

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7617075号
(P7617075)

(45)発行日 令和7年1月17日(2025.1.17)

(24)登録日 令和7年1月8日(2025.1.8)

(51)国際特許分類

FI

G 0 9 B 9/02 (2006.01) G 0 9 B 9/02

G 0 9 B 9/12 (2006.01) G 0 9 B 9/12

請求項の数 20 (全32頁)

(21)出願番号	特願2022-504017(P2022-504017)	(73)特許権者	520483899
(86)(22)出願日	令和2年7月23日(2020.7.23)		アンソニー ベスト ダイナミクス リミテッド
(65)公表番号	特表2022-541597(P2022-541597 A)		ANTHONY BEST DYNAMICS LTD
(43)公表日	令和4年9月26日(2022.9.26)		英国, ブラッドフォード オン エイヴオン ウィルトシャー ビーエー15 1 ジービー, ミドルトン ドライブ
(86)国際出願番号	PCT/GB2020/051763	(74)代理人	110001519
(87)国際公開番号	WO2021/019213		弁理士法人太陽国際特許事務所
(87)国際公開日	令和3年2月4日(2021.2.4)	(72)発明者	カークマン、デイヴィッド
審査請求日	令和5年7月10日(2023.7.10)		イギリス国 アールジー14 1ディーワイ
(31)優先権主張番号	1910726.7		イ バークシャー ニューベリー カナル
(32)優先日	令和1年7月26日(2019.7.26)		ウォーク ザ レクトリー、カークマン
(33)優先権主張国・地域又は機関	英国(GB)		テクノロジーズ リミテッド 内
			最終頁に続く

(54)【発明の名称】 モーションプラットフォーム

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

基部と乗員キャリア部とを備え、前記乗員キャリア部は、互いに直交する、第1の軸、第2の軸、および第3の軸に沿って直線移動可能であり、且つ前記第1の軸、前記第2の軸、および前記第3の軸の回りに回転移動可能であるモーションプラットフォームであって、

前記基部は、それぞれ、前記第3の軸に沿って延在する第1の制御ピラー、第2の制御ピラー、および第3の制御ピラーを備え、前記第1の制御ピラーと前記第2の制御ピラーと前記第3の制御ピラーのそれぞれは、前記第1の軸および前記第2の軸によって画定される平面内で前記第1の軸及び前記第2の軸の方向に独立して移動可能であり、前記第1の制御ピラーと前記第2の制御ピラーと前記第3の制御ピラーは、前記平面内のみを移動するように機械的に拘束され、

前記乗員キャリア部は、第1のガイド部、第2のガイド部、および第3のガイド部を備え、前記第1のガイド部、前記第2のガイド部、および前記第3のガイド部は、それぞれの結合部材によってそれぞれ前記第1の制御ピラー、前記第2の制御ピラー、および前記第3の制御ピラーに枢着され、

前記第1のガイド部、前記第2のガイド部、および前記第3のガイド部は、それぞれ、前記第1の軸および前記第2の軸によって画定される平面に対して平行でないように角度付けられ、

前記第1のガイド部、前記第2のガイド部、および前記第3のガイド部は、それぞれ他

のガイド部に対して平行ではないように前記他のガイド部に対して角度付けられ、

前記ガイド部は、それらに沿って前記それぞれの結合部材の移動を拘束し、

前記モーションプラットフォームは、使用時に、前記第1の制御ピラー、前記第2の制御ピラー、および前記第3の制御ピラーが、それぞれ、前記第3の軸に沿って所定の値のそれぞれの高さを有するように配置される、

モーションプラットフォーム。

【請求項2】

前記基部は、X-Yテーブル部分を備え、前記X-Yテーブル部分は、それぞれの第1の方向およびそれぞれの第2の方向に沿って、前記第1の制御ピラー、前記第2の制御ピラー、および前記第3の制御ピラーの平面内の独立した移動を提供するように構成され、前記第1の方向および前記第2の方向は、前記第3の軸に垂直な面を規定する、請求項1に記載のモーションプラットフォーム。

10

【請求項3】

前記第1の方向は、前記第1の軸に沿っており、および／または前記第2の方向は、前記第2の軸に沿っている、請求項2に記載のモーションプラットフォーム。

【請求項4】

前記X-Yテーブル部分は、第1のスライドレールと第2のスライドレールとを備えるX-Yテーブルを備え、前記スライドレールは、互いに対してスライド可能に移動可能であり、少なくとも1つの制御ピラーは、前記第1のスライドレールのスライド移動が前記第1の方向に沿って前記少なくとも1つの制御ピラーを移動させ、かつ前記第2のスライドレールのスライド移動が前記少なくとも1つの制御ピラーを前記第2の方向に沿って移動させるように、前記X-Yテーブルに取り付けられている、請求項2に記載のモーションプラットフォーム。

20

【請求項5】

前記X-Yテーブル部分は、第1のX-Yテーブル、第2のX-Yテーブル、および第3のX-Yテーブルを備え、前記第1のX-Yテーブルと前記第2のX-Yテーブルと前記第3のX-Yテーブルの各々は、それぞれの第1のスライドレールおよび第2のスライドレールを備え、前記スライドレールは、互いに対してスライド可能に移動可能であり、前記第1の制御ピラー、前記第2の制御ピラー、および前記第3の制御ピラーは、前記第1のスライドレールのスライド移動が前記第1の方向に沿って対応する制御ピラーを移動させるように、および前記第2のスライドレールのスライド移動が前記対応する制御ピラーを前記第2の方向に沿って移動させるように、前記第1のX-Yテーブル、前記第2のX-Yテーブル、および前記第3のX-Yテーブルにそれぞれ取り付けられている、請求項2に記載のモーションプラットフォーム。

30

【請求項6】

前記第1のX-Yテーブルと前記第2のX-Yテーブルと前記第3のX-Yテーブルの各々は、第1のキャリッジ及び第2のキャリッジをそれぞれ備え、前記第1のキャリッジ及び前記第2のキャリッジは、スタック状に配置され、

前記第1のキャリッジは、前記第1の制御ピラー及び前記第2のキャリッジに対して前記第1の方向に沿って移動する1つ以上のベアリングと、前記第1のキャリッジを前記第1の方向に沿って移動させるように駆動するように配置された第1のモータと、を備え、

40

前記第2のキャリッジは、前記第1のX-Yテーブルと前記第2のX-Yテーブルと前記第3のX-Yテーブルの各々の基部に対して前記第2の方向に沿って移動する1つ以上のベアリングと、前記第2のキャリッジを前記第2の方向に沿って移動させるように駆動するように配置された第2のモータと、を備え、

前記第2のキャリッジは、さらに、前記第1の方向に沿って整列された1つ以上のベアリングレールを備え、前記第1のキャリッジの前記ベアリングは、前記第2のキャリッジの前記1つ以上のベアリングレールと係合し、且つ

前記第1のX-Yテーブルと前記第2のX-Yテーブルと前記第3のX-Yテーブルの各々の前記基部は、前記第2の方向に沿って整列された1つ以上の更なるベアリングレール

50

ルを備え、前記第2のキャリッジの前記ベアリングは、前記基部の前記1つ以上のベアリングレールと係合する、

請求項5に記載のモーションプラットフォーム。

【請求項7】

前記第1のX-Yテーブルと前記第2のX-Yテーブルと前記第3のX-Yテーブルの各々は、1つまたは複数の無鉄心リニアモータを備える、請求項5に記載のモーションプラットフォーム。

【請求項8】

前記基部は、前記第3の軸に垂直な平面を画定する、円形の支持レールを備え、前記第1の制御ピラー、前記第2の制御ピラー、および前記第3の制御ピラーは、複数の半径方向に移動可能なアクチュエータに接続され、前記第1の制御ピラーと前記第2の制御ピラーと前記第3の制御ピラーとそれぞれの半径方向に移動可能なアクチュエータとの間の各々の接続は、それぞれの張力部材によって提供され、前記半径方向に移動可能なアクチュエータは、前記円形の支持レールの円周の周りを移動するように構成される、請求項1に記載のモーションプラットフォーム。

【請求項9】

前記ガイド部は、

前記第1のガイド部が、前記乗員キャリア部の前部中央部に位置し、

前記第2のガイド部が、前記乗員キャリア部の後部左部に位置し、

前記第3のガイド部が、前記乗員キャリア部の後部右部に位置するように配置されることを特徴とする

請求項1に記載のモーションプラットフォーム。

【請求項10】

前記ガイド部はそれぞれ、それに沿って、それぞれの前記結合部材の移動が拘束される軌道を画定するガイドレールを備える、請求項1に記載のモーションプラットフォーム。

【請求項11】

前記ガイド部の1つまたは複数は、弾性部材を備える、請求項1に記載のモーションプラットフォーム。

【請求項12】

前記ガイド部は、少なくとも1つの前記ガイド部と、前記第1の軸および前記第2の軸によって画定される平面との間の角度が、10度から70度の間であり、好ましくは20度から60度の間であり、より好ましくは25度から55度の間である、レイアウトを有する、請求項1に記載のモーションプラットフォーム。

【請求項13】

前記ガイド部は、前記第1のガイド部、前記第2のガイド部、および前記第3のガイド部の間の角度が、70度から150度の間であり、好ましくは80度から140度の間であり、より好ましくは90度から135度の間である、レイアウトを有する、請求項1に記載のモーションプラットフォーム。

【請求項14】

前記第2のガイド部と前記第3のガイド部との間の角度は、約100度である、請求項13に記載のモーションプラットフォーム。

【請求項15】

前記基部は、

X-Yテーブル部分を備える一次ステージであって、前記X-Yテーブル部分は、それぞれの第1の方向およびそれぞれの第2の方向に沿って、前記第1の制御ピラー、前記第2の制御ピラー、および前記第3の制御ピラーの平面内の独立した移動を提供するように構成され、前記第1の方向および前記第2の方向は、前記第3の軸に垂直な面を規定する、前記一次ステージと、

円形の支持レールを備え、前記支持レールは、前記第3の軸に垂直な面を規定する、二次ステージと、を備え、

10

20

30

40

50

前記X-Yテーブル部分は、前記円形の支持レールの円周の周りを移動するように構成された半径方向に移動可能なベアリング部材を介して、前記支持レールに取り付けられ、前記二次ステージは、更に、前記二次ステージに対して前記一次ステージの回転移動を駆動するように配置されたラジアルモータを備える、請求項1に記載のモーションプラットフォーム。

【請求項16】

前記第1の軸及び前記第2の軸の方向における前記第1の制御ピラーと前記第2の制御ピラーと前記第3の制御ピラーの移動は、前記モーションプラットフォームを強制的に所望の姿勢に動かすように前記第1の制御ピラーと前記第2の制御ピラーと前記第3の制御ピラーを配置することにより、前記それぞれの結合部材と、角度付けられたレイアウトを有するそれぞれの前記ガイド部と、を介して、前記第3の軸の方向での平面外への移動に変換される、請求項1に記載のモーションプラットフォーム。

10

【請求項17】

前記それぞれの結合部材は、それぞれの前記ガイド部に沿って移動可能であり、前記乗員キャリア部を傾斜させる、請求項1に記載のモーションプラットフォーム。

【請求項18】

基部と乗員キャリア部とを備え、前記乗員キャリア部は、直交する第1の軸、第2の軸、および第3の軸に沿って直線移動可能であり、前記第1の軸、前記第2の軸、および前記第3の軸を中心に回転移動可能であるモーションプラットフォームであって、

前記基部は、それぞれ、第3の軸に沿って延在する第1の制御ピラー、第2の制御ピラー、および第3の制御ピラーを備え、前記第1の制御ピラーと前記第2の制御ピラーと前記第3の制御ピラーのそれぞれは、前記第1の軸および前記第2の軸によって画定される平面内で直線移動可能であり、前記乗員キャリア部は、第1のガイド部、第2のガイド部、および第3のガイド部を備え、前記第1のガイド部、前記第2のガイド部、および前記第3のガイド部は、それぞれの結合部材によってそれぞれ前記第1の制御ピラー、前記第2の制御ピラー、および前記第3の制御ピラーに枢着され、前記第1のガイド部、前記第2のガイド部、および前記第3のガイド部は、それぞれ、前記第1の軸および前記第2の軸によって画定される平面に対して平行でないように角度付けられることで、前記平面に対して平行でなく、前記第1のガイド部、前記第2のガイド部、および前記第3のガイド部は、それぞれ他のガイド部に対して平行ではないように他のガイド部に対して角度付けられ、前記モーションプラットフォームは、使用時に、前記第1の制御ピラー、前記第2の制御ピラー、および前記第3の制御ピラーが、それぞれ、前記第3の軸に沿って所定の値のそれぞれの高さを有するように配置され、前記モーションプラットフォームを強制的に所望の姿勢に動かすように前記第1の制御ピラーと前記第2の制御ピラーと前記第3の制御ピラーを配置することにより、前記第1の軸および前記第2の軸の方向への前記第1の制御ピラーと前記第2の制御ピラーと前記第3の制御ピラーの動きを前記第3の軸の方向への動きに変換することが可能である、モーションプラットフォーム。

20

30

【請求項19】

基部と乗員キャリア部とを備え、前記乗員キャリア部は、直交する第1の軸、第2の軸、および第3の軸に沿って、およびその周りを、移動可能であるモーションプラットフォームであって、

40

前記基部は、それぞれ、前記第3の軸に沿って所定の高さで延在する第1の制御ピラー、第2の制御ピラー、および第3の制御ピラーを備え、前記第1の制御ピラーと前記第2の制御ピラーと前記第3の制御ピラーのそれぞれは、前記第1の軸および前記第2の軸の方向に独立して移動可能であり、前記乗員キャリア部は、それぞれの結合部材によって前記第1の制御ピラー、前記第2の制御ピラー、および前記第3の制御ピラーにそれぞれ枢着され、前記モーションプラットフォームは、第1のガイド部、第2のガイド部、および第3のガイド部を備え、前記第1のガイド部、前記第2のガイド部、および前記第3のガイド部は、それぞれ、前記第1の軸および前記第2の軸によって画定される平面に対して平行でないように角度付けられることで、前記平面に対して平行でなく、前記第1のガイ

50

ド部、前記第2のガイド部、および前記第3のガイド部は、それぞれ他のガイド部に対して平行ではないように他のガイド部に対して角度付けられ、前記第1のガイド部、前記第2のガイド部、および前記第3のガイド部は、それぞれ他のガイド部に対して平行ではないように他のガイド部に対して角度付けられ、前記それぞれの結合部材は、それぞれの前記ガイド部に沿って移動可能であり、前記乗員キャリア部を傾斜させる、モーションプラットフォーム。

【請求項20】

前記第1の制御ピラー、前記第2の制御ピラー、および前記第3の制御ピラーの各々は、個別のX-Yテーブルに載置され、前記個別のX-Yテーブルの各々は、平面内で前記第1の制御ピラーと前記第2の制御ピラーと前記第3の制御ピラーのそれぞれを移動させる、請求項2に記載のモーションプラットフォーム。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、モーションプラットフォームに関し、特に、例えば、自動車、モータースポーツ及び航空宇宙環境のような高周波応答が望まれる運動をシミュレートするのに適したモーションプラットフォームに関する。

【背景技術】

【0002】

モーションプラットフォームは、6自由度を提供することができ、乗員が、シミュレーション下の環境内にあるという現実的な感覚を提供する、ある範囲の運動にさらされることを可能にする。例えば、モーションプラットフォームは、乗員に、例えばフォーミュラワン（登録商標）車のようなレーシングカー内にいるという正確な感覚を与えることができる。6自由度は、サージ方向、スウェイ方向、ヒープ方向（すなわち、それぞれx、y、z軸に沿った）の直線運動、およびロール、ピッチ、ヨー方向（すなわち、それぞれx、y、z軸のまわりの）の回転運動に対応する。

20

【0003】

Stewartプラットフォームまたは六脚型プラットフォームは、6つの伸縮式支柱またはアクチュエータによって基部ユニットに接続されたプラットフォームを使用する。装置は、非常に大きく重くなり得る。支柱によって与えられる大きな可動範囲のために、装置は非常に背が高くなり得る。典型的には、プラットフォームの下に大きな「デッドスペース」を設ける必要がある。このタイプの構成においては、ストラットは比較的強力でなければならず、水平および垂直運動のための高い帯域幅を提供することは困難である。この種のシミュレータは、高い水平力及び加速度をシミュレートする必要がないタイプの航空機に有用である可能性があるが、レーシングカーのような現実の車両は、水平方向（制動、加速又はコーナリング時）及び垂直方向（乗り上げハンドリング時）の両方で非常に高い力を受ける可能性があるので、一般的にこのようなシミュレータは適切ではない。

30

【0004】

当技術分野で当然知られている1つのプラットフォームは、WO 2014/087172 A1に記載されているように、「Williams」プラットフォームである。Williamsプラットフォームは、Stewartプラットフォームの限界のいくつかを緩和するのに役立つが、本出願人は、更なる改良の可能性があることを認めてきた。

40

【0005】

Williamsプラットフォームのキャリッジ間の角度のついたプラットフォームの性質により、制御性（authority）（すなわち、モーションプラットフォームを正確に制御する能力）が乏しいことと、サージ軸内の移動範囲が非常に低いことの両方がある。プラットフォーム内の「V」の角度を増して制御性を増すことは可能であるが、これは、全体的なサージの進行を損なうことになる。より大きな範囲のサージ運動を有することが望ましいであろうが、しかしながら、当技術分野において公知の従来構成は、それ自体、この点において、ある程度限定されている。

50

【0006】

サージ運動の程度が限定されていることは、持続したブレーキキューイング中にキューイングを終了させる前に移動量が尽きたときに、ブレーキフェードの知覚を乗員に誤認させることにつながる可能性があるという問題が発生する可能性がある。また、従来の設計では、オーバーハング部が床に当たるために、サージ運動の範囲を広げることは実際的ではない場合がある。

【0007】

さらに、プラットフォームがサージのいずれかの端部にあるとき、重心は、本質的に不均衡であるので、デフォルトの「中間」位置（すなわち、ガストラットが静的質量の大部分を占めるように調整される位置）とは実質的に異なる。これにより、プラットフォームの静的質量をデフォルトの中間位置に保持するように設計されているガストラットが、最適下限の状態になる。これは、位置を保持することがモータにピーク電流需要を発生させ、これがシステムの不安定性をもたらす可能性があるので、一般的に制御が非常に困難である。

【0008】

また、従来のモーションプラットフォームでは、特にスウェイ方向（すなわち y 軸に沿った方向）に大きな物理的フットプリントを必要とする。利用可能なスペースに制限があるプラットフォームのスケールリングを検討する場合、フットプリントは重要である。

【0009】

従来技術の他の例は、一般に、1つのステージがヨー、サージ及びスウェイを行い、別のステージが各軸に対してヒープ、ピッチ及びロールを行うか、複数のステージを各軸について制御する多段システムを示している。しかしながら、多段システムは、モーションプラットフォームの高周波応答に負の影響を与えるため、問題がある。当業者であれば、モーションプラットフォームの周波数応答（すなわち、道路のこぶに当たることに関連する衝撃運動をシミュレートするような高速運動を行う能力）は、機械的剛性、モーションプラットフォームの移動質量、および運動を付与するために使用されるアクチュエータに結び付けられていることが理解されよう。典型的には、アクチュエータの「積み重ね」層によって結果的に非常に重いシステムとなり、前記システムにおいては、過剰重量は、モーションプラットフォームの周波数応答に重大な負の影響を及ぼし、特に、高周波数応答に影響を及ぼす。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0010】

【文献】WO 2014/087172 A1

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0011】

本出願人は、高度に能力のある単一ステージのモーションプラットフォームがより重いペイロード及びより大きな性能を可能にするので、単一ステージのモーションプラットフォームに対するニーズがあることを認めてきた。

【課題を解決するための手段】

【0012】

第1の態様によれば、本発明は、基部と乗員キャリア部とを含むモーションプラットフォームであって、前記乗員キャリア部が、第1、第2、及び第3の直交軸に沿って直線移動可能であり、且つ前記第1、第2、及び第3の軸を中心に回転移動可能であって、

前記基部は、それぞれ、実質的に前記第3の軸に沿って延在する第1、第2、および第3の制御ピラーを備え、前記制御ピラーのそれぞれは、前記第1および第2の軸によって画定される平面内で直線的に移動可能であり、前記制御ピラーは、前記平面内でのみ移動するように機械的に拘束され、

乗員キャリア部は、第1、第2、および第3のガイド部を備え、前記第1、第2、およ

10

20

30

40

50

び第3のガイド部は、それぞれの結合部材によって前記第1、第2、および第3の制御ピラーにそれぞれ枢着され、

第1、第2および第3のガイド部は、それぞれ、前記第1および第2の軸によって規定される平面に対して角度を付けられ、その結果、前記ガイド部は、前記平面に対して平行ではなく、

第1、第2、および第3のガイド部は、互いにガイド部が他のガイド部と平行でないように、互いに角度を付けられ、

前記モーションプラットフォームは、使用時に、第1、第2、および第3の制御ピラーがそれぞれ、第3の軸に沿って所定の値のそれぞれの高さを有するように配置されているモーションプラットフォームを提供する。

【0013】

従って、本発明の実施形態が、例えば $x-y$ 平面内の基部の平面内のみ移動するように拘束されている、制御ピラーの移動を通じて全ての運動が付与される、6自由度を有する改良されたモーションプラットフォームを提供することは、当業者には理解されるであろう。基部の平面内の3つの制御ピラーの相対的な動きは、必要に応じてサージ、スウェイ、ヒープ、ロール、ピッチ、ヨーの動きに変換する。制御ピラーと傾斜したガイド部との間の枢動接続は、 $x-y$ 平面における制御ピラーの動きが、例えば z 軸方向の動きに平行移動することを可能にする。従って、乗員キャリア部は、制御ピラー及びガイド部によって、6つの全ての自由度において機械的に拘束される。

【0014】

制御ピラーを基礎とする設計は、運動を付与するためにプッシュ／プルロッドに依存せず、従って、システム内の摩擦及びバックラッシュが、当技術分野において公知の従来技術の配置に比べて著しく低減されるので、非常に有利である。本発明のモーションプラットフォームは、全ての軸における高い移動、速度および周波数帯域幅が要求される6自由度を有する運動シミュレータに容易に組み込むことができる。

【0015】

本発明の原理によるモーションプラットフォームは、従来のモーションプラットフォームと比較して、 x 軸における空間を約60%しか必要としない。また、スペースのこの効率的な使用は、モーションプラットフォームのスケーリングを可能にするので有利である。例えば、従来技術のモーションプラットフォームと比較して、本発明のモーションプラットフォームは、先に概説した従来技術の配置によって課せられた制限と比較して、 x 方向に実質的に延長されてもよい。

【0016】

制御ピラーのそれぞれの高さに関して本明細書で使用される「所定の値」という用語は、制御ピラーが、動作中、それぞれの高さが非可変であるような構造であること、すなわち、各制御ピラーの「底部」（基部に接続される端部）と「上部」（適切なガイド部に枢着される端部）との間の距離が一定であることを意味することが理解されよう。非可変の高さは、上で概説したように、モーションプラットフォームの周波数応答に影響を及ぼす、システムのより大きな剛性を達成するのに役立つ可能性がある。

【0017】

制御ピラーは、一部の実施形態では、円筒形ポストを備えてよいが、他の形状も想定される。例えば、制御ピラーは、他の実施形態では、立方体、ピラミッド形、円錐形、または不規則な形状であってもよい。

【0018】

制御ピラーは、いくつかの実施形態において、複合材料から構成されてもよい。ピラーは、フォーミュラーワンカーで使用される「ノーズコーン」と同様に構成することができる。

【0019】

いくつかの実施形態では、第1、第2、および第3の制御ピラーのそれぞれの高さは、実質的に同じである。しかし、用途によっては、モーションプラットフォームに永久的な

10

20

30

40

50

「すくい」を設けることが望ましく、例えば、レーシングカーの高さを反映し、したがって、少なくとも幾つかの実施例では、第1、第2、および第3の制御ピラーのうちの少なくとも2つのそれぞれの高さが異なる。

【0020】

一部の実施形態では、ピラーの高さは、構成要素自体を固定された高さにするによって、それぞれの所定の値に固定されてもよい。すなわち、一部の実施形態では、制御ピラーの高さを变化させる手段が存在しない。例えば、制御ピラーは、それぞれ、上述したようなポスト状構造を有してもよい。しかしながら、いくつかの実施形態では、制御ピラーのうちの少なくとも1つの高さは、モーションプラットフォームが使用されていないときに調節することができ、モーションプラットフォームが使用されているときに、少なくとも1つの制御ピラーの高さは、それぞれの所定の値にロックされる。例えば、いくつかの実施形態では、1つまたは複数の制御ピラーは、ねじ付きボルト部材を備えることができ、結合部材の一部は、ねじ付きボルト部材に接続される。このような実施形態では、制御ピラーの高さは、モーションプラットフォームが作動していないときにボルト部材を緩めたり締めたりすることによって調節することができる。

10

【0021】

上で概説したように、制御ピラーは、第1および第2の軸によって規定される平面内を移動するように配置される。制御ピラーが移動する基部は、任意の適切な形状であってよいが、少なくとも幾つかの実施例では、基部は実質的に平面である。好ましい一組の実施形態では、基部の平面は、第1、第2、および第3の制御ピラーが移動する平面と平行であり、好ましくは、第1、第2、および第3の制御ピラーが移動する平面と同一平面上にある。平面基部は、平面内の制御ピラーの比較的単純な制御を可能にする。

20

【0022】

このような一組の実施形態では、基部は、X-Yテーブル部分を含み、X-Yテーブル部分は、第1、第2、および第3の制御ピラーのそれぞれの第1の方向およびそれぞれの第2の方向に沿った独立した面内移動を提供するように配置され、第1および第2の方向は、第3の軸に垂直な面を規定する。第1および第2の方向は、好ましくは、互いに直交する（すなわち、垂直である）。X-Yテーブルの主要平面（すなわち、第1および第2の方向によって規定される）は、第1および第2の軸によって規定される平面と平行であり、好ましくは同一平面である。第1および第2の方向に沿った制御ピラーの面内運動は、第1および第2の軸に対して角度をつけることができたが、第1の方向は、好ましくは、第1の軸に沿っており、第2の方向は、好ましくは、第2の軸に沿っている。第1及び第2の軸方向に沿ったX-Yテーブル部分の運動を有することは、モーションプラットフォームの制御をより簡単にする。

30

【0023】

いくつかのそのような実施形態では、X-Yテーブル部分は、第1のスライドレールと第2のスライドレールとを備えるX-Yテーブルを備え、該スライドレールは、互いに対してスライド可能に移動可能であり、少なくとも1つの制御ピラーが、第1のスライドレールのスライド移動が、第1の方向に沿って少なくとも1つの制御ピラーを移動させ、かつ第2のスライドレールのスライド移動が、第2の方向に沿って少なくとも1つの制御ピラーを移動させるように、該X-Yテーブル上に取り付けられている。

40

【0024】

単一のX-Yテーブルは、制御ピラーの各々に対して運動を提供することができるが、いくつかの実施形態では、X-Yテーブル部分は、第1、第2、および第3のX-Yテーブルを備え、前記X-Yテーブルの各々は、それぞれの第1および第2のスライドレールを備え、前記スライドレールは、互いに対してスライド可能に移動可能であり、第1、第2、および第3の制御ピラーは、第1のスライドレールのスライド運動が、対応する制御ピラーを第1の方向に沿って移動させるように、および第2のスライドレールのスライド運動が、対応する制御ピラーを第2の方向に沿って移動させるように、第1、第2、および第3のX-Yテーブルにそれぞれ取り付けられている。したがって、当該実施形態に従

50

って、各制御ピラーは、各 X-Y テーブルが制御ピラーを面内で動かす、別個の X-Y テーブル上に取り付けられてもよい。

【0025】

制御ピラーの面内運動を提供する要素は、同一平面上にあり得るが、いくつかの実施形態では、各 X-Y テーブルは、第 1 のキャリッジおよび第 2 のキャリッジを含んでもよく、前記第 1 のキャリッジおよび第 2 のキャリッジは、積み重ねて配置される。一般に、トップキャリッジ（すなわち、スタック内の上側のキャリッジ）は、関連する制御ピラーを備えることができる。「スタック」構成は、第 1 のキャリッジが第 2 のキャリッジの上側に取り付けられていること、または第 2 のキャリッジが第 1 のキャリッジの上側に取り付けられていることを意味することが理解されよう。これらを別々のキャリッジに分割し、別々のキャリッジの上に取り付けると、大きな動作エンベロープと共に使用した場合、可動質量を下方に保つことができる。キャリッジは、比較的高い剛性を保持しながら質量を下方に保つために、炭素複合材料から構成されてもよく、これは、先に議論した理由のために有利である。したがって、各 X-Y テーブルに対して「第 1」キャリッジおよび「第 2」キャリッジがあってもよい。

【0026】

第 1 のキャリッジは、制御ピラーと、第 2 のキャリッジに対して第 1 の方向に沿って移動する 1 つまたは複数のベアリングと、第 1 のキャリッジを第 1 の方向に沿って運動するように駆動するためのモータ（例えば、本明細書の他の箇所に記載されているリニアモータ）とを備えることができる。第 1 のキャリッジ上のベアリングは、第 2 のキャリッジ上のベアリングレールに沿って移動することができ、ベアリングレールは、第 1 の方向に沿って整列されている。第 2 のキャリッジは、X-Y テーブルの基部に対して第 2 の方向に沿って移動する 1 つまたは複数のベアリングと、第 2 のキャリッジ（したがって、その上に取り付けられた第 1 のキャリッジ）を第 2 の方向に沿って運動するように駆動するためのモータ（例えば、本明細書で他に記載されているようなリニアモータ）とを備えることができる。第 2 のキャリッジ上のベアリングは、基部上のベアリングレールに沿って移動することができ、これらのベアリングレールは、前記第 2 の方向に沿って整列されている。

【0027】

したがって、いくつかの実施形態では、各 X-Y テーブルは、それぞれ、第 1 のキャリッジおよび第 2 のキャリッジを備え、第 1 のキャリッジおよび第 2 のキャリッジは、積み重ねられて配置され、

第 1 のキャリッジは、それぞれの制御ピラーおよび第 2 のキャリッジに関して第 1 の方向に沿って移動する 1 つまたは複数のベアリングと、前記第 1 のキャリッジを第 1 の方向に沿って駆動するように配置されたモータとを備え、

第 2 のキャリッジは、X-Y テーブルの基部に対して第 2 の方向に沿って移動する 1 つまたは複数のベアリングと、第 2 のキャリッジを第 2 の方向に沿って駆動するように配置されたモータとを備え、

第 2 のキャリッジは、第 1 の方向に沿って整列された 1 つまたは複数のベアリングレールをさらに備え、第 1 のキャリッジのベアリングは、第 2 のキャリッジの 1 つまたは複数のベアリングレールと係合し、且つ

X-Y テーブルの基部は、第 2 の方向に沿って整列された 1 つまたは複数のベアリングレールを備え、第 2 のキャリッジのベアリングは、前記基部の 1 つまたは複数のベアリングレールと係合する。

【0028】

当然のことながら、「第 1 の」キャリッジと「第 2 の」キャリッジのどちらがスタックの上部と下部にあるかは逆にすることができ、その結果、上部キャリッジは第 2 の方向に沿って移動し、底部キャリッジは適宜、第 1 の方向に沿って移動することが理解されるであろう。このような構成では、第 2 のキャリッジは、関連する制御ピラーを備えてよい。

【0029】

X-Y テーブルは、例えば、1 つまたは複数のリニアモータを使用して、第 1 および第

10

20

30

40

50

2の方向のそれぞれに直線運動を提供してもよい。

【0030】

いくつかの実施形態では、X-Yテーブルは、1つ以上の無鉄心リニアモータを含んでもよい。当業者であれば、無鉄心リニアモータは鉄心を含まず、その代わりに、一般に、積層鋼板に巻き付けられた複数の巻線から構成された一次部品（回転モータの固定子と同様）を採用し、ここでこれらは典型的にはエポキシ樹脂に埋め込まれることが理解されるであろう。鉄心モータとは異なり、無鉄心モータは、モータの望ましくないコギングを引き起こす可能性のある一次部分と二次部分との間に何らかの引力が存在することを回避し、優れた位置決め精度で比較的高速と低速の両方で移動するモータの能力を改善する。

【0031】

上で概説したように、いくつかの実施形態では、面内運動のためのモータは、互いの上に積み重ねられてもよい。積み重ねられたキャリッジの両方に使用することができる当技術分野において公知のリニアモータの1つのタイプは、「U-チャネル」磁石を使用する。しかしながら、これらのタイプのモータは重いために、それらを積み重ねることは望ましくない場合がある。いくつかの実施形態において、X-Yテーブルの1つ以上は、円筒シャフト内に配置された複数の磁石を備えるリニアシャフトモーターと、シャフトの長さの一部に沿って前記シャフトの外周を囲む電磁石コイルを備えるフォーサトを使用する。言い換えれば、「円盤状」の磁石のスタックを収容するシャフトは、モータのフォーサ内に位置する電磁石コイル（すなわち移動する部分）を通過する。一般に、磁石の配向は、磁石の極が、例えばN-S、S-N、N-S等であるように、隣接する磁石間で交互になる。

【0032】

そのような構成に結果、磁場全体がモータコイルによって使用され得る。加えて、これらの「シリンダーチャネル」（または「管状」）装置は、類似の性能のU-チャネル装置と比較した場合、著しく低い質量を有し、また、より低い熱蓄積を示し、これは、特に望ましい。このようなモータの例は、幾つかの用途に適しており、例えば、日本パルスアメリカ社から市販されている。

【0033】

代替的な一組の実施形態では、基部は、実質的に円形の支持レールを備え、該支持レールは、第3の軸に垂直な平面を画定し、第1、第2、および第3の制御ピラーは、複数の半径方向に移動可能なアクチュエータに接続され、制御ピラーとそれぞれの半径方向に移動可能なアクチュエータとの間の各接続は、それぞれの張力部材によって提供され、該半径方向に移動可能なアクチュエータは、円形の支持レールの円周の周りを移動するように配置される。

【0034】

急なコーナーに素早く進む車の動きをシミュレートする場合、旋回から出てくる感覚をキューイングするために必要とされる旋回の感覚をキューイングするために、より大きなヨー回転が必要とされることがある。これは、モーションプラットフォームが、典型的には、中心（すなわち、ゼロヨー回転に対応する、そのデフォルトまたはヌル位置）に戻って、更なるヨー運動を可能にする（例えば、トラックの次のターンオンのために）ことが要求されるので、当技術分野において公知の従来のモーションプラットフォームでは、問題となる場合がある。モーションプラットフォームを中央に戻すと、乗員の誤った感覚の手がかりになることがある。従来、ヨー制限されたプラットフォームでは、モーションアルゴリズムはヨーキューイングをスケーリングするか、「ウォッシュアウト」（中心を連続的に戻す）をプラットフォームに適用する必要があった。これは、人間の前庭がこれらの手がかりに非常に敏感であるため、望ましくない。

【0035】

このような実施形態による円形支持レールを備えたモーションプラットフォームの構成は、無制限のヨー（すなわち、面内回転）、特に可変回転中心の周りの無制限のヨーを有利に提供する。可変回転中心を有する無制限ヨーは、乗用車シミュレータにおいて非常に

10

20

30

40

50

望ましいものである。というのは、実車のヨーとスリップの変化の両方を1：1の比率で一致させることが可能であり、これは、乗員の前庭へのオーバーステア及びアンダーステアの感覚をキューイングするために重要であるからである。

【0036】

したがって、このような実施形態によって提供される円形基部は、モーションプラットフォームが先に残された角度にかかわらず、更なるヨー運動を行うことができるので、中央に戻る必要はない。

【0037】

半径方向に移動可能なアクチュエータは、少なくともいくつかの実施形態では、それぞれが、前記半径方向に移動可能なアクチュエータを実質的に円形の支持レールの周りを移動させるように配置されたそれぞれの半径方向リニアモータを備えることができる。

【0038】

半径方向に移動可能なアクチュエータは全て、実質的に円形の支持レール上の単一のトラックの周りを移動することができるが、支持レールが複数のトラックを含み、複数の半径方向に移動可能なアクチュエータが異なるトラックの周りを移動する実施形態が想定される。例えば、1つの制御ピラーに接続された半径方向に移動可能なアクチュエータは、第1のトラック上を移動し、他の制御ピラーに接続されたアクチュエータは、第2のトラック上を移動してもよい。アクチュエータ当りのトラック、特定の制御ピラーに接続されたアクチュエータのセット当りのトラック、またはそれらの何らかの組み合わせが存在してもよい。

【0039】

このような実施形態によれば、半径方向に移動可能なアクチュエータに接続された制御ピラーは、平面内を自由に移動することができる（しかし、上で概説したように外側に移動することはできない）。制御ピラーは、少なくともいくつかの実施例では、空気ベッド上または低摩擦ベアリング上の平坦ベッドの上に支持されてもよい。本明細書で使用される「低摩擦」という用語は、制御ピラーがベアリングなしでフラットベッドを横切って移動する場合と比較して、制御ピラーとフラットベッドとの間の摩擦力が低減されることを意味すると理解されたい。

【0040】

いくつかの構成では、基部は、制御ピラーごとに2つの半径方向に移動可能なアクチュエータを備える。このような一組の実施形態では、基部は、

第1の制御ピラーが第1および第2の半径方向に移動可能なアクチュエータに接続され、
第2の制御ピラーが第3および第4の半径方向に移動可能なアクチュエータに接続され、
第3の制御ピラーが第5および第6の半径方向に移動可能なアクチュエータに接続されるように配置される。

【0041】

このような一組の実施形態では、基部は、

第1の半径方向に移動可能なアクチュエータが、第2の半径方向に移動可能なアクチュエータに半径方向に隣接し、

第3の半径方向に移動可能なアクチュエータが、第4の半径方向に移動可能なアクチュエータに半径方向に隣接し、

第5の半径方向に移動可能なアクチュエータが、第6の半径方向に移動可能なアクチュエータに半径方向に隣接するように配置される。

【0042】

少なくともいくつかのそのような実施例では、張力部材は、各々ピストンを含み、ここで、半径方向に移動可能なアクチュエータの各々は、ピストンの有効長さを変化させるように配置されたピストンドライバを含む。ピストンドライバは、ピストンの有効長をそれぞれ長くしたり短くしたりするために、ピストンを伸縮させてもよい。ピストンである。したがって、そのような実施形態によれば、1つの制御ピラー毎に2つのピストンを設けることによって、制御ピラーの面内移動を生じさせるアクチュエータおよびピストンの「シ

ザー状」の移動を提供することができる。

【0043】

制御ピラー当たり2つの半径方向に移動可能なアクチュエータは、上述のように制御ピラーの面内移動を可能にするのに十分であるが、代替のセットの実施形態では、基部は、制御ピラーあたり3つの半径方向に移動可能なアクチュエータを備える。したがって、3つの制御ピラーが存在する場合、9つの半径方向に移動可能なアクチュエータが存在してもよい。したがって、このような一組の実施形態では、基部は、さらに

第1の制御ピラーが第7の半径方向に移動可能なアクチュエータに接続され、

第2の制御ピラーが第8の半径方向に移動可能なアクチュエータに接続され、

第3の制御ピラーが第9の半径方向に移動可能なアクチュエータに接続されるように、配置される。

10

【0044】

制御ピラー毎に少なくとも3つの半径方向に移動可能なアクチュエータを設けることにより、張力部材としてケーブルを使用することが可能となり、したがって、少なくとも幾つかの当該実施例では、張力部材はそれぞれケーブルを備え、半径方向に移動可能なアクチュエータの各々は、ケーブルの有効長を変化させるように配置されたケーブルモータを備える。ケーブルモータは、ケーブルを「巻き込む」ことによって、有効長を短くし、及び／又はケーブルを巻き出し又は解き出すことができる。

【0045】

潜在的に重複する一組の実施形態では、基部は、

20

第7の半径方向に移動可能なアクチュエータが第3および第6の半径方向に移動可能なアクチュエータに半径方向に隣接し、

第8の半径方向に移動可能なアクチュエータが第2および第5の半径方向に移動可能なアクチュエータに半径方向に隣接し、

第9の半径方向に移動可能なアクチュエータが第1および第4の半径方向に移動可能なアクチュエータに半径方向に隣接するように配置される。

【0046】

少なくともいくつかのそのような実施形態では、各制御ピラーに接続される半径方向に移動可能なアクチュエータのそれぞれの間の角度は、実質的に120度に等しい。したがって、そのような実施形態によれば、第1、第2、および第7の半径方向に移動可能なアクチュエータのそれぞれ、第3、第4、および第8の半径方向に移動可能なアクチュエータのそれぞれ、および第5、第6、および第9の半径方向に移動可能なアクチュエータのそれぞれは、各群内のアクチュエータが等間隔で離間されるように、約120度の角度だけ離間される。しかしながら、これらの角度は、例えば、テンション部材が他の制御ピラーと干渉しないように、所望に応じて調整されてもよいことが理解されるであろう。

30

【0047】

使用される基部のタイプにかかわらず、制御ピラーおよびガイド部の物理的レイアウトは、設計要件に従って変化されてもよい。しかしながら、いくつかの実施形態では、ガイド部は、

第1のガイド部が、乗員キャリア部の前部中央部に位置し、

40

第2のガイド部が、乗員キャリア部の後部左側部に位置し、

第3のガイド部が、乗員キャリア部の後部右側部に位置するように配置される。言い換えると、このような実施形態では、モーションプラットフォームは、一方の制御ピラーが乗員キャリアの前部（すなわち、乗員キャリアの「ノーズ」の下）に接続され、他方の2つの制御ピラーが乗員キャリアの後部（すなわち、乗員キャリアの「テール」の下、片側につき1つ）に接続されるように取り付けられてもよい。他のレイアウトが、例えば、前部に2つの制御ピラー、後部に1つの制御ピラーを備えるように想定されていることが理解されるであろう。

【0048】

「第1の」ガイド部が前方にあり、「第2の」ガイド部および「第3の」ガイド部が後

50

部にある構成では、用途の要件に応じて、第1のガイド部を第2および第3のガイド部に近づけたり、または第2および第3のガイド部から遠ざけたりすることができる。前部（すなわち、第1の）ガイド部を後部（すなわち、第2および第3の）ガイド部からさらに移動させることによって、ピッチの量は減少するが重心は下がるが、これは、例えばモータースポーツ用のような、ある種のシミュレーション用途に好ましい場合がある。前方のガイド部をさらに前方に有することは、自動車のコンソールおよびシートを搭載するために利用可能なスペースを増大させることもできる。前方のガイド部をさらに前方に動かすと、乗員の前庭の周りのヨーエンベロープも、例えば約60度まで増大することができる。

【0049】

本発明のモーションプラットフォームは、3つの制御ピラーの存在を必要とするが、いくつかの実施形態では、基部は、それぞれ実質的に第3の軸に沿って延在する1つまたは複数の更なる制御ピラーを備えることができ、更なる制御ピラーの各々は、第1および第2の軸によって規定される平面内で直線的に移動可能であり、更なる制御ピラーは、それらが該平面内でのみ移動するように機械的に拘束される。例えば、第4の制御ピラーは、乗員キャリア部が4箇所基部に取り付けられるように設けることができる。このような実施形態では、制御ピラーは、乗員キャリア部の異なるコーナー、例えば、前部-左、前部-右、後部-左、及び後部-右にそれぞれ配置されてもよく、又は制御ピラーが前部、後部、中央-左、及び中央-右に配置されるように、サージ方向及びスウェイ方向に沿った極端に配置されてもよい。更なる制御ピラーを設けることは、結果として、過剰に制約されたシステムをもたらし、基部が比較的高い質量を支持しなければならない場合には、特に有利であり得る。

【0050】

いくつかの実施形態では、ガイド部はそれぞれガイドレールを含み、ガイドレールはそれぞれの結合部材の運動が拘束されるトラックを規定する。

【0051】

ガイド部は、完全に堅固な構造（例えば、結合部材がレールに沿ってスライドする上に概説したガイドレール）とすることができるが、いくつかの実施形態では、ガイド部のうちの1つまたは複数の弾性部材を含む。弾性部材は、例えば、機械的バネのようなバネを備えることができる。しかしながら、少なくともいくつかの実施例では、弾性部材はガストラットを含む。好ましい一組の実施形態において、全てのガイド部は、それぞれのガストラットを備える。

【0052】

当業者であれば、ガストラットは、摺動ロッドによって密閉された密閉シリンダ内に収容された圧縮ガスを使用して、ポテンシャルエネルギーを空気圧的に蓄積し、ロッドの方向に加えられた任意の外力に抵抗することが理解されるであろう。いくつかの当該実施形態において、ガストラットは、ロッド端部及びシリンダ端部を備え、結合部材は、制御ピラーをそれぞれのガストラットのロッド端部に接続する。ガストラット（又は、等価的には、適切な場合には、異なるタイプの弾性部材）は、プラットフォームの減衰運動を行い、それが中央位置から離れると、乗員キャリア部の質量を支持するようにモーションプラットフォームを補助する。

【0053】

第1、第2、および第3のガイド部が、第1および第2の軸によって画定される平面に対して各々角度が付けられているので、側面図で見ると、ガイド部は、「傾斜」、すなわち上向きに傾斜／下向きに傾斜していることが理解されるであろう。実際の角度は、例えば、ヒープ、ピッチ、またはロールにおける制御性を増減するために、設計パラメータに従って変化してもよい。

【0054】

しかしながら、いくつかの実施形態では、少なくとも1つのガイド部と、第1および第2の軸によって画定される平面との間の角度は、10度から70度の間であり、好ましくは20度から60度の間であり、より好ましくは25度から55度の間である。一組の実

施形態では、少なくとも1つのガイド部と、第1および第2の軸によって画定される平面との間の角度は、約26.5度である。ガイド部と第1および第2の軸の平面との間の26.5度の角度は、アクチュエータに対して2:1の比率を提供してもよい。潜在的に重複する一組の実施形態では、少なくとも1つのガイド部と、第1および第2の軸によって画定される平面との間の角度は、約45度である。45度の角度は、乗員キャリア部（すなわち、面外）を持ち上げるために各アクチュエータから必要とされる面内力を減少させるから有利である。少なくともいくつかの実施形態では、第1のガイド部と第1および第2の軸によって画定される平面との間の角度は、ほぼ26.5度であり、第2および第3のガイド部のそれぞれと、第1および第2の軸によって画定される平面との間の角度は、ほぼ45度である。

10

【0055】

当然のことながら、第1、第2、および第3のガイド部は、互いに角度をつけられて、各ガイド部が他のガイド部と平行でないようになっているので、平面図において、ガイド部は「傾斜している」、すなわち、互いに一点に向かって集まり／一点から広がる。上述のように、実際の角度は、設計パラメータに従って変化してもよい。

【0056】

しかしながら、いくつかの実施形態では、第1、第2、および第3のガイド部の間の角度は、70度から150度の間であり、好ましくは80度から140度の間であり、より好ましくは90度から135度の間である。一組の実施形態では、第1のガイド部と第2及び第3のガイド部の各々との間の角度は、約135度である。潜在的に重複する一組の実施形態では、第2のガイド部と第3のガイド部との間の角度は、約90度である。

20

【0057】

いくつかの実施形態では、第2及び第3のガイド部の間の角度は、約100度である。90度の角度と比較して、これらの2つのガイド部の間の角度が100度である配置は、サージ軸において増加した剛性を呈し得る。この増大した角度は、プラットフォームのサイズを増大させる可能性があり、これは、特定のシャーシまたはシートに適合させるために有益であり得る。

【0058】

制御ピラーとガイド部との間の枢動接続を提供するために使用することができる、この技術分野において既知の多数の枢動接続タイプが存在することが当業者には理解されるであろう。しかしながら、いくつかの実施態様において、結合部材のうちの1つ以上が球面ボールジョイントを含む。他のいくつかの実施例では、結合部材の一つ以上はジンバル又はユニバーサルコネクタを含む。

30

【0059】

結合部材のうちの1つがジンバルを備える特定の実施形態のセットにおいて、ジンバルは、好ましくは高張力鋼から構成されてもよい。ジンバルは、いくつかの実施形態において、それぞれのガイド部に対して約90度で配置されてもよい。言い換えれば、ジンバルは、ガイド部に対して実質的に垂直であり、例えば、ガストラットに対して垂直である。この角度でジンバルを有することは、有利には剛性を増大させ、ピッチ及び／又はロール状態でジンバルロックに到達しないことを確実にするのに役立つことがある。

40

【0060】

乗員キャリア部は、シート、ステアリングコラム、及びペダルを備えてよい。当然のことながら、実際には、より多くの又はより少ない構成要素が存在し得、乗員キャリア部のレイアウトは、用途に応じて変わり得る（例えば、自動車シミュレータの代わりにフライトシミュレータとして使用される場合）。

【0061】

乗員キャリア部内の構成要素は、フレーム内に取り付けられてもよい。例えば、乗員キャリア部は、管状フレーム構造を有することができる。しかしながら、いくつかの実施形態では、乗員キャリア部は、モノコック構造を有する。モノコック構造は、有利には、剛性であるが軽量の構造を提供し得る。必要に応じて、「Formular One（登録商

50

標)」シャーシの構築に使用されるものと同様の構築技術を使用することができる。このモノコック構造は、複合材料を含んでもよい。

【0062】

上述したように、乗員キャリア部の運動は、X-Yテーブル又は「無制限ヨー」円形支持リングの使用によって達成することができる。しかしながら、これらの両方は、X-Yテーブルが「無制限ヨー」リング上に取り付けられるように組み合わせられてもよい。したがって、いくつかの実施態様では、基部は、

X-Yテーブル部分を備える一次ステージであって、前記X-Yテーブル部分は、それぞれの第1の方向およびそれぞれの第2の方向に沿って、前記第1、第2、および第3の制御ピラーの独立した面内移動を提供するように構成され、前記第1および第2の方向は、前記第3の軸に垂直な面を規定する、一次ステージと、

実質的に円形の支持レールを備え、前記第3の軸に垂直な面を規定する二次ステージと、を備え、

前記X-Yテーブル部分は、前記円形の支持レールの円周の周りを移動するように構成された半径方向に移動可能なベアリング部材を介して、前記支持レールに取り付けられ、

前記二次ステージは、前記二次ステージに対して前記一次ステージの回転運動を駆動するように配置されたラジアルモータを備える。

【0063】

したがって、このような配置は、X-Yテーブルと無制限ヨーリングの両方の利点を提供し得る。具体的には、X-Yテーブルは、サージ方向、スウェイ方向、ヒープ方向（すなわち、それぞれx軸、y軸、z軸に沿った方向）のキューイング運動、およびロール方向、ピッチ方向、ヨー方向（すなわち、それぞれx軸、y軸、z軸に沿った方向）の回転運動に使用される「一次ステージ」を提供する。無制限のヨーリング（すなわち、円形支持レールおよび半径方向に移動可能なベアリング部材）は、一次ステージ上のヨーのモーションプラットフォーム「ランニングアウト」に関するあらゆる潜在的な問題を克服する「二次ステージ」を提供する。両方を含むことは、モーションプラットフォームの全体的なサイズおよび質量を増加させる可能性がある一方で、一次（X-Yテーブル）ステージ上で利用可能なヨーを増加させることは、また、高速加速で1:1ヨーをキューイングするために非常に有利である。ヨーイナーシャが低い状態で入手可能なこのような高率のヨーを有する一次ステージを有することは、モーションプラットフォーム上で急速な加速を再現することができることを意味する。

【0064】

ヨーテーブルは、ヨーの移動が高度にダイナミックで無制限のままであることを保証するために、主要ステージを補完する。ヨーテーブルが一次段で回転限界に達するまでの時間内に最大速度まで加速できる限り、これらの段を重ねて搭載した場合の性能の劣化はないはずである。

【0065】

上で概説したように、一次（すなわちX-Yテーブル）ステージは、ベアリング部材上の円形支持レールの円周の周りを回転することができる。これらのベアリング部材（または「ベアリングブロック」）は、X-Yテーブル部分に直接接続されてもよいが、一部の実施形態では、モーションプラットフォームは、ベアリング部材とX-Yテーブル部分との間に位置決めされたベッドをさらに備え、X-Yテーブル部分がベッド上に取り付けられるか、またはそれを含み、ベッドがベアリング部材上に取り付けられるようになっている。あるいは、ベッドは、X-Yテーブル部分の一体部分を形成してもよい。

【0066】

いくつかの実施形態では、二次ステージは、複数の同心の実質的に円形の支持レールを備えることができ、各支持レールは、同一平面上にあり、第3軸に垂直なそれぞれの平面を画定する。X-Yテーブルには、上述したように円形支持レールの円周の周りを移動する半径方向に移動可能なベアリング部材（すなわち、ベアリングブロック）が設けられている場合、これらは同心円形支持レールの1つの周りを移動することができ、他のものは

単に支持を提供するが、いくつかの実施例では、半径方向に移動可能なベアリング部材は、同心円形支持レールの1つ以上の周りを移動し、潜在的にはすべての同心円形支持レールの周りを移動することができる。特定の一組の実施形態では、ヨーテーブルは、3つの同心の支持レールを備えることができる。しかしながら、異なる数のレールを有する構成は、適宜、特定の用途に適している場合がある。

【0067】

一般に、ラジアルモータは、そのフォーサ（すなわち、移動する部分）がX-Yテーブルに、又は中間ベッドが設けられている実施形態では中間ベッドに接続されるように配置されることになる。ラジアルモータの固定磁石は一般にヨーテーブルに対して固定されることになり、例えばこれらはヨーテーブルの基部に固定されることがある。当技術分野において公知の多数のラジアルモータがあるが、幾つかの実施例では、ラジアルモータは、ラジアルリニアモータを備えることができる。

【0068】

X-Yテーブルおよび円形支持レール構成に関連して上述した任意の特徴は、単独で、適宜、これらの2つの構成が組み合わせて使用される一組の実施形態にも適用されることが理解されるであろう。

【図面の簡単な説明】

【0069】

以下、添付図面を参照して、本発明の特定の実施形態を説明する。

【図1】図1は、本発明の一実施形態によるモーションプラットフォームの等角図である。

【図2】図2は、図1のモーションプラットフォームの乗員キャリア部の等角図である。

【図3】図3は、図1のモーションプラットフォームの中心位置を示す概略平面図である。

【図4a】～

【図4f】図4a～図4fは、図1のモーションプラットフォームによって提供される6自由度を示す概略平面図である。

【図5】図5は、本発明の実施形態によるガストラットを採用したガイド部の等角図である。

【図6】図6は、本発明の実施形態によるモーションプラットフォームのX～Yテーブル基部の平面図である。

【図7】図7は、図6のX～Yテーブル基部の断面の等角図である。

【図8】図8は、図6のX～Yテーブル基部の等角図である。

【図9】図9は、本発明の実施形態による無制限ヨー基部上のモーションプラットフォームの平面図である。

【図10】図10は、図9の無制限ヨー基部の等角図である。

【図11】図11は、本発明の一実施形態による更なる無制限ヨー基部上のモーションプラットフォームの等角図である。

【図12】図12は、図11の無制限ヨー基部の等角図である。

【図13】図13は、本発明の更なる実施形態によるモーションプラットフォームの等角図である。

【図14】図14は、図13のモーションプラットフォームの平面図である。

【図15】図15は、一体シャーシを示す図13のモーションプラットフォームの更なる等角図である。

【図16】図16は、ジンバルを採用したガイド部の等角図である。

【図17】図17は、積み重ねられたX-Yテーブル基部の等角図である。

【図18】図18は、本発明の一実施形態によるヨーテーブルステージを有するモーションプラットフォームの等角図である。

【図19A】～

【図19B】図19Aおよび図19Bは、図18のモーションプラットフォームの更なる等角図である。

【図20】図20は、図18のモーションプラットフォームで使用されるヨーテーブルの

平面図である。

【発明を実施するための形態】

【0070】

図1は、本発明の一実施形態によるモーションプラットフォーム2の等角図である。モーションプラットフォーム2は、乗員キャリア部4と基部6とを備える。図1に示す例では、基部6はX-Yテーブルを含んでいるが、図9及び図10を参照して以下に概説するように、代わりに円形の「無制限ヨー」基部を使用することができる。

【0071】

モーションプラットフォーム2の6自由度は、サージ方向、スウェイ方向、およびヒープ方向（すなわち、それぞれx、y、z軸に沿った）の直線運動、およびロール、ピッチ、およびヨー方向（すなわち、それぞれx、y、およびz軸のまわりの）の回転運動に対応する。

【0072】

乗員キャリア部4は、座席8と、ステアリングコラム10と、フレーム14内に取り付けられたペダル12とを備える。当然のことながら、実際には、より多くの又はより少ない構成要素が存在し得、乗員キャリア部4のレイアウトは、用途に応じて変わり得る（例えば、自動車シミュレータの代わりにフライトシミュレータとして使用される場合）。モーションプラットフォーム2の乗員キャリア部4は、乗員キャリア部4の等角図を提供する図2により詳細に見ることができる。

【0073】

基部6は、3つの制御ピラー16、18、20を備え、これらの制御ピラー16、18のうちの2つ—前部制御ピラー16および後部左側制御ピラー18—は、図1に示され、一方、後部右側制御ピラー20は、乗員キャリア部4によって視界から隠される。3つの制御ピラー16、18、20すべてのレイアウトは、図3、4a～f、および8から容易に理解することができる。

【0074】

この例では、各制御ピラー16、18、20は、円筒状の「ポスト」として構築される。重要なことに、各ピラー16、18、20は、ピラー16、18、20の頂部から底部までの距離（すなわち、z方向）が変化できないような固定された高さである。各制御ピラー16、18、20の頂部には、球形のボールジョイント22、24、26が設けられている。

【0075】

この特定の例では、球面ボールジョイント22、24、26は、それぞれのねじ付きボルト23、25、27（すなわち、ねじ付き部材）に接続されており、このねじ付きボルトは、対応する制御ピラー16、18、20の所定の高さを変えるように緩めたり締めたりすることができる。モーションプラットフォーム2が使用されている間、制御ピラー16、18、20のそれぞれの高さは一定のままであるので、モーションプラットフォーム2が作動していない間、制御ピラー16、18、20の所定の高さにおけるいかなる調整も実行される。

【0076】

乗員キャリア部4は、3つのガイドレール28、30、32を備え、これらのレール28、30のうちの2つ—前部レール28および後部左側レール30—は、図1および図2に示され、一方、後部右側ガイドレール32は、乗員キャリア部4の残りの部分によって視界から隠されている。3つのガイドレール28、30、32すべてのレイアウトは、図6から容易に理解することができる。

【0077】

フロントガイドレール28と、x軸及びy軸によって規定されるx-y平面との間の角度 θ は、約26.5度である。後部ガイドレール30、32とx-y平面との間の角度 ϕ は約45度である。45度の角度 ϕ は、乗員キャリア部4を持ち上げるために各アクチュエータから必要とされる面内力、すなわちz軸方向の面外ヒープ運動を減少させるから有

10

20

30

40

50

利である。

【0078】

図6に示されたモーションプラットフォーム2の平面図を参照してより容易に見ることができるように、ガイドレール28、30、32も互いに対して角度をなしている。フロントガイドレール28と各リアガイドレール30、32との間の角度 α は約135度であり、一方、リアガイドレール30、32との間の角度 β は約90度である。

【0079】

非限定的な例として、プラットフォームが中心（すなわちヌル）位置にあるとき、角度がxおよびy軸の両方に対して45度であるように、後部レール（平面図で）を互いに90度に角度をつけることによって、後部左または右のコーナーを移動させるために必要な力は、xおよびyアクチュエータによって等しく共有される。しかしながら、中央位置にあるとき、ガイドはy軸に平行であり、これは、乗員キャリア部の前部を上下に持ち上げることが必要な力の全てを提供するためにyアクチュエータを必要とする場合があることを意味する。設計上、重心が後部ピラー上にある場合、前部を持ち上げるのに必要な力は後部よりも著しく小さいため、一般的にこれは問題ではない。結果として、x軸内のアクチュエータは、乗員キャリアの前部を上下に動かすために何らの力を与える必要はなく、これは、ヨーの動きに利用可能な最大の力が存在することを意味する。これは、用途によっては非常に望ましい。

【0080】

各制御ピラー16、18、20の頂部に設けられた球面ボールジョイント22、24、26は、ガイドレール28、30、32に枢着されている。具体的には、前部制御ピラー16の上部のボールジョイント22が前部ガイドレール28に連結され、後部左側制御ピラー18の上部のボールジョイント24が後部左側ガイドレール30に連結され；後部右側制御ピラー20の上部のボールジョイント26が後部右側ガイドレール32に連結されている。これらの球面ボールジョイント22、24、26は、従って、それぞれのガイドレール28、30、32に沿って摺動することができ、乗員キャリア部4を傾斜させることができる結合部材である。

【0081】

制御ピラー16、18、20はそれぞれ固定された高さであるので、乗員キャリア部4は、制御ピラー16、18、20を動かさずには、どの軸においても動くことができず、制御ピラー16、18、20によって機械的に拘束される。このモーションプラットフォーム2はまた、下の図11および図12（または別の適切な配置）を参照して説明したような円形の「無制限ヨー」プラットフォームを使用することができるが、このような配置のいずれにおいても、制御ピラー16、18、20を所望の姿勢に強制的に移動させるように制御ピラー16、18、20を既知の位置に位置決めすることによって、制御ピラー16、18、20のx方向およびy方向（すなわち、x-y平面内）における運動をz方向の面外運動に変換することが可能であることが根本的な設計原理である。このような動きは、図3及び4a-fを参照して更に詳細に概説する。

【0082】

図3は、図1のモーションプラットフォーム2の中心位置を示す概略平面図である。制御ピラー16、18、20は、それぞれ独立して、xおよびy方向に移動することができる。すなわち、x-y平面内を移動することができる。理解を容易にするために、図3及び図4a-fの概略図は、単に例示的な目的のために、モーションプラットフォーム2の構成を単純化する。

【0083】

この中央即ち「ヌル」位置では、モーションプラットフォーム6は、サージ、スウェイ、ヒープ、ロール、ピッチ、ヨーのいずれの運動も受けない。すなわち、モーションプラットフォーム2の「デフォルト」位置である。

【0084】

図4a~fは、図1のモーションプラットフォーム2によって提供される6自由度を示

す概略平面図である。具体的には、これらの回路図は、サージ、スウェイ、ヒープ、ピッチ、ロール、ヨー運動を達成するために実行される制御ピラー１６、１８、２０の動きを図示する。もちろん、示される特定の運動のセットは、１つの方向における各運動の最大に対する制御ピラー１６、１８、２０のそれぞれの位置を描くために、例示的な目的のために示される限定されたセットであることが理解されるであろう。実際には、乗員キャリア部４を移動させるための制御ピラー１６、１８、２０は、所望のキューイングに対して適宜これらの位置の間でシフトする。

【００８５】

図４aは、最大の正のサージ運動、すなわちx軸におけるサージ運動を達成する制御ピラー１６、１８、２０の位置を示す。これを達成するために、３つの制御ピラー１６、１８、２０の全てが正のx軸方向に移動され、一方、制御ピラー１６、１８、２０のy軸位置は変更されない。３つの制御ピラー１６、１８、２０の全てを負のx軸方向に動かすと、代わりに負のサージ運動が生じることになる。

【００８６】

図４bは、最大の正のスウェイ運動、すなわちy軸における動きを達成する制御ピラー１６、１８、２０の位置を示す。これを達成するために、３つの制御ピラー１６、１８、２０の全ては、正のy軸方向に移動するが、一方、制御ピラー１６、１８、２０のx軸位置は変更されない。３つの制御ピラー１６、１８、２０すべてを負のy軸方向に動かすと、代わりに負のサージ運動になる。

【００８７】

図４cは、最大の正のヒープ運動、すなわちz軸における動きを達成する制御ピラー１６、１８、２０の位置を示す。これを達成するために、３つの制御ピラー１６、１８、２０の全ては、適宜、x及びy軸方向に移動することによって、基部４の中心に向かって移動する。この例では、ガイドレール２８、３０、３２は、３つの制御ピラー１６、１８、２０を中心に向かって移動させることは、乗員キャリア部４の質量が上方に押し上げられることを意味するように（すなわち、制御ピラー１６、１８、２０の枢動接続がガイドレールの最下点に向かってz軸方向にシフトするにつれて）、すべて「上方に」角度付けされる。

【００８８】

３つの制御ピラー１６、１８、２０の全てを基部４の中心から離れるように移動させると、負のヒープ運動、すなわちz軸における反対方向に至ることになる。

【００８９】

ガイドレール２８、３０、３２が全て「下方に」角度付けされていた場合、制御ピラー１６、１８、２０をこのように動かすと、代わりに負のヒープ運動が生じることになる。ガイドレール２８、３０、３２の角度付けは、代わりに、ガイドレール２８、３０、３２の幾つかが上方に角度をもち、幾つかの下方に角度をもたせ、制御ピラー１６、１８、２０が内側又は外側に移動するように、「非整合」であってもよい。

【００９０】

図４dは、最大の正のピッチ運動、すなわちy軸を中心とする移動を達成する制御ピラー１６、１８、２０の位置を示す。これを達成するために、前部制御ピラー１６は、後部制御ピラー１８、２０が基部６の中心から離れるように移動しながら基部６の中心に向かって移動する。ガイドレール２８、３０、３２の角度付けのために、これにより、乗員キャリア部４は、乗員キャリア部４の「ノーズ」が上方に傾くようにy軸を中心に回転する。

【００９１】

後部制御ピラー１８、２０を基部６の中心に向かって移動させながら前部制御ピラー１６を基部６の中心から離すと、代わりに負のピッチ運動が生じることになる。

【００９２】

図４eは、最大の正のロール運動、すなわちx軸の周りのロール運動を達成する制御ピラー１６、１８、２０の位置を示す。これを達成するために、前部制御ピラー１６はヌル位置に放置され、その間、後部左側制御ピラー１８は基部６の中心から離れ、後部右側制

10

20

30

40

50

御ピラー 20 は基部 6 の中心に向かって移動する。これにより、乗員キャリア部 4 は、乗員キャリア部 4 が片側に「バンク」するように、x 軸の周りを回転する。後部制御ピラー 18、20 の動きが逆になった場合（すなわち、後部左制御ピラー 18 が中心に向かって、後部右制御ピラー 20 が中心から離れている場合）、乗員キャリア部 4 は、乗員キャリア部 4 が反対側にバンクするように、x 軸の周りを他の方向に回転することになる。

【0093】

図 4 f は、最大の正のヨー運動、すなわち z 軸の周りを達成する制御ピラー 16、18、20 の位置を示す。これを達成するために、3 つの制御ピラー 16、18、20 の全てが、次の制御ピラー 16、18、20 の位置に向かって時計回りに移動する。これにより、乗員キャリア部 4 は、乗員キャリア部 4 が所定の位置で「枢動」するように、z 軸の周りを回転する。3 つの制御ピラー 16、18、20 を反時計回りに動かすと、代わりに、もちろん、負のヨー運動、すなわち、反対方向の z 軸回りの動きが生じることになる。

【0094】

図 5 は、本発明の一実施形態によるガストラットを採用したガイド部の等角図である。図 5 から分かるように、上述したガイドレール 28、30、32 には、ガストラット（すなわち、ガススプリング）34 を設けてもよい。ガストラット 34 は、シリンダ端部 36 及びロッド端部 38 から構成され、ここでシリンダ端部 36 には、ロッド端部 38 によって封入されるガス媒体が充填される。この気体媒体は次第に圧縮され、ロッド端部 38 はシリンダ端部 36 内に移動する。

【0095】

適切な制御ピラー 16、18、20 の頂部の球面ボールジョイント 22、24、26 は、ガストラット 34 の一端、例えばロッド端 38 に接続されてもよい。ガストラット 34 は、減衰を提供し、乗員キャリア部 4 の質量を支持するのに役立つ。しかし、ガストラットの使用は必須ではなく、球面ボールジョイント 22、24、26 は、代わりにガイドレール 28、30、32 に沿って滑るように接続されてもよい。

【0096】

図 6 は、本発明の一実施形態による X-Y テーブル基部 6 上のモーションプラットフォームの平面図である。X-Y テーブル基部 6 は、図 6 の X-Y テーブル基部の断面、具体的には 3 つの X-Y テーブル 7 a ~ 7 c のうちの 1 つの等角図である図 7 においてより近く見られる。図 8 は、図 6 の X-Y テーブル基部 6 全体の等角図を提供する。

【0097】

X-Y テーブル基部 6 は、3 つの X-Y テーブル 7 a - c から構成され、各制御ピラー 16、18、20 に対して 1 つずつである。

【0098】

前記 X-Y テーブル 7 a ~ 7 c の各々は、互いに対してスライド可能に移動可能な第 1 および第 2 のスライドレール 38 a ~ 38 c、40 a ~ 40 c を備える。すなわち、それらは、例えばリニアモータの制御下で互いに隣接してスライド可能である。当技術分野において公知の多数の X-Y テーブル配置があるが、しかしながら、この例では、X-Y テーブル基部 6 は、6 つのボールねじアクチュエータ、すなわち X-Y テーブル 7 a - c あたり 2 つを使用する。

【0099】

各スライドレール 38 a ~ 38 c、40 a ~ 40 c は、x 軸方向または y 軸方向のいずれかの 2 つの直交する方向のうちの 1 つに沿った移動を提供する（方向ごとに 1 つのスライドレール 38 a ~ 38 c、40 a ~ 40 c を有する）。この例では、第 1 のスライドレール 38 a ~ c は、x 軸方向の運動を提供し、第 2 のスライドレール 40 a ~ c は、y 軸方向の運動を提供する。こうして第 1 のスライドレール 38 a ~ 38 c の摺動移動により、対応する制御ピラー 16、18、20 が x 軸（すなわちサージ）方向に沿って移動し、第 2 のスライドレール 40 a ~ 40 c が対応する制御ピラー 16、18、20 を y 軸（すなわちスウェイ）方向に沿って移動する。こうして各 X-Y テーブル 7 a - c は x-y 平面内で制御ピラー 16、18、20 を移動させる。

【0100】

図9は、本発明の一実施形態による、無制限ヨー基部106上のモーションプラットフォーム102の平面図である。図10は、図9のモーションプラットフォーム102の等角図である。モーションプラットフォーム102は、乗員キャリア部104と基部106とを備え、乗員キャリア部は、図1のモーションプラットフォーム2に関して前述したように、 $x-y$ 平面に対して、また互いに対して角度をつけられた少なくとも3つのガイドレール（図9および図10には示されていない）を備える。

【0101】

基部106は、複数の半径方向に移動可能なアクチュエータ116a～fに接続される第1、第2、および第3の制御ピラー110、112、114を備える。制御ピラー110、112、114と乗員キャリア部104上の角度付きガイドレールとの間の接続は、前述のような枢動接続によって提供される。図9及び図10に示す基部106の制御ピラー110、112、114は、円筒状ではなく円錐状であるが、依然として固定された高さを有する。当然のことながら、これらの制御ピラー110、112、114は、代わりに円筒形であってもよい（および同様に、上述の制御ピラー16、18、20は円錐形であってもよく；本明細書に記載の制御ピラー16、18、20、110、112、114のいずれかは、任意の適切な形状をとることができる）。

【0102】

各制御ピラー110、112、114は、第1（すなわち、前）制御ピラー110が第1の116aおよび第2の116bに接続されるように、2つのアクチュエータ116a～fに接続され、半径方向に移動可能なアクチュエータである。第2（すなわち、後-左）制御ピラー112は、第3の116cおよび第4の116d半径方向に移動可能なアクチュエータに接続され、第3（すなわち、後-右）制御ピラー114は、第5の116eおよび第6の116f半径方向に移動可能なアクチュエータに接続される。

【0103】

制御ピラー110、112、114とそれぞれの半径方向に移動可能なアクチュエータ116a～fとの間の各連結は、それぞれのピストン118a～f（すなわち、張力部材）によって提供される。半径方向に移動可能なアクチュエータ116a～fは、アクチュエータ116a～fの移動のための軌道を提供する円形の支持レール108の円周の周りを移動するように配置される。

【0104】

半径方向に移動可能なアクチュエータ116a～fは、それぞれ、対応するピストン118a～fの有効長を変化させるように配置されたピストンドライバ120a～fを備える。ピストンドライバ120a～fは、ピストン118a～fを延長または後退させて、ピストン118a～fを長くしたり短くしたりすることができる。また、アクチュエータ116a～fは、それぞれ、円形支持レール108の周りの半径方向に移動可能なアクチュエータ116a～fの移動を提供するそれぞれの半径方向リニアモータ122a～fを含み、制御ピラー110、112、114の運動は、面内移動のみ（すなわち、 $x-y$ 平面内）に機械的に拘束される。

【0105】

円形支持レール108を有するモーションプラットフォーム102の構成は、無制限のヨー（すなわち、 $x-y$ 平面における面内回転）を有利に提供し、ここで、回転中心は、必要に応じて変化してもよい。車両シミュレータでは、オーバーステアやアンダーステアの感覚を乗員の前庭にキューイングするのに重要な1:1の比率で、実際の車のヨーやスリップの変化を一致させることができるので、このような可変的に非常に望ましい無限のヨーイングが可能である。

【0106】

半径方向に移動可能なアクチュエータ116a～fを円形の支持レール108の円周の周りに移動させ、ピストン118a～fを適宜長く及び短くすることによって、モーションプラットフォーム102は、アクチュエータ116a～fの「はさみ状」の移動を用い

10

20

30

40

50

て、制御ピラー１１０、１１２、１１４を $x-y$ 平面内でのみ移動させることによって、サージ、スエーブ、スエーブ、ピッチ、ロール及びヨーの移動を提供する。これらの運動のそれぞれを提供する制御ピラー１１０、１１２、１１４の構成は、図４a-f(モーションプラットフォーム１０２内の乗員キャリア部１０４のガイドレールが、図１のモーションプラットフォーム２内の乗員キャリア部４のものと一致すると仮定する)に記載したものと実質的に同じであるが、乗員キャリア部１０４の面内(すなわち、 $x-y$ 平面内)回転に関する「中心」位置はもはや存在しない。

【０１０７】

図１１は、本発明の更なる実施形態による、無制限ヨー基部２０６上のモーションプラットフォーム２０２の平面図である。図１２は、図１１のモーションプラットフォーム２０２の等角図である。モーションプラットフォーム２０２は、乗員キャリア部２０４と基部２０６とを備え、乗員キャリア部には、図１のモーションプラットフォーム２に関して前述したように、 $x-y$ 平面に対して、また互いに対して角度が付けられた少なくとも３つのガイドレール(図１１および図１２には示されていない)が設けられている。

【０１０８】

図１１のモーションプラットフォーム２０２では、基部２０６は、実質的に円形の支持レール２０８を備える。この円形支持レール２０８は、 $x-y$ 平面内で多数の半径方向に移動可能なアクチュエータが移動できるトラックを提供する。すなわち、支持レール２０８の平面は z 軸に垂直である。

【０１０９】

基部２０６は、複数の半径方向に移動可能なアクチュエータ２１６a~２１６iに接続される第１、第２、および第３の制御ピラー２１０、２１２、２１４を備える。制御ピラー２１０、２１２、２１４と乗員キャリア部２０４上の角度付きガイドレールとの間の接続は、前述のような枢動接続によって提供される。図１１および図１２に示す基部２０６の制御ピラー２１０、２１２、２１４は、円筒状ではなく円錐状であるが、依然として固定された高さを有する。当然のことながら、これらの制御ピラー２１０、２１２、２１４は、代わりに円筒形であってもよい(および上で概説したように、記載した制御ピラー２１０、２１２、２１４は、任意の適切な形状をとることができる)。

【０１１０】

各制御ピラー２１０、２１２、２１４は、第１(すなわち、前)の制御ピラー２１０が第１の半径方向に移動可能なアクチュエータ２１６a、第２の半径方向に移動可能なアクチュエータ２１６b、および第７の半径方向に移動可能なアクチュエータ２１６gに接続されるように、３つのアクチュエータ２１６a~２１６iに接続される。第２(すなわち、後-左)の制御ピラー２１２は、第３の半径方向に移動可能なアクチュエータ２１６c、第４の半径方向に移動可能なアクチュエータ２１６f、および第８の半径方向に移動可能なアクチュエータ２１６hに接続される。第３(すなわち、後-右)制御ピラー２１４は、第５の半径方向に移動可能なアクチュエータ２１６e、第６の半径方向に移動可能なアクチュエータ２１６f、および第９の半径方向に移動可能なアクチュエータ２１６iに接続される。

【０１１１】

制御ピラー２１０、２１２、２１４とそれぞれの半径方向に移動可能なアクチュエータ２１６a~２１６iとの間の各接続は、それぞれのケーブル２１８a~２１８i(すなわち、張力部材)によって提供される。半径方向に移動可能なアクチュエータ２１６a~２１６iは、アクチュエータ２１６a~２１６iの移動のための軌道を提供する円形の支持レール２０８の円周の周りを移動するように配置されている。

【０１１２】

半径方向に移動可能なアクチュエータ２１６a~２１６iはそれぞれ、対応するケーブル２１８a~iの有効長を変化させるように配置されたケーブルモータ１２０a~１２０iを備える。ケーブルモータ１２０a~１２０iは、有効長を短くするためにケーブル２１８a~２１８iを「巻き込む」ことができ、及び／又はケーブル２１８a~２１８iを

10

20

30

40

50

巻き戻し又は解き出すことができる。また、アクチュエータ 216 a ~ 216 i は、それぞれ、円形支持レール 208 の周りの半径方向に移動可能なアクチュエータ 216 a ~ 216 i の移動を提供するそれぞれの半径方向リニアモータ 122 a ~ 122 i を備え、制御ピラー 210、212、214 の運動は、面内移動のみ（すなわち、 $x-y$ 平面内）に機械的に拘束される。

【0113】

円形支持レール 208 を有するモーションプラットフォーム 202 の構成は、無制限のヨー（すなわち、 $x-y$ 平面における面内回転）を有利に提供し、ここで、回転中心は、必要に応じて変化してもよい。車両シミュレータでは、オーバーステアやアンダーステアの感覚を乗員の前庭にキューイングするのに重要な 1:1 の比率で、実際の車のヨーやスリップの変化を一致させることができるので、このような可変的に非常に望ましい無限のヨーイングが可能である。

【0114】

半径方向に移動可能なアクチュエータ 216 a ~ 216 i を円形の支持レール 208 の円周の周りに移動させ、ケーブル 218 a ~ 218 i を適宜長くし短くすることによって、モーションプラットフォーム 202 は、制御ピラー 210、212、214 を $x-y$ 平面内でのみ移動させることによって、サージ、スウェイ、ヒープ、ピッチ、ロール、ヨーの動きを提供する。これらの運動のそれぞれを提供する制御ピラー 210、212、214 の構成は、図 4 a ~ f（モーションプラットフォーム 202 内の乗員キャリア部 204 のガイドレールが、図 1 のモーションプラットフォーム 2 内の乗員キャリア部 4 のものと一致すると仮定する）に記載したものと実質的に同じであるが、乗員キャリア部 204 の面内（すなわち、 $x-y$ 平面内）回転に関する「中心」位置はもはや存在しない。

【0115】

図 13 は、本発明の更なる実施形態によるモーションプラットフォーム 302 の等角図である。モーションプラットフォーム 302 の更なる図は、図 14 および 15 に見ることができる。具体的には、図 14 は、モーションプラットフォーム 302 の平面図であり、図 15 は、乗員キャリア部 304 で使用される一体型シャーシを示すモーションプラットフォーム 302 の更なる等角図を提供する（ここで、図示を容易にするために図 13 及び図 14 でこれを簡略化する）。

【0116】

この実施形態では、乗員キャリア部 304 は、それぞれのピラー 316、318、320 を介して 3 つの $X-Y$ テーブル 306 a ~ 303 c に取り付けられる。しかし、この実施形態では、ピラー 316、318、320 はピラミッド形状の構造である。

【0117】

ピラー 316、318、320 の各々は、図 16 のクローズアップ図でより明確に分かるように、ジンバル 334 を介して乗員キャリア部 304 の下側のそれぞれのガイド部 328、330、332 に接続されている。ジンバル 334 は、ジンバル 334 上に配置されたベアリング 338 を介して、ガイド部 328、330、332 上の一対のベアリングレール 336 に接続される。これらは、ジンバル 334 がベアリングレール 336 に沿って滑ることを可能にする。

【0118】

先に説明した実施形態との更なる相違点は、図 13 のモーションプラットフォーム 302 において、 $X-Y$ テーブル 306 a ~ 303 c は、各々積み重ねられたキャリッジから構成され、ここで、 y 方向の運動のためのキャリッジ 308 a ~ 308 c は、底部に位置し、 x 方向の運動のためのキャリッジ 310 a ~ 310 c は、 y キャリッジ 308 a ~ 308 c の上部に載置されることである。キャリッジ 308 a ~ 308 c、310 a ~ c は、複合材料から構成される。もちろん、 x キャリッジが最下部にあり、 y キャリッジが最上部にある他の構成を代わりに使用することもできる。

【0119】

図 17 は、 $X-Y$ テーブルの一部の拡大図を提供し、この $X-Y$ テーブルでは、 x キャ

10

20

30

40

50

リッジ 310a～310c 及び y キャリッジ 308a～308c の構造のより近い図が見られる。

【0120】

y キャリッジ 308a～308c は、それぞれ、それぞれ、リニアモータ 312 を含む。これらの「U-チャンネル」リニアモータ 312 は、それぞれの磁石道 313 に沿って走行する y-キャリッジ 308a～308c の「U-チャンネル」リニアモータである。各 y-キャリッジ 308a～308c は、その下面に多数のベアリング 350 を有し、このベアリングは、y-キャリッジ 308a～308c が、それぞれの y-キャリッジ 308a～308c の下の基部 315 上のベアリングレール 352 に沿って滑ることを可能にする。

10

【0121】

x キャリッジ 310a～c は、それぞれのピラー 316、318、320 を含む。x-キャリッジ 310a～310c が対応する y-キャリッジ 308a～308c の上部に取り付けられると、y-軸に沿った任意の与えられた y-キャリッジ 308a～308c の運動によって、それぞれの x-キャリッジ 310a～310c、したがってその制御ピラー 316、318、320 も y-軸に沿って移動する。

【0122】

また、x キャリッジ 310a～c は、その下の y キャリッジ 308a～c 上のベアリングレール 346 に沿って摺動する多数のベアリング 344 を含む。これにより、x-キャリッジ 310a～310c-ひいてはピラー 316、318、320-が対応する y-キャリッジ 308a～308c の上部で x-軸に沿って移動することが可能になる。また、x キャリッジ 310a～c は、x 軸に沿ってこの運動を提供するそれぞれのリニアモータ 314 を含む。

20

【0123】

x キャリッジ 310a～c に使用されるリニアモータ 314 の特定の構造は、以下に詳細に論じられるが、y キャリッジ 308a～c の U-チャンネルリニアモータに関して同様の動作原理が適用されることが理解されるであろう。

【0124】

x キャリッジ 310a～310c 内のリニアモータ 314 の各々は、電磁石コイルによって囲まれた円筒状の積み重ねられたディスク形状の磁石を利用する。これらの磁石は、上述したディスク形状の磁石を収容するシャフト 340 を形成する。一般に、ディスク形状の磁石は、同様の磁極が互いに隣り合うように配置される。すなわち、ディスク形状の磁石の配向は、スタックに沿って交互になる、N-S、S-N、N-S、などである。このシャフト 340 は、フォーサ 342 を通って移動するように配置されている。

30

【0125】

したがって、フォーサ 342 は、電磁石コイルを含み、そこでは、コイルを通る電流を通すと、シャフト 340 に沿って所望の方向にフォーサ 342 が押される結果となる磁界を誘起する。

【0126】

コイルを通る電流は、ディスク形状の磁石スタックからの永久磁界のために、フォーサ 342 の作動を引き起こす、コイルからの変動磁界を引き起こすように制御される。

40

【0127】

フォーサ 342 は、それぞれのピラー 316、318、320 の下側に接続されている。ピラー 316、318、320 は、x 方向に x キャリッジ 310a～310c に沿って延びるベアリングレール 346 と係合する多数のベアリング 344 を有する。これにより、ピラー 316、318、320 は、フォーサ 342 がシャフト 340 に沿って移動するときに、x 方向に沿って前後に移動することができる。

【0128】

フォーサ 342 と周囲の x-キャリッジ 310a～310c (特にピラー 316、318、320) との間の固定された連結のために、フォーサ 342 の運動は、適宜、x-キ

50

ャリッジ 310a ~ 310c (従って、対応するピラー 316、318、320) の x 方向に沿った運動を引き起こす。さらに、ピラー 316、318、320 が (それぞれのガイド部を介して) 乗員キャリア部 304 の下側に接続されると、フォーサ 342 の移動は、x 軸に沿って乗員キャリア部 304 の移動を引き起こす。

【0129】

y ーキャリッジ 308a ~ 308c 内の x ーキャリッジ 310a ~ 310c の移動の各端部には、弾性バンパー 348 (この場合、コイルばね) があり、このバンパーは、x ーキャリッジ 310a ~ 310c の行程の端部において「クッション」運動をする。

【0130】

y キャリッジ 308a ~ 308c の下面には、y キャリッジ 308a ~ 308c が (すなわち y 方向に) 進むことができる長さに沿って延びる、それぞれの基部 315 上のベアリングレール 352 と係合する、いくつかの更なるベアリング 350 がある。y ーキャリッジ 308a ~ 308c のリニアモータ 312 は、当技術分野において公知の U ーチャネルリニアモータに対する従来の方法で、磁石軌道 313 に沿って走行する電磁石コイルを含むフォーサを使用して運動を提供する。y キャリッジ 308a ~ 308c のリニアモータ 312 は、y キャリッジ 310a ~ 310c、従って、それに搭載された x キャリッジ 310a ~ 310c を y 軸に沿って移動させる。ピラー 316、318、320 と乗員キャリア部 304 との間の接続により、これによって、乗員キャリア部 304 も y 軸に沿って移動する。

【0131】

上述のバンパー 348 と同様に、基部 315 に沿った y キャリッジ 308a ~ 308c の移動の各端部では、弾性バンパー 349 (この場合、コイルばね) であり、これは、y キャリッジ 308a ~ 308c の行程の端部で「クッション」運動をする。

【0132】

図 18 は、本発明の一実施形態による、乗員キャリア部 404 が積み重ねられた基部上に取り付けられたモーションプラットフォーム 402 の等角図であり、X-Y テーブルステージ 406 がヨーテーブルステージ 408 の上部に配置されている。図 19A 及び図 19B は、モノコック乗員キャリア部 404 の切り取り図を示す、図 18 のモーションプラットフォームの更なる等角図である。図 20 は、ヨーテーブルステージ 408 の平面図を提供する。

【0133】

モーションプラットフォーム 402 の「一次」X-Y テーブルステージ 406 は、図 13 ~ 図 17 を参照して上述した配置と同じ構造であり、同様に機能する。しかしながら、ヨー運動 (すなわち、z 軸の周りの回転) を提供するために X-Y テーブルステージ 406 のみに依存するのではなく、X-Y テーブルステージ 406 は、無制限のヨーを提供することができる「二次」ヨーテーブルステージ 408 上に載置される。

【0134】

ヨーテーブルステージ 408 は、ヨーの移動が高度に動的で無制限の両方のままであることを保証するために、X-Y テーブルステージ 406 を補完する。ヨーテーブルステージ 408 がその回転限界に達するために X-Y テーブルステージ 406 ステージで取られた時間内に最大速度まで加速することができる限り、これらのステージ 406、408 が互いの上部に載置されるときに性能の劣化があってはならない。

【0135】

図 20 の平面図から分かるように、ヨーテーブルステージ 408 は、ベアリングレールとして作用する 3 つの同心円状の支持レール 410 を含む。一次 X-Y テーブルステージ 406 (図 20 では図示を省略) は、多数のベアリングブロック 412 を含み、これらのベアリングブロックは、同心のレール 410 の円周の周りを移動するように配置される。図示を容易にするために、ベアリングブロック 412 の選択された数だけが図 20 にラベル付けされている。

【0136】

これらのベアリングブロック４１２は、ベアリングブロック４１２とＸ－Ｙテーブルステージ４０６との間に配置されるベッド４１４の下面に接続され、Ｘ－Ｙテーブルステージ４０６がベッド４１４に取り付けられ、ベッド４１４がヨーテーブルステージ４０８のベアリングブロック４１２に取り付けられる。この構造は、鋼、カーボンまたはその両方から作ることができる。

【０１３７】

ヨーテーブル４０８は、Ｘ－Ｙテーブルステージ４０６のｚ軸まわりの回転運動を駆動する、すなわちヨー運動を提供するラジアルリニアモータ４１６を含み、Ｘ－Ｙテーブルステージ４０６が回転するときにベアリングブロック４１２がレール４１０の上を滑る。モータ４１６のフォーサはベッド４１４に接続され、一方、モータ４１６の固定磁石はヨーテーブル４０８の基部に接続される。

10

【０１３８】

ベアリングブロック４１２の数は、剛性と摩擦との間のトレードオフとして選択することができる。

【０１３９】

したがって、本発明の実施形態は、すべての動作が制御ピラーの面内移動を通じて付与される、６自由度を有する改良されたモーションプラットフォームを提供することが、当業者には理解されるであろう。本発明のモーションプラットフォームは、モーションプラットフォームの設置面積の実質的な増加を必要とすることなく、例えばサージ方向に容易にスケール化することができる。さらに、面外運動は、制御ピラーの面内運動を通じてのみ達成されるため、アクチュエータの層を積み重ねる必要がなく、その結果、通常のモーションプラットフォームと比較して改善された周波数応答を典型的に示すであろうより軽量のシステムが得られる。

20

【０１４０】

アクチュエータの積層層は必要とされないが、このことは、固定高さ制御ピラーを使用することの利点を保持しながら、依然として有益であり得る。アクチュエータを別々のキャリッジとして積み重ねることによって、位置のアクチュエータは他のアクチュエータの上部に載置され、移動質量は、大きな運動エンベロープで使用される場合には、下に保持されてもよい。

【０１４１】

本発明の具体的な実施形態を詳細に説明したが、詳細に説明した実施形態は、クレームされた発明の範囲に限定されないことは当業者には理解されるであろう。

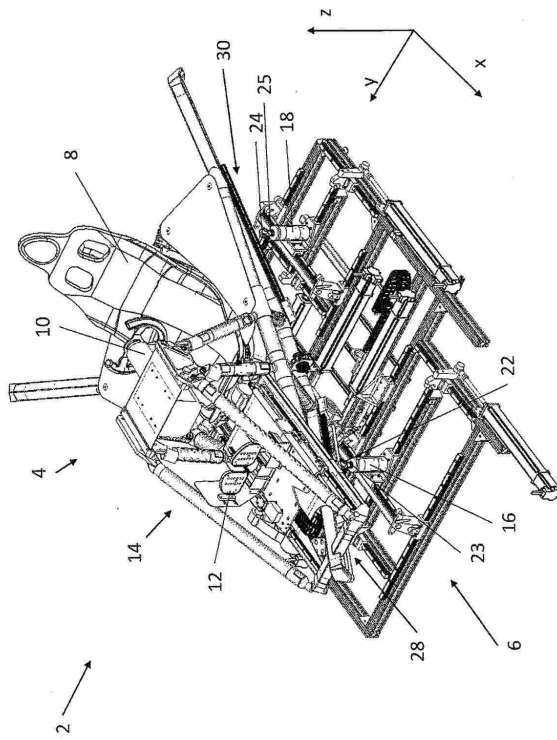
30

40

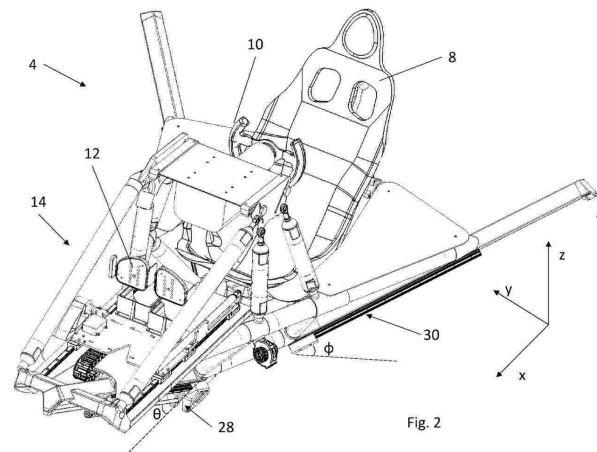
50

【図面】

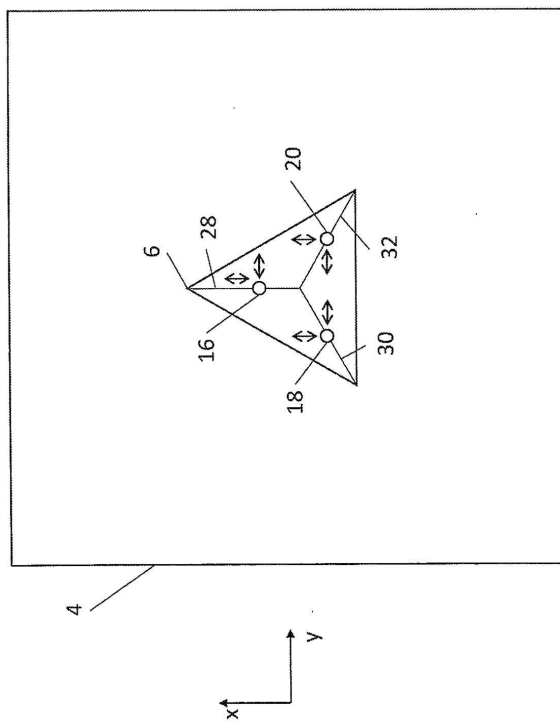
【図 1】



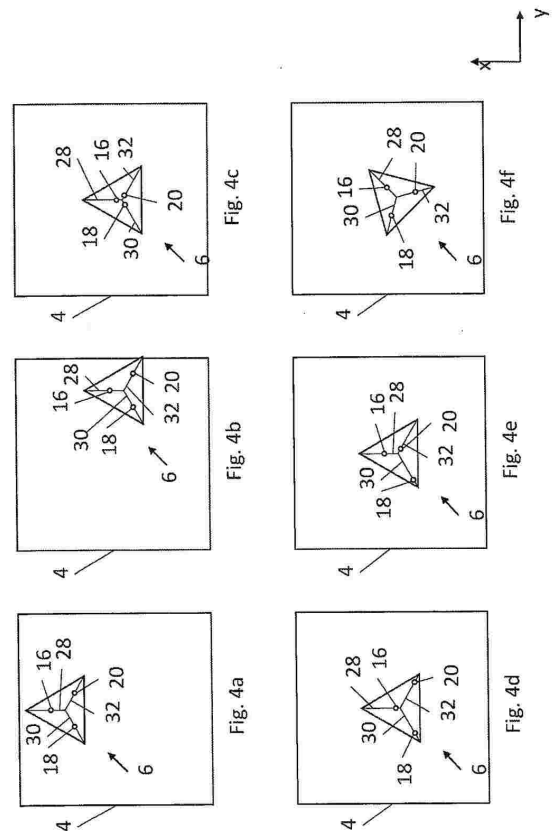
【図 2】



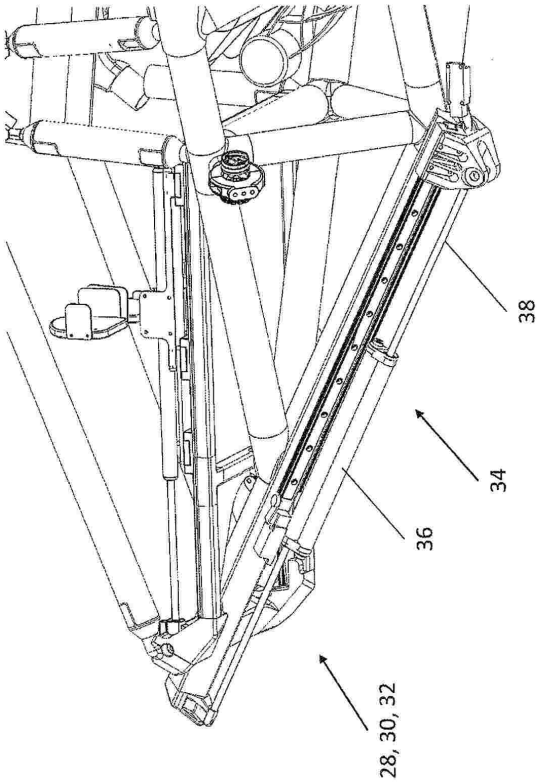
【圖 3】



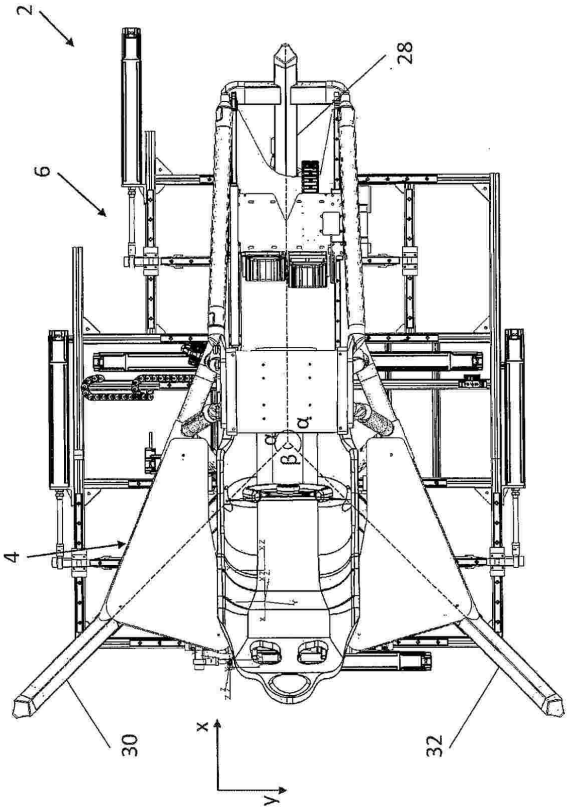
【図 4】



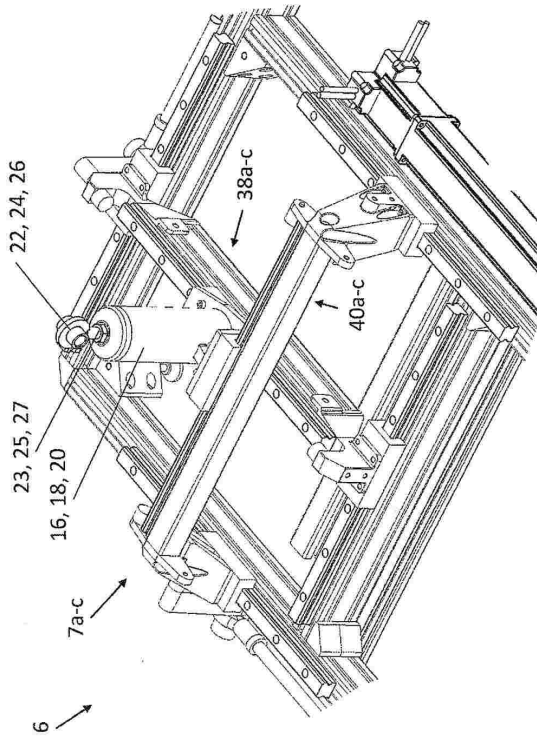
【図 5】



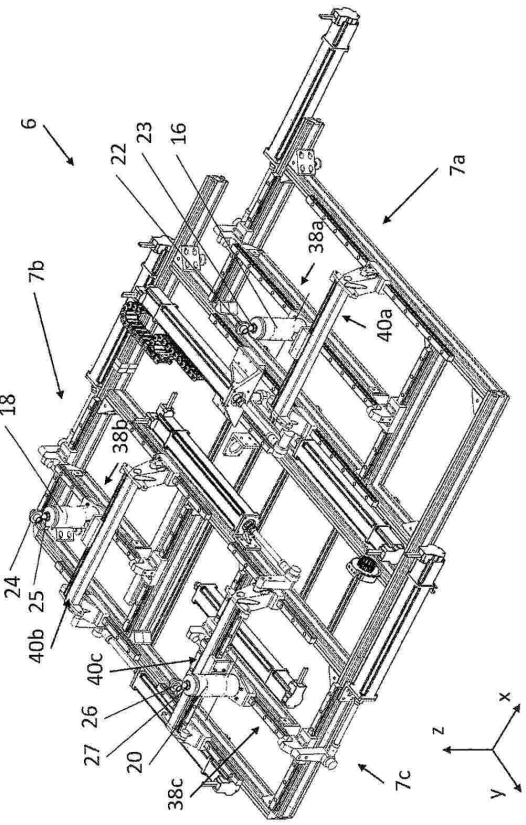
【図 6】



【図 7】



【図 8】



10

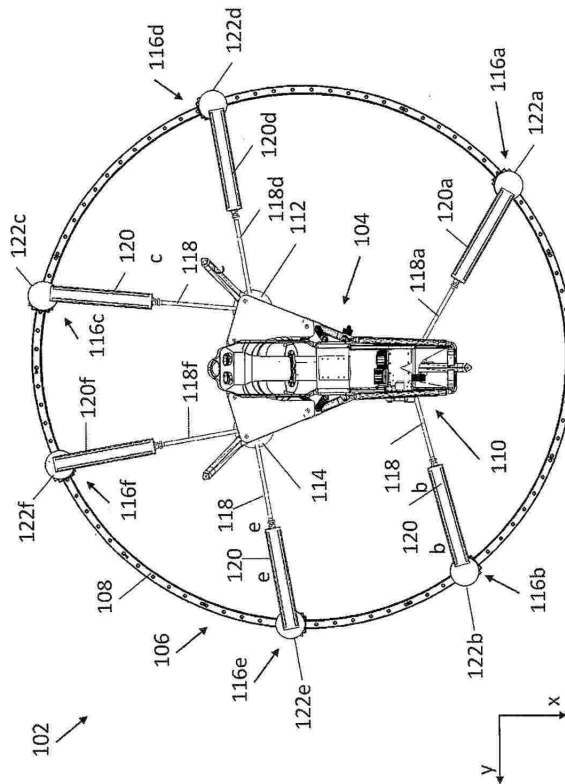
20

30

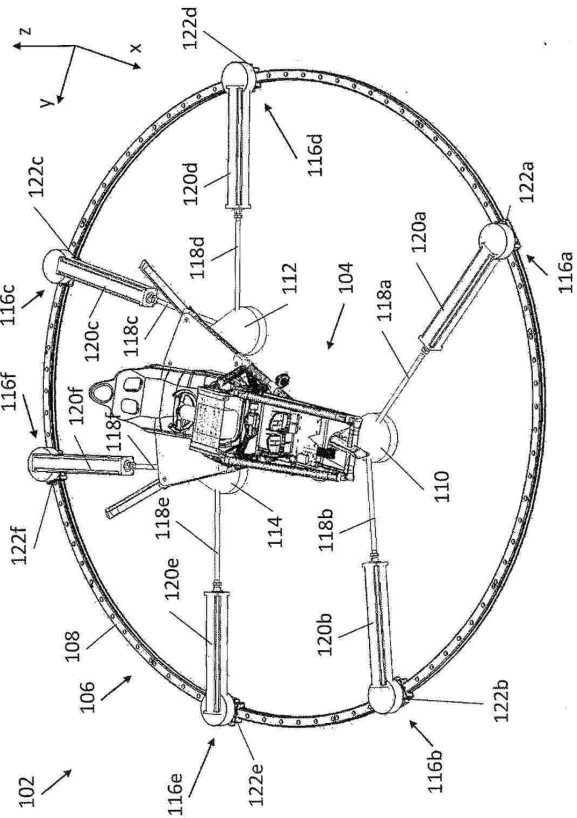
40

50

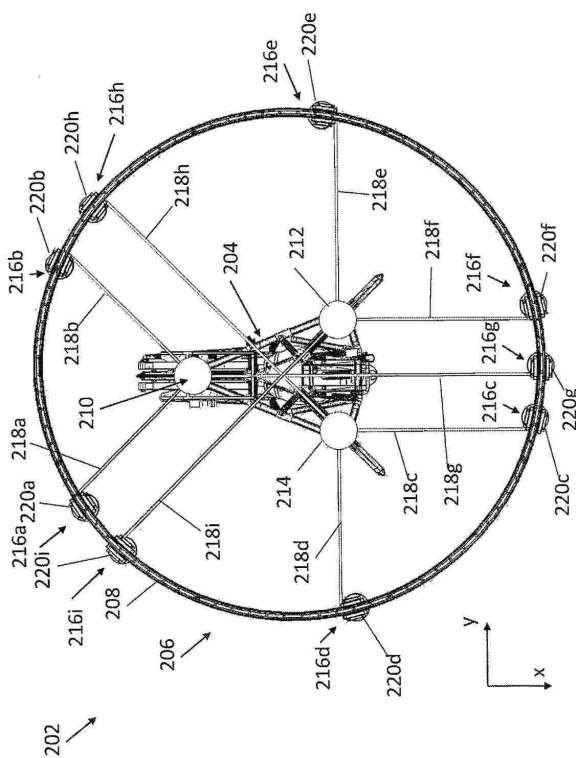
【図 9】



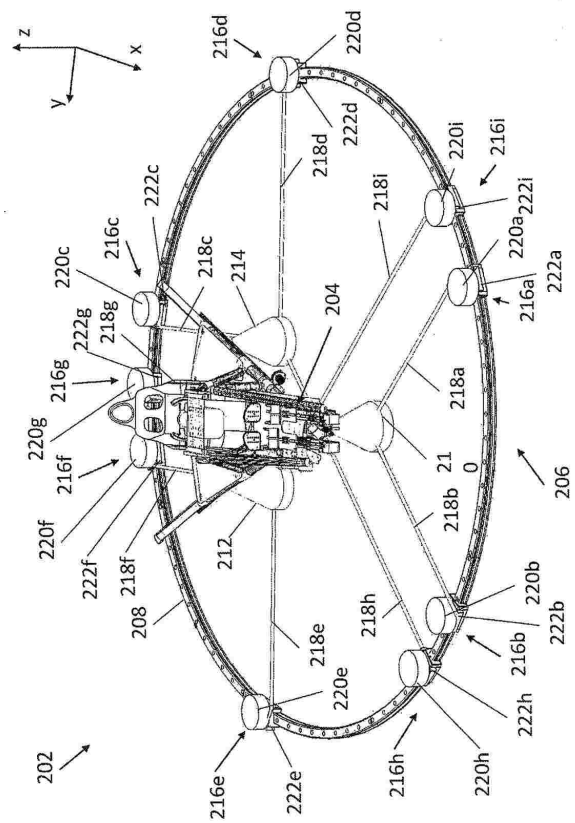
【図 10】



【図 11】



【図 12】



10

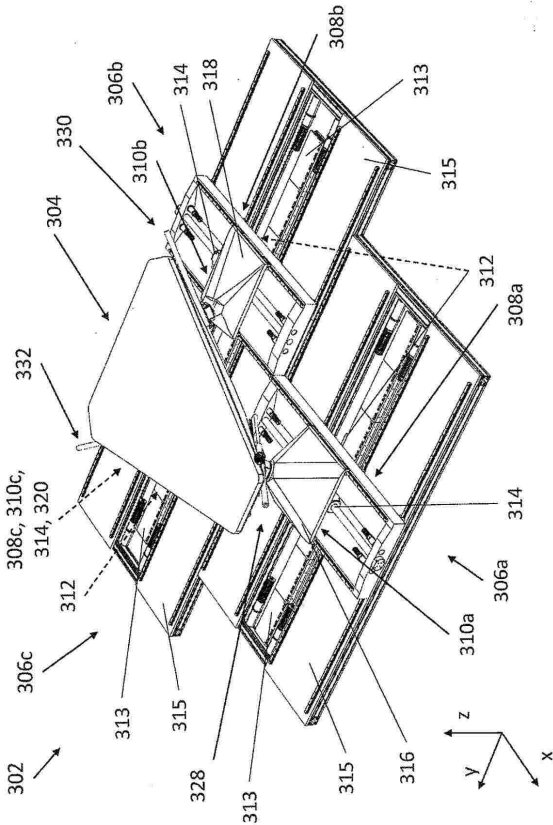
20

30

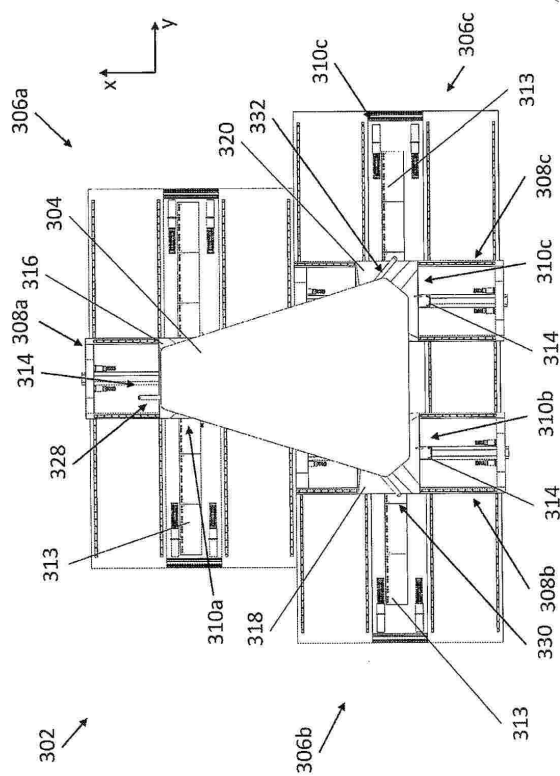
40

50

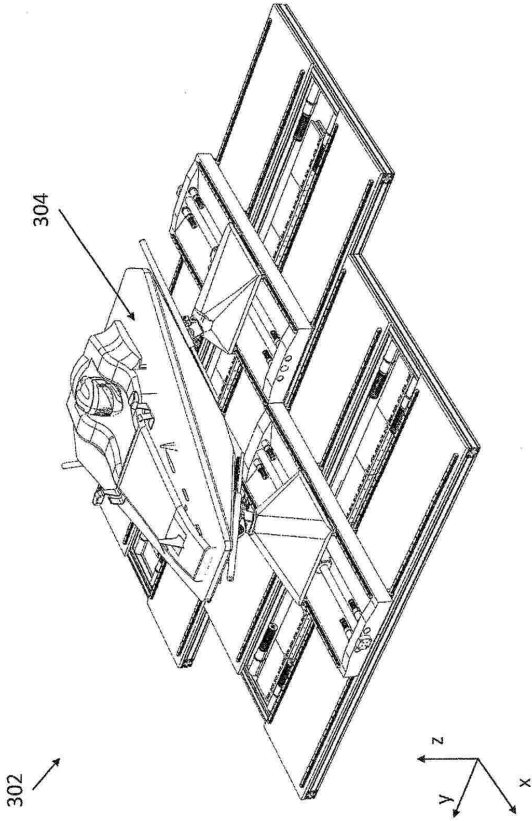
【図 13】



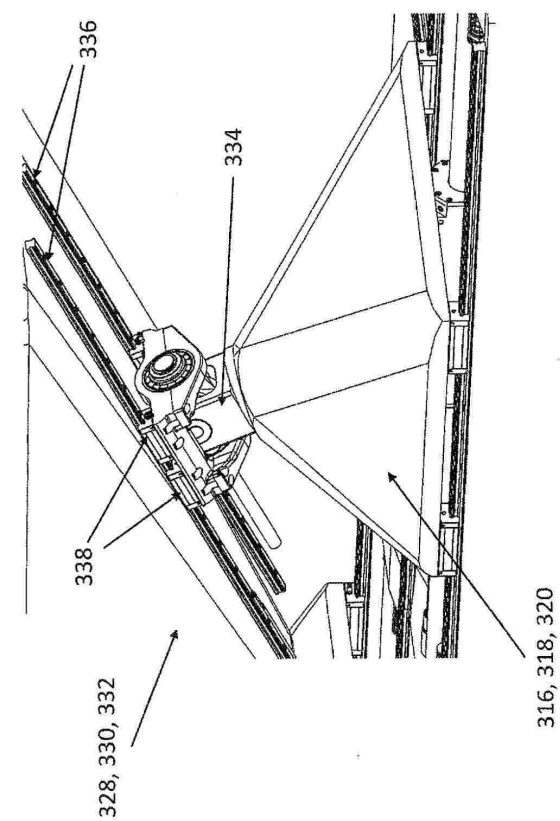
【図 14】



【図 15】



【図 16】



10

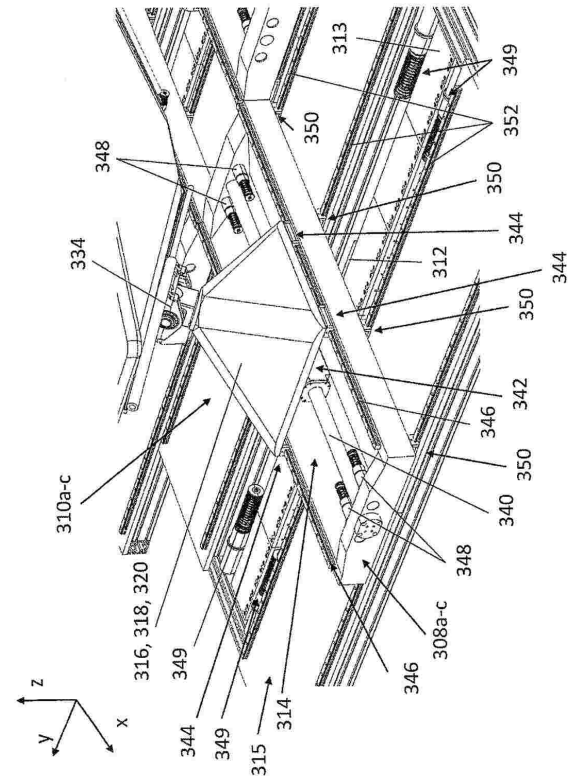
20

30

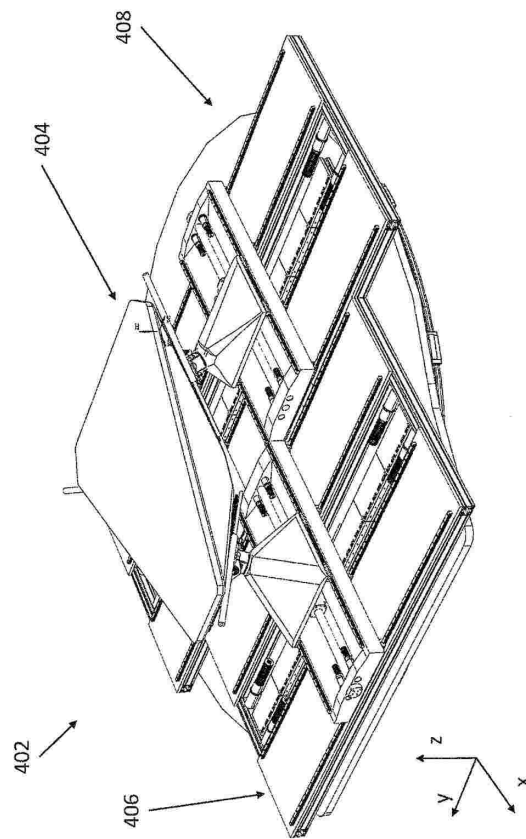
40

50

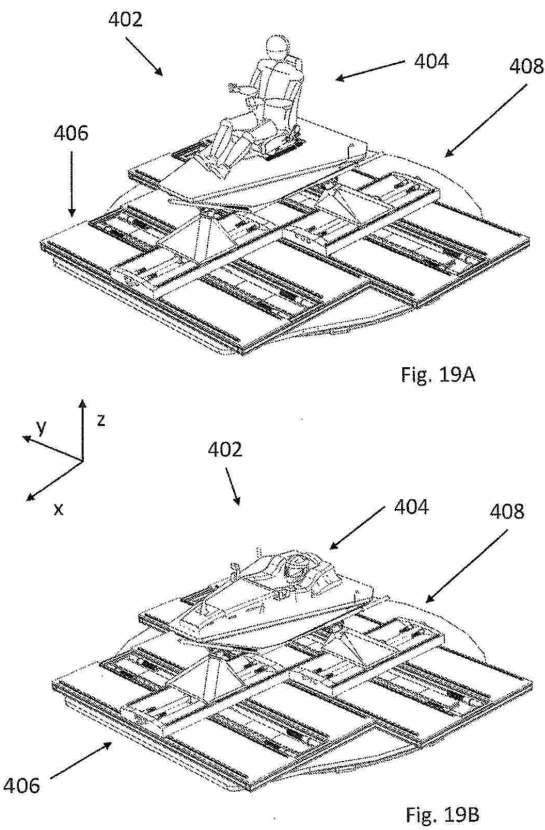
【図 17】



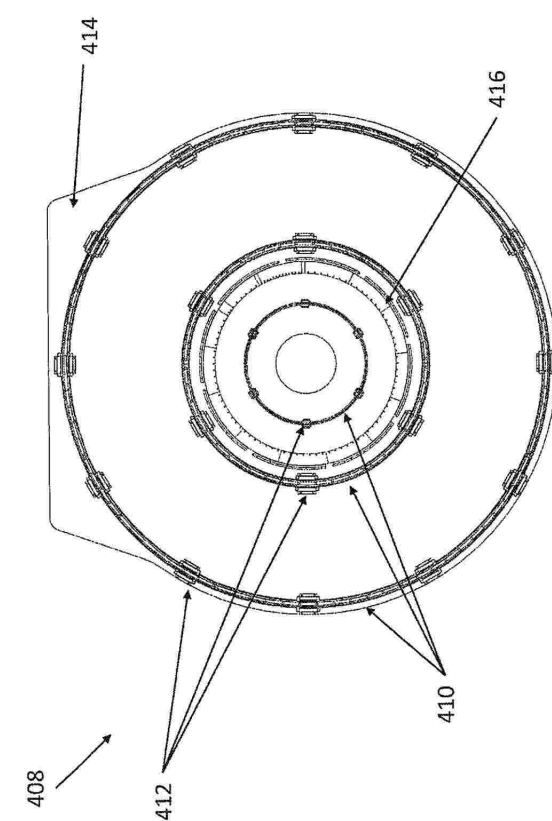
【図 18】



【図 19】



【図 20】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

審査官 鈴木 崇雅

- (56)参考文献 特開 2011-021681 (JP, A)
米国特許出願公開第 2019/0024842 (US, A1)
特表 2016-502686 (JP, A)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
G09B 9/00-9/56
A63F 13/803
A63G 25/00、31/04