研究タイトル：

状態むだ時間系における最適制御系設計

氏名：	松木 剛志／MATSUKI Tsuyoshi	E-mail：	matsuki@ect.niihama-nct.ac.jp
職名：	助教	学位：	博士(工学)
所属学会・協会：	電気学会，計測自動制御学会		

キーワード：	むだ時間，LQ レギュレータ，LMI
技術相談 提供可能技術：	・最適制御系設計 ・むだ時間系

研究内容： むだ時間系における最適メモリーレスレギュレータ設計法の拡張に関する研究

状態にむだ時間を含む系において、通常の LQ レギュレータと同様の優れたロバスト性を有する最適メモリーレスレギュレータ(以下、逆 LQ レギュレータ)の設計法が知られている。逆 LQ レギュレータは、逆 LQ 問題に則した手順によって設計され、状態むだ時間系においてもメモリーレス型のフィードバック則によってレギュレータを構成することが可能である。当初、1つのむだ時間を含む系に対して逆 LQ レギュレータの設計法が提案された。しかしながら、むだ時間の系への含まれ方は単複 / 時変・時不変と多様であり、遅れ型 / 中立型などの系に分類されるため、これらの系を考慮した設計法を提案することが重要となる。

そこで本研究では、提案されていた逆 LQ レギュレータの設計法をより広い制御対象に適用するため、設計法の拡張を行ってきた。拡張した設計法は、大きく分けて 2 つのシステムにおよぶ。まず単一システムに対する拡張を行い、その後、大規模システムに対して分散制御による設計に展開してきた。さらにそれぞれの系において、不確かさが含まれる場合でも通常の有限次元 LQ レギュレータと同様の優れたロバスト安定性が保証される設計法の提案や、指数安定度指定が可能な設計法の提案を行った。また、大規模系では、相互接続が切断されうる可能性も考慮した設計法を考案した。これらの拡張された設計法はシミュレーションによりその有効性を検証してきた。

拡張してきた設計法の中で下記は、状態に複数の時不変のむだ時間を含む大規模系における逆 LQ レギュレータの設計法である。本設計は、相互接続が切断されない場合においてロバストな LQ レギュレータを設計するための十分条件を LMI(Linear Matrix Inequality)で与えたものである。この条件よりメモリーレスな分散制御器を構成することで、不安定な系を漸近安定化させることが可能である。

サブシステム

$$\dot{x}_i(t) = \sum_{j=1}^{N} \{A_{i,j}x_j(t) + C_{i,j}x_j(t-h_{i,j})\} + B_i u_i(t)$$
$$x_i(0) = x_{i_0},\ x_i(\phi) = x_{i_\phi} \quad (-\max_{i,j} h_{i,j} \le \phi \le 0)$$
$$(i, j = 1, 2, \cdots, N)$$

大規模システム

$$\dot{x}(t) = Ax(t) + \sum_{p=1}^{N^2} D_p x(t-h_p) + Bu(t)$$
$$x(0) = x_0,\ x(\phi) = x_\phi \quad (-\max_{i,j} h_{i,j} \le \phi \le 0)$$
$$x(t) := \left[\, x_1^T(t)\ \ x_2^T(t)\ \cdots\ x_N^T(t) \,\right]^T$$
$$u(t) := \left[\, u_1^T(t)\ \ u_2^T(t)\ \cdots\ u_N^T(t) \,\right]^T$$
$$A := \{A_{i,j}\},\ D_p := \{D_{p,i,j}\},\ B := \text{block-diag}\{B_i\}$$
$$D_{p,i,j} := \begin{cases} C_{i,j} & (p = (i-1)N + j) \\ 0 & (p \ne (i-1)N + j) \end{cases}$$

制御系設計の条件 適当なスカラパラメータ $a_p > 0\ \forall p$ を選定したとき，

$$\begin{bmatrix} L_0 & L_1 \\ L_1^T & L_2 \end{bmatrix} > 0$$

を満たす正定対称行列の解 S_i, T_i が存在する．ここで，

$$L_0 = -SA^T - AS - \sum_{p=1}^{N^2} a_p S + BTB^T$$
$$L_1 = \left[\, -D_1 S\ \ -D_2 S\ \cdots\ -D_{N^2} S \,\right]$$
$$L_2 = \text{block-diag}\{a_1 S, a_2 S, \cdots, a_{N^2} S\}$$
$$S = \text{block-diag}\{S_i\},\ T = \text{block-diag}\{T_i\}$$

である．

メモリーレス分散制御則

$$u(t) = -R^{-1}B^T P x(t)$$

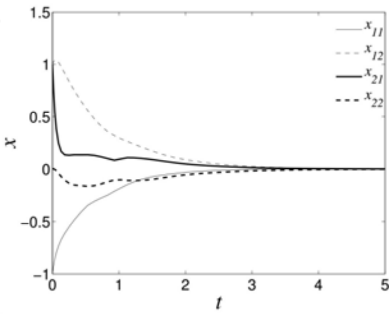

図 Free responses for the closed-loop system

提供可能な設備・機器：

名称・型番（メーカー）	