

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2019-190863

(P2019-190863A)

(43) 公開日 令和1年10月31日(2019.10.31)

(51) Int. Cl.			F I			テーマコード (参考)		
GO1L	5/00	(2006.01)	GO1L	5/00	Z	2F051		
GO1L	3/14	(2006.01)	GO1L	5/00	K			
			GO1L	3/14	Z			

審査請求 未請求 請求項の数 9 O L (全 24 頁)

(21) 出願番号 特願2018-80453 (P2018-80453)  
 (22) 出願日 平成30年4月19日 (2018.4.19)

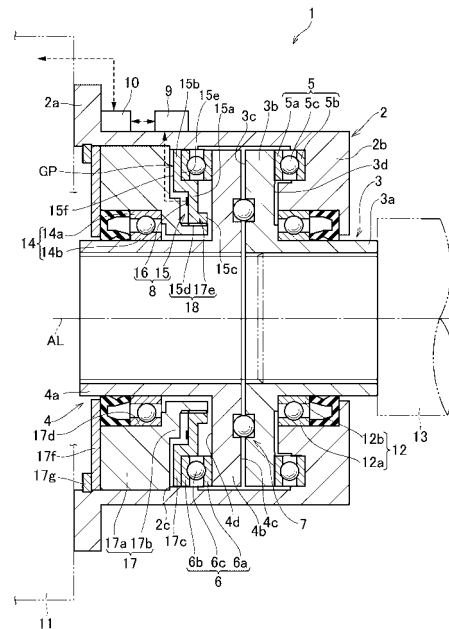
(71) 出願人 000003207  
 トヨタ自動車株式会社  
 愛知県豊田市トヨタ町1番地  
 (74) 代理人 100083998  
 弁理士 渡邊 丈夫  
 (72) 発明者 磯野 宏  
 愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内  
 Fターム(参考) 2F051 AA01 AA11 AB08 AB09 BA03

(54) 【発明の名称】 回転体の作用力検出装置

(57) 【要約】

【課題】 回転軸や車輪などの回転体に作用する作用力を、容易に、かつ、精度良く検出することが可能な回転体の作用力検出装置を提供する。

【解決手段】 タイヤ23と一体回転する第1ロータ3と、第1ロータ3と相対回転可能な第2ロータ4と、車体22に固定され、第1ロータ3および第2ロータ4を回転自在に支持するケース2と、第1ロータ3を支持する第1スラスト軸受5と、第2ロータ4を支持する第2スラスト軸受6と、第1ロータ3および第2ロータ4と一体回転し、第1ロータ3と第2ロータ4との間で、トルク、および、トルクの一部を変換した推力を伝達する荷重変換機構7と、ケース2に設置され、第2スラスト軸受に作用する推力に関連するひずみを検出する検出部8と、検出部8で検出したひずみに基づいてタイヤ23のトルクを求める演算部9と、演算部9で求めるトルクに応じた出力信号を外部に出力する出力部10とを設ける。



【選択図】 図1

## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

所定の回転体と、前記回転体を回転自在に支持する所定の固定体との間に設けられ、前記回転体に作用する作用力を検出する回転体の作用力検出装置において、

前記回転体に連結され、前記回転体に一体となって回転する第 1 ロータと、

前記回転体および前記第 1 ロータと同一の回転軸線上で、前記第 1 ロータに対向し、かつ、前記第 1 ロータと相対回転可能に配置された第 2 ロータと、

前記第 1 ロータおよび前記第 2 ロータをそれぞれ回転自在に支持すると共に、前記固定体に固定される支持部と、

前記第 1 ロータと前記支持部との間で、前記第 1 ロータに作用する前記回転軸線方向の推力を受けて前記第 1 ロータを支持する第 1 スラスト軸受と、

前記第 2 ロータと前記支持部との間で、前記第 2 ロータに作用する前記回転軸線方向の推力を受けて前記第 2 ロータを支持する第 2 スラスト軸受と、

前記第 1 ロータと前記第 2 ロータとの間に配置され、前記第 1 ロータおよび前記第 2 ロータに一体となって回転して前記第 1 ロータと前記第 2 ロータとの間でトルクを伝達すると共に、前記トルクの一部を前記推力に変換して前記第 1 ロータと前記第 2 ロータとの間で前記推力を伝達する荷重変換機構と、

一部が前記支持部に固定され、前記第 1 スラスト軸受に作用する前記推力、または、前記第 2 スラスト軸受に作用する前記推力の少なくともいずれかの前記推力を受けることにより変形する起歪体、および、前記起歪体に取り付けられ、前記起歪体が前記変形する際の前記推力に関連する物理量を検出するセンサー素子を有する検出部と、

前記検出部で検出した前記物理量に基づいて、前記回転体に作用している前記作用力を求める演算部と、

前記支持部に設置され、前記検出部で検出する前記物理量に応じた出力信号を前記演算部に出力する、または、前記演算部で求める前記作用力に応じた出力信号を外部に出力する出力部とを備えている

ことを特徴とする回転体の作用力検出装置。

## 【請求項 2】

請求項 1 に記載の回転体の作用力検出装置において、

前記起歪体は、前記第 2 ロータから前記第 2 スラスト軸受に作用する前記推力を受けることにより弾性変形し、

前記センサー素子は、前記起歪体が前記弾性変形する際のひずみまたは変位を検出し、

前記第 2 スラスト軸受は、前記第 2 ロータに一体となって回転する軸軌道盤と、前記起歪体に当接するハウジング軌道盤とを有し、

前記センサー素子は、前記演算部および前記出力部と電氣的に接続され、

前記演算部は、前記センサー素子で検出した前記ひずみまたは前記変位に基づいて、前記回転体に作用しているトルクを求める

ことを特徴とする回転体の作用力検出装置。

## 【請求項 3】

請求項 1 に記載の回転体の作用力検出装置において、

前記起歪体は、一部が前記支持部に固定され、前記第 1 ロータから前記第 1 スラスト軸受に作用する前記推力を受けることにより弾性変形する第 1 起歪体と、一部が前記支持部に固定され、前記第 2 ロータから前記第 2 スラスト軸受に作用する前記推力を受けることにより弾性変形する第 2 起歪体とを有し、

前記センサー素子は、前記第 1 起歪体に取り付けられ、前記第 1 起歪体が前記弾性変形する際のひずみまたは変位を検出する第 1 センサー素子と、前記第 2 起歪体に取り付けられ、前記第 2 起歪体が前記弾性変形する際のひずみまたは変位を検出する第 2 センサー素子とを有し、

前記第 1 スラスト軸受は、前記第 1 ロータに一体となって回転する第 1 軸軌道盤と、前記第 1 起歪体に当接する第 1 ハウジング軌道盤とを有し、

10

20

30

40

50

前記第 2 スラスト軸受は、前記第 2 ロータに一体となって回転する第 2 軸軌道盤と、前記第 2 起歪体に当接する第 2 ハウジング軌道盤とを有し、

前記第 1 センサー素子および前記第 2 センサー素子は、それぞれ、前記演算部および前記出力部と電氣的に接続され、

前記演算部は、前記第 1 センサー素子および前記第 2 センサー素子で検出した前記ひずみまたは前記変位に基づいて、前記回転体に作用しているトルクおよび前記推力の少なくともいずれかを求める

ことを特徴とする回転体の作用力検出装置。

【請求項 4】

請求項 2 に記載の回転体の作用力検出装置において、

前記起歪体に作用する前記推力の上限を規定する荷重制限機構を更に備えていることを特徴とする回転体の作用力検出装置。

10

【請求項 5】

請求項 3 に記載の回転体の作用力検出装置において、

前記第 1 起歪体に作用する前記推力の上限を規定する第 1 荷重制限機構と、

前記第 2 起歪体に作用する前記推力の上限を規定する第 2 荷重制限機構とを更に備えている

ことを特徴とする回転体の作用力検出装置。

【請求項 6】

請求項 2 または 4 に記載の回転体の作用力検出装置において、

前記起歪体に、予め前記推力を付与するプレロード機構を更に備えている

ことを特徴とする回転体の作用力検出装置。

20

【請求項 7】

請求項 3 または 5 に記載の回転体の作用力検出装置において、

前記第 2 起歪体に、予め前記推力を付与するプレロード機構とを更に備えている

ことを特徴とする回転体の作用力検出装置。

【請求項 8】

請求項 2、4、6 のいずれか一項に記載の回転体の作用力検出装置において、

前記第 1 ロータは、車両のタイヤを装着したホイールに連結され、

前記支持部は、前記車両の車体に固定され、

前記演算部は、前記センサー素子で検出した前記ひずみまたは前記変位に基づいて、前記タイヤに作用しているトルクを求める

ことを特徴とする回転体の作用力検出装置。

30

【請求項 9】

請求項 3、5、7 のいずれか一項に記載の回転体の作用力検出装置において、

前記第 1 ロータは、車両のタイヤを装着したホイールに連結され、

前記支持部は、前記車両の車体に固定され、

前記演算部は、前記第 1 センサー素子および前記第 2 センサー素子で検出した前記ひずみまたは前記変位に基づいて、前記タイヤに作用しているトルクおよび横力の少なくともいずれかを求める

ことを特徴とする回転体の作用力検出装置。

40

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

この発明は、トルクやスラスト力など、回転体に作用する荷重を検出する装置に関するものである。

【背景技術】

【0002】

特許文献 1 には、車輪に作用するトルクおよびスラスト力を検出する計測装置が記載されている。この特許文献 1 に記載された計測装置は、軸方向寸法の短縮化、構造の簡素化

50

、および、コストダウン等を目的とし、円板状で弾性変形が可能な本体部を主要部分として構成されている。本体部は車軸側のハブに取り付けられ、その本体部を挟んで、ハブに車輪のホイールが取り付けられている。本体部には、仮想の第1同心円上に、ハブ締め付け用ボルト穴とホイール締め付け用穴とが交互に等間隔をあけて形成されている。ハブ締め付け用穴とホイール締め付け用穴との間には、半径方向に長く伸びた分離穴が形成されている。また、第1同心円よりも大径の第2同心円上に、起歪部（起歪体）が形成されている。起歪部の内周面および外周面に、それぞれ、ひずみゲージが貼り付けられている。そして、それらひずみゲージから得られる電気信号を基に、タイヤに作用するトルクおよびスラスト力を計測する。なお、この特許文献1には、ひずみゲージの出力信号を、送信器から電波として発信し、車両側に設置した受信装置によって受信すること、および、公知のスリップリング装置を用いることが記載されている。

10

#### 【0003】

また、特許文献2には、車輪に作用する荷重を高精度で検出することを目的としたタイヤ作用力検出装置が記載されている。この特許文献2に記載されたタイヤ作用力検出装置は、ホイールとホイールの外周に装着されたタイヤとから構成される車輪、および、ホイールが同軸に取り付けられることによって車輪を一体的に回転可能に保持するハブを備えた車両に搭載される。具体的には、車軸側のハブと車輪のホイールとの間に検出器が設置されている。検出器には、ひずみゲージや圧電素子等の検出素子を貼り付けた検出部材が設けられている。そして、検出器は、ハブとホイールとの間で力を伝達すると共に、例えば、タイヤの前後方向に作用する前後力（または、トルク）、タイヤの横方向（幅方向）に作用する横力、および、タイヤの上下方向に作用する上下力などのタイヤ作用力を検出する。また、この特許文献2に記載されたタイヤ作用力検出装置は、この原理を利用し、タイヤの回転軸線まわりの回転運動を回転軸線に平行な直線運動に変換して検出部材に伝達する運動変換機構を備えている。なお、この特許文献2には、無線通信によって検出器から車体へ電気信号を伝達することが記載されている。

20

#### 【0004】

そして、特許文献3には、車両への装着を容易にすると共に、構造および演算処理の簡素化を目的とした車輪作用力検出装置が記載されている。この特許文献3に記載された車輪作用力検出装置は、サスペンションを介して車体に固定される取付部、車輪のホイールが固定されると共に取付部に対して車軸回りに回転可能に支持されたハブ、車軸と同心の円筒状に形成され、一方の端部が取付部に固定され、他方の端部がハブベアリングを介してハブに接続された感受体、および、感受体の外周面に貼り付けられたひずみゲージとブリッジ回路とから構成される6分力検出装置を備えている。ハブベアリングは、感受体とハブとの間に設けられ、ラジアル方向の荷重を負担するラジアルベアリング、および、感受体とハブとの間に設けられ、スラスト方向の荷重を負担するスラストベアリングを有している。感受体は、車体側の取付部、すなわち、回転しない固定部分に取り付けられている。その感受体の円筒部分の外周面に、多数のひずみゲージが貼り付けられている。

30

#### 【先行技術文献】

#### 【特許文献】

#### 【0005】

40

【特許文献1】特開2017-207451号公報

【特許文献2】特開2003-14563号公報

【特許文献3】特開2014-169864号公報

#### 【発明の概要】

#### 【発明が解決しようとする課題】

#### 【0006】

上記の特許文献1に記載された計測装置は、本体部に形成された起歪部にひずみゲージが貼り付けられている。本体部は、車軸側のハブと車輪のホイールとの間に取り付けられており、車軸および車輪と共に回転する。また、上記の特許文献2に記載されたタイヤ作用力検出装置は、検出器内にひずみゲージあるいは圧電素子などのセンサー素子が設けら

50

れている。検出器は、車軸側のハブと車輪のホイールとの間に取り付けられており、車軸および車輪と共に回転する。したがって、特許文献1および特許文献2に記載された各装置は、いずれも、荷重を検知するためのセンサー素子が、本体部あるいは検出器の回転する部材に設置されている。そのため、特許文献1および特許文献2に記載された各装置では、回転体と共に回転するセンサー素子の出力信号を外部へ取り出すことは容易ではない。

#### 【0007】

一方、上記の特許文献3に記載された装置では、センサー素子を備えた感受体が車体側の固定部分に設置されている。そのため、特許文献1および特許文献2に記載された各装置のような無線通信やスリップリングを用いることなく、センサー素子の出力信号を直接取得することができる。但し、この特許文献3に記載された装置は、センサー素子を装着する感受体が、ホイールとハブユニットとの間で動力を伝達する部材となっている。そのため、感受体には、動力伝達部材としての強度および剛性が要求される。その半面、感受体に装着したセンサー素子の検出精度を向上させるためには、感受体に一定の弾性を持たせ、感受体を変形しやすくしてセンサー素子の出力ゲインを増大させる必要がある。しかしながら、特許文献3に記載された装置では、強度部材である感受体に対して、高い強度および剛性と、大きな変形量を得るための高い弾性との相反する二つの機能を両立させることは容易ではない。

10

#### 【0008】

このように、トルクやスラスト力などの回転体に作用する荷重（回転体の作用力）を、容易に、かつ、精度良く検出するには、未だ改良の余地があった。

20

#### 【0009】

この発明は上記の技術的課題に着目して考え出されたものであり、例えば回転軸や車輪などの回転体に作用する作用力を、容易に、かつ、精度良く検出することが可能な回転体の作用力検出装置を提供することを目的とするものである。

#### 【課題を解決するための手段】

#### 【0010】

上記の目的を達成するために、この発明は、所定の回転体と、前記回転体を回転自在に支持する所定の固定体との間に設けられ、前記回転体に作用する作用力を検出する回転体の作用力検出装置において、前記回転体に連結され、前記回転体に一体となって回転する第1ロータと、前記回転体および前記第1ロータと同一の回転軸線上で、前記第1ロータに対向し、かつ、前記第1ロータと相対回転可能に配置された第2ロータと、前記第1ロータおよび前記第2ロータをそれぞれ回転自在に支持すると共に、前記固定体に固定される支持部と、前記第1ロータと前記支持部との間で、前記第1ロータに作用する前記回転軸線方向の推力を受けて前記第1ロータを支持する第1スラスト軸受と、前記第2ロータと前記支持部との間で、前記第2ロータに作用する前記回転軸線方向の推力を受けて前記第2ロータを支持する第2スラスト軸受と、前記第1ロータと前記第2ロータとの間に配置され、前記第1ロータおよび前記第2ロータに一体となって回転して前記第1ロータと前記第2ロータとの間でトルクを伝達すると共に、前記トルクの一部を前記推力に変換して前記第1ロータと前記第2ロータとの間で前記推力を伝達する荷重変換機構と、一部が前記支持部に固定され、前記第1スラスト軸受に作用する前記推力、または、前記第2スラスト軸受に作用する前記推力の少なくともいずれかの前記推力を受けることにより変形する起歪体、および、前記起歪体に取り付けられ、前記起歪体が前記変形する際の前記推力に関連する物理量を検出するセンサー素子を有する検出部と、前記検出部で検出した前記物理量に基づいて、前記回転体に作用している前記作用力を求める演算部と、前記支持部に設置され、前記検出部で検出する前記物理量に応じた出力信号を前記演算部に出力する、または、前記演算部で求める前記作用力に応じた出力信号を外部に出力する出力部とを備えていることを特徴とするものである。

30

40

#### 【0011】

また、この発明における前記起歪体は、前記第2ロータから前記第2スラスト軸受に作

50

用する前記推力を受けることにより弾性変形し、前記センサー素子は、前記起歪体が前記弾性変形する際のひずみまたは変位を検出し、前記第2スラスト軸受は、前記第2ロータに一体となって回転する軸軌道盤と、前記起歪体に当接するハウジング軌道盤とを有し、前記センサー素子は、前記演算部および前記出力部と電氣的に接続され、前記演算部は、前記センサー素子で検出した前記ひずみまたは前記変位に基づいて、前記回転体に作用しているトルクを求めることを特徴としている。

【0012】

また、この発明における起歪体は、一部が前記支持部に固定され、前記第1ロータから前記第1スラスト軸受に作用する前記推力を受けることにより弾性変形する第1起歪体と、一部が前記支持部に固定され、前記第2ロータから前記第2スラスト軸受に作用する前記推力を受けることにより弾性変形する第2起歪体とを有し、前記センサー素子は、前記第1起歪体に取り付けられ、前記第1起歪体が前記弾性変形する際のひずみまたは変位を検出する第1センサー素子と、前記第2起歪体に取り付けられ、前記第2起歪体が前記弾性変形する際のひずみまたは変位を検出する第2センサー素子とを有し、前記第1スラスト軸受は、前記第1ロータに一体となって回転する第1軸軌道盤と、前記第1起歪体に当接する第1ハウジング軌道盤とを有し、前記第2スラスト軸受は、前記第2ロータに一体となって回転する第2軸軌道盤と、前記第2起歪体に当接する第2ハウジング軌道盤とを有し、前記第1センサー素子および前記第2センサー素子は、それぞれ、前記演算部および前記出力部と電氣的に接続され、前記演算部は、前記第1センサー素子および前記第2センサー素子で検出した前記ひずみまたは前記変位に基づいて、前記回転体に作用しているトルクおよび前記推力の少なくともいずれかを求めることを特徴としている。

10

20

【0013】

また、この発明は、前記起歪体に作用する前記推力の上限を規定する荷重制限機構を更に備えていることを特徴としている。

【0014】

また、この発明は、前記第1起歪体に作用する前記推力の上限を規定する第1荷重制限機構と、前記第2起歪体に作用する前記推力の上限を規定する第2荷重制限機構とを更に備えていることを特徴としている。

【0015】

また、この発明は、前記起歪体に、予め前記推力を付与するプレロード機構を更に備えていることを特徴としている。

30

【0016】

また、この発明は、前記第2起歪体に、予め前記推力を付与するプレロード機構とを更に備えていることを特徴としている。

【0017】

また、この発明における前記第1ロータは、車両のタイヤを装着したホイールに連結され、前記支持部は、前記車両の車体に固定され、前記演算部は、前記センサー素子で検出した前記ひずみまたは前記変位に基づいて、前記タイヤに作用しているトルクを求めることを特徴としている。

【0018】

そして、この発明における前記第1ロータは、車両のタイヤを装着したホイールに連結され、前記支持部は、前記車両の車体に固定され、前記演算部は、前記第1センサー素子および前記第2センサー素子で検出した前記ひずみまたは前記変位に基づいて、前記タイヤに作用しているトルクおよび横力の少なくともいずれかを求めることを特徴としている。

40

【発明の効果】

【0019】

この発明の回転体の作用力検出装置では、第1ロータに連結された回転体に作用する作用力が、荷重変換機構を介して、回転軸線方向の荷重すなわち推力として、第1スラスト軸受および第2スラスト軸受に伝達される。そして、第1スラスト軸受に作用する推力に

50

関連する物理量、および、第2スラスト軸受に作用する推力に関連する物理量の少なくともいずれかが検出部で検出され、その検出された物理量に基づき、演算部で回転体に作用する作用力が求められる。検出部および出力部は、非回転部材である支持部に設置されている。演算部は、検出部と共に支持部に設置されてもよく、あるいは、この装置の外部に設置されていてもよい。演算部を検出部および出力部と共に支持部に設置すれば、演算部の出力信号が出力部から外部に出力される。また、演算部を装置の外部に設置すれば、検出部の出力信号が出力部から演算部に出力され、演算部の出力信号が外部の所定の機器に出力される。そのため、検出部または演算部からの出力信号を、例えば無線通信やスリップリングなどを用いることなく、精度よく取得することができる。また、検出部は、上記のように非回転部材に固定され、回転軸線方向の推力だけを検出するので、簡単な機構で構成することができる。したがって、この発明の回転体の作用力検出装置によれば、例えば回転軸や車輪などの回転体に作用する作用力を、容易に、かつ、精度良く検出することができる。

10

**【0020】**

また、この発明の回転体の作用力検出装置によれば、検出部が、起歪体と、例えばひずみゲージや圧電素子などのセンサー素子とから構成される。起歪体は、一部が固定部材である支持部に固定され、第2スラスト軸受のハウジング軌道盤との当接部に推力が作用することによって弾性変形する。そのため、起歪体は、一端を固定した片持ちばりと見なすことができる。その結果、起歪体が弾性変形する際に発生するひずみまたは変位を容易に検出することができる。そのような検出部で検出するひずみまたは変位は、荷重変換機構で推力に変換されるトルクに応じて発生する。したがって、起歪体に発生するひずみまたは変位を検出することにより、回転体に作用するトルクを、容易に、かつ、精度良く検出することができる。

20

**【0021】**

また、この発明の回転体の作用力検出装置によれば、検出部が、第1起歪体および第2起歪体と、例えばひずみゲージや圧電素子などの第1センサー素子および第2センサー素子とから構成される。第1起歪体は、一部が固定部材である支持部に固定され、第1スラスト軸受のハウジング軌道盤との当接部に推力が作用することによって弾性変形する。第2起歪体は、一部が固定部材である支持部に固定され、第2スラスト軸受のハウジング軌道盤との当接部に推力が作用することによって弾性変形する。そのため、第1起歪体および第2起歪体は、いずれも、一端を固定した片持ちばりと見なすことができる。その結果、第1起歪体および第2起歪体がそれぞれ弾性変形する際に発生するひずみまたは変位を容易に検出することができる。そのような検出部で検出するひずみまたは変位は、荷重変換機構で推力に変換されるトルク、および、荷重変換機構を介して第1スラスト軸受および第2スラスト軸受に伝達される推力に応じて発生する。したがって、起歪体に発生するひずみまたは変位を検出することにより、回転体に作用するトルクおよび推力を、容易に、かつ、精度良く検出することができる。

30

**【0022】**

また、この発明の回転体の作用力検出装置によれば、起歪体に作用する推力の大きさを制限する荷重制限機構が設けられる。荷重制限機構によって起歪体に作用する推力の上限が設定されることにより、起歪体の設計上の強度および剛性を低く抑えることができる。したがって、変形しやすい起歪体を設計することが可能になる。そのため、センサー素子によって検出するひずみまたは変位の検出レンジを幅広く取ることができ、その結果、それらひずみまたは変位の検出精度を向上することができる。ひいては、回転体に作用するトルクおよび推力の検出精度を向上することができる。

40

**【0023】**

また、この発明の回転体の作用力検出装置によれば、第1起歪体に作用する推力の大きさを制限する第1荷重制限機構が設けられる。同様に、第2起歪体に作用する推力の大きさを制限する第2荷重制限機構が設けられる。それら第1荷重制限機構および第2荷重制限機構によって第1起歪体および第2起歪体に作用する推力の上限がそれぞれ設定される

50

ことにより、第1起歪体の設計上の強度および剛性、ならびに、第2起歪体の設計上の強度および剛性を低く抑えることができる。したがって、変形しやすい第1起歪体および第2起歪体を設計することが可能になる。そのため、センサー素子によって検出するひずみまたは変位の検出レンジを幅広く取ることができ、その結果、それらひずみまたは変位の検出精度を向上することができる。ひいては、回転体に作用するトルクおよび推力の検出精度を向上することができる。

#### 【0024】

また、この発明の回転体の作用力検出装置によれば、起歪体に予め推力を付与するプレロード機構が設けられる。起歪体には、第2ロータおよび第2スラスト軸受を介して推力が作用する。したがって、起歪体に対して、第2スラスト軸受から受ける推力とは別に、プレロードとして推力を付与することが可能である。そして、そのプレロードとして付与する推力により、第2スラスト軸受の回転軸線方向におけるがたを詰めることができる。そのため、第2スラスト軸受から受ける推力によって発生する起歪体のひずみまたは変位を、精度よく検出することができる。ひいては、回転体に作用するトルクを精度良く検出することができる。

10

#### 【0025】

また、この発明の回転体の作用力検出装置によれば、第2起歪体に予め推力を付与するプレロード機構が設けられる。第2起歪体には、第2ロータおよび第2スラスト軸受を介して推力が作用する。したがって、第2起歪体に対して、第2スラスト軸受から受ける推力とは別に、プレロードとして推力を付与することが可能である。そして、そのプレロードとして付与する推力により、第2スラスト軸受の回転軸線方向におけるがたを詰めることができる。そのため、第2スラスト軸受から受ける推力によって発生する第2起歪体のひずみまたは変位を、精度よく検出することができる。ひいては、回転体に作用するトルクおよび推力を精度良く検出することができる。

20

#### 【0026】

また、この発明の回転体の作用力検出装置は、車両の車輪と車体との間に設置される。具体的には、第1ロータに、回転体である車輪のタイヤを装着したホイールが連結される。支持部は、固定体である車両の車体に固定される。検出部は、第2スラスト軸受を介して作用する推力によって起歪体が弾性変形する際のひずみまたは変位を検出する。そして、その検出した起歪体のひずみまたは変位に基づいて、タイヤに作用するトルクが演算部で求められる。したがって、この発明の回転体の作用力検出装置によれば、車両のタイヤに作用するトルクを精度良く検出することができる。

30

#### 【0027】

そして、この発明の回転体の作用力検出装置は、車両の車輪と車体との間に設置される。具体的には、第1ロータに、回転体である車輪のタイヤを装着したホイールが連結される。支持部は、固定体である車両の車体に固定される。検出部は、第1スラスト軸受を介して作用する推力によって第1起歪体が弾性変形する際のひずみまたは変位を検出する。また、第2スラスト軸受を介して作用する推力によって第2起歪体が弾性変形する際のひずみまたは変位を検出する。そして、それら検出した第1起歪体のひずみまたは変位、および、第2起歪体のひずみまたは変位に基づいて、タイヤに作用するトルクおよび横力の少なくともいずれかが、演算部で求められる。この場合のタイヤの横力は、タイヤに作用する推力、すなわち、タイヤに作用する回転軸線方向の荷重である。したがって、この発明の回転体の作用力検出装置によれば、車両のタイヤに作用するトルクおよび横力を精度良く検出することができる。

40

#### 【図面の簡単な説明】

#### 【0028】

【図1】この発明の回転体の作用力検出装置の一例（「第2ロータ」側に「センサー素子」を設置した例）を説明するための断面図である。

【図2】この発明の回転体の作用力検出装置における「荷重変換機構」の構成を説明するための拡大図である。

50

【図3】図1に示す回転体の作用力検出装置の「演算部」で、「回転軸」のトルクを算出する一例を説明するための図である。

【図4】この発明の回転体の作用力検出装置の他の例（「演算部」を装置の外部に設置した例）を説明するための断面図である。

【図5】この発明の回転体の作用力検出装置の他の例（「第1ロータ」側に「センサー素子」を設置した例）を説明するための断面図である。

【図6】この発明の回転体の作用力検出装置の他の例（「第1ロータ」側に「第1センサー素子」を設置し、「第2ロータ」側に「第2センサー素子」を設置した例）を説明するための断面図である。

【図7】この発明の回転体の作用力検出装置を車両の「車体」と「タイヤ」との間に設置した一例を説明するための図である。

【図8】図6に示す回転体の作用力検出装置の「演算部」で、「タイヤ」のトルクおよび横力を算出する一例を説明するための図である。

【発明を実施するための形態】

【0029】

この発明の実施形態を、図を参照して説明する。なお、以下に示す実施形態は、この発明を具体化した場合の一例に過ぎず、この発明を限定するものではない。

【0030】

この発明の実施形態で対象にする回転体の作用力検出装置は、機械装置の回転軸や車両のタイヤなどの所定の回転体と、その回転体を回転自在に支持する所定の固定体との間に設けられ、回転体に作用する作用力を検出する。例えば、工作機械の回転軸とその回転軸の軸受が設置される基体部との間に設けられ、回転軸に作用するトルクを検出する。あるいは、車両の車輪と車体との間に設けられ、車輪のタイヤに作用するトルクや横力などを検出する。

【0031】

この発明を適用した回転体の作用力検出装置の概要を図1に示してある。この発明の実施形態における作用力検出装置1は、主要な構成要素として、ケース2、第1ロータ3、第2ロータ4、第1スラスト軸受5、第2スラスト軸受6、荷重変換機構7、検出部8、演算部9、および、出力部10を備えている。

【0032】

ケース2は、例えば円筒状に形成されており、内側の中空部分に、第1ロータ3や第2ロータ4などの作用力検出装置1の主要部を配置して収容する。そして、後述するように、第1ロータ3および第2ロータ4をそれぞれ回転自在に支持している。ケース2は、この発明の実施形態における支持部に相当する部材であり、所定の固定体に固定される。図1に示す例では、ケース2には、一方の端部（図1の左側の端部）に固定用のフランジ2aが形成されており、そのフランジ2aが、所定の機械装置における基体部（固定体）11に、回転不可能なように固定されている。また、ケース2の他方の端部（図1の右側の端部）には、カバー部2bが形成されている。カバー部2bは、ケース2の外形に応じた円板状に形成されてケース2の他方の端部を塞ぐと共に、その中心部分が、後述する第1ロータ3の先端（図1の右側の端部）の外形に合わせて開口している。

【0033】

第1ロータ3は、所定の回転体に連結され、その回転体に一体となって回転する回転部材である。第1ロータ3は、円筒部3a、および、対向フランジ部3bを有している。円筒部3aは、第1ロータ3の円筒状に形成された部分であり、その外周部分に設けられたラジアル軸受12を介して、ケース2のカバー部2bに支持されている。例えば、ケース2におけるカバー部2bの内周部分に、ラジアル軸受12の外輪12aが圧入されている。ラジアル軸受12の内輪12bには、第1ロータ3における円筒部3aの外周部分が圧入されている。したがって、第1ロータ3は、ケース2に回転自在に支持されている。対向フランジ部3bは、円筒部3aの一方の端部（図1の左側の端部）に形成されたフランジ状の部材であり、後述する第2ロータ4の対向フランジ部4bに対向する対向面3cを

10

20

30

40

50

有している。また、対向フランジ部 3 b は、後述する第 2 ロータ 4 の対向フランジ部 4 b およびカムボール 7 c と共に、荷重変換機構 7 を構成している。図 1 に示す例では、第 1 ロータ 3 は、円筒部 3 a の他方の端部（図 1 の右側の端部）の内周面にスプラインまたはセレーションの溝が形成されており、その円筒部 3 a が、所定の機械装置における回転軸（回転体）1 3 に一体となって回転するように締結されている。

#### 【0034】

第 2 ロータ 4 は、第 1 ロータ 3 と同一の回転軸線 A L 上で、第 1 ロータ 3 に対向して配置される回転部材である。第 2 ロータ 4 は、円筒部 4 a、および、対向フランジ部 4 b を有している。円筒部 4 a は、第 2 ロータ 4 の円筒状に形成された部分であり、その外周部分に設けられたラジアル軸受 1 4 および後述する荷重制限機構 1 7 の本体部 1 7 a を介して、ケース 2 に支持されている。すなわち、第 2 ロータ 4 は、第 1 ロータ 3 と共に、ケース 2 に回転自在に支持されている。第 1 ロータ 3 および第 2 ロータ 4 は、それぞれ、別個にケース 2 に支持されており、相対回転が可能ないように配置されている。対向フランジ部 4 b は、円筒部 4 a の一方の端部（図 1 の右側の端部）に形成されたフランジ状の部材であり、第 1 ロータ 3 の対向フランジ部 3 b に対向する対向面 4 c を有している。また、対向フランジ部 4 b は、第 1 ロータ 3 の対向フランジ部 3 b および後述するカムボール 7 c と共に、荷重変換機構 7 を構成している。

#### 【0035】

第 1 スラスト軸受 5 は、第 1 ロータ 3 とケース 2 との間に配置されている。具体的には、第 1 ロータ 3 の対向フランジ部 3 b の背面 3 d と、ケース 2 のカバー部 2 b との間に配置されている。なお、対向フランジ部 3 b の背面 3 d は、回転軸線 A L 方向における対向フランジ部 3 b の対向面 3 c と反対側（図 1 の右側）の面である。第 1 スラスト軸受 5 は、第 1 ロータ 3 に一体となって回転する軸軌道盤 5 a と、カバー部 2 b に当接して固定されるハウジング軌道盤 5 b とを有している。また、図 1 に示す例では、第 1 スラスト軸受 5 には、一般的なスラスト玉軸受が用いられており、軸軌道盤 5 a とハウジング軌道盤 5 b との間で保持器（図示せず）によって保持された転動体 5 c を有している。そして、第 1 スラスト軸受 5 は、第 1 ロータ 3 に作用する回転軸線 A L 方向の推力またはその反力を受けて、第 1 ロータ 3 を回転自在に支持している。

#### 【0036】

第 2 スラスト軸受 6 は、第 2 ロータ 4 とケース 2 との間に配置されている。具体的には、第 2 ロータ 4 の対向フランジ部 4 b の背面 4 d と、後述する検出部 8 の起歪体 1 5 との間に配置されている。なお、対向フランジ部 4 b の背面 4 d は、回転軸線 A L 方向における対向フランジ部 4 b の対向面 4 c と反対側（図 1 の左側）の面である。第 2 スラスト軸受 6 は、第 2 ロータ 4 に一体となって回転する軸軌道盤 6 a と、後述する検出部 8 の起歪体 1 5 に当接して固定されるハウジング軌道盤 6 b とを有している。また、図 1 に示す例では、第 2 スラスト軸受 6 には、上記の第 1 スラスト軸受 5 と同様に、一般的なスラスト玉軸受が用いられており、軸軌道盤 6 a とハウジング軌道盤 6 b との間で保持器（図示せず）によって保持された転動体 6 c を有している。そして、第 2 スラスト軸受 6 は、第 2 ロータ 4 に作用する回転軸線 A L 方向の推力またはその反力を受けて、第 2 ロータ 4 を回転自在に支持している。

#### 【0037】

荷重変換機構 7 は、第 1 ロータ 3 と第 2 ロータ 4 との間に設けられている。そして、荷重変換機構 7 は、第 1 ロータ 3 および第 2 ロータ 4 に一体となって回転し、それら第 1 ロータ 3 と第 2 ロータ 4 との間でトルクを伝達する。それと共に、荷重変換機構 7 は、第 1 ロータ 3 と第 2 ロータ 4 との間でトルクの一部を回転軸線 A L 方向の推力に変換し、それら第 1 ロータ 3 と第 2 ロータ 4 との間で推力を伝達する。このように、荷重変換機構 7 は、回転運動を直線運動に変換する機構であり、例えば、ねじ機構、くさび機構、あるいはカム機構などを利用して構成することができる。図 1 に示す例では、荷重変換機構 7 は、くさび機構およびカム機構の原理を応用した、いわゆるトルクカム機構によって構成されている。

10

20

30

40

50

## 【0038】

具体的には、図2に示すように、荷重変換機構7は、第1ロータ3に形成された第1カム面7a、第2ロータ4に形成された第2カム面7b、および、カムボール7cから構成されている。第1カム面7aは、第1ロータ3の対向フランジ部3bにおける対向面3cの、第2カム面7bと対向する位置に形成されている。第2カム面7bは、第2ロータ4の対向フランジ部4bにおける対向面4cの、第1カム面7aと対向する位置に形成されている。第1カム面7aおよび第2カム面7bは、いずれも、図2に示すように、第1ロータ3および第2ロータ4の径方向から見ると、断面がV字形状となるようにカム角度で傾斜した2つの面により構成されている。そして、それら第1カム面7aと第2カム面7bとの間で、カムボール7cを転動可能に保持している。カムボール7cは、例えば玉軸受用の鋼球のような金属の剛体によって形成されている。

10

## 【0039】

なお、図1では、所定の断面上の二箇所に荷重変換機構7が設けられた例を示しているが、それに限定されるものではなく、例えば四箇所もしくはそれ以上の箇所に荷重変換機構7を設けてもよい。この発明の実施形態における荷重変換機構7は、第1ロータ3の対向フランジ部3bおよび第2ロータ4の対向フランジ部4bの円周方向に、等ピッチで複数箇所（好ましくは、三箇所以上）に設けられる。

## 【0040】

このように、荷重変換機構7は、第1ロータ3と第2ロータ4との間で、トルクを推力に変換して伝達する。言い換えると、荷重変換機構7は、第1ロータ3のトルクと第2ロータ4のトルクとの差に応じた推力を発生させ、その発生させた推力を第1ロータ3と第2ロータ4との間で伝達する。図1に示す例では、第1ロータ3から第2ロータ4へ推力を伝達する。

20

## 【0041】

上記のように荷重変換機構7を構成するトルクカム機構の基本的な構成や原理等に関しては、例えば、特許第4126986号公報、特開2010-215079号公報、あるいは、特開2011-80541号公報などに記載されているように周知であるため、より詳細な説明は省略する。

## 【0042】

検出部8は、この発明の実施形態における支持部に設置されている。図1に示す例では、検出部8は、基体部11に固定されたケース2に設置されている。検出部8は、第1スラスト軸受5に作用する推力、または、第2スラスト軸受6に作用する推力の少なくともいずれかに関連する物理量を検出する。図1に示す例では、検出部8は、第2ロータ4から第2スラスト軸受6が受ける推力に関連する物理量を検出する。そして、検出部8は、起歪体15、および、センサー素子16を有している。

30

## 【0043】

起歪体15は、一部がケース2に固定され、第2ロータ4から第2スラスト軸受6に作用する推力を受けることによって弾性変形する。図1に示す例では、起歪体15は、はり部15a、および、当接部15bから構成されている。

## 【0044】

はり部15aは、円環板状に形成されている。はり部15aは、その中心部分に、後述する荷重制限機構17の起歪体固定部17bに固定されるボス15cを有している。ボス15cの内周面には、後述する起歪体固定部17bに形成された雄ねじ部17eとはまり合う雌ねじ部15dが形成されている。そして、ボス15cは、後述するように、荷重制限機構17の起歪体固定部17bにねじ締結によって固定されている。荷重制限機構17は、後述する本体部17aでケース2に固定されている。はり部15aは、後述するように当接部15bに推力が作用する場合、起歪体15が弾性限界内で変形するように、所定の剛性を有する材料によって形成されている。

40

## 【0045】

当接部15bは、はり部15aの外周側に形成されている。当接部15bは、第2スラ

50

スト軸受 6 のハウジング軌道盤 6 b と当接する（具体的には、密接する）当接面 1 5 e を有している。当接部 1 5 b は、上記のように当接面 1 5 e がハウジング軌道盤 6 b に密接しているのに対し、回転軸線 A L 方向における当接面 1 5 e と反対側（図 1 の左側）の背面 1 5 f は、いずれの部材とも接触することなく、後述する荷重制限機構 1 7 の対向面 1 7 c との間に隙間 G P が設けられている。また、当接部 1 5 b の外周部分は、例えばスプライン（図示せず）により、ケース 2 の内周部分にはめ込まれている。そのため、起歪体 1 5 は、回転軸線 A L を回転中心とする回転が規制されつつ、当接部 1 5 b に第 2 スラスト軸受 6 から推力（第 1 ロータ 3 から第 2 ロータ 4 へ向かう推力）が作用した場合には、当接部 1 5 b の回転軸線 A L 方向への移動が可能になっている。

#### 【 0 0 4 6 】

上記のはり部 1 5 a および当接部 1 5 b は一体に形成されている。そして、起歪体 1 5 は、はり部 1 5 a の一部（すなわち、ボス 1 5 c）で、ケース 2 に固定されている。したがって、起歪体 1 5 は、当接部 1 5 b 側の端部（図 1 の上下方向におけるケース 2 側の端部）が自由端となり、はり部 1 5 a 側の端部（図 1 の上下方向における回転軸線 A L 側の端部）を固定した片持ちばりで見なすことができる。起歪体 1 5 は、当接部 1 5 b で第 2 ロータ 4 から第 2 スラスト軸受 6 に作用する推力を受けることにより、はり部 1 5 a に曲げモーメントが作用し、はり部 1 5 a が弾性変形する。

#### 【 0 0 4 7 】

センサー素子 1 6 は、起歪体 1 5 に取り付けられ、第 2 スラスト軸受 6 に作用する推力に関連する物理量として、起歪体 1 5 が上記のような推力を受けて弾性変形する際のひずみまたは変位を検出する。具体的には、センサー素子 1 6 は、起歪体 1 5 のはり部 1 5 a に装着され、はり部 1 5 a が曲げモーメントを受けて弾性変形する際のひずみまたは変位を検出する。図 1 に示す例では、センサー素子 1 6 としてひずみゲージが用いられており、はり部 1 5 a が弾性変形する際のひずみを検出する。ひずみゲージは、発生するひずみに応じて抵抗値が変化し、その抵抗値の変化分に比例した電圧（出力電圧）を出力する。なお、この発明の実施形態におけるセンサー素子 1 6 は、上記のようなひずみゲージ以外に、例えば、圧電素子や圧力センサーなどを用いることもできる。

#### 【 0 0 4 8 】

いずれにしても、この発明の実施形態におけるセンサー素子 1 6 は、上記のように起歪体 1 5 が推力を受けて弾性変形する際のひずみまたは変位を検出し、その検出値を電気信号（例えば、ひずみゲージの出力電圧）として出力する。後述するように、センサー素子 1 6 から出力される電気信号、すなわち、センサー素子 1 6 の出力信号は、例えば、演算部 9 に入力され、演算部 9 で求めた作用力の出力信号として出力部 1 0 から外部に出力される。あるいは、出力部 1 0 から外部に出力され、外部に設けられた演算部 9 に入力される。その後、演算部 9 で求めた作用力の出力信号として外部に出力される。

#### 【 0 0 4 9 】

この発明の実施形態における作用力検出装置 1 では、上述したケース 2、第 1 ロータ 3、第 2 ロータ 4、第 1 スラスト軸受 5、第 2 スラスト軸受 6、荷重変換機構 7、および、検出部 8 などの主要部に加え、荷重制限機構 1 7、および、プレロード機構 1 8 を設けることが可能である。

#### 【 0 0 5 0 】

荷重制限機構 1 7 は、検出部 8 の起歪体 1 5 に作用する推力を制限するいわゆるストッパであり、検出部 8 の起歪体 1 5 に作用する推力の上限を規定する。図 1 に示す例では、荷重制限機構 1 7 は、ケース 2 の内側の中空部分に、回転軸線 A L 方向で起歪体 1 5 を挟み第 2 スラスト軸受 6 の反対側（図 1 の左側）に配置されている。荷重制限機構 1 7 は、本体部 1 7 a、および、起歪体固定部 1 7 b から構成されている。

#### 【 0 0 5 1 】

本体部 1 7 a は、肉厚の円環板状に形成されている。本体部 1 7 a は、回転軸線 A L 方向への移動が不可能なように、ケース 2 に固定されている。本体部 1 7 a には、起歪体 1 5 の当接部 1 5 b における背面 1 5 f と対向する対向面 1 7 c、および、ラジアル軸受 1

10

20

30

40

50

4を設置する軸受設置面17dが形成されている。

【0052】

対向面17cは、本体部17aの一方の端部（図1の右側の端部）の外周部分に形成されている。対向面17cは、本体部17aをケース2に固定する際に、対向面17cの外周端部がケース2の内周面に形成された係止面2cに突き当てられる。それにより、対向面17cと起歪体15の背面15fとの間に、隙間GPが形成されている。隙間GPは、起歪体15が第2ロータ4および第2スラスト軸受6から推力を受ける際に、起歪体15が弾性限界を超えて変形することがないように、所定の間隔に設定されている。したがって、起歪体15が推力を受けて回転軸線AL方向に変位し、起歪体15の背面15fが対向面17cに当接した状態、すなわち、起歪体15が回転軸線AL方向で最大限に変形した状態であっても、起歪体15は弾性限界内にあり、塑性変形することはない。

10

【0053】

軸受設置面17dは、本体部17aの内周面に形成されている。軸受設置面17dには、第2ロータ4を支持するためのラジアル軸受14が固定されている。例えば、軸受設置面17dに、ラジアル軸受14の外輪14aが圧入されている。ラジアル軸受14の内輪14bには、第2ロータ4における円筒部4aの外周部分が圧入されている。

【0054】

起歪体固定部17bは、本体部17aの一方の端部（図1の右側の端部）の内周部分に形成されている。起歪体固定部17bは、本体部17aの一方の端部から第2ロータ4の対向フランジ部4b側に向けて突出する円筒状に形成されている。起歪体固定部17bと本体部17aとは一体に形成されている。起歪体固定部17bの先端（図1の右側の端部）側の外周面には、雄ねじ部17eが形成されている。雄ねじ部17eは、前述した起歪体15のボス15cに形成された雌ねじ部15dとはまり合う。したがって、起歪体固定部17bは、雄ねじ部17eと起歪体15の雌ねじ部15dとのねじ締結作用により、起歪体15を固定する。すなわち、起歪体15は、はり部15aの一部（ボス15c）で、荷重制限機構17の起歪体固定部17bを介して、ケース2に固定されている。

20

【0055】

なお、荷重制限機構17の本体部17aにおける他方の端部（図1の左側の端部）は、カバープレート17f、および、スナップリング17gにより、回転軸線AL方向の移動が規制されている。カバープレート17fは、ケース2の内周面の形状に応じた円板状に形成されている。カバープレート17fは、荷重制限機構17の本体部17aにおける他方の端部と当接した状態で、ケース2に取り付けられる。カバープレート17fの中心部分は、第2ロータ4の先端（図1の左側の端部）の外形に合わせて開口している。したがって、カバープレート17fは、例えばスナップリング17gによってケース2に固定されることにより、ケース2の開口側の端部（図1の左側の端部）を塞ぐと共に、荷重制限機構17のケース2からの抜け出しを防止している。

30

【0056】

プレロード機構18は、検出部8の起歪体15に、プレロードとして推力を付与する機構である。この場合のプレロードとしての推力は、第2ロータ4から第2スラスト軸受6を介して起歪体15に作用する推力とは別の荷重である。プレロード機構18は、上述した起歪体15のボス15c、および、荷重制限機構17の起歪体固定部17bによって構成されている。具体的には、ボス15cに形成された雌ねじ部15d、および、起歪体固定部17bに形成された雄ねじ部17eによって構成されている。すなわち、プレロード機構18は、上記のような雌ねじ部15dと雄ねじ部17eとを有するいわゆる送りねじ機構によって構成されている。

40

【0057】

したがって、雄ねじ部17eが形成された起歪体固定部17bおよび本体部17a（すなわち、荷重制限機構17）を回転軸線ALまわりに回転させることにより、起歪体固定部17bに対する起歪体15の固定位置を回転軸線AL方向に移動させることができる。起歪体固定部17bに対する起歪体15の固定位置を、回転軸線AL方向で第2ロータ4

50

の対向フランジ部 4 b 側 ( 図 1 の右側 ) に移動させることにより、起歪体 1 5 に、回転軸線 A L 方向の推力 ( プレロード ) を付与すること、あるいは、起歪体 1 5 に付与した回転軸線 A L 方向の推力を増大することができる。反対に、起歪体固定部 1 7 b に対する起歪体 1 5 の固定位置を、回転軸線 A L 方向で荷重制限機構 1 7 側 ( 図 1 の左側 ) に移動させることにより、起歪体 1 5 に付与した回転軸線 A L 方向の推力を低減することができる。すなわち、プレロード機構 1 8 により、起歪体 1 5 にプレロードとして付与する推力の大きさを調整することができる。

**【 0 0 5 8 】**

上記のように、プレロード機構 1 8 によって回転軸線 A L 方向の推力をプレロードとして起歪体 1 5 に付与することにより、その推力を起歪体 1 5 の当接部 1 5 b を介して第 2 スラスト軸受 6 に作用させることができる。すなわち、第 2 スラスト軸受 6 に、第 2 スラスト軸受 6 を第 2 ロータ 4 の対向フランジ部 4 b 側 ( 図 1 の右側 ) に押し付ける押圧力を作用させることができる。そのため、第 2 スラスト軸受 6 の回転軸線 A L 方向におけるがたを詰めることができる。また、プレロード機構 1 8 によって起歪体 1 5 にプレロードとして付与する推力を調整することにより、後述するように、検出部 8 の出力信号を基に演算部 9 で演算を実行する際の初期値あるいは原点を適宜設定することができる。

10

**【 0 0 5 9 】**

演算部 9 は、例えばマイクロコンピュータを主体にして構成される演算装置であり、上述した検出部 8 の出力信号が入力される。演算部 9 は、入力された出力信号、および、予め記憶させられているデータや計算式等を使用して演算を行う。そして、演算部 9 は、その演算結果を、回転体に作用している作用力に応じた出力信号として出力する。具体的には、演算部 9 は、検出部 8 で検出する第 1 スラスト軸受 5 に作用する推力、または、第 2 スラスト軸受 6 に作用する推力の少なくともいずれかに関連する物理量に基づいて、第 1 ロータ 3 に連結される回転体に作用している作用力を求める。図 1 に示す例では、演算部 9 は、検出部 8 から入力されるセンサー素子 1 6 の出力信号、すなわち、ひずみゲージの出力電圧に基づいて、回転軸 1 3 に作用しているトルクを算出する。そして、算出したトルクの値に応じた出力信号 ( 例えば、電圧などの電気信号 ) を出力する。

20

**【 0 0 6 0 】**

例えば、演算部 9 には、図 3 に示すような演算マップが記憶されている。図 3 に示す演算マップは、ひずみゲージの出力電圧に対応する回転軸 1 3 のトルクを定めた線図である。あるいは、演算部 9 には、図 3 の演算マップにおいて直線 f 0 で表されるような演算式 ( 図 3 に示す例では、一次方程式 ) が記憶されている。そして、演算部 9 は、図 3 に示すような演算マップ、あるいは、演算式を用いて、回転軸 1 3 に作用しているトルクを算出する。

30

**【 0 0 6 1 】**

また、前述したように、この発明の実施形態における作用力検出装置 1 では、プレロード機構 1 8 によって検出部 8 の起歪体 1 5 に付与する推力を調整することにより、演算部 9 で演算を実行する際の初期値あるいは原点を設定することができる。したがって、例えば、検出部 8 の出力信号 ( ひずみゲージの出力電圧 ) の初期値を、上記の図 3 の演算マップにおいて点 0 で示すような原点に一致させるように調整することが可能である。そのため、回転体の作用力 ( 図 1 に示す例では、回転軸 1 3 のトルク ) を、精度良く検出することができる。

40

**【 0 0 6 2 】**

出力部 1 0 は、この発明の実施形態における支持部に設置される。出力部 1 0 は、検出部 8 で検出する推力に関連する物理量に応じた出力信号を演算部 9 に出力する、または、演算部 9 で求める回転体の作用力に応じた出力信号を外部に出力する。図 1 に示す例では、出力部 1 0 は、上述した検出部 8 および演算部 9 と共に、ケース 2 に設置されており、演算部 9 で算出した回転軸 1 3 のトルクに応じた出力信号を外部に出力する。具体的には、出力部 1 0 は、出力端子や、出力ケーブルあるいはリード線の端部などをケース 2 に固定した部分である。出力部 1 0 は、例えば、この発明の実施形態における作用力検出装置

50

1の外部に設けられている回転軸13の制御機器(図示せず)に、演算部9の出力信号を送ることが可能なように、ケーブルやリード線等を介して電氣的に接続されている。検出部8と演算部9との間は、検出部8から出力される出力信号を演算部9で受け取ることが可能なように、ケーブルやリード線等を介して電氣的に接続されている。また、演算部9と出力部10の間は、演算部9から出力される出力信号を出力部10で受け取ることが可能なように、ケーブルやリード線等を介して電氣的に接続されている。

#### 【0063】

前述した特許文献1や特許文献2に記載された従来技術のように、無線通信によってセンサー素子の出力信号を取得する場合は、例えば電波や赤外線などの無線媒体を使用するため、ノイズの影響を受けやすく、そのための対策が必要になる。また、無線媒体の送信器および受信器を作動させるための電源を確保しなければならない。また、無線通信に替えてスリッピングを用いることも可能であるが、その場合は、不可避免的に電極部分の摩擦や摩擦損失が発生してしまう。それに対して、この発明の実施形態における作用力検出装置1では、前述したような無線通信やスリッピングを用いることなく、検出部8で検出した出力信号、あるいは、演算部9で算出した出力信号を、容易に、かつ、適切に、外部に出力することができる。

#### 【0064】

また、前述した特許文献3に記載された従来技術では、いわゆる6分力計を用いているため、相対的に装置が高価である。また、特許文献3に記載された従来技術は、一端が固定された感受体のねじれによる微小な相対変位あるいはひずみを検出するので、ひずみゲージの性能上の制約を受ける。そのため、高い検出精度を確保することは容易ではない。また、前述したように、感受体は、ホイールとハブユニットとの間で動力を伝達する強度部材となっている。そのため、感受体は、一定以上の強度および剛性が要求される。それに対して、この発明の実施形態における作用力検出装置1では、ひずみを発生させる起歪体15(後述する第1起歪体31および第2起歪体33も同様)は、前述したようないわゆる片持ちばりとして変形する部材として構成されており、動力を伝達する強度部材ではない。そのため、起歪体15は、相対的に低い剛性で構成することができ、弾性限界内で相対的に大きなひずみを発生させることが可能である。更に、この発明の実施形態における作用力検出装置1では、前述したような荷重制限機構17(後述する第1荷重制限機構25および第2荷重制限機構26も同様)が設けられることにより、起歪体15(ならびに、後述する第1起歪体31および第2起歪体33)の設計上の強度および剛性を低く抑えることができる。したがって、変形しやすい起歪体15(ならびに、後述する第1起歪体31および第2起歪体33)を設計することが可能である。そのため、センサー素子16(ならびに、後述する第1センサー素子32および第2センサー素子34)によって検出するひずみの検出レンジを幅広く取ることができ、その結果、回転軸13(および、後述するタイヤ23)に作用するトルクおよび推力の検出精度を向上することができる。

#### 【0065】

なお、この発明の実施形態における演算部9は、図4に示すように、この作用力検出装置1の外部に設置されていてもよい。例えば、作用力検出装置1の外部に設けられている回転軸13の制御機器(図示せず)に、演算部9が組み込まれていてもよい。あるいは、作用力検出装置1の外部に設けられている回転軸13の制御機器や演算装置における演算機能を、この発明の実施形態における演算部9として機能させてもよい。その場合、検出部8と出力部10との間は、検出部8から出力される出力信号を出力部10で受け取ることが可能なように、ケーブルやリード線等を介して電氣的に接続される。それと共に、出力部10と演算部9との間は、出力部10から出力される出力信号(すなわち、検出部8から出力された出力信号)を外部の演算部9で受け取ることが可能なように、ケーブルやリード線等を介して電氣的に接続される。

#### 【0066】

図5、図6に、この発明の実施形態における作用力検出装置1の他の構成例を示してある。なお、図5、図6に示す作用力検出装置1において、前述の図1で示した作用力検出

10

20

30

40

50

装置 1 と構成や機能が同様の部品あるいは部材については、図 1 と同じ参照符号を付けてある。

【 0 0 6 7 】

図 5 に示す作用力検出装置 1 は、第 1 ロータ 3 および第 1 スラスト軸受 5 の側に、検出部 8 が設置されている。すなわち、前述の図 1 に示した例では、検出部 8 が回転軸線 A L 方向における第 2 ロータ 4 および第 2 スラスト軸受 6 側（図 1 の左側）に設置されているのに対して、この図 5 に示す例では、検出部 8 は、回転軸線 A L 方向における第 1 ロータ 3 および第 1 スラスト軸受 5 側（図 5 の右側）に設置されている。第 1 ロータ 3 には、前述の図 1 で示した例と同様に、回転軸 1 3 が一体となって回転するように締結されている。

10

【 0 0 6 8 】

したがって、この図 5 に示す例では、作用力検出装置 1 は、第 1 ロータ 3 と第 2 ロータ 4 との間で、荷重変換機構 7 によってトルクから変換される推力の反力を、第 1 ロータ 3 側に設置された検出部 8 で検出する。そして、その推力の反力を受けて検出部 8 の起歪体 1 5 が弾性変形する際に発生するひずみに基づいて、回転軸 1 3 に作用しているトルクを検出する。この図 5 に示す作用力検出装置 1 のように、第 1 ロータ 3 側に設置された検出部 8 で推力の反力に関連する物理量を検出する場合であっても、前述の図 1 で示した作用力検出装置 1 と同様に、回転軸 1 3 に作用するトルクを、容易に、かつ、精度良く検出することができる。なお、図 5 では、前述の図 4 で示した例と同様に、演算部 9 を作用力検出装置 1 の外部に設置した例を示してある。

20

【 0 0 6 9 】

図 6 に示す作用力検出装置 1 は、図 7 に示すように、車両 2 0 の車輪 2 1 と車体（例えば、車両 2 0 のサスペンション）2 2 との間に設けられ、車輪 2 1 に作用する作用力を検出する。車輪 2 1 は、タイヤ 2 3、および、タイヤ 2 3 を装着するホイール 2 4 から構成されている。したがって、図 6、図 7 に示す作用力検出装置 1 は、車両 2 0 のタイヤ 2 3 に作用するトルクおよび横力を検出する。また、図 6 に示す作用力検出装置 1 は、主要な構成要素として、ケース 2、第 1 ロータ 3、第 2 ロータ 4、第 1 スラスト軸受 5、第 2 スラスト軸受 6、荷重変換機構 7、検出部 8、演算部 9、出力部 1 0、プレロード機構 1 8、ならびに、第 1 荷重制限機構 2 5、および、第 2 荷重制限機構 2 6 を備えている。なお、図 6 では、前述の図 4 で示した例と同様に、演算部 9 を作用力検出装置 1 の外部に設置した例を示してある。また、図 7 では、ブレーキ装置やサスペンション装置等を省略してある。

30

【 0 0 7 0 】

図 6 に示す例では、ケース 2 には、一方の端部（図 6 の左側の端部）に固定用のフランジ 2 a が形成されている。フランジ 2 a には、本体固定用のボルト穴（図示せず）が複数形成されており、本体固定用のボルト 2 7 により、フランジ 2 a と車両 2 0 の車体 2 2 とがボルト締結されている。したがって、ケース 2 は、車体（固定体）2 2 に、回転不可能なように固定されている。

【 0 0 7 1 】

第 1 ロータ 3 には、車輪 2 1 のホイール 2 4 が一体となって回転するように締結されている。具体的には、第 1 ロータ 3 の一方の端部（図 6 の右側の端部）に、フランジ 2 8 が取り付けられている。例えば、第 1 ロータ 3 の円筒部 3 a の内周面、および、フランジ 2 8 のボス 2 8 a の外周面には、セレーションが形成されており、第 1 ロータ 3 の円筒部 3 a にフランジ 2 8 のボス 2 8 a が圧入されている。ボス 2 8 a の先端（図 6 の左側の端部）には、ねじ穴 2 8 b が形成されている。そのねじ穴 2 8 b に、第 1 ロータ 3 の他方の端部（図 6 の左側の端部）からボルト 2 9 が締め込まれることにより、第 1 ロータ 3 とフランジ 2 8 とが一体に締結されている。すなわち、ボルト 2 9 は、ねじ締結によってフランジ 2 8 のボス 2 8 a に固定されることにより、フランジ 2 8 の第 1 ロータ 3 からの抜け出しを防止している。

40

【 0 0 7 2 】

50

フランジ 2 8 には、ホイール 2 4 に形成されたホイール固定用のボルト穴と対応する位置に、ホイール固定用の複数のボルト 3 0 が取り付けられており、フランジ 2 8 とホイール 2 4 とがボルト締結されている。したがって、第 1 ロータ 3 とホイール 2 4 とが、互いに一体となって回転する。なお、第 2 ロータ 4 には、車両 2 0 のドライブシャフト（図示せず）が一体となって回転するように締結されている。

【 0 0 7 3 】

この図 6 に示す作用力検出装置 1 は、第 1 ロータ 3 および第 1 スラスト軸受 5 側、および、第 2 ロータ 4 および第 2 スラスト軸受 6 側の両方に、検出部 8 が設置されている。そして、検出部 8 は、第 1 スラスト軸受 5 に作用する推力に関連する物理量、および、第 2 スラスト軸受 6 に作用する推力に関連する物理量を検出する。

10

【 0 0 7 4 】

図 6 に示す例では、検出部 8 は、車体 2 2 に固定されたケース 2 に設置されている。検出部 8 は、第 1 ロータ 3 側に設置される第 1 起歪体 3 1、および、第 1 センサー素子 3 2、ならびに、第 2 ロータ 4 側に設置される第 2 起歪体 3 3、および、第 2 センサー素子 3 4 を有している。そして、検出部 8 は、第 1 ロータ 3 から第 1 スラスト軸受 5 が受ける推力に関連する物理量、および、第 2 ロータ 4 から第 2 スラスト軸受 6 が受ける推力に関連する物理量を検出する。

【 0 0 7 5 】

第 1 起歪体 3 1 は、一部がケース 2 に固定され、第 1 ロータ 3 から第 1 スラスト軸受 5 に作用する推力（または、推力の反力）を受けることによって弾性変形する。図 6 に示す例では、第 1 起歪体 3 1 は、はり部 3 1 a、および、当接部 3 1 b から構成されている。

20

【 0 0 7 6 】

はり部 3 1 a は、円環板状に形成されている。はり部 3 1 a は、その外周部分に、ケース 2 に固定されるボス 3 1 c を有している。ボス 3 1 c は、例えばねじ締結や圧入により、ケース 2 の内周部分に固定されている。すなわち、第 1 起歪体 3 1 は、はり部 3 1 a の一部（ボス 3 1 c）で、ケース 2 に固定されている。はり部 3 1 a は、後述するように当接部 3 1 b に推力が作用する場合、第 1 起歪体 3 1 が弾性限界内で変形するように、所定の剛性を有する材料によって形成されている。

【 0 0 7 7 】

当接部 3 1 b は、はり部 3 1 a の内周側に形成されている。当接部 3 1 b は、第 1 スラスト軸受 5 のハウジング軌道盤 5 b と当接する（具体的には、密接する）当接面 3 1 e を有している。当接部 3 1 b は、上記のように当接面 3 1 e がハウジング軌道盤 6 b に密接しているのに対し、回転軸線 A L 方向における当接面 3 1 e と反対側（図 6 の右側）の背面 3 1 f は、いずれの部材とも接触することなく、後述する第 1 荷重制限機構 2 5 の対向面 2 5 c との間に隙間 G P 1 が設けられている。また、当接部 3 1 b の内周部分は、例えばスプライン（図示せず）により、第 1 ロータ 3 における円筒部 3 a の外周部分にはめ込まれている。そのため、第 1 起歪体 3 1 は、回転軸線 A L を回転中心とする回転が規制されつつ、当接部 3 1 b に第 1 スラスト軸受 5 から推力（第 1 ロータ 3 から第 2 ロータ 4 へ向かう推力の反力）が作用した場合には、当接部 3 1 b の回転軸線 A L 方向への移動が可能になっている。

30

40

【 0 0 7 8 】

上記のはり部 3 1 a および当接部 3 1 b は一体に形成されている。そして、第 1 起歪体 3 1 は、はり部 3 1 a の一部（すなわち、ボス 3 1 c）で、ケース 2 に固定されている。したがって、第 1 起歪体 3 1 は、当接部 3 1 b 側の端部（図 6 の上下方向における回転軸線 A L 側の端部）が自由端となり、はり部 3 1 a 側の端部（図 6 の上下方向におけるケース 2 側の端部）を固定した片持ちばりで見なすことができる。第 1 起歪体 3 1 は、当接部 3 1 b で第 1 ロータ 3 から第 1 スラスト軸受 5 に作用する推力（または、推力の反力）を受けることにより、はり部 3 1 a に曲げモーメントが作用し、はり部 3 1 a が弾性変形する。

【 0 0 7 9 】

50

第1センサー素子32は、第1起歪体31に取り付けられ、第1スラスト軸受5に作用する推力に関連する物理量として、第1起歪体31が上記のような推力を受けて弾性変形する際のひずみまたは変位を検出する。具体的には、第1センサー素子32は、第1起歪体31のはり部31aに装着され、はり部31aが曲げモーメントを受けて弾性変形する際のひずみまたは変位を検出する。図6に示す例では、第1センサー素子32としてひずみゲージが用いられており、はり部31aが弾性変形する際のひずみを検出する。ひずみゲージは、発生するひずみに応じて抵抗値が変化し、その抵抗値の変化分に比例した電圧（出力電圧）を出力する。なお、この発明の実施形態における第1センサー素子32は、上記のようなひずみゲージ以外に、例えば、圧電素子や圧力センサーなどを用いることもできる。

10

**【0080】**

第2起歪体33は、一部がケース2に固定され、第2ロータ4から第2スラスト軸受6に作用する推力を受けることによって弾性変形する。図6に示す例では、第2起歪体33は、はり部33a、および、当接部33bから構成されている。

**【0081】**

はり部33aは、円環板状に形成されている。はり部33aは、その外周部分に、後述する第2荷重制限機構26の起歪体固定部26bに固定されるボス33cを有している。ボス33cの外周面には、後述する起歪体固定部26bに形成された雌ねじ部26eと合まり合う雄ねじ部33dが形成されている。そして、ボス33cは、後述するように、第2荷重制限機構26の起歪体固定部26bにねじ締結によって固定されている。第2荷重制限機構26は、後述する本体部26aでケース2に固定されている。はり部33aは、後述するように当接部33bに推力が作用する場合、第2起歪体33が弾性限界内で変形するように、所定の剛性を有する材料によって形成されている。

20

**【0082】**

当接部33bは、はり部33aの内周側に形成されている。当接部33bは、第2スラスト軸受6のハウジング軌道盤6bと当接する（具体的には、密接する）当接面33eを有している。当接部33bは、上記のように当接面33eがハウジング軌道盤6bに密接しているのに対し、回転軸線AL方向における当接面33eと反対側（図6の左側）の背面33fは、いずれの部材とも接触することなく、後述する第2荷重制限機構26の対向面26cとの間に隙間GP2が設けられている。また、当接部33bの内周部分は、例えばスプライン（図示せず）により、第2ロータ4における円筒部4aの外周部分にはめ込まれている。そのため、第2起歪体33は、回転軸線ALを回転中心とする回転が規制されつつ、当接部33bに第2スラスト軸受6から推力（第1ロータ3から第2ロータ4へ向かう推力）が作用した場合には、当接部33bの回転軸線AL方向への移動が可能になっている。

30

**【0083】**

上記のはり部33aおよび当接部33bは一体に形成されている。そして、第2起歪体33は、はり部33aの一部（すなわち、ボス33c）で、ケース2に固定されている。したがって、第2起歪体33は、当接部33b側の端部（図6の上下方向における回転軸線AL側の端部）が自由端となり、はり部33a側の端部（図6の上下方向におけるケース2側の端部）を固定した片持ちばりで見なすことができる。第2起歪体33は、当接部33bで第2ロータ4から第2スラスト軸受6に作用する推力を受けることにより、はり部33aに曲げモーメントが作用し、はり部33aが弾性変形する。

40

**【0084】**

第2センサー素子34は、第2起歪体33に取り付けられ、第2スラスト軸受6に作用する推力に関連する物理量として、第2起歪体33が上記のような推力を受けて弾性変形する際のひずみまたは変位を検出する。具体的には、第2センサー素子34は、第2起歪体33のはり部33aに装着され、はり部33aが曲げモーメントを受けて弾性変形する際のひずみまたは変位を検出する。図6に示す例では、第2センサー素子34としてひずみゲージが用いられており、はり部33aが弾性変形する際のひずみを検出する。ひずみ

50

ゲージは、発生するひずみに応じて抵抗値が変化し、その抵抗値の変化分に比例した電圧（出力電圧）を出力する。なお、この発明の実施形態における第2センサー素子34は、上記のようなひずみゲージ以外に、例えば、圧電素子や圧力センサーなどを用いることもできる。

#### 【0085】

第1荷重制限機構25は、検出部8の第1起歪体31に作用する推力を制限するいわゆるストッパであり、検出部8の第1起歪体31に作用する推力の上限を規定する。図6に示す例では、第1荷重制限機構25は、ケース2の内側の中空部分に、回転軸線AL方向で第1起歪体31を挟み第1スラスト軸受5の反対側（図1の右側）に配置されている。第1荷重制限機構25は、本体部25a、および、起歪体固定部25bから構成されている。

10

#### 【0086】

本体部25aは、肉厚の円環板状に形成されている。本体部25aは、回転軸線AL方向への移動が不可能なように、ケース2に固定されている。本体部25aには、第1起歪体31の当接部31bにおける背面31fと対向する対向面25c、および、ラジアル軸受14を設置する軸受設置面25dが形成されている。

#### 【0087】

対向面25cは、本体部25aの一方の端部（図1の左側の端部）の外周部分に形成されている。対向面25cは、本体部25aおよび第1起歪体31をケース2に固定した状態で、第1起歪体31の背面31fに対向する。その状態で、対向面25cと背面31fとの間に、隙間GP1が形成されている。隙間GP1は、第1起歪体31が第1ロータ3および第1スラスト軸受5から推力を受ける際に、第1起歪体31が弾性限界を超えて変形することがないように、所定の間隔に設定されている。したがって、第1起歪体31が推力を受けて回転軸線AL方向に変位し、第1起歪体31の背面31fが対向面25cに当接した状態、すなわち、第1起歪体31が回転軸線AL方向で最大限に変形した状態であっても、第1起歪体31は弾性限界内にあり、塑性変形することはない。

20

#### 【0088】

軸受設置面25dは、本体部25aの内周面に形成されている。軸受設置面25dには、第1ロータ3を支持するためのラジアル軸受12が固定されている。例えば、軸受設置面25dに、ラジアル軸受12の外輪12aが圧入されている。ラジアル軸受12の内輪12bには、第1ロータ3における円筒部3aの外周部分が圧入されている。

30

#### 【0089】

起歪体固定部25bは、本体部25aの一方の端部（図1の左側の端部）の外周部分に形成されている。起歪体固定部25bは、本体部25aの一方の端部から第1ロータ3の対向フランジ部3b側に向けて突出する円筒状に形成されている。起歪体固定部25bと本体部25aとは一体に形成されている。

#### 【0090】

第2荷重制限機構26は、検出部8の第2起歪体33に作用する推力を制限するいわゆるストッパであり、第2起歪体33に作用する推力の上限を規定する。図6に示す例では、第2荷重制限機構26は、ケース2の内側の中空部分に、回転軸線AL方向で第2起歪体33を挟み第2スラスト軸受6の反対側（図6の左側）に配置されている。第2荷重制限機構26は、本体部26a、および、起歪体固定部26bから構成されている。

40

#### 【0091】

本体部26aは、肉厚の円環板状に形成されている。本体部26aは、回転軸線AL方向への移動が不可能なように、ケース2に固定されている。本体部26aには、第2起歪体33の当接部33bにおける背面33fと対向する対向面26c、および、ラジアル軸受14を設置する軸受設置面26dが形成されている。

#### 【0092】

対向面26cは、本体部26aの一方の端部（図6の右側の端部）の内周部分に形成されている。対向面26cは、本体部26aおよび第2起歪体33をケース2に固定した状

50

態で、第2起歪体33の背面33fに対向する。その状態で、対向面26cと背面33fとの間に、隙間GP2が形成されている。隙間GP1は、第2起歪体33が第2ロータ4および第2スラスト軸受6から推力を受ける際に、第2起歪体33が弾性限界を超えて変形することがないように、所定の間隔に設定されている。したがって、第2起歪体33が推力を受けて回転軸線AL方向に変位し、第2起歪体33の背面33fが対向面26cに当接した状態、すなわち、第2起歪体33が回転軸線AL方向で最大限に変形した状態であっても、第2起歪体33は弾性限界内にあり、塑性変形することはない。

【0093】

軸受設置面26dは、本体部26aの内周面に形成されている。軸受設置面26dには、第2ロータ4を支持するためのラジアル軸受14が固定されている。例えば、軸受設置面26dに、ラジアル軸受14の外輪14aが圧入されている。ラジアル軸受14の内輪14bには、第2ロータ4における円筒部4aの外周部分が圧入されている。

10

【0094】

起歪体固定部26bは、本体部26aの一方の端部(図6の右側の端部)の外周部分に形成されている。起歪体固定部26bは、本体部26aの一方の端部から第2ロータ4の対向フランジ部4b側に向けて突出する円筒状に形成されている。起歪体固定部26bと本体部26aとは一体に形成されている。起歪体固定部26bの先端(図6の右側の端部)側の内周面には、雌ねじ部26eが形成されている。雌ねじ部26eは、前述した第2起歪体33のボス33cに形成された雄ねじ部33dとはまり合う。したがって、起歪体固定部26bは、雌ねじ部26eと第2起歪体33の雄ねじ部33dとのねじ締結作用により、第2起歪体33を固定する。すなわち、第2起歪体33は、はり部33aの一部(ボス33c)で、第2荷重制限機構26の起歪体固定部26bを介して、ケース2に固定されている。

20

【0095】

なお、第2荷重制限機構26の本体部26aにおける他方の端部(図6の左側の端部)は、固定リング26fにより、回転軸線AL方向の移動が規制されている。固定リング26fは、円筒状に形成されており、その円筒部分の一方の端部(図6の右側の端部)の外周面に、ケース2の内周面に形成された雌ねじ(図示せず)とはまり合う雄ねじ(図示せず)が形成されている。固定リング26fの他方の端部(図6の左側の端部)には、ケース2に係合するフランジ26gが形成されている。したがって、固定リング26fは、ねじ締結によってケース2に固定されることにより、第2荷重制限機構26のケース2からの抜け出しを防止している。

30

【0096】

なお、この図6に示す例では、プレロード機構18は、検出部8の第2起歪体33に、プレロードとして推力を付与する機構である。この場合のプレロードとしての推力は、第2ロータ4から第2スラスト軸受6を介して第2起歪体33に作用する推力とは別の荷重である。図6に示す例では、プレロード機構18は、上述した第2起歪体33のボス33c、および、第2荷重制限機構26の起歪体固定部26bによって構成されている。具体的には、ボス33cに形成された雄ねじ部33d、および、起歪体固定部26bに形成された雌ねじ部26eによって構成されている。すなわち、プレロード機構18は、上記のような雌ねじ部26eと雄ねじ部33dとを有するいわゆる送りねじ機構によって構成されている。

40

【0097】

したがって、雌ねじ部26eが形成された起歪体固定部26bおよび本体部26a(すなわち、第2荷重制限機構26)を回転軸線ALまわりに回転させることにより、起歪体固定部26bに対する第2起歪体33の固定位置を回転軸線AL方向に移動させることができる。起歪体固定部26bに対する第2起歪体33の固定位置を、回転軸線AL方向で第2ロータ4の対向フランジ部4b側(図6の右側)に移動させることにより、第2起歪体33に、回転軸線AL方向の推力(プレロード)を付与すること、あるいは、第2起歪体33に付与した回転軸線AL方向の推力を増大することができる。反対に、起歪体固定

50

部 2 6 b に対する第 2 起歪体 3 3 の固定位置を、回転軸線 A L 方向で第 2 荷重制限機構 2 6 側 ( 図 6 の左側 ) に移動させることにより、第 2 起歪体 3 3 に付与した回転軸線 A L 方向の推力を低減することができる。すなわち、プレロード機構 1 8 により、第 2 起歪体 3 3 にプレロードとして付与する推力の大きさを調整することができる。

【 0 0 9 8 】

上記のように、プレロード機構 1 8 によって回転軸線 A L 方向の推力をプレロードとして第 2 起歪体 3 3 に付与することにより、その推力を第 2 起歪体 3 3 の当接部 3 3 b を介して第 2 スラスト軸受 6 に作用させることができる。すなわち、第 2 スラスト軸受 6 に、第 2 スラスト軸受 6 を第 2 ロータ 4 の対向フランジ部 4 b 側 ( 図 6 の右側 ) に押し付ける押圧力を作用させることができる。そのため、第 2 スラスト軸受 6 の回転軸線 A L 方向に  
10  
おけるがたを詰めることができる。また、プレロード機構 1 8 によって第 2 起歪体 3 3 にプレロードとして付与する推力を調整することにより、検出部 8 の出力信号を基に演算部 9 で演算を実行する際の初期値あるいは原点を適宜設定することができる。

【 0 0 9 9 】

この図 6 に示す作用力検出装置 1 では、演算部 9 には、例えば図 8 に示すような演算マップが記憶されている。図 8 に示す演算マップは、ひずみゲージの出力電圧に基づいてタイヤ 2 3 の横力およびトルクを求めるための線図である。あるいは、演算部 9 には、図 8 の演算マップにおいて直線 f 1 および直線 f 2 で表されるような演算式が記憶されている。そして、図 6 に示す作用力検出装置 1 では、演算部 9 は、図 8 に示すような演算マップ、  
20  
あるいは、演算式を用いて、タイヤ 2 3 に作用している横力およびトルクを算出する。

【 0 1 0 0 】

例えば、図 8 に示す演算マップの直線 f 1 において、第 1 センサー素子 3 2 の出力電圧を F 1、図 8 に示す演算マップの直線 f 2 において、第 2 センサー素子 3 4 の出力電圧を F 2、そして、図 8 に示す演算マップの点 P、すなわち、直線 f 1 および直線 f 2 の原点の値を F k とすると、タイヤ 2 3 に作用している横力 F l は、

$$F l = F 2 - F 1 \quad \cdot \cdot \cdot \cdot ( 1 )$$

の演算式に基づいて算出される。また、タイヤ 2 3 に作用しているトルク F t は、

$$F t = ( F 2 - F k ) + ( F 1 - F k )$$

すなわち、

$$F t = F 2 + F 1 \quad \cdot \cdot \cdot \cdot ( 2 )$$

の演算式に基づいて算出される。

【 0 1 0 1 】

また、この図 6 に示す作用力検出装置 1 は、前述したように、プレロード機構 1 8 によって検出部 8 の第 2 起歪体 3 3 に付与する推力を調整することにより、演算部 9 で演算を実行する際の初期値あるいは原点を設定することができる。したがって、例えば、検出部 8 の出力信号 ( ひずみゲージの出力電圧 ) の初期値を、上記の図 8 の演算マップにおいて点 P で示すような原点に一致させるように調整することが可能である。そのため、タイヤ 2 3 の作用力 ( 図 6 , 図 8 で示す例では、タイヤ 2 3 の横力およびトルク ) を精度良く検出することができる。

【 0 1 0 2 】

また、この図 6 に示す作用力検出装置 1 では、第 1 ロータ 3 側および第 2 ロータ 4 側の両方に、検出部 8 ( すなわち、第 1 起歪体 3 1 および第 1 センサー素子 3 2、ならびに、第 2 起歪体 3 3 および第 2 センサー素子 3 4 ) が設けられている。そして、それら第 1 センサー素子 3 2 および第 2 センサー素子 3 4 の両方の検出値に基づいて、タイヤ 2 3 に作用するトルクおよび横力が求められる。上記の図 8 で示す例から分かるように、実際にタイヤ 2 3 に作用している横力が 0 の場合は、上記の ( 1 ) 式から「 F 1 = F 2 」となり、その場合のタイヤ 2 3 のトルクは、上記の ( 2 ) 式から「 F 1 × 2 」または「 F 2 × 2 」となる。そのため、第 1 センサー素子 3 2 と第 2 センサー素子 3 4 との間に、冗長性を持たせることができる。すなわち、仮に、第 1 センサー素子 3 2 または第 2 センサー素子 3 4 のいずれか一方にフェールが生じた場合であっても、タイヤ 2 3 のトルクを検出するこ  
40  
50

とができる。したがって、作用力検出装置 1 の信頼性を高めることができる。

【0103】

なお、この発明の実施形態においては、前述の図 1、図 4、図 5 で示したような作用力検出装置 1 を、図 7 に示すように車両 20 の車体 22 と車輪 21 のホイール 24 との間に設けてもよい。すなわち、この発明の実施形態における作用力検出装置 1 は、第 1 ロータ 3 側または第 2 ロータ 4 側のいずれか一方のみに検出部 8（起歪体 15 およびセンサー素子 16）を設けた作用力検出装置 1 を車両 20 に搭載し、タイヤ 23 に作用するトルクを検出するように構成することもできる。

【符号の説明】

【0104】

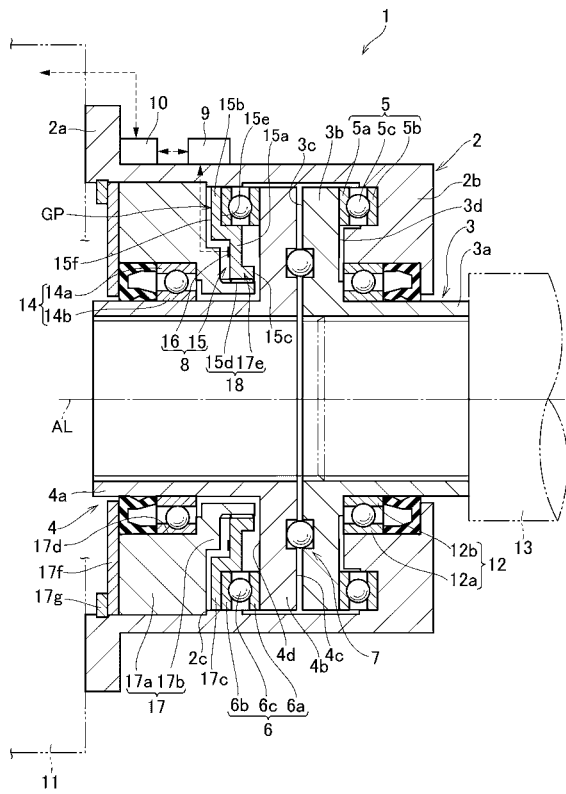
1 ... 回転体の作用力検出装置、 2 ... ケース（支持部）、 2 a ... フランジ、 2 b ... カバー部、 2 c ... 係止面、 3 ... 第 1 ロータ、 3 a ... 円筒部、 3 b ... 対向フランジ部、 3 c ... 対向面、 3 d ... 背面、 4 ... 第 2 ロータ、 4 a ... 円筒部、 4 b ... 対向フランジ部、 4 c ... 対向面、 4 d ... 背面、 5 ... 第 1 スラスト軸受、 5 a ... 軸軌道盤、 5 b ... ハウジング軌道盤、 5 c ... 転動体、 6 ... 第 2 スラスト軸受、 6 a ... 軸軌道盤、 6 b ... ハウジング軌道盤、 6 c ... 転動体、 7 ... 荷重変換機構、 7 a ... 第 1 カム面、 7 b ... 第 2 カム面、 7 c ... カムボール、 8 ... 検出部、 9 ... 演算部、 10 ... 出力部、 11 ... 基体部（固定体）、 12, 14 ... ラジアル軸受、 12 a, 14 a ... 外輪、 12 b, 14 b ... 内輪、 13 ... 回転軸（回転体）、 15 ... 起歪体、 15 a ... はり部、 15 b ... 当接部、 15 c ... ボス、 15 d ... 雌ねじ部、 15 e ... 当接面、 15 f ... 背面、 16 ... センサー素子（ひずみゲージ）、 17 ... 荷重制限機構、 17 a ... 本体部、 17 b ... 起歪体固定部、 17 c ... 対向面、 17 d ... 軸受設置面、 17 e ... 雄ねじ部、 17 f ... カバプレート、 17 g ... スナップリング、 18 ... プレロード機構、 20 ... 車両、 21 ... 車輪（回転体）、 22 ... 車体（固定体）、 23 ... タイヤ（回転体）、 24 ... ホイール（回転体）、 25 ... 第 1 荷重制限機構、 25 a ... 本体部、 25 b ... 起歪体固定部、 25 c ... 対向面、 25 d ... 軸受設置面、 26 ... 第 2 荷重制限機構、 26 a ... 本体部、 26 b ... 起歪体固定部、 26 c ... 対向面、 26 d ... 軸受設置面、 26 e ... 雌ねじ部、 26 f ... 固定リング、 26 g ... フランジ、 27, 29, 30 ... ボルト、 28 ... フランジ、 28 a ... ボス、 28 b ... ねじ穴、 31 ... 第 1 起歪体、 31 a ... はり部、 31 b ... 当接部、 31 c ... ボス、 32 ... 第 1 センサー素子（ひずみゲージ）、 33 ... 第 2 起歪体、 33 a ... はり部、 33 b ... 当接部、 33 c ... ボス、 33 d ... 雄ねじ部、 33 e ... 当接面、 33 f ... 背面、 34 ... 第 2 センサー素子（ひずみゲージ）、 A L ... 回転軸線、 G P, G P 1, G P 2 ... 隙間。

10

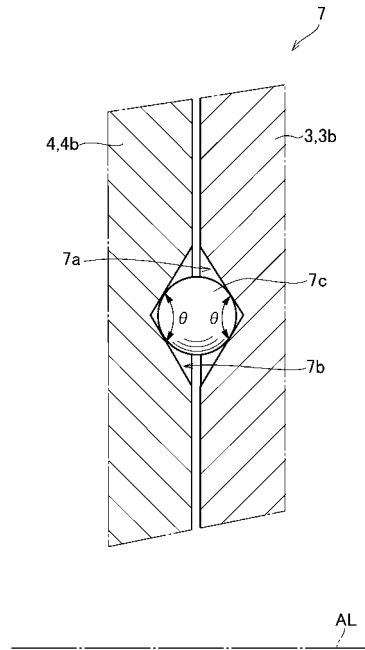
20

30

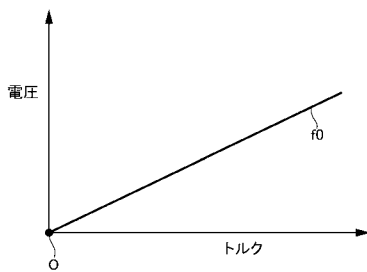
【 図 1 】



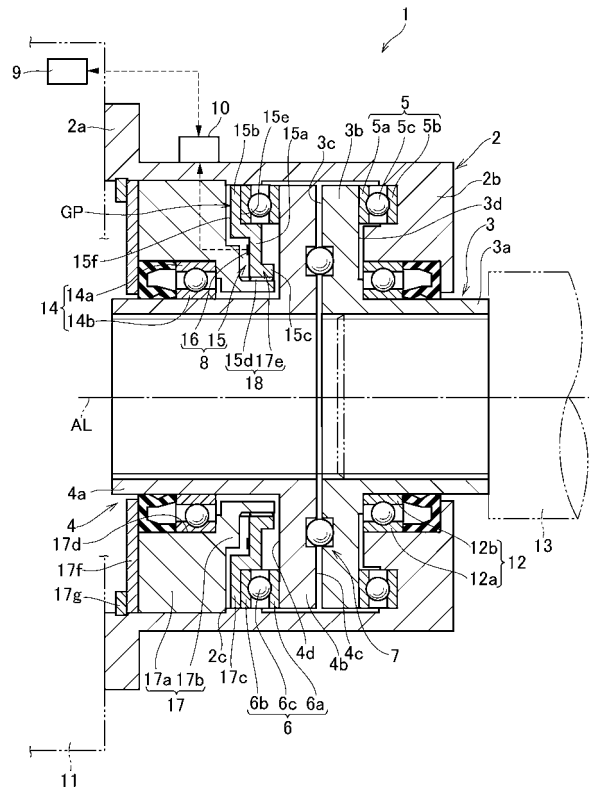
【 図 2 】



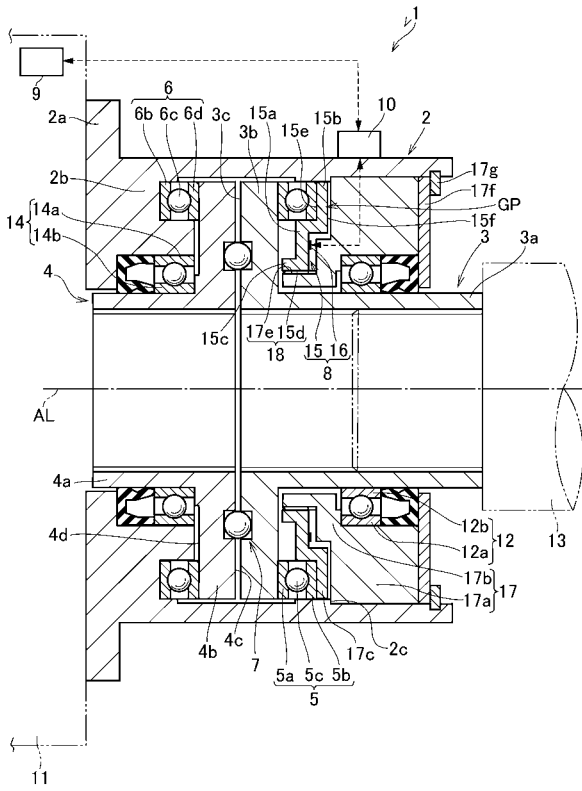
【 図 3 】



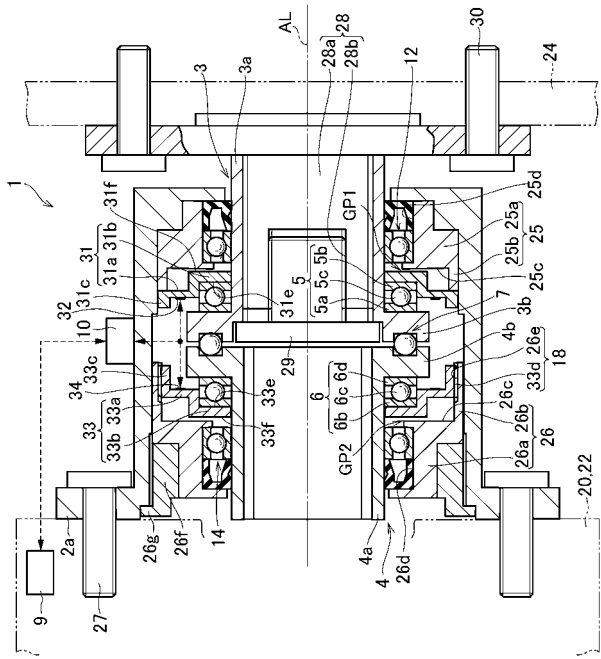
【 図 4 】



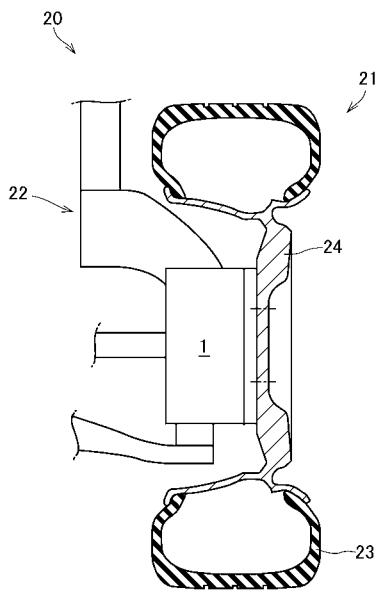
【図5】



【図6】



【図7】



【図8】

