

球体伝達機構を用いた次世代移動手段の開発

システム工学群

材料革新サステナブルテクノロジー研究室 1190109 長嶋 晋也

1. 緒言

現代には自動車や鉄道、航空機など様々な移動手段が存在する。これらの移動手段は、大きく分けて2つに分類することができる。1つ目は、自動車や航空機などの移動型。2つ目は、エスカレーターや鉄道などの設置型である。移動型は、自由に移動できる反面、オペレーションミスなどで事故が起きやすく、設置型は移動方向が固定されているものの、事故が起きにくいという特徴がある。そこで本研究室では先行研究⁽¹⁾⁽²⁾として、移動型と設置型の長所を兼ね備えた新たな移動手段「ベアリングロード」を提案している。ベアリングロードとは球体を床面に敷き詰め、その球体が回転することで、対象物を意図する方向に移動させる装置である。この装置は複数のユニットで構成されており、そのユニット1つ1つが各地点で起こることを予測する自点起発事象予測方式を想定しているため、高い安全性を持ちながら、全方向への移動が可能であると考えている。

2. 先行研究

2.1 球体型1号機

開発において、図1に示すような基本構造が考案された。動作原理は、まずホイールが回転し、駆動球体を回転させる。さらに、その回転が従動球体に伝わることで、対象物を移動させるという仕組みである。これを1つのユニットとし、複数個敷き詰めることでベアリングロードが完成する。

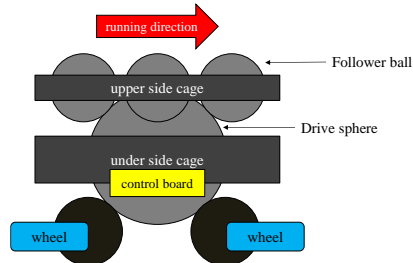


Fig.1 Basic structure of first type bearing load

基本構造を基に図2に示すような球体型1号機を製作した。実際に製作することで明らかになった問題点⁽³⁾を以下に記す。

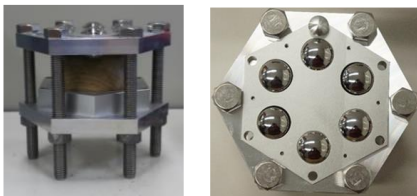


Fig.2 Prototype1 observed from the side and top view

- ① ユニット上側に余白が多く、対象物が上に乗った際に余白部分に接触し、移動の妨げとなってしまうこと。
- ② 球体と保持器の径が同じであるため、球体と保持器の間で摩擦が大きく、球体が回転しにくくなっていること。
- ③ 移動対象物の移動方向と搬送を一括して決定するため、制御が複雑で難しいこと。

2.2 球体型2号機

球体型1号機の問題点を基に改良案として、球体型2号機（以下、2号機とする。）を考案し、製作した。図3の左側に示すように、下から方位決定機構、駆動機構、保持器の3段構造である。動作原理は、一番下のモーターが駆動し、歯車によってテーブルが回転することで、伝達方向を決定する。その後、駆動機構のモーターが駆動し、ベルトを介して駆動球体を回転させる。駆動球体が回転することで従動球体も回転し、対象物を移動させる仕組みとなっている。

この上述する構想を基に、図3に示すような試作機を製作し、動作実験を行った。まずこの2号機では、1350gまでの重さを運搬することができた。一方、以下に記すような問題が明らかになった。⁽⁴⁾⁽⁵⁾

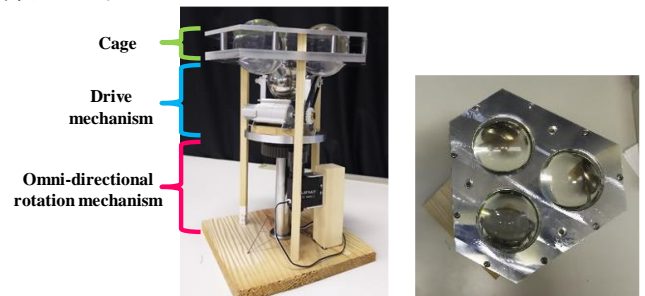


Fig.3 prototype2 observed from the side and top view

- ① 駆動球体と従動球体で滑りが発生していること。
- ② 敷き詰めの際に別のユニットが必要となること。

3. 研究内容

前述のように2号機で対象物を運搬することができ、ベースとなる機構を確立できた。そこで本研究では、2号機の改良と敷き詰めを意識しながら、ユニット構造の確立を目指すこととする。そのためにまずは、2号機を基準にして球体型3号機（以下、3号機とする。）を考案し、製作を行う。その後、3号機においても動作実験を行い、運搬できる最大の重さを計測する。

4. 球体型3号機

4.1 球体型3号機の考案

考案した3号機の改良点について説明する。

- ① 敷き詰めのための小型化
小型化することで対象物を運ぶ際にかかる重さをより多くのユニットで分配することが可能になると考え、概略寸法を2号機 200×200×300(mm) → 3号機 120×120×240(mm)とした。
- ② 保持器の形を正六角形に変更
2号機では、動力伝達が出来ない無駄な余白を減らすために異形六角形にしていたが、敷き詰める際に別のユニットが必要となっていた。そこで保持器を正六角形に変えることで敷き詰めやすい形にした。正六角形にしたことで生じた余白にはボールローラーを組み込むことで搬送にかかる負荷を減らす工夫をした。2号機と3号機の保持器のイメージを図4に示す。

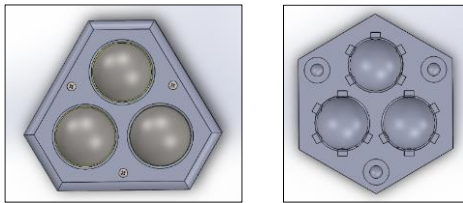


Fig.4 The form of prototype2 and prototype3 of the cage

③ ボールローラーを保持器の上下に組み込み,従動球体の保持方法を変更

2号機ではブランチャーピンを保持器の下側のみに組み込んでいたが,球体が跳ねてうまく動力が伝達できないなどの問題が生じていたため,3号機ではボールローラーを保持器の上下に組み込み,球体を挟み込む構造に変更した.それぞれの機構を図5に示す.ブランチャーピンからボールローラーに変更したことで,保持器と従動球体の間で更なる摩擦の軽減が期待される.

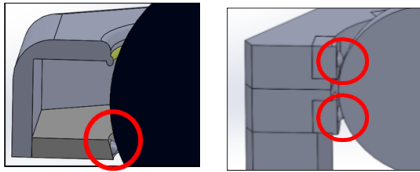


Fig.5 Image of holding method

④ 球体の材質をアクリルからゴムに変更

2号機では駆動球体の金属球と従動球体のアクリル球で滑りが見られた.そこで,従動球体のアクリル球をゴム球に変更することで上下の球体の間に2号機以上に摩擦力を生み,滑りが発生しないように改良した.

⑤ 球軸を支える柱の形を変更

図6に示すように,柱の形が真っ直ぐな2号機に対して,3号機の球軸の柱は逆L字のような形に変更した.このことでモーターの設置スペースを広く獲得することができ,小型化したものの,2号機と同じモーターが設置可能となった.

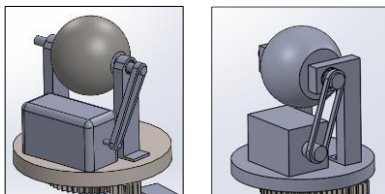


Fig.6 The form of prototype2 and prototype3 of the pillars

4.2 球体型3号機の製作

実際に3Dプリンターを用いて製作した3号機を図7に示す.

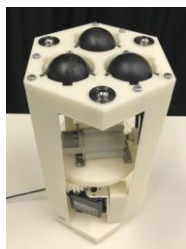


Fig.7 Image of production of prototype3 observed from the isometric view

4.3 動作実験

製作した3号機において,球体伝達機構に荷重を掛けた時の挙動を確認するため動作実験を行った.実験方法はユニットに錘を載せてモーターを駆動させ,動かすことができる最大の重さを計測するというものである.

実際に計測したところ,最大2500gまでの錘を動かすことができた.2500g以降は駆動機構のベルトと球軸の歯車との間で空転が起きた.よって,今回開発した球体型3号機がユニット1つで運搬することができる最大の重さは2500gであると考えられる.

4.4 考察

ここではどのような原理により3号機が2号機に比べ,重い物を搬送することができるようになったのかを考察する.

図8に示すように,球体の重さが同じであると仮定した場合,接触する位置点が高いほど接触圧が高いので,トルクが伝達されやすく,低いほど球体が外側に逃げる力が大きくなるので,トルクの損失も大きくなる.

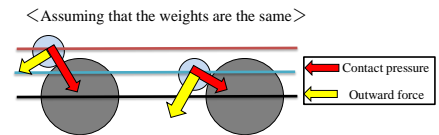


Fig.8 Difference in force applied by contact point

一方,図9に示すように,接触する位置が同じであると仮定すれば,動かすことができる重さの総和は等しいので,球体が軽いほど動かせる重さの最大値は大きくなる.

<Assuming that the contact points of the spheres are the same>

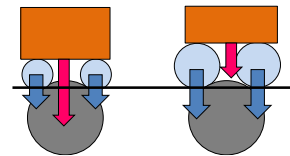


Fig.9 Difference in force application method due to difference in weight of spheres

つまり,従動球体が駆動球体と接触する位置を高くし,従動球体の質量を軽くしたことで1350gまでの対象物しか運搬できなかった機構を,2500gまでの対象物を運ぶことができたのではないかと考えられる.

5. 結言

新たな移動手段である,「ベアリングロード」の完成に向け,ユニット構造の確立に取り組んだ.2号機の問題点を踏まえて,改良した新モデル3号機を製作し,動作実験を行った.動作実験より,球体型2号機と同じモーターを使い,1350gまでしか運搬できなかった錘を2500gまで運搬することができるようになった.今後はこの3号機を複数個用意し,敷き詰めて動作実験を行う.また制御を組み込んで全方向への動作実験を行う.その後,安全性やコスト面,消費電力など実用化に向けた諸問題を解決し,「ベアリングロード」の完成を目指す.

文献

- (1) 吉本翔斗:「未来的移動手段を想定した球体による革新的駆動伝達機構の提案」高知工科大学卒業論文,2016
- (2) 藤川涼平:「球体伝達機構と全方向移動装置を用いた次世代移動手段の開発」高知工科大学大学院 修士論文,2017
- (3) 竹中克昭:「ホイール配置による球体の全方向回転制御機構の開発」高知工科大学 卒業論文,2017
- (4) 狩野大輝:「球体伝達機構を用いた全方向移動手段の開発」高知工科大学 卒業論文,2018
- (5) 鈴鹿紅音:「球体と全方向移動制御装置を用いた次世代移動手段の開発」高知工科大学 卒業論文,2018