

環論 NO.11 要約

今日のテーマ PID

単項イデアル環であるような整域を単項イデアル整域 (principal ideal domain, 略して PID) とよぶ。

定理 11.1. PID R において、 R の元 a, b をとる。 $(a, b) = (d)$ を満たす d は a, b の最大公約元である。

補題 11.1. PID R の元 a, b, c が $\gcd(a, b) = 1$ かつ $a|bc$ を満たすならば、 $a|c$ 。

既約元の定義の際には、「0 でも可逆でもない」という条件を付けておくべきであった。(web 版では修正済み)

定義 11.1 (10.1 の訂正). R は可換環であるとする。 R の元 x が既約であるとは、 x が 0 でも可逆元でもなく、なおかつ

$$\forall y \forall z (y, z \in R, yz = x \implies (y \in R^\times \text{ または } z \in R^\times))$$

をみたすときに言う。

命題 11.2. PID R においては、既約元は素元である。

定義 11.2 (10.5 再掲). 整域 R が素元分解環であるとは、 R の任意の元 x について、次のいずれかが成り立つときに言う。

- (1) $x=0$
- (2) $x \in R^\times$
- (3) x は R の素元の積に分解される。

補題 11.2. R は整域であるとする。このとき、

- (1) R の素元は、必ず既約である。
- (2) R の既約元は、必ずしも素元とは限らない。
- (3) R が素元分解環ならば、その既約元は必ず素元である。

- $\mathbb{Z}[\sqrt{-5}]$ では素因数分解は一意的でない。例えば

$$(1 + \sqrt{-5})(1 - \sqrt{-5}) = 2 \cdot 3.$$

補題 11.3. 単項イデアル環 R のイデアルの増大列

$$I_1 \subset I_2 \subset I_3 \subset I_4 \subset \dots$$

は必ずどこかで止まる。すなわちある N があって、

$$I_N = I_{N+1} = I_{N+2} = \dots$$

がなりたつ。

上の補題はネータ環の一般論の特殊な場合である。ここで、 R がネータ環であるとは、 R の任意のイデアルが有限個の元で生成される場合に言う。ネータ環のイデアルの増大列も、必ずどこかで止まることが証明できる。証明はほとんど同じなので進んで勉強したい人はやってみられると良い。(余談ながらネータ環は環論において大変重要な対象である。体上有限生成な環は全てネータ環である。(ヒルベルトの基底定理))