

Q. アンテナの利得について教えてください。



A. アンテナの**利得 (gain) **とは、

「ある方向にどれだけ効率よく電波を集中して放射（または受信）できるか」を表す量です。

アンテナ工学では非常に重要なパラメータで、単位には **dBi** や **dBd** が使われます。

1. 利得のイメージ

例えば送信電力が同じなら、

- 電球のように全方向へ均等に光るアンテナ
- 懐中電灯のように特定方向へ集中して光るアンテナ

では、特定方向の電波強度は後者の方が強くなります。

アンテナ利得は、この

「電波の集中度」

を表しています。

2. 利得の定義

利得 G は

$$G = \eta D$$

で表されます。

ここで

- D : 指向性 (Directivity)
- η : アンテナ効率

です。

つまり、

- 指向性が高い
- 損失が少ない

ほど利得が大きくなります。

3. dBi とは？

利得は通常 dB 表示します。

比較対象として

等方性アンテナ (Isotropic Antenna)

仮想的に全方向へ均等に電波を放射するアンテナ

を基準にすると

$$G[\text{dBi}] = 10\log_{10} G$$

となります。

例

利得が

$$G = 10$$

なら

$$10\log_{10}(10) = 10 \text{ dBi}$$

です。

4. dBd とは？

半波長ダイポールアンテナを基準としたものです。

半波長ダイポールの利得は

$$2.15 \text{ dBi}$$

なので

$$G[\text{dBi}] = G[\text{dBd}] + 2.15$$

の関係があります。

例えば

- 8.15 dBi
- 6 dBd

は同じ利得です。

5. 利得が高いとどうなるか

例えば

- 送信電力：1 W
- アンテナ利得：10 dBi

の場合、

アンテナの主ビーム方向では

$$10^{10/10} = 10$$

倍の電力密度になります。

そのため

- 通信距離が伸びる
- 受信レベルが向上する

というメリットがあります。

6. 高利得アンテナの欠点

良いことばかりではありません。

利得を高くすると、

ビーム幅が狭くなる

例えば

- 2 dBi のダイポール

- 24 dBi のパラボラ

では

24 dBiの方が非常に細いビームになります。

そのため

- アンテナの向きを正確に合わせる必要がある
- 広範囲をカバーしにくい

という欠点があります。

7. 通信システムでの利用

フリースペース伝搬損失を考えると、

受信電力は

$$P_r = P_t G_t G_r \left(\frac{\lambda}{4\pi R} \right)^2$$

(Friis の伝達公式)

で表されます。

ここで

- G_t : 送信アンテナ利得
- G_r : 受信アンテナ利得

です。

つまり利得を 3 dB 上げると、

2

倍の実効的な放射能力が得られます。

アンテナ設計では、送信電力を上げるよりもアンテナ利得を改善する方が効率的な場合が多いです。

電磁波工学・アンテナ工学的な本質

学生がよく誤解するのですが、

アンテナ利得は「電力を増幅する能力」ではありません。

アンテナ自体がエネルギーを生み出しているわけではなく、

- 不要な方向への放射を減らし
- 必要な方向へ集中する

ことで、ある方向の電力密度を高めています。

そのため

「利得が高い = 電波を増幅している」

ではなく、

「利得が高い = 電波を空間的に集中している」

と理解するのが正しいです。

さらに学ぶと、開口面積との関係

$$G = \frac{4\pi A_e}{\lambda^2}$$

(有効開口面積 A_e)

や、アレイアンテナの利得向上原理にもつながります。これはアンテナ工学で非常に重要な式です。