

선대 :: 정의 복습

선대를 공부하는 사람.

2021년 6월 16일

요 약

선대 정의 정리하기. 두둥.

1 집합과 함수

1.1 함수

- 단사함수, one-to-one, injective, $f(s) = f(s') \Rightarrow s = s'$
- 전사함수, onto, surjective, $\text{Im}(f) = T$
- 전단사함수, one-to-one correspondence, bijective

1.2 치환

2 군과 체

2.1 군

집합 G 와 이항연산 $*$ 에 대해, 군 $\langle G, * \rangle$ 은 다음 조건을 만족

1. G 는 $*$ 에 닫혀있음
2. $*$ 는 associative 결합법칙만족
3. 항등원 존재
4. 모든 원소에 역원 존재 ($s * t = t * s = e$)

2.2 환

집합 R 과 연산 $+$, \cdot 에 대해서 다음을 만족

1. $\langle R, + \rangle$ 는 덧셈군(=가환)
2. $\langle R, \cdot \rangle$ 는 반군 (덧셈, 결합법칙 有)
3. 분배법칙 성립. $a(b + c) = ab + ac$

2.3 체

다음을 만족하는 환 K 를 체라고 함.

1. 가환환 (commutative ring), (=교환법칙 성립)
2. ring with unity (\cdot 의 항등원 존재)

3 벡터공간과 선형변환

3.1 벡터공간

체 K , 덧셈군 V 에 대해, $K \times V \rightarrow V$ 인 스칼라 연산이 존재. 그리고 다음을 만족

1. $\langle V, + \rangle$ 는 가환군

2. $(\lambda\mu)v = \lambda(\mu v)$
3. $(\lambda + \mu)v = \lambda v + \mu v$
4. $\lambda(v + w) = \lambda v + \lambda w$
5. $1v = v$

3.2 선형변환

같은 체 K 위에 정의된 두 벡터공간 V, V' 에 대해, 함수 $T: V \rightarrow V'$ 이 다음을 만족하면 선형 변환임.

1. $T(v + w) = T(v) + T(w)$
2. $T(\lambda v) = \lambda T(v)$

4 차원

4.1 랭크-널리티 정리

선형 변환 $T: V \rightarrow W$ 에 대하여...

- $\dim(\text{rank}(T)) = \text{rk}(T)$
- $\dim(\text{Ker}(T)) = \text{null}(T)$
- $\text{rank}(T) + \text{nullity}(T) = \dim(V)$

5 행렬

5.1 행렬의 성분의 표현

$$\mathbf{A}_i^j = a_{ij} \text{ (옳은 표현인지 모름)}$$

$$e_i^T \mathbf{A} = A_i$$

$$\mathbf{A} e_j = A^j$$

5.2 계수행렬과 첨가행렬

$Ax = B$ 에서,

- coefficient matrix
 A 는 계수행렬
- augmented matrix
 $(A|B)$ 는 첨가행렬

6 선형변환과 행렬표현

실은 둘이 같음. 일단 서로 동형이며, 선형변환의 합성은 행렬의 곱임.

6.1 쌍대공간

6.2 기저의 변환

7 내적공간

7.1 실내적공간

사상 $V \times V \rightarrow \mathbb{R}, (v, w,) \mapsto \langle v|w \rangle$ 이 정의된 벡터공간 V

1. $\langle v|v \rangle \geq 0$ 이며, 등호는 $v = 0$ 때만
2. $\langle v|w \rangle = \langle w|v \rangle$
3.
 - $\langle u + v|w \rangle = \langle u|w \rangle + \langle v|w \rangle$
 - $\langle av|w \rangle = a \langle v|w \rangle$

7.2 통상내적

$$\langle x|y \rangle = \sum_{i=1}^n x_i y_i$$

7.3 복소내적공간

사상 $V \times V \rightarrow \mathbb{C}, (v, w,) \mapsto \langle v|w \rangle$ 이 정의된 벡터공간 V

1. $\langle v|v \rangle \geq 0$ 이며, 등호는 $v = 0$ 때만
2. $\langle v|w \rangle = \overline{\langle w|v \rangle}$
3.
 - $\langle u + v|w \rangle = \langle u|w \rangle + \langle v|w \rangle$
 - $\langle av|w \rangle = a \langle v|w \rangle$

마지막 2개는 ^{antilinearity} 반선형성이라 함

8 행렬식

다음을 만족하는 사상 $\det : M_n(K) \mapsto K$ 을 행렬식이라 함

1. $A_j = \lambda_1 C_1 + \lambda_2 C_2, \det(A) = \lambda_1 \det(A^1 \cdots C_1 \cdots A^n) + \lambda_2 \det(A^1 \cdots C_2 \cdots A^n)$
2. $A = (A^1 A^2 \cdots A^n)$ 에서, $A^j = A^{j+1}$ 면, $\det(A) = 0$
3. $\det(I_n) = 1$

^{Multilinearity} 각각 다중선형성, ^{Alternation of Sign} 부호 교대성질, ^{Normalization} 정규화 성질이라 불림

8.1 행렬식의 표현

$$\det(A) = \sum_{j=1}^n (-1)^{i+j} a_{ij} \det(\partial_{ij} A)$$

$$\det(A) = \sum_{\pi \in S_n} \sigma(\pi) a_{\pi(1)1} \cdots a_{\pi(n)n}$$

후자를 이용해, $\det(A) = \det(A^T)$ 임을 보일 수 있다.

8.2 여인자

- $C_{ij} = (-1)^{i+j} \det(\partial_{ij} A)$ 인 C 를 ^{cofactors} 여인자라고 부름.
- C_i^j 성분이 C_{ij} 인 $n \times n$ 행렬 C 를 여인자 행렬이라 부르며,
- 이것의 전치행렬을 ^{adjoint matrix} 수반행렬이라 부름.
- 특히, $A^{-1} = \frac{1}{\det(A)} \text{adj}(A)$ 가 성립함.

9 교숫값, 고유벡터

9.1 정의

$T : V \rightarrow T$ 인 선형사상에 대해 0아닌 $v \in V$ 에 대해 $T(v) = \lambda v$ 를 만족시킬 때, λ 를 ^{eigenvalue} 교숫값, 0아닌 벡터 v 를 ^{eigenvector} 고유벡터라 함.

9.2 특성다항식

$$p(t) = \det(tI_n - A)$$

10 자기준동형사상의 표현

11 부록: $\det(A) \neq 0$ 과 동치들

$A \in M_n(K)$ 일때, 다음은 동치임.

1. $\forall y \in K, Ax = y$ 의 해는 최소 하나 이상
2. A 의 행공간은 K^n
3. A 의 열공간은 K^n
4. $Ax = 0$ 은, 자명해 $x = 0$ 만 갖음
5. A 의 행들은 일차독립
6. A 의 열들은 일차독립
7. $\forall y \in K, Ax = y$ 는 무조건 하나의 해 갖음
8. A 의 행들은 K^n 의 기저

9. A 의 열들은 K^n 의 기저
10. $A \in \text{GL}_n(K)$
11. $A^T \in \text{GL}_n(K)$
12. $\det(A) \neq 0$
13. $\det(A^T) \neq 0$