第 5 章 :周波数応答

5.2 ベクトル軌跡(MATLAB演習)

キーワード : ベクトル軌跡

学習目標 : MATLABを用いてベクトル軌跡を描けるようになる。

高次系 $G(s)=\dfrac{b_m s^m + b_{m-1}s^{m-1}+\cdots+b_1 s+b_0}{s^n+a_{n-1}s^{n-1}+\cdots+a_1 s+a_0}\quad (n\geq m)$

出発点

ゲイン

原点 $(s=0)$ に極をもたないとき

$$|G(0)|=\frac{b_0}{a_0}\qquad (a\neq 0)$$

原点に l 位の極をもつとき

$$|G(0)|=\infty$$

位相

$$\angle G(j\omega)\to\angle\frac{b_0}{(j\omega)^l}=\angle\frac{1}{j^l}\cdot\frac{b_0}{\omega^l}$$

＝（ b_0 の符号）$\times l\times(-90^\circ)$

この方向の無限遠方から出発する

終点

ゲイン

終点 $\omega\to\infty$ のとき

$$|G(j\omega)|=0\quad (n>m)$$

$$|G(j\omega)|=b_m\quad (n=m)$$

位相

$$\angle G(j\omega)\approx\angle\frac{b_m}{(j\omega)^{n-m}}$$

＝（ b_m の符号）

$\times(n-m)\times(-90^\circ)$

この方向から原点に向う

(例) 原点 $(s=0)$ に極をもたないとき

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

$$G(s)=\frac{1}{(s+1)(s+2)}$$

$\frac{1}{s}$ が存在しない

(例) 原点に 1 位の極をもつとき $(l=1)$

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

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

$\frac{1}{s}$ が1つ存在する

(例) 原点に 2 位の極をもつとき $(l=2)$

$$G(s)=\frac{1}{s^2}$$

$$G(s)=\frac{1}{s^2(s+1)}$$

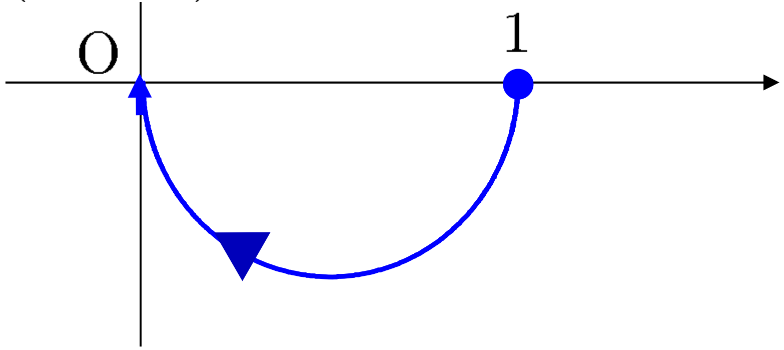
$\frac{1}{s}$ が2つ存在する

(例)原点$(s=0)$に極をもたないとき $(n>m)$

$$G(s)=\frac{1}{s+1}=\frac{\boxed{1}\times s^{\boxed{0}}}{s^{\boxed{1}}+1}$$

$\boxed{m=0}$

$\boxed{b_m=b_0=1}$ $\boxed{n=1}$



$n=1,\ m=0,\ n-m=1,\ l=0$

出発点

ゲイン

$\frac{1}{s}$ がないので $|G(0)|$を計算

$$|G(0)|=\frac{1}{0+1}=1$$

位相

$\frac{1}{s}$ がないので $l=0$

$\angle G(0)$ ＝(b_0 の符号)$\times l\times(-90^\circ)$

$=0^\circ$

終点

ゲイン

$n>m$ より

$$|G(\infty)|=0$$

位相

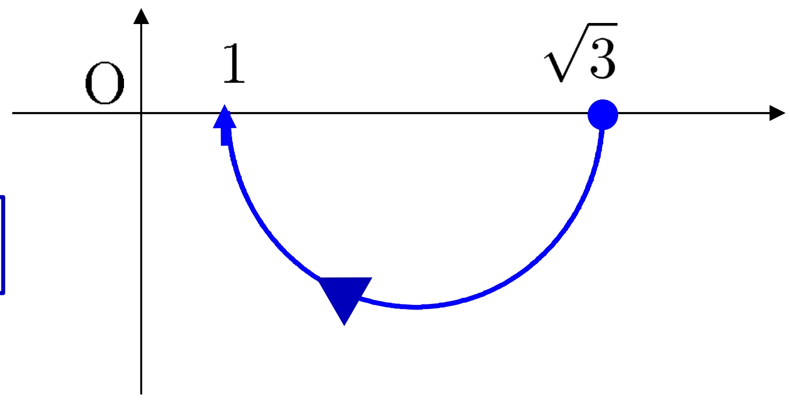
$\angle G(j\omega)$ ＝(b_m の符号)

$\times(n-m)\times(-90^\circ)$

$=-90^\circ$

(例)原点$(s=0)$に極をもたないとき $(n=m)$

$$G(s)=\frac{s+\sqrt{3}}{s+1}=\frac{\overbrace{\boxed{1}}^{b_1}\times \overbrace{\boxed{s^{1}}}^{m=1}+\overbrace{\boxed{\sqrt{3}}}^{b_0}\times s^{0}}{\underbrace{\boxed{s^{1}}}_{n=1}+1}$$



$n=1,\ m=1,\ n-m=0,\ l=0$

出発点

ゲイン

$\frac{1}{s}$ がないので $|G(0)|$を計算

$$|G(0)|=\frac{0+\sqrt{3}}{0+1}=\sqrt{3}$$

位相

$\frac{1}{s}$ がないので $l=0$

$\angle G(0)$ =(b_0 の符号)$\times l\times(-90^\circ)$

$$=0^\circ$$

終点

ゲイン

$$|G(\infty)|=b_1=1$$

位相

$\angle G(j\omega)$ =(b_m の符号)

$\times(n-m)\times(-90^\circ)$

$$=0^\circ$$

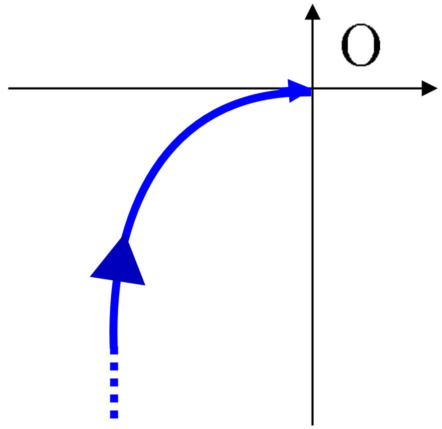
(例) 原点に1位の極をもつとき

$$G(s) = \frac{1}{\boxed{s}(s+1)} = \frac{\boxed{1}}{\boxed{s^2}+s}$$

$b_m = b_0 = 1$

$l = 1$

$n = 2$



$n = 2,\ m = 0,\ n - m = 2,\ l = 1$

出発点

ゲイン

$\frac{1}{s}$ がある $|G(0)| = \infty$

位相

$\frac{1}{s}$ が1つある $(l = 1)$

$\angle G(j\omega)$ =（ b_0 の符号）$\times l \times (-90^\circ)$

$= -90^\circ$

終点

ゲイン

$n > m$ より

$|G(\infty)| = 0$

位相

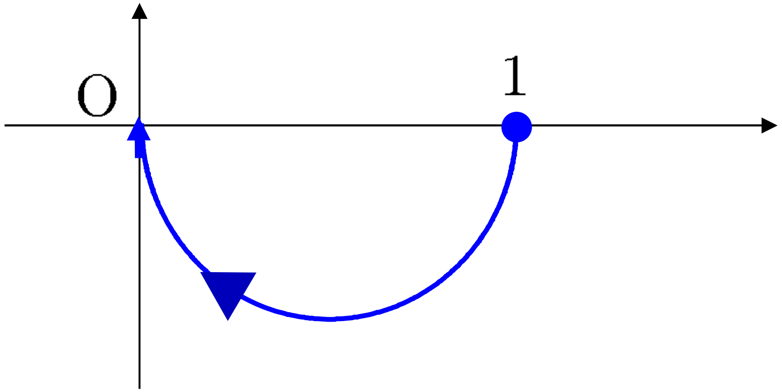
$\angle G(j\omega)$ =（ b_m の符号）

$\times (n - m) \times (-90^\circ)$

$= -180^\circ$

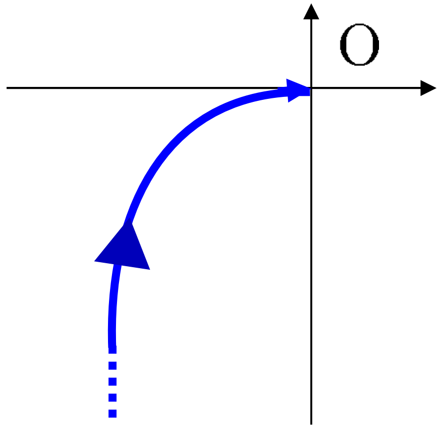
原点$(s=0)$に極をもたないとき

$$G(s)=\frac{1}{s+1}\quad(n-m=1,\ l=0)$$



原点に1位の極をもつとき

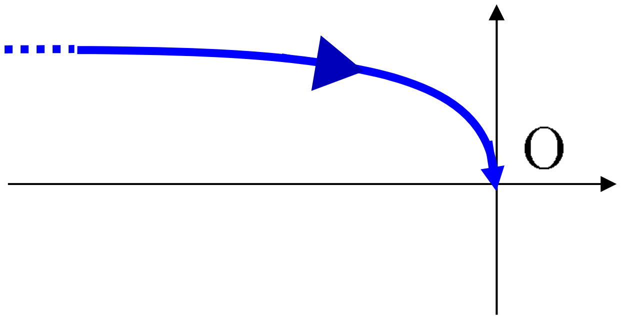
$$G(s)=\frac{1}{s(s+1)}\quad(n-m=2,\ l=1)$$



原点に2位の極をもつとき

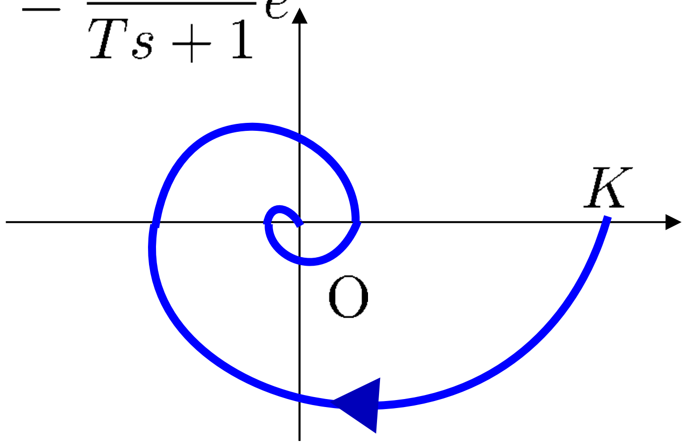
$$G(s)=\frac{1}{s^2(s+1)}$$

$$(n-m=3,\ l=2)$$



むだ時間を含む系

$$G(s)=\frac{K}{Ts+1}e^{-Ls}$$

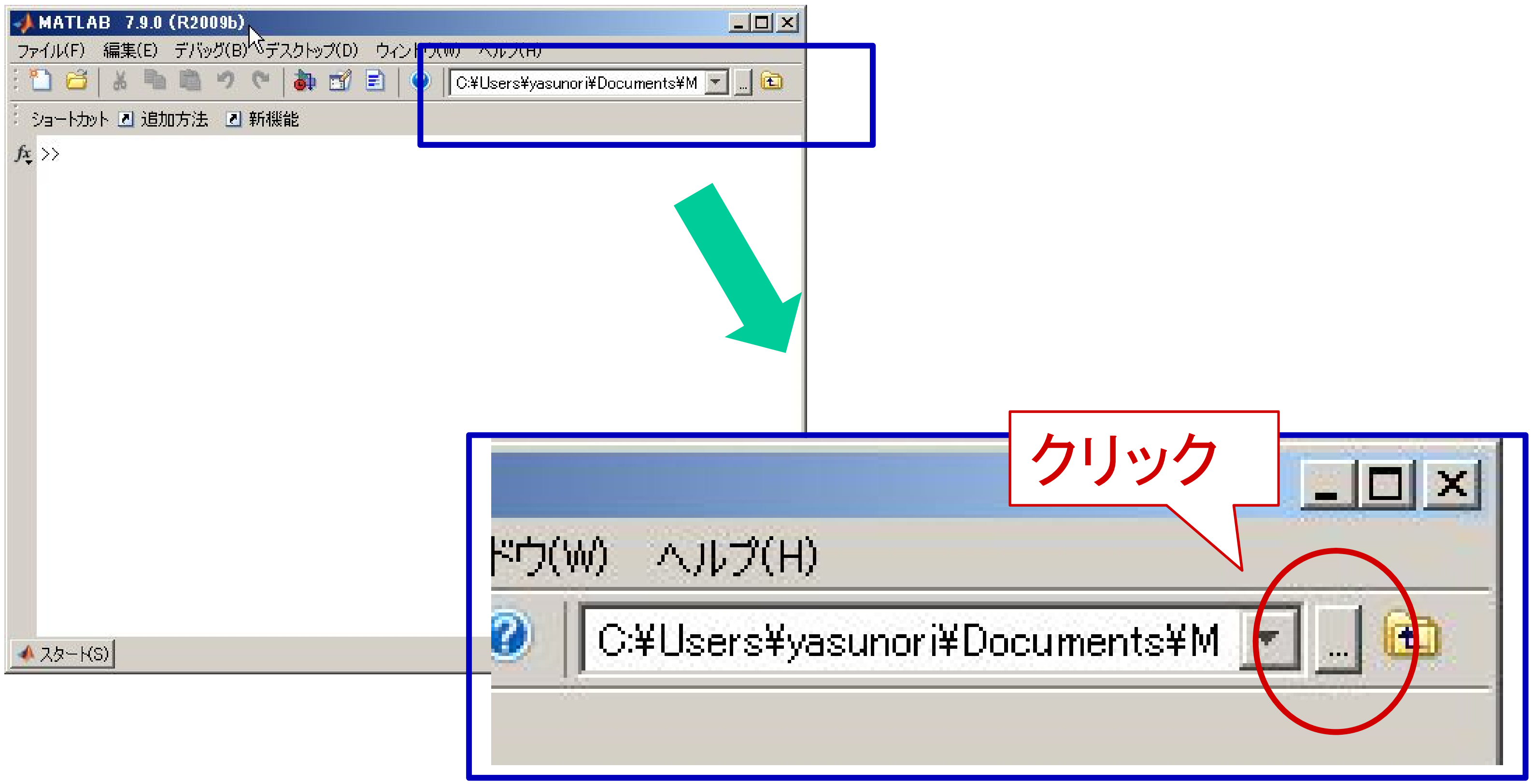


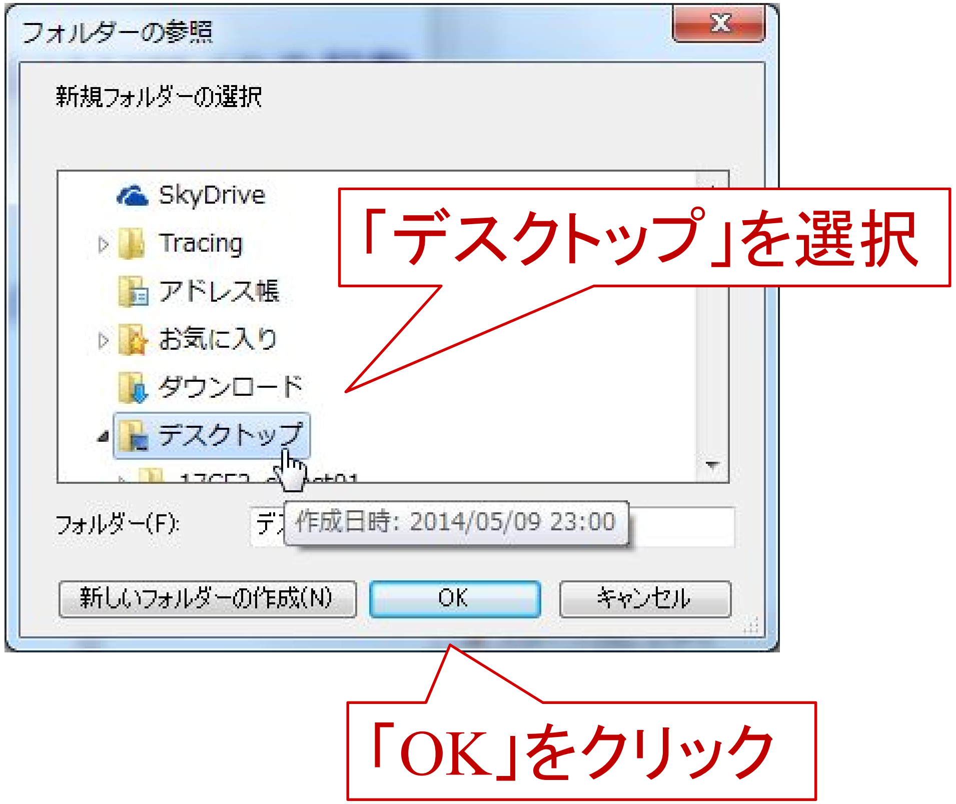
MATLABの準備

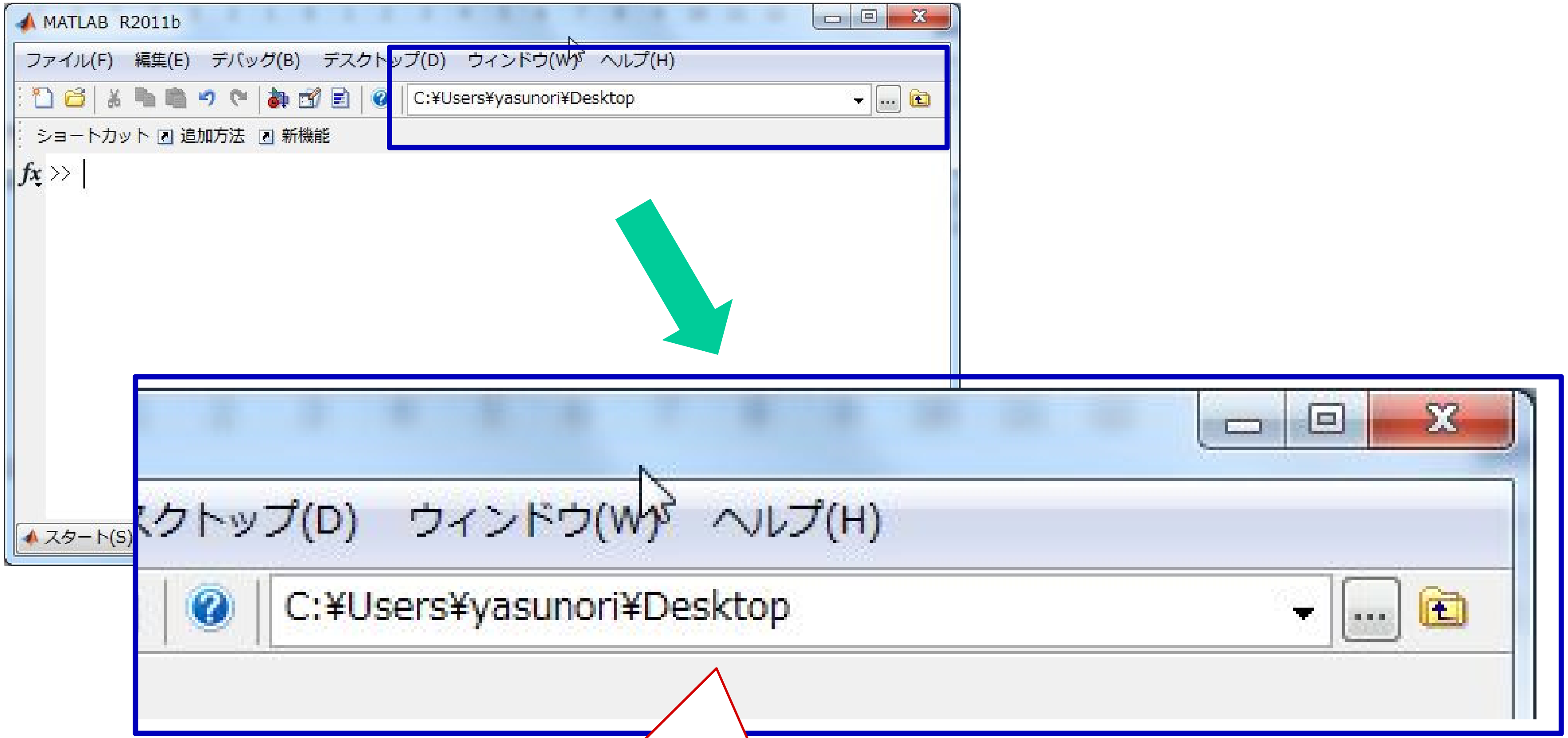
(a) MATLABの起動

をクリック

(b) カレントフォルダの設定



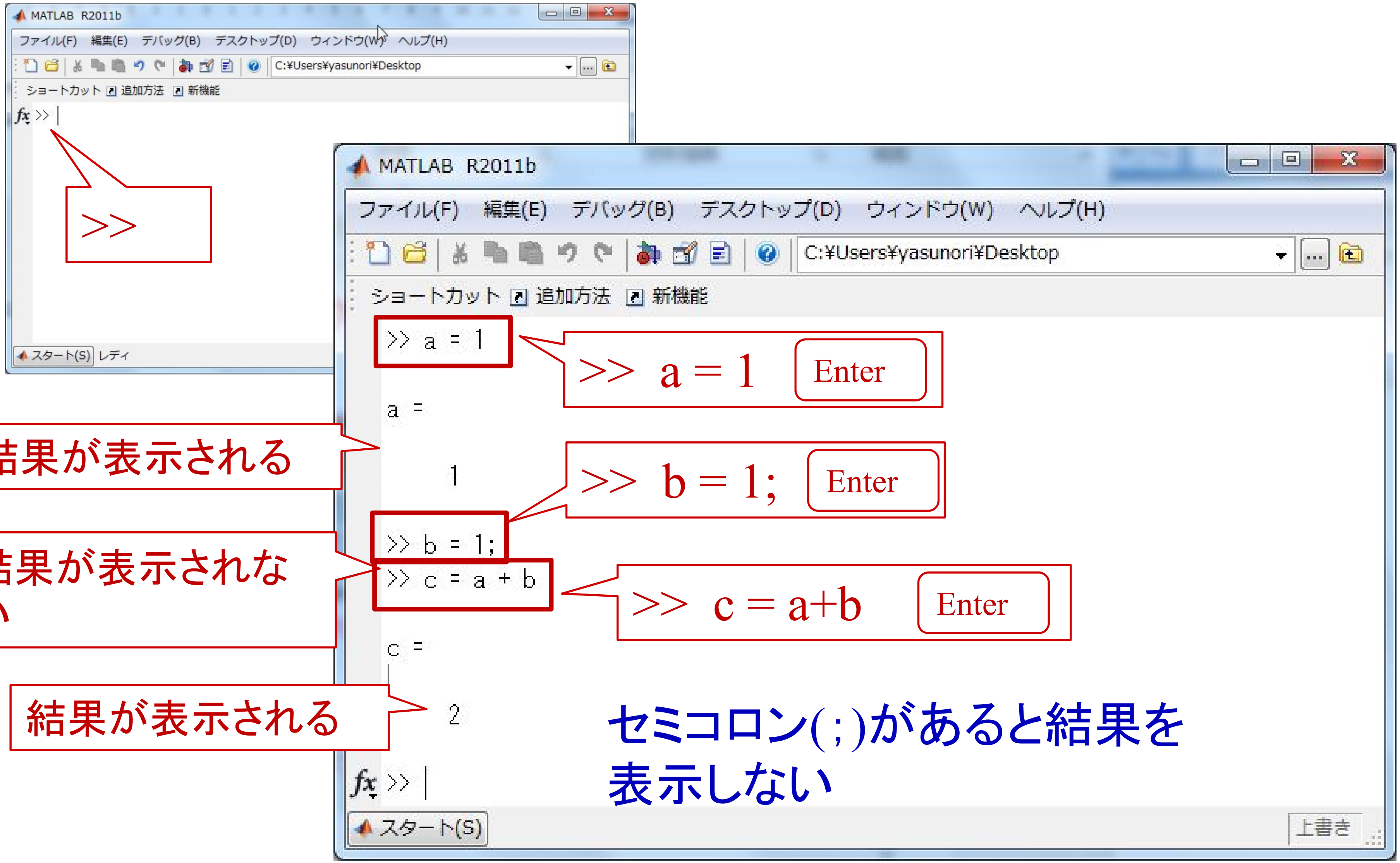

フォルダーの参照
新規フォルダーの選択
SkyDrive
Tracing
アドレス帳
お気に入り
ダウンロード
デスクトップ
フォルダー(F):
作成日時: 2014/05/09 23:00
新しいフォルダーの作成(N)
OK
キャンセル
「デスクトップ」を選択
「OK」をクリック


MATLAB R2011b
ファイル(F) 編集(E) デバッグ(B) デスクトップ(D) ウィンドウ(W) ヘルプ(H)
C:¥Users¥yasunori¥Desktop
ショートカット 追加方法 新機能
スタート(S)
スクトップ(D) ウィンドウ(W) ヘルプ(H)
C:¥Users¥yasunori¥Desktop

「…… ¥Desktop」に変更

エディタとコマンドウィンドウ

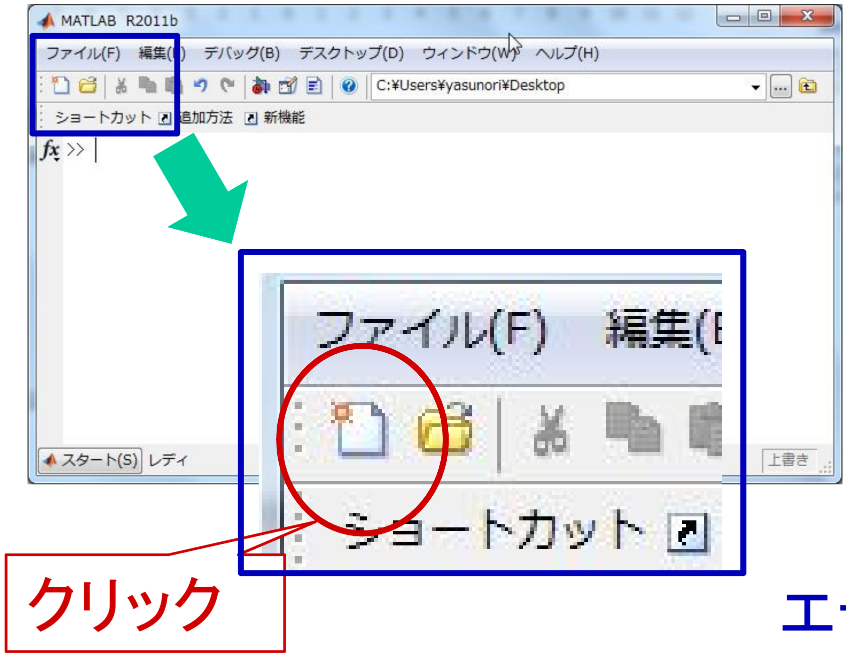
コマンドウィンドウ



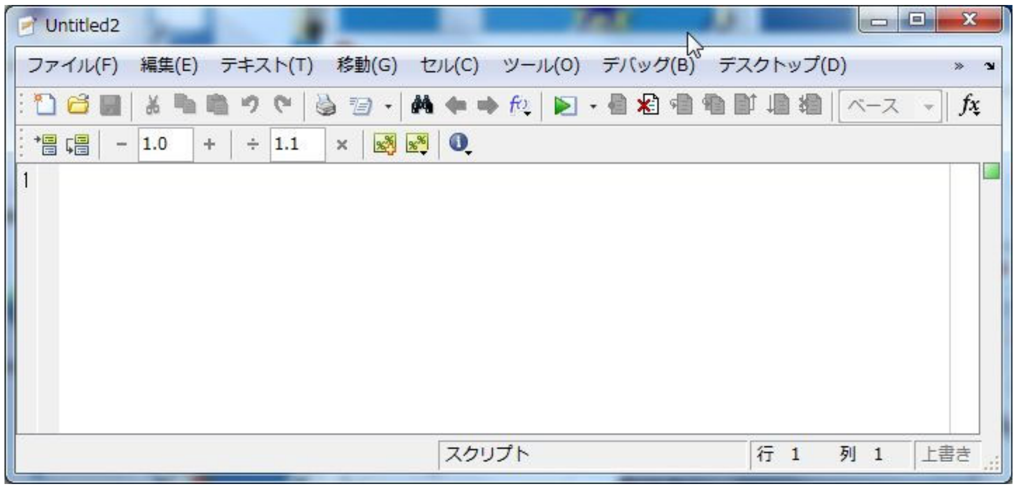
セミコロン(;)があると結果を表示しない

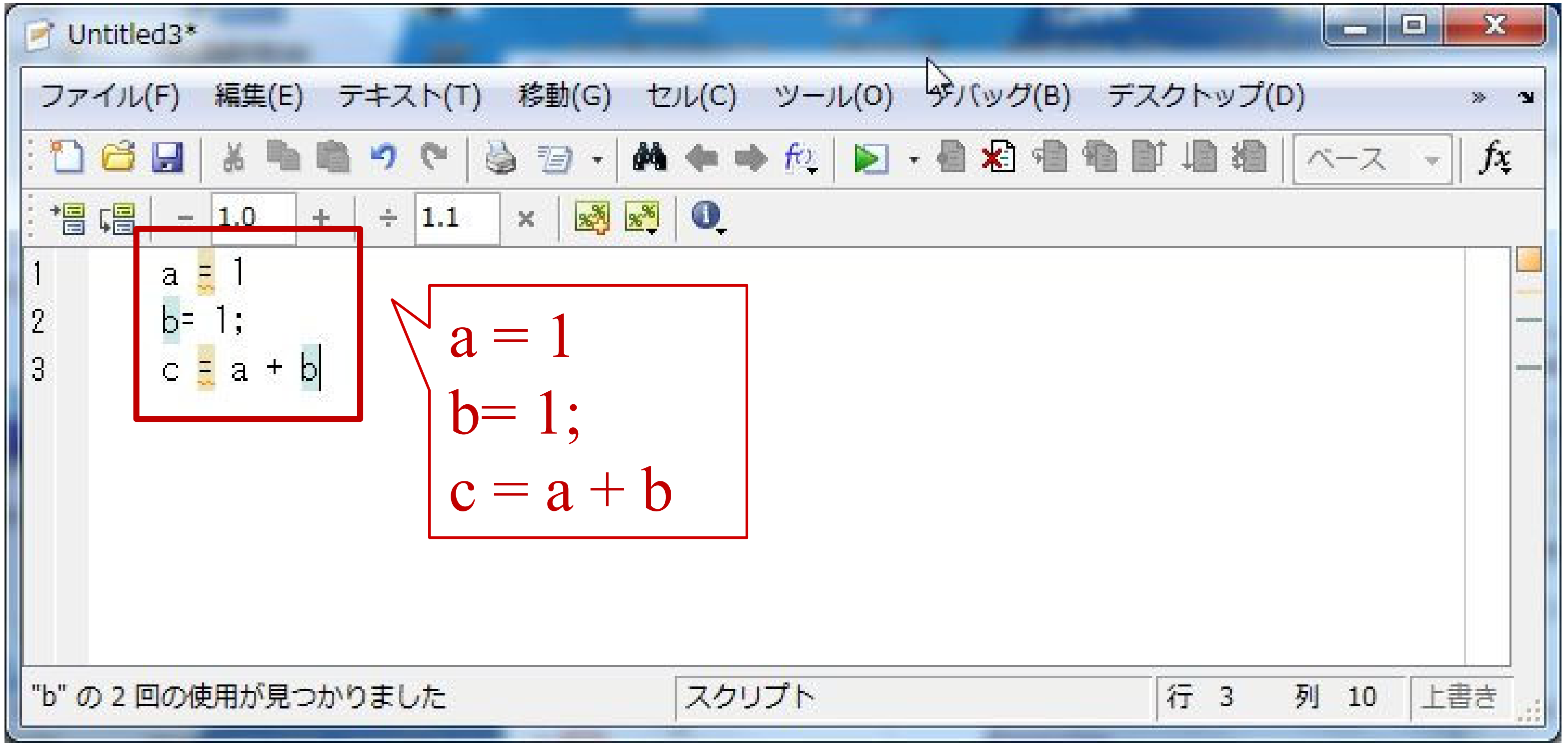
エディタとコマンドウィンドウ

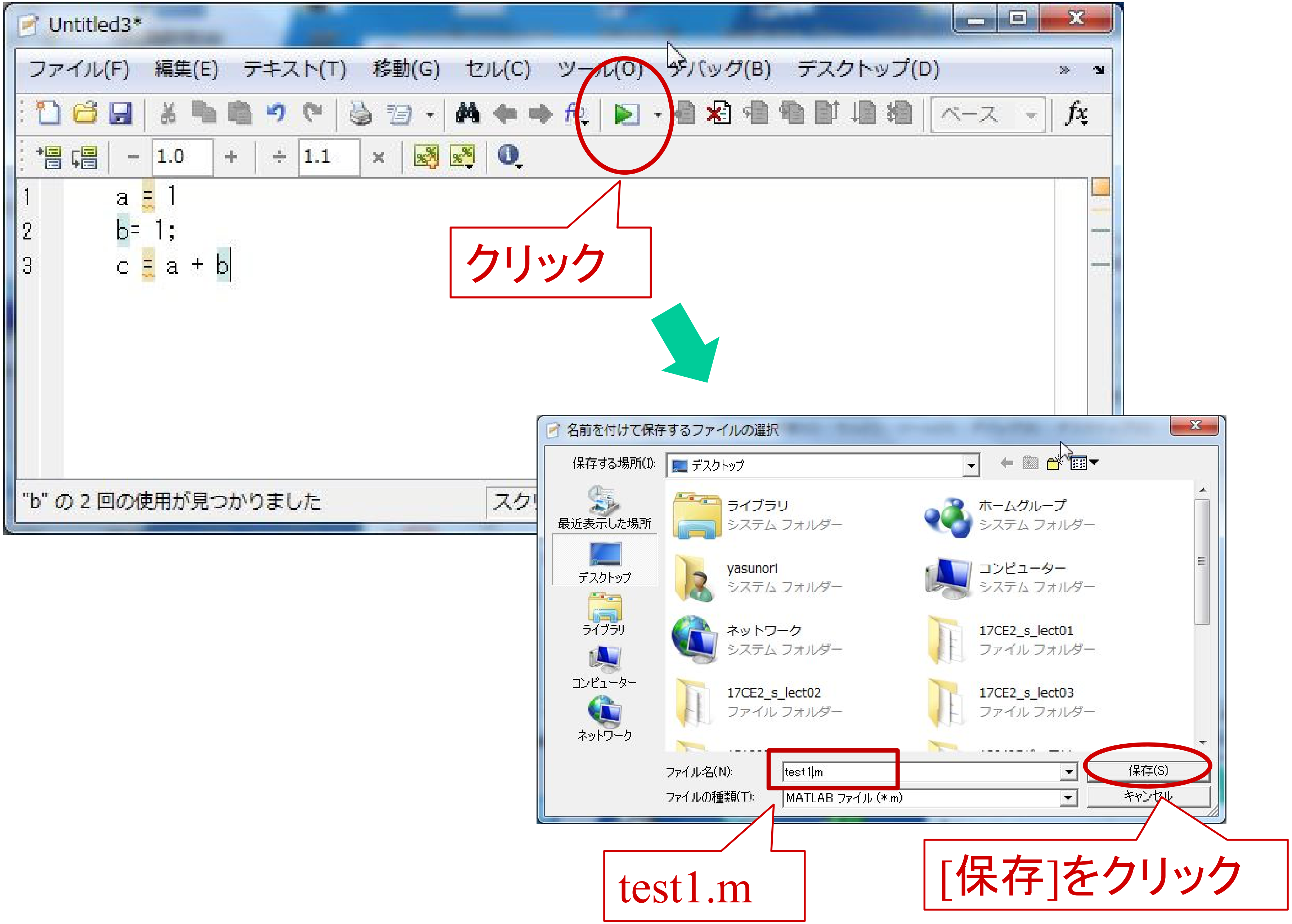
エディタの起動



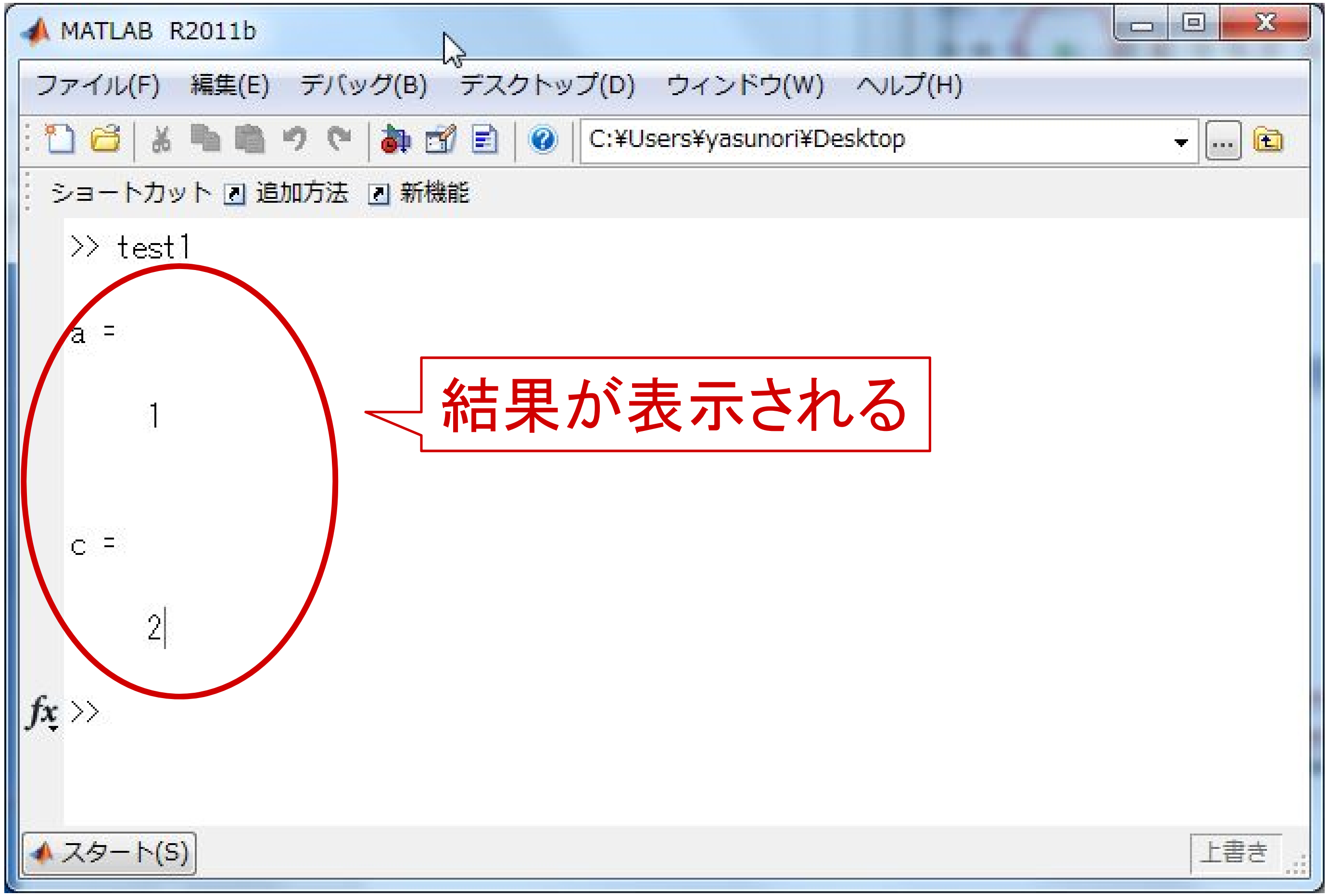
エディタ



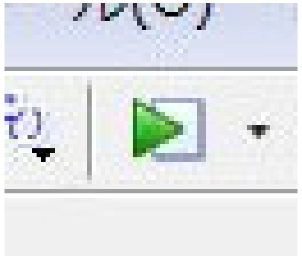

Untitled3*
ファイル(F) 編集(E) テキスト(T) 移動(G) セル(C) ツール(O) デバッグ(B) デスクトップ(D)
ベース
1.0
1.1
a = 1
b= 1;
c = a + b
"b" の 2 回の使用が見つかりました
スクリプト
行 3 列 10
上書き
a = 1
b= 1;
c = a + b


Untitled3*
ファイル(F) 編集(E) テキスト(T) 移動(G) セル(C) ツール(O) デバッグ(B) デスクトップ(D)
a = 1
b= 1;
c = a + b
クリック
"b" の 2 回の使用が見つかりました
名前を付けて保存するファイルの選択
保存する場所(I):
デスクトップ
ファイル名(N):
test1.m
ファイルの種類(T):
MATLAB ファイル (*.m)
保存(S)
キャンセル
test1.m
[保存]をクリック

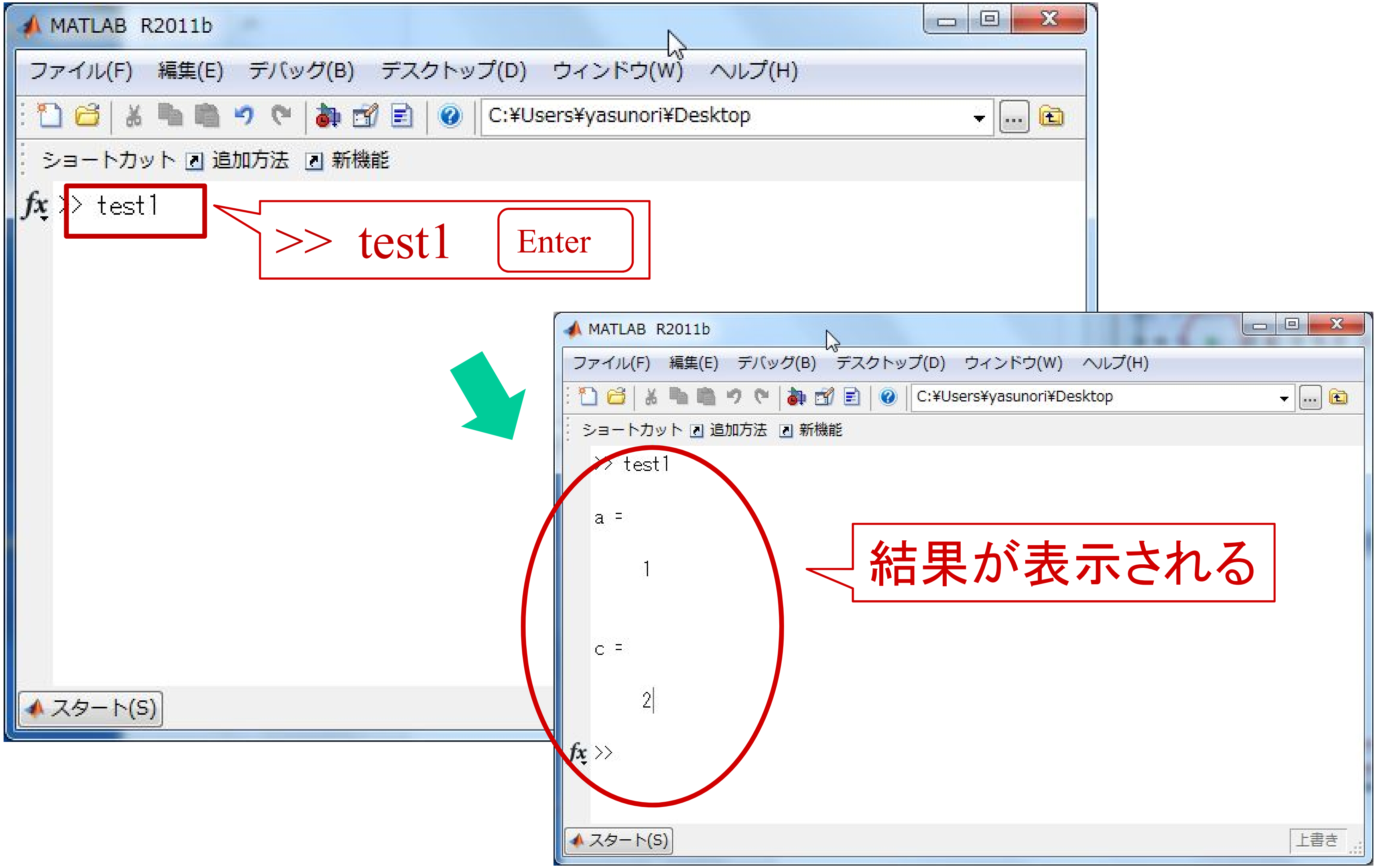
コマンドウィンドウ



MATLAB R2011b
ファイル(F) 編集(E) デバッグ(B) デスクトップ(D) ウィンドウ(W) ヘルプ(H)
C:¥Users¥yasunori¥Desktop
ショートカット 追加方法 新機能
>> test1
a =
1
c =
2
>>
結果が表示される
スタート(S)
上書き

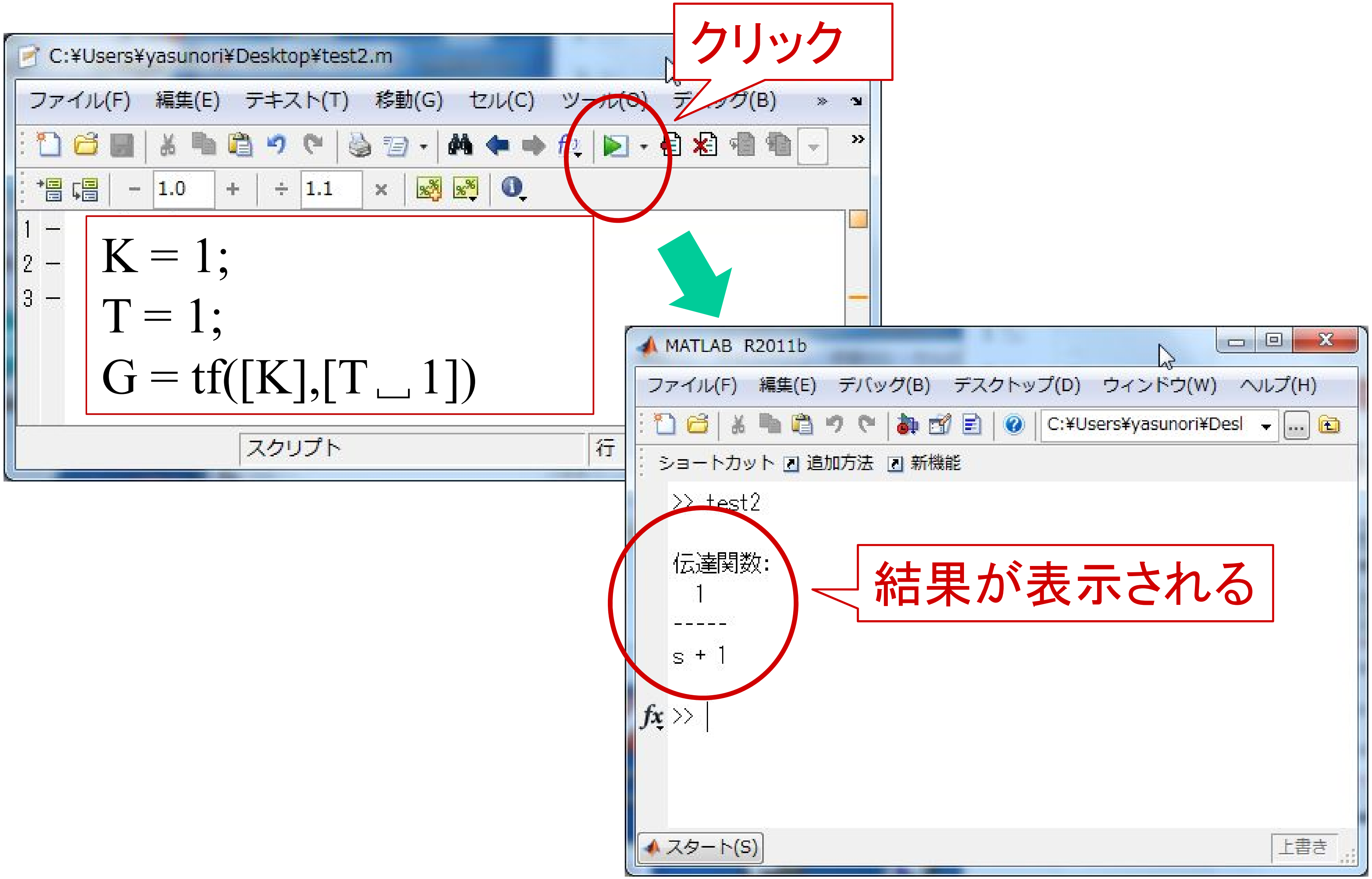


をクリックする代わりにコマンドウィンドウで実行



伝達関数の使い方

1 次系 $G(s) = \dfrac{K}{Ts + 1}$



伝達関数

Tf ([分子の係数], [分母の係数])

【問題】次の伝達関数をMATLABで定義せよ。

(1) $$G(s) = \frac{1}{s^2 + s + 1}$$

(2) $$G(s) = \frac{1}{s^2 + 1}$$

伝達関数の演算

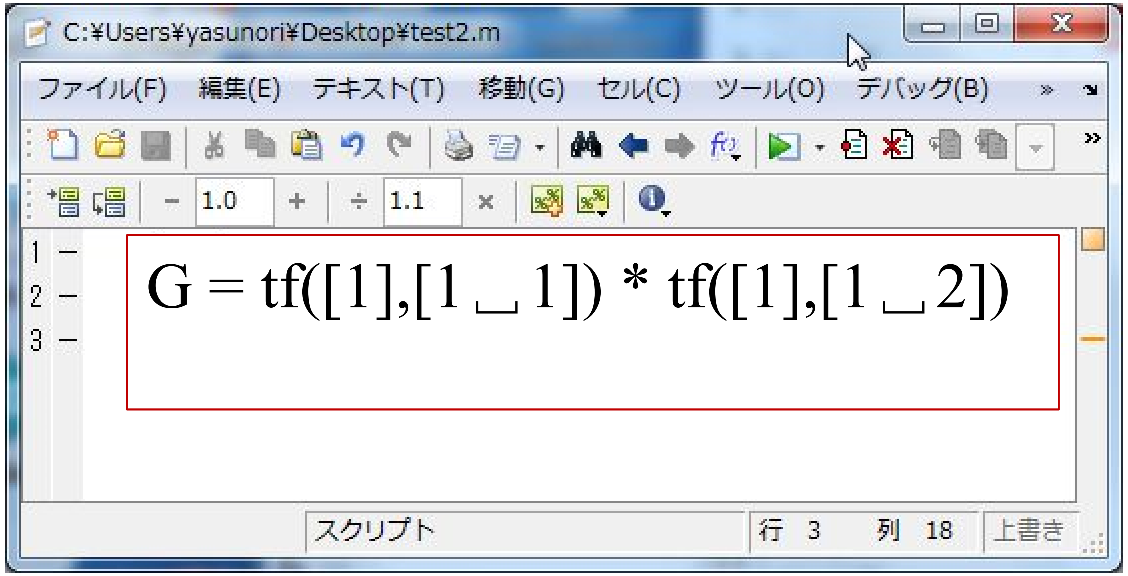
$$G(s) = \frac{1}{(s+1)(s+2)}$$

式展開しても可能だが

$$G(s) = \frac{1}{s^2+3s+2}$$

乗算可能

$$G(s) = \frac{1}{s+1} \cdot \frac{1}{s+2}$$



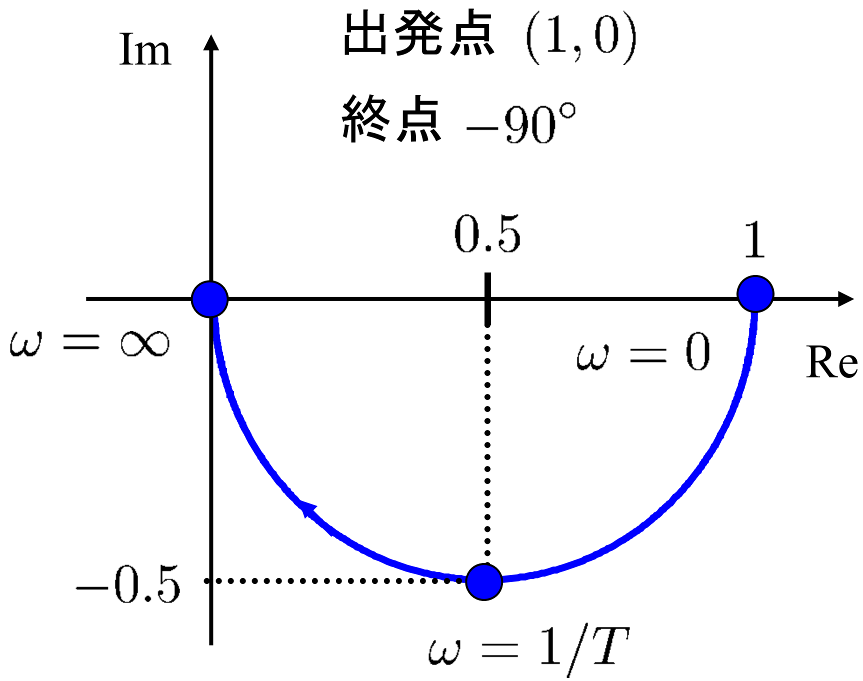
【問題】次の伝達関数をMATLABで定義せよ。

(1) $$G(s) = \frac{1}{s(1+2s)(1+3s)}$$

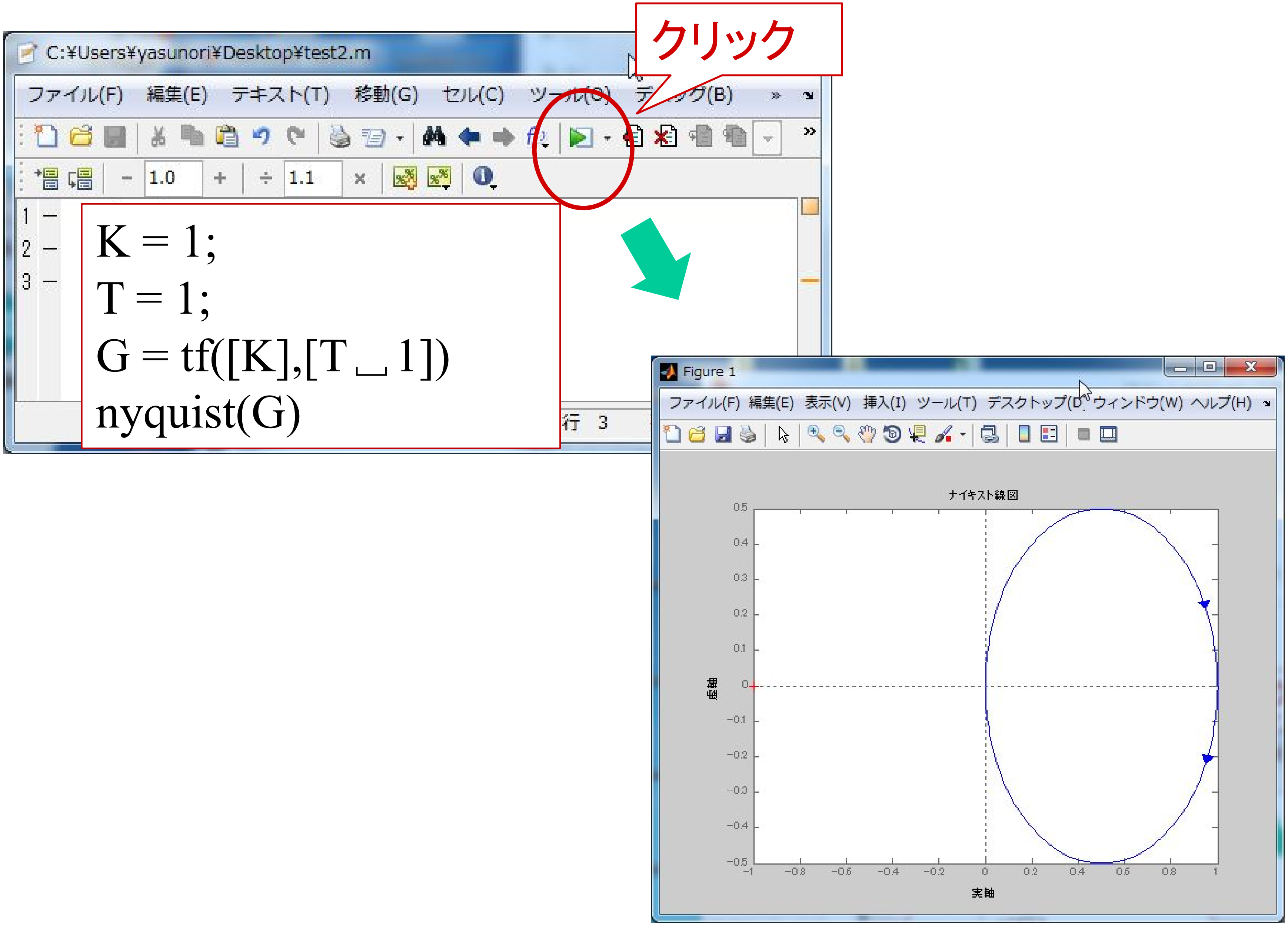
(2) $$G(s) = \frac{s+1}{s^2(s+10)}$$

【復習】

1 次系 $G(s) = \dfrac{1}{Ts+1} \quad (K=1)$

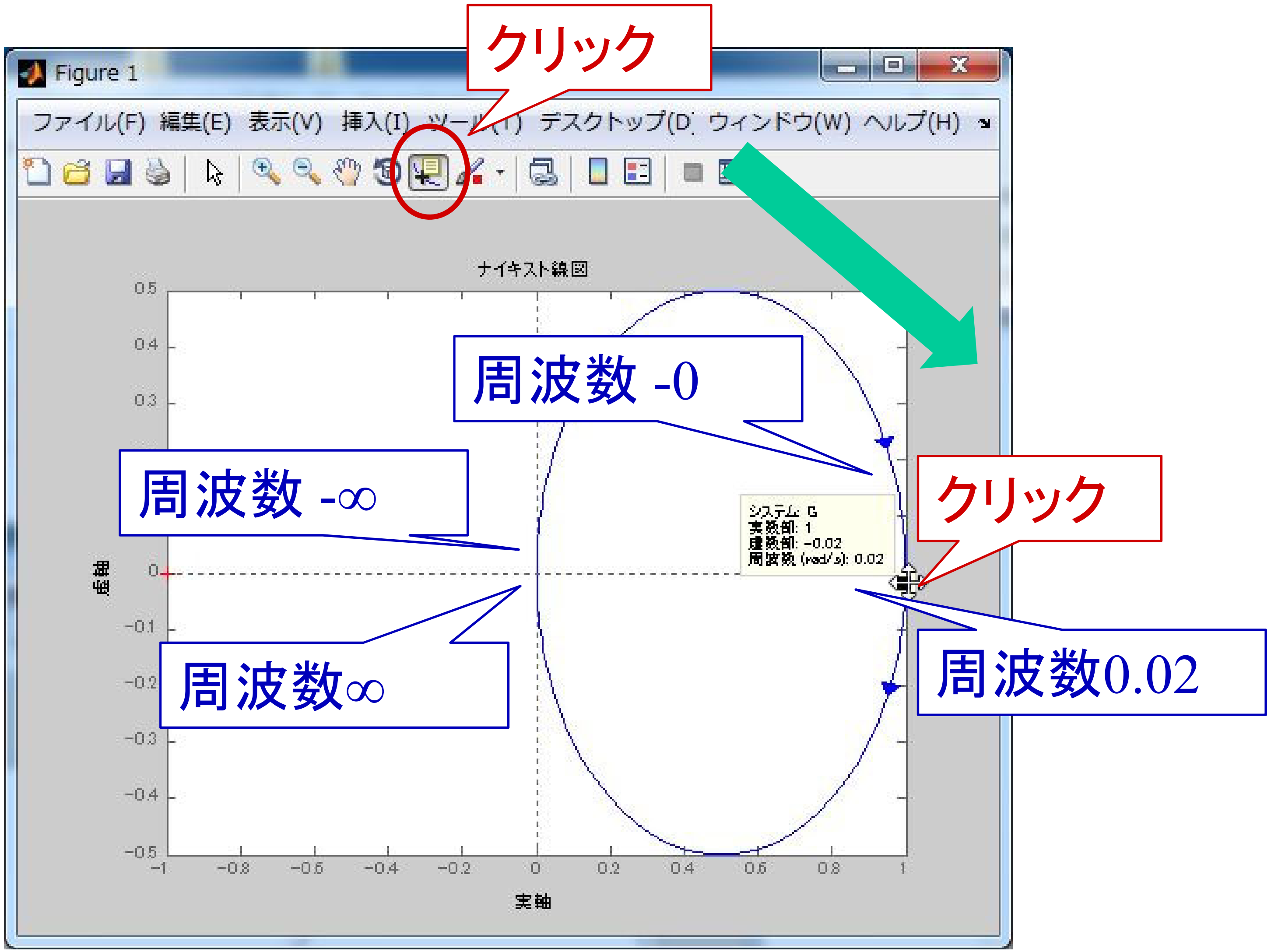


ベクトル軌跡の使い方


C:¥Users¥yasunori¥Desktop¥test2.m
ファイル(F) 編集(E) テキスト(T) 移動(G) セル(C) ツール(O) デバッグ(B)
クリック
K = 1;
T = 1;
G = tf([K],[T␣1])
nyquist(G)
行 3
Figure 1
ファイル(F) 編集(E) 表示(V) 挿入(I) ツール(T) デスクトップ(D) ウィンドウ(W) ヘルプ(H)
ナイキスト線図
虚軸
実軸

$\omega = -\infty \sim \infty$ のベクトル軌跡 ➡ ナイキスト軌跡

$\omega = 0 \sim \infty$ ➡ ベクトル軌跡



図の保存

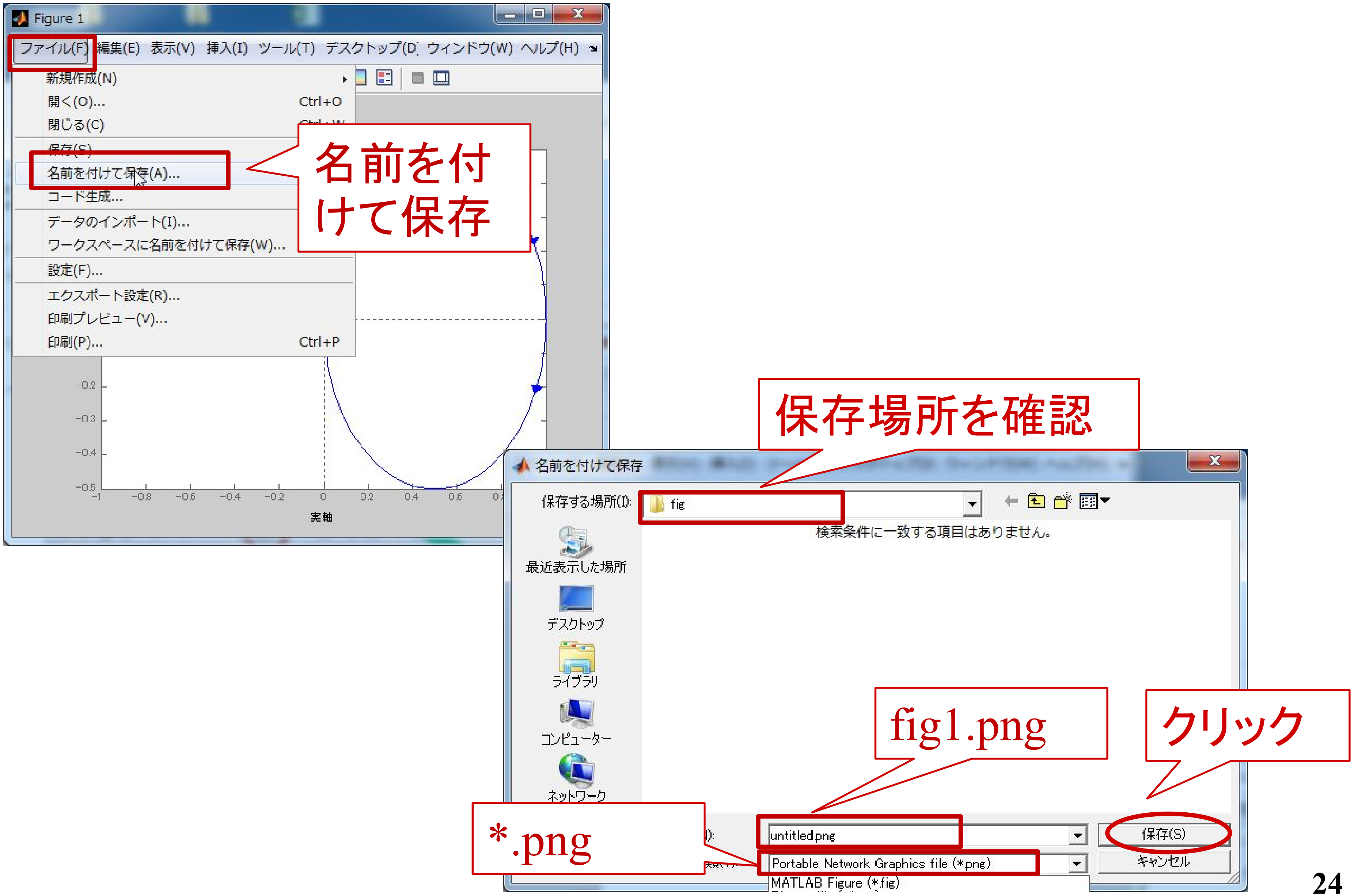
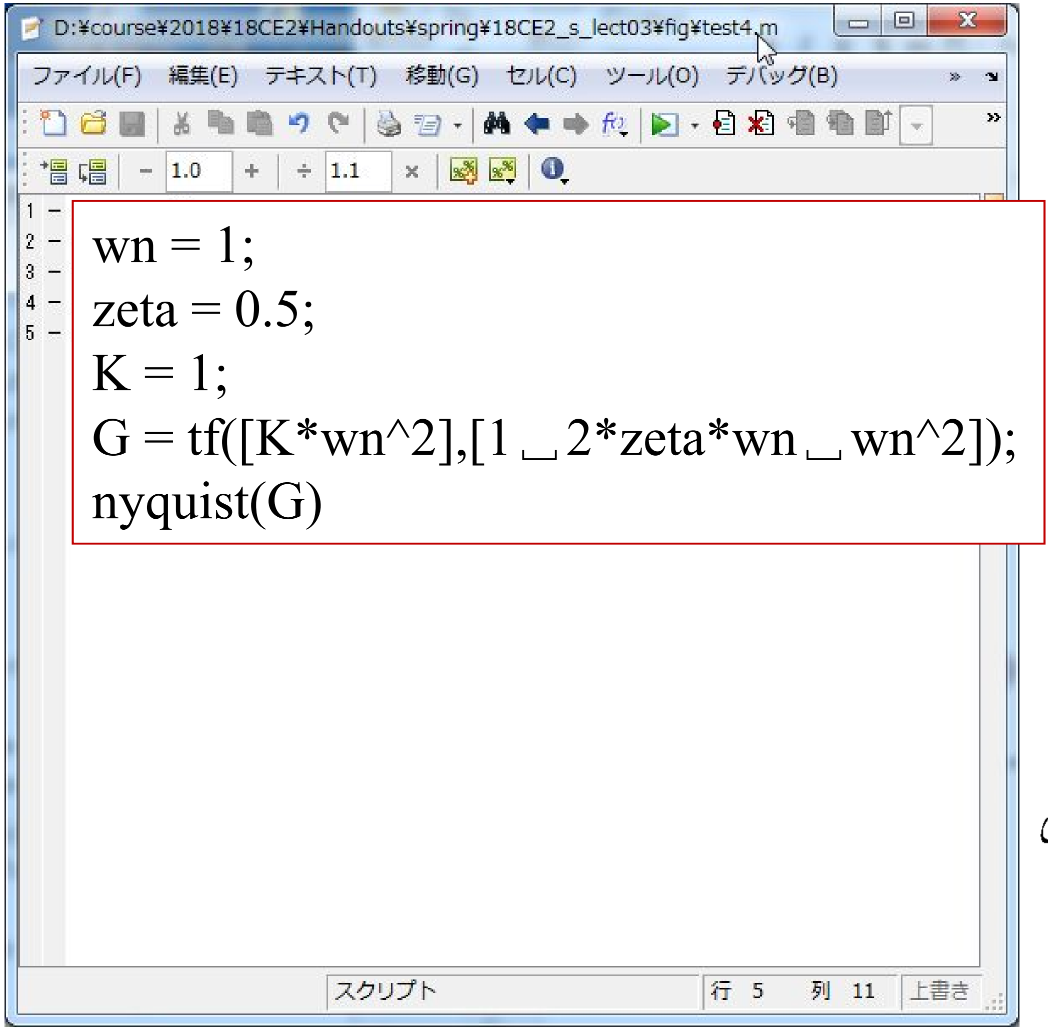
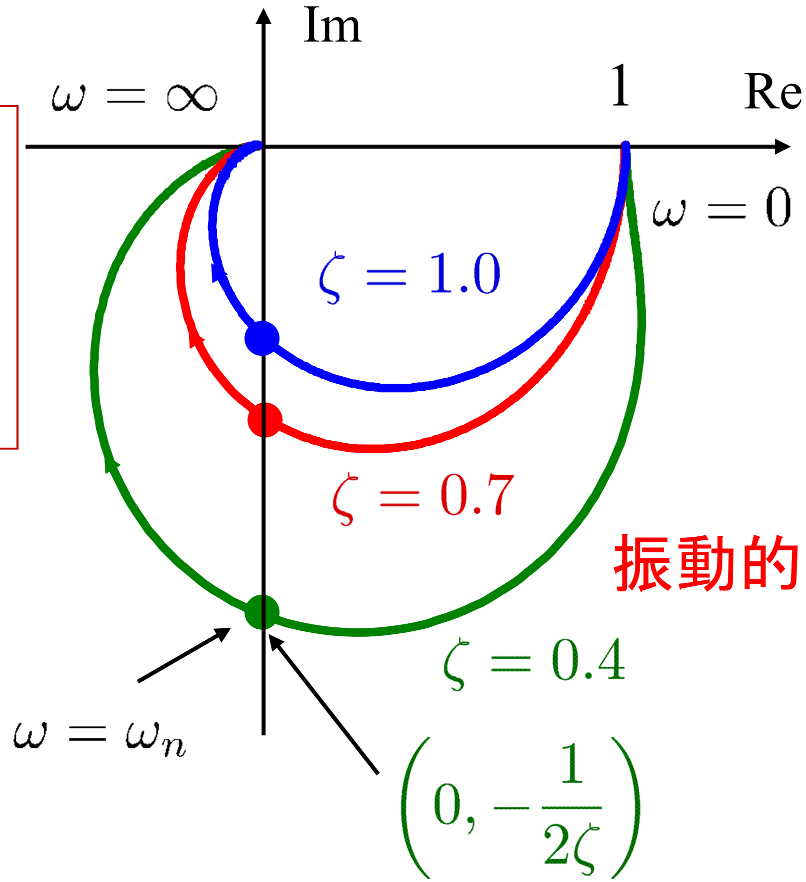


Figure 1
ファイル(F) 編集(E) 表示(V) 挿入(I) ツール(T) デスクトップ(D) ウィンドウ(W) ヘルプ(H)
新規作成(N)
開く(O)... Ctrl+O
閉じる(C)
保存(S)
名前を付けて保存(A)...
コード生成...
データのインポート(I)...
ワークスペースに名前を付けて保存(W)...
設定(F)...
エクスポート設定(R)...
印刷プレビュー(V)...
印刷(P)... Ctrl+P
名前を付けて保存
実軸
保存場所を確認
名前を付けて保存
保存する場所(I):
fig
検索条件に一致する項目はありません。
最近表示した場所
デスクトップ
ライブラリ
コンピューター
ネットワーク
fig1.png
クリック
untitled.png
保存(S)
*.png
Portable Network Graphics file (*.png)
キャンセル
MATLAB Figure (*.fig)

2次系 $G(s) = \dfrac{\omega_n^2}{s^2 + 2\zeta\omega_n s + \omega_n^2}, \quad (K=1)$





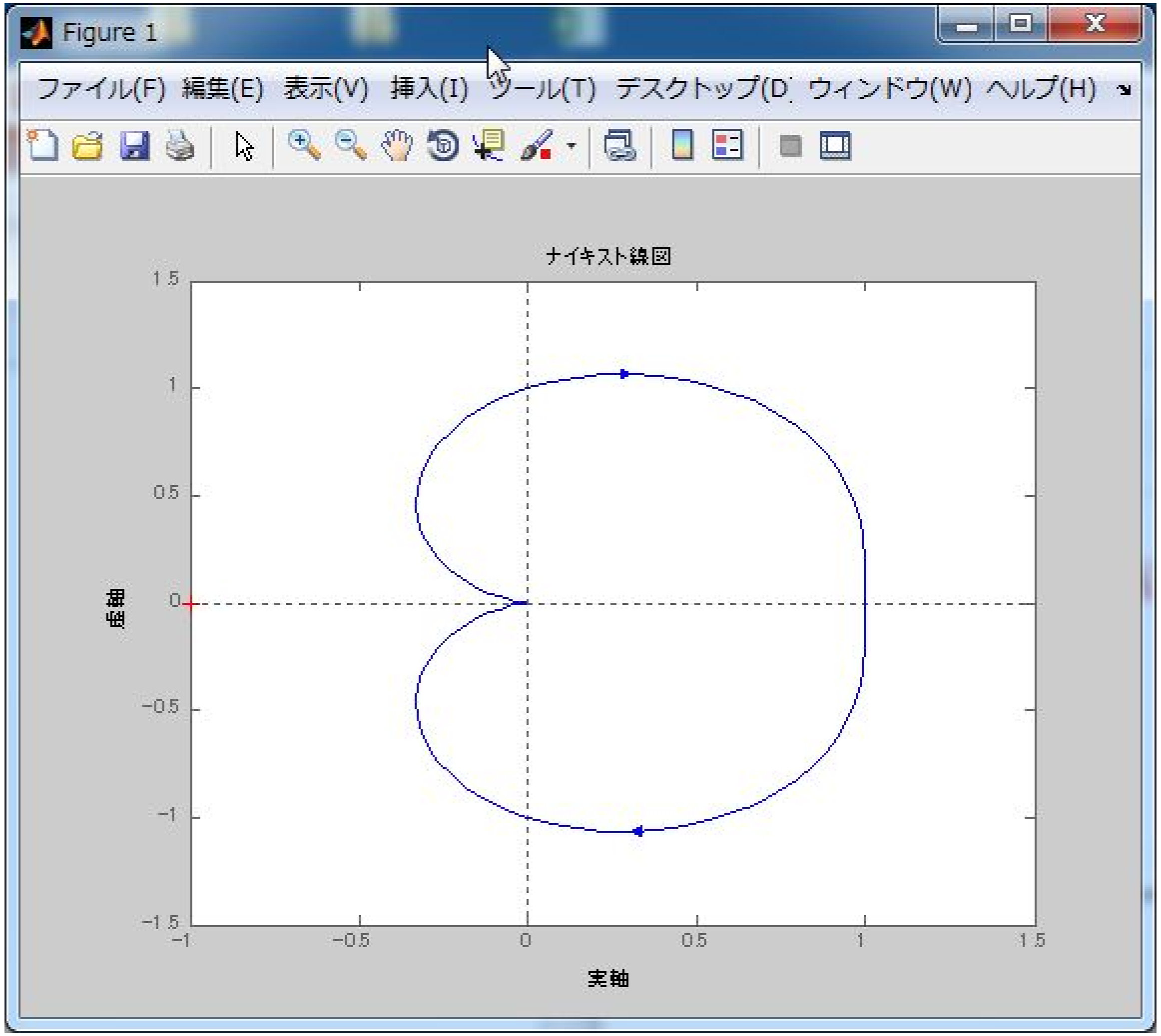
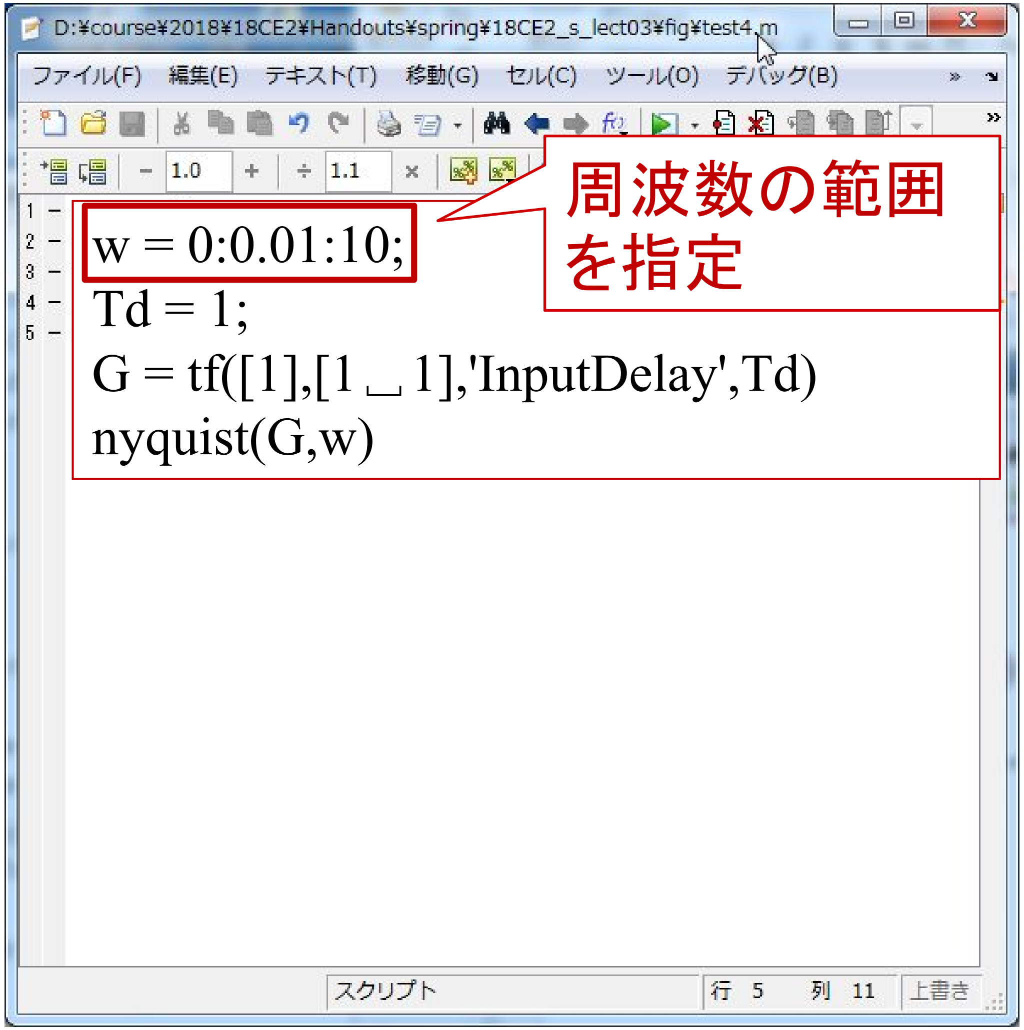


Figure 1
ファイル(F) 編集(E) 表示(V) 挿入(I) ツール(T) デスクトップ(D) ウィンドウ(W) ヘルプ(H)
ナイキスト線図
1.5
1
0.5
0
−0.5
−1
−1.5
−1
−0.5
0
0.5
1
1.5
虚軸
実軸

むだ時間系 $G(s) = \dfrac{1}{s+1}e^{-T_d s}$



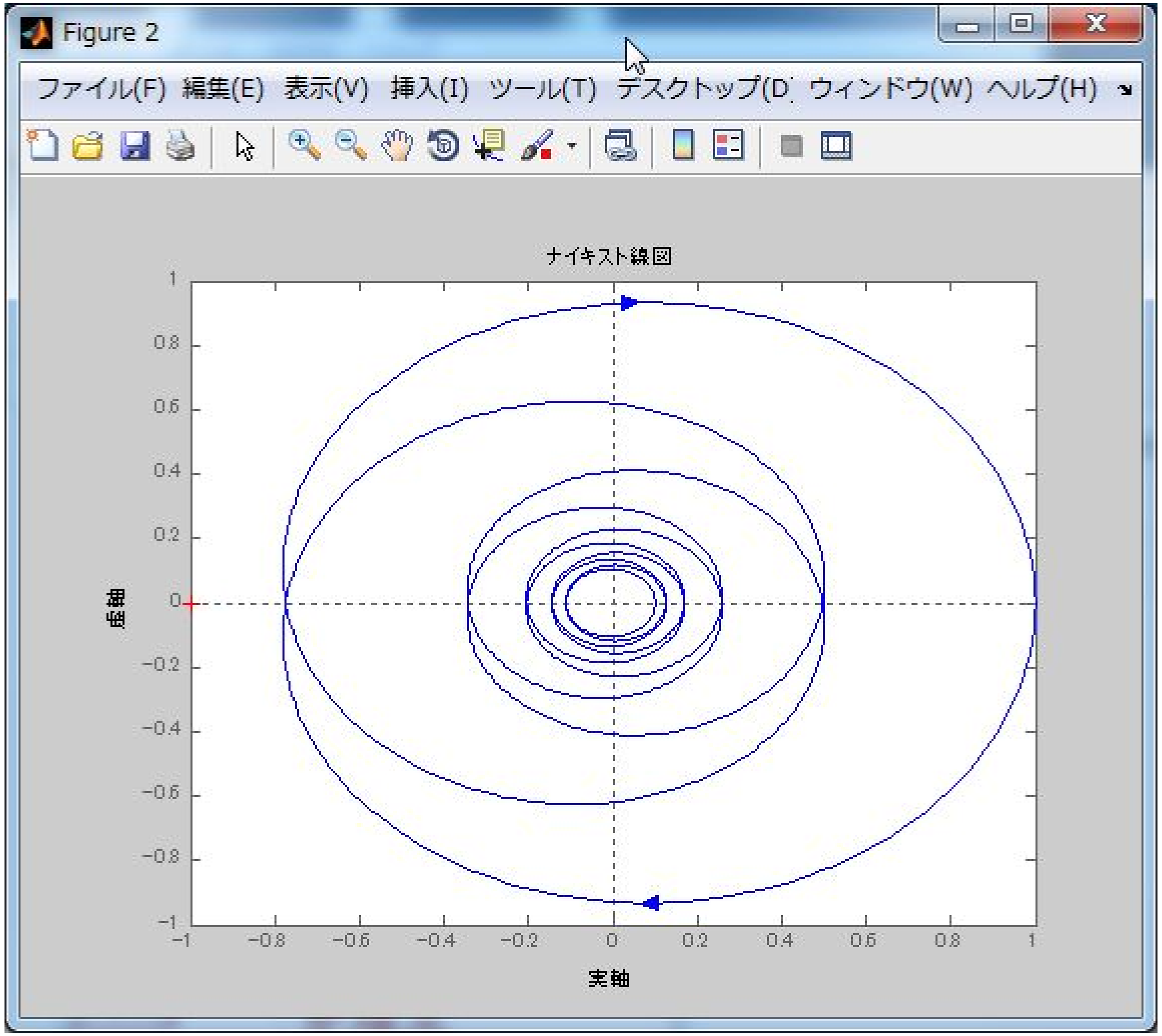


Figure 2
ファイル(F) 編集(E) 表示(V) 挿入(I) ツール(T) デスクトップ(D) ウィンドウ(W) ヘルプ(H)
ナイキスト線図
虚軸
実軸
1
0.8
0.6
0.4
0.2
0
−0.2
−0.4
−0.6
−0.8
−1
−1
−0.8
−0.6
−0.4
−0.2
0
0.2
0.4
0.6
0.8
1

第 5 章 :周波数応答

5.2 ベクトル軌跡(MATLAB演習)

キーワード : ベクトル軌跡

学習目標 : MATLABを用いてベクトル軌跡を描けるようになる。