

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5348242号
(P5348242)

(45) 発行日 平成25年11月20日 (2013.11.20)

(24) 登録日 平成25年8月30日 (2013.8.30)

(51) Int.Cl.

F I

F O 2 D 41/34 (2006.01)

F O 2 D 41/34 C

F O 2 D 41/04 (2006.01)

F O 2 D 41/34 L

F O 2 D 43/00 (2006.01)

F O 2 D 41/04 3 1 O B

F O 2 D 45/00 (2006.01)

F O 2 D 41/04 3 3 O P

F O 2 M 25/07 (2006.01)

F O 2 D 41/04 3 7 O

請求項の数 8 (全 17 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2011-507310 (P2011-507310)
 (86) (22) 出願日 平成22年4月2日 (2010.4.2)
 (86) 国際出願番号 PCT/JP2010/056085
 (87) 国際公開番号 W02010/114127
 (87) 国際公開日 平成22年10月7日 (2010.10.7)
 審査請求日 平成24年10月31日 (2012.10.31)
 (31) 優先権主張番号 特願2009-90043 (P2009-90043)
 (32) 優先日 平成21年4月2日 (2009.4.2)
 (33) 優先権主張国 日本国 (JP)

(73) 特許権者 000003207
 トヨタ自動車株式会社
 愛知県豊田市トヨタ町1番地
 (74) 代理人 100100549
 弁理士 川口 嘉之
 (74) 代理人 100085006
 弁理士 世良 和信
 (74) 代理人 100113608
 弁理士 平川 明
 (74) 代理人 100123319
 弁理士 関根 武彦
 (74) 代理人 100123098
 弁理士 今堀 克彦
 (74) 代理人 100143797
 弁理士 宮下 文徳

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 内燃機関の制御システム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

内燃機関の気筒内へ燃料を噴射する第1燃料噴射弁と、
 内燃機関の吸気ポート内へ燃料を噴射する第2燃料噴射弁と、
 内燃機関の吸気通路に設けられたスロットル弁と、
 内燃機関の排気通路から前記スロットル弁より下流の吸気通路へEGRガスを導くEGR通路と、

EGR通路に設けられたEGR弁と、

内燃機関の吸入空気量を取得する取得手段と、

前記EGR弁が開弁しているときに、前記第1燃料噴射弁及び前記第2燃料噴射弁から
 噴射される総燃料量に対して前記第1燃料噴射弁から噴射される燃料量の比率である筒内
 噴射比率に基づいて、筒内噴射比率の変化に対して吸入空気量が増加傾向にあるか又は減
 少傾向にあるかを判別する判別手段と、

前記判別手段の判別結果に従って、前記取得手段により取得された吸入空気量を補正す
 る補正手段と、

を備える内燃機関の制御システム。

【請求項 2】

内燃機関の気筒内へ燃料を噴射する第1燃料噴射弁と、

内燃機関の吸気ポート内へ燃料を噴射する第2燃料噴射弁と、

内燃機関の吸気通路に設けられたスロットル弁と、

10

20

内燃機関の排気通路から前記スロットル弁より下流の吸気通路へEGRガスを導くEGR通路と、

EGR通路に設けられたEGR弁と、

内燃機関の吸入空気量を取得する取得手段と、

前記取得手段により取得された吸入空気量に従って、前記内燃機関の運転状態に係わる制御パラメータの目標値を設定する設定手段と、

前記EGR弁が開弁しているときに、前記第1燃料噴射弁及び前記第2燃料噴射弁から噴射される総燃料量に対して前記第1燃料噴射弁から噴射される燃料量の比率である筒内噴射比率に基づいて、筒内噴射比率の変化に対して吸入空気量が増加傾向にあるか又は減少傾向にあるかを判別する判別手段と、

10

前記判別手段の判別結果に従って、前記設定手段により設定された制御パラメータの目標値を補正する補正手段と、

を備える内燃機関の制御システム。

【請求項3】

請求項1又は2において、前記判別手段は、前記スロットル弁の開度が所定スロットル開度以下、且つ前記EGR弁の開度が所定EGR弁開度以上であるときに筒内噴射比率が特定比率より低ければ、筒内噴射比率の増加に対して吸入空気量が減少傾向にあると判別する内燃機関の制御システム。

【請求項4】

請求項1又は2において、前記判別手段は、前記スロットル弁の開度が所定スロットル開度以下、且つ前記EGR弁の開度が所定EGR弁開度以上であるときに筒内噴射比率が特定比率以上であれば、筒内噴射比率の増加に対して吸入空気量が増加傾向にあると判別する内燃機関の制御システム。

20

【請求項5】

請求項1又は2において、筒内噴射比率の変化に対する吸入空気量の増減傾向が特定の筒内噴射比率を境に反転する運転領域を記憶する記憶手段を更に備え、

前記判別手段は、前記内燃機関の運転状態が前記記憶手段に記憶された運転領域に属しているときは、筒内噴射比率が特定の筒内噴射比率より低いかなんかを判別することによって、吸入空気量が増加傾向にあるか又は減少傾向にあるかを判別することを特徴とする内燃機関の制御システム。

30

【請求項6】

請求項1において、前記補正手段により補正された吸入空気量に応じて、前記内燃機関の運転状態に係わる制御パラメータの目標値を変更する変更手段を更に備えることを特徴とする内燃機関の制御システム。

【請求項7】

請求項6において、前記制御パラメータは、前記スロットル弁の開度と、前記EGR弁の開度と、前記総燃料量と、前記筒内噴射比率と、点火時期と、吸気バルブの開弁特性と、の少なくとも1つであることを特徴とする内燃機関の制御システム。

【請求項8】

内燃機関の気筒内へ燃料を噴射する第1燃料噴射弁と、
内燃機関の吸気ポート内へ燃料を噴射する第2燃料噴射弁と、
内燃機関の吸気通路に設けられたスロットル弁と、
内燃機関の排気通路から前記スロットル弁より下流の吸気通路へEGRガスを導くEGR通路と、

40

EGR通路に設けられたEGR弁と、

内燃機関の吸入空気量を取得する第1取得手段と、

前記第1取得手段により取得された吸入空気量に基づいてEGRガス量を取得する第2取得手段と、

前記EGR弁が開弁しているときに、前記第1燃料噴射弁及び前記第2燃料噴射弁から噴射される総燃料量に対して前記第1燃料噴射弁から噴射される燃料量の比率である筒内

50

噴射比率に基づいて、筒内噴射比率の変化に対して E G R ガス量が増加傾向にあるか又は減少傾向にあるかを判別する判別手段と、

前記判別手段の判別結果に従って、前記第 2 取得手段により取得された E G R ガス量を補正する補正手段と、
を備える内燃機関の制御システム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、気筒内に燃料を噴射する燃料噴射弁と吸気ポート内に燃料を噴射する燃料噴射弁とを備えた内燃機関の制御システムに関する。

10

【背景技術】

【0002】

特許文献 1 には、気筒内に燃料を噴射する第 1 燃料噴射弁と吸気ポート内に燃料を噴射する第 2 燃料噴射弁とを備えた内燃機関において、機関回転数が低いときは第 2 燃料噴射弁に対する第 1 燃料噴射弁の噴射比率を高めることにより、吸気の充填効率を高める技術について記載されている。

【0003】

特許文献 2 には、気筒内へ燃料を噴射する燃料噴射弁を備えた内燃機関において、単位時間あたりに燃料噴射弁から噴射される燃料量を減少させることにより、気筒内の吸気を冷却する技術について記載されている。

20

【0004】

特許文献 3 には、気筒内へ燃料を噴射する燃料噴射弁と、E G R 機構と、を備えた内燃機関において、燃料噴射弁の噴射率を検出し、検出された噴射率に基づいて目標 E G R 率を補正する技術について記載されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献 1】特開 2004-270583 号公報

【特許文献 2】特開 2007-40205 号公報

【特許文献 3】特開平 11-148411 号公報

30

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

ところで、第 1 燃料噴射弁と第 2 燃料噴射弁との噴射比率が変化する過渡時においては、エアフローメータなどにより取得された吸入空気量が実際の吸入空気量と相違する可能性がある。

【0007】

上記した場合に、吸入空気量の取得値に応じて燃料噴射量などの制御パラメータが決定されると、燃焼安定性の低下や排気エミッションの増加を招く可能性がある。よって、噴射比率の変化に応じて吸入空気量の取得値を補正し、或いは吸入空気量の取得値に応じて決定される制御パラメータの目標値を補正する必要がある。

40

【0008】

しかしながら、排気通路から吸気通路へ排気の一部（E G R ガス）を還流させる E G R 機構を備えた内燃機関においては、噴射比率の変化に対して吸入空気量が一様に増減しないことがわかった。

【0009】

本発明は、上記したような種々の実情に鑑みてなされたものであり、その目的は、気筒内へ燃料を噴射する第 1 燃料噴射弁と、吸気ポート内に燃料を噴射する第 2 燃料噴射弁と、E G R 機構と、を備えた内燃機関の制御システムにおいて、正確な吸入空気量を求めることができる技術の提供にある。

50

【課題を解決するための手段】

【0010】

本発明は、上記した課題を解決するために、内燃機関の気筒内へ燃料を噴射する第1燃料噴射弁と、内燃機関の吸気ポート内へ燃料を噴射する第2燃料噴射弁と、内燃機関の排気通路から吸気通路へEGRガスを導くEGR通路と、EGR通路に設けられたEGR弁と、内燃機関の吸入空気量と相関する値を取得する取得手段と、を備えた内燃機関の制御システムにおいて、EGR弁の開弁時は、筒内噴射比率の変化に対して吸入空気量が増量傾向にあるか又は減少傾向にあるかを筒内噴射比率の値に基づいて判別し、その判別結果に応じて前記取得手段により取得された値を補正するようにした。

【0011】

10

ここでいう筒内噴射比率は、第1燃料噴射弁と第2燃料噴射弁とから噴射される総燃料量に対して、第1燃料噴射弁から噴射される燃料量の割合を示すものとする。また、吸入空気量と相関する値は、エアフローメータなどのセンサにより測定された値、エアフローメータなどのセンサにより測定された値に応じて決まる制御パラメータ（たとえば、スロットル弁の開度、EGR弁の開度、第1燃料噴射弁の燃料噴射量、第2燃料噴射弁の燃料噴射量、筒内噴射比率、点火時期、吸気バルブの開弁特性など）である。

【0012】

本願発明者が鋭意の実験及び検証を行った結果、EGR作動領域（EGR弁が開弁する運転領域）において、筒内噴射比率の変化に対する吸入空気量の変化の傾向が筒内噴射比率の値によって異なる運転領域が存在することがわかった。

20

【0013】

すなわち、EGR作動領域には、筒内噴射比率の変化に対する吸入空気量の増減傾向が特定の筒内噴射比率（以下、「特定比率」と称する）を境にして相違する運転領域が存在する。そのような運転領域では、筒内噴射率が特定比率より低ければ筒内噴射比率の増加に対して吸入空気量が減少し、筒内噴射比率が特定比率以上であれば筒内噴射比率の増加に対して吸入空気量が増加する。

【0014】

そこで、本発明の内燃機関の制御システムは、
内燃機関の気筒内へ燃料を噴射する第1燃料噴射弁と、
内燃機関の吸気ポート内へ燃料を噴射する第2燃料噴射弁と、
内燃機関の吸気通路に設けられたスロットル弁と、
内燃機関の排気通路から前記スロットル弁より下流の吸気通路へEGRガスを導くEGR通路と、

30

EGR通路に設けられたEGR弁と、

内燃機関の吸入空気量を取得する取得手段と、

前記EGR弁が開弁しているときに、前記第1燃料噴射弁及び前記第2燃料噴射弁から噴射される総燃料量に対して前記第1燃料噴射弁から噴射される燃料量の比率である筒内噴射比率に基づいて、筒内噴射比率の変化に対して吸入空気量が増加傾向にあるか又は減少傾向にあるかを判別する判別手段と、

前記判別手段の判別結果に従って、前記取得手段により取得された吸入空気量を補正する補正手段と、
を備えるようにした。

40

【0015】

かかる発明によると、筒内噴射比率の変化に対して吸入空気量が増加傾向にあるか又は減少傾向にあるかが判別される。たとえば、筒内噴射比率が前記した特定比率より低い場合は、筒内噴射比率の増加に対して吸入空気量が減少傾向にあると判別される。一方、筒内噴射比率が前記した特定比率以上である場合は、筒内噴射比率の増加に対して吸入空気量が増加傾向にあると判別される。このような判別結果に基づいて吸入空気量の取得値が補正されると、EGR作動領域において筒内噴射比率が変化した場合であっても正確な吸入空気量を求めることが可能となる。

50

【0016】

本発明に係わる取得手段は、エアフローメータや吸気圧センサなどのように吸入空気量と相関する物理量を検出するセンサであってもよい。また、本発明に係わる取得手段は、前記したセンサの検出値から1気筒当たりの吸入空気量を演算するECUであってもよい。

【0017】

本発明に係わる補正手段は、エアフローメータや吸気圧センサなどの検出値を補正してもよく、又はECUによって演算された吸入空気量を補正してもよい。

【0018】

本発明によれば、正確な吸入空気量に応じて内燃機関の運転状態に係わる制御パラメータの目標値を変更することも可能になる。その場合の制御パラメータは、たとえば、スロットル弁の開度、EGR弁の開度、総燃料量（第1燃料噴射弁の燃料噴射量と第2燃料噴射弁の燃料噴射量との総和）、筒内噴射比率、点火時期、吸気バルブの開弁特性などである。

10

【0019】

制御パラメータがスロットル弁の開度又はEGR弁の開度である場合には、実際の吸入空気量が目標吸入空気量と一致（又はEGRガス量が目標EGRガス量と一致）するようにスロットル弁の開度又はEGR弁の開度の目標値が変更されてもよい。

【0020】

制御パラメータが総燃料量である場合には、混合気の空燃比が目標空燃比となるように総燃料量の目標値が変更されてもよい。

20

【0021】

制御パラメータが筒内噴射比率である場合には、実際の吸入空気量が目標吸入空気量と一致（又は実際のEGRガス量が目標EGRガス量と一致）するように筒内噴射比率の目標値が変更されてもよい。

【0022】

制御パラメータが点火時期である場合には、失火やノッキングの発生を防止、或いは内燃機関の発生トルクが目標トルクと一致するように点火時期の目標値が変更されてもよい。

【0023】

制御パラメータが吸気バルブの開弁特性である場合は、実際の吸入空気量が目標吸入空気量と一致（実際のEGRガス量が目標EGRガス量と一致）するように吸気バルブの開弁特性の目標値が変更されてもよい。

30

【0024】

以上述べたように制御パラメータの目標値が変更されると、筒内噴射比率の変化に起因した燃焼安定性の低下、トルクの増減、排気エミッションの増加などを抑制することができる。

【0025】

なお、本発明の内燃機関の制御システムは、取得手段により取得された吸入空気量を補正する代わりに、制御パラメータの目標値を補正するようにしてもよい。その場合、制御パラメータの目標値は、実際の吸入空気量に適した値となる。その結果、筒内噴射比率の変化に起因した燃焼安定性の低下、トルクの増減、排気エミッションの増加などを抑制することができる。

40

【0026】

本発明において、筒内噴射比率の変化に対する吸入空気量の増減傾向が筒内噴射比率の値に応じて相違する運転領域は、たとえば、スロットル弁の開度（以下、「スロットル開度」と称する）が所定スロットル開度以下、且つEGR弁の開度（以下、「EGR弁開度」と称する）が所定EGR弁開度以上となる運転領域である。

【0027】

スロットル弁による絞り損失がEGR弁による絞り損失に対して相対的に小さくなる第

50

1の運転領域（例えば、低負荷・低回転運転領域）では、筒内噴射比率が高くなるほど、吸入空気量が減少（EGRガス量が増加）する。

【0028】

スロットル弁による絞り損失が殆どない第2の運転領域（例えば、高負荷・高回転運転領域）では、筒内噴射比率が高くなるほど、吸入空気量が増加する。なお、EGRガス量は、筒内噴射比率に関わらず略一定量となる。

【0029】

スロットル弁による絞り損失とEGR弁による絞り損失とが近似する第3の運転領域（例えば、中負荷・中回転運転領域）では、筒内噴射比率が特定比率より低い場合は、筒内噴射比率が高くなるほど、吸入空気量が減少（EGRガス量が増加）する。一方、筒内噴射比率が特定比率以上となる場合は、筒内噴射比率が高くなるほど、吸入空気量が増加（EGRガス量は略一定量を維持）する。

10

【0030】

よって、スロットル開度が所定スロットル開度以下となり、且つEGR弁開度が所定EGR弁開度以上となる運転領域は、上記した第3の運転領域に相当する。そこで、所定スロットル開度及び所定EGR弁開度は、上記した第3の運転領域においてスロットル弁及びEGR弁が取り得る開度を満たすように定められればよい。

【0031】

なお、スロットル開度とEGR弁開度は、機関負荷及び機関回転数に基づいて決定される。そのため、スロットル開度とEGR弁開度との関係が上記した第3の運転領域に属しているか否かを判別する代わりに、機関負荷と機関回転数が上記した第3の運転領域に属しているか否かを判別するようにしてもよい。

20

【0032】

その際、本発明に係わる内燃機関の制御システムは、内燃機関の運転状態が上記した第3の運転領域に属するときのスロットル開度とEGR弁開度との関係、又は機関負荷と機関回転数との関係を予め記憶しておく記憶手段を備えるようにしてもよい。

【0033】

ところで、前記した特定比率は、内燃機関の仕様によって異なる。そのため、前記した特定比率は、個々の内燃機関毎に予め実験的に求めておくことが望ましい。

【0034】

30

次に、本発明の内燃機関の制御システムは、
内燃機関の気筒内へ燃料を噴射する第1燃料噴射弁と、
内燃機関の吸気ポート内へ燃料を噴射する第2燃料噴射弁と、
内燃機関の吸気通路に設けられたスロットル弁と、
内燃機関の排気通路から前記スロットル弁より下流の吸気通路へEGRガスを導くEGR通路と、

EGR通路に設けられたEGR弁と、
内燃機関の吸入空気量を取得する第1取得手段と、
前記第1取得手段により取得された吸入空気量に基づいてEGRガス量を取得する第2取得手段と、

40

前記EGR弁が開弁しているときに、前記第1燃料噴射弁及び前記第2燃料噴射弁から噴射される総燃料量に対して前記第1燃料噴射弁から噴射される燃料量の比率である筒内噴射比率に基づいて、筒内噴射比率の変化に対してEGRガス量が増加傾向にあるか又は減少傾向にあるかを判別する判別手段と、

前記判別手段の判別結果に従って、前記第2取得手段により取得されたEGRガス量を補正する補正手段と、
を備えるようにしてもよい。

【0035】

かかる発明によれば、筒内噴射比率に基づいてEGRガス量が増加傾向にあるか又は減少傾向にあるかが判別され、その判別結果に従ってEGRガス量の取得値が補正される。

50

その結果、EGR作動領域において筒内噴射比率が変化しても、正確なEGRガス量を求めることが可能となる。

【0036】

正確なEGRガス量が求められると、EGRガス量が目標値に収束しているか否かを判別することも可能となる。その結果、EGRガス量が目標値に収束するように制御パラメータの目標値を変更することも可能となる。

【発明の効果】

【0037】

本発明によれば、気筒内へ燃料を噴射する第1燃料噴射弁と、吸気ポート内に燃料を噴射する第2燃料噴射弁と、EGR機構と、を備えた内燃機関の制御システムにおいて、正

10

【図面の簡単な説明】

【0038】

【図1】本発明を適用する内燃機関の概略構成を示す図である。

【図2】EGR非作動領域における筒内噴射比率と吸入空気量との関係を示す図である。

【図3】機関負荷と機関回転数とEGR作動領域との関係を示す図である。

【図4】図3中の領域aにおいて、筒内噴射比率の変化に対する吸入空気量とEGRガス量の増減傾向を示す図である。

【図5】図3中の領域cにおいて、筒内噴射比率の変化に対する吸入空気量とEGRガス量の増減傾向を示す図である。

20

【図6】図3中の領域bにおいて、筒内噴射比率に対する吸入空気量とEGRガス量の増減傾向を示す図である。

【図7】図3中の領域aにおける筒内噴射比率と吸入空気量の補正量との関係を示す図である。

【図8】図3中の領域cにおける筒内噴射比率と吸入空気量の補正量との関係を示す図である。

【図9】図3中の領域bにおける筒内噴射比率と吸入空気量の補正量との関係を示す図である。

【図10】実施例1における吸入空気量の補正制御ルーチンを示すフローチャートである。

30

【図11】実施例2における吸入空気量の補正制御ルーチンを示すフローチャートである。

【発明を実施するための形態】

【0039】

以下、本発明の具体的な実施形態について図面に基づいて説明する。本実施形態に記載される構成部品の寸法、材質、形状、相対配置などは、特に記載がない限り発明の技術的範囲をそれらのみに限定する趣旨のものではない。

【0040】

<実施例1>

まず、本発明の第1の実施例について図1乃至図10に基づいて説明する。図1は、本発明を適用する内燃機関の概略構成を示す図である。

40

【0041】

図1に示す内燃機関1は、複数の気筒を備えた4ストローク・サイクルの火花点火式内燃機関（ガソリンエンジン）である。なお、図1では、複数の気筒のうち1気筒のみが示されている。

【0042】

内燃機関1の各気筒2には、ピストン3が摺動自在に内装されている。ピストン3は、コネクティングロッド4を介して図示しない出力軸（クランクシャフト）と連結されている。また、各気筒2には、筒内に燃料を噴射するための第1燃料噴射弁5と、筒内の混合気に着火するための点火プラグ6が取り付けられている。

50

【0043】

気筒2の内部は、吸気ポート7及び排気ポート8と連通している。気筒2内における吸気ポート7の開口端は、吸気バルブ9により開閉される。気筒2内における排気ポート8の開口端は、排気バルブ10により開閉される。吸気バルブ9と排気バルブ10は、図示しない吸気カムと排気カムとにより各々開閉駆動される。

【0044】

前記吸気ポート7は、吸気通路70と連通している。吸気通路70には、スロットル弁71が配置されている。スロットル弁71より上流の吸気通路70には、エアフローメータ72が配置されている。エアフローメータ72は、吸気通路70を流れる吸気の質量に応じた電気信号を出力するセンサであり、本発明の取得手段に相当する。吸気ポート7又は吸気通路70には、吸気ポート7内へ燃料を噴射する第2燃料噴射弁11が取り付けられている。

10

【0045】

前記排気ポート8は、排気通路80と連通している。排気通路80は、図示しない触媒（例えば、三元触媒、吸蔵還元型NO_x触媒、選択還元型NO_x触媒など）や消音器を経由して大気中に開放されている。排気通路80には、EGR通路12の基端が接続されている。EGR通路12の終端は、スロットル弁71より下流の吸気通路70に接続されている。EGR通路12は、排気通路80を流れる排気の一部（EGRガス）を吸気通路70へ導くための通路である。EGR通路12の途中には、該EGR通路12の流路断面積を変更するEGR弁13が配置されている。

20

【0046】

このように構成された内燃機関1には、ECU20が併設されている。ECU20は、CPU、ROM、RAM、バックアップRAMなどから構成される電子制御ユニットである。ECU20は、前述したエアフローメータ72に加え、クランクポジションセンサ21やアクセルポジションセンサ22などの各種センサの検出信号を入力する。さらに、ECU20は、第1燃料噴射弁5、点火プラグ6、第2燃料噴射弁11、EGR弁13、及びスロットル弁71を電氣的に制御する。

【0047】

例えば、ECU20は、第1燃料噴射弁5と第2燃料噴射弁11の各々から噴射すべき燃料量を決定し、決定された燃料量に従って第1燃料噴射弁5と第2燃料噴射弁11を制御する。

30

【0048】

より具体的には、ECU20は、エアフローメータ72、クランクポジションセンサ21、及びアクセルポジションセンサ22などの検出信号に従って各気筒2へ供給すべき燃料量（総燃料量）を演算する。続いて、ECU20は、クランクポジションセンサ21及びアクセルポジションセンサ22の検出信号に従って、第1燃料噴射弁5と第2燃料噴射弁11との噴射比率を演算し、その演算結果に応じて第1燃料噴射弁5及び第2燃料噴射弁11を制御する。

【0049】

ここで、第1燃料噴射弁5の噴射比率（筒内噴射比率）が高まると、図2に示すように、気筒2内へ吸入される新気（空気）の量が増加する。これは、気筒2内へ噴射された燃料の気化潜熱が増加することにより、筒内ガスの体積が減少するとともに筒内圧が低下するためであると考えられる。よって、吸気の慣性効果が小さい低回転・低負荷運転時などは、筒内噴射比率を高めることにより新気（空気）の充填効率を高めることができる。

40

【0050】

ところで、筒内噴射比率が変化する過渡時は、気筒2内へ吸入される新気（空気）量の変化がエアフローメータ72の検出値に反映されない場合がある。このため、エアフローメータ72の検出値が実際の吸入空気量と相違する可能性がある。

【0051】

これに対し、筒内噴射比率の変化に対する新気（空気）の変化量を予め実験的に求めて

50

おき、その変化量に従ってエアフローメータ 72 の検出値を補正する方法が考えられる。

【0052】

しかしながら、本願発明者が鋭意の実験及び検証を行った結果、EGR ガスの導入時（EGR 弁 13 の開弁時）は、筒内噴射比率の変化に対して吸入空気量が一樣に変化しないことがわかった。

【0053】

ここで、図 3 乃至図 6 に基づいて、EGR 作動領域における吸入空気量の増減傾向について述べる。図 3 は、EGR 作動領域を示す図である。図 3 において、EGR 作動領域は、a、b、c の 3 つの領域に区画されている。

【0054】

図 3 中の領域 a は、機関負荷（アクセル開度）が高く、且つ機関回転数が低い運転領域である。領域 a においては、図 4 に示すように、筒内噴射比率が高くなるほど且つ EGR 弁 13 の開度が大きくなるほど、吸入空気量が減少（EGR ガス量が増加）する。これは、スロットル弁 71 による絞り損失が EGR 弁 13 の絞り損失に対して大きくなるためと考えられる。

【0055】

図 3 中の領域 c は、機関負荷が高く、且つ機関回転数が高い運転領域である。領域 c においては、図 5 に示すように、筒内噴射比率にかかわらず EGR ガス量が略一定量になる。吸入空気量は、筒内噴射比率が高くなるほど増加している。この傾向は、EGR 弁 13 の開度にかかわらず略一定である。これは、スロットル弁 71 による絞り損失が EGR 弁 13 による絞り損失に対して小さくなるとともに、吸気の慣性力が大きくなるためと考えられる。

【0056】

図 3 中の領域 b は、領域 a と領域 c との中間の領域であり、いわゆる中負荷・中回転運転領域である。領域 b においては、図 6 に示すように、筒内噴射比率が特定比率 r_{cinj0} より低くなる範囲では、筒内噴射比率が高く且つ EGR 弁 13 の開度が大きくなるほど吸入空気量が減少（EGR ガス量が増加）している。一方、筒内噴射比率が特定比率 r_{cinj0} 以上となる範囲では、筒内噴射比率が高くなるほど吸入空気量が増加（EGR ガス量は筒内噴射比率にかかわらず略一定量）する。この傾向は、EGR 弁 13 の開度にかかわらず略一定である。なお、図 3 中の領域 b は、本発明に係わる「スロットル開度が所定スロットル開度以下となり、且つ EGR 弁開度が所定 EGR 弁開度以上となる」運転領域に相当する。

【0057】

そこで、ECU 20 は、先ず、内燃機関 1 の運転状態が上記した 3 つの領域 a、b、c の何れの運転領域に属するかを判別する。その際、上記した 3 つの領域 a、b、c の各々の範囲、並びに特定比率 r_{cinj0} の大きさは、内燃機関の仕様によって異なる。そのため、領域 a、b、c の各々の範囲、並びに特定比率 r_{cinj0} の大きさは、予め実験的に求めておくものとする。

【0058】

次に、ECU 20 は、判別された領域に基づいて、筒内噴射比率の変化に対する吸入空気量の増減傾向を特定する。ECU 20 は、吸入空気量の増減傾向に基づいて、エアフローメータ 72 の検出値を補正する。

【0059】

その際の補正量は、予め実験的に求めておくことが好ましい。例えば、領域 a における補正量は、図 7 に示すように、筒内噴射比率が高く且つ EGR 弁 13 の開度が大きくなるほど小さくなるように定められればよい。領域 c における補正量は、図 8 に示すように、筒内噴射比率が高くなるほど大きくなるように定められればよい。

【0060】

領域 b における補正量は、図 9 に示すように、筒内噴射比率が特定比率 r_{cinj0} より低いときは、筒内噴射比率が高く且つ EGR 弁 13 の開度が大きくなるほど小さくなる

10

20

30

40

50

ように定められればよい。また、筒内噴射比率が特定比率 r_{cinj0} 以上のときは、筒内噴射比率が高くなるほど補正量が大きくなるように定められればよい。

【0061】

ECU20は、上記した図7乃至図9に示した補正量に従ってエアフローメータ72の検出値を補正することにより、実際の吸入空気量を正確に求めることができる。その結果、ECU20は、実際の吸入空気量に基づいて各種の制御パラメータ（スロットル開度、EGR弁開度、総燃料量、筒内噴射比率、点火時期、或いは吸気バルブの開弁特性など）の目標値を変更することも可能となる。その際、ECU20は、各種制御パラメータを実際の吸入空気量に適した値にする処理のみならず、実際の吸入空気量が目標吸入空気量と一致するように各種制御パラメータを変更する処理を行うようにしてもよい。

10

【0062】

次に、本実施例における吸入空気量の補正手順について図10のフローチャートに沿って説明する。図10は、吸入空気量の補正制御ルーチンを示すフローチャートである。このルーチンは、予めECU20のROMなどに記憶されており、ECU20が所定の周期で実行する。

【0063】

図10の補正制御ルーチンにおいて、ECU20は、先ずS101の処理を実行する。S101では、ECU20は、内燃機関1の運転状態がEGR作動領域に属しているか否かを判別する。具体的には、ECU20は、機関負荷と機関回転数とから定まる運転状態が図3中の領域a、b、cの何れかの領域に属しているか否かを判別する。

20

【0064】

前記S101において否定判定された場合は、ECU20は、S110へ進み、筒内噴射比率に応じてエアフローメータ72の検出値を補正する。具体的には、ECU20は、筒内噴射比率が高くなるほど吸入空気量が多くなるように補正を行う。

【0065】

前記S101において肯定判定された場合は、ECU20は、S102へ進む。S102では、ECU20は、内燃機関1の運転状態が図3中の領域aに属しているか否かを判別する。具体的には、ECU20は、機関負荷と機関回転数とから定まる運転状態が領域aに属しているか否かを判別する。なお、領域aにおいてスロットル弁71及びEGR弁13が取り得る各々の開度の範囲を予め求めておき、実際のスロットル開度及びEGR弁開度が前記した範囲に属しているか否かを判別してもよい。

30

【0066】

前記S102において肯定判定された場合は、ECU20は、S103へ進む。S103では、ECU20は、EGR弁13の開度と筒内噴射比率とに応じて補正量を演算する。例えば、ECU20は、EGR弁13の開度と筒内噴射比率と図7に示したようなマップとに基づいて補正量を演算する。

【0067】

前記S102において否定判定された場合は、ECU20は、S104へ進む。S104では、ECU20は、内燃機関1の運転状態が図3中の領域cに属しているか否かを判別する。具体的には、ECU20は、機関負荷と機関回転数とから定まる運転状態が領域cに属しているか否かを判別する。なお、領域cにおいてスロットル弁71及びEGR弁13が取り得る各々の開度の範囲を予め求めておき、実際のスロットル開度及びEGR弁開度が前記した範囲に属しているか否かを判別してもよい。

40

【0068】

前記S104において肯定判定された場合は、ECU20は、S105へ進む。S105では、ECU20は、筒内噴射比率に応じて補正量を演算する。例えば、ECU20は、筒内噴射比率と図8に示したようなマップとに基づいて補正量を演算する。

【0069】

前記S104において否定判定された場合は、内燃機関1の運転状態が図3中の領域bに属していることになる。その場合は、ECU20は、S106へ進み、筒内噴射比率が

50

特定比率 r_{cinj0} より低いかな否かを判別する。

【0070】

前記 S106 において肯定判定された場合は、ECU20 は、S107 へ進む。S107 では、ECU20 は、EGR弁13の開度と筒内噴射比率とに応じて補正量を演算する。具体的には、ECU20 は、EGR弁13の開度と筒内噴射比率と図9に示したようなマップ（図9において筒内噴射比率が特定比率 r_{cinj0} より低くなる範囲）とに基づいて補正量を演算する。

【0071】

前記 S106 において否定判定された場合は、ECU20 は、S108 へ進む。S108 では、ECU20 は、筒内噴射比率に応じて補正量を演算する。具体的には、ECU20 は、筒内噴射比率と図9に示したようなマップ（図9において筒内噴射比率が特定比率 r_{cinj0} 以上となる範囲）とに基づいて補正量を演算する。

10

【0072】

ECU20 は、前記した S103, S105, S107, 又は S108 の処理を実行した後に S109 へ進む。S109 では、前記した S103, S105, S107, 又は S108 で算出された補正量に従ってエアフローメータ72の検出値を補正する。

【0073】

このように ECU20 が図10の補正制御ルーチンを実行することにより、筒内噴射比率が変更される過渡時において、実際の吸入空気量を正確に求めることが可能となる。その結果、実際の吸入空気量に応じて各種の制御パラメータの目標値を変更することができるため、燃焼安定性の低下、排気エミッションの増加、トルクの増減などを抑制することが可能となる。

20

【0074】

なお、ECU20 が S102, S104, S106 の処理を実行することにより、本発明に係わる判別手段が実現される。また、ECU20 が S103, S105, S107, S108, S109 の処理を実行することにより、本発明に係わる補正手段が実現される。

【0075】

ところで、本実施例では、内燃機関1の運転状態が属する領域の判別処理、及び筒内噴射比率に対する吸入空気量の増減傾向の特定処理を行った上で補正值を求める例について述べたが、それらの処理を行わずに補正量を求めるようにしてもよい。

30

【0076】

例えば、機関負荷と機関回転数と筒内噴射比率と EGR弁13の開度と補正量との関係を予めマップ化しておくことにより、機関負荷と機関回転数と筒内噴射比率と EGR弁13の開度とをパラメータとして補正量が求められるようにしてもよい。

【0077】

また、本実施例では、筒内噴射比率が変更される過渡時において筒内噴射比率に応じてエアフローメータ72の検出値を補正する例について述べたが、筒内噴射比率に応じて制御パラメータの目標値を補正してもよい。たとえば、ECU20 は、図10の S109 においてエアフローメータ72の検出値を補正する代わりに、制御パラメータの目標値を補正してもよい。その際、補正対象となる制御パラメータは、エアフローメータ72の検出値に従って目標値が決定される制御パラメータである。

40

【0078】

補正対象となる制御パラメータが総燃料量である場合は、前述した図7乃至図9に示した補正量と同様の傾向を有する補正量により総燃料量が補正されてもよい。その場合、総燃料量が実際の吸入空気量に見合った量となるため、空燃比を目標空燃比に収束させることが可能となる。

【0079】

このように制御パラメータの目標値が補正されると、補正後の目標値は実際の吸入空気量に適した値となる。その結果、燃焼安定性の低下、排気エミッションの増加、トルクの

50

増減などを抑制することが可能となる。

【0080】

<実施例2>

次に、本発明の第2の実施例について図11に基づいて説明する。ここでは、前述した第1の実施例と異なる構成について説明し、同様の構成については説明を省略する。

【0081】

前述した第1の実施例では、筒内噴射比率が変化する過渡時においてエアフローメータ72の検出値を補正する例について述べたが、本実施例では筒内噴射比率とともにEGR弁13の開度が変化する過渡時においてエアフローメータ72の検出値を補正する例について述べる。

10

【0082】

例えば、内燃機関1の運転状態がEGR非作動領域からEGR作動領域へ移行する場合などは、EGR弁13の実際の開度が直ちに目標EGR弁開度に収束しない。さらに、EGR弁13の実際の開度が目標EGR弁開度に収束した直後は、EGRガスが排気通路80から吸気通路70へ到達するまでに輸送遅れが生じるため、EGRガス量が直ちに目標EGRガス量に収束しない。

【0083】

そのような場合は、前述した第1の実施例で述べた方法により求められた吸入空気量と実際の吸入空気量との間に誤差が生じる。そこで、本実施例では、目標EGRガス量に対する実際のEGRガス量の収束率(=(実際のEGRガス量)/(目標EGRガス量))、或いは目標EGR率に対する実際のEGR率の収束率(=(実際のEGR率)/(目標EGR率))を求め、その収束率により吸入空気量の補正量を修正するようにした。

20

【0084】

ここで、EGR弁13の応答遅れは開度の変化量が大きくなるほど大きくなる。EGRガスの輸送遅れは機関回転数が低くなるほど大きくなる。よって、EGR弁13の開度変化量と機関回転数とに基づいて収束率を求めることができる。

【0085】

ただし、前記した収束率は、EGR弁13の動作開始時(又は、ECU20からEGR弁13へ制御信号が出力されたとき)からの経過時間が長くなるほど高くなる。このため、収束率は、開度変化量と機関回転数と経過時間とに基づいて求められることが好適である。

30

【0086】

このようにして収束率が求められると、ECU20は、前述した第1の実施例で述べた方法により求められた補正量と収束率とを乗算し、その演算結果を最終の補正量として吸入空気量を補正する。

【0087】

以下、本実施例における吸入空気量の補正手順について図11に沿って説明する。図11は、本実施例における補正制御ルーチンを示すフローチャートである。なお、図11において、第1の実施例の補正制御ルーチン(図10を参照)と同様の処理には同一の符号を付している。

40

【0088】

図11の補正制御ルーチンと図10の補正制御ルーチンとの相違点は、S109の前に実行されるS201の処理である。すなわち、ECU20は、S103、S105、S107、又はS108の処理を実行した後にS201の処理を実行する。S201では、ECU20は、S103、S105、S107、又はS108で算出された補正量に収束率を乗算して最終の補正量を演算する。そして、S109では、ECU20は、前記S201で算出された最終の補正量によりエアフローメータ72の検出値を補正する。

【0089】

このようにECU20が図11の補正制御ルーチンを実行することにより、EGR弁13の応答遅れやEGRガスの輸送遅れが生じている場合であっても、実際の吸入空気量を

50

正確に求めることが可能となる。

【0090】

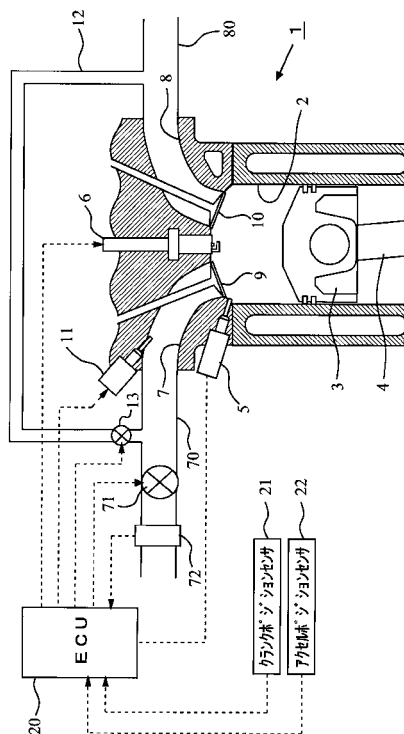
なお、前述した第1及び第2の実施例では、エアフローメータ72の検出値を補正する例について述べたが、エアフローメータ72の検出値に基づいて算出されるEGRガス量を補正することもできる。その場合、ECU20は、図4乃至図6に示したEGRガス量の増減傾向に基づいてEGRガス量を補正すればよい。さらに、ECU20は、補正後のEGRガス量が目標値と相異している場合は、制御パラメータの目標値を補正することによりEGRガス量を目標値に収束させることも可能となる。

【符号の説明】

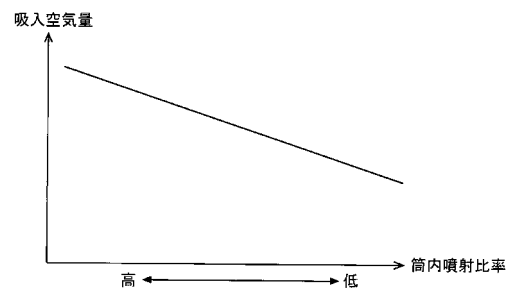
【0091】

- 1 内燃機関
- 2 気筒
- 5 第1燃料噴射弁
- 6 点火プラグ
- 7 吸気ポート
- 8 排気ポート
- 9 吸気バルブ
- 10 排気バルブ
- 11 第2燃料噴射弁
- 12 EGR通路
- 13 EGR弁
- 20 ECU
- 70 吸気通路
- 71 スロットル弁
- 72 エアフローメータ

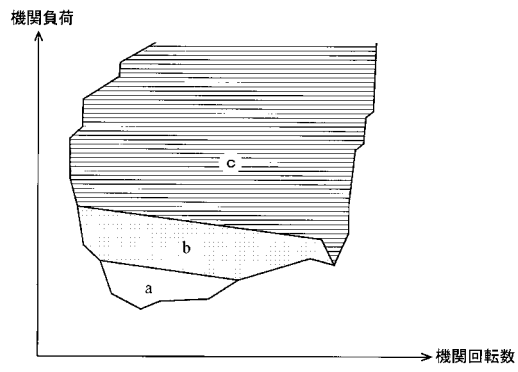
【図1】



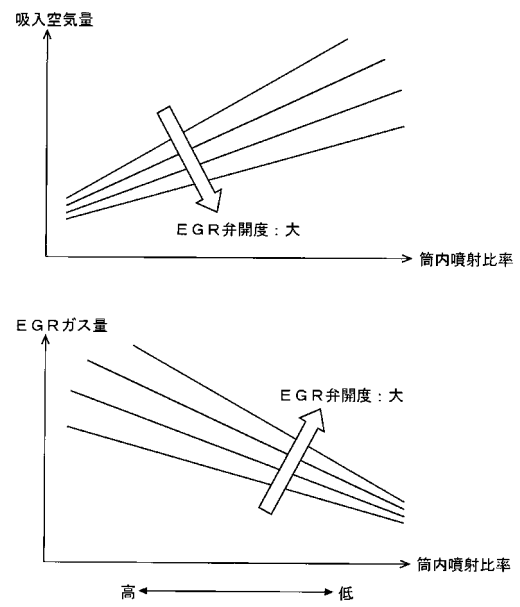
【図2】



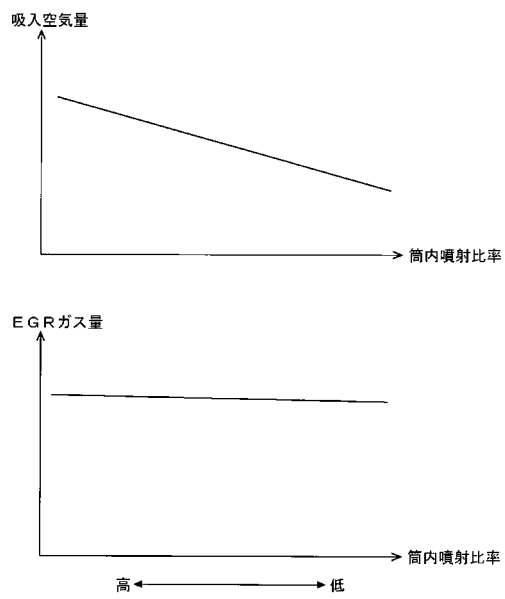
【図 3】



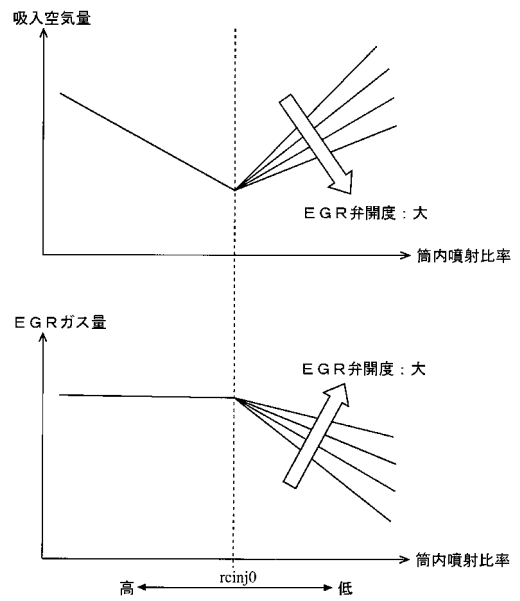
【図 4】



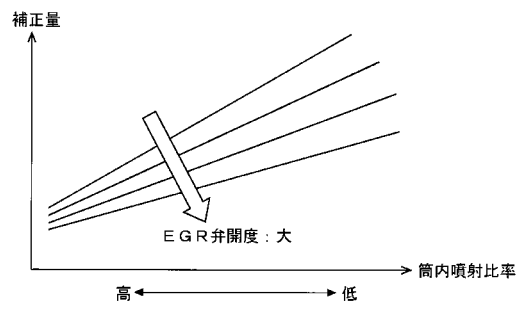
【図 5】



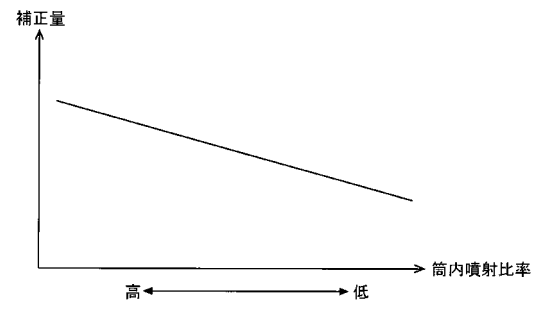
【図 6】



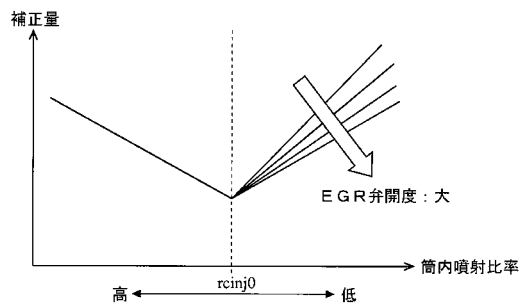
【図 7】



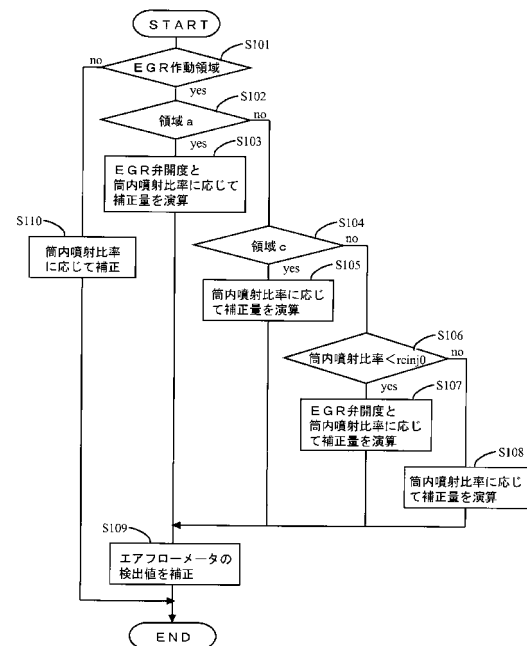
【図 8】



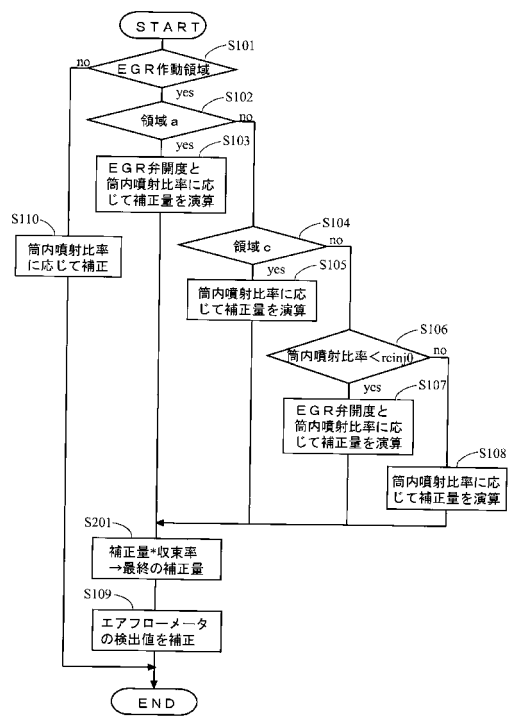
【図 9】



【図 10】



【図 11】



フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I
F 0 2 D 21/08 (2006.01) F 0 2 D 43/00 3 0 1 H
F 0 2 D 43/00 3 0 1 B
F 0 2 D 43/00 3 0 1 K
F 0 2 D 43/00 3 0 1 N
F 0 2 D 43/00 3 0 1 Z
F 0 2 D 45/00 3 1 2 A
F 0 2 M 25/07 5 5 0 F
F 0 2 M 25/07 5 5 0 R
F 0 2 D 21/08 3 0 1 A
F 0 2 D 21/08 3 0 1 C
F 0 2 D 21/08 3 0 1 G
F 0 2 D 21/08 3 0 1 Z

(72)発明者 北東 宏之
日本国愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内
(72)発明者 品川 知広
日本国愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内
(72)発明者 佐竹 信行
日本国愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会社デンソー内

審査官 小川 恭司

(56)参考文献 特開2006-336621(JP, A)
特開2004-60474(JP, A)
特開2006-226163(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
F 0 2 D 41/00-45/00
F 0 2 D 13/00-28/00
F 0 2 M 25/07
F 0 2 M 63/00