



(12) **Veröffentlichung**

der internationalen Anmeldung mit der
(87) Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2021/240912**
in der deutschen Übersetzung (Art. III § 8 Abs. 2
IntPatÜbkG)
(21) Deutsches Aktenzeichen: **11 2021 002 961.4**
(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/JP2021/005932**
(86) PCT-Anmeldetag: **17.02.2021**
(87) PCT-Veröffentlichungstag: **02.12.2021**
(43) Veröffentlichungstag der PCT Anmeldung
in deutscher Übersetzung: **27.04.2023**

(51) Int Cl.: **B62D 15/00 (2006.01)**
A61G 5/04 (2013.01)

(30) Unionspriorität:
2020-091308 26.05.2020 JP

(74) Vertreter:
**VOSSIUS & PARTNER Patentanwälte
Rechtsanwälte mbB, 81675 München, DE**

(71) Anmelder:
**Kyushu Institute of Technology, Kitakyushu-shi,
Fukuoka, JP**

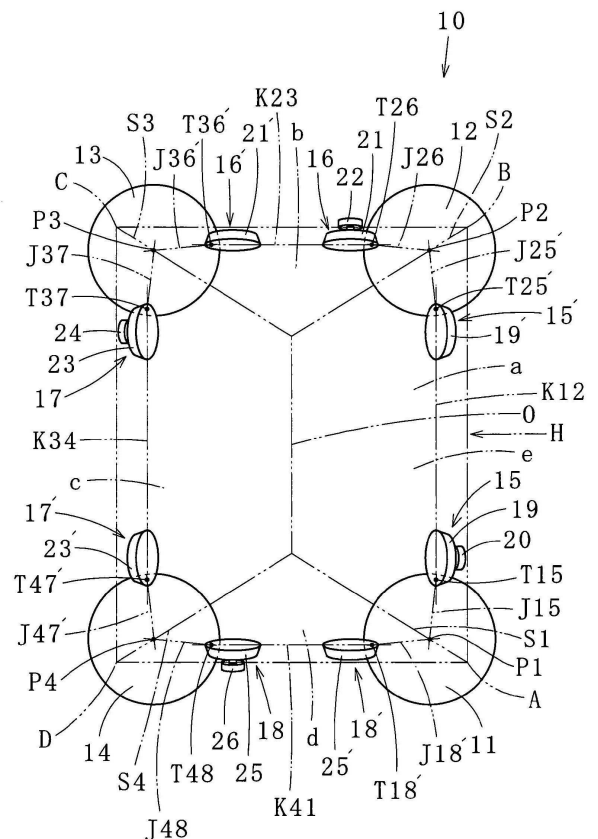
(72) Erfinder:
Miyamoto, Hiroyuki, Kitakyushu-shi, Fukuoka, JP

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **Mobile Vorrichtung mit Kugelantriebssystem**

(57) Zusammenfassung: Durch die vorliegende Erfindung wird eine mobile Vorrichtung 10 mit einem Kugelantriebssystem bereitgestellt, das sich über eine Fahrfläche G bewegt und vier oder mehr Rotoren 15, 15', 16, 16', 17, 17', 18 und 18' aufweist, die durch Antriebsquellen 20, 22, 24 und 26 drehbar angetrieben werden, während sie mit vier Antriebskugeln 11, 12, 13 und 14 aus zwei verschiedenen Richtungen in Kontakt stehen, um zu veranlassen, dass die Antriebskugeln in Drehbewegung versetzt werden, wobei, wenn die Fahrfläche G als eine horizontale Ebene betrachtet wird, die Mittelpunkte P1, P2, P3 und P4 der Antriebskugeln an den Seitenkanten S1, S2, S3 und S4 eines virtuellen, invertierten walmdachförmigen Pentaeders H angeordnet sind, das vier Seitenflächen a, b, c und d, eine Basis e, die an einer Position angeordnet ist, die höher ist als der Mittelpunkt jeder Antriebskugel, und einen First O aufweist, der an einer Position angeordnet ist, die niedriger ist als der Mittelpunkt jeder Antriebskugel, wobei sich die Drehachse jedes Rotors senkrecht zu einer der Seitenflächen erstreckt, und wobei, wenn die eine der Seitenflächen als eine zugeordnete Seitenfläche betrachtet wird, jeder Rotor mit der Antriebskugel an einer Position in Kontakt steht, die höher ist als der Mittelpunkt der kontaktierten Antriebskugel und auch innerhalb oder auf der zugeordneten Seitenfläche des virtuellen, invertierten walmdachförmigen Pentaeders in Kontakt steht.



Beschreibung

Technisches Gebiet

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine mobile Vorrichtung mit einem Kugeltriebssystem, das in der Lage ist, sich durch drehbares Antreiben von Kugeln in alle Richtungen zu bewegen.

Hintergrundtechnik

[0002] Da eine Bewegungsvorrichtung (vergl. Patentdokument 1) mit drei oder mehr Kugeln und drei oder mehr Antriebseinrichtungen (Antriebsmotoren), die eine Drehkraft auf die Kugeln ausüben, sich in alle Richtungen bewegen kann, ist es effektiv, die Bewegungsvorrichtung für einen elektrischen Rollstuhl, einen selbstfahrenden Wagen oder dergleichen zu verwenden. In der Bewegungsvorrichtung von Patentdokument 1 stehen zwei Rotoren, die unter Verwendung des Antriebs der Antriebseinrichtung drehbar angetrieben werden, mit einer Kugel aus verschiedenen Richtungen in Kontakt. In der Bewegungsvorrichtung stehen der Rotor und die Kugel auf der gleichen Höhe wie der Mittelpunkt der Kugel in Kontakt und ist ein Laufrad (radähnliche Laufrolle) zum Drücken der Kugel gegen den Rotor vorgesehen. Wenn der Rotor im Leerlauf läuft, bewegt sich die Bewegungsvorrichtung nicht in die gewünschte Richtung. Daher ist es wichtig, dass der Rotor permanent gegen die Kugel gedrückt wird, um einen stabilen Betrieb der Bewegungsvorrichtung zu gewährleisten.

Zitatliste

Patentliteratur

[0003] Patentdokument 1: ungeprüfte japanische Patentanmeldung Nr. 2010-30360

Kurzbeschreibung der Erfindung

Technisches Problem

[0004] In der Bewegungsvorrichtung von Patentdokument 1 kann der Rotor sich jedoch in seltenen Fällen in einem kontaktlosen Zustand mit der Kugel befinden. Wenn der Benutzer die Bewegungsvorrichtung bedient, z.B. wenn die Bewegungsvorrichtung für einen elektrischen Rollstuhl verwendet wird, ist es für den Benutzer einfach, die Bewegungsrichtung selbst zu korrigieren. Aber in einem System, in dem für die Bewegungsvorrichtung keine Bedienungsperson vorgesehen ist, z.B. wenn die Bewegungsvorrichtung für einen selbstfahrenden Wagen verwendet wird, kann die Bewegungsrichtung der Bewegungsvorrichtung nicht korrigiert werden, so dass sich ein Problem dahingehend ergibt, dass die Bewegungsvorrichtung nicht wie geplant fahren kann.

[0005] Als ein Verfahren zum Unterdrücken eines Leerlaufs des Rotors ist es denkbar, den Rotor mit einer mehrschichtigen Struktur aus Materialien mit unterschiedlichen Elastizitätskräften herzustellen, aber in diesem Fall ergibt sich ein weiteres Problem dahingehend, dass die Haltbarkeit des Rotors herabgesetzt wird und ein erheblicher Verschleiß des Rotors auftritt.

[0006] Die vorliegende Erfindung wurde hinsichtlich derartiger Umstände entwickelt, und es ist eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine mobile Vorrichtung mit einem Kugeltriebssystem bereitzustellen, das in der Lage ist, einen Leerlauf eines Rotors zu unterdrücken, der durch eine Antriebsquelle in einem Zustand drehbar angetrieben wird, in dem er mit einer Kugel in Kontakt steht.

Lösung des Problems

[0007] Um die vorstehende Aufgabe zu lösen, wird gemäß einem ersten Aspekt der vorliegenden Erfindung eine mobile Vorrichtung mit einem Kugeltriebssystem bereitgestellt, das sich über eine Fahrfläche bewegt, mit:

vier Antriebskugeln, die jeweils auf der Fahrfläche rollen, und

vier oder mehr Rotoren, die durch Antriebsquellen in einem Zustand drehbar angetrieben werden, in dem sie mit jeder der Antriebskugeln aus zwei verschiedenen Richtungen in Kontakt stehen, um die Antriebskugeln zu drehen,

wobei die Fahrfläche eine horizontale Ebene ist,

ein Mittelpunkt jeder der Antriebskugeln auf einer jeweiligen Seitenkante eines virtuellen, invertierten walmdachförmigen Pentaeders angeordnet ist, das vier Seitenflächen, eine Basis, die an einer Position angeordnet ist, die höher ist als der Mittelpunkt jeder der Antriebskugeln, und einen First aufweist, der von der Basis entfernt und an einer Position angeordnet ist, die niedriger ist als der Mittelpunkt jeder der Antriebskugeln, und

wobei jeder der Rotoren eine Drehachse aufweist, die sich senkrecht zu einer der Seitenflächen erstreckt, wobei eine der Seitenflächen eine zugeordnete Seitenfläche ist, wobei jeder der Rotoren mit der Antriebskugel an einer Position in Kontakt steht, die höher ist als der Mittelpunkt der kontaktierten Antriebskugel, und auch mit der Antriebskugel innerhalb oder auf der zugeordneten Seitenfläche des virtuellen, invertierten walmdachförmigen Pentaeders in Kontakt steht.

[0008] Um die vorstehende Aufgabe zu lösen, wird gemäß einem zweiten Aspekt der vorliegenden Erfindung eine mobile Vorrichtung mit einem über eine

Fahrfläche bewegten Kugeltriebssystem bereitgestellt, mit:

m (wobei $m = 2$ oder 3 ist) Antriebskugeln und $(4 - m)$ angetriebenen rotierenden Objekten, die jeweils auf der Fahrfläche rollen, und

drei oder mehr Rotoren, die durch Antriebsquellen in einem Zustand drehbar angetrieben werden, in dem sie mit jeder der Antriebskugeln aus zwei verschiedenen Richtungen in Kontakt stehen, um die Antriebskugeln zu drehen,

wobei die Fahrfläche eine horizontale Ebene ist,

jede der Antriebskugeln auf jeweils verschiedenen Seitenkanten eines virtuellen, invertierten walmdachförmigen Pentaeders angeordnet ist, das vier Seitenflächen, eine Basis, die an einer Position angeordnet ist, die höher ist als ein Mittelpunkt jeder der Antriebskugeln, und einen First aufweist, der von der Basis entfernt und an einer Position angeordnet ist, die niedriger ist als der Mittelpunkt jeder der Antriebskugeln; und

jeder der Rotoren eine Drehachse aufweist, die sich senkrecht zu einer der Seitenflächen erstreckt, wobei eine der Seitenflächen eine zugeordnete Seitenfläche ist,

wobei jeder der Rotoren mit der Antriebskugel an einer Position in Kontakt steht, die höher ist als der Mittelpunkt der kontaktierten Antriebskugel, und auch mit der Antriebskugel innerhalb oder auf der zugeordneten Seitenfläche des virtuellen, invertierten walmdachförmigen Pentaeders in Kontakt steht.

[0009] Um die vorstehende Aufgabe zu lösen, wird gemäß einem dritten Aspekt der vorliegenden Erfindung eine mobile Vorrichtung mit einem Kugeltriebssystem bereitgestellt, das sich über eine Fahrfläche bewegt, mit:

zwei oder mehr Antriebskugeln, die jeweils auf der Fahrfläche rollen, und

drei oder mehr Rotoren, die durch Antriebsquellen in einem Zustand drehbar angetrieben werden, in dem sie mit jeder der Antriebskugeln aus zwei verschiedenen Richtungen in Kontakt stehen, um die Antriebskugeln zu drehen,

wobei jeder der Rotoren eine Kegelstumpfform hat und eine Seitenfläche jedes der Rotoren mit der Antriebskugel an einer Position in Kontakt kommt, die höher ist als der Mittelpunkt der kontaktierten Antriebskugel.

Vorteilhafte Wirkungen der Erfindung

[0010] In den mobilen Vorrichtungen mit einem Kugeltriebssystem gemäß dem ersten, dem zweiten und dem dritten Aspekt, werden, da jeder der

Rotoren mit der Antriebskugel an einer Position in Kontakt kommt, die höher ist als der Mittelpunkt der Antriebskugel, die Last der mobilen Vorrichtung mit einem Kugeltriebssystem selbst und die Last des auf der mobilen Vorrichtung mit einem Kugeltriebssystem montierten Objekts über die Rotoren auf die Antriebskugeln ausgeübt, so dass jeder der Rotoren zuverlässig gegen die Antriebskugel gedrückt werden kann und es möglich ist, einen Leerlauf des durch die Antriebsquelle drehbar angetriebenen Rotors zu unterdrücken, während er mit der Antriebskugel in Kontakt steht.

Figurenliste

Fig. 1 zeigt eine Vorderansicht einer mobilen Vorrichtung mit einem Kugeltriebssystem gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung, wobei Komponenten weggelassen sind;

Fig. 2 zeigt eine Seitenansicht der mobilen Vorrichtung mit einem Kugeltriebssystem, wobei Komponenten weggelassen sind;

Fig. 3 zeigt eine Draufsicht zum Darstellen einer Anordnung der Antriebskugeln und der Rotoren der mobilen Vorrichtung mit einem Kugeltriebssystem;

Fig. 4 zeigt ein erläuterndes Diagramm zum Darstellen eines Koordinatensystems der mobilen Vorrichtung mit einem Kugeltriebssystem; und

Fig. 5 zeigt ein erläuterndes Diagramm zum Darstellen der Ableitung der Winkelgeschwindigkeit der Antriebskugel der mobilen Vorrichtung mit einem Kugeltriebssystem.

Beschreibung von Ausführungsformen

[0011] Zum besseren Verständnis der vorliegenden Erfindung wird nachfolgend eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung unter Bezug auf die beigefügten Zeichnungen beschrieben.

[0012] Wie in den **Fig. 1**, **Fig. 2** und **Fig. 3** dargestellt ist, ist eine mobile Vorrichtung 10 mit einem Kugeltriebssystem gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung eine Vorrichtung mit vier Antriebskugeln 11, 12, 13 und 14, die jeweils auf einer Fahrfläche G rollen, und vier oder mehr (in dieser Ausführungsform acht) Rotoren 15, 15', 16, 16', 17, 17', 18 und 18', die durch Motoren 20, 22, 24 und 26, die Beispiele für Antriebsquellen sind, in einem Zustand drehbar angetrieben werden, in dem sie mit jeder der Antriebskugeln 11, 12, 13 und 14 aus zwei verschiedenen Richtungen in Kontakt stehen, um die Antriebskugeln 11, 12, 13 und 14 zu drehen, und sich über die Fahrfläche G bewegen. Die Details werden nachstehend beschrieben.

[0013] In der vorliegenden Ausführungsform sind die Antriebskugeln 11, 12, 13 und 14 perfekte Kugeln der gleichen Größe (mit gleichem Durchmesser), wie in den **Fig. 1**, **Fig. 2** und **Fig. 3** dargestellt ist, und sind in der Draufsicht betrachtet gegen den Uhrzeigersinn angeordnet. Der Mittelpunkt P1 der Antriebskugel 11, der Mittelpunkt P2 der Antriebskugel 12, der Mittelpunkt P3 der Antriebskugel 13 und der Mittelpunkt P4 der Antriebskugel 14 befinden sich auf der gleichen Höhe, wenn die Antriebskugeln 11, 12, 13 und 14 auf der Fahrfläche G als eine horizontale Ebene angeordnet sind. Nachstehend wird davon ausgegangen, dass die Fahrfläche G eine horizontale Ebene ist und die Antriebskugeln 11, 12, 13 und 14 auf der Fahrfläche G angeordnet sind. Es wird darauf hingewiesen, dass **Fig. 3** eine Draufsicht auf die Antriebskugeln 11, 12, 13 und 14, die Rotoren 15, 15', 16, 16', 17, 17', 18 und 18' und dergleichen zeigt.

[0014] Die Rotoren 15, 15', 16, 16', 17, 17', 18 und 18' sind kegelstumpfförmige Elemente der gleichen Größe und Form und sind an der gleichen Höhenposition angeordnet.

[0015] Die Seitenfläche 19 des Rotors 15 steht in Kontakt mit der Antriebskugel 11, und die Seitenfläche 19' des Rotors 15' steht in Kontakt mit der Antriebskugel 12. Die Rotoren 15 und 15' sind durch eine Kraftübertragungseinrichtung (nicht dargestellt, das gleiche gilt im Folgenden) mit einer Kette, einer Riemenscheibe oder dergleichen verbunden, werden durch den am Rotor 15 befestigten Motor 20 drehbar angetrieben und drehen sich in der gleichen Richtung mit der gleichen Drehzahl.

[0016] Die Seitenfläche 21 des Rotors 16 steht in Kontakt mit der Antriebskugel 12, und die Seitenfläche 21' des Rotors 16' steht in Kontakt mit der Antriebskugel 13. Die Rotoren 16 und 16' sind durch eine Kraftübertragungseinrichtung verbunden, werden durch den am Rotor 16 befestigten Motor 22 drehbar angetrieben und drehen sich in der gleichen Richtung mit der gleichen Drehzahl. Die Seitenfläche 23 des Rotors 17 steht in Kontakt mit der Antriebskugel 13, und die Seitenfläche 23' des Rotors 17' steht in Kontakt mit der Antriebskugel 14. Die Rotoren 17 und 17' sind durch eine Kraftübertragungseinrichtung miteinander verbunden, werden durch den am Rotor 17 befestigten Motor 24 in drehbar angetrieben und drehen sich in die gleiche Richtung mit der gleichen Drehzahl. Die Seitenfläche 25 des Rotors 18 steht in Kontakt mit der Antriebskugel 14, und die Seitenfläche 25' des Rotors 18' steht in Kontakt mit der Antriebskugel 11. Die Rotoren 18 und 18' sind durch eine Kraftübertragungseinrichtung miteinander verbunden, werden durch den am Rotor 18 befestigten Motor 26 drehbar angetrieben und drehen sich in die gleiche Richtung mit der gleichen Drehzahl.

[0017] Die Rotoren 15 und 18' kommen mit der Antriebskugel 11 aus verschiedenen Richtungen in Kontakt, die Rotoren 16 und 15' kommen mit der Antriebskugel 12 aus verschiedenen Richtungen in Kontakt, die Rotoren 17 und 16' kommen mit der Antriebskugel 13 aus verschiedenen Richtungen in Kontakt, und die Rotoren 18 und 17' kommen mit der Antriebskugel 14 aus verschiedenen Richtungen in Kontakt.

[0018] Darüber hinaus stehen die Antriebskugeln 11, 12, 13 und 14 in Kontakt mit Kugellaufrollen (die auch Laufräder sein können), um die Antriebskugeln 11, 12, 13 bzw. 14 zu positionieren. Die Motoren 20, 22, 24 und 26 sind an einem Basiselement 27 (vergl. **Fig. 1** und **Fig. 2**) befestigt, das die Kugellaufrollen trägt.

[0019] Der Kontaktpunkt, an dem die Antriebskugel 11 und die Seitenfläche 19 des Rotors 15 miteinander in Kontakt kommen, und der Kontaktpunkt, an dem die Antriebskugel 11 und die Seitenfläche 25' des Rotors 18' miteinander in Kontakt kommen, werden als Kontaktpunkte T15 bzw. T18' bezeichnet, der Kontaktpunkt, an dem die Antriebskugel 12 und die Seitenfläche 21 des Rotors 16 miteinander in Kontakt kommen, und der Kontaktpunkt, an dem die Antriebskugel 12 und die Seitenfläche 19' des Rotors 15' miteinander in Kontakt kommen, werden als Kontaktpunkte T26 bzw. T25' bezeichnet, der Kontaktpunkt, an dem die Antriebskugel 13 und die Seitenfläche 23 des Rotors 17 miteinander in Kontakt kommen, und der Kontaktpunkt, an dem die Antriebskugel 13 und die Seitenfläche 21' des Rotors 16' miteinander in Kontakt kommen, werden als Kontaktpunkte T37 bzw. T36' bezeichnet, und der Kontaktpunkt, an dem die Antriebskugel 14 und die Seitenfläche 25 des Rotors 18 miteinander in Kontakt kommen, und der Kontaktpunkt, an dem die Antriebskugel 14 und die Seitenfläche 23' des Rotors 17' miteinander in Kontakt kommen, werden als Kontaktpunkte T48 bzw. T47' bezeichnet. Die Kontaktpunkte T15, T18', T26, T25', T37, T36', T48 und T47' sind auf der gleichen Höhe und an Positionen angeordnet, die höher liegen als der Mittelpunkt P1 der Antriebskugel 11, der Mittelpunkt P2 der Antriebskugel 12, der Mittelpunkt P3 der Antriebskugel 13 und der Mittelpunkt P4 der Antriebskugel 14.

[0020] Daher stehen die Rotoren 15 und 18' mit der Antriebskugel 11 an einer Position in Kontakt, die höher ist als der Mittelpunkt P1 der Antriebskugel 11, die Rotoren 16 und 15' stehen mit der Antriebskugel 12 an einer Position in Kontakt, die höher ist als der Mittelpunkt P2 der Antriebskugel 12, die Rotoren 17 und 16' stehen mit der Antriebskugel 13 an einer Position in Kontakt, die höher ist als der Mittelpunkt P3 der Antriebskugel 13, und die Rotoren 18 und 17' stehen mit der Antriebskugel 14 an einer Position in Kontakt, die höher ist als der Mittelpunkt P4 der

Antriebskugel 14. Darüber hinaus stehen die Seitenfläche 19 des Rotors 15, die Seitenfläche 19' des Rotors 15', die Seitenfläche 21 des Rotors 16, die Seitenfläche 21' des Rotors 16', die Seitenfläche 23 des Rotors 17, die Seitenfläche 23' des Rotors 17', die Seitenfläche 25 des Rotors 18 und die Seitenfläche 25' des Rotors 18' auf der gleichen Höhe in Kontakt mit den Antriebskugeln 11, 12, 13 und 14.

[0021] In der vorliegenden Ausführungsform kann der Freiheitsgrad bei der Anordnung des Rotors 15 in Bezug auf die Antriebskugel 11 erhöht werden, indem der Rotor 15 in einer Kegelstumpfform anstatt in einer Säulenform ausgebildet ist. Wenn der Rotor 15 säulenförmig ist, ist es notwendig, die Drehachse des Rotors 15 so anzuordnen, dass sie sich orthogonal zu einer virtuellen geraden Linie J1 (ein Beispiel für die virtuelle gerade Linie J) erstreckt, die durch den Mittelpunkt P1 der Antriebskugel 11 und den Kontaktpunkt T15 verläuft, um die Seitenfläche 19 des Rotors 15 in Kontakt mit der Antriebskugel 11 zu bringen.

[0022] Andererseits muss bei dem kegelstumpfförmigen Rotor 15 die Drehachse des Rotors 15 sich nicht orthogonal zu der virtuellen geraden Linie J1 erstrecken, die durch den Mittelpunkt P1 der Antriebskugel 11 und den Kontaktpunkt T15 verläuft, und die Richtung der Drehachse des Rotors 15 in Bezug auf die virtuelle gerade Linie J1 kann durch Einstellen des Winkels der Seitenfläche 19 in Bezug auf die obere Fläche und die untere Fläche des Rotors 15 eingestellt werden. Daher kann die Drehachse des Rotors 15 in einer gewünschten Richtung angeordnet werden.

[0023] Das Gleiche gilt für die Rotoren 15', 16, 16', 17, 17', 18 und 18'.

[0024] Hier ist, wie in den **Fig. 1**, **Fig. 2** und **Fig. 3** dargestellt ist, unter der Voraussetzung, dass das walmdachförmige Pentaeder, das vier Seitenflächen a, b, c und d, eine Basis e eines Vierecks mit vier rechten Winkeln (rechteckig oder quadratisch), die an einer höheren Position als der Mittelpunkt P1 der Antriebskugel 11, der Mittelpunkt P2 der Antriebskugel 12, der Mittelpunkt P3 der Antriebskugel 13 und der Mittelpunkt P4 der Antriebskugel 14 angeordnet ist, und einen First O aufweist, der von der Basis e entfernt ist und an einer Position angeordnet ist, die niedriger ist als der Mittelpunkt P1 der Antriebskugel 11, der Mittelpunkt P2 der Antriebskugel 12, der Mittelpunkt P3 der Antriebskugel 13 und der Mittelpunkt P4 der Antriebskugel 14, in dieser Ausführungsform ein virtuelles, invertiertes walmdachförmiges Pentaeder H ist, die mobile Vorrichtung 10 mit einem Kugeltriebssystem derart konfiguriert, dass sie alle später beschriebenen Bedingungen 1 bis 6 erfüllt.

[0025] Wenn in dem virtuellen, invertierten walmdachförmigen Pentaeder H die vier Eckpunkte der Basis e Eckpunkte A, B, C und D sind, ist die Seitenfläche a ein Viereck (in dieser Ausführungsform ein Trapez) mit vier Eckpunkten an den Eckpunkten A und B und an den beiden Enden des Firsts O, die Seitenfläche b ein Dreieck (in dieser Ausführungsform ein gleichschenkliges Dreieck) mit drei Eckpunkten an den Eckpunkten B und C und an einem Ende des Firsts O, die Seitenfläche c ein Viereck (in dieser Ausführungsform ein Trapez) mit vier Eckpunkten an den Eckpunkten C und D und an beiden Enden des Firsts O, und die Seitenfläche d ein Dreieck (in dieser Ausführungsform ein gleichschenkliges Dreieck) mit drei Eckpunkten an den Eckpunkten A und D und an dem anderen Ende des Firsts O. Zusätzlich wird die lineare Seite, die das andere Ende des Firsts O und den Eckpunkt A verbindet, als Seitenkante S1 festgelegt, die lineare Seite, die das eine Ende des Firsts O und den Eckpunkt B verbindet, als Seitenkante S2 festgelegt, die lineare Seite, die das eine Ende des Firsts O und den Eckpunkt C verbindet, als Seitenkante S3 festgelegt und die lineare Seite, die das andere Ende des Firsts O und den Eckpunkt D verbindet, als Seitenkante S4 festgelegt. In dieser Ausführungsform ist die Basis e rechteckig und haben die Seitenkanten S1, S2, S3 und S4 die gleiche Länge.

[0026] Bedingung 1: Der Mittelpunkt P1 der Antriebskugel 11, der Mittelpunkt P2 der Antriebskugel 12, der Mittelpunkt P3 der Antriebskugel 13 und der Mittelpunkt P4 der Antriebskugel 14 befinden sich auf den Seitenkanten S1, S2, S3 bzw. S4.

[0027] Bedingung 2: Die Rotoren 15 und 18' stehen innerhalb des virtuellen, invertierten walmdachförmigen Pentaeders H in Kontakt mit der Antriebskugel 11 (die Kontaktpunkte T15 und T18' befinden sich innerhalb des virtuellen, invertierten walmdachförmigen Pentaeders H), die Rotoren 16 und 15' stehen innerhalb des virtuellen, invertierten walmdachförmigen Pentaeders H in Kontakt mit der Antriebskugel 12 (die Kontaktpunkte T26 und T25' befinden sich innerhalb des virtuellen, invertierten walmdachförmigen Pentaeders H), die Rotoren 17 und 16' stehen innerhalb des virtuellen, invertierten walmdachförmigen Pentaeders H in Kontakt mit der Antriebskugel 13 (die Kontaktpunkte T37 und T36' befinden sich innerhalb des virtuellen, invertierten walmdachförmigen Pentaeders H), und die Rotoren 18 und 17' stehen innerhalb des virtuellen, invertierten walmdachförmigen Pentaeders H in Kontakt mit der Antriebskugel 14 (die Kontaktpunkte T48 und T47' befinden sich innerhalb des virtuellen, invertierten walmdachförmigen Pentaeders H).

[0028] Bedingung 3: Die Rotoren 15 und 15' haben jeweils eine Drehachse, die sich senkrecht zur Seitenfläche a (eine der Seitenflächen des virtuellen,

invertierten walmdachförmigen Pentaeders H) erstreckt, die Rotoren 16 und 16' haben jeweils eine Drehachse, die sich senkrecht zur Seitenfläche b (eine der Seitenflächen des virtuellen, invertierten walmdachförmigen Pentaeders H) erstreckt, die Rotoren 17 und 17' haben jeweils eine Drehachse, die sich senkrecht zur Seitenfläche c (eine der Seitenflächen des virtuellen, invertierten walmdachförmigen Pentaeders H) erstreckt, und die Rotoren 18 und 18' haben jeweils eine Drehachse, die sich senkrecht zur Seitenfläche d (eine der Seitenflächen des virtuellen, invertierten walmdachförmigen Pentaeders H) erstreckt. In dieser Ausführungsform ist die Seitenfläche a, zu der sich die Drehachsen der Rotoren 15 und 15' senkrecht erstrecken, eine den Rotoren 15 und 15' zugeordnete Seitenfläche, die Seitenfläche b, zu der sich die Drehachsen der Rotoren 16 und 16' senkrecht erstrecken, eine den Rotoren 16 und 16' zugeordnete Seitenfläche, die Seitenfläche c, zu der sich die Drehachsen der Rotoren 17 und 17' senkrecht erstrecken, eine den Rotoren 17 und 17' zugeordnete Seitenfläche, und die Seitenfläche d, zu der sich die Drehachsen der Rotoren 18 und 18' senkrecht erstrecken, eine den Rotoren 18 und 18' zugeordnete Seitenfläche.

[0029] Aus der Bedingung 3 kann in dieser Ausführungsform gesagt werden, dass die Drehachsen der Rotoren 15 und 18', die in Kontakt mit der Antriebskugel 11 stehen, sich nicht parallel erstrecken, die Drehachsen der Rotoren 16 und 15', die in Kontakt mit der Antriebskugel 12 stehen, sich nicht parallel erstrecken, die Drehachsen der Rotoren 17 und 16', die in Kontakt mit der Antriebskugel 13 stehen, sich nicht parallel erstrecken, und die Drehachsen der Rotoren 18 und 17', die in Kontakt mit der Antriebskugel 14 stehen, sich nicht parallel erstrecken.

[0030] In der vorliegenden Ausführungsform kann durch Anordnen der Antriebskugeln 11, 12, 13 und 14 und der Rotoren 15, 15', 16, 16', 17, 17', 18 und 18', derart, dass die Bedingungen 1, 2 und 3 erfüllt sind, und durch Einstellen der Drehzahlen der Motoren 20, 22, 24 und 26 die mobile Vorrichtung 10 mit einem Kugeltriebssystem in jede Richtung auf der Fahrfläche G bewegt werden, während der Seitenschlupf der Antriebskugel 11 in Bezug auf die Rotoren 15 und 18', der Seitenschlupf der Antriebskugel 12 in Bezug auf die Rotoren 16 und 15', der Seitenschlupf der Antriebskugel 13 in Bezug auf die Rotoren 17 und 16' und der Seitenschlupf der Antriebskugel 14 in Bezug auf die Rotoren 18 und 17' unterdrückt wird. Beispielsweise bedeutet der Seitenschlupf der Antriebskugel 11 in Bezug auf den Rotor 15 in einem Zustand, in dem sich der Rotor 18' dreht und eine Drehkraft auf die Antriebskugel 11 ausübt, dass die Relativbewegung der Antriebskugel 11 in Bezug auf den Rotor 15 am Kontaktpunkt T 15 eine andere Bewegung als eine auf dem Kontaktpunkt T15 zentrierte Drehbewegung ist. Wenn

also die Antriebskugel 11 in Bezug auf den Rotor 15 rutscht, wird der Verschleiß des Rotors 15 und der Antriebskugel 11 verstärkt werden.

[0031] Ferner, da die Rotoren 15 und 18' an einer Position mit der Antriebskugel 11 in Kontakt stehen, die höher ist als der Mittelpunkt P1 der Antriebskugel 11, wirkt die Kraft der vertikalen Komponente über die Rotoren 15 und 18' auf die Antriebskugel 11. Dies gilt auch für die Rotoren 16 und 15' in Bezug auf die Antriebskugel 12, die Rotoren 17 und 16' in Bezug auf die Antriebskugel 13 und die Rotoren 18 und 17' in Bezug auf die Antriebskugel 14. Daher können unter Ausnutzung des Gewichts des Basiselements 27, des auf dem Basiselement 27 montierten schweren Objekts und dergleichen die Rotoren 15 und 18' gegen die Antriebskugel 11 gedrückt werden, die Rotoren 16 und 15' gegen die Antriebskugel 12 gedrückt werden, die Rotoren 17 und 16' gegen die Antriebskugel 13 gedrückt werden und die Rotoren 18 und 17' gegen die Antriebskugel 14 gedrückt werden. Hierdurch kann ein Leerlauf der Rotoren 15, 15', 16, 16', 17, 17', 18 und 18' unterdrückt werden.

[0032] Solange sich die Kontaktpunkte T15 und T25' an Positionen befinden, die geringfügig höher sind als der Mittelpunkt P1 der Antriebskugel 11 bzw. der Mittelpunkt P2 der Antriebskugel 12, rutschen, selbst wenn die Rotoren 15 und 15' mit den Antriebskugeln 11 bzw. 12 auf der Seitenfläche a (zugeordnete Seitenfläche) des virtuellen, invertierten walmdachförmigen Pentaeders H in Kontakt stehen, die Antriebskugeln 11 und 12 in Bezug auf die Rotoren 15 bzw. 15' nicht wesentlich. Das gleiche gilt für die Beziehung zwischen den Rotoren 16 und 16' und den Antriebskugeln 12 und 13, die Beziehung zwischen den Rotoren 17 und 17' und den Antriebskugeln 13 und 14 sowie die Beziehung zwischen den Rotoren 18 und 18' und den Antriebskugeln 14 und 11.

[0033] Daher kann die mobile Vorrichtung 10 mit einem Kugeltriebssystem auch so konfiguriert sein, dass es anstelle der Bedingung 2 die folgende Bedingung 2' erfüllt.

[0034] Bedingung 2': Die Rotoren 15 und 15' stehen mit den Antriebskugeln 11 und 12 auf der Seitenfläche a des virtuellen, invertierten walmdachförmigen Pentaeders H (Seitenfläche, die den Rotoren 15 und 15' zugeordnet ist) in Kontakt, die Rotoren 16 und 16' stehen mit den Antriebskugeln 12 und 13 auf der Seitenfläche b des virtuellen, invertierten walmdachförmigen Pentaeders H (Seitenfläche, die den Rotoren 16 und 16' zugeordnet ist) in Kontakt, die Rotoren 17 und 17' stehen mit den Antriebskugeln 13 und 14 auf der Seitenfläche c des virtuellen, invertierten walmdachförmigen Pentaeders H (Seitenfläche, die den Rotoren 17 bzw. 17' zugeordnet ist) in Kontakt, und die Rotoren 18 und 18' stehen mit den Antriebskugeln 14 bzw. 11 auf der Seitenfläche d des virtuellen,

invertierten walmdachförmigen Pentaeders H (Seitenfläche, die den Rotoren 18 bzw. 18' zugeordnet ist) in Kontakt.

[0035] Unter dem Gesichtspunkt der stabilen Unterdrückung des Auftretens von Leerlauf jedes Rotors in Bezug auf die kontaktierte Antriebskugel, wie z.B. Leerlauf der Rotoren 15 und 18' in Bezug auf die Antriebskugel 11, hat sich als Ergebnis der Überprüfung bestätigt, dass es bevorzugt ist, zusätzlich zu den Bedingungen 1, 2 und 3 eine der folgenden Bedingungen 4, 5 und 6 (vorzugsweise zwei davon, und noch bevorzugter alle drei) zu erfüllen. Es wird darauf hingewiesen, dass das Erfüllen der Bedingungen 1, 2 und 3 für das Unterdrücken des Leerlaufs des Rotors in Bezug auf die Antriebskugel wichtiger ist als die Erfüllung der Bedingungen 4, 5 und 6.

[0036] Bedingung 4: Eine virtuelle gerade Linie J15, die durch den Kontaktpunkt T 15, an dem die Antriebskugel 11 und der Rotor 15 zusammentreffen, und den Mittelpunkt P1 der Antriebskugel 11 verläuft, und eine virtuelle gerade Linie J18' (ein Beispiel für die virtuelle gerade Linie J), die durch den Kontaktpunkt T18', an dem die Antriebskugel 11 und der Rotor 18' zusammentreffen, und den Mittelpunkt P1 der Antriebskugel 11 verläuft, erstrecken sich orthogonal zur Seitenkante S1, an der sich der Mittelpunkt P1 der Antriebskugel 11 befindet, wie in den **Fig. 1** und **Fig. 2** dargestellt ist. Eine virtuelle gerade Linie J26 (ein Beispiel für die virtuelle gerade Linie J), die durch den Kontaktpunkt T26, an dem die Antriebskugel 12 und der Rotor 16 zusammentreffen, und den Mittelpunkt P2 der Antriebskugel 12 verläuft, und eine virtuelle gerade Linie J25' (ein Beispiel für die virtuelle gerade Linie J), die durch den Kontaktpunkt T25', an dem die Antriebskugel 12 und der Rotor 15' zusammentreffen, und den Mittelpunkt P2 der Antriebskugel 12 verläuft, erstrecken sich orthogonal zur Seitenkante S2, an der sich der Mittelpunkt P2 der Antriebskugel 12 befindet. Eine virtuelle gerade Linie J37 (ein Beispiel für die virtuelle gerade Linie J), die durch den Kontaktpunkt T37, an dem die Antriebskugel 13 und der Rotor 17 zusammentreffen, und den Mittelpunkt P3 der Antriebskugel 13 verläuft, und eine virtuelle gerade Linie J36' (ein Beispiel für die virtuelle gerade Linie J), die durch den Kontaktpunkt T36', an dem die Antriebskugel 13 und der Rotor 16' zusammentreffen, und den Mittelpunkt P3 der Antriebskugel 13 verläuft, erstrecken sich orthogonal zur Seitenkante S3, an der sich der Mittelpunkt P3 der Antriebskugel 13 befindet. Eine virtuelle gerade Linie J48 (ein Beispiel für die virtuelle gerade Linie J), die durch den Kontaktpunkt T48, an dem die Antriebskugel 14 und der Rotor 18 zusammentreffen, und den Mittelpunkt P4 der Antriebskugel 14 verläuft, und eine virtuelle gerade Linie J47' (ein Beispiel für die virtuelle gerade Linie J), die durch den Kontaktpunkt T47', an dem die Antriebskugel 14 und der Rotor 17' zusammentreffen, und den Mittelpunkt P4

der Antriebskugel 14 verläuft, erstrecken sich orthogonal zur Seitenkante S4, an der sich der Mittelpunkt P4 der Antriebskugel 14 befindet.

[0037] Bedingung 5: Die virtuelle gerade Linie J15, die durch den Kontaktpunkt T15, an dem die Antriebskugel 11 und der Rotor 15 zusammentreffen, und den Mittelpunkt P1 der Antriebskugel 11 verläuft, schneidet die Seitenfläche 19 des Rotors 15 senkrecht, und die virtuelle gerade Linie J18', die durch den Kontaktpunkt T18', an dem die Antriebskugel 11 und der Rotor 18' zusammentreffen, und den Mittelpunkt P1 der Antriebskugel 11 verläuft, schneidet die Seitenfläche 25' des Rotors 18' senkrecht. Die virtuelle gerade Linie J26, die durch den Kontaktpunkt T26, an dem die Antriebskugel 12 und der Rotor 16 zusammentreffen, und den Mittelpunkt P2 der Antriebskugel 12 verläuft, schneidet die Seitenfläche 21 des Rotors 16 senkrecht, und die virtuelle gerade Linie J25', die durch den Kontaktpunkt T25', an dem die Antriebskugel 12 und der Rotor 15' zusammentreffen, und den Mittelpunkt P2 der Antriebskugel 12 verläuft, schneidet die Seitenfläche 19' des Rotors 15' senkrecht. Die virtuelle gerade Linie J37, die durch den Kontaktpunkt T37, an dem die Antriebskugel 13 und der Rotor 17 zusammentreffen, und den Mittelpunkt P3 der Antriebskugel 13 verläuft, schneidet die Seitenfläche 23 des Rotors 17 senkrecht, und die virtuelle gerade Linie J36', die durch den Kontaktpunkt T36', an dem die Antriebskugel 13 und der Rotor 16' zusammentreffen, und den Mittelpunkt P3 der Antriebskugel 13 verläuft, schneidet die Seitenfläche 21' des Rotors 16' senkrecht. Die virtuelle gerade Linie J48, die durch den Kontaktpunkt T48, an dem die Antriebskugel 14 und der Rotor 18 zusammentreffen, und den Mittelpunkt P4 der Antriebskugel 14 verläuft, schneidet die Seitenfläche 25 des Rotors 18 senkrecht, und die virtuelle gerade Linie J47', die durch den Kontaktpunkt T47', an dem die Antriebskugel 14 und der Rotor 17' zusammentreffen, und den Mittelpunkt P4 der Antriebskugel 14 verläuft, schneidet die Seitenfläche 23' des Rotors 17' senkrecht.

[0038] Bedingung 6: Die Seitenfläche a des virtuellen, invertierten walmdachförmigen Pentaeders H erstreckt sich parallel zu einer virtuellen geraden Linien K12 (ein Beispiel für die virtuelle gerade Linie K), die durch den Kontaktpunkt T15, an dem die zwischen zwei der Antriebskugeln 11 und 12 angeordneten Rotoren 15 und 15' (hier der Rotor 15) und die Kugel 11, eine der beiden Antriebskugeln 11 und 12, zusammentreffen, und den Kontaktpunkt T25' verläuft, an dem die Rotoren 15 und 15' (hier der Rotor 15') und die Kugel 12, die andere der beiden Antriebskugeln 11 und 12, zusammentreffen. Außerdem befinden sich die Mittelpunkte P1 und P2 der beiden Antriebskugeln 11 und 12 auf den beiden Seitenkanten S1 und S2, die jeweils einen Teil einer Außenkante der Seitenfläche a bilden. Die Seitenflä-

che b erstreckt sich parallel zu einer virtuellen geraden Linie K23 (ein Beispiel für die virtuelle gerade Linie K), die durch den Kontaktpunkt T26, an dem die zwischen zwei der Antriebskugeln 12 und 13 angeordneten Rotoren 16 und 16' (hier der Rotor 16) und die Kugel 12, eine der beiden Antriebskugeln 12 und 13, zusammentreffen, und den Kontaktpunkt T36' verläuft, an dem die Rotoren 16 und 16' (hier der Rotor 16') und die Kugel 13, die andere der beiden Antriebskugeln 12 und 13, zusammentreffen. Außerdem befinden sich die Mittelpunkte P2 und P3 der beiden Antriebskugeln 12 und 13 auf den beiden Seitenkanten S2 und S3, die jeweils einen Teil einer Außenkante der Seitenfläche b bilden. Die Seitenfläche c erstreckt sich parallel zu einer virtuellen geraden Linie K34 (ein Beispiel für die virtuelle gerade Linie K), die durch den Kontaktpunkt T37, an dem die zwischen zwei der Antriebskugeln 13 und 14 angeordneten Rotoren 17 und 17' (hier der Rotor 17) und die Kugel 13, eine der beiden Antriebskugeln 13 und 14, zusammentreffen, und den Kontaktpunkt T47' verläuft, an dem die Rotoren 17 und 17' (hier der Rotor 17') und die Kugel 14, die andere der beiden Antriebskugeln 13 und 14, zusammentreffen. Außerdem befinden sich die Mittelpunkte P3 und P4 der beiden Antriebskugeln 13 und 14 auf den beiden Seitenkanten S3 und S4, die jeweils einen Teil einer Außenkante der Seitenfläche c bilden. Die Seitenfläche d erstreckt sich parallel zu einer virtuellen geraden Linie K41 (ein Beispiel für die virtuelle gerade Linie K), die durch den Kontaktpunkt T48, an dem die zwischen zwei der Antriebskugeln 14 und 11 angeordneten Rotoren 18 und 18' (hier der Rotor 18) und die Kugel 14, eine der beiden Antriebskugeln 14 und 11, zusammentreffen, und den Kontaktpunkt T18' verläuft, an dem die Rotoren 18 und 18' (hier der Rotor 18') und die Kugel 11, die andere der beiden Antriebskugeln 14 und 11, zusammentreffen. Außerdem befinden sich die Mittelpunkte P4 und P1 der beiden Antriebskugeln 14 und 11 auf den beiden Seitenkanten S4 und S1, die jeweils einen Teil einer Außenkante der Seitenfläche d bilden.

[0039] Nachstehend wird beschrieben, dass die Bewegungsgeschwindigkeit bei der Translationsbewegung und die Drehwinkelgeschwindigkeit bei der Drehbewegung der mobilen Vorrichtung 10 mit einem Kugeltriebssystem durch Einstellen der Drehzahlen der Motoren 20, 22, 24 und 26 frei gesteuert werden können.

[0040] Hier ist jeder Wert der mobilen Vorrichtung 10 mit einem Kugeltriebssystem wie folgt definiert. Das heißt, wie in **Fig. 4** dargestellt ist, der Abstand vom Mittelpunkt eines Rechtecks (im Folgenden als „Mechanismusmittelpunkt“ bezeichnet), das vier Eckpunkte hat, die aus dem Mittelpunkt P1 der Antriebskugel 11, dem Mittelpunkt P2 der Antriebskugel 12, dem Mittelpunkt P3 der Antriebskugel 13 und dem Mittelpunkt P4 der Antriebskugel 14 bestehen,

zu jedem der Mittelpunkte P1 der Antriebskugel 11, P2 der Antriebskugel 12, P3 der Antriebskugel 13 und P4 der Antriebskugel 14 wird als l festgelegt. Außerdem werden der Winkel, der durch die x-Achse und das Liniensegment gebildet wird, das den Mechanismusmittelpunkt und den Mittelpunkt P1 der Antriebskugel 11 verbindet, der Winkel, der durch die x-Achse und das Liniensegment gebildet wird, das den Mechanismusmittelpunkt und den Mittelpunkt P2 der Antriebskugel 12 verbindet, der Winkel, der durch die x-Achse und das Liniensegment gebildet wird, das den Mechanismusmittelpunkt und den Mittelpunkt P3 der Antriebskugel 13 verbindet, und der Winkel, der durch die x-Achse und das Liniensegment gebildet wird, das den Mechanismusmittelpunkt und den Mittelpunkt P4 der Antriebskugel 14 verbindet, als Ψ_1 , Ψ_2 , Ψ_3 bzw. Ψ_4 festgelegt.

[0041] Die Winkelgeschwindigkeit jedes der Rotoren 15 und 15' wird als λ_1 , die Winkelgeschwindigkeit jedes der Rotoren 16 und 16' als λ_2 , die Winkelgeschwindigkeit jedes der Rotoren 17 und 17' als λ_3 und die Winkelgeschwindigkeit jedes der Rotoren 18 und 18' als λ_4 festgelegt. Die Richtungskomponente der x-Achse und die Richtungskomponente der y-Achse der Translationsbewegungsgeschwindigkeit am Mechanismusmittelpunkt werden als v_x bzw. v_y festgelegt. In einer Draufsicht betrachtet ist die Drehrichtung der mobilen Vorrichtung 10 mit einem Kugeltriebssystem gegen den Uhrzeigersinn die positive Richtung, und die Drehgeschwindigkeit am Mechanismusmittelpunkt wird als ω festgelegt. Außerdem wird der Neigungswinkel jeder der Seitenflächen a, b, c und d des virtuellen, invertierten walmdachförmigen Pentaeders H in Bezug auf die Fahrfläche G als α festgelegt.

[0042] Hier wird die Winkelgeschwindigkeit der Antriebskugel 14 in dem Zustand erhalten, in dem der Rotor 17' gestoppt ist und der Rotor 18 gedreht wird, und basierend auf dem Ergebnis werden die Winkelgeschwindigkeit der Antriebskugel 14 und die Winkelgeschwindigkeiten der anderen Antriebskugeln 11, 12 und 13 in dem Zustand hergeleitet, in dem der Rotor 18 gestoppt ist und der Rotor 17' gedreht wird.

[0043] Der Radius der Antriebskugel 14 wird als R festgelegt, und wie in **Fig. 5** dargestellt ist, wird der Radius des Teils des kegelstumpfförmigen Rotors 18, der mit der Antriebskugel 14 in Kontakt steht (der Teil, der dem Kontaktpunkt T48 entspricht), als r festgelegt. Es wird angenommen, dass der Kontaktpunkt T48 an der Position von $R\cos^2\alpha$ von der Seitenfläche d des virtuellen, invertierten walmdachförmigen Pentaeders H nach innen und an der Position von $R\cos\alpha$ vom Mittelpunkt P4 der Antriebskugel 14 nach oben angeordnet ist.

[0044] Wenn sich der Rotor 18 dreht, während der Rotor 17' gestoppt ist, dreht sich die Antriebskugel 14 um eine gerade Linie (d. h. die virtuelle gerade Linie J47'), die durch den Kontaktpunkt T47', an dem die Antriebskugel 14 und der Rotor 17' zusammentreffen, und den Mittelpunkt P4 der Antriebskugel 14 als Drehachse verläuft (diese Drehachse erstreckt sich parallel zur Drehachse des Rotors 18). Da die Drehwinkelgeschwindigkeit der Antriebskugel 14 zu diesem Zeitpunkt η beträgt und die Umfangsgeschwindigkeit der Antriebskugel 14 am Kontaktpunkt T48, an dem die Antriebskugel 14 und der Rotor 18 zusammentreffen, $r\lambda_4$ ist, wird die folgende Gleichung (1) mit $r\lambda_4 = \eta R \sqrt{1 - \cos^4 \alpha}$ aufgestellt.
[Math. 1]

$$\eta = \frac{r\lambda_4}{R\sqrt{1 - \cos^4 \alpha}} \quad (1)$$

[0045] Wie in Fig. 5 dargestellt ist, beträgt der Gyrationradius der Antriebskugel 14 am Kontaktpunkt, an der die Fahrfläche G und die Antriebskugel 14 zusammentreffen, $R \sin \alpha$. Daher wird die Umfangsgeschwindigkeit der Antriebskugel 14 am Kontaktpunkt, an dem die Fahrfläche G und die Antriebskugel 14 zusammentreffen, d.h. die Bewegungsgeschwindigkeit V_{x4} der Antriebskugel 14 in x-Richtung, durch die folgende Gleichung (2) dargestellt.
[Math. 2]

$$v_{x4} = \eta R \sin \alpha = \frac{r\lambda_4}{R\sqrt{1 - \cos^4 \alpha}} R \sin \alpha \quad (2)$$

$$= \frac{r\lambda_4}{R\sqrt{1 + \cos^2 \alpha}}$$

[0046] Ähnlicherweise wird die Bewegungsgeschwindigkeit v_{y4} der Antriebskugel 14 in der y-Richtung durch die folgende Gleichung (3) dargestellt.
[Math. 3]

$$v_{y4} = -\frac{r\lambda_3}{\sqrt{1 + \cos^2 \alpha}} \quad (3)$$

[0047] Daher werden die Bewegungsgeschwindigkeiten der Antriebskugeln 11, 12, 13 und 14 in x- und y-Richtung durch die folgenden Gleichungen (4) mit $k = r/\sqrt{1 + \cos^2 \alpha}$ dargestellt.
[Math. 4]

$$\begin{aligned} v_{x1} &= k\lambda_4 = v_x - l\omega \sin \psi_1, \\ v_{y1} &= k\lambda_1 = v_y + l\omega \cos \psi_1, \\ v_{y2} &= k\lambda_1 = v_y + l\omega \cos \psi_2, \\ v_{x2} &= -k\lambda_2 = v_x - l\omega \sin \psi_2, \\ v_{x3} &= -k\lambda_2 = v_x - l\omega \sin \psi_3, \\ v_{y3} &= -k\lambda_3 = v_y + l\omega \cos \psi_3, \\ v_{y4} &= -k\lambda_3 = v_y + l\omega \cos \psi_4, \\ v_{x4} &= k\lambda_4 = v_x - l\omega \sin \psi_4, \end{aligned} \quad (4)$$

[0048] Da außerdem $\sin \Psi_2 = \sin \Psi_3 = -\sin \Psi_1 = -\sin \Psi_4$ ist und $\cos \Psi_2 = \cos \Psi_1 = -\cos \Psi_3 = -\cos \Psi_4$ ist, ergeben sich, wenn $\Psi = \Psi_2$ ist, die folgenden Gleichungen (5) und die folgende Gleichung (6).
[Math. 5]

$$\begin{aligned} k\lambda_1 &= v_y + l\omega \cos \psi, \\ k\lambda_2 &= -v_x + l\omega \sin \psi, \\ k\lambda_3 &= -v_y + l\omega \cos \psi, \\ k\lambda_4 &= v_x + l\omega \sin \psi \end{aligned} \quad (5)$$

[Math. 6]

$$\begin{pmatrix} \lambda_1 \\ \lambda_2 \\ \lambda_3 \\ \lambda_4 \end{pmatrix} = \frac{\sqrt{1 + \cos^2 \alpha}}{r} \begin{pmatrix} 0 & 1 & l \cos \psi \\ -1 & 0 & l \sin \psi \\ 0 & -1 & l \cos \psi \\ 1 & 0 & l \sin \psi \end{pmatrix} \begin{pmatrix} v_x \\ v_y \\ \omega \end{pmatrix} \quad (6)$$

[0049] Aus Gleichung (6) ist ersichtlich, dass die Bewegungsgeschwindigkeit bei einer Translationsbewegung und die Drehwinkelgeschwindigkeit bei einer Drehbewegung der mobilen Vorrichtung 10 mit einem Kugeltriebssystem durch Einstellen der Drehzahlen der Motoren 20, 22, 24 und 26 frei gesteuert werden können.

[0050] Darüber hinaus gibt es, wie in der vorliegenden Ausführungsform, durch Bestimmen der Anordnung jeder der Antriebskugeln, jedes der Rotoren und dergleichen basierend auf dem virtuellen, invertierten walmdachförmigen Pentaeders den Vorteil, dass es nicht notwendig ist, die Größe und die Form jedes Rotors zu ändern, solange der Neigungswinkel jeder Seitenfläche des virtuellen, invertierten walmdachförmigen Pentaeders fest ist, selbst wenn sich das Verhältnis der Länge der kurzen Seite zur Länge der langen Seite des Rechtecks mit vier Eckpunkten, die aus den Mittelpunkten der Antriebskugeln bestehen, ändert.

[0051] Hierbei ist es, wenn die Anordnung jeder der Antriebskugeln, jedes der Rotoren und dergleichen basierend auf einer virtuellen, invertierten viereckigen Pyramide bestimmt wird, die mit einer auf den Kopf gestellten viereckigen Pyramide anstelle des virtuellen, invertierten walmdachförmigen Pentaeders gebildet wird, notwendig, die Form jedes Rotors

entsprechend dem Verhältnis der Länge der kurzen Seite zur Länge der langen Seite des Rechtecks mit vier Eckpunkten, die aus den Mittelpunkten der Antriebskugeln bestehen, zu ändern.

[0052] In der bisher beschriebenen mobilen Vorrichtung 10 mit einem Kugeltriebssystem sind zwei Rotoren zwischen benachbarten Antriebskugeln vorgesehen (z.B. sind die Rotoren 15 und 15' zwischen den Antriebskugeln 11 und 12 vorgesehen), und sind insgesamt acht Rotoren vorgesehen. Die Anzahl der zwischen benachbarten Antriebskugeln vorgesehenen Rotoren kann eins betragen, und dieser Rotor kann mit beiden benachbarten Antriebskugeln in Kontakt kommen. In diesem Fall beträgt die Gesamtzahl der Rotoren vier. Bei einer mobilen Vorrichtung mit einem Kugeltriebssystem, bei dem die Rotoren mit jeder der vier Antriebskugeln aus zwei verschiedenen Richtungen in Kontakt gebracht werden, beträgt die minimale Gesamtzahl der Rotoren daher vier.

[0053] Obwohl die mobile Vorrichtung 10 mit einem Kugeltriebssystem vier Antriebskugeln aufweist, kann sich die mobile Vorrichtung mit einem Kugeltriebssystem in alle Richtungen translatorisch bewegen und sich im und gegen den Uhrzeigersinn drehen, wenn sie zwei oder drei Antriebskugeln aufweist. Eine mobile Vorrichtung mit einem Kugeltriebssystem mit zwei oder drei Antriebskugeln, die in der Lage ist, einen Leerlauf von Rotoren zu unterdrücken, ist wie folgt konfiguriert. Das heißt, sie ist eine mobile Vorrichtung mit einem Kugeltriebssystem, das sich über eine Fahrfläche bewegt, mit: m (wobei $m = 2$ oder 3 ist) Antriebskugeln und $(4 - m)$ angetriebenen rotierenden Objekten, die jeweils auf der Fahrfläche rollen, und drei oder mehr Rotoren, die durch Antriebsquellen in einem Zustand drehbar angetrieben werden, in dem sie mit jeder der Antriebskugeln aus zwei verschiedenen Richtungen in Kontakt stehen, um die Antriebskugeln zu drehen, wobei die Fahrfläche eine horizontale Ebene ist, jede der Antriebskugeln auf jeder von verschiedenen Seitenkanten eines virtuellen, invertierten walmdachförmigen Pentaeders angeordnet ist, das vier Seitenflächen, eine Basis, die an einer Position angeordnet ist, die höher ist als ein Mittelpunkt jeder der Antriebskugeln, und einen First aufweist, der von der Basis entfernt und an einer Position angeordnet ist, die niedriger ist als der Mittelpunkt jeder der Antriebskugeln, und wobei jeder der Rotoren eine Drehachse senkrecht zu einer der Seitenflächen aufweist, wobei die eine der Seitenflächen eine zugeordnete Seitenfläche ist, wobei jeder der Rotoren mit der Antriebskugel an einer Position in Kontakt steht, die höher ist als der Mittelpunkt der kontaktierten Antriebskugel, und auch mit der Antriebskugel innerhalb oder auf der zugeordneten Seitenfläche des virtuellen, invertierten walmdachförmigen Pentaeders.

[0054] Außerdem müssen unter dem Gesichtspunkt, dass die Rotoren durch die Last des Basiselements oder dergleichen gegen die Antriebskugeln gedrückt werden, um einen Leerlauf der Rotoren zu unterdrücken, die Rotoren und ihre Drehachsen nicht wie oben beschrieben in Bezug auf das virtuelle, invertierte walmdachförmige Pentaeder angeordnet sein. Der Rotor kann mit der Antriebskugel an einer Position in Kontakt stehen, die höher ist als der Mittelpunkt der kontaktierten Antriebskugel. In diesem Fall ist es zum Erhöhen des Freiheitsgrades bei der Anordnung der einzelnen Rotoren vorteilhaft, den Rotor, dessen Seitenfläche mit der Antriebskugel in Kontakt steht, kegelförmig zu gestalten.

[0055] Daher ist die mobile Vorrichtung mit einem Kugeltriebssystem, das den Leerlauf von Rotoren unterdrückt und den Freiheitsgrad bei der Anordnung der Rotoren weiter erhöht, eine Vorrichtung, die zwei oder mehr Antriebskugeln und drei oder mehr Rotoren aufweist, die durch Antriebsquellen in einem Zustand drehbar angetrieben werden, in dem sie mit jeder der Antriebskugeln aus zwei verschiedenen Richtungen in Kontakt stehen, um die Antriebskugeln zu drehen, und die sich über eine Fahrfläche bewegen, wobei jeder der Rotoren eine Kegelförmigkeit hat, und wobei eine Seitenfläche jedes der Rotoren mit der Antriebskugel an einer Position in Kontakt kommt, die höher ist als ein Mittelpunkt der kontaktierten Antriebskugel.

[0056] Um ein schweres Objekt auf der mobilen Vorrichtung mit einem Kugeltriebssystem anzuordnen, ist es außerdem vorteilhaft vier statt nur drei Antriebskugeln zu verwenden.

[0057] Außerdem ist es bei der mobilen Vorrichtung mit einem Kugeltriebssystem bevorzugt, dass jeder Rotor mit nur einer Antriebskugel in Kontakt gebracht wird, um die gesamte Vorrichtung kompakt zu gestalten. Dies hat seinen Grund darin, dass es erforderlich ist, einen Rotor mit einem großen Durchmesser zu verwenden, um einen Rotor mit zwei Antriebskugeln in Kontakt zu bringen. Daher beträgt, wenn vier Antriebskugeln bereitgestellt werden, die Anzahl der Rotoren acht.

[0058] Wenn jeder Rotor mit nur einer Antriebskugel in Kontakt gebracht wird, ist eine Konstruktion, bei der ein Motor (Antriebsquelle) einen Rotor drehbar antreibt (die Anzahl der Motoren und die Anzahl der Rotoren sind gleich), unter dem Gesichtspunkt der Kompaktheit der gesamten Vorrichtung bevorzugt. Dies hat seinen Grund darin, dass es erforderlich ist, einen Motor mit einem großen Volumen zu verwenden, wenn ein Motor zwei Rotoren drehbar antreibt. Wenn acht Rotoren bereitgestellt werden, ist es daher bevorzugt, wenn acht Motoren verschiedene Rotoren drehbar antreiben.

[0059] Obwohl vorstehend eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung beschrieben worden ist, ist die vorliegende Erfindung nicht auf die vorstehend beschriebene Ausführungsform beschränkt, sondern innerhalb des Schutzzumfangs der vorliegenden Erfindung sind alle Änderungen von Bedingungen mit umfasst, die nicht vom Hauptinhalt abweichen.

[0060] Beispielsweise muss der Rotor nicht kegelförmig ausgebildet sein, sondern kann beispielsweise säulenförmig oder kugelförmig ausgebildet sein.

[0061] Ferner kann die Drehachse des Rotors ein Wellenelement (d.h. ein vorhandenes Element) oder eine virtuelle Welle sein.

[0062] Die Antriebskugeln können unterschiedliche Größen haben, und die Rotoren können unterschiedliche Größen und Formen haben. Wenn die Antriebskugeln in einer horizontalen Ebene angeordnet sind, können die Rotoren außerdem so angeordnet sein, dass die Rotoren in unterschiedlichen Höhen mit den Antriebskugeln in Kontakt stehen.

[0063] Darüber hinaus ist die vorliegende Erfindung auch auf eine mobile Vorrichtung mit einem Kugeltriebssystem anwendbar, bei dem die Bewegungsrichtung auf einer Fahrfläche spezifiziert ist (z.B. eine mobile Vorrichtung mit einem Kugeltriebssystem, die sich nur vorwärts und rückwärts bewegen kann).

Industrielle Anwendbarkeit

[0064] Da die erfindungsgemäße mobile Vorrichtung mit einem Kugeltriebssystem eine vorgegebene Bewegung durch Unterdrücken des Leerlaufs des mit der Kugel in Kontakt stehenden Rotors stabil ausführen kann, kann die mobile Vorrichtung als eine selbstfahrende Vorrichtung zum Tragen von Objekten verwendet werden.

Bezugszeichenliste

10	mobile Vorrichtung mit Kugeltriebssystem,
11, 12, 13, 14	Antriebskugel,
15, 15', 16, 16', 17, 17', 18, 18'	Rotor,
19, 19'	Seitenfläche,
20	Motor,
21, 21'	Seitenfläche,
22	Motor,
23, 23'	Seitenfläche,
24	Motor,

25, 25'	Seitenfläche,
26	Motor,
27	Basiselement,
A, B, C, D	Eckpunkt,
a, b, c, d	Seitenfläche,
G	Fahrfläche,
H	virtuelles, invertiertes walmdachförmiges Pentaeder,
J15, J18', J25', J26, J36', J37, J47', J48	virtuelle gerade Linie J,
K12, K23, K34, K41	virtuelle gerade Linie K,
O	First,
P1, P2, P3, P4	Mittelpunkt,
S1, S2, S3, S4	Seitenkante,
T15, T18', T25', T26, T36', T37, T47', T48	Kontaktpunkt,
e	Basis

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- JP 2010030360 [0003]

Patentansprüche

1. Mobile Vorrichtung mit einem Kugeltriebssystem, das sich über eine Fahrfläche bewegt, mit: vier Antriebskugeln, die jeweils auf der Fahrfläche rollen; und

vier oder mehr Rotoren, die durch Antriebsquellen in einem Zustand drehbar angetrieben werden, in dem sie mit jeder der Antriebskugeln aus zwei verschiedenen Richtungen in Kontakt stehen, um die Antriebskugeln zu drehen,

wobei die Fahrfläche eine horizontale Ebene ist, ein Mittelpunkt jeder der Antriebskugeln auf einer jeweiligen Seitenkante eines virtuellen, invertierten walmdachförmigen Pentaeders angeordnet ist, das vier Seitenflächen, eine Basis, die an einer Position angeordnet ist, die höher ist als der Mittelpunkt jeder der Antriebskugeln, und einen First aufweist, der von der Basis entfernt und an einer Position angeordnet ist, die niedriger ist als der Mittelpunkt jeder der Antriebskugeln, und

jeder der Rotoren eine Drehachse aufweist, die sich senkrecht zu einer der Seitenflächen erstreckt, wobei die eine der Seitenflächen eine zugeordnete Seitenfläche ist, wobei jeder der Rotoren mit der Antriebskugel an einer Position in Kontakt steht, die höher ist als der Mittelpunkt der kontaktierten Antriebskugel, und auch mit der Antriebskugel innerhalb oder auf der zugeordneten Seitenfläche des virtuellen, invertierten walmdachförmigen Pentaeders in Kontakt steht.

2. Mobile Vorrichtung mit einem Kugeltriebssystem nach Anspruch 1, wobei virtuelle gerade Linien J, die jeweils durch einen Kontaktpunkt, an dem die Antriebskugel und der Rotor zusammentreffen, und den Mittelpunkt der Antriebskugel verlaufen, sich jeweils orthogonal zu der Seitenkante erstrecken, auf der sich der Mittelpunkt der Antriebskugel befindet.

3. Mobile Vorrichtung mit einem Kugeltriebssystem nach Anspruch 1, wobei jeder der Rotoren kegelstumpfförmig ausgebildet ist und eine Seitenfläche aufweist, die mit der Antriebskugel in Kontakt steht, und wobei virtuelle gerade Linien J, die jeweils durch einen Kontaktpunkt, an dem die Antriebskugel und die Seitenfläche des Rotors zusammentreffen, und den Mittelpunkt der Antriebskugel verlaufen, die Seitenfläche des Rotors jeweils senkrecht schneiden.

4. Mobile Vorrichtung mit einem Kugeltriebssystem nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei die Seitenflächen des virtuellen, invertierten walmdachförmigen Pentaeders sich jeweils parallel zu virtuellen geraden Linien K erstrecken, die jeweils durch einen Kontaktpunkt, an dem der Rotor oder einer der zwischen zwei der Antriebskugeln angeordneten Rotoren und eine der beiden Antriebsku-

geln zusammentreffen, und einen Kontaktpunkt verlaufen, an dem der Rotor oder ein anderer der zwischen den beiden Antriebskugeln angeordneten Rotoren und die andere der beiden Antriebskugeln zusammentreffen, wobei jede der beiden Antriebskugeln auf einer jeweiligen der beiden Seitenkanten zentriert ist, die einen Teil einer Außenkante jeder der Seitenflächen bilden.

5. Mobile Vorrichtung mit einem Kugeltriebssystem nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei die Antriebskugeln die gleiche Größe haben und die Rotoren eine Kegelstumpfform gleicher Größe und eine Seitenfläche aufweisen, die mit der Antriebskugel auf einer gleichen Höhe in Kontakt steht.

6. Mobile Vorrichtung mit einem Kugeltriebssystem, das sich über eine Fahrfläche bewegt, mit: m (wobei $m = 2$ oder 3 ist) Antriebskugeln und (4 - m) angetriebenen rotierenden Objekten, die jeweils auf der Fahrfläche rollen; und

drei oder mehr Rotoren, die durch Antriebsquellen in einem Zustand drehbar angetrieben werden, in dem sie mit jeder der Antriebskugeln aus zwei verschiedenen Richtungen in Kontakt stehen, um die Antriebskugeln zu drehen,

wobei die Fahrfläche eine horizontale Ebene ist, jede der Antriebskugeln auf einer jeweiligen der verschiedenen Seitenkanten eines virtuellen, invertierten walmdachförmigen Pentaeders angeordnet ist, das vier Seitenflächen, eine Basis, die an einer Position angeordnet ist, die höher ist als ein Mittelpunkt jeder der Antriebskugeln, und einen First aufweist, der von der Basis entfernt und an einer Position angeordnet ist, die niedriger ist als der Mittelpunkt jeder der Antriebskugeln, und

jeder der Rotoren eine Drehachse aufweist, die sich senkrecht zu einer der Seitenflächen erstreckt, wobei die eine der Seitenflächen eine zugeordnete Seitenfläche ist, wobei jeder der Rotoren mit der Antriebskugel an einer Position in Kontakt steht, die höher ist als der Mittelpunkt der kontaktierten Antriebskugel, und auch mit der Antriebskugel innerhalb oder auf der zugeordneten Seitenfläche des virtuellen, invertierten walmdachförmigen Pentaeders in Kontakt steht.

7. Mobile Vorrichtung mit einem Kugeltriebssystem, das sich über eine Fahrfläche bewegt, mit: zwei oder mehr Antriebskugeln, die jeweils auf der Fahrfläche rollen; und

drei oder mehr Rotoren, die durch Antriebsquellen in einem Zustand drehbar angetrieben werden, in dem sie mit jeder der Antriebskugeln aus zwei verschiedenen Richtungen in Kontakt stehen, um die Antriebskugeln zu drehen, wobei jeder der Rotoren eine Kegelstumpfform hat und eine Seitenfläche jedes der Rotoren mit der Antriebskugel an einer Position in Kontakt kommt,

die höher ist als ein Mittelpunkt der kontaktierten Antriebskugel.

8. Mobile Vorrichtung mit einem Kugelantriebssystem nach Anspruch 7, wobei die Anzahl der Antriebskugeln und die Anzahl der Rotoren vier bzw. acht beträgt und zwei der Rotoren mit jeder der Antriebskugeln in Kontakt stehen.

9. Mobile Vorrichtung mit einem Kugelantriebssystem nach Anspruch 8, wobei die Anzahl der Antriebsquellen acht beträgt und die Antriebsquellen die verschiedenen Rotoren drehbar antreiben.

Es folgen 5 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG. 1

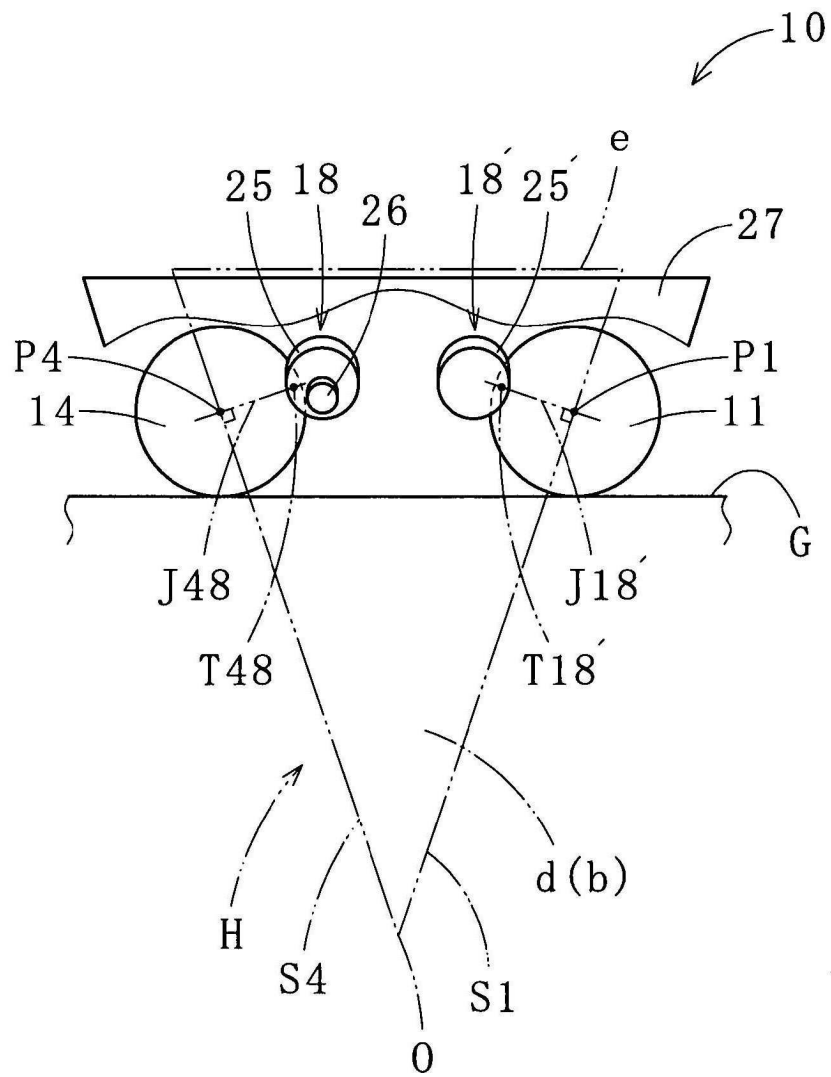


FIG. 4

