

# Mini-Circuits アプリケーションノート AN-60-037

## ハイパワーアンプへのマルチトーン信号入力について

マルチトーン信号の電力は、平均電力とピーク電力で表すことが出来ます。平均電力は各信号トーンの電力の和として定義します。例として、4トーンの各+5 dBm の信号から構成されるマルチトーン信号の平均電力は以下の通りです。

$$+5 \text{ dBm} + 6 \text{ dB} = +11 \text{ dBm}$$

ピーク電力、或いはピークエンベロープパワー (PEP: Peak Envelope Power、包絡線尖頭電力) は、複数トーンの重ね合わせ波形における瞬間最大電力です。仮に各信号トーンの電力が  $P_1$  である場合、各信号トーンの電圧振幅は  $V_1 = \sqrt{2 \cdot P_1 \cdot R}$  となります ( $R$  は負荷抵抗値で通常 50 オーム)。全ての独立した信号トーンの電圧ベクトルが一致した瞬間に、負荷の電圧が最大ピーク値となります。この瞬間、負荷の電圧振幅は  $V_{\text{peak}} = V_1 \cdot N$  ( $N$  は独立した信号トーンの数) となります。従って、この場合のマルチトーン信号のピーク電力は以下の通りとなります。

$$P_{\text{peak}} = \frac{V_{\text{peak}}^2}{2 \cdot R}$$

或いは

$$P_{\text{peak}} = \frac{(V_1 \cdot N)^2}{2 \cdot R} = \frac{V_1^2}{2 \cdot R} \cdot N^2 = P_1 \cdot N^2$$

下表に、全ての信号トーンが独立で、かつ、各信号トーンの電力が全て 1 mW である場合における、マルチトーン信号の平均電力とピーク電力を示します。

**表 1: マルチトーン信号の平均電力とピーク電力 (mW 表記、各トーンは 1 mW)**

トーン数	2	3	4	5	6	7	8	9	10
平均電力 (mW)	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ピーク電力 (mW)	4	9	16	25	36	49	64	81	100

下表に、全ての信号トーンが独立で、かつ、各信号トーンの電力が全て 0 dBm である場合における、マルチトーン信号の平均電力とピーク電力を示します。

**表 2: マルチトーン信号の平均電力とピーク電力 (dBm 表記、各トーンは 0 dBm)**

トーン数	2	3	4	5	6	7	8	9	10
平均電力 (dBm)	3	4.8	6	7	7.8	8.5	9	9.5	10
ピーク電力 (dBm)	6	9.5	12	14	15.6	16.9	18.1	19.1	20

例として、9トーン各-2 dBmのシングルトーンから構成されるマルチトーン信号の場合、マルチトーン信号のピーク電力はシングルトーン電力と比較して81倍、或いは19.1 dB大きな値になります。

$$P_{\text{peak}} = -2 \text{ dBm} + 19.1 \text{ dB} = +17.1 \text{ dBm}$$

この場合、9トーンのマルチトーン平均電力は、シングルトーン電力と比較して9.5 dBの増加に過ぎません。従って、この例では、マルチトーンのピーク電力はマルチトーン平均電力に比べて9.6 dB大きな値になります。

もし、我々がある一定の出力電力、例えば100Wのアンプを持っていて、出力歪を抑えたけば、アンプ出力のピーク電力が100Wに収まるように、入力されるマルチトーン信号の電力を制限する必要があります。例として、9トーンの信号入力時であれば、単一の信号トーンの電力を $100 \text{ W} / 81 = 1.2 \text{ W}$ 、或いは+30.9 dBmに抑える必要があります。もし低い駆動電力時のゲインが50 dBである場合、単一の信号トーンの電力は以下の通りになります。(訳注:アンプの出力歪を抑えるため、アンプを非コンプレッション領域で使用しているという前提に基づく説明)

$$+30.9 \text{ dBm} - 50 \text{ dB} = -19.1 \text{ dBm}$$

仮に、大きな出力歪が許容できる場合には、単一の信号トーン電力は、アンプの最大出力電力の1/9まで高くすることが可能です。その場合、各信号トーン出力電力は $100 \text{ W} / 9 = 11 \text{ W}$ 、或いは+40.5 dBmとなります。もし高い駆動電力時のゲインが47 dBである場合(50 dB - 3 dB compression)、各信号トーン電力は以下の通りになります。(訳注:アンプの出力歪を許容できるため、アンプをコンプレッション領域で使用しているという前提に基づく説明)

$$+40.5 \text{ dBm} - 47 \text{ dB} = -6.5 \text{ dBm}$$

もし単一の信号トーン電力をそれよりも大きくした場合(例えば-2 dBmから-1 dBmに)、過大なRFオーバーロードによりアンプにストレスをかけながらも、アンプの出力電力は増加しません。RFアンプへのマルチトーン入力時における単一トーンの入力電力は、信号トーンの合計数と、希望する出力歪のレベルに基づいて決定する必要があります。

以上