

# 벡터와 공간에 대한 이해

EU<sub>n</sub>S

2019년 4월 6일

여기서 대부분의 좌표표현은 벡터이고 행이 아닌 열벡터로 표현합니다

$$(1, 1, 1) = \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \end{pmatrix}^1 \text{ 는 같습니다}$$

## 1 일차결합

**정의 1.1** (일차결합)  $v_1, v_2, \dots, v_k$ 를  $n$ 차원 벡터라 하자. 임의의 스칼라  $a_1, a_2, \dots, a_k$ 에 대하여 벡터  $v = a_1v_1 + a_2v_2 + \dots + a_kv_k$ 는  $R^n$ 에 속하는 한 벡터이다. 이것을 주어진 벡터  $v_1, v_2, \dots, v_k$ 의 **일차결합(linear combination)**이라 한다.

ex : 임의의 3차원 벡터  $x$ 는  $x = x_1i + x_2j + x_3k$ 와 같이 벡터  $i = (1, 0, 0), j =$   
내분점 외분점은  $(0, 1, 0), k = (0, 0, 1)$ 의 일차결합으로 나타낼 수 있다.  
모두 일차결합의  
한 형태입니다.

$i, j, k$  벡터(물리  
에서 주로 사용)  
는 고등학교에서  
기본 단위벡터로  
 $e_1, e_2, e_3$ 와 같습  
니다.

---

<sup>1</sup> 좌식을 행벡터라고하고 우식을 열벡터라고 합니다.

## 2 span

**정의 2.1** (span) 유클리드 벡터공간  $R^n$ 의 벡터  $v_1, v_2, \dots, v_k$ 에 대하여, 이 벡터의 일차결합의 전체집합을  $Span(v_1, v_2, \dots, v_k)$ 으로 나타내자. 즉,

$$Span(v_1, v_2, \dots, v_k) = \{a_1v_1 + a_2v_2 + \dots + a_kv_k \mid a_1, a_2, \dots, a_k \in R\}$$

유클리드 벡터공간  $R^n$ 의 벡터  $v_1, v_2, \dots, v_k$ 에 대하여,

$$W = Span(v_1, v_2, \dots, v_k)$$

일 때,  $v_1, v_2, \dots, v_k$ 은  $W$ 를 **생성(span)**한다고 하고,  $W$ 를  $v_1, v_2, \dots, v_k$ 에 의하여 생성된 공간(span)이라고 한다 즉,  $v_1, v_2, \dots, v_k$ 가  $W$ 를 생성한다는 것은  $W$ 가  $v_1, v_2, \dots, v_k$ 의 모든 일차결합을 포함하고  $W$ 의 임의의 벡터를  $v_1, v_2, \dots, v_k$ 의 일차결합으로 나타낼 수 있다는 것을 의미한다.

ex

$$Span(e_1, e_2, e_3) = R^3$$

$$Span\left(\begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ 1 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} -3 \\ 1 \\ 1 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} -2 \\ 1 \\ 2 \end{pmatrix}\right) \neq R^3$$

(추후에 더 다룹니다)

여기서 좌표는 시점인 원점과 종점인 한점을 잇는 벡터(=위치벡터)를 기본 단위벡터  $e_1, e_2, e_3$ 의 일차결합으로 나타내고 계수만을 따온것이라는걸 알 수 있습니다.

즉 좌표 = 위치벡터 그 자체로도 볼수있는셈 또한 우리가 왜 내분점 외분점을 이용해서 한 벡터를 여러 가지의 벡터로서 표현하는지를 알 수 있습니다

### 3 부분집합

**정의 3.1** (부분집합) 다음 세 조건을 만족하는  $R^n$ 의 부분집합  $S$ 를  $R^n$ 의 **부분공간(subspace)**이라고 한다.

1.  $0 \in S$
2.  $x, y \in S$ 이면  $x + y \in S$ 이다.
3.  $x \in S$ 이면, 임의의 스칼라  $\alpha$ 에 대하여  $\alpha x \in S$ 이다.  
조건 2)와 3)은 다음 하나의 조건 4)로 바꿀 수 있다.
4.  $x, y \in S$ 이면, 임의의 스칼라  $\alpha, \beta$ 에 대하여  $\alpha x + \beta y \in S$ 이다.

**Corollary 3.0.1.**  $W = \text{Span}(v_1, v_2, \dots, v_k)$  은  $R^n$ 의 부분공간이다

*Proof.* 증명은 충분히 혼자 직접하실 수 있습니다. □

### 4 일차독립과 일차종속

**정의 4.1** (일차종속, 일차독립) 유클리드 벡터공간  $R^n$ 의 벡터  $v_1, v_2, \dots, v_k$ 를 생각하자. 이 벡터에 의하여 생성된 부분공간을  $W$ 라 하자.

$$W = \text{Span}(v_1, v_2, \dots, v_k)$$

벡터  $v_1, v_2, \dots, v_k$  가운데 어떤 한 벡터를 제외한 나머지 벡터들이 여전히  $W$ 를 생성한다고 하자. 이것은  $v_i$  제외된 벡터 를 나머지 벡터들의 일차결합으로 나타낼 수 있음을 의미한다.

이와 같이, 가운데 어떤 한 벡터를 나머지 벡터들의 일차결합으로 나타낼 수 있을 때, 벡터  $v_1, v_2, \dots, v_k$ 는 **일차종속 (linearly dependent)**이라고 한다.<sup>a</sup>

일차종속이 아닌 경우 즉, 벡터 가운데 어느 것도 나머지 벡터들의 일차결합으로 나타낼 수 없을 때는 **일차독립 (linearly independent)**이라고 한다.

<sup>a</sup>단, 영벡터 0는 일차종속으로 정한다.

$v_1, v_2, \dots, v_k$ 가 일차종속일 필요충분조건은 적어도 하나는 0이 아닌 어떤 스칼라  $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_k$ 에 대하여  $\alpha_1 v_1 + \alpha_2 v_2 + \dots + \alpha_k v_k = 0$

$v_1, v_2, \dots, v_k$ 가 일차독립일 필요충분조건은 임의의 스칼라  $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_k$ 에 대하여  $\alpha_1 v_1 + \alpha_2 v_2 + \dots + \alpha_k v_k = 0$ 일때,  $\alpha_1 = \alpha_2 = \dots = \alpha_k = 0$  이다. ex)

$$1. \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ 1 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} -3 \\ 1 \\ 1 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} -2 \\ 1 \\ 2 \end{pmatrix} \text{는 일차 종속이다.}$$

$$\begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ 1 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} -3 \\ 1 \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -2 \\ 1 \\ 2 \end{pmatrix} \text{ (같은 줄끼리 계산했다고 생각하시면됩니다)}$$

$$\text{눈에 잘보여서 이렇게 끝낼수도 있지만 잘안보일때는 } \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ 1 \end{pmatrix} x_1 + \begin{pmatrix} -3 \\ 1 \\ 1 \end{pmatrix} x_2 +$$

$$\begin{pmatrix} -2 \\ 1 \\ 2 \end{pmatrix} x_3 = 0 \text{인 } x_1, x_2, x_3 \text{의 값을 찾는겁니다.}$$

이는 다음 연립방정식을 푸는것과 같습니다

$$x_1 - 3x_2 - x_3 = 0$$

$$x_2 + x_3 = 0$$

$$x_1 + x_2 + 2x_3 = 0$$

2.  $e_1, e_2, e_3$ 는 일차 독립이다

## 5 기저(basis)

**정의 5.1** (기저)  $R^n$ 의 부분공간  $V$ 의 벡터  $v_1, v_2, \dots, v_k$ 에 대하여

1.  $v_1, v_2, \dots, v_k$ 가  $V$ 를 생성하고

2.  $v_1, v_2, \dots, v_k$ 가 일차독립일 때,

$v_1, v_2, \dots, v_k$ 를  $V$ 의 기저(basis)라고 한다.

기저의 개수가 기저를 만드는 공간의 차원을 나타낸다.

ex)

$\begin{pmatrix} 0 \\ 1 \\ 1 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ 1 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \\ 0 \end{pmatrix}$  과  $\begin{pmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \\ 0 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$ 은 둘 다  $R^3$ 의 기저이다. 당연히 정의만 만족 하면되므로 하나의 공간에 여러개의 기저가 정의될 수 있습니다. 기저

의 가장 대표적인걸로 기본 단위 벡터가있죠. 이를 이용하면 R 상에서 좌표계를 45도 꺾어서 새로운 좌표계를 정의 할수도 있습니다. 이를 선형변환이라 합니다.

앞의 예제에 나온  $Span(\begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ 1 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} -3 \\ 1 \\ 1 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} -2 \\ 1 \\ 2 \end{pmatrix})$  은 결국에 뭘 나타낼까라는 의

문이 들 수 있습니다 세 벡터는 일차종속이며 따라서

$$Span(\begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ 1 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} -3 \\ 1 \\ 1 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} -2 \\ 1 \\ 2 \end{pmatrix}) = Span(\begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ 1 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} -3 \\ 1 \\ 1 \end{pmatrix})입니다.$$

이 두 벡터는 일차독립이므로 기저가 될 수 있고 이 공간이 2차원 평면이라는 정보까지 알 수 있습니다.

이 평면상의 한점을  $(x, y, z)$ 라 했을 때, 이는 곧

$$\begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ 1 \end{pmatrix} \alpha + \begin{pmatrix} -3 \\ 1 \\ 1 \end{pmatrix} \beta = \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix}$$

라는 일차결합 식으로 나타낼 수 있습니다. 임의의 스칼라  $\alpha, \beta$ 에 대해서 생성된 공간의 모든 점을 나타낼 수 있습니다.

이를 풀어쓰면

$$\alpha - 3\beta = x$$

$$\beta = y$$

$$\alpha + \beta = z$$

어디서 많이 보던 모양아닌가요

직선의 방정식을 나타내는 여러 가지 방법중 벡터 방정식

**정의 5.2** (직선의 방정식: 벡터방정식) 방향벡터  $\vec{u} = (a, b, c)$ 와 직선 위의 한 점  $(x_1, y_1, z_1)$ 이 주어질 때, 직선위의 점  $(x, y, z)$ 는 매개변수  $t$ 로 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$x = at + x_1$$

$$y = bt + y_1$$

$$z = ct + z_1$$

이것과 똑같은 생김새로  $(x_1, y_1, z_1)$ 가 평행이동을 나타내는 것이었다면  $\vec{u} = (a, b, c)$ 는 직선의 기저를 나타내는 것입니다. 평면의 방정식을 구할 때도 직선의 방정식을 구할때의  $t$ 를 소거하는 식과 마찬가지로  $\alpha, \beta$ 를 소거하여 구하면  $x + 4y - z = 0$  이라는 평면의 방정식이 나옵니다

## 6 정리

벡터들을 가지고 다른 벡터를 표현하는걸 일차결합이라고 합니다. 최소한의 벡터 갯수만으로 공간을 만들어 낼때 그 벡터들을 기저라하고, 좌표는 기저의 일차결합을 계수만 따온 표현법이죠, 근본에는 기저가 깔려있습니다. 좌표는 시점이 원점인 위치벡터와 완전히 1:1 대응합니다. 따라서 모든 기하문제는 벡터문제로 생각해서 풀수있죠. 기저는 언제든지 바뀔 수 있으며 그에 따라서 좌표도 달라지지만 나타내는 좌표(벡터)가 나타내는 위치는 여전히 같습니다. 예를들어 기저가  $(1, 0), (0, 1)$ 일때  $(1, 1)$ 은 기저가  $(1, 1), (-1, 0)$ 일때,  $(1, 0)$ 인 것과 나타내는 위치가 같습니다.