

## 球体を用いた伝達機構の高効率化

材料革新サステイナブルテクノロジー研究室 1170002 秋山 将太郎

## 1. 序論

人類は徒歩から始まり、現在では自動車、飛行機、船など様々な移動手段を使用して生活している。移動速度は遅いが平面方向の移動自由度が高いもの。移動速度は速いがコストがかかるもの、移動手段にはそれぞれ特徴がある。人間を運ぶ移動手段はどれも筐体が必要であり、その筐体のために余分なエネルギーが消費される。自動車を例に挙げれば、人間を運ぶために約 1.5t もの重量がある自動車を動かすエネルギーを必要とする。仮に人間のみを運ぶことができる移動手段があれば無駄なエネルギーを使わず、最小限のエネルギーでの移動が可能となる。例として現在空港などでは動く歩道がみられるが、移動方向、速度が決められており、自由な移動はできない。そこで本研究では、自分の意志で移動方向、速度を決定でき、エネルギー消費の少ない新しい移動手段としてベアリングロードを提案する。

## 2. ベアリングロード

ベアリングロードとは 1996 年に公開された映画「ドラえもん のび太の銀河超特急」<sup>(1)</sup>に登場する秘密道具の一つで、人の思考を読み取ることで任意に移動方向・移動速度を決定できる移動手段である。動作原理はおそらく、道路に小さな球体が敷き詰められており、何らかの方法で人間の思考を読み取り、モーターで球体を駆動させることで、人間を運搬していると考えられる。また、移動速度の調節も可能であり、複数人同時の使用も可能な設計になっていると考えられる。

## 3. 先行研究での構想と問題点

## 3.1 基本概念

先行研究<sup>(2)</sup>では、このベアリングロードをベアリング部、スイッチ部、駆動部、制御部、支持部の 5 部門で構成を考えた。ドラえもんの映画に登場するベアリングロードは人間からの信号を受け取るセンサーまたはスイッチ、ボールを回転させるモーター、全方向に回転可能な支持方法、それらを制御する制御機構がすべて 1 つの球の内部に組み込まれていると考えられる。しかし現代の技術では実現できないと考え、体重によって移動方向を決定する 3 段構造を考案した。

先行研究で考案した基本構造を図 1 に示す。人の体重がスイッチに掛かるとモーターが回転して 2 段目の大きなボールを回転させる。その上に 6 つの小さなボールがあり、大きなボールに接触することで回転し人を運搬する。これを 1 ユニットとし、複数並べることでベアリングロードが完成する。

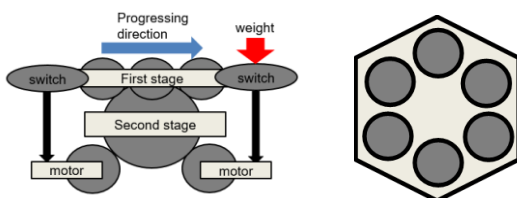


Fig.1 Basic structure see from the front and side

## 3.2 旧モデルでの問題点

基本概念をもとに 3DCAD を用い作成したモデル図を図 2 に示す。1 段目、2 段目のボールを受ける保持器に支柱をつけ、固

定する。一番下に駆動部を設け、そこから 1 段目までスイッチを伸ばし、このスイッチを踏むことでボールが回転する。また、モデルをもとに実際製作したモデルを図 3 に示す。

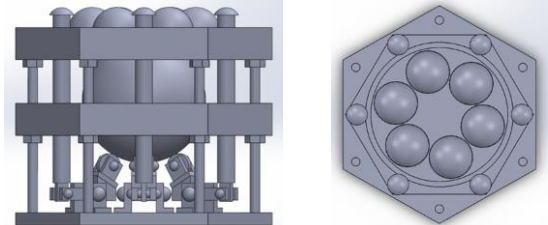


Fig.2 Model drawing made with 3DCAD

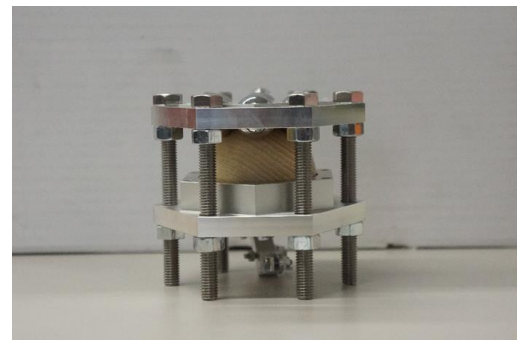


Fig.3 Model created

まずベアリング部だが、実際製作したモデルで動作確認をした際に球体、保持器間での摩擦により球体がうまく回転しないことが発覚した。

次にベアリングロードが稼働している際に足がスイッチに引っかかる可能性がある。これは事故につながる危険性が高いため、改良が必要である。もう一点、制御が難しいことが挙げられる。ユニット一つのみで考えるとこのスイッチで稼働するモデルの制御は簡単である。しかし実際には片足で複数個のユニットを踏むことになる。この場合、スイッチも複数踏むことになり、ユニット同士の連携をうまくとる必要がある。これを制御するのは困難である。この 2 点の問題を解決するために、今後荷重センサーを用いることを検討している。

## 4. ボールローラを用いた新モデル

旧モデルでは、球体保持器と球体の摩擦で球体がうまく回らないという大きな問題が生じた。この問題を解決するために、ボールローラ<sup>(3)</sup>という部品を取り入れた。また、そのほかの問題についても改善をした。

ボールローラとはメインボールのまわりを複数のサブボールが覆うことで、摩擦係数が小さくなり、わずかな力で球体の回転を可能とする機構である。このボールローラを取り入れた新しいモデルを紹介していく。新モデルを図 4 に示す。

大きく変わった点は、2 段目の保持器とスイッチを無くしたこと、駆動部に直接モーターを設置したことである。2 段目の保持器を取り払った理由としては、旧モデルでは 2 段目保

持器で球体の高さを固定したために、1 段目球体とうまく接触しないことがあったためである。今回、1 段目の保持器においても上下方向の拘束はしていないため、回転に十分な接触が得られると考える。また、スイッチの代わりに荷重センサーを取り付けることで、1 段目は球体以外の凸は無くなり、足が引っかかる心配がなくなった。

駆動部は 4 つのモーターを配置し、モーター先端部の車輪の上に 2 段目の球体が配置される。人が乗る際モーターの軸に大きな荷重が加わるため、車輪の下にボールローラを配置し、車輪を 2 段目球体とボールローラで挟み込む形になっている。

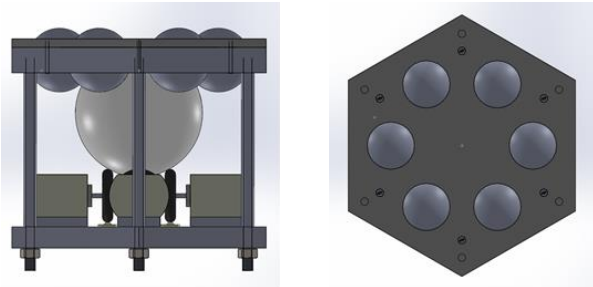


Fig.4 New model using ball roller

図 5 に 1 段目保持器を示す。1 段目の球体はボールローラ 2 つと 2 段目の球体で固定する。この構造によって、球体はスムーズな回転が可能となる。保持器を固定するボルトは頭の部分を保持器に埋め込むことで、出っ張りを無くしている。

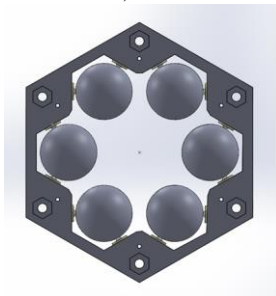


Fig.5 First stage retainer

## 5. 実用化に向けての問題解決

### 5.1 素材の選定

ベアリングロードは人の移動手段に使うことを目的に開発をしている。人が乗ることを考えると、人を支える強度を持つことが最も重要である。さらに、球体や保持器の錆びは、球体が回転する妨げになるため、腐食に強い素材が必要とされる。駆動に関して言えば、球体同士の摩擦力が十分でないと、モーターからの動力をうまく人間まで伝えられない。その上、ベアリングロードを完成させるには、無数のユニットが必要となり、コストも考えなければならない。以上のことから、強度、耐腐食性、摩擦力、コストを中心に、ベアリングロードに適した素材を慎重に検討していかなければならない。

### 5.2 球体の伝達効率

球体同士の摩擦力、転がり摩擦は平面同士の摩擦力より極端に小さくなる。ベアリングロードは球体駆動の機構となるので、球体同士の伝達効率が駆動させるための鍵となる。

今回、比較的簡単に低コストで測定できるモーメントバランス法<sup>(4)</sup>を用いて伝達効率測定をした。実験装置の概略図を図 6 に示す。球体同士の接触により損失された値が錘の重さと計測器に出力された値の差で求まる。

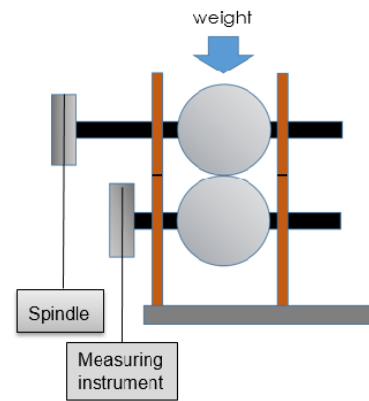


Fig.6 measuring device

実験手順は以下のとおりである。

- 1, シャフトに球体を組む
- 2, 球体に上から荷重をかける
- 3, プーリーの一方に計測器を設置し、一方に錘を吊るす
- 4, 錘の重量と計測器の出力値から伝達効率を算出する
- 5, 吊るす錘の重量, 球体にかかる荷重を変えて計測する

### 5.3 ステンレス球 (SUS304) での測定

球体の素材候補であるステンレスで測定した。今回、ベアリングロードに 60 kg, 40 kg の人が乗ることを仮定して、球体に負荷を掛けて測定した。結果を図 7 に示す。

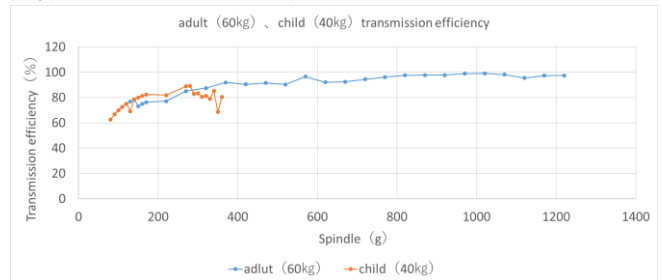


Fig.7 transmission efficiency

60kg では錘が 1120g で、40 kg では 320g で球体が滑り出した。この結果から、40 kg から 60 kg の人が利用する場合、回転負荷が 270g から 310g の間で球体が滑ることなく、80%以上の伝達効率を保つことができる。また、錘が 70g 以下では計測器に値が出力されなかったことから、始動トルクは 0.686Nm であると考えた。

## 6. 結言

ベアリングロードの実用化に向けて素材の選定、球体の伝達効率向上、また、構造について研究を行った。旧モデルにあった球体のスムーズな回転や、駆動に関する問題は新モデルの提案で解決できた。伝達効率に関して言えば、候補の一つであるステンレス球でしか測定はできていないが、測定方法を確立できたことで、様々な素材を使用して効率測定ができるであろう。今後はゴムなどの素材で効率を測定し、ベアリングロードに適した素材の選定をしていく。

### 文献

- (1) 芝山 努 (監督)、藤子・F・不二雄 (脚本・原作) 「映画ドラえもん のび太と銀河超特急」 (1996)
- (2) 吉本翔斗: 平成 27 年度卒業報告 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
- (3) ボールローラの特長 |NBK【鍋屋パイテック会社】
- (4) 歯車の動力伝達効率測定に関する研究 園田計二, 原賀匠, 砂川裕紀 2013