

# 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

## Circuit design and development of a control system for omnidirectional transportation

知能機械システム工学コース

川原村研究室 1225031 鈴鹿 紅音

### 1. 緒言

現代では自動車、自転車、エスカレータなどの多種多様な移動手段が開発されおり、非常に便利な世の中になった。高速に長距離移動できるもの、一度に多くの荷物を運搬できるもの、短距離の移動を補助するものなど各々に異なる特徴がある。移動手段には大きく分けて、自動車や二輪車のように対象物が駆体と共に移動する特徴を持つ移動型、エスカレータや動く歩道のように駆体が対象物のみ移動させる特徴を持つ設置型がある。移動型には移動方向の自由度が高いという利点があり、一方で人が駆体を操縦しているため、現状は運転者の操作ミスによる事故の危険性が高いという欠点がある。設置型は駆体が移動せず対象物が移動し、あらかじめ移動する軌道が分かっているため、移動型に比べて事故の危険性が低いという利点がある。一方で移動方向が一定なため、限られた方向にしか移動できないという欠点がある。これらの制約に対し我々の研究室では、移動型と設置型の両方の利点を持ち合わせた、安全性が高く、全方向移動可能である理想的な移動手段の開発を目的とした研究開発を試みている。

### 2. 先行研究

先行研究では本研究の基礎となる、球体を用いた三段構造を考案した。三段目に駆動用のモータがあり、その上に大きな球体が接しており、さらにその上に小さな球体を接地させ、1つの大きな球体から複数の小さな球体へ動力を伝達させる構造となっている。基礎構造を図1に示す。

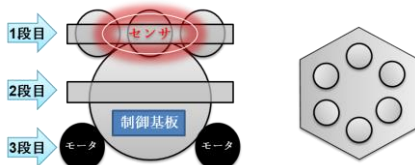


Fig. 1 Foundation structure

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完成させるという概念を構築した。このシステムは構成する六角形のユニット一つ一つに制御装置がある自律分散型輸送システムである。ユニットがハニカム形状に敷き詰められており、各ユニットの球体が自由に駆動することで、上に載っている荷物や人を搬送させるという仕組みである。ユニットの敷き詰めによりシステム構成されるため、設置範囲や設置距離、曲折した箇所など場所にとらわれずに自由に設置増設ができる。試作機1号機を敷き詰めた際のイメージを図2に示す。

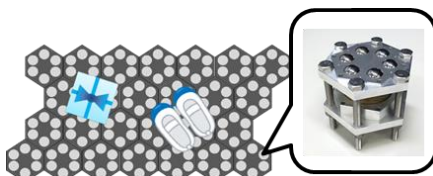


Fig. 2 Overall system image

### 3. 試作機の製作

先述した三段構造で試作機を製作した。動作実験を行ったところ、問題点が見つかった。問題点については本論で詳細を示す。試作機は、改良を重ねこれまで全部で4機製作した。1号機から2号機への大きな改良点は、球体の制御方法を変更した点である。1号機では1つの球体で方位選択と搬送速度選択の両方がなされていた。ところがこれを実現するためには、複数のモータの速度で移動対象物のベクトルを変更するため制御パターンが複雑になりすぎることが判明した。そこで方位制御と搬送制御を分けて制御する機構に改良した。試作機4号機の動作原理のイメージを図3に示す。またこの機構による動作手順を以下に示す。本機構の開発は同研究室の狩野の論文を参照すること。

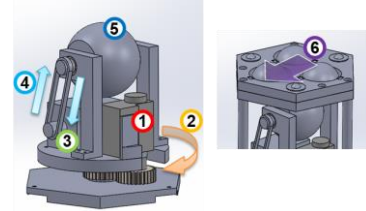


Fig. 3 Unit operation principle

方向制御	①サーボモータを駆動させる
	②歯車と共にテーブルが回転
	③DCモータを駆動させる
速度制御	④DCモータの回転をベルトで伝達
	⑤軸の通った球体が回転
	⑥1番上の3個の球体が回転

### 4. 最終目標

本技術開発における最終目標は、緒言に記載したように従来にはない新しい概念の移動手段として提案することである。しかし、人間のような自由意思を持って運動している物体を移動制御することは難しいため、本研究では荷物などの静止している対象物の搬送を目標とした。そこでまずは1ユニットの制御を行い、次に敷き詰めて複数のユニットを制御する。その後、荷物の搬送、より拡張した対象を搬送する手段と制御段階を踏んで機構開発、制御を行っていく。本論文においては1ユニットの制御を中心に、制御用の基本回路設計及び通信手段の構築をした。

### 5. 通信制御

ユニットの制御を行う手段として、通信方法は有線通信と無線通信が考えられる。無線通信は、配線が不要なため、ユニットの個数や配置を自由に操作しやすいというというメリットがある。当初は将来的に膨大な数のユニットを敷き詰める可能性があることも考えると無線通信が適しているのではないかと考えた。無線通信のなかで赤外線、Bluetooth、Wi-Fiの3種類を比較し、最も通信速度が速く、遠距離通信ができるWi-Fiを使用した機構を選択することにした。

### 5.1 Web サーバの実装（無線通信制御）

1 ユニットの DC モータとサーボモータを遠隔操作で制御することを第 1 目標に通信制御を行った。制御方法の詳細は本論に示す。

動作確認を行った結果、ユニット 1 つ分の制御が確認できた。しかしユニットを増やして制御することを考えると、増やすユニット数分のパソコンが必要となること、制御するユニット数分の Web ページを立ち上げなくてはならないことが分かった。また Web ページを大量に開くことでプログラム量が膨大になり、通信速度が遅くなることも予測できる。以上より、この制御方法は多ユニットの制御に適していないと考えた。そこで複数のユニット制御ができる方法を探索し別の制御方法に移行した。

### 5.2 UDP 通信を用いた制御（無線通信制御）

UDP 通信とは User Datagram Protocol 通信の略で通信プロトコル（通信規約）のことである。

回路設計とプログラムの作成をして動作確認をした。通信方法などの詳細は本論に示す。動作の再確認をした結果、Wi-Fi ルータや部屋を変更すると動作しないことが新たに分かった。電波干渉などで通信が不安定になっていることが原因ではないかと考察する。本システムはノイズの多い工場などでの使用も対象としているため、場所によっては機能しないなど、環境に左右されて通信が不安定になってしまう通信方法ではユニットに実装できないと判断した。2 つの無線通信を試した結果、常に確実に安定した動作ができるものが必要であると考え有線通信に切り替えることにした。

## 6. シリアル通信（有線通信制御）

有線通信のうちシリアル通信を選択した。シリアル通信とは 1 本の信号線を使用して 1 ビットずつ順番にデータを伝送する方法のことである。本移動手段の制御において、配線数が少なく、長距離間の通信が可能という点が有益であると考えこの通信方法を選択した。複数のユニットを制御する場合は、分配器を使ってシリアルポートから通信を分配する。分配器の分配可能数を超えるユニット数を制御する場合は、分配器をさらに分配到り補う。通信のイメージを図 4 に示す。

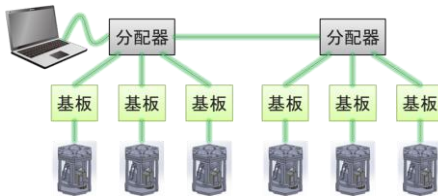


Fig. 4 Image of serial communication

### 6.1 動作実験（シリアル通信）

制御目標は、部屋や環境に左右されず確実に安定した制御をすることである。制御方法の詳細は本論に示す。ユニット上にボールを設置して回転方向と速度の変更ができていたかを確認した。動作実験の様子を図 5 に示す。



Fig. 5 Control method of Serial communication

画面に表示されているノブの表示を変更したときに、モータの動作が同期していることを確認できた。しかし、この制御方法は分配器を使って個数を増やしているため、一部の通信に問題が生じた際に、それ以降のユニットが動かないとい

う問題点が発覚した。そこで一部の故障がシステム全体に影響しない CAN 通信という通信方法に移行した。

## 7. CAN 通信（有線通信制御）

CAN(Controller Area Network)通信は、CAN デバイスが互いに通信することで、バスに空きがあればどの制御ユニットからでも通信を開始できる。この特徴により、一部の通信に問題が生じた際にもそれ以降のユニットは影響を受けず、システム全体が停止することはない。以上よりシリアル通信を用いた際に生じると考えられる問題点の解決が可能となる。

### 7.1 動作実験（CAN 通信）

CAN 通信を用いた制御の目標はユニットのアドレス指定を行い、複数のユニットを個別制御することである。制御方法は、Processing でパソコンの画面にアドレス番号、速度、角度変更操作のスライダを作成する。画面に表示されたスライダを操作してモータの出力値を変更する。制御イメージと動作実験の様子を図 6 に示す。

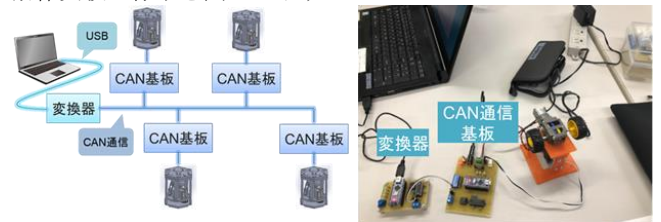


Fig. 6 Control method and control image of CAN communication

モータが正常に動作したことにより、変換器と CAN 基板も正常に動作しており、通信にも問題がないことが確認できた。しかしスライダを使ったアドレス変更は、1 ユニットずつ、順番にしかアドレス変更できないという問題点が見つかった。同時に動作させることや順番不同で動かさないため、スライダではなくトグルスイッチでアドレス設定をすることにした。トグルスイッチに変更してアドレス設定とモータの動作確認をしたところ、複数のユニット制御ができた。

## 8. 結言

全方向移動システムを実現するために 2 種類のモータを制御するプログラムの作成と通信制御手段の選択を行った。最初に配線の手間などの削減を目的に、無線通信を用いた制御に取り組んだが電波干渉などが原因で安定な通信の維持に問題があることが明らかとなった。環境に左右されて通信が不安定になってしまう通信方法ではユニットに実装できないと判断し、有線通信に移行した。有線通信ではまずシリアル通信を使ったが、一部の通信に問題が生じた際に、それ以降のユニットが動かないという問題点が発覚した。そこで一部の故障がシステム全体に影響しない CAN 通信という通信方法に移行した。CAN 通信ではアドレス設定とモータの動作確認をしたところ、複数のユニット制御ができた。今後はセンサも組み込んだ回路を実装して動作実験を行う。次に危険予測、対象物の位置把握やルート決定などを含めたより実用化を目指した制御を行っていく。

### 参考文献

- (1) 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”, 修士論文(2017)
- (2) 竹中克昭, “ベルトコンベヤ式敷型型全方向移動機構の開発”, 修士論文(2019)
- (3) 狩野大輝, “球体伝達機構を用いた全方向移動手段の開発”, 卒業論文(2018)