

論文輪講

Masato Miyoshi, Yutaka Kaneda, "Inverse Filtering of Room Acoustics,"
IEEE Transactions on Acoustics, Speech and Signal Processing, Vol. 36, No. 2, 1988

岩淵 勇樹

2010年6月15日

Abstract

部屋のインパルス応答の逆フィルタを考える。部屋のインパルス応答は非最小位相のため、既存法では逆フィルタを作ることができなかった。しかしながら、提案手法 (MINT) を用いれば、室内音響の逆フィルタを正確に求めることができる。

1 Introduction

Fig. 1 のようなスピーカー S_1 とマイク M によって構成されるシステムを考える。 S_1 から M への信号伝送チャンネルの伝達関数は $G(z^{-1})$ になる。

このとき、逆フィルタ $H(z^{-1})$ は式 (1) のようにして求められるが、 $G(z^{-1})$ は非最小位相と考えられるため、安定とならない。

従来法の多くでは「最小 2 乗誤差 (LSE)」が用いられているが、正確な逆 FIR フィルタは求められない。

本稿では、提案法として複数の入力 (または複数の出力) の線型 FIR システムを考える。

2 Review of Conventional Inverse-Filtering Method

Fig. 2 のような単一入力単一出力の線型 FIR システムを考える。システムのインパルス応答を $g(k)$ 、入りに接続するフィルタを $h(k)$ とする。

$d(k) = (1, 0, 0, \dots)$ とおくと、 $h(k)$ がシステムの逆フィルタであるならば式 (2) を満たす。これを行列式で表すと式 (3) のようになる。

これを近似的に解くと式 (6) のようになる。

3 Principle of Proposed Inverse-Filtering Method

A. Fundamentational Principle

Fig. 3 のような複数入力単一出力の線型 FIR システムを考える。

$H_1(z^{-1})$ と $H_2(z^{-1})$ がシステムの逆フィルタとなるためには、式 (7) を満たさなければならない。

この原理は Fig. 4 のような音響システムに適用することができる。

この原理は Fig. 5 のような単一入力 2 出力の線型 FIR システムに適用できる。

入力信号を復元するためには $V_1(z^{-1})$ と $V_2(z^{-1})$ は式 (8) を満たさなければならない。

このシステムを音響システムで表すと Fig. 6 のようになる。

B. Extension of the Principle

Fig. 7 のような $n + 1$ 入力 n 出力のシステムを考える。

j 番目の出力信号は式 (9) のように定義される。

$H_{ij}(z^{-1})$ は Smith 標準形によって解くことができる。

このように、複数入力複数出力の線型 FIR システムは提案手法 MINT によって実現できる。

4 Computation of FIR Filters for Exact Inverse

前章で紹介した FIR フィルタの計算方法を示す。ここでは簡単のため、Fig. 3 のような 2 入力単一出力の

システムを考える。

式 (7) は式 (10) のように書き直せるため、式 (11) のように表せる。

式 (13) を満たすとき、 $[G_1 G_2]$ は正方行列になるため、 $h_1(k)$ と $h_2(k)$ は式 (14) のようにして求められる。

5 Inverse-Filtering Experiment in a Sound Field

実験は Fig. 8 のような反射板のある無響室で行った。

マイク M はスピーカー S_1, S_2 から 1m の距離に置き、315-3150Hz の BPF を通した。

この実験では、所望のインパルス応答 $D(z^{-1})$ を BPF のインパルス応答とした。エラーは、提案手法による E_m および、LSE による E_i を求めた。

実験結果を Fig. 9 に示す。この結果より、提案手法は LSE よりもはるかに優れていることが示された。

6 Conclusion

(略)