

### § 3.7 逆三角関数の導関数

逆三角関数の導関数は以下のようになります (その証明は後にします) .

**定理 3.7** 逆正接関数  $\tan^{-1}x$  の導関数は

$$\frac{d}{dx} \tan^{-1}x = \frac{1}{1+x^2} .$$

逆正弦関数  $\sin^{-1}x$  及び逆余弦関数  $\cos^{-1}x$  の導関数は、各々、

$$\begin{aligned} \frac{d}{dx} \sin^{-1}x &= \frac{1}{\sqrt{1-x^2}} \quad (-1 < x < 1) , \\ \frac{d}{dx} \cos^{-1}x &= -\frac{1}{\sqrt{1-x^2}} \quad (-1 < x < 1) . \end{aligned}$$

**例題** 実数全体を定義域とする関数  $f$  を  $f(x) = x^2 \tan^{-1}x$  と定める. 関数  $f$  の導関数  $f'$  を求める.

$$\begin{aligned} f'(x) &= \frac{d}{dx}(x^2 \tan^{-1}x) = \frac{d}{dx}x^2 \cdot \tan^{-1}x + x^2 \cdot \frac{d}{dx} \tan^{-1}x \\ &= 2x \tan^{-1}x + \frac{x^2}{x^2+1} . \end{aligned}$$

終

**例題** 変数  $s$  の関数  $t = \frac{\sin^{-1}s}{s^2}$  を微分する.

$$\begin{aligned} \frac{dt}{ds} &= \frac{d}{ds} \frac{\sin^{-1}s}{s^2} = \frac{\frac{d}{ds} \sin^{-1}s \cdot s^2 - \sin^{-1}s \cdot \frac{d}{ds} s^2}{(s^2)^2} \\ &= \frac{\frac{1}{\sqrt{1-s^2}} \cdot s^2 - \sin^{-1}s \cdot 2s}{s^4} = \frac{s^2 \frac{1}{\sqrt{1-s^2}} - 2s \sin^{-1}s}{s^4} \\ &= \frac{1}{s^2 \sqrt{1-s^2}} - \frac{2 \sin^{-1}s}{s^3} . \end{aligned}$$

終

**問題 3.7.1** 変数  $u$  の関数  $v = \frac{\tan^{-1}u}{u^2+1}$  を微分しなさい.

**問題 3.7.2** 区間  $[-1, 1]$  を定義域とする関数  $g$  を  $g(x) = (1-x^2) \sin^{-1}x$  と定めま  
す. 関数  $g$  の導関数  $g'$  を求めなさい.

**例題** 変数  $x$  の関数  $\sin^{-1}x^2$  を微分する.

変数  $y$  を  $y = x^2$  とおく.  $\sin^{-1}x^2 = \sin^{-1}y$  なので、定理 3.5 を用いると、

$$\begin{aligned} \frac{d}{dx} \sin^{-1}x^2 &= \frac{d}{dx} \sin^{-1}y = \frac{d}{dy} \sin^{-1}y \cdot \frac{dy}{dx} = \frac{1}{\sqrt{1-y^2}} \cdot \frac{d}{dx} x^2 = \frac{1}{\sqrt{1-(x^2)^2}} \cdot 2x \\ &= \frac{2x}{\sqrt{1-x^4}} . \end{aligned}$$

終

**問題 3.7.3** 変数  $t$  の関数  $\tan^{-1}t^3$  を微分しなさい.

**問題 3.7.4** 変数  $y$  の関数  $z = \sqrt{\cos^{-1}y}$  を微分しなさい.

定理 3.7 を証明します.

まず逆正接関数  $\tan^{-1}x$  を微分します. 変数  $y$  を  $y = \tan^{-1}x$  とおきます. 逆正  
接関数  $\tan^{-1}x$  は正接関数  $\tan x$  の逆関数ですから

$$\tan y = \tan(\tan^{-1}x) = x .$$

これを  $x$  で微分すると

$$\frac{d}{dx} \tan y = \frac{d}{dx} x .$$

この等式の左辺は定理 3.5 と微分公式  $\frac{d}{dx} \tan x = 1 + \tan^2 x$  (定理 3.4.1) より

$$\frac{d}{dx} \tan y = \frac{d}{dy} \tan y \cdot \frac{dy}{dx} = (1 + \tan^2 y) \frac{dy}{dx} ,$$

右辺は  $\frac{d}{dx} x = 1$  なので、 $(1 + \tan^2 y) \frac{dy}{dx} = 1$  , よって

$$\frac{dy}{dx} = \frac{1}{1 + \tan^2 y} .$$

$y = \tan^{-1}x$  ,  $\tan y = \tan(\tan^{-1}x) = x$  なので、

$$\frac{d}{dx} \tan^{-1}x = \frac{1}{1+x^2} .$$

次に逆正弦関数  $\sin^{-1}x$  ( $-1 \leq x \leq 1$ ) を微分します. 変数  $y$  を  $y = \sin^{-1}x$  とお  
きます. 逆正弦関数  $\sin^{-1}x$  は正弦関数  $\sin x$  の逆関数ですから

$$\sin y = \sin(\sin^{-1}x) = x .$$

$x$  で微分すると

$$\frac{d}{dx} \sin y = \frac{d}{dx} x .$$

この等式の左辺は定理 3.5 より

$$\frac{d}{dx} \sin y = \frac{d}{dy} \sin y \cdot \frac{dy}{dx} = \cos y \cdot \frac{dy}{dx} ,$$

右辺は  $\frac{d}{dx} x = 1$  なので、 $\cos y \cdot \frac{dy}{dx} = 1$  , よって

$$\frac{dy}{dx} = \frac{1}{\cos y} . \tag{1}$$

$\cos y$  を  $x$  の式で表します.  $\sin^2 y + \cos^2 y = 1$  及び  $\sin y = \sin(\sin^{-1}x) = x$  より、

$$\begin{aligned} \cos^2 y &= 1 - \sin^2 y = 1 - x^2 , \\ \cos y &= \pm \sqrt{1-x^2} . \end{aligned}$$

$-\frac{\pi}{2} \leq \sin^{-1}x \leq \frac{\pi}{2}$  <sup>10)</sup> より  $-\frac{\pi}{2} \leq y \leq \frac{\pi}{2}$  なので  $\cos y \geq 0$  , 従って

$$\cos y = \sqrt{1-x^2} .$$

この等式と等式 (1) とより

$$\frac{dy}{dx} = \frac{1}{\cos y} = \frac{1}{\sqrt{1-x^2}} ,$$

$y = \sin^{-1}x$  なので  $\frac{d}{dx} \sin^{-1}x = \frac{1}{\sqrt{1-x^2}}$  .

最後に逆余弦関数  $\cos^{-1}x$  ( $-1 \leq x \leq 1$ ) を微分します. 変数  $y$  を  $y = \cos^{-1}x$   
とおきます. 逆余弦関数  $\cos^{-1}x$  は余弦関数  $\cos x$  の逆関数ですから

$$\cos y = \cos(\cos^{-1}x) = x .$$

$x$  で微分すると

$$\frac{d}{dx} \cos y = \frac{d}{dx} x .$$

この等式の左辺は定理 3.5 より

$$\frac{d}{dx} \cos y = \frac{d}{dy} \cos y \cdot \frac{dy}{dx} = -\sin y \cdot \frac{dy}{dx} ,$$

右辺は  $\frac{d}{dx} x = 1$  なので、 $-\sin y \cdot \frac{dy}{dx} = 1$  , よって

$$\frac{dy}{dx} = -\frac{1}{\sin y} . \tag{2}$$

$\sin^2 y + \cos^2 y = 1$  及び  $\cos y = \cos(\cos^{-1}x) = x$  より、

$$\begin{aligned} \sin^2 y &= 1 - \cos^2 y = 1 - x^2 , \\ \sin y &= \pm \sqrt{1-x^2} . \end{aligned}$$

$0 \leq \cos^{-1}x \leq \pi$  <sup>11)</sup> より  $0 \leq y \leq \pi$  なので  $\sin y \geq 0$  , 従って

$$\sin y = \sqrt{1-x^2} .$$

この等式と等式 (2) とより

$$\frac{dy}{dx} = -\frac{1}{\sin y} = -\frac{1}{\sqrt{1-x^2}} ,$$

$y = \cos^{-1}x$  なので  $\frac{d}{dx} \cos^{-1}x = -\frac{1}{\sqrt{1-x^2}}$  .

<sup>10)</sup> 逆正弦関数  $\sin^{-1}x$  の値について  $-\frac{\pi}{2} \leq \sin^{-1}x \leq \frac{\pi}{2}$  でした (0.9 節参照) .

<sup>11)</sup> 逆余弦関数  $\cos^{-1}x$  の値について  $0 \leq \cos^{-1}x \leq \pi$  でした (0.9 節参照) .