

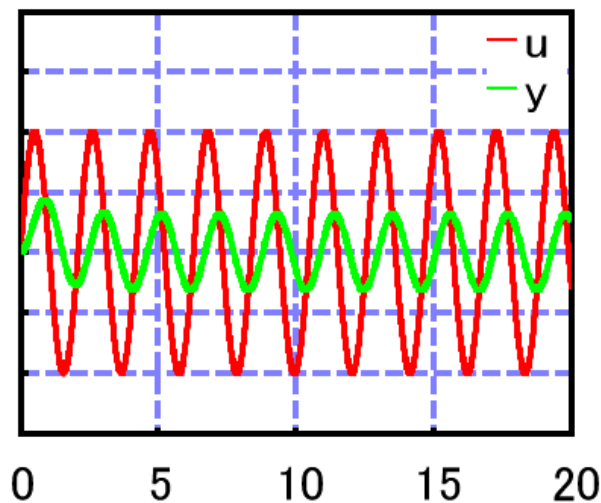
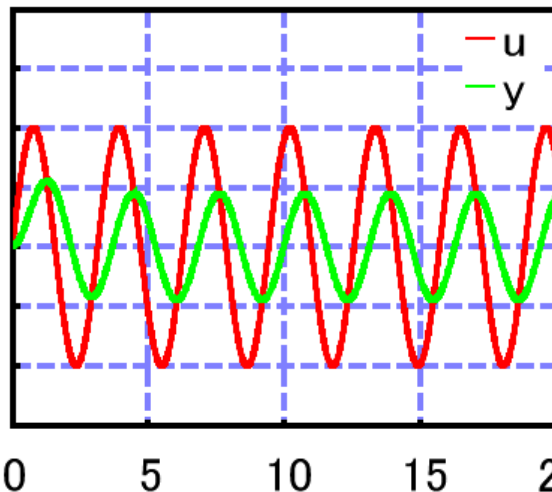
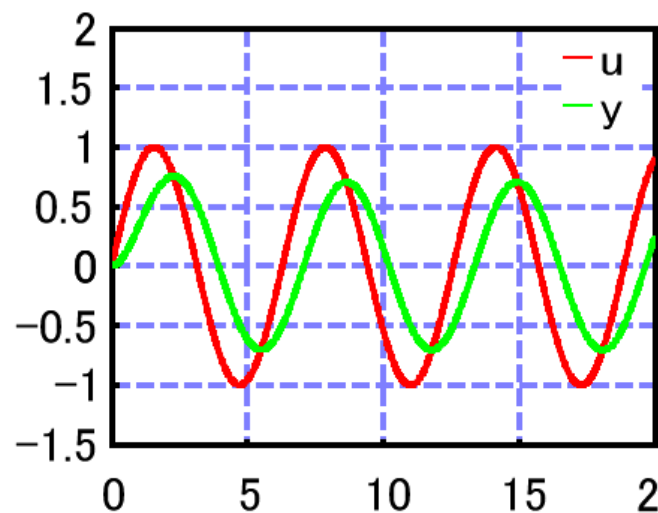
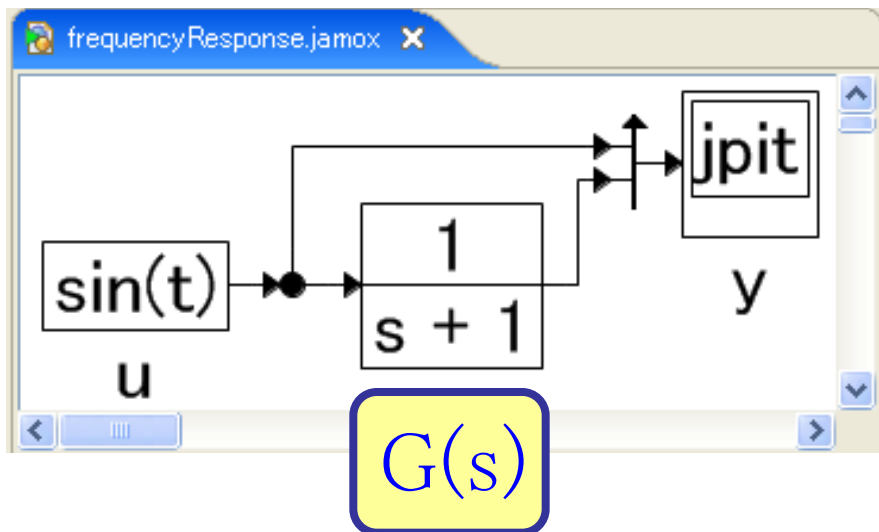
第10回

- 基本システムのボード線図
- ボード線図による基本システムの同定

線形システムの周波数応答

正弦波入力 → 出力

- 定常状態で正弦波
- 周波数は入力と同じ
- 振幅は $|G(j\omega)|$ 倍
- 位相は $\angle G(j\omega)$ 遅れ



ボード線図

ゲイン曲線: 周波数に対するゲインの変化

横軸: ω [rad/s] 縦軸: $20 \log_{10} |G(j\omega)|$ [dB]

位相曲線: 周波数に対する位相の変化

横軸: ω [rad/s] 縦軸: $\angle G(j\omega)$ 度[°]


ボード線図の描画

The screenshot shows the Jamox 0.9.5 (2009.6.4) software interface. The title bar reads "Jamox 0.9.5 (2009.6.4) Copyright (C) 2000-2009, mklab.org". The menu bar includes "ファイル(F)", "編集(E)", "ブロック(B)", "シミュレーション(S)", "線形解析(L)", "ウィンドウ(W)", and "ヘルプ(H)". The "線形解析(L)" menu is open, listing options such as "伝達関数(T)", "状態空間表現(数値)(S)", "状態空間表現(数式)(E)", "状態空間表現(キャンセル無し)", "全システムの状態空間表現(数式)(E)", "ボード線図(B)", "ナイキスト線図", "シグマプロット(G)", and "ファイルへ保存". The "ボード線図(B)" option is highlighted with a red oval. In the main workspace, a block diagram is displayed with an input port labeled "in 1", a transfer function block containing $\frac{1}{s+1}$, and an output port labeled "out 1".

InポートからOutポートへの伝達関数のボード線図

ボード線図の描画パラメータ

線の幅、色、名前

 4 赤

周波数範囲

最小: $10^{-2.0}$ -- 最大: $10^{2.0}$

分割数

ゲイン範囲

最小: -- 最大:

位相範囲

最小: -- 最大:

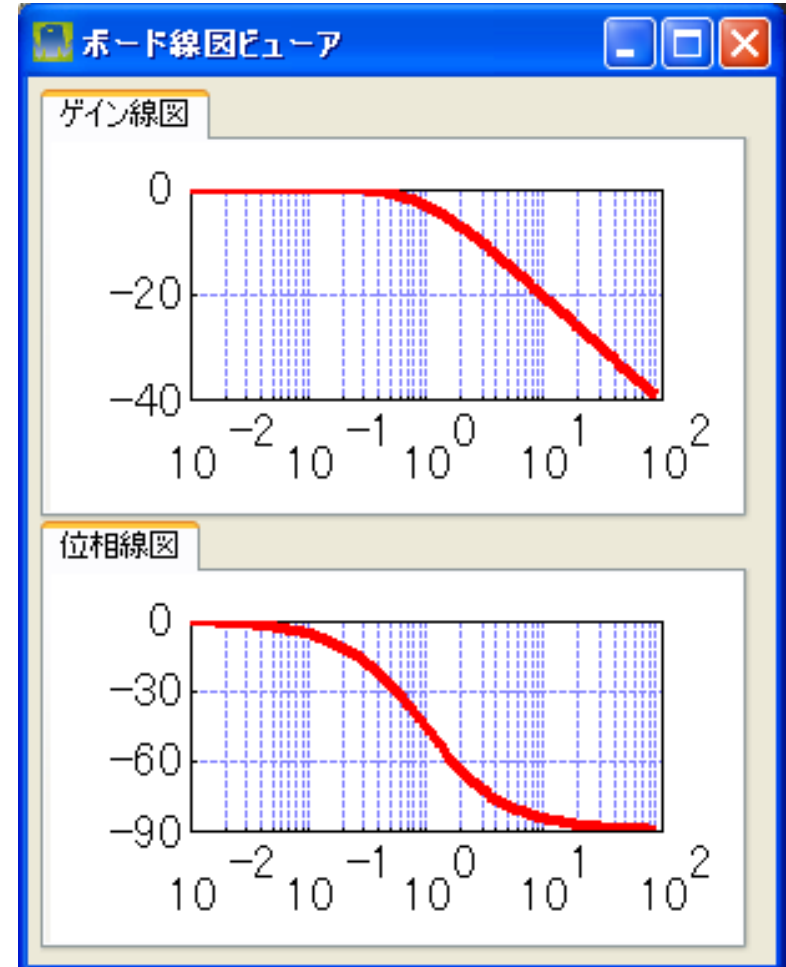
グリッド

グリッド間隔

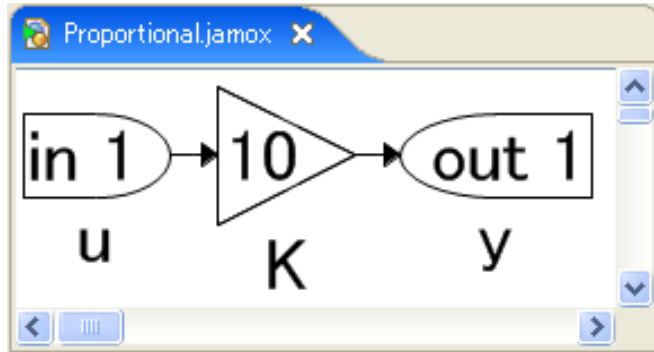
周波数: $10^{\text{1.0}}$ ゲイン: 位相:

フォントの大きさ

フォントの大きさ



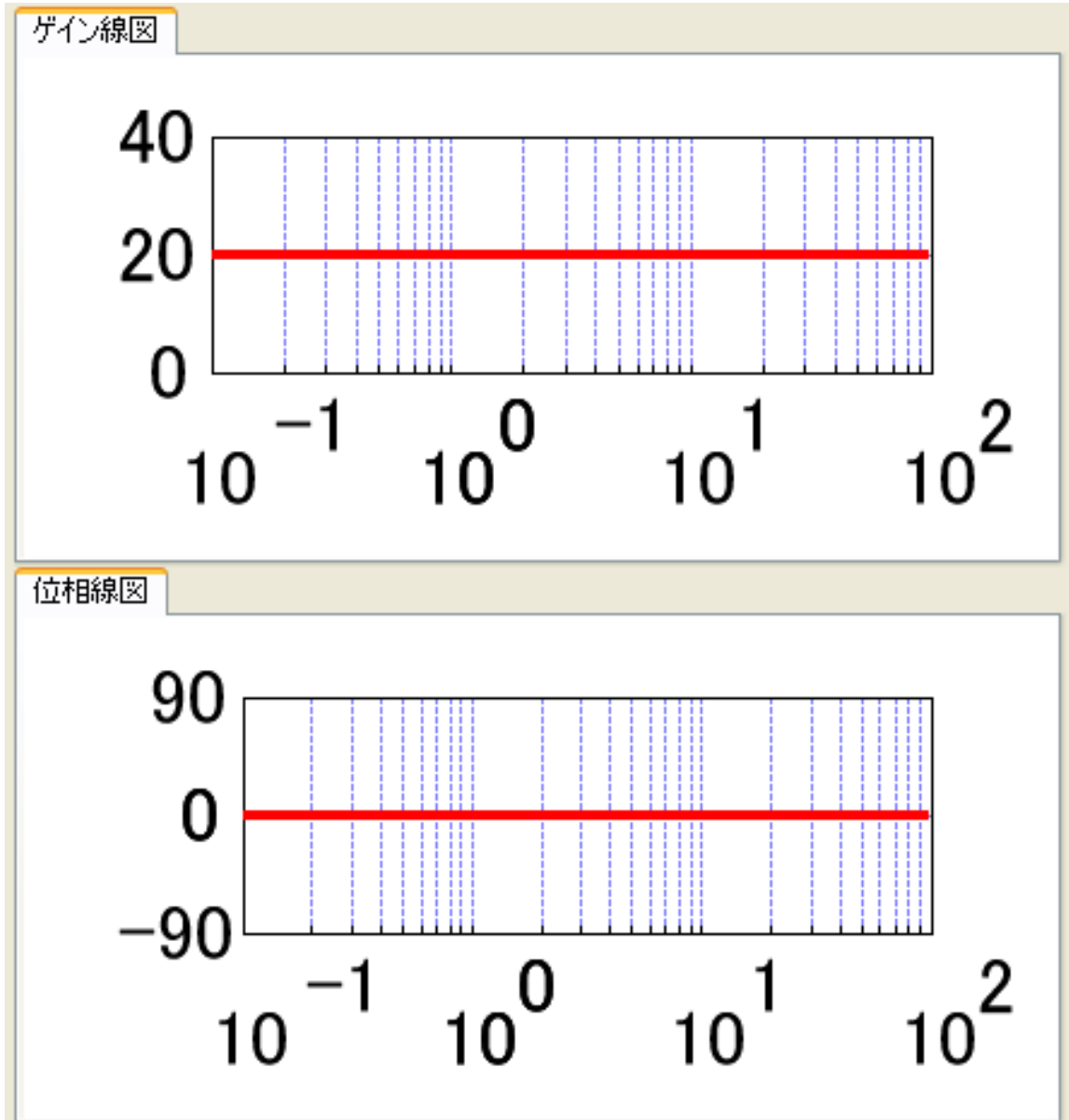
比例要素のボード線図



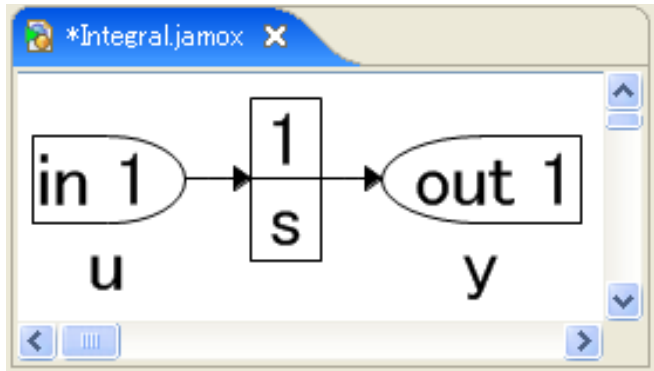
$$G(s) = K$$

$$\begin{aligned} 20 \log_{10} |G(j\omega)| \\ = 20 \log_{10} |K| \end{aligned}$$

$$\angle G(j\omega) = 0$$



積分要素のボード線図

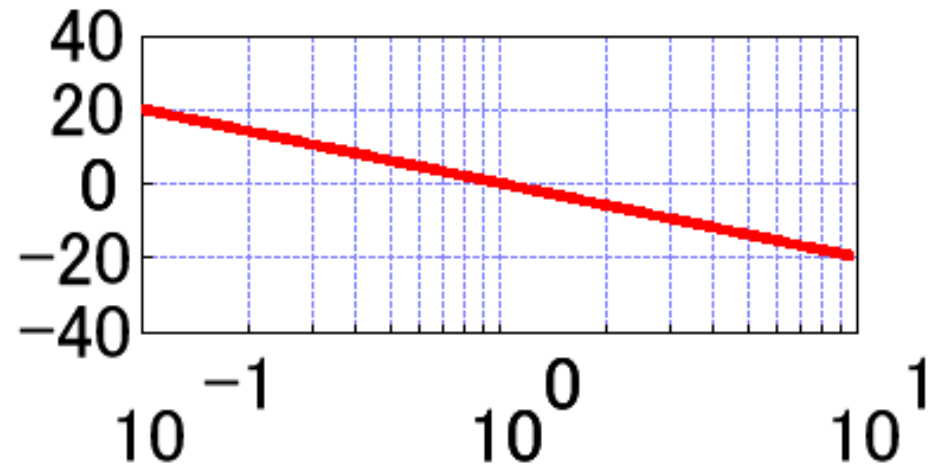


$$G(s) = \frac{1}{s}$$

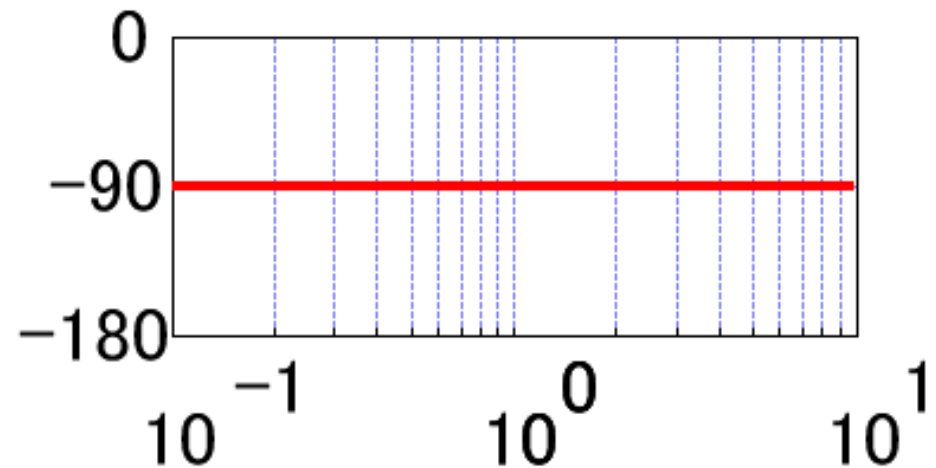
$$20 \log_{10} |G(j\omega)| \\ = -20 \log_{10} \omega$$

$$\angle G(j\omega) = -90$$

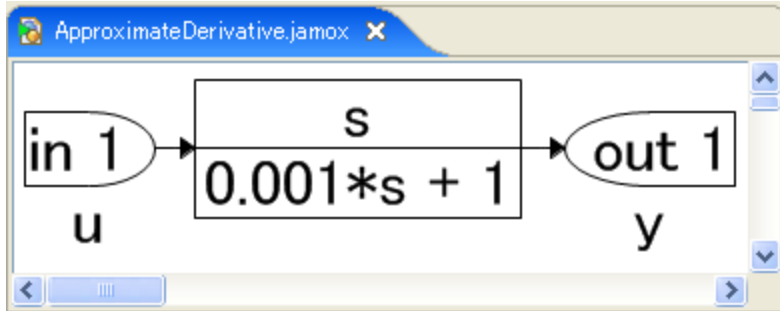
ゲイン線図



位相線図



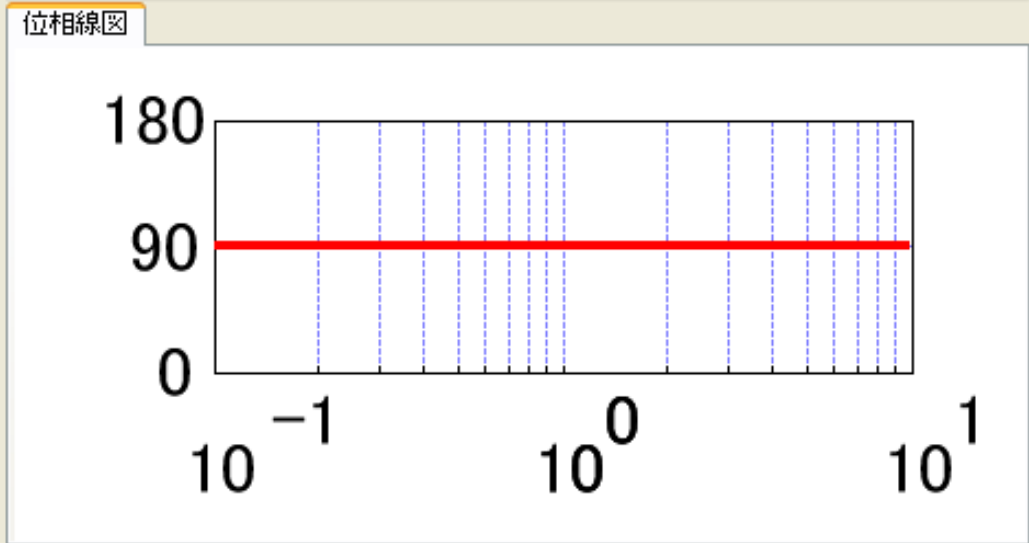
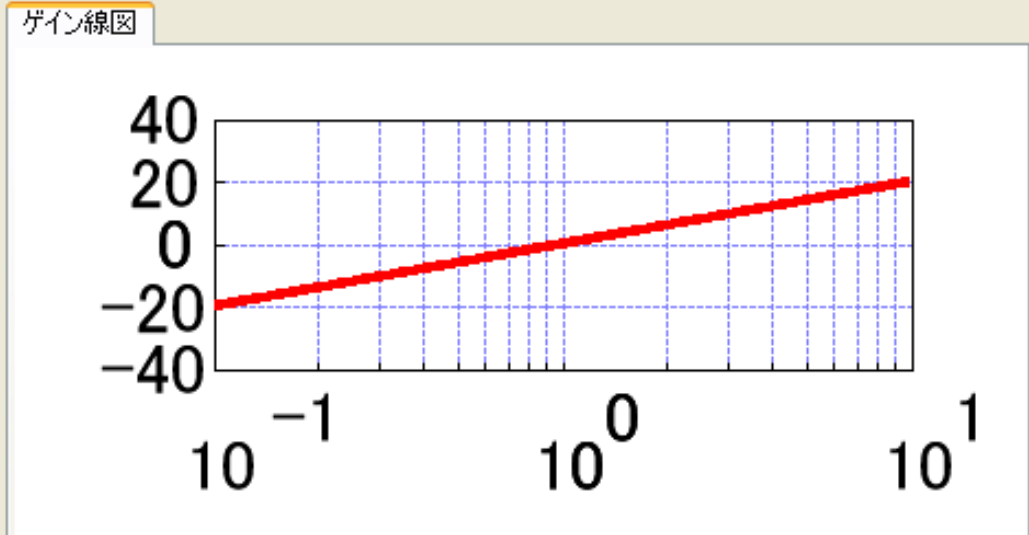
(近似)微分要素のボード線図



$$G(s) = \frac{s}{\varepsilon \cdot s + 1} \approx s$$
$$(|\varepsilon| \ll 1)$$

$$20 \log_{10} |G(j\omega)|$$
$$\approx 20 \log_{10} \omega$$

$$\angle G(j\omega) \approx 90$$

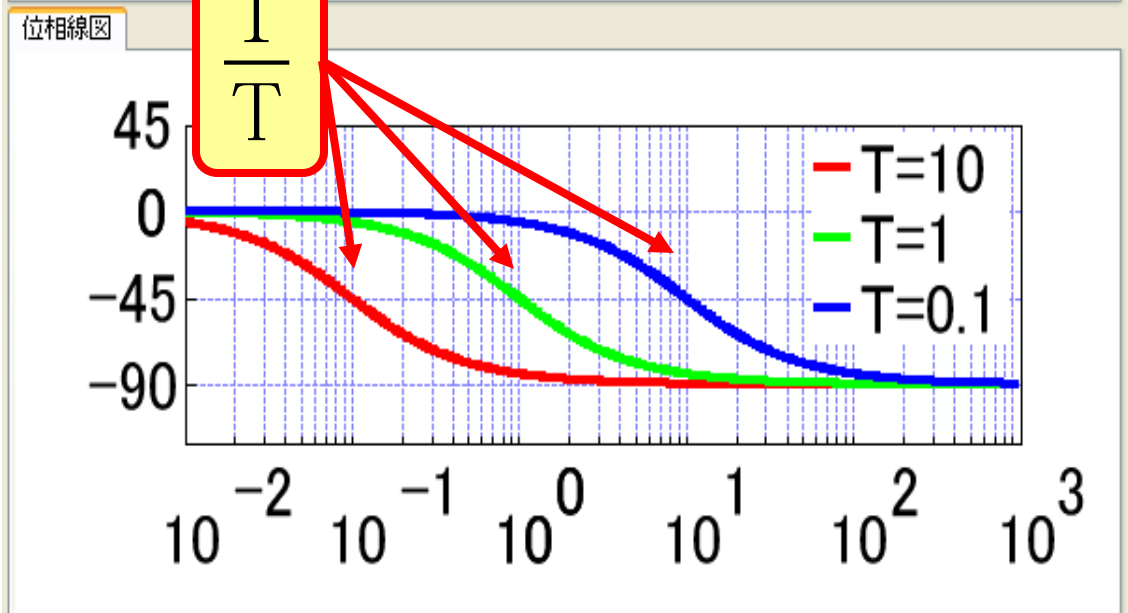
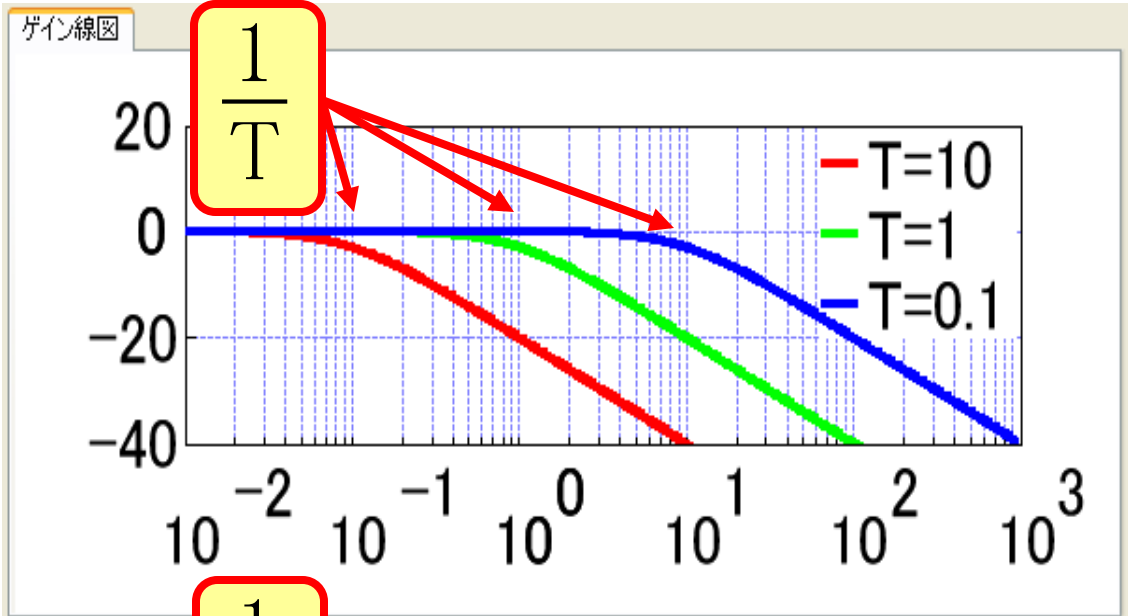
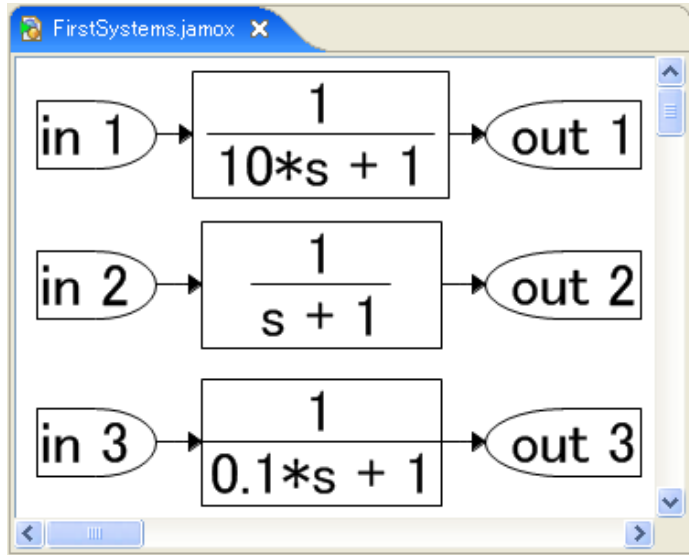


一次遅れ系のボード線図

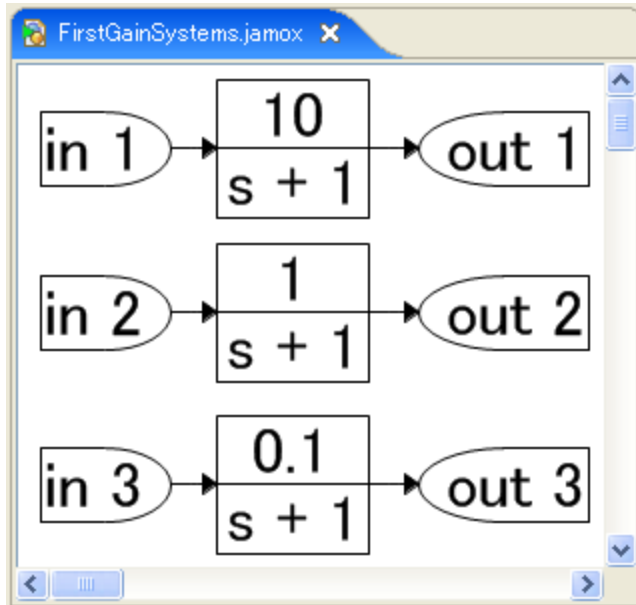
$$G(s) = \frac{1}{Ts + 1}$$

	$20 \log_{10} G(j\omega) $ [dB]	$\angle G(j\omega)$ [deg]
$\omega T \ll 1$	≈ 0	≈ 0
$\omega T = 1$	≈ -3.01	$= -45$
$\omega T \gg 1$	$\approx -20 \log_{10} \omega T$ (-20[dB/dec]で減少)	≈ -90

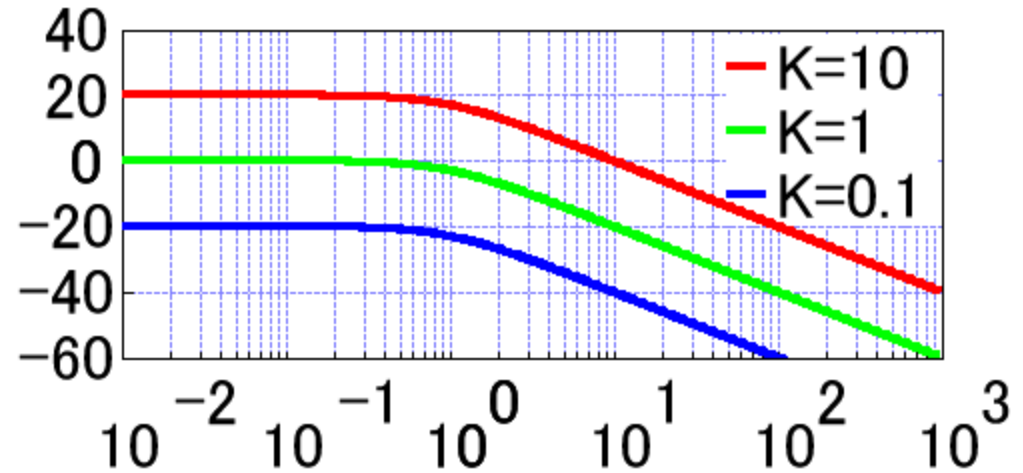
一次遅れ系(時定数変化)のボード線図



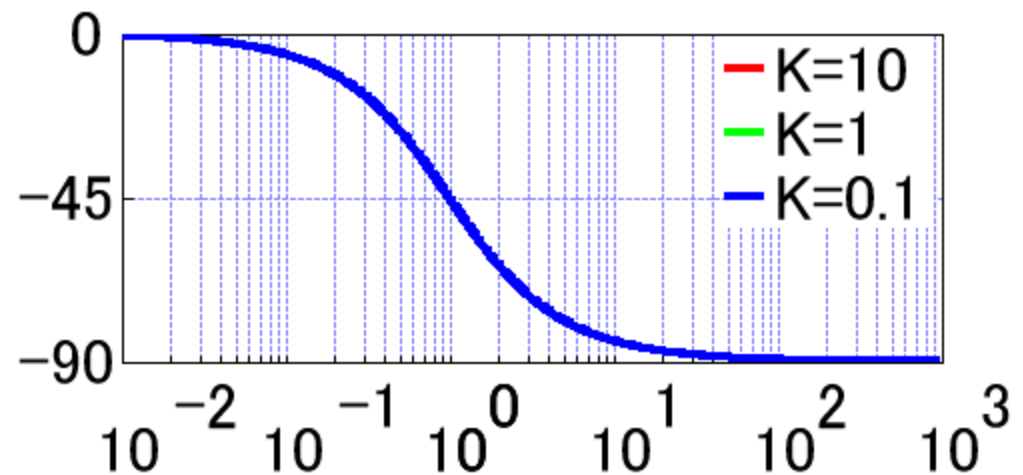
一次遅れ系(ゲイン変化)のボード線図



ゲイン線図



位相線図



二次遅れ系のボード線図

$$G(s) = \frac{\omega_n^2}{s^2 + 2\zeta\omega_n s + \omega_n^2}$$

	$20 \log_{10} G(j\omega) $ [dB]	$\angle G(j\omega)$ [deg]
$\omega \ll \omega_n$	≈ 0	≈ 0
$\omega = \omega_n$	$= 20 \log_{10} \frac{1}{2\zeta}$	$= -90$
$\omega \gg \omega_n$	$\approx -40 \log_{10} \frac{\omega}{\omega_n}$ (-40[dB/dec]で減少)	≈ -180

二次系の共振

共振: 入力振幅より出力振幅の方が大きくなる

$$G(s) = \frac{\omega_n^2}{s^2 + 2\zeta\omega_n s + \omega_n^2}$$

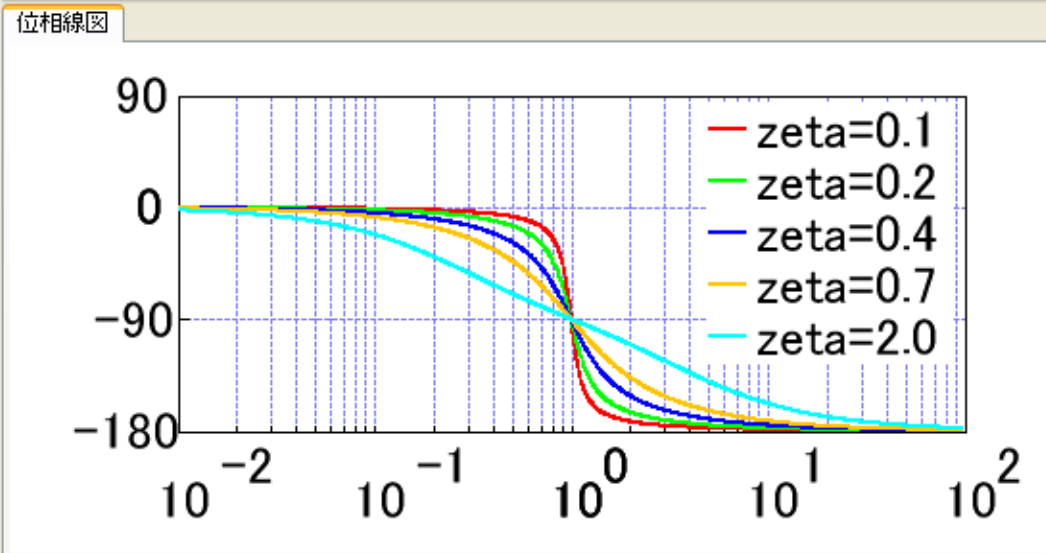
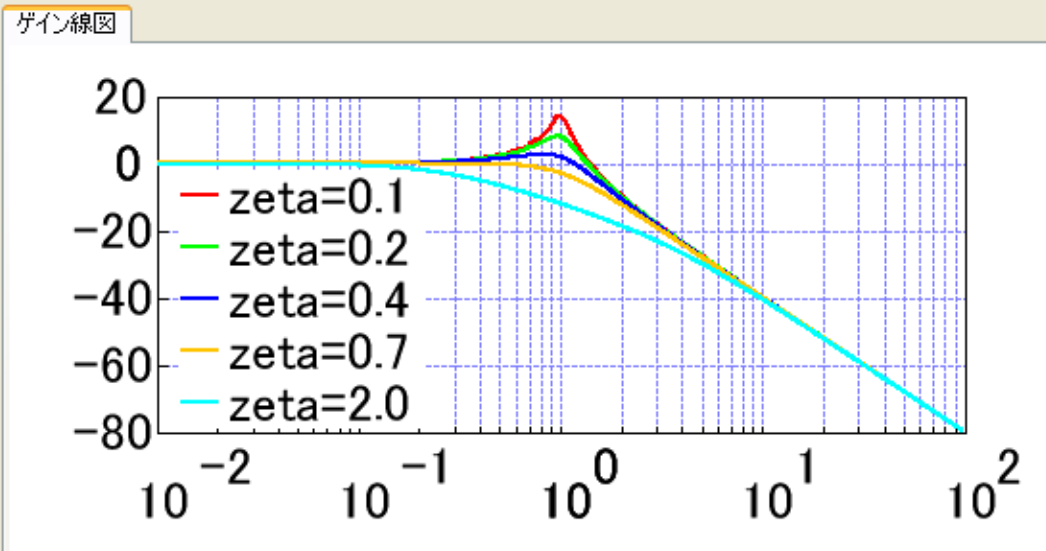
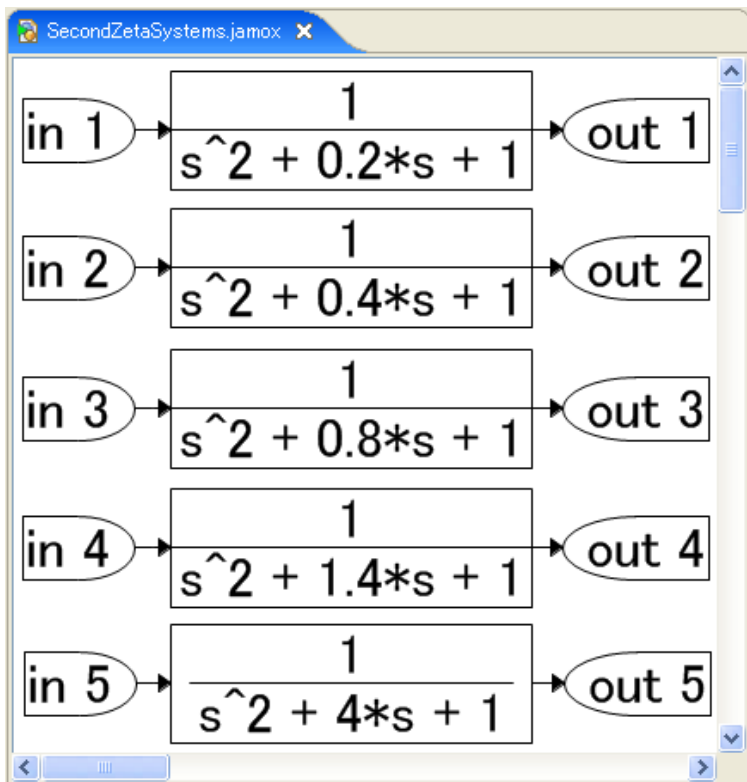
$0 < \zeta < \frac{1}{\sqrt{2}} \approx 0.707$ のとき、共振が生じる

ピーク周波数: $\omega_p = \omega_n \sqrt{1 - 2\zeta^2}$

共振ピーク: $M_p = \frac{1}{2\zeta\sqrt{1 - \zeta^2}} > 1$

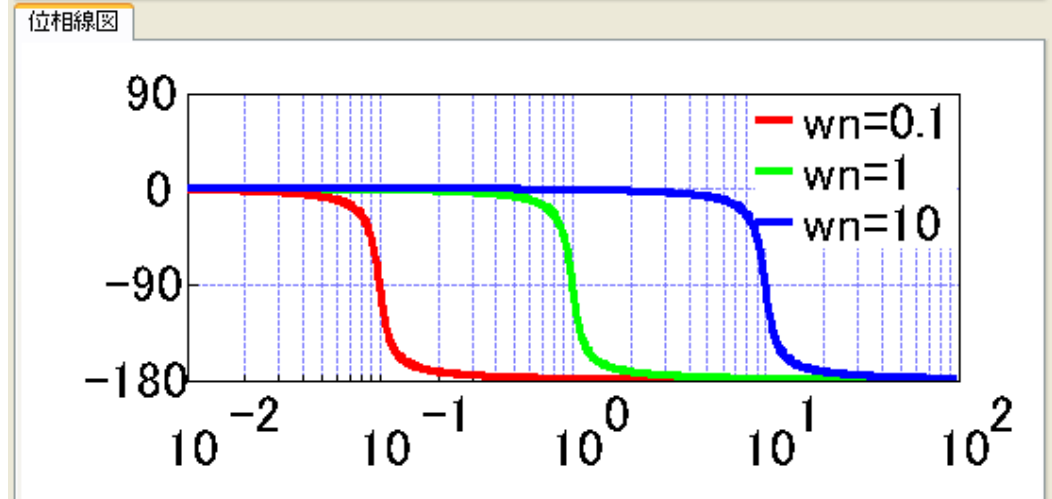
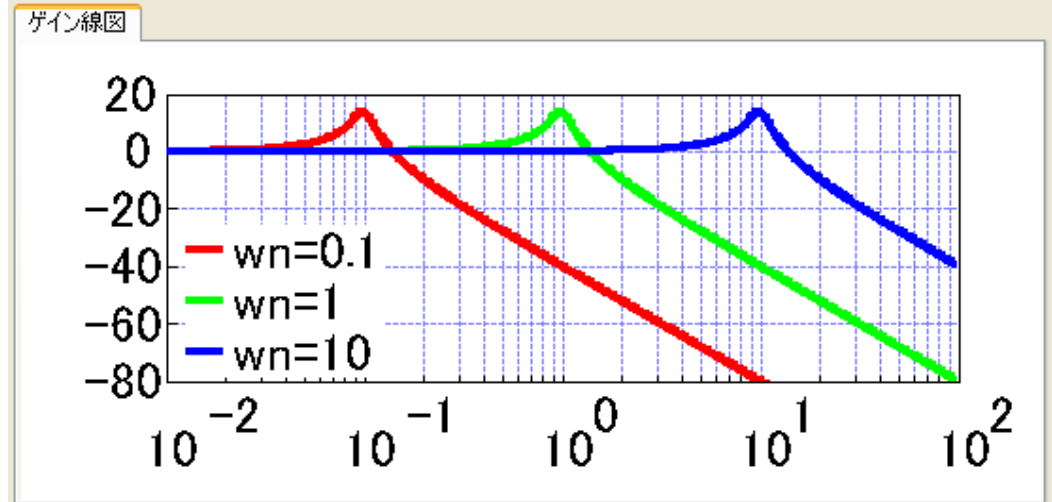
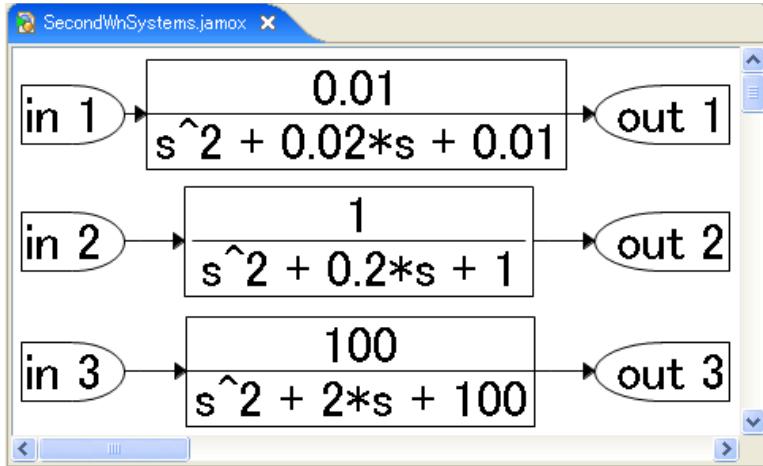
二次系(減衰係数変化)のボード線図

$$G(s) = \frac{\omega_n^2}{s^2 + 2\zeta\omega_n s + \omega_n^2}$$



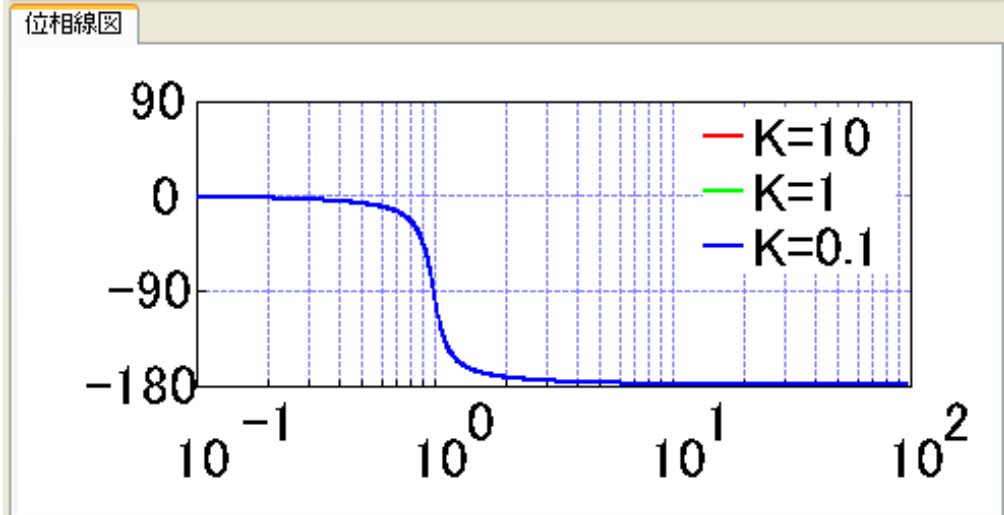
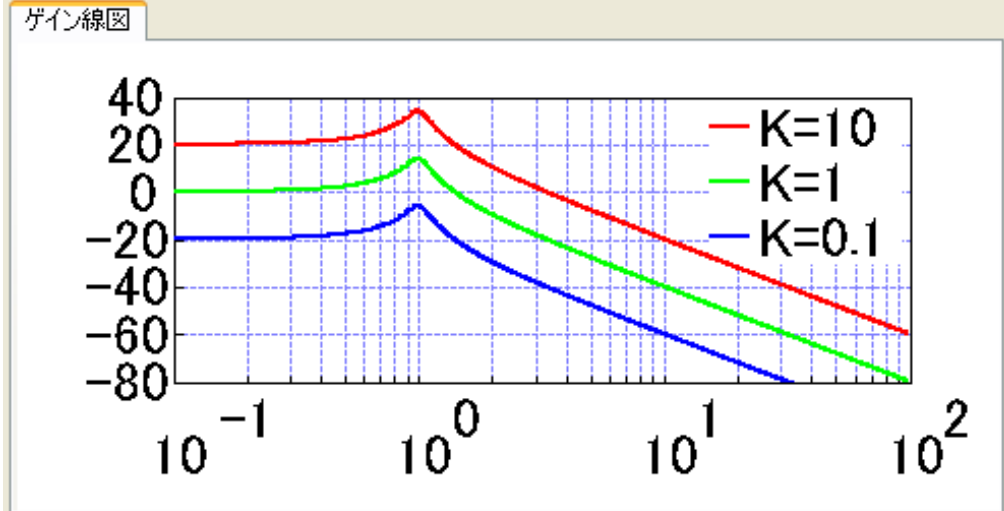
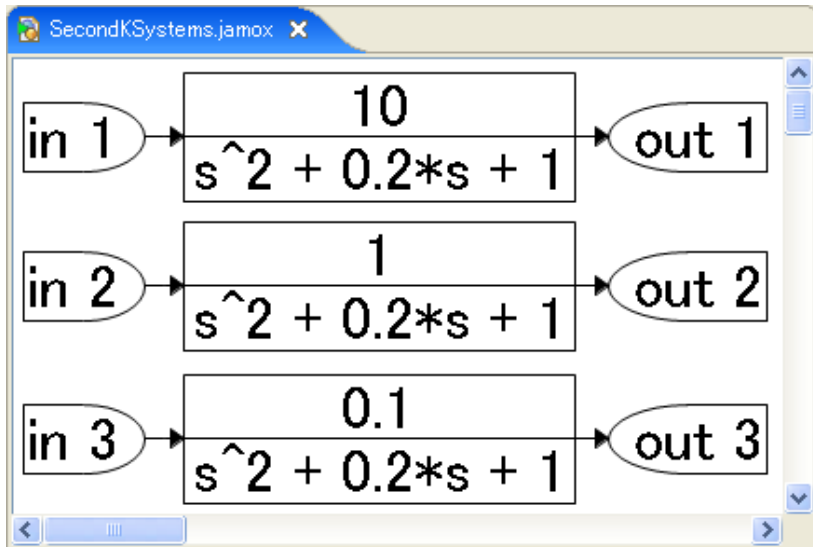
二次系(自然角周波数変化)のボード線図

$$G(s) = \frac{\omega_n^2}{s^2 + 2\zeta\omega_n s + \omega_n^2}$$



二次系(ゲイン変化)のボード線図

$$G(s) = \frac{K\omega_n^2}{s^2 + 2\zeta\omega_n s + \omega_n^2}$$



演習：ボード線図によるシステム同定(1)

① ファイルのダウンロード

「systems11.jar」と「System?.jamox」を入手

② クラスパスの設定

次ページ以降を参考にクラスパスを設定

1. System1～System10のうち5個のシステムの伝達関数を求めよ。ただし、導出理由を示すこと。また、対象システムと求めた伝達関数のボード線図が一致することを確認せよ。

クラスパスの設定(1/4)

The screenshot shows the Jamox 0.9.5 (2009.6.4) software interface. The title bar includes the version and copyright information: "Jamox 0.9.5 (2009.6.4) Copyright (C) 2000-2009, mklab.org". The menu bar contains "ファイル(F)", "編集(E)", "ブロック(B)", "シミュレーション(S)", "線形解析(L)", "ウィンドウ(W)", and "ヘルプ(H)". The toolbar includes icons for file operations and a "設定" (Settings) button. A red arrow points to the "設定" button, which is highlighted with a yellow callout box containing the text "①「設定」選択".

ウィンドウ(W) ヘルプ(H)

設定

ブロックライブラリ

連続時間システム

$\frac{1}{s}$ 積分器

$\frac{1}{s+1}$ 伝達関数:

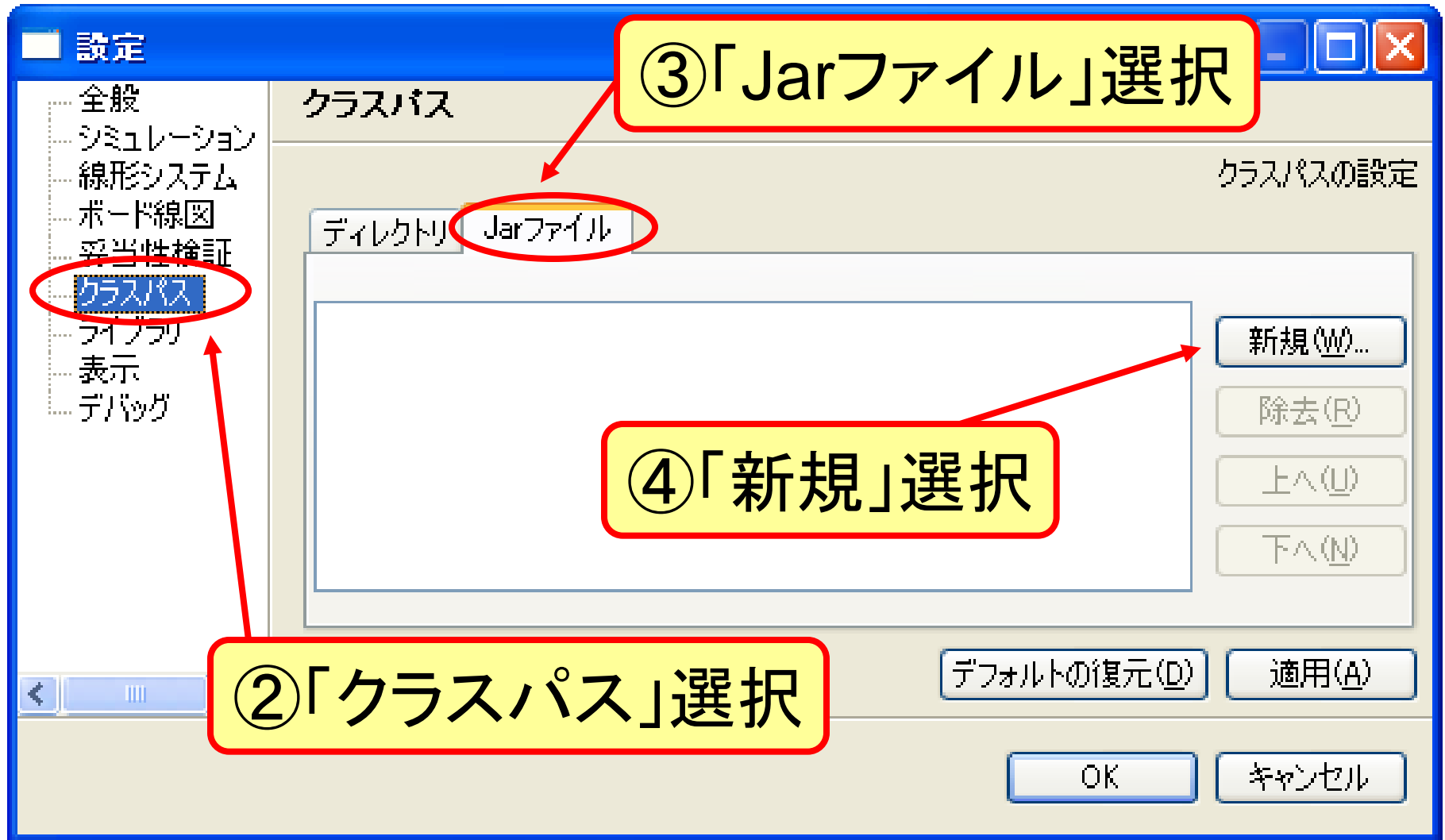
$\frac{s+1}{s-1}$ 零点・極表

名称未設定

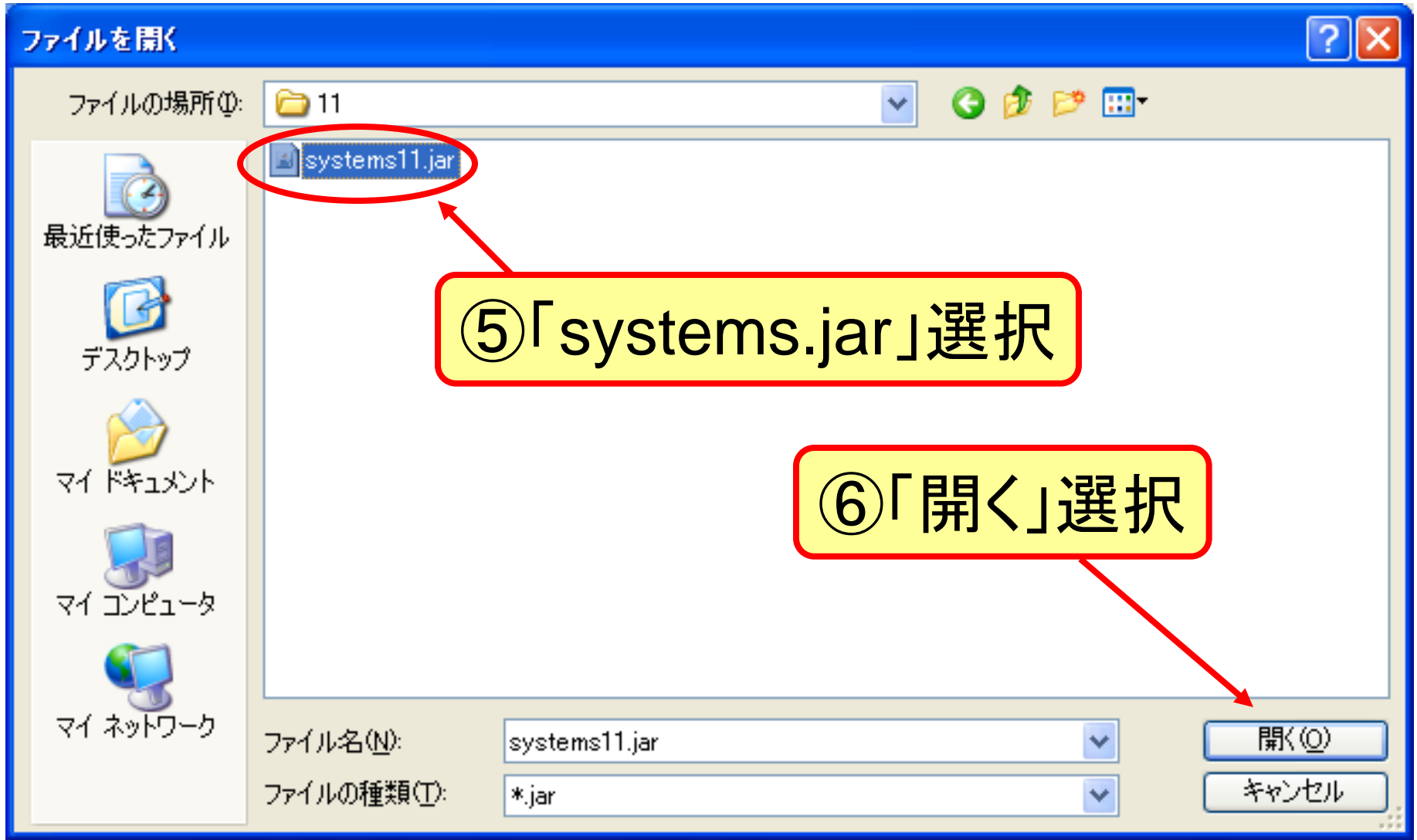
①「設定」選択

コンソール 問題

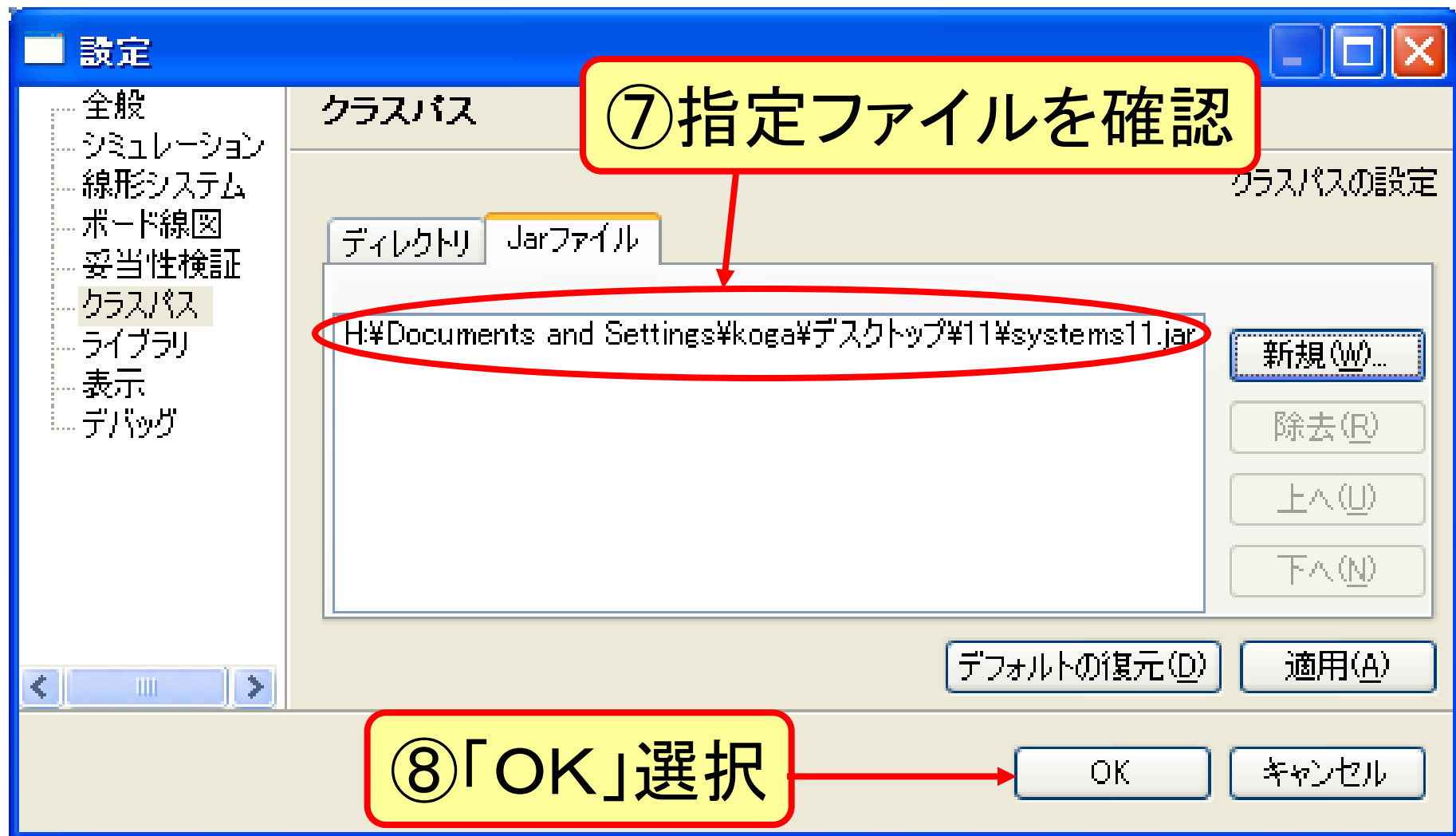
クラスパスの設定(2/4)



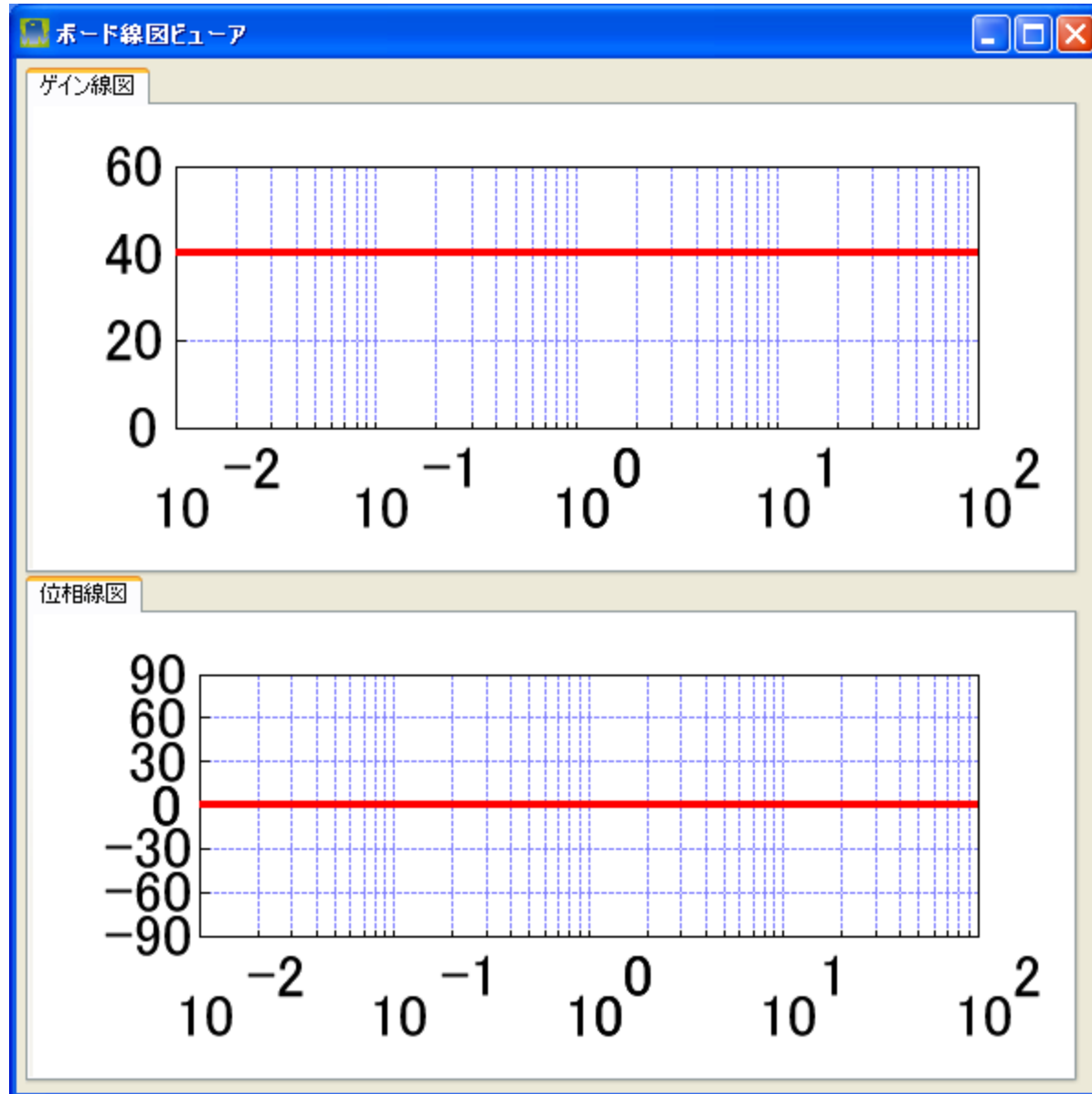
クラスパスの設定(3/4)



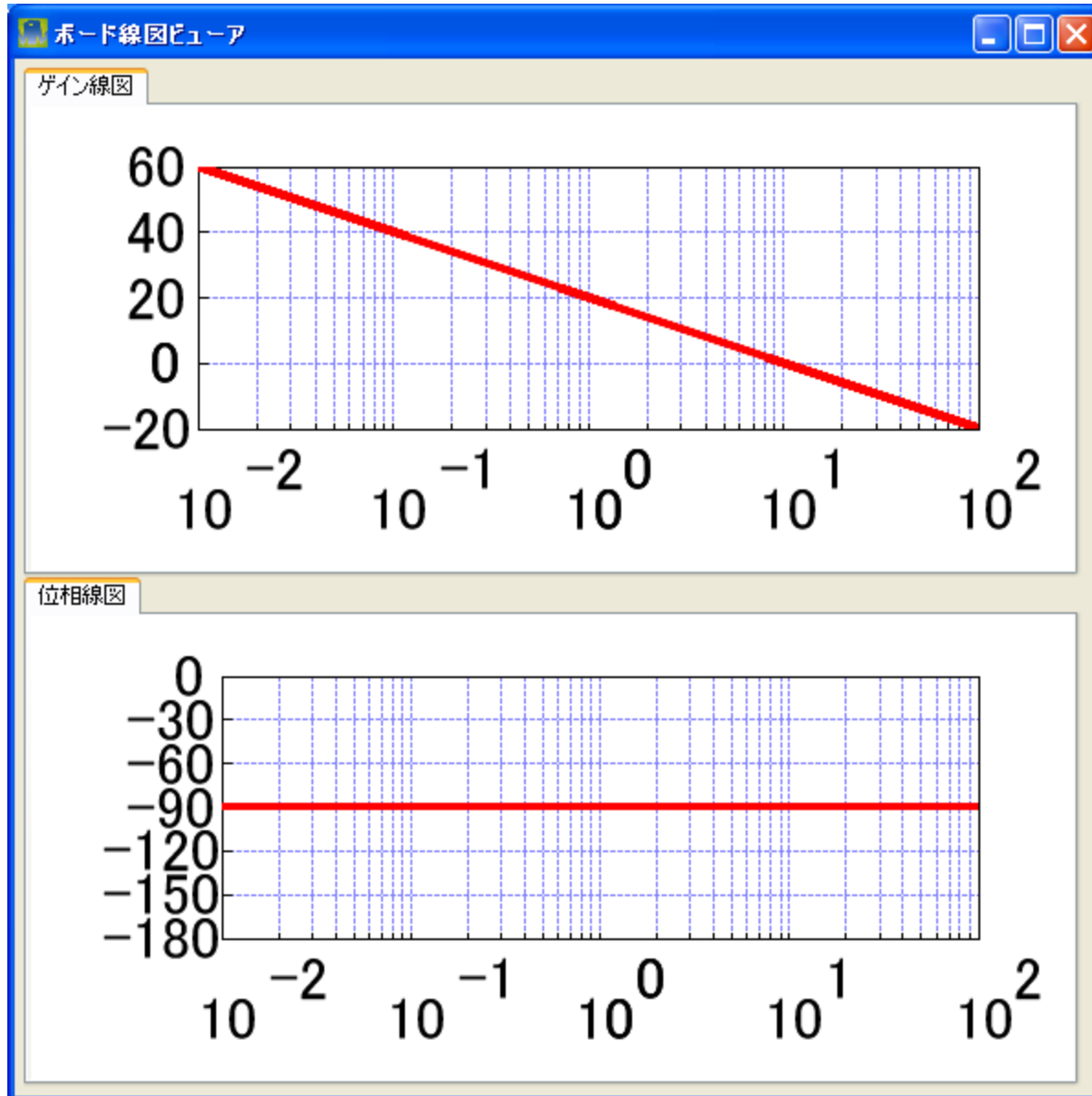
クラスパスの設定(4/4)



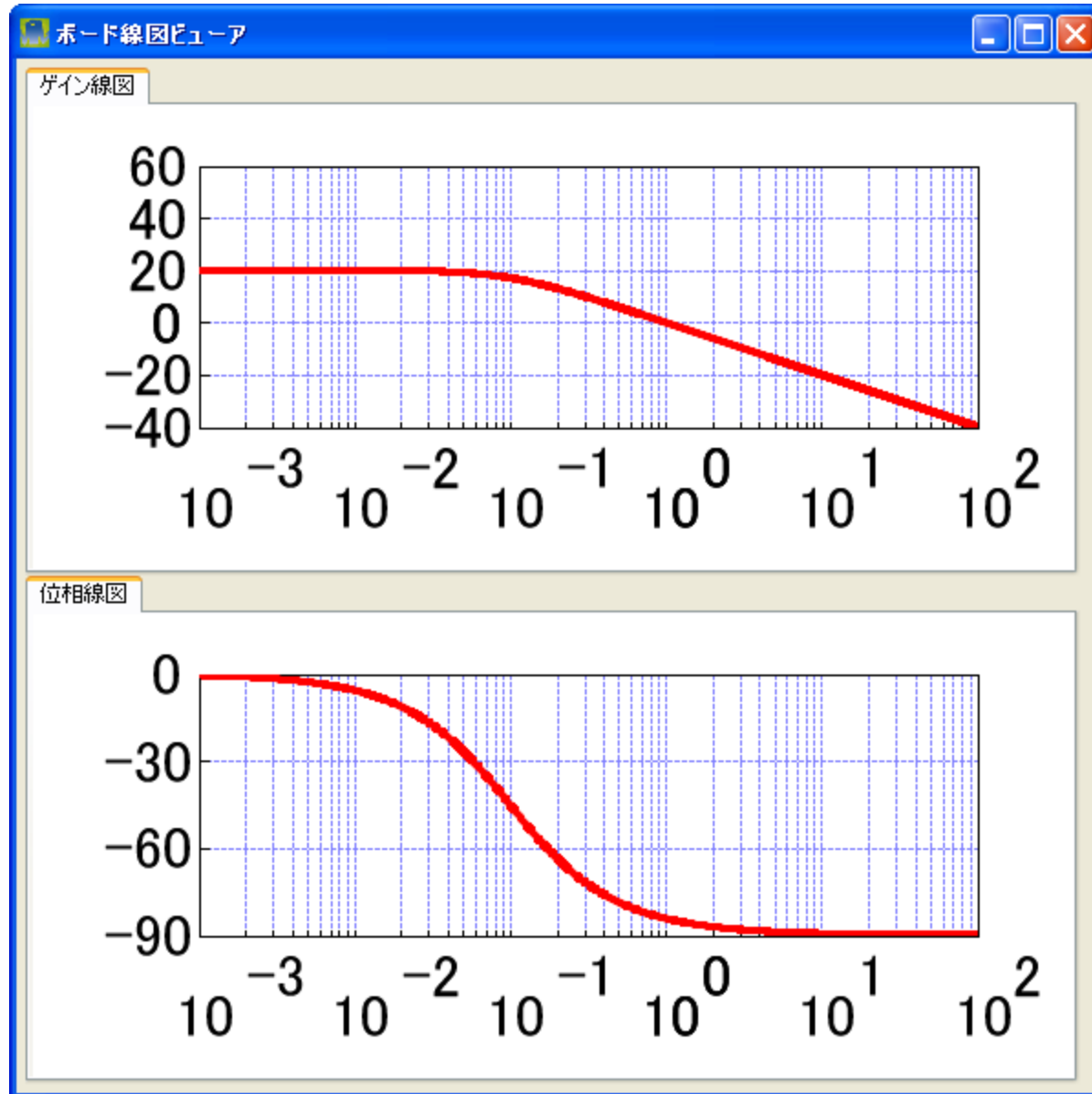
System 1



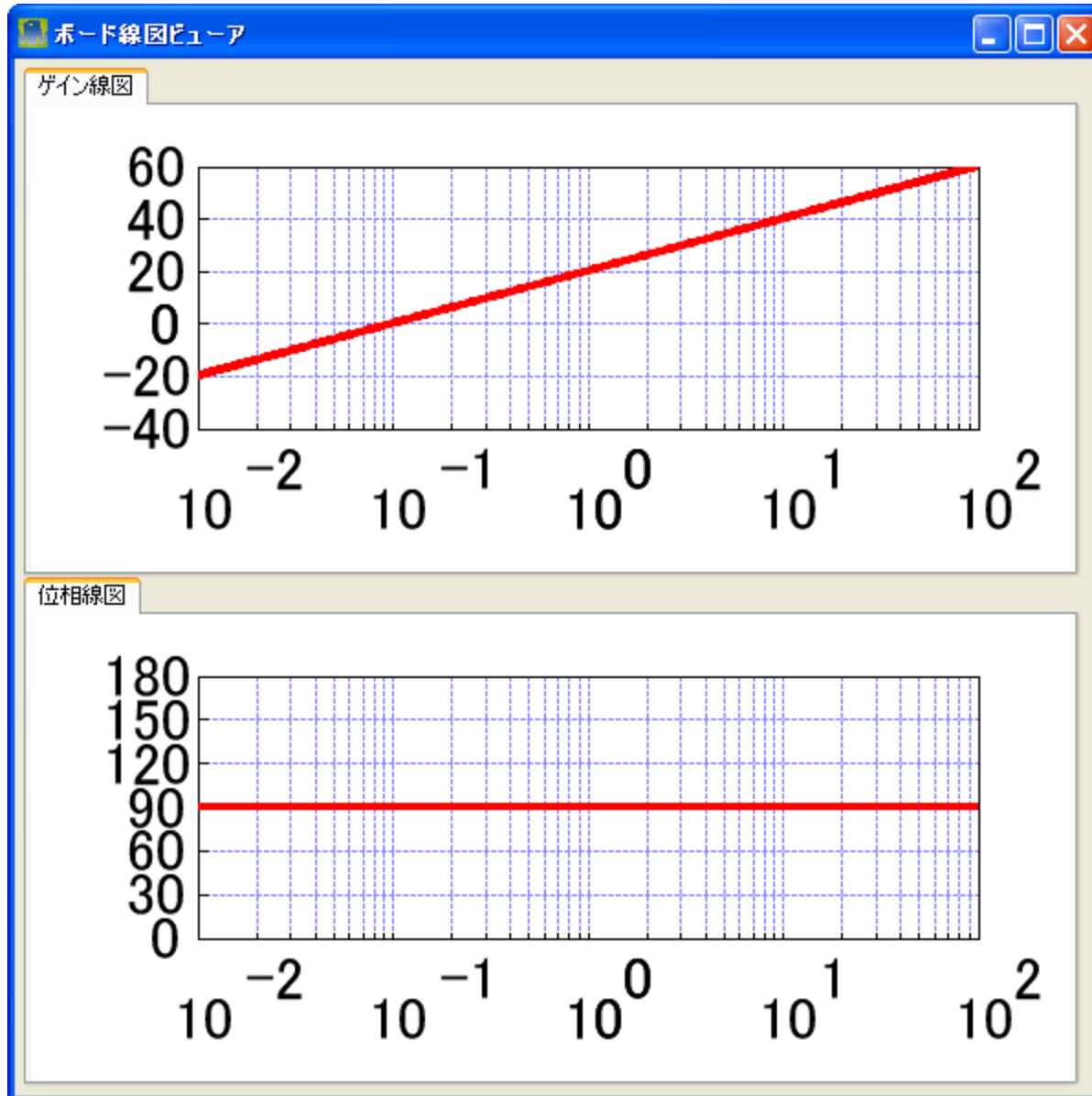
System2



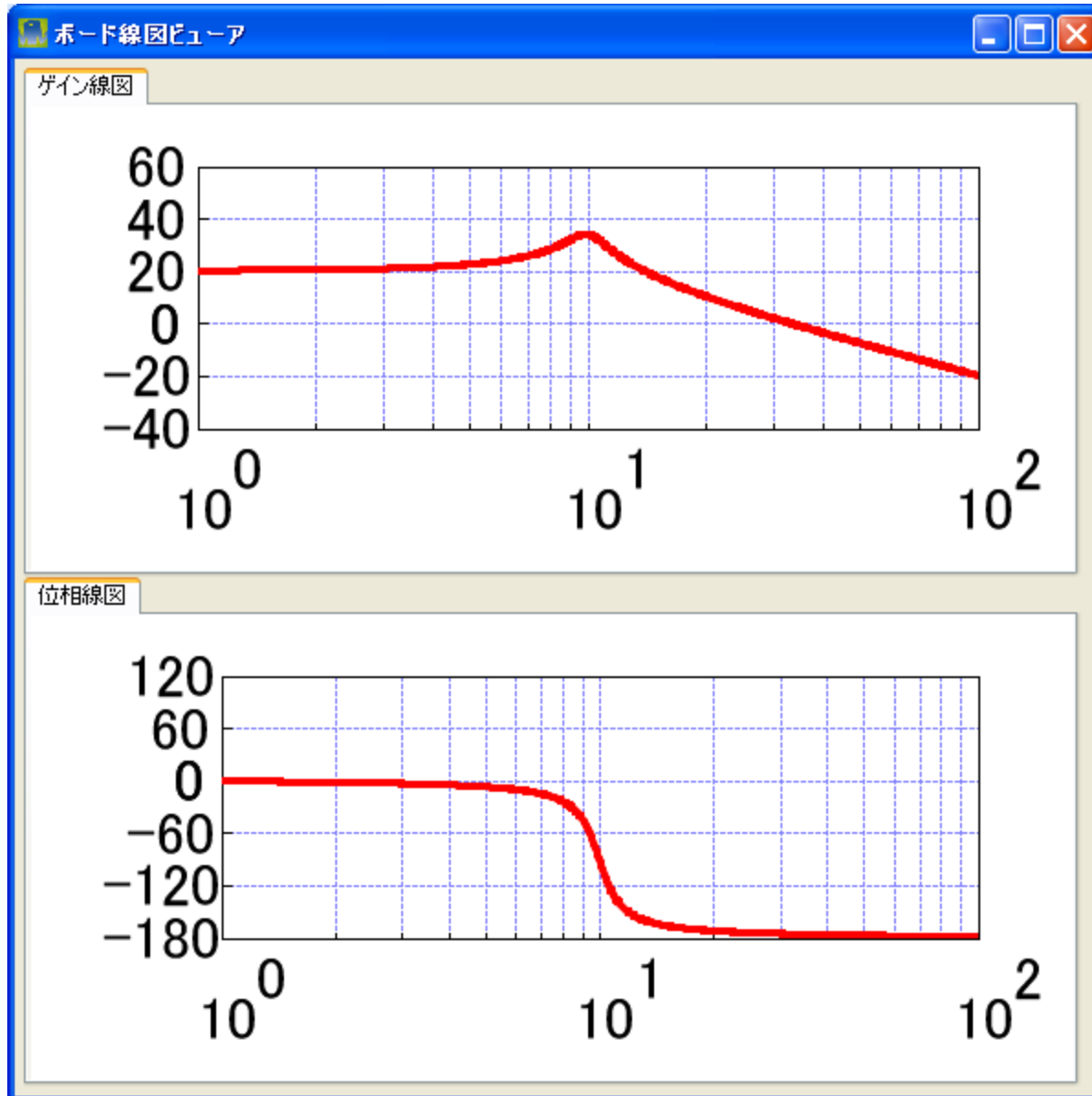
System3



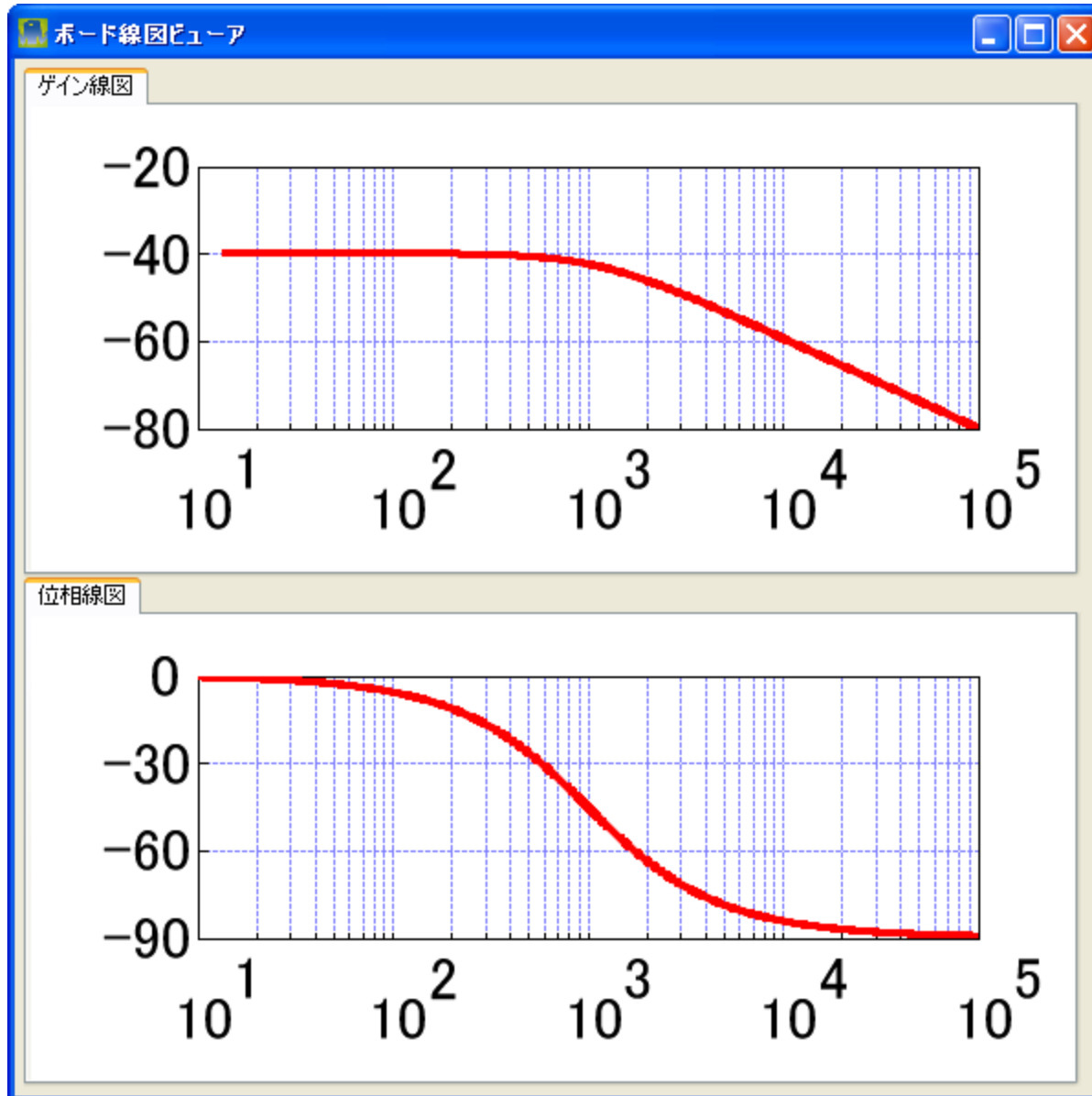
System4



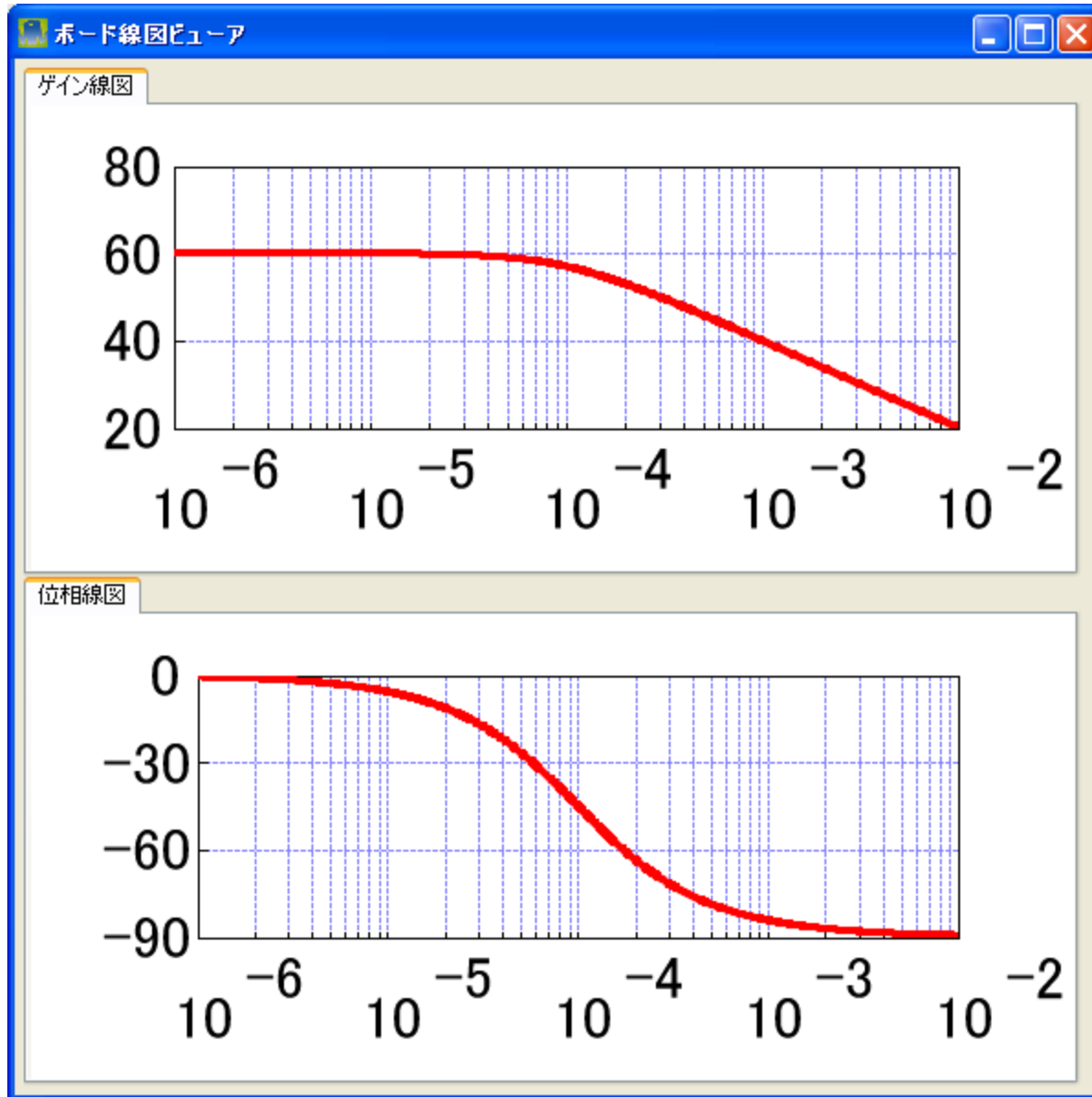
System5



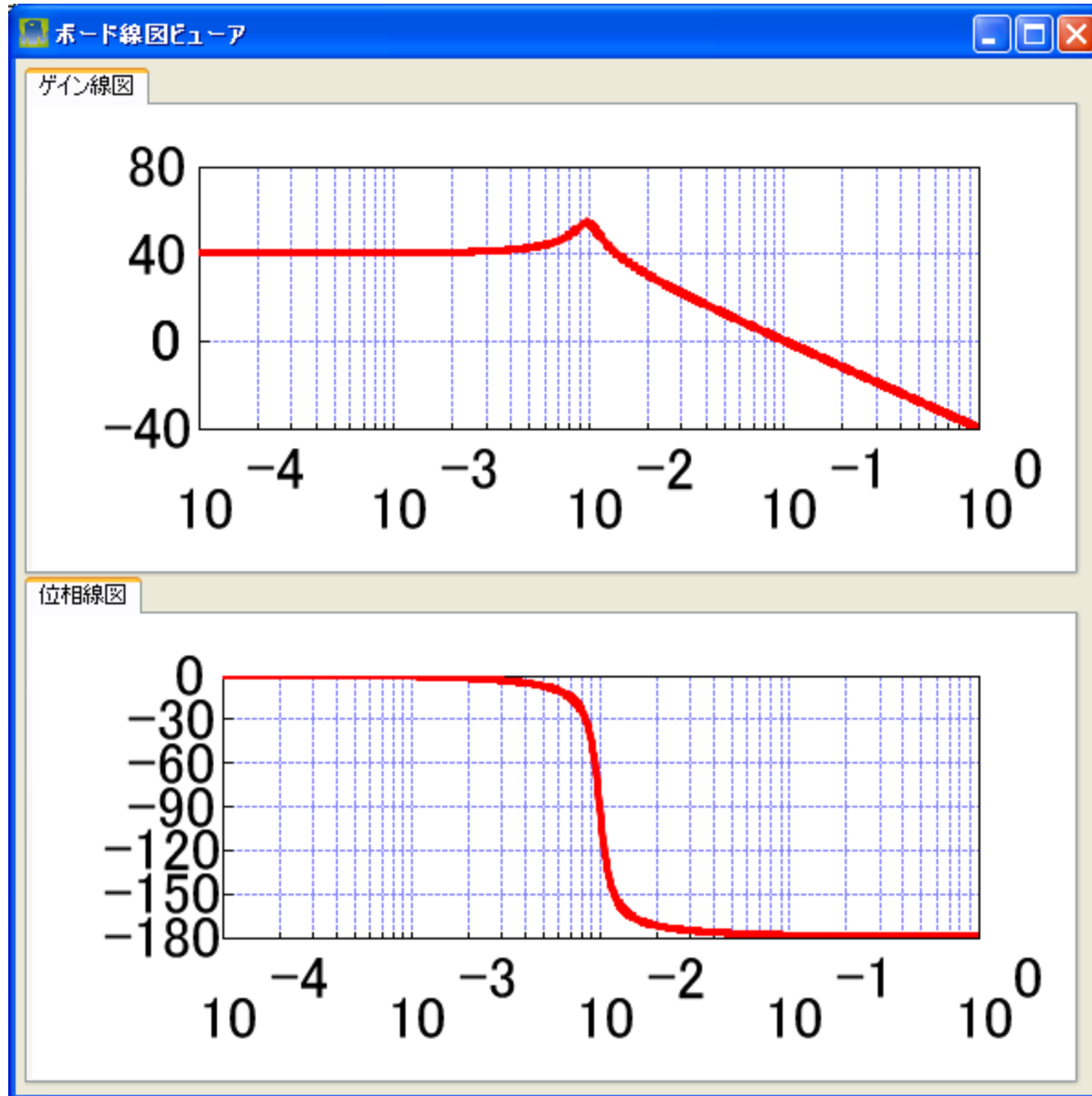
System6



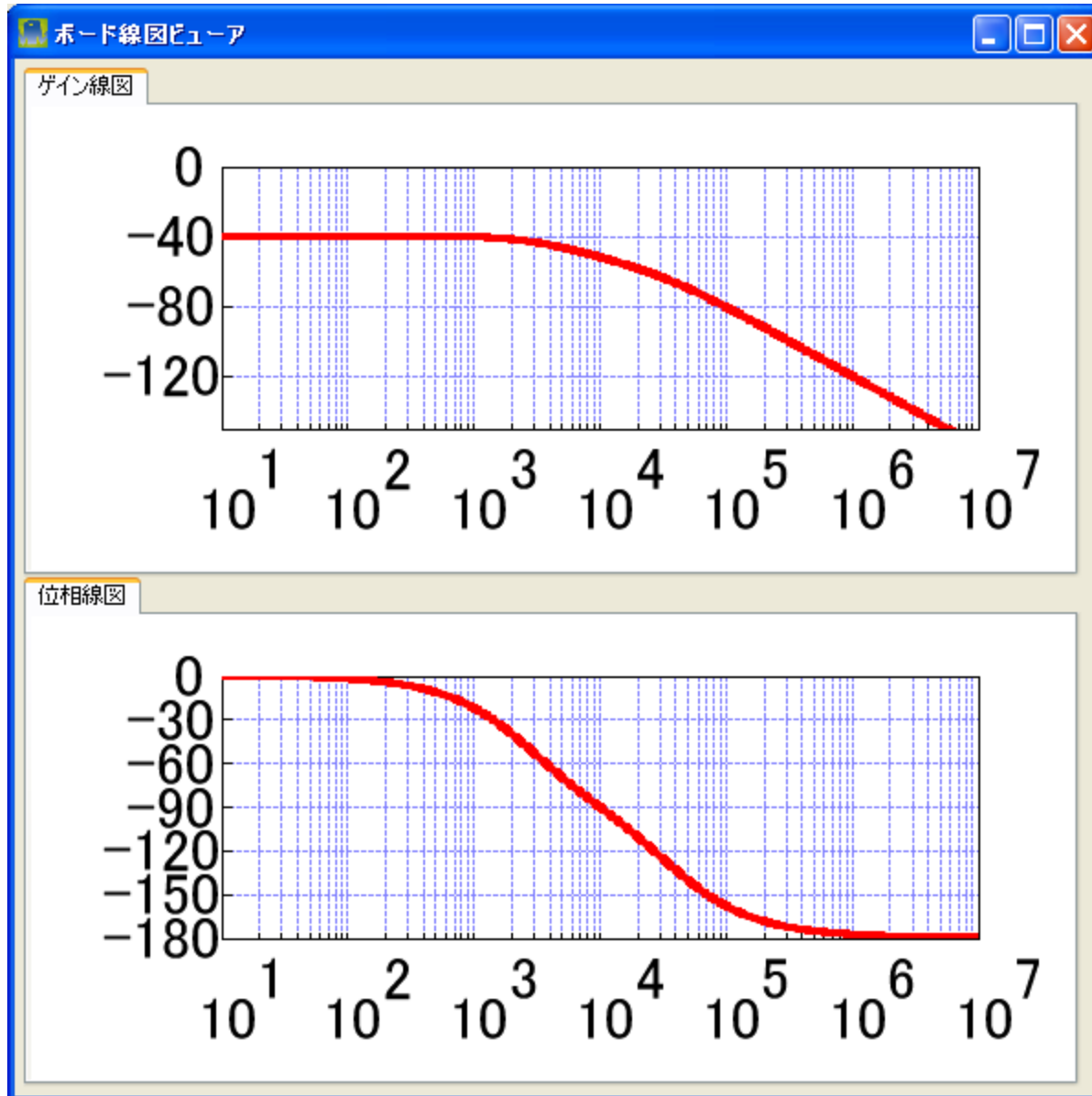
System7



System8



System9



System10

