

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第4265704号  
(P4265704)

(45) 発行日 平成21年5月20日 (2009.5.20)

(24) 登録日 平成21年2月27日 (2009.2.27)

(51) Int.Cl.

F I

F O 2 D 41/14 (2006.01)

F O 2 D 41/14 3 1 O L

F O 2 D 45/00 (2006.01)

F O 2 D 45/00 3 7 O B

G O 5 B 13/00 (2006.01)

F O 2 D 45/00 3 7 2 F

G O 5 B 13/02 (2006.01)

G O 5 B 13/00 A

G O 5 B 13/04 (2006.01)

G O 5 B 13/02 D

請求項の数 39 (全 103 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願平11-106525  
 (22) 出願日 平成11年4月14日 (1999.4.14)  
 (65) 公開番号 特開2000-297679 (P2000-297679A)  
 (43) 公開日 平成12年10月24日 (2000.10.24)  
 審査請求日 平成17年10月12日 (2005.10.12)

(73) 特許権者 000005326  
 本田技研工業株式会社  
 東京都港区南青山二丁目1番1号  
 (74) 代理人 100077805  
 弁理士 佐藤 辰彦  
 (74) 代理人 100077665  
 弁理士 千葉 剛宏  
 (72) 発明者 安井 裕司  
 埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会  
 社本田技術研究所内

審査官 有賀 信

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 内燃機関の空燃比制御装置及びプラントの制御装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

内燃機関の排気通路にその上流側から順に配置された第1触媒装置及び第2触媒装置からなる排ガス浄化装置と、該排ガス浄化装置の下流側で前記排気通路に設けられ、該排ガス浄化装置を通過した排ガス中の特定成分の濃度に応じた出力を発生する第1排ガスセンサとを備え、該第1排ガスセンサの出力を所定の目標値に収束させるように前記内燃機関で燃焼させる混合気の空燃比を操作する内燃機関の空燃比制御装置において、

前記排ガス浄化装置の第1触媒装置と第2触媒装置との間で前記排気通路に設けられ、前記第2触媒装置に進入する排ガス中の特定成分の濃度に応じた出力を発生する第2排ガスセンサと、

前記排ガス浄化装置の上流側で前記排気通路に設けられ、前記内燃機関で燃焼した混合気の空燃比に応じた出力を発生する第3排ガスセンサと、

前記第1排ガスセンサの出力を前記所定の目標値に収束させるために要求される前記第2排ガスセンサの出力の目標値を表すデータをフィードバック制御処理としての応答指定方制御の処理により逐次生成する第1制御処理手段と、

該第1制御処理手段が生成したデータにより表される前記第2排ガスセンサの出力の目標値に該第2排ガスセンサの出力を収束させるために要求される前記混合気の目標空燃比を表すデータをフィードバック制御処理としての応答指定型制御の処理により逐次生成する第2制御処理手段と、

該第2制御処理手段が生成したデータにより表される目標空燃比に前記内燃機関で燃焼

させる混合気の空燃比を操作する空燃比操作手段と、

前記第 2 排ガスセンサから第 1 排ガスセンサにかけての前記第 2 触媒装置を含む第 1 排気系が有する無駄時間後の前記第 1 排ガスセンサの出力の推定値を表すデータを前記第 1 及び第 2 排ガスセンサのそれぞれの出力を用いて逐次生成する第 1 推定手段と、

前記第 3 排ガスセンサから第 2 排ガスセンサにかけての前記第 1 触媒装置を含む第 2 排気系が有する無駄時間と前記空燃比操作手段及び内燃機関からなる系が有する無駄時間とを合わせた合計無駄時間後の前記第 2 排ガスセンサの出力の推定値を表すデータを前記第 2 及び第 3 排ガスセンサのそれぞれの出力を用いて逐次生成する第 2 推定手段とを備え、

前記第 1 制御処理手段は、前記第 1 推定手段が生成したデータを用いて前記第 2 排ガスセンサの出力の目標値を表すデータを生成し、前記第 2 制御処理手段は、前記第 2 推定手段が生成したデータを用いて前記目標空燃比を表すデータを生成し、

前記第 1 制御処理手段が行う応答指定型制御によって規定される、前記第 1 排ガスセンサの出力と前記所定の目標値との偏差の減衰速度が、前記第 2 制御処理手段が行う応答指定型制御によって規定される、前記第 2 排ガスセンサの出力と前記第 1 制御処理手段が生成したデータにより表される目標値との偏差の減衰速度よりも遅い減衰速度に設定されていることを特徴とする内燃機関の空燃比制御装置。

【請求項 2】

前記第 1 制御処理手段は、前記第 1 推定手段が生成したデータにより表される前記第 1 排気系の無駄時間後の前記第 1 排ガスセンサの出力の推定値を該第 1 排ガスセンサの出力の目標値に収束させるように前記第 2 排ガスセンサの出力の目標値を表すデータを生成し、前記第 2 制御処理手段は、前記第 2 推定手段が生成したデータにより表される前記合計無駄時間後の前記第 2 排ガスセンサの出力の推定値を該第 2 排ガスセンサの出力の目標値に収束させるように前記目標空燃比を表すデータを生成することを特徴とする請求項 1 記載の内燃機関の空燃比制御装置。

【請求項 3】

前記第 1 推定手段は、前記第 1 排気系を、前記第 2 排ガスセンサの出力を表すデータから無駄時間に係わる要素と応答遅れに係わる要素とを介して前記第 1 排ガスセンサの出力を表すデータを生成する系として該第 1 排気系の挙動をあらかじめ表現してなる該第 1 排気系のモデルに基づいて構築されたアルゴリズムにより前記第 1 排ガスセンサの出力の推定値を表すデータを生成することを特徴とする請求項 1 又は 2 記載の内燃機関の空燃比制御装置。

【請求項 4】

内燃機関の排気通路にその上流側から順に配置された第 1 触媒装置及び第 2 触媒装置からなる排ガス浄化装置と、該排ガス浄化装置の下流側で前記排気通路に設けられ、該排ガス浄化装置を通過した排ガス中の特定成分の濃度に応じた出力を発生する第 1 排ガスセンサとを備え、該第 1 排ガスセンサの出力を所定の目標値に収束させるように前記内燃機関で燃焼させる混合気の空燃比を操作する内燃機関の空燃比制御装置において、

前記排ガス浄化装置の第 1 触媒装置と第 2 触媒装置との間で前記排気通路に設けられ、前記第 2 触媒装置に進入する排ガス中の特定成分の濃度に応じた出力を発生する第 2 排ガスセンサと、

前記排ガス浄化装置の上流側で前記排気通路に設けられ、前記内燃機関で燃焼した混合気の空燃比に応じた出力を発生する第 3 排ガスセンサと、

前記第 1 排ガスセンサの出力を前記所定の目標値に収束させるために要求される前記第 2 排ガスセンサの出力の目標値を表すデータをフィードバック制御処理としての応答指定型制御の処理により逐次生成する第 1 制御処理手段と、

該第 1 制御処理手段が生成したデータにより表される前記第 2 排ガスセンサの出力の目標値に該第 2 排ガスセンサの出力を収束させるために要求される前記混合気の目標空燃比を表すデータをフィードバック制御処理としての応答指定型制御の処理により逐次生成する第 2 制御処理手段と、

該第 2 制御処理手段が生成したデータにより表される目標空燃比に前記内燃機関で燃焼

10

20

30

40

50

させる混合気の空燃比を操作する空燃比操作手段と、

前記第 2 排ガスセンサから第 1 排ガスセンサにかけての前記第 2 触媒装置を含む第 1 排気系が有する無駄時間と前記第 2 制御処理手段、空燃比操作手段、内燃機関及び第 1 触媒装置からなる系が有する無駄時間とを合わせた第 1 合計無駄時間後の前記第 1 排ガスセンサの出力の推定値を表すデータを、前記第 1 及び第 2 排ガスセンサのそれぞれの出力を用いて逐次生成する第 1 推定手段と、

前記第 3 排ガスセンサから第 2 排ガスセンサにかけての前記第 1 触媒装置を含む第 2 排気系が有する無駄時間と前記空燃比操作手段及び内燃機関からなる系が有する無駄時間とを合わせた第 2 合計無駄時間後の前記第 2 排ガスセンサの出力の推定値を表すデータを、前記第 2 及び第 3 排ガスセンサのそれぞれの出力を用いて逐次生成する第 2 推定手段とを  
10

備え、  
前記第 1 制御処理手段は、前記第 1 推定手段が生成したデータを用いて前記第 2 排ガスセンサの出力の目標値を表すデータを生成し、前記第 2 制御処理手段は、前記第 2 推定手段が生成したデータを用いて前記目標空燃比を表すデータを生成し、

前記第 1 制御処理手段が行う応答指定型制御によって規定される、前記第 1 排ガスセンサの出力と前記所定の目標値との偏差の減衰速度が、前記第 2 制御処理手段が行う応答指定型制御によって規定される、前記第 2 排ガスセンサの出力と前記第 1 制御処理手段が生成したデータにより表される目標値との偏差の減衰速度よりも遅い減衰速度に設定されていることを特徴とする内燃機関の空燃比制御装置。

【請求項 5】

前記第 1 制御処理手段は、前記第 1 推定手段が生成したデータにより表される前記第 1 合計無駄時間後の前記第 1 排ガスセンサの出力の推定値を該第 1 排ガスセンサの出力の目標値に収束させるように前記第 2 排ガスセンサの出力の目標値を表すデータを生成し、前記第 2 制御処理手段は、前記第 2 推定手段が生成したデータにより表される前記第 2 合計無駄時間後の前記第 2 排ガスセンサの出力の推定値を該第 2 排ガスセンサの出力の目標値に収束させるように前記目標空燃比を表すデータを生成することを特徴とする請求項 4 記載の内燃機関の空燃比制御装置。

【請求項 6】

前記第 1 推定手段は、前記第 1 排気系を、前記第 2 排ガスセンサの出力を表すデータから無駄時間に係わる要素と応答遅れに係わる要素とを介して前記第 1 排ガスセンサの出力を表すデータを生成する系として該第 1 排気系の挙動をあらかじめ表現してなる該第 1 排気系のモデルに基づいて構築されたアルゴリズムにより前記第 1 排ガスセンサの出力の推定値を表すデータを生成することを特徴とする請求項 4 又は 5 記載の内燃機関の空燃比制御装置。

【請求項 7】

前記第 1 推定手段は、前記第 1 制御処理手段が生成するデータにより表される前記第 2 排ガスセンサの出力の目標値に、前記第 2 制御処理手段、空燃比操作手段、内燃機関及び第 1 触媒装置からなる系の無駄時間後における前記第 2 排ガスセンサの実際の出力が一致するとして、前記第 1 及び第 2 排ガスセンサのそれぞれの現在以前の出力と、前記第 1 制御処理手段が生成したデータにより表される前記第 2 排ガスセンサの出力の目標値とを用いて前記第 1 排ガスセンサの出力の推定値を表すデータを生成することを特徴とする請求項 6 記載の内燃機関の空燃比制御装置。

【請求項 8】

前記第 1 推定手段は、前記第 2 推定手段が生成するデータにより表される前記第 2 排ガスセンサの出力の推定値に、前記第 2 合計無駄時間後における該第 2 排ガスセンサの実際の出力が一致するとして、前記第 1 及び第 2 排ガスセンサのそれぞれの現在以前の出力と、前記第 2 推定手段が生成したデータにより表される前記第 2 排ガスセンサの出力の推定値とを用いて前記第 1 排ガスセンサの出力の推定値を表すデータを生成することを特徴とする請求項 6 記載の内燃機関の空燃比制御装置。

【請求項 9】

10

20

30

40

50

前記第 1 排気系のモデルは、前記第 2 排ガスセンサの出力を表すデータとして、該第 2 排ガスセンサの出力とその出力に対する所定の基準値との偏差を用いると共に、前記第 1 排ガスセンサの出力を表すデータとして、該第 1 排ガスセンサの出力とその出力に対する所定の基準値との偏差を用いて前記第 1 排気系の挙動を表現してなるモデルであることを特徴とする請求項 3 並びに 6 ~ 8 のいずれか 1 項に記載の内燃機関の空燃比制御装置。

【請求項 1 0】

前記第 1 排気系のモデルの設定すべきパラメータを前記第 1 及び第 2 排ガスセンサのそれぞれの出力を用いて逐次同定する同定手段を備えたことを特徴とする請求項 3 並びに 6 ~ 9 のいずれか 1 項に記載の内燃機関の空燃比制御装置。

【請求項 1 1】

前記第 1 制御処理手段が行う応答指定型制御の処理は、スライディングモード制御の処理であることを特徴とする請求項 1 ~ 1 0 のいずれか 1 項に記載の内燃機関の空燃比制御装置。

【請求項 1 2】

前記スライディングモード制御の処理は、適応スライディングモード制御の処理であることを特徴とする請求項 1 1 記載の内燃機関の空燃比制御装置。

【請求項 1 3】

前記スライディングモード制御の処理の基づく前記第 1 排ガスセンサの出力の前記所定の目標値への収束制御の安定性を判断する手段を備え、前記第 2 制御処理手段は、当該収束制御が不安定であると判断されたとき、前記第 2 排ガスセンサの出力の目標値をあらかじめ定めた所定値として前記目標空燃比を表すデータを生成することを特徴とする請求項 1 1 又は 1 2 記載の内燃機関の空燃比制御装置。

【請求項 1 4】

前記第 1 排ガスセンサが活性化しているか否かを判断する手段を備え、前記第 2 制御処理手段は、該第 1 排ガスセンサが活性化していないと判断されたとき、前記第 2 排ガスセンサの出力の目標値をあらかじめ定めた所定値として前記目標空燃比を表すデータを生成することを特徴とする請求項 1 ~ 1 3 のいずれか 1 項に記載の内燃機関の空燃比制御装置。

【請求項 1 5】

前記第 2 推定手段は、前記第 2 排気系を、前記第 3 排ガスセンサの出力を表すデータから無駄時間に係わる要素と応答遅れに係わる要素とを介して前記第 2 排ガスセンサの出力を表すデータを生成する系として該第 2 排気系の挙動をあらかじめ表現してなるモデルに基づいて構築されたアルゴリズムにより前記第 2 排ガスセンサの出力の推定値を表すデータを生成することを特徴とする請求項 1 ~ 1 4 のいずれか 1 項に記載の内燃機関の空燃比制御装置。

【請求項 1 6】

前記第 2 推定手段は、前記第 2 制御処理手段が生成するデータにより表される前記目標空燃比に、前記空燃比操作手段及び内燃機関からなる系の無駄時間後における前記第 3 排ガスセンサの実際の出力が一致するとして、前記第 2 及び第 3 排ガスセンサのそれぞれの現在以前の出力と、前記第 2 制御処理手段が生成したデータにより表される前記目標空燃比を用いて前記第 2 排ガスセンサの出力の推定値を表すデータを生成することを特徴とする請求項 1 5 記載の内燃機関の空燃比制御装置。

【請求項 1 7】

前記第 2 排気系のモデルは、前記第 3 排ガスセンサの出力を表すデータとして、該第 3 排ガスセンサの出力とその出力に対する所定の基準値との偏差を用いると共に、前記第 2 排ガスセンサの出力を表すデータとして、該第 2 排ガスセンサの出力とその出力に対する所定の基準値との偏差を用いて前記第 2 排気系の挙動を表現してなるモデルであることを特徴とする請求項 1 5 又は 1 6 記載の内燃機関の空燃比制御装置。

【請求項 1 8】

前記第 2 排気系のモデルの設定すべきパラメータを前記第 2 及び第 3 排ガスセンサのそ

10

20

30

40

50

れぞれの出力を用いて逐次同定する同定手段を備えたことを特徴とする請求項 15 ~ 17 のいずれか 1 項に記載の内燃機関の空燃比制御装置。

【請求項 19】

前記第 2 制御処理手段が行う応答指定型制御の処理は、スライディングモード制御の処理であることを特徴とする請求項 1 ~ 18 のいずれか 1 項に記載の内燃機関の空燃比制御装置。

【請求項 20】

前記スライディングモード制御の処理は、適応スライディングモード制御の処理であることを特徴とする請求項 19 記載の内燃機関の空燃比制御装置。

【請求項 21】

所定の入力から第 1 部分プラント及び第 2 部分プラントを順に介して所定の出力を生成するプラントと、該プラントへの入力を生成するアクチュエータと、前記プラントの出力を検出する第 1 検出手段とを備え、該第 1 検出手段の出力を所定の目標値に収束させるように前記アクチュエータの出力を操作するプラントの制御装置において、

前記プラントへの入力に応じて前記第 1 部分プラントが生成する該第 1 部分プラントの出力及び前記プラントへの入力をそれぞれ検出する第 2 検出手段及び第 3 検出手段と、

前記第 1 検出手段の出力を前記所定の目標値に収束させるために要求される前記第 2 検出手段の出力の目標値を表すデータをフィードバック制御処理としての応答指定型制御の処理により逐次生成する第 1 制御処理手段と、

該第 1 制御処理手段が生成したデータにより表される前記第 2 検出手段の出力の目標値に該第 2 検出手段の出力を収束させるために要求される前記プラントの目標入力を表すデータをフィードバック制御処理としての応答指定型制御の処理により逐次生成する第 2 制御処理手段と、

該第 2 制御処理手段が生成したデータにより表される前記プラントの目標入力に前記アクチュエータの出力を操作するアクチュエータ制御手段と、

前記第 2 部分プラントが有する無駄時間後の前記第 1 検出手段の出力の推定値を表すデータを前記第 1 及び第 2 検出手段のそれぞれの出力を用いて逐次生成する第 1 推定手段と、

前記第 1 部分プラントが有する無駄時間と前記アクチュエータ制御手段及びアクチュエータからなる系が有する無駄時間とを合わせた合計無駄時間後の前記第 2 検出手段の出力の推定値を表すデータを前記第 2 及び第 3 検出手段のそれぞれの出力を用いて逐次生成する第 2 推定手段とを備え、

前記第 1 制御処理手段は、前記第 1 推定手段が生成したデータを用いて前記第 2 検出手段の出力の目標値を表すデータを生成し、前記第 2 制御処理手段は、前記第 2 推定手段が生成したデータを用いて前記プラントの目標入力を表すデータを生成し、

前記第 1 制御処理手段が行う応答指定型制御によって規定される、前記第 1 検出手段の出力と前記所定の目標値との偏差の減衰速度が、前記第 2 制御処理手段が行う応答指定型制御によって規定される、前記第 2 検出手段の出力と前記第 1 制御処理手段が生成したデータにより表される目標値との偏差の減衰速度よりも遅い減衰速度に設定されていることを特徴とするプラントの制御装置。

【請求項 22】

前記第 1 制御処理手段は、前記第 1 推定手段が生成したデータにより表される前記第 2 部分プラントの無駄時間後の前記第 1 検出手段の出力の推定値を該第 1 検出手段の出力の目標値に収束させるように前記第 2 検出手段の出力の目標値を表すデータを生成し、前記第 2 制御処理手段は、前記第 2 推定手段が生成したデータにより表される前記合計無駄時間後の前記第 2 検出手段の出力の推定値を該第 2 検出手段の出力の目標値に収束させるように前記プラントの目標入力を表すデータを生成することを特徴とする請求項 21 記載のプラントの制御装置。

【請求項 23】

前記第 1 推定手段は、前記第 2 部分プラントを、前記第 2 検出手段の出力を表すデータ

10

20

30

40

50

から無駄時間と応答遅れとを有して前記第 1 検出手段の出力を表すデータを生成する系として該第 2 部分プラントの挙動をあらかじめ表現してなる該第 2 部分プラントのモデルに基づいて構築されたアルゴリズムにより前記第 1 検出手段の出力の推定値を表すデータを生成することを特徴とする請求項 2 1 又は 2 2 記載のプラントの制御装置。

【請求項 2 4】

所定の入力から第 1 部分プラント及び第 2 部分プラントを順に介して所定の出力を生成するプラントと、該プラントへの入力を生成するアクチュエータと、前記プラントの出力を検出する第 1 検出手段とを備え、該第 1 検出手段の出力を所定の目標値に収束させるように前記アクチュエータの出力を操作するプラントの制御装置において、

前記プラントへの入力に応じて前記第 1 部分プラントが生成する該第 1 部分プラントの出力及び前記プラントへの入力をそれぞれ検出する第 2 検出手段及び第 3 検出手段と、

前記第 1 検出手段の出力を前記所定の目標値に収束させるために要求される前記第 2 検出手段の出力の目標値を表すデータをフィードバック制御処理としての応答指定型制御の処理により逐次生成する第 1 制御処理手段と、

該第 1 制御処理手段が生成したデータにより表される前記第 2 検出手段の出力の目標値に該第 2 検出手段の出力を収束させるために要求される前記プラントの目標入力を表すデータをフィードバック制御処理としての応答指定型制御の処理により逐次生成する第 2 制御処理手段と、

該第 2 制御処理手段が生成したデータにより表される前記プラントの目標入力に前記アクチュエータの出力を操作するアクチュエータ制御手段と、

前記第 2 部分プラントが有する無駄時間と前記第 2 制御処理手段、アクチュエータ制御手段、アクチュエータ及び第 1 部分プラントからなる系が有する無駄時間とを合わせた第 1 合計無駄時間後の前記第 1 検出手段の出力の推定値を表すデータを、前記第 1 及び第 2 検出手段のそれぞれの出力を用いて逐次生成する第 1 推定手段と、

前記第 1 部分プラントが有する無駄時間と前記アクチュエータ制御手段及びアクチュエータからなる系が有する無駄時間とを合わせた第 2 合計無駄時間後の前記第 2 検出手段の出力の推定値を表すデータを前記第 2 及び第 3 検出手段のそれぞれの出力を用いて逐次生成する第 2 推定手段とを備え、

前記第 1 制御処理手段は、前記第 1 推定手段が生成したデータを用いて前記第 2 検出手段の出力の目標値を表すデータを生成し、前記第 2 制御処理手段は、前記第 2 推定手段が生成したデータを用いて前記プラントの目標入力を表すデータを生成し、

前記第 1 制御処理手段が行う応答指定型制御によって規定される、前記第 1 検出手段の出力と前記所定の目標値との偏差の減衰速度が、前記第 2 制御処理手段が行う応答指定型制御によって規定される、前記第 2 検出手段の出力と前記第 1 制御処理手段が生成したデータにより表される目標値との偏差の減衰速度よりも遅い減衰速度に設定されていることを特徴とするプラントの制御装置。

【請求項 2 5】

前記第 1 制御処理手段は、前記第 1 推定手段が生成したデータにより表される前記第 1 合計無駄時間後の前記第 1 検出手段の出力の推定値を該第 1 検出手段の出力の目標値に収束させるように前記第 2 検出手段の出力の目標値を表すデータを生成し、前記第 2 制御処理手段は、前記第 2 推定手段が生成したデータにより表される前記第 2 合計無駄時間後の前記第 2 検出手段の出力の推定値を該第 2 検出手段の出力の目標値に収束させるように前記プラントの目標入力を表すデータを生成することを特徴とする請求項 2 4 記載のプラントの制御装置。

【請求項 2 6】

前記第 1 推定手段は、前記第 2 部分プラントを、前記第 2 検出手段の出力を表すデータから無駄時間と応答遅れとを有して前記第 1 検出手段の出力を表すデータを生成する系として該第 2 部分プラントの挙動をあらかじめ表現してなる該第 2 部分プラントのモデルに基づいて構築されたアルゴリズムにより前記第 1 検出手段の出力の推定値を表すデータを生成することを特徴とする請求項 2 4 又は 2 5 記載のプラントの制御装置。

## 【請求項 2 7】

前記第 1 推定手段は、前記第 1 制御処理手段が生成するデータにより表される前記第 2 検出手段の出力の目標値に、前記第 2 制御処理手段、アクチュエータ制御手段、アクチュエータ及び第 1 部分プラントからなる系の無駄時間後における前記第 2 検出手段の実際の出力が一致するとして、前記第 1 及び第 2 検出手段のそれぞれの現在以前の出力と、前記第 1 制御処理手段が生成したデータにより表される前記第 2 検出手段の出力の目標値とを用いて前記第 1 検出手段の出力の推定値を表すデータを生成することを特徴とする請求項 2 6 記載のプラントの制御装置。

## 【請求項 2 8】

前記第 1 推定手段は、前記第 2 推定手段が生成するデータにより表される前記第 2 検出手段の出力の推定値に、前記第 2 合計無駄時間後における該第 2 検出手段の実際の出力が一致するとして、前記第 1 及び第 2 検出手段のそれぞれの現在以前の出力と、前記第 2 推定手段が生成したデータにより表される前記第 2 検出手段の出力の推定値とを用いて前記第 1 検出手段の出力の推定値を表すデータを生成することを特徴とする請求項 2 6 記載のプラントの制御装置。

10

## 【請求項 2 9】

前記第 2 部分プラントのモデルは、前記第 2 検出手段の出力を表すデータとして、該第 2 検出手段の出力とその出力に対する所定の基準値との偏差を用いると共に、前記第 1 検出手段の出力を表すデータとして、該第 1 検出手段の出力とその出力に対する所定の基準値との偏差を用いて前記第 2 部分プラントの挙動を表現してなるモデルであることを特徴とする請求項 2 3 並びに 2 6 ~ 2 8 のいずれか 1 項に記載のプラントの制御装置。

20

## 【請求項 3 0】

前記第 2 部分プラントのモデルの設定すべきパラメータを前記第 1 及び第 2 検出手段のそれぞれの出力を用いて逐次同定する同定手段を備えたことを特徴とする請求項 2 3 並びに 2 6 ~ 2 9 のいずれか 1 項に記載のプラントの制御装置。

## 【請求項 3 1】

前記第 1 制御処理手段が行う応答指定型制御の処理は、スライディングモード制御の処理であることを特徴とする請求項 2 1 ~ 3 0 のいずれか 1 項に記載のプラントの制御装置。

## 【請求項 3 2】

前記スライディングモード制御の処理は、適応スライディングモード制御の処理であることを特徴とする請求項 3 1 記載のプラントの制御装置。

30

## 【請求項 3 3】

前記スライディングモード制御の処理の基づく前記第 1 検出手段の出力の前記所定の目標値への収束制御の安定性を判断する手段を備え、前記第 2 制御処理手段は、当該収束制御が不安定であると判断されたとき、前記第 2 検出手段の出力の目標値をあらかじめ定めた所定値として前記プラントの目標入力を表すデータを生成することを特徴とする請求項 3 1 又は 3 2 記載のプラントの制御装置。

## 【請求項 3 4】

前記第 2 推定手段は、前記第 1 部分プラントを、前記第 3 検出手段の出力を表すデータから無駄時間と応答遅れとを有して前記第 2 検出手段の出力を表すデータを生成する系として該第 1 部分プラントの挙動をあらかじめ表現してなるモデルに基づいて構築されたアルゴリズムにより前記第 2 検出手段の出力の推定値を表すデータを生成することを特徴とする請求項 2 1 ~ 3 3 のいずれか 1 項に記載のプラントの制御装置。

40

## 【請求項 3 5】

前記第 2 推定手段は、前記第 2 制御処理手段が生成するデータにより表される前記プラントの目標入力に、前記アクチュエータ制御手段及びアクチュエータからなる系の無駄時間後における前記第 3 排ガスセンサの実際の出力が一致するとして、前記第 2 及び第 3 検出手段のそれぞれの現在以前の出力と、前記第 2 制御処理手段が生成したデータにより表される前記プラントの目標入力とを用いて前記第 2 検出手段の出力の推定値を表すデータ

50

を生成することを特徴とする請求項 3 4 記載のプラントの制御装置。

【請求項 3 6】

前記第 1 部分プラントのモデルは、前記第 3 検出手段の出力を表すデータとして、該第 3 検出手段の出力とその出力に対する所定の基準値との偏差を用いると共に、前記第 2 検出手段の出力を表すデータとして、該第 2 検出手段の出力とその出力に対する所定の基準値との偏差を用いて前記第 1 部分プラントの挙動を表現してなるモデルであることを特徴とする請求項 3 4 又は 3 5 記載のプラントの制御装置。

【請求項 3 7】

前記第 1 部分プラントのモデルの設定すべきパラメータを前記第 2 及び第 3 検出手段のそれぞれの出力を用いて逐次同定する同定手段を備えたことを特徴とする請求項 3 4 ~ 3 6 のいずれか 1 項に記載のプラントの制御装置。

10

【請求項 3 8】

前記第 2 制御処理手段が行う応答指定型制御の処理は、スライディングモード制御の処理であることを特徴とする請求項 2 1 ~ 3 7 のいずれか 1 項に記載のプラントの制御装置。

【請求項 3 9】

前記スライディングモード制御の処理は、適応スライディングモード制御の処理であることを特徴とする請求項 3 8 記載のプラントの制御装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

20

【発明の属する技術分野】

本発明は、内燃機関の空燃比制御装置及びプラントの制御装置に関する。

【0002】

【従来の技術】

本願出願人は、内燃機関の排気通路に設けた三元触媒等の触媒装置からなる排ガス浄化装置の最適な浄化性能を確保するように内燃機関の空燃比（より正確には内燃機関で燃焼させる燃料及び空気の混合気の空燃比。以下、同様）を制御する技術を例えば特願平 10 - 13086 号等にて先に提案している。

【0003】

この技術では、排ガス浄化装置を通過した排ガス中の特定成分の濃度を検出する排ガスセンサ、例えば O<sub>2</sub> センサ（酸素濃度センサ）を排ガス浄化装置の下流側に配置し、この O<sub>2</sub> センサの出力（酸素濃度の検出値）を所定の目標値（一定値）に収束させるように内燃機関の空燃比を操作することで、排ガス浄化装置を構成する触媒装置の経時劣化等によらずに該排ガス浄化装置の最適な浄化性能を確保するものである。

30

【0004】

より具体的には、この技術では、内燃機関で燃焼した混合気の空燃比を検出する排ガス浄化装置の上流側に配置した排ガスセンサ（以下、ここでは空燃比センサという）と、この空燃比センサから前記 O<sub>2</sub> センサにかけての前記排ガス浄化装置を含む排気系を制御対象とし、この制御対象に対する制御入力としての内燃機関の目標空燃比（O<sub>2</sub> センサの出力を目標値に収束させるために要求される内燃機関の空燃比）をフィードバック制御処理により逐次生成する制御処理手段と、前記空燃比センサの出力（空燃比の検出値）を制御処理手段が生成した目標空燃比に収束させるように内燃機関の燃料供給量を調整することで、内燃機関の空燃比を目標空燃比に操作する空燃比操作手段とを具備する。

40

【0005】

この場合、一般に、排ガス浄化装置を構成する触媒装置には、比較的長い無駄時間が存在する。また、内燃機関の回転数が低い状態（例えばアイドリング状態）では、内燃機関や前記空燃比操作手段が有する無駄時間も比較的長いものとなる。そして、これらの無駄時間は、O<sub>2</sub> センサの出力を所定の目標値に安定して制御する上で妨げとなる。

【0006】

このため、上記の技術では、前記排ガス浄化装置を含む排気系が有する無駄時間（空燃比

50



センサが検出する各時点の空燃比が、O<sub>2</sub> センサの出力に反映されるようになるまでに要する時間)と前記空燃比操作手段及び内燃機関からなる系が有する無駄時間(制御処理手段が各時点で生成した目標空燃比が、実際の空燃比に反映されるようになるまでに要する時間)とを合わせた合計無駄時間後のO<sub>2</sub> センサの出力の推定値を逐次生成する推定手段を具備する。そして、前記制御処理手段は、その推定手段が生成した推定値をO<sub>2</sub> センサの出力の目標値に収束させるように目標空燃比を逐次生成し、これにより、上記の無駄時間の影響を補償するようにしている。この場合、空燃比操作手段及び内燃機関からなる系の内燃機関の応答遅れは、空燃比操作手段によって補償することがけいすることから、上記合計無駄時間後のO<sub>2</sub> センサの出力の推定値は、上記排気系の応答遅れを含めて該排気系の挙動を表現するモデルに基づいて構築されたアルゴリズムによって、空燃比センサ及びO<sub>2</sub> センサのそれぞれの出力を用いて求められる。

10

#### 【0007】

尚、このような技術において、前記排ガス浄化装置を含む排気系に着目したとき、該排気系は、空燃比センサが検出する内燃機関の空燃比(空燃比センサの出力)から、O<sub>2</sub> センサの出力を生成するプラントと考えられる。さらに、内燃機関は、該プラントに与える入力としての空燃比を有する排ガスを生成するアクチュエータと考えられる。また、前記空燃比センサ及びO<sub>2</sub> センサは、それぞれプラントの入力及び出力を検出する検出手段と考えられる。

#### 【0008】

ところで、内燃機関の排ガスのより一層のクリーン化を図るためには、例えば上記のようなシステムにおいて、前記排ガス浄化装置を構成する触媒装置を大型化したり、あるいは、該排ガス浄化装置を複数の触媒装置を接続して構成することが考えられる。

20

#### 【0009】

しかるに、このようなシステムでは、前記制御処理手段の制御対象となる、前記排ガス浄化装置を含む排気系が有する無駄時間が長いものとなり、また、該排気系の挙動特性が複雑なものとなりやすいことから、前記推定手段が生成するO<sub>2</sub> センサの出力の推定値の精度を十分に確保することが困難となる。このため、O<sub>2</sub> センサの出力の目標値への収束制御の安定性や速応性が低下し、空燃比センサとO<sub>2</sub> センサとの間の触媒装置による排ガスの浄化性能を十分に発揮させることができないものとなる虞れがあった。

#### 【0010】

##### 【発明が解決しようとする課題】

本発明はかかる背景に鑑みてなされたものであり、アクチュエータが生成する所定の入力から第1部分プラント及び第2部分プラントを順に介して所定の出力を生成するプラントとこのプラントの出力を検出する検出手段とを備え、該検出手段の出力(プラントの出力の検出値)を所定の目標値に収束させるようにアクチュエータの出力を操作するプラントの制御装置において、該プラントが有する無駄時間が長いものであっても、その無駄時間の影響を適正に補償しつつ、前記検出手段の出力の目標値への収束制御を良好に行うことができるプラントの制御装置を提供することを目的とする。

30

#### 【0011】

特に、本発明のプラントの制御装置の一形態として、内燃機関の排気通路にその上流側から順に配置された第1触媒装置及び第2触媒装置からなる排ガス浄化装置を備え、該排ガス浄化装置の下流側に設けたO<sub>2</sub>センサ等の排ガスセンサの出力を所定の目標値に収束させるように内燃機関の空燃比を操作する内燃機関の空燃比制御装置において、排ガス浄化装置が有する無駄時間が長いものであっても、その無駄時間の影響を補償しつつ、排ガス浄化装置の下流側の排ガスセンサの出力の目標値への収束制御を良好に行うことができ、ひいては内燃機関の排ガスの浄化率を高めることができる内燃機関の空燃比制御装置を提供することを目的とする。

40

#### 【0012】

##### 【課題を解決するための手段】

ここで、本発明を説明する前に、本発明で使用する用語の技術的な意味について補足説明

50

をしておく。本発明の内燃機関の空燃比制御装置では、内燃機関の排気通路にその上流側から順に配置された第1触媒装置及び第2触媒装置からなる排ガス浄化装置を備えたシステムを前提とする。この場合、本発明では、排ガス浄化装置を構成する「第1触媒装置」と「第2触媒装置」とは、外観的に別体の構造のものでよいことはもちろんであるが、一体的な構造を呈したものであってもよい。つまり、外観的に単体構造の触媒装置からなる排ガス浄化装置にあっては、それを上流側の部分と下流側の部分とに分類したとき、その上流側の部分と下流側の部分とがそれぞれ「第1触媒装置」及び「第2触媒装置」に相当する。さらに、「第1触媒装置」と「第2触媒装置」とは、それぞれ外観的に単体構造のものでよいことはもちろんであるが、その両者もしくは一方が、複数の触媒装置を接続したものであってもよい。つまり、複数の触媒装置を接続した構成の排ガス浄化装置にあっては、それらの触媒装置を上流側のグループと下流側のグループとに分類したとき、上流側のグループに属する触媒装置と下流側のグループに属する触媒装置とがそれぞれ「第1触媒装置」及び「第2触媒装置」に相当する。

10

#### 【0013】

また、本発明のプラントの制御装置では、ある入力から第1部分プラント及び第2部分プラントを順に介してある出力を生成するプラントを備えたシステムを前提とする。この場合、本発明の内燃機関の空燃比制御装置の場合と同様に、「第1部分プラント」と「第2部分プラント」とは、別体構造及び一体構造のいずれでもよく、また、そのそれぞれが、複数の部分プラントにより構成されたものであってもよい。

20

#### 【0014】

以上説明したことを前提として、まず、本発明の内燃機関の空燃比制御装置を説明する。

#### 【0015】

本発明の内燃機関の空燃比制御装置は前記の目的を達成するために、二つの態様がある。その第1の態様は、内燃機関の排気通路にその上流側から順に配置された第1触媒装置及び第2触媒装置からなる排ガス浄化装置と、該排ガス浄化装置の下流側で前記排気通路に設けられ、該排ガス浄化装置を通過した排ガス中の特定成分の濃度に応じた出力を発生する第1排ガスセンサとを備え、該第1排ガスセンサの出力を所定の目標値に収束させるように前記内燃機関で燃焼させる混合気の空燃比を操作する内燃機関の空燃比制御装置において、前記排ガス浄化装置の第1触媒装置と第2触媒装置との間で前記排気通路に設けられ、前記第2触媒装置に進入する排ガス中の特定成分の濃度に応じた出力を発生する第2排ガスセンサと、前記排ガス浄化装置の上流側で前記排気通路に設けられ、前記内燃機関で燃焼した混合気の空燃比に応じた出力を発生する第3排ガスセンサと、前記第1排ガスセンサの出力を前記所定の目標値に収束させるために要求される前記第2排ガスセンサの出力の目標値を表すデータをフィードバック制御処理としての応答指定型制御の処理により逐次生成する第1制御処理手段と、該第1制御処理手段が生成したデータにより表される前記第2排ガスセンサの出力の目標値に該第2排ガスセンサの出力を収束させるために要求される前記混合気の前記目標空燃比を表すデータをフィードバック制御処理としての応答指定型制御の処理により逐次生成する第2制御処理手段と、該第2制御処理手段が生成したデータにより表される目標空燃比に前記内燃機関で燃焼させる混合気の空燃比を操作する空燃比操作手段と、前記第2排ガスセンサから第1排ガスセンサにかけての前記第2触媒装置を含む第1排気系が有する無駄時間後の前記第1排ガスセンサの出力の推定値を表すデータを前記第1及び第2排ガスセンサのそれぞれの出力を用いて逐次生成する第1推定手段と、前記第3排ガスセンサから第2排ガスセンサにかけての前記第1触媒装置を含む第2排気系が有する無駄時間と前記空燃比操作手段及び内燃機関からなる系が有する無駄時間とを合わせた合計無駄時間後の前記第2排ガスセンサの出力の推定値を表すデータを前記第2及び第3排ガスセンサのそれぞれの出力を用いて逐次生成する第2推定手段とを備え、前記第1制御処理手段は、前記第1推定手段が生成したデータを用いて前記第2排ガスセンサの出力の目標値を表すデータを生成し、前記第2制御処理手段は、前記第2推定手段が生成したデータを用いて前記目標空燃比を表すデータを生成し、前記第1制御処理手段が行う応答指定型制御によって規定される、前記第1排ガスセンサの出力と前記

30

40

50

所定の目標値との偏差の減衰速度が、前記第 2 制御処理手段が行う応答指定型制御によって規定される、前記第 2 排ガスセンサの出力と前記第 1 制御処理手段が生成したデータにより表される目標値との偏差の減衰速度よりも遅い減衰速度に設定されていることを特徴とするものである（請求項 1 記載の発明）。

【0016】

かかる本発明の内燃機関の空燃比制御装置の第 1 の態様によれば、前記第 1 制御処理手段は、前記排ガス浄化装置の上流側の前記第 3 排ガスセンサから、該排ガス浄化装置の下流側の前記第 1 排ガスセンサにかけての該排ガス浄化装置を含む排気系、すなわち、前記第 2 触媒装置を含む第 1 排気系と前記第 1 触媒装置を含む第 2 排気系を合わせた排気系（以下、これを全体排気系という）のうち、下流側の第 2 触媒装置を含む第 1 排気系を制御対象とするものである。そして、第 1 制御処理手段は、前記第 1 排気系の制御すべき出力（第 1 排気系の制御量）としての前記第 1 排ガスセンサの出力（排ガス中の特定成分の濃度の検出値）をそれに対する目標値に収束させるために該第 1 排気系に与えるべき制御入力としての前記第 2 排ガスセンサの出力の目標値を表すデータをフィードバック制御処理としての応答指定型制御の処理により逐次生成する。

10

【0017】

この場合、該第 1 制御処理手段は、前記第 1 推定手段が生成した、第 1 排気系の無駄時間後の第 1 排ガスセンサの出力の推定値を表すデータを用いて前記第 2 排ガスセンサの出力の目標値を表すデータを生成することで、前記全体排気系のうちの第 1 排気系が有する無駄時間の影響を補償しつつ前記第 2 排ガスセンサの出力の目標値を表すデータを生成することが可能となる。

20

【0018】

このとき、前記第 1 排気系の無駄時間は、前記全体排気系が有する無駄時間に比して短い。また、該第 1 排気系の無駄時間後の第 1 排ガスセンサの出力の推定値を表すデータは、前記全体排気系の一部分である第 1 排気系のみの応答遅れ特性等を考慮して生成すればよい。このため、第 1 推定手段が生成するデータにより表される第 1 排ガスセンサの出力の推定値の精度を高めることが可能となる。この結果、第 1 制御処理手段は、第 1 排気系の無駄時間の影響を適正に補償しつつ、第 1 排ガスセンサの出力をその目標値に収束させる上で適正な、第 2 排ガスセンサの出力の目標値（第 1 制御処理手段の制御対象に対する制御入力）を表すデータを生成することが可能となる。

30

【0019】

一方、前記第 2 制御処理手段は、前記全体排気系のうち、上流側の前記第 1 触媒装置を含む第 2 排気系を制御対象とする。そして、第 2 制御処理手段は、その第 2 排気系の制御すべき出力（第 2 排気系の制御量）としての前記第 2 排ガスセンサの出力（排ガス中の特定成分の濃度の検出値）を前記第 1 制御処理手段が生成したデータにより表される目標値に収束させるために該第 2 排気系に与えるべき制御入力としての前記目標空燃比を表すデータをフィードバック制御処理としての応答指定型制御の処理により逐次生成する。

【0020】

この場合、該第 2 制御処理手段は、前記第 2 推定手段が生成したデータ、すなわち、第 2 排気系が有する無駄時間と前記空燃比操作手段及び内燃機関からなる系（これは、第 2 制御処理手段が生成する目標空燃比を表すデータから、第 2 排気系に実際に入力される空燃比（第 3 排ガスセンサが検出する実空燃比）を生成する系である）が有する無駄時間とを合わせた合計無駄時間後の第 2 排ガスセンサの出力の推定値を表すデータを用いて前記目標空燃比を表すデータを生成する。これにより、前記全体排気系のうちの第 2 排気系の無駄時間の影響を補償することに加えて、前記空燃比操作手段及び内燃機関からなる系（以下、第 2 排気系の入力生成系ということがある）が有する無駄時間の影響をも補償しつつ前記目標空燃比を表すデータを生成することが可能となる。

40

【0021】

このとき、前記第 2 排気系の無駄時間は、前記全体排気系が有する無駄時間に比して短い。また、前記第 2 排気系の入力生成系、特にそれに含まれる内燃機関が有する応答遅れの

50

影響は、前記空燃比操作手段によって補償することが可能であることから、前記合計無駄時間後の第2排ガスセンサの出力の推定値を表すデータは、前記第2排気系の入力生成系の応答遅れを考慮せずとも、前記全体排気系の一部分である第2排気系のみの応答遅れ特性等を考慮して生成すればよい。このため、第2推定手段が生成するデータにより表される第2排ガスセンサの出力の推定値の精度を高めることが可能となる。この結果、第2制御処理手段は、第2排気系の無駄時間に加えて、該第2排気系の入力生成系の無駄時間の影響をも適正に補償しつつ、第2排ガスセンサの出力を前記第1制御処理手段が生成するデータにより表される目標値に収束させる上で適正な目標空燃比（第2制御処理手段の制御対象に対する制御入力）を表すデータを生成することが可能となる。さらに、このとき、前記第1制御処理手段が生成する第2排ガスセンサの出力の目標値を表すデータは、前述の通り、前記第1排ガスセンサの出力をその目標値に収束させる上で適正なものとなることから、前記第2制御処理手段が生成する目標空燃比を表すデータは、前記第1排ガスセンサの出力をその目標値に収束させる上でも適正なものとなる。

10

#### 【0022】

また、本発明では、前記全体排気系に与えるべき制御入力としての目標空燃比を生成する処理を、全体排気系の下流側の第1排気系に対する制御処理を分担する第1制御処理手段と全体排気系の上流側の第2排気系に対する制御処理を分担する第2制御処理手段とにより行うために、全体排気系に作用する外乱の影響を第1制御処理手段と第2制御処理手段とに分散させて吸収することが可能となる。

20

#### 【0023】

以上説明したようなことから、本発明の内燃機関の空燃比制御装置の第1の態様によれば、第1触媒装置及び第2触媒装置からなる排ガス浄化装置が有する無駄時間が長いものであっても、その無駄時間の影響を補償しつつ、排ガス浄化装置の下流側の排ガスセンサの出力の目標値への収束制御を良好に行うことが可能となる。ひいては該排ガス浄化装置の浄化性能を十分に確保し、内燃機関の排ガスの浄化率を高めることが可能となる。

また、前記第1制御処理手段及び前記第2制御処理手段のそれぞれにおける前記応答指定型制御は、その制御処理に使用する所定のパラメータの値によって、制御量（これは第1制御処理手段では第1排ガスセンサの出力であり、第2制御処理手段では第2排ガスセンサの出力である）とその目標値との偏差の減衰速度を指定可能な制御手法である。この場合、本発明では、前記第1制御処理手段が行う応答指定型制御によって規定される、前記第1排ガスセンサの出力と前記所定の目標値との偏差の減衰速度が、前記第2制御処理手段が行う応答指定型制御によって規定される、前記第2排ガスセンサの出力と前記第1制御処理手段が生成したデータにより表される目標値との偏差の減衰速度よりも遅い減衰速度に設定されている。このような応答指定型制御の処理を第1制御処理手段や第2制御処理手段のフィードバック制御処理として用いることで、第1制御処理手段と第2制御処理手段との両者の制御の相互の干渉を回避しつつ、それぞれの制御を適正に行うことが可能となる。

30

#### 【0024】

次に、本発明の内燃機関の空燃比制御装置の第2の態様は、内燃機関の排気通路にその上流側から順に配置された第1触媒装置及び第2触媒装置からなる排ガス浄化装置と、該排ガス浄化装置の下流側で前記排気通路に設けられ、該排ガス浄化装置を通過した排ガス中の特定成分の濃度に応じた出力を発生する第1排ガスセンサとを備え、該第1排ガスセンサの出力を所定の目標値に収束させるように前記内燃機関で燃焼させる混合気の空燃比を操作する内燃機関の空燃比制御装置において、前記排ガス浄化装置の第1触媒装置と第2触媒装置との間で前記排気通路に設けられ、前記第2触媒装置に進入する排ガス中の特定成分の濃度に応じた出力を発生する第2排ガスセンサと、前記排ガス浄化装置の上流側で前記排気通路に設けられ、前記内燃機関で燃焼した混合気の空燃比に応じた出力を発生する第3排ガスセンサと、前記第1排ガスセンサの出力を前記所定の目標値に収束させるために要求される前記第2排ガスセンサの出力の目標値を表すデータをフィードバック制御処理としての応答指定型制御の処理により逐次生成する第1制御処理手段と、該第1制

40

50

御処理手段が生成したデータにより表される前記第 2 排ガスセンサの出力の目標値に該第 2 排ガスセンサの出力を収束させるために要求される前記混合気の目標空燃比を表すデータをフィードバック制御処理としての応答指定型制御の処理により逐次生成する第 2 制御処理手段と、該第 2 制御処理手段が生成したデータにより表される目標空燃比に前記内燃機関で燃焼させる混合気の空燃比を操作する空燃比操作手段と、前記第 2 排ガスセンサから第 1 排ガスセンサにかけての前記第 2 触媒装置を含む第 1 排気系が有する無駄時間と前記第 2 制御処理手段、空燃比操作手段、内燃機関及び第 1 触媒装置からなる系が有する無駄時間とを合わせた第 1 合計無駄時間後の前記第 1 排ガスセンサの出力の推定値を表すデータを、前記第 1 及び第 2 排ガスセンサのそれぞれの出力を用いて逐次生成する第 1 推定手段と、前記第 3 排ガスセンサから第 2 排ガスセンサにかけての前記第 1 触媒装置を含む第 2 排気系が有する無駄時間と前記空燃比操作手段及び内燃機関からなる系が有する無駄時間とを合わせた第 2 合計無駄時間後の前記第 2 排ガスセンサの出力の推定値を表すデータを、前記第 2 及び第 3 排ガスセンサのそれぞれの出力を用いて逐次生成する第 2 推定手段とを備え、前記第 1 制御処理手段は、前記第 1 推定手段が生成したデータを用いて前記第 2 排ガスセンサの出力の目標値を表すデータを生成し、前記第 2 制御処理手段は、前記第 2 推定手段が生成したデータを用いて前記目標空燃比を表すデータを生成し、前記第 1 制御処理手段が行う応答指定型制御によって規定される、前記第 1 排ガスセンサの出力と前記所定の目標値との偏差の減衰速度が、前記第 2 制御処理手段が行う応答指定型制御によって規定される、前記第 2 排ガスセンサの出力と前記第 1 制御処理手段が生成したデータにより表される目標値との偏差の減衰速度よりも遅い減衰速度に設定されていることを特徴とするものである（請求項 4 記載の発明）。

#### 【0025】

かかる本発明の内燃機関の空燃比制御装置の第 2 の態様は、前記第 1 推定手段が、前記第 1 排気系の無駄時間と前記第 2 制御処理手段、空燃比操作手段、内燃機関及び第 1 触媒装置からなる系（これは第 1 制御処理手段が生成する第 2 排ガスセンサの出力の目標値を表すデータから、第 2 排ガスセンサの実際の出力を生成する系である）が有する無駄時間とを合わせた前記第 1 合計無駄時間後の前記第 1 排ガスセンサの出力の推定値を表すデータを生成し、そのデータを用いて前記第 1 制御処理手段が、前記第 2 排ガスセンサの出力の目標値を表すデータを生成するという点で、前述の第 1 の態様と相違するものである。そして、その他の構成は前述の第 1 の態様と一致するものである。

#### 【0026】

かかる本発明の内燃機関の空燃比制御装置によれば、前記第 1 排気系を制御対象とする前記第 1 制御処理手段は、前記第 1 推定手段により生成される、前記第 1 合計無駄時間後の前記第 1 排ガスセンサの出力の推定値を表すデータを用いて前記第 2 排ガスセンサの出力の目標値を表すデータを生成することで、前記第 1 排気系が有する無駄時間だけでなく、前記第 2 制御処理手段、空燃比操作手段、内燃機関及び第 1 触媒装置からなる系（以下、第 1 排気系の入力生成系ということがある）が有する無駄時間の影響も補償して、該第 2 排ガスセンサの出力の目標値を表すデータを生成することが可能となる。

#### 【0027】

この場合、前記第 1 排気系の入力生成系が有する無駄時間は比較的長いものとなるものの、この系に含まれる内燃機関や第 1 触媒装置が有する応答遅れの影響は、前記空燃比操作手段や第 2 制御処理手段によって補償することが可能である。このため、前記第 1 合計無駄時間後の第 2 排ガスセンサの出力の推定値を表すデータは、前記第 1 排気系の入力生成系の応答遅れを考慮せずとも、前記第 1 排気系のみの応答遅れ特性等を考慮して生成すればよい。従って、特に第 1 排気系の無駄時間が比較的短いような場合には、前記第 1 推定手段が生成するデータにより表される前記第 1 合計無駄時間後の第 1 排ガスセンサの出力の推定値の精度を十分に確保することが可能となる。この結果、第 1 制御処理手段は、その制御対象である第 1 排気系の無駄時間に加えて、該第 1 排気系の入力生成系の無駄時間の影響をも補償しつつ、第 1 排ガスセンサの出力を前記第 1 制御処理手段が生成するデータにより表される目標値に収束させる上で適正な第 2 排ガスセンサの出力の目標値（第 1

制御処理手段の制御対象に対する制御入力)を表すデータを生成することが可能となる。

【0028】

また、前記第2排気系を制御対象とする第2制御処理手段と、これに関連した前記第2推定手段とに関しては、第1の態様に関して前述した通りの作用効果を奏することはもちろんである。さらに、この場合、前記第1制御処理手段において前記第1排気系の入力生成系の無駄時間の影響が補償されることから、第2制御処理手段によるフィードバック制御処理の安定性を確保しつつ該フィードバック制御処理のハイゲイン化を図ることが可能となり、この結果、第2制御処理手段による制御の速応性を高めることが可能となる。

【0029】

また、全体排気系に作用する外乱の影響を第1制御処理手段と第2制御処理手段とに分散させて吸収することが可能となることは前述した第1の態様の場合と同様である。

【0030】

従って、本発明の内燃機関の空燃比制御装置の第2の態様によれば、第1触媒装置及び第2触媒装置からなる排ガス浄化装置が有する無駄時間が長いものであっても、その無駄時間の影響を補償しつつ、排ガス浄化装置の下流側の排ガスセンサの出力の目標値への収束制御を良好に行うことが可能となる。ひいては該排ガス浄化装置の浄化性能を十分に確保し、内燃機関の排ガスの浄化率を高めることが可能となる。

また、第1の態様と同様に、前記第1制御処理手段が行う応答指定型制御によって規定される、前記第1排ガスセンサの出力と前記所定の目標値との偏差の減衰速度が、前記第2制御処理手段が行う応答指定型制御によって規定される、前記第2排ガスセンサの出力と前記第1制御処理手段が生成したデータにより表される目標値との偏差の減衰速度よりも遅い減衰速度に設定されている。このような応答指定型制御の処理を第1制御処理手段や第2制御処理手段のフィードバック制御処理として用いることで、第1制御処理手段と第2制御処理手段との両者の制御の相互の干渉を回避しつつ、それぞれの制御を適正に行うことが可能となる。

【0031】

尚、本発明の内燃機関の空燃比制御装置は、前記第1排気系の無駄時間が比較的長い場合には、前述の第1の態様の発明が好ましく、該第1排気系の無駄時間が比較的短い場合には、前述の第2の態様の発明が好ましいと考えられる。

【0032】

本発明の内燃機関の空燃比制御装置の第1の態様にあつては、より具体的には、前記第1制御処理手段は、前記第1推定手段が生成したデータにより表される前記第1排気系の無駄時間後の前記第1排ガスセンサの出力の推定値を該第1排ガスセンサの出力の目標値に収束させるように前記第2排ガスセンサの出力の目標値を表すデータを生成し、前記第2制御処理手段は、前記第2推定手段が生成したデータにより表される前記合計無駄時間後の前記第2排ガスセンサの出力の推定値を該第2排ガスセンサの出力の目標値に収束させるように前記目標空燃比を表すデータを生成する(請求項2記載の発明)。

【0033】

同様に、前記第2の態様にあつては、前記第1制御処理手段は、前記第1推定手段が生成したデータにより表される前記第1合計無駄時間後の前記第1排ガスセンサの出力の推定値を該第1排ガスセンサの出力の目標値に収束させるように前記第2排ガスセンサの出力の目標値を表すデータを生成し、前記第2制御処理手段は、前記第2推定手段が生成したデータにより表される前記第2合計無駄時間後の前記第2排ガスセンサの出力の推定値を該第2排ガスセンサの出力の目標値に収束させるように前記目標空燃比を表すデータを生成する(請求項5記載の発明)。

【0034】

このようにすることで、第1制御処理手段では、前記第1排気系が有する無駄時間等の影響を適正に補償して、前記第2排ガスセンサの出力の目標値を表すデータを生成することができ、第2制御処理手段では、第2排気系が有する無駄時間等の影響を適正に補償して、前記目標空燃比を生成することができる。

## 【 0 0 3 5 】

また、本発明の内燃機関の空燃比制御装置にあっては、第 1 及び第 2 の態様のいずれにおいても、前記第 1 推定手段は、前記第 1 排気系を、前記第 2 排ガスセンサの出力を表すデータから無駄時間に係わる要素と応答遅れに係わる要素とを介して前記第 1 排ガスセンサの出力を表すデータを生成する系として該第 1 排気系の挙動をあらかじめ表現してなる該第 1 排気系のモデルに基づいて構築されたアルゴリズムにより前記第 1 排ガスセンサの出力の推定値を表すデータを生成する（請求項 3、6 記載の発明）。

## 【 0 0 3 6 】

これと同様に、前記第 2 推定手段は、前記第 2 排気系を、前記第 3 排ガスセンサの出力を表すデータから無駄時間に係わる要素と応答遅れに係わる要素とを介して前記第 2 排ガスセンサの出力を表すデータを生成する系として該第 2 排気系の挙動をあらかじめ表現してなるモデルに基づいて構築されたアルゴリズムにより前記第 2 排ガスセンサの出力の推定値を表すデータを生成する（請求項 1 5 記載の発明）。

## 【 0 0 3 7 】

すなわち、前記第 1 の態様の内燃機関の空燃比制御装置にあっては、前記第 1 推定手段は、前記第 1 排気系が有する無駄時間後の第 1 排ガスセンサの出力の推定値を表すデータを生成するものであるので、該第 1 排気系の挙動を上記のように無駄時間に係わる要素と応答遅れに係わる要素とを含むモデルによって表現しておくことで、該モデルに基づくアルゴリズムによって、第 1 排ガスセンサの出力の推定値を表すデータを適正に生成することができる。

## 【 0 0 3 8 】

また、第 2 の態様の内燃機関の空燃比制御装置にあっては、前記第 1 推定手段は、第 1 排気系が有する無駄時間と、第 1 排気系の入力生成系の無駄時間とを合わせた前記第 1 合計無駄時間後の第 1 排ガスセンサの出力の推定値を表すデータを生成するものであるが、前述したように、第 1 排気系の入力生成系の応答遅れは、前記空燃比操作手段や前記第 2 制御処理手段によって補償することが可能であるので、前記第 1 合計無駄時間後の第 1 排ガスセンサの出力の推定値を表すデータを生成するに際して、第 1 排気系の入力生成系の応答遅れを考慮せずともよい。従って、第 2 の態様の内燃機関の空燃比制御装置にあっては、第 1 排気系の挙動を無駄時間に係わる要素と応答遅れに係わる要素とを含むモデルによって表現しておくことで、該モデルに基づくアルゴリズムによって、第 1 排ガスセンサの出力の推定値を表すデータを適正に生成することが可能である。

## 【 0 0 3 9 】

さらに、この第 2 の態様の内燃機関の空燃比制御装置に係わる前記第 1 推定手段の場合と同様に、前記第 2 推定手段に関しては、第 1 及び第 2 の態様のいずれについても、前記空燃比操作手段及び内燃機関からなる系（以下、この系を第 2 排気系の入力生成系ということがある）の応答遅れは、前記空燃比操作手段によって補償することが可能であるので、該第 2 排気系の入力生成系の無駄時間と該第 2 排気系の無駄時間とを合わせた合計無駄時間後の前記第 2 排ガスセンサの出力の推定値を表すデータを生成するに際しては、第 2 排気系の入力生成系の応答遅れを考慮せずともよい。従って、第 2 排気系の挙動を無駄時間に係わる要素と応答遅れに係わる要素とを含むモデルによって表現しておくことで、該モデルに基づくアルゴリズムによって、第 2 排ガスセンサの出力の推定値を表すデータを適正に生成することが可能である。

## 【 0 0 4 0 】

尚、前記第 1 排気系のモデルや第 2 排気系のモデルは、それぞれ連続時間系で構築することも可能であるが、前記第 1 推定手段や第 2 推定手段等の処理をコンピュータ処理により行う上では、離散時間系で構築することが好適である。

## 【 0 0 4 1 】

この場合、第 1 排気系のモデルは、例えば、所定の制御サイクル毎の前記第 1 排ガスセンサの出力を、その制御サイクルよりも過去の制御サイクルにおける前記第 1 排ガスセンサの出力と前記第 2 排ガスセンサの出力とにより表したモデル（所謂、自己回帰モデル）と

すればよい。

【 0 0 4 2 】

同様に、第 2 排気系のモデルは、例えば、所定の制御サイクル毎の前記第 2 排ガスセンサの出力を、その制御サイクルよりも過去の制御サイクルにおける前記第 2 排ガスセンサの出力と前記第 3 排ガスセンサの出力とにより表したモデル（自己回帰モデル）とすればよい。

【 0 0 4 3 】

ところで、前記第 2 の態様の内燃機関の空燃比制御装置において、前述のような第 1 排気系のモデルに基づくアルゴリズムによって前記第 1 合計無駄時間後の第 1 排ガスセンサの出力の推定値を表すデータを生成する場合、該第 1 合計無駄時間は第 1 排気系の無駄時間よりも長いため、該推定値を表すデータを生成するために、一般には、前記第 2 排ガスセンサの出力の未来値が形式上必要になる（但し、前記第 1 排気系の入力生成系の無駄時間や、前記第 1 制御処理手段の制御サイクルによっては、第 2 排ガスセンサの出力の未来値を必要としない場合もある）。

10

【 0 0 4 4 】

これと同様に、前記第 2 推定手段に関し、前記第 2 排気系のモデルに基づくアルゴリズムによって、前記第 2 排気系の無駄時間とこの第 2 排気系の入力操作系の無駄時間とを合わせた合計無駄時間後の第 2 排ガスセンサの出力の推定値を表すデータを生成するためには、一般には、前記第 3 排ガスセンサの出力の未来値が形式上必要になる（但し、前記第 2 排気系の入力生成系の無駄時間や、前記第 2 制御処理手段の制御サイクルによっては、第 3 排ガスセンサの出力の未来値を必要としない場合もある）。

20

【 0 0 4 5 】

一方、前述のように前記第 1 排気系の入力生成系の応答遅れを前記空燃比操作手段や前記第 2 制御処理手段によって補償することが可能であることから、該第 1 排気系の入力生成系は、その無駄時間後における前記第 2 排ガスセンサの実際の出力（これは、該出力の未来値である）が、前記第 1 制御処理手段が生成するデータにより表される前記第 2 排ガスセンサの出力の目標値に一致するような系としてとらえることができる。従って、第 2 排ガスセンサの出力の未来値は、第 1 制御処理手段が生成したデータにより表される第 2 排ガスセンサの出力の目標値によって代用することができる。

【 0 0 4 6 】

これと同様に、前記第 2 排気系の入力生成系は、その無駄時間後における第 3 排ガスセンサの実際の出力（空燃比を検出値）が、前記第 2 制御処理手段が生成するデータにより表される目標空燃比に一致するような系としてとらえることができる。従って、第 3 排ガスセンサの出力の未来値は、第 2 制御処理手段が生成したデータにより表される目標空燃比によって代用することができる。

30

【 0 0 4 7 】

さらに、前記第 2 排ガスセンサの出力の未来値に関しては、前記第 2 推定手段が生成するデータにより表される前記第 2 合計無駄時間後の第 2 排ガスセンサの出力の推定値は、該第 2 排ガスセンサの出力の未来値である。そして、第 2 排ガスセンサの実際の出力が、前記第 2 合計無駄時間後に、上記推定値に一致するとすれば、前記第 2 排ガスセンサの出力の未来値は、前記第 2 推定手段が生成するデータにより表される前記第 2 合計無駄時間後の第 2 排ガスセンサの出力の推定値によって代用することができる。

40

【 0 0 4 8 】

そこで、本発明の第 2 の態様の内燃機関の空燃比制御装置では、前記第 1 推定手段は、前記第 1 制御処理手段が生成するデータにより表される前記第 2 排ガスセンサの出力の目標値に、前記第 2 制御処理手段、空燃比操作手段、内燃機関及び第 1 触媒装置からなる系（第 1 排気系の入力操作系）の無駄時間後における前記第 2 排ガスセンサの実際の出力が一致するとして、前記第 1 及び第 2 排ガスセンサのそれぞれの現在以前の出力と、前記第 1 制御処理手段が生成したデータにより表される前記第 2 排ガスセンサの出力の目標値とを用いて前記第 1 排ガスセンサの出力の推定値を表すデータを生成する（請求項 7 記載の発

50



明)。

【0049】

あるいは、前記第1推定手段は、前記第2推定手段が生成するデータにより表される前記第2排ガスセンサの出力の推定値に、前記第2合計無駄時間後における該第2排ガスセンサの実際の出力が一致するとして、前記第1及び第2排ガスセンサのそれぞれの現在以前の出力と、前記第2推定手段が生成したデータにより表される前記第2排ガスセンサの出力の推定値とを用いて前記第1排ガスセンサの出力の推定値を表すデータを生成する(請求項8記載の発明)。

【0050】

また、本発明の第1及び第2のいずれの態様の内燃機関の空燃比制御装置においても、前記第2推定手段は、前記第2制御処理手段が生成するデータにより表される前記目標空燃比に、前記空燃比操作手段及び内燃機関からなる系(第2排気系の入力操作系)の無駄時間後における前記第3排ガスセンサの実際の出力が一致するとして、前記第2及び第3排ガスセンサのそれぞれの現在以前の出力と、前記第2制御処理手段が生成したデータにより表される前記目標空燃比を用いて前記第2排ガスセンサの出力の推定値を表すデータを生成する(請求項16記載の発明)。

10

【0051】

このように第2の態様の内燃機関の空燃比制御装置に係わる前記第1推定手段に関しては、前記第1合計無駄時間後の第1排ガスセンサの出力の推定値を表すデータを生成するために、前記第1及び第2排ガスセンサのそれぞれの現在以前の出力の他、前記第1制御処理手段が生成したデータにより表される前記第2排ガスセンサの出力の目標値、あるいは、前記第2推定手段が生成したデータにより表される前記第2排ガスセンサの出力の推定値を用いることで、前記第1合計無駄時間後の第1排ガスセンサの出力の推定値を表すデータを適正に生成することができる。

20

【0052】

同様に、前記第2推定手段に関しては、前記第2排気系の無駄時間と該第2排気系の入力操作系の無駄時間とを合わせた合計無駄時間後の第2排ガスセンサの出力の推定値を表すデータを生成するために、前記第2及び第3排ガスセンサのそれぞれの現在以前の出力の他、前記第2制御処理手段が生成したデータにより表される前記目標空燃比を用いることで、第2排ガスセンサの出力の推定値を表すデータを適正に生成することができる。

30

【0053】

前述したように前記第1排気系のモデルに基づくアルゴリズムにより前記第1排ガスセンサの出力の推定値を表すデータを生成する本発明の内燃機関の空燃比制御装置にあっては、前記第1排気系のモデルは、前記第2排ガスセンサの出力を表すデータとして、該第2排ガスセンサの出力とその出力に対する所定の基準値との偏差を用いると共に、前記第1排ガスセンサの出力を表すデータとして、該第1排ガスセンサの出力とその出力に対する所定の基準値との偏差を用いて前記第1排気系の挙動を表現してなるモデルであることが好ましい(請求項9記載の発明)。

【0054】

同様に、前記第2排気系のモデルに基づくアルゴリズムにより前記第2排ガスセンサの出力の推定値を表すデータを生成する場合にあっては、前記第2排気系のモデルは、前記第3排ガスセンサの出力を表すデータとして、該第3排ガスセンサの出力とその出力に対する所定の基準値との偏差を用いると共に、前記第2排ガスセンサの出力を表すデータとして、該第2排ガスセンサの出力とその出力に対する所定の基準値との偏差を用いて前記第2排気系の挙動を表現してなるモデルであることが好ましい(請求項17記載の発明)。

40

【0055】

このように第1排気系のモデルにおいて、該第1排気系への入力に相当する前記第2排ガスセンサの出力を表すデータ、並びに第1排気系の出力に相当する前記第1排ガスセンサの出力を表すデータとして、それぞれ所定の基準値との偏差を用いることで、第1排ガス

50

センサの出力の推定値を表すデータを生成するアルゴリズムが簡略なものとなると共に、そのアルゴリズムの構築が容易になる。

【 0 0 5 6 】

同様に、第 2 排気系のモデルにおいて、該第 2 排気系への入力に相当する前記第 3 排ガスセンサの出力を表すデータ、並びに第 2 排気系の出力に相当する前記第 2 排ガスセンサの出力を表すデータとして、それぞれ所定の基準値との偏差を用いることで、第 2 排ガスセンサの出力の推定値を表すデータを生成するアルゴリズムが簡略なものとなると共に、そのアルゴリズムの構築が容易になる。

【 0 0 5 7 】

尚、上記のように第 1 排気系のモデルや第 2 排気系のモデルを構築した場合、前記第 1 推定手段が生成するデータは、例えば第 1 排ガスセンサの出力の推定値とその出力に対する所定の基準値との偏差である。同様に、第 2 推定手段が生成するデータは、例えば第 2 排ガスセンサの出力の推定値とその出力に対する所定の基準値との偏差である。

【 0 0 5 8 】

また、第 1 排気系のモデルは第 1 及び第 2 排ガスセンサのそれぞれの出力をそのまま用いて構築することも可能である。同様に、第 2 排気系のモデルは第 2 及び第 3 排ガスセンサのそれぞれの出力をそのまま用いて構築することも可能である。

【 0 0 5 9 】

前記第 1 推定手段が、前記第 1 排気系のモデルに基づくアルゴリズムにより前記第 1 排ガスセンサの出力の推定値を表すデータを生成する本発明の内燃機関の空燃比制御装置にあっては、第 1 及び第 2 のいずれの態様においても、前記第 1 排気系のモデルの設定すべきパラメータを前記第 1 及び第 2 排ガスセンサのそれぞれの出力を用いて逐次同定する同定手段を備えることが好ましい（請求項 10 記載の発明）。

【 0 0 6 0 】

同様に、前記第 2 推定手段が、前記第 2 排気系のモデルに基づくアルゴリズムにより前記第 2 排ガスセンサの出力の推定値を表すデータを生成する本発明の内燃機関の空燃比制御装置にあっては、前記第 2 排気系のモデルの設定すべきパラメータを前記第 2 及び第 3 排ガスセンサのそれぞれの出力を用いて逐次同定する同定手段を備えることが好ましい（請求項 18 記載の発明）。

【 0 0 6 1 】

このように第 1 排気系のモデルや、第 2 排気系のモデルのパラメータを逐次同定することで、それらのモデルを、第 1 排気系や第 2 排気系の実際の挙動状態に則したものとすることができ、ひいては、このモデルに基づくアルゴリズムによって前記第 1 推定手段や第 2 推定手段がそれぞれ生成するデータにより表される第 1 排ガスセンサや第 2 排ガスセンサの出力の推定値の精度を高めることができる。この結果、第 1 排気系や第 2 排気系の無駄時間等の影響をより確実に補償することができる。

【 0 0 6 5 】

前記第 1 制御処理手段、あるいは、前記第 2 制御処理手段が行う前記応答指定型制御としては、スライディングモード制御や、I L Q 制御（応答指定型最適制御）等の制御手法が挙げられるが、前記応答指定型制御の処理は、スライディングモード制御の処理であることが好適である（請求項 11、19 記載の発明）。

【 0 0 6 6 】

そして、前記第 1 制御処理手段及び第 2 制御処理手段のいずれについても、前記スライディングモード制御の処理は、特に、適応スライディングモード制御の処理であることが好適である（請求項 12、20 記載の発明）。

【 0 0 6 7 】

すなわち、スライディングモード制御は、一般に外乱等に対する制御の安定性が高いという特性を有している。従って、このようなスライディングモード制御の処理によって前記第 2 排ガスセンサの出力の目標値を表すデータや、前記目標空燃比を表すデータを生成することで、それらのデータの信頼性を高め、ひいては、第 1 排ガスセンサの出力の目標値

10

20

30

40

50

への収束制御を高い安定性で行うことができる。

【0068】

特に、適応スライディングモード制御は、外乱等の影響を極力排除するために、通常のスライディングモード制御に対して所謂、適応則（適応アルゴリズム）といわれる制御則を加味したものである。このため、前記第1制御処理手段が生成する第2排ガスセンサの出力の目標値を表すデータや、前記第2制御処理手段が生成する目標空燃比を表すデータの信頼性をより高めることができる。さらに詳しくいえば、スライディングモード制御では、制御量（本発明では第1排ガスセンサや第2排ガスセンサの出力）とその目標値との偏差等を用いて構成される切換関数と言われる関数が用いられ、この切換関数の値を「0」に収束させることが重要な処理となる。この場合、通常のスライディングモード制御では、切換関数の値を「0」に収束させるために所謂、到達則という制御則が用いられるが、外乱等の影響によって、この到達則だけでは、切換関数の値の「0」への収束の安定性を十分に確保することが困難となる場合もある。これに対して、適応スライディングモード制御は、外乱等の影響を極力排除して切換関数の値を「0」に収束させるために上記到達則に加えて、適応則（適応アルゴリズム）という制御則をも用いるようにしたものである。このような適応スライディングモード制御によって、第2排ガスセンサの出力の目標値を表すデータや、目標空燃比を表すデータを生成することで、切換関数の値を高い安定性で「0」に収束させ、ひいては、第1排ガスセンサの出力や第2排ガスセンサの出力をそれらの目標値に高い安定性で収束させ得るように、第2排ガスセンサの出力の目標値や、目標空燃比を生成することができる。

【0069】

尚、第1制御処理手段のフィードバック制御処理をスライディングモード制御（適応スライディングモード制御を含む）の処理により行う場合、その処理用の切換関数として、前記第1排ガスセンサの出力とそれに対する目標値との偏差の複数の時系列データを成分として構成した線形関数を用いることが好適である。同様に、第2制御処理手段のフィードバック制御処理をスライディングモード制御の処理により行う場合、その処理用の切換関数として、前記第2排ガスセンサの出力とそれに対する目標値との偏差の時系列データを成分として構成した線形関数を用いることが好適である。

【0070】

また、第1制御処理手段や第2制御処理手段のフィードバック制御処理をスライディングモード制御の処理により行う場合、それぞれの制御対象である第1排気系や第2排気系のモデルを必要とする。この場合、第1排気系のモデルや、第2排気系のモデルは、前記第1推定手段や第2推定手段で用いるモデルと同一のモデルを用いることが好ましい。このようにしたとき、前記第1制御処理手段が生成する第2排ガスセンサの出力の目標値を表すデータは、例えば、該目標値と第2排ガスセンサの出力に対する所定の基準値との偏差であり、また、第2制御処理手段が生成する目標空燃比を表すデータは、例えば、該目標空燃比と該空燃比に対する所定の基準値（第3排ガスセンサの出力に対する基準値）との偏差である。

【0071】

前記のように、前記第1制御処理手段のフィードバック制御処理をスライディングモード制御の処理により行う場合、前記スライディングモード制御の処理の基づく前記第1排ガスセンサの出力の前記所定の目標値への収束制御の安定性を判断する手段を備え、前記第2制御処理手段は、当該収束制御が不安定であると判断されたとき、前記第2排ガスセンサの出力の目標値をあらかじめ定めた所定値として前記目標空燃比を表すデータを生成することが好ましい（請求項13記載の発明）。

【0072】

また、本発明の内燃機関の空燃比制御装置では、前記第1排ガスセンサが活性化しているか否かを判断する手段を備え、前記第2制御処理手段は、該第1排ガスセンサが活性化していないと判断されたとき、前記第2排ガスセンサの出力の目標値をあらかじめ定めた所定値として前記目標空燃比を表すデータを生成することが好ましい（請求項14記載の

発明)。

【0073】

すなわち、第1制御処理手段が行うスライディングモード制御の処理に基づく第1排ガスセンサの出力の収束制御が不安定であると判断される状況では、該第1制御処理手段が生成する第2排ガスセンサの出力の目標値を表すデータの信頼性が低い。また、内燃機関の運転開始直後等、第1排ガスセンサが十分に活性化していない状態においては、該第1排ガスセンサの出力の信頼性が低いことから、第1制御処理手段が生成する第2排ガスセンサの出力の目標値を表すデータの信頼性も低い。このため、本発明では、このような状況では、前記第2制御処理手段は、前記第2排ガスセンサの出力を所定値に収束させるように前記目標空燃比を表すデータを生成する。これにより、少なくとも、前記排ガス浄化装置の第2排気系の部分によって良好な排ガス浄化性能を確保することが可能となる。そして、第1排ガスセンサの出力の収束制御が安定であると判断され、あるいは、第1排ガスセンサが活性化した後には、排ガス浄化装置の全体の排ガス浄化性能を十分に確保することが可能となる。

10

【0074】

尚、スライディングモード制御では、前述の通り、切換関数の値を「0」に収束させることが重要な処理となるので、この切換関数の値に基づいて前記第1制御処理手段における前記収束制御の安定性を判断することが可能である。例えば、切換関数の値とその変化速度との積（これは切換関数に関するリアプノフ関数の時間微分値に相当する）が、正側の値であるか、負側の値であるかによって、それぞれ前記収束制御が不安定、安定と判断することが可能である。

20

【0077】

尚、本発明の内燃機関の空燃比制御装置において、排ガス浄化装置の浄化性能を最適なものとする上では、前記第1排ガスセンサ及び第2排ガスセンサとして、O<sub>2</sub>センサ（酸素濃度センサ）を用い、第1排ガスセンサの出力の目標値を所定の一定値とすることが最適である。

【0078】

また、本発明の内燃機関の空燃比制御装置において、第1排ガスセンサが検出する特定成分の濃度と、第2排ガスセンサが検出する特定成分の濃度とに関し、それらの特定成分は、必ずしも同一である必要はなく、基本的には、それらの特定成分の濃度の間に相関性を有するものであればよい。

30

【0079】

また、前記空燃比操作手段は、漸化式形式の制御器（例えば適応制御器）によるフィードバック制御処理により前記第3排ガスセンサの出力を前記目標空燃比に収束させるように前記内燃機関で燃焼させる混合気の空燃比を操作することが好適である。すなわち、前記混合気の空燃比を、適応制御器等により構成される漸化式形式の制御器によるフィードバック制御処理によって目標空燃比に操作することで、内燃機関の応答遅れの影響を的確に補償しつつ、内燃機関の運転状態の変化や特性変化等の動的な変化に対して、高い追従性で前記混合気の空燃比を目標空燃比に操作することができる。

【0080】

この場合、上記漸化式形式の制御器は、空燃比を操作するめの制御入力（フィードバック操作量。例えば燃料供給量の補正量）の現在以前の所定数の時系列データを含む漸化式によって新たな制御入力を求めるものである。

40

【0081】

次に本発明のプラントの制御装置を説明する。本発明のプラントの制御装置は前述した本発明の内燃機関の空燃比制御装置をより一般化したものであり、該空燃比制御装置と同様、前記の目的を達成するために、二つの態様がある。その第1の態様は、所定の入力から第1部分プラント及び第2部分プラントを順に介して所定の出力を生成するプラントと、該プラントへの入力を生成するアクチュエータと、前記プラントの出力を検出する第1検出手段とを備え、該第1検出手段の出力を所定の目標値に収束させるように前記アクチ

50

ューエータの出力を操作するプラントの制御装置において、前記プラントへの入力に応じて前記第 1 部分プラントが生成する該第 1 部分プラントの出力及び前記プラントへの入力をそれぞれ検出する第 2 検出手段及び第 3 検出手段と、前記第 1 検出手段の出力を前記所定の目標値に収束させるために要求される前記第 2 検出手段の出力の目標値を表すデータをフィードバック制御処理としての応答指定型制御の処理により逐次生成する第 1 制御処理手段と、該第 1 制御処理手段が生成したデータにより表される前記第 2 検出手段の出力の目標値に該第 2 検出手段の出力を収束させるために要求される前記プラントの目標入力を表すデータをフィードバック制御処理としての応答指定型制御の処理により逐次生成する第 2 制御処理手段と、該第 2 制御処理手段が生成したデータにより表される前記プラントの目標入力に前記アクチュエータの出力を操作するアクチュエータ制御手段と、前記第 2 部分プラントが有する無駄時間後の前記第 1 検出手段の出力の推定値を表すデータを前記第 1 及び第 2 検出手段のそれぞれの出力を用いて逐次生成する第 1 推定手段と、前記第 1 部分プラントが有する無駄時間と前記アクチュエータ制御手段及びアクチュエータからなる系が有する無駄時間とを合わせた合計無駄時間後の前記第 2 検出手段の出力の推定値を表すデータを前記第 2 及び第 3 検出手段のそれぞれの出力を用いて逐次生成する第 2 推定手段とを備え、前記第 1 制御処理手段は、前記第 1 推定手段が生成したデータを用いて前記第 2 検出手段の出力の目標値を表すデータを生成し、前記第 2 制御処理手段は、前記第 2 推定手段が生成したデータを用いて前記プラントの目標入力を表すデータを生成し、前記第 1 制御処理手段が行う応答指定型制御によって規定される、前記第 1 検出手段の出力と前記所定の目標値との偏差の減衰速度が、前記第 2 制御処理手段が行う応答指定型制御によって規定される、前記第 2 検出手段の出力と前記第 1 制御処理手段が生成したデータにより表される目標値との偏差の減衰速度よりも遅い減衰速度に設定されていることを特徴とするものである（請求項 2 1 記載の発明）。

#### 【0082】

かかる本発明のプラントの制御装置の第 1 の態様によれば、前記第 1 制御処理手段は、前記プラントを構成する前記第 1 及び第 2 部分プラントのうち、第 2 部分プラントを制御対象とするものである。そして、第 1 制御処理手段は、前記プラントの出力（これは第 2 部分プラントの出力でもある）の検出値を表す前記第 1 検出手段の出力を、それに対する目標値に収束させるために該第 2 部分プラントに与えるべき制御入力としての前記第 2 検出手段の出力の目標値、すなわち第 2 部分プラントの目標入力（＝第 1 部分プラントの目標出力）を表すデータをフィードバック制御処理としての応答指定型制御の処理により逐次生成する。

#### 【0083】

この場合、該第 1 制御処理手段は、前記第 1 推定手段が生成した第 1 検出手段の出力の推定値を表すデータを用いて前記第 2 検出手段の出力の目標値を表すデータを生成することで、前記第 2 部分プラントが有する無駄時間の影響を補償しつつ前記第 2 検出手段の出力の目標値を表すデータを生成することが可能となる。

#### 【0084】

このとき、前記第 2 部分プラントの無駄時間は、前記プラントの全体が有する無駄時間に比して短い。また、該第 2 部分プラントの無駄時間後の第 1 検出手段の出力の推定値を表すデータは、第 2 部分プラントのみの応答遅れ特性等を考慮して生成すればよい。このため、第 1 推定手段が生成するデータにより表される第 1 検出手段の出力の推定値の精度を高めることが可能となる。この結果、第 1 制御処理手段は、第 2 部分プラントの無駄時間の影響を適正に補償しつつ、第 1 検出手段の出力（プラントの出力の検出値）をその目標値に収束させる上で適正な、第 2 検出手段の出力の目標値（第 1 部分プラントの目標入力）を表すデータを生成することが可能となる。

#### 【0085】

一方、前記第 2 制御処理手段は、前記第 1 部分プラントを制御対象とし、その第 1 部分プラントの出力（これは第 2 部分プラントの入力でもある）の検出値を表す前記第 2 検出手段の出力を前記第 1 制御処理手段が生成したデータにより表される目標値に収束させる

ために該第 1 部分プラントに与えるべき制御入力としての前記プラントの目標入力 (= 第 1 部分プラントの目標入力) を表すデータをフィードバック制御処理としての応答指定型制御の処理により逐次生成する。

【 0 0 8 6 】

この場合、該第 2 制御処理手段は、前記第 2 推定手段が生成したデータ、すなわち、第 1 部分プラントが有する無駄時間と前記アクチュエータ制御手段及びアクチュエータからなる系 (これは、第 2 制御処理手段が生成するプラントの目標入力を表すデータから、プラントの実際の入力 (= 第 1 部分プラントの実際の入力) を生成する系である) が有する無駄時間とを合わせた合計無駄時間後の第 2 検出手段の出力の推定値を表すデータを用いて前記プラントの目標入力を表すデータを生成する。これにより、前記第 1 部分プラントの無駄時間の影響を補償することに加えて、前記アクチュエータ制御手段及びアクチュエータからなる系 (以下、第 1 部分プラントの入力操作系ということがある) が有する無駄時間の影響をも補償しつつ前記目標入力を表すデータを生成することが可能となる。

【 0 0 8 7 】

このとき、前記第 1 部分プラントの無駄時間は、前記プラントの全体が有する無駄時間に比して短い。また、前記第 1 部分プラントの入力生成系、特にそれに含まれるアクチュエータが有する応答遅れの影響は、前記アクチュエータ制御手段によって補償することが可能であることから、前記合計無駄時間後の第 2 検出手段の出力の推定値を表すデータは、前記第 1 部分プラントの入力生成系の応答遅れを考慮せずとも、該第 1 部分プラントのみの応答遅れ特性等を考慮して生成すればよい。このため、第 2 推定手段が生成するデータにより表される第 2 検出手段の出力の推定値の精度を高めることが可能となる。この結果、第 2 制御処理手段は、第 1 部分プラントの無駄時間に加えて、該第 1 部分プラントの入力生成系の無駄時間の影響をも適正に補償しつつ、第 2 検出手段の出力 (第 1 部分プラントの出力の検出値) を前記第 1 制御処理手段が生成するデータにより表される目標値に収束させる上で適正なプラントの目標入力を表すデータを生成することが可能となる。さらに、このとき、前記第 1 制御処理手段が生成する第 2 検出手段の出力の目標値 (第 2 部分プラントの目標入力) を表すデータは、前述の通り、前記第 1 検出手段の出力 (プラントの出力の検出値) をその目標値に収束させる上で適正なものとなることから、前記第 2 制御処理手段が生成するプラントの目標入力を表すデータは、前記第 1 検出手段の出力をその目標値に収束させる上でも適正なものとなる。

【 0 0 8 8 】

また、本発明では、前記プラントに与えるべき目標入力を生成する処理を、第 2 部分プラントに対する制御処理を分担する第 1 制御処理手段と、第 1 部分プラントに対する制御処理を分担する第 2 制御処理手段とにより行うために、プラントの全体に作用する外乱の影響を第 1 制御処理手段と第 2 制御処理手段とに分散させて吸収することが可能となる。

【 0 0 8 9 】

以上説明したようなことから、本発明のプラントの制御装置の第 1 の態様によれば、前記プラントの全体が有する無駄時間が長いものであっても、その無駄時間の影響を補償しつつ、該プラントの出力を検出する第 1 検出手段の出力の目標値への収束制御を良好に行うことが可能となる。

また、前記第 1 制御処理手段及び前記第 2 制御処理手段のそれぞれにおける前記応答指定型制御は、前述した本発明の内燃機関の空燃比制御装置に関して説明した如く、その制御処理に使用する所定のパラメータの値によって、制御量とその目標値との偏差の減衰速度を指定可能な制御手法である。この場合、前述した本発明の内燃機関の空燃比制御装置と同様に、前記第 1 制御処理手段が行う応答指定型制御によって規定される、前記第 1 検出手段の出力と前記所定の目標値との偏差の減衰速度が、前記第 2 制御処理手段が行う応答指定型制御によって規定される、前記第 2 検出手段の出力と前記第 1 制御処理手段が生成したデータにより表される目標値との偏差の減衰速度よりも遅い減衰速度に設定されている。このような応答指定型制御の処理を第 1 制御処理手段や第 2 制御処理手段のフィードバック制御処理としてに用いることで、第 1 制御処理手段と第 2 制御処理手段との両者

の制御の相互の干渉を回避しつつ、それぞれの制御を適正に行うことが可能となる。

【 0 0 9 0 】

次に、本発明のプラントの制御装置の第2の態様は、所定の入力から第1部分プラント及び第2部分プラントを順に介して所定の出力を生成するプラントと、該プラントへの入力を生成するアクチュエータと、前記プラントの出力を検出する第1検出手段とを備え、該第1検出手段の出力を所定の目標値に収束させるように前記アクチュエータの出力を操作するプラントの制御装置において、前記プラントへの入力に応じて前記第1部分プラントが生成する該第1部分プラントの出力及び前記プラントへの入力をそれぞれ検出する第2検出手段及び第3検出手段と、前記第1検出手段の出力を前記所定の目標値に収束させるために要求される前記第2検出手段の出力の目標値を表すデータをフィードバック制御処理としての応答指定型制御の処理により逐次生成する第1制御処理手段と、該第1制御処理手段が生成したデータにより表される前記第2検出手段の出力の目標値に該第2検出手段の出力を収束させるために要求される前記プラントの目標入力を表すデータをフィードバック制御処理としての応答指定型制御の処理により逐次生成する第2制御処理手段と、該第2制御処理手段が生成したデータにより表される前記プラントの目標入力に前記アクチュエータの出力を操作するアクチュエータ制御手段と、前記第2部分プラントが有する無駄時間と前記第2制御処理手段、アクチュエータ制御手段、アクチュエータ及び第1部分プラントからなる系が有する無駄時間とを合わせた第1合計無駄時間後の前記第1検出手段の出力の推定値を表すデータを、前記第1及び第2検出手段のそれぞれの出力を用いて逐次生成する第1推定手段と、前記第1部分プラントが有する無駄時間と前記アクチュエータ制御手段及びアクチュエータからなる系が有する無駄時間とを合わせた第2合計無駄時間後の前記第2検出手段の出力の推定値を表すデータを前記第2及び第3検出手段のそれぞれの出力を用いて逐次生成する第2推定手段とを備え、前記第1制御処理手段は、前記第1推定手段が生成したデータを用いて前記第2検出手段の出力の目標値を表すデータを生成し、前記第2制御処理手段は、前記第2推定手段が生成したデータを用いて前記プラントの目標入力を表すデータを生成し、前記第1制御処理手段が行う応答指定型制御によって規定される、前記第1検出手段の出力と前記所定の目標値との偏差の減衰速度が、前記第2制御処理手段が行う応答指定型制御によって規定される、前記第2検出手段の出力と前記第1制御処理手段が生成したデータにより表される目標値との偏差の減衰速度よりも遅い減衰速度に設定されていることを特徴とするものである（請求項24記載の発明）。

【 0 0 9 1 】

かかる本発明のプラントの制御装置の第2の態様は、前記第1推定手段が、前記第2部分プラントの無駄時間と前記第2制御処理手段、アクチュエータ制御手段、アクチュエータ及び第1部分プラントからなる系（これは第1制御処理手段が生成する第2検出手段の出力の目標値（第2部分プラントの目標入力）を表すデータから、第2検出手段の実際の出力（第2部分プラントの実際の入力の検出値）を生成する系である）が有する無駄時間とを合わせた前記第1合計無駄時間後の前記第1検出手段の出力の推定値を表すデータを生成し、そのデータを用いて前記第1制御処理手段が、前記第2検出手段の出力の目標値（第2部分プラントの目標入力）を表すデータを生成するという点で、前述の第1の態様と相違するものである。そして、その他の構成は前述の第1の態様と一致するものである。

【 0 0 9 2 】

かかる本発明のプラントの制御装置によれば、前記第2部分プラントを制御対象とする前記第1制御処理手段は、前記第1推定手段により生成される、前記第1合計無駄時間後の前記第1検出手段の出力の推定値を表すデータを用いて前記第2検出手段の出力の目標値を表すデータを生成することで、前記第2部分プラントが有する無駄時間だけでなく、前記第2制御処理手段、アクチュエータ制御手段、アクチュエータ及び第1部分プラントからなる系（以下、第2部分プラントの入力生成系ということがある）が有する無駄時間の影響も補償して、該第2検出手段の出力の目標値（第2部分プラントの目標入力）を表すデータを生成することが可能となる。

## 【0093】

この場合、前記第2部分プラントの入力生成系が有する無駄時間は比較的長いものとなるものの、この系に含まれるアクチュエータや第1部分プラントが有する応答遅れの影響は、前記アクチュエータ制御手段や第2制御処理手段によって補償することが可能である。このため、前記第1合計無駄時間後の第1検出手段の出力の推定値を表すデータは、前記第2部分プラントの入力生成系の応答遅れを考慮せずとも、前記第2部分プラントのみの応答遅れ特性等を考慮して生成すればよい。従って、特に第2部分プラントの無駄時間が比較的短いような場合には、前記第1推定手段が生成するデータにより表される前記第1合計無駄時間後の第1検出手段の出力の推定値の精度を十分に確保することが可能となる。この結果、第1制御処理手段は、その制御対象である第2部分プラントの無駄時間に加えて、該第2部分プラントの入力生成系の無駄時間の影響をも補償しつつ、第1検出手段の出力を前記第1制御処理手段が生成するデータにより表される目標値に収束させる上で適正な第2検出手段の出力の目標値（第2部分プラントの目標入力）を表すデータを生成することが可能となる。

10

## 【0094】

また、前記第1部分プラントを制御対象とする第2制御処理手段と、これに関連した前記第2推定手段とに関しては、第1の態様に関して前述した通りの作用効果を奏することはもちろんである。さらに、この場合、前記第1制御処理手段において前記第2部分プラントの入力生成系の無駄時間の影響が補償されることから、第2制御処理手段によるフィードバック制御処理の安定性を確保しつつ該フィードバック制御処理のハイゲイン化を図ることが可能となり、この結果、第2制御処理手段による制御の速応性を高めることが可能となる。

20

## 【0095】

また、全体排気系に作用する外乱の影響を第1制御処理手段と第2制御処理手段とに分散させて吸収することが可能となることは前述した第1の態様の場合と同様である。

## 【0096】

従って、本発明のプラントの制御装置の第2の態様によれば、前記プラントの全体が有する無駄時間が長いものであっても、その無駄時間の影響を補償しつつ、第1検出手段の出力（プラントの出力の検出値）の目標値への収束制御を良好に行うことが可能となる。

また、前述したプラントの制御装置の第1の態様と同様に、前記第1制御処理手段が行う応答指定型制御によって規定される、前記第1検出手段の出力と前記所定の目標値との偏差の減衰速度が、前記第2制御処理手段が行う応答指定型制御によって規定される、前記第2検出手段の出力と前記第1制御処理手段が生成したデータにより表される目標値との偏差の減衰速度よりも遅い減衰速度に設定されている。このような応答指定型制御の処理を第1制御処理手段や第2制御処理手段のフィードバック制御処理として用いることで、第1制御処理手段と第2制御処理手段との両者の制御の相互の干渉を回避しつつ、それぞれの制御を適正に行うことが可能となる。

30

## 【0097】

尚、本発明のプラントの制御装置は、前記第2部分プラントの無駄時間が比較的長い場合には、前述の第1の態様の発明が好ましく、該第1部分プラントの無駄時間が比較的短い場合には、前述の第2の態様の発明が好ましいと考えられる。

40

## 【0098】

本発明のプラントの制御装置の第1の態様にあつては、より具体的には、前記第1制御処理手段は、前記第1推定手段が生成したデータにより表される前記第2部分プラントの無駄時間後の前記第1検出手段の出力の推定値を該第1検出手段の出力の目標値に収束させるように前記第2検出手段の出力の目標値を表すデータを生成し、前記第2制御処理手段は、前記第2推定手段が生成したデータにより表される前記合計無駄時間後の前記第2検出手段の出力の推定値を該第2検出手段の出力の目標値に収束させるように前記プラントの目標入力を表すデータを生成する（請求項22記載の発明）。

## 【0099】

50



同様に、前記第2の態様にあつては、前記第1制御処理手段は、前記第1推定手段が生成したデータにより表される前記第1合計無駄時間後の前記第1検出手段の出力の推定値を該第1検出手段の出力の目標値に収束させるように前記第2検出手段の出力の目標値を表すデータを生成し、前記第2制御処理手段は、前記第2推定手段が生成したデータにより表される前記第2合計無駄時間後の前記第2検出手段の出力の推定値を該第2検出手段の出力の目標値に収束させるように前記プラントの目標入力を表すデータを生成する（請求項25記載の発明）。

【0100】

このようにすることで、第1制御処理手段では、前記第2部分プラントが有する無駄時間等の影響を適正に補償して、前記第2検出手段の出力の目標値を表すデータを生成することができ、第2制御処理手段では、第1部分プラントが有する無駄時間等の影響を適正に補償して、前記プラントの目標入力を生成することができる。

10

【0101】

また、本発明のプラントの制御装置にあつては、第1及び第2の態様のいずれにおいても、前記第1推定手段は、前記第2部分プラントを、前記第2検出手段の出力を表すデータから無駄時間と応答遅れとを有して前記第1検出手段の出力を表すデータを生成する系として該第2部分プラントの挙動をあらかじめ表現してなる該第2部分プラントのモデルに基づいて構築されたアルゴリズムにより前記第1検出手段の出力の推定値を表すデータを生成する（請求項23、26記載の発明）。

【0102】

20

これと同様に、前記第2推定手段は、前記第1部分プラントを、前記第3検出手段の出力を表すデータから無駄時間と応答遅れとを有して前記第2検出手段の出力を表すデータを生成する系として該第1部分プラントの挙動をあらかじめ表現してなるモデルに基づいて構築されたアルゴリズムにより前記第2検出手段の出力の推定値を表すデータを生成する（請求項34記載の発明）。

【0103】

すなわち、前記第1の態様のプラントの制御装置にあつては、前記第1推定手段は、前記第2部分プラントが有する無駄時間後の第1検出手段の出力の推定値を表すデータを生成するものであるので、該第2部分プラントの挙動を上記のように無駄時間に係わる要素と応答遅れに係わる要素とを含むモデルによって表現しておくことで、該モデルに基づくアルゴリズムによって、第1検出手段の出力の推定値を表すデータを適正に生成することができる。

30

【0104】

また、第2の態様のプラントの制御装置にあつては、前記第1推定手段は、第2部分プラントが有する無駄時間と、第2部分プラントの入力生成系の無駄時間とを合わせた前記第1合計無駄時間後の第1検出手段の出力の推定値を表すデータを生成するものであるが、前述したように、第2部分プラントの入力生成系の応答遅れは、前記アクチュエータ制御手段や前記第2制御処理手段によって補償することが可能であるので、前記第1合計無駄時間後の第1検出手段の出力の推定値を表すデータを生成するに際して、第2部分プラントの入力生成系の応答遅れを考慮せずともよい。従って、第2の態様の内燃機関の空燃比制御装置にあつても、第2部分プラントの挙動を無駄時間に係わる要素と応答遅れに係わる要素とを含むモデルによって表現しておくことで、該モデルに基づくアルゴリズムによって、第1検出手段の出力の推定値を表すデータを適正に生成することが可能である。

40

【0105】

さらに、この第2の態様のプラントの制御装置に係わる前記第1推定手段の場合と同様に、前記第2推定手段に関しては、第1及び第2の態様のいずれについても、前記アクチュエータ制御手段及びアクチュエータからなる系（以下、この系を第1部分プラントの入力生成系ということがある）の応答遅れは、前記アクチュエータ制御手段によって補償することが可能であるので、該第1部分プラントの入力生成系の無駄時間と該第1部分プラントの無駄時間とを合わせた合計無駄時間後の前記第2検出手段の出力の推定値を表すデー

50

タを生成するに際しては、第 1 部分プラントの入力生成系の応答遅れを考慮せずともよい。従って、第 1 部分プラントの挙動を無駄時間に係わる要素と応答遅れに係わる要素とを含むモデルによって表現しておくことで、該モデルに基づくアルゴリズムによって、第 2 検出手段の出力の推定値を表すデータを適正に生成することが可能である。

【 0 1 0 6 】

尚、前記第 2 部分プラントのモデルや第 1 部分プラントのモデルは、それぞれ連続時間系で構築することも可能であるが、前記第 1 推定手段や第 2 推定手段等の処理をコンピュータ処理により行う上では、離散時間系で構築することが好適である。

【 0 1 0 7 】

この場合、第 2 部分プラントのモデルは、例えば、所定の制御サイクル毎の前記第 1 検出手段の出力を、その制御サイクルよりも過去の制御サイクルにおける前記第 1 検出手段の出力と前記第 2 検出手段の出力とにより表したモデル（所謂、自己回帰モデル）とすればよい。

10

【 0 1 0 8 】

同様に、第 1 部分プラントのモデルは、例えば、所定の制御サイクル毎の前記第 2 検出手段の出力を、その制御サイクルよりも過去の制御サイクルにおける前記第 2 検出手段の出力と前記第 3 検出手段の出力とにより表したモデル（自己回帰モデル）とすればよい。

【 0 1 0 9 】

ところで、前記第 2 の態様のプラントの制御装置において、前述のような第 2 部分プラントのモデルに基づくアルゴリズムによって前記第 1 合計無駄時間後の第 1 検出手段の出力の推定値を表すデータを生成する場合、該第 1 合計無駄時間は第 2 部分プラントの無駄時間よりも長い場合、該推定値を表すデータを生成するために、一般には、前記第 2 検出手段の出力の未来値が形式上必要になる（但し、前記第 2 部分プラントの入力生成系の無駄時間や、前記第 1 制御処理手段の制御サイクルによっては、第 2 検出手段の出力の未来値を必要としない場合もある）。

20

【 0 1 1 0 】

これと同様に、前記第 2 推定手段に関し、前記第 1 部分プラントのモデルに基づくアルゴリズムによって、前記第 1 部分プラントの無駄時間とこの第 1 分プラントの入力操作系の無駄時間とを合わせた合計無駄時間後の第 2 検出手段の出力の推定値を表すデータを生成するためには、一般には、前記第 3 検出手段の出力の未来値が形式上必要になる（但し、前記第 1 部分プラントの入力生成系の無駄時間や、前記第 2 制御処理手段の制御サイクルによっては、第 3 検出手段の出力の未来値を必要としない場合もある）。

30

【 0 1 1 1 】

一方、前述のように前記第 2 部分プラントの入力生成系の応答遅れを前記アクチュエータ制御手段や前記第 2 制御処理手段によって補償することが可能であることから、該第 2 部分プラントの入力生成系は、その無駄時間後における前記第 2 検出手段の実際の出力（これは、該出力の未来値である）が、前記第 1 制御処理手段が生成するデータにより表される前記第 2 検出手段の出力の目標値に一致するような系としてとらえることができる。従って、第 2 検出手段の出力の未来値は、第 1 制御処理手段が生成したデータにより表される第 2 検出手段の出力の目標値によって代用することができる。

40

【 0 1 1 2 】

これと同様に、前記第 1 部分プラントの入力生成系は、その無駄時間後における第 3 検出手段の実際の出力（プラントの入力の実際の検出値）が、前記第 2 制御処理手段が生成するデータにより表されるプラントの目標入力に一致するような系としてとらえることができる。従って、第 3 検出手段の出力の未来値は、第 2 制御処理手段が生成したデータにより表されるプラントの目標入力によって代用することができる。

【 0 1 1 3 】

さらに、前記第 2 検出手段の出力の未来値に関しては、前記第 2 推定手段が生成するデータにより表される前記第 2 合計無駄時間後の第 2 検出手段の出力の推定値は、該第 2 検出手段の出力の未来値である。そして、第 2 検出手段の実際の出力が、前記第 2 合計無駄時

50

間後に、上記推定値に一致するとすれば、前記第2検出手段の出力の未来値は、前記第2推定手段が生成するデータにより表される前記第2合計無駄時間後の第2検出手段の出力の推定値によって代用することができる。

【0114】

そこで、本発明の第2の態様のプラントの制御装置では、前記第1推定手段は、前記第1制御処理手段が生成するデータにより表される前記第2検出手段の出力の目標値に、前記第2制御処理手段、アクチュエータ制御手段、アクチュエータ及び第1部分プラントからなる系（第2部分プラントの入力生成系）の無駄時間後における前記第2検出手段の実際の出力が一致するとして、前記第1及び第2検出手段のそれぞれの現在以前の出力と、前記第1制御処理手段が生成したデータにより表される前記第2検出手段の出力の目標値とを用いて前記第1検出手段の出力の推定値を表すデータを生成する（請求項27記載の発明）。

10

【0115】

あるいは、前記第1推定手段は、前記第2推定手段が生成するデータにより表される前記第2検出手段の出力の推定値に、前記第2合計無駄時間後における該第2検出手段の実際の出力が一致するとして、前記第1及び第2検出手段のそれぞれの現在以前の出力と、前記第2推定手段が生成したデータにより表される前記第2検出手段の出力の推定値とを用いて前記第1検出手段の出力の推定値を表すデータを生成する（請求項28記載の発明）。

【0116】

20

また、本発明の第1及び第2のいずれの態様のプラントの制御装置においても、前記第2推定手段は、前記第2制御処理手段が生成するデータにより表される前記プラントの目標入力に、前記アクチュエータ制御手段及びアクチュエータからなる系（第1部分プラントの入力操作系）の無駄時間後における前記第3排ガスセンサの実際の出力が一致するとして、前記第2及び第3検出手段のそれぞれの現在以前の出力と、前記第2制御処理手段が生成したデータにより表される前記プラントの目標入力とを用いて前記第2検出手段の出力の推定値を表すデータを生成する（請求項35記載の発明）。

【0117】

このように第2の態様のプラントの制御装置に係わる前記第1推定手段に関しては、前記第1合計無駄時間後の第1検出手段の出力の推定値を表すデータを生成するために、前記第1及び第2検出手段のそれぞれの現在以前の出力の他、前記第1制御処理手段が生成したデータにより表される前記第2検出手段の出力の目標値、あるいは、前記第2推定手段が生成したデータにより表される前記第2検出手段の出力の推定値を用いることで、前記第1合計無駄時間後の第1検出手段の出力の推定値を表すデータを適正に生成することができる。

30

【0118】

同様に、前記第2推定手段に関しては、前記第1部分プラントの無駄時間と該第1部分プラントの入力操作系の無駄時間とを合わせた合計無駄時間後の第2検出手段の出力の推定値を表すデータを生成するために、前記第2及び第3検出手段のそれぞれの現在以前の出力の他、前記第2制御処理手段が生成したデータにより表される前記プラントの目標入力を用いることで、第2検出手段の出力の推定値を表すデータを適正に生成することができる。

40

【0119】

前述したように前記第2部分プラントのモデルに基づくアルゴリズムにより前記第1検出手段の出力の推定値を表すデータを生成する本発明のプラントの制御装置にあっては、前記第2部分プラントのモデルは、前記第2検出手段の出力を表すデータとして、該第2検出手段の出力とその出力に対する所定の基準値との偏差を用いると共に、前記第1検出手段の出力を表すデータとして、該第1検出手段の出力とその出力に対する所定の基準値との偏差を用いて前記第2部分プラントの挙動を表現してなるモデルであることが好ましい（請求項29記載の発明）。

50

## 【0120】

同様に、前記第1部分プラントのモデルに基づくアルゴリズムにより前記第2検出手段の出力の推定値を表すデータを生成する場合にあっては、前記第1部分プラントのモデルは、前記第3検出手段の出力を表すデータとして、該第3検出手段の出力とその出力に対する所定の基準値との偏差を用いると共に、前記第2検出手段の出力を表すデータとして、該第2検出手段の出力とその出力に対する所定の基準値との偏差を用いて前記第1部分プラントの挙動を表現してなるモデルであることが好ましい（請求項36記載の発明）。

## 【0121】

このように第2部分プラントのモデルにおいて、該第2部分プラントへの入力に相当する前記第2検出手段の出力を表すデータ、並びに第2部分プラントの出力に相当する前記第1検出手段の出力を表すデータとして、それぞれ所定の基準値との偏差を用いることで、第1検出手段の出力の推定値を表すデータを生成するアルゴリズムが簡略なものとなると共に、そのアルゴリズムの構築が容易になる。

10

## 【0122】

同様に、第1部分プラントのモデルにおいて、該第1部分プラントへの入力に相当する前記第3検出手段の出力を表すデータ、並びに第1部分プラントの出力に相当する前記第2検出手段の出力を表すデータとして、それぞれ所定の基準値との偏差を用いることで、第2検出手段の出力の推定値を表すデータを生成するアルゴリズムが簡略なものとなると共に、そのアルゴリズムの構築が容易になる。

20

## 【0123】

尚、上記のように第2部分プラントのモデルや第1部分プラントのモデルを構築した場合、前記第1推定手段が生成するデータは、例えば第1検出手段の出力の推定値とその出力に対する所定の基準値との偏差である。同様に、第2推定手段が生成するデータは、例えば第2検出手段の出力の推定値とその出力に対する所定の基準値との偏差である。

## 【0124】

また、第2部分プラントのモデルは第1及び第2検出手段のそれぞれの出力をそのまま用いて構築することも可能である。同様に、第1部分プラントのモデルは第2及び第3検出手段のそれぞれの出力をそのまま用いて構築することも可能である。

## 【0125】

前記第1推定手段が、前記第2部分プラントのモデルに基づくアルゴリズムにより前記第1検出手段の出力の推定値を表すデータを生成する本発明のプラントの制御装置にあっては、第1及び第2のいずれの態様においても、前記第2部分プラントのモデルの設定すべきパラメータを前記第1及び第2検出手段のそれぞれの出力を用いて逐次同定する同定手段を備えることが好ましい（請求項30記載の発明）。

30

## 【0126】

同様に、前記第2推定手段が、前記第1部分プラントのモデルに基づくアルゴリズムにより前記第2検出手段の出力の推定値を表すデータを生成する本発明のプラントの制御装置にあっては、前記第1部分プラントのモデルの設定すべきパラメータを前記第2及び第3検出手段のそれぞれの出力を用いて逐次同定する同定手段を備えることが好ましい（請求項37記載の発明）。

40

## 【0127】

このように第2部分プラントのモデルや、第1部分プラントのモデルのパラメータを逐次同定することで、それらのモデルを、第2部分プラントや第1部分プラントの実際の挙動状態に則したものとすることができ、ひいては、このモデルに基づくアルゴリズムによって前記第1推定手段や第2推定手段がそれぞれ生成するデータにより表される第1検出手段や第2検出手段の出力の推定値の精度を高めることができる。この結果、第2部分プラントや第1部分プラントの無駄時間等の影響をより確実に補償することができる。

## 【0131】

前記第1制御処理手段、あるいは、前記第2制御処理手段が行う前記応答指定型制御のスライディングモード制御の処理であることが好適である（請求項31、38記載の発明

50

）。

【 0 1 3 2 】

さらに、前記第 1 制御処理手段及び第 2 制御処理手段のいずれについても、前記スライディングモード制御の処理は、特に、適応スライディングモード制御の処理であることが好適である（請求項 3 2、3 9 記載の発明）。

【 0 1 3 3 】

すなわち、スライディングモード制御、さらに適応スライディングモード制御は、前述した本発明の内燃機関の空燃比制御装置に関して説明した通り、外乱等に対する制御の安定性が高いという特性を有している。従って、このようなスライディングモード制御の処理、特に適応スライディングモード制御の処理によって第 1 制御処理手段や第 2 制御処理手段のフィードバック制御処理を行うことで、第 1 検出手段の出力の目標値への収束制御を高い安定性で行うことができる。

10

【 0 1 3 4 】

尚、本発明のプラントの制御装置において、第 1 制御処理手段のフィードバック制御処理をスライディングモード制御（適応スライディングモード制御を含む）の処理により行う場合、その処理用の切換関数として、前記第 1 検出手段の出力とそれに対する目標値との偏差の複数の時系列データを成分として構成した線形関数を用いることが好適である。同様に、第 2 制御処理手段のフィードバック制御処理をスライディングモード制御の処理により行う場合、その処理用の切換関数として、前記第 2 検出手段の出力とそれに対する目標値との偏差の時系列データを成分として構成した線形関数を用いることが好適である。

20

【 0 1 3 5 】

また、第 1 制御処理手段や第 2 制御処理手段のフィードバック制御処理をスライディングモード制御の処理により行う場合、その処理に必要な第 2 部分プラントのモデルや第 1 部分プラントのモデルは、前記第 1 推定手段や第 2 推定手段で用いるモデルと同一のモデルを用いることが好ましい。このようにしたとき、前記第 1 制御処理手段が生成する第 2 検出手段の出力の目標値を表すデータは、例えば、該目標値と第 2 検出手段の出力に対する所定の基準値との偏差であり、また、第 2 制御処理手段が生成するプラントの目標入力を表すデータは、例えば、該目標入力とプラントの入力に対する所定の基準値（第 3 検出手段の出力に対する基準値）との偏差である。

【 0 1 3 6 】

30

前記のように、前記第 1 制御処理手段のフィードバック制御処理をスライディングモード制御の処理により行う場合、前記スライディングモード制御の処理の基づく前記第 1 検出手段の出力の前記所定の目標値への収束制御の安定性を判断する手段を備え、前記第 2 制御処理手段は、当該収束制御が不安定であると判断されたとき、前記第 2 検出手段の出力の目標値をあらかじめ定めた所定値として前記プラントの目標入力を表すデータを生成することが好ましい（請求項 3 3 記載の発明）。

【 0 1 3 7 】

すなわち、第 1 制御処理手段が行うスライディングモード制御の処理に基づく第 1 検出手段の出力の収束制御が不安定であると判断される状況では、該第 1 制御処理手段が生成する第 2 検出手段の出力の目標値を表すデータの信頼性が低い。このため、本発明では、このような状況では、前記第 2 制御処理手段は、前記第 2 検出手段の出力を所定値に収束させるように前記プラントの目標入力を表すデータを生成する。これにより、プラントの性能をある程度確保することが可能となる。そして、第 1 検出手段の出力の収束制御が安定であると判断された状態では、プラントの本来の性能を十分に確保することが可能となる。

40

【 0 1 3 8 】

尚、前記第 1 制御処理手段における前記収束制御の安定性の判断は、前述の本発明の内燃機関の空燃比制御装置に関して説明した場合と同様、スライディングモード制御用の切換関数の値に基づいて行うことが可能である。

【 0 1 4 1 】

50

尚、前記空燃比操作手段は、漸化式形式の制御器（例えば適応制御器）によるフィードバック制御処理により前記第3検出手段の出力を前記目標空燃比に収束させるように前記アクチュエータの出力を操作することが好適である。すなわち、前記アクチュエータの出力（＝プラントの入力）を、適応制御器等により構成される漸化式形式の制御器によるフィードバック制御処理によってプラントの目標入力に操作することで、アクチュエータの応答遅れの影響を的確に補償しつつ、該アクチュエータの挙動状態の変化や特性変化等の動的な変化に対して、高い追従性でアクチュエータの出力をプラントの目標入力に操作することができる。

【0142】

この場合、上記漸化式形式の制御器は、アクチュエータの出力を操作するための制御入力の現在以前の所定数の時系列データを含む漸化式によって新たな制御入力を求めるものである。

10

【0143】

【発明の実施の形態】

本発明の第1の実施形態を図1～図19を参照して説明する。尚、本実施形態は本発明の内燃機関の空燃比制御装置の一実施形態であると同時に、本発明のプラントの制御装置の一実施形態でもある。

【0144】

図1は本実施形態における内燃機関の空燃比制御装置の全体的システム構成を示すブロック図である。図中、1は、例えば自動車あるいはハイブリッド車に車両の推進源として搭載された4気筒エンジン（内燃機関）である。このエンジンが各気筒毎に燃料及び空気の混合気の燃焼により生成する排ガスは、エンジン1の近傍で共通の排気管2（排気通路）に集合され、この排気管2を介して大気中に放出される。排気管2には、排ガスを浄化するために、三元触媒により構成された第1触媒装置3及び第2触媒装置4が上流側から順に介装され、これらの触媒装置3、4により排ガス浄化装置5が構成されている。

20

【0145】

尚、図1では、第1及び第2触媒装置3、4を別体構造としているが、それらの第1及び第2触媒装置3、4をそれぞれ上流側及び下流側に一体的に備えた単体構造の触媒装置であってもよい。また、第1及び第2触媒装置3、4は、それぞれ、複数の触媒装置を接続して構成したものであってもよい。

30

【0146】

また、本発明のプラントの制御装置に対応させると、エンジン1はアクチュエータに相当するものである。

【0147】

本実施形態のシステムは、基本的には、排ガス浄化装置5による排ガスの最適な浄化性能を確保するようにエンジン1の空燃比（より正確にはエンジン1で燃焼させる混合気の空燃比。以下、同様）を操作する制御を行う。そして、この制御を行うために、第2触媒装置4の下流側で排気管2に装着した第1排ガスセンサ（第1検出手段）としてのO<sub>2</sub>センサ6（酸素濃度センサ。以下、下流側O<sub>2</sub>センサ6という）と、第1及び第2触媒装置3、4の間で排気管2に装着した第2排ガスセンサ（第2検出手段）としてのO<sub>2</sub>センサ7（以下、上流側O<sub>2</sub>センサ7という）と、第1触媒装置3の上流側（詳しくはエンジン1の各気筒毎の排ガスの集合箇所）で排気管2に装着した第3排ガスセンサ（第3検出手段）としての広域空燃比センサ8と、これらのセンサ6～8の出力（検出値）等に基づき後述の制御処理を行う制御ユニット9とを具備している。

40

【0148】

尚、制御ユニット9には、上記のセンサ6～8の出力の他に、エンジン1の回転数、吸気圧（吸気管内圧）、冷却水温等、エンジン1の運転状態を検出するための図示しない各種のセンサの出力が与えられる。

【0149】

下流側及び上流側O<sub>2</sub>センサ6、7は、両者共、通常的なO<sub>2</sub>センサであり、それぞれ第

50

2 触媒装置 4、第 1 触媒装置 3 を通過した排ガス中の酸素濃度に応じたレベルの出力RV02/OUT, MV02/OUT、すなわち、該排ガス中の酸素濃度の検出値を表す出力RV02/OUT, MV02/OUTを生成する。この場合、排気管 2 を流れる排ガス中の酸素濃度は、基本的にはエンジン 1 で燃焼した混合気の空燃比に応じたものとなるので、下流側及び上流側 O<sub>2</sub> センサ 6, 7 の出力RV02/OUT, MV02/OUTも、エンジン 1 で燃焼した混合気の空燃比に応じたものとなる。具体的には、これらの O<sub>2</sub> センサ 6, 7 の出力RV02/OUT, MV02/OUTは、図 2 に示すように、排ガスの酸素濃度に対応した空燃比が理論空燃比近傍の範囲 に存するような状態で、該排ガスの酸素濃度にはほぼ比例した高感度な変化を生じるものとなる。そして、その範囲 を逸脱した空燃比に対応する酸素濃度では、O<sub>2</sub> センサ 6, 7 の出力RV02/OUT, MV02/OUTは飽和する（ほぼ一定となる）。

10

**【 0 1 5 0 】**

広域空燃比センサ 8 は、O<sub>2</sub> センサを用いて構成されたものであり、エンジン 1 で燃焼した混合気の空燃比（これは混合気の燃焼によって生成された排ガス中の酸素濃度に応じたものとなる）に応じたレベルの出力を生成する。この場合、広域空燃比センサ 8（以下、L A F センサ 8 という）は、該センサ 8 を構成する O<sub>2</sub> センサの出力から図示しないリニアライザ等の検出回路によって、前記下流側及び上流側 O<sub>2</sub> センサ 6, 7 よりもエンジン 1 の空燃比の広範囲にわたって、それに比例したレベルの出力KACT、すなわち、該空燃比の検出値を表す出力KACTを生成するものである。このような L A F センサ 8 は、本願出願人が特開平 4 - 3 6 9 4 7 1 号公報にて詳細に開示しているので、ここではさらなる説明を省略する。

20

**【 0 1 5 1 】**

制御ユニット 9 は、基本的には、排ガス浄化装置 5 による排ガスの最適な浄化性能を確保するために、下流側 O<sub>2</sub> センサ 6 の出力RV02/OUTを所定の目標値RV02/TARGET（一定値。図 2 を参照）に収束（整定）させるようにエンジン 1 の空燃比を操作する制御処理を実行する。すなわち、本実施形態のシステムでは、第 2 触媒装置 4 の下流側に配置した下流側 O<sub>2</sub> センサ 6 の出力RV02/OUTがある所定の一定値に整定するようなエンジン 1 の空燃比状態で、第 1 触媒装置 3 や第 2 触媒装置 4 の経時劣化等によらずに、これらの触媒装置 3, 4 からなる排ガス浄化装置 5 の全体の最適な浄化性能を確保することができる。このため、制御ユニット 9 は、上記所定の一定値を下流側 O<sub>2</sub> センサ 6 の出力RV02/OUTの目標値RV02/TARGET とし、この目標値RV02/TARGET に下流側 O<sub>2</sub> センサ 6 の出力RV02/OUTを収束させるようにエンジン 1 の空燃比を操作する制御処理を実行する。

30

**【 0 1 5 2 】**

このような処理を実行する制御ユニット 9 は、マイクロコンピュータを用いて構成されたものである。そして、その構成を機能的に大別すると、下流側 O<sub>2</sub> センサ 6 の出力RV02/OUTをその目標値RV02/TARGET に収束させる上で要求される上流側 O<sub>2</sub> センサ 7 の出力MV02/OUTの目標値MV02/TARGET を表すデータMO2CMDを生成する処理を所定の制御サイクルで実行する制御器 1 0（以下、下流側排気系制御器 1 0 という）と、上流側 O<sub>2</sub> センサ 7 の出力MV02/OUTを上記目標値MV02/TARGET に収束させる上で要求されるエンジン 1 の目標空燃比KCMD（これは L A F センサ 8 の出力KACTの目標値でもある）を生成する処理を所定の制御サイクルで実行する制御器 1 1（以下、上流側排気系制御器 1 1 という）と、その目標空燃比KCMDにエンジン 1 の空燃比を操作すべくエンジン 1 の各気筒毎の燃料噴射量（燃料供給量）の指令値 $nT_{out}$ （ $n=1,2,3,4$ ）を決定する処理を所定の制御サイクルで実行する制御器 1 2（以下、燃料処理制御器 1 2 という）とに大別される。

40

**【 0 1 5 3 】**

尚、本発明の内燃機関の空燃比制御装置及びプラントの制御装置の構成に対応させると、下流側排気系制御器 1 0 及び上流側排気系制御器 1 1 はそれぞれ、第 1 制御処理手段、第 2 制御処理手段に相当するものである。さらに、前記燃料処理制御器 1 2 は、本発明の内燃機関の空燃比制御装置の構成に対応させると、空燃比操作手段に相当し、本発明のプラントの制御装置に対応させると、アクチュエータ制御手段に相当するものである。

**【 0 1 5 4 】**

50

また、下流側排気系制御器 10 が生成するデータM02CMDは、詳細は後述するが、上流側 O2 センサ 7 の出力MV02/OUTの目標値MV02/TARGET そのものではなく、その目標値MV02/TARGET と所定の基準値との偏差（上流側 O2 センサ 7 の出力MV02/OUTと所定の基準値との偏差の目標値）である。

【0155】

ここで、上記各制御器 10 ~ 12 がそれぞれの処理を実行する制御サイクルについて説明しておく。

【0156】

詳細は後述するが、下流側排気系制御器 10 は、排気管 2 における上流側 O2 センサ 7 から下流側 O2 センサ 6 にかけての第 2 触媒装置 4 を含む排気系（図中、参照符号 E1 を付した部分）、すなわち、上流側 O2 センサ 7 の出力MV02/OUTから下流側 O2 センサ 6 の出力RV02/OUTを生成する系（以下、下流側排気系 E1 という）を制御対象とする。そして、この下流側排気系 E1 が有する無駄時間や、該下流側排気系 E1 の挙動変化等の影響を補償しつつ、下流側排気系 E1 が生成する出力としての下流側 O2 センサ 6 の出力RV02/OUT（下流側 O2 センサ 6 が検出する酸素濃度）をその目標値RV02/TARGET に収束させる上で下流側排気系 E1 に与えるべき入力（所謂、制御入力）としての上流側 O2 センサ 7 の出力MV02/OUT（上流側 O2 センサ 7 が検出する酸素濃度）の目標値MV02/TARGET を表すデータM02CMDを生成する処理を実行する。このため、本実施形態では、下流側排気系制御器 10 が処理を実行する制御サイクルは、上記無駄時間や演算負荷等を考慮してあらかじめ定めた一定周期（例えば 30 ~ 100 ms）としている。

【0157】

また、詳細は後述するが、上流側排気系制御器 11 は、排気管 2 における LAF センサ 8 から上流側 O2 センサ 7 にかけての第 1 触媒装置 3 を含む排気系（図中、参照符号 E2 を付した部分）、すなわち、LAF センサ 8 の出力KACTから上流側 O2 センサ 7 の出力MV02/OUTを生成する系（以下、上流側排気系 E2 という）を制御対象とする。そして、この上流側排気系 E2 が有する無駄時間や、該上流側排気系 E2 の挙動変化の影響を補償しつつ、上流側排気系 E2 が生成する出力としての上流側 O2 センサ 7 の出力MV02/OUT（上流側 O2 センサ 7 が検出する酸素濃度）をその目標値MV02/TARGET に収束させる上で上流側排気系 E2 に与えるべき制御入力としてのエンジン 1 の目標空燃比KCMD（LAF センサ 8 が検出する空燃比あるいは LAF センサ 8 の出力KACTの目標値）を生成する処理を実行する。このため、上流側排気系制御器 11 が処理を実行する制御サイクルは、前記下流側排気系制御器 10 と同様、上記無駄時間や演算負荷等を考慮して一定周期としている。

【0158】

一方、燃料処理制御器 12 によるエンジン 1 の各気筒毎の燃料噴射量の指令値 $nT_{out}$ （ $n=1,2,3,4$ ）（以下、出力燃料噴射量 $nT_{out}$  という）の決定処理は、エンジン 1 の回転数（詳しくはエンジン 1 の燃焼サイクル）に同期させて行う必要がある。このため、燃料処理制御器 12 が実行する処理の制御サイクルは、エンジン 1 のクランク角周期（所謂 TDC）に同期した周期としている。

【0159】

尚、本実施形態では、下流側及び上流側排気系制御器 10, 11 の制御サイクルの周期を同一とし、それらの制御処理を同期させて行うようにしている。また、これらの排気系制御器 10, 11 の制御サイクルの一定周期は、前記クランク角周期（TDC）よりも長いものとされている。

【0160】

また、本発明の内燃機関の空燃比制御装置の構成に対応させると、前記下流側排気系 E1 及び上流側排気系 E2 はそれぞれ第 1 排気系、第 2 排気系に相当するものである。さらに、本発明のプラントの制御装置の構成に対応させると、下流側排気系 E1 及び上流側排気系 E2 はそれぞれ第 2 部分プラント、第 1 部分プラントに相当する。そして、これらの排気系 E1, E2 を合わせた系（図中、参照符号 E を付した部分）、すなわち、LAF センサ 8 の出力KACTから下流側 O2 センサ 6 の出力RV02/OUTを生成する系 E（以下、以下、全



体排気系 E という) がプラントに相当するものである。

【 0 1 6 1 】

前記下流側排気系制御器 1 0、上流側排気系制御器 1 1、及び燃料処理制御器 1 2 をさらに説明する。

【 0 1 6 2 】

まず、下流側排気系制御器 1 0 は、フィードバック制御の一手法であるスライディングモード制御(詳しくは適応スライディングモード制御)の処理によって下流側 O2 センサ 6 の出力 RV02/OUT をその目標値 RV02/TARGET に収束させるために要求される上流側 O2 センサ 7 の出力 MV02/OUT の目標値 MV02/TARGET を表すデータ MO2CMD (詳しくは上流側 O2 センサ 7 の出力 MV02/OUT と所定の基準値との偏差の目標値) を所定の制御サイクル(一定周期)で逐次生成するものである。そして、この制御処理に際して、制御対象である下流側排気系 E 1 が有する無駄時間や応答遅れ、並びに前記上流側排気系制御器 1 1、燃料処理制御器 1 2、エンジン 1 及び上流側排気系 E 2 からなる系が有する無駄時間、下流側排気系 E 1 の挙動変化等の影響を補償するものである。

【 0 1 6 3 】

このような制御処理を行うために、本実施形態では、下流側排気系 E 1 を、上流側 O2 センサ 7 の出力 MV02/OUT とこれに対する所定の基準値 MV02/BASE との偏差 MV02 ( = MV02/OUT - MV02/BASE 。以下、偏差出力 MV02 という) から、下流側 O2 センサ 6 の出力 RV02/OUT とこれに対する基準値としての前記目標値 RV02/TARGET との偏差 RV02 ( = RV02/OUT - RV02/TARGET 。以下、偏差出力 RV02 という) を生成する系と見なし、その系の挙動をあらかじめモデル化している。つまり、本実施形態では、下流側排気系 E 1 に与えられる入力、及びその入力に応じて該下流側排気系 E 1 が生成する出力を、それぞれ、上流側 O2 センサ 7 の偏差出力 MV02、下流側 O2 センサ 6 の偏差出力 RV02 とし、これらの偏差出力 MV02, RV02 により下流側排気系 E 1 の挙動を表現するモデルを構築している。

【 0 1 6 4 】

尚、上流側 O2 センサ 7 の出力 MV02/OUT に対する前記基準値 MV02/BASE は、本実施形態では、下流側 O2 センサ 6 の出力 RV02/OUT の目標値 RV02/TARGET と同一の一定値としている ( MV02/BASE = RV02/TARGET 。図 2 を参照)。

【 0 1 6 5 】

下流側排気系 E 1 の挙動を表現するモデル(以下、下流側排気系モデルという)は、本実施形態では、次式(1)の如く、離散時間系のモデル(より詳しくは下流側排気系 E 1 への入力としての偏差出力 MV02 に無駄時間を有する自己回帰モデル)により表現する。

【 0 1 6 6 】

【数 1】

$$RV02(k+1)=ar1 \cdot RV02(k)+ar2 \cdot RV02(k-1)+br1 \cdot MV02(k-dr1) \quad (1)$$

【 0 1 6 7 】

ここで、上式(1)において、「k」は下流側排気系制御器 1 0 の離散時間的な制御サイクルの番数を表す(以下、同様)。また、「dr1」は下流側排気系 E 1 が有する無駄時間、すなわち各制御サイクルにおける上流側 O2 センサ 7 の出力 MV02/OUT もしくは偏差出力 MV02 が下流側 O2 センサ 6 の出力 RV02/OUT もしくは偏差出力 RV02 に反映されるようになるまでに要する時間を下流側排気系制御器 1 0 の制御サイクル数で表したものである。この場合、本実施形態では、下流側排気系モデルにおける無駄時間 dr1 は、下流側排気系 E 1 の実際の無駄時間と等しいか、もしくはそれよりも若干長いものにあらかじめ定めた所定の一定値に設定している。

【 0 1 6 8 】

また、式(1)の右辺第 1 項及び第 2 項はそれぞれ下流側排気系 E 1 の応答遅れに係わる要素を表すものであり、第 1 項は 1 次目の自己回帰項、第 2 項は 2 次目の自己回帰項である。そして、「ar1」、「ar2」はそれぞれ 1 次目の自己回帰項のゲイン係数、2 次目の

自己回帰項のゲイン係数である。これらのゲイン係数 $ar1$  ,  $ar2$  は別の言い方をすれば、下流側排気系モデルにおける下流側排気系 E 1 の出力としての下流側 O 2 センサ 6 の偏差出力RV02に係る係数である。

【 0 1 6 9 】

さらに、式 ( 1 ) の右辺第 3 項は、下流側排気系 E 1 の無駄時間 $dr1$  に係わる要素を表すものであり、より正確には、下流側排気系 E 1 の入力としての上流側 O 2 センサ 7 の偏差出力MV02に下流側排気系 E 1 の無駄時間 $dr1$  を含めて表現したものである。そして、「 $br1$ 」はこの要素に係るゲイン係数であり、別の言い方をすれば、下流側対象系 E 1 の入力としての上流側 O 2 センサ 7 の偏差出力MV02に係るゲイン係数である。

【 0 1 7 0 】

これらのゲイン係数 $ar1$  ,  $ar2$  ,  $br1$  は、下流側排気系モデルの挙動を規定する上で、ある値に設定 ( 同定 ) すべきパラメータであり、本実施形態では後述の同定器によって逐次同定されるものである。

【 0 1 7 1 】

このように式 ( 1 ) により離散時間系で表現した下流側排気系モデルは、それを言葉で表現すれば、下流側排気系制御器 1 0 の各制御サイクルにおける下流側排気系 E 1 の出力としての下流側 O 2 センサ 6 の偏差出力RV02( $k+1$ ) を、その制御サイクルよりも過去の制御サイクルにおける複数 ( 本実施形態では二つ ) の偏差出力RV02( $k$ ) , RV02( $k-1$ ) ( 詳しくは、1 制御サイクル前の偏差出力RV02( $k$ ) 及び 2 制御サイクル前の偏差出力RV02( $k-1$ ) ) と、下流側排気系 E の無駄時間 $dr1$  以前における下流側排気系 E 1 の入力としての上流側 O 2 センサ 7 の偏差出力MV02( $k-dr1$ ) とにより表したものである。

【 0 1 7 2 】

下流側排気系制御器 1 0 は、基本的には、式 ( 1 ) により表現した下流側排気系モデルに基づいて構築された演算処理 ( アルゴリズム ) を所定の制御サイクル ( 一定周期 ) で行うことで、下流側 O 2 センサ 6 の出力RV02/OUTをその目標値RV02/TARGET に収束させる ( 偏差出力RV02を「 0 」に収束させる ) ために下流側排気系 E 1 に与えるべき制御入力としての、上流側 O 2 センサ 7 の偏差出力MV02の目標値MO2CMD ( = MV02/TARGET - MV02/BASE 。以下、目標偏差出力MO2CMDという ) を逐次生成し、それを上流側排気系制御器 1 1 に与えるものである。そして、このような処理を行うために、図 3 に示すような機能的構成を具備している。

【 0 1 7 3 】

すなわち、下流側排気系制御器 1 0 は、下流側 O 2 センサ 6 の出力RV02/OUTから、それに対する目標値RV02/TARGET を減算することで下流側 O 2 センサ 6 の偏差出力RV02を逐次算出する減算処理部 1 3 と、上流側 O 2 センサ 7 の出力MV02/OUTから、それに対する基準値MV02/BASE ( = RV02/TARGET ) を減算することで上流側 O 2 センサ 7 の偏差出力MV02を逐次算出する減算処理部 1 4 と、前記下流側排気系モデルの設定すべきパラメータである前記ゲイン係数 $ar1$  ,  $ar2$  ,  $br1$  の同定値 $ar1$  ハット ,  $ar2$  ハット ,  $br1$  ハット ( 以下、同定ゲイン係数 $ar1$  ハット ,  $ar2$  ハット ,  $br1$  ハットという ) を逐次算出する同定器 1 5 ( 同定手段 ) とを具備する。また、下流側排気系制御器 1 0 は、下流側排気系 E 1 の無駄時間 $dr1$  と、前記上流側排気系制御器 1 1、燃料処理制御器 1 2、エンジン 1 及び上流側排気系 E 2 からなる系 ( 以下、この系を下流側排気系 E 1 の入力生成系という ) が有する無駄時間 $dr2$  とを合わせた合計無駄時間 $dr$  ( =  $dr1 + dr2$  ) 後の下流側 O 2 センサ 6 の出力RV02/OUTの推定値 ( 予測値 ) を表すデータとして、合計無駄時間 $dr$ 後の下流側 O 2 センサ 6 の偏差出力RV02の推定値RV02バー ( 以下、推定偏差出力RV02バーという ) を逐次求める推定器 1 6 ( 第 1 推定手段 ) を具備する。さらに、下流側排気系制御器 1 0 は、適応スライディングモード制御の処理によって、下流側 O 2 センサ 6 の出力RV02/OUTを目標値RV02/TARGET に収束させるために要求される上流側 O 2 センサ 7 の出力MV02/OUTの目標値MV02/TARGET を表すデータとしての前記目標偏差出力MO2CMDを逐次求めるスライディングモード制御器 1 7 を具備する。

【 0 1 7 4 】

10

20

30

40

50

上記同定器 15、推定器 16、及びスライディングモード制御器 17 による処理のアルゴリズムは以下のように構築されている。

【0175】

まず、同定器 15 は、実際の下流側排気系 E1 に対する前記下流側排気系モデルのモデル化誤差を極力小さくするように前記同定ゲイン係数  $ar1$  ハット、 $ar2$  ハット、 $br1$  ハットをリアルタイムで逐次算出するものであり、その同定処理を次のように行う。

【0176】

すなわち、同定器 15 は、下流側排気系制御器 10 の制御サイクル毎に、まず、前回の制御サイクルで決定した同定ゲイン係数  $ar1(k-1)$  ハット、 $ar2(k-1)$  ハット、 $br1(k-1)$  ハットの値と、前記減算処理部 13 が算出した下流側 O2 センサ 6 の偏差出力  $RVO2$  の過去値のデータ（詳しくは 1 制御サイクル前の偏差出力  $RVO2(k-1)$  と 2 制御サイクル前の偏差出力  $RVO2(k-2)$ ）と、前記減算処理部 14 が算出した上流側 O2 センサ 7 の偏差出力  $MVO2$  の過去値のデータ（詳しくは  $(dr1+1)$  制御サイクル前の偏差出力  $MVO2(k-dr1-1)$ ）とを用いて、次式（2）により下流側排気系モデル上での現在の制御サイクルにおける下流側 O2 センサ 6 の偏差出力  $RVO2(k)$ （以下、同定偏差出力  $RVO2(k)$  ハットという）の値を求める。

【0177】

【数 2】

$$\begin{aligned} \hat{RVO2}(k) = & \hat{ar1}(k-1) \cdot RVO2(k-1) + \hat{ar2}(k-1) \cdot RVO2(k-2) \\ & + \hat{br1}(k-1) \cdot MVO2(k-dr1-1) \quad (2) \end{aligned}$$

【0178】

この式（2）は、下流側排気系モデルを表す前記式（1）を 1 制御サイクル分、過去側にシフトし、ゲイン係数  $ar1$ 、 $ar2$ 、 $br1$  を同定ゲイン係数  $ar1$  ハット  $(k-1)$ 、 $ar2$  ハット  $(k-1)$ 、 $br1$  ハット  $(k-1)$  で置き換えたものである。尚、式（2）の第 3 項で用いる下流側排気系 E1 の無駄時間  $dr1$  の値は、前述の如く設定した値（一定値）を用いる。

【0179】

ここで、次式（3）、（4）で定義されるベクトル  $r$  及び  $r$  を導入すると（式（3）、（4）中の添え字「T」は転置を意味する。以下同様。）、

【0180】

【数 3】

$$\Theta r^T(k) = [\hat{ar1}(k) \quad \hat{ar2}(k) \quad \hat{br1}(k)] \quad (3)$$

【0181】

【数 4】

$$\xi r^T(k) = [RVO2(k-1) \quad RVO2(k-2) \quad MVO2(k-dr1-1)] \quad (4)$$

【0182】

前記式（2）は、次式（5）により表される。

【0183】

【数 5】

$$\hat{RVO2}(k) = \Theta r^T(k-1) \cdot \xi r(k) \quad (5)$$

【0184】

さらに同定器 15 は、前記式（2）あるいは式（5）により求められる同定偏差出力  $RVO2$

10

20

30

40

50

ハット(k) と今現在の下流側 O<sub>2</sub> センサ 6 の実際の偏差出力 RVO<sub>2</sub>(k) との偏差 id/er を下流側排気系モデルの実際の下流側排気系 E1 に対するモデル化誤差を表すものとして次式 (6) により求める (以下、この偏差 id/er を同定誤差 id/er という)。

【 0 1 8 5 】

【数 6】

$$\text{id/er}(k) = \text{RVO}_2(k) - \hat{\text{RVO}}_2(k) \quad (6)$$

【 0 1 8 6 】

そして、同定器 15 は、上記同定誤差 id/er を最小にするように新たな同定ゲイン係数 ar<sub>1</sub>(k) ハット, ar<sub>2</sub>(k) ハット, br<sub>1</sub>(k) ハット、換言すれば、これらの同定ゲイン係数を成分とする新たな前記ベクトル r(k) (以下、このベクトルを同定ゲイン係数ベクトル r という) を求めるもので、その算出を、次式 (7) により行う。すなわち、同定器 15 は、前回の制御サイクルで決定した同定ゲイン係数 ar<sub>1</sub> ハット(k-1), ar<sub>2</sub> ハット(k-1), br<sub>1</sub> ハット(k-1) を、同定誤差 id/er に比例させた量だけ変化させることで新たな同定ゲイン係数 ar<sub>1</sub>(k) ハット, ar<sub>2</sub>(k) ハット, br<sub>1</sub>(k) ハットを求める。

【 0 1 8 7 】

【数 7】

$$\Theta r(k) = \Theta r(k-1) + K \theta r(k) \cdot \text{id/er}(k) \quad (7)$$

【 0 1 8 8 】

ここで、式 (7) 中の「K r」は次式 (8) により決定される三次のベクトル (各同定ゲイン係数 ar<sub>1</sub> ハット, ar<sub>2</sub> ハット, br<sub>1</sub> ハットの同定誤差 id/er に応じた変化度合いを規定するゲイン係数ベクトル) である。

【 0 1 8 9 】

【数 8】

$$K \theta r(k) = \frac{\text{Pr}(k-1) \cdot \xi r(k)}{1 + \xi r(k) \cdot \text{Pr}(k-1) \cdot \xi r(k)} \quad (8)$$

【 0 1 9 0 】

また、上式 (8) 中の「Pr」は次式 (9) の漸化式により決定される三次の正方行列である。

【 0 1 9 1 】

【数 9】

$$\text{Pr}(k) = \frac{1}{\lambda r_1} \left[ 1 - \frac{\lambda r_2 \cdot \text{Pr}(k-1) \cdot \xi r(k) \cdot \xi r(k)^T}{\lambda r_1 + \lambda r_2 \cdot \xi r(k) \cdot \text{Pr}(k-1) \cdot \xi r(k)} \right] \cdot \text{Pr}(k-1) \quad (9)$$

(但し I: 単位行列)

【 0 1 9 2 】

尚、式 (9) 中の「r<sub>1</sub>」、「r<sub>2</sub>」は 0 < r<sub>1</sub> ≤ 1 及び 0 ≤ r<sub>2</sub> < 2 の条件を満たすように設定され、また、「Pr」の初期値 Pr(0) は、その各対角成分を正の数とする対角行列である。

【 0 1 9 3 】

この場合、式 (9) 中の「r<sub>1</sub>」、「r<sub>2</sub>」の設定の仕方によって、固定ゲイン法、漸減ゲイン法、重み付き最小二乗法、最小二乗法、固定トレース法等、各種の具体的なアルゴリズムが構成され、本実施形態では、例えば最小二乗法 (この場合、r<sub>1</sub> = r<sub>2</sub> = 1) を

10

20

30

40

50

採用している。

【 0 1 9 4 】

本実施形態における同定器 1 5 は基本的には前述のようなアルゴリズム（詳しくは逐次型最小二乗法の演算処理）によって、前記同定誤差  $id/e$  を最小化するように下流側排気系モデルの前記同定ゲイン係数  $ar1$  ハット,  $ar2$  ハット,  $br1$  ハットを制御サイクル毎に逐次更新しつつ求める。このような処理によって、実際の下流側排気系 E 1 の挙動に適合した同定ゲイン係数  $ar1$  ハット,  $ar2$  ハット,  $br1$  ハットがリアルタイムで逐次求められる。

【 0 1 9 5 】

以上説明したアルゴリズムが同定器 1 5 による基本的な処理のアルゴリズムである。尚、同定器 1 5 は、同定ゲイン係数  $ar1$  ハット,  $ar2$  ハット,  $br1$  ハットを求めるに際して、それらの値の制限処理等、付加的な処理も行うのであるが、これについては後述する。

【 0 1 9 6 】

次に、前記推定器 1 6 は、後に詳細を説明するスライディングモード制御器 1 7 による上流側 O<sub>2</sub> センサ 7 の目標偏差出力 MO2CMD の算出処理に際しての下流側排気系 E 1 の無駄時間  $dr1$  の影響と、下流側排気系 E 1 の前記入力生成系の無駄時間  $dr2$  との影響を補償するために、それらの無駄時間  $dr1$ ,  $dr2$  を合わせた合計無駄時間  $dr (= dr1 + dr2)$  後の下流側 O<sub>2</sub> センサ 6 の偏差出力 RV02 の推定値である前記推定偏差出力 RV02 バーを制御サイクル毎に逐次求めるものである。

【 0 1 9 7 】

ここで、下流側排気系 E 1 の入力生成系（上流側排気系制御器 1 1、燃料処理制御器 1 2、エンジン 1 及び上流側排気系 E 2 からなる系）の無駄時間  $dr2$  について説明しておく。この下流側排気系 E 1 の入力生成系は、下流側排気系制御器 1 0 が詳細を後述するスライディングモード制御器 1 7 により生成する上流側 O<sub>2</sub> センサ 7 の目標偏差出力 MO2CMD から、上流側 O<sub>2</sub> センサ 7 の実際の偏差出力 MV02 を生成する系としての意味を持つものである。そして、この入力生成系の無駄時間  $dr2$  は、下流側排気系制御器 1 0 が各制御サイクルで生成した目標偏差出力 MO2CMD が、上流側 O<sub>2</sub> センサ 7 の実際の偏差出力 MV02 に反映されるようになるまでに要する時間である。この無駄時間  $dr2$  は、概ね、燃料処理制御器 1 2 及びエンジン 1 からなる系の無駄時間と、前記上流側排気系 E 2 の無駄時間との総和であり、エンジン 1 の回転数が低い程、長くなる。そこで、本実施形態では、下流側排気系 E 1 の入力生成系の無駄時間  $dr2$  は、エンジン 1 の低速回転数域（例えばエンジン 1 のアイドリング回転数）における該入力生成系の実際の無駄時間と等しいか、もしくはそれよりも若干長いものにあらかじめ定めた所定の一定値（制御サイクル数で表したものの）に設定しておく。

【 0 1 9 8 】

このような無駄時間  $dr2$  と下流側排気系 E 1 の無駄時間  $dr1$  とを合わせた合計無駄時間  $dr$  後の下流側 O<sub>2</sub> センサ 6 の偏差出力 RV02 の推定値、すなわち前記推定偏差出力 RV02 バーを求めるアルゴリズムは次のように構築されている。

【 0 1 9 9 】

まず、前記合計無駄時間  $dr$  は、下流側排気系 E 1 とその入力生成系とを合わせた系の無駄時間であるので、前記推定偏差出力 RV02 バーを求めるためには、本来、下流側排気系 E 1 の応答遅れと共に、該下流側排気系 E 1 の入力生成系、特に該入力生成系に含まれる前記上流側排気系 E 2 及びエンジン 1 の応答遅れを考慮する必要がある。しかるに、下流側排気系 E 1 の入力生成系を構成する上流側排気系 E 2 の応答遅れと、エンジン 1 の応答遅れとは、それぞれ詳細を後述する上流側排気系制御器 1 1 及び燃料処理制御器 1 2 によって補償することができるので、下流側排気系制御器 1 0 にとっては、下流側排気系 E 1 の入力生成系の応答遅れを考慮せずともよい。つまり、下流側排気系制御器 1 0 にとっては、下流側排気系 E 1 の入力生成系は、次式 ( 1 0 ) のように、各制御サイクルにおける入力生成系の出力としての上流側 O<sub>2</sub> センサ 7 の偏差出力 MV02 (k) が、無駄時間  $dr2$  前に下流側排気系制御器 1 0 が上流側排気系制御器 1 1 に与えた目標偏差出力 MO2CMD (k- $dr2$ ) に一致す

10

20

30

40

50

るような系と見なすことができる。

【 0 2 0 0 】

【 数 1 0 】

$$MVO2(k)=MO2CMD(k-dr2) \quad (10)$$

【 0 2 0 1 】

このとき、前記下流側排気系の挙動をその応答遅れに係わる要素を含めて表現した前記下流側排気系モデルの式 ( 1 ) を用いることで、各制御サイクルにおける前記合計無駄時間  $dr$  後の下流側 O<sub>2</sub> センサ 6 の偏差出力  $RVO2(k+dr)$  の推定値である前記推定偏差出力  $RVO2(k+dr)$  は、下流側 O<sub>2</sub> センサ 6 の偏差出力  $RVO2$  の時系列データ  $RVO2(k)$  ,  $RVO2(k-1)$  と、上流側 O<sub>2</sub> センサ 7 の偏差出力  $MVO2$  の時系列データ  $MVO2(k+dr2-j)$  (  $= MVO2(k-dr1+dr-j)$  )。  $j = 1, 2, \dots, dr$  ) とを用いて次式 ( 1 1 ) により表すことができる。

10

【 0 2 0 2 】

【 数 1 1 】

$$\overline{RVO2}(k+dr) = ar1 \cdot RVO2(k) + ar2 \cdot RVO2(k-1)$$

$$+ \sum_{j=1}^{dr} \beta r(j) \cdot MVO2(k+dr2-j) \quad (11)$$

20

但し、

$$\begin{cases} ar1 = Ar^{dr} \text{ の第1行第1列成分} \\ ar2 = Ar^{dr} \text{ の第1行第2列成分} \\ \beta r(j) = Ar^{j-1} \cdot Br \text{ の第1行成分} (j=1, 2, \dots, dr) \\ Ar = \begin{bmatrix} ar1 & ar2 \\ 1 & 0 \end{bmatrix} \\ Br = \begin{bmatrix} br1 \\ 0 \end{bmatrix} \end{cases}$$

30

【 0 2 0 3 】

ここで、式 ( 1 1 ) において、偏差出力  $RVO2$  の時系列データ  $RVO2(k)$  ,  $RVO2(k-1)$  に係る係数値  $r1$  ,  $r2$  は、それぞれ同式 ( 1 1 ) 中のただし書きで定義した通り、行列  $Ar$  ( ゲイン係数  $ar1, ar2$  を成分として含む行列 ) の巾乗  $Ar^{dr}$  (  $dr$  : 合計無駄時間 ) の第 1 行第 1 列成分、第 1 行第 2 列成分である。また、偏差出力  $MVO2$  の時系列データ  $MVO2(k+dr2-j)$  に係る係数値  $r(j)$  (  $j = 1, 2, \dots, dr$  ) は、同式 ( 1 1 ) 中のただし書きで定義した通り、それぞれ行列  $Ar$  の巾乗  $Ar^{j-1}$  (  $j = 1, 2, \dots, dr$  ) とベクトル  $Br$  ( ゲイン係数  $br1$  を成分として含むベクトル ) との積  $Ar^{j-1} \cdot Br$  の第 1 行成分である。

【 0 2 0 4 】

これらの係数値  $r1$  ,  $r2$  及び  $r(j)$  (  $j = 1, 2, \dots, dr$  ) は、前記ゲイン係数  $ar1, ar2, br1$  の値として、前記同定器 1 5 により前述のように算出される同定ゲイン係数  $ar1$  ハット ,  $ar2$  ハット ,  $br1$  ハットを用いることで求めることができる。

40

【 0 2 0 5 】

また、式 ( 1 1 ) 中の偏差出力  $RVO2$  の時系列データ  $RVO2(k)$  ,  $RVO2(k-1)$  は、それぞれ、前記減算処理部 1 3 によって制御サイクル毎に算出される偏差出力  $RVO2$  の今回値、前回値である。

【 0 2 0 6 】

一方、式 ( 1 1 ) 中の上流側 O<sub>2</sub> センサ 7 の偏差出力  $MVO2$  の時系列データ  $MVO2(k+dr2-j)$  (  $j = 1, 2, \dots, dr$  ) については、前記下流側排気系 E 1 の入力生成系の無駄時間  $dr2$  が、 $dr2 = 1$  である場合、すなわち、該入力生成系の無駄時間  $dr2$  が下流側排気系制御器 1 0

50

の制御サイクルの周期と同程度である場合には、その時系列データMV02(k+dr2-j) (j = 1, 2, ..., dr)、すなわちMV02(k), ..., MV02(k-1), MV02(k-dr1)は、現在の制御サイクル以前に前記減算処理部14によって算出されるものである。従って、この場合には、同定器15が求めた最新の同定ゲイン係数ar1ハット, ar2ハット, br1ハットを用いて前記係数値r1, r2及びr(j) (j = 1, 2, ..., dr)を求めると共に、減算処理部13によって算出された下流側O2センサ6の偏差出力RV02の現在以前の時系列データRV02(k), RV02(k-1)と、減算処理部14によって算出された上流側O2センサ7の現在以前の偏差出力MV02の時系列データMV02(k), ..., MV02(k-1), MV02(k-dr1)を用いることで、前記式(11)の演算により前記推定偏差出力RV02(k+dr)バーを制御サイクル毎に求めることができる。

【0207】

10

ところが、一般には、下流側排気系E1の入力生成系の無駄時間dr2は下流側排気系制御器10の制御サイクルよりも長い(dr2 > 2。本実施形態では例えばdr2 = 12である)。この場合には、式(11)中の時系列データMV02(k+dr2-j) (j = 1, 2, ..., dr)には、該偏差出力MV02の未来値MV02(k+dr2-1), ..., MV02(k+1)が含まれる。これらの偏差出力MV02の未来値MV02(k+dr2-1), ..., MV02(k+1)は直接的に得ることはできないものの、前記式(10)を用いることで、下流側排気系制御器10が過去の制御サイクルで生成した上流側O2センサ7の目標偏差出力MO2CMDに置き換えることができる。

【0208】

すなわち、前記式(10)を用いれば、偏差出力MV02の未来値MV02(k+dr2-1), ..., MV02(k+1)は、それぞれ、目標偏差出力MO2CMDの過去値MO2CMD(k-1), ..., MO2CMD(k-dr2+1)に等しい。

20

【0209】

そこで、前記推定器16は、制御サイクル毎に、減算処理部13によって算出された下流側O2センサ6の偏差出力RV02の現在以前の時系列データRV02(k), RV02(k-1)と、減算処理部14によって算出された上流側O2センサ7の現在以前の偏差出力MV02の時系列データMV02(k), MV02(k-1), ..., MV02(k-dr)と、下流側排気系制御器10が過去に生成した目標偏差出力MO2CMDの時系列データMO2CMD(k-1), ..., MO2CMD(k-dr2+1)とを用いて、次式(12)の演算を行うことで、前記推定偏差出力RV02(k+dr)バーを算出する。

【0210】

【数12】

30

$$\overline{RV02(k+dr)} = ar1 \cdot RV02(k) + ar2 \cdot RV02(k-1)$$

$$+ \sum_{j=1}^{dr2-1} \beta r(j) \cdot MO2CMD(k-j) + \sum_{i=dr2}^{dr} \beta r(i) \cdot MV02(k+dr2-i) \quad (12)$$

(但し、dr=dr1+dr2、dr2≥2)

【0211】

この場合、式(12)の演算に必要な係数値r1, r2及びr(j) (j = 1, 2, ..., dr)は、基本的には、同定器15によって求められた同定ゲイン係数ar1ハット, ar2ハット, br1ハットの最新値(現在の制御サイクルで求めた値)から、式(11)の但し書きの定義に従って算出する。また、式(12)の演算に必要な下流側排気系E1の無駄時間dr1や、該下流側排気系E1の入力生成系の無駄時間dr2は前述の如く設定した値を用いる。

40

【0212】

これが、推定器16が行う処理の基本的アルゴリズムである。尚、推定器16は、後述する上流側排気系制御器11の処理のために、前記合計無駄時間drよりも1制御サイクル分、長い時間(dr+1)後における下流側O2センサ6の推定偏差出力RV02(k+dr+1)バーをも制御サイクル毎に算出するのであるが、これについては後述する。

【0213】

50

次に、前記スライディングモード制御器 17 を説明する。

【0214】

本実施形態のスライディングモード制御器 17 は、通常的なスライディングモード制御に外乱等の影響を極力排除するための適応則（適応アルゴリズム）を加味した適応スライディングモード制御の処理によって、下流側 O2 センサ 6 の出力 RVO2/OUT をその目標値 RVO2/TARGET に収束させる（下流側 O2 センサ 6 の偏差出力 RVO2 を「0」に収束させる）ために下流側排気系 E1 に与えるべき制御入力としての前記目標偏差出力 M02CMD を制御サイクル毎に逐次求めるものである。そして、その処理のためのアルゴリズムは以下に説明するように構築されている。

【0215】

まず、スライディングモード制御器 17 の適応スライディングモード制御の処理に必要な切換関数と、この切換関数により定義される超平面（これはすべり面とも言われる）について説明する。

【0216】

スライディングモード制御器 17 によるスライディングモード制御の基本的な考え方としては、制御すべき状態量（制御量）を、例えば各制御サイクルで前記減算処理部 13 が算出する下流側 O2 センサ 6 の偏差出力 RVO2 の時系列データとし、スライディングモード制御用の切換関数 1 を次式（13）により定義する。すなわち、該切換関数 1 は、下流側 O2 センサ 6 の偏差出力 RVO2 の現在以前の複数（本実施形態では二つ）の時系列データ RVO2(k), RVO2(k-1)（詳しくは、現在の制御サイクルと前回の制御サイクルとにおける偏差出力 RVO2(k), RVO2(k-1)）を成分とする線形関数により定義する。尚、偏差出力 RVO2(k), RVO2(k-1) を成分とするベクトルとして式（13）中で定義したベクトル  $X_r$  を以下、状態量  $X_r$  という。

【0217】

【数 13】

$$\sigma_1(k) = sr_1 \cdot RVO2(k) + sr_2 \cdot RVO2(k-1)$$

$$= S_r \cdot X_r$$

$$\left( \text{但し } S_r = [sr_1 \ sr_2], X_r = \begin{bmatrix} RVO2(k) \\ RVO2(k-1) \end{bmatrix} \right) \quad (13)$$

【0218】

この場合、切換関数 1 の成分 RVO2(k), RVO2(k-1) に係る係数  $sr_1$ ,  $sr_2$  は、次式（14）の条件を満たすような値にあらかじめ設定しておく。この条件は、切換関数 1 の値が「0」となる状態で、偏差出力 RVO2 が安定に「0」に収束するために係数  $sr_1$ ,  $sr_2$  が満たすべき条件である。

【0219】

【数 14】

$$-1 < \frac{sr_2}{sr_1} < 1$$

$$(sr_1 = 1 \text{ のとき } -1 < sr_2 < 1) \quad (14)$$

【0220】

尚、本実施形態では、簡略化のために係数  $sr_1$  を  $sr_1 = 1$  とし（この場合、 $sr_2 / sr_1 = sr_2$  である）、 $-1 < sr_2 < 1$  の条件を満たすように係数  $sr_2$  の値（一定値）を設定している。



## 【 0 2 2 1 】

このような切換関数 1 に対して、スライディングモード制御用の超平面は  $1 = 0$  なる式によって定義されるものである。この場合、状態量  $X_r$  は二次系であるので超平面  $1 = 0$  は図 4 に示すように直線となり、このとき、該超平面  $1 = 0$  は切換線とも言われる。

## 【 0 2 2 2 】

尚、本実施形態では、切換関数の成分として、実際には前記推定器 16 により求められる前記推定偏差出力RV02バーの時系列データを用いるのであるが、これについては後述する。

## 【 0 2 2 3 】

スライディングモード制御器 17 が用いる適応スライディングモード制御は、状態量  $X_r = (RV02(k), RV02(k-1))$  を上記の如く設定した超平面  $1 = 0$  に収束させる（切換関数 1 の値を「0」に収束させる）ための制御則である到達則と、その超平面  $1 = 0$  への収束に際して外乱等の影響を補償するための制御則である適応則（適応アルゴリズム）とにより該状態量  $X_r$  を超平面  $1 = 0$  に収束させる（図 4 のモード 1）。そして、該状態量  $X_r$  を所謂、等価制御入力によって超平面  $1 = 0$  に拘束しつつ（切換関数 1 の値を「0」に保持する）、該状態量  $X_r$  を超平面  $1 = 0$  上の平衡点である  $RV02(k) = RV02(k-1) = 0$  となる点、すなわち、下流側 O2 センサ 6 の出力RV02/OUTの時系列データRV02/OUT(k), RV02/OUT(k-1) が目標値RV02/TARGET に一致するような点に収束させる（図 4 のモード 2）。

## 【 0 2 2 4 】

尚、通常のなスライディングモード制御では、前記モード 1 において適応則が省略され、到達則のみによって、状態量  $X_r$  を超平面  $1 = 0$  に収束させる。

## 【 0 2 2 5 】

上記のように状態量  $X_r$  を超平面  $1 = 0$  の平衡点に収束させるためにスライディングモード制御器 17 が生成する上流側 O2 センサ 7 の目標偏差出力MO2CMDは、状態量  $X_r$  を超平面  $1 = 0$  上に拘束するための制御則に従って前記下流側排気系 E1 に与えるべき入力成分である等価制御入力U1eqと、前記到達則に従って下流側排気系 E1 に与えるべき入力成分U1rch（以下、到達則入力U1rch という）と、前記適応則に従って下流側排気系 E1 に与えるべき入力成分U1adp（以下、適応則入力U1adp という）との総和により与えられる（次式（15））。

## 【 0 2 2 6 】

## 【数 15】

$$MO2CMD(k) = U1eq(k) + U1rch(k) + U1adp(k) \quad (15)$$

## 【 0 2 2 7 】

これらの等価制御入力U1eq、到達則入力U1rch 及び適応則入力U1adp は、本実施形態では、前記式（1）により表した下流側排気系モデルと、前記下流側排気系 E1 の入力生成系の挙動を表現する前記式（10）とに基づいて次のように決定する。

## 【 0 2 2 8 】

まず、前記式（1）の右辺第 3 項に前記式（10）を適用すると、次式（16）が得られる。

## 【 0 2 2 9 】

## 【数 16】

10

20

30

40

RVO2(k+1)

$$=ar1 \cdot RVO2(k) + ar2 \cdot RVO2(k-1) + br1 \cdot MO2CMD(k-dr1-dr2)$$

$$=ar1 \cdot RVO2(k) + ar2 \cdot RVO2(k-1) + br1 \cdot MO2CMD(k-dr)$$

(16)

【 0 2 3 0 】

この式 ( 1 6 ) は、下流側排気系 E 1 とその入力生成系とを合わせた系の挙動を表現するものである。

10

【 0 2 3 1 】

このとき、前記状態量  $X_r$  を超平面  $1 = 0$  に拘束する ( 切換関数  $1$  の値を「 0 」に保持する ) ために下流側排気系 E 1 に与えるべき入力成分である前記等価制御入力  $U1eq$  は、  
 $1(k+1) = 1(k) = 0$  なる条件を満たす上流側 O 2 センサ 7 の目標偏差出力  $MO2CMD$  である。  
 そして、このような条件を満たす等価制御入力  $U1eq$  は、式 ( 1 3 ) と式 ( 1 6 ) とを用いて次式 ( 1 7 ) により与えられる。

【 0 2 3 2 】

【 数 1 7 】

$$U1eq(k) = \frac{-1}{sr1 \cdot br1} \cdot \{ [sr1 \cdot (ar1 - 1) + sr2] \cdot RVO2(k+dr) + (sr1 \cdot ar2 - sr2) \cdot RVO2(k+dr-1) \} \quad (17)$$

20

【 0 2 3 3 】

この式 ( 1 7 ) が、各制御サイクルにおける等価制御入力  $U1eq(k)$  を求めるための基本式である。

【 0 2 3 4 】

また、前記到達則入力  $U1rch$  は、本実施形態では、基本的には次式 ( 1 8 ) により決定するものとする。

30

【 0 2 3 5 】

【 数 1 8 】

$$U1rch(k) = \frac{-1}{sr1 \cdot br1} \cdot F1 \cdot \sigma 1(k+dr) \quad (18)$$

【 0 2 3 6 】

すなわち、各制御サイクルにおける到達則入力  $U1rch(k)$  は、下流側排気系 E 1 が有する無駄時間  $dr1$  と該下流側排気系 E 1 の入力生成系の無駄時間  $dr2$  とを合わせた合計無駄時間  $dr$  を考慮し、その合計無駄時間  $dr$  後の切換関数  $1(k+dr)$  の値に比例させるように決定する。

40

【 0 2 3 7 】

この場合、式 ( 1 8 ) 中の係数  $F1$  ( これは到達則のゲインを規定する ) は、次式 ( 1 9 ) の条件を満たすように設定する。

【 0 2 3 8 】

【 数 1 9 】

$$0 < F1 < 2 \quad (19)$$

(好ましくは  $0 < F1 < 1$ )

【 0 2 3 9 】

尚、式 ( 1 9 ) に示した係数  $F1$  の好ましい条件は、切換関数 1 の値が「 0 」に対して振動的な変化 ( 所謂チャタリング ) を生じるのを抑制する上で好適な条件である。

【 0 2 4 0 】

また、前記適応則入力  $U1_{adp}$  は、本実施形態では、基本的には次式 ( 2 0 ) により決定するものとする。ここで式 ( 2 0 ) 中の  $T$  は下流側排気系制御器 1 0 及び上流側排気系制御器 1 1 の制御サイクルの周期 ( 一定値 ) である。

【 0 2 4 1 】

【 数 2 0 】

$$U1_{adp}(k) = \frac{-1}{sr1 \cdot br1} \cdot G1 \cdot \sum_{i=0}^{k+dr} (\sigma 1(i) \cdot \Delta T) \quad (20)$$

【 0 2 4 2 】

すなわち、各制御サイクルにおける適応則入力  $U1_{adp}(k)$  は、前記合計無駄時間  $dr$  を考慮し、該合計無駄時間  $dr$  後までにおける切換関数 1 の値と制御サイクルの周期  $T$  との積の制御サイクル毎の積算値 ( これは切換関数 1 の値の積分値に相当する ) に比例させるように決定する。

【 0 2 4 3 】

この場合、式 ( 2 0 ) 中の係数  $G1$  ( これは適応則のゲインを規定する ) は、次式 ( 2 1 ) の条件を満たすように設定する。

【 0 2 4 4 】

【 数 2 1 】

$$G1 = J \cdot \frac{2 - F1}{\Delta T} \quad (\text{但し、} 0 < J < 2) \quad (21)$$

【 0 2 4 5 】

尚、前記式 ( 1 9 ) 、 ( 2 1 ) の設定条件のより具体的な導出の仕方については、本願出願人が既に特願平 9 - 2 5 1 1 4 2 号等にて詳細に説明しているので、ここでは詳細な説明を省略する。

【 0 2 4 6 】

前記下流側排気系  $E1$  に与えるべき制御入力としてスライディングモード制御器 1 7 が生成する目標偏差出力  $MO2_{CMD}$  は、基本的には前記式 ( 1 7 ) 、 ( 1 8 ) 、 ( 2 0 ) により決定される等価制御入力  $U1_{eq}$ 、到達則入力  $U1_{rch}$  及び適応則入力  $U1_{adp}$  の総和 (  $U1_{eq} + U1_{rch} + U1_{adp}$  ) として決定すればよい。しかるに、前記式 ( 1 7 ) 、 ( 1 8 ) 、 ( 2 0 ) で使用する下流側  $O2$  センサ 6 の偏差出力  $RV02(k+dr)$ 、 $RV02(k+dr-1)$  や、切換関数 1 の値  $1(k+dr)$  等は未来値であるので直接的には得られない。

【 0 2 4 7 】

そこで、スライディングモード制御器 1 7 は、前記式 ( 1 7 ) の演算に必要な偏差出力  $RV02(k+dr)$ 、 $RV02(k+dr-1)$  の代わりに、それらの推定値 ( 予測値 ) として前記推定器 1 6 が求める推定偏差出力  $RV02(k+dr)$  バー、 $RV02(k+dr-1)$  バーを用い、次式 ( 2 2 ) により制御サイクル毎の等価制御入力  $U1_{eq}(k)$  を算出する。

【 0 2 4 8 】

【 数 2 2 】

$$U1eq(k) = \frac{-1}{sr1 \cdot br1} \{ [sr1 \cdot (ar1 - 1) + sr2] \cdot \overline{RVO2}(k+dr) + (sr1 \cdot ar2 - sr2) \cdot \overline{RVO2}(k+dr-1) \} \quad (22)$$

【 0 2 4 9 】

10

また、本実施形態では、実際には、推定器 16 により前述の如く逐次求められた推定偏差出力RVO2バーの時系列データを制御すべき状態量とし、前記式(13)により定義した切換関数 1 に代えて、次式(23)により切換関数 1 バーを定義する(この切換関数 1 バーは、前記式(13)の偏差出力RVO2の時系列データを推定偏差出力RVO2バーの時系列データで置き換えたものである)。

【 0 2 5 0 】

【 数 2 3 】

$$\overline{\sigma 1}(k) = sr1 \cdot \overline{RVO2}(k) + sr2 \cdot \overline{RVO2}(k-1) \quad (23)$$

20

【 0 2 5 1 】

そして、スライディングモード制御器 17 は、前記式(18)により前記到達則入力U1rch を決定するための切換関数 1 の値の代わりに、前記式(23)により表される切換関数 1 バーの値を用いて次式(24)により制御サイクル毎の到達則入力U1rch(k)を算出する。

【 0 2 5 2 】

【 数 2 4 】

$$U1rch(k) = \frac{-1}{sr1 \cdot br1} \cdot F1 \cdot \overline{\sigma 1}(k+dr) \quad (24)$$

30

【 0 2 5 3 】

同様に、スライディングモード制御器 17 は、前記式(20)により前記適応則入力U1adp を決定するための切換関数 1 の値の代わりに、前記式(23)により表される切換関数 1 バーの値を用いて次式(25)により制御サイクル毎の適応則入力U1adp(k)を算出する。

【 0 2 5 4 】

【 数 2 5 】

$$U1adp(k) = \frac{-1}{sr1 \cdot br1} \cdot G1 \cdot \sum_{i=0}^{k+dr} (\overline{\sigma 1}(i) \cdot \Delta T) \quad (25)$$

40

【 0 2 5 5 】

尚、前記式(22)、(24)、(25)により等価制御入力U1eq、到達則入力U1rch 及び適応則入力U1adp を算出する際に必要となる前記ゲイン係数ar1、ar2、br1 は、基本的には前記同定器 13 により求められた最新の同定ゲイン係数ar1(k)ハット、ar2(k)ハット、br1(k)ハットを用いる。

【 0 2 5 6 】

そして、スライディングモード制御器 17 は、前記式(22)、(24)、(25)によ

50

りそれぞれ求められる等価制御入力 $U1eq$ 、到達則入力 $U1rch$  及び適応則入力 $U1adp$  の総和を上流側O2 センサ7の目標偏差出力 $MO2CMD$ として求める(前記式(15)を参照)。尚、この場合において、前記式(22)、(24)、(25)中で用いる前記係数 $sr1, sr2, F1, G1$ の設定条件は前述の通りである。

【0257】

このようにしてスライディングモード制御器17が求める目標偏差出力 $MO2CMD$ は、下流側O2 センサ6の推定偏差出力 $RV02バー$ を「0」に収束させ、その結果として下流側O2 センサ6の出力 $RV02/OUT$ を目標値 $RV02/TARGET$ に収束させる上で、下流側排気系E1に与えるべき制御入力である。

【0258】

以上説明した処理が、スライディングモード制御器17により上流側O2 センサ7の目標偏差出力 $MO2CMD$ を制御サイクル毎に生成するための基本的な演算処理(アルゴリズム)である。

【0259】

尚、本実施形態では、エンジン1の空燃比の過大な変動を防止し、エンジン1の運転状態の安定性を確保するため、スライディングモード制御器17は、前記等価制御入力 $U1eq$ 、到達則入力 $U1rch$  及び適応則入力 $U1adp$  から前記式(15)によって求めた目標偏差出力 $MO2CMD (= U1eq + U1rch + U1adp)$ に、その値を所定の許容範囲内に制限するリミット処理を施した上で、該目標偏差出力 $MO2CMD$ を詳細を後述する上流側排気系制御器11に与える。すなわち、上記リミット処理では、スライディングモード制御器17は、前記式(15)によって求めた目標偏差出力 $MO2CMD$ が所定の許容範囲の上限値又は下限値を超えている場合には、それぞれ、目標偏差出力 $MO2CMD$ の値を強制的に該許容範囲の上限値、下限値に制限する。

【0260】

この場合、前記推定器16が前記式(12)により前記推定偏差出力 $RV02バー$ を求めるために用いる目標偏差出力 $MO2CMD$ は、上記のようにリミット処理を施してなる目標偏差出力 $MO2CMD$ である。

【0261】

また、本実施形態では、スライディングモード制御器17は、制御サイクル毎に、次の制御サイクルにおける目標偏差出力 $MO2CMD(k+1)$ も暫定的に求めるのであるが、これについては後述する。

【0262】

また、本実施形態では、下流側排気系制御器10は、スライディングモード制御器17が実行する適応スライディングモード制御による下流側O2 センサ6の出力 $V02/OUT$ の制御状態の安定性を判別する等、付加的な処理も行うのであるが、これについても後述する。

【0263】

次に、前記上流側排気系制御器11を説明する。

【0264】

上流側排気系制御器11は、前記下流側排気系制御器10と同様の適応スライディングモード制御の処理によって上流側O2 センサ7の偏差出力 $MV02$ をその目標値である目標偏差出力 $MO2CMD$ に収束させる(出力 $MV02/OUT$ を目標値 $MV02/TARGET$ に収束させる)ために要求されるエンジン1の目標空燃比 $KCMD$ (これは前記LAFセンサ8の出力 $KACT$ の目標値でもある)を所定の制御サイクル(下流側排気系制御器10と同じ制御サイクル)で逐次生成するものである。そして、その制御処理に際して、制御対象である上流側排気系E2が有する無駄時間や応答遅れ、並びに前記燃料処理制御器12及びエンジン1からなる系が有する無駄時間、上流側排気系E2の挙動変化等の影響を補償するものである。

【0265】

このような制御処理を行うために、本実施形態では、上流側排気系E2を、前記LAFセンサ8が検出するエンジン1の空燃比としてのLAFセンサ8の出力 $KACT$ とこれに対する所定の基準値 $FLAF/BASE$ との偏差 $kact (= KACT - FLAF/BASE)$ 。以下、偏差空燃比 $kact$ とい

10

20

30

40

50

う) から、上流側 O<sub>2</sub> センサ 7 の前記偏差出力 MVO2 ( = MVO2/OUT - MVO2/BASE = MVO2/OUT - RVO2/TARGET ) を生成する系と見なし、その系の挙動をあらかじめモデル化している。つまり、本実施形態では、上流側排気系 E<sub>2</sub> に与えられる入力、及びその入力に応じて該上流側排気系 E<sub>2</sub> が生成する出力を、それぞれ、前記偏差空燃比 kact、上流側 O<sub>2</sub> センサ 7 の偏差出力 MVO2 として、上流側排気系 E<sub>2</sub> の挙動を表現するモデルを構築している。

【 0 2 6 6 】

尚、エンジン 1 の空燃比 ( L A F センサ 8 の出力 KACT ) に対する基準値 FLAF/BASE は、本実施形態のシステムにおいて下流側 O<sub>2</sub> センサ 6 の出力 RVO2/OUT の目標値 RVO2/TARGET への収束制御を行った場合における該エンジン 1 の目標空燃比 KCMD あるいは実際の空燃比 ( L A F センサ 8 の出力 KACT ) のほぼ中心的な値となるような所定の一定値としている。

10

【 0 2 6 7 】

上流側排気系 E<sub>2</sub> の挙動を表現するモデル ( 以下、上流側排気系モデルという ) は、本実施形態では、前記下流側排気系モデルと同様、次式 ( 2 6 ) の如く、離散時間系のモデル ( より詳しくは上流側排気系 E<sub>2</sub> への入力としての偏差空燃比 kact に無駄時間を有する自己回帰モデル ) により表現する。

【 0 2 6 8 】

【 数 2 6 】

$$MVO2(k+1)=am1 \cdot MVO2(k)+am2 \cdot MVO2(k-1)+bm1 \cdot kact(k-dm1) \quad (26)$$

20

【 0 2 6 9 】

ここで、上式 ( 2 6 ) において、「 dm1 」は上流側排気系 E<sub>2</sub> が有する無駄時間、すなわち各制御サイクルで L A F センサ 8 により検出される空燃比もしくは偏差空燃比 kact が上流側 O<sub>2</sub> センサ 7 の出力 MVO2/OUT もしくは偏差出力 MVO2 に反映されるようになるまでに要する時間を上流側排気系制御器 1 1 の制御サイクル数で表したものである。この場合、該無駄時間 dm1 は、上流側排気系 E<sub>2</sub> の実際の無駄時間と等しいか、もしくはそれよりも若干長いものにあらかじめ定めた所定の一定値に設定している。

【 0 2 7 0 】

また、式 ( 2 6 ) の右辺の各項、並びにその各項に係るゲイン係数 am1, am2, bm1 の技術的意味は、前記下流側排気系モデルの場合と同様であり ( 前記 ( 1 ) 並びにそれに関する前述の説明を参照 )、ゲイン係数 am1, am2, bm1 は、後述の同定器によって逐次同定されるものである。

30

【 0 2 7 1 】

上流側排気系制御器 1 1 は、基本的には、式 ( 2 6 ) により表現した上流側排気系モデルに基づいて構築された演算処理 ( アルゴリズム ) を所定の制御サイクル ( 下流側排気系制御器 1 0 の制御サイクルと同期した一定周期 ) で行うことで、上流側 O<sub>2</sub> センサ 7 の偏差出力 MVO2 を下流側排気系制御器 1 0 が前述の如く生成した目標偏差出力 M02CMD に収束させるために上流側排気系 E<sub>2</sub> に与えるべき制御入力としての前記偏差空燃比 kact の目標値 kcmd ( これは前記目標空燃比 KCMD と空燃比の基準値 FLAF/BASE との偏差 ( = KCMD - FLAF/BASE ) である ) を逐次生成するものである。そして、その目標値 kcmd ( 以下、目標偏差空燃比 kcmd という ) に空燃比の基準値 FLAF/BASE ( 以下、空燃比基準値 FLAF/BASE という ) を加算することで、目標空燃比 KCMD を生成するものである。

40

【 0 2 7 2 】

このような処理を行うために、上流側排気系制御器 1 1 は、図 5 に示すような機能的構成を具備している。

【 0 2 7 3 】

すなわち、上流側排気系制御器 1 1 は、上流側 O<sub>2</sub> センサ 7 の出力 MVO2/OUT から、それに対する基準値 MVO2/BASE ( = RVO2/TARGET ) を減算することで上流側 O<sub>2</sub> センサ 7 の前記偏差出力 MVO2 を逐次算出する減算処理部 1 8 と、 L A F センサ 8 の出力 KACT ( 空燃比の検

50

出値) から前記空燃比基準値FLAF/BASE を減算することで前記偏差空燃比kactを逐次算出する減算処理部 19 と、前記上流側排気系モデルの前記ゲイン係数am1 , am2 , bm1 の同定値am1 ハット , am2 ハット , bm1 ハット (以下、同定ゲイン係数am1 ハット , am2 ハット , bm1 ハットという) を逐次算出する同定器 20 (同定手段) とを具備する。また、上流側排気系制御器 11 は、上流側排気系 E2 の無駄時間dm1 と、前記燃料制御器 12 及びエンジン 1 からなる系 (以下、この系を上流側排気系 E2 の入力生成系という) が有する無駄時間dm2 とを合わせた合計無駄時間dm ( = dm1 + dm2 ) 後の上流側 O2 センサ 7 の出力MV02/OUTの推定値 (予測値) を表すデータとして、合計無駄時間dm後の上流側 O2 センサ 7 の偏差出力MV02の推定値MV02パー (以下、推定偏差出力MV02パーという) を逐次求める推定器 21 (第 2 推定手段) を具備する。さらに、上流側排気系制御器 11 は、適応スライディングモード制御の処理によって、上流側 O2 センサ 7 の偏差出力MV02を前記下流側排気系制御器 10 が生成した目標偏差出力MO2CMDに収束させる (上流側 O2 センサ 7 の出力MV02/OUTを目標値MV02/TARGET に収束させる) ために要求されるエンジン 1 の目標空燃比KCMDを表すデータとしての前記目標偏差空燃比kcmdを逐次求めるスライディングモード制御器 22 と、該目標偏差空燃比kcmdに前記空燃比基準値FLAF/BASE を加算することで前記燃料処理制御器 12 に与える目標空燃比KCMDを逐次生成する加算処理部 23 とを具備する。

#### 【0274】

尚、減算処理部 18 が求める上流側 O2 センサ 7 の偏差出力MV02は、前記下流側排気系制御器 10 の減算処理部 14 が求める偏差出力MV02と同一であるので、該下流側排気系制御器 10 から該偏差出力MV02を上流側排気系制御器 11 に与えるようにすれば、上流側排気系制御器 11 の減算処理部 18 を省略してもよい。

#### 【0275】

上記同定器 20、推定器 21、及びスライディングモード制御器 22 による処理のアルゴリズムは以下のように構築されている。

#### 【0276】

まず、同定器 20 は、実際の上流側排気系 E2 に対する上流側排気系モデルのモデル化誤差を極力小さくするように前記同定ゲイン係数am1 ハット , am2 ハット , bm1 ハットをリアルタイムで逐次算出するものである。

#### 【0277】

この同定器 20 による演算処理 (同定処理) は、次のように行われる。尚、この同定器 20 の演算処理は、前述した下流側排気系制御器 10 の同定器 15 による処理と同様であるので、ここでは簡略的な説明に留める。

#### 【0278】

すなわち、同定器 20 は、制御サイクル毎に、次式 (27) により上流側排気系モデル上での現在の制御サイクルにおける上流側 O2 センサ 7 の偏差出力MV02(k) (以下、同定偏差出力MV02(k) ハットという) の値を求める。

#### 【0279】

#### 【数 27】

$$\begin{aligned} \hat{MV02}(k) = & \hat{am1}(k-1) \cdot MV02(k-1) \\ & + \hat{am2}(k-1) \cdot MV02(k-2) + \hat{bm1}(k-1) \cdot kact(k-dm1-1) \end{aligned} \quad (27)$$

#### 【0280】

尚、式 (27) の第 3 項で用いる上流側排気系 E2 の無駄時間dm1 の値は、前述の如く設定した値 (一定値) である。

#### 【0281】

さらに同定器 20 は、上記同定偏差出力MV02ハット(k) と今現在の上流側 O2 センサ 7 の実際の偏差出力MV02(k) との偏差id/em、すなわち、上流側排気系モデルの実際の上流側

排気系 E2 に対するモデル化誤差を表す同定誤差 id/em を次式 (28) により求める。

【0282】

【数28】

$$\text{id/em}(k) = \text{MVO2}(k) - \hat{\text{MVO2}}(k) \quad (28)$$

【0283】

そして、同定器 20 は、制御サイクル毎に、次式 (29) により、上記同定誤差 id/em に比例させた量だけ、同定ゲイン係数  $\hat{a}m1$  ハット,  $\hat{a}m2$  ハット,  $\hat{b}m1$  ハットを変化させることで、新たな同定ゲイン係数  $\hat{a}m1$  ハット,  $\hat{a}m2$  ハット,  $\hat{b}m1$  ハットを求める。

10

【0284】

【数29】

$$\Theta m(k) = \Theta m(k-1) + K \theta m(k) \cdot \text{id/em}(k) \quad (29)$$

【0285】

ここで、式 (29) における「 $\Theta m$ 」、「 $\theta m$ 」はそれぞれ次式 (30), (31) で定義されるベクトルである。

【0286】

【数30】

20

$$\Theta m^T(k) = [\hat{a}m1(k) \quad \hat{a}m2(k) \quad \hat{b}m1(k)] \quad (30)$$

【0287】

【数31】

$$\xi m^T(k) = [\text{MVO2}(k-1) \quad \text{MVO2}(k-2) \quad \text{MVO2}(k-dm1-1)] \quad (31)$$

【0288】

また、式 (29) 中の「 $K \theta m$ 」は次式 (32) により決定される三次のベクトル (各同定ゲイン係数  $\hat{a}m1$  ハット,  $\hat{a}m2$  ハット,  $\hat{b}m1$  ハットの同定誤差 id/em に応じた変化度合いを規定するゲイン係数ベクトル) である。

30

【0289】

【数32】

$$K \theta m(k) = \frac{Pm(k-1) \cdot \xi m(k)}{1 + \xi m^T(k) \cdot Pm(k-1) \cdot \xi m(k)} \quad (32)$$

【0290】

また、上式 (32) 中の「 $Pm$ 」は次式 (33) の漸化式により決定される三次の正方行列である。

40

【0291】

【数33】



$$P_m(k) = \frac{1}{\lambda_{m1}} \left[ 1 - \frac{\lambda_{m2} \cdot P_m(k-1) \cdot \xi_m(k) \cdot \xi_m^T(k)}{\lambda_{m1} + \lambda_{m2}(k) \cdot \xi_m^T(k) \cdot P_m(k-1) \cdot \xi_m(k)} \right] \cdot P_m(k-1)$$

(但し I:単位行列)

(33)

## 【0292】

尚、式(33)中の「 $m_1$ 」、「 $m_2$ 」は  $0 < m_1 \leq 1$  及び  $0 \leq m_2 < 2$  の条件を満たすように設定され、また、「 $P_m$ 」の初期値  $P_m(0)$  は、その各対角成分を正の数とする対角行列である。

10

## 【0293】

この場合、式(33)中の「 $m_1$ 」、「 $m_2$ 」の設定の仕方によって、固定ゲイン法、漸減ゲイン法、重み付き最小二乗法、最小二乗法、固定トレース法等、各種の具体的なアルゴリズムが構成され、本実施形態では、例えば最小二乗法(この場合、 $m_1 = m_2 = 1$ )を採用している。

## 【0294】

前記同定器20は、下流側排気系制御器10の同定器15と同様、基本的には前述のようなアルゴリズム(詳しくは逐次型最小二乗法の演算処理)によって、前記同定誤差  $id/em$  を最小化するように前記同定ゲイン係数  $am1$  ハット、 $am2$  ハット、 $bm1$  ハットを制御サイクル毎に逐次更新しつつ求める。

20

## 【0295】

以上説明したアルゴリズムが同定器20による基本的な処理のアルゴリズムである。

## 【0296】

次に、前記推定器21は、後に詳細を説明するスライディングモード制御器22による前記目標偏差空燃比  $kcmd$  の算出処理に際しての上流側排気系E2の無駄時間  $dm1$  の影響と、上流側排気系E2の前記入力生成系の無駄時間  $dm2$  の影響とを補償するために、それらの無駄時間  $dm1$ 、 $dm2$  を合わせた合計無駄時間  $dm (= dm1 + dm2)$  後の上流側O2センサ7の偏差出力  $MV02$  の推定値である前記推定偏差出力  $MV02$  バーを制御サイクル毎に逐次求めるものである。

30

## 【0297】

ここで、上流側排気系E2の入力生成系(燃料制御器12及びエンジン1からなる系)の無駄時間  $dm2$  について説明しておく。この上流側排気系E2の入力生成系は、上流側排気系制御器11が生成する目標空燃比  $KCMD$  から、LAFセンサ8が検出するエンジン1の実際の空燃比  $KACT$  を生成する系としての意味を持つものである。そして、この入力生成系の無駄時間  $dm2$  は、上流側排気系制御器11が各制御サイクルで生成した目標空燃比  $KCMD$  もしくはこれに対応する目標偏差空燃比  $kcmd$  が、LAFセンサ8が検出する実際の空燃比もしくはこれに対応する偏差空燃比  $kact$  に反映されるようになるまでに要する時間であり、エンジン1の回転数が低い程、長くなる。そこで、本実施形態では、上流側排気系E2の入力生成系の無駄時間  $dm2$  は、エンジン1の低速回転数域(例えばエンジン1のアイドル回転数)における該入力生成系の実際の無駄時間と等しいか、もしくはそれよりも若干長いものにあらかじめ定めた所定の一定値(上流側排気系制御器11の制御サイクル数で表したもの)に設定しておく。

40

## 【0298】

尚、本実施形態では、上流側排気系制御器11の制御サイクルの周期と下流側排気系制御器10の制御サイクルの周期とは同一であるので、上記無駄時間  $dm2$  や、上流側排気系E2の無駄時間  $dm1$  の値は、下流側排気系制御器10の制御サイクル数で表しても同じである。

## 【0299】

50

また、本実施形態では、下流側排気系制御器 10 による目標偏差出力 M02CMD の生成処理と上流側排気系制御器 11 による目標空燃比 KCMD の生成処理とは、同期した制御サイクルで行うようにしているため、上流側排気系 E2 とこの上流側排気系 E2 の入力生成系（燃料処理制御器 12 及びエンジン 1 からなる系）とを合わせた系と、この系にさらに上流側排気系制御器 11 を加えてなる下流側排気系制御器 10 の入力生成系とを比較した場合、後者の系のみに含まれる上流側排気系制御器 11 は実質的に無駄時間を有さない。このため、本実施形態では、下流側排気系制御器 10 の入力生成系の前記無駄時間  $dr2$  と、上流側排気系 E2 とこの上流側排気系 E2 の入力生成系とを合わせた系の無駄時間、すなわち前記合計無駄時間  $dm$  とを同一値に設定している（ $dm = dr2$ ）。

【0300】

10

上流側排気系 E2 の無駄時間  $dm1$  と、この上流側排気系 E の入力生成系の無駄時間  $dm2$  とを合わせた合計無駄時間  $dm$  後の上流側 O2 センサ 7 の偏差出力  $MV02$  の推定値、すなわち前記推定偏差出力  $MV02$  バーを制御サイクル毎に求めるアルゴリズムは次のように構築されている。尚、このアルゴリズムの基本的な考え方は、前述した下流側排気系制御器 10 の推定器 16 の場合と全く同一であるので、ここでは簡略的な説明に留める。

【0301】

まず、前記合計無駄時間  $dm$  は、上流側排気系 E2 とその入力生成系とを合わせた系の無駄時間であるが、該入力生成系、特にこれに含まれるエンジン 1 の応答遅れは、燃料処理制御器 12 によって補償することができる。このため、上流側排気系制御器 11 にとっては、上流側排気系 E2 の入力生成系は、次式（34）のように、各制御サイクルにおける該入力生成系の出力としての前記偏差空燃比  $kact(k)$ （ $= KACT(k) - FLAF/BASE$ ）が、無駄時間  $dm2$  前に上流側排気系制御器 11 が燃料処理制御器 12 に与えた目標空燃比  $KCMD(k-dm2)$  を表す前記目標偏差空燃比  $kcmd(k-dm2)$ （ $= KCMD(k-dm2) - FLAF/BASE$ ）に一致するような系と見なすことができる。

20

【0302】

【数 34】

$$kact(k) = kcmd(k - dm2)$$

$$(KACT(k) = KCMD(k - dm2)) \quad (34)$$

30

【0303】

このとき、前記上流側排気系モデルを表す前記式（26）を用いることで、各制御サイクルにおける前記合計無駄時間  $dm$  後の上流側 O2 センサ 7 の偏差出力  $MV02(k+dm)$  の推定値である前記推定偏差出力  $MV02(k+dm)$  バーは、上流側 O2 センサ 7 の偏差出力  $MV02$  の時系列データ  $MV02(k)$ 、 $MV02(k-1)$  と、LAF センサ 8 の出力  $KACT$ （空燃比の検出値）から得られる偏差空燃比  $kact$  の時系列データ  $kact(k+dm2-j)$ （ $= kact(k-dm1+dm-j)$ ）。 $j = 1, 2, \dots, dm$ ）とを用いて次式（35）により表すことができる。

【0304】

【数 35】

40

$$\overline{MVO2}(k+dm) = \alpha m_1 \cdot MVO2(k) + \alpha m_2 \cdot MVO2(k-1) + \sum_{j=1}^{dm} \beta m(j) \cdot kact(k+dm2-j) \quad (35)$$

但し、

$$\begin{cases} \alpha m_1 = Am^{dm} \text{の第1行第1列成分} \\ \alpha m_2 = Am^{dm} \text{の第1行第2列成分} \\ \beta m(j) = Am^{j-1} \cdot Bm \text{の第1行成分}(j=1,2,\dots, dm) \\ Am = \begin{bmatrix} am_1 & am_2 \\ 1 & 0 \end{bmatrix} \\ Bm = \begin{bmatrix} bm_1 \\ 0 \end{bmatrix} \end{cases}$$

10

#### 【0305】

ここで、式(35)において、偏差出力MVO2の時系列データMVO2(k)、MVO2(k-1)に係る係数値  $m_1$ 、 $m_2$ 、並びに、偏差空燃比kactの時系列データkact(k+dm2-j)に係る係数値  $m(j)$  ( $j=1,2,\dots, dm$ ) は、それぞれ同式(35)中のただし書きで定義した通りのものである。

#### 【0306】

20

この場合、前記上流側排気系E2の入力生成系の無駄時間dm2は、一般には、dm2=2であり(本実施形態では、dm2=6)、このとき、式(35)中の偏差空燃比kactの時系列データkact(k+dm2-j) ( $j=1,2,\dots, dm$ ) のうちの、kact(k+dm2-1), ..., kact(k+1)は、偏差空燃比kactの未来値となる。これらの未来値は、LAFセンサ8の出力KACTから直接的に得ることはできないが、前記式(34)を用いることで、詳細を後述するスライディングモード制御器22が過去に生成した目標偏差出力kcmdに置き換えることができる。

#### 【0307】

そして、この置き換えを行うと、式(35)は、次式(36)に書き換えられる。

#### 【0308】

#### 【数36】

30

$$\overline{MVO2}(k+dm) = \alpha m_1 \cdot MVO2(k) + \alpha m_2 \cdot MVO2(k-1) + \sum_{j=1}^{dm2-1} \beta m(j) \cdot kcmd(k-j) + \sum_{i=dm2}^{dm} \beta m(i) \cdot kact(k+dm2-i) \quad (36)$$

(但し、 $dm=dm1+dm2$  ,  $dm2 \geq 2$ )

#### 【0309】

そこで、本実施形態では、前記推定器21は、上流側排気系制御器11の制御サイクル毎に、減算処理部18によって算出された上流側O2センサ7の偏差出力MVO2の現在以前の時系列データMVO2(k)、MVO2(k-1)と、減算処理部19によってLAFセンサ8の出力KACT(空燃比の検出値)から算出された現在以前の偏差空燃比kactの時系列データkact(k)、kact(k-1), ..., kact(k-dm1)と、スライディングモード制御器22が過去に生成した目標偏差出力kcmdの時系列データkcmd(k-1), ..., kcmd(k-dm2+1)とを用いて、上式(36)の演算を行うことで、前記推定偏差出力MVO2(k+dm)バーを算出する。

40

#### 【0310】

この場合、式(36)の演算に必要な係数値  $m_1$ 、 $m_2$ 及び  $m(j)$  ( $j=1,2,\dots, dm$ ) は、基本的には、同定器20によって求められた同定ゲイン係数am1ハット、am2ハット、bm1ハットの最新値(現在の制御サイクルで求めた値)を用いて算出する。また、式(3

50

6) の演算に必要な上流側排気系 E2 の無駄時間  $dm1$  や、該上流側排気系 E2 の入力生成系の無駄時間  $dm2$  は前述の如く設定した値を用いる。

【0311】

これが、推定器 21 が行う処理の基本的なアルゴリズムである。尚、上流側排気系 E2 の入力生成系の無駄時間  $dm2$  が、上流側排気系制御器 11 の制御サイクルの周期と同程度で、 $dm2 = 1$  である場合には、前記式 (35) をそのまま用いて前記推定偏差出力  $MV02(k+dr)$  を算出することができる。

【0312】

次に、前記スライディングモード制御器 22 を説明する。

【0313】

スライディングモード制御器 22 は、前述した下流側排気系制御器 10 のスライディングモード制御器 17 と同様に、適応スライディングモード制御の処理によって、上流側 O2 センサ 7 の出力  $MV02/OUT$  をその目標値  $MV02/TARGET$  に収束させる（上流側 O2 センサ 7 の偏差出力  $MV02$  を目標偏差出力  $MO2CMD$  に収束させる）ために上流側排気系 E2 に与えるべき制御入力としての目標偏差空燃比  $kcmd$  を上流側排気系制御器 11 の制御サイクル毎に逐次求めるものである。そして、その処理のためのアルゴリズムは以下に説明するように構築されている。

【0314】

まず、スライディングモード制御器 22 の適応スライディングモード制御の処理に必要な切換関数について説明する。

【0315】

前記下流側排気系制御器 10 が制御サイクル毎に生成する上流側 O2 センサ 7 の目標偏差出力  $MO2CMD(k)$  は、前記式 (10) から明らかなように、下流側排気系 E2 の入力生成系（上流側排気系制御器 11、燃料処理制御器 12、エンジン 1 及び上流側排気系 E2 からなる系）の無駄時間  $dr2$ （＝合計無駄時間  $dm$ ）後における上流側 O2 センサ 7 の偏差出力  $MV02$  の目標値としての意味を持つものである。従って、スライディングモード制御器 22 が各制御サイクル毎に生成すべき目標偏差空燃比  $kcmd$  は、上記下流側排気系 E1 の入力生成系の無駄時間  $dr2$  前に下流側排気系制御器 10 が生成した目標偏差出力  $MO2CMD$  に上流側 O2 センサ 7 の偏差出力  $MV02$  を収束させるために上流側排気系 E1 に与えるべき制御入力である。

【0316】

この場合、前述したように、本実施形態では、下流側排気系 E1 の入力生成系の無駄時間  $dr2$  は、上流側排気系 E2 の無駄時間  $dm1$  と該上流側排気系 E2 の入力生成系の無駄時間  $dm2$  とを合わせた合計無駄時間  $dm$ （＝ $dm1 + dm2$ ）に等しい。

【0317】

従って、スライディングモード制御器 22 は、各制御サイクル毎に、上記合計無駄時間  $dm$  前に下流側排気系制御器 10 が生成した目標偏差出力  $MO2CMD$  に上流側 O2 センサ 7 の偏差出力  $MV02$  を収束させるように目標偏差空燃比  $kcmd$  を生成すればよい。

【0318】

そこで、本実施形態における基本的な考え方としては、スライディングモード制御器 22 が適応スライディングモード制御により制御すべき状態量（制御量）として、例えば次式 (37) ように定義した偏差  $e$ 、すなわち各制御サイクルで前記減算処理部 18 が算出する上流側 O2 センサ 7 の偏差出力  $MV02(k)$  とこれに対する目標値として前記合計無駄時間  $dm$  前に下流側排気系制御器 11 が生成した目標偏差出力  $MO2CMD(k-dm)$  との偏差  $e(k)$ （以下、上流側 O2 センサ 7 の誤差出力  $e$  という）を用いる。尚、この誤差出力  $e(k)$  は、上流側 O2 センサ 7 の出力  $MV02/OUT(k)$ （＝ $MV02(k) + MV02/BASE$ ）と、合計無駄時間  $dm$  前における上流側 O2 センサ 7 の出力  $MV02/OUT$  の目標値  $MV02/TARGET(k-dm)$ （＝ $MO2CMD(k-dm) + MV02/BASE$ ）との偏差（＝ $MV02/OUT(k) - MV02/TARGET(k-dm)$ ）に等しい。

【0319】

【数 37】

10

20

30

40

50

$$e(k) = MVO2(k) - MO2CMD(k - dm) \quad (37)$$

【 0 3 2 0 】

そして、スライディングモード制御器 22 では、基本的には、この誤差出力  $e$  を用いて、スライディングモード制御用の切換関数 2 を次式 (38) により定義する。すなわち、該切換関数 2 は、上流側 O<sub>2</sub> センサ 7 の誤差出力  $e$  の現在以前の時系列データ  $e(k)$  ,  $e(k-1)$  を成分とする線形関数により定義する。

【 0 3 2 1 】

【数 3 8】

$$\begin{aligned} \sigma_2(k) &= sm1 \cdot e(k) + sm2 \cdot e(k-1) \\ &= sm1 \cdot (MVO2(k) - MO2CMD(k - dm)) \\ &\quad + sm2 \cdot (MVO2(k-1) - MO2CMD(k - dm - 1)) \\ &= S_m \cdot X_m \\ &\quad \left( \text{但し、} S_m = [sm1 \ sm2], X_m = \begin{bmatrix} e(k) \\ e(k-1) \end{bmatrix} \right) \end{aligned} \quad (38)$$

10

20

【 0 3 2 2 】

尚、前記誤差出力  $e(k)$  ,  $e(k-1)$  を成分とするベクトルとして式 (38) 中で定義したベクトル  $X_m$  を以下、状態量  $X_m$  という。

【 0 3 2 3 】

この場合、切換関数 2 の成分  $e(k)$  ,  $e(k-1)$  に係る係数  $sm1$  ,  $sm2$  は、前述したスライディングモード制御器 17 に係わる切換関数 1 の場合と同様に、次式 (39) の条件を満たすように設定する。

【 0 3 2 4 】

【数 3 9】

$$\begin{aligned} -1 < \frac{sm2}{sm1} < 1 \\ (sm1 = 1 \text{ のとき } -1 < sm2 < 1) \end{aligned} \quad (39)$$

30

【 0 3 2 5 】

尚、本実施形態では、簡略化のために係数  $sm1$  を  $sm1 = 1$  とし (この場合、 $sm2 / sm1 = sm2$  である)、 $-1 < sm2 < 1$  の条件を満たすように係数  $sm2$  の値を設定している。

【 0 3 2 6 】

このような切換関数 2 に対して、 $\sigma_2 = 0$  なる式によって定義されるスライディングモード制御用の超平面は、本実施形態では、前記下流側排気系制御器 10 のスライディングモード制御器 17 に係わる切換関数 1 と同様に、前記図 4 に示す如く直線となる。

40

【 0 3 2 7 】

尚、本実施形態では、スライディングモード制御器 22 に係わる切換関数 2 の係数  $sm1$  ,  $sm2$  の比 ( $= sm2 / sm1$ 。これは超平面  $\sigma_2 = 0$  の傾きを表す) の絶対値は、スライディングモード制御器 17 に係わる切換関数 1 の係数  $sr1$  ,  $sr2$  の比 ( $= sr2 / sr1$ ) の絶対値よりも小さくなるようにそれらの係数  $sm1$  ,  $sm2$  ,  $sr1$  ,  $sr2$  の値が設定されているのであるが、これについては後述する。

【 0 3 2 8 】

50

スライディングモード制御器 22 が用いる適応スライディングモード制御は、前記スライディングモード制御器 17 の場合と同様に、前記状態量  $X_m = (e(k), e(k-1))$  を到達則と適応則（適応アルゴリズム）とによって超平面  $2 = 0$  に収束させ（図 4 のモード 1）、さらに等価制御入力によって状態量  $X_m$  を超平面  $2 = 0$  に拘束しつつ超平面  $2 = 0$  上の平衡点（ $e(k) = e(k-1) = 0$  となる点）に収束させる（図 4 のモード 2）。

【0329】

このように状態量  $X_m$  を超平面  $2 = 0$  の平衡点に収束させるために上流側排気系 E2 に与えるべき制御入力としてスライディングモード制御器 22 が生成する目標偏差空燃比  $k_{cmd}$  は、スライディングモード制御器 17 の場合と同様に等価制御入力  $U_{2eq}$  と、前記到達則に基づく到達則入力  $U_{2rch}$  と、適応則に基づく適応則入力  $U_{2adp}$  との総和により与えられる（次式（40））。

10

【0330】

【数 40】

$$k_{cmd}(k) = U_{2eq}(k) + U_{2rch}(k) + U_{2adp}(k) \quad (40)$$

【0331】

これらの等価制御入力  $U_{2eq}$ 、到達則入力  $U_{2rch}$  及び適応則入力  $U_{2adp}$  は、本実施形態では、前記式（26）により表した上流側排気系モデルと上流側排気系 E2 の入力生成系に関する前記式（34）とに基づいて次のように決定する。

20

【0332】

まず、前記式（26）の右辺第 3 項に式（34）を適用すると、次式（41）が得られる。

【0333】

【数 41】

$$\begin{aligned} MVO2(k+1) &= am1 \cdot MVO2(k) + am2 \cdot MVO2(k-1) \\ &\quad + bm1 \cdot k_{cmd}(k-dm1-dm2) \\ &= am1 \cdot MVO2(k) + am2 \cdot MVO2(k-1) \\ &\quad + bm1 \cdot k_{cmd}(k-dm) \end{aligned} \quad (41)$$

30

【0334】

この式（41）は、上流側排気系 E2 とその入力生成系とを合わせた系の挙動を表現するものである。

【0335】

このとき、前記等価制御入力  $U_{2eq}$  は、式（41）において  $2(k+1) = 2(k) = 0$  なる条件を満たす目標偏差空燃比  $k_{cmd}$  であり、このような条件を満たす等価制御入力  $U_{2eq}$  は、式（38）及び式（41）を用いて次式（42）により与えられる。

40

【0336】

【数 42】

$$\begin{aligned}
 U_{2eq}(k) = \frac{-1}{sm1 \cdot bm1} \cdot \{ & [sm1 \cdot (am1 - 1) + sm2] \cdot MVO2(k+dm) \\
 & + (sm1 \cdot am2 - sm2) \cdot MVO2(k+dm-1) \\
 & - sm1 \cdot (MO2CMD(k+1) - MO2CMD(k)) \\
 & - sm2 \cdot (MO2CMD(k) - MO2CMD(k-1)) \}
 \end{aligned}
 \tag{42}$$

【 0 3 3 7 】

10

この式 ( 4 2 ) が、制御サイクル毎に等価制御入力  $U_{2eq}(k)$  を求めるための基本式である。

【 0 3 3 8 】

また、制御サイクル毎の前記到達則入力  $U_{2rch}(k)$  は、前述のスライディングモード制御器 1 7 に係る到達則入力  $U_{1rch}$  の場合と同様の考え方によって、次式 ( 4 3 ) の如く、上流側排気系 E 2 の無駄時間  $dm1$  とその入力生成系の無駄時間  $dm2$  とを合わせた前記合計無駄時間  $dm$  後の切換関数  $2(k+dm)$  の値に比例させるように決定する。

【 0 3 3 9 】

【 数 4 3 】

20

$$U_{2rch}(k) = \frac{-1}{sm1 \cdot bm1} \cdot F2 \cdot \sigma 2(k+dm) \tag{43}$$

【 0 3 4 0 】

この場合、式 ( 4 3 ) 中の係数  $F2$  (これは到達則のゲインを規定する) は、次式 ( 4 4 ) の条件を満たすように設定する。

【 0 3 4 1 】

【 数 4 4 】

$$\begin{aligned}
 0 < F2 < 2 \\
 (\text{好ましくは } 0 < F2 < 1)
 \end{aligned}
 \tag{44}$$

30

【 0 3 4 2 】

また、制御サイクル毎の前記適応則入力  $U_{2adp}(k)$  は、スライディングモード制御器 1 7 に係る適応則入力  $U_{1adp}$  の場合と同様の考え方によって、次式 ( 4 5 ) の如く、前記合計無駄時間  $dm$  後までにおける切換関数  $2$  の値と制御サイクルの周期  $T$  との積  $2 \cdot T$  の制御サイクル毎の積算値 (これは切換関数  $2$  の値の積分値に相当する) に比例させるように決定する。

【 0 3 4 3 】

【 数 4 5 】

40

$$U_{2adp}(k) = \frac{-1}{sm1 \cdot bm1} \cdot G2 \cdot \sum_{i=0}^{k+dm} (\sigma 2(i) \cdot \Delta T) \tag{45}$$

【 0 3 4 4 】

この場合、式 ( 4 5 ) 中の係数  $G2$  (これは適応則のゲインを規定する) は、次式 ( 4 6 ) の条件を満たすように設定する。

【 0 3 4 5 】

【 数 4 6 】

50

$$G2 = J' \cdot \frac{2 - F2}{\Delta T} \quad (\text{但し、} 0 < J' < 2) \quad (46)$$

## 【 0 3 4 6 】

上流側排気系 E2 に与えるべき制御入力としてスライディングモード制御器 22 が生成する目標偏差空燃比 kcmd は、基本的には前記式 (42)、(43)、(45) により決定される等価制御入力 U2eq、到達則入力 U2rch 及び適応則入力 U2adp の総和 (U2eq + U2rch + U2adp) として決定すればよい。

10

## 【 0 3 4 7 】

この場合、到達則入力 U2rch と、適応則入力 U2adp とに関しては、それぞれ式 (43)、(45) の演算に必要な  $2(k+dm)$  を求めるためには、前記式 (38) から明らかなように偏差出力 MVO2 の未来値  $MVO2(k+dm)$  を必要とする。

## 【 0 3 4 8 】

そこで、本実施形態では、前記スライディングモード制御器 17 の場合と同様の考え方によって、前記切換関数 2 の代わりに、次式 (47) により定義した切換関数 2 バーを用いる。

## 【 0 3 4 9 】

## 【 数 4 7 】

20

$$\begin{aligned} \overline{\sigma 2}(k) = & sm1 \cdot (\overline{MVO2}(k) - MO2CMD(k-dm)) \\ & + sm2 \cdot (\overline{MVO2}(k-1) - MO2CMD(k-dm-1)) \end{aligned} \quad (47)$$

## 【 0 3 5 0 】

この式 (47) は、切換関数 2 の成分である前記誤差出力 e に係わる偏差出力 MVO2 の時系列データを、その推定値である前記推定偏差出力  $\overline{MVO2}$  バーの時系列データに置き換えたものである。

## 【 0 3 5 1 】

30

そして、スライディングモード制御器 22 は、前記式 (43)、(45) における「2」の代わりに、上記式 (47) により定義した切換関数 2 バーの値を用いた次式 (48)、(49) により、それぞれ制御サイクル毎の到達則入力 U2rch(k)、適応則入力 U2adp(k) を算出する。

## 【 0 3 5 2 】

## 【 数 4 8 】

$$U2rch(k) = \frac{-1}{sm1 \cdot bm1} \cdot F2 \cdot \overline{\sigma 2}(k+dm) \quad (48)$$

40

## 【 0 3 5 3 】

## 【 数 4 9 】

$$U2adp(k) = \frac{-1}{sm1 \cdot bm1} \cdot G2 \cdot \sum_{i=0}^{k+dm} (\overline{\sigma 2}(i) \cdot \Delta T) \quad (49)$$

## 【 0 3 5 4 】

また、等価制御入力 U2eq に関しては、式 (42) で使用する上流側 O2 センサ 7 の偏差出力  $MVO2(k+dm)$ 、 $MVO2(k+dm-1)$  は未来値であり、直接的には得られないものである。さらに

50



、式(42)で使用する目標偏差出力MO2CMD(k+1)は、前述した下流側排気系制御器10のスライディングモード制御器17の演算処理では、未だ、算出されていないものである。

【0355】

そこで、本実施形態では、スライディングモード制御器22は、前記式(42)中の偏差出力MVO2(k+dm)、MVO2(k+dm-1)を、それらの推定値(予測値)として前記推定器21が求める推定偏差出力MVO2(k+dm)バー、MVO2(k+dm-1)バーに置き換えた次式(50)により制御サイクル毎の等価制御入力U2eq(k)を求める。

【0356】

【数50】

$$U_{2eq}(k) = \frac{-1}{sm1 \cdot bm1} \cdot \{ [sm1 \cdot (am1 - 1) + sm2] \cdot \overline{MVO2}(k+dm) + (sm1 \cdot am2 - sm2) \cdot \overline{MVO2}(k+dm-1) - sm1 \cdot (MO2CMD(k+1) - MO2CMD(k)) - sm2 \cdot (MO2CMD(k) - MO2CMD(k-1)) \}$$

(50)

10

20

【0357】

そして、この式(50)で使用する1制御サイクル先の目標偏差出力MO2CMD(k+1)は、下流側排気系制御器10により制御サイクル毎に暫定的に求めることとし、その求められた暫定的な目標偏差出力MO2CMD(k+1)を用いる。

【0358】

この場合、下流側排気系制御器10は、次のようにして暫定的な目標偏差出力MO2CMD(k+1)を求める。

【0359】

すなわち、前記下流側排気系制御器10にあつては、その推定器16は、制御サイクル毎に、前記合計無駄時間dr後の下流側O2センサ6の偏差出力RVO2の推定値である推定偏差出力RVO2(k+dr)バーを前述の通り求める他、さらに、該合計無駄時間drよりも1制御サイクル分、長い時間(dr+1)(以下、この時間を推定必要時間(dr+1)という)の経過後の推定偏差出力RVO2(k+dr+1)バーをも暫定的に求める。そして、下流側排気系制御器10のスライディングモード制御器17は、前述の通り制御サイクル毎の目標偏差出力MO2CMD(k)を算出する他、1制御サイクル分、先の(未来の)目標偏差出力MO2CMD(k+1)をも、上記推定必要時間(dr+1)後の推定偏差出力RVO2(k+dr+1)バーを用いて暫定的に求める。

30

【0360】

この場合、前記推定器16は、前記推定必要時間(dr+1)後の推定偏差出力RVO2(k+dr+1)バーを、次のように算出する。

【0361】

すなわち、推定器16は、前記式(12)の両辺を1制御サイクル分、未来側にシフトし(両辺の「k」を「k+1」に置き換える)、さらにその右辺に式(1)及び式(10)を適用することで得られる次式(51)により、前記推定必要時間(dr+1)後の推定偏差出力RVO2(k+dr+1)バーを制御サイクル毎に暫定的に求める。以下の説明では、この式(51)により算出される推定偏差出力RVO2(k+dr+1)バーを暫定推定偏差出力RVO2(k+dr+1)バーという。

40

【0362】

【数51】

$$\overline{\text{RVO2}}(k+dr+1) = \alpha_{r1p} \cdot \text{RVO2}(k) + \alpha_{r2p} \cdot \text{RVO2}(k-1)$$

$$+ \sum_{j=1}^{dr2} \beta_{rp(j)} \cdot \text{MO2CMD}(k+1-j) \\ + \sum_{i=dr2+1}^{dr+1} \beta_{rp(i)} \cdot \text{MVO2}(k+1+dr2-i) \quad (51)$$

但し、

$$\begin{cases} \alpha_{r1p} = \text{Ar}^{dr+1} \text{の第1行第1列成分} \\ \alpha_{r2p} = \text{Ar}^{dr+1} \text{の第1行第2列成分} \\ \beta_{rp(j)} = \text{Ar}^{j-1} \cdot \text{Brの第1行成分}(j=1, 2, \dots, dr+1) \\ \text{Ar} = \begin{bmatrix} ar1 & ar2 \\ 1 & 0 \end{bmatrix} \\ \text{Br} = \begin{bmatrix} br1 \\ 0 \end{bmatrix} \end{cases}$$

10

【0363】

尚、式(51)中の、係数値「 $r1p$ 」、「 $r2p$ 」、「 $rp(j)$ 」( $j=1, 2, \dots, dr+1$ )は、同式中で定義した通りであり、これらは、基本的には、各制御サイクルで前記同定器15により前記ゲイン係数 $ar1, ar2, br1$ の同定値として求められる最新の同定ゲイン係数 $ar1(k)$ ハット、 $ar2(k)$ ハット、 $br1(k)$ ハットから算出される。この場合、係数値 $r1p$ 、 $r2p$ は、前記式(12)の係数値 $r1$ 、 $r2$ と異なるものとなるが、係数値 $rp(j)$  ( $j=1, 2, \dots, dr+1$ )のうち、 $rp(1)$ 、 $rp(2)$ 、 $\dots$ 、 $rp(dr)$ は、それぞれ、式(12)の係数値 $r(1)$ 、 $r(2)$ 、 $\dots$ 、 $r(dr)$ と同一である。

20

【0364】

また、前記スライディングモード制御器17は、前記式(22)、(24)、(25)のそれぞれの両辺を1制御サイクル分、未来側にシフトしてなる次式(52)、(53)、(54)により、制御サイクル毎に1制御サイクル先の等価制御入力 $U1eq(k+1)$ 、到達則入力 $U1rch(k+1)$ 、適応則入力 $U1adp(k+1)$ を暫定的に求める。

【0365】

30

【数52】

$$U1eq(k+1) = \frac{-1}{sr1 \cdot br1} \{ [sr1 \cdot (ar1 - 1) + sr2] \cdot \overline{\text{RVO2}}(k+dr+1) \\ + (sr1 \cdot ar2 - sr2) \cdot \overline{\text{RVO2}}(k+dr) \} \quad (52)$$

【0366】

【数53】

40

$$U1rch(k+1) = \frac{-1}{sr1 \cdot br1} \cdot F1 \cdot \overline{\sigma 1}(k+dr+1) \quad (53)$$

【0367】

【数54】

$$U1adp(k+1) = \frac{-1}{sr1 \cdot br1} \cdot G1 \cdot \sum_{i=0}^{k+dr+1} (\overline{\sigma 1}(i) \cdot \Delta T) \quad (54)$$

【0368】

50

さらに、次式(55)のように、これらの等価制御入力 $U1eq(k+1)$ 、到達則入力 $U1rch(k+1)$ 、適応則入力 $U1adp(k+1)$ の総和を1制御サイクル先の目標偏差出力 $MO2CMD(k+1)$ として求める。以下、このようにして求められる目標偏差出力 $MO2CMD(k+1)$ を暫定目標偏差出力 $MO2CMD(k+1)$ という。

【0369】

【数55】

$$MO2CMD(k+1)=U1eq(k+1)+U1rch(k+1)+U1adp(k+1) \quad (55)$$

10

【0370】

この場合において、式(52)中の $RV02(k+dr+1)$ バーは、前述のように推定器16が式(51)により算出した暫定推定偏差出力 $RV02(k+dr+1)$ バーを用い、また、 $RV02(k+dr)$ バーは、推定器16が前記式(12)により算出した推定偏差出力 $RV02(k+dr)$ バーを用いる。

【0371】

また、式(53)及び式(54)の演算に必要な切換関数 $1(k+dr+1)$ バーは、推定器16が式(50)及び式(12)によりそれぞれ算出した暫定推定偏差出力 $RV02(k+dr+1)$ バー及び推定偏差出力 $RV02(k+dr)$ バーを用いて前記式(23)に従って算出する。

【0372】

また、前記式(52)、(53)、(54)により、1制御サイクル先の暫定的な等価制御入力 $U1eq(k+1)$ 、到達則入力 $U1rch(k+1)$ 及び適応則入力 $U1adp(k+1)$ を算出する際に必要となる前記ゲイン係数 $ar1$ 、 $ar2$ 、 $br1$ は、基本的には前記同定器15により求められた最新の同定ゲイン係数 $ar1(k)$ ハット、 $ar2(k)$ ハット、 $br1(k)$ ハット(式(22)、(24)、(25)の演算に使用するものと同じもの)を用いる。また、それらの式(52)、(53)、(54)中で用いる前記係数 $sm1$ 、 $sm2$ 、 $F2$ 、 $G2$ の設定条件は前述の通りである。

20

【0373】

尚、下流側排気系制御器10は、上記の如くスライディングモード制御器17により求めた1制御サイクル先の暫定目標偏差出力 $MO2CMD(k+1)$ に、目標偏差出力 $MO2CMD(k)$ と同様のリミット処理を施した後に、該暫定目標偏差出力 $MO2CMD(k+1)$ を上流側排気系制御器11に与える。

30

【0374】

上流側排気系制御器11のスライディングモード制御器22は、上記のようにして下流側排気系制御器10のスライディングモード制御器17が生成した1制御サイクル先の暫定目標偏差出力 $MO2CMD(k+1)$ を前記式(50)の演算に用い、制御サイクル毎の等価制御入力 $U2eq(k)$ を算出する。

【0375】

スライディングモード制御器22は、以上説明したように算出される等価制御入力 $U2eq(k)$ 、到達則入力 $U2rch(k)$ 及び適応則入力 $U2adp(k)$ とから前記式(40)により目標偏差空燃比 $kcmd(k)$ を求める。

40

【0376】

尚、該スライディングモード制御器22は、式(40)により算出した目標偏差空燃比 $kcmd(k)$ に前記スライディングモード制御器17と同様のリミット処理を施して、該目標偏差空燃比 $kcmd(k)$ の値を所定の許容範囲内に制限した上で、前記加算処理部23に該目標偏差空燃比 $kcmd(k)$ を与える。

【0377】

また、本実施形態では、所定の条件下では、目標偏差出力 $MO2CMD$ が定常的に「0」であるとして、すなわち、上流側O<sub>2</sub>センサ7の出力 $MV02/OUT$ の目標値 $MV02/TARGET$ を前記基準値 $MV02/BASE$ ( $=RV02/TARGET$ )として、目標偏差空燃比 $kcmd$ を算出するのであるが、これについては後述する。

50

## 【 0 3 7 8 】

以上説明した内容が、スライディングモード制御器 2 2 の処理の基本的内容である。

## 【 0 3 7 9 】

尚、上記加算処理部 2 3 は、スライディングモード制御器 2 2 が上記のように生成した目標偏差空燃比  $kc_{cmd}(k)$  に前記空燃比基準値  $FLAF/BASE$  を加算することで、制御サイクル毎の目標空燃比  $KCMD(k)$  を決定し、それを前記燃料処理制御器 1 2 に与える。

## 【 0 3 8 0 】

ところで、本実施形態のシステムでは、下流側排気系制御器 1 0 のスライディングモード制御器 1 7 が使用する切換関数 1 の係数  $sr1, sr2$  の比 ( $sr2 / sr1$ ) の絶対値は、上流側排気系制御器 1 1 のスライディングモード制御器 2 2 が使用する切換関数 2 の係数  $sm1, sm2$  の比 ( $sm2 / sm1$ ) の絶対値よりも大きな値に設定されている。

10

## 【 0 3 8 1 】

すなわち、一般に、スライディングモード制御（適応スライディングモード制御を含む）は、所謂、応答指定型制御の一手法であり、該スライディングモード制御に用いる切換関数の係数の値によって、制御量の目標値への収束に際しての減衰速度を指定することができる。

## 【 0 3 8 2 】

例えば、前記スライディングモード制御器 1 7 が使用する切換関数 1 の値が「0」に収束した状態では、前記式 ( 1 3 ) から明らかなように、 $RV02(k) = (-sr2 / sr1) \cdot RV02(k-1)$  であるから、係数  $sr1, sr2$  の比 ( $sr2 / sr1$ ) の絶対値がスライディングモード制御器 1 7 の制御量としての偏差出力  $RV02$  の減衰速度 ( 1 制御サイクル当たりの減衰量 ) を規定するものとなる (  $|sr2 / sr1|$  が  $0 < |sr2 / sr1| < 1$  の範囲で「0」に近づく程、減衰速度が早くなる )。このことは、スライディングモード制御器 2 2 が使用する切換関数 2 の係数  $sm1, sm2$  についても同様である ( 以下、比 ( $sr2 / sr1$ ) , ( $sm2 / sm1$ ) を減衰パラメータ  $Rpole$  ,  $Mpole$  という )。

20

## 【 0 3 8 3 】

一方、スライディングモード制御器 1 7 , 2 2 は、基本的には、それらの制御処理を合わせて下流側 O2 センサ 6 の出力  $RV02/OUT$  をそれに対する目標値  $RV02/TARGET$  に収束させるように、前記下流側排気系 E1 及び上流側排気系 E2 を合わせた全体排気系 E に対する制御入力としてのエンジン 1 の目標空燃比  $KCMD$  を表す目標偏差空燃比  $kc_{cmd}$  を決定するものである。このとき、スライディングモード制御器 1 7 , 2 2 の制御処理の相互の干渉を抑え、全体排気系 E の出力である下流側 O2 センサ 6 の出力  $RV02/OUT$  の安定性を確保する上では、スライディングモード制御器 1 7 のフィードバックゲインをスライディングモード制御器 2 2 のフィードバックゲインよりも小さくすることが好ましい。ここで、スライディングモード制御器 1 7 のフィードバックゲインは、下流側排気系 E1 の出力 ( 出力  $RV02/OUT$  あるいは偏差出力  $RV02$  ) の変化に対する下流側排気系 E1 の制御入力 ( 目標偏差出力  $MO2CMD$  ) の変化の割合を意味し、スライディングモード制御器 2 2 のフィードバックゲインは、上流側排気系 E2 の出力 ( 出力  $MV02/OUT$  あるいは偏差出力  $RV02$  ) の変化に対する上流側排気系 E2 の制御入力 ( 目標偏差空燃比  $kc_{cmd}$  ) の変化の割合を意味するものである。そして、前者のフィードバックゲインを後者のそれよりも小さくするためには、スライディングモード制御器 1 7 の制御量としての偏差出力  $RV02$  の減衰速度を、スライディングモード制御器 2 2 の制御量としての前記誤差出力  $e$  ( 式 ( 3 7 ) を参照 ) の減衰速度よりも遅くすればよい。

30

40

## 【 0 3 8 4 】

そこで、本実施形態では、スライディングモード制御器 1 7 に係わる前記減衰パラメータ  $Rpole$  の絶対値  $|Rpole|$  を、スライディングモード制御器 2 2 に係わる減衰パラメータ  $Mpole$  の絶対値  $|Mpole|$  よりも大きくし (  $|Rpole| > |Mpole|$  )、これによって、スライディングモード制御器 1 7 のフィードバックゲインをスライディングモード制御器 2 2 のフィードバックゲインよりも小さくしている。

## 【 0 3 8 5 】

50

次に、前記燃料処理制御器 12 を説明する。

【0386】

燃料処理制御器 12 は、図 6 に示すように、その機能的構成として、エンジン 1 への基本燃料噴射量  $T_{im}$  を求める基本燃料噴射量算出部 24 と、基本燃料噴射量  $T_{im}$  を補正するための第 1 補正係数  $K_{TOTAL}$  及び第 2 補正係数  $K_{CMDM}$  をそれぞれ求める第 1 補正係数算出部 25 及び第 2 補正係数算出部 26 とを具備する。

【0387】

前記基本燃料噴射量算出部 24 は、エンジン 1 の回転数  $NE$  と吸気圧  $PB$  とから、それらに応じたエンジン 1 の基準の燃料噴射量（燃料供給量）をあらかじめ設定されたマップを用いて求め、その基準の燃料噴射量をエンジン 1 の図示しないスロットル弁の有効開口面積に

10

【0388】

また、第 1 補正係数算出部 25 が求める第 1 補正係数  $K_{TOTAL}$  は、エンジン 1 の排気還流率（エンジン 1 の吸入空気中に含まれる排ガスの割合）や、エンジン 1 の図示しないキャニスタのパージ時にエンジン 1 に供給される燃料のパージ量、エンジン 1 の冷却水温、吸気温等を考慮して前記基本燃料噴射量  $T_{im}$  を補正するためのものである。

【0389】

また、第 2 補正係数算出部 10 が求める第 2 補正係数  $K_{CMDM}$  は、前記上流側排気系制御器 11 が生成した目標空燃比  $K_{CMD}$  に対応してエンジン 1 へ流入する燃料の冷却効果による吸入空気の充填効率を考慮して基本燃料噴射量  $T_{im}$  を補正するためのものである。

20

【0390】

これらの第 1 補正係数  $K_{TOTAL}$  及び第 2 補正係数  $K_{CMDM}$  による基本燃料噴射量  $T_{im}$  の補正は、第 1 補正係数  $K_{TOTAL}$  及び第 2 補正係数  $K_{CMDM}$  を基本燃料噴射量  $T_{im}$  に乗算することで行われ、この補正によりエンジン 1 の要求燃料噴射量  $T_{cyl}$  が得られる。

【0391】

尚、前記基本燃料噴射量  $T_{im}$  や、第 1 補正係数  $K_{TOTAL}$ 、第 2 補正係数  $K_{CMDM}$  のより具体的な算出手法は、特開平 5 - 79374 号公報等に本願出願人が開示しているので、ここでは詳細な説明を省略する。

【0392】

燃料処理制御器 12 は、上記の機能的構成の他、さらに、上流側排気系制御器 11 が逐次生成する目標空燃比  $K_{CMD}$  に  $LA F$  センサ 8 の出力  $KACT$ （空燃比の検出値）を収束させるようにフィードバック制御によりエンジン 1 の燃料噴射量を調整するフィードバック制御部 27 を備えている。

30

【0393】

このフィードバック制御部 27 は、本実施形態では、エンジン 1 の各気筒の全体的な空燃比をフィードバック制御する大局的フィードバック制御部 28 と、エンジン 1 の各気筒毎の空燃比をフィードバック制御する局所的フィードバック制御部 29 とに分別される。

【0394】

前記大局的フィードバック制御部 28 は、 $LA F$  センサ 8 の出力  $KACT$  を前記目標空燃比  $K_{CMD}$  に収束させるように前記要求燃料噴射量  $T_{cyl}$  を補正する（要求燃料噴射量  $T_{cyl}$  に乗算する）フィードバック補正係数  $KFB$  を逐次求めるものである。

40

【0395】

この大局的フィードバック制御部 28 は、 $LA F$  センサ 8 の出力  $KACT$  と目標空燃比  $K_{CMD}$  との偏差に応じて周知の  $PID$  制御を用いて前記フィードバック補正係数  $KFB$  としてのフィードバック操作量  $KLAF$  を生成する  $PID$  制御器 30 と、 $LA F$  センサ 8 の出力  $KACT$  と目標空燃比  $K_{CMD}$  とからエンジン 1 の運転状態の変化や特性変化等を考慮して前記フィードバック補正係数  $KFB$  を規定するフィードバック操作量  $KSTR$  を適応的に求める適応制御器 31（図では  $STR$  と称している）とをそれぞれ独立的に具備している。

【0396】

ここで、本実施形態では、前記  $PID$  制御器 30 が生成するフィードバック操作量  $KLAF$  は

50

、L A F センサ 8 の出力 KACT ( 空燃比の検出値 ) が目標空燃比 KCMD に一致している状態で「 1 」となり、該操作量 KLAF をそのまま前記フィードバック補正係数 KFB として使用できるようになっている。一方、適応制御器 3 1 が生成するフィードバック操作量 KSTR は L A F センサ 8 の出力 KACT が目標空燃比 KCMD に一致する状態で「目標空燃比 KCMD」となるものである。このため、該フィードバック操作量 KSTR を除算処理部 3 2 で目標空燃比 KCMD により除算してなるフィードバック操作量  $kstr (= KSTR / KCMD)$  が前記フィードバック補正係数 KFB として使用できるようになっている。

【 0 3 9 7 】

そして、大局的フィードバック制御部 2 8 は、P I D 制御器 3 0 により生成されるフィードバック操作量 KLAF と、適応制御器 3 1 が生成するフィードバック操作量 KSTR を目標空燃比 KCMD により除算してなるフィードバック操作量  $kstr$  とを切換部 3 3 で適宜、択一的に選択する。さらに、その選択したいずれか一方のフィードバック操作量 KLAF 又は  $kstr$  を前記フィードバック補正係数 KFB として使用し、該補正係数 KFB を前記要求燃料噴射量  $T_{cyl}$  に乗算することにより該要求燃料噴射量  $T_{cyl}$  を補正する。尚、かかる大局的フィードバック制御部 2 8 ( 特に適応制御器 3 1 ) については後にさらに詳細に説明する。

【 0 3 9 8 】

前記局所的フィードバック制御部 2 9 は、L A F センサ 8 の出力 KACT から各気筒毎の実空燃比  $\#nA/F$  ( $n=1,2,3,4$ ) を推定するオブザーバ 3 4 と、このオブザーバ 3 4 により推定された各気筒毎の実空燃比  $\#nA/F$  から各気筒毎の空燃比のばらつきを解消するよう、P I D 制御を用いて各気筒毎の燃料噴射量のフィードバック補正係数  $\#nKLAF$  をそれぞれ求める複数 ( 気筒数個 ) の P I D 制御器 3 5 とを具備する。

【 0 3 9 9 】

ここで、オブザーバ 3 4 は、それを簡単に説明すると、各気筒毎の実空燃比  $\#nA/F$  の推定を次のように行うものである。すなわち、エンジン 1 から L A F センサ 8 の箇所 ( 各気筒毎の排ガスの集合部 ) にかけての系を、エンジン 1 の各気筒毎の実空燃比  $\#nA/F$  から L A F センサ 8 で検出される空燃比を生成する系と考え、これを、L A F センサ 8 の検出応答遅れ ( 例えば一次遅れ ) や、L A F センサ 8 で検出される空燃比に対するエンジン 1 の各気筒毎の空燃比の時間的寄与度を考慮してモデル化する。そして、そのモデルの基で、L A F センサ 8 の出力 KACT から、逆算的に各気筒毎の実空燃比  $\#nA/F$  を推定する。

【 0 4 0 0 】

尚、このようなオブザーバ 3 4 は、本願出願人が例えば特開平 7 - 8 3 0 9 4 号公報に詳細に開示しているので、ここでは、さらなる説明を省略する。

【 0 4 0 1 】

また、局所的フィードバック制御部 2 9 の各 P I D 制御器 3 5 は、L A F センサ 8 の出力 KACT を、燃料処理制御器 1 2 における前回の制御サイクルで各 P I D 制御器 3 5 により求められたフィードバック補正係数  $\#nKLAF$  の全気筒についての平均値により除算してなる値を各気筒の空燃比の目標値とする。そして、その目標値とオブザーバ 3 4 により求められた各気筒毎の実空燃比  $\#nA/F$  の推定値との偏差が解消するように、今回の制御サイクルにおける、各気筒毎のフィードバック補正係数  $\#nKLAF$  を求める。

【 0 4 0 2 】

さらに、局所的フィードバック制御部 2 9 は、前記要求燃料噴射量  $T_{cyl}$  に大局的フィードバック制御部 2 8 のフィードバック補正係数 KFB を乗算してなる値に、各気筒毎のフィードバック補正係数  $\#nKLAF$  を乗算することで、各気筒の出力燃料噴射量  $\#nT_{out}$  ( $n=1,2,3,4$ ) を求める。

【 0 4 0 3 】

このようにして求められる各気筒の出力燃料噴射量  $\#nT_{out}$  は、燃料処理制御器 1 2 に備えた各気筒毎の付着補正部 3 6 により吸気管の壁面付着を考慮した補正が各気筒毎になされた後、エンジン 1 の図示しない燃料噴射装置に与えられ、その付着補正がなされた出力燃料噴射量  $\#nT_{out}$  で、エンジン 1 の各気筒への燃料噴射が行われるようになっている。

【 0 4 0 4 】

尚、上記付着補正については、本願出願人が例えば特開平 8 - 2 1 2 7 3 号公報に詳細に開示しているので、ここではさらなる説明を省略する。

【 0 4 0 5 】

前記大局的フィードバック制御部 2 8、特に前記適応制御器 3 1 をさらに説明する。

【 0 4 0 6 】

前記図 6 を参照して、大局的フィードバック制御部 2 8 は、前述のように L A F センサ 8 の出力 KACT ( 空燃比の検出値 ) を目標空燃比 KCMD に収束させるようにフィードバック制御を行うものであるが、このとき、このようなフィードバック制御を周知の P I D 制御だけで行うようにすると、エンジン 1 の運転状態の変化や経年的特性変化等、動的な挙動変化に対して、安定した制御性を確保することが困難である。

10

【 0 4 0 7 】

前記適応制御器 3 1 は、上記のようなエンジン 1 の動的な挙動変化を補償したフィードバック制御を可能とする漸化式形式の制御器であり、I . D . ランダウ等により提唱されているパラメータ調整則を用いて、図 7 に示すように、複数の適応パラメータを設定するパラメータ調整部 3 8 と、設定された適応パラメータを用いて前記フィードバック操作量 KSTR を算出する操作量算出部 3 7 とにより構成されている。

【 0 4 0 8 】

ここで、パラメータ調整部 3 8 について説明すると、ランダウ等の調整則では、離散系の制御対象の伝達関数  $B(Z^{-1})/A(Z^{-1})$  の分母分子の多項式を一般的に下記の式 ( 5 6 ) , ( 5 7 ) のようにおいたとき、パラメータ調整部 3 8 が設定する適応パラメータ

20

ハット ( j ) ( j は制御サイクルの番数を示す ) は、式 ( 5 8 ) のようにベクトル ( 転置ベクトル ) で表される。また、パラメータ調整部 3 7 への入力 ( j ) は、式 ( 5 9 ) のように表される。この場合、本実施形態では、大局的フィードバック制御部 2 8 の制御対象であるエンジン 1 が一次系で 3 制御サイクル分の無駄時間  $d_p$  ( エンジン 1 の燃焼サイクルの 3 サイクル分の時間 ) を持つプラントと考え、式 ( 5 6 ) ~ 式 ( 5 9 ) で  $m = n = 1$  ,  $d_p = 3$  とし、設定する適応パラメータは  $s_0, r_1, r_2, r_3, b_0$  の 5 個とした ( 図 7 参照 ) 。尚、式 ( 5 9 ) の上段式及び中段式における  $u_s, y_s$  は、それぞれ、制御対象への入力 ( 操作量 ) 及び制御対象の出力 ( 制御量 ) を一般的に表したものであるが、本実施形態では、上記入力をフィードバック操作量 KSTR、制御対象 ( エンジン 1 ) の出力を前記 L A F センサ 8 の出力 KACT ( 空燃比の検出値 ) とし、パラメータ調整部 3 8 への入力 ( j )

30

【 0 4 0 9 】

【 数 5 6 】

$$A(Z^{-1})=1+a_1Z^{-1}+-----+a_nZ^{-n} \quad (56)$$

【 0 4 1 0 】

【 数 5 7 】

40

$$B(Z^{-1})=b_0+b_1Z^{-1}+-----+b_mZ^{-m} \quad (57)$$

【 0 4 1 1 】

【 数 5 8 】

$$\begin{aligned}
 \hat{\theta}^T(j) &= [\hat{b}_0(j), \hat{B}_R(Z^{-1}, j), \hat{S}(Z^{-1}, j)] \\
 &= [b_0(j), r_1(j), \dots, r_{m+dp-1}(j), s_0(j), \dots, s_{n-1}(j)] \\
 &= [b_0(j), r_1(j), r_2(j), r_3(j), s_0(j)] \quad (58)
 \end{aligned}$$

【 0 4 1 2 】

【 数 5 9 】

10

$$\begin{aligned}
 \zeta^T(j) &= [us(j), \dots, us(j-m-dp+1), ys(j), \dots, ys(j-n+1)] \\
 &= [us(j), us(j-1), us(j-2), us(j-3), ys(j)] \\
 &= [KSTR(j), KSTR(j-1), KSTR(j-2), \\
 &\quad KSTR(j-3), KACT(j)] \quad (59)
 \end{aligned}$$

【 0 4 1 3 】

ここで、前記式(58)に示される適応パラメータ ハットは、適応制御器31のゲインを決定するスカラー量要素  $b_0$  ハット  $^{-1}(Z^{-1}, j)$ 、操作量を用いて表現される制御要素  $B_R$  ハット  $(Z^{-1}, j)$ 、及び制御量を用いて表現される制御要素  $S(Z^{-1}, j)$  からなり、それぞれ、次式(60)～(62)により表現される(図7の操作量算出部37のブロック図を参照)。

20

【 0 4 1 4 】

【 数 6 0 】

$$\hat{b}_0^{-1}(j) = \frac{1}{b_0} \quad (60)$$

【 0 4 1 5 】

【 数 6 1 】

30

$$\begin{aligned}
 \hat{B}_R(Z^{-1}, j) &= r_1 Z^{-1} + r_2 Z^{-2} + \dots + r_{m+dp-1} Z^{-(n+dp-1)} \\
 &= r_1 Z^{-1} + r_2 Z^{-2} + r_3 Z^{-3} \quad (61)
 \end{aligned}$$

【 0 4 1 6 】

【 数 6 2 】

$$\begin{aligned}
 \hat{S}(Z^{-1}, j) &= s_0 + s_1 Z^{-1} + \dots + s_{n-1} Z^{-(n-1)} \\
 &= s_0 \quad (62)
 \end{aligned}$$

40

【 0 4 1 7 】

パラメータ調整部38は、これらのスカラー量要素や制御要素の各係数を設定して、それを式(58)に示す適応パラメータ ハットとして操作量算出部37に与えるもので、現在から過去に渡るフィードバック操作量KSTRの時系列データとLAFセンサ8の出力KACTとを用いて、該出力KACTが前記目標空燃比KCMDに一致するように、適応パラメータ ハットを算出する。

【 0 4 1 8 】

50



この場合、具体的には、適応パラメータ ハットは、次式 ( 6 3 ) により算出する。

【 0 4 1 9 】

【 数 6 3 】

$$\hat{\theta}(j) = \hat{\theta}(j-1) + \Gamma(j-1) \cdot \zeta(j-dp) \cdot e^*(j) \quad (63)$$

【 0 4 2 0 】

同式 ( 6 3 ) において、 $\Gamma(j)$  は、適応パラメータ ハットの設定速度を決定するゲイン行列 ( この行列の次数は  $m + n + d_p$  )、 $e^*(j)$  は、適応パラメータ ハットの推定誤差を示すもので、それぞれ式 ( 6 4 )、( 6 5 ) のような漸化式で表される。

【 0 4 2 1 】

【 数 6 4 】

$$\Gamma(j) = \frac{1}{\lambda_1(j)} \cdot \left[ \Gamma(j-1) - \frac{\lambda_2(j) \cdot \Gamma(j-1) \cdot \zeta(j-dp) \cdot \zeta(j-dp)^T \cdot \Gamma(j-1)}{\lambda_1(j) + \lambda_2(j) \cdot \zeta(j-dp)^T \cdot \Gamma(j-1) \cdot \zeta(j-dp)} \right] \quad (64)$$

但し、 $0 < \lambda_1(j) \leq 1$ ,  $0 \leq \lambda_2(j) < 2$ ,  $\Gamma(0) > 0$

【 0 4 2 2 】

【 数 6 5 】

$$e^*(j) = \frac{D(Z^{-1}) \cdot KACT(j) - \hat{\theta}^T(j-1) \cdot \zeta(j-dp)}{1 + \zeta^T(j-dp) \cdot \Gamma(j-1) \cdot \zeta(j-dp)} \quad (65)$$

【 0 4 2 3 】

ここで、式 ( 6 5 ) 中の「 $D(Z^{-1})$ 」は、収束性を調整するための、漸近安定な多項式であり、本実施形態では  $D(Z^{-1}) = 1$  としている。

【 0 4 2 4 】

尚、式 ( 6 4 ) の  $\lambda_1(j)$ ,  $\lambda_2(j)$  の選び方により、漸減ゲインアルゴリズム、可変ゲインアルゴリズム、固定トレースアルゴリズム、固定ゲインアルゴリズム等の種々の具体的なアルゴリズムが得られる。エンジン 1 の燃料噴射あるいは空燃比等の時変プラントでは、漸減ゲインアルゴリズム、可変ゲインアルゴリズム、固定ゲインアルゴリズム、および固定トレースアルゴリズムのいずれもが適している。

【 0 4 2 5 】

前述のようにパラメータ調整部 38 により設定される適応パラメータ ハット ( $s_0$ ,  $r_1$ ,  $r_2$ ,  $r_3$ ,  $b_0$ ) と、前記上流側排気系制御器 12 により決定される目標空燃比  $KCMD$  とを用いて、操作量算出部 37 は、次式 ( 6 6 ) の漸化式により、フィードバック操作量  $KSTR$  を求める。図 7 の操作量算出部 37 は、同式 ( 6 6 ) の演算をブロック図で表したものである。

【 0 4 2 6 】

【 数 6 6 】

$$KSTR = \frac{1}{b_0} \cdot \left[ KCMD(j) - s_0 \cdot KACT(j) - r_1 \cdot KSTR(j-1) - r_2 \cdot KSTR(j-2) - r_3 \cdot KSTR(j-3) \right] \quad (66)$$

#### 【 0 4 2 7 】

尚、式 ( 6 6 ) により求められるフィードバック操作量KSTRは、L A F センサ 8 の出力KACTが目標空燃比KCMDに一致する状態において、「目標空燃比KCMD」となる。このために、  
前述の如く、フィードバック操作量KSTRを除算処理部 3 2 によって目標空燃比KCMDで除算  
することで、前記フィードバック補正係数KFB として使用できるフィードバック操作量ks  
trを求めるようにしている。

#### 【 0 4 2 8 】

このように構築された適応制御器 3 1 は、前述したことから明らかなように、制御対象であるエンジン 1 の動的な挙動変化を考慮した漸化式形式の制御器であり、換言すれば、エンジン 1 の動的な挙動変化を補償するために、漸化式形式で記述された制御器である。そして、より詳しくは、漸化式形式の適応パラメータ調整機構を備えた制御器と定義することができる。

#### 【 0 4 2 9 】

尚、この種の漸化式形式の制御器は、所謂、最適レギュレータを用いて構築する場合もあるが、この場合には、一般にはパラメータ調整機構は備えられておらず、エンジン 1 の動的な挙動変化を補償する上では、前述のように構成された適応制御器 3 1 が好適である。

#### 【 0 4 3 0 】

以上が、本実施形態で採用した適応制御器 3 1 の詳細である。

#### 【 0 4 3 1 】

尚、適応制御器 3 1 と共に、大局的フィードバック制御部 2 8 に具備したP I D 制御器 3 0 は、一般のP I D 制御と同様に、L A F センサ 8 の出力KACTと、目標空燃比KCMDとの偏差から、比例項 ( P 項 ) 、積分項 ( I 項 ) 及び微分項 ( D 項 ) を算出し、それらの各項の総和をフィードバック操作量KLAFとして算出する。この場合、本実施形態では、積分項 ( I 項 ) の初期値を “ 1 ” とすることで、L A F センサ 8 の出力KACTが目標空燃比KCMDに一致する状態において、フィードバック操作量KLAFが “ 1 ” になるようにし、該フィードバック操作量KLAFをそのまま燃料噴射量を補正するための前記フィードバック補正係数KFB として使用することができるようにしている。また、比例項、積分項及び微分項のゲインは、エンジン 1 の回転数と吸気圧とから、あらかじめ定められたマップを用いて決定される。

#### 【 0 4 3 2 】

また、大局的フィードバック制御部 2 8 の前記切換部 3 3 は、エンジン 1 の冷却水温の低温時や、高速回転運転時、吸気圧の低圧時等、エンジン 1 の燃焼が不安定なものとなりやすい場合、あるいは、目標空燃比KCMDの変化が大きい時や、空燃比のフィードバック制御の開始直後等、これに応じたL A F センサ 8 の出力KACTが、そのL A F センサ 8 の応答遅れ等によって、信頼性に欠ける場合、あるいは、エンジン 1 のアイドル運転時のようなエンジン 1 の運転状態が極めて安定していて、適応制御器 3 1 による高ゲイン制御を必要としない場合には、P I D 制御器 3 0 により求められるフィードバック操作量KLAFを燃料噴射量を補正するためのフィードバック補正量数KFB として出力する。そして、上記のような場合以外の状態で、適応制御器 3 1 により求められるフィードバック操作量KSTRを目標空燃比KCMDで除算してなるフィードバック操作量kstrを燃料噴射量を補正するためのフィードバック補正係数KFB として出力する。これは、適応制御器 3 1 が、高ゲイン制御で、L A F センサ 8 の出力KACTを急速に目標空燃比KCMDに収束させるように機能するため、上記のようにエンジン 1 の燃焼が不安定となったり、L A F センサ 8 の出力KACTの信頼性に欠

ける等の場合に、適応制御器 3 1 のフィードバック操作量KSTRを用いると、かえって空燃比の制御が不安定なものとなる虞れがあるからである。

【 0 4 3 3 】

このような切換部 3 3 の作動は、例えば特開平 8 - 1 0 5 3 4 5 号公報に本願出願人が詳細に開示しているので、ここでは、さらなる説明を省略する。

【 0 4 3 4 】

次に、本実施形態の装置の全体の作動を説明する。

【 0 4 3 5 】

まず、図 6 及び図 8 のフローチャートを参照して、前記燃料処理制御器 1 2 によるエンジン 1 の燃料噴射量の決定処理について説明する。燃料処理制御器 1 2 は、この処理をエンジン 1 のクランク角周期 ( T D C ) と同期した制御サイクルで次のように行う。

【 0 4 3 6 】

燃料処理制御器 1 2 は、まず、エンジン 1 の回転数NE、吸気圧PB等を検出する図示しないセンサや、下流側及び上流側 O<sub>2</sub> センサ 6 , 7、L A F センサ 8 等、各種センサの出力を読み込む ( S T E P a )。この場合、本実施形態では、前記下流側排気系制御器 1 0 及び上流側排気系制御器 1 1 の処理に必要な下流側及び上流側 O<sub>2</sub> センサ 6 , 7 の出力RV02/OUT, MV02/OUT、並びに L A F センサ 8 の出力KACTは、燃料処理制御器 1 2 を介してそれらの排気系制御器 1 0 , 1 1 に与えられるようになっている。このため、上記の各出力RV02/OUT, MV02/OUT, KACTの読み込まれたデータは、過去の制御サイクルで取得したものを含めて図示しないメモリに時系列的に記憶保持される。

【 0 4 3 7 】

次いで、基本燃料噴射量算出部 2 4 によって、前述の如くエンジン 1 の回転数NE及び吸気圧PBに対応する燃料噴射量をスロットル弁の有効開口面積に応じて補正してなる基本燃料噴射量 T<sub>im</sub>が求められる ( S T E P b )。さらに、第 1 補正係数算出部 2 5 によって、エンジン 1 の冷却水温やキャニスタのパージ量等に応じた第 1 補正係数KTOTALが算出される ( S T E P c )。

【 0 4 3 8 】

次いで、燃料処理制御器 1 2 は、前記上流側排気系制御器 1 1 が生成する目標空燃比KCMDをエンジン 1 の空燃比を操作するために使用するか否か (ここでは、空燃比操作の O N / O F F という) の判別処理を行って、この空燃比操作の O N / O F F を規定するフラグ f / prism/on の値を設定する ( S T E P d )。このフラグ f / prism/on の値は、それが「 0 」のとき、上流側排気系制御器 1 1 が生成する目標空燃比KCMDを使用しないこと ( O F F ) を意味し、「 1 」のとき、上流側排気系制御器 1 1 が生成する目標空燃比KCMDを使用すること ( O N ) を意味する。

【 0 4 3 9 】

上記の判別処理では、図 9 に示すように、上流側 O<sub>2</sub> センサ 7 が活性化しているか否かの判別 ( S T E P d - 1 )、並びに L A F センサ 8 が活性化しているか否かの判別 ( S T E P d - 2 ) が行われる。この判別は、上流側 O<sub>2</sub> センサ 7 では、例えば該 O<sub>2</sub> センサ 7 の出力電圧に基づいて行われ、L A F センサ 8 では、例えば該センサ 8 を構成するセンサ素子の抵抗値に基づいて行われる。

【 0 4 4 0 】

このとき、上流側 O<sub>2</sub> センサ 7 及び L A F センサ 8 のいずれかが活性化していない場合には、燃料処理制御器 1 2 の処理に使用する上流側 O<sub>2</sub> センサ 7 あるいは L A F センサ 8 の出力データ ( 検出データ ) を精度よく得ることができないため、フラグ f / prism/on の値を「 0 」にセットする ( S T E P d - 1 0 )。

【 0 4 4 1 】

また、エンジン 1 のリーン運転中 ( 希薄燃焼運転 ) であるか否か、エンジン 1 の始動直後の触媒装置 3 , 4 の早期活性化を図るためにエンジン 1 の点火時期が遅角側に制御されているか否か、エンジン 1 のスロットル弁が全開であるか否か、及びエンジン 1 のフュエルカット中 ( 燃料供給の停止中 ) であるか否かの判別が行われる ( S T E P d - 3 ~ d - 6

10

20

30

40

50

）。そして、これらのいずれかの条件が成立している場合には、上流側排気系制御器 1 1 が生成する目標空燃比KCMDを使用してエンジン 1 の空燃比を操作することは好ましくないか、もしくは操作することができないので、フラグf/prism/onの値を「0」にセットする (STEP d - 10)。

#### 【0442】

さらに、エンジン 1 の回転数NE及び吸気圧PBがそれぞれ所定範囲内 (正常な範囲内) にあるか否かの判別が行われ (STEP d - 7, d - 8)、いずれかが所定範囲内にない場合には、上流側排気系制御器 1 1 が生成する目標空燃比KCMDを使用してエンジン 1 の空燃比を操作することは好ましくないので、フラグf/prism/onの値を「0」にセットする (STEP d - 10)。

10

#### 【0443】

そして、STEP d - 1, d - 2, d - 7, d - 8 の条件が満たされ、且つ、STEP d - 3 ~ d - 6 の条件が成立していない場合に (このような場合はエンジン 1 の通常の運転状態である)、上流側排気系制御器 1 1 が生成する目標空燃比KCMDをエンジン 1 の空燃比の操作に使用すべく、フラグf/prism/onの値を「1」にセットする (STEP d - 9)。

#### 【0444】

図 8 に戻って、上記のようにフラグf/prism/onの値を設定した後、燃料処理制御器 1 2 は、フラグf/prism/onの値を判断し (STEP e)、f/prism/on = 1 である場合には、上流側排気系制御器 1 2 が生成した最新の目標空燃比KCMDを読み込む (STEP f)。また、f/prism/on = 0 である場合には、目標空燃比KCMDを所定値に設定する (STEP g)。この場合、目標空燃比KCMDとして設定する所定値は、例えばエンジン 1 の回転数NEや吸気圧PBからあらかじめ定めたマップ等を用いて決定する。

20

#### 【0445】

次いで、燃料処理制御器 1 2 は、前記局所的フィードバック制御部 2 9 において、前述の如くオブザーバ 3 4 により L A F センサ 8 の出力KACTから推定した各気筒毎の実空燃比#nA/F に基づき、P I D 制御器 3 5 により、各気筒毎の空燃比のばらつきを解消するためのフィードバック補正係数#nKLAFを算出する (STEP h)。さらに、大局的フィードバック制御部 2 8 により、フィードバック補正係数KFB を算出する (STEP i)。

#### 【0446】

30

この場合、大局的フィードバック制御部 2 8 は、前述の如く、P I D 制御器 3 0 により求められるフィードバック操作量KLAFと、適応制御器 3 1 により求められるフィードバック操作量KSTRを目標空燃比KCMDで除算してなるフィードバック操作量kstrとから、切換部 3 3 によってエンジン 1 の運転状態等に応じていずれか一方のフィードバック操作量KLAF又はkstrを選択する (通常的には適応制御器 3 1 側のフィードバック操作量kstrが選択される)。そして、それを燃料噴射量を補正するためのフィードバック補正係数KFB として決定する。

#### 【0447】

尚、フィードバック補正係数KFB を、P I D 制御器 3 0 側のフィードバック操作量KLAFから適応制御器 3 1 側のフィードバック操作量kstrに切り換える際には、該補正係数KFB の急変を回避するために、適応制御器 3 1 は、その切り換えの際の制御サイクルに限り、補正係数KFB を前回の制御サイクルにおける補正係数KFB (=KLAF) に保持するように、フィードバック操作量KSTRを求める。同様に、補正係数KFB を、適応制御器 3 1 側のフィードバック操作量kstrから P I D 制御器 3 0 側のフィードバック操作量KLAFに切り換える際には、P I D 制御器 3 0 は、自身が前回の制御サイクルで求めたフィードバック操作量KLAFが、前回の制御サイクルにおける補正係数KFB (=kstr) であったものとして、今回のフィードバック操作量KLAFを算出する。

40

#### 【0448】

上記のようにしてフィードバック補正係数KFB を算出した後、燃料処理制御器 1 2 は、さらに、前記STEP f 又はSTEP g で決定された目標空燃比KCMDに応じた前記第 2 補正

50

係数KCMDM を第 2 補正係数算出部 26 により算出する (STEP j)。

【0449】

次いで、燃料処理制御器 12 は、前述のように求められた基本燃料噴射量  $T_{im}$  に、第 1 補正係数KTOTAL、第 2 補正係数KCMDM、フィードバック補正係数KFB、及び各気筒毎のフィードバック補正係数 $\#nKLAF$ を乗算することで、各気筒毎の出力燃料噴射量 $\#nT_{out}$ を求める (STEP k)。そして、この各出力燃料噴射量 $\#nT_{out}$ が、付着補正部 36 によって、エンジン 1 の吸気管の壁面への燃料の付着を考慮した補正を施された後 (STEP m)、最終的な燃料噴射量の指令値として、エンジン 1 の図示しない燃料噴射装置に出力される (STEP n)。

【0450】

そして、エンジン 1 にあっては、各気筒毎の出力燃料噴射量 $\#nT_{out}$ に従って、各気筒への燃料噴射が行われる。

【0451】

以上のような各気筒毎の出力燃料噴射量 $\#nT_{out}$ の算出及びそれに応じたエンジン 1 の燃料噴射がエンジン 1 のクランク角周期 (TDC) に同期した制御サイクルで逐次行われ、これにより、LAF センサ 8 の出力KACT (空燃比の検出値) が、目標空燃比KCMDに収束するように、エンジン 1 の空燃比が操作される。この場合、特に、フィードバック補正係数KFBとして、適応制御器 31 側のフィードバック操作量 $k_{str}$ を使用している状態では、エンジン 1 の運転状態の変化や特性変化等の挙動変化に対して、高い安定性を有して、LAF センサ 8 の出力KACTを迅速に目標空燃比KCMDに収束制御することができる。また、エンジン 1 が有する応答遅れの影響も適正に補償することができる。

【0452】

一方、前述のようなエンジン 1 の空燃比の操作 (燃料噴射量の調整制御) と並行して、前記下流側排気系制御器 10 及び上流側排気系制御器 11 は、それぞれ互いに同期した一定周期の制御サイクルで図 10 及び図 15 のフローチャートに示すメインルーチン処理を行う。

【0453】

まず、下流側排気系制御器 10 について説明する。

【0454】

図 10 を参照して、下流側排気系制御器 10 は、まず、自身の演算処理 (前記同定器 15、推定器 16、スライディングモード制御器 17 の演算処理等) を実行するか否かの判別処理を行って、その実行の可否を規定するフラグ $f/rcal$ の値を設定する (STEP 1)。このフラグ $f/rcal$ の値は、それが「0」のとき、下流側排気系制御器 10 における演算処理を行わないことを意味し、「1」のとき、下流側排気系制御器 10 における演算処理を行うことを意味する。

【0455】

上記の判別処理は、図 11 のフローチャートに示すように行われる。

【0456】

まず、下流側 O<sub>2</sub> センサ 6 が活性化しているか否かの判別 (STEP 1-1)、並びに上流側 O<sub>2</sub> センサ 7 が活性化しているか否かの判別 (STEP 1-2) が行われる。この判別は、前記燃料処理制御器 12 による前記 STEP d-1 (図 9) の判別の場合と同様に、例えば各センサ 6, 7 の出力電圧に基づいて行われる。

【0457】

このとき、下流側及び上流側 O<sub>2</sub> センサ 6, 7 のいずれかが活性化していない場合には、下流側排気系制御器 10 の演算処理に使用する下流側 O<sub>2</sub> センサ 6 あるいは上流側 O<sub>2</sub> センサ 7 の出力データ (検出データ) を精度よく得ることができないため、フラグ $f/rcal$ の値を「0」にセットする (STEP 1-6)。さらにこのとき、同定器 15 の後述する初期化を行うために、その初期化を行うか否かをそれぞれ「1」、「0」で表すフラグ $f/ldr/reset$ の値を「1」にセットする (STEP 1-7)。

【0458】

10

20

30

40

50

また、エンジン 1 のリーン運転中（希薄燃焼運転）であるか否か、及びエンジン 1 の始動直後の触媒装置 3, 4 の早期活性化を図るためにエンジン 1 の点火時期が遅角側に制御されているか否かの判別が行われる（STEP 1 - 3, 1 - 4）。これらのいずれかの条件が成立している場合には、下流側 O<sub>2</sub> センサ 6 の出力 RV02/OUT をその目標値 RV02/TARGET に収束させるような目標空燃比 KCMD を生成しても、それをエンジン 1 の燃料制御に使用することはないので、フラグ f/rcal の値を「0」にセットする（STEP 1 - 6）。さらに同定器 20 の初期化を行うために、フラグ f/idr/reset の値を「1」にセットする（STEP 1 - 7）。

#### 【0459】

そして、STEP 1 - 1, 1 - 2 の条件が満たされ、且つ STEP 1 - 3, 1 - 4 の条件が成立していない場合には、下流側 O<sub>2</sub> センサ 6 の出力 RV02/OUT を目標値 RV02/TARGET に収束させるような上流側 O<sub>2</sub> センサ 7 の目標偏差出力 MO2CMD を生成するためにフラグ f/rcal の値を「1」にセットする（STEP 1 - 5）。 10

#### 【0460】

図 10 に戻って、上記のような判別処理を行った後、下流側排気系制御器 10 は、さらに、同定器 15 による前記ゲイン係数 ar1, ar2, br1 の同定処理（同定値の更新処理）を実行するか否かの判別処理を行って、その実行の可否をそれぞれ「1」、「0」で表すフラグ f/idr/cal の値を設定する（STEP 2）。 20

#### 【0461】

この STEP 2 の判別処理では、図示を省略するが、エンジン 1 のスロットル弁が全開であるか否か、及びエンジン 1 のフュエルカット中であるか否かの判別が行われる。これらのいずれかの条件が成立している場合には、前記ゲイン係数 ar1, ar2, br1 を適正に同定することができないため、フラグ f/idr/cal の値を「0」にセットする。そして、上記のいずれの条件も成立していない場合には、同定器 15 による前記ゲイン係数 ar1, ar2, br1 の同定処理（同定値の更新処理）を実行すべくフラグ f/idr/cal の値を「1」にセットする。

#### 【0462】

次いで、下流側排気系制御器 10 は、前記減算処理部 13, 14 によりそれぞれ、下流側 O<sub>2</sub> センサ 6 の最新の偏差出力 RV02(k)（= RV02/OUT - RV02/TARGET）と上流側 O<sub>2</sub> センサ 7 の最新の偏差出力 MV02(k)（= MV02/OUT - MV02/BASE）を算出する（STEP 3）。 30  
この場合、減算処理部 13, 14 は、それぞれ前記図 8 の STEP a において取り込まれて図示しないメモリに記憶された下流側 O<sub>2</sub> センサ 6 の出力 RV02/OUT の時系列データ、及び上流側 O<sub>2</sub> センサ 7 の出力 MV02/OUT の時系列データの中から、最新のものを選択して前記偏差出力 RV02(k), MV02(k) を算出する。これらの偏差出力 RV02, MV02 のデータは、下流側排気系制御器 10 において、過去に算出したものを含めて時系列的に図示しないメモリに記憶保持される。

#### 【0463】

次いで、下流側排気系制御器 10 は、前記 STEP 1 で設定されたフラグ f/rcal の値を判断する（STEP 4）。このとき、f/rcal = 0 である場合、すなわち、下流側排気系制御器 10 の演算処理を行わない場合には、今回の制御サイクルにおける上流側 O<sub>2</sub> センサ 7 の偏差出力 MV02 の目標値である前記目標偏差出力 MO2CMD(k) の値を強制的に「0」に設定し（STEP 12）、今回の制御サイクルの処理を終了する。 40

#### 【0464】

一方、STEP 4 の判断で、f/rcal = 1 である場合、すなわち、下流側排気系制御器 10 の演算処理を行う場合には、下流側排気系制御器 10 は、次に、前記同定器 15 による演算処理を行う（STEP 5）。

#### 【0465】

この同定器 15 による演算処理は図 12 のフローチャートに示すように行われる。

#### 【0466】

すなわち、同定器 15 は、まず、前記 STEP 2 で設定されたフラグ f/idr/cal の値を判 50

断する (STEP 5 - 1)。このとき  $f/idr/cal = 0$  であれば (エンジン 1 のスロットル弁が全開状態であるか、もしくはエンジン 1 のフューエルカット中の場合)、前述の通り同定器 15 によるゲイン係数  $ar1, ar2, br1$  の同定処理を行わないので、直ちに図 10 のメインルーチンに復帰する。

#### 【0467】

一方、 $f/idr/cal = 1$  であれば、同定器 15 は、さらに該同定器 15 の初期化に係わる前記フラグ  $f/idr/reset$  の値 (これは、前記 STEP 1 でその値が設定される) を判断し (STEP 5 - 2)、 $f/idr/reset = 1$  である場合には、同定器 15 の初期化を行う (STEP 5 - 3)。この初期化では、前記同定ゲイン係数  $ar1$  ハット、 $ar2$  ハット、 $br1$  ハットの各値があらかじめ定めた初期値に設定され (式 (3) の同定ゲイン係数ベクトル  $r$  の初期化) る。また前記式 (9) の行列  $P$  (対角行列) の各成分があらかじめ定めた初期値に設定される。さらに、フラグ  $f/idr/reset$  の値は「0」にリセットされる。

10

#### 【0468】

次いで、同定器 15 は、現在の同定ゲイン係数  $ar1(k-1)$  ハット、 $ar2(k-1)$  ハット、 $br1(k-1)$  ハット (前回の制御サイクルで求められた同定ゲイン係数) を用いて表される下流側排気系 E1 のモデル (前記式 (2) 参照) の出力である前記同定偏差出力  $RV02(k)$  ハットを算出する (STEP 5 - 4)。すなわち、前記 STEP 3 で制御サイクル毎に算出される偏差出力  $RV02$  の過去値のデータ  $RV02(k-1)$ 、 $RV02(k-2)$ 、並びに、偏差出力  $MV02$  の過去値のデータ  $MV02(k-dr1-1)$  と、上記同定ゲイン係数  $ar1(k-1)$  ハット、 $ar2(k-1)$  ハット、 $br1(k-1)$  ハットの値とを用いて前記式 (2) により同定偏差出力  $RV02(k)$  ハットを算出する。

20

#### 【0469】

さらに同定器 15 は、新たな同定ゲイン係数  $ar1$  ハット、 $ar2$  ハット、 $br1$  ハットを決定する際に使用する前記ベクトル  $K_r(k)$  を式 (8) により算出した後 (STEP 5 - 5)、前記同定誤差  $id/er(k)$  (式 (6) 参照) を算出する (STEP 5 - 6)。

#### 【0470】

ここで、STEP 5 - 6 で求める同定誤差  $id/er(k)$  は、基本的には、前記式 (6) の演算により算出すればよいのであるが、本実施形態では、前記 STEP 3 (図 10 参照) で制御サイクル毎に算出する偏差出力  $RV02$  と、前記 STEP 5 - 4 で制御サイクル毎に算出する同定偏差出力  $RV02$  ハットとから式 (6) の演算により得られた値 ( $= RV02 - RV02$  ハット) に、さらに所定の周波数通過特性 (具体的にはローパス特性) を有するフィルタリングを施すことで同定誤差  $id/er(k)$  を求める。

30

#### 【0471】

このようなフィルタリングを行うのは次の理由による。すなわち、下流側排気系 E1 の入力 (上流側 O2 センサ 7 の出力  $MV02/OUT$ ) の変化に対する該排気系 E1 の出力 (下流側 O2 センサ 6 の出力  $RV02/OUT$ ) の変化の周波数特性は、特に該排気系 E1 に含まれる第 2 触媒装置 4 の影響で、一般には低周波数側で高ゲインなものとなる。このため、前記下流側排気系モデルのゲイン係数  $ar1, ar2, br1$  を下流側排気系 E1 の実際の挙動状態に則して適正に同定する上では、該排気系 E1 の低周波数側の挙動を重視することが好ましい。そこで、本実施形態では、式 (6) の演算により得られた値 ( $= RV02 - RV02$  ハット) に、ローパス特性のフィルタリングを施すことで同定誤差  $id/er(k)$  を求めるようにしている。

40

#### 【0472】

尚、上記のようなフィルタリングは、結果的に、偏差出力  $RV02$  及び同定偏差出力  $RV02$  ハットの両者に同じ周波数通過特性のフィルタリングが施されていればよく、例えば偏差出力  $RV02$  及び同定偏差出力  $RV02$  ハットにそれぞれ各別にフィルタリングを施した後に式 (6) の演算を行って同定誤差  $id/er(k)$  を求めるようにしてもよい。また、前記のフィルタリングは、例えばデジタルフィルタの一手法である移動平均処理によって行われる。

#### 【0473】

上記のようにして同定誤差  $id/er(k)$  を求めた後、同定器 15 は、この同定誤差  $id/er(k)$  と、前記 STEP 5 - 5 で算出した  $K_r(k)$  とを用いて前記式 (7) により新たな同定ゲイン係数ベクトル  $r(k)$ 、すなわち、新たな同定ゲイン係数  $ar1(k)$  ハット、 $ar2(k)$  ハット、

50

br1(k)ハットを算出する ( S T E P 5 - 7 )。

【 0 4 7 4 】

このようにして新たな同定ゲイン係数ar1(k)ハット, ar2(k)ハット, br1(k)ハットを算出した後、同定器 1 5 は、同定ゲイン係数ar1 ハット, ar2 ハット, br1 ハットの値を、所定の条件を満たすように制限する処理を行う ( S T E P 5 - 8 )。そして、同定器 1 5 は、次の制御サイクルの処理のために前記行列 Pr(k)を前記式 ( 9 ) により更新し ( S T E P 5 - 9 )、図 1 0 のメインルーチンの処理に復帰する。

【 0 4 7 5 】

この場合、上記 S T E P 5 - 8 における同定ゲイン係数ar1 ハット, ar2 ハット, br1 ハットの値を制限する処理は、同定ゲイン係数ar1 ハット, ar2 ハットの値の組み合わせを所定の組み合わせに制限する処理 ( 同定ゲイン係数ar1 ハット, ar2 ハットを成分とする座標平面上の所定の領域内に点 ( ar1 ハット, ar2 ハット ) を制限する処理 ) と、同定ゲイン係数br1 ハットの値を所定の範囲内に制限する処理とからなる。前者の処理では、S T E P 5 - 7 で算出された同定ゲイン係数ar1(k)ハット, ar2(k)ハットにより定まる上記座標平面上の点 ( ar1(k)ハット, ar2(k)ハット ) が該座標平面上にあらかじめ定めた所定の領域から逸脱している場合に同定ゲイン係数ar1(k)ハット, ar2(k)ハットの値を強制的に上記所定の領域内の点の値に制限する。また、後者の処理では、S T E P 5 - 7 で算出された同定ゲイン係数br1 ハットの値が所定の範囲の上限値あるいは下限値を超えている場合に、該同定ゲイン係数br1 ハットの値を強制的にその上限値あるいは下限値に制限する。

【 0 4 7 6 】

このような同定ゲイン係数ar1 ハット, ar2 ハット, br1 ハットの制限処理は、下流側排気系制御器 1 0 のスライディングモード制御器 1 7 が生成する目標偏差出力MO2CMDの安定性を確保するためのものである。

【 0 4 7 7 】

尚、このような同定ゲイン係数ar1 ハット, ar2 ハット, br1 ハットの制限処理のより具体的な手法については、本願出願人が例えば特願平 1 0 - 1 0 6 7 3 8 号にて詳細に説明しているので、ここでは、詳細な説明を省略する。

【 0 4 7 8 】

以上が図 1 0 の S T E P 5 における同定器 1 5 の演算処理の詳細である。

【 0 4 7 9 】

図 1 0 のメインルーチン処理の説明に戻って、前述の通り同定器 1 5 の演算処理を行った後、下流側排気系制御器 1 0 はゲイン係数ar1, ar2, br1 の値を決定する ( S T E P 6 )。

【 0 4 8 0 】

この処理では、前記 S T E P 2 で設定されたフラグf/idr/cal の値が「 1 」である場合、すなわち、同定器 1 5 によるゲイン係数ar1, ar2, br1 の同定処理を行った場合には、ゲイン係数ar1, ar2, br1 の値として、それぞれ前記 S T E P 5 で前述の通り同定器 1 5 により求められた同定ゲイン係数ar1(k)ハット, ar2(k)ハット, br1(k)ハット ( S T E P 5 - 8 の制限処理を施したもの ) を設定する。また、f/idr/cal = 0 である場合、すなわち、同定器 1 5 によるゲイン係数ar1, ar2, br1 の同定処理を行わなかった場合には、ゲイン係数ar1, ar2, br1 の値をそれぞれ所定値に設定する。この場合、f/idr/cal = 0 である場合 ( エンジン 1 のスロットル弁が全開状態であるか、もしくはエンジン 1 のフュエルカット中の場合 ) にゲイン係数ar1, ar2, br1 の値として設定する所定値は、あらかじめ定めた固定値としてもよいが、f/idr/cal = 0 となる状態が一時的であるような場合 ( 同定器 1 5 による同定処理を一時的に中断する場合 ) には、f/idr/cal = 0 となる直前に同定器 1 5 が求めた同定ゲイン係数ar1 ハット, ar2 ハット, br1 ハットにゲイン係数ar1, ar2, br1 の値を保持してもよい。

【 0 4 8 1 】

次いで、下流側排気系制御器 1 0 は、図 1 0 のメインルーチンにおいて、前記推定器 1 6 による演算処理、すなわち現在の制御サイクルから前記合計無駄時間dr後の下流側 O 2 セ



ンサ 6 の偏差出力RV02の推定値である推定偏差出力RV02(k+dr)バーと、その 1 制御サイクル先の下流側 O2 センサ 6 の偏差出力RV02の暫定的な推定値である暫定推定偏差出力RV02(k+dr+1)バーとを算出する処理を行う ( S T E P 7 )。

#### 【 0 4 8 2 】

このとき推定器 1 6 は、まず、前記 S T E P 6 で決定されたゲイン係数 $ar1, ar2, br1$  (これらの値は基本的には、前記図 1 2 の S T E P 5 - 8 の制限処理を経た同定ゲイン係数 $ar1(k)$ ハット,  $ar2(k)$ ハット,  $br1(k)$ ハットである)を用いて、前記式 ( 1 2 ) で使用する係数値  $r1, r2, r(j)$  ( $j = 1, 2, \dots, dr$ )、並びに、前記式 ( 5 1 ) で使用する係数値  $r1p, r2p, rp(j)$  ( $j = 1, 2, \dots, dr+1$ )をそれぞれ式 ( 1 1 ), ( 5 1 ) 中の但し書きの定義に従って算出する。

10

#### 【 0 4 8 3 】

尚、この場合、 $r(j) = rp(j)$  ( $j = 1, 2, \dots, dr$ )であるから、実際上は、 $rp(j)$  ( $j = 1, 2, \dots, dr+1$ )を算出すれば、 $r(j)$  ( $j = 1, 2, \dots, dr$ )が算出されることとなるので、それらを各別に算出する必要はない。

#### 【 0 4 8 4 】

そして、推定器 1 6 は、前記図 1 0 の S T E P 3 で制御サイクル毎に算出される下流側 O2 センサ 6 の偏差出力RV02及び上流側 O2 センサ 7 の偏差出力MV02のそれぞれの現在の制御サイクル以前の二つの時系列データRV02(k), RV02(k-1)、及び(dr1+1)個の時系列データMV02(k), MV02(k-1), ..., MV02(k-dr1)と、下流側排気系制御器 1 0 が過去の制御サイクルで決定した目標偏差出力MO2CMDの(dr2-1)個の時系列データMO2CMD(k-1), ..., MO2CMD(k-dr2+1) (これらは、前回の制御サイクル以前に前記 S T E P 1 2 あるいは後述の S T E P 1 1 で得られたものである)と、上記の如く算出した係数値  $r1, r2, r(j)$  ( $j = 1, 2, \dots, dr$ )とを用いて前記式 ( 1 2 ) により、推定偏差出力RV02(k+dr)バー (今回の制御サイクルの時点から合計無駄時間dr後の偏差出力RV02の推定値)を算出する。

20

#### 【 0 4 8 5 】

同様に、推定器 1 6 は、偏差出力RV02, MV02のそれぞれの現在の制御サイクル以前の時系列データRV02(k), RV02(k-1)、及びMV02(k), MV02(k-1), ..., MV02(k-dr1), MV02(k-dr1-1)と、過去の制御サイクルにおける目標偏差出力MO2CMDの時系列データMO2CMD(k-1), ..., MO2CMD(k-dr2+1)と、前記の如く算出した係数値  $r1p, r2p, rp(j)$  ( $j = 1, 2, \dots, dr+1$ )とを用いて、前記式 ( 5 1 ) により、暫定推定偏差出力RV02(k+dr+1)バー (今回の制御サイクルの時点から、合計無駄時間drよりも 1 制御サイクル分、長い時間の経過後の偏差出力RV02の暫定的な推定値)を算出する。

30

#### 【 0 4 8 6 】

尚、上記のように算出された推定偏差出力RV02(k+dr)バー及び暫定推定偏差出力RV02(k+dr+1)バーは、それらの値が過大あるいは過小なものになるのを防止するために、それらの値を所定の許容範囲内に制限するリミット処理が施され、それらの値が、該許容範囲の上限値あるいは下限値を超えている場合には、強制的に該上限値あるいは下限値に設定される。そして、これにより最終的に推定偏差出力RV02(k+dr)バー及び暫定偏差出力RV02(k+dr+1)バーの値が確定される。但し、通常的には、式 ( 1 2 )、( 5 1 ) によりそれぞれ算出される値がそのまま推定偏差出力RV02(k+dr)バー、暫定推定偏差出力RV02(k+dr+1)バーとなる。

40

#### 【 0 4 8 7 】

このように推定器 1 6 により下流側 O2 センサ 6 の推定偏差出力RV02(k+dr)バー及び暫定推定偏差出力RV02(k+dr+1)バーを求めた後、下流側排気系制御器 1 0 は、スライディングモード制御器 1 7 によって、今回の制御サイクルにおける上流側 O2 センサ 7 の偏差出力MV02の目標値である目標偏差出力MO2CMD(k)と、その 1 制御サイクル先の暫定的な目標値である暫定目標偏差出力MO2CMD(k+1)とを算出する ( S T E P 8 )。

#### 【 0 4 8 8 】

この S T E P 8 の算出処理は、図 1 3 のフローチャートに示すように行われる。すなわち、スライディングモード制御器 1 7 は、まず、前記式 ( 2 3 ) により定義した切換関数

50

1 バーの今回の制御サイクルから合計無駄時間dr後の値  $1(k+dr)$  バー（これは、式（13）で定義した切換関数  $1$  の合計無駄時間dr後の推定値に相当する）と、その1制御サイクル先の切換関数  $1$  バーの値  $1(k+dr+1)$  バー（これは、切換関数  $1$  の(dr+1)制御サイクル分の時間後の推定値に相当する）とを算出する（STEP 8 - 1）。

【0489】

このとき、切換関数  $1(k+dr)$  バーの値は、前記STEP 7で推定器16が前記式（12）に基づき求めた推定偏差出力RV02バーの今回値RV02(k+dr)バー及び前回値RV02(k+dr-1)バー（より正確にはそれらの値に前述のリミット処理を施したもの）を用いて、前記式（23）の定義式に従って算出される。

【0490】

また、切換関数  $1(k+dr+1)$  バーの値は、前記STEP 7で推定器16が前記式（51）に基づき求めた暫定推定偏差出力RV02バーの今回値RV02(k+dr+1)バーと、式（12）に基づき求めた推定偏差出力RV02バーの今回値RV02(k+dr)バーとを用いて、前記式（23）の定義式に従って算出される。

【0491】

尚、この場合、切換関数  $1(k+dr)$  バー、 $1(k+dr+1)$  バーのいずれについても、切換関数  $1$  バーが過大であると、この切換関数  $1$  バーの値に応じて定まる前記到達則入力U1rchの値が過大となると共に、前記適応則入力U1adpの急変が生じ、前記目標偏差出力M02CMDが下流側O2センサ6の出力RV02/OUTを安定に目標値RV02/TARGETに収束させる上で不適切なものとなる虞れがある。このため、本実施形態では、切換関数  $1$  バーの値があらかじめ定めた所定の許容範囲内に収まるようにし、上記の如く式（23）に基づき求めた  $1$  バーの値が、該許容範囲の上限値又は下限値を超えた場合には、それぞれ  $1$  バーの値を強制的に該上限値又は下限値に設定する。

【0492】

次いで、スライディングモード制御器17は、上記のように制御サイクル毎に算出される切換関数  $1(k+dr)$  バーの値に、下流側排気系制御器10の制御サイクルの周期  $T$ （一定周期）を乗算したもの  $1(k+dr)$  バー・ $T$ を累積的に加算していく、すなわち前回の制御サイクルで求められた加算結果に今回の制御サイクルで算出された  $1(k+dr)$  バーと周期  $T$ との積  $1(k+dr)$  バー・ $T$ を加算することで、式（25）の（ $1$  バー・ $T$ ）の項の演算結果である  $1$  バーの積算値（以下、この積算値に参照符号Sg1(k+dr)を付する）を算出する（STEP 8 - 2）。さらに、この積算値Sg1(k+dr)に、今回の制御サイクルで前述の如く算出された切換関数  $1(k+dr+1)$  バーを加算することで、前記式（54）の（ $1$  バー・ $T$ ）の項の演算結果である  $1$  バーの積算値（以下、この積算値に参照符号Sg1(k+dr+1)を付する）を算出する（STEP 8 - 3）。

【0493】

尚、この場合、上記積算値Sg1(k+dr)、Sg1(k+dr+1)のいずれについても、その値に応じて定まる前記適応則入力U1adpが過大なものとなるのを回避するため、該積算値Sg1があらかじめ定めた所定の許容範囲内に収まるようにし、上記の累積加算により求まる積算値Sg1が該許容範囲の上限値又は下限値を超えた場合には、それぞれ該積算値Sg1を強制的に該上限値又は下限値に制限する。

【0494】

また、この積算値Sg1(k+dr)、Sg1(k+dr+1)は、前記図8のSTEP dで設定されるフラグf/prism/onの値が「0」であるとき、すなわち、上流側排気系制御器11が生成する目標空燃比KCMDを前記燃料処理制御器12が使用しない状態であるときには、現状の値（前回の制御サイクルで決定された値）に保持される。

【0495】

次いで、スライディングモード制御器17は、前記STEP 7で推定器16が式（12）に基づき求めた推定偏差出力RV02バーの今回値RV02(k+dr)バー及び前回値RV02(k+dr-1)バーと、今回の制御サイクルにおけるSTEP 8 - 1及び8 - 2でそれぞれ求められた切換関数の値  $1(k+dr)$  バー及び積算値Sg1(k+dr)と、STEP 6で決定されたゲイン係数ar

10

20

30

40

50

1, ar2, br1 (これらの値は基本的には、今回の制御サイクルにおける前記STEP 5で同定器15が求めた同定ゲイン係数ar1(k)ハット, ar2(k)ハット, br1(k)ハットである)とを用いて、前記式(22)、(24)、(25)に従って、それぞれ今回の制御サイクルに対応する等価制御入力U1eq(k)、到達則入力U1rch(k)及び適応則入力U1adp(k)を算出する(STEP 8-4)。

#### 【0496】

また、スライディングモード制御器17は、前記STEP 7で推定器16が式(51)に基づき求めた暫定推定偏差出力RV02バーの今回値RV02(k+dr+1)バーと、式(12)に基づき求めた推定偏差出力RV02バーの今回値RV02(k+dr)バーと、今回の制御サイクルにおけるSTEP 8-1及び8-3でそれぞれ求められた切換関数の値1(k+dr+1)バー及び積算値Sg1(k+dr+1)と、STEP 6で決定されたゲイン係数ar1, ar2, br1とを用いて、前記式(52)、(53)、(54)に従って、それぞれ1制御サイクル先の制御サイクルに対応する等価制御入力U1eq(k+1)、到達則入力U1rch(k+1)及び適応則入力U1adp(k+1)を算出する(STEP 8-5)。

#### 【0497】

そして、スライディングモード制御器17は、STEP 8-4で求めた等価制御入力U1eq(k)、到達則入力U1rch(k)及び適応則入力U1adp(k)を式(15)に従って加算することで、今回の制御サイクルにおける目標偏差出力MO2CMD(k)、すなわち、下流側O2センサ6の出力RV02/OUTを目標値RV02/TARGETに収束させる上で下流側排気系E1に与えるべき制御入力を算出する(STEP 8-6)。

#### 【0498】

同様に、STEP 8-5で求めた等価制御入力U1eq(k+1)、到達則入力U1rch(k+1)及び適応則入力U1adp(k+1)を式(55)に従って加算することで、次の制御サイクルにおける暫定的な目標偏差出力MO2CMDである暫定目標偏差出力MO2CMD(k+1)を算出する(STEP 8-7)。

#### 【0499】

以上がSTEP 8におけるスライディングモード制御器17の処理内容である。

#### 【0500】

図10に戻って、スライディングモード制御器17は、自身が行っている適応スライディングモード制御の安定性(より詳しくは、適応スライディングモード制御に基づく下流側O2センサ6の出力RV02/OUTの制御状態(以下、RSLD制御状態という)の安定性)を判別する処理を行って、該RSLD制御状態が安定であるか否の示すフラグf/rstbの値を設定する(STEP 9)。

#### 【0501】

この判別処理は図14のフローチャートに示すように行われる。

#### 【0502】

すなわち、スライディングモード制御器17は、まず、前記STEP 8-1で算出される切換関数1バーの今回値1(k+dr)バーと前回値1(k+dr-1)バーとの偏差1バー(これは切換関数1バーの変化速度に相当する)を算出する(STEP 9-1)。

#### 【0503】

次いで、スライディングモード制御器17は、上記偏差1バーと切換関数1バーの今回値1(k+dr)バーとの積1バー・1(k+dr)バー(これは1バーに関するリアプノフ関数1バー<sup>2</sup>/2の時間微分関数に相当する)があらかじめ定めた所定値1(>0)以下であるか否を判断する(STEP 9-2)。

#### 【0504】

ここで、上記積1バー・1(k+dr)バー(以下、これを安定判別パラメータPrstbという)について説明すると、この安定判別パラメータPrstbの値がPrstb>0となる状態は、基本的には、切換関数1バーの値が「0」から離間しつつある状態である。また、安定判別パラメータPrstbの値がPrstb=0となる状態は、基本的には、切換関数1バーの値が「0」に収束しているか、もしくは収束しつつある状態である。そして、一般に、ス

10

20

30

40

50

ライディングモード制御ではその制御量を目標値に安定に収束させるためには、切換関数の値が安定に「0」に収束する必要がある。従って、基本的には、前記安定判別パラメータ  $P_{rstb}$  の値が「0」以下であるか否かによって、それぞれ前記 R S L D 処理状態が安定、不安定であると判断することができる。

#### 【0505】

但し、安定判別パラメータ  $P_{rstb}$  の値を「0」と比較することで R S L D 制御状態の安定性を判断すると、切換関数  $\bar{u}$  の値に僅かなノイズが含まれただけで、安定性の判別結果に影響を及ぼしてしまう。

#### 【0506】

このため、本実施形態では、前記 S T E P 9 - 2 で安定判別パラメータ  $P_{rstb} = \bar{u} \cdot (k+dr)$  と比較する所定値  $\bar{u}_1$  は、「0」より若干大きな正の値としている。

10

#### 【0507】

そして、この S T E P 9 - 2 の判断で、 $P_{rstb} > \bar{u}_1$  である場合には、R S L D 制御状態が不安定であるとし、前記 S T E P 8 で算出された目標偏差出力  $MO2CMD(k)$  及び暫定目標偏差出力  $MO2CMD(k+1)$  を用いた上流側排気系制御器 11 の演算処理を所定時間、禁止するためにタイマカウンタ  $t_{rm}$  (カウントダウンタイマ) の値を所定の初期値  $T_{RM}$  にセットする (タイマカウンタ  $t_{rm}$  の起動。S T E P 9 - 4)。さらに、前記フラグ  $f/rstb$  の値を「0」 ( $f/rstb = 0$  は R S L D 処理状態が不安定であることを示す) に設定した後 (S T E P 9 - 5)、図 10 のメインルーチンの処理に復帰する。

#### 【0508】

20

一方、前記 S T E P 9 - 2 の判断で、 $P_{rstb} \leq \bar{u}_1$  である場合には、スライディングモード制御器 17 は、さらに切換関数  $\bar{u}$  の今回値  $\bar{u}(k+dr)$  があらかじめ定めた所定範囲内にあるか否かを判断する (S T E P 9 - 3)。

#### 【0509】

この場合、切換関数  $\bar{u}$  の今回値  $\bar{u}(k+dr)$  が、所定範囲内に無い状態は、切換関数  $\bar{u}$  の今回値  $\bar{u}(k+dr)$  が「0」から大きく離間しているので、前記 S T E P 8 で求めた目標偏差出力  $MO2CMD(k)$  あるいは暫定目標偏差出力  $MO2CMD(k+1)$  が下流側 O2 センサ 6 の出力  $RV02/OUT$  を安定に目標値  $RV02/TARGET$  に収束させる上で不適切なものとなっている虞れがある。このため、S T E P 9 - 3 の判断で、切換関数  $\bar{u}$  の今回値  $\bar{u}(k+dr)$  が、所定範囲内に無い場合には、R S L D 制御状態が不安定であるとして、前述の場合と同様に、S T E P 9 - 4 及び 9 - 5 の処理を行ってタイマカウンタ  $t_{rm}$  を起動すると共にフラグ  $f/rstb$  の値を「0」に設定する。

30

#### 【0510】

尚、本実施形態では、スライディングモード制御器 17 が行う前記 S T E P 8 - 1 の処理において前述したように切換関数  $\bar{u}$  の値を制限するため、S T E P 9 - 3 の判断処理は省略してもよい。

#### 【0511】

また、S T E P 9 - 3 の判断で、切換関数  $\bar{u}$  の今回値  $\bar{u}(k+dr)$  が、所定範囲内にある場合には、スライディングモード制御器 17 は、前記タイマカウンタ  $t_{rm}$  を所定時間  $t_{rm}$  分、カウントダウンする (S T E P 9 - 6)。そして、このタイマカウンタ  $t_{rm}$  の値が「0」以下であるか否か、すなわち、タイマカウンタ  $t_{rm}$  を起動してから前記初期値  $T_{RM}$  分の所定時間が経過したか否かを判断する (S T E P 9 - 7)。

40

#### 【0512】

このとき、 $t_{rm} > 0$  である場合、すなわち、タイマカウンタ  $t_{mr}$  が計時動作中でまだタイムアップしていない場合には、S T E P 9 - 2 あるいは S T E P 9 - 3 の判断で R S L D 制御状態が不安定であると判断されてから、さほど時間を経過していないので、R S L D 制御状態が不安定なものになりやすい。このため、このような場合 (S T E P 9 - 7 で  $t_{rm} > 0$  である場合) には、前記 S T E P 9 - 5 の処理を行って前記フラグ  $f/rstb$  の値を「0」に設定する。

#### 【0513】

50

そして、STEP 9 - 7で $t_{rm} = 0$ である場合、すなわち、タイマカウンタ $t_{rm}$ がタイムアップしている場合には、RSLD制御状態が安定であるとして、フラグ $f/rstb$ の値を「1」（ $f/rstb = 1$ はRSLD制御状態が安定であることを示す）に設定する（STEP 9 - 8）。

#### 【0514】

以上のような処理によって、RSLD制御状態の安定性が判断され、不安定であると判断した場合には、フラグ $f/rstb$ の値が「0」に設定され、安定であると判断した場合には、フラグ $f/rstb$ の値が「1」に設定される。

#### 【0515】

尚、以上説明したRSLD制御状態の安定性の判断の手法は例示的なもので、この他の手法によって、安定性の判断を行うことも可能である。例えば、制御サイクルよりも長い所定期間毎に、各所定期間内における前記安定判別パラメータ $P_{rstb}$ の値が前記所定値1よりも大きくなる頻度を計数する。そして、その頻度があらかじめ定めた所定値を超えるような場合にRSLD制御状態が不安定であると判断し、逆の場合には、RSLD制御状態で安定であると判断するようにしてもよい。

#### 【0516】

図10に戻って、上記のようにRSLD制御状態の安定性を示すフラグ $f/rstb$ の値を設定した後、スライディングモード制御器17は、このフラグ $f/rstb$ の値を判断する（STEP 10）。このとき、 $f/rstb = 1$ である場合、すなわち、RSLD制御状態が安定であると判断した場合には、スライディングモード制御器17は、今回の制御サイクルにおいて前記STEP 8で求めた目標偏差出力 $MO2CMD(k)$ 及び暫定目標偏差出力 $MO2CMD(k+1)$ にリミット処理を施す（STEP 11）。

#### 【0517】

このリミット処理では、目標偏差出力 $MO2CMD(k)$ 及び暫定目標偏差出力 $MO2CMD(k+1)$ のそれぞれについて、その値が所定の許容範囲内の値であるか否かが判断され、その値が該許容範囲の上限値又は下限値を超えている場合には、それぞれ、目標偏差出力 $MO2CMD(k)$ あるいは暫定目標偏差出力 $MO2CMD(k+1)$ の値を強制的に許容範囲の上限値、下限値に制限する。

#### 【0518】

一方、前記STEP 10の判断で、 $f/rstb = 0$ である場合、すなわち、STEP 9でRSLD制御状態が不安定であると判断した場合には、スライディングモード制御器17は、今回の制御サイクルにおける目標偏差出力 $MO2CMD(k)$ の値を強制的に「0」に設定する（STEP 12）。

#### 【0519】

以上が下流側排気系制御器10の制御サイクル毎の処理の詳細である。

#### 【0520】

尚、STEP 11あるいはSTEP 12で、制御サイクル毎に最終的に決定される目標偏差出力 $MO2CMD$ は、図示しないメモリに時系列的に記憶保持され、それが、前記STEP 7における推定器16の演算処理に使用される。また、記憶保持された目標偏差出力 $MO2CMD$ のうち、今回値 $MO2CMD(k)$ と前回値 $MO2CMD(k-1)$ とが、前記暫定目標偏差出力 $MO2CMD$ の今回値 $MO2CMD(k+1)$ と共に上流側排気系制御器11に与えられる。

#### 【0521】

次に、上流側排気系制御器11について説明する。この上流側排気系制御器11の処理の基本的な内容は、前述した下流側排気系制御器10と同様である。

#### 【0522】

すなわち、図15を参照して、上流側排気系制御器11は、まず、自身の演算処理（前記同定器20、推定器21、スライディングモード制御器22の演算処理等）を実行するか否かの判別処理を行って、その実行の可否をそれぞれ「1」、「0」で表すフラグ $f/mcal$ の値を設定する（STEP 21）。

#### 【0523】

10

20

30

40

50

上記の判別処理は、図 16 のフローチャートに示す如く行われる。

【0524】

まず、上流側 O<sub>2</sub> センサ 7 が活性化しているか否かの判別 (STEP 21-1)、並びに LAF センサ 8 が活性化しているか否かの判別 (STEP 21-2) が下流側排気系制御器 10 による STEP 1-1, 1-2 の処理と同様に行われる。

【0525】

さらに、エンジン 1 のリーン運転中であるか否か、及びエンジン 1 の始動直後の触媒装置 3, 4 の早期活性化を図るためにエンジン 1 の点火時期が遅角側に制御されているか否かの判別が下流側排気系制御器 10 による STEP 1-3, 1-4 の処理と同様に行われる (STEP 21-3, 21-4)。

10

【0526】

このとき、STEP 21-1, 21-2 のいずれかの条件が成立せず、あるいは、STEP 21-3, 21-4 のいずれかの条件が成立している場合には、上流側排気系制御器 11 の演算処理を行わないために、フラグ f/rcal の値を「0」にセットする (STEP 21-6)。さらにこのとき、同定器 20 の初期化を行うために、その初期化を行うか否かをそれぞれ「1」、「0」で表すフラグ f/idm/reset の値を「1」にセットする (STEP 21-7)。

【0527】

そして、上記以外の場合には、上流側排気系制御器 11 の演算処理 (目標空燃比 KCMD の生成処理) を行うために、フラグ f/rcal の値を「1」にセットする (STEP 21-5)。

20

【0528】

図 15 に戻って、上記のような判別処理を行った後、上流側排気系制御器 11 は、さらに、同定器 20 による前記ゲイン係数 am1, am2, bm1 の同定処理 (同定値の更新処理) を実行するか否かの判別処理を行って、その実行の可否をそれぞれ「1」、「0」で表すフラグ f/idm/cal の値を設定する (STEP 22)。

【0529】

この STEP 22 の判別処理では、下流側排気系制御器 10 による STEP 2 の判別処理と同様、エンジン 1 のスロットル弁が全開であるか否か、及びエンジン 1 のフュエルカット中であるか否かの判別が行われる。そして、これらのいずれかの条件が成立している場合には、フラグ f/idm/cal の値を「0」にセットし、これ以外の場合には、同定器 20 によるゲイン係数 am1, am2, bm1 の同定処理を実行すべくフラグ f/idm/cal の値を「1」にセットする。

30

【0530】

次いで、上流側排気系制御器 11 は、前記減算処理部 18, 19 によりそれぞれ、上流側 O<sub>2</sub> センサ 7 の最新の偏差出力 MV02(k) ( $= MV02/OUT - MV02/BASE$ ) と LAF センサ 8 の最新の偏差出力 kact(k) ( $= KACT - FLAF/BASE$ ) を算出する (STEP 23)。この場合、減算処理部 18, 19 は、それぞれ前記図 8 の STEP a において取り込まれて図示しないメモリに記憶された上流側 O<sub>2</sub> センサ 7 の出力 MV02/OUT の時系列データ、及び LAF センサ 8 の出力 KACT の時系列データの中から、最新のものを選択して前記偏差出力 MV02(k), kact(k) を算出する。これらの偏差出力 MV02, kact のデータは、上流側排気系制御器 11 において、過去に算出したものを含めて時系列的に図示しないメモリに記憶保持される。

40

【0531】

次いで、上流側排気系制御器 11 は、STEP 21 で設定されたフラグ f/mcal の値を判断する (STEP 24)。このとき、f/mcal = 0 で、上流側排気系制御器 11 の演算処理を行わない場合には、今回の制御サイクルにおける目標偏差空燃比 kcmd(k) 値を強制的に所定値に設定する (STEP 33)。この場合、該所定値は、例えばあらかじめ定めた固定値 (例えば「0」) あるいは前回の制御サイクルで決定した目標偏差空燃比 kcmd の値とする。

【0532】

50

尚、このように目標偏差空燃比 $k_{cmd}(k)$ を所定値とした場合において、上流側排気系制御器 11 は、その所定値の目標偏差空燃比 $k_{cmd}(k)$ に、前記加算処理部 23 で前記空燃比基準値 $FLAF/BASE$ を加算することで、今回の制御サイクルにおける目標空燃比 $KCMD(k)$ を決定し (STEP 32)、今回の制御サイクルの処理を終了する。

#### 【0533】

一方、STEP 24 の判断で、 $f/mcal = 1$ で、上流側排気系制御器 11 の演算処理を行う場合には、上流側排気系制御器 11 は、次に、前記同定器 20 による演算処理を図 17 のフローチャートに示すように行う (STEP 25)。

#### 【0534】

尚、この同定器 22 による演算処理は、下流側排気系制御器 10 の同定器 15 による演算処理と全く同様に行われるので、ここでは簡略的な説明に留める。すなわち、基本的には、STEP 25 - 4 ~ 25 - 7 の処理によって、今回の制御サイクルにおける同定ゲイン係数 $am1(k)$ ハット、 $am2(k)$ ハット、 $bm1(k)$ ハットが算出される。

10

#### 【0535】

このとき、STEP 25 - 4 における前記同定偏差出力 $MV02(k)$ ハットは、前記STEP 23 で制御サイクル毎に算出される偏差出力 $MV02$ の過去値のデータ $MV02(k-1)$ 、 $MV02(k-2)$ 、並びに、偏差出力 $k_{act}$ の過去値のデータ $k_{act}(k-dm1-1)$ と、前回の制御サイクルで決定した同定ゲイン係数 $am1(k-1)$ ハット、 $am2(k-1)$ ハット、 $bm1(k-1)$ ハットの値とを用いて前記式 (27) により算出する。

#### 【0536】

また、STEP 25 - 5 におけるベクトル $K_m$ は、前記式 (32) により算出する。

20

#### 【0537】

また、STEP 25 - 6 における前記同定誤差 $id/em(k)$ は、偏差出力 $MV02$ 及び上記同定偏差出力 $MV02$ ハットから前記式 (28) の演算により求まる値に、所定の周波数通過特性 (具体的にはローパス特性) のフィルタリング (移動平均処理によるフィルタリング) を施すことで、求める。尚、この場合のフィルタリングの周波数通過特性は、第 1 触媒装置 3 を含む上流側排気系 E2 の周波数特性を考慮して定められるもので、下流側排気系制御器 10 の同定器 15 で用いるフィルタリングの周波数通過特性とは必ずしも一致しない。

#### 【0538】

そして、STEP 25 - 7 で、上記同定誤差 $id/em(k)$ やベクトル $K_m(k)$ を用いて前記式 (29) により算出される同定ゲイン係数 $am1(k)$ ハット、 $am2(k)$ ハット、 $bm1(k)$ ハットに対しては、同定ゲイン係数 $am1(k)$ ハット、 $am2(k)$ ハットの組み合わせを所定の組み合わせに制限する処理と、同定ゲイン係数 $bm1(k)$ ハットの値を所定の範囲内に制限する処理とが施され (STEP 25 - 8)、これにより、今回の制御サイクルにおける同定ゲイン係数 $am1(k)$ ハット、 $am2(k)$ ハット、 $bm1(k)$ ハットが最終的に決定される。

30

#### 【0539】

尚、前記STEP 22 で設定されたフラグ $f/idm/cal$ の値が「0」である場合 (エンジン 1 のスロットル弁が全開状態であるか、もしくはエンジン 1 のフュエルカット中の場合) には、上記のような同定器 20 の演算処理は行わない (STEP 25 - 1 でNO)。また、同定器 20 の演算処理を行う場合で、同定器 20 の初期化に係わるフラグ $f/idm/reset$ の値が「1」である場合には (STEP 25 - 2 でYES)、同定器 15 の場合と同様、同定ゲイン係数 $am1$ ハット、 $am2$ ハット、 $bm1$ ハットの各値を初期化する等、同定器 20 の初期化を行う (STEP 25 - 3)。また、STEP 25 - 8 の次のSTEP 25 - 9 では、次回の制御サイクルの処理のために前記行列 $P_m(k)$ を前記式 (33) により更新する。

40

#### 【0540】

図 15 のメインルーチン処理の説明に戻って、前述の通り同定器 20 の演算処理を行った後、上流側排気系制御器 11 はゲイン係数 $am1, am2, bm1$ の値を決定する (STEP 26)。

#### 【0541】

50

この処理では、下流側排気系制御器 10 による S T E P 6 の処理と同様、フラグ  $f/idm/cal = 1$  で、同定器 20 によるゲイン係数  $am1, am2, bm1$  の同定処理を行った場合には、ゲイン係数  $am1, am2, bm1$  の値として、それぞれ S T E P 25 で同定器 20 により求められた同定ゲイン係数  $am1(k)$  ハット,  $am2(k)$  ハット,  $bm1(k)$  ハットを設定する。また、 $f/idm/cal = 0$  で、同定器 20 によるゲイン係数  $am1, am2, bm1$  の同定処理を行わなかった場合には、ゲイン係数  $am1, am2, bm1$  の値をそれぞれ所定値に設定する。この所定値は、あらかじめ定めた固定値としてもよいが、 $f/idm/cal = 0$  となる状態が一時的であるような場合（同定器 20 による同定処理を一時的に中断する場合）には、 $f/idm/cal = 0$  となる直前に同定器 20 が求めた同定ゲイン係数  $am1$  ハット,  $am2$  ハット,  $bm1$  ハットにゲイン係数  $am1, am2, bm1$  の値を保持してもよい。

10

#### 【0542】

次いで、上流側排気系制御器 11 は、前記推定器 21 による演算処理、すなわち現在の制御サイクルから前記合計無駄時間  $dm$  後の上流側 O2 センサ 7 の偏差出力  $MV02$  の推定値である推定偏差出力  $MV02(k+dm)$  パーを算出する処理を行う (S T E P 27)。

#### 【0543】

このとき推定器 21 は、まず、前記 S T E P 26 で決定されたゲイン係数  $am1, am2, bm1$ （これらの値は基本的には、前記 S T E P 25 - 8 の制限処理を経た同定ゲイン係数  $am1(k)$  ハット,  $am2(k)$  ハット,  $bm1(k)$  ハットである）を用いて、前記式 (36) で使用する係数値  $m1, m2, m(j)$  ( $j = 1, 2, \dots, dm$ ) を式 (35) 中の但し書きの定義に従って算出する。

20

#### 【0544】

そして、推定器 21 は、前記 S T E P 23 (図 15) で制御サイクル毎に算出される上流側 O2 センサ 7 の偏差出力  $MV02$  及び L A F センサ 8 の偏差出力  $kact$  のそれぞれの現在の制御サイクル以前の二つの時系列データ  $MV02(k), MV02(k-1)$ 、及び  $(dm1+1)$  個の時系列データ  $kact(k), kact(k-1), \dots, kact(k-dm1)$  と、上流側排気系制御器 11 が過去の制御サイクルで決定した目標偏差空燃比  $kcmd$  の  $(dm2-1)$  個の時系列データ  $kcmd(k-1), \dots, kcmd(k-dm2+1)$ （これらは、前回の制御サイクル以前に前記 S T E P 33 あるいは後述の S T E P 31 で得られたものである）と、上記の如く算出した係数値  $m1, m2, m(j)$  ( $j = 1, 2, \dots, dm$ ) とを用いて前記式 (36) により、推定偏差出力  $MV02(k+dm)$  パー（今回の制御サイクルの時点から合計無駄時間  $dm$  後の偏差出力  $MV02$  の推定値）を算出する。

30

#### 【0545】

尚、上記のように算出された推定偏差出力  $MV02(k+dm)$  パーは、それらの値が過大あるいは過小なものになるのを防止するために、それらの値を所定の許容範囲内に制限するリミット処理が施され、それらの値が、該許容範囲の上限値あるいは下限値を超えている場合には、強制的に該上限値あるいは下限値に設定される。そして、これにより最終的に推定偏差出力  $MV02(k+dm)$  パーの値が確定される。但し、通常的には、式 (36) により算出される値がそのまま推定偏差出力  $MV02(k+dm)$  パーとなる。

#### 【0546】

このように推定器 21 により上流側 O2 センサ 7 の推定偏差出力  $MV02(k+dm)$  パーを求めた後、上流側排気系制御器 11 は、スライディングモード制御器 22 によって、今回の制御サイクルにおける目標偏差出力  $kcmd(k)$  を算出する (S T E P 28)。

40

#### 【0547】

この S T E P 28 の算出処理は、図 18 のフローチャートに示すように行われる。すなわち、スライディングモード制御器 22 は、まず、前記下流側排気系制御器 11 による S T E P 1 及び S T E P 9 (図 10) でそれぞれ設定されたフラグ  $f/rcal, f/rstb$  の値を判断する (S T E P 28 - 1, 28 - 2)。

#### 【0548】

このとき、 $f/rcal = 1$  で、且つ  $f/rstb = 1$  である場合、すなわち、下流側排気系制御器 10 の演算処理を正常に行っており、しかも、前記 R S L D 状態が安定であると判断された状態であるとき（通常的な場合）には、前記式 (47) により定義した切換関数 2 パー

50



の今回の制御サイクルから合計無駄時間 $dm$ 後の値  $2(k+dm)$  バー（これは、式（38）で定義した切換関数  $2$  の合計無駄時間 $dm$ 後の推定値に相当する）を、下流側排気系制御器  $10$  が今回の制御サイクルと前回の制御サイクルとで生成した目標偏差出力 $MO2CMD(k)$ ,  $MO2CMD(k-1)$  を用いて同式（47）に従って算出する（STEP 28 - 3）。

【0549】

このとき、この算出に際しては、前記STEP 27で推定器  $21$  が前記式（36）に基づき求めた推定偏差出力 $MVO2$ バーの今回値 $MVO2(k+dm)$ バー及び前回値 $MVO2(k+dm-1)$ バー（より正確にはそれらの値に前述のリミット処理を施したもの）を用いる。

【0550】

一方、STEP 28 - 1において $f/rcal = 0$ であるときには、下流側排気系制御器  $10$  の演算処理を行わない状態であるので、下流側排気系制御器  $10$  が目標偏差出力 $MO2CMD$ の時系列データを適正に生成することができない。尚、この場合、前記STEP 21（図15）で、フラグ $f/mcal$ が「1」に設定されているので、このフラグ $f/mcal$ の設定に係わる図16のフローチャートと、上記フラグ $f/rcal$ の設定に係わる図11のフローチャートとを対比して明らかなように、STEP 28 - 1において $f/rcal = 0$ となる状況は、下流側 $O_2$ センサ6が活性化していない状況である。

【0551】

また、STEP 28 - 2において $f/rstb = 0$ であるときには、前記RSLD状態が不安定であると判断された状態であるので、上記と同様、下流側排気系制御器  $10$  が目標偏差出力 $MO2CMD$ の時系列データを適正に生成することができない。

【0552】

このため、これらの場合には、スライディングモード制御器  $22$  は、目標偏差出力 $MO2CMD$ が定常的に「0」、すなわち、上流側 $O_2$ センサ7の出力 $MVO2/OUT$ の目標値 $MVO2/TARGET$ が定常的に前記基準値 $MVO2/BASE$ （ $=RVO2/TARGET$ ）であるとして、上記切換関数  $2(k+dm)$  バーの値を式（47）に基づき算出する（STEP 28 - 4）。

【0553】

つまり、この場合には、式（47）で $MO2CMD = 0$ として得られる次式（67）に基づき、切換関数  $2(k+dm)$  バーの値を算出する。

【0554】

【数67】

$$\overline{\sigma 2}(k) = sm1 \cdot \overline{MVO2}(k) + sm2 \cdot \overline{MVO2}(k-1) \quad (67)$$

【0555】

このとき、STEP 27で推定器  $21$  が求めた推定偏差出力 $MVO2$ バーの今回値 $MVO2(k+dm)$ バー及び前回値 $MVO2(k+dm-1)$ バーを用いることは、STEP 28 - 3の場合と同様である。

【0556】

尚、下流側排気系制御器  $10$  に係わる前記STEP 8 - 1の場合と同様の理由によって、上記STEP 28 - 3及びSTEP 28 - 4では、切換関数  $2(k+dm)$  バーの値があらかじめ定めた所定の許容範囲内に収まるようにし、上記の如く算出した  $2$  バーの値が、該許容範囲の上限値又は下限値を超えた場合には、それぞれ  $2$  バーの値を強制的に該上限値又は下限値に設定する。

【0557】

次いで、スライディングモード制御器  $22$  は、上記のように制御サイクル毎に算出される切換関数  $2(k+dm)$  バーの値に、下流側及び上流側排気系制御器  $10$ ,  $11$  の制御サイクルの周期  $T$ （一定周期）を乗算したもの  $2(k+dm)$  バー・ $T$ を累積的に加算していく、すなわち前回の制御サイクルで求められた加算結果に今回の制御サイクルで算出された  $2(k+dm)$  バーと周期  $T$ との積  $2(k+dm)$  バー・ $T$ を加算することで、式（49）の

( 2 バー・ T ) の項の演算結果である 2 バーの積算値 ( 以下、この積算値に参照符号Sg2(k+dm) を付する ) を算出する ( S T E P 2 8 - 5 ) 。

【 0 5 5 8 】

尚、この場合、下流側排気系制御器 1 0 に係わる S T E P 8 - 2 の場合と同様の理由によって、上記積算値Sg2(k+dm) があらかじめ定めた所定の許容範囲内に収まるようにし、上記の累積加算により求まる積算値Sg2 が該許容範囲の上限値又は下限値を超えた場合には、それぞれ該積算値Sg2 を強制的に該上限値又は下限値に制限する。

【 0 5 5 9 】

また、この積算値Sg2(k+dm) は、前記燃料処理制御器 1 2 による S T E P d ( 図 8 ) で設定されるフラグf/prism/onの値が「 0 」であるとき、すなわち、上流側排気系制御器 1 1 が生成する目標空燃比KCMDを前記燃料処理制御器 1 2 が使用しない状態であるときには、現状の値 ( 前回の制御サイクルで決定された値 ) に保持される。

【 0 5 6 0 】

次いで、スライディングモード制御器 2 2 は、前記 S T E P 2 8 - 1 , 2 8 - 2 と同様の判断を再び行う ( S T E P 2 8 - 6 , 2 8 - 7 ) 。そして、このとき、f/rcal = 1 で、且つf/rstb = 1 である場合 ( 通常的な場合 ) には、S T E P 2 7 で推定器 2 1 が式 ( 3 6 ) に基づき求めた推定偏差出力MVO2バーの今回値MVO2(k+dm) バー及び前回値MVO2(k+dm-1) バーと、下流側排気系制御器 1 0 が算出した前記暫定目標偏差出力MO2CMDの今回値MO2CMD(k+1) 並びに目標偏差出力MO2CMDの今回値MO2CMD(k) 及び前回値MO2CMD(k-1) と、S T E P 2 6 で決定されたゲイン係数ar1 , ar2 , br1 ( これらの値は基本的には、今回の制御サイクルにおける前記 S T E P 2 5 で同定器 2 0 が求めた同定ゲイン係数am1 ( k ) ハット , am2(k)ハット , bm1(k)ハットである ) とを用いて、前記式 ( 5 0 ) の演算を行うことで、今回の制御サイクルにおける等価制御入力U2eq(k) を算出する ( S T E P 2 8 - 8 ) 。

【 0 5 6 1 】

一方、S T E P 2 8 - 6 , 2 8 - 7 で、f/rcal = 0 、又はf/rstb = 0 である場合には、スライディングモード制御器 2 2 は、前記 S T E P 2 8 - 4 の場合と同様、目標偏差出力MO2CMDが定常的に「 0 」であるとして、式 ( 5 0 ) の演算を行うことで、等価制御入力U2eq(k) を算出する ( S T E P 2 8 - 9 ) 。

【 0 5 6 2 】

つまり、この場合には、式 ( 5 0 ) でMO2CMD(k+1) = MO2CMD(k) = MO2CMD(k-1) = 0 としてなる次式 ( 6 8 ) により等価制御入力U2eq(k) を算出する。

【 0 5 6 3 】

【 数 6 8 】

$$U_{2eq}(k) = \frac{-1}{sm1 \cdot bm1} \cdot \{ [sm1 \cdot (am1 - 1) + sm2] \cdot \overline{MVO2}(k+dm) + (sm1 \cdot am2 - sm2) \cdot \overline{MVO2}(k+dm-1) \} \quad (68)$$

【 0 5 6 4 】

さらに、スライディングモード制御器 2 2 は、今回の制御サイクルにおける S T E P 2 8 - 3 又は 2 8 - 4 で求められた切換関数の値 2(k+dm) バーの値と、S T E P 2 8 - 5 で求められた切換関数 2 バーの積算値Sg2(k+dm) と、S T E P 2 6 で決定されたゲイン係数br1 とを用いて、前記式 ( 4 8 ) 、( 4 9 ) の演算を行うことで、それぞれ今回の制御サイクルにおける到達則入力U2rch(k)及び適応則入力U2adp(k)を算出する ( S T E P 2 8 - 1 0 ) 。

【 0 5 6 5 】

そして、スライディングモード制御器 2 2 は、S T E P 2 8 - 8 又は 2 8 - 9 で求めた等価制御入力U2eq(k) と、S T E P 2 8 - 1 0 で求めた到達則入力U1rch(k)及び適応則入力U1adp(k)とを式 ( 4 0 ) に従って加算することで、今回の制御サイクルにおける目標偏差

空燃比 $k_{cmd}(k)$ を算出する(STEP 28 - 11)。

【0566】

このとき、算出される目標偏差空燃比 $k_{cmd}(k)$ は、 $f/rcal = 1$ 、且つ $f/rstb = 1$ である通常の場合は、下流側排気系制御器10が下流側O<sub>2</sub>センサ6の出力RV02/OUTを目標値RV02/TARGETに収束させるべく生成した目標偏差空燃比M02CMDに、上流側O<sub>2</sub>センサ7の偏差出力MV02を収束させる上で上流側排気系E2に与えるべき制御入力(これは前記全体排気系Eに与えるべき制御入力でもある)である。また、 $f/rcal = 0$ 、又は $f/rstb = 0$ である場合、すなわち、下流側排気系制御器10が下流側O<sub>2</sub>センサ6の出力RV02/OUTを目標値RV02/TARGETに収束させる上で適正な目標偏差出力M02CMDを生成することができない状況では、上記目標偏差空燃比 $k_{cmd}(k)$ は、上流側O<sub>2</sub>センサ7の偏差出力MV02を「0」に収束させる(出力MV02/OUTを基準値MV02/BASE (= RV02/TARGET)に収束させる)上で、上流側排気系E2に与えるべき制御入力である。

10

【0567】

以上がSTEP 28におけるスライディングモード制御器22の処理内容である。

【0568】

図15に戻って、スライディングモード制御器22は、自身が行っている適応スライディングモード制御に基づく上流側O<sub>2</sub>センサ7の出力MV02/OUTの制御状態(以下、MSLD制御状態という)の安定性を判別する処理を行って、該MSLD制御状態が安定であるかをそれぞれ値「1」、「0」で示すフラグ $f/mstb$ の値を設定する(STEP 29)。

20

【0569】

この判別処理は図19のフローチャートに示すように行われる。尚、この判別処理は、下流側排気系制御器10によるSTEP 9の判別処理と同様であるので、ここでは簡略的な説明に留める。

【0570】

すなわち、スライディングモード制御器22は、まず、前記STEP 28 - 3又はSTEP 28 - 4で算出される切換関数2バーの今回値 $2(k+dm)$ バーと前回値 $2(k+dm-1)$ バーとの偏差2バーを算出する(STEP 29 - 1)。そして、この偏差2バーと切換関数2バーの今回値 $2(k+dm)$ バーとの積2バー・ $2(k+dm)$ バーである安定判別パラメータ $P_{mstb}$ があらかじめ定めた所定値2以下であるかを判断し(STEP 29 - 2)、また、切換関数2バーの今回値 $2(k+dm)$ バーが所定範囲内にあるかを判断する(STEP 29 - 3)。尚、上記所定値2は「0」よりも若干大きな正の値である。

30

【0571】

このとき、STEP 29 - 2、29 - 3のいずれかの条件が成立しない場合には、MSLD制御状態が不安定であるので、前記STEP 28で算出された目標偏差空燃比 $k_{cmd}(k)$ による目標空燃比 $KCMD(k)$ の決定を所定時間、禁止するためにタイマカウンタ $t_{mm}$ (カウントダウンタイマ)の値を所定の初期値 $T_{MM}$ にセットし(タイマカウンタ $t_{mm}$ の起動。STEP 29 - 4)、さらに、前記フラグ $f/mstb$ の値を「0」に設定する(STEP 29 - 5)。

【0572】

また、STEP 29 - 2、29 - 3のいずれの条件も成立する場合には、前記タイマカウンタ $t_{mm}$ を所定時間 $t_{mm}$ 分、カウントダウンした後(STEP 29 - 6)、このタイマカウンタ $t_{mm}$ の値がタイムアップしたか否か( $t_{mm} = 0$ であるか否か)を判断する(STEP 9 - 7)。

40

【0573】

このとき、タイマカウンタ $t_{mm}$ がまだ計時動作中である場合には、STEP 29 - 2あるいは29 - 3でMSLD制御状態が不安定であると判断される状況になってからの経過時間が短く、MSLD制御状態が不安定になりやすいことから、フラグ $f/mstb$ の値を「0」に設定する(STEP 9 - 5)

そして、STEP 29 - 7でタイマカウンタ $t_{mm}$ がタイムアップしている場合には、MS

50

L D 制御状態が安定であると判断して、フラグf/rstbの値を「1」に設定する（STEP 29 - 8）。

【0574】

尚、本実施形態では、スライディングモード制御器22が行う前記STEP 28 - 3又は28 - 4の処理において前述したように切換関数2バーの値を制限するため、STEP 29 - 3の判断処理は省略してもよい。

【0575】

また、スライディングモード制御器17に係わるRSLD制御状態の安定性の判別の場合と同様、MSLD制御状態の安定性の判別を、他の手法により行うことも可能である。

【0576】

図15に戻って、上記のようにMSLD制御状態の安定性を示すフラグf/mstbの値を設定した後、スライディングモード制御器22は、このフラグf/mstbの値を判断する（STEP 30）。このとき、f/mstb = 1である場合、すなわち、MSLD制御状態が安定であると判断した場合には、スライディングモード制御器22は、今回の制御サイクルにおいて前記STEP 28で求めた目標偏差空燃比kcmd(k)にリミット処理を施す（STEP 31）。

【0577】

このリミット処理では、目標偏差空燃比kcmd(k)の値が所定の許容範囲内の値であるかが判断され、その値が該許容範囲の上限値又は下限値を超えている場合には、それぞれ、目標偏差空燃比kcmd(k)の値を強制的に許容範囲の上限値、下限値に制限する。

【0578】

そして、上流側排気系制御器11は、上記のようにリミット処理を施した目標偏差空燃比kcmd(k)に前記空燃比基準値FLAF/BASEを前記加算処理部23により加算することで、今回の制御サイクルにおける目標空燃比KCMD(k)を決定し（STEP 32）、今回の制御サイクルの処理を終了する。

【0579】

一方、前記STEP 30の判断で、f/mstb = 0である場合、すなわち、MSLD制御状態が不安定であると判断した場合には、スライディングモード制御器22は、前記STEP 24でf/mcal = 0である場合と同様、今回の制御サイクルにおける目標偏差空燃比kcmd(k)値を強制的に所定値に設定する（STEP 33）。

【0580】

そして、上流側排気系制御器11は、この目標偏差空燃比kcmd(k)に前記空燃比基準値FLAF/BASEを前記加算処理部23により加算することで、今回の制御サイクルにおける目標空燃比KCMD(k)を決定し（STEP 32）、今回の制御サイクルの処理を終了する。

【0581】

以上説明した内容が本実施形態の装置の詳細な作動である。

【0582】

すなわち、その作動を要約すれば、基本的には（通常的な場合）、下流側排気系制御器10によって、下流側O2センサ6の出力RV02/OUTを目標値RV02/TARGETに収束させるために下流側排気系E1に与えるべき制御入力としての上流側O2センサ7の出力MV02/OUTの目標値に相当する目標偏差出力M02CMDが制御サイクル毎に算出される。さらに、上流側排気系制御器11によって、この目標偏差出力M02CMDに上流側O2センサ7の偏差出力MV02を収束させるために上流側排気系E2に与えるべき制御入力としての目標偏差空燃比kcmd、ひいては目標空燃比KCMDが制御サイクル毎に算出される。そして、燃料処理制御器12によって、この目標空燃比KCMDにLAFセンサ8の出力（空燃比の検出値）を収束させるようにエンジン1の燃料噴射量を調整することで、エンジン1の空燃比が目標空燃比KCMDに操作される。このため、エンジン1の空燃比は、結果的に、下流側O2センサ6の出力RV02/OUTを目標値RV02/TARGETに収束させるように操作されることとなる。これにより、前記排ガス浄化装置5を構成する第1触媒装置3や第2触媒装置4の経時劣化等によらずに排ガス浄化装置5の最適な排ガス浄化性能を確保することができる。

10

20

30

40

50

## 【 0 5 8 3 】

このとき、下流側排気系制御器 1 0 にあっては、その制御対象としての下流側排気系 E 1 が有する無駄時間  $dr_1$  と、該排気系 E 1 の入力生成系（上流側排気系制御器 1 1、燃料処理制御器 1 2、エンジン 1 及び上流側排気系 E 2 からなる系）の無駄時間  $dr_2$  とを合わせた合計無駄時間  $dr$  を考慮する。そして、制御サイクル毎に、その合計無駄時間  $dr$  後の下流側 O 2 センサ 6 の偏差出力  $RV02$  の推定値として推定器 1 6 が算出する推定偏差出力  $RV02(k+dr)$  バーを「 0 」に収束させるように、換言すれば、合計無駄時間  $dr$  後の下流側 O 2 センサ 6 の出力  $RV02/OUT$  の推定値（ $= RV02(k+dr)$  バー +  $RV02/TARGET$ ）を目標値  $RV02/TARGET$  に収束させるように下流側排気系 E 1 の制御入力としての目標偏差出力  $MO2CMD$ （上流側 O 2 センサ 7 の偏差出力  $MV02$  の目標値）を算出する。

10

## 【 0 5 8 4 】

同様に、上流側排気系制御器 1 1 にあっては、その制御対象としての上流側排気系 E 2 が有する無駄時間  $dm_1$  と、該排気系 E 2 の入力生成系（燃料処理制御器 1 2 及びエンジン 1 からなる系）の無駄時間  $dm_2$  とを合わせた合計無駄時間  $dm$  を考慮する。そして、制御サイクル毎に、その合計無駄時間  $dm$  後の上流側 O 2 センサ 7 の偏差出力  $MV02$  の推定値として推定器 2 1 が算出する推定偏差出力  $MV02(k+dm)$  バーに対応する上流側 O 2 センサ 7 の出力  $MV02/OUT$  の推定値（ $= MV02(k+dm)$  バー +  $MV02/BASE$ ）を、下流側排気系制御器 1 0 が生成した目標偏差出力  $MO2CMD$  に対応する上流側 O 2 センサ 7 の出力  $MV02/OUT$  の目標値  $MV02/TARGET$ （ $= MO2CMD + MV02/BASE$ ）に収束させるように上流側排気系 E 2 の制御入力（これは全体排気系 E に対する制御入力である）としての目標偏差空燃比  $kcmd$ 、ひいては目標空燃比  $KCMD$ （ $= kcmd + FLAF/BASE$ ）を算出する。

20

## 【 0 5 8 5 】

これにより、下流側排気系制御器 1 0 及び上流側排気系制御器 1 1 は、下流側 O 2 センサ 6 の出力  $RV02/OUT$  を目標値  $RV02/TARGET$  に収束制御するために、協働して、下流側排気系 E 1 と上流側排気系 E 2 とを合わせた全体排気系 E、すなわち L A F センサ 8 から下流側 O 2 センサ 6 にかけての排ガス浄化装置 5 の全体を含む系の無駄時間（ $= dr_1 + dm_1$ ）の影響を補償することができると共に、個々の排気系制御器 1 0、1 1 毎にその制御対象に対する入力生成系の無駄時間  $dr_2, dm_2$  の影響をも補償することができる。この結果、下流側 O 2 センサ 6 の出力  $RV02/OUT$  の目標値  $RV02/TARGET$  への収束制御の安定性を確保することができ、ひいては排ガス浄化装置 5 の所要の浄化性能を安定して発揮させることができる。

30

## 【 0 5 8 6 】

この場合、下流側排気系制御器 1 0 の推定器 1 6 に関しては、その制御対象である下流側排気系 E 1 の入力生成系の応答遅れの影響を上流側排気系制御器 1 1（特にスライディングモード制御器 2 2）及び燃料処理制御器 1 2（特に適応制御器 3 1）によって補償することができることから、前記合計無駄時間  $dr$  後の下流側 O 2 センサ 6 の偏差出力  $RV02$  の推定値である推定偏差出力  $RV02(k+dr)$  バーを算出するに際して考慮すべき応答遅れに係わる要素は、下流側排気系 E 1 のみでよく、該下流側排気系 E 1 の入力操作系の応答遅れは考慮せずともよい。従って、下流側排気系 E 1 に含まれる前記第 2 触媒装置 4 が比較的小型なものである場合等、該下流側排気系 E 1 の無駄時間  $dr_1$  が比較的短い場合には、該下流側排気系 E 1 の応答遅れに係わる要素を含めて該下流側排気系 E 1 の挙動を表現した前記下流側排気系モデル（式（ 1 ））に基づく前述のアルゴリズムによって、十分な精度を確保しつつ、前記推定偏差出力  $RV02(k+dr)$  バーを制御サイクル毎に算出することができる。しかも、上記下流側排気系モデルの挙動を規定するパラメータである前記ゲイン係数  $ar_1, ar_2, br_1$  は、同定器 1 5 によって、下流側排気系 E 1 の挙動状態に則してリアルタイムで逐次同定され、下流側排気系モデルの実際の下流側排気系 E 1 に対するモデル化誤差が最小限に留められるため、推定偏差出力  $RV02(k+dr)$  バーの精度を高めることができる。

40

## 【 0 5 8 7 】

また、上流側排気系制御器 1 1 の推定器 2 1 に関しても、その制御対象である上流側排気系 E 2 の入力生成系の応答遅れの影響を燃料処理制御器 1 2（特に適応制御器 3 1）によ

50

って補償することができることから、前記合計無駄時間 $dm$ 後の上流側 $O_2$  センサ7の偏差出力 $MV_{O2}$ の推定値である推定偏差出力 $MV_{O2}(k+dm)$ バーを算出するに際しては、該上流側排気系E2の入力操作系の応答遅れは考慮せずともよい。しかも、該推定器21が考慮する合計無駄時間 $dm$ は、前記全体排気系Eの一部である上流側排気系E2の無駄時間 $dm1$ と該上流側排気系E2の入力生成系である燃料処理制御器12及びエンジン1の無駄時間 $dm2$ とを合わせた比較的短い時間である。さらに、上流側排気系E2の応答遅れに係わる要素を含めて該上流側排気系E2の挙動を表現した前記上流側排気系モデル(式26)の挙動を規定するパラメータである前記ゲイン係数 $am1, am2, bm1$ を、同定器20によって、逐次同定することで、上流側排気系モデルのモデル化誤差が最小限に留められる。従って、上流側排気系モデルに基づく前述のアルゴリズムによって、高精度で前記推定偏差出力 $MV_{O2}(k+dm)$ バーを制御サイクル毎に算出することができる。

10

#### 【0588】

この結果、排ガス浄化装置5の無駄時間等、下流側 $O_2$  センサ6の出力 $RV_{O2}/OUT$ の目標値 $RV_{O2}/TARGET$ への収束制御に影響を及ぼす無駄時間の影響を適正に補償して、該収束制御の安定性を高めることができる。また特に、上流側排気系制御器11の推定器21に係わる前記推定偏差出力 $MV_{O2}(k+dm)$ バーを精度よく算出することができることから、上流側 $O_2$  センサ7の偏差出力 $MV_{O2}$ を目標偏差出力 $MO2CMD$ に収束させるフィードバック制御(本実施形態では適応スライディングモード制御)をハイゲインで行うことができ、ひいては、下流側 $O_2$  センサ6の出力 $RV_{O2}/OUT$ の目標値 $RV_{O2}/TARGET$ への収束制御の速応性を高めることができる。

20

#### 【0589】

また、下流側排気系制御器10及び上流側排気系制御器11は、それらを合わせて見れば、排ガス浄化装置5の全体を含む前記全体排気系Eを制御対象として、該全体排気系Eの出力としての下流側 $O_2$  センサ6の出力 $RV_{O2}/OUT$ を目標値 $RV_{O2}/TARGET$ に収束させるべく、該全体排気系Eの制御入力としての目標空燃比 $KCMD$ を生成するものである。そして、下流側排気系制御器10及び上流側排気系制御器11のうち、下流側排気系制御器10は、全体排気系Eの下流側の部分としての下流側排気系E1に係わる制御を分担し、上流側排気系制御器11は、全体排気系Eの上流側の部分としての上流側排気系E2に係わる制御を分担する。

#### 【0590】

このため、全体排気系Eに作用する外乱等の影響を下流側排気系制御器10と上流側排気系制御器11とで分散的に吸収することができ、全体排気系Eを直接的に制御対象とする単一的な制御器(下流側 $O_2$  センサ6の出力 $RV_{O2}/OUT$ を目標値 $RV_{O2}/TARGET$ に収束させるように直接的に目標空燃比 $KCMD$ を生成する制御器)を構築する場合に比して、下流側 $O_2$  センサ6の出力 $RV_{O2}/OUT$ の目標値 $RV_{O2}/TARGET$ への収束制御を安定して行う上で適正な目標空燃比 $KCMD$ を生成することができ、ひいては該収束制御の安定性を高めることができる。

30

#### 【0591】

特に、本実施形態では、下流側排気系制御器10及び上流側排気系制御器11の両者とも、フィードバック制御処理に、本来的に外乱等の影響を受け難いという特性を有するスライディングモード制御の処理を用いる。しかも、本実施形態で用いるスライディングモード制御の処理は、外乱等の影響を極力排除するための適応則(適応アルゴリズム)を加味した適応スライディングモード制御の処理である。さらに、下流側排気系制御器10の適応スライディングモード制御の処理に必要な制御対象のモデル、すなわち前記下流側排気系モデルのパラメータ(ゲイン係数 $ar1, ar2, br1$ )は、同定器15により下流側排気系E1の挙動状態に則してリアルタイムで逐次同定される。同様に、上流側排気系制御器11の適応スライディングモード制御の処理に必要な前記上流側排気系モデルのパラメータ(ゲイン係数 $am1, am2, bm1$ )は、同定器20により上流側排気系E2の挙動状態に則してリアルタイムで逐次同定される。

40

#### 【0592】

50

このため、下流側排気系 E1 や上流側排気系 E2 の挙動状態の変化、外乱等の影響によらずに、極めて高い安定性で、下流側 O2 センサ 6 の出力 RV02/OUT の目標値 RV02/TARGET への収束制御を精度よく行うことができる。

【 0 5 9 3 】

また、本実施形態では、下流側排気系制御器 10 における適応スライディングモード制御に係わる前記減衰パラメータ  $R_{pole} (= sr2 / sr1 )$  の絶対値を上流側排気系制御器 11 における適応スライディングモード制御に係わる減衰パラメータ  $M_{pole} (= sm2 / sm1 )$  の絶対値を大きくし、下流側排気系制御器 10 のフィードバックゲインを上流側排気系制御器 11 のそれよりも小さくしている。このため、両制御器 10, 11 の相互の干渉を避け、下流側 O2 センサ 6 の出力 RV02/OUT の目標値 RV02/TARGET への収束制御の安定性を確実に確保することができる。

10

【 0 5 9 4 】

また、本実施形態では、下流側 O2 センサ 6 がまだ活性化しておらず、あるいは、前記 RSLD 制御状態が不安定であると判断され、下流側排気系制御器 10 が適正に目標偏差出力 M02CMD を生成することができない状況では、上流側排気系制御器 11 のスライディングモード制御器 22 は、目標偏差出力 M02CMD が定常的に「0」であるとして、換言すれば、上流側 O2 センサ 7 の出力 MV02/OUT の目標値が定常的に前記基準値 MV02/BASE（これは、下流側 O2 センサ 6 の出力 RV02/OUT の目標値 RV02/TARGET と同じ値である）であるとして、目標偏差空燃比 kcmd を生成する。このため、この場合に上流側排気系制御器 11 が生成する目標空燃比 KCMD は、上流側 O2 センサ 7 の出力 MV02/OUT を、下流側 O2 センサ 6 の出力 RV02/OUT の目標値 RV02/TARGET と同じ目標値に収束させるために要求される空燃比となる。従って、この場合には、上流側排気系 E2 に含まれる第 1 触媒装置 3 の最適な浄化性能を確保するように、エンジン 1 の空燃比が操作される。これにより、排ガス浄化装置 5 の全体の最適な浄化性能を確保できない状況であっても、可能な限り良好な浄化性能を確保することができる。

20

【 0 5 9 5 】

次に、本発明の内燃機関の空燃比制御装置及びプラントの制御装置の第 2 の実施形態を説明する。尚、本実施形態は、前述の第 1 の実施形態とシステム構成は同一で、下流側排気系制御器 10 の推定器 16 及びスライディングモード制御器 17 が実行する処理のみを第 1 の実施形態と異なるものとしたものである。このため、構成的な参照符号は、第 1 の実施形態と同一のものを使用し、第 1 の実施形態と同一部分及び処理については、詳細な説明を省略する。

30

【 0 5 9 6 】

前述した第 1 の実施形態では、下流側排気系制御器 10 の推定器 16 は、前記合計無駄時間  $dr$  後の下流側 O2 センサ 6 の出力 RV02/OUT の推定値に相当する前記推定偏差出力  $MV02(k+dr)$  パーを求めるようにしたが、下流側排気系 E1 に含まれる第 2 触媒装置 4 が比較的大きなものである場合等、該下流側排気系 E1 の無駄時間  $dr1$  が比較的長い場合には、上記推定偏差出力  $MV02(k+dr)$  パーの十分な精度を確保することが困難となる虞れがある。そして、このような場合には、下流側排気系 E1 の入力操作系の無駄時間  $dr2$  を考慮せずに、下流側排気系 E1 の無駄時間  $dr1$  後の下流側 O2 センサ 6 の出力 RV02/OUT の推定値を目標値 RV02/TARGET に収束制御するように上流側 O2 センサ 7 の出力 MV02/OUT の目標値 MV02/TARGET に相当する前記目標偏差出力 M02CMD を生成することが、制御の安定性を確保する上で好ましい。

40

【 0 5 9 7 】

そこで、本実施形態では、下流側排気系制御器 10 の推定器 16 は、下流側排気系 E1 の無駄時間  $dr1$  後の下流側 O2 センサ 6 の偏差出力  $RV02(k+dr1)$  の推定値である推定偏差出力  $RV02(k+dr1)$  パーを制御サイクル毎に逐次求める。さらに、推定器 16 は、前述の第 1 の実施形態の場合と同様の理由によって、上記無駄時間  $dr1$  よりも 1 制御サイクル分長い時間  $(dr1 + 1)$  後の下流側 O2 センサ 6 の偏差出力  $RV02(k+dr1+1)$  の暫定的な推定値である暫定推定偏差出力  $RV02(k+dr1+1)$  パーを制御サイクル毎に求める。

50

【 0 5 9 8 】

この場合、該推定偏差出力RV02(k+dr1) バーは、前述の第 1 の実施形態と同様の考え方によって、下流側排気系モデル（式（ 1 ））に基づく次式（ 6 9 ）、すなわち、前記式（ 1 1 ）で用いている無駄時間dr,dr2をそれぞれ「 dr1 」、「 0 」に置き換えた式によって求める。

【 0 5 9 9 】

【 数 6 9 】

$$\overline{RV02}(k+dr1) = \alpha R1 \cdot RV02(k)$$

$$+ \alpha R2 \cdot RV02(k-1) + \sum_{j=1}^{dr1} \beta R(j) \cdot MVO2(k-j)$$

10

但し、

$$\begin{cases} \alpha R1 = Ar^{dr1} \text{の第1行第1列成分} \\ \alpha R2 = Ar^{dr1} \text{の第1行第2列成分} \\ \beta R(j) = Ar^{j-1} \cdot Br \text{の第1行成分}(j=1,2,\dots,dr1) \\ Ar = \begin{bmatrix} ar1 & ar2 \\ 1 & 0 \end{bmatrix} \\ Br = \begin{bmatrix} br1 \\ 0 \end{bmatrix} \end{cases} \quad (69)$$

20

【 0 6 0 0 】

すなわち、下流側 O2 センサ 6 の偏差出力RV02の現在以前の時系列データRV02(k) , RV02(k-1) と、上流側 O2 センサ 7 の偏差出力MVO2の過去の時系列データMVO2(k-1) , ... , MVO2(k-dr1) とを用いて、推定偏差出力RV02(k+dr1) バーを制御サイクル毎に求める。

【 0 6 0 1 】

尚、式（ 6 9 ）中の係数値 R1 , R2及び R(j) ( j=1,2,...,dr1 ) は、同式（ 6 9 ）の但し書きで定義した通りであり、前記第 1 の実施形態と同様に、前記図 1 0 の S T E P 6 で決定されるゲイン係数ar1,ar2,br1（これらは基本的には、同定器 1 5 によって算出される最新の同定ゲイン係数ar1(k), ar2(k), br(k) である）を用いて算出する。

30

【 0 6 0 2 】

また、前記暫定推定偏差出力RV02(k+dr1+1) バーは、上記の式（ 6 9 ）の「 dr1 」を「 dr1+1 」に置き換えた次式（ 7 0 ）により求める。

【 0 6 0 3 】

【 数 7 0 】

$$\overline{RV02}(k+dr1+1) = \alpha R1P \cdot RV02(k)$$

$$+ \alpha R2P \cdot RV02(k-1) + \sum_{j=1}^{dr1+1} \beta RP(j) \cdot MVO2(k-j)$$

40

但し、

$$\begin{cases} \alpha R1P = Ar^{dr1+1} \text{の第1行第1列成分} \\ \alpha R2P = Ar^{dr1+1} \text{の第1行第2列成分} \\ \beta RP(j) = Ar^{j-1} \cdot Br \text{の第1行成分}(j=1,2,\dots,dr1+1) \\ Ar = \begin{bmatrix} ar1 & ar2 \\ 1 & 0 \end{bmatrix} \\ Br = \begin{bmatrix} br1 \\ 0 \end{bmatrix} \end{cases} \quad (70)$$

50



## 【 0 6 0 4 】

すなわち、下流側 02 センサ 6 の偏差出力 RV02 の現在以前の時系列データ RV02(k) , RV02(k-1) と、上流側 02 センサ 7 の偏差出力 MV02 の過去の時系列データ MV02(k-1) , ... , MV02(k-dr1) とを用いて、推定偏差出力 RV02(k+dr1) バーを制御サイクル毎に求める。

## 【 0 6 0 5 】

尚、式 ( 6 9 ) 中の係数値 R1 , R2 及び R(j) ( j=1,2,...,dr1 ) は、同式 ( 6 9 ) の但し書きで定義した通りであり、推定偏差出力 RV02(k+dr1) バーの算出の場合と同様、前記図 10 の S T E P 6 で決定されるゲイン係数 ar1, ar2, br1 を用いて算出する。

## 【 0 6 0 6 】

以上が、本実施形態における推定器 16 の処理である。

10

## 【 0 6 0 7 】

次に、本実施形態における下流側排気系制御器 10 のスライディングモード制御器 17 は、前記式 ( 2 2 )、( 2 4 )、( 2 5 ) の「dr」を「dr1」に置き換えた次式 ( 7 1 ) ~ ( 7 3 ) によって、各制御サイクルにおける等価制御入力 U1eq(k)、到達則入力 U1rch(k) 及び適応則入力 U1adp(k) を第 1 の実施形態と同様に算出する。この場合において、到達則入力 U1rch(k) 及び適応則入力 U1adp(k) の算出に必要な切換関数 1 バーの定義式は、第 1 の実施形態と同じ式 ( 2 3 ) である。また、等価制御入力 U1eq(k) や切換関数 1 バーの算出に用いる推定偏差出力 RV02(k+dr1) バー、RV02(k+dr1-1) バーは、それぞれ本実施形態における推定器 16 によって制御サイクル毎に算出される推定偏差出力の今回値及び前回値である。

20

## 【 0 6 0 8 】

## 【数 7 1】

$$U1eq(k) = \frac{-1}{sr1 \cdot br1} \{ [sr1 \cdot (ar1 - 1) + sr2] \cdot \overline{RV02}(k+dr1) + (sr1 \cdot ar2 - sr2) \cdot \overline{RV02}(k+dr1-1) \} \quad (71)$$

## 【 0 6 0 9 】

30

## 【数 7 2】

$$U1rch(k) = \frac{-1}{sr1 \cdot br1} \cdot F1 \cdot \overline{\sigma 1}(k+dr1) \quad (72)$$

## 【 0 6 1 0 】

## 【数 7 3】

$$U1adp(k) = \frac{-1}{sr1 \cdot br1} \cdot G1 \cdot \sum_{i=0}^{k+dr1} (\overline{\sigma 1}(i) \cdot \Delta T) \quad (73)$$

40

## 【 0 6 1 1 】

そして、スライディングモード制御器 17 は、これらの式 ( 7 1 ) ~ ( 7 3 ) により求まる等価制御入力 U1eq(k)、到達則入力 U1rch(k) 及び適応則入力 U1adp(k) を、第 1 の実施形態と同様、加算することで、各制御サイクルにおける目標偏差出力 MO2CMD(k) を算出する。

## 【 0 6 1 2 】

また、スライディングモード制御器 17 は、前記式 ( 5 2 ) ~ ( 5 4 ) の「dr」を「dr1」に置き換えた次式 ( 7 4 ) ~ ( 7 6 ) によって、各制御サイクルの 1 制御サイクル先の暫定的な等価制御入力 U1eq(k+1)、到達則入力 U1rch(k+1) 及び適応則入力 U1adp(k+1) を第 1 の実施形態と同様に算出する。この場合において、等価制御入力 U1eq(k) や切換関数

50

1 バーの算出に用いるRVO2(k+dr1) バー及びRVO2(k+dr1+1) バーは、それぞれ本実施形態における推定器 1 6 によって制御サイクル毎に算出される推定偏差出力の今回値及び暫定推定偏差出力の今回値である。

【 0 6 1 3 】

【 数 7 4 】

$$U1eq(k+1) = \frac{-1}{sr1 \cdot br1} \{ [sr1 \cdot (ar1 - 1) + sr2] \cdot \overline{RVO2}(k+dr1+1) + (sr1 \cdot ar2 - sr2) \cdot \overline{RVO2}(k+dr1) \} \quad (74)$$

10

【 0 6 1 4 】

【 数 7 5 】

$$U1rch(k+1) = \frac{-1}{sr1 \cdot br1} \cdot F1 \cdot \overline{\sigma 1}(k+dr1+1) \quad (75)$$

【 0 6 1 5 】

【 数 7 6 】

20

$$U1adp(k+1) = \frac{-1}{sr1 \cdot br1} \cdot G1 \cdot \sum_{i=0}^{k+dr1+1} (\overline{\sigma 1}(i) \cdot \Delta T) \quad (76)$$

【 0 6 1 6 】

そして、スライディングモード制御器 1 7 は、これらの式 ( 7 4 ) ~ ( 7 6 ) により求まる等価制御入力U1eq(k+1)、到達則入力U1rch(k+1)及び適応則入力U1adp(k+1)を、第 1 の実施形態と同様、加算することで、各制御サイクルの次の制御サイクルにおける暫定的な目標偏差出力MO2CMD(k+1)を算出する。

【 0 6 1 7 】

30

尚、スライディングモード制御器 1 7 が行うより具体的な処理では、前記図 1 0 の S T E P 8 において、前記図 1 3 のフローチャート中の「dr」を「dr1」に置き換えた処理を実行することで、各制御サイクル毎の目標偏差出力MO2CMD(k)と、暫定的な目標偏差出力MO2CMD(k+1)とが算出される。

【 0 6 1 8 】

また、前記図 1 0 の S T E P 9 では、前記図 1 4 のフローチャート中の「dr」を「dr1」に置き換えた処理を実行することで、スライディングモード制御器 1 0 が行っている適応スライディングモード制御の安定性、すなわち R S L D 制御状態の安定性の判別を行う。

【 0 6 1 9 】

以上、説明した以外の処理は、第 1 の実施形態と全く同一であり、前記図 8 ~ 図 1 9 に示した処理が第 1 の実施形態と同様に行われる。

40

【 0 6 2 0 】

かかる本実施形態においても、前述の第 1 の実施形態に関して説明したものと同様の効果を奏することができる。この場合、本実施形態では、特に、下流側排気系 E 1 の無駄時間 dr1 が比較的長い場合に有効である。

【 0 6 2 1 】

次に、本発明の内燃機関の制御装置及びプラントの制御装置の第 3 の実施形態を説明する。尚、本実施形態は、前述の第 1 の実施形態とシステム構成は同一で、下流側排気系制御器 1 0 の推定器 1 6 が実行する処理のみを第 1 の実施形態と異なるものとしたものである。構成的な参照符号は、第 1 の実施形態と同一のものを使用し、第 1 の実施形態と同

50

一部分及び処理については、詳細な説明を省略する。

【 0 6 2 2 】

前述の第 1 の実施形態では、下流側排気系制御器 1 0 の推定器 1 6 は、前記合計無駄時間  $dr$  後の下流側 O2 センサ 6 の出力  $RVO2/OUT$  の推定値に相当する前記推定偏差出力  $MVO2(k+dr)$  パーを、前記式 ( 1 1 ) 中における上流側 O2 センサ 7 の偏差出力  $MVO2$  の未来値  $MVO2(k+dr2-1)$  , ... ,  $MVO2(k+1)$  の代わりに、目標偏差出力  $MO2CMD$  の過去値  $MO2CMD(k-1)$  , ... ,  $MO2CMD(k-dr2+1)$  を用いた前記式 ( 1 2 ) により求めた。

【 0 6 2 3 】

これに対して、本実施形態では、偏差出力  $MVO2$  の未来値  $MVO2(k+dr2-1)$  , ... ,  $MVO2(k+1)$  の代わりに、前記上流側排気系制御器 1 1 の推定器 2 1 が前述した如く制御サイクル毎に算出する上流側 O2 センサ 7 の推定偏差出力  $MVO2$  パーの時系列データを用いる。

10

【 0 6 2 4 】

すなわち、上流側排気系制御器 1 1 の推定器 2 1 が各制御サイクルで前記式 ( 3 6 ) により算出する推定偏差出力  $MVO2(k+dm)$  パーは、現在の制御サイクルから前記合計無駄時間  $dm$  後の上流側 O2 センサの偏差出力  $MVO2(k+dm)$  (これは未来値である) の推定値であるので、基本的には、 $MVO2(k+dm)$   $MVO2(k+dm)$  パーとなると考えてよい。また、本実施形態では、前述の第 1 の実施形態と同様、下流側排気系 E 1 の入力操作系の無駄時間  $dr2$  は、上流側排気系制御器 1 1 の推定器 2 1 に係わる前記合計無駄時間  $dm$  に等しい。

【 0 6 2 5 】

このため、前記偏差出力  $MVO2$  の未来値  $MVO2(k+dr2-1)$  , ... ,  $MVO2(k+1)$  は、それぞれ推定器 2 1 が算出した推定偏差出力  $MVO2$  パーの過去値  $MVO2(k+dm-1)$  パー, ... ,  $MVO2(k+1)$  パー、すなわち、1 制御サイクル前から (  $dm-1$  ) 制御サイクル前までの推定偏差出力  $MVO2$  パーに置き換えることができる。

20

【 0 6 2 6 】

そこで、本実施形態では、下流側排気系制御器 1 0 の推定器 1 6 は、前記合計無駄時間  $dr$  後の下流側 O2 センサ 6 の偏差出力  $RVO2(k+dr)$  の推定値である推定偏差出力  $RVO2(k+dr)$  パーを制御サイクル毎に次式 ( 7 7 ) により逐次求める。

【 0 6 2 7 】

【 数 7 7 】

30

$$\overline{RVO2}(k+dr) = a_{r1} \cdot RVO2(k) + a_{r2} \cdot RVO2(k-1)$$

$$+ \sum_{j=1}^{dr2-1} \beta_{r(j)} \cdot \overline{MVO2}(k+dm-j) \\ + \sum_{i=dr2}^{dr} \beta_{r(i)} \cdot MVO2(k+dr2-i) \quad (77)$$

(但し、 $dr=dr1+dr2$ ,  $dr2 \geq 2$ ,  $dr2=dm$ )

40

【 0 6 2 8 】

この式 ( 7 7 ) は、上記と別の言い方をすれば、前述の第 1 の実施形態で推定偏差出力  $RVO2(k+dr)$  を求めるために用いた前記式 ( 1 2 ) 中の目標偏差出力  $MO2CMD(k-1)$  , ... ,  $MO2CMD(k-dr+1)$  を推定偏差出力  $MVO2$  パーの過去値  $MVO2(k+dm-1)$  パー, ... ,  $MVO2(k+1)$  パーに置き換えた式である。

【 0 6 2 9 】

そして、この場合、式 ( 7 7 ) 中の係数値  $r1$  ,  $r2$  及び  $r(j)$  (  $j=1,2,\dots,dr$  ) は、式 ( 1 2 ) のものと全く同一であり、第 1 の実施形態と同様に、前記図 1 0 の S T E P 6 で決定されるゲイン係数  $a_{r1}, a_{r2}, b_{r1}$  を用いて算出する。

50

## 【 0 6 3 0 】

さらに、推定器 1 6 は、前述の第 1 の実施形態の場合と同様の理由によって、前記合計無駄時間  $dr$  よりも 1 制御サイクル分長い時間  $(dr + 1)$  後の下流側 O<sub>2</sub> センサ 6 の偏差出力  $RVO2(k+dr+1)$  の暫定的な推定値である暫定推定偏差出力  $RVO2(k+dr+1)$  バーを制御サイクル毎に次式 ( 7 8 ) によって求める。

## 【 0 6 3 1 】

## 【 数 7 8 】

$$\overline{RVO2}(k+dr+1) = a_{r1p} \cdot RVO2(k) + a_{r2p} \cdot RVO2(k-1)$$

10

$$+ \sum_{j=1}^{dr2} \beta_{rp(j)} \cdot \overline{MVO2}(k+1+dm-j) \\ + \sum_{i=dr2+1}^{dr+1} \beta_{rp(i)} \cdot \overline{MVO2}(k+1+dr2-i) \quad (78)$$

## 【 0 6 3 2 】

この式 ( 7 8 ) は、前述の第 1 の実施形態で暫定推定偏差出力  $RVO2(k+dr+1)$  を求めるために用いた前記式 ( 5 1 ) 中の目標偏差出力  $MO2CMD(k), \dots, MO2CMD(k+1-dr2)$  を推定偏差出力  $MVO2$  バーの現在以前のデータ  $MVO2(k+dm)$  バー,  $\dots, MVO2(k+1)$  バーに置き換えた式である。

20

## 【 0 6 3 3 】

そして、式 ( 7 8 ) 中の係数値  $r1p$ ,  $r2p$  及び  $rp(j)$  ( $j=1, 2, \dots, dr+1$ ) は、式 ( 5 1 ) のものと全く同一であり、第 1 の実施形態と同様に、前記図 1 0 の S T E P 6 で決定されるゲイン係数  $ar1, ar2, br1$  を用いて算出する。

## 【 0 6 3 4 】

以上、説明した以外の処理は、第 1 の実施形態と全く同一であり、前記図 8 ~ 図 1 9 に示した処理が第 1 の実施形態と同様に行われる。

## 【 0 6 3 5 】

30

かかる本実施形態においても、前述の第 1 の実施形態に関して説明したものと同様の効果を奏することができる。この場合、下流側 O<sub>2</sub> センサ 6 の推定偏差出力  $RVO2$  バーを算出するために、上流側排気系制御器 1 1 の推定器 2 1 が上流側排気系 E 2 の実際の挙動状態を反映する上流側 O<sub>2</sub> センサ 7 の実際の偏差出力  $MVO2$  や L A F センサ 8 の実際の偏差出力  $ka ct$  等を用いて算出した推定偏差出力  $MVO2$  バーを使用することで、推定偏差出力  $RVO2$  バーの精度をより高めることができる。

## 【 0 6 3 6 】

尚、本発明、特に本発明の内燃機関の空燃比制御装置は、前述した実施形態に限定されるものではなく、例えば次のような変形態様も可能である。

## 【 0 6 3 7 】

40

すなわち、前記各実施形態では、第 3 排ガスセンサとして、L A F センサ ( 広域空燃比センサ ) 8 を用いたが、第 3 排気ガスセンサは排ガスの空燃比を検出できるものであれば、通常の O<sub>2</sub> センサ等、他の形式のセンサを用いてもよい。

## 【 0 6 3 8 】

また、前記各実施形態では、第 1 排ガスセンサとして O<sub>2</sub> センサ 6 を用いたが、第 1 排ガスセンサは、排ガス浄化装置の下流の制御すべき排ガスの特定成分の濃度を検出できるセンサであれば、他のセンサを用いてもよい。すなわち、例えば排ガス浄化装置の下流の排ガス中の一酸化炭素 ( C O ) を制御する場合は C O センサ、窒素酸化物 ( N O<sub>x</sub> ) を制御する場合には N O<sub>x</sub> センサ、炭化水素 ( H C ) を制御する場合には H C センサを用いる。三元触媒装置により排ガス浄化装置を構成した場合には、上記のいずれのガス成分の濃度

50

を検出するようにしても、排ガス浄化装置の浄化性能を最大限に発揮させるように制御することができる。また、還元触媒装置や酸化触媒装置を用いて排ガス浄化装置を構成した場合には、浄化したいガス成分を直接検出することで、浄化性能の向上を図ることができる。

#### 【 0 6 3 9 】

また、排ガス浄化装置を構成する第 1 触媒装置と第 2 触媒装置との間の第 2 排ガスセンサは、必ずしも前記各実施形態の如く第 1 排ガスセンサと同種のものを使用する必要はなく、第 1 排ガスセンサが検出する特定成分の濃度と、相関性を有する特定成分の濃度を検出することができるものであれば、第 1 排ガスセンサと異なる種類の排ガスセンサを使用してもよい。すなわち、第 2 排ガスセンサは、その出力が変化したとき、それに応じて第 1 排ガスセンサの出力が変化するようなものであればよい。

10

#### 【 0 6 4 0 】

また、前記各実施形態では、下流側排気系制御器 10 のスライディングモード制御器 17 は、各制御サイクルにおける目標偏差出力  $MO2CMD(k)$  と、その 1 制御サイクル先の暫定目標偏差出力  $MO2CMD(k+1)$  とを各別の演算処理により制御サイクル毎に求めるようにしたが、目標偏差出力  $MO2CMD(k)$  として、1 制御サイクル前に算出した暫定目標偏差出力  $MO2CMD((k-1)+1)$  を代用してもよい。すなわち、各制御サイクルの 1 制御サイクル前に前記式 (52) ~ (54) の演算結果の総和 (第 1 及び第 3 実施形態)、あるいは前記式 (74) ~ (76) の演算結果の総和 (第 2 実施形態) として算出した暫定目標偏差出力  $MO2CMD((k-1)+1)$  は、今回の制御サイクルで前記式 (22)、(24)、(25) の演算結果の総和 (第 1 及び第 3 実施形態)、あるいは前記式 (71) ~ (73) の演算結果の総和 (第 2 実施形態) として算出される本来の目標偏差出力  $MO2CMD(k)$  に概ね、一致すると考えられる。従って、目標偏差出力  $MO2CMD(k)$  として、1 制御サイクル前に算出した暫定目標偏差出力  $MO2CMD((k-1)+1)$  を代用してもよい。このようにすると、スライディングモード制御器 17 は、制御サイクル毎に暫定目標偏差出力  $MO2CMD(k+1)$  のみを算出すればよいこととなる。また、これに追従して、前記推定器 16 も、制御サイクル毎に暫定推定偏差出力  $RV02(k+dr+1)$  バー (第 1 及び第 3 実施形態) あるいは、暫定推定偏差出力  $RV02(k+dr+1)$  バー (第 2 実施形態) のみを算出すればよいこととなる。このため、制御処理のアルゴリズムを簡略化することができる。

20

#### 【 0 6 4 1 】

また、前記各実施形態では、下流側排気系制御器 10 や上流側排気系制御器 11 のフィードバック制御処理に適応スライディングモード制御の処理を用いたが、PID 制御や最速制御等、他のフィードバック制御の処理を用いてもよい。

30

#### 【 0 6 4 2 】

また、前記各実施形態では、上流側排気系制御器 11 のスライディングモード制御器 22 は、等価制御入力  $U2eq(k)$  を前記式 (50) により求めるようにしたが、同式 (50) の右辺の括弧 { } 内の第 3 項及び第 4 項 (目標偏差出力  $MO2CMD$  を含む項) を省略して、等価制御入力  $U2eq(k)$  を求めるようにしてもよい。これは、スライディングモード制御器 22 が行う適応スライディングモード制御の処理によれば、上記のような省略の影響を適応則入力  $U2adp$  によって吸収し、切換関数 2 バーの値を十分に「0」に収束させることが可能であるからである。このようにした場合には、下流側排気系制御器 10 の推定器 16 やスライディングモード制御器 17 では、前記暫定推定偏差出力  $RV02$  バーや暫定目標偏差出力  $MO2CMD$  の算出処理を省略することができる。

40

#### 【 0 6 4 3 】

また、前記各実施形態では、下流側排気系制御器 10 及び上流側排気系制御器 11 の制御サイクルの周期を同一としたが、それらを異なるものとしてもよい。この場合、下流側排気系制御器 10 のフィードバックゲインを前記各実施形態と同様に上流側排気系制御器 11 のそれよりも小さくする上では、制御器 10 側の前記切換関数 1 に係わる前記減衰パラメータ  $Rpole (= sr2 / sr1)$  の絶対値と制御器 11 側の前記切換関数 2 に係わる前記減衰パラメータ  $Mpole (= sm2 / sm1)$  の絶対値とを例えば同一とした場合、下流側排

50

気系制御器 10 の制御サイクルの周期を上流側排気系制御器 11 のそれよりも長くすればよい。より一般的には、下流側排気系制御器 10 の制御サイクルの周期を  $T_r$ 、上流側排気系制御器 11 の制御サイクルの周期を  $T_m$  としたとき、 $T_r = T_m$  とすると共に、前記切換関数 1, 2 に係る係数  $sr2$ ,  $sr1$ ,  $sm2$ ,  $sm1$  が、 $|(-sm2/sm1)^m| = |(-sr2/sr1)|$  (但し、 $m = T_r/T_m$ ) という不等式を満たすようにそれらの係数  $sr2$ ,  $sr1$ ,  $sm2$ ,  $sm1$  の値を設定すればよい。

#### 【0644】

また、前記各実施形態では、下流側 O2 センサ 6 の出力 RV02/OUT の目標値 RV02/TARGET を一定値としたが、例えば排ガス浄化装置 5 の下流側にさらに触媒装置を備えた場合にあっては、その触媒装置の下流側に配置した O2 センサの出力を所定の一定値に収束させるように生成したものを、下流側 O2 センサ 6 の出力 RV02/OUT の目標値 RV02/TARGET としてもよい。

10

#### 【0645】

また、前記各実施形態では、下流側排気系モデルのパラメータであるゲイン係数  $ar1$ ,  $ar2$ ,  $br1$  を同定器 15 により同定するようにしたが、該ゲイン係数  $a1$ ,  $a2$ ,  $b1$  をあらかじめ定めた固定値に設定したり、あるいは、エンジン 1 の運転状態や第 2 触媒装置 4 の劣化状態等に応じてマップ等を用いて適宜設定するようにしてもよい。このことは、上流側排気系モデルについても同様である。

#### 【0646】

また、前記各実施形態では、下流側排気系制御器 10 の推定器 16 とスライディングモード制御器 17 とで共通の下流側排気系モデルを使用したが、各別のモデルを使用してもよい。このことは、上流側排気系制御器 11 についても同様である。

20

#### 【0647】

また、前記各実施形態では、下流側排気系モデルを離散時間系で表現したが、連続時間系で表現し、そのモデルに基づいて下流側排気系制御器 10 の推定器 16 やスライディングモード制御器 17 の処理のアルゴリズムを構築することも可能である。そして、このことは、上流側排気系制御器 11 についても同様である。

#### 【0648】

また、前記各実施形態では、下流側排気系モデルを下流側 O2 センサ 6 の偏差出力 RV02、上流側 O2 センサ 7 の偏差出力 MV02 を用いて構築したが、下流側 O2 センサ 6 の出力 RV02/OUT、上流側 O2 センサ 7 の出力 MV02/OUT をそのまま用いて下流側排気系モデルを構築することも可能である。そして、このことは上流側排気系モデルについても同様である。

30

#### 【0649】

また、本発明のプラントの制御装置に関し、前記各実施形態では、内燃機関の空燃比制御装置を例にとって説明したが、本発明のプラントの制御装置は前記実施形態に限られるものではない。

#### 【0650】

以下に本発明のプラントの制御装置の他の一実施形態を図 20 を参照して説明する。

#### 【0651】

図 20 において、40 はプラントであり、このプラント 40 には、流量制御弁 41 (アクチュエータ) により流量を調整可能なアルカリ液が入力される。そして、該プラント 40 は、与えられたアルカリ液に酸性液を合流部 42 で合流させ、それを攪拌器 43, 44 により攪拌してなる混合液を出力するものである。

40

#### 【0652】

本実施形態の制御装置は、このようなプラント 40 が出力する混合液 (アルカリ液と酸性液との混合液) の pH が所望の pH (例えば中性に相当する pH 値) になるようにプラント 40 に入力されるアルカリ液の流量を制御するもので、その制御のために次のような構成を備えている。

#### 【0653】

すなわち、本実施形態では、図 20 に仮想線で示す如く、プラント 40 を、上流側の攪拌

50

器 4 3 及び合流部 4 2 を含む第 1 部分プラント 4 0 a と、下流側の攪拌器 4 4 を含む第 2 部分プラント 4 0 b とに分別し、これらの部分プラント 4 0 a , 4 0 b から成るシステムとして考える。

【 0 6 5 4 】

そして、本実施形態の制御装置は、プラント 4 0 の出力側に第 2 部分プラント 4 0 b が生成する前記混合液（これはプラント 4 0 の全体が生成する混合液である）の pH を検出すべく設けられた pH センサ 4 5（第 1 検出手段）と、第 1 部分プラント 4 0 a 及び第 2 部分プラント 4 0 b の間で第 1 部分プラント 4 0 a から第 2 部分プラント 4 0 b に与えられる混合液の pH を検出すべく設けられた pH センサ 4 6（第 2 検出手段）と、プラント 4 0 の入力側に第 1 部分プラント 4 0 a に与えられるアルカリ液（これはプラント 4 0 に与えられるアルカリ液である）の流量を検出すべく設けられた流量センサ 4 7（第 3 検出手段）と、これらの pH センサ 4 5 , 4 6 及び流量センサ 4 7 のそれぞれの出力（検出値）V1/OUT , V2/OUT , V3/OUT に基づき後述の演算処理を行う制御ユニット 4 8 とを具備する。

10

【 0 6 5 5 】

制御ユニット 4 8 は、マイクロコンピュータ等により構成されたもので、pH センサ 4 3 の出力 V1/OUT（第 2 部分プラント 4 0 b が生成する混合液の pH の検出値）を所定の目標値 V1/TARGET に収束させるように pH センサ 4 4 の出力 V2/OUT の目標値 V2CMD（第 2 部分プラント 4 0 b に第 1 部分プラント 4 0 b から与えられる混合液の pH の目標値）を逐次生成する第 1 制御器 4 9（第 1 制御処理手段）と、その目標値 V2CMD に pH センサ 4 4 の出力 V2/OUT を収束させるように流量センサ 4 7 の出力 V3/OUT の目標値 V3CMD（これは第 1 部分プラント 4 0 b に与えるべきアルカリ液の目標流量に相当する）を逐次生成する第 2 制御器 5 0（第 2 制御処理手段）と、その目標値 V3CMD に流量センサ 4 7 の出力 V3/OUT を収束させるように流量制御弁 4 1 の動作制御（流量制御弁 4 1 の開度の操作）を行う弁制御器 5 1（アクチュエータ制御手段）とを具備する。

20

【 0 6 5 6 】

第 1 制御器 4 9 は、前述した内燃機関の空燃比制御装置の第 1 の実施形態における下流側排気系制御器 1 0 に対応するもので、該制御器 1 0 と同様に図示しない同定器、推定器、スライディングモード制御器等を備えている。

【 0 6 5 7 】

この場合、pH センサ 4 5 , 4 6 の各出力 V1/OUT , V2/OUT が、それぞれ前述の第 1 の実施形態における下流側 O2 センサ 6 の出力 RVO2/OUT、上流側 O2 センサ 7 の出力 MVO2/OUT に対応し、第 2 部分プラント 4 0 b が前記第 1 の実施形態における下流側排気系 E1 に対応する。そして、本実施形態では、その対応関係に基づいて、第 1 制御器 4 9 の同定器、推定器、スライディングモード制御器の処理のアルゴリズムが前記第 1 の実施形態における下流側排気系制御器 1 0 と同様に構築されている。

30

【 0 6 5 8 】

尚、この場合において、本実施形態では、第 1 制御器 4 9 が生成する目標値 V2CMD に対応するものは、前記第 1 の実施形態における上流側 O2 センサ 7 の出力 MVO2/OUT の目標値 MV02/TARGET（= MV02CMD + MV02/BASE）であるが、第 1 制御器 4 9 は、目標値 V2CMD に代えて、この目標値 V2CMD と所定の基準値（これは第 1 の実施形態における基準値 MV02/BASE に対応する）との偏差を生成するようにしてもよい。また、前記第 1 の実施形態における合計無駄時間 dr に対応するものは、本実施形態では、第 2 部分プラント 4 0 b の無駄時間（これは前記無駄時間 dr1 に対応）と、第 2 制御器 5 0、弁制御器 5 1、流量制御弁 4 1 及び第 1 部分プラント 4 0 a からなる系の無駄時間（これは前記無駄時間 dr2 に対応）とを合わせた合計無駄時間である。

40

【 0 6 5 9 】

また、第 2 制御器 5 0 は、前記第 1 の実施形態における上流側排気系制御器 1 1 に対応するもので、該制御器 1 1 と同様に図示しない同定器、推定器、スライディングモード制御器等を備えている。

【 0 6 6 0 】

50

この場合、pHセンサ46のV2/OUTと、流量センサ47の出力V3/OUTとがそれぞれ前述の第1の実施形態における上流側O<sub>2</sub>センサ7の出力MV02/OUT、LAFセンサ8の出力KACTに対応し、第1部分プラント40bが前記第1の実施形態における上流側排気系E2に対応する。そして、本実施形態では、第2制御器50に関しても、その対応関係に基づいて、第2制御器50の同定器、推定器、スライディングモード制御器の処理のアルゴリズムが前記第1の実施形態における上流側排気系制御器11と同様に構築されている。

#### 【0661】

尚、この場合において、本実施形態では、第2制御器50が生成する目標値V3CMDに対応するものは、前記第1の実施形態における目標空燃比KCMDである。また、前記第1の実施形態における合計無駄時間dmに対応するものは、本実施形態では、第1部分プラント40aの無駄時間（これは前記無駄時間dm1に対応）と、弁制御器51及び流量制御弁41からなる系の無駄時間（これは前記無駄時間dm2に対応）とを合わせた合計無駄時間である。

10

#### 【0662】

また、前記弁制御器51は、例えば前述の第1の実施形態の大局的フィードバック制御部28と同様に、図示しないPID制御器あるいは適応制御器等により、流量センサ47の出力V3/OUT（検出流量）を前記目標値V3CMDに収束させるように流量制御弁41の開度の指令値を生成し、それによって流量制御弁41の開度を操作する。

#### 【0663】

このような本実施形態の装置によれば、第2部分プラント40bに対する制御と第1部分プラント40aに対する制御とをそれぞれ第1制御器49及び第2制御器50に分担させることで、プラント40の全体の無駄時間が長いものであっても、プラント40が最終的に生成する混合液のpHを所要のpHに精度よく安定して制御することができる。

20

#### 【0664】

尚、本実施形態では、プラントの制御装置を前記第1の実施形態に対応づけて構築したものでも示したが、前記第2の実施形態や第3の実施形態に対応づけて構築することも可能である。

#### 【0665】

また、本実施形態のプラントの制御装置は、前記内燃機関の空燃比制御装置の実施形態について説明した変形態様と同様の各種の変形態様が可能である。

30

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の内燃機関の空燃比制御装置及びプラントの制御装置の一実施形態のシステムの全体的構成図。

【図2】図1のシステムで使用するO<sub>2</sub>センサの出力特性図。

【図3】図1のシステムの下流側排気系制御器の基本構成を示すブロック図。

【図4】図1のシステムで用いるスライディングモード制御を説明するための説明図。

【図5】図1のシステムの上流側排気系制御器の基本構成を示すブロック図。

【図6】図1のシステムの燃料処理制御器の基本構成を示すブロック図。

【図7】図6の燃料処理制御器が備える適応制御器の基本構成を示すブロック図。

【図8】図1のシステムの燃料処理制御器の処理を説明するためのフローチャート。

40

【図9】図8のフローチャートのサブルーチン処理を説明するためのフローチャート。

【図10】図1のシステムの下流側排気系制御器の全体的処理を説明するためのフローチャート。

【図11】図10のフローチャートのサブルーチン処理を説明するためのフローチャート

【図12】図10のフローチャートのサブルーチン処理を説明するためのフローチャート

【図13】図10のフローチャートのサブルーチン処理を説明するためのフローチャート

【図14】図10のフローチャートのサブルーチン処理を説明するためのフローチャート

【図15】図1のシステムの上流側排気系制御器の全体的処理を説明するためのフローチャート。

【図16】図15のフローチャートのサブルーチン処理を説明するためのフローチャート

50



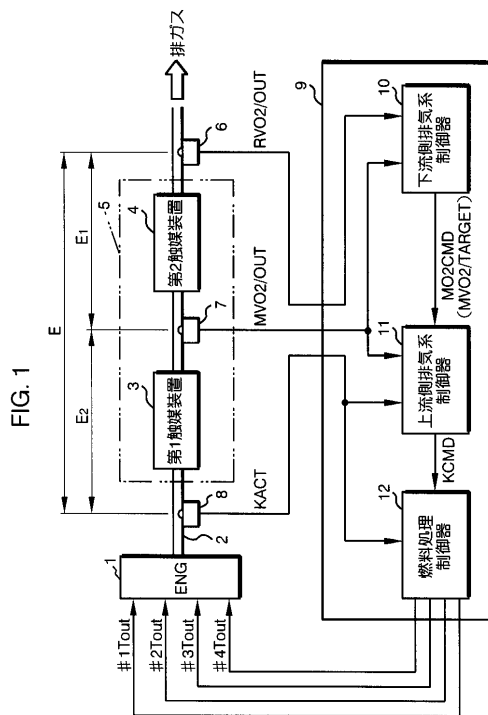
【図 17】図 15 のフローチャートのサブルーチン処理を説明するためのフローチャート  
 【図 18】図 15 のフローチャートのサブルーチン処理を説明するためのフローチャート  
 【図 19】図 15 のフローチャートのサブルーチン処理を説明するためのフローチャート  
 【図 20】本発明のプラントの制御装置の他の実施形態のシステムの全体的システム構成図。

【符号の説明】

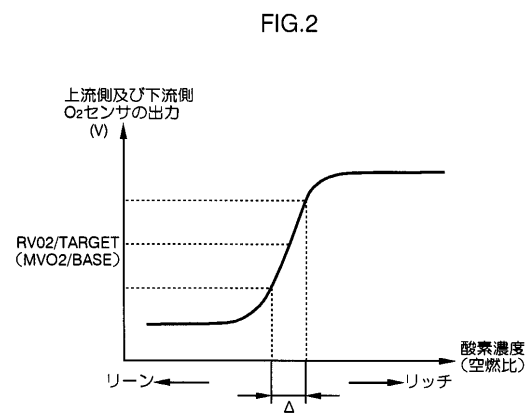
1 ... エンジン（内燃機関、アクチュエータ）、2 ... 排気管（排気通路）、3 ... 第 1 触媒装置、4 ... 第 2 触媒装置、5 ... 排ガス浄化装置、E ... 全体排気系（プラント）、E1 ... 下流側排気系（第 1 排気系、第 2 部分プラント）、E1 ... 上流側排気系（第 2 排気系、第 1 部分プラント）、6 ... 下流側 O<sub>2</sub> センサ（第 1 排ガスセンサ、第 1 検出手段）、7 ... 上流側 O<sub>2</sub> センサ（第 2 排ガスセンサ、第 2 検出手段）、8 ... L A F センサ（第 3 排ガスセンサ、第 3 検出手段）、10 ... 下流側排気系制御器（第 1 制御処理手段）、11 ... 上流側排気系制御器（第 2 制御処理手段）、12 ... 燃料処理制御器（空燃比操作手段、アクチュエータ制御手段）、15 ... 同定器（同定手段）、16 ... 推定器（第 1 推定手段）、20 ... 同定器（同定手段）、21 ... 推定器（第 2 推定手段）、40 ... プラント、40 a ... 第 1 部分プラント、40 b ... 第 2 部分プラント、41 ... 流量制御弁（アクチュエータ）、45 ... p H センサ（第 1 検出手段）、46 ... p H センサ（第 2 検出手段）、47 ... 流量センサ（第 3 検出手段）、49 ... 第 1 制御器（第 1 制御処理手段）、50 ... 第 2 制御器（第 2 制御処理手段）、51 ... 弁制御器（アクチュエータ制御手段）。

10

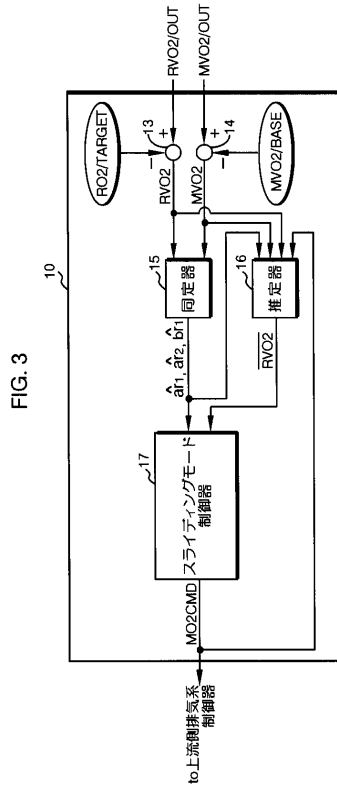
【図 1】



【図 2】

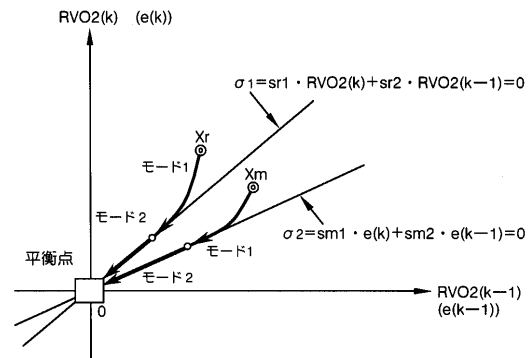


【 図 3 】

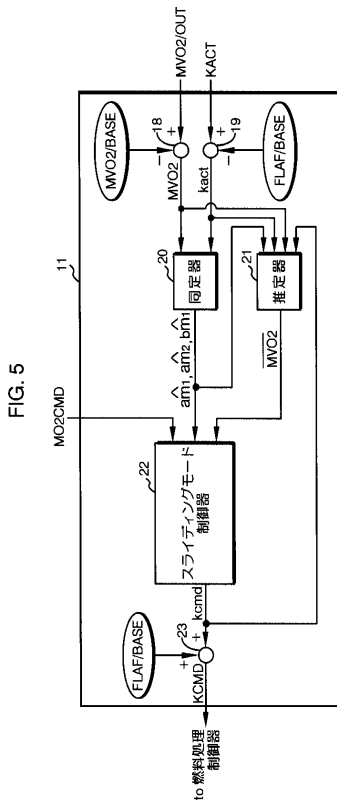


【 図 4 】

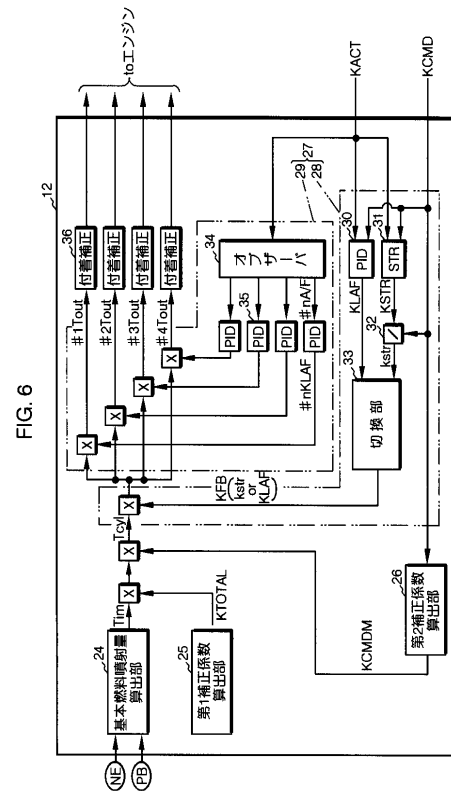
FIG.4



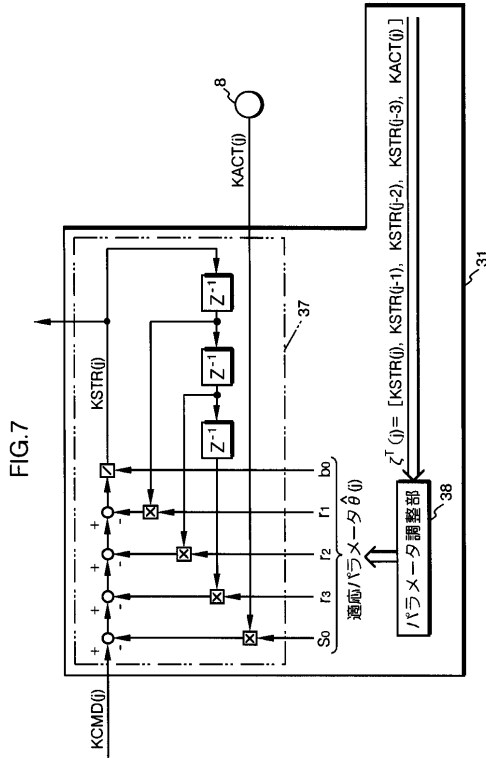
【 図 5 】



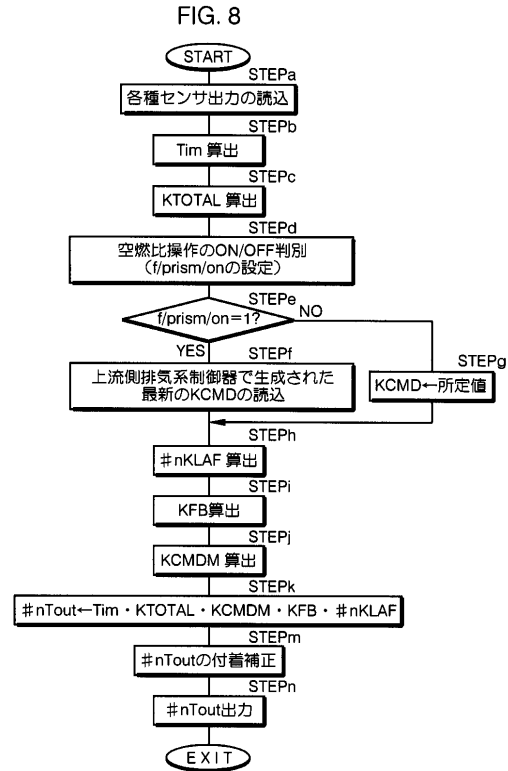
【 図 6 】



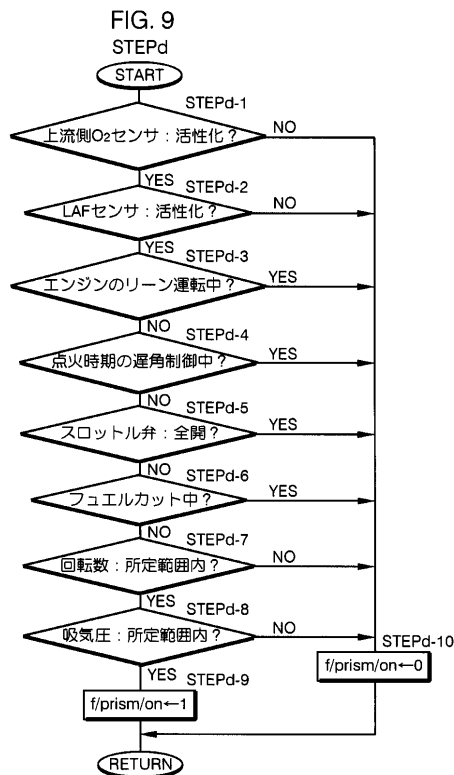
【図 7】



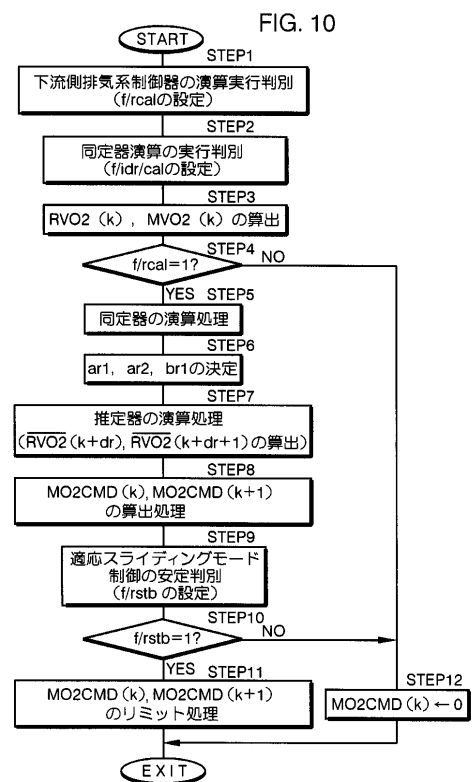
【図 8】



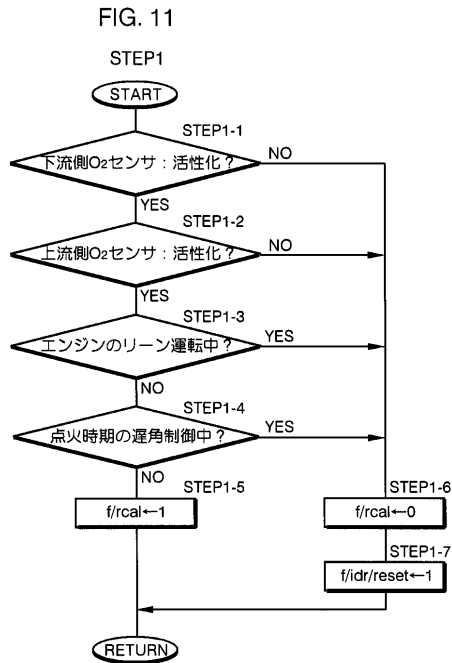
【図 9】



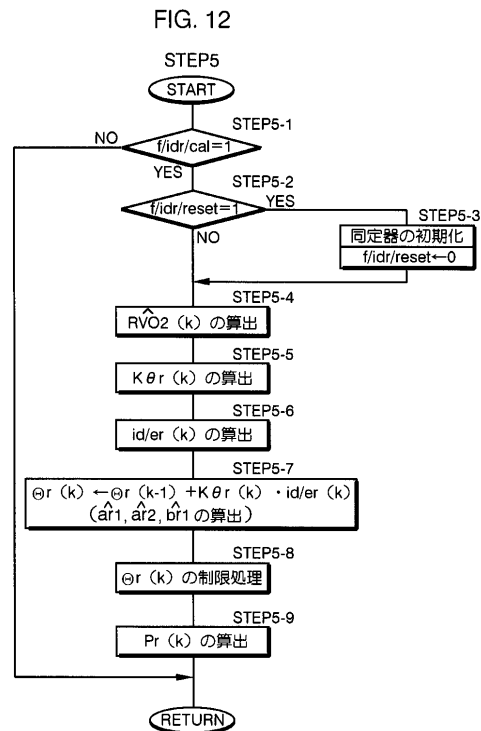
【図 10】



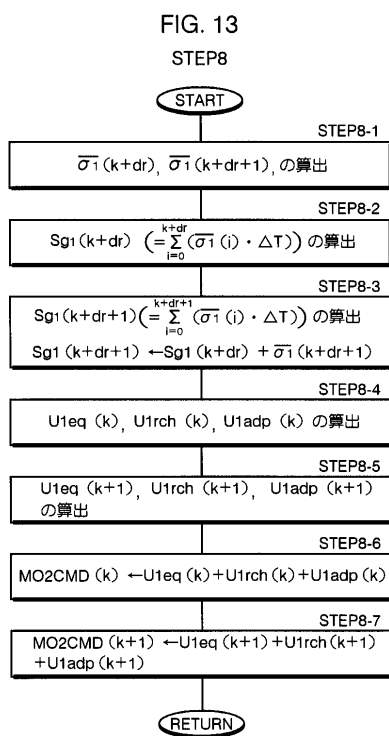
【図 1 1】



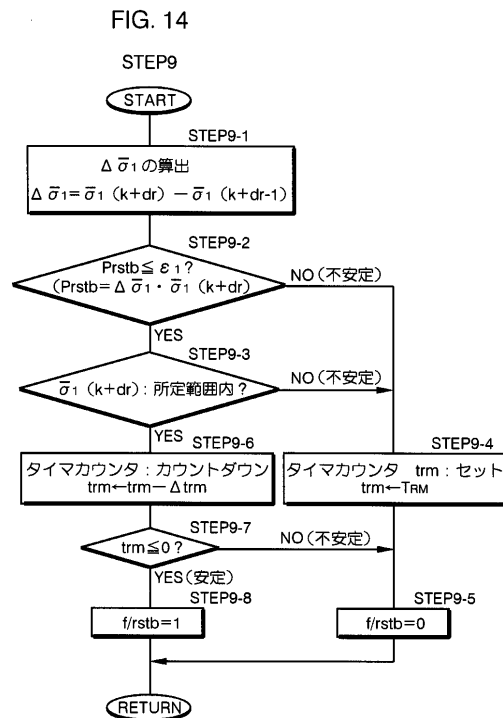
【図 1 2】



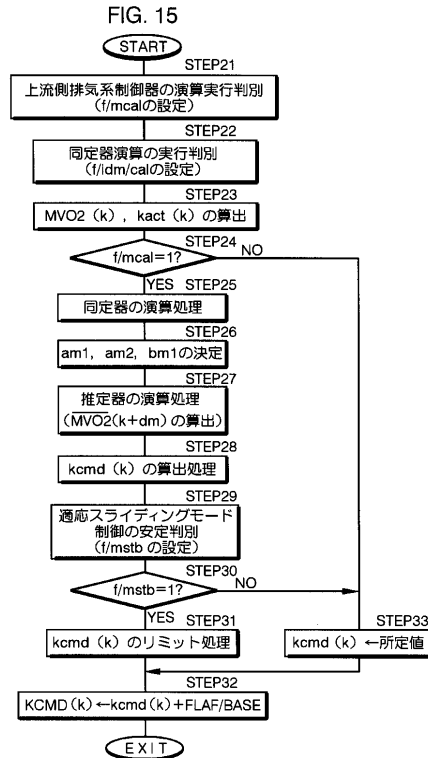
【図 1 3】



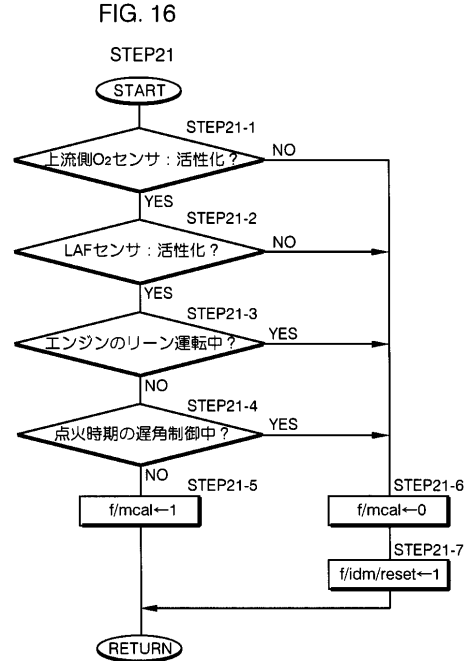
【図 1 4】



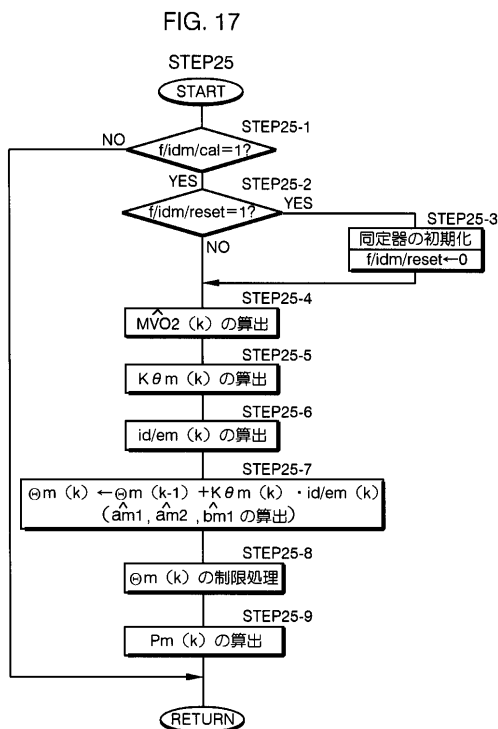
【図 15】



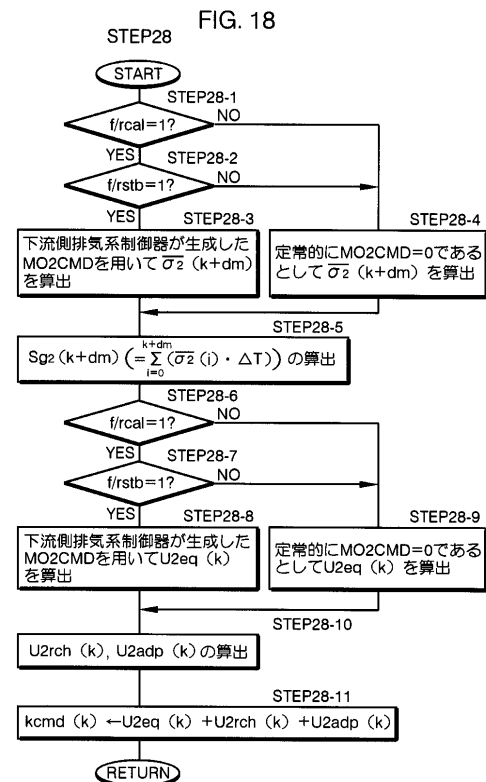
【図 16】



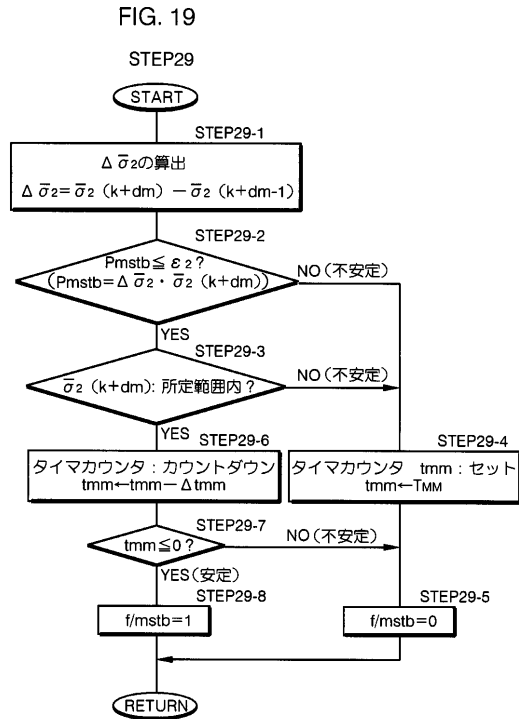
【図 17】



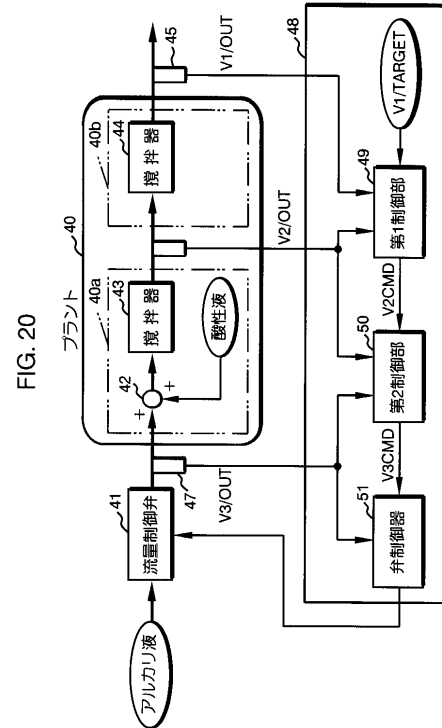
【図 18】



【図 19】



【図 20】



---

フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I  
G 0 5 B 13/04

(56)参考文献 特開平 0 6 - 2 9 4 3 4 2 ( J P , A )  
特開平 1 1 - 0 9 3 7 4 0 ( J P , A )  
特開平 0 8 - 0 1 4 0 8 8 ( J P , A )  
特開平 1 1 - 0 7 3 2 0 4 ( J P , A )  
特開平 0 9 - 0 9 6 2 3 6 ( J P , A )

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

F02D 41/00 41/40  
F02D 43/00 45/00  
G05B 13/00  
G05B 13/02  
G05B 13/04