

ベルトを用いた全方向搬送装置の開発

Development of omnidirectional conveyor using belt

知能機械工学コース

材料革新サステナブルテクノロジー研究室

1235078 石井 和磨

1. 研究背景

人は古代から限りなく遠くへ、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。第1次産業革命に伴い、陸上、水上の移動手段は生物にたよらなくても化石燃料を用いて長距離移動をできるようになり格段に進化した。ところで、私たちが移動手段を選択する際に最も重要視することは、極論を言ってしまうと時間との兼ね合いだと感じられる。例えば、ストレスを感じずに移動できる時間を10分と仮定すれば、徒歩では1km弱、自転車だと3km、車だと10km圏内であって、実際にそういった移動手段が選定されていると感ずる。その移動手段には対象物と共に移動する自動車や自転車等の移動型と、目的地への軌道が決まっている電車やエスカレーターなどの設置型の2つに大別される。移動型には移動の自由度が高いがそれ故に安全性が低いという特徴があり、設置型には軌道が決まっているため安全であるが移動の自由度が低いという特徴がある。各種移動手段の活躍領域を図1に示す。

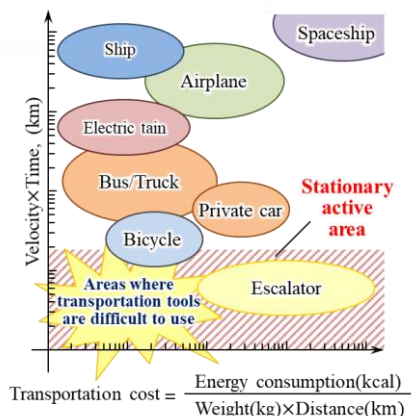


Fig.1 Active areas of various means of transportation

この図によると、徒歩の距離で機械的に移動するツールは未だに発展途上である。唯一あげられるとすればエスカレーターであるが、コストが圧倒的に高く無駄が多い。また、最近では倉庫等で荷物の搬送を支援する機械の開発が活発である。しかし、これらも移動型と設置型のどちらかを踏襲しているため、自由度と安全性を兼ね備えている移動・運送支援ツールは未だに無いと言える。そこで、本研究は近所・密集地等における自由度と安全性を兼ね備え、尚且つ輸送コストが小さい移動・運送支援ツール「ユークリーター®」の開発を目指す。

2. 目的と先行研究

2-1 目的

本研究の最終目標は「ユークリーター」を人の移動手段として実用化させることである。しかし、人の移動には、転倒

のしやすさや、進行、停止の際の加減速等の様々な安全性を考慮しなくてはならない。よって本研究では、まず物を高自由度かつ安全性高く搬送することを目的とする。倉庫や空港での新たな搬送装置としての実用化を目指す。

2-2. 先行研究

先行研究として「球体型ユークリーター」が存在する。(1)(2)(3)(4)(5)(6)(7)(8)(9)これは床面に球体を敷き詰め、球体の回転によって搬送対象物を意図する方向に搬送させる装置である。先行研究で開発された球体型ユークリーターの最新型である3号機を図2に示す。



Fig.2 Type 3 of spherical euclitor

球体型3号機は1ユニット程度の面積の搬送物であれば3.0kgまで搬送可能であった。しかし、動力伝達効率が30%程と、従来の搬送機器よりも悪いことが判明した。そこで、本研究では搬送効率向上のため、新たに「ベルト型ユークリーター」を提案した。

3. 研究内容

本研究で開発したベルト型ユークリーターの模式図を図3に示す。これはベルトを敷き詰めた円形のユニットが搬送対象物の目指す方向に搬送させる装置である。ユークリーター上であれば、どこからでも搬送したい場所に搬送させることを可能にすることで高い自由度を実現し、ユニット自身が搬送物同士の衝突をさけるためのルート決定や速度制御を行うことによって高い安全性を実現する。また、搬送物が乗っている場所のユニットのみを起動させる制御を組み込むことによって搬送コストの削減も見込める。

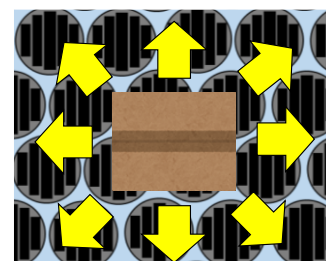


Fig.3 Schematic image of belt type euclitor

物の搬送を目標としたユークリーターの開発における課題は大別すると3つある。以下にその課題を示す。

- ・ユニットの機構開発
搬送のためユニット製作、性能評価
- ・ユニットの制御
モーター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等の構造の最適化や、位置情報把握と搬送速度・ルート決定方法の確立

本研究ではベルト型ユークリーターのユニットの機構開発と搬送実験を行い、性能評価、従来の搬送機器との比較を行った。

4. ユニットの製作

本研究ではベルト型ユークリーターを1~3号機まで作成した。ここでは3号機のための報告とする。製作したベルト型3号機を図4に示す。ベルト型ユークリーターはベルトコンベアの仕組みを踏襲し設計している。ユニットの大きさは直径が130 mmで高さが123.4 mmである。搬送効率向上のため、ベルトはタイミングベルトを使用している。

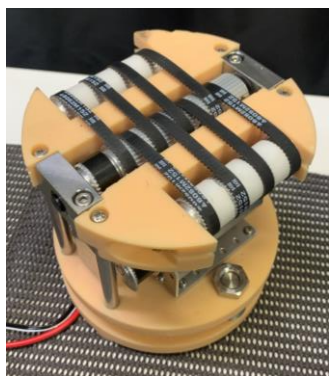


Fig.4 Belt type euclitor No.3

全方向搬送の仕組みのイメージ図を図5に示す。DCモーターを駆動させ、ベルトの回転によって搬送物を搬送させ、サーボモーターの駆動によるユニット上部（搬送部）の角度調整によって搬送方向の決定を行う。

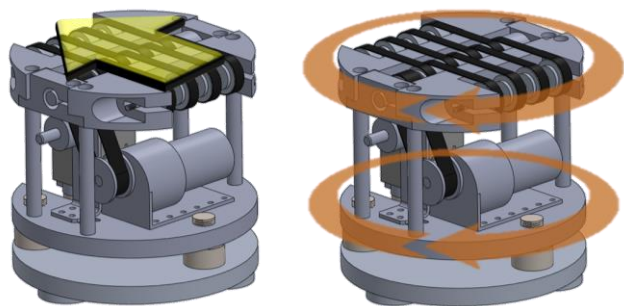


Fig.5 Mechanism of omnidirectional transportation

5. 搬送実験

5-1. 実験① 駆動プーリーの駆動係数の測定

前述したように、ベルト型ユークリーターはベルトコンベアを基に設計しているが異なる要素もある。その異なる点は、ユークリーターではベルトと支持台が接していないことである。つまり、ベルトコンベアの負荷トルクの計算で使われる摺動面の摩擦係数 μ がベルト型ユークリーターでは適用できない。負荷トルクを求める式を式(5-1)、(5-2)に示す。

$$F = \mu mg \quad (5-1)$$

$$T_L = FD/2\eta \quad (5-2)$$

ベルト型ユークリーターの場合の μ を駆動係数とした。駆動係数とは駆動プーリーの回転しやすさを表す値である。これを求めることによって、ベルトコンベアとの μ の値の比較を行う。

駆動係数を調べるための実験の様子を図6に示す。ユークリーター上の錘の重さに対し、駆動プーリーが回転し始めた時の籠の中の錘の重さを測定した。



Fig.6 State of experiment 1

測定した錘の重さを式(5-3)に代入し駆動係数を求めた。ユニット上の錘の質量を m_1 、駆動プーリーが回転し始めた時の籠の中の錘の質量を m_2 とする。

$$\mu = m_2/m_1 \quad (5-3)$$

m_1 に対する μ の値を示した表を表1に示す。

Table.1 Drive coefficient for weight

m_1 (kg)	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4
μ	0.434	0.317	0.278	0.254	0.247	0.239	0.233	0.234

μ の値の平均は約0.28となった。ベルトコンベアでの μ の値は一般的に0.2~0.3である。このことから、駆動プーリーの径が同じであればベルト型3号機とベルトコンベアは同等のトルクで駆動可能だということが判明した。

5-2 実験② 搬送可能重量・速度測定

製作したベルト型3号機を3台敷き詰めた状態で、搬送可能重量と、その際の速度を測定した。錘として使用する金属円盤の大きさは直径120 mm、高さ15 mmである。実験装置を図7に示し、測定結果を図8に示す。電圧は定格電圧である7.2 Vをかけ、右と真ん中のユニットを並列で繋ぎ、最大電流を3.18 Aとし、左のユニットの最大電流は1.59 Aとした。



Fig.7 Measuring device

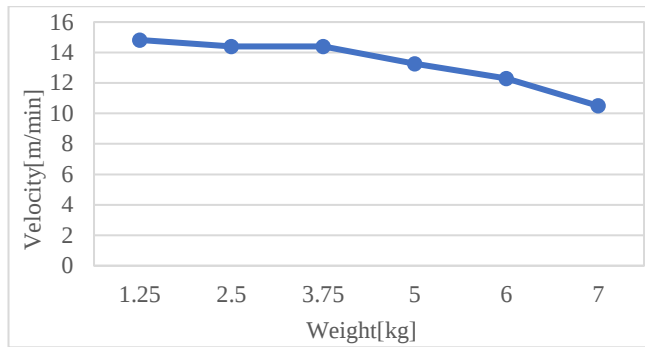


Fig.8 Relationship of weight and velocity

測定の結果、7.0 kg まで搬送可能で、その時の速度は 10.5 m/min であることが分かった。この搬送速度はベルトコンベアと比較してもそんな値である。

本来 DC モーターを用いた搬送機器ではトルクが大きくなると搬送速度は小さくなる。しかし、1.25~3.75 kg の時の搬送速度を比較すると、ほとんど同じであることが見て取れる。この原因としてモーターのトルクが安定する前に搬送物が各ユニット上を通り過ぎていている可能性がある。これにより、異なる重量でも、搬送物が全てのユニット上を電源の最大電流に近い値の時に通るため、速度が近くなっているのだと推察される。よって、最大電流の値を大きくすることにより、一定速度で搬送できる重量の幅が広がることが予想される。いずれにせよ本実験から今回開発したユークリーターに関して搬送可能重量とその速度をベルトコンベアと比較しても、同程度かそれ以上の重量物を同等の速度で搬送する事が可能であることがわかった。

5-3. 実験③ 搬送中の方向転換

ベルト型ユークリーターが全方向搬送可能な装置であるかの確認の第一歩として、搬送中に搬送物の方向転換が可能かどうかを調べた。その様子を図 9 に示す。

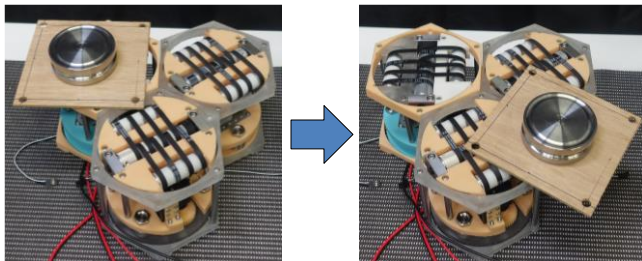


Fig.9 State of experiment 3

まだ制御との連携はとれてはいないが、3つのユニットで約 60° の方向転換が可能であることが分かった。この際、当たり前だが搬送物はベルトの方向に沿って動いていくことを確認できた。ユニットの数を増やすことで様々なパターンの方向転換を検証することができるため、今後ユニットの数を増やしていく必要がある。

6. 結言

本研究ではベルトを用いた全方向搬送装置である「ベルト型ユークリーター」の開発、性能評価を行った。実験②の電圧、電流の条件で、7.0 kg までの搬送物をベルトコンベアと同等の速度で搬送する事ができると判明した。DC モーターにさらに大きな電流を流すことにより搬送速度の安定、搬送可能重量の増加が見込まれる。さらに、制御を組み合わせることによって、省エネ化や安全性の高い全方向搬送が可能であると考えられる。ユークリーターと現在の搬送機器の消費電力

の比較も行う必要がある。

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) 佐藤雅也：「次世代移動手段「ベアリングロード」の構造解析 高知工科大学 卒業論文 2017
- (4) 竹中克昭：「次世代型全方向輸送機構の開発」高知工科大学大学院 修士論文 2019
- (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
- (6) 狩野大輝：「球体を用いた敷詰型全方向搬送機構の開発」高知工科大学大学院 修士論文 2020
- (7) 鈴鹿紅音：「全方向移動システムの為の回路設計と制御・通信手段の開発」高知工科大学大学院 修士論文 2020
- (8) 亀岡正樹：「全方向搬送装置へのセンサの設置と制御機構開発」高知工科大学 卒業論文 2021
- (9) 高井友輝：「全方向搬送機器における太陽電池を用いた電力の自給自足化」高知工科大学 卒業論文 2021