

第11回

- 高次システムのボード線図
- 周波数応答によるシステムの同定

逆システムのボード線図

伝達関数:

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

ゲイン:

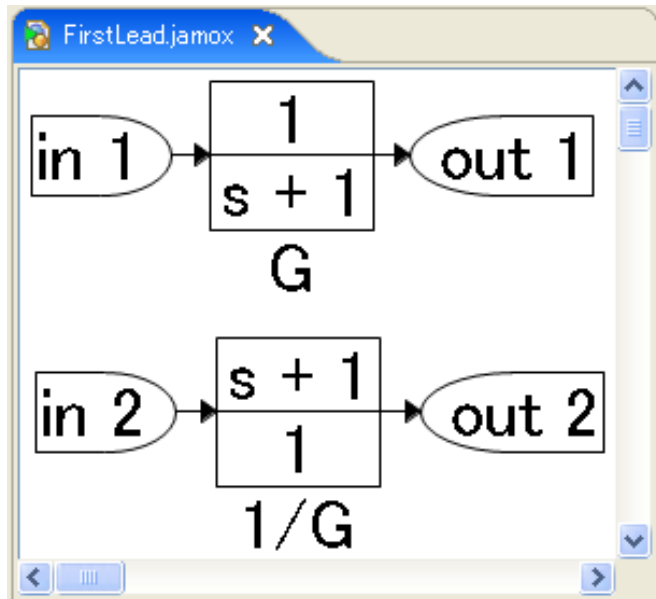
$$20 \log_{10} |\hat{G}(j\omega)| = 20 \log_{10} \left| \frac{1}{G(j\omega)} \right| = -20 \log_{10} |G(j\omega)|$$

位相:

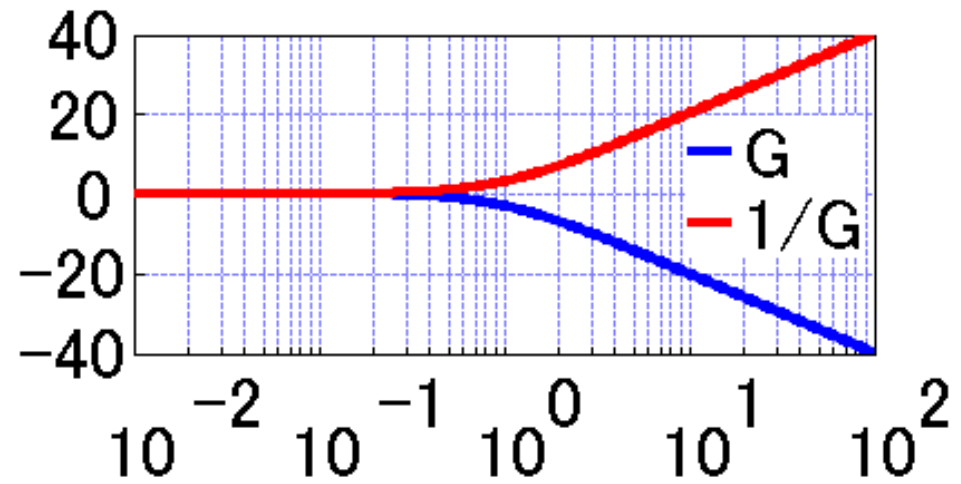
$$\angle \hat{G}(j\omega) = \angle \frac{1}{G(j\omega)} = -\angle G(j\omega)$$

$G(s)$ のゲインと位相の符号を反転

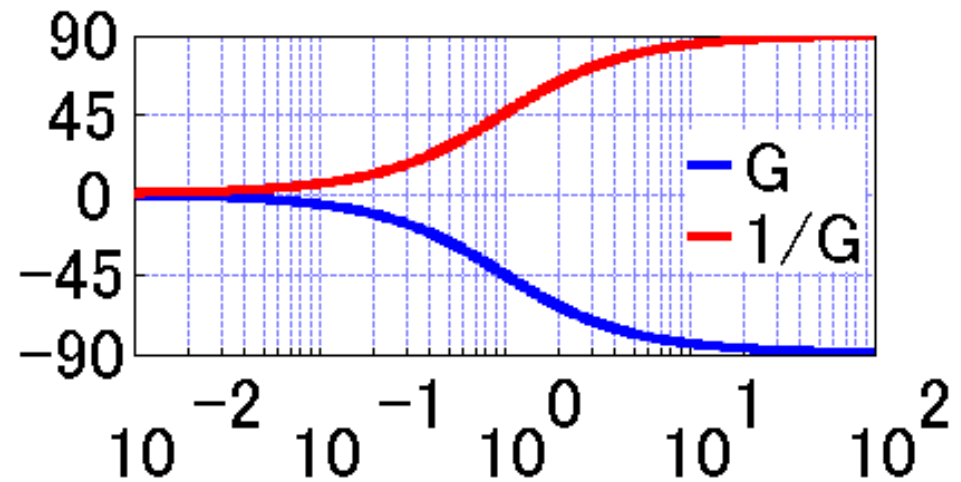
逆システムのボード線図(例)



ゲイン線図



位相線図



高次システムのボード線図

(定数、積分、1次、2次、逆システム)に分解:

$$G(s) = G_1(s) \cdots G_n(s)$$

極形式表現:

$$G_i(j\omega) = r_i \cdot e^{j\theta_i} \quad r_i \triangleq |G_i(j\omega)| \quad \theta_i \triangleq \angle G_i(j\omega)$$

ゲイン:

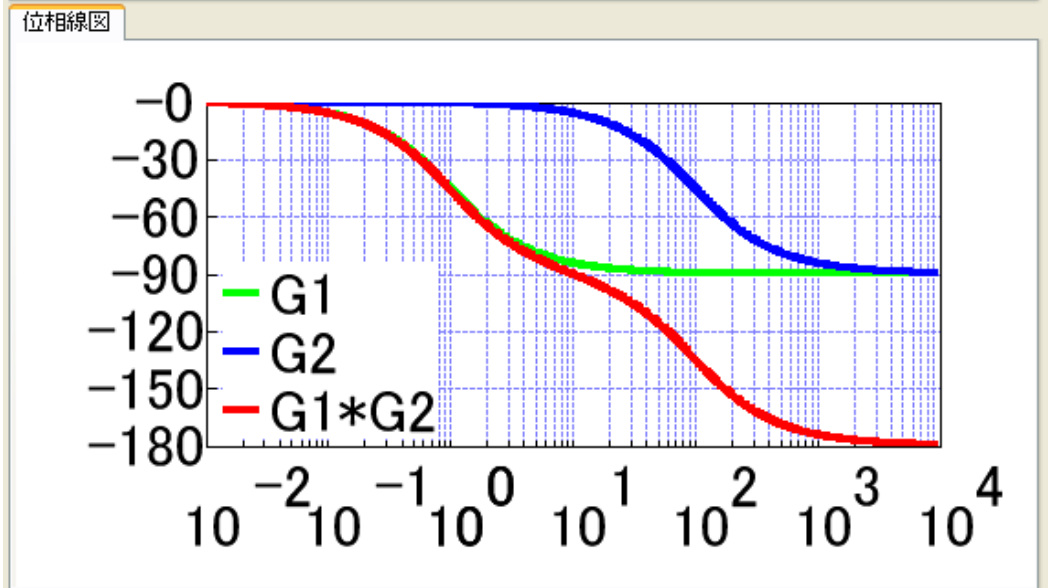
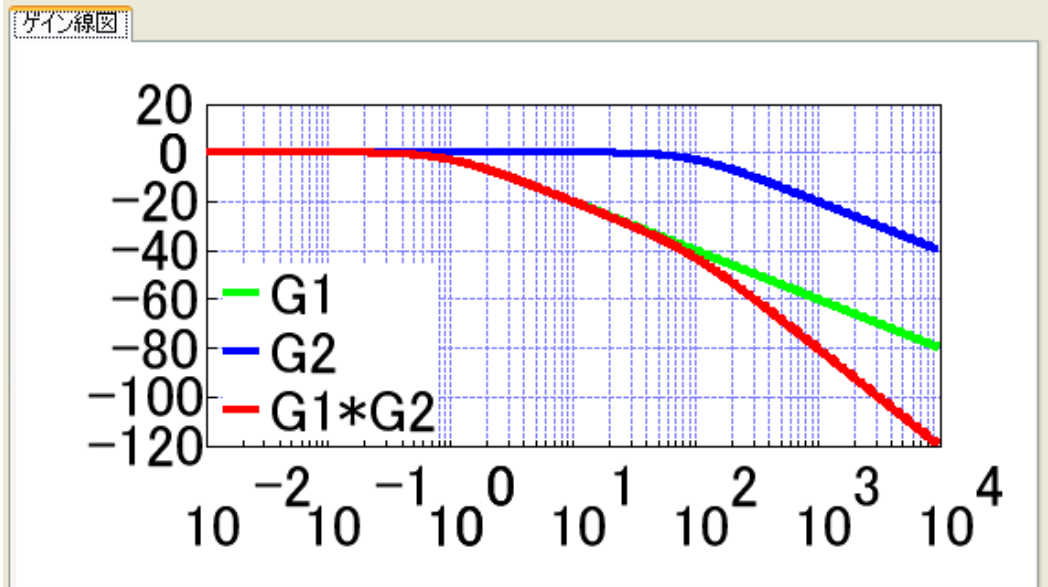
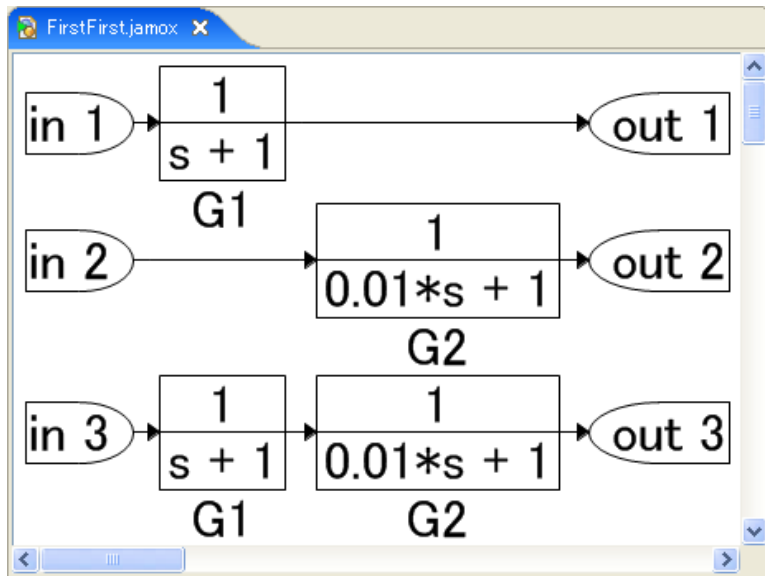
$$20 \log_{10} |G(j\omega)| = 20 \log_{10} (r_1 \cdots r_n) = \sum_{i=1}^n 20 \log_{10} |G_i(j\omega)|$$

位相:

$$\angle G(j\omega) = \sum_{i=1}^n \theta_i = \sum_{i=1}^n \angle G_i(j\omega)$$

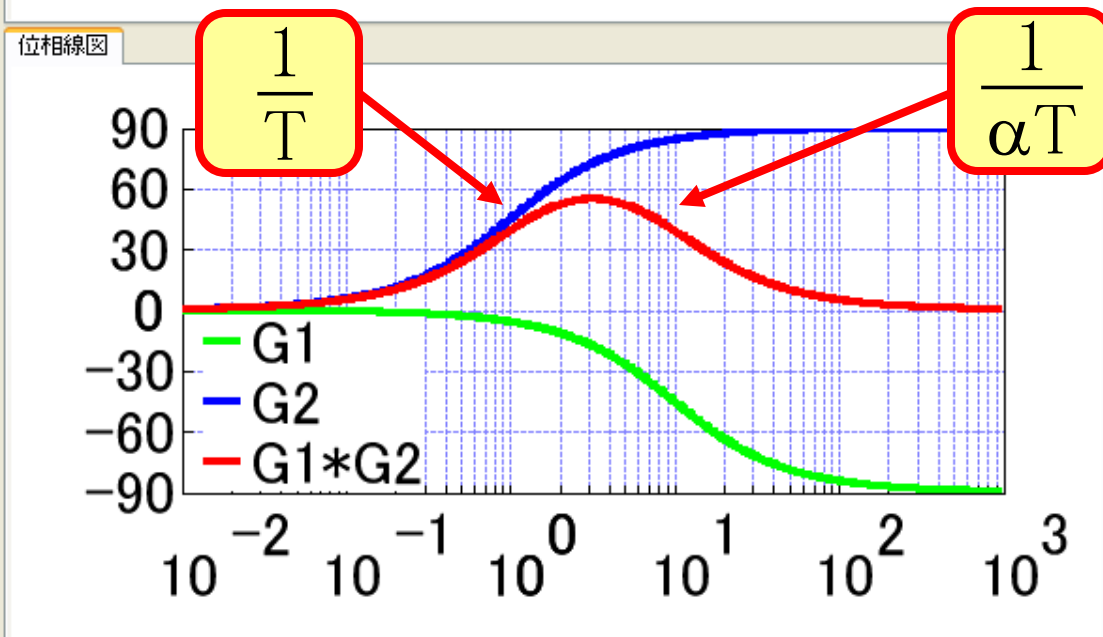
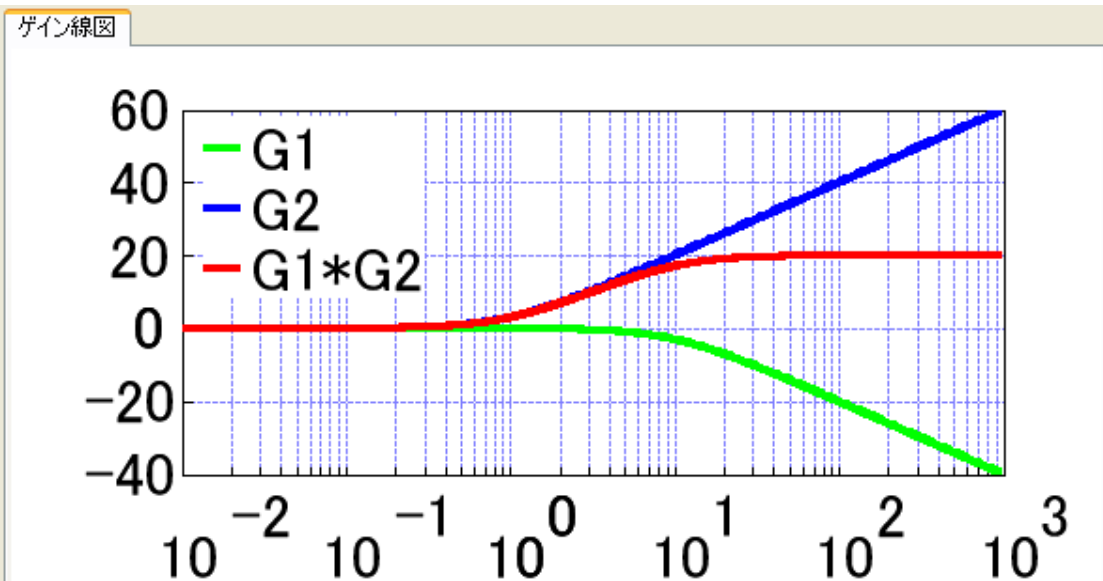
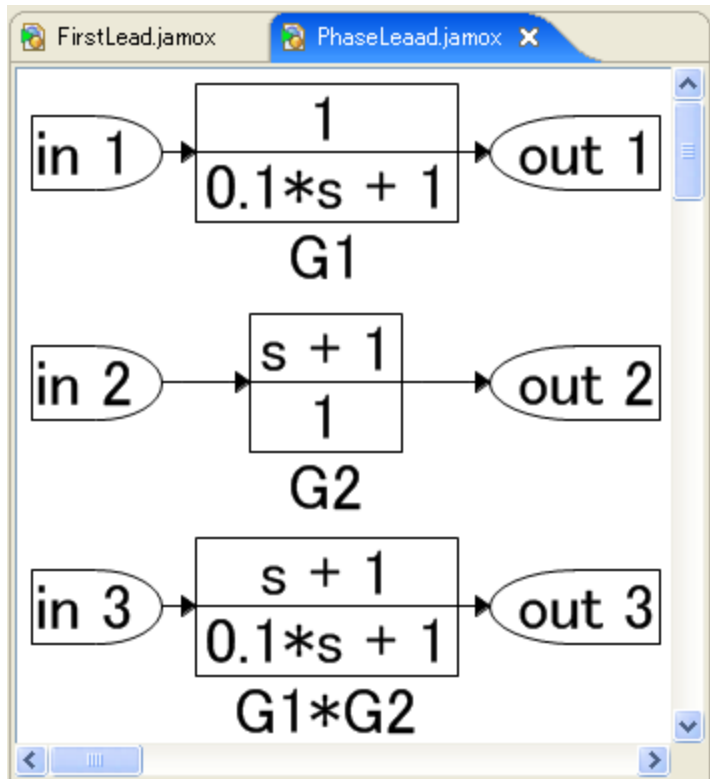
各要素のゲインの総和、各要素の位相の総和

直列結合システムのボード線図



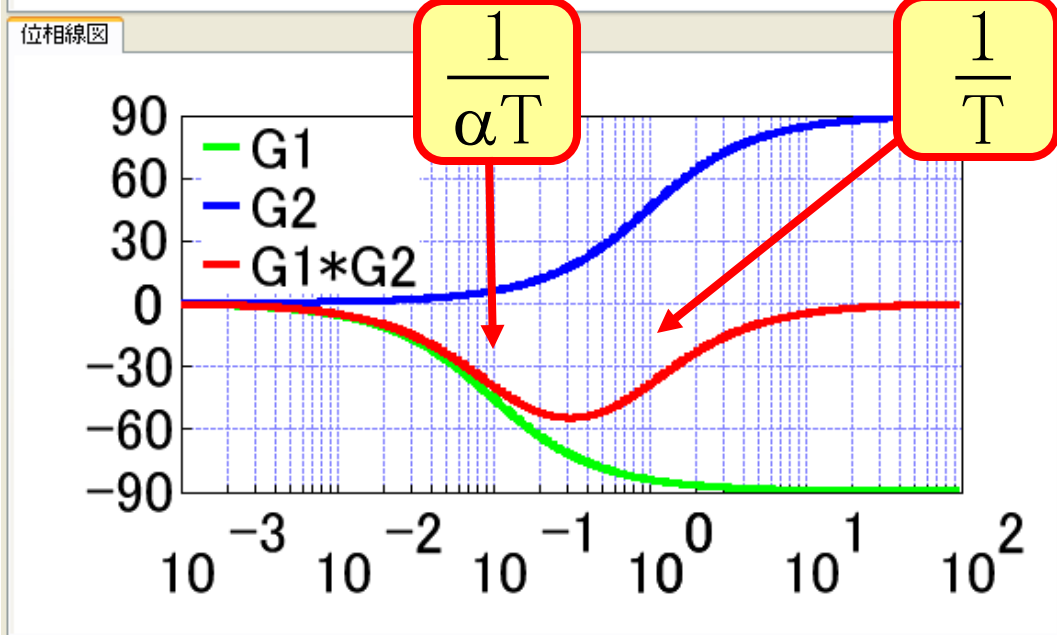
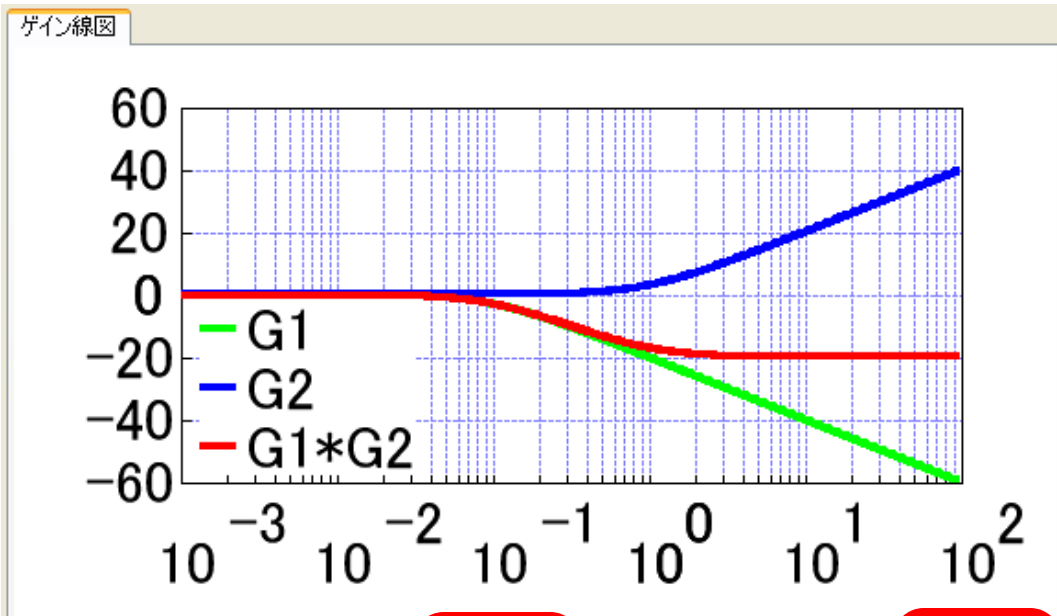
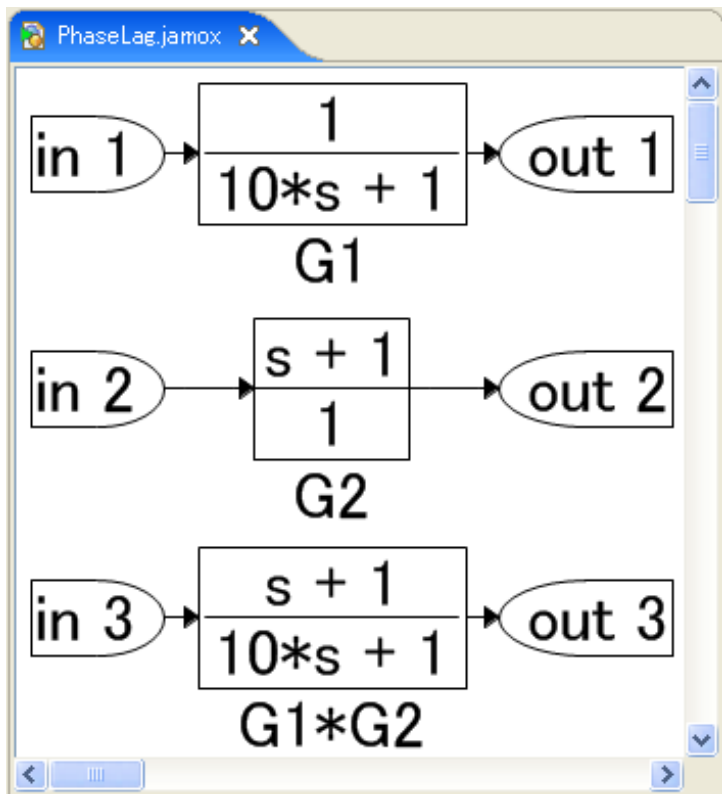
位相進み補償器のボード線図

$$G(s) = K \frac{Ts + 1}{\alpha Ts + 1} \quad (0 < \alpha < 1)$$



位相遅れ補償器のボード線図

$$G(s) = K \frac{T s + 1}{\alpha T s + 1} \quad (1 < \alpha)$$



周波数応答によるシステム同定(1)

低周波域特性($\omega \rightarrow 0$)

1. ゲインが一定値に収束 → (積分器を持たない)

$$\lim_{\omega \rightarrow 0} |G(j\omega)| = \lim_{s \rightarrow 0} |G(s)| = |G(0)|$$

2. ゲインが直線的に増加 → (積分器を持つ)

$$G(s) = \frac{N(s)}{s^q \tilde{D}(s)} \quad (N(s), \tilde{D}(s) \text{ は「}s\text{」因子を持たない})$$

$$20 \log_{10} |G(j\omega)| \rightarrow 20 \log_{10} \left| \frac{N(0)}{\tilde{D}(0)} \right| - 20q \log_{10} \omega$$

$$(\omega \rightarrow 0)$$

20q [dB/dec]で増加

周波数応答によるシステム同定(2)

高周波域特性($\omega \rightarrow \infty$)

1. 位相が直線的に減少  (無駄時間を持つ)

$$G(s) = \tilde{G}(s)e^{-sT} \quad \angle G(j\omega) = \angle \tilde{G}(j\omega) - \omega T$$

2. ゲインが直線的に減少

$$G(s) = \frac{b_m s^m + \dots + b_0}{s^n + \dots + a_0}$$


$$20 \log_{10} |G(j\omega)| \rightarrow 20 \log_{10} \left| \frac{b_m \omega^m}{\omega^n} \right|$$

$$(\omega \rightarrow \infty) = 20 \log_{10} |b_m| - 20(n - m) \log_{10} \omega$$

20(n - m) [dB/dec]で減少

周波数応答によるシステム同定(3)

中周波域特性 ($0 \ll \omega \ll \infty$)

1. 位相が増加  (逆システムを持つ)

$$G(s) = \frac{N(s)}{D(s)} \quad N(s) \neq K(\text{定数})$$

2. ゲインの接線の傾きが $\omega = \bar{\omega}$ で変化

- a. 時定数が $T = \frac{1}{\bar{\omega}}$ の一次系を持つ

- b. 自然角周波数が $\omega_n = \bar{\omega}$ の二次系を持つ

3. ゲインの接線の傾きが20[dB/dec]以上変化

- a. 同じ時定数一次系を複数個持つ

- b. 同じ自然角周波数の二次系を複数個持つ

演習: ボード線図によるシステム同定(2)

① ファイルのダウンロード

「systems12.jar」と「System?.jamox」を入手

② クラスパスの設定

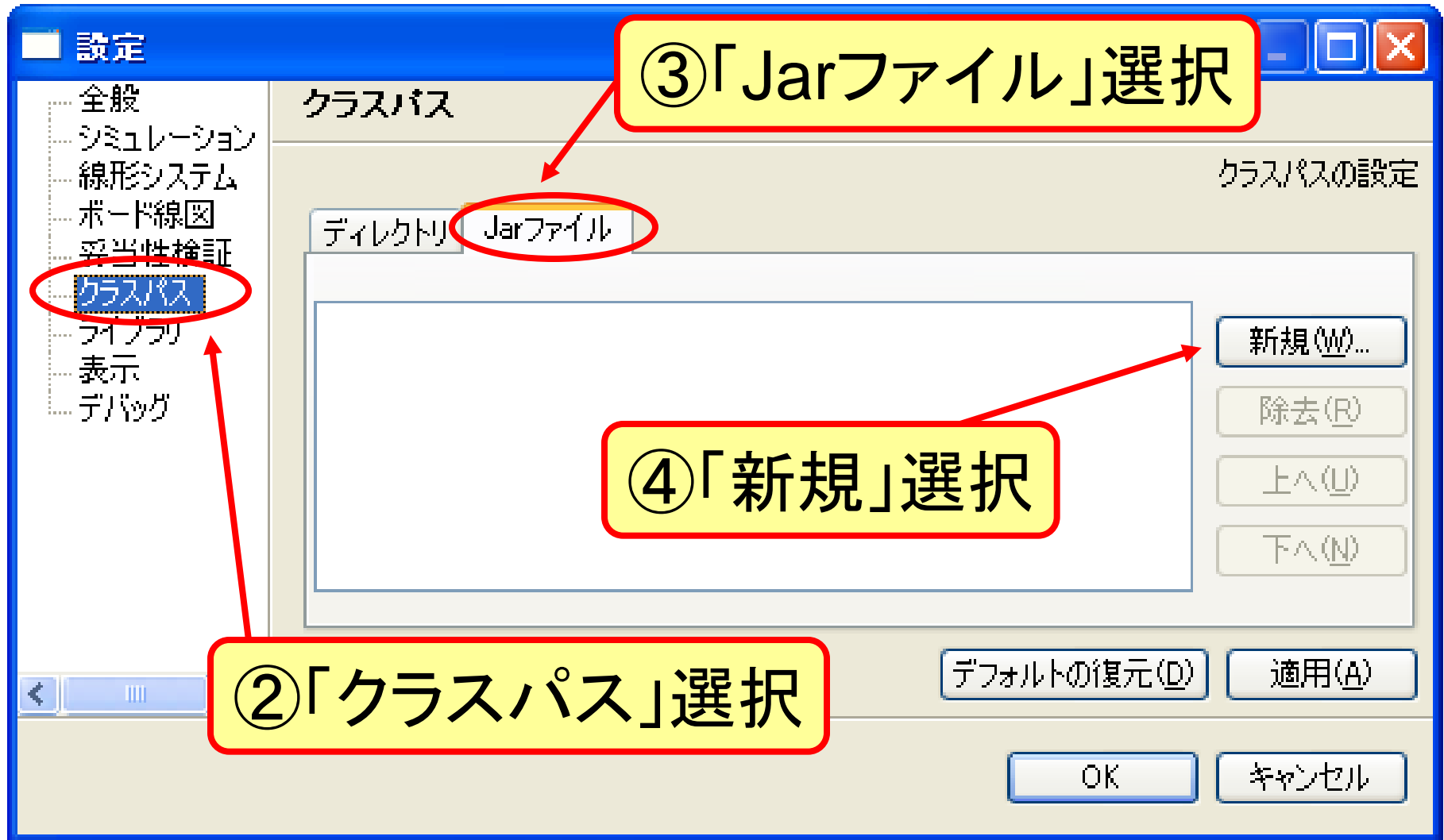
次ページ以降を参考にクラスパスを設定

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。

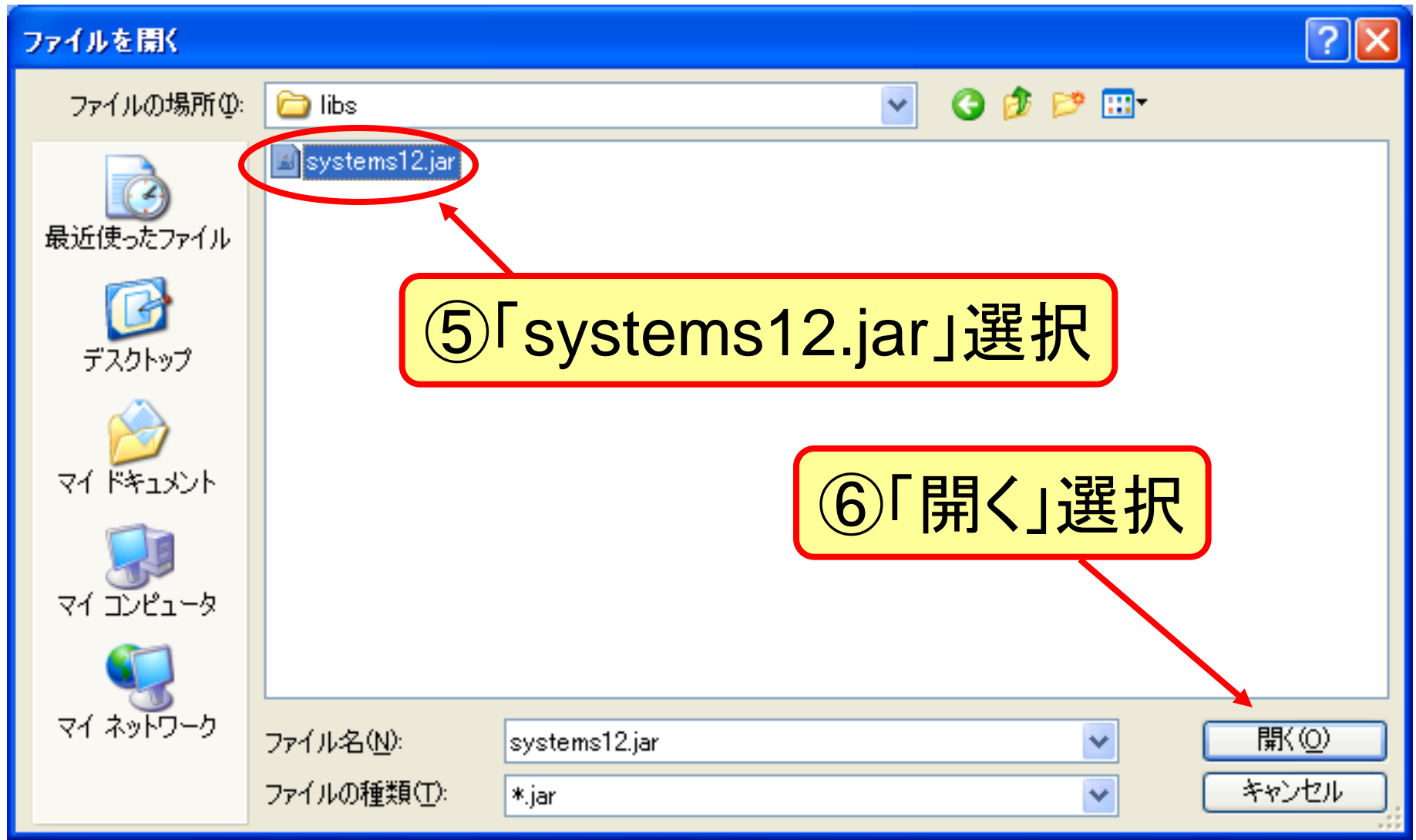
クラスパスの設定(1/4)

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, which is highlighted with a red arrow. A red callout box with a yellow background and a red border contains the text "①「設定」選択". The main workspace is divided into three panels: "ブロックライブラリ" (Block Library) on the left, "名称未設定" (Name Not Set) in the top right, and "コンソール" (Console) in the bottom right. The Block Library panel shows three system blocks: "連続時間システム" (Continuous Time System) with a graph icon, "積分器" (Integrator) with the transfer function $\frac{1}{s}$, "伝達関数:" (Transfer Function) with $\frac{1}{s+1}$, and "零点・極表" (Zeroes and Poles) with $\frac{s+1}{s-1}$. The Console panel shows a "問題" (Problem) tab and a large text area with a right-pointing arrow.

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)

The image shows a screenshot of the '設定' (Settings) dialog box in a Java IDE, specifically the 'クラスパス' (Class Path) tab. The left sidebar shows a tree view with 'クラスパス' selected. The main area has two tabs: 'ディレクトリ' (Directories) and 'Jarファイル' (Jar Files). The 'Jarファイル' tab is active, and a text box contains the path 'C:\Documents and Settings\koga\Desktop\libs\system12.jar', which is circled in red. A yellow callout box with a red border and the text '⑦指定ファイルを確認' (Check the specified file) has an arrow pointing to the circled path. Below the text box are buttons for '新規(W)...' (New...), '除去(R)' (Remove), '上へ(U)' (Up), and '下へ(D)' (Down). At the bottom right are 'デフォルトの復元(D)' (Restore Defaults) and '適用(A)' (Apply). A second yellow callout box with a red border and the text '⑧「OK」選択' (Select 'OK') has an arrow pointing to the 'OK' button. The 'キャンセル' (Cancel) button is also visible.

設定

全般
シミュレーション
線形システム
ボード線図
妥当性検証
クラスパス
ライブラリ
表示
デバッグ

クラスパス

クラスパスの設定

ディレクトリ Jarファイル

C:\Documents and Settings\koga\Desktop\libs\system12.jar

新規(W)...
除去(R)
上へ(U)
下へ(D)

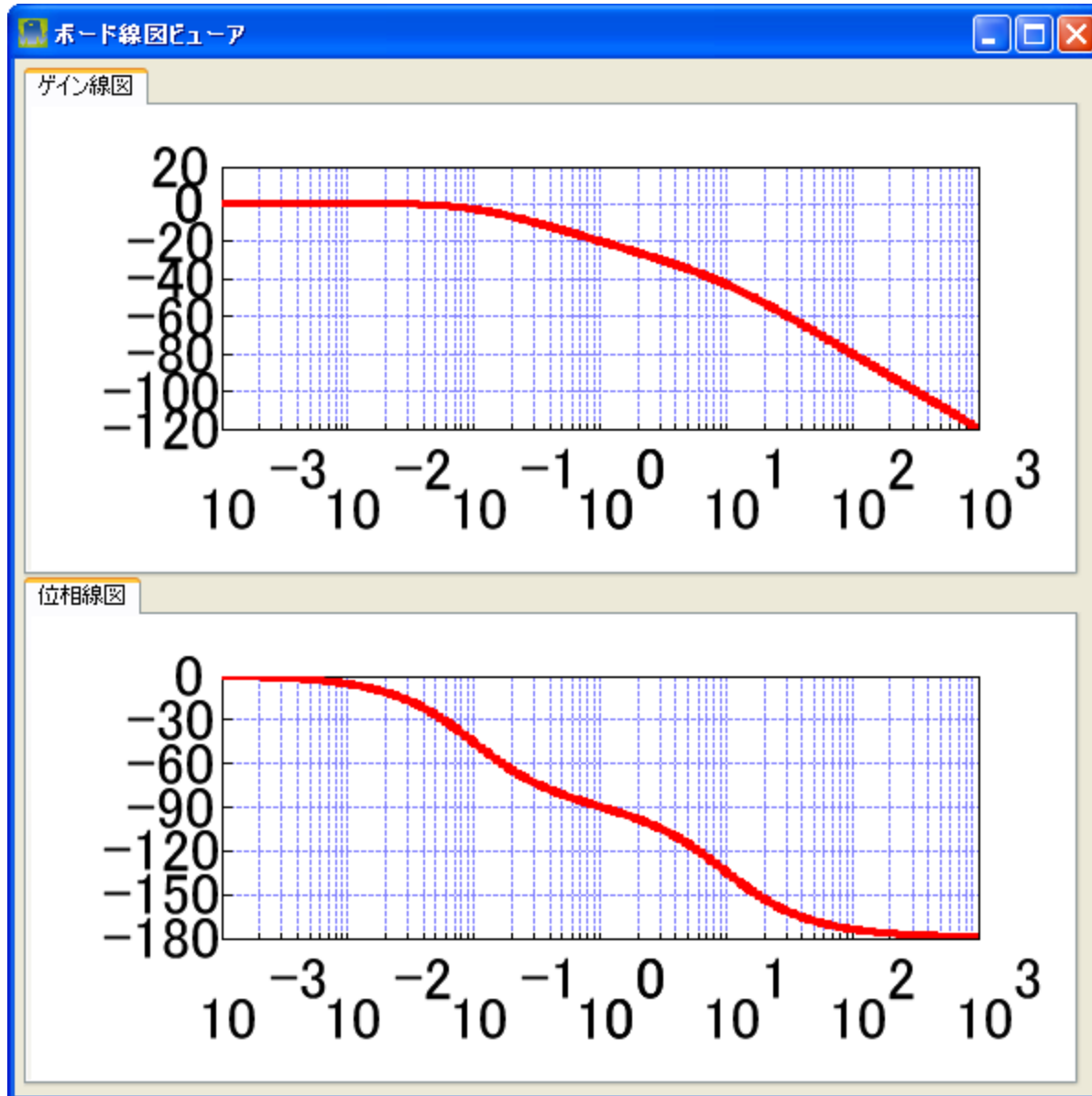
デフォルトの復元(D) 適用(A)

⑦指定ファイルを確認

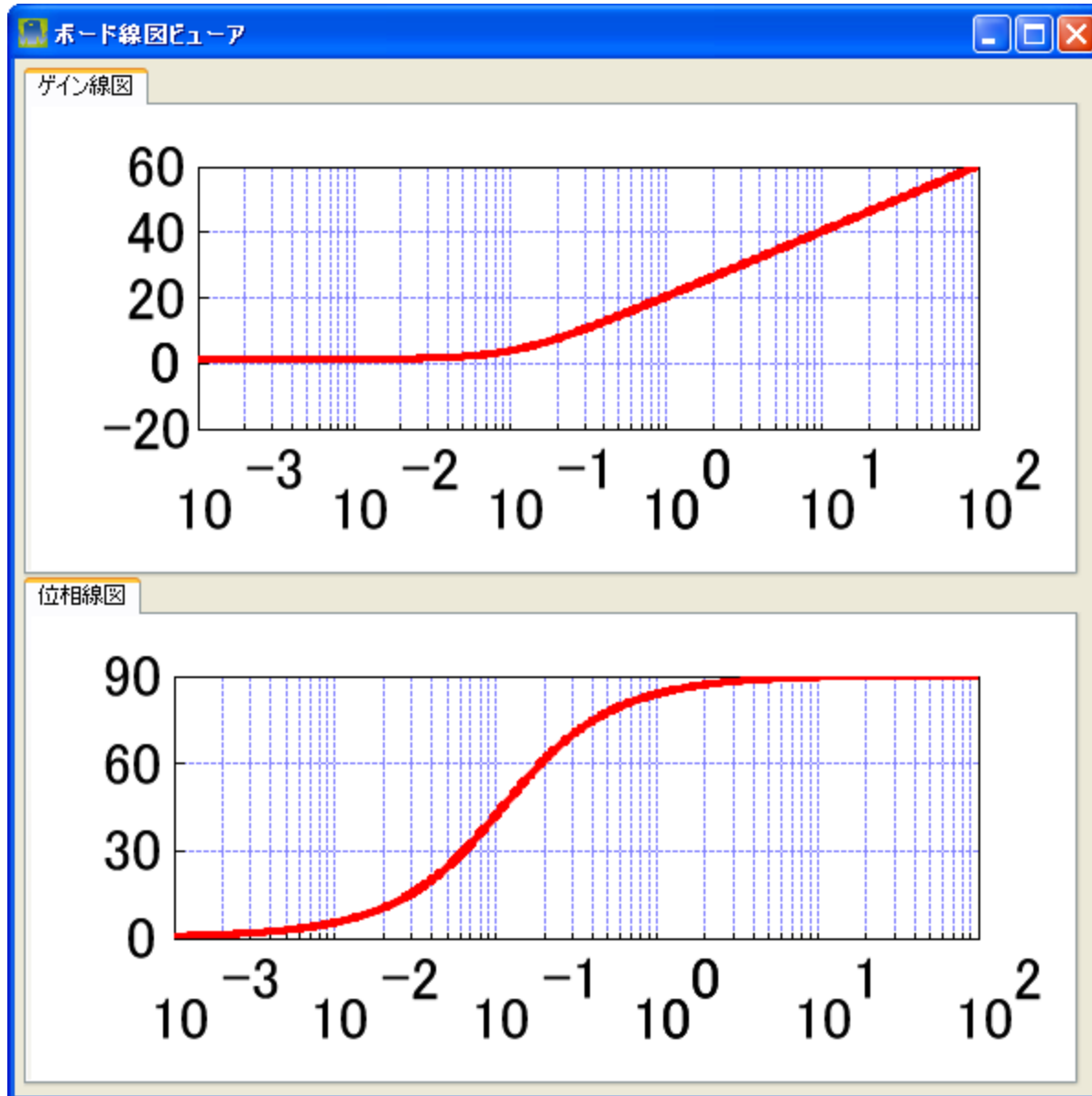
⑧「OK」選択

OK キャンセル

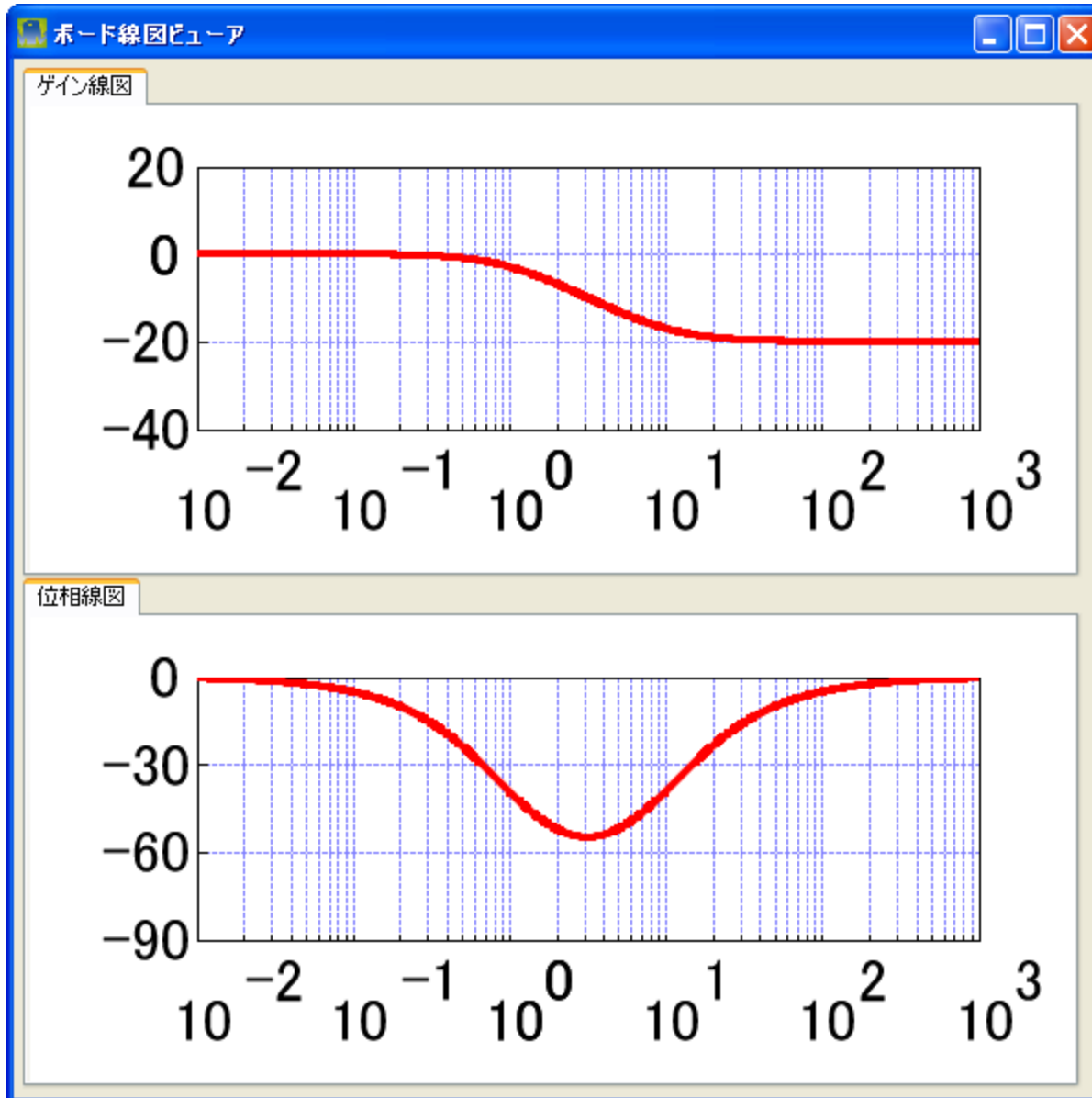
System 1



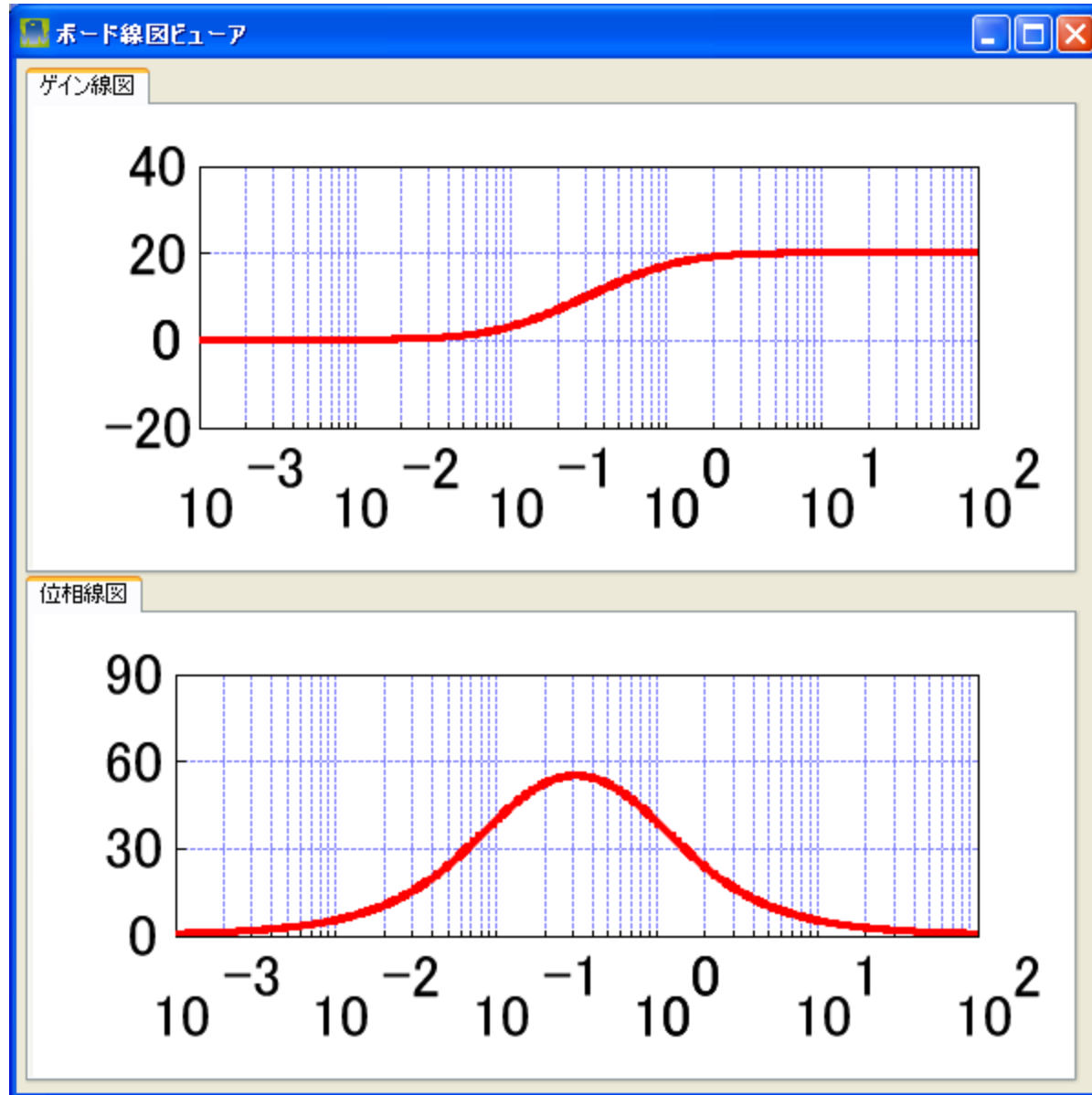
System2



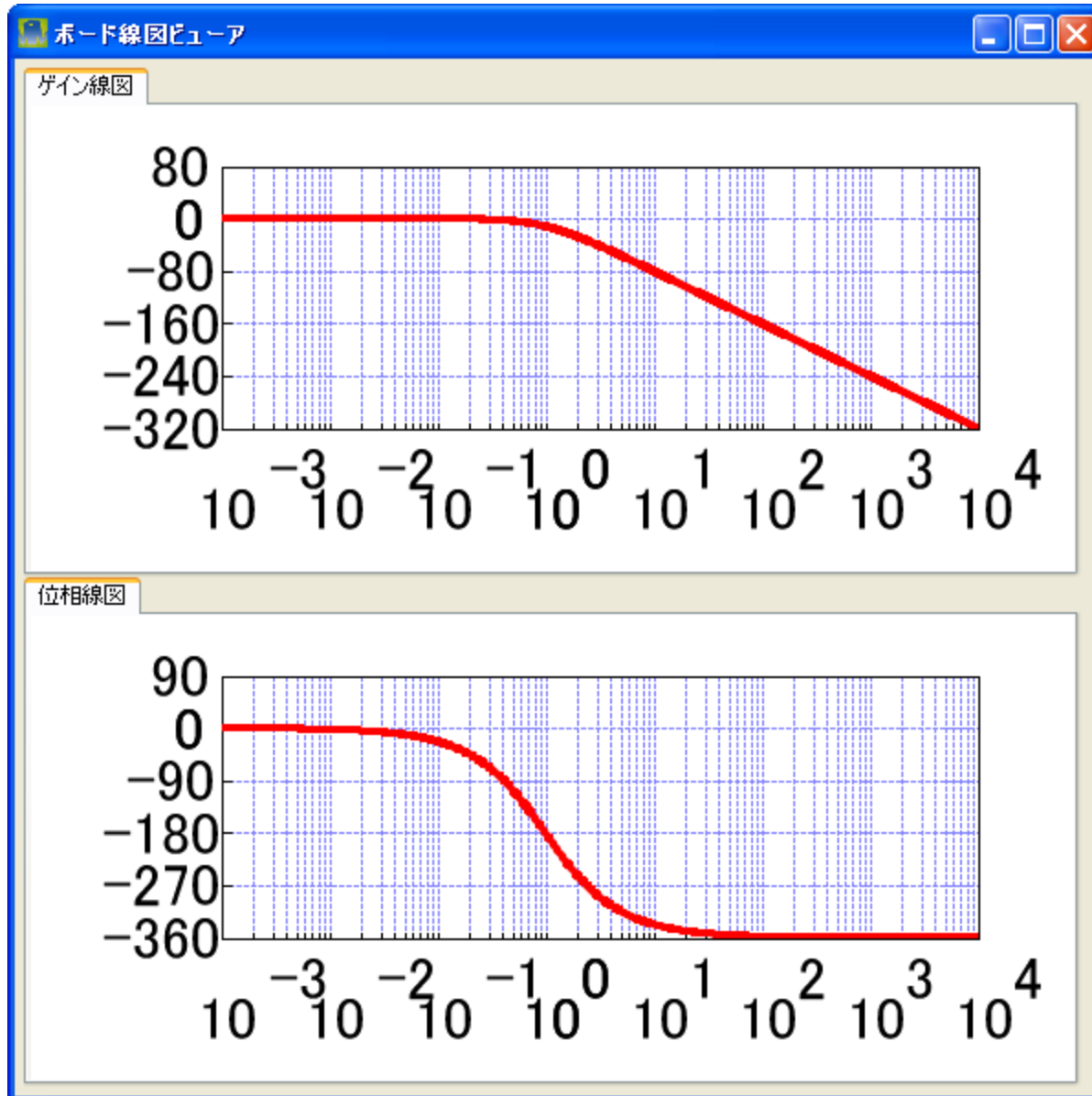
System3



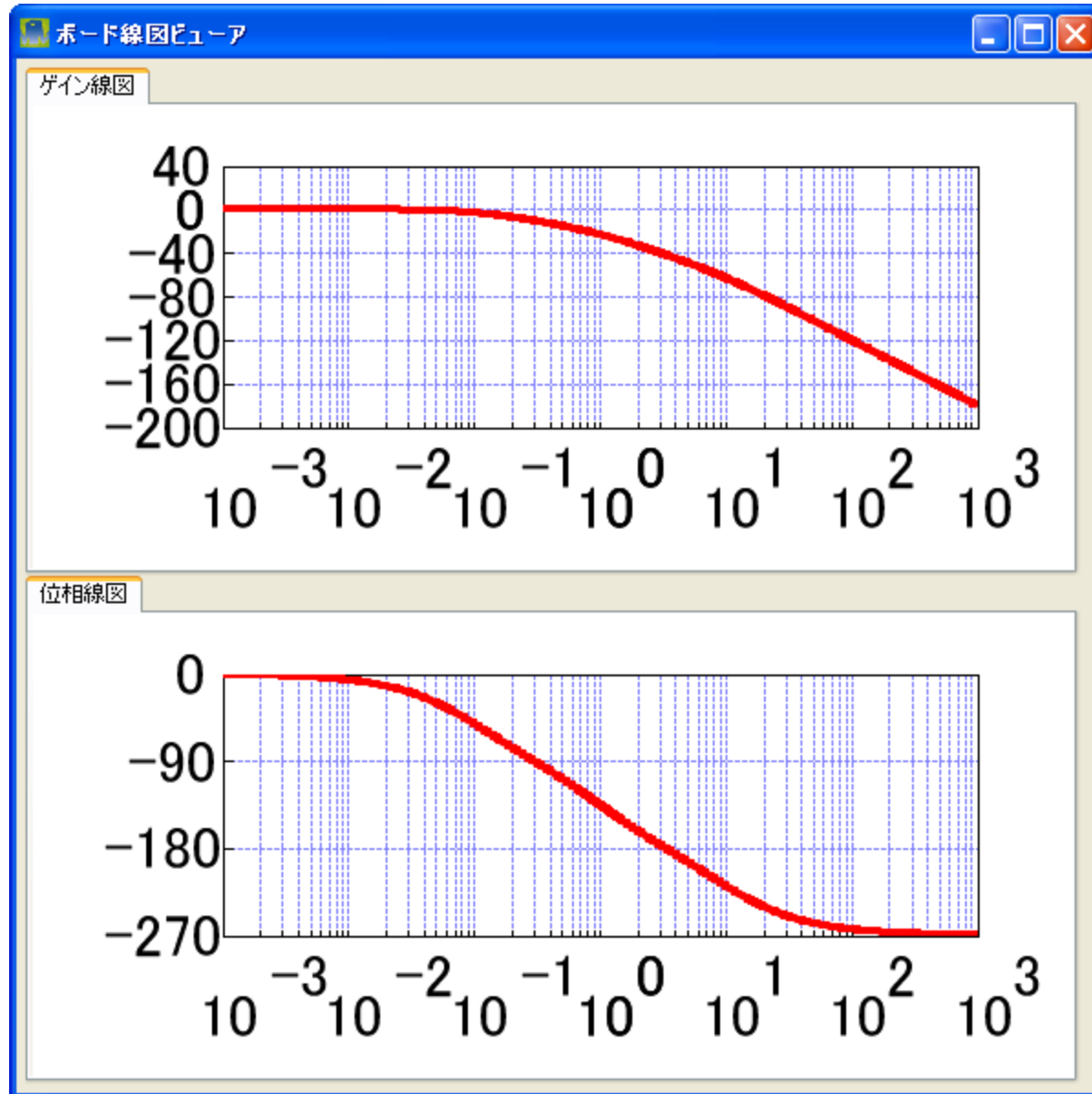
System4



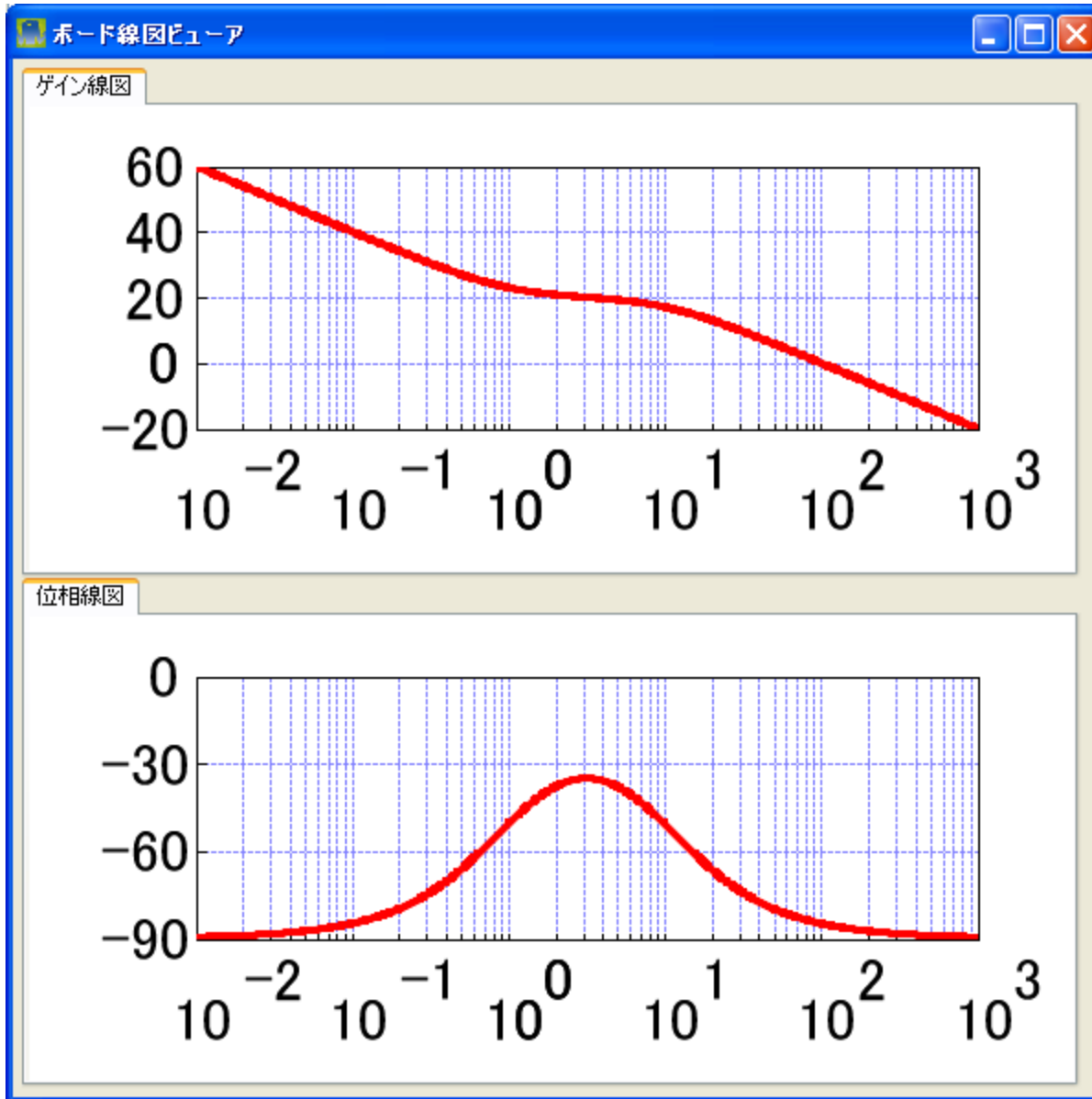
System5



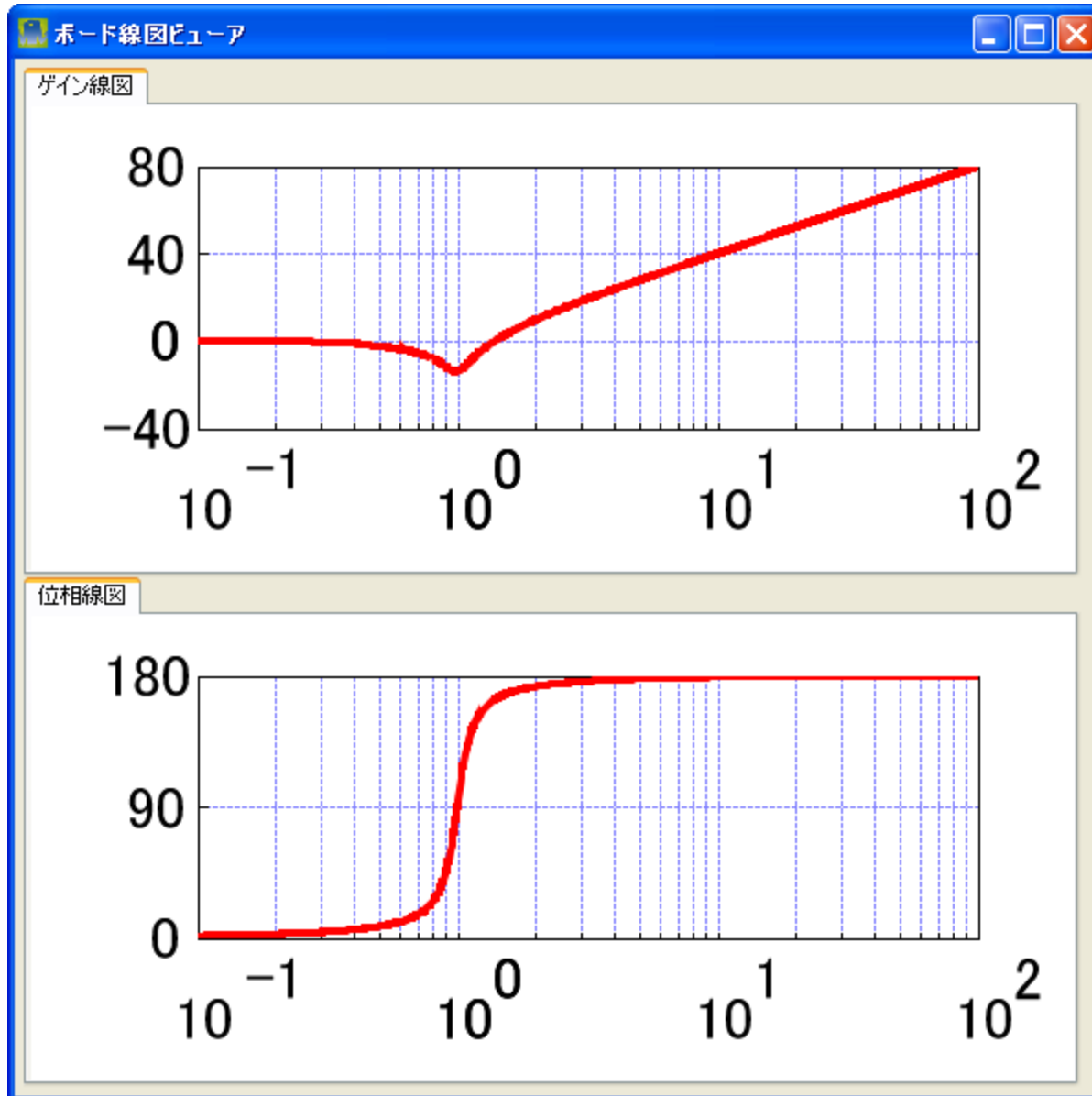
System6



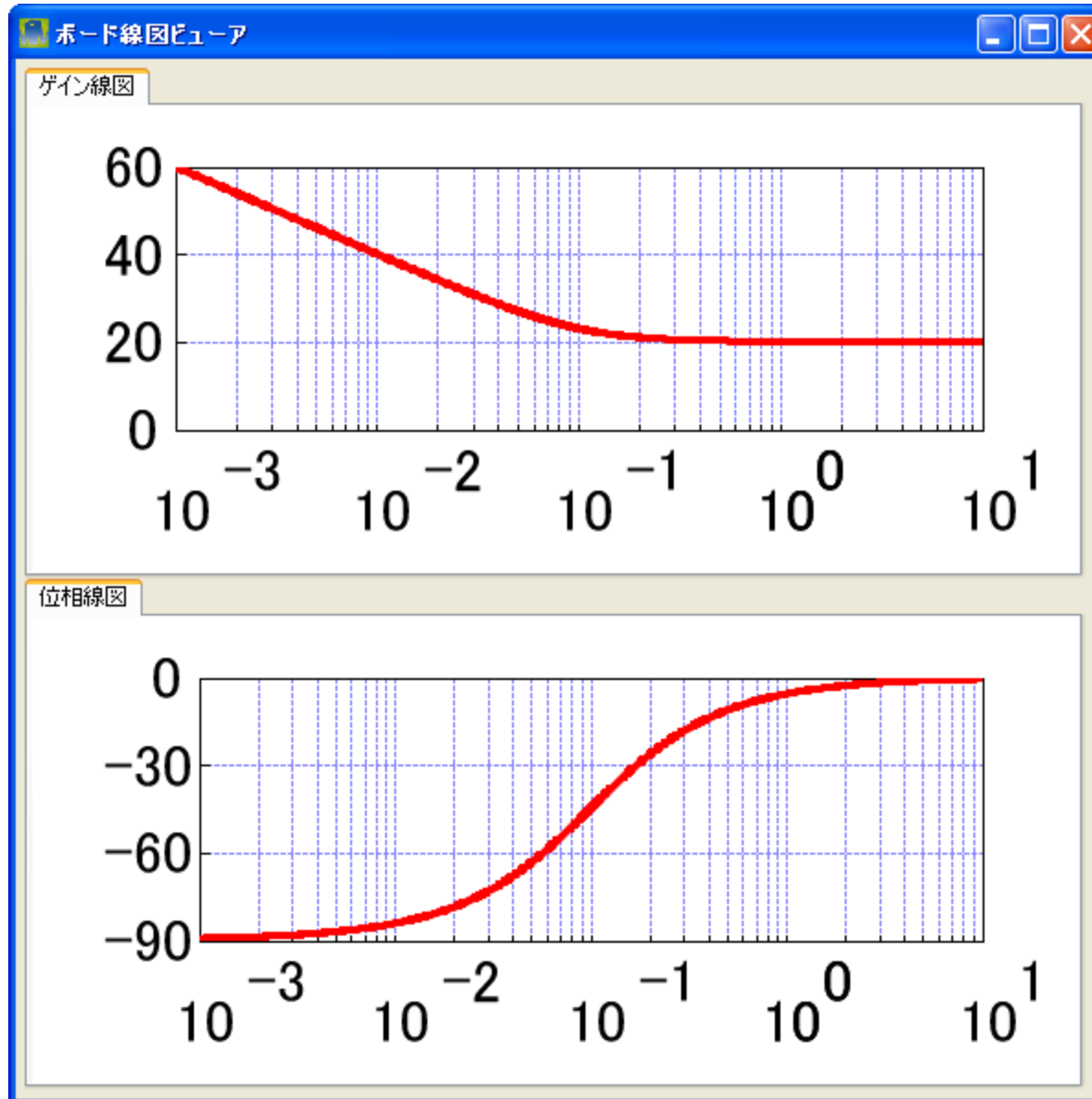
System7



System8



System9



System10

