9. 2階線形非斉次方程式

目標

- 2階線形非斉次方程式の意味が理解できる
- 定数変化法により2階線形非斉次方程式が解ける

9.1　2階線形非斉次方程式とは

- 2階線形方程式

$$y'' + p(x)\,y' + q(x)\,y = r(x) \qquad (9.1)$$

において、$r(x) \neq 0$ である方程式を2階線形非斉次方程式(または2階線形非同次方程式)という。

また、$r(x)$を非斉次項という。

9.2 定数変化法による解き方

- 2階線形斉次方程式

$$y'' + p(x)\,y' + q(x)\,y = 0 \qquad (9.2)$$

の一般解は、2つの基本解y_1とy_2を用いて、$y = C_{10}y_1 + C_{20}y_2$で表される。

- この式において、2つの任意定数C_{10}とC_{20}を2つのxの未知関数c_1とc_2で置き換え、

$$y = c_1y_1 + c_2y_2 \qquad (9.3)$$

として2階線形非斉次方程式(9.1)を解く。ここでは、y_1とy_2の関数形を既知とするので、2つの未知関数c_1とc_2が求まれば良い。

- そのために、c_1とc_2に関する2つの1次方程式を導出する。
- 4つの関数c_1, c_2, y_1, y_2がxの関数であることに注意すると、yの1階導関数は

$$y' = c_1'y_1 + c_2'y_2 + c_1y_1' + c_2y_2'$$

となる。

- ここで、以下の計算を簡単にすべく、c_1'とc_2'に関する1次方程式の1つとして、

$$c_1'y_1 + c_2'y_2 = 0 \qquad (9.4)$$

と与えて導出を進める。

- これにより式(9.3)の1階導関数は

$$y' = c_1 y_1' + c_2 y_2' \qquad (9.5)$$

と簡潔になり、式(9.3)の2階導関数は

$$y'' = c_1 y_1'' + c_2 y_2'' + c_1' y_1' + c_2' y_2' \qquad (9.6)$$

となった。式(9.3), (9.5), (9.6)を式(9.1)に代入し整理する。

$$(c_1 y_1'' + c_2 y_2'' + c_1' y_1' + c_2' y_2') + (c_1 y_1' + c_2 y_2')\, p(x) + (c_1 y_1 + c_2 y_2)\, q(x) = r(x)$$

より、

$$c_1 \{y_1'' + p(x) y_1' + q(x)\, y_1\} + c_2 \{y_2'' + p(x) y_2' + q(x)\, y_2\} + (c_1' y_1' + c_2' y_2') = r(x)$$

となる。

- ここで、y_1とy_2は対応する2階線形斉次方程式(9.2)の解であるので、左辺第1 – 2項はともにゼロとなる。よって

$$c_1{}'y_1{}' + c_2{}'y_2{}' = r(x) \qquad (9.7)$$

となり、$c_1{}'$と$c_2{}'$に関する式がもう一つ得られた。

- 式(9.4)と式(9.7)を連立させて$c_1{}'$と$c_2{}'$を解くと、

$$c_1' = -\frac{r(x)y_2}{w}$$

$$c_2' = \frac{r(x)y_1}{w}$$

となる。

- それぞれxで積分すると

$$c_1 = -\int \frac{r(x)y_2}{w}\mathrm{d}x + C_1$$

$$c_2 = \int \frac{r(x)y_1}{w}\mathrm{d}x + C_2$$

- ここに、C_1とC_2は任意定数である。よって非斉次方程式の一般解は

$$y = c_1 y_1 + c_2 y_2 = \left\{-\int \frac{r(x)y_2}{w}\mathrm{d}x + C_1\right\} y_1 + \left\{\int \frac{r(x)y_1}{w}\mathrm{d}x + C_2\right\} y_2$$

$$= -y_1 \int \frac{r(x)y_2}{w}\mathrm{d}x + y_2 \int \frac{r(x)y_1}{w}\mathrm{d}x + C_1 y_1 + C_2 y_2 \quad (9.8)$$

となる。

- 式(9.2)は2階微分方程式であるので、その一般解(9.8)は2つの任意定数C_1とC_2を含む。
- 式(9.8)の右辺の第1項と第2項は非斉次方程式の特殊解である。
- また、第3項と第4項は対応する斉次方程式(9.2)の一般解である。

例題9.1 $y'' + \frac{x}{x+1}y' - \frac{1}{x+1}y = x+1$ を解く。

(解)　対応する斉次方程式 $y'' + \frac{x}{x+1}y' - \frac{1}{x+1}y = 0$

の2つの基本解は、例題8.3にあるように

$y_1 = x$ と $y_2 = \exp(-x)$ である。よってロンスキアン w は

$$w = \begin{vmatrix} x & \exp(-x) \\ 1 & -\exp(-x) \end{vmatrix} = -x\exp(-x) - \exp(-x) = -(x+1)\exp(-x)$$

となる。また、$r(x) = x + 1$ であるので、

例題9.1　　続き

$$-y_1\int\frac{r(x)y_2}{w}\mathrm{d}x=-x\int\frac{(x+1)\exp(-x)}{-(x+1)\exp(-x)}\mathrm{d}x=x\int\mathrm{d}x$$

$$=x(x+C_1)=x^2+C_1x$$

$$y_2\int\frac{r(x)y_1}{w}\mathrm{d}x=\exp(-x)\int\frac{(x+1)x}{-(x+1)\exp(-x)}\mathrm{d}x$$

$$=-\exp(-x)\int x\exp x\,\mathrm{d}x$$

$$=-\exp(-x)\left\{(x-1)\exp x+C_2\right\}$$

$$=-x+1-C_2\exp(-x)$$

例題9.1 さらに続き

- よって

$$y = (x^2 + C_1 x) + \{-x + 1 - C_2 \exp(-x)\}$$
$$= x^2 - x + 1 + C_1 x - C_2 \exp(-x)$$

- である。なお、C_2は任意定数であるので、C_2の前の符号は正でもよく、xの係数はまとめて別の任意定数とおいても良い。
- すなわち、$y = x^2 + 1 + C_{10} x + C_{20} \exp(-x)$でもよい。ただし、$C_{10} = C_1 - 1$, $C_{20} = -C_2$である。

例題9.2

$y'' - (A_1 + A_2)y' + A_1A_2y = \exp(Bx)$を解く。ただし$A_1, A_2, B$は定数であるが、$A_1 \neq B, A_2 \neq B, A_1 \neq A_2$である。

(解) 対応する斉次方程式$y'' - (A_1 + A_2)y' + A_1A_2y = 0$の2つの基本解は式(7.9)に示されている通り、$y_1 = \exp(A_1x), y_2 = \exp(A_2x)$である。よってロンスキアンは

$$w = \begin{vmatrix} \exp(A_1x) & \exp(A_2x) \\ A_1\exp(A_1x) & A_2\exp(A_2x) \end{vmatrix}$$

$$= A_2\exp\left\{\left(A_1 + A_2\right)x\right\} - A_1\exp\left\{\left(A_1 + A_2\right)x\right\}$$

$$= \left(A_2 - A_1\right)\exp\left\{\left(A_1 + A_2\right)x\right\}$$

例題9.2　つづき

となる。また、$r(x) = \exp(Bx)$であるので、

$$-y_1\int\frac{r\left(x\right)y_2}{w}\mathrm{d}x=-\exp\left(A_1x\right)\int\frac{\exp\left(Bx\right)\exp\left(A_2x\right)}{\left(A_2-A_1\right)\exp\left\{\left(A_1+A_2\right)x\right\}}\mathrm{d}x$$

$$=-\frac{\exp\left(A_1x\right)}{A_2-A_1}\int\exp\left\{\left(B-A_1\right)x\right\}\mathrm{d}x$$

$$=-\frac{\exp\left(A_1x\right)}{A_2-A_1}\left[\frac{\exp\left\{\left(B-A_1\right)x\right\}}{B-A_1}+C_{10}\right]$$

$$=-\frac{\exp\left(Bx\right)}{\left(A_2-A_1\right)\left(B-A_1\right)}-\frac{C_{10}\exp\left(A_1x\right)}{A_2-A_1}$$

例題9.2　さらにつづき

$$y_2\int\frac{r(x)y_1}{w}\mathrm{d}x=\exp(A_2x)\int\frac{\exp(Bx)\exp(A_1x)}{(A_2-A_1)\exp\{(A_1+A_2)x\}}\mathrm{d}x$$

$$=\frac{\exp(Bx)}{(A_2-A_1)(B-A_2)}+\frac{C_{20}\exp(A_2x)}{A_2-A_1}$$

となる。従って、一般解は

$$y=\left\{-\frac{\exp(Bx)}{(A_2-A_1)(B-A_1)}-\frac{C_{10}\exp(A_1x)}{A_2-A_1}\right\}$$

$$+\left\{\frac{\exp(Bx)}{(A_2-A_1)(B-A_2)}+\frac{C_{20}\exp(A_2x)}{A_2-A_1}\right\}$$

例題9.2　さらにつづき

$$y=\frac{-\left(B-A_2\right)+\left(B-A_1\right)}{\left(A_2-A_1\right)\left(B-A_1\right)\left(B-A_2\right)}\exp\left(Bx\right)$$

$$-\frac{C_{10}\exp\left(A_1x\right)}{A_2-A_1}+\frac{C_{20}\exp\left(A_2x\right)}{A_2-A_1}$$

$$=\frac{1}{\left(B-A_1\right)\left(B-A_2\right)}\exp\left(Bx\right)+C_1\exp\left(A_1x\right)+C_2\exp\left(A_2x\right)$$

となる。なお、$C_1=-\dfrac{C_{10}}{A_2-A_1},C_2=\dfrac{C_{20}}{A_2-A_1}$　とおいた。

例題9.3

$y'' - (A_1 + A_2)y' + A_1A_2y = \exp(A_1x)$を解く。ただし$A_1, A_2$は定数であるが、$A_1 \neq A_2$である。

(解) この例は、例題9.2において、非斉次項の指数関数の引数の係数A_1が特性方程式の解の1つに等しい場合である。

ロンスキアンは、例題9.2と同じく

$$w = \left(A_2 - A_1\right)\exp\left\{\left(A_1 + A_2\right)x\right\}$$

となる。また、$r(x) = \exp(A_1x)$であるので、

例題9.3　つづき

$$-y_1\int\frac{r(x)y_2}{w}\mathrm{d}x=-\exp(A_1x)\int\frac{\exp(A_1x)\exp(A_2x)}{(A_2-A_1)\exp\{(A_1+A_2)x\}}\mathrm{d}x$$

$$=-\frac{\exp(A_1x)}{A_2-A_1}\int\mathrm{d}x=-\frac{\exp(A_1x)}{A_2-A_1}(x+C_{10})$$

$$=-\frac{x\exp(A_1x)}{A_2-A_1}-\frac{C_{10}\exp(A_1x)}{A_2-A_1},$$

$$y_2\int\frac{r(x)y_1}{w}\mathrm{d}x=\exp(A_2x)\int\frac{\exp(A_1x)\exp(A_1x)}{(A_2-A_1)\exp\{(A_1+A_2)x\}}\mathrm{d}x$$

例題9.3　さらにつづき

$$= \frac{\exp\left(A_2 x\right)}{A_2 - A_1} \int \exp\left\{\left(A_1 - A_2\right)x\right\} \mathrm{d}x$$

$$= \frac{\exp\left(A_2 x\right)}{A_2 - A_1} \left[\frac{\exp\left\{\left(A_1 - A_2\right)x\right\}}{A_1 - A_2} + C_{20} \right] = -\frac{\exp\left(A_1 x\right)}{\left(A_2 - A_1\right)^2} + \frac{C_{20} \exp\left(A_2 x\right)}{A_2 - A_1}$$

となる。従って、一般解は

$$y = \left\{ -\frac{x \exp\left(A_1 x\right)}{A_2 - A_1} - \frac{C_{10} \exp\left(A_1 x\right)}{A_2 - A_1} \right\} + \left\{ -\frac{\exp\left(A_1 x\right)}{\left(A_2 - A_1\right)^2} + \frac{C_{20} \exp\left(A_2 x\right)}{A_2 - A_1} \right\}$$

$$= \frac{1}{A_1 - A_2} x \exp\left(A_1 x\right) + C_1 \exp\left(A_1 x\right) + C_2 \exp\left(A_2 x\right)$$

例題9.3　さらにつづき

となる。なお、$C_1 = -\dfrac{C_{10}}{A_2 - A_1} - \dfrac{1}{\left(A_2 - A_1\right)^2}, C_2 = \dfrac{C_{20}}{A_2 - A_1}$

とおいた。

- 一般解の第1項が非斉次の特殊解に相当するが、その関数形は例題9.2の $\dfrac{1}{\left(B - A_1\right)\left(B - A_2\right)}\exp\left(Bx\right)$

  とは異なり、$\dfrac{1}{A_1 - A_2} x \exp\left(A_1 x\right)$ のように指数関数

  にxをかけた形になっていることに注意する。

  – 11回目講義pptの64ページ参照

10. 未定係数法

目標

- 未定係数法が理解できる
- 非斉次項が多項式の場合、定係数の値に対する特殊解の関数形が理解できる
- 非斉次項が指数関数の場合、非斉次項と基本解の関数形に対する特殊解の関数形が理解できる。
- 定係数1階線形非斉次方程式、定係数2階線形非斉次方程式が解ける

10.1　未定係数法とは

- 定係数線形非斉次方程式の特殊解を求めるにあたり、
- その関数形を非斉次項の関数形に応じて仮定し、それを非斉次方程式に代入して関数の係数を比較して決定する方法を、未定係数法（あるいは代入法）という。
- 一般に、定係数線形斉次方程式において非斉次項の関数形が以下の例で示す多項式や、指数関数の場合、未定係数法で求める手順の方が、5.2節や9.2節で説明した定数変化法よりも計算の手間が少ない。

10.2　定係数1階線形非斉次方程式

- 例題10.1　$y' + y = x$　(10.1)

  の特殊解を求める。(参照：例題5.2, 11.2)

(解)
- 微分方程式(10.1)の一般解は、例題5.2で$A = -1$とした場合であり、

  $y = (x - 1) + C\exp(-x)$

  となる。非斉次方程式の特殊解に相当する第1項 $x - 1$は、非斉次項と同じ1次関数である。

  一般に、非斉次項がm次の多項式の時、多くの場合、非斉次方程式の特殊解もm次の多項式となる。

  - 左辺で、yの微分操作や定数倍されたものが加えられるのだから、ある意味当然

10.2　つづき

- 非斉次方程式(10.1)の特殊解を1次関数 $y_s = Ax + B$とおいて求めることを考える。
  - ここで、AとBは定数である。
  - 2つの定数AとBに関する1次方程式を2つ導ければ、それらを連立してAとBを求めることができる。
  - y_s および$y_s' = A$を式(10.1)へ代入して

$$y_s' + y_s = A + (Ax + B)$$

$$Ax + (Ax + B) = x$$

  - となる。xの各べき係数を比較すると、AとBに関する2つの1次方程式

10.2　つづき

$$A = 1,\ A + B = 0$$

- が得られる。これらを連立して解くと、$A = 1, B = -1$となる。
- すなわち、非斉次方程式(10.1)の特殊解は

$$y_s = Ax + B = x - 1$$

となり、同一の結果が得られた。

- 例題10.2　$y' - Ay = \exp(Bx)$　(10.2)
  の特殊解を求める。ただし、A, Bは定数であるが、$A \neq B$である。(参照：例題5.3)

(解)　一般解は、例題5.3ですでに求めたように

$$y = \frac{1}{B-A}\exp\left(Bx\right) + C\exp\left(Ax\right) \qquad (10.3)$$

となる。非斉次方程式の特殊解に相当する第1項は、非斉次項 $\exp(Bx)$ と同じ引数を持つ指数関数でありことがわかる。

特殊解を指数関数$y_s = D\exp(Bx)$とおいて、特殊解を決定することを考える。Dは定数である。y_sおよび$y_s' = BD\exp(Bx)$ を式(10.2)へ代入して

$BD\exp(Bx) - AD\exp(Bx) = \exp(Bx)$ から

$$(B - A)D\exp(Bx) = \exp(Bx)$$

となる。

- 指数関数 $\exp(Bx)$の係数を比較すると、$(B - A)D = 1$より　$D = 1/(B - A)$となる。
- すなわち、非斉次方程式 (10.2) の特殊解は

$$y_s = \frac{1}{B - A}\exp\left(Bx\right)$$

となり、同一の解答が得られる。

- 例題10.3　$y' - Ay = \exp(Ax)$　(10.4)
  の特殊解を求める。ただし、A は定数である(参照：例題5.4)。

(解) この例は、例題10.2において $A = B$ とした場合である。一般解は、例題5.4で示したように

$$y = x\exp\left(Ax\right) + C\exp\left(Ax\right) \qquad (10.5)$$

となる。第2項は対応する斉次方程式 $y' - Ay = 0$ の一般解であるが、その指数関数の引数Axが、微分方程式(10.4)の非斉次項の指数関数の引数Axと同じ場合には、式(10.5)の第1項である特殊解の関数形 $x\exp(Ax)$ は、例題10.2の式(10.3)の指数関数$\exp(Bx)$と異なることに注意する。

- 第1項は非斉次方程式の特殊解に相当するが、$x\exp(Ax)$の関数形となっている。
- 特殊解を関数 $y_s = Dx\exp(Ax)$とおいて求めることを考える。ここで、Dは定数である。
- y_sおよび$y_s' = (Ax + 1)D\exp(Ax)$を式(10.4)へ代入し、

$$(Ax + 1)D\exp(Ax) - AxD\exp(Ax) = \exp(Ax)$$

即ち $$D\exp(Ax) = \exp(Ax)$$

となり、指数関数 $\exp(Ax)$の係数を比較すると、$D = 1$となる。すなわち、特殊解は$y_s = x\exp(Ax)$ となり、同一の解を得る。

特殊解の関数形のまとめ

- 定係数1階線形非斉次方程式 $y' + Py = q(x)$ における非斉次項 $q(x)$の関数形に対する特殊解の関数形の例を表10.1にまとめる。

表10.1 定係数1階線形非斉次方程式の特殊解関数形

定係数 P	非斉次項$q(x)$の関数形	基本解	特殊解の関数形
$P \neq 0$	$\sum_{n=0}^{N} A_n x^n$	$\exp(-Px)$	$\sum_{n=0}^{N} B_n x^n$
$P = 0$	$\sum_{n=0}^{N} A_n x^n$	$\exp(-Px)$	$\sum_{n=0}^{N} B_n x^{n+1}$
$P = -A$	$\exp(Bx)$	$\exp(Ax)$	$\exp(Bx)$
$P = -A$	$\exp(Ax)$	$\exp(Ax)$	$x\exp(Ax)$

10.3　定係数2階線形非斉次方程式

例題10.4　$y'' - (A_1 + A_2)y' + A_1A_2y = \exp(Bx)$　(10.6)
の特殊解を求める。ただし、A_1, A_2, Bは定数であるが、
$A_1 \neq B, A_2 \neq B, A_1 \neq A_2$である(参照：例題9.2)。

(解)・　一般解は、例題9.2で示したように、

$$y = \frac{\exp\left(Bx\right)}{\left(B - A_1\right)\left(B - A_2\right)} + C_1 \exp\left(A_1 x\right) + C_2 \exp\left(A_2 x\right)$$

となる。非斉次方程式の特殊解に相当する第1項は、非斉次項 $\exp(Bx)$ と同じ引数を持つ指数関数であることがわかる。

- 例題10.2と同様に、特殊解を指数関数 $y_s = D\exp(Bx)$とおいて求めることを考える。ここで、Dは定数である。
- y_s および$y_s' = BD\exp(Bx)$, $y_s'' = B^2D\exp(Bx)$ を式(10.6)へ代入して

$$B^2D\exp(Bx) - (A_1 + A_2)BD\exp(Bx) + A_1A_2D\exp(Bx)$$
$$= \{B^2 - (A_1 + A_2)B + A_1A_2\}D\exp(Bx)$$
$$= (B - A_1)(B - A_2)D\exp(Bx) = \exp(Bx)$$

となる。指数関数 $\exp(Bx)$ の係数を比較すると、

$(B - A_1)(B - A_2)D = 1$ より $D = \dfrac{1}{(B - A_1)(B - A_2)}$

となる。

- すなわち、特殊解は

$$y_s = \frac{\exp\left(Bx\right)}{\left(B - A_1\right)\left(B - A_2\right)}$$

となり、同一の解を得る。

- 例題10.5　$y' - Ay = \exp(Bx)$　(10.2)
  の特殊解を求める。ただし、A, Bは定数であるが、$A \neq B$である。(参照：例題5.3)

(解)　一般解は、例題5.3ですでに求めたように

$$y = \frac{1}{B-A}\exp\left(Bx\right) + C\exp\left(Ax\right) \qquad (10.3)$$

となる。非斉次方程式の特殊解に相当する第1項は、非斉次項 $\exp(Bx)$ と同じ引数を持つ指数関数でありことがわかる。

特殊解を指数関数$y_s = D\exp(Bx)$とおいて、特殊解を決定することを考える。Dは定数である。y_sおよび $y_s' = BD\exp(Bx)$ を式(10.2)へ代入して

例題10.5　$y'' - (A_1 + A_2)y' + A_1A_2y = \exp(A_1x)$　(10.7)

の特殊解を求める。ただし、A_1, A_2は定数であるが、$A_1 \neq A_2$である(参照：例題9.3)。

(解)
- この例は、例題10.4において、非斉次項の引数の係数A_1が特性方程式の解の1つに等しい場合である。
- 一般解は、例題9.3のように

$$y = \frac{1}{A_1 - A_2} x \exp\left(A_1 x\right) + C_1 \exp\left(A_1 x\right) + C_2 \exp\left(A_2 x\right)$$

となる。非斉次方程式の特殊解に相当する第1項は、$x\exp(A_1x)$ の関数形であることがわかる。これは例題10.3に示した定係数1階非斉次方程式の場合と同様である。

- 非斉次方程式(10.7)の特殊解を指数関数 × x, 即ち $y_s = Dx\exp(A_1x)$とおいて求めることを考える。ここで、Dは定数である。

$$y_s' = (A_1Dx + D)\exp(A_1x),$$

$$y_s'' = \{A_1D + A_1(A_1Dx + D)\}D\exp(A_1x)$$

$$= (A_1^2Dx + 2A_1D)\exp(A_1x)$$

をy_s とともに式(10.7)へ代入し、

$$(A_1^2Dx + 2A_1D)\exp(A_1x) - (A_1 + A_2)(A_1Dx + D)\exp(A_1x)$$

$$+A_1A_2Dx\exp(A_1x)$$

$$= (A_1 - A_2)D\exp(A_1x) = \exp(A_1x)$$

となる。

- 指数関数$\exp(A_1 x)$の係数を比較すると、

$(A_1 - A_2)\,D = 1$　より　$D = \dfrac{1}{A_1 - A_2}$

となる。

- すなわち、特殊解は

$$y_s = \frac{x \exp\left(A_1 x\right)}{A_1 - A_2}$$

となり、同一の解を得る。

特殊解の関数形のまとめ

- 定係数2階線形非斉次方程式 $y'' + Py' + Qy = r(x)$ における非斉次項 $r(x)$の関数形に対する特殊解の関数形の例を表10.2 – 10.3にまとめる。

表10.2 定係数2階線形非斉次方程式の特殊解関数形(非斉次項が多項式)

定係数	非斉次項$r(x)$の関数形	特殊解の関数形
$Q \neq 0$	$\sum_{n=0}^{N} A_n x^n$	$\sum_{n=0}^{N} B_n x^n$
$P \neq 0, Q = 0$	$\sum_{n=0}^{N} A_n x^n$	$\sum_{n=0}^{N} B_n x^{n+1}$
$P = Q = 0$	$\sum_{n=0}^{N} A_n x^n$	$\sum_{n=0}^{N} B_n x^{n+2}$

表10.3 定係数2階線形非斉次方程式の特殊解の関数形 （非斉次項が指数関数）

非斉次項$q(x)$の関数形	基本解	特殊解の関数形
$\exp(Bx)$	$\exp(A_1x)$, $\exp(A_2x)$	$\exp(Bx)$
$\exp(A_1x)$	$\exp(A_1x)$, $\exp(A_2x)$	$x\exp(A_1x)$
$\exp(Bx)$	$x\exp(Ax)$, $\exp(Ax)$	$\exp(Bx)$
$\exp(Ax)$	$x\exp(Ax)$, $\exp(Ax)$	$x^2\exp(Ax)$

まとめ:本日の確認事項

- 2階線形非斉次方程式の意味が理解できる
- 定数変化法により2階線形非斉次方程式が解ける
- 未定係数法が理解できる
- 非斉次項が多項式の場合、定係数の値に対する特殊解の関数形が理解できる
- 非斉次項が指数関数の場合、非斉次項と基本解の関数形に対する特殊解の関数形が理解できる。
- 定係数1階線形非斉次方程式、定係数2階線形非斉次方程式が解ける