

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5985384号
(P5985384)

(45) 発行日 平成28年9月6日(2016.9.6)

(24) 登録日 平成28年8月12日(2016.8.12)

(51) Int. Cl. F 1
 GO 1 L 5/16 (2006.01) GO 1 L 5/16
 GO 1 L 3/10 (2006.01) GO 1 L 3/10 3 1 1

請求項の数 10 (全 26 頁)

(21) 出願番号	特願2012-284542 (P2012-284542)	(73) 特許権者	306020818 トヨタテクニカルディベロップメント株式会社 愛知県豊田市花本町井前1番地9
(22) 出願日	平成24年12月27日(2012.12.27)	(74) 代理人	110000213 特許業務法人プロスペック特許事務所
(65) 公開番号	特開2014-126496 (P2014-126496A)	(72) 発明者	村井 豪 愛知県豊田市花本町井前1番地21 トヨタテクニカルディベロップメント株式会社内
(43) 公開日	平成26年7月7日(2014.7.7)	(72) 発明者	藤山 雄一 愛知県豊田市花本町井前1番地21 トヨタテクニカルディベロップメント株式会社内
審査請求日	平成27年8月18日(2015.8.18)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 作用力測定装置および作用力測定方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

操作者が手により把持して操作するステアリングホイールと操作者の手との間に作用する力を測定する作用力測定装置であって、操作者の複数の指に装着される複数の装着部材と、操作者が手によりステアリングホイールを把持するとステアリングホイールと指の第一関節との間に位置するよう対応する装着部材に固定された複数の力センサとを有する力検出装置と、前記力センサにより検出された力に基づいて作用力を演算する演算制御装置とを備え、前記力センサは、操作者の指がステアリングホイールに押圧力を与える方向および該方向に垂直な他の一つの方向の少なくとも二つの方向について力を検出し、前記演算制御装置は、前記少なくとも二つの方向の力に基づいて作用力を演算することを特徴とする作用力測定装置。

【請求項2】

前記他の一つの方向は、指の長手方向を横切る方向であることを特徴とする請求項1に記載の作用力測定装置。

【請求項3】

前記他の一つの方向は、指の長手方向を垂直に横切る方向であることを特徴とする請求項2に記載の作用力測定装置。

【請求項4】

ステアリングホイールは、回転軸線のまわりに回転操作されるものであり、前記演算制御装置は、前記少なくとも二つの方向の力に基づいて回転操作の周方向の作用力および前

記回転軸線に沿う方向の作用力を演算することを特徴とする請求項 1 ないし 3 の何れか一つに記載の作用力測定装置。

【請求項 5】

前記装着部材は、前記力センサが指の第一関節に対し予め設定された位置に位置するよう、指の第一関節に対し前記装着部材および前記力センサを位置決めする位置決め手段を有することを特徴とする請求項 1 ないし 4 の何れか一つに記載の作用力測定装置。

【請求項 6】

前記装着部材の指から押圧力を受ける部分は、力センサに対応する部位が他の部位よりも指の側へ高い「へ」の字形に屈曲した断面形状を有し、該断面形状は前記位置決め手段として機能することを特徴とする請求項 5 に記載の作用力測定装置。

10

【請求項 7】

前記装着部材は、前記装着部材が指に対し相対的に回転することを抑制する回転抑制手段を有することを特徴とする請求項 1 ないし 6 の何れか一つに記載の作用力測定装置。

【請求項 8】

前記複数の指は、両手の全ての指であることを特徴とする請求項 1 ないし 7 の何れか一つに記載の作用力測定装置。

【請求項 9】

請求項 1 乃至 8 の何れか一つに記載の作用力測定装置を使用して、操作者が手により把持して操作するステアリングホイールと操作者の手との間に作用する力を測定する作用力測定方法であって、前記力検出装置を操作者の複数の指に装着し、各力検出装置により検出される少なくとも二つの方向の力に基づいて前記演算制御装置により作用力を演算させることを特徴とする作用力測定方法。

20

【請求項 10】

前記ステアリングホイールは、移動体を運転するために操作されるステアリングホイールであり、前記演算制御装置により前記移動体の移動パラメータと同期して作用力を記録することを特徴とする請求項 9 に記載の作用力測定方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、操作者が手により把持して操作するステアリングホイールと操作者の手との間に作用する力の測定に係り、更に詳細には作用力測定装置および作用力測定方法に係る。

30

【背景技術】

【0002】

自動車などの車両において、車両の操縦操作性を向上させるためには、操縦者が手によりステアリングホイールを把持して操舵操作する際の操舵力や保舵力を測定する必要がある。車両にはステアリングトルクセンサが組み込まれているが、ステアリングトルクセンサによっては操縦者が体感的に認識する操舵力や保舵力を正確に測定することは困難である。

【0003】

40

そのため、例えば下記の特許文献 1 に記載されている如く、ステアリングホイールのリム部に取り付けられたグリップを操縦者が手により把持して操舵操作する際にグリップとリム部との間に作用する力を検出する操舵力検出装置が提案されている。また、ステアリングホイールの軸部の上端に取り付けられ、軸部との間に作用する力を検出する擬似的なステアリングホイールの形態をなす操舵力計も提案されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献 1】特開 2010 - 169414 号公報

【発明の概要】

50

【0005】

〔発明が解決しようとする課題〕

しかし、上述の操舵力検出装置や操舵力計においては、操縦者はステアリング装置に取り付けられた測定用の装置を介して操舵操作しなければならないため、実際の運転時に手とステアリングホイールとの間に作用する力を正確に測定することができない。また、上述の操舵力検出装置や操舵力計によっては、ステアリングホイールの周方向以外の方向の作用力を測定することはできないという問題がある。

【0006】

特に、操舵力検出装置においては、操縦者はリム部ではなくリム部よりも大きいグリップを把持しなければならないと、また、操舵角が大きくなってもグリップを把持した状態を維持しなければならないため、大舵角の操舵操作時の作用力を測定することができないという問題がある。また、操舵力計においては、ステアリングホイールの軸部の上端に操舵力計を剛固に取り付ける必要があり、ステアリングホイールを傷つけてしまうため、操舵力を測定した後に、ステアリングホイールを交換しなければならないという問題がある。

10

【0007】

本発明は、操作者が手により把持して操作するステアリングホイールと操作者の手との間に作用する力を測定する従来の装置における上述の如き問題に鑑みてなされたものである。そして、本発明の主要な課題は、操作者が実際にステアリングホイールを手により把持して操作する状況にできるだけ近い測定状況を確保し、ステアリングホイールと操作者の手との間に作用する力を複数の方向について正確に測定することである。

20

〔課題を解決するための手段および発明の効果〕

【0008】

上述の主要な課題は、本発明によれば、操作者が手により把持して操作するステアリングホイールと操作者の手との間に作用する力を測定する作用力測定装置であって、操作者の複数の指に装着される複数の装着部材と、操作者が手によりステアリングホイールを把持するとステアリングホイールと指の第一関節との間に位置するよう対応する装着部材に固定された複数の力センサとを有する力検出装置と、前記力センサにより検出された力に基づいて作用力を演算する演算制御装置とを備え、前記力センサは、操作者の指がステアリングホイールに押圧力を与える方向および該方向に垂直な他の一つの方向の少なくとも二つの方向について力を検出し、前記演算制御装置は、前記少なくとも二つの方向の力に基づいて作用力を演算することを特徴とする作用力測定装置（請求項1の構成）によって達成される。

30

【0009】

上記の構成によれば、測定用の装置をステアリングホイールに取り付ける必要がなく、操作者はステアリングホイールに取り付けられた装置を介することなくステアリングホイールを操作することができる。よって、実際の操作状況にできるだけ近い測定状況を確保し、ステアリングホイールと操作者の手との間に作用する力を正確に測定することができる。

【0010】

また、上記の構成によれば、操作者の指がステアリングホイールに押圧力を与える方向および該方向に垂直な他の一つの方向の少なくとも二つの方向について力センサにより力が検出され、少なくとも二つの方向の力に基づいて演算制御装置により作用力が演算される。操作者がステアリングホイールを手により把持して操作する際にステアリングホイールと手との間に作用する力を少なくとも二つの方向について測定することができる。特に、操作者が指によってステアリングホイールを把持して操作する場合には、操作者の指はステアリングホイールに押圧力を与える。従って、操作者がステアリングホイールを操作する際にステアリングホイールを把握する力を測定することができる。

40

【0011】

また、上記の構成によれば、操作者が手によりステアリングホイールを把持していれば

50

、力センサはステアリングホイールと指の第一関節との間に位置する。よって、操作者が手によりステアリングホイールを把持してステアリングホイールを操作する際に、指の第一関節及びその近傍にてステアリングホイールに与えられる力が力センサにより効率的に検出されるので、ステアリングホイールと手との間に作用する力を確実に測定することができる。また、ステアリングホイールの操作範囲が大きく、操作の過程で手によるステアリングホイールの把持位置が変化するような場合にも、作用力を確実に測定することができる。

【0012】

更に、上記の構成によれば、測定用の装置をステアリングホイールに取り付けたり取り外したりする必要がない。よって、測定用の装置の取り付けや取り外しに起因してステアリングホイールを損傷することはなく、また、測定用の装置を取り付けるためにステアリングホイールを部分的に分解することも不要であり、作用力を能率的に測定することができる。

10

【0013】

また、本発明によれば、上記の構成において、前記他の一つの方向は、指の長手方向を横切る方向であるよう構成される（請求項2の構成）。

【0014】

上記の構成によれば、操作者の指がステアリングホイールに押圧力を与える方向、および該方向に垂直で指の長手方向を横切る方向の少なくとも二つの方向について力を検出し、それらの力に基づいて少なくとも二つの方向について作用力を求めることができる。

20

【0015】

また、操作者がステアリングホイールを把持して操作する場合には、親指以外の四本の指を整列させて親指と四本の指との間にステアリングホイールを挟んで把持する。よって、整列する四本の指の長手方向を横切る方向へステアリングホイールを移動させる操作が行われる場合には、その操作によりステアリングホイールと手との間に作用する力を測定することができる。また、他の一つの方向が指の長手方向に垂直でなければ、整列する四本の指の長手方向へステアリングホイールを移動させる操作が行われる場合にも、その操作によりステアリングホイールと手との間に作用する力を測定することができる。

【0016】

また、本発明によれば、上記の構成において、前記他の一つの方向は、指の長手方向を垂直に横切る方向であるよう構成される（請求項3の構成）。

30

【0017】

上記の構成によれば、他の一つの方向は、操作者の指がステアリングホイールに押圧力を与える方向に垂直で指の長手方向にも垂直な方向である。よって、整列する四本の指の長手方向へステアリングホイールを移動させる操作が行われる場合には、他の一つの方向と操作の方向とが一致するので、その操作によりステアリングホイールと手との間に作用する力を正確に測定することができ、また作用力の演算も容易である。

【0018】

また、本発明によれば、上記の構成において、ステアリングホイールは、回転軸線のまわりに回転操作されるものであり、前記演算制御装置は、前記少なくとも二つの方向の力に基づいて回転操作の周方向の作用力および前記回転軸線に沿う方向の作用力を演算するよう構成される（請求項4の構成）。

40

【0019】

上記の構成によれば、例えば車両のステアリングホイールの如く、回転軸線のまわりに回転操作されるステアリングホイールについて、回転操作の周方向の作用力および回転軸線に沿う方向の作用力を測定することができる。

【0022】

また、本発明によれば、上記の構成において、前記装着部材は、前記力センサが指の第一関節に対し予め設定された位置に位置するよう、指の第一関節に対し前記装着部材および前記力センサを位置決めする位置決め手段を有するよう構成される（請求項5の構成）

50

【0023】

上記の構成によれば、力センサが指の第一関節に対し予め設定された位置に位置するよう、位置決め手段により指の第一関節に対し装着部材および力センサが位置決めされる。よって、装着部材に位置決め手段が設けられていない場合に比して、指の第一関節に対する力センサの位置決めを容易にかつ正確に行うことができ、これにより作用力の測定を容易にかつ正確に行うことができる。

また、本発明によれば、上記の構成において、前記装着部材の指から押圧力を受ける部分は、力センサに対応する部位が他の部位よりも指の側へ高い「へ」の字形に屈曲した断面形状を有し、該断面形状は前記位置決め手段として機能するよう構成される（請求項6の構成）。

10

上記の構成によれば、装着部材の指から押圧力を受ける部分は、力センサに対応する部位が他の部位よりも指の側へ高い「へ」の字形に屈曲した断面形状を有し、該断面形状が位置決め手段として機能する。よって、「へ」の字形に屈曲した断面形状が設けられていない場合に比して、指の第一関節に対する力センサの位置決めを容易にかつ正確に行うことができる。

【0024】

また本発明によれば、上記の構成において、前記装着部材は、前記装着部材が指に対し相対的に回転することを抑制する回転抑制手段を有するよう構成される（請求項7の構成）。

20

【0025】

上記の構成によれば、装着部材が指に対し相対的に回転することが回転抑制手段によって抑制される。よって、装着部材に回転抑制手段が設けられていない場合に比して、装着部材が指に対し相対的に回転して力センサが本来あるべき位置より変位すること、およびこれに起因して作用力の測定精度が低下する虞れを低減することができる。

【0026】

また、本発明によれば、上記の構成において、前記複数の指は、両手の全ての指であるよう構成される（請求項8の構成）。

上記の構成によれば、両手の全ての指がステアリングホイールに与える力を検出することができるので、複数の指が両手の全ての指の一部である場合に比して、ステアリングホイールと操作者の手との間に作用する力を正確に測定することができる。

30

また、本発明によれば、請求項1乃至8の何れか一つに記載の作用力測定装置を使用して、操作者が手により把持して操作するステアリングホイールと操作者の手との間に作用する力を測定する作用力測定方法であって、前記力検出装置を操作者の少なくとも一つの指に装着し、前記力検出装置により検出される少なくとも二つの方向の力に基づいて前記演算制御装置により作用力を演算させることを特徴とする作用力測定方法（請求項9の構成）によって達成される。

【0027】

上記の構成によれば、本発明による作用力測定装置の特徴を有効に利用して、ステアリングホイールと操作者の手との間に作用する力を測定することができる。即ち、実際の操作状況にできるだけ近い測定状況を確保し、少なくとも二つの方向について作用力を正確に測定することができる。

40

【0028】

また、操作範囲が大きく、操作の過程で手によるステアリングホイールの把持位置が変化するような場合にも、作用力を確実に測定することができる。また、測定用の装置の取り付けや取り外しに起因してステアリングホイールを損傷することはなく、また、測定用の装置を取り付けるためにステアリングホイールを部分的に分解することも不要であるので、作用力を能率的に測定することができる。

【0029】

また、本発明によれば、上記の構成において、前記ステアリングホイールは、移動体を

50

運転するために操作されるステアリングホイールであり、前記演算制御装置により前記移動体の移動パラメータと同期して作用力を記録するよう構成される（請求項10の構成）。

【0030】

上記の構成によれば、移動体を運転するために操作されるステアリングホイールと操作者の手との間に作用する力を測定すると共に、その測定した値を移動体の移動パラメータと同期した値として記録することができる。

【0033】

〔課題解決手段の好ましい態様〕

本発明の一つの好ましい態様によれば、上記の構成において、力センサは、操作者の指がステアリングホイールに押圧力を与える方向、該方向に垂直な他の方向、および該他の方向に垂直な更に他の方向の三つの方向について力を検出するよう構成される。

【0034】

本発明の他の一つの好ましい態様によれば、上記の構成において、力センサは、ピエゾ抵抗型または静電容量型の薄板状の3軸力センサである。

【0035】

本発明の他の一つの好ましい態様によれば、上記の構成において、ステアリングホイールは、車両において回転軸線のまわりに回転操作されるステアリングホイールである。

【0039】

本発明の他の一つの好ましい態様によれば、上記の構成において、隣接する指の装着部材が互いに平面部にて当接することにより回転抑制手段の機能が達成されるよう構成される。

【0040】

本発明の他の一つの好ましい態様によれば、上記の構成において、ステアリングホイールは移動体としての車両を運転するために操作されるステアリングホイールであり、移動パラメータは少なくとも操舵に関連するパラメータを含んでいるよう構成される。

【0041】

本発明の他の一つの好ましい態様によれば、上記の構成において、力検出装置が指に取り付けられた後であって、操作者が手によりステアリングホイールを把持して操作する前の段階において、力センサの出力が示す力が0以外である場合には、その値にて力センサの出力を補正する初期化が行われるよう構成される。

【図面の簡単な説明】

【0042】

【図1】指サック型の力検出装置を有し、車両のステアリングホイールにおける作用力を測定するよう構成された本発明による作用力測定装置の第一の実施形態を示す概略構成図である。

【図2】第一の実施形態の右手の人差指用の力検出装置の平面図である。

【図3】第一の実施形態の右手の人差指用の力検出装置の中央縦断面図である。

【図4】第一の実施形態の右手の人差指用の力検出装置の背面図である。

【図5】第一の実施形態の右手の親指用の力検出装置の平面図である。

【図6】第一の実施形態の右手の親指用の力検出装置の中央縦断面図である。

【図7】第一の実施形態の右手の親指用の力検出装置の背面図である。

【図8】各力検出装置が対応する指に装着された状態を手の甲の側より見た状態にて示す図である。

【図9】各力検出装置が対応する指に装着された状態を掌の側より見た状態にて示す図である。

【図10】人が左右の手によりステアリングホイールを把握した状況を示す説明図である。

【図11】右手がステアリングホイールを把握した状態を、ステアリングホイールの回転軸線を通る径方向の断面にて示す説明図である。

10

20

30

40

50

【図 1 2】左手がステアリングホイールを把握した状態を、ステアリングホイールの回転軸線を通る径方向の断面にて示す説明図である。

【図 1 3】車両に組み付けられたステアリングホイールを車両の左側から横方向に見た図である。

【図 1 4】演算部により演算された値および操舵角センサ等により検出された値を示すグラフである。

【図 1 5】指輪型の力検出装置を有し、車両のステアリングホイールにおける作用力を測定するよう構成された本発明による作用力測定装置の第二の実施形態を示す概略構成図である。

【図 1 6】第二の実施形態の右手の人差指用の力検出装置の平面図である。

10

【図 1 7】第二の実施形態の右手の人差指用の力検出装置の中央縦断面図である。

【図 1 8】第二の実施形態の右手の人差指用の力検出装置の背面図である。

【図 1 9】フックが突起に係合していない自由状態における先端側部分を示す断面図である。

【図 2 0】指サック型の力検出装置を有し、機械装置の揺動操縦桿における作用力を測定するよう構成された本発明による作用力測定装置の第三の実施形態を示す概略構成図である。

【図 2 1】3軸力センサの y 軸および x 軸が、それぞれ指の延在方向および該方向に垂直な方向に対し傾斜している場合について、等価的な y 軸の力および x 軸の力を求める要領を示す説明図である。

20

【発明を実施するための形態】

【0043】

以下に添付の図を参照しつつ、本発明を幾つかの好ましい実施形態について詳細に説明する。

【0044】

[第一の実施形態]

図 1 は、指サック型の力検出装置を有し、車両のステアリングホイールにおける作用力を測定するよう構成された本発明による作用力測定装置の第一の実施形態を示す概略構成図である。

【0045】

30

図 1 に於いて、10 は作用力測定装置を全体的に示している。作用力測定装置 10 は、人の指の数である 10 個の力検出装置 11 ~ 20 と、それぞれワイヤハーネス 31 ~ 40 によって力検出装置 11 ~ 20 と接続された演算制御装置 50 とを含んでいる。力検出装置 11 ~ 15 は、図 1 には示されていない操作者の右手の親指、人差指、中指、薬指、小指に装着され、力検出装置 16 ~ 20 は、操作者の左手の親指、人差指、中指、薬指、小指に装着される。

【0046】

図 2 ないし図 4 は、第一の実施形態の右手の人差指用の力検出装置 12 のそれぞれ平面図、中央縦断面図、背面図である。

【0047】

40

これらの図に於いて、121 はアルミニウム合金の如き軽金属またはプラスチックの如き比較的硬質の樹脂にて形成されたケーシングを示している。ケーシング 121 は、軸線 122 に沿って延在する中空の実質的に矩形断面の筒状をなし、指先側の端部にて閉じられている。ケーシング 121 の掌側の面部 121A は、人差指の第一関節（遠位指節間関節）の位置 123 より指先側へ向かうにつれて軸線 122 より離れる方向へ傾斜し、また、位置 123 より指先側とは反対の側へ向かうにつれて軸線 122 より離れる方向へ傾斜している。

【0048】

ケーシング 121 内には、指嵌合部材 124 が配置され、ケーシングの内面に接着等の手段により固定されている。指嵌合部材 124 は、低硬度ウレタン、ゴムスポンジの如き

50

低剛性の弾性材にて形成されている。指嵌合部材 1 2 4 は、軸線 1 2 2 に沿って延在する空洞部 1 2 5 を有し、空洞部 1 2 5 は、人差指の第一関節のよりも先の領域の形状に対応する形状を有している。空洞部 1 2 5 は、人差指を周囲より僅かに押圧する状態で人差指を受け入れるよう、人差指の第一関節のよりも指先側の領域の大きさよりも僅かに小さく設定されている。

【 0 0 4 9 】

面部 1 2 1 A と指嵌合部材 1 2 4 との間にてケーシング 1 2 1 内には、力伝達部材 1 2 6 が配置され、ケーシングの内面に接着等の手段により固定されている。力伝達部材 1 2 6 は、ケーシング 1 2 1 を構成する材料よりも高い弾性を有するが指嵌合部材 1 2 4 を構成する材料よりも高い剛性を有する材料、例えば、天然ゴムの如き高剛性の弾性材にて形成されている。

10

【 0 0 5 0 】

以上の説明より解る如く、力検出装置 1 1 は指嵌合部材 1 2 4 の空洞部 1 2 5 に操作者の人差指が挿入されることにより人差指に装着される。従って、ケーシング 1 2 1、指嵌合部材 1 2 4 および力伝達部材 1 2 6 等は、互いに共働して操作者の人差指に装着される装着部材 1 2 7 を構成している。

【 0 0 5 1 】

人差指の第一関節の位置 1 2 3 にて面部 1 2 1 A の外面の幅方向中央には、例えば矩形の薄板状をなす 3 軸力センサ 1 2 8 が接着等の手段により固定されている。3 軸力センサ 1 2 8 は、例えば piezo 抵抗型や静電容量型の 3 軸力センサであることが好ましいが、x 軸、y 軸および z 軸の直交 3 軸に沿う方向の力を検出することができる任意のセンサであってよい。図示の実施形態に於いては、z 軸は、軸線 1 2 2 に垂直で人差指より離れる方向、即ち人差指がステアリングホイールに対し及ぼす押圧力の方向に整合している。また、x 軸は、図 2 の平面図で見て軸線 1 2 2 に垂直で親指より離れる方向に整合し、y 軸は、軸線 1 2 2 に平行で人差指の指先の方向に整合している。

20

【 0 0 5 2 】

図 3 に示されている如く、3 軸力センサ 1 2 8 の指先側の端部にはワイヤハーネス 3 2 が接続されており、ワイヤハーネス 3 2 はケーシング 1 2 1 の指先側を迂回して掌とは反対の側へ延在している。ケーシング 1 2 1 には実質的にコの字形の断面形状を有するワイヤハーネス保持板 1 2 9 が固定されており、ワイヤハーネス 3 2 はケーシング 1 2 1 と保持板 1 2 9 との間を経て人差指の付け根の側へ延在している。

30

【 0 0 5 3 】

詳細には図示されていないが、力検出装置 1 3 ~ 1 5 は、力検出装置 1 2 と同様に構成されており、それぞれ操作者の右手の中指、薬指、小指に装着される装着部材 1 3 7 ~ 1 5 7 と、3 軸力センサ 1 3 8 ~ 1 5 8 とを含んでいる。装着部材 1 3 7 ~ 1 5 7 は、それぞれケーシング 1 2 1、指嵌合部材 1 2 4 および力伝達部材 1 2 6 と同様のケーシング、指嵌合部材および力伝達部材を含んでいる。3 軸力センサ 1 3 8 ~ 1 5 8 の x 軸、y 軸および z 軸の方向は、右手の中指、薬指、小指に対し 3 軸力センサ 1 2 8 と同様の方向に設定されている。

【 0 0 5 4 】

図 5 ないし図 7 は、第一の実施形態の右手の親指用の力検出装置 1 1 のそれぞれ平面図、中央縦断面図、背面図である。

40

【 0 0 5 5 】

図 5 ないし図 7 と図 2 ないし図 4 との比較より解る如く、力検出装置 1 1 も力検出装置 1 2 ~ 1 5 と同様に構成されており、操作者の右手の親指に装着される装着部材 1 1 7 と、3 軸力センサ 1 1 8 とを含んでいる。装着部材 1 1 7 は、それぞれケーシング 1 2 1、指嵌合部材 1 2 4 および力伝達部材 1 2 6 と同様のケーシング 1 1 1、指嵌合部材 1 1 4 および力伝達部材 1 1 6 を含んでいる。しかし、3 軸力センサ 1 1 8 の z 軸は、他の指と同一の方向 z に対し右手の親指の中心軸の周りに僅かに人差指側にシフトした方向に設定されている。また、図 5 に示されている如く、3 軸力センサ 1 1 8 の x 軸は、z 軸に沿

50

って見て装着部材 1 1 7 の軸線 1 1 2 に垂直で人差指より離れる方向に整合し、y 軸は、軸線 1 1 2 に平行で親指の付け根へ向かう方向に整合している。

【 0 0 5 6 】

図 6 に示されている如く、3 軸力センサ 1 1 8 の指先側の端部にはワイヤハーネス 3 1 が接続されており、ワイヤハーネス 3 1 はケーシング 1 1 1 の指先側を迂回して掌とは反対の側へ延在している。ケーシング 1 1 1 には実質的にコの字形の断面形状を有するワイヤハーネス保持板 1 1 9 が固定されており、ワイヤハーネス 3 1 はケーシング 1 1 1 と保持板 1 1 9 との間を経て親指の付け根の側へ延在している。

【 0 0 5 7 】

詳細には図示されていないが、力検出装置 1 6 ~ 2 0 は、それぞれ力検出装置 1 1 ~ 1 5 と同様に構成されており、それぞれ操作者の左手の親指、人差指、中指、薬指、小指に装着される装着部材 1 6 7 ~ 2 0 7 と、3 軸力センサ 1 6 8 ~ 2 0 8 とを含んでいる。装着部材 1 6 7 ~ 2 0 7 は、それぞれケーシング 1 2 1、指嵌合部材 1 2 4 および力伝達部材 1 2 6 と同様のケーシング、指嵌合部材および力伝達部材を含んでいる。また、装着部材 1 6 7 ~ 2 0 7 は、各部品の形状がそれぞれ装着部材 1 1 7 ~ 1 5 7 の部品の形状とは左右対称である点を除き、それぞれ装着部材 1 1 7 ~ 1 5 7 と同様に構成されている。各指に対する 3 軸力センサ 1 6 8 ~ 2 0 8 の x 軸、y 軸および z 軸の方向は、それぞれ 3 軸力センサ 1 1 8 ~ 1 5 8 の x 軸、y 軸および z 軸の方向と同様の方向に設定されている。

【 0 0 5 8 】

図 8 および図 9 に示されている如く、力検出装置 1 1 ~ 2 0 が対応する指から抜け出すことを防止する保持装置 7 0 が設けられていることが好ましい。保持装置 7 0 は、例えばベルト 7 2 によって手の甲に取り付けられる保持板 7 4 と、保持板と各力検出装置のケーシングとの間に接続されたゴムバンドの如き弾性材 7 6 - 1 ~ 7 6 - 5 とを含んでいる。なお、左手用の弾性材 7 6 - 1 ~ 7 6 - 1 0 の図示は省略されている。

【 0 0 5 9 】

特に、親指以外の指の第二関節（近位指節間関節）と指の付け根の関節（中手指節関節）との間の部分に僅かに締め付けるよう装着されるリング 7 8 - 2 ~ 7 8 - 5 が設けられ、各弾性材が対応するリングを経て延在してよい。また、これらの指の 3 軸力センサに接続されたワイヤハーネスは、対応するリングを経て保持板へ延在していることが好ましい。なお、左手用のリング 7 8 - 7 ~ 7 8 - 1 0 の図示は省略されている。

【 0 0 6 0 】

以上の説明より解る如く、各装着部材のケーシングおよび力伝達部材の実質的に「へ」の字形に屈曲した形状は、保持装置 7 0 の弾性材と共働して力検出装置を対応する指に対し適正な位置に位置決めし維持するための位置決め手段として機能する。この場合、位置決めは、3 軸力センサの中心が対応する指の長手方向について第一関節の位置に位置し、対応する指の周方向について対応する指の中心線とステアリングホイールの中心軸線とを結ぶ線上に位置するよう、行われる。

【 0 0 6 1 】

また、各装着部材のケーシングおよび力伝達部材の実質的に「へ」の字形に屈曲した形状は、保持装置 7 0 の弾性材と共働して力検出装置が指のまわりに回転することを抑制する回転抑制手段として機能する。また、装着部材のケーシングは断面矩形をなし、操作者がステアリングホイールを操舵操作する際に、親指以外の四本の指のケーシングは側面の平面にて互いに当接するので、ケーシングの矩形の断面形状も力検出装置が指のまわりに回転することを抑制する回転抑制手段として機能する。

【 0 0 6 2 】

保持装置 7 0 の保持板 7 4 には、各 3 軸力センサよりの信号に対し増幅の如き必要な処理を行う電子回路 8 0 が設けられていてよい。なお、図 1 においては、この電子回路が力検出装置 1 1 ~ 2 0 と演算制御装置 5 0 との間に設けられた増幅回路 8 0 として図示されている。

【 0 0 6 3 】

10

20

30

40

50

演算制御装置 50 は、制御部 52、演算部 54、記憶部 56、表示部 58 を含み、スイッチ 60 が作業者によってオンに切り替えられることにより動作を開始する。なお、制御部 52 および演算部 54 は、例えば、各種のデータを計測し保存するデータロガー装置 62 の一部であってよく、記憶部 56 及び表示部 58 は、例えば、パーソナルコンピュータ 64 の一部であってよい。

【0064】

データロガー装置 62 の制御部 52 には、力検出装置 11 ~ 20 の 3 軸力センサ 118 ~ 208 により検出され増幅回路 80 により増幅された x 軸、y 軸および z 軸の力を示す信号がそれぞれワイヤハーネス 31 ~ 40 を経て入力される。また、制御部 52 には、図 10 には示されていない車両に搭載された各種のセンサにより検出された車両の走行に関するパラメータを示す信号が図 10 には示されていない CAN の如き伝送バスを経て入力される。

10

【0065】

図示の実施形態においては、車両の走行に関するパラメータは、操舵角センサ 84 および操舵トルクセンサ 86 によりそれぞれ検出された操舵角 および操舵トルク Ts を含んでいる。また、車速センサ 88、前後加速度センサ 90、横加速度センサ 92 によりそれぞれ検出された車速 V、車両の前後加速度 Gx、車両の横加速度 Gy を含んでいる。なお、上記センサは必須ではなく、上記センサの何れかが省略されてもよい。また、車両の走行に関するパラメータとして、上記以外のパラメータ、例えば、図 10 には示されていない車両の制動装置及び駆動装置に設けられた圧力センサおよびアクセル開度センサによりそれぞれ検出されたマスタシリンダ圧力およびアクセル開度等が含まれていてもよい。

20

【0066】

力検出装置 11 ~ 20 の 3 軸力センサにより検出される x 軸、y 軸および z 軸の力をそれぞれ下記の表 1 の通りとする。なお、図 1 においては、i を x、y および z として、力検出装置 11 ~ 20 の 3 軸力センサにより検出される x 軸、y 軸および z 軸の力がそれぞれ Fi1 ~ Fi10 にて示されている。

【表 1】

手	指	x軸	y軸	z軸	総称
右手	親指	Fx1	Fy1	Fz1	Fi1
	人差指	Fx2	Fy2	Fz2	Fi2
	中指	Fx3	Fy3	Fz3	Fi3
	薬指	Fx4	Fy4	Fz4	Fi4
	小指	Fx5	Fy5	Fz5	Fi5
左手	親指	Fx6	Fy6	Fz6	Fi6
	人差指	Fx7	Fy7	Fz7	Fi7
	中指	Fx8	Fy8	Fz8	Fi8
	薬指	Fx9	Fy9	Fz9	Fi9
	小指	Fx10	Fy10	Fz10	Fi10

30

40

【0067】

図 10 に示されている如く、人が右手 100 及び左手 102 により被操作物であるステアリングホイール 104 を把握すると、各指はステアリングホイール 104 の円環部（リム部）104A の一部を取り囲むよう延在する。従って、力検出装置 11 ~ 20 の 3 軸力センサ 118 ~ 208 の z 軸の方向は、指及び円環部 104A を互いに接触する円筒とみなすと、3 軸力センサの中心を通り二つの円筒の法線の方向である。また、3 軸力センサ

50

118～208のx軸の方向は、ステアリングホイール104の回転軸線106を中心とする円環部104Aの周方向、即ち、各指と円環部104Aとの間にて回転軸線106の周りに作用する摩擦力の方向である。

【0068】

<操舵力(保舵力)>

3軸力センサ118～208により検出されるx軸方向の力 $F_{x1} \sim F_{x10}$ に対する補正係数をそれぞれ $K_{x1} \sim K_{x10}$ とし、ステアリングホイール104を回転軸線106の周りに時計まわり方向へ回転させる力を正とする。左右の手100及び102によりステアリングホイール104を回転させる操舵力(ステアリングホイールの回転を阻止する保舵力) F_{xr} 、 F_{xl} は、それぞれ下記の式(1)及び(2)により表され、それらの総和 F_{xrl} は下記の式(3)により表される。

10

【0069】

$$F_{xr} = K_{x1}F_{x1} + K_{x2}F_{x2} + K_{x3}F_{x3} + K_{x4}F_{x4} + K_{x5}F_{x5} \dots (1)$$

$$F_{xl} = K_{x6}F_{x6} + K_{x7}F_{x7} + K_{x8}F_{x8} + K_{x9}F_{x9} + K_{x10}F_{x10} \dots (2)$$

$$F_{xrl} = F_{xr} - F_{xl}$$

$$= K_{x1}F_{x1} + K_{x2}F_{x2} + K_{x3}F_{x3} + K_{x4}F_{x4} + K_{x5}F_{x5}$$

$$(- K_{x6}F_{x6} + K_{x7}F_{x7} + K_{x8}F_{x8} + K_{x9}F_{x9} + K_{x10}F_{x10}) \dots (3)$$

【0070】

なお、補正係数 $K_{x1} \sim K_{x10}$ は、3軸力センサ118～208のx軸の方向と回転軸線106を中心とする円環部104Aの周方向との間のずれ等を補償するための係数である。また、補正係数 $K_{x1} \sim K_{x10}$ は、上記方向のずれの角度に基づいて設定されてもよく、また、実験的に求められてもよい。

20

【0071】

<操舵トルク(保舵トルク)>

また、ステアリングホイール104の回転軸線106と3軸力センサ118および168との半径方向の距離を R_1 とし、ステアリングホイール104の回転軸線106と3軸力センサ128～158および178～208との半径方向の距離を R_2 とする。左右の手100及び102による操舵トルク(保舵トルク) T_{xr} 、 T_{xl} は、それぞれ下記の式(4)及び(5)により表され、それらの総和 T_{xrl} は下記の式(6)により表される。

【0072】

$$T_{xr} = K_{x1}F_{x1}R_1 + (K_{x2}F_{x2} + K_{x3}F_{x3} + K_{x4}F_{x4} + K_{x5}F_{x5})R_2 \dots (4)$$

$$T_{xl} = K_{x6}F_{x6}R_1 + (K_{x7}F_{x7} + K_{x8}F_{x8} + K_{x9}F_{x9} + K_{x10}F_{x10})R_2 \dots (5)$$

$$T_{xrl} = F_{xr} - F_{xl}$$

$$= K_{x1}F_{x1}R_1 + (K_{x2}F_{x2} + K_{x3}F_{x3} + K_{x4}F_{x4} + K_{x5}F_{x5})R_2$$

$$- \{ K_{x6}F_{x6}R_1 + (K_{x7}F_{x7} + K_{x8}F_{x8} + K_{x9}F_{x9} + K_{x10}F_{x10})R_2 \}$$

$$\dots (6)$$

30

【0073】

また、ステアリングホイール104の回転軸線106と円環部104Aの断面中心との半径方向の距離を R とすると、左右両方の手100及び102による操舵トルク(保舵トルク) T_{xrl} は、概略値として下記の式(7)により表される。

40

$$T_{xrl} = (F_{xr} - F_{xl})R$$

$$= \{ K_{x1}F_{x1}R_1 + K_{x2}F_{x2} + K_{x3}F_{x3} + K_{x4}F_{x4} + K_{x5}F_{x5}$$

$$- (K_{x6}F_{x6}R_1 + K_{x7}F_{x7} + K_{x8}F_{x8} + K_{x9}F_{x9} + K_{x10}F_{x10}) \} R$$

$$\dots (7)$$

【0074】

<回転軸線に沿う力>

また、図11および図12は、それぞれ右手100および左手102がステアリングホイール104を把握した状態を、円環部104Aの軸線108に垂直な断面(ステアリングホイールの径方向の断面)にて示している。なお、図11において、力 F_{x25} 、 F_{y25} 、 F_{z25} は、それぞれ力 $F_{x2} \sim F_{x5}$ の和、力 $F_{y2} \sim F_{y5}$ の和、力 $F_{z2} \sim F_{z5}$ の和を示して

50

いる。また、図 1 2 において、力 F_{x710} 、 F_{y710} 、 F_{z710} は、それぞれ力 $F_{x7} \sim F_{x10}$ の和、 $F_{y7} \sim F_{y10}$ の和、力 $F_{z7} \sim F_{z10}$ の和を示している。

【 0 0 7 5 】

図 1 1 の断面で見て、力 F_{y1} および F_{y25} が車両の前後方向に対しなす角度をそれぞれ 1 および 25 とする。また、図 1 2 の断面で見て、力 F_{y6} および F_{y710} が車両の前後方向に対しなす角度をそれぞれ 6 および 710 とする。

【 0 0 7 6 】

右手 1 0 0 の親指が回転軸線 1 0 6 に沿ってステアリングホイール 1 0 4 の円環部 1 0 4 A を運転者の側へ及ぼす力 F_{a1} は、図 1 1 において下向きの力であるので、下記の式 (8) により表される。

$$F_{a1} = F_{y1} \cdot \cos 1 - F_{z1} \cdot \sin 1 \quad \dots (8)$$

【 0 0 7 7 】

同様に、右手 1 0 0 の親指以外の 4 本の指が回転軸線 1 0 6 に沿ってステアリングホイール 1 0 4 の円環部 1 0 4 A を運転者の側へ及ぼす力 F_{a25} は、下記の式 (9) により表される。

$$F_{a25} = - F_{y25} \cdot \cos 25 + F_{z25} \cdot \sin 25 \quad \dots (9)$$

【 0 0 7 8 】

よって、右手 1 0 0 が回転軸線 1 0 6 に沿ってステアリングホイール 1 0 4 の円環部 1 0 4 A を運転者の側へ及ぼす力 F_{ar} は、下記の式 (1 0) により表される。

$$\begin{aligned} F_{ar} &= F_{a1} + F_{a25} \\ &= F_{y1} \cdot \cos 1 - F_{z1} \cdot \sin 1 - F_{y25} \cdot \cos 25 + F_{z25} \cdot \sin 25 \quad \dots (1 0) \end{aligned}$$

【 0 0 7 9 】

また、左手 1 0 2 の親指が回転軸線 1 0 6 に沿ってステアリングホイール 1 0 4 の円環部 1 0 4 A を運転者の側へ及ぼす力 F_{a6} は、図 1 2 において下向きの力であるので、下記の式 (1 1) により表される。

$$F_{a6} = F_{y6} \cdot \cos 6 - F_{z6} \cdot \sin 6 \quad \dots (1 1)$$

【 0 0 8 0 】

同様に、左手 1 0 2 の親指以外の 4 本の指が回転軸線 1 0 6 に沿ってステアリングホイール 1 0 4 の円環部 1 0 4 A を運転者の側へ及ぼす力 F_{a710} は、下記の式 (1 2) により表される。

$$F_{a710} = - F_{y710} \cdot \cos 710 + F_{z710} \cdot \sin 710 \quad \dots (1 2)$$

【 0 0 8 1 】

よって、右手 1 0 0 が回転軸線 1 0 6 に沿ってステアリングホイール 1 0 4 の円環部 1 0 4 A を運転者の側へ及ぼす力 F_{al} は、下記の式 (1 3) により表される。

$$\begin{aligned} F_{al} &= F_{a6} + F_{a710} \\ &= F_{y6} \cdot \cos 6 - F_{z6} \cdot \sin 6 - F_{y710} \cdot \cos 710 + F_{z710} \cdot \sin 710 \\ &\quad \dots (1 4) \end{aligned}$$

【 0 0 8 2 】

従って、左右の手 1 0 0 および 1 0 2 が回転軸線 1 0 6 に沿ってステアリングホイール 1 0 4 の円環部 1 0 4 A を運転者の側へ及ぼす力 F_a は、下記の式 (1 5) により表される。なお、力 F_{y25} および F_{y710} は、それぞれ下記の式 (1 6) および (1 7) により表され、力 F_{z25} および F_{z710} は、それぞれ下記の式 (1 8) および (1 9) により表される。

【 0 0 8 3 】

$$\begin{aligned} F_a &= F_{ar} + F_{al} \\ &= F_{y1} \cdot \cos 1 - F_{z1} \cdot \sin 1 - F_{y25} \cdot \cos 25 + F_{z25} \cdot \sin 25 \\ &\quad + F_{y6} \cdot \cos 6 - F_{z6} \cdot \sin 6 - F_{y710} \cdot \cos 710 + F_{z710} \cdot \sin 710 \\ &\quad \dots (1 5) \end{aligned}$$

$$F_{y25} = F_{y2} + F_{y3} + F_{y4} + F_{y5} \quad \dots (1 6)$$

$$F_{y710} = F_{y7} + F_{y8} + F_{y9} + F_{y10} \quad \dots (1 7)$$

10

20

30

40

50

$$F_{z25} = F_{z2} + F_{z3} + F_{z4} + F_{z5} \quad \dots (18)$$

$$F_{z710} = F_{z7} + F_{z8} + F_{z9} + F_{z10} \quad \dots (19)$$

【0084】

なお、力 F_a がステアリングホイール 104 の円環部 104A に対し回転軸線に沿って作用しても、これに対抗する力が車体よりステアリング系を介して作用し、円環部 104A は移動しない。よって、力 F_a が大きくなると、ステアリング系において発生しステアリングホイール 104 の回転を阻害する摩擦力が大きくなる。

【0085】

<前後力>

図 13 に示されている如く、水平方向に対する回転軸線 106 の傾斜角を θ とすると、回転軸線 106 に沿う力 F_a がステアリングホイール 104 の円環部 104A を車両の後方へ及ぼす力 F_{ax} は、下記の式 (20) により表される。

$$F_{ax} = F_a \cdot \cos \theta \quad \dots (20)$$

【0086】

また、図 10 に示されている如く、右手 100 の中心 100A および左手 102 の中心 102A と回転軸線 106 とを結ぶ直線 110R および 110L が回転軸線 106 を通る鉛直面 106C となす角度をそれぞれ α および β とする。右手 100 の x 軸方向の力 F_{x1} および F_{x25} がステアリングホイール 104 の円環部 104A を車両の後方へ及ぼす力 F_{xr} は、下記の式 (21) により表される。

$$\begin{aligned} F_{xr} &= F_{x1} \cdot \sin \alpha \cdot \sin \theta + F_{x25} \cdot \sin \beta \cdot \sin \theta \\ &= (F_{x1} + F_{x25}) \sin \theta \cdot \sin \theta \quad \dots (21) \end{aligned}$$

【0087】

同様に、左手 102 の x 軸方向の力 F_{x6} および F_{x710} がステアリングホイール 104 の円環部 104A を車両の後方へ及ぼす力 F_{xl} は、下記の式 (22) により表される。

$$\begin{aligned} F_{xl} &= F_{x6} \cdot \sin \beta \cdot \sin \theta + F_{x710} \cdot \sin \alpha \cdot \sin \theta \\ &= (F_{x6} + F_{x710}) \sin \theta \cdot \sin \theta \quad \dots (22) \end{aligned}$$

【0088】

従って、左右の手 100 および 102 がステアリングホイール 104 の円環部 104A を車両の後方へ及ぼす力 F_{hx} は、下記の式 (23) により表される。

$$\begin{aligned} F_{hx} &= F_{ax} + F_{xr} + F_{xl} \\ &= F_a \cdot \cos \theta + (F_{x1} + F_{x25}) \cdot \sin \alpha \cdot \sin \theta \\ &\quad + (F_{x6} + F_{x710}) \cdot \sin \beta \cdot \sin \theta \quad \dots (23) \end{aligned}$$

【0089】

<左右力>

右手 100 の親指がステアリングホイール 104 の円環部 104A をステアリングホイールの径方向の右方へ及ぼす力 F_{hy1} は、図 11 において右向きの力であるので、下記の式 (24) により表される。

$$F_{hy1} = F_{y1} \cdot \sin \alpha + F_{z1} \cdot \cos \alpha \quad \dots (24)$$

【0090】

同様に、右手 100 の親指以外の 4 本の指がステアリングホイール 104 の円環部 104A をステアリングホイールの径方向の右方へ及ぼす力 F_{hy25} は、下記の式 (25) により表される。

$$F_{hy25} = -F_{y25} \cdot \sin \beta - F_{z25} \cdot \cos \beta \quad \dots (25)$$

【0091】

よって、右手 100 がステアリングホイール 104 の円環部 104A をステアリングホイールの径方向の右方へ及ぼす力 F_{hyr} は、下記の式 (26) により表される。

$$\begin{aligned} F_{hyr} &= F_{hy1} + F_{hy25} \\ &= F_{y1} \cdot \sin \alpha + F_{z1} \cdot \cos \alpha - F_{y25} \cdot \sin \beta - F_{z25} \cdot \cos \beta \quad \dots (26) \end{aligned}$$

【0092】

また、左手 102 の親指がステアリングホイール 104 の円環部 104A をステアリン

10

20

30

40

50

グホイールの径方向の右方へ及ぼす力 F_{hy6} は、図 12 において右向きの力であるので、下記の式 (27) により表される。

$$F_{hy6} = -F_{y6} \cdot \sin \theta_6 - F_{z6} \cdot \cos \theta_6 \quad \dots (27)$$

【0093】

同様に、左手 102 の親指以外の 4 本の指が線ステアリングホイール 104 の円環部 104A をステアリングホイールの径方向の右方へ及ぼす力 F_{hy710} は、下記の式 (28) により表される。

$$F_{hy710} = F_{y710} \cdot \sin \theta_{710} + F_{z710} \cdot \cos \theta_{710} \quad \dots (28)$$

【0094】

よって、右手 100 がステアリングホイール 104 の円環部 104A をステアリングホイールの径方向の右方へ及ぼす力 F_{hy1} は、下記の式 (29) により表される。

$$\begin{aligned} F_{hy1} &= F_{hy6} + F_{hy710} \\ &= -F_{y6} \cdot \sin \theta_6 - F_{z6} \cdot \cos \theta_6 + F_{y710} \cdot \sin \theta_{710} + F_{z710} \cdot \cos \theta_{710} \\ &\quad \dots (29) \end{aligned}$$

【0095】

従って、左右の手 100 および 102 がステアリングホイール 104 の円環部 104A を右方向へ及ぼす力 F_{hy} は、下記の式 (30) により表される。

$$\begin{aligned} F_{hy} &= F_{hyr} \cdot \cos \theta_r + F_{hyl} \cdot \cos \theta_l \\ &= (F_{y1} \cdot \sin \theta_1 + F_{z1} \cdot \cos \theta_1 - F_{y25} \cdot \sin \theta_{25} - F_{z25} \cdot \cos \theta_{25}) \cos \theta_r \\ &\quad + (-F_{y6} \cdot \sin \theta_6 - F_{z6} \cdot \cos \theta_6 + F_{y710} \cdot \sin \theta_{710} + F_{z710} \cdot \cos \theta_{710}) \\ &\quad \cdot \cos \theta_l \quad \dots (30) \end{aligned}$$

【0096】

なお、回転軸線 106 に沿う力 F_a の場合と同様に、力 F_{hy} がステアリングホイール 104 の円環部 104A に対し横方向へ作用しても、これに対抗する力が車体よりステアリング系を介して作用し、円環部 104A は移動しない。よって、力 F_{hy} が大きくなると、ステアリング系において発生しステアリングホイール 104 の回転を阻害する摩擦力が大きくなる。

【0097】

< 演算制御装置の動作 >

スイッチ 60 が作業者によってオンに切り替えられると、データロガー装置 62 の制御部 52 は、力検出装置 11 ~ 20 および操舵角センサ 84 等のセンサより予め設定された順序にて信号を取り込む。演算部 54 は、上記各式に従って操舵力 (保舵力) F_{xrl} または操舵トルク (保舵トルク) T_{xrl} 、回転軸線に沿う力 F_a または前後力 F_{hx} 、左右力 F_{hy} を演算する。

【0098】

また、パーソナルコンピュータ 64 の記憶部 56 は、予め設定された時間毎に演算部 54 により演算された値を、これらの値と同期して操舵角センサ 84 等のセンサにより検出された値と共に記憶する。表示部 58 は、例えば図 14 に示されている如く、演算部 54 により演算された値および操舵角センサ 84 等のセンサにより検出された値をグラフとして表示する。

【0099】

< 力測定の手順 >

上述の如く構成された作用力測定装置 10 を用いて行われる車両のステアリングホイールにおける作用力の測定は、以下の手順にて実行され、これにより本発明による作用力測定方法の第一の実施形態が実行される。

【0100】

まず、図には示されていない車両を運転する操作者が車両に搭乗する。リング 78 - 2 ~ 78 - 5 および 78 - 7 ~ 78 - 10 が、操作者の親指以外の指の第二関節と指の付け根の関節 (中手指節関節) との間の部分に僅かに締め付けるよう装着される。また、力検出装置 11 ~ 20 が左右の手の対応する 10 本の指に装着され、保持板 74 がベルト 72

10

20

30

40

50

によって手の甲に取り付けられる。そして、必要に応じて弾性材 76 - 1 ~ 76 - 10 の付勢力が調節される。

【0101】

次いで、演算制御装置 50 のスイッチ 60 が作業者によってオンに切り替えられ、その時の各 3 軸力センサの検出値が求められる。もし検出値が 0 でないならば、その値を補正值として各 3 軸力センサの検出値が 0 になるようセンサの出力が補正されることにより、各 3 軸力センサの初期化が行われる。以上の手順により作用力測定の準備が完了する。なお、上記 3 軸力センサの初期化は省略されてもよい。

【0102】

操作者は車両のエンジンを始動し、左右の手によりステアリングホイールを所定の位置にて把握した状態で車両の走行を開始する。操作者は測定項目に則して車両を加減速させながら操舵操作を行う。その間に、各 3 軸力センサにより検出された力に基づいて演算制御装置 50 により上述の如く種々の作用力が演算され、種々のセンサにより検出された値と共に記録される。測定項目についての必要な運転操作が終了すると、作業者によってスイッチ 60 がオフに切り替えられ、作用力の測定が終了する。なお、力の測定は、車両が静止した状態にて行われてもよく、また、車両が走行試験台に載せられた状態にて行われてもよい。

【0103】

[第二の実施形態]

図 15 は、指輪型の力検出装置を有し、車両のステアリングホイールにおける作用力を測定するよう構成された本発明による作用力測定装置の第二の実施形態を示す概略構成図である。

【0104】

図 15 と図 1 との比較より解る如く、この実施形態の作用力測定装置 110 は、第一の実施形態の作用力測定装置 10 の指サック型の力検出装置 11 ~ 20 が、指輪型の力検出装置 211 ~ 220 に置き換えられている点を除き、作用力測定装置 10 と同一である。

【0105】

図 16 ないし図 18 は、第二の実施形態の右手の人差指用の力検出装置 212 のそれぞれ平面図、中央縦断面図、背面図である。

【0106】

これらの図に於いて、221 はプラスチックの如き比較的硬質の樹脂にて形成されたケーシングを示している。ケーシング 221 は、軸線 222 D に沿って延在する中空の実質的に矩形断面の筒状をなす先端側部分 221 D と、軸線 222 D と交差する軸線 222 P に沿って延在する中空の実質的に矩形断面の筒状をなす付け根側部分 221 P とを有している。先端側部分 221 D は指先側の端部においても開いている。ケーシング 221 の掌側の面部 221 A は、人差指の第一関節の位置 223 より指先側へ向かうにつれて軸線 222 P より離れる方向へ傾斜し、また、位置 223 より指先側とは反対の側へ向かうにつれて軸線 222 D より離れる方向へ傾斜している。

【0107】

先端側部分 221 D および付け根側部分 221 P は、面部 221 A 以外の部分においては互いに分離されている。換言すれば、先端側部分 221 D および付け根側部分 221 P は、第一関節の位置 223 の領域において面部 221 A により互いに接続されている。また、先端側部分 221 D および付け根側部分 221 P は、第一関節の位置 223 の両側の領域における面部 221 A の弾性変形により、軸線 222 D および 222 P の交差角が変化するよう、互いに他に対し変位し得るようになっている。

【0108】

先端側部分 221 D は、下端にて面部 221 A と一体をなす二つの側面部 221 DL および 221 DR と、一方の側縁にて側面部 221 DL の上端と一体をなす天井面部 221 DT とを有している。天井面部 221 DT の上面にはドーム形のワイヤハーネスガイド 221 DG が設けられており、天井面部 221 DT の他方の側縁にはフック 221 DF が設

10

20

30

40

50

けられている。側面部 221DR の上端近傍には、フック 221DF が係合することにより天井面部 221DT の他方の側縁が側面部 221DR の上端に係合した状態に維持するための突起 221DE が設けられている。

【0109】

図 19 に示されている如く、フック 221DF が突起 221DE に係合していない自由状態においては、二つの側面部 221DL および 221DR は面部 221A より離れるにつれて互いの間隔が増大するよう延在する。従って、自由状態においては、天井面部 221DT の他方の側縁は、側面部 221DR の上端より離れた状態になり、先端側部分 221D の断面形状は、閉じた矩形ではなく、開いた矩形である。

【0110】

なお、図示の実施形態においては、天井面部 221DT の他方の側縁は、フック 221DF および突起 221DE により側面部 221DR の上端に固定されるようになっているが、マジックテープ（登録商標）の如き他の固定構造により固定されてもよい。また、天井面部 221DT が側面部 221DL および 221DR の上端の間に渡設されたゴムバンドの如き弾性材に置換されてもよい。

【0111】

先端側部分 221D 内には、指嵌合部材 224D が配置され、先端側部分 221D の側面部 221DL および 221DR の内面に接着等の手段により固定されている。指嵌合部材 224D も、低硬度ウレタン、ゴムスポンジの如き低剛性の弾性材にて形成されている。指嵌合部材 224D は、軸線 222D に沿って延在し上縁部にて開いた空洞部 225D を有し、空洞部 225D は、人差指の第一関節のよりも先の領域の形状に実質的に対応する形状を有している。空洞部 225D は、先端側部分 221D が閉じた矩形の断面形状にあるときには、人差指の第一関節のよりも先の領域の大きさよりも僅かに小さくなり、人差指を周囲より僅かに押圧する状態で人差指を受け入れるよう、設定されている。

【0112】

付け根側部分 221P も先端側部分 221D と同様に構成されている。即ち、付け根側部分 221P は、それぞれ側面部 221DL、221DR および天井面部 221DT に対応する側面部 221PL、221PR および天井面部 221PT を有している。また、付け根側部分 221P は、フック 221DF および突起 221DE に対応するフック 221PF および突起 221PE を有している。更に、付け根側部分 221P は、指嵌合部材 224D に対応する指嵌合部材 224P を有している。

【0113】

面部 221A の内面には、面部 221A の全長にわたり延在する力伝達部材 226 が接着等の手段により固定されている。よって、力伝達部材 226 は、面部 221A と指嵌合部材 224D との間にて先端側部分 221D 内に延在すると共に、面部 221A と指嵌合部材 224P との間にて先端側部分 221P 内に延在している。力伝達部材 126 は、ケーシング 221 を構成する材料よりも弾性が高いが指嵌合部材 224D、224P を構成する材料よりも剛性が高い材料、例えば、天然ゴムの如き高剛性の弾性材にて形成されている。

【0114】

以上の説明より解る如く、力検出装置 211 は指嵌合部材 224D、224P の空洞部 225D、225P に操作者の人差指が挿入され、フック 221DF、221PF がそれぞれ突起 221DE、221PE に係合せしめられることにより人差指に装着される。従って、ケーシング 221、指嵌合部材 224D、224P および力伝達部材 226 等は、互いに共働して操作者の人差指に装着される装着部材 227 を構成している。

【0115】

人差指の第一関節の位置 223 にて面部 221A の外面の幅方向中央には、第一の実施形態の 3 軸力センサ 128 と同様の 3 軸力センサ 228 が接着等の手段により固定されている。3 軸力センサ 228 の x 軸、y 軸および z 軸の方向は、第一の実施形態の 3 軸力センサ 128 の x 軸、y 軸および z 軸の方向と同一に設定されている。

10

20

30

40

50

【 0 1 1 6 】

3軸力センサ228の指先側の端部にはワイヤーネス232が接続されており、ワイヤーネス232はケーシング221の先端側部分221Dの側部を迂回して掌とは反対の側へ延在している。また、ワイヤーネス232は、先端側部分221Dおよび付け根側部分221Pの天井面部221DTおよび221PTに設けられたワイヤーネスガイド221DGおよび221PGに挿通されている。

【 0 1 1 7 】

詳細には図示されていないが、力検出装置213～215は、力検出装置212と同様に構成されており、それぞれ操作者の右手の中指、薬指、小指に装着される装着部材237～257と、3軸力センサ238～258とを含んでいる。また、力検出装置217～220は、それぞれ力検出装置212～215と同様に構成されており、それぞれ操作者の左手の人差指、中指、薬指、小指に装着される装着部材277～307と、3軸力センサ268～308とを含んでいる。

10

【 0 1 1 8 】

また、右手および左手の親指用の力検出装置211および216は、力検出装置212と同様に構成されており、それぞれ操作者の右手および左手の親指に装着される装着部材217および267と、3軸力センサ218および268とを含んでいる。3軸力センサ218および268のx軸、y軸およびz軸の方向は、第一の実施形態の3軸力センサ118および168のx軸、y軸およびz軸の方向と同一に設定されている。ただし、第一の実施形態の場合と同様に、3軸力センサ118および268のz軸は、他の指と同一の方向z に対し親指の中心軸の周りに僅かに人差指側にシフトした方向に設定されている。また、3軸力センサ218および268のx軸は、z軸に沿って見て人差指より離れる方向に整合し、y軸は、親指の付け根へ向かう方向に整合している。

20

【 0 1 1 9 】

なお、第二の実施形態においては、第一の実施形態における保持装置70は設けられていないが、第一の実施形態における保持装置70と同様に力検出装置211～220が対応する指から抜け出すことを防止する保持装置が設けられてもよい。また、保持装置が例えば親指の如く一部の指についてのみ設けられてもよい。

【 0 1 2 0 】

力検出装置211～220は、第一の実施形態の力検出装置11～20と同様にx軸、y軸およびz軸の力を検出する。また、演算制御装置50は、第一の実施形態の場合と同様に、制御部52、演算部54、記憶部56、表示部58を含み、力検出装置211～220の検出結果に基づいて操舵力等を演算し、種々のセンサにより検出された値と共に記録する。

30

【 0 1 2 1 】

よって、第二の実施形態においては、力検出装置211～220が左右の手の対応する10本の指に装着される点を除き、第一の実施形態の場合と同様の要領にて車両のステアリングホイールにおける作用力の測定が行われる。なお、力検出装置の装着は、装着部材217～307のケーシングのフックが突起より外れた状態で付け根側部分および先端側部分に指が挿入され、3軸力センサが指に対し適正な位置に位置決めされた状態にてフックが突起に係合せしめられることにより行われる。

40

【 0 1 2 2 】

以上の説明より解る如く、第一および第二の実施形態によれば、被操作物としてのステアリングホイールに測定用の装置を取り付ける必要がなく、操作者はステアリングホイールに取り付けられた装置を介することなくステアリングホイールを操作することができる。よって、実際の操作状況にできるだけ近い測定状況を確保し、ステアリングホイールと操作者の手との間に作用する力を正確に測定することができる。

【 0 1 2 3 】

また、第一および第二の実施形態によれば、操作者の指がステアリングホイールに押圧力を与える方向および該方向に垂直で互いに垂直な二つの方向の三つの方向について力セ

50

ンサにより力が検出され、それらの力に基づいて作用力が演算される。これにより、操作者が車両を運転する際にステアリングホイールと手との間に作用する力として、操舵力（保舵力）、操舵トルク（保舵トルク）、ステアリングホイールの回転軸線に沿う力、前後力、左右力を測定することができる。

【 0 1 2 4 】

また、第一および第二の実施形態によれば、操作者が手によりステアリングホイールを把持していれば、力センサはステアリングホイールと指の第一関節との間に位置する。よって、ステアリングホイールの操作範囲が大きく、操作の過程でステアリングホイールの持ち替えが行われるような場合にも、必要な作用力を確実に測定することができる。

【 0 1 2 5 】

また、第一および第二の実施形態によれば、測定用の装置をステアリングホイールに取り付けたり取り外したりする必要がない。よって、測定用の装置の取り付けや取り外しに起因してステアリングホイールを損傷することはない。また、測定用の装置を取り付けるためにステアリングホイールを部分的に分解することも不要であるので、作用力を能率的に測定することができる。

【 0 1 2 6 】

特に、第一の実施形態によれば、力検出装置は指サック型であり、力検出装置が指から抜け出すことを防止する保持装置 7 0 が設けられている。従って、力センサを指に対し予め設定された位置に容易に位置決めすることができると共に、測定中に力センサが指の延在方向へ指に対し相対的に変位する虞れを低減することができる。

【 0 1 2 7 】

また、第二の実施形態によれば、力検出装置は指輪型であり、ケーシング 2 2 1 は、先端側部分 2 2 1 D と付け根側部分 2 2 1 P とを有し、これらの部分は第一関節の位置 2 2 3 の両側の領域における弾性変形により互いに他に対し変位可能である。従って、第一関節の屈曲の程度を比較的自由に变化させることができ、測定に際し力検出装置により操作者の指に与えられる拘束の度合を低くすることができる。

【 0 1 2 8 】

[第三の実施形態]

図 2 0 は、指サック型の力検出装置を有し、機械装置の揺動操縦桿における作用力を測定するよう構成された本発明による作用力測定装置の第三の実施形態を示す概略構成図である。

【 0 1 2 9 】

図 2 0 と図 1 との比較より解る如く、この実施形態の作用力測定装置 3 1 0 は、第一の実施形態の作用力測定装置 1 0 の指サック型の力検出装置 1 6 ~ 2 0 が省略されている点を除き、作用力測定装置 1 0 と同一である。即ち、作用力測定装置 3 1 0 は、操作者が右手で機械装置 4 0 0 の被操作物である揺動操縦桿 4 0 2 を把握して支点 4 0 4 の周りに前後左右に揺動操作する際の作用力を測定するよう構成されている。

【 0 1 3 0 】

図 2 0 には示されていないが、操作者が左手で揺動操縦桿 4 0 2 を揺動操作する場合には、第一の実施形態の作用力測定装置 1 0 の力検出装置 1 1 ~ 1 5 が省略される。また、揺動操縦桿 4 0 2 を揺動操作する際の作用力は、第二の実施形態の作用力測定装置 2 1 0 の指輪型の力検出装置 2 1 1 ~ 2 1 5 または 2 1 6 ~ 2 2 0 を使用して測定されてもよい。更に、機械装置 4 0 0 の揺動操縦桿 4 0 2 は、身体障害者用の車両の操縦桿、建設土木用の重機の操縦桿、各種産業機械の操縦桿の如く、揺動操作される任意の操縦桿であってよい。

【 0 1 3 1 】

なお、この実施形態の演算制御装置 5 0 の制御部 5 2 へ入力される運転パラメータは、機械装置 4 0 0 の運転に関するパラメータである。機械装置 4 0 0 が身体障害者用の車両の操縦桿である場合には、運転パラメータは第一および第二の実施形態の車両の走行パラメータと同様であってよい。また、機械装置 4 0 0 が建設土木用の重機や各種産業機械で

10

20

30

40

50

ある場合には、運転パラメータは可動部材の速度、可動部材を駆動するための油圧の如きアクチュエータのパラメータなどであってよい。

【 0 1 3 2 】

また、この第三の実施形態における作用力の測定は、力検出装置 1 1 ~ 1 5 が操作者の右手の指に装着され、その状態にて揺動操縦桿 4 0 2 が支点 4 0 4 の周りに前後左右に揺動操作されることにより行われる。そして、演算制御装置 5 0 は、第一の実施形態の場合と同様に、力検出装置 2 1 1 ~ 2 1 5 の検出結果に基づいて前後力および左右力を演算し、演算結果を必要に応じて種々のセンサにより検出された値と共に記録する。なお、力検出装置 1 6 ~ 2 0 である場合や、指輪型の力検出装置 2 1 1 ~ 2 1 5 または 2 1 6 ~ 2 2 0 である場合にも、作用力の測定の要領は同一である。

10

【 0 1 3 3 】

< 前後力 >

前後力、即ち、揺動操縦桿 4 0 2 を前後方向に揺動操作する力は、第一の実施形態の回転軸線に沿う力と等価である。換言すれば、図 1 1 を揺動操縦桿 4 0 2 の軸線に垂直な断面とみなし、円環部 1 0 4 A および軸線 1 0 8 をそれぞれ揺動操縦桿 4 0 2 およびその軸線 4 0 6 とみなすことができる。

【 0 1 3 4 】

よって、右手の親指が軸線 4 0 6 に垂直に揺動操縦桿 4 0 2 を手前側へ及ぼす力 F_{jx1} は、上記式 (8) に対応する下記の式 (3 1) により表される。

$$F_{jx1} = F_{y1} \cdot \cos \theta_1 - F_{z1} \cdot \sin \theta_1 \quad \dots (3 1)$$

20

【 0 1 3 5 】

同様に、右手の親指以外の 4 本の指が軸線 4 0 6 に垂直に揺動操縦桿 4 0 2 を手前側へ及ぼす力 F_{jx25} は、上記式 (9) に対応する下記の式 (3 2) により表される。

$$F_{jx25} = - F_{y25} \cdot \cos \theta_{25} + F_{z25} \cdot \sin \theta_{25} \quad \dots (3 2)$$

【 0 1 3 6 】

従って、右手が軸線 4 0 6 に垂直に揺動操縦桿 4 0 2 を前後方向へ及ぼす力 F_{jx} は、手前側への方向を正として、上記式 (1 0) に対応する下記の式 (3 3) により表される。

$$\begin{aligned} F_{jx} &= F_{jx1} + F_{jx25} \\ &= F_{y1} \cdot \cos \theta_1 - F_{z1} \cdot \sin \theta_1 + F_{y25} \cdot \cos \theta_{25} + F_{z25} \cdot \sin \theta_{25} \quad \dots (3 3) \end{aligned}$$

30

【 0 1 3 7 】

< 左右力 >

右手の親指が軸線 4 0 6 に垂直に揺動操縦桿 4 0 2 を右方向へ及ぼす力 F_{jy1} は、上記式 (2 4) に対応する下記の式 (3 4) により表される。

$$F_{jy1} = F_{y1} \cdot \sin \theta_1 + F_{z1} \cdot \cos \theta_1 \quad \dots (3 4)$$

【 0 1 3 8 】

同様に、右手の親指以外の 4 本の指が軸線 4 0 6 に垂直に揺動操縦桿 4 0 2 を右方向へ及ぼす力 F_{jy25} は、上記式 (2 5) に対応する下記の式 (3 5) により表される。

$$F_{jy25} = - F_{y25} \cdot \sin \theta_{25} - F_{z25} \cdot \cos \theta_{25} \quad \dots (3 5)$$

【 0 1 3 9 】

よって、右手が軸線 4 0 6 に垂直に揺動操縦桿 4 0 2 を左右方向へ及ぼす力 F_{jy} は、右方向を正として、上記式 (2 6) に対応する下記の式 (3 6) により表される。

40

$$\begin{aligned} F_{jy} &= F_{jy1} + F_{jy25} \\ &= F_{y1} \cdot \sin \theta_1 + F_{z1} \cdot \cos \theta_1 - F_{y25} \cdot \sin \theta_{25} - F_{z25} \cdot \cos \theta_{25} \quad \dots (3 6) \end{aligned}$$

【 0 1 4 0 】

< 揺動トルク >

揺動操縦桿 4 0 2 の支点 4 0 4 から力 F_{jx} および F_{jy} の作用点 4 0 6 までの半径を R_j とすると、前後方向の揺動トルク T_{jx} および左右方向の揺動トルク T_{jy} は、それぞれ下記の式 (3 7) および (3 8) により表される。

$$\begin{aligned} T_{jx} &= F_{jx} \cdot R_j \\ &= (F_{y1} \cdot \cos \theta_1 - F_{z1} \cdot \sin \theta_1 - F_{y25} \cdot \cos \theta_{25} + F_{z25} \cdot \sin \theta_{25}) R_j \end{aligned}$$

50

$$\begin{aligned} & \dots (37) \\ T_{jy} &= F_{jy} \cdot R_j \\ &= (F_{y1} \cdot \sin \theta_1 + F_{z1} \cdot \cos \theta_1 - F_{y25} \cdot \sin \theta_{25} - F_{z25} \cdot \cos \theta_{25}) R_j \\ & \dots (38) \end{aligned}$$

【0141】

なお、前後方向の揺動トルク T_{jx} および左右方向の揺動トルク T_{jy} は、それぞれ下記の式 (39) および (40) に従って正確に演算されてもよい。下記の式 (39) および (40) における $R_{j11} \sim R_{j15}$ は、揺動操縦桿 402 の支点 404 から力検出装置 211 ~ 215 の 3 軸力センサの中心までの半径である。

【0142】

$$\begin{aligned} T_{jx} &= (F_{y1} \cdot \cos \theta_1 - F_{z1} \cdot \sin \theta_1) R_{j11} \\ &+ (-F_{y2} \cdot \cos \theta_{25} + F_{z2} \cdot \sin \theta_{25}) R_{j12} \\ &+ (-F_{y3} \cdot \cos \theta_{25} + F_{z3} \cdot \sin \theta_{25}) R_{j13} \\ &+ (-F_{y4} \cdot \cos \theta_{25} + F_{z4} \cdot \sin \theta_{25}) R_{j14} \\ &+ (-F_{y5} \cdot \cos \theta_{25} + F_{z5} \cdot \sin \theta_{25}) R_{j15} \\ & \dots (39) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_{jy} &= (F_{y1} \cdot \cos \theta_1 + F_{z1} \cdot \sin \theta_1) R_{j11} \\ &- (F_{y2} \cdot \sin \theta_{25} + F_{z2} \cdot \cos \theta_{25}) R_{j12} \\ &- (F_{y3} \cdot \sin \theta_{25} + F_{z3} \cdot \cos \theta_{25}) R_{j13} \\ &- (F_{y4} \cdot \sin \theta_{25} + F_{z4} \cdot \cos \theta_{25}) R_{j14} \\ &- (F_{y5} \cdot \sin \theta_{25} + F_{z5} \cdot \cos \theta_{25}) R_{j15} \\ & \dots (40) \end{aligned}$$

【0143】

この第三の実施形態によれば、第一の実施形態の指サック型の力検出装置の構造を有効に利用して、被操作物が支点の周りに前後左右に揺動操作される揺動操縦桿について、前後方向および左右の作用力を測定することができる。そしてこの場合にも、実際の操作状況にできるだけ近い測定状況を確保することができるので、作用力を正確に測定し、操作者が覚える違和感を低減することができる。

【0144】

また、揺動操縦桿に測定用の装置を取り付けたり取り外したりする必要がないので、測定用の装置の取り付けや取り外しに起因して被操作物を損傷することはない。また、測定用の装置を取り付けるために被操作物を部分的に分解することも不要であるので、作用力を能率的に測定することができる。

【0145】

なお、第三の実施形態の修正例として、指サック型の力検出装置が第二の実施形態の指輪型の力検出装置に置き換えられることにより、第二の実施形態の作用力測定装置の構成が揺動操縦桿の作用力の測定に適用されてもよい。

【0146】

以上の説明より解る如く、上述の各実施形態によれば、ケーシングおよび力伝達部材の実質的に「へ」の字形に屈曲した形状などによる位置決め手段により、力センサが指に対し予め設定された位置に位置するよう、指に対し装着部材および力センサが位置決めされる。よって、装着部材などに位置決め手段が設けられていない場合に比して、指に対する力センサの位置決めを容易にかつ正確に行うことができ、これにより作用力の測定を容易にかつ正確に行うことができる。

【0147】

また、手によりステアリングホイールなどの被操作部材を把持する場合には、指の関節は曲げられた状態になる。上述の各実施形態によれば、ケーシングおよび力伝達部材は実質的に「へ」の字形に屈曲した形状を有する。よって、このことによっても作用力の測定が行われない現実の操舵状況に近い測定状況を確保し、被操作部材と操作者の手との間に作用する力を測定する際に操作者が覚える違和感を低減することができる。

10

20

30

40

50

【 0 1 4 8 】

また、上述の各実施形態によれば、ケーシングおよび力伝達部材の実質的に「へ」の字形に屈曲した形状やケーシングの矩形の断面形状などによる回転抑制手段により、装着部材が指に対し相対的に回転することが抑制される。よって、装着部材などに回転抑制手段が設けられていない場合に比して、装着部材が指に対し相対的に回転して力センサが本来あるべき位置より変位すること、およびこれに起因して作用力の測定精度が低下する虞れを効果的に低減することができる。

【 0 1 4 9 】

また、上述の各実施形態によれば、力センサは、ピエゾ抵抗型や静電容量型の3軸力センサの如き矩形の薄板状をなす3軸力センサである。よって、力センサが例えば単軸力センサが直交3軸方向に組み立てられた構造のものである場合に比して、力センサを薄く小型することができ、このことによっても測定状況を現実の操舵状況に近くすることができる。

【 0 1 5 0 】

更に、上述の各実施形態によれば、3軸力センサのx軸の方向は指の長手方向に垂直な方向であり、y軸の方向は指の長手方向に沿う方向である。よって、3軸力センサのx軸およびy軸の方向が指の長手方向およびそれに垂直な方向に対し傾斜している場合に比して、指の長手方向に垂直な方向の作用力を容易にかつ正確に測定することができ、また演算制御装置の演算負荷を低減することができる。

【 0 1 5 1 】

以上においては、本発明を特定の実施形態について詳細に説明したが、本発明は上述の実施形態に限定されるものではなく、本発明の範囲内にて他の種々の実施形態が可能であることは当業者にとって明らかであろう。

【 0 1 5 2 】

例えば、上述の各実施形態においては、3軸力センサのx軸の方向は指の長手方向に垂直な方向であり、y軸の方向は指の長手方向に沿う方向である。しかし、y軸およびx軸がそれぞれ指の長手方向およびそれに垂直な方向に対し傾斜していてもよい。

【 0 1 5 3 】

例えば、図21は、3軸力センサ410がそれぞれ指の延在方向および該方向に垂直な方向、即ち実施形態のy軸およびx軸の方向に対し角度 傾斜したy軸およびx軸を有する場合を示している。3軸力センサ410により検出されるx軸方向およびy軸方向の力をそれぞれFx およびFy とすると、x軸方向およびy軸方向の力FxおよびFyをそれぞれ下記の式(41)および(42)により求めることができる。よって、y軸およびx軸がそれぞれ指の長手方向およびそれに垂直な方向に対し傾斜していてもよい。

$$F_x = F_x \cdot \cos \theta + F_y \cdot \sin \theta \quad \dots (41)$$

$$F_y = -F_x \cdot \sin \theta + F_y \cdot \cos \theta \quad \dots (42)$$

【 0 1 5 4 】

また、上述の各実施形態においては、3軸力センサのz軸の方向は、指及び被操作部材の断面形状を互いに接触する円筒とみなすと、3軸力センサの中心を通り二つの円筒の法線の方向である。しかし、y軸およびx軸の傾斜の場合と同様に、z軸の方向が法線の方向に対し傾斜していても三つの軸の方向の力に基づいて法線方向の力を求めることができる。よって、3軸力センサのz軸の方向は法線の方向に対し傾斜していてもよい。

【 0 1 5 5 】

また、力センサがz軸に垂直で指の延在方向に対し傾斜した軸を有していれば、実施形態のy軸の方向およびx軸の方向の両方の力を検出することができる。例えば、力センサがx軸を有するがy軸を有しない場合には、x軸方向およびy軸方向の力FxおよびFyをそれぞれ下記の式(43)および(44)により求めることができる。よって、3軸力センサが直交2軸の力を検出するセンサに置き換えられてもよい。また、3軸力センサが6軸力センサに置き換えられてもよい。

$$F_x = F_x \cdot \cos \quad \dots (43)$$

$$F_y = -F_x \cdot \sin \quad \dots (44)$$

【0156】

また、上述の各実施形態においては、3軸力センサは被操作部材に直接当接するようになっているが、被操作部材に対する3軸力センサの摩擦係数が被操作部材に対する指の摩擦係数に近い値になるよう、例えば樹脂などにて力センサの表面がコーティングされてもよい。

【0157】

また、上述の第一の実施形態においては、x軸方向の力 $F_{x1} \sim F_{x10}$ がそれらに対しそれぞれ補正係数 $K_{x1} \sim K_{x10}$ が乗算されることによって補正されるようになっている。しかし、y軸方向の力およびz軸方向の力もそれらに補正係数 $K_{x1} \sim K_{x10}$ と同様の補正係数が乗算されることによって補正されるよう修正されてもよい。

10

【0158】

また、上述の各実施形態においては、作用力は移動体としての車両のステアリングホイールなどの被操作部材を基準にした方向について測定されるようになっている。しかし、移動体はモータボートや小型漁船の如き船舶であってもよい。また、車両や船舶の如き移動体は移動時に姿勢変化するので、例えば何れかの力検出装置のジャイロセンサが組み込まれることにより、絶対空間の方向を基準に作用力が測定されるよう修正されてもよい。

【0159】

また、上述の各実施形態においては、力検出装置は5本の指の全てに装着される。しかし、力検出装置は5本の指の全てに装着される必要はなく、少なくとも一つの指に装着されればよい。また、力センサが第一の関節の内側の位置に位置決めされるようになっているが、他の位置に位置決めされてもよく、一つの指に複数の力センサが使用されてもよい。

20

【0160】

また、上述の各実施形態においては、操作者の各手と被操作部材との間に作用する力が測定されるようになっている。しかし、これらの力に加えて、両手が被操作部材を介して互いに打ち消し合うように作用する力が、例えば無駄な力や疲労をきたす力として測定されるよう修正されてもよい。

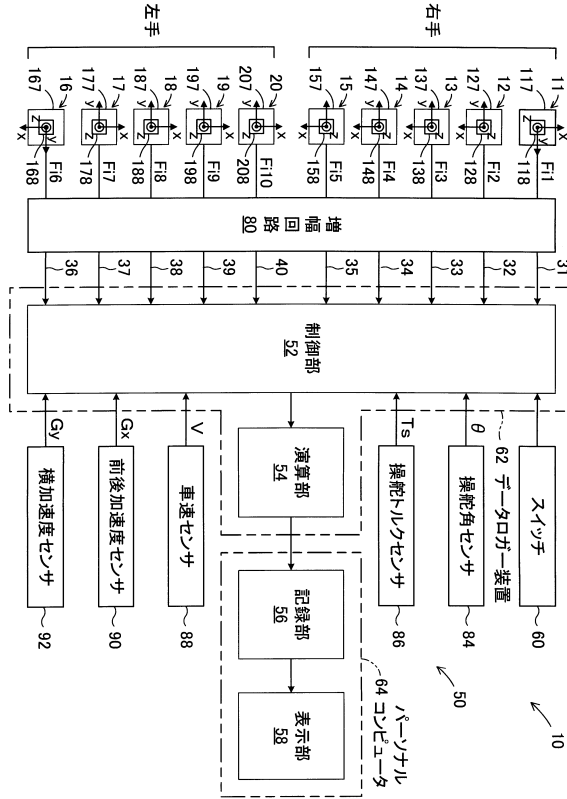
【符号の説明】

30

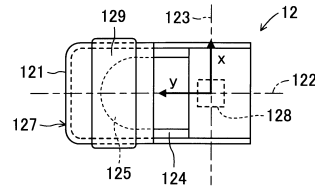
【0161】

10 ... 作用力測定装置、11 ~ 20 ... 力検出装置、50 ... 演算制御装置、52 ... 制御部、54 ... 演算部、56 ... 記憶部、58 ... 表示部、62 ... データロガー装置、64 ... パーソナルコンピュータ、70 ... 保持装置、84 ... 操舵角センサ、86 ... 操舵トルクセンサ、104 ... ステアリングホイール、117 ~ 207 ... 装着部材、118 ~ 208 ... 3軸力センサ、137 ~ ... 装着部材、127 ... 装着部材、210 ... 作用力測定装置、211 ~ 220 ... 力検出装置、310 ... 作用力測定装置、311 ~ 320 ... 力検出装置、402 ... 揺動操縦桿 410 ... 3軸力センサ

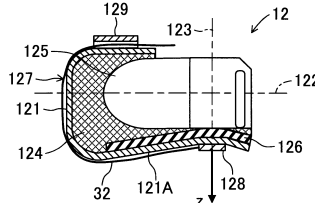
【図1】



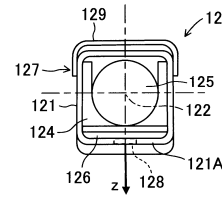
【図2】



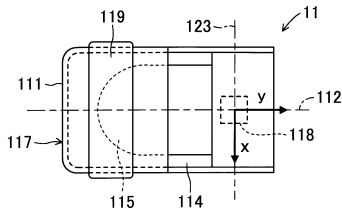
【図3】



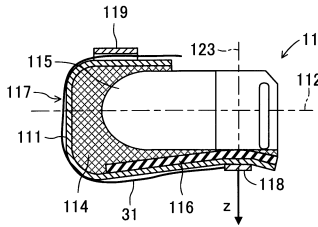
【図4】



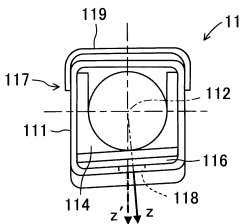
【図5】



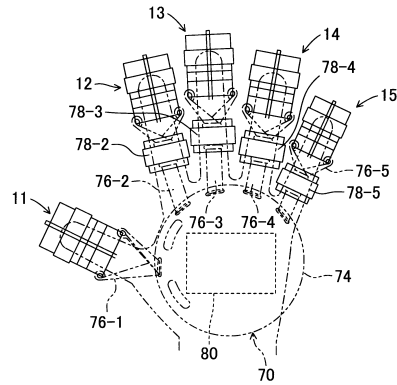
【図6】



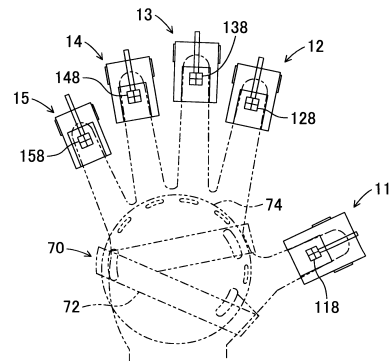
【図7】



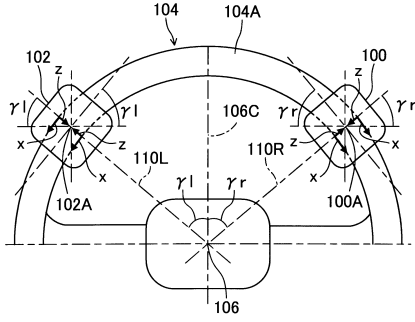
【図8】



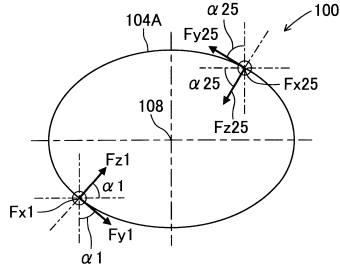
【図9】



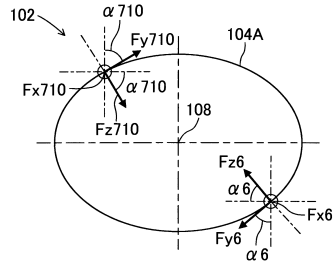
【図10】



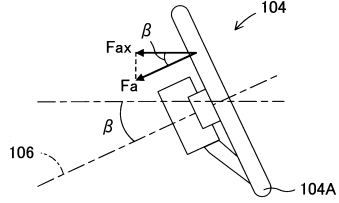
【図11】



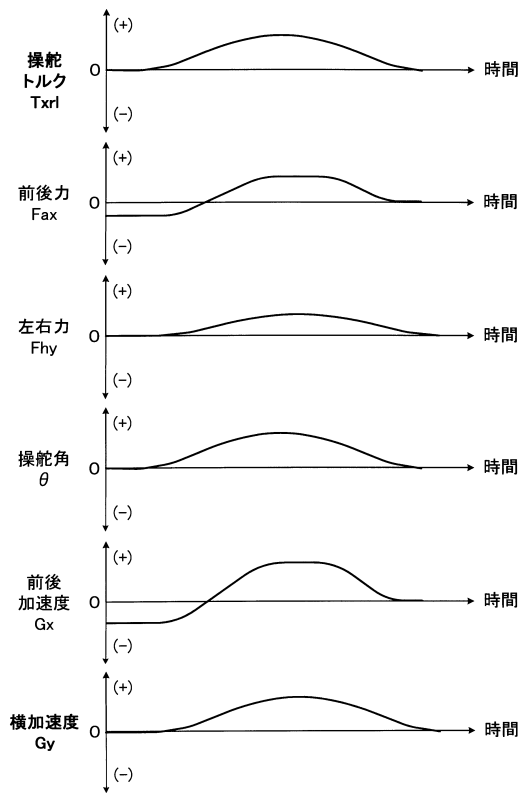
【図12】



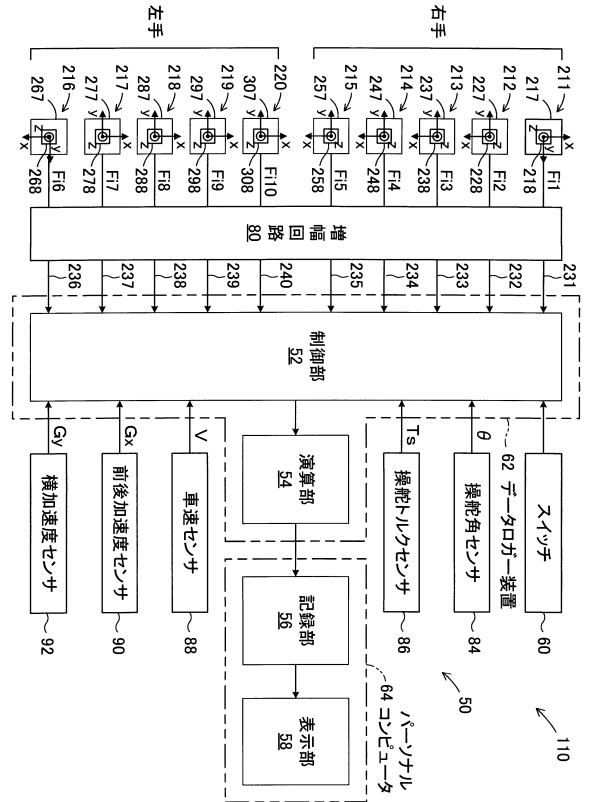
【図13】



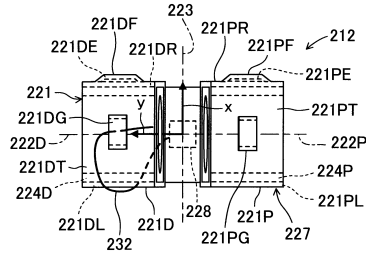
【図14】



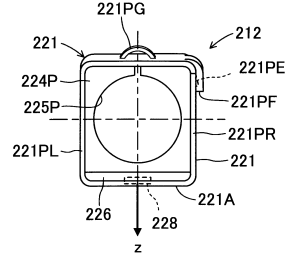
【図15】



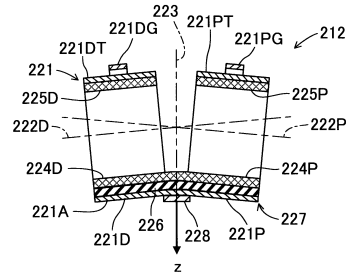
【図16】



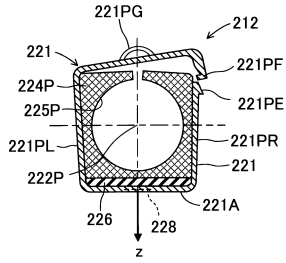
【図18】



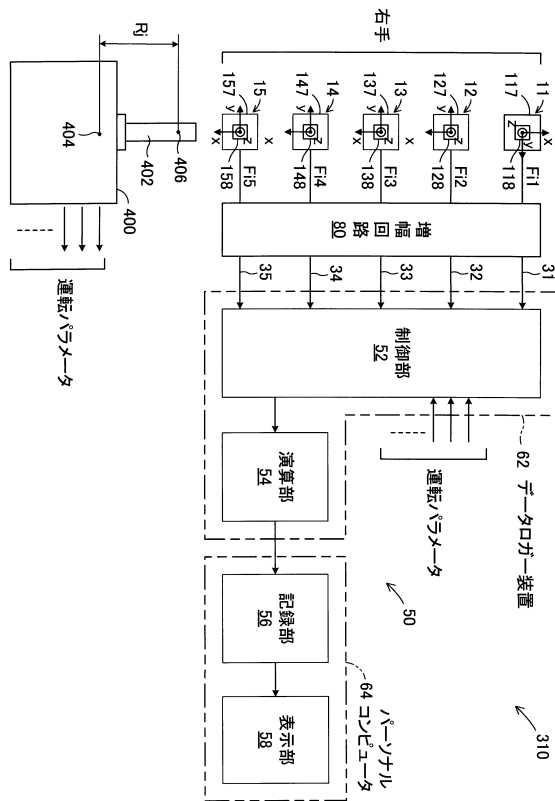
【図17】



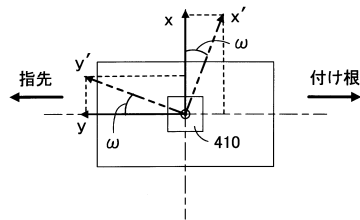
【図19】



【図20】



【図21】



フロントページの続き

(72)発明者 田口 豊

愛知県豊田市花本町井前1番地21 トヨタテクニカルディベロップメント株式会社内

審査官 公文代 康祐

(56)参考文献 特開2008-032511(JP,A)

特開2003-177079(JP,A)

特表昭59-501079(JP,A)

特開2011-232165(JP,A)

特開2008-265528(JP,A)

特開2003-015810(JP,A)

特開平01-103281(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01L 5/16, 5/22

G01L 3/10

G06F 3/033, 3/041

B60K 28/02