

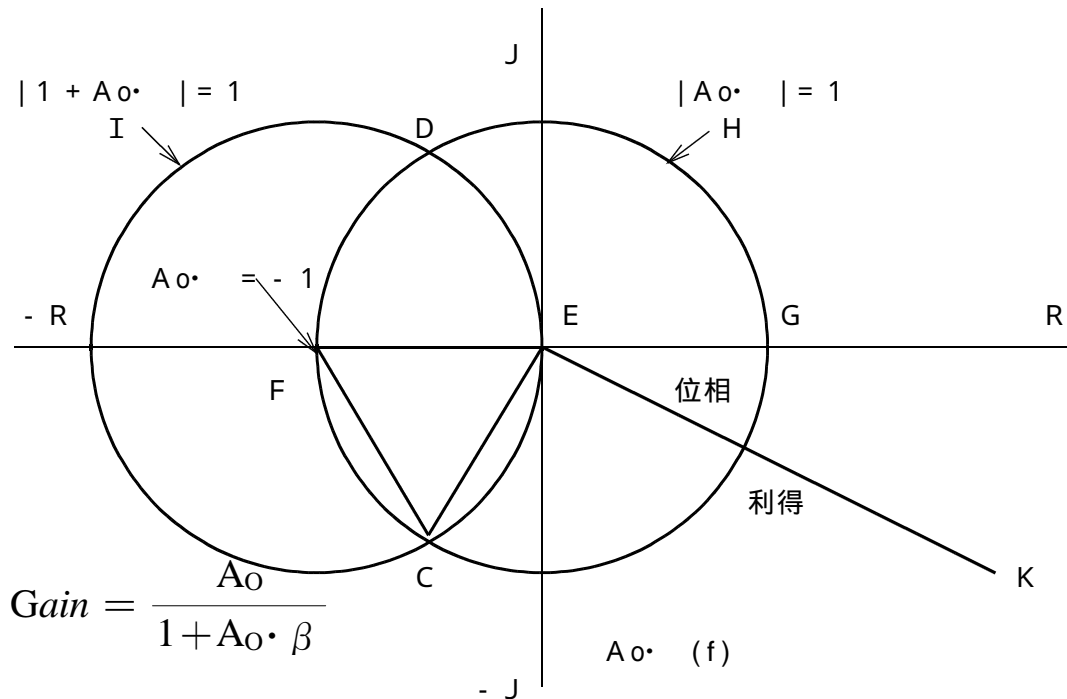
## 安定な負帰還を施すために

負帰還是非常に優れた方式ですが、唯一の欠点は、振幅・位相の特性を注意深く設計しないと不安定になり、最悪は回路が発振してしまうことです。

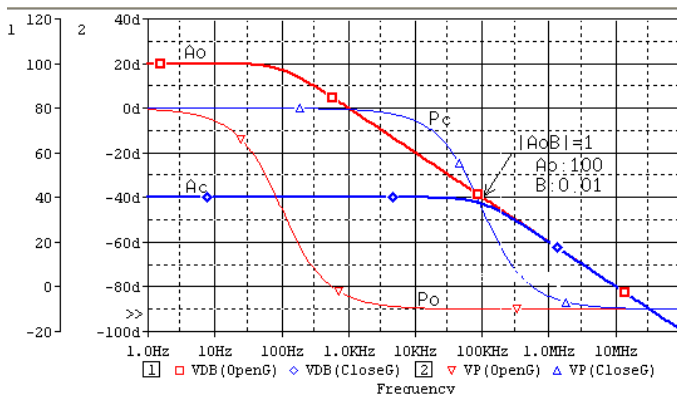
負帰還の利得を決定する式の分母  $1 + A_o \cdot \beta$  が零、したがって  $A_o \cdot \beta = -1$  になると、無限大の利得になってしまい、発振してしまうことになります。

$A_o$ 、 $\beta$ とも利得と位相という2つのパラメータで構成される複素数なので  $A_o \cdot \beta = -1$  という領域が出現します。

$|A_o \cdot \beta| = 1$ になる箇所を「ループ利得が0dBになる周波数」とか「ループが切れる周波数」と呼び、負帰還ではもっとも重要な管理点です。



上図ではある周波数での  $A_o \cdot \beta$  の値がK点とすると、K点から極座標の零点、Eまでの距離が利得、実数軸Rと直線KEの角度が位相を示し、時計方向が位相遅れ、反時計方向が位相進みを示しています。負帰還の安定性を判断するのは  $|A_o \cdot \beta| = 1$  の所なので上図の円Hの円周上になります。また負帰還を施すと、 $A_o$ よりも  $A_c$ が大きくなってしまい  $|1 + A_o \cdot \beta| < 1$  の不安定な場所は円Iの内部となり、その中心F点が発振してしまう箇所になります。



安定な負帰還を施すためにはループ利得が0dBになる、 $|A_o \cdot \beta| = 1$ の周波数での位相遅れ、または進みを  $120^\circ$  以内にする必要があります。

発振してしまう  $|A_o \cdot \beta| = 1$  での位相遅れ  $180^\circ$  に対しどのくらい余裕があるかを、負帰還では位相余裕と呼びます。したがって位相遅れ  $120^\circ$  は位相余裕  $60^\circ$  ということになります。

**位相余裕 =  $180^\circ - \{ |A_o \cdot \beta| = 1 \text{ の周波数での位相遅れ} \}$**

**利得余裕 = 0dB - 位相が  $180^\circ$  遅れた周波数でのループ利得**