = 0.7 \text{ mS}$ 。
- 寄生容量 $C_{GS} = 100 \text{ fF}$, $C_{GD} = 10 \text{ fF}$ を考慮に入れ、
- C_1 , C_2 , C_3 は考えている信号よりも十分大きいものとする。

ヒント:

練習問題 1



問: $C_1 = 10 \mu\text{F}$, $R_1 = 10 \text{k}\Omega$, $R_2 = 15 \text{k}\Omega$, $R_L = 10 \text{k}\Omega$, $R_S = 20 \text{k}\Omega$, $\rho = 12 \text{k}\Omega$, のときこの回路の高域遮断周波数を求めよ。ただし

- 伝達コンダクタンスは $g_m = 0.7 \text{ mS}$ 。
- 寄生容量 $C_{GS} = 100 \text{ fF}$, $C_{GD} = 10 \text{ fF}$ を考慮に入れ、
- C_1 , C_2 , C_3 は考えている信号よりも十分大きいものとする。

ヒント: ミラー効果で C_{GD} を等価変換する。

問: 前問と同じ回路において、以下を求めよ。

- ・中間周波数帯の電圧利得
- ・低域遮断角周波数 (C_1 は無視できない程度に小さいが、 C_2 は無視できるほど大きく、 C_3 は後段に何もないため無視して良い。)

ヒント:

- ・中間周波数とは、結合容量の類 (C_1, C_2, C_3) の影響が無視できるほど高く、寄生容量が無視できるほど低い周波数、と考える。
- ・低域とは、寄生容量は無視できる程度に低い周波数、と考える。(結合容量の類については問題文に書いてある。)

ミニレポート課題 (受付期間: 授業当日～次回授業の前日)

受付期間外には提出しないこと。(自動処理しています。)

練習問題 1 について、高域遮断周波数を考える際の小信号モデル（回路図）を示せ。その際に「寄生容量」「Miller 効果」の語を用いて、**文章によるしっかりとした説明を行う**こと。
余力があれば練習問題を解け。

提出は下記 URL の Google Forms。歪んでいない、開いた時に横倒しになっていない、コントラストが読むに耐えうる PDF で提出すること。**手書きを写真撮影する場合はスキャナもしくはスキャナアプリの使用を必須とする。**

<https://forms.gle/MpUmErDi6qk8GSUC6>

