

# 球体を用いた敷詰型全方向搬送機構の開発

## The development of a sphere type omnidirectional transportation system spreading over a floor in a honeycomb shape

知能機械システム工学コース

材料革新サステイナブルテクノロジー研究室 1225016 狩野 大輝

### 1. 緒言

現代では技術の進歩により鉄道や自動車といった様々な移動手段が存在している。これらの移動手段は自動車やバイクといった、筐体と共に対象物も移動する移動型と、エスカレーターや動く歩道といった、筐体は動かず対象物のみが移動する設置型の2種類に分類される。移動型は全方向に自在に移動できる反面、それぞれが意思を持って運転しているため事故の危険性が高いという欠点がある。一方、設置型は衝突などといった事故の危険性は低い反面、移動方向が一定であるという欠点がある。そこで本研究室では両者の利点を持ち合わせた、全方向に移動でき、かつ安全性が高い新たな移動手段「ユークリーター」を提案した。

### 2. 先行研究

ユークリーターの開発にあたり、図1に示すような基本構造を考案した<sup>(1)(2)</sup>。動作原理は、初めにセンサーで対象物を感知し、モータを駆動させることで、ホイールが回転する。それにより下側の球体、上側の球体の順に回転が伝達することで対象物を移動させる構造である。これを1ユニットとし、複数個敷き詰めることでシステムを構成するイメージである。このシステム自体が対象物同士の衝突を防ぐようにルート決定や速度制御を行うため、高い安全性を提供することができる(自点起発事象予測方式)。

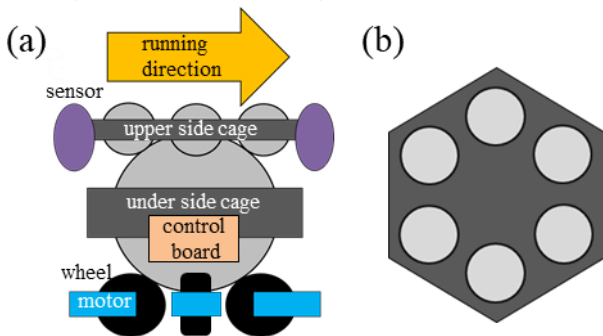


Fig.1 Basic structure of bearing road  
(a) Side view (b) Top view

実際にイメージを形にすることで問題点を明らかにしたいと考え、この基本構造を基に図2(a)のような1号機を製作した。その結果、ユニット上面の余白が多く搬送の妨げになることや球体の全方向回転制御が難しい<sup>(3)</sup>ことなど、ユニットを動作させるに当たっての問題点が明らかになった。そこで、まずは「動かす」ことを目標に図2(b)のような2号機を製作した<sup>(4)</sup>。大きな改良点は2つある。1つ目は、ユニット上面の余白を減らすため上側の球体の数を6つから3つに減らし、直径を大きくした点である。2つ目は、1号機では同じ機構で行っていた方向制御と球体駆動をそれぞれ別々の

機構に分けた点である。これらの改良により、ユニットを動作させることができた。動作実験の結果、球体間で動力が伝達できることが確認でき、実際に物を載せたところ 1.35 kg まで動かすことができると分かった。

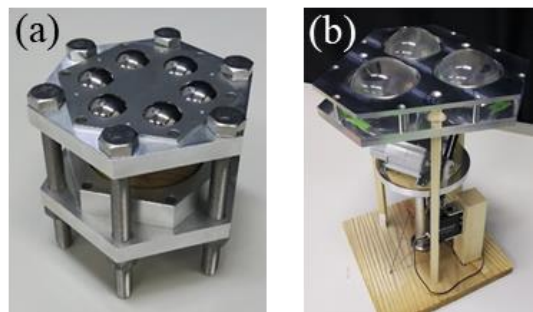


Fig.2 Prototype of an unit  
(a) Type 1 (b) Type 2

### 3. 研究内容

ユークリーター開発の最終目標は、ショッピングモールや空港、工場などに敷き詰めることで人や荷物などを対象にした搬送を行うことである。しかし、最初から人の搬送を目指すことは技術的に難しいと考え、まずは荷物の搬送を目標に開発を進めることにした。そのための課題は大きく3つある。以下に、その課題を示す。

- ユニットの開発  
搬送実験のためのユニット製作、性能評価
- ユニットの制御  
モータやセンサー制御の回路設計、プログラム開発
- システム全体の技術開発  
ユニット同士の接続方法など構造の最適化や、位置情報把握と搬送速度・ルート決定方法の確立

本研究では、新ユニットの製作と搬送実験での性能評価に取り組んだ。

### 4. ユニットの製作

#### 4-1. 3号機

先述のように2号機では球体同士の接触によって動力が伝達でき、1.35 kgの物を動かせることが分かった。これによりユニットの大まかな構造を確立することができたため、敷き詰めての搬送実験に向けて図3(a)のような3号機を製作した<sup>(5)</sup>。3号機での改良点について説明する。

#### ①敷き詰めのために小型化

1ユニット当たりの荷重を少なくするため、概略寸法として200×220×300(mm)から140×120×240(mm)に小型化した。また、モータの設置スペースを広く取るため、2号機ではI字

型であった下側の球体の柱を L 字型に変更した。これにより、小型化しながらも 2 号機と同じモータを使用することが可能となった。

②球体保持器の形状と球体保持方法の変更

2 号機の変則的な六角形では敷き詰めた際にできる空白を埋めるため、別形状のユニットが必要になってしまう。そこで 3 号機では正六角形に変更し、このユニットのみで敷き詰められるようにした。また、球体保持は下側のみでの保持から上下で挟み込む構造に変更した。

③球体素材の変更

2 号機ではアクリル球であったが、鋼球との摩擦が小さく滑りが発生してしまうため、3 号機では摩擦が大きいクロロプレンゴム球に変更した。

4-2. 4 号機

3 号機での動作確認では球体間の回転の伝達や方向決定が問題なかったことから、敷き詰めての搬送実験ができる段階になった。増産に当たり 3 号機から改良を行った 4 号機を製作した。製作した 4 号機を図 3(b)に示す。

4 号機での改良点について説明する。

①サーボモータの位置をテーブルの上に移動

3 号機ではテーブルの下にサーボモータを設置していたが、それが原因で無駄なスペースができていた。そこで、スペースに余裕のあったテーブル上にサーボモータを移動させた。これにより、機構の高さを約 80 mm 抑えられ、敷き詰める際のスペースを少なくすることに成功した。

②保持器上板の厚さを 1 mm 増加

3 号機では保持器上板とボールローラとの間に段差が生じていたため、保持器上板の厚さを 1mm 増やし、ボールローラを埋め込めるようにしたことで段差を無くした。

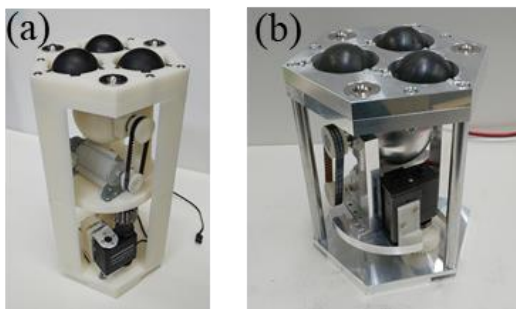


Fig.3 Prototype of an unit  
(a) Type 3 (b) Type 4

5. 搬送実験

5-1. 実験① 搬送可能重量・速度測定

製作した 4 号機を敷き詰めた状態で搬送できる重量や、その際の速度を測定した。錘として使用する木板はユニット約 1 個分の大きさ（以下、板①とする）と約 2 個分の大きさ（以下、板②とする）の 2 種類を用意した。寸法は板①が 12 × 12 × 14(mm)、板②が 12 × 24 × 18(mm)である。実験装置を図 4 に、測定結果を図 5 に示す。

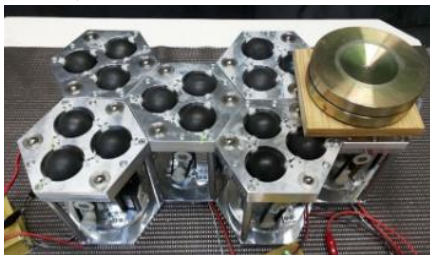


Fig.4 Measuring device

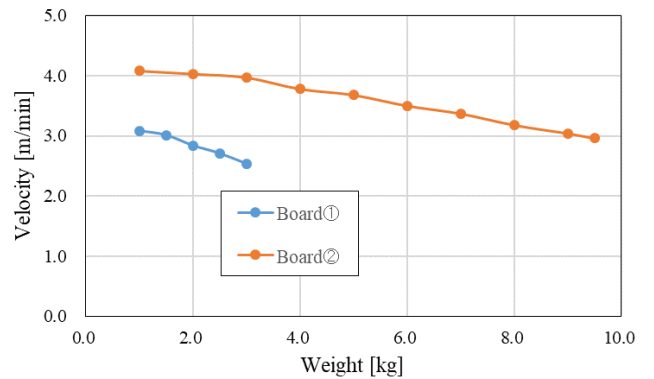


Fig.5 Relationship of weight and velocity

測定の結果、板①では 3.0 kg、板②では 9.5 kg まで搬送可能で、その時の速度はそれぞれ 2.54 m/min、2.96 m/min であることが分かった。今後、重量については構造の、速度についてはモータの改良で向上させる。

5-2. 実験② ユニットの動力伝達効率測定

機械部品において、動力伝達の際に発生する損失はできるだけ少ないことが望ましい。そこで本ユニットについても動力伝達効率の測定を行った。実験①で用いたユニットを傾斜計により 5° 傾けて板①を搬送させ、鉛直方向の速度から仕事率を算出し、モータの動力と比較して伝達効率を求めた。測定結果を表 1 に示す。

Table.1 Power transmission efficiency

	$\eta_1$ [%]	$\eta_2$ [%]	$\eta_3$ [%]	$\eta_{ave}$ [%]
1.0 kg	15.2	15.5	14.2	15.0
1.5 kg	20.7	23.6	23.2	22.5
2.0 kg	32.0	29.1	27.1	29.4
2.5 kg	33.7	34.2	34.0	34.0

測定の結果、錘が重くなるほど効率が上がることや、一番高い効率でも 34.2% と損失が大きいことが分かった。今後、構造やモータ制御方法の改良で効率 50% を目指す。

6. 結言

新たな移動手段「ユークリーター」の開発における、ユニットの製作と搬送実験での性能評価に取り組んだ。ユニットの製作に関しては、搬送実験に向けて 2 号機を改良した 3 号機と、増産に当たりさらに改良した 4 号機を製作した。また搬送実験に関しては、搬送可能重量・速度測定と動力伝達効率測定 の 2 項目を行った。

今後は構造やモータ、制御方法の改良を行い、性能を上げていきたいと考えている。その他、センサーなどを組み込んだ全方向搬送実験や自点起発事象予測方式の確立にも取り組む。

参考文献

- (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) 長嶋晋也：「球体駆動機構を用いた次世代移動手段の開発」高知工科大学 卒業論文，2019