位相幾何学ってどんな幾何学？

— 連続変形の幾何学 —

§1. 集合

§1. 集合

思考の対象として「明確な意味」をもつものを要素または元(element)といい,

§1. 集合

思考の対象として「明確な意味」をもつものを要素または元(element)といい, 確定した範囲の要素をひとつにまとめた「集り」を集合(set)と呼ぶ.

§1. 集合

思考の対象として「明確な意味」をもつものを要素または元(element)といい, 確定した範囲の要素をひとつにまとめた「集り」を集合(set)と呼ぶ.

§1. 集合

思考の対象として「明確な意味」をもつものを要素または元(element)といい, 確定した範囲の要素をひとつにまとめた「集り」を集合(set)と呼ぶ.

集合の例

§1. 集合

思考の対象として「明確な意味」をもつものを要素または元(element)といい, 確定した範囲の要素をひとつにまとめた「集り」を集合(set)と呼ぶ.

集合の例

(1) すべての実数の集まりは集合であり, **R** で表す.

§1. 集合

思考の対象として「明確な意味」をもつものを要素または元(element)といい, 確定した範囲の要素をひとつにまとめた「集り」を集合(set)と呼ぶ.

集合の例

(1) すべての実数の集まりは集合であり, $\mathbf{R}$ で表す.

(2) 座標平面の点全体の集まりは集合であり, $\mathbf{R}^2$ で表す.

§1. 集合

思考の対象として「明確な意味」をもつものを要素または元(element)といい, 確定した範囲の要素をひとつにまとめた「集り」を集合(set)と呼ぶ.

集合の例

(1) すべての実数の集まりは集合であり, $\mathbf{R}$ で表す.

(2) 座標平面の点全体の集まりは集合であり, $\mathbf{R}^2$ で表す.

(3) 座標平面上で原点までの距離が 1 以下である点全体からなる集合を D^2 で表し, 単位円板という.

§1. 集合

思考の対象として「明確な意味」をもつものを要素または元(element)といい, 確定した範囲の要素をひとつにまとめた「集り」を集合(set)と呼ぶ.

集合の例

(1) すべての実数の集まりは集合であり, $\mathbf{R}$ で表す.

(2) 座標平面の点全体の集まりは集合であり, $\mathbf{R}^2$ で表す.

(3) 座標平面上で原点までの距離が 1 以下である点全体からなる集合を D^2 で表し, 単位円板という.

(4) 座標平面上で原点までの距離がちょうど 1 である点全体からなる集合を S^1 で表し, 単位円という.

§1. 集合

思考の対象として「明確な意味」をもつものを要素または元(element)といい, 確定した範囲の要素をひとつにまとめた「集り」を集合(set)と呼ぶ.

集合の例

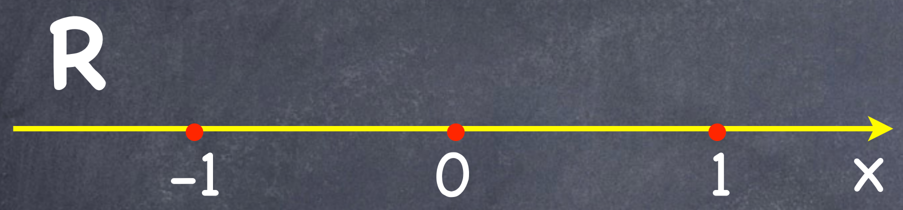
(1) すべての実数の集まりは集合であり, **R** で表す.

(2) 座標平面の点全体の集まりは集合であり, $\mathbf{R}^2$ で表す.

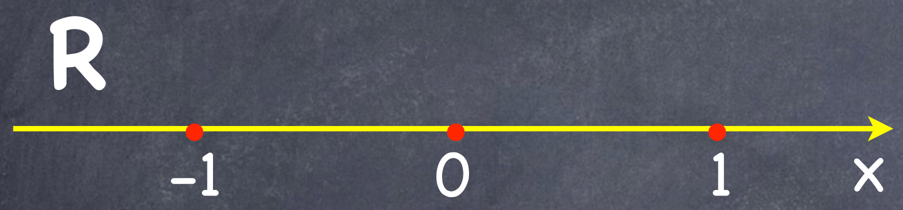
(3) 座標平面上で原点までの距離が 1 以下である点全体からなる集合を D^2 で表し, 単位円板という.

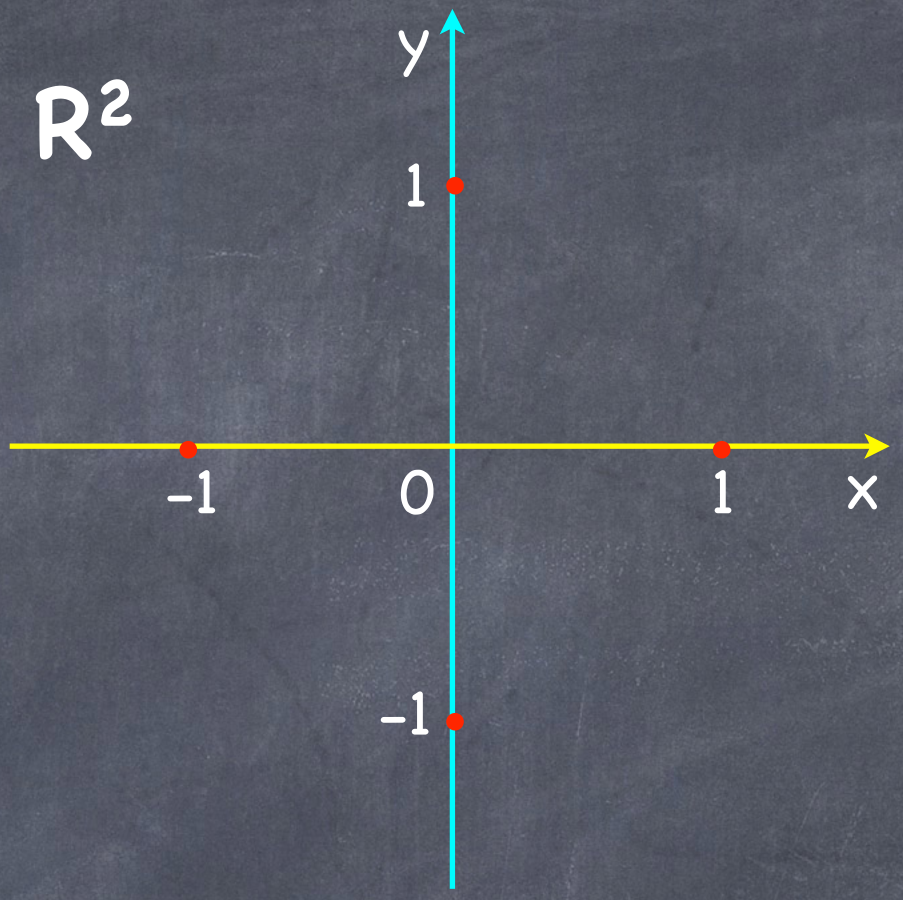
(4) 座標平面上で原点までの距離がちょうど 1 である点全体からなる集合を S^1 で表し, 単位円という.

(5) S^1 の2つの点 x と y の対 (x,y) 全体からなる集合を T^2 で表し, 2次元トーラスという.


R
-1
0
1
x

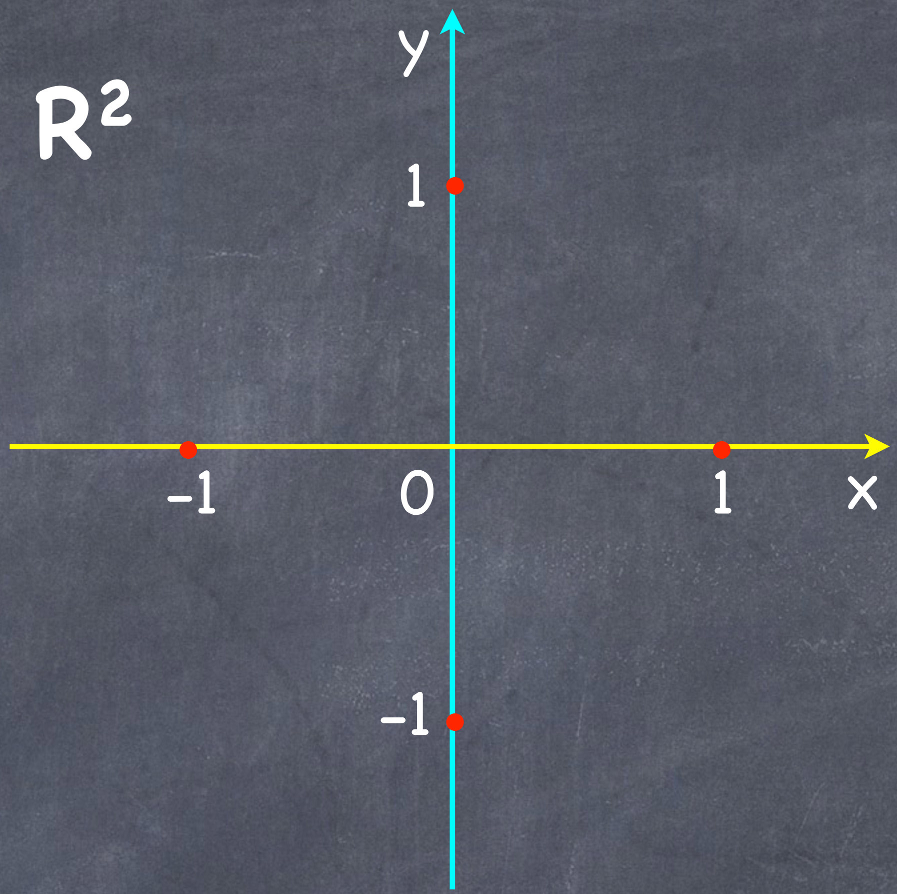
R

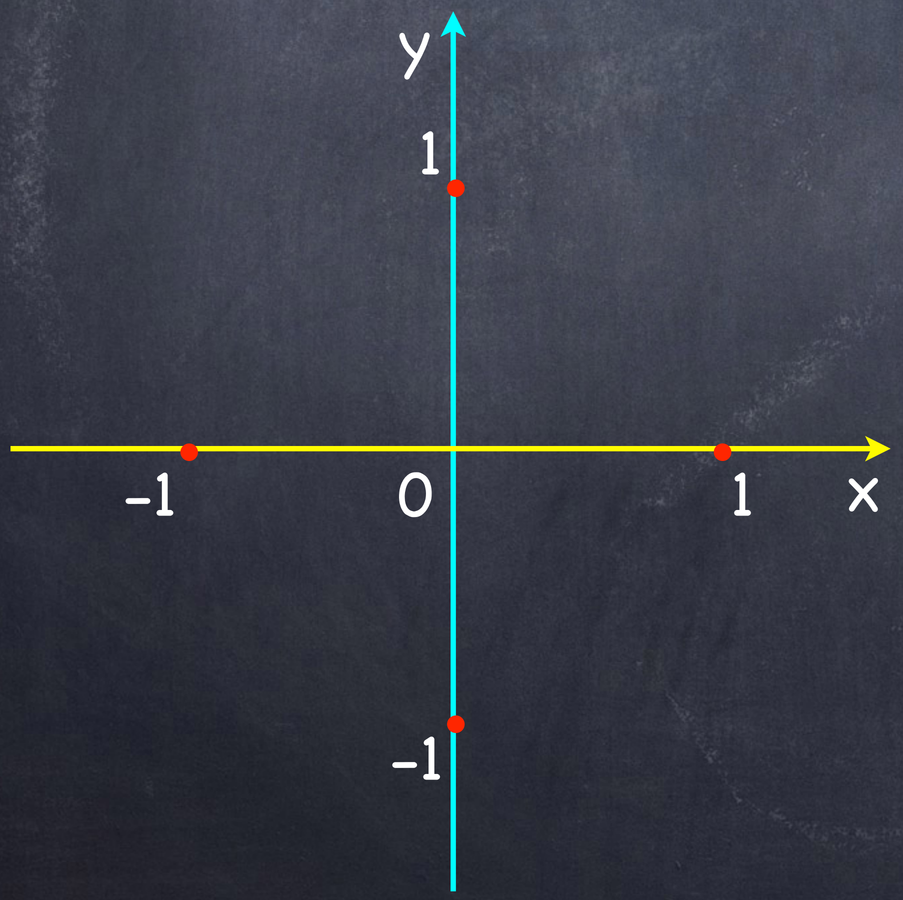

R
-1
0
1
x

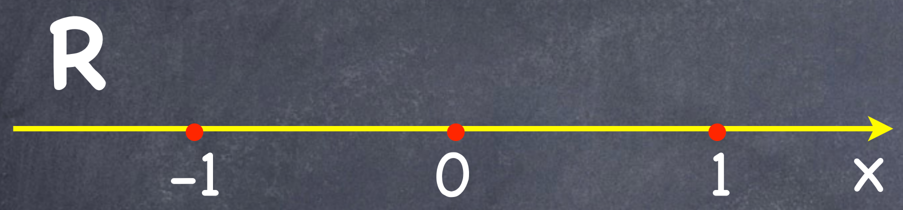

R²
y
1
-1
0
1
x
-1

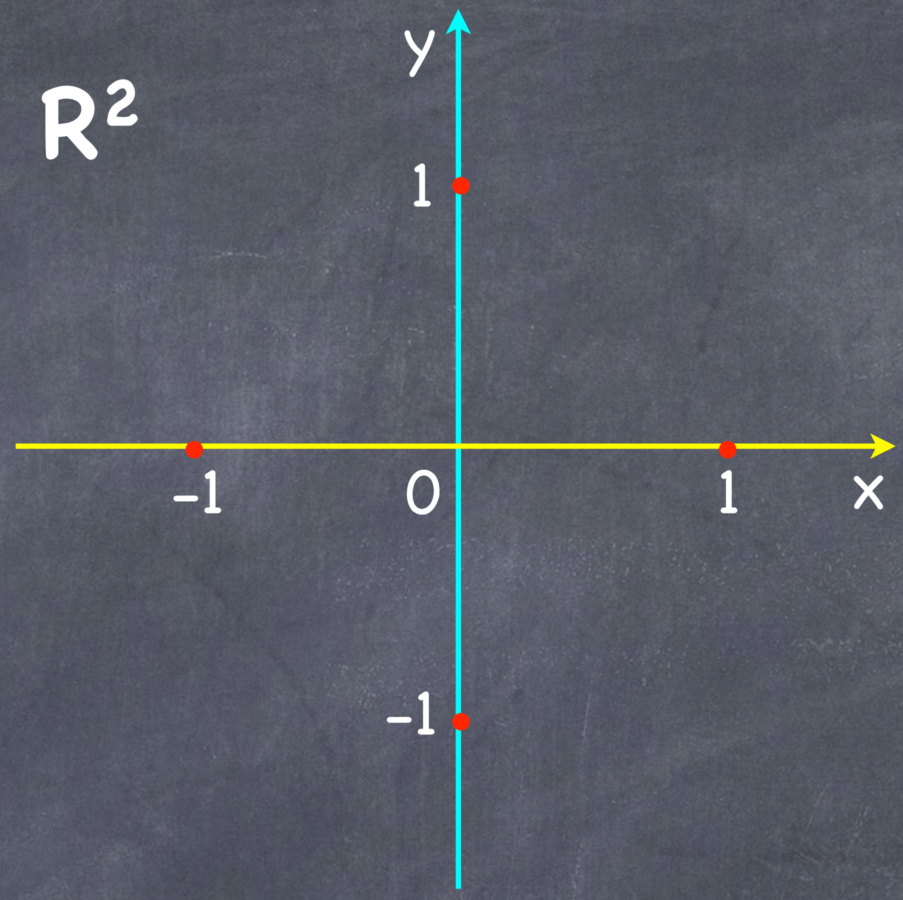
R

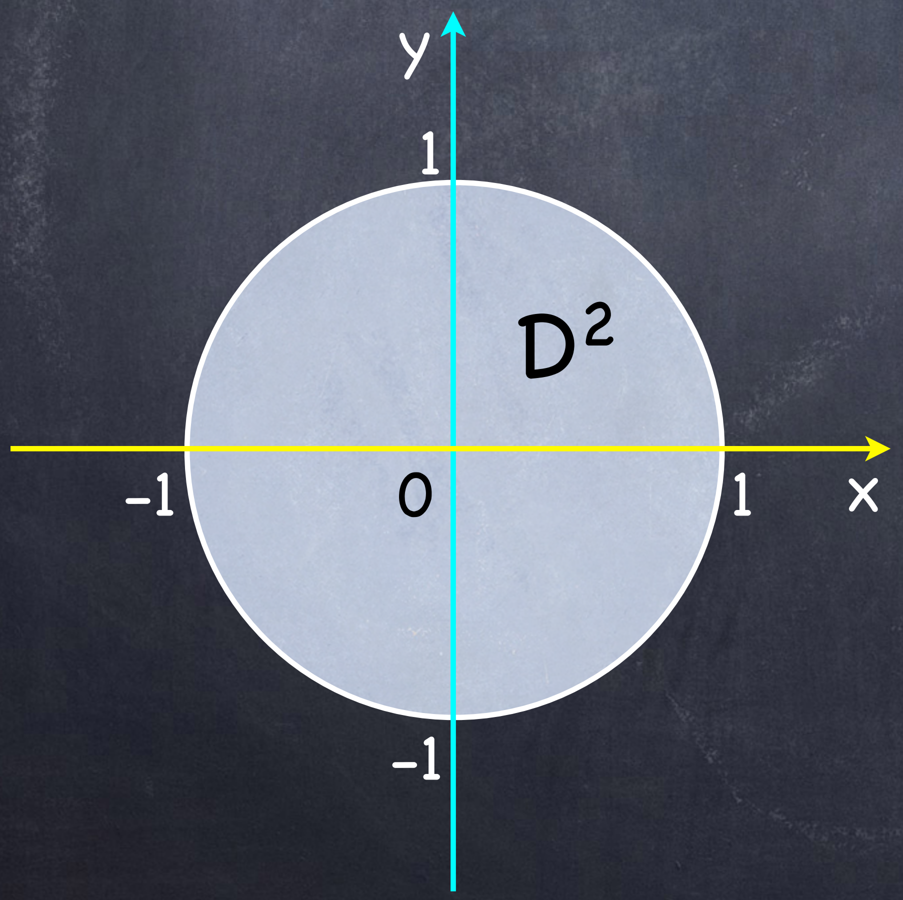
R²

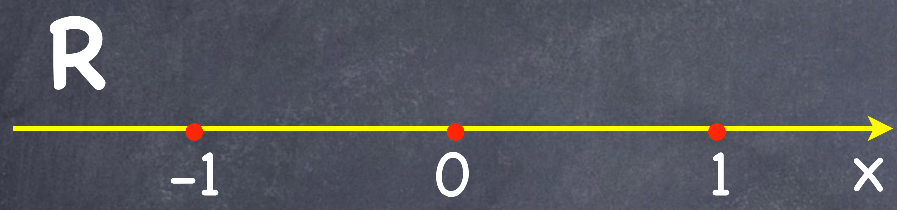


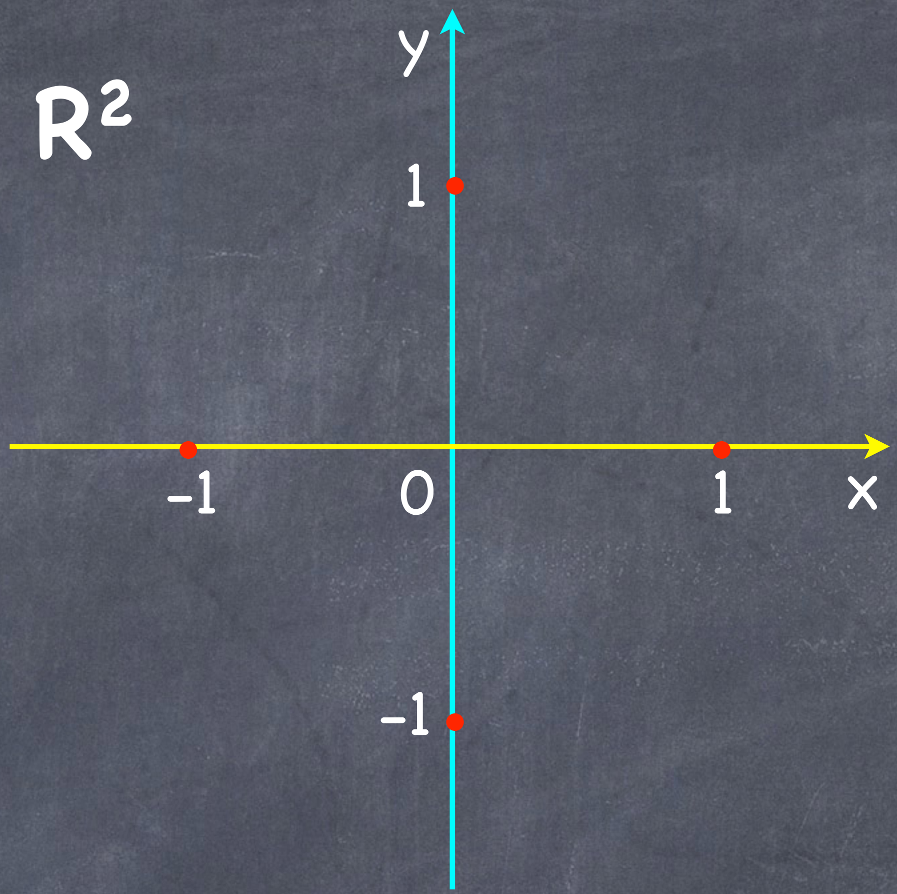


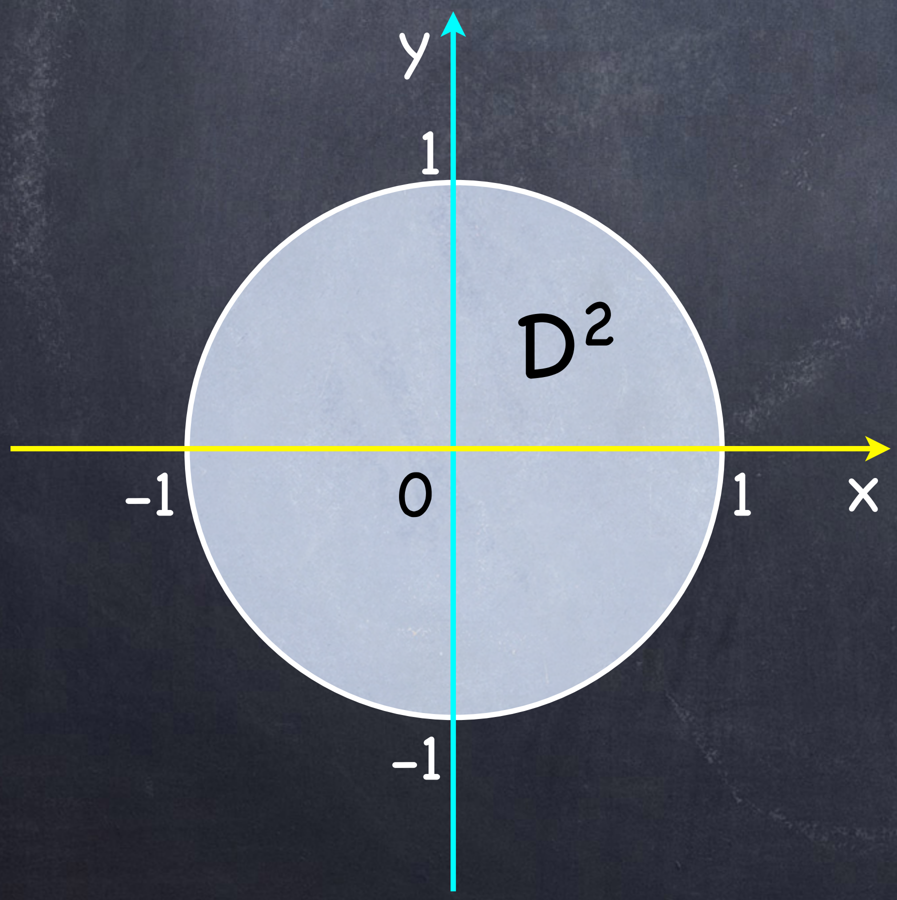

R
-1
0
1
x

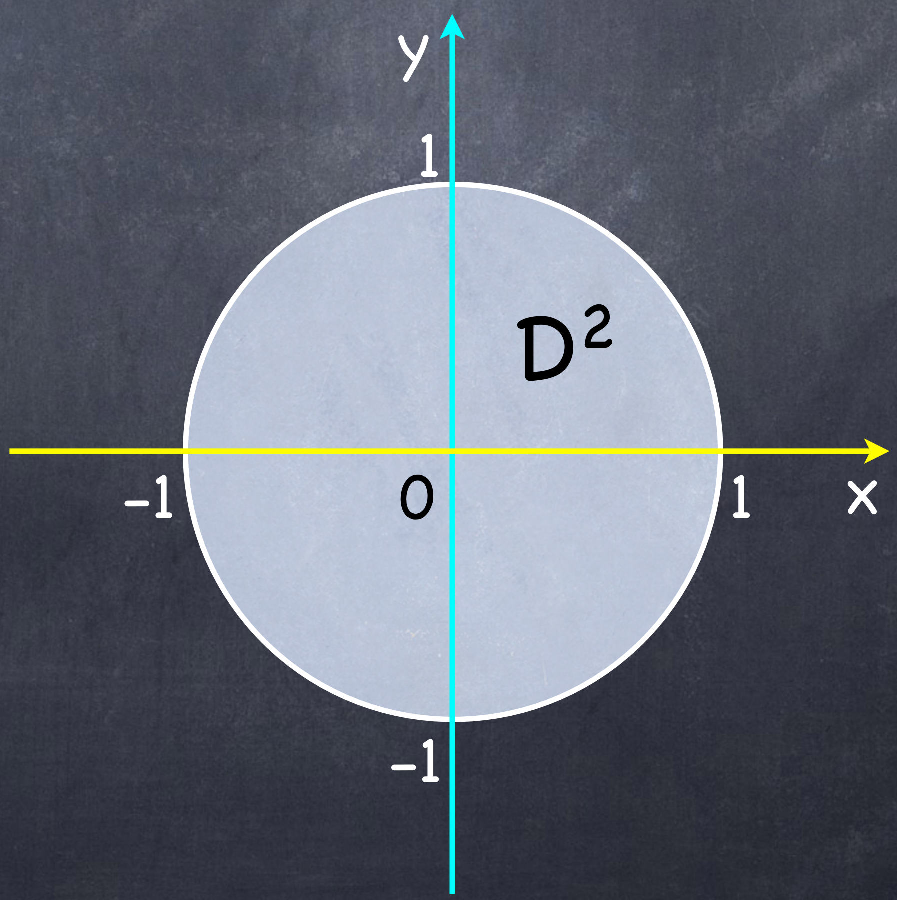

R2
y
1
-1
0
1
x
-1

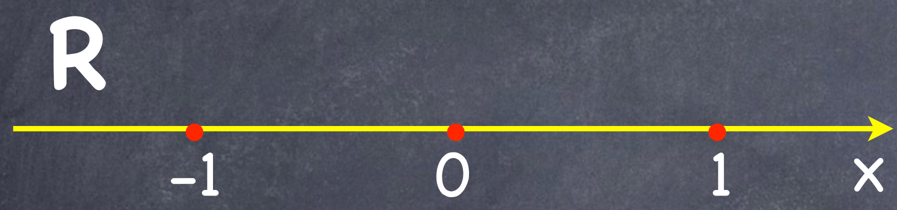

y
1
D2
-1
0
1
x
-1

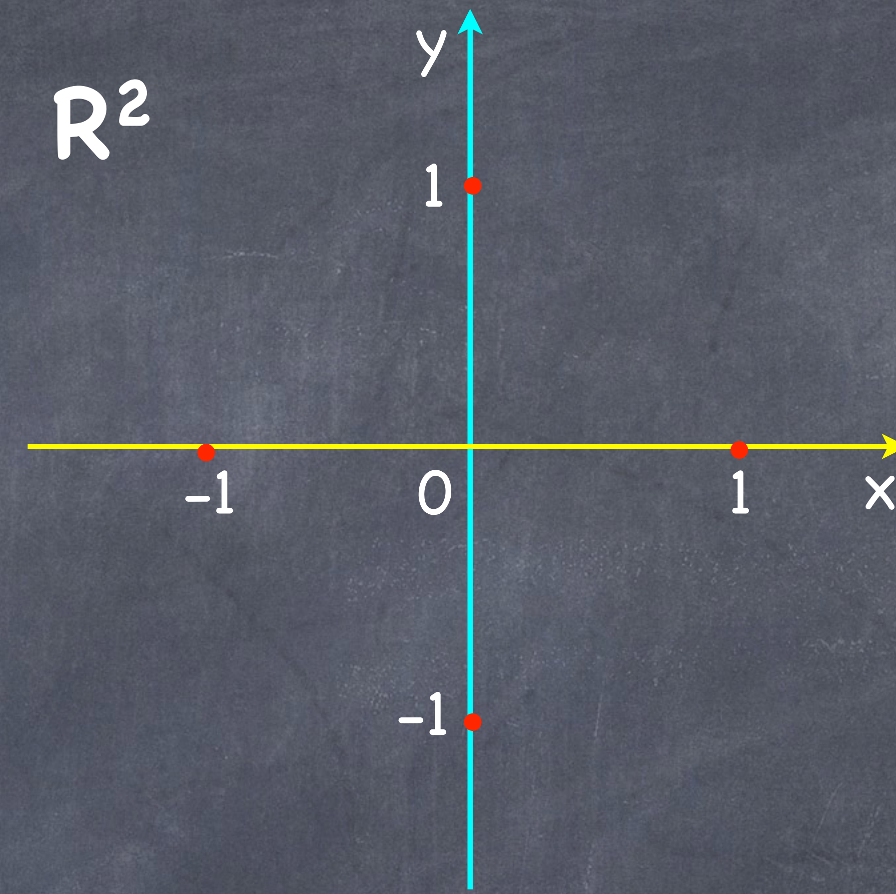

R
-1
0
1
x

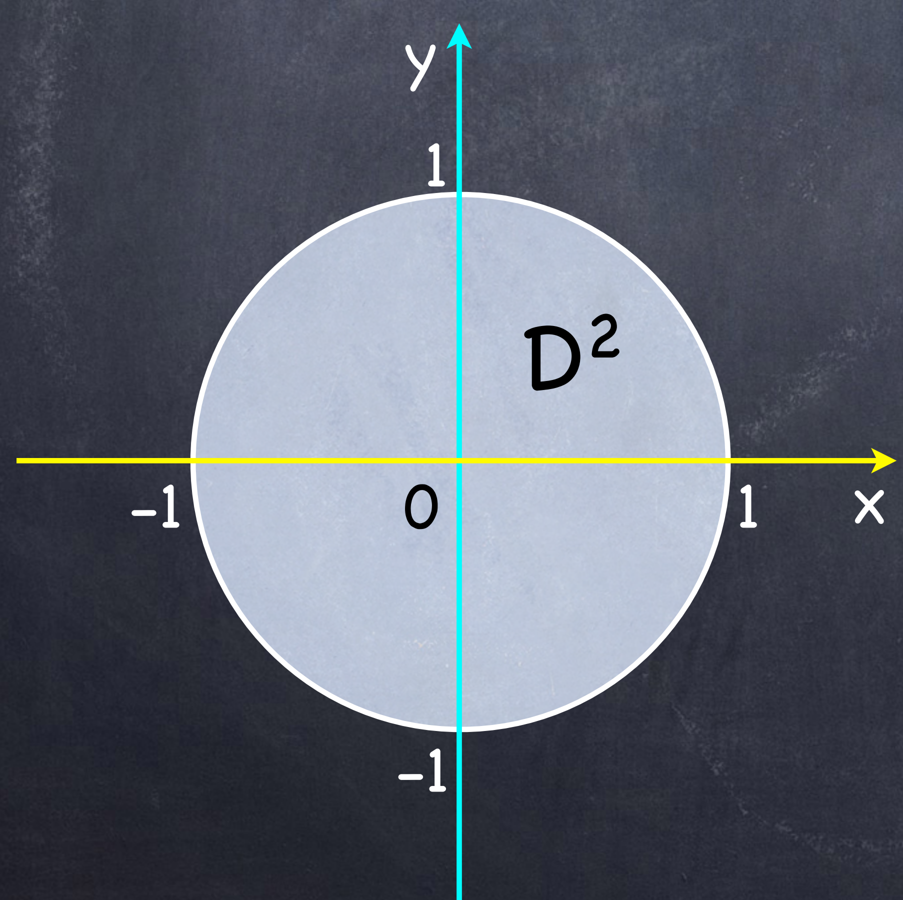

R²
y
1
-1
0
1
x
-1

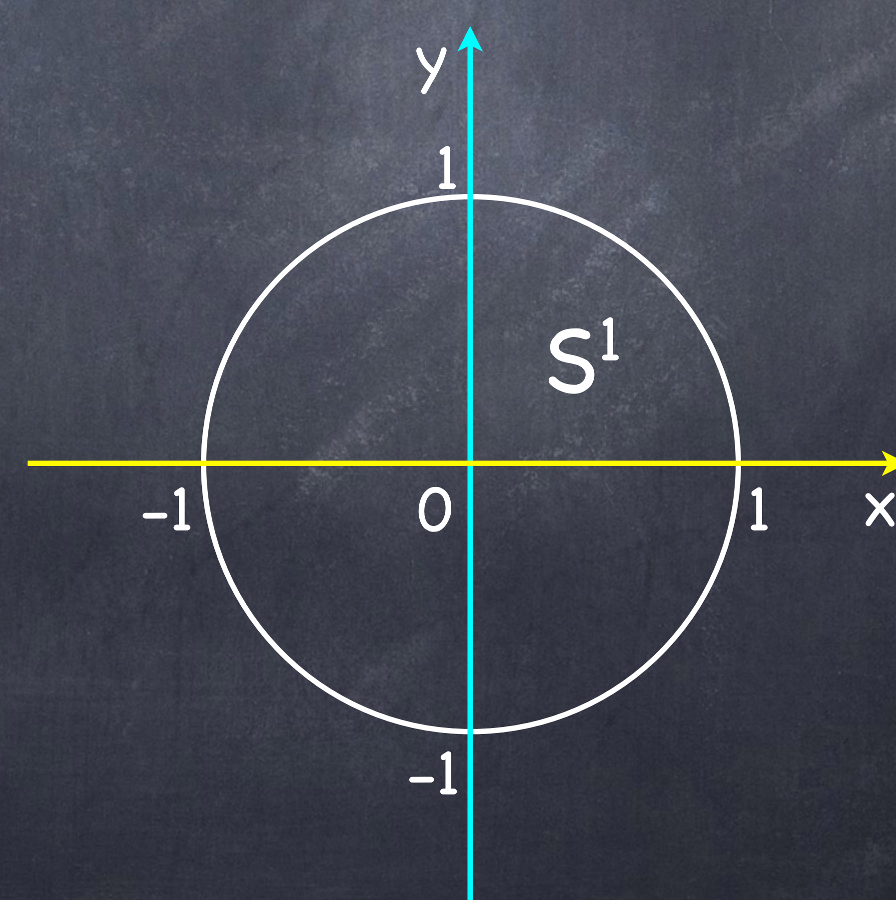

y
1
D²
-1
0
1
x
-1

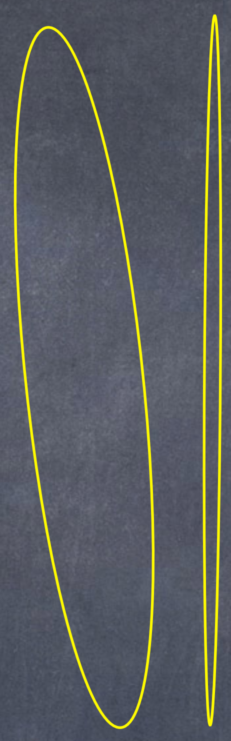

y
1
D²
-1
0
1
x
-1

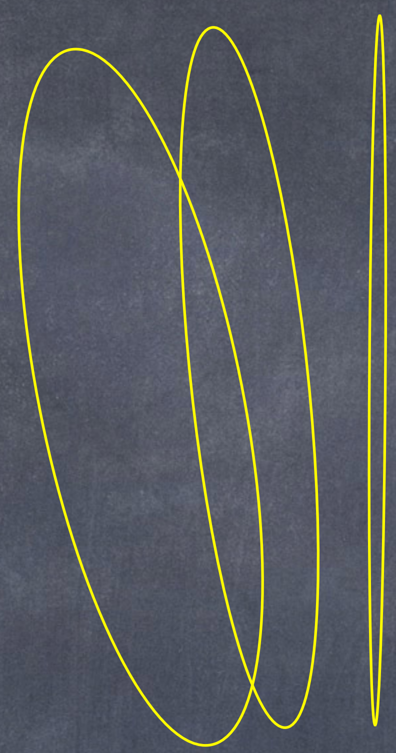

R
−1
0
1
x

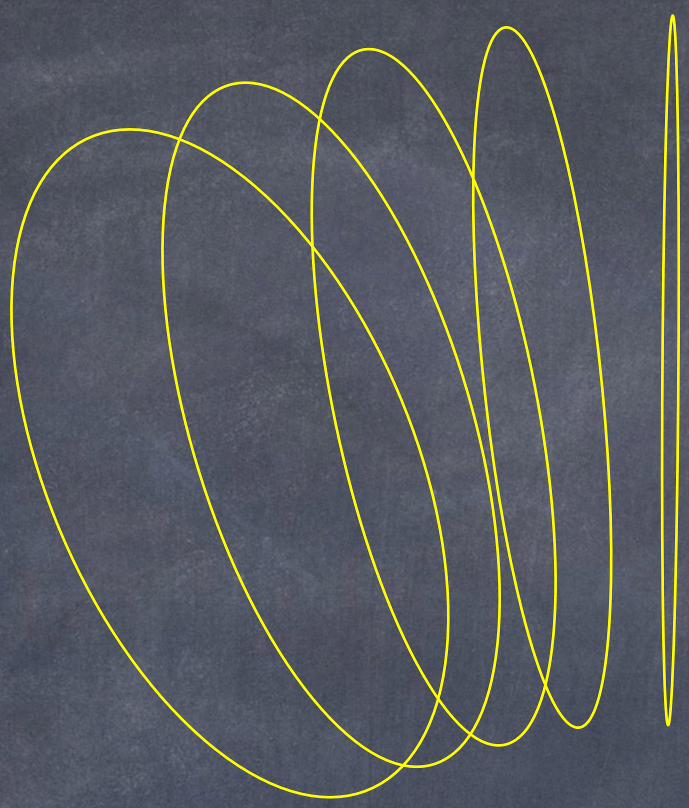

R²
y
1
−1
0
1
x
−1

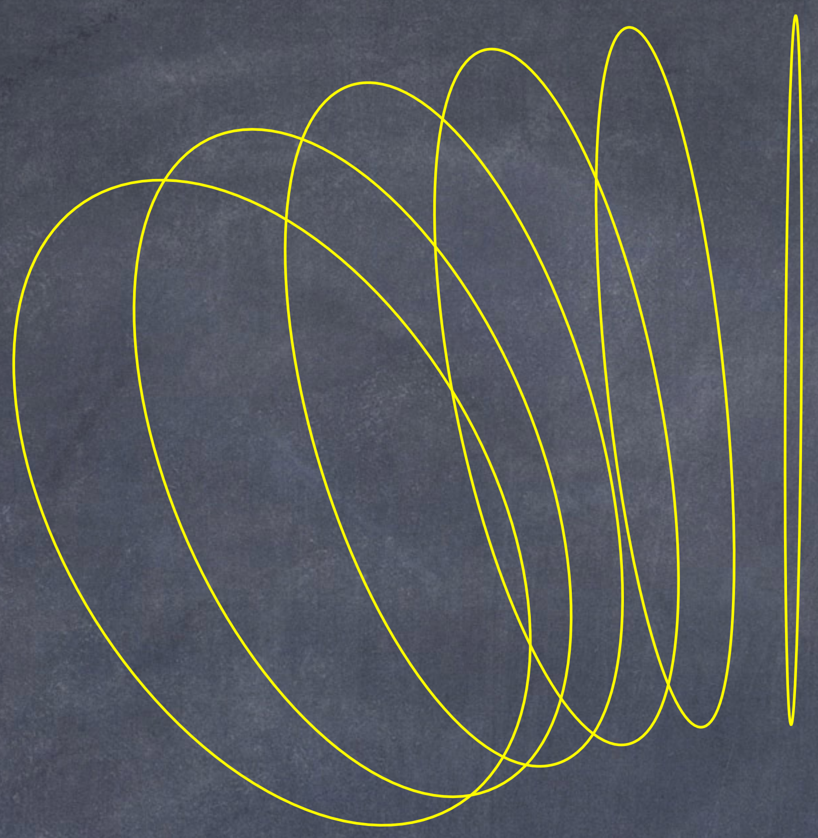

y
1
D²
−1
0
1
x
−1

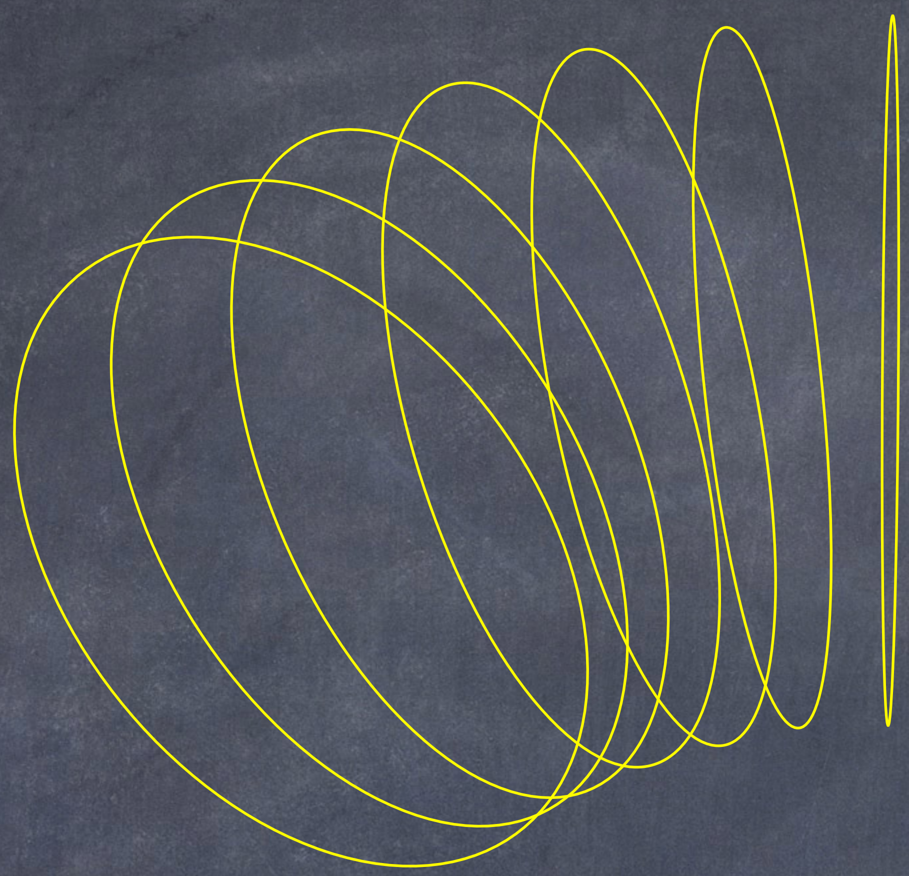

y
1
S¹
−1
0
1
x
−1

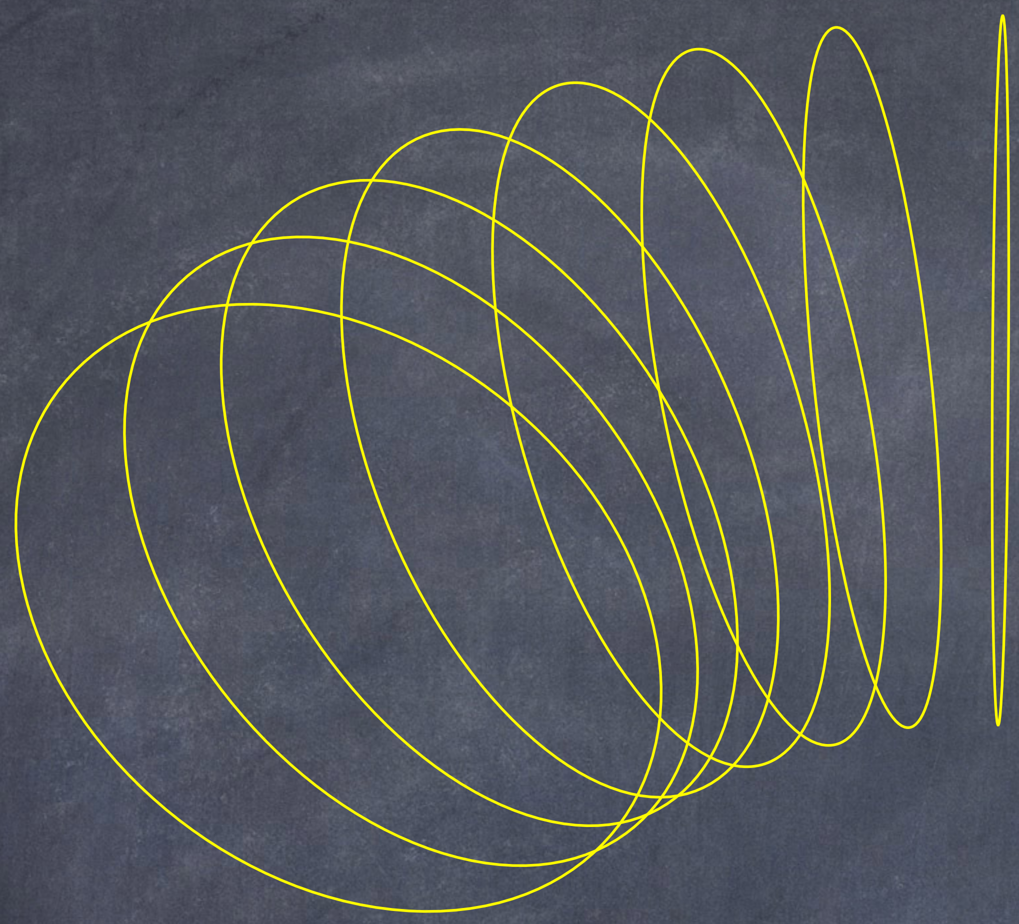


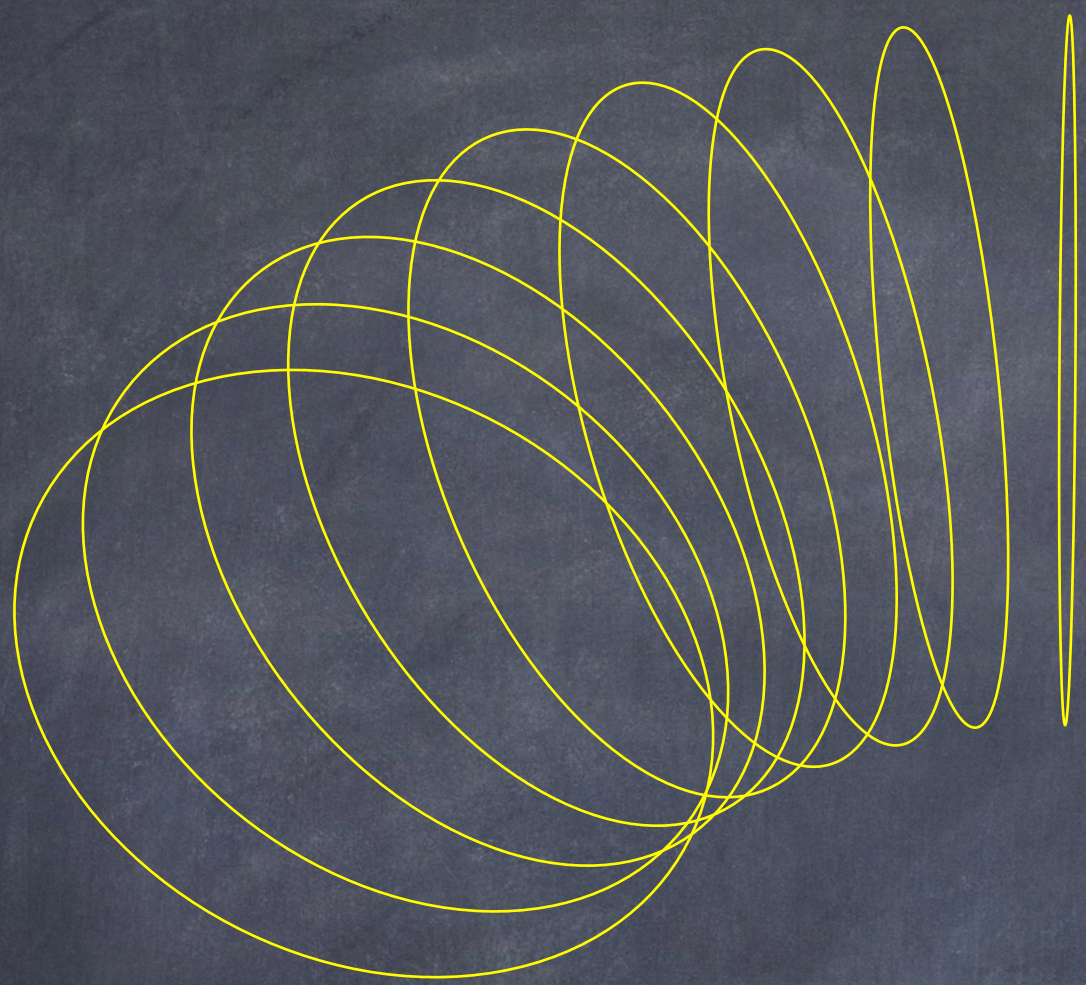


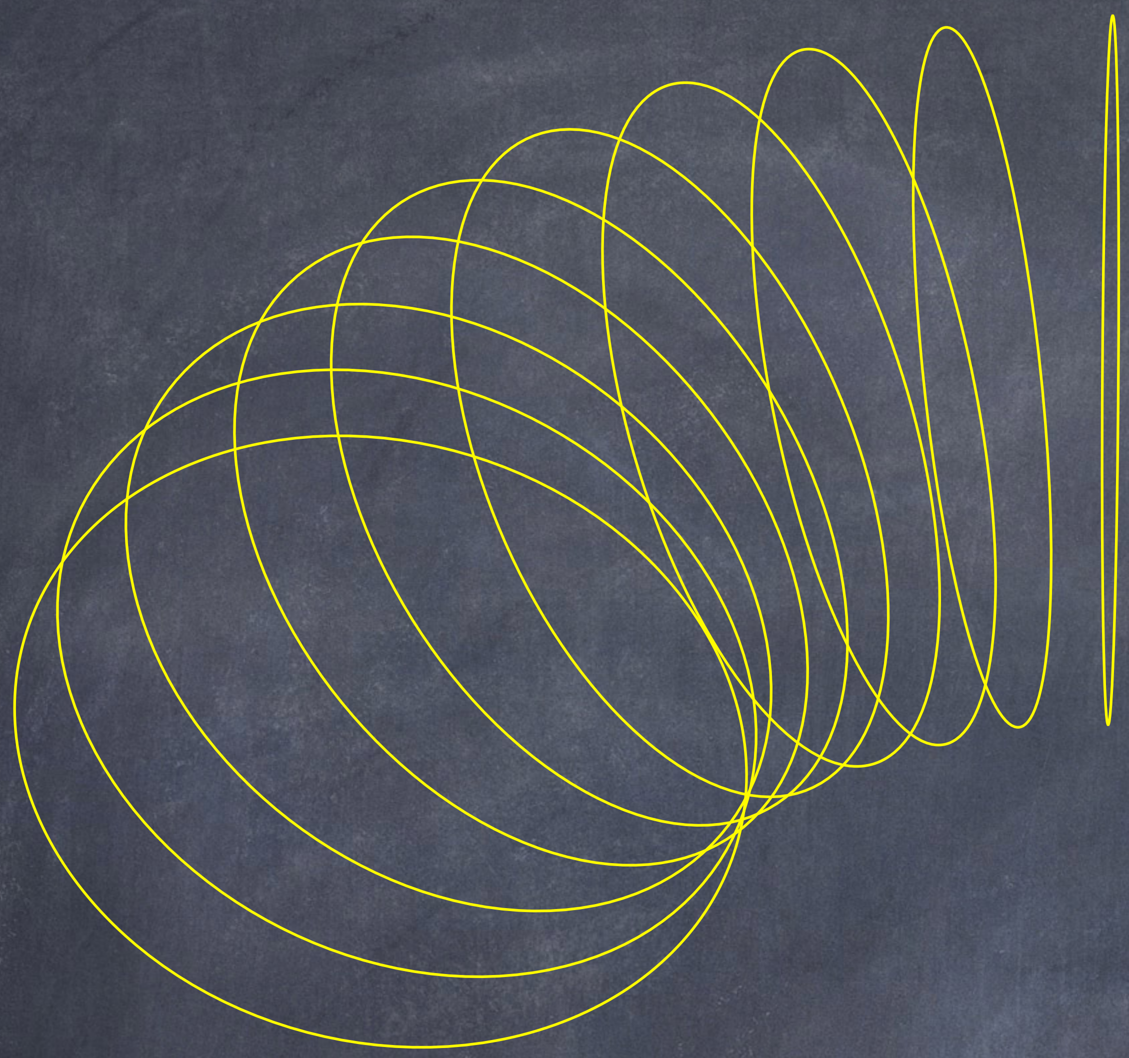


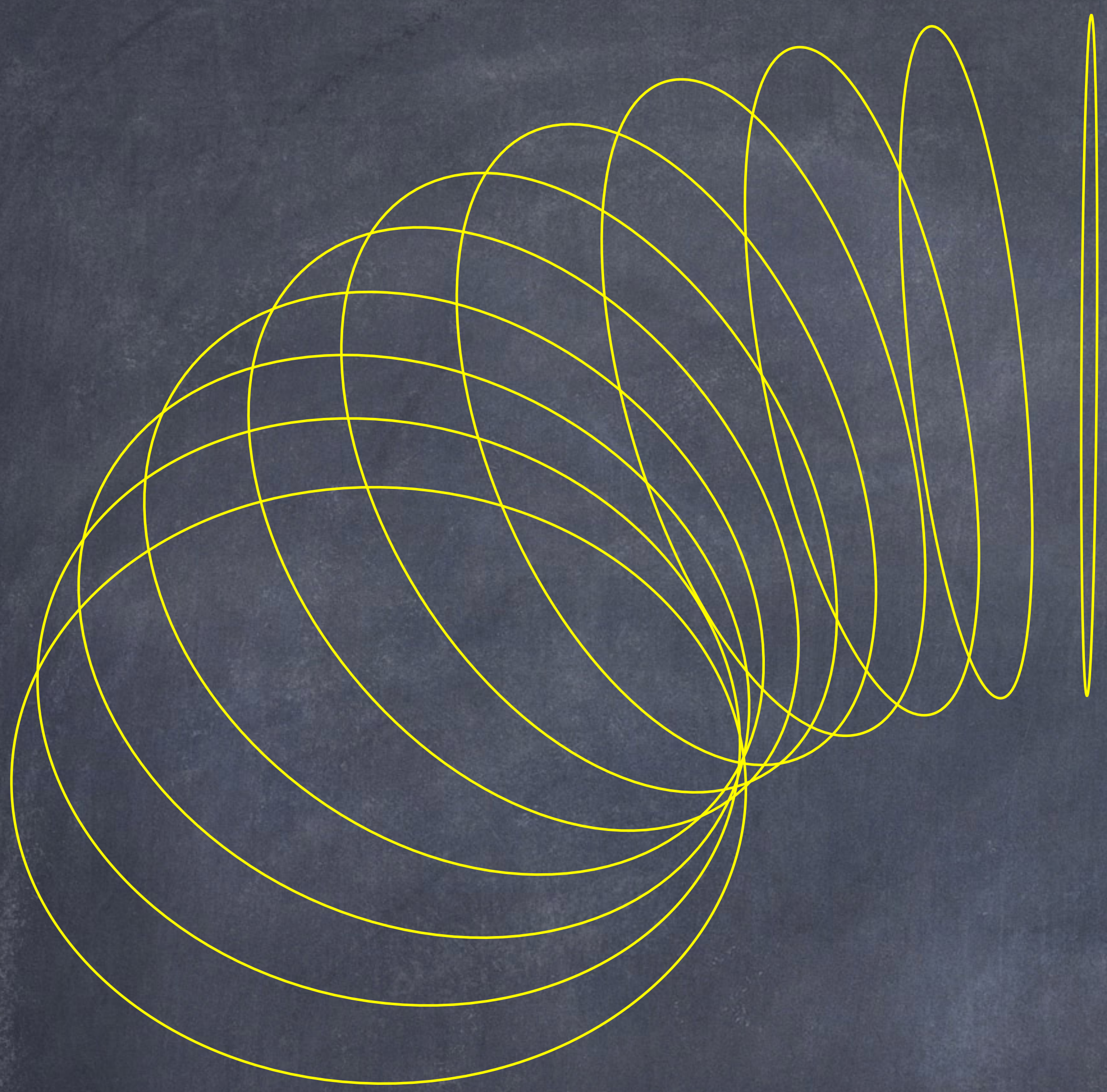


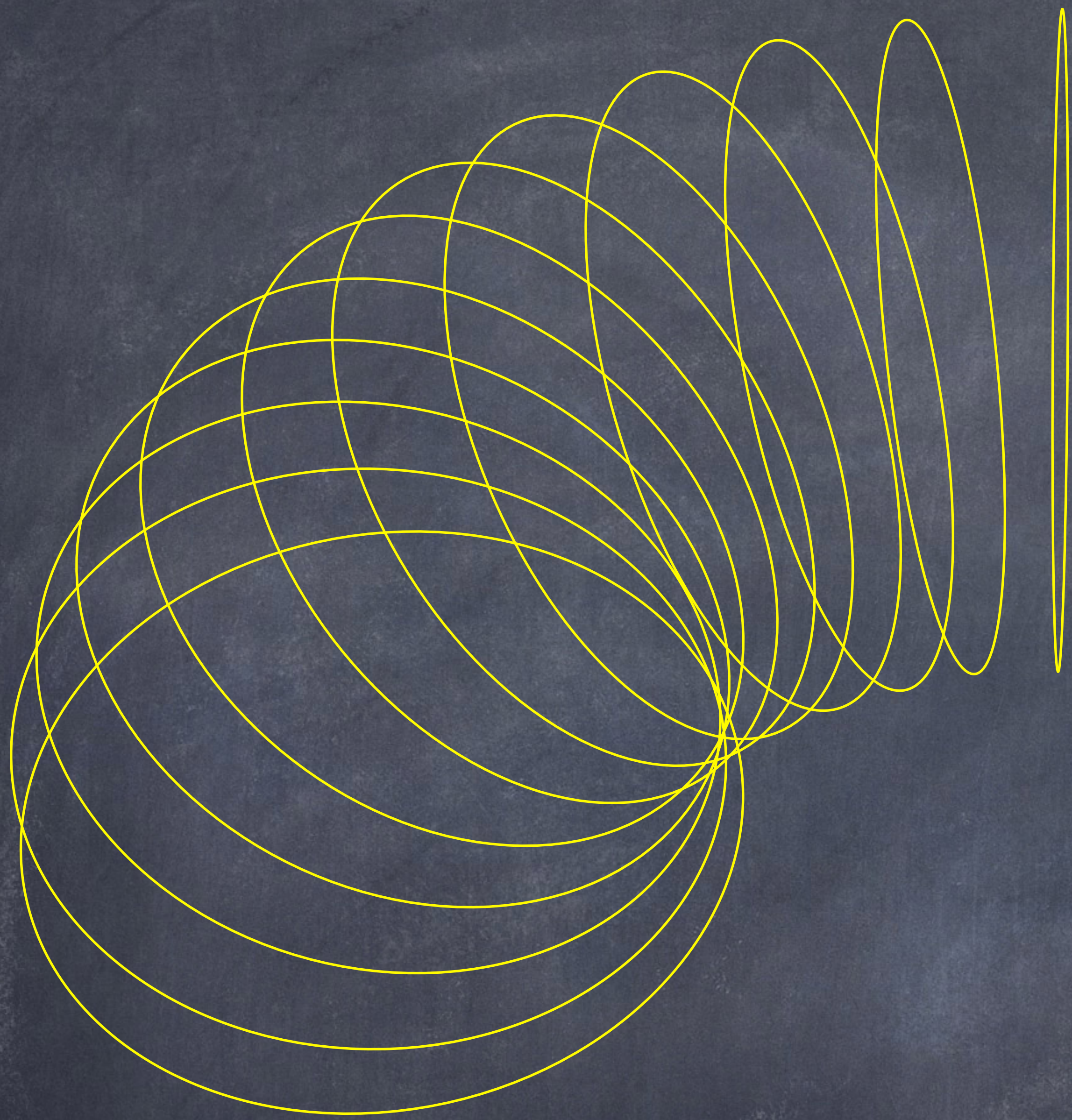


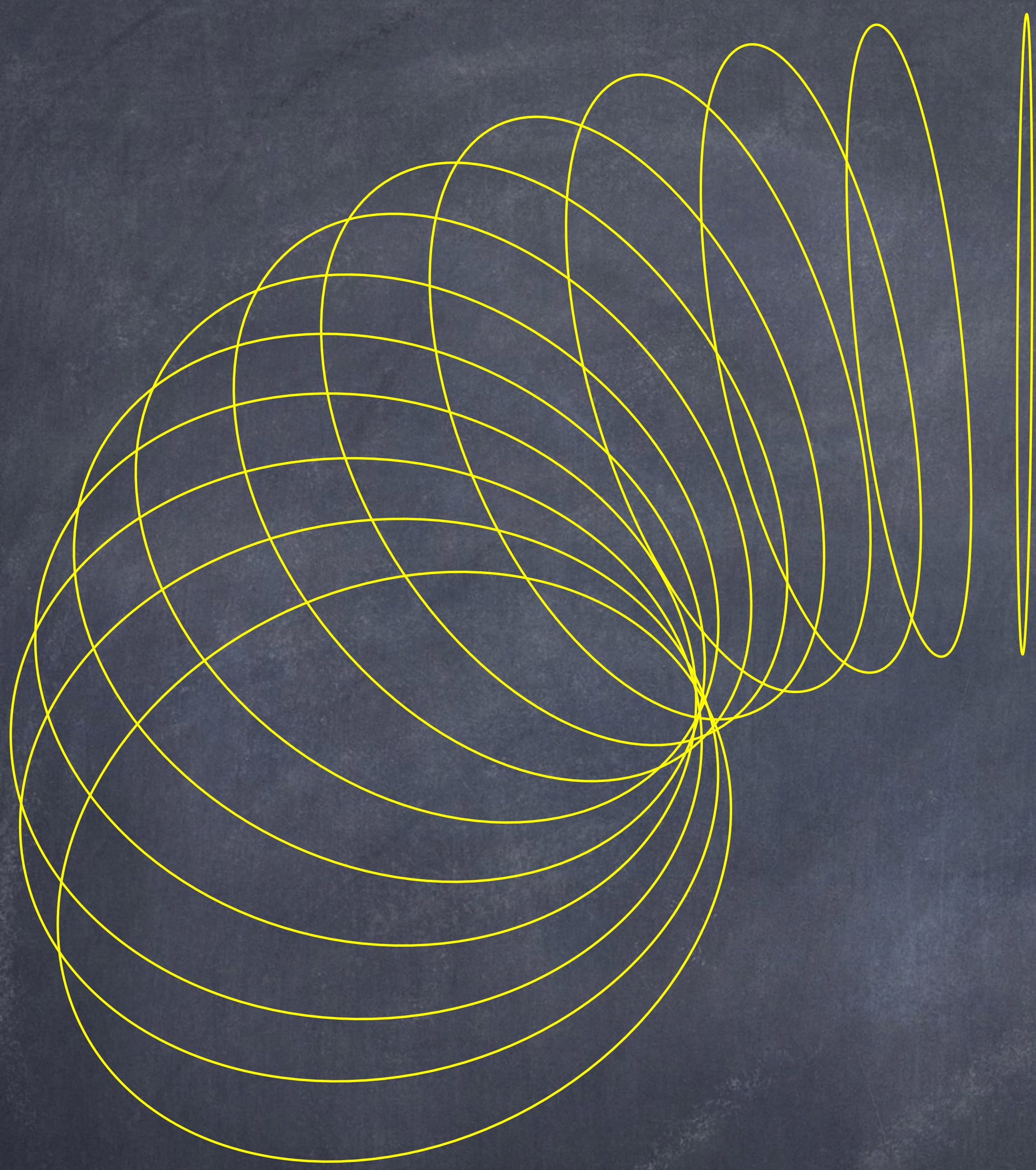


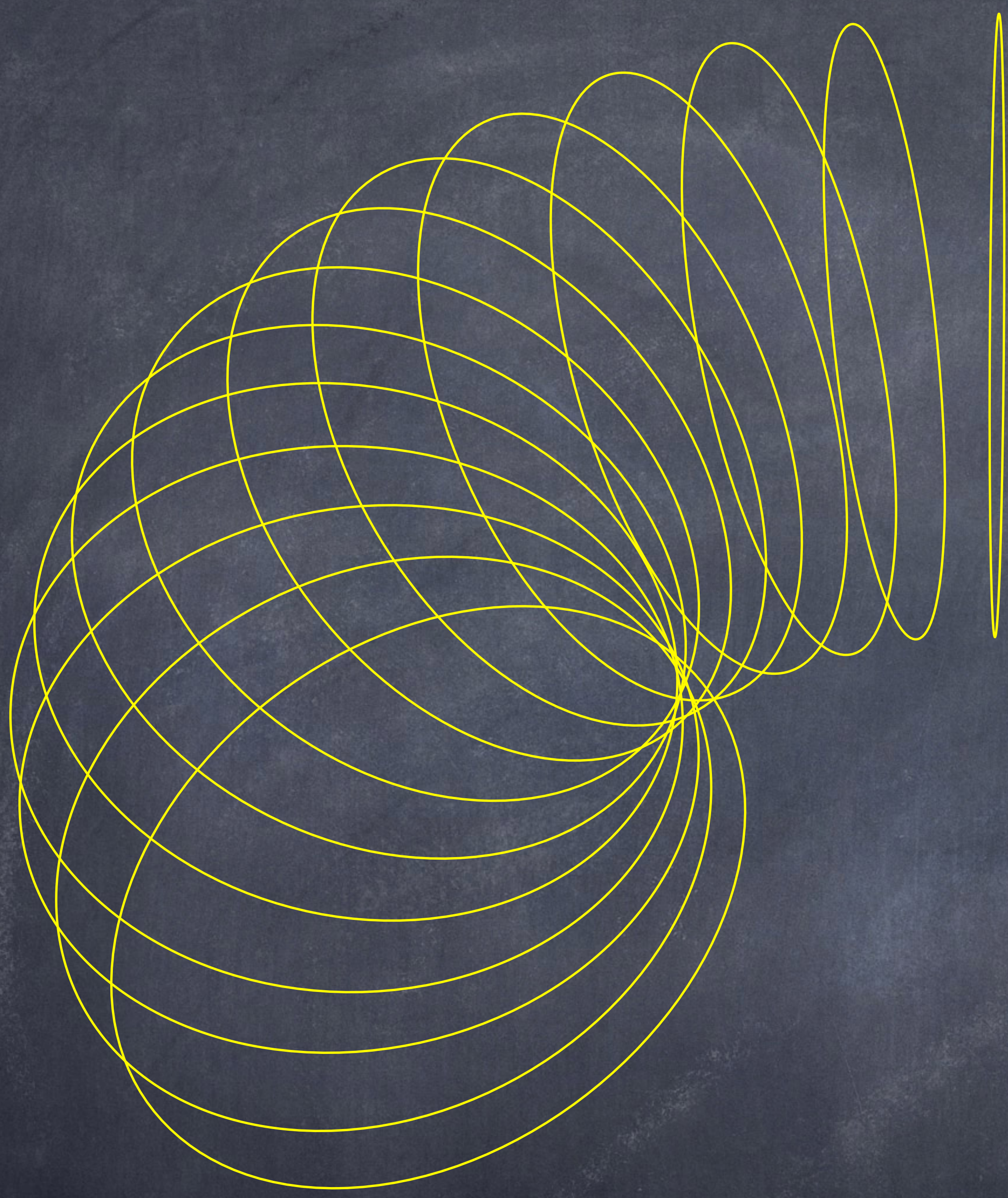


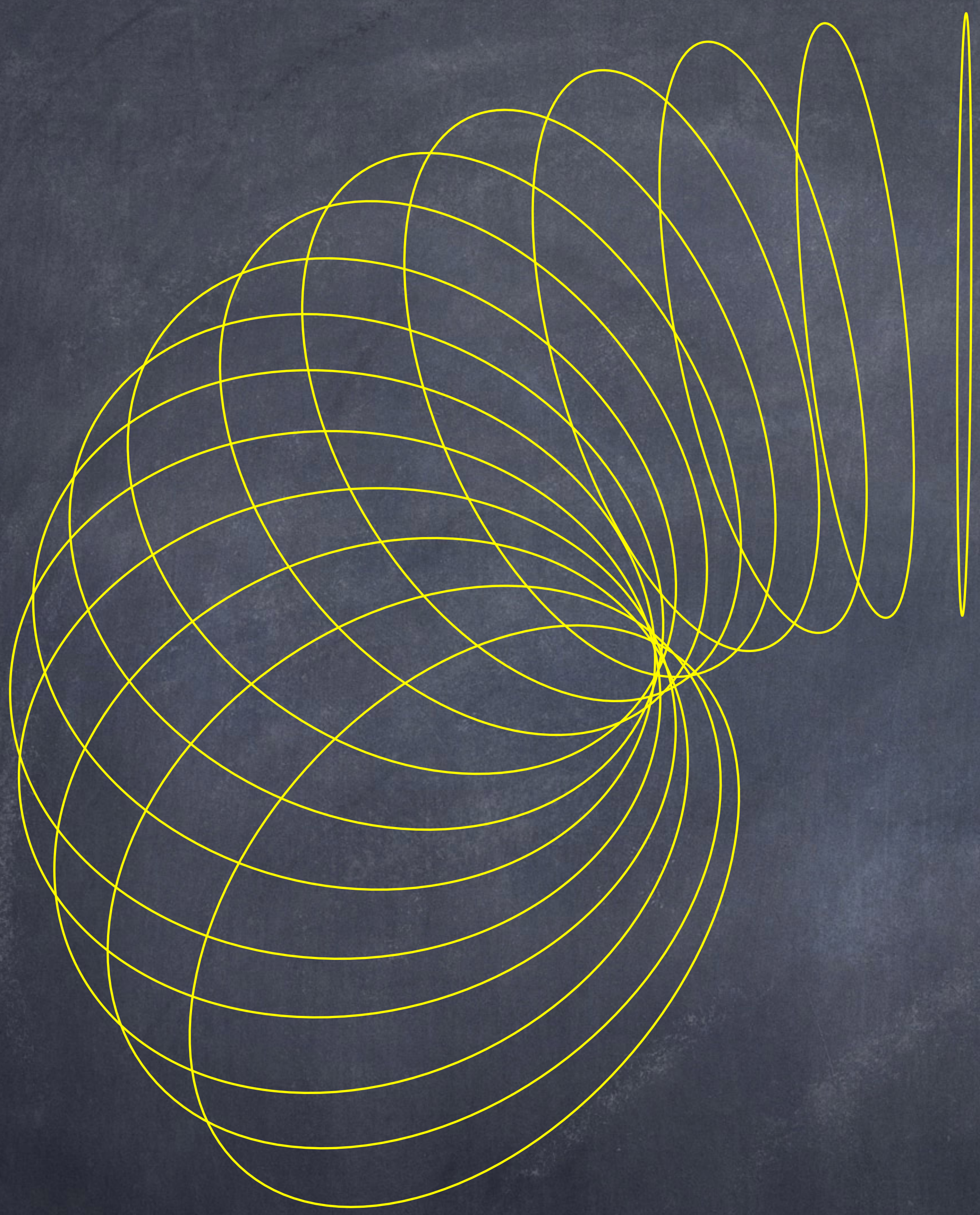


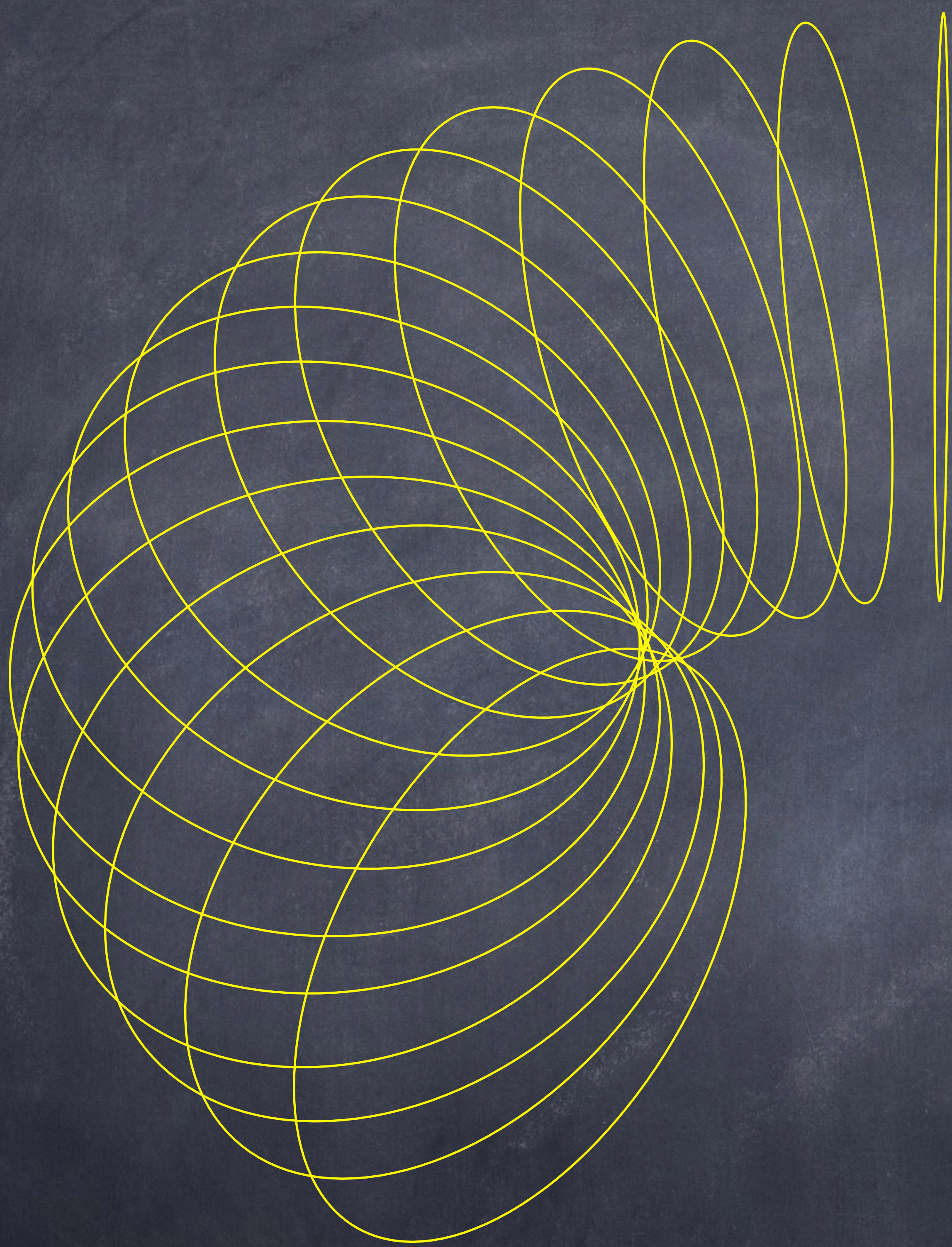


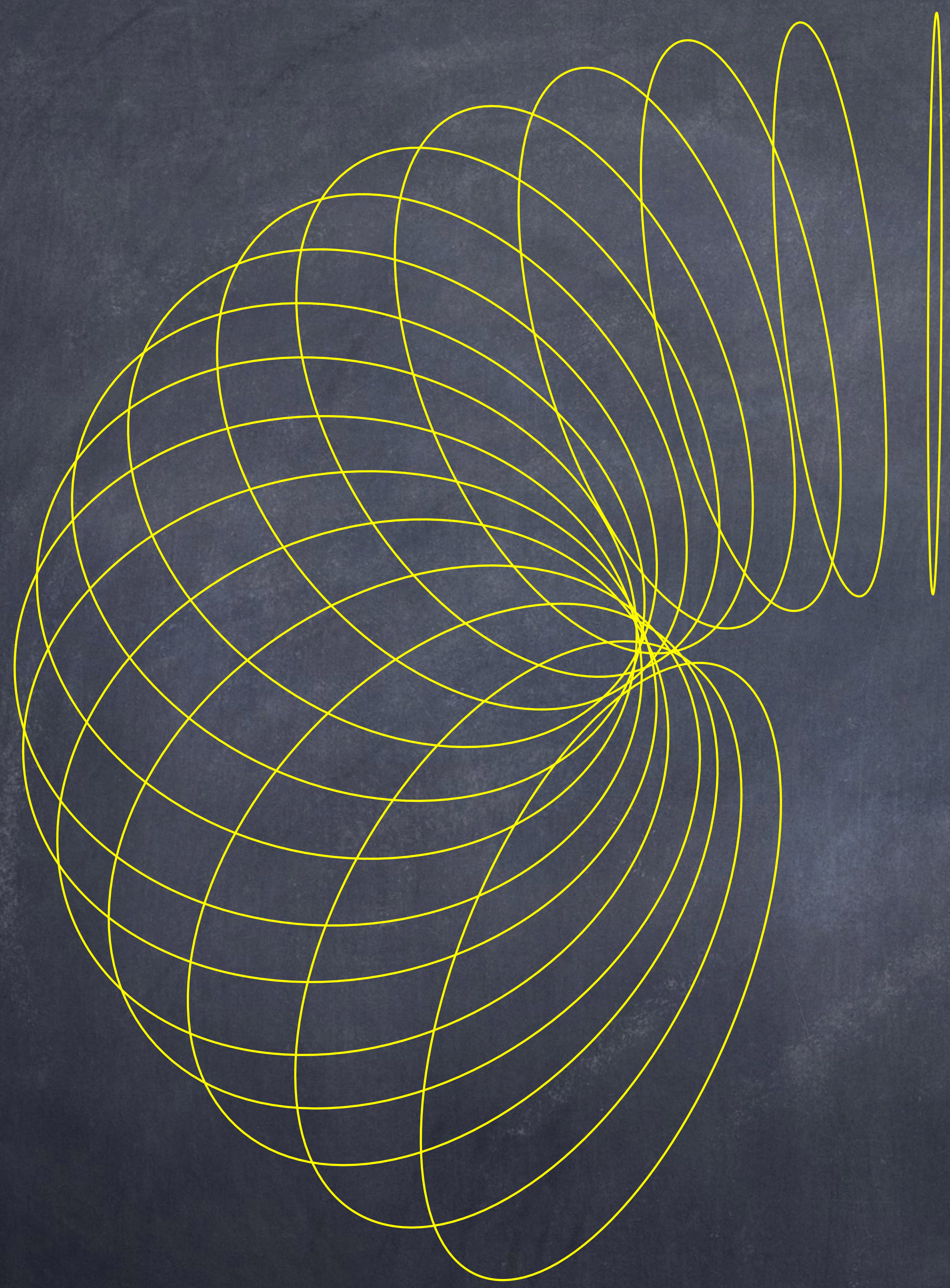


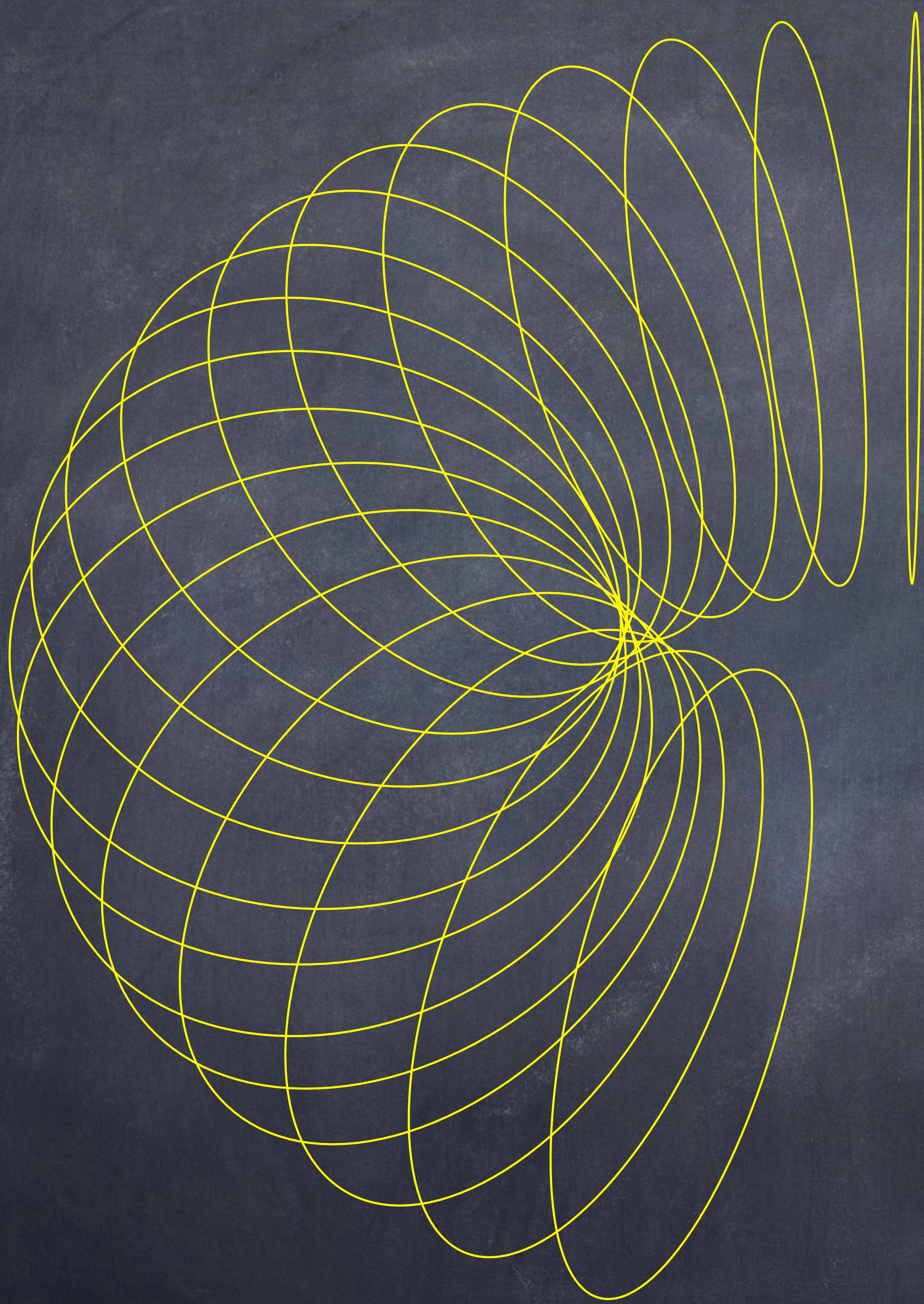


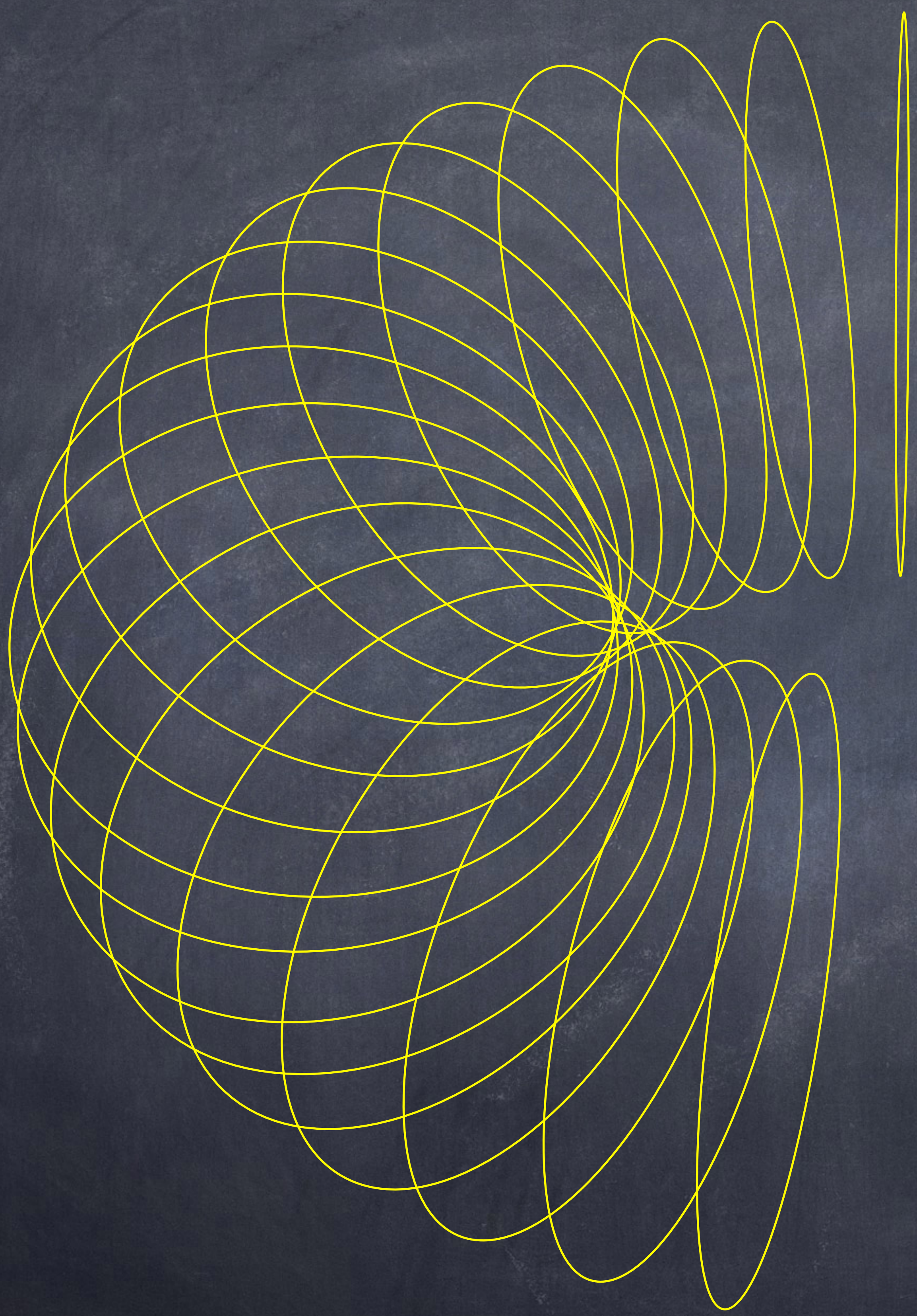


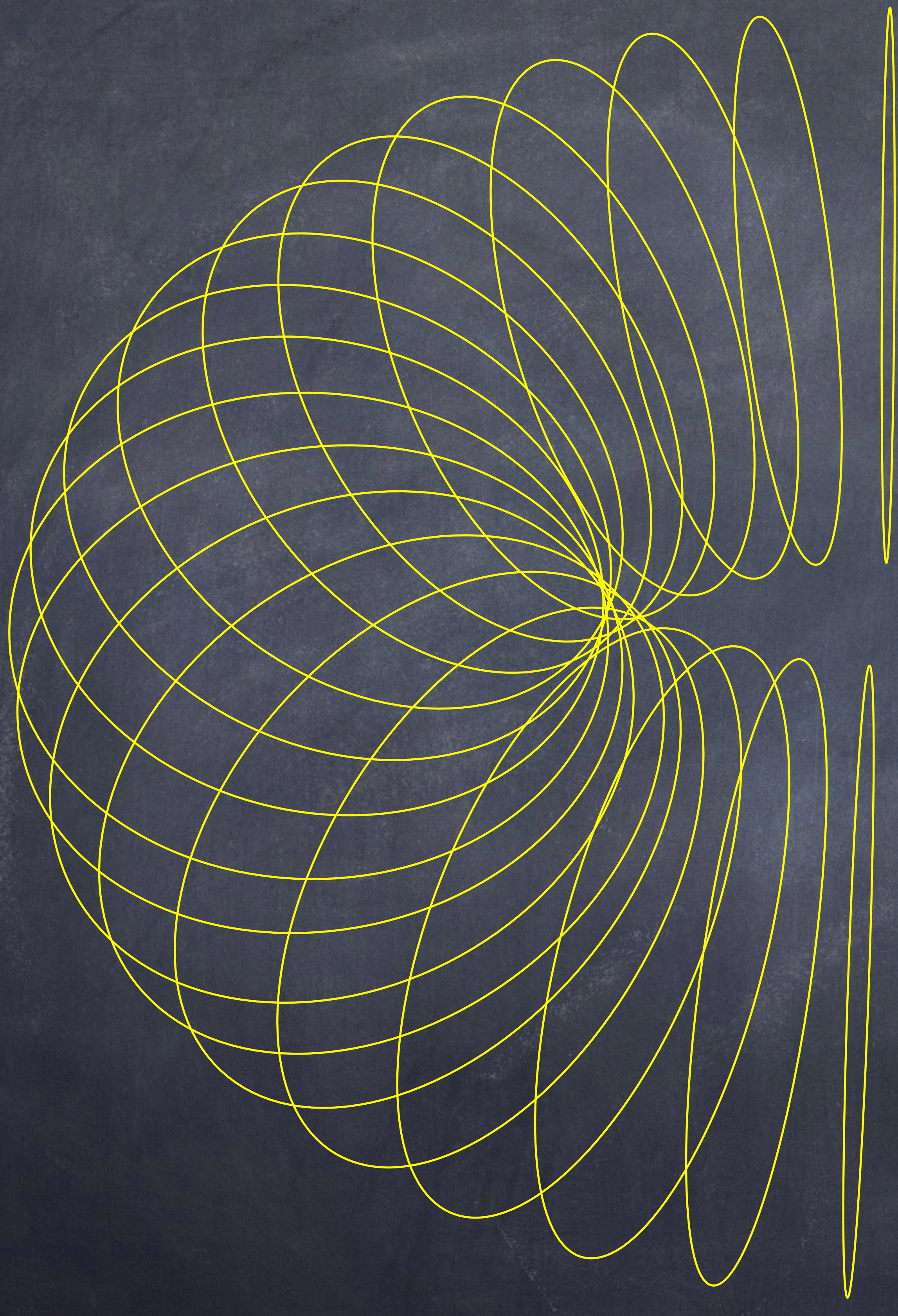


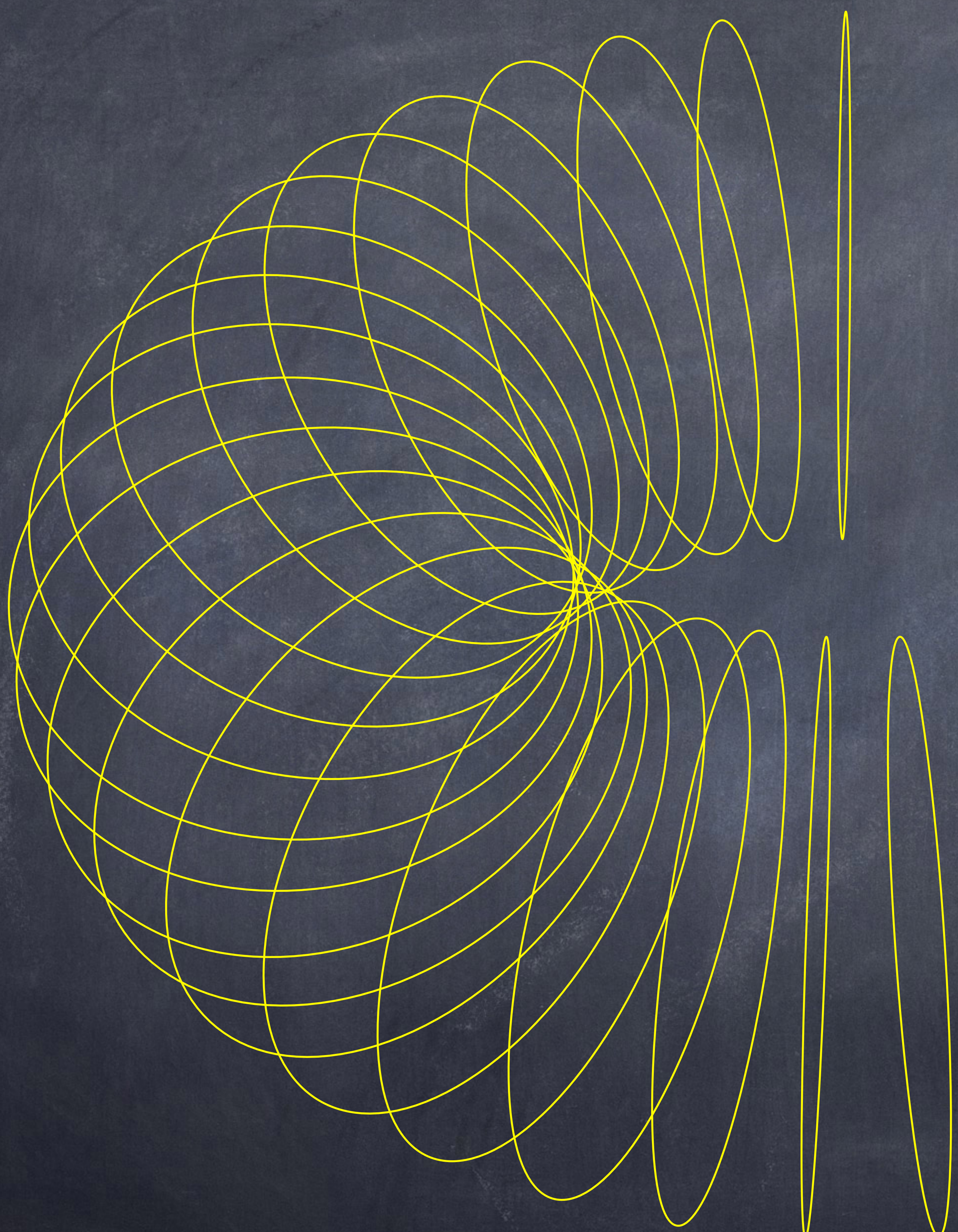


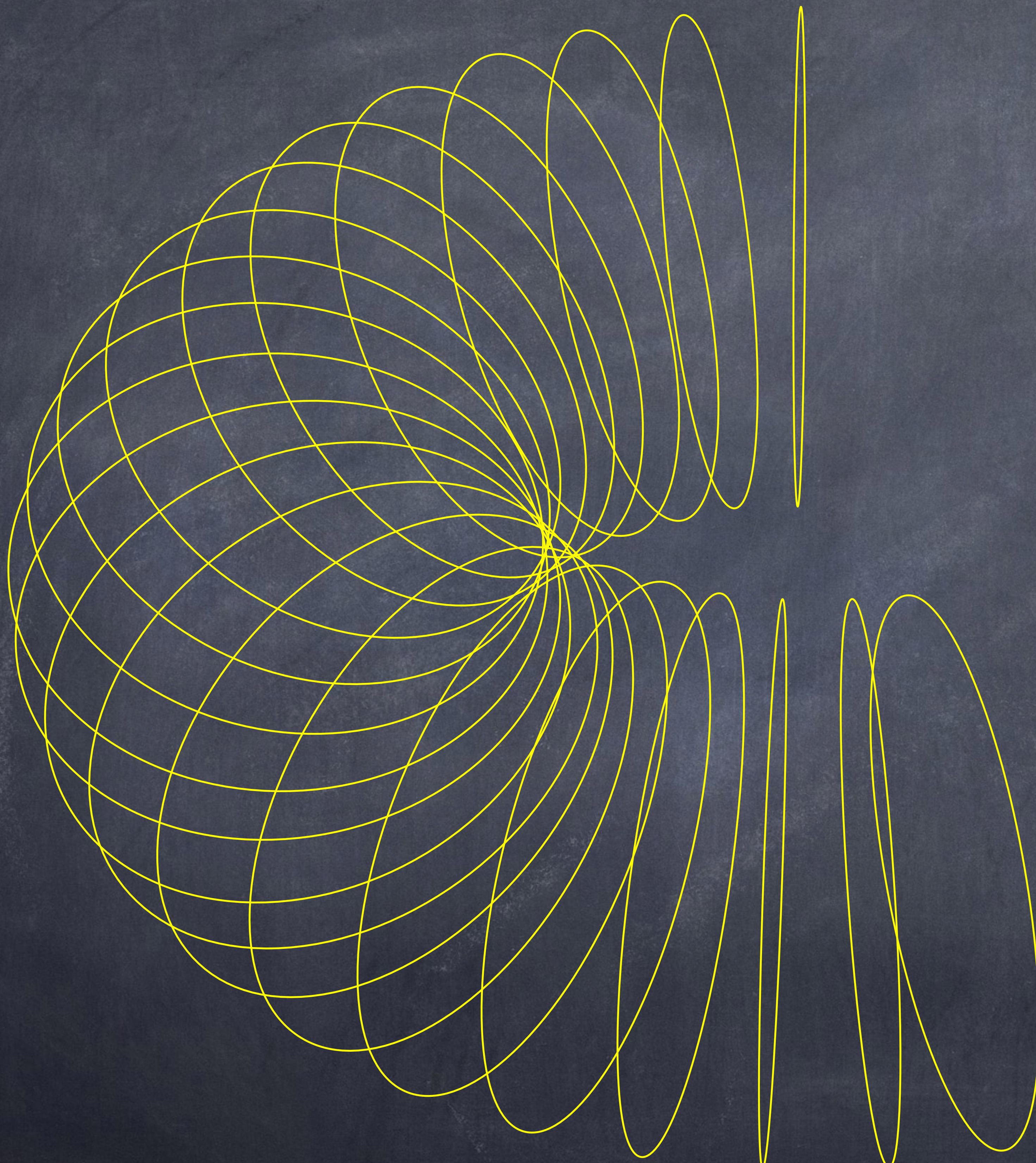


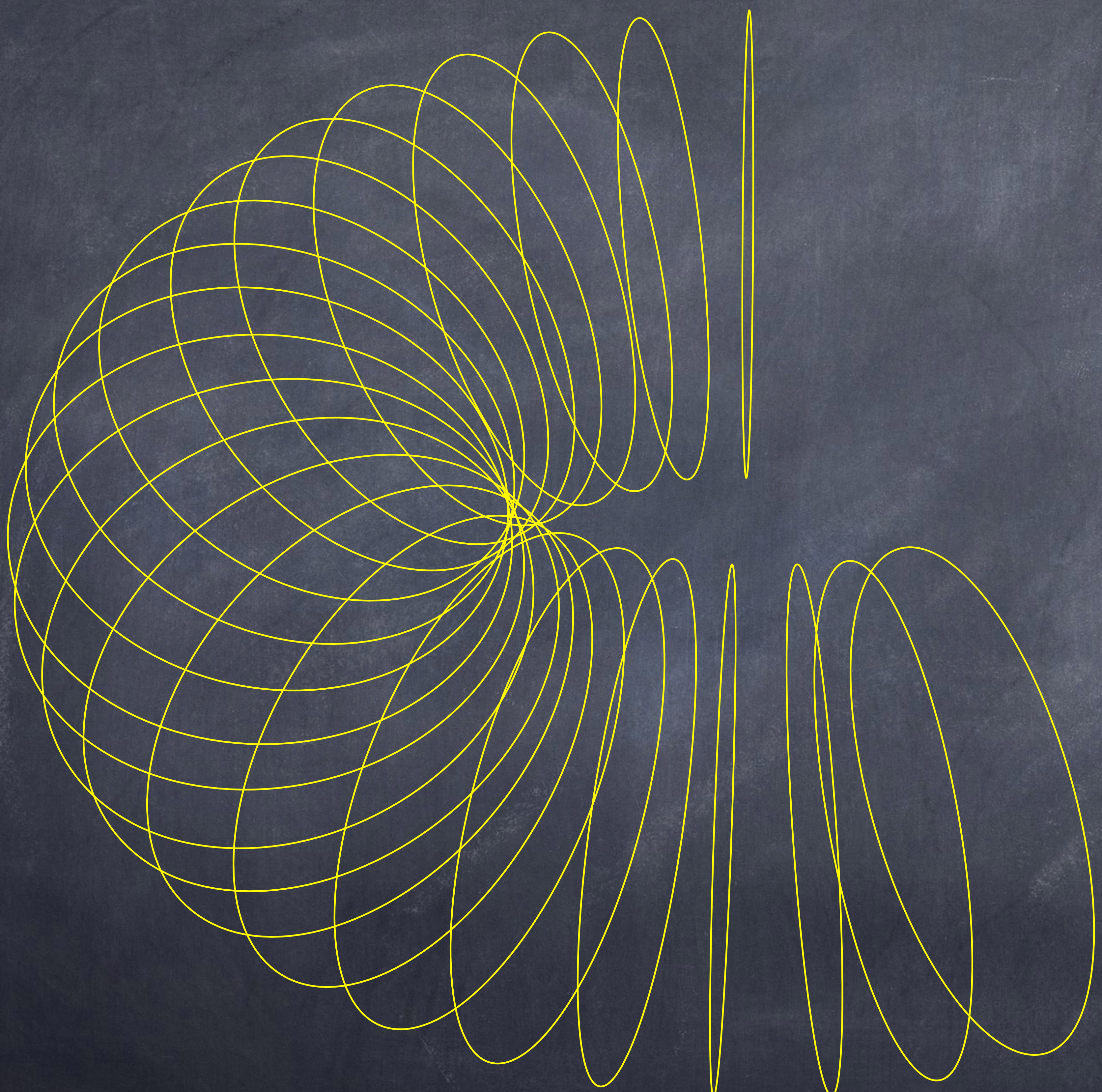


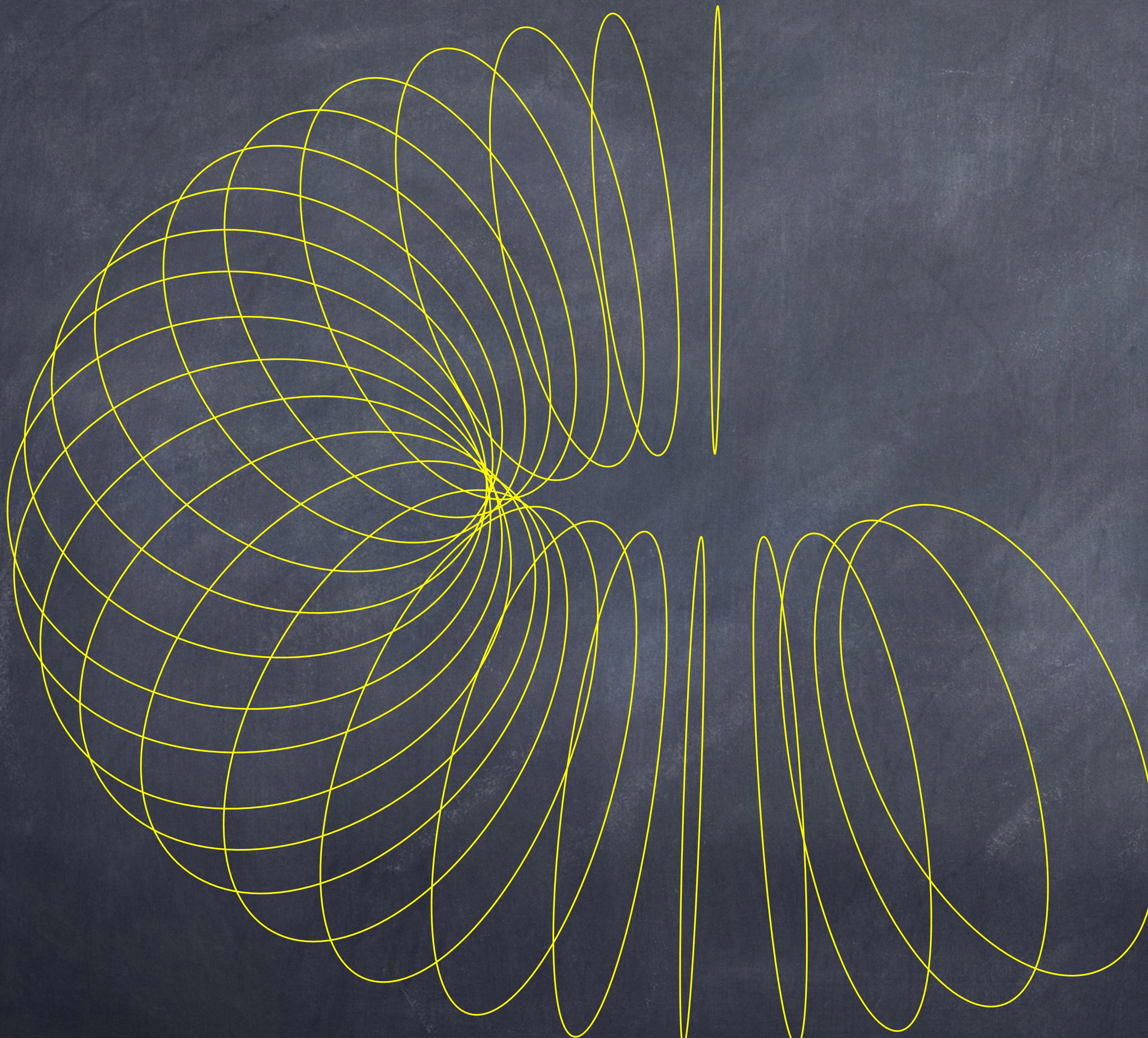


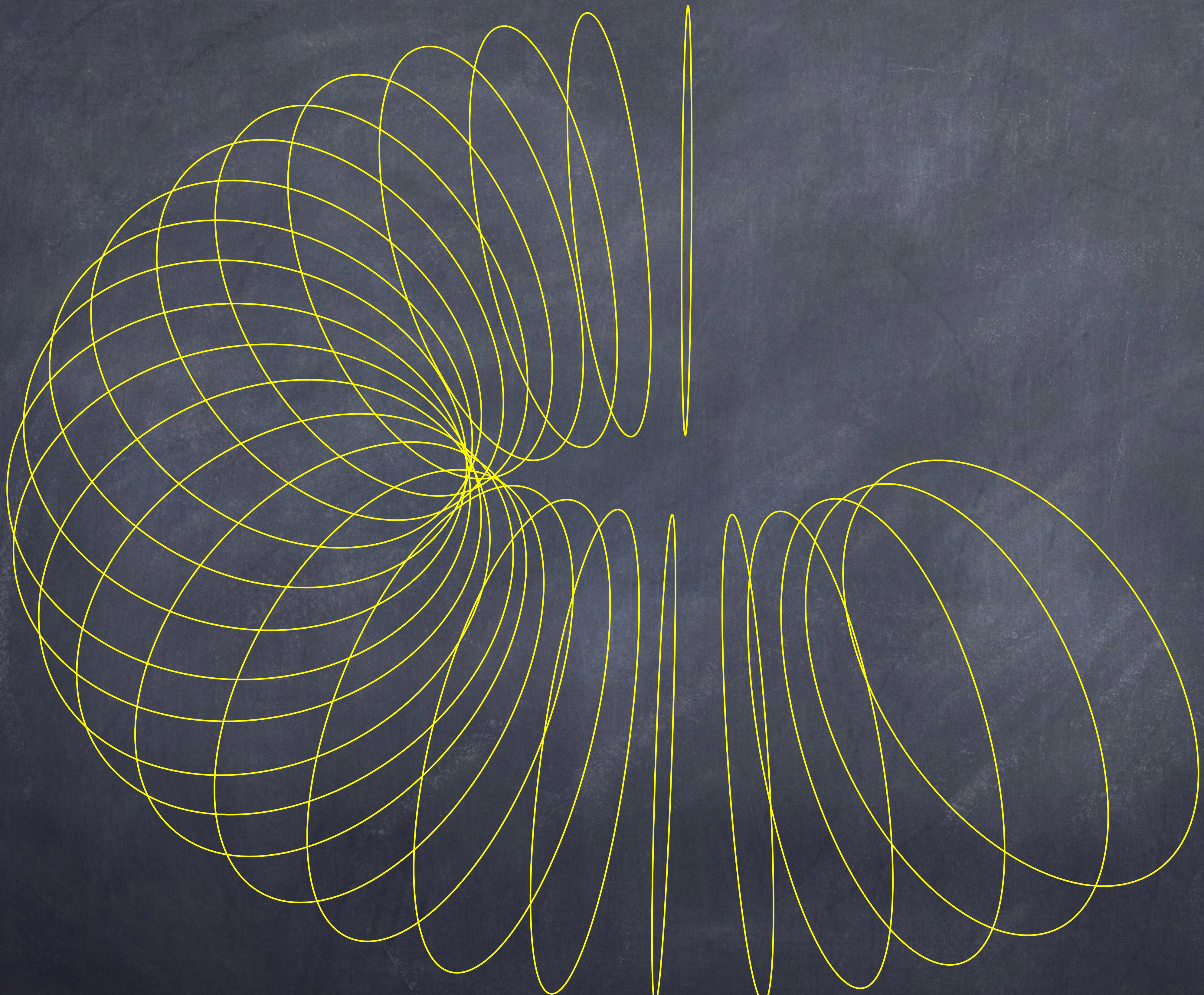


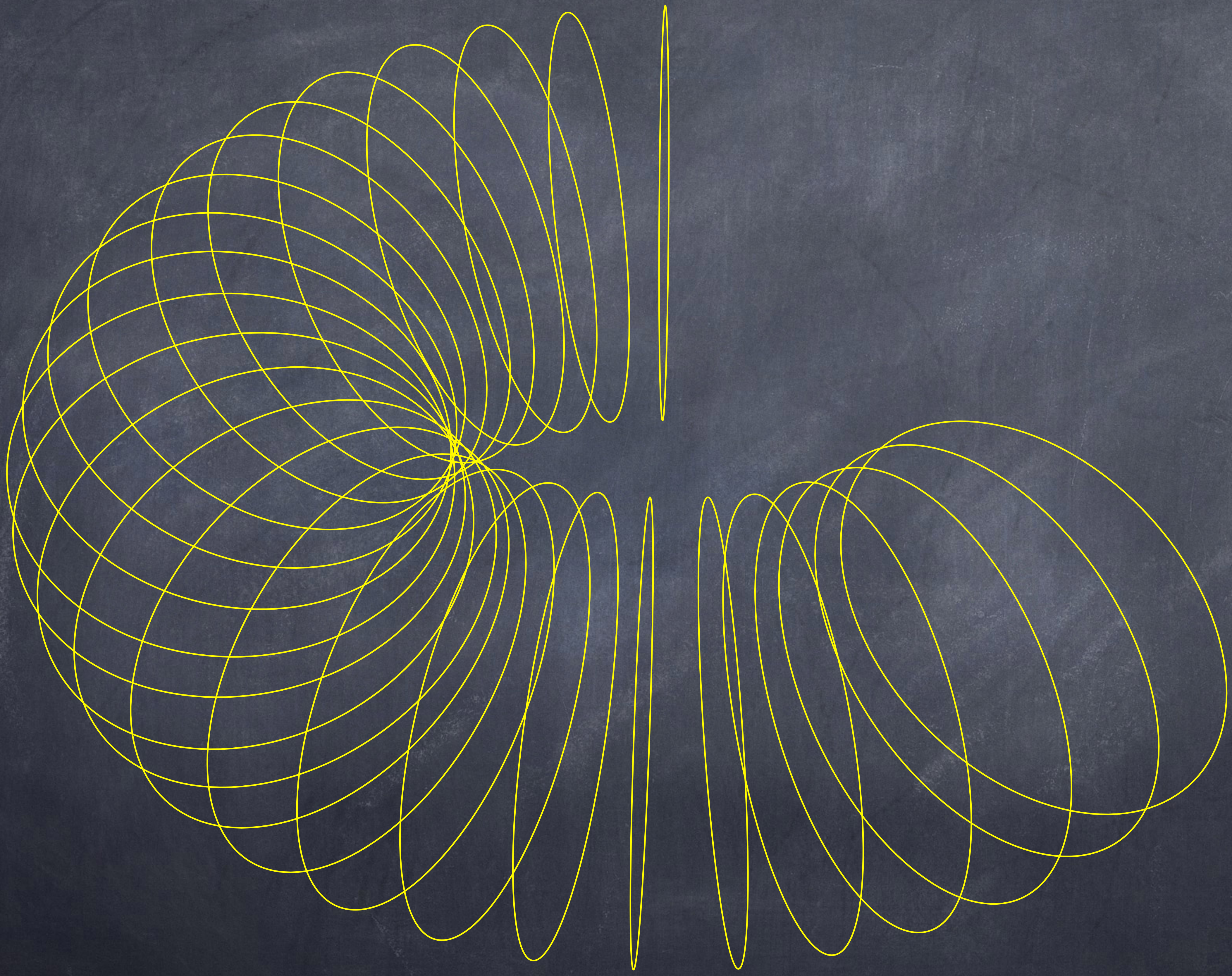


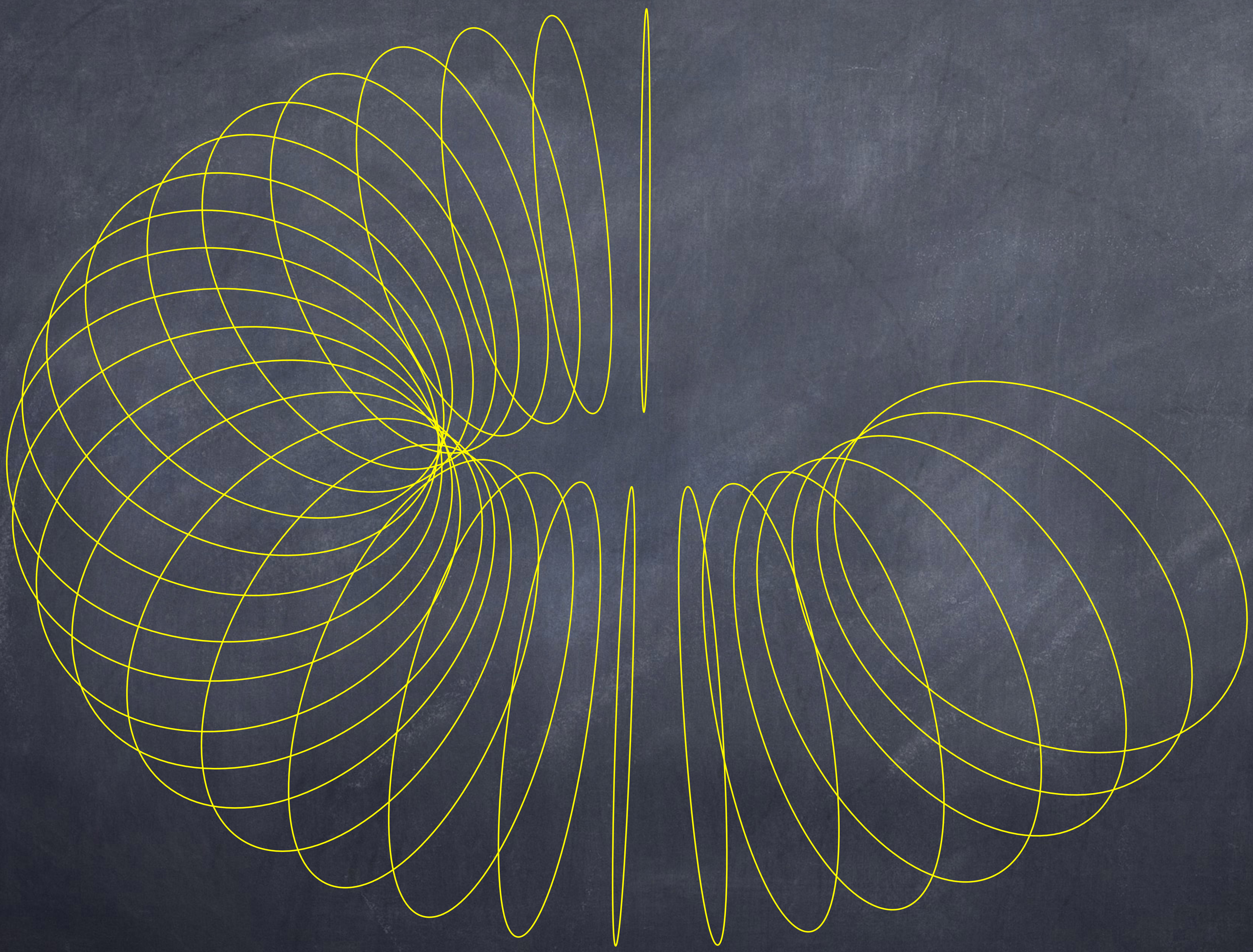


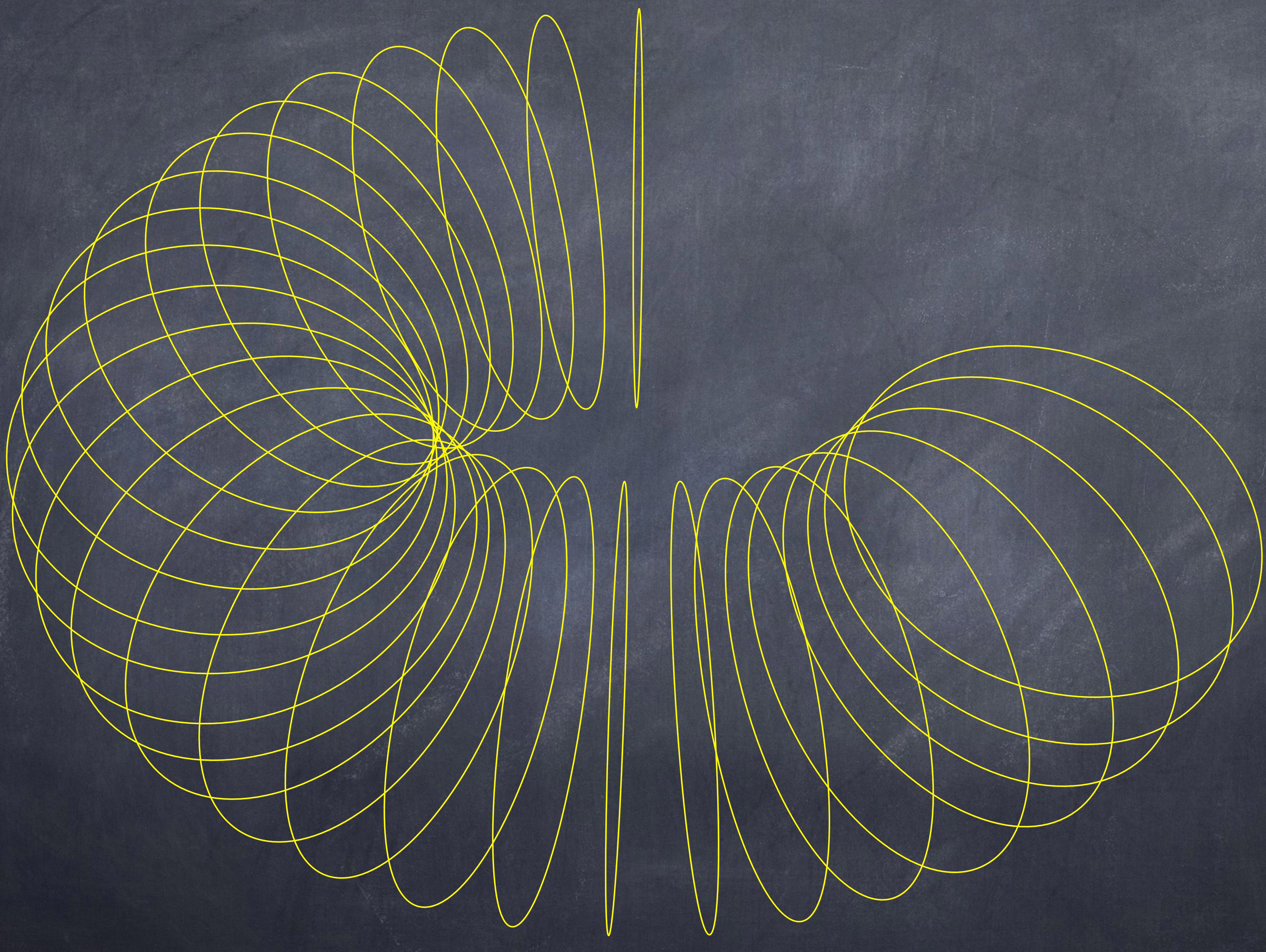


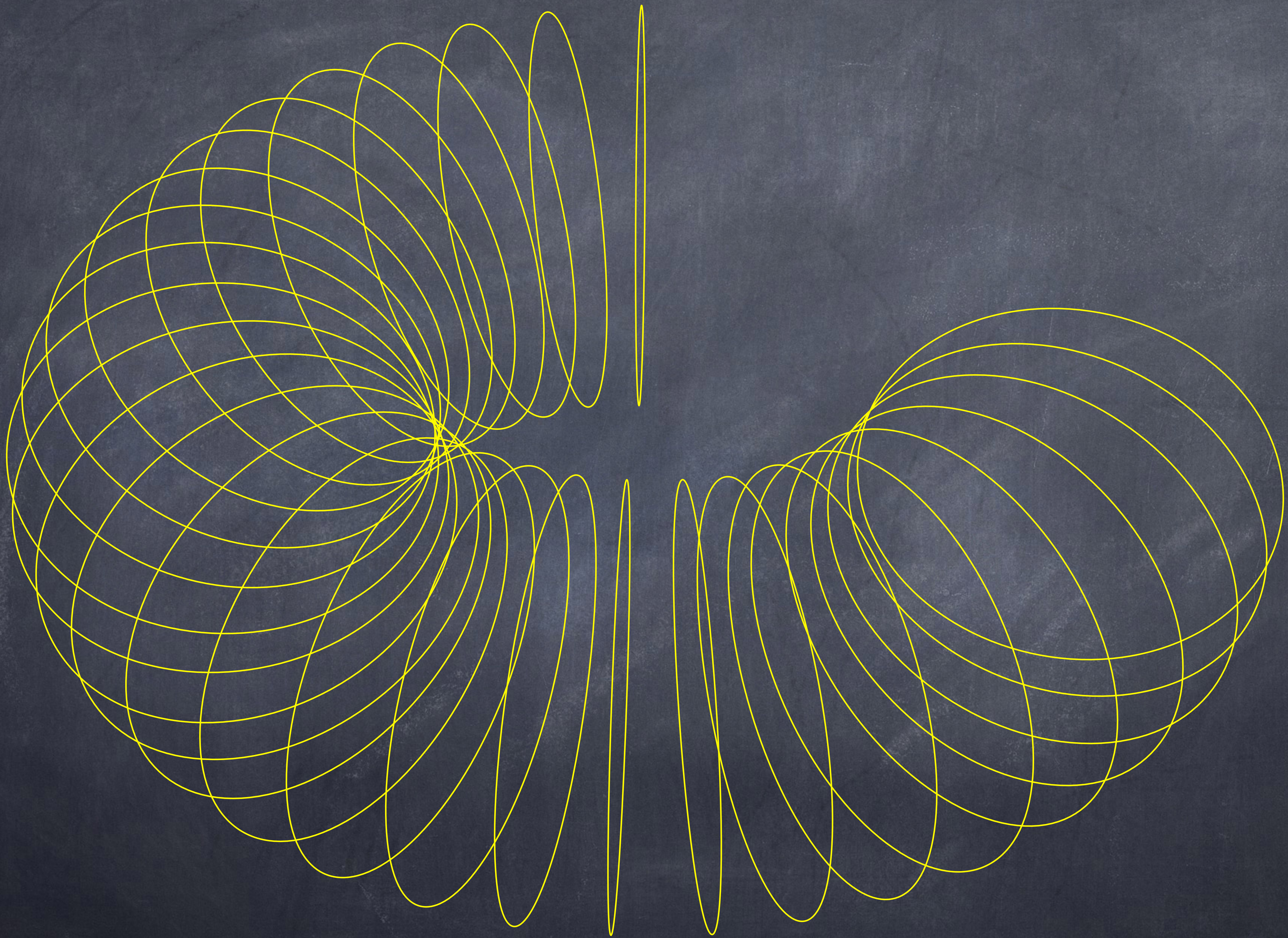


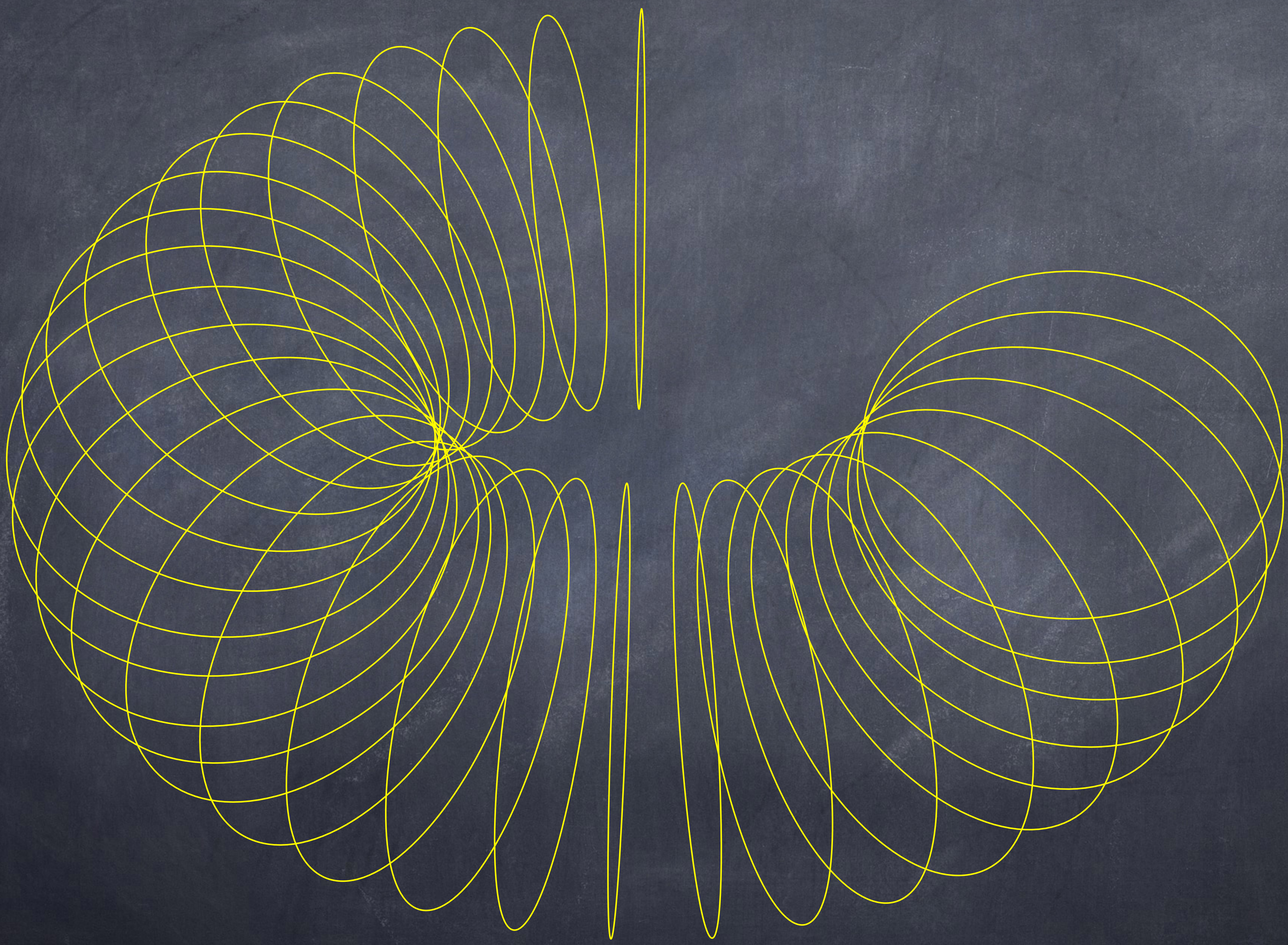


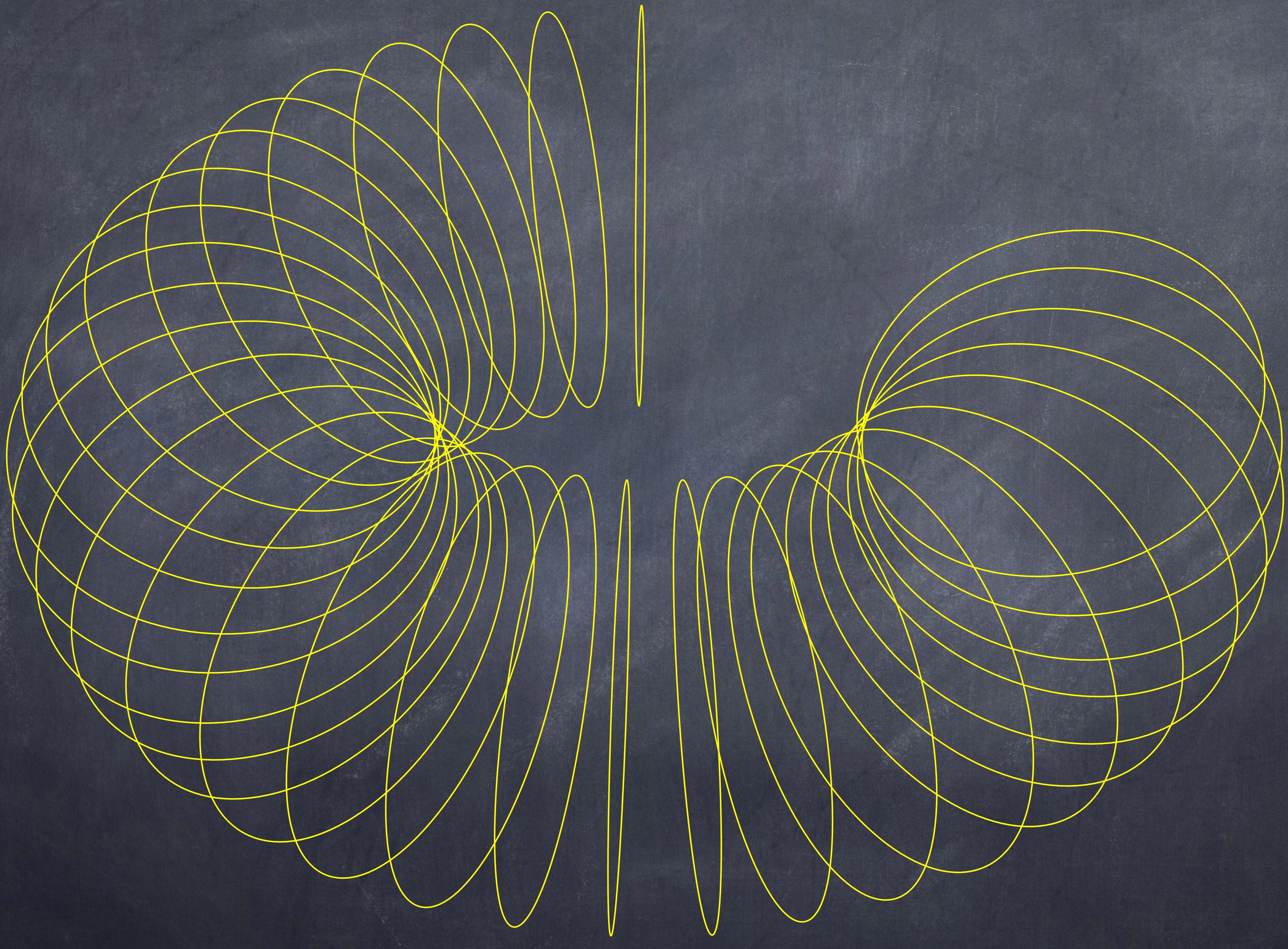


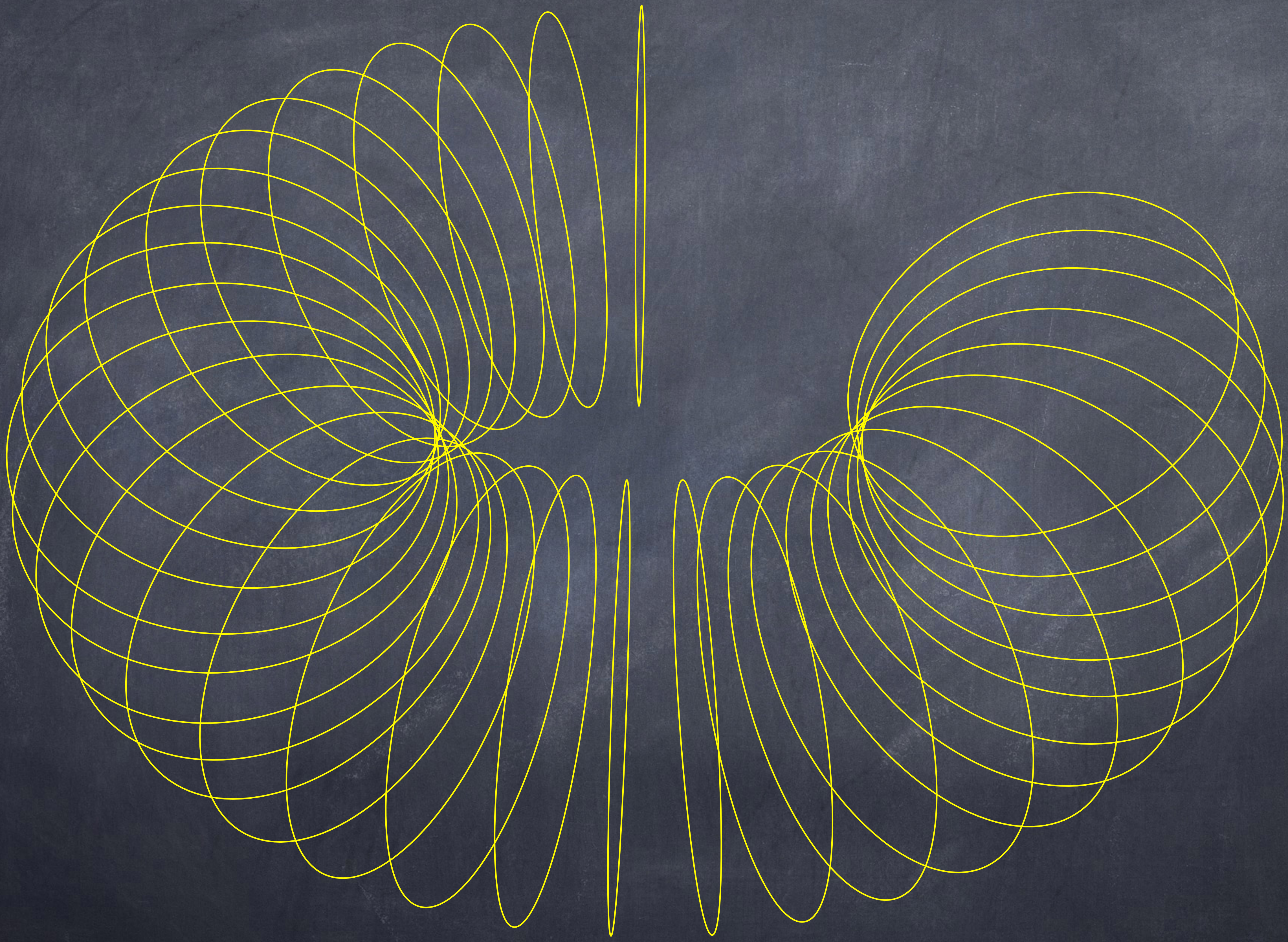


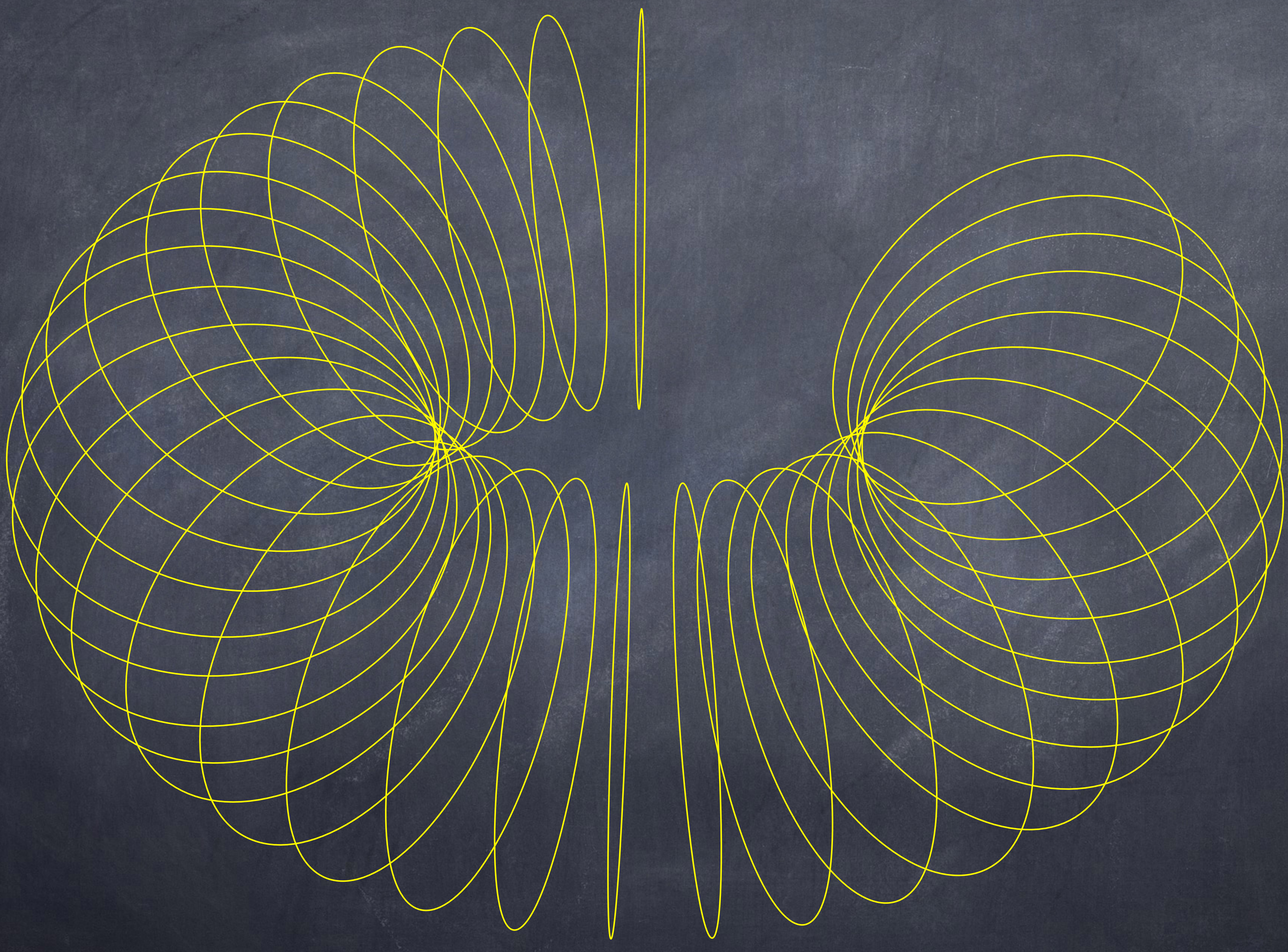


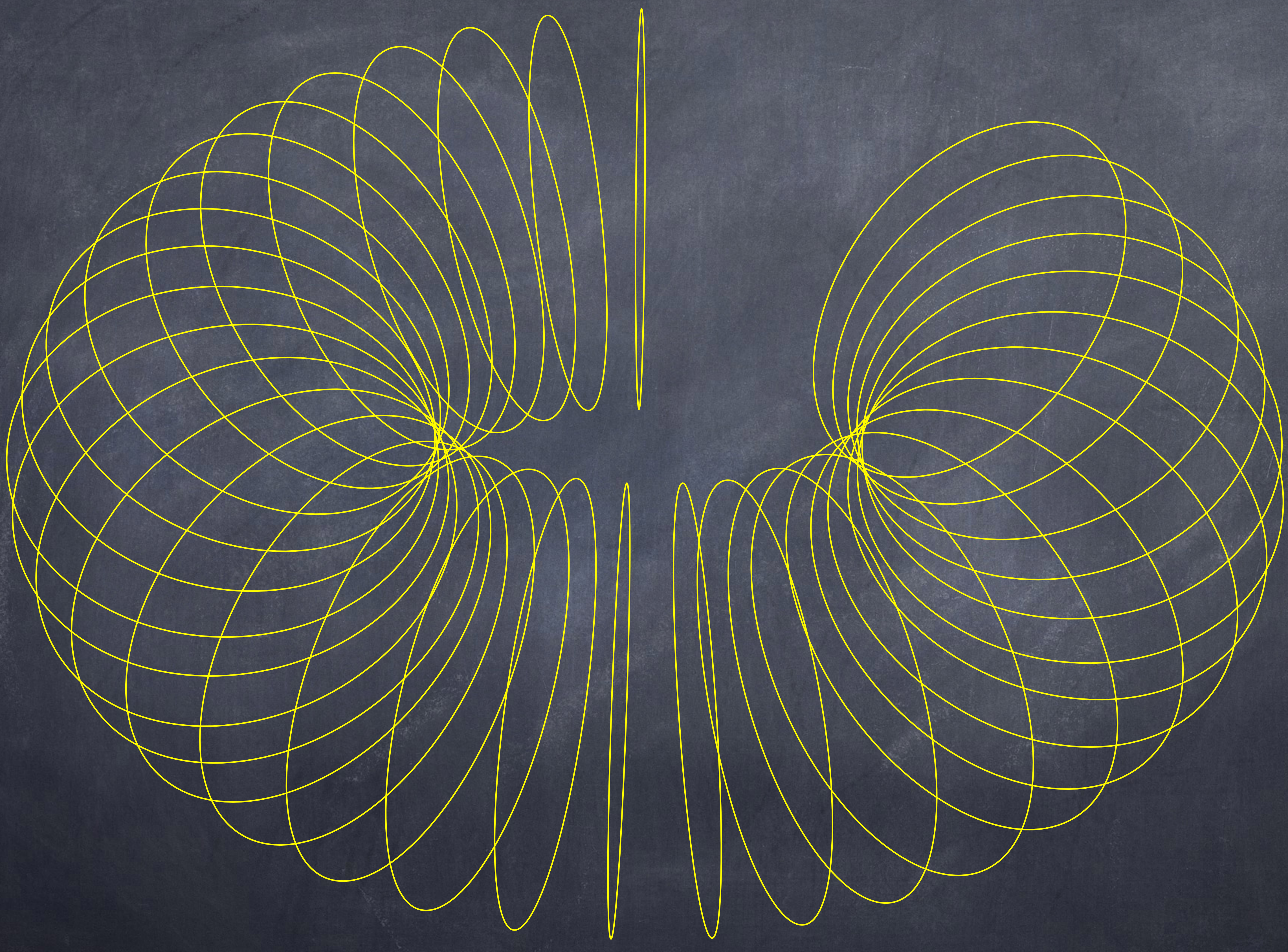


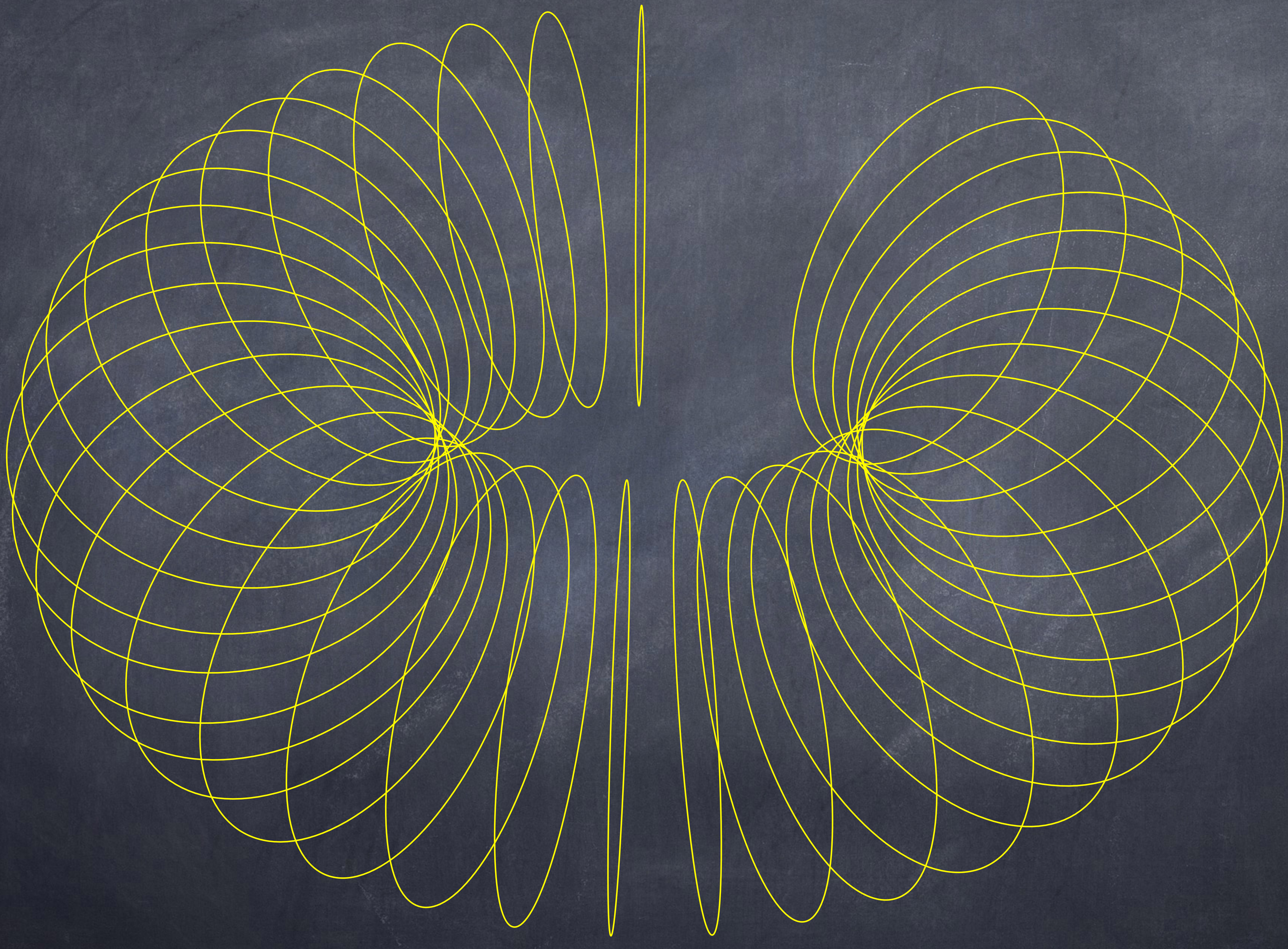


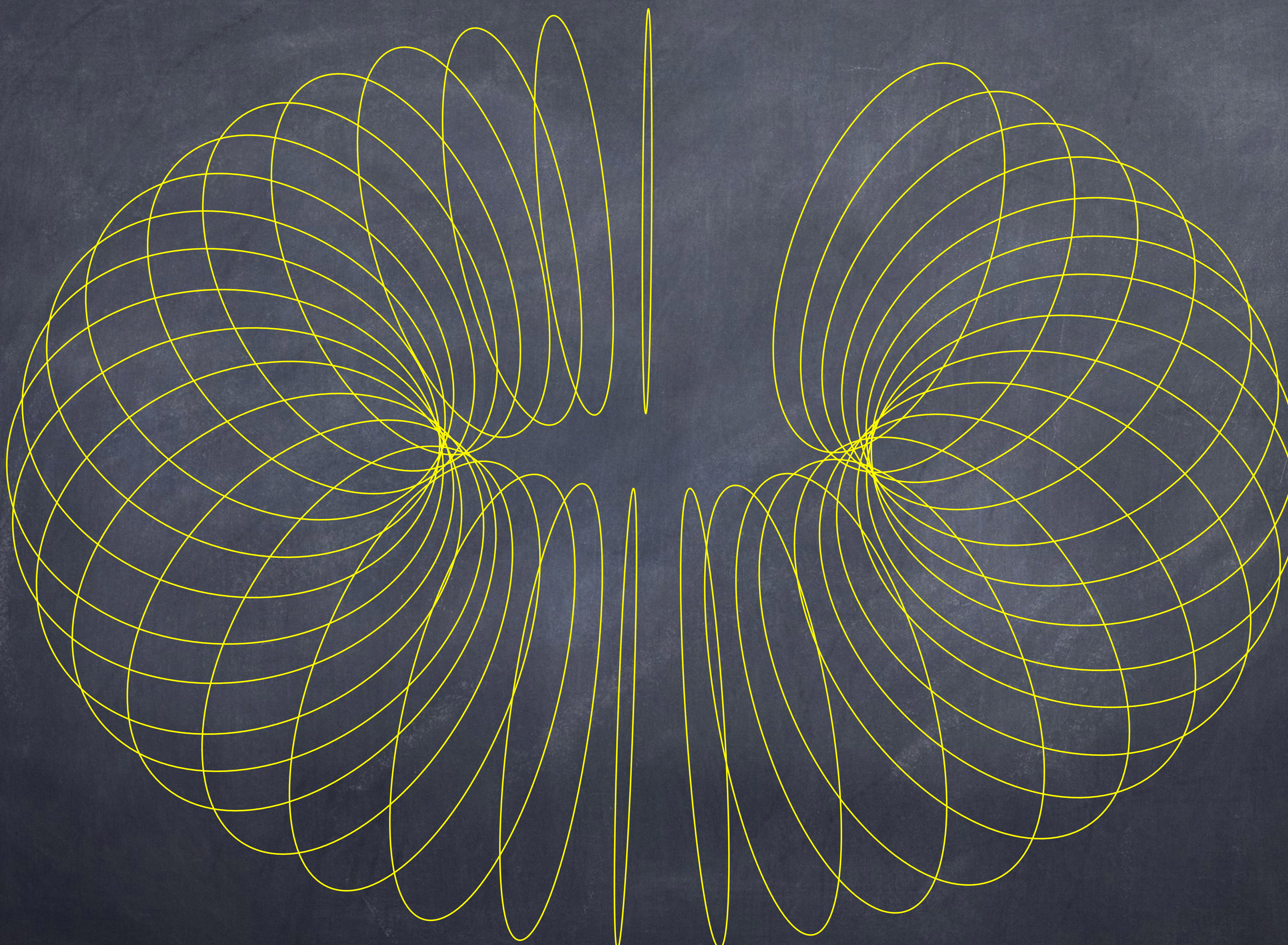


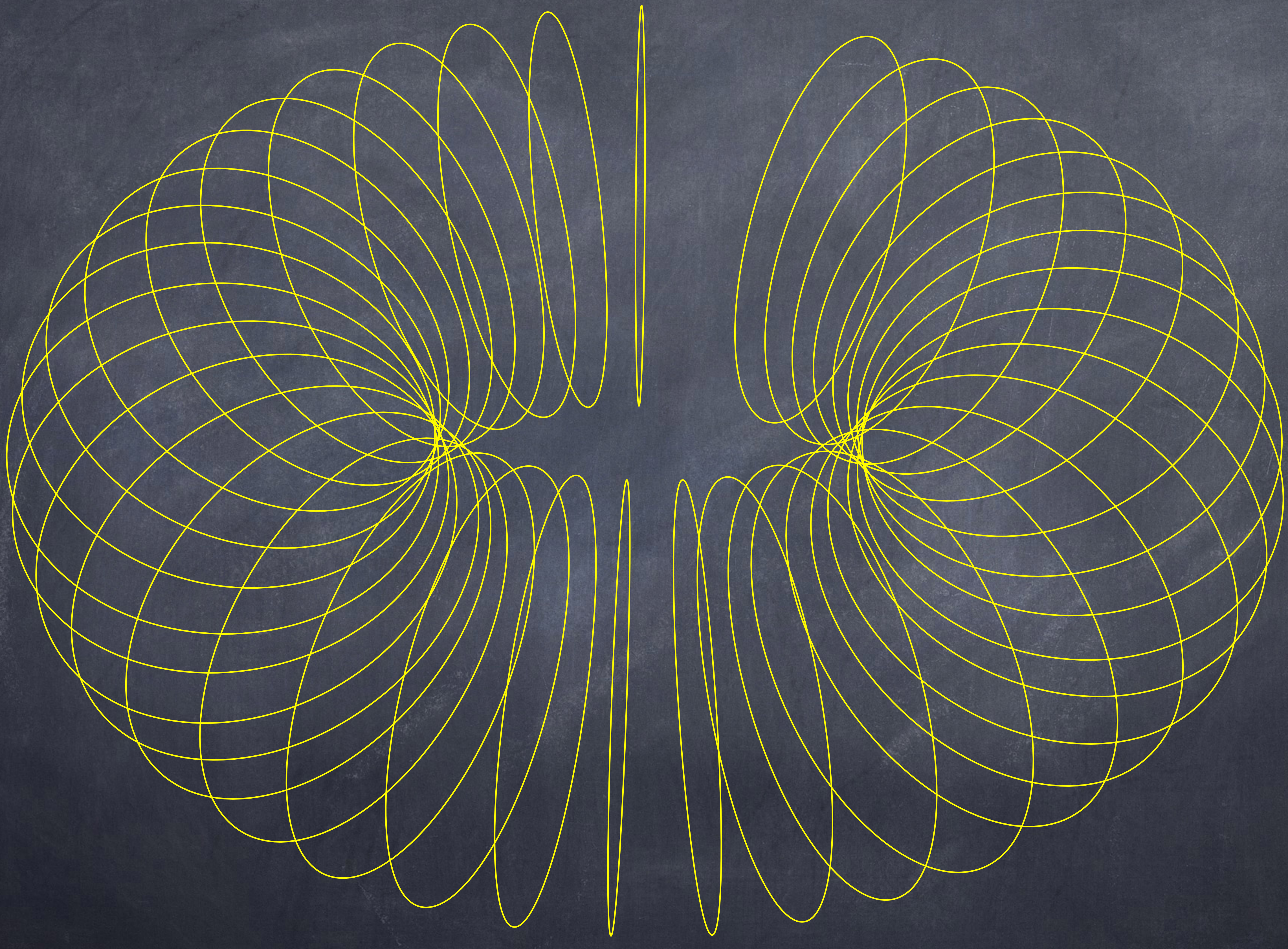


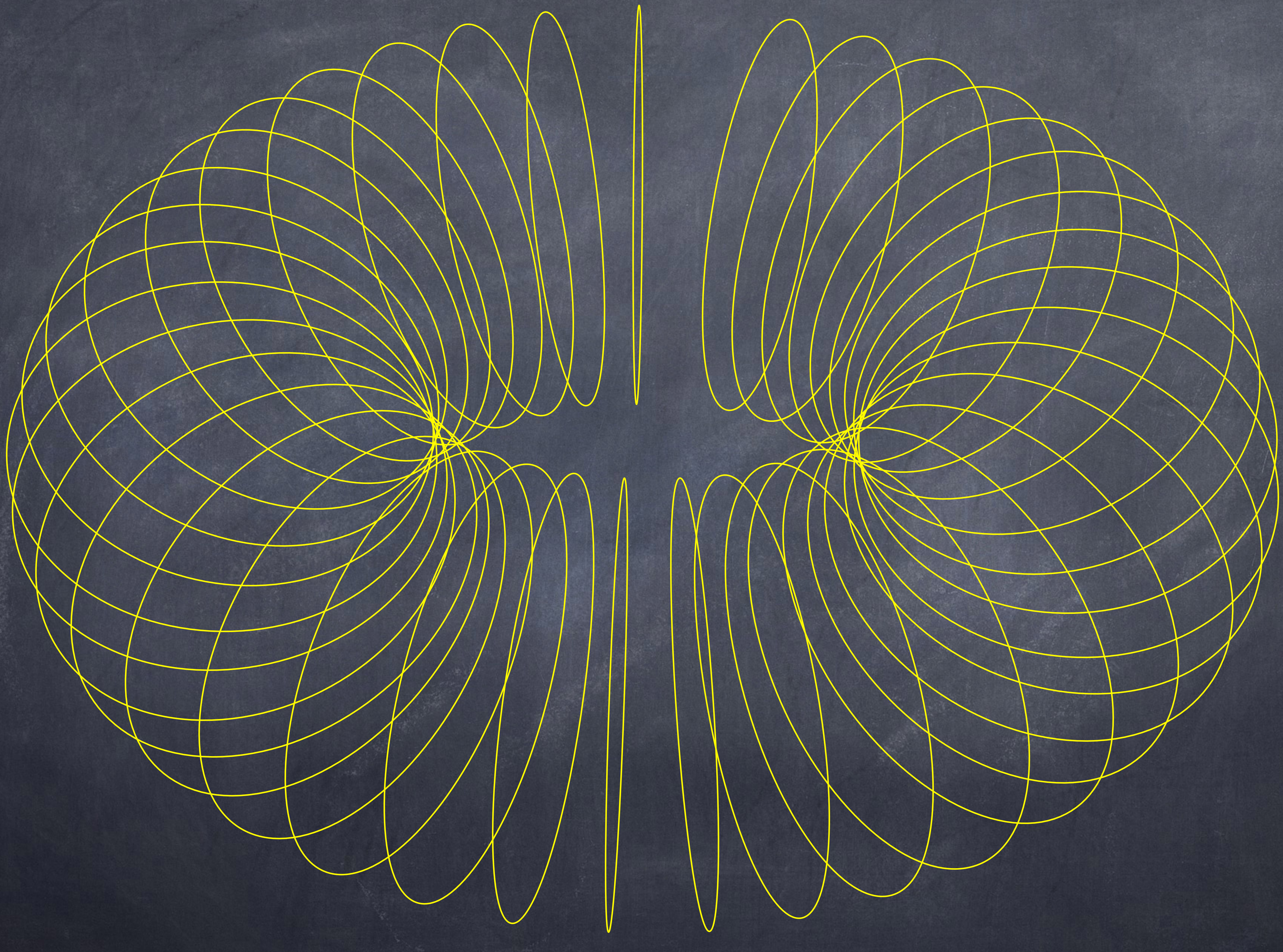


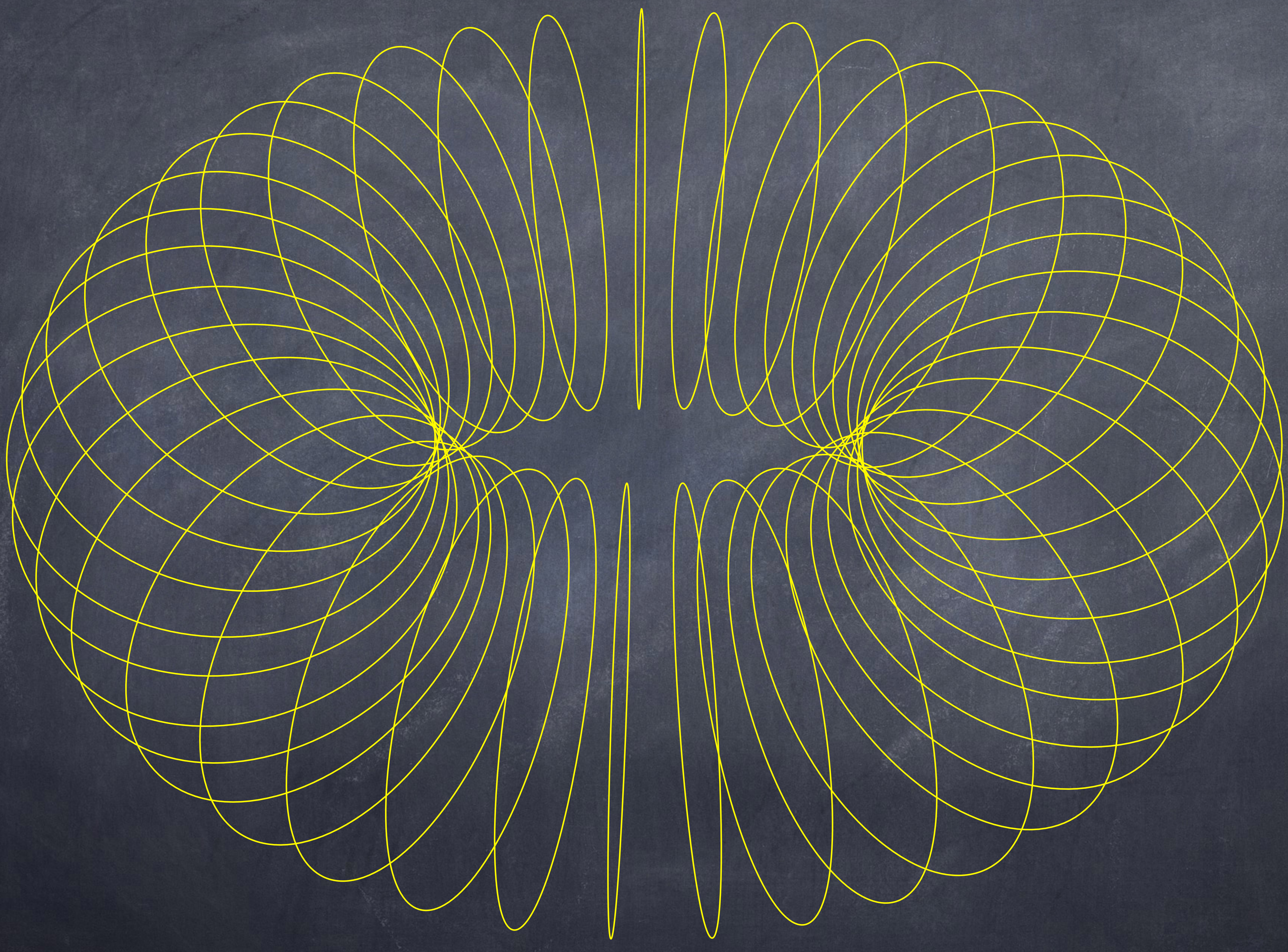


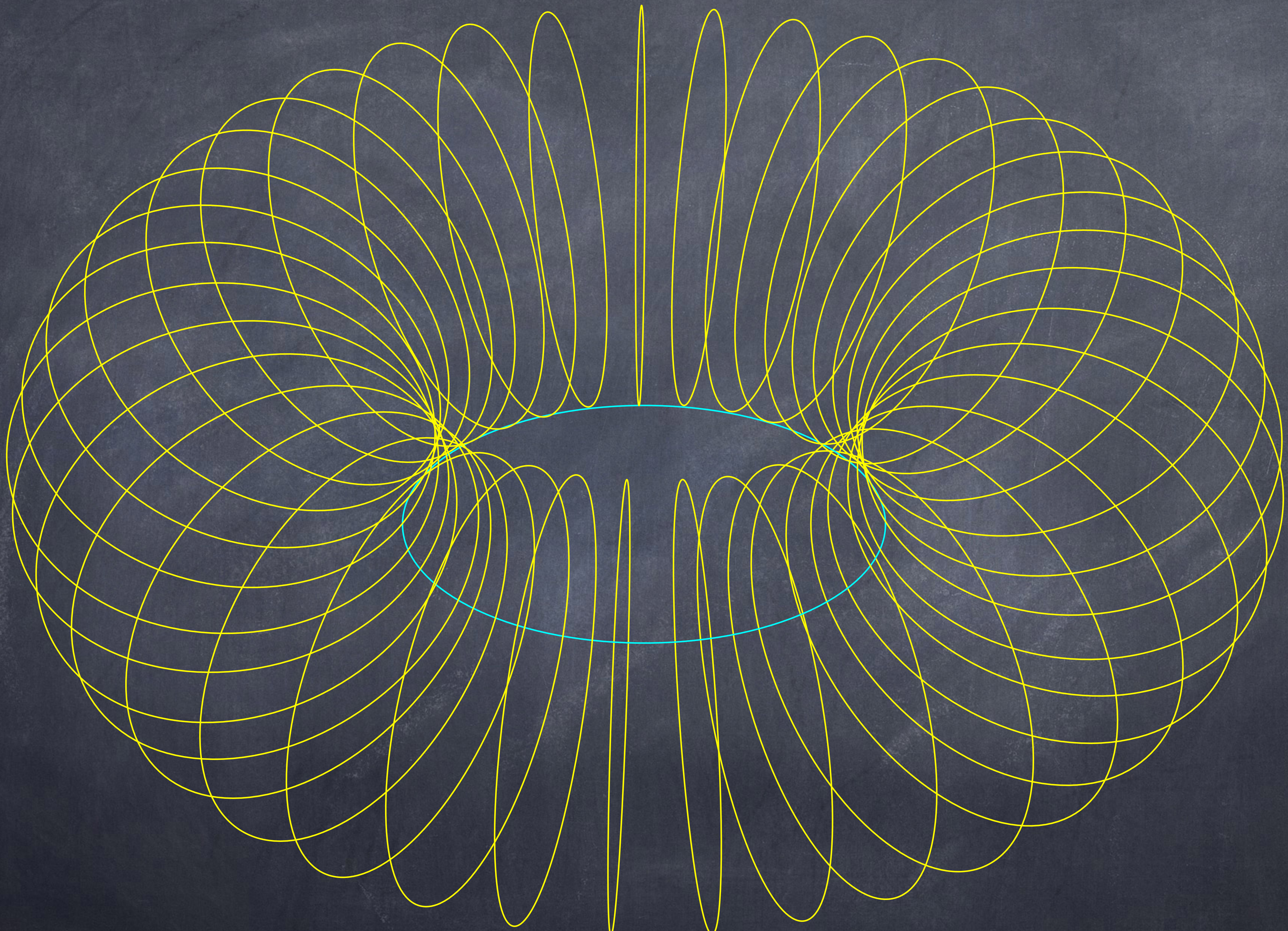


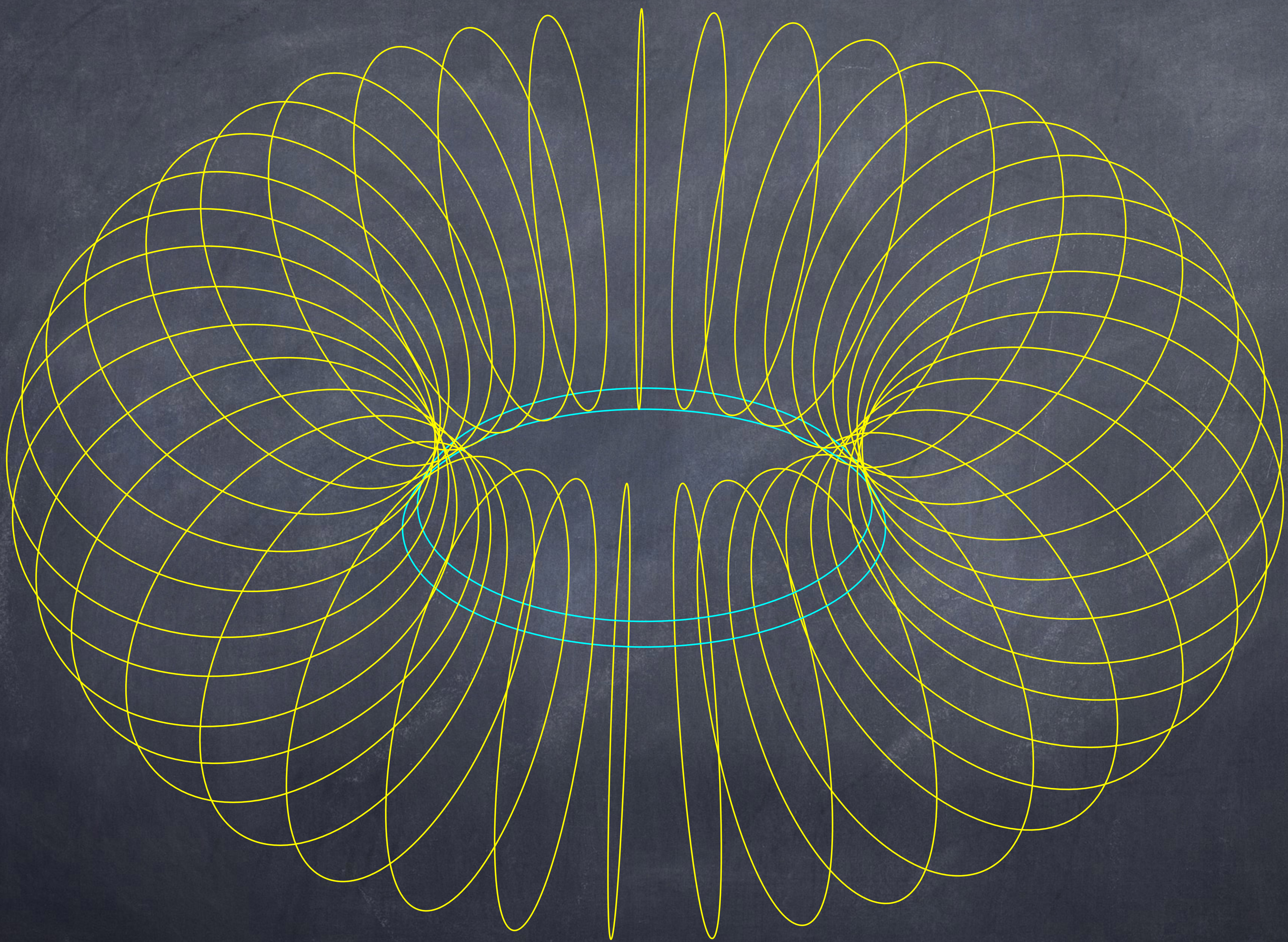


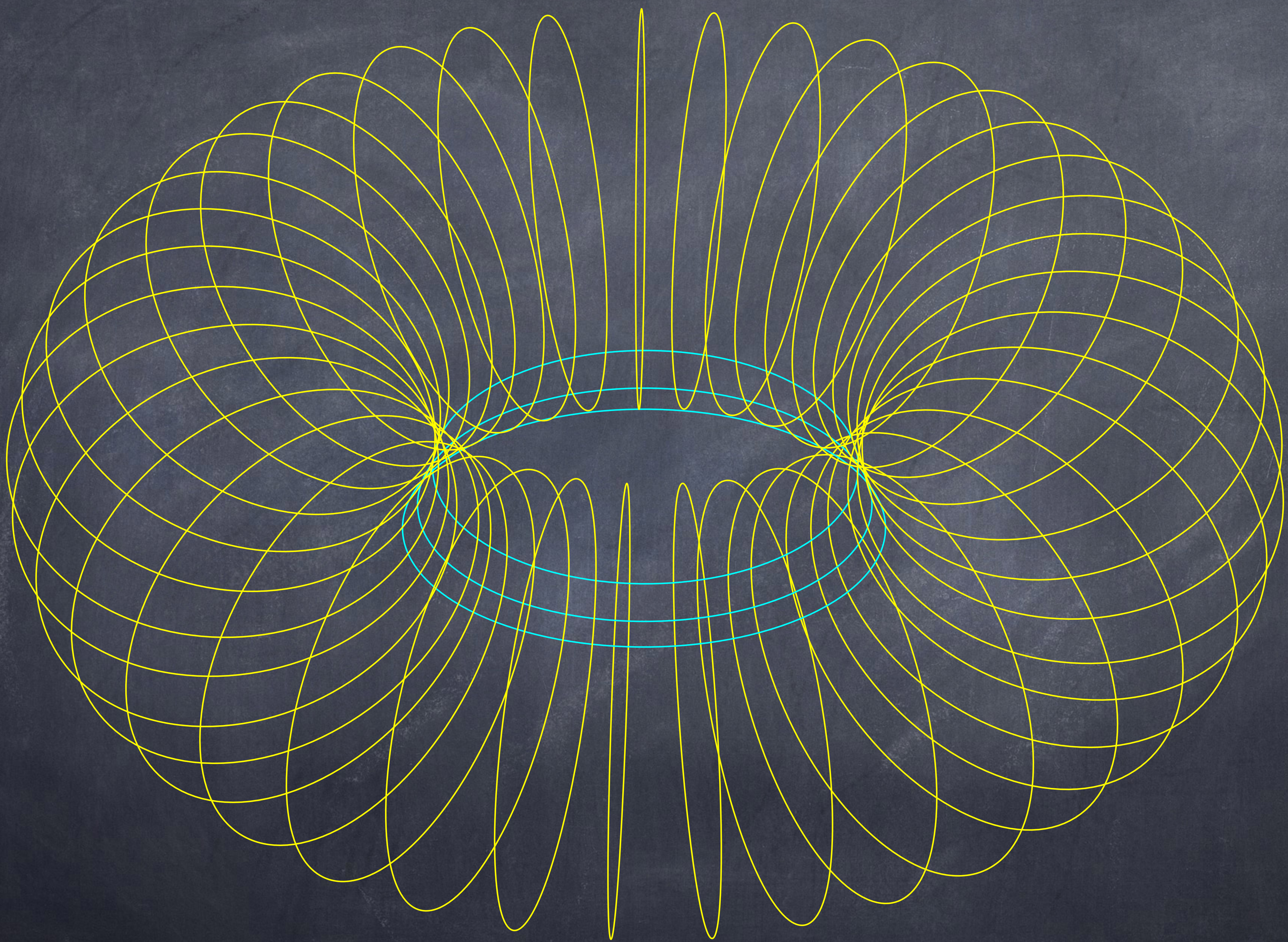


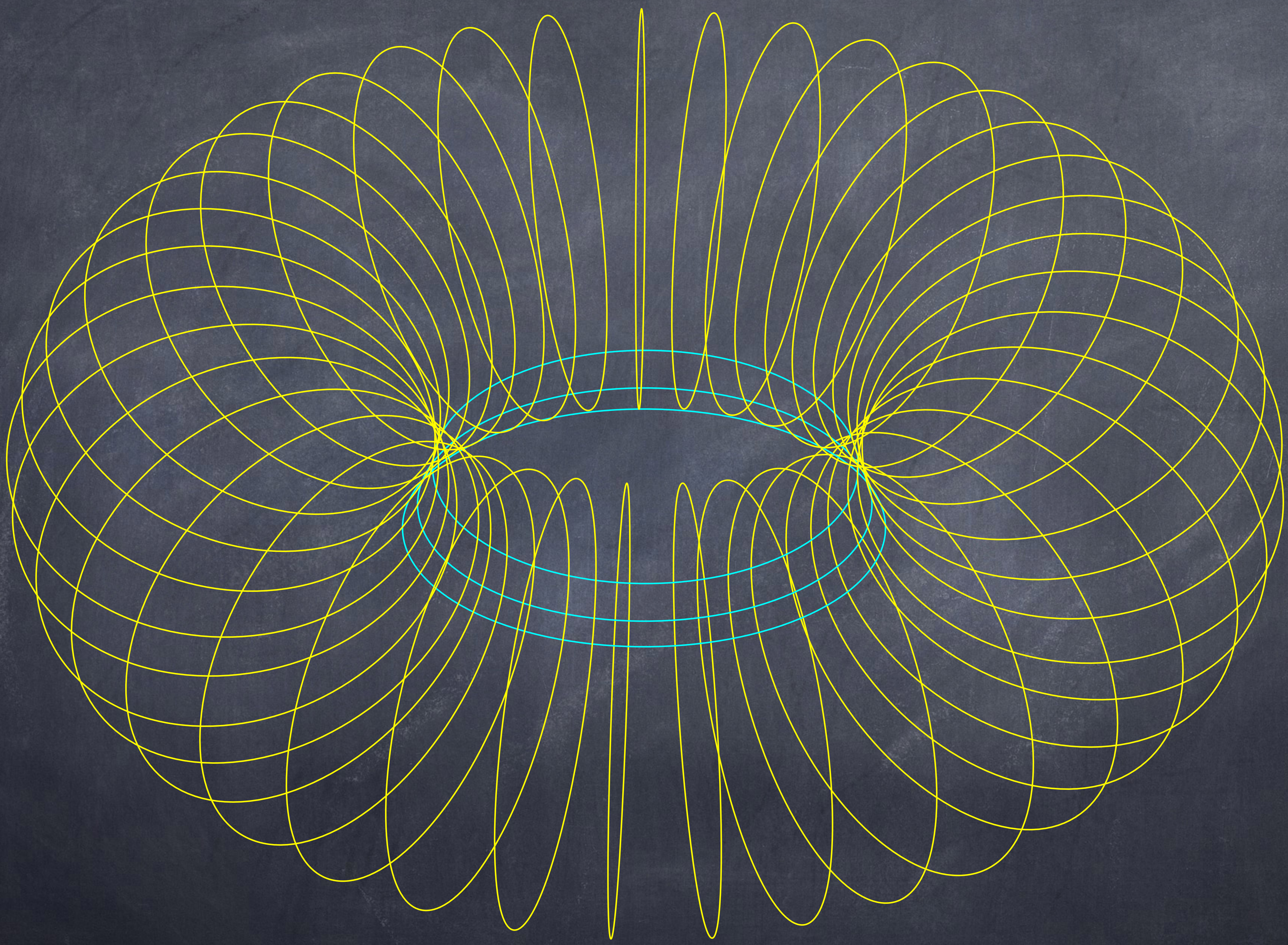


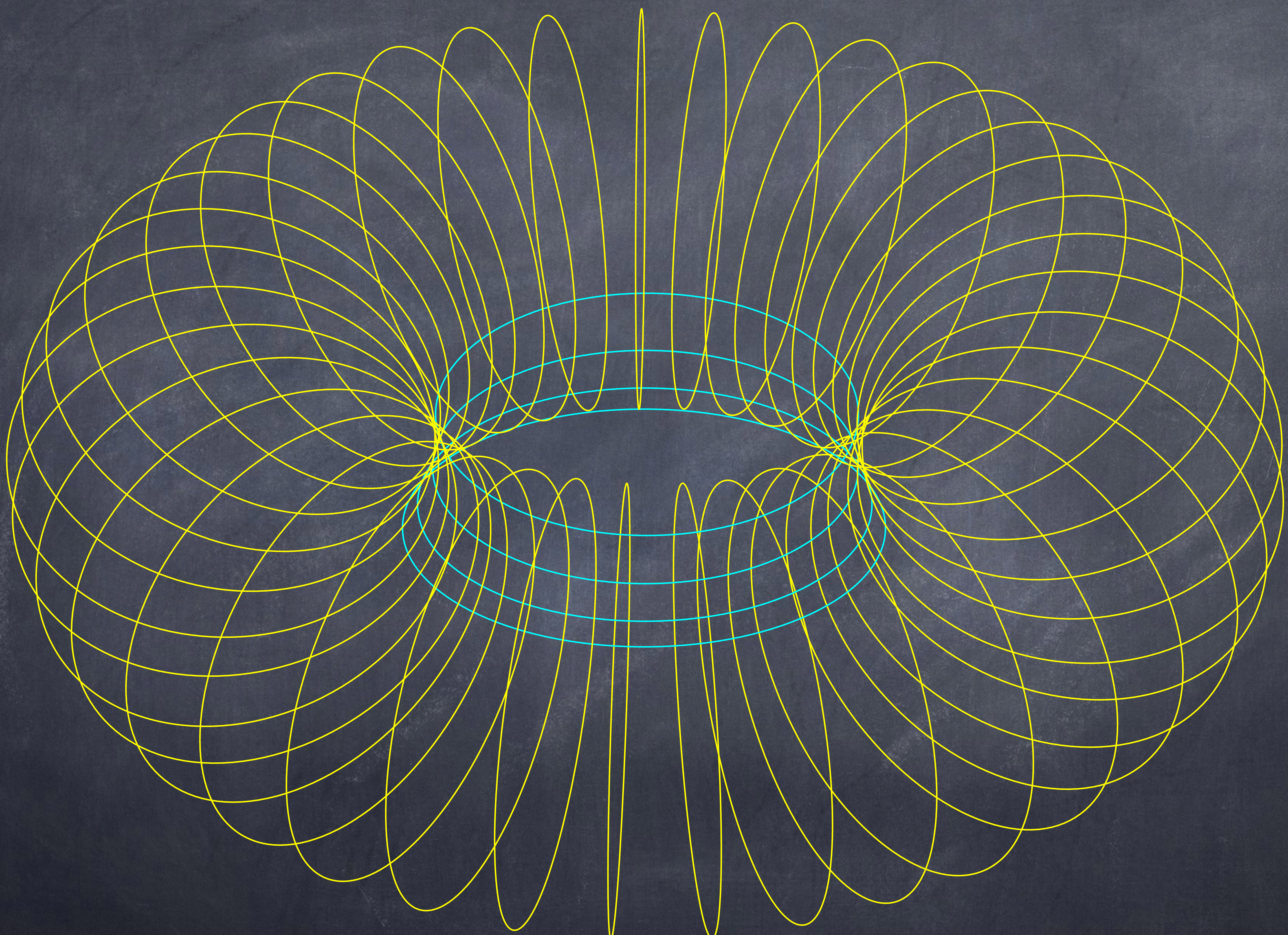


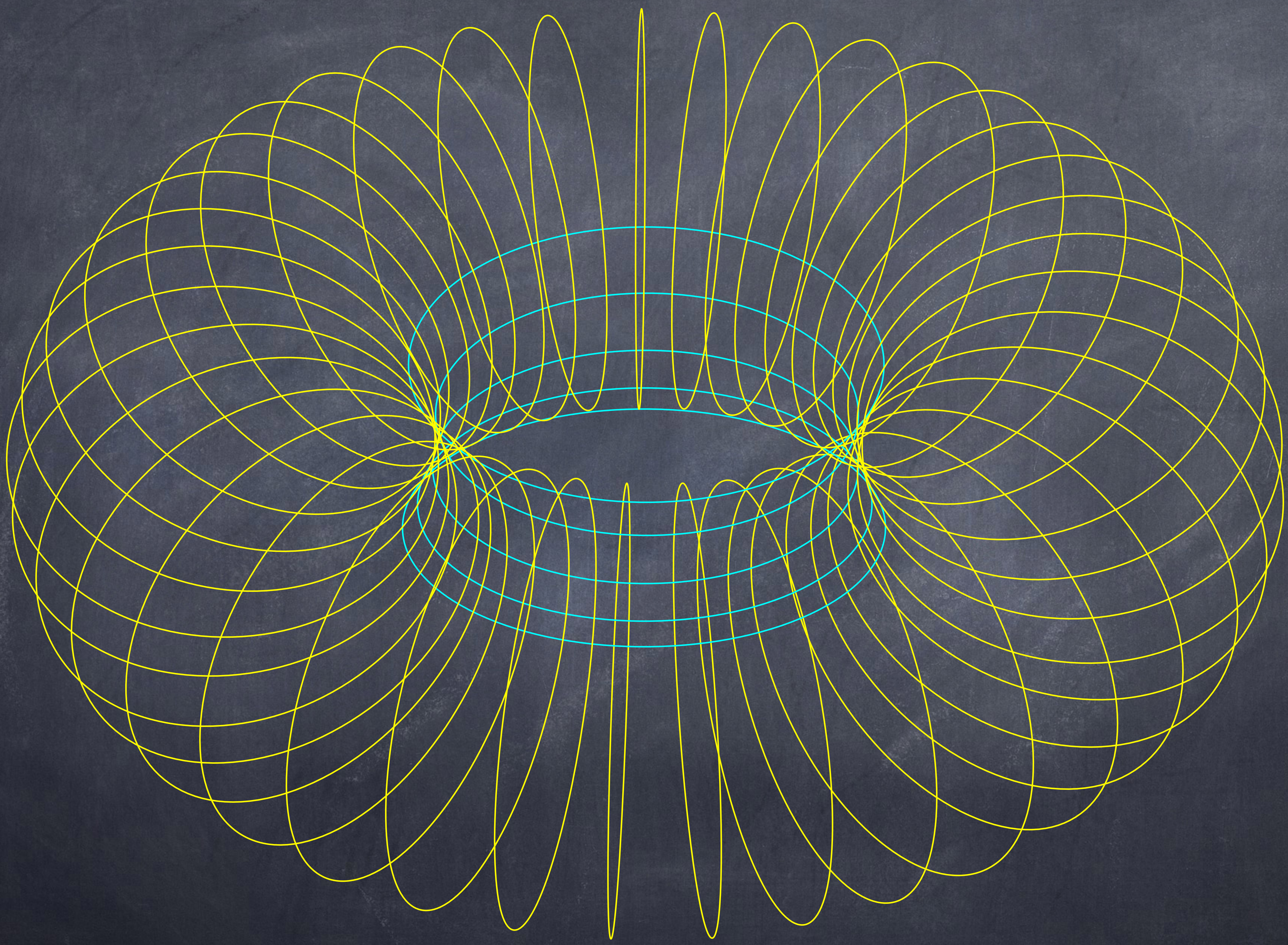


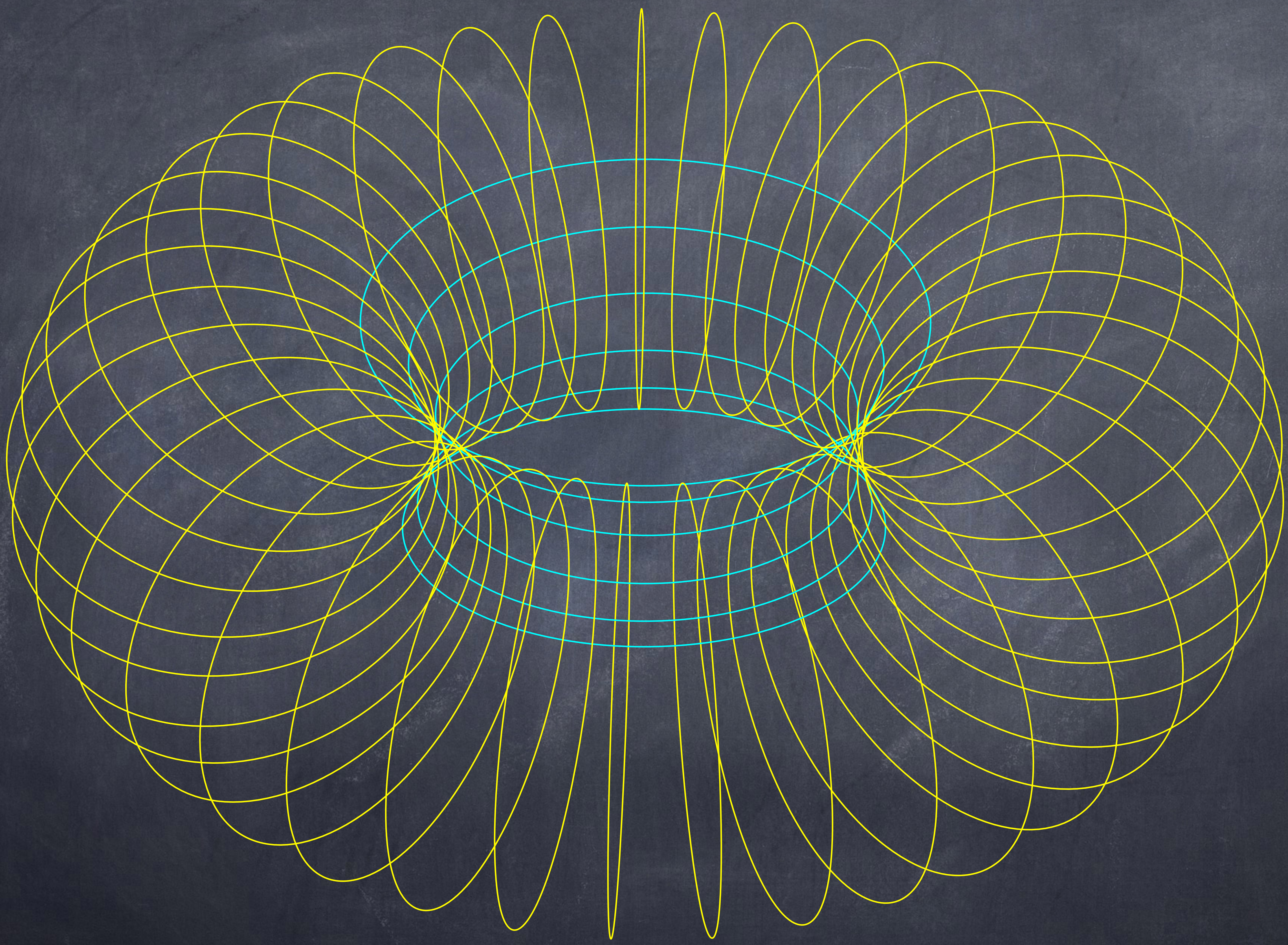


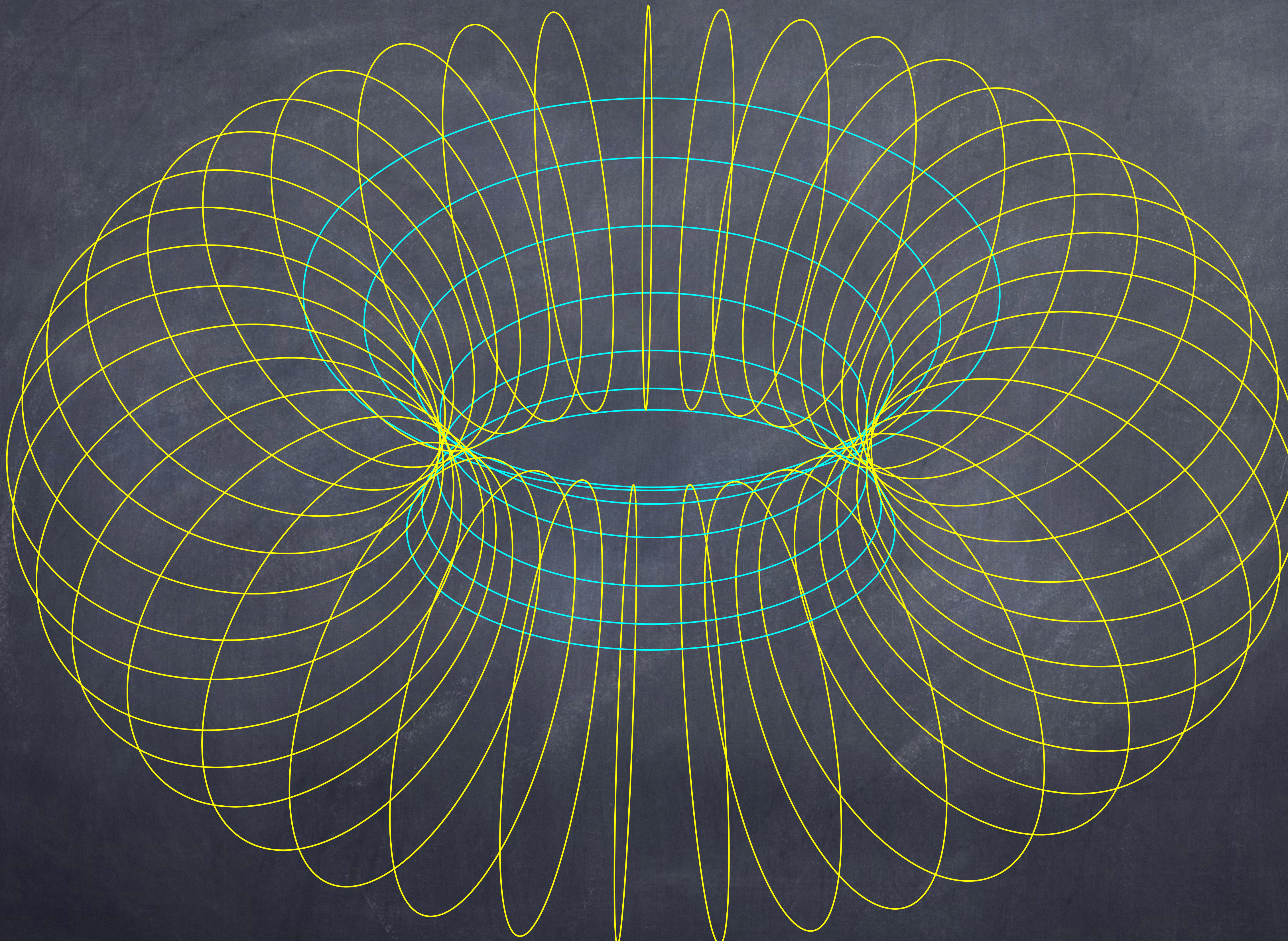


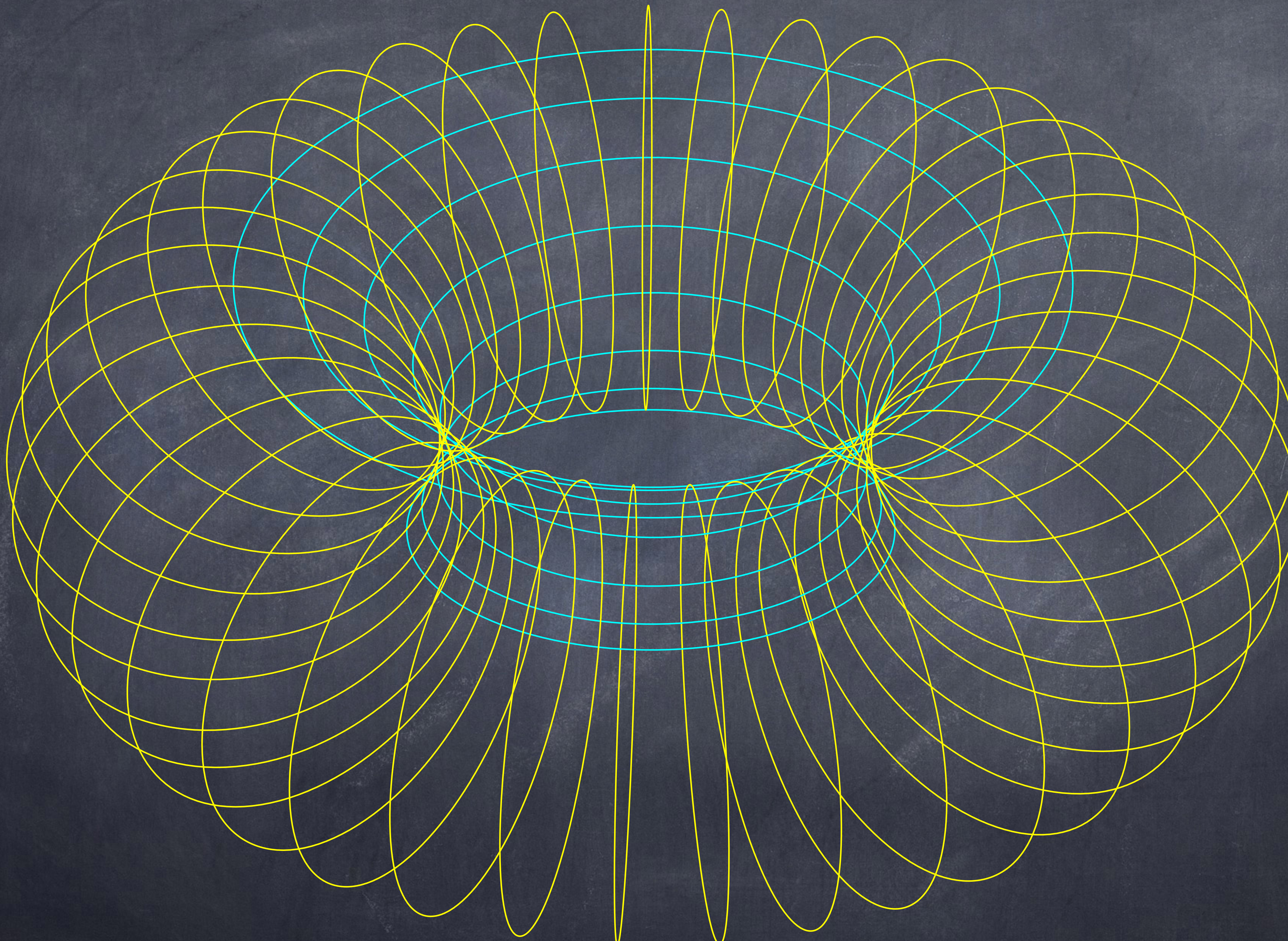


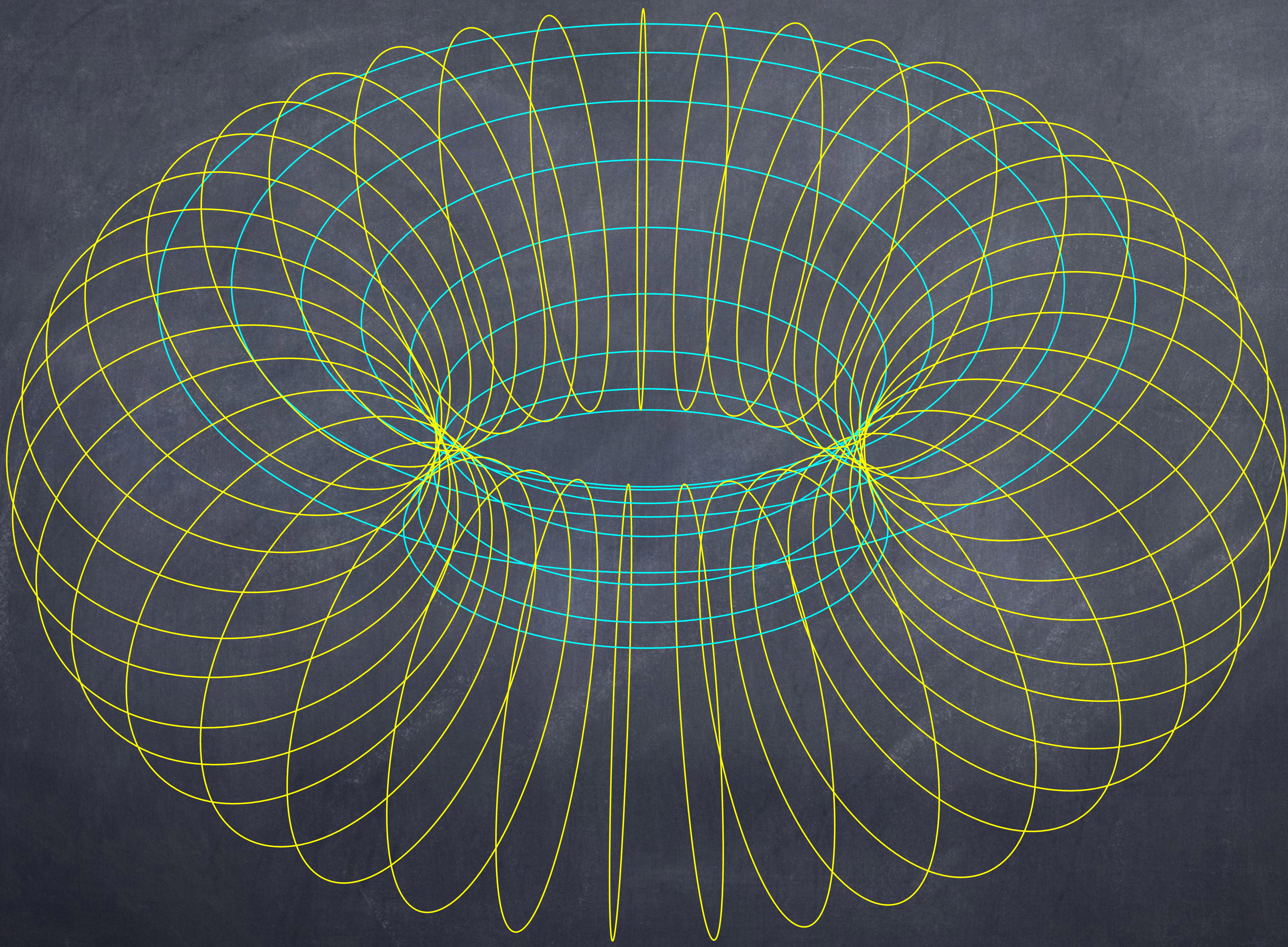


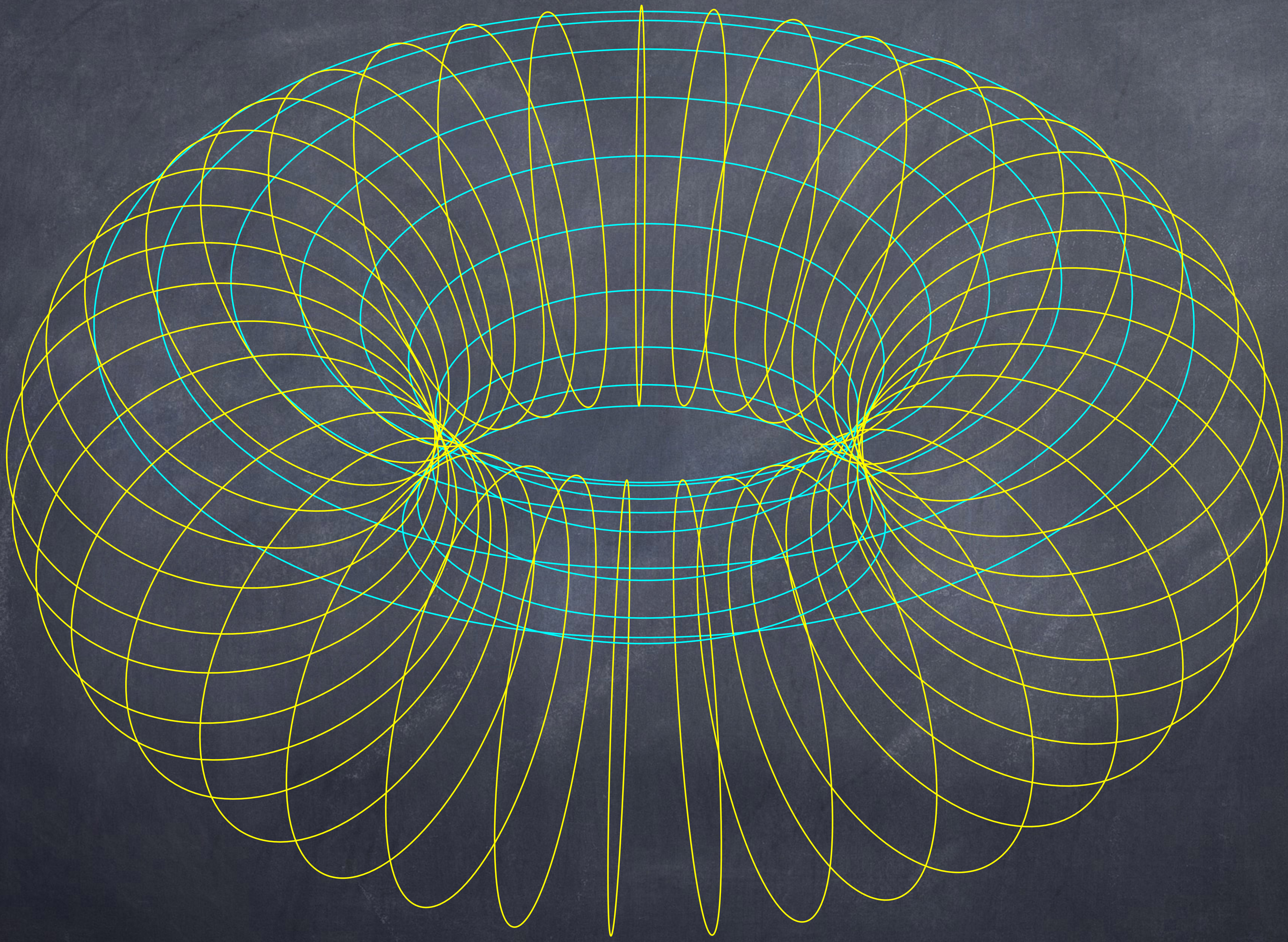


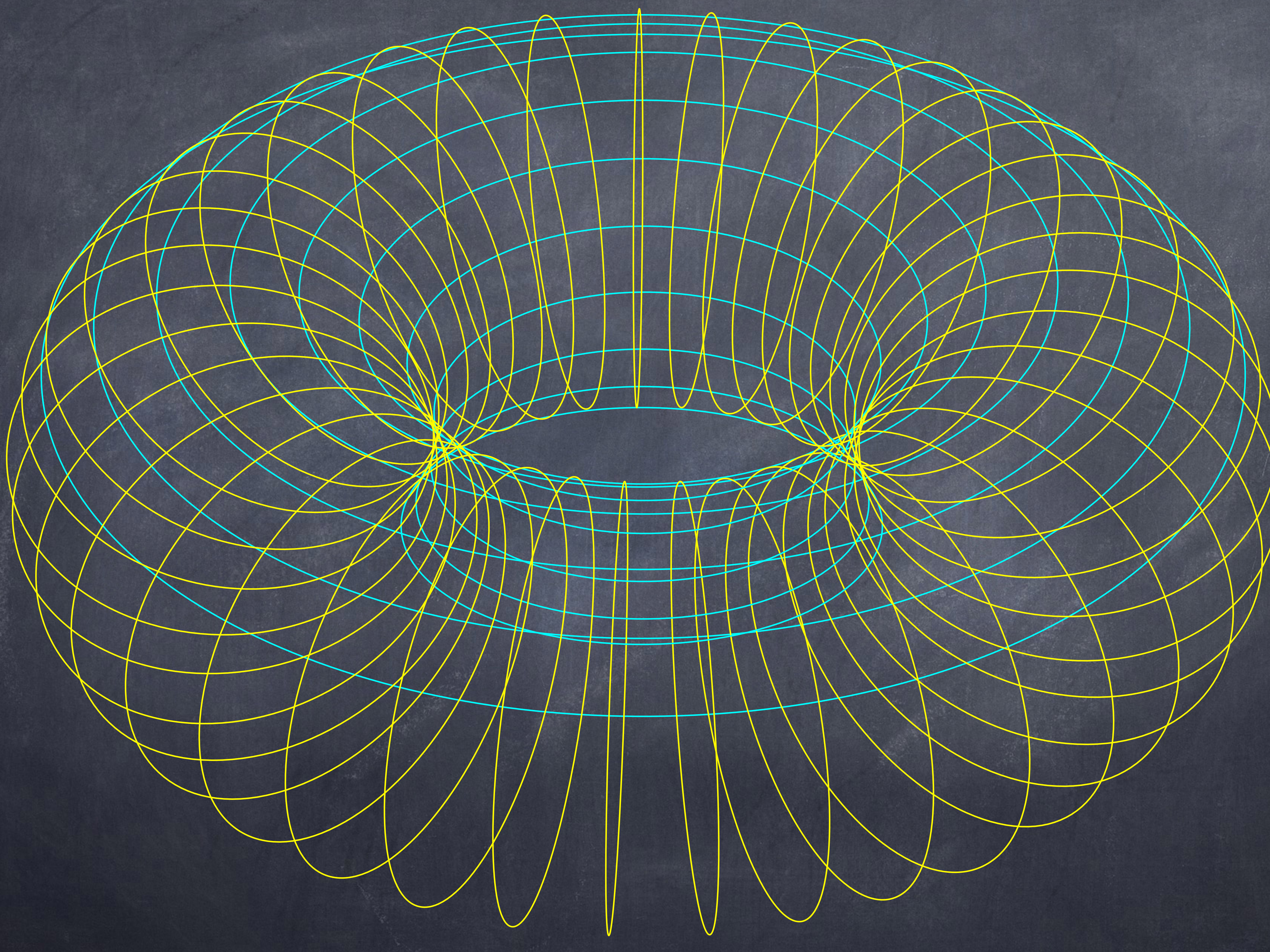


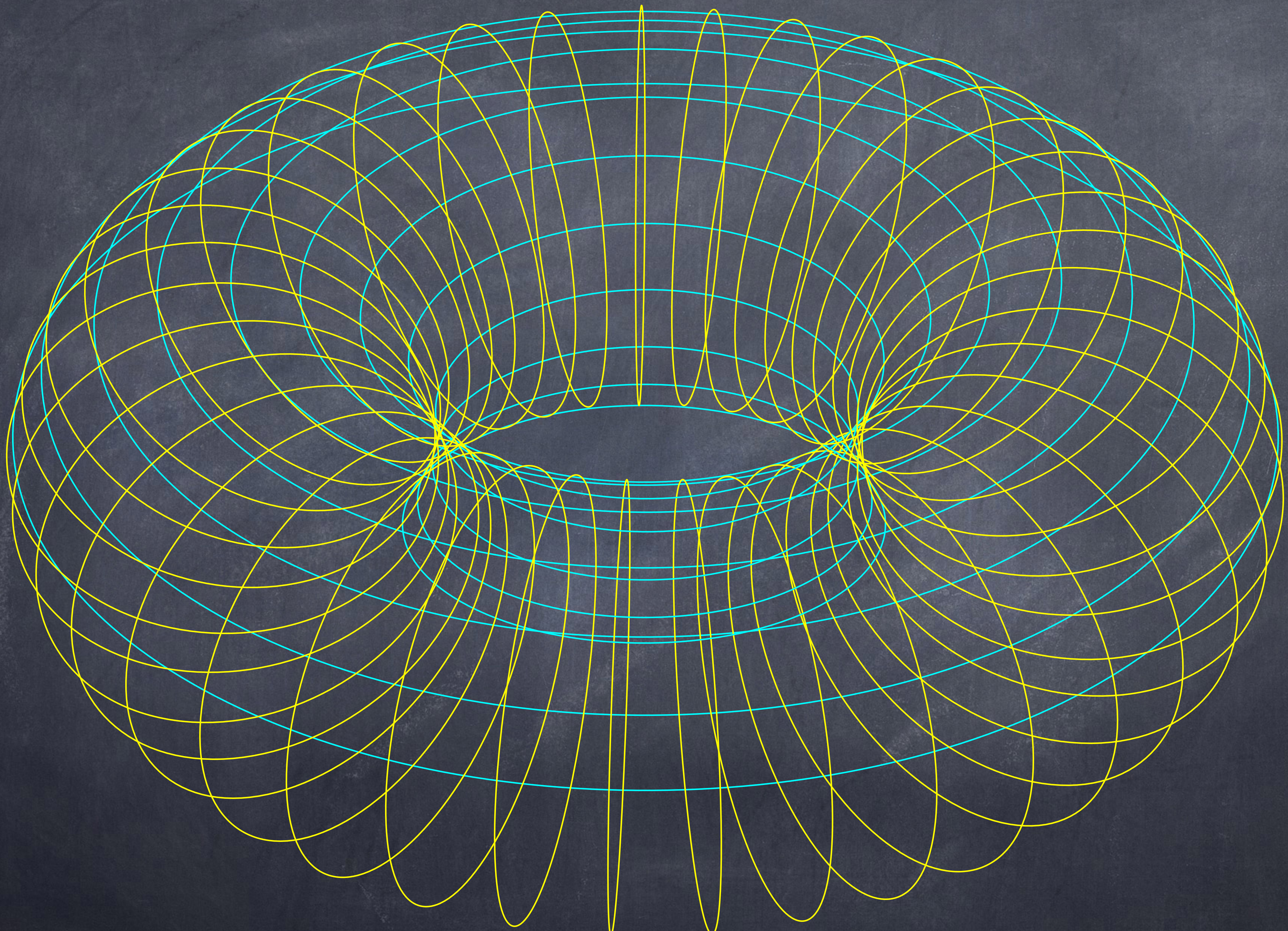


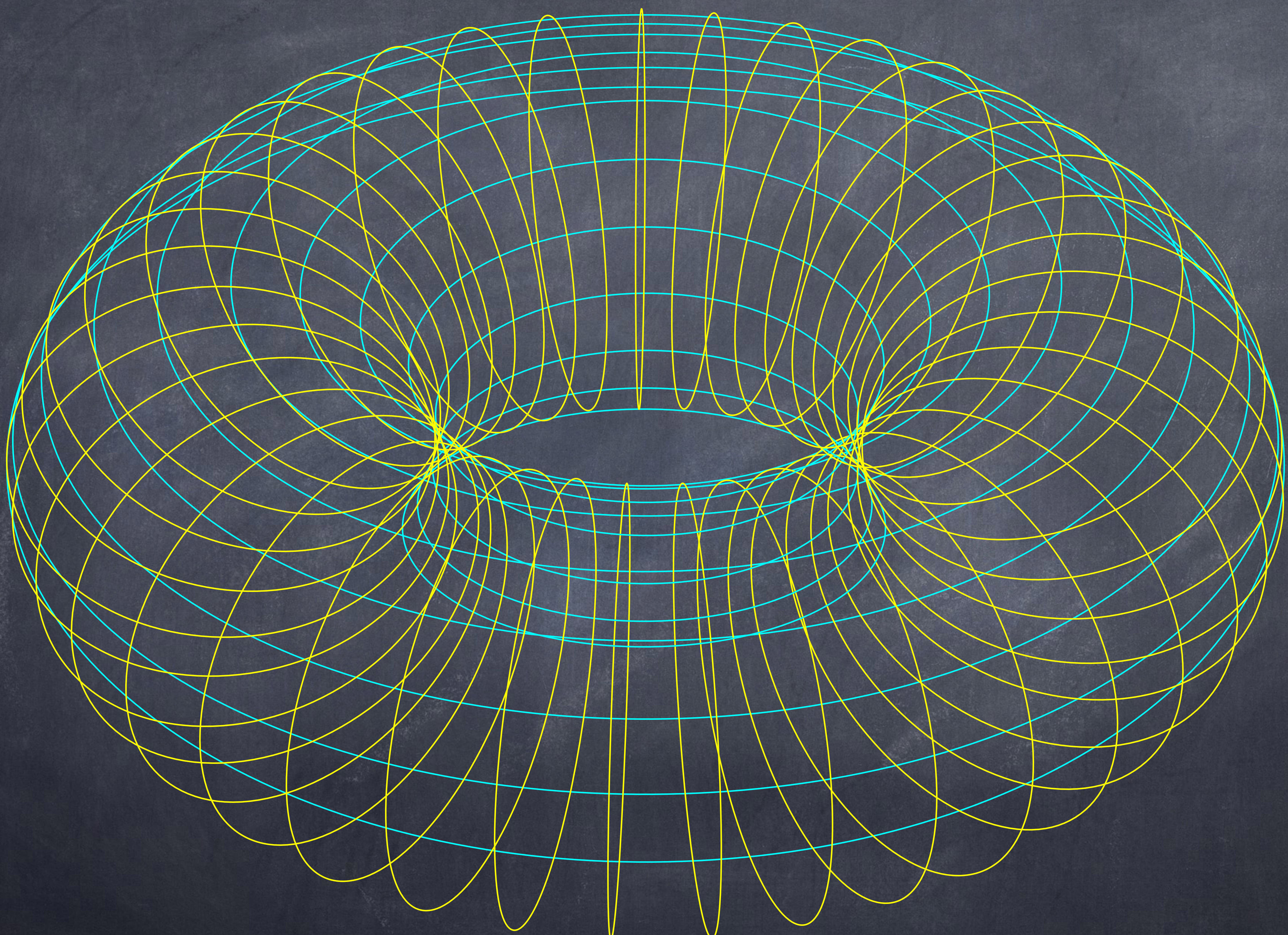


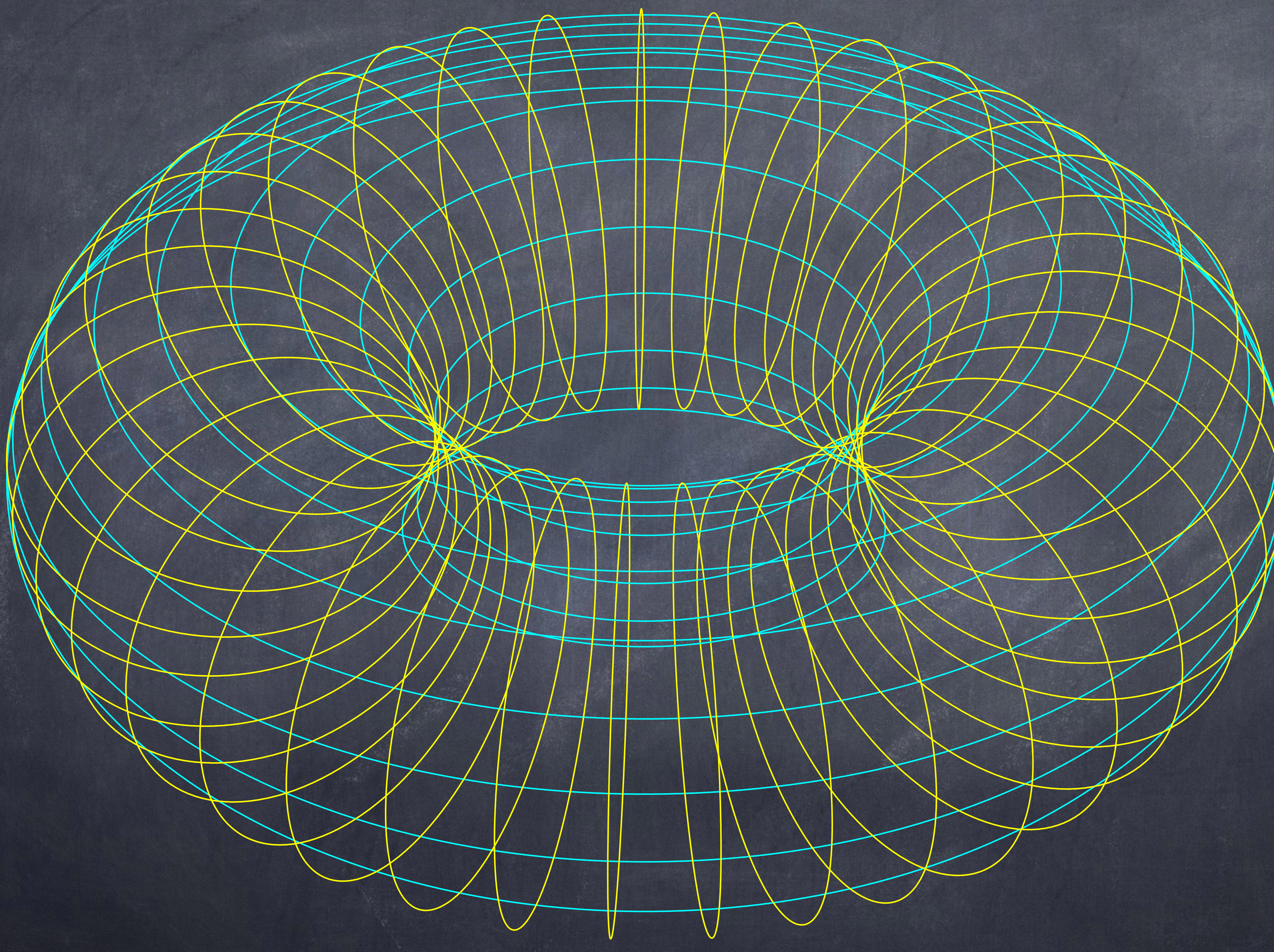


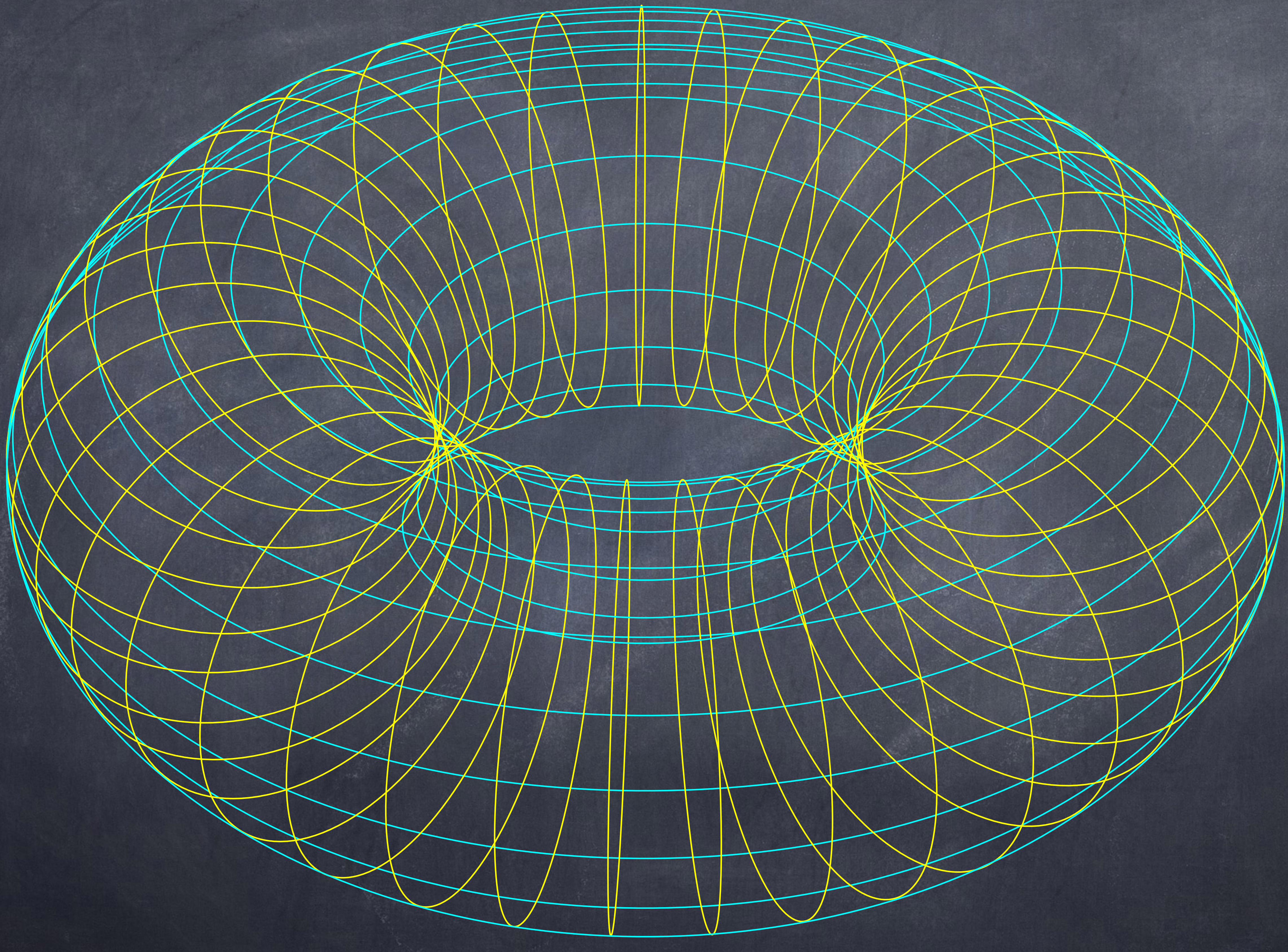




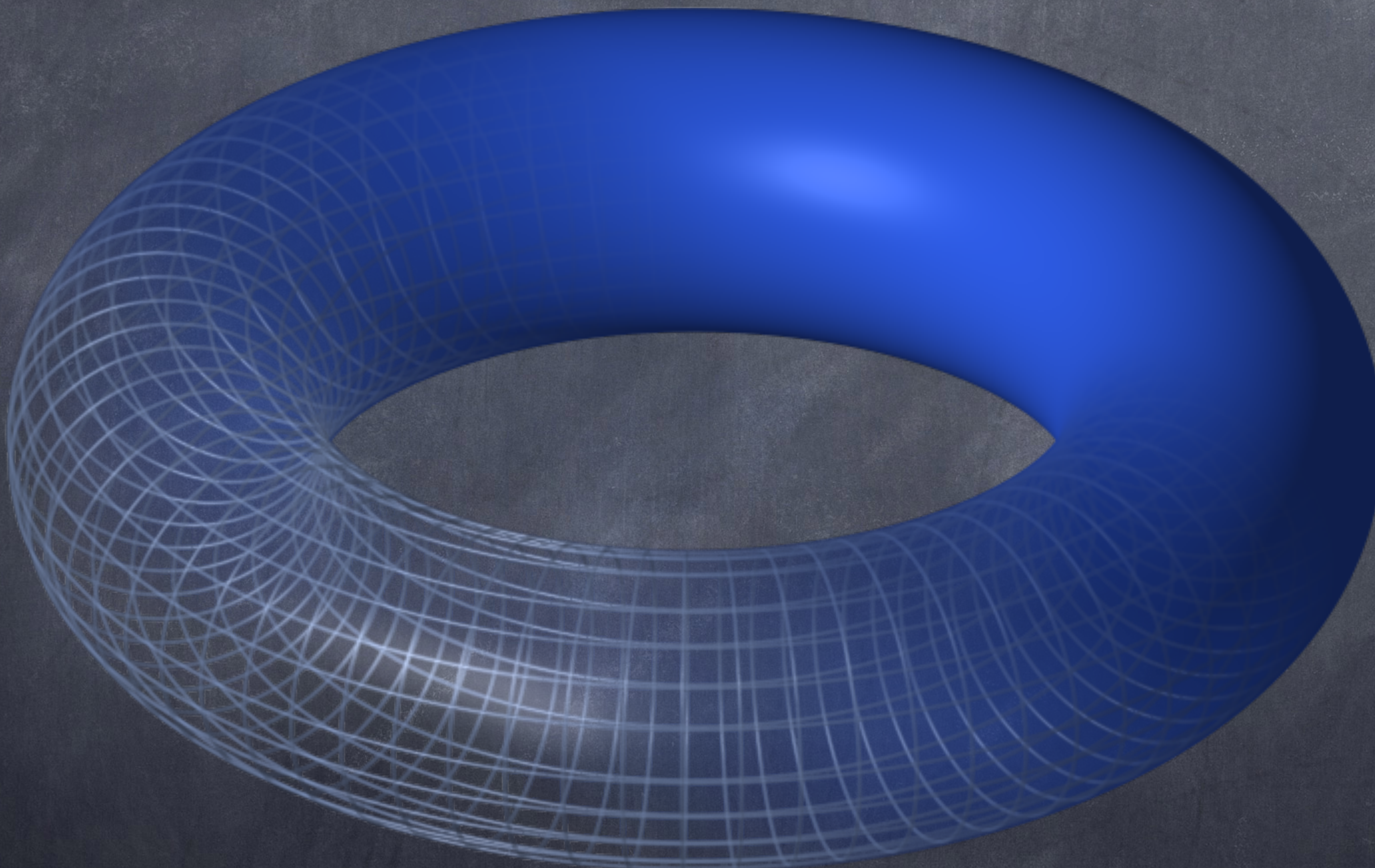








２次元トーラス



http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/1/17/Torus.png

§2. 空間と空間座標

§2. 空間と空間座標

空間の各点は3つの実数 x, y, z の組 (x,y,z) を用いて表されるため,

§2. 空間と空間座標

空間の各点は3つの実数 x, y, z の組 (x,y,z) を用いて表されるため, 空間は3つの実数の組 (x,y,z) 全体からなる集合とみなされる.

§2. 空間と空間座標

空間の各点は3つの実数 x, y, z の組 (x,y,z) を用いて表されるため, 空間は3つの実数の組 (x,y,z) 全体からなる集合とみなされる. そこで, 空間を $\mathbf{R}^3$ で表すことにする.

§2. 空間と空間座標

空間の各点は3つの実数 x, y, z の組 (x,y,z) を用いて表されるため, 空間は3つの実数の組 (x,y,z) 全体からなる集合とみなされる. そこで, 空間を $\mathbf{R}^3$ で表すことにする.

§2. 空間と空間座標

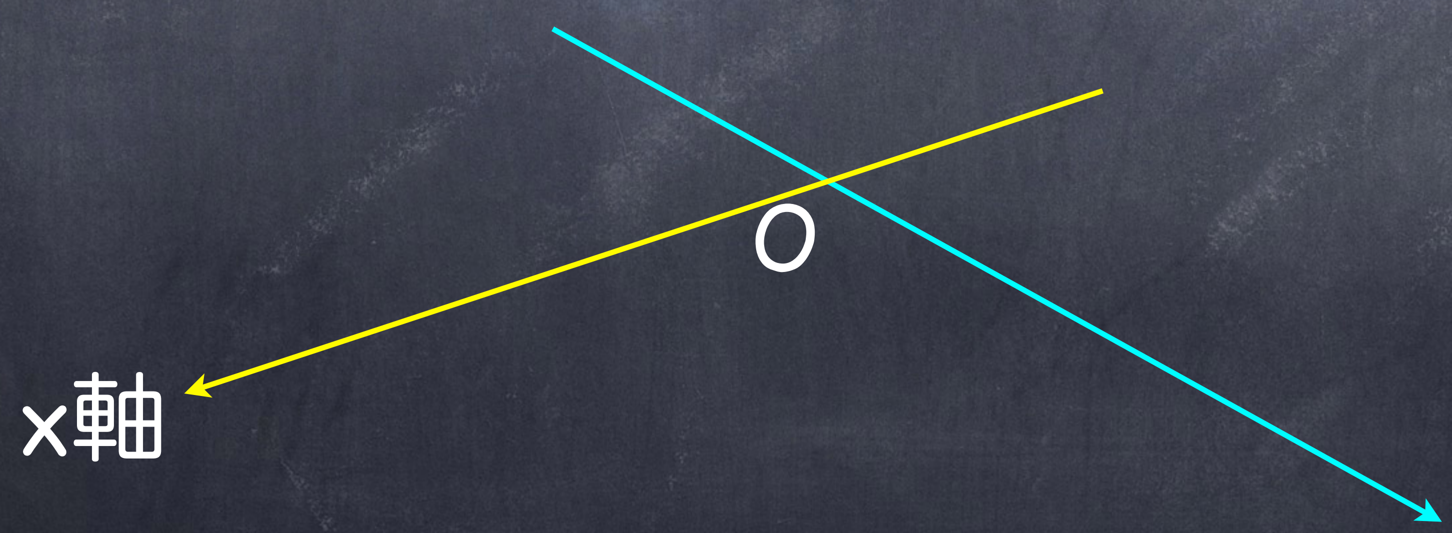
空間の各点は3つの実数 x, y, z の組 (x,y,z) を用いて表されるため, 空間は3つの実数の組 (x,y,z) 全体からなる集合とみなされる. そこで, 空間を $\mathbf{R}^3$ で表すことにする.

§2. 空間と空間座標

空間の各点は3つの実数 x, y, z の組 (x,y,z) を用いて表されるため，空間は3つの実数の組 (x,y,z) 全体からなる集合とみなされる．そこで，空間を $\mathbf{R}^3$ で表すことにする．

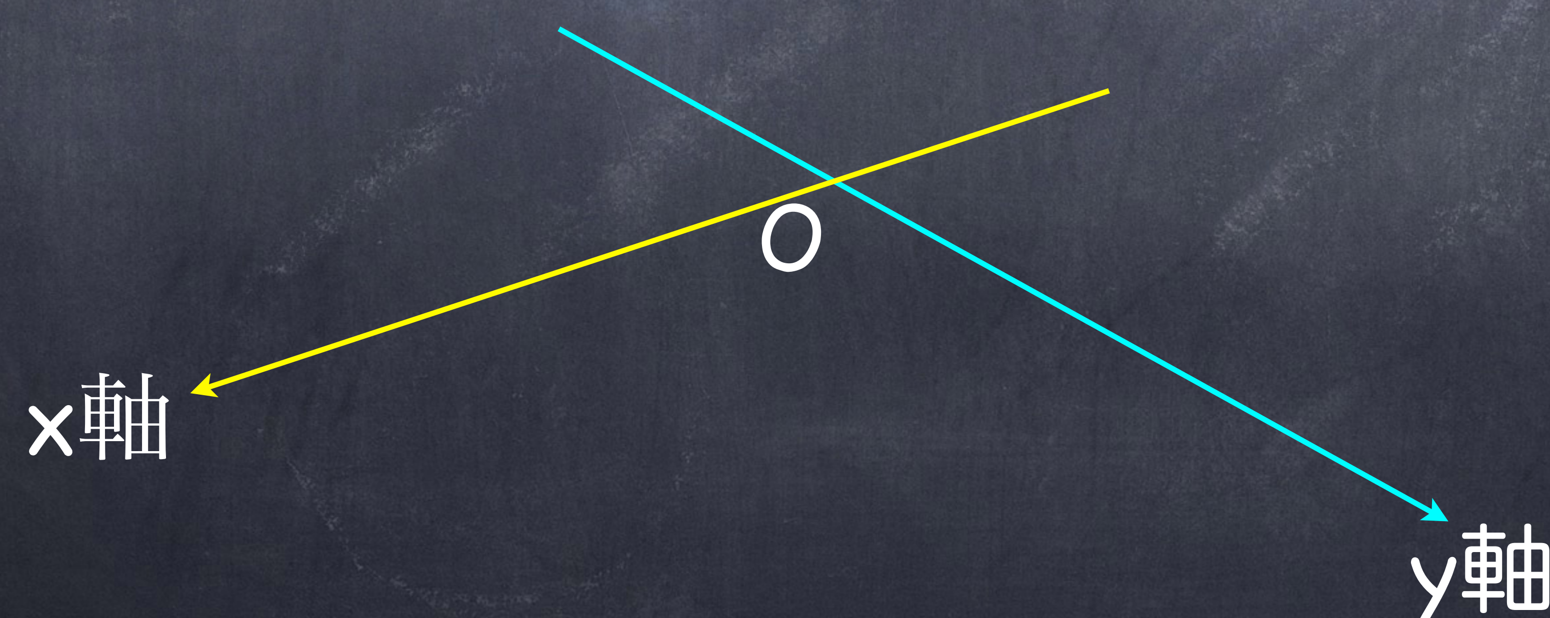
§2. 空間と空間座標

空間の各点は3つの実数 x, y, z の組 (x,y,z) を用いて表されるため, 空間は3つの実数の組 (x,y,z) 全体からなる集合とみなされる. そこで, 空間を $\mathbf{R}^3$ で表すことにする.



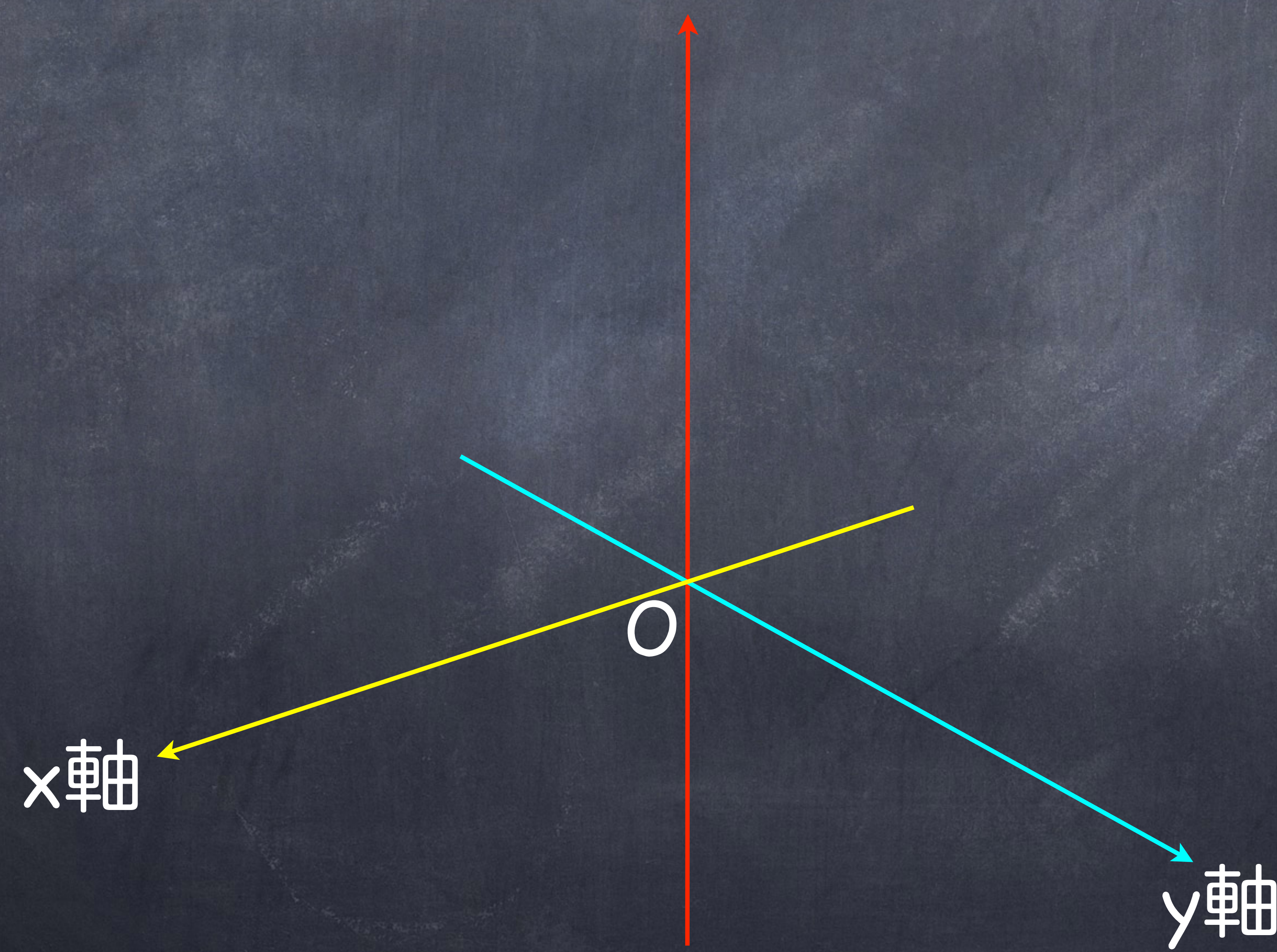
§2. 空間と空間座標

空間の各点は3つの実数 x, y, z の組 (x,y,z) を用いて表されるため, 空間は3つの実数の組 (x,y,z) 全体からなる集合とみなされる. そこで, 空間を $\mathbf{R}^3$ で表すことにする.



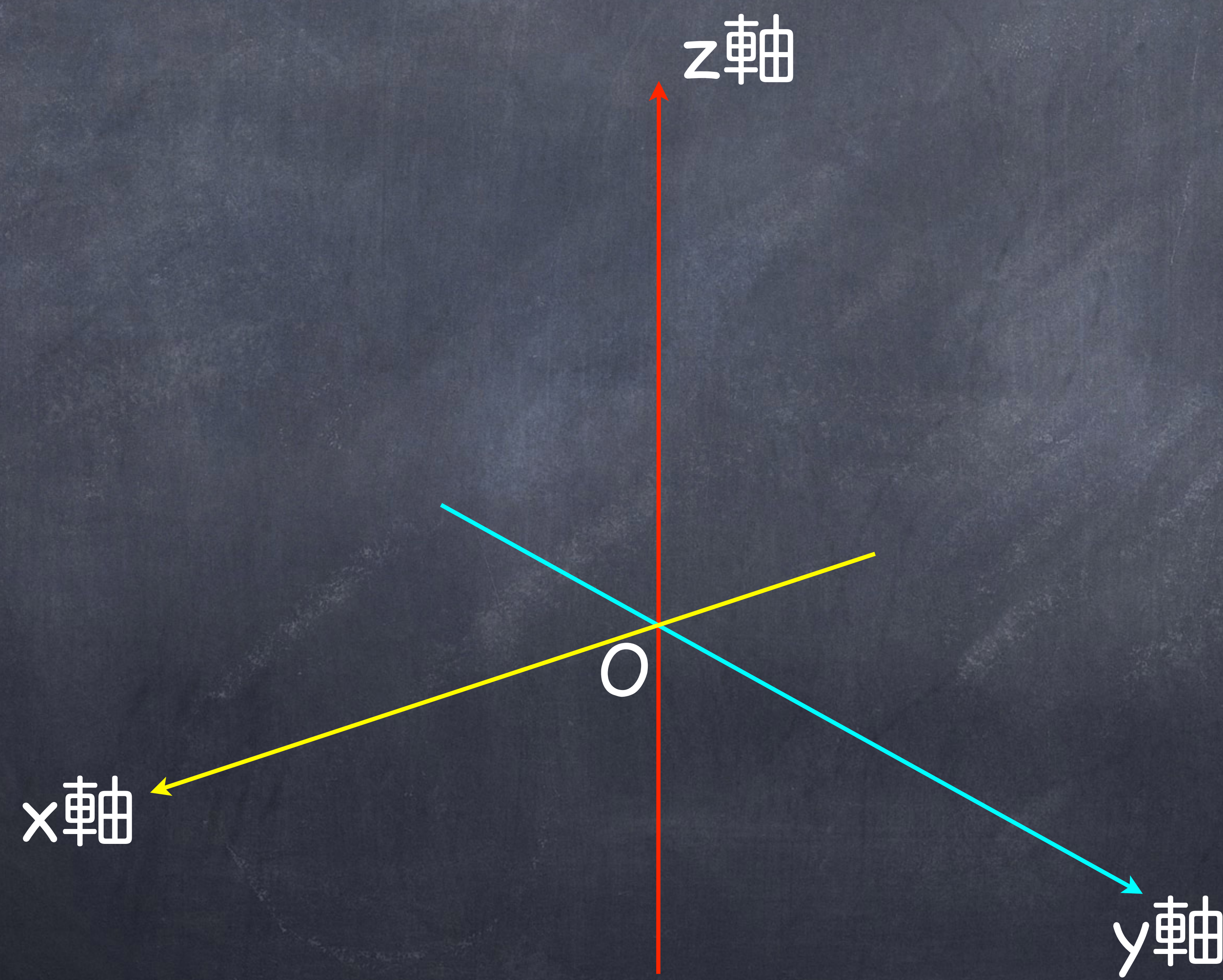
§2. 空間と空間座標

空間の各点は3つの実数 x, y, z の組 (x,y,z) を用いて表されるため, 空間は3つの実数の組 (x,y,z) 全体からなる集合とみなされる. そこで, 空間を $\mathbf{R}^3$ で表すことにする.



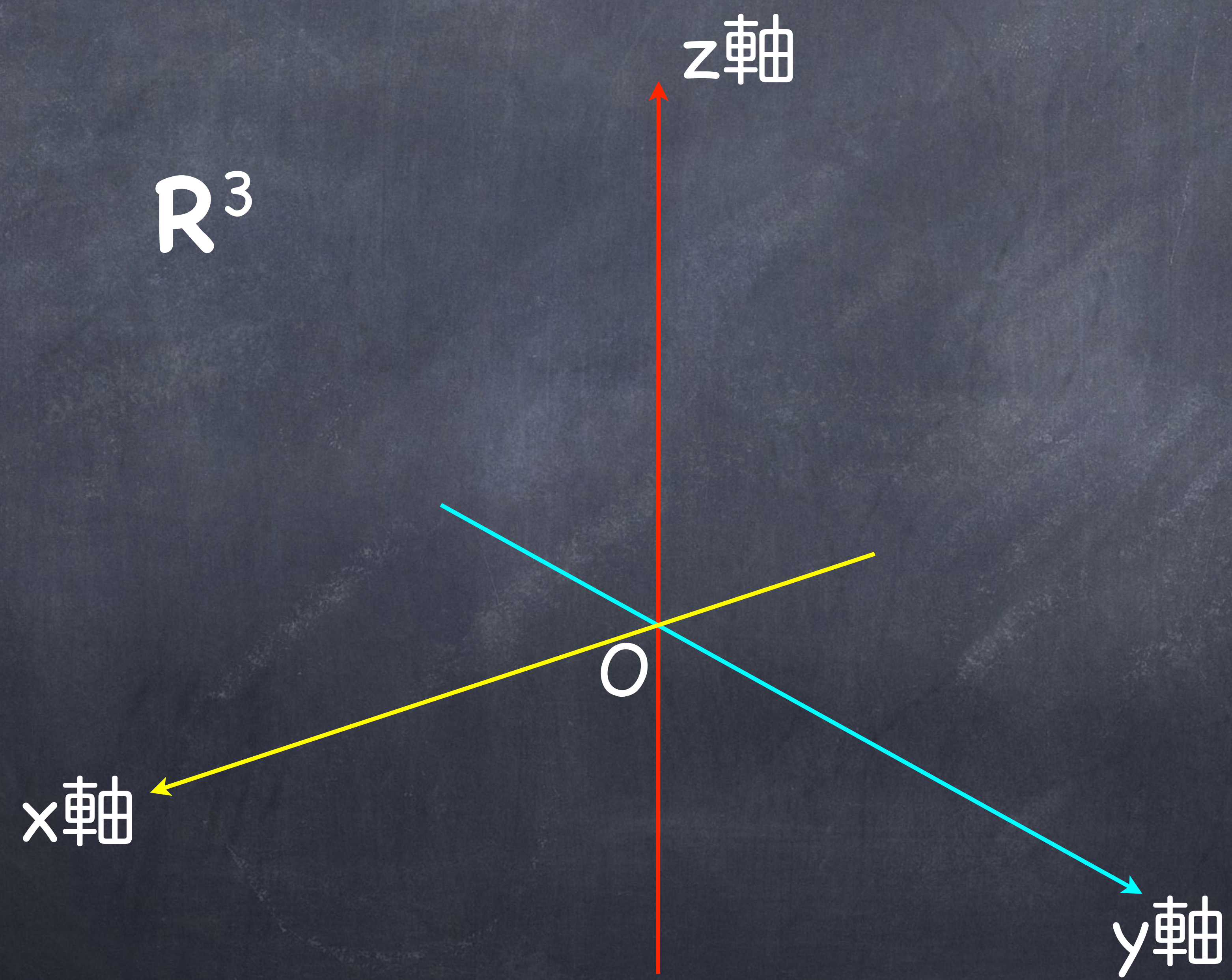
§2. 空間と空間座標

空間の各点は3つの実数 x, y, z の組 (x,y,z) を用いて表されるため, 空間は3つの実数の組 (x,y,z) 全体からなる集合とみなされる. そこで, 空間を $\mathbf{R}^3$ で表すことにする.



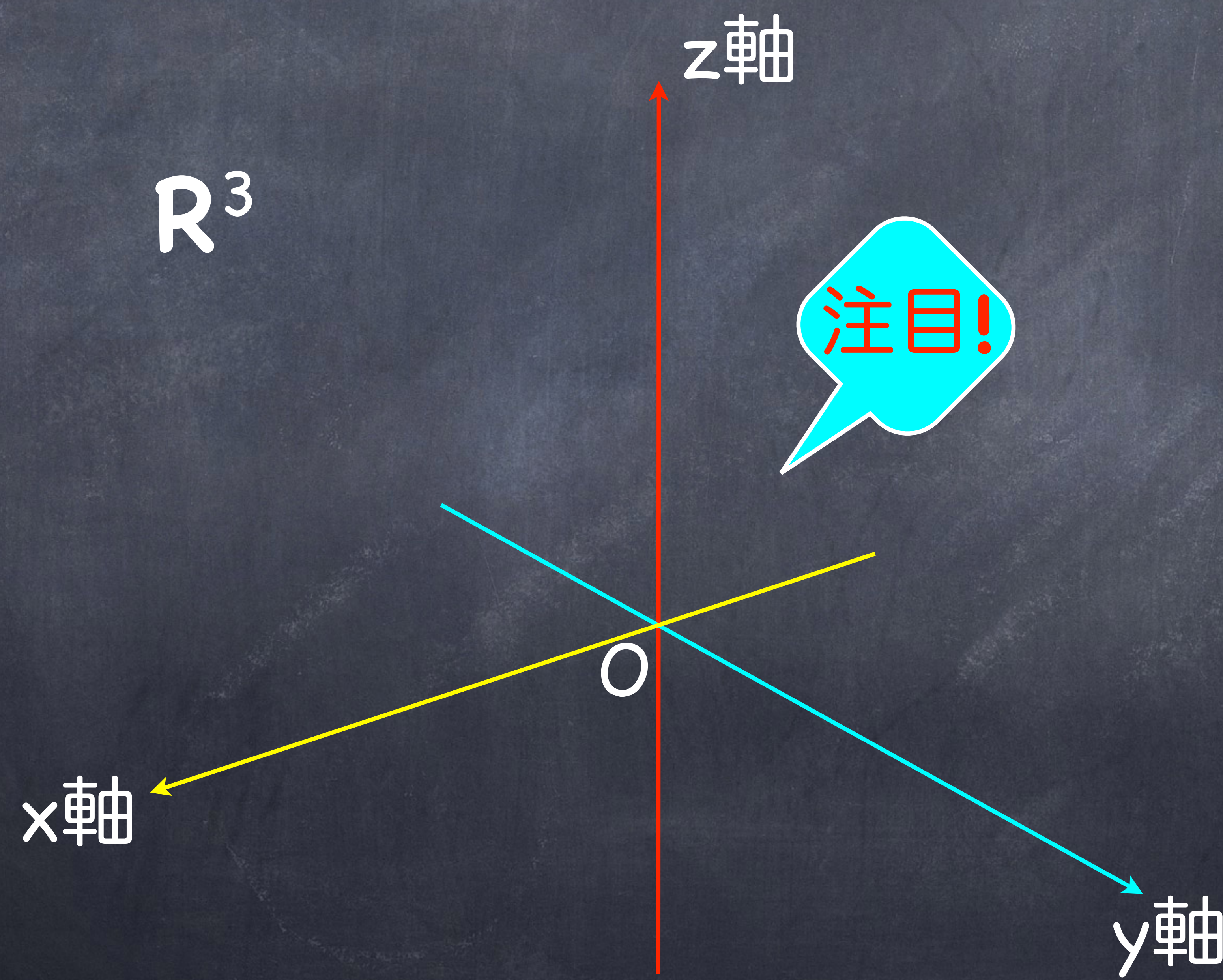
§2. 空間と空間座標

空間の各点は3つの実数 x, y, z の組 (x,y,z) を用いて表されるため, 空間は3つの実数の組 (x,y,z) 全体からなる集合とみなされる. そこで, 空間を $\mathbf{R}^3$ で表すことにする.



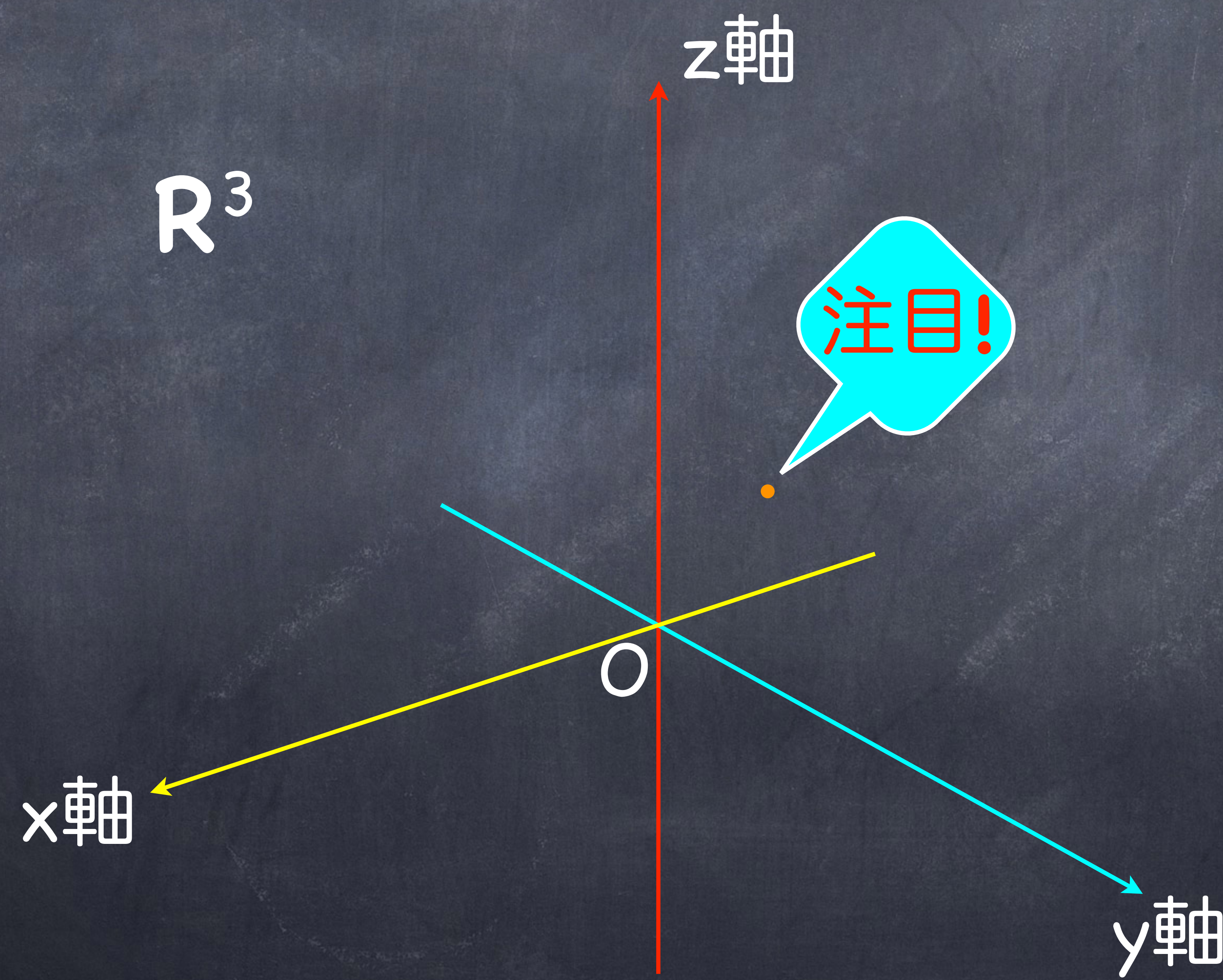
§2. 空間と空間座標

空間の各点は3つの実数 x, y, z の組 (x,y,z) を用いて表されるため, 空間は3つの実数の組 (x,y,z) 全体からなる集合とみなされる. そこで, 空間を $\mathbf{R}^3$ で表すことにする.



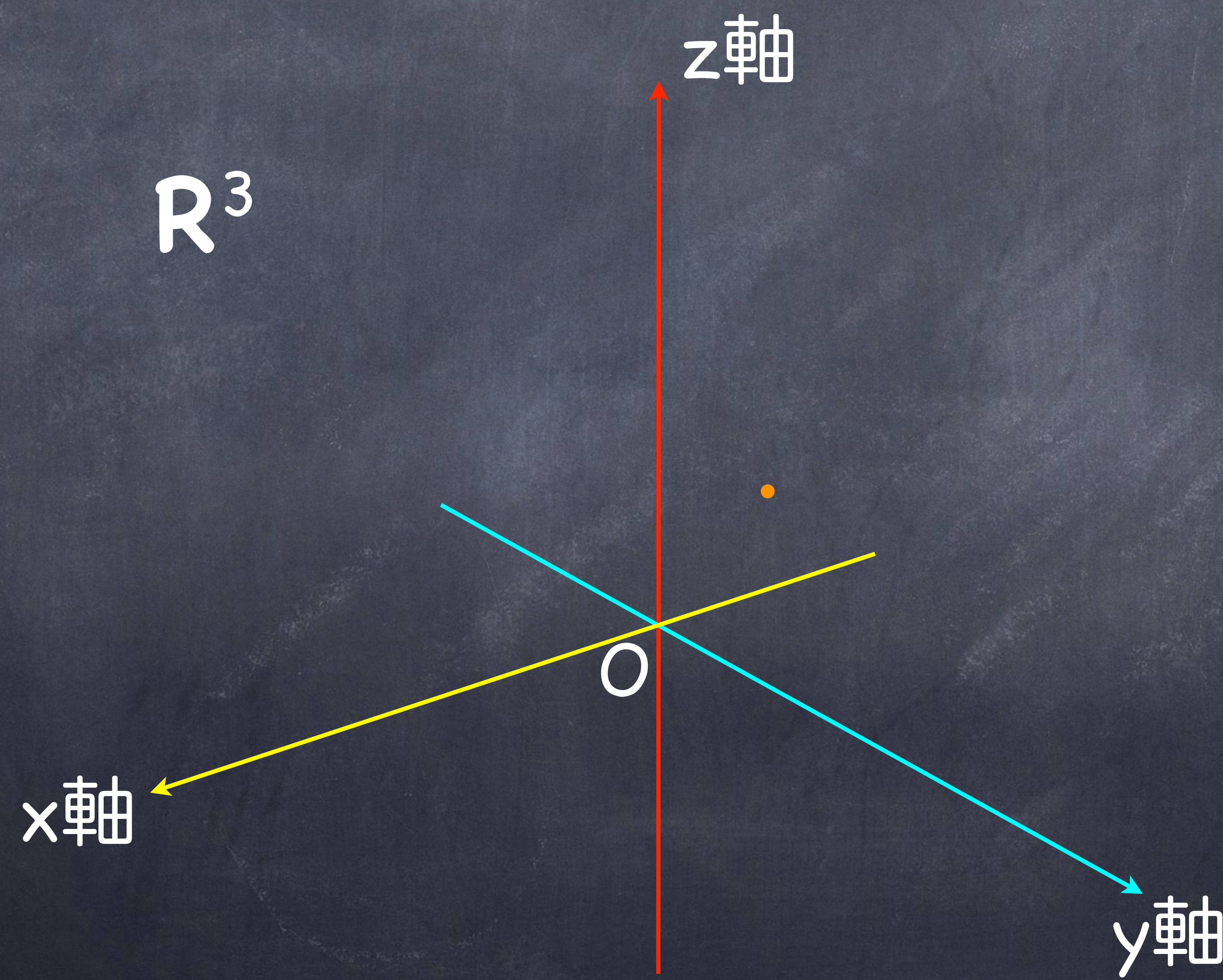
§2. 空間と空間座標

空間の各点は3つの実数 x, y, z の組 (x,y,z) を用いて表されるため, 空間は3つの実数の組 (x,y,z) 全体からなる集合とみなされる. そこで, 空間を $\mathbf{R}^3$ で表すことにする.



§2. 空間と空間座標

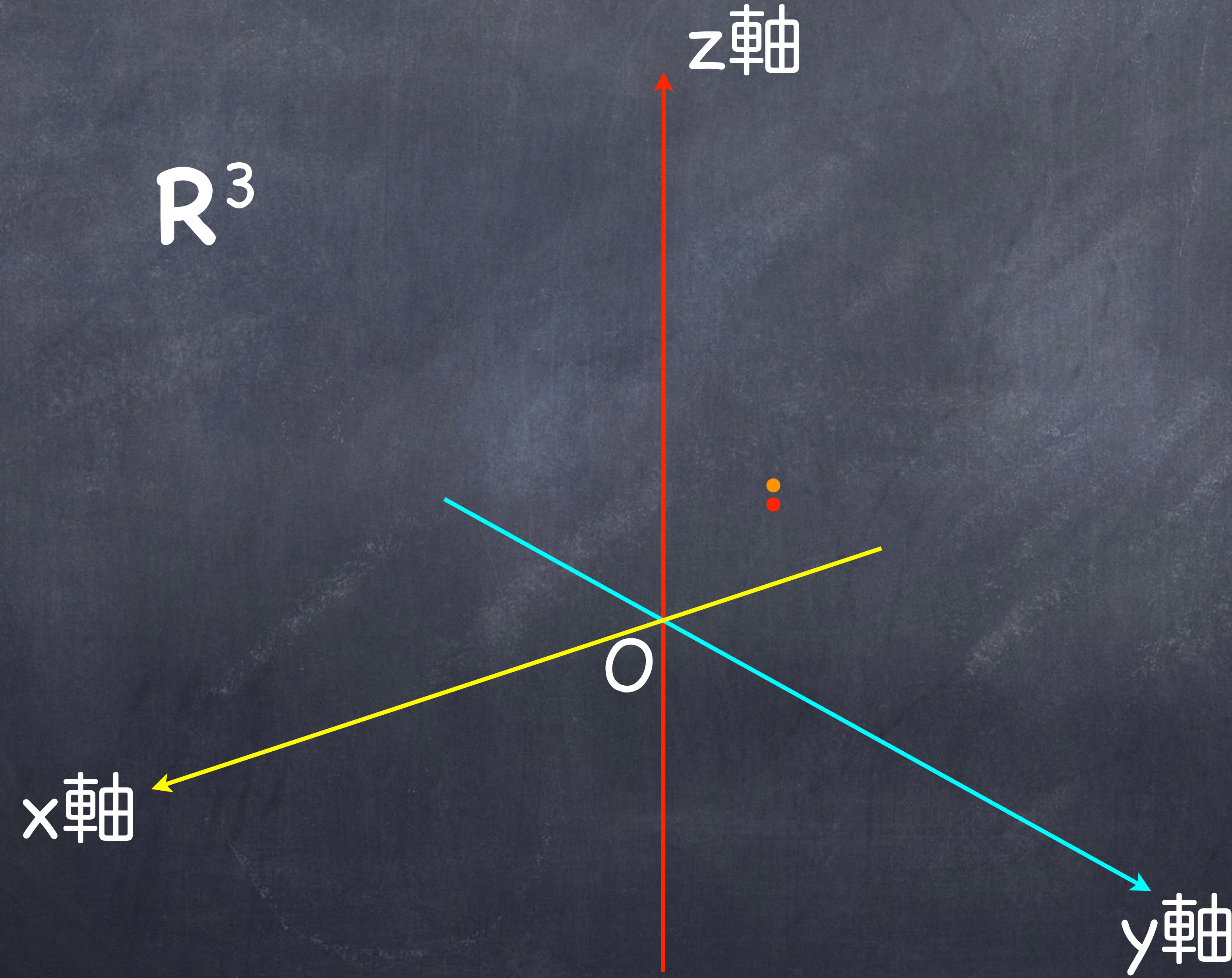
空間の各点は3つの実数 x, y, z の組 (x,y,z) を用いて表されるため, 空間は3つの実数の組 (x,y,z) 全体からなる集合とみなされる. そこで, 空間を $\mathbf{R}^3$ で表すことにする.



§2. 空間と空間座標

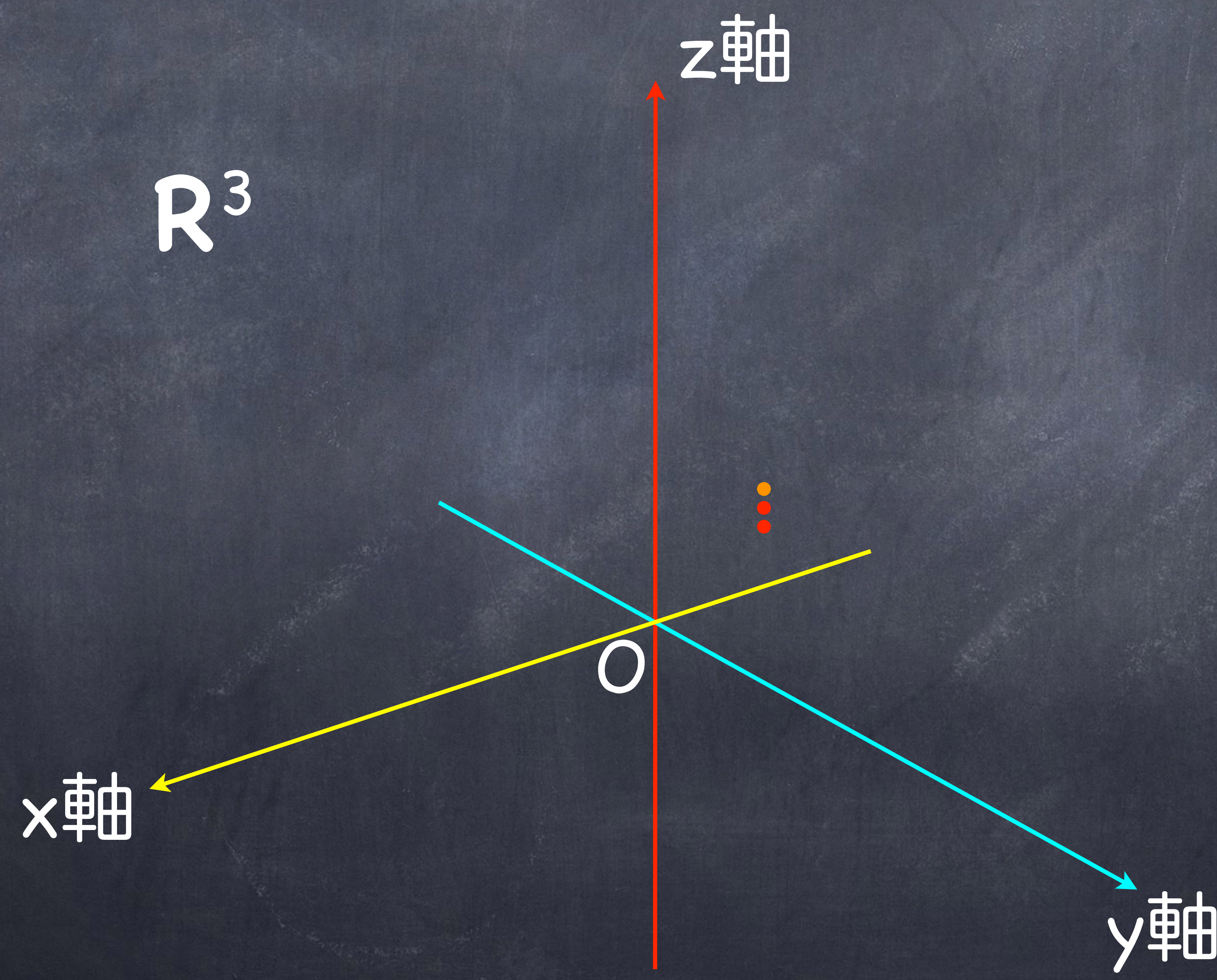
空間の各点は3つの実数 x, y, z の組 (x,y,z) を用いて表されるため, 空間は3つの実数の組 (x,y,z) 全体からなる集合とみなされる. そこで, 空間を $\mathbf{R}^3$ で表すことにする.

$\mathbf{R}^3$



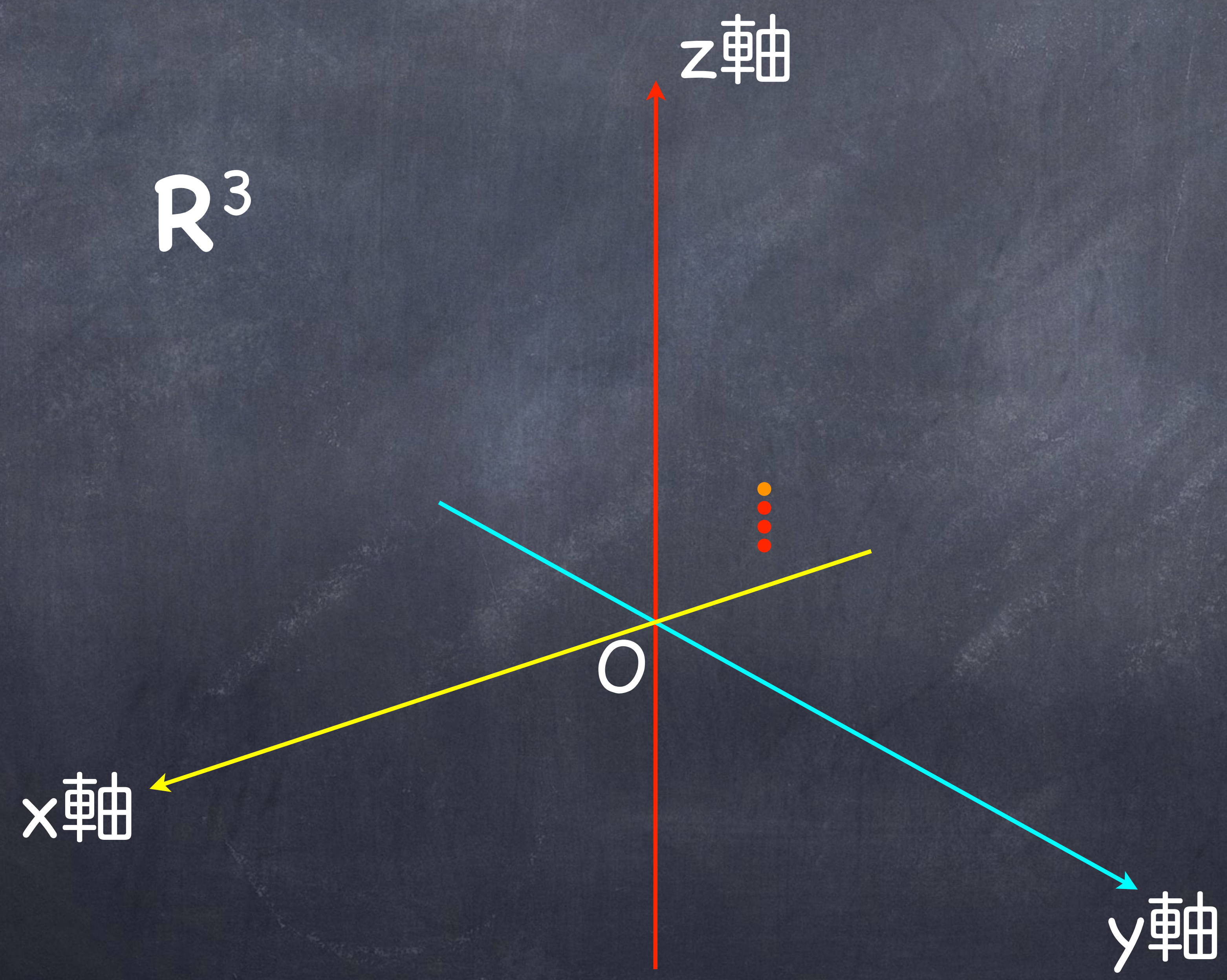
§2. 空間と空間座標

空間の各点は3つの実数 x, y, z の組 (x,y,z) を用いて表されるため, 空間は3つの実数の組 (x,y,z) 全体からなる集合とみなされる. そこで, 空間を $\mathbf{R}^3$ で表すことにする.



§2. 空間と空間座標

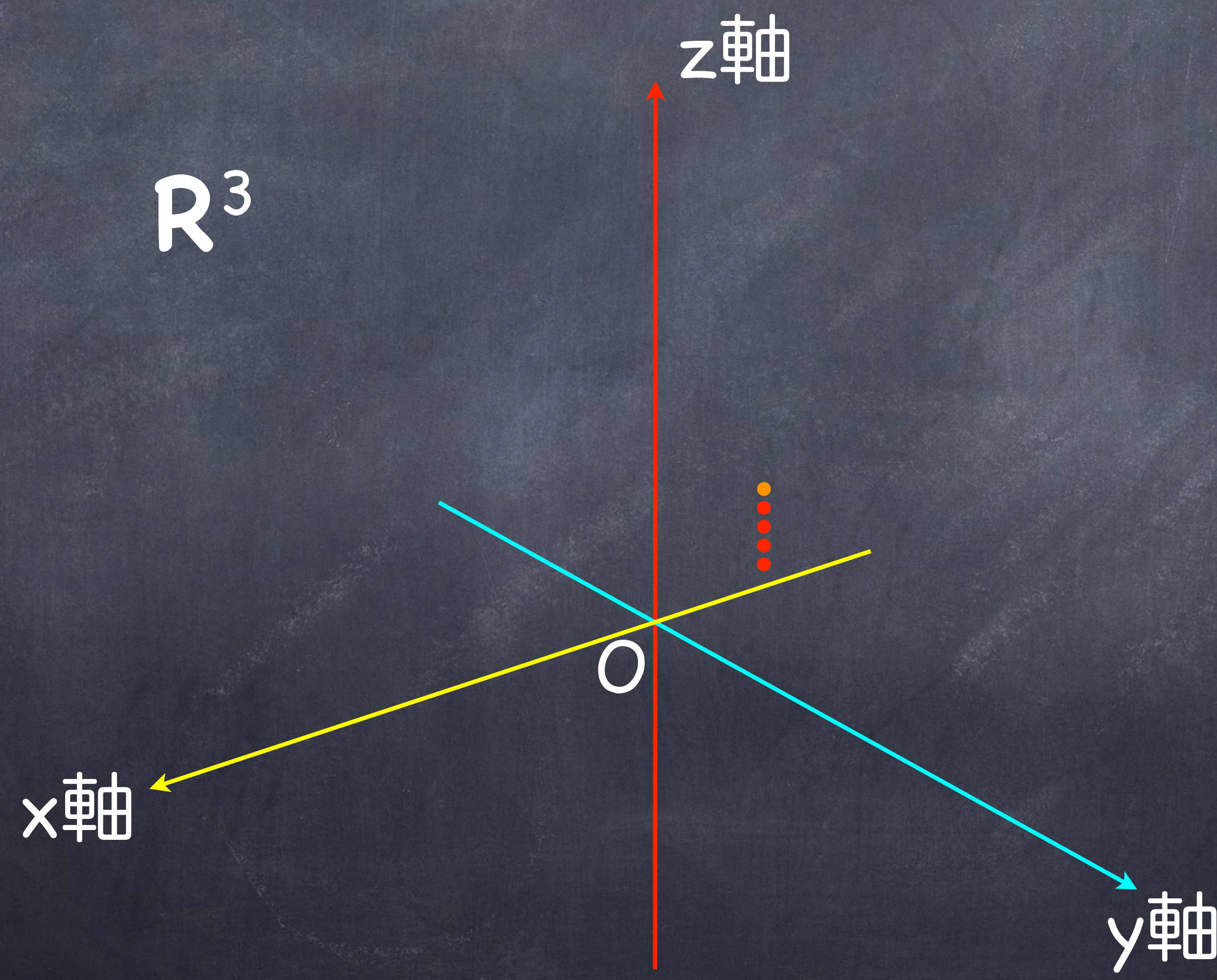
空間の各点は3つの実数 x, y, z の組 (x,y,z) を用いて表されるため, 空間は3つの実数の組 (x,y,z) 全体からなる集合とみなされる. そこで, 空間を $\mathbf{R}^3$ で表すことにする.



§2. 空間と空間座標

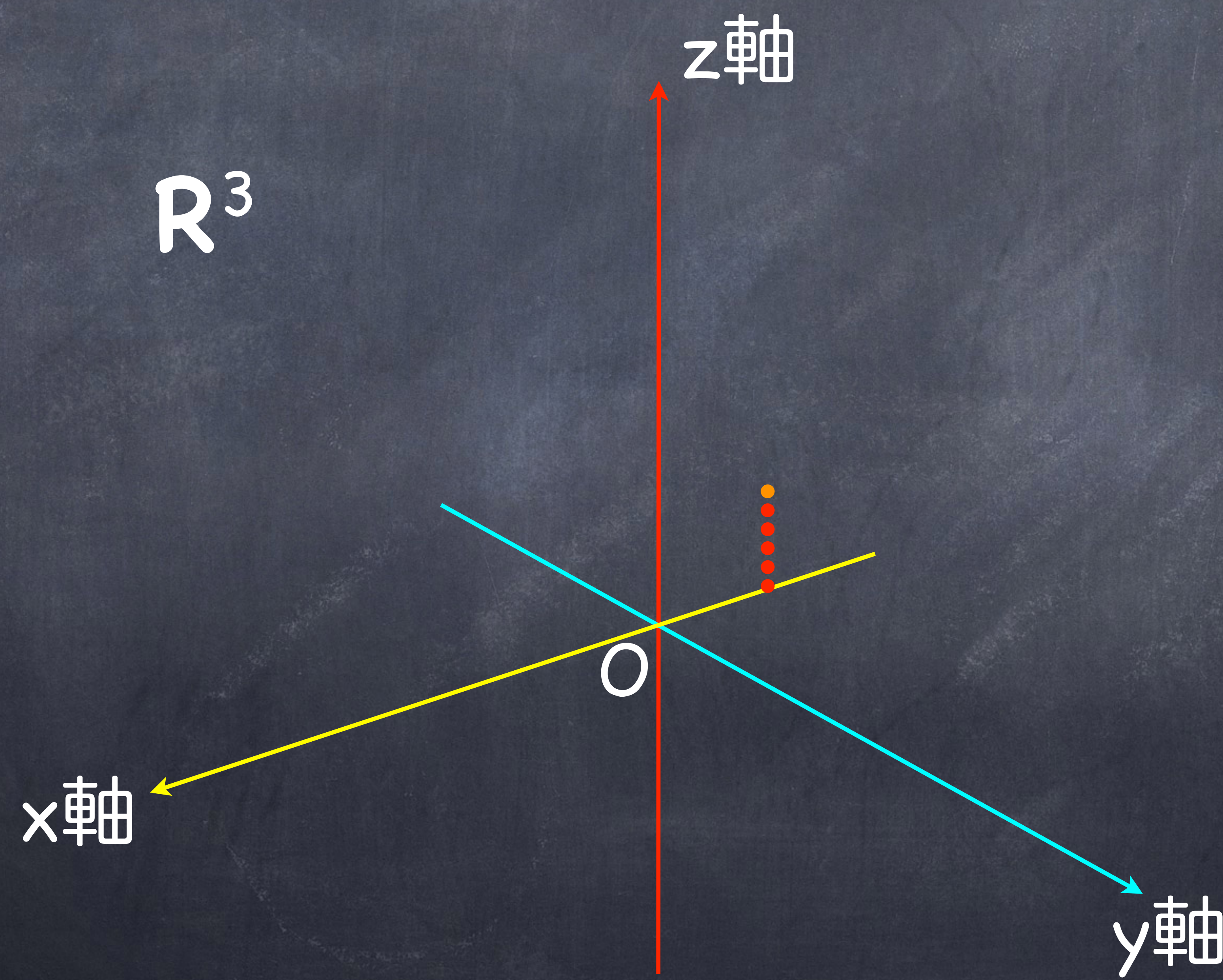
空間の各点は3つの実数 x, y, z の組 (x,y,z) を用いて表されるため, 空間は3つの実数の組 (x,y,z) 全体からなる集合とみなされる. そこで, 空間を $\mathbf{R}^3$ で表すことにする.

$\mathbf{R}^3$



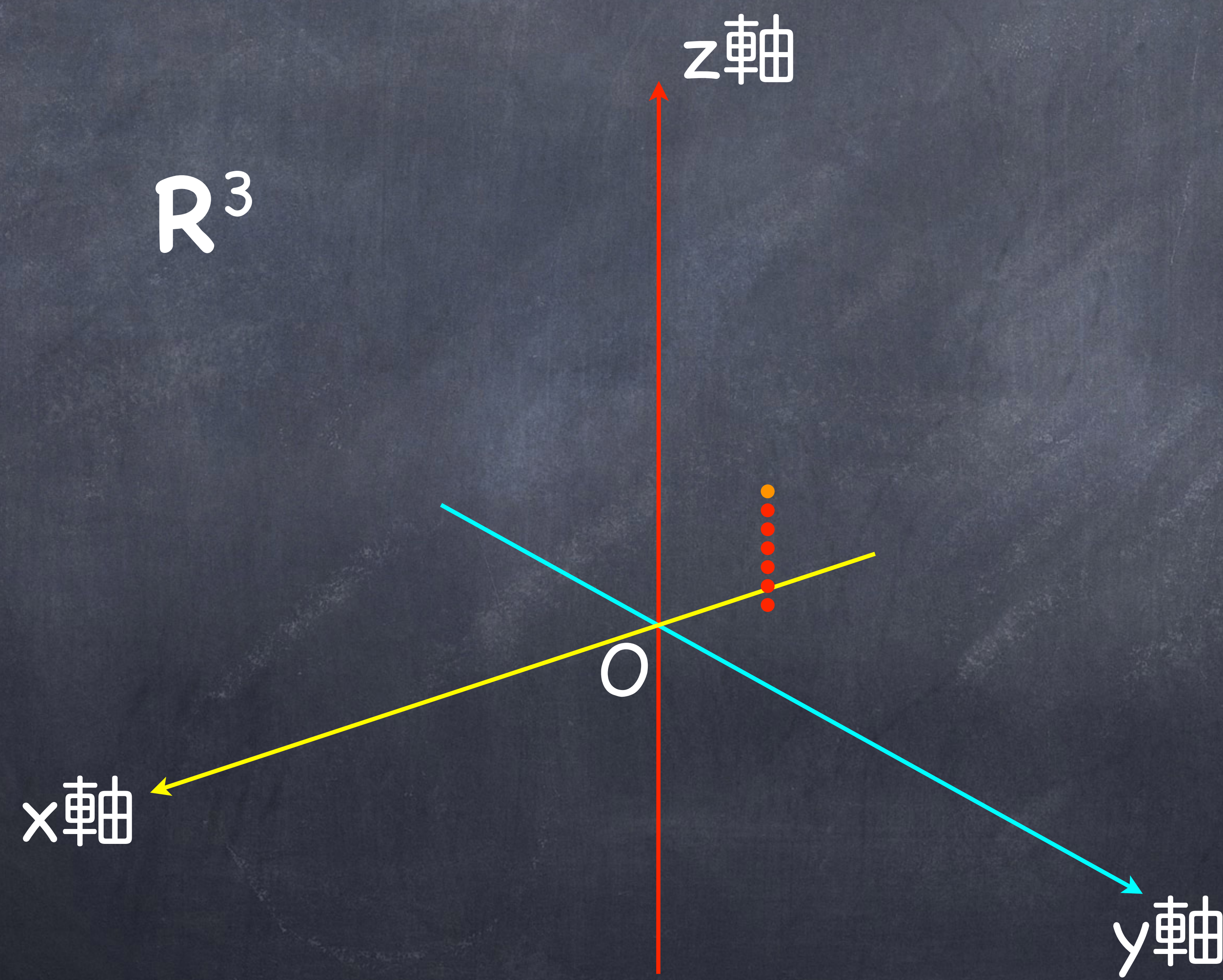
§2. 空間と空間座標

空間の各点は3つの実数 x, y, z の組 (x,y,z) を用いて表されるため, 空間は3つの実数の組 (x,y,z) 全体からなる集合とみなされる. そこで, 空間を $\mathbf{R}^3$ で表すことにする.



§2. 空間と空間座標

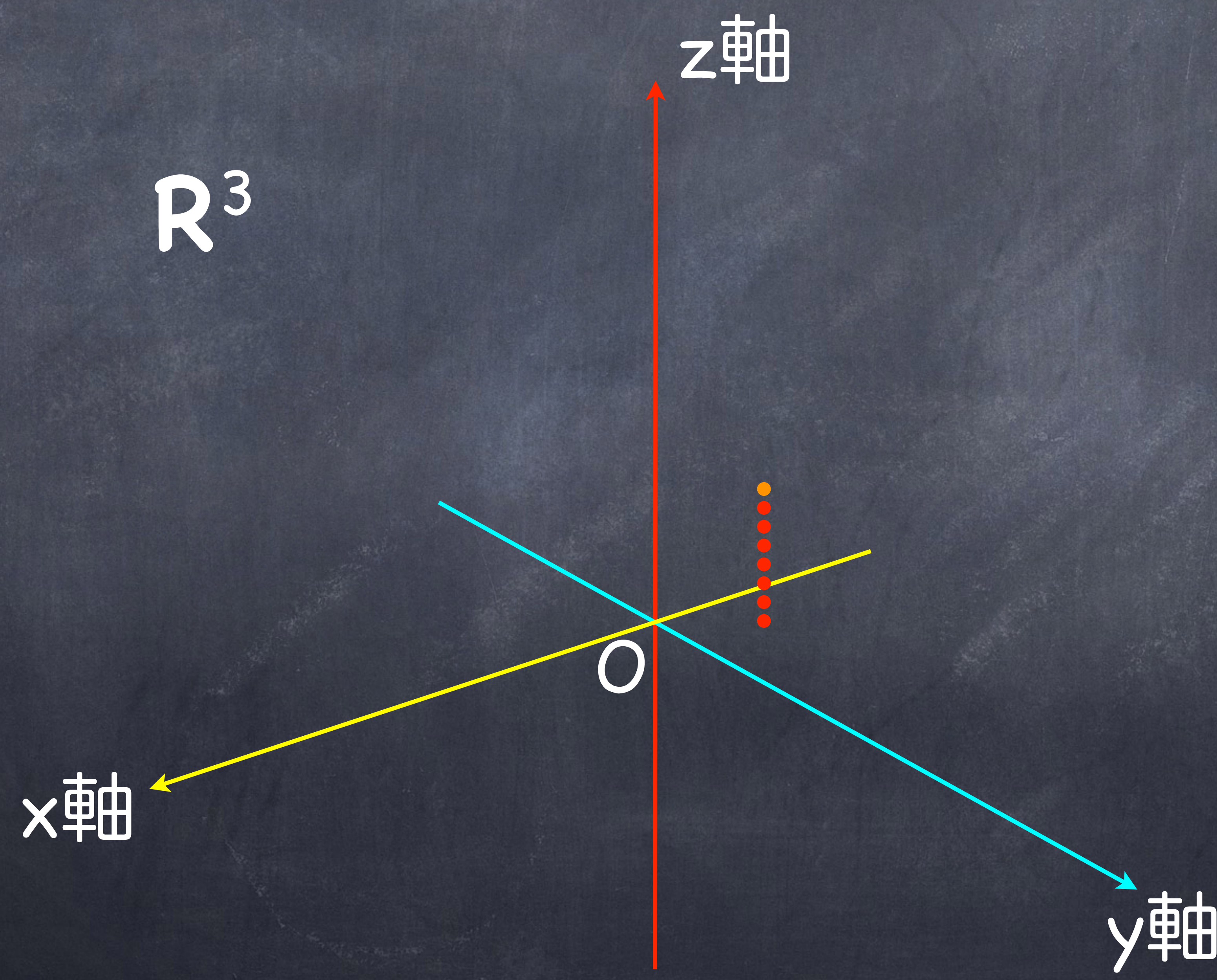
空間の各点は3つの実数 x, y, z の組 (x,y,z) を用いて表されるため, 空間は3つの実数の組 (x,y,z) 全体からなる集合とみなされる. そこで, 空間を $\mathbf{R}^3$ で表すことにする.



§2. 空間と空間座標

空間の各点は3つの実数 x, y, z の組 (x,y,z) を用いて表されるため, 空間は3つの実数の組 (x,y,z) 全体からなる集合とみなされる. そこで, 空間を $\mathbf{R}^3$ で表すことにする.

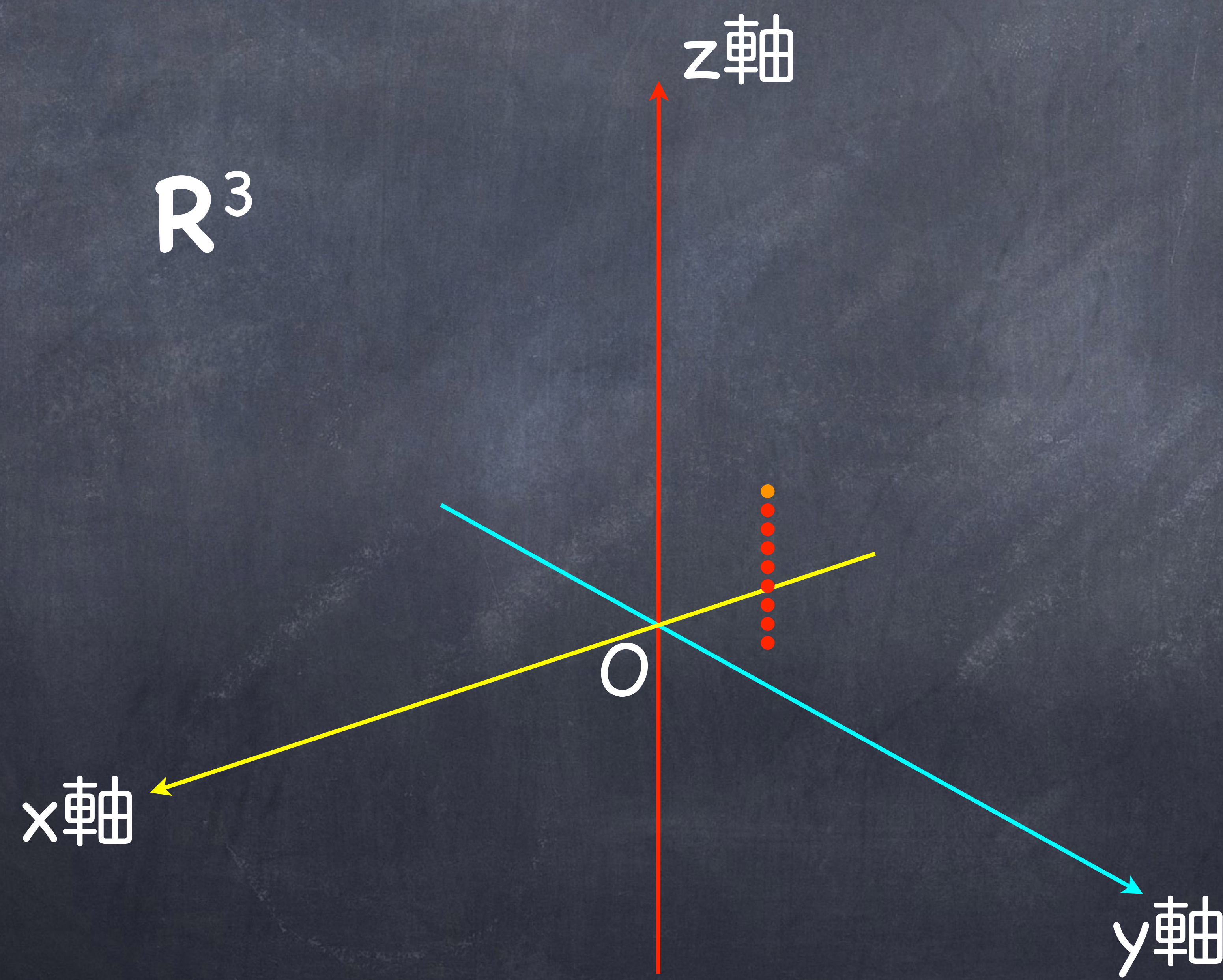
$\mathbf{R}^3$



§2. 空間と空間座標

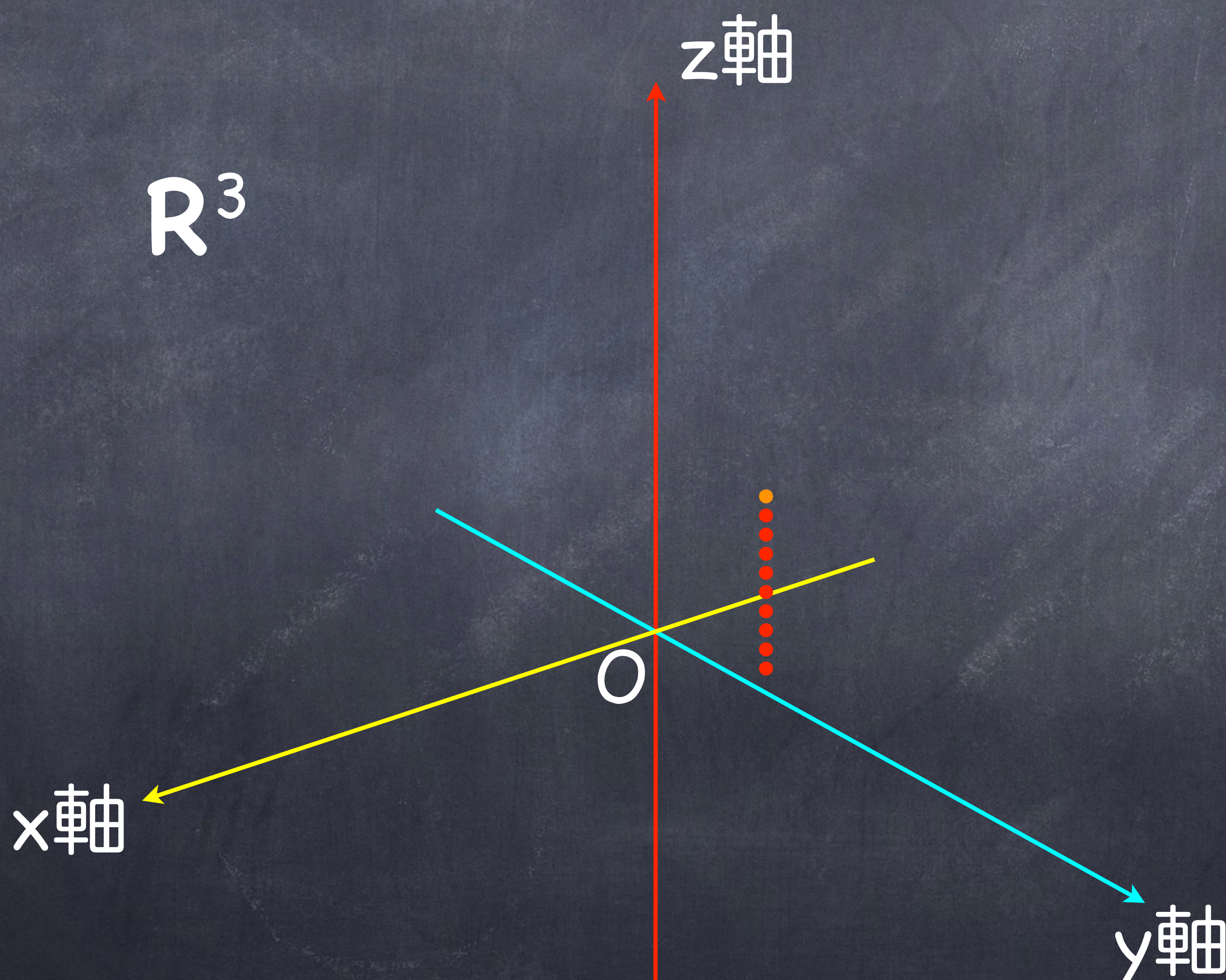
空間の各点は3つの実数 x, y, z の組 (x,y,z) を用いて表されるため, 空間は3つの実数の組 (x,y,z) 全体からなる集合とみなされる. そこで, 空間を $\mathbf{R}^3$ で表すことにする.

$\mathbf{R}^3$



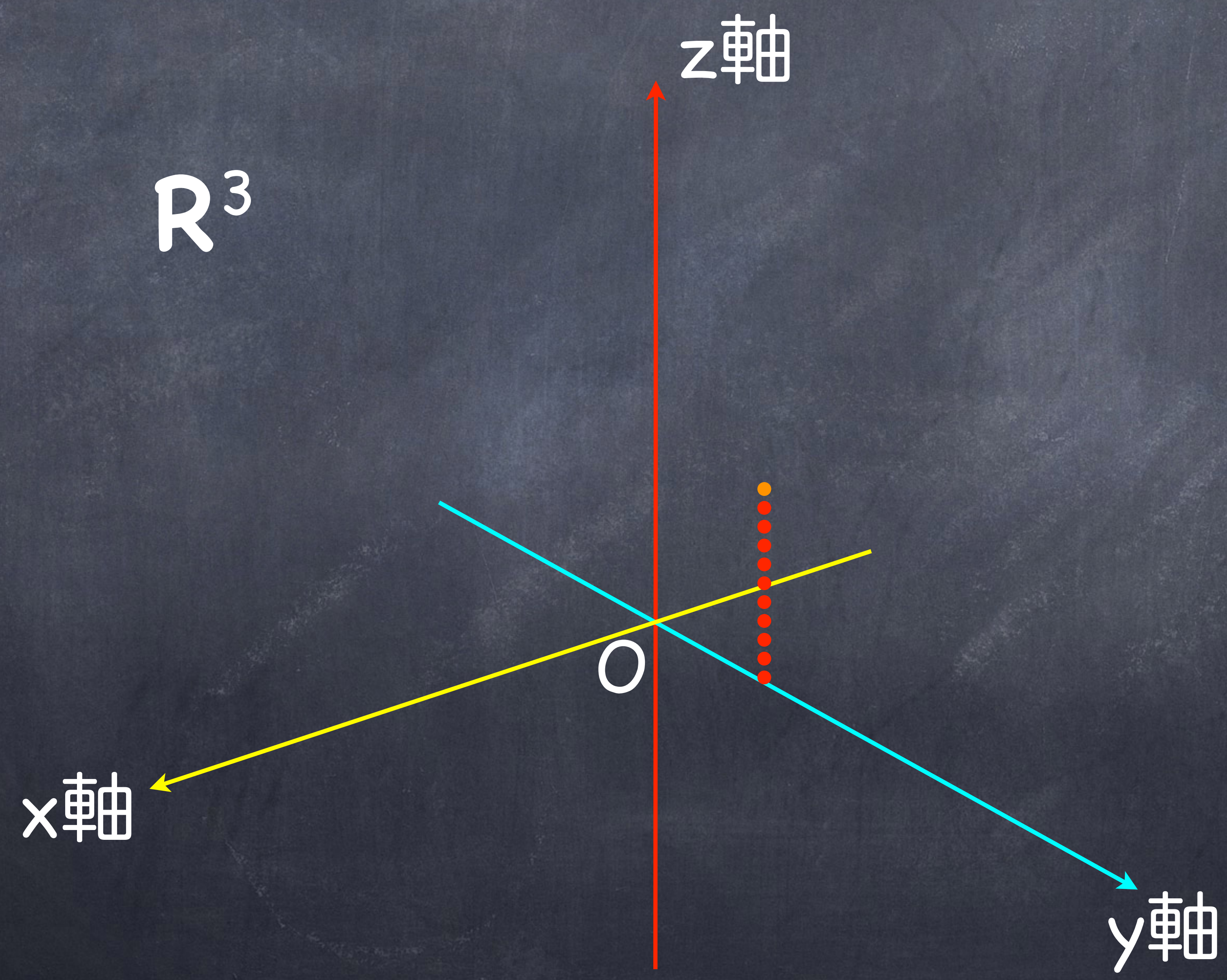
§2. 空間と空間座標

空間の各点は3つの実数 x, y, z の組 (x,y,z) を用いて表されるため, 空間は3つの実数の組 (x,y,z) 全体からなる集合とみなされる. そこで, 空間を $\mathbf{R}^3$ で表すことにする.



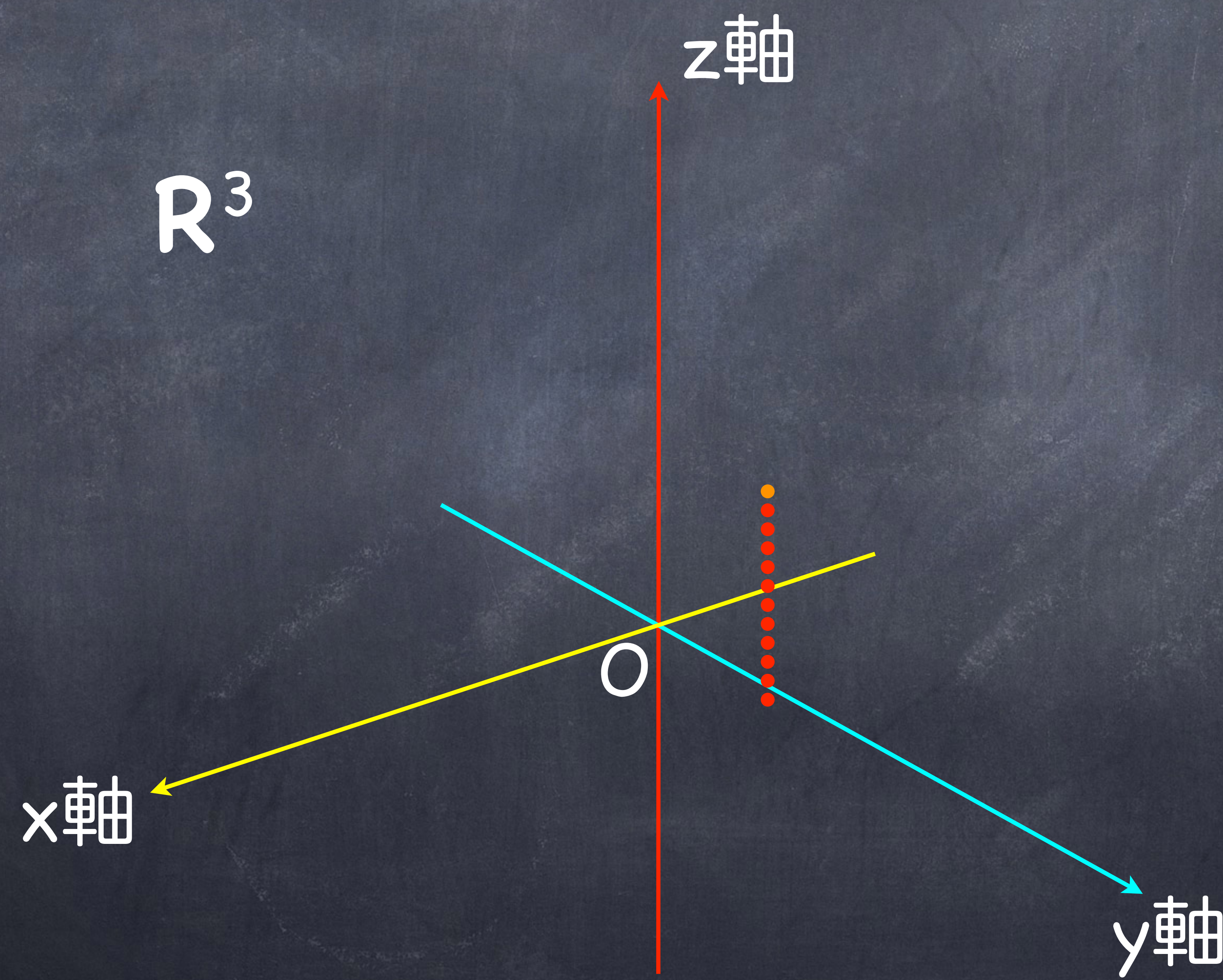
§2. 空間と空間座標

空間の各点は3つの実数 x, y, z の組 (x,y,z) を用いて表されるため, 空間は3つの実数の組 (x,y,z) 全体からなる集合とみなされる. そこで, 空間を $\mathbf{R}^3$ で表すことにする.



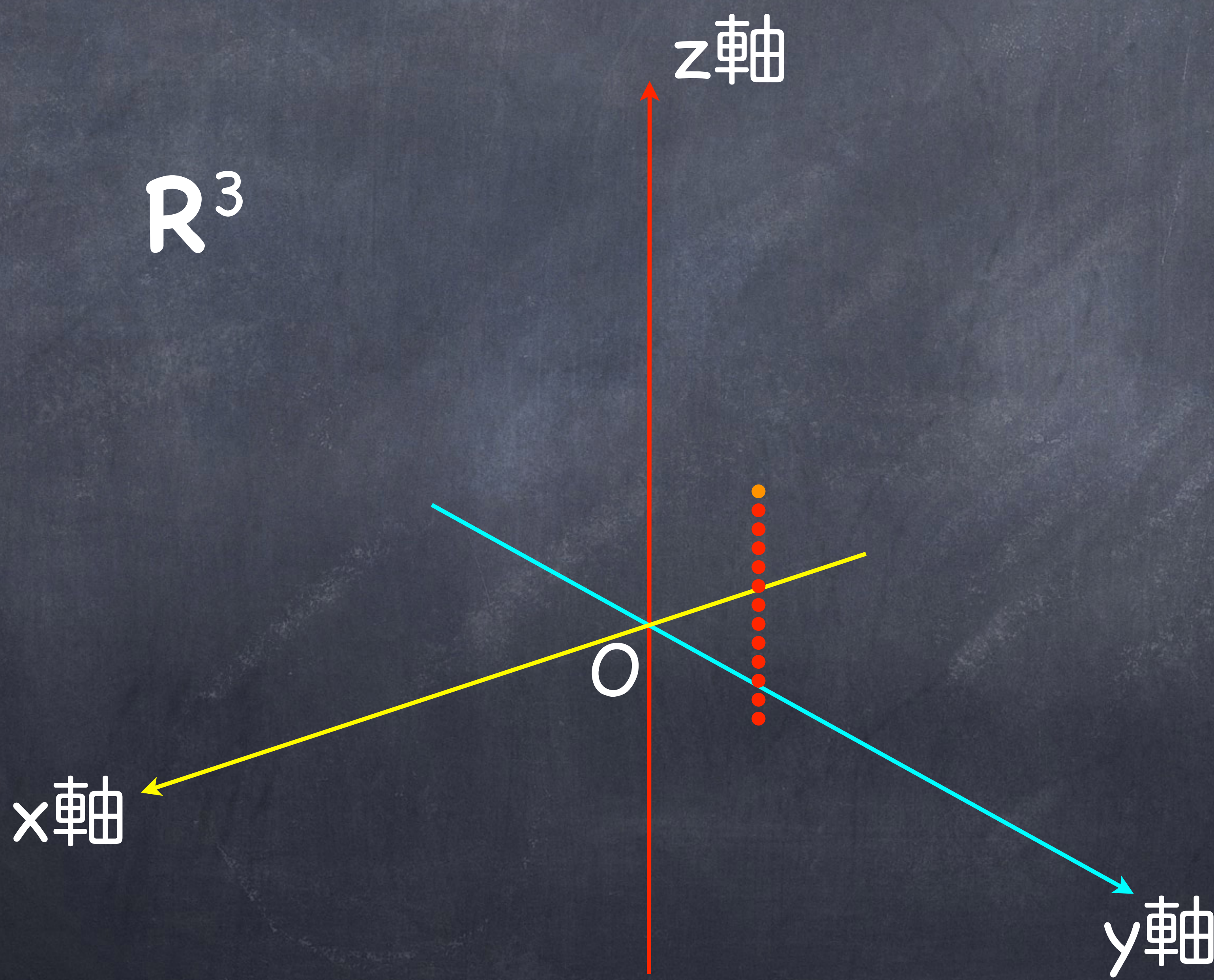
§2. 空間と空間座標

空間の各点は3つの実数 x, y, z の組 (x,y,z) を用いて表されるため, 空間は3つの実数の組 (x,y,z) 全体からなる集合とみなされる. そこで, 空間を $\mathbf{R}^3$ で表すことにする.



§2. 空間と空間座標

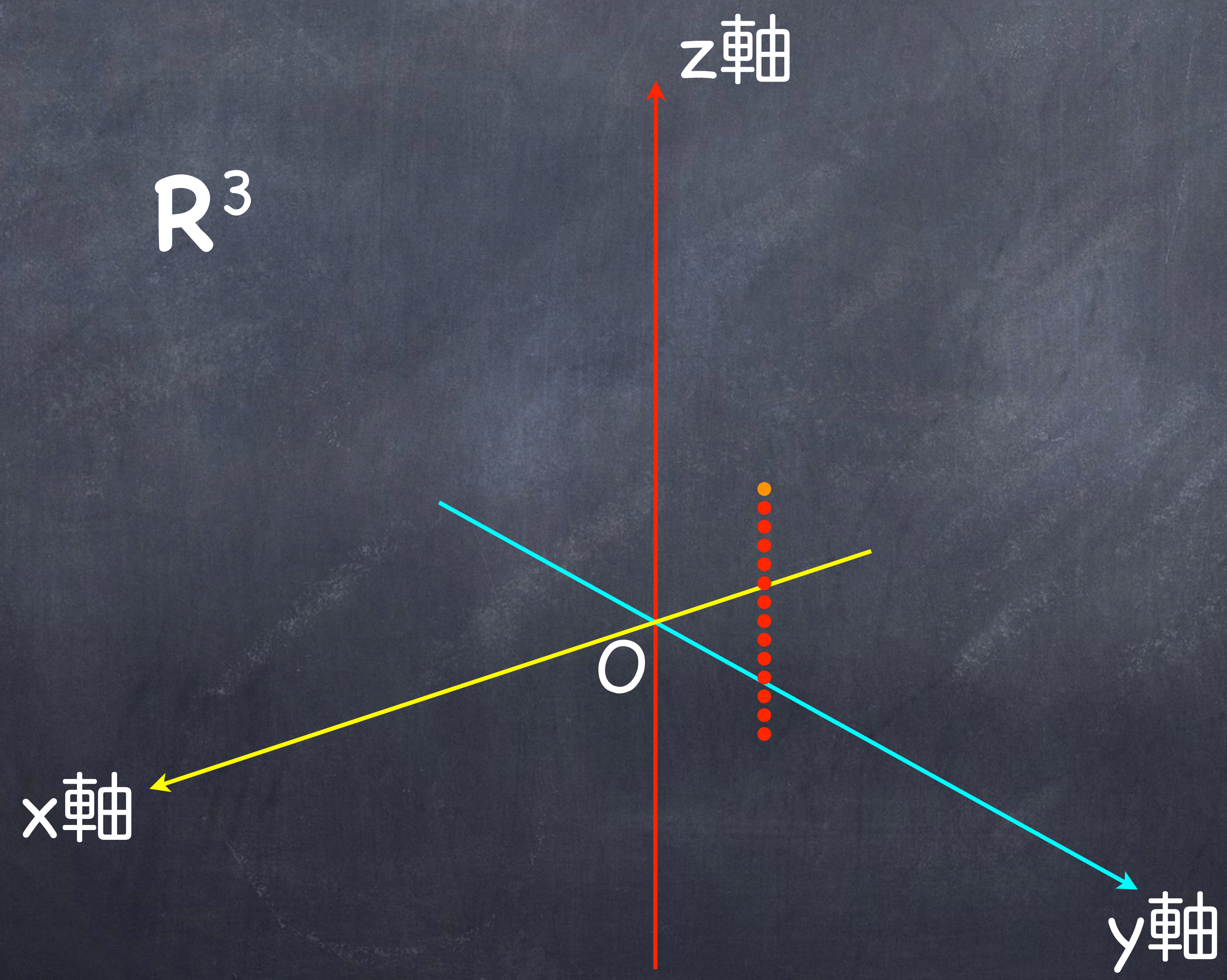
空間の各点は3つの実数 x, y, z の組 (x,y,z) を用いて表されるため, 空間は3つの実数の組 (x,y,z) 全体からなる集合とみなされる. そこで, 空間を $\mathbf{R}^3$ で表すことにする.



§2. 空間と空間座標

空間の各点は3つの実数 x, y, z の組 (x,y,z) を用いて表されるため, 空間は3つの実数の組 (x,y,z) 全体からなる集合とみなされる. そこで, 空間を $\mathbf{R}^3$ で表すことにする.

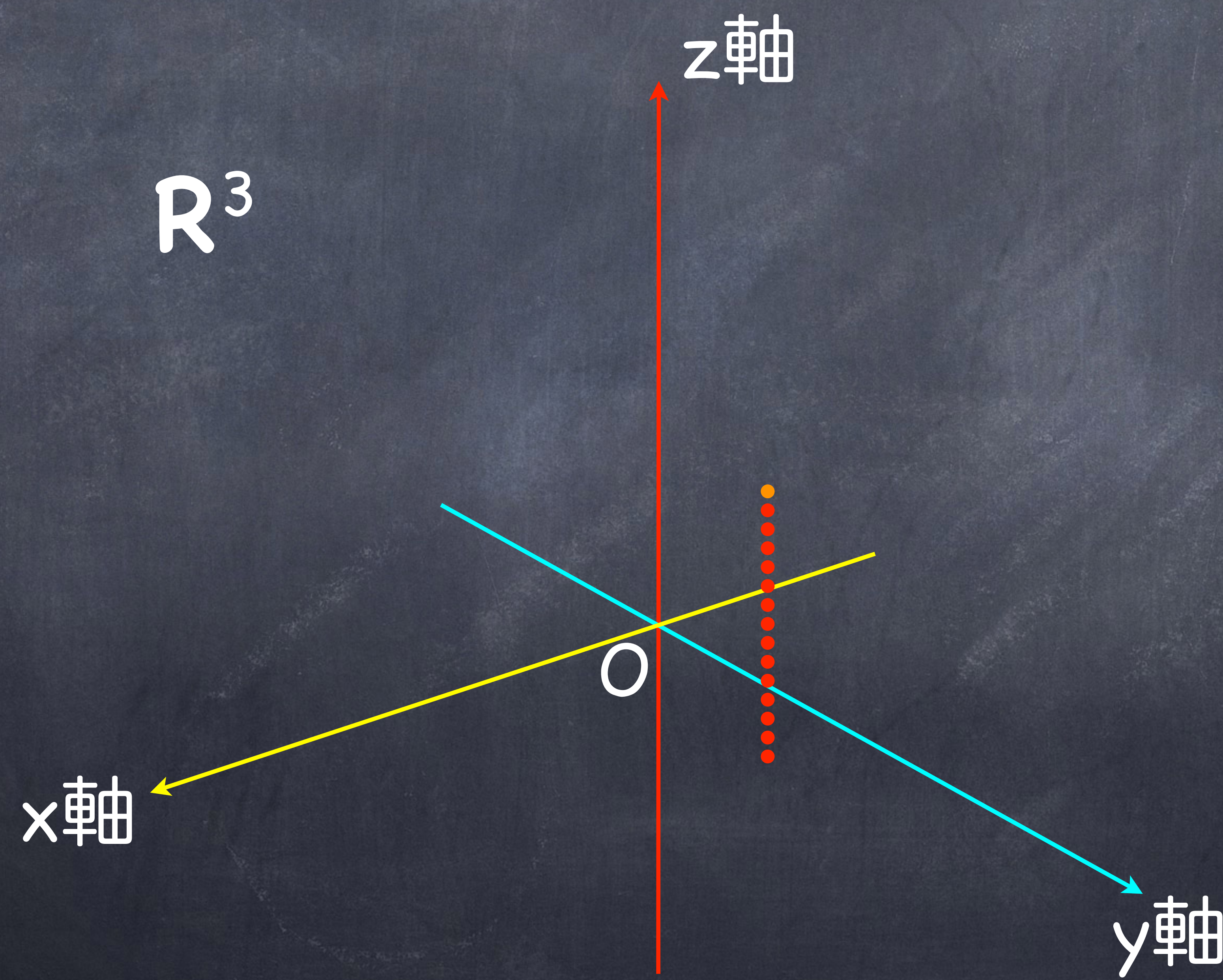
$\mathbf{R}^3$



§2. 空間と空間座標

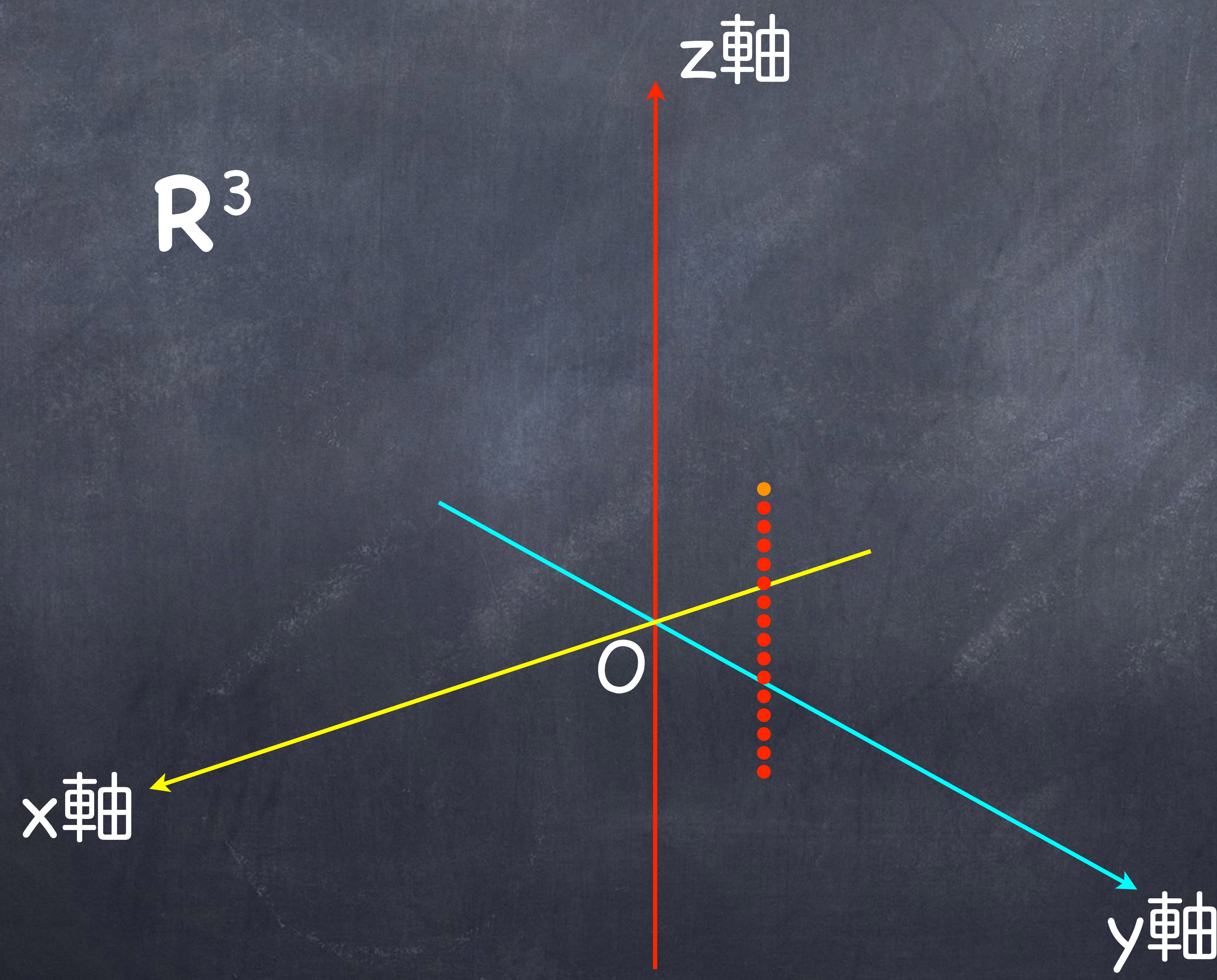
空間の各点は3つの実数 x, y, z の組 (x,y,z) を用いて表されるため, 空間は3つの実数の組 (x,y,z) 全体からなる集合とみなされる. そこで, 空間を $\mathbf{R}^3$ で表すことにする.

$\mathbf{R}^3$



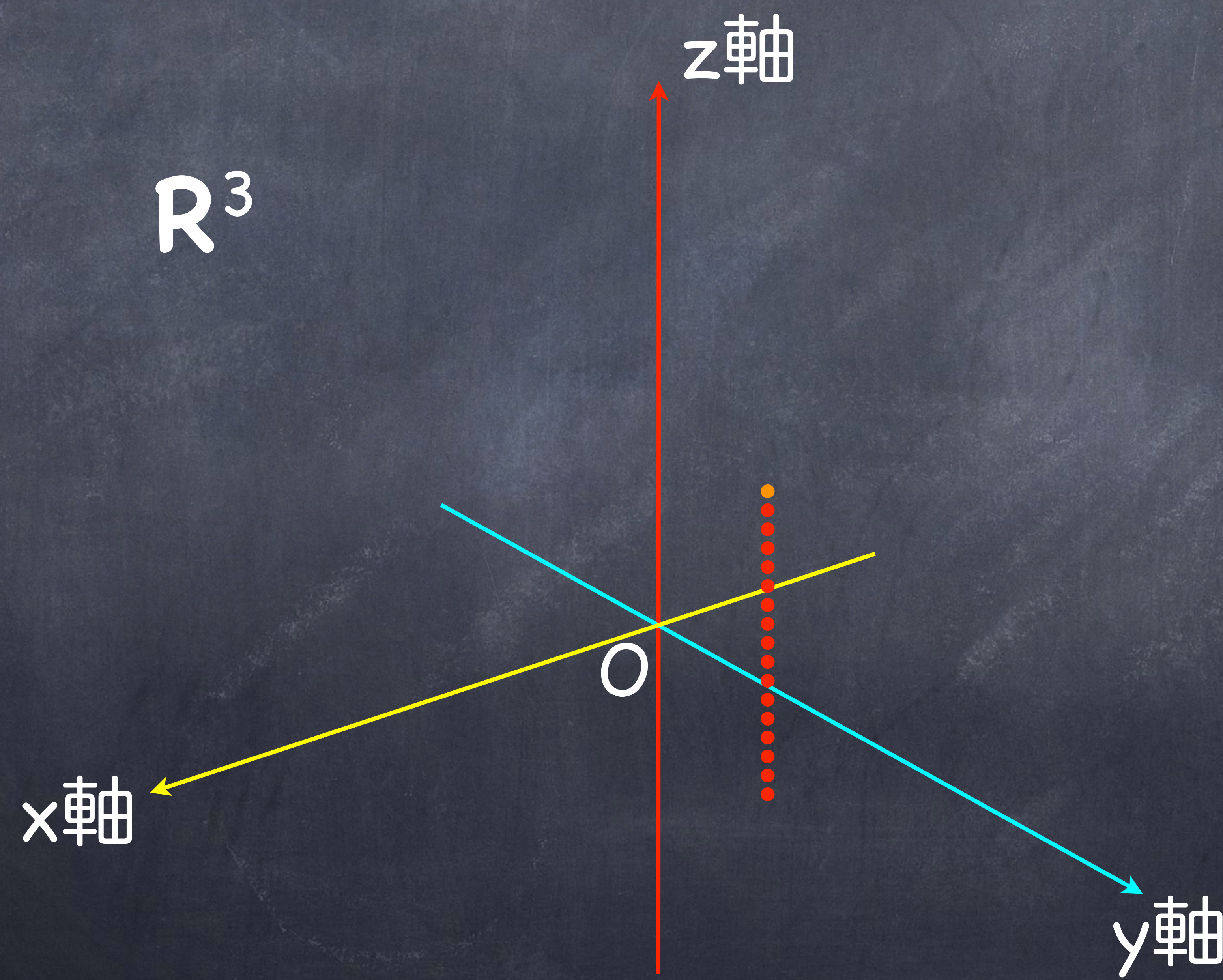
§2. 空間と空間座標

空間の各点は3つの実数 x, y, z の組 (x,y,z) を用いて表されるため, 空間は3つの実数の組 (x,y,z) 全体からなる集合とみなされる. そこで, 空間を $\mathbf{R}^3$ で表すことにする.



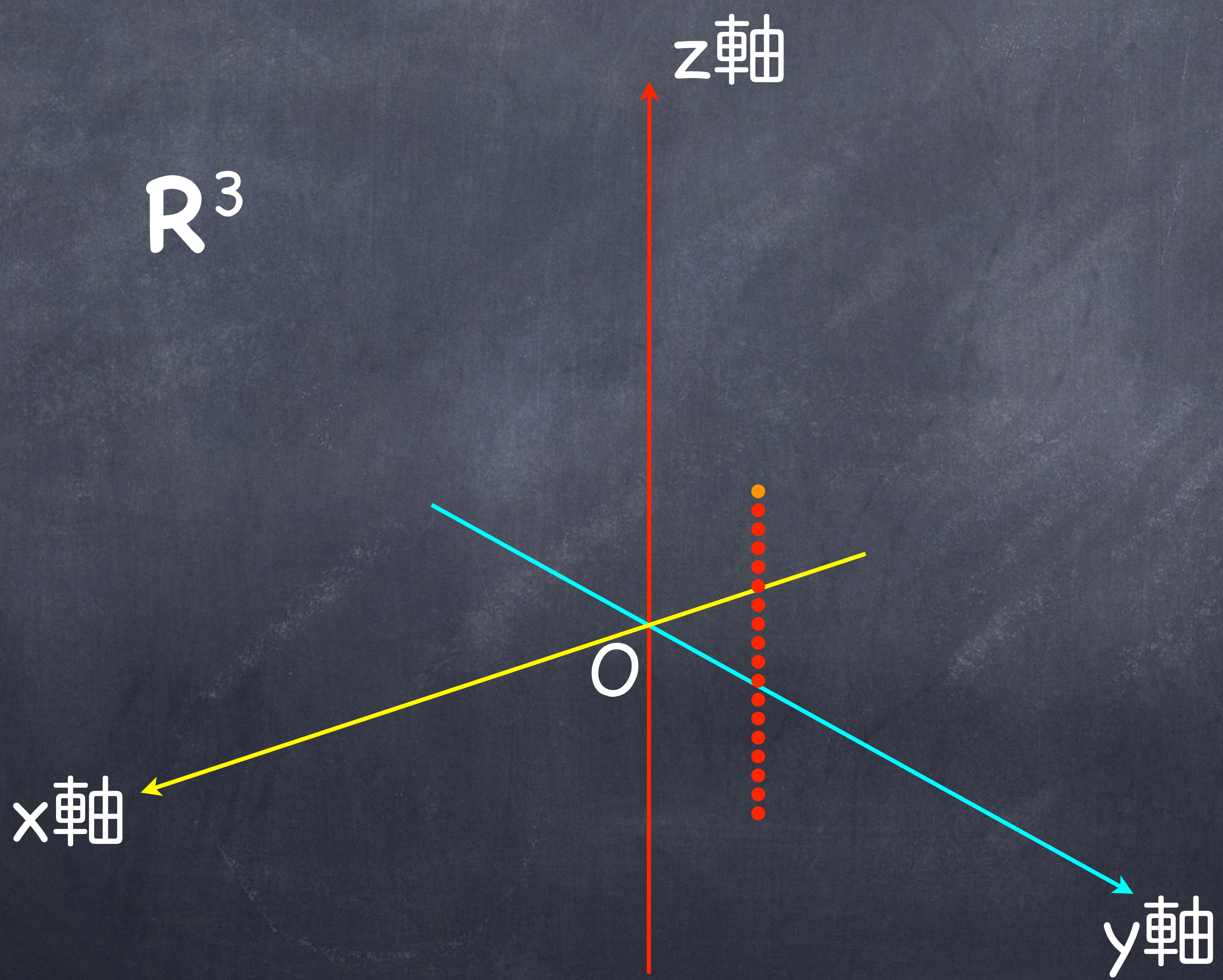
§2. 空間と空間座標

空間の各点は3つの実数 x, y, z の組 (x,y,z) を用いて表されるため, 空間は3つの実数の組 (x,y,z) 全体からなる集合とみなされる. そこで, 空間を $\mathbf{R}^3$ で表すことにする.



§2. 空間と空間座標

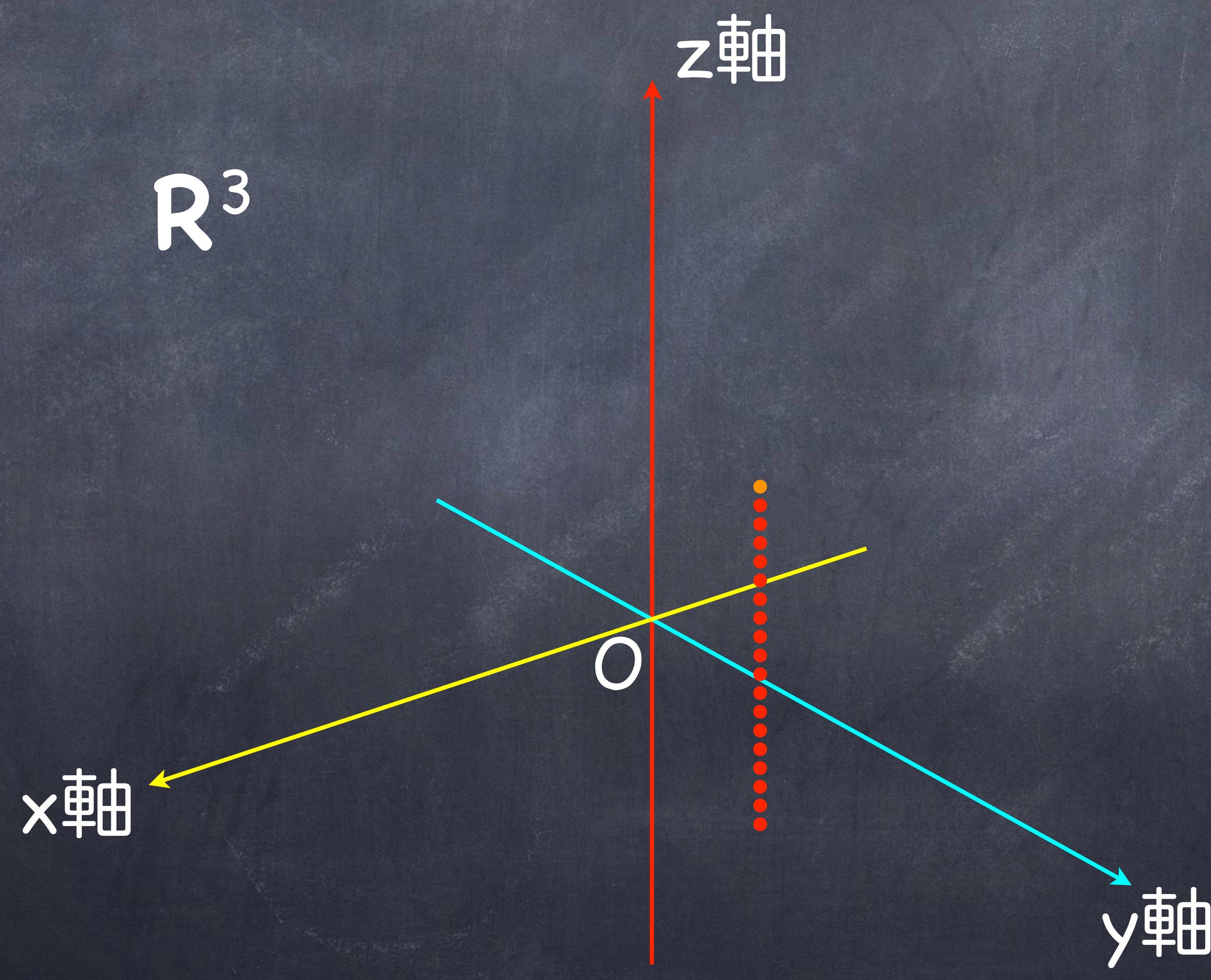
空間の各点は3つの実数 x, y, z の組 (x,y,z) を用いて表されるため, 空間は3つの実数の組 (x,y,z) 全体からなる集合とみなされる. そこで, 空間を $\mathbf{R}^3$ で表すことにする.



§2. 空間と空間座標

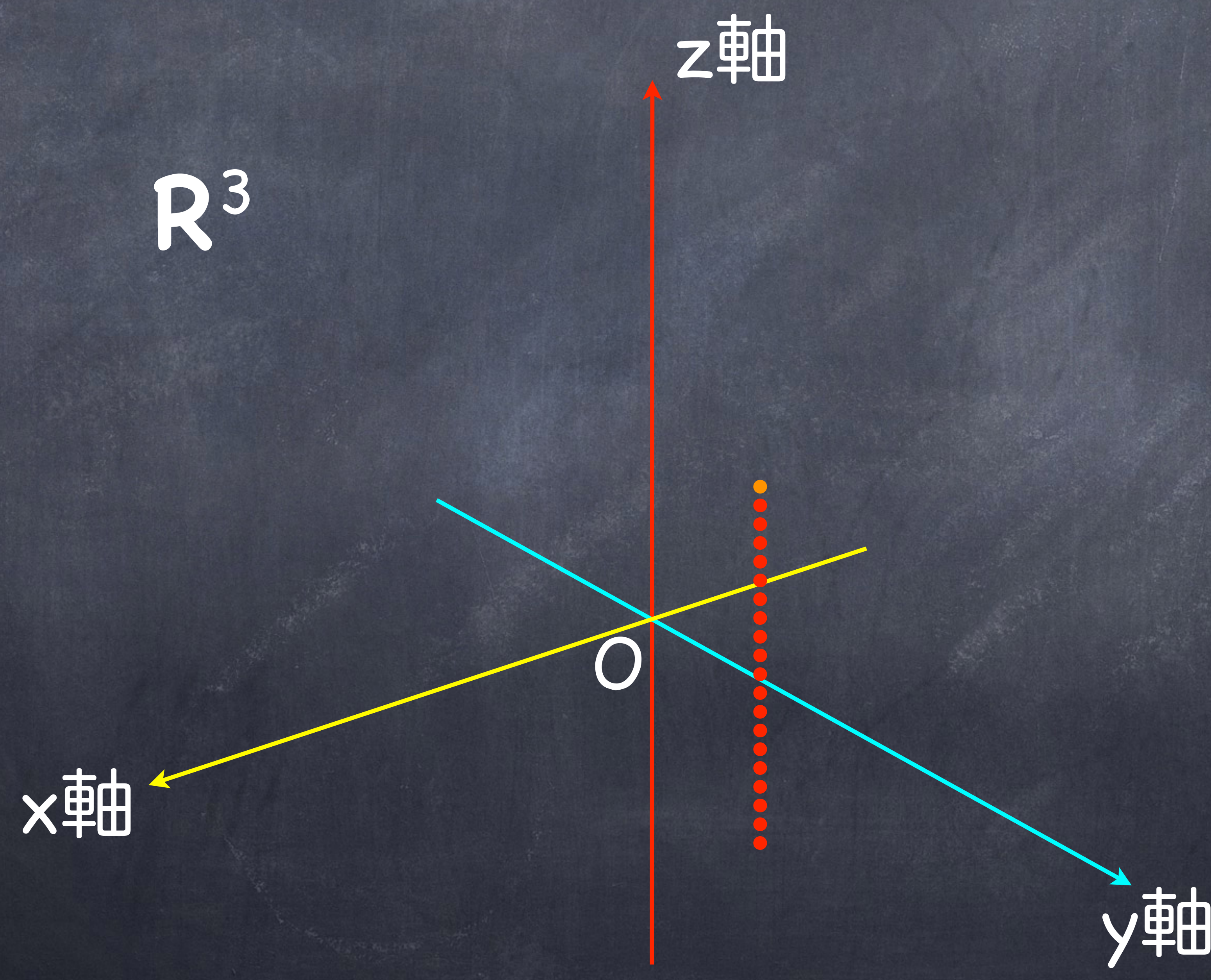
空間の各点は3つの実数 x, y, z の組 (x,y,z) を用いて表されるため, 空間は3つの実数の組 (x,y,z) 全体からなる集合とみなされる. そこで, 空間を $\mathbf{R}^3$ で表すことにする.

$\mathbf{R}^3$



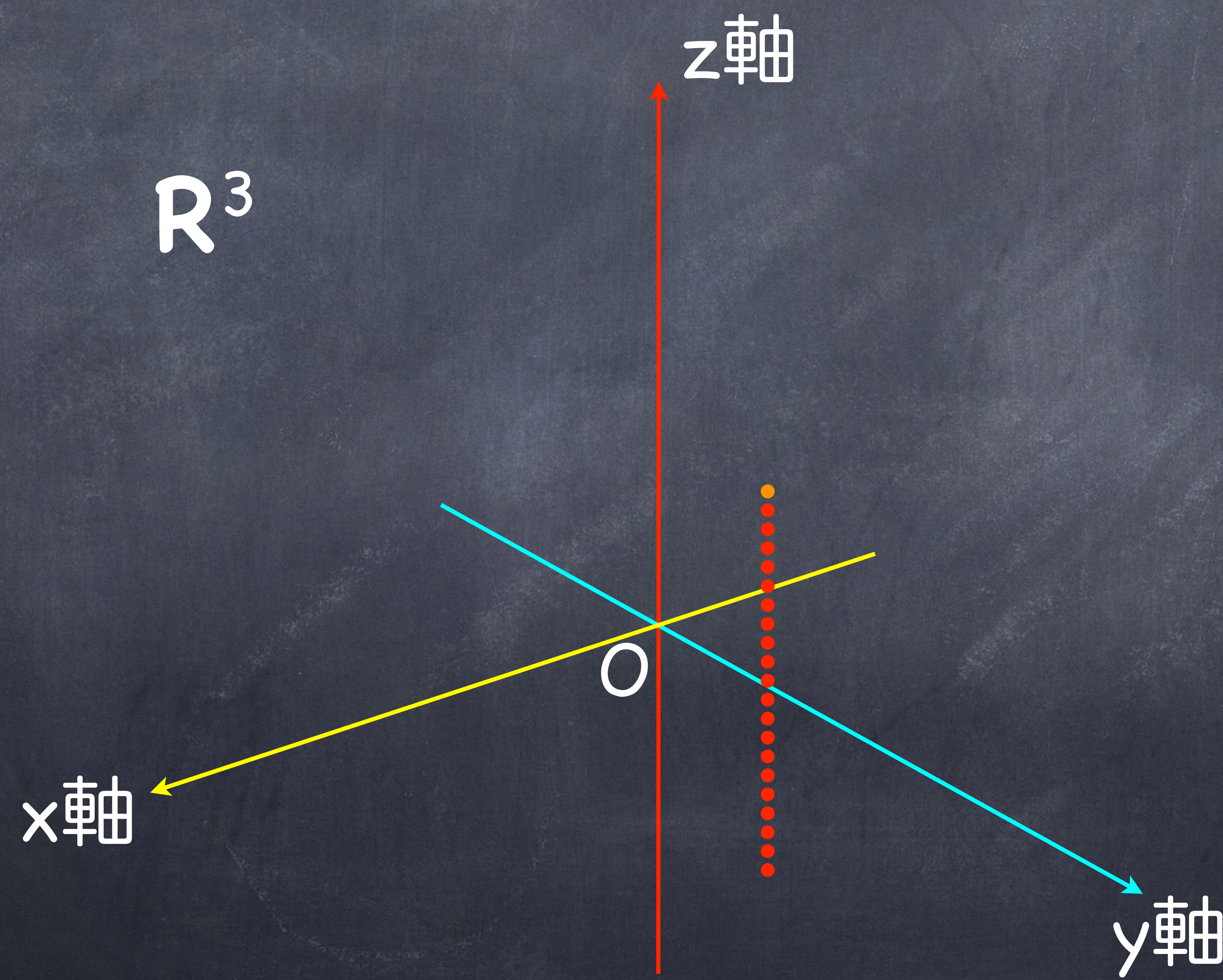
§2. 空間と空間座標

空間の各点は3つの実数 x, y, z の組 (x,y,z) を用いて表されるため, 空間は3つの実数の組 (x,y,z) 全体からなる集合とみなされる. そこで, 空間を $\mathbf{R}^3$ で表すことにする.



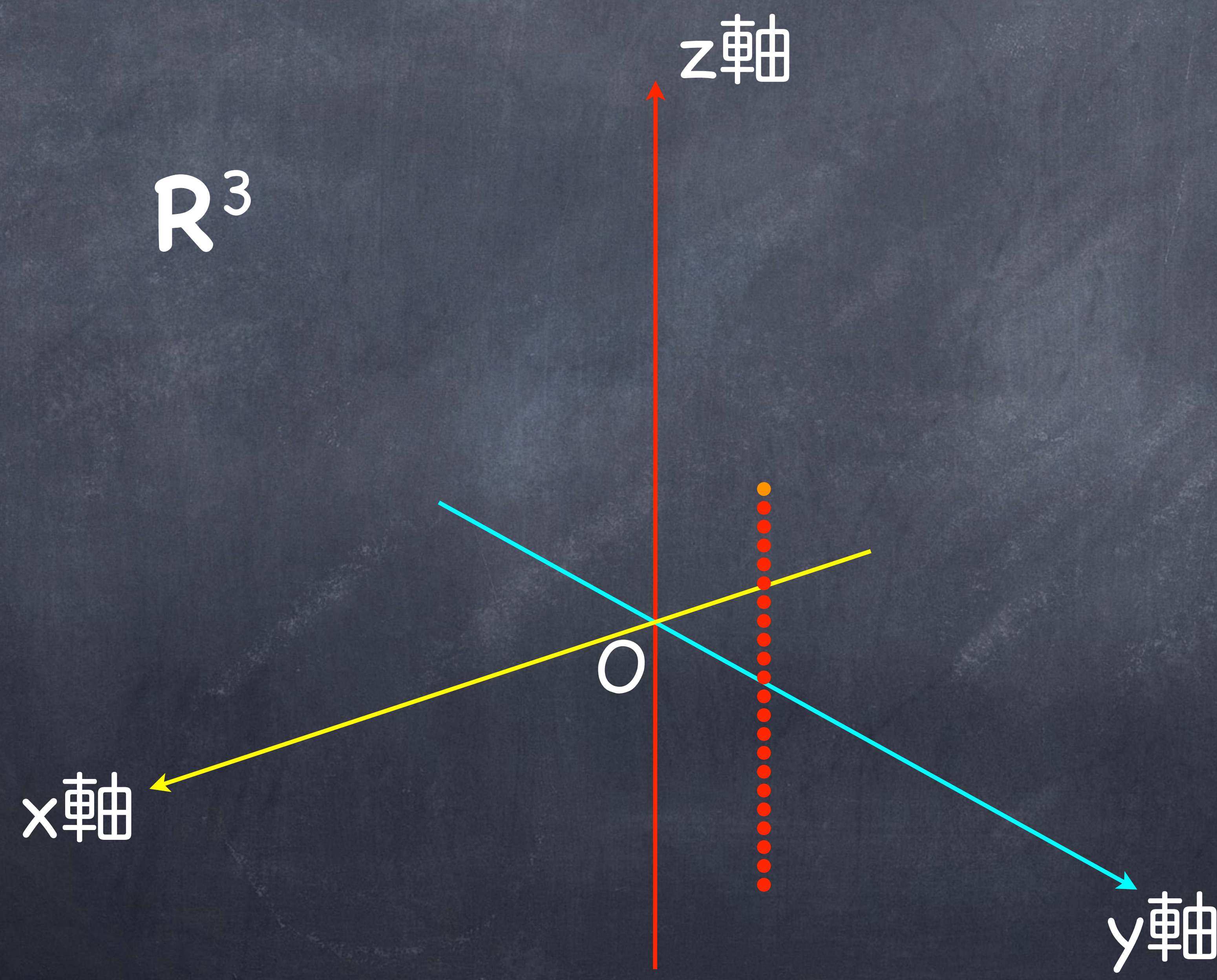
§2. 空間と空間座標

空間の各点は3つの実数 x, y, z の組 (x,y,z) を用いて表されるため, 空間は3つの実数の組 (x,y,z) 全体からなる集合とみなされる. そこで, 空間を $\mathbf{R}^3$ で表すことにする.



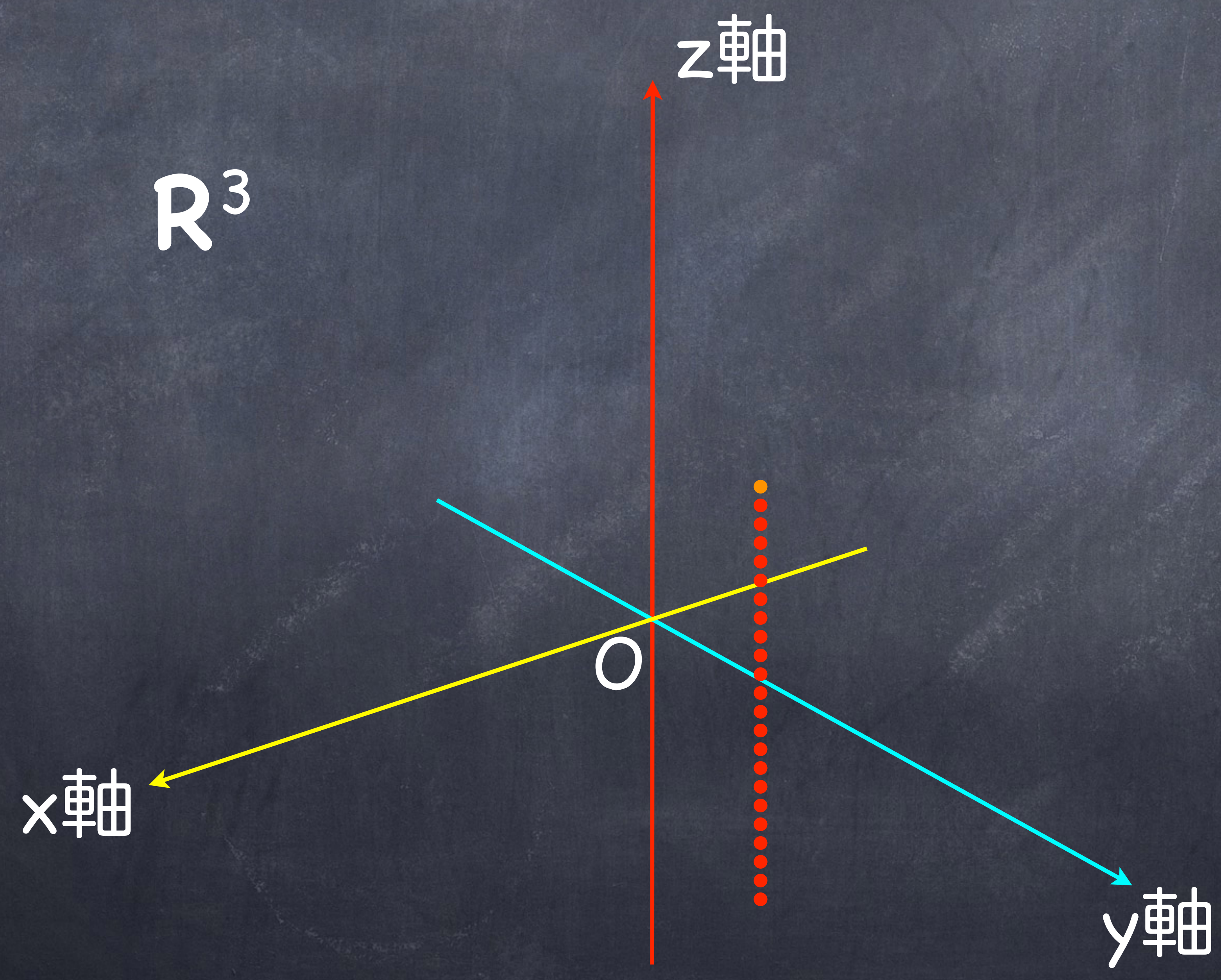
§2. 空間と空間座標

空間の各点は3つの実数 x, y, z の組 (x,y,z) を用いて表されるため, 空間は3つの実数の組 (x,y,z) 全体からなる集合とみなされる. そこで, 空間を $\mathbf{R}^3$ で表すことにする.



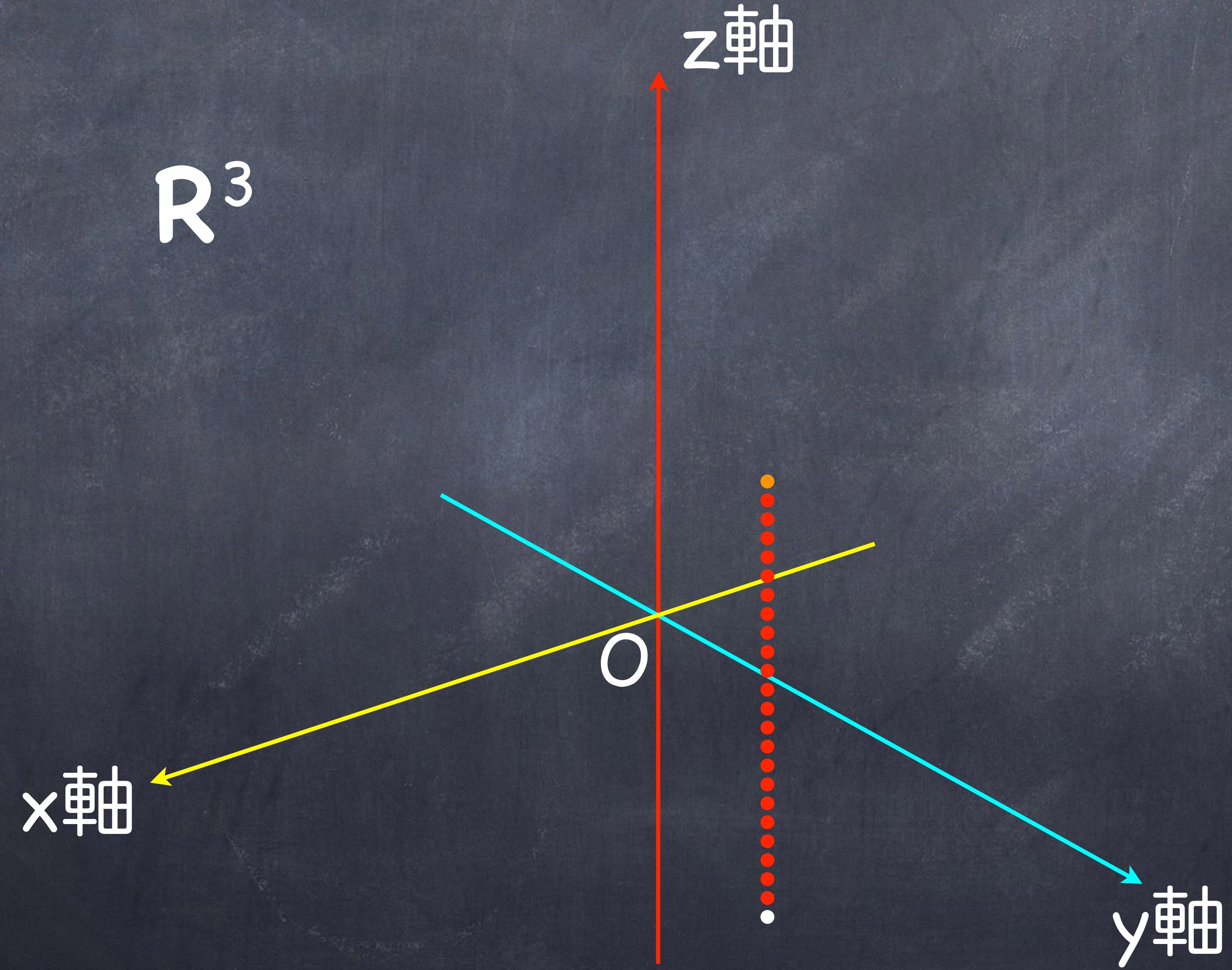
§2. 空間と空間座標

空間の各点は3つの実数 x, y, z の組 (x,y,z) を用いて表されるため, 空間は3つの実数の組 (x,y,z) 全体からなる集合とみなされる. そこで, 空間を $\mathbf{R}^3$ で表すことにする.



§2. 空間と空間座標

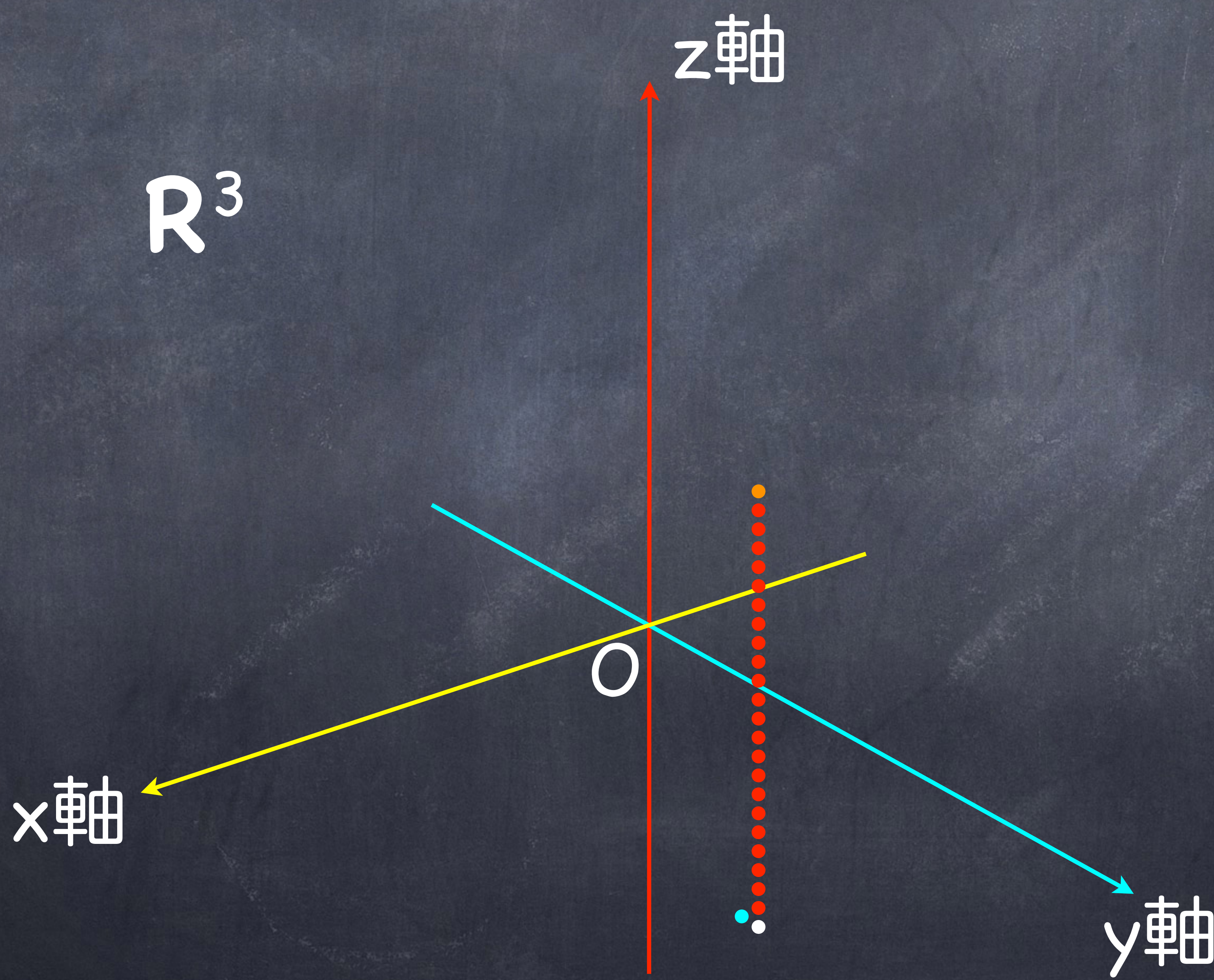
空間の各点は3つの実数 x, y, z の組 (x,y,z) を用いて表されるため, 空間は3つの実数の組 (x,y,z) 全体からなる集合とみなされる. そこで, 空間を $\mathbf{R}^3$ で表すことにする.



§2. 空間と空間座標

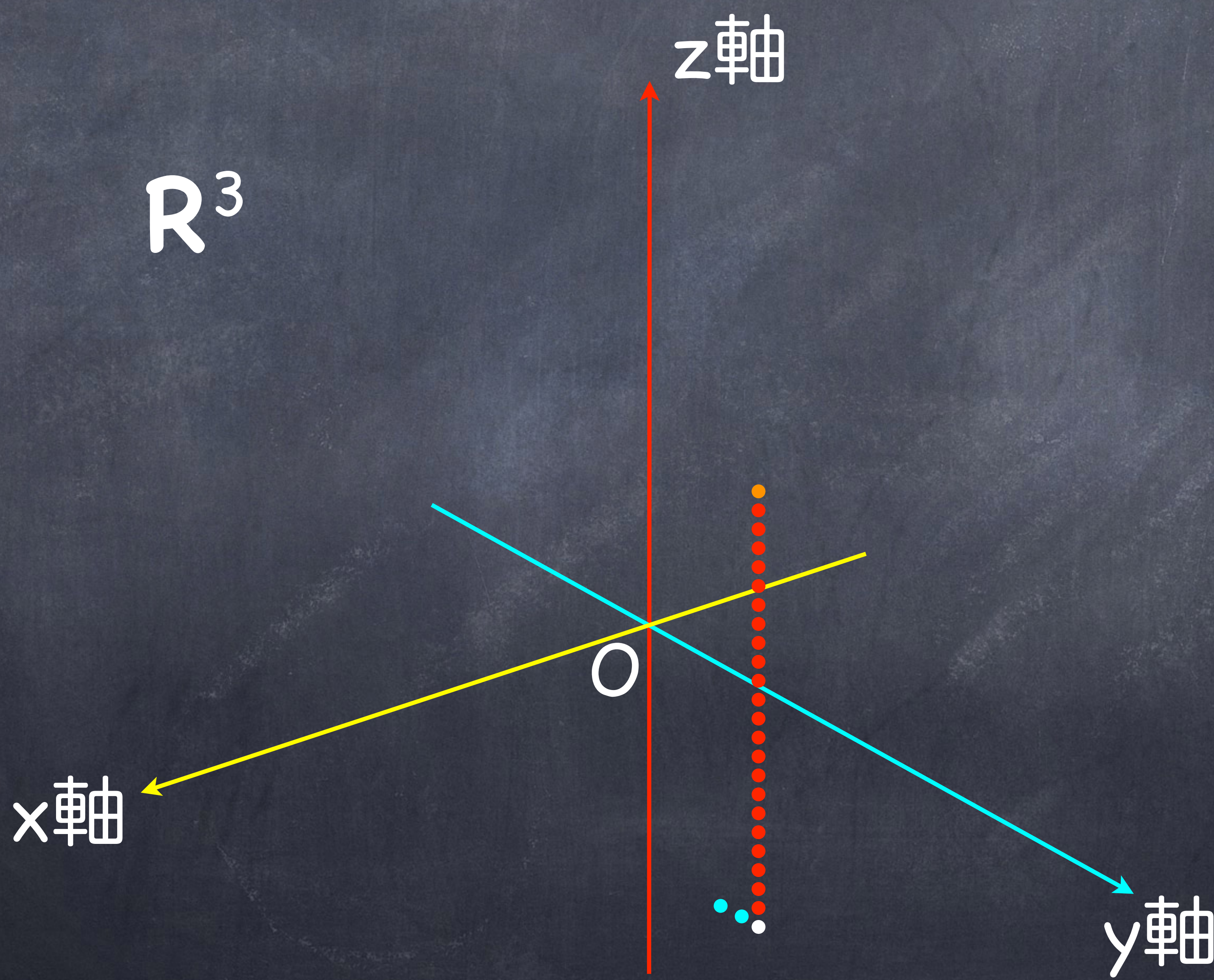
空間の各点は3つの実数 x, y, z の組 (x,y,z) を用いて表されるため, 空間は3つの実数の組 (x,y,z) 全体からなる集合とみなされる. そこで, 空間を $\mathbf{R}^3$ で表すことにする.

$\mathbf{R}^3$



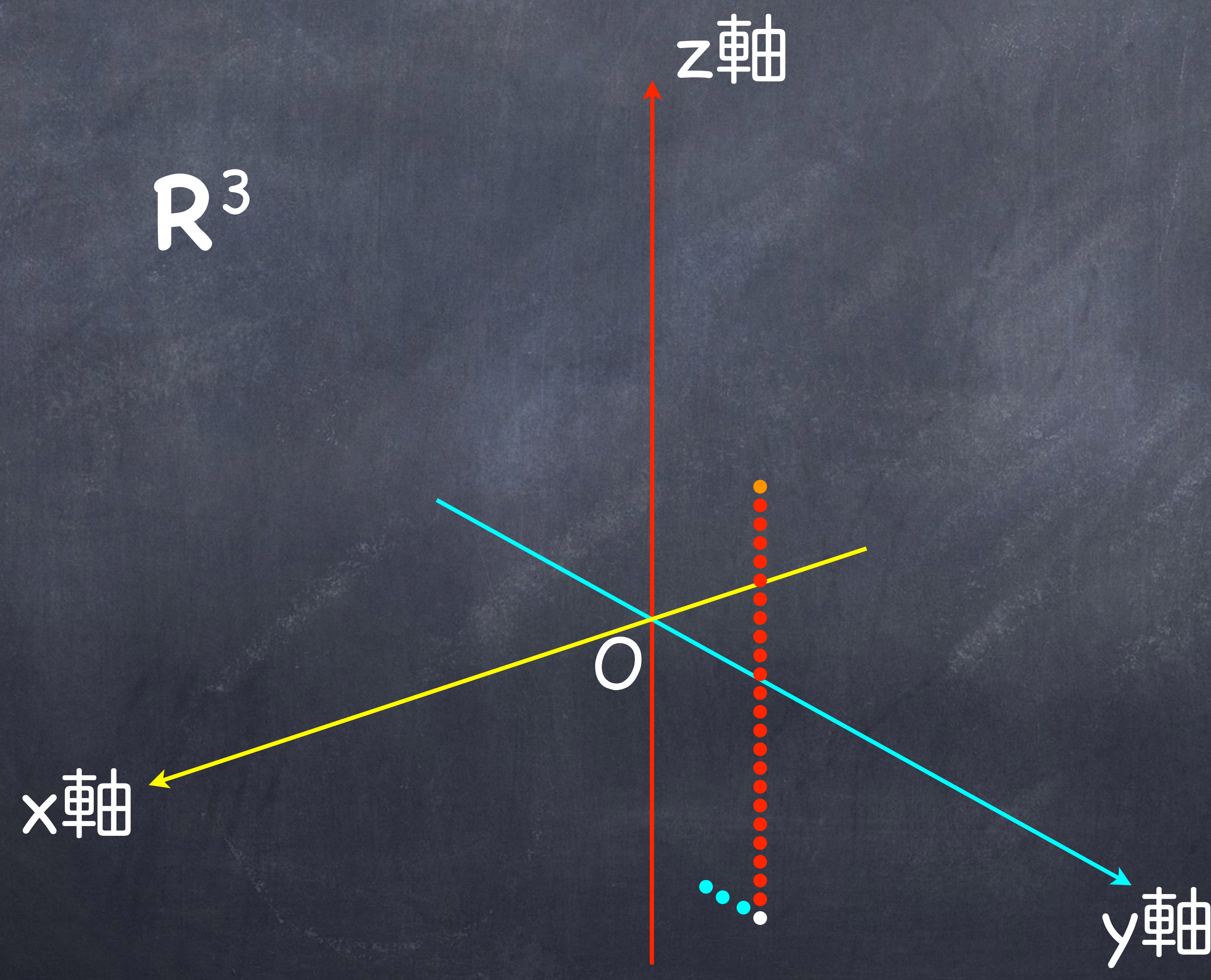
§2. 空間と空間座標

空間の各点は3つの実数 x, y, z の組 (x,y,z) を用いて表されるため, 空間は3つの実数の組 (x,y,z) 全体からなる集合とみなされる. そこで, 空間を $\mathbf{R}^3$ で表すことにする.



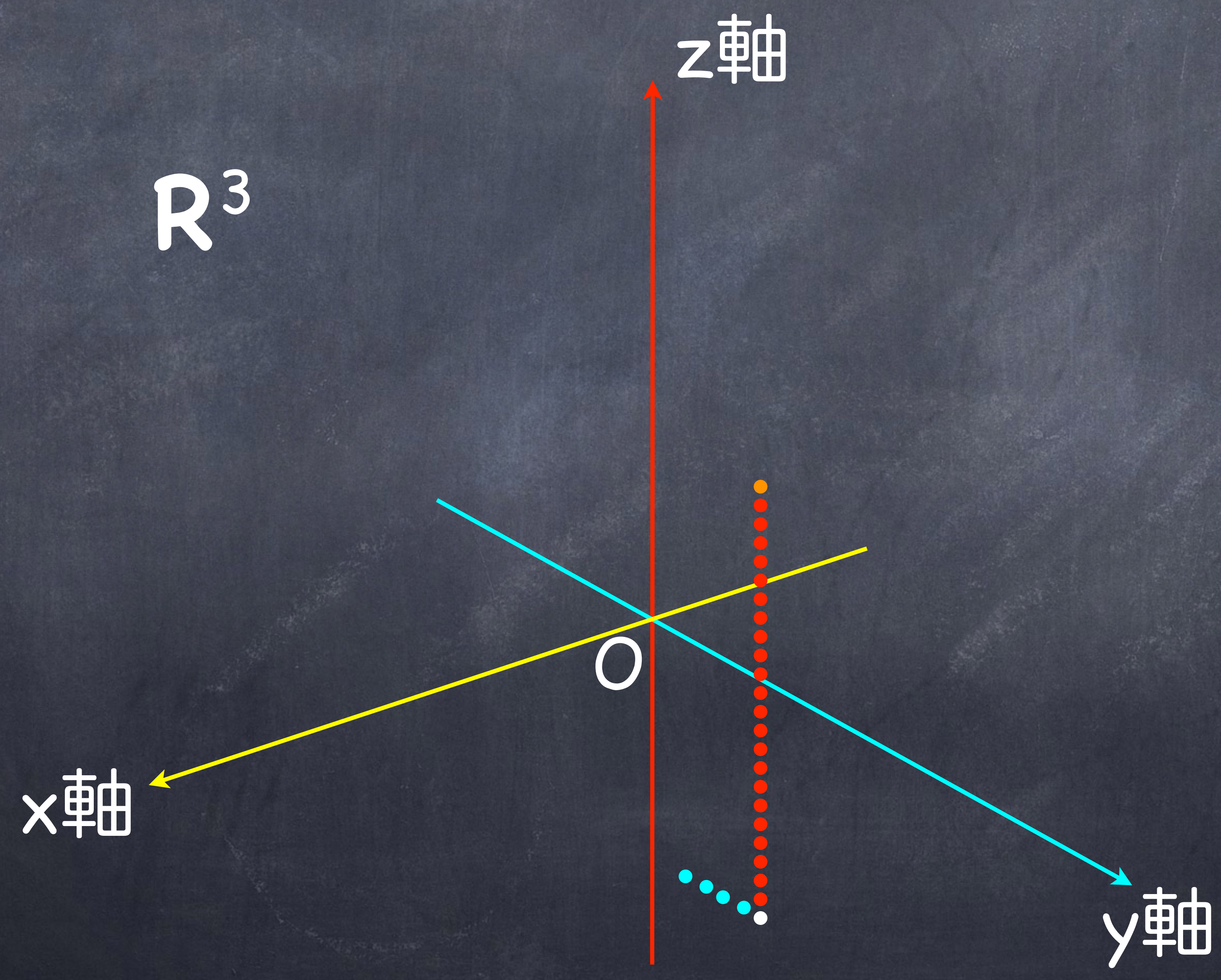
§2. 空間と空間座標

空間の各点は3つの実数 x, y, z の組 (x,y,z) を用いて表されるため, 空間は3つの実数の組 (x,y,z) 全体からなる集合とみなされる. そこで, 空間を $\mathbf{R}^3$ で表すことにする.



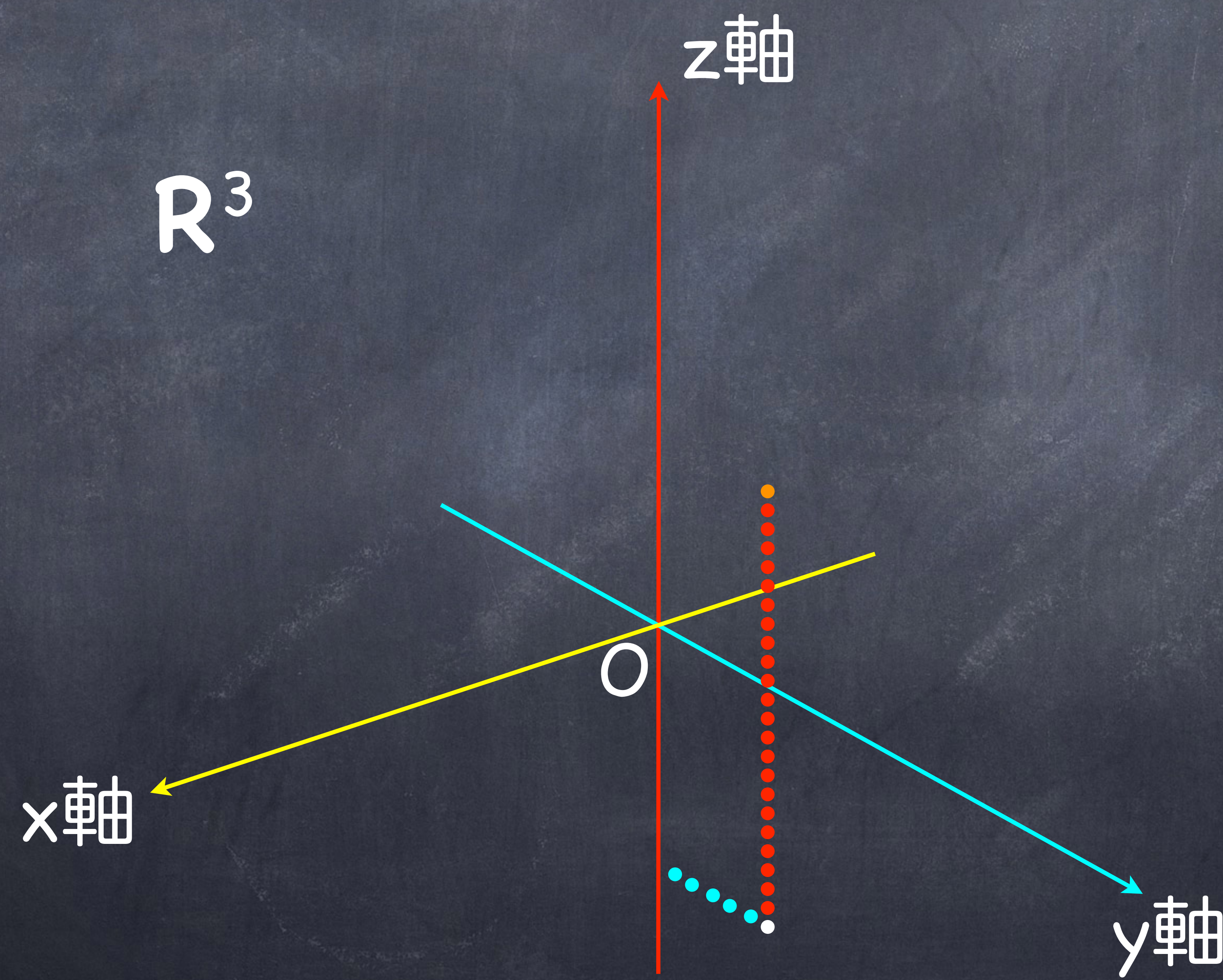
§2. 空間と空間座標

空間の各点は3つの実数 x, y, z の組 (x,y,z) を用いて表されるため, 空間は3つの実数の組 (x,y,z) 全体からなる集合とみなされる. そこで, 空間を $\mathbf{R}^3$ で表すことにする.



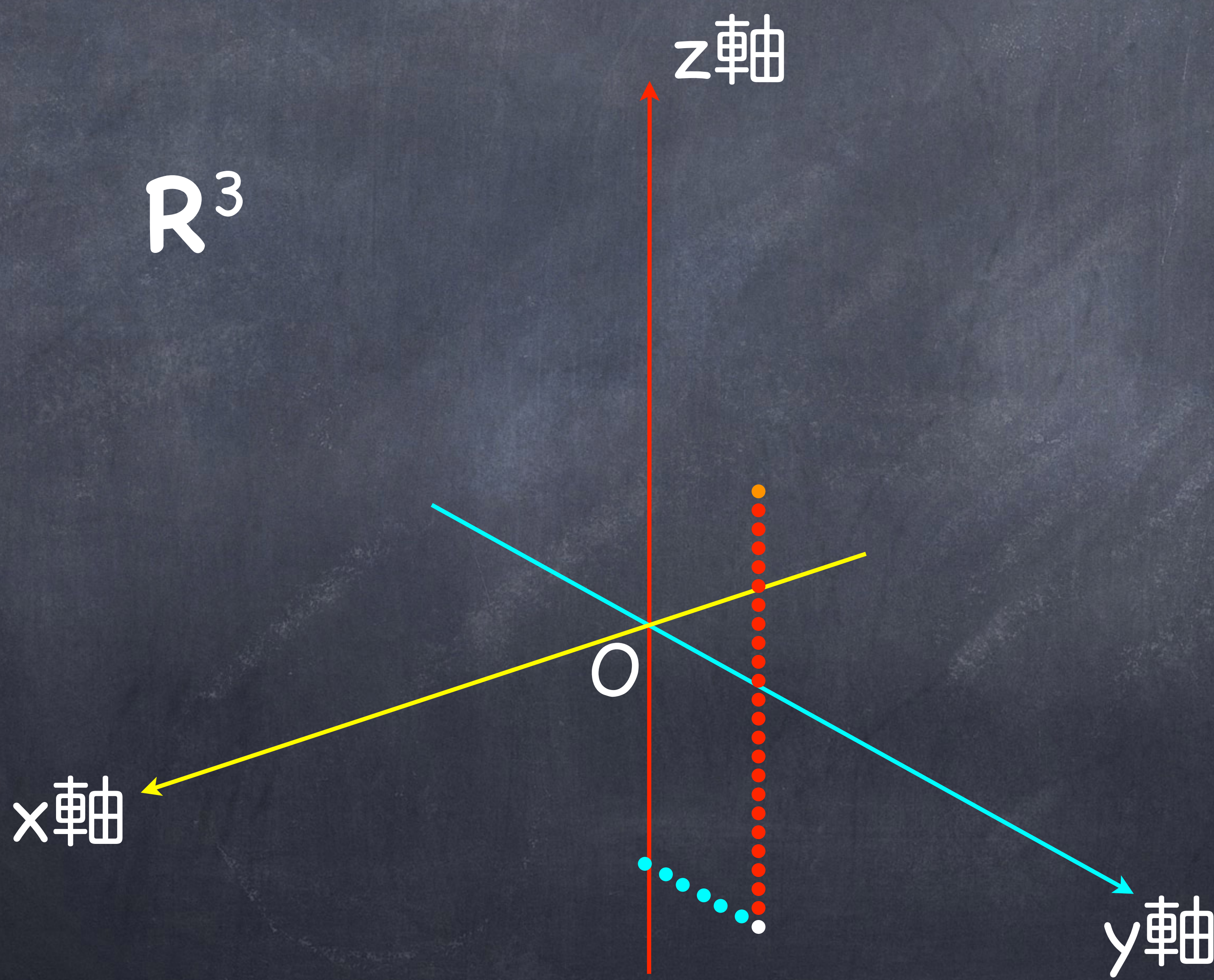
§2. 空間と空間座標

空間の各点は3つの実数 x, y, z の組 (x,y,z) を用いて表されるため, 空間は3つの実数の組 (x,y,z) 全体からなる集合とみなされる. そこで, 空間を $\mathbf{R}^3$ で表すことにする.



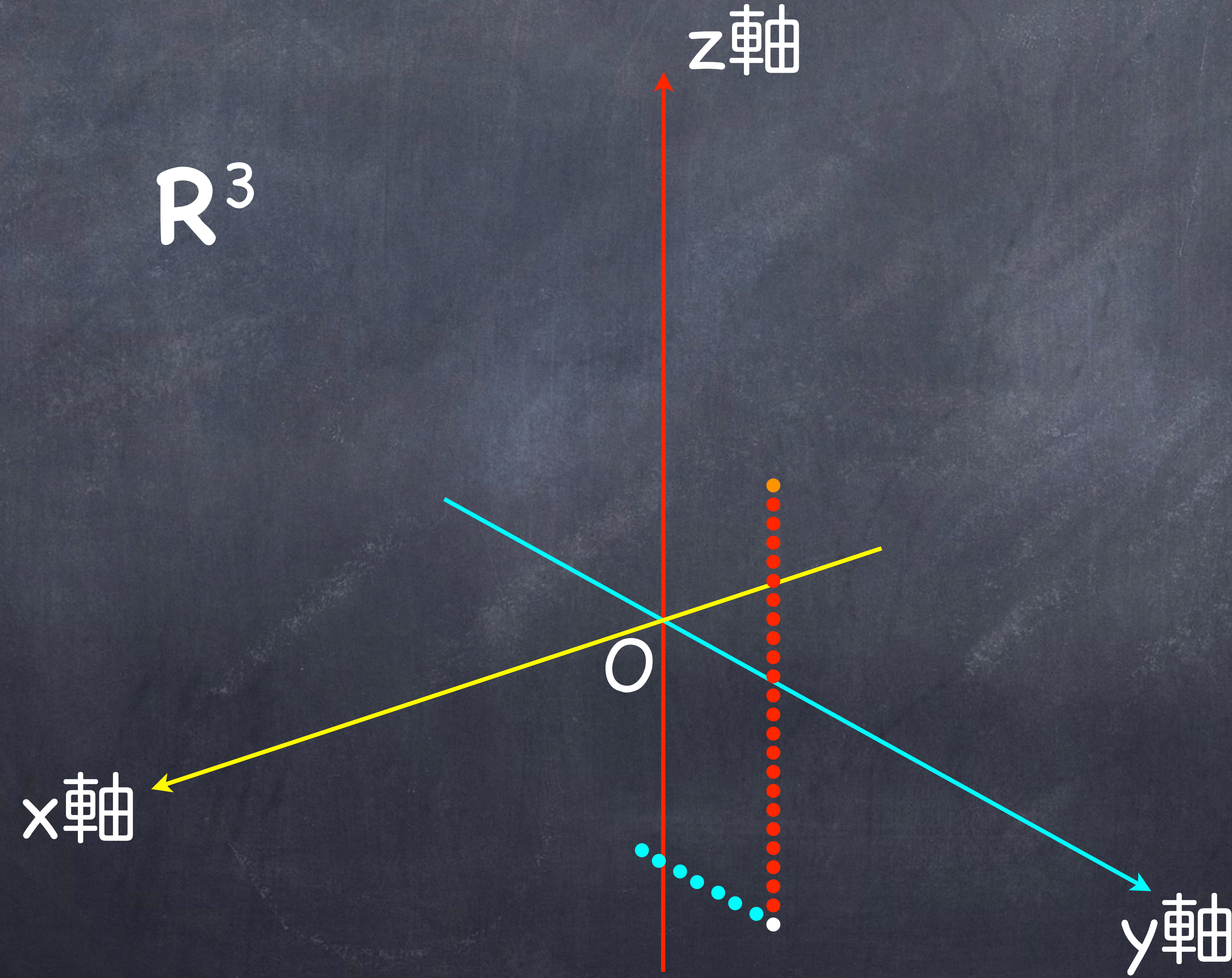
§2. 空間と空間座標

空間の各点は3つの実数 x, y, z の組 (x,y,z) を用いて表されるため, 空間は3つの実数の組 (x,y,z) 全体からなる集合とみなされる. そこで, 空間を $\mathbf{R}^3$ で表すことにする.



§2. 空間と空間座標

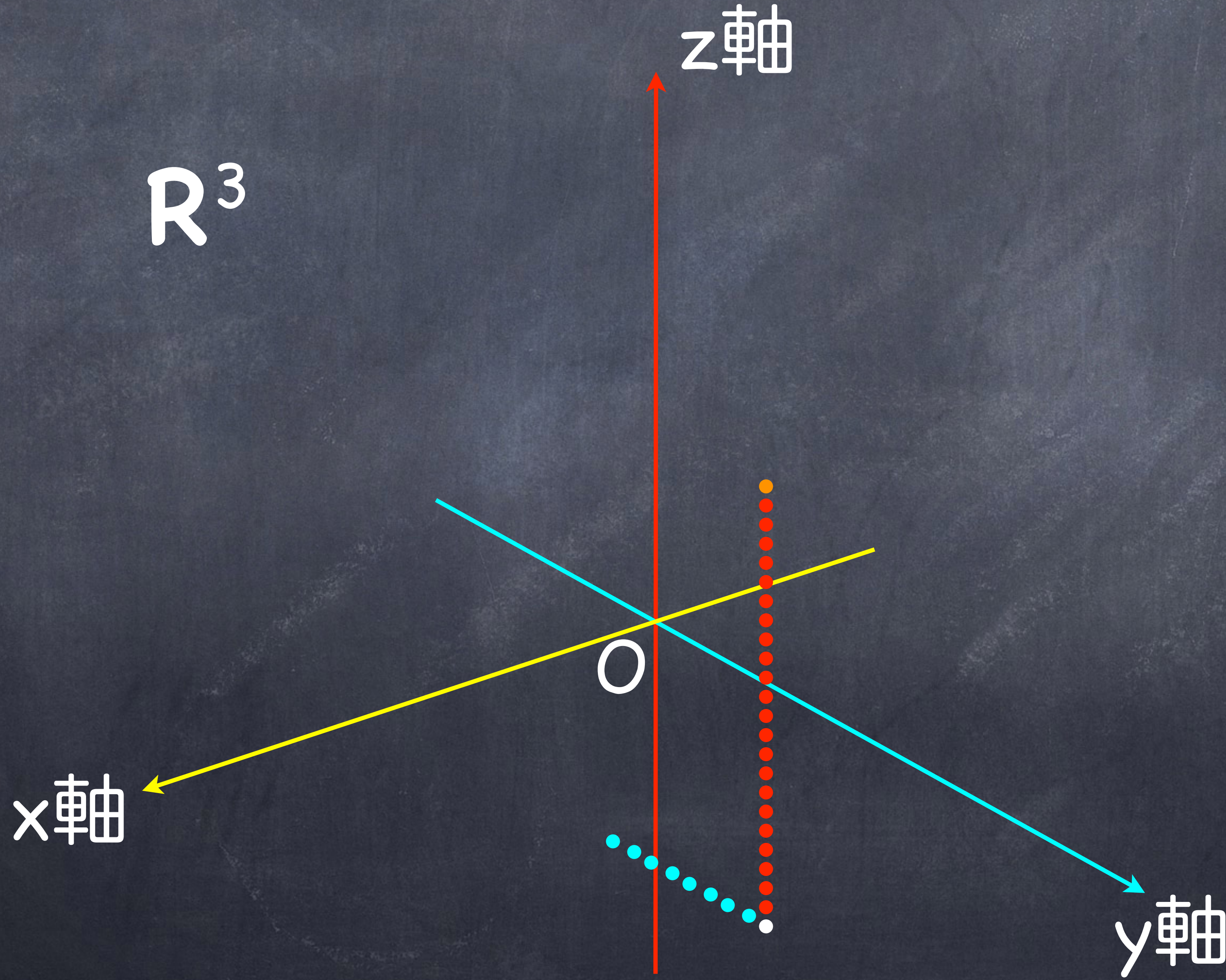
空間の各点は3つの実数 x, y, z の組 (x,y,z) を用いて表されるため, 空間は3つの実数の組 (x,y,z) 全体からなる集合とみなされる. そこで, 空間を $\mathbf{R}^3$ で表すことにする.



§2. 空間と空間座標

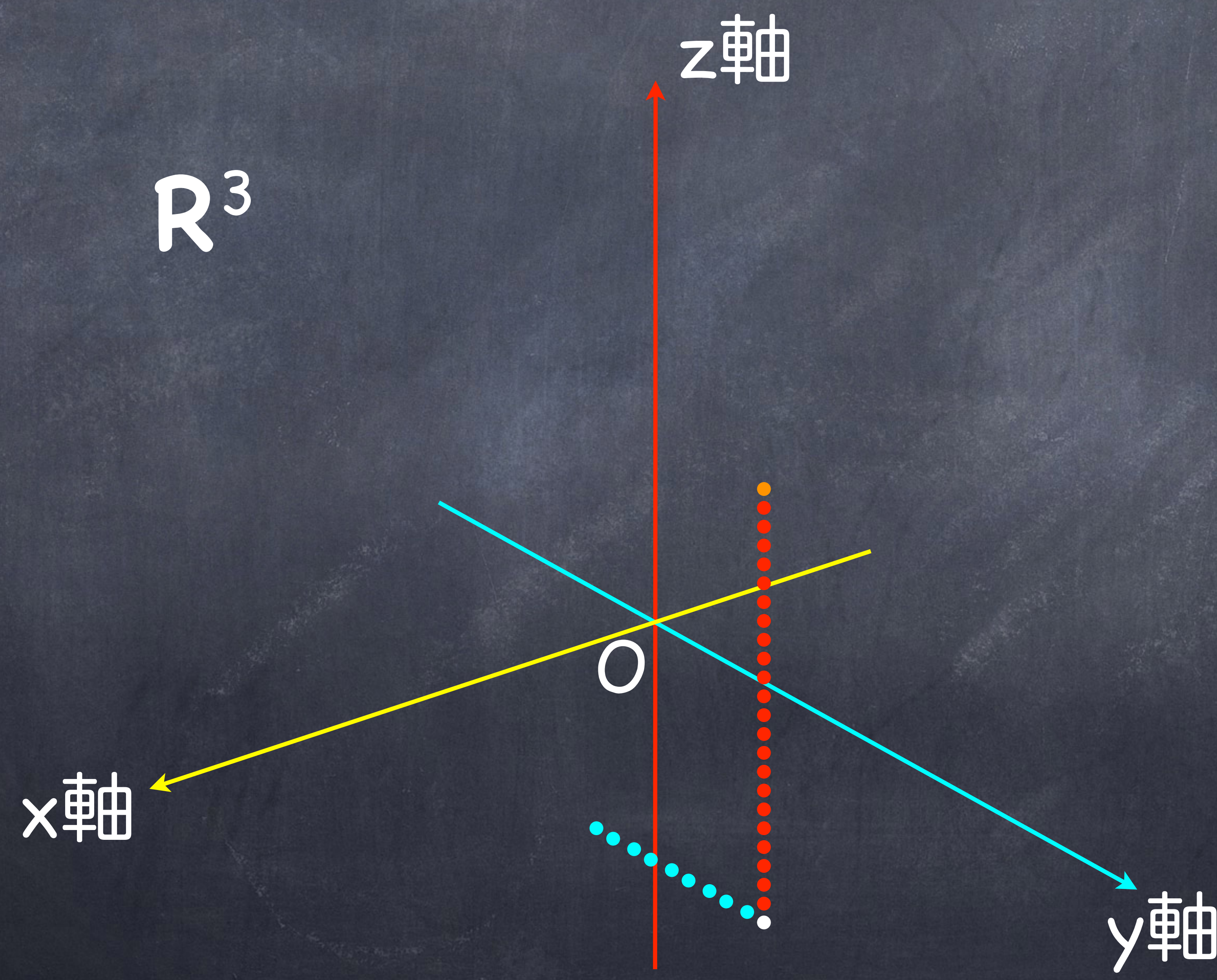
空間の各点は3つの実数 x, y, z の組 (x,y,z) を用いて表されるため, 空間は3つの実数の組 (x,y,z) 全体からなる集合とみなされる. そこで, 空間を $\mathbf{R}^3$ で表すことにする.

$\mathbf{R}^3$



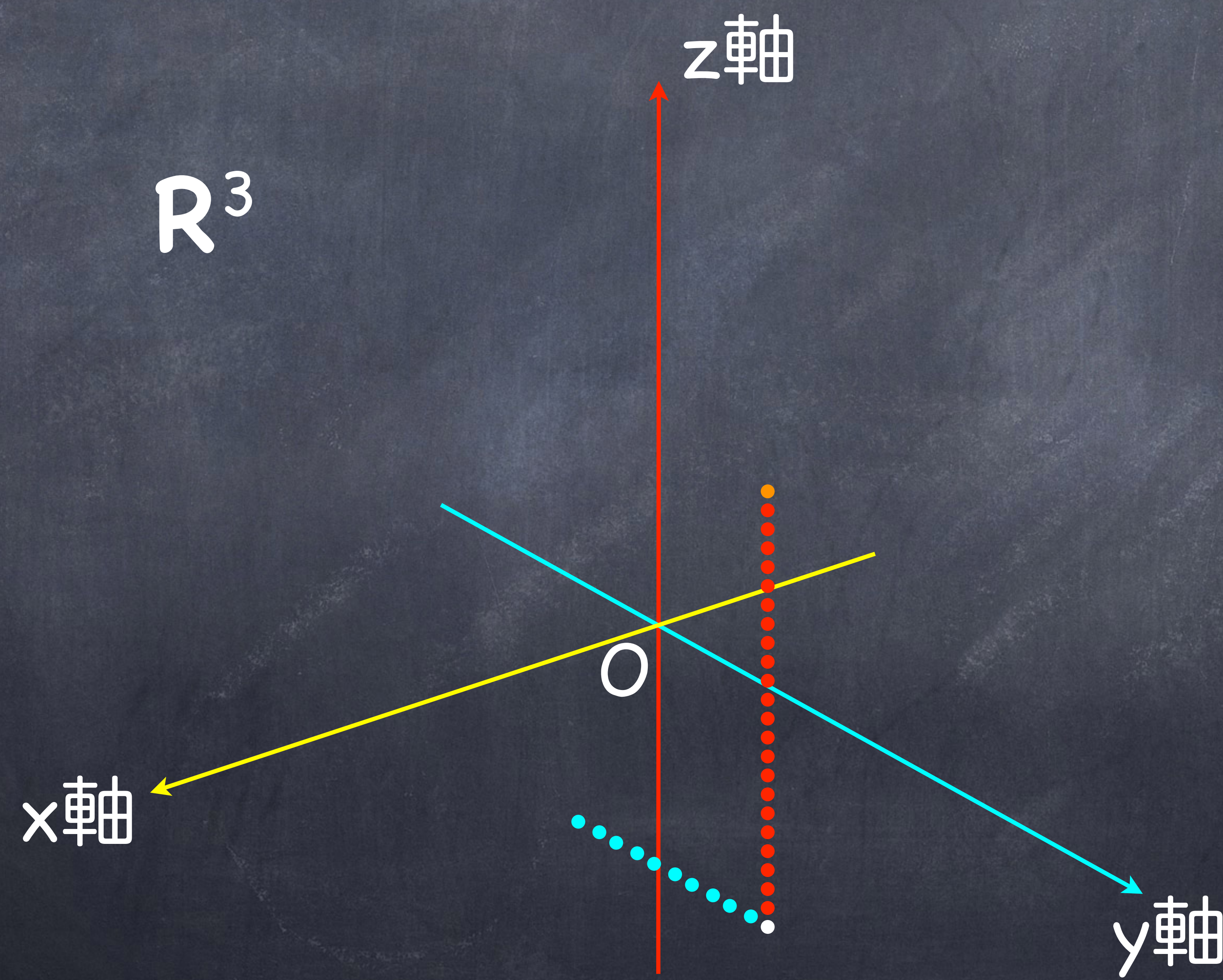
§2. 空間と空間座標

空間の各点は3つの実数 x, y, z の組 (x,y,z) を用いて表されるため, 空間は3つの実数の組 (x,y,z) 全体からなる集合とみなされる. そこで, 空間を $\mathbf{R}^3$ で表すことにする.



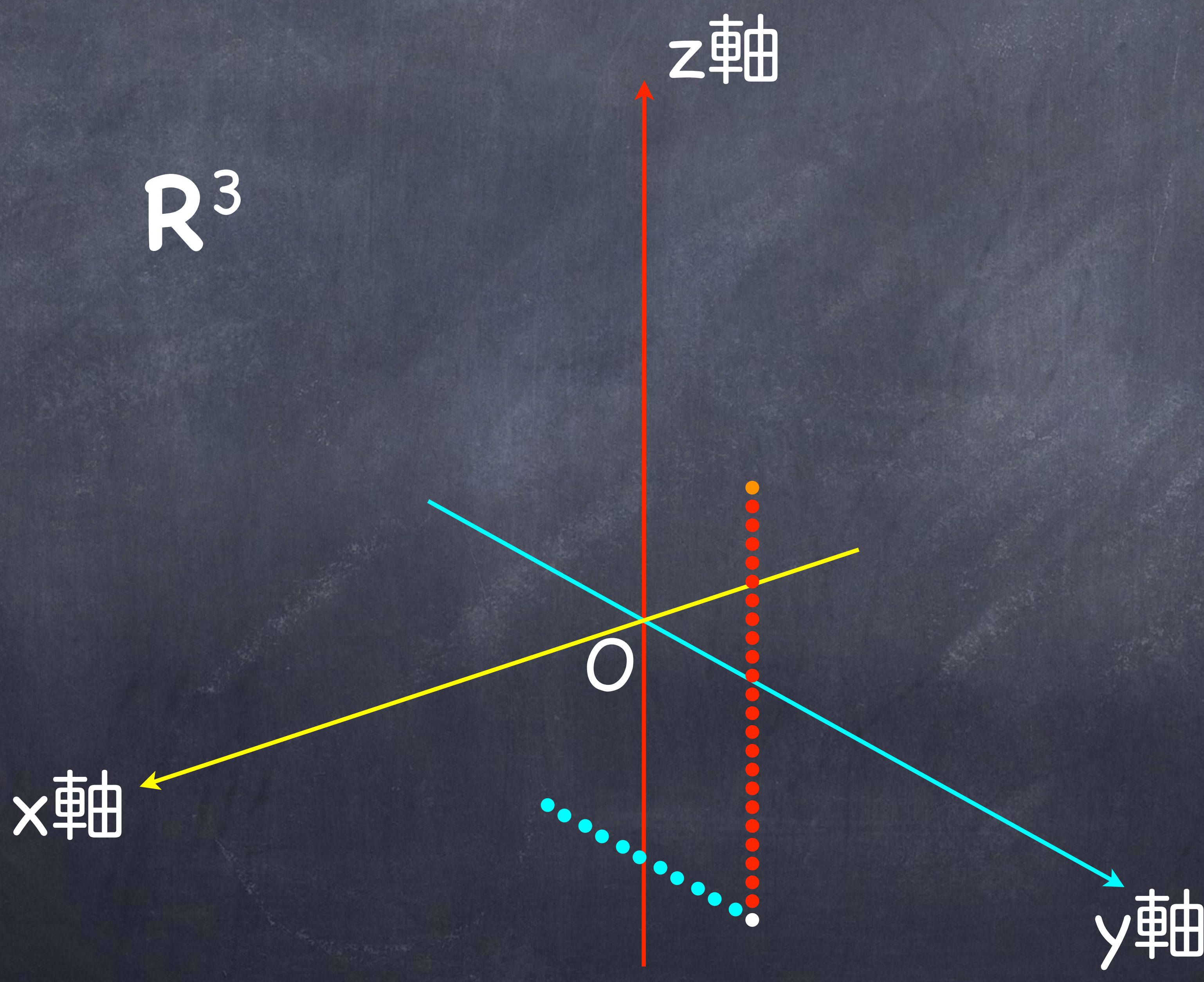
§2. 空間と空間座標

空間の各点は3つの実数 x, y, z の組 (x,y,z) を用いて表されるため, 空間は3つの実数の組 (x,y,z) 全体からなる集合とみなされる. そこで, 空間を $\mathbf{R}^3$ で表すことにする.



§2. 空間と空間座標

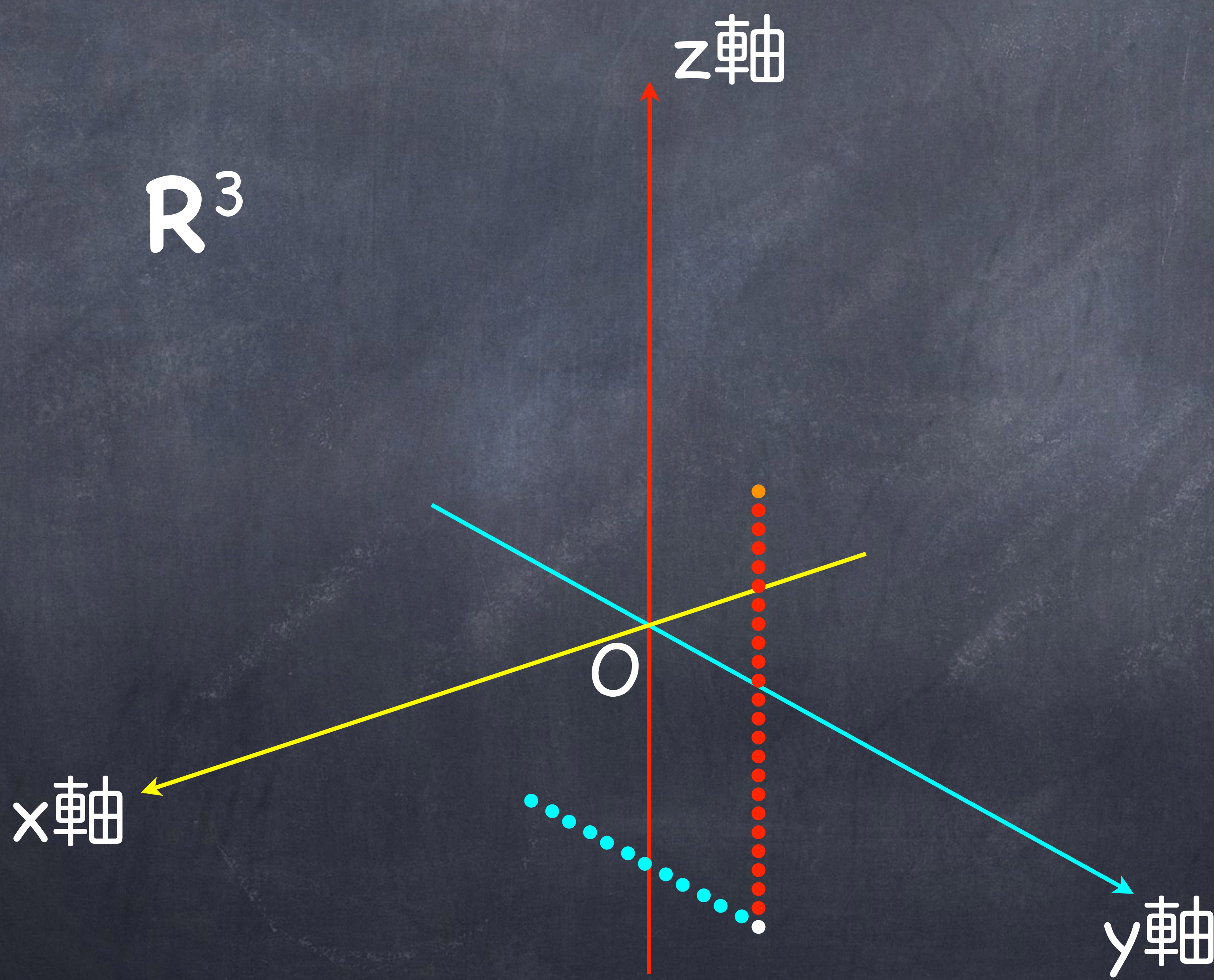
空間の各点は3つの実数 x, y, z の組 (x,y,z) を用いて表されるため, 空間は3つの実数の組 (x,y,z) 全体からなる集合とみなされる. そこで, 空間を $\mathbf{R}^3$ で表すことにする.



§2. 空間と空間座標

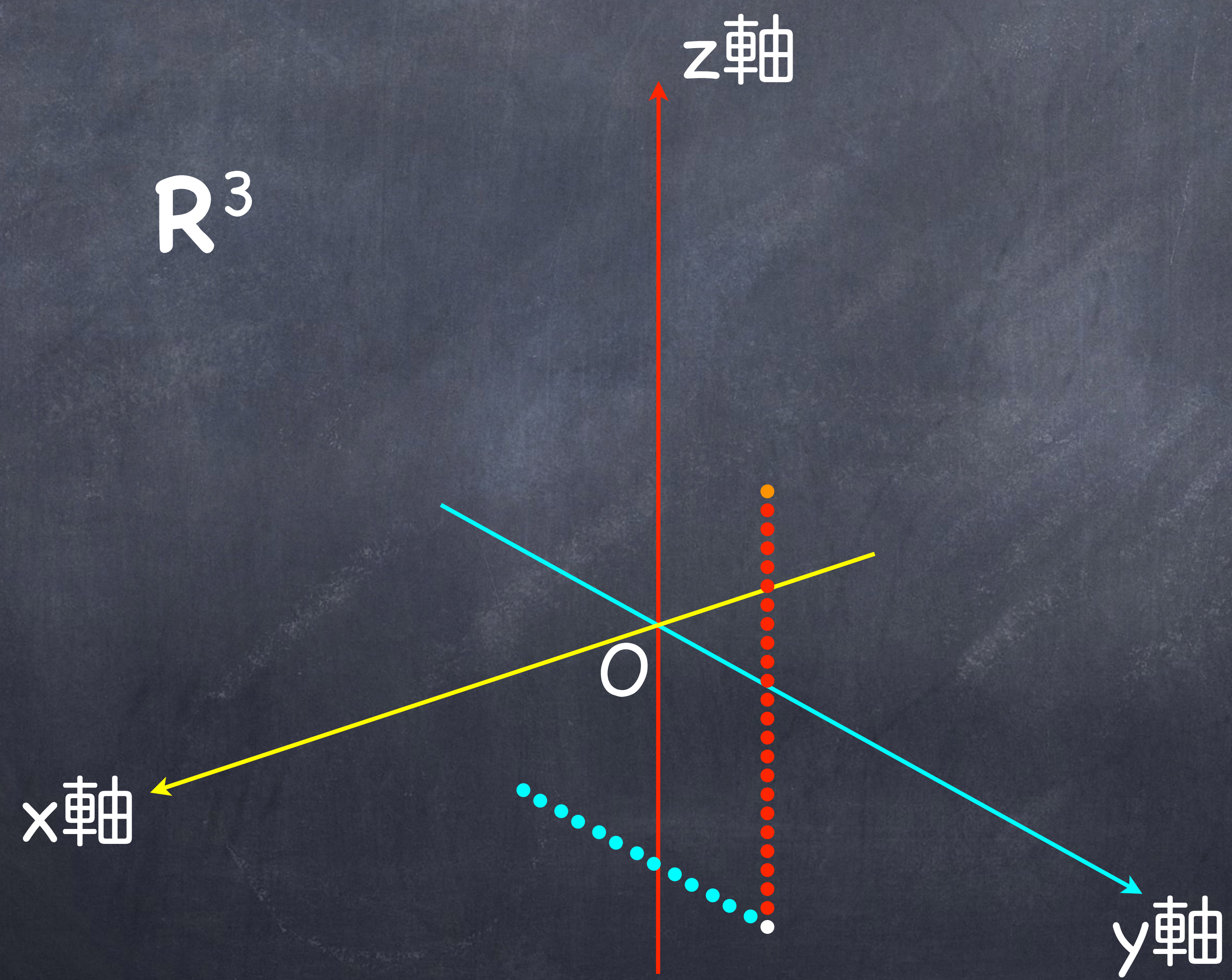
空間の各点は3つの実数 x, y, z の組 (x,y,z) を用いて表されるため, 空間は3つの実数の組 (x,y,z) 全体からなる集合とみなされる. そこで, 空間を $\mathbf{R}^3$ で表すことにする.

$\mathbf{R}^3$



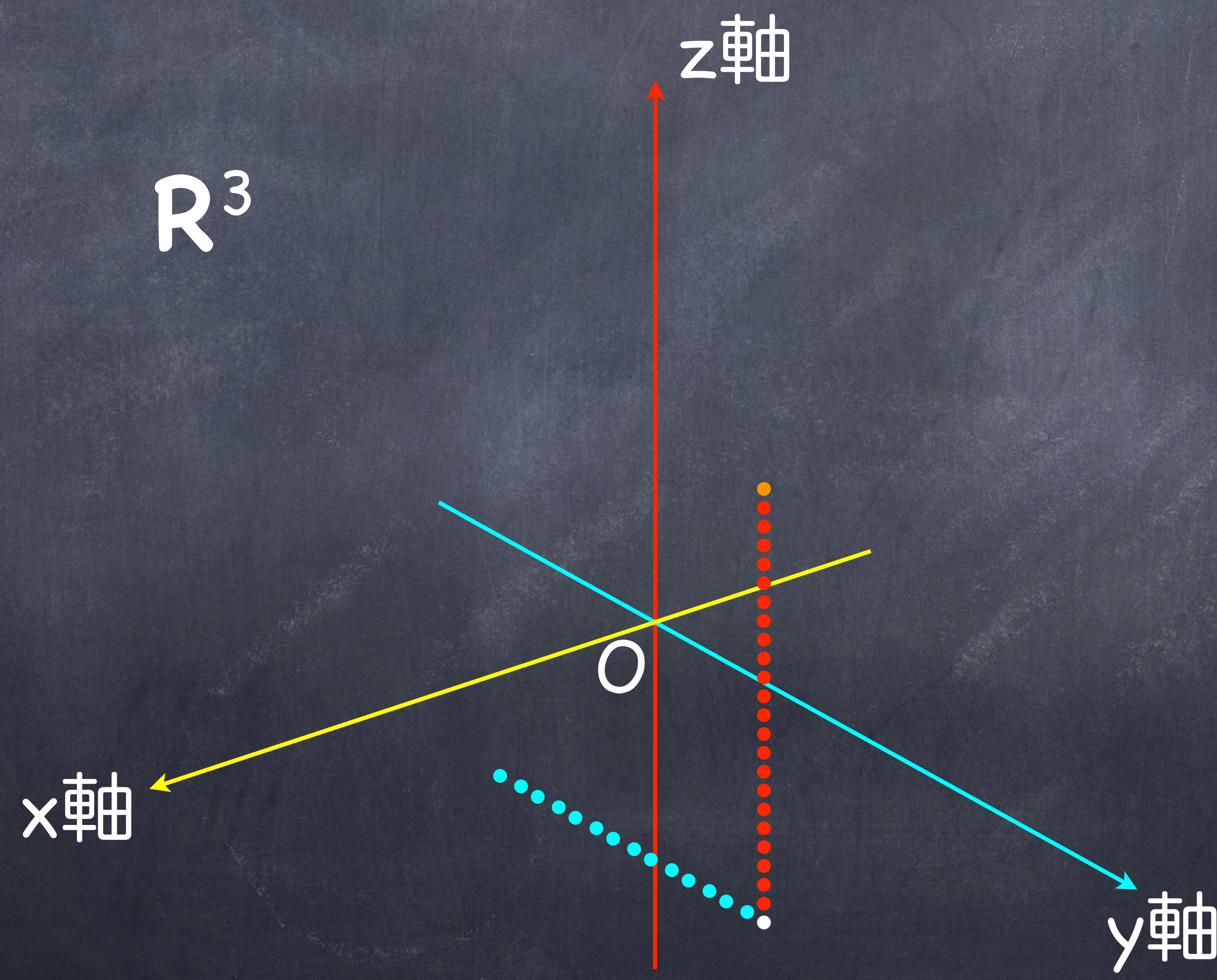
§2. 空間と空間座標

空間の各点は3つの実数 x, y, z の組 (x,y,z) を用いて表されるため, 空間は3つの実数の組 (x,y,z) 全体からなる集合とみなされる. そこで, 空間を $\mathbf{R}^3$ で表すことにする.



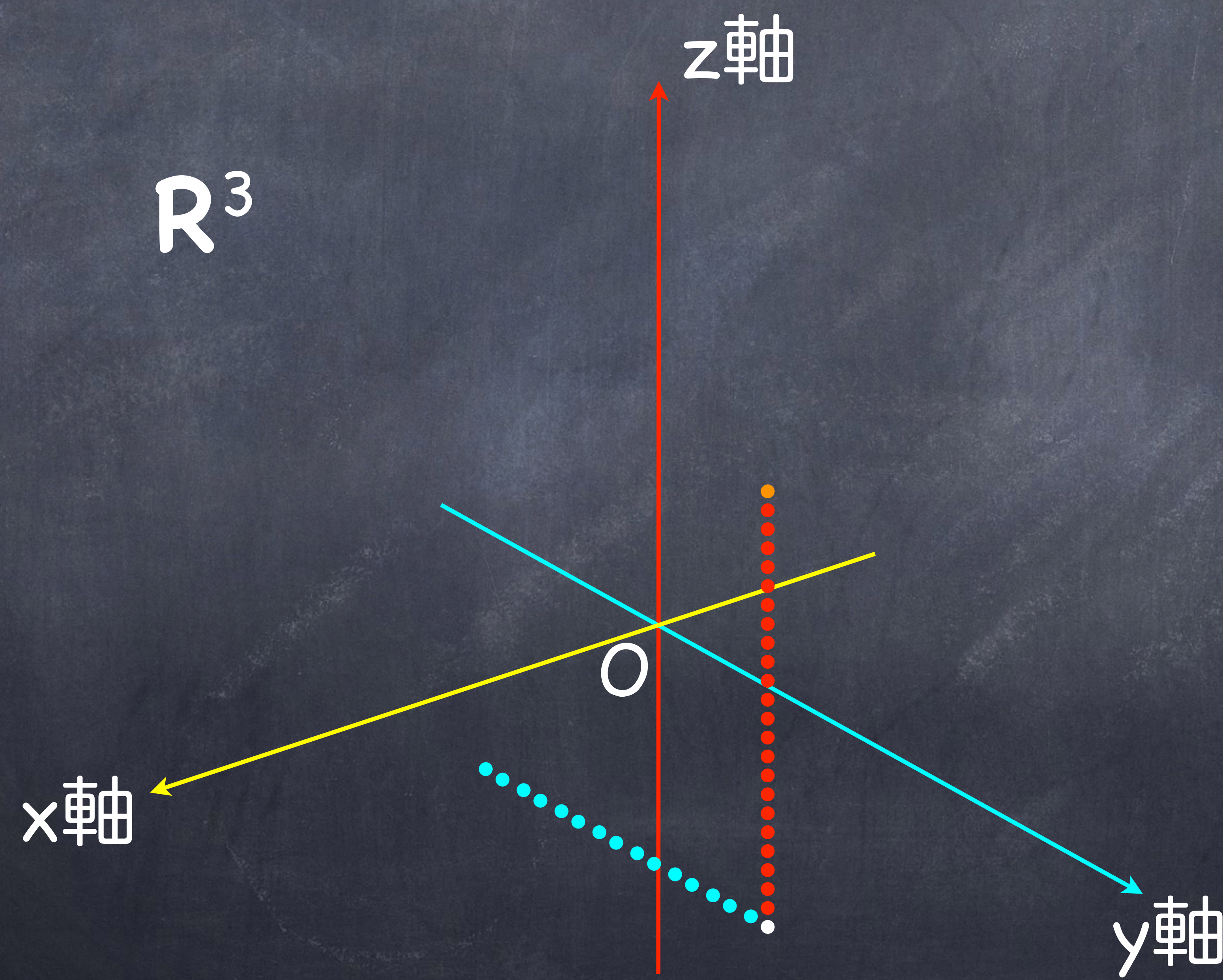
§2. 空間と空間座標

空間の各点は3つの実数 x, y, z の組 (x,y,z) を用いて表されるため, 空間は3つの実数の組 (x,y,z) 全体からなる集合とみなされる. そこで, 空間を $\mathbf{R}^3$ で表すことにする.



§2. 空間と空間座標

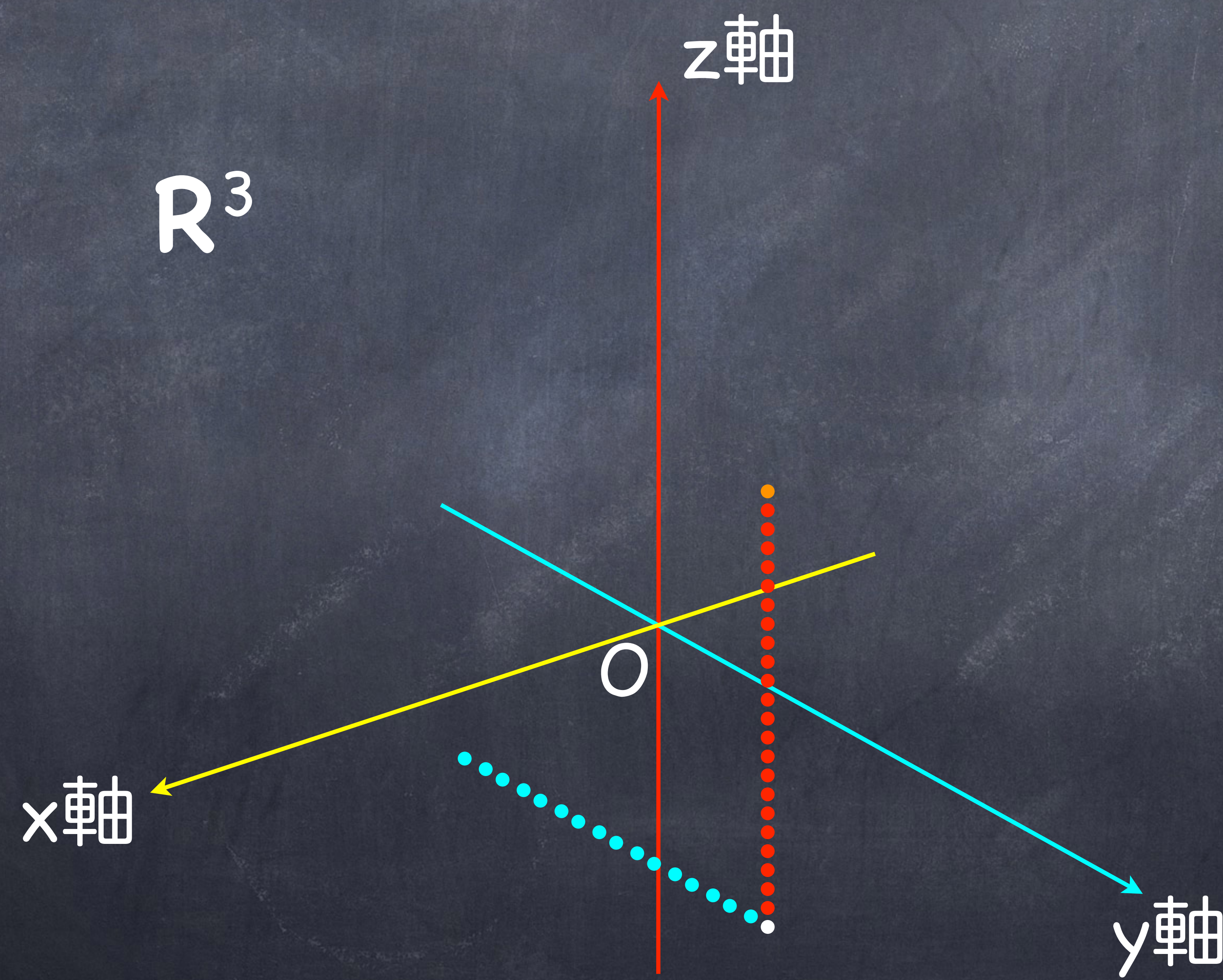
空間の各点は3つの実数 x, y, z の組 (x,y,z) を用いて表されるため, 空間は3つの実数の組 (x,y,z) 全体からなる集合とみなされる. そこで, 空間を $\mathbf{R}^3$ で表すことにする.



§2. 空間と空間座標

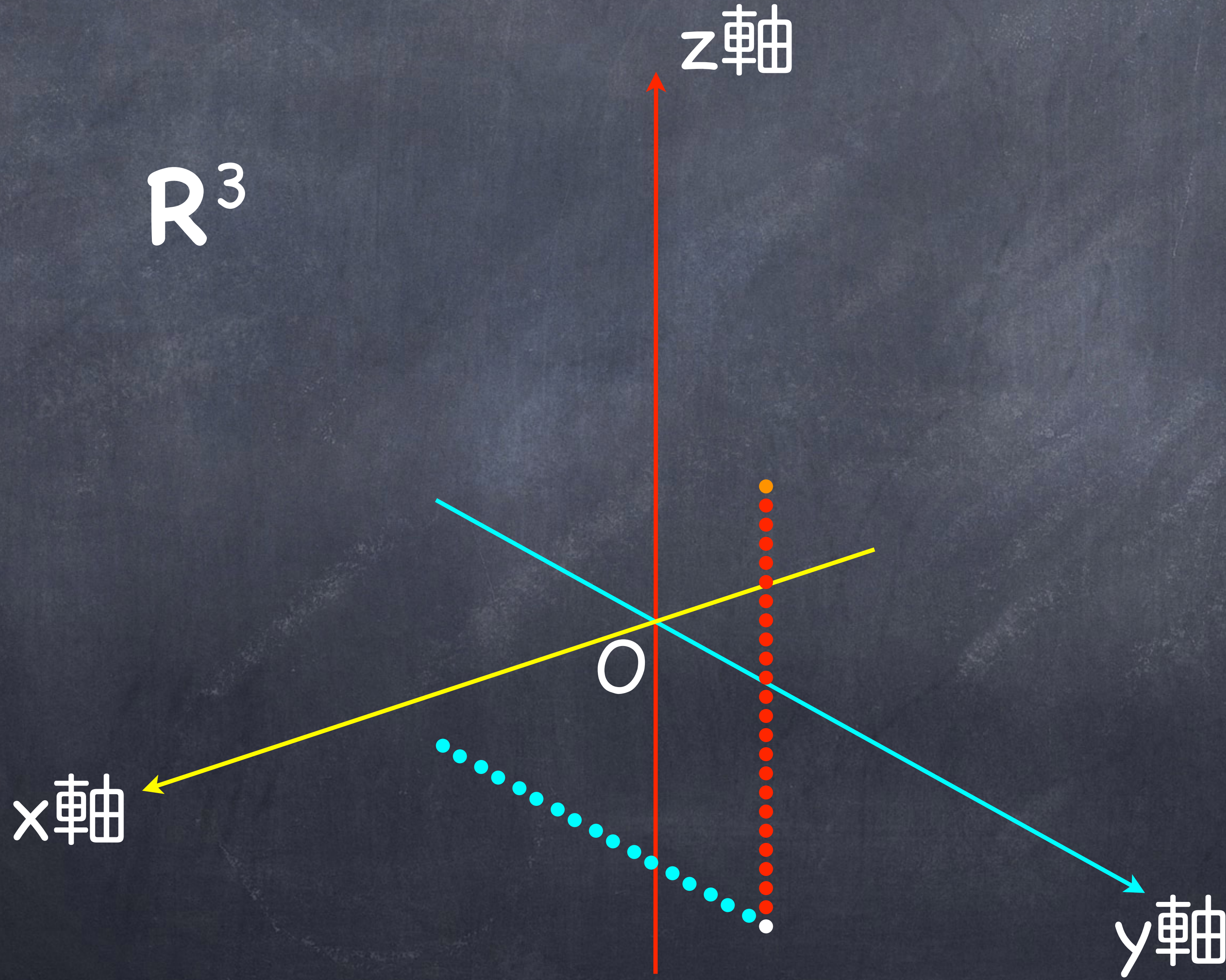
空間の各点は3つの実数 x, y, z の組 (x,y,z) を用いて表されるため, 空間は3つの実数の組 (x,y,z) 全体からなる集合とみなされる. そこで, 空間を $\mathbf{R}^3$ で表すことにする.

$\mathbf{R}^3$



§2. 空間と空間座標

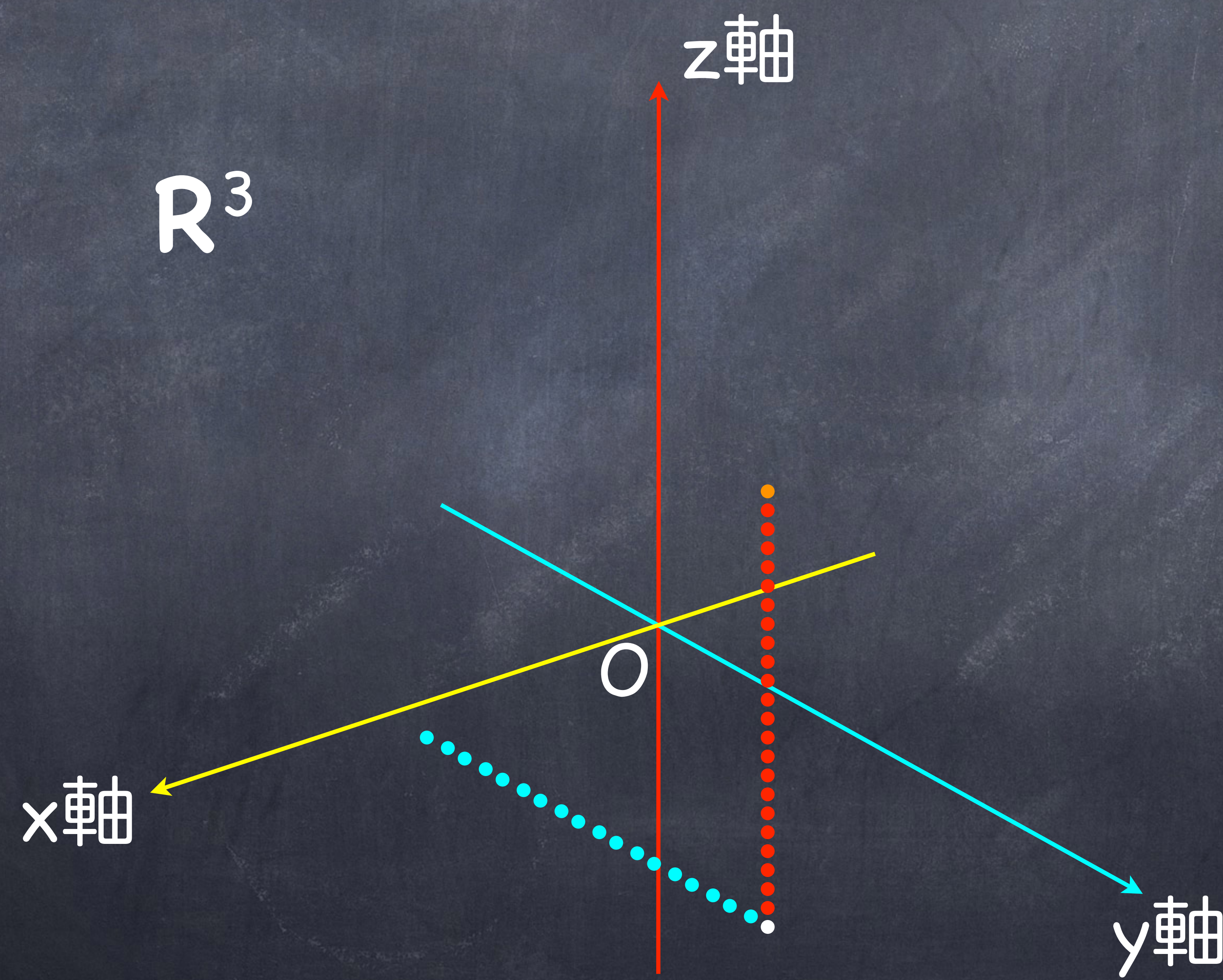
空間の各点は3つの実数 x, y, z の組 (x,y,z) を用いて表されるため, 空間は3つの実数の組 (x,y,z) 全体からなる集合とみなされる. そこで, 空間を $\mathbf{R}^3$ で表すことにする.



§2. 空間と空間座標

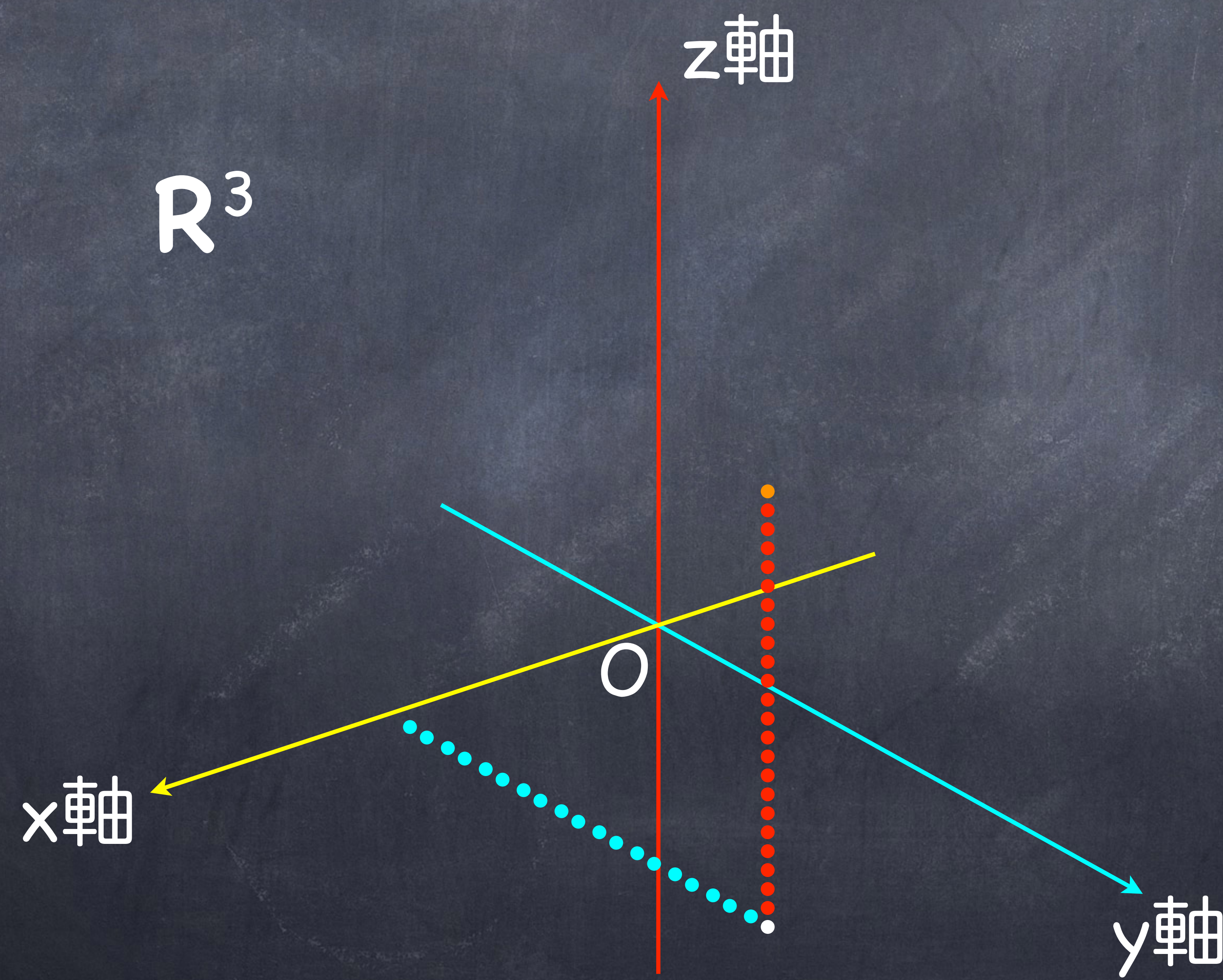
空間の各点は3つの実数 x, y, z の組 (x,y,z) を用いて表されるため, 空間は3つの実数の組 (x,y,z) 全体からなる集合とみなされる. そこで, 空間を $\mathbf{R}^3$ で表すことにする.

$\mathbf{R}^3$



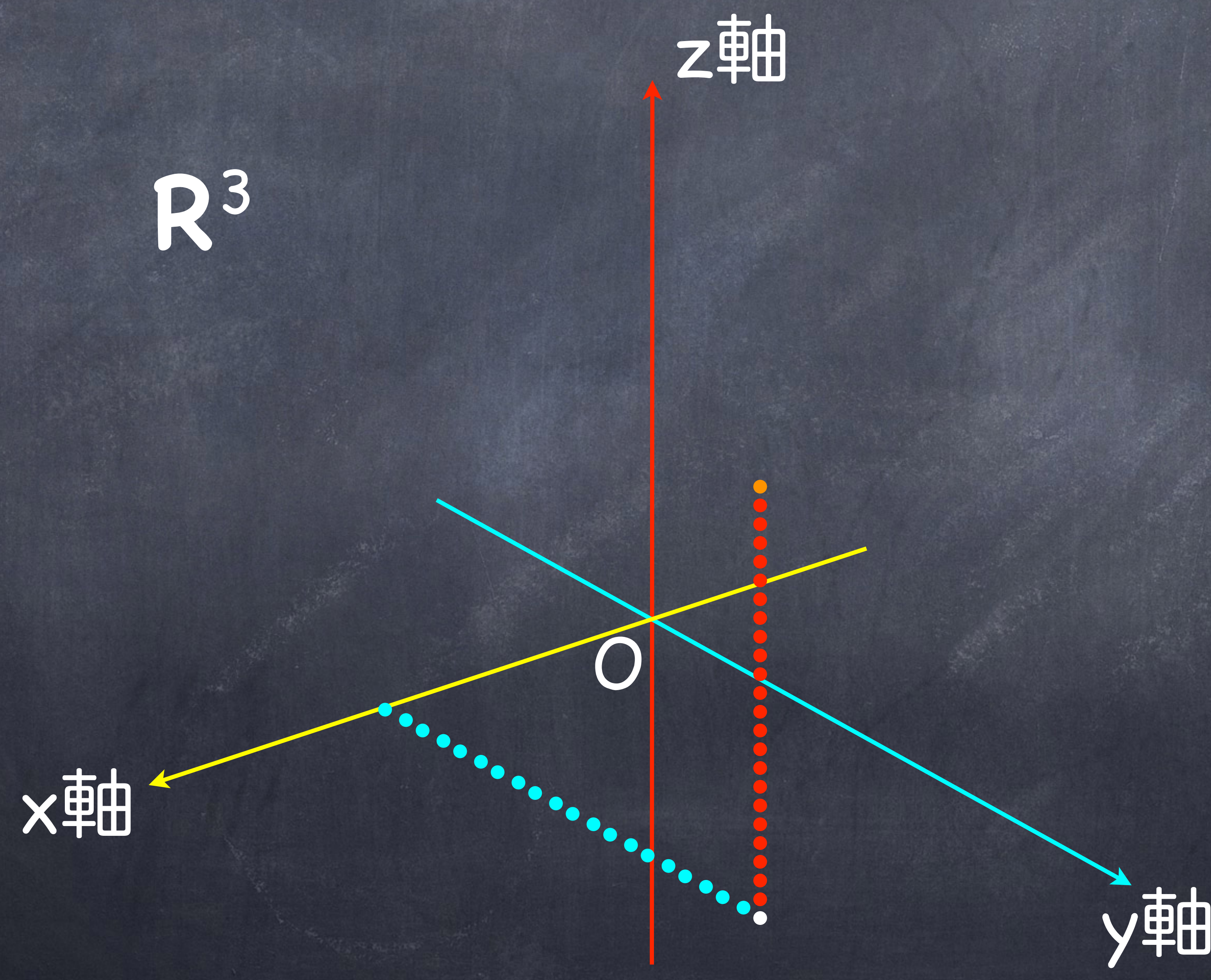
§2. 空間と空間座標

空間の各点は3つの実数 x, y, z の組 (x,y,z) を用いて表されるため, 空間は3つの実数の組 (x,y,z) 全体からなる集合とみなされる. そこで, 空間を $\mathbf{R}^3$ で表すことにする.



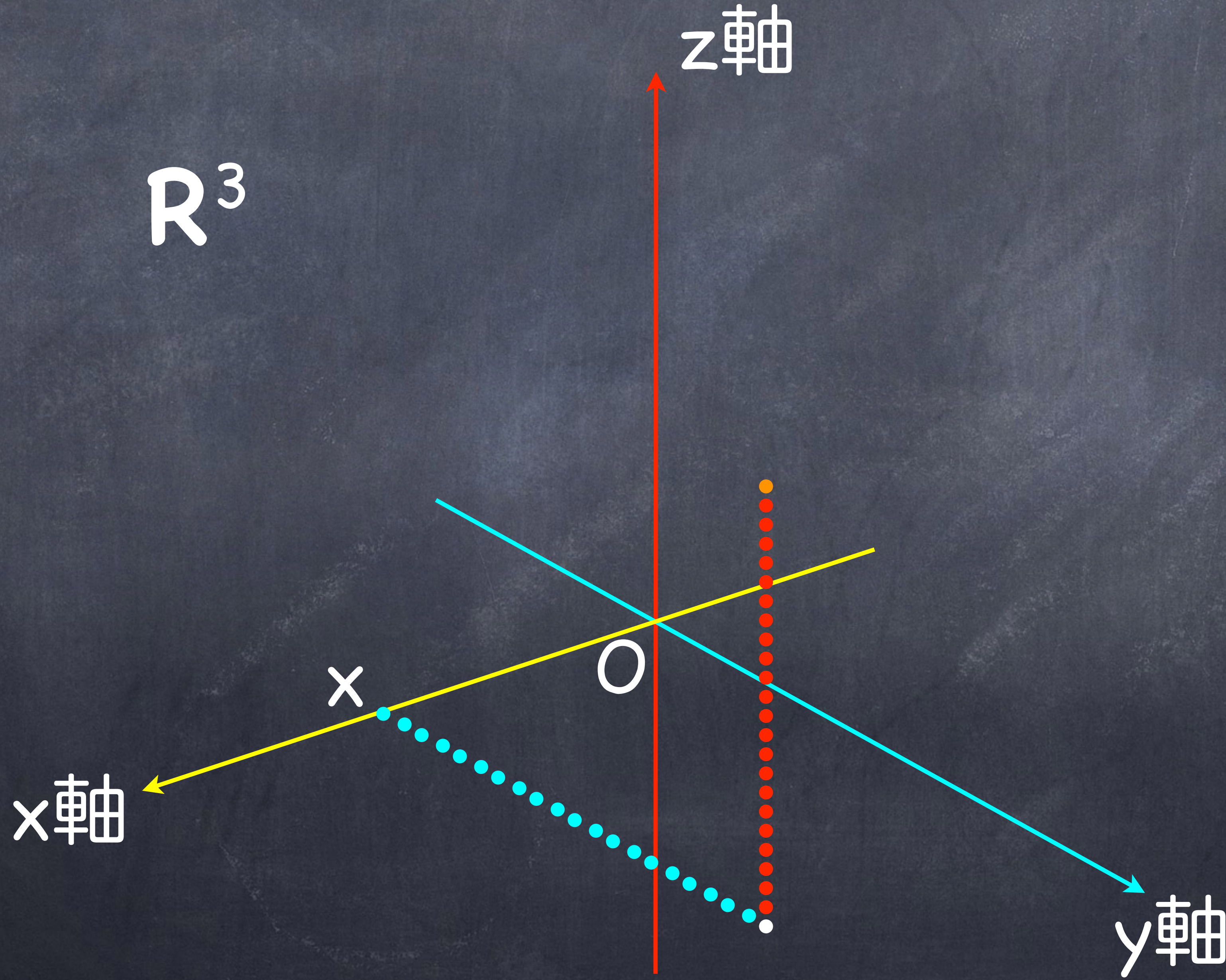
§2. 空間と空間座標

空間の各点は3つの実数 x, y, z の組 (x,y,z) を用いて表されるため, 空間は3つの実数の組 (x,y,z) 全体からなる集合とみなされる. そこで, 空間を $\mathbf{R}^3$ で表すことにする.



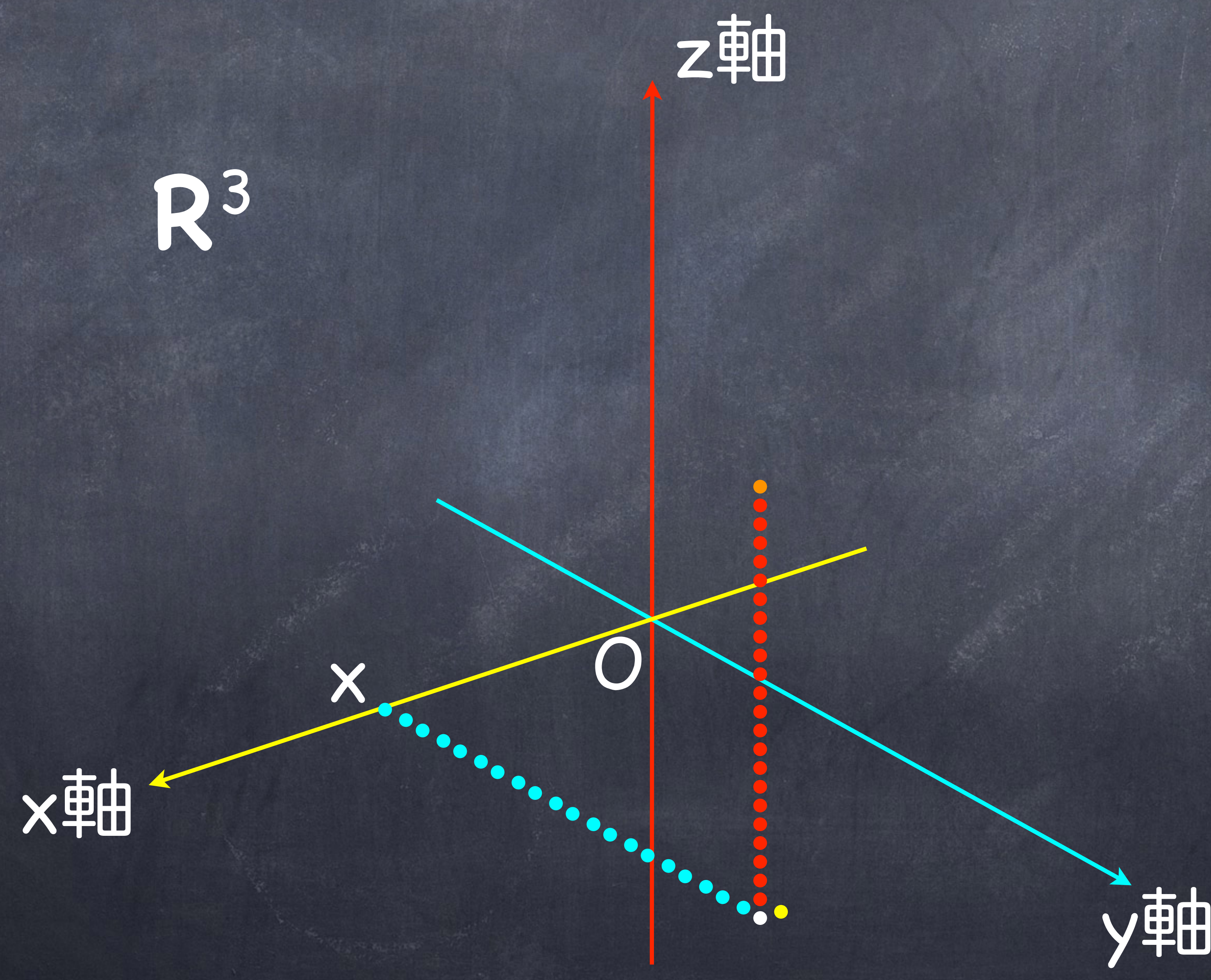
§2. 空間と空間座標

空間の各点は3つの実数 x, y, z の組 (x,y,z) を用いて表されるため, 空間は3つの実数の組 (x,y,z) 全体からなる集合とみなされる. そこで, 空間を $\mathbf{R}^3$ で表すことにする.



§2. 空間と空間座標

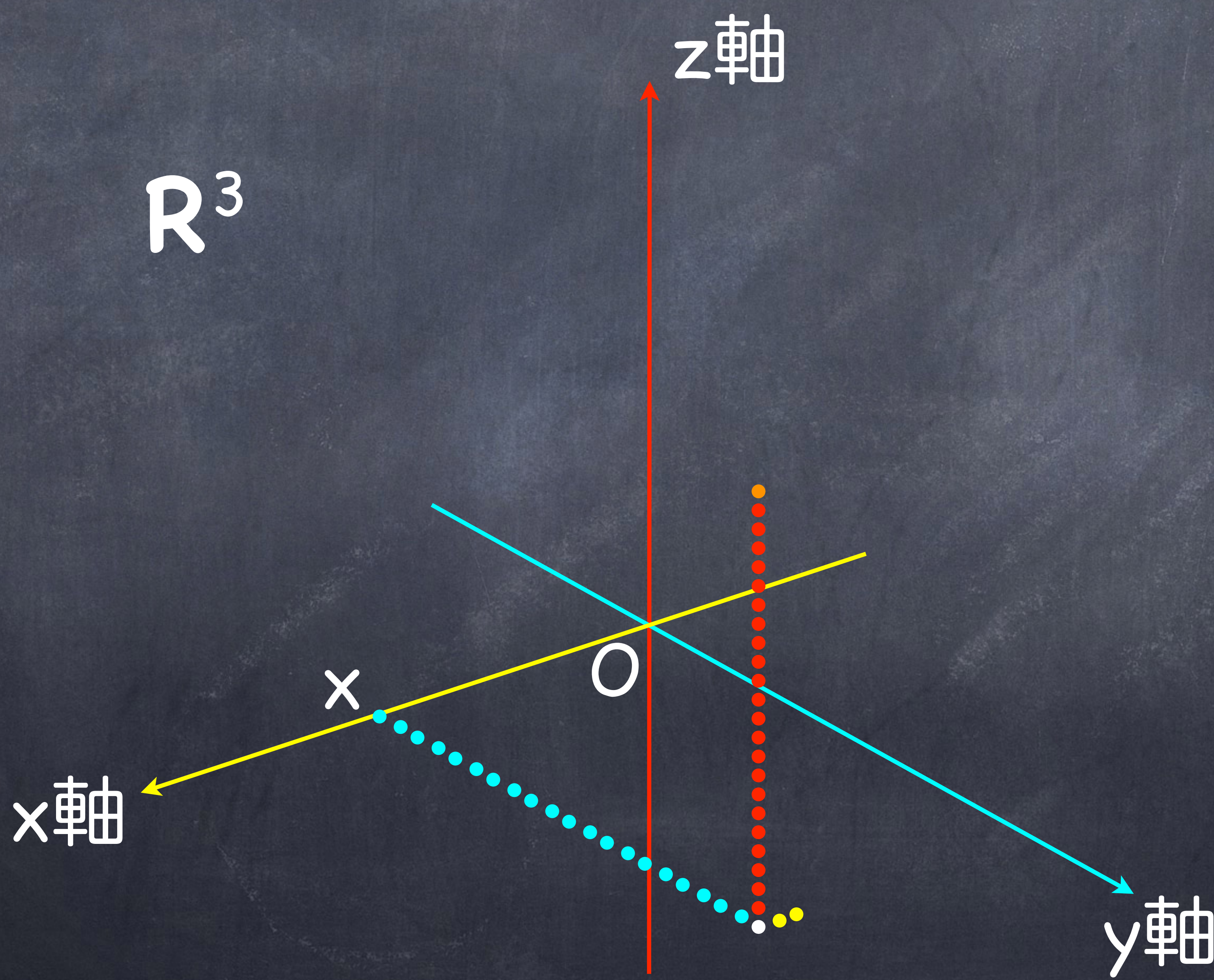
空間の各点は3つの実数 x, y, z の組 (x,y,z) を用いて表されるため, 空間は3つの実数の組 (x,y,z) 全体からなる集合とみなされる. そこで, 空間を $\mathbf{R}^3$ で表すことにする.



§2. 空間と空間座標

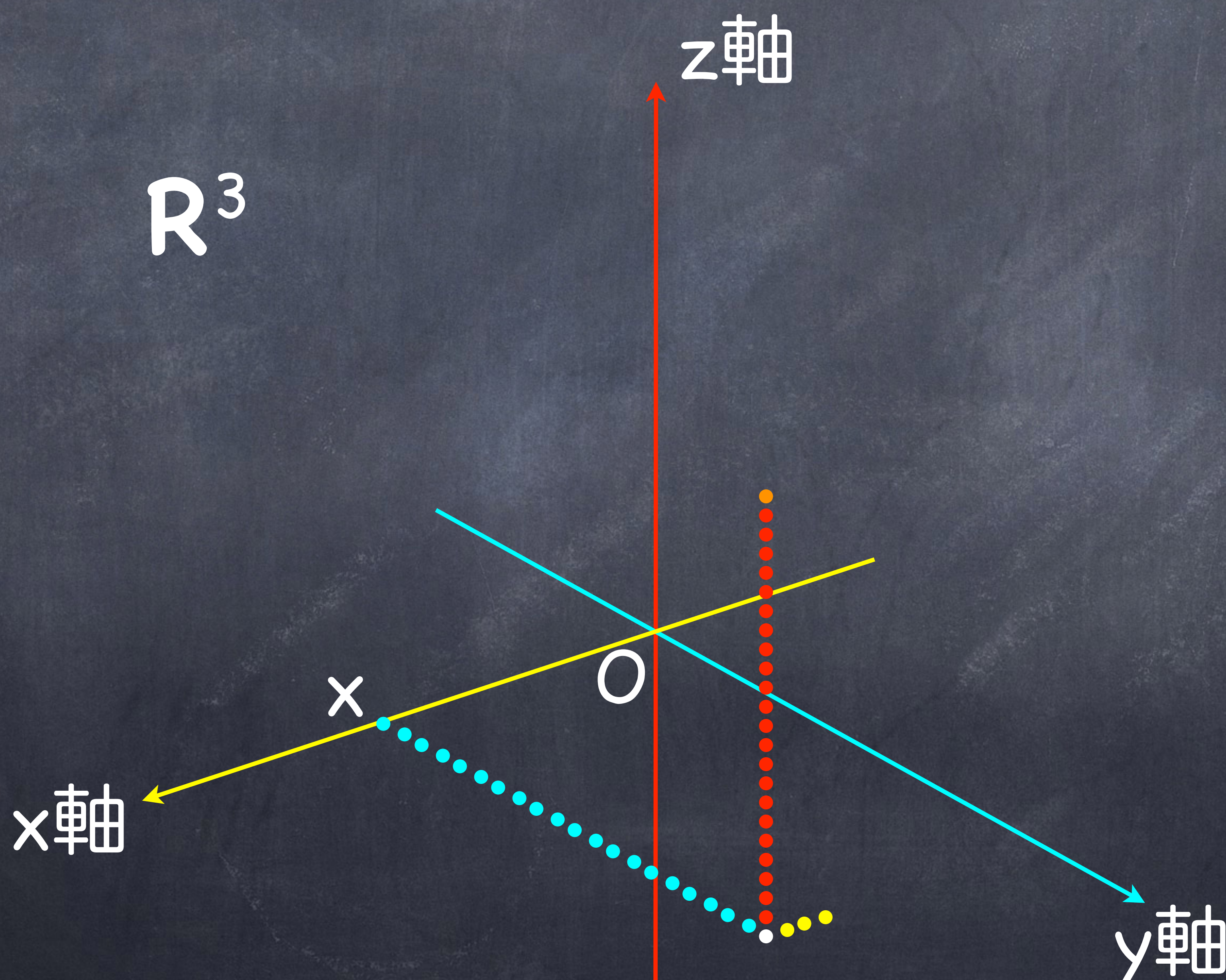
空間の各点は3つの実数 x, y, z の組 (x,y,z) を用いて表されるため, 空間は3つの実数の組 (x,y,z) 全体からなる集合とみなされる. そこで, 空間を $\mathbf{R}^3$ で表すことにする.

$\mathbf{R}^3$



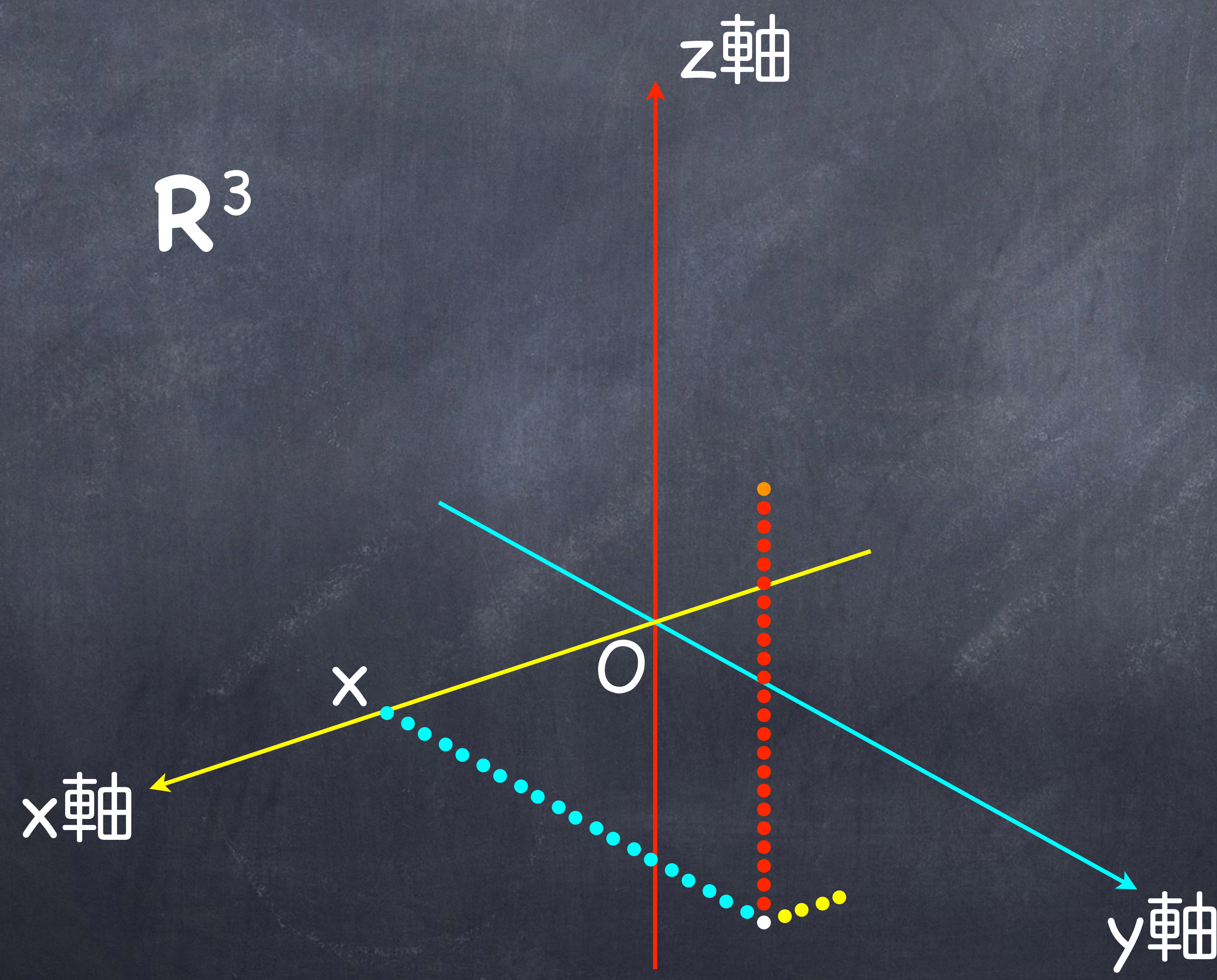
§2. 空間と空間座標

空間の各点は3つの実数 x, y, z の組 (x,y,z) を用いて表されるため, 空間は3つの実数の組 (x,y,z) 全体からなる集合とみなされる. そこで, 空間を $\mathbf{R}^3$ で表すことにする.



§2. 空間と空間座標

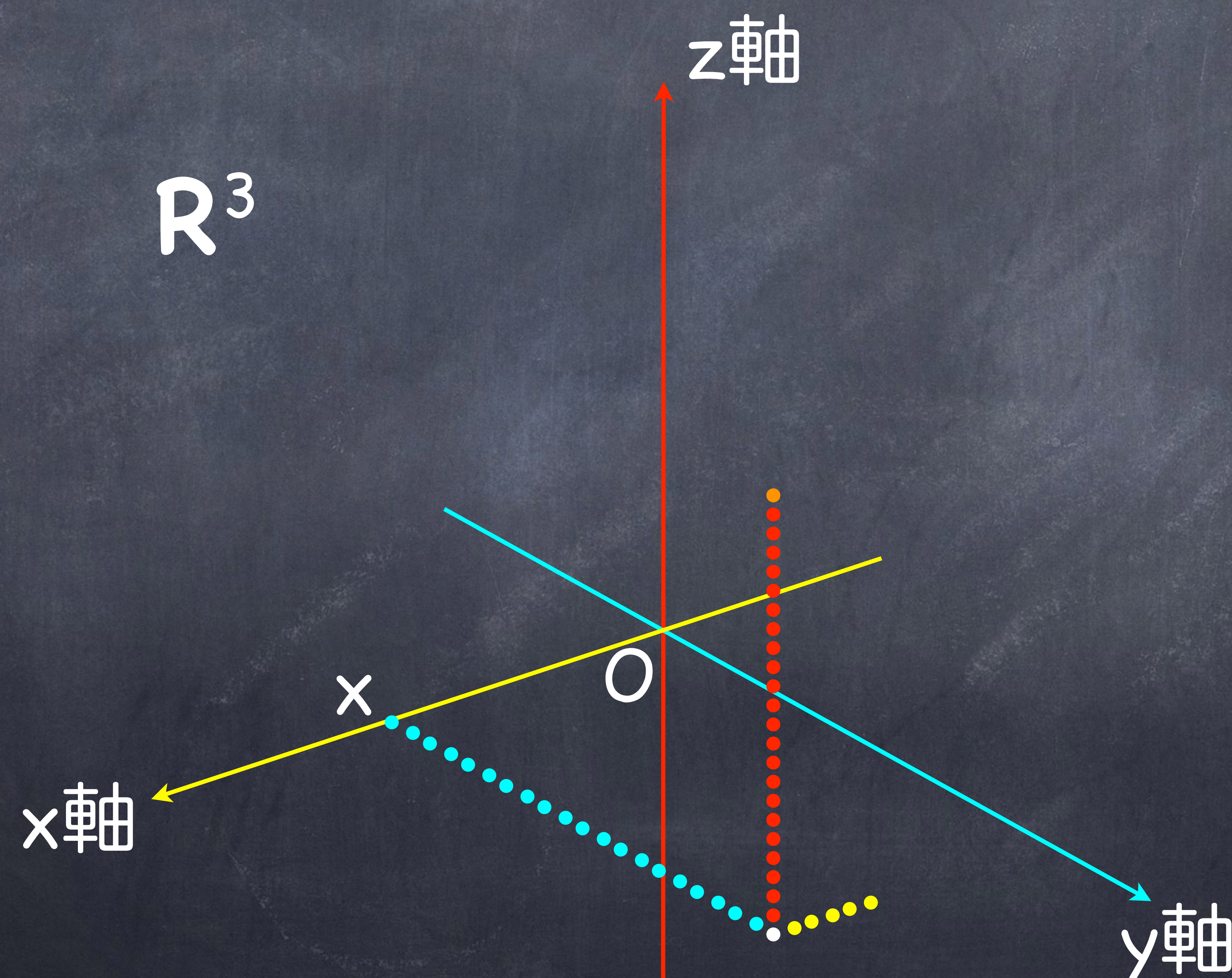
空間の各点は3つの実数 x, y, z の組 (x,y,z) を用いて表されるため, 空間は3つの実数の組 (x,y,z) 全体からなる集合とみなされる. そこで, 空間を $\mathbf{R}^3$ で表すことにする.



§2. 空間と空間座標

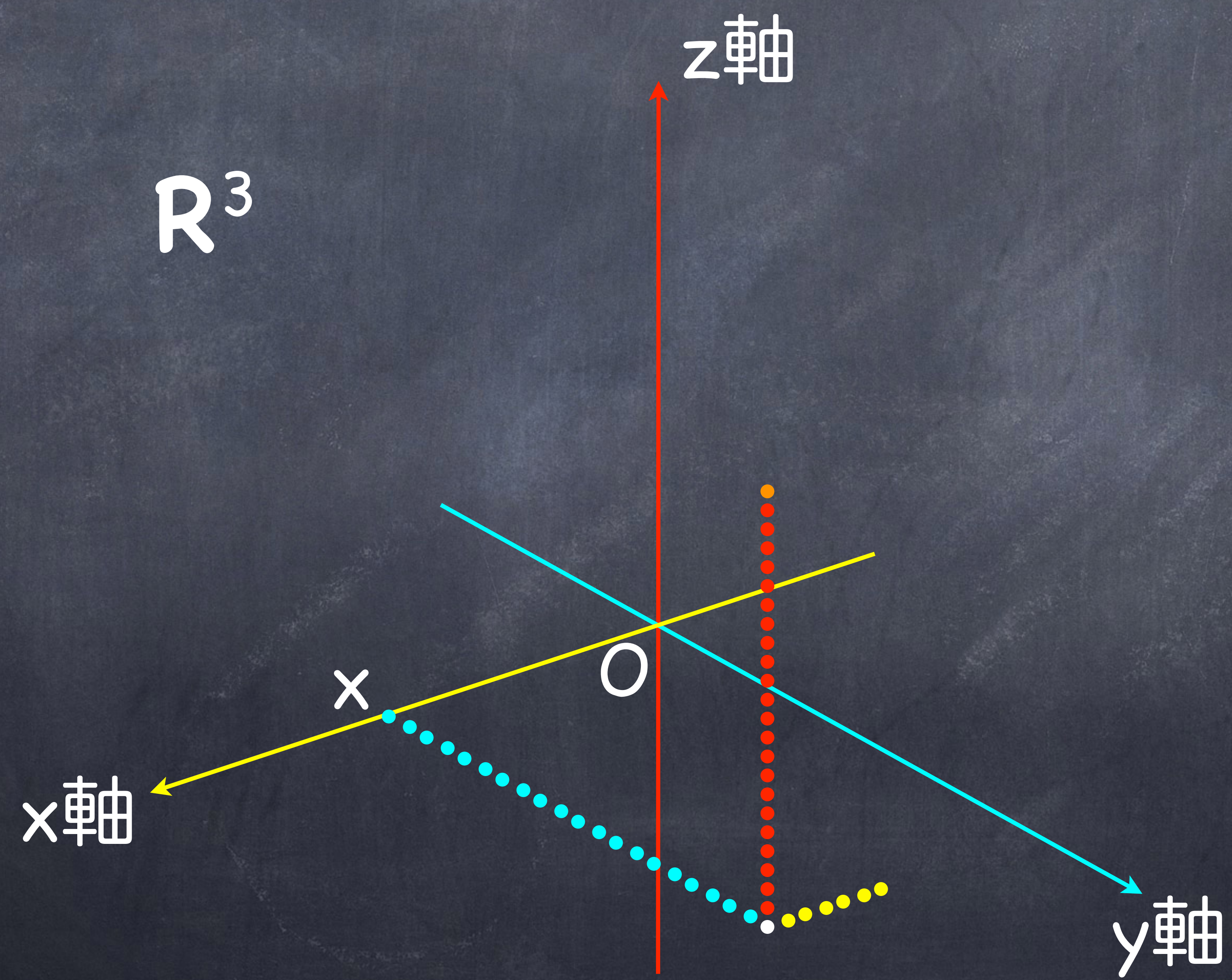
空間の各点は3つの実数 x, y, z の組 (x,y,z) を用いて表されるため, 空間は3つの実数の組 (x,y,z) 全体からなる集合とみなされる. そこで, 空間を $\mathbf{R}^3$ で表すことにする.

$\mathbf{R}^3$



§2. 空間と空間座標

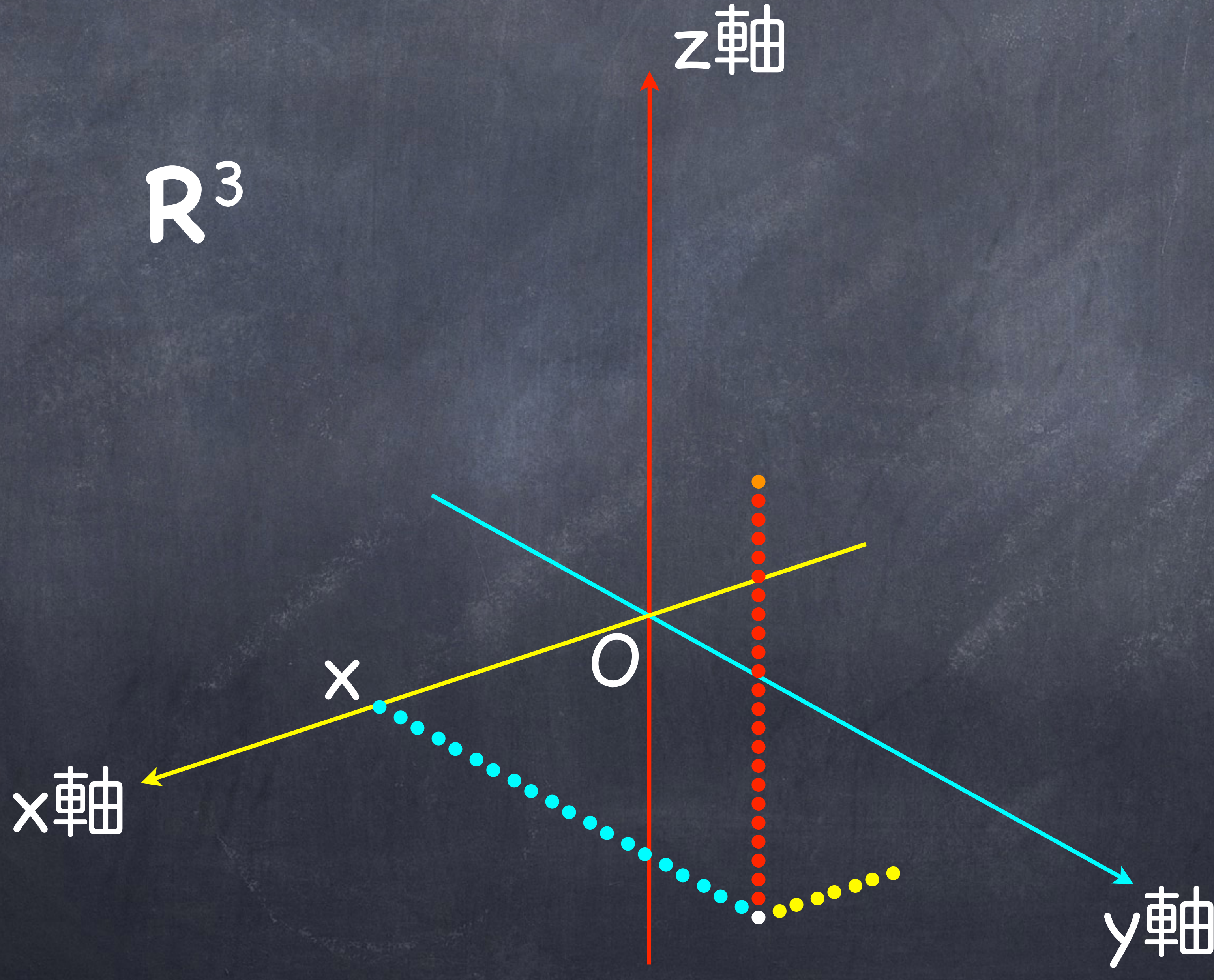
空間の各点は3つの実数 x, y, z の組 (x,y,z) を用いて表されるため, 空間は3つの実数の組 (x,y,z) 全体からなる集合とみなされる. そこで, 空間を $\mathbf{R}^3$ で表すことにする.



§2. 空間と空間座標

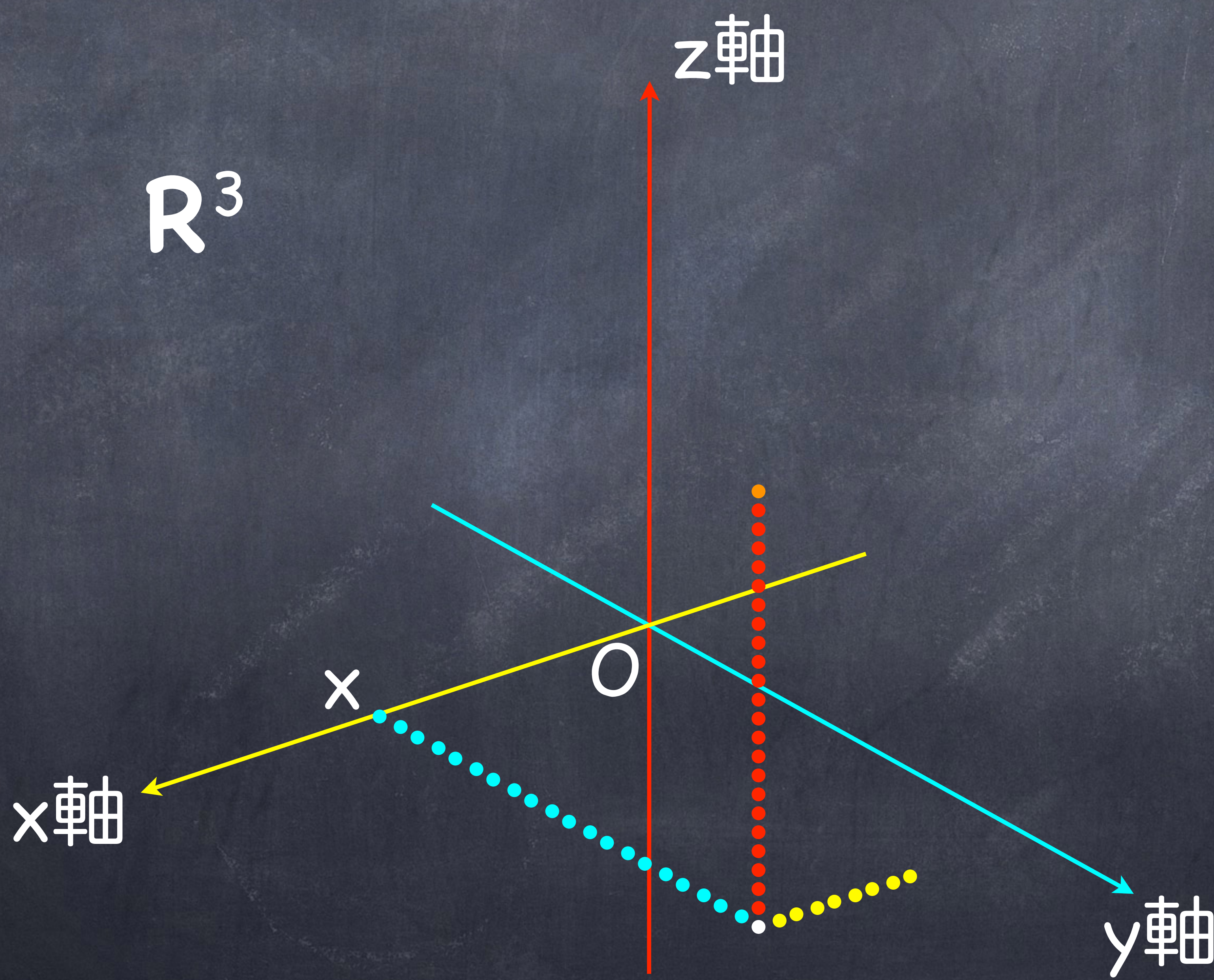
空間の各点は3つの実数 x, y, z の組 (x,y,z) を用いて表されるため, 空間は3つの実数の組 (x,y,z) 全体からなる集合とみなされる. そこで, 空間を $\mathbf{R}^3$ で表すことにする.

$\mathbf{R}^3$



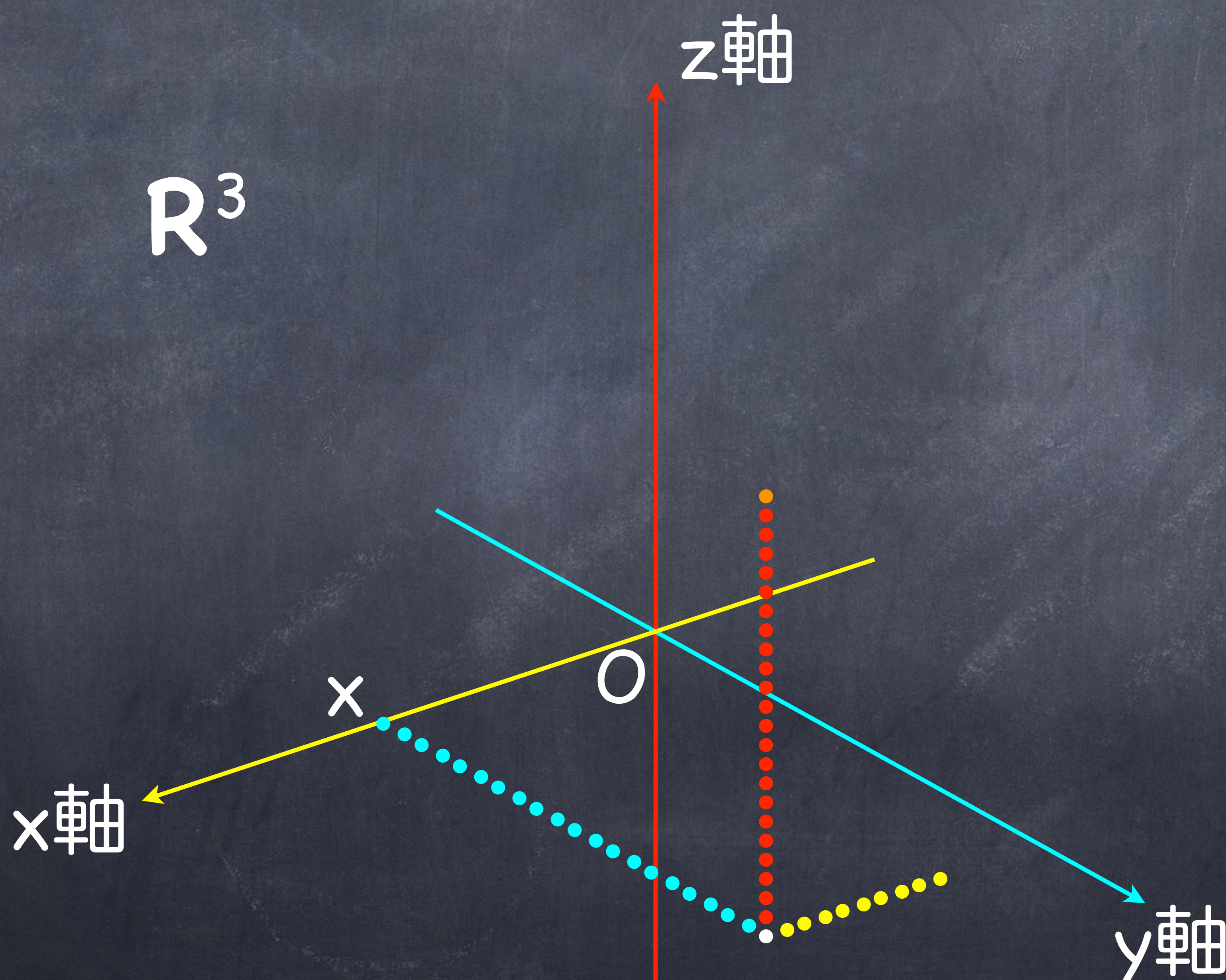
§2. 空間と空間座標

空間の各点は3つの実数 x, y, z の組 (x,y,z) を用いて表されるため, 空間は3つの実数の組 (x,y,z) 全体からなる集合とみなされる. そこで, 空間を $\mathbf{R}^3$ で表すことにする.



§2. 空間と空間座標

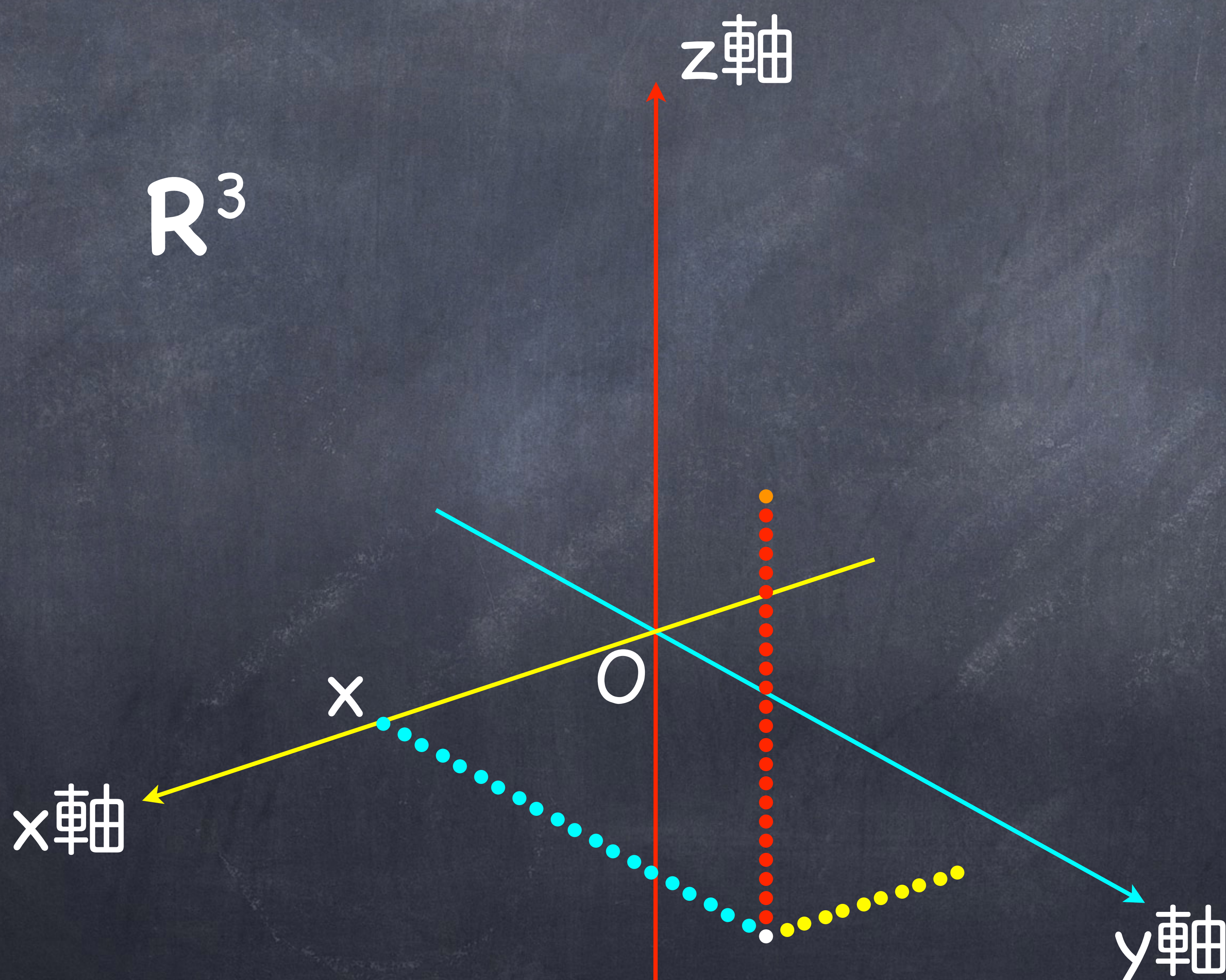
空間の各点は3つの実数 x, y, z の組 (x,y,z) を用いて表されるため, 空間は3つの実数の組 (x,y,z) 全体からなる集合とみなされる. そこで, 空間を $\mathbf{R}^3$ で表すことにする.



§2. 空間と空間座標

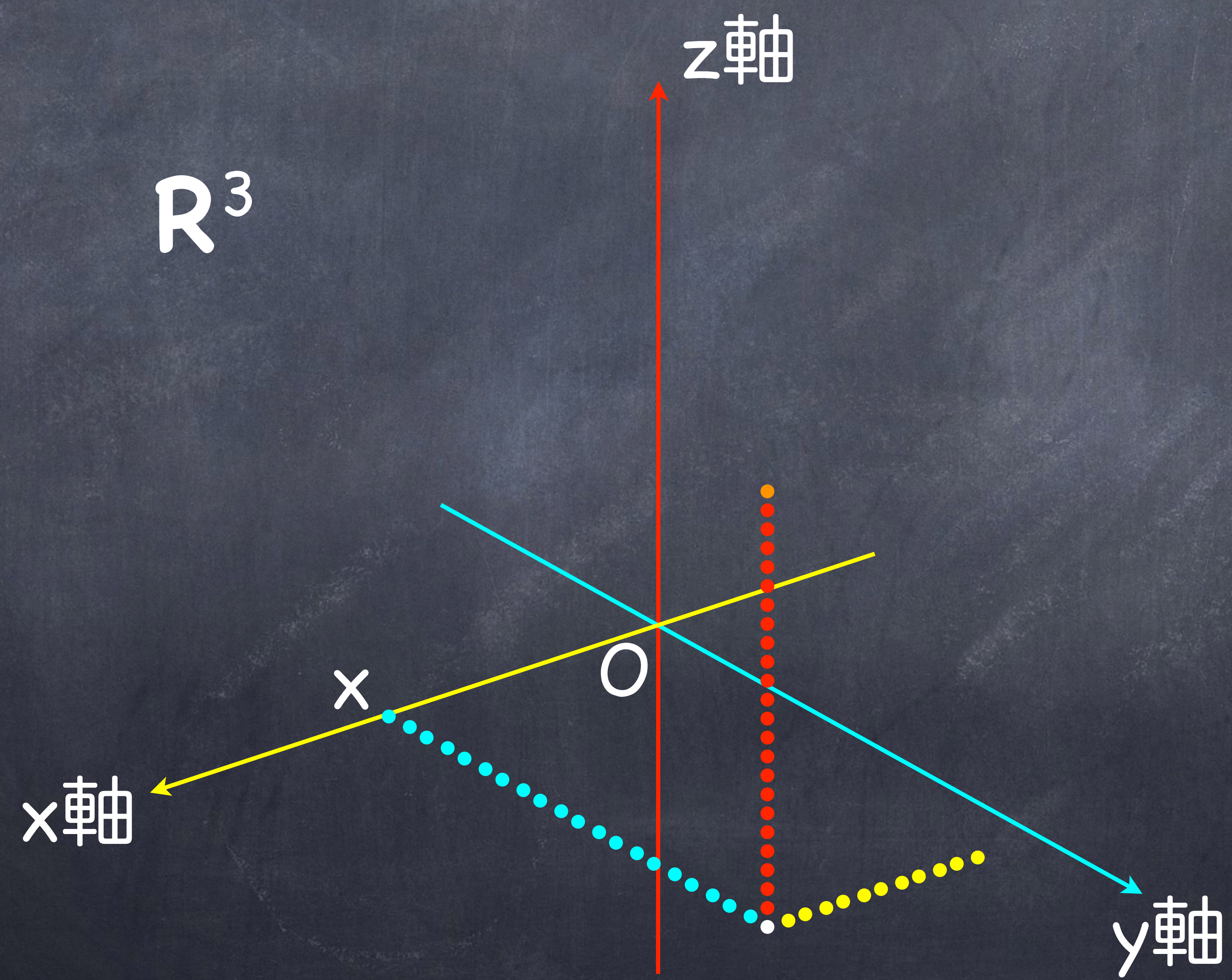
空間の各点は3つの実数 x, y, z の組 (x,y,z) を用いて表されるため, 空間は3つの実数の組 (x,y,z) 全体からなる集合とみなされる. そこで, 空間を $\mathbf{R}^3$ で表すことにする.

$\mathbf{R}^3$



§2. 空間と空間座標

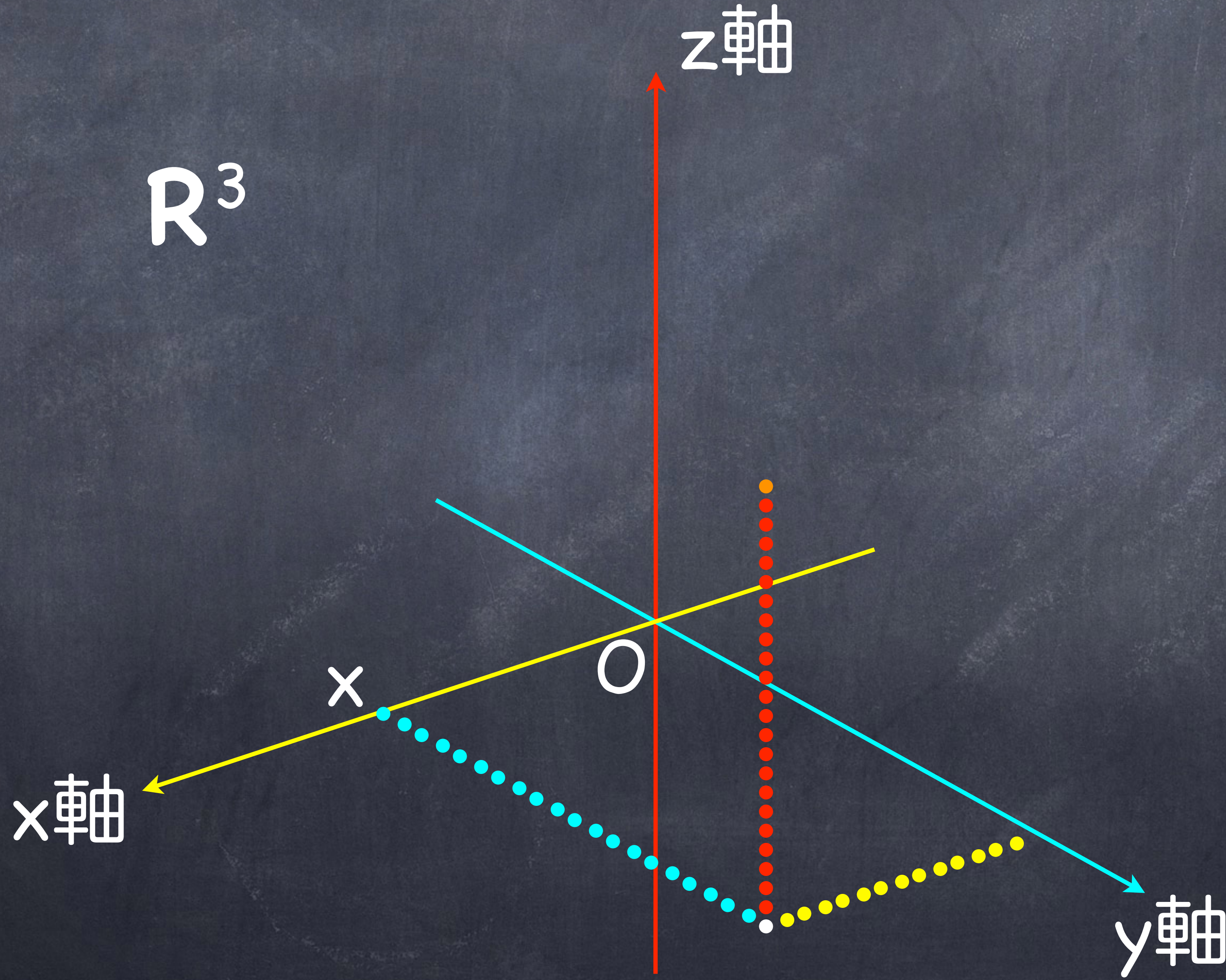
空間の各点は3つの実数 x, y, z の組 (x,y,z) を用いて表されるため, 空間は3つの実数の組 (x,y,z) 全体からなる集合とみなされる. そこで, 空間を $\mathbf{R}^3$ で表すことにする.



§2. 空間と空間座標

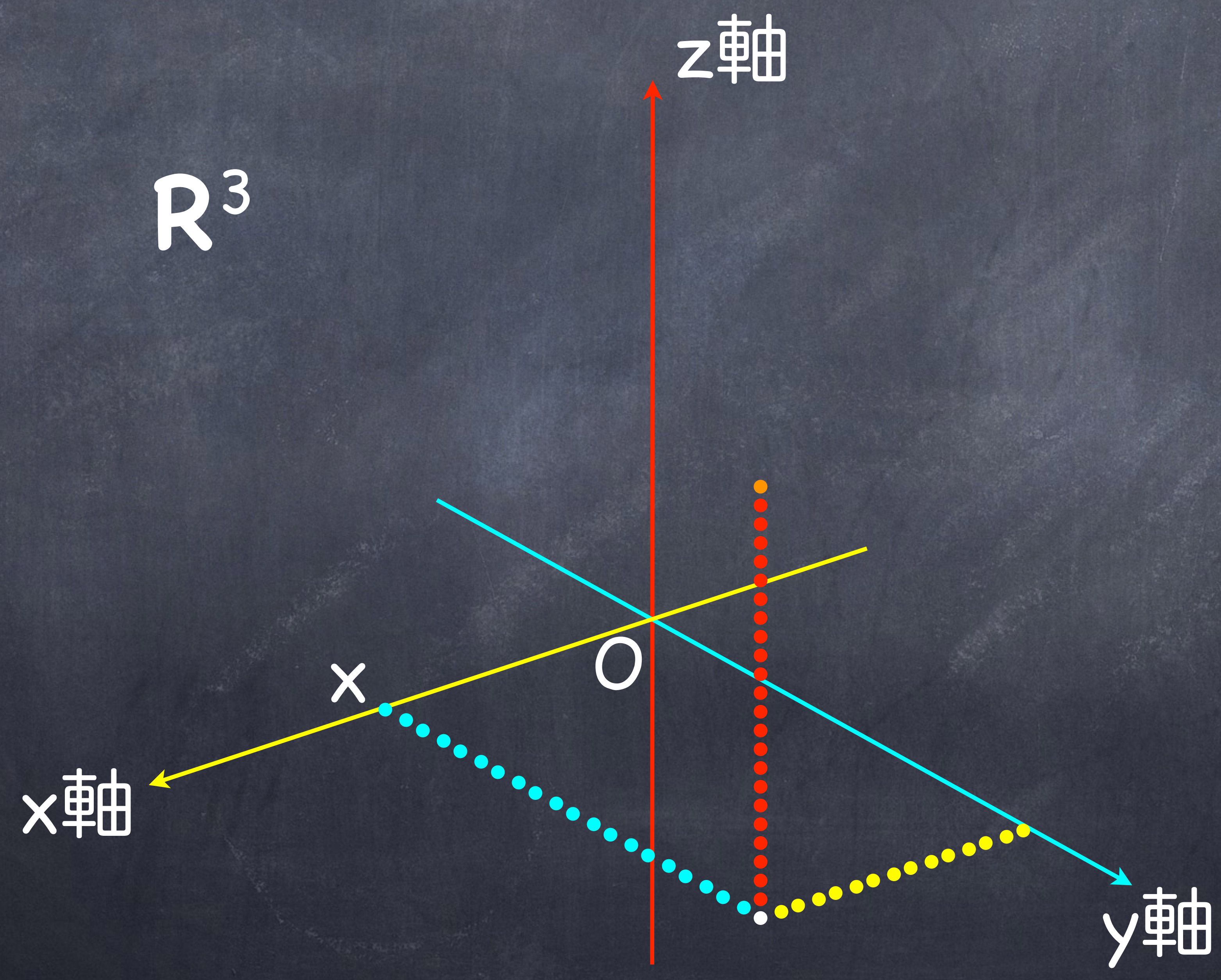
空間の各点は3つの実数 x, y, z の組 (x,y,z) を用いて表されるため, 空間は3つの実数の組 (x,y,z) 全体からなる集合とみなされる. そこで, 空間を $\mathbf{R}^3$ で表すことにする.

$\mathbf{R}^3$



§2. 空間と空間座標

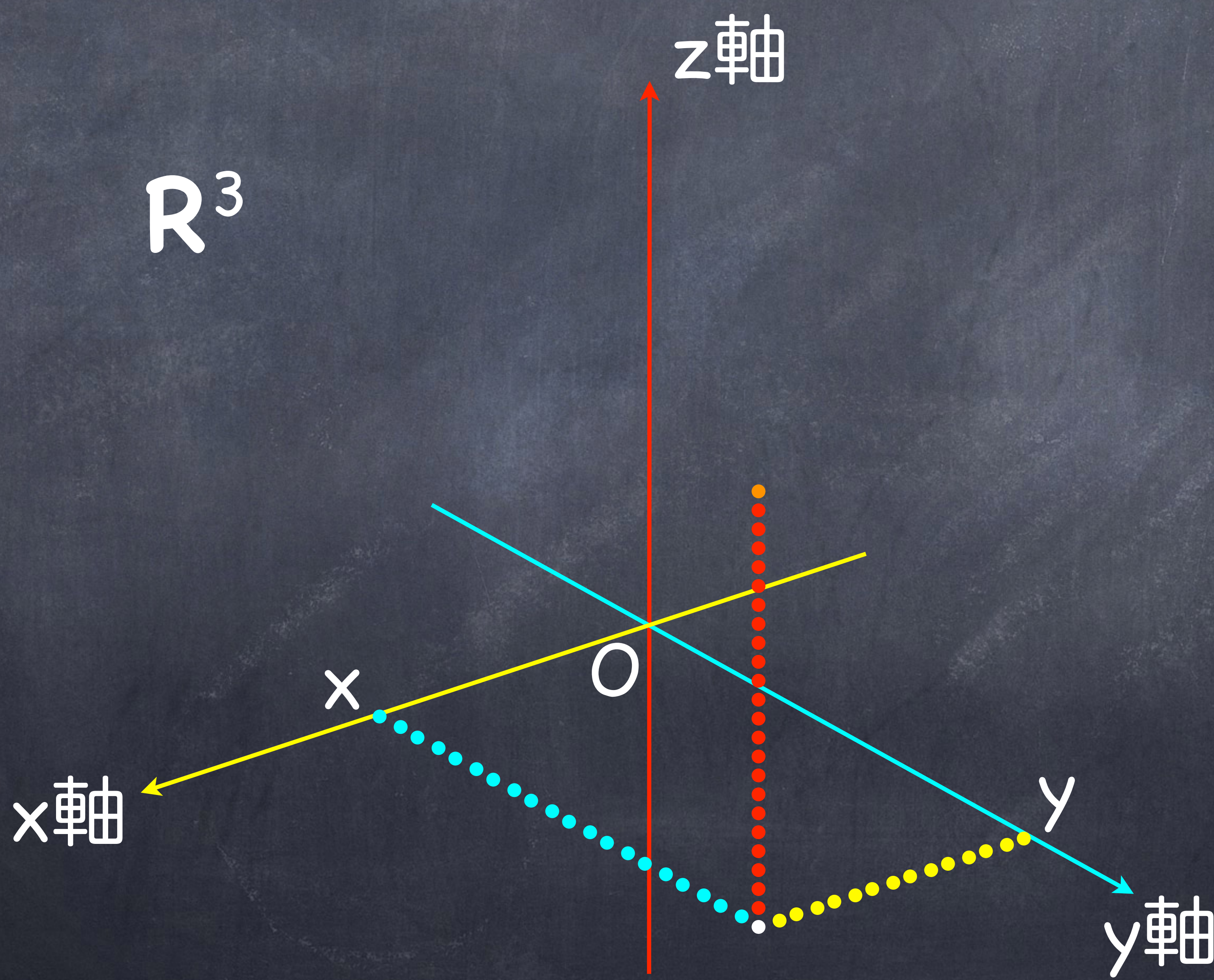
空間の各点は3つの実数 x, y, z の組 (x,y,z) を用いて表されるため, 空間は3つの実数の組 (x,y,z) 全体からなる集合とみなされる. そこで, 空間を $\mathbf{R}^3$ で表すことにする.



§2. 空間と空間座標

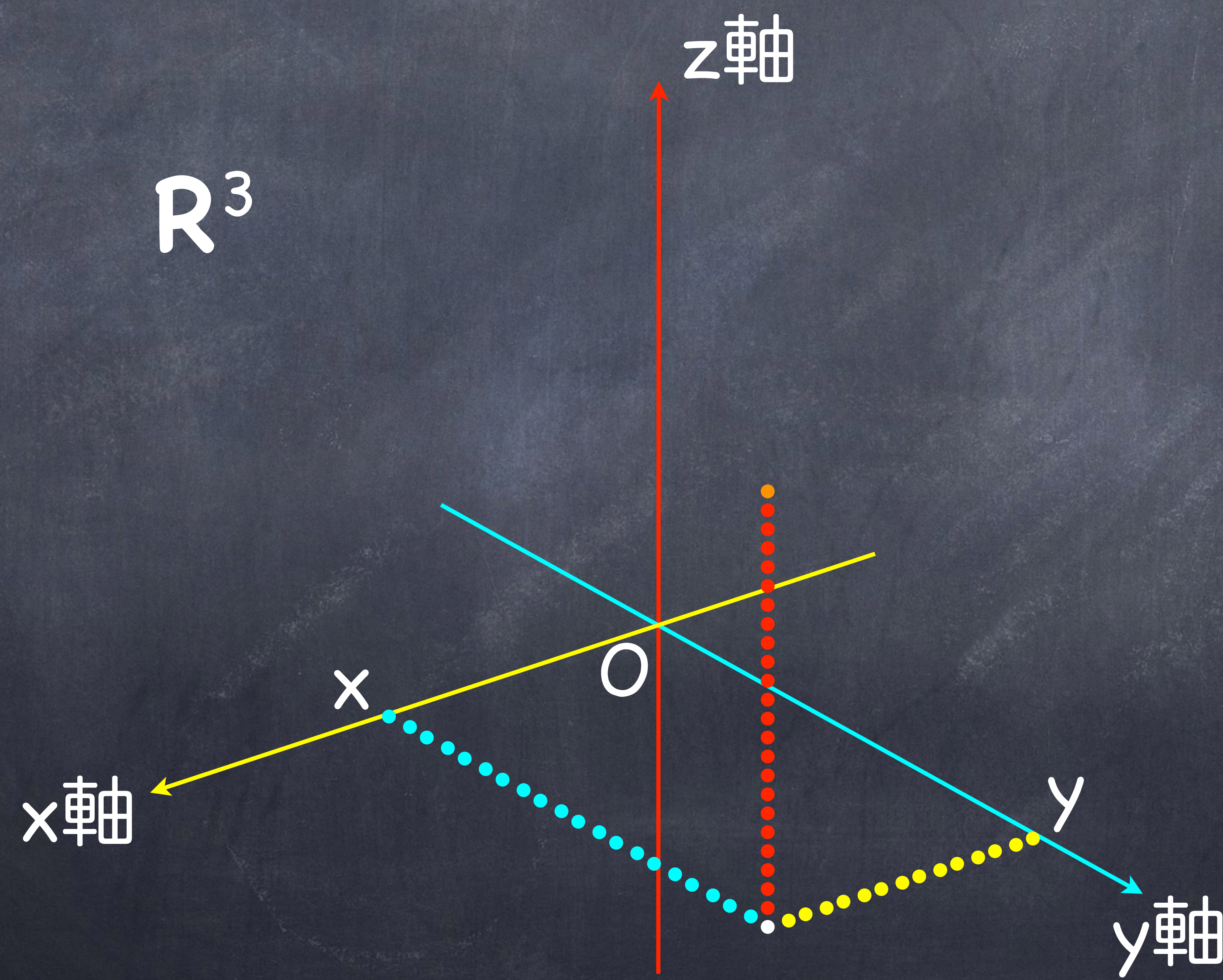
空間の各点は3つの実数 x, y, z の組 (x,y,z) を用いて表されるため, 空間は3つの実数の組 (x,y,z) 全体からなる集合とみなされる. そこで, 空間を $\mathbf{R}^3$ で表すことにする.

$\mathbf{R}^3$



§2. 空間と空間座標

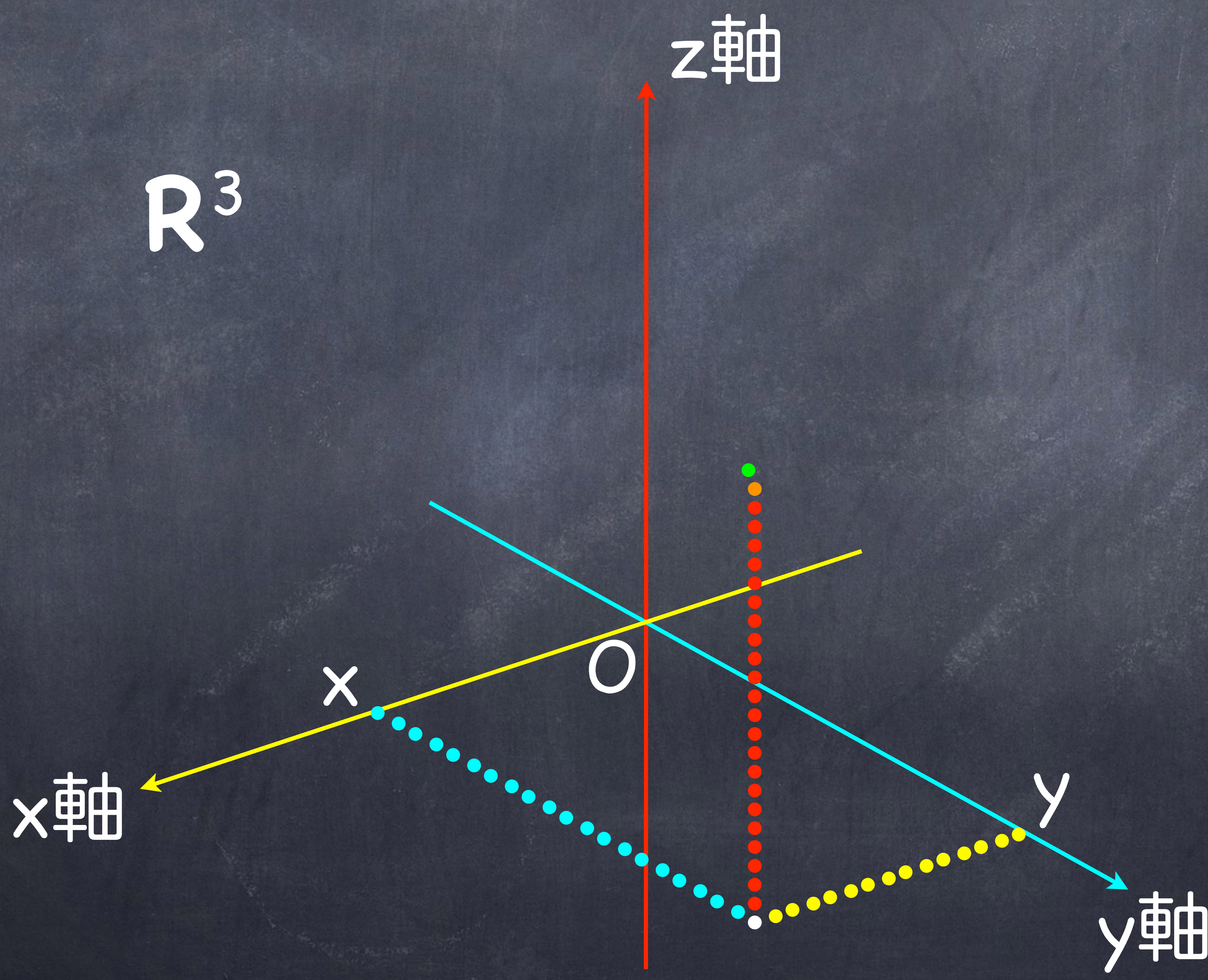
空間の各点は3つの実数 x, y, z の組 (x,y,z) を用いて表されるため, 空間は3つの実数の組 (x,y,z) 全体からなる集合とみなされる. そこで, 空間を $\mathbf{R}^3$ で表すことにする.



§2. 空間と空間座標

空間の各点は3つの実数 x, y, z の組 (x,y,z) を用いて表されるため, 空間は3つの実数の組 (x,y,z) 全体からなる集合とみなされる. そこで, 空間を $\mathbf{R}^3$ で表すことにする.

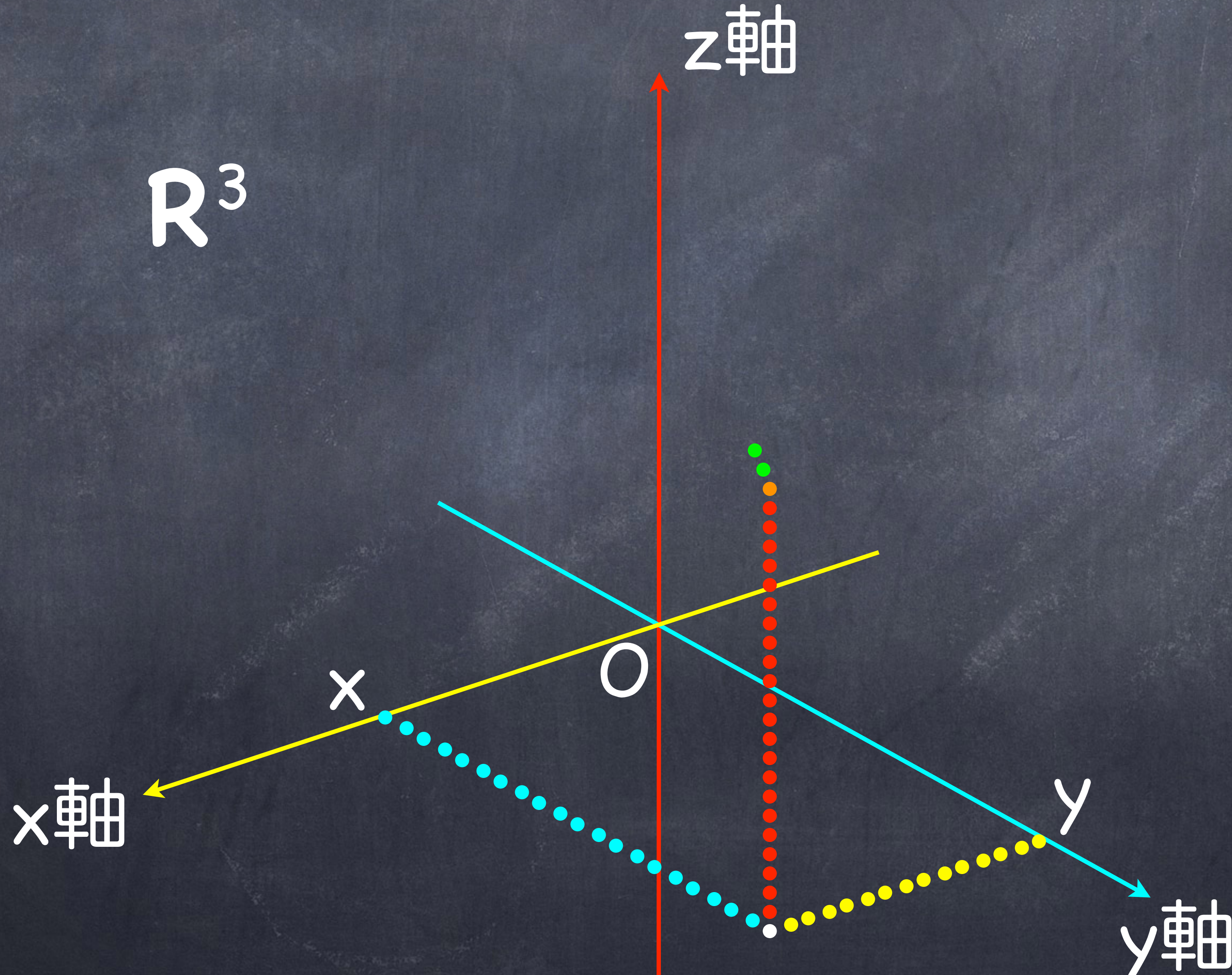
$\mathbf{R}^3$



§2. 空間と空間座標

空間の各点は3つの実数 x, y, z の組 (x,y,z) を用いて表されるため, 空間は3つの実数の組 (x,y,z) 全体からなる集合とみなされる. そこで, 空間を $\mathbf{R}^3$ で表すことにする.

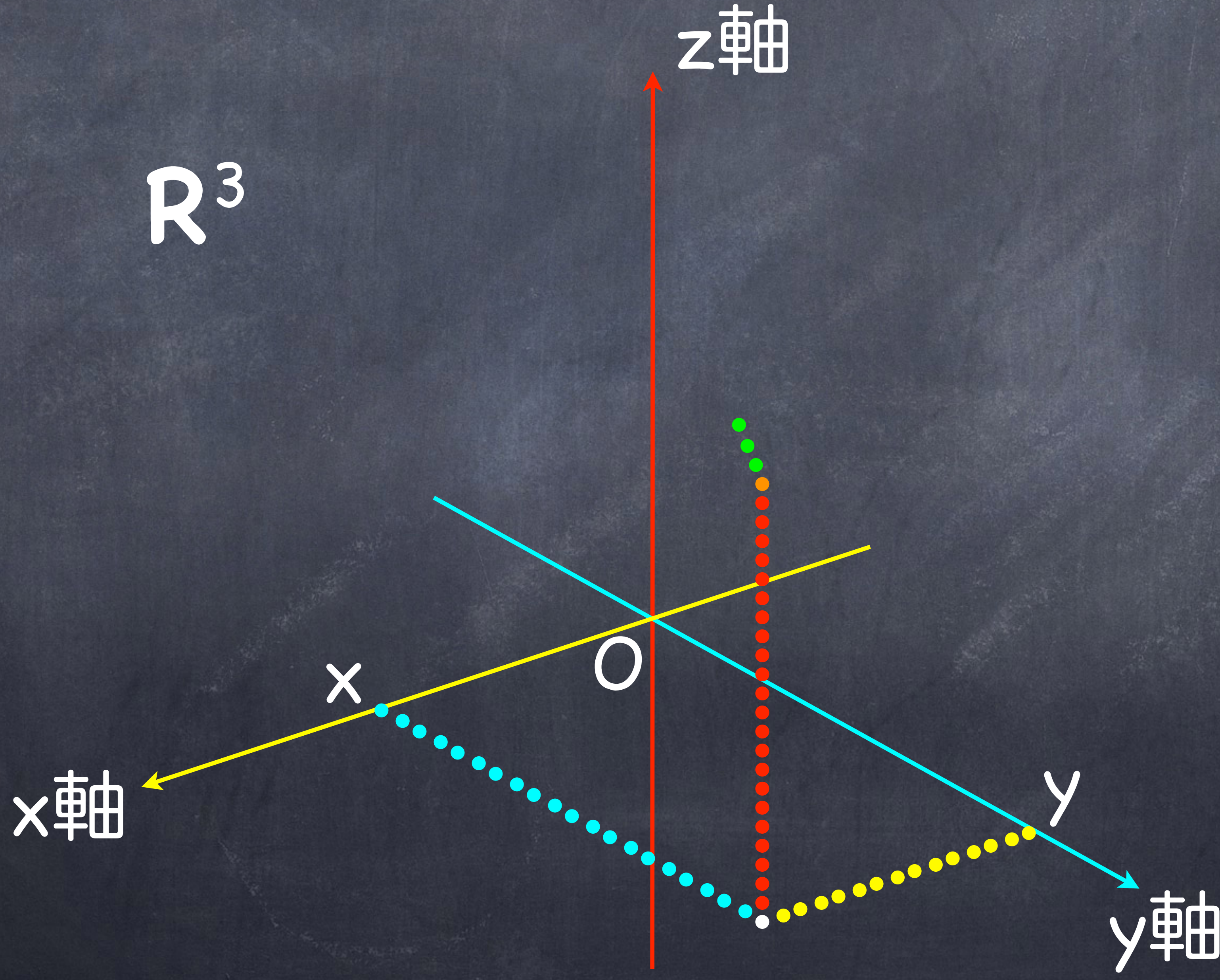
$\mathbf{R}^3$



§2. 空間と空間座標

空間の各点は3つの実数 x, y, z の組 (x,y,z) を用いて表されるため, 空間は3つの実数の組 (x,y,z) 全体からなる集合とみなされる. そこで, 空間を $\mathbf{R}^3$ で表すことにする.

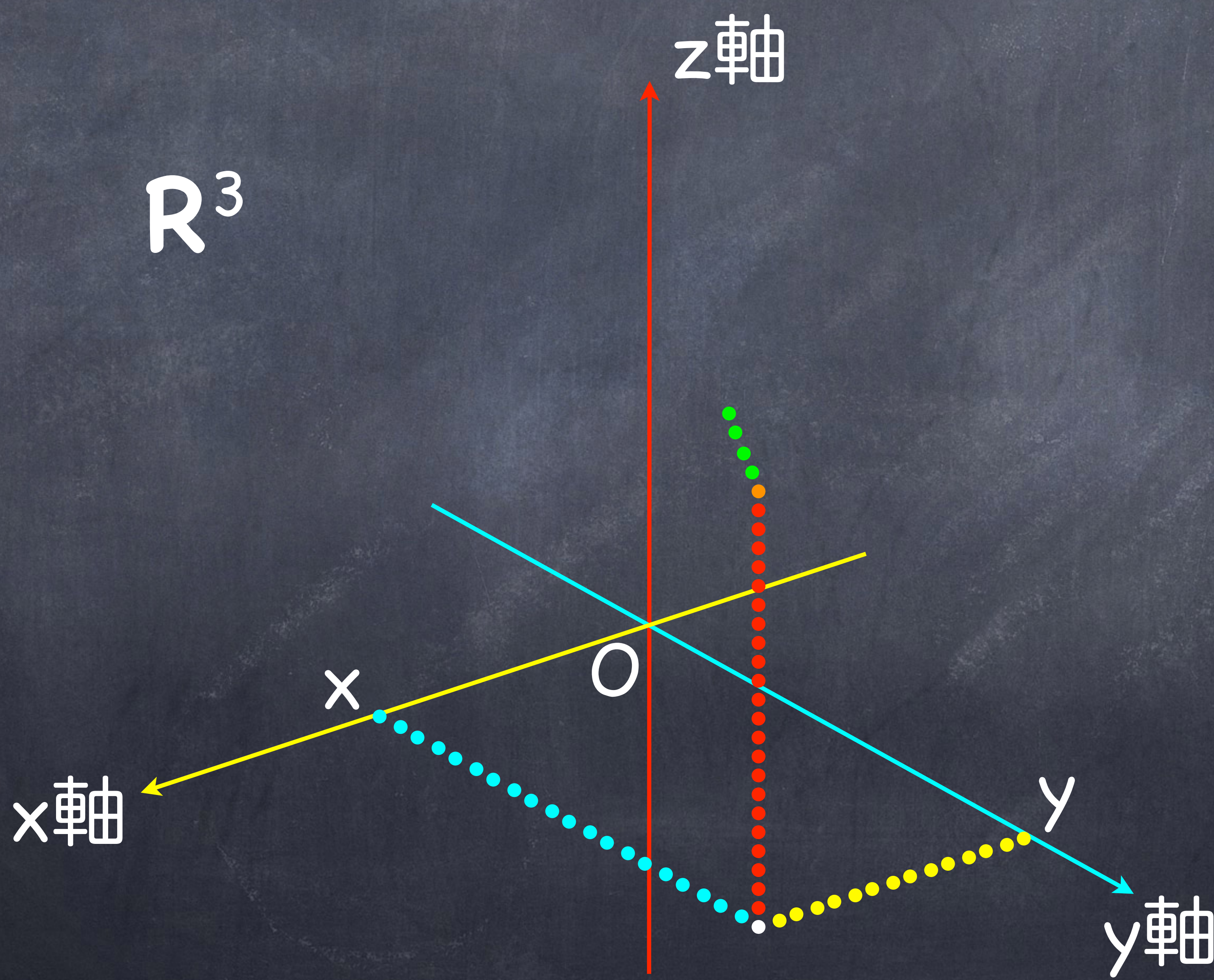
$\mathbf{R}^3$



§2. 空間と空間座標

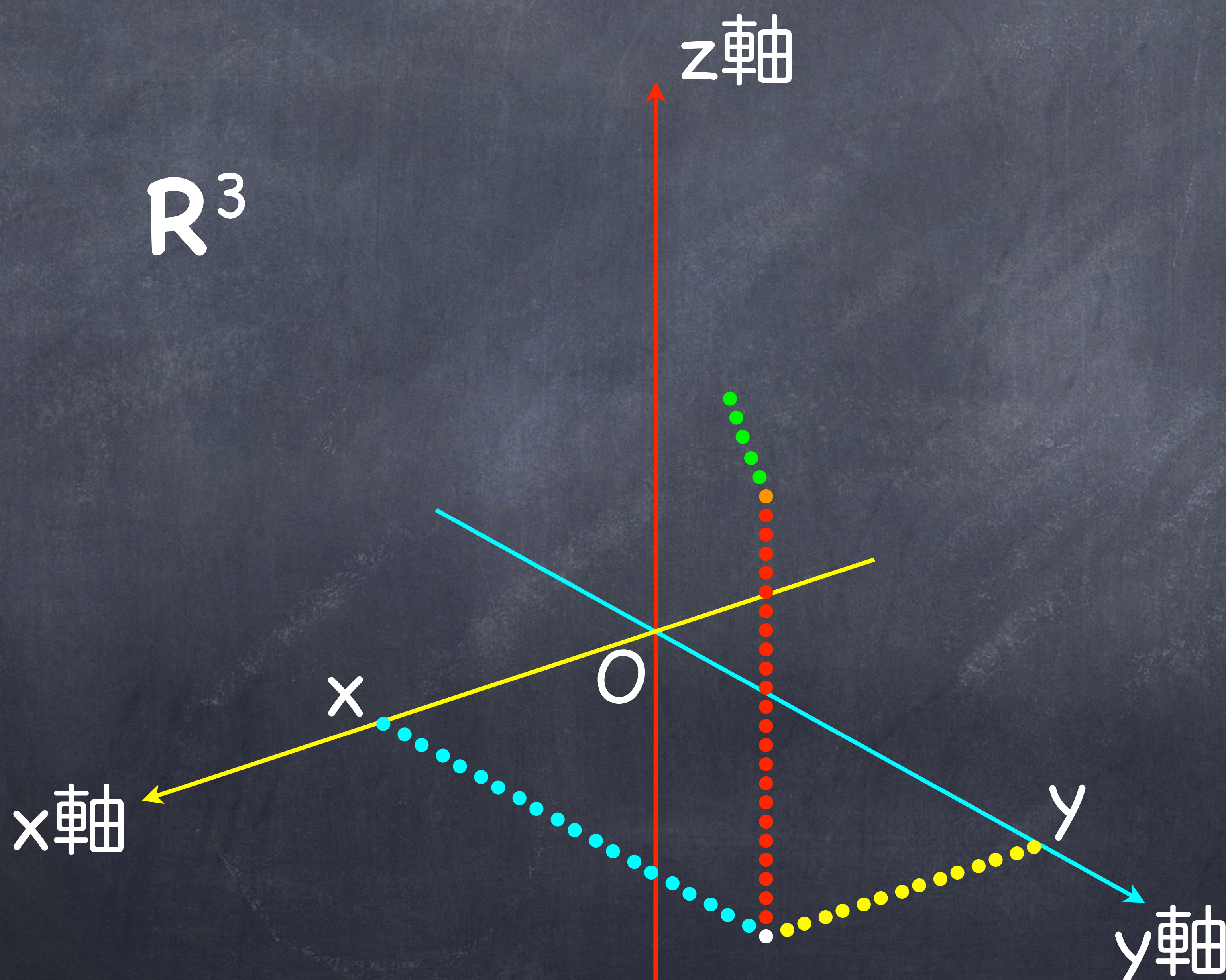
空間の各点は3つの実数 x, y, z の組 (x,y,z) を用いて表されるため, 空間は3つの実数の組 (x,y,z) 全体からなる集合とみなされる. そこで, 空間を $\mathbf{R}^3$ で表すことにする.

$\mathbf{R}^3$



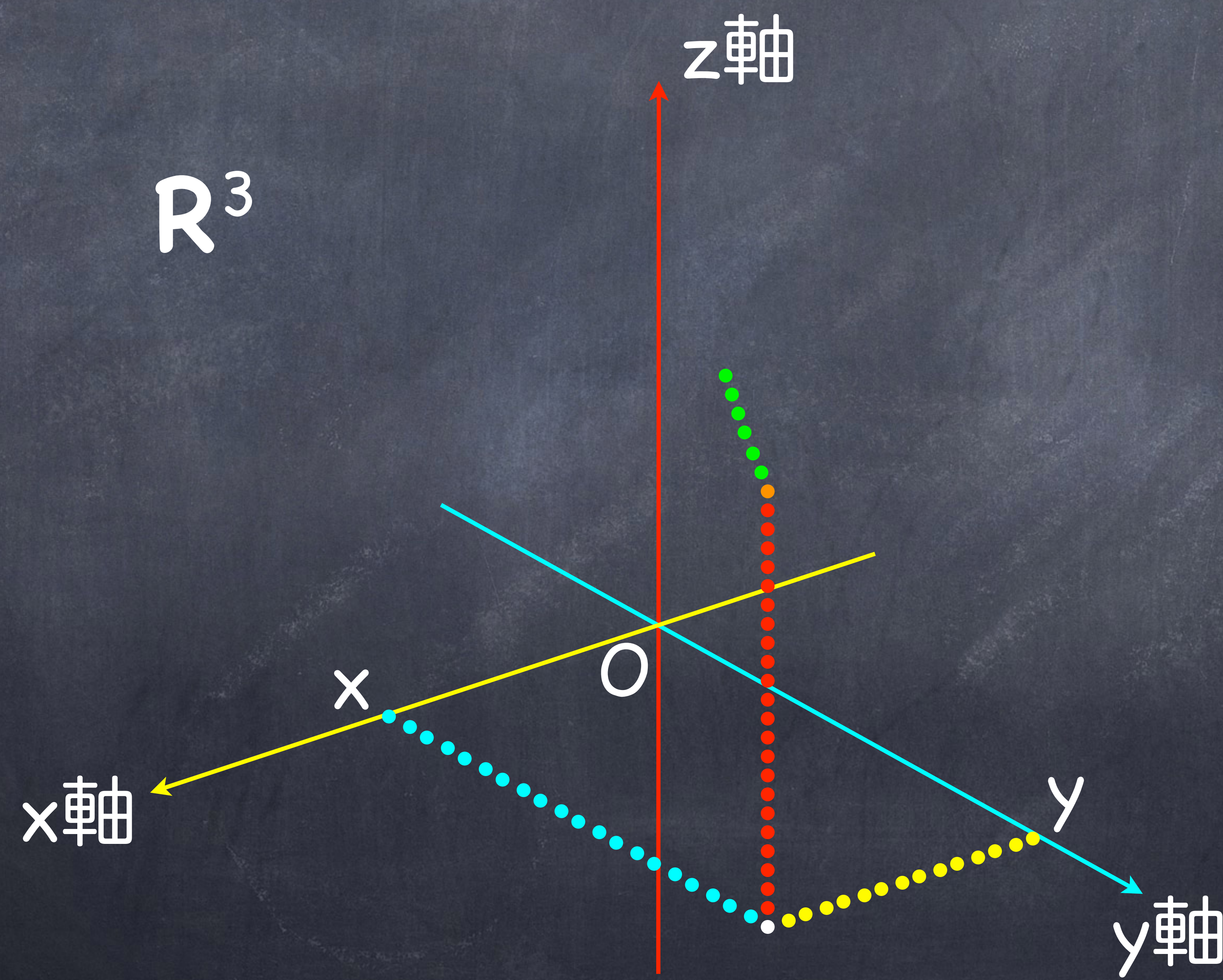
§2. 空間と空間座標

空間の各点は3つの実数 x, y, z の組 (x,y,z) を用いて表されるため, 空間は3つの実数の組 (x,y,z) 全体からなる集合とみなされる. そこで, 空間を $\mathbf{R}^3$ で表すことにする.



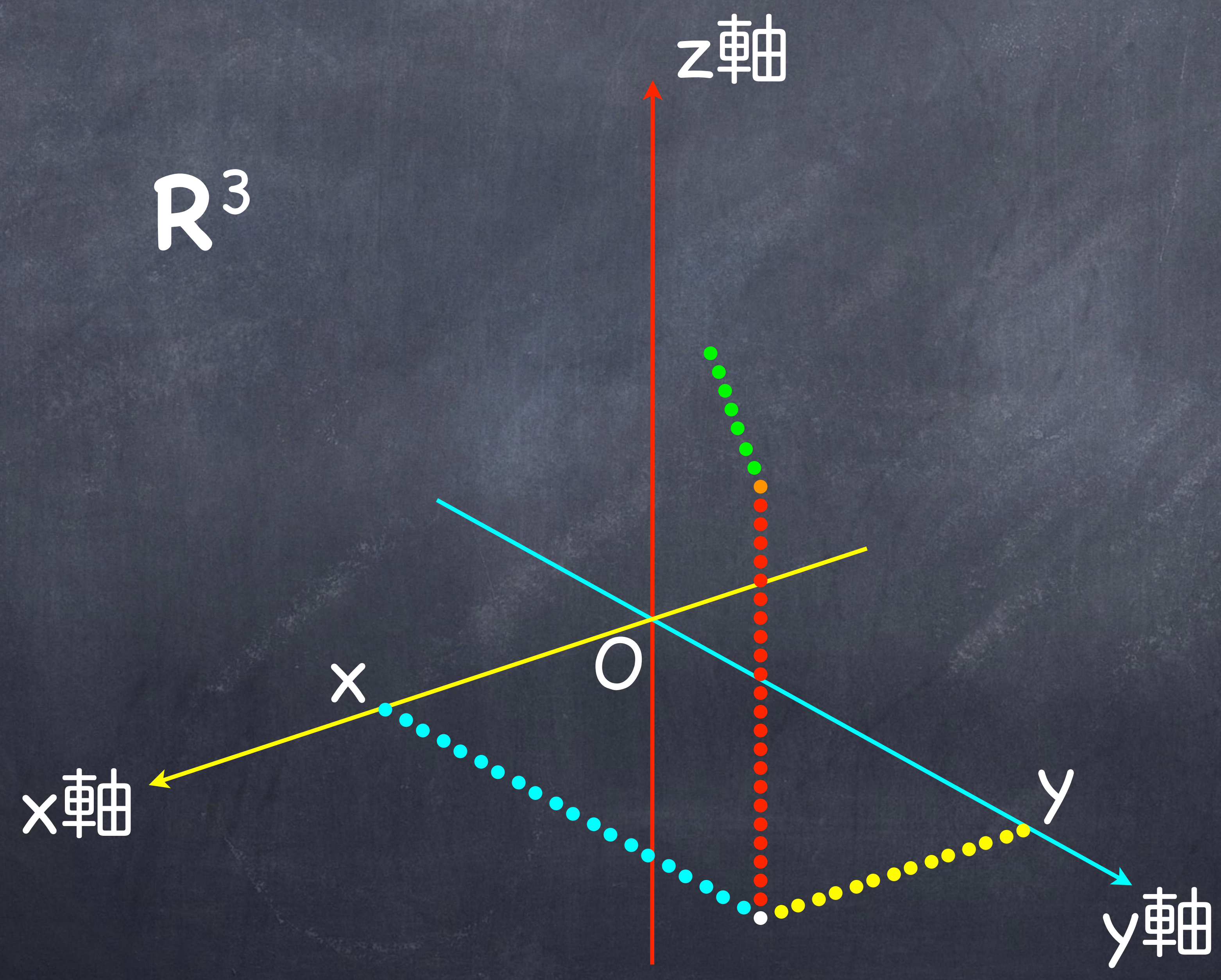
§2. 空間と空間座標

空間の各点は3つの実数 x, y, z の組 (x,y,z) を用いて表されるため, 空間は3つの実数の組 (x,y,z) 全体からなる集合とみなされる. そこで, 空間を $\mathbf{R}^3$ で表すことにする.



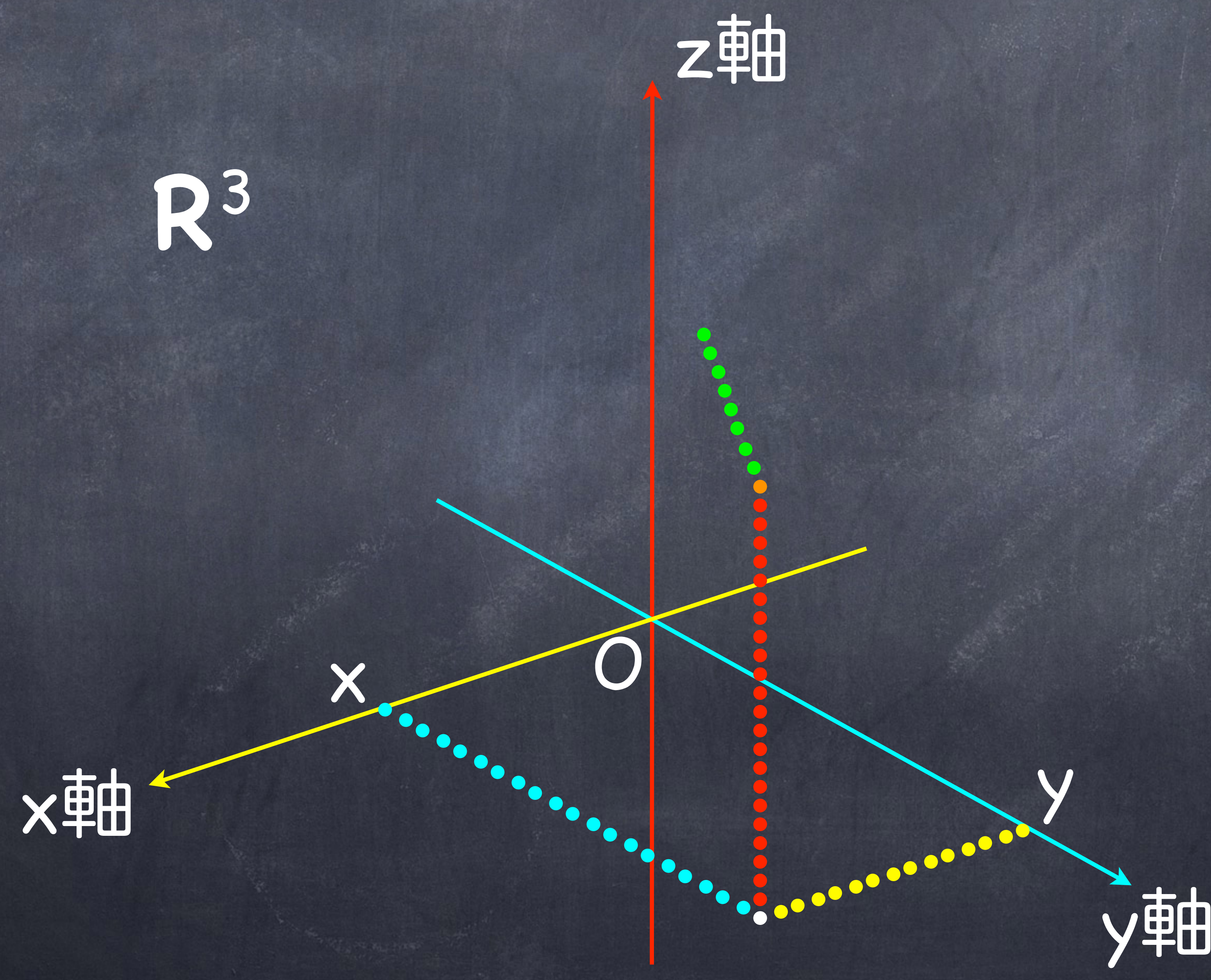
§2. 空間と空間座標

空間の各点は3つの実数 x, y, z の組 (x,y,z) を用いて表されるため, 空間は3つの実数の組 (x,y,z) 全体からなる集合とみなされる. そこで, 空間を $\mathbf{R}^3$ で表すことにする.



§2. 空間と空間座標

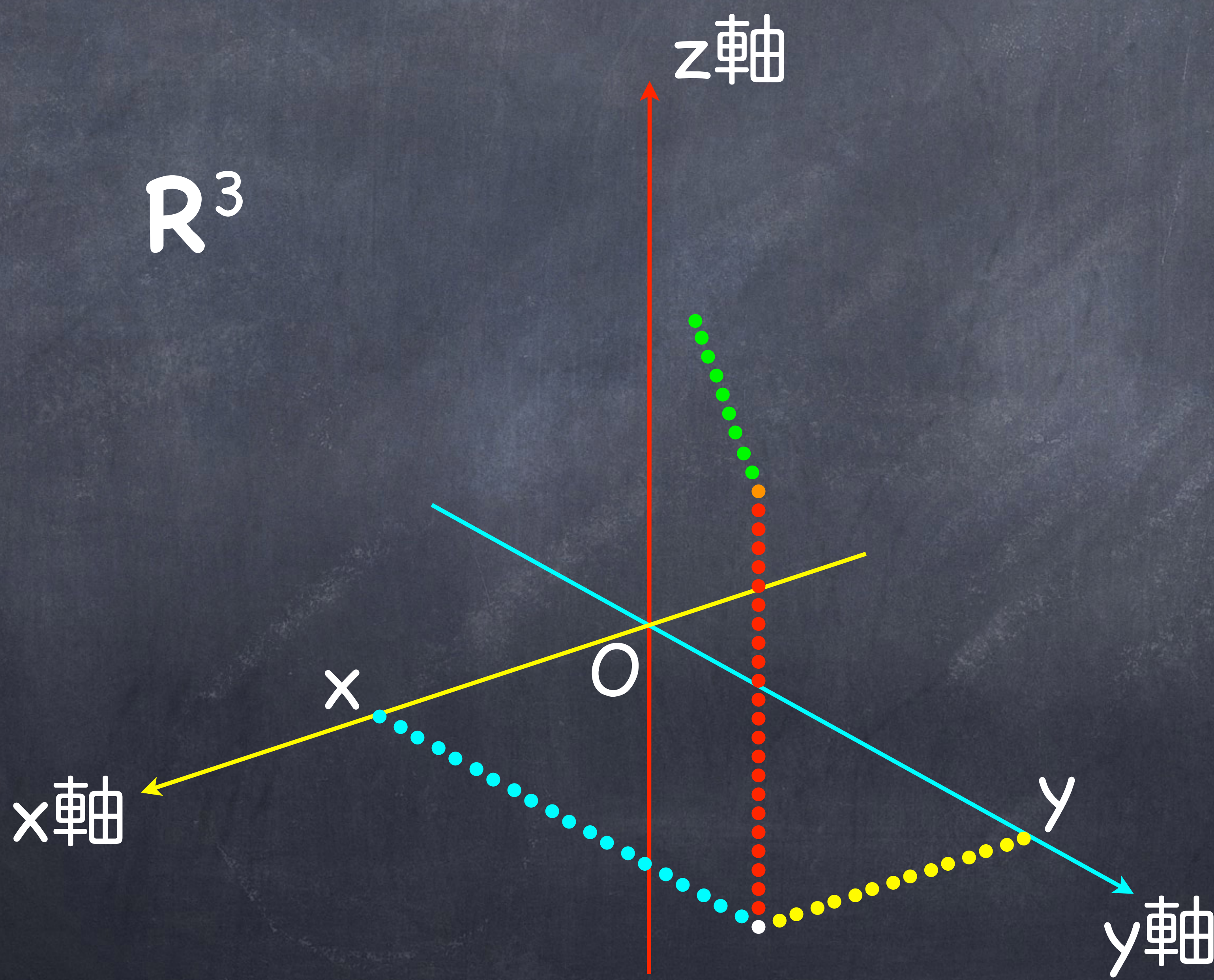
空間の各点は3つの実数 x, y, z の組 (x,y,z) を用いて表されるため, 空間は3つの実数の組 (x,y,z) 全体からなる集合とみなされる. そこで, 空間を $\mathbf{R}^3$ で表すことにする.



§2. 空間と空間座標

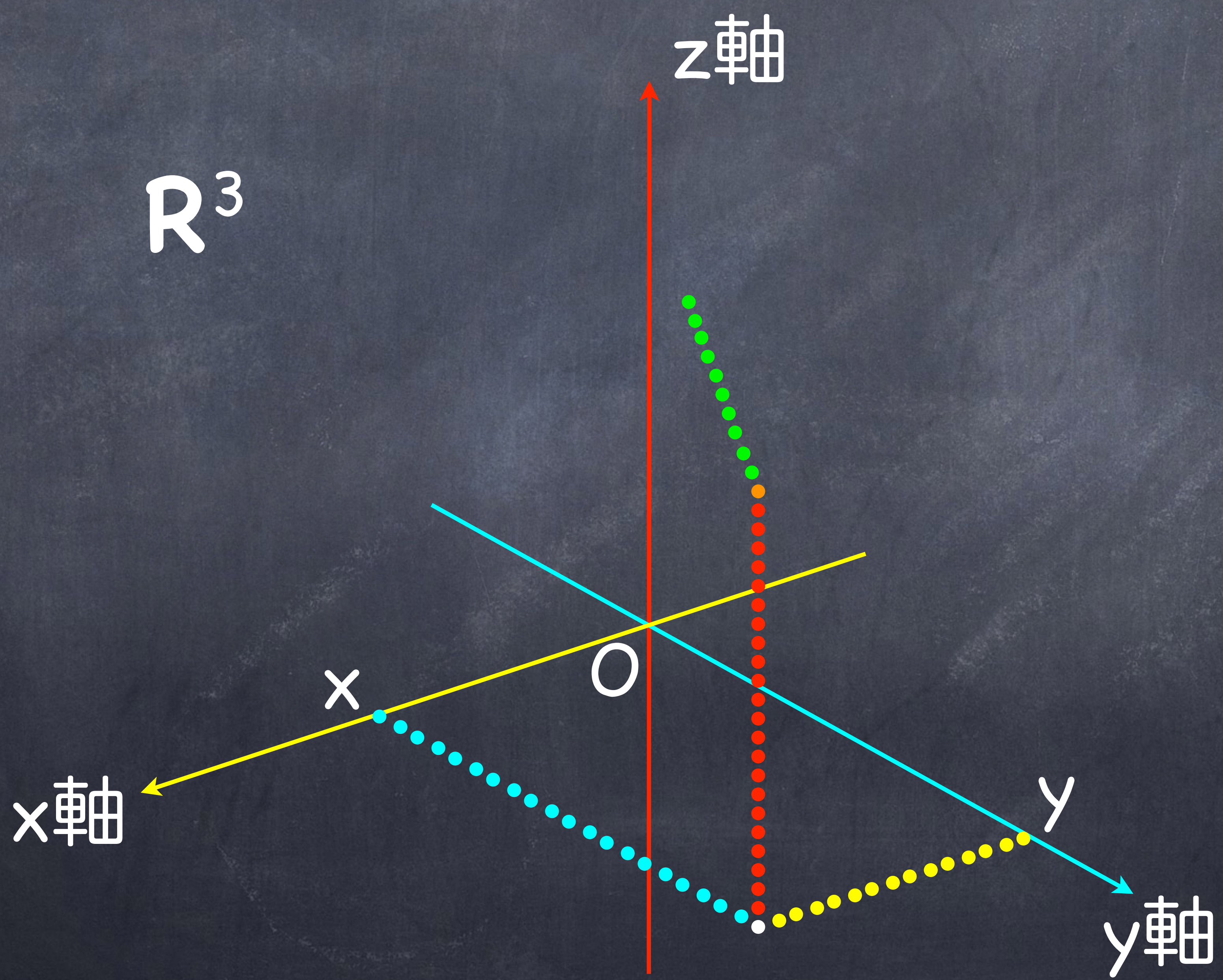
空間の各点は3つの実数 x, y, z の組 (x,y,z) を用いて表されるため, 空間は3つの実数の組 (x,y,z) 全体からなる集合とみなされる. そこで, 空間を $\mathbf{R}^3$ で表すことにする.

$\mathbf{R}^3$



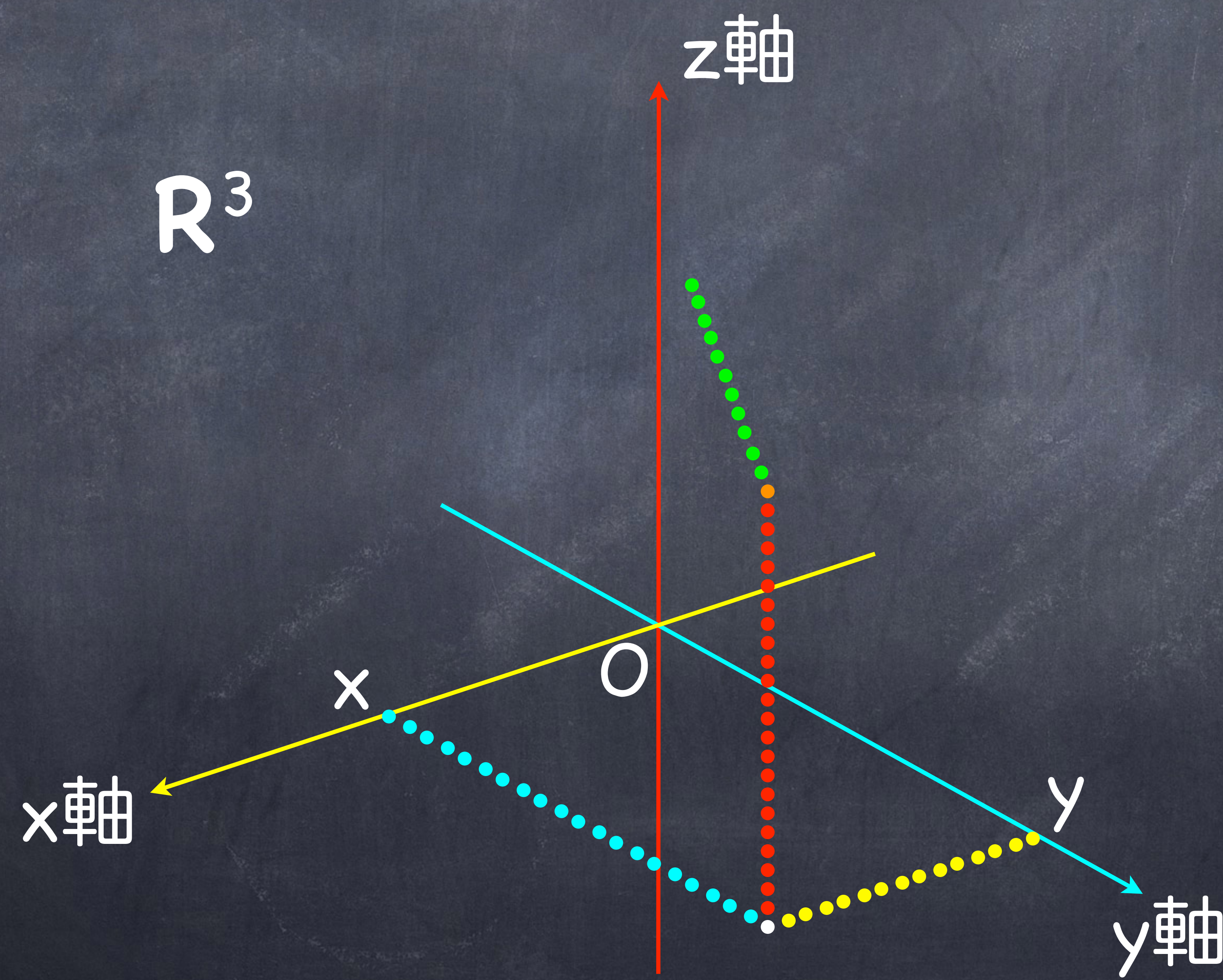
§2. 空間と空間座標

空間の各点は3つの実数 x, y, z の組 (x,y,z) を用いて表されるため, 空間は3つの実数の組 (x,y,z) 全体からなる集合とみなされる. そこで, 空間を $\mathbf{R}^3$ で表すことにする.



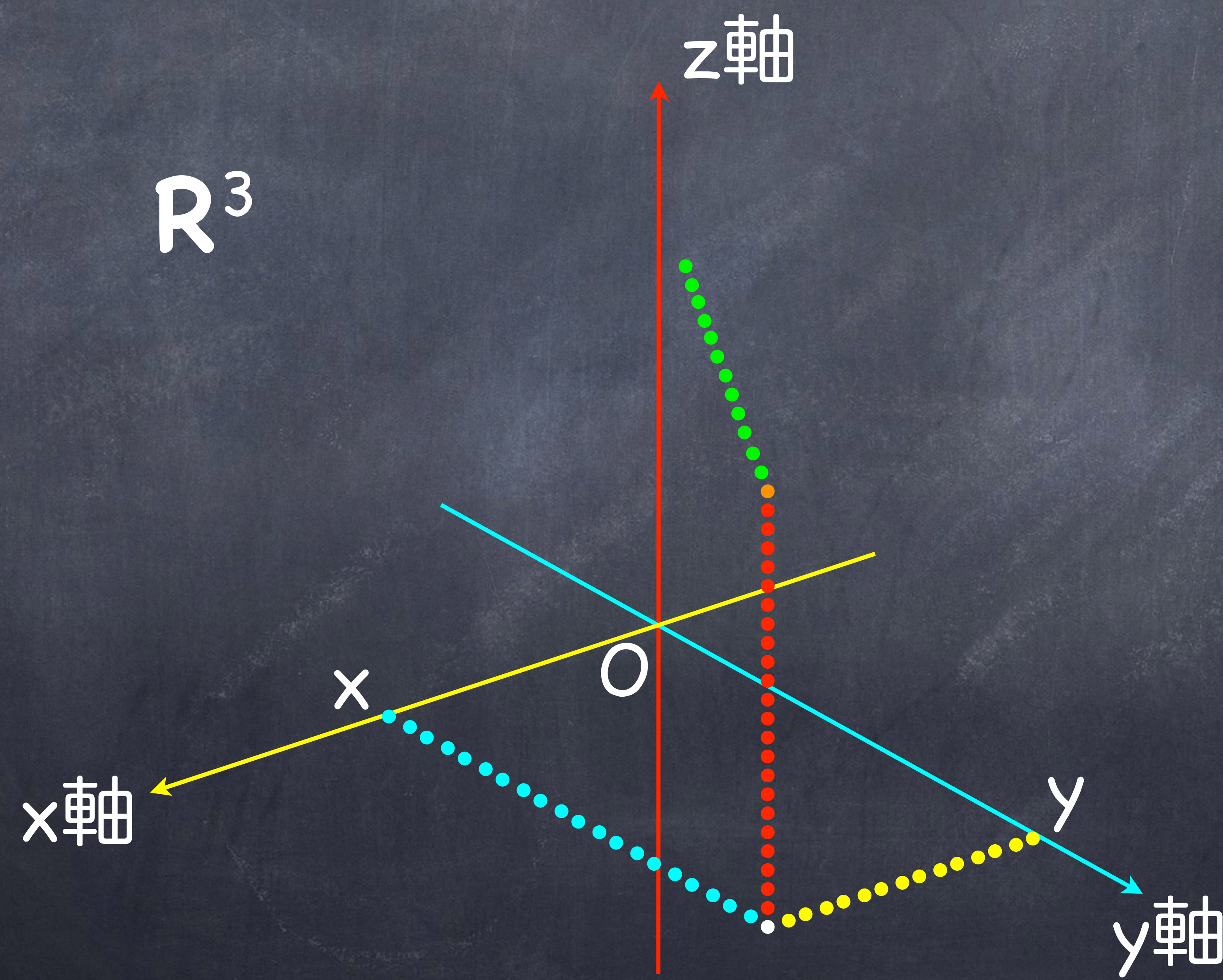
§2. 空間と空間座標

空間の各点は3つの実数 x, y, z の組 (x,y,z) を用いて表されるため, 空間は3つの実数の組 (x,y,z) 全体からなる集合とみなされる. そこで, 空間を $\mathbf{R}^3$ で表すことにする.



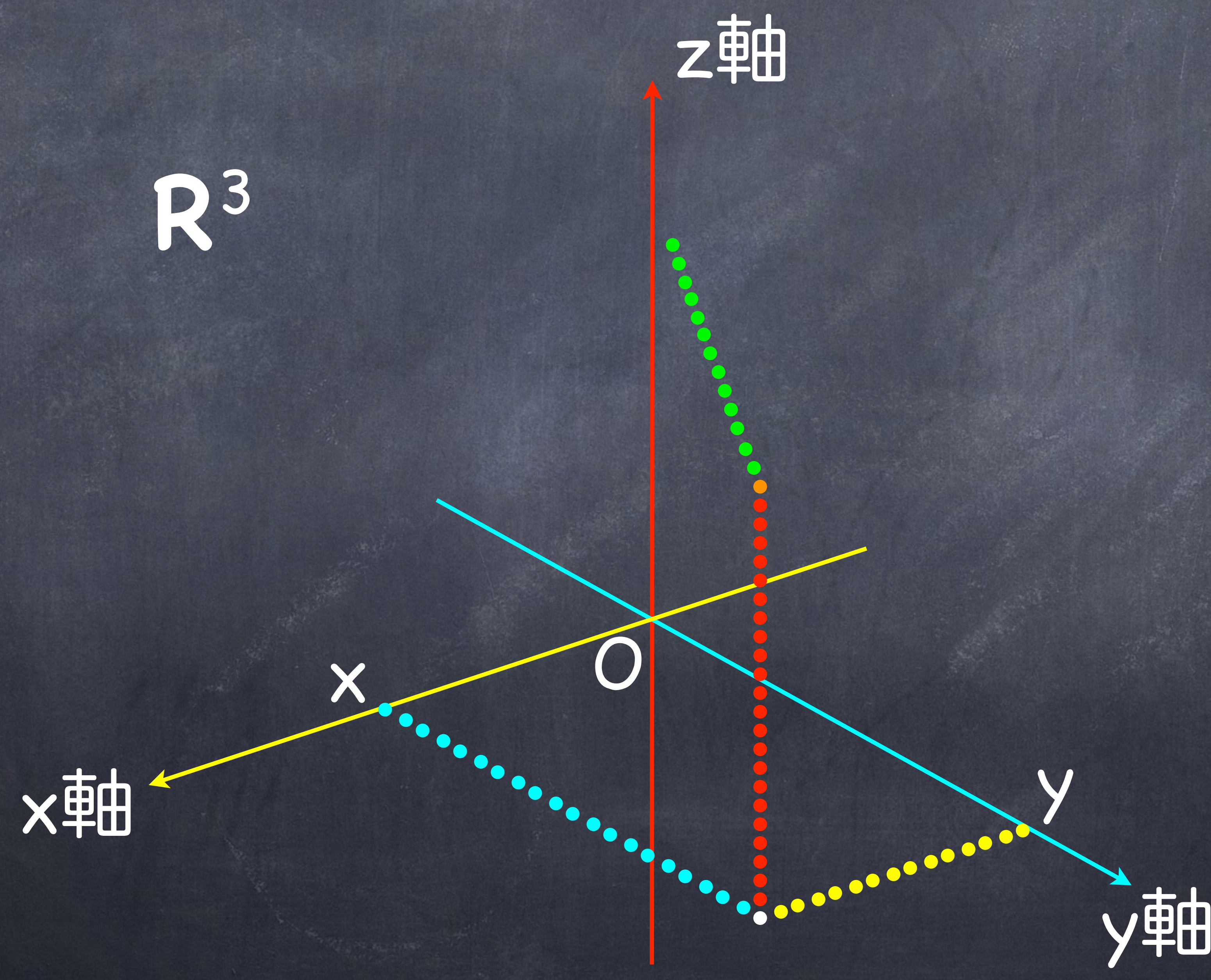
§2. 空間と空間座標

空間の各点は3つの実数 x, y, z の組 (x,y,z) を用いて表されるため, 空間は3つの実数の組 (x,y,z) 全体からなる集合とみなされる. そこで, 空間を $\mathbf{R}^3$ で表すことにする.



§2. 空間と空間座標

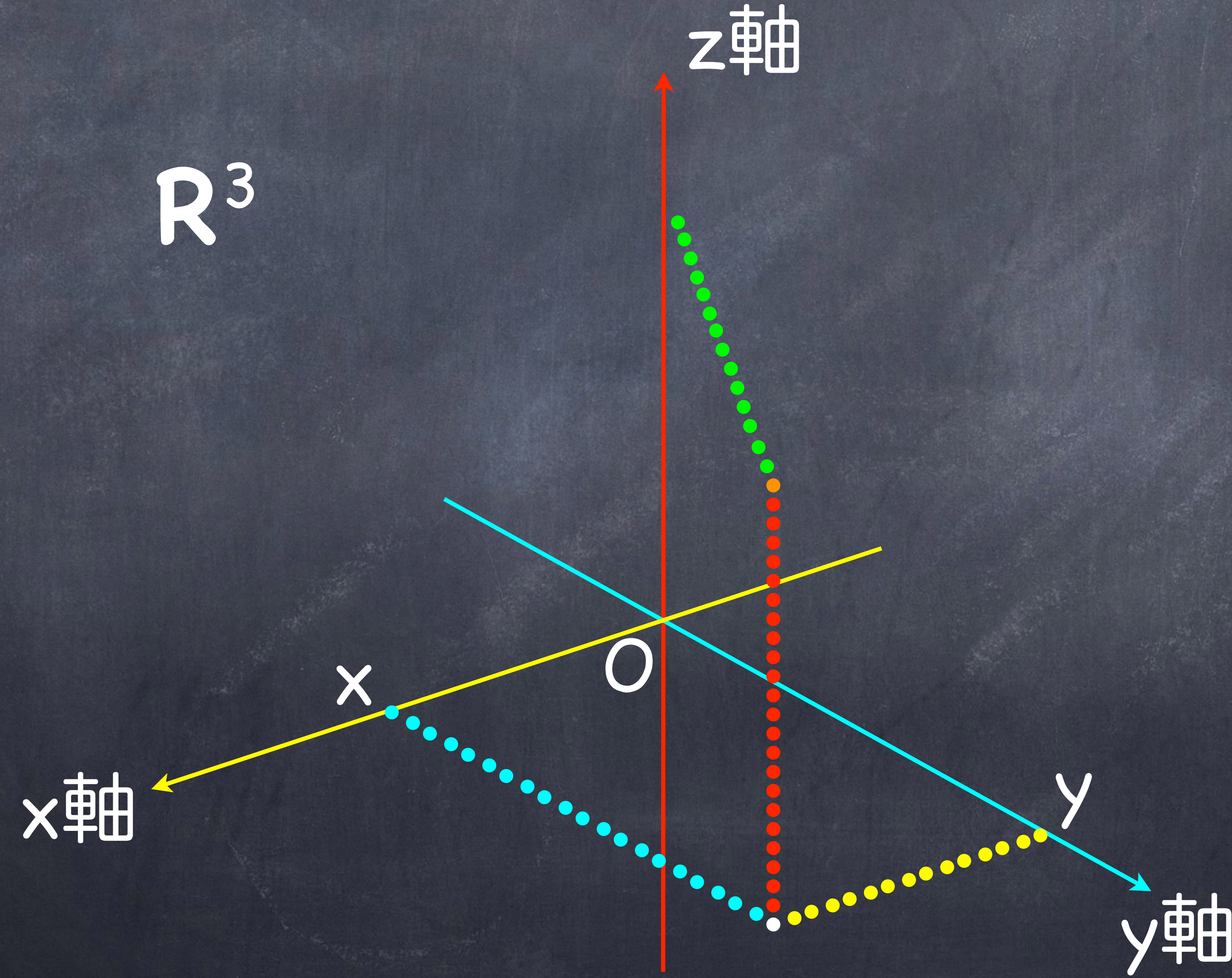
空間の各点は3つの実数 x, y, z の組 (x,y,z) を用いて表されるため, 空間は3つの実数の組 (x,y,z) 全体からなる集合とみなされる. そこで, 空間を $\mathbf{R}^3$ で表すことにする.



§2. 空間と空間座標

空間の各点は3つの実数 x, y, z の組 (x,y,z) を用いて表されるため, 空間は3つの実数の組 (x,y,z) 全体からなる集合とみなされる. そこで, 空間を $\mathbf{R}^3$ で表すことにする.

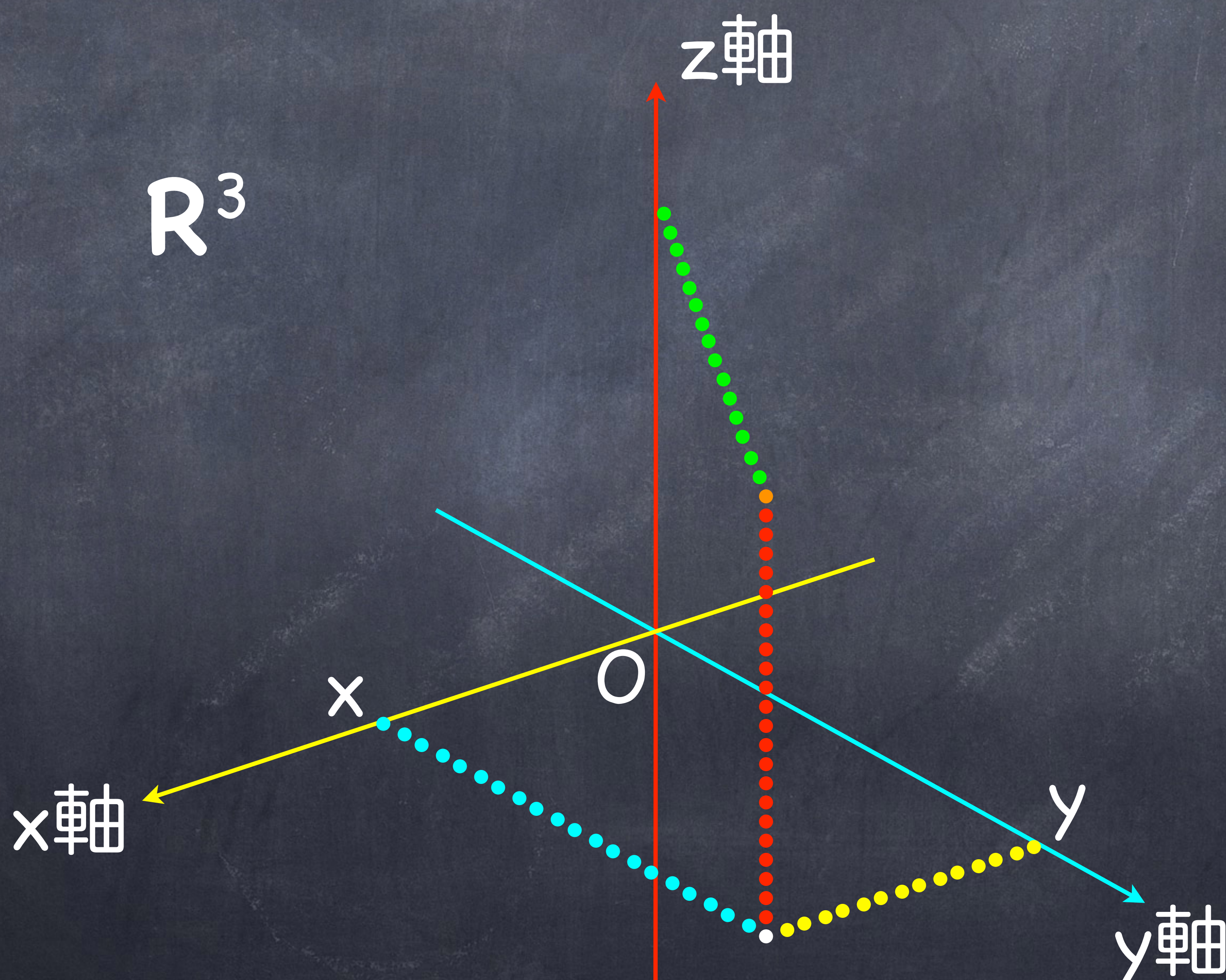
$\mathbf{R}^3$



§2. 空間と空間座標

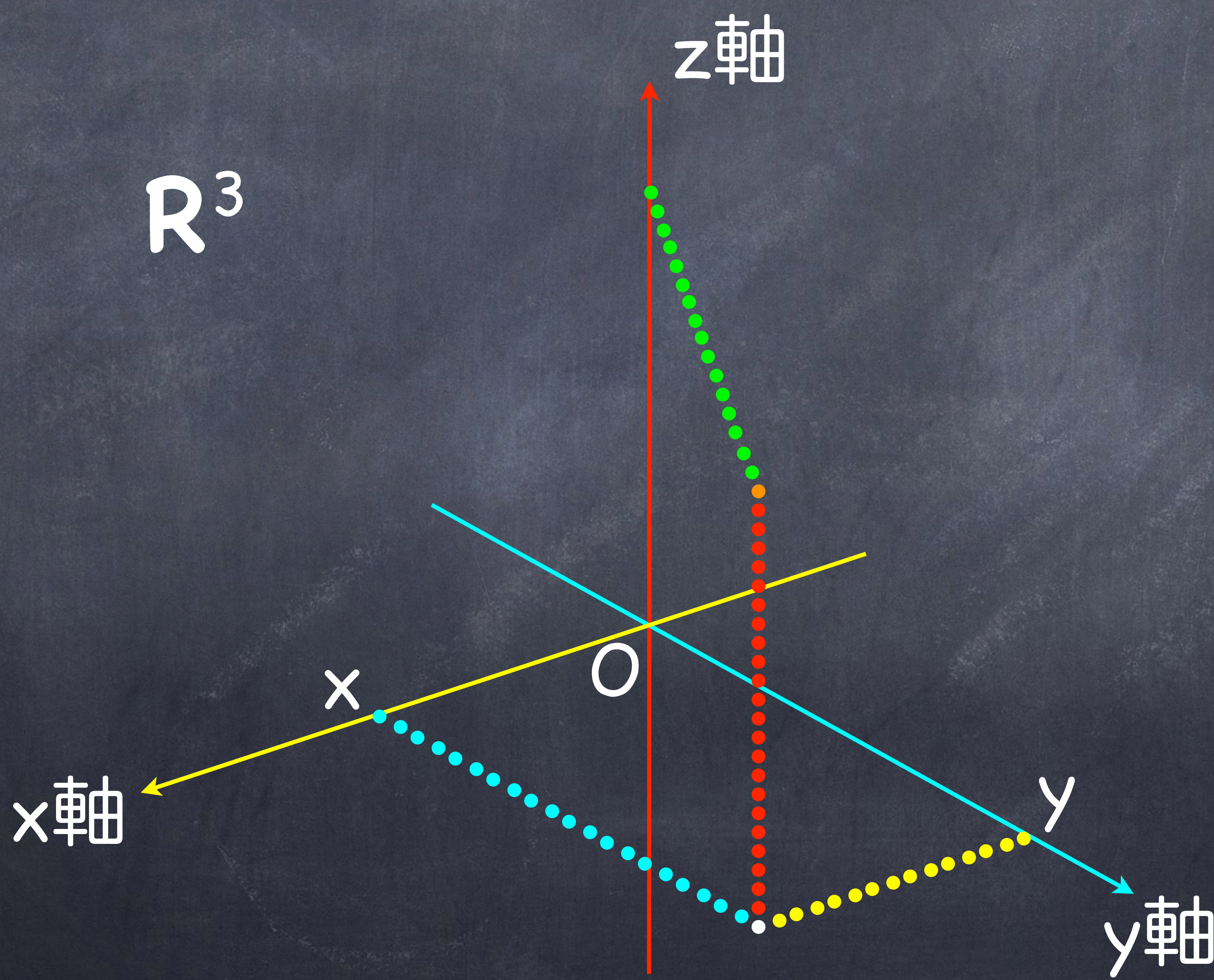
空間の各点は3つの実数 x, y, z の組 (x,y,z) を用いて表されるため, 空間は3つの実数の組 (x,y,z) 全体からなる集合とみなされる. そこで, 空間を $\mathbf{R}^3$ で表すことにする.

$\mathbf{R}^3$



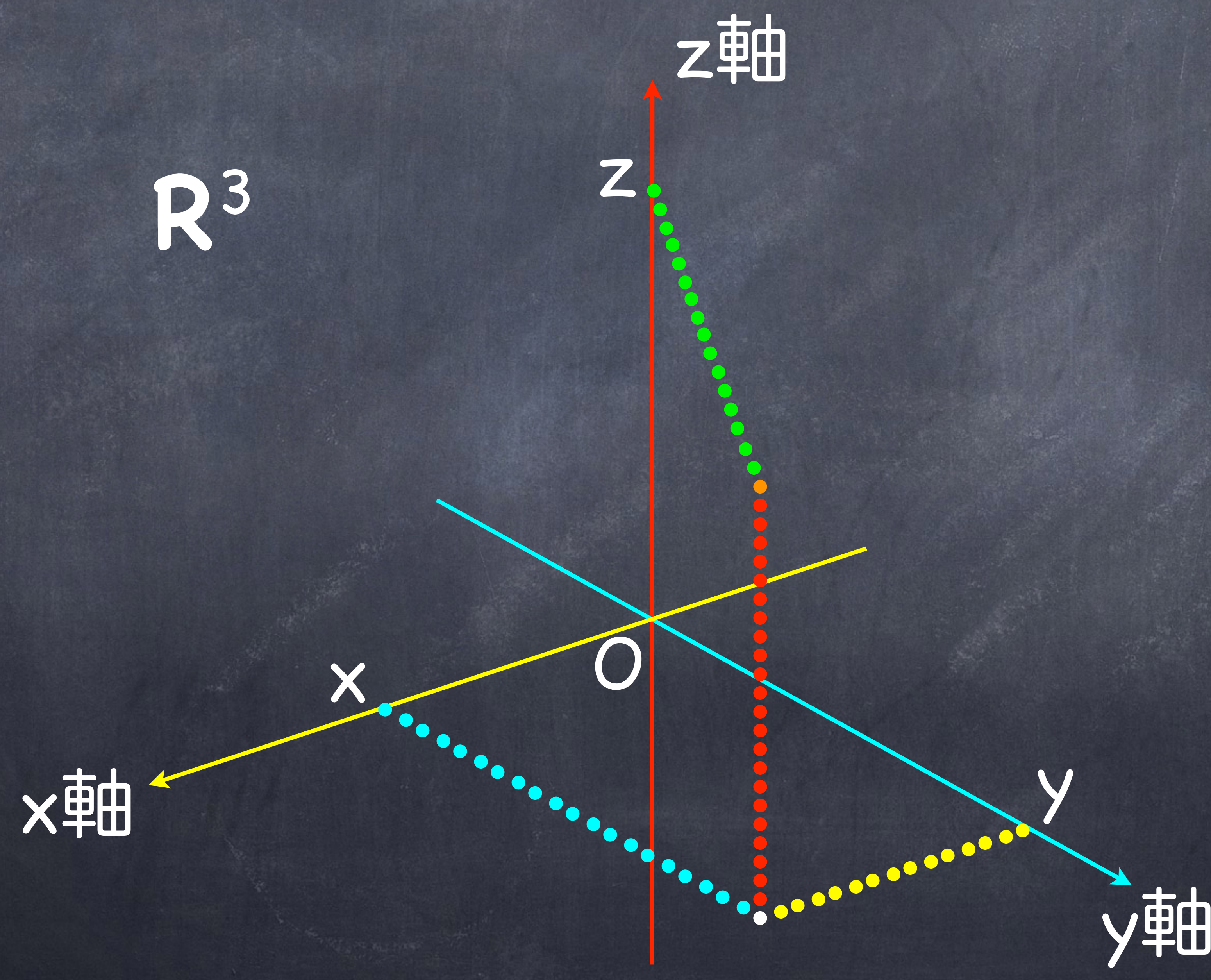
§2. 空間と空間座標

空間の各点は3つの実数 x, y, z の組 (x,y,z) を用いて表されるため, 空間は3つの実数の組 (x,y,z) 全体からなる集合とみなされる. そこで, 空間を $\mathbf{R}^3$ で表すことにする.



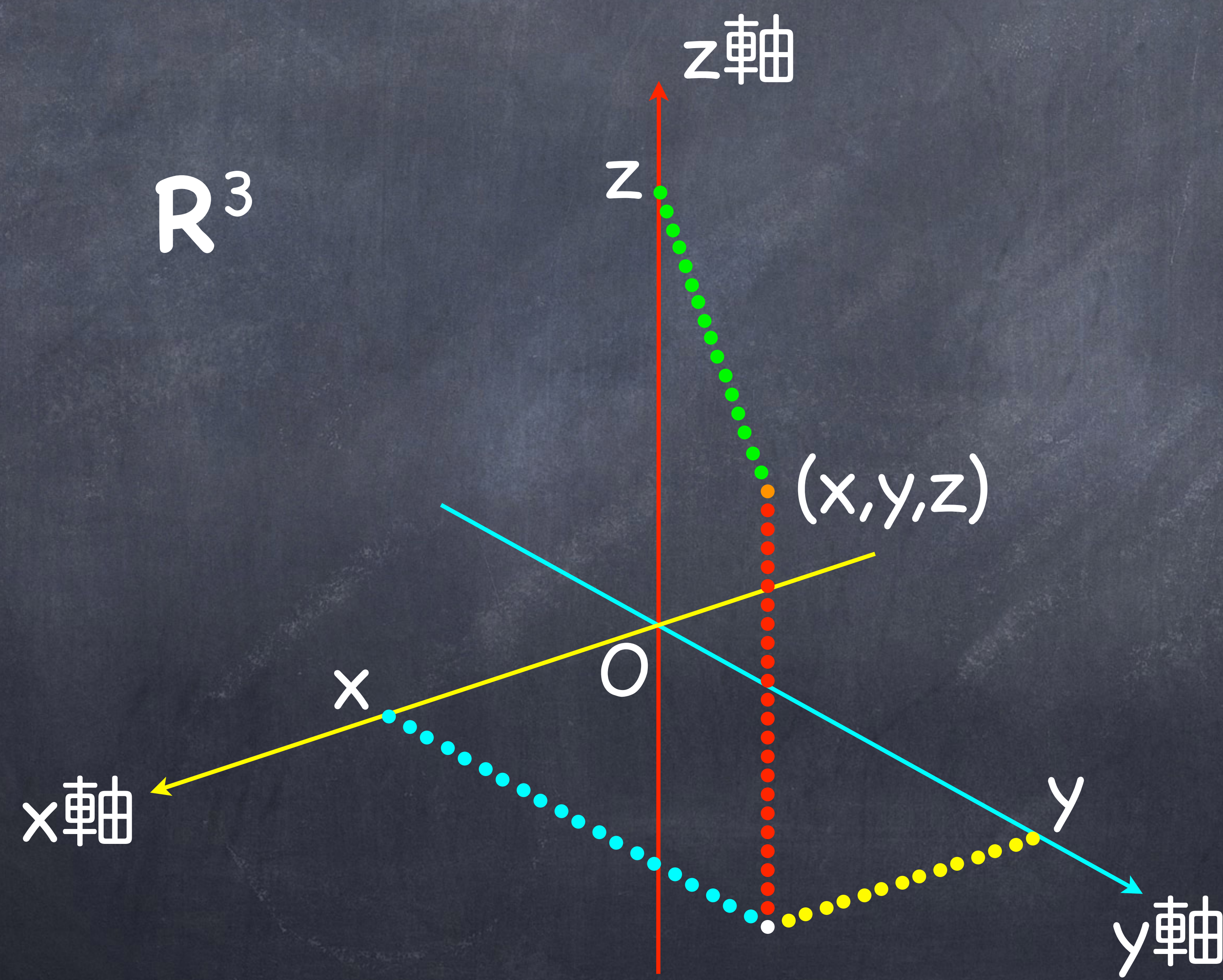
§2. 空間と空間座標

空間の各点は3つの実数 x, y, z の組 (x,y,z) を用いて表されるため, 空間は3つの実数の組 (x,y,z) 全体からなる集合とみなされる. そこで, 空間を $\mathbf{R}^3$ で表すことにする.



§2. 空間と空間座標

空間の各点は3つの実数 x, y, z の組 (x,y,z) を用いて表されるため, 空間は3つの実数の組 (x,y,z) 全体からなる集合とみなされる. そこで, 空間を $\mathbf{R}^3$ で表すことにする.



空間の点Pに対応する3つの実数の組(x,y,z)をPの**座標**という.

空間の点Pに対応する3つの実数の組(x,y,z)をPの座標という. このように各点の座標が与えたれた空間$\mathbf{R}^3$を座標空間と呼ぶ.

空間の点 P に対応する3つの実数の組 (x,y,z) を P の座標という. このように各点の座標が与えたれた空間 $\mathbf{R}^3$ を座標空間と呼ぶ.

(0,0,0) に対応する座標空間の点を原点といい, O で表す.

空間の点 P に対応する3つの実数の組 (x,y,z) を P の座標という. このように各点の座標が与えたれた空間 $\mathbf{R}^3$ を座標空間と呼ぶ.

(0,0,0) に対応する座標空間の点を原点といい, O で表す.

x が実数全体を動くとき, (x,0,0) という形の座標をもつ点全体からなる集合を x 軸という.

空間の点Pに対応する3つの実数の組(x,y,z)をPの座標という. このように各点の座標が与えられた空間$\mathbf{R}^3$を座標空間と呼ぶ.

$(0,0,0)$に対応する座標空間の点を原点といい, Oで表す.

xが実数全体を動くとき, $(x,0,0)$という形の座標をもつ点全体からなる集合をx軸という.

yが実数全体を動くとき, $(0,y,0)$という形の座標をもつ点全体からなる集合をy軸という.

空間の点 P に対応する3つの実数の組 (x,y,z) を P の座標という. このように各点の座標が与えたれた空間 $\mathbf{R}^3$ を座標空間と呼ぶ.

(0,0,0) に対応する座標空間の点を原点といい, O で表す.

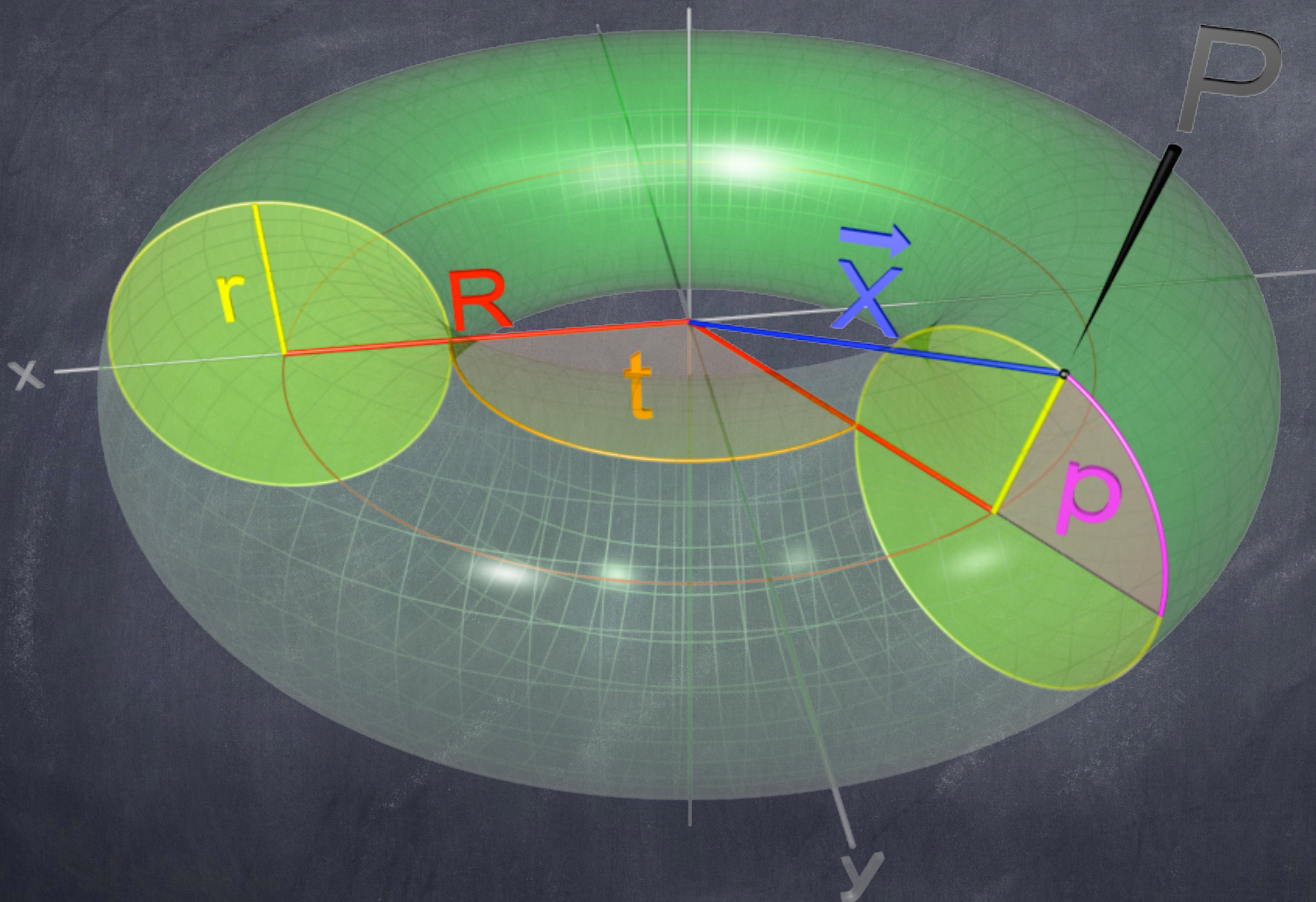
x が実数全体を動くとき, (x,0,0) という形の座標をもつ点全体からなる集合を x 軸という.

y が実数全体を動くとき, (0,y,0) という形の座標をもつ点全体からなる集合を y 軸という.

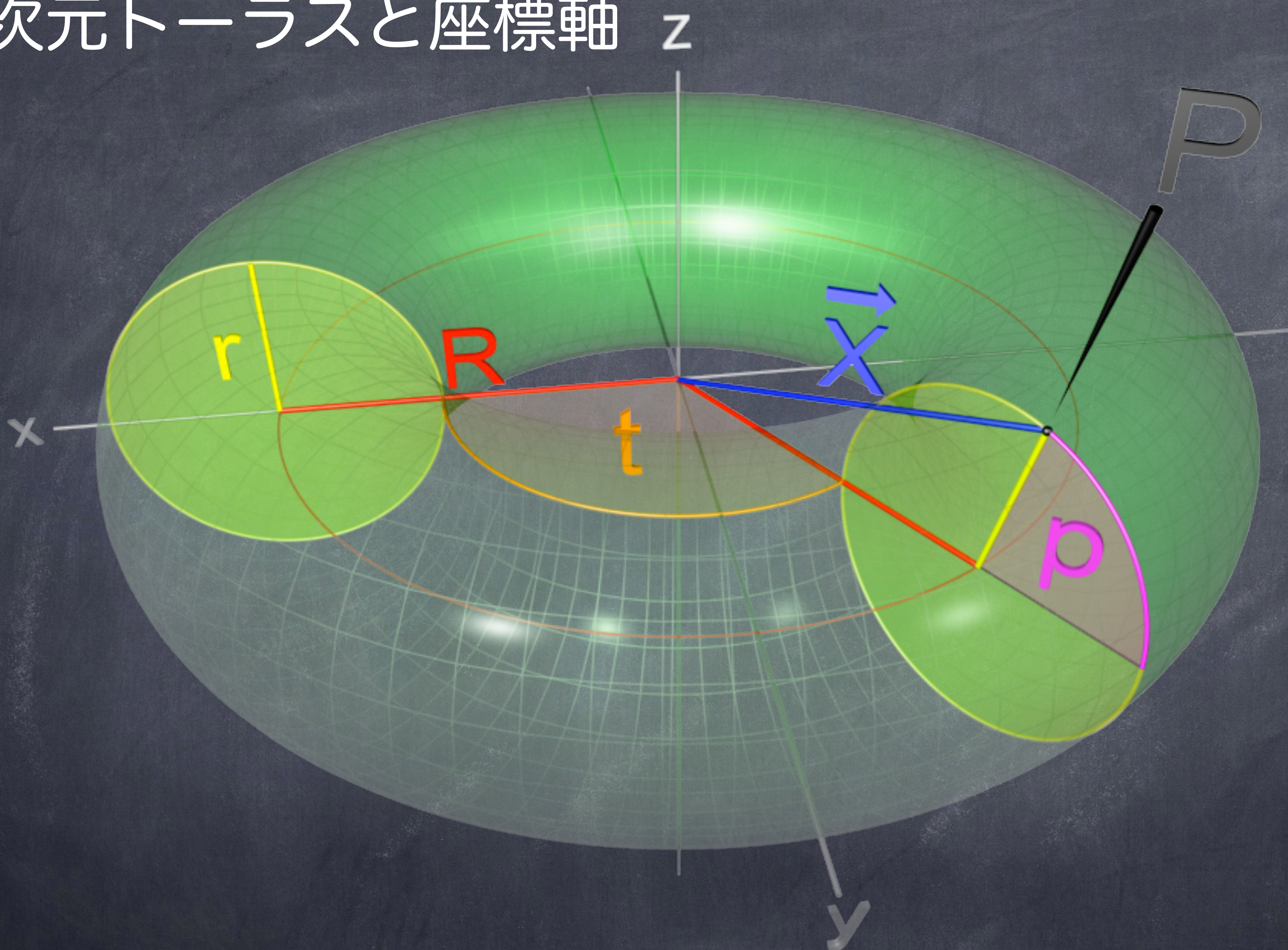
z が実数全体を動くとき, (0,0,z) という形の座標をもつ点全体からなる集合を z 軸という.

２次元トーラスと座標軸

２次元トーラスと座標軸

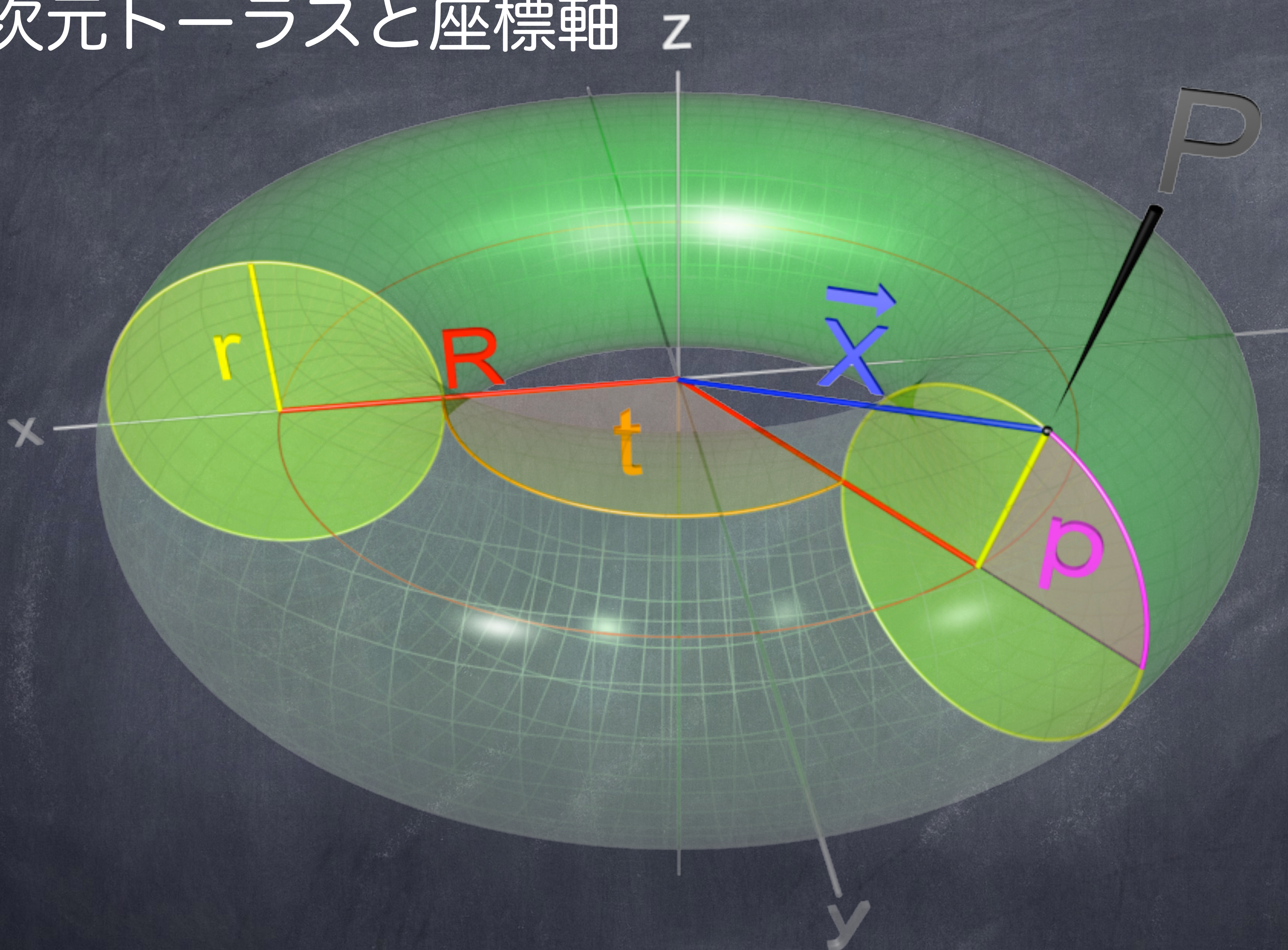


２次元トーラスと座標軸



P(rcos(p)cos(t)+Rsin(t), rcos(p)sin(t), rsin(p))

２次元トーラスと座標軸



P(rcos(p)cos(t)+Rsin(t), rcos(p)sin(t), rsin(p))

http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/6/63/Torus_3d.png

空間の2点間の距離

空間の2点間の距離

空間の2点P, Qの座標がそれぞれ (x,y,z), (u,v,w) ならば,

空間の2点間の距離

空間の2点P, Qの座標がそれぞれ (x,y,z), (u,v,w) ならば,
PとQの距離は $\sqrt{(x-u)^2+(y-v)^2+(z-w)^2}$ である.

空間の2点間の距離

空間の2点P, Qの座標がそれぞれ (x,y,z), (u,v,w) ならば,
PとQの距離は $\sqrt{(x-u)^2+(y-v)^2+(z-w)^2}$ である.

空間の2点間の距離

空間の2点P, Qの座標がそれぞれ (x,y,z), (u,v,w) ならば，
PとQの距離は $\sqrt{(x-u)^2+(y-v)^2+(z-w)^2}$ である．

注目!

空間の2点間の距離

空間の2点P, Qの座標がそれぞれ (x,y,z), (u,v,w) ならば,
PとQの距離は $\sqrt{(x-u)^2+(y-v)^2+(z-w)^2}$ である.

注目!

空間の2点間の距離

空間の2点P, Qの座標がそれぞれ (x,y,z), (u,v,w) ならば,
PとQの距離は $\sqrt{(x-u)^2+(y-v)^2+(z-w)^2}$ である.

空間の2点間の距離

空間の2点P, Qの座標がそれぞれ (x,y,z), (u,v,w) ならば,
PとQの距離は $\sqrt{(x-u)^2+(y-v)^2+(z-w)^2}$ である.

P(x,y,z)

空間の2点間の距離

空間の2点P, Qの座標がそれぞれ (x,y,z), (u,v,w) ならば,
PとQの距離は $\sqrt{(x-u)^2+(y-v)^2+(z-w)^2}$ である.

注目!

$P(x,y,z)$

空間の2点間の距離

空間の2点P, Qの座標がそれぞれ (x,y,z), (u,v,w) ならば,
PとQの距離は $\sqrt{(x-u)^2+(y-v)^2+(z-w)^2}$ である.

注目!

P(x,y,z)

空間の2点間の距離

空間の2点P, Qの座標がそれぞれ (x,y,z), (u,v,w) ならば,
PとQの距離は $\sqrt{(x-u)^2+(y-v)^2+(z-w)^2}$ である.

$P(x,y,z)$

空間の2点間の距離

空間の2点P, Qの座標がそれぞれ (x,y,z), (u,v,w) ならば,
PとQの距離は $\sqrt{(x-u)^2+(y-v)^2+(z-w)^2}$ である.

Q(u,v,w)

P(x,y,z)

空間の2点間の距離

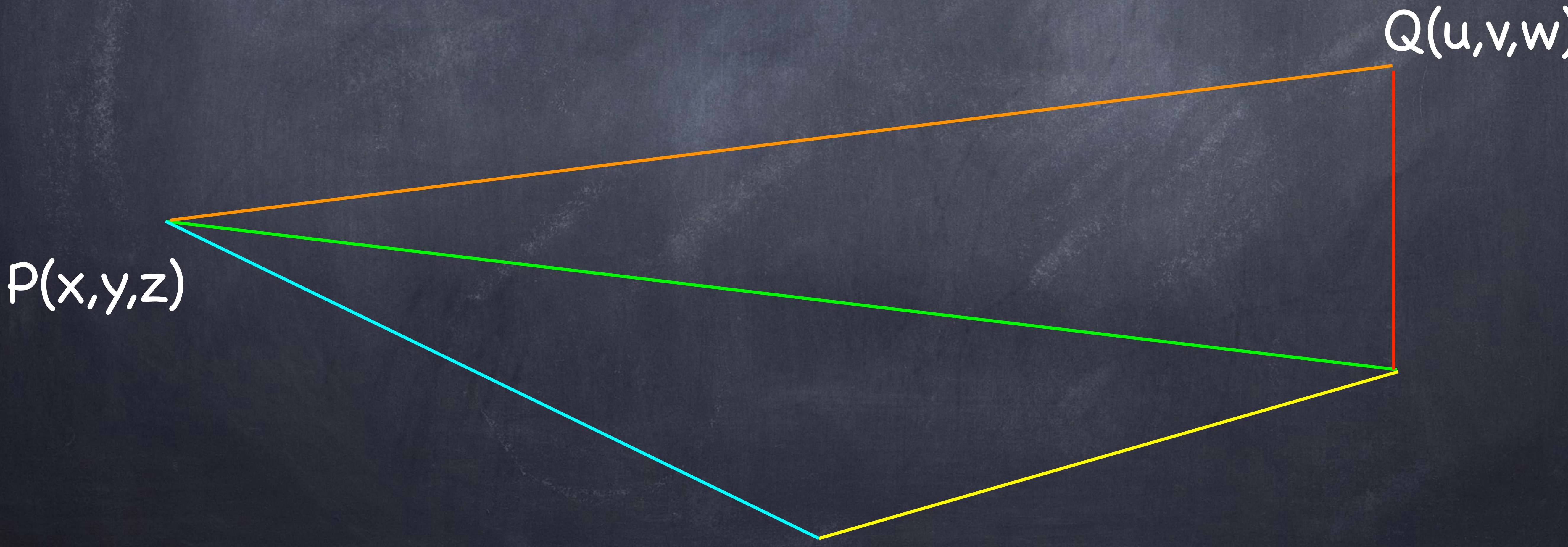
空間の2点P, Qの座標がそれぞれ (x,y,z), (u,v,w) ならば,
PとQの距離は $\sqrt{(x-u)^2+(y-v)^2+(z-w)^2}$ である.

空間の2点間の距離

空間の2点P, Qの座標がそれぞれ (x,y,z), (u,v,w) ならば,
PとQの距離は $\sqrt{(x-u)^2+(y-v)^2+(z-w)^2}$ である.

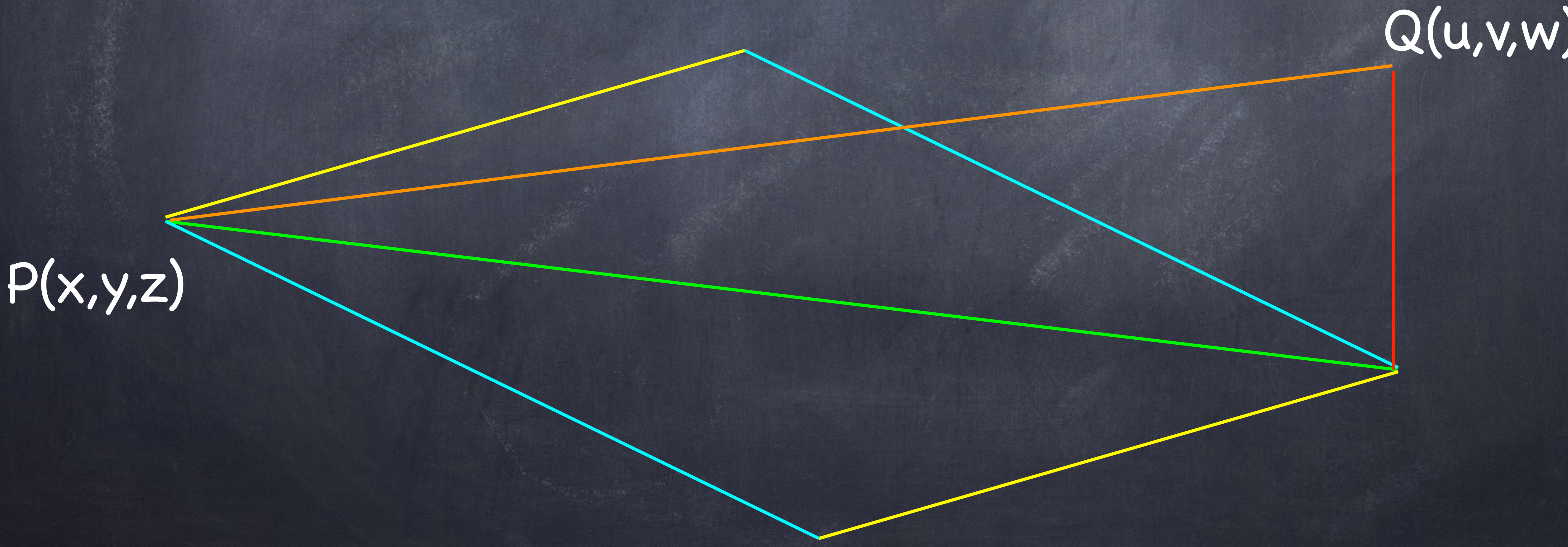
空間の2点間の距離

空間の2点P, Qの座標がそれぞれ (x,y,z), (u,v,w) ならば,
PとQの距離は $\sqrt{(x-u)^2+(y-v)^2+(z-w)^2}$ である.



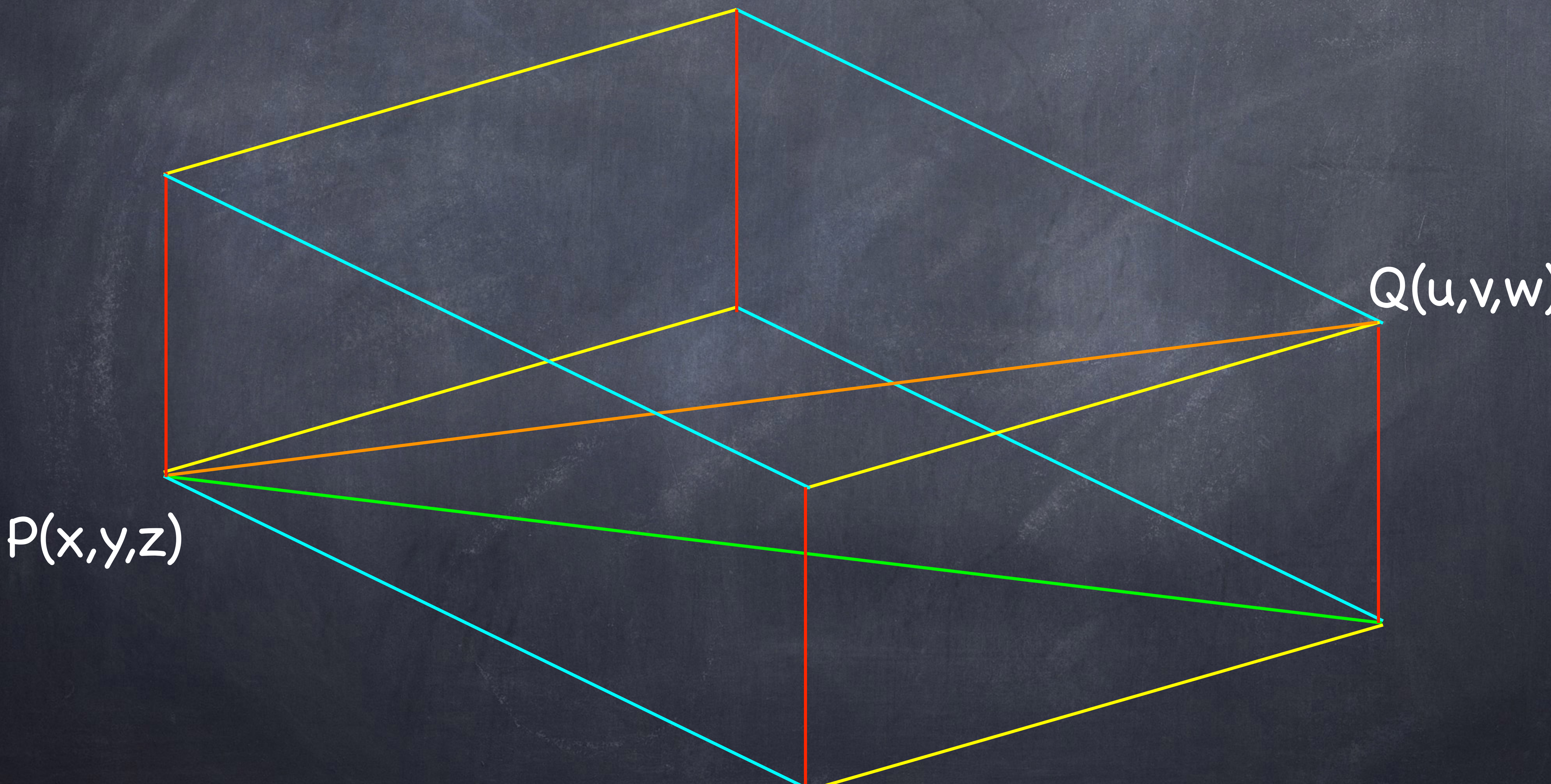
空間の2点間の距離

空間の2点P, Qの座標がそれぞれ (x,y,z), (u,v,w) ならば,
PとQの距離は $\sqrt{(x-u)^2+(y-v)^2+(z-w)^2}$ である.



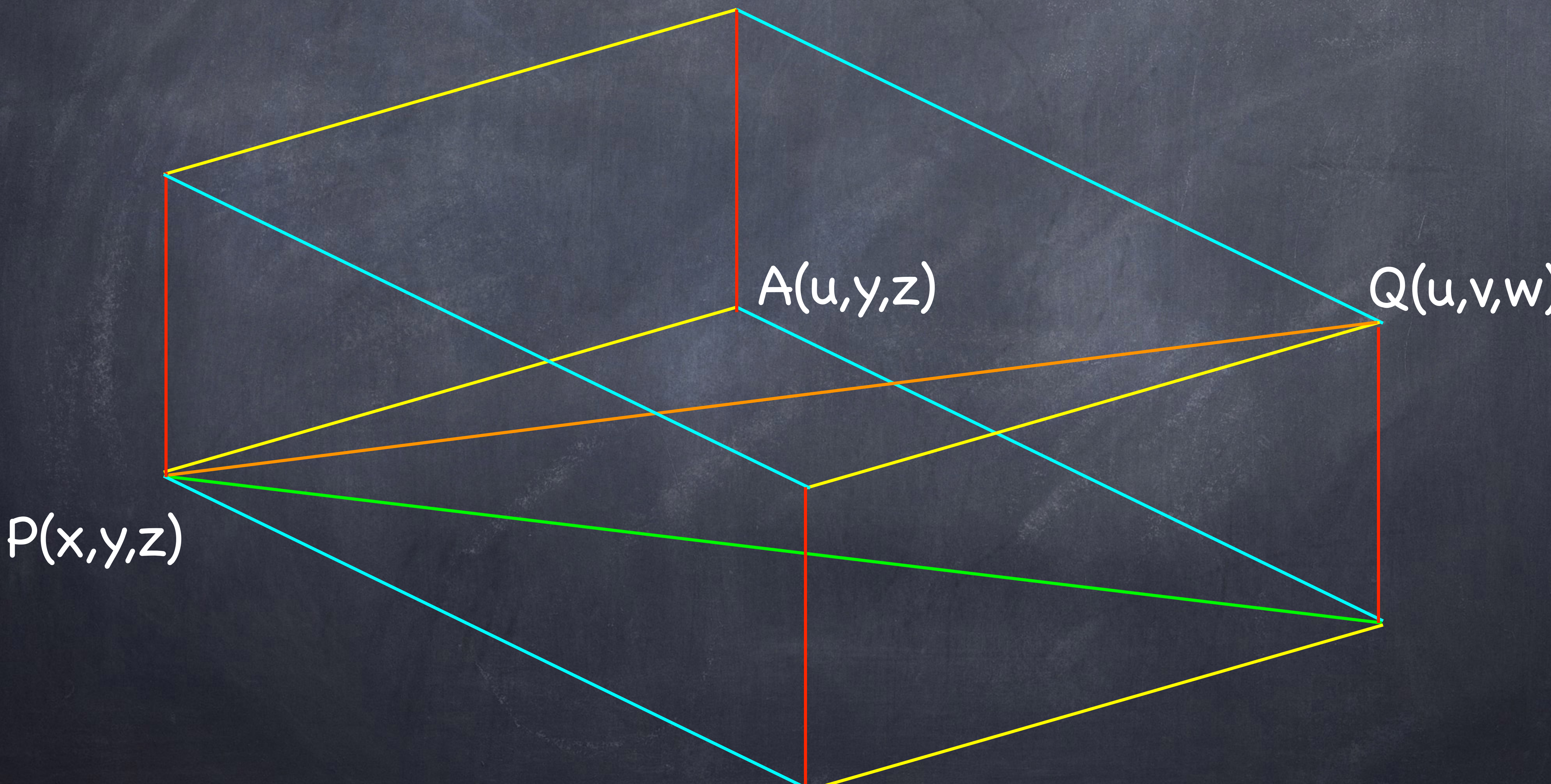
空間の2点間の距離

空間の2点P, Qの座標がそれぞれ (x,y,z), (u,v,w) ならば,
PとQの距離は $\sqrt{(x-u)^2+(y-v)^2+(z-w)^2}$ である.



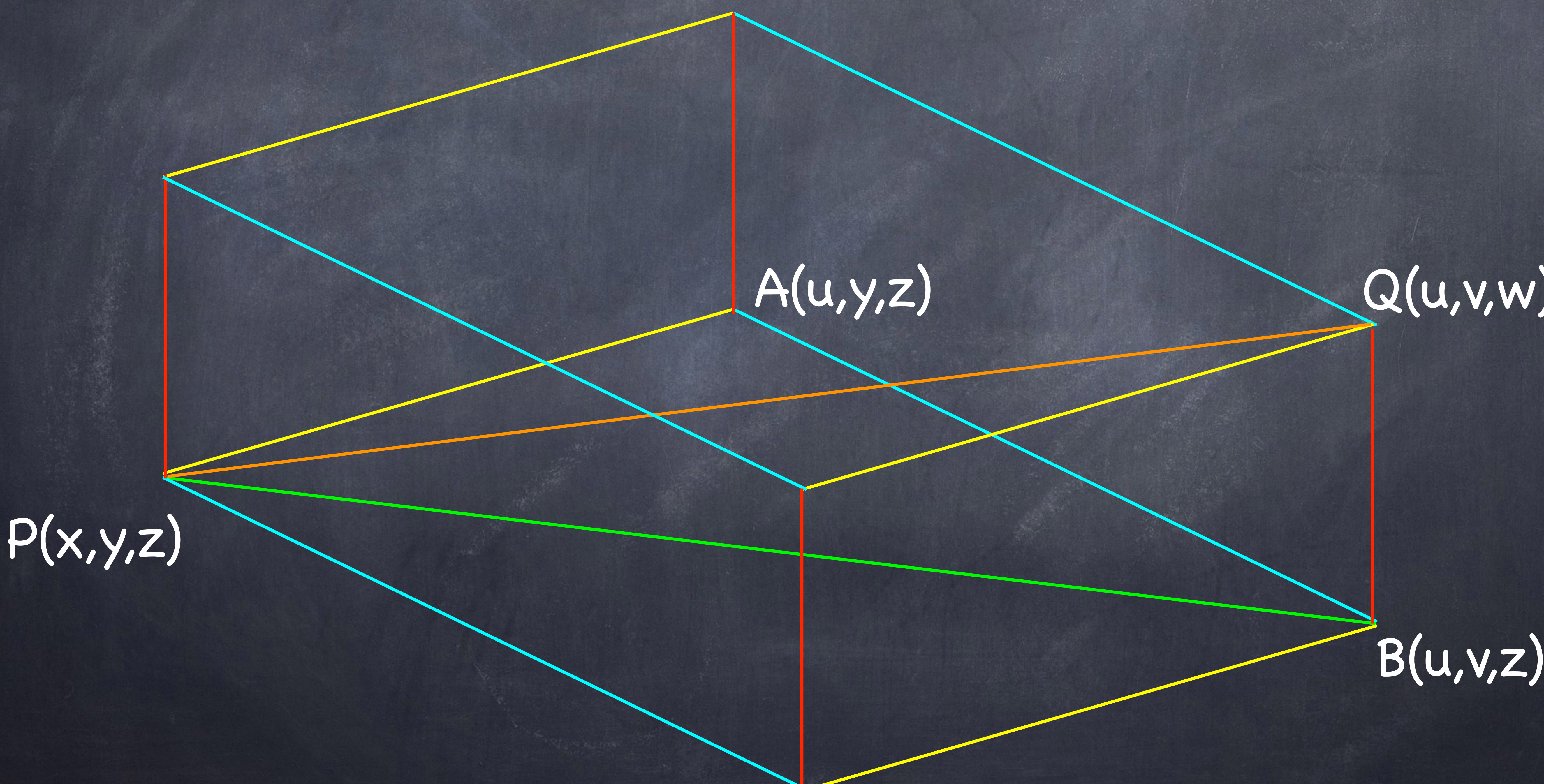
空間の2点間の距離

空間の2点P, Qの座標がそれぞれ (x,y,z), (u,v,w) ならば,
PとQの距離は $\sqrt{(x-u)^2+(y-v)^2+(z-w)^2}$ である.



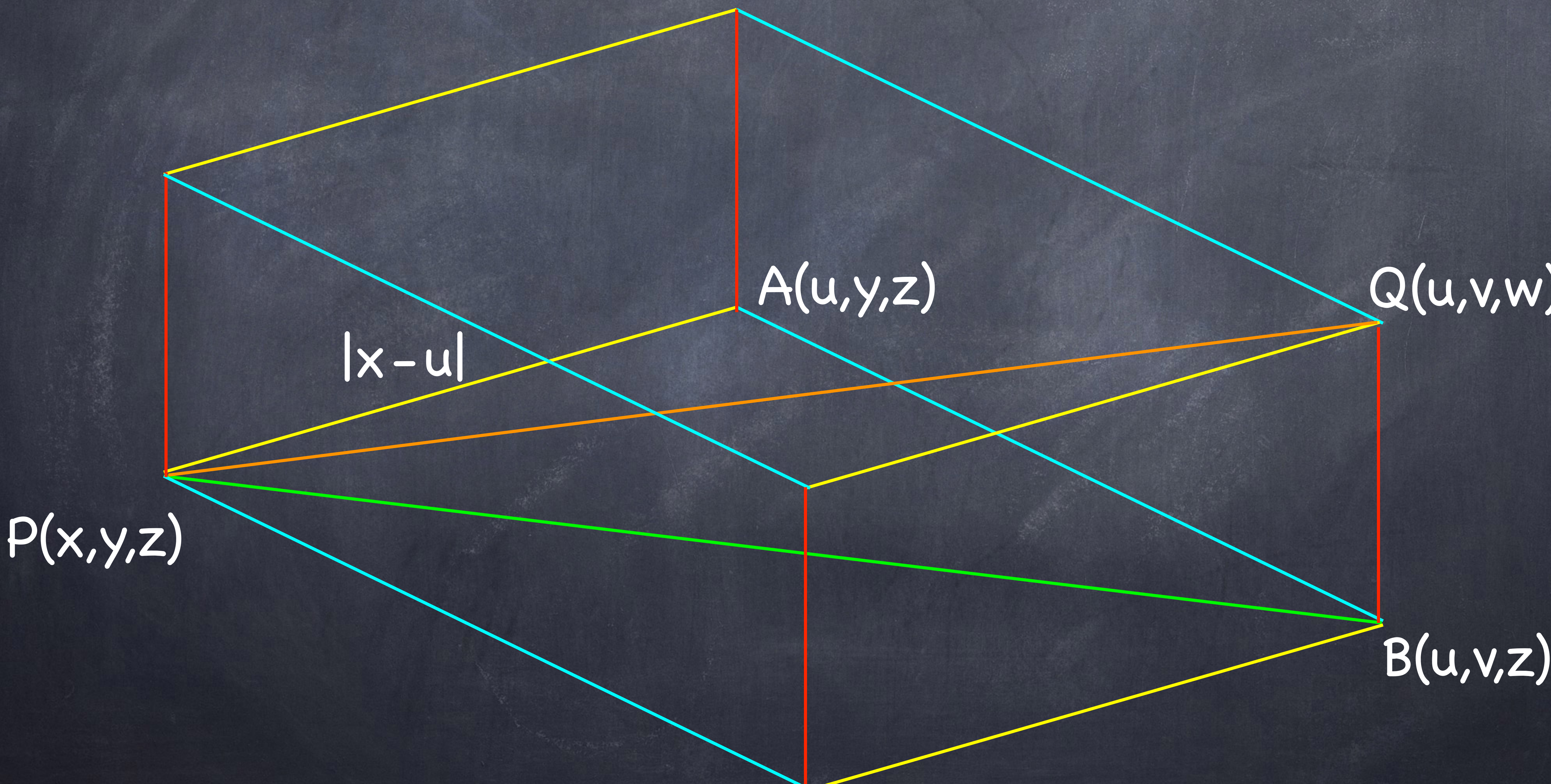
空間の2点間の距離

空間の2点P, Qの座標がそれぞれ (x,y,z), (u,v,w) ならば、
PとQの距離は $\sqrt{(x-u)^2+(y-v)^2+(z-w)^2}$ である.



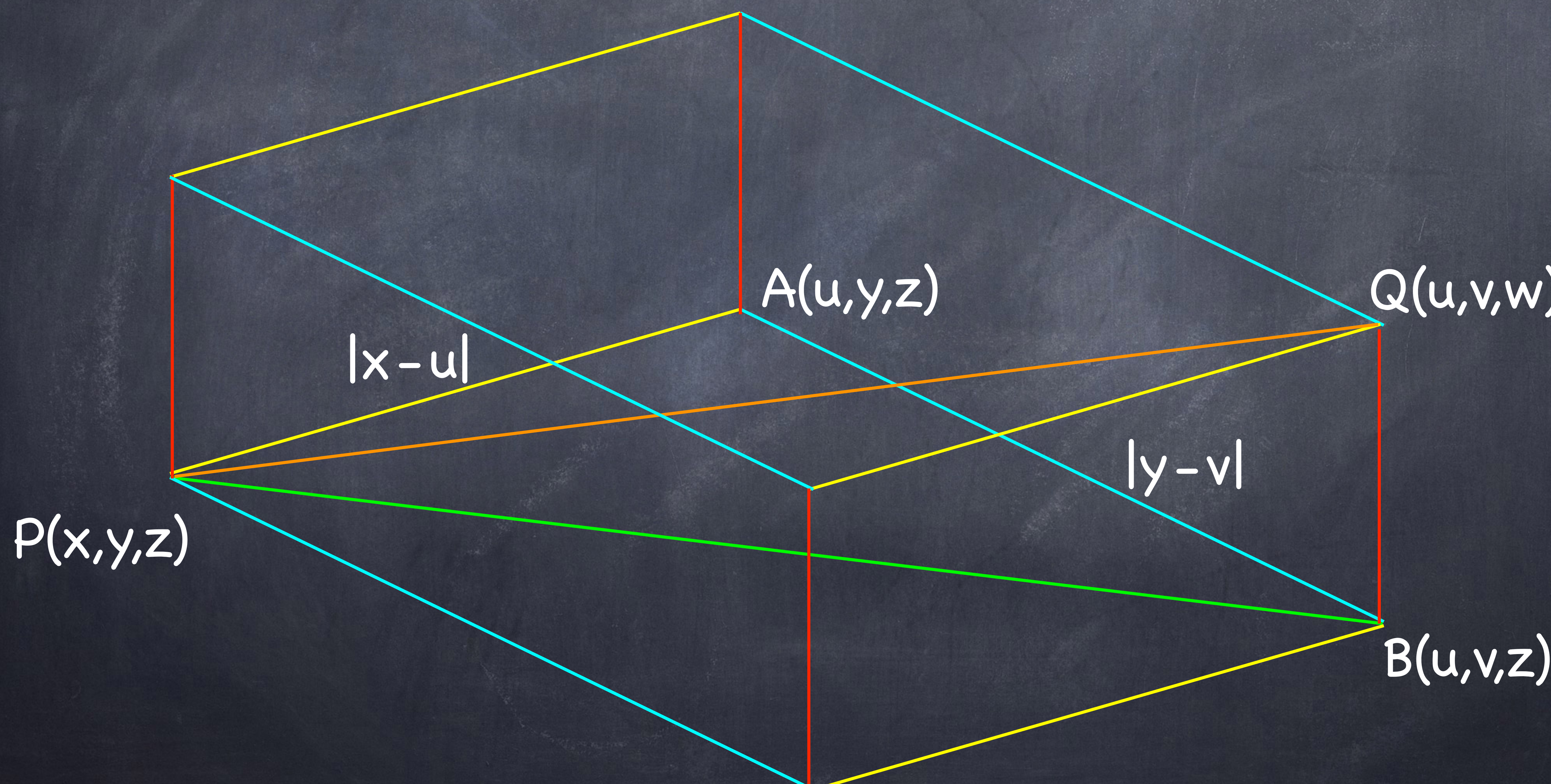
空間の2点間の距離

空間の2点P, Qの座標がそれぞれ (x,y,z), (u,v,w) ならば,
PとQの距離は $\sqrt{(x-u)^2+(y-v)^2+(z-w)^2}$ である.



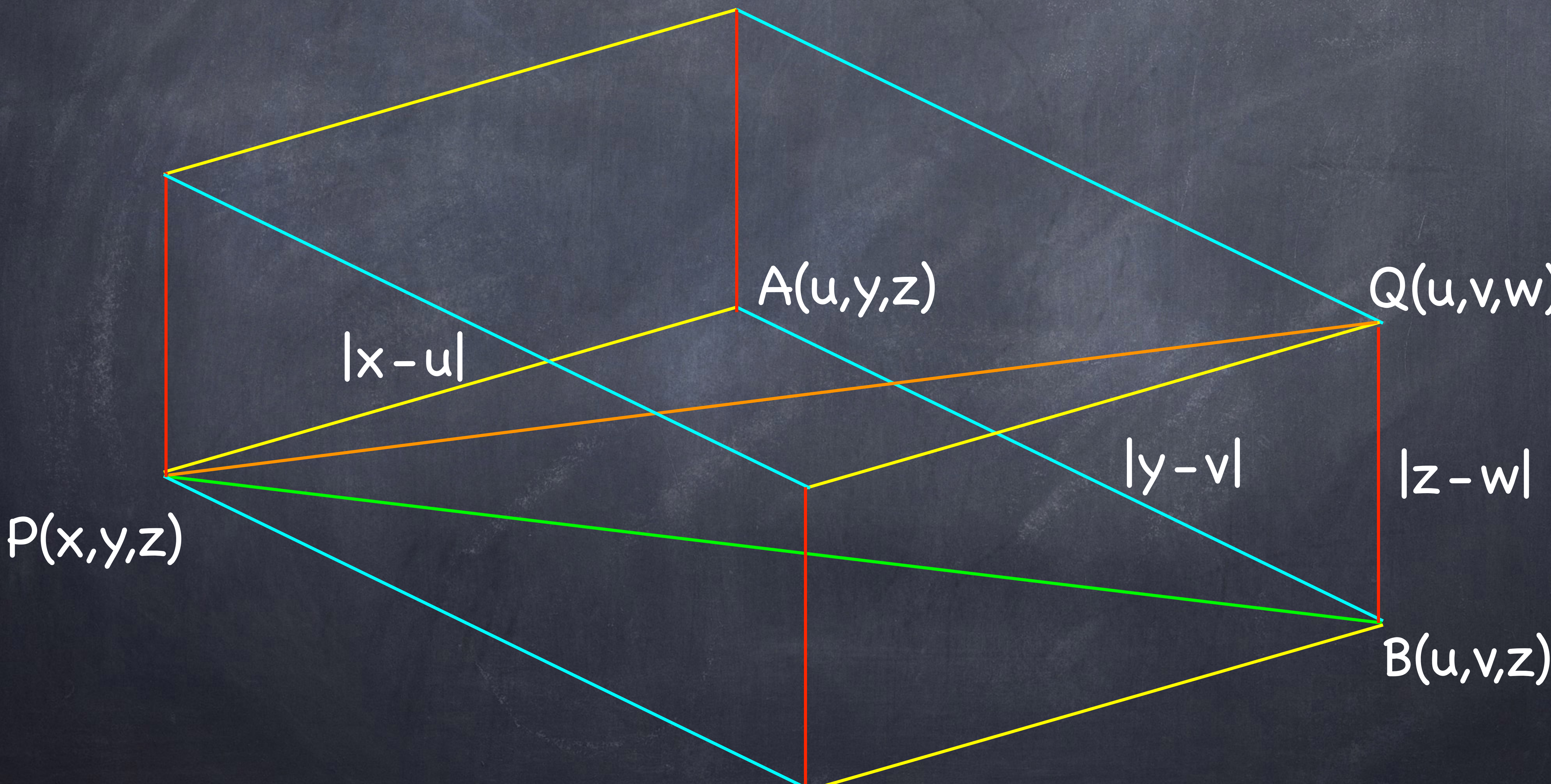
空間の2点間の距離

空間の2点P, Qの座標がそれぞれ (x,y,z), (u,v,w) ならば,
PとQの距離は $\sqrt{(x-u)^2+(y-v)^2+(z-w)^2}$ である.



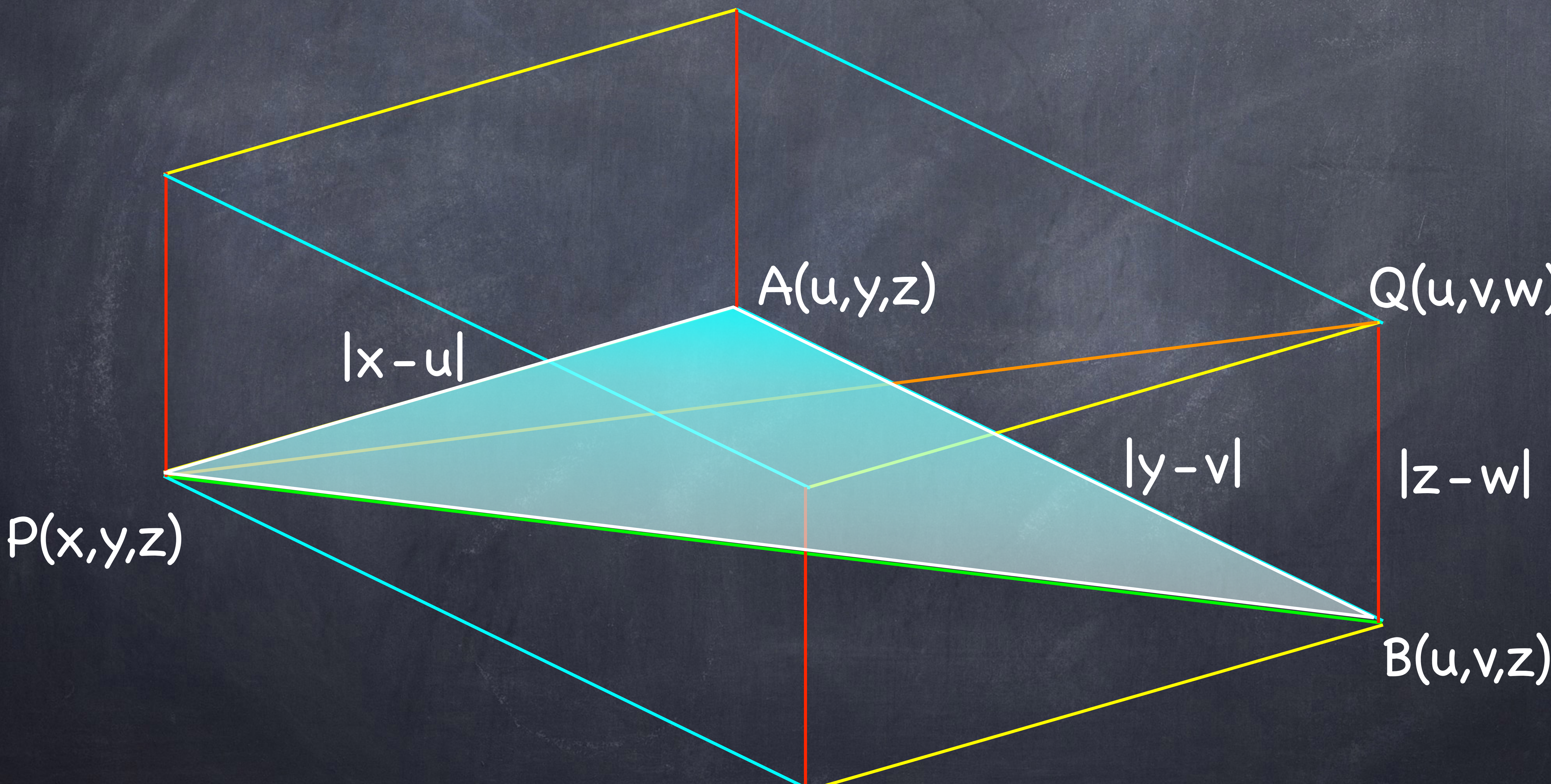
空間の2点間の距離

空間の2点P, Qの座標がそれぞれ (x,y,z), (u,v,w) ならば,
PとQの距離は $\sqrt{(x-u)^2+(y-v)^2+(z-w)^2}$ である.



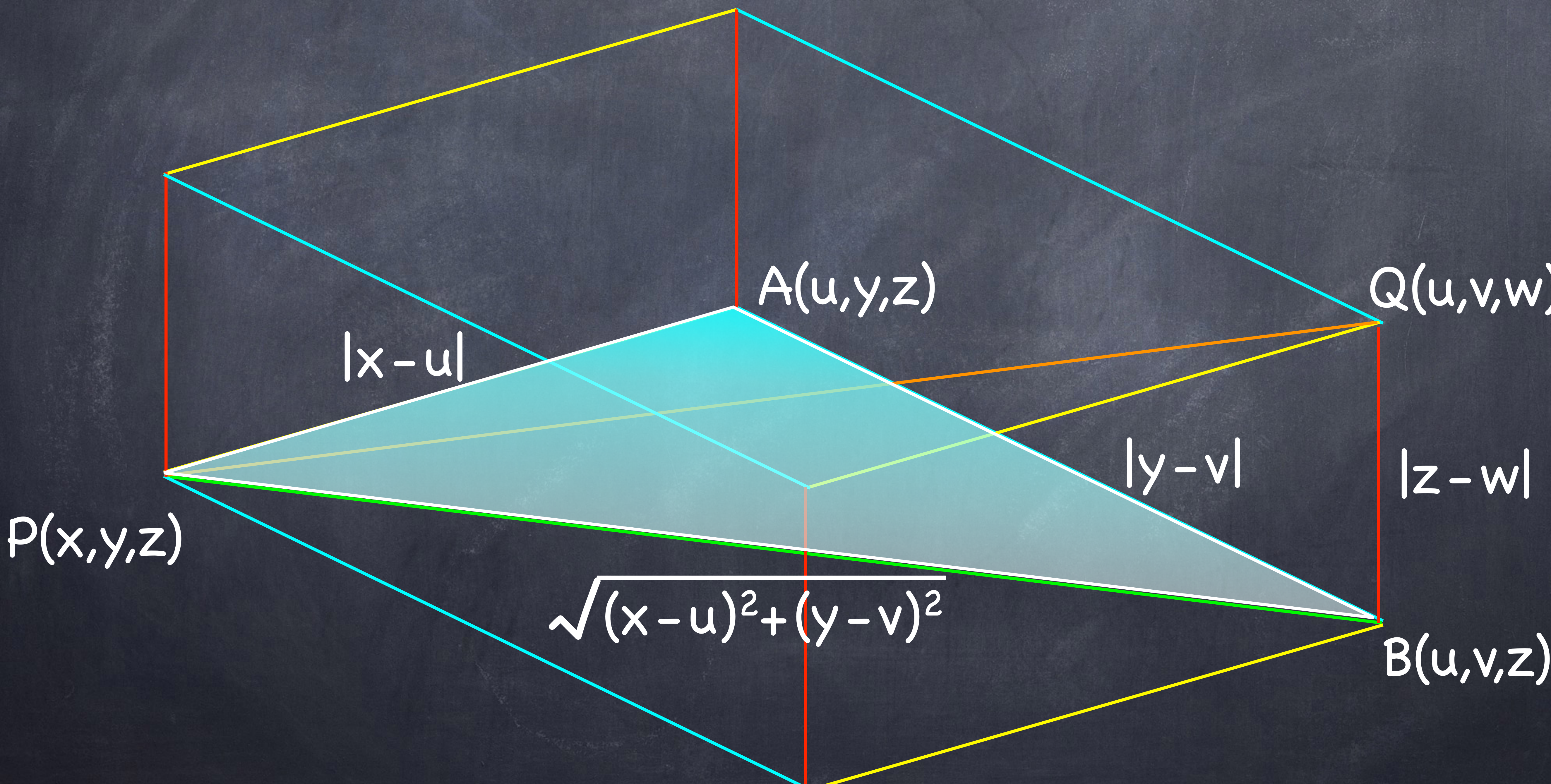
空間の2点間の距離

空間の2点P, Qの座標がそれぞれ (x,y,z), (u,v,w) ならば,
PとQの距離は $\sqrt{(x-u)^2+(y-v)^2+(z-w)^2}$ である.



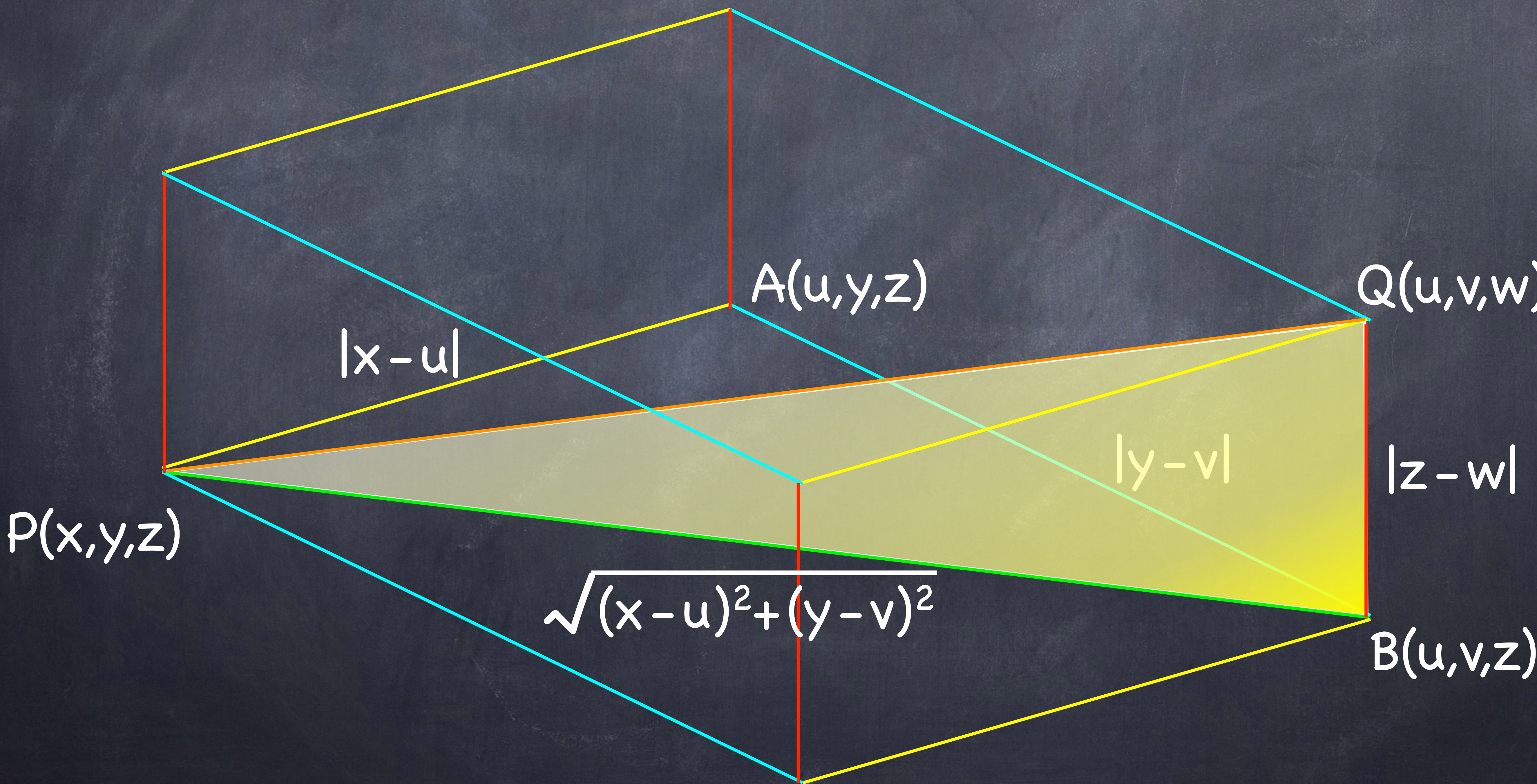
空間の2点間の距離

空間の2点P, Qの座標がそれぞれ (x,y,z), (u,v,w) ならば,
PとQの距離は $\sqrt{(x-u)^2+(y-v)^2+(z-w)^2}$ である.



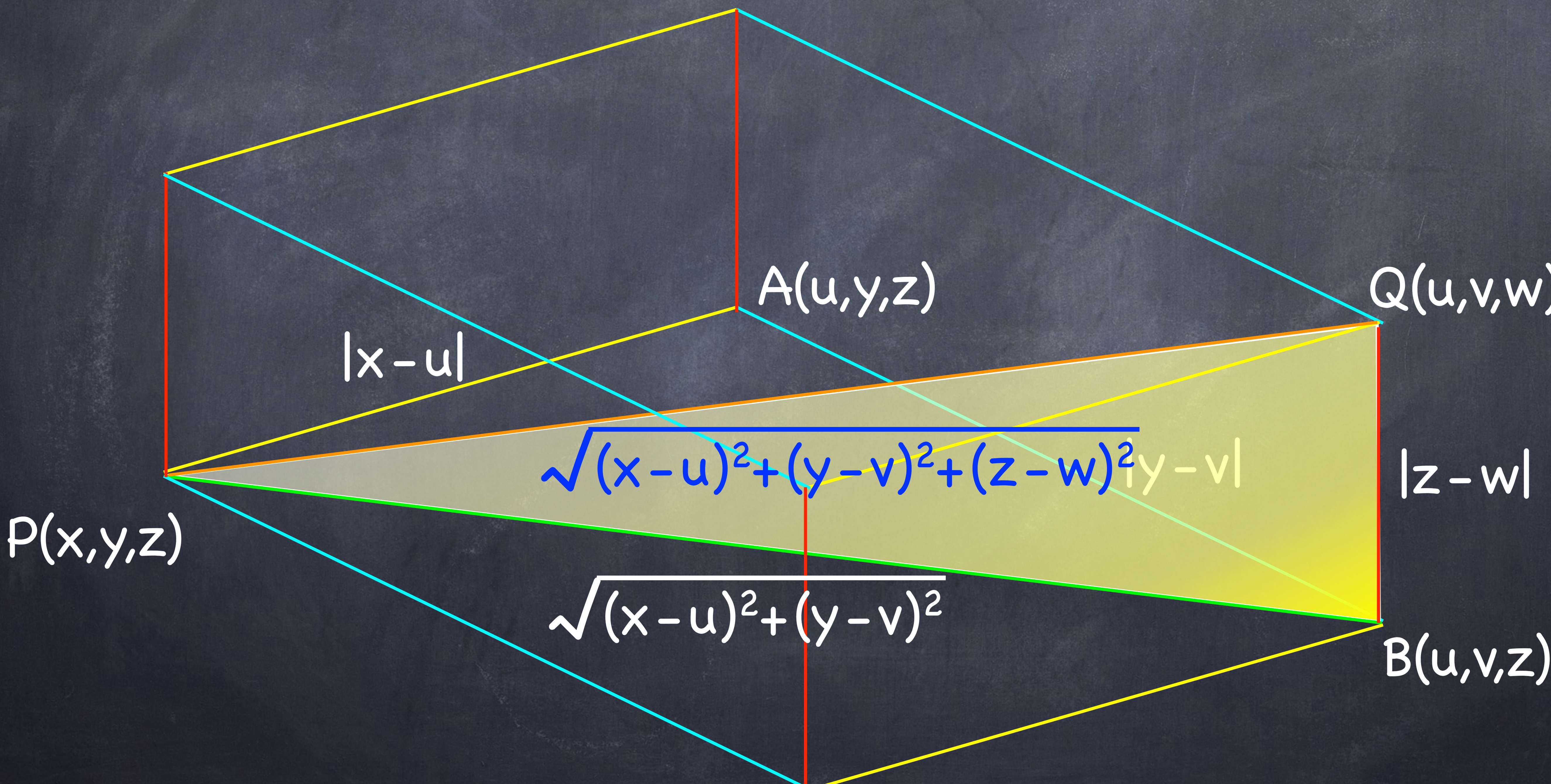
空間の2点間の距離

空間の2点P, Qの座標がそれぞれ (x,y,z), (u,v,w) ならば,
PとQの距離は $\sqrt{(x-u)^2+(y-v)^2+(z-w)^2}$ である.



空間の2点間の距離

空間の2点P, Qの座標がそれぞれ (x,y,z), (u,v,w) ならば,
PとQの距離は $\sqrt{(x-u)^2+(y-v)^2+(z-w)^2}$ である.



§3. 写像

§3. 写像

X, Y を集合として,

§3. 写像

X, Y を集合として, X の各要素に対して Y の1つの要素を対応させるとき,

§3. 写像

X, Y を集合として, X の各要素に対して Y の1つの要素を対応させるとき, この対応を X から Y への写像と呼ぶ.

§3. 写像

X, Y を集合として, X の各要素に対して Y の1つの要素を対応させるとき, この対応を X から Y への写像と呼ぶ. このとき, X をこの写像の定義域という.

§3. 写像

X, Y を集合として, X の各要素に対して Y の1つの要素を対応させるとき, この対応を X から Y への写像と呼ぶ. このとき, X をこの写像の定義域という.

§3. 写像

X, Y を集合として, X の各要素に対して Y の1つの要素を対応させるとき, この対応を X から Y への写像と呼ぶ. このとき, X をこの写像の定義域という.

X から Y への写像 f が与えられたとき,

§3. 写像

X, Y を集合として, X の各要素に対して Y の1つの要素を対応させるとき, この対応を X から Y への**写像**と呼ぶ.
このとき, X をこの写像の**定義域**という.

X から Y への写像 f が与えられたとき, X の各要素 x に対し,

§3. 写像

X, Y を集合として, X の各要素に対して Y の1つの要素を対応させるとき, この対応を X から Y への写像と呼ぶ. このとき, X をこの写像の定義域という.

X から Y への写像 f が与えられたとき, X の各要素 x に対し, f によって対応する Y の要素を f(x) で表し,

§3. 写像

X, Y を集合として, X の各要素に対して Y の1つの要素を対応させるとき, この対応を X から Y への写像と呼ぶ. このとき, X をこの写像の定義域という.

X から Y への写像 f が与えられたとき, X の各要素 x に対し, f によって対応する Y の要素を f(x) で表し, これを f による x の像と呼ぶ.

§3. 写像

X, Y を集合として, X の各要素に対して Y の1つの要素を対応させるとき, この対応を X から Y への写像と呼ぶ. このとき, X をこの写像の定義域という.

X から Y への写像 f が与えられたとき, X の各要素 x に対し, f によって対応する Y の要素を f(x) で表し, これを f による x の像と呼ぶ.

§3. 写像

X, Y を集合として, X の各要素に対して Y の1つの要素を対応させるとき, この対応を X から Y への**写像**と呼ぶ.
このとき, X をこの写像の**定義域**という.

X から Y への写像 f が与えられたとき, X の各要素 x に対し, f によって対応する Y の要素を f(x) で表し, これを f による x の**像**と呼ぶ.

とくに Y が実数全体の集合 **R** のとき,

§3. 写像

X, Y を集合として, X の各要素に対して Y の1つの要素を対応させるとき, この対応を X から Y への**写像**と呼ぶ. このとき, X をこの写像の**定義域**という.

X から Y への写像 f が与えられたとき, X の各要素 x に対し, f によって対応する Y の要素を f(x) で表し, これを f による x の**像**と呼ぶ.

とくに Y が実数全体の集合 **R** のとき, X から **R** への写像を

§3. 写像

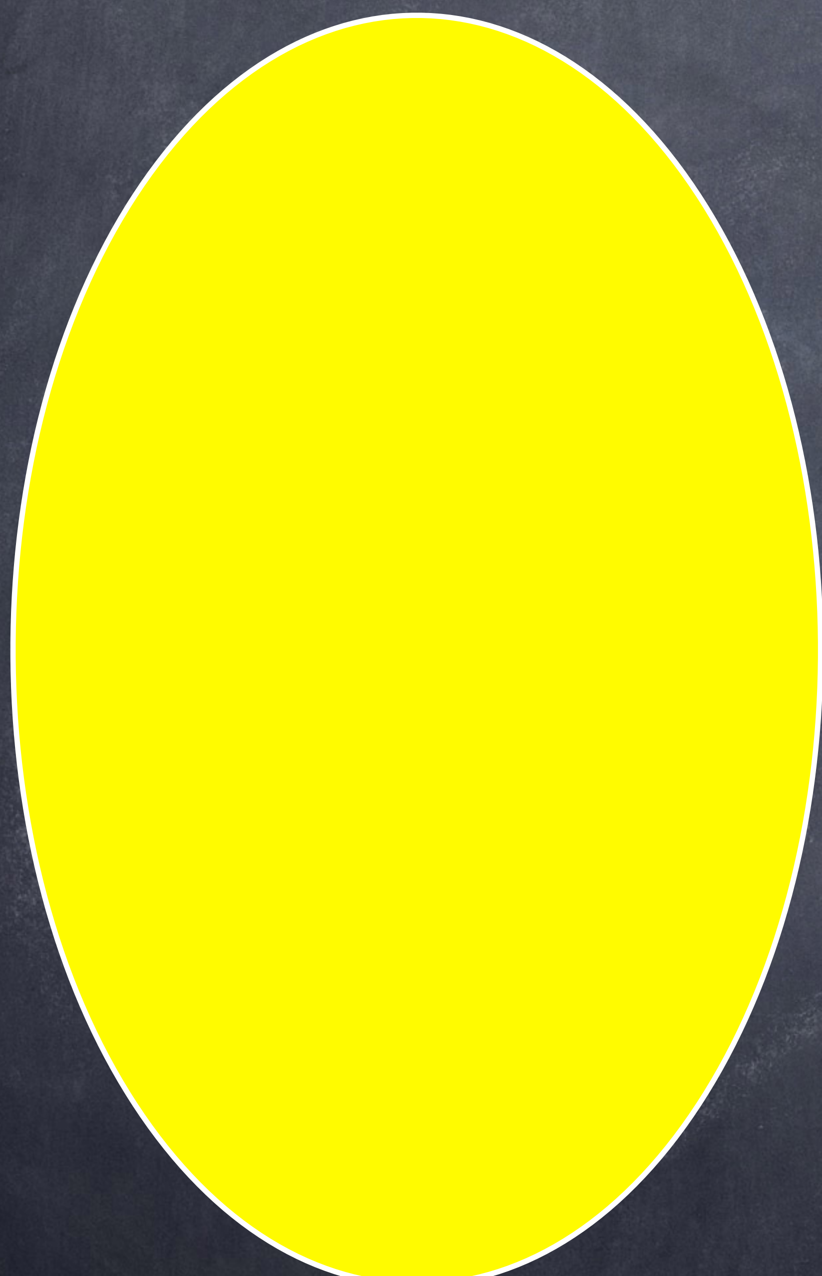
X, Y を集合として, X の各要素に対して Y の1つの要素を対応させるとき, この対応を X から Y への写像と呼ぶ.
このとき, X をこの写像の定義域という.

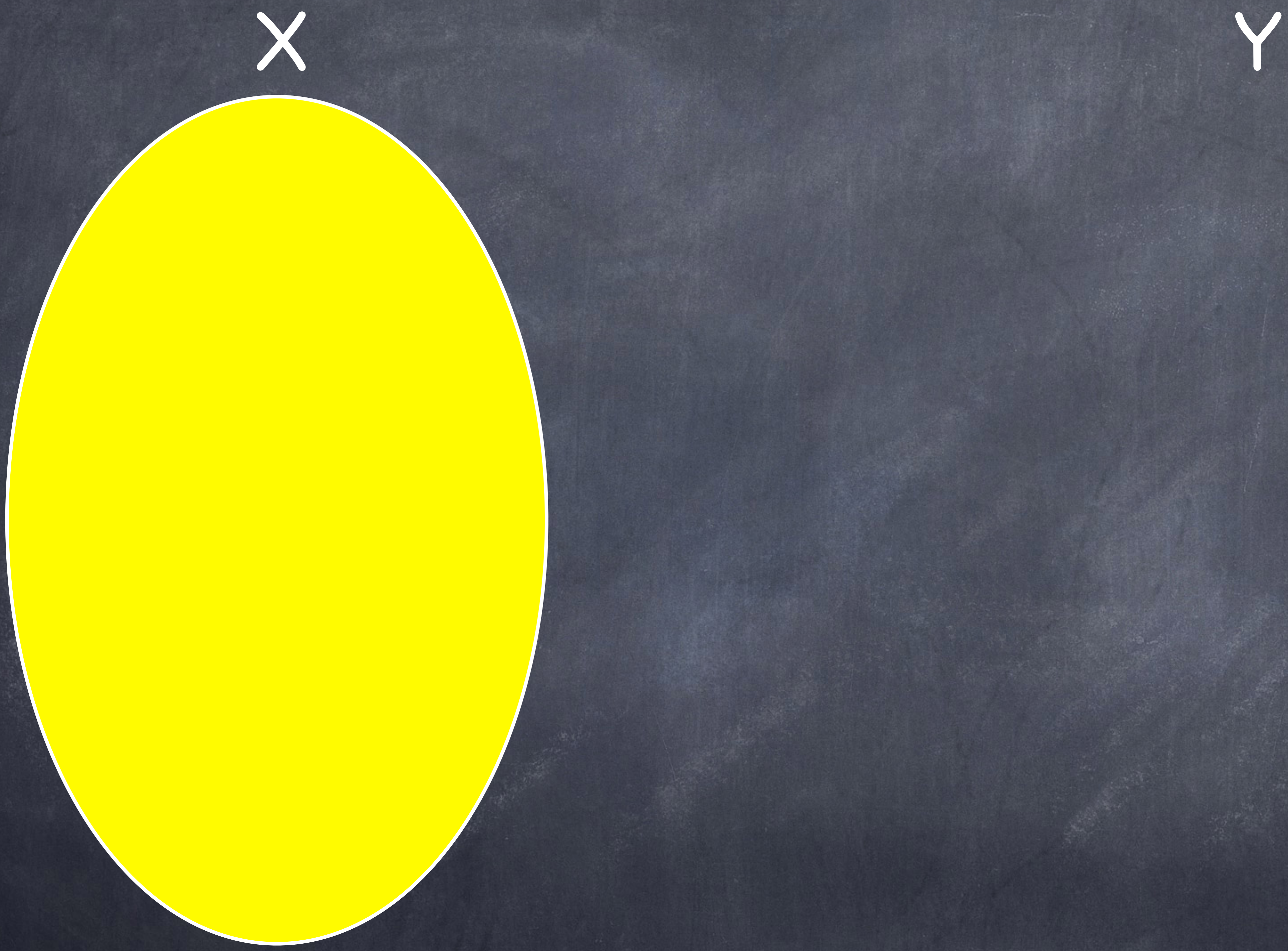
X から Y への写像 f が与えられたとき, X の各要素 x に対し, f によって対応する Y の要素を f(x) で表し, これを f による x の像と呼ぶ.

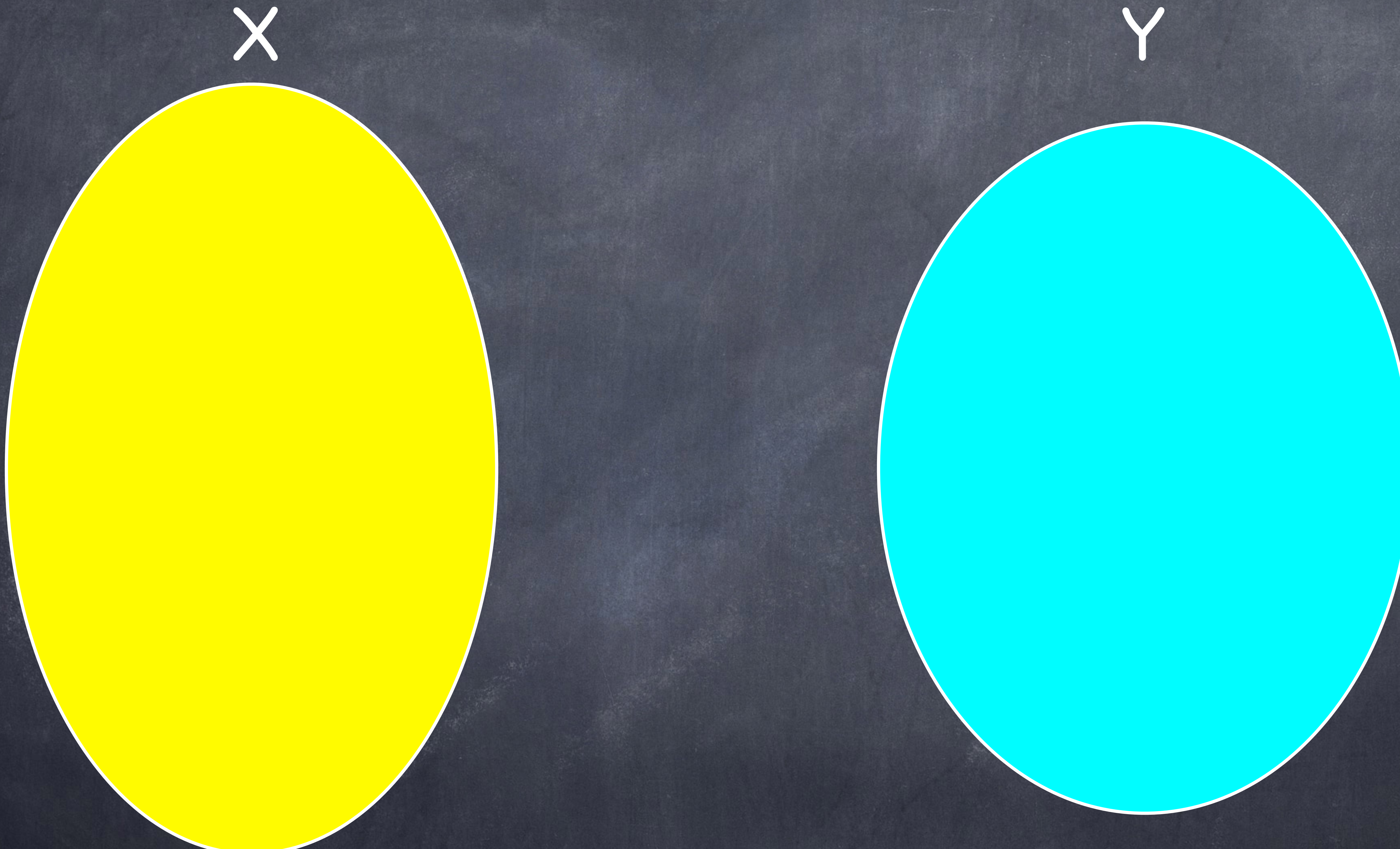
とくに Y が実数全体の集合 **R** のとき, X から **R** への写像を「X で定義された関数」という.

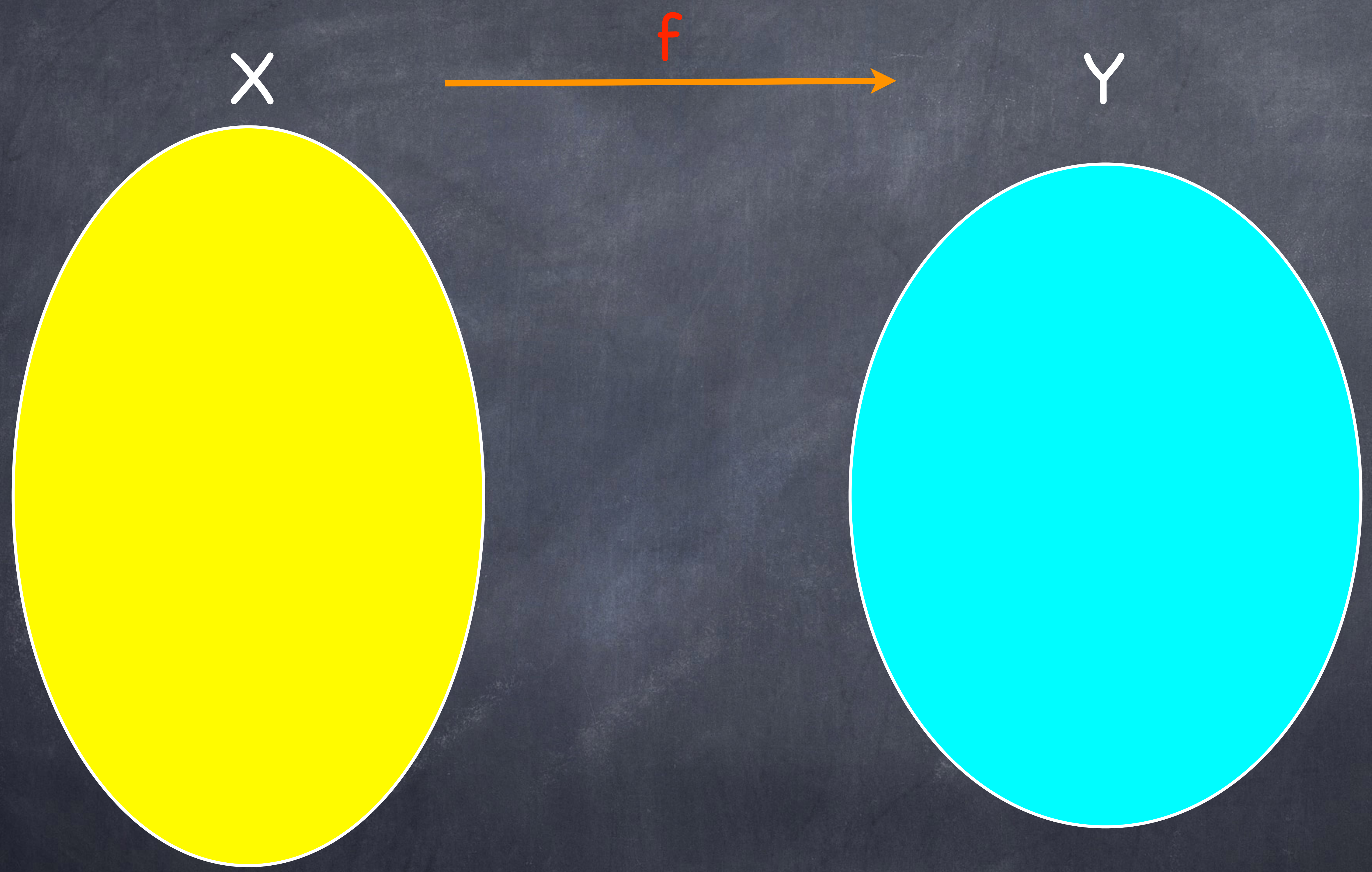
X

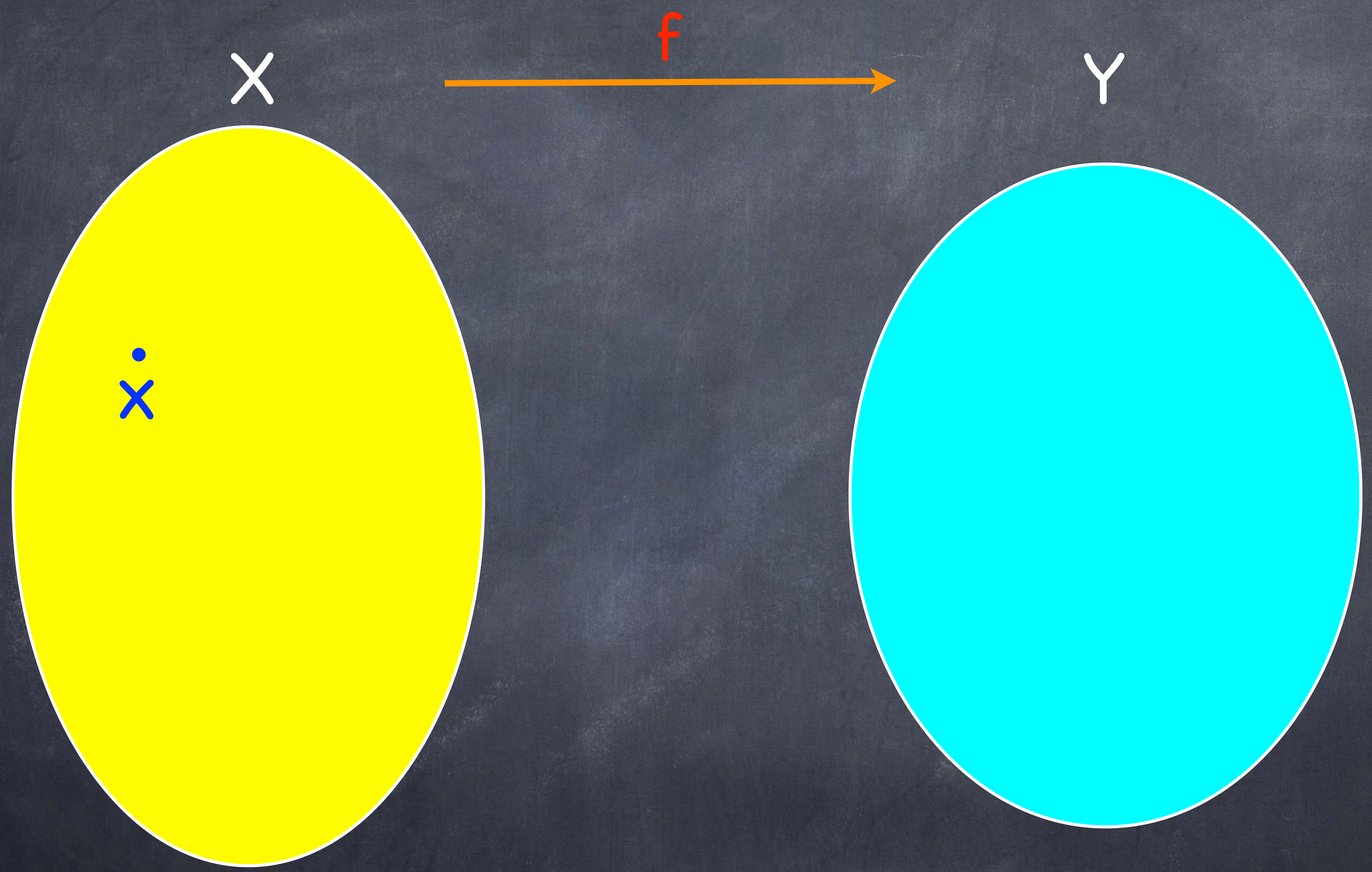
X



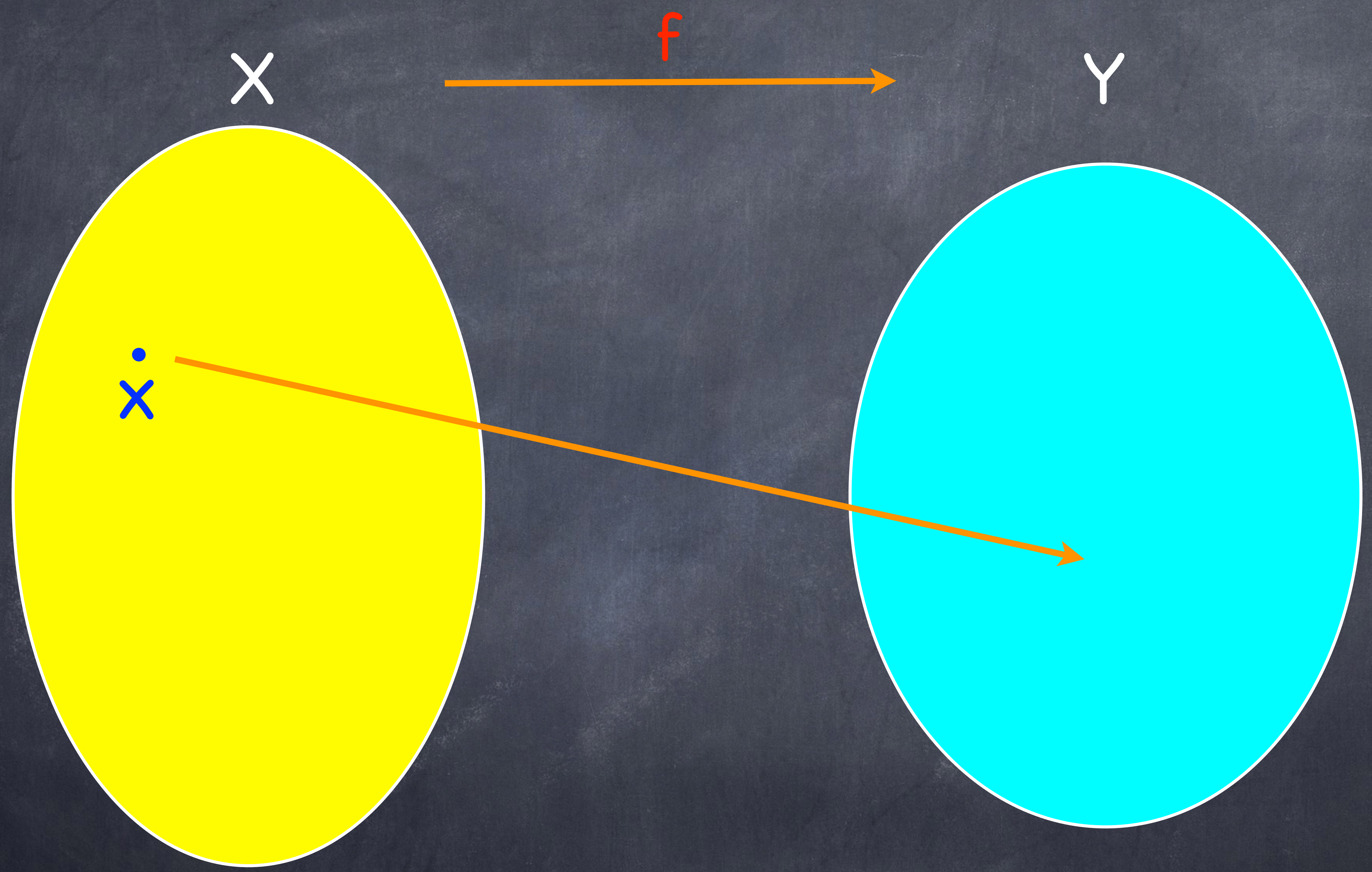

X
Y

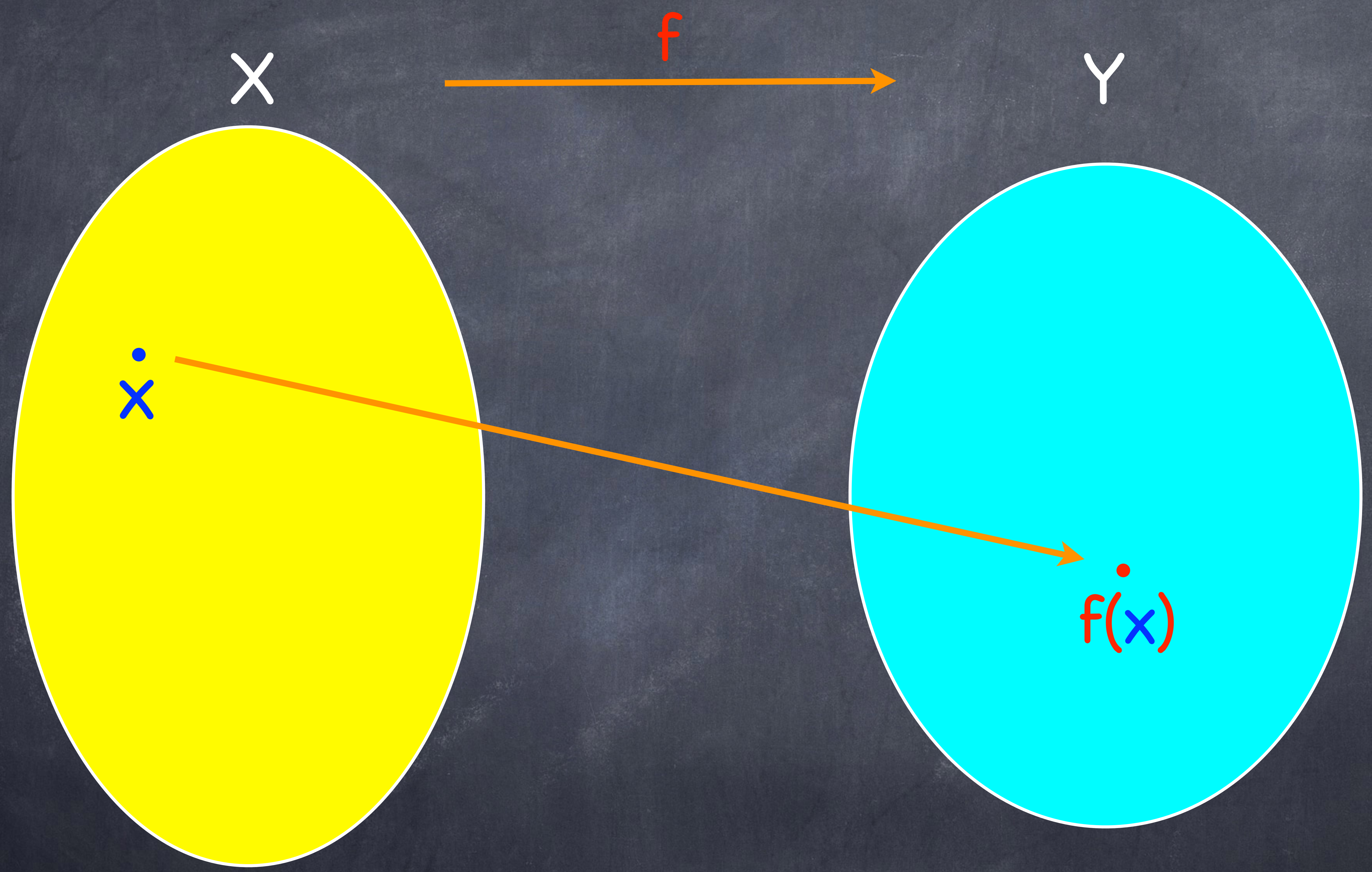

X
Y


X
f
Y



X
f
Y
x


X
f
Y
x



f
X
Y
x
f(x)

写像のグラフ

写像のグラフ

f を $\mathbf{R}$ で定義された関数とする.

写像のグラフ

f を $\mathbf{R}$ で定義された関数とする. x が実数全体を動くとき,

写像のグラフ

f を $\mathbf{R}$ で定義された関数とする. x が実数全体を動くとき, $\mathbf{R}^2$ の点 $(x,f(x))$ 全体からなる集合を

写像のグラフ

f を $\mathbf{R}$ で定義された関数とする. x が実数全体を動くとき, $\mathbf{R}^2$ の点 $(x,f(x))$ 全体からなる集合を f のグラフという.

写像のグラフ

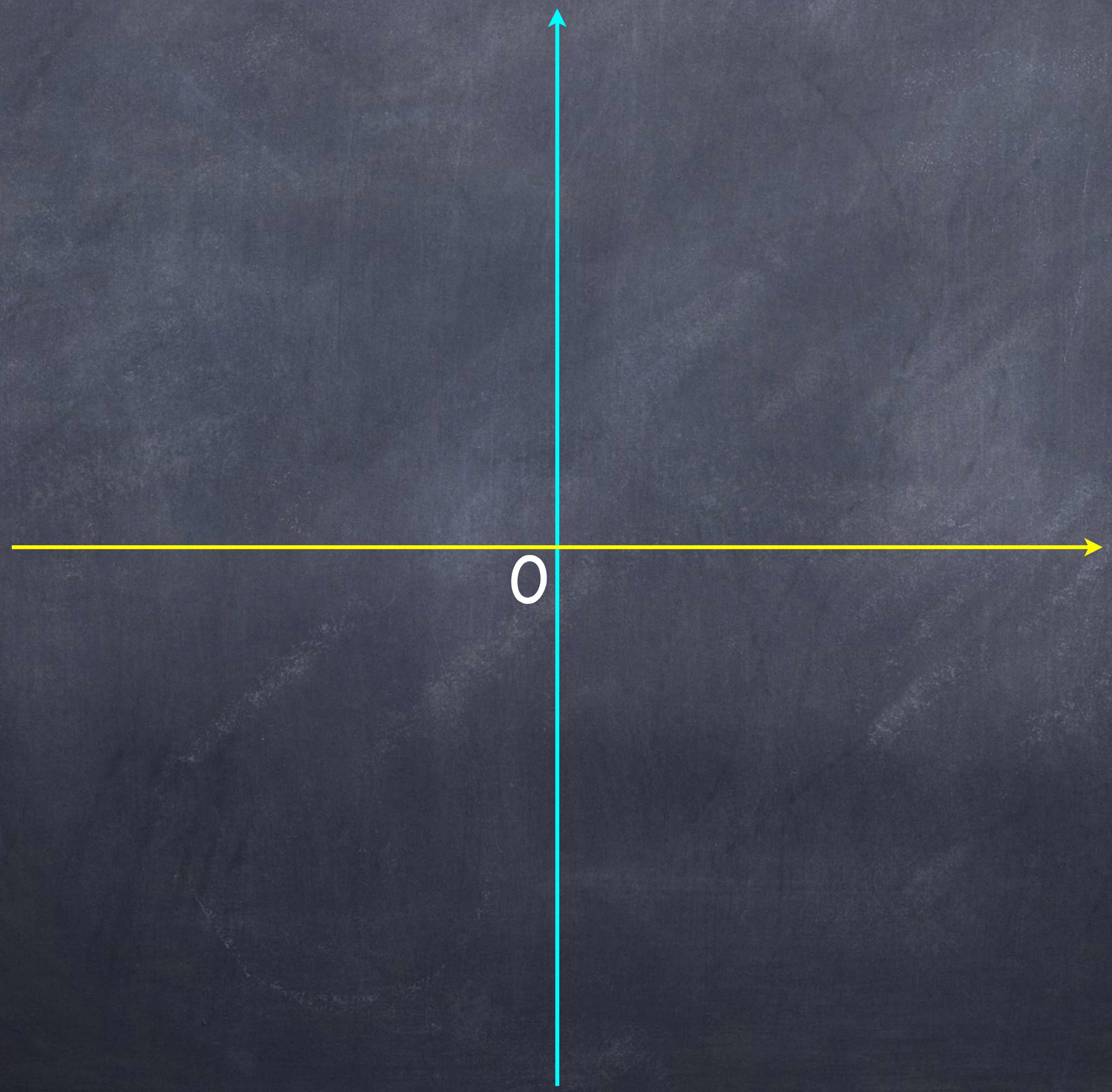
f を $\mathbf{R}$ で定義された関数とする. x が実数全体を動くとき, $\mathbf{R}^2$ の点 $(x,f(x))$ 全体からなる集合を f のグラフという.

写像のグラフ

f を $\mathbf{R}$ で定義された関数とする. x が実数全体を動くとき, $\mathbf{R}^2$ の点 $(x,f(x))$ 全体からなる集合を f のグラフという.

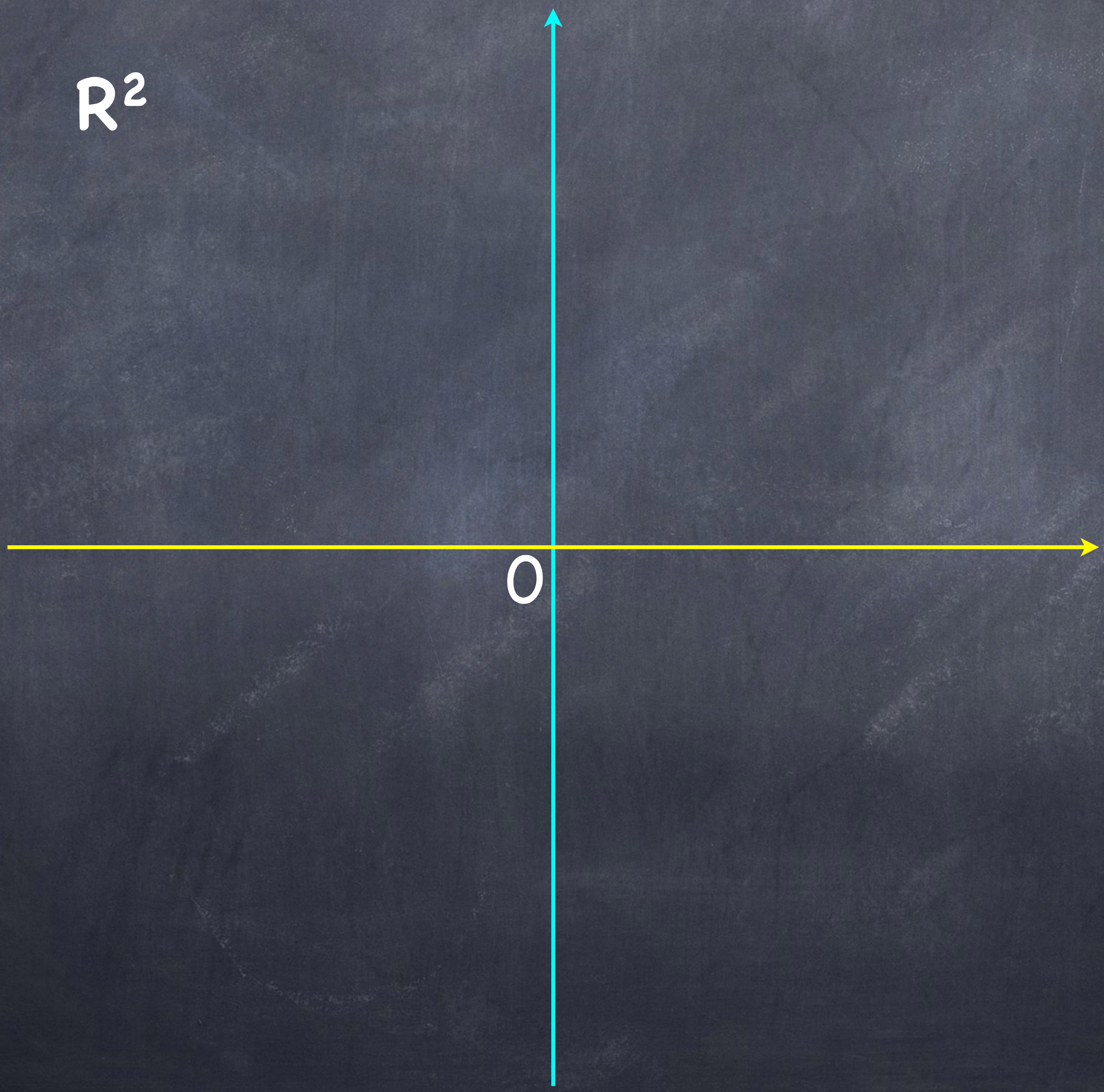
写像のグラフ

f を **R** で定義された関数とする. x が実数全体を動くとき, $\mathbf{R}^2$ の点 (x,f(x)) 全体からなる集合を f のグラフという.



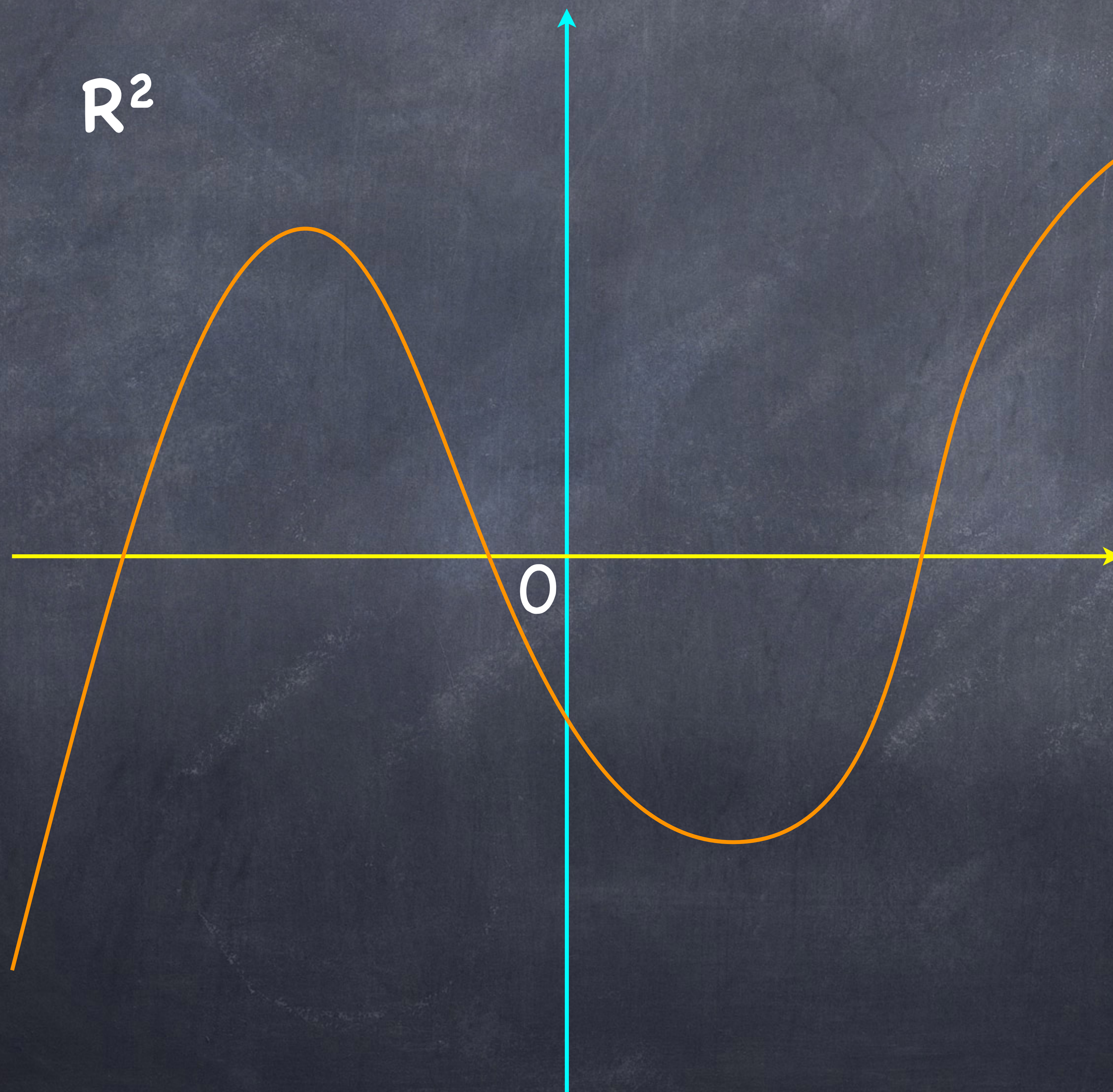
写像のグラフ

f を $\mathbf{R}$ で定義された関数とする. x が実数全体を動くとき, $\mathbf{R}^2$ の点 $(x,f(x))$ 全体からなる集合を f のグラフという.



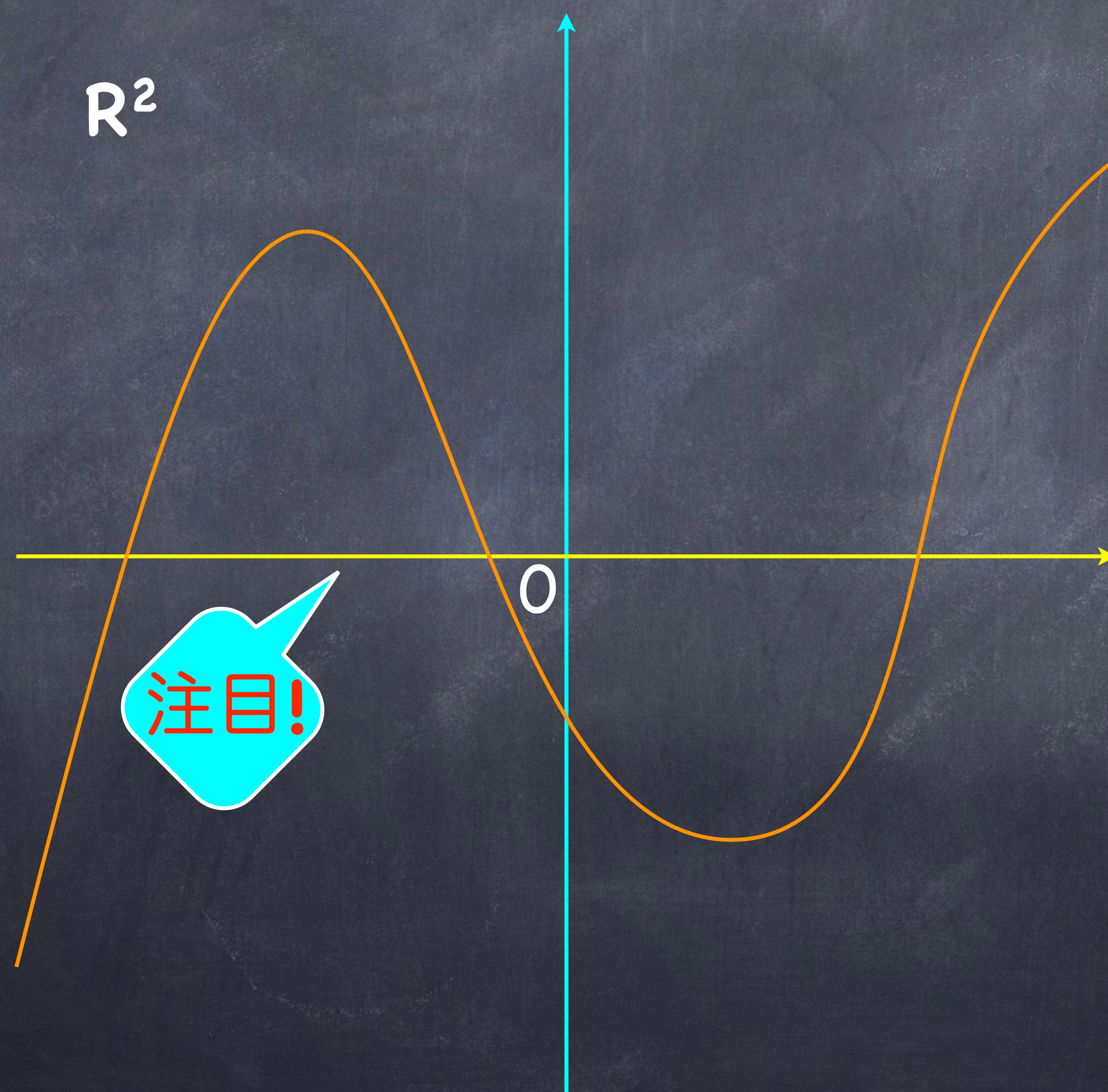
写像のグラフ

f を **R** で定義された関数とする. x が実数全体を動くとき, $\mathbf{R}^2$ の点 (x,f(x)) 全体からなる集合を f のグラフという.



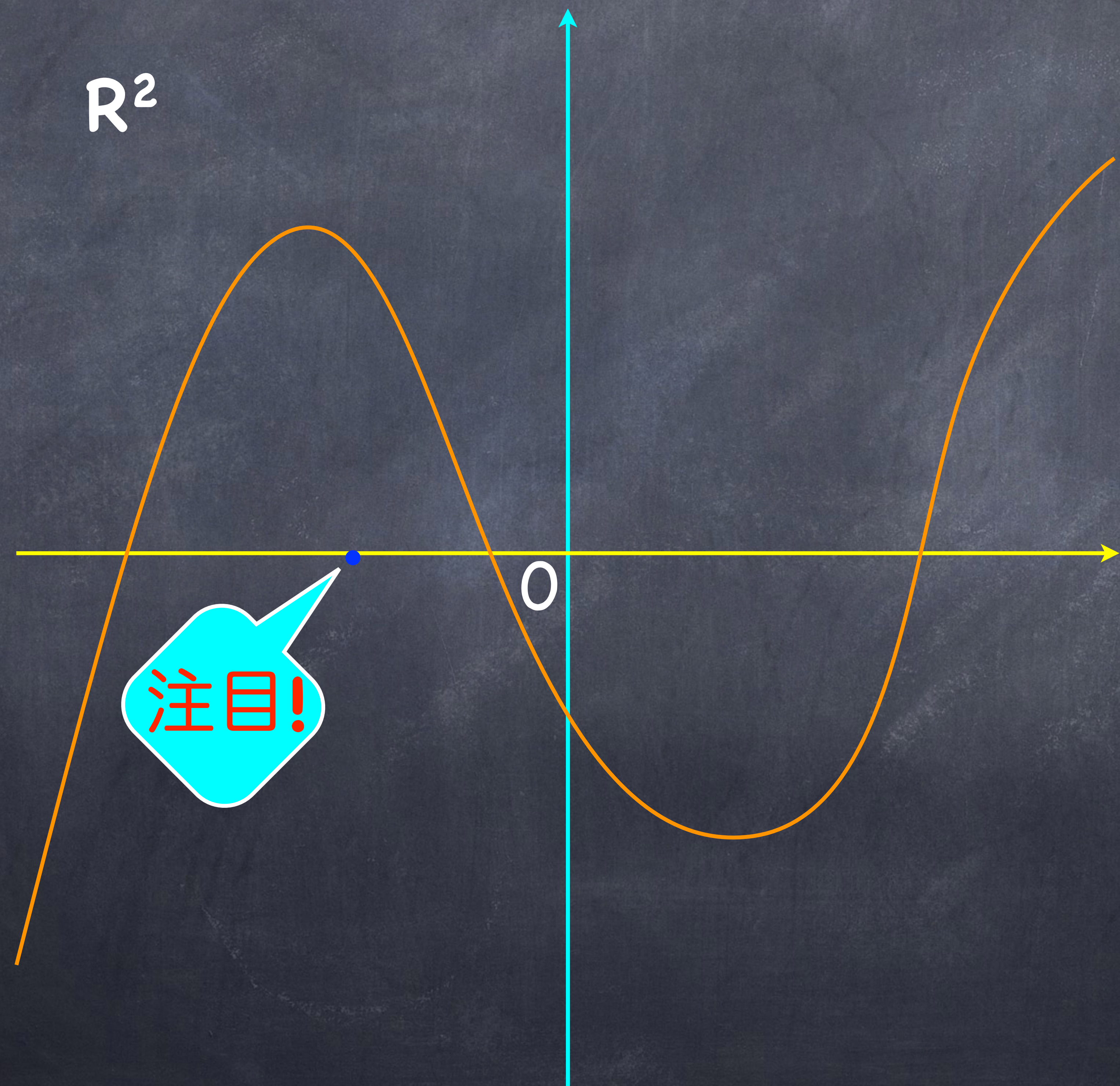
写像のグラフ

f を **R** で定義された関数とする. x が実数全体を動くとき, $\mathbf{R}^2$ の点 (x,f(x)) 全体からなる集合を f のグラフという.



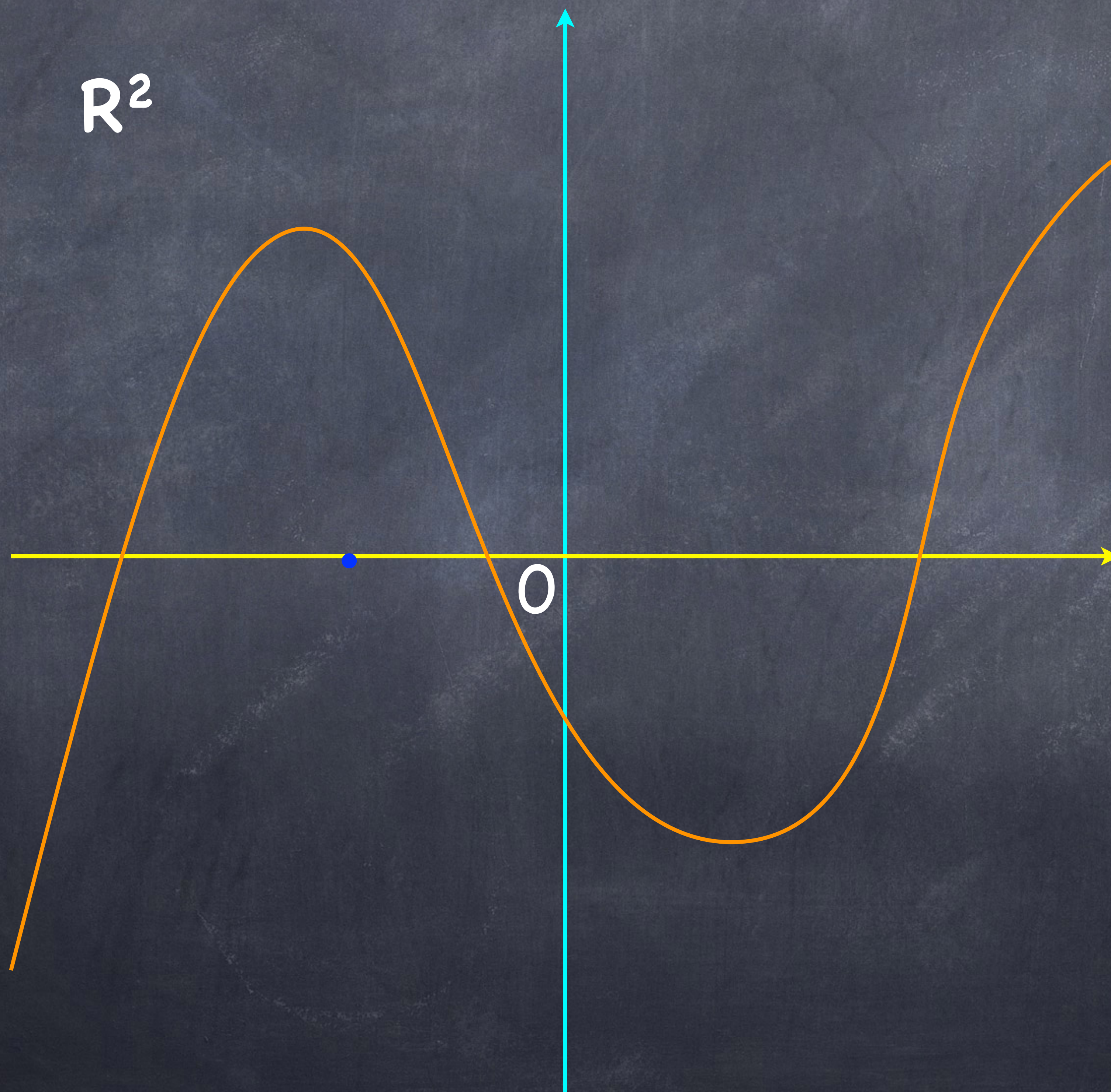
写像のグラフ

f を **R** で定義された関数とする. x が実数全体を動くとき, $\mathbf{R}^2$ の点 (x,f(x)) 全体からなる集合を f のグラフという.



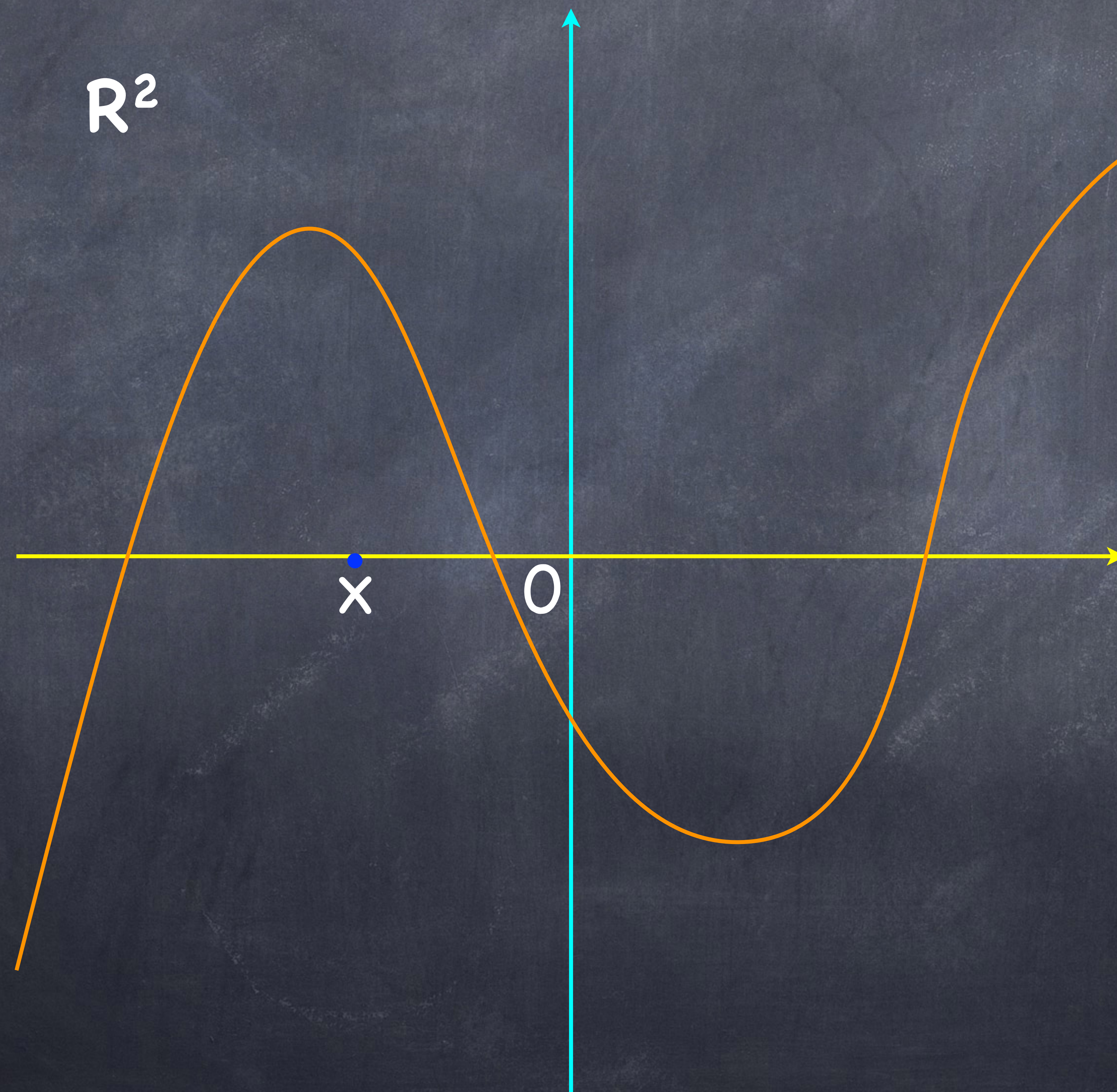
写像のグラフ

f を $\mathbf{R}$ で定義された関数とする. x が実数全体を動くとき, $\mathbf{R}^2$ の点 (x,f(x)) 全体からなる集合を f のグラフという.



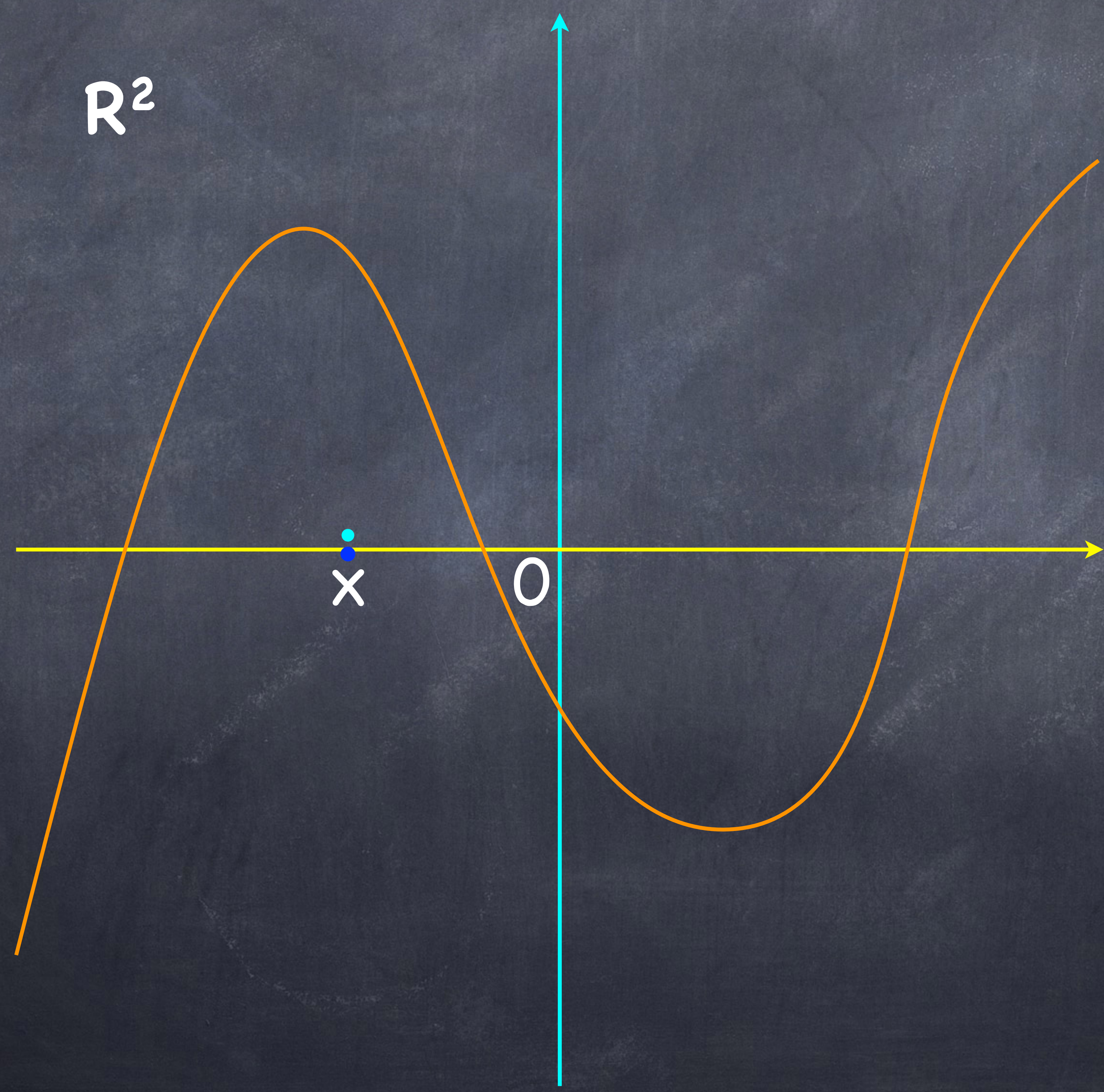
写像のグラフ

f を $\mathbf{R}$ で定義された関数とする. x が実数全体を動くとき, $\mathbf{R}^2$ の点 (x,f(x)) 全体からなる集合を f のグラフという.



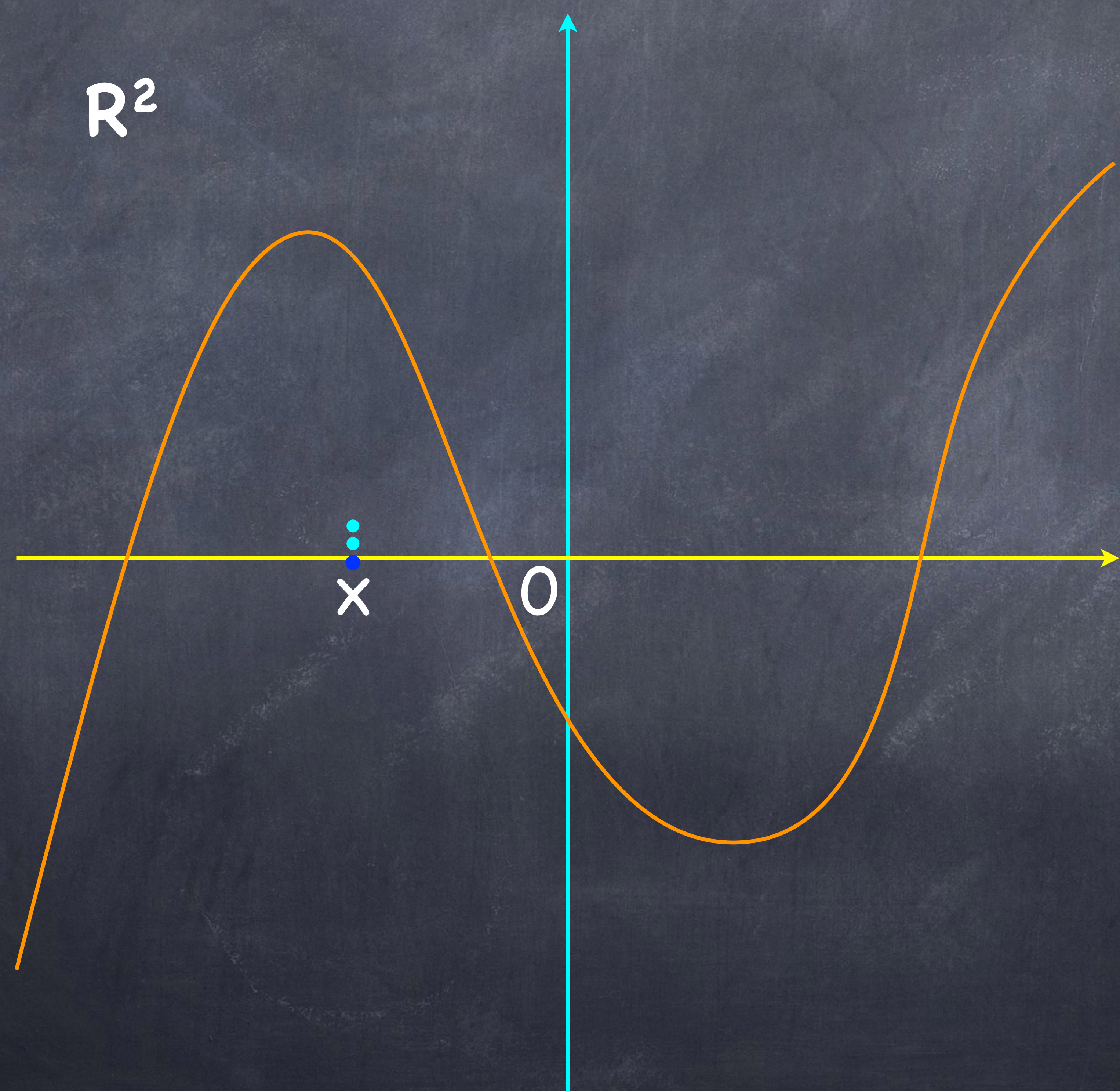
写像のグラフ

f を $\mathbf{R}$ で定義された関数とする. x が実数全体を動くとき, $\mathbf{R}^2$ の点 (x,f(x)) 全体からなる集合を f のグラフという.



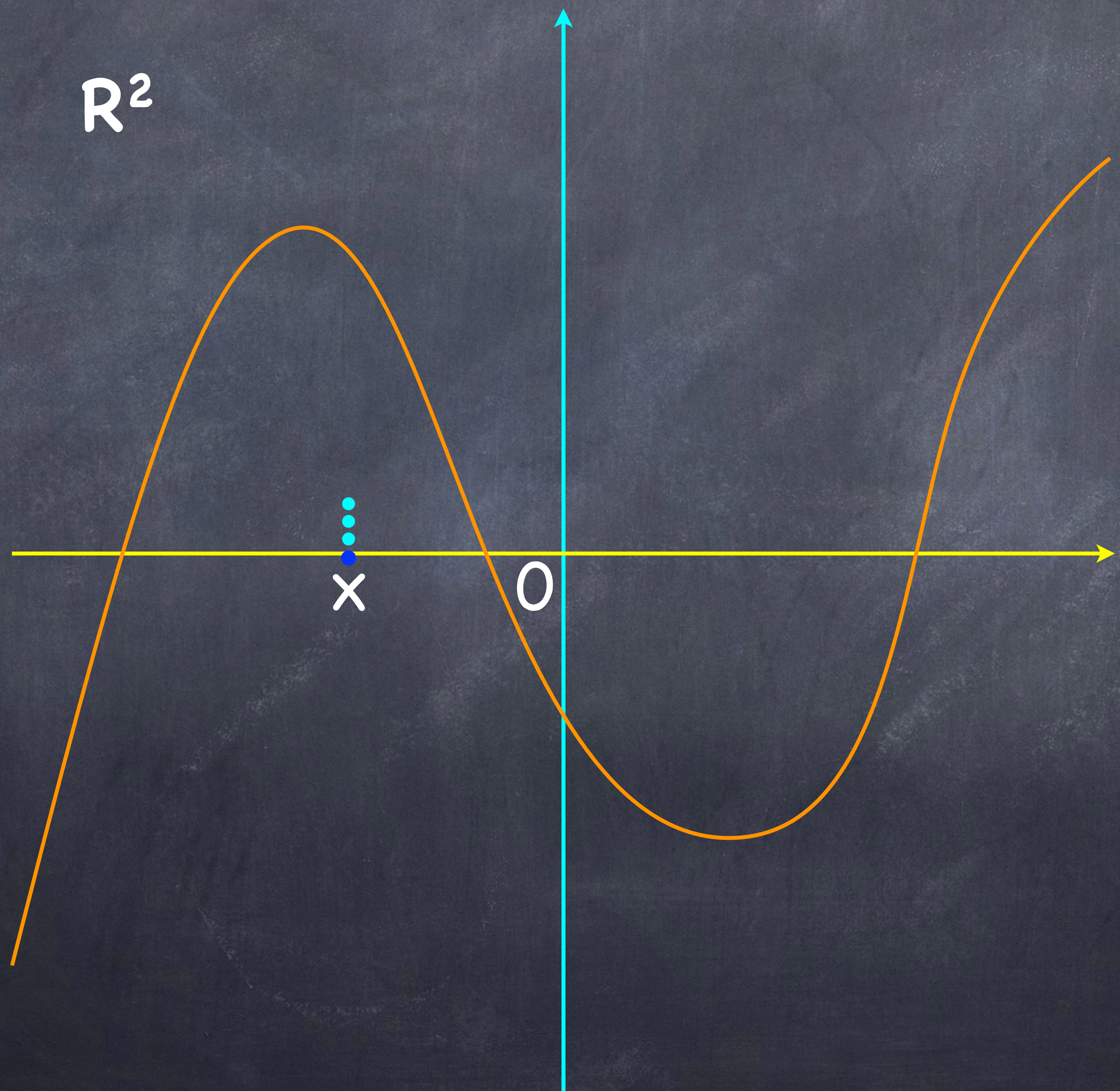
写像のグラフ

f を **R** で定義された関数とする. x が実数全体を動くとき, **R**^{2} の点 (x,f(x)) 全体からなる集合を f のグラフという.



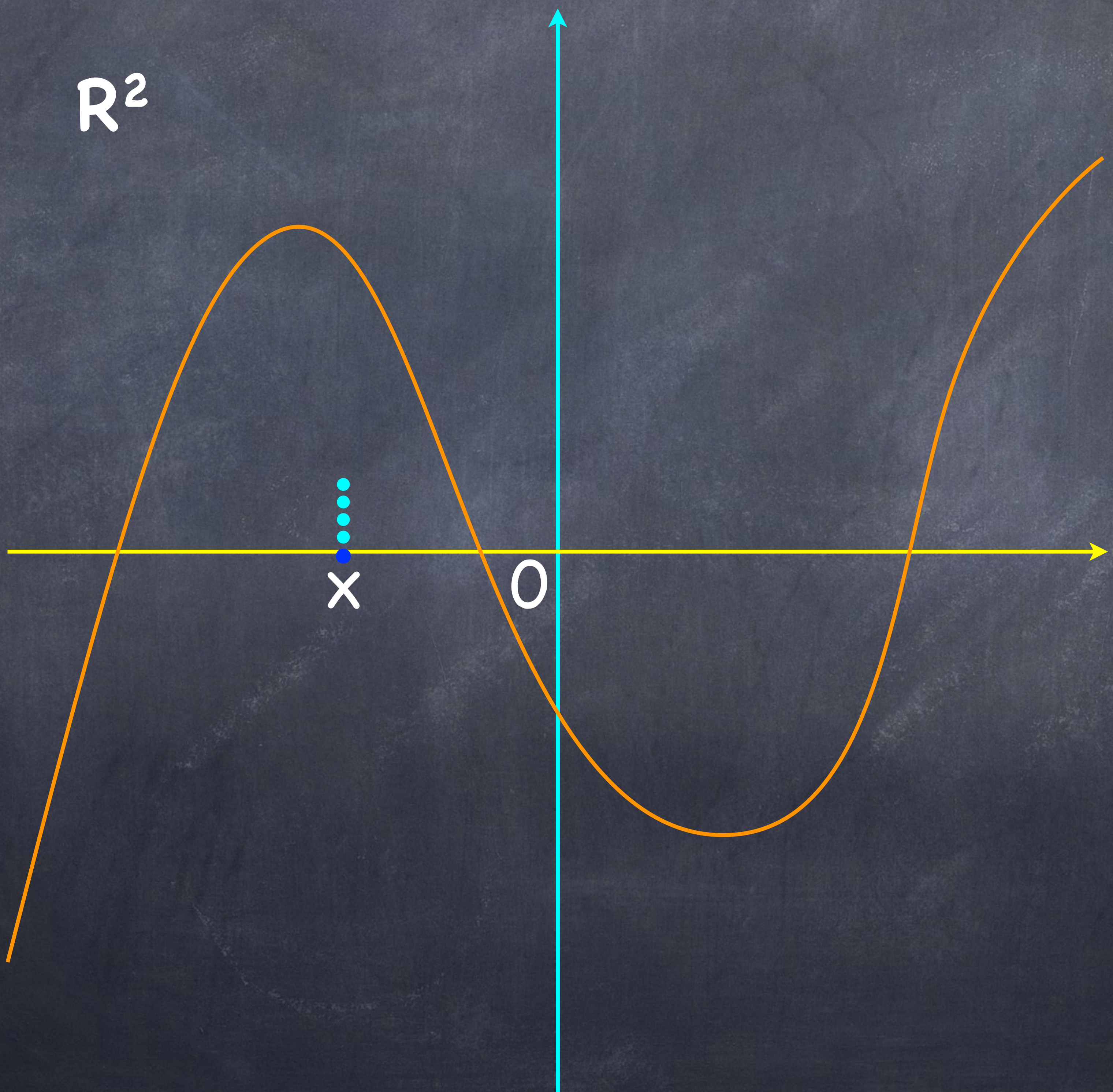
写像のグラフ

f を **R** で定義された関数とする. x が実数全体を動くとき, $\mathbf{R}^2$ の点 (x,f(x)) 全体からなる集合を f のグラフという.



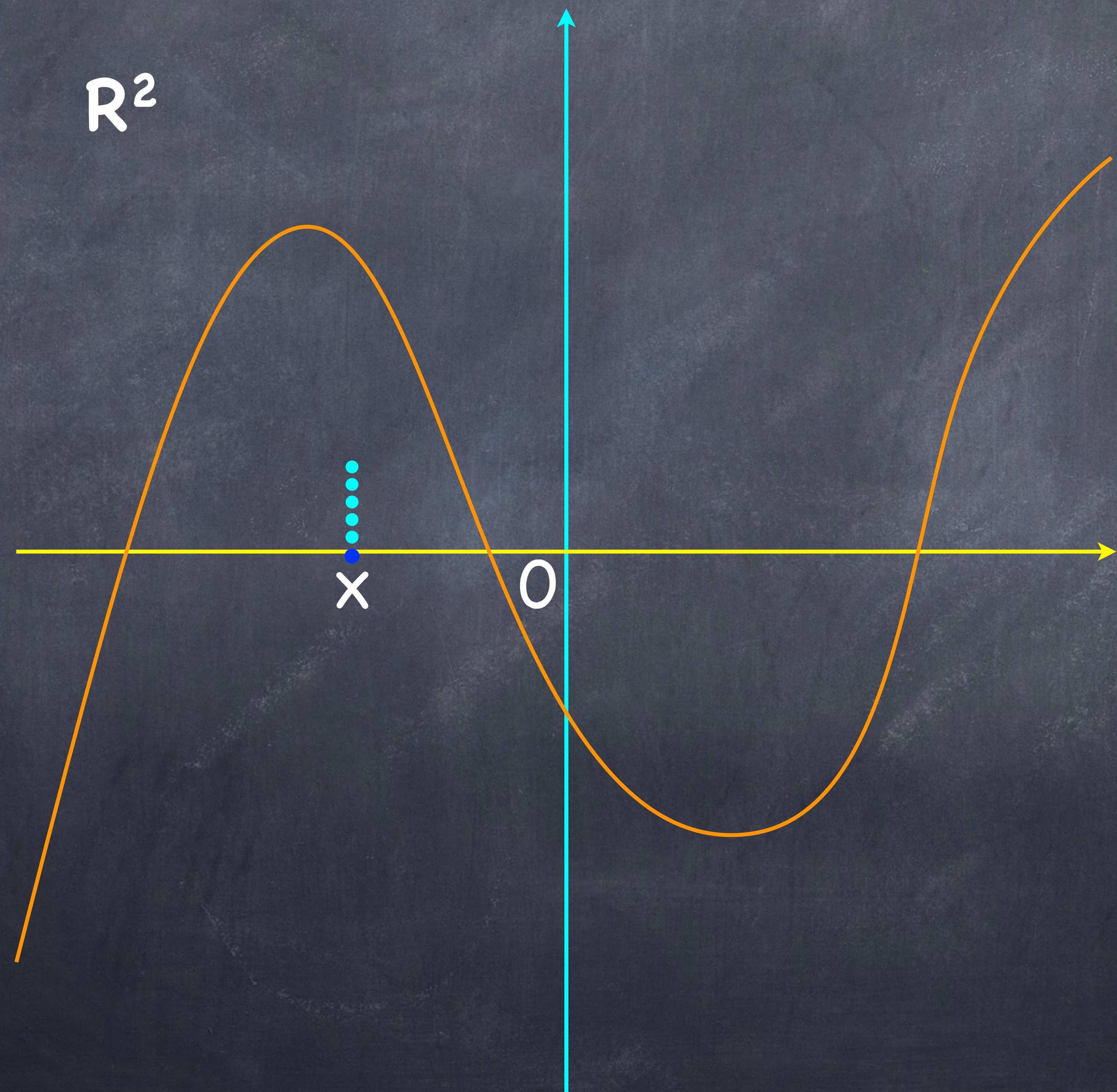
写像のグラフ

f を $\mathbf{R}$ で定義された関数とする. x が実数全体を動くとき, $\mathbf{R}^2$ の点 $(x,f(x))$ 全体からなる集合を f のグラフという.



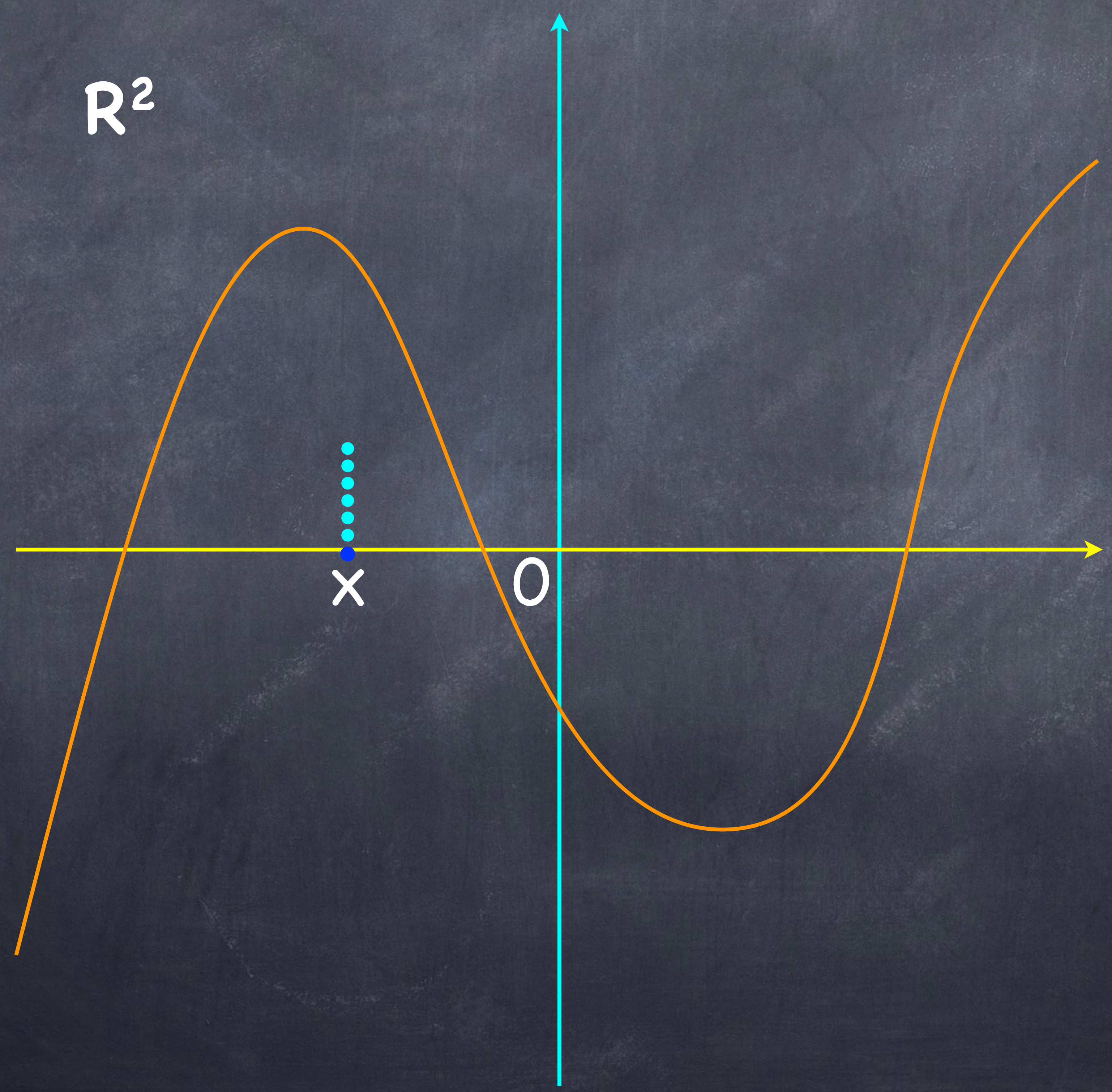
写像のグラフ

f を $\mathbf{R}$ で定義された関数とする. x が実数全体を動くとき, $\mathbf{R}^2$ の点 $(x,f(x))$ 全体からなる集合を f のグラフという.



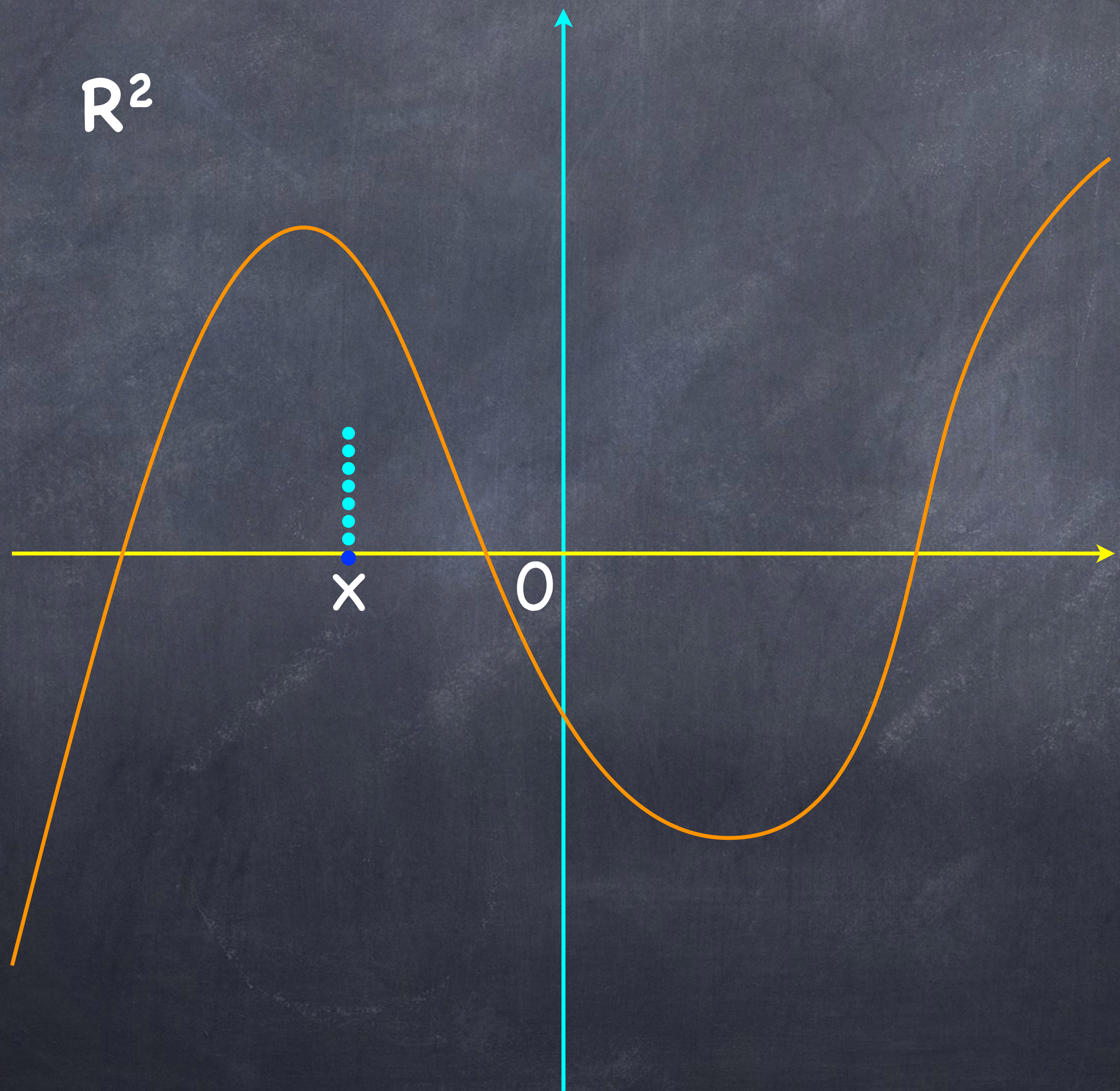
写像のグラフ

f を $\mathbf{R}$ で定義された関数とする. x が実数全体を動くとき, $\mathbf{R}^2$ の点 $(x,f(x))$ 全体からなる集合を f のグラフという.



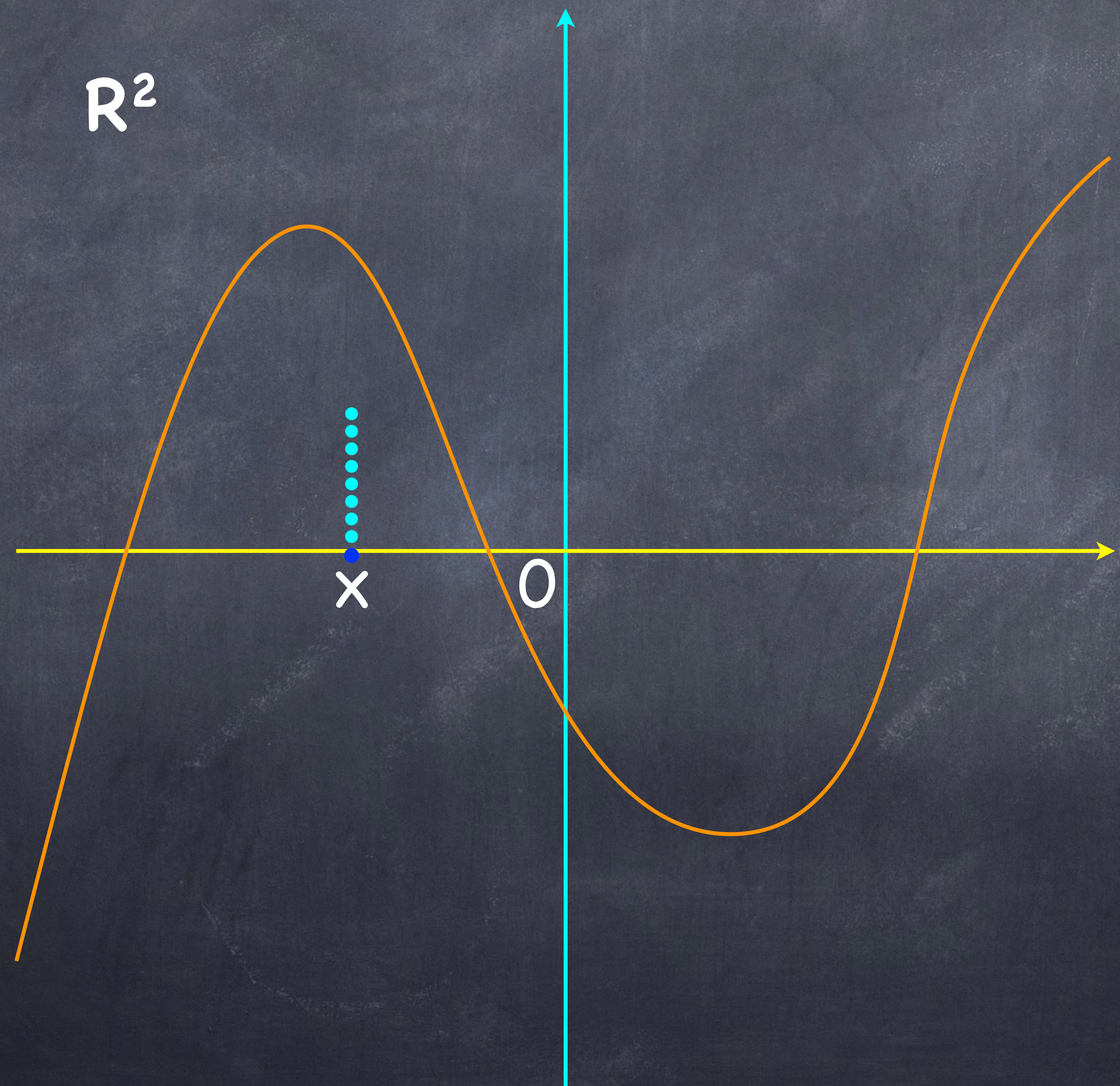
写像のグラフ

f を $\mathbf{R}$ で定義された関数とする. x が実数全体を動くとき, $\mathbf{R}^2$ の点 (x,f(x)) 全体からなる集合を f のグラフという.



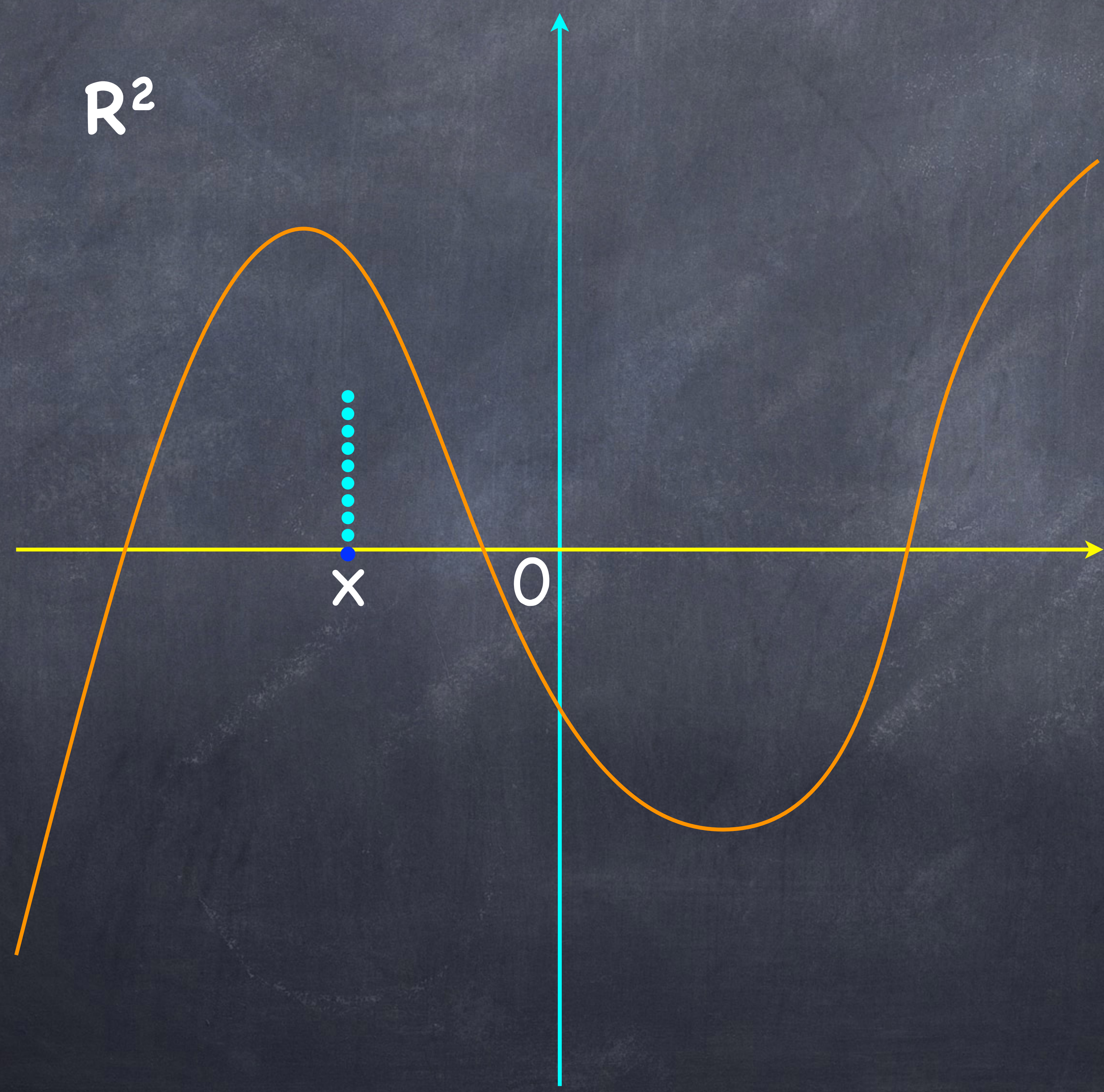
写像のグラフ

f を **R** で定義された関数とする. x が実数全体を動くとき,
$\mathbf{R}^2$ の点 (x,f(x)) 全体からなる集合を f のグラフという.



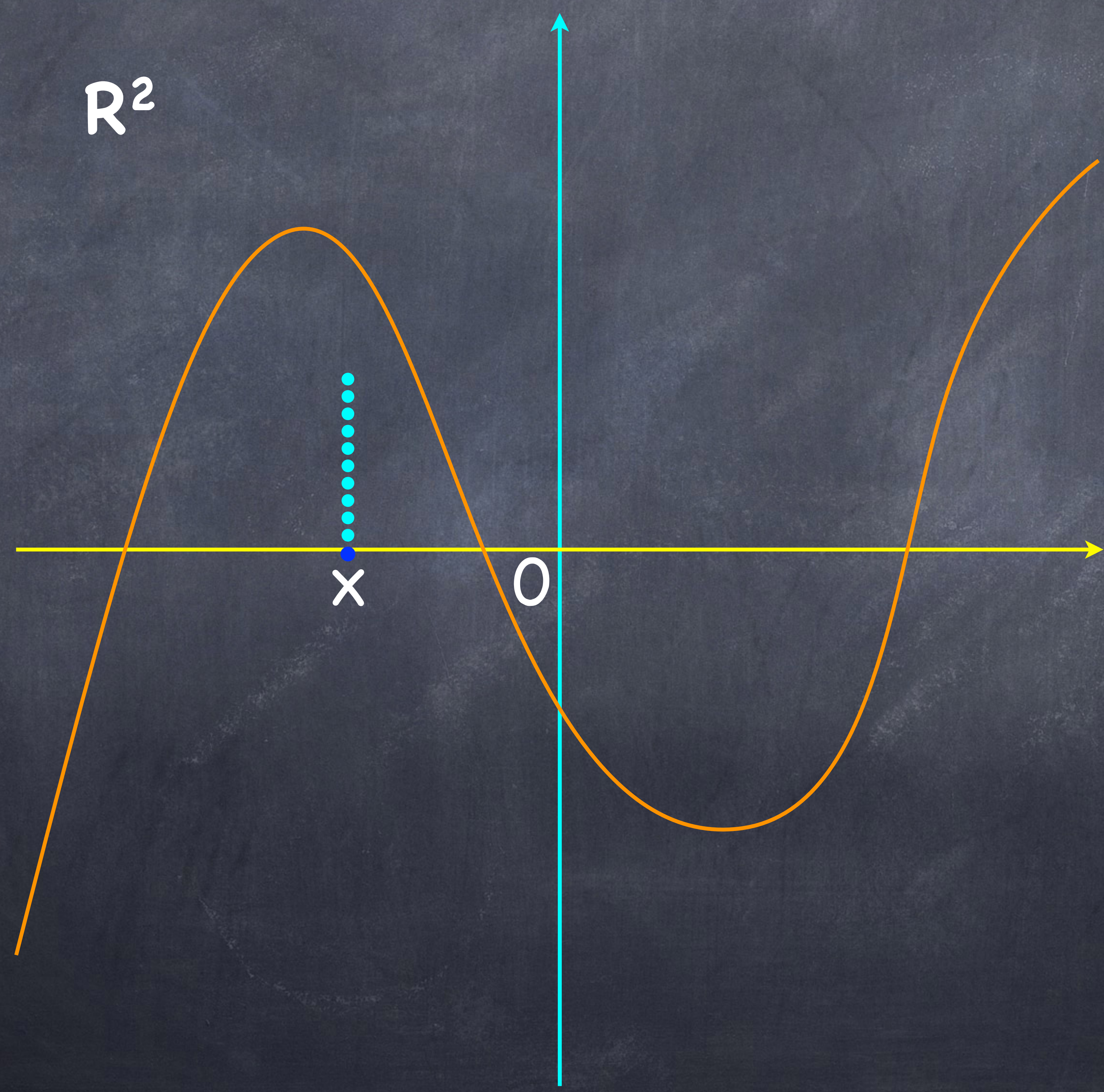
写像のグラフ

f を **R** で定義された関数とする. x が実数全体を動くとき, $\mathbf{R}^2$ の点 (x,f(x)) 全体からなる集合を f のグラフという.



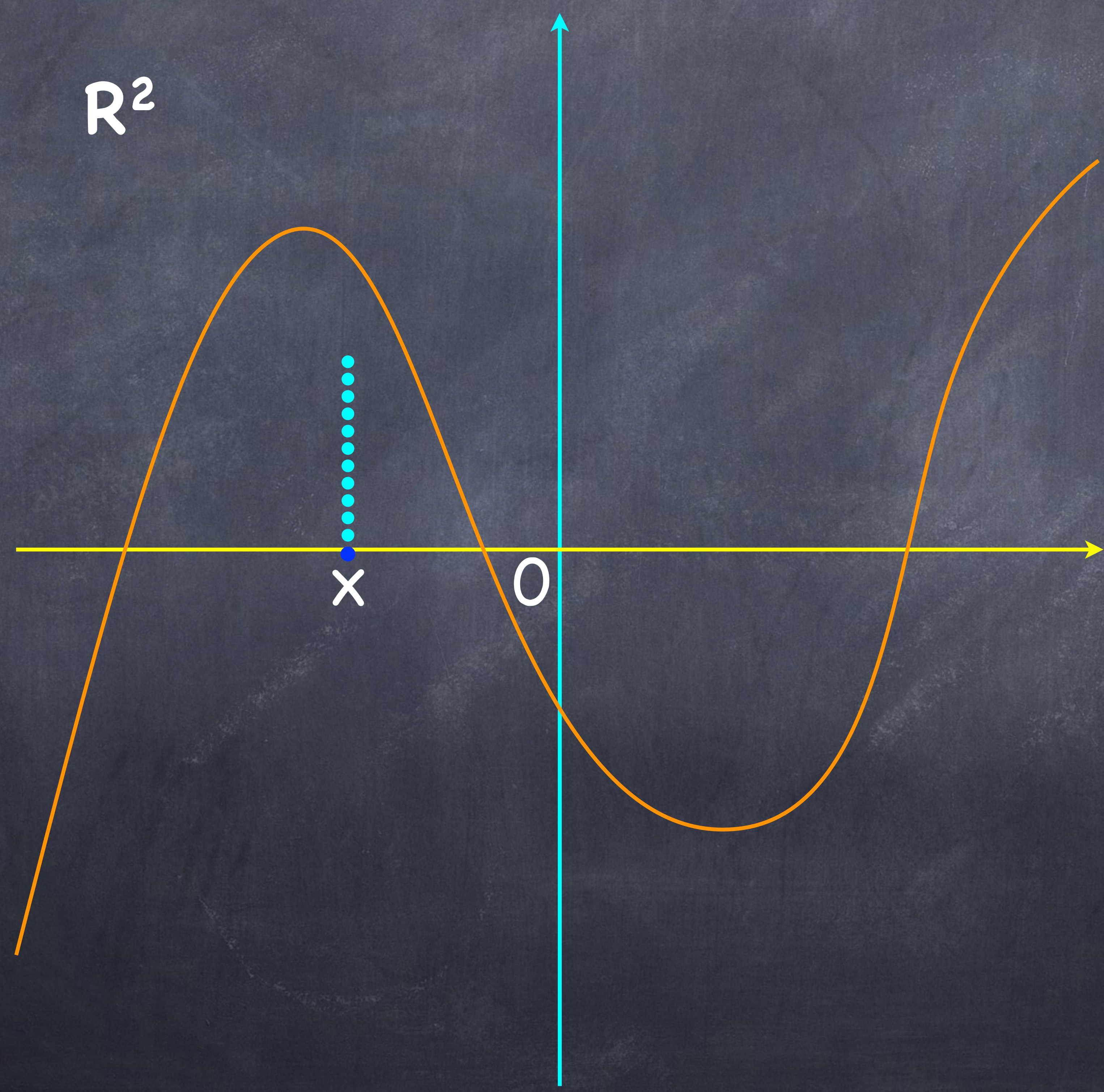
写像のグラフ

f を **R** で定義された関数とする. x が実数全体を動くとき, $\mathbf{R}^2$ の点 (x,f(x)) 全体からなる集合を f のグラフという.



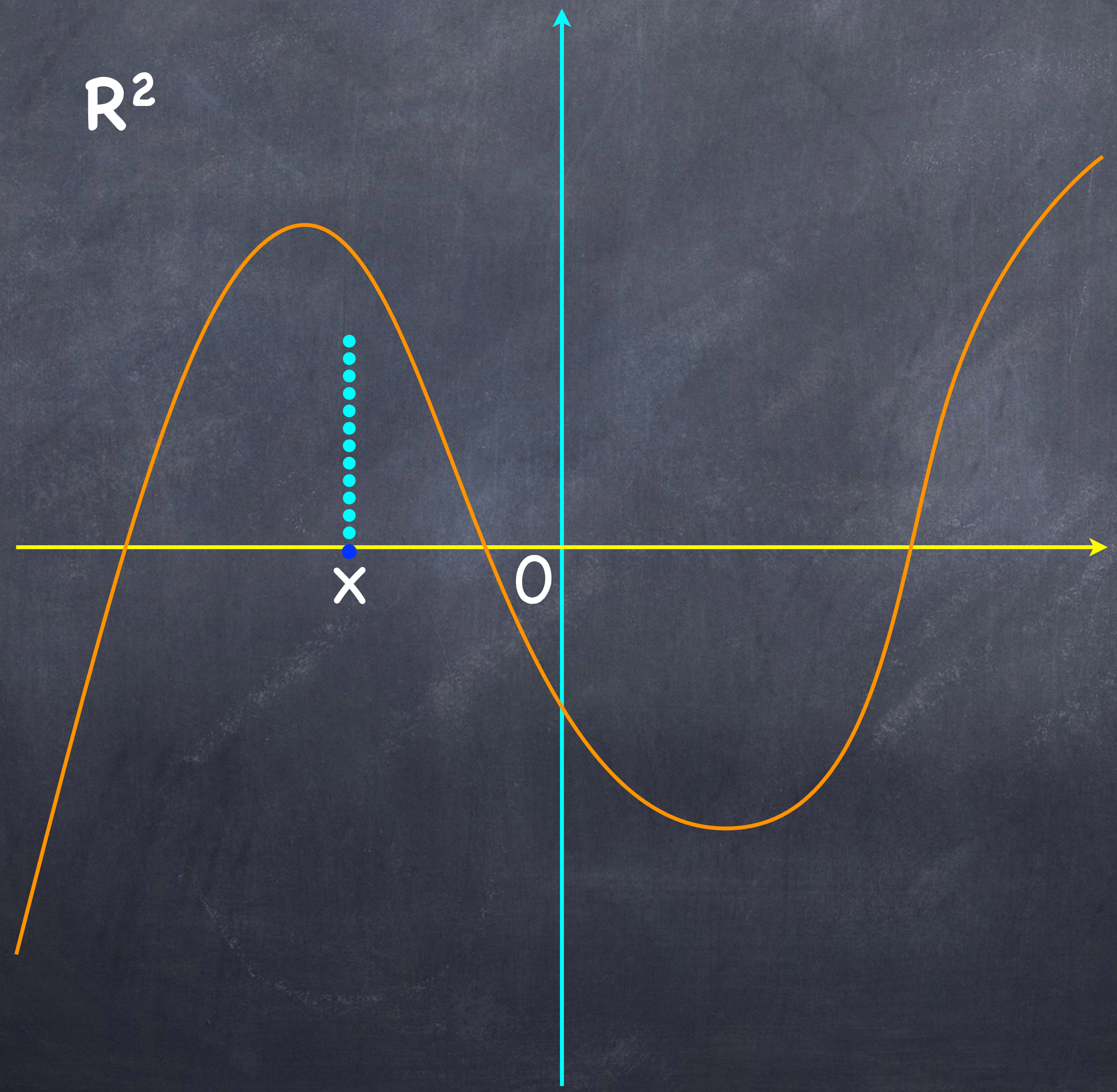
写像のグラフ

f を **R** で定義された関数とする. x が実数全体を動くとき,
$\mathbf{R}^2$ の点 (x,f(x)) 全体からなる集合を f のグラフという.



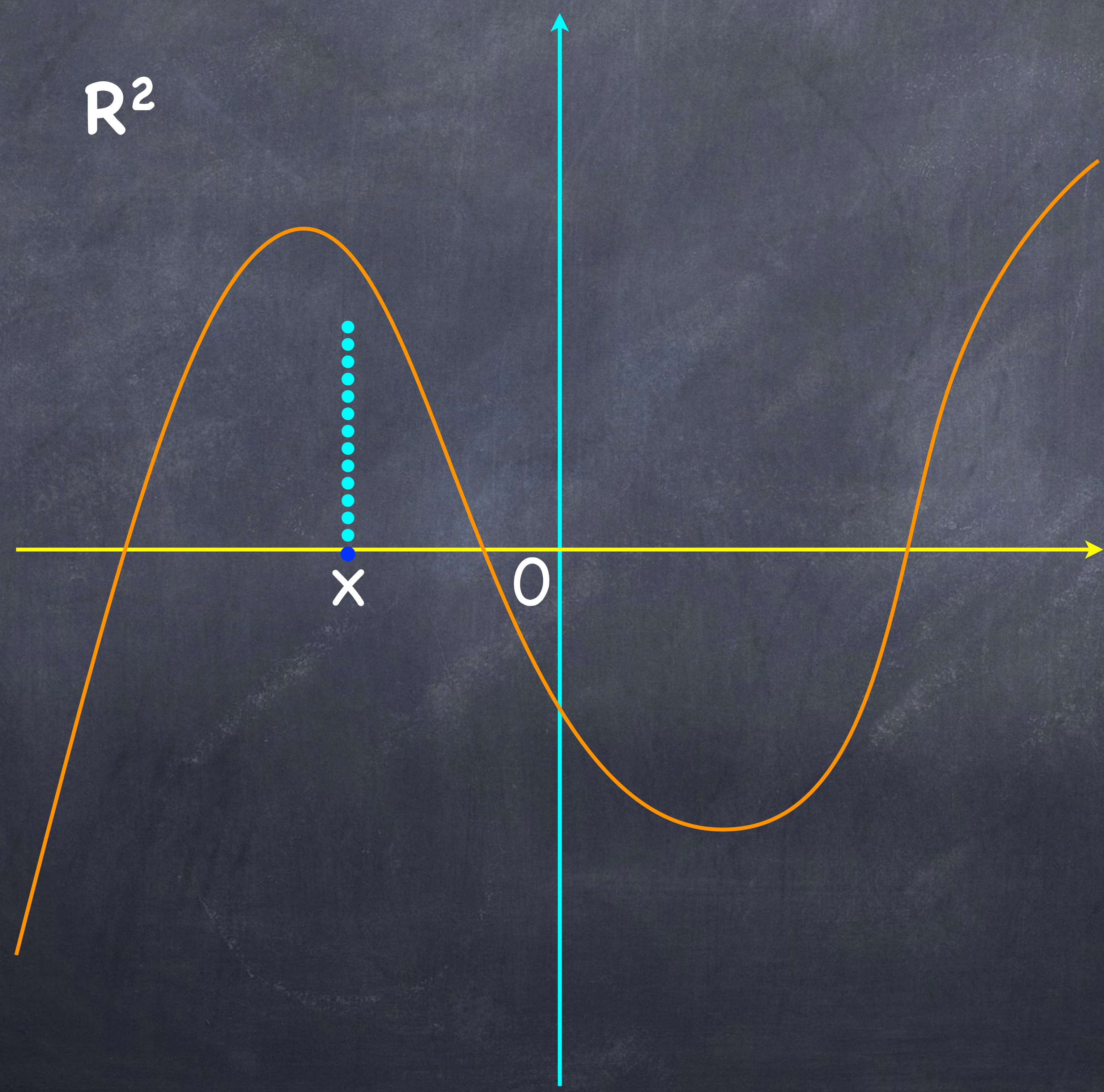
写像のグラフ

f を **R** で定義された関数とする. x が実数全体を動くとき, **R**^{2} の点 (x,f(x)) 全体からなる集合を f のグラフという.



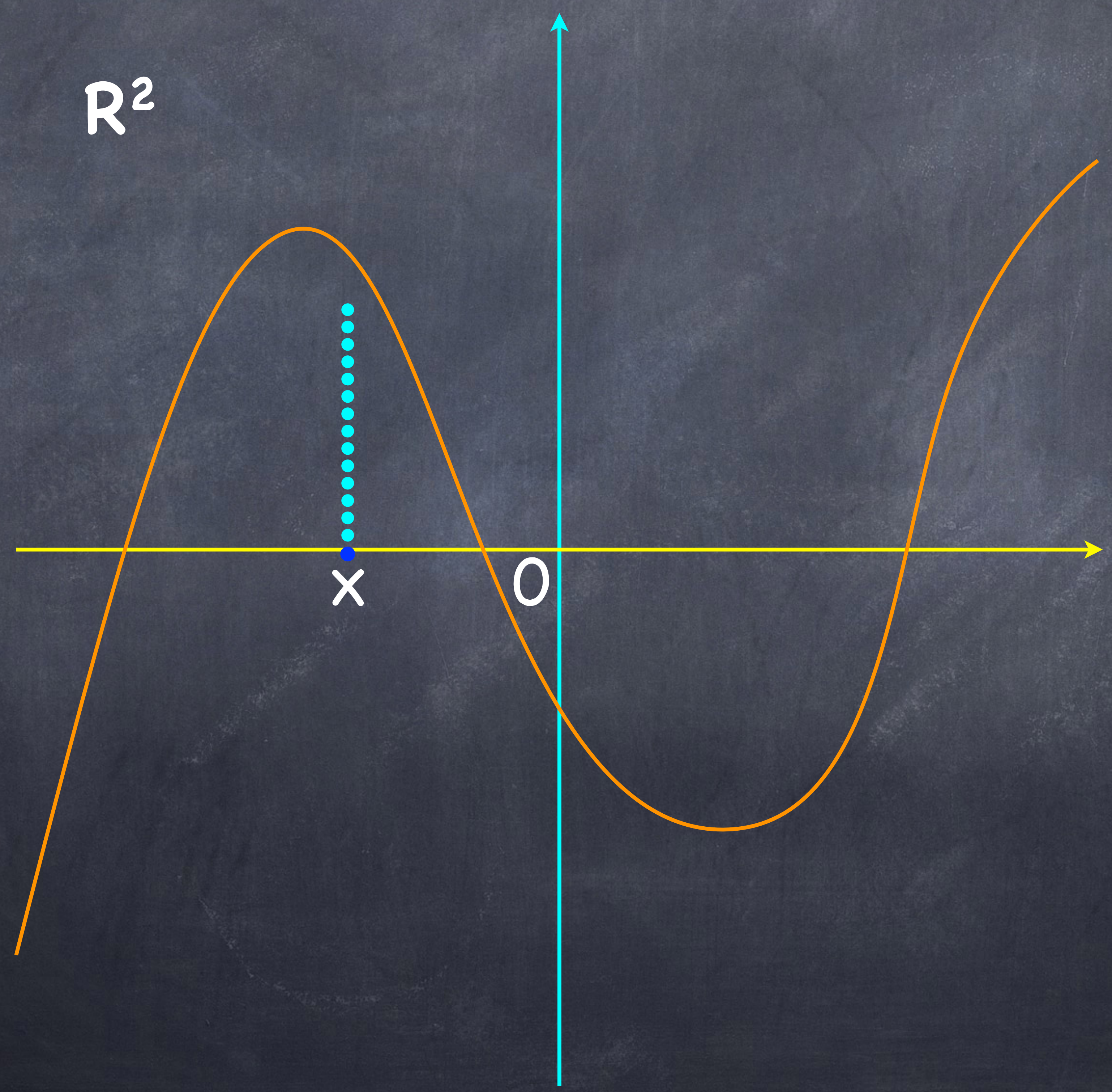
写像のグラフ

f を $\mathbf{R}$ で定義された関数とする. x が実数全体を動くとき, $\mathbf{R}^2$ の点 $(x,f(x))$ 全体からなる集合を f のグラフという.



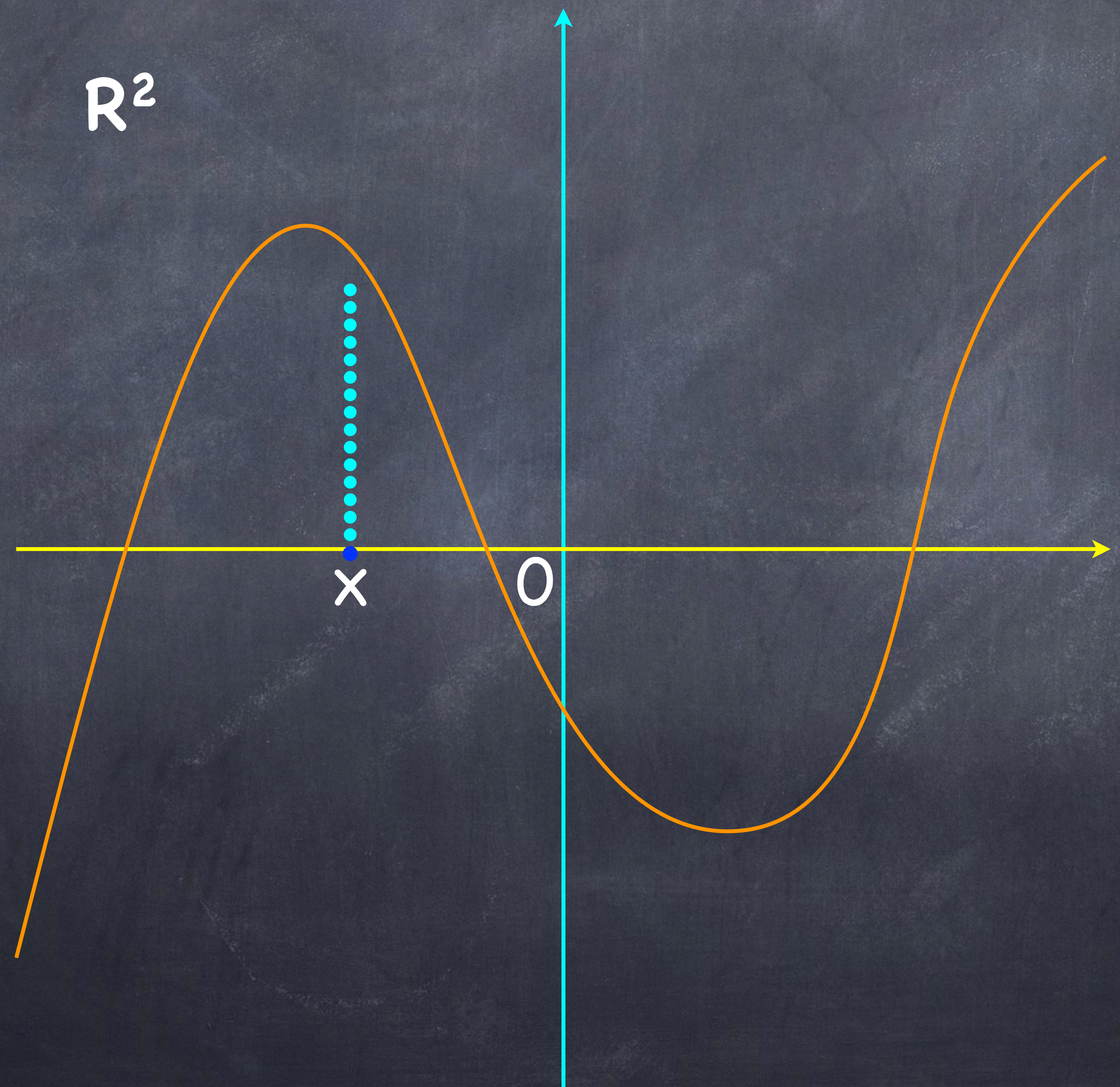
写像のグラフ

f を $\mathbf{R}$ で定義された関数とする. x が実数全体を動くとき, $\mathbf{R}^2$ の点 (x,f(x)) 全体からなる集合を f のグラフという.



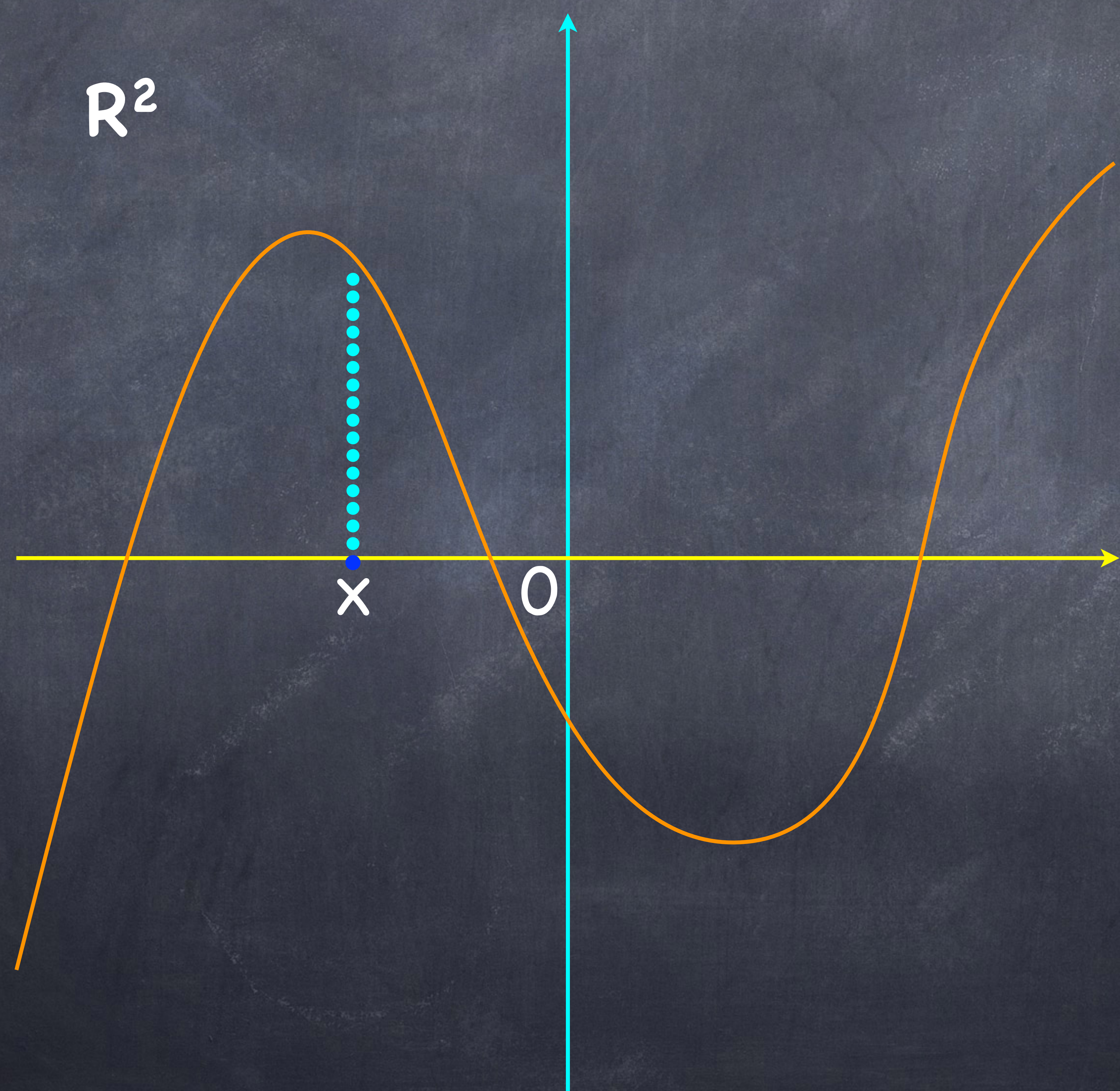
写像のグラフ

f を $\mathbf{R}$ で定義された関数とする. x が実数全体を動くとき, $\mathbf{R}^2$ の点 (x,f(x)) 全体からなる集合を f のグラフという.



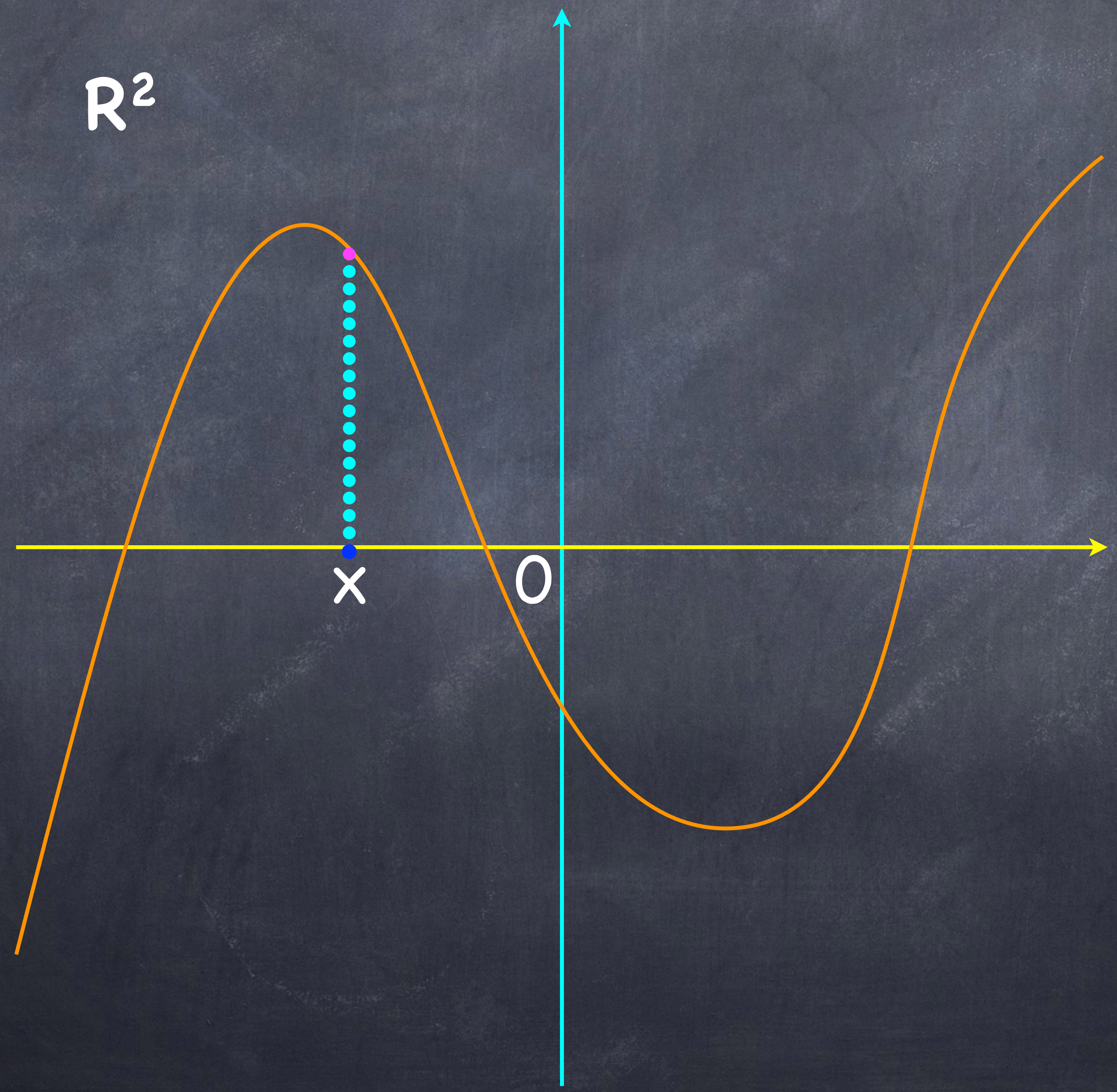
写像のグラフ

f を $\mathbf{R}$ で定義された関数とする. x が実数全体を動くとき, $\mathbf{R}^2$ の点 (x,f(x)) 全体からなる集合を f のグラフという.



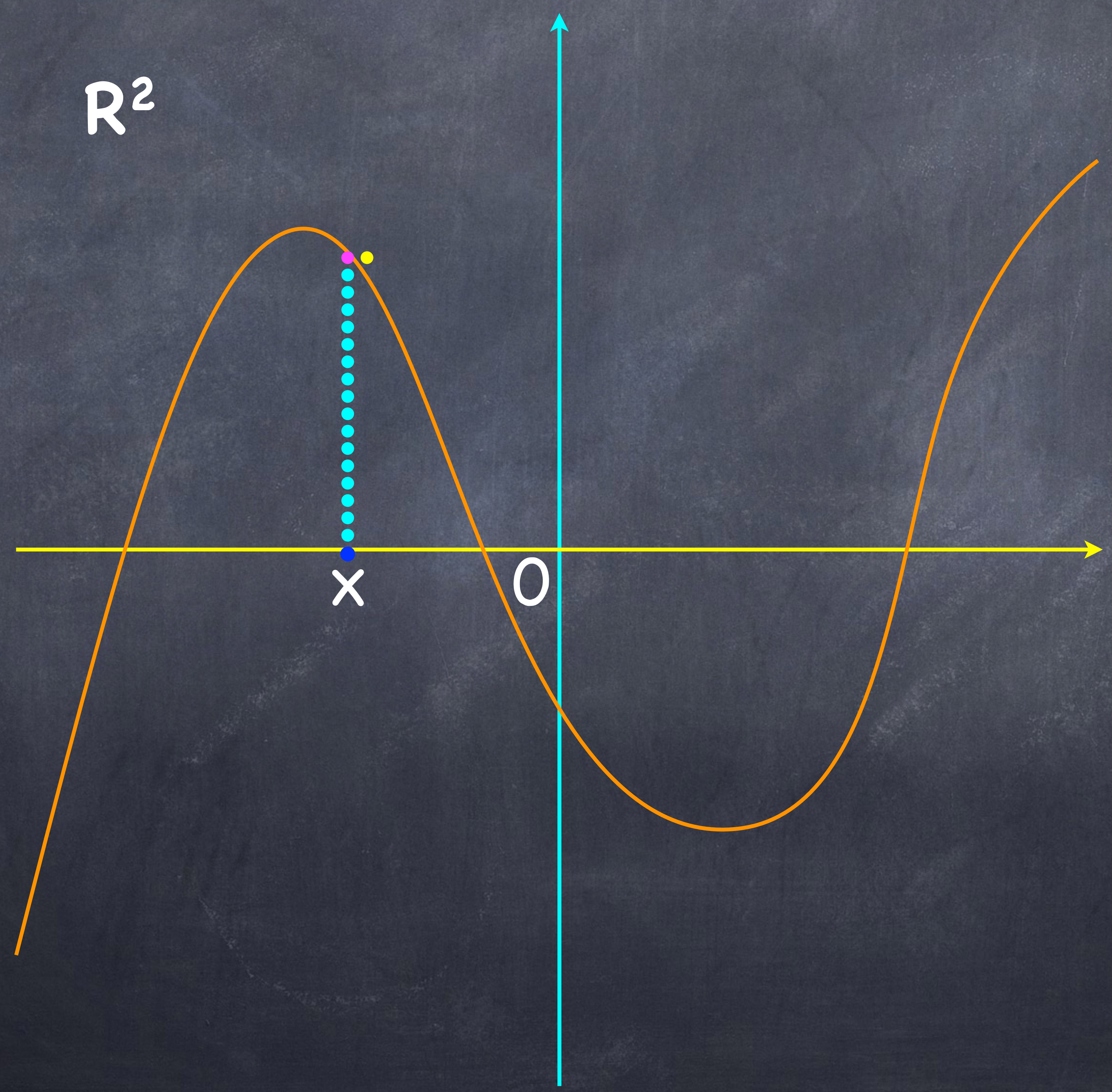
写像のグラフ

f を $\mathbf{R}$ で定義された関数とする. x が実数全体を動くとき, $\mathbf{R}^2$ の点 $(x,f(x))$ 全体からなる集合を f のグラフという.



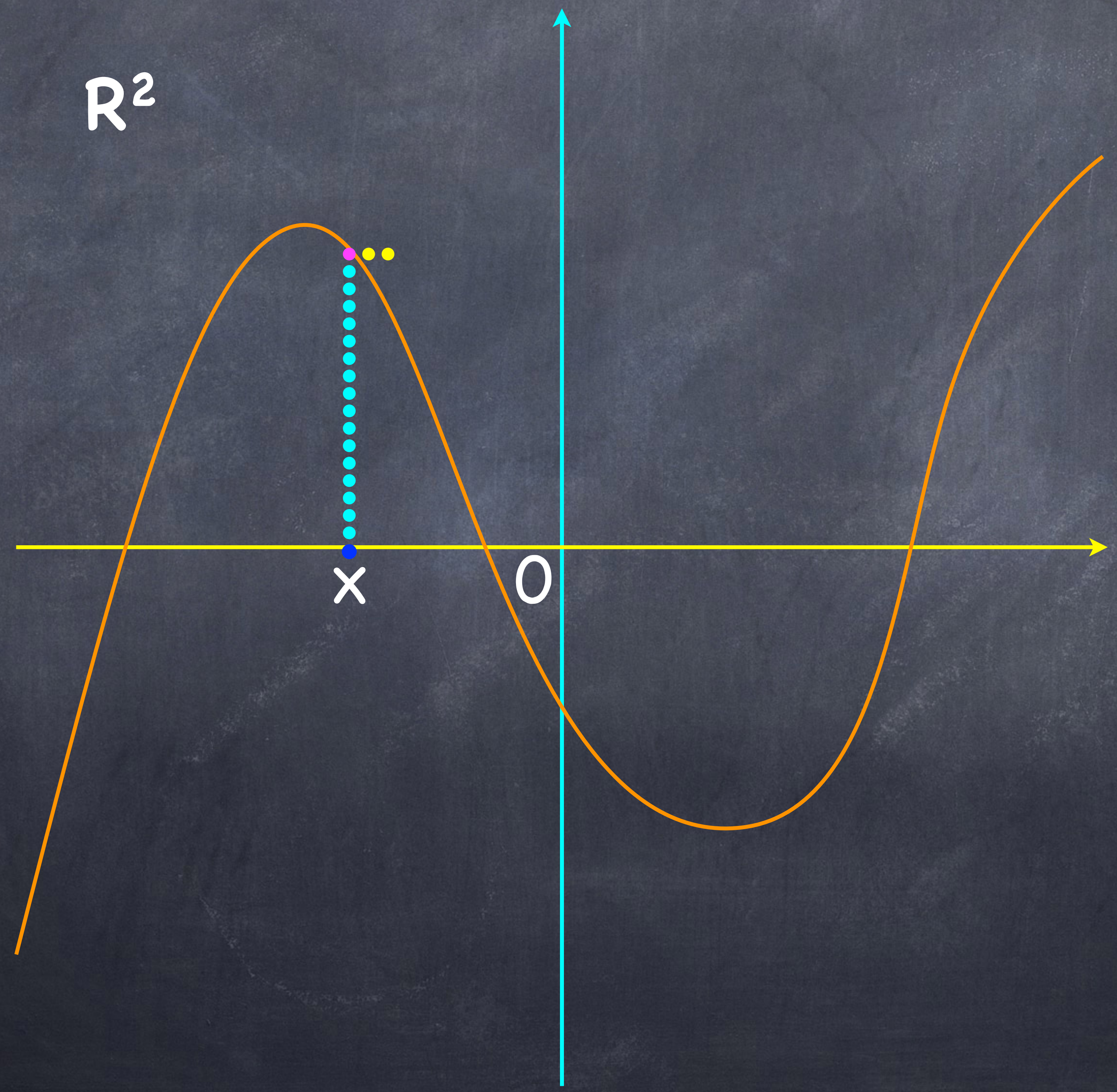
写像のグラフ

f を $\mathbf{R}$ で定義された関数とする. x が実数全体を動くとき, $\mathbf{R}^2$ の点 $(x, f(x))$ 全体からなる集合を f のグラフという.



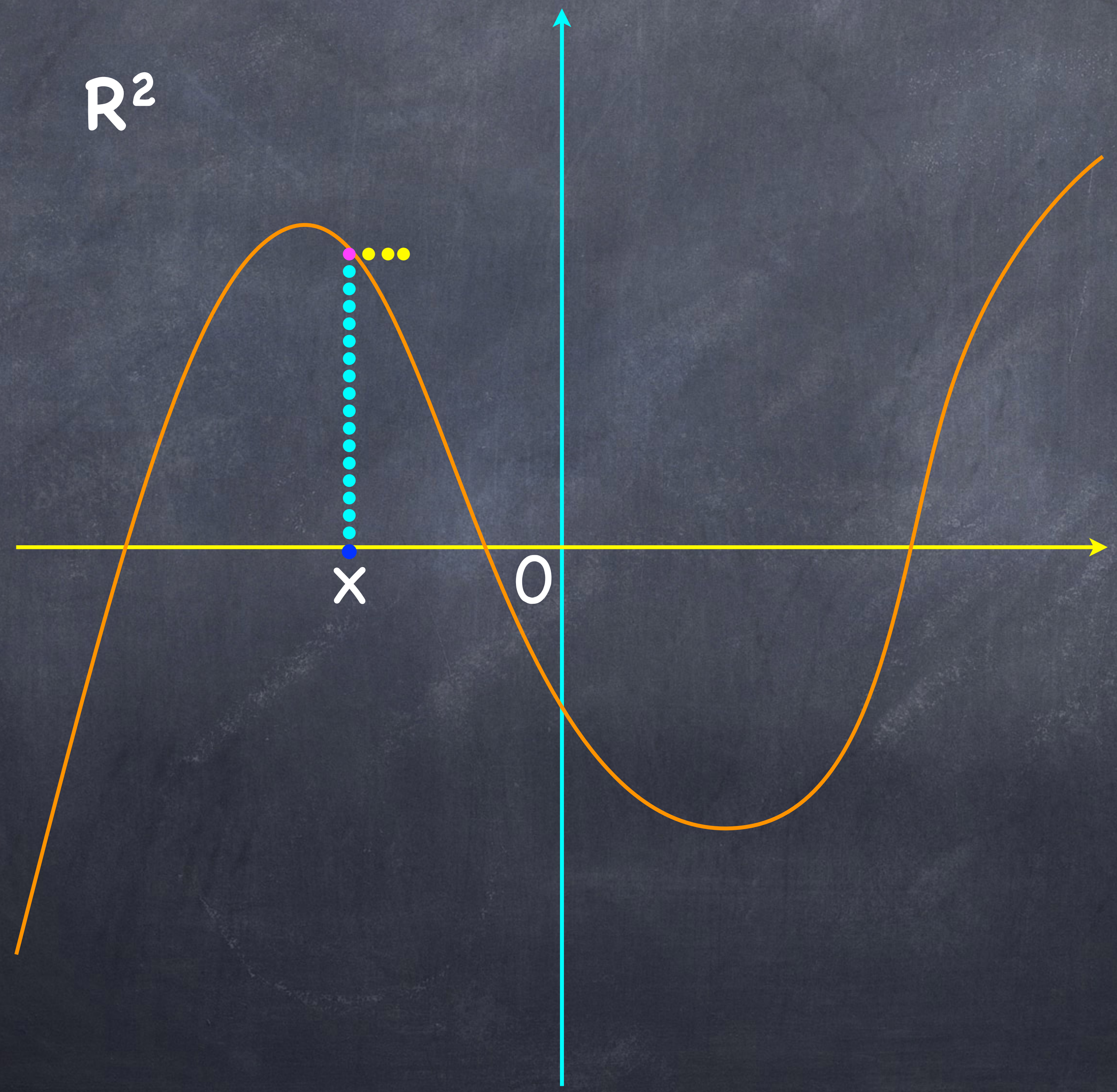
写像のグラフ

f を **R** で定義された関数とする. x が実数全体を動くとき, **R**^{2} の点 (x,f(x)) 全体からなる集合を f のグラフという.



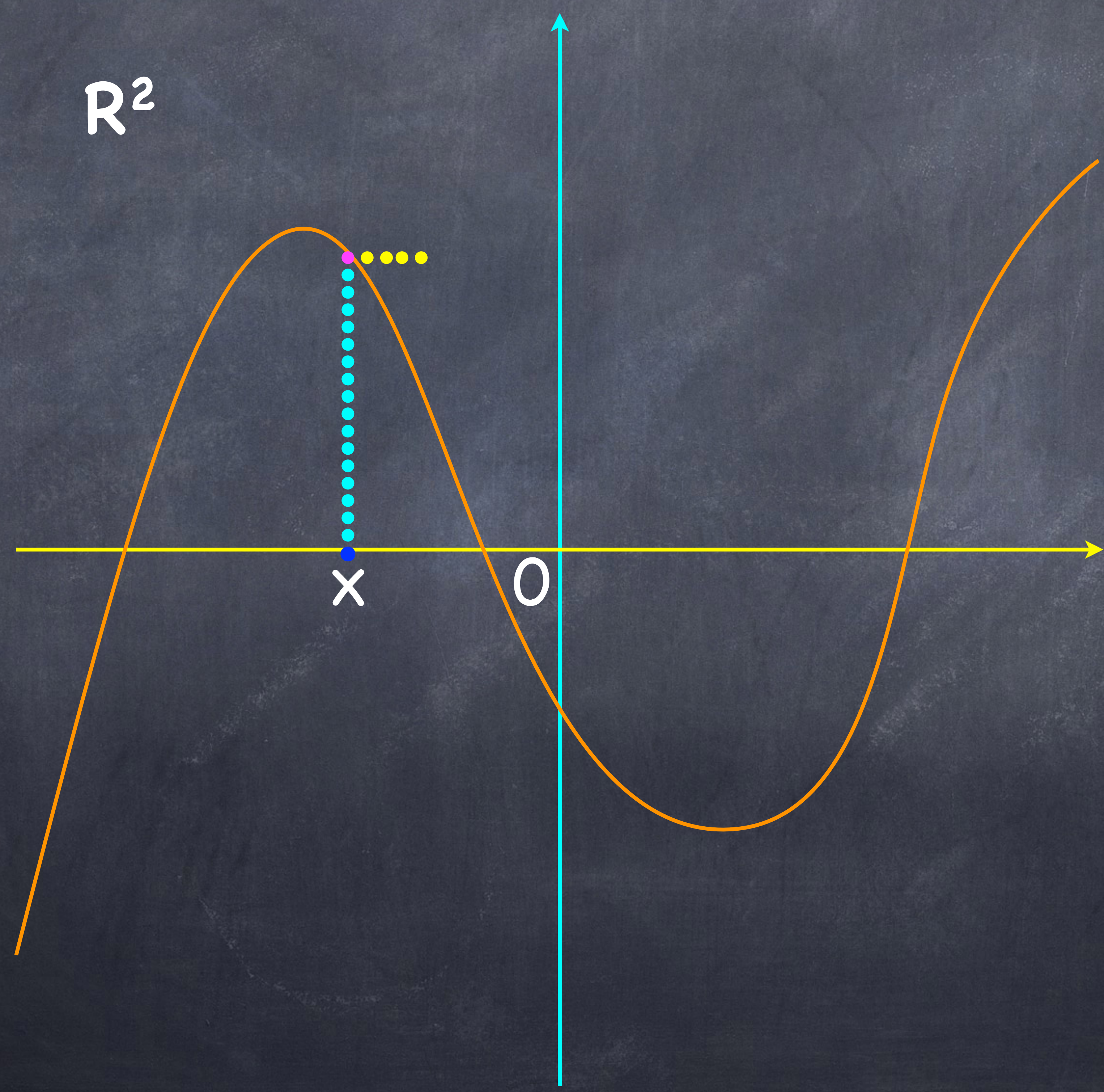
写像のグラフ

f を $\mathbf{R}$ で定義された関数とする. x が実数全体を動くとき, $\mathbf{R}^2$ の点 (x,f(x)) 全体からなる集合を f のグラフという.



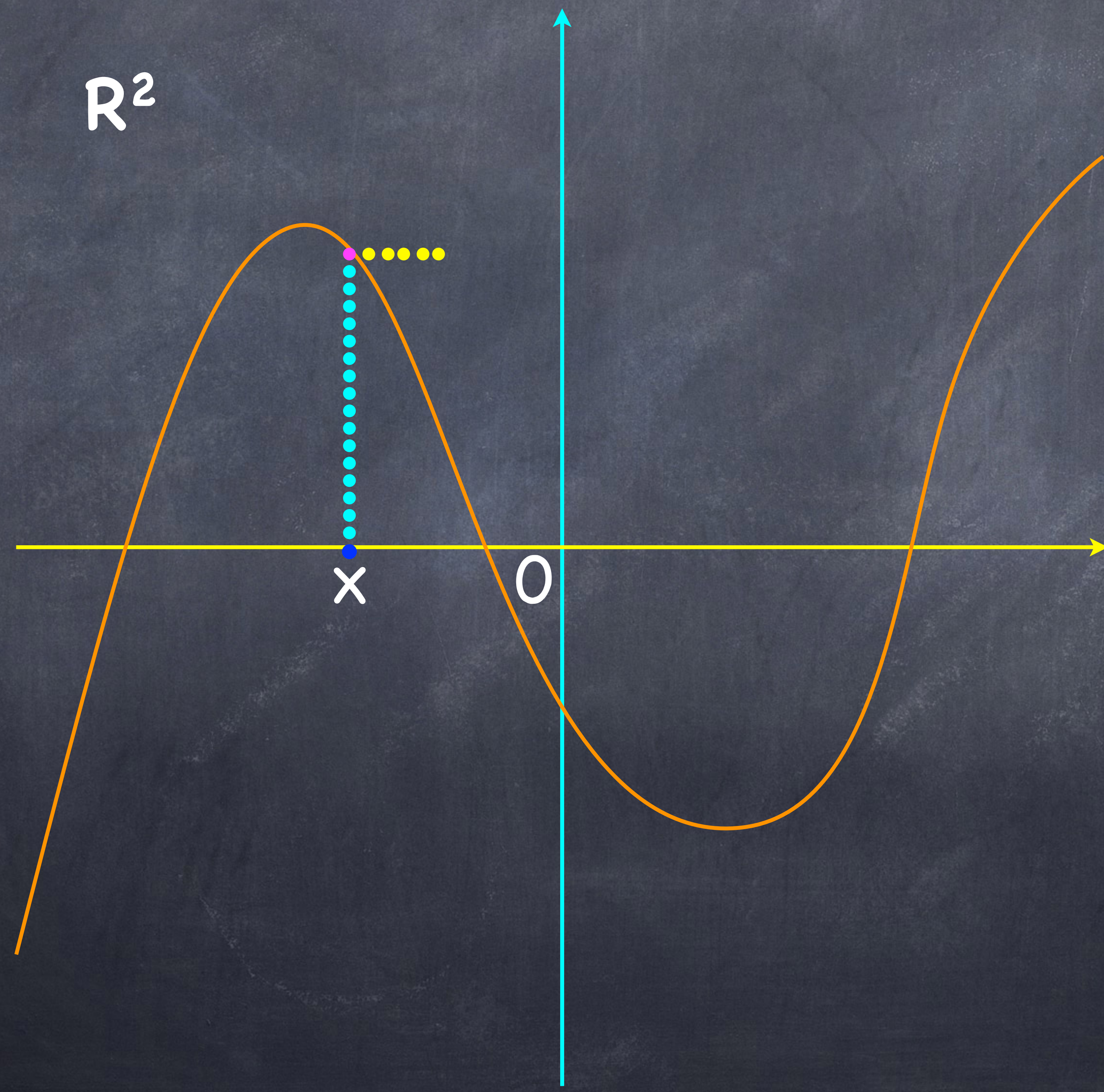
写像のグラフ

f を **R** で定義された関数とする. x が実数全体を動くとき, $\mathbf{R}^2$ の点 (x,f(x)) 全体からなる集合を f のグラフという.



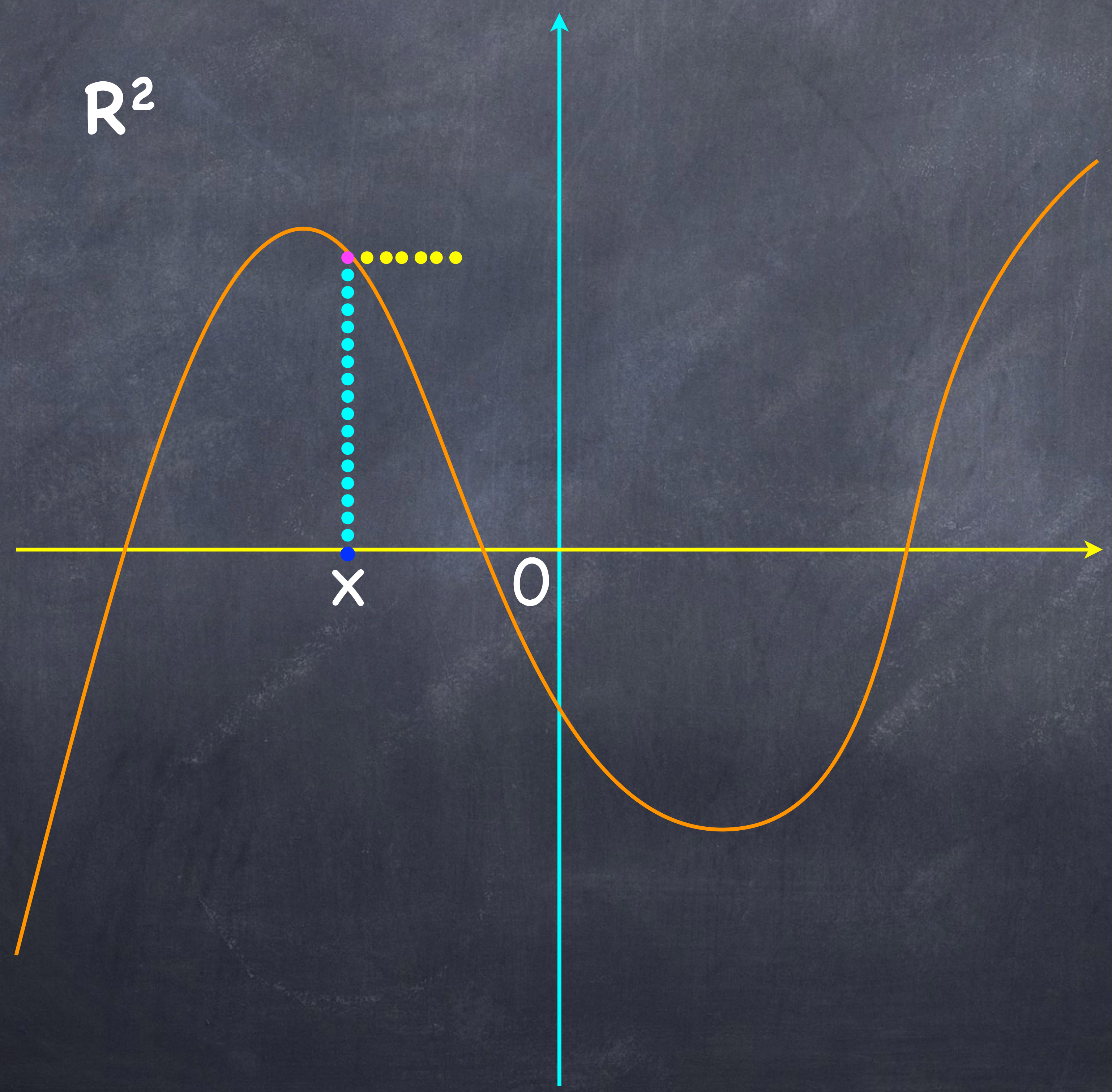
写像のグラフ

f を $\mathbf{R}$ で定義された関数とする. x が実数全体を動くとき, $\mathbf{R}^2$ の点 (x,f(x)) 全体からなる集合を f のグラフという.



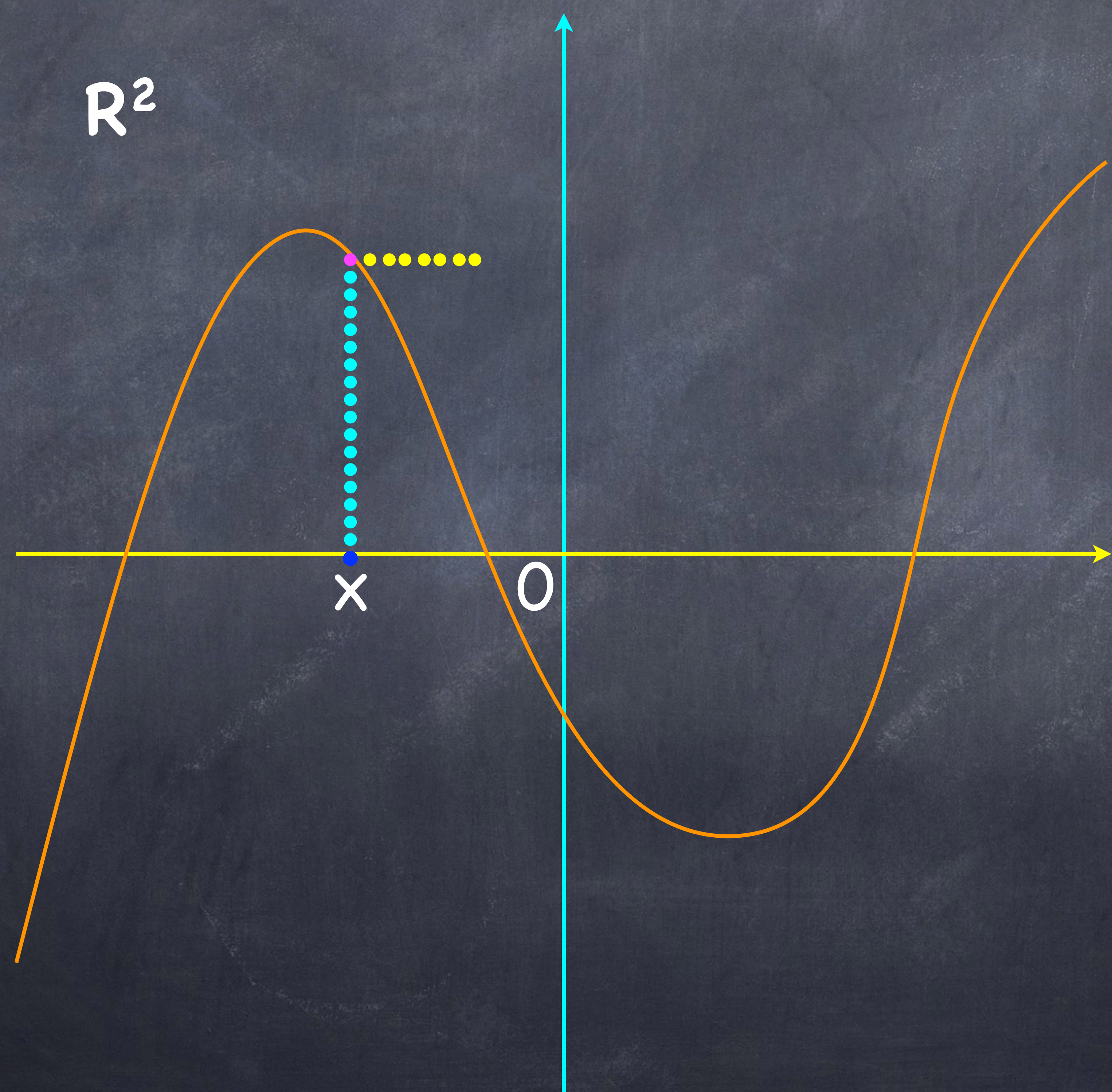
写像のグラフ

f を $\mathbf{R}$ で定義された関数とする. x が実数全体を動くとき, $\mathbf{R}^2$ の点 (x,f(x)) 全体からなる集合を f のグラフという.



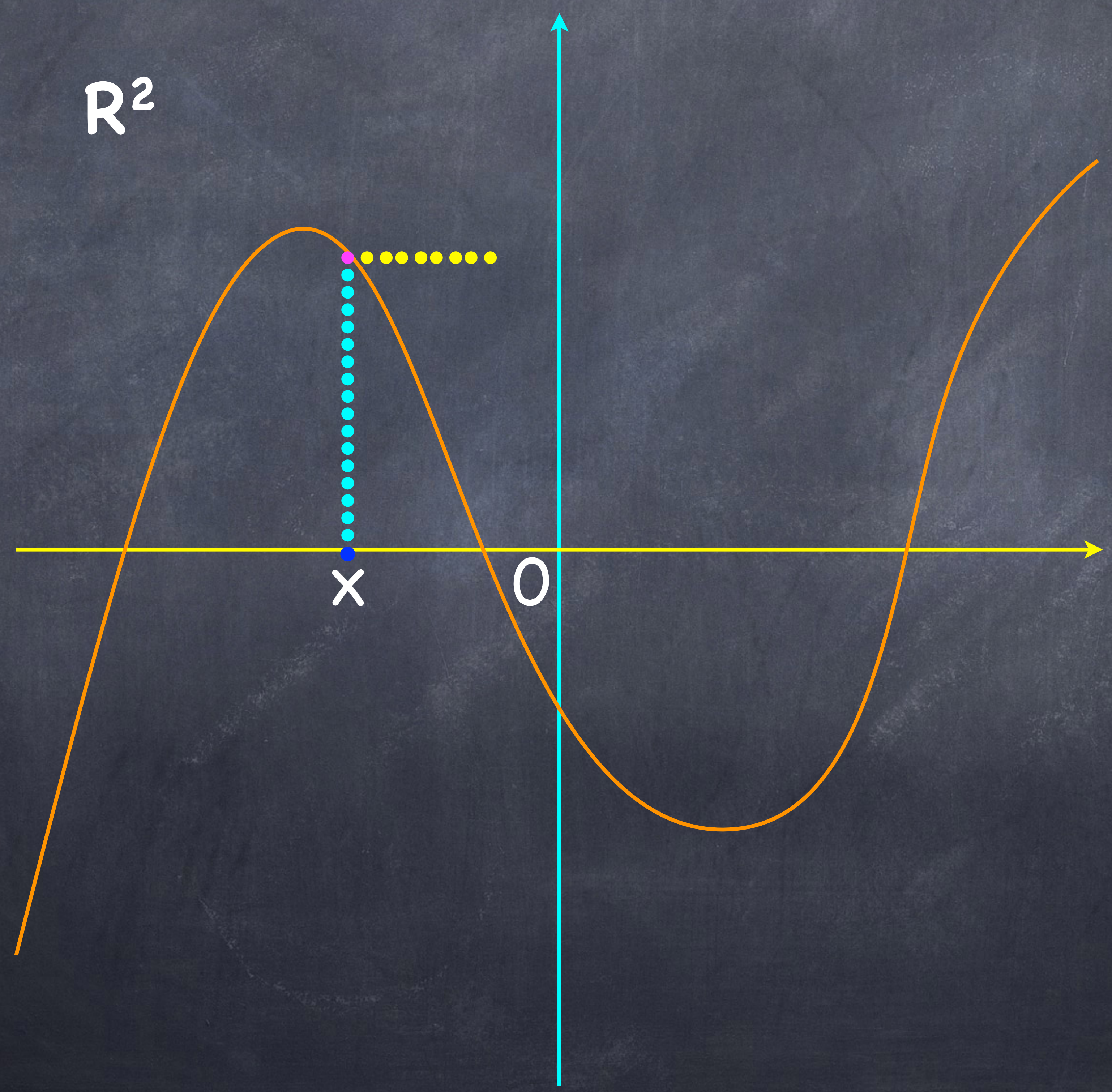
写像のグラフ

f を **R** で定義された関数とする. x が実数全体を動くとき, **R**^{2} の点 (x,f(x)) 全体からなる集合を f のグラフという.



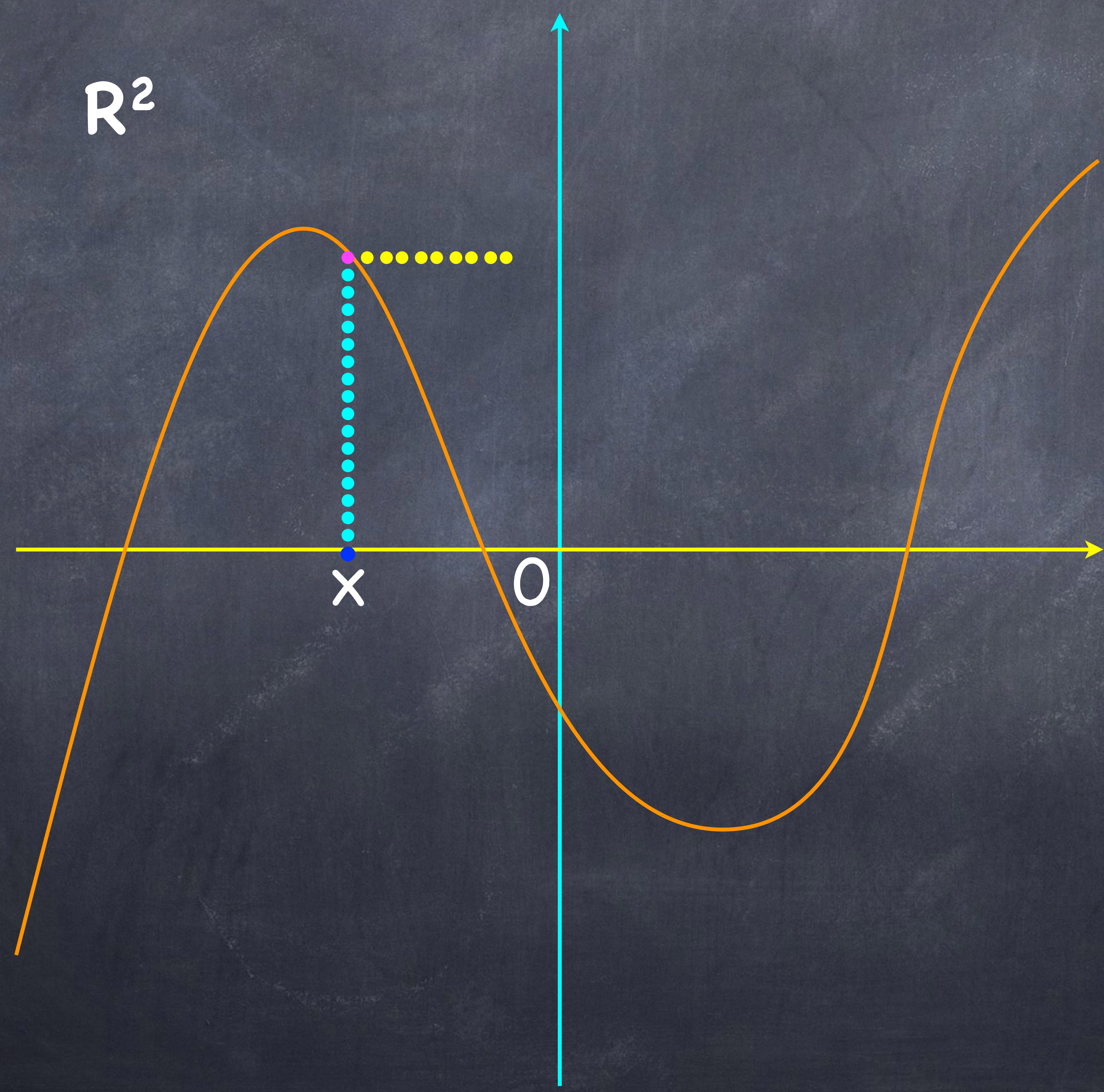
写像のグラフ

f を $\mathbf{R}$ で定義された関数とする. x が実数全体を動くとき, $\mathbf{R}^2$ の点 $(x,f(x))$ 全体からなる集合を f のグラフという.



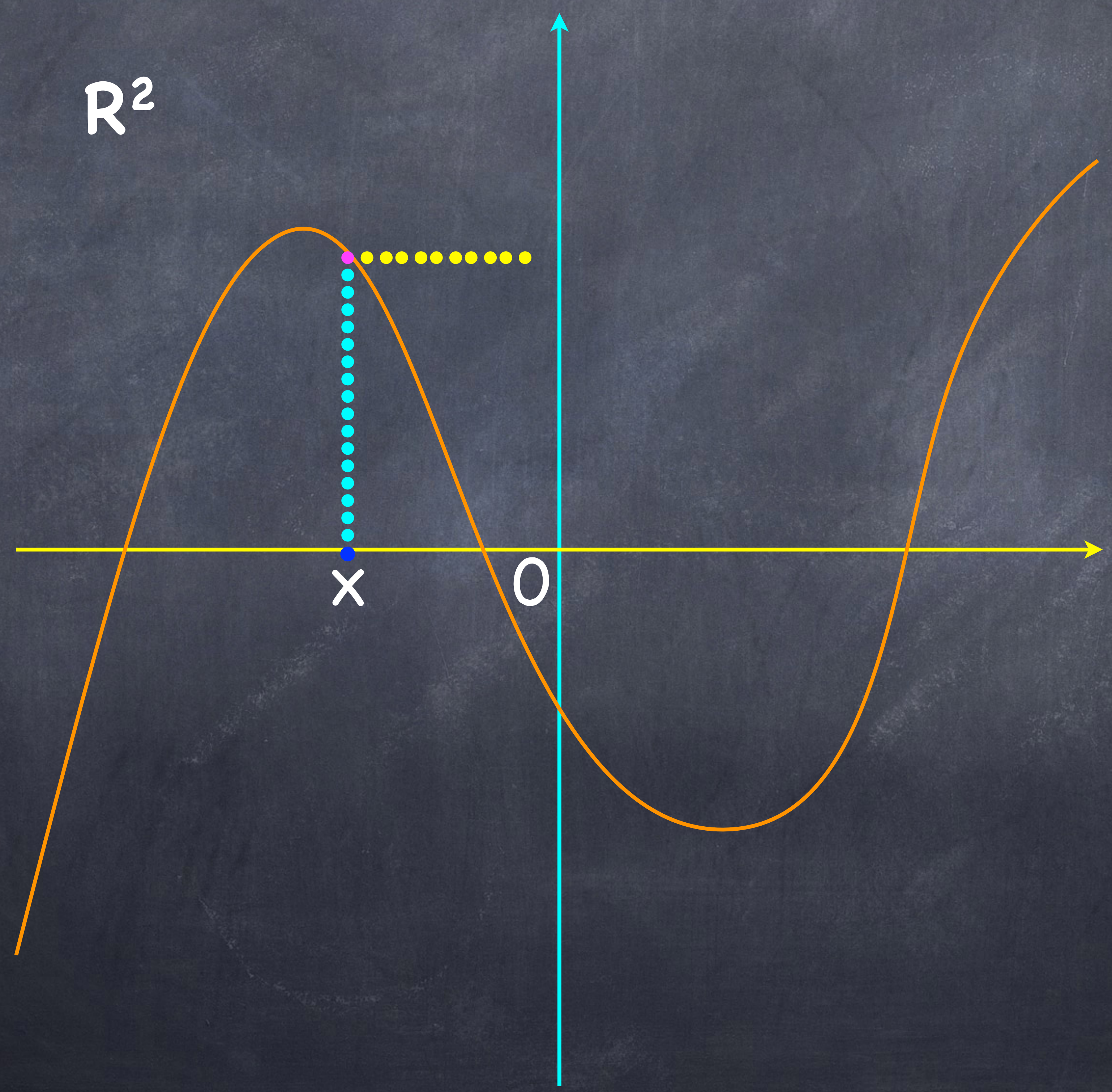
写像のグラフ

f を $\mathbf{R}$ で定義された関数とする. x が実数全体を動くとき, $\mathbf{R}^2$ の点 (x,f(x)) 全体からなる集合を f のグラフという.



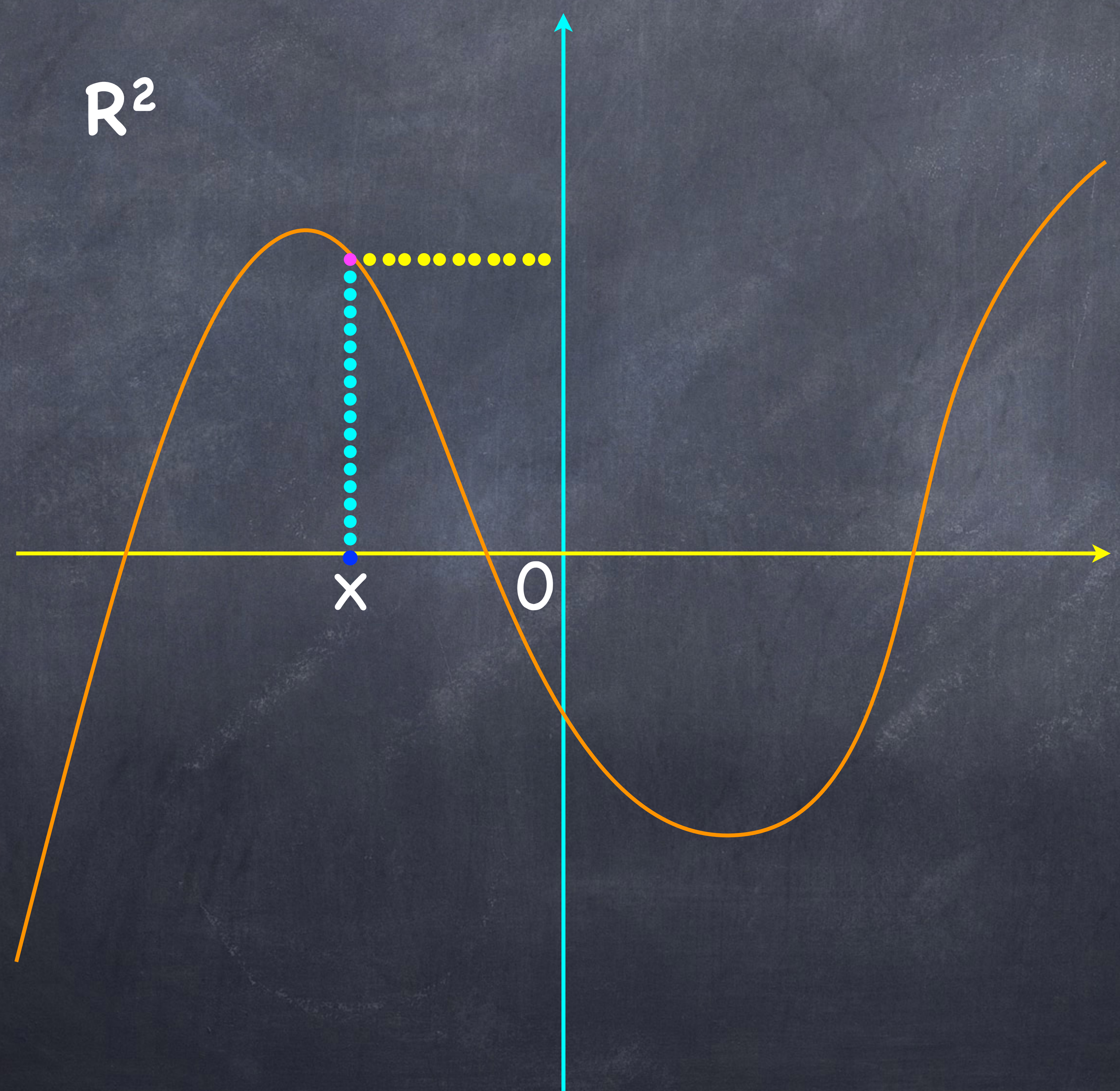
写像のグラフ

f を $\mathbf{R}$ で定義された関数とする. x が実数全体を動くとき, $\mathbf{R}^2$ の点 $(x,f(x))$ 全体からなる集合を f のグラフという.



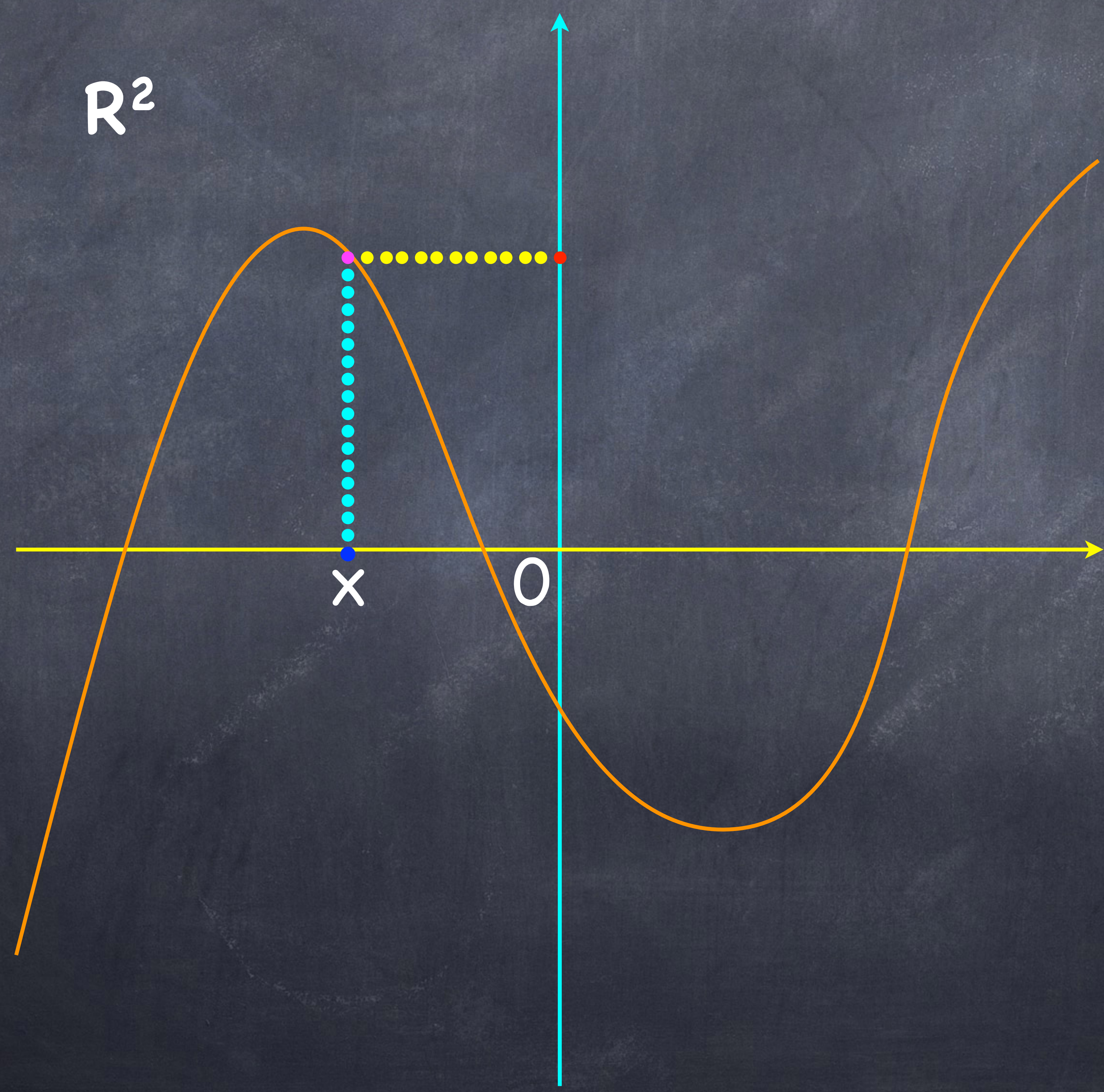
写像のグラフ

f を $\mathbf{R}$ で定義された関数とする. x が実数全体を動くとき, $\mathbf{R}^2$ の点 (x,f(x)) 全体からなる集合を f のグラフという.



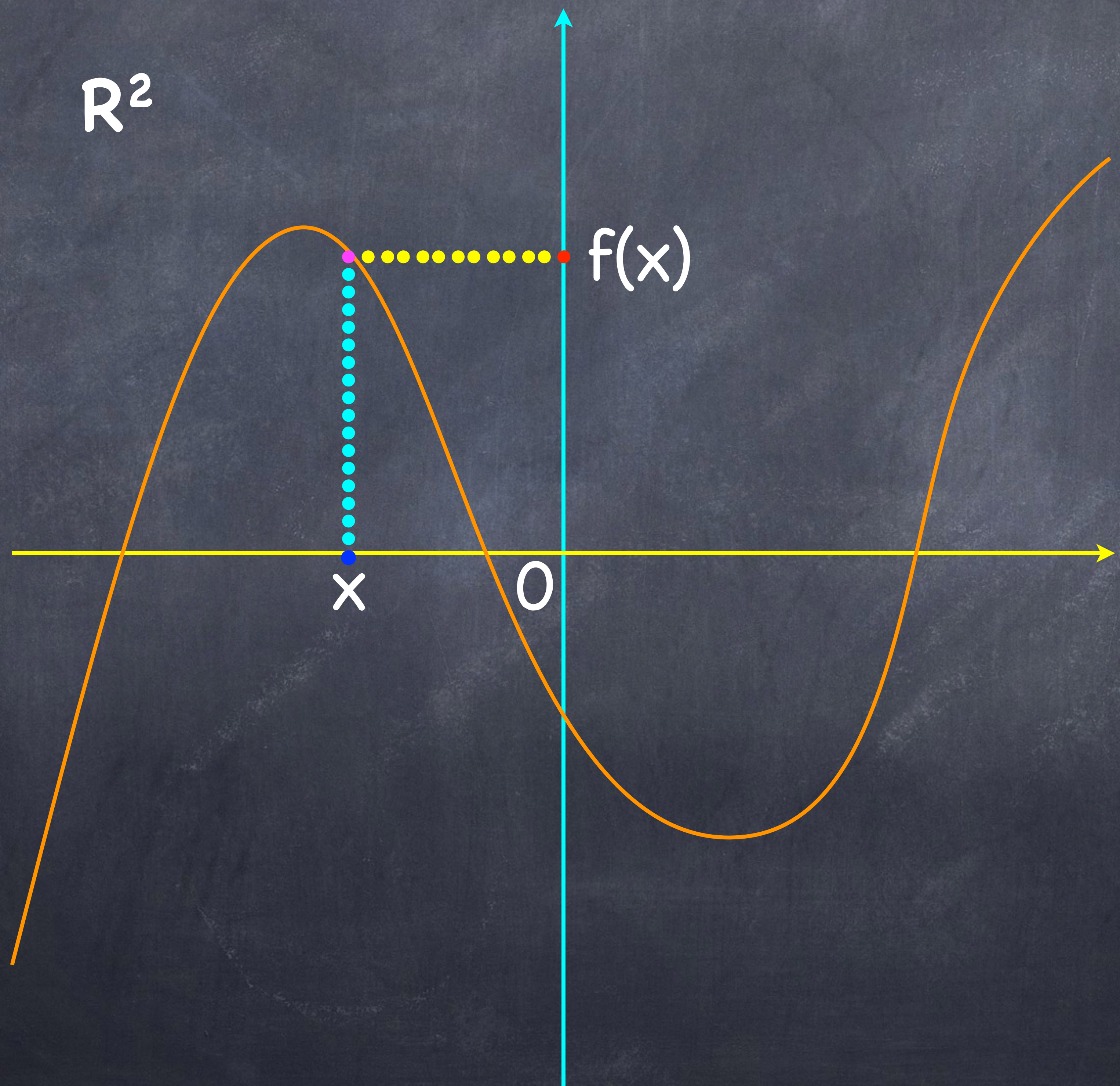
写像のグラフ

f を **R** で定義された関数とする. x が実数全体を動くとき, $\mathbf{R}^2$ の点 (x,f(x)) 全体からなる集合を f のグラフという.



写像のグラフ

f を $\mathbf{R}$ で定義された関数とする. x が実数全体を動くとき, $\mathbf{R}^2$ の点 $(x,f(x))$ 全体からなる集合を f のグラフという.



f を S^1 から S^1 への写像とする.

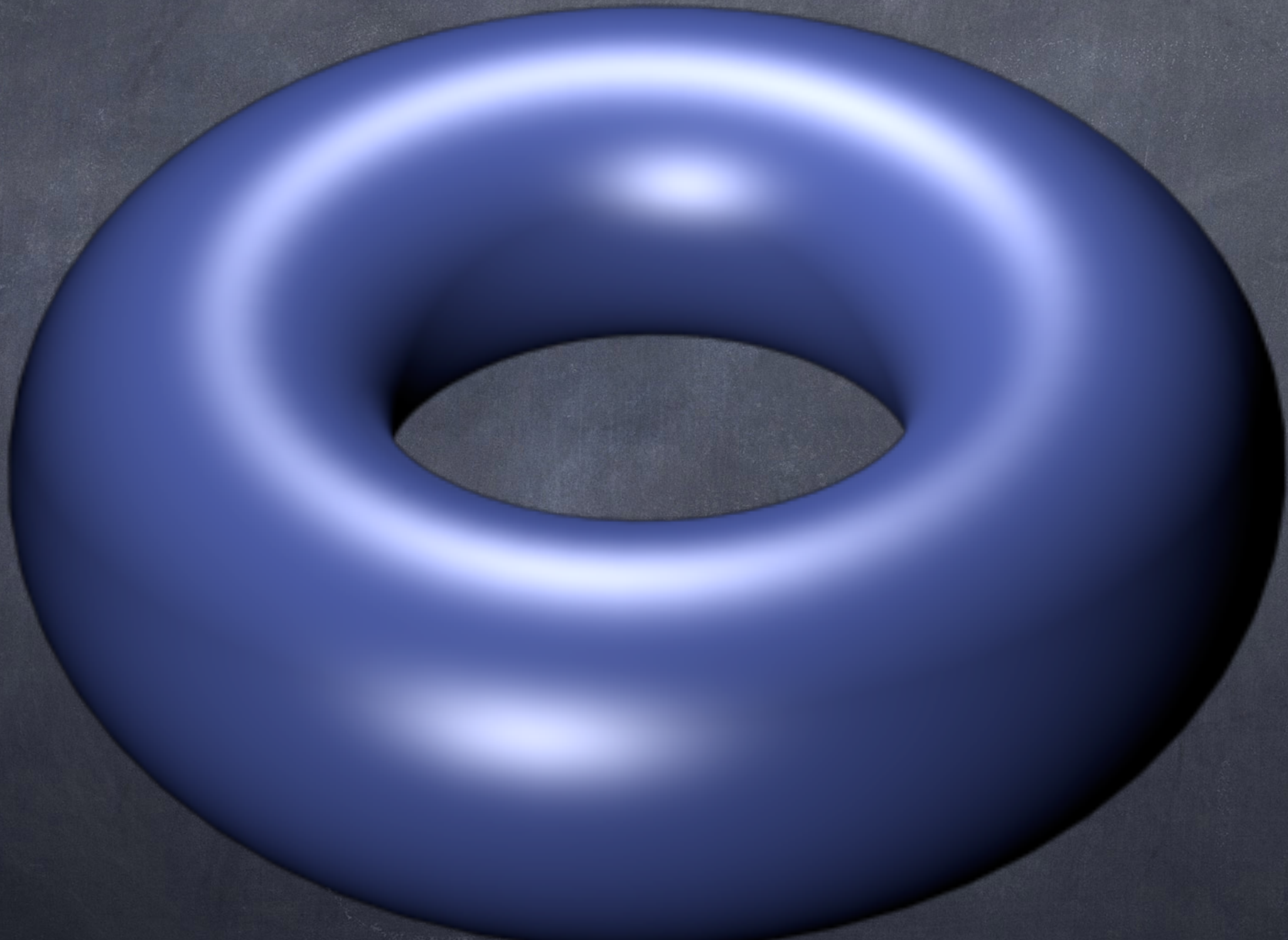
f を S^1 から S^1 への写像とする. z が S^1 全体を動くとき,

f を S^1 から S^1 への写像とする. z が S^1 全体を動くとき,
T^2 の点 $(z,f(z))$ 全体からなる集合を

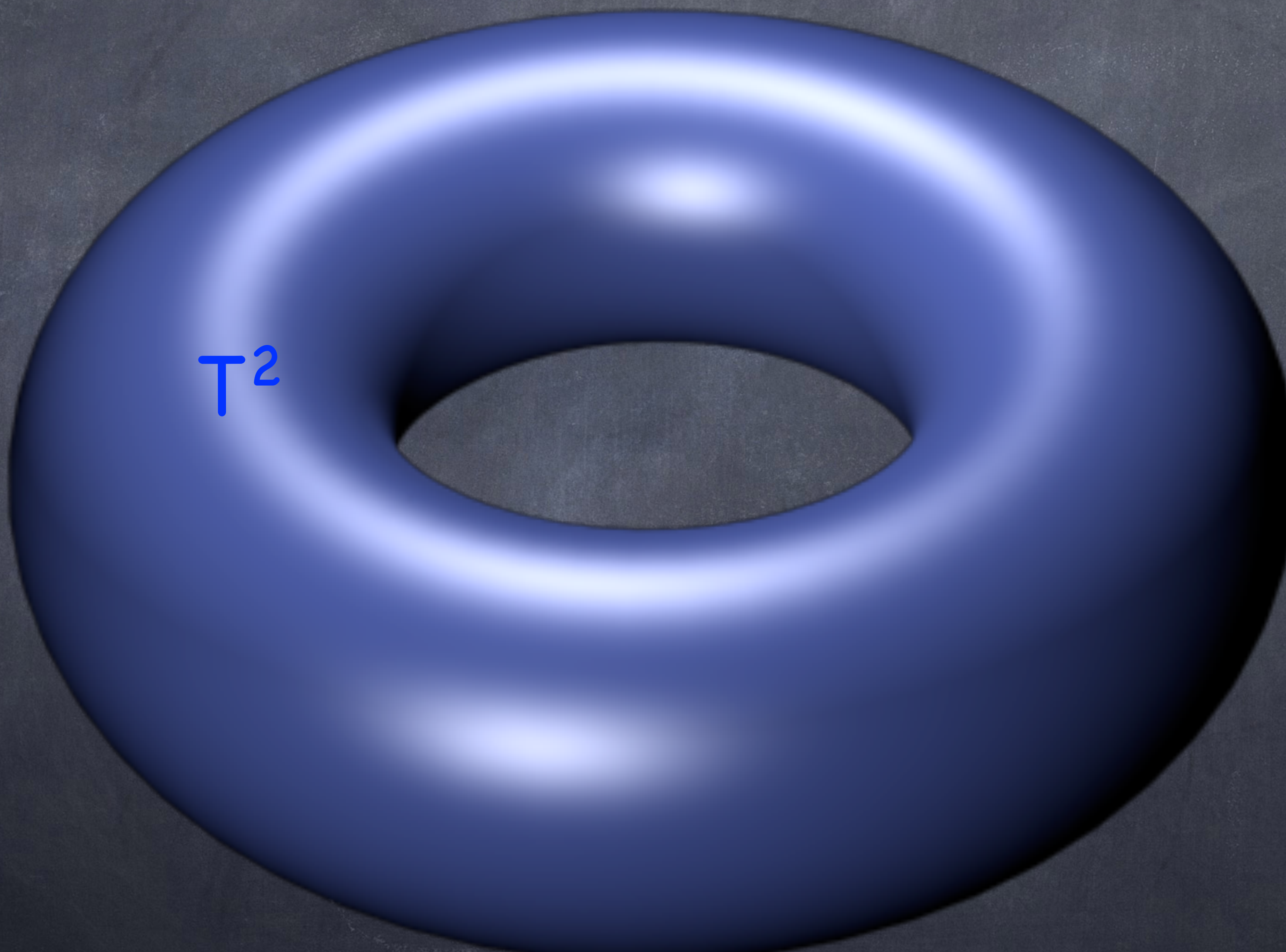
f を S^1 から S^1 への写像とする. z が S^1 全体を動くとき, T^2 の点 $(z,f(z))$ 全体からなる集合を f のグラフという.

f を S^1 から S^1 への写像とする. z が S^1 全体を動くとき, T^2 の点 $(z,f(z))$ 全体からなる集合を f のグラフという.

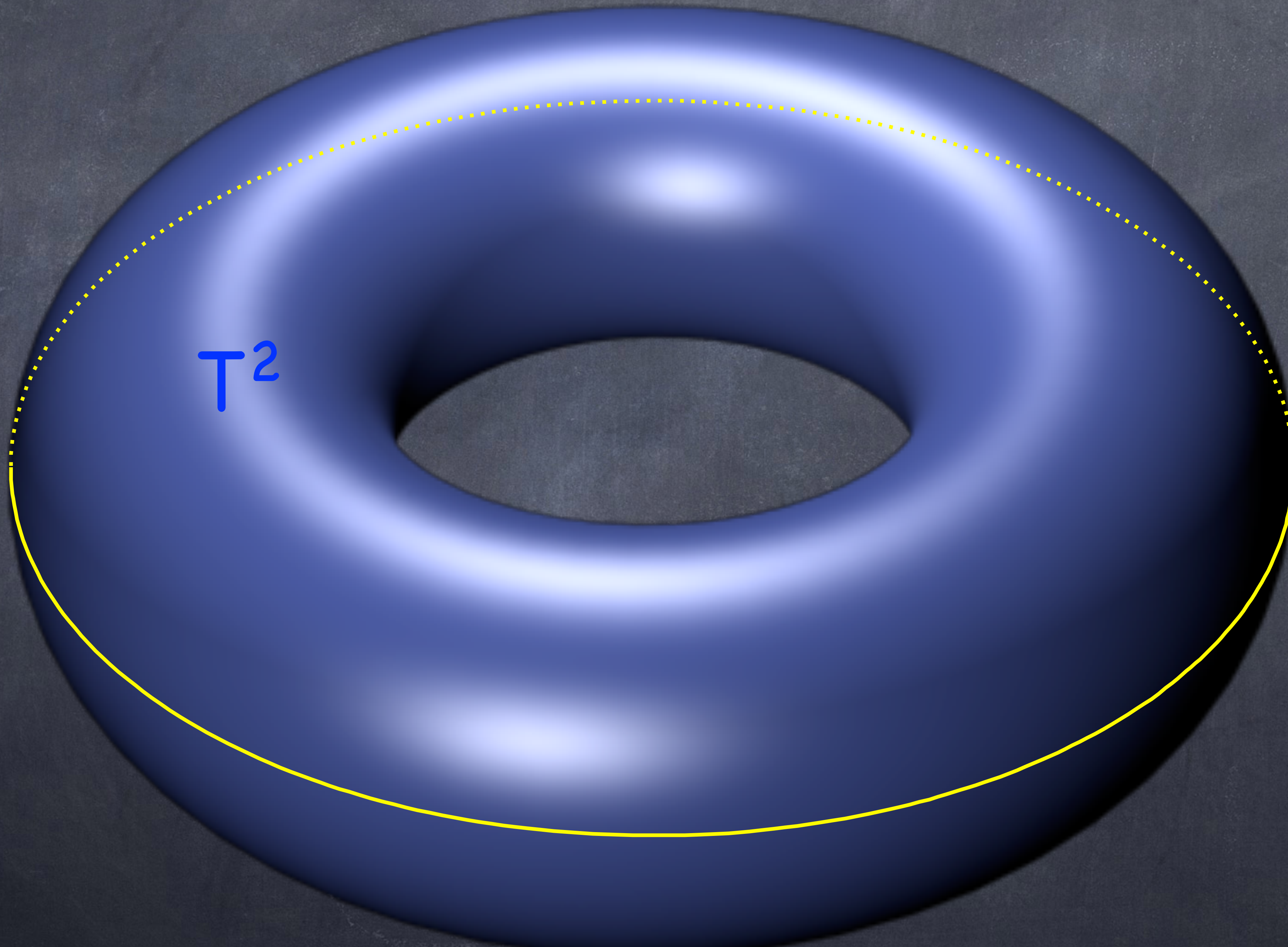
f を S^1 から S^1 への写像とする. z が S^1 全体を動くとき, T^2 の点 (z,f(z)) 全体からなる集合を f のグラフという.



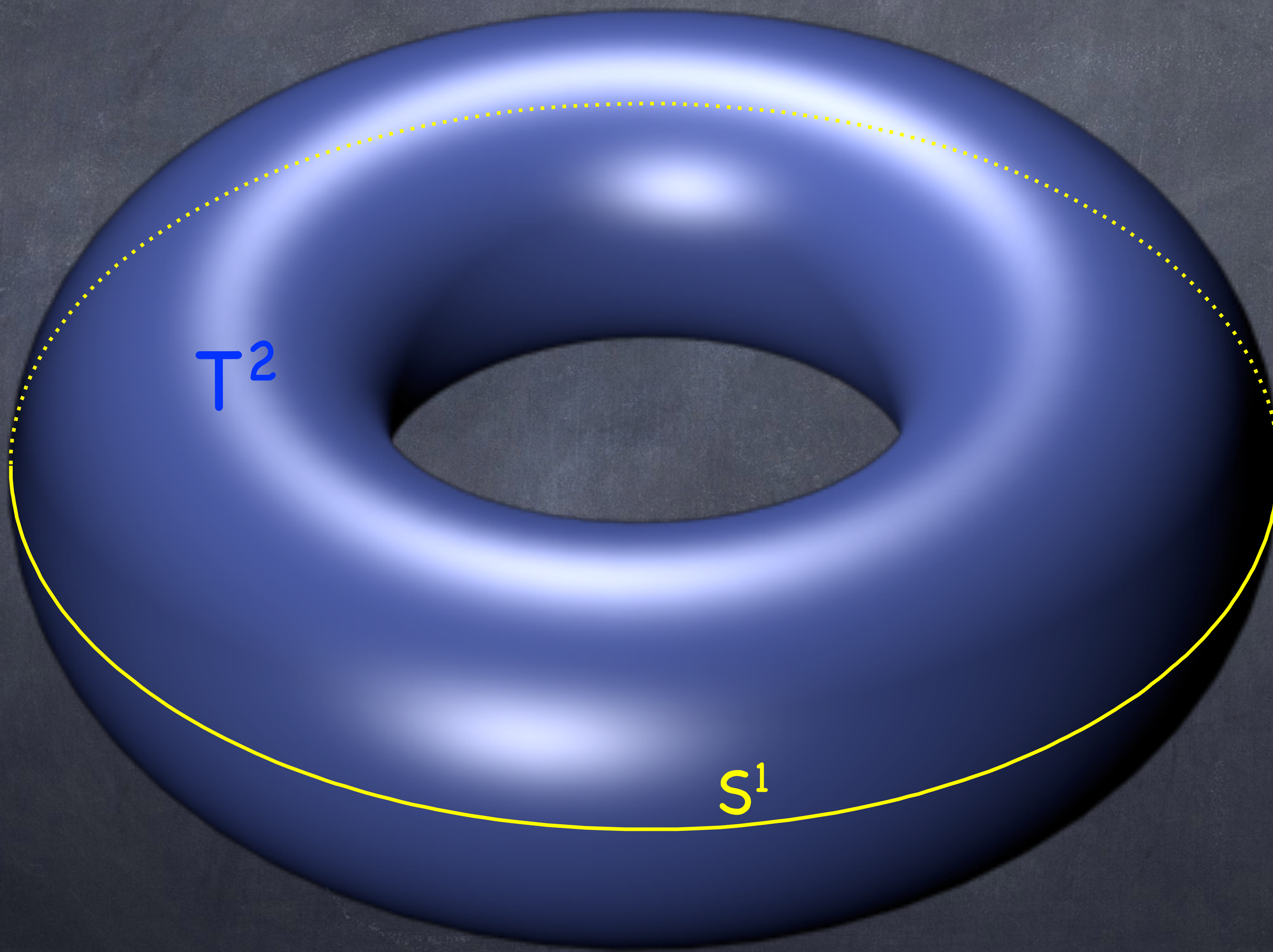
f を S^1 から S^1 への写像とする. z が S^1 全体を動くとき, T^2 の点 (z,f(z)) 全体からなる集合を f のグラフという.



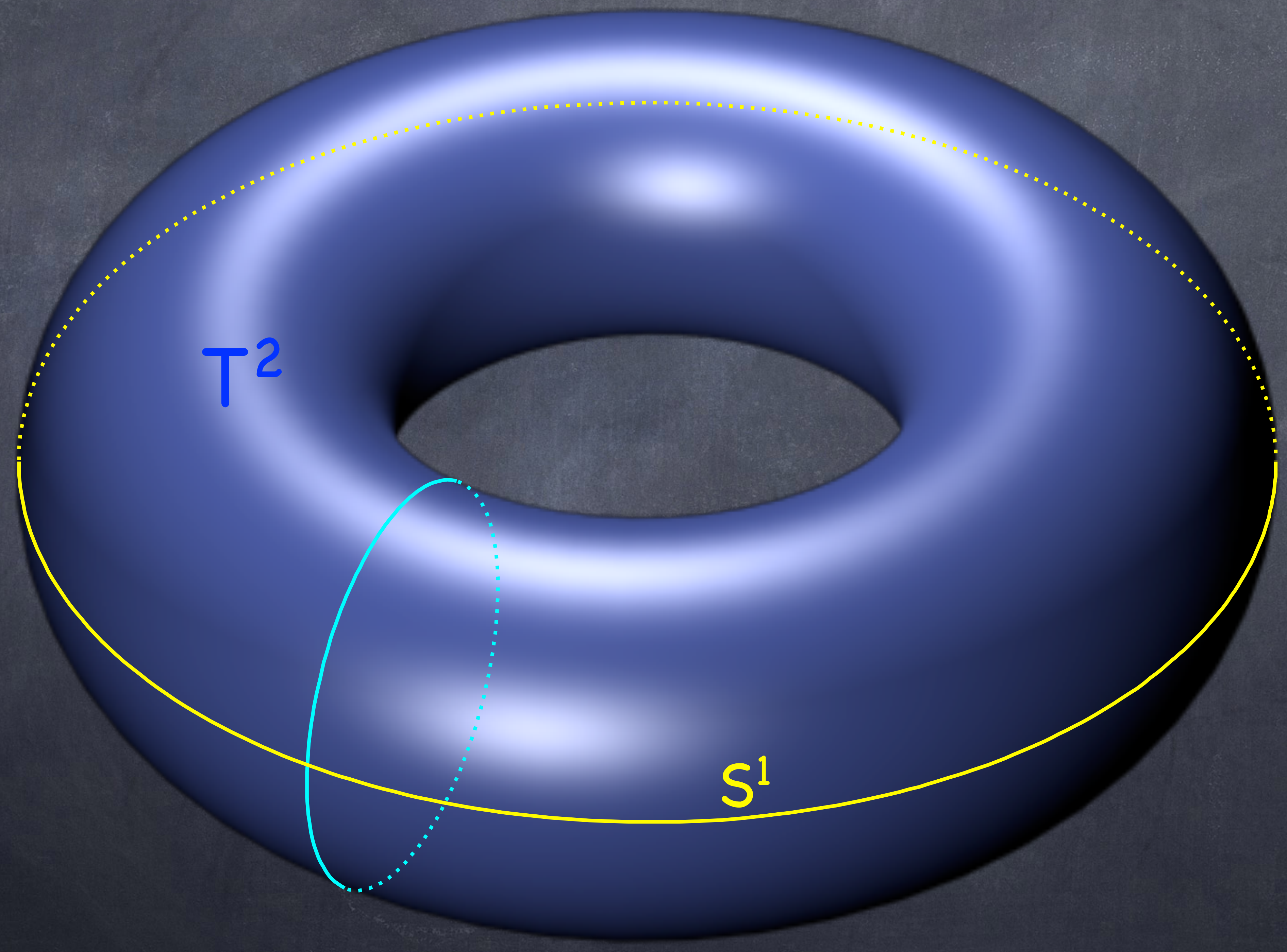
f を S^1 から S^1 への写像とする. z が S^1 全体を動くとき, T^2 の点 $(z,f(z))$ 全体からなる集合を f のグラフという.



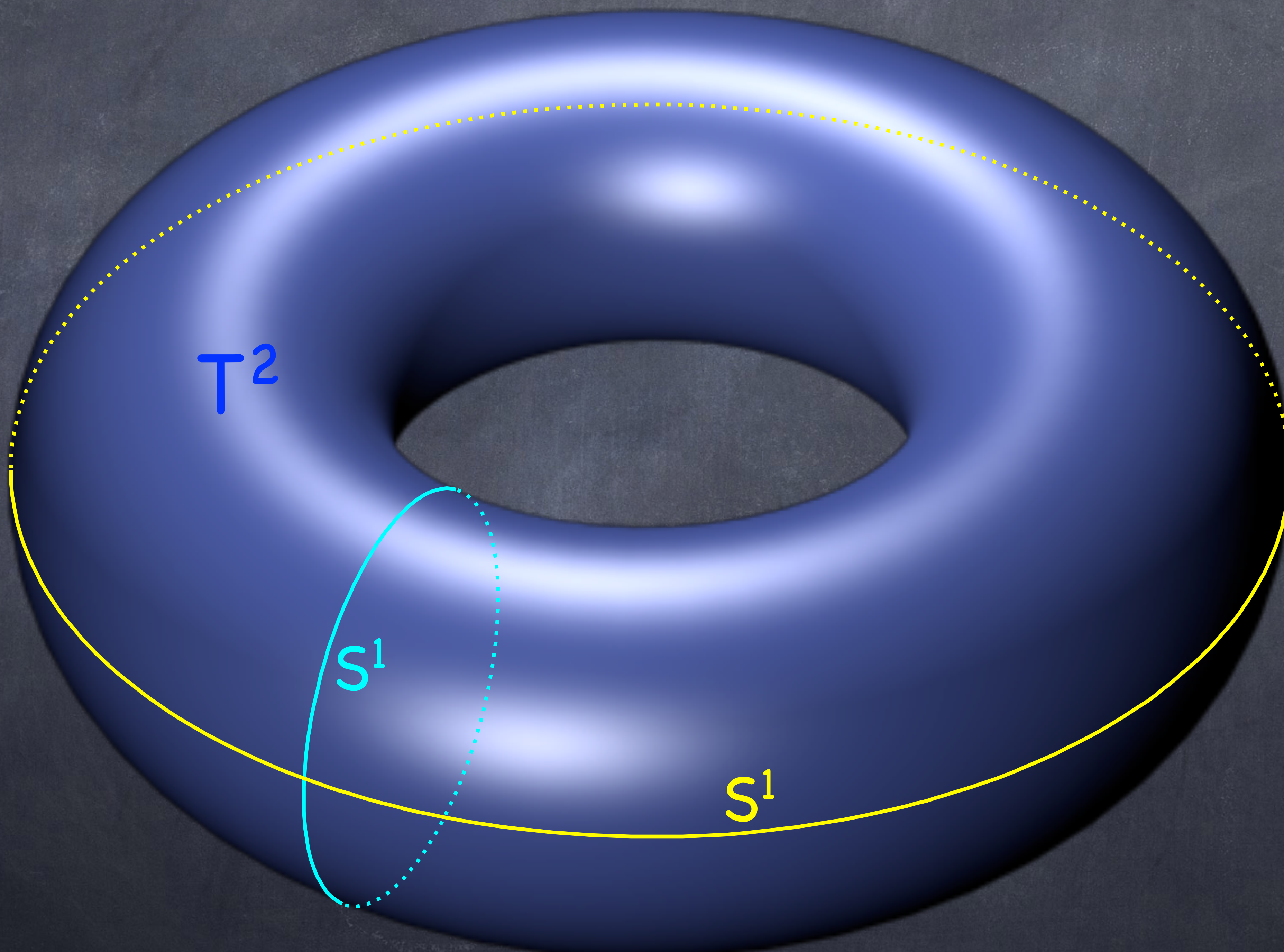
f を S^1 から S^1 への写像とする. z が S^1 全体を動くとき, T^2 の点 (z,f(z)) 全体からなる集合を f のグラフという.



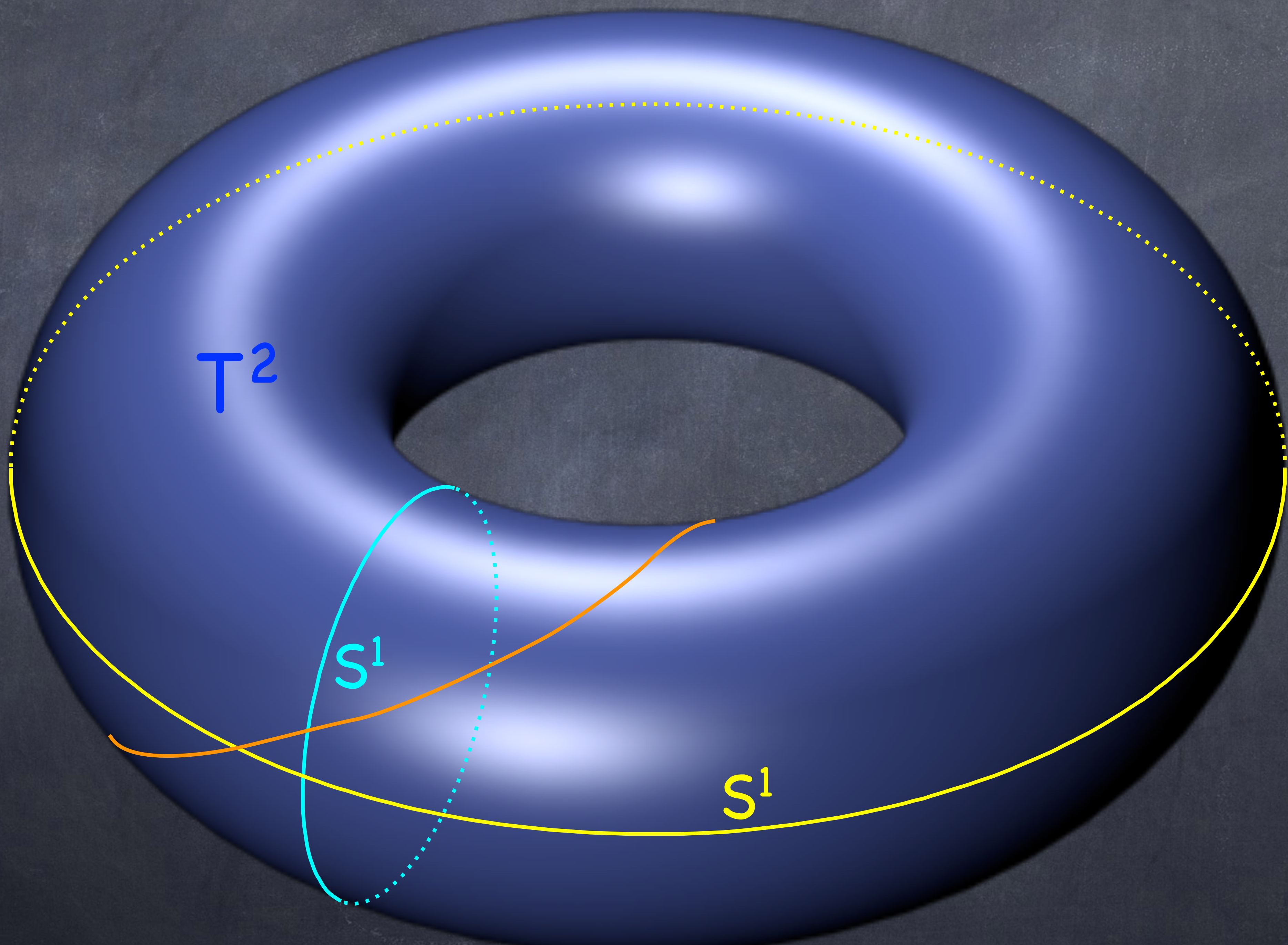
f を S^1 から S^1 への写像とする. z が S^1 全体を動くとき,
T^2 の点 (z,f(z)) 全体からなる集合を f のグラフという.



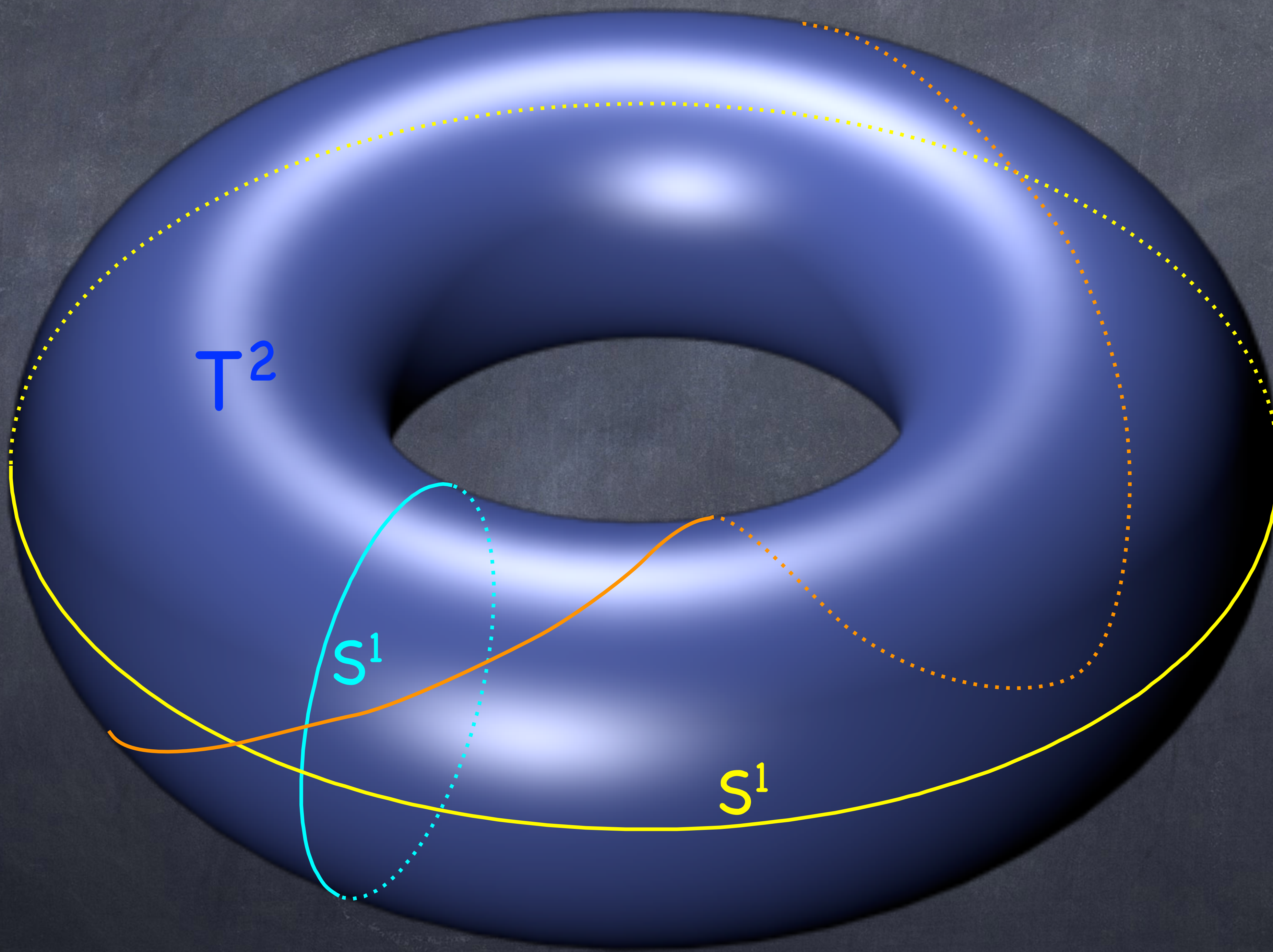
f を S^1 から S^1 への写像とする. z が S^1 全体を動くとき, T^2 の点 (z,f(z)) 全体からなる集合を f のグラフという.



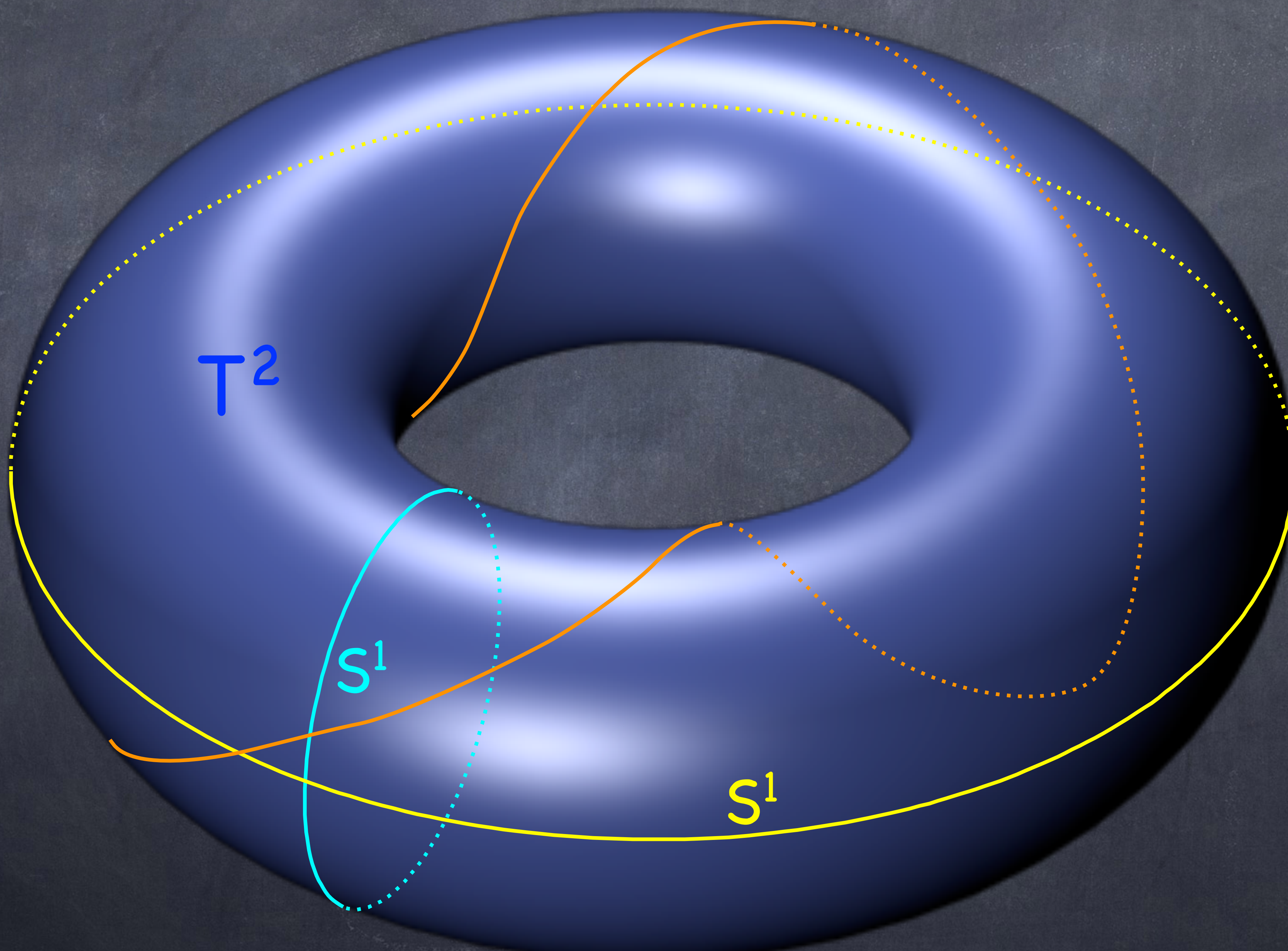
f を S^1 から S^1 への写像とする. z が S^1 全体を動くとき, T^2 の点 (z,f(z)) 全体からなる集合を f のグラフという.



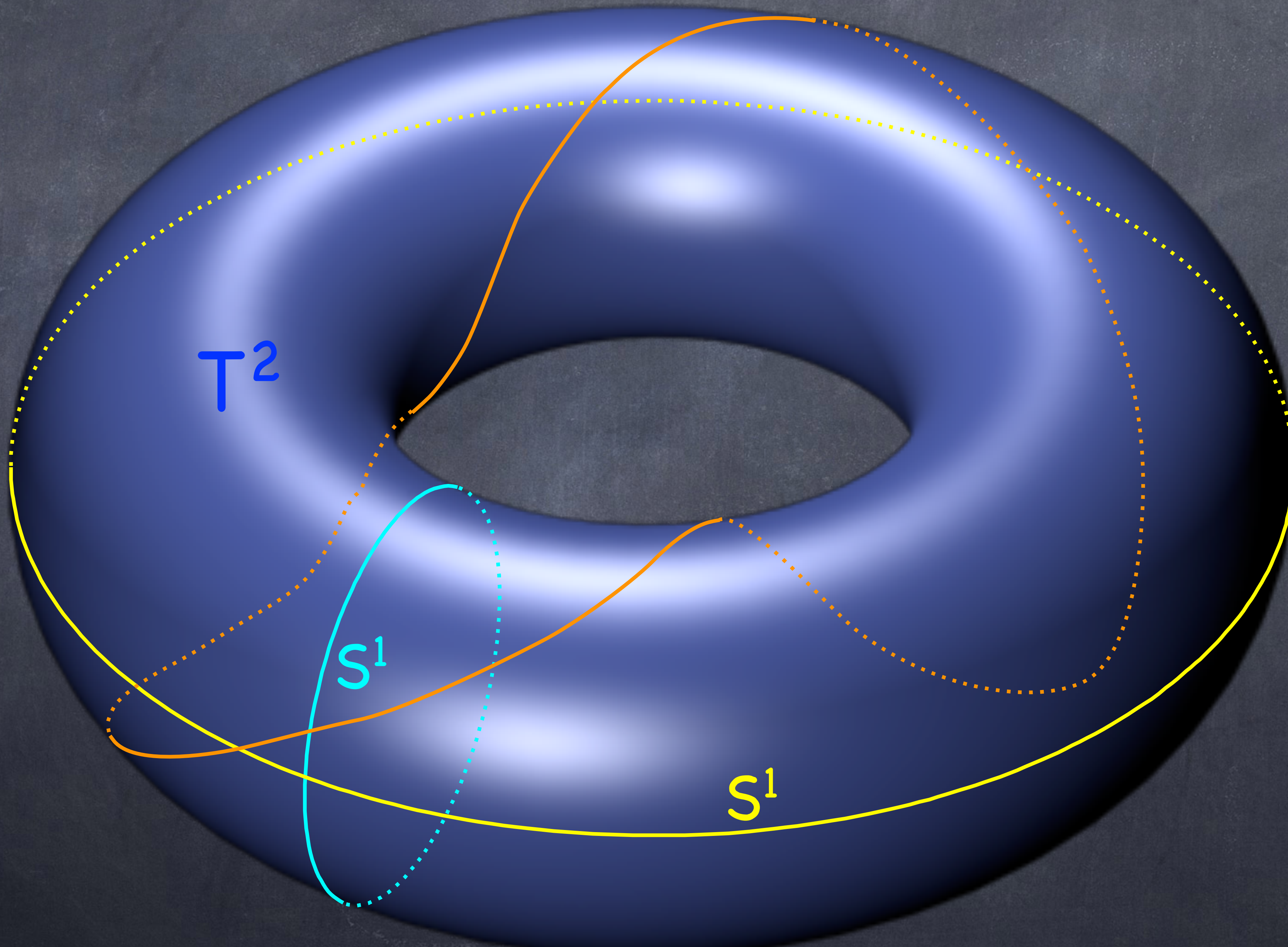
f を S^1 から S^1 への写像とする. z が S^1 全体を動くとき, T^2 の点 (z,f(z)) 全体からなる集合を f のグラフという.



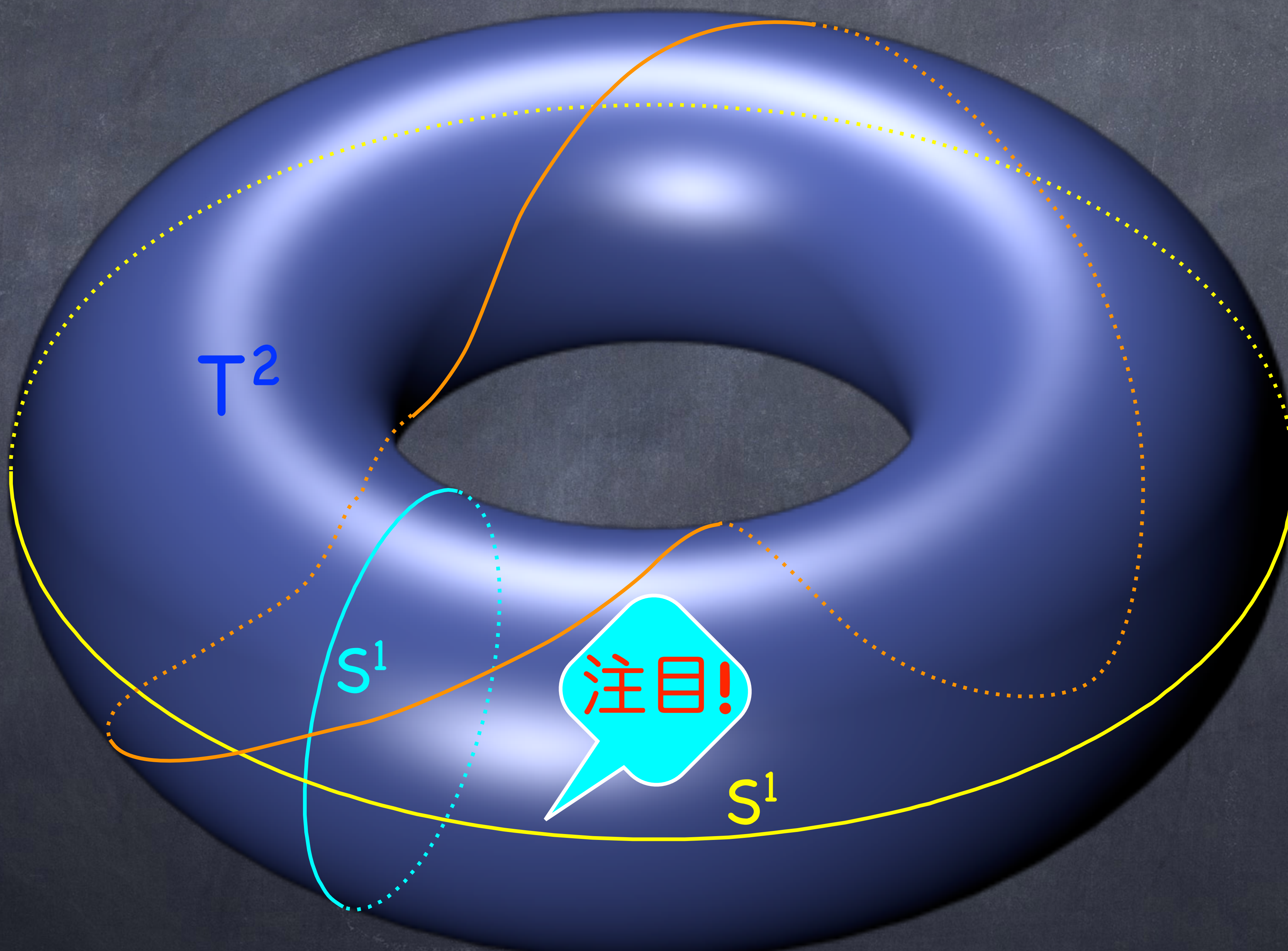
f を S^1 から S^1 への写像とする. z が S^1 全体を動くとき, T^2 の点 $(z,f(z))$ 全体からなる集合を f のグラフという.



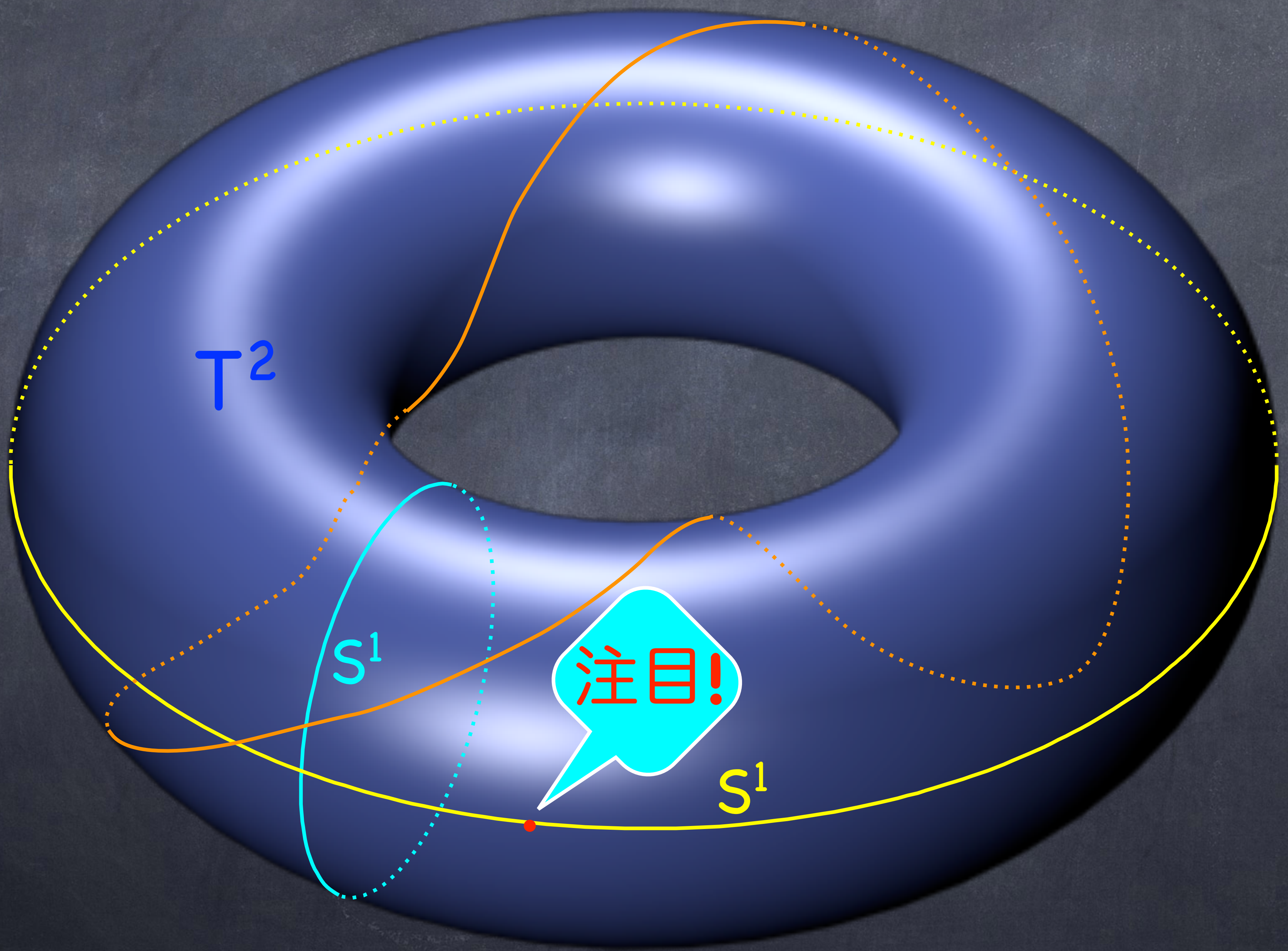
f を S^1 から S^1 への写像とする. z が S^1 全体を動くとき, T^2 の点 (z,f(z)) 全体からなる集合を f のグラフという.



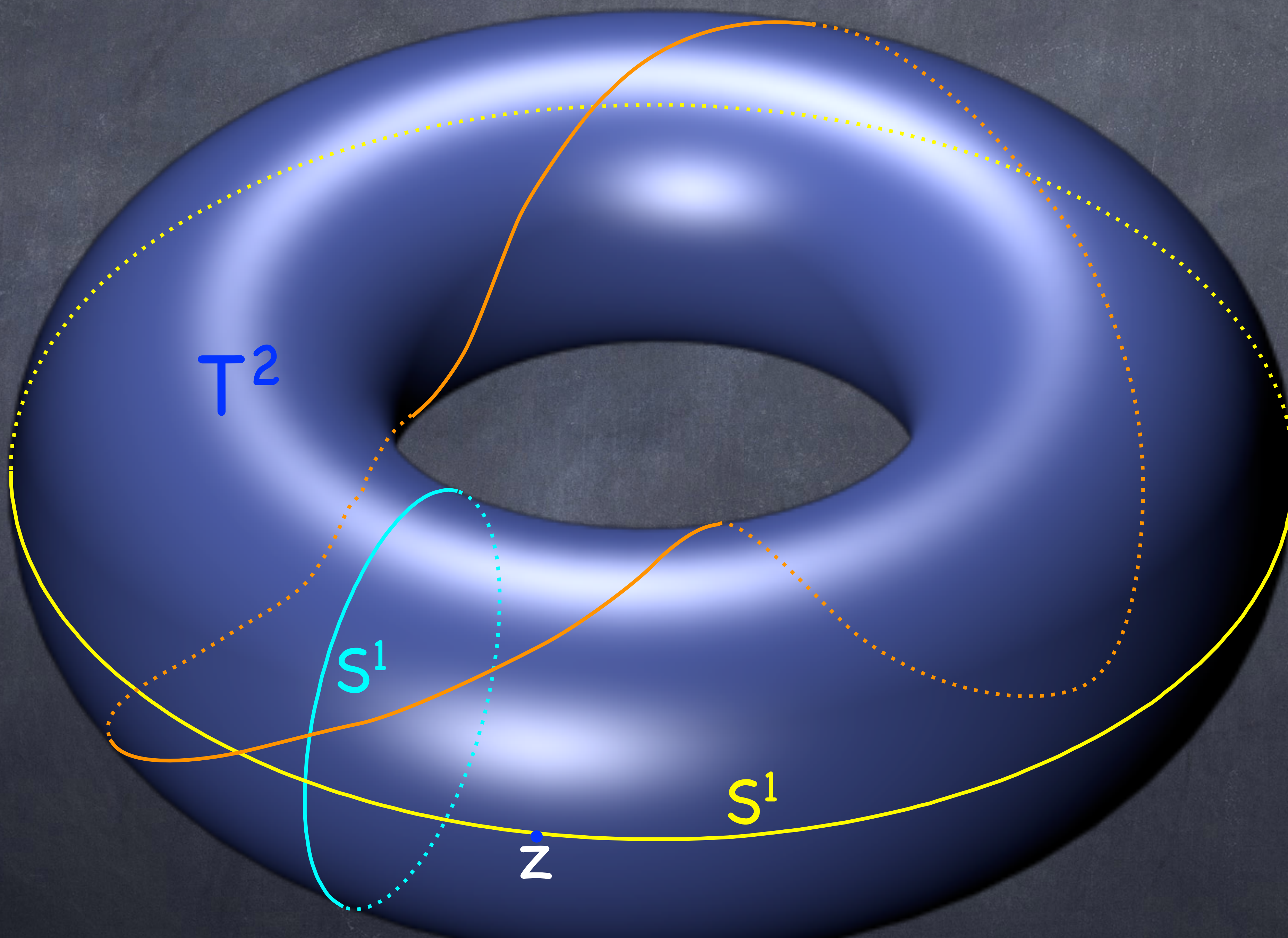
f を S^1 から S^1 への写像とする. z が S^1 全体を動くとき, T^2 の点 (z,f(z)) 全体からなる集合を f のグラフという.



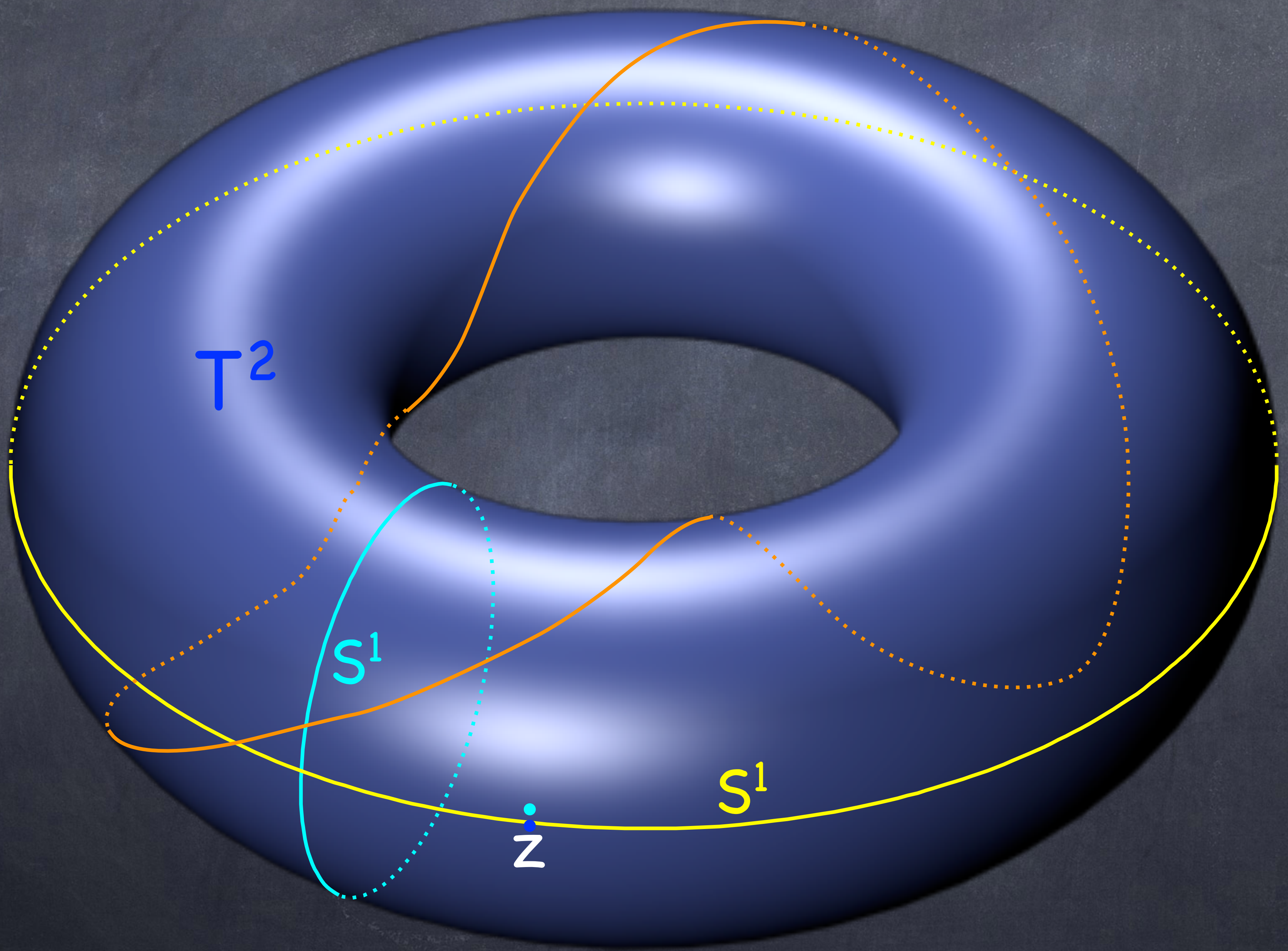
f を S^1 から S^1 への写像とする. z が S^1 全体を動くとき, T^2 の点 $(z,f(z))$ 全体からなる集合を f のグラフという.



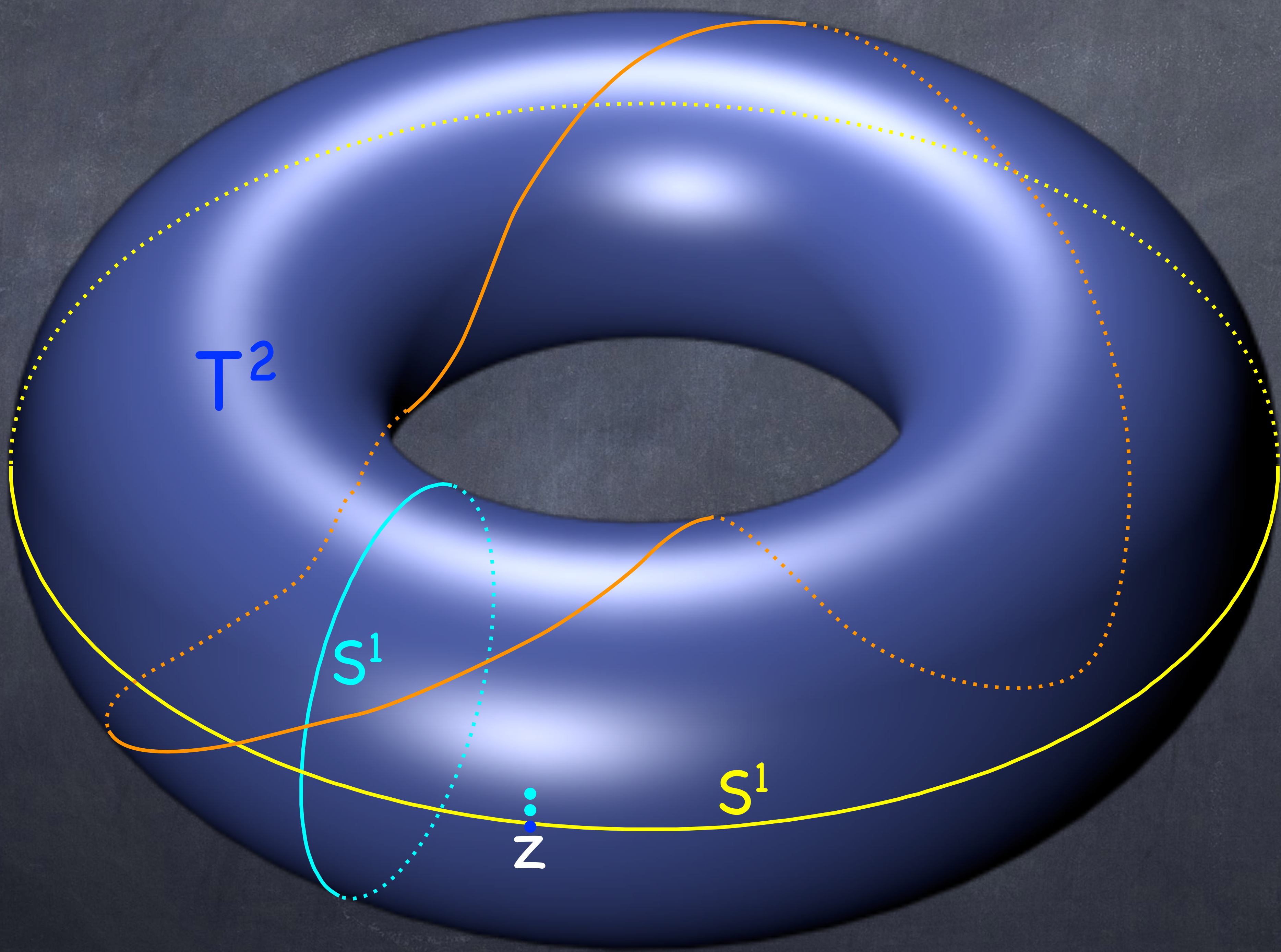
f を S^1 から S^1 への写像とする. z が S^1 全体を動くとき,
T^2 の点 $(z,f(z))$ 全体からなる集合を f のグラフという.



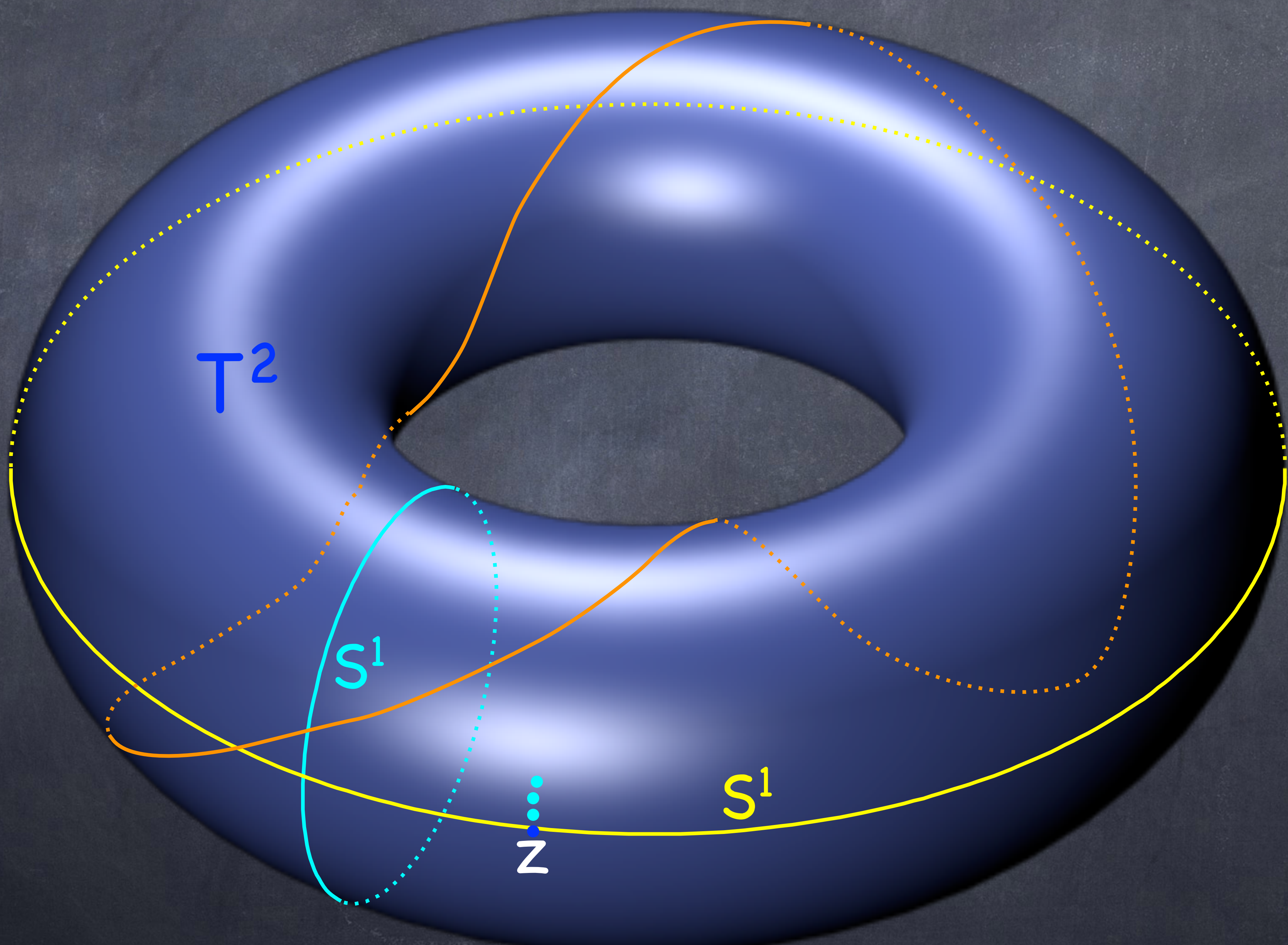
f を S^1 から S^1 への写像とする. z が S^1 全体を動くとき,
T^2 の点 $(z,f(z))$ 全体からなる集合を f のグラフという.



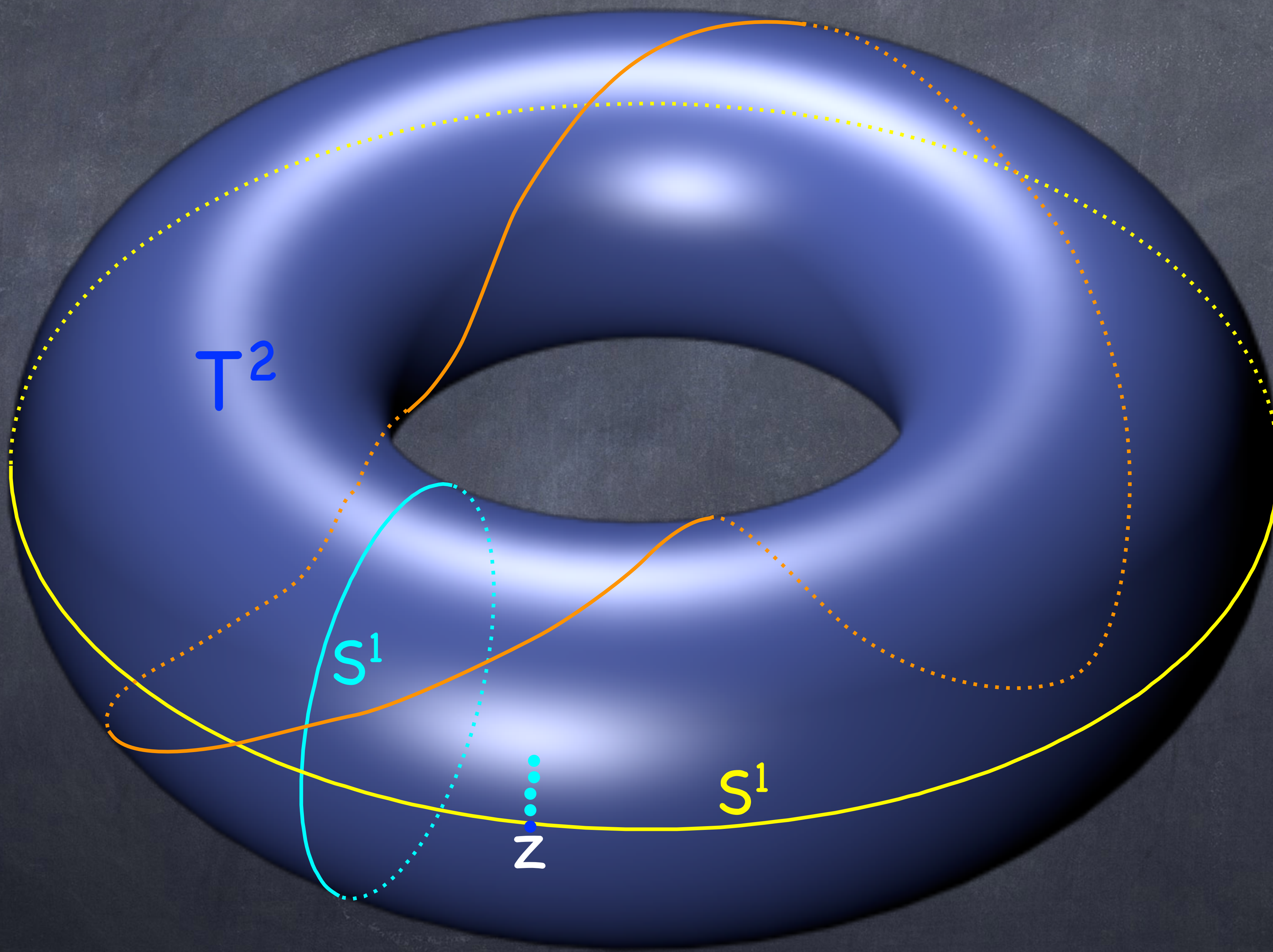
f を S^1 から S^1 への写像とする. z が S^1 全体を動くとき,
T^2 の点 (z,f(z)) 全体からなる集合を f のグラフという.



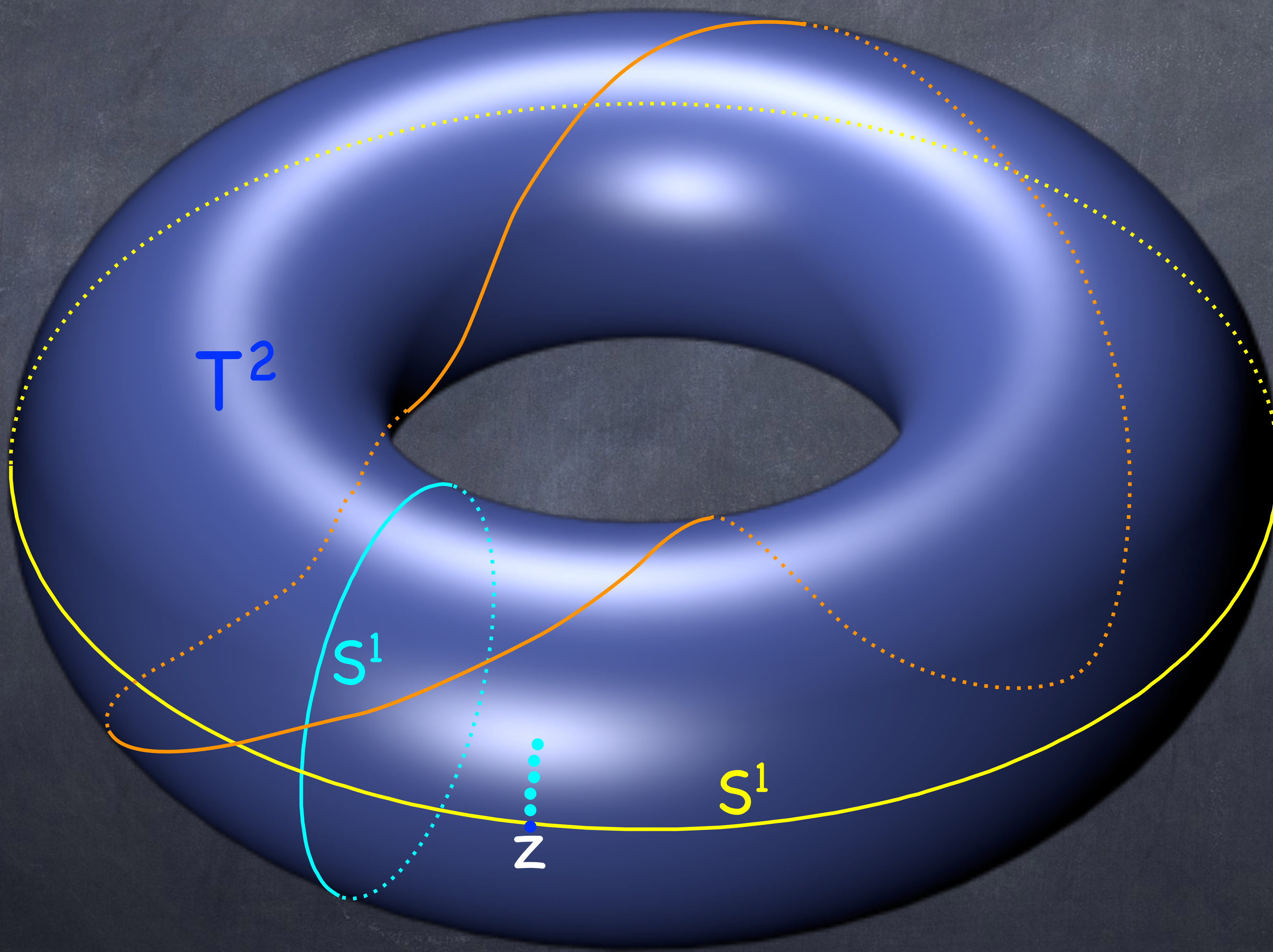
f を S^1 から S^1 への写像とする. z が S^1 全体を動くとき, T^2 の点 (z,f(z)) 全体からなる集合を f のグラフという.



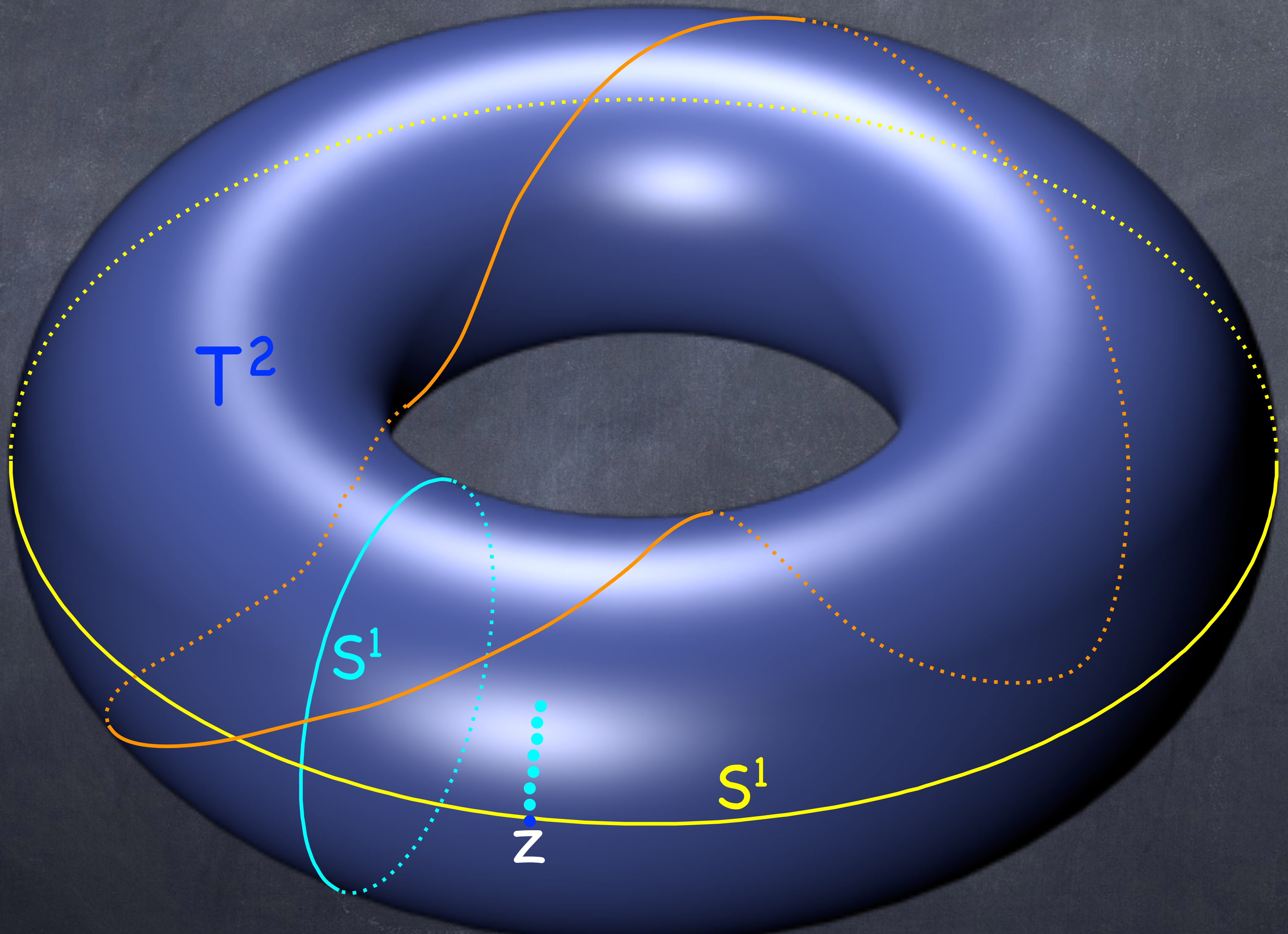
f を S^1 から S^1 への写像とする. z が S^1 全体を動くとき, T^2 の点 (z,f(z)) 全体からなる集合を f のグラフという.



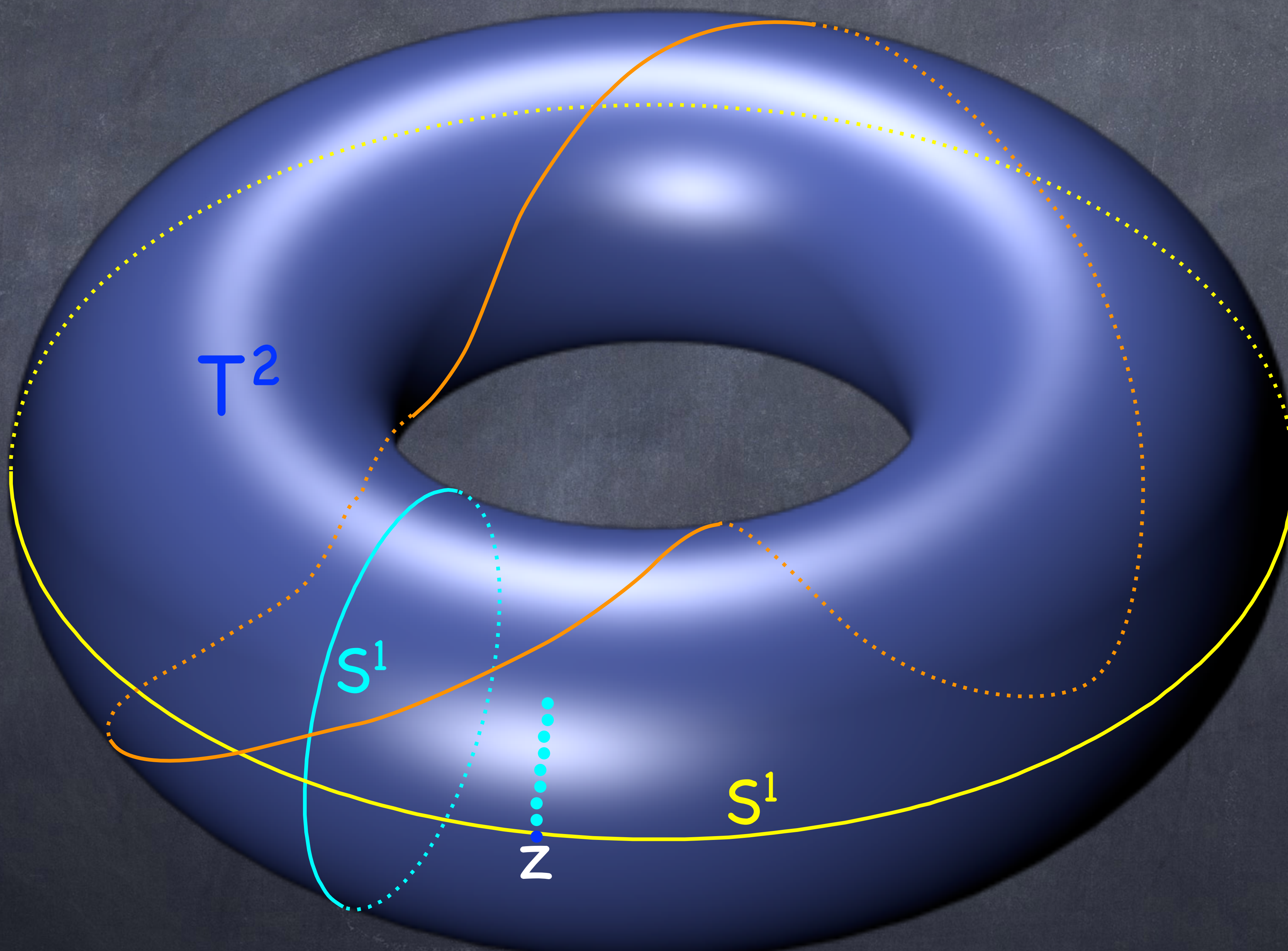
f を S^1 から S^1 への写像とする. z が S^1 全体を動くとき, T^2 の点 (z,f(z)) 全体からなる集合を f のグラフという.



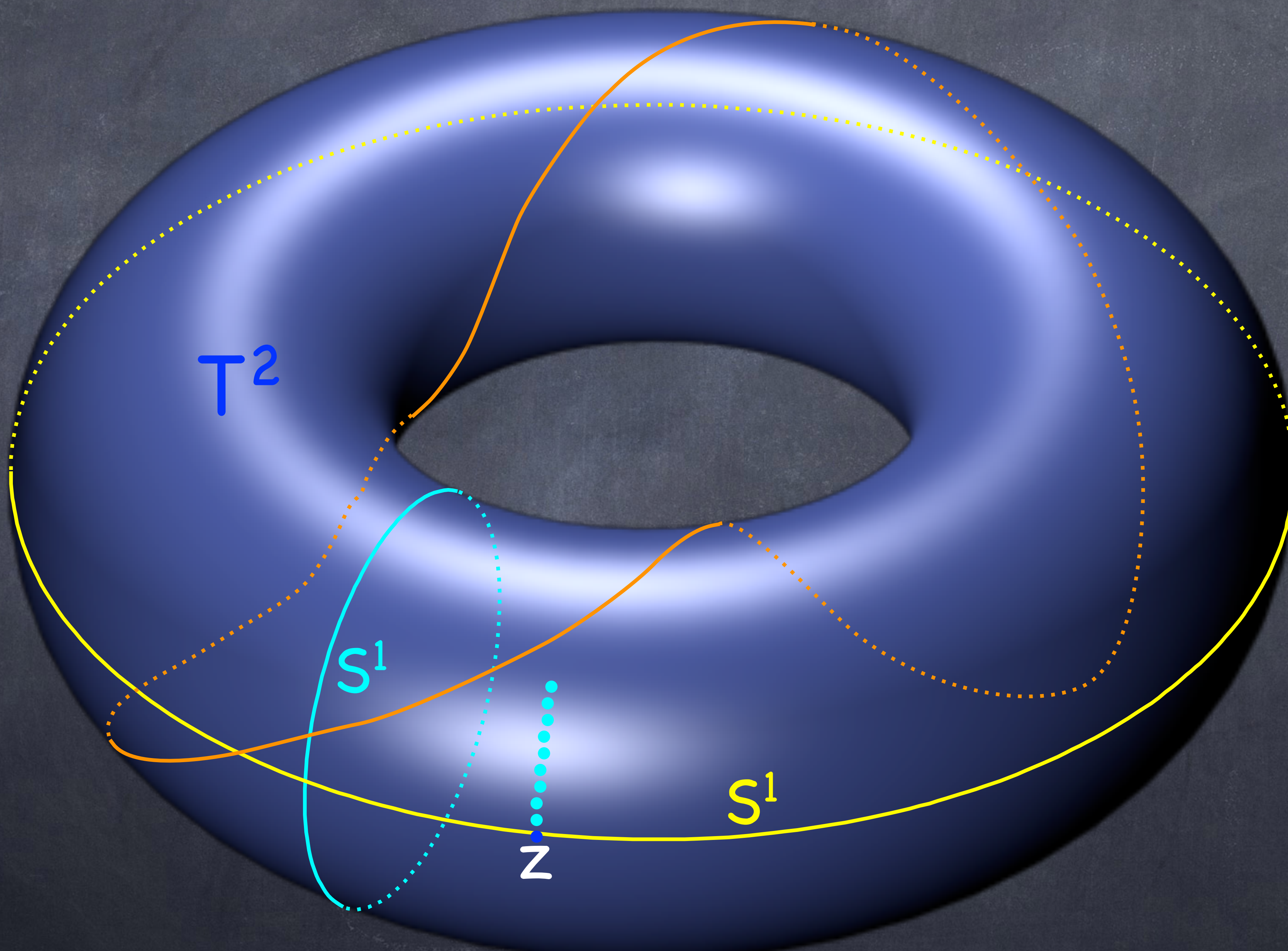
f を S^1 から S^1 への写像とする. z が S^1 全体を動くとき, T^2 の点 (z,f(z)) 全体からなる集合を f のグラフという.



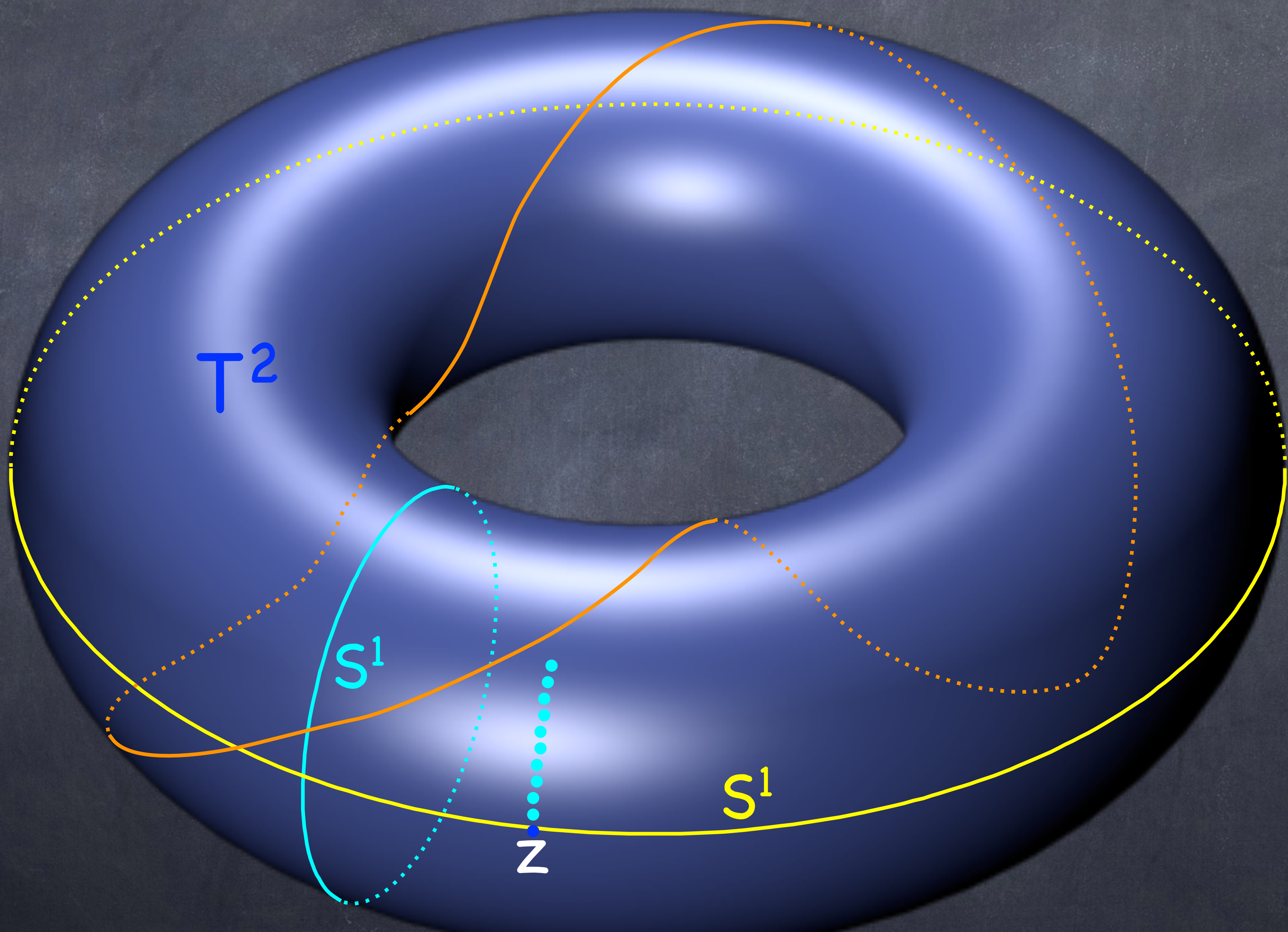
f を S^1 から S^1 への写像とする. z が S^1 全体を動くとき, T^2 の点 $(z,f(z))$ 全体からなる集合を f のグラフという.



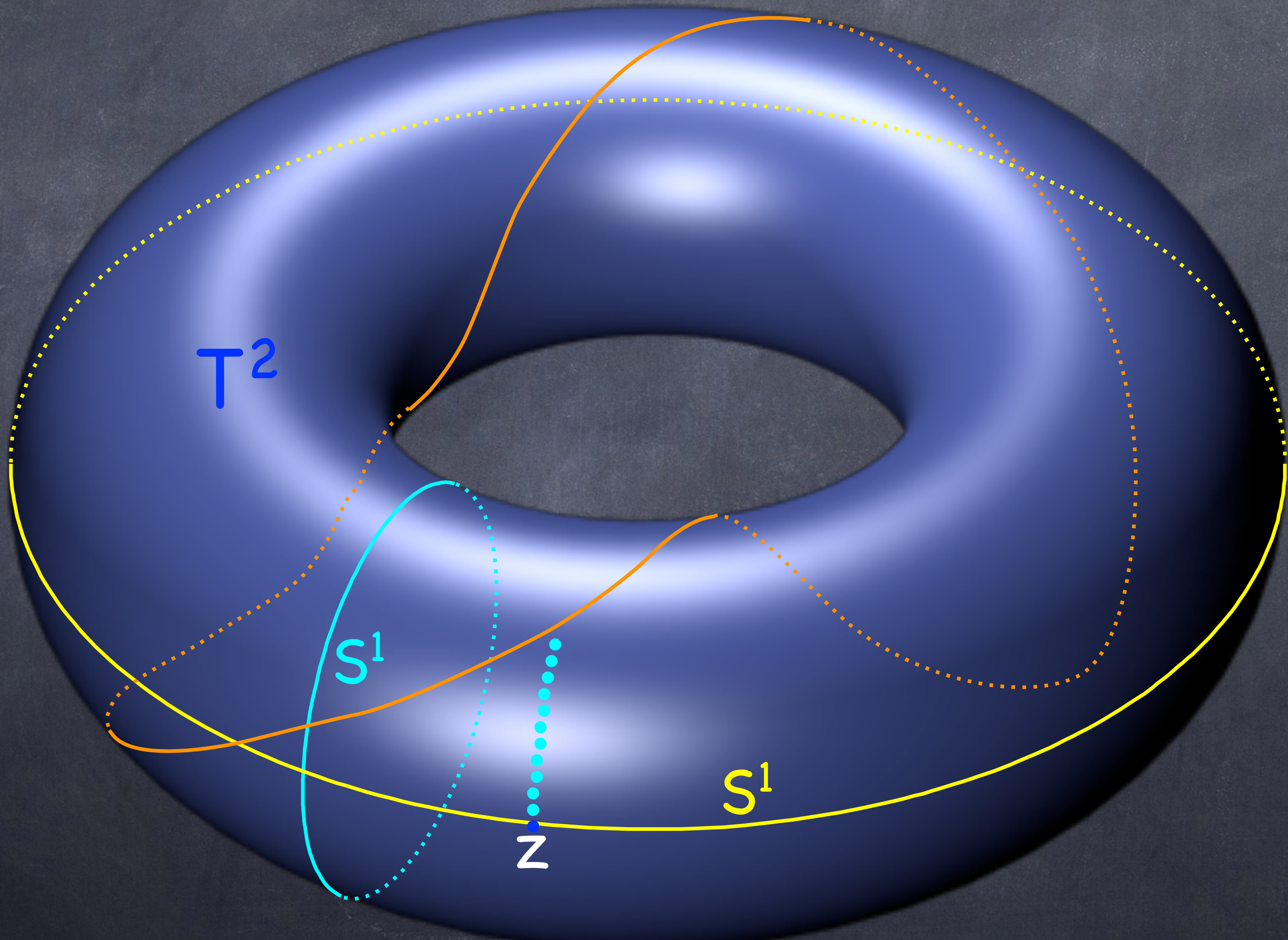
f を S^1 から S^1 への写像とする. z が S^1 全体を動くとき, T^2 の点 (z,f(z)) 全体からなる集合を f のグラフという.



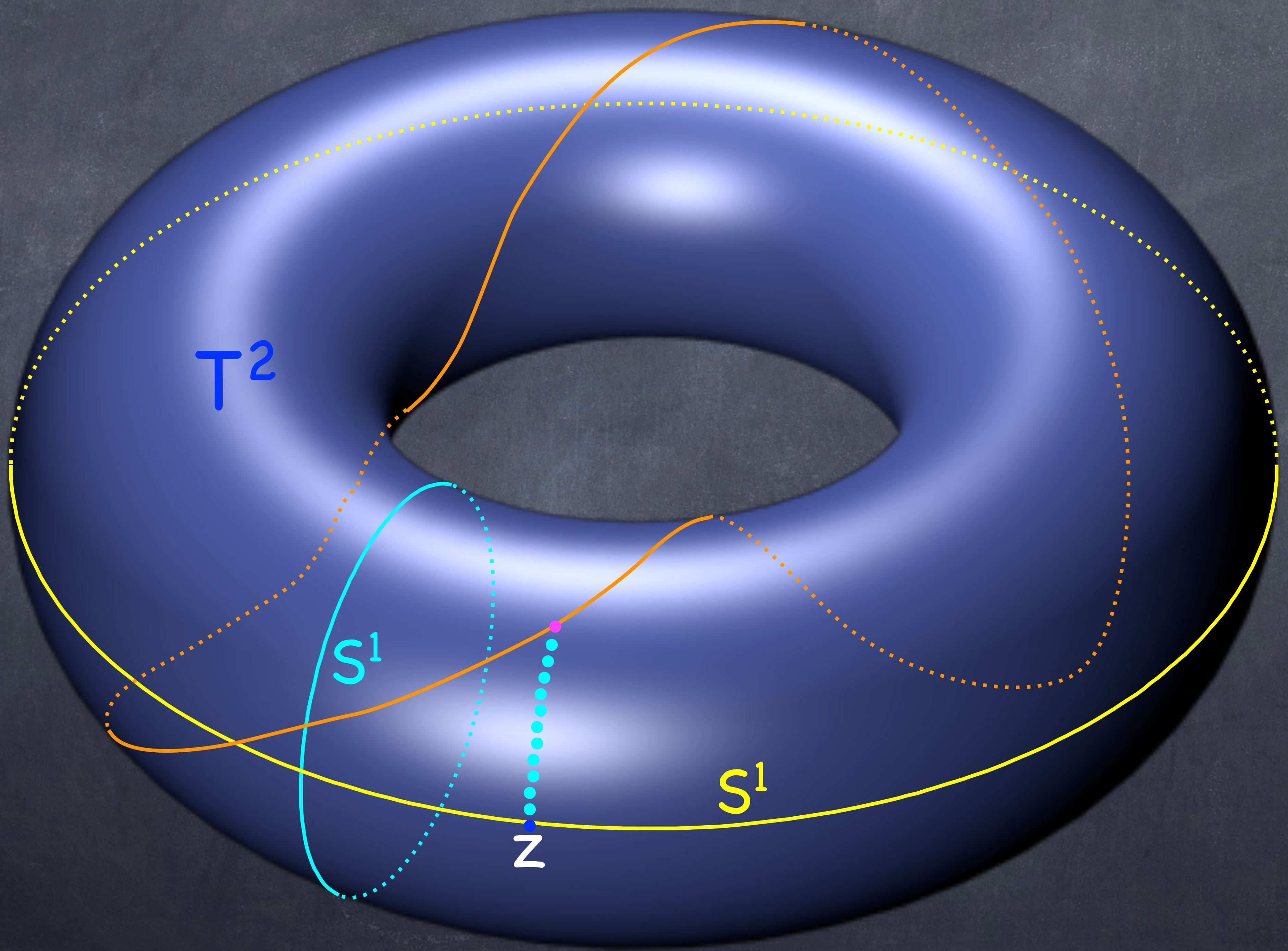
f を S^1 から S^1 への写像とする. z が S^1 全体を動くとき,
T^2 の点 (z,f(z)) 全体からなる集合を f のグラフという.



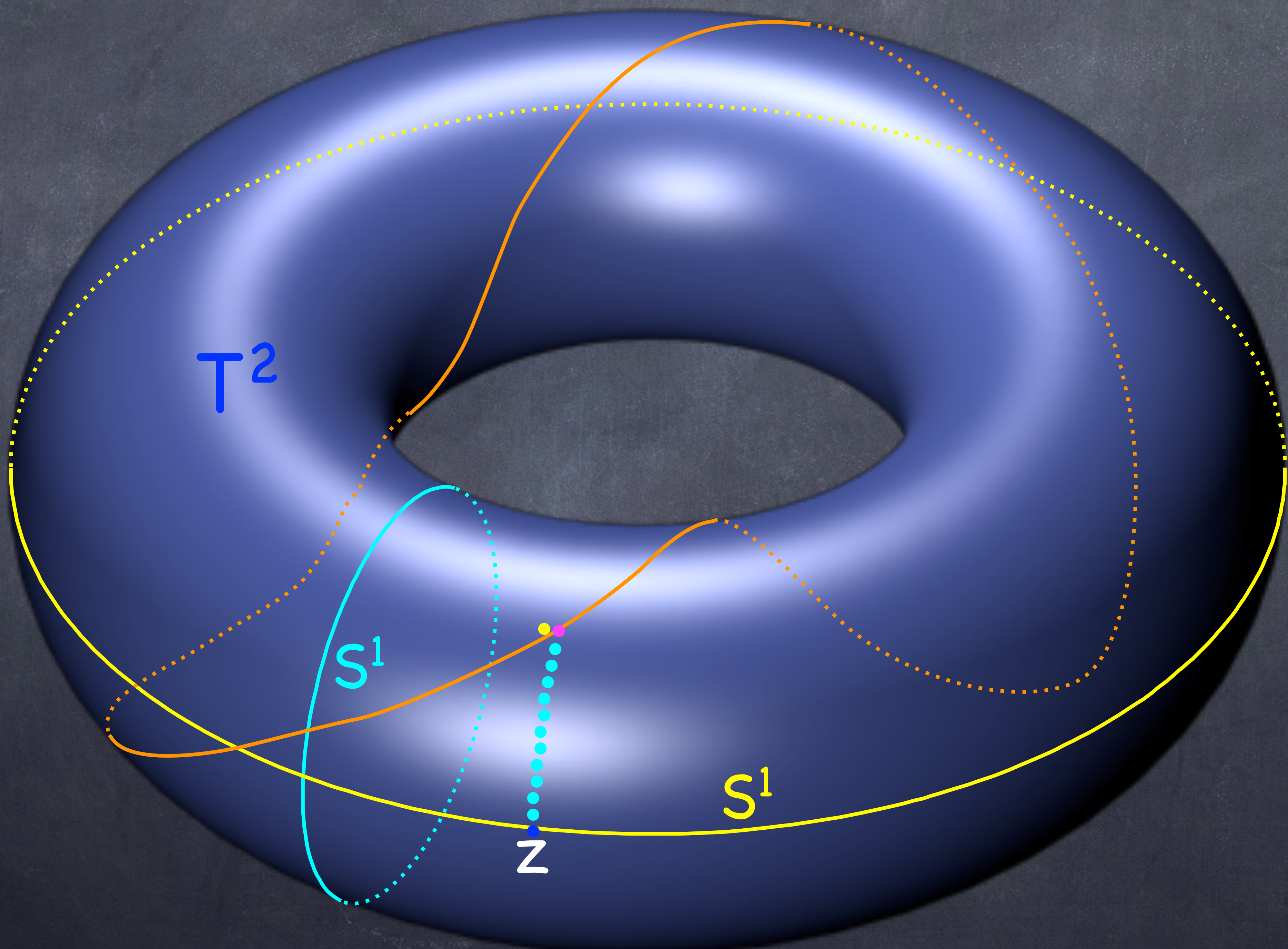
f を S^1 から S^1 への写像とする. z が S^1 全体を動くとき, T^2 の点 $(z,f(z))$ 全体からなる集合を f のグラフという.



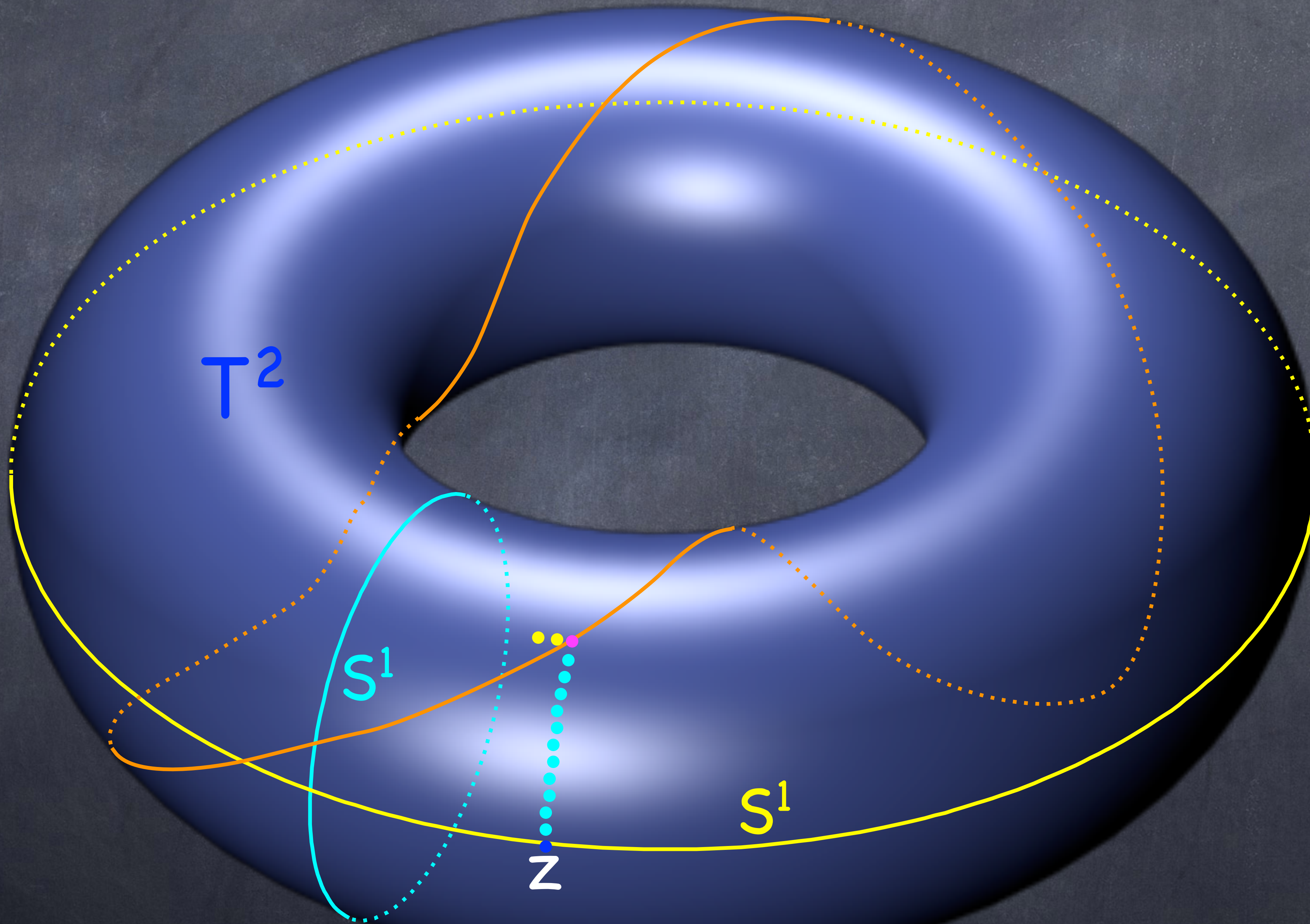
f を S^1 から S^1 への写像とする. z が S^1 全体を動くとき, T^2 の点 (z,f(z)) 全体からなる集合を f のグラフという.



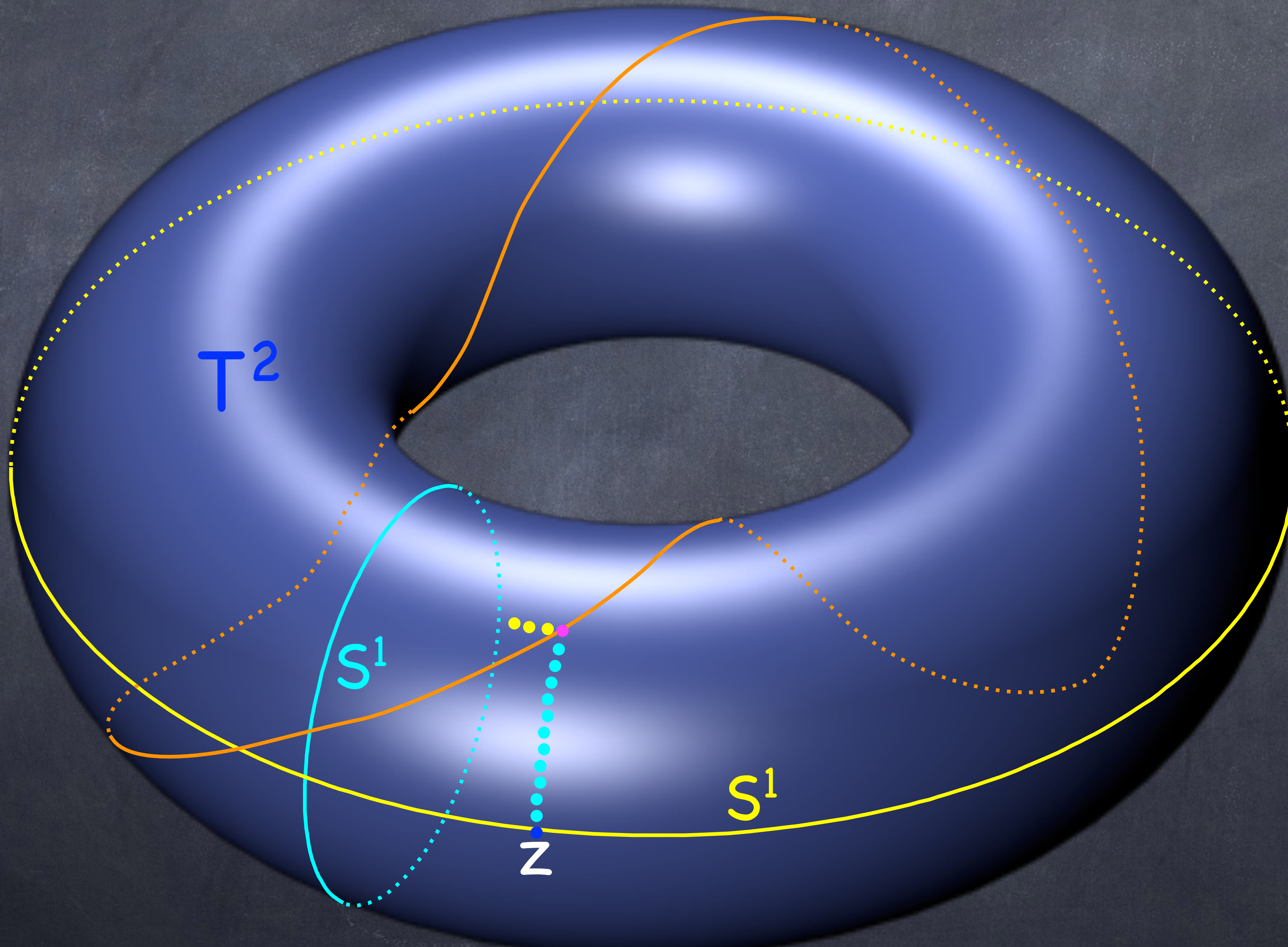
f を S^1 から S^1 への写像とする. z が S^1 全体を動くとき, T^2 の点 $(z,f(z))$ 全体からなる集合を f のグラフという.



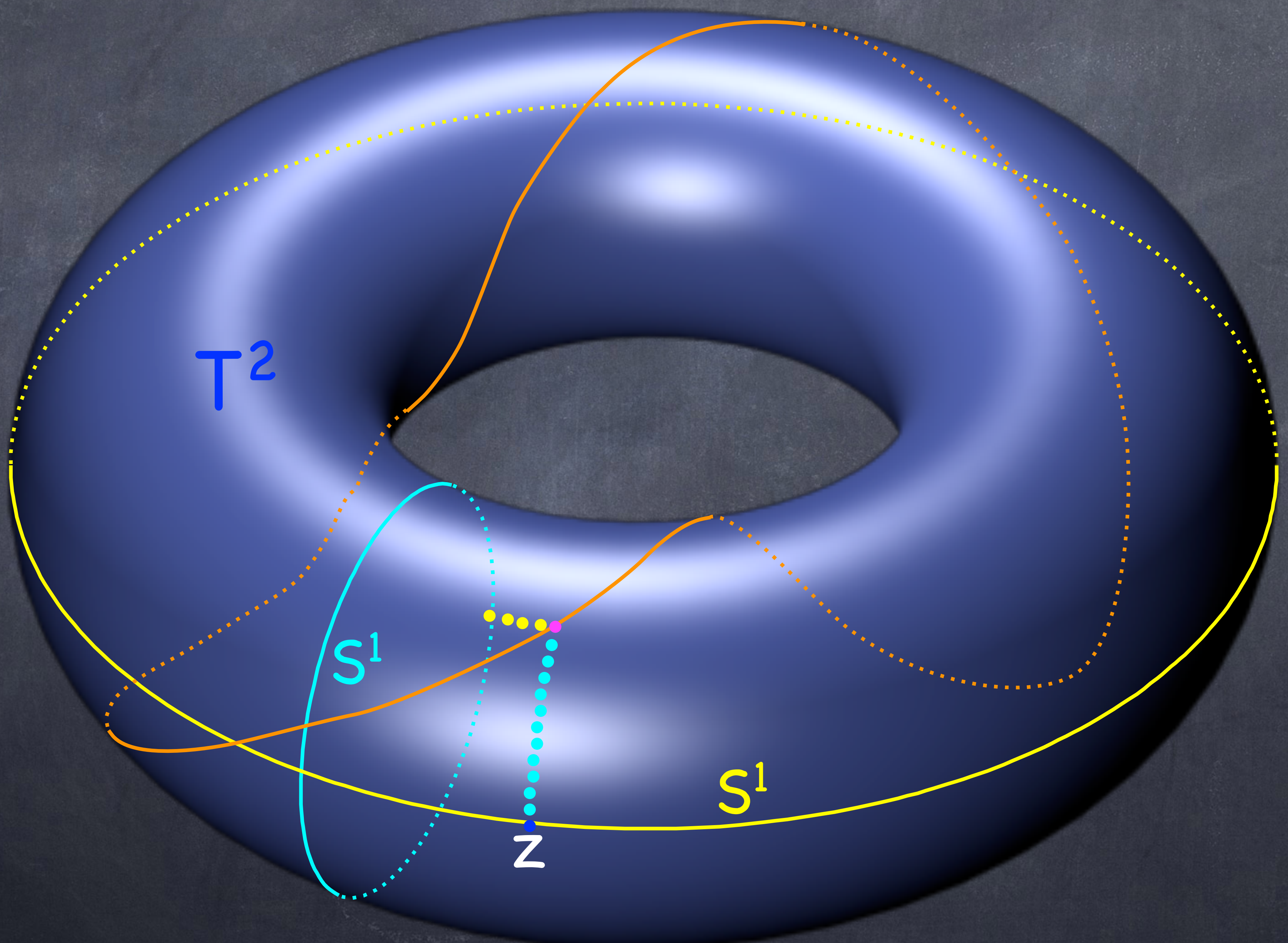
f を S^1 から S^1 への写像とする. z が S^1 全体を動くとき, T^2 の点 $(z,f(z))$ 全体からなる集合を f のグラフという.



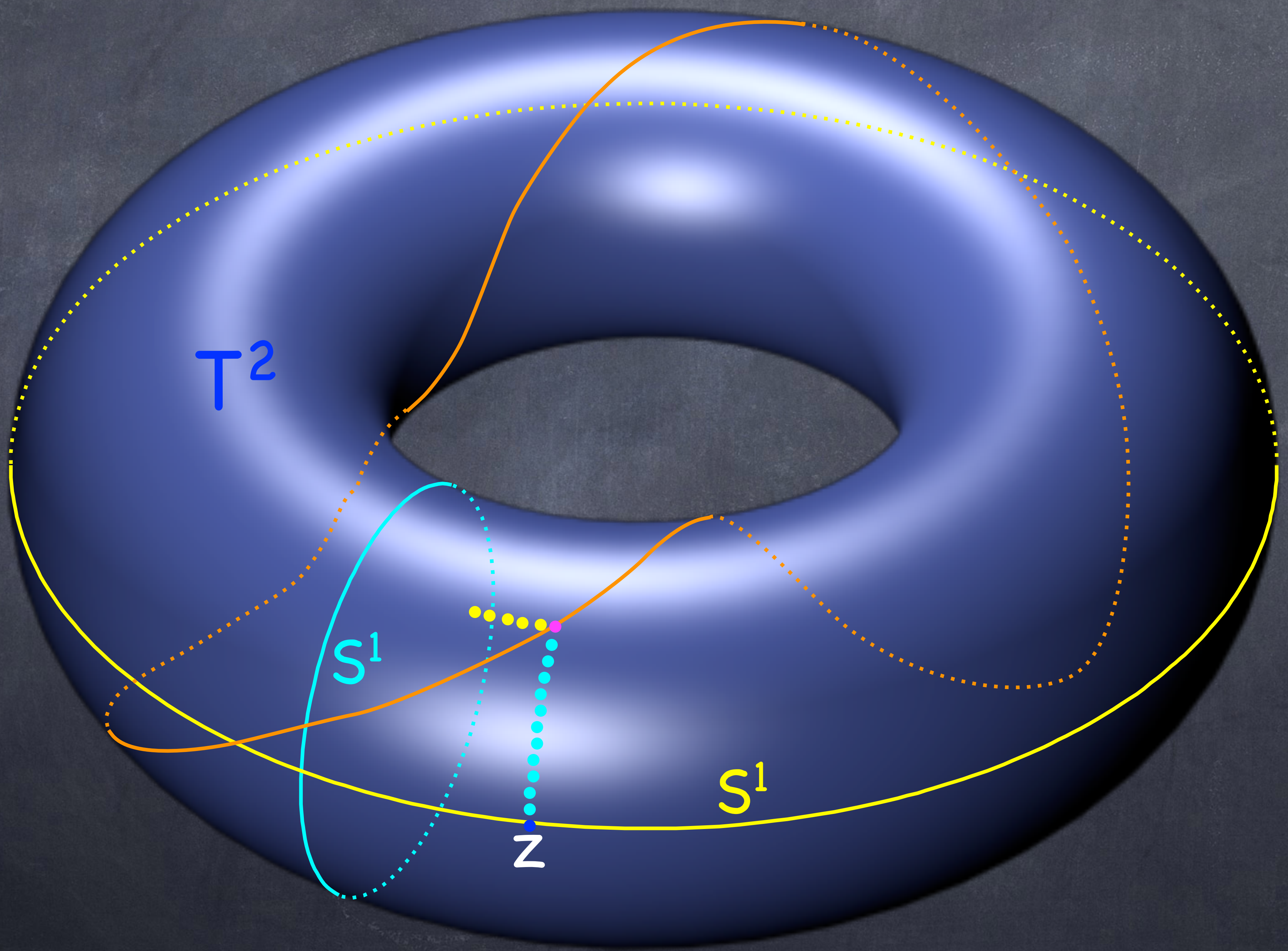
f を S^1 から S^1 への写像とする. z が S^1 全体を動くとき,
T^2 の点 (z,f(z)) 全体からなる集合を f のグラフという.



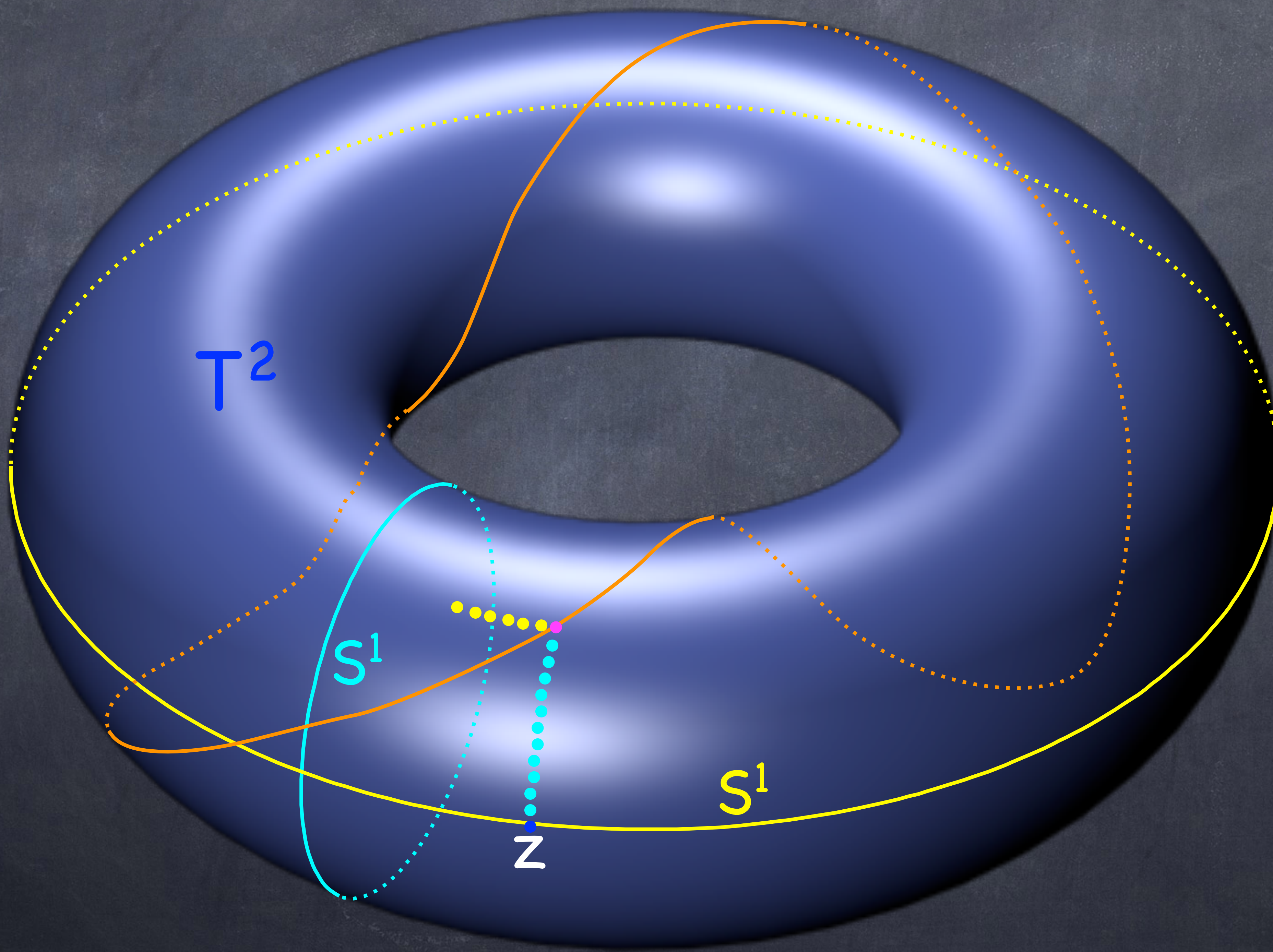
f を S^1 から S^1 への写像とする. z が S^1 全体を動くとき, T^2 の点 (z,f(z)) 全体からなる集合を f のグラフという.



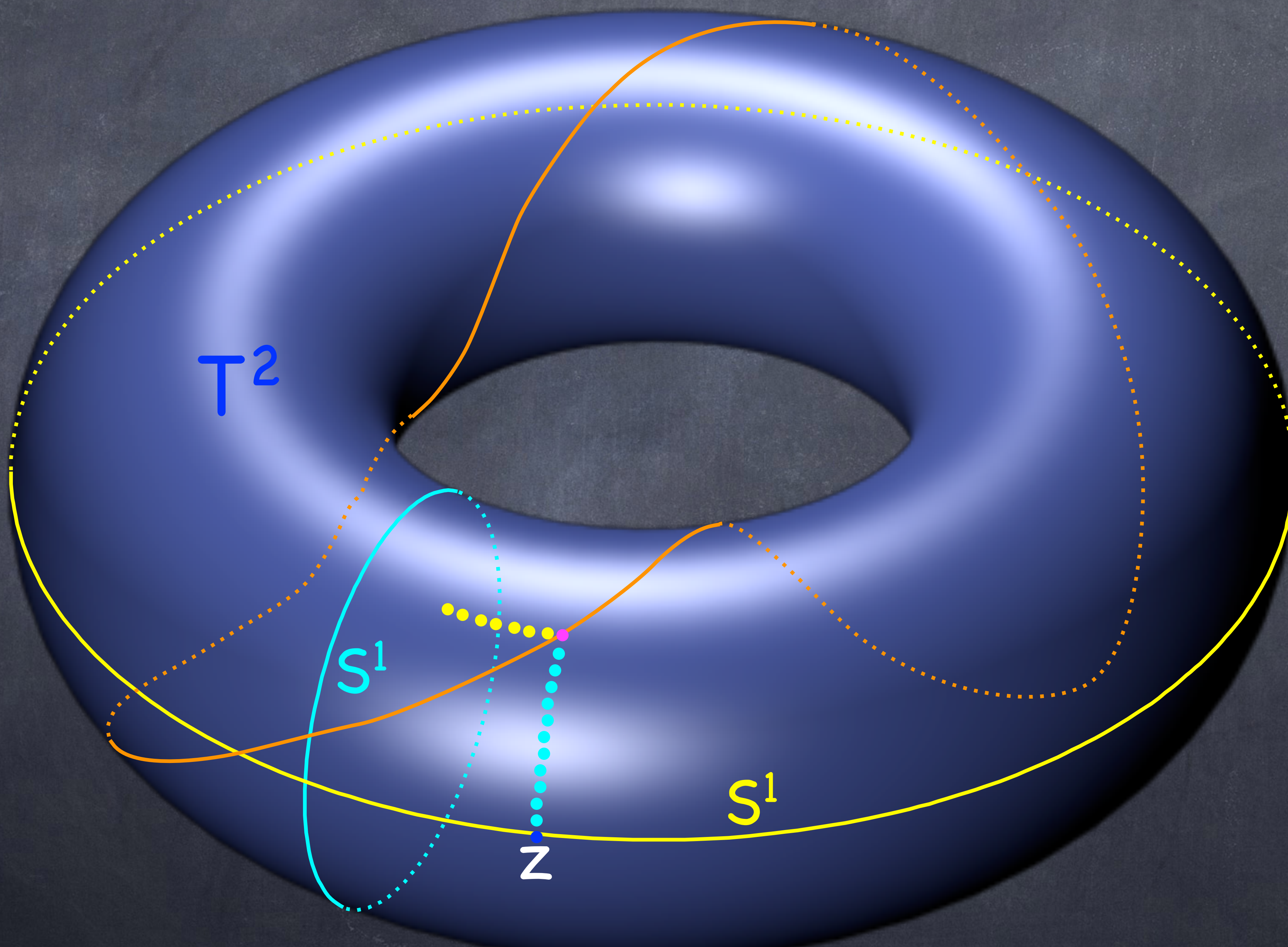
f を S^1 から S^1 への写像とする. z が S^1 全体を動くとき, T^2 の点 (z,f(z)) 全体からなる集合を f のグラフという.



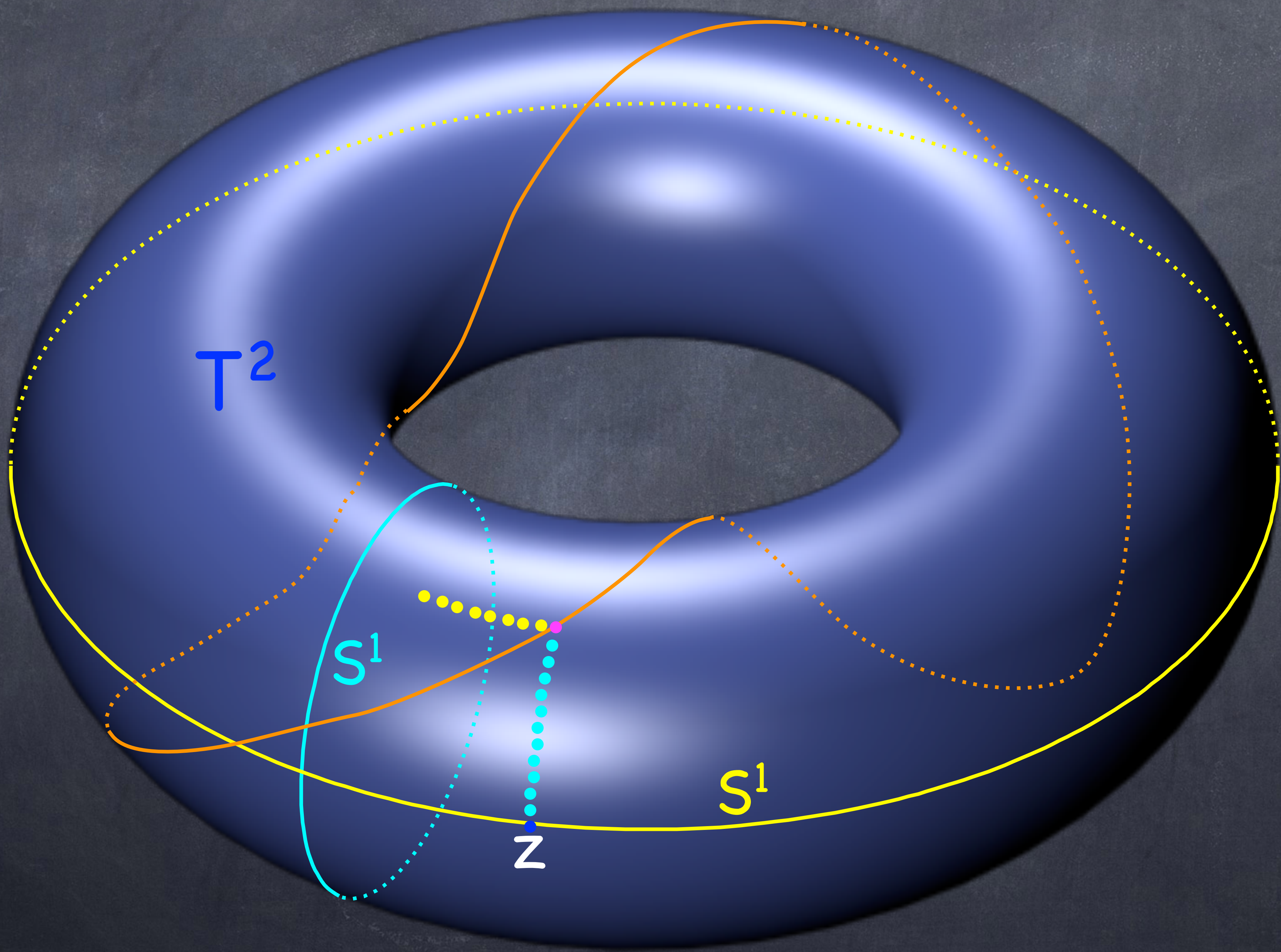
f を S^1 から S^1 への写像とする. z が S^1 全体を動くとき, T^2 の点 $(z,f(z))$ 全体からなる集合を f のグラフという.



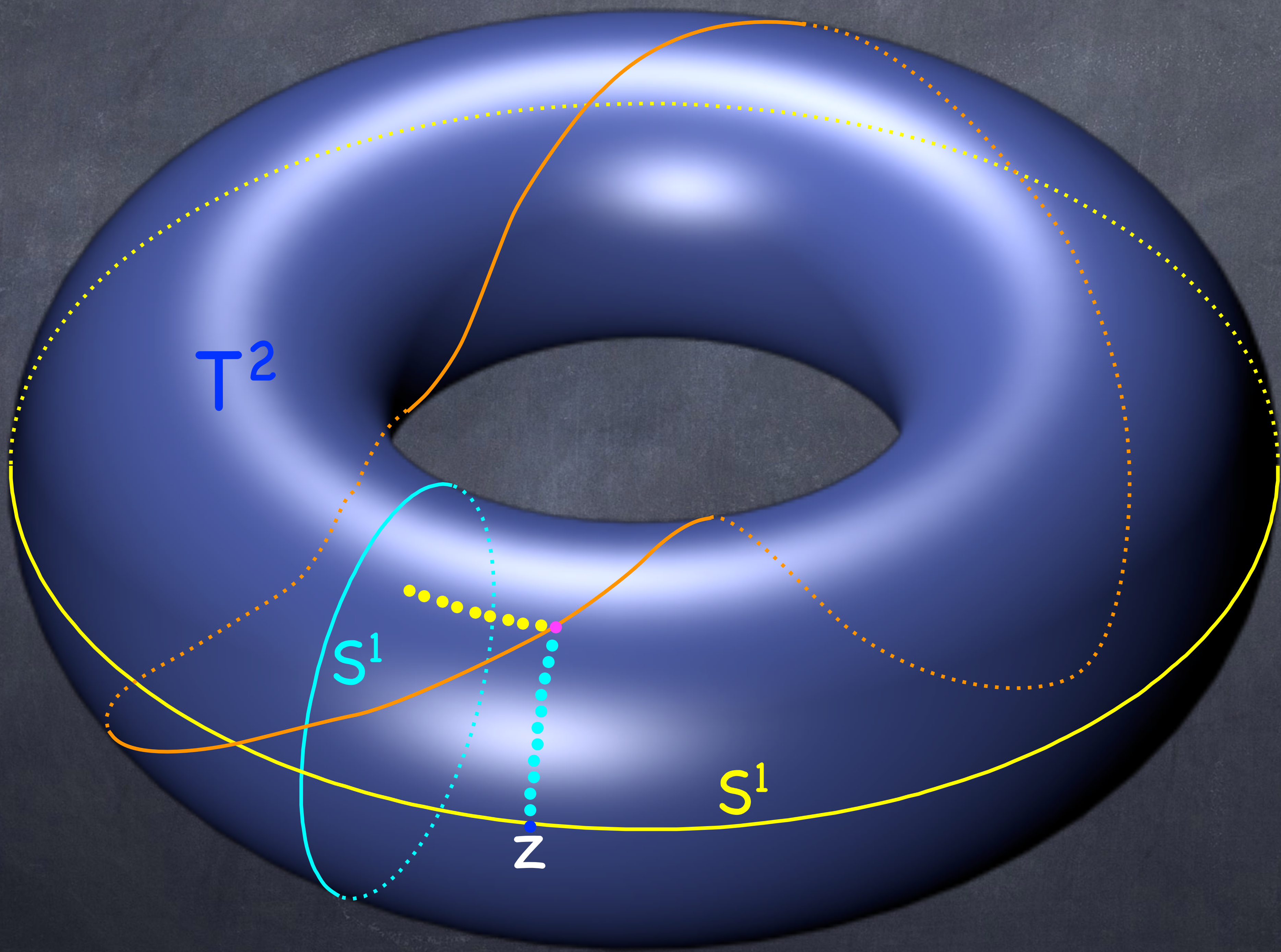
f を S^1 から S^1 への写像とする. z が S^1 全体を動くとき, T^2 の点 $(z,f(z))$ 全体からなる集合を f のグラフという.



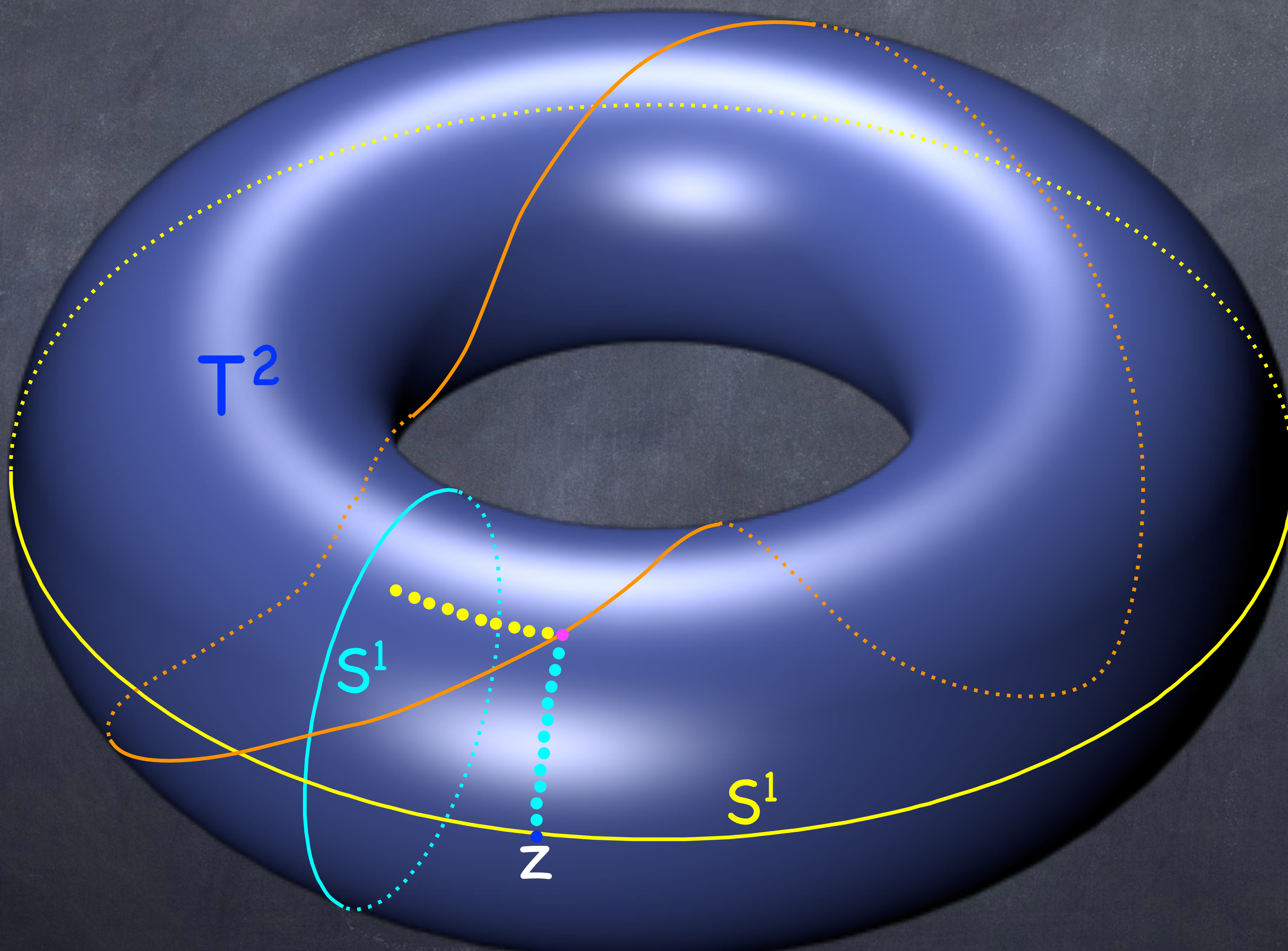
f を S^1 から S^1 への写像とする. z が S^1 全体を動くとき, T^2 の点 (z,f(z)) 全体からなる集合を f のグラフという.



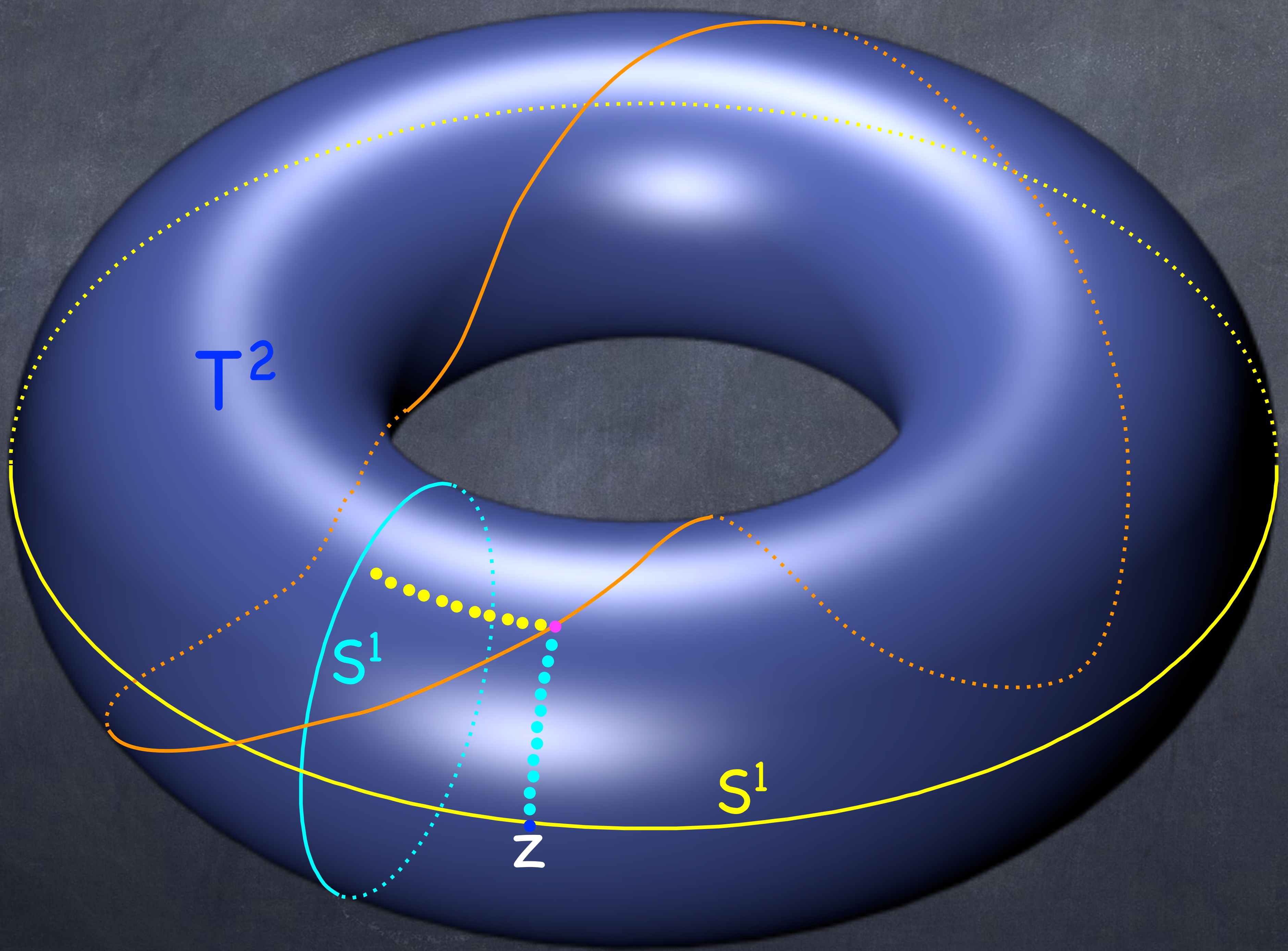
f を S^1 から S^1 への写像とする. z が S^1 全体を動くとき, T^2 の点 (z,f(z)) 全体からなる集合を f のグラフという.



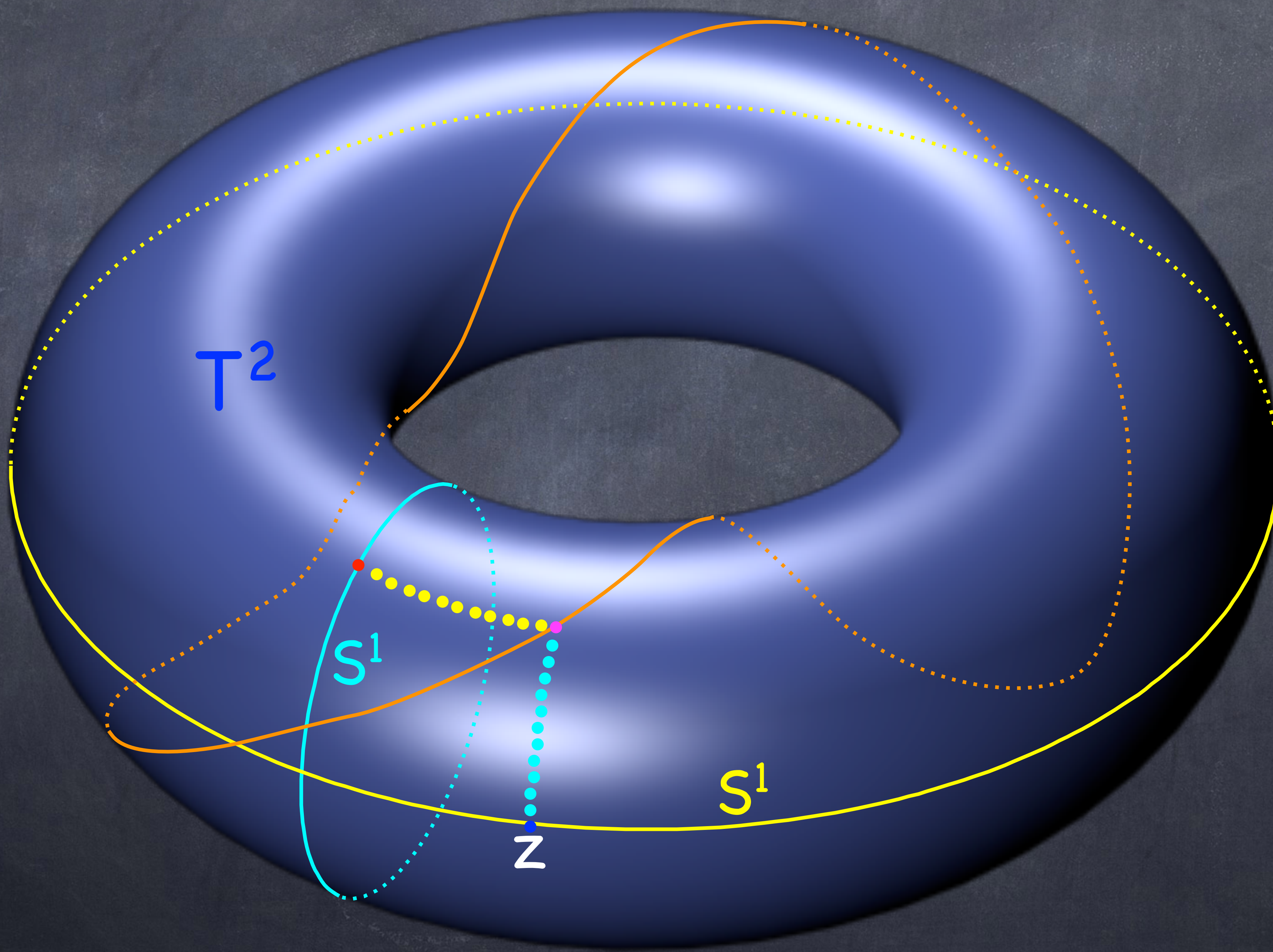
f を S^1 から S^1 への写像とする. z が S^1 全体を動くとき, T^2 の点 $(z,f(z))$ 全体からなる集合を f のグラフという.



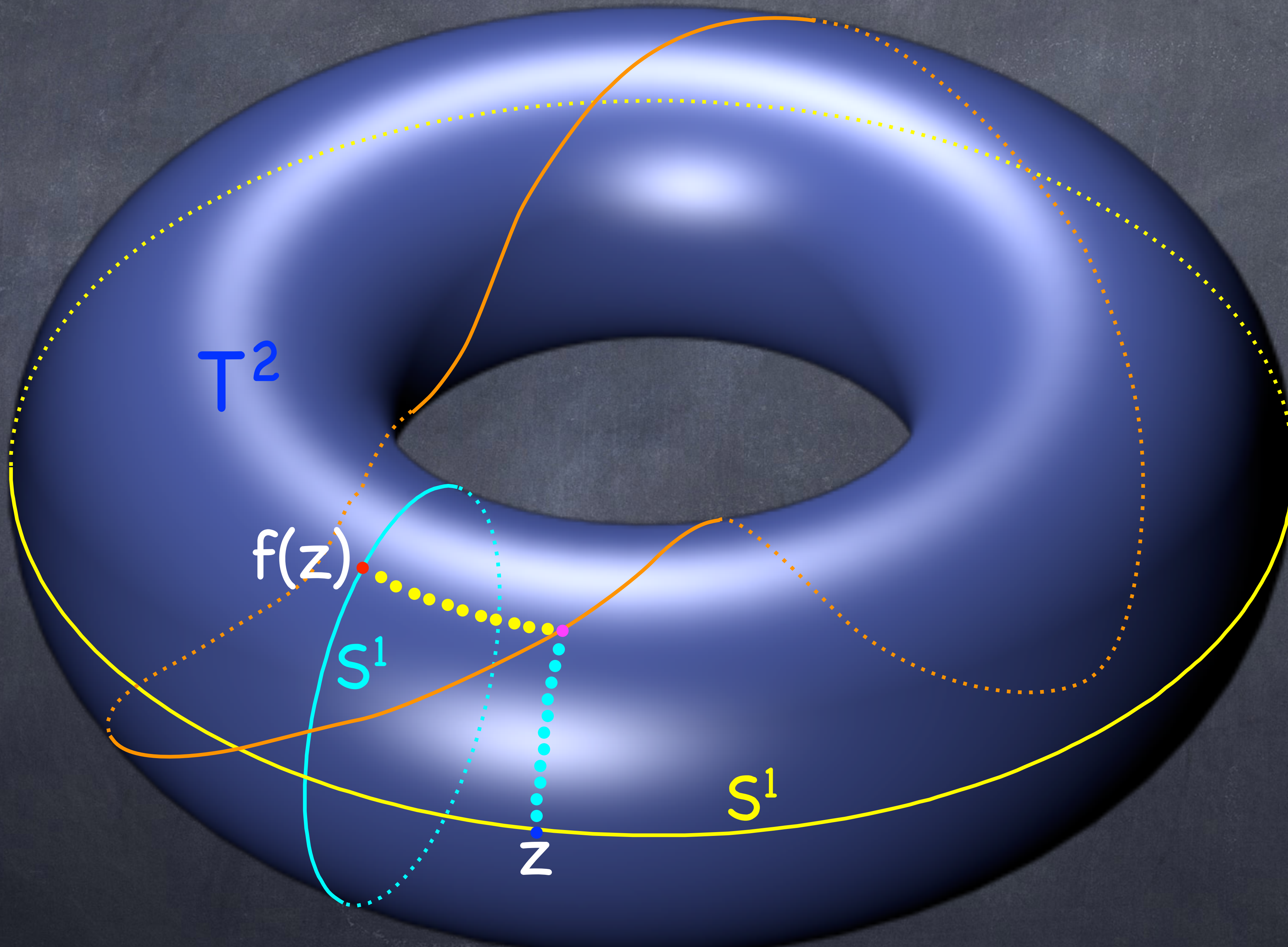
f を S^1 から S^1 への写像とする. z が S^1 全体を動くとき, T^2 の点 (z,f(z)) 全体からなる集合を f のグラフという.



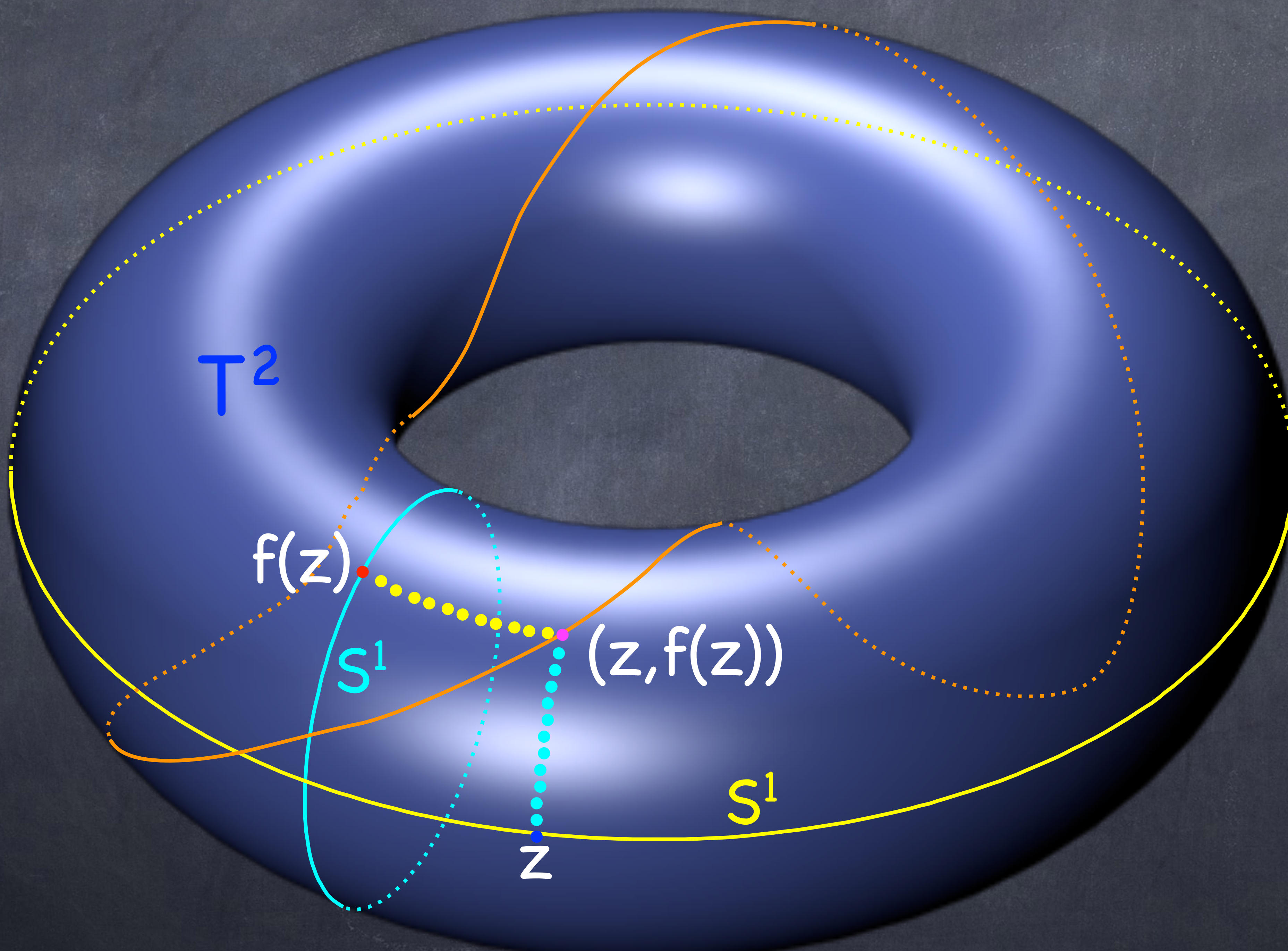
f を S^1 から S^1 への写像とする. z が S^1 全体を動くとき, T^2 の点 $(z,f(z))$ 全体からなる集合を f のグラフという.



f を S^1 から S^1 への写像とする. z が S^1 全体を動くとき, T^2 の点 $(z,f(z))$ 全体からなる集合を f のグラフという.



f を S^1 から S^1 への写像とする. z が S^1 全体を動くとき, T^2 の点 (z,f(z)) 全体からなる集合を f のグラフという.



写像の合成

写像の合成

fを集合Xから集合Yへの写像,

写像の合成

fを集合Xから集合Yへの写像, gを集合Yから集合Zへの写像とする.

写像の合成

fを集合Xから集合Yへの写像, gを集合Yから集合Zへの写像とする. Xの各要素xに対して,

写像の合成

f を集合 X から集合 Y への写像, g を集合 Y から集合 Z への写像とする. X の各要素 x に対して, Z の要素 $g(f(x))$ を対応させる X から Z への写像を

写像の合成

fを集合Xから集合Yへの写像, gを集合Yから集合Zへの写像とする. Xの各要素xに対して, Zの要素$g(f(x))$を対応させるXからZへの写像をfとgの**合成写像**といい,

写像の合成

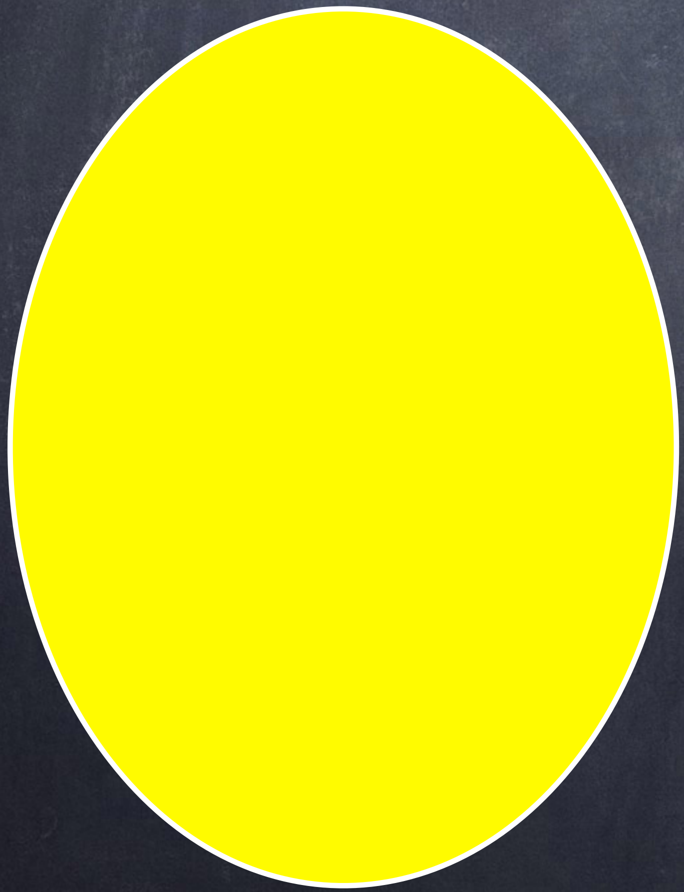
fを集合Xから集合Yへの写像, gを集合Yから集合Zへの写像とする. Xの各要素xに対して, Zの要素$g(f(x))$を対応させるXからZへの写像をfとgの合成写像といい, $g \circ f$ で表す.

写像の合成

fを集合Xから集合Yへの写像, gを集合Yから集合Zへの写像とする. Xの各要素xに対して, Zの要素$g(f(x))$を対応させるXからZへの写像をfとgの**合成写像**といい, $g \circ f$ で表す.

写像の合成

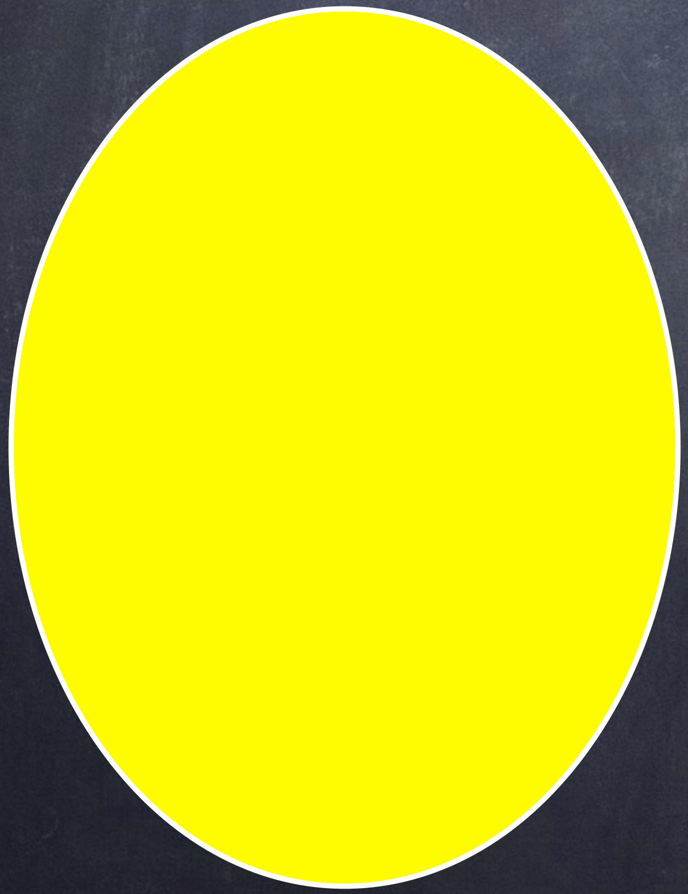
f を集合 X から集合 Y への写像, g を集合 Y から集合 Z への写像とする. X の各要素 x に対して, Z の要素 $g(f(x))$ を対応させる X から Z への写像を f と g の**合成写像**といい, $g\circ f$ で表す.



写像の合成

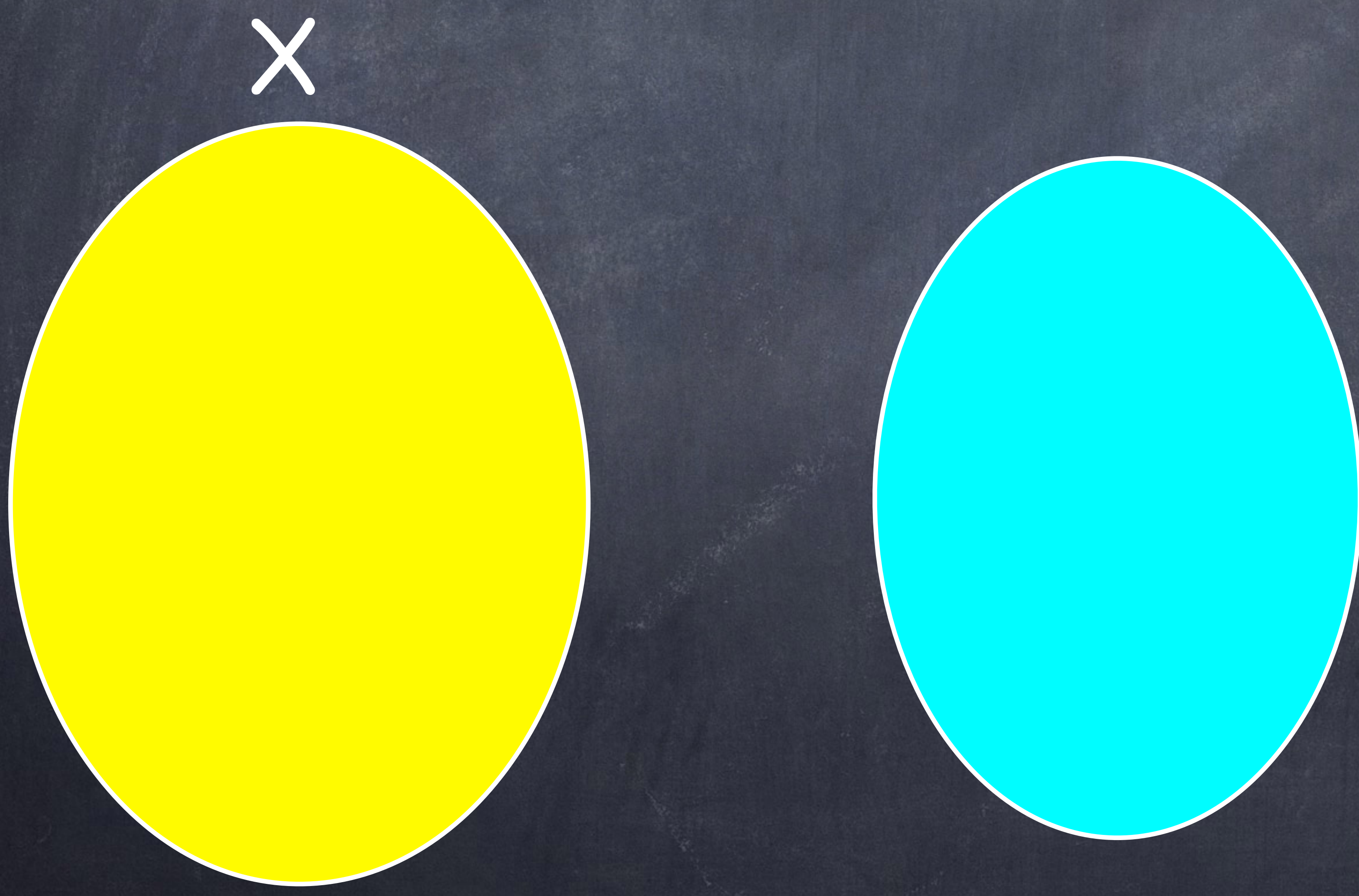
f を集合 X から集合 Y への写像, g を集合 Y から集合 Z への写像とする. X の各要素 x に対して, Z の要素 $g(f(x))$ を対応させる X から Z への写像を f と g の**合成写像**といい, $g \circ f$ で表す.

X



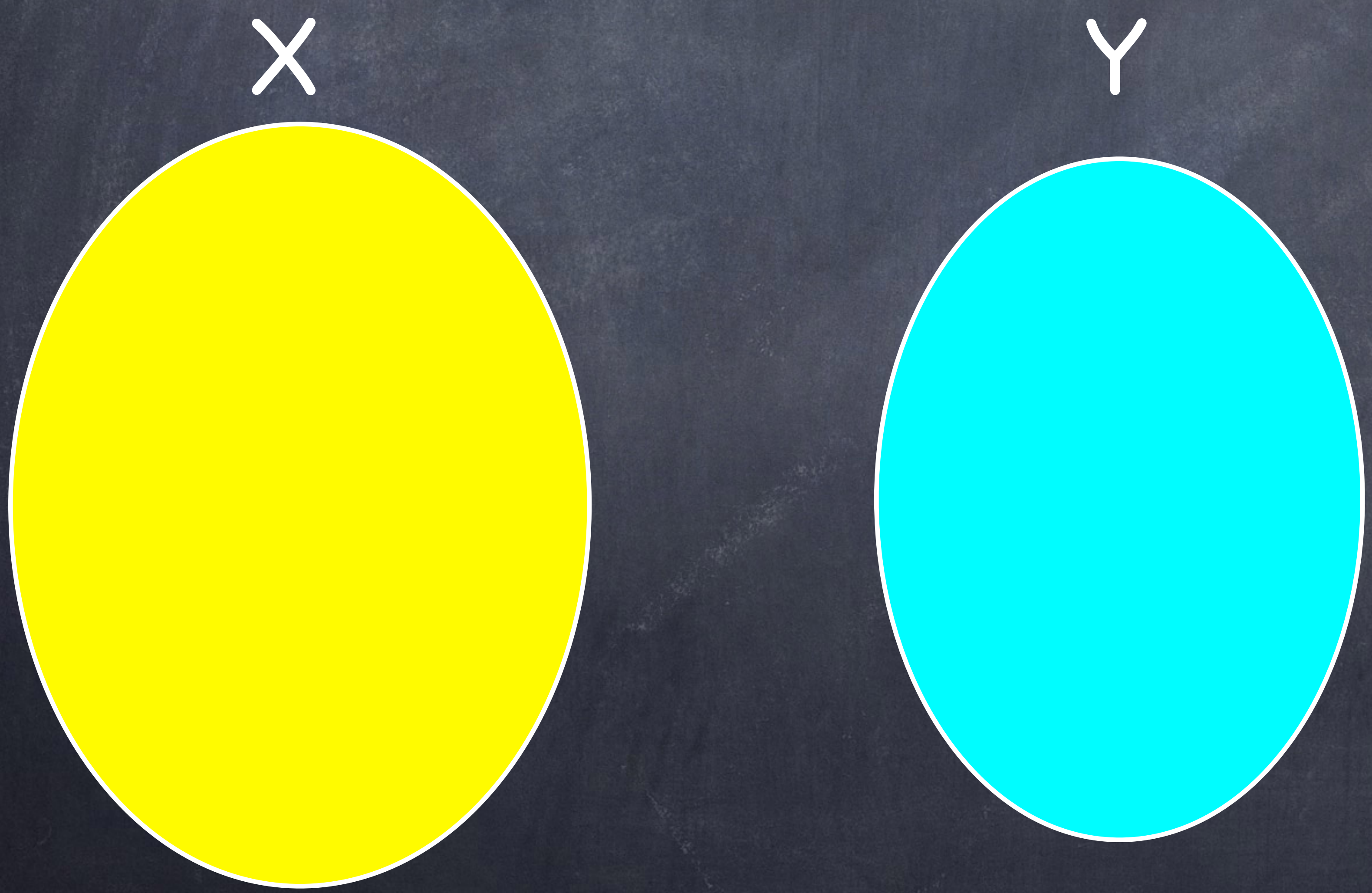
写像の合成

f を集合 X から集合 Y への写像, g を集合 Y から集合 Z への写像とする. X の各要素 x に対して, Z の要素 $g(f(x))$ を対応させる X から Z への写像を f と g の合成写像といい, $g \circ f$ で表す.



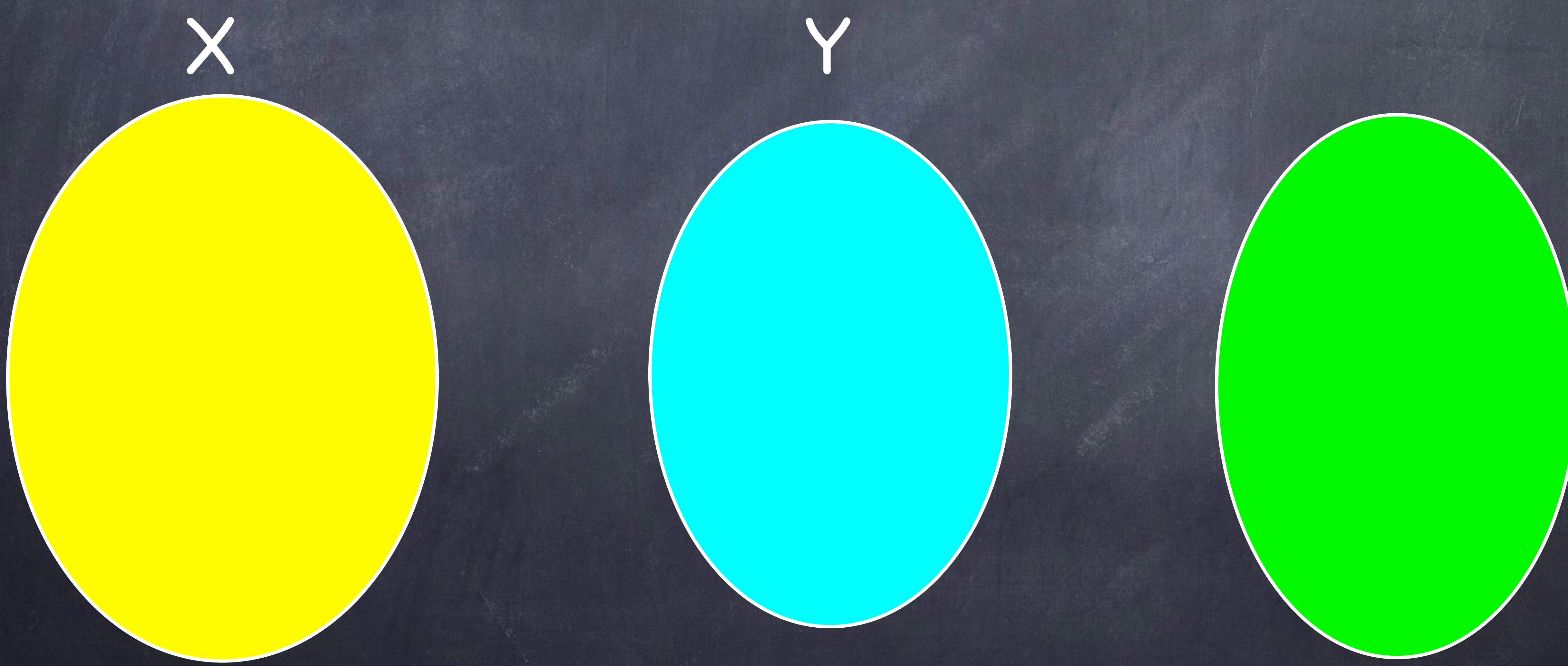
写像の合成

f を集合 X から集合 Y への写像, g を集合 Y から集合 Z への写像とする. X の各要素 x に対して, Z の要素 $g(f(x))$ を対応させる X から Z への写像を f と g の**合成写像**といい, $g \circ f$ で表す.



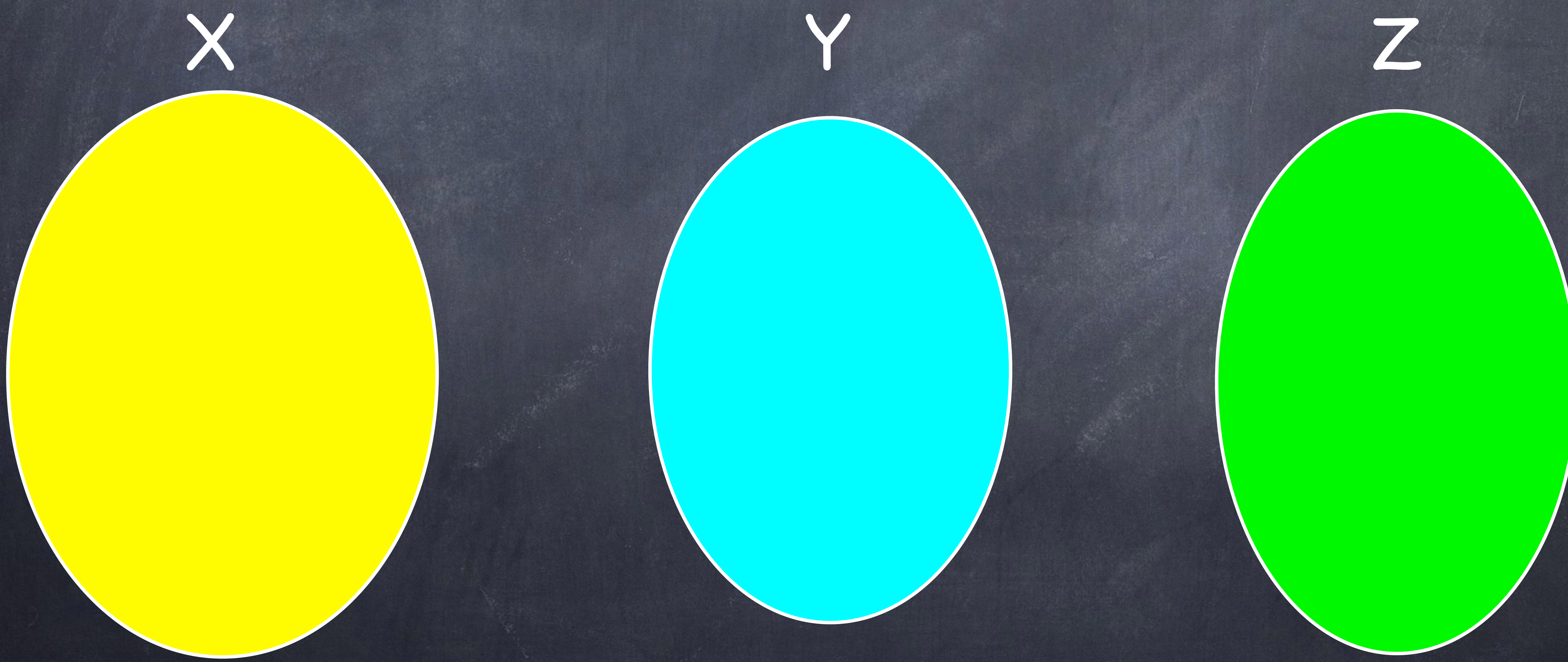
写像の合成

fを集合Xから集合Yへの写像, gを集合Yから集合Zへの写像とする. Xの各要素xに対して, Zの要素$g(f(x))$を対応させるXからZへの写像をfとgの**合成写像**といい, $g \circ f$ で表す.



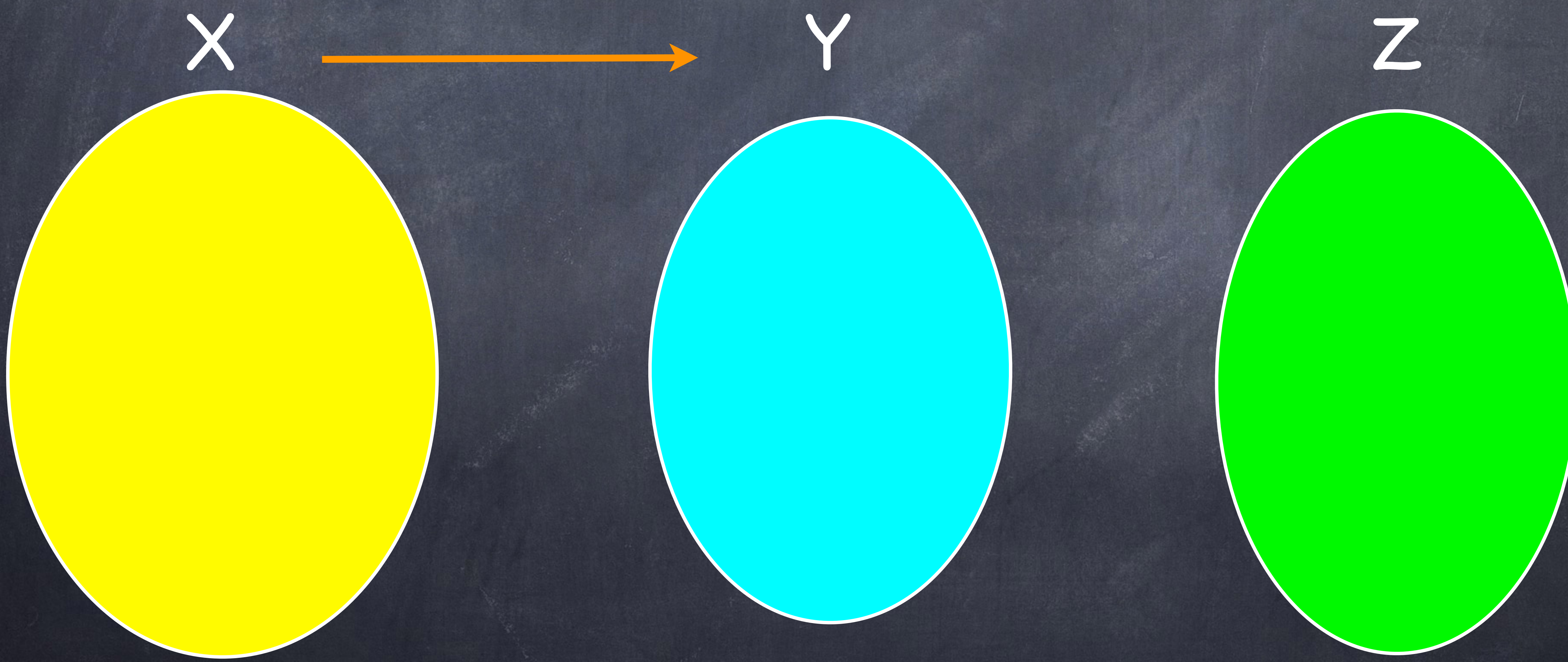
写像の合成

fを集合Xから集合Yへの写像，gを集合Yから集合Zへの写像とする．Xの各要素xに対して，Zの要素$g(f(x))$を対応させるXからZへの写像をfとgの**合成写像**といい，$g \circ f$ で表す．



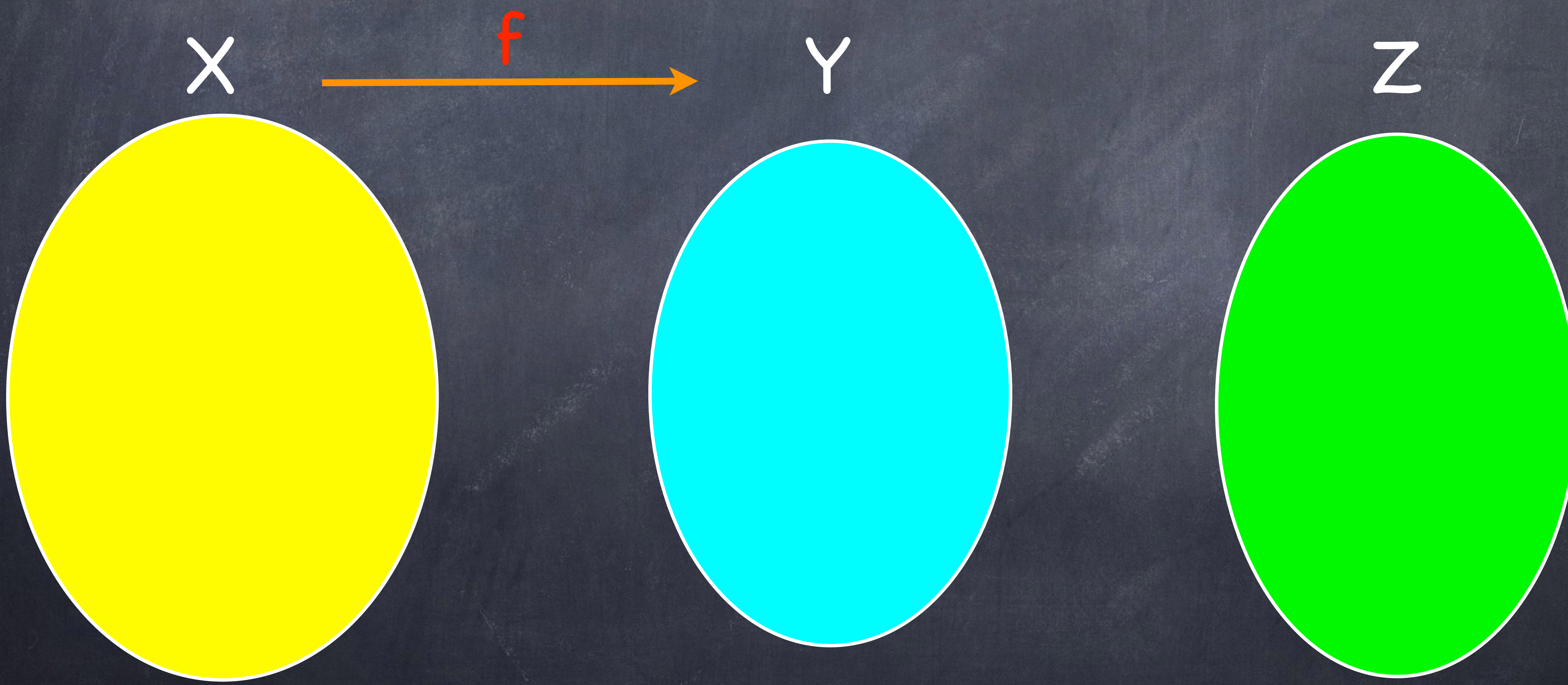
写像の合成

fを集合Xから集合Yへの写像，gを集合Yから集合Zへの写像とする．Xの各要素xに対して，Zの要素g(f(x))を対応させるXからZへの写像をfとgの**合成写像**といい，$g \circ f$ で表す．



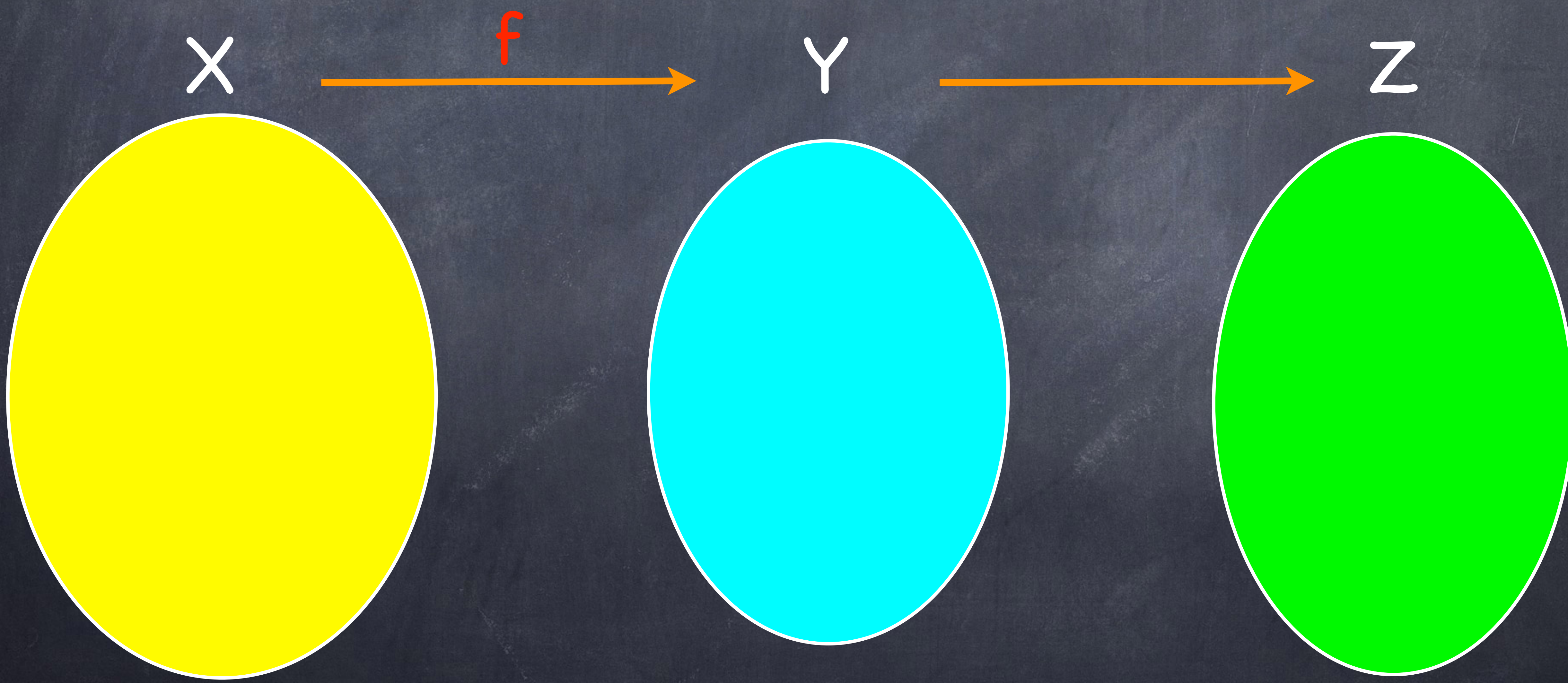
写像の合成

f を集合 X から集合 Y への写像, g を集合 Y から集合 Z への写像とする. X の各要素 x に対して, Z の要素 $g(f(x))$ を対応させる X から Z への写像を f と g の**合成写像**といい, $g \circ f$ で表す.



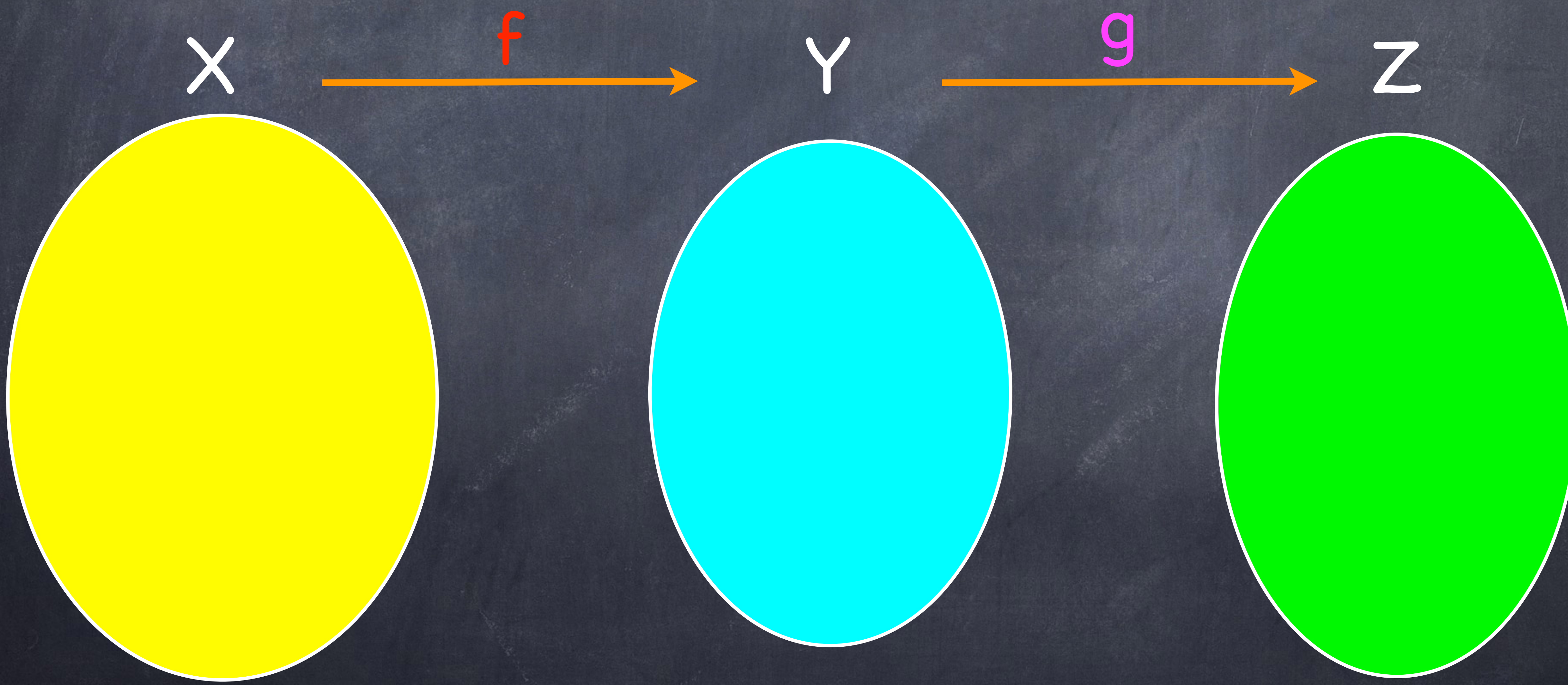
写像の合成

fを集合Xから集合Yへの写像, gを集合Yから集合Zへの写像とする. Xの各要素xに対して, Zの要素$g(f(x))$を対応させるXからZへの写像をfとgの**合成写像**といい, $g \circ f$ で表す.



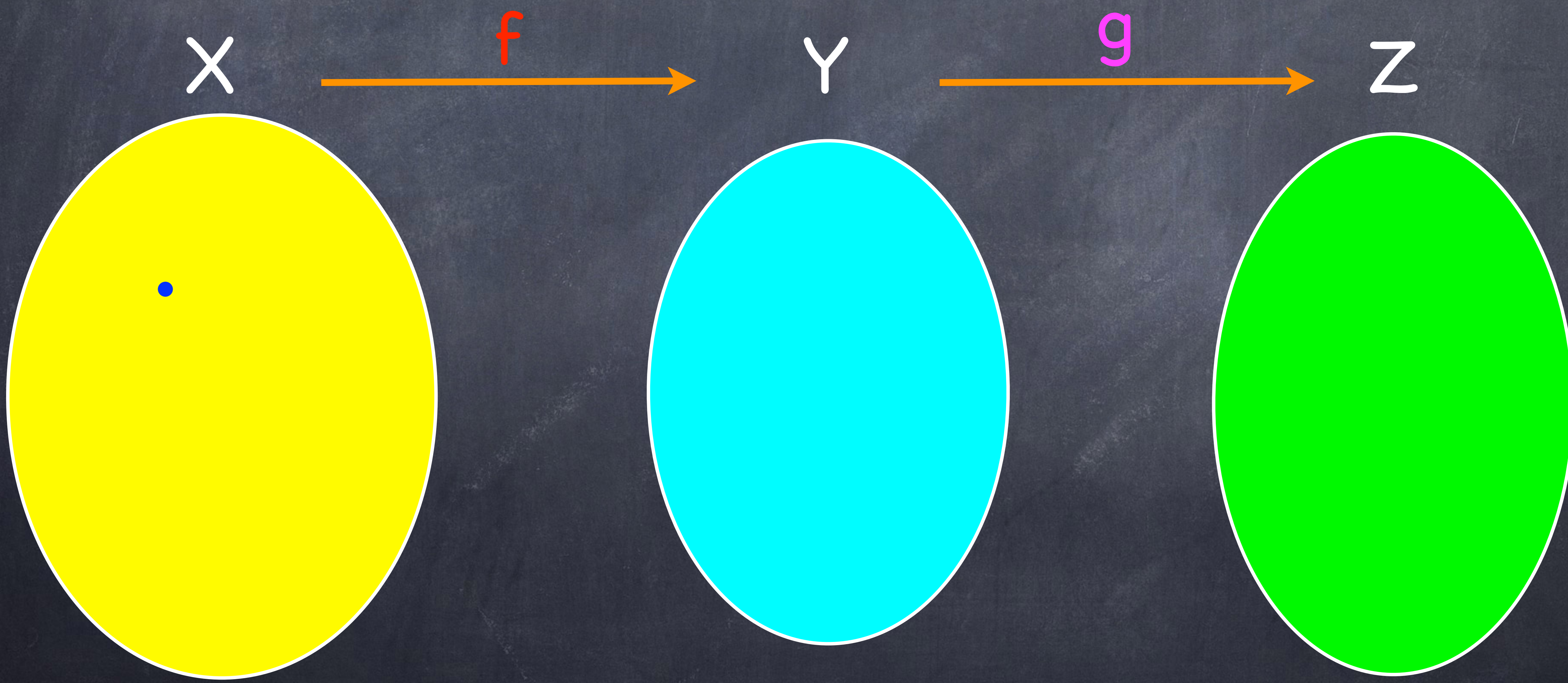
写像の合成

f を集合 X から集合 Y への写像, g を集合 Y から集合 Z への写像とする. X の各要素 x に対して, Z の要素 $g(f(x))$ を対応させる X から Z への写像を f と g の**合成写像**といい, $g \circ f$ で表す.



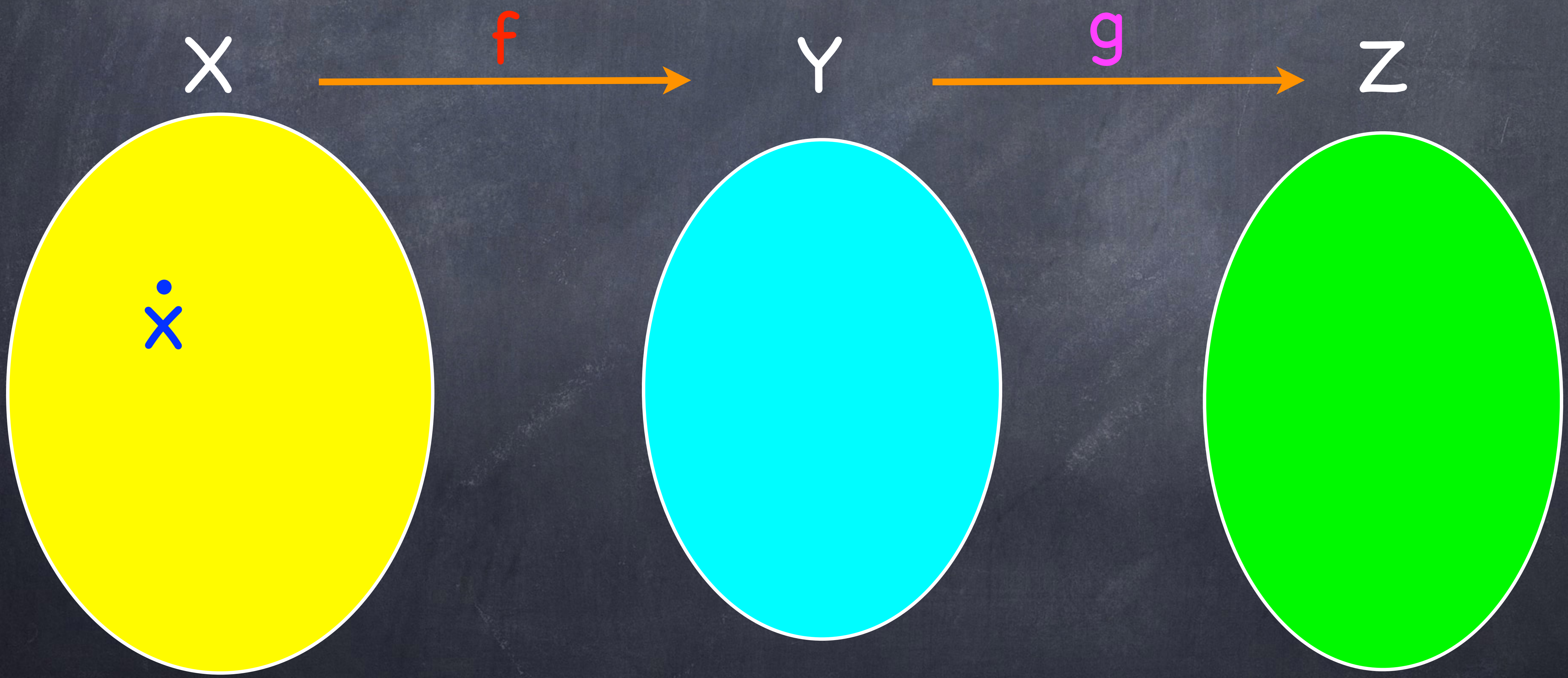
写像の合成

fを集合Xから集合Yへの写像, gを集合Yから集合Zへの写像とする. Xの各要素xに対して, Zの要素g(f(x))を対応させるXからZへの写像をfとgの合成写像といい, g∘f で表す.



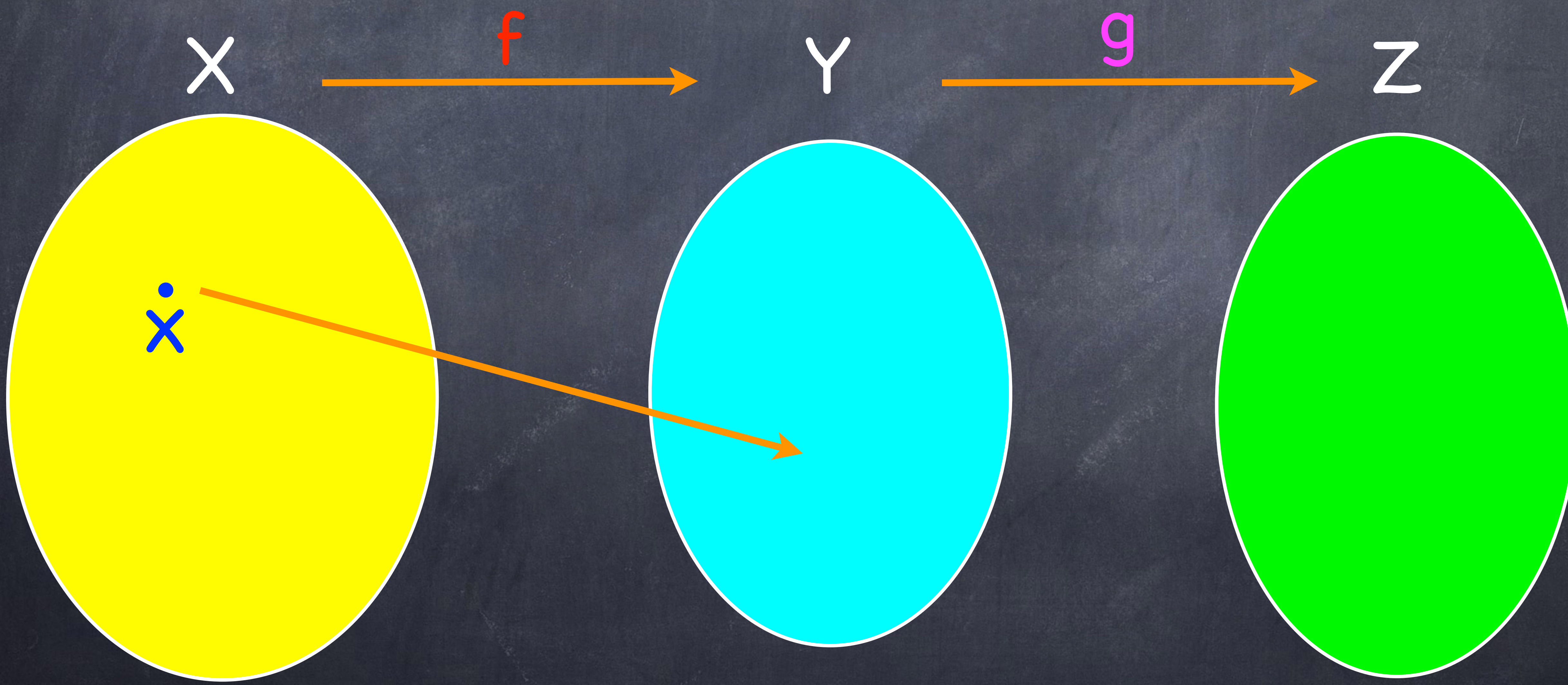
写像の合成

f を集合 X から集合 Y への写像, g を集合 Y から集合 Z への写像とする. X の各要素 x に対して, Z の要素 g(f(x)) を対応させる X から Z への写像を f と g の合成写像といい, g∘f で表す.



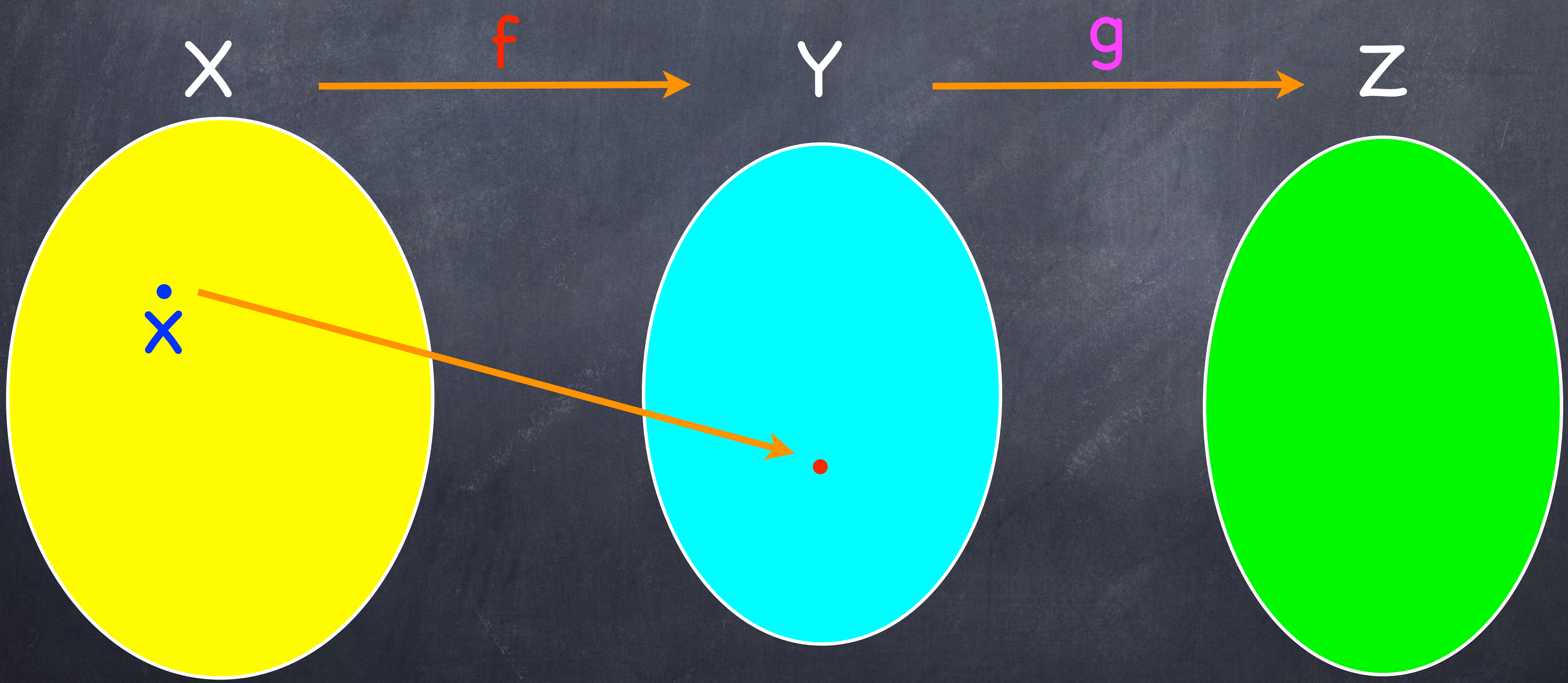
写像の合成

fを集合Xから集合Yへの写像, gを集合Yから集合Zへの写像とする. Xの各要素xに対して, Zの要素g(f(x))を対応させるXからZへの写像をfとgの**合成写像**といい, g∘f で表す.



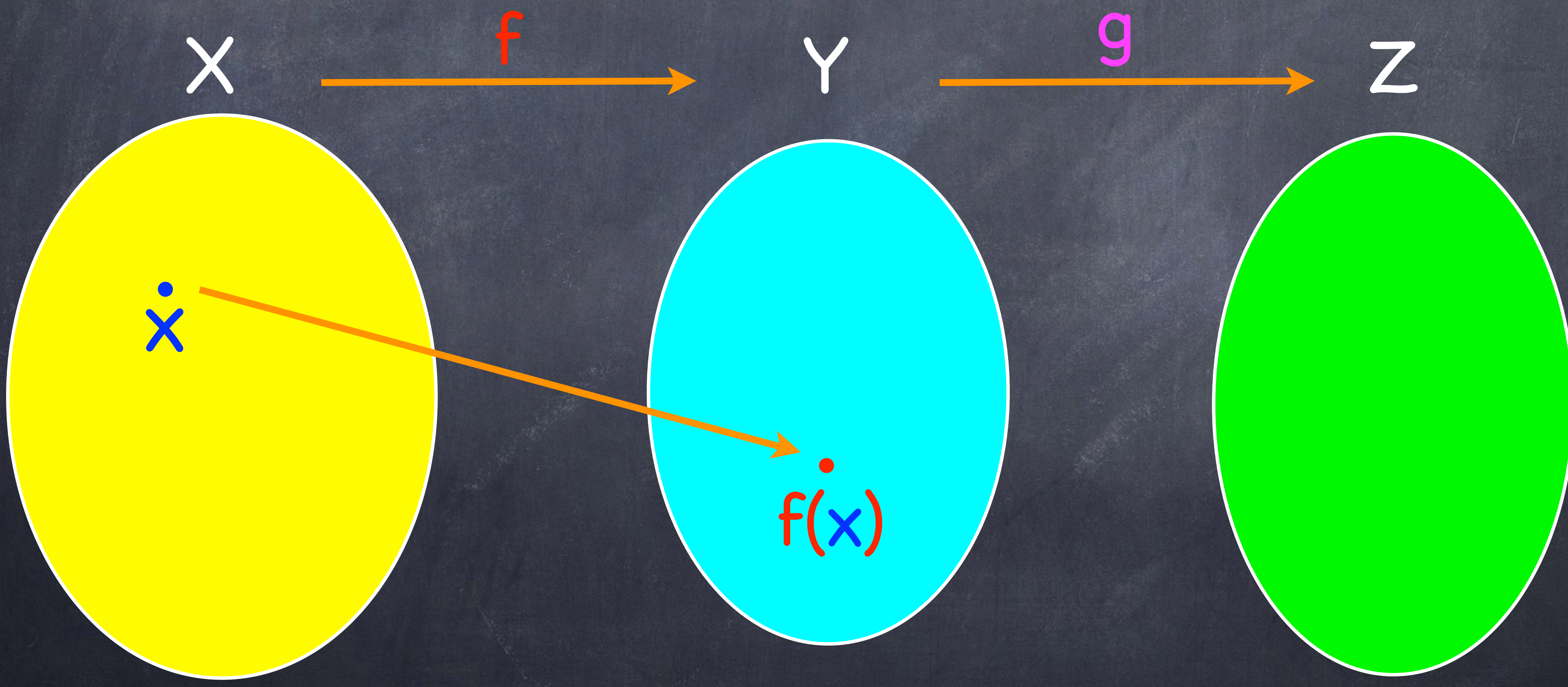
写像の合成

fを集合Xから集合Yへの写像, gを集合Yから集合Zへの写像とする. Xの各要素xに対して, Zの要素g(f(x))を対応させるXからZへの写像をfとgの**合成写像**といい, g∘f で表す.



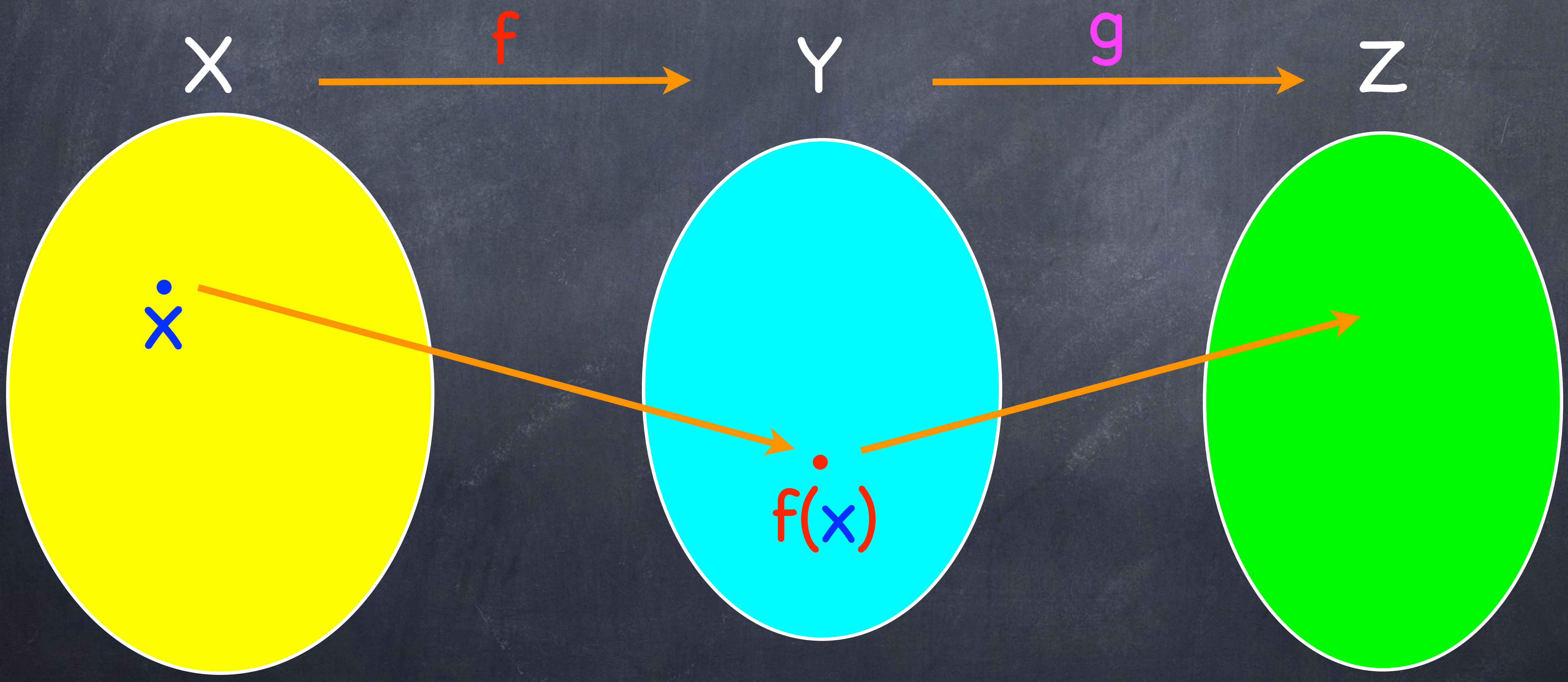
写像の合成

fを集合Xから集合Yへの写像, gを集合Yから集合Zへの写像とする. Xの各要素xに対して, Zの要素g(f(x))を対応させるXからZへの写像をfとgの合成写像といい, g∘f で表す.



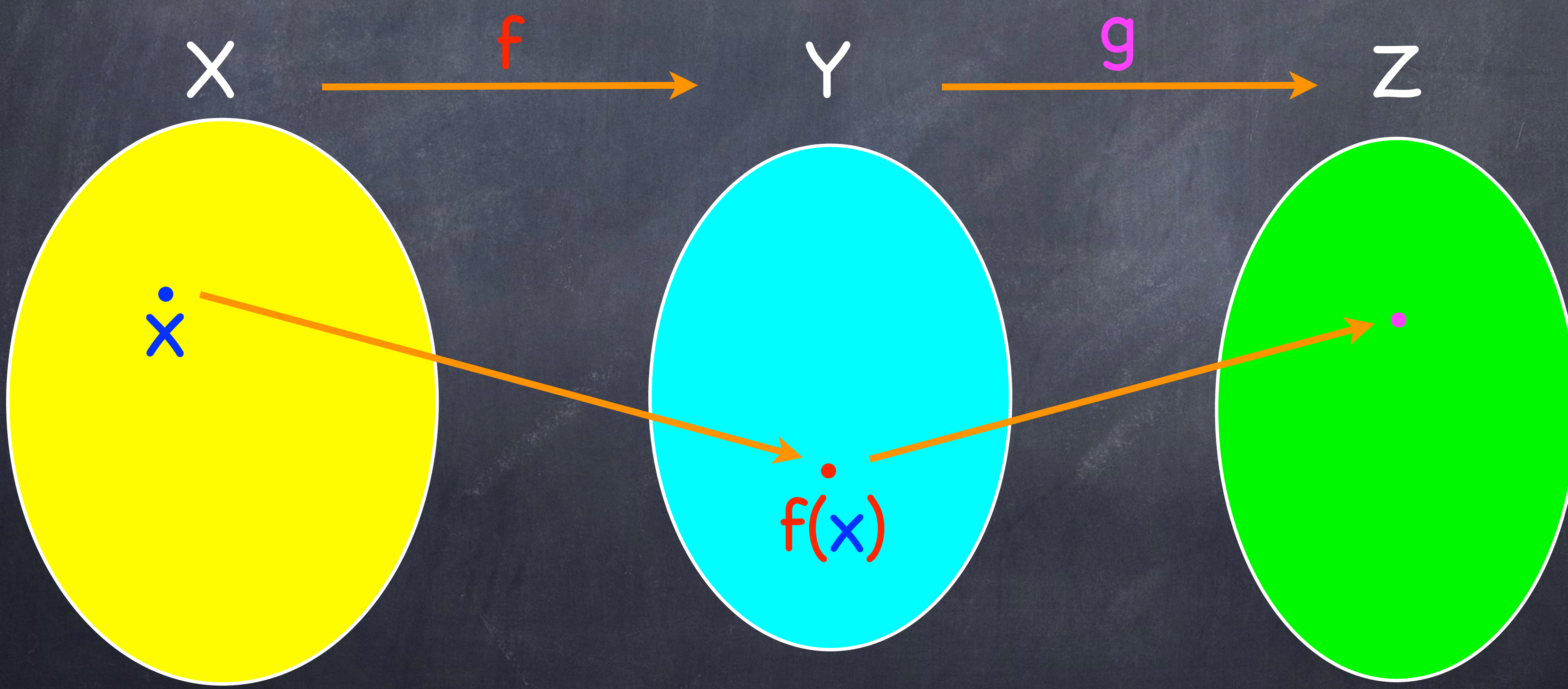
写像の合成

fを集合Xから集合Yへの写像, gを集合Yから集合Zへの写像とする. Xの各要素xに対して, Zの要素g(f(x))を対応させるXからZへの写像をfとgの合成写像といい, g∘f で表す.



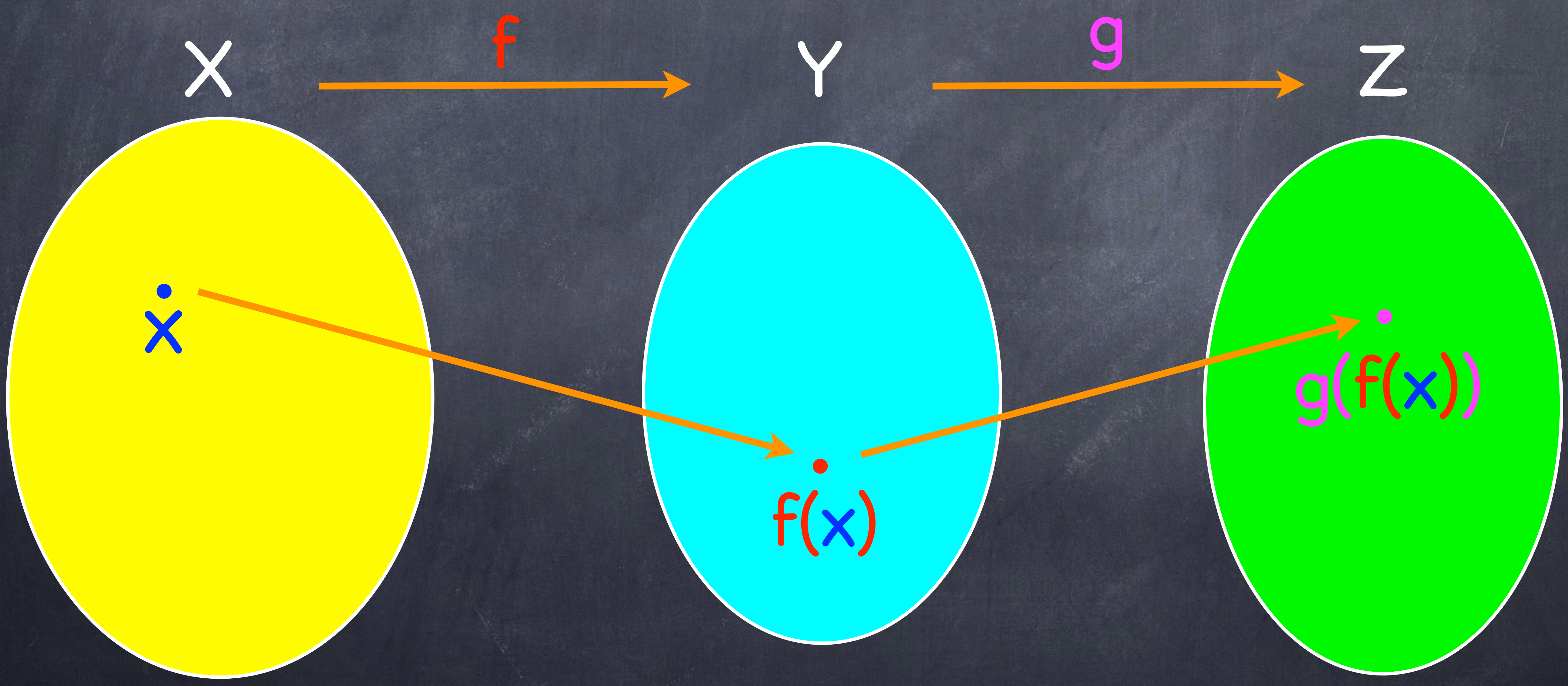
写像の合成

fを集合Xから集合Yへの写像, gを集合Yから集合Zへの写像とする. Xの各要素xに対して, Zの要素g(f(x))を対応させるXからZへの写像をfとgの**合成写像**といい, g∘f で表す.



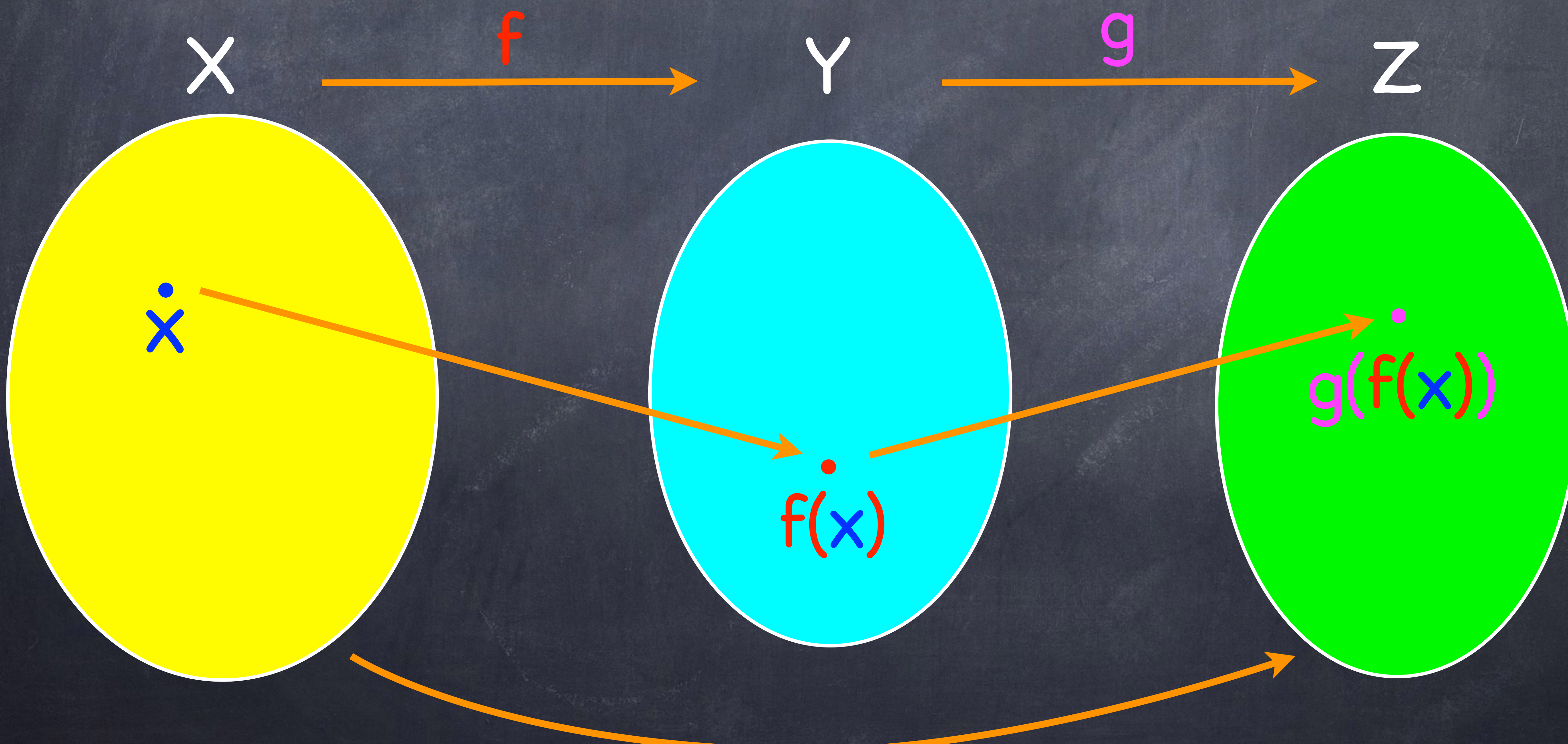
写像の合成

f を集合 X から集合 Y への写像, g を集合 Y から集合 Z への写像とする. X の各要素 x に対して, Z の要素 g(f(x)) を対応させる X から Z への写像を f と g の合成写像といい, g∘f で表す.



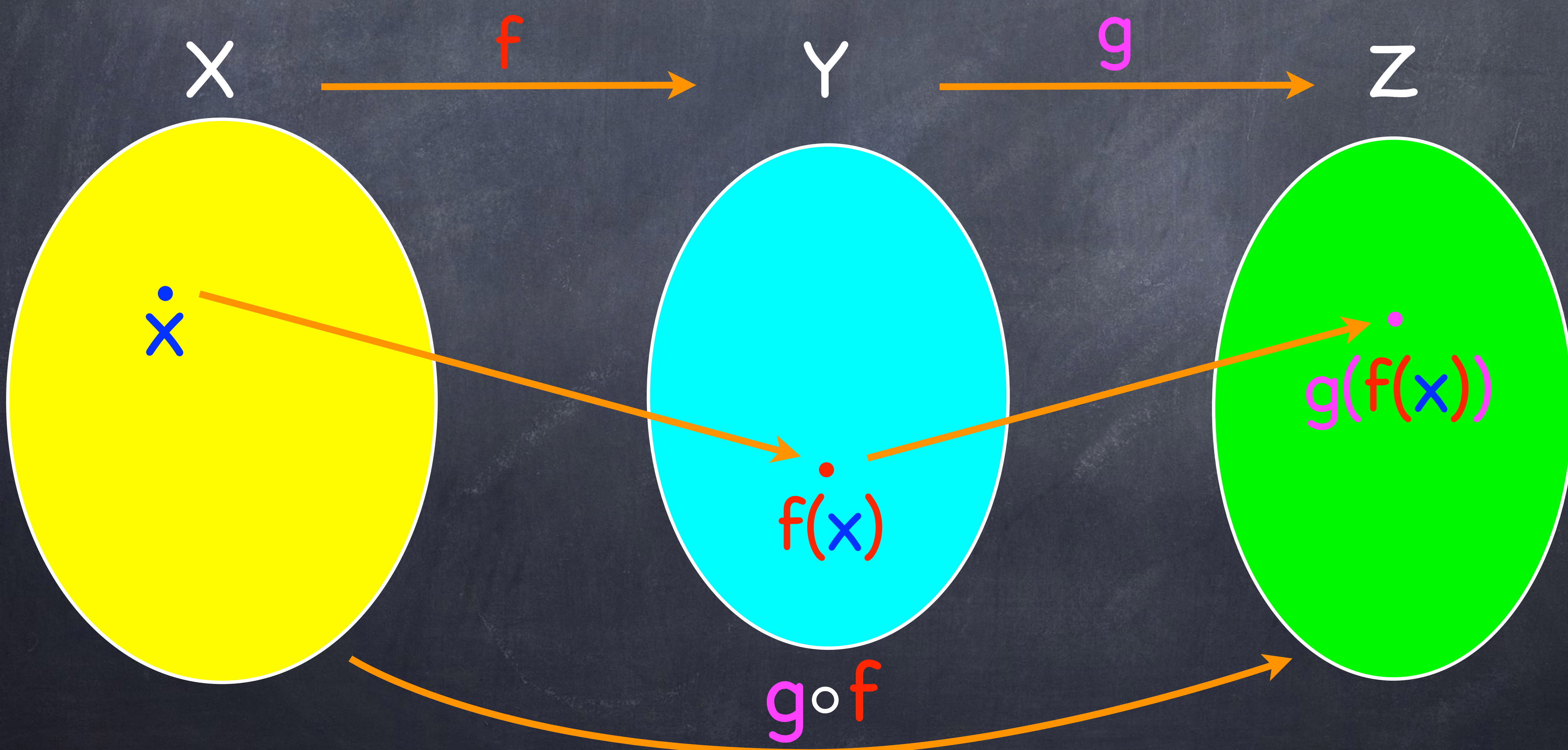
写像の合成

fを集合Xから集合Yへの写像, gを集合Yから集合Zへの写像とする. Xの各要素xに対して, Zの要素g(f(x))を対応させるXからZへの写像をfとgの**合成写像**といい, g∘f で表す.



写像の合成

fを集合 X から集合 Y への写像, g を集合 Y から集合 Z への写像とする. X の各要素 x に対して, Z の要素 $g(f(x))$ を対応させる X から Z への写像を f と g の合成写像といい, $g \circ f$ で表す.



恒等写像

恒等写像

集合 X の各要素 x を x 自身に対応させる,

恒等写像

集合Xの各要素xをx自身に対応させる, XからXへの写像を

恒等写像

集合Xの各要素xをx自身に対応させる,XからXへの写像をXの恒等写像と呼び,

恒等写像

集合 X の各要素 x を x 自身に対応させる, X から X への写像を X の恒等写像と呼び, id_X または 1_X で表す.

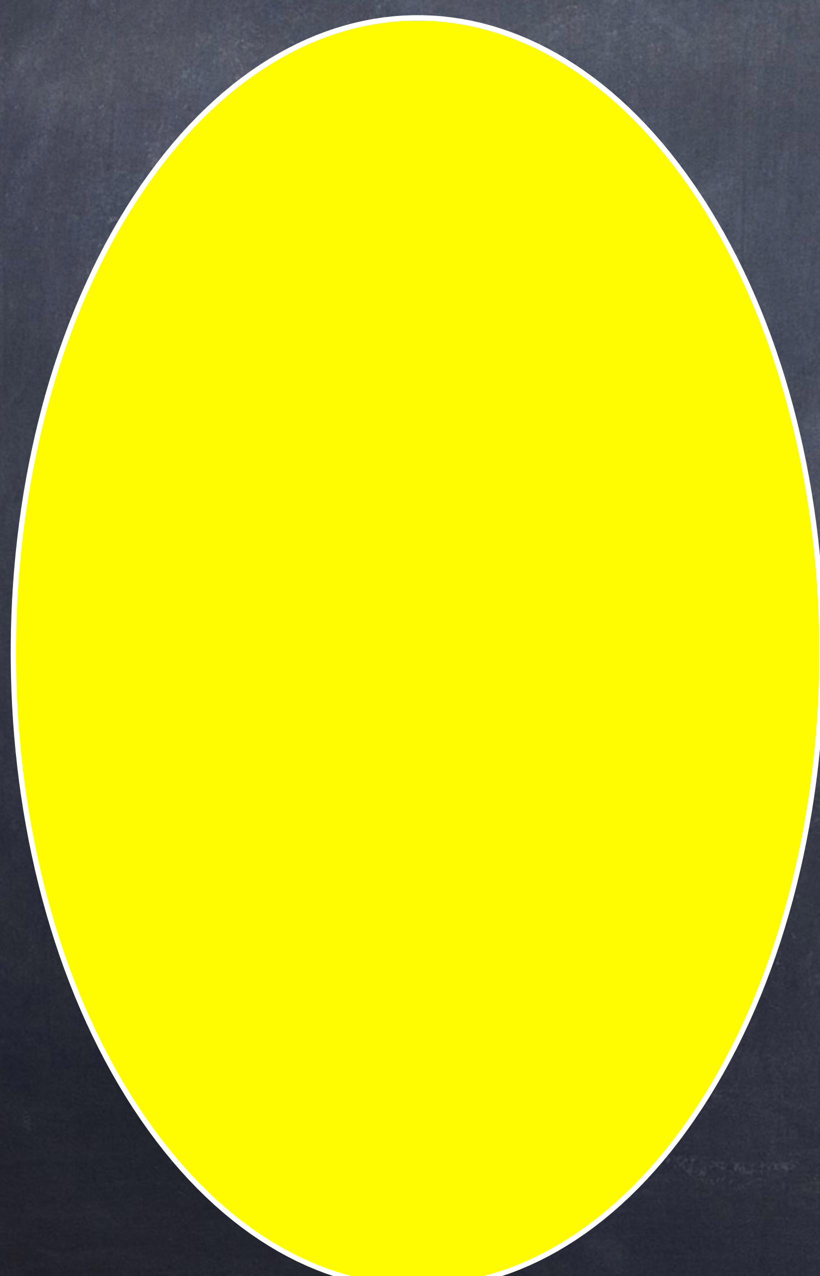
恒等写像

集合 X の各要素 x を x 自身に対応させる, X から X への写像を X の恒等写像と呼び, id_X または 1_X で表す.

恒等写像

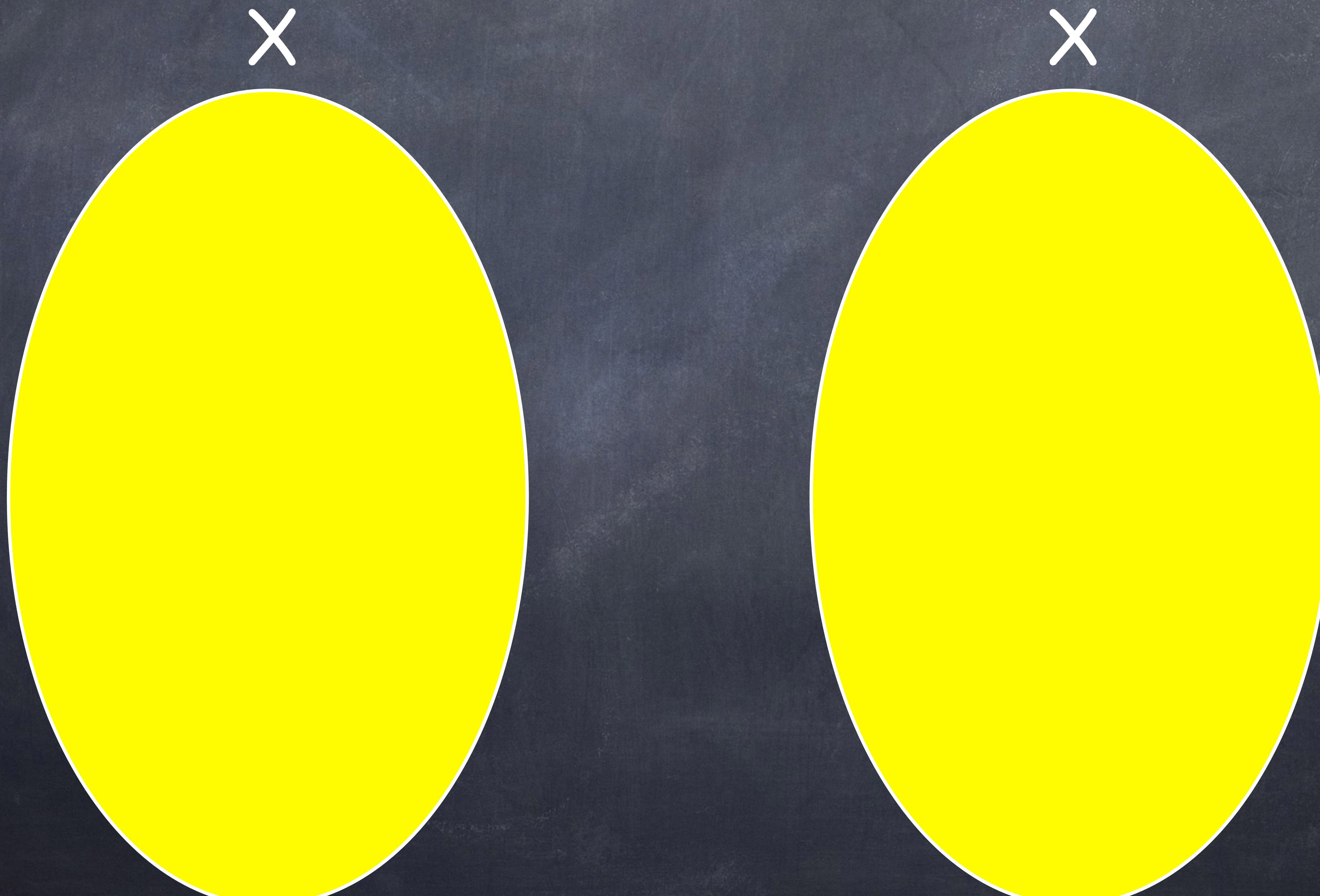
集合 X の各要素 x を x 自身に対応させる, X から X への写像を X の恒等写像と呼び, id_X または 1_X で表す.

X



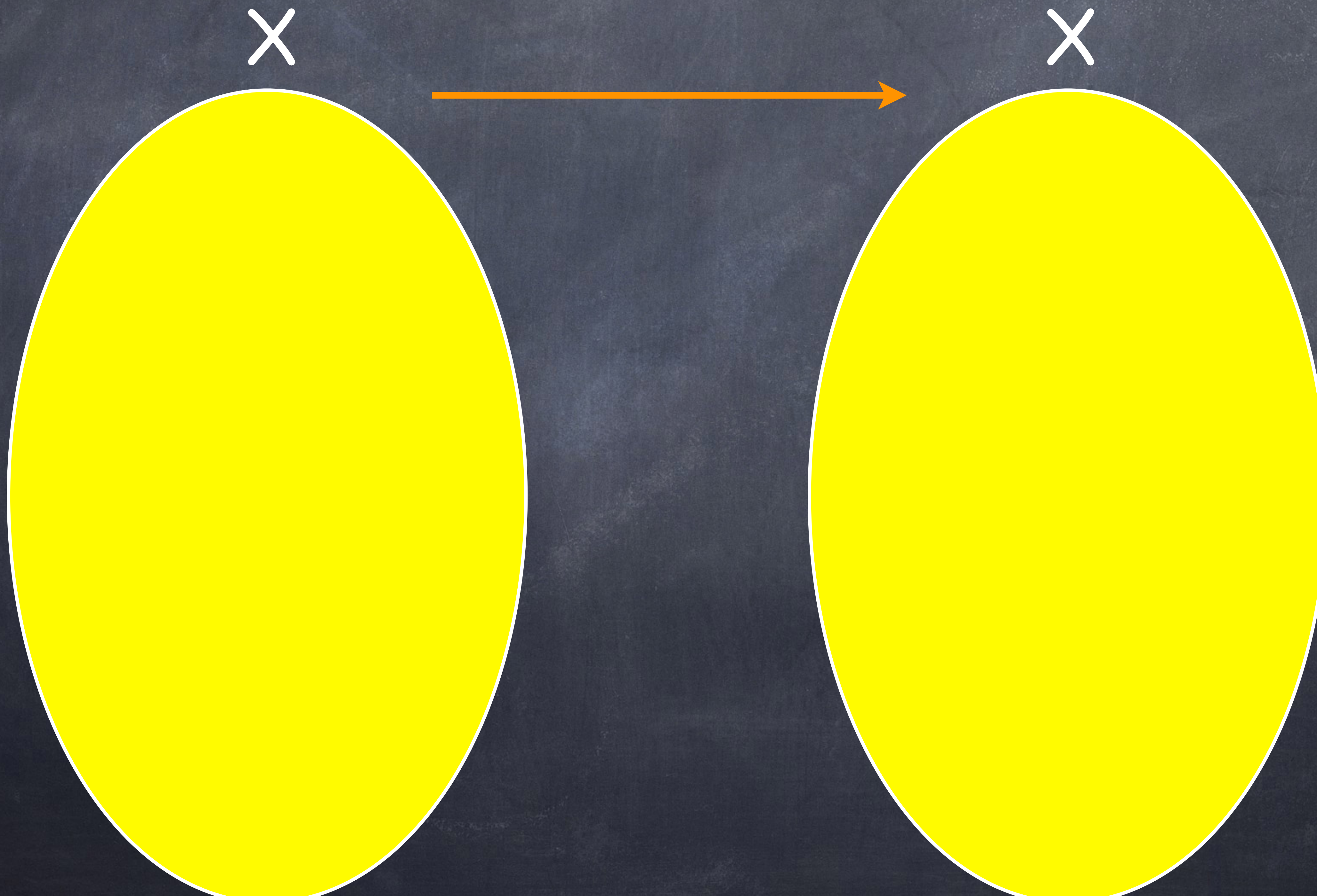
恒等写像

集合Xの各要素xをx自身に対応させる, XからXへの写像をXの恒等写像と呼び, id_X または 1_X で表す.



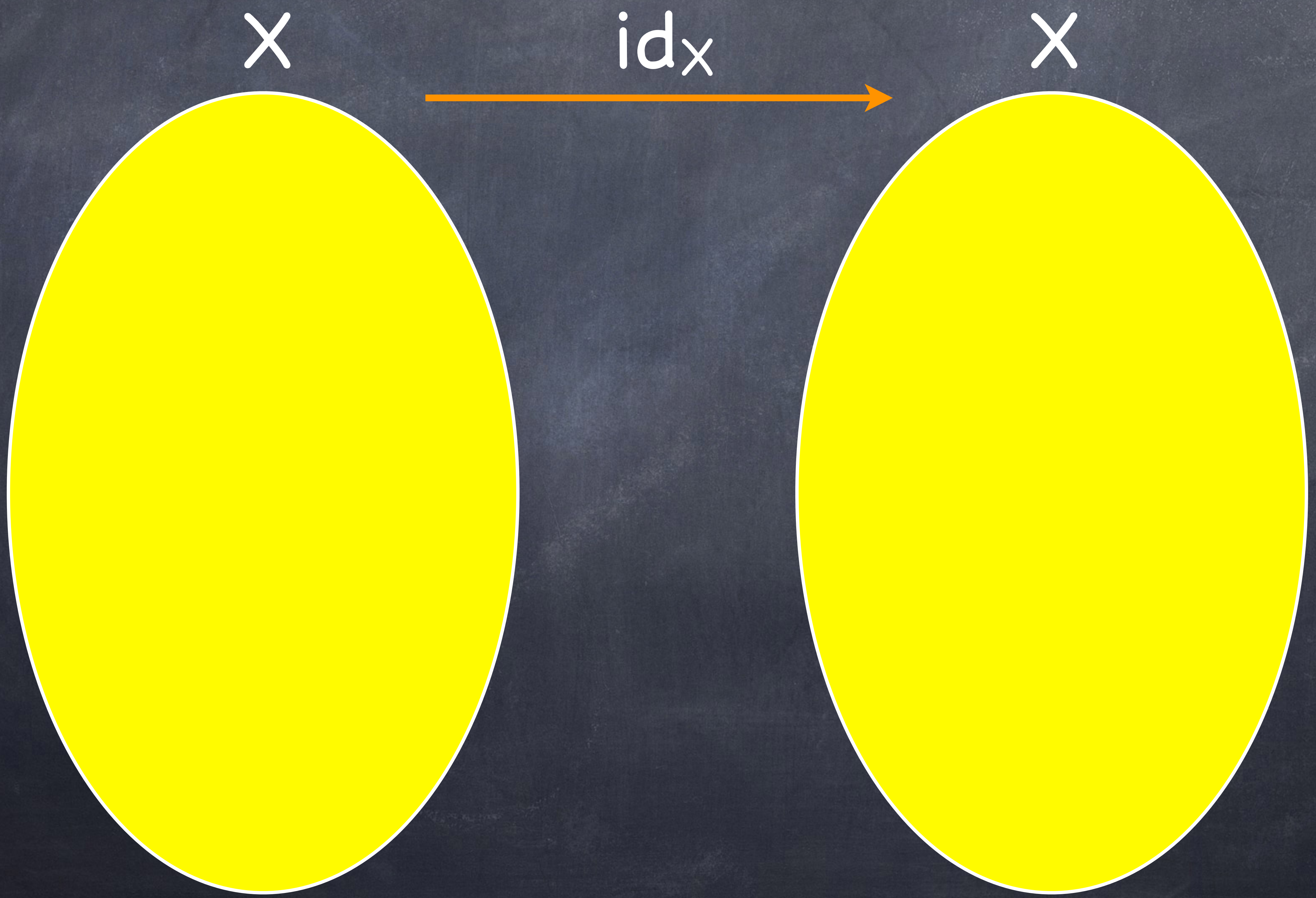
恒等写像

集合 X の各要素 x を x 自身に対応させる, X から X への写像を X の恒等写像と呼び, id_X または 1_X で表す.



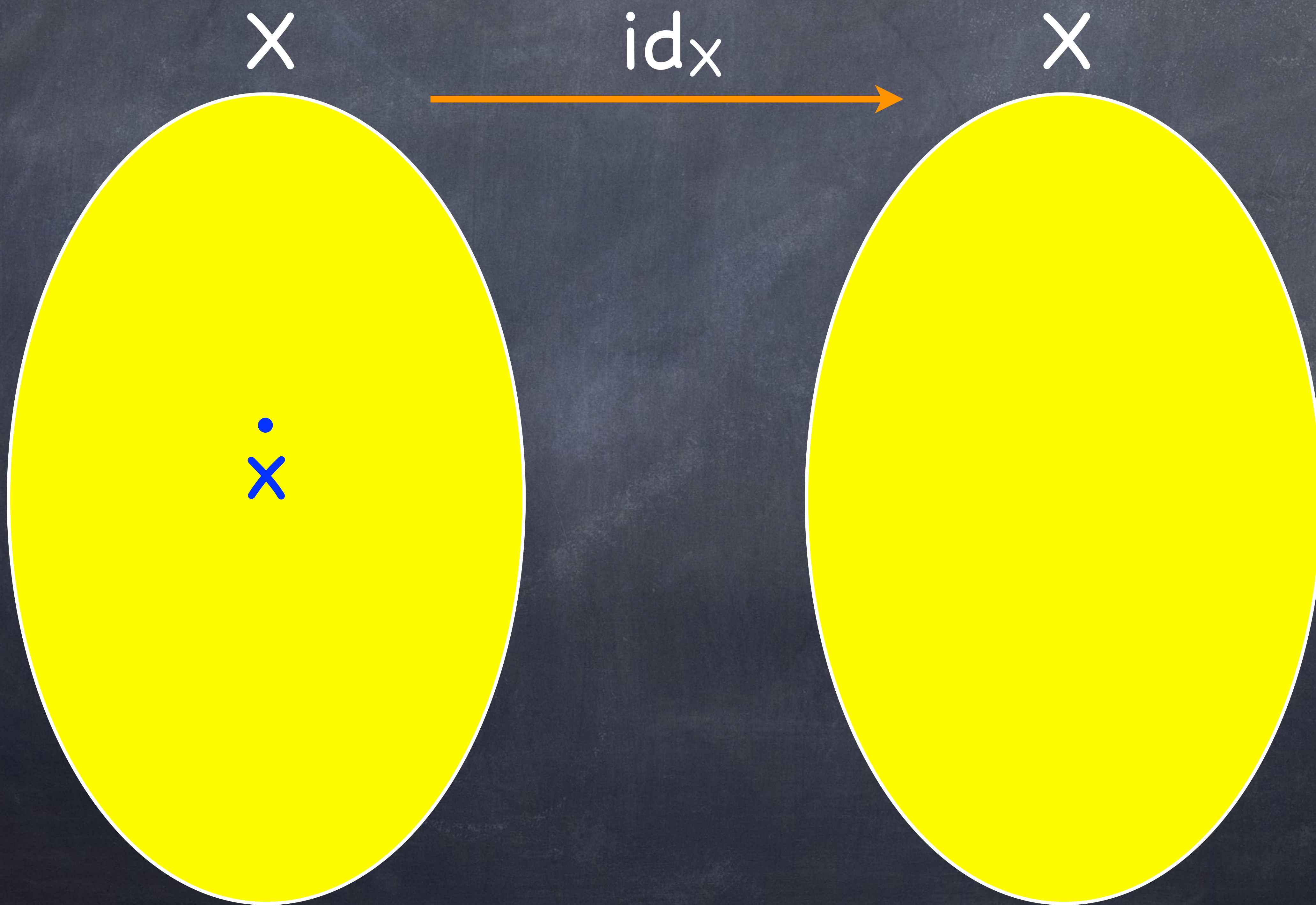
恒等写像

集合 X の各要素 x を x 自身に対応させる, X から X への写像を X の恒等写像と呼び, id_X または 1_X で表す.



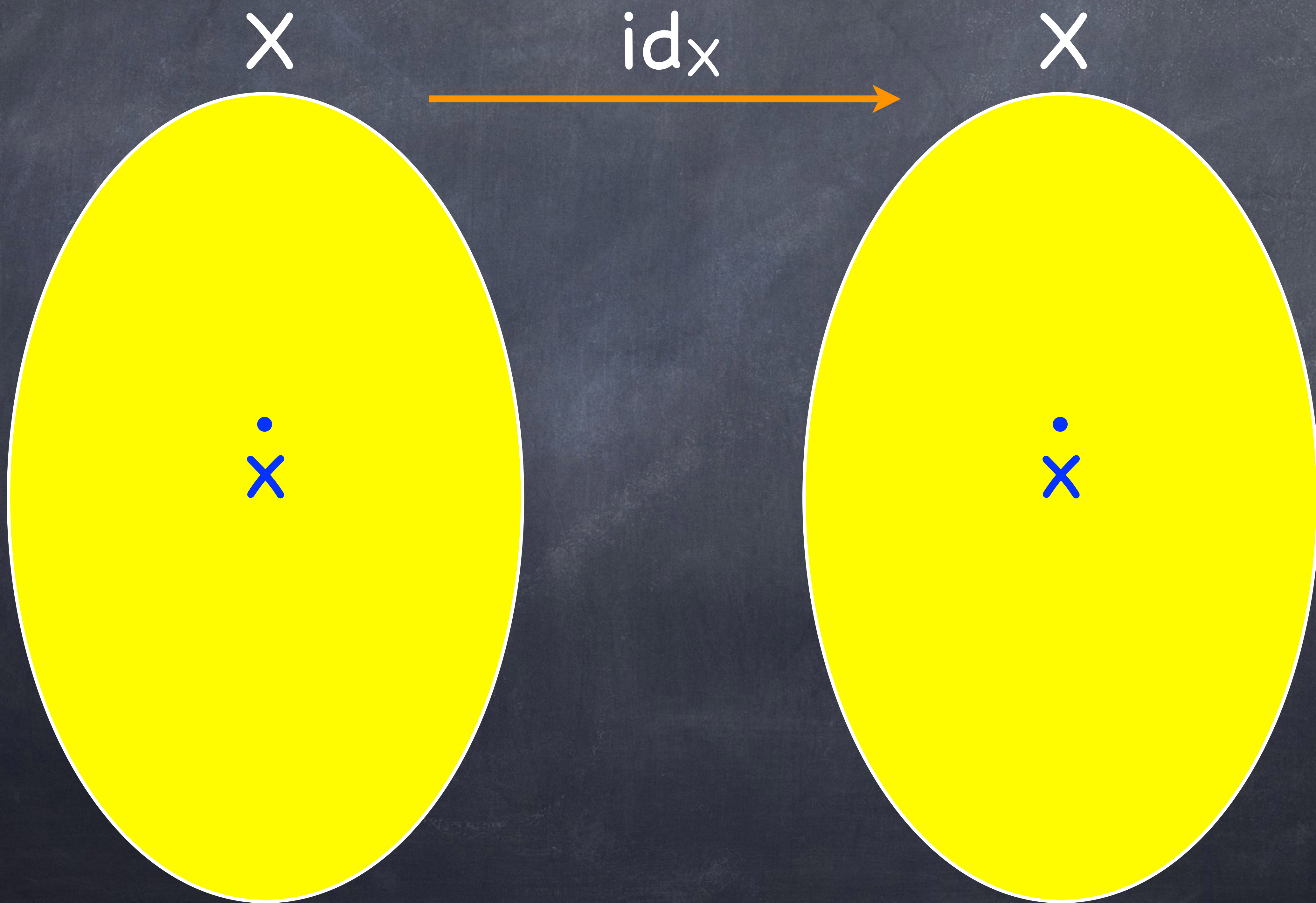
恒等写像

集合 X の各要素 x を x 自身に対応させる, X から X への写像を X の恒等写像と呼び, id_X または 1_X で表す.



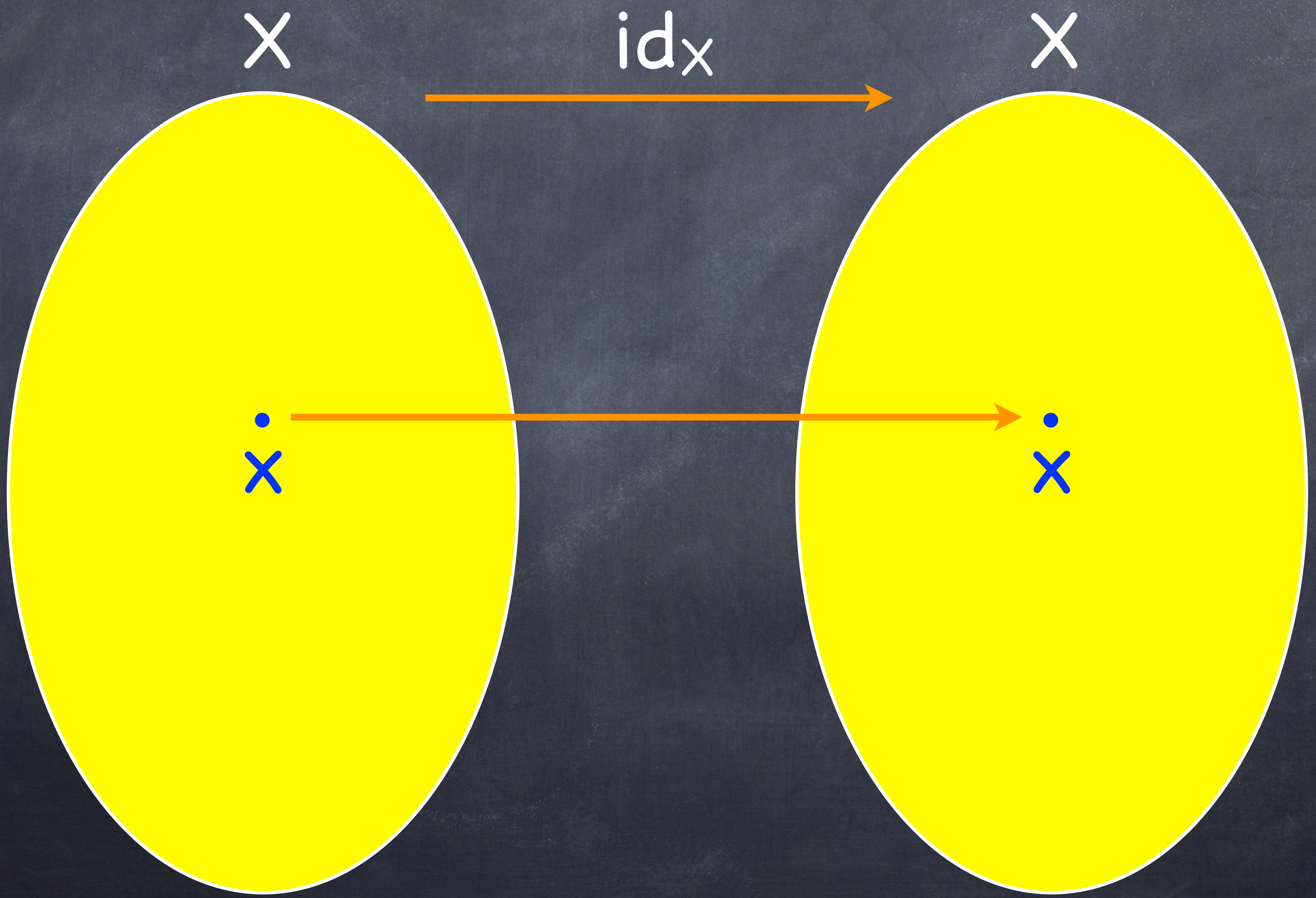
恒等写像

集合 X の各要素 x を x 自身に対応させる, X から X への写像を X の**恒等写像**と呼び, id_X または 1_X で表す.



恒等写像

集合 X の各要素 x を x 自身に対応させる, X から X への写像を X の**恒等写像**と呼び, id_X または 1_X で表す.



§4. 複素数

§4. 複素数

2乗すれば -1 になる「数」i を考えて,

§4. 複素数

2乗すれば -1 になる「数」 i を考えて, $x+yi$ (x, y は実数)の形に表される「数」を

§4. 複素数

2乗すれば -1 になる「数」i を考えて, $x+yi$ (x, y は実数)の形に表される「数」を複素数という.

§4. 複素数

2乗すれば -1 になる「数」i を考えて, $x+yi$ (x, y は実数)の形に表される「数」を**複素数**という. 複素数全体からなる集合を $\mathbf{C}$ で表す.

§4. 複素数

2乗すれば -1 になる「数」i を考えて, $x+yi$ (x, y は実数)の形に表される「数」を**複素数**という. 複素数全体からなる集合を $\mathbf{C}$ で表す.

§4. 複素数

2乗すれば -1 になる「数」i を考えて, $x+yi$ (x, y は実数)の形に表される「数」を**複素数**という. 複素数全体からなる集合を $\mathbf{C}$ で表す.

複素数全体の集合 $\mathbf{C}$ に加法と乗法を以下のように定義する.

§4. 複素数

2乗すれば -1 になる「数」i を考えて, $x+yi$ (x, y は実数)の形に表される「数」を**複素数**という. 複素数全体からなる集合を $\mathbf{C}$ で表す.

複素数全体の集合 $\mathbf{C}$ に加法と乗法を以下のように定義する.

$$(x+yi)+(u+vi)=$$

§4. 複素数

2乗すれば -1 になる「数」i を考えて, $x+yi$ (x, y は実数)の形に表される「数」を**複素数**という. 複素数全体からなる集合を $\mathbf{C}$ で表す.

複素数全体の集合 $\mathbf{C}$ に加法と乗法を以下のように定義する.

$$(x+yi)+(u+vi)=(x+u)+(y+v)i$$

§4. 複素数

2乗すれば -1 になる「数」i を考えて, $x+yi$ (x, y は実数)の形に表される「数」を**複素数**という. 複素数全体からなる集合を $\mathbf{C}$ で表す.

複素数全体の集合 $\mathbf{C}$ に加法と乗法を以下のように定義する.

$$(x+yi)+(u+vi)=(x+u)+(y+v)i$$

$$(x+yi)(u+vi)=$$

§4. 複素数

2乗すれば -1 になる「数」i を考えて, $x+yi$ (x, y は実数) の形に表される「数」を**複素数**という. 複素数全体からなる集合を $\mathbf{C}$ で表す.

複素数全体の集合 $\mathbf{C}$ に加法と乗法を以下のように定義する.

$$(x+yi)+(u+vi)=(x+u)+(y+v)i$$

$$(x+yi)(u+vi)=(xu-yv)+(xv+yu)i$$

§4. 複素数

2乗すれば -1 になる「数」i を考えて, $x+yi$ (x, y は実数)の形に表される「数」を**複素数**という. 複素数全体からなる集合を $\mathbf{C}$ で表す.

複素数全体の集合 $\mathbf{C}$ に加法と乗法を以下のように定義する.

$$(x+yi)+(u+vi)=(x+u)+(y+v)i$$

$$(x+yi)(u+vi)=(xu-yv)+(xv+yu)i$$

複素数 $x+yi$ に座標平面の点 (x,y) を対応させることによって,

§4. 複素数

2乗すれば -1 になる「数」i を考えて, $x+yi$ $(x, y$ は実数$)$の形に表される「数」を**複素数**という. 複素数全体からなる集合を $\mathbf{C}$ で表す.

複素数全体の集合 $\mathbf{C}$ に加法と乗法を以下のように定義する.

$$(x+yi)+(u+vi)=(x+u)+(y+v)i$$

$$(x+yi)(u+vi)=(xu-yv)+(xv+yu)i$$

複素数 $x+yi$ に座標平面の点 (x,y) を対応させることによって, 複素数全体の集合を

§4. 複素数

2乗すれば -1 になる「数」i を考えて, $x+yi$ (x, y は実数)の形に表される「数」を**複素数**という. 複素数全体からなる集合を $\mathbf{C}$ で表す.

複素数全体の集合 $\mathbf{C}$ に加法と乗法を以下のように定義する.

$$(x+yi)+(u+vi)=(x+u)+(y+v)i$$

$$(x+yi)(u+vi)=(xu-yv)+(xv+yu)i$$

複素数 $x+yi$ に座標平面の点 (x,y) を対応させることによって, 複素数全体の集合を座標平面の点全体の集合 $\mathbf{R}^2$ とみなすことができる.

§4. 複素数

2乗すれば -1 になる「数」i を考えて, x+yi (x, y は実数)の形に表される「数」を**複素数**という. 複素数全体からなる集合を **C** で表す.

複素数全体の集合 **C** に加法と乗法を以下のように定義する.

$$(x+yi)+(u+vi)=(x+u)+(y+v)i$$

$$(x+yi)(u+vi)=(xu-yv)+(xv+yu)i$$

複素数 x+yi に座標平面の点 (x,y) を対応させることによって, 複素数全体の集合を座標平面の点全体の集合 $\mathbf{R}^2$ とみなすことができる.

点 (x,y) と原点 (0,0) との距離 $\sqrt{x^2+y^2}$ を,

§4. 複素数

2乗すれば -1 になる「数」 i を考えて, $x+yi$ (x, y は実数)の形に表される「数」を複素数という. 複素数全体からなる集合を $\mathbf{C}$ で表す.

複素数全体の集合 $\mathbf{C}$ に加法と乗法を以下のように定義する.

$$(x+yi)+(u+vi)=(x+u)+(y+v)i$$

$$(x+yi)(u+vi)=(xu-yv)+(xv+yu)i$$

複素数 $x+yi$ に座標平面の点 (x,y) を対応させることによって, 複素数全体の集合を座標平面の点全体の集合 $\mathbf{R}^2$ とみなすことができる.

点 (x,y) と原点 $(0,0)$ との距離 $\sqrt{x^2+y^2}$ を, (x,y) に対応する複素数 $z=x+yi$ の絶対値と呼んで

§4. 複素数

2乗すれば -1 になる「数」i を考えて, $x+yi$ (x, y は実数)の形に表される「数」を**複素数**という. 複素数全体からなる集合を $\mathbf{C}$ で表す.

複素数全体の集合 $\mathbf{C}$ に加法と乗法を以下のように定義する.

$$(x+yi)+(u+vi)=(x+u)+(y+v)i$$

$$(x+yi)(u+vi)=(xu-yv)+(xv+yu)i$$

複素数 $x+yi$ に座標平面の点 (x,y) を対応させることによって, 複素数全体の集合を座標平面の点全体の集合 $\mathbf{R}^2$ とみなすことができる.

点 (x,y) と原点 $(0,0)$ との距離 $\sqrt{x^2+y^2}$ を, (x,y) に対応する複素数 $z=x+yi$ の**絶対値**と呼んで $|z|$ で表す.

§4. 複素数

2乗すれば -1 になる「数」i を考えて, $x+yi$ (x, y は実数)の形に表される「数」を**複素数**という. 複素数全体からなる集合を $\mathbf{C}$ で表す.

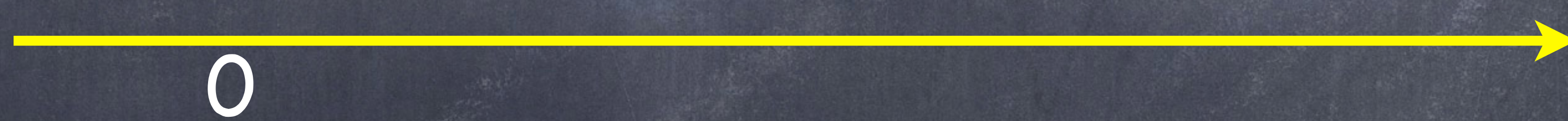
複素数全体の集合 $\mathbf{C}$ に加法と乗法を以下のように定義する.

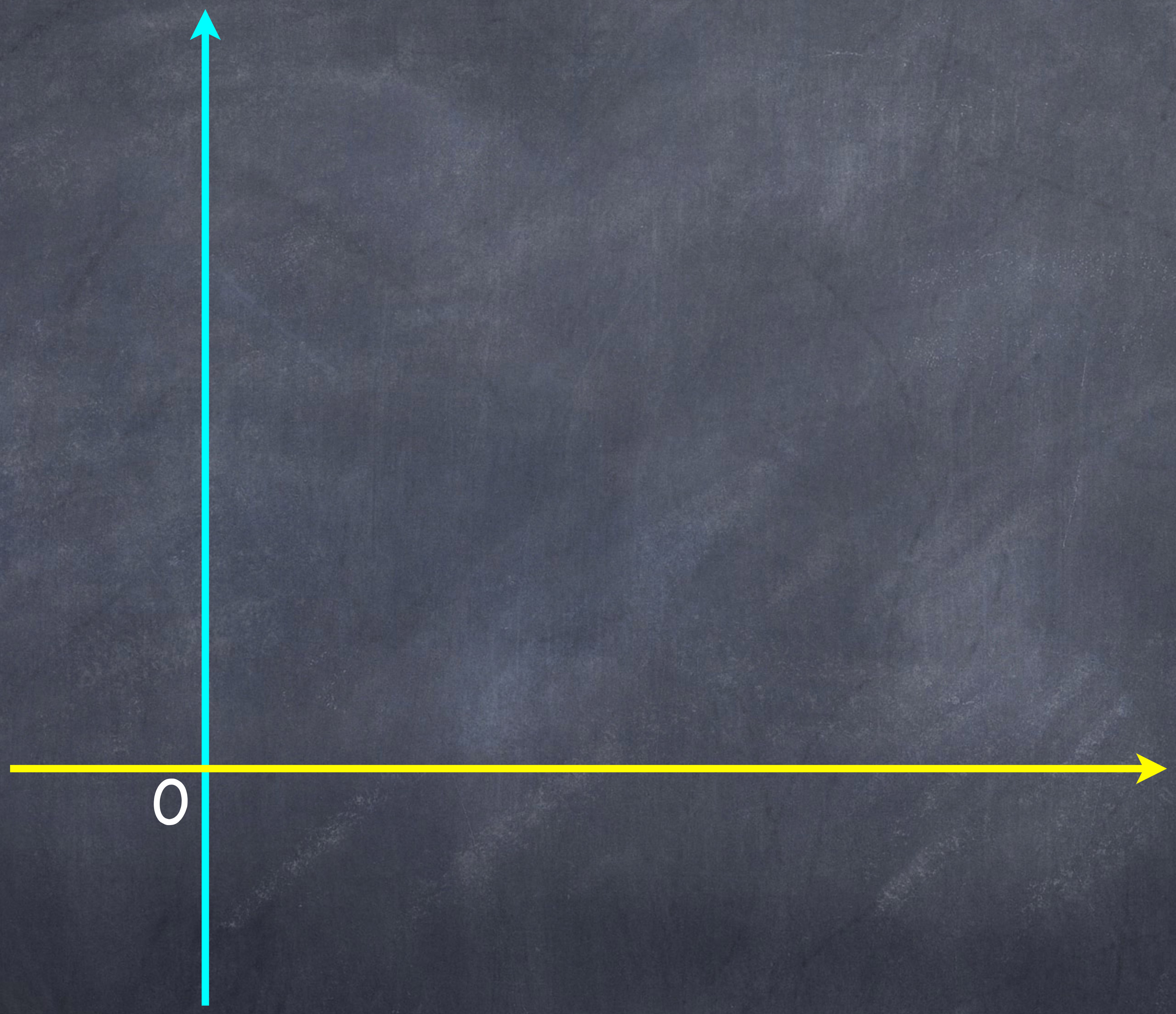
$$(x+yi)+(u+vi)=(x+u)+(y+v)i$$

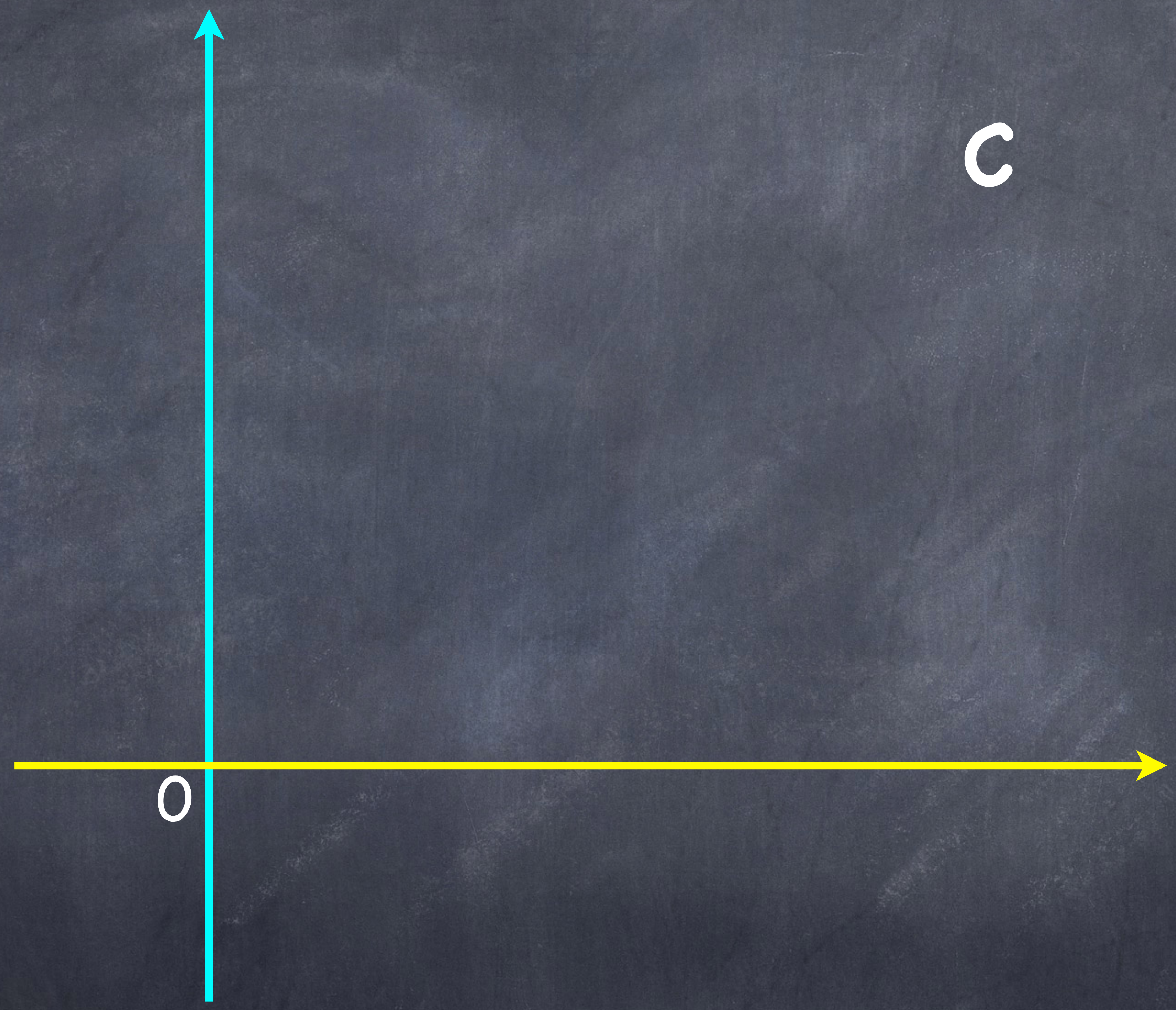
$$(x+yi)(u+vi)=(xu-yv)+(xv+yu)i$$

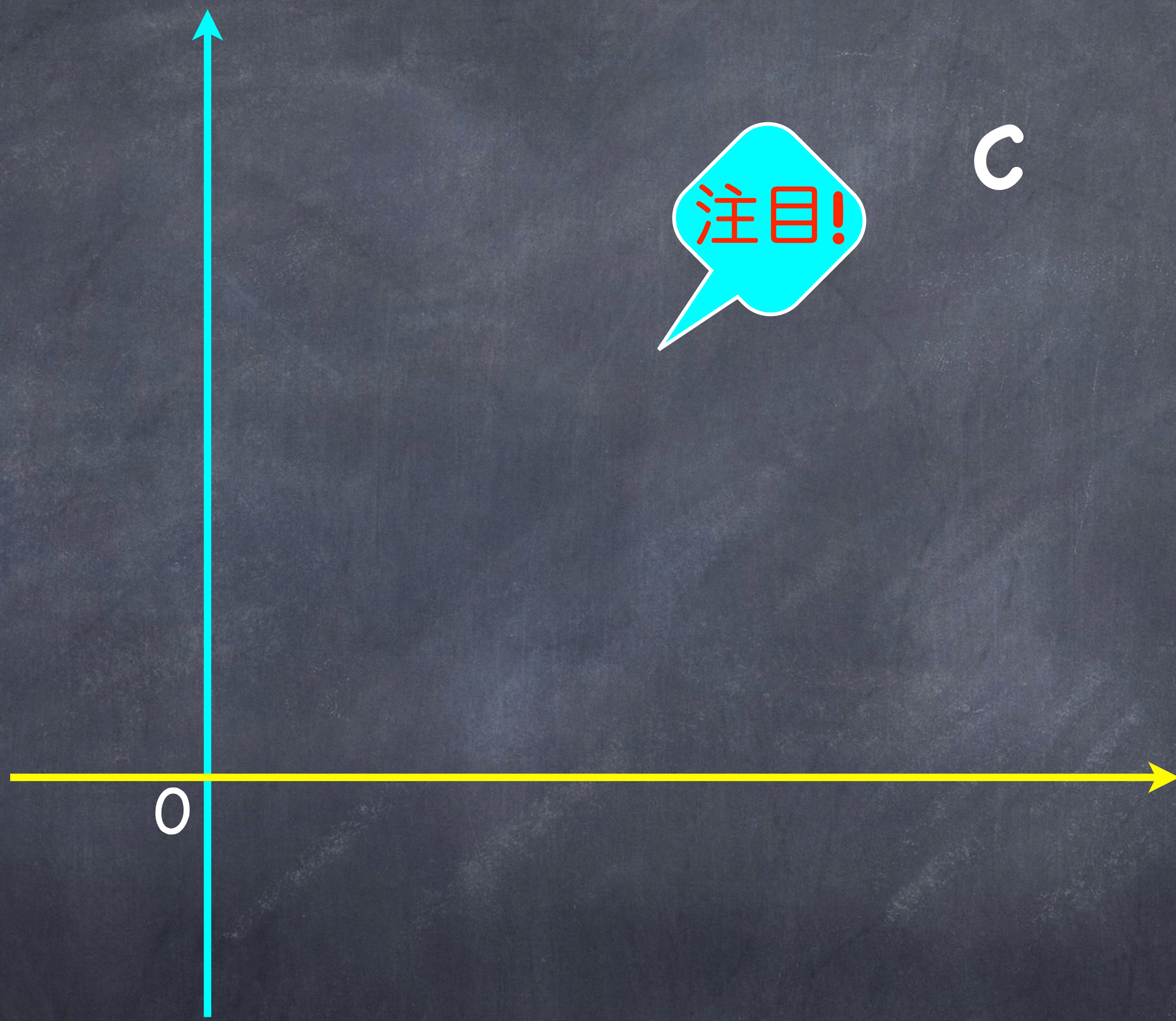
複素数 $x+yi$ に座標平面の点 (x,y) を対応させることによって, 複素数全体の集合を座標平面の点全体の集合 $\mathbf{R}^2$ とみなすことができる.

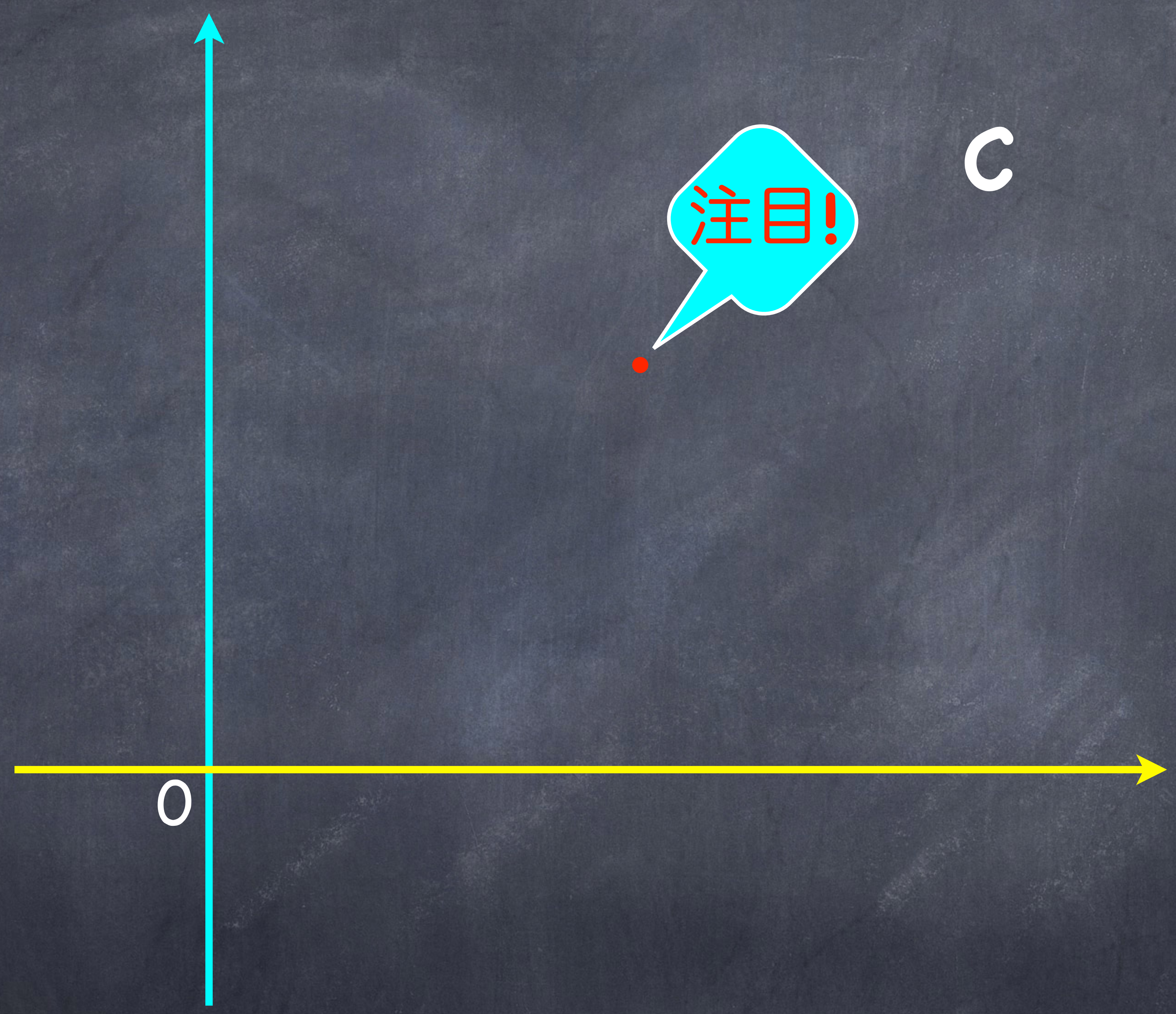
点 (x,y) と原点 $(0,0)$ との距離 $\sqrt{x^2+y^2}$ を, (x,y) に対応する複素数 $z=x+yi$ の**絶対値**と呼んで $|z|$ で表す.


0

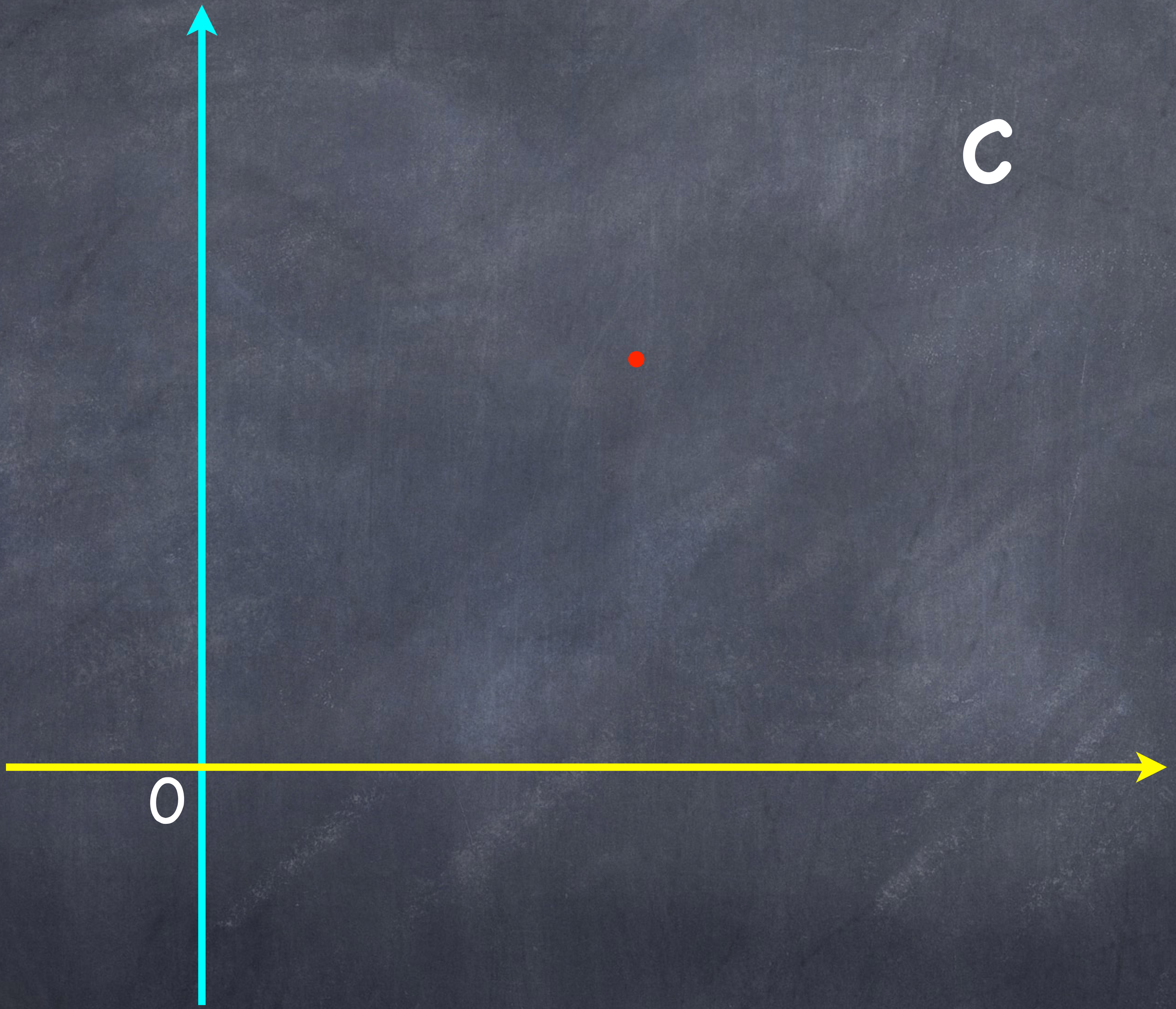

0

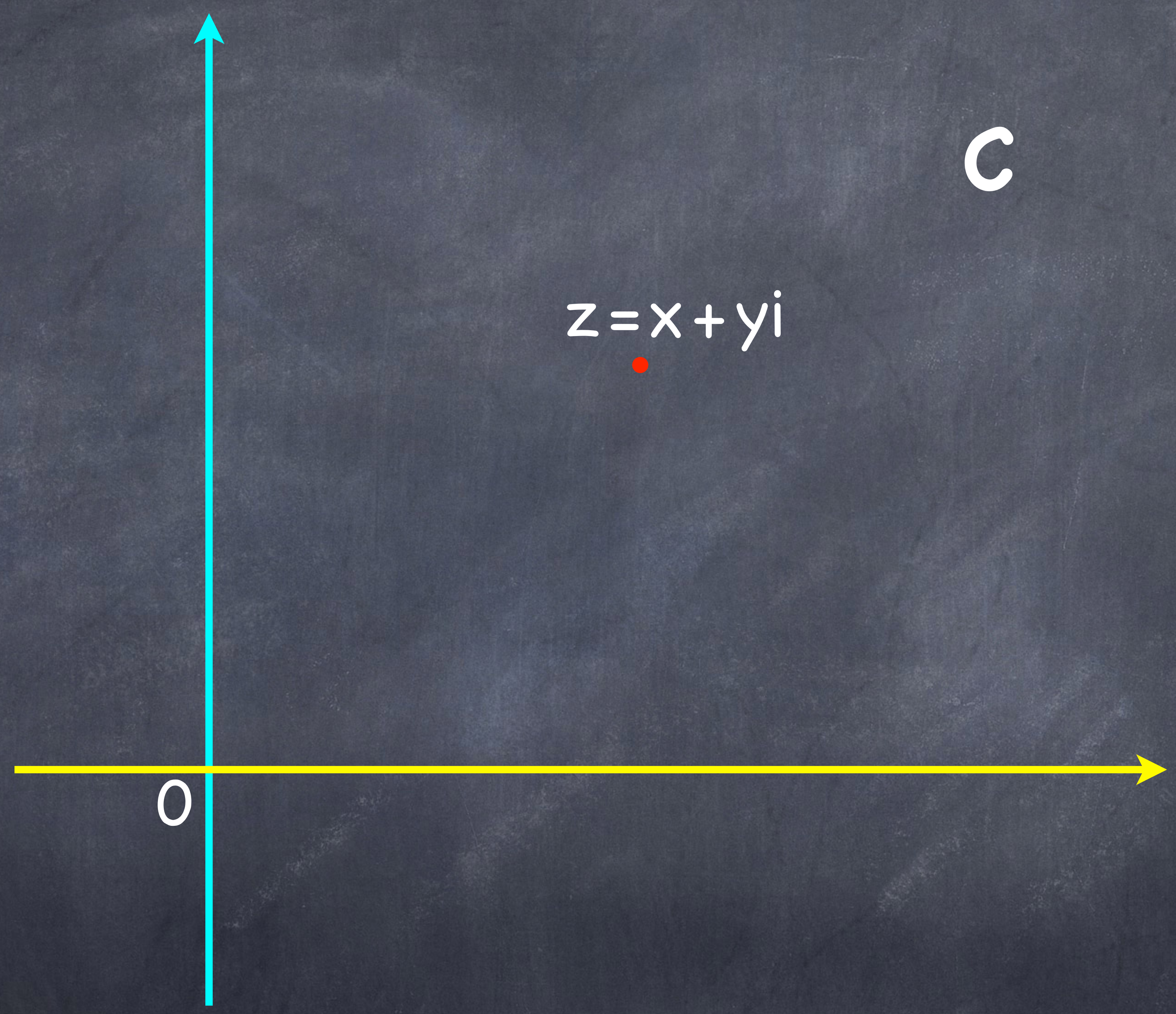

C
O

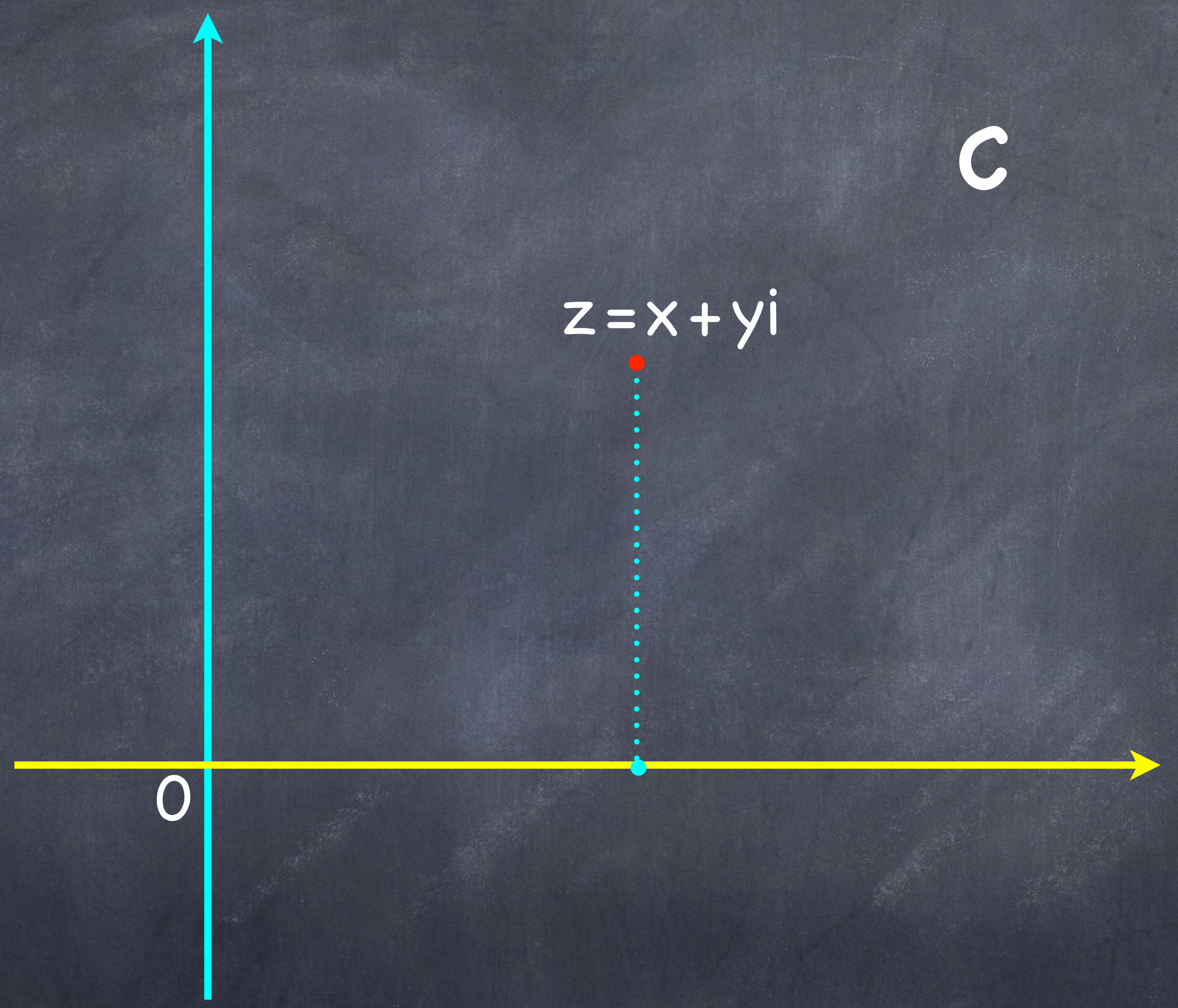

注目!
C
0

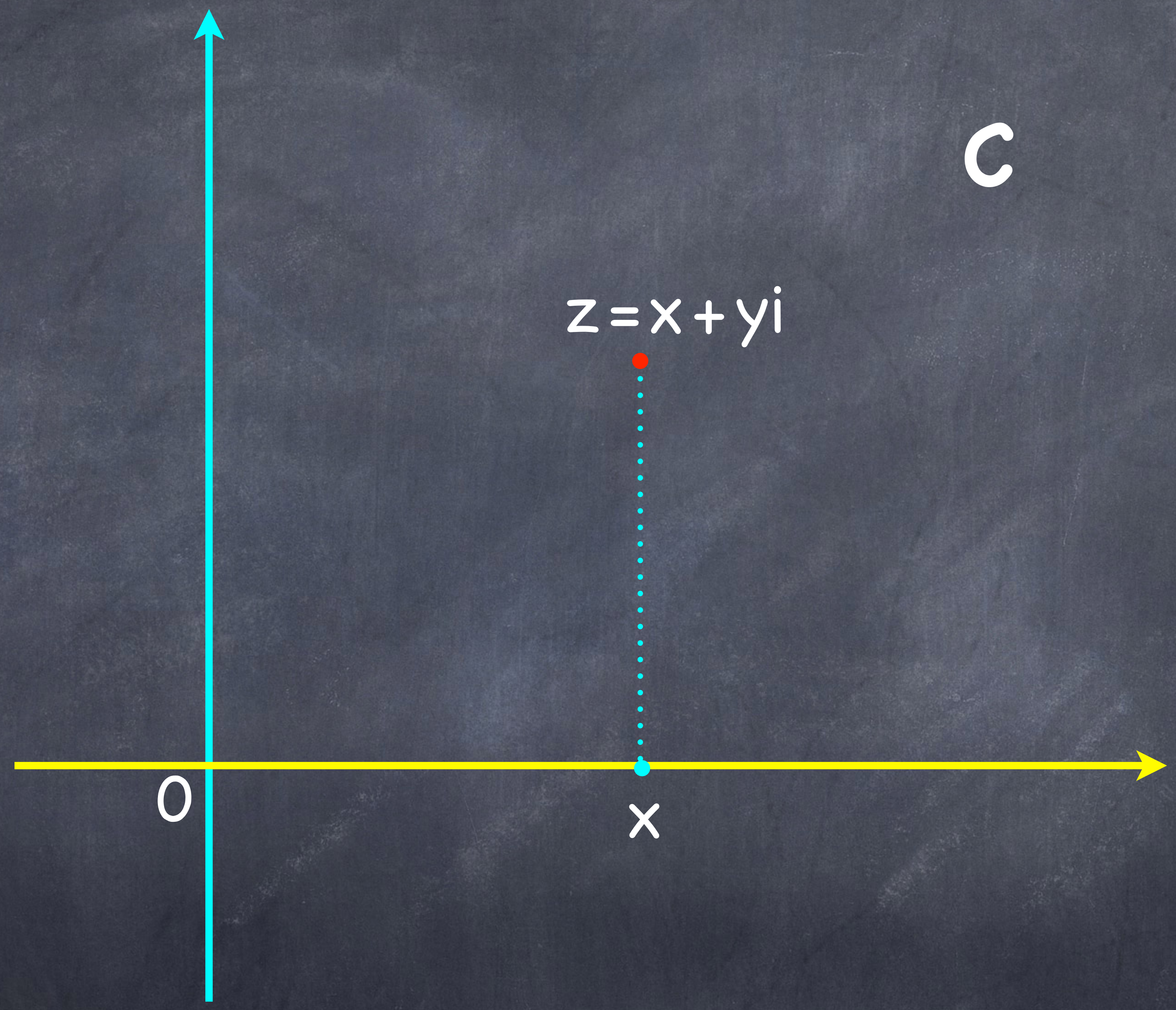


注目!
C
O

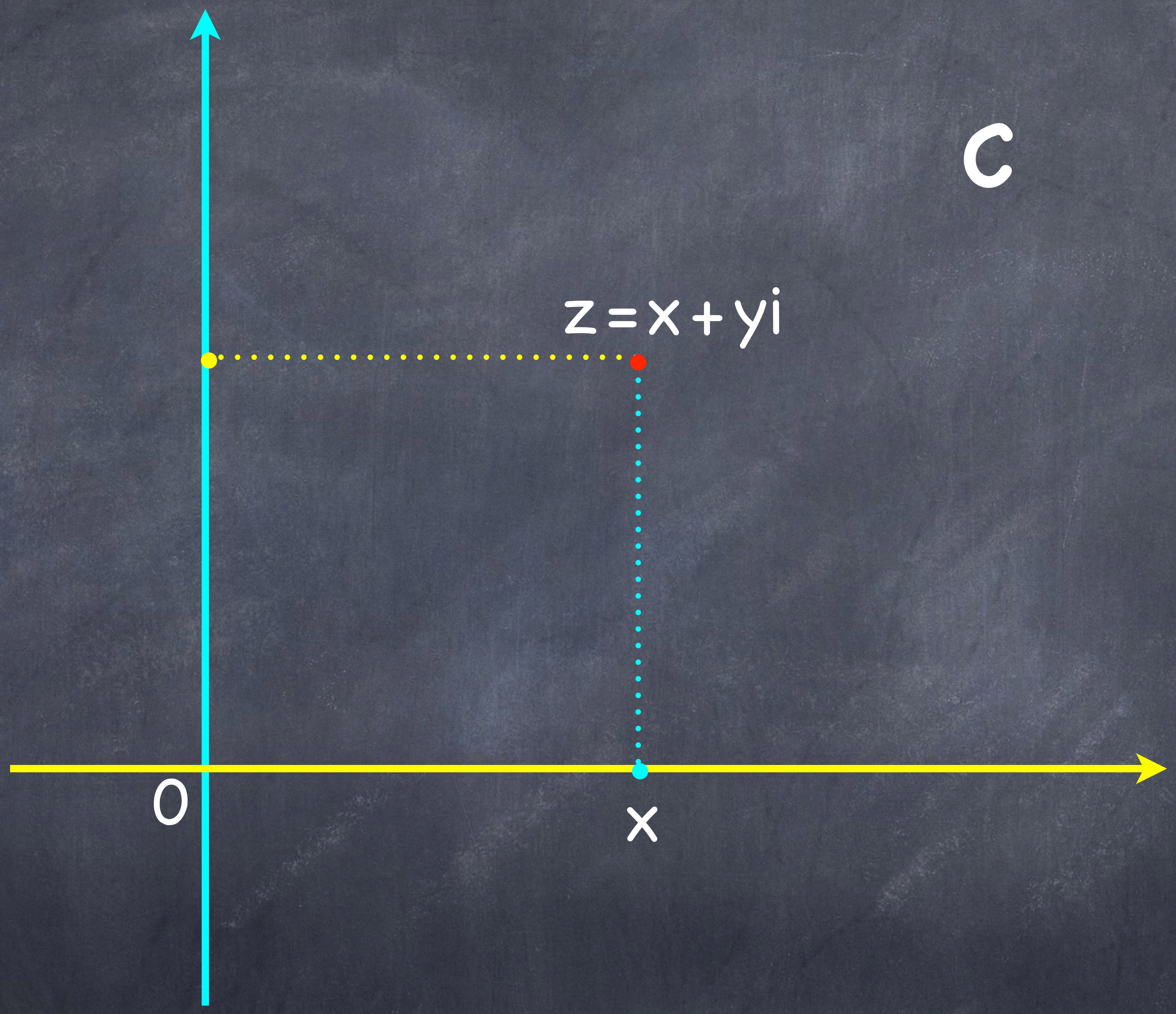

C
0


C
z = x + yi
0

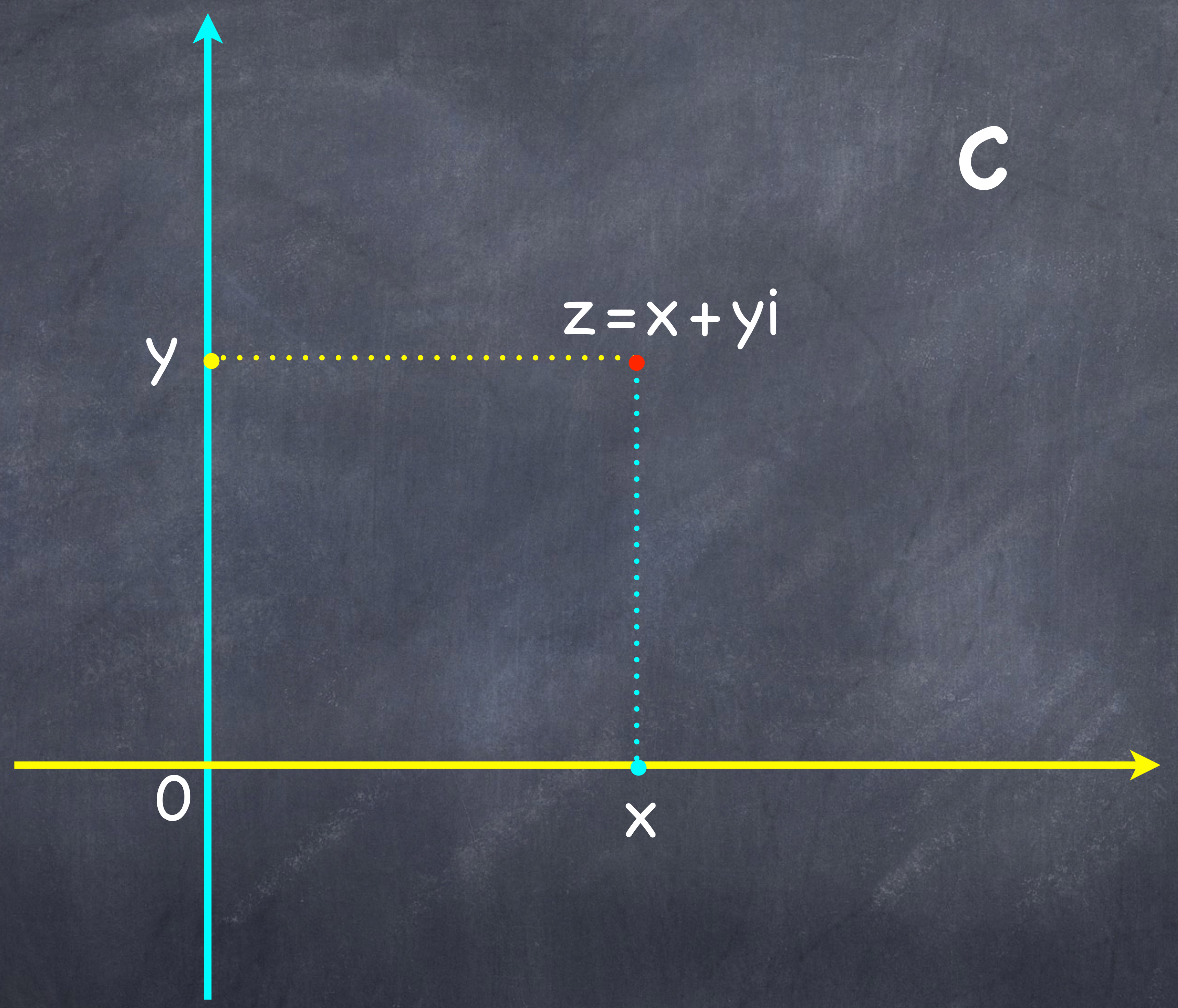

C
z = x + yi
0

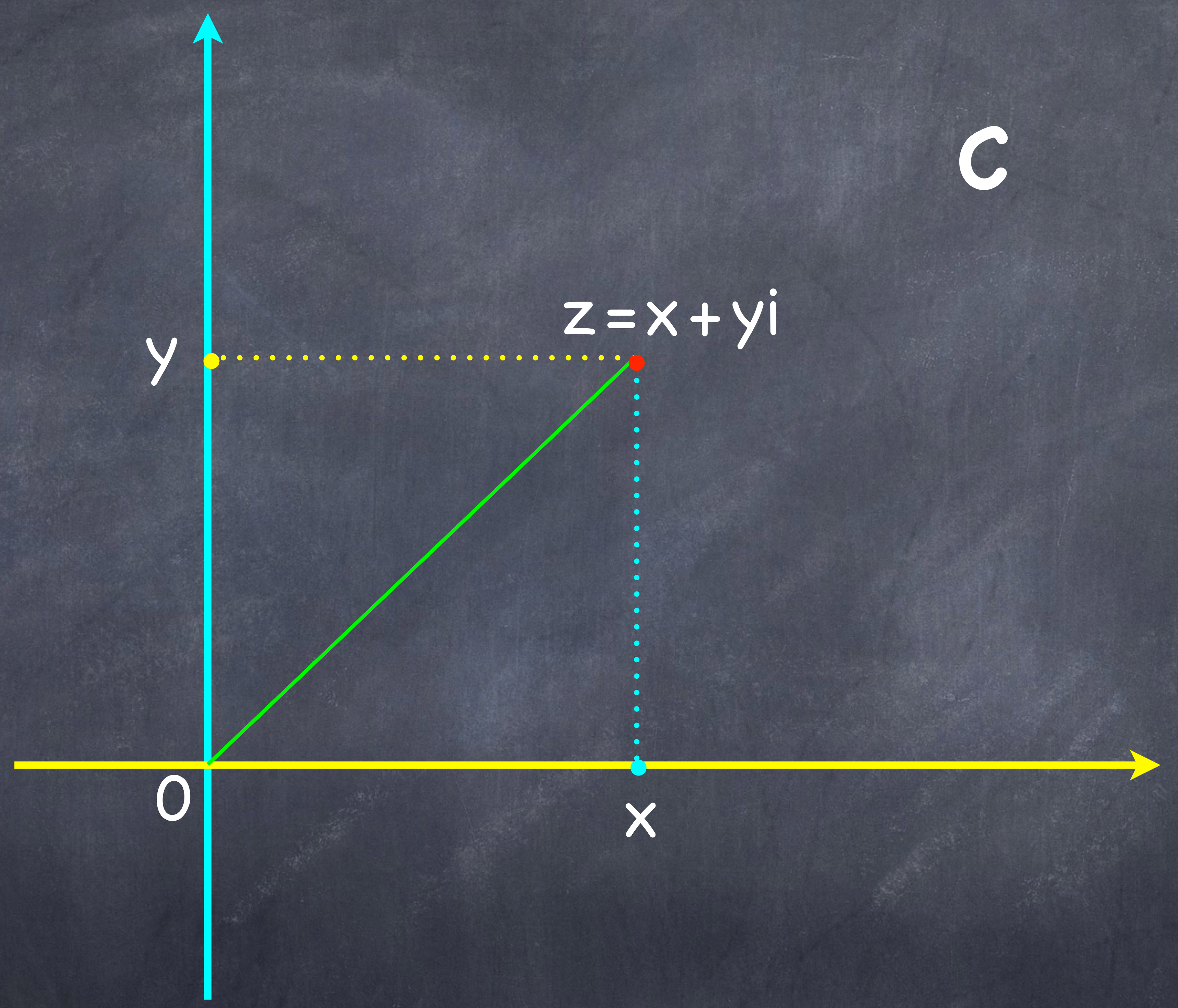


C
z = x + yi
0
x

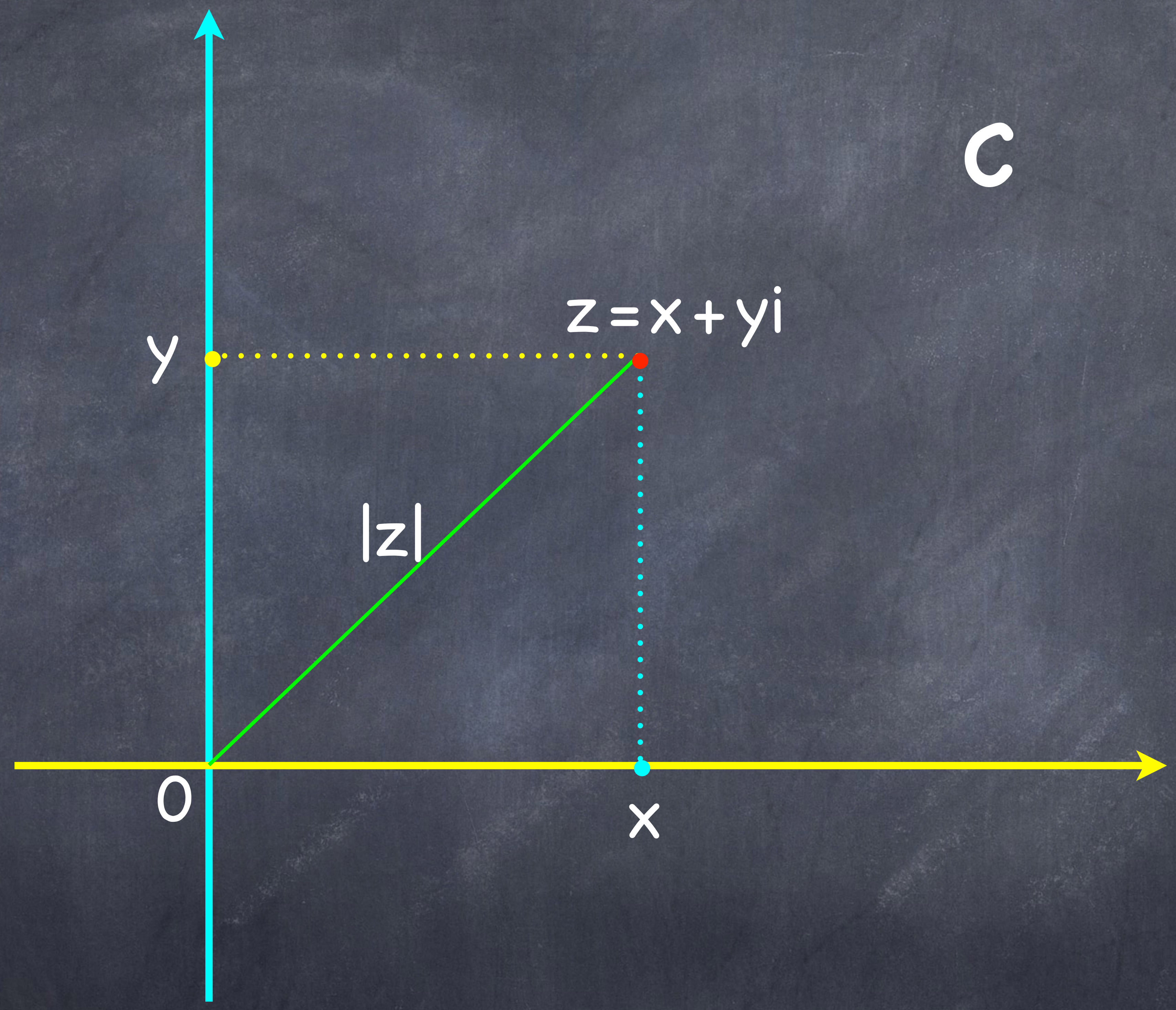


C
z = x + yi
0
x


C
z = x + yi
y
0
x



C
z=x+yi
y
0
x



C
z = x + yi
y
|z|
0
x

$x+yi$を(x,y)に対応させることによって,

$x+yi$を (x,y) に対応させることによって, 単位円 S^1 は絶対値が 1 である複素数全体からなる集合とみなされ,

$x+yi$を(x,y)に対応させることによって, 単位円S^1は絶対値が1である複素数全体からなる集合とみなされ, 単位円板D^2は絶対値が1以下である複素数全体からなる集合とみなされる.

$x+yi$を(x,y)に対応させせることによって, 単位円 S^1 は絶対値が 1 である複素数全体からなる集合とみなされ, 単位円板 D^2 は絶対値が 1 以下である複素数全体からなる集合とみなされる.

$x+yi$を(x,y)に対応させることによって, 単位円S^1は絶対値が1である複素数全体からなる集合とみなされ, 単位円板D^2は絶対値が1以下である複素数全体からなる集合とみなされる.

複素数z, wに対して次の不等式と等式が成り立つ;

$x+yi$を(x,y)に対応させることによって, 単位円S^1は絶対値が1である複素数全体からなる集合とみなされ, 単位円板D^2は絶対値が1以下である複素数全体からなる集合とみなされる.

複素数z, wに対して次の不等式と等式が成り立つ;

(1) $|z+w| \leqq |z|+|w|$

$x+yi$を(x,y)に対応させることによって, 単位円 S^1 は絶対値が1である複素数全体からなる集合とみなされ, 単位円板 D^2 は絶対値が1以下である複素数全体からなる集合とみなされる.

複素数 z, w に対して次の不等式と等式が成り立つ;

(1) $|z+w| \leqq |z|+|w|$ (2) $|zw|=|z||w|$

$x+yi$を(x,y)に対応させることによって，単位円S^1は絶対値が1である複素数全体からなる集合とみなされ，単位円板D^2は絶対値が1以下である複素数全体からなる集合とみなされる．

複素数z, wに対して次の不等式と等式が成り立つ；

(1) $|z+w| \leqq |z|+|w|$　　(2) $|zw|=|z||w|$

$x+yi$を(x,y)に対応させることによって，単位円S^1は絶対値が1である複素数全体からなる集合とみなされ，単位円板D^2は絶対値が1以下である複素数全体からなる集合とみなされる.

複素数z, wに対して次の不等式と等式が成り立つ;

(1) $|z+w| \leqq |z|+|w|$ (2) $|zw|=|z||w|$

次の事実は，上の(2)の等式から直ちに分かるが，以下で非常に重要な役割を果たす.

$x+yi$を(x,y)に対応させることによって, 単位円 S^1 は絶対値が1である複素数全体からなる集合とみなされ, 単位円板 D^2 は絶対値が1以下である複素数全体からなる集合とみなされる.

複素数 z, w に対して次の不等式と等式が成り立つ;

(1) $|z+w| \leqq |z|+|w|$　　　　(2) $|zw|=|z||w|$

次の事実は, 上の(2)の等式から直ちに分かるが, 以下で非常に重要な役割を果たす.

z, w が S^1 の上にある複素数ならば, これらの積 zw も S^1 の上にある.

$x+yi$を(x,y)に対応させることによって, 単位円 S^1 は絶対値が1である複素数全体からなる集合とみなされ, 単位円板 D^2 は絶対値が1以下である複素数全体からなる集合とみなされる.

複素数 z, w に対して次の不等式と等式が成り立つ;

(1) $|z+w| \leqq |z|+|w|$　　(2) $|zw|=|z||w|$

次の事実は, 上の(2)の等式から直ちに分かるが, 以下で非常に重要な役割を果たす.

z, w が S^1 の上にある複素数ならば, これらの積 zw も S^1 の上にある.

§5. 連続写像とホモトピー

§5. 連続写像とホモトピー

単位円 S^1, 単位円板 D^2 のように,

§5. 連続写像とホモトピー

単位円 S^1, 単位円板 D^2 のように, 座標平面 $\mathbf{R}^2$ の点からなる集合を平面図形と呼び,

§5. 連続写像とホモトピー

単位円 S^1, 単位円板 D^2 のように, 座標平面 $\mathbf{R}^2$ の点からなる集合を平面図形と呼び, 球面や2次元トーラス T^2 のように

§5. 連続写像とホモトピー

単位円 S^1, 単位円板 D^2 のように, 座標平面 $\mathbf{R}^2$ の点からなる集合を平面図形と呼び, 球面や2次元トーラス T^2 のように座標空間 $\mathbf{R}^3$ の点からなる集合を空間図形と呼ぶ.

§5. 連続写像とホモトピー

単位円 S^1, 単位円板 D^2 のように, 座標平面 $\mathbf{R}^2$ の点からなる集合を平面図形と呼び, 球面や2次元トーラス T^2 のように座標空間 $\mathbf{R}^3$ の点からなる集合を空間図形と呼ぶ.
平面図形と空間図形を総称して, 図形と呼ぶことにする.

§5. 連続写像とホモトピー

単位円 S^1, 単位円板 D^2 のように, 座標平面 $\mathbf{R}^2$ の点からなる集合を平面図形と呼び, 球面や2次元トーラス T^2 のように座標空間 $\mathbf{R}^3$ の点からなる集合を空間図形と呼ぶ.
平面図形と空間図形を総称して, 図形と呼ぶことにする.

§5. 連続写像とホモトピー

単位円 S^1, 単位円板 D^2 のように, 座標平面 $\mathbf{R}^2$ の点からなる集合を平面図形と呼び, 球面や2次元トーラス T^2 のように座標空間 $\mathbf{R}^3$ の点からなる集合を空間図形と呼ぶ.
平面図形と空間図形を総称して, 図形と呼ぶことにする.

図形 X から図形 Y への写像 f が与えられているとする.

§5. 連続写像とホモトピー

単位円 S^1, 単位円板 D^2 のように, 座標平面 $\mathbf{R}^2$ の点からなる集合を平面図形と呼び, 球面や2次元トーラス T^2 のように座標空間 $\mathbf{R}^3$ の点からなる集合を空間図形と呼ぶ.
平面図形と空間図形を総称して, 図形と呼ぶことにする.

図形 X から図形 Y への写像 f が与えられているとする.
$\mathbf{R}^2$ または $\mathbf{R}^3$ の二点 P と A の間の距離を考えることにより,

§5. 連続写像とホモトピー

単位円 S^1, 単位円板 D^2 のように, 座標平面 $\mathbf{R}^2$ の点からなる集合を平面図形と呼び, 球面や2次元トーラス T^2 のように座標空間 $\mathbf{R}^3$ の点からなる集合を空間図形と呼ぶ.
平面図形と空間図形を総称して, 図形と呼ぶことにする.

図形 X から図形 Y への写像 f が与えられているとする.
$\mathbf{R}^2$ または $\mathbf{R}^3$ の二点 P と A の間の距離を考えることにより,

「X の点 P が X の点 A に近づくとき, f(P) が Y の点 B に近づく」

§5. 連続写像とホモトピー

単位円 S^1, 単位円板 D^2 のように, 座標平面 $\mathbf{R}^2$ の点からなる集合を平面図形と呼び, 球面や2次元トーラス T^2 のように座標空間 $\mathbf{R}^3$ の点からなる集合を空間図形と呼ぶ.
平面図形と空間図形を総称して, 図形と呼ぶことにする.

図形 X から図形 Y への写像 f が与えられているとする.
$\mathbf{R}^2$ または $\mathbf{R}^3$ の二点 P と A の間の距離を考えることにより,

「X の点 P が X の点 A に近づくとき, f(P) が Y の点 B に近づく」

ことを数学的に厳密に定義することができる.

§5. 連続写像とホモトピー

単位円 S^1, 単位円板 D^2 のように, 座標平面 $\mathbf{R}^2$ の点からなる集合を平面図形と呼び, 球面や2次元トーラス T^2 のように座標空間 $\mathbf{R}^3$ の点からなる集合を空間図形と呼ぶ.
平面図形と空間図形を総称して, 図形と呼ぶことにする.

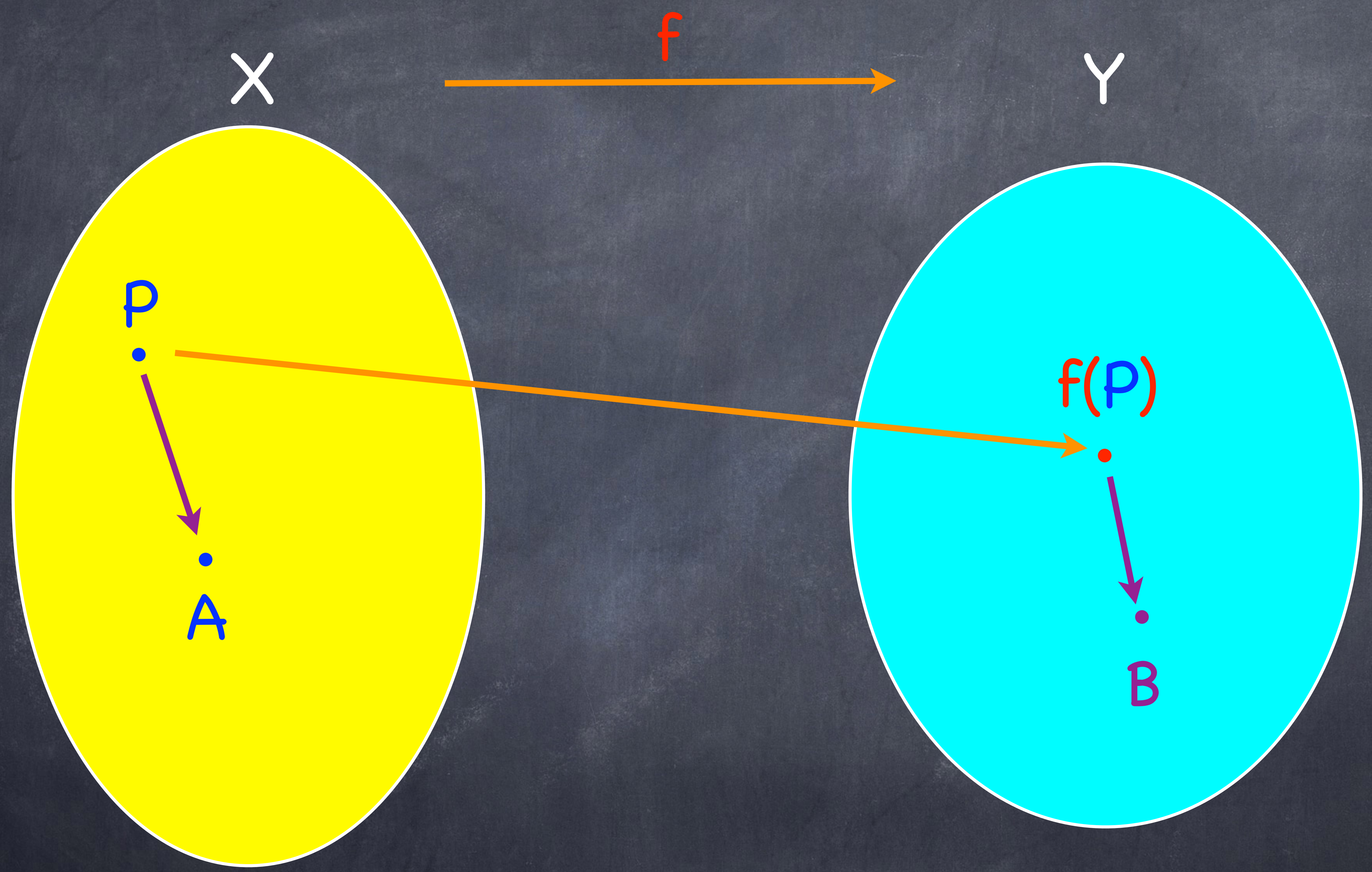
図形 X から図形 Y への写像 f が与えられているとする.
$\mathbf{R}^2$ または $\mathbf{R}^3$ の二点 P と A の間の距離を考えることにより,

「X の点 P が X の点 A に近づくとき, f(P) が Y の点 B に近づく」

ことを数学的に厳密に定義することができる. このことを

$$\lim_{P \to A} f(P) = B$$

で表す.



X
f
Y
P
A
f(P)
B

連続写像

連続写像

連続写像

図形Ｘから図形Ｙへの写像ｆが

連続写像

図形Xから図形Yへの写像fがXの任意の点Aに対して

連続写像

図形Xから図形Yへの写像fがXの任意の点Aに対して

$$\lim_{P \to A} f(P) = f(A)$$

連続写像

図形 X から図形 Y への写像 f が X の任意の点 A に対して

$$\lim_{P \to A} f(P) = f(A)$$

をみたすとき, f を連続写像という.

連続写像

図形 X から図形 Y への写像 f が X の任意の点 A に対して

$$\lim_{P \to A} f(P) = f(A)$$

をみたすとき, f を連続写像という.

連続写像

図形 X から図形 Y への写像 f が X の任意の点 A に対して

$$\lim_{P \to A} f(P) = f(A)$$

をみたすとき, f を連続写像という.

すなわち, 連続写像とは X の「近く」の二つの点を Y の「近く」の点に写す写像のことである.

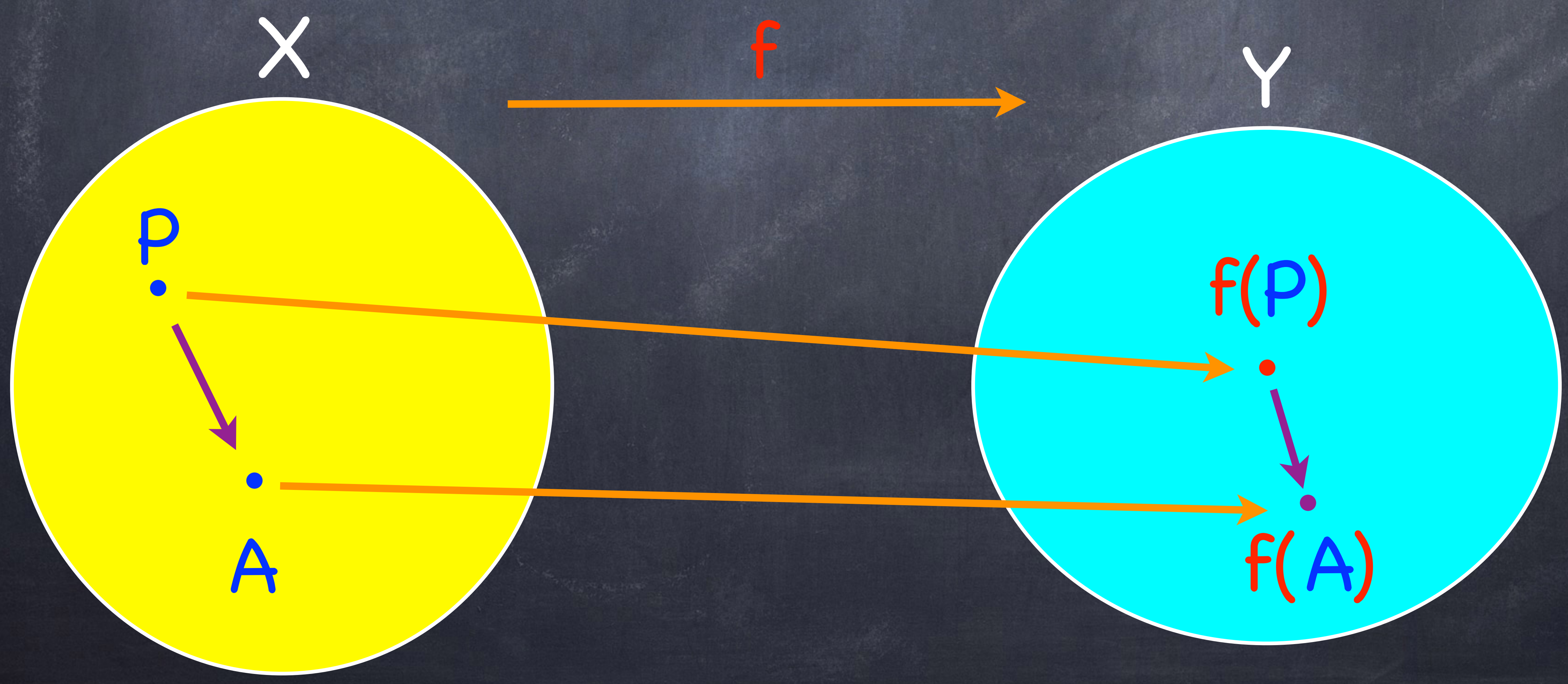
連続写像

図形Xから図形Yへの写像fがXの任意の点Aに対して

$$\lim_{P\to A} f(P) = f(A)$$

をみたすとき, fを連続写像という.

すなわち, 連続写像とはXの「近く」の二つの点をYの「近く」の点に写す写像のことである.



Xを平面図形とする.

Xを平面図形とする. 条件「(x,y) は X の点であり, $0 \leqq t \leqq 1$」

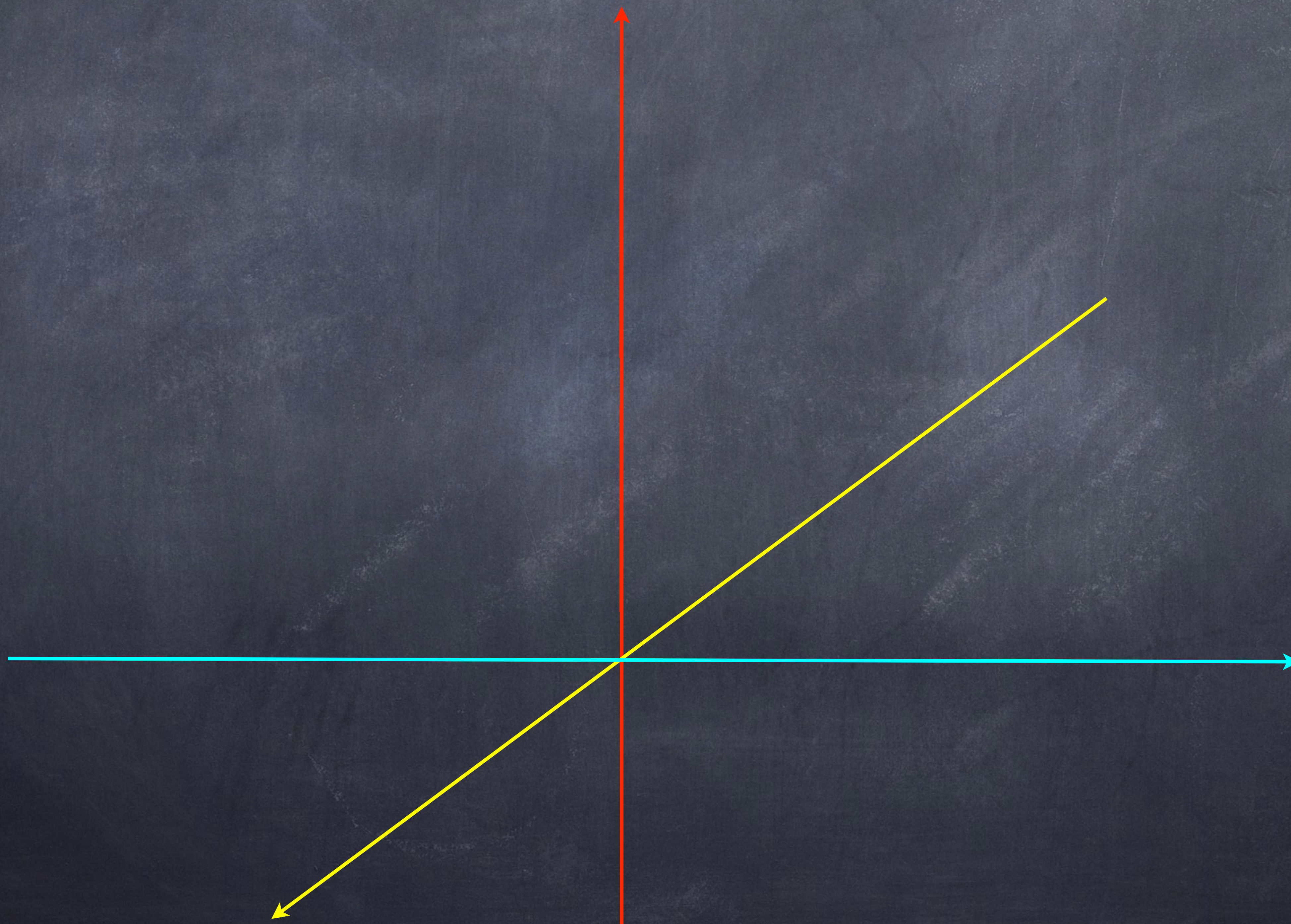
Xを平面図形とする. 条件「(x,y)はXの点であり, $0 \leqq t \leqq 1$」をみたす空間の点(x,y,t)全体からなる集合を

Xを平面図形とする. 条件「(x,y) はXの点であり, 0≦t≦1」をみたす空間の点(x,y,t)全体からなる集合を「Xを底面とする単位柱体」と呼んで,

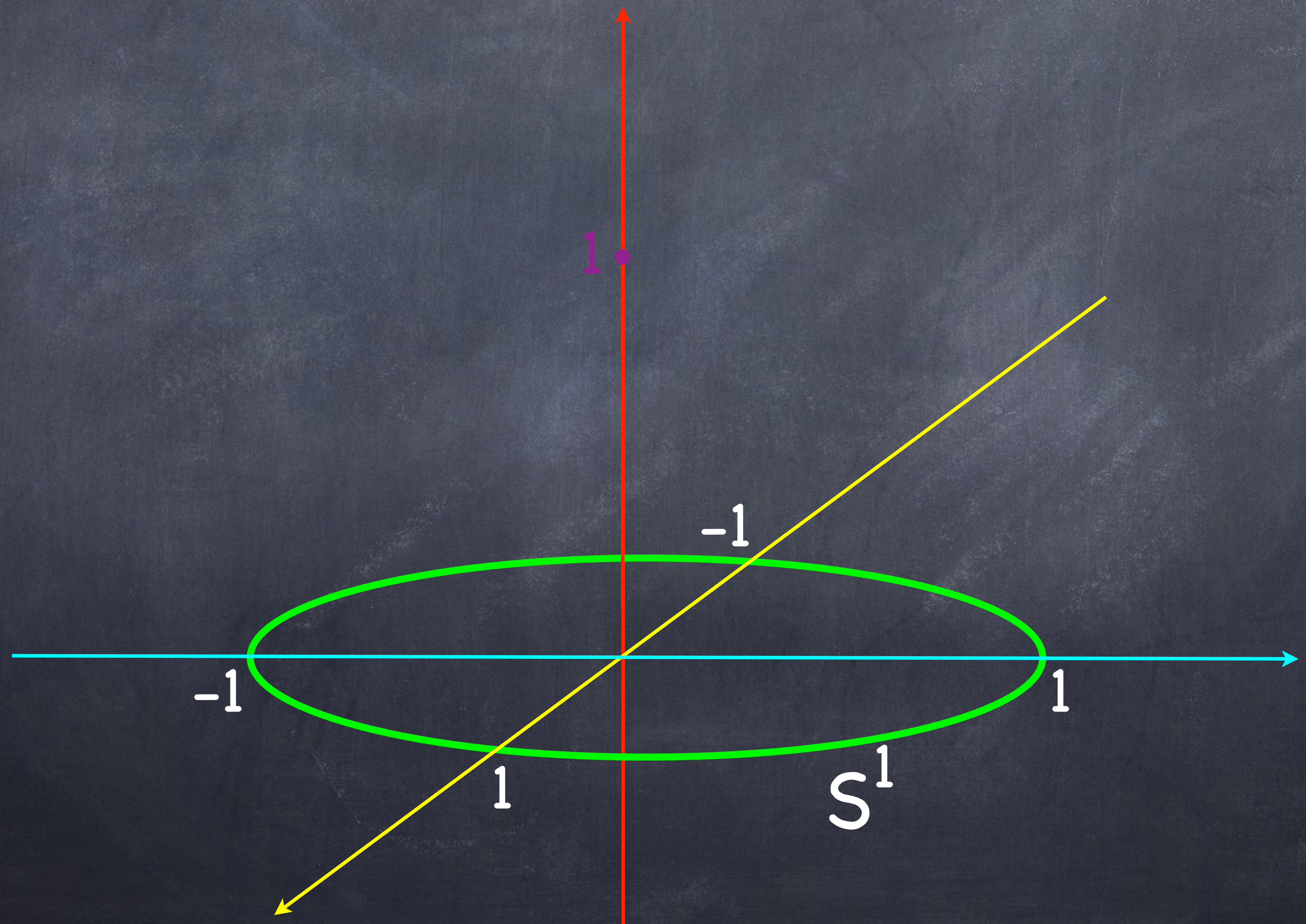
Xを平面図形とする. 条件「(x,y) はXの点であり, $0\leqq t\leqq 1$」をみたす空間の点(x,y,t)全体からなる集合を「Xを底面とする単位柱体」と呼んで, $X\times I$ で表す.

Xを平面図形とする. 条件「(x,y) は X の点であり, $0 \leqq t \leqq 1$」をみたす空間の点 (x,y,t) 全体からなる集合を「Xを底面とする単位柱体」と呼んで, $X \times I$ で表す.

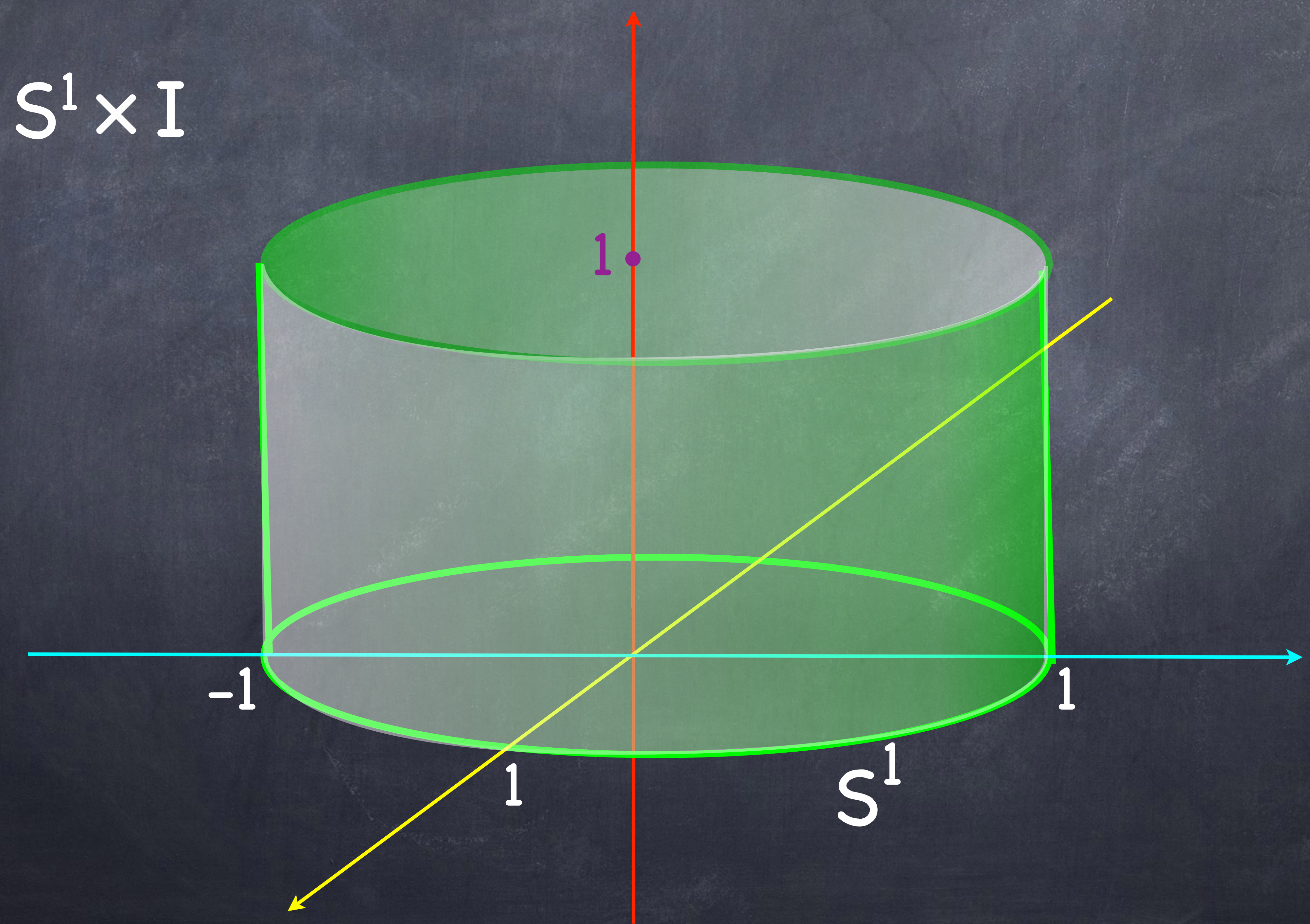
Xを平面図形とする. 条件「(x,y)はXの点であり, $0 \leqq t \leqq 1$」をみたす空間の点(x,y,t)全体からなる集合を「Xを底面とする単位柱体」と呼んで, $X \times I$ で表す.



Xを平面図形とする. 条件「(x,y) はXの点であり, $0 \leqq t \leqq 1$」をみたす空間の点 (x,y,t) 全体からなる集合を「Xを底面とする単位柱体」と呼んで, $X \times I$ で表す.



Xを平面図形とする. 条件「(x,y) はXの点であり, $0 \leqq t \leqq 1$」をみたす空間の点 (x,y,t) 全体からなる集合を「Xを底面とする単位柱体」と呼んで, $X \times I$ で表す.



ホモトピー

ホモトピー

f, g を平面図形 X から図形 Y への連続写像とする.

ホモトピー

f, g を平面図形 X から図形 Y への連続写像とする.
X×I から Y への連続写像 H で, 条件

ホモトピー

f, g を平面図形 X から図形 Y への連続写像とする.
X×I から Y への連続写像 H で, 条件

「X の任意の点 (x,y) に対し $H(x,y,0)=f(x,y)$, $H(x,y,1)=g(x,y)$」

ホモトピー

f, g を平面図形 X から図形 Y への連続写像とする.
$X \times I$ から Y への連続写像 H で, 条件

「X の任意の点 (x,y) に対し $H(x,y,0)=f(x,y)$, $H(x,y,1)=g(x,y)$」

をみたすものがあるとき,

ホモトピー

f, g を平面図形 X から図形 Y への連続写像とする.
X×I から Y への連続写像 H で, 条件

「X の任意の点 (x,y) に対し $H(x,y,0)=f(x,y)$, $H(x,y,1)=g(x,y)$」

をみたすものがあるとき, 「f と g はホモトピックである」
といい,

ホモトピー

f, g を平面図形 X から図形 Y への連続写像とする.
$X \times I$ から Y への連続写像 H で, 条件

「X の任意の点 (x,y) に対し $H(x,y,0)=f(x,y)$, $H(x,y,1)=g(x,y)$」

をみたすものがあるとき, 「f と g はホモトピックである」
といい, これを $f \simeq g$ で表す.

ホモトピー

f, g を平面図形 X から図形 Y への連続写像とする.
X×I から Y への連続写像 H で, 条件

「X の任意の点 (x,y) に対し $H(x,y,0)=f(x,y)$, $H(x,y,1)=g(x,y)$」

をみたすものがあるとき, 「f と g はホモトピックである」
といい, これを $f \simeq g$ で表す.

ホモトピー

f, g を平面図形 X から図形 Y への連続写像とする.
X×I から Y への連続写像 H で, 条件

「X の任意の点 (x,y) に対し $H(x,y,0)=f(x,y)$, $H(x,y,1)=g(x,y)$」

をみたすものがあるとき,「f と g はホモトピックである」
といい, これを $f \simeq g$ で表す.

すなわち, f と g がホモトピックであるとは,

ホモトピー

f, g を平面図形 X から図形 Y への連続写像とする.
X×I から Y への連続写像 H で, 条件

「X の任意の点 (x,y) に対し $H(x,y,0)=f(x,y)$, $H(x,y,1)=g(x,y)$」

をみたすものがあるとき,「f と g はホモトピックである」
といい, これを $f \simeq g$ で表す.

すなわち, f と g がホモトピックであるとは, f を
「連続的に動かして」g と同じ写像にできることをいう.

ホモトピー

f, g を平面図形 X から図形 Y への連続写像とする.
$X \times I$ から Y への連続写像 H で, 条件

「X の任意の点 (x,y) に対し $H(x,y,0)=f(x,y)$, $H(x,y,1)=g(x,y)$」

をみたすものがあるとき,「f と g はホモトピックである」
といい, これを $f \simeq g$ で表す.

すなわち, f と g がホモトピックであるとは, f を
「連続的に動かして」 g と同じ写像にできることをいう.

上の連続写像 H を f から g へのホモトピーという.

上記の定義から次の結果が示される.

上記の定義から次の結果が示される.

S^1 から S^1 への連続写像 f に対して,

上記の定義から次の結果が示される.

S^1 から S^1 への連続写像 f に対して, D^2 から S^1 への連続写像 F で,

上記の定義から次の結果が示される.

S^1 から S^1 への連続写像 f に対して, D^2 から S^1 への連続写像 F で, 次の条件を満たすものがあれば,

上記の定義から次の結果が示される.

S^1 から S^1 への連続写像 f に対して, D^2 から S^1 への連続写像 F で, 次の条件を満たすものがあれば, f は定値写像にホモトピックである.

上記の定義から次の結果が示される.

S^1 から S^1 への連続写像 f に対して, D^2 から S^1 への連続写像 F で, 次の条件を満たすものがあれば, f は定値写像にホモトピックである.

「S^1 の任意の点Pに対し $F(P)=f(P)$ である.」

上記の定義から次の結果が示される.

S^1 から S^1 への連続写像 f に対して, D^2 から S^1 への連続写像 F で, 次の条件を満たすものがあれば, f は定値写像にホモトピックである.

「S^1 の任意の点 P に対し $F(P)=f(P)$ である.」

§6. 写像度

§6. 写像度

S^1 から S^1 への連続写像 f に対して,

§6. 写像度

S^1 から S^1 への連続写像 f に対して, f の写像度と呼ばれる整数 $\deg f$ で,

§6. 写像度

S^1 から S^1 への連続写像 f に対して, f の写像度と呼ばれる整数 deg f で, 次の(1)〜(5)の性質を持つものが定義される.

§6. 写像度

S^1 から S^1 への連続写像 f に対して, f の写像度と呼ばれる整数 $\deg f$ で, 次の(1)〜(5)の性質を持つものが定義される.

§6. 写像度

S^1 から S^1 への連続写像 f に対して, f の写像度と呼ばれる整数 $\deg f$ で, 次の(1)〜(5)の性質を持つものが定義される.

以下では f, g をともに S^1 から S^1 への連続写像とする.

§6. 写像度

S^1 から S^1 への連続写像 f に対して, f の写像度と呼ばれる整数 $\deg f$ で, 次の(1)〜(5)の性質を持つものが定義される.

以下では f, g をともに S^1 から S^1 への連続写像とする.

(1) f と g がホモトピックであるためには $\deg f = \deg g$ であることが必要十分である.

§6. 写像度

S^1 から S^1 への連続写像 f に対して, f の写像度と呼ばれる整数 $\deg f$ で, 次の(1)〜(5)の性質を持つものが定義される.

以下では f, g をともに S^1 から S^1 への連続写像とする.

(1) f と g がホモトピックであるためには $\deg f = \deg g$ であることが必要十分である.

(2) f と g の合成写像 $g \circ f$ に関し, $\deg(g \circ f) = (\deg f)(\deg g)$.

§6. 写像度

S^1からS^1への連続写像fに対して, fの写像度と呼ばれる整数$\deg f$で, 次の(1)〜(5)の性質を持つものが定義される.

以下ではf, gをともにS^1からS^1への連続写像とする.

(1) fとgがホモトピックであるためには$\deg f=\deg g$であることが必要十分である.

(2) fとgの合成写像$g\circ f$に関し, $\deg(g\circ f)=(\deg f)(\deg g)$.

(3) 複素数の積を用いることによって

§6. 写像度

S^1 から S^1 への連続写像 f に対して, f の写像度と呼ばれる整数 deg f で, 次の(1)〜(5)の性質を持つものが定義される.

以下では f, g をともに S^1 から S^1 への連続写像とする.

(1) f と g がホモトピックであるためには deg f = deg g であることが必要十分である.

(2) f と g の合成写像 $g \circ f$ に関し, $\deg(g \circ f) = (\deg f)(\deg g)$.

(3) 複素数の積を用いることによって S^1 から S^1 への写像 $f \cdot g$ を

§6. 写像度

S^1 から S^1 への連続写像 f に対して, f の写像度と呼ばれる整数 $\deg f$ で, 次の(1)〜(5)の性質を持つものが定義される.

以下では f, g をともに S^1 から S^1 への連続写像とする.

(1) f と g がホモトピックであるためには $\deg f = \deg g$ であることが必要十分である.

(2) f と g の合成写像 $g \circ f$ に関し, $\deg(g \circ f) = (\deg f)(\deg g)$.

(3) 複素数の積を用いることによって S^1 から S^1 への写像 $f \cdot g$ を $(f \cdot g)(z) = f(z)g(z)$ で定義すれば

§6. 写像度

S^1 から S^1 への連続写像 f に対して, f の写像度と呼ばれる整数 $\deg f$ で, 次の(1)〜(5)の性質を持つものが定義される.

以下では f, g をともに S^1 から S^1 への連続写像とする.

(1) f と g がホモトピックであるためには $\deg f = \deg g$ であることが必要十分である.

(2) f と g の合成写像 $g \circ f$ に関し, $\deg(g \circ f) = (\deg f)(\deg g)$.

(3) 複素数の積を用いることによって S^1 から S^1 への写像 $f \cdot g$ を $(f \cdot g)(z) = f(z)g(z)$ で定義すれば $\deg(f \cdot g) = \deg f + \deg g$.

§6. 写像度

S^1 から S^1 への連続写像 f に対して, f の写像度と呼ばれる整数 $\deg f$ で, 次の(1)〜(5)の性質を持つものが定義される.

以下では f, g をともに S^1 から S^1 への連続写像とする.

(1) f と g がホモトピックであるためには $\deg f = \deg g$ であることが必要十分である.

(2) f と g の合成写像 $g \circ f$ に関し, $\deg(g \circ f) = (\deg f)(\deg g)$.

(3) 複素数の積を用いることによって S^1 から S^1 への写像 $f \cdot g$ を $(f \cdot g)(z) = f(z)g(z)$ で定義すれば $\deg(f \cdot g) = \deg f + \deg g$.

(4) c が S^1 から S^1 のある定点への定値写像ならば $\deg c = 0$.

§6. 写像度

S^1 から S^1 への連続写像 f に対して, f の写像度と呼ばれる整数 $\deg f$ で, 次の(1)〜(5)の性質を持つものが定義される.

以下では f, g をともに S^1 から S^1 への連続写像とする.

(1) f と g がホモトピックであるためには $\deg f = \deg g$ であることが必要十分である.

(2) f と g の合成写像 $g \circ f$ に関し, $\deg(g \circ f) = (\deg f)(\deg g)$.

(3) 複素数の積を用いることによって S^1 から S^1 への写像 $f \cdot g$ を $(f \cdot g)(z) = f(z)g(z)$ で定義すれば $\deg(f \cdot g) = \deg f + \deg g$.

(4) c が S^1 から S^1 のある定点への定値写像ならば $\deg c = 0$.

(5) S^1 の恒等写像 id_{S^1} の写像度は $\deg \mathrm{id}_{S^1} = 1$.

これらの性質から, 次の結果が示される.

これらの性質から, 次の結果が示される.

n を整数とするとき $p_n(z)=z^n$ で定義される S^1 から S^1 への写像 p_n の写像度は n である.

これらの性質から, 次の結果が示される.

n を整数とするとき $p_n(z) = z^n$ で定義される S^1 から S^1 への写像 p_n の写像度は n である.

§7. 応用例

§7. 応用例

次の定理は「一致点定理」と呼ばれている.

§7. 応用例

次の定理は「一致点定理」と呼ばれている.

φ を D^2 から D^2 への連続写像とし, S^1 の各点は φ によって S^1 の点に写されるとする. このとき, S^1 から S^1 への写像 f を $f(P)=\varphi(P)$ によって定義する.
もし, $\deg f \neq 0$ ならば, D^2 から D^2 への任意の連続写像 g に対して, $g(P_0)=\varphi(P_0)$ を満たす D^2 の点 P_0 が存在する.

特に, 上の定理でφとして, D^2の恒等写像とすれば, fはS^1の恒等写像だから, 写像度の性質の(5)により$\deg f = 1 \neq 0$が成り立ち, 上の定理の仮定が満たされる.

特に, 上の定理でφとして, D^2の恒等写像とすれば, fはS^1の恒等写像だから, 写像度の性質の(5)により$\deg f=1\neq 0$が成り立ち, 上の定理の仮定が満たされる.
よって,「ブラウワーの不動点定理」と呼ばれる次の定理が得られる.

特に, 上の定理で φ として, D^2 の恒等写像とすれば, f は S^1 の恒等写像だから, 写像度の性質の(5)により $\deg f = 1 \neq 0$ が成り立ち, 上の定理の仮定が満たされる.
よって,「ブラウワーの不動点定理」と呼ばれる次の定理が得られる.

D^2 から D^2 への任意の連続写像 g に 対して, $g(P_0) = P_0$ を満たす D^2 の点 P_0 が存在する.

一致点定理のもう一つの応用として「代数学の基本定理」と呼ばれる, 次の定理が示される.

一致点定理のもう一つの応用として「代数学の基本定理」と呼ばれる, 次の定理が示される.

複素数を係数とする n 次代数方程式

$$z^n+a_{n-1}z^{n-1}+\cdots+a_1z+a_0=0$$

に対し, 1 と $|a_0|+|a_1|+\cdots+|a_{n-1}|$ の大きい方を r とおくと, この方程式は絶対値が r 以下である複素数の解を少なくとも一つもつ.