

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号  
特許第7429902号  
(P7429902)

(45)発行日 令和6年2月9日(2024.2.9)

(24)登録日 令和6年2月1日(2024.2.1)

(51)国際特許分類		F I		
G 0 5 D	1/43 (2024.01)	G 0 5 D	1/02	X
A 4 7 L	9/28 (2006.01)	A 4 7 L	9/28	E
B 6 2 D	15/00 (2006.01)	B 6 2 D	15/00	

請求項の数 8 (全21頁)

(21)出願番号	特願2020-89786(P2020-89786)	(73)特許権者	314012076 パナソニックIPマネジメント株式会社 大阪府門真市元町2番6号
(22)出願日	令和2年5月22日(2020.5.22)	(74)代理人	100115381 弁理士 小谷 昌崇
(65)公開番号	特開2021-36416(P2021-36416A)	(74)代理人	100118049 弁理士 西谷 浩治
(43)公開日	令和3年3月4日(2021.3.4)	(72)発明者	小松 真弓 大阪府門真市大字門真1006番地 パ ナソニック株式会社内
審査請求日	令和5年4月20日(2023.4.20)	(72)発明者	澁沢 慎吾 大阪府門真市大字門真1006番地 パ ナソニック株式会社内
(31)優先権主張番号	特願2019-151532(P2019-151532)	(72)発明者	井上 修司 大阪府門真市大字門真1006番地 パ 最終頁に続く
(32)優先日	令和1年8月21日(2019.8.21)		
(33)優先権主張国・地域又は機関	日本国(JP)		

(54)【発明の名称】 自走式ロボット

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

本体と、

前記本体を床面上で走行させる左駆動輪及び右駆動輪と、

前記本体の直進時に、前記左駆動輪及び前記右駆動輪に作用する前記左駆動輪及び前記右駆動輪の車輪軸方向の力である横力を検出する力センサと、

前記左駆動輪及び前記右駆動輪のそれぞれに対する左目標速度及び右目標速度を取得する取得部と、

前記力センサが検出した横力に基づいて前記左目標速度及び前記右目標速度のそれぞれに対する左補正量及び右補正量を算出する補正量算出部と、

前記左補正量及び前記右補正量に基づいて前記左目標速度及び前記右目標速度のそれぞれを補正する補正部と、

前記補正部により補正された前記左目標速度及び前記右目標速度に基づいて前記左駆動輪及び前記右駆動輪を駆動させる駆動部とを備える、

自走式ロボット。

【請求項2】

前記左駆動輪及び前記右駆動輪のそれぞれに対する左回転速度及び右回転速度を検出する速度検出部と、

前記左回転速度及び前記右回転速度に基づいて前記本体の進行方向を算出する進行方向算出部とをさらに備え、

前記補正量算出部は、前記進行方向算出部により算出された前記進行方向が前記本体が直進していることを示す所定の条件を満たす場合にのみ、前記左補正量及び前記右補正量をそれぞれ算出する、

請求項 1 記載の自走式ロボット。

【請求項 3】

前記力センサは、少なくとも一軸の検出方向を持つ力センサである、

請求項 1 又は 2 に記載の自走式ロボット。

【請求項 4】

本体と、

前記本体を床面上で走行させる左駆動輪及び右駆動輪と、

前記本体に対して旋回可能に設けられた従動キャストと、

前記従動キャストの前記本体に対する旋回角度を検出する角度センサと、

前記左駆動輪及び前記右駆動輪のそれぞれの状態を検出する状態センサと、

前記左駆動輪及び前記右駆動輪のそれぞれに対する左目標速度及び右目標速度を取得する取得部と、

前記状態センサが検出した前記左駆動輪及び前記右駆動輪のそれぞれの状態に基づいて、前記左駆動輪及び前記右駆動輪のそれぞれの回転方向に発生する左外乱及び右外乱を推定する外乱推定部と、

前記角度センサにより検出された前記旋回角度と、前記外乱推定部により推定された前記左外乱及び前記右外乱とに基づいて、前記左駆動輪及び前記右駆動輪に作用する前記左駆動輪及び前記右駆動輪の車輪軸方向の力である横力を推定する横力推定部と、

前記横力推定部が推定した横力に基づいて前記左目標速度及び前記右目標速度のそれぞれに対する左補正量及び右補正量を算出する補正量算出部と、

前記左補正量及び前記右補正量に基づいて前記左目標速度及び前記右目標速度のそれぞれを補正する補正部と、

前記補正部により補正された前記左目標速度及び前記右目標速度に基づいて前記左駆動輪及び前記右駆動輪を回転させる駆動部とを備える、

自走式ロボット。

【請求項 5】

前記駆動部は、前記左駆動輪を駆動する左モータと、前記右駆動輪を駆動する右モータとを含み、

前記状態センサは、前記左モータ及び前記右モータのそれぞれの駆動電流を前記状態として検出する電流センサと、前記左モータ及び前記右モータのそれぞれの回転速度を前記状態として検出するエンコーダとを含む、

請求項 4 に記載の自走式ロボット。

【請求項 6】

前記横力推定部は、前記左外乱及び前記右外乱の差を、前記自走式ロボットに対して前記旋回角度の方向に発生している走行外乱として算出し、前記走行外乱の前記車輪軸方向の成分を前記横力として推定する、

請求項 4 又は 5 に記載の自走式ロボット。

【請求項 7】

前記補正量算出部は、前記本体が直進している場合のみ補正量を算出する、

請求項 1 ~ 6 のいずれかに記載の自走式ロボット。

【請求項 8】

車輪軸の左方向の前記横力が増大するにつれて、前記左補正量が前記右補正量に比べて増大するように前記横力と前記左補正量及び前記右補正量とが対応付けられ、且つ前記車輪軸の右方向の前記横力が増大するにつれて、前記右補正量が前記左補正量に比べて増大するように前記横力と前記右補正量及び前記左補正量とが対応付けられた補正データを記憶するメモリをさらに備え、

前記補正量算出部は、検出又は推定された前記横力に対応する前記左補正量及び前記右

10

20

30

40

50

補正量を前記補正データから取得することにより、前記左補正量及び前記右補正量を算出する、

請求項 1 ~ 7 のいずれかに記載の自走式ロボット。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本開示は自走式ロボットに関するものである。

【背景技術】

【0002】

近年、カーペットなどの床面を自律的に走行し、床面を掃除する自走式ロボットが知られている。このような自走式ロボットでは、目標軌道が直進の場合、絨毯の毛並みの影響により、横方向に滑りながら直進することがあり、これを抑制することが要求される。

10

【0003】

例えば、特許文献 1 には、車輪の回転を感知する第 1 のセンサセットによって感知された駆動特性と、本体の回転を感知する第 2 のセンサによって感知された運動特性とに基づいて、カーペットドリフトを推定するロボット装置が開示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【文献】特表 2015 - 521760 号公報

20

【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、特許文献 1 に示す従来のロボット装置は、ジャイロ스코ープセンサーにより構成されているため、本体がカーペット上を大きく旋回しなければ、横滑りを検出できず、さらなる改善が要求されている。

【0006】

本開示は、このような課題を解決するためになされたものであり、本体が床面上を旋回していなくても、横滑りを抑制する自走式ロボット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】

30

【0007】

本開示の一態様に係る自走式ロボットは、本体と、前記本体を床面上で走行させる左駆動輪及び右駆動輪と、前記本体の直進時に、前記左駆動輪及び前記右駆動輪に作用する前記左駆動輪及び前記右駆動輪の車輪軸方向の力である横力を検出する力センサと、前記左駆動輪及び前記右駆動輪のそれぞれに対する左目標速度及び右目標速度を取得する取得部と、前記力センサが検出した横力に基づいて前記左目標速度及び前記右目標速度のそれぞれに対する左補正量及び右補正量を算出する補正量算出部と、前記左補正量及び前記右補正量に基づいて前記左目標速度及び前記右目標速度のそれぞれを補正する補正部と、前記補正部により補正された前記左目標速度及び前記右目標速度に基づいて前記左駆動輪及び前記右駆動輪を駆動させる駆動部とを備える。

40

【発明の効果】

【0008】

本開示によれば、本体が床面上を旋回していなくても、横滑りを抑制できる。

【図面の簡単な説明】

【0009】

【図 1】実施の形態 1 に係る自走式ロボットの構成の一例を示す図である。

【図 2】キャスターが本体に対して旋回している状態を示した図である。

【図 3】実施の形態 1 に係る自走式ロボットの制御構成を示すブロック図である。

【図 4】進行方向算出部の処理の詳細を説明する図である。

【図 5】自走式ロボットに作用する横力を示す図である。

50

- 【図 6】補正データの特性を示すグラフである。  
 【図 7】補正データの特性を示すグラフである。  
 【図 8】実施の形態 1 に係る自走式ロボットの処理の一例を示すフローチャートである。  
 【図 9】実施の形態 2 に係る自走式ロボットの構成の一例を示す図である。  
 【図 10】実施の形態 2 に係る自走式ロボットの制御構成を示すブロック図である。  
 【図 11】実施の形態 2 において、横力の算出方法の一例を示す図である。  
 【図 12】補正データの特性を示すグラフである。  
 【図 13】実施の形態 2 に係る自走式ロボットの処理の一例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】

【0010】

(本開示に至る経緯)

自走式ロボットは、目標軌道が直進の場合、絨毯の毛並みによって横方向に滑りながら直進する横滑りが生じることがある。この場合、自走式ロボットは、目標軌道に沿って直進しているつもりであるが、実際の軌道が目標軌道に対して傾斜するため、目標軌道上の目標地点に到達することができなくなる。そのため、自走式ロボットでは、横滑りを抑制することが要求されている。

【0011】

横滑りは、自走式ロボットが横方向に滑りながら直進する動作であるため、必ずしも旋回速度が発生する訳ではない。したがって、特許文献 1 のようにジャイロスコープセンサーを用いて、横滑り時に生じる旋回速度を検出しても、横滑りを十分に抑制することはできない。

【0012】

そこで、本発明者は、自走式ロボットを構成する一对の駆動輪に作用する横力を検出或いは推定すれば、横滑りを正確に検出できるという知見を得て、本開示の下記に示す各態様を想到するに至った。

【0013】

本開示の一態様に係る自走式ロボットは、本体と、前記本体を床面上で走行させる左駆動輪及び右駆動輪と、前記本体の直進時に、前記左駆動輪及び前記右駆動輪に作用する前記左駆動輪及び前記右駆動輪の車輪軸方向の力である横力を検出する力センサと、前記左駆動輪及び前記右駆動輪のそれぞれに対する左目標速度及び右目標速度を取得する取得部と、前記力センサが検出した横力に基づいて前記左目標速度及び前記右目標速度のそれぞれに対する左補正量及び右補正量を算出する補正量算出部と、前記左補正量及び前記右補正量に基づいて前記左目標速度及び前記右目標速度のそれぞれを補正する補正部と、前記補正部により補正された前記左目標速度及び前記右目標速度に基づいて前記左駆動輪及び前記右駆動輪を駆動させる駆動部とを備える。

【0014】

本構成によれば、本体の直進時に、左駆動輪及び右駆動輪に作用する左駆動輪及び右駆動輪の車輪軸方向の力である横力が検出され、検出した横力に基づいて左補正量及び右補正量が算出され、左補正量及び右補正量に基づいて左目標速度及び右目標速度が補正され、補正された左目標速度及び右目標速度に基づいて、左駆動輪及び右駆動輪が駆動される。

【0015】

ここで、横力は本体が旋回していなくても、本体が横滑りしていれば発生する。したがって、本構成は、本体が床面上を旋回していない場合であっても、横滑りを抑制できる。

【0016】

上記態様において、前記左駆動輪及び前記右駆動輪のそれぞれに対する左回転速度及び右回転速度を検出する速度検出部と、前記左回転速度及び前記右回転速度に基づいて前記本体の進行方向を算出する進行方向算出部とをさらに備え、前記補正量算出部は、前記進行方向算出部により算出された前記進行方向が前記本体が直進していることを示す所定の条件を満たす場合にのみ、前記左補正量及び前記右補正量をそれぞれ算出してもよい。

【0017】

10

20

30

40

50

横滑りは、自走式ロボットが直進しているつもりで走行している場合に発生するものであり、本体が明示的に旋回しているような場合に発生するものではない。本構成によれば、左駆動輪及び右駆動輪の左回転速度及び右回転速度に基づいて本体の進行方向が算出され、その進行方向が本体の直進を示す所定の条件を満たす場合にのみ、左補正量及び右補正量が算出されている。そのため、横滑りが発生している可能性が高い状況下において、左回転速度及び右回転速度を補正することができ、横滑りを確実に抑制できる。

【0018】

上記態様において、前記力センサは、少なくとも一軸の検出方向を持つ力センサであってもよい。

【0019】

加速度センサを用いると、横滑りを検出することは可能であるが、加速度センサは高価であり、自走式ロボットのコストが高んでしまう。本構成は、加速度センサに比べて一般的に安価な一軸の力センサで構成されているため、自走式ロボットを低コストに構成できる。

【0020】

本開示の別の態様に係る自走式ロボットは、本体と、前記本体を床面上で走行させる左駆動輪及び右駆動輪と、前記本体に対して旋回可能に設けられた従動キャストと、前記従動キャストの前記本体に対する旋回角度を検出する角度センサと、前記左駆動輪及び前記右駆動輪のそれぞれの状態を検出する状態センサと、前記左駆動輪及び前記右駆動輪のそれぞれに対する左目標速度及び右目標速度を取得する取得部と、前記状態センサが検出した前記左駆動輪及び前記右駆動輪のそれぞれの状態に基づいて、前記左駆動輪及び前記右駆動輪のそれぞれの回転方向に発生する左外乱及び右外乱を推定する外乱推定部と、前記角度センサにより検出された前記旋回角度と、前記外乱推定部により推定された前記左外乱及び前記右外乱とに基づいて、前記左駆動輪及び前記右駆動輪に作用する前記左駆動輪及び前記右駆動輪の車輪軸方向の力である横力を推定する横力推定部と、前記横力推定部が推定した横力に基づいて前記左目標速度及び前記右目標速度のそれぞれに対する左補正量及び右補正量を算出する補正量算出部と、前記左補正量及び前記右補正量に基づいて前記左目標速度及び前記右目標速度のそれぞれを補正する補正部と、前記補正部により補正された前記左目標速度及び前記右目標速度に基づいて前記左駆動輪及び前記右駆動輪を回転させる駆動部とを備える。

【0021】

本構成によれば、状態センサが検出した左駆動輪及び右駆動輪のそれぞれの状態に基づいて、左駆動輪及び右駆動輪のそれぞれに対して回転方向に発生している左外乱及び右外乱の大きさが推定される。そして、角度センサにより検出された旋回角度と、外乱推定部により推定された左外乱及び右外乱とに基づいて、左駆動輪及び右駆動輪に作用する横力が推定される。そして、推定された横力に基づいて左補正量及び右補正量が算出され、左補正量及び右補正量に基づいて左目標速度及び右目標速度が補正され、補正された左目標速度及び右目標速度に基づいて、左駆動輪及び右駆動輪が駆動される。ここで、左駆動輪及び右駆動輪に作用する横力は本体が旋回していなくても、本体が横滑りしていれば発生する力である。したがって、本構成は、本体が床面上を旋回していない場合であっても、横滑りを抑制できる。また、本構成では、横力が推定されているため、力センサを用いなくても、横滑りを抑制できる。

【0022】

上記態様において、前記駆動部は、前記左駆動輪を駆動する左モータと、前記右駆動輪を駆動する右モータとを含み、前記状態センサは、前記左モータ及び前記右モータのそれぞれの駆動電流を前記状態として検出する電流センサと、前記左モータ及び前記右モータのそれぞれの回転速度を前記状態として検出するエンコーダとを含んでもよい。

【0023】

本構成によれば、左モータ及び右モータのそれぞれの駆動電流と、左モータ及び右モータのそれぞれの回転速度が状態として用いられるため、左外乱及び右外乱を正確に求める

10

20

30

40

50

ことができる。

【0024】

上記態様において、前記横力推定部は、前記左外乱及び前記右外乱の差を、前記自走式ロボットに対して前記旋回角度の方向に発生している走行外乱として算出し、前記走行外乱の前記車輪軸方向の成分を前記横力として推定してもよい。

【0025】

本構成によれば、横力を正確に推定できる。

【0026】

上記態様において、前記補正量算出部は、前記本体が直進している場合のみ補正量を算出してもよい。

【0027】

本構成によれば、本体が直進している場合のみ補正量が算出されているため、横滑りが発生する可能性の高い状況下においてのみ、横滑りを抑制できる。

【0028】

上記態様において、車輪軸の左方向の前記横力が増大するにつれて、前記左補正量が前記右補正量に比べて増大するように前記横力と前記左補正量及び前記右補正量とが対応付けられ、且つ前記車輪軸の右方向の前記横力が増大するにつれて、前記右補正量が前記左補正量に比べて増大するように前記横力と前記右補正量及び前記左補正量とが対応付けられた補正データを記憶するメモリをさらに備え、前記補正量算出部は、検出又は推定された前記横力に対応する前記左補正量及び前記右補正量を前記補正データから取得することにより、前記左補正量及び前記右補正量を算出してもよい。

【0029】

本構成によれば、左方向への横滑りが生じている場合、左方向の横力が増大するにつれて左補正量が右補正量よりも増大されるため、左駆動輪の駆動力が右駆動輪の駆動力よりも大きくなる結果、左方向への横滑りを抑制できる。また、右方向への横滑りが生じている場合、右方向の横力が増大するにつれて右補正量が左補正量よりも増大されるため、右駆動輪の駆動力が左駆動輪の駆動力よりも大きくなる結果、右方向への横滑りを抑制できる。

【0030】

本開示は、このような自走式ロボットに含まれる特徴的な各構成をコンピュータに実行させる制御プログラム、或いはこの制御プログラムによって動作するシステムとして実現することもできる。また、このようなコンピュータプログラムを、CD-ROM等のコンピュータ読取可能な非一時的な記録媒体あるいはインターネット等の通信ネットワークを介して流通させることができるのは、言うまでもない。

【0031】

なお、以下で説明する実施の形態は、いずれも本開示の一具体例を示すものである。以下の実施の形態で示される数値、形状、構成要素、ステップ、ステップの順序などは、一例であり、本開示を限定する主旨ではない。また、以下の実施の形態における構成要素のうち、最上位概念を示す独立請求項に記載されていない構成要素については、任意の構成要素として説明される。また全ての実施の形態において、各々の内容を組み合わせることもできる。

【0032】

(実施の形態1)

図1は、実施の形態1に係る自走式ロボット1の構成の一例を示す図である。以下、本明細書において、自走式ロボット1の上方向を+Z方向、下方向を-Z方向と置く。自走式ロボット1の正面方向を+Y方向、正面方向とは反対の方向を-Y方向と置く。正面方向を向いて自走式ロボット1の左方向を+X方向、正面方向を向いて自走式ロボット1の右方向を-X方向と置く。自走式ロボット1は、例えば、屋内を自律的に移動することで、屋内の床を掃除するロボットである。図1において、説明の便宜上、吸引機構の図示は省略されている。Z方向は、+Z方向と-Z方向とを総称した方向である。Y方向は、+

10

20

30

40

50

Y方向と-Y方向とを総称した方向である。X方向は、+X方向と-X方向とを総称した方向である。図1において、上図は自走式ロボット1を+X方向に見た図であり、下図は自走式ロボット1を-Z方向、すなわち、本体10を上側から見た図である。

【0033】

図1に示す自走式ロボット1は、本体10、駆動輪11、キャスター12、モータ13、及び力センサ14を含む。駆動輪11は、左右一對の左駆動輪11a及び右駆動輪11bを含む。モータ13は、左駆動輪11aを駆動させる左モータ13aと、右駆動輪11bを駆動させる右モータ13bとを含む。力センサ14は、左駆動輪11aに作用する横力を検出する力センサ14aと、右駆動輪11bに作用する横力を検出する力センサ14bとを含む。

10

【0034】

左駆動輪11a及び右駆動輪11bは、それぞれ、本体10の裏面101に一部が露出して設けられている。左駆動輪11a及び右駆動輪11bは、それぞれ、図略の車輪軸を含む。左駆動輪11aは、左モータ13aからの動力により車輪軸周りに回転する。右駆動輪11bは、右モータ13bからの動力により車輪軸周りに回転する。車輪軸は、X方向と平行である。したがって、左駆動輪11a及び右駆動輪11bが同一の回転速度で前転することで本体10は前進する。左駆動輪11a及び右駆動輪11bが同一の回転速度で後転することで本体10は後進する。左駆動輪11a及び右駆動輪11bの回転速度に差を設けることで、本体10は旋回する。具体的には、前転する左駆動輪11aの回転速度が、右駆動輪11bの回転速度よりも大きい場合、本体10は右前方に旋回する。一方、前転する右駆動輪11bの回転速度が、左駆動輪11aの回転速度よりも大きい場合、本体10は左前方に旋回する。なお、自走式ロボット1は、後方旋回も可能である。

20

【0035】

左モータ13a及び右モータ13bのそれぞれは本体10内に内蔵されたマイクロコントローラ(図略)によって速度制御が行われる。左モータ13aにはエンコーダ15a(図3参照)が内蔵され、右モータ13bにはエンコーダ15b(図3参照)が内蔵されている。エンコーダ15aは、左モータ13aの回転速度である左回転速度を検出する。エンコーダ15bは、右モータ13bの回転速度である右回転速度を検出する。エンコーダ15aは、左駆動輪11aの左回転速度を検出する速度検出部の一例であり、エンコーダ15bは、右駆動輪11bの右回転速度を検出する速度検出部の一例である。

30

【0036】

キャスター12は、本体10の前後の倒れ込みを防ぎ、本体10の裏面101を床面90とほぼ平行に保つ役割を果たす。キャスター12は、車輪121と、車輪121を回転可能に保持するホルダー(図略)とを含む。ホルダー(図略)は、裏面101においてZ方向と平行な軸周りに旋回可能に取り付けられている。これにより、キャスター12は、本体10に対して旋回する。キャスター12の車輪121は、駆動力を持たず、本体10の移動速度に応じて受動的に回転する。キャスター12のホルダー(図略)は、駆動力を持たず、本体10の旋回に応じて受動的に旋回する。

【0037】

力センサ14aは、左駆動輪11aと左駆動輪11aの車輪軸(図略)との間に発生する車輪軸方向の力である横力を検出する。力センサ14aは、例えば一軸の力センサで構成されている。力センサ14bは、右駆動輪11bと右駆動輪11bの車輪軸(図略)との間に発生する車輪軸方向の力である横力を検出する。力センサ14bは、例えば一軸の力センサで構成されている。力センサ14a, 14bは、それぞれ例えば圧電式又は歪みゲージ式の力センサで構成できる。

40

【0038】

図2は、キャスター12が本体10に対して旋回している状態を示した図である。図2に示すように、キャスター12は、本体10に対して旋回することが可能である。これにより、本体10の進行方向が、Y方向ではなく、Y方向に対して左斜め前方又は右斜め前方に向いている場合、車輪121を進行方向に向けて旋回させることができる。その結果

50

、自走式ロボット 1 は、車輪 1 2 1 を引き摺ること無く、旋回することができる。

【 0 0 3 9 】

図 3 は、実施の形態 1 に係る自走式ロボット 1 の制御構成を示すブロック図である。自走式ロボット 1 は、上述した、左モータ 1 3 a、右モータ 1 3 b、力センサ 1 4、エンコーダ 1 5 a、及びエンコーダ 1 5 b の他、目標軌道出力部 2 0、取得部 2 1、進行方向算出部 2 2、補正量算出部 2 3、駆動部 2 4、補正部 2 5、及びメモリ 2 6 を含む。図 3 において、目標軌道出力部 2 0 ~ 補正部 2 5 は、マイクロコントローラにより構成されている。メモリ 2 6 は、例えば不揮発性の半導体メモリで構成されている。

【 0 0 4 0 】

目標軌道出力部 2 0 は自走式ロボット 1 の目的軌道を示す目標軌道データを出力する。目標軌道データは、例えば、地点 A 1 から地点 A 2 まで目標速度 V 1 で直進し、次に、地点 A 2 で旋回半径 r 1 で角速度  $\omega$  1 で旋回し、次に、地点 A 2 から地点 A 3 まで目標速度 V 2 で走行するというように、自走式ロボット 1 を目標軌道に沿って走行させるための動作シーケンスを定義するデータである。目標軌道データは、例えば事前に作成され、メモリ 2 6 に記憶されている。したがって、目標軌道出力部 2 0 は、メモリ 2 6 から目標軌道データを読み出し、シーケンス番号にしたがって順次に目標軌道データを取得部 2 1 に出力すればよい。

【 0 0 4 1 】

取得部 2 1 は、目標軌道出力部 2 0 から目標軌道データを取得することによって目標速度を取得し、取得した目標軌道データに基づき、左モータ 1 3 a の目標速度である左目標速度 V o l と、右モータ 1 3 b の目標速度である右目標速度 V o r とを計算し、補正部 2 5 に出力する。

【 0 0 4 2 】

進行方向算出部 2 2 は、エンコーダ 1 5 a から入力された左モータ 1 3 a の左回転速度  $\omega$  l と、エンコーダ 1 5 b から入力された右モータ 1 3 b の右回転速度  $\omega$  r とに基づいて本体 1 0 の進行方向を算出する。左回転速度  $\omega$  l は、左モータ 1 3 a の 1 秒間の回転量、すなわち、角速度である。右回転速度  $\omega$  r は、右モータ 1 3 b の 1 秒間の回転量、すなわち、角速度である。

【 0 0 4 3 】

進行方向算出部 2 2 の処理の詳細について、図 4 を用いて以下説明する。図 4 は、進行方向算出部 2 2 の処理の詳細を説明する図である。左駆動輪 1 1 a 及び右駆動輪 1 1 b の半径は、それぞれ r とする。この場合、1 秒間の左駆動輪 1 1 a の移動距離は  $r \cdot \omega$  l となる。同様に、右駆動輪 1 1 b の 1 秒間の移動距離は  $r \cdot \omega$  r となる。右回転速度  $\omega$  r > 左回転速度  $\omega$  l の場合、すなわち、本体 1 0 が左に旋回する場合、左駆動輪 1 1 a と右駆動輪 1 1 b との移動距離の差は、 $r \cdot (\omega$  r -  $\omega$  l) である。左駆動輪 1 1 a と右駆動輪 1 1 b との車輪軸方向 ( X 方向 ) の長さを 2 t とする。この場合、本体 1 0 の進行方向は、三角関数を用いて下記の式 ( 1 ) で計算される。進行方向  $\theta$  は本体 1 0 のヨー軸 ( Z 軸 ) 周りの 1 秒あたり旋回角度である。

【 0 0 4 4 】

$$\theta = \tan^{-1} ( r \cdot (\omega_r - \omega_l) / 2 t ) \quad ( 1 )$$

このことは、 $\omega$  r <  $\omega$  l の場合、すなわち、本体 1 0 が右に旋回する場合も同様である。進行方向算出部 2 2 は、式 ( 1 ) を用いて計算した本体 1 0 の進行方向  $\theta$  を補正量算出部 2 3 に出力する。

【 0 0 4 5 】

補正量算出部 2 3 は、力センサ 1 4 が検出した横力 F l , F r に基づいて、左目標速度 V o l 及び右目標速度 V o r のそれぞれに対する左補正量  $\Delta$  V o l 及び右補正量  $\Delta$  V o r を算出し、補正部 2 5 に出力する。

【 0 0 4 6 】

具体的には、補正量算出部 2 3 は、進行方向算出部 2 2 から出力された進行方向  $\theta$  が本体 1 0 が直進しているとみなせる所定の条件を満たしているか否かを判定し、進行方向

10

20

30

40

50

が所定の条件を満たしているとは判定した場合にのみ、左補正量  $V_{o1}$  及び右補正量  $V_{or}$  を算出する。所定の条件は、例えば、進行方向が事前に設定された角度に対して、 $| \quad |$  であるという条件である。この条件は、進行方向がほぼ前進もしくは後進であることを示し、本体 10 に旋回が起きていないことを意味する。本体 10 に旋回が起きていない場合、自走式ロボット 1 に働くコーナリングフォースはほぼ 0 のため、横力  $F_l$  ,  $F_r$  は無いのが正常な状態である。しかし、カーペット上を走行する時にはカーペットの毛並みにより、左駆動輪 11 a 及び右駆動輪 11 b には、横力  $F_l$  ,  $F_r$  が発生することがある。これにより、自走式ロボット 1 は、目標軌道が直進であるにも拘わらず、横方向に滑りながら直進する横滑りが発生するのである。

#### 【0047】

図 5 は、自走式ロボット 1 に作用する横力を示す図である。図 5 に示すように、横滑りが発生すると、左駆動輪 11 a 及び右駆動輪 11 b のそれぞれに対して横力  $F_l$  ,  $F_r$  が生じる。図 5 の例では、+ X 方向（左方向）への横滑りが発生しているため、左駆動輪 11 a 及び右駆動輪 11 b のそれぞれに対して + X 方向（左方向）の横力  $F_l$  ,  $F_r$  が発生している。この場合、力センサ 14 により、一定値以上の横力  $F_l$  ,  $F_r$  が検出される。そのため、補正量算出部 23 は、横滑りが発生していると推定できる。

#### 【0048】

本実施の形態では、メモリ 26 は、事前実験によって得られた、横力  $F_l$  及び横力  $F_r$  の和である横力  $F_t$  と、横力  $F_t$  の対応する左補正量  $V_{o1}$  との関係を示す補正データ 261 を記憶する。また、メモリ 26 は、事前実験によって得られた横力  $F_t$  と、横力  $F_t$  に対応する右補正量  $V_{or}$  との関係を示す補正データ 262 を記憶する。補正量算出部 23 は、力センサ 14 により検出された横力  $F_l$  及び横力  $F_r$  から横力  $F_t$  を算出し、横力  $F_t$  に対応する左補正量  $V_{o1}$  を補正データ 261 を参照することによって取得すると共に、横力  $F_t$  に対応する右補正量  $V_{or}$  を補正データ 262 を参照することによって取得する。

#### 【0049】

図 6 は、補正データ 261 の特性を示すグラフである。図 7 は、補正データ 262 の特性を示すグラフである。補正データ 261 は、縦軸に左補正量  $V_{o1}$  が設定され、横軸に横力  $F_t$  が設定されている。補正データ 261 において、横軸は、横力  $F_t$  が - X 方向（右方向）を向く、すなわち、右方向への横滑りが発生している場合が正であり、横力  $F_t$  が + X 方向（左方向）を向く、すなわち、左方向への横滑りが発生している場合が負である。

#### 【0050】

補正データ 261 は、横力  $F_t$  が横力  $F_{t1}$  よりも大きい場合、左補正量  $V_{o1}$  は 0 であるが、横力  $F_t$  が横力  $F_{t1}$  以下の場合、左補正量  $V_{o1}$  は横力  $F_t$  が負の方向に増大するにつれて例えばリニアに増大する。ここで、横力  $F_t$  が 0 より大きい場合、左補正量  $V_{o1}$  が 0 であるのは、左方向への横滑りが発生していないため、左目標速度  $V_{o1}$  を補正する必要がないからである。横力  $F_t$  が横力  $F_{t1}$  より大きく 0 以下の場合、左補正量  $V_{o1}$  が 0 である不感帯が設けられているのは、横力  $F_t$  が小さく、横滑りが発生しないと考えられるからである。横力  $F_t$  が横力  $F_{t1}$  以下の場合、横力  $F_t$  が負の方向に増大するにつれて左補正量  $V_{o1}$  がリニア増大しているのは、左方向への横滑りを抑制するには、左方向に作用する横力  $F_t$  が増大するにつれて、左目標速度  $V_{o1}$  に加算する左補正量  $V_{o1}$  を大きくする必要があるのである。

#### 【0051】

補正データ 262 は、縦軸に右補正量  $V_{or}$  が設定され、横軸に横力  $F_t$  が設定されている。補正データ 262 において、横軸は、横力  $F_t$  が - X 方向（右方向）を向く、すなわち、右方向への横滑りが発生している場合が正であり、横力  $F_t$  が + X 方向（左方向）を向く、すなわち、左方向への横滑りが発生している場合が負である。

#### 【0052】

補正データ 262 は、横力  $F_t$  が横力  $F_{t2}$  以下の場合、右補正量  $V_{or}$  は 0 である

10

20

30

40

50

が、横力  $F_t$  が横力  $F_{t2}$  より大きい場合、右補正量  $V_{or}$  は横力  $F_t$  が正の方向に増大するにつれて例えばニアに増大する。ここで、横力  $F_t$  が 0 以下の場合、右補正量  $V_{or}$  が 0 であるのは、右方向への横滑りが発生していないため、右目標速度  $V_{or}$  を補正する必要がないからである。横力  $F_t$  が 0 より大きく横力  $F_{t2}$  より小さい場合、右補正量  $V_{or}$  が 0 である不感帯が設けられているのは、横力  $F_t$  が小さく、横滑りが発生しないと考えられるからである。横力  $F_t$  が横力  $F_{t2}$  より大きい場合、横力  $F_t$  が正の方向に増大するにつれて右補正量  $V_{or}$  がニア増大しているのは、右方向に作用する横力  $F_t$  が増大するにつれて、右目標速度  $V_{or}$  に加算する右補正量  $V_{or}$  を大きくして、右方向への横滑りを抑制するためである。図 6 及び図 7 の例では、横力  $F_{t1}$  と横力  $F_{t2}$  とは正負は異なるが絶対値は同じである。

10

## 【0053】

例えば、力センサ 14 により検出された横力  $F_t$  が  $F_{tx}$  であったとすると、補正量算出部 23 は、補正データ 261 を参照して、 $F_{tx}$  に対応する左補正量  $V_{ol}$  ( $= V_{oly}$ ) を取得すると共に、補正データ 262 を参照して、 $F_{tx}$  に対応する右補正量  $V_{or}$  ( $= 0$ ) を取得する。そして、補正量算出部 23 は、取得した左補正量  $V_{ol}$  ( $= V_{oly}$ ) と右補正量  $V_{or}$  ( $= 0$ ) とを補正部 25 に出力する。これにより、左方向への横滑りが生じている場合において、左補正量  $V_{ol}$  ( $= V_{oly}$ ) が左目標速度  $V_{ol}$  に加算される一方、右目標速度  $V_{or}$  には右補正量  $V_{or}$  ( $= 0$ ) が加算されるため、左目標速度  $V_{ol}$  の方が右目標速度  $V_{or}$  よりも大きくなる。その結果、左駆動輪 11a の駆動力が右駆動輪 11b の駆動力よりも大きくなり、本体 10 の左方向への横滑りが抑制される。

20

## 【0054】

図 3 に参照を戻す。補正部 25 は、左補正量  $V_{ol}$  及び右補正量  $V_{or}$  に基づいて左目標速度  $V_{ol}$  及び右目標速度  $V_{or}$  のそれぞれを補正する。補正部 25 は、加算器 251 を含む。加算器 251 は、取得部 21 から出力された左目標速度  $V_{ol}$  に補正量算出部 23 から出力された左補正量  $V_{ol}$  を加算することで、左目標速度  $V_{ol}$  を補正する。加算器 251 は、取得部 21 から出力された右目標速度  $V_{or}$  に補正量算出部 23 から出力された右補正量  $V_{or}$  を加算することで、右目標速度  $V_{or}$  を補正する。

## 【0055】

駆動部 24 は、補正部 25 により補正された左目標速度  $V_{ol}$  及び右目標速度  $V_{or}$  に基づいて左駆動輪 11a 及び右駆動輪 11b を駆動させる。駆動部 24 は、図 1 で説明した左モータ 13a、右モータ 13b、エンコーダ 15a、及びエンコーダ 15b を含む。補正部 25 によって補正された左目標速度  $V_{ol}$  は左モータ 13a に入力される。これにより、左モータ 13a は、左目標速度  $V_{ol}$  で回転するように制御される。また、補正部 25 によって補正された右目標速度  $V_{or}$  は右モータ 13b に入力される。これにより、右モータ 13b は、右目標速度  $V_{or}$  で回転するように制御される。

30

## 【0056】

図 8 は、実施の形態 1 に係る自走式ロボット 1 の処理の一例を示すフローチャートである。なお、図 8 のフローは例えば所定の演算周期で繰り返し実行される。ステップ S1 では、取得部 21 は、目標軌道出力部 20 から取得した目標軌道データから左目標速度  $V_{ol}$  及び右目標速度  $V_{or}$  を算出する。

40

## 【0057】

ステップ S2 では、エンコーダ 15a は左回転速度  $l$  を検出し、エンコーダ 15b は右回転速度  $r$  を検出する。

## 【0058】

ステップ S3 では、進行方向算出部 22 は、左駆動輪 11a の移動距離  $r \cdot l$  と右駆動輪 11b の移動距離  $r \cdot r$  とを算出する。

## 【0059】

ステップ S4 では、進行方向算出部 22 は、移動距離  $r \cdot l$  と移動距離  $r \cdot r$  との差  $r \cdot (r - l)$  を算出する。

50

## 【 0 0 6 0 】

ステップ S 5 では、進行方向算出部 2 2 は、 $r \cdot (r - l)$  を式 ( 1 ) に代入して進行方向  $\theta$  を算出する。

## 【 0 0 6 1 】

ステップ S 6 では、補正量算出部 2 3 は、進行方向  $\theta$  が角度  $\theta_0$  以下であるか否かを判定する。進行方向  $\theta$  が角度  $\theta_0$  以下である場合 ( ステップ S 6 で YES )、力センサ 1 4 a は横力  $F_l$  を検出し、力センサ 1 4 b は横力  $F_r$  を検出する ( ステップ S 7 )。

## 【 0 0 6 2 】

ステップ S 8 では、補正量算出部 2 3 は、横力  $F_l$  及び横力  $F_r$  を加算して横力  $F_t$  を算出し、補正データ 2 6 1 を参照して横力  $F_t$  に対応する左補正量  $V_{ol}$  を算出すると共に、補正データ 2 6 2 を参照して横力  $F_t$  に対応する右補正量  $V_{or}$  を算出する。

10

## 【 0 0 6 3 】

ステップ S 9 では、補正部 2 5 は、左目標速度  $V_{ol}$  に左補正量  $V_{ol}$  を加算して、左目標速度  $V_{ol}$  を補正すると共に、右目標速度  $V_{or}$  に右補正量  $V_{or}$  を加算して、右目標速度  $V_{or}$  を補正する。

## 【 0 0 6 4 】

ステップ S 1 0 では、駆動部 2 4 は、補正後の左目標速度  $V_{ol}$  で左モータ 1 3 a を駆動し、補正後の右目標速度  $V_{or}$  で右モータ 1 3 b を駆動する。ステップ S 1 0 が終了すると、処理はステップ S 1 に戻る。

## 【 0 0 6 5 】

ステップ S 6 において、進行方向  $\theta$  が角度  $\theta_0$  より大きい場合 ( ステップ S 6 で NO )、駆動部 2 4 は、ステップ S 1 で算出した左目標速度  $V_{ol}$  及び右目標速度  $V_{or}$  で左モータ 1 3 a 及び右モータ 1 3 b を駆動する ( ステップ S 1 1 )。ステップ S 1 1 が終了すると処理はステップ S 1 に戻る。

20

## 【 0 0 6 6 】

このように、本実施の形態によれば、本体 1 0 の直進時に、左駆動輪 1 1 a 及び右駆動輪 1 1 b に作用する横力  $F_t$  が検出され、検出した横力  $F_t$  に基づいて左補正量  $V_{ol}$  及び右補正量  $V_{or}$  が算出され、左補正量  $V_{ol}$  及び右補正量  $V_{or}$  に基づいて左目標速度  $V_{ol}$  及び右目標速度  $V_{or}$  が補正され、補正された左目標速度  $V_{ol}$  及び右目標速度  $V_{or}$  に基づいて、左駆動輪 1 1 a 及び右駆動輪 1 1 b が駆動される。

30

## 【 0 0 6 7 】

ここで、左駆動輪 1 1 a 及び右駆動輪 1 1 b に作用する横力  $F_t$  は本体 1 0 が回転していなくても、本体 1 0 が横滑りしていれば発生する。したがって、本構成は、本体 1 0 が床面上を回転していない場合であっても、横滑りを抑制できる。

## 【 0 0 6 8 】

さらに、実施の形態 1 では横力  $F_l$  ,  $F_r$  が直接検出されて、左目標速度  $V_{ol}$  及び右目標速度  $V_{or}$  が補正されているため、実際に自走式ロボット 1 が進行方向とは別の方向に滑り出す前に左目標速度  $V_{ol}$  及び右目標速度  $V_{or}$  を補正でき、進行方向に沿った直進動作を保つことができる。

## 【 0 0 6 9 】

さらに、実施の形態 1 では、左駆動輪 1 1 a 及び右駆動輪 1 1 b にかかる横力  $F_t$  に基づいて左目標速度  $V_{ol}$  及び右目標速度  $V_{or}$  が補正されているため、本体 1 0 に作用する横力  $F_t$  が、本体 1 0 の旋回に起因するものであるか、本体 1 0 の横滑りに起因するものであるかに関係なく、本体 1 0 の進行方向に沿った直進動作を保つことができる。

40

## 【 0 0 7 0 】

( 実施の形態 2 )

実施の形態 2 に係る自走式ロボット 1 A は、横力  $F_l$  ,  $F_r$  を推定するものである。図 9 は、実施の形態 2 に係る自走式ロボット 1 A の構成の一例を示す図である。なお、本実施の形態において実施の形態 1 と共通する構成要素には同一の符号を付して、説明を省略する。自走式ロボット 1 A は、自走式ロボット 1 に対して更にエンコーダ 1 5 c を含む。

50

エンコーダ 15c は、キャスト 12 に取り付けられている。エンコーダ 15c は、キャスト 12 の本体 10 に対する旋回角度を検出する角度センサの一例である。旋回角度は、キャスト 12 の Z 軸（ヨー軸）周りの回転角度である。

【0071】

図 10 は、実施の形態 2 に係る自走式ロボット 1A の制御構成を示すブロック図である。自走式ロボット 1A は、自走式ロボット 1 の力センサ 14 に代えて、電流センサ 16 を備える。電流センサ 16 は、電流センサ 16a, 16b を含む。電流センサ 16a は、例えば左モータ 13a に設けられている。電流センサ 16b は、例えば右モータ 13b に設けられている。電流センサ 16a は、左モータ 13a の駆動電流の電流値  $I_a$  を検出し、外乱推定部 27 に出力する。電流センサ 16b は、右モータ 13b の駆動電流の電流値  $I_b$  を検出し、外乱推定部 27 に出力する。

10

【0072】

なお、本実施の形態において、電流センサ 16 及びエンコーダ 15a, 15b は左駆動輪 11a 及び右駆動輪 11b の状態を検出する状態センサの一例である。

【0073】

自走式ロボット 1A は、自走式ロボット 1 に対して、進行方向算出部 22 に代えて外乱推定部 27、及び横力推定部 28 を備える。なお、図 10 において、実施の形態 1 と機能が相違する同一名称のブロックには符号の末尾に A が付されている。

【0074】

外乱推定部 27 は、電流センサ 16a で検出された電流値  $I_a$  と、エンコーダ 15a により検出された左回転速度  $\omega_l$  とに基づいて左モータ 13a に発生している左負荷外乱  $T_l$  を推定する。外乱推定部 27 は、電流センサ 16b で検出された電流値  $I_b$  と、エンコーダ 15b により検出された右回転速度  $\omega_r$  とに基づいて右モータ 13b に発生している右負荷外乱  $T_r$  を推定する。ここで、外乱推定部 27 は、例えば外乱オブザーバを用いて左負荷外乱  $T_l$  及び右負荷外乱  $T_r$  を推定すればよい。左モータ 13a 及び右モータ 13b のそれぞれに発生している左負荷外乱  $T_l$  及び右負荷外乱  $T_r$  は、それぞれ、左モータ 13a 及び右モータ 13b の回転方向のトルクに対する外乱である。そのため、左駆動輪 11a 及び右駆動輪 11b のそれぞれの半径を  $r$  とすると、左駆動輪 11a の回転方向に発生している左外乱  $F_{fl}$  は、 $r \cdot T_l$  により算出され、右駆動輪 11b の回転方向に発生している右外乱  $F_{fr}$  は、 $r \cdot T_r$  により算出される。そこで、外乱推定部 27 は、 $r \cdot T_l$  により左外乱  $F_{fl}$  を算出し、 $r \cdot T_r$  により右外乱  $F_{fr}$  を算出する。

20

30

【0075】

横力推定部 28 は、外乱推定部 27 から出力された左外乱  $F_{fl}$  及び右外乱  $F_{fr}$  と、エンコーダ 15c から出力されたキャスト 12 の旋回角度  $\theta$  とに基づき左駆動輪 11a 及び右駆動輪 11b に作用する車輪軸方向の力である横力  $F_{lat}$  を推定する。

【0076】

図 11 は、実施の形態 2 において、横力  $F_{lat}$  の算出方法の一例を示す図である。この例では、左駆動輪 11a で発生している左外乱  $F_{fl}$  と、右駆動輪 11b で発生している右外乱  $F_{fr}$  とにおいて、差の部分は走行に対する外乱（走行外乱）と考えられ、等しい部分は駆動力に相当すると考えられる。したがって、まず、横力推定部 28 は、 $F_{fr} - F_{fl}$  により、走行外乱を算出する。また、エンコーダ 15c から出力された旋回角度  $\theta$  は、自走式ロボット 1A に発生している走行外乱の方向に近いと考えられる。すなわち、旋回角度  $\theta$  の方向に走行外乱  $F_{all}$  が発生しているとみなすことができる。そこで、横力推定部 28 は、式 (2) を用いて、走行外乱  $F_{all}$  を推定する。

40

【0077】

$$F_{all} = k \cdot ((F_{fr} - F_{fl}) / \cos \theta) \quad (2)$$

$k$  は事前の実験で決められた調整係数である。

【0078】

ここで、自走式ロボット 1A に発生している走行外乱  $F_{all}$  のうち、車輪軸方向に相当する成分が横力  $F_{lat}$  とみなすことができる。そのため、横力  $F_{lat}$  は三角関数を

50

用いて式(3)によって表される。

【0079】

$$Flat = Fall \cdot \sin \quad (3)$$

そこで、横力推定部28は、 $Flat \cdot \sin$  により、横力 $Flat$ を推定する。

【0080】

補正量算出部23Aは、横力推定部28により推定された横力 $Flat$ に基づき左補正量 $Vol$ と右補正量 $Vor$ とを算出する。具体的には、補正量算出部23Aは、図12に示す補正データ263を参照して、左補正量 $Vol$ と右補正量 $Vor$ とを算出し、補正部25に出力する。図12は、補正データ263の特性を示すグラフである。補正データ263は、縦軸に左補正量 $Vol$ 及び右補正量 $Vor$ が設定され、横軸に横力 $Flat$ が設定されている。補正データ263において、横軸は、横力 $Flat$ が-X方向(右方向)を向く、すなわち、右方向への横滑りが発生する場合が正であり、横力 $Flat$ が+X方向(左方向)を向く、すなわち、左方向への横滑りが発生する場合が負である。

10

【0081】

図12において、実線で示す左補正量 $Vol$ は、横力 $Flat$ が0より大きい場合、0である。これは、横力 $Flat$ が0より大きい場合、左方向への横滑りが発生していないため、左目標速度 $Vol$ を補正する必要がないからである。また、左補正量 $Vol$ は、横力 $Flat$ が0以下の場合、横力 $Flat$ が負の方向に増大するにつれて、例えばリニアに増大する。これは、左方向への横滑りを抑制するには、左方向に作用する横力 $Flat$ が増大するにつれて、左目標速度 $Vol$ に加算する左補正量 $Vol$ を大きくする必要があるのである。

20

【0082】

図12において、点線で示す右補正量 $Vor$ は、横力 $Flat$ が0以下の場合、0である。これは、横力 $Flat$ が0以下の場合、右方向への横滑りが発生していないため、右目標速度 $Vor$ を補正する必要がないからである。また、右補正量 $Vor$ は、横力 $Flat$ が0より大きい場合、横力 $Flat$ が正の方向に増大するにつれて、例えばリニアに増大する。これは、右方向への横滑りを抑制するには、右方向に作用する横力 $Flat$ が増大するにつれて、右目標速度 $Vor$ に加算する右補正量 $Vor$ を大きくする必要があるのである。

30

【0083】

なお、図12では、図6、図7に示すように、不感帯が設けられていないのは、本実施の形態では、式(3)に示すようにキャスト12が本体10に対して旋回していることを条件に左補正量 $Vol$ 、右補正量 $Vor$ が算出されているからである。すなわち、キャスト12が本体10に対して旋回しているということは、横滑りが生じるために必要な横力 $Flat$ が十分に発生していると考えられるからである。

【0084】

例えば、力センサ14により検出された横力 $Flat$ が $Ftx$ であったとすると、補正量算出部23Aは、補正データ263を参照して、 $Ftx$ に対応する左補正量 $Vol$ ( $= Vol_y$ )を取得すると共に、 $Ftx$ に対応する右補正量 $Vor$ ( $= 0$ )を取得して、補正部25に出力する。これにより、左方向への横滑りが生じている場合において、左補正量 $Vol$ ( $= Vol_y$ )が左目標速度 $Vol$ に加算される一方、右目標速度 $Vor$ には右補正量 $Vor$ ( $= 0$ )が加算されるため、左目標速度 $Vol$ の方が右目標速度 $Vor$ よりも大きくなる。その結果、左駆動輪11aの駆動力が右駆動輪11bの駆動力よりも大きくなり、本体10の左方向への横滑りが抑制される。

40

【0085】

図10に参照を戻す。目標軌道出力部20Aは自走式ロボット1Aの目標軌道データを取得部21に出力することに加えて、本実施の形態では、更に目標軌道データから得られる、自走式ロボット1が現在、直進走行中であるか否かを示す直進通知信号を補正量算出部23Aに出力する。左モータ13a及び右モータ13bのそれぞれの応答時間等の影響

50

により、目標軌道データが取得部 2 1 に出力された時点から、実際に自走式ロボット 1 A が目標軌道データにしたがった動作を開始するまでには遅延が発生する。そこで、目標軌道出力部 2 0 A は、事前に遅延時間（例えば 1 秒）を設定しておき、直進走行を示す目標軌道データを取得部 2 1 に出力した時点から遅延時間が経過した時点で、補正量算出部 2 3 A に直進通知信号を出力してもよい。この場合、補正量算出部 2 3 A は直進通知信号を受信してから左目標速度  $V_{ol}$  及び右目標速度  $V_{or}$  の補正処理を開始すればよい。これにより、補正量算出部 2 3 A は、目標軌道データが直進走行中であることを示す場合においてのみ、補正処理を行うことができる。

【0086】

図 1 3 は、実施の形態 2 に係る自走式ロボット 1 A の処理の一例を示すフローチャートである。なお、図 1 3 のフローは例えば所定の演算周期で繰り返し実行される。ステップ S 1 0 1 では、取得部 2 1 は、目標軌道出力部 2 0 から取得した目標軌道データから左目標速度  $V_{ol}$  及び右目標速度  $V_{or}$  を算出する。

10

【0087】

ステップ S 1 0 2 では、電流センサ 1 6 a は、左モータ 1 3 a の電流値  $I_a$  を検出し、電流センサ 1 6 b は、右モータ 1 3 b の電流値  $I_b$  を検出する。また、ステップ S 1 0 2 では、エンコーダ 1 5 a は、左モータ 1 3 a の左回転速度  $l$  を検出し、エンコーダ 1 5 b は、右モータ 1 3 b の右回転速度  $r$  を検出する。また、ステップ S 2 では、エンコーダ 1 5 c は、キャスト 1 2 の旋回角度  $\theta$  を検出する。

【0088】

ステップ S 1 0 3 では、外乱推定部 2 7 は、電流値  $I_a$  と左回転速度  $l$  とに基づいて左負荷外乱  $T_l$  を推定すると共に、電流値  $I_b$  と右回転速度  $r$  とに基づいて右負荷外乱  $T_r$  を推定する。

20

【0089】

ステップ S 1 0 4 では、外乱推定部 2 7 は、 $r \cdot T_l$  により左外乱  $F_{fl}$  を算出すると共に、 $r \cdot T_r$  により右外乱  $F_{fr}$  を算出する。

【0090】

ステップ S 1 0 5 では、横力推定部 2 8 は、左外乱  $F_{fl}$  及び右外乱  $F_{fr}$  の差 ( $= F_{fr} - F_{fl}$ ) を算出する。

【0091】

ステップ S 1 0 6 では、横力推定部 2 8 は、左外乱  $F_{fl}$  及び右外乱  $F_{fr}$  の差 ( $= F_{fr} - F_{fl}$ ) と、旋回角度  $\theta$  とを式 ( 2 ) に代入し、走行外乱  $F_{all}$  を算出する。

30

【0092】

ステップ S 1 0 7 では、横力推定部 2 8 は、走行外乱  $F_{all}$  と、旋回角度  $\theta$  とを式 ( 3 ) に代入し、横力  $F_{lat}$  を算出する。

【0093】

ステップ S 1 0 8 では、補正量算出部 2 3 A は、補正データ 2 6 3 を参照することにより、推定された横力  $F_{lat}$  に対する左補正量  $V_{ol}$  と右補正量  $V_{or}$  とを算出する。

【0094】

ステップ S 1 0 9、S 1 1 0 の処理は、図 8 に示すステップ S 9、S 1 0 と同じである。

40

【0095】

以上、実施の形態 2 によれば、横力推定部 2 8 により推定された横力  $F_{lat}$  に基づいて、補正量算出部 2 3 A により左補正量  $V_{ol}$  及び右補正量  $V_{or}$  が算出され、左補正量  $V_{ol}$  及び右補正量  $V_{or}$  に基づいて左目標速度  $V_{ol}$  及び右目標速度  $V_{or}$  が補正されている。そのため、自走式ロボット 1 A は、絨毯のような外乱のある環境下でも目標軌道が直進の時に横滑りすることなく直進動作を実現することができる。

【0096】

ここで、走行外乱  $F_{all}$  及びキャスト 1 2 ( 従動キャスト ) の旋回角度  $\theta$  を用いて、左駆動輪 1 1 a 及び右駆動輪 1 1 b に作用する横力  $F_{lat}$  を推定する意味を説明する。例えば、絨毯の影響により駆動輪 1 1 に対して横滑りまたは旋回が発生していてもそ

50

れを補正せず、かつ直進を意図して左右の駆動輪 1 1 に同一の速度指令を与え続けた場合、絨毯の影響により、左右の駆動輪 1 1 の速度差はほとんど発生しない場合がある。つまり、左右の駆動輪 1 1 に速度差のみに基づいて、絨毯による横滑りまたは旋回を検知することが難しい場合がある。一方、本実施形態では、絨毯の影響により駆動輪 1 1 に対して横滑りまたは旋回が発生している場合を、走行外乱  $F_{a11}$  を用いることにより検出することができる。特に、本実施形態は、電流値  $I_a$  及び左回転速度  $\omega_l$  に基づく左外乱  $F_{fl}$  と、電流値  $I_b$  及び右回転速度  $\omega_r$  に基づく右外乱  $F_{fr}$  とが、絨毯の影響により駆動輪 1 1 に対して横滑りまたは旋回が発生していてもそれを補正せず、かつ直進を意図して左右の駆動輪 1 1 に同一の速度指令を与え続ける場合でも、その差異が現れる知見を利用している。一方、この走行外乱  $F_{a11}$  は、左右の駆動輪 1 1 の回転方向に加わる走行外乱であり、横滑りを引き起こす力とは、床面において垂直の関係にある。よって、本実施形態は、走行外乱  $F_{a11}$  に加えて、横滑りを引き起こす方向の力に影響するキャスター 1 2 (従動キャスター) の旋回角度  $\theta$  を用いることにより、絨毯の影響の検知精度を高め、直進動作を実現している。

10

【0097】

さらに、実施の形態 2 によれば、横力  $F_{lat}$  が推定されているため、横力  $F_{lat}$  を推定するためのセンサを用いることなく、自走式ロボット 1 A に横滑りのない直進動作を行わせることができる。

【0098】

さらに、実施の形態 2 によれば、左駆動輪 1 1 a 及び右駆動輪 1 1 b にかかる横力  $F_{lat}$  に基づいて左目標速度  $V_{ol}$  及び右目標速度  $V_{or}$  が補正されているため、本体 1 0 に作用する横力  $F_t$  が、本体 1 0 の旋回に起因するものなのか、或いは本体 1 0 の横滑りに起因するものなのかに関係なく、本体 1 0 の直進動作を保つことができる。

20

【0099】

本実施の形態は以下の変形例が採用できる。

【0100】

(1) 実施の形態 2 において、目標軌道出力部 2 0 A は、補正量算出部 2 3 A に対して走行通知信号を出力していたが、これは一例であり、走行通知信号を出力しなくてもよい。

【0101】

(2) 実施の形態 1 では、メモリ 2 6 は補正データ 2 6 1 と補正データ 2 6 2 とを備えているがこれは一例であり、メモリ 2 6 は補正データ 2 6 1 と補正データ 2 6 2 とが集約された補正データを記憶してもよい。この場合、メモリ 2 6 は、車輪軸の左方向の横力  $F_t$  が増大するにつれて、左補正量  $V_{ol}$  が右補正量  $V_{or}$  に比べて増大するように横力  $F_t$  と左補正量  $V_{ol}$  及び右補正量  $V_{or}$  とが対応付けられ、且つ車輪軸の右方向の横力  $F_t$  が増大するにつれて、右補正量  $V_{or}$  が左補正量  $V_{ol}$  に比べて増大するように横力  $F_t$  と右補正量  $V_{or}$  及び左補正量  $V_{ol}$  とが対応付けられた補正データを記憶すればよい。

30

【0102】

(3) 補正データ 2 6 1 及び補正データ 2 6 2 は、それぞれ不感帯を備えていたが、本開示はこれに限定されず、不感帯を備えていなくてもよい。

40

【0103】

(4) 実施の形態 1 では、2 つの力センサ 1 4 a , 1 4 b が用いられているが、これは一例であり、自走式ロボット 1 は、力センサ 1 4 a , 1 4 b のうちのいずれか一方の力センサを備えていてもよい。この場合、補正量算出部 2 3 は、1 つの力センサが検出した横力を 2 倍することで横力  $F_t$  を算出してもよい。或いは、補正データ 2 6 1 , 2 6 2 は、それぞれ、1 つの力センサが検出した横力と左補正量  $V_{ol}$  と右補正量  $V_{or}$  とを対応付けた補正データで構成されればよい。

【産業上の利用可能性】

【0104】

本開示によれば、横滑りを抑制して自走式ロボットを目標軌道通りに走行させることが

50

できるため、掃除ロボットなどの自走式ロボットに有用である。

【符号の説明】

【 0 1 0 5 】

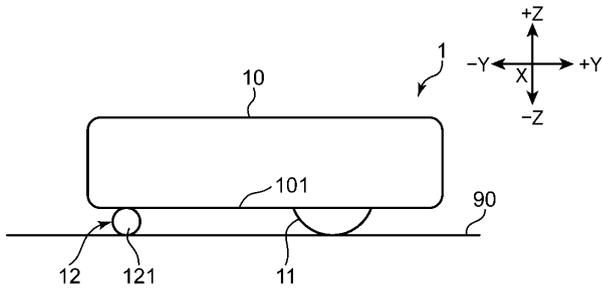
1	: 自走式ロボット	
1 A	: 自走式ロボット	
1 0	: 本体	
1 1	: 駆動輪	
1 1 a	: 左駆動輪	
1 1 b	: 右駆動輪	
1 2	: キャスター	10
1 3	: モータ	
1 3 a	: 左モータ	
1 3 b	: 右モータ	
1 4	: 力センサ	
1 4 a	: 力センサ	
1 4 b	: 力センサ	
1 5 a	: エンコーダ	
1 5 b	: エンコーダ	
1 5 c	: エンコーダ	
1 6	: 電流センサ	20
1 6 a	: 電流センサ	
1 6 b	: 電流センサ	
2 0	: 目標軌道出力部	
2 0 A	: 目標軌道出力部	
2 1	: 取得部	
2 2	: 進行方向算出部	
2 3	: 補正量算出部	
2 3 A	: 補正量算出部	
2 4	: 駆動部	
2 5	: 補正部	30
2 6	: メモリ	
2 7	: 外乱推定部	
2 8	: 横力推定部	
2 5 1	: 加算器	

40

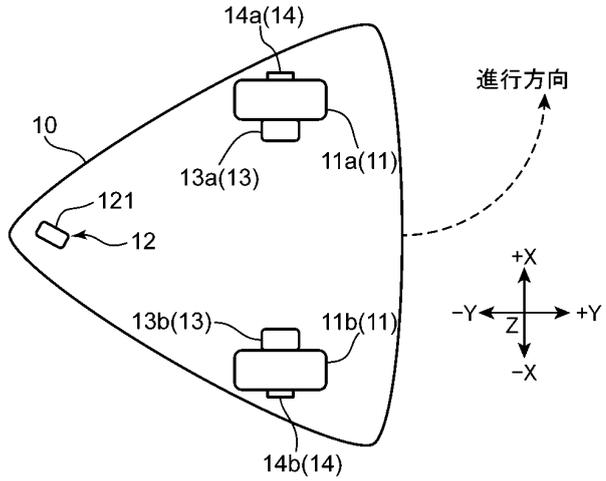
50

【図面】

【図 1】



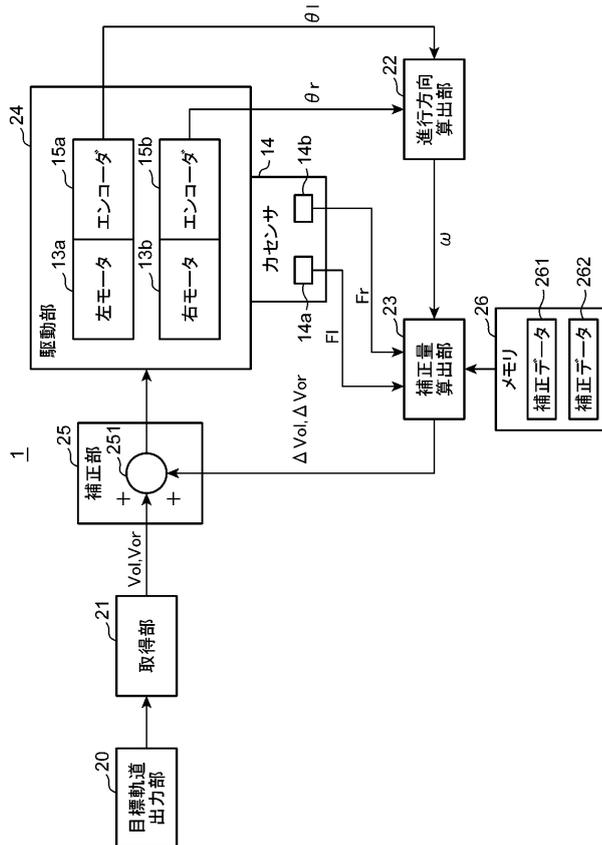
【図 2】



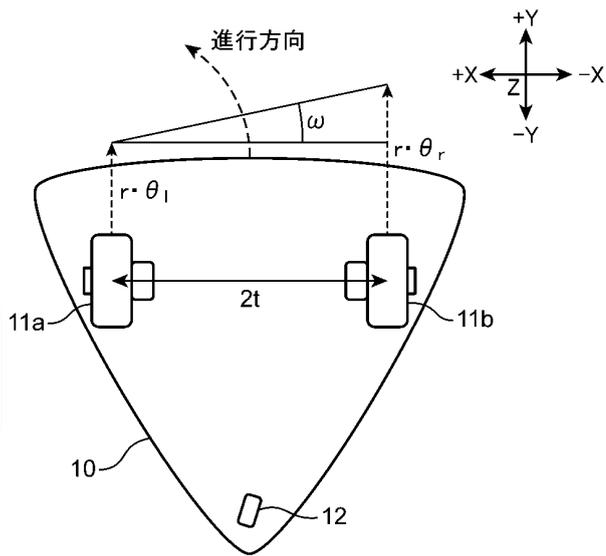
10

20

【図 3】



【図 4】

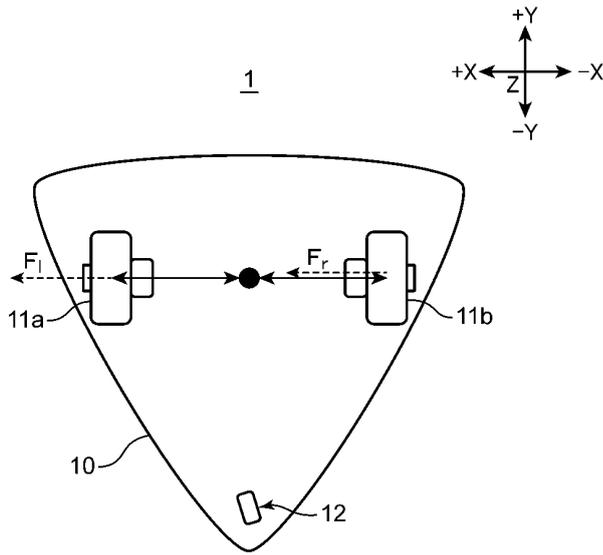


30

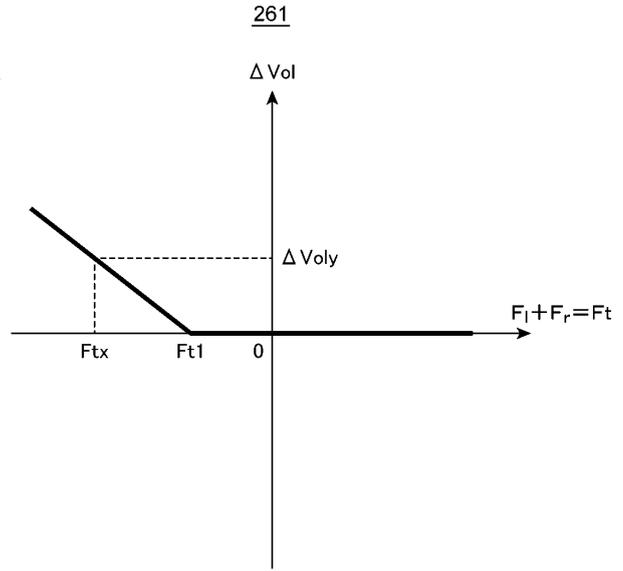
40

50

【図5】

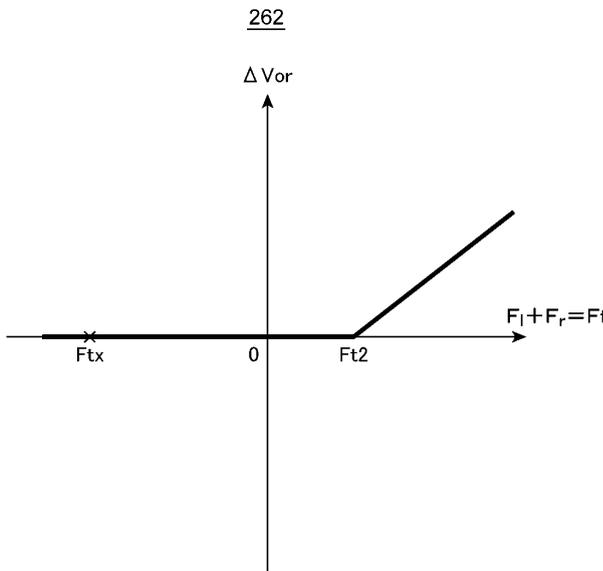


【図6】

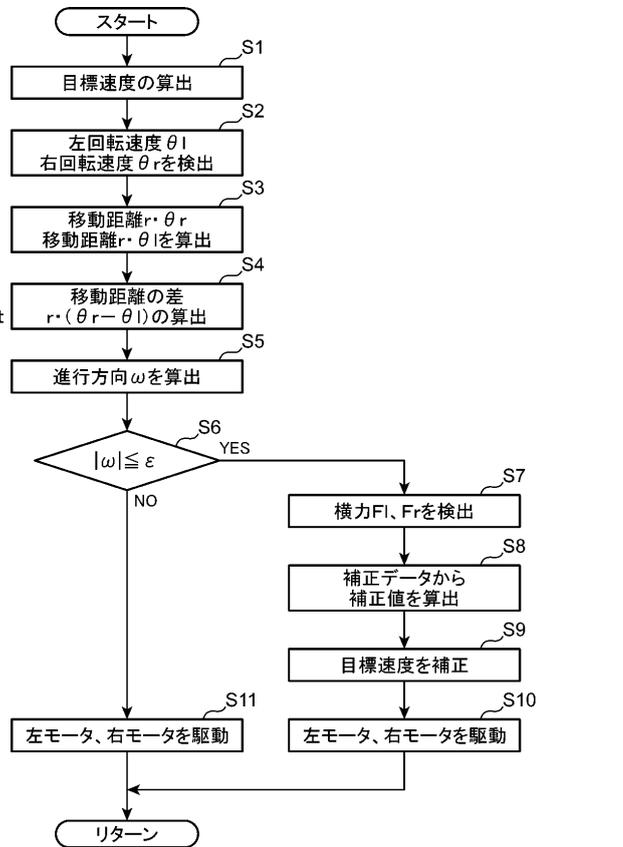


10

【図7】



【図8】



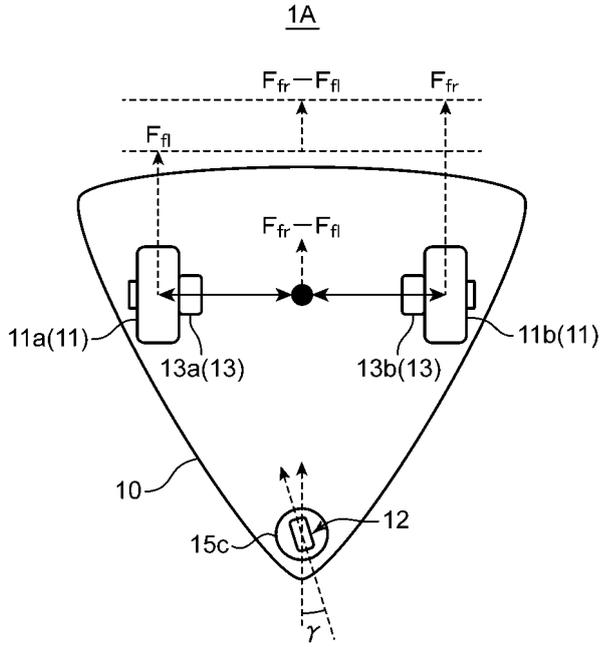
20

30

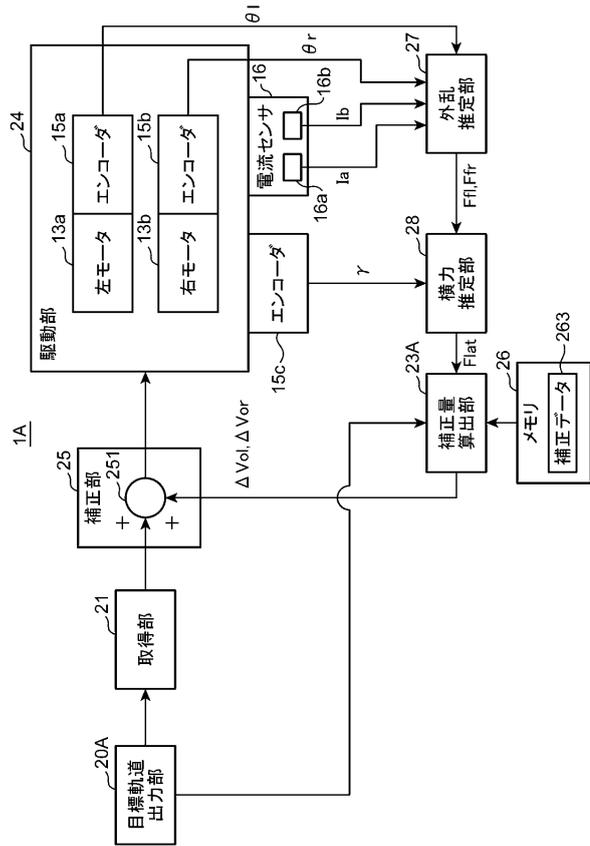
40

50

【図9】



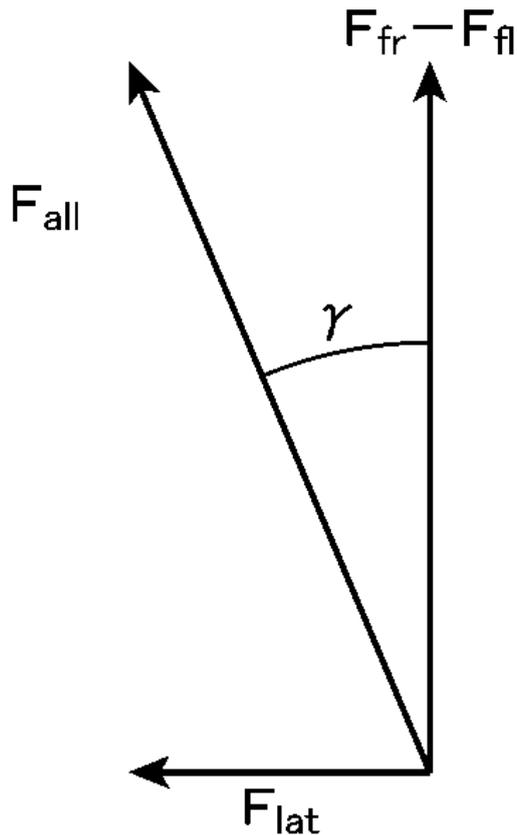
【図10】



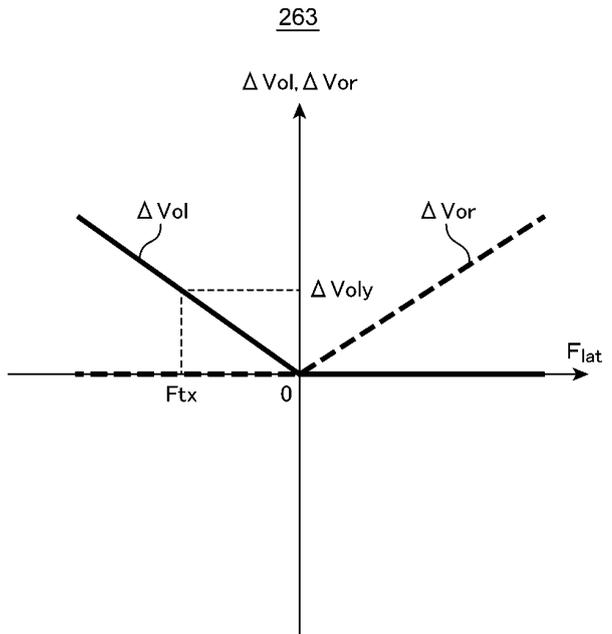
10

20

【図11】



【図12】

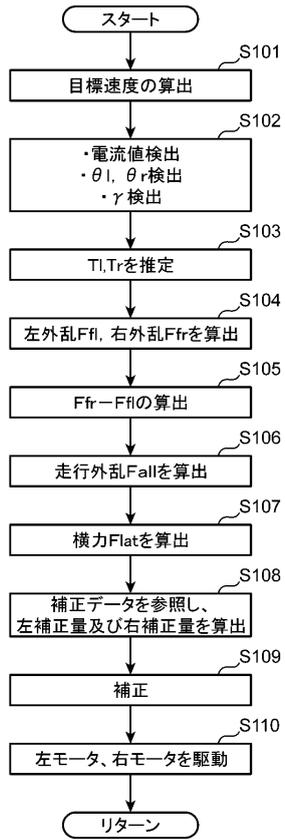


30

40

50

【図 13】



10

20

30

40

50

---

フロントページの続き

ナソニック株式会社内

審査官 田中 友章

- (56)参考文献 特開平 6 - 9 5 7 3 3 ( J P , A )  
特開 2 0 1 1 - 1 1 5 0 0 6 ( J P , A )  
特開 2 0 0 3 - 2 3 7 6 0 6 ( J P , A )  
特開平 4 - 2 6 4 9 0 2 ( J P , A )  
特開 2 0 0 4 - 2 7 2 4 1 1 ( J P , A )
- (58)調査した分野 (Int.Cl. , D B 名)
- |         |           |
|---------|-----------|
| G 0 5 D | 1 / 0 2   |
| A 4 7 L | 9 / 2 8   |
| B 6 2 D | 1 5 / 0 0 |