

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6020060号  
(P6020060)

(45) 発行日 平成28年11月2日(2016.11.2)

(24) 登録日 平成28年10月14日(2016.10.14)

(51) Int. Cl. F I  
**F 1 6 D 27/115 (2006.01)** F 1 6 D 27/115 Z  
**G 0 6 F 17/50 (2006.01)** G 0 6 F 17/50 6 1 2 G

請求項の数 8 (全 23 頁)

(21) 出願番号	特願2012-247899 (P2012-247899)	(73) 特許権者	000001247 株式会社ジェイテクト
(22) 出願日	平成24年11月9日(2012.11.9)		大阪府大阪市中央区南船場3丁目5番8号
(65) 公開番号	特開2014-95444 (P2014-95444A)	(74) 代理人	100089082 弁理士 小林 脩
(43) 公開日	平成26年5月22日(2014.5.22)	(74) 代理人	100130188 弁理士 山本 喜一
審査請求日	平成27年10月21日(2015.10.21)	(72) 発明者	アリス マローニアン 大阪府大阪市中央区南船場3丁目5番8号 株式会社ジェイテクト内
		(72) 発明者	田村 勉 大阪府大阪市中央区南船場3丁目5番8号 株式会社ジェイテクト内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 伝達トルク推定装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

円筒形状の外側回転部材と、  
 前記外側回転部材内に相対回転可能に同軸上に配置された内側回転部材と、  
 前記外側回転部材と前記内側回転部材との間でトルクを伝達するメインクラッチと、  
 制御信号に応じた磁力によりアーマチュアを引き寄せることで前記外側回転部材のトルクを伝達可能なパイロットクラッチを有する電磁クラッチ装置と、  
 前記メインクラッチと前記パイロットクラッチとの間に設けられ、前記パイロットクラッチを介して伝達される前記外側回転部材の回転と前記内側回転部材の回転との回転差を軸方向の押付力に変換して、支持側カム部材に対して移動側カム部材を軸方向移動させることにより前記メインクラッチを押圧するカム機構と、を備える駆動力伝達装置の伝達トルク推定装置であって、

前記メインクラッチは、前記内側回転部材との相対回転を規制され且つ軸方向移動を許容されたインナメインクラッチ板と、前記外側回転部材との相対回転を規制され且つ軸方向移動を許容されたアウトメインクラッチ板と、により構成され、

前記パイロットクラッチは、前記支持側カム部材との相対回転を規制され且つ軸方向移動を許容されたインナパイロットクラッチ板と、前記外側回転部材との相対回転を規制され且つ軸方向移動を許容されたアウトパイロットクラッチ板と、により構成され、

前記伝達トルク推定装置は、

前記パイロットクラッチの摩擦モデルを含み、前記外側回転部材の回転方向の運動方程

10

20

式をモデリングされた第一モデルと、

前記パイロットクラッチの摩擦モデルを含み、前記支持側カム部材と前記インナパイロットクラッチ板を一体とした回転方向の運動方程式をモデリングされた第二モデルと、

前記メインクラッチの摩擦モデルを含み、前記アウトメインクラッチ板の回転方向の運動方程式をモデリングされた第三モデルと、

前記メインクラッチの摩擦モデルを含み、前記内側回転部材の回転方向の運動方程式をモデリングされた第四モデルと、

前記支持側カム部材と前記移動側カム部材の位相差に対する前記移動側カム部材の移動量を示すカム動作モデル、および前記メインクラッチと前記カム機構の軸方向の粘弾性モデルを含み、前記インナメインクラッチ板と前記移動側カム部材を一体とした軸方向の運動方程式をモデリングされた第五モデルと、

10

に基づいて、前記制御信号に対して前記外側回転部材と前記内側回転部材との間で伝達可能なトルクを推定する伝達トルク推定装置。

【請求項 2】

前記パイロットクラッチの摩擦モデルは、前記インナパイロットクラッチ板と前記アウトパイロットクラッチ板との相対的な角速度差に応じた摩擦係数と、前記制御信号に応じた磁力により前記パイロットクラッチに付与される押付力と、の積を含み、

前記メインクラッチの摩擦モデルは、前記インナメインクラッチ板と前記アウトメインクラッチ板との相対的な角速度差に応じた摩擦係数と、前記メインクラッチに付与される軸方向の押付力と、の積を含む、請求項 1 の伝達トルク推定装置。

20

【請求項 3】

前記メインクラッチに付与される軸方向の押付力は、前記カム動作モデルと、前記メインクラッチにおける軸方向の粘弾性モデルと、を含むモデルにより示される、請求項 2 の伝達トルク推定装置。

【請求項 4】

前記メインクラッチにおいて、前記アウトメインクラッチ板には前記外側回転部材とスプライン嵌合するスプライン部が形成され、前記インナメインクラッチ板には前記内側回転部材とスプライン嵌合するスプライン部が形成され、

前記第五モデルは、前記メインクラッチにおける各前記スプライン部と相手部材との軸方向の摩擦モデルをそれぞれ含む、請求項 1 ~ 3 の何れか一項の伝達トルク推定装置。

30

【請求項 5】

前記メインクラッチにおいて、前記アウトメインクラッチ板には前記外側回転部材とスプライン嵌合するスプライン部が形成され、前記インナメインクラッチ板には前記内側回転部材とスプライン嵌合するスプライン部が形成され、

前記第一モデルおよび前記第三モデルは、前記メインクラッチにおける前記スプライン部と相手部材との回転方向のバックラッシュをそれぞれ含むようにモデリングされている、請求項 1 ~ 4 の何れか一項の伝達トルク推定装置。

【請求項 6】

前記支持側カム部材と前記移動側カム部材に位相差がない状態において、前記メインクラッチと前記移動側カム部材との間には所定量のクリアランスが設けられ、

40

前記メインクラッチの摩擦モデルは、前記クリアランスを含むようにモデリングされている、請求項 1 ~ 5 の何れか一項の伝達トルク推定装置。

【請求項 7】

前記支持側カム部材と前記移動側カム部材に位相差がない状態において、前記メインクラッチと前記移動側カム部材との間には所定量のクリアランスが設けられ、

前記第五モデルは、前記クリアランスを含むようにモデリングされている、請求項 1 ~ 6 の何れか一項の伝達トルク推定装置。

【請求項 8】

前記メインクラッチの摩擦モデルは、前記メインクラッチの軸方向の変形量を示す剛性モデルを含む、請求項 1 ~ 7 の何れかの伝達トルク推定装置。

50

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は、駆動力伝達装置が伝達可能なトルクを推定する伝達トルク推定装置に関するものである。

## 【背景技術】

## 【0002】

駆動力伝達装置は、例えば、車両の二輪駆動と四輪駆動を切り換え可能なカップリングとして用いられる。特許文献1には、メインクラッチと電磁クラッチとの間にカム機構を設けられた構成が記載されている。このような駆動力伝達装置では、制御信号に応じて動作する電磁クラッチにカム機構が連動して、メインクラッチの係合状態を変化させている。このような構成によって、伝達されるトルクを制御信号により調整可能となっている。

10

## 【0003】

ところで、駆動力伝達装置は、例えば、入力トルクと制御信号に対して、目標とする伝達トルクが出力されているか否かに基づいて、制御や設計の適否が評価される。そのため、制御信号および駆動力伝達装置の状態により変動する伝達トルクを正確に把握する必要がある。これに対して、例えば、クラッチが2枚のクラッチ板により構成されているものと仮定するモデリングが知られている。これによると、各クラッチ板の相対速度に応じた摩擦係数と、各クラッチ板に作用する押付力とに基づいて、伝達可能なトルクを概ね推定することが可能とされている。

20

## 【先行技術文献】

## 【特許文献】

## 【0004】

【特許文献1】特開2012-072892号公報

## 【発明の概要】

## 【発明が解決しようとする課題】

## 【0005】

しかしながら、駆動力伝達装置において、入力軸と出力軸の回転角度に対する伝達トルクを実測すると、特許文献1の図6(b)に示されるように、各部材の影響により複雑なヒステリシス曲線により示される。そのため、上記のような簡易的なモデルでは、推定したトルクと実際に伝達可能なトルクとに大きな差が生じてしまうおそれがある。

30

## 【0006】

本発明は、このような事情を鑑みてなされたものであり、駆動力伝達装置を構成する各部材について効率的にモデリングして、推定する伝達トルクの高精度化を図る伝達トルク推定装置を提供することを目的とする。

## 【課題を解決するための手段】

## 【0007】

(請求項1)本手段に係る伝達トルク推定装置は、円筒形状の外側回転部材と、前記外側回転部材内に相対回転可能に同軸上に配置された内側回転部材と、前記外側回転部材と前記内側回転部材との間でトルクを伝達するメインクラッチと、制御信号に応じた磁力によりアーマチュアを引き寄せることで前記外側回転部材のトルクを伝達可能なパイロットクラッチを有する電磁クラッチ装置と、前記メインクラッチと前記パイロットクラッチとの間に設けられ、前記パイロットクラッチを介して伝達される前記外側回転部材の回転と前記内側回転部材の回転との回転差を軸方向の押付力に変換して、支持側カム部材に対して移動側カム部材を軸方向移動させることにより前記メインクラッチを押圧するカム機構と、を備える駆動力伝達装置の伝達トルク推定装置であって、前記メインクラッチは、前記外側回転部材との相対回転を規制され且つ軸方向移動を許容されたアウトメインクラッチ板と、前記内側回転部材との相対回転を規制され且つ軸方向移動を許容されたインメインクラッチ板と、により構成され、前記パイロットクラッチは、前記外側回転部材との相対回転を規制され且つ軸方向移動を許容されたアウトパイロットクラッチ板と、前記支

40

50

持側カム部材との相対回転を規制され且つ軸方向移動を許容されたインナパイロットクラッチ板と、により構成され、前記伝達トルク推定装置は、前記パイロットクラッチの摩擦モデルを含み、前記外側回転部材の回転方向の運動方程式をモデリングされた第一モデルと、前記パイロットクラッチの摩擦モデルを含み、前記支持側カム部材と前記インナパイロットクラッチ板を一体とした回転方向の運動方程式をモデリングされた第二モデルと、前記メインクラッチの摩擦モデルを含み、前記アウトメインクラッチ板の回転方向の運動方程式をモデリングされた第三モデルと、前記メインクラッチの摩擦モデルを含み、前記内側回転部材の回転方向の運動方程式をモデリングされた第四モデルと、前記支持側カム部材と前記移動側カム部材の位相差に対する前記移動側カム部材の移動量を示すカム動作モデル、および前記メインクラッチと前記カム機構の軸方向の粘弾性モデルを含み、前記インナメインクラッチ板と前記移動側カム部材を一体とした軸方向の運動方程式をモデリングされた第五モデルと、に基づいて、前記制御信号に対して前記外側回転部材と前記内側回転部材との間で伝達可能なトルクを推定する。

10

## 【0008】

(請求項2)また、前記パイロットクラッチの摩擦モデルは、前記インナパイロットクラッチ板と前記アウトパイロットクラッチ板との相対的な角速度差に応じた摩擦係数と、前記制御信号に応じた磁力により前記パイロットクラッチに付与される押圧力と、の積を含み、前記メインクラッチの摩擦モデルは、前記インナメインクラッチ板と前記アウトメインクラッチ板との相対的な角速度差に応じた摩擦係数と、前記メインクラッチに付与される軸方向の押圧力と、の積を含むようにしてもよい。

20

## 【0009】

(請求項3)また、前記メインクラッチに付与される軸方向の押圧力は、前記カム動作モデルと、前記面クラッチにおける軸方向の粘弾性モデルを含むようにしてもよい。

## 【0010】

(請求項4)また、前記メインクラッチにおいて、前記アウトメインクラッチ板には前記外側回転部材とスプライン嵌合するスプライン部が形成され、前記インナメインクラッチ板には前記内側回転部材とスプライン嵌合するスプライン部が形成され、第五モデルは、前記メインクラッチにおける各前記スプライン部と相手部材との軸方向の摩擦モデルをそれぞれ含むようにしてもよい。

30

## 【0011】

(請求項5)また、前記メインクラッチにおいて、前記アウトメインクラッチ板には前記外側回転部材とスプライン嵌合するスプライン部が形成され、前記インナメインクラッチ板には前記内側回転部材とスプライン嵌合するスプライン部が形成され、前記第一モデルおよび前記第三モデルは、前記メインクラッチにおける前記スプライン部と相手部材との回転方向のバックラッシュをそれぞれ含むようにモデリングされているようにしてもよい。

## 【0012】

(請求項6)また、前記支持側カム部材と前記移動側カム部材に位相差がない状態において、前記メインクラッチと前記移動側カム部材の間には所定量のクリアランスが設けられ、前記メインクラッチの摩擦モデルは、前記クリアランスを含むようにモデリングされているようにしてもよい。

40

## 【0013】

(請求項7)また、前記支持側カム部材と前記移動側カム部材に位相差がない状態において、前記メインクラッチと前記移動側カム部材の間には所定量のクリアランスが設けられ、前記第五モデルは、前記クリアランスを含むようにモデリングされているようにしてもよい。

## 【0014】

(請求項8)また、前記メインクラッチの摩擦モデルは、前記メインクラッチの軸方向の変形量を示す剛性モデルを含むようにしてもよい。

## 【発明の効果】

50

## 【 0 0 1 5 】

(請求項1)本手段によると、各モデルにより駆動力伝達装置を構成する各部材の回転方向および軸方向の運動を効率的に表すことが可能となる。より具体的には、第二モデルでは、相対回転を許容されていない支持側カム部材とインナパイロットクラッチ板を一体としてモデリングしている。さらに、第五モデルでは、内側回転部材に対してインナメインクラッチ板および移動側カム部材が一体的に軸方向に移動するものとみなして、これらの部材を一体としてモデリングしている。これにより、伝達トルク推定装置は、駆動力伝達装置におけるカム機構の特有な動作などを勘案した伝達トルクの算出が可能となり、伝達可能なトルクの推定を高精度に行うことができる。よって、推定した伝達トルクの特性を反映して、駆動力伝達装置の制御や設計をより好適に行うことができる。

10

## 【 0 0 1 6 】

(請求項2)駆動力伝達装置が備えるメインクラッチおよびパイロットクラッチは、それぞれインナクラッチ板とアウトクラッチ板が軸方向に移動することにより、クラッチ板間の摩擦力を変動させる構成となっている。ここで、第一モデルおよび第二モデルに含まれるパイロットクラッチの摩擦モデルは、電磁クラッチ装置に所定の制御信号が入力されているものとする、各クラッチ板の軸方向位置を一定であるものとみなすことができる。よって、当該パイロットクラッチの摩擦モデルでは、クラッチ板間の相対的な角速度差に応じた摩擦係数と、制御信号により定まるパイロットクラッチに付与する押付力と、の積を含むようにモデリングすることができる。これにより、パイロットクラッチのトルク特性をより効率的にモデリングして、より高精度に伝達可能なトルクを推定することができる。

20

## 【 0 0 1 7 】

(請求項3)一方で、第三モデルおよび第四モデルに含まれるメインクラッチの摩擦モデルは、メインクラッチがカム動作特性に影響されること、および、場合によっては各クラッチ板の数量が多数(例えば、アウトメインクラッチ板とインナメインクラッチ板との総数が3枚以上)となることがあり各クラッチ板の軸方向の撓みが比較的大きいこと、を勘案すると、各クラッチ板の軸方向の移動量を含むモデリングが好適である。そこで、メインクラッチの摩擦モデルでは、クラッチ板間の相対的な角速度差に応じた摩擦係数と、メインクラッチに付与される軸方向の押付力と、の積を含むようにモデリングしている。そして、このメインクラッチに付与される軸方向の押付力は、カム動作モデルと、上記の移動量に応じた軸方向の粘弾性モデルを含むようにしている。これにより、メインクラッチのトルク特性をより効率的にモデリングして、より高精度に伝達可能なトルクを推定することができる。

30

## 【 0 0 1 8 】

(請求項4)メインクラッチが外側回転部材および内側回転部材にスプライン嵌合する場合には、それぞれのスプライン部における軸方向摩擦が駆動力伝達装置の伝達可能なトルクに影響することになる。そこで、伝達トルク推定装置では、インナメインクラッチ板およびアウトメインクラッチ板の各スプライン部における軸方向摩擦を、インナメインクラッチ板と移動側カム部材の軸方向摩擦に集約してモデリングするものとしている。これにより、インナメインクラッチ板および移動側カム部材の軸方向の運動方程式をモデリングした第五モデルにおいて、メインクラッチに作用する各スプライン部の軸方向摩擦を効率的にモデリングできる。

40

## 【 0 0 1 9 】

(請求項5)メインクラッチが外側回転部材および内側回転部材にスプライン嵌合する場合には、それぞれのスプライン部におけるバックラッシュが駆動力伝達装置の伝達可能なトルクに影響することになる。そこで、伝達トルク推定装置では、インナメインクラッチ板に対してアウトメインクラッチ板が回転方向に相対移動するものとして、それぞれのスプライン部におけるバックラッシュを外側回転部材とアウトメインクラッチ板との間に発生するものとしてモデリングをしている。これにより、外側回転部材およびアウトメインクラッチ板の回転方向の運動方程式をモデリングした第一モデルおよび第三モデルにお

50

いて、メインクラッチにおけるバックラッシュを勘案したモデリングが可能となる。

【 0 0 2 0 】

(請求項6)カム機構は、支持側カム部材と移動側カム部材に位相差がない状態において、メインクラッチと移動側カム部材との間には所定量のクリアランスが設けられることがある。このような場合には、支持側カム部材に対して移動側カム部材が軸方向に移動しても、メインクラッチに押付力が付与されない状態があるため、駆動力伝達装置の伝達可能なトルクに影響することになる。そこで、伝達トルク推定装置では、上記のクリアランスを、メインクラッチの摩擦モデルに含むようにモデリングしている。これにより、メインクラッチの摩擦モデルを含む第三モデルおよび第四モデルにおいて、カム機構のクリアランスを勘案したモデリングが可能となる。

10

【 0 0 2 1 】

(請求項7)カム機構は、支持側カム部材と移動側カム部材に位相差がない状態において、メインクラッチと移動側カム部材との間には所定量のクリアランスが設けられることがある。このような場合には、支持側カム部材に対して移動側カム部材が軸方向に移動しても、メインクラッチに押付力が付与されない状態があるため、駆動力伝達装置の伝達可能なトルクに影響することになる。そこで、伝達トルク推定装置では、上記のクリアランスを、第五モデルに含むようにモデリングしている。これにより、インナメインクラッチ板および移動側カム部材の軸方向の運動方程式をモデリングした第五モデルにおいて、カム機構のクリアランスを勘案したモデリングが可能となる。

20

【 0 0 2 2 】

(請求項8)メインクラッチを従来のように簡易的にモデリングすると、各クラッチ板の軸方向位置の変化に対して伝達トルクが即時に連動するような結果を得られる。しかしながら、入力軸と出力軸の回転角度に対する伝達トルクを実測すると、伝達トルクはヒステリシス曲線上を移動するように変化する。これは、メインクラッチの剛性が影響していることが一因と考えられる。即ち、メインクラッチに押付力が付与された状態において、メインクラッチの軸方向の変形が伝達トルクを曲線的な変化を生じさせている。そこで、伝達トルク推定装置では、メインクラッチの軸方向の変形量を示す剛性モデルをメインクラッチの摩擦モデルに含むことで、各クラッチ板の剛性を勘案したモデリングを可能としている。

30

【図面の簡単な説明】

【 0 0 2 3 】

【図1】実施形態における駆動力伝達装置の軸方向断面図である。

【図2】駆動力伝達装置のモデルおよび伝達トルク推定装置の概要を示す図である。

【図3】アウトケースとインナケースの回転角度と、従来モデルにカム機構のカム動作モデルを追加したモデルにより推定された伝達トルクとの関係を示すグラフである。

【図4】図3にメインクラッチとカム機構のクリアランスを追加したグラフである。

【図5】図4にスプライン部の摩擦モデルを追加したグラフである。

【図6】図5にメインクラッチの剛性モデルを追加したグラフである。

【図7】図6にスプライン部のバックラッシュを追加したグラフである。

【図8】アウトケースとインナケースの回転角度と、実測された伝達トルクとの関係を示すグラフである。

40

【図9】電流値と伝達トルクとの関係を示すグラフであって、従来モデルに、第一モデル、第二モデル、第三モデル、および第四モデルを追加したグラフである。

【図10】図9に示すグラフに、駆動力伝達装置の電磁ヒステリシス特性(電流ヒステリシス特性)をさらに追加したグラフである。

【図11】図10に示すグラフに、駆動力伝達装置の機械ヒステリシス特性(第五モデル)をさらに追加したグラフである。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 2 4 】

<実施形態>

50

実施形態の駆動力伝達装置 1 の伝達トルク推定装置 70 について、図面を参照して説明する。ここで、伝達トルク推定装置 70 は、駆動力伝達装置 1 を構成する各部材をモデリングすることにより、この駆動力伝達装置 1 に入力される制御信号および駆動力伝達装置 1 の状態、即ち駆動力の入力側のアウトケース 10 の回転角速度と駆動力の出力側のインナシャフト 20 の回転角速度とにより変動する伝達トルクを推定するものである。

【0025】

( 駆動力伝達装置 1 の全体構成 )

駆動力伝達装置 1 は、例えば、四輪駆動車において、車両の走行状態に応じて駆動力が伝達される補助駆動輪側への駆動力伝達系に適用される。より詳細には、四輪駆動車において、駆動力伝達装置 1 は、エンジンの駆動力が伝達されるプロペラシャフトと補助駆動輪としてのリヤディファレンシャルとの間、もしくは、リヤディファレンシャルとドライブシャフトとの間に連結される。本実施形態においては、前者の場合であるものとして説明する。

10

【0026】

そして、駆動力伝達装置 1 は、補助駆動輪に駆動力を伝達する接続状態と、駆動力を伝達しない切断状態とを切り換えられる。上記の接続状態においては、プロペラシャフトから伝達される駆動力を、伝達割合を可変にしながら、リヤディファレンシャルに伝達している。この駆動力伝達装置 1 は、例えば、前輪と後輪の回転差が生じた場合に、回転差を低減するように作用する。この駆動力伝達装置 1 は、いわゆる電子制御カップリングからなる。この駆動力伝達装置 1 は、図 1 に示すように、アウトケース 10 と、インナシャフト 20 と、メインクラッチ 30 と、電磁クラッチ装置 40 と、カム機構 50 とを備えている。

20

【0027】

アウトケース 10 ( 本発明の「外側回転部材」に相当する ) は、円筒形状のホールカバー ( 図示せず ) の内周側に、当該ホールカバーに対して回転可能に支持されている。このアウトケース 10 は、全体として円筒形状に形成されており、車両前側に配置されるフロントハウジング 11 と車両後方側 ( 図 1 の右側 ) に配置されるリヤハウジング 12 とにより形成されている。

【0028】

フロントハウジング 11 は、例えばアルミニウムを主成分とする非磁性材料のアルミニウム合金により形成され、有底筒状に形成されている。フロントハウジング 11 の円筒部の外周面が、ホールカバーの内周面に軸受を介して回転可能に支持されている。さらに、フロントハウジング 11 の底部が、プロペラシャフト ( 図示せず ) の車両後端側に連結されている。従って、フロントハウジング 11 の有底筒状の開口側が車両後方側を向くように配置されている。また、フロントハウジング 11 の内周面のうち軸方向中央部には、雌スプライン 11a が形成されており、当該内周面の開口付近には、雌ねじが形成されている。

30

【0029】

リヤハウジング 12 は、円環状に形成されており、フロントハウジング 11 の開口側の径方向内側に、フロントハウジング 11 と一体的に配置されている。リヤハウジング 12 の車両後方側には、全周に亘って環状溝が形成されている。また、リヤハウジング 12 の外周面には雄ねじが形成され、当該雄ねじがフロントハウジング 11 の雌ねじにねじ締めされる。なお、ナットをリヤハウジング 12 の雄ねじに締め付けることにより、フロントハウジング 11 とリヤハウジング 12 とを固定する構成となっている。

40

【0030】

また、リヤハウジング 12 は、上記の環状溝における溝底の一部分に、非磁性材料としての例えばステンレス鋼により形成された環状部材 12a を有している。また、リヤハウジング 12 のうち環状部材 12a 以外の部位は、磁気回路を形成するために磁性材料である鉄を主成分とする材料 ( 以下、「鉄系材料」と称する ) により形成されている。

【0031】

50

インナシャフト20は、外周面の軸方向中央部に雄スプライン20aを備える軸状に形成されている。このインナシャフト20は、リヤハウジング12の軸心の貫通孔を液密的に貫通して、アウトケース10の内部に相対回転可能に同軸上に配置されている。そして、インナシャフト20は、フロントハウジング11およびリヤハウジング12に対する軸方向移動を規制された状態で、フロントハウジング11およびリヤハウジング12に軸受を介して回転可能に支持されている。さらに、インナシャフト20の車両後端側(図1の右側)は、ディファレンシャルギヤ(図示せず)に連結されている。なお、アウトケース10とインナシャフト20とにより液密的に区画される空間内には、所定の充填率で潤滑油が充填されている。

【0032】

メインクラッチ30は、アウトケース10とインナシャフト20との間でトルクを伝達する。このメインクラッチ30は、鉄系材料により形成された湿式多板式の摩擦クラッチである。メインクラッチ30は、フロントハウジング11の円筒部内周面とインナシャフト20の外周面との径方向間に配置されている。また、メインクラッチ30は、フロントハウジング11の底部とリヤハウジング12の車両前方端面との軸方向間に配置されている。

【0033】

このメインクラッチ30は、複数のインナメインクラッチ板31と、複数のアウトメインクラッチ板32とを有し、これらが軸方向に交互に配置されて構成されている。インナメインクラッチ板31は、内周側に雌スプライン31a(本発明の「スプライン部」に相当する)が形成されており、インナシャフト20の雄スプライン20aにスプライン嵌合している。アウトメインクラッチ板32は、外周側に雄スプライン32a(本発明の「スプライン部」に相当する)が形成されており、フロントハウジング11の雌スプライン11aにスプライン嵌合している。

【0034】

メインクラッチ30は、上述のように、インナメインクラッチ板31の雌スプライン31a、およびアウトメインクラッチ板32の雄スプライン32aからなるスプライン部31a, 32aを有する。これにより、インナメインクラッチ板31は、インナシャフト20との相対回転を規制され、且つ軸方向移動を許容されている。同様に、アウトメインクラッチ板32は、アウトケース10との相対回転を規制され、且つ軸方向移動を許容されている。また、スプライン部31a, 32aは、それぞれスプライン嵌合する相手部材に対して所定のバックラッシ(回転方向の隙間)が設けられている。

【0035】

電磁クラッチ装置40は、制御信号に応じた磁力によりアーマチュア43を引き寄せることでパイロットクラッチ44を係合させ、アウトケース10のトルクをカム機構50の支持側カム部材51に伝達可能とする。また、制御信号とは、電磁コイル42に印加される電圧、または供給される電流に相当する。この電磁クラッチ装置40は、ヨーク41と、電磁コイル42と、アーマチュア43と、パイロットクラッチ44とにより構成されている。

【0036】

ヨーク41は、環状に形成されており、リヤハウジング12に対して相対回転可能となるように隙間を介してリヤハウジング12の環状溝に收容されている。ヨーク41は、ホールカバーに固定されるとともに、内周側をリヤハウジング12に軸受を介して回転可能に支持されている。電磁コイル42は、巻線を巻回することにより円環状に形成され、ヨーク41に固定されている。

【0037】

アーマチュア43は、鉄系材料により形成されている。外周側に雄スプラインを備える円環状に形成されている。このアーマチュア43は、メインクラッチ30とリヤハウジング12との軸方向間に配置されている。そして、アーマチュア43の雄スプラインが、フロントハウジング11の雌スプライン11aにスプライン嵌合されている。アーマチュア

10

20

30

40

50

43は、電磁コイル42に電流が供給されると、電流値に応じた磁力によりヨーク41側に引き寄せられる。

【0038】

パイロットクラッチ44は、アウトケース10と支持側カム部材51との間でトルクを伝達する。このパイロットクラッチ44は、鉄系材料により形成されている。パイロットクラッチ44は、フロントハウジング11の円筒部内周面と支持側カム部材51の外周面との径方向間に配置されている。さらに、パイロットクラッチ44は、アーマチュア43とリヤハウジング12の車両前方端面との間に配置されている。

【0039】

このパイロットクラッチ44は、インナパイロットクラッチ板44aと、複数のアウトパイロットクラッチ板44bとを有し、これらが軸方向に交互に配置されて構成されている。インナパイロットクラッチ板44aは、内周側に雌スプラインが形成されており、支持側カム部材51の雄スプラインにスプライン嵌合されている。アウトパイロットクラッチ板44bは、外周側に雄スプラインが形成されており、フロントハウジング11の雌スプライン11aにスプライン嵌合されている。

10

【0040】

そして、電磁クラッチ装置40に制御信号が入力されて電磁コイル42が通電すると、ヨーク41、リヤハウジング12の外周側、パイロットクラッチ44の外周側、アーマチュア43、パイロットクラッチ44の内周側、リヤハウジング12の内周側、ヨーク41を通過する磁気回路が形成される。そうすると、アーマチュア43がヨーク41側に引き寄せられて、インナパイロットクラッチ板44aとアウトパイロットクラッチ板44bとが摩擦係合する。そして、アウトケース10のトルクが支持側カム部材51に伝達される。

20

【0041】

一方で、電磁クラッチ装置40に制御信号が入力されずに電磁コイル42への電力供給を遮断すると、アーマチュア43に対する磁気的な吸引力がなくなる。これにより、インナパイロットクラッチ板44aとアウトパイロットクラッチ板44bとの摩擦係合が解除され、パイロットクラッチ44が非係合状態となる。

【0042】

カム機構50は、メインクラッチ30とパイロットクラッチ44との間に設けられ、パイロットクラッチ44を介して伝達されるアウトケース10の回転とインナシャフト20の回転との回転差に基づくトルクを軸方向の押付力に変換する。そして、カム機構50は、支持側カム部材51に対して移動側カム部材52を軸方向に移動させることにより、変換した押付力をもってメインクラッチ30を押圧する。このカム機構50は、支持側カム部材51と、移動側カム部材52と、カムフォロア53とから構成されている。

30

【0043】

支持側カム部材51は、円環状に形成され、インナシャフト20の外周面に対して隙間を介して設けられている。また、支持側カム部材51は、リヤハウジング12の車両前方端面に設けられたスラスト軸受60により、シム61を介して支持されている。このような構成により、支持側カム部材51は、インナシャフト20およびリヤハウジング12に対して相対回転可能であり、軸方向移動を規制されている。また、支持側カム部材51は、外周側に雄スプラインを形成されている。この支持側カム部材51の雄スプラインは、インナパイロットクラッチ板44aの雌スプラインにスプライン嵌合している。さらに、支持側カム部材51の車両前方端面には、複数のカム溝が形成されている。

40

【0044】

移動側カム部材52は、大部分を鉄系材料により円環状に形成され、支持側カム部材51の車両前方側に配置されている。移動側カム部材52は、内周側に雌スプライン52aを形成されている。この移動側カム部材52の雌スプラインは、インナシャフト20の雄スプライン20aにスプライン嵌合している。従って、移動側カム部材52は、インナシャフト20に対する相対回転を規制され、軸方向移動を許容されている。さらに、移動側

50

カム部材 5 2 の車両後方端面には、支持側カム部材 5 1 のカム溝に対して軸方向に対向するように、複数のカム溝が形成されている。

【 0 0 4 5 】

また、移動側カム部材 5 2 の車両前方端面は、メインクラッチ 3 0 うち最も車両後方に配置されるインナメインクラッチ板 3 1 に当接し得る状態となっている。但し、支持側カム部材 5 1 と移動側カム部材 5 2 に位相差がない中立状態において、メインクラッチ 3 0 における上記のインナメインクラッチ板 3 1 と移動側カム部材 5 2 との間には、所定量のクリアランス C 1 が設けられている。そして、移動側カム部材 5 2 は、中立状態からクリアランス C 1 を超えて車両前方に移動すると、インナメインクラッチ板 3 1 と当接してインナメインクラッチ板 3 1 を車両前方へ押し付ける構成となっている。

10

【 0 0 4 6 】

カムフォロア 5 3 は、ボール状からなり、支持側カム部材 5 1 と移動側カム部材 5 2 の互いに対向するカム溝に介在している。つまり、カムフォロア 5 3 およびそれぞれのカム溝の作用により、支持側カム部材 5 1 と移動側カム部材 5 2 に位相差（ねじれ角度）が生じた際には、移動側カム部材 5 2 が支持側カム部材 5 1 に対して軸方向に離間する方向（車両前方）へ移動する。支持側カム部材 5 1 に対する移動側カム部材 5 2 の軸方向離間量は、支持側カム部材 5 1 と移動側カム部材 5 2 との位相差が大きいほど大きくなる。

【 0 0 4 7 】

（駆動力伝達装置の基本的な動作）

次に、上述した構成からなる駆動力伝達装置 1 の基本的な動作について説明する。まず、初期状態として、電磁クラッチ装置 4 0 の電磁コイル 4 2 に電流が供給されていない状態とする。この場合、パイロットクラッチ 4 4 が係合していないため、アウトケース 1 0 と支持側カム部材 5 1 とは相対回転可能な状態となる。また、移動側カム部材 5 2 は、インナシャフト 2 0 とスプライン嵌合しているため、インナシャフト 2 0 と共に回転する。このとき、移動側カム部材 5 2 は、弾性部材または潤滑油の遠心油圧などによって車両後方に付勢された状態となっている。

20

【 0 0 4 8 】

ここで、支持側カム部材 5 1 は、カムフォロア 5 3 を介して移動側カム部材 5 2 のみにより回転規制されているため、移動側カム部材 5 2 の回転に伴って回転する。そのため、支持側カム部材 5 1 と移動側カム部材 5 2 とは位相差を生じない。そのため、カムフォロア 5 3 は、支持側カム部材 5 1 および移動側カム部材 5 2 における各カム溝の最深部に位置することになる。従って、移動側カム部材 5 2 は、支持側カム部材 5 1 に最接近した位置、即ちメインクラッチ 3 0 から最も遠い位置に位置している。

30

【 0 0 4 9 】

このように、カム機構 5 0 が支持側カム部材 5 1 と移動側カム部材 5 2 に位相差がない中立状態にある場合に、移動側カム部材 5 2 は、車両後方側に位置するため、メインクラッチ 3 0 に対して押付力を発生しない。つまり、メインクラッチ 3 0 の係合が確実に解除されている切断状態となる。また、インナメインクラッチ板 3 1 の一端と移動側カム部材 5 2 とは所定のクリアランス C 1 だけ離間している。

【 0 0 5 0 】

続いて、アウトケース 1 0 とインナシャフト 2 0 との間に回転差を生じている状態とする。そして、電磁クラッチ装置 4 0 に制御信号が入力されて電磁コイル 4 2 に電流が供給されると、電磁コイル 4 2 を基点としてヨーク 4 1、リヤハウジング 1 2、アーマチュア 4 3 を循環するループ状の磁気回路が形成される。このような磁気回路が形成されることで、アーマチュア 4 3 がヨーク 4 1 側、即ち車両後方に向かって引き寄せられる。

40

【 0 0 5 1 】

その結果、アーマチュア 4 3 は、パイロットクラッチ 4 4 を押圧して、インナパイロットクラッチ板 4 4 a とアウトパイロットクラッチ板 4 4 b とが摩擦係合する。そうすると、アウトケース 1 0 のトルクが、パイロットクラッチ 4 4 を介して支持側カム部材 5 1 へ伝達されて、支持側カム部材 5 1 が回転する。

50

## 【 0 0 5 2 】

ここで、移動側カム部材 5 2 はインナシャフト 2 0 とスプライン嵌合しているため、インナシャフト 2 0 と共に回転する。従って、支持側カム部材 5 1 と移動側カム部材 5 2 とに位相差が生じることになる。そうすると、カムフォロア 5 3 およびそれぞれのカム溝の作用により、支持側カム部材 5 1 に対して移動側カム部材 5 2 が軸方向（車両前側）に移動する。これにより、移動側カム部材 5 2 がメインクラッチ 3 0 を車両前側へ押圧することになる。

## 【 0 0 5 3 】

その結果、インナメインクラッチ板 3 1 とアウトメインクラッチ板 3 2 とが相互に当接して摩擦係合状態となる。そうすると、アウトケース 1 0 のトルクが、メインクラッチ 3 0 の摩擦係合状態に応じてインナシャフト 2 0 に伝達される。この伝達トルクによって、アウトケース 1 0 とインナシャフト 2 0 との間の回転差が低減される。

## 【 0 0 5 4 】

なお、電磁クラッチ装置 4 0 に入力する制御信号を適宜制御することで、電磁コイル 4 2 に供給される電流値を変動して、メインクラッチ 3 0 の摩擦係合力を制御できる。つまり、駆動力伝達装置 1 は、電磁クラッチ装置 4 0 への制御信号により、駆動力伝達装置 1 の接続状態と切断状態の切り換え、および接続状態における駆動力の配分を制御可能な構成となっている。

## 【 0 0 5 5 】

（伝達トルク推定装置 7 0 によるモデリング）

続いて、伝達トルク推定装置 7 0 による駆動力伝達装置 1 を構成する各部材のモデリングについて説明する。これにより、駆動力伝達装置 1 は、図 2 のような概念的なモデルとして示される。そして、伝達トルク推定装置 7 0 は、下記の式（ 1 ）～（ 5 ）に対応する第一モデル～第五モデルに基づいて、制御信号に対してアウトケース 1 0 とインナシャフト 2 0 との間で伝達可能なトルクを推定する。

## 【 0 0 5 6 】

第一モデルは、アウトケース 1 0 の回転方向の運動方程式をモデリングされたものであって、式（ 1 ）により示される。式（ 1 ）の左辺は、トルクを入力されるアウトケース 1 0 の慣性モーメント  $I_{in}$  と、角速度  $\dot{\omega}_{in}$  の微分値との積で示されるアウトケース 1 0 の角運動量である。この角運動量は、式（ 1 ）の右辺で示すように、アウトケース 1 0 への入力トルク  $T_{in}$  と、メインクラッチ 3 0 のスプライントルク  $T_{m,s}$  と、パイロットクラッチ 4 4 の摩擦トルク  $T_{f,pc}$  と、オイルの空転摩擦トルク  $T_d$  との和に相当する。

## 【 0 0 5 7 】

【数 1】

$$I_{in} \dot{\omega}_{in} = \vec{T}_{in} + \vec{T}_{m,s} + \vec{T}_{f,pc} + \vec{T}_d \quad \dots\dots (1)$$

$I_{in}$  : アウトケースの慣性モーメント

$\dot{\omega}_{in}$  : アウトケースの角加速度

$\vec{T}_{in}$  : アウトケースの入力トルク

$\vec{T}_{m,s}$  : メインクラッチのスプライントルク

$\vec{T}_{f,pc}$  : パイロットクラッチの摩擦トルク

$\vec{T}_d$  : オイルの空転摩擦トルク

## 【 0 0 5 8 】

より詳細には、アウトケース 10 への入力トルク  $T_{in}$  は、プロペラシャフトを介して入力されるエンジンの回転駆動力である。また、メインクラッチ 30 のスプライントルク  $T_{m,s}$  は、メインクラッチ 30 におけるスプライン部 31a, 32a と、これにスプライン嵌合する相手部材との間で伝達されるトルクである。よって、メインクラッチ 30 のスプライントルク  $T_{m,s}$  は、アウトケース 10 に係る第一モデル、およびアウトメインクラッチ板 32 に係る第三モデルに含まれる。

【0059】

また、このスプライントルク  $T_{m,s}$  には、スプライン部 31a, 32a と、相手部材との回転方向のバックラッシをそれぞれ含むようにモデリングされている。つまり、実際にはスプライン部 31a, 32a のそれぞれが相手部材に対してバックラッシを設けられているところ、インナメインクラッチ板 31 に対してアウトメインクラッチ板 32 が回転方向に相対移動するものとして、それぞれのバックラッシをアウトケース 10 とアウトメインクラッチ板 32 との間のみに発生するものとしてモデリングをしている。

10

【0060】

また、パイロットクラッチ 44 の摩擦トルク  $T_{f,p,c}$  は、インナパイロットクラッチ板 44a とアウトパイロットクラッチ板 44b との間で伝達可能なトルクをモデリングしたパイロットクラッチ 44 の摩擦モデルである。即ち、摩擦トルク  $T_{f,p,c}$  は、電磁クラッチ装置 40 に入力されている制御信号、並びに、インナパイロットクラッチ板 44a とアウトパイロットクラッチ板 44b との相対的な角速度差に応じて変化する摩擦係数に対してパイロットクラッチ 44 がカム機構 50 の支持側カム部材 51 に伝達可能なトルクを示している。よって、パイロットクラッチ 44 の摩擦トルク  $T_{f,p,c}$  は、アウトケース 10 に係る第一モデル、および支持側カム部材 51 とインナパイロットクラッチ板 44a に係る第二モデルに含まれる。

20

【0061】

オイルの空転摩擦トルク  $T_d$  は、アウトケース 10 とインナシャフト 20 とにより液密的に区画される空間内に充填された潤滑油の粘性などに起因し、両部材 10, 20 の回転差に応じてアウトケース 10 側からインナシャフト 20 へと潤滑油を介して伝達されるトルクである。よって、オイルの空転摩擦トルク  $T_d$  は、アウトケース 10 に係る第一モデル、およびインナシャフト 20 に係る第四モデルに含まれる。

【0062】

第二モデルは、支持側カム部材 51 とインナパイロットクラッチ板 44a を一体とした回転方向の運動方程式をモデリングされたものであって、式(2)により示される。式(2)の左辺は、支持側カム部材 51 とインナパイロットクラッチ板 44a の慣性モーメント  $I_p$  と、角速度  $\dot{\rho}$  の微分値との積で示されるこれらの角運動量である。この角運動量は、式(2)の右辺で示すように、パイロットクラッチ 44 の摩擦トルク  $T_{f,p,c}$  と、支持側カム部材 51 のカムトルク  $T_{N,p}$  と、支持側カム部材 51 の荷重依存の摩擦トルク  $T_{F,f,p}$  との和に相当する。

30

【0063】

【数 2】

$$I_p \dot{\omega}_p = \bar{T}_{f,pc} + \bar{T}_{Np} + \bar{T}_{Ff,p} \quad \dots\dots (2)$$

$I_p$  : インナパイロットクラッチ板の慣性モーメント

$\dot{\omega}_p$  : インナパイロットクラッチ板の角加速度

$\bar{T}_{f,pc}$  : パイロットクラッチの摩擦トルク

$\bar{T}_{Np}$  : 支持側カム部材のカムトルク

$\bar{T}_{Ff,p}$  : 支持側カム部材の荷重依存の摩擦トルク

10

【0064】

より詳細には、パイロットクラッチ 44 の摩擦トルク  $T_{f,pc}$  は、上述のように、第一モデルにも含まれるパイロットクラッチ 44 の摩擦モデルである。支持側カム部材 51 のカムトルク  $T_{Np}$  は、カム機構 50 の有効半径と支持側カム部材 51 の内部力  $N_p$  により定義されるカム機構 50 の動作特性に基づいてモデリングされたものである。ここで、カム機構 50 の有効半径とは、カム機構 50 の回転軸からカムフォロア 53 とカム溝の接触位置までの径方向距離に相当する。つまり、支持側カム部材 51 のカムトルク  $T_{Np}$  は、支持側カム部材 51 がカム溝からカムフォロア 53 に付与するトルクに相当する。

20

【0065】

支持側カム部材 51 の荷重依存の摩擦トルク  $T_{Ff,p}$  は、支持側カム部材 51 とカムフォロア 53 との接触により発生するトルクである。つまり、この荷重依存の摩擦トルク  $T_{Ff,p}$  は、支持側カム部材 51 のカム溝に対するカムフォロア 53 の滑りによる摩擦の回転方向成分に相当し、カム機構 50 の有効半径、支持側カム部材 51 のカム溝の勾配（カムの傾斜角）などによって定義されるカム機構 50 の特性に基づいてモデリングされたものである。

【0066】

第三モデルは、アウトメインクラッチ板 32 の回転方向の運動方程式をモデリングされたものであって、式 (3) により示される。式 (3) の左辺は、アウトメインクラッチ板 32 の慣性モーメント  $I_m$  と、角速度  $\omega_m$  の微分値との積で示される角運動量である。この角運動量は、式 (3) の右辺で示すように、メインクラッチ 30 のスプライントルク  $T_{m,s}$  と、メインクラッチ 30 の摩擦トルク  $T_{f,mc}$  との和に相当する。

30

【0067】

【数 3】

$$I_m \dot{\omega}_m = \bar{T}_{m,s} + \bar{T}_{f,mc} \quad \dots\dots (3)$$

$I_m$  : アウトメインクラッチ板の慣性モーメント

40

$\dot{\omega}_m$  : アウトメインクラッチ板の角加速度

$\bar{T}_{m,s}$  : メインクラッチのスプライントルク

$\bar{T}_{f,mc}$  : メインクラッチの摩擦トルク

【0068】

より詳細には、メインクラッチ 30 のスプライントルク  $T_{m,s}$  は、上述のように、第一モデルにも含まれ、スプライン部 31a, 32a と相手部材との間で伝達されるトルクである。メインクラッチ 30 の摩擦トルク  $T_{f,mc}$  は、インナメインクラッチ板 31 と

50

アウトメインクラッチ板 32 との間で伝達可能なトルクをモデリングしたメインクラッチ 30 の摩擦モデルである。即ち、摩擦トルク  $T_{f,mc}$  は、カム機構 50 の移動側カム部材 52 により押付力を付与されたメインクラッチ 30 におけるアウトメインクラッチ板 32 がインナシャフト 20 に伝達可能なトルクを示している。

【0069】

よって、メインクラッチ 30 の摩擦トルク  $T_{f,mc}$  は、アウトメインクラッチ板 32 に係る第三モデル、およびインナシャフト 20 に係る第四モデルに含まれる。また、本実施形態において、メインクラッチ 30 の摩擦モデルは、メインクラッチ 30 に付与される押付力に対するメインクラッチ 30 の軸方向の変形量を示す剛性モデルを含んでいる。

【0070】

第四モデルは、インナシャフト 20 の回転方向の運動方程式をモデリングされたものであって、式(4)により示される。式(4)の左辺は、トルクを出力する出力部材(インナシャフト 20、インナメインクラッチ板 31、移動側カム部材 52)の慣性モーメント  $I_{out}$  と、角速度  $\omega_{out}$  の微分値との積で示される角運動量である。この角運動量は、式(4)の右辺で示すように、インナシャフト 20 の出力トルク  $T_{out}$  と、メインクラッチ 30 の摩擦トルク  $T_{f,mc}$  と、移動側カム部材 52 のカムトルク  $T_{Nm}$  と、移動側カム部材 52 の荷重依存の摩擦トルク  $T_{Ff,m}$  と、オイルの空転摩擦トルク  $T_d$  との和に相当する。

【0071】

【数4】

$$I_{out}\dot{\omega}_{out} = \bar{T}_{out} + \bar{T}_{f,mc} + \bar{T}_{Nm} + \bar{T}_{Ff,m} + \bar{T}_d \quad \dots (4)$$

$I_{out}$  : インナシャフトの慣性モーメントと、インナメインクラッチの慣性モーメントと、移動側カム部材の慣性モーメントと、の和

$\dot{\omega}_{out}$  : インナシャフトの角加速度

$\bar{T}_{out}$  : インナシャフトの出力トルク

$\bar{T}_{f,mc}$  : メインクラッチの摩擦トルク

$\bar{T}_{Nm}$  : 移動側カム部材のカムトルク

$\bar{T}_{Ff,m}$  : 移動側カム部材の荷重依存の摩擦トルク

$\bar{T}_d$  : オイルの空転摩擦トルク

【0072】

より詳細には、インナシャフト 20 の出力トルク  $T_{out}$  は、駆動力伝達装置 1 が補助駆動輪としてのリヤディファレンシャルに出力するトルクである。メインクラッチ 30 の摩擦トルク  $T_{f,mc}$  は、上述のように、第三モデルにも含まれるメインクラッチ 30 の摩擦モデルである。移動側カム部材 52 のカムトルク  $T_{Nm}$  は、カム機構 50 の有効半径と移動側カム部材 52 の内部力  $N_p$  により定義されるカム機構 50 の動作特性に基づいてモデリングされたものである。つまり、移動側カム部材 52 のカムトルク  $T_{Nm}$  は、移動側カム部材 52 のカム溝がカムフォロア 53 から付与されるトルクに相当する。

【0073】

移動側カム部材 52 の荷重依存の摩擦トルク  $T_{Ff,m}$  は、移動側カム部材 52 とカムフォロア 53 との接触により発生するトルクである。つまり、この荷重依存の摩擦トルク  $T_{Ff,m}$  は、移動側カム部材 52 のカム溝に対するカムフォロア 53 の滑りによる摩擦の回転方向成分に相当し、カム機構 50 の有効半径、移動側カム部材 52 のカム溝の勾配(カムの傾斜角)などによって定義されるカム機構 50 の特性に基づいてモデリングされ

10

20

30

40

50

たものである。オイルの空転摩擦トルク  $T_d$  は、上述のように、第一モデルにも含まれる潤滑油を介して伝達されるトルクである。

【 0 0 7 4 】

第五モデルは、インナメインクラッチ板 3 1 と移動側カム部材 5 2 を一体とした軸方向の運動方程式をモデリングされたものであって、式 ( 5 ) により示される。式 ( 5 ) の左辺は、インナメインクラッチ板 3 1 と移動側カム部材 5 2 の質量  $m_m$  と、軸方向位置  $y_m$  の二階微分値との積で示される運動量である。この運動量は、式 ( 5 ) の右辺で示すように、移動側カム部材 5 2 の内部力  $N_m$  と、移動側カム部材 5 2 の内部摩擦力  $F_{f,m}$  と、インナメインクラッチ板 3 1 の反力  $F_c$  と、スプライン部 3 1 a , 3 2 a の荷重依存の摩擦力  $F_{f,s}$  との和に相当する。

【 0 0 7 5 】

【数 5】

$$m_m \ddot{y}_m = \vec{N}_m + \vec{F}_{f,m} + \vec{F}_c + \vec{F}_{f,s} \quad \dots\dots (5)$$

$m_m$  : インナメインクラッチ板と移動側カム部材の質量

$\ddot{y}_m$  : インナメインクラッチ板と移動側カム部材の加速度

$\vec{N}_m$  : 移動側カム部材の内部力

$\vec{F}_{f,m}$  : 移動側カム部材の内部摩擦力

$\vec{F}_c$  : インナメインクラッチ板の反力

$\vec{F}_{f,s}$  : スプライン部の荷重依存の摩擦力

【 0 0 7 6 】

より詳細には、移動側カム部材 5 2 の内部力  $N_m$  は、支持側カム部材 5 1 と移動側カム部材 5 2 の位相差に対する移動側カム部材 5 2 の移動量を示すカム動作モデル、およびカム機構 5 0 の軸方向の粘弾性モデルを含むモデルにより表される。このカム動作モデルとは、例えば、カム機構 5 0 におけるカム溝の半径や勾配などの要素によって定まるカム機構 5 0 の動作特性をモデリングしたものである。

【 0 0 7 7 】

また、カム機構 5 0 の粘弾性モデルとは、運動方程式におけるダンパーおよびバネに相当する粘弾性特性である。具体的には、粘弾性モデルは、カム機構 5 0 の移動側カム部材 5 2 が軸方向移動する際に、移動側カム部材 5 2 に係る粘性抵抗係数  $c_p$  と移動速度  $v$  ( $y_m$  の微分値) の積 ( $c_p v$ ) と、バネ定数  $k_p$  と変位置  $x$  ( $y_m - y_0$  :  $y_0$  は初期位置) の積 ( $k_p x$ ) との和により示される。

【 0 0 7 8 】

移動側カム部材 5 2 の内部摩擦力  $F_{f,m}$  は、移動側カム部材 5 2 とカムフォロア 5 3 との接触により発生する軸方向力である。つまり、この内部摩擦力  $F_{f,m}$  は、移動側カム部材 5 2 のカム溝に対するカムフォロア 5 3 の滑りによる摩擦の軸方向成分に相当し、カム機構 5 0 の有効半径、移動側カム部材 5 2 のカム溝の勾配 (カムの傾斜角) などによって定義されるカム機構 5 0 の特性に基づいてモデリングされたものである。

【 0 0 7 9 】

インナメインクラッチ板 3 1 の反力  $F_c$  は、メインクラッチ 3 0 の粘弾性モデルを含むモデルにより表される。メインクラッチ 3 0 の粘弾性モデルは、メインクラッチ 3 0 のインナメインクラッチ板 3 1 が軸方向移動する際に、インナメインクラッチ板 3 1 に係る粘性抵抗係数  $c_i$  と移動速度  $v$  ( $y_m$  の微分値) の積 ( $c_i v$ ) と、バネ定数  $k_i$  と変位置  $x$  ( $y_m - y_0$  :  $y_0$  は初期位置) の積 ( $k_i x$ ) との和により示される。また、インナ

10

20

30

40

50

メインクラッチ板 3 1 と移動側カム部材 5 2 が一体的に軸方向移動するものとして、各粘弾性モデルでは、粘性抵抗係数、バネ定数がそれぞれ等しいものとしてもよい (  $c_p = c_i, k_p = k_i$  )。

【 0 0 8 0 】

スプライン部 3 1 a , 3 2 a の荷重依存の摩擦力  $F_{f,s}$  は、メインクラッチ 3 0 における各スプライン部 3 1 a , 3 2 a と相手部材 ( アウタケース 1 0 の雌スプライン 1 1 a 、インナシャフト 2 0 の雄スプライン 2 0 a ) との軸方向の摩擦モデルを含む。また、本実施形態では、この荷重依存の摩擦力  $F_{f,s}$  に、移動側カム部材 5 2 に形成された雌スプラインとインナシャフト 2 0 の雄スプライン 2 0 a の軸方向の摩擦モデルが含まれている。

10

【 0 0 8 1 】

( 各クラッチ 3 0 , 4 4 の摩擦モデルの詳細 )

ここで、メインクラッチ 3 0 およびパイロットクラッチ 4 4 の摩擦モデルについて、より詳細に説明する。上述したように、メインクラッチ 3 0 の摩擦モデルである摩擦トルク  $T_{f,mc}$  は第三モデルおよび第四モデルに含まれ、パイロットクラッチ 4 4 の摩擦モデルである摩擦トルク  $T_{f,pc}$  は第一モデルおよび第二モデルに含まれる。ここで、パイロットクラッチ 4 4 の摩擦トルク  $T_{f,pc}$  およびメインクラッチ 3 0 の摩擦トルク  $T_{f,mc}$  は、下記の式 ( 6 ) ( 7 ) によりそれぞれ示される。

【 0 0 8 2 】

【 数 6 】

20

$$\tilde{T}_{f,pc} = \mu_p r_p n_p F_{n,p} \dots (6)$$

$$\tilde{T}_{f,mc} = \mu_m r_m n_m F_{n,m} \dots (7)$$

$\tilde{T}_{f,pc}$  : パイロットクラッチの摩擦トルク

$\tilde{T}_{f,mc}$  : メインクラッチの摩擦トルク

$\mu_p, \mu_m$  : 摩擦係数

$r_p, r_m$  : 平均半径

$n_p, n_m$  : クラッチ板の数量

$F_{n,p}, F_{n,m}$  : 押付力

30

【 0 0 8 3 】

つまり、各摩擦トルク  $T_{f,pc}, T_{f,mc}$  は、それぞれの摩擦係数  $\mu_p, \mu_m$  と、平均半径  $R_p, R_m$  と、クラッチ板の数量  $n_p, n_m$  と、押付力  $F_{n,p}, F_{n,m}$  との積に相当する。より詳細には、パイロットクラッチ 4 4 の摩擦係数  $\mu_p$  およびメインクラッチ 3 0 の摩擦係数  $\mu_m$  は、それぞれのインナクラッチ板とアウタクラッチ板との間の摩擦係数である。この摩擦係数  $\mu_p, \mu_m$  は、例えば、移動速度 ( 相対的な角速度差 ) と摩擦係数の関係を示し、且つ静摩擦から動摩擦へ移行する過渡状態や動摩擦から静摩擦へ移行する過渡状態を表現できる LuGre モデルにより定義するようにしてもよい。平均半径  $R_p, R_m$  は摩擦係合するクラッチ板の摩擦面における半径である。クラッチ板の数量  $n_p, n_m$  は、インナクラッチ板とアウタクラッチ板の総数である。

40

【 0 0 8 4 】

パイロットクラッチ 4 4 の摩擦トルク  $T_{f,pc}$  における押付力  $F_{n,p}$  は、電磁クラッチ装置 4 0 に入力されている制御信号に応じて変動するモデルとしている。つまり、パ

50

イロットクラッチ 4 4 に係る押付力  $F_{n,p}$  は、インナパイロットクラッチ板 4 4 a に対するアウトパイロットクラッチ板 4 4 b の軸方向位置によらず、即ち、各クラッチ板 4 4 a, 4 4 b の軸方向位置を一定であるものとみなして、制御信号に依存するようにモデリングされている。

【 0 0 8 5 】

一方で、メインクラッチ 3 0 の摩擦トルク  $T_{f,m,c}$  における押付力  $F_{n,m}$  は、メインクラッチ 3 0 がカム動作特性に影響されるため、インナメインクラッチ板 3 1 に対するアウトメインクラッチ板 3 2 の軸方向の移動量を勘案してモデリングされている。より具体的には、メインクラッチ 3 0 に係る押付力  $F_{n,m}$  は、上記の移動量に応じた軸方向の非線形の粘弾性モデルを含むモデルにより示される。

10

【 0 0 8 6 】

この粘弾性モデルは、第五モデルに含まれるメインクラッチ 3 0 の非線形の粘弾性モデルであって、上述したように、インナメインクラッチ板 3 1 に係る粘性抵抗係数  $c_i$  とインナメインクラッチ板 3 1 の軸方向の押付量（移動量）によって変化するバネ定数  $k_i$  とを用いて表される。さらに、この粘弾性モデルでは、インナメインクラッチ板 3 1 と移動側カム部材 5 2 の軸方向位置  $y_m$  が変数として入力されるが、この軸方向位置  $y_m$  の初期位置  $y_0$  にクリアランス  $C_1$  が含まれている。つまり、移動側カム部材 5 2 がクリアランス  $C_1$  を超えて軸方向に移動し、インナメインクラッチ板 3 1 に当接する軸方向位置を初期位置  $y_0$  に設定している。このように、メインクラッチ 3 0 の摩擦モデルである摩擦トルク  $T_{f,m,c}$  は、クリアランス  $C_1$  を含むようにモデリングされている。

20

【 0 0 8 7 】

（角度差に対する伝達トルクの推定）

伝達トルク推定装置 7 0 は、上述のような駆動力伝達装置 1 のモデリングを行い、伝達可能なトルクを推定する。ここで、それぞれのモデリングによって推定される伝達トルクの変化を図 3 ~ 図 8 を参照して説明する。なお、図 3 ~ 図 7 では、電磁クラッチ装置 4 0 に所定の制御信号（電流）が入力されているものとし、この状態でアウトケース 1 0 に対してインナシャフト 2 0 を相対回転させた場合に、両部材 1 0, 2 0 の角度差に対する伝達トルクの推定値を示している。

【 0 0 8 8 】

まず、従来モデルにカム機構 5 0 のカム動作モデルを追加すると、図 3 に示すようなグラフを得られる。ここで、従来モデルとは、アウトケース 1 0 に対するインナシャフト 2 0 の相対速度と、押付力とに基づいて伝達トルクを推定するモデルである。より詳細には、従来モデルは、まず、アウトケース 1 0 に対するインナシャフト 2 0 の相対速度を、インナメインクラッチ板 3 1 とアウトメインクラッチ板 3 2 の滑り速度として、当該滑り速度に対応する摩擦係数を算出する。さらに、電流値に対して一定の押付力が各クラッチ板に付加されているものとして、摩擦係数と押付力とに基づいて伝達トルクを推定する。

30

【 0 0 8 9 】

このような従来モデルに対して、第五モデルに含まれるカム機構 5 0 のカム動作モデルが追加されると、支持側カム部材 5 1 に対して移動側カム部材 5 2 の回転方向が反転した際の伝達トルクの変化が追加される。つまり、回転方向が逆転すると、カム機構 5 0 の中立状態を経由するため、押付力の減少と増加に伴って伝達トルクが変動することになる。

40

【 0 0 9 0 】

次に、メインクラッチ 3 0 のインナメインクラッチ板 3 1 と移動側カム部材 5 2 との間に設けられたクリアランス  $C_1$  などの機械的な軸方向ガタ（第五モデルに含まれる）を追加すると、図 4 に示すようなグラフを得られる。カム機構 5 0 の中立状態から移動側カム部材 5 2 がクリアランス  $C_1$  を超えて移動するまでは、インナメインクラッチ板 3 1 に押付力が付加されない。これにより、インナメインクラッチ板 3 1 に移動側カム部材 5 2 が当接するまでの時間差の分だけ伝達トルクが 0 となる期間が発生することになる。

【 0 0 9 1 】

続いて、第五モデルに含まれるスプライン部 3 1 a, 3 2 a の軸方向の摩擦モデルを追

50

加すると、図5に示すようなグラフを得られる。メインクラッチ30のスプライン部31a, 32aに軸方向の摩擦力が発生すると、カム機構50による押付力がその分だけ減少することになる。そのため、伝達トルクの最大値および最小値の絶対値が減少する。

【0092】

さらに、第三モデルおよび第四モデルに含まれるメインクラッチ30の可変の剛性モデルを追加すると、図6に示すようなグラフを得られる。従来のように、メインクラッチ30が剛体であるものと仮定すると、各クラッチ板31, 32の軸方向位置の変化に対して伝達トルクが即時に連動するような結果となる。これに対して、メインクラッチ30の剛性を勘案すると、伝達トルクは、実測値と同様に、曲線上を移動するように変化する。

【0093】

また、第一モデルおよび第三モデルに含まれるスプライン部31a, 32aの軸方向のバックラッシを追加すると、図7に示すようなグラフを得られる。アウトケース10に対するインナシャフト20の回転方向が反転した際には、インナメインクラッチ板31とアウトメインクラッチ板32が係合状態にあっても、バックラッシ分だけトルクが伝達されない。これにより、スプライン部31a, 32aの軸方向のバックラッシが詰められるまでの時間差の分だけ伝達トルクがほぼ0となる期間が発生することになる。

【0094】

ここで、電磁クラッチ装置40に所定の制御信号(電流)を入力した状態で、アウトケース10に対してインナシャフト20を相対回転させると、図8に示すように、両部材10, 20の間における伝達トルクが測定される。これから明らかなように、本実施形態の伝達トルク推定装置70のモデリングにより得られた伝達トルクの推定値(図7)と、実測値(図8)とが近似していることが分かる。

【0095】

(制御信号に対する伝達トルクの推定)

次に、伝達トルク推定装置70のモデリングを用いた制御信号(電流)に対する伝達トルクの推定について、図9~図11を参照して説明する。なお、図9~図11では、電磁クラッチ装置40に入力する制御信号を変化させた場合に、アウトケース10とインナシャフト20との間で伝達可能なトルクの推定値を示している。

【0096】

まず、従来モデルに電流に対する駆動力伝達装置1のトルク特性(第一モデル~第四モデル)を追加すると、図9に示すようなグラフを得られる。ここで、従来モデルとは、電流値からメインクラッチ30に付与される押付力が一次直線的に変化するものとし、この押付力の増減に伴って伝達トルクも一次直線的に変化するものとしたモデルである。

【0097】

また、上記のトルク特性とは、駆動力伝達装置1の各部材の回転方向の運動方程式をモデリングした第一モデル~第四モデルに相当する。そして、従来モデルに対してこのトルク特性が追加されると、電流値の変化に対して伝達トルクが追従するように変化する。そのため、伝達トルクは、一次直線的な変化とはならず、図9に示すような曲線状となる。

【0098】

次に、電磁クラッチ装置40における電磁ヒステリシス特性(電流ヒステリシス特性)を追加すると、図10に示すようなグラフを得られる。この電磁ヒステリシス特性は、電磁クラッチ装置40により磁気回路が形成されることにより、電磁クラッチ装置40および周辺部材に残留する磁気の影響によるものである。例えば、電流値を減少させた場合には、残留磁気の影響により伝達トルクの低下が遅れ、電流値を増加させた場合と比較して伝達トルクが高くなる。

【0099】

続いて、駆動力伝達装置1における機械ヒステリシス特性(第五モデル)を追加すると、図11に示すようなグラフを得られる。この機械ヒステリシスは、第五モデルに示されるように、インナメインクラッチ板31と移動側カム部材52のように軸方向の動作の影響によるものである。特に、スプライン部31a, 32aの荷重依存の摩擦力 $F_{f, s}$ に

10

20

30

40

50

よる影響が大きい。そして、図10と図11との比較から明らかなように、この機械ヒステリシスによって、電流値を減少させた場合と増加させた場合における伝達トルクの差が大きくなる。

#### 【0100】

(実施形態の構成による効果)

上述した伝達トルク推定装置70によると、第一モデル～第五モデルにより駆動力伝達装置1を構成する各部材の回転方向および軸方向の運動を効率的に表すことが可能となる。特に、第二モデルでは支持側カム部材51とインナパイロットクラッチ板44aを一体としてモデリングし、第五モデルではインナメインクラッチ板31と移動側カム部材52を一体としてモデリングするものとした。これにより、伝達トルク推定装置70は、駆動力伝達装置1におけるカム機構50の特有な動作などを勘案し、高精度に伝達トルクを推定することができる。よって、推定した伝達トルクの特性を反映して、駆動力伝達装置1の制御や設計をより好適に行うことができる。

10

#### 【0101】

また、第一モデルおよび第二モデルに含まれるパイロットクラッチ44の摩擦モデル(摩擦トルク $T_{f,pc}$ )は、各クラッチ板44a, 44bの相対的な角速度差に応じた摩擦係数 $\mu_p$ と、パイロットクラッチ44に付与される押付力 $F_{n,p}$ と、の積を含むようにモデリングされている。つまり、パイロットクラッチ44の摩擦モデル(摩擦トルク $T_{f,pc}$ )は、各クラッチ板44a, 44bの軸方向移動によらず、制御信号に応じて摩擦力が変動するものとした。これにより、パイロットクラッチ44のトルク特性をより効率的にモデリングして、より高精度に伝達可能なトルクを推定することができる。

20

#### 【0102】

一方で、第三モデルおよび第四モデルに含まれるメインクラッチ30の摩擦モデル(摩擦トルク $T_{f,mc}$ )は、各クラッチ板31, 32の相対的な角速度差に応じた摩擦係数 $\mu_m$ と、メインクラッチ30に付与される押付力 $F_{n,m}$ と、の積を含むようにモデリングされている。つまり、メインクラッチ30の摩擦モデル(摩擦トルク $T_{f,mc}$ )は、各クラッチ板31, 32の軸方向移動を勘案し、その移動量に応じた軸方向の粘弾性モデルを含むものとした。これにより、メインクラッチ30のトルク特性をより効率的にモデリングして、より高精度な伝達トルクの推定を可能としている。

30

#### 【0103】

また、インナメインクラッチ板31および移動側カム部材52の軸方向の運動方程式をモデリングした第五モデルは、各スプライン部31a, 32aの荷重依存の摩擦力 $F_{f,s}$ において、相手部材との軸方向の摩擦モデルをそれぞれ含むものとした。このように、伝達トルクに影響するスプライン部31a, 32aにおける軸方向摩擦を勘案し、インナメインクラッチ板31と移動側カム部材52の軸方向摩擦に集約してモデリングしている。これにより、メインクラッチ30に作用する各スプライン部31a, 32aの軸方向摩擦を効率的にモデリングし、高精度な伝達トルクの推定が可能となる。

#### 【0104】

アウトケース10およびアウトメインクラッチ板32の回転方向の運動方程式をモデリングした第一モデルおよび第三モデルは、メインクラッチ30のスプライントルク $T_{m,s}$ にスプライン部31a, 32aにおけるバックラッシを含むものとした。このように、バックラッシによる伝達トルクへの影響を勘案し、スプライン部31a, 32aにおけるバックラッシをアウトケース10とアウトメインクラッチ板32との間のみが発生するものとしてモデリングしている。これにより、効率的にバックラッシを含むモデリングを可能とし、推定される伝達トルクの高精度化を図ることができる。

40

#### 【0105】

第三モデルと第四モデルに含まれるメインクラッチ30の摩擦モデル(摩擦トルク $T_{f,mc}$ )、および第五モデルは、インナメインクラッチ板31と移動側カム部材52との間に設けられたクリアランスC1を含むようにモデリングされるものとした。これにより、クリアランスC1の影響によりトルクが伝達されない期間を勘案したモデリングが可能

50

となり、推定される伝達トルクの高精度化を図ることができる。

【0106】

さらに、第三モデルおよび第四モデルに含まれるメインクラッチ30の摩擦モデル(摩擦トルク $T_{f,mc}$ )は、メインクラッチ30の軸方向の変形量を示す剛性モデルを含むものとした。これにより、メインクラッチ30の剛性の影響によって、押付力に対して曲線的な変化をする伝達トルクを高精度に推定することができる。

【0107】

<実施形態の変形態様>

実施形態において、メインクラッチ30の摩擦モデル( $T_{f,mc}$ )およびパイロットクラッチ44の摩擦モデル( $T_{f,pc}$ )は摩擦係数 $\mu_p, \mu_m$ を含み、この摩擦係数 $\mu_p, \mu_m$ は、移動速度と摩擦係数の関係を示すL u G r eモデルにより定義されるものとした。これに対して、摩擦係数 $\mu_p, \mu_m$ は、より簡単なモデルとして、予め定められている動摩擦係数および静摩擦係数の2値を移動速度に応じて設定してもよい。

10

【0108】

実施形態において、駆動力伝達装置1は、車両の二輪駆動と四輪駆動を切り換える装置として適用されるものとした。これに対して、駆動力伝達装置が2種類のクラッチとこれらに介在するカム機構を備える構成であれば、伝達トルク推定装置によるモデリングの対象とすることができる。また、伝達トルク推定装置によるモデリングを車両のドライブラインのモデルに適用してもよい。これにより、車両のパワートレインの設計の最適化などに利用することが可能となる。

20

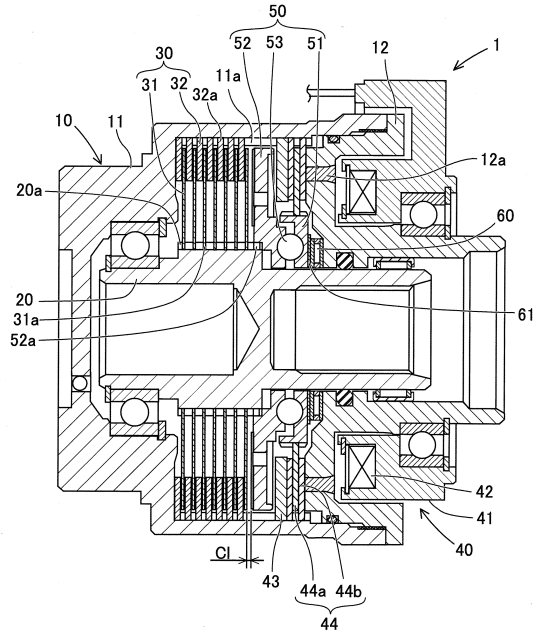
【符号の説明】

【0109】

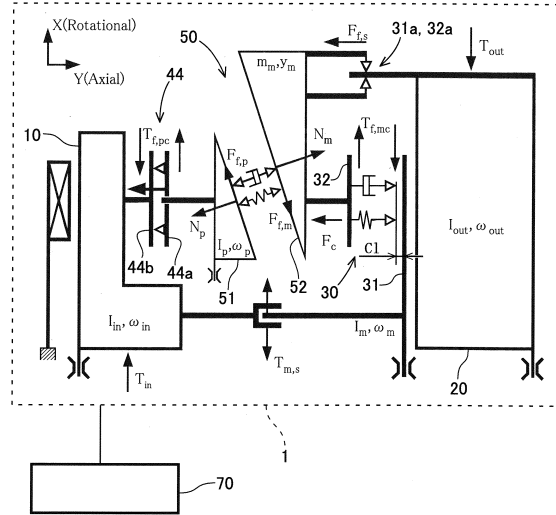
1：駆動力伝達装置、 10：アウトケース(外側回転部材)、 11a：雌スプライン、 20：インナシャフト(内側回転部材)、 20a：雄スプライン、 30：メインクラッチ、 31：インナメインクラッチ板、 31a：雌スプライン(スプライン部)、 32：アウトメインクラッチ板、 32a：雄スプライン(スプライン部)、 40：電磁クラッチ装置、 43：アーマチュア、 44：パイロットクラッチ、 44a：インナパイロットクラッチ板、 44b：アウトパイロットクラッチ板、 50：カム機構、 51：支持側カム部材、 52：移動側カム部材、 70：トルク推定装置、 C1：クリアランス

30

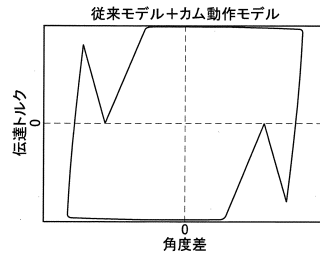
【図1】



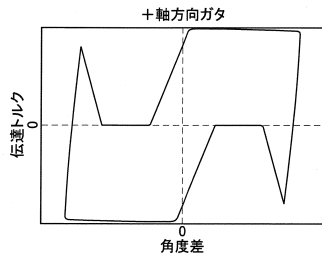
【図2】



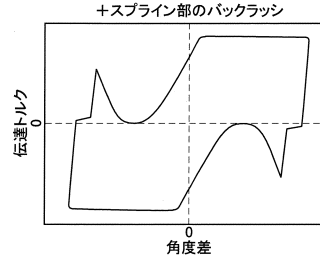
【図3】



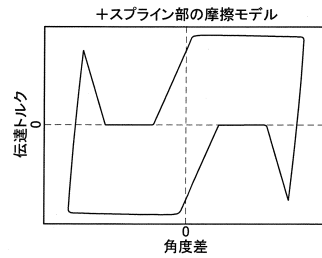
【図4】



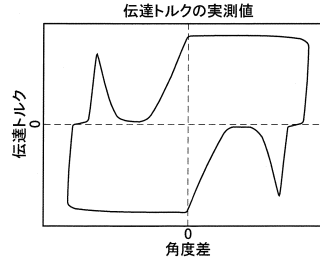
【図7】



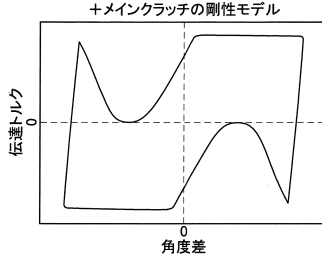
【図5】



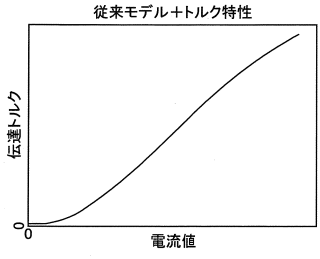
【図8】



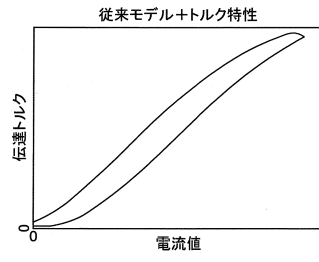
【図6】



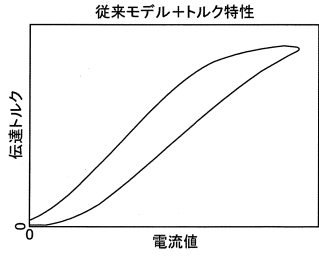
【図9】



【図 10】



【図 11】



---

フロントページの続き

(72)発明者 ロバート フックス  
大阪府大阪市中央区南船場3丁目5番8号 株式会社ジェイテクト内

審査官 中村 大輔

(56)参考文献 特開2012-072892(JP, A)  
特開2006-226316(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)  
F16D 27/115  
G06F 17/50