

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6187807号
(P6187807)

(45) 発行日 平成29年8月30日(2017.8.30)

(24) 登録日 平成29年8月10日(2017.8.10)

(51) Int.Cl.

F 1

F 1 6 H 25/22 (2006.01)

F 1 6 H 25/22

C

F 1 6 H 25/22

M

請求項の数 6 (全 27 頁)

| | | | |
|--------------|-------------------------------|-----------|---------------------|
| (21) 出願番号 | 特願2013-107273 (P2013-107273) | (73) 特許権者 | 000001247 |
| (22) 出願日 | 平成25年5月21日(2013.5.21) | | 株式会社ジェイテクト |
| (65) 公開番号 | 特開2014-199132 (P2014-199132A) | | 大阪府大阪市中央区南船場3丁目5番8号 |
| (43) 公開日 | 平成26年10月23日(2014.10.23) | (74) 代理人 | 100087701 |
| 審査請求日 | 平成28年4月18日(2016.4.18) | | 弁理士 稲岡 耕作 |
| (31) 優先権主張番号 | 特願2013-49193 (P2013-49193) | (74) 代理人 | 100101328 |
| (32) 優先日 | 平成25年3月12日(2013.3.12) | | 弁理士 川崎 実夫 |
| (33) 優先権主張国 | 日本国(JP) | (74) 代理人 | 100137062 |
| | | | 弁理士 五郎丸 正巳 |
| | | (72) 発明者 | 田代 明義 |
| | | | 大阪府大阪市中央区南船場3丁目5番8号 |
| | | | 株式会社ジェイテクト内 |
| | | (72) 発明者 | 尾崎 奈保子 |
| | | | 大阪府大阪市中央区南船場3丁目5番8号 |
| | | | 株式会社ジェイテクト内 |

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ボールねじ装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

外周面にねじ溝が形成されたねじ軸と、
 前記ねじ軸に対して外嵌され、内周面にねじ溝が形成されたボールナットと、
 前記ボールナットおよび前記ねじ軸の互いのねじ溝によって形成される螺旋状のボール
 転動路内に転動可能にセットされた複数のボールと、
 前記ボールナットの外周を包囲するように設けられた円筒と含み、
 前記ボール転動路内において、前記ねじ軸の軸方向に関して間隔を空けた少なくとも 2
 つの収容凹所形成位置には、前記ボールナットの周壁を厚み方向に貫通する収容凹所が形
 成されており、
 前記ボールナットの外周面には、当該ボールナットの外周に沿って螺旋状に旋回する外
 周旋回溝が形成され、この外周旋回溝と前記円筒の内周面とによって、前記ボールが転動
 可能な旋回転動路が形成されており、
 各収容凹所に収容され、各収容凹所形成位置と前記旋回転動路とを接続する接続路を有
 するコマと、
 前記円筒の内周面に形成された係合凹所を有し、前記収容凹所に収容されている前記コ
 マが前記係合凹所に係合することにより前記円筒の前記ボールナットに対する相対回転を
 阻止する相対回転阻止構造とをさらに含み、
 前記旋回転動路および 2 つの前記接続路によって、一方の前記収容凹所形成位置の前記
 ボールを、他方の前記収容凹所形成位置に戻すための循環路が形成される、ボールねじ装

置。

【請求項 2】

前記係合凹所は、前記円筒の内周面の前記軸方向の途中部で当該円筒を厚み方向に貫通する係合穴を含む、請求項 1 に記載のボールねじ装置。

【請求項 3】

前記円筒の前記内周面が、円筒面のみによって形成されている、請求項 1 または 2 に記載のボールねじ装置。

【請求項 4】

前記係合凹所は、前記円筒の内周面に形成され、前記軸方向に沿って延びる係合溝を含む、請求項 1 に記載のボールねじ装置。

10

【請求項 5】

前記外周旋回溝に前記ボールが収容された状態で前記ボールナットの外周面よりも外側に当該ボールがはみ出ないように、前記外周旋回溝の深さが設定されている、請求項 1 ~ 4 のいずれか一項に記載のボールねじ装置。

【請求項 6】

前記ボールナットおよび前記円筒は、前記ボールナットの外周面と前記円筒の内周面との間に所定の空間が形成されるように設けられており、

前記外周旋回溝に前記ボールが収容された状態で前記ボールナットの外周面よりも外側に当該ボールがはみ出るように、前記外周旋回溝の深さが設定されている、請求項 1 ~ 4 のいずれか一項に記載のボールねじ装置。

20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

この発明はボールねじ装置に関する。

【背景技術】

【0002】

下記特許文献 1 のボールねじ装置には、ボール転動路の一端部と他端部とを連通してボールを軌道循環させるための循環路が設けられている。この循環路は、ボールねじナットの周壁を軸方向に貫通して形成される貫通孔と、貫通孔の一端とボール転動路の一端部とを連通する注入側の連通路と、貫通孔の他端とボール転動路の他端部とを連通する反注入側の連通路とを含む。注入側の連通路は、ボールナットの周壁に装着される注入側こま部材に形成され、反注入側の連通路は、ボールナットの周壁に装着される反注入側こま部材に形成される。

30

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】特開 2010 - 71411 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

40

特許文献 1 の貫通孔はたとえばドリル加工を用いて形成されている。ドリル加工による加工の容易さのために、貫通孔は、ボールナット（ボールねじナット）の軸方向に沿って延びている必要がある。

しかしながら、貫通孔が軸方向に沿って延びるものに限定されたとすると、一对のコマ（注入側こま部材または反注入側こま部材）の周方向の配置位置が制約されることになる。そのため、このような構成を採用するボールねじ装置では、採用可能な巻数が自ずと限られ、1.7 巻や 2.7 巻のように小数点以下が共通の所定の値（たとえば 7）となる巻数に限られていた。具体的には、たとえば、理論上必要なボールねじ装置の有効巻数がたとえば理論上 2.3 であっても、2.7 の有効巻数を有するボールねじ装置を採用する必要があった。したがって、ボールねじ装置が軸方向に大型化するおそれがあった。

50

【 0 0 0 5 】

コマの配置位置に周方向の制約がなくなると、ボールねじ装置の理論上の有効巻数をそのまま採用でき、その結果、ボールねじ装置を軸方向に小型化することが可能になる。

そこで、この発明は、ボール転動路内においてスムーズなボールの循環を実現させつつ、コマの配置位置のレイアウトの自由度を高めることができるボールねじ装置を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 6 】

前記の目的を達成するための請求項 1 に記載の発明は、外周面 (2 2 A) にねじ溝 (4 1) が形成されたねじ軸 (2 2) と、前記ねじ軸に対して外嵌され、内周面 (1 0 A) にねじ溝 (4 3) が形成されたボールナット (1 0) と、前記ボールナットおよび前記ねじ軸の互いのねじ溝によって形成される螺旋状のボール転動路 (4 7) 内に転動可能にセットされた複数のボール (2 4) と、前記ボールナットの外周を包囲するように設けられた円筒 (1 2 ; 3 1 2) と含み、前記ボール転動路内において、前記ねじ軸の軸方向 (X) に関して間隔を空けた少なくとも 2 つの収容凹所形成位置 (4 7 A , 4 7 B) には、前記ボールナットの周壁 (1 0 C) を厚み方向に貫通する収容凹所 (4 5) が形成されており、前記ボールナットの外周面 (1 0 B) には、当該ボールナットの外周に沿って螺旋状に旋回する外周旋回溝 (4 9) が形成され、この外周旋回溝と前記円筒の内周面 (1 2 A ; 3 1 2 A) とによって、前記ボールが転動可能な旋回転動路 (6 0) が形成されており、各収容凹所に収容され、各収容凹所形成位置と前記旋回転動路とを接続する接続路 (5 4 , 1 5 4 , 2 5 4) を有するコマ (4 0 ; 3 4 0) と、前記円筒の内周面に形成された係合凹所 (4 8 ; 3 4 8 ; 3 4 8 A , 3 4 8 B) を有し、前記収容凹所に収容されている前記コマが前記係合凹所に係合することにより前記円筒の前記ボールナットに対する相対回転を阻止する相対回転阻止構造 (4 8 ; 3 4 8 ; 3 4 8 A , 3 4 8 B) とをさらに含み、前記旋回転動路および 2 つの前記接続路によって、一方の前記収容凹所形成位置の前記ボールを、他方の前記収容凹所形成位置に戻すための循環路 (6 1) が形成される、ボールねじ装置 (1 1 ; 3 1 1) である。

【 0 0 0 7 】

なお、この項において、括弧内の英数字は、後述の実施形態における対応構成要素の参照符合を表すものであるが、これらの参照符号により特許請求の範囲を実施形態に限定する趣旨ではない。

この構成によれば、ボールは、ボール転動路内を、他方の収容凹所形成位置から一方の収容凹所形成位置まで転動する。そして、ボールは、一方の収容凹所形成位置から一方のコマの接続路を通して、ボールナットの外周面の外周旋回溝に掬い上げられる。外周旋回溝に掬い上げられたボールは、当該外周旋回溝によって形成される旋回転動路を通してボールナットの外周を旋回した後、他方のコマの接続路を通して、ボール転動路内の他方の収容凹所形成位置に戻される。すなわち、ボール転動路内における一方の収容凹所形成位置のボールが、旋回転動路を含む循環路によって、ボール転動路内における他方の収容凹所形成位置に戻される。これにより、ボールを、ボール転動路内でスムーズに循環させることができる。

【 0 0 0 8 】

また、ボールナットの外周面の外周旋回溝と円筒の内周面とによって、循環路に含まれる旋回転動路が形成される。そのため、2 つの収容凹所形成位置が軸方向および周方向に如何なる相対関係を有していても、一方の収容凹所形成位置と他方の収容凹所形成位置とを循環路でつなぐことが可能である。そのため、コマの相対的な配置位置に、軸方向に沿って延びる貫通孔をボールナットの周壁に形成する場合のような周方向の制約がない。これにより、コマの配置位置のレイアウトの自由度を高めることができる。そして、コマの配置位置に周方向の制約がなくなる結果、ボールねじ装置の理論上の有効巻数をそのまま採用でき、ゆえに、ボールねじ装置を軸方向に小型化することが可能になる。

【 0 0 0 9 】

また、コマが係合凹所に係合することにより、円筒のボールナットに対する相対回転が阻止される。これにより、他の部材を用いることなく、相対回転阻止構造を設けることができ、これにより、円筒のボールナットに対する相対回転を阻止しつつ、部品点数が増加するのを防止できる。

【0010】

この発明の一実施形態に係るボールねじ装置は、請求項2に記載のように、前記係合凹所は、前記円筒の内周面の前記軸方向の途中部で当該円筒を厚み方向に貫通する係合穴(48)を含んでいてもよい。

この場合、請求項3に記載のように、前記円筒の前記内周面が、円筒面のみによって形成されていてもよい。

10

【0011】

また、この発明の他の実施形態に係るボールねじ装置は、請求項4に記載のように、前記係合凹所は、前記円筒の内周面に形成され、前記軸方向に沿って延びる係合溝(348)を含んでいてもよい。

【0012】

また、請求項5に記載のように、前記外周旋回溝に前記ボールが収容された状態で前記ボールナットの外周面よりも外側に当該ボールがはみ出ないように、(外周旋回溝の全域における)前記外周旋回溝の深さ(D)が設定されていてもよい。

また、請求項6に記載のように、前記ボールナットおよび前記円筒は、前記ボールナットの外周面と前記円筒の内周面との間に所定の空間(SP)が形成されるように設けられており、前記外周旋回溝に前記ボールが収容された状態で前記ボールナットの外周面よりも外側に当該ボールがはみ出るように、(外周旋回溝の全域における)前記外周旋回溝の深さ(D1)が設定されていてもよい。

20

【図面の簡単な説明】

【0013】

【図1】本発明の第1実施形態に係るボールねじ装置が適用された電動アクチュエータの模式的な断面図である。

【図2】本発明の第1実施形態に係るボールねじ装置の模式的な側面図である。

【図3】本発明の第1実施形態に係るボールねじ装置の分解斜視図である。

【図4】本発明の第1実施形態に係るボールねじ装置の模式的な縦断面図である。

30

【図5A】本発明の第1実施形態に係るコマの斜視図である(その1)。

【図5B】本発明の第1実施形態に係るコマの斜視図である(その2)。

【図6】コマの装着状態においてボールナットを径方向外方から見た図である。

【図7】図6の切断面線A-Aから見た断面図である。

【図8】図7の切断面線B-Bから見た断面図である。

【図9】図6の切断面線C-Cから見た断面図である。

【図10】本発明の第1実施形態の第1変形例に係る外周旋回溝とねじ溝との接続を説明するための図である。

【図11】本発明の第1実施形態の第2変形例に係る収容穴およびコマの配置を説明するための図である。

40

【図12】本発明の第1実施形態の第3変形例に係るコマの構成を示す要部断面図である。

【図13】本発明の第2実施形態に係るボールねじ装置の分解斜視図である。

【図14】本発明の第2実施形態に係るボールねじ装置の模式的な縦断面図である。

【図15】本発明の第2実施形態に係る円筒の模式的な断面図である。

【図16】本発明の第2実施形態に係る円筒の模式的な側面図である。

【図17】本発明の第2実施形態に係るボールねじ装置の模式的な横断面図である(その1)。

【図18】本発明の第2実施形態に係るボールねじ装置の模式的な横断面図である(その2)。

50

【図 19】本発明の第 2 実施形態の第 1 変形例に係る円筒の模式的な横断面図である。
【図 20A】本発明の第 2 実施形態の第 1 変形例に係る円筒の模式的な側面図である。
【図 20B】本発明の第 2 実施形態の第 2 変形例に係る円筒の模式的な側面図である。
【図 21】他の形態に係るボールねじ装置の分解斜視図である。
【図 22】他の形態に係るボールねじ装置の模式的な縦断面図である（その 1）。
【図 23】他の形態に係るボールねじ装置の模式的な縦断面図である（その 2）。
【図 24】他の形態に係るボールねじ装置の模式的な横断面図である（その 1）。
【図 25】他の形態に係るボールねじ装置の模式的な横断面図である（その 2）。
【発明を実施するための形態】

【0014】

10

以下では、本発明の実施形態を、添付図面を参照して詳細に説明する。

< 第 1 実施形態 >

図 1 は、本発明の第 1 実施形態に係るボールねじ装置 11 が適用された電動アクチュエータ 1 の模式的な断面図である。電動アクチュエータ 1 は、駆動軸 2 を軸方向 X に出退させることにより駆動対象を駆動する。

【0015】

電動アクチュエータ 1 は、電動モータ 3 と、駆動軸 2 と、電動モータ 3 の回転トルクを伝達する減速機構 4 と、減速機構 4 を介して伝達された電動モータ 3 の回転トルクを、駆動軸 2 の軸方向 X の直線運動に変換するボールねじ装置 11 と、駆動軸 2、減速機構 4 およびボールねじ装置 11 を収容するハウジング 6 とを備えている。

20

ハウジング 6 は、第 1 ハウジング 6A と、その端面に突き合わされた第 2 ハウジング 6B とを有し、固定ボルト（図示しない）によって互いに結合されている。

【0016】

電動モータ 3 は、第 1 ハウジング 6A に取り付けられている。電動モータ 3 の出力軸 3A は第 1 ハウジング 6A を挿通し、第 2 ハウジング 6B に装着された転がり軸受 7 によって回転可能に支持されている。

駆動軸 2 は、ボールねじ装置 11 のねじ軸 22 と一体に形成されている。駆動軸 2 は、第 2 ハウジング 6B 内において、すべり軸受 14 を介して回転可能に支持されている。

【0017】

減速機構 4 は、第 1 歯車 8 と、第 2 歯車 9 とを備えている。第 1 歯車 8 は、第 1 および第 2 ハウジング 6A、6B の間に収容配置されており、電動モータ 3 の出力軸 3A の端部に相対回転不能に取り付けられている。第 2 歯車 9 は、ボールナット 10 の外周に外嵌され、かつ第 1 歯車 8 に噛み合っている。ボールナット 10 は、第 1 ハウジング 6A の内周に外嵌装着された転がり軸受 13、および第 2 ハウジング 6B の内周に装着された転がり軸受 16 によって回転可能に支持されている。第 2 歯車 9、転がり軸受 13 および転がり軸受 16 は、ボールナット 10 の外周に外嵌固定されている。

30

【0018】

図 2 は、ボールねじ装置 11 の模式的な側面図である。図 3 は、ボールねじ装置 11 の分解斜視図である。図 3 では、ボールねじ装置 11 のうちねじ軸 22 を省略した構成を示している。図 4 は、ボールねじ装置 11 の模式的な縦断面図である。

40

図 2～図 4 に示すように、ボールねじ装置 11 は、軸方向 X に沿って延びるねじ軸 22 と、ねじ軸 22 に対して外嵌されたボールナット 10 と、ねじ軸 22 とボールナット 10 との間に介在された複数のボール 24 と、ボールナット 10 の外周を包囲する円筒 12 と、一对のコマ 40 とを含む。また、換言すると、軸方向 X は、ねじ軸 22 の軸方向である。ボールねじ装置 11 は、理論上必要な有効巻数が 2.7 であり、その理論上の有効巻数をそのまま採用している。

【0019】

図 2 および図 4 に示すように、ねじ軸 22 の外周面 22A にはねじ溝 41 が形成されている。ねじ溝 41 は、ねじ軸 22 の円中心を中心として旋回しながら軸方向 X の他方（図 2 および図 4 の右方）へ徐々にずれる螺旋状の溝である。ねじ溝 41 の断面は、略 U 字状

50

の湾曲面である。外周面 2 2 A には、軸方向 X に隣り合うねじ溝 4 1 の境界をなす螺旋状のねじ山 4 2 が形成されている。

【 0 0 2 0 】

図 3 および図 4 に示すように、ボールナット 1 0 は、鋼などの金属を用いて形成され、軸方向 X に延びる筒状体である。その内周面 1 0 A および外周面 1 0 B は、軸方向 X に延びる中心軸を有する円筒面となっている。

ボールナット 1 0 の内周面 1 0 A には、ねじ溝 4 3 が形成されている。ねじ溝 4 3 は、内周面 1 0 A の円中心を中心として旋回しながら軸方向 X の他方（図 4 の右方）へ徐々にずれる螺旋状の溝である。ねじ溝 4 3 の断面は、略 U 字状の湾曲面である。内周面 1 0 A には、軸方向 X に隣り合うねじ溝 4 3 の境界をなす螺旋状のねじ山 4 4 が形成されている。

10

【 0 0 2 1 】

ボールナット 1 0 の内周面 1 0 A には、2 つの収容穴（収容凹所）4 5 が形成されている。2 つの収容穴 4 5 は、内周面 1 0 A において、軸方向 X に間隔を空けられた転動開始位置（他方の収容凹所形成位置）4 7 A および転動終了位置（一方の収容凹所形成位置）4 7 B に配置されている。より具体的には、転動開始位置 4 7 A および転動終了位置 4 7 B は、内周面 1 0 A のねじ溝 4 3 の内壁に開口している。2 つの収容穴 4 5 は、平行になった状態で、軸方向 X に間隔を隔てて（この実施形態では、ねじ溝 4 3 の 3 つ分に相当）に間隔を隔てて配置されている。各収容穴 4 5 は、内周面 1 0 A の径方向外側へ延びて、ボールナット 1 0 の周壁 1 0 C を径方向に貫通している。

20

【 0 0 2 2 】

軸方向 X においてボールナット 1 0 の内周面 1 0 A が存在する領域において、ボールナット 1 0 のねじ溝 4 3 と、ねじ軸 2 2 の外周面 2 2 A において内周面 1 0 A に対向している部分におけるねじ溝 4 1 とによって、ボール転動路 4 7（図 4 参照）が形成されている。つまり、ボールナット 1 0 およびねじ軸 2 2 の互いのねじ溝 4 1, 4 3 によって螺旋状のボール転動路 4 7 が形成されている。ボール転動路 4 7 は、略円形状の断面を有しており（図 4 参照）、ボールナット 1 0 やねじ軸 2 2 の円中心を中心として旋回しながら軸方向 X の他方（図 4 の右方）へ徐々にずれる螺旋状をなしている。軸方向 X において隣り合うボール転動路 4 7 の間には、ねじ軸 2 2 のねじ山 4 2 とボールナット 1 0 のねじ山 4 4 とが径方向に対向した状態で配置されており、これらのねじ山 4 2, 4 4 は、軸方向 X において隣り合う 2 列のボール転動路 4 7 の境界をなしている。

30

【 0 0 2 3 】

図 4 に示すように、各収容穴 4 5 は、ボールナット 1 0 の外周面 1 0 B 側の外領域 4 5 A と、外領域 4 5 A よりも内周面 1 0 A 側の内領域 4 5 B とを含んでいる。ボールナット 1 0 の外側（径方向外側）から見て、各収容穴 4 5（外領域 4 5 A および内領域 4 5 B の両方）は、ねじ溝 4 3 の傾斜角に相当する角度だけ周方向 Y に対して傾斜する方向に沿って長い。

【 0 0 2 4 】

ボールナット 1 0 において各収容穴 4 5 を区画する部分には、外領域 4 5 A と内領域 4 5 B との境界をなす段差部分 4 6 が形成されている。

40

図 3 および図 4 に示すように、ボールナット 1 0 の外周面 1 0 B には、外周旋回溝 4 9 が形成されている。外周旋回溝 4 9 は、外周面 1 0 B の円中心（すなわち、内周面 1 0 A の円中心）を中心として旋回し、軸方向 X の一方（図 4 の左方）へずれる螺旋状の溝である。換言すると、外周旋回溝 4 9 は、外周面 1 0 B に沿って螺旋状に旋回している。

【 0 0 2 5 】

この実施形態では、外周旋回溝 4 9 として一巻きの外周旋回溝を例示している。外周旋回溝 4 9 の断面は略 U 字状（略半円状）またはコ字状をなしており（図 4 では U 字状）、外周旋回溝 4 9 は、ボール 2 4（図 4 では黒丸で示す）の全部分を収容できる溝深さ D（図 4 参照）を有し、エンドミル等を用いて切削形成される。外周旋回溝 4 9 の一端 4 9 A（図 3 参照）は、転動開始位置 4 7 A 側（図 3 の左手前側）の収容穴 4 5 を区画している

50

周壁 10C に接続されており、外周旋回溝 49 の他端 49B は、転動終了位置 47B 側（図 3 の右奥側）の収容穴 45 を区画している周壁 10C に接続されている。

【0026】

外周旋回溝 49 と円筒 12 の内周面 12A とによって、旋回転動路 60 が形成される。旋回転動路 60 は、ボールナット 10 やねじ軸 22 の円中心を中心として旋回しながら、軸方向 X の一方（図 4 の左方）へ徐々にずれる螺旋状をなしている。なお、旋回転動路 60 によって導かれる軸方向は、ボール転動路 47 によって導かれる軸方向とは逆向きの軸方向である。

【0027】

図 4 に示すように、ボール 24 は、金属等で形成された小さな球体であって、ボール転動路 47 内に配置されており、ボール転動路 47 内で自由に転動できる。なお、説明の便宜上、図 4 では、ボール転動路 47 内に配置される全てのボール 24 のうちの一部のみ（黒丸部分参照）を図示している（後述する図 6、図 7、図 9、図 14、図 17、図 18、図 22 ~ 図 25 でも同様）。

【0028】

図 3 および図 4 に示すように、円筒 12 は鋼などの金属を用いて形成されており、その内周面 12A および外周面 12B は、それぞれ、ボールナット 10 の内外周面 10A, 10B と同軸を有する円筒面となっている。円筒 12 の内周面 12A および外周面 12B には溝が形成されておらず、換言すると、内周面 12A および外周面 12B は、次に述べる係合穴 48 が形成される位置を除いて、それぞれ円筒面のみから形成されている。円筒 12 は、ボールナット 10 の外周面 10B 全域をすっぽり包囲した状態で、ボールナット 10 に同伴回転可能かつ軸方向 X に同伴移動可能に取り付けられている。円筒 12 の内径はボールナット 10 の外径よりも若干大きく設定されており、そのため、ボールナット 10 に対する円筒 12 の取付状態では、円筒 12 の内周面 12A が、ボールナット 10 の外周面 10B との間に微小間隔 S を隔てて設けられている。

【0029】

図 3 および図 4 に示すように、円筒 12 の内周面 12A には、円筒 12 を厚み方向に貫通する 2 つの係合穴（係合凹所）48 が形成されている。係合穴 48 は、収容穴 45 と同数（この実施形態では 2 つ）設けられている。2 つの係合穴 48 は、平行になった状態で、軸方向 X に間隔を隔てて（この実施形態では、ねじ溝 43 の 3 つ分に相当）配置されている。円筒 12 がボールナット 10 に同伴回転可能に設けられる状態において、2 つの係合穴 48 の径方向外方から見た形状が、それぞれ収容穴 45 の外領域 45A（図 4 参照）に整合している。

【0030】

コマ 40 は、小片状をなし、収容穴 45 と同数（この実施形態では 2 つ）設けられており、各収容穴 45 に 1 つずつ装着される。各コマ 40 は、収容穴 45 および係合穴 48 の双方を挿通している。コマ 40 の材質としては、樹脂や金属などを採用できる。

図 5A は、コマ 40 の斜視図である。図 5B は、図 5A を右奥側から見た斜視図である。図 5A および図 5B に示すように、コマ 40 は、外部分 51 と内部分 52 とを一体的に含んでいる。

【0031】

外部分 51 は、ブロック状をなしている。外部分 51 は、円筒 12 をボールナット 10 に取り付けた状態における、収容穴 45 の外領域 45A（図 4 参照）および係合穴 48 を足し合わせた領域にちょうど嵌る形状を有しており、たとえば、四隅の端縁が面取りされた直方体状である。なお、外部分 51 において図 5A および図 5B で大きく表れている表面を外面 51A と呼ぶことにすると、図 5A および図 5B では外面 51A を平坦面状に描いているが、外面 51A が、円筒 12 の外周面 12B に面一になるように湾曲している。

【0032】

内部分 52 は、外部分 51 の長手方向に沿って長手のブロック状である。内部分 52 は、収容穴 45 の内領域 45B（図 4 参照）にちょうど嵌る形状を有しており、内部分 52

10

20

30

40

50

では、長手方向における両端部が丸められている。外部分 5 1 において、外面 5 1 A とは反対側の面を内面 5 1 B と呼ぶことにすると、内部分 5 2 は、内面 5 1 B に固定されている。外部分 5 1 の厚み方向から見て、内部分 5 2 は、外部分 5 1 の輪郭の内側に位置している。

【 0 0 3 3 】

各コマ 4 0 は、接続路 5 4 を有している。接続路 5 4 は、コマ 4 0 の内部をトンネル状に延び、コマ 4 0 の長手方向の一端面（図 5 A の左手前側端面）に開口する円形の外側開口 5 5 と、コマ 4 0 の長手方向の他端面（図 5 A の右奥側端面）に開口する円形の内側開口 5 6 とを連通し、断面円形をなしている。

外側開口 5 5 と内側開口 5 6 とは、径方向位置（円中心からの距離）が互いに異ならされており、外側開口 5 5 が内側開口 5 6 よりも径方向外側に配置されている。そのため、接続路 5 4 は、内側開口 5 6 から外側開口 5 5 に向かうに従って径方向外側に向かう傾斜状をなしている。

【 0 0 3 4 】

図 4 に示すように、各コマ 4 0 は、ボールナット 1 0 の収容穴 4 5 および円筒 1 2 の係合穴 4 8 に対して、ボールナット 1 0 側から、より詳しくはボールナット 1 0 の径方向外側から装着（挿入）される。収容穴 4 5 および係合穴 4 8 の双方にコマ 4 0 が装着された状態では、外部分 5 1 が収容穴 4 5 の外領域 4 5 A および係合穴 4 8 に収容され、内部分 5 2 が、収容穴 4 5 の内領域 4 5 B に収容される。このとき、外部分 5 1 の内面 5 1 B の周縁部が、収容穴 4 5 における段差部分 4 6 に対してボールナット 1 0 の径方向外側から当接しており、これによって、コマ 4 0 が収容穴 4 5 内で位置決めされる。また、長方体状の外部分 5 1 における四隅が外面 5 1 A 側からかしめられることによって、各コマ 4 0 は、ボールナット 1 0 および円筒 1 2 の双方に固定される。各収容穴 4 5 に装着されているコマ 4 0 が係合穴 4 8 の周囲の周壁に係合すること（係合穴 4 8 への嵌合）により、円筒 1 2 のボールナット 1 0 に対する相対回転および相対軸方向 X 移動が阻止される。換言すると、第 1 実施形態では、特許請求の範囲の「相対回転阻止構造」は、係合穴 4 8 とコマ 4 0 とを有し、収容穴 4 5 に収容されているコマ 4 0 の一部が係合穴 4 8 に嵌合（係合）する構造である。

【 0 0 3 5 】

図 6 は、コマ 4 0 の装着状態においてボールナット 1 0 を径方向外方から見た図である。

転動開始位置 4 7 A 側（図 3 の左手前側）の収容穴 4 5 に装着されるコマ 4 0 と、転動終了位置 4 7 B 側（図 3 の右奥側）の収容穴 4 5 に装着されるコマ 4 0 とは、周方向 Y に関し互いに逆向きになるように装着される。転動開始位置 4 7 A 側（図 3 の左手前側）の収容穴 4 5 には、コマ 4 0 の外側開口 5 5 が外周旋回溝 4 9 の一端 4 9 A に対向するようにコマ 4 0 が装着され、転動終了位置 4 7 B 側（図 3 の右奥側）の収容穴 4 5 には、コマ 4 0 の外側開口 5 5 が外周旋回溝 4 9 の他端 4 9 B に対向するようにコマ 4 0 が装着される。

【 0 0 3 6 】

ボールナット 1 0 および円筒 1 2 へのコマ 4 0 の装着状態において、コマ 4 0 の接続路 5 4 の外側開口 5 5 は、軸方向 X で同じ位置にある外周旋回溝 4 9（旋回転動路 6 0）に連通（合流）している。また、この状態において、コマ 4 0 の接続路 5 4 の内側開口 5 6 は、軸方向 X で同じ位置にあるボール転動路 4 7 に連通している。

これにより、2 つのコマ 4 0 の接続路 5 4 と、外周旋回溝 4 9 と円筒 1 2 の内周面 1 2 A とによって形成される旋回転動路 6 0 とが、軸方向 X におけるボール転動路 4 7 のバイパスとなっている。換言すると、旋回転動路 6 0 および 2 つの接続路 5 4 によって、ボール転動路 4 7 内の転動終了位置 4 7 B のボール 2 4 をボール転動路 4 7 内の転動開始位置 4 7 A に戻すための循環路 6 1 が形成される。

【 0 0 3 7 】

図 7 は、図 6 の切断面線 A - A から見た断面図である。図 8 は、図 7 の切断面線 B - B

10

20

30

40

50

から見た断面図である。なお、図 7 では、便宜上、周方向 Y が直線方向になるように描いている。したがって、ねじ軸 22 の外周面 22A、およびボールナット 10 の内外周面 10A、10B は図 7 においてそれぞれ直線状に示されているが、実際は円弧状をなしている（後述する図 9、図 17、図 18、図 24、図 25 において同様）。

【0038】

図 6～図 8 に示すように、転動終了位置 47B 側（図 3 の右奥側）の収容穴 45 に装着されるコマ 40 は、ボールナット 10 の内周側のボール転動路 47 から、外周側の旋回転動路 60 へとボール 24 を導くために用いられる。このとき、接続路 54 の内側開口 56 が入口 54A として機能し、かつ接続路 54 の外側開口 55 が出口 54B として機能する。

10

【0039】

図 7 に示すように、接続路 54 の外側開口 55 および内側開口 56 を除く部分では、接続路 54 に沿いかつ周方向 Y に直交する方向の断面形状が直線状をなしている。接続路 54 において外側開口 55 付近および内側開口 56 付近の部分は、接続路 54 に沿いかつ周方向 Y に直交する方向の断面形状が、接続路 54 の他の部分よりも勾配を緩やかにした湾曲状である。

【0040】

図 8 に示すように、接続路 54 は、周方向 Y に沿う方向に関し、「く」の字状に屈曲している。具体的には、ねじ溝 43 とやや傾斜しつつ略直線状に延びる第 1 部分 541 と、外周旋回溝 49 に沿って略直線状に延びる第 2 部分 542 とを備えている。このような接続路 54 により、互いに向きの異なるねじ溝 43 と外周旋回溝 49 とを連通させることができる。

20

【0041】

図 9 は、図 6 の切断面線 C-C から見た断面図である。

図 6 および図 9 に示すように、転動開始位置 47A 側（図 3 の左手前側）の収容穴 45 に装着されるコマ 40 は、ボールナット 10 の外周側の旋回転動路 60 から、内周側のボール転動路 47 へとボール 24 を導くために用いられる。このとき、接続路 54 の外側開口 55 が入口 54A として機能し、かつ接続路 54 の内側開口 56 が出口 54B として機能する。なお、転動開始位置 47A 側（図 3 の左手前側）の収容穴 45 に装着されるコマ 40 は、転動終了位置 47B 側（図 3 の右奥側）の収容穴 45 に装着されるコマ 40 と同じ諸元を有している。

30

【0042】

図 6～図 9 に示すように、ボール転動路 47 内のボール 24 は、ボールナット 10 の回転に伴ってボール転動路 47 内で転動しながらボール転動路 47 に沿って、転動開始位置 47A から転動終了位置 47B まで移動する。ボール 24 は、転動終了位置 47B に到達すると、転動終了位置 47B 側（図 3 の右奥側）の収容穴 45 に装着されるコマ 40 における接続路 54 の内側開口 56 から接続路 54 内に進入し、この接続路 54 を通って、ボールナット 10 の外周面 10B の外周旋回溝 49 に掬い上げられる（図 6 に示す矢印参照）。

【0043】

40

その後、ボール 24 は、外周旋回溝 49 を含む旋回転動路 60 を移動してボールナット 10 の外周を旋回することで、軸方向 X において今までとは逆向き（図 6 の左側）へ進む。そして、旋回転動路 60 を通ったボール 24 は、転動開始位置 47A 側（図 3 の左手前側）の収容穴 45 に装着されるコマ 40 の接続路 54 の外側開口 55（入口 54A）から接続路 54 内に進入し、この接続路 54 を通って、ボール転動路 47 内の転動開始位置 47A に戻される（図 6 に示す破線矢印参照）。つまり、ボール転動路 47 内を移動するボール 24 が、旋回転動路 60 および接続路 54 を含む循環路 61 によって循環され、これにより、ボール転動路 47 内におけるボール 24 の安定供給が可能になる。

【0044】

以上によりこの実施形態によれば、ボール 24 はボール転動路 47 内を、転動開始位置

50

４７Ａから転動終了位置４７Ｂまで移動し、転動終了位置４７Ｂから一方のコマ４０の接続路５４を通過して、ボールナット１０の外周面１０Ｂの外周旋回溝４９に掬い上げられる。外周旋回溝４９に掬い上げられたボール２４は、外周旋回溝４９によって形成される旋回転動路６０を通過してボールナット１０の外周を旋回した後、他方のコマ４０の接続路５４を通過して、ボール転動路４７内の転動開始位置４７Ａに戻される。すなわち、ボール転動路４７内における転動終了位置４７Ｂのボール２４が、旋回転動路６０を含む循環路６１によって、ボール転動路４７内における転動開始位置４７Ａに戻される。これにより、ボール２４を、ボール転動路４７内でスムーズに循環させることができる。

【００４５】

また、ボールナット１０の外周面１０Ｂの外周旋回溝４９と円筒１２の内周面１２Ａとによって、循環路６１に含まれる旋回転動路６０が形成される。そのため、転動開始位置４７Ａおよび転動終了位置４７Ｂが軸方向Ｘおよび周方向Ｙに如何なる相対関係を有していても、転動開始位置４７Ａと転動終了位置４７Ｂとを循環路６１でつなぐことが可能である。そのため、コマ４０の相対的な配置位置に、軸方向Ｘに沿って延びる貫通孔をボールナット１０の周壁１０Ｃを形成する場合のような周方向Ｙの制約がない。これにより、コマ４０の配置位置のレイアウトの自由度を高めることができる。そして、コマ４０の配置位置に周方向Ｙの制約がなくなる結果、ボールねじ装置１１の理論上の有効巻数をそのまま採用でき、ゆえに、ボールねじ装置１１を軸方向Ｘに小型化することが可能になる。

【００４６】

また、収容穴４５に装着されているコマ４０が係合穴４８の周囲の周壁に係合することにより、円筒１２のボールナット１０に対する相対回転および相対軸方向Ｘ移動が阻止される。すなわち、ボールナット１０および円筒１２が互いに、軸方向Ｘおよび周方向Ｙの双方に関して位置決めされる。これにより、他の部材を用いることなく、相対回転阻止構造を設けることができ、これにより、円筒１２のボールナット１０に対する相対回転および相対軸方向Ｘ移動を阻止しつつ、部品点数が増加するのを防止できる。

【００４７】

以上、この発明の第１実施形態について説明したが、前述の態様に限られない。たとえば、コマ４０の有する接続路５４の態様を変更することもできる。

図１０は、第１実施形態の第１変形例に係る外周旋回溝４９とねじ溝４３との接続を説明するための図である。

図１０に示すように、接続路１５４は、周方向Ｙに関し、ねじ溝４３に沿って直線状に延びている。接続路１５４は、接続路１５４に沿いかつ周方向Ｙに直交する方向の断面形状が、接続路５４（図８等参照）の場合と同様である。

【００４８】

この場合、螺旋状の外周旋回溝４９と接続路１５４とをつなぐ接続溝１０１が、ボールナット１０の外周面１０Ｂに形成される。接続溝１０１は、接続路１５４に沿って略直線状に延び、外周旋回溝４９の他端４９Ｂにつながっている。

また、前述の第１実施形態では、コマ４０が周方向Ｙに関し揃って配置されとしたが、図１１に示すように、コマ４０を周方向Ｙにずらして配置することが可能である。

【００４９】

図１１は、第１実施形態の第２変形例に係る収容穴４５およびコマ４０の配置を説明するための図である。この場合、一対の収容穴４５は周方向Ｙにずれている。この場合、理論上必要な有効巻数がたとえば２．３であり、その理論上の有効巻数（２．３）をボールねじ装置１１にそのまま採用している。これにより、コマ４０の配置位置のレイアウトの自由度を高めることができ、ゆえに、ボールねじ装置１１を、より一層、軸方向Ｘに小型化することができる。

【００５０】

また、図１２は、第１実施形態の第３変形例に係るコマ４０の構成を示す要部断面図である。第３変形例においては、図１２に示すように、接続路５４、１５４に代えて用いられる接続路２５４が溝状をなしていてもよい。接続路２５４は、コマ４０の長手方向に沿

10

20

30

40

50

う、コマ４０の側壁を突き破るように形成されている。

< 第２実施形態 >

図１３は、本発明の第２実施形態に係るボールねじ装置３１１の分解斜視図である。図１４は、ボールねじ装置３１１の模式的な縦断面図である。図１３では、ボールねじ装置３１１からねじ軸２２を省略した構成を示している。ボールねじ装置３１１は、たとえば、図１を用いて説明した電動アクチュエータ１と同等の電動アクチュエータに適用される。

【００５１】

第２実施形態において、第１実施形態に示された各部に対応する部分には、図１～図９の場合と同一の参照符号を付して示し、説明を省略する。

10

図１３および図１４に示すように、ボールねじ装置３１１は、ねじ軸２２と、ねじ軸２２に対して外嵌されたボールナット１０と、ねじ軸２２とボールナット１０との間に介在された複数のボール２４と、ボールナット１０の外周を包囲する円筒３１２と、一对のコマ３４０とを含む。ボールねじ装置３１１は、円筒として円筒３１２を採用しかつコマとしてコマ３４０を採用する点において、本発明の第１実施形態に係るボールねじ装置１１と相違している。ボールねじ装置３１１は、理論上必要な有効巻数が２．７であり、その理論上の有効巻数をそのまま採用している。

【００５２】

ボールナット１０は、第１実施形態に係るボールナット１０とほぼ同等の構成である。すなわち、ボールナット１０は鋼などの金属を用いて形成され、軸方向Ｘに延びる筒状体であり、その内周面１０Ａおよび外周面１０Ｂは、軸方向Ｘに延びる中心軸を有する円筒面となっている。ボールナット１０の内周面１０Ａには、転動開始位置４７Ａおよび転動終了位置４７Ｂに、ボールナット１０の周壁１０Ｃを厚み方向に貫通する２つの収容穴４５が形成されている。

20

【００５３】

図１５は、円筒３１２の模式的な断面図である。図１６は、円筒３１２の模式的な側面図である。

図１３～図１６に示すように、円筒３１２は鋼などの金属を用いて形成されている。円筒３１２の内周面３１２Ａおよび外周面３１２Ｂは、それぞれ、ボールナット１０の内外周面１０Ａ、１０Ｂと同軸を有する円筒面をなしている。換言すると、外周面３１２Ｂは円筒面のみから形成されている。円筒３１２は、ボールナット１０の外周面１０Ｂ全域をすっぽり包囲した状態で、ボールナット１０に同伴回転可能に取り付けられている。円筒３１２の内径はボールナット１０の外径よりも若干大きく設定されており、そのため、ボールナット１０に対する円筒３１２の取付状態では、円筒３１２の内周面３１２Ａが、ボールナット１０の外周面１０Ｂとの間に微小間隔Ｓを隔てて設けられている。円筒３１２は、係合凹所として一对の係合穴４８に代えて軸方向溝３４８を設ける点で、本発明の第１実施形態に係る円筒１２と異なっている。

30

【００５４】

円筒３１２の内周面３１２Ａには、係合凹所としての軸方向溝３４８が形成されている。軸方向溝３４８は、コマ３４０の外部分３５１を嵌合可能に設けられている。軸方向溝３４８は軸方向Ｘに沿って直線状に、円筒３１２の軸方向Ｘの一端（図１４に示す左端）から、円筒３１２の軸方向Ｘの他端（図１４に示す右端）に亘って延びている。軸方向溝３４８は、図１３～図１６に示すように、一定の周方向Ｙの幅および一定深さに設定されている。円筒３１２がボールナット１０に同伴回転可能に設けられる状態において、径方向外方から見た形状が、２つの収容穴４５の外領域４５Ａに重複している。軸方向溝３４８の溝幅は、次に述べる各コマ３４０が嵌った状態においてボールナット１０と円筒３４８とが相対回転しないように、各コマ３４０の周方向Ｙに沿う方向の長さと同じ長さに設定されている。

40

【００５５】

コマ３４０は小片状をなし、収容穴４５と同数（この実施形態では２つ）設けられてお

50

り、各収容穴４５に１つずつ装着される。各コマ３４０は、収容穴４５に収容されており、その状態でボールナット１０の外周面１０Ｂから外方に突出する外部分３５１が、軸方向溝３４８に嵌合している。コマ３４０の材質としては、第１実施形態に係るコマ４０と同様、樹脂や金属などを採用することができる。

【００５６】

図１３に示すように、コマ３４０は、外部分３５１と内部分５２とを一体的に含んでいる。コマ３４０には、その内部をトンネル状に延びる接続路５４が形成されている。コマ３４０は、本発明の第１実施形態に係るコマ４０の外部分５１よりも径方向の厚みが小さくされた厚肉の外部分３５１を設ける点で、本発明の第１実施形態に係るコマ４０と異なっている。

10

【００５７】

外部分３５１はブロック状をなしている。外部分３５１は、円筒３１２をボールナット１０に取り付けた状態において、径方向外方から見て収容穴４５の外領域４５Ａに整合する形状を有しており、たとえば、四隅の端縁が面取りされた直方体状である。なお、外部分３５１において外側の表面を外面３５１Ａと呼ぶことにすると、この外面３５１Ａが、軸方向溝３４８の底面に沿う形状とされている。すなわち、軸方向溝３４８の底面が断面円弧状をなしている場合（周方向Ｙに曲率を有する）には、軸方向溝３４８の底面に沿って外面３５１Ａが湾曲しており、軸方向溝３４８の底面が平面をなしている場合（周方向Ｙに曲率を有さない）には、外面３５１Ａも平面である。

【００５８】

20

次に、ボールねじ装置３１１の組付けについて説明する。作業者は、まず、各コマ３４０を、ボールナット１０の収容穴４５に、その径方向外側から挿入（装着）する。コマ３４０の装着状態では、コマ３４０の内部分５２が、収容穴４５の内領域４５Ｂに収容される。また、コマ３４０の装着状態において、コマ３４０の外部分３５１の一部は収容穴４５の外領域４５Ａに収容されるが、コマ３４０の外部分３５１の大部分は、ボールナット１０の外周面１０Ｂから外方に突出する。

【００５９】

このとき、外部分３５１の内面３５１Ｂ（外部分３５１における外面３５１Ａとは反対側の面）の周縁部が、収容穴４５における段差部分４６に対してボールナット１０の径方向外側から当接しており、これによって、コマ３４０が収容穴４５内で位置決めされる。また、長方体形状の外部分３５１における四隅が外面３５１Ａ側からかしめられることによって、各コマ３４０は、ボールナット１０の外周面１０Ｂに固定される。なお、外部分３５１に対するかしめは、四隅の全てでなく、四隅のうちの少なくとも２箇所以上であれば足りる。

30

【００６０】

また、コマ３４０をかしめるのではなく、ボールナット１０側をかしめることにより、コマ３４０を収容穴４５内に位置決めすることもできる。

さらに、コマ３４０は、ボールナット１０の外周面１０Ｂに固定されていなくてもよい。コマ３４０は、円筒３１２の軸方向溝３４８の底面によって、収容穴４５からの離脱が防止されており、コマ３４０を外周面１０Ｂに固定しておかなくても、コマ３４０の収容穴４５への収容状態が保持される。

40

【００６１】

次いで、軸方向溝３４８とコマ３４０の外部分３５１とが周方向Ｙに関して合致するように、円筒３１２とボールナット１０とを位置合わせする。その後、コマ３４０の外部分３５１を軸方向溝３４８に嵌合させつつ、ボールナット１０を円筒３１２に対して軸方向Ｘ移動させることにより、コマ３４０が装着された状態のボールナット１０を、円筒３１２の軸方向Ｘの一方側または他方側から、軸方向Ｘに沿って円筒３１２内に内挿させることができる。軸方向溝３４８に対するコマ３４０の嵌合状態で、コマ３４０は周方向Ｙに関し軸方向溝３４８に丁度嵌っている。ボールナット１０を円筒３１２に内挿した状態では、各収容穴４５に装着されているコマ３４０の軸方向溝３４８への嵌合により、円筒３

50

12のボールナット10に対する相対回転が阻止される。換言すると、第2実施形態では、特許請求の範囲の「相対回転阻止構造」は、軸方向溝348とコマ340とを有し、収容穴45に収容されているコマ340の一部が軸方向溝348に嵌合(係合)する構造である。

【0062】

転動開始位置47A側(図13の左手前側)の収容穴45に装着されるコマ340と、転動終了位置47B側(図13の右奥側)の収容穴45に装着されるコマ340とは、周方向Yに関し互いに逆向きになるように装着される。転動開始位置47A側(図13の左手前側)の収容穴45には、コマ340の外側開口55が外周旋回溝49の一端49Aに対向するようにコマ340が装着され、転動終了位置47B側(図13の右奥側)の収容穴45には、コマ340の外側開口55が外周旋回溝49の他端49Bに対向するようにコマ340が装着される。

10

【0063】

2つのコマ340の接続路54と、外周旋回溝49と円筒12の内周面12Aとによって形成される旋回転動路60とが、軸方向Xにおけるボール転動路47のバイパスとなっている。換言すると、旋回転動路60および2つの接続路54によって、ボール転動路47内の転動終了位置47Bのボール24をボール転動路47内の転動開始位置47Aに戻すための循環路61が形成される。

【0064】

図17および図18は、ボールねじ装置311の模式的な横断面図である。図17は、転動終了位置47B側(図13の右奥側)の収容穴45に装着されるコマ340の接続路54の延びる方向に沿う断面で切断している。図18は、転動開始位置47A側(図13の左手前側)の収容穴45に装着されるコマ340の接続路54の延びる方向に沿う断面で切断している。

20

【0065】

図13および図17に示すように、転動終了位置47B側(図13の右奥側)の収容穴45に装着されるコマ340は、ボールナット10の内周側のボール転動路47から、外周側の旋回転動路60へとボール24を導くために用いられる。このとき、接続路54の内側開口56が入口54Aとして機能し、かつ接続路54の外側開口55が出口54Bとして機能する。

30

【0066】

図13および図18に示すように、転動開始位置47A側(図13の左手前側)の収容穴45に装着されるコマ340は、ボールナット10の外周側の旋回転動路60から、内周側のボール転動路47へとボール24を導くために用いられる。このとき、接続路54の外側開口55が入口54Aとして機能し、かつ接続路54の内側開口56が出口54Bとして機能する。なお、転動開始位置47A側(図13の左手前側)の収容穴45に装着されるコマ340は、転動終了位置47B側(図13の右奥側)の収容穴45に装着されるコマ340と同じ諸元を有している。

【0067】

各コマ340において、第1実施形態に係るコマ40と同様、互いに向きの異なるねじ溝43と外周旋回溝49とを接続路54によって連通させるために、接続路54は、周方向Yに沿う方向に関して「く」の字状に屈曲している。

40

図13、図17および図18を参照して、第2実施形態に係るボールねじ装置311のボール24の動きについて説明する。ボールねじ装置311では、第1実施形態(図3および図6参照)と同様、ボール転動路47内のボール24は、ボールナット10の回転に伴ってボール転動路47内で転動しながらボール転動路47に沿って、転動開始位置47Aから転動終了位置47Bまで移動する。ボール24は、転動終了位置47Bに到達すると、転動終了位置47B側(図13の右奥側)の収容穴45に装着されるコマ340における接続路54の内側開口56から接続路54内に進入し、この接続路54を通過して、ボールナット10の外周面10Bの外周旋回溝49に掬い上げられる。

50

【0068】

その後、ボール24は、外周旋回溝49を含む旋回転動路60を移動してボールナット10の外周を旋回することで、軸方向Xにおいて今までとは逆向き（図13の左手前側）へ進む。そして、旋回転動路60を通ったボール24は、転動開始位置47A側（図13の左手前側）の収容穴45に装着されるコマ340の接続路54の外側開口55（入口54A）から接続路54内に進入し、この接続路54を通して、ボール転動路47内の転動開始位置47Aに戻される。つまり、ボール転動路47内を移動するボール24が、旋回転動路60および接続路54を含む循環路61によって循環され、これにより、ボール転動路47内におけるボール24の安定供給が可能になる。

【0069】

以上により第2実施形態によれば、第1実施形態と同様の作用効果を奏する。すなわち、ボール転動路47内における転動終了位置47Bのボール24が、旋回転動路60を含む循環路61によって、ボール転動路47内における転動開始位置47Aに戻されることにより、ボール24を、ボール転動路47内でスムーズに循環させることができる。また、転動開始位置47Aおよび転動終了位置47Bが軸方向Xおよび周方向Yに如何なる相対関係を有していても、転動開始位置47Aと転動終了位置47Bとを循環路61でつなぐことが可能であるので、コマ340の相対的な配置位置に、軸方向Xに沿って延びる貫通孔をボールナット10の周壁10Cに形成する場合のような周方向Yの制約がない。その結果、ボールねじ装置311の理論上の有効巻数をそのまま採用でき、ゆえに、ボールねじ装置311を軸方向Xに小型化することが可能になる。

【0070】

また、第2実施形態によれば、収容穴45に装着されているコマ340が軸方向溝348に嵌合することにより、円筒312のボールナット10に対する相対回転が阻止される。これにより、他の部材を用いることなく、相対回転阻止構造を設けることができ、これにより、円筒312のボールナット10に対する相対回転を阻止しつつ、部品点数が増加するのを防止できる。

【0071】

なお、円筒312の内周面312Aに形成される軸方向溝348として、円筒312の軸方向Xの一端（図16の左端）から他端（図16の右端）まで延びる態様（軸方向貫通溝）を例に挙げたが、円筒312の軸方向Xの一端または他端から、軸方向Xの途中部（円筒312における一端と他端との中間位置）までしか延びていない溝を軸方向溝として採用することもできる。この場合、この軸方向溝は、ボールナット10の収容穴45に装着されている2つのコマ340の双方に係合可能な長さを有している必要がある。

【0072】

ところで、前述の図13～図18に示す第2実施形態では、コマ340が周方向Yに傾し揃って配置されるとしたが、コマ340を周方向Yにずらして配置することが可能である。この場合、一対の収容穴45も、周方向Yにずれている。このような第1変形例について図19および図20Aを参照して説明する。

図19および図20Aは、本発明の第2実施形態の第1変形例に係る円筒312Cの構成を示す図である。図19に模式的な横断面図を示し、図20Aに模式的な側面図を示す。

【0073】

円筒312Cが円筒312と相違する点は、係合凹所として、互いに周方向Yにずれた2つの軸方向溝348A、348Bを設けた点である。その他の構成において、円筒312Cと円筒312との間に相違はない。

軸方向溝348Aは、転動開始位置47A側の収容穴45に装着されるコマ340の外部分351を嵌合可能に設けられている。軸方向溝348Aは、それぞれ、軸方向Xに沿って直線状に、円筒312Cの軸方向Xの一端（図20Aの左端）から、円筒312Cの軸方向Xの他端（図20Aの右端）に亘って延びている。軸方向溝348Aは、一定の周方向Yの幅および一定深さに設定されている。円筒312Cがボールナット10に同伴回

10

20

30

40

50

転可能に設けられる状態において、軸方向溝 3 4 8 A の径方向外方から見た形状が、転動開始位置 4 7 A 側の收容穴 4 5 の外領域 4 5 A に重複している。軸方向溝 3 4 8 A の溝幅は、転動開始位置 4 7 A 側の收容穴 4 5 に装着されるコマ 3 4 0 の周方向 Y に沿う方向の長さと同じ長さに設定されている。

【 0 0 7 4 】

転動開始位置 4 7 A 側の收容穴 4 5 に装着されるコマ 3 4 0 は、その收容状態においてボールナット 1 0 の外周面 1 0 B から外方に突出する外部分 3 5 1 が、軸方向溝 3 4 8 A に嵌合している。

軸方向溝 3 4 8 B は、転動終了位置 4 7 B 側の收容穴 4 5 に装着されるコマ 3 4 0 の外部分 3 5 1 を嵌合可能に設けられている。軸方向溝 3 4 8 B は、それぞれ、軸方向 X に沿って直線状に、円筒 3 1 2 C の軸方向 X の一端（図 2 0 A の左端）から、円筒 3 1 2 C の軸方向 X の他端（図 2 0 A の右端）に亘って延びている。軸方向溝 3 4 8 B は、一定の周方向 Y の幅および一定深さに設定されている。円筒 3 1 2 C がボールナット 1 0 に同伴回転可能に設けられる状態において、径方向外方から見た形状が、転動終了位置 4 7 B 側の收容穴 4 5 の外領域 4 5 A に重複している。軸方向溝 3 4 8 B の溝幅は、転動終了位置 4 7 B 側の收容穴 4 5 に装着されるコマ 3 4 0 の周方向 Y に沿う方向の長さと同じ長さに設定されている。

【 0 0 7 5 】

転動終了位置 4 7 B 側の收容穴 4 5 に装着されるコマ 3 4 0 は、その收容状態においてボールナット 1 0 の外周面 1 0 B から外方に突出する外部分 3 5 1 が、軸方向溝 3 4 8 B に嵌合している。

各收容穴 4 5 に装着されているコマ 3 4 0 の軸方向溝 3 4 8 A , 3 4 8 B への嵌合により、円筒 3 1 2 C のボールナット 1 0 に対する相対回転が阻止される。換言すると、図 1 9 および図 2 0 A に示す第 2 実施形態の第 1 変形例では、特許請求の範囲の「相対回転阻止構造」は、軸方向溝 3 4 8 A , 3 4 8 B とコマ 3 4 0 とを有し、收容穴 4 5 に收容されているコマ 3 4 0 の一部が軸方向溝 3 4 8 A , 3 4 8 B に嵌合（係合）する構造である。

【 0 0 7 6 】

この場合、理論上の有効巻数をボールねじ装置 3 1 1 にそのまま採用できる。これにより、コマ 3 4 0 の配置位置のレイアウトの自由度を高めることができ、ゆえに、ボールねじ装置 3 1 1 を、より一層、軸方向 X に小型化することができる。

なお、円筒 3 1 2 C の内周面 3 1 2 A に形成される軸方向溝 3 4 8 A , 3 4 8 B として、円筒 3 1 2 の軸方向 X の一端または他端から、軸方向 X の途中部（円筒 3 1 2 における一端と他端との中間位置）までしか延びていない溝を軸方向溝として採用することもできる。この場合、軸方向溝 3 4 8 A および軸方向溝 3 4 8 B が、軸方向 X の共通する側の端部（一端または他端）において、その端部に亘って延びている必要がある。また、軸方向溝 3 4 8 A は、転動開始位置 4 7 A 側（図 1 3 の左手前側）の收容穴 4 5 に装着されるコマ 3 4 0 に係合可能な長さを有している必要があり、軸方向溝 3 4 8 B は、転動終了位置 4 7 B 側（図 1 3 の右奥側）の收容穴 4 5 に装着されているコマ 3 4 0 に係合可能な長さを有している必要がある。

【 0 0 7 7 】

また、一対のコマ 3 4 0 の配置位置が周方向 Y に関し隔てられているものの、図 2 0 B に示すように、当該一対の配置位置の周方向 Y の間隔 S 0 が微小間隔である場合には、円筒 3 1 2 C の内周面 3 1 2 A に 1 つの軸方向溝 3 4 8 C を設け、軸方向溝 3 4 8 C 内に一対のコマ 3 4 0 を收容させるようにしてもよい。これが、第 2 実施形態の第 2 変形例である。1 つの軸方向溝 3 4 8 C の溝幅は、周方向 Y に関しずれた 2 つのコマ 3 4 0 を收容可能な大きさに設定されている。この場合、軸方向溝 3 4 8 C は、第 1 変形例の軸方向溝 3 4 8 A , 3 4 8 B を周方向 Y につなげた（一体化させた）ものと換言することができる。

【 0 0 7 8 】

なお、一対のコマ 3 4 0 の配置位置が周方向 Y に関し一部重複する場合にも、円筒 3 1 2 C の内周面 3 1 2 A に 1 つの軸方向溝（軸方向溝 3 4 8 C と同等の構成）を設け、当該

軸方向溝によって、周方向 Y に関しずれた 2 つのコマ 3 4 0 を収容させるようにしてもよい。

また、第 2 実施形態において、コマ 3 4 0 内に設けられる接続路として、周方向 Y に関しねじ溝 4 3 に沿って直線状に延びる接続路 5 4 に代えて、接続路 1 5 4 (図 10 参照)を採用することもできる。この場合、本発明の第 1 実施形態の第 1 変形例に係る場合と同様、螺旋状の外周旋回溝 4 9 と接続路 1 5 4 とをつなぐ接続溝 1 0 1 が、ボールナット 1 0 の外周面 1 0 B に形成され、接続溝 1 0 1 は、接続路 1 5 4 に沿って略直線状に延び、かつ外周旋回溝 4 9 の他端 4 9 B につながっている。

【0079】

また、第 2 実施形態において、コマ 3 4 0 内に設けられる接続路として、接続路 5 4 , 1 5 4 に代えて、溝状をなす用いられる接続路 2 5 4 (図 12 参照)が形成されていてもよい。この場合、本発明の第 1 実施形態の第 3 変形例に係る場合と同様、接続路 2 5 4 は、コマ 3 4 0 の長手方向に沿い、コマ 3 4 0 の側壁を突き破るように形成されている。

< 第 3 実施形態 >

図 2 1 は、本発明の第 3 実施形態に係るボールねじ装置 4 1 1 の分解斜視図である。図 2 2 および図 2 3 は、ボールねじ装置 4 1 1 の模式的な縦断面図である。図 2 1 では、ボールねじ装置 4 1 1 からねじ軸 2 2 を省略した構成を示している。ボールねじ装置 4 1 1 は、たとえば、図 1 を用いて説明した電動アクチュエータ 1 と同等の電動アクチュエータに適用される。

【0080】

第 3 実施形態において、第 1 実施形態に示された各部に対応する部分には、図 1 ~ 図 9 の場合と同一の参照符号を付して示し、説明を省略する。

図 2 1 ~ 2 3 に示すように、ボールねじ装置 4 1 1 は、ねじ軸 2 2 と、ねじ軸 2 2 に対して外嵌されたボールナット 4 1 0 と、ねじ軸 2 2 とボールナット 4 1 0 との間に介在された複数のボール 2 4 と、ボールナット 4 1 0 の外周を包囲する円筒 4 1 2 と、一对のコマ 4 4 0 と、円筒 4 1 2 をボールナット 4 1 0 に連結させるためのキー嵌合構造 K 1 とを含む。キー嵌合構造 K 1 は、ボールナット 4 1 0 の外周面 4 1 0 B に形成されたボールナット側キー溝 (ボールナット側キー凹所) 4 0 1、円筒 4 1 2 に形成された円筒側キー穴 4 0 2、ならびにボールナット側キー溝 4 0 1 および円筒側キー穴 4 0 2 に跨って嵌るキー 4 0 3 を有している。

【0081】

また、この実施形態では、円筒 4 1 2 の内周面 4 1 2 A が、周方向 Y の全域に関し、ボールナット 4 1 0 の外周面 4 1 0 B との間に所定の間隔 S 1 (図 2 2 および図 2 3 参照)を隔てて設けられており、かつ外周旋回溝 4 4 9 が浅溝によって形成されている。この点においても、ボールねじ装置 4 1 1 はボールねじ装置 1 と相違している。なお、ボールねじ装置 4 1 1 は、理論上必要な有効巻数が 2 . 7 であり、その理論上の有効巻数をそのまま採用している。

【0082】

ボールナット 4 1 0 は鋼などの金属を用いて形成され、軸方向 X に延びる筒状体であり、その内周面 4 1 0 A および外周面 4 1 0 B は、軸方向 X に延びる中心軸を有する円筒面となっている。

ボールナット 4 1 0 の外周面 4 1 0 B には、外周旋回溝 4 4 9 が形成されている。外周旋回溝 4 4 9 は、外周面 4 1 0 B の中心軸線を中心として旋回し、軸方向 X の他方 (図 2 2 の左方)へずれる螺旋状の溝である。外周旋回溝 4 4 9 の一端 4 4 9 A (図 2 1 参照)は、転動開始位置 4 7 A 側 (図 2 1 の左手前側)の收容穴 4 5 を区画している周壁 1 0 C に接続されており、外周旋回溝 4 4 9 の他端 4 4 9 B は、転動終了位置 4 7 B 側 (図 2 1 の右奥側)の收容穴 4 5 を区画している周壁 1 0 C に接続されている。外周旋回溝 4 4 9 の断面は略 U 字状 (略半円状) またはコ字状をなしている (図 2 2 および図 2 3 では略半円状)。外周旋回溝 4 4 9 は、ボール 2 4 (図 2 2 および図 2 3 では黒丸で示す)の内側半分を收容できる溝深さ D 1 (図 2 2 および図 2 3 参照)を有し、エンドミル等を用いて

切削形成される。この溝深さD1において、外周旋回溝449は本発明の第1実施形態に係る外周旋回溝49と相違しており、それ以外の構成は外周旋回溝49と共通している。外周旋回溝449がこのような浅溝であるので、外周旋回溝449に嵌ったボール24の外側半分は、ボールナット410の外周面410Bよりも外側にはみ出す。

【0083】

ボールナット410の外周面410Bには、外周旋回溝449の形成位置を除く、軸方向Xおよび周方向Yの途中部に、ボールナット側キー溝401が形成されている。ボールナット側キー溝401は、径方向外方から見た形状が矩形をなしている。

ボールナット側キー溝401および外周旋回溝449を除いて、ボールナット410は、第1実施形態に係るボールナット10とほぼ同等の構成である。すなわち、ボールナット10の内周面10Aには、ねじ溝43が形成されており、また、ボールナット10の内周面10Aの転動開始位置47Aおよび転動終了位置47Bには、ボールナット10の周壁10Cを厚み方向に貫通する2つの収容穴45が形成されている。

【0084】

図21～図23に示すように、円筒412は鋼などの金属を用いて形成されている。円筒412の内周面412Aおよび外周面412Bは、それぞれ、ボールナット410の内外周面410A、410Bと同軸を有する円筒面をなしている。換言すると、内周面412Aおよび外周面412Bは、次に述べる円筒側キー穴402が形成される位置を除いて、それぞれ円筒面のみから形成されている。円筒412は、ボールナット410の外周面410B全域をすっぽり包囲した状態で、ボールナット410に同伴回転可能かつ軸方向Xに同伴移動可能に取り付けられている。

【0085】

円筒412の内径はボールナット410の外径よりも所定量だけ大きく設定されており、そのため、ボールナット410に対する円筒412の取付状態では、円筒412の内周面412Aが、ボールナット410の外周面410Bとの間に間隔S1（図22および図23参照）を隔てて設けられている。たとえば、間隔S1は、ボール24の直径の半分程度に相当する大きさである。そのため、ボールナット410に円筒412が取り付けられた状態において、円筒412の内周面412Aとボールねじ410の外周面410Bとの間に、円環状の空間SP（図23参照）が形成される。

【0086】

第3実施形態では、外周旋回溝449と、円筒412の内周面412Aと、外周旋回溝449および内周面412Aの間の空間SPとによって、旋回転動路60が形成される。

円筒412の軸方向Xおよび周方向Yの途中部には、円筒412を厚み方向に貫通する円筒側キー穴402が形成されている。円筒側キー穴402は、円筒412をボールナット410に取り付けた状態において、ボールナット側キー溝401に対向するように配置されている。円筒側キー穴402は、径方向外方から見てボールナット側キー溝401に整合する形状を有している。

【0087】

キー403はたとえば四角柱状をなしている。ボールナット410のボールナット側キー溝401は、ボールナット410の外周面に沿う平坦な底面404を有している。キー403の長手方向に直交する断面形状および断面寸法は、円筒側キー穴402およびボールナット側キー溝401の形状および断面寸法にそれぞれ整合しており、キー403は、軸方向Xまたは周方向Yにほとんど遊びのない状態で、円筒側キー穴402およびボールナット側キー溝401に嵌合している。

【0088】

図23では、キー403とボールナット側キー溝401との嵌合状態で、キー403の外端面403Aが円筒412の外周面412Bよりも径方向外方に突出している。そして、キー403が外端側からかしめられることによって、キー403が円筒412の外周面412Bに固定される。なお、キー403がボールナット410側に落ちない形状であれば、キー403のかしめは必ずしも必要ではない。

【 0 0 8 9 】

また、キー 4 0 3 の径方向長さは、ボールナット側キー溝 4 0 1 の溝深さ W 1 と間隔 S 1 とを足し合わせた長さよりも長くなるように設定されていればよい。この場合、ボールナット側キー溝 4 0 1 からキー 4 0 3 が抜けず、キー 4 0 3 とボールナット 4 1 0 との係合が達成され、その結果、ボールナット 4 1 0 に対する円筒 4 1 2 の相対回転および相対軸方向 X 移動が阻止される。

【 0 0 9 0 】

コマ 4 4 0 は小片状をなし、収容穴 4 5 と同数（この実施形態では 2 つ）設けられており、各収容穴 4 5 に 1 つずつ装着される。各コマ 4 4 0 は、収容穴 4 5 に収容されており、その状態でボールナット 4 1 0 の外周面 4 1 0 B から外方に突出する外部分 4 5 1 が、円環状の空間 S P に収容される。コマ 4 4 0 の材質としては、第 1 実施形態に係るコマ 4 0 と同様、樹脂や金属などを採用することができる。

10

【 0 0 9 1 】

図 2 1 に示すように、コマ 4 4 0 は、外部分 4 5 1 と内部分 4 5 2 とを一体的に含んでいる。コマ 4 4 0 には、その内部をトンネル状に延びる接続路 5 4 が形成されている。コマ 4 4 0 は、本発明の第 1 実施形態に係るコマ 4 0 の外部分 5 1 よりも径方向の厚みの小さい外部分 4 5 1 を設ける点、およびコマ 4 0 の内部分 5 2 よりも径方向の厚みの小さい内部分 4 5 2 を設ける点において、本発明の第 1 実施形態に係るコマ 4 0 と異なっている。

【 0 0 9 2 】

外部分 4 5 1 はブロック状をなしている。外部分 4 5 1 は、円筒 4 1 2 をボールナット 4 1 0 に取り付けられた状態において、径方向外方から見て収容穴 4 5 の外領域 4 5 A に整合する形状を有しており、たとえば、四隅の端縁が面取りされた直方体状である。なお、外部分 4 5 1 において外側の表面を外面 4 5 1 A と呼ぶことにすると、この外面 4 5 1 A が、円筒 4 1 2 の内周面 4 1 2 A に面一になるように湾曲している。すなわち、円筒 4 1 2 がボールナット 4 1 0 に取り付けられた状態で、コマ 4 4 0 の外部分 4 5 1 の外面 4 5 1 A が内周面 4 1 2 A に当接している。コマ 4 4 0 が収容穴 4 5 に収容された状態でボールナット 4 1 0 の外周面 4 1 0 B から突出する外部分 4 5 1 の大きさが、ボールナット 4 1 0 の外周面 4 1 0 B と円筒 4 1 2 の内周面 4 1 2 A との間隔 S 1 とほぼ一致するように、外部分 4 5 1 の径方向厚みが設定されている。

20

30

【 0 0 9 3 】

内部分 4 5 2 は、外部分 4 5 1 の長手方向に沿って長手のブロック状である。内部分 4 5 2 は、収容穴 4 5 の内領域 4 5 B（図 2 2 参照）にちょうど嵌る形状を有しており、内部分 4 5 2 では、長手方向における両端部が丸められている。外部分 4 5 1 において、外面 4 5 1 A とは反対側の面を内面 4 5 1 B と呼ぶことにすると、内部分 4 5 2 は、内面 4 5 1 B に固定されている。外部分 4 5 1 の厚み方向から見て、内部分 4 5 2 は、外部分 4 5 1 の輪郭の内側に位置している。

【 0 0 9 4 】

次に、ボールねじ装置 4 1 1 の組付けについて説明する。作業者は、まず、各コマ 4 4 0 を、ボールナット 4 1 0 の収容穴 4 5 に、その径方向外側から装着する。コマ 4 4 0 の装着状態では、コマ 4 4 0 の内部分 4 5 2 が、収容穴 4 5 の内領域 4 5 B に収容される。また、コマ 4 4 0 の装着状態において、コマ 4 4 0 の外部分 4 5 1 の一部は収容穴 4 5 の外領域 4 5 A に収容されるが、コマ 4 4 0 の外部分 4 5 1 の大部分は、ボールナット 4 1 0 の外周面 4 1 0 B から外方に突出する。

40

【 0 0 9 5 】

このとき、外部分 4 5 1 の内面 4 5 1 B（外部分 4 5 1 における外面 4 5 1 A とは反対側の面）の周縁部が、収容穴 4 5 における段差部分 4 6 に対してボールナット 4 1 0 の径方向外側から当接しており、これによって、コマ 4 4 0 が収容穴 4 5 内で位置決めされる。また、長方体形状の外部分 4 5 1 における四隅が外面 4 5 1 A 側からかしめられることによって、各コマ 4 4 0 は、ボールナット 4 1 0 の外周面 4 1 0 B に固定される。なお、

50

外部分４５１に対するかしめは、四隅の全てでなく、四隅のうちの少なくとも２箇所以上であれば足りる。

【００９６】

また、コマ４４０をかしめるのではなく、ボールナット４１０側をかしめることにより、コマ４４０を収容穴４５内に位置決めすることもできる。

さらに、コマ４４０は、ボールナット４１０の外周面４１０Ｂに固定されていなくてもよい。コマ４４０は、円筒４１２の内周面４１２Ａによって、収容穴４５からの離脱が防止されており、コマ４４０を外周面４１０Ｂに固定しておかなくても、コマ４４０の収容穴４５への収容状態が保持される。

【００９７】

次いで、コマ４４０が装着された状態のボールナット４１０を、円筒４１２の軸方向Ｘの一方側または他方側から、軸方向Ｘに沿って円筒４１２内に内挿させる。前述のように、コマ４４０が収容穴４５に収容された状態でボールナット４１０の外周面４１０Ｂから突出する外部分４５１の大きさが、ボールナット４１０の外周面４１０Ｂと円筒４１２の内周面４１２Ａとの間隔Ｓ１とほぼ一致するように、コマ４４０の径方向厚みが設定されているので、ボールナット４１０を円筒４１２に対して軸方向Ｘ移動させることができ、これにより、ボールナット４１０を円筒４１２内に内挿させることができる。

【００９８】

そして、ボールナット４１０および円筒４１２を相対軸方向Ｘ移動および相対回転させて、ボールナット側キー溝４０１と円筒側キー穴４０２とを対向させた後、キー４０３を、円筒側キー穴４０２およびボールナット側キー溝４０１に挿入する。挿入されたキー４０３が、円筒側キー穴４０２およびボールナット側キー溝４０１に嵌合することにより、円筒４１２のボールナット４１０に対する相対回転が阻止される。換言すると、第３実施形態では、特許請求の範囲の「相対回転阻止構造」は、キー嵌合構造Ｋ１である。

【００９９】

転動開始位置４７Ａ側（図２１の左手前側）の収容穴４５に装着されるコマ４４０と、転動終了位置４７Ｂ側（図２１の右奥側）の収容穴４５に装着されるコマ４４０とは、周方向Ｙに関し互いに逆向きになるように装着される。転動開始位置４７Ａ側（図２１の左手前側）の収容穴４５には、コマ４４０の外側開口５５が外周旋回溝４４９の一端４４９Ａに対向するようにコマ４４０が装着され、転動終了位置４７Ｂ側（図２１の右奥側）の収容穴４５には、コマ４４０の外側開口５５が外周旋回溝４４９の他端４４９Ｂに対向するようにコマ４４０が装着される。

【０１００】

２つのコマ４４０の接続路５４と、外周旋回溝４４９と円筒１２の内周面１２Ａとによって形成される旋回転動路６０とが、軸方向Ｘにおけるボール転動路４７のバイパスとなっている。換言すると、旋回転動路６０および２つの接続路５４によって、ボール転動路４７内の転動終了位置４７Ｂのボール２４をボール転動路４７内の転動開始位置４７Ａに戻すための循環路６１が形成される。

【０１０１】

図２４および図２５は、ボールねじ装置４１１の模式的な横断面図である。図２４は、転動終了位置４７Ｂ側（図２１の右奥側）の収容穴４５に装着されるコマ４４０の接続路５４の延びる方向に沿う断面で切断している。図２５は、転動開始位置４７Ａ側（図２１の左手前側）の収容穴４５に装着されるコマ４４０の接続路５４の延びる方向に沿う断面で切断している。

【０１０２】

図２１および図２４に示すように、転動終了位置４７Ｂ側（図２１の右奥側）の収容穴４５に装着されるコマ４４０は、ボールナット４１０の内周側のボール転動路４７から、外周側の旋回転動路６０へとボール２４を導くために用いられる。このとき、接続路５４の内側開口５６が入口５４Ａとして機能し、かつ接続路５４の外側開口５５が出口５４Ｂとして機能する。

【 0 1 0 3 】

図 2 1 および図 2 5 に示すように、転動開始位置 4 7 A 側（図 2 1 の左手前側）の収容穴 4 5 に装着されるコマ 4 4 0 は、ボールナット 4 1 0 の外周側の旋回転動路 6 0 から、内周側のボール転動路 4 7 へとボール 2 4 を導くために用いられる。このとき、接続路 5 4 の外側開口 5 5 が入口 5 4 A として機能し、かつ接続路 5 4 の内側開口 5 6 が出口 5 4 B として機能する。なお、転動開始位置 4 7 A 側（図 2 1 の左手前側）の収容穴 4 5 に装着されるコマ 4 4 0 は、転動終了位置 4 7 B 側（図 2 1 の右奥側）の収容穴 4 5 に装着されるコマ 4 4 0 と同じ諸元を有している。

【 0 1 0 4 】

各コマ 4 4 0 において、第 1 実施形態に係るコマ 4 0 と同様、互いに向きの異なるねじ溝 4 3 と外周旋回溝 4 4 9 とを接続路 5 4 によって連通させるために、接続路 5 4 は、周方向 Y に沿う方向に関して「く」の字状に屈曲している。

図 2 1、図 2 4 および図 2 5 を参照して、第 3 実施形態に係るボールねじ装置 4 1 1 のボール 2 4 の動きについて説明する。ボールねじ装置 4 1 1 では、第 1 実施形態（図 3 および図 6 参照）と同様、ボール転動路 4 7 内のボール 2 4 は、ボールナット 4 1 0 の回転に伴ってボール転動路 4 7 内で転動しながらボール転動路 4 7 に沿って、転動開始位置 4 7 A から転動終了位置 4 7 B まで移動する。ボール 2 4 は、転動終了位置 4 7 B に到達すると、転動終了位置 4 7 B 側（図 2 1 の右奥側）の収容穴 4 5 に装着されるコマ 4 4 0 における接続路 5 4 の内側開口 5 6 から接続路 5 4 内に進入し、この接続路 5 4 を通って、ボールナット 4 1 0 の外周面 1 0 B の外周旋回溝 4 4 9 に掬い上げられる。

【 0 1 0 5 】

その後、ボール 2 4 は、外周旋回溝 4 4 9 を含む旋回転動路 6 0 を移動してボールナット 4 1 0 の外周を旋回することで、軸方向 X において今までとは逆向き（図 2 1 の左手前側）へ進む。そして、旋回転動路 6 0 を通ったボール 2 4 は、転動開始位置 4 7 A 側（図 2 1 の左手前側）の収容穴 4 5 に装着されるコマ 4 4 0 の接続路 5 4 の外側開口 5 5 （入口 5 4 A）から接続路 5 4 内に進入し、この接続路 5 4 を通って、ボール転動路 4 7 内の転動開始位置 4 7 A に戻される。つまり、ボール転動路 4 7 内を移動するボール 2 4 が、旋回転動路 6 0 および接続路 5 4 を含む循環路 6 1 によって循環され、これにより、ボール転動路 4 7 内におけるボール 2 4 の安定供給が可能になる。

【 0 1 0 6 】

以上により第 3 実施形態によれば、ボール転動路 4 7 内における転動終了位置 4 7 B のボール 2 4 が、旋回転動路 6 0 を含む循環路 6 1 によって、ボール転動路 4 7 内における転動開始位置 4 7 A に戻されることにより、ボール 2 4 を、ボール転動路 4 7 内でスムーズに循環させることができる。また、転動開始位置 4 7 A および転動終了位置 4 7 B が軸方向 X および周方向 Y に如何なる相対関係を有していても、転動開始位置 4 7 A と転動終了位置 4 7 B とを循環路 6 1 でつなぐことが可能であるので、コマ 4 4 0 の相対的な配置位置に、軸方向 X に沿って延びる貫通孔をボールナット 4 1 0 の周壁 1 0 C に形成する場合のような周方向 Y の制約がない。その結果、ボールねじ装置 4 1 1 の理論上の有効巻数をそのまま採用でき、ゆえに、ボールねじ装置 4 1 1 を軸方向 X に小型化することが可能になる。

【 0 1 0 7 】

また、第 3 実施形態において、コマ 4 4 0 内に設けられる接続路として、周方向 Y に関しねじ溝 4 3 に沿って直線状に延びる接続路 5 4 に代えて、接続路 1 5 4 （図 1 0 参照）を採用することもできる。この場合、本発明の第 1 実施形態の場合と同様、螺旋状の外周旋回溝 4 4 9 と接続路 1 5 4 とをつなぐ接続溝 1 0 1 が、ボールナット 4 1 0 の外周面 4 1 0 B に形成され、接続溝 1 0 1 は、接続路 1 5 4 に沿って略直線状に延び、かつ外周旋回溝 4 4 9 の他端 4 4 9 B につながっている。

【 0 1 0 8 】

また、前述の第 3 実施形態では、コマ 4 4 0 が周方向 Y に関し揃って配置されるとしたが、コマ 4 4 0 を周方向 Y にずらして配置することができ、この場合、理論上必要な有効

10

20

30

40

50

巻数をボールねじ装置 4 1 1 にそのまま採用することも可能である。これにより、コマ 4 0 の配置位置のレイアウトの自由度を高めることができ、ゆえに、ボールねじ装置 4 1 1 を、より一層、軸方向 X に小型化することができる。

【 0 1 0 9 】

また、第 3 実施形態において、コマ 4 4 0 内に設けられる接続路として、接続路 5 4 , 1 5 4 に代えて、溝状をなす接続路 2 5 4 (図 1 2 参照) が形成されていてもよい。接続路 2 5 4 は、コマ 4 4 0 の長手方向に沿い、コマ 4 4 0 の側壁を突き破るように形成されている。

以上、この発明の 3 つの形態について説明したが、本発明は他の形態を採用することもできる。

10

【 0 1 1 0 】

たとえば第 1 および第 2 実施形態において、ボールナット 1 0 の外周面 1 0 B と円筒 1 2 , 3 1 2 の内周面 1 2 A , 3 1 2 A との間が微小間隔 S である例を例に挙げて説明したが、外周面 1 0 B と内周面 1 2 A , 3 1 2 A との間が所定の間隔 (たとえばボール 2 4 の直径の半分程度の大きさであり、図 2 2 および図 2 3 に示す間隔 S 1) が設けられていてもよい。この場合、ボールナット 1 0 の外周面 1 0 B に形成される外周旋回溝 4 9 の溝深さは、ボール 2 4 の一部分のみ収容可能な浅溝 (たとえば図 2 2 および図 2 3 の外周旋回溝 4 4 9 の溝深さ D 1) に設定される。

【 0 1 1 1 】

また、第 3 実施形態において、ボールナット 4 1 0 の外周面 4 1 0 B と円筒 4 1 2 の内周面 4 1 2 A との間が所定大きさの間隔 S 1 である例を例に挙げて説明したが、外周面 4 1 0 B と内周面 4 1 2 A とが、微小間隔 (たとえば図 2 2 および図 2 3 に示す間隔 S 1) を隔てて設けられていてもよい。この場合、ボールナット 4 1 0 の外周面 4 1 0 B に形成される外周旋回溝 4 4 9 の溝深さは、ボール 2 4 の全部分を収容可能な深溝 (たとえば図 4 および図 1 4 の外周旋回溝 4 9 の溝深さ D) に設定される。

20

【 0 1 1 2 】

また、第 3 実施形態において相対回転阻止構造の一例としてキー嵌合構造 K 1 を例示したが、相対回転阻止構造はキー嵌合構造 K 1 だけに限られない。たとえば、ボールナット 4 1 0 の軸方向 X の端部に、二面幅形状や六角形状からなる係合部を設け、当該係合部に嵌合可能な嵌合部を円筒 4 1 2 の軸方向 X の端部に設け、このような係合部および嵌合部の嵌合により相対回転阻止構造が構成されていてもよい。

30

【 0 1 1 3 】

また、第 1 ~ 第 3 実施形態において、ボールナット 1 0 , 4 1 0 において各収容穴 4 5 を区画する部分に、ボールナット 1 0 , 4 1 0 へのコマ 4 0 , 3 4 0 , 4 4 0 の脱落を防止するために段差部分 4 6 を形成する構成を採用したが、段差部分 4 6 を設けず、各収容穴 4 5 を内領域 4 5 B のみで構成するようにしてもよい。

また、第 1 ~ 第 3 実施形態において、外周旋回溝 4 9 , 4 4 9 を、ボールナット 1 0 , 4 1 0 の外周を一回旋回させる構成を例に挙げて説明したが、1 回より多く旋回させる構成であってもよい。また、外周旋回溝 4 9 , 4 4 9 を、周方向への回転数を 1 周末満 (たとえば 0 . 3 巻や 0 . 5 巻) に設けるようにしてもよい。

40

【 0 1 1 4 】

また、円筒 1 2 , 3 1 2 , 4 1 2 が、転がり軸受 1 3 , 1 6 の内輪として機能していてもよい。すなわち、円筒 1 2 , 3 1 2 , 4 1 2 の外周面 1 2 B , 3 1 2 B , 4 1 2 B に内輪軌道が形成されており、この内輪軌道を軸受け用のボールが転動する構成であってもよい。

その他、特許請求の範囲に記載された事項の範囲で種々の設計変更を施すことが可能である。

【 符号の説明 】

【 0 1 1 5 】

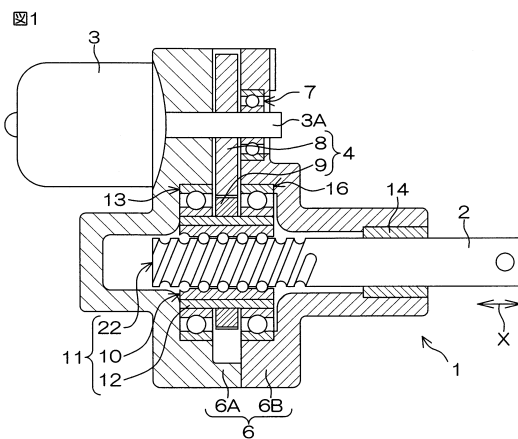
1 0 ... ボールナット、 1 0 A ... 内周面、 1 0 B ... 外周面、 1 0 C ... 周壁、 1 1 ... ボールね

50

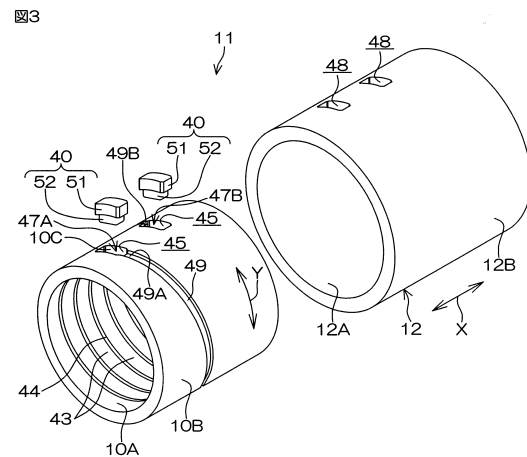
じ装置、１２…円筒、１２Ａ…内周面、２２…ねじ溝、２２Ａ…外周面、２４…ボール、４０…コマ、４１…ねじ溝、４３…ねじ溝、４５…収容穴（収容凹所）、４７…ボール転動路、４７Ａ…転動開始位置（収容凹所形成位置）、４７Ｂ…転動終了位置（収容凹所形成位置）、４８…係合穴（係合凹所、相対回転阻止構造）、４９…外周旋回溝、５４…接続路、６０…旋回転動路、６１…循環路、１５４…接続路、３１１…ボールねじ装置、３１２…円筒、３１２Ａ…内周面、３４０…コマ、３４８…軸方向溝（係合溝、係合凹所、相対回転阻止構造）、３４８Ａ…軸方向溝（係合溝、係合凹所、相対回転阻止構造）、３４８Ｂ…軸方向溝（係合溝、係合凹所、相対回転阻止構造）、４１０…ボールナット、４１０Ａ…内周面、４１０Ｂ…外周面、４１１…ボールねじ装置、４１２…円筒、４１２Ａ…内周面、４４０…コマ、４４９…外周旋回溝、Ｄ…外周旋回溝の深さ、Ｄ１…外周旋回溝の深さ、Ｋ１…キー嵌合構造（相対回転阻止構造）、ＳＰ…空間、Ｘ…軸方向

10

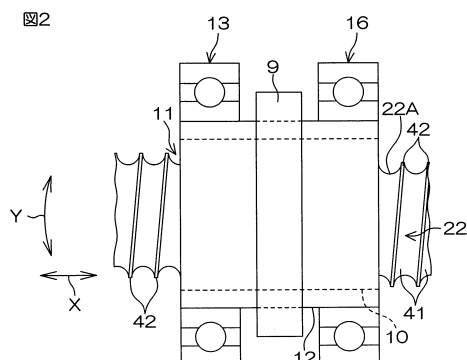
【圖 1】



【 図 3 】



【 図 2 】



【図 4】

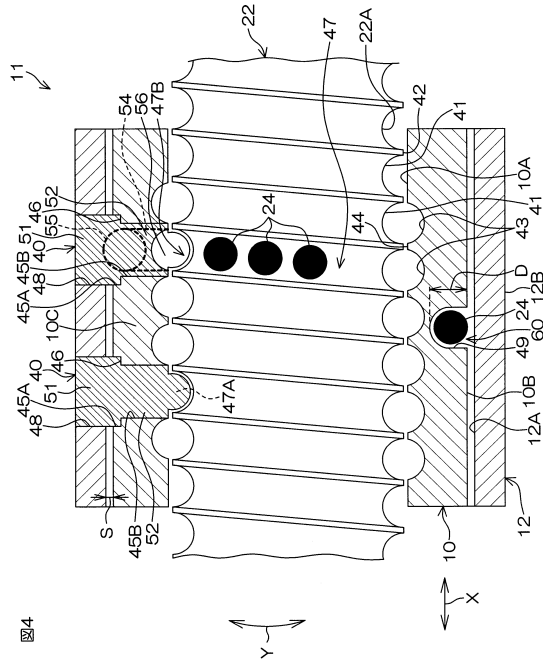
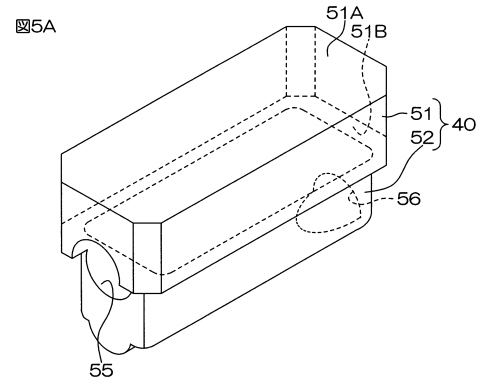
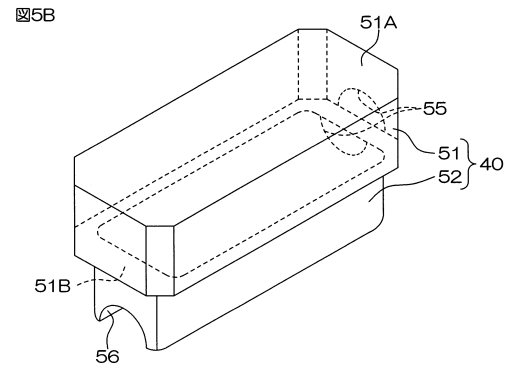


図4

【図 5 A】

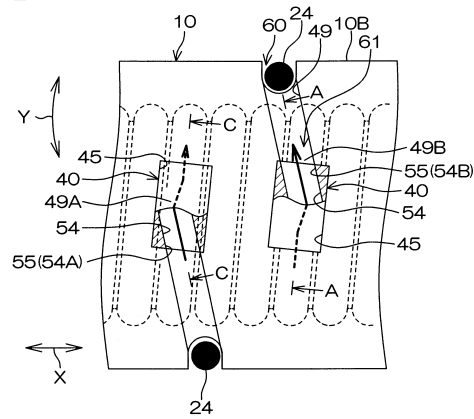


【図 5 B】



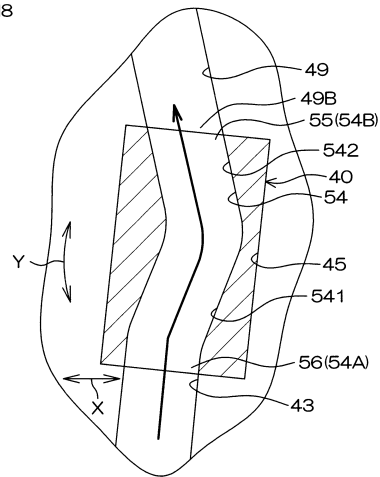
【図 6】

図6



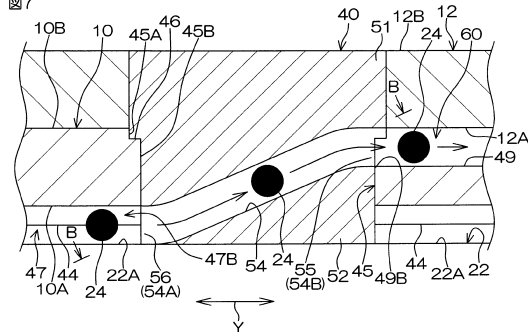
【図 8】

図8



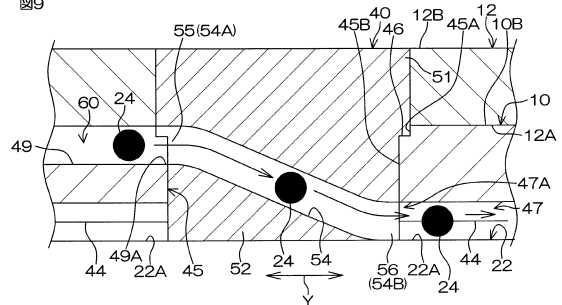
【図 7】

図7



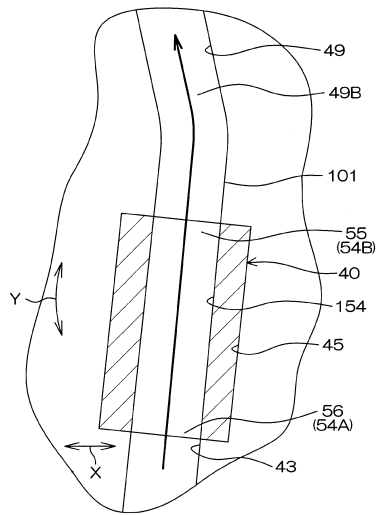
【図 9】

図9



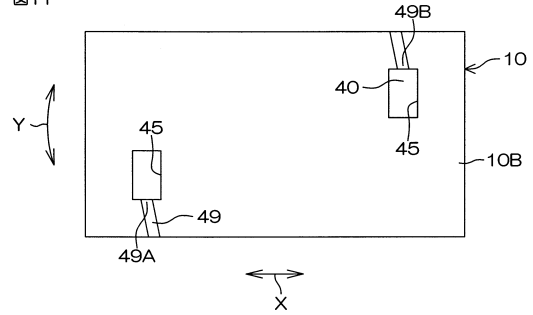
【図10】

図10



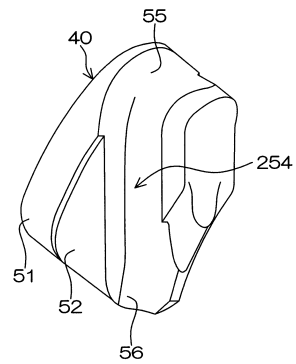
【図11】

図11



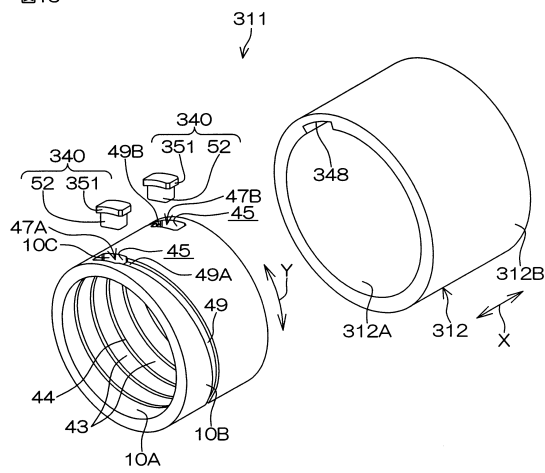
【図12】

図12



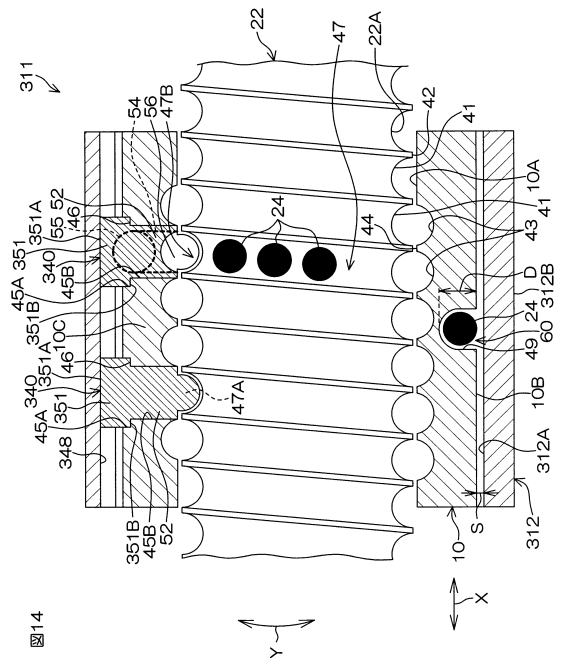
【図13】

図13



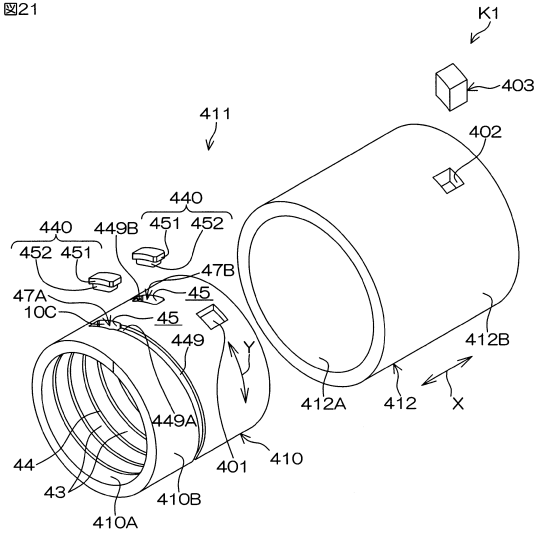
【図14】

図14

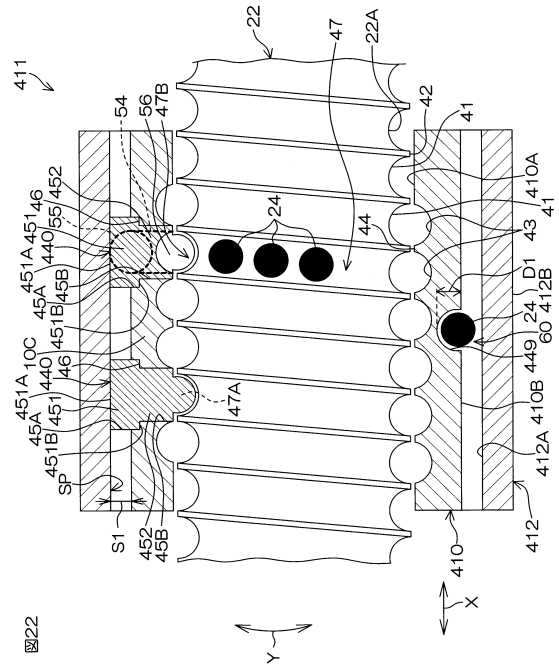


【図 2 1】

図21

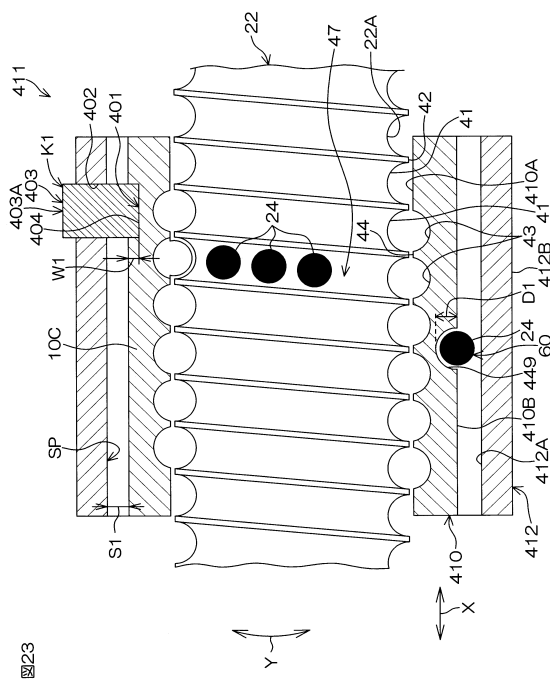


【図 2 2】



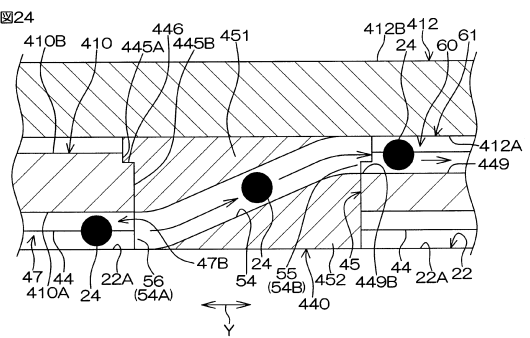
【図 2 3】

図23



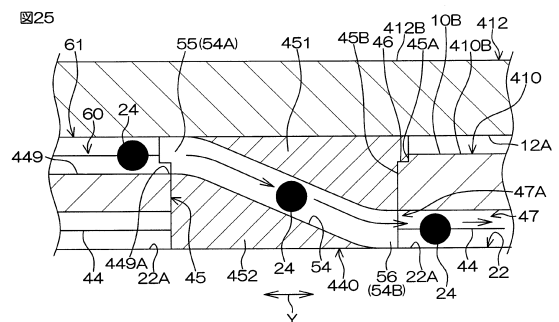
【図 2 4】

図24



【図 2 5】

図25



フロントページの続き

審査官 塚原 一久

- (56)参考文献 米国特許第05142929(US, A)
英国特許出願公開第01050926(GB, A)
米国特許出願公開第2009/0090207(US, A1)
特開2010-071411(JP, A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
F16H 19/00 - 37/16、49/00