

# 抵抗,コンデンサ,コイル 第3,4回

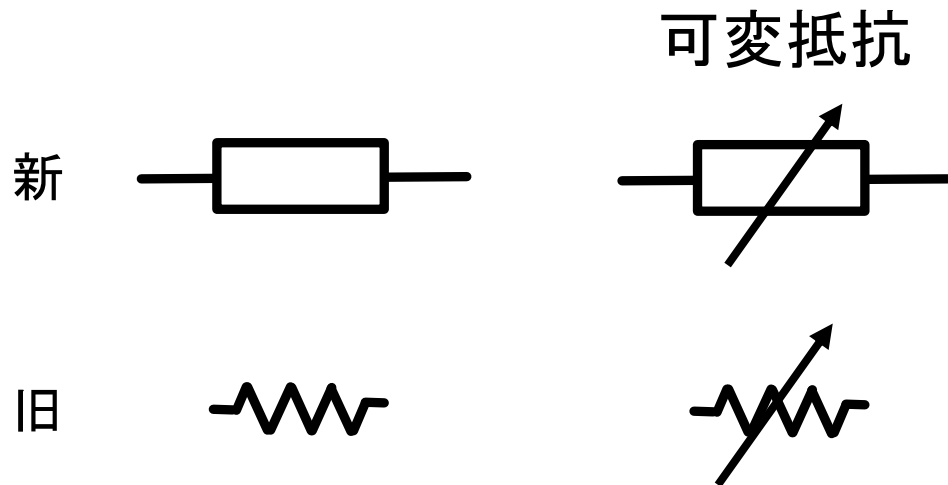
# 抵抗 (Resistor)

- 電流を調整する受動素子

- **受動素子**: 供給された電力を消費・蓄積・放出する素子で, 増幅・整流などの能動動作を行わないもの. 抵抗, コンデンサ, コイルなど
- **能動素子**: 供給された電力で増幅・整流などの能動動作を行うもの. ダイオード, トランジスタなど

- 単位:  $\Omega$  (オーム)

- 記号: R



可変抵抗: 抵抗値を変更できる抵抗

# 主な抵抗の種類(1)

- 炭素皮膜抵抗器(カーボン抵抗器)

一般的な抵抗. 抵抗体に炭素を使用. 精度誤差5%程度. 雑音や周波数の特性は良くないが, 低価格(100本100円程度, 秋月電子). 定格電力1/4W, 1/2Wなど. キットに含まれているもの



- 金属皮膜抵抗器

抵抗体にニッケルクロム合金などの金属を使用. 炭素皮膜抵抗に比べ特性は良いが, 高価格(100本300円程度, 秋月電子). 精度誤差1%程度. 定格電力1/2W, 1Wなど.



- 酸化金属皮膜抵抗器

金属皮膜抵抗に比べ特性は悪い. 定格電力1W~5W程度の中電力用, 高価格(1本20円程度, 秋月電子)



# 主な抵抗の種類(2)

- チップ抵抗器

セラミック(陶器類)基板上に金属の抵抗膜を形成したもの. プリント基板の高密度の表面実装に使用. 小型(0.4mm×0.2mm～6.4mm×3.2mm)で薄型(0.1mm～2.0mm程度). 定格電力1/20～1W程度

- 可変抵抗器

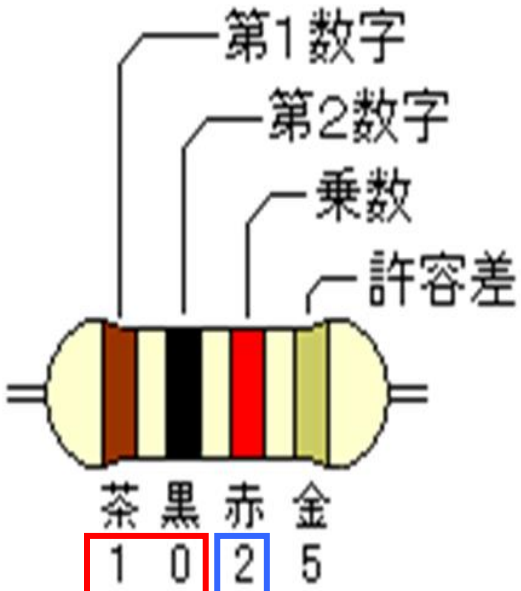
抵抗値を変更することができる抵抗器

- 半固定抵抗器

可変抵抗器の一種で, 抵抗値を調整のために変更できるが, 常時変更することを前提としない



# 抵抗のカラーコード(抵抗値)の読み方

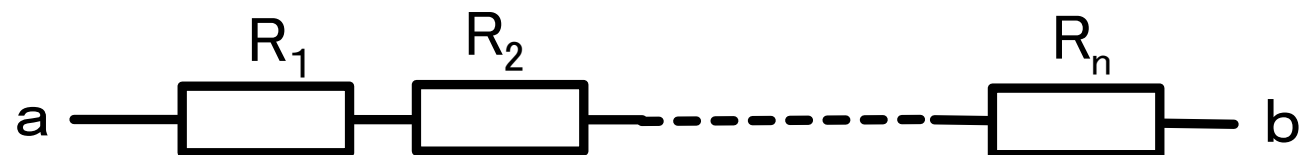


上記の抵抗は  
 $10 \times 10^2 \Omega$   
 $= 10 \times 100 \Omega$   
 $= 1000 \Omega$   
 $= 1k\Omega$   
許容差  $\pm 5\%$

色	第1数字	第2数字	乗数	許容差	覚え方(例)
黒	0	0	$10^0(\times 1\Omega)$		黒い礼服
茶	1	1	$10^1(\times 10\Omega)$	$\pm 1\%$	小林一茶, 茶を一杯
赤	2	2	$10^2(\times 100\Omega)$	$\pm 2\%$	赤い人参
橙	3	3	$10^3(\times 1k\Omega)$		第3の男, 第3者, 橙色のみかん
黄	4	4	$10^4(\times 10k\Omega)$		岸恵子, 四季の
緑	5	5	$10^5(\times 100k\Omega)$	$\pm 0.5\%$	緑子, 五月みどり
青	6	6	$10^6(\times 1M\Omega)$		徳川無声, 青虫
紫	7	7			紫式(七)部
灰	8	8			ハイヤー
白	9	9			ホワイトクリスマス, 白い雲
金			$10^{-1}(\times 0.1\Omega)$	$\pm 5\%$	金五郎
銀			$10^{-2}(\times 0.01\Omega)$	$\pm 10\%$	銀の十手, 銀行頭取
無				$\pm 20\%$	20世紀梨

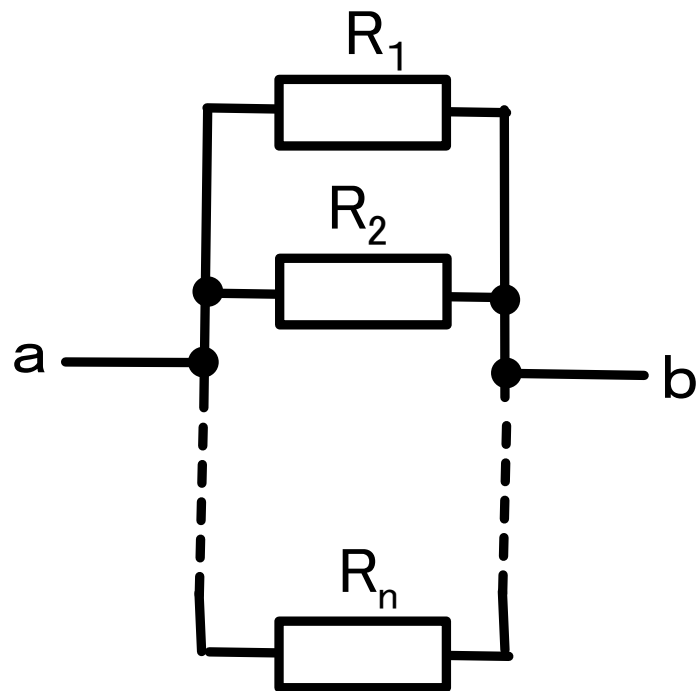
# 合成抵抗

## 直列接続



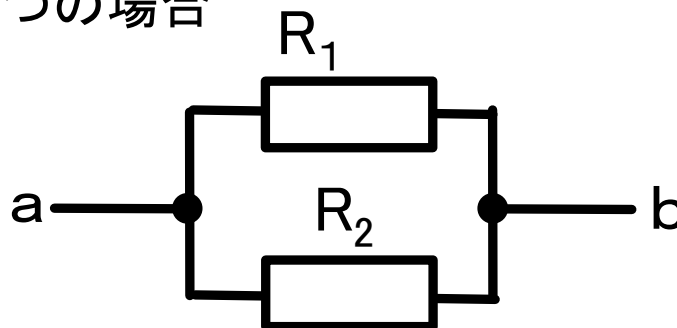
$$R_{ab} = R_1 + R_2 + \cdots + R_n$$

## 並列接続



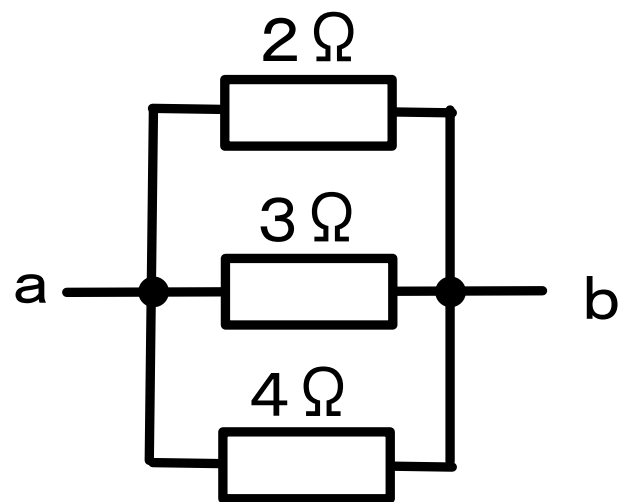
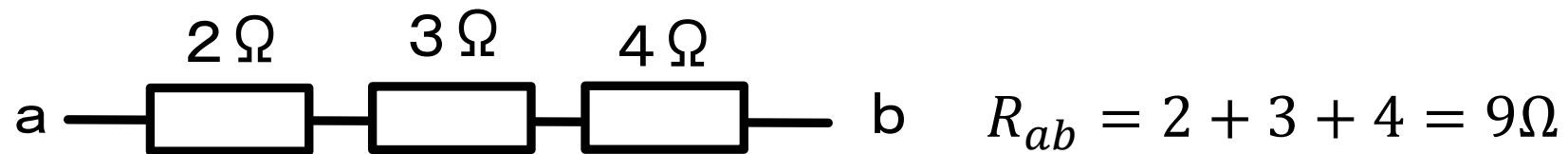
$$R_{ab} = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \cdots + \frac{1}{R_n}}$$

2つの場合



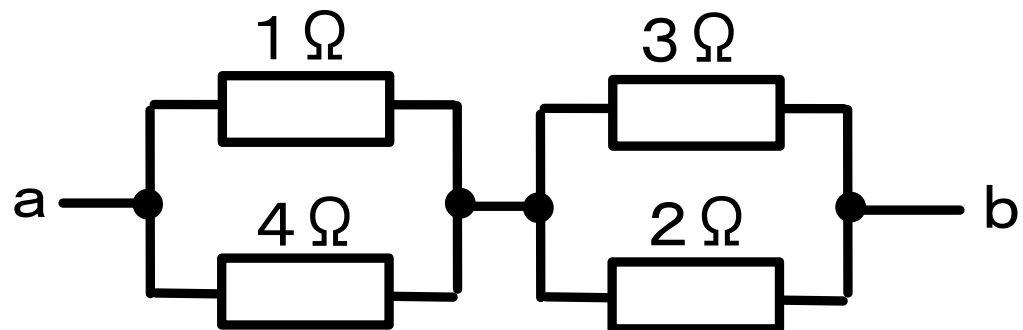
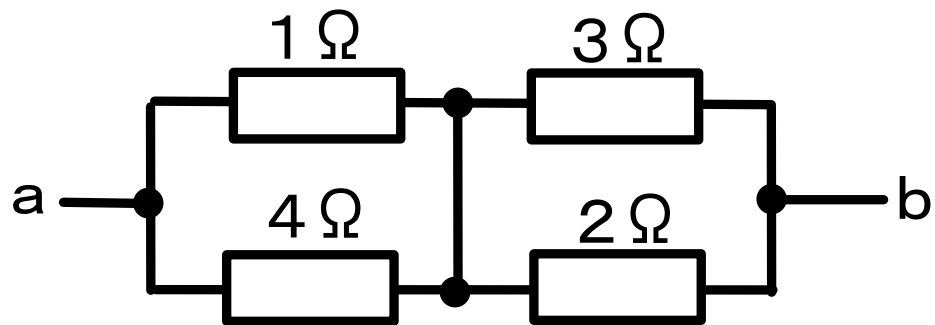
$$R_{ab} = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

# 合成抵抗



$$\begin{aligned} R_{ab} &= \frac{1}{\frac{1}{2} + \frac{1}{3} + \frac{1}{4}} = \frac{1}{\frac{6}{12} + \frac{4}{12} + \frac{3}{12}} = \frac{12}{6+4+3} = \frac{12}{13} \\ &= 0.923 = 0.9\ \Omega \quad (\text{小数第1位まで}) \end{aligned}$$

# 合成抵抗

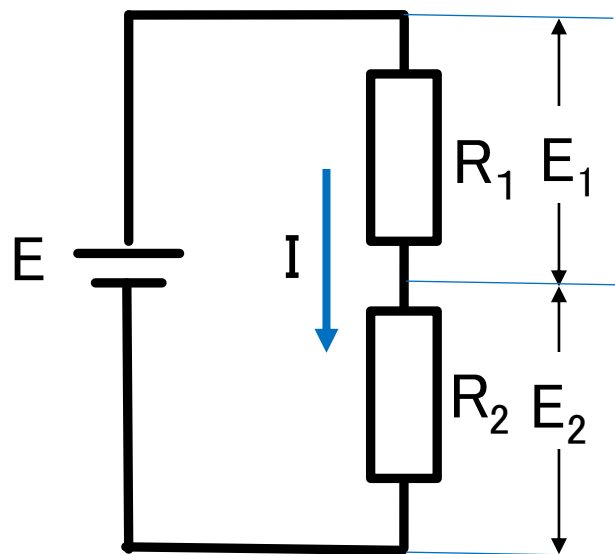


$$R_{ab} = \frac{1 \times 4}{1 + 4} + \frac{2 \times 3}{2 + 3} = \frac{4}{5} + \frac{6}{5} = \frac{10}{5} = 2\ \Omega$$



# 分圧, 分流

- 直列抵抗は, 電圧を分ける

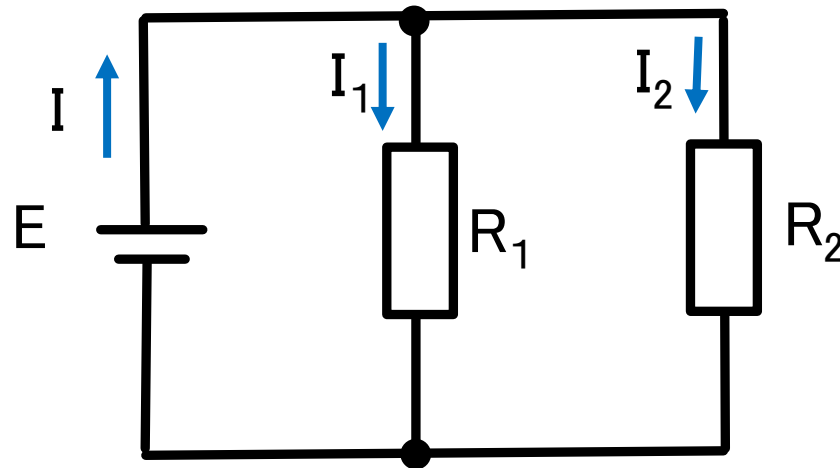


$$E = (R_1 + R_2) \times I$$

$$E_1 = \frac{R_1}{R_1 + R_2} E$$

$$E_2 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} E$$

- 並列抵抗は, 電流を分ける

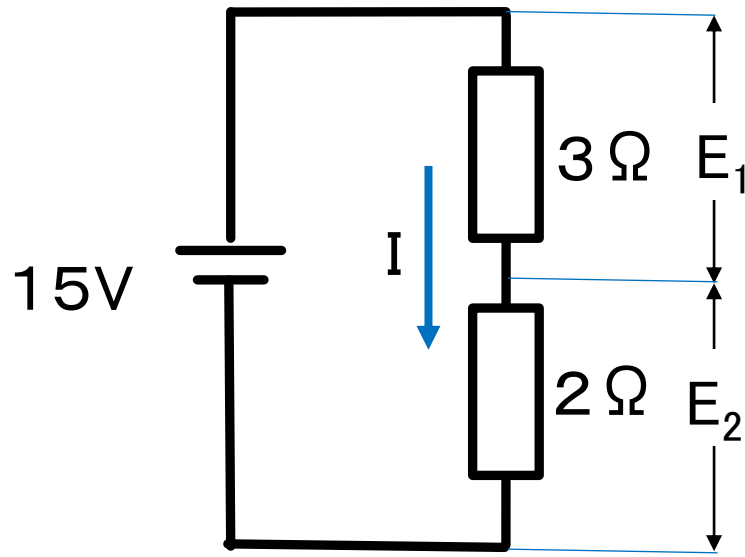


$$E = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} I$$

$$I_1 = \frac{E}{R_1} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} I$$

$$I_2 = \frac{E}{R_2} = \frac{R_1}{R_1 + R_2} I$$

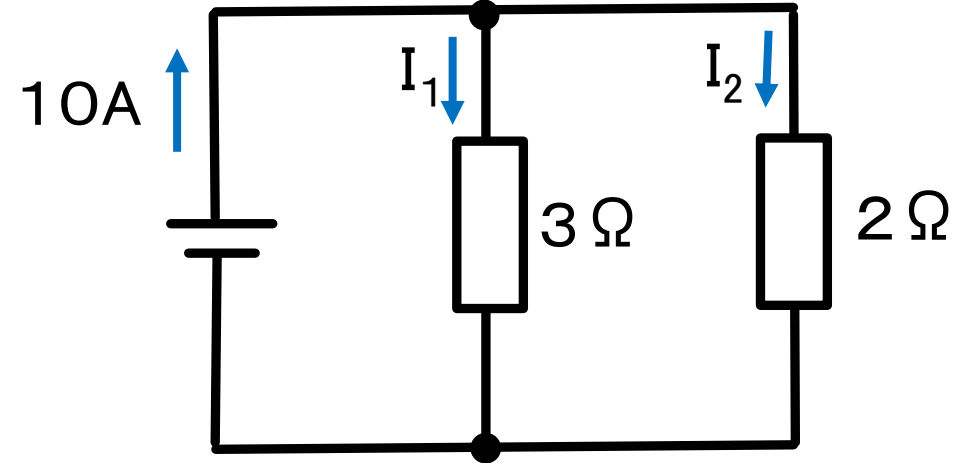
# 分圧, 分流



$$E_1 = \frac{3}{3 + 2} \times 15 = 9V$$

$$E_2 = \frac{2}{3 + 2} \times 15 = 6V$$

抵抗が大きいほど、電圧は高い

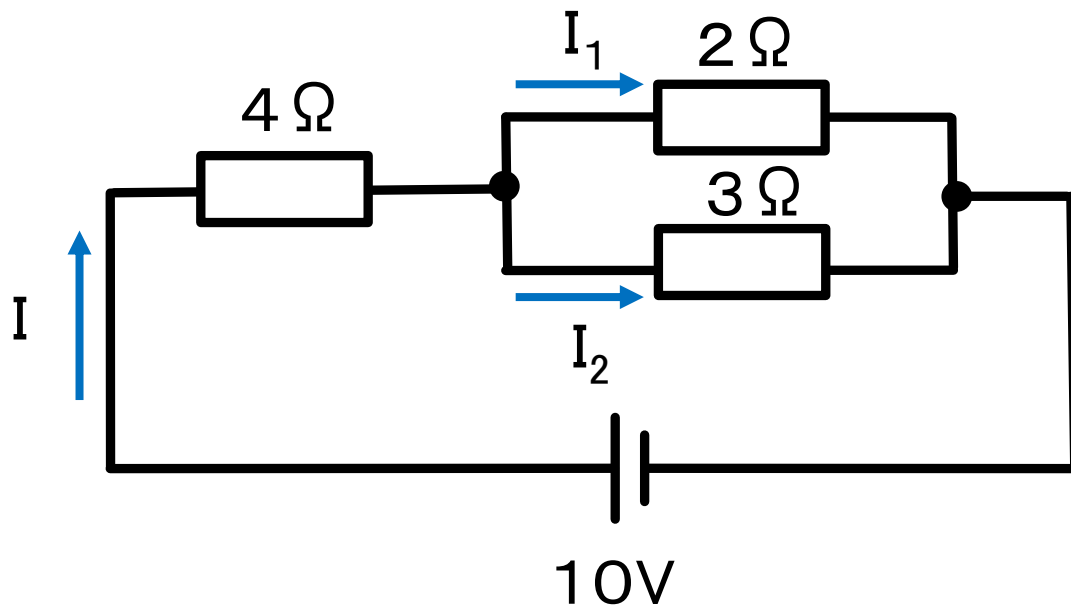


$$I_1 = \frac{2}{3 + 2} \times 10 = \frac{20}{5} = 4A$$

$$I_2 = \frac{3}{3 + 2} \times 10 = \frac{30}{5} = 6A$$

抵抗が大きいほど、電流は少ない

# 分圧, 分流



合成抵抗

$$R = 4 + \frac{2 \times 3}{2 + 3} = 4 + \frac{6}{5} = 5.2\Omega$$

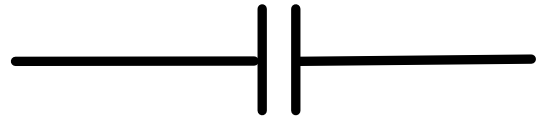
$$I = \frac{10}{5.2} = 1.9230\cdots = 1.9A \text{ (小数第1位まで)}$$

$$I_1 = \frac{3}{3+2} \times 1.9 = 1.14A \text{ (小数第2位まで)}$$

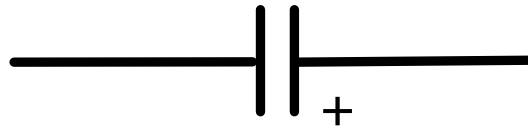
$$I_2 = \frac{2}{3+2} \times 1.9 = 0.76A \text{ (小数第2位まで)}$$

# コンデンサ (Capacitor)

- 電気(電荷)を蓄えたり放出したりする受動素子
- 印加する電圧を $V$ , 蓄積する電荷を $Q$ としたとき,  $Q = C \times V$
- この比例係数 $C$ が, 静電容量(キャパシタンス)
- 単位: F(ファラド)
- 記号: C



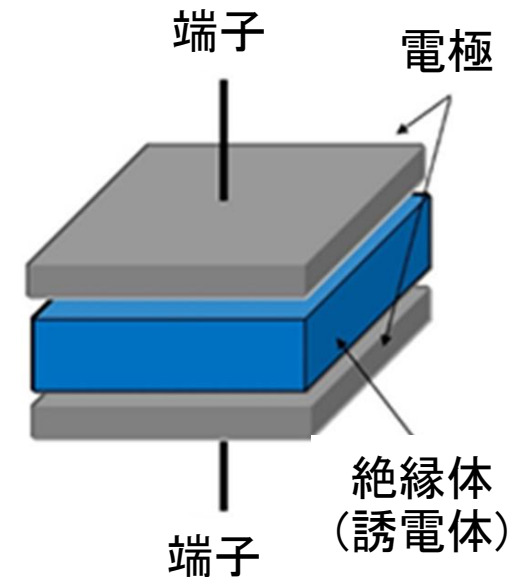
電解コンデンサ



可変コンデンサ



- 誘電体を金属板の電極で平行に挟んだ構造
- バッテリと異なり, 大量の電気をためることができない  
流通しているのは, 数pF～数μF程度 ( $\mu: 10^{-6}$ ,  $n: 10^{-9}$ ,  $p: 10^{-12}$ )  
応答速度が速いため, 瞬間的な電流の変化に対応できる



# 主なコンデンサの種類

- 電解コンデンサ

アルミニウムなどの金属と電解液を使用. 大きな容量が得られる. 極性がある(＋が決まっている). アルミニウムを使用しているものが多いので, 電解コンデンサというとアルミ電解コンデンサを指す. キットに含まれている

- セラミックコンデンサ

誘電体に誘電率の高いセラミックス(陶磁器類)を使用. 小型で熱に強い. 周波数特性がよい. キットに含まれている

- タンタル電解コンデンサ

金属にタンタルを使用した電解コンデンサ. アルミ電解コンデンサより, 小型で周波数特性がよいが, 高価

- フィルムコンデンサ

誘電体にプラスチックフィルムを使っている. 温度による容量の変化が小さく, 高精度



# 主なコンデンサの種類

- チップコンデンサ

チップ状の小型コンデンサ. セラミックコンデンサ, アルミ電解コンデンサ, タンタルコンデンサ電解コンデンサなどがある

- 可変コンデンサ(バリコン)

容量を変えることができるコンデンサ. ツマミをまわすと金属板の向き合う面積が増減する構造. 容量を何度も変えられる.

- トリマコンデンサ

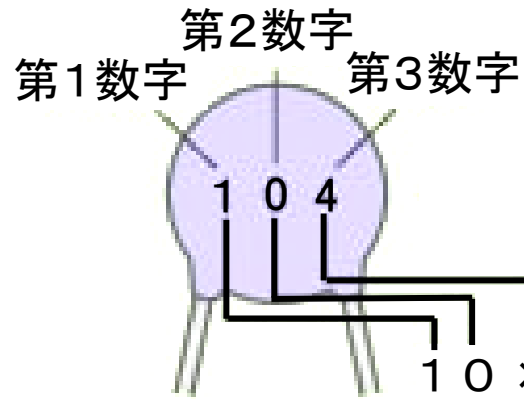
回路の微調整や部品のばらつきを補正するための半固定の可変コンデンサ. 一度調整したら固定する. 組み立て時の調整に使用

- 電気2重層コンデンサ

通常のコンデンサと若干構造が異なる. 大容量, バッテリーを補完



# コンデンサの静電容量の読み方



m:  $10^{-3}$

$\mu$ :  $10^{-6}$

n:  $10^{-9}$

p:  $10^{-12}$

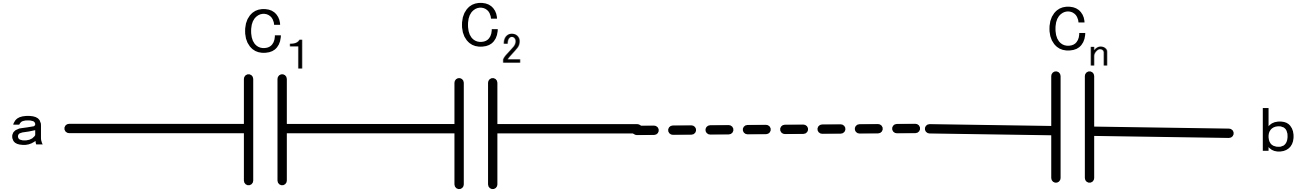
$$10 \times 10000 \text{ pF} = 100 \text{ nF} = 0.1 \mu\text{F}$$

- 第1, 第2数字・・・数値
- 第3数字・・・10を乗算する回数
- 単位はpF

アルミ電解コンデンサ(コンデンサのサイズが大きい)などでは,  $47\mu\text{F}$ など数値がそのまま記載されている

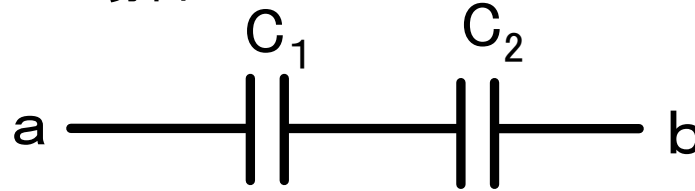
# 合成静電容量

## 直列接続



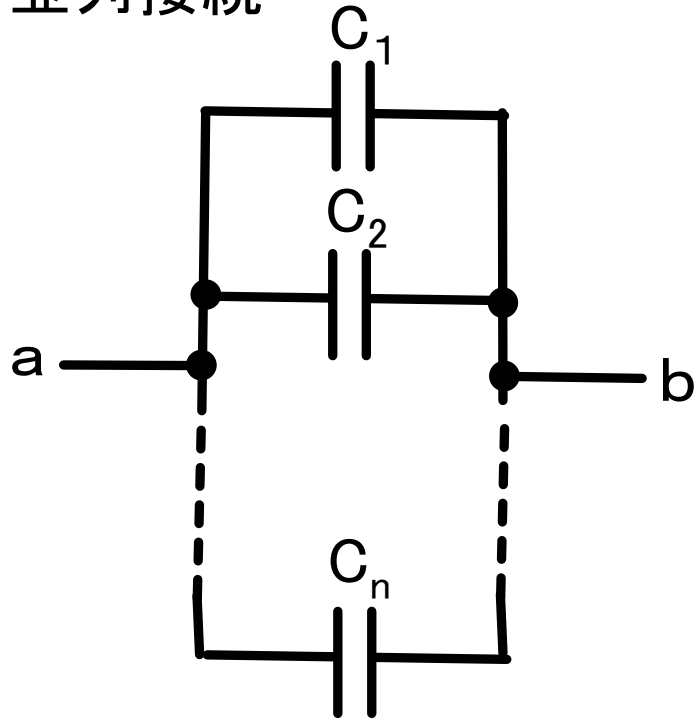
$$C_{ab} = \frac{1}{\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \cdots + \frac{1}{C_n}}$$

2つの場合



$$C_{ab} = \frac{1}{\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}} = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2}$$

## 並列接続

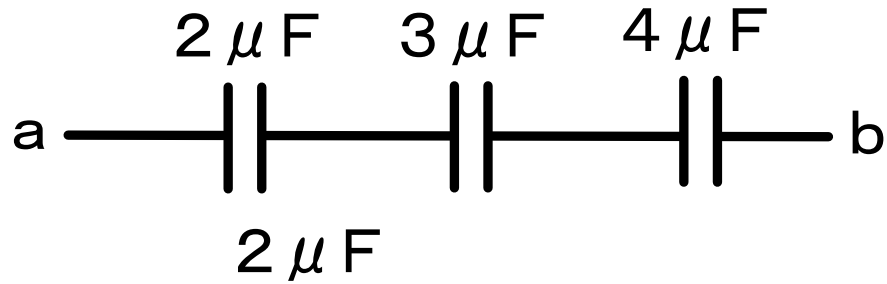


$$C_{ab} = C_1 + C_2 + \cdots + C_n$$

抵抗の場合と、  
直列，並列の計算が逆

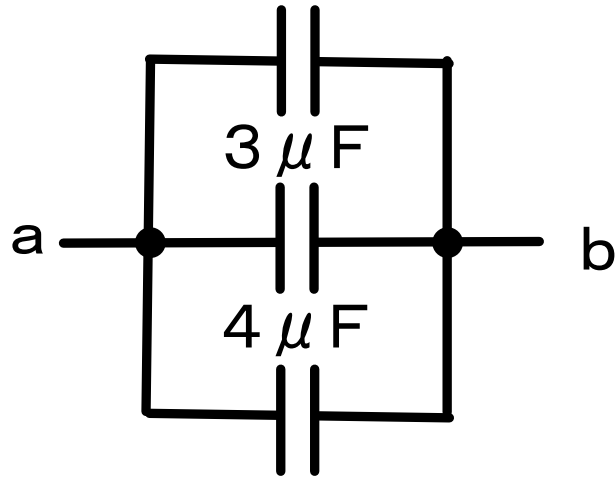


# 合成静電容量

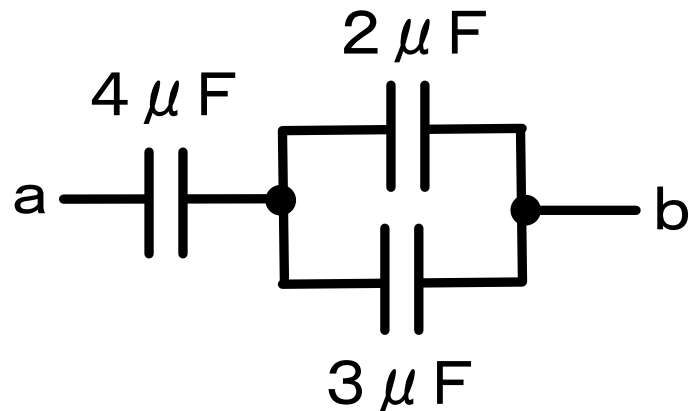


$$C_{ab} = \frac{1}{\frac{1}{2} + \frac{1}{3} + \frac{1}{4}} = \frac{1}{\frac{6}{12} + \frac{4}{12} + \frac{3}{12}} = \frac{12}{6+4+3} = \frac{12}{13}$$

$$= 0.923 = 0.9\mu\text{F} \text{ (小数第1位まで)}$$



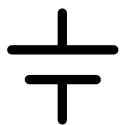
$$C_{ab} = 2 + 3 + 4 = 9\mu\text{F}$$



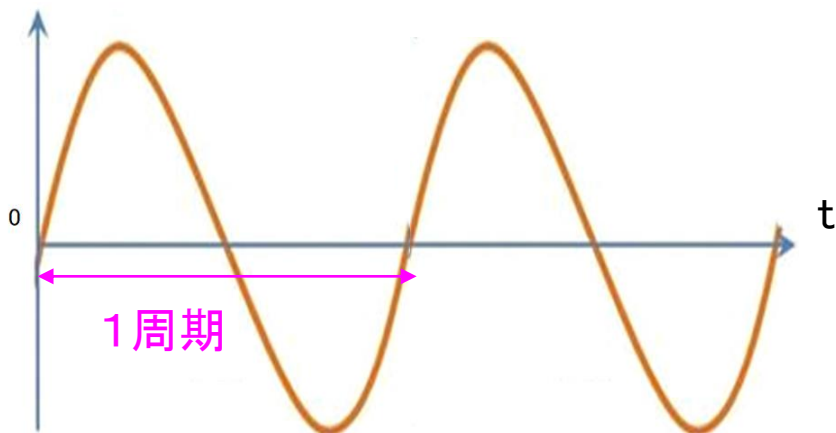
$$C_{ab} = \frac{4 \times (2+3)}{4 + (2+3)} = \frac{20}{9} = 2.2\Omega \text{ (小数第1位まで)}$$

# 直流電源と交流電源

- 直流 (DC, direct current) : 時間の経過に関わらず, 大きさや方向が変化しない電気の流れ



- 交流 (AC, alternating current) : 時間の経過とともに, 周期的に大きさや向きが変化する電気の流れ

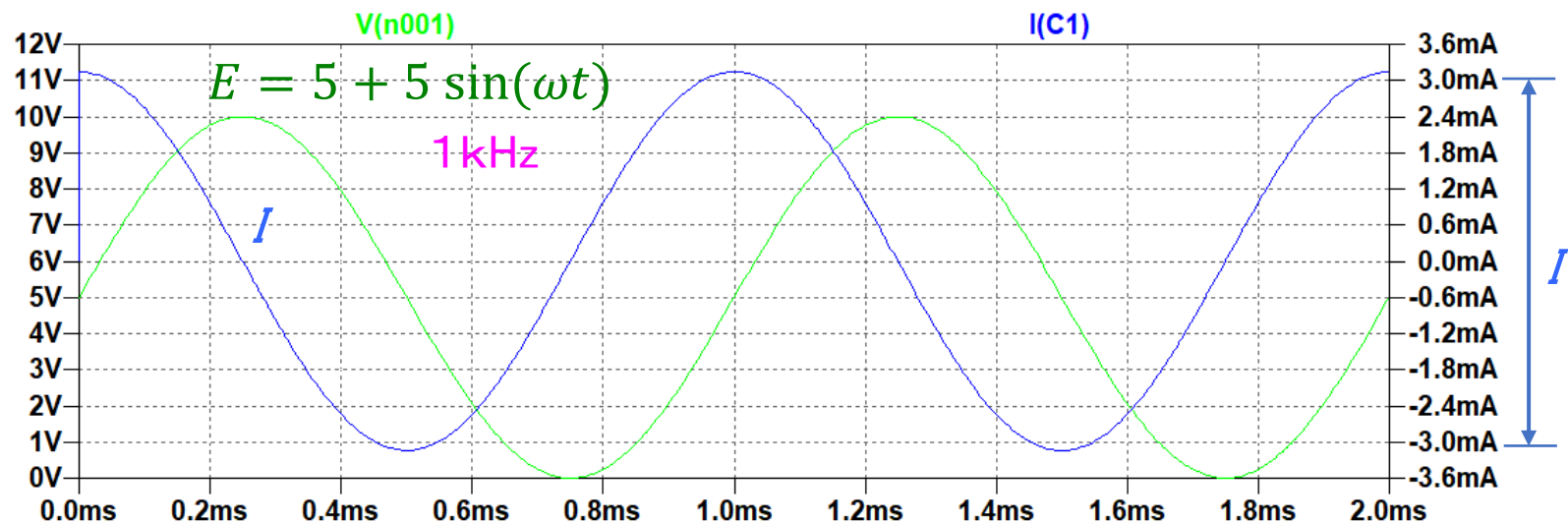
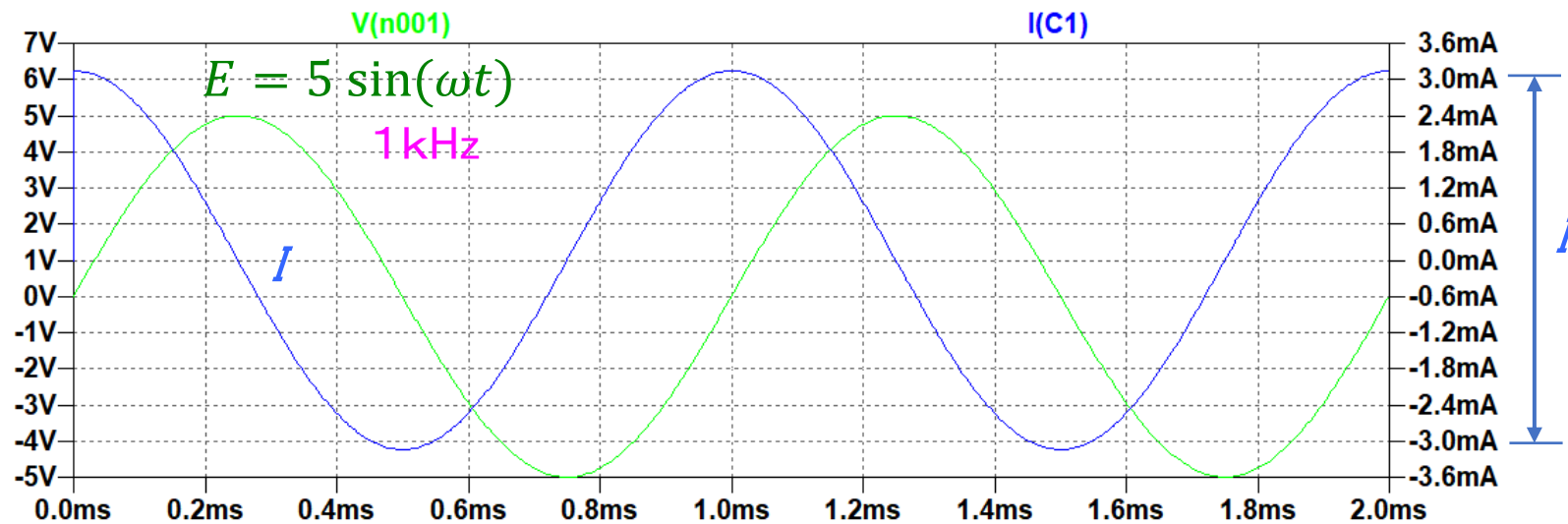
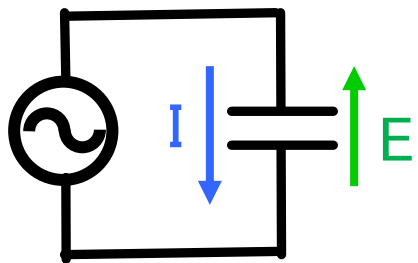


周波数: 1秒間に何回+/-を繰り返す回数  
周期: 1/周波数

# コンデンサの性質

0304a

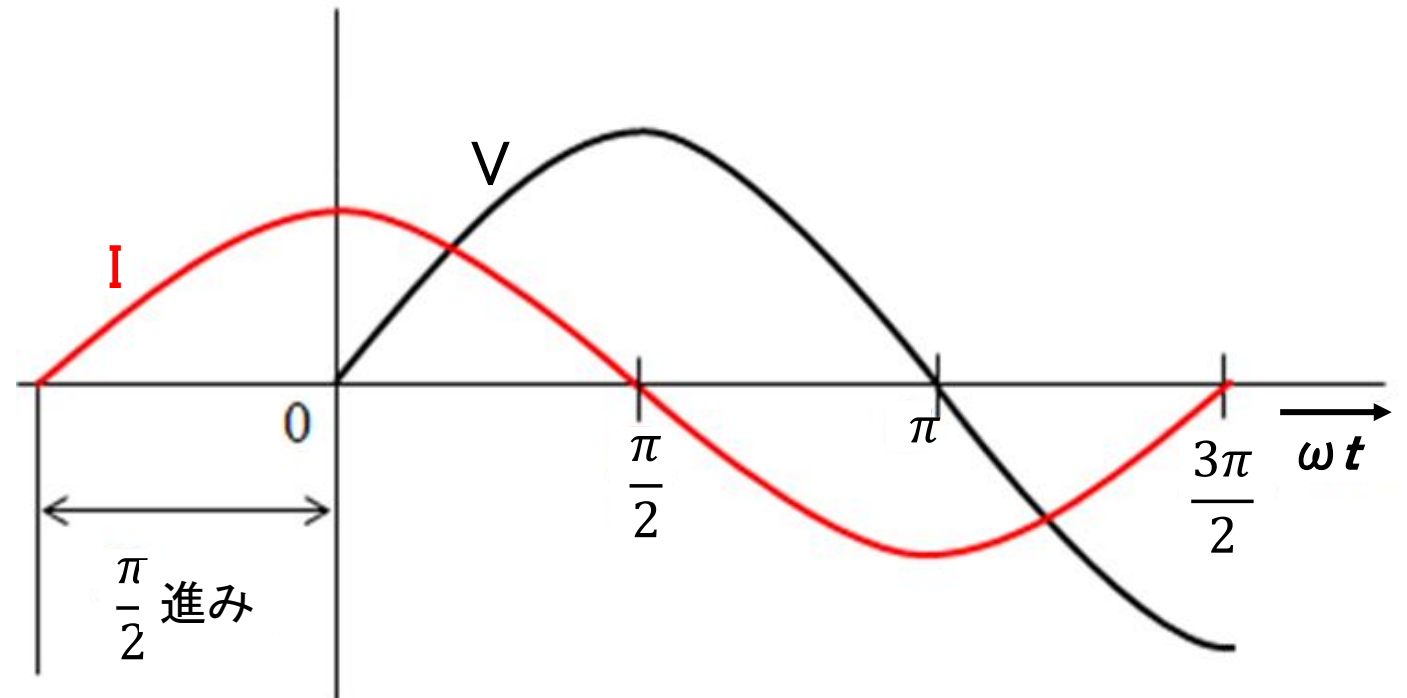
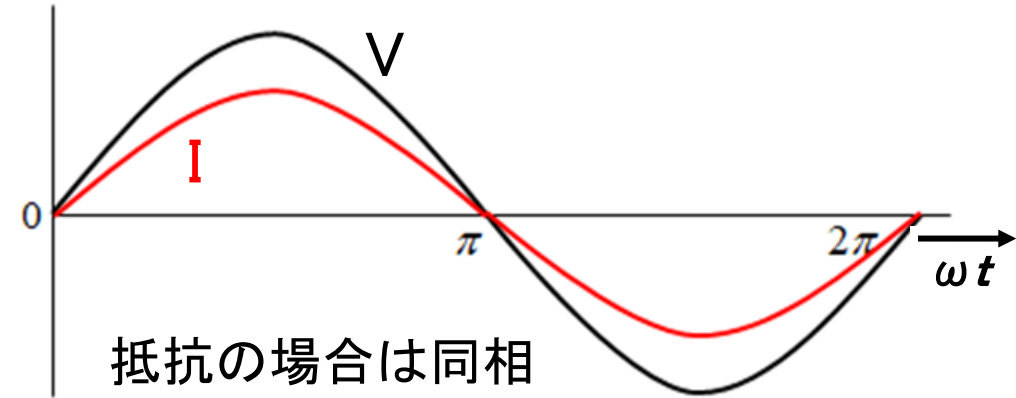
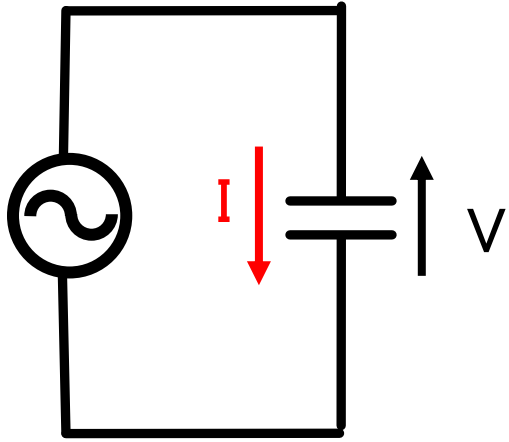
- 低周波数成分ほど通りにくい, 直流成分を通さない



- 電圧が 0~10Vでも, -5~5Vでも, 電流は同じ
- 電圧と電流の位相が異なる  
→次スライド

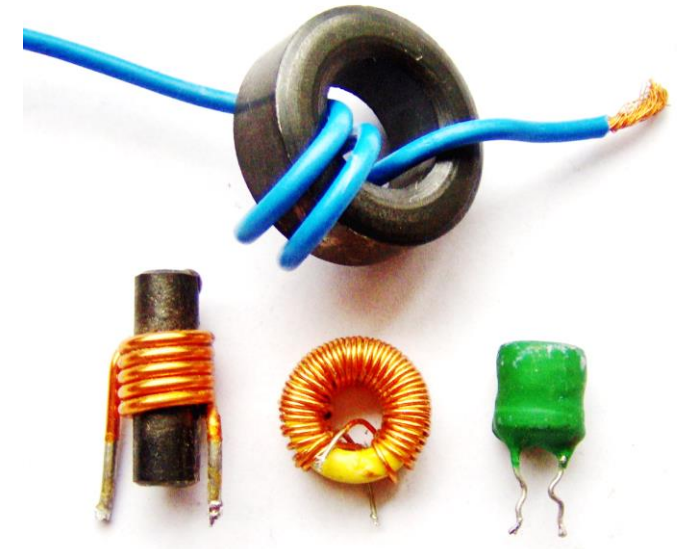
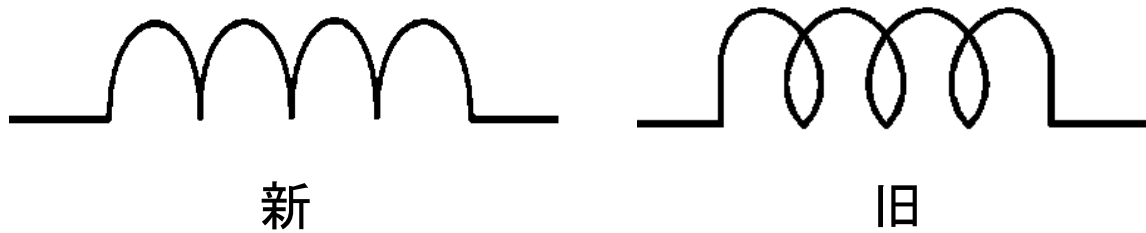
# コンデンサの性質

- 電流の波形が、電圧の波形より、 $\pi/2$  (90度) 進む



# コイル (Coil), インダクタ (Inductor)

- 電流によって形成される磁場にエネルギーを蓄えることができる受動素子
- 蓄えられる磁気エネルギーの量は, そのインダクタンスで決まる
- 単位: H (ヘンリー)
- 記号: L



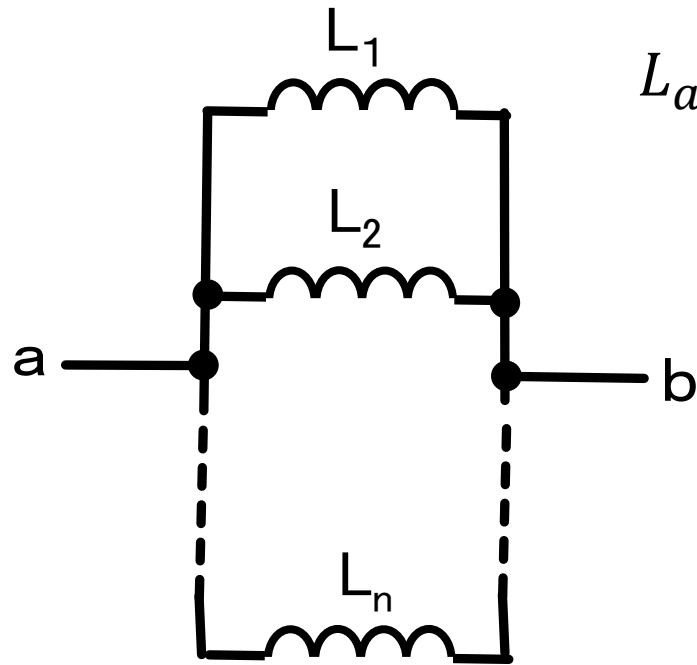
# 合成インダクタンス

## 直列接続



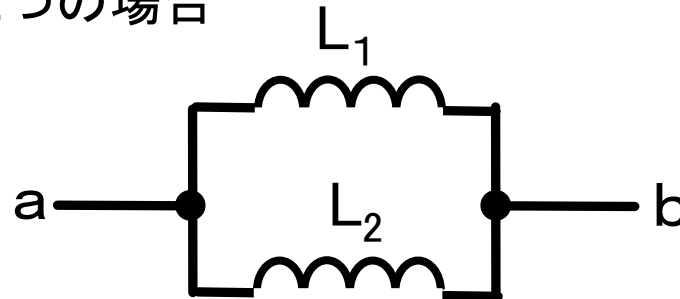
$$L_{ab} = L_1 + L_2 + \cdots + L_n$$

## 並列接続



$$L_{ab} = \frac{1}{\frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} + \cdots + \frac{1}{L_n}}$$

2つの場合



相互インダクタンスが0であれば、  
抵抗の場合と同じ計算

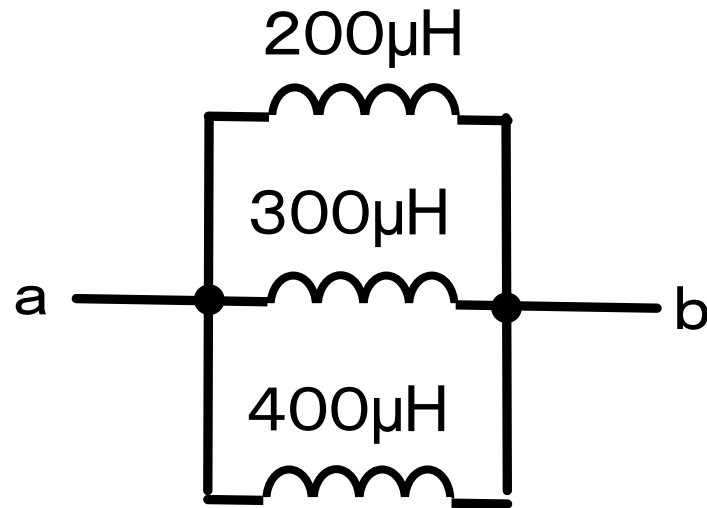
相互インダクタンス: コイル間の  
磁界の相互作用に基づくインダ  
クタンス

$$L_{ab} = \frac{1}{\frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2}} = \frac{L_1 L_2}{L_1 + L_2}$$

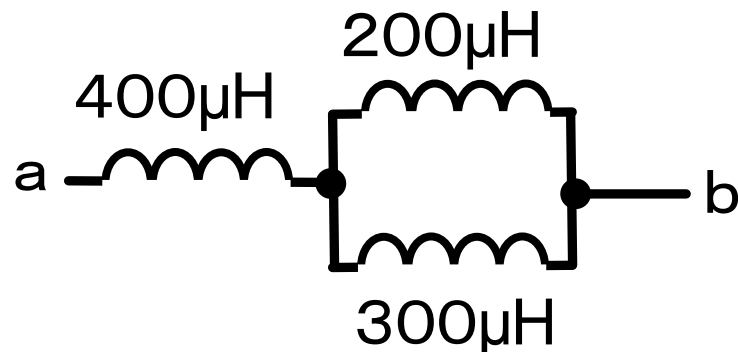
# 合成インダクタンス(相互インダクタンスが0の場合)



$$L_{ab} = 200 + 300 + 400 = 700\mu H$$



$$\begin{aligned} L_{ab} &= \frac{1}{\frac{1}{200} + \frac{1}{300} + \frac{1}{400}} = \frac{1}{\frac{6}{1200} + \frac{4}{1200} + \frac{3}{1200}} = \frac{1200}{13} \\ &= 92.3\mu H (\text{小数第1位まで}) \end{aligned}$$

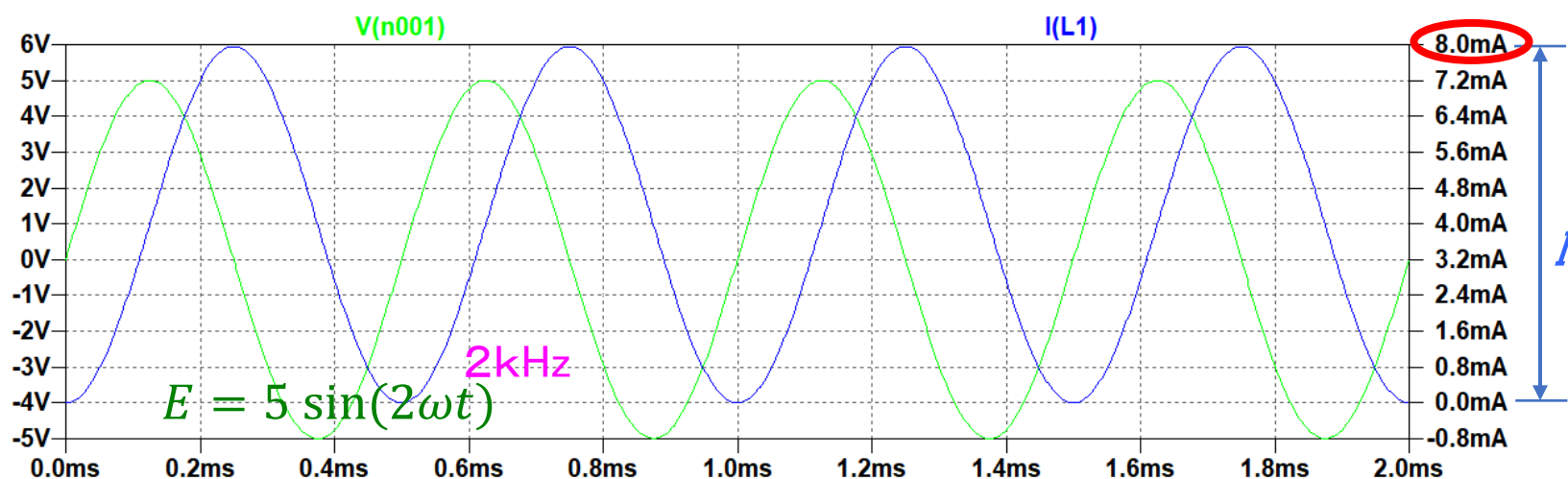
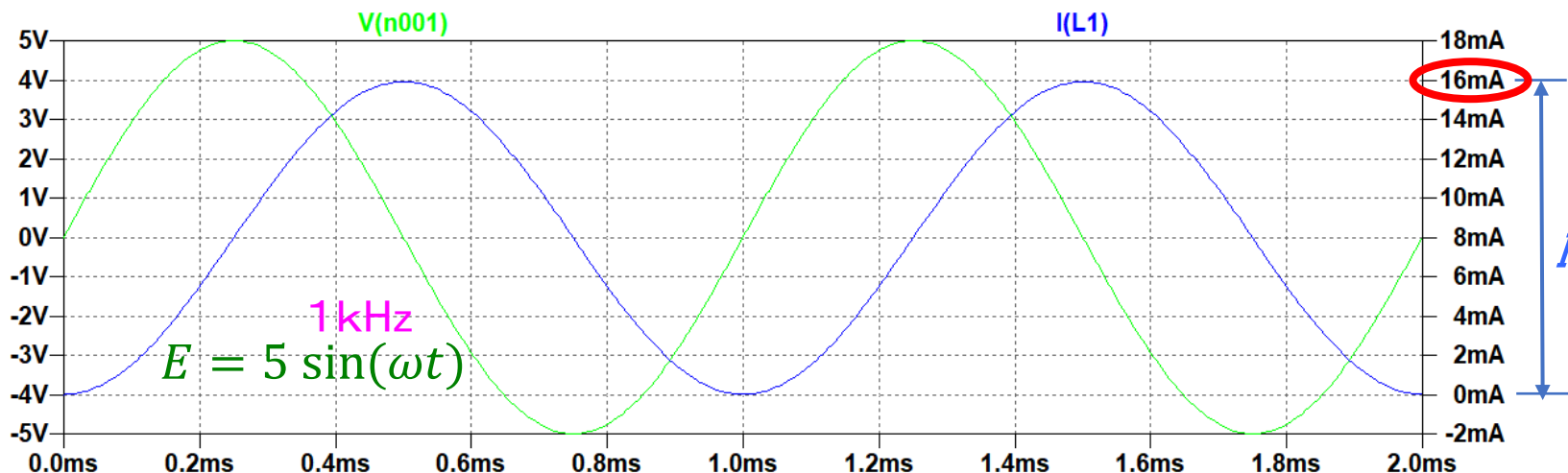
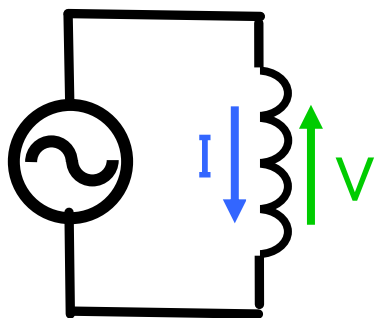


$$\begin{aligned} L_{ab} &= 400 + \frac{1}{\frac{1}{200} + \frac{1}{300}} = 400 + \frac{1}{\frac{3}{600} + \frac{2}{600}} \\ &= 400 + \frac{600}{5} = 400 + 120 = 520\mu F \end{aligned}$$

# コイルの性質

0304b

- 高周波数成分ほど通りにくい

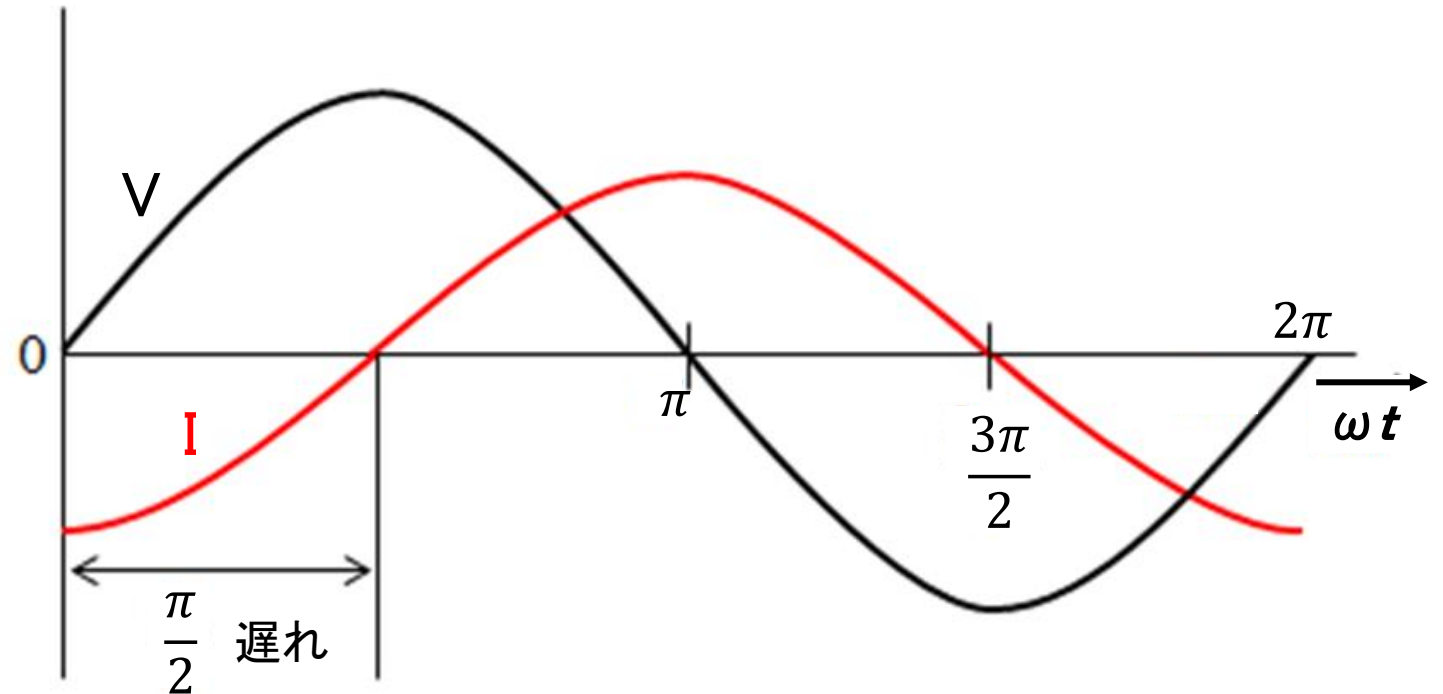
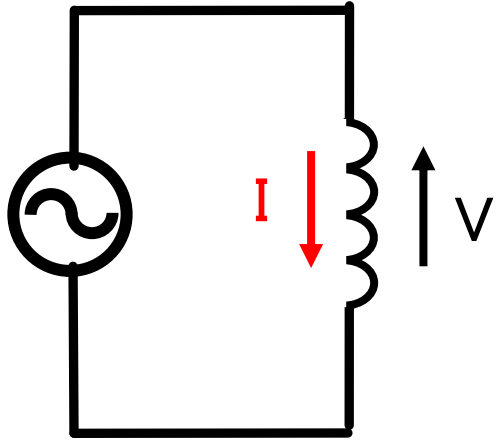


- 周波数が2倍になると、電流が半分になる
- 電圧と電流の位相が異なる  
→次スライド



# コイルの性質

- 電流の波形が、電圧の波形より、 $\pi/2$  (90度) 遅れる  
( $\Leftrightarrow$ コンデンサ: 電流の波形が、電圧の波形より、 $\pi/2$  (90度) 進む)



# インピーダンス

- インピーダンスは、交流回路における電気抵抗の値
- 直流回路においては、抵抗で電圧降下が発生するが、交流回路においては、抵抗だけでなく、コンデンサ、コイルでも電圧降下が発生する
- これも考慮したのがインピーダンス。単位は、抵抗と同じく $\Omega$
- コンデンサ、コイルでは、位相も変化するので、複素数(実数+虚数)で表現

- 抵抗 $R$ のインピーダンス

$$Z = R \quad (\text{直流と同じく「抵抗」})$$

- コイル $L$ のインピーダンス

$$Z = j\omega L \quad (\text{「誘導性リアクタンス」と呼ばれる})$$

- コンデンサ $C$ のインピーダンス

$$Z = \frac{1}{j\omega C} = -j \frac{1}{\omega C} \quad (\text{「容量性リアクタンス」と呼ばれる})$$

$$\omega: \text{角周波数}, \omega = 2\pi f \quad (f \text{ は交流の周波数})$$

(注)電気電子の分野では、虚数  
単位に  $i$  ではなく  $j$  を使用する

- コイル: 電流の波形が、電圧の波形より、 $\pi/2$ (90度)遅れる
- コンデンサ: 電流の波形が、電圧の波形より、 $\pi/2$ (90度)進む

# インピーダンス

- RLC直列回路のインピーダンス

$$Z = R + j\omega C + \frac{1}{j\omega C} = R + j\left(\omega C - \frac{1}{\omega C}\right)$$

$$Z = R + jX, X = \omega C - \frac{1}{\omega C}$$

- 電圧 $V$ , 電流 $I$ との関係(実効電圧 $V_e$ , 実効電流 $I_e$ )

$$V = I \times Z \quad (\text{オームの法則})$$

$$Z = R + jX \quad \text{インピーダンス}$$

$$V_e = |V| = I_e |Z| = I_e \sqrt{R^2 + X^2}$$

$$\theta = \tan^{-1} \frac{X}{R}$$

