

# はじめに (数学基礎 B1)

数学基礎 B = 線形代数

教科書 「要点明解 線形数学」 培風館

- ▶ 第1章 行列
- ▶ 第2章 連立1次方程式  
(第3章 行列式)  
(第4章 行列の対角化)

講義の情報

<http://mathweb.sc.niigata-u.ac.jp/~hoshi/teaching-j.html>

シラバス

LINK

- ▶ ノートを取りながら講義を聴くこと。  
(ノートを回収して確認する可能性があります)
- ▶ 講義 → 小テスト (理解度確認テスト, 学務情報システム内)

## 2.3 連立1次方程式

**復習** より一般には、

$$\text{連立1次方程式} \quad \begin{cases} a_{11}x_1 + \cdots + a_{1n}x_n = b_1 \\ \vdots \\ a_{m1}x_1 + \cdots + a_{mn}x_n = b_m \end{cases} \quad \cdots(1)$$

を解く必要がでてくる。(1)は、行列をもちいて

$$A = \begin{pmatrix} a_{11} & \cdots & a_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{m1} & \cdots & a_{mn} \end{pmatrix}, \quad \mathbf{x} = \begin{pmatrix} x_1 \\ \vdots \\ x_n \end{pmatrix}, \quad \mathbf{b} = \begin{pmatrix} b_1 \\ \vdots \\ b_m \end{pmatrix} \quad \text{に対して,}$$

$$A\mathbf{x} = \mathbf{b}$$

と表せる。行列  $A$  を連立1次方程式(1)の **係数行列**、 $A$ の最後の列に  $\mathbf{b}$  を付け加えた  $m \times (n+1)$  行列  $\overline{A} = (A \mid \mathbf{b})$  を **拡大係数行列** という。

拡大係数行列  $\overline{A} = (A | \mathbf{b})$  に行基本変形を何回か行って

拡大係数行列  $\overline{A} = (A | \mathbf{b})$  に行基本変形を何回か行って

$$\left( \begin{array}{cccccccccccccccc|c} & & & \text{第} & & & & \text{第} & & & \text{第} & & & & & \text{第} & \\ & & & n_1 & \cdots & & & n_2 & \cdots & & n_r & \cdots & & & & n+1 & \\ & & & \text{列} & & & & \text{列} & & & \text{列} & & & & & \text{列} & \\ 0 & \cdots & 0 & \mathbf{1} & * & \cdots & * & 0 & & & 0 & & & & & & d_1 \\ 0 & \cdots & 0 & 0 & 0 & \cdots & 0 & \mathbf{1} & & & 0 & & & & & & d_2 \\ 0 & \cdots & 0 & 0 & 0 & \cdots & \cdots & 0 & & \star & \vdots & & \star & & & & \vdots \\ \vdots & & & \vdots & & & & \vdots & & & 0 & & & & & & \vdots \\ 0 & \cdots & 0 & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 & 0 & \cdots & 0 & \mathbf{1} & & & & & d_r \\ 0 & \cdots & 0 & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 & 0 & \cdots & 0 & & d_{r+1} \\ \vdots & & & \vdots & & & & \vdots & & & \vdots & & & & & & \vdots \\ 0 & \cdots & 0 & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 & 0 & \cdots & 0 & & d_m \end{array} \right)$$

とできる。

拡大係数行列  $\overline{A} = (A | \mathbf{b})$  に行基本変形を何回か行って

$$\left( \begin{array}{cccccccccccc|cccc} & & & \text{第} & & & & \text{第} & & & & \text{第} & & & & \text{第} \\ & & & n_1 & \cdots & & & n_2 & \cdots & & & n_r & \cdots & & & n+1 \\ & & & \text{列} & & & & \text{列} & & & & \text{列} & & & & \text{列} \\ \hline 0 & \cdots & 0 & \mathbf{1} & * & \cdots & * & 0 & & & & 0 & & & & d_1 \\ 0 & \cdots & 0 & 0 & 0 & \cdots & 0 & \mathbf{1} & & & & 0 & & & & d_2 \\ & & & & & & & & & & & \vdots & & & & \vdots \\ 0 & \cdots & 0 & 0 & 0 & \cdots & \cdots & 0 & \star & & & \vdots & \star & & & \vdots \\ \vdots & & & \vdots & & & & \vdots & & & & 0 & & & & \vdots \\ 0 & \cdots & 0 & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 & 0 & \cdots & 0 & \mathbf{1} & & & & d_r \\ 0 & \cdots & 0 & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 & 0 & \cdots & 0 & d_{r+1} \\ \vdots & & & \vdots & & & & \vdots & & & & \vdots & & & & \vdots \\ 0 & \cdots & 0 & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 & 0 & \cdots & 0 & d_m \end{array} \right)$$

とできる. (左側の  $A$  を **ガウス行列** に変形した)

拡大係数行列  $\overline{A} = (A | \mathbf{b})$  に行基本変形を何回か行って

$$\left( \begin{array}{cccccccccccc|cccc} & & & \text{第} & & & & \text{第} & & & & \text{第} & & & & \text{第} \\ & & & n_1 & \cdots & & & n_2 & \cdots & & & n_r & \cdots & & & n+1 \\ & & & \text{列} & & & & \text{列} & & & & \text{列} & & & & \text{列} \\ \hline 0 & \cdots & 0 & \mathbf{1} & * & \cdots & * & 0 & & & & 0 & & & & d_1 \\ 0 & \cdots & 0 & 0 & 0 & \cdots & 0 & \mathbf{1} & & & & 0 & & & & d_2 \\ & & & & & & & & & & & \vdots & & & & \vdots \\ 0 & \cdots & 0 & 0 & 0 & \cdots & \cdots & 0 & & \star & & \vdots & & \star & & \vdots \\ \vdots & & & \vdots & & & & \vdots & & & & 0 & & & & \vdots \\ 0 & \cdots & 0 & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 & 0 & \cdots & 0 & \mathbf{1} & & & & d_r \\ 0 & \cdots & 0 & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 & 0 & \cdots & 0 & d_{r+1} \\ \vdots & & & \vdots & & & & \vdots & & & & \vdots & & & & \vdots \\ 0 & \cdots & 0 & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 & 0 & \cdots & 0 & d_m \end{array} \right)$$

とできる. (左側の  $A$  を **ガウス行列** に変形した)

ここで  $x_{n_1} \rightarrow y_1, x_{n_2} \rightarrow y_2, \dots, x_{n_r} \rightarrow y_r$

拡大係数行列  $\overline{A} = (A | \mathbf{b})$  に行基本変形を何回か行って

$$\left( \begin{array}{cccccccccccc|c} & & & \text{第} & & & & \text{第} & & & \text{第} & & & \text{第} \\ & & & n_1 & \cdots & & & n_2 & \cdots & & n_r & \cdots & & n+1 \\ & & & \text{列} & & & & \text{列} & & & \text{列} & & & \text{列} \\ 0 & \cdots & 0 & \mathbf{1} & * & \cdots & * & 0 & & & 0 & & & d_1 \\ 0 & \cdots & 0 & 0 & 0 & \cdots & 0 & \mathbf{1} & & & 0 & & & d_2 \\ & & & & & & & & & & \vdots & & & \vdots \\ 0 & \cdots & 0 & 0 & 0 & \cdots & \cdots & 0 & \star & & \vdots & \star & & \vdots \\ \vdots & & & \vdots & & & & \vdots & & & 0 & & & \vdots \\ 0 & \cdots & 0 & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 & 0 & \cdots & 0 & \mathbf{1} & & d_r \\ 0 & \cdots & 0 & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 & 0 \cdots 0 & d_{r+1} \\ \vdots & & & \vdots & & & & \vdots & & & \vdots & & & \vdots \\ 0 & \cdots & 0 & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 & 0 \cdots 0 & d_m \end{array} \right)$$

とできる. (左側の  $A$  を **ガウス行列** に変形した)

ここで  $x_{n_1} \rightarrow y_1, x_{n_2} \rightarrow y_2, \dots, x_{n_r} \rightarrow y_r$

それ以外の  $x_j$  ( $j \neq n_1, \dots, n_r$ ) は順に  $y_{r+1}, \dots, y_n$  とする.

拡大係数行列  $\overline{A} = (A | \mathbf{b})$  に行基本変形を何回か行って

$$\left( \begin{array}{cccccccccccc|c} & & & \text{第} & & & & \text{第} & & & \text{第} & & & \text{第} \\ & & & n_1 & \cdots & & & n_2 & \cdots & & n_r & \cdots & & n+1 \\ & & & \text{列} & & & & \text{列} & & & \text{列} & & & \text{列} \\ 0 & \cdots & 0 & \mathbf{1} & * & \cdots & * & 0 & & & 0 & & & d_1 \\ 0 & \cdots & 0 & 0 & 0 & \cdots & 0 & \mathbf{1} & & & 0 & & & d_2 \\ 0 & \cdots & 0 & 0 & 0 & \cdots & \cdots & 0 & & \star & \vdots & & \star & \vdots \\ \vdots & & & \vdots & & & & \vdots & & & 0 & & & \vdots \\ 0 & \cdots & 0 & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 & 0 & \cdots & 0 & \mathbf{1} & & d_r \\ 0 & \cdots & 0 & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 & 0 & \cdots & 0 & d_{r+1} \\ \vdots & & & \vdots & & & & \vdots & & & \vdots & & & \vdots & & \vdots \\ 0 & \cdots & 0 & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 & 0 & \cdots & 0 & d_m \end{array} \right)$$

とできる. (左側の  $A$  を **ガウス行列** に変形した)

ここで  $x_{n_1} \rightarrow y_1, x_{n_2} \rightarrow y_2, \dots, x_{n_r} \rightarrow y_r$

それ以外の  $x_j$  ( $j \neq n_1, \dots, n_r$ ) は順に  $y_{r+1}, \dots, y_n$  とする.

これにより, 次の連立1次方程式をえる:



$$\left\{ \begin{array}{cccccccc}
 y_1 & & + & c_{1\ r+1}y_{r+1} & + & \cdots & + & c_{1n}y_n = d_1 \\
 & y_2 & & + & c_{2\ r+1}y_{r+1} & + & \cdots & + & c_{2n}y_n = d_2 \\
 & & \ddots & & & & & & \vdots \\
 & & & y_r & + & c_{r\ r+1}y_{r+1} & + & \cdots & + & c_{rn}y_n = d_r \\
 & & & & & & & & & 0 = d_{r+1} \\
 & & & & & & & & & \vdots \\
 & & & & & & & & & 0 = d_m
 \end{array} \right.$$

$$\left\{ \begin{array}{llllll} y_1 & & + & c_{1\ r+1}y_{r+1} & + & \cdots & + & c_{1n}y_n & = & d_1 \\ & y_2 & & + & c_{2\ r+1}y_{r+1} & + & \cdots & + & c_{2n}y_n & = & d_2 \\ & & \ddots & & & & & & & \vdots \\ & & & y_r & + & c_{r\ r+1}y_{r+1} & + & \cdots & + & c_{rn}y_n & = & d_r \\ & & & & & & & & & 0 & = & d_{r+1} \\ & & & & & & & & & & \vdots \\ & & & & & & & & & 0 & = & d_m \end{array} \right.$$

$(d_{r+1}, \dots, d_m) \neq (0, \dots, 0)$  のとき,

$$\left\{ \begin{array}{rclclcl}
 y_1 & & + & c_{1\ r+1}y_{r+1} & + & \cdots & + & c_{1n}y_n & = & d_1 \\
 & y_2 & & + & c_{2\ r+1}y_{r+1} & + & \cdots & + & c_{2n}y_n & = & d_2 \\
 & & \ddots & & & & & & \vdots & & \\
 & & & y_r & + & c_{r\ r+1}y_{r+1} & + & \cdots & + & c_{rn}y_n & = & d_r \\
 & & & & & & & & 0 & = & d_{r+1} \\
 & & & & & & & & \vdots & & \\
 & & & & & & & & 0 & = & d_m
 \end{array} \right.$$

$(d_{r+1}, \dots, d_m) \neq (0, \dots, 0)$  のとき, 解は存在しない.

$$\left\{ \begin{array}{rclclcl} y_1 & & + & c_{1\ r+1}y_{r+1} & + & \cdots & + & c_{1n}y_n & = & d_1 \\ & y_2 & & + & c_{2\ r+1}y_{r+1} & + & \cdots & + & c_{2n}y_n & = & d_2 \\ & & \ddots & & & & & & & \vdots \\ & & & y_r & + & c_{r\ r+1}y_{r+1} & + & \cdots & + & c_{rn}y_n & = & d_r \\ & & & & & & & & & 0 & = & d_{r+1} \\ & & & & & & & & & \vdots & & \\ & & & & & & & & & 0 & = & d_m \end{array} \right.$$

$(d_{r+1}, \dots, d_m) \neq (0, \dots, 0)$  のとき, **解は存在しない**.

$(d_{r+1}, \dots, d_m) = (0, \dots, 0)$  のとき,

$$\left\{ \begin{array}{rcccccc} y_1 & & + & c_{1\ r+1}y_{r+1} & + & \cdots & + & c_{1n}y_n & = & d_1 \\ & y_2 & & + & c_{2\ r+1}y_{r+1} & + & \cdots & + & c_{2n}y_n & = & d_2 \\ & & \ddots & & & & & & & \vdots \\ & & & y_r & + & c_{r\ r+1}y_{r+1} & + & \cdots & + & c_{rn}y_n & = & d_r \\ & & & & & & & & & 0 & = & d_{r+1} \\ & & & & & & & & & \vdots & & \\ & & & & & & & & & 0 & = & d_m \end{array} \right.$$

$(d_{r+1}, \dots, d_m) \neq (0, \dots, 0)$  のとき, **解は存在しない**.

$(d_{r+1}, \dots, d_m) = (0, \dots, 0)$  のとき,

$y_{r+1} \rightarrow t_{r+1}, \dots, y_n \rightarrow t_n$  ( $t_i$  は任意定数) とおくと解をえる :

$$\left\{ \begin{array}{llllll} y_1 & & & + c_{1\ r+1}y_{r+1} & + \cdots & + c_{1n}y_n = d_1 \\ & y_2 & & + c_{2\ r+1}y_{r+1} & + \cdots & + c_{2n}y_n = d_2 \\ & & \ddots & & & \vdots \\ & & & y_r & + c_{r\ r+1}y_{r+1} & + \cdots & + c_{rn}y_n = d_r \\ & & & & & & 0 = d_{r+1} \\ & & & & & & \vdots \\ & & & & & & 0 = d_m \end{array} \right.$$

$(d_{r+1}, \dots, d_m) \neq (0, \dots, 0)$  のとき, 解は存在しない.

$(d_{r+1}, \dots, d_m) = (0, \dots, 0)$  のとき,

$y_{r+1} \rightarrow t_{r+1}, \dots, y_n \rightarrow t_n$  ( $t_i$  は任意定数) とおくと解をえる :

$$\left\{ \begin{array}{llllll} y_1 = d_1 & & & - c_{1\ r+1}t_{r+1} & - \cdots & - c_{1n}t_n \\ y_2 = & d_2 & & - c_{2\ r+1}t_{r+1} & - \cdots & - c_{2n}t_n \\ & & \ddots & & & \\ y_r = & & & d_r & - c_{r\ r+1}t_{r+1} & - \cdots & - c_{rn}t_n \\ y_{r+1} = & & & & t_{r+1} & & \\ & \vdots & & & & \ddots & \\ y_n = & & & & & & t_n \end{array} \right.$$

$$\left\{ \begin{array}{rcccccl} y_1 & & + & c_{1\ r+1}y_{r+1} & + \cdots & + & c_{1n}y_n & = & d_1 \\ & y_2 & & + & c_{2\ r+1}y_{r+1} & + \cdots & + & c_{2n}y_n & = & d_2 \\ & & \ddots & & & & & & & \vdots \\ & & & y_r & + & c_{r\ r+1}y_{r+1} & + \cdots & + & c_{rn}y_n & = & d_r \\ & & & & & & & & & 0 & = & d_{r+1} \\ & & & & & & & & & & & \vdots \\ & & & & & & & & & & 0 & = & d_m \end{array} \right.$$

$(d_{r+1}, \dots, d_m) \neq (0, \dots, 0)$  のとき, **解は存在しない**.

$(d_{r+1}, \dots, d_m) = (0, \dots, 0)$  のとき,

$y_{r+1} \rightarrow t_{r+1}, \dots, y_n \rightarrow t_n$  ( $t_i$  は任意定数) とおくと解をえる :

$$\left\{ \begin{array}{rcccccl} y_1 & = & d_1 & & - & c_{1\ r+1}t_{r+1} & - \cdots & - & c_{1n}t_n \\ y_2 & = & d_2 & & - & c_{2\ r+1}t_{r+1} & - \cdots & - & c_{2n}t_n \\ & & & \ddots & & & & & \\ y_r & = & d_r & & - & c_{r\ r+1}t_{r+1} & - \cdots & - & c_{rn}t_n \\ y_{r+1} & = & & & & t_{r+1} & & & \\ & & & & & & & & \\ & & & & & & & & \\ y_n & = & & & & & & & t_n \end{array} \right.$$

よって, 連立1次方程式 (1) が解をもつ  $\iff \text{rank}(A) = \text{rank}(\overline{A})$ .

## 定理 2.1

連立 1 次方程式 (1) が解をもつ  $\iff \text{rank}(A) = \text{rank}(\bar{A})$ .



## 定理 2.1

連立 1 次方程式 (1) が解をもつ  $\iff \text{rank}(A) = \text{rank}(\bar{A})$ .

### 例

文字  $a$  を含む連立 1 次方程式

## 定理 2.1

連立 1 次方程式 (1) が解をもつ  $\iff \text{rank}(A) = \text{rank}(\bar{A})$ .

### 例

文字  $a$  を含む連立 1 次方程式

$$\begin{cases} x + y + 2z = 9 \\ 2x - y + z = 0 \\ 3x + 3z = a \end{cases} \text{ を解く.}$$

## 定理 2.1

連立 1 次方程式 (1) が解をもつ  $\iff \text{rank}(A) = \text{rank}(\bar{A})$ .

### 例

文字  $a$  を含む連立 1 次方程式

$$\begin{cases} x + y + 2z = 9 \\ 2x - y + z = 0 \\ 3x + 3z = a \end{cases} \text{ を解く.} \quad \bar{A} = \left( \begin{array}{ccc|c} 1 & 1 & 2 & 9 \\ 2 & -1 & 1 & 0 \\ 3 & 0 & 3 & a \end{array} \right).$$

## 定理 2.1

連立 1 次方程式 (1) が解をもつ  $\iff \text{rank}(A) = \text{rank}(\bar{A})$ .

### 例

文字  $a$  を含む連立 1 次方程式

$$\begin{cases} x + y + 2z = 9 \\ 2x - y + z = 0 \\ 3x + 3z = a \end{cases} \text{ を解く.} \quad \bar{A} = \left( \begin{array}{ccc|c} 1 & 1 & 2 & 9 \\ 2 & -1 & 1 & 0 \\ 3 & 0 & 3 & a \end{array} \right).$$

$$\left( \begin{array}{ccc|c} 1 & 1 & 2 & 9 \\ 2 & -1 & 1 & 0 \\ 3 & 0 & 3 & a \end{array} \right)$$

## 定理 2.1

連立 1 次方程式 (1) が解をもつ  $\iff \text{rank}(A) = \text{rank}(\bar{A})$ .

### 例

文字  $a$  を含む連立 1 次方程式

$$\begin{cases} x + y + 2z = 9 \\ 2x - y + z = 0 \\ 3x + 3z = a \end{cases} \text{ を解く.} \quad \bar{A} = \left( \begin{array}{ccc|c} 1 & 1 & 2 & 9 \\ 2 & -1 & 1 & 0 \\ 3 & 0 & 3 & a \end{array} \right).$$

$$\left( \begin{array}{ccc|c} 1 & 1 & 2 & 9 \\ 2 & -1 & 1 & 0 \\ 3 & 0 & 3 & a \end{array} \right) \downarrow \times(-2)$$

## 定理 2.1

連立 1 次方程式 (1) が解をもつ  $\iff \text{rank}(A) = \text{rank}(\bar{A})$ .

### 例

文字  $a$  を含む連立 1 次方程式

$$\begin{cases} x + y + 2z = 9 \\ 2x - y + z = 0 \\ 3x + 3z = a \end{cases} \text{ を解く.} \quad \bar{A} = \left( \begin{array}{ccc|c} 1 & 1 & 2 & 9 \\ 2 & -1 & 1 & 0 \\ 3 & 0 & 3 & a \end{array} \right).$$

$$\left( \begin{array}{ccc|c} 1 & 1 & 2 & 9 \\ 2 & -1 & 1 & 0 \\ 3 & 0 & 3 & a \end{array} \right) \begin{array}{l} \downarrow \times(-2) \\ \rightarrow \end{array} \boxed{\text{III}}$$

## 定理 2.1

連立 1 次方程式 (1) が解をもつ  $\iff \text{rank}(A) = \text{rank}(\bar{A})$ .

### 例

文字  $a$  を含む連立 1 次方程式

$$\begin{cases} x + y + 2z = 9 \\ 2x - y + z = 0 \\ 3x + 3z = a \end{cases} \text{ を解く.} \quad \bar{A} = \left( \begin{array}{ccc|c} 1 & 1 & 2 & 9 \\ 2 & -1 & 1 & 0 \\ 3 & 0 & 3 & a \end{array} \right).$$

$$\left( \begin{array}{ccc|c} 1 & 1 & 2 & 9 \\ 2 & -1 & 1 & 0 \\ 3 & 0 & 3 & a \end{array} \right) \xrightarrow{\times(-2)} \begin{array}{c} \text{III} \\ \rightarrow \end{array} \left( \begin{array}{ccc|c} 1 & 1 & 2 & 9 \\ 0 & -3 & -3 & -18 \\ 3 & 0 & 3 & a \end{array} \right)$$

## 定理 2.1

連立 1 次方程式 (1) が解をもつ  $\iff \text{rank}(A) = \text{rank}(\bar{A})$ .

### 例

文字  $a$  を含む連立 1 次方程式

$$\begin{cases} x + y + 2z = 9 \\ 2x - y + z = 0 \\ 3x + 3z = a \end{cases} \text{ を解く.} \quad \bar{A} = \left( \begin{array}{ccc|c} 1 & 1 & 2 & 9 \\ 2 & -1 & 1 & 0 \\ 3 & 0 & 3 & a \end{array} \right).$$

$$\left( \begin{array}{ccc|c} 1 & 1 & 2 & 9 \\ 2 & -1 & 1 & 0 \\ 3 & 0 & 3 & a \end{array} \right) \begin{array}{l} \downarrow \times(-2) \\ \rightarrow \text{III} \end{array} \rightarrow \left( \begin{array}{ccc|c} 1 & 1 & 2 & 9 \\ 0 & -3 & -3 & -18 \\ 3 & 0 & 3 & a \end{array} \right) \begin{array}{l} \\ \downarrow \times(-3) \end{array}$$



## 定理 2.1

連立 1 次方程式 (1) が解をもつ  $\iff \text{rank}(A) = \text{rank}(\bar{A})$ .

### 例

文字  $a$  を含む連立 1 次方程式

$$\begin{cases} x + y + 2z = 9 \\ 2x - y + z = 0 \\ 3x + 3z = a \end{cases} \text{ を解く.} \quad \bar{A} = \left( \begin{array}{ccc|c} 1 & 1 & 2 & 9 \\ 2 & -1 & 1 & 0 \\ 3 & 0 & 3 & a \end{array} \right).$$

$$\left( \begin{array}{ccc|c} \mathbf{1} & 1 & 2 & 9 \\ 2 & -1 & 1 & 0 \\ 3 & 0 & 3 & a \end{array} \right) \begin{array}{l} \downarrow \times(-2) \\ \rightarrow \end{array} \begin{array}{c} \boxed{\text{III}} \\ \rightarrow \end{array} \left( \begin{array}{ccc|c} 1 & 1 & 2 & 9 \\ \mathbf{0} & -3 & -3 & -18 \\ 3 & 0 & 3 & a \end{array} \right) \begin{array}{l} \downarrow \times(-3) \\ \rightarrow \end{array} \begin{array}{c} \boxed{\text{III}} \\ \rightarrow \end{array}$$

## 定理 2.1

連立 1 次方程式 (1) が解をもつ  $\iff \text{rank}(A) = \text{rank}(\bar{A})$ .

### 例

文字  $a$  を含む連立 1 次方程式

$$\begin{cases} x + y + 2z = 9 \\ 2x - y + z = 0 \\ 3x + 3z = a \end{cases} \text{ を解く.} \quad \bar{A} = \left( \begin{array}{ccc|c} 1 & 1 & 2 & 9 \\ 2 & -1 & 1 & 0 \\ 3 & 0 & 3 & a \end{array} \right).$$

$$\left( \begin{array}{ccc|c} \color{red}{1} & 1 & 2 & 9 \\ 2 & -1 & 1 & 0 \\ 3 & 0 & 3 & a \end{array} \right) \begin{array}{l} \downarrow \times(-2) \\ \rightarrow \end{array} \begin{array}{c} \boxed{\text{III}} \\ \left( \begin{array}{ccc|c} 1 & 1 & 2 & 9 \\ \color{red}{0} & -3 & -3 & -18 \\ 3 & 0 & 3 & a \end{array} \right) \end{array} \begin{array}{l} \downarrow \times(-3) \\ \rightarrow \end{array} \begin{array}{c} \boxed{\text{III}} \\ \left( \begin{array}{ccc|c} 1 & 1 & 2 & 9 \\ 0 & -3 & -3 & -18 \\ \color{red}{0} & -3 & -3 & a - 27 \end{array} \right) \end{array}$$

## 定理 2.1

連立 1 次方程式 (1) が解をもつ  $\iff \text{rank}(A) = \text{rank}(\bar{A})$ .

### 例

文字  $a$  を含む連立 1 次方程式

$$\begin{cases} x + y + 2z = 9 \\ 2x - y + z = 0 \\ 3x + 3z = a \end{cases} \text{ を解く.} \quad \bar{A} = \left( \begin{array}{ccc|c} 1 & 1 & 2 & 9 \\ 2 & -1 & 1 & 0 \\ 3 & 0 & 3 & a \end{array} \right).$$

$$\left( \begin{array}{ccc|c} \color{red}{1} & 1 & 2 & 9 \\ 2 & -1 & 1 & 0 \\ 3 & 0 & 3 & a \end{array} \right) \begin{array}{l} \downarrow \times(-2) \\ \rightarrow \end{array} \begin{array}{c} \boxed{\text{III}} \\ \downarrow \end{array} \left( \begin{array}{ccc|c} 1 & 1 & 2 & 9 \\ \color{red}{0} & -3 & -3 & -18 \\ 3 & 0 & 3 & a \end{array} \right) \begin{array}{l} \downarrow \times(-3) \\ \rightarrow \end{array} \begin{array}{c} \boxed{\text{III}} \\ \downarrow \end{array} \left( \begin{array}{ccc|c} 1 & 1 & 2 & 9 \\ 0 & -3 & -3 & -18 \\ \color{red}{0} & -3 & -3 & a - 27 \end{array} \right) \times \left(-\frac{1}{3}\right)$$

## 定理 2.1

連立 1 次方程式 (1) が解をもつ  $\iff \text{rank}(A) = \text{rank}(\bar{A})$ .

### 例

文字  $a$  を含む連立 1 次方程式

$$\begin{cases} x + y + 2z = 9 \\ 2x - y + z = 0 \\ 3x + 3z = a \end{cases} \text{ を解く.} \quad \bar{A} = \left( \begin{array}{ccc|c} 1 & 1 & 2 & 9 \\ 2 & -1 & 1 & 0 \\ 3 & 0 & 3 & a \end{array} \right).$$

$$\left( \begin{array}{ccc|c} 1 & 1 & 2 & 9 \\ 2 & -1 & 1 & 0 \\ 3 & 0 & 3 & a \end{array} \right) \begin{array}{l} \downarrow \times(-2) \\ \rightarrow \end{array} \begin{array}{l} \text{III} \\ \end{array} \left( \begin{array}{ccc|c} 1 & 1 & 2 & 9 \\ 0 & -3 & -3 & -18 \\ 3 & 0 & 3 & a \end{array} \right) \begin{array}{l} \downarrow \times(-3) \\ \rightarrow \end{array} \begin{array}{l} \text{III} \\ \end{array} \left( \begin{array}{ccc|c} 1 & 1 & 2 & 9 \\ 0 & -3 & -3 & -18 \\ 0 & -3 & -3 & a - 27 \end{array} \right) \times(-\frac{1}{3})$$

II

$\rightarrow$

## 定理 2.1

連立 1 次方程式 (1) が解をもつ  $\iff \text{rank}(A) = \text{rank}(\bar{A})$ .

### 例

文字  $a$  を含む連立 1 次方程式

$$\begin{cases} x + y + 2z = 9 \\ 2x - y + z = 0 \\ 3x + 3z = a \end{cases} \text{ を解く.} \quad \bar{A} = \left( \begin{array}{ccc|c} 1 & 1 & 2 & 9 \\ 2 & -1 & 1 & 0 \\ 3 & 0 & 3 & a \end{array} \right).$$

$$\left( \begin{array}{ccc|c} \mathbf{1} & 1 & 2 & 9 \\ 2 & -1 & 1 & 0 \\ 3 & 0 & 3 & a \end{array} \right) \begin{array}{l} \downarrow \times(-2) \\ \rightarrow \end{array} \begin{array}{l} \text{III} \\ \end{array} \left( \begin{array}{ccc|c} 1 & 1 & 2 & 9 \\ \mathbf{0} & -3 & -3 & -18 \\ 3 & 0 & 3 & a \end{array} \right) \begin{array}{l} \downarrow \times(-3) \\ \rightarrow \end{array} \begin{array}{l} \text{III} \\ \end{array} \left( \begin{array}{ccc|c} 1 & 1 & 2 & 9 \\ 0 & -3 & -3 & -18 \\ \mathbf{0} & -3 & -3 & a - 27 \end{array} \right) \times(-\frac{1}{3})$$

$$\begin{array}{l} \text{II} \\ \rightarrow \end{array} \left( \begin{array}{ccc|c} 1 & 1 & 2 & 9 \\ 0 & \mathbf{1} & 1 & 6 \\ 0 & -3 & -3 & a - 27 \end{array} \right)$$

## 定理 2.1

連立 1 次方程式 (1) が解をもつ  $\iff \text{rank}(A) = \text{rank}(\bar{A})$ .

### 例

文字  $a$  を含む連立 1 次方程式

$$\begin{cases} x + y + 2z = 9 \\ 2x - y + z = 0 \\ 3x + 3z = a \end{cases} \text{ を解く.} \quad \bar{A} = \left( \begin{array}{ccc|c} 1 & 1 & 2 & 9 \\ 2 & -1 & 1 & 0 \\ 3 & 0 & 3 & a \end{array} \right).$$

$$\left( \begin{array}{ccc|c} \mathbf{1} & 1 & 2 & 9 \\ 2 & -1 & 1 & 0 \\ 3 & 0 & 3 & a \end{array} \right) \downarrow \times(-2) \xrightarrow{\text{III}} \left( \begin{array}{ccc|c} 1 & 1 & 2 & 9 \\ \mathbf{0} & -3 & -3 & -18 \\ 3 & 0 & 3 & a \end{array} \right) \downarrow \times(-3) \xrightarrow{\text{III}} \left( \begin{array}{ccc|c} 1 & 1 & 2 & 9 \\ 0 & -3 & -3 & -18 \\ \mathbf{0} & -3 & -3 & a - 27 \end{array} \right) \times(-\frac{1}{3})$$

$$\xrightarrow{\text{II}} \left( \begin{array}{ccc|c} 1 & 1 & 2 & 9 \\ 0 & \mathbf{1} & 1 & 6 \\ 0 & -3 & -3 & a - 27 \end{array} \right) \downarrow \times 3$$

## 定理 2.1

連立 1 次方程式 (1) が解をもつ  $\iff \text{rank}(A) = \text{rank}(\bar{A})$ .

### 例

文字  $a$  を含む連立 1 次方程式

$$\begin{cases} x + y + 2z = 9 \\ 2x - y + z = 0 \\ 3x + 3z = a \end{cases} \text{ を解く.} \quad \bar{A} = \left( \begin{array}{ccc|c} 1 & 1 & 2 & 9 \\ 2 & -1 & 1 & 0 \\ 3 & 0 & 3 & a \end{array} \right).$$

$$\left( \begin{array}{ccc|c} \mathbf{1} & 1 & 2 & 9 \\ 2 & -1 & 1 & 0 \\ 3 & 0 & 3 & a \end{array} \right) \begin{array}{l} \downarrow \times(-2) \\ \rightarrow \end{array} \begin{array}{l} \boxed{\text{III}} \\ \downarrow \end{array} \left( \begin{array}{ccc|c} 1 & 1 & 2 & 9 \\ \mathbf{0} & -3 & -3 & -18 \\ 3 & 0 & 3 & a \end{array} \right) \begin{array}{l} \downarrow \times(-3) \\ \rightarrow \end{array} \begin{array}{l} \boxed{\text{III}} \\ \downarrow \end{array} \left( \begin{array}{ccc|c} 1 & 1 & 2 & 9 \\ 0 & -3 & -3 & -18 \\ \mathbf{0} & -3 & -3 & a - 27 \end{array} \right) \times(-\frac{1}{3})$$

$$\begin{array}{l} \rightarrow \end{array} \begin{array}{l} \boxed{\text{II}} \\ \downarrow \end{array} \left( \begin{array}{ccc|c} 1 & 1 & 2 & 9 \\ 0 & \mathbf{1} & 1 & 6 \\ 0 & -3 & -3 & a - 27 \end{array} \right) \begin{array}{l} \downarrow \times 3 \\ \rightarrow \end{array} \begin{array}{l} \boxed{\text{III}} \\ \downarrow \end{array}$$

## 定理 2.1

連立 1 次方程式 (1) が解をもつ  $\iff \text{rank}(A) = \text{rank}(\bar{A})$ .

### 例

文字  $a$  を含む連立 1 次方程式

$$\begin{cases} x + y + 2z = 9 \\ 2x - y + z = 0 \\ 3x + 3z = a \end{cases} \text{ を解く.} \quad \bar{A} = \left( \begin{array}{ccc|c} 1 & 1 & 2 & 9 \\ 2 & -1 & 1 & 0 \\ 3 & 0 & 3 & a \end{array} \right).$$

$$\left( \begin{array}{ccc|c} \mathbf{1} & 1 & 2 & 9 \\ 2 & -1 & 1 & 0 \\ 3 & 0 & 3 & a \end{array} \right) \begin{array}{l} \downarrow \times(-2) \\ \rightarrow \end{array} \begin{array}{l} \boxed{\text{III}} \\ \downarrow \end{array} \left( \begin{array}{ccc|c} 1 & 1 & 2 & 9 \\ \mathbf{0} & -3 & -3 & -18 \\ 3 & 0 & 3 & a \end{array} \right) \begin{array}{l} \downarrow \times(-3) \\ \rightarrow \end{array} \begin{array}{l} \boxed{\text{III}} \\ \downarrow \end{array} \left( \begin{array}{ccc|c} 1 & 1 & 2 & 9 \\ 0 & -3 & -3 & -18 \\ \mathbf{0} & -3 & -3 & a - 27 \end{array} \right) \times(-\frac{1}{3})$$

$$\begin{array}{l} \rightarrow \end{array} \begin{array}{l} \boxed{\text{II}} \\ \downarrow \end{array} \left( \begin{array}{ccc|c} 1 & 1 & 2 & 9 \\ 0 & \mathbf{1} & 1 & 6 \\ 0 & -3 & -3 & a - 27 \end{array} \right) \begin{array}{l} \downarrow \times 3 \\ \rightarrow \end{array} \begin{array}{l} \boxed{\text{III}} \\ \downarrow \end{array} \left( \begin{array}{ccc|c} 1 & 1 & 2 & 9 \\ 0 & 1 & 1 & 6 \\ 0 & \mathbf{0} & 0 & a - 9 \end{array} \right)$$



## 定理 2.1

連立 1 次方程式 (1) が解をもつ  $\iff \text{rank}(A) = \text{rank}(\bar{A})$ .

### 例

文字  $a$  を含む連立 1 次方程式

$$\begin{cases} x + y + 2z = 9 \\ 2x - y + z = 0 \\ 3x + 3z = a \end{cases} \text{ を解く.} \quad \bar{A} = \left( \begin{array}{ccc|c} 1 & 1 & 2 & 9 \\ 2 & -1 & 1 & 0 \\ 3 & 0 & 3 & a \end{array} \right).$$

$$\left( \begin{array}{ccc|c} \mathbf{1} & 1 & 2 & 9 \\ 2 & -1 & 1 & 0 \\ 3 & 0 & 3 & a \end{array} \right) \begin{array}{l} \downarrow \times(-2) \\ \rightarrow \end{array} \begin{array}{l} \boxed{\text{III}} \\ \downarrow \times(-3) \end{array} \left( \begin{array}{ccc|c} 1 & 1 & 2 & 9 \\ \mathbf{0} & -3 & -3 & -18 \\ 3 & 0 & 3 & a \end{array} \right) \begin{array}{l} \rightarrow \\ \downarrow \times(-\frac{1}{3}) \end{array} \left( \begin{array}{ccc|c} 1 & 1 & 2 & 9 \\ 0 & -3 & -3 & -18 \\ \mathbf{0} & -3 & -3 & a-27 \end{array} \right)$$

$$\begin{array}{l} \rightarrow \\ \downarrow \times 3 \end{array} \begin{array}{l} \boxed{\text{II}} \\ \rightarrow \end{array} \left( \begin{array}{ccc|c} 1 & 1 & 2 & 9 \\ 0 & \mathbf{1} & 1 & 6 \\ 0 & -3 & -3 & a-27 \end{array} \right) \begin{array}{l} \rightarrow \\ \uparrow \times(-1) \end{array} \begin{array}{l} \boxed{\text{III}} \\ \uparrow \times(-1) \end{array} \left( \begin{array}{ccc|c} 1 & 1 & 2 & 9 \\ 0 & 1 & 1 & 6 \\ 0 & \mathbf{0} & 0 & a-9 \end{array} \right)$$

## 定理 2.1

連立 1 次方程式 (1) が解をもつ  $\iff \text{rank}(A) = \text{rank}(\bar{A})$ .

### 例

文字  $a$  を含む連立 1 次方程式

$$\begin{cases} x + y + 2z = 9 \\ 2x - y + z = 0 \\ 3x + 3z = a \end{cases} \text{ を解く.} \quad \bar{A} = \left( \begin{array}{ccc|c} 1 & 1 & 2 & 9 \\ 2 & -1 & 1 & 0 \\ 3 & 0 & 3 & a \end{array} \right).$$

$$\left( \begin{array}{ccc|c} \mathbf{1} & 1 & 2 & 9 \\ 2 & -1 & 1 & 0 \\ 3 & 0 & 3 & a \end{array} \right) \begin{array}{l} \downarrow \times(-2) \\ \rightarrow \end{array} \begin{array}{l} \boxed{\text{III}} \\ \downarrow \end{array} \left( \begin{array}{ccc|c} 1 & 1 & 2 & 9 \\ \mathbf{0} & -3 & -3 & -18 \\ 3 & 0 & 3 & a \end{array} \right) \begin{array}{l} \downarrow \times(-3) \\ \rightarrow \end{array} \begin{array}{l} \boxed{\text{III}} \\ \downarrow \end{array} \left( \begin{array}{ccc|c} 1 & 1 & 2 & 9 \\ 0 & -3 & -3 & -18 \\ \mathbf{0} & -3 & -3 & a-27 \end{array} \right) \times(-\frac{1}{3})$$

$$\begin{array}{l} \rightarrow \end{array} \begin{array}{l} \boxed{\text{II}} \\ \rightarrow \end{array} \left( \begin{array}{ccc|c} 1 & 1 & 2 & 9 \\ 0 & \mathbf{1} & 1 & 6 \\ 0 & -3 & -3 & a-27 \end{array} \right) \begin{array}{l} \downarrow \times 3 \\ \rightarrow \end{array} \begin{array}{l} \boxed{\text{III}} \\ \downarrow \end{array} \left( \begin{array}{ccc|c} 1 & 1 & 2 & 9 \\ 0 & 1 & 1 & 6 \\ 0 & \mathbf{0} & 0 & a-9 \end{array} \right) \begin{array}{l} \uparrow \times(-1) \\ \rightarrow \end{array} \begin{array}{l} \boxed{\text{III}} \\ \rightarrow \end{array}$$

## 定理 2.1

連立 1 次方程式 (1) が解をもつ  $\iff \text{rank}(A) = \text{rank}(\bar{A})$ .

### 例

文字  $a$  を含む連立 1 次方程式

$$\begin{cases} x + y + 2z = 9 \\ 2x - y + z = 0 \\ 3x + 3z = a \end{cases} \text{ を解く.} \quad \bar{A} = \left( \begin{array}{ccc|c} 1 & 1 & 2 & 9 \\ 2 & -1 & 1 & 0 \\ 3 & 0 & 3 & a \end{array} \right).$$

$$\left( \begin{array}{ccc|c} \mathbf{1} & 1 & 2 & 9 \\ 2 & -1 & 1 & 0 \\ 3 & 0 & 3 & a \end{array} \right) \begin{array}{l} \downarrow \times(-2) \\ \text{III} \end{array} \rightarrow \left( \begin{array}{ccc|c} 1 & 1 & 2 & 9 \\ \mathbf{0} & -3 & -3 & -18 \\ 3 & 0 & 3 & a \end{array} \right) \begin{array}{l} \downarrow \times(-3) \\ \text{III} \end{array} \rightarrow \left( \begin{array}{ccc|c} 1 & 1 & 2 & 9 \\ 0 & -3 & -3 & -18 \\ \mathbf{0} & -3 & -3 & a-27 \end{array} \right) \times(-\frac{1}{3})$$

$$\begin{array}{l} \text{II} \\ \rightarrow \end{array} \left( \begin{array}{ccc|c} 1 & 1 & 2 & 9 \\ 0 & \mathbf{1} & 1 & 6 \\ 0 & -3 & -3 & a-27 \end{array} \right) \begin{array}{l} \downarrow \times 3 \\ \text{III} \end{array} \rightarrow \left( \begin{array}{ccc|c} 1 & 1 & 2 & 9 \\ 0 & 1 & 1 & 6 \\ 0 & \mathbf{0} & 0 & a-9 \end{array} \right) \begin{array}{l} \uparrow \times(-1) \\ \text{III} \end{array} \rightarrow \left( \begin{array}{ccc|c} \mathbf{1} & 0 & \mathbf{1} & 3 \\ 0 & \mathbf{1} & \mathbf{1} & 6 \\ 0 & 0 & 0 & a-9 \end{array} \right)$$

## 定理 2.1

連立 1 次方程式 (1) が解をもつ  $\iff \text{rank}(A) = \text{rank}(\bar{A})$ .

### 例

文字  $a$  を含む連立 1 次方程式

$$\begin{cases} x + y + 2z = 9 \\ 2x - y + z = 0 \\ 3x + 3z = a \end{cases} \text{ を解く.} \quad \bar{A} = \left( \begin{array}{ccc|c} 1 & 1 & 2 & 9 \\ 2 & -1 & 1 & 0 \\ 3 & 0 & 3 & a \end{array} \right).$$

$$\left( \begin{array}{ccc|c} \mathbf{1} & 1 & 2 & 9 \\ 2 & -1 & 1 & 0 \\ 3 & 0 & 3 & a \end{array} \right) \begin{array}{l} \downarrow \times(-2) \\ \\ \end{array} \xrightarrow{\text{III}} \left( \begin{array}{ccc|c} 1 & 1 & 2 & 9 \\ \mathbf{0} & -3 & -3 & -18 \\ 3 & 0 & 3 & a \end{array} \right) \begin{array}{l} \\ \downarrow \times(-3) \\ \end{array} \xrightarrow{\text{III}} \left( \begin{array}{ccc|c} 1 & 1 & 2 & 9 \\ 0 & -3 & -3 & -18 \\ \mathbf{0} & -3 & -3 & a-27 \end{array} \right) \times(-\frac{1}{3})$$

$$\xrightarrow{\text{II}} \left( \begin{array}{ccc|c} 1 & 1 & 2 & 9 \\ 0 & \mathbf{1} & 1 & 6 \\ 0 & -3 & -3 & a-27 \end{array} \right) \begin{array}{l} \\ \\ \downarrow \times 3 \end{array} \xrightarrow{\text{III}} \left( \begin{array}{ccc|c} 1 & 1 & 2 & 9 \\ 0 & 1 & 1 & 6 \\ 0 & \mathbf{0} & 0 & a-9 \end{array} \right) \begin{array}{l} \\ \uparrow \times(-1) \\ \\ \end{array} \xrightarrow{\text{III}} \left( \begin{array}{ccc|c} \mathbf{1} & 0 & \mathbf{1} & 3 \\ 0 & \mathbf{1} & \mathbf{1} & 6 \\ 0 & 0 & 0 & a-9 \end{array} \right)$$

$\therefore a \neq 9$  のとき, **解なし**.

## 定理 2.1

連立 1 次方程式 (1) が解をもつ  $\iff \text{rank}(A) = \text{rank}(\bar{A})$ .

### 例

文字  $a$  を含む連立 1 次方程式

$$\begin{cases} x + y + 2z = 9 \\ 2x - y + z = 0 \\ 3x + 3z = a \end{cases} \text{ を解く.} \quad \bar{A} = \left( \begin{array}{ccc|c} 1 & 1 & 2 & 9 \\ 2 & -1 & 1 & 0 \\ 3 & 0 & 3 & a \end{array} \right).$$

$$\left( \begin{array}{ccc|c} \mathbf{1} & 1 & 2 & 9 \\ 2 & -1 & 1 & 0 \\ 3 & 0 & 3 & a \end{array} \right) \begin{array}{l} \downarrow \times(-2) \\ \rightarrow \\ \downarrow \times(-3) \end{array} \begin{array}{l} \boxed{\text{III}} \\ \\ \boxed{\text{III}} \end{array} \left( \begin{array}{ccc|c} 1 & 1 & 2 & 9 \\ \mathbf{0} & -3 & -3 & -18 \\ 3 & 0 & 3 & a \end{array} \right) \begin{array}{l} \rightarrow \\ \downarrow \times(-\frac{1}{3}) \end{array} \begin{array}{l} \boxed{\text{III}} \\ \\ \end{array} \left( \begin{array}{ccc|c} 1 & 1 & 2 & 9 \\ 0 & -3 & -3 & -18 \\ \mathbf{0} & -3 & -3 & a-27 \end{array} \right) \times(-\frac{1}{3})$$

$$\begin{array}{l} \rightarrow \\ \downarrow \times 3 \end{array} \begin{array}{l} \boxed{\text{II}} \\ \\ \end{array} \left( \begin{array}{ccc|c} 1 & 1 & 2 & 9 \\ 0 & \mathbf{1} & 1 & 6 \\ 0 & -3 & -3 & a-27 \end{array} \right) \begin{array}{l} \rightarrow \\ \downarrow \times 3 \end{array} \begin{array}{l} \boxed{\text{III}} \\ \\ \end{array} \left( \begin{array}{ccc|c} 1 & 1 & 2 & 9 \\ 0 & 1 & 1 & 6 \\ 0 & \mathbf{0} & 0 & a-9 \end{array} \right) \begin{array}{l} \uparrow \times(-1) \\ \rightarrow \end{array} \begin{array}{l} \boxed{\text{III}} \\ \\ \end{array} \left( \begin{array}{ccc|c} \mathbf{1} & 0 & \mathbf{1} & 3 \\ 0 & \mathbf{1} & \mathbf{1} & 6 \\ 0 & 0 & 0 & a-9 \end{array} \right)$$

$\therefore a \neq 9$  のとき, **解なし**.  $a = 9$  のとき,

## 定理 2.1

連立 1 次方程式 (1) が解をもつ  $\iff \text{rank}(A) = \text{rank}(\bar{A})$ .

### 例

文字  $a$  を含む連立 1 次方程式

$$\begin{cases} x + y + 2z = 9 \\ 2x - y + z = 0 \\ 3x + 3z = a \end{cases} \text{ を解く.} \quad \bar{A} = \left( \begin{array}{ccc|c} 1 & 1 & 2 & 9 \\ 2 & -1 & 1 & 0 \\ 3 & 0 & 3 & a \end{array} \right).$$

$$\left( \begin{array}{ccc|c} \color{red}{1} & 1 & 2 & 9 \\ 2 & -1 & 1 & 0 \\ 3 & 0 & 3 & a \end{array} \right) \begin{array}{l} \downarrow \times(-2) \\ \text{III} \end{array} \rightarrow \left( \begin{array}{ccc|c} 1 & 1 & 2 & 9 \\ \color{red}{0} & -3 & -3 & -18 \\ 3 & 0 & 3 & a \end{array} \right) \begin{array}{l} \downarrow \times(-3) \\ \text{III} \end{array} \rightarrow \left( \begin{array}{ccc|c} 1 & 1 & 2 & 9 \\ 0 & -3 & -3 & -18 \\ \color{red}{0} & -3 & -3 & a-27 \end{array} \right) \times(-\frac{1}{3})$$

$$\begin{array}{l} \text{II} \\ \rightarrow \end{array} \left( \begin{array}{ccc|c} 1 & 1 & 2 & 9 \\ 0 & \color{red}{1} & 1 & 6 \\ 0 & -3 & -3 & a-27 \end{array} \right) \begin{array}{l} \text{III} \\ \downarrow \times 3 \end{array} \rightarrow \left( \begin{array}{ccc|c} 1 & 1 & 2 & 9 \\ 0 & 1 & 1 & 6 \\ 0 & \color{red}{0} & 0 & a-9 \end{array} \right) \begin{array}{l} \uparrow \times(-1) \\ \text{III} \end{array} \rightarrow \left( \begin{array}{ccc|c} \color{red}{1} & 0 & 1 & 3 \\ 0 & \color{red}{1} & 1 & 6 \\ 0 & 0 & 0 & a-9 \end{array} \right)$$

$\therefore a \neq 9$  のとき, **解なし**.  $a = 9$  のとき,  $\begin{cases} x + z = 3 \\ y + z = 6 \end{cases}$  より,

## 定理 2.1

連立 1 次方程式 (1) が解をもつ  $\iff \text{rank}(A) = \text{rank}(\bar{A})$ .

### 例

文字  $a$  を含む連立 1 次方程式

$$\begin{cases} x + y + 2z = 9 \\ 2x - y + z = 0 \\ 3x + 3z = a \end{cases} \text{ を解く.} \quad \bar{A} = \left( \begin{array}{ccc|c} 1 & 1 & 2 & 9 \\ 2 & -1 & 1 & 0 \\ 3 & 0 & 3 & a \end{array} \right).$$

$$\left( \begin{array}{ccc|c} \color{red}{1} & 1 & 2 & 9 \\ 2 & -1 & 1 & 0 \\ 3 & 0 & 3 & a \end{array} \right) \begin{array}{l} \downarrow \times(-2) \\ \text{III} \end{array} \rightarrow \left( \begin{array}{ccc|c} 1 & 1 & 2 & 9 \\ \color{red}{0} & -3 & -3 & -18 \\ 3 & 0 & 3 & a \end{array} \right) \begin{array}{l} \downarrow \times(-3) \\ \text{III} \end{array} \rightarrow \left( \begin{array}{ccc|c} 1 & 1 & 2 & 9 \\ 0 & -3 & -3 & -18 \\ \color{red}{0} & -3 & -3 & a-27 \end{array} \right) \times(-\frac{1}{3})$$

$$\begin{array}{l} \text{II} \\ \rightarrow \end{array} \left( \begin{array}{ccc|c} 1 & 1 & 2 & 9 \\ 0 & \color{red}{1} & 1 & 6 \\ 0 & -3 & -3 & a-27 \end{array} \right) \begin{array}{l} \downarrow \times 3 \\ \text{III} \end{array} \rightarrow \left( \begin{array}{ccc|c} 1 & 1 & 2 & 9 \\ 0 & 1 & 1 & 6 \\ 0 & \color{red}{0} & 0 & a-9 \end{array} \right) \begin{array}{l} \uparrow \times(-1) \\ \text{III} \end{array} \rightarrow \left( \begin{array}{ccc|c} \color{red}{1} & 0 & 1 & 3 \\ 0 & \color{red}{1} & 1 & 6 \\ 0 & 0 & 0 & a-9 \end{array} \right)$$

$\therefore a \neq 9$  のとき, **解なし**.  $a = 9$  のとき,  $\begin{cases} x + z = 3 \\ y + z = 6 \end{cases}$  より,

解は  $x = 3 - t, y = 6 - t, z = t$  ( $t$  は任意の実数).

## 応用 ( $A^{-1}$ を求める)

- ▶ 行列  $A$  の逆行列  $A^{-1}$  を求める！



## 応用 ( $A^{-1}$ を求める)

- ▶ 行列  $A$  の逆行列  $A^{-1}$  を求める！

$$A = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 2 \\ 2 & -1 & 1 \\ 3 & 2 & 1 \end{pmatrix}.$$

## 応用 ( $A^{-1}$ を求める)

- ▶ 行列  $A$  の逆行列  $A^{-1}$  を求める！

$$A = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 2 \\ 2 & -1 & 1 \\ 3 & 2 & 1 \end{pmatrix}. \quad A^{-1} =$$

## 応用 ( $A^{-1}$ を求める)

- ▶ 行列  $A$  の逆行列  $A^{-1}$  を求める！

$$A = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 2 \\ 2 & -1 & 1 \\ 3 & 2 & 1 \end{pmatrix}. \quad A^{-1} = ?$$

## 応用 ( $A^{-1}$ を求める)

- ▶ 行列  $A$  の逆行列  $A^{-1}$  を求める！

$$A = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 2 \\ 2 & -1 & 1 \\ 3 & 2 & 1 \end{pmatrix}. \quad A^{-1} = \text{? ?}$$

## 応用 ( $A^{-1}$ を求める)

- ▶ 行列  $A$  の逆行列  $A^{-1}$  を求める！

$$A = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 2 \\ 2 & -1 & 1 \\ 3 & 2 & 1 \end{pmatrix}. \quad A^{-1} = \begin{matrix} ? & ? & ? \end{matrix}$$

## 応用 ( $A^{-1}$ を求める)

- ▶ 行列  $A$  の逆行列  $A^{-1}$  を求める！

$$A = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 2 \\ 2 & -1 & 1 \\ 3 & 2 & 1 \end{pmatrix}, \quad A^{-1} = \begin{matrix} ? & ? & ? \end{matrix}$$

基本ベクトル  $\mathbf{e}_1 = \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$ ,  $\mathbf{e}_2 = \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \end{pmatrix}$ ,  $\mathbf{e}_3 = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{pmatrix}$  に対して,

## 応用 ( $A^{-1}$ を求める)

▶ 行列  $A$  の逆行列  $A^{-1}$  を求める!

$$A = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 2 \\ 2 & -1 & 1 \\ 3 & 2 & 1 \end{pmatrix}, \quad A^{-1} = \begin{matrix} ? & ? & ? \end{matrix}$$

基本ベクトル  $\mathbf{e}_1 = \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$ ,  $\mathbf{e}_2 = \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \end{pmatrix}$ ,  $\mathbf{e}_3 = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{pmatrix}$  に対して,

$A \begin{pmatrix} x_i \\ y_i \\ z_i \end{pmatrix} = \mathbf{e}_i$  ( $i = 1, 2, 3$ ) を考える.

## 応用 ( $A^{-1}$ を求める)

▶ 行列  $A$  の逆行列  $A^{-1}$  を求める!

$$A = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 2 \\ 2 & -1 & 1 \\ 3 & 2 & 1 \end{pmatrix}, \quad A^{-1} = \begin{matrix} ? & ? & ? \end{matrix}$$

基本ベクトル  $\mathbf{e}_1 = \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$ ,  $\mathbf{e}_2 = \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \end{pmatrix}$ ,  $\mathbf{e}_3 = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{pmatrix}$  に対して,

$$A \begin{pmatrix} x_i \\ y_i \\ z_i \end{pmatrix} = \mathbf{e}_i \quad (i = 1, 2, 3) \text{ を考える. それぞれ解 } \begin{pmatrix} x_i \\ y_i \\ z_i \end{pmatrix} = \mathbf{b}_i = \begin{pmatrix} b_{1i} \\ b_{2i} \\ b_{3i} \end{pmatrix}$$

をもったとすると,



## 応用 ( $A^{-1}$ を求める)

▶ 行列  $A$  の逆行列  $A^{-1}$  を求める！

$$A = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 2 \\ 2 & -1 & 1 \\ 3 & 2 & 1 \end{pmatrix}, \quad A^{-1} = \begin{matrix} ? & ? & ? \end{matrix}$$

基本ベクトル  $\mathbf{e}_1 = \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$ ,  $\mathbf{e}_2 = \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \end{pmatrix}$ ,  $\mathbf{e}_3 = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{pmatrix}$  に対して,

$A \begin{pmatrix} x_i \\ y_i \\ z_i \end{pmatrix} = \mathbf{e}_i$  ( $i = 1, 2, 3$ ) を考える. それぞれ解  $\begin{pmatrix} x_i \\ y_i \\ z_i \end{pmatrix} = \mathbf{b}_i = \begin{pmatrix} b_{1i} \\ b_{2i} \\ b_{3i} \end{pmatrix}$

をもったとすると,  $A \begin{pmatrix} b_{11} \\ b_{21} \\ b_{31} \end{pmatrix} = \mathbf{e}_1$ ,  $A \begin{pmatrix} b_{12} \\ b_{22} \\ b_{32} \end{pmatrix} = \mathbf{e}_2$ ,  $A \begin{pmatrix} b_{13} \\ b_{23} \\ b_{33} \end{pmatrix} = \mathbf{e}_3$ .

## 応用 ( $A^{-1}$ を求める)

▶ 行列  $A$  の逆行列  $A^{-1}$  を求める！

$$A = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 2 \\ 2 & -1 & 1 \\ 3 & 2 & 1 \end{pmatrix}, \quad A^{-1} = \text{? ? ?}$$

基本ベクトル  $\mathbf{e}_1 = \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$ ,  $\mathbf{e}_2 = \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \end{pmatrix}$ ,  $\mathbf{e}_3 = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{pmatrix}$  に対して,

$A \begin{pmatrix} x_i \\ y_i \\ z_i \end{pmatrix} = \mathbf{e}_i$  ( $i = 1, 2, 3$ ) を考える. それぞれ解  $\begin{pmatrix} x_i \\ y_i \\ z_i \end{pmatrix} = \mathbf{b}_i = \begin{pmatrix} b_{1i} \\ b_{2i} \\ b_{3i} \end{pmatrix}$

をもったとすると,  $A \begin{pmatrix} b_{11} \\ b_{21} \\ b_{31} \end{pmatrix} = \mathbf{e}_1$ ,  $A \begin{pmatrix} b_{12} \\ b_{22} \\ b_{32} \end{pmatrix} = \mathbf{e}_2$ ,  $A \begin{pmatrix} b_{13} \\ b_{23} \\ b_{33} \end{pmatrix} = \mathbf{e}_3$ .

これをまとめてかくと,  $A \begin{pmatrix} b_{11} & b_{12} & b_{13} \\ b_{21} & b_{22} & b_{23} \\ b_{31} & b_{32} & b_{33} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} = E$ .

## 応用 ( $A^{-1}$ を求める)

▶ 行列  $A$  の逆行列  $A^{-1}$  を求める!

$$A = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 2 \\ 2 & -1 & 1 \\ 3 & 2 & 1 \end{pmatrix}, \quad A^{-1} = \text{? ? ?}$$

基本ベクトル  $\mathbf{e}_1 = \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$ ,  $\mathbf{e}_2 = \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \end{pmatrix}$ ,  $\mathbf{e}_3 = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{pmatrix}$  に対して,

$A \begin{pmatrix} x_i \\ y_i \\ z_i \end{pmatrix} = \mathbf{e}_i$  ( $i = 1, 2, 3$ ) を考える. それぞれ解  $\begin{pmatrix} x_i \\ y_i \\ z_i \end{pmatrix} = \mathbf{b}_i = \begin{pmatrix} b_{1i} \\ b_{2i} \\ b_{3i} \end{pmatrix}$

をもったとすると,  $A \begin{pmatrix} b_{11} \\ b_{21} \\ b_{31} \end{pmatrix} = \mathbf{e}_1$ ,  $A \begin{pmatrix} b_{12} \\ b_{22} \\ b_{32} \end{pmatrix} = \mathbf{e}_2$ ,  $A \begin{pmatrix} b_{13} \\ b_{23} \\ b_{33} \end{pmatrix} = \mathbf{e}_3$ .

これをまとめてかくと,  $A \begin{pmatrix} b_{11} & b_{12} & b_{13} \\ b_{21} & b_{22} & b_{23} \\ b_{31} & b_{32} & b_{33} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} = E$ .

つまり,

## 応用 ( $A^{-1}$ を求める)

▶ 行列  $A$  の逆行列  $A^{-1}$  を求める!

$$A = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 2 \\ 2 & -1 & 1 \\ 3 & 2 & 1 \end{pmatrix}, \quad A^{-1} = \text{? ? ?}$$

基本ベクトル  $e_1 = \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$ ,  $e_2 = \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \end{pmatrix}$ ,  $e_3 = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{pmatrix}$  に対して,

$A \begin{pmatrix} x_i \\ y_i \\ z_i \end{pmatrix} = e_i$  ( $i = 1, 2, 3$ ) を考える. それぞれ解  $\begin{pmatrix} x_i \\ y_i \\ z_i \end{pmatrix} = b_i = \begin{pmatrix} b_{1i} \\ b_{2i} \\ b_{3i} \end{pmatrix}$

をもったとすると,  $A \begin{pmatrix} b_{11} \\ b_{21} \\ b_{31} \end{pmatrix} = e_1$ ,  $A \begin{pmatrix} b_{12} \\ b_{22} \\ b_{32} \end{pmatrix} = e_2$ ,  $A \begin{pmatrix} b_{13} \\ b_{23} \\ b_{33} \end{pmatrix} = e_3$ .

これをまとめてかくと,  $A \begin{pmatrix} b_{11} & b_{12} & b_{13} \\ b_{21} & b_{22} & b_{23} \\ b_{31} & b_{32} & b_{33} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} = E$ .

つまり,  $A$  の逆行列  $A^{-1} = \begin{pmatrix} b_{11} & b_{12} & b_{13} \\ b_{21} & b_{22} & b_{23} \\ b_{31} & b_{32} & b_{33} \end{pmatrix}$  がえられた.

$$A \begin{pmatrix} x_i \\ y_i \\ z_i \end{pmatrix} = \mathbb{e}_i \quad (i = 1, 2, 3) \text{ を } 3 \text{ つ同時に解く.}$$

$A \begin{pmatrix} x_i \\ y_i \\ z_i \end{pmatrix} = \mathbf{e}_i \quad (i = 1, 2, 3)$  を **3つ同時に解く**。それには、

$\left( A \mid \begin{array}{ccc} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{array} \right)$  を (行) 基本変形して、

$A \begin{pmatrix} x_i \\ y_i \\ z_i \end{pmatrix} = \mathbb{e}_i \quad (i = 1, 2, 3)$  を **3つ同時に解く**。それには,

$$\left( A \left| \begin{array}{ccc} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{array} \right. \right) \text{を(行)基本変形して, } \left( \begin{array}{ccc|c} 1 & 0 & 0 & \\ 0 & 1 & 0 & B \\ 0 & 0 & 1 & \end{array} \right)$$

とすれば,

$A \begin{pmatrix} x_i \\ y_i \\ z_i \end{pmatrix} = \mathbf{e}_i \quad (i = 1, 2, 3)$  を **3つ同時に解く**。それには、

$$\left( A \mid \begin{array}{ccc} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{array} \right) \text{ を (行) 基本変形して, } \left( \begin{array}{ccc|c} 1 & 0 & 0 & B \\ 0 & 1 & 0 & \\ 0 & 0 & 1 & \end{array} \right)$$

とすれば、解  $\begin{pmatrix} x_i \\ y_i \\ z_i \end{pmatrix} = \mathbf{b}_i = \begin{pmatrix} b_{1i} \\ b_{2i} \\ b_{3i} \end{pmatrix} \quad (i = 1, 2, 3)$  が**同時に**えられる。



$A \begin{pmatrix} x_i \\ y_i \\ z_i \end{pmatrix} = \mathbf{e}_i \quad (i = 1, 2, 3)$  を **3つ同時に解く**。それには、

$$\left( A \mid \begin{array}{ccc} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{array} \right) \text{ を (行) 基本変形して, } \left( \begin{array}{ccc|c} 1 & 0 & 0 & B \\ 0 & 1 & 0 & \\ 0 & 0 & 1 & \end{array} \right)$$

とすれば、解  $\begin{pmatrix} x_i \\ y_i \\ z_i \end{pmatrix} = \mathbf{b}_i = \begin{pmatrix} b_{1i} \\ b_{2i} \\ b_{3i} \end{pmatrix} \quad (i = 1, 2, 3)$  が **同時に**えられる。

## 定理 2.2

$A : n$  次正方行列。  $A$  が正則のとき、(行) 基本変形によって  
 $(A \mid E) \rightarrow \cdots \rightarrow \cdots \rightarrow (E \mid B)$  (但し、 $E = E_n$  は  $n$  次単位行列)  
とすれば、 $B = A^{-1}$  として行列  $A$  の逆行列  $A^{-1}$  が求まる。

$A \begin{pmatrix} x_i \\ y_i \\ z_i \end{pmatrix} = \mathbf{e}_i \quad (i = 1, 2, 3)$  を **3つ同時に解く**。それには、

$$\left( A \mid \begin{array}{ccc} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{array} \right) \text{ を (行) 基本変形して, } \left( \begin{array}{ccc|c} 1 & 0 & 0 & B \\ 0 & 1 & 0 & \\ 0 & 0 & 1 & \end{array} \right)$$

とすれば、解  $\begin{pmatrix} x_i \\ y_i \\ z_i \end{pmatrix} = \mathbf{b}_i = \begin{pmatrix} b_{1i} \\ b_{2i} \\ b_{3i} \end{pmatrix} \quad (i = 1, 2, 3)$  が **同時に**えられる。

## 定理 2.2

$A$  :  $n$  次正方行列.  $A$  が正則のとき、(行) 基本変形によって  
 $(A \mid E) \rightarrow \cdots \rightarrow \cdots \rightarrow (E \mid B)$  (但し、 $E = E_n$  は  $n$  次単位行列)  
とすれば、 $B = A^{-1}$  として行列  $A$  の逆行列  $A^{-1}$  が求まる。

## 注意

$A$  が正則  $\Rightarrow (A \mid E) \rightarrow \cdots \rightarrow \cdots \rightarrow (E \mid B)$  とできる。  
すわなち、左側を単位行列  $E$  にできない  $\Rightarrow A$  は正則でない。

▶ 最初の問題に戻ると …

▶ 最初の問題に戻ると …

$$A = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 2 \\ 2 & -1 & 1 \\ 3 & 2 & 1 \end{pmatrix}, \quad A^{-1} =$$

▶ 最初の問題に戻ると …

$$A = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 2 \\ 2 & -1 & 1 \\ 3 & 2 & 1 \end{pmatrix}. \quad A^{-1} = ?$$

▶ 最初の問題に戻ると …

$$A = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 2 \\ 2 & -1 & 1 \\ 3 & 2 & 1 \end{pmatrix}, \quad A^{-1} = \quad ? \quad ?$$

▶ 最初の問題に戻ると …

$$A = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 2 \\ 2 & -1 & 1 \\ 3 & 2 & 1 \end{pmatrix}, \quad A^{-1} = \begin{matrix} ? & ? & ? \end{matrix}$$

▶ 最初の問題に戻ると …

$$A = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 2 \\ 2 & -1 & 1 \\ 3 & 2 & 1 \end{pmatrix}, \quad A^{-1} = \begin{matrix} ? & ? & ? \end{matrix}$$

(行) 基本変形を行うと



▶ 最初の問題に戻ると …

$$A = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 2 \\ 2 & -1 & 1 \\ 3 & 2 & 1 \end{pmatrix}, \quad A^{-1} = \begin{matrix} ? & ? & ? \end{matrix}$$

(行) 基本変形を行うと

$$\left( \begin{array}{c|ccc} A & 1 & 0 & 0 \\ & 0 & 1 & 0 \\ & 0 & 0 & 1 \end{array} \right) \rightarrow \cdots \rightarrow \cdots \rightarrow \left( \begin{array}{c|ccc} & 1 & 0 & 0 \\ & 0 & 1 & 0 \\ & 0 & 0 & 1 \end{array} \middle| B \right) \text{ として,}$$

▶ 最初の問題に戻ると …

$$A = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 2 \\ 2 & -1 & 1 \\ 3 & 2 & 1 \end{pmatrix}, \quad A^{-1} = \begin{matrix} ? & ? & ? \end{matrix}$$

(行) 基本変形を行うと

$$\left( \begin{array}{c|ccc} & 1 & 0 & 0 \\ A & 0 & 1 & 0 \\ & 0 & 0 & 1 \end{array} \right) \rightarrow \cdots \rightarrow \cdots \rightarrow \left( \begin{array}{c|ccc} & 1 & 0 & 0 \\ & 0 & 1 & 0 \\ & 0 & 0 & 1 \end{array} \middle| B \right) \text{ として,}$$

(行基本変形を各自行う. 教 p.45 も参考に)

▶ 最初の問題に戻ると …

$$A = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 2 \\ 2 & -1 & 1 \\ 3 & 2 & 1 \end{pmatrix}, \quad A^{-1} = \text{ ? ? ? }$$

(行) 基本変形を行うと

$$\left( \begin{array}{c|ccc} & 1 & 0 & 0 \\ A & 0 & 1 & 0 \\ & 0 & 0 & 1 \end{array} \right) \rightarrow \cdots \rightarrow \cdots \rightarrow \left( \begin{array}{c|ccc} & 1 & 0 & 0 \\ & 0 & 1 & 0 \\ & 0 & 0 & 1 \end{array} \middle| B \right) \text{ として,}$$

(行基本変形を各自行う. 教 p.45 も参考に)

$$B = A^{-1} = \begin{pmatrix} -\frac{1}{4} & \frac{1}{4} & \frac{1}{4} \\ \frac{1}{12} & -\frac{5}{12} & \frac{1}{4} \\ \frac{7}{12} & \frac{1}{12} & -\frac{1}{4} \end{pmatrix} = \frac{1}{12} \begin{pmatrix} -3 & 3 & 3 \\ 1 & -5 & 3 \\ 7 & 1 & -3 \end{pmatrix} \text{ をえる.}$$

▶ 最初の問題に戻ると …

$$A = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 2 \\ 2 & -1 & 1 \\ 3 & 2 & 1 \end{pmatrix}, \quad A^{-1} = \quad ? \quad ? \quad ?$$

(行) 基本変形を行うと

$$\left( \begin{array}{c|ccc} & 1 & 0 & 0 \\ A & 0 & 1 & 0 \\ & 0 & 0 & 1 \end{array} \right) \rightarrow \cdots \rightarrow \cdots \rightarrow \left( \begin{array}{c|ccc} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{array} \middle| B \right) \text{ として,}$$

(行基本変形を各自行う. 教 p.45 も参考に)

$$B = A^{-1} = \begin{pmatrix} -\frac{1}{4} & \frac{1}{4} & \frac{1}{4} \\ \frac{1}{12} & -\frac{5}{12} & \frac{1}{4} \\ \frac{7}{12} & \frac{1}{12} & -\frac{1}{4} \end{pmatrix} = \frac{1}{12} \begin{pmatrix} -3 & 3 & 3 \\ 1 & -5 & 3 \\ 7 & 1 & -3 \end{pmatrix} \text{ をえる.}$$

▶ 検算が必要 !!! (特に試験時)

▶ 最初の問題に戻ると …

$$A = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 2 \\ 2 & -1 & 1 \\ 3 & 2 & 1 \end{pmatrix}, \quad A^{-1} = \text{ ? ? ? }$$

(行) 基本変形を行うと

$$\left( \begin{array}{c|ccc} & 1 & 0 & 0 \\ A & 0 & 1 & 0 \\ & 0 & 0 & 1 \end{array} \right) \rightarrow \cdots \rightarrow \cdots \rightarrow \left( \begin{array}{c|ccc} & 1 & 0 & 0 \\ & 0 & 1 & 0 \\ & 0 & 0 & 1 \end{array} \middle| B \right) \text{ として,}$$

(行基本変形を各自行う. 教 p.45 も参考に)

$$B = A^{-1} = \begin{pmatrix} -\frac{1}{4} & \frac{1}{4} & \frac{1}{4} \\ \frac{1}{12} & -\frac{5}{12} & \frac{1}{4} \\ \frac{7}{12} & \frac{1}{12} & -\frac{1}{4} \end{pmatrix} = \frac{1}{12} \begin{pmatrix} -3 & 3 & 3 \\ 1 & -5 & 3 \\ 7 & 1 & -3 \end{pmatrix} \text{ をえる.}$$

▶ 検算が必要 !!! (特に試験時)

それには …

▶ 最初の問題に戻ると …

$$A = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 2 \\ 2 & -1 & 1 \\ 3 & 2 & 1 \end{pmatrix}, \quad A^{-1} = \quad ? \quad ? \quad ?$$

(行) 基本変形を行うと

$$\left( \begin{array}{c|ccc} & 1 & 0 & 0 \\ A & 0 & 1 & 0 \\ & 0 & 0 & 1 \end{array} \right) \rightarrow \cdots \rightarrow \cdots \rightarrow \left( \begin{array}{c|ccc} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{array} \middle| B \right) \text{ として,}$$

(行基本変形を各自行う. 教 p.45 も参考に)

$$B = A^{-1} = \begin{pmatrix} -\frac{1}{4} & \frac{1}{4} & \frac{1}{4} \\ \frac{1}{12} & -\frac{5}{12} & \frac{1}{4} \\ \frac{7}{12} & \frac{1}{12} & -\frac{1}{4} \end{pmatrix} = \frac{1}{12} \begin{pmatrix} -3 & 3 & 3 \\ 1 & -5 & 3 \\ 7 & 1 & -3 \end{pmatrix} \text{ をえる.}$$

▶ 検算が必要 !!! (特に試験時)

それには …  $AB = BA = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} = E$  を実際に計算して確かめる.