

# ベルトを用いた全方向移動装置の開発

システム工学群

材料革新サステイナブルテクノロジー研究室 1190009 石井 和磨

## 1. 序論

人類は古代から可能な限り遠くへ、そして速く、しかも最大限簡単に移動できる手段を開発してきた。それらの移動手段は対象物と共に移動する自動車や自転車などの移動型、設置して対象物のみを移動させる電車やエスカレーターなどの設置型の2つに大別できる。前者には全方向に移動できるという利点があるが、人間が操作するため事故が起こりやすいという欠点がある。後者には事故が起こりにくいという利点があるが行き先が固定されているという欠点がある。そこで、移動型、設置型両方の利点、つまり高い移動自由度と高い安全性を同時に叶える新移動手段の開発に関する研究が注目されている。例えば、本研究室で開発している「ベアリングロード」などである。この移動装置の最も優れた点は別次元の安全性を提供できる点である。現在の移動手段では運転者は周りとの情報共有が行えず、情報を共有するのにタイムラグがあり、進行したい先の地点で起こりうる事象を操縦者自身が主体的に予測し回避する他点起発事象予想方式である。しかし、ベアリングロードではユニット同士がリアルタイムで情報共有を行い、移動対象物の行き先を操作する。すなわち、ユニット自身が次の瞬間に何が起こりうるか予測する自点起発事象予想方式を想定しているため、より安全な移動装置となる。

## 2. 先行研究

先に記したように高い移動自由度と高い安全性を同時に叶える新移動手段として球体を用いた全方向移動手段「ベアリングロード」がある。ベアリングロードとは床面に球体を敷き詰め、球体の回転によって対象物自体が意図する方向に移動させる装置である。これまでベアリングロードの実現に向けて、我々の研究室では構造の考案と製作、またはその制御に関する研究を行ってきた。先行研究の開発により製作された2号機の投影図、上面図、側面図を図2に示す<sup>(1)(2)</sup>。

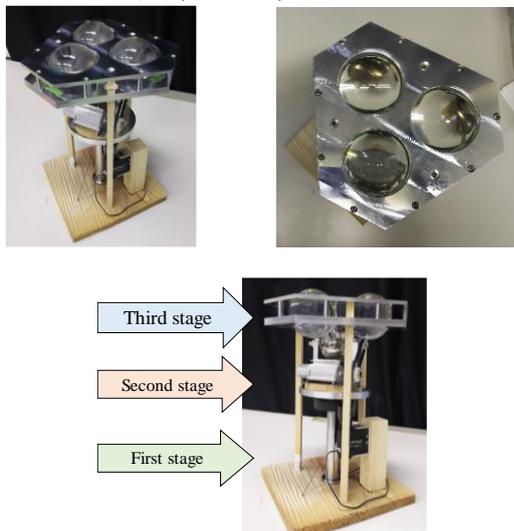


Fig. 1 Bearing road prototype2 observed from the project and top and side view

2号機では3段構造を用いている。1段目は2段目を回転させ搬送方位を決定する役割、2段目はモーターにより1つの球体を回転させる動力を3段目に伝える役割、3段目は3つの球体で構成され、2段目の1つの球体から伝達された動力によって移動対象物を搬送させる役割である。動作実験を行ったところ、最大1350gの対象物まで搬送可能であった。しかし、それ以上の重量になると2段目と1段目の球体に滑りが生じ、動力伝達が不可能となった。また、2段目の1つの球体によって3段目の3つの球体へ動力伝達を行うため、搬送したい方向に全ての動力を伝えられないなどの問題も存在している。そこで、本研究では大きな荷重を加えても滑りが発生づらく、また、搬送方向に全ての動力伝達することを可能にするベルトに注目し、ベルトを用いた新たな全方向移動装置の開発に挑戦した。

## 3. 研究内容

### 3-1. 概念

本研究で開発をしたベルトを用いた全方向移動装置の模式図を図2に示す。これは、ベルトを敷き詰めた円形のユニットが移動対象物の目指す方向に移動させる装置である。

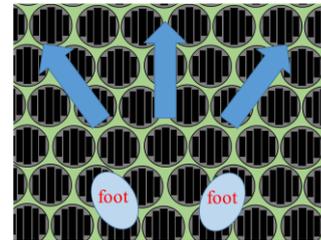


Fig. 2 Schematic image of omnidirectional moving device

本システムではベアリングロードの3段構造を踏襲し、2号機の1段目の方位制御システムを採用している。また、2段目と3段目を、ベルトコンベアを基にセンタードライブシステム(SDS)を用いて開発した。SDSベルトコンベアを図3に示す。このSDSを導入するため、搬送用駆動部である2段目と移動対象物との接触部である3段目は2号機と異なり一括して動作する仕組みとなった。

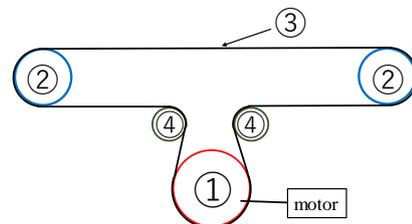


Fig. 3 Schematic image of center drive belt conveyor

①はモーターによって駆動するドライブプリー（駆動歯車）、②は従動して動くコーナープリー（従動歯車）、③がプリーと共に回転するベルト、④はドライブプリーの巻付け角を増加させるスナッププリーである。

### 3-2. モデルの開発

モデルを開発するにあたり、2段目と3段目の構造の考案

を最初に行った。ユニットは上面から見て円形のため、可能な限り円形に沿ってベルトを敷き詰めることにより余白部分が少なくなり、対象物に対して動力を効率よく伝えることが可能なように設計した。さらに、ベルトの面速を一定にするために1本の軸で全てのベルトを駆動させる必要がある。また、伝達効率を100%に近づけるためベルトにはタイミングベルトを使用することにした。他に、組立ての簡易化等の案を提案した結果、図4に示す回転体が完成した。これを1段目と組み合わせて全方向移動装置とした。

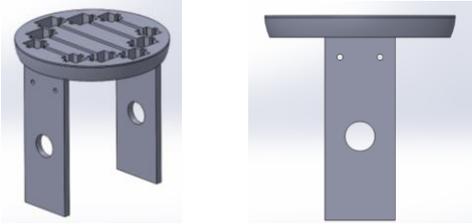


Fig. 4 Model of prototype 1

この回転体に歯車やベルトを通したものを試作1号機とした。軸とベルトやベアリング等を除いて各部品を3Dプリンターで製作し組み立てを行った。試作1号機を図5に示す。



Fig. 5 Prototype 1 of the second stage and third stage

その際、5つの駆動歯車を回転体内で軸に通す作業やベルトを張った状態での組み立て作業が困難であることが判明した。また、この試作機のベルトをうまく回転させることができなかった。これは、ベルトの幅とベルトを通す穴の幅がほぼ同一であったため、回転体とベルトの間に大きな摩擦力が発生したことが原因ではないかと考えられる。また、ベルトと歯車のモジュールが異なっていた等の原因も考えられる。

### 3-3. モデルの改良

上記の問題が発生したため試作機の改良を行った。組み立て時の問題解決に際し、組み立てた後にベルトを張ることができるベルトの張力調整機構を組み込むことにした。この機構にはスナップローラーの可動と固定によってベルトの張力を調整する仕組みを採用した。加えて、ベルトが通る穴の幅を大きくし、ベルトと回転体が接触しないようにした。歯車はタイミングベルトのモジュールに合わせて0.9として製作した。従動歯車はモジュール0.9では噛み合わなかったが、モジュール0.8で製作したところ噛み合った。また、ユニットの小型化のため、搬送動力は別グループでも用いているインギヤモーターを使用し搬送動力と駆動歯車の一体化を図った。1号機に改良を加えた回転体の全体図と側面図を図6に示す。

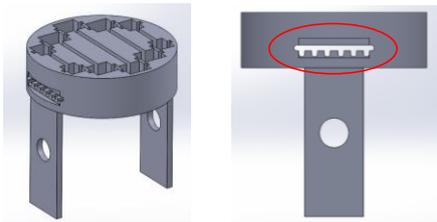


Fig. 6 Model improved prototype 1

このモデルではスナップローラーを可動式にするため、図6の側面図に示すように、回転体の円筒部の側面に穴をあけ、そこにスナップローラーを通す仕様にした。また、円滑な回転のため、超小型ベアリングを従動歯車とローラーの両端にはめ込んだ。これらの設計思想を具現化した試作1号機改良型を図7に示す。

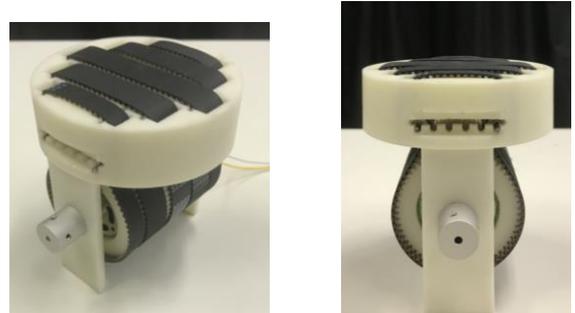


Fig. 7 Improved projection view and side view of prototype 1

実際に組み立てを行い、歯車が1つになったことと、ベルトの張りが弱い状態で組み立てが可能となったことで組み立て作業が極めて容易になった。図7は改良型の駆動歯車の部分にインギヤモーターを組み込んでいる。動作確認を行ったところ駆動歯車は動かなかった。しかし、手動で回転させると歯車が空転することなく全てのベルトの回転が確認できた。動作確認時にベルトの張力は小さいと従動歯車が外に飛び出てしまい、張力が大きいと駆動歯車を回す際に大きなトルクが必要だと判明した。結果的に、細かく張力を調整できる張力調整機構を組み込むことによりこれらの問題を解決することができた。

### 4. 結言

本研究では先行研究を基にベルトを用いた新たな全方向移動装置の開発を行い、回転体内でのベルト伝達機構の確立と試作機の制作、試作機の改良を行った。手動ではあるが今回研究で作製した機構であれば一括して全ベルトを駆動させることができる。

今後の展望として、まずは駆動歯車の下にモーターを設置して、その動力を伝達させ動力源込みの2段目と3段目を完成させる。その後、1段目の試作を行いユニットを完成させ、実際に動作確認する。その後は複数のユニットを製作し、複数ユニットでの動作実験と現状搬送可能な対象物の重量を測定する。構造を完成させた後、先行研究を基に制御も進めていく。

また、実用化に向けての問題点も解決する必要がある。1つ目は安全面である。最終的な目標の1つである人を運ぶことを考慮した場合、等加速で駆動・停止させると転倒の恐れがある。また、単純に省エネを考慮した場合、移動対象物が目的地への最短ルートを通るように設計すると、対象物同士の衝突が起こる可能性がある。つまり省エネと安全性を両立させるのは困難である。本技術を実用化させるためには省エネかつ安全な装置を製作し、メンテナンスの簡易化や、ユニットのコスト削減などの実用化に向けての改善も行っていく必要がある。

### 文献

- (1) 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
- (2) 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