

微分積分 問題集

2024 年 3 月 21 日

1 数列の極限

1.1 第 n 項が次の式で表される数列の極限を求めよう.

$$(1) \frac{\sin n}{n}$$

$$(2) \frac{1 + (-1)^n}{n}$$

$$(3) 1 + \frac{1}{2} + \frac{1}{3} + \cdots + \frac{1}{n}$$

1.2 数列 $\{a_n\}$ が次の漸化式と初期条件を満たすとする.

$$a_{n+1} = \frac{a_n}{2} + \frac{1}{a_n}, \quad a_1 = -2$$

(1) $\{a_n\}$ が狭義単調増加であることを確認しよう.

(2) $\{a_n\}$ が上に有界であることを確認しよう.

(3) $\{a_n\}$ の極限を求めよう.

(4) a_2^2, a_3^2, a_4^4 を具体的に計算し, 小数表示してみよう.

1.3 次の漸化式と初期条件を満たす数列 $\{a_n\}$ の極限を求めよう.

$$a_{n+1} = \frac{2a_n}{3} + \frac{1}{a_n^2}, \quad a_1 = 3$$

2 関数の極限

2.1 次の極限を求めよう.

$$(1) \lim_{x \rightarrow +0} \sqrt{x} \sin \frac{1}{x}$$

$$(2) \lim_{x \rightarrow \infty} \frac{\sin x}{x}$$

$$(3) \lim_{x \rightarrow \infty} \frac{x - \tan^{-1} x}{x}$$

2.2 次の関数 f が $x = 0$ で連続となるような定数 A の値を求めよう.

$$(1) f(x) = \begin{cases} 2x + 3 & (x > 0) \\ -3x + A & (x \leq 0) \end{cases}$$

$$(2) f(x) = \begin{cases} e^{-x} & (x > 0) \\ \cos^{-1} x + A & (x \leq 0) \end{cases}$$

$$(3) f(x) = \begin{cases} \tan^{-1} \left(x - \frac{1}{2}\right) & (x > 0) \\ \sin^{-1} A & (x \leq 0) \end{cases}$$

$$(4) f(x) = \begin{cases} \frac{\sin 3x}{2x} & (x > 0) \\ x^2 + A & (x \leq 0) \end{cases}$$

$$(5) f(x) = \begin{cases} e^{-\frac{1}{x}} & (x > 0) \\ A & (x \leq 0) \end{cases}$$

$$(6) f(x) = \begin{cases} e^{-\frac{1}{x^2}} & (x \neq 0) \\ A & (x = 0) \end{cases}$$

3 導関数

3.1 次の関数 f が $x = 0$ で微分可能か否かを判定し、微分可能なら $f'(0)$ の値を求めよう.

$$(1) f(x) = \begin{cases} x \log |x| & (x \neq 0) \\ 0 & (x = 0) \end{cases} \quad (2) f(x) = \begin{cases} \frac{1 - \cos x}{x} & (x \neq 0) \\ 0 & (x = 0) \end{cases}$$

$$(3) f(x) = \begin{cases} x^2 \sin \frac{1}{x} & (x \neq 0) \\ 0 & (x = 0) \end{cases} \quad (4) f(x) = \begin{cases} \sqrt{|x|} \sin \frac{1}{x} & (x \neq 0) \\ 0 & (x = 0) \end{cases}$$

3.2 次の関数 f が開区間 $(-1, 1)$ で C^2 級となるような定数 A, B, C の値を求めよう.

$$f(x) = \begin{cases} \cos x & (x > 0) \\ Ax^2 + Bx + C & (x \leq 0) \end{cases}$$

3.3 次の関数 f に対し、3 次関数 $g(x) = a_3x^3 + a_2x^2 + a_1x + a_0$ が

$$f(0) = g(0), \quad f'(0) = g'(0), \quad f''(0) = g''(0), \quad f^{(3)}(0) = g^{(3)}(0)$$

を満たすとき、 $g(x)$ の係数 a_0, a_1, a_2, a_3 の値を求めよう.

$$(1) f(x) = \sin x \quad (2) f(x) = e^x \quad (3) f(x) = \log(1+x)$$

4 不定形の極限

4.1 次の関数 f が $x = 0$ で連続となるような定数 A の値を求めよう.

$$(1) f(x) = \begin{cases} x \log x & (x > 0) \\ A & (x \leq 0) \end{cases} \quad (2) f(x) = \begin{cases} x^x & (x > 0) \\ -x + A & (x \leq 0) \end{cases}$$

$$(3) f(x) = \begin{cases} \frac{x - \sin x}{x^3} & (x \neq 0) \\ A & (x = 0) \end{cases} \quad (4) f(x) = \begin{cases} \frac{(1 - \cos x) \sin x}{x - \sin x} & (x \neq 0) \\ A & (x = 0) \end{cases}$$

4.2 次の関数 f が $x = 0$ で微分可能となるような定数 A, B の値を求めよう.

$$(1) f(x) = \begin{cases} \frac{\sin x}{x} & (x > 0) \\ Ax + B & (x \leq 0) \end{cases} \quad (2) f(x) = \begin{cases} \frac{x - \tan^{-1} x}{x^2} & (x > 0) \\ Ax + B & (x \leq 0) \end{cases}$$

5 テイラーの定理

5.1 テイラーの定理を用いて次の値の近似値を誤差精度 0.01 以内で求め、小数表示しよう。なお、 $\pi = 3.141592653589793 \dots$ であることは適宜利用しよう。

(1) $\sin 3$ (2) $\cos 1.6$ (3) \sqrt{e} (4) $\log 1.2$ (5) $\tan^{-1} 0.02$

5.2 $f(x) = \log \frac{1+x}{1-x}$ をうまく利用して、以下の値の小数点以下第 3 位までを確定させよう。

(1) $\log 2$ (2) $\log 3$ (3) $\log 5$

5.3 $f_n(x) = \sqrt[n]{1+x}$ をうまく利用して、以下の値の小数点以下第 3 位までを確定させよう。

(1) $\sqrt{1.2}$ (2) $\sqrt[3]{1.01}$ (3) $\sqrt[5]{0.8}$

5.4 以下の条件を満たす関数 f に対し、 $f(1)$ の値の小数点以下第 4 位までを確定させよう。

$$f'(x) = e^{-x^2}, \quad f(0) = 0$$

5.5 以下の条件を満たす関数 f に対し、 f の 5 次マクローリン多項式

$$P(x) = f(0) + f'(0)x + \frac{f''(0)}{2!}x^2 + \frac{f^{(3)}(0)}{3!}x^3 + \frac{f^{(4)}(0)}{4!}x^4 + \frac{f^{(5)}(0)}{5!}x^5$$

を求めよう。また、指定された a に対して $P(a)$ の値を求めよう。

(1) $f'(x) = f(x), \quad f(0) = 1 \quad (a = 1/2)$

(2) $2f''(x) + 5f'(x) - 3f(x) = 0, \quad f(0) = 1, f'(0) = 1/2 \quad (a = 1)$

(3) $f(x) + \log(f'(x)) = 0, \quad f(0) = 0 \quad (a = 0.2)$

5.6 関数 f が以下の条件を満たすとする。

$$f''(x) = -f(x), \quad f(\pi) = 0, \quad f'(\pi) = -1$$

このとき、 f の $x = \pi$ の周りの 4 次テイラー多項式

$$P(x) = f(\pi) + f'(\pi)(x - \pi) + \frac{f''(\pi)}{2!}(x - \pi)^2 + \frac{f^{(3)}(\pi)}{3!}(x - \pi)^3 + \frac{f^{(4)}(\pi)}{4!}(x - \pi)^4$$

と $P(3)$ の値を求めよう。