定積分

2022.9.05

復習 (微分と不定積分)

微分と不定積分

- 微分

  関数の変化率（変化の割合）

微分と不定積分

- 微分

　関数の変化率（変化の割合）

$$(x^2)' =$$

微分と不定積分

- 微分

  関数の変化率（変化の割合）

$$(x^2)' = 2x$$

微分と不定積分

- 微分

  関数の変化率（変化の割合）

$$(x^2)' = 2x$$

  導関数の定義式

$$f'(x) = \lim_{z \to x} \frac{f(z) - f(x)}{z - x}$$

微分と不定積分

- 微分

  関数の変化率（変化の割合）

$$(x^2)' = 2x$$

  導関数の定義式

$$f'(x) = \lim_{z \to x} \frac{f(z) - f(x)}{z - x}$$

- 不定積分

  微分の逆（微分したら，そうなる関数）

微分と不定積分

- 微分

  関数の変化率（変化の割合）

$$(x^2)' = 2x$$

  導関数の定義式

$$f'(x) = \lim_{z \to x} \frac{f(z) - f(x)}{z - x}$$

- 不定積分

  微分の逆（微分したら，そうなる関数）

$$\int x^2 dx =$$

微分と不定積分

- 微分

  関数の変化率（変化の割合）

$$(x^2)' = 2x$$

  導関数の定義式

$$f'(x) = \lim_{z \to x} \frac{f(z) - f(x)}{z - x}$$

- 不定積分

  微分の逆（微分したら，そうなる関数）

$$\int x^2 dx = \frac{1}{3}x^3 + C \quad (C \text{ は積分定数})$$

不定積分 (課題 1)

課題 0905-1 次の $\boxed{}$ に公式を入れよ．

[1] $$\int 1\,dx = \boxed{} + C$$

[2] $$\int x\,dx = \boxed{} + C$$

[3] $$\int x^2\,dx = \boxed{} + C$$

[4] $$\int x^3\,dx = \boxed{} + C$$

不定積分 (課題 2)

課題 0905-2 次の不定積分を求めよ．

[1] $\displaystyle\int (x^2 + 4x)\, dx$　　[2] $\displaystyle\int (x^3 - 1)\, dx$

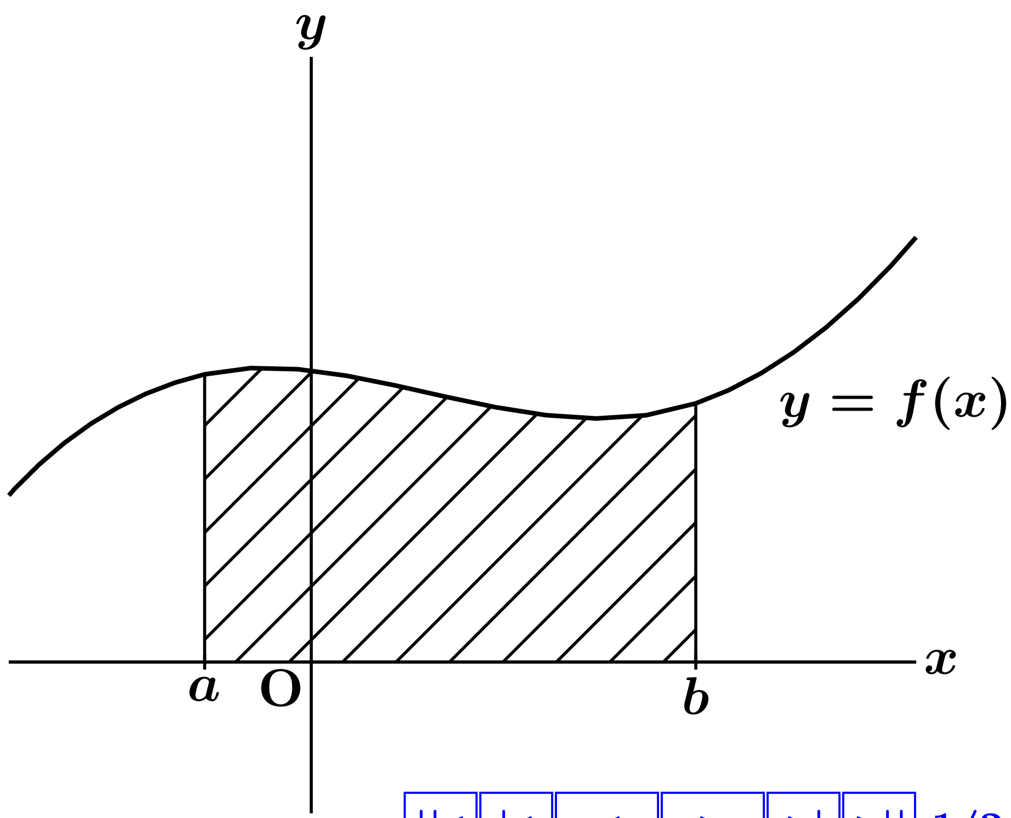
課題 0905-3 次の不定積分を求めよ．

[1] $\displaystyle\int (x+1)^2\, dx$　　[2] $\displaystyle\int (x+1)(x+2)\, dx$

定積分

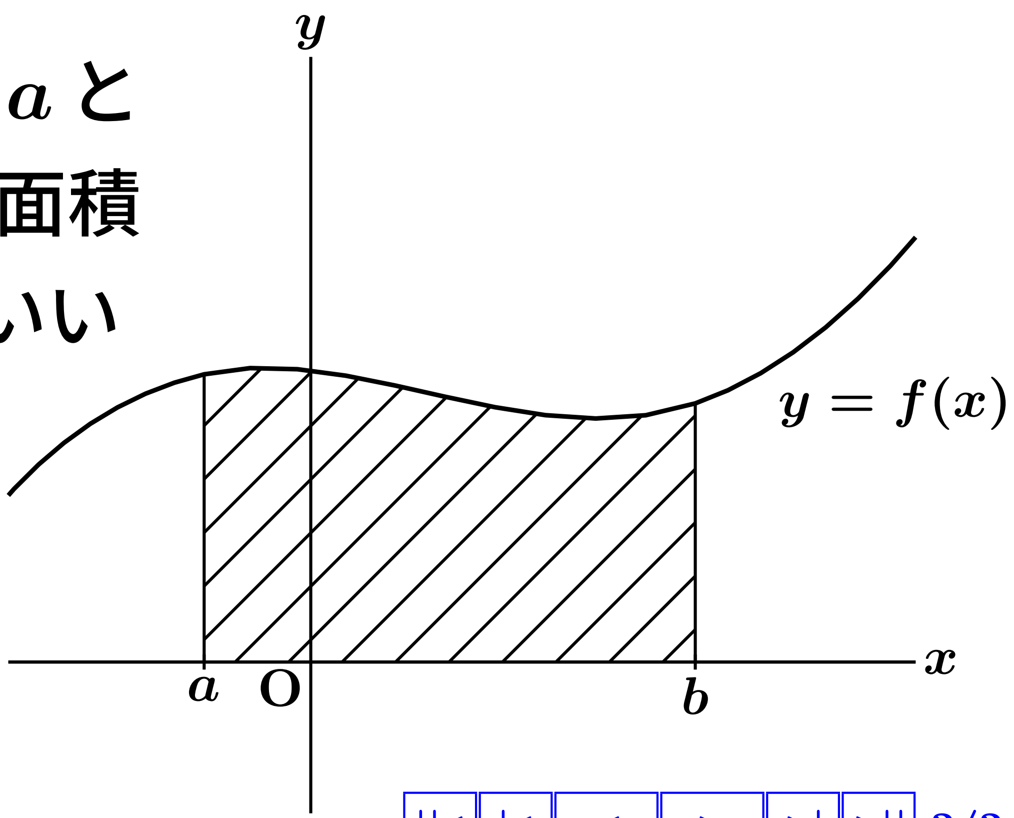
$f(x)$ の区間 $[a,\ b]$ での定積分

- しばらく，$f(x) \geqq 0$ とする．



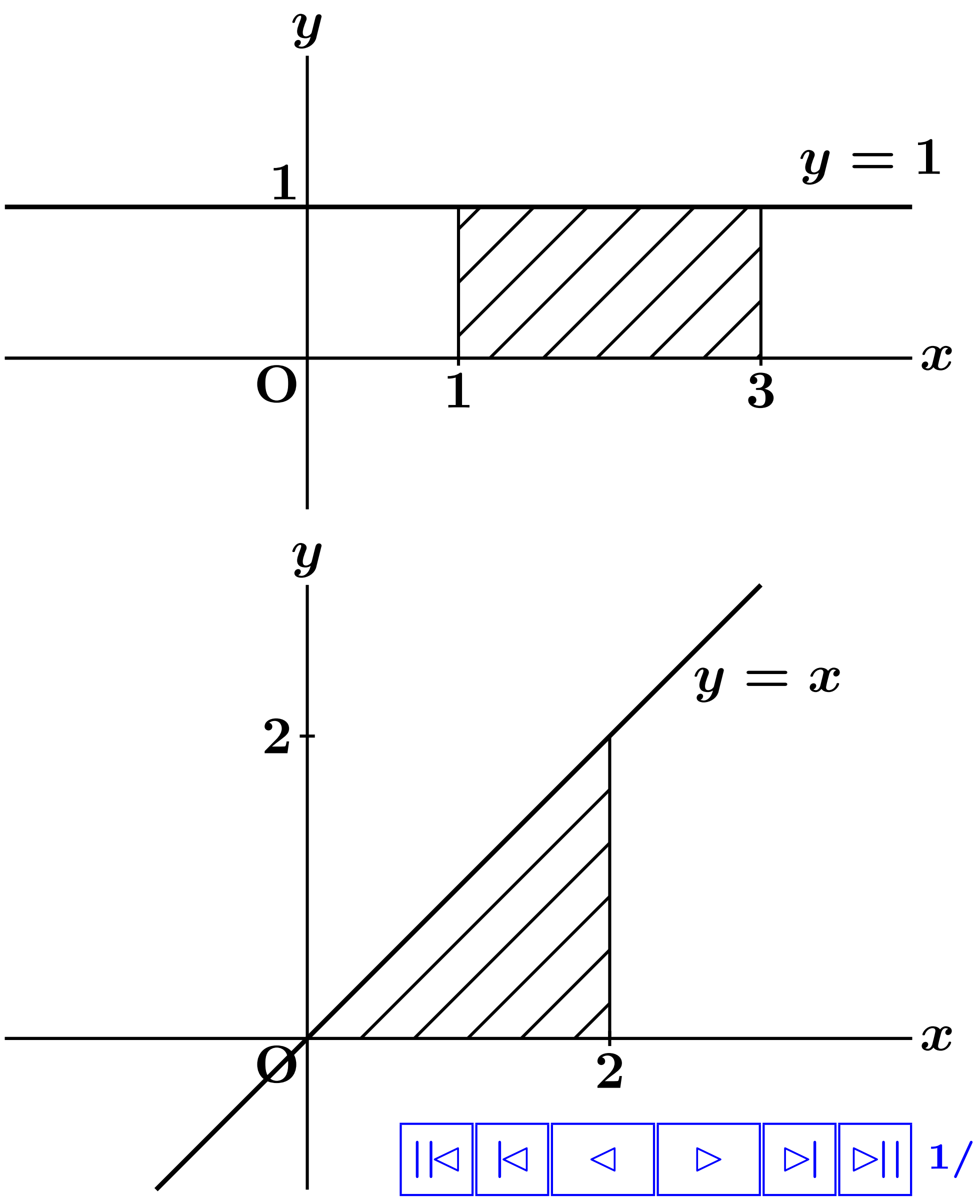
$f(x)$ の区間 $[a,\ b]$ での定積分

- しばらく，$f(x) \geqq 0$ とする．
- $y = f(x)$ と x 軸と $x = a$ と $x = b$ で囲まれた部分の面積 S を $[a,\ b]$ での**定積分**といい
  $\displaystyle\int_a^b f(x)\,dx$ と書く



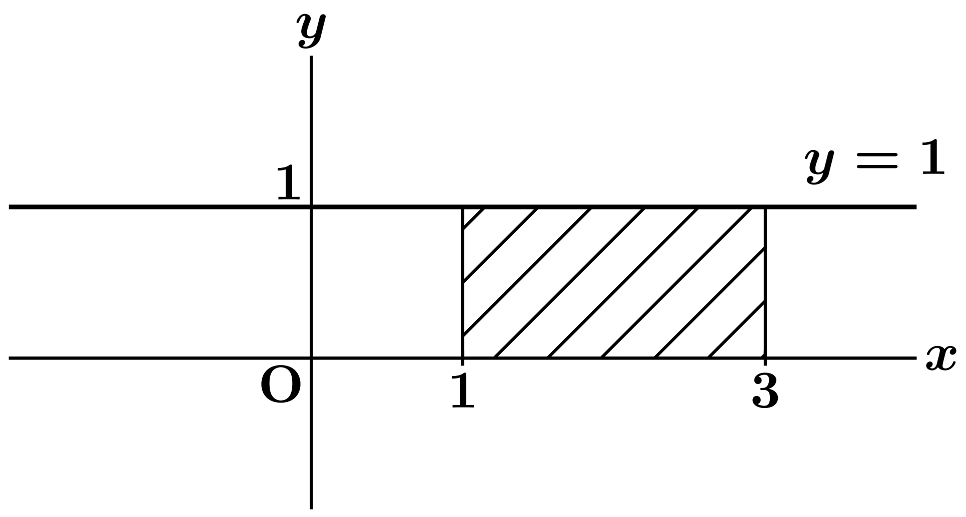
簡単な定積分の例

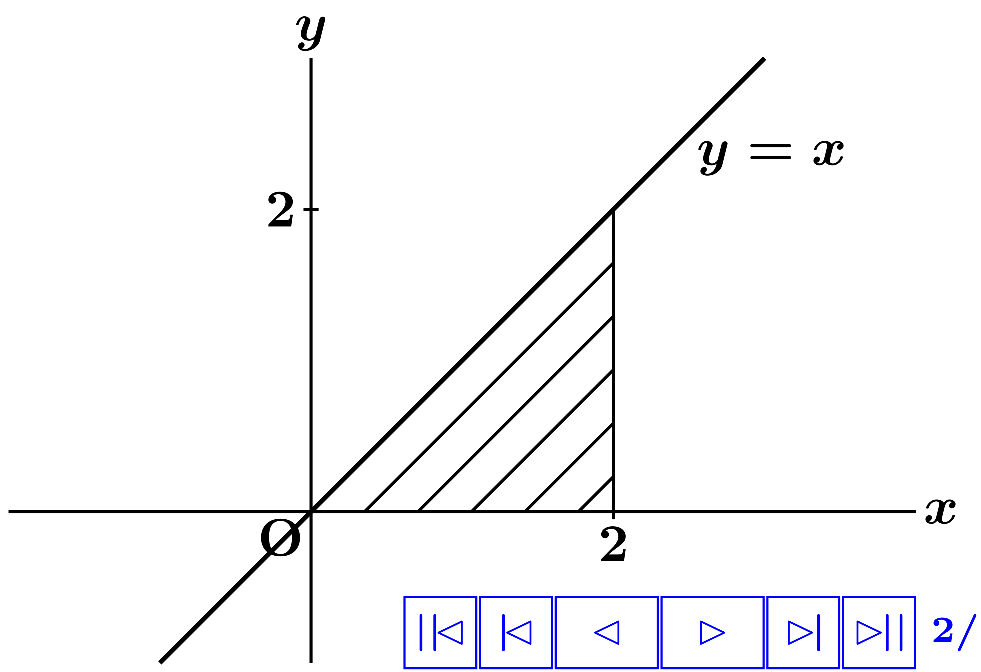
(1) $\displaystyle\int_1^3 1\,dx = \square$



簡単な定積分の例

(1) $\displaystyle\int_1^3 1\,dx = \boxed{2}$

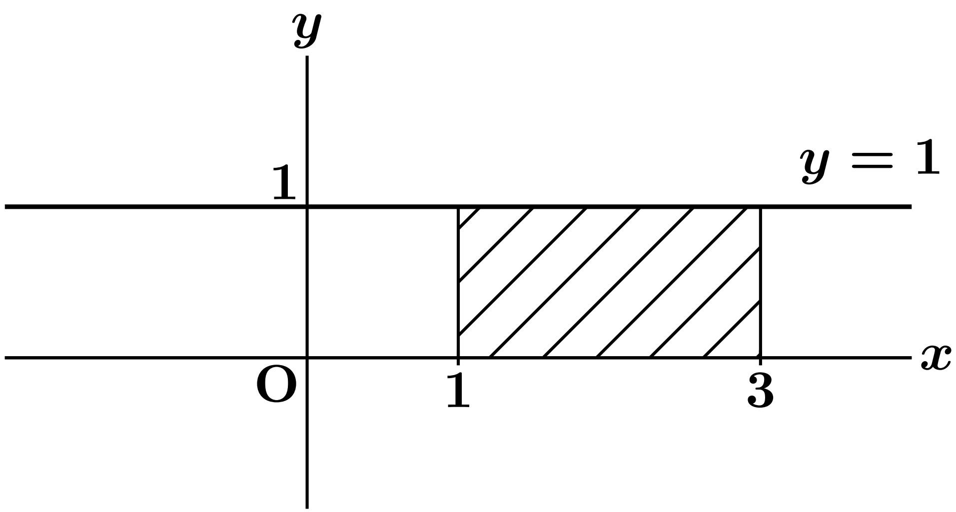


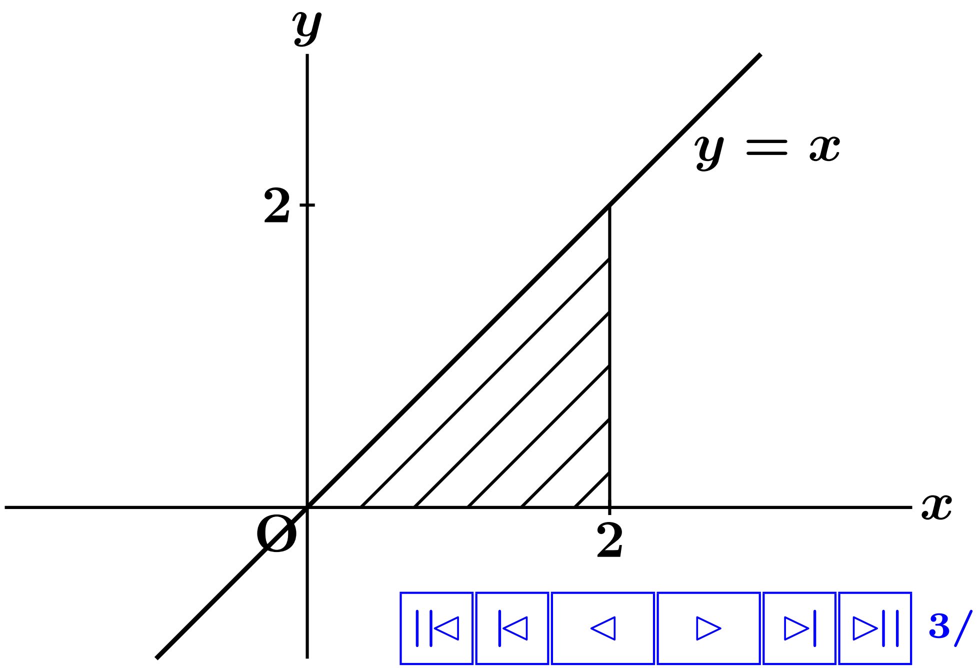


簡単な定積分の例

(1) $\displaystyle\int_1^3 1\,dx = \boxed{2}$

(2) $\displaystyle\int_0^2 x\,dx = \boxed{}$

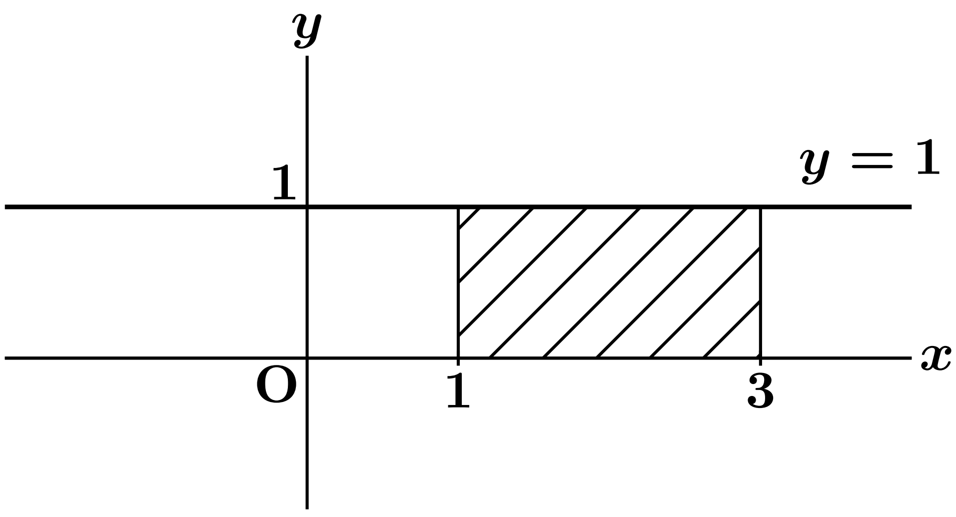


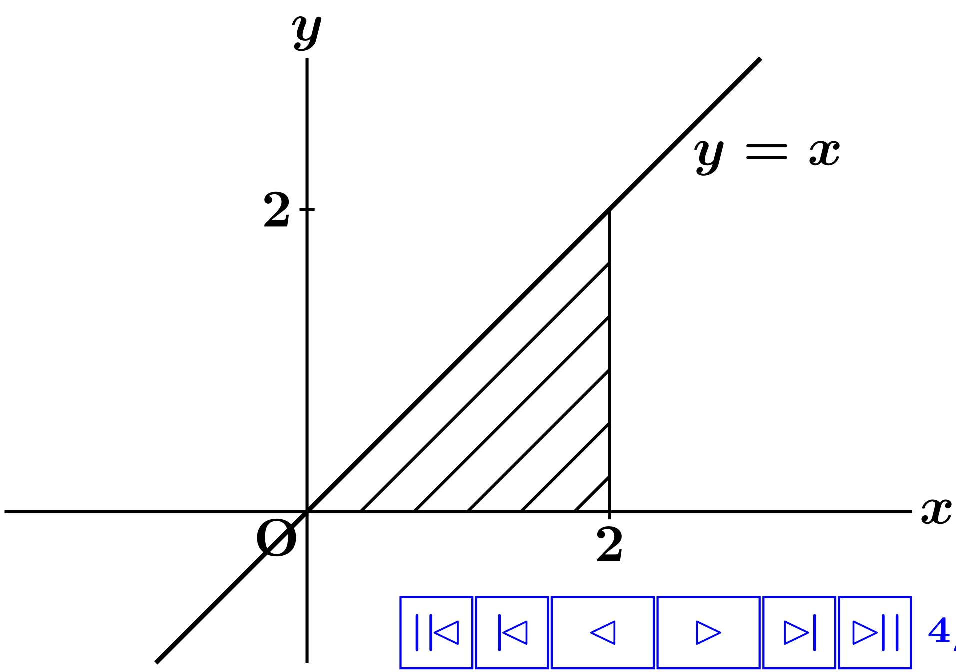


簡単な定積分の例

(1) $\displaystyle\int_1^3 1\,dx = \boxed{2}$

(2) $\displaystyle\int_0^2 x\,dx = \boxed{2}$

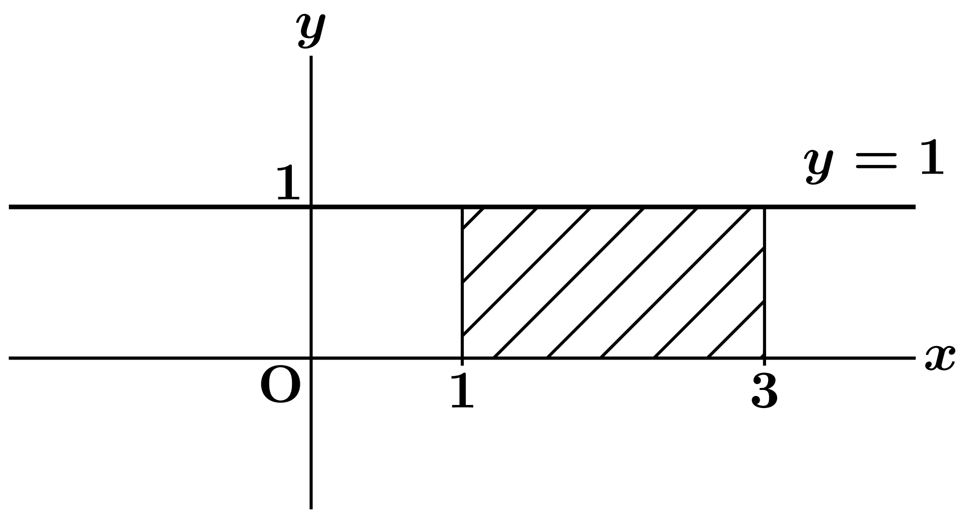


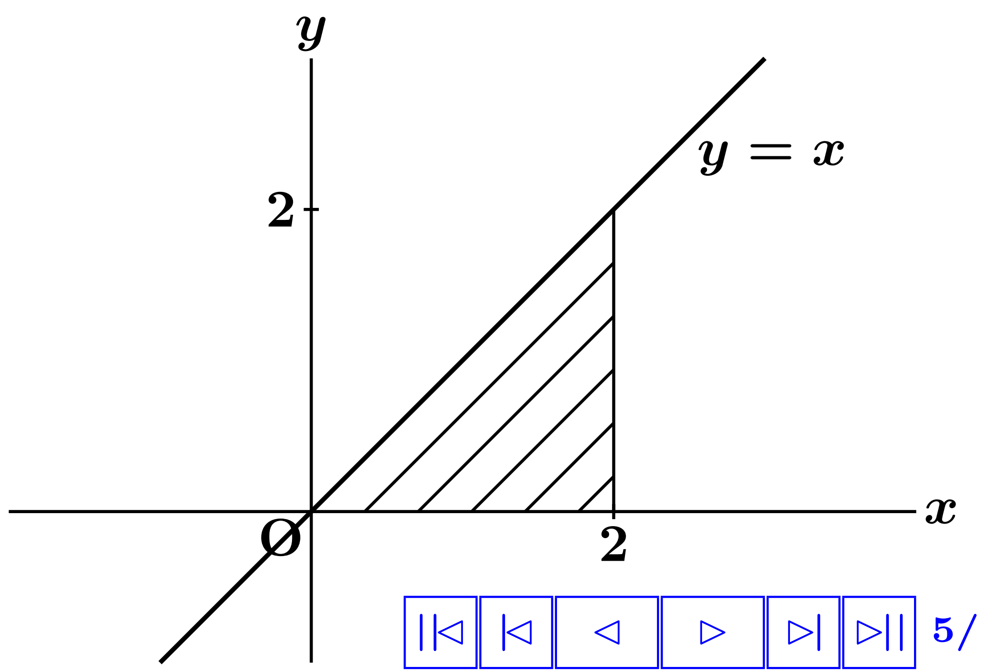


簡単な定積分の例

(1) $\displaystyle\int_1^3 1\,dx = \boxed{2}$

(2) $\displaystyle\int_0^2 x\,dx = \boxed{2}$





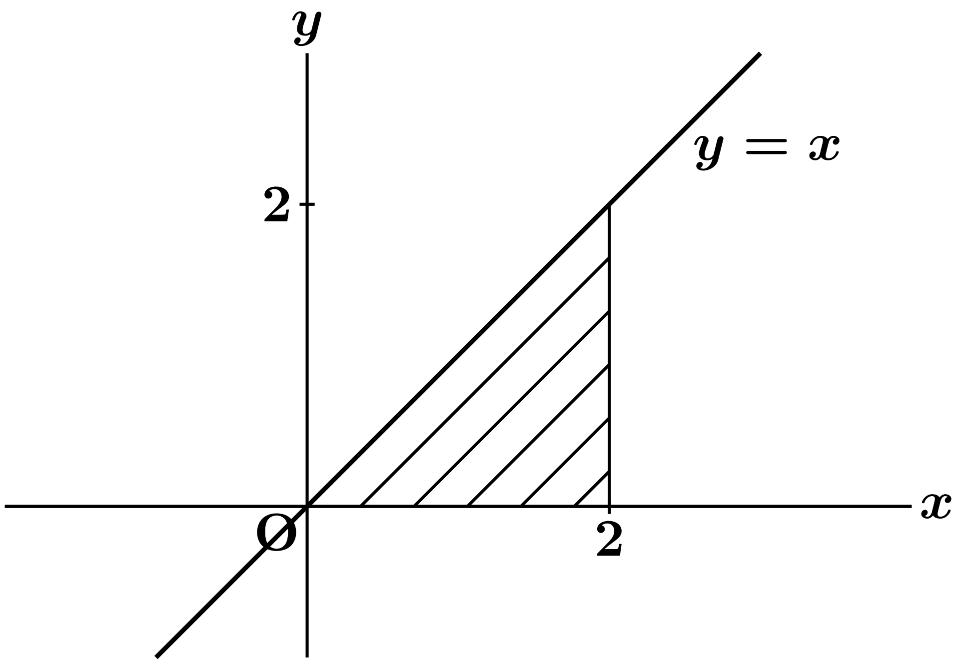
課題 0905-4 次の値を求めよ．

[1] $\displaystyle\int_0^3 1\,dx =$

[2] $\displaystyle\int_0^1 x\,dx =$

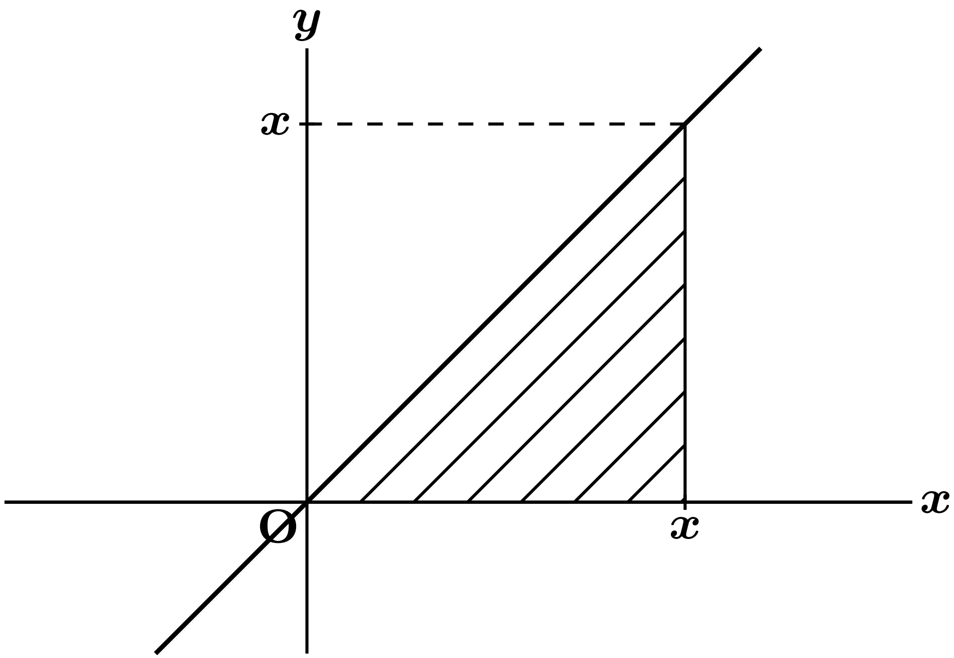
定積分と不定積分

- $\displaystyle\int_0^2 x\,dx = 2$



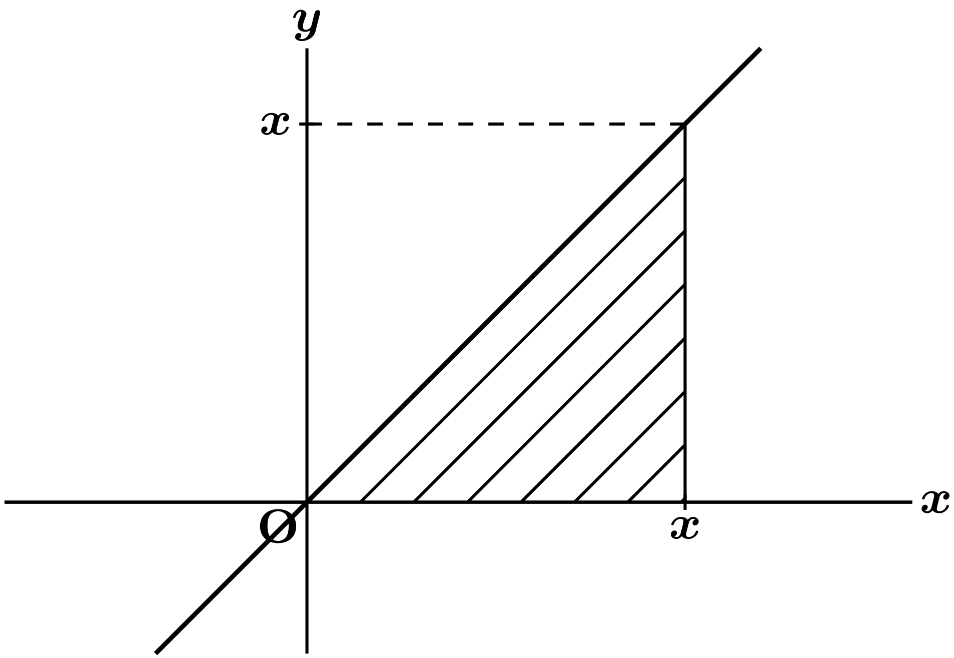
定積分と不定積分

- $\displaystyle\int_0^2 x\,dx = 2$
- 右端の値を変化させる
  それを x と書く
  $$\int_0^x x\,dx = \boxed{}$$



定積分と不定積分

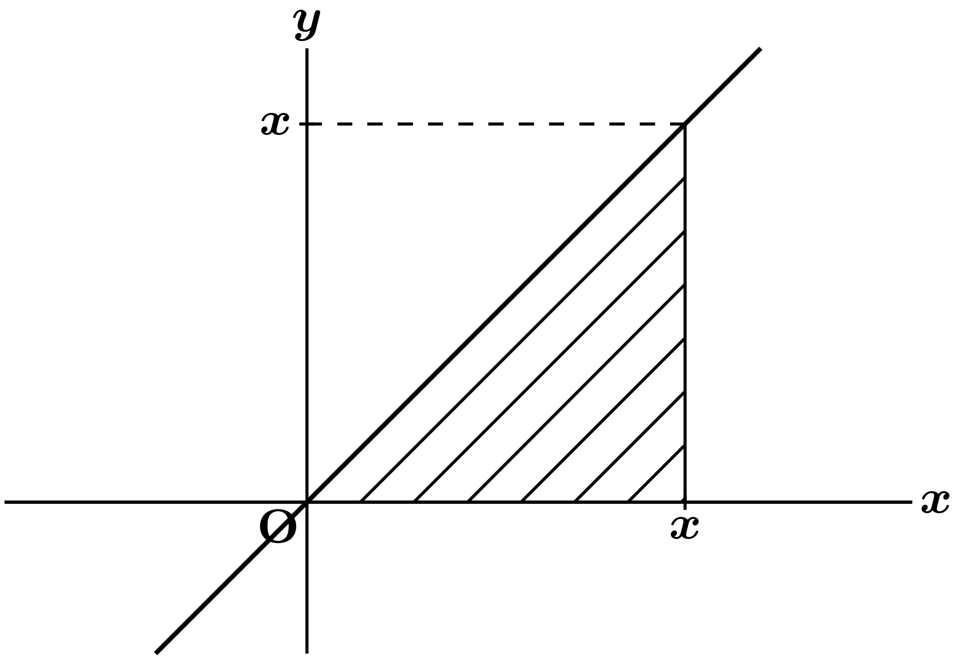
- $\displaystyle\int_0^2 x\,dx = 2$
- 右端の値を変化させる
  それを x と書く
  $$\int_0^x x\,dx = \boxed{}$$



注) 積分の中の x と右端の x が重なるが
積分の中の x は気にせず，右端の x の関数と考える．

定積分と不定積分

- $\displaystyle\int_0^2 x\,dx = 2$
- 右端の値を変化させる
  それを x と書く
  $$\int_0^x x\,dx = \boxed{\frac{1}{2}x^2}$$



注) 積分の中の x と右端の x が重なるが
積分の中の x は気にせず，右端の x の関数と考える．

定積分と不定積分 2

(1) $\displaystyle \int_0^x x\,dx = \frac{x^2}{2}$

定積分と不定積分 2

(1) $\displaystyle\int_0^x x\,dx = \frac{x^2}{2}$

(2) 一方，不定積分では $\displaystyle\int x\,dx = \frac{x^2}{2} + C$

定積分と不定積分 2

(1) $\displaystyle\int_0^x x\,dx = \frac{x^2}{2}$

(2) 一方，不定積分では $\displaystyle\int x\,dx = \frac{x^2}{2} + C$

(3) 定積分 (1) は不定積分 (2) の 1 つ

定積分と不定積分 2

(1) $\displaystyle\int_0^x x\,dx = \frac{x^2}{2}$

(2) 一方，不定積分では $\displaystyle\int x\,dx = \frac{x^2}{2} + C$

(3) 定積分 (1) は不定積分 (2) の 1 つ

$$\boxed{\left(\int_0^x x\,dx\right)' = x}$$

微分積分の基本定理

- $\left(\int_0^x x\,dx\right)' = x$ だった

微分積分の基本定理

- $\left(\int_0^{\boxed{x}} x\,dx\right)' = x$ だった

  0 から $\boxed{x}$ までの定積分を微分すると元の関数になる

微分積分の基本定理

- $\left(\int_0^{\boxed{x}} x\,dx\right)' = x$ だった

  0から $\boxed{x}$ までの定積分を微分すると元の関数になる

- これは，一般の関数 $f(x)$ についても成り立つ

微分積分の基本定理

- $\left(\int_0^{\boxed{x}} x\, dx\right)' = x$ だった

  0 から $\boxed{x}$ までの定積分を微分すると元の関数になる

- これは，一般の関数 $f(x)$ についても成り立つ

$$\boxed{\left(\int_a^x f(x)\, dx\right)' = f(x)}$$ （a は定数）

微分積分の基本定理

- $\left(\int_0^{\boxed{x}} x\,dx\right)' = x$ だった

  0 から $\boxed{x}$ までの定積分を微分すると元の関数になる

- これは，一般の関数 $f(x)$ についても成り立つ

$$\boxed{\left(\int_a^x f(x)\,dx\right)' = f(x)} \qquad (a\text{ は定数})$$

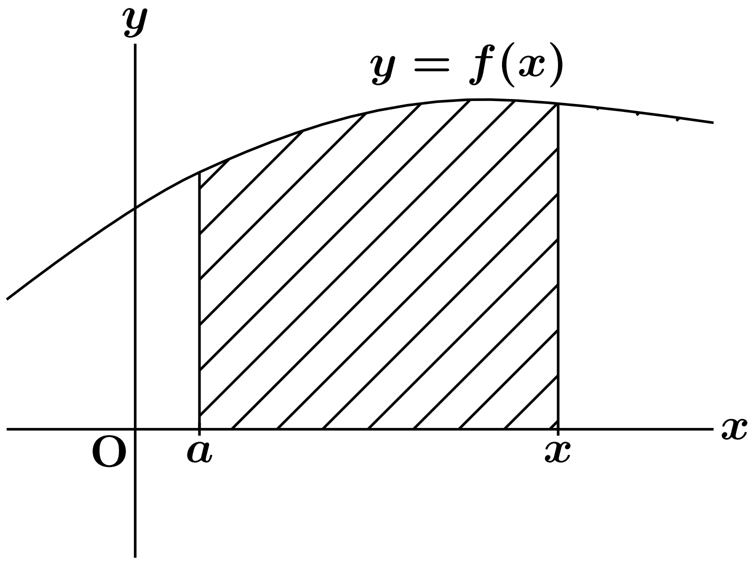
- 微分積分において，最も重要な定理である

基本定理の証明

- $S(x) = \int_a^x f(x)\,dx$ とおく $\Rightarrow$ $S'(x) = f(x)$ を示す

基本定理の証明

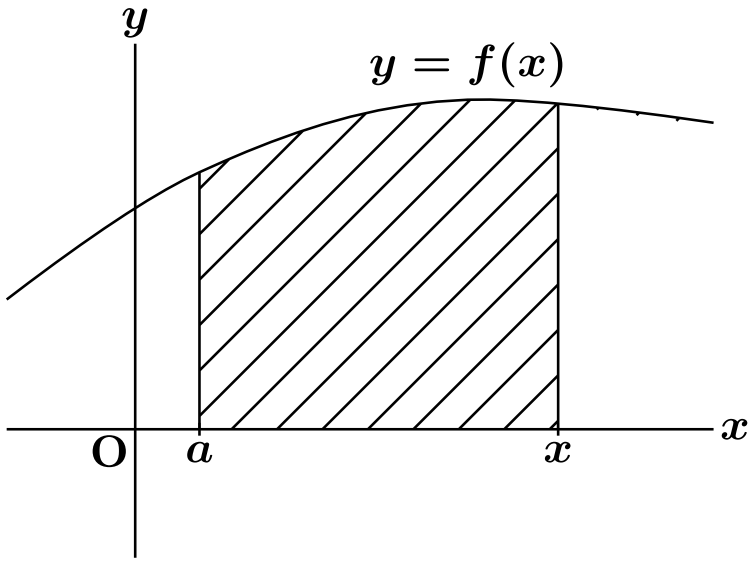
- $S(x) = \displaystyle\int_a^x f(x)\,dx$ とおく $\Rightarrow S'(x) = f(x)$ を示す



基本定理の証明

- $S(x) = \int_a^x f(x)\,dx$ とおく $\Rightarrow S'(x) = f(x)$ を示す

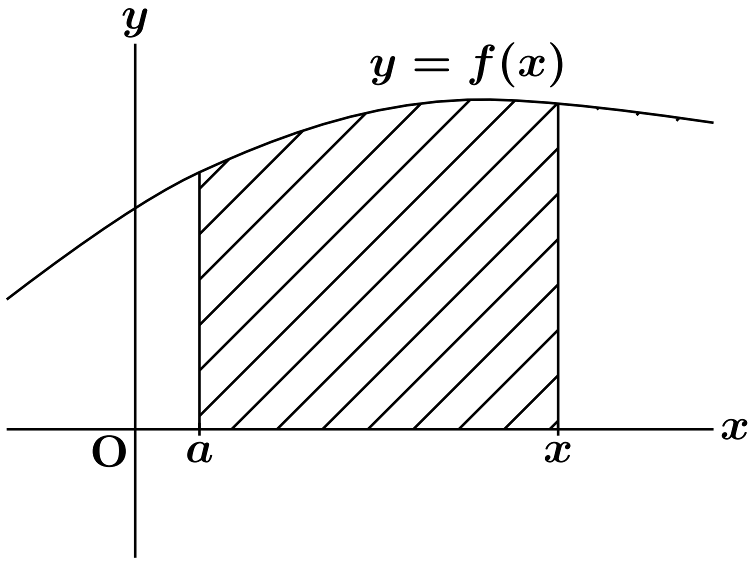
  $S(x)$ は黒斜線の面積



基本定理の証明

- $S(x) = \int_a^x f(x)\,dx$ とおく $\Rightarrow S'(x) = f(x)$ を示す

  $S(x)$ は黒斜線の面積



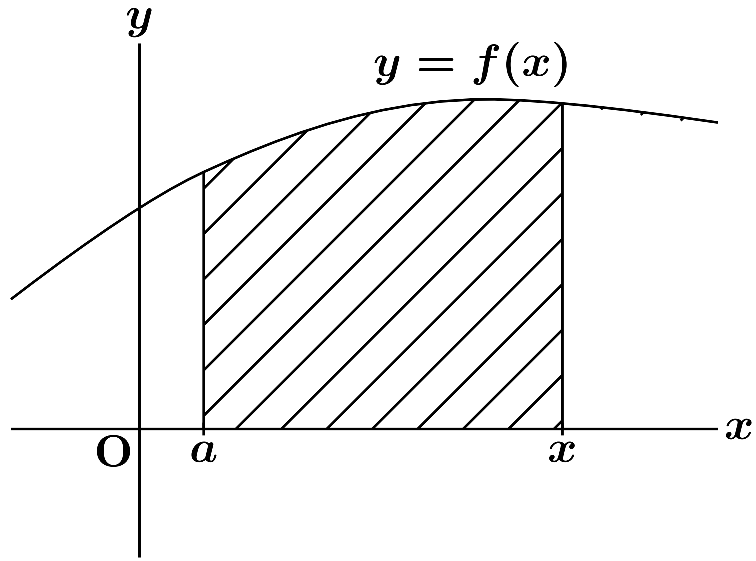
- $S'(x) =$

基本定理の証明

- $S(x) = \int_a^x f(x)\,dx$ とおく $\Rightarrow S'(x) = f(x)$ を示す

  $S(x)$ は黒斜線の面積

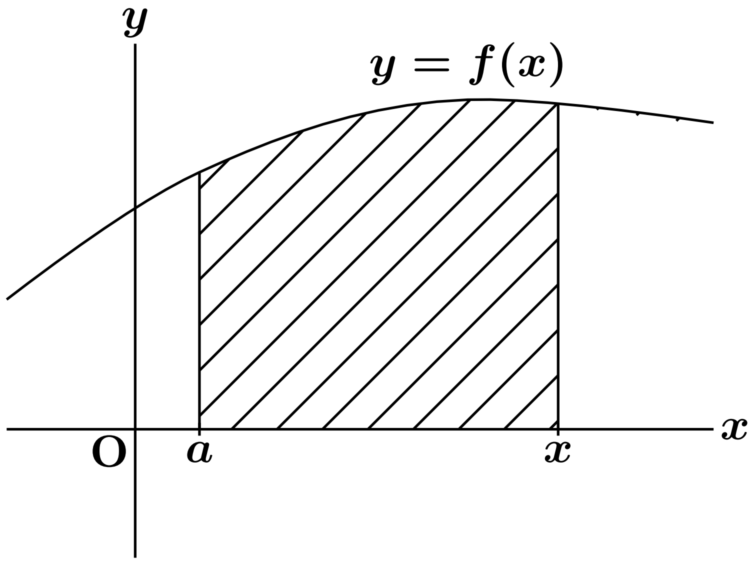
- $S'(x) = \lim_{z \to x} \dfrac{S(z) - S(x)}{z - x}$



基本定理の証明

- $S(x) = \int_a^x f(x)\,dx$ とおく $\Rightarrow S'(x) = f(x)$ を示す

  $S(x)$ は黒斜線の面積



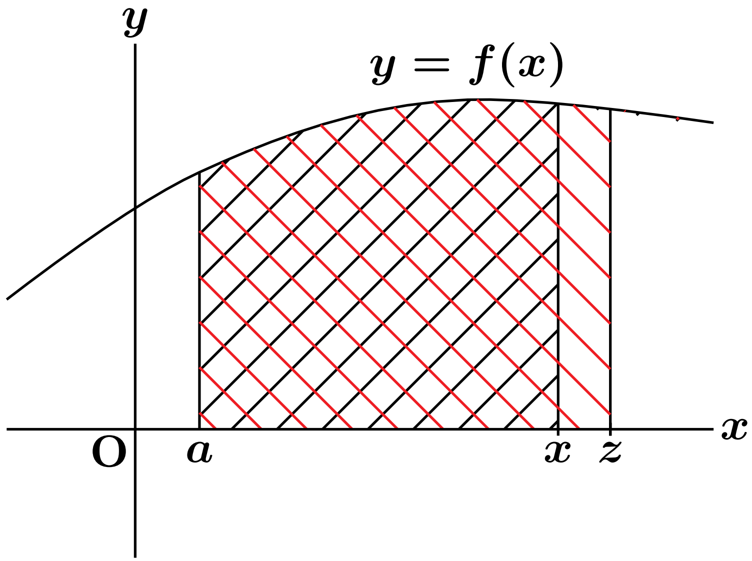
- $S'(x) = \lim\limits_{z \to x} \dfrac{S(z) - S(x)}{z - x}$

- $S(z) - S(x)$ は？

基本定理の証明

- $S(x) = \int_a^x f(x)\,dx$ とおく $\Rightarrow S'(x) = f(x)$ を示す

  $S(x)$ は黒斜線の面積



- $S'(x) = \lim_{z \to x} \dfrac{S(z) - S(x)}{z - x}$

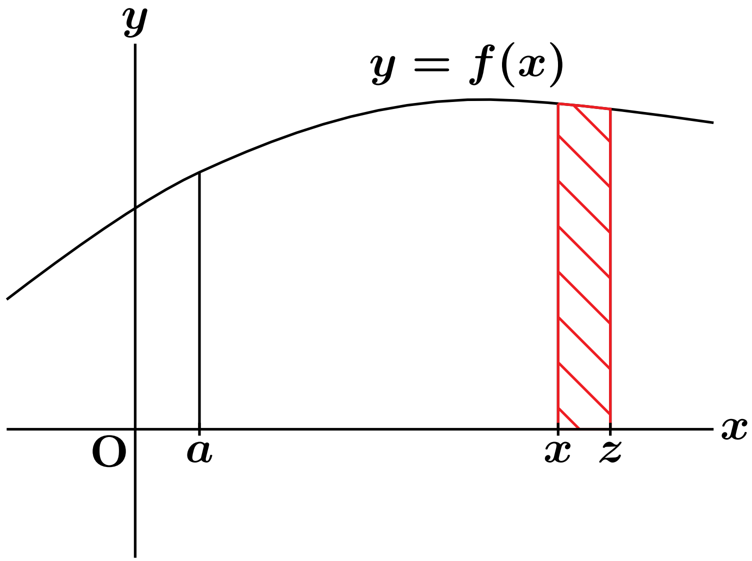
- $S(z) - S(x)$ は？

  $S(z)$ は赤斜線の面積

基本定理の証明

- $S(x) = \int_a^x f(x)\,dx$ とおく $\Rightarrow S'(x) = f(x)$ を示す

  $S(x)$ は黒斜線の面積



- $$S'(x) = \lim_{z \to x} \frac{S(z) - S(x)}{z - x}$$

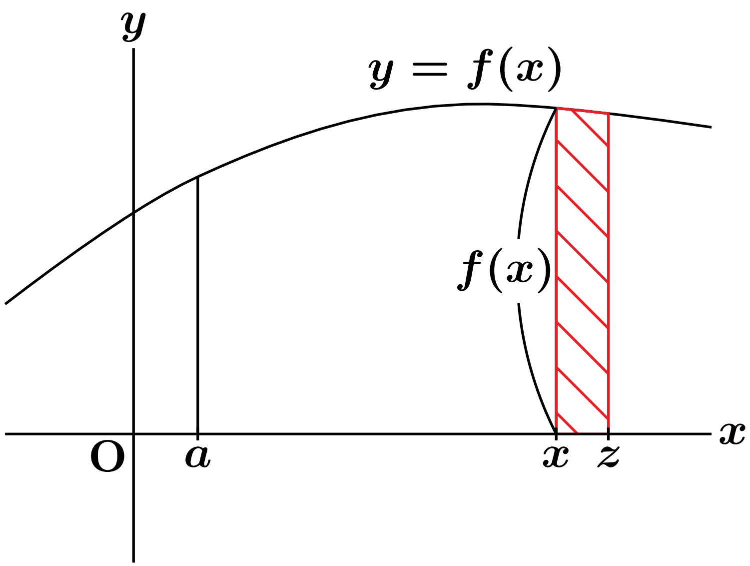
- $S(z) - S(x)$ は？

  $S(z)$ は赤斜線の面積

  $S(z) - S(x)$ は赤斜線の面積

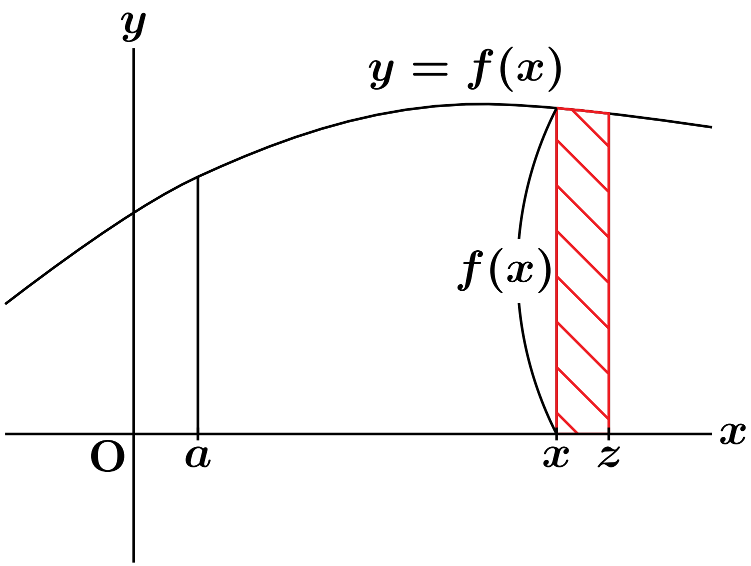
基本定理の証明 (続)

- 図より　$S(z) - S(x) \fallingdotseq f(x)(z-x)$



基本定理の証明 (続)

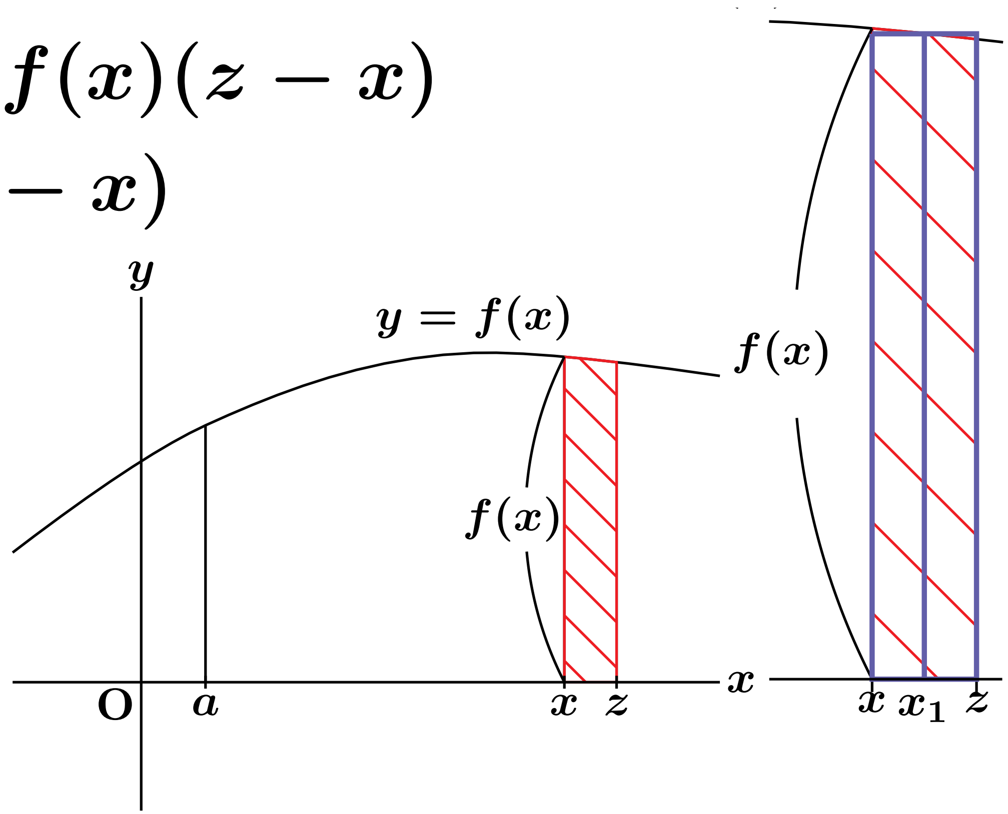
- 図より　$S(z) - S(x) \fallingdotseq f(x)(z - x)$



基本定理の証明 (続)

- 図より $S(z) - S(x) \fallingdotseq f(x)(z-x)$

$$S(z) - S(x) = f(x_1)(z-x)$$

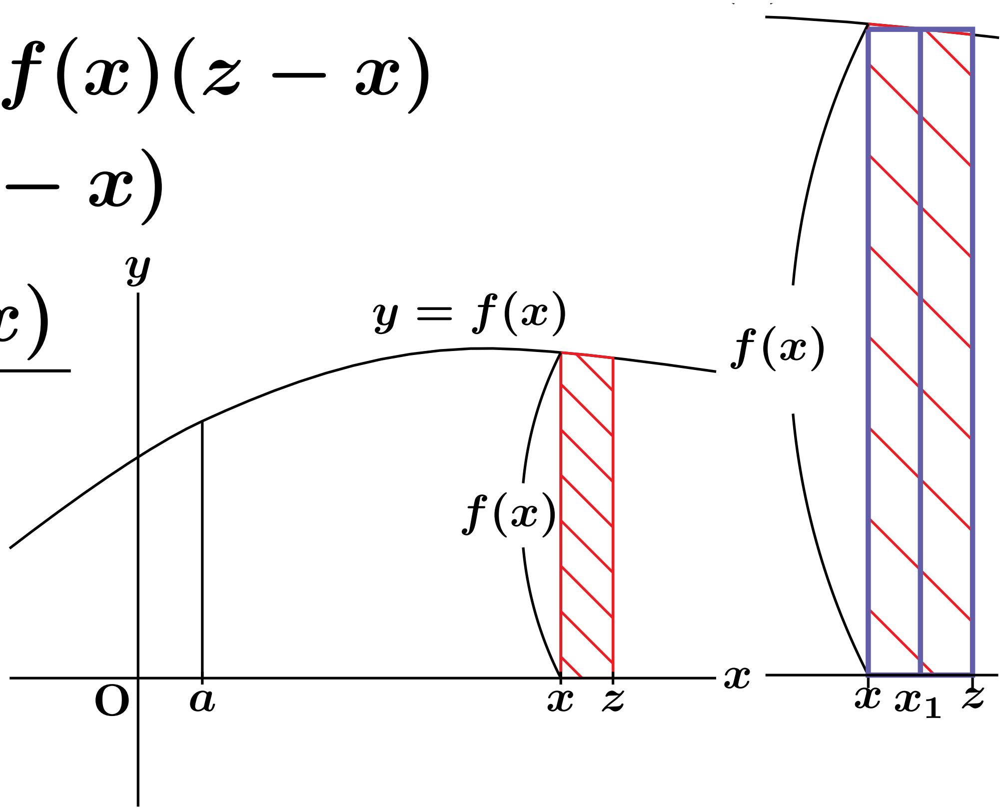


基本定理の証明 (続)

- 図より $S(z) - S(x) \fallingdotseq f(x)(z-x)$

  $S(z) - S(x) = f(x_1)(z-x)$

- $S'(x) = \lim_{z \to x} \dfrac{S(z) - S(x)}{z - x}$



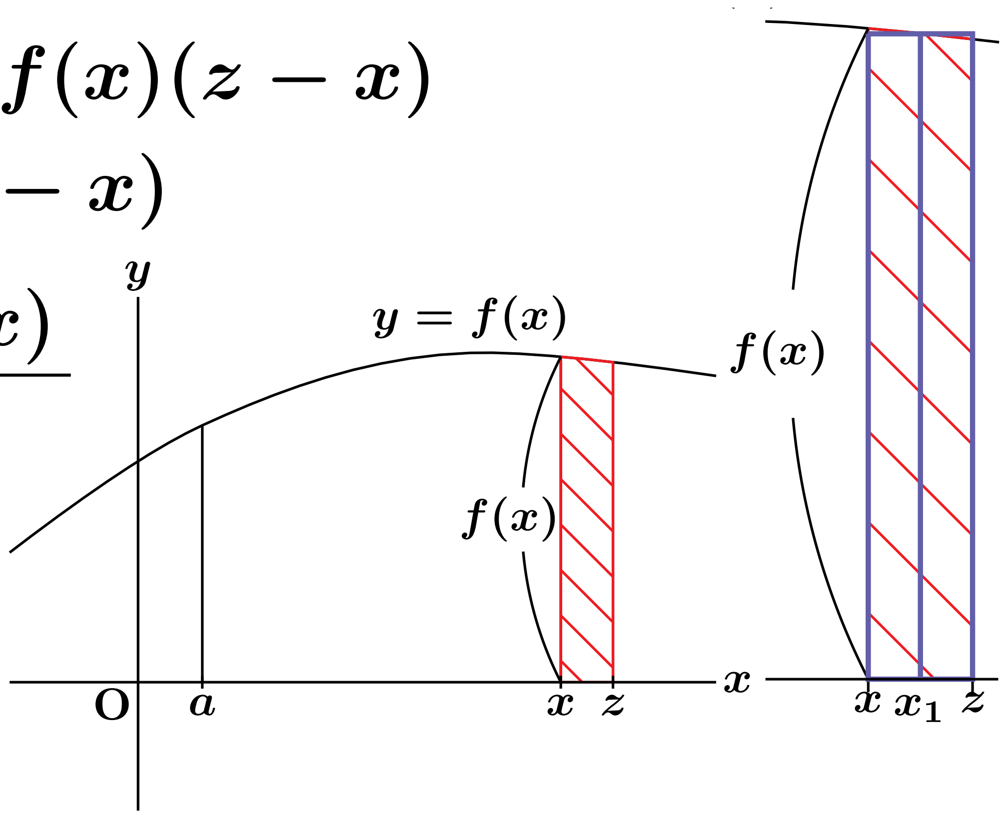
基本定理の証明 (続)

- 図より　$S(z)-S(x) \fallingdotseq f(x)(z-x)$

  $S(z)-S(x)=f(x_1)(z-x)$

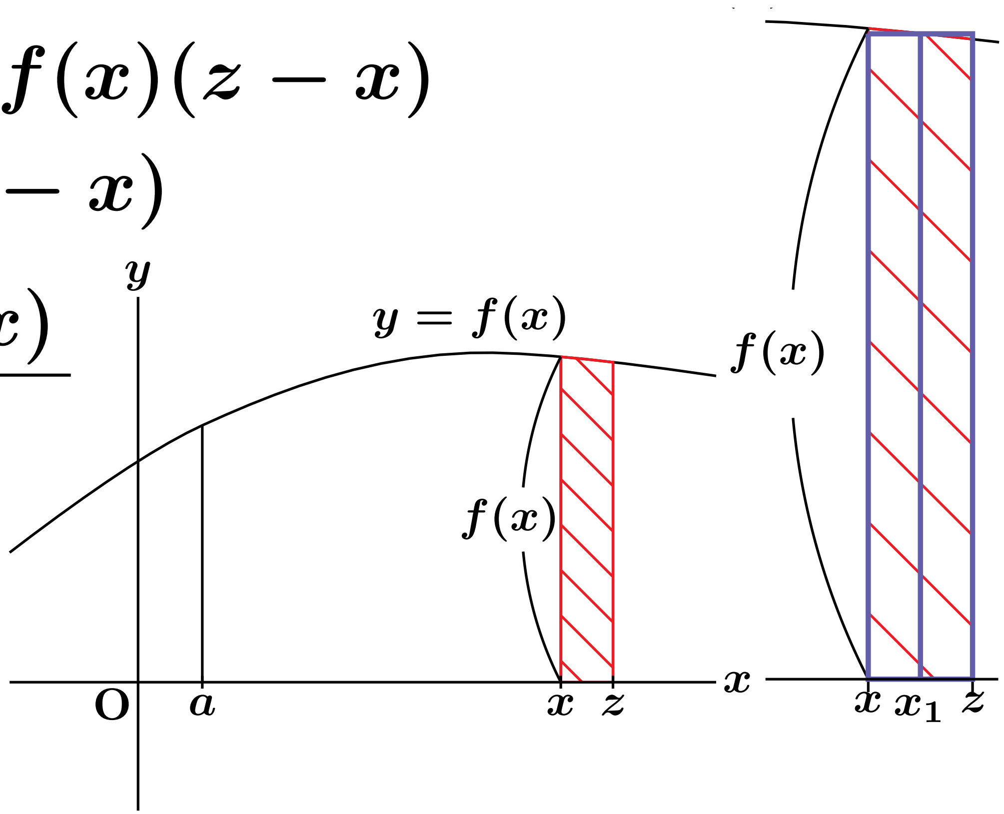
- $S'(x)=\lim\limits_{z\to x}\dfrac{S(z)-S(x)}{z-x}$

  $=\lim\limits_{z\to x}\dfrac{f(x_1)(z-x)}{z-x}$



基本定理の証明 (続)

- 図より　$S(z) - S(x) \fallingdotseq f(x)(z - x)$
  $S(z) - S(x) = f(x_1)(z - x)$



- $$S'(x) = \lim_{z \to x} \frac{S(z) - S(x)}{z - x}$$
  $$= \lim_{z \to x} \frac{f(x_1)(z - x)}{z - x}$$
  $$= \lim_{z \to x} f(x_1)$$

基本定理の証明 (続)

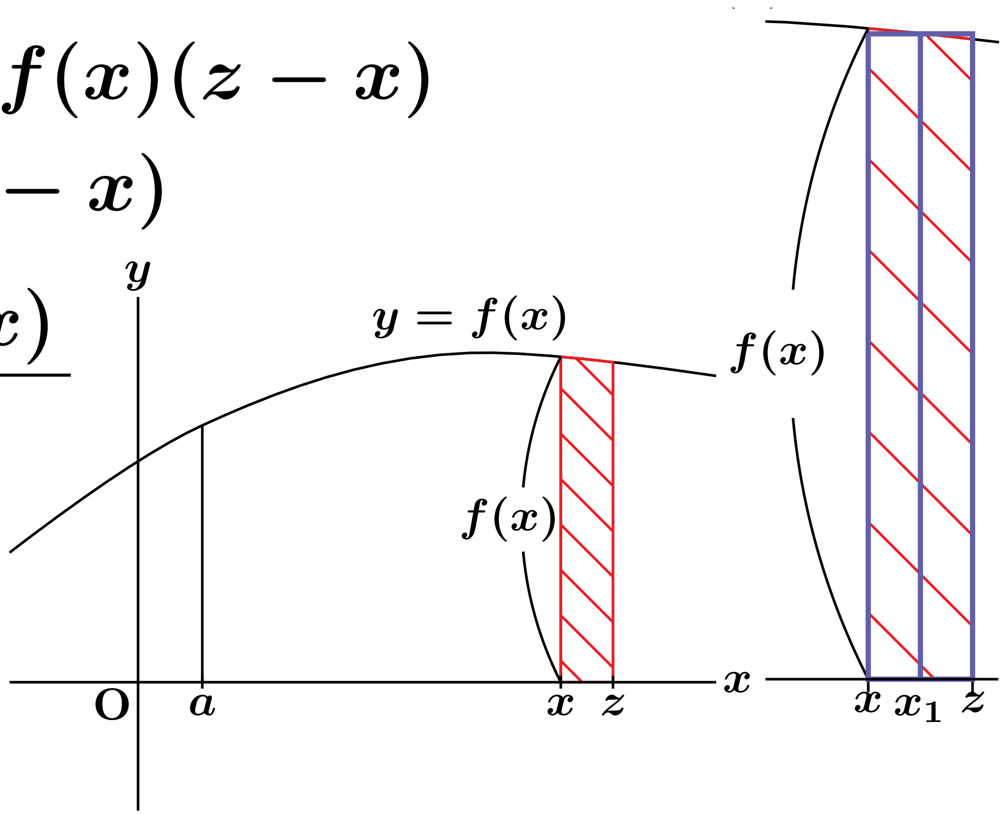
- 図より　$S(z) - S(x) \fallingdotseq f(x)(z-x)$

  $S(z) - S(x) = f(x_1)(z-x)$

- $S'(x) = \lim_{z \to x} \dfrac{S(z) - S(x)}{z - x}$

  $= \lim_{z \to x} \dfrac{f(x_1)(z-x)}{z-x}$

  $= \lim_{z \to x} f(x_1) = f(x)$



基本定理の証明 (続)

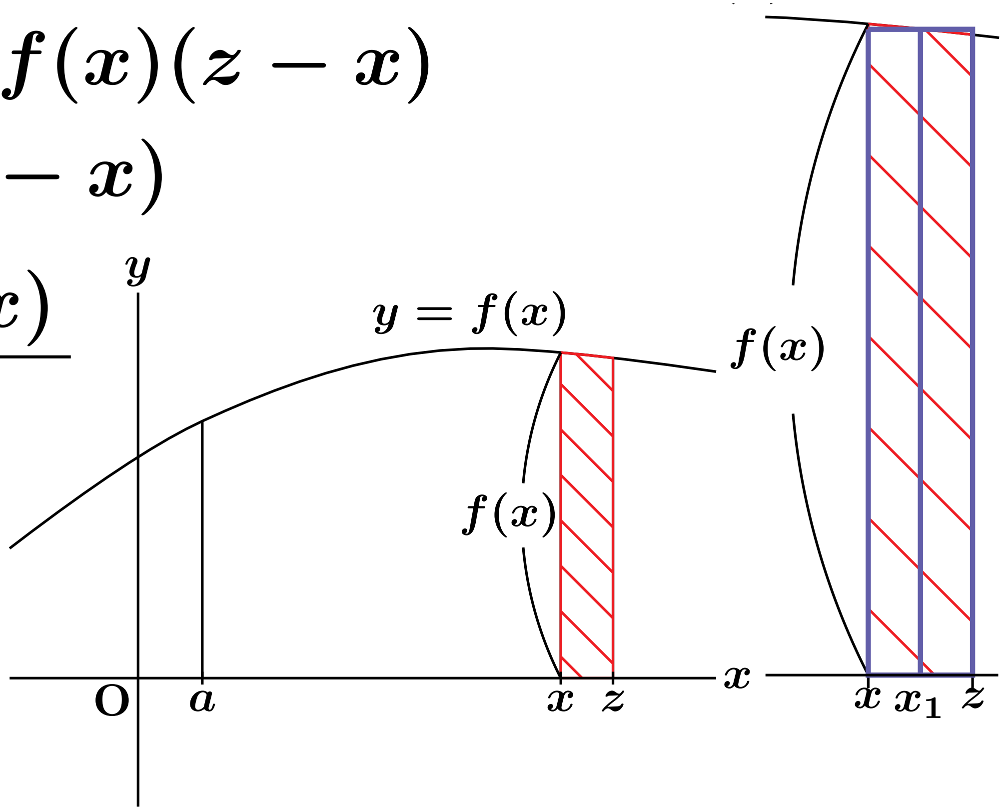
- 図より　$S(z) - S(x) \fallingdotseq f(x)(z-x)$

  $S(z) - S(x) = f(x_1)(z-x)$

- $S'(x) = \lim_{z \to x} \dfrac{S(z) - S(x)}{z - x}$

  $= \lim_{z \to x} \dfrac{f(x_1)(z-x)}{z-x}$

  $= \lim_{z \to x} f(x_1) = f(x)$



- したがって　$S(x) = \displaystyle\int_a^x f(x)\,dx$ は $f(x)$ の不定積分

定積分の計算公式

- $f(x)$ の不定積分の１つを $F(x)$ とおく

定積分の計算公式

- $f(x)$ の不定積分の１つを $F(x)$ とおく
- 基本定理より　$S(x) = \int_a^x f(x)\,dx$ も不定積分

定積分の計算公式

- $f(x)$ の不定積分の１つを $F(x)$ とおく
- 基本定理より　$S(x) = \int_a^x f(x)\,dx$ も不定積分
- したがって　$S(x) = F(x) + C$（C は積分定数）

定積分の計算公式

- $f(x)$ の不定積分の１つを $F(x)$ とおく
- 基本定理より　$S(x) = \int_a^x f(x)\,dx$ も不定積分
- したがって　$S(x) = F(x) + C$（C は積分定数）
- x に a を代入すると　$S(a) = F(a) + C$

定積分の計算公式

- $f(x)$ の不定積分の１つを $F(x)$ とおく
- 基本定理より　$S(x) = \int_a^x f(x)\,dx$ も不定積分
- したがって　$S(x) = F(x) + C$（C は積分定数）
- x に a を代入すると　$S(a) = F(a) + C$
- $S(a) = \int_a^a f(x)\,dx = 0$ より　$F(a) + C = 0$

定積分の計算公式 (続)

- これから　$C = -F(a)$

定積分の計算公式 (続)

- これから　$C = -F(a)$
- したがって　$S(x) = F(x) + C = F(x) - F(a)$

定積分の計算公式 (続)

- これから　$C = -F(a)$
- したがって　$S(x) = F(x) + C = F(x) - F(a)$
- x に b を代入すると　$S(b) = F(b) - F(a)$

定積分の計算公式 (続)

- これから　$C = -F(a)$
- したがって　$S(x) = F(x) + C = F(x) - F(a)$
- x に b を代入すると　$S(b) = F(b) - F(a)$
- よって　$\boxed{\displaystyle\int_a^b f(x)\,dx = F(b) - F(a)}$

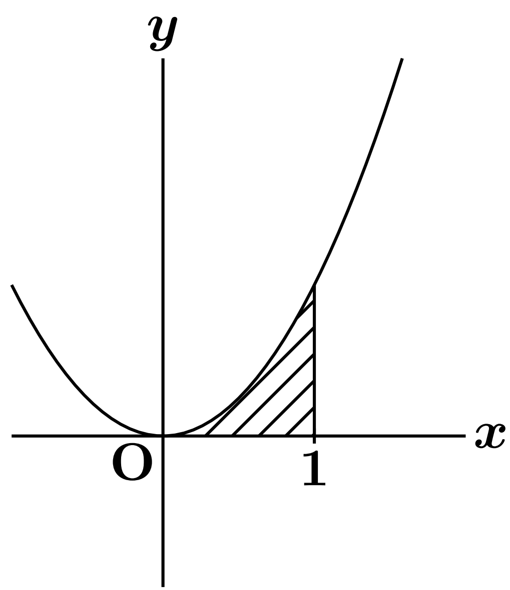
定積分の計算公式 (続)

- これから $C = -F(a)$
- したがって $S(x) = F(x) + C = F(x) - F(a)$
- x に b を代入すると $S(b) = F(b) - F(a)$
- よって $\boxed{\int_a^b f(x)\,dx = F(b) - F(a)}$

$$F(b) - F(a) = \Big[F(x)\Big]_a^b \text{ と書く}$$

定積分の計算 1

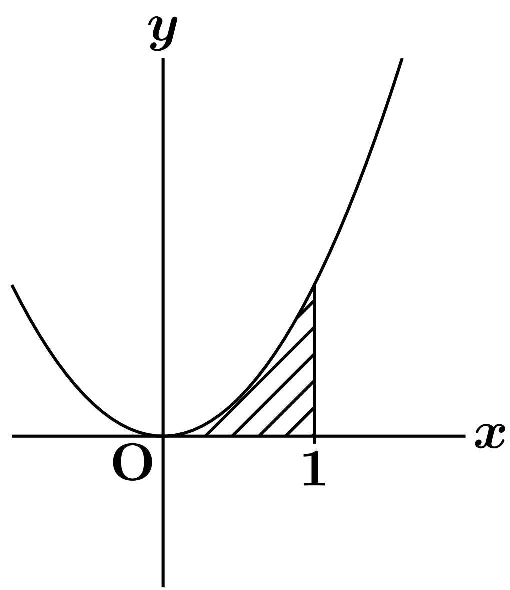
(例) $\displaystyle\int_0^1 x^2\,dx$



定積分の計算 1

(例) $\displaystyle\int_0^1 x^2\,dx$

不定積分の公式より　$\displaystyle\int x^2\,dx = \frac{1}{3}x^3 + C$

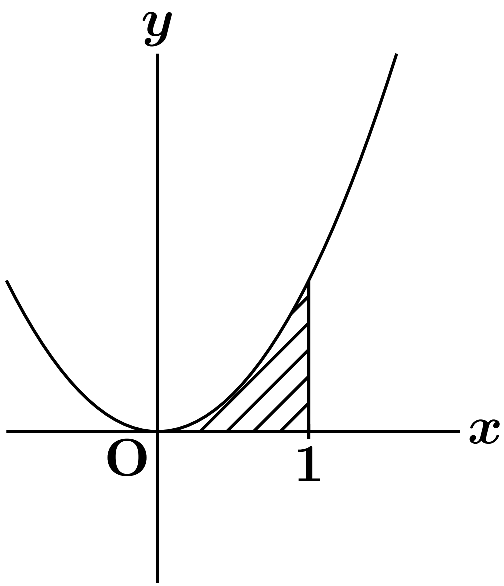


定積分の計算 1

(例) $\displaystyle\int_0^1 x^2\,dx$

不定積分の公式より $\displaystyle\int x^2\,dx = \frac{1}{3}x^3 + C$

$$\int_0^1 x^2\,dx = \left[\frac{1}{3}x^3\right]_0^1$$

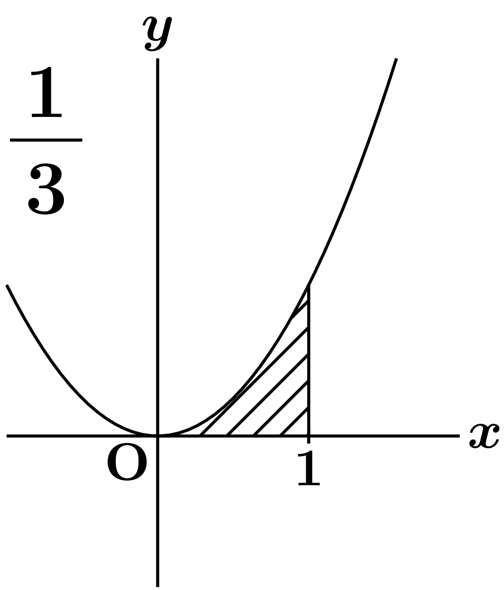


定積分の計算 1

(例) $\displaystyle\int_0^1 x^2\,dx$

不定積分の公式より $\displaystyle\int x^2\,dx = \frac{1}{3}x^3 + C$

$$\int_0^1 x^2\,dx = \left[\frac{1}{3}x^3\right]_0^1 = \frac{1}{3}1^3 - \frac{1}{3}0^3 = \frac{1}{3}$$

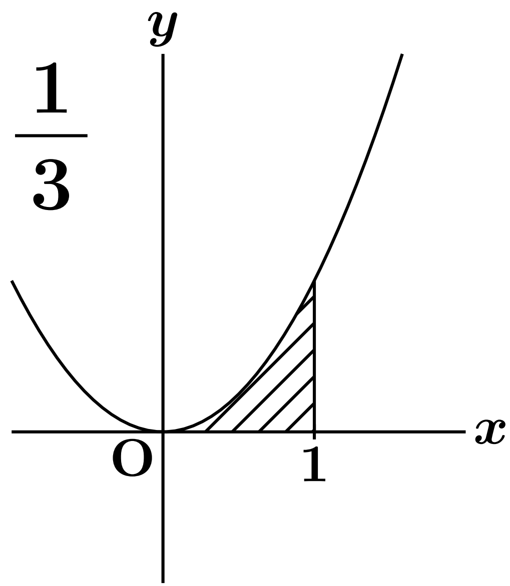


定積分の計算 1

(例) $\displaystyle\int_0^1 x^2\,dx$

不定積分の公式より $\displaystyle\int x^2\,dx = \frac{1}{3}x^3 + C$

$$\int_0^1 x^2\,dx = \left[\frac{1}{3}x^3\right]_0^1 = \frac{1}{3}1^3 - \frac{1}{3}0^3 = \frac{1}{3}$$



課題 0905-5 次の定積分を計算せよ.

[1] $\displaystyle\int_0^2 x^2\,dx$ [2] $\displaystyle\int_1^2 x^2\,dx$

定積分の性質

- $\displaystyle\int_a^b \left(f(x) + g(x)\right) dx = \int_a^b f(x)\,dx + \int_a^b g(x)\,dx$
- $\displaystyle\int_a^b \left(f(x) - g(x)\right) dx = \int_a^b f(x)\,dx - \int_a^b g(x)\,dx$
- $\displaystyle\int_a^b cf(x)\,dx = c\int_a^b f(x)\,dx$（$c$ は定数）

定積分の性質

- $\displaystyle \int_a^b (f(x) + g(x))\,dx = \int_a^b f(x)\,dx + \int_a^b g(x)\,dx$
- $\displaystyle \int_a^b (f(x) - g(x))\,dx = \int_a^b f(x)\,dx - \int_a^b g(x)\,dx$
- $\displaystyle \int_a^b cf(x)\,dx = c\int_a^b f(x)\,dx$（$c$ は定数）

(注) 最初に不定積分を求めてから計算した方がいい

定積分の計算 2

(例 1) $\displaystyle\int_1^2 (2x+3)\,dx$

定積分の計算 2

(例 1) $\displaystyle\int_1^2 (2x+3)\,dx = \Big[x^2+3x\Big]_1^2$

定積分の計算 2

(例 1) $$\int_1^2 (2x+3)\,dx = \Big[x^2+3x\Big]_1^2$$
$$= (2^2+3\cdot 2)-(1^2+3\cdot 1)$$

定積分の計算 2

(例 1) $\displaystyle \int_1^2 (2x+3)\ dx = \Big[x^2+3x\Big]_1^2$

$$= (2^2+3\cdot 2) - (1^2+3\cdot 1)$$

$$= 6$$

定積分の計算 2

(例 1) $\displaystyle\int_1^2 (2x+3)\ dx = \Big[x^2+3x\Big]_1^2$

$$= (2^2+3\cdot 2)-(1^2+3\cdot 1)$$

$$= 6$$

(例 2) $\displaystyle\int_0^1 (3x^2+x)\,dx$

定積分の計算 2

(例 1) $\displaystyle\int_1^2 (2x+3)\ dx = \Big[x^2+3x\Big]_1^2$

$$= (2^2+3\cdot 2)-(1^2+3\cdot 1)$$

$$= 6$$

(例 2) $\displaystyle\int_0^1 (3x^2+x)\,dx = \Big[x^3+\frac{1}{2}x^2\Big]_0^1$

定積分の計算 2

(例 1) $\displaystyle\int_1^2 (2x+3)\,dx = \Big[x^2+3x\Big]_1^2$

$$= (2^2+3\cdot 2) - (1^2+3\cdot 1)$$

$$= 6$$

(例 2) $\displaystyle\int_0^1 (3x^2+x)\,dx = \Big[x^3+\frac{1}{2}x^2\Big]_0^1$

$$= (1+\frac{1}{2}) - (0+0)$$

定積分の計算 2

(例 1) $$\int_1^2 (2x+3)\,dx = \Big[x^2+3x\Big]_1^2 = (2^2+3\cdot 2)-(1^2+3\cdot 1) = 6$$

(例 2) $$\int_0^1 (3x^2+x)\,dx = \left[x^3+\frac{1}{2}x^2\right]_0^1 = (1+\frac{1}{2})-(0+0) = \frac{3}{2}$$

定積分の計算 (課題)

課題 0905-6 次の定積分を計算せよ．

[1] $\displaystyle\int_0^1 (3x^2+1)\,dx$

[2] $\displaystyle\int_{-1}^2 (-x^2+x+2)\,dx$

[3] $\displaystyle\int_0^1 (x^3+1)\,dx$

[4] $\displaystyle\int_{-1}^1 (x^4+x^3+2x^2)\,dx$

区分求積法

- 定積分を面積で定義

区分求積法

- 定積分を面積で定義

  わかりやすいが数学的には厳密でない

  面積とは？　$f(x)$ の値が負のときは？

区分求積法

- 定積分を面積で定義
  わかりやすいが数学的には厳密でない
  面積とは？　$f(x)$ の値が負のときは？
- 「区分求積法」による定義

区分求積法

- 定積分を面積で定義

  わかりやすいが数学的には厳密でない

  面積とは？　f(x) の値が負のときは？

- 「区分求積法」による定義

(1) 区間を n 等分する

区分求積法

- 定積分を面積で定義

    わかりやすいが数学的には厳密でない

    面積とは？　f(x) の値が負のときは？

- 「区分求積法」による定義

(1) 区間を n 等分する

(2) 各区間を長方形で近似

区分求積法

- 定積分を面積で定義

  わかりやすいが数学的には厳密でない

  面積とは？　$f(x)$ の値が負のときは？

- 「区分求積法」による定義

(1) 区間を n 等分する

(2) 各区間を長方形で近似

(3) n を限りなく大きくする

区分求積法

- 定積分を面積で定義

  わかりやすいが数学的には厳密でない

  面積とは？　f(x) の値が負のときは？

- 「区分求積法」による定義

(1) 区間を n 等分する

(2) 各区間を長方形で近似

(3) n を限りなく大きくする

(4) そのときの極限を定積分の値とする