

パラメトリック・スピーカの変調方式の検討

鎌倉友男 米山正秀 池谷和夫
 (名古屋大学) (株)リコー (名古屋大学)

音波の非線形現象を利用したパラメトリック・スピーカはその指向性の鋭さに一つの特長をもつ。これは高い周波数の搬送波を可聴音である信号波で振幅変調し有限振幅波として送波するもので、音波の非線形相互作用によって信号に関係した2次波が空間内に縦型アレー状に分布する結果として指向性は鋭く、サイドローブも小さい。

いま、半径 a の円形送波器より包絡 $f(t)$ をもった有限振幅音波

$$P_1 = P_0 f(t) \sin \omega_0 t \quad (1)$$

を放射したとする。ここで、 P_0 は音源音圧、 ω_0 は搬送波の角周波数である。もしこの1次波が平面波で十分コリメイトしていると仮定すると2次波 P_2 は音軸上に

$$P_2 = \frac{\beta P_0^2 a^2}{16 \rho c^4 a r} \frac{\partial^2}{\partial t^2} f^2(t - \frac{z}{c}) \quad (2)$$

となる。なお、 β は媒質の非線形パラメータ、 ρ は媒質密度、 c は音速、 α は1次波の線形吸収係数である。式(2)より P_2 は f^2 に比例している、即ち包絡の自乗という非線形操作を受けて2次波が生ずる。この自乗操作は音波の2次の非線形性の直接的結果であって、再生信号のひずみの発生原因となる。そこで、いま

$$f(t) = \sqrt{1 + S(t)} \quad (3)$$

とすると、 P_2 は信号 $S(t)$ に比例しひずみは生じなくなる。この変調を変形両側波帯(MDSB)方式と称することにする。

表1は、パラメトリック・スピーカに用いられている変調方式、即ち両側波帯(DSB)と単側波帯(SSB)、更に今回提案したMDSB各方式の特性比較を行ったものである。但し、信号としては正弦波とし、100%変調(式(3)では $\sqrt{1 + \sin \omega t}$) の場合を対象とした。この結果、ひずみの点においてはDSBは劣るが変換効率の点で最もよい。MDSBはひずみが生じない点を勝る。しかし、このた

めには電気信号が広帯域化することにより、その帯域をカバーする送波器を用いないと、かえってひずみが増すことになる。

中心周波数

40kHzの超音波振動子を581個平面状に並べて行ったDSB、MDSB方式の効率及びひずみの実験結果を図1,2に示す。効率の比較実験についてはスピーカへの印加電圧のピーク値を一定とした

amplitude limitedの条件で行ったもので、両方式ともに同程度の音圧が得られており、理論と対応している。図2のひずみについては第2高調波に関する限りMDSB方式はDSBよりおよそ10dB小さくなる。しかし、第3高調波は振動子が広帯域でないことによりかえって大きくなる傾向にある。

文獻リ米山他、非線形パラメトリック作用のスピーカへの応用、電子通信学会技術委員会資料、EA81-65

方式 項目	DSB	SSB	MDSB
第2高調波 ひずみ率(%)	100	0	0
再生音圧 * Power limited	0	-4.4	-2.5
再生音圧 * Amplitude limited	0	-1.0	0
電気信号の 帯域(Hz)	$f_0 - f$ より $f_0 + f$	$f_0 - f$ より $f_0 + f$ 又は f_0 より $f_0 + f$	f_0 を中心と して広帯域

表1. 各方式の特性比較

* : DSBを基準としてdB表示
 (変調率は100%)

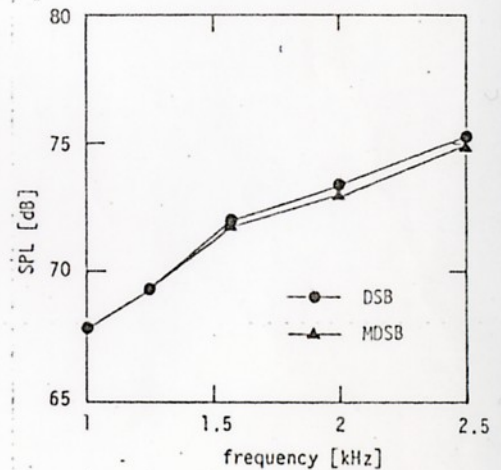


図1. スピーカへの印加電圧のピーク値を一定としたときの再生音圧距離 9.5m

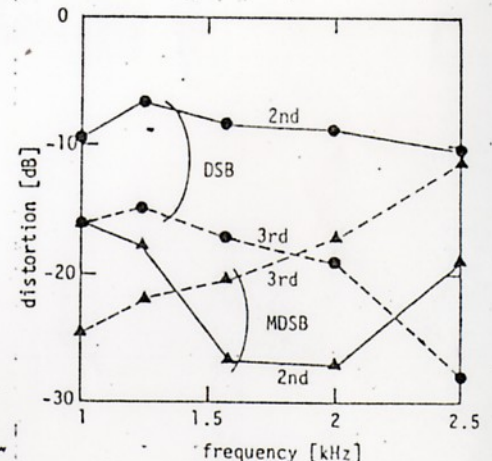


図2. 第2, 第3高調波の同波数特性。基本波を0dBとしている。