数学ターミナル　**線型代数の発想**

ダイジェスト版　13

$\boxed{\text{前回まで}}$　行列式の図形的意味 — 写像で面積の倍率を表す.

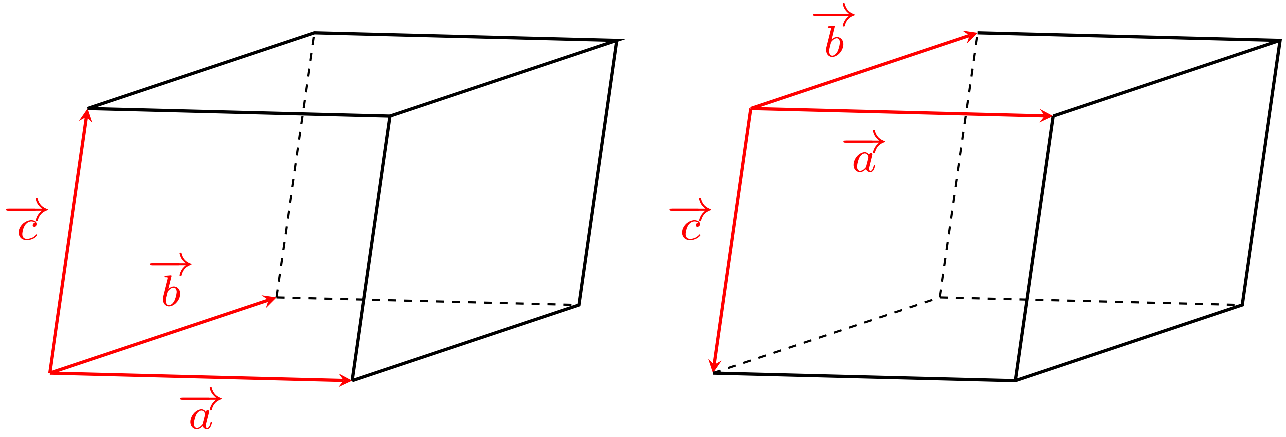
平面図形　★ ダイジェスト版 **12** p.17

$\boxed{\text{今回}}$　平行六面体の体積と行列式との関係

空間図形

平行六面体の体積の表し方　$\vec{a} \wedge \vec{b} \wedge \vec{c}$

★ 本書 p.114



正の体積　　　　負の体積

$\vec{a} \Longrightarrow \vec{b}$ に右ねじをまわしたときにねじが進む向き　$\vec{c}$ の向き

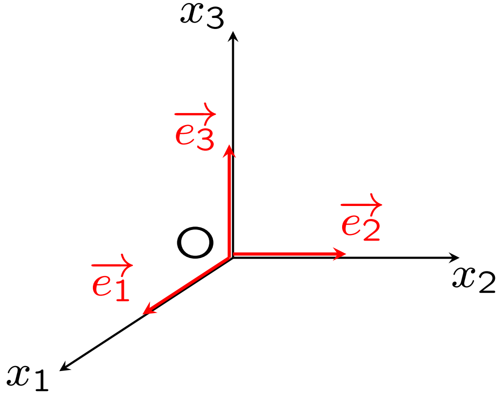
$\boxed{\text{体積の正負}}$

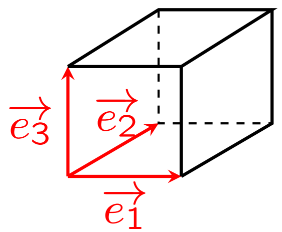
これらの向きが同じ側のとき正の体積

反対側のとき負の体積

★ 本書 p.115

基本ベクトル(ノルムは1)

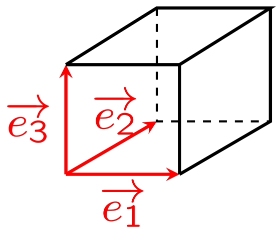




問題1 $\overrightarrow{e_1} \wedge \overrightarrow{e_2} \wedge \overrightarrow{e_3}$, $\overrightarrow{e_2} \wedge \overrightarrow{e_3} \wedge \overrightarrow{e_1}$, $\overrightarrow{e_3} \wedge \overrightarrow{e_1} \wedge \overrightarrow{e_2}$, $\overrightarrow{e_1} \wedge \overrightarrow{e_3} \wedge \overrightarrow{e_2}$, $\overrightarrow{e_2} \wedge \overrightarrow{e_1} \wedge \overrightarrow{e_3}$, $\overrightarrow{e_3} \wedge \overrightarrow{e_2} \wedge \overrightarrow{e_1}$

を求めてください.

$\boxed{\text{解}}$



立方体

$\overrightarrow{e_1} \wedge \overrightarrow{e_2} \wedge \overrightarrow{e_3}$

$\overrightarrow{e_1} \Longrightarrow \overrightarrow{e_2}$ に右ねじをまわしたときにねじが進む向き　$\overrightarrow{e_3}$ の向き　$\boxed{\text{体積の正負}}$

これらの向きが同じ側だから正の体積

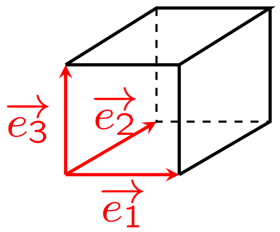
$$\overrightarrow{e_1} \wedge \overrightarrow{e_2} \wedge \overrightarrow{e_3} = 1.$$

$\overrightarrow{e_2} \wedge \overrightarrow{e_3} \wedge \overrightarrow{e_1}$

$\overrightarrow{e_2} \Longrightarrow \overrightarrow{e_3}$ に右ねじをまわしたときにねじが進む向き　$\overrightarrow{e_1}$ の向き　$\boxed{\text{体積の正負}}$

これらの向きが同じ側だから正の体積

$$\overrightarrow{e_2} \wedge \overrightarrow{e_3} \wedge \overrightarrow{e_1} = 1.$$



立方体

$\overrightarrow{e_3} \wedge \overrightarrow{e_1} \wedge \overrightarrow{e_2}$

$\overrightarrow{e_3} \Longrightarrow \overrightarrow{e_1}$ に右ねじをまわしたときにねじが進む向き　$\overrightarrow{e_2}$ の向き　　体積の正負

これらの向きが同じ側だから正の体積

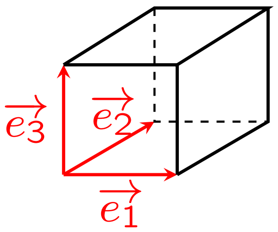
$$\overrightarrow{e_3} \wedge \overrightarrow{e_1} \wedge \overrightarrow{e_2} = 1.$$

$\overrightarrow{e_1} \wedge \overrightarrow{e_3} \wedge \overrightarrow{e_2}$

$\overrightarrow{e_1} \Longrightarrow \overrightarrow{e_3}$ に右ねじをまわしたときにねじが進む向き　$\overrightarrow{e_2}$ の向き　　体積の正負

これらの向きが反対側だから負の体積

$$\overrightarrow{e_1} \wedge \overrightarrow{e_3} \wedge \overrightarrow{e_2} = -1.$$



立方体

$\overrightarrow{e_2} \wedge \overrightarrow{e_1} \wedge \overrightarrow{e_3}$

$\overrightarrow{e_2} \Longrightarrow \overrightarrow{e_1}$ に右ねじをまわしたときにねじが進む向き　$\overrightarrow{e_3}$ の向き　　体積の正負

これらの向きが反対側だから負の体積

$$\overrightarrow{e_2} \wedge \overrightarrow{e_1} \wedge \overrightarrow{e_3} = -1.$$

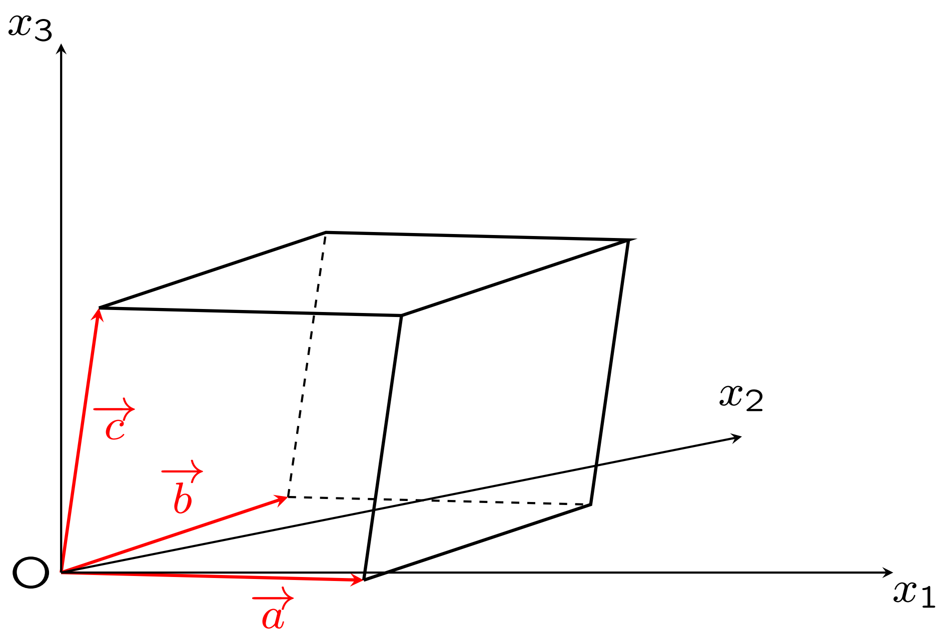
$\overrightarrow{e_3} \wedge \overrightarrow{e_2} \wedge \overrightarrow{e_1}$

$\overrightarrow{e_3} \Longrightarrow \overrightarrow{e_2}$ に右ねじをまわしたときにねじが進む向き　$\overrightarrow{e_1}$ の向き　　体積の正負

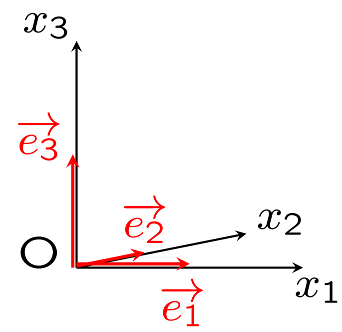
これらの向きが反対側だから負の体積

$$\overrightarrow{e_3} \wedge \overrightarrow{e_2} \wedge \overrightarrow{e_1} = -1.$$

幾何ベクトル $\overrightarrow{a}$, $\overrightarrow{b}$, $\overrightarrow{c}$ は数ベクトル $\begin{pmatrix} a_1 \\ a_2 \\ a_3 \end{pmatrix}$, $\begin{pmatrix} b_1 \\ b_2 \\ b_3 \end{pmatrix}$, $\begin{pmatrix} c_1 \\ c_2 \\ c_3 \end{pmatrix}$ で表せます.



基本ベクトル(ノルムは1)



$\boxed{\text{問題2}}$ $\overrightarrow{a}$, $\overrightarrow{b}$, $\overrightarrow{c}$ を $\overrightarrow{e_1}$, $\overrightarrow{e_2}$, $\overrightarrow{e_3}$ で表してください.

$\boxed{解}$ 幾何ベクトル $\overrightarrow{e_1}$, $\overrightarrow{e_2}$, $\overrightarrow{e_3}$ は数ベクトル $\begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{pmatrix}$ で表せます.

$\overrightarrow{a}$ を表す数ベクトルは

$$\begin{pmatrix} a_1 \\ a_2 \\ a_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} a_1 + \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \end{pmatrix} a_2 + \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{pmatrix} a_3$$

だから

$$\overrightarrow{a} = \overrightarrow{e_1} a_1 + \overrightarrow{e_2} a_2 + \overrightarrow{e_3} a_3.$$

同様に,

$$\overrightarrow{b} = \overrightarrow{e_1} b_1 + \overrightarrow{e_2} b_2 + \overrightarrow{e_3} b_3,$$

$$\overrightarrow{c} = \overrightarrow{e_1} c_1 + \overrightarrow{e_2} c_2 + \overrightarrow{e_3} c_3.$$

$\boxed{\textbf{問題3}}$ 外積の分配法則を使って，$\overrightarrow{a} \wedge \overrightarrow{b} \wedge \overrightarrow{c}$ を計算してください．

★ $\overrightarrow{a}$，$\overrightarrow{b}$，$\overrightarrow{c}$ を問題**2** のように $\overrightarrow{e_1}$，$\overrightarrow{e_2}$，$\overrightarrow{e_3}$ で表す．

$\boxed{解}$ $\quad \vec{a} \wedge \vec{b} \wedge \vec{c}$

$$= (\vec{e_1}a_1 + \vec{e_2}a_2 + \vec{e_3}a_3) \wedge (\vec{e_1}b_1 + \vec{e_2}b_2 + \vec{e_3}b_3) \wedge (\vec{e_1}c_1 + \vec{e_2}c_2 + \vec{e_3}c_3)$$

見通しを立てて式を展開する.

- $\vec{e_1} \wedge \vec{e_1} \wedge \vec{e_1}, \vec{e_1} \wedge \vec{e_1} \wedge \vec{e_2}, \ldots$ が現れることに着目して整理する.
- 添字 1 1 1, 1 1 2, . . . に着目して, 何通りの外積が現れるかを考える.
- 同じ添字を含むと立方体にならないから体積は 0.

添字	左側の( ) 中央の( ) 右側の( )	体積	係数
1 1 1	$\vec{e_1} \wedge \vec{e_1} \wedge \vec{e_1}$	0	$a_1b_1c_1$
1 1 2	$\vec{e_1} \wedge \vec{e_1} \wedge \vec{e_2}$	0	$a_1b_1c_2$
1 1 3	$\vec{e_1} \wedge \vec{e_1} \wedge \vec{e_3}$	0	$a_1b_1c_3$
1 2 1	$\vec{e_1} \wedge \vec{e_2} \wedge \vec{e_1}$	0	$a_1b_2c_1$
1 2 2	$\vec{e_1} \wedge \vec{e_2} \wedge \vec{e_2}$	0	$a_1b_2c_2$
1 2 3	$\vec{e_1} \wedge \vec{e_2} \wedge \vec{e_3}$	1	$a_1b_2c_3$
1 3 1	$\vec{e_1} \wedge \vec{e_3} \wedge \vec{e_1}$	0	$a_1b_3c_1$
1 3 2	$\vec{e_1} \wedge \vec{e_3} \wedge \vec{e_2}$	-1	$a_1b_3c_2$
1 3 3	$\vec{e_1} \wedge \vec{e_3} \wedge \vec{e_3}$	0	$a_1b_3c_3$

添字	左側の( )	中央の( )	右側の( )	体積	係数
2 1 1	$\overrightarrow{e_2}$ ∧	$\overrightarrow{e_1}$ ∧	$\overrightarrow{e_1}$	0	$a_2b_1c_1$
2 1 2	$\overrightarrow{e_2}$ ∧	$\overrightarrow{e_1}$ ∧	$\overrightarrow{e_2}$	0	$a_2b_1c_2$
2 1 3	$\overrightarrow{e_2}$ ∧	$\overrightarrow{e_1}$ ∧	$\overrightarrow{e_3}$	-1	$a_2b_1c_3$
2 2 1	$\overrightarrow{e_2}$ ∧	$\overrightarrow{e_2}$ ∧	$\overrightarrow{e_1}$	0	$a_2b_2c_1$
2 2 2	$\overrightarrow{e_2}$ ∧	$\overrightarrow{e_2}$ ∧	$\overrightarrow{e_2}$	0	$a_2b_2c_2$
2 2 3	$\overrightarrow{e_2}$ ∧	$\overrightarrow{e_2}$ ∧	$\overrightarrow{e_3}$	0	$a_2b_2c_3$
2 3 1	$\overrightarrow{e_2}$ ∧	$\overrightarrow{e_3}$ ∧	$\overrightarrow{e_1}$	1	$a_2b_3c_1$
2 3 2	$\overrightarrow{e_2}$ ∧	$\overrightarrow{e_3}$ ∧	$\overrightarrow{e_2}$	0	$a_2b_3c_2$
2 3 3	$\overrightarrow{e_2}$ ∧	$\overrightarrow{e_3}$ ∧	$\overrightarrow{e_3}$	0	$a_2b_3c_3$
3 1 1	$\overrightarrow{e_3}$ ∧	$\overrightarrow{e_1}$ ∧	$\overrightarrow{e_1}$	0	$a_3b_1c_1$
3 1 2	$\overrightarrow{e_3}$ ∧	$\overrightarrow{e_1}$ ∧	$\overrightarrow{e_2}$	1	$a_3b_1c_2$
3 1 3	$\overrightarrow{e_3}$ ∧	$\overrightarrow{e_1}$ ∧	$\overrightarrow{e_3}$	0	$a_3b_1c_3$
3 2 1	$\overrightarrow{e_3}$ ∧	$\overrightarrow{e_2}$ ∧	$\overrightarrow{e_1}$	-1	$a_3b_2c_1$
3 2 2	$\overrightarrow{e_3}$ ∧	$\overrightarrow{e_2}$ ∧	$\overrightarrow{e_2}$	0	$a_3b_2c_2$
3 2 3	$\overrightarrow{e_3}$ ∧	$\overrightarrow{e_2}$ ∧	$\overrightarrow{e_3}$	0	$a_3b_2c_3$
3 3 1	$\overrightarrow{e_3}$ ∧	$\overrightarrow{e_3}$ ∧	$\overrightarrow{e_1}$	0	$a_3b_3c_1$
3 3 2	$\overrightarrow{e_3}$ ∧	$\overrightarrow{e_3}$ ∧	$\overrightarrow{e_2}$	0	$a_3b_3c_2$
3 3 3	$\overrightarrow{e_3}$ ∧	$\overrightarrow{e_3}$ ∧	$\overrightarrow{e_3}$	0	$a_3b_3c_3$

$$
\begin{aligned}
& \overrightarrow{a} \wedge \overrightarrow{b} \wedge \overrightarrow{c} \\
= \ & \overrightarrow{e_1} \wedge \overrightarrow{e_2} \wedge \overrightarrow{e_3}\ a_1 b_2 c_3 + \overrightarrow{e_1} \wedge \overrightarrow{e_3} \wedge \overrightarrow{e_2}\ a_1 b_3 c_2 \\
& + \overrightarrow{e_2} \wedge \overrightarrow{e_1} \wedge \overrightarrow{e_3}\ a_2 b_1 c_3 + \overrightarrow{e_2} \wedge \overrightarrow{e_3} \wedge \overrightarrow{e_1}\ a_2 b_3 c_1 \\
& + \overrightarrow{e_3} \wedge \overrightarrow{e_1} \wedge \overrightarrow{e_2}\ a_3 b_1 c_2 + \overrightarrow{e_3} \wedge \overrightarrow{e_2} \wedge \overrightarrow{e_1}\ a_3 b_2 c_1 \\
= \ & \overrightarrow{e_1} \wedge \overrightarrow{e_2} \wedge \overrightarrow{e_3}\ (a_1 b_2 c_3 - a_1 b_3 c_2 - a_2 b_1 c_3 + a_2 b_3 c_1 + a_3 b_1 c_2 - a_3 b_2 c_1).
\end{aligned}
$$

例 $\overrightarrow{e_1} \wedge \overrightarrow{e_3} \wedge \overrightarrow{e_2} = -1,$

$\overrightarrow{e_1} \wedge \overrightarrow{e_2} \wedge \overrightarrow{e_3} = 1$

だから

$$\overrightarrow{e_1} \wedge \overrightarrow{e_3} \wedge \overrightarrow{e_2} = -\overrightarrow{e_1} \wedge \overrightarrow{e_2} \wedge \overrightarrow{e_3}.$$

$$
\begin{aligned}
& a_1 b_2 c_3 - a_1 b_3 c_2 - a_2 b_1 c_3 + a_2 b_3 c_1 + a_3 b_1 c_2 - a_3 b_2 c_1 \\
= \ & a_1 (b_2 c_3 - b_3 c_2) - b_1 (a_2 c_3 - a_3 c_2) + c_1 (a_2 b_3 - a_3 b_2).
\end{aligned}
$$

◀ 右辺の（ ）の式

◀ a_1, b_1, c_1 でくくる.

Q1 この式を行列式で表せないでしょうか ?

$$
\begin{aligned}
& a_1(b_2c_3 - b_3c_2) - b_1(a_2c_3 - a_3c_2) + c_1(a_2b_3 - a_3b_2) \\
= \; & a_1 \begin{vmatrix} b_2 & c_2 \\ b_3 & c_3 \end{vmatrix} - b_1 \begin{vmatrix} a_2 & c_2 \\ a_3 & c_3 \end{vmatrix} + c_1 \begin{vmatrix} a_2 & b_2 \\ a_3 & b_3 \end{vmatrix}.
\end{aligned}
$$

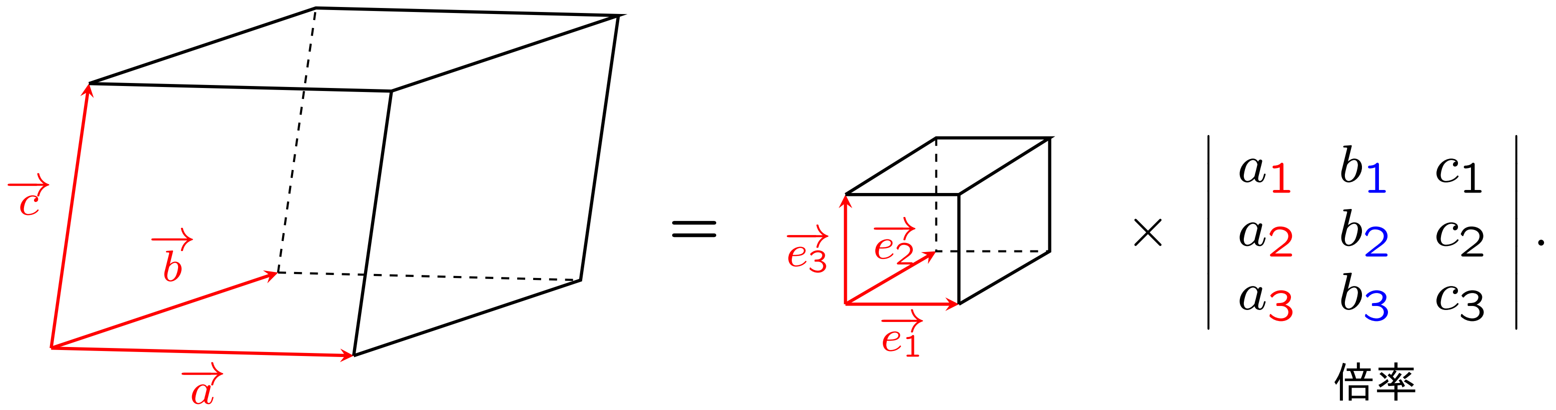
この式は３次の行列式の定義

$$
\begin{vmatrix} a_1 & b_1 & c_1 \\ a_2 & b_2 & c_2 \\ a_3 & b_3 & c_3 \end{vmatrix} = a_1 \begin{vmatrix} b_2 & c_2 \\ b_3 & c_3 \end{vmatrix} - b_1 \begin{vmatrix} a_2 & c_2 \\ a_3 & c_3 \end{vmatrix} + c_1 \begin{vmatrix} a_2 & b_2 \\ a_3 & b_3 \end{vmatrix}
$$

と同じであることに気づきます.

Q2　何がわかったことになるのでしょうか ?

まとめ　$\vec{a} \wedge \vec{b} \wedge \vec{c} = \vec{e_1} \wedge \vec{e_2} \wedge \vec{e_3} \begin{vmatrix} a_1 & b_1 & c_1 \\ a_2 & b_2 & c_2 \\ a_3 & b_3 & c_3 \end{vmatrix}.$ 　★ 本書 p.116

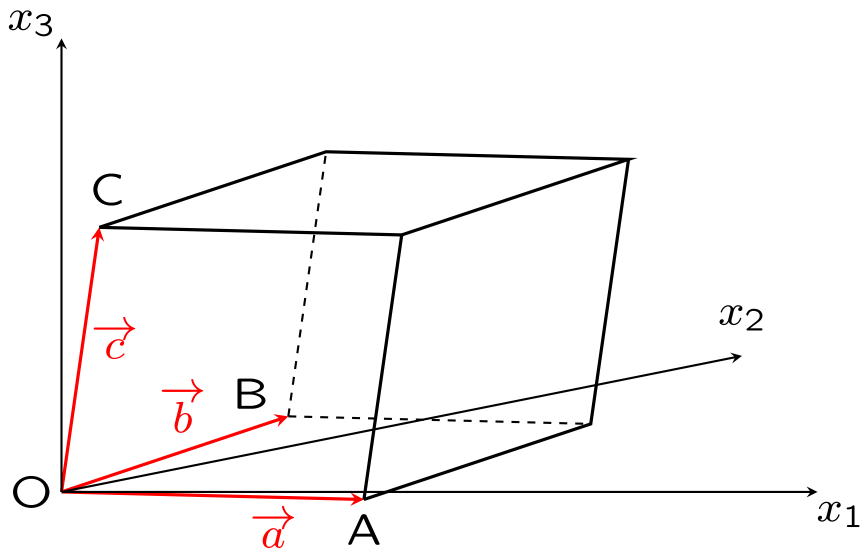


$\vec{a}, \vec{b}, \vec{c}$ を表す数ベクトル $\begin{pmatrix} a_1 \\ a_2 \\ a_3 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} b_1 \\ b_2 \\ b_3 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} c_1 \\ c_2 \\ c_3 \end{pmatrix}$ を並べたマトリックスの行列式

重要　平行六面体の体積は，底面積と高さとを求めなくても計算できることがわかります．

$\boxed{\text{問題 4}}$　$\vec{a}, \vec{b}, \vec{c}$ が $\begin{pmatrix} 2 \\ -1 \\ -1 \end{pmatrix}$, $\begin{pmatrix} -2 \\ 3 \\ 2 \end{pmatrix}$, $\begin{pmatrix} -2 \\ 2 \\ 5 \end{pmatrix}$ で表せるとき，平行六面体の体積を求めてください．

★ (i) 行列式の定義どおりの計算，(ii) 行列式の性質を活用する計算の２通りで求めて一致することを確かめる．



$\boxed{解}$ $\vec{a} \wedge \vec{b} \wedge \vec{c} = \vec{e_1} \wedge \vec{e_2} \wedge \vec{e_3} \begin{vmatrix} 2 & -2 & -2 \\ -1 & 3 & 2 \\ -1 & 2 & 5 \end{vmatrix}.$

(i) 行列式の定義どおりの計算

$$\begin{aligned} &\overset{\text{行展開}}{} \quad 2\begin{vmatrix} 3 & 2 \\ 2 & 5 \end{vmatrix} - (-2)\begin{vmatrix} -1 & 2 \\ -1 & 5 \end{vmatrix} + (-2)\begin{vmatrix} -1 & 3 \\ -1 & 2 \end{vmatrix} \\ &= 2(3 \times 5 - 2 \times 2) + 2\{(-1) \times 5 - 2 \times (-1)\} - 2\{(-1) \times 2 - 3 \times (-1)\} \\ &= 14. \end{aligned}$$

(ii) 行列式の性質を活用した計算 $\boxed{\text{多くの0, 1をつくる}}$

$$\begin{aligned} \begin{vmatrix} 2 & -2 & -2 \\ -1 & 3 & 2 \\ -1 & 2 & 5 \end{vmatrix} &\overset{\substack{\text{第2列+第1列} \\ \text{第3列+第1列}}}{=} \begin{vmatrix} 2 & 0 & 0 \\ -1 & 2 & 1 \\ -1 & 1 & 4 \end{vmatrix} \\ &\overset{\text{行展開}}{=} 2\begin{vmatrix} 2 & 1 \\ 1 & 4 \end{vmatrix} \\ &= 14. \end{aligned}$$

$$\overrightarrow{e_1} \wedge \overrightarrow{e_2} \wedge \overrightarrow{e_3} = 1$$

だから

$$\begin{aligned}\overrightarrow{a} \wedge \overrightarrow{b} \wedge \overrightarrow{c} &= \overrightarrow{e_1} \wedge \overrightarrow{e_2} \wedge \overrightarrow{e_3} \begin{vmatrix} 2 & -2 & -2 \\ -1 & 3 & 2 \\ -1 & 2 & 5 \end{vmatrix} \\ &= 14.\end{aligned}$$

Cramer の方法と外積との関係

★ 本書 p.117

3元連立1次方程式

例

$$\begin{cases} 2x_1 + 3x_2 + 4x_3 = 7 \\ 3x_1 + 6x_2 + 7x_3 = 6 \\ 7x_1 + 8x_2 + 2x_3 = 5 \end{cases}$$

問題5　この連立方程式を数ベクトルの線型結合で表してください.

解 $\begin{pmatrix} 2 \\ 3 \\ 7 \end{pmatrix} x_1 + \begin{pmatrix} 3 \\ 6 \\ 8 \end{pmatrix} x_2 + \begin{pmatrix} 4 \\ 7 \\ 2 \end{pmatrix} x_3 = \begin{pmatrix} 7 \\ 6 \\ 5 \end{pmatrix}.$

記号 $\mathbb{a} x_1 + \mathbb{b} x_2 + \mathbb{c} x_3 = \mathbb{p}.$

幾何ベクトル $\vec{a}, \vec{b}, \vec{c}, \vec{p}$ を表す数ベクトルが $\begin{pmatrix} 2 \\ 3 \\ 7 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} 3 \\ 6 \\ 8 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} 4 \\ 7 \\ 2 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} 7 \\ 6 \\ 5 \end{pmatrix}$

であると考えると,

$$\vec{a} x_1 + \vec{b} x_2 + \vec{c} x_3 = \vec{p}$$

のように表せます.

問題３で確かめたように，$\overrightarrow{\bigcirc}$，$\overrightarrow{\square}$，$\overrightarrow{\triangle}$ の中に同じ幾何ベクトルがあると，これらを３隣辺とする平行六面体がつくれないから，$\overrightarrow{\bigcirc}$，$\overrightarrow{\square}$，$\overrightarrow{\triangle}$ の外積は

$$\overrightarrow{\bigcirc} \wedge \overrightarrow{\square} \wedge \overrightarrow{\triangle} = 0 \qquad \blacktriangleleft \ \text{平行六面体の体積}$$

です．

問題６

$$\overrightarrow{a}x_1 + \overrightarrow{b}x_2 + \overrightarrow{c}x_3 = \overrightarrow{p}$$

に $\overrightarrow{b}$，$\overrightarrow{c}$ の順に外積すると

$$(\overrightarrow{a}x_1 + \overrightarrow{b}x_2 + \overrightarrow{c}x_3) \wedge \overrightarrow{b} \wedge \overrightarrow{c} = \overrightarrow{p} \wedge \overrightarrow{b} \wedge \overrightarrow{c}$$

になります．この式から x_1 を求めてください．

解　左辺に外積の分配法則を使うと　★ 本書 p.117

$$\vec{a} \wedge \vec{b} \wedge \vec{c} x_1 + \vec{b} \wedge \vec{b} \wedge \vec{c} x_2 + \vec{c} \wedge \vec{b} \wedge \vec{c} x_3 = \vec{p} \wedge \vec{b} \wedge \vec{c}$$

になります．

$$\vec{b} \wedge \vec{b} \wedge \vec{c} = 0,$$

$$\vec{c} \wedge \vec{b} \wedge \vec{c} = 0$$

だから

$$x_1 = \frac{\vec{p} \wedge \vec{b} \wedge \vec{c}}{\vec{a} \wedge \vec{b} \wedge \vec{c}}$$

です．

問題7　分子・分母を行列式で表してください．

$\boxed{\text{解}}$

分子：$\vec{p}, \vec{b}, \vec{c}$ を表す数ベクトル $\begin{pmatrix} 7 \\ 6 \\ 5 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} 3 \\ 6 \\ 8 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} 4 \\ 7 \\ 2 \end{pmatrix}$ を並べたマトリックスの行列式

分母：$\vec{a}, \vec{b}, \vec{c}$ を表す数ベクトル $\begin{pmatrix} 2 \\ 3 \\ 7 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} 3 \\ 6 \\ 8 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} 4 \\ 7 \\ 2 \end{pmatrix}$ を並べたマトリックスの行列式

$$x_1 = \frac{\cancel{\vec{e_1} \wedge \vec{e_2} \wedge \vec{e_3}} \begin{vmatrix} 7 & 3 & 4 \\ 6 & 6 & 7 \\ 5 & 8 & 2 \end{vmatrix}}{\cancel{\vec{e_1} \wedge \vec{e_2} \wedge \vec{e_3}} \begin{vmatrix} 2 & 3 & 4 \\ 3 & 6 & 7 \\ 7 & 8 & 2 \end{vmatrix}}.$$

◀ Cramer の方法で得る解と一致.

Q3　分子, 分母, x_1 は何を表しているのでしょうか ?

★ 本書 p.117

分子：$\overrightarrow{p}, \overrightarrow{b}, \overrightarrow{c}$ を３隣辺とする平行六面体の体積 V_1

分母：$\overrightarrow{a}, \overrightarrow{b}, \overrightarrow{c}$ を３隣辺とする平行六面体の体積 V

x_1：体積 V_1 は体積 V の何倍かを表す.

自習　x_2, x_3 も求めてください.

$\boxed{\text{次回のための予習}}$

ベクトル積　本書 pp.118 – 122