

○藤本卓也 (四元音響設計事務所)

1. はじめに

SN比の良いインパルス応答を短時間で測定するための手法の一つにTSP法^[1]がある。TSP信号はインパルスの位相を周波数の2乗に比例してシフトさせたものであり、そのパワースペクトルはフラットで、いわば「ホワイト」な信号といえる。このため、建築音響分野のように1/1あるいは1/3オクターブバンド毎の応答を求めようとする、低域になるほど信号のバンドレベルが低下し、SN比が悪くなる傾向がある。同期加算回数を増やしたり、パルスの引き伸ばし時間を長くしたりすることで測定帯域全体のSN比を改善することはできるが、低域バンドと高域バンドとのSN比の差が小さくなるわけではない。

そこで今回、低域でのSN比改善を目的としたTSP信号について検討を行った。新たな信号は「ピンク」な周波数特性を持ち、その特性を活かせるような時間引き伸ばし方法を採用している。ここではこれをPink-TSP信号と呼ぶ。

2. Pink-TSP信号

低域バンドのSN比改善を目的とした新たな信号は次式により生成する。

$$H(k) = \begin{cases} 1 & k=0 \\ \frac{\exp[jak \log k]}{\sqrt{k}} & 0 < k \leq N/2 \\ H^*(N-k) & N/2 < k < N \end{cases} \quad (1)$$

ただし、 $a(N/2) \log(N/2) = 2m\pi$

$k \leq N/2$ において、分母 \sqrt{k} により信号の振幅特性を-3dB/Oct.で下降させている。ただしDCでの発散防止のため $H(0)=1$ とした。位相シフトは、TSPの掃引周波数がLOGスケールの周波数軸上を等速スイープするよう配

慮されている。従来のTSP信号はリニアスケール上を等速スイープするため、各帯域中の掃引時間が低域になるほど短くなっていたが、Pink-TSP信号では各帯域で等しい掃引時間となる。

なお、逆フィルタは次式で与えられる。

$$H^{-1}(k) = \begin{cases} 1 & k=0 \\ \sqrt{k} \exp[-jak \log k] & 0 < k \leq N/2 \\ H^{-1*}(N-k) & N/2 < k < N \end{cases} \quad (2)$$

3. 従来型との比較

図1に従来型との比較を示す。振幅と位相の両方を操作することで、Pink-TSP信号のスイープパルス部分の振幅はほぼ定常に保たれる。また、どのバンドも同様にスイープされ、そのパワーも等しくなっている。

なお、図中の時間波形や周波数特性は、各 $H(k)$ をIDFTした信号そのものではなく、 $N/2$ およびDC付近の周波数で減衰させたものである。これは、 $N/2$ 付近での周波数掃引に伴う側波帯の折り返しの防止、Pink-TSP信号に生じるDC付近の不必要に長い引き伸ばし部分の除去を目的とした措置である。

SN比の改善例は、室のインパルス応答にオクターブフィルタをかけ、2乗積分法で描いた残響曲線を示したものである。暗騒音のバンドスペクトルはほぼ平坦で、このような場合、従来のTSP信号では低域バンドほどSN比が悪くなることがわかる。一方、Pink-TSP信号では応答を逆フィルタ処理する際、信号と共にノイズも3dB/Oct.で上昇させられることで、相対的に低域バンドのノイズが小さくなり、SN比が改善されるといえる。

文献[1]例えば、鈴木他、音響学会誌 45, 44-50(1989)

*A study of TSP signal getting higher SN ratio at low frequency bands..

By Takuya Fujimoto(Yotsumoto Acoustic Design Office Corp.)

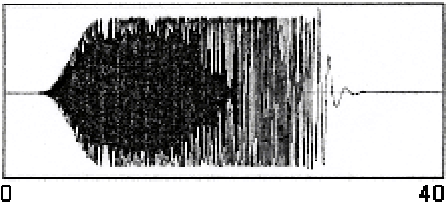
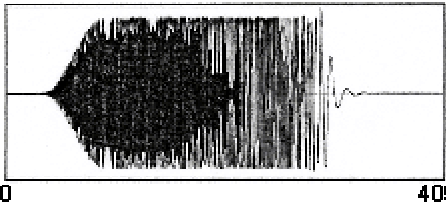
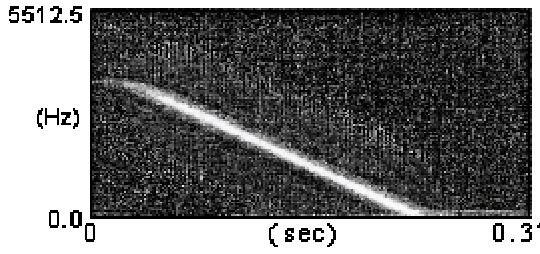
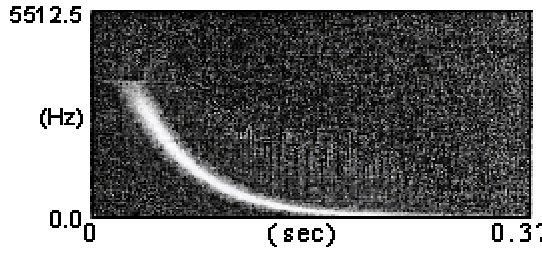
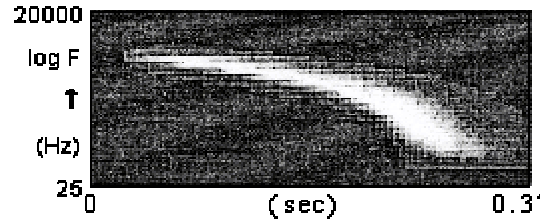
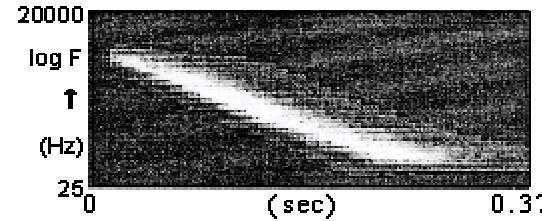
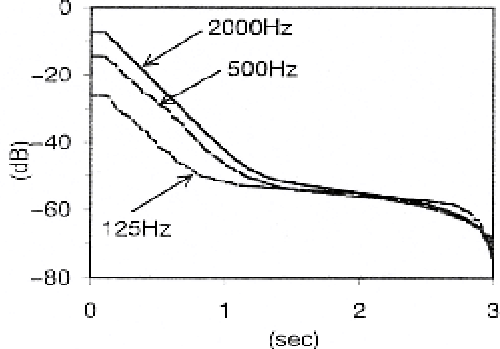
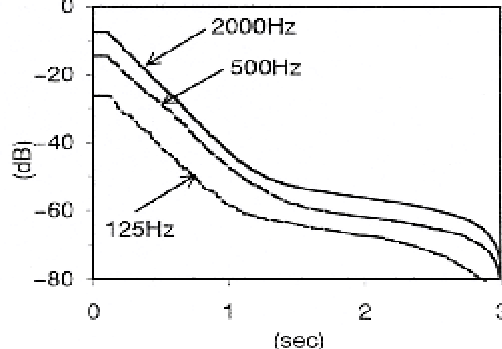
	従来型TSP信号	Pink-TSP信号
フィルタ	$H(k) = \begin{cases} \exp(jak^2) & k = 0, 1, \dots, N/2 \\ \exp[-ja(N-k)^2] & k = N/2 + 1, \dots, N-1 \end{cases}$	$H(k) = \begin{cases} 1 & k = 0 \\ \frac{\exp[jak \log k]}{\sqrt{k}} & k = 1, 2, \dots, N/2 \\ \frac{\exp[-ja(N-k) \log(N-k)]}{\sqrt{N-k}} & k = N/2 + 1, \dots, N-1 \end{cases}$
信号波形		
スペクトルの時間変化	短時間FFT 	
	1/3 octave分析 	
SN比の改善例		

図1 従来型TSP信号とPink-TSP信号との比較