

守谷直也 池田亜希 金田豊(東京電機大・工)

1. はじめに

音響インパルス応答計測において、スピーカ的非線形歪みは、重要な誤差要因となっている。Log-TSP 信号を用いれば、高調波歪が除去できる[1][2]が、非線形誤差の低減量は、十分得られなかった[3]。本稿では、その要因を検討した。

2. 非線形高調波歪の除去

図 1 に示すように、インパルス応答計測における誤差は、雑音性誤差と非線形誤差の和である[4]。これら 2 つの誤差は、スピーカ出力レベルを介して、トレードオフの関係にあるので、誤差の低減には限界があった。

しかし、対数掃引型の Log-TSP 信号を用いれば、非線形誤差である高調波歪は分離測定できる[1][2]。Log-TSP 法による測定結果例を図 2、3 に示す。図 2 は非線形歪が十分小さい場合のインパルス応答測定結果、図 3 は非線形歪が大きい場合の測定結果を示す。図 3 において、は入力した周波数（基本波）に対する応答、は基本波の 2 倍の周波数成分（2 次高調波歪） ... はそれぞれ 3、4 次... 高調波歪成分を表している。

図 3 の結果から、高調波歪成分 ... を時間軸上で除去すれば、非線形誤差が大幅に低減でき、従来の誤差限界を超えて測定が可能となると考えたが、結果は 3dB 程度の改善にとどまった[3]。

3. 基本波応答の検討

高調波歪成分を取り除いても、誤差が改善しない理由は、基本波応答の変形にあることがわかった。図 4 は、図 2（非線形歪の十分小さい場合）および図 3 の基本波応答 より求めた、スピーカ（BOSE:101MM）の周波数応答を表している。なお、変形の様子を明らかにするため、軸を拡大している。

図より、非線形歪が大きい場合には、応答のピーク部分に低下が見られる。これは、応

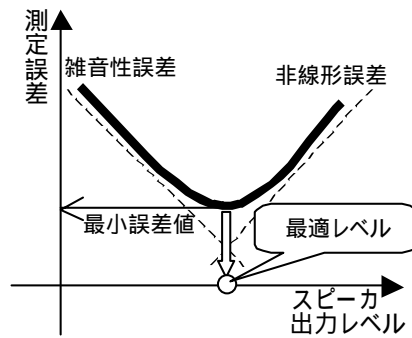


図 1 スピーカ出力レベルとインパルス応答測定誤差の関係

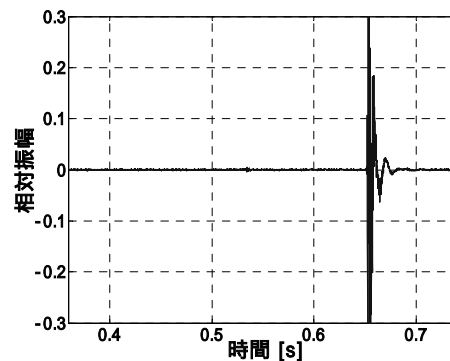


図 2 非線形歪が十分小さい測定結果

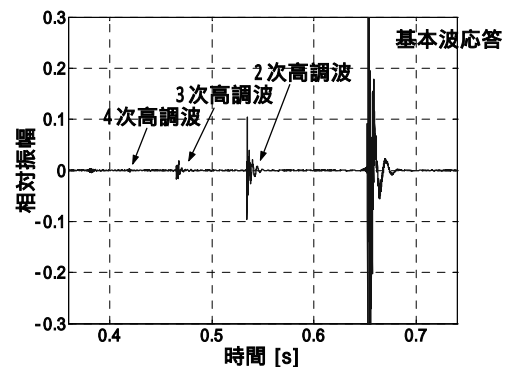


図 3 非線形歪が大きい測定結果

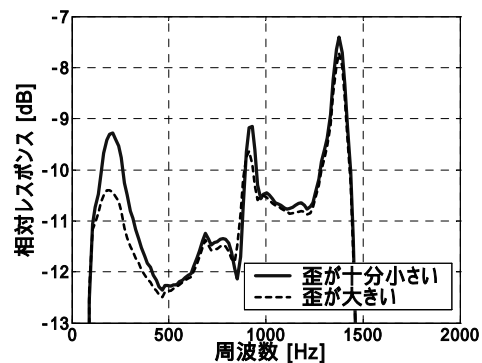


図 4 基本波応答の変形

* A study of the non-linear distortion of a loudspeaker on impulse response measurement.

By Naoya Moriya , Aki Ikeda and Yutaka Kaneda (Tokyo Denki Univ.).

答にピークを持つような周波数成分は、スピーカ振動板の振幅も大きいいため、大きな入力を加えた場合には、機械的に振幅が制約を受け(クリッピング) 応答としては小さくなる、と解釈される。

このような、スピーカ出力レベルに依存した基本波応答の変形は、聴覚的には影響が小さいので、あまり着目されなかったが、音場制御や逆フィルタを行う場合、影響を及ぼすものと考えられる。

4. スピーカの非線形歪による誤差

図5に、「基本波応答(図3)」、および「基本波応答の変形による非線形誤差(図4に示した2曲線の真数値の差)」、「各基本波に対応する高調波歪(例えば、2次高調波歪は、図3の波形をDFTし、横軸を1/2として表示)」を示した。

図より、「高調波歪成分」と「基本波応答の誤差」の大きさはほぼ等しい。よって、高調波歪成分を除去できたとしても、非線形誤差は、大幅に低減できないことがわかる。

なお、基本波応答の誤差と高調波歪との大小関係は、スピーカによって異なることがわかっており、今後検討が必要である。

5. 最適な測定信号の考察

雑音性誤差の大きさは、雑音の周波数成分と測定信号の周波数成分との比に比例しているので、周波数依存性を持つ。また、図5からわかるように、非線形誤差の大小も、周波数に依存している。したがって、図1に示すような、スピーカ出力レベルと各誤差との関係も、周波数によって変化する。この関係を幾つかの周波数について図6に示した。印で示した、各周波数の最小誤差を与える最適スピーカ出力レベルも、周波数依存性を持つことがわかる。

一方、TSP信号の位相・群遅延・パワー密度は、それぞれが微分した関係にあって、所望のパワー密度を持った、TSP信号を作ることができる。これらの点をふまえて、最適な測定信号を合成することは(最適性の評価基

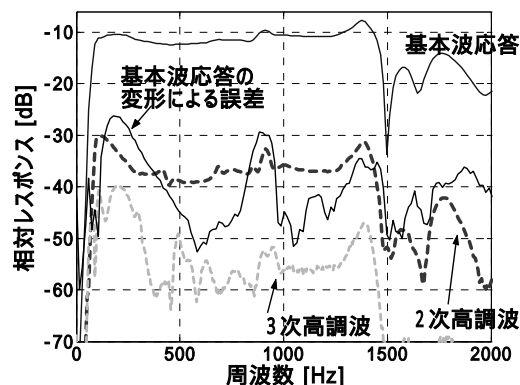


図5 基本波応答の誤差と高調波歪

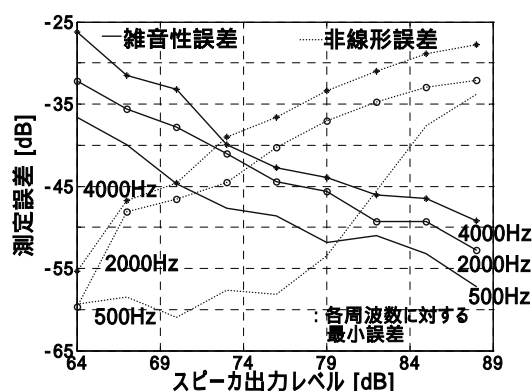


図6 雑音性誤差と非線形誤差の周波数依存性

準も含めて) 今後の課題である。

6. まとめ

インパルス応答計測において、スピーカの非線形歪の影響を受けるとき、基本波応答のピークが低下することを明らかにした。このため、高調波歪の除去ができたとしても、非線形誤差の大幅な低減が望めない場合があることを示した。また、雑音性誤差と非線形誤差には、共に周波数依存性があり、最適な測定信号の作成にあたっては、これらを考慮する必要があることを示した。

参考文献

[1] 藤本卓也, 音講論集, 555-556 (2000.3).
 [2] A. Farina, 108th AES Convention, 5093 (D-4), (2000.2).
 [3] 守谷直也, 音講論集, 637-638 (2004.3).
 [4] 金田豊, 音響学会誌, 55, 364-369 (1999).