

19. 交流回路の周波数特性（1）

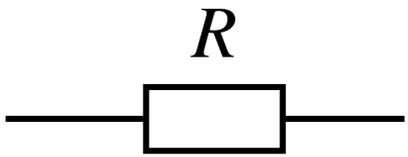
19. Frequency Characteristics of the Alternating Current (AC) Circuit (1)

講義内容

- 1. ベクトル軌跡とボード線図**
- 2. 回路要素の周波数特性**
- 3. 組み合わせ回路の周波数特性**

周波数の変化によるインピーダンスの変化

抵抗 R


$$\dot{Z}_R = R$$

$f = 0 \quad \dot{Z}_R = R$

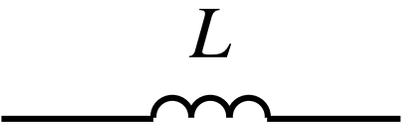
↓

変化 **なし**

↓

$f = \infty \quad \dot{Z}_R = R$

インダクタンス L


$$\dot{Z}_L = j\omega L = j2\pi fL$$

$f = 0 \quad \dot{Z}_L = 0$

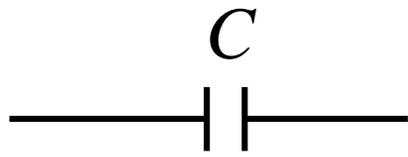
↓

インピーダンス **増大**

↓

$f = \infty \quad \dot{Z}_L = \infty$

キャパシタンス C


$$\dot{Z}_C = \frac{1}{j\omega C} = \frac{1}{j2\pi fC} = -j \frac{1}{2\pi fC}$$

$f = 0 \quad \dot{Z}_C = \infty$

↓

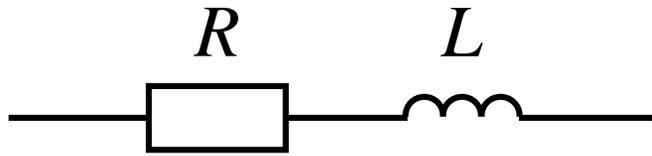
インピーダンス **低減**

↓

$f = \infty \quad \dot{Z}_C = 0$

直列回路で考えるインピーダンスの変化

RL直列回路



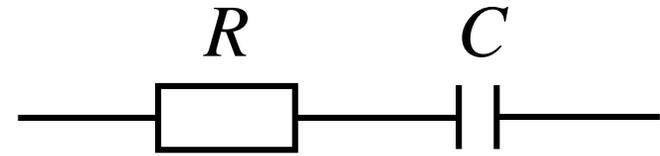
$$\dot{Z}_{RL_S} = R + j\omega L$$

$f = 0 \quad \dot{Z}_{RL_S} \approx R \quad (R \gg j\omega L) \quad \mathbf{R}$ が
支配的

R性 から **L性** に変化

$f = \infty \quad \dot{Z}_{RL_S} \approx \infty \quad (R \ll j\omega L) \quad \mathbf{L}$ が
支配的

RC直列回路



$$\dot{Z}_{RC_S} = R + \frac{1}{j\omega C} = R - j\frac{1}{\omega C}$$

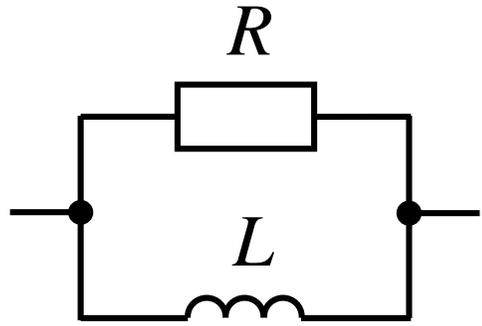
$f = 0 \quad \dot{Z}_{RC_S} \approx \infty \quad \left(R \ll \frac{1}{j\omega C} \right) \quad \mathbf{C}$ が
支配的

C性 から **R性** に変化

$f = \infty \quad \dot{Z}_{RC_S} \approx R \quad \left(R \gg \frac{1}{j\omega C} \right) \quad \mathbf{R}$ が
支配的

並列回路で考えるインピーダンスの変化

RL並列回路



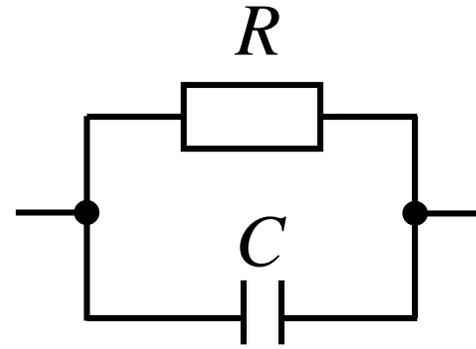
$$\dot{Y}_{RL_P} = \frac{1}{R} + \frac{1}{j\omega L}$$
$$\dot{Z}_{RL_P} = \frac{1}{\dot{Y}_{RL_P}}$$

$$f = 0 \quad \dot{Z}_{RL_P} \approx 0 \quad (R \gg j\omega L) \quad \text{L を通る}$$

L性 から R性 に変化

$$f = \infty \quad \dot{Z}_{RL_P} \approx R \quad (R \ll j\omega L) \quad \text{R を通る}$$

RC並列回路



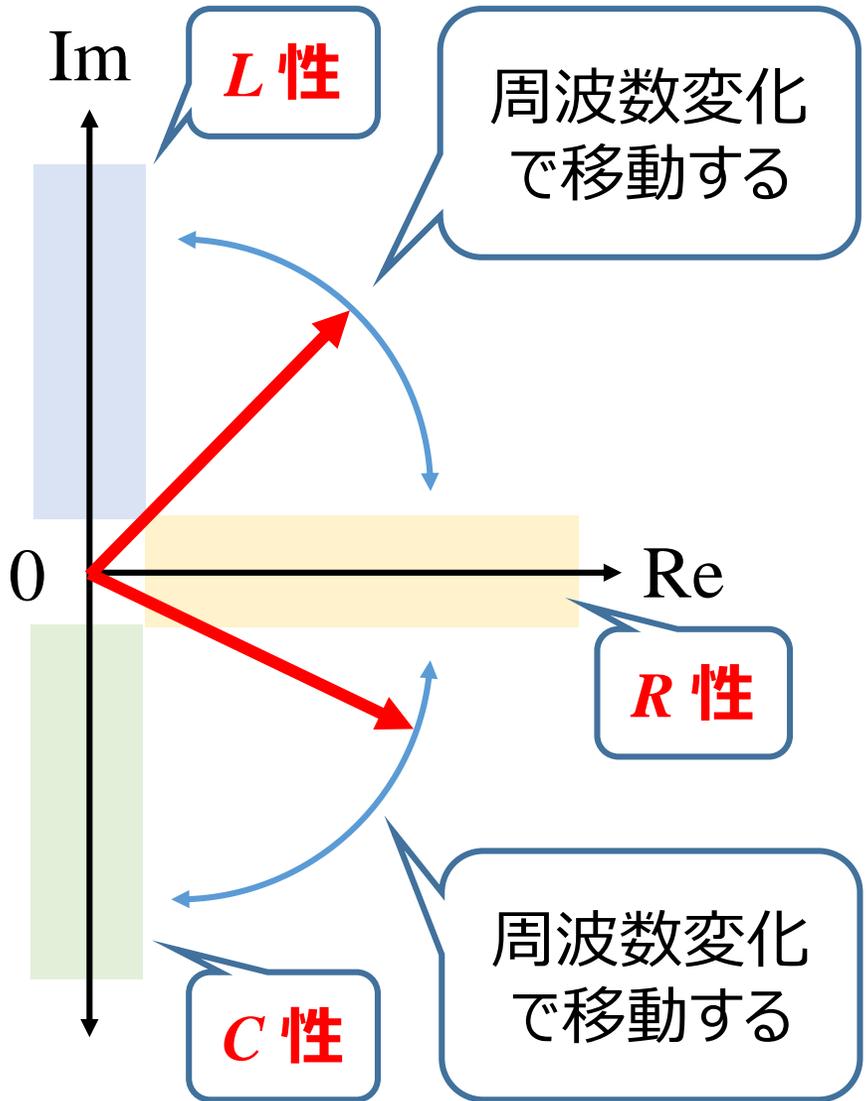
$$\dot{Y}_{RC_P} = \frac{1}{R} + j\omega C$$
$$\dot{Z}_{RC_P} = \frac{1}{\dot{Y}_{RC_P}}$$

$$f = 0 \quad \dot{Z}_{RC_P} \approx R \quad \left(R \ll \frac{1}{j\omega C} \right) \quad \text{R を通る}$$

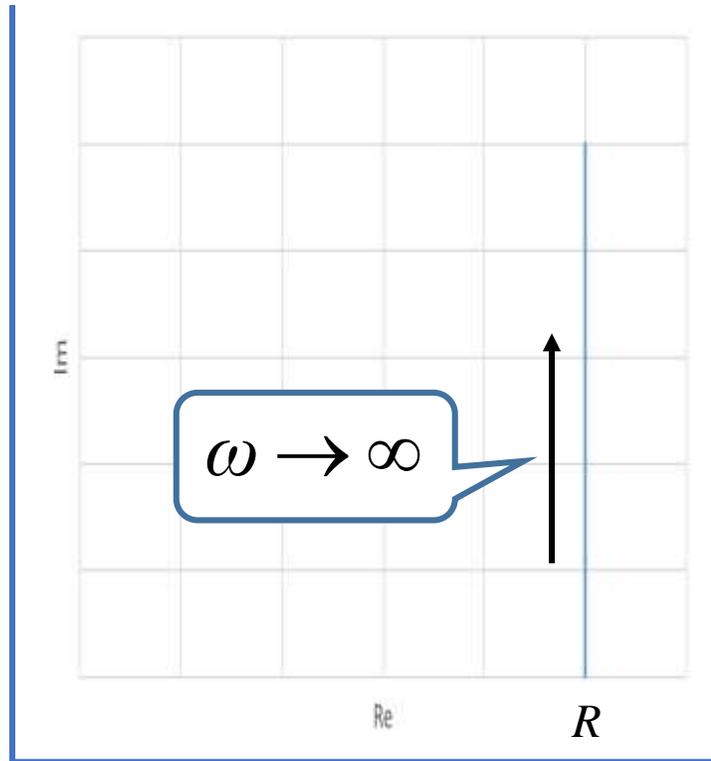
R性 から C性 に変化

$$f = \infty \quad \dot{Z}_{RC_P} \approx 0 \quad \left(R \ll \frac{1}{j\omega C} \right) \quad \text{C を通る}$$

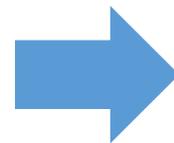
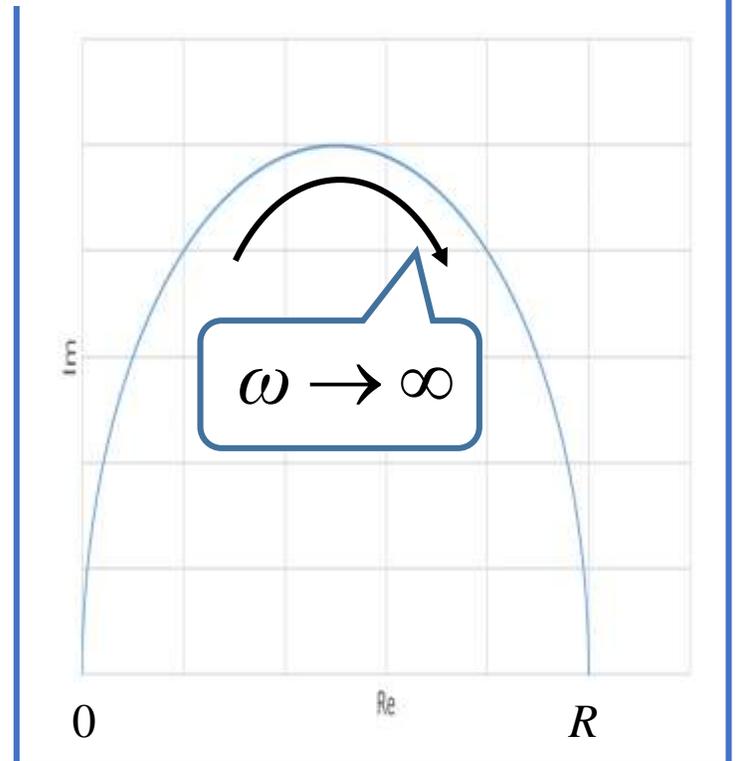
ベクトル軌跡 (ナイキスト線図)



RL直列回路

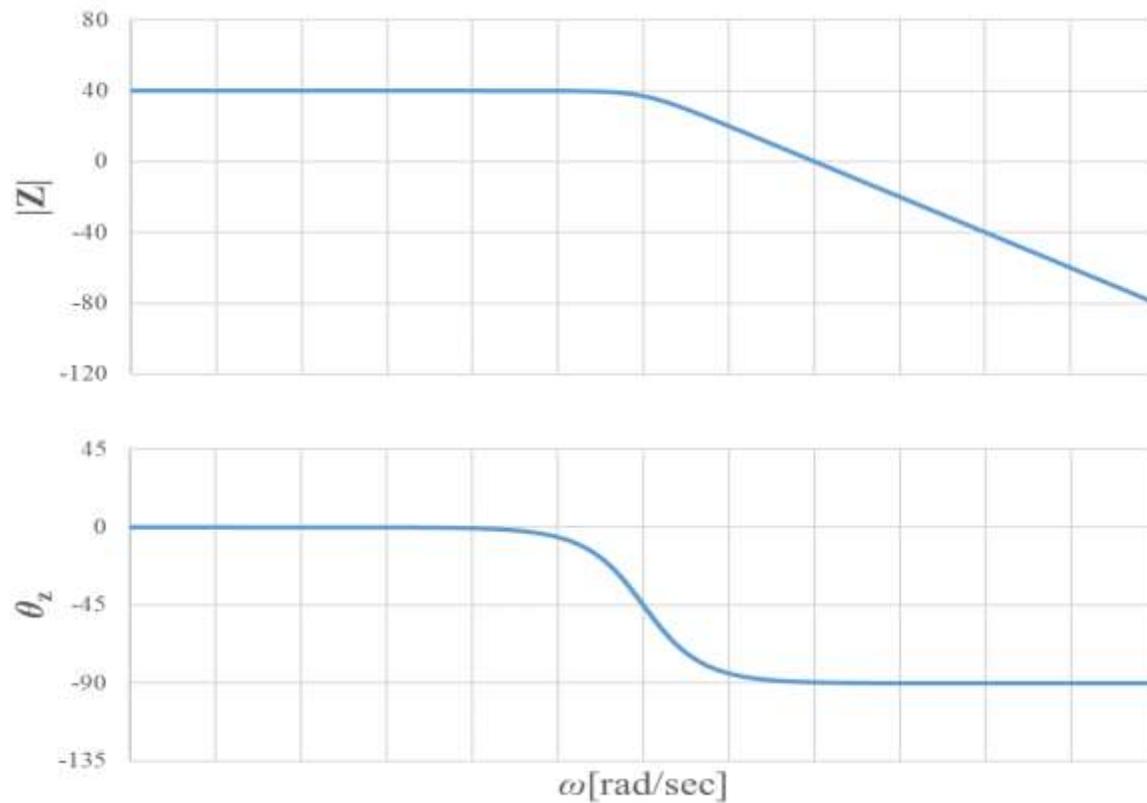
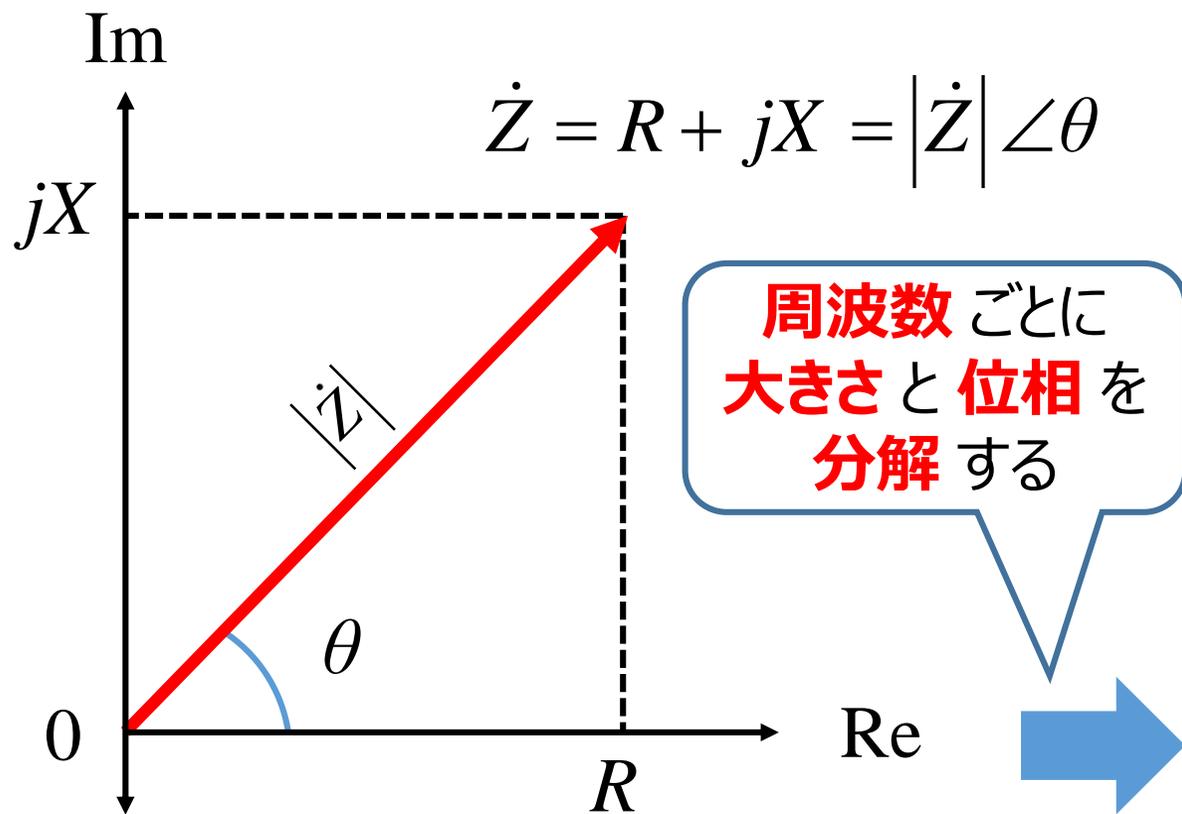


RL並列回路



ベクトル軌跡は変化の **傾向** は
分かり **やすい** が, どの **周波数** の時に
どれだけの **変化量** があるかが分かり **にくい**

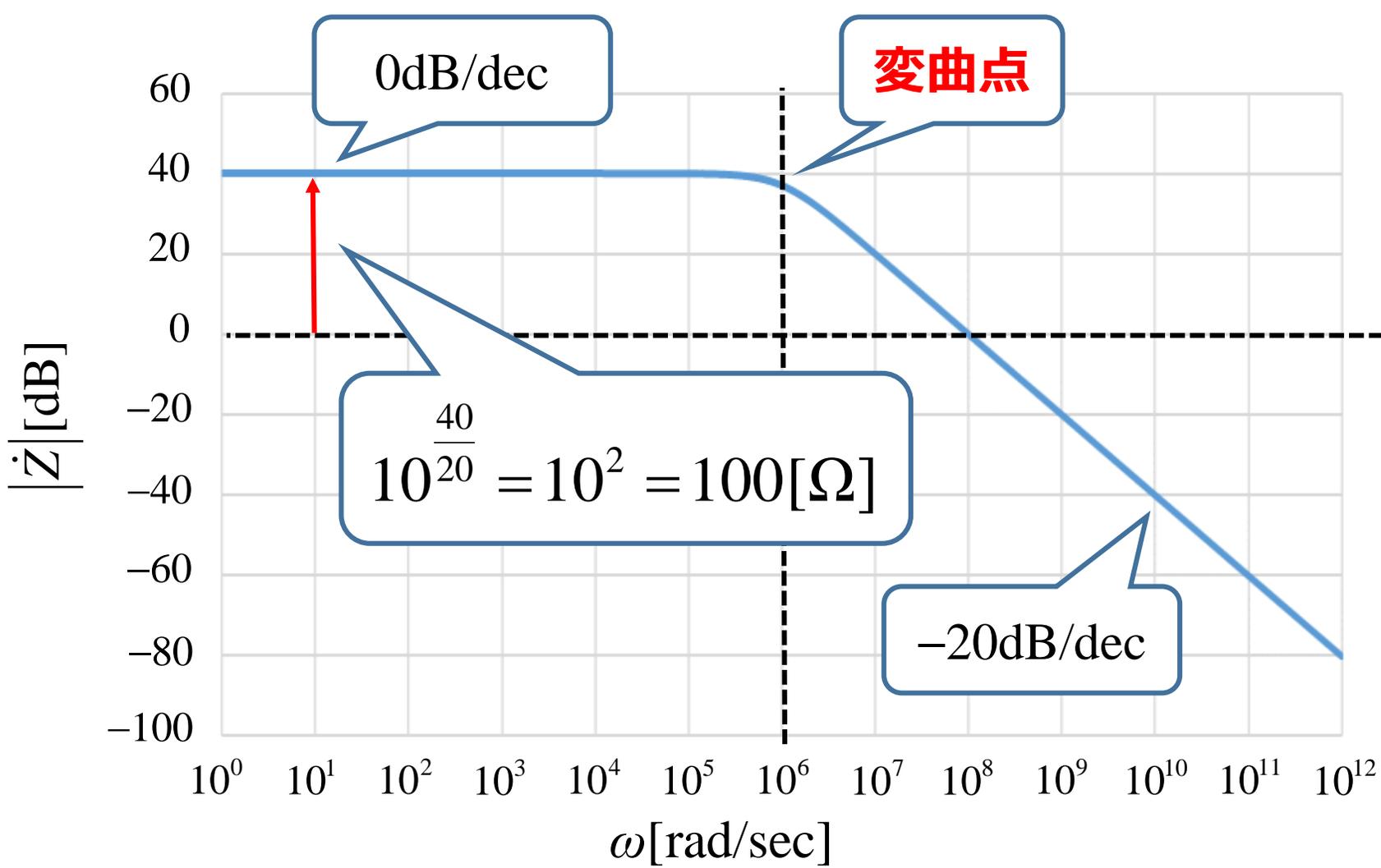
ボード線図 (ボーンデ線図)



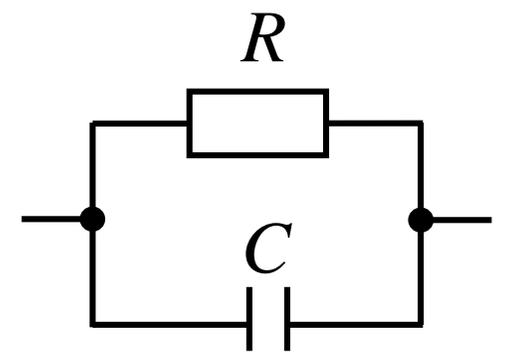
$$|\dot{Z}| = \sqrt{R^2 + X^2}, \quad \theta = \text{Tan}^{-1} \frac{X}{R}$$

どの周波数でどの成分を持っているか、
どこで特性が変化しているかが分かりやすい!

ボード線図の説明：大きさ（ゲイン：倍率）



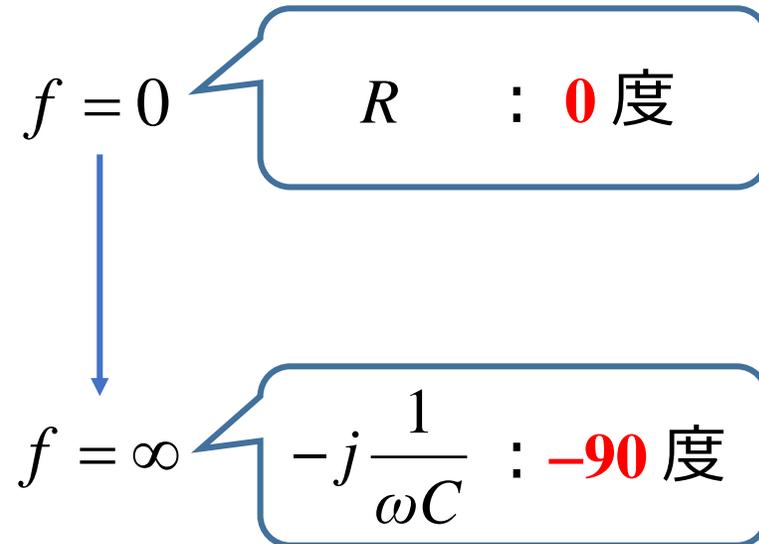
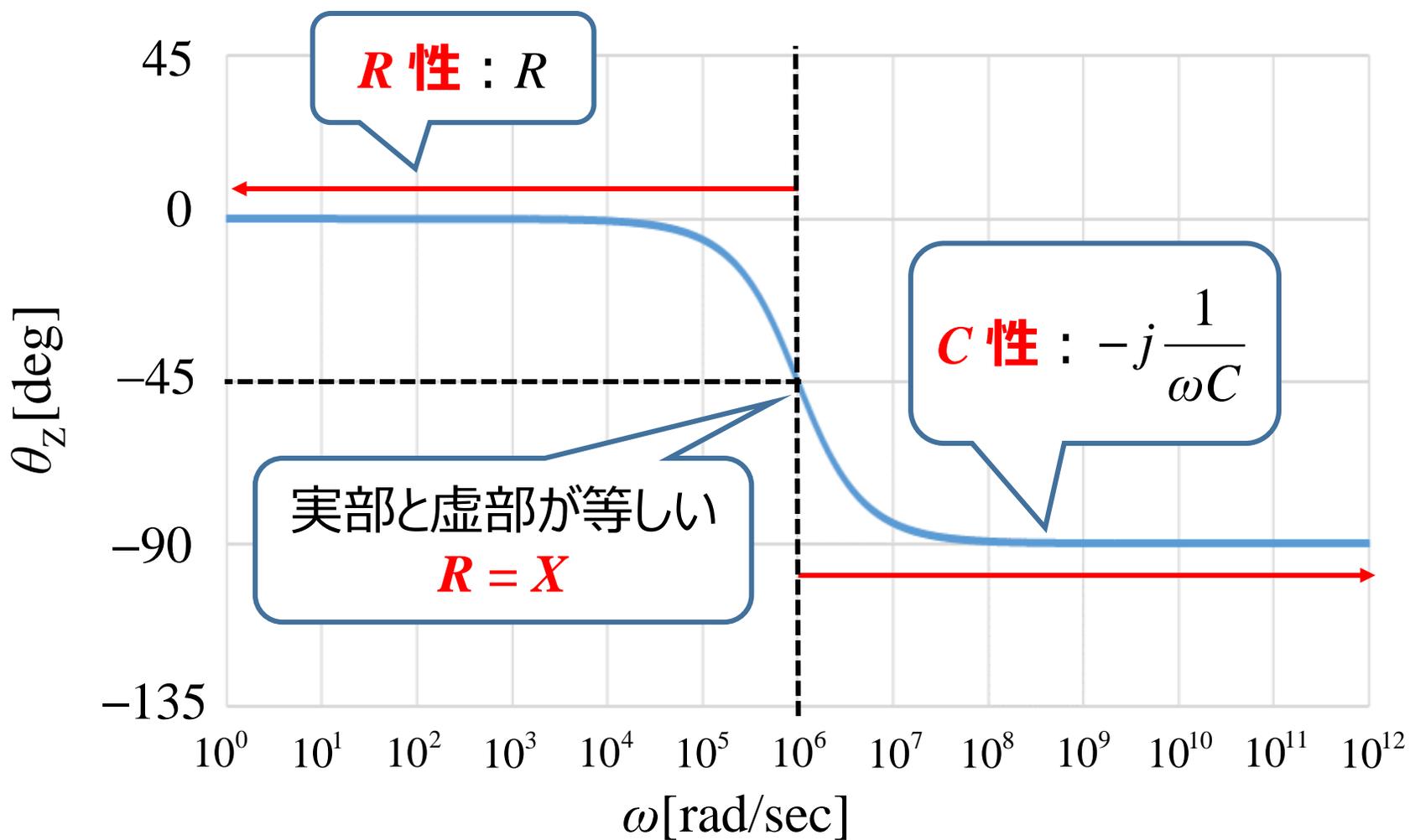
RC
並列回路



$10^{\frac{0}{20}} = 10^0 = 1.0[\Omega]$

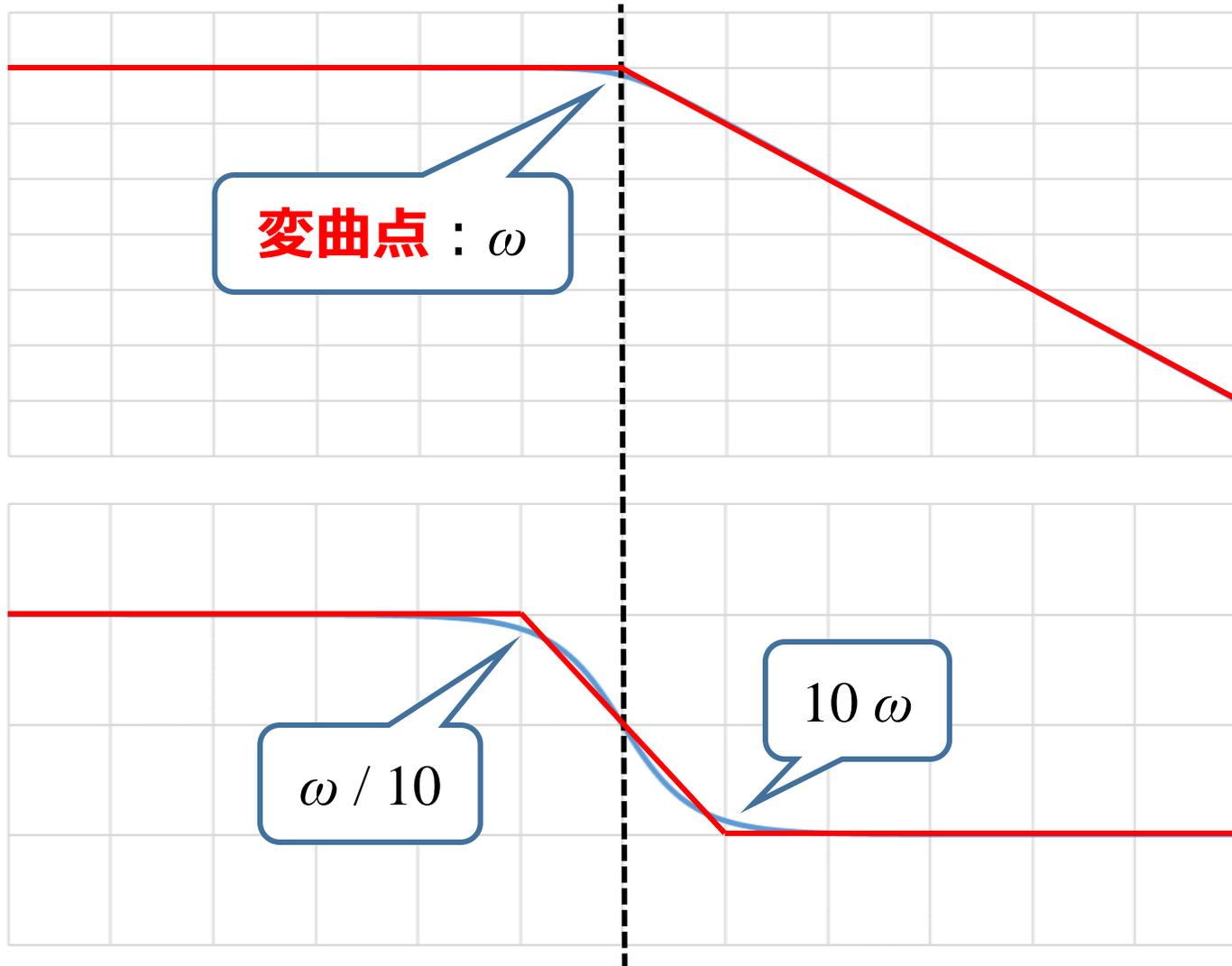
大きさ（ゲイン）は
 $20\log_{10}|Z|$ [dB]
で表す
(dB : デシベル)

ボード線図の説明：位相



位相は **ゲイン** の **変曲点** の **1/10** 倍から **10** 倍まで変化する

骨格ボード線図 (折れ線ボード線図)



大きさ (ゲイン)

ゲインの変曲点から **一定** の傾きで **上昇** / **下降** する

位相

ゲインの **変曲点** の **1/10** 倍から **10** 倍までの間で変化する

変曲点 は **実部** と **虚部** が **等しい**

骨格ボード線図

変化する個所を **直線近似** して得られるボード線図

骨格ボード線図の書き方ルール

インピーダンス：

大きさも常に **一定**

実部のみ： $Z = R \longrightarrow |Z| = 20 \log_{10} R$ 例) $|Z| = 20 \log_{10} 100$
位相は常に **実** 軸上 $\longrightarrow \theta_Z = 0$ $= 2 \times 20 \log_{10} 10 = 40[\text{dB}]$

100 Ω

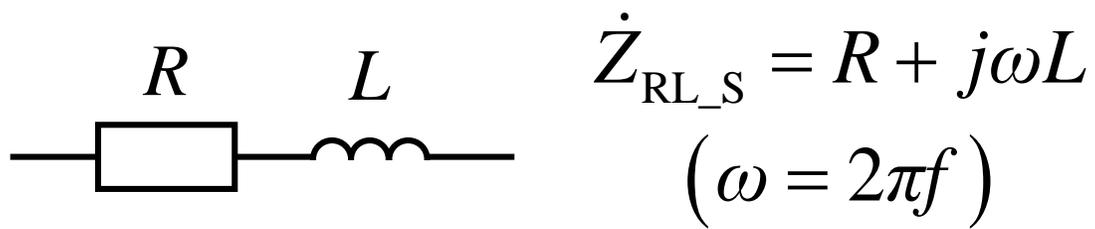
虚部のみ： $Z = \pm jX \longrightarrow$ **誘導** 性 (L)：+20 dB/dec の傾きで **上昇**
容量 性 (C)：-20 dB/dec の傾きで **下降**

アドミタンス は
波形の変化が **逆**

位相は常に **虚** 軸上 $\longrightarrow \theta_Z = \pm 90$

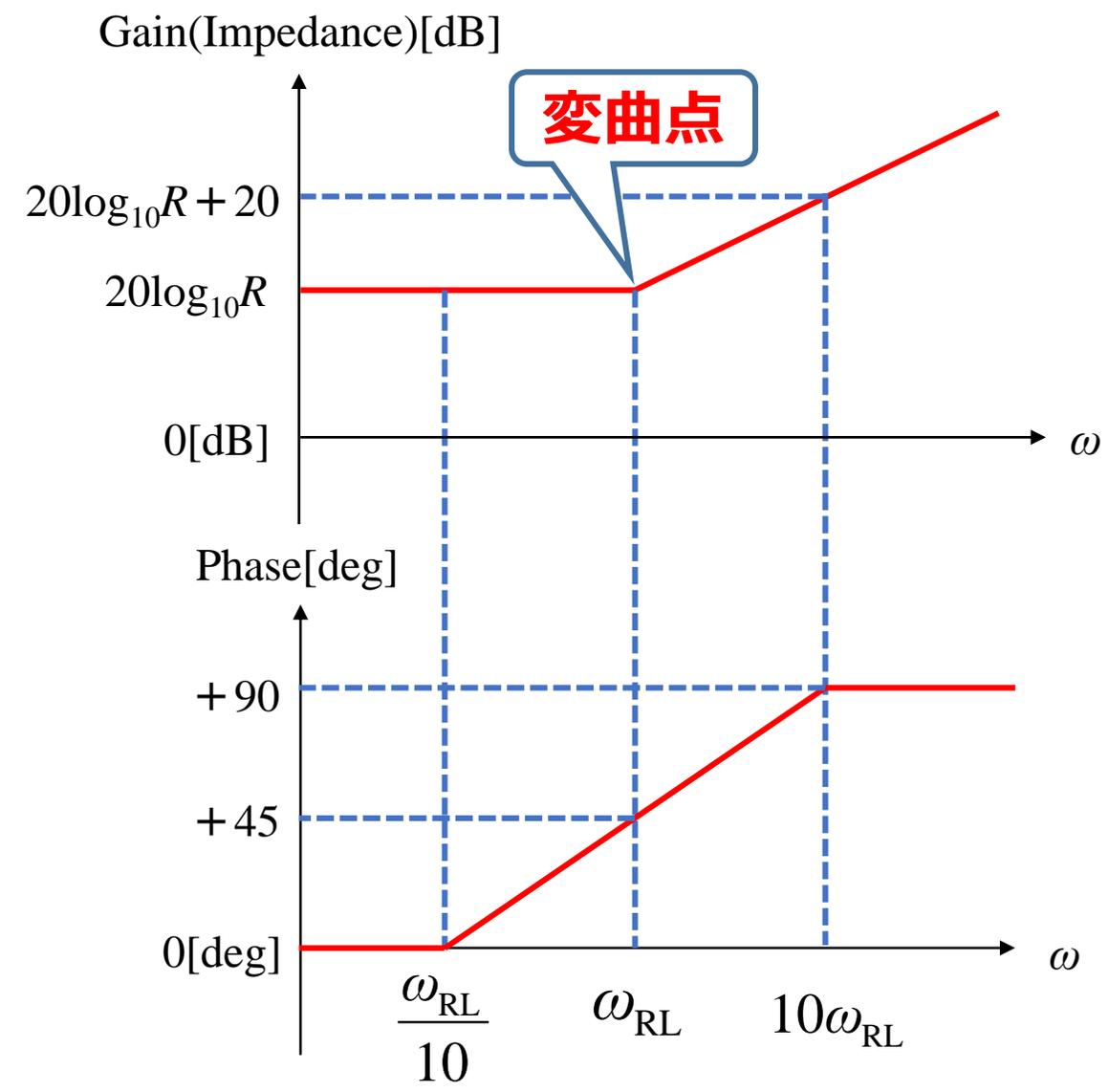
1 桁 ごとに **±20dB** 変化

骨格ボード線図で表すRL直列回路のインピーダンス

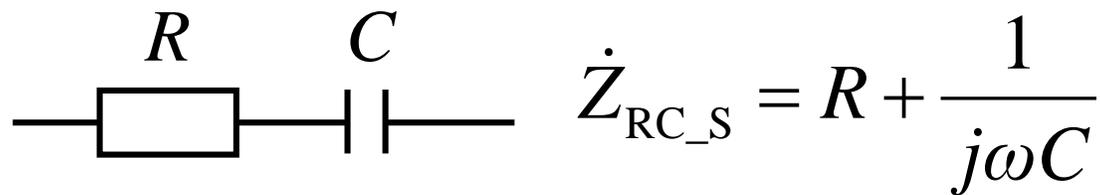


- $f = 0$ \rightarrow $\dot{Z}_{RL_S}|_{f=0} \approx R$
- $f = \infty$ \rightarrow $\dot{Z}_{RL_S}|_{f=\infty} \approx \infty$

• 変曲点より **低** 周波 : **抵抗**
• 変曲点より **高** 周波 : **インダクタ**
RL 回路の **変曲点** : $\omega_{RL} = \frac{R}{L}$



骨格ボード線図で表すRC直列回路のインピーダンス



• $f = 0 \rightarrow \dot{Z}_{RC_S} \Big|_{f=0} \approx \infty$

• $f = \infty \rightarrow \dot{Z}_{RC_S} \Big|_{f=\infty} \approx R$

- 変曲点より **低** 周波 : **キャパシタ**
 - 変曲点より **高** 周波 : **抵抗**
- RC** 回路の **変曲点** : $\omega_{RC} = \frac{1}{RC}$

