

2 マイクロホンによる任意指向性設計

Arbitrary Directivity Design Method of Two Microphones

五井野珠琉[†] 日高司[†] 陶山健仁[†]

Miryu GOINO[†] Tsukasa HIDAKA[†] Kenji SUYAMA[†]

[†] 東京電機大学 工学部 電気電子工学科

[†]Department of Electrical and Electronic Engineering, School of Engineering, Tokyo Denki University

1 はじめに

任意の指向性を有する空間信号処理には、一般に多数マイクロホンが必要である。それに対し、2 マイクロホンのみで任意の指向性を形成する、複数の WSC[1] で構成する回路構造として MOMO (Multiplication Of Multiple Outputs) を提案している。WSC で調整可能なパラメータは 1 つの零点のみであるため、複数の WSC の零点の配置方針こそが重要な意味を有するとの主張に至った。本研究では、零点配置方針を指向性近似区間の設計誤差の調整問題として考え、指定誤差制約を課した設計法について検討する。主張の妥当性を設計例で示す。

2 MOMO による指向性設計

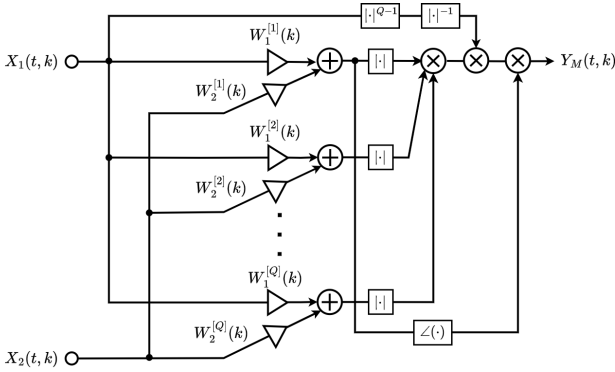


図 1: MOMO の回路構造

図 1 に MOMO の回路構造を示す。 t はフレーム番号、 k は周波数帯域番号、 $X_1(t, k)$ 、 $X_2(t, k)$ は受信信号、 $Y_M(t, k)$ は MOMO の出力信号、 $W_1(k)$ 、 $W_2(k)$ は Q 個の WSC の各複素重み係数である。WSC は空間的な 1 次 FIR フィルタと等価であり、指向性は 1 つの零点配置にのみ依存する。MOMO は複数の WSC 出力の乗算、すなわち複数の調整可能な零点により指向性 $D_M(\theta)$ を形成する。

3 指向性設計問題

MOMO による指向性設計問題を所望指向性 $D(\theta)$ に対する近似設計問題として定式化する。近似設計基準に最大誤差最小化基準を用いる。各近似区間の設計誤差調整のために指定誤差制約を設け、強制的に誤差調整を行い、 $D(\theta)$ に対する零点配置を決定する。最大誤差最小化基準による設計問題を次式で定義する。

$$\min_x \max_{\theta \in \theta_D} |D(\theta) - D_M(\theta)| \quad (1)$$

$$\text{sub to. } |D(\theta) - D_M(\theta)| \leq \delta_{\theta_k} \quad (2)$$

θ_D は近似区間、 x は重み係数ベクトル、 δ_{θ_k} は指定誤差である。これより、MOMO による指向性設計問題は非線形最適化問題であり、解法には PSO[2][3] を適用する。

4 設計結果

主張の妥当性を設計例により示す。WSC 数 11、周波数 3.125[kHz]、所望指向性 $D(\theta)$ は次式で設定した。

$$D(\theta) = \begin{cases} 0.0, & -90^\circ \leq \theta \leq -60^\circ \\ 1.0, & 60^\circ \leq \theta \leq 90^\circ \end{cases} \quad (3)$$

図 2 に所望指向性 $D(\theta)$ 、指定誤差制約を設けない場合と $\delta_{\theta_k} = 0.04$ の場合の指向性の設計例と、 $\delta_{\theta_k} = 0.04$ の零点配置を示す。

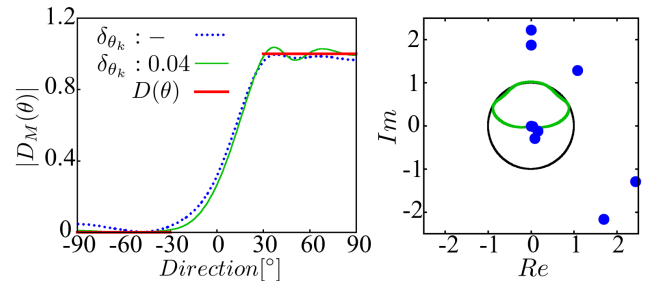


図 2: 指向性の設計例と $\delta_{\theta_k} = 0.04$ の零点配置

最大誤差は、指定誤差を設けない場合は 4.32×10^{-2} であるのに対し、 $\delta_{\theta_k} = 0.04$ の場合は 3.23×10^{-2} と小さくなった。また、 $[-90^\circ, -60^\circ]$ の区間の高い抑圧性能が単位円上の零点配置に依らず、任意の配置によって実現できている点は注目すべき点である。これは指定誤差制約の効果であると言える。

5 おわりに

MOMO による指向性設計において、誤差調整を行うため指定誤差制約を導入した。設計例より、指定誤差制約により設計性能が向上し、主張の妥当性を示した。

文献

- [1] 五井野珠琉, 日高司, 陶山健仁, “メタ戦略に基づく 2 マイクロホン指向性設計の一検討,” 信学技報, Vol.123, No.264, CAS2023-67, pp.37-41, 2023.
- [2] 張替裕太, 陶山健仁, “IIR フィルタ設計のためのハイブリッド探索戦略,” 電気学会論文誌 C, Vol.141, No.3, pp.426-435, 2020.
- [3] 柳田夏花, 陶山健仁, “IIR フィルタ設計に適したメタ戦略の一検討,” 信学技報, Vol.123, No.264, CAS2023-66, pp.32-36, 2023.