

全方向搬送装置ユークリーターの制御システムの開発

Development of control system for Euclitor, an omnidirectional transport device

知能機械工学コース

材料革新サステイナブルテクノロジー研究室 1235095 和仁原 季也

1. 序論

現代では自動車や飛行機、輸送船など陸海空にわたり様々な移動手段が使用されており、人々が自由に移動できる便利な社会を実現した。しかし一方で環境問題や安全性、エネルギー問題など大きな社会課題を引き起こした。また、重厚長大的な進歩に注目してきたことにより、近場や密集地での移動手段は多く開発されていない。空港や工場に着目するとエスカレータやベルトコンベアなどが存在するが、これらは決められた経路上しか搬送することができず自由度が低い。さらに、現行の移動手段の大半は他点起発事象予測方式である。すなわち運転者自身が進路上で起こりうる事象を予測しながら危険を回避する必要があるため、事故を無くすことは困難である。

我々の研究室では上述の問題を解決する次世代の移動手段として「ユークリーター」の開発を行っている。ユークリーターとは概括すると動く歩道を全方向に搬送できるように拡張したシステムであり、床一面にデバイスを敷き詰め、それらが個別に作動することで上に乗った人や物を搬送するシステムのことである。ユークリーターで移動する場合、敷設されたデバイス自身が周囲の情報を集めて制御出来るため、搬送物に起こる事象を予測することができ、現行の移動手段より格段に高い安全性を確保することができる。また、消費エネルギーの観点においても、ユークリーターでは搬送物直下のデバイスのみを選択的に作動させることができるため、消費エネルギーを最小限に抑えることができ、搬送効率を抜本的に改善できる。

2. 先行研究

先行研究として、球体型ユークリーターが開発されている。球体を保持しつつ、方位決定と駆動を行う機構が搭載されており、このユニットを床一面に敷き詰めることで搬送物を自在に搬送させるシステムである。図1に球体型第3世代改良型のユークリーターを示す。(1)

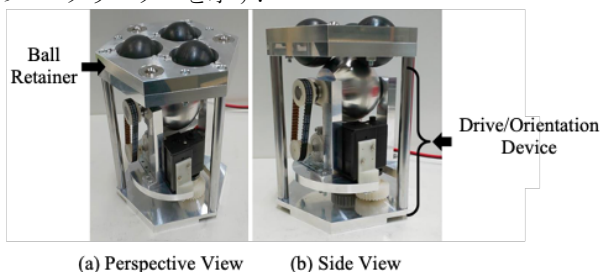


Fig. 1 Gen3 of spherical Euclitor.

また、ユークリーターを制御するための制御基板および通信系が鈴鹿⁽²⁾により開発されてきた。多数のユニットを制御するため制御配線が膨大な数になるため、シンプルな配線かつ拡張性と保守性に優れた CAN 通信がユークリーターの制御系に採用され、ハードウェアの開発が行われてきた。図2に CAN 通信による制御システムの概要を示す。将来的にユ

ニットへセンサなどが追加されることを考慮して 1 つの CAN 基板に 1 つずつのユニットを接続するシステムとした。

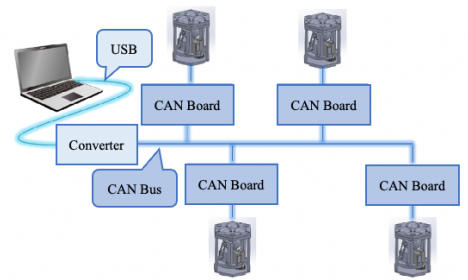


Fig. 2 Overview of control system with CAN communication.

3. 目的

本研究の目的は複数のユークリーターをアレイ化したシステムを構築し、それぞれを統合制御することにより搬送物を目的地に搬送するシステムを開発することである。

4. アレイ化に向けた事前検討

ユークリーターのアレイ化に際して 2 つの検討課題がある。1 つは敷詰め時のユニットへのアドレスの割り付けの方法である。図3に概要を示す。図のように隣り合うユニットの距離を 1 とすると直交座標系では奇数行の x 座標が半個分オフセットする。また、y 方向には $\sqrt{3}/2$ ずつ配置されるため、座標と配置が直感的に結びつきにくいという問題がある。

上述の問題を解決するため、 60° 斜交座標系を用いる。斜交座標系では奇数行も座標が整数値となり、アドレスとして扱いやすい。また、y 方向にも 1 ずつ配置されるため座標と配置が直感的に理解しやすくなる。以上により、アレイ化した際の座標系には斜交座標系を採用した。

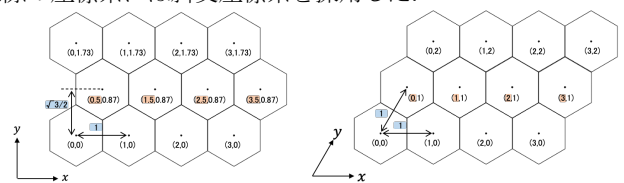


Fig. 3 Assigning addresses to units.

もう 1 つの検討課題は配線系である。ユークリーターの実用化を考えると少なくとも数百から数万単位のアレイとなることが予想されるため、制御配線も膨大な数となる。そのため、制御配線系にはシンプルで拡張性や保守性に優れた通信方式を採用する必要がある。候補となった通信手段はシリアル通信、EtherCAT、CAN 通信の 3 つである。

まず、シリアル通信についてはユークリーターのメインマイコンとしている Arduino では UART という規格を使用している。これは 1 対 1 の通信方式であるため、これでは多数のユニットを制御できない。EtherCAT は最大 65535 台まで接続でき、通信速度も問題ないが EtherCAT に対応したコントローラが高価であり、EtherCAT 特有のプロトコルへの理解が必要であり、導入へのハードルが高いため採用を見送っ

た. CAN 通信は自動車などで使用されているバス通信の一種で通信速度は最大で 1Mbps 程度であるが, 接続台数の制限はなく, Arduino で使用できる CAN コントローラも安価で入手できることから, ユークリーターの制御系へ採用した.

5. アレイシミュレータの開発

アレイの状態をコンピュータ上で再現するためのプログラムを作成する. 使用言語には可読性やインタプリタの利点から Python を採用した. 構想としては図 4 に示すような斜交座標系でのグラフでアレイを描画し, 任意の点から目的地への経路上で通過するユニットを特定する機能を実装する.

実装には matplotlib というモジュールを使用してグラフの描画を行った. 六角形のユニットの外形を斜交座標系のグラフに描画し, matplotlib.path モジュールの contains_point 関数を用いることで任意の点がユニットの内側にあるか外側にあるかの内外判定を実装した.

作成したプログラムの出力画面を図 5 に示す. 構想通りの結果が得られ, 任意の点から点への経路で通過するユニットの特定ができた.

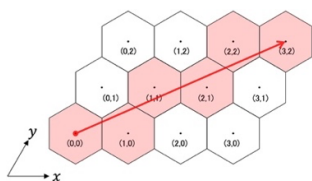


Fig. 4 Concept of array simulator.

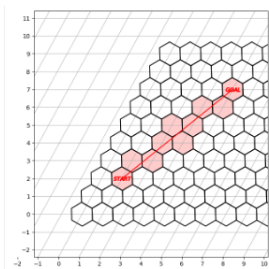


Fig. 5 Output of array simulator.

6. シリアル通信を用いたコントローラの開発

先行研究においてシリアル通信を用いたコントローラは開発されていたが, 操作性が不十分であることとサーボモータの制御が安定せず振動を繰り返す不具合があった. これらの問題を解決するため, 新たにコントローラを開発した.

より直感的にユークリーターを制御するため, 極座標グラフを活用しジョイスティックのように操作するコントローラを考案した. グラフ上をクリックすることでクリックした点の座標を入力値として取得し, 原点からの距離と偏角で駆動速度と駆動角度を制御するプログラムを作成する.

グラフの実装には matplotlib を使用した. クリック操作については matplotlib の figure.canvas.mpl_connect 関数によって実装できた. シリアル通信の実装は pyserial モジュールにより実装した.

制御基板である Arduino の実装については先行研究で作成されたものを流用したが, シリアル通信の受信処理が不適切であったため, 一部修正を行なった. 問題であったサーボモータの振動は, この受信処理を修正することで解決した.

図 6 に作成したシリアルコントローラの出力画面を示す.

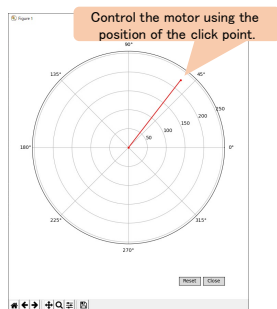


Fig. 6 Output of serial controller.

7. CAN 通信を用いたコントローラの開発

先行研究により CAN 通信を用いたコントローラが作成されている. このコントローラを用いて複数のユニットを個別に制御出来ることは実証されていたが, 操作性に限界がありユニット間の連携は実現できていなかった. そのため, より操作性がよく連携して物の搬送が行えるようなコントローラを新たに開発した.

構想としてはアレイシミュレータをベースとしてグラフ上をクリックすることで目的地を設定し, マウスカーソルの位置を現在地として取得する機能を実装し, 内外判定により現在地に対応したユニットを作動させるプログラムとする. また, アレイを自由な形でプログラムに読み込ませるために csv によるアレイの入力に対応するよう機能を追加する.

csv の読み込みには pandas というモジュールを使用した. マウスカーソルの位置を取得する機能および制御信号のシリアル通信についてはシリアルコントローラと同様実装した. また, マウスカーソルが移動したときに呼び出される motion 関数での制御信号の送信をユニットの制御パラメータが変更された時のみ送信されるようにすることでシリアル通信の通信帯域の節約を図った.

動作試験での様子を図 7 に示す. 操作画面では(3,1)のユニット上にマウスカーソルがあり, 目的地に向かって左方向にユニットが駆動する状態になっている. このとき, 敷き詰めたユニットも意図通りに作動し, 目的地の方向へ駆動することが確認された. この状態からマウスカーソルを左方向へ移動させていくと, 順番に作動するユニットが切り替わり連動していることが確認された. また, 操作画面でユニット上からマウスカーソルが外に出たユニットはモータの駆動を止め, サーボモータが 90° となる原点回帰の機能も正常に動作した. 以上により実装した機能が全て問題なく動作することが確認された.

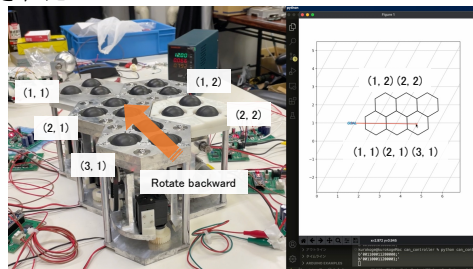


Fig. 7 Operation test of CAN controller.

8. 結論

CAN 通信を用いたコントローラが作成できたことにより, ユークリーターの制御系は物の搬送ができる状態まで推進し, 実用化に向けた大きな一歩を踏み出せたと考える. 今後は搬送物の大きさを考慮した作動ユニットの特定や, 複数の搬送物や障害物があっても衝突しない制御などより高度な制御に挑戦し, 実用化へ推し進めていきたいと考えている.

参考文献

- (1) 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, 2020, 修士論文.
- (2) 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, 2020, 修士論文.