

工場内で走行するための無人搬送車

チャムノンタイ コーシン*、石川 繁樹**、小沢 慎治*

4W-4

* 慶応義塾大学理工学部

・ 東京基礎研究所

**

1. はじめに

筆者らはこれまでに白線テープ敷設による無人搬送車の視覚誘導方式を提案してきた。[1-3]本方式では搬送車の前方に敷設されている白線をTVカメラで撮像し、白線誘導路に従って走行する。

本稿では、システム用に白線テープを敷設することにより行なった従来のシステムと違い、予め工場内に描かれているラインを利用することを検討した。ここでは図1で示すように通路の両端がラインで区分されている工場を想定し、視覚誘導による搬送車を走行させる方式を検討している。本稿では本方式の課題とわれわれのアプローチを示す。

2. 本システムの視覚誘導における課題

搬送車システムを構成する上で多くの課題が挙げられるが、本稿では、まずその第一段階として、走行誘導を中心に述べる。

2.1 走行誘導

搬送システムにおいて最も基本的な課題は、搬送車を目的地に向けて、正しく走行誘導することである。これには、搬送車の走行制御の方法、目的地への経路探索問題などがある。走行制御に関して、本稿で述べる搬送車は図1で示されるように両端にラインが敷設されている通路で走行することを想定しており、搬送車はラインから一定の距離離れて走行する。つまり搬送車が走行中、TVカメラで前方を撮像して得られた画像から、自車位置などを把握し、それらの情報に基づいて搬送車が目的地に向かって適切な経路を走行する。

2.2 障害物検出

通路内に障害物、人間、他の搬送車など存在する可能性がある。これらの物との衝突の危険性があるた

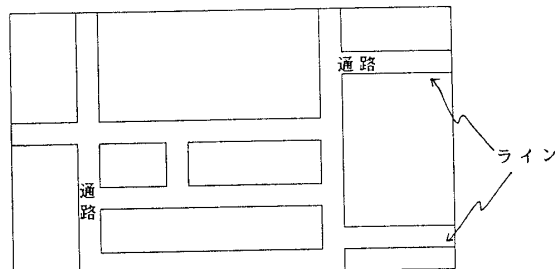


図1 工場内の通路の例

め、通路のライン以外に障害物を検出する必要がある。そして検出される障害物を迂回し目的地までたどりつくことが次の課題である。本稿では、障害物検出に関して、従来われわれが行っていた白線認識の手法[1]を用いることを予定している。

3. 走行制御のアプローチ

本研究における走行制御のアプローチとして、工場内の通路の左ラインに従い走行する方式を検討した。

3.1 搬送車の向き及び位置について

搬送車は通路内で走行するため、ラインから一定の距離で離れ走行する。この時、実際のラインが直線であるため、画面でのエッジは図2で示されるように直線となる。これは次の方程式で表わされる。

$$x = ay + b \quad (1)$$

この式のa、bを利用し、付録1の射影変換により、図3で示されるワールド座標での搬送車の向き(α)、ラインからカメラまでの距離(d)が次のような式より算出される。

$$\alpha = \arctan(-b/F\cos\theta) \quad (2)$$

$$d = Ha(\cos\alpha + \tan\theta \sin\alpha)/\cos\theta \quad (3)$$

ただし、 θ : カメラの傾斜角度、

F : レンズの倍率、 H : カメラの高さ

すなわち画像上で左のラインが求まると、(1) (2) (3)式より、搬送車のラインからの距離、及び、向きが求められる。

(2) (3)式の計算は実際に走行する上で、計算時間短縮のため、予め、a、bをテーブル化しておく。図4は、aを一定として、bを連続的に変化させた場合の曲線を、aについて複状を示している。

Autonomous Vehicle for factory.

Kosin CHAMNONGTHAI*, Shigeki ISHIKAWA,**

Shinji OZAWA*

* Faculty of Science & Technology, Keio Univ.

** IBM Research, Tokyo Research Laboratory, IBM Japan, Ltd.

無人搬送車が走行する時のエッジラインの傾き (a) 及び x 軸との交点の座標 (b) を使用し、上述のような表を参照することにより素早く自車のラインからの距離、向きを把握することができる。

3. 2 制御について

実際の走行は、自車のラインからの距離が一定で、かつ、その向きがラインと平行になるように制御を行なう必要がある。制御の方法は種々考えられるが、ここでは、従来われわれの研究室で使用してきた実験基台を用いることを前提に[1]次のような制御を検討している。まず、図6で示されるように点Aとラインに接するような円弧、及びその円弧の半径 (R) を計算する。この円弧を道のりとして搬送車のステアリング角度を計算する。ここで道のりの距離を S、走行速度を v、現在のステアリング角度を θ_1 とすると

$$ds = R d\theta_1, \quad dS/dt = v \text{であるから} \quad S = R \theta_1$$

$$v = ds/dt = R (d\theta_1/dt) \text{ よって}$$

ここで、dt は 1 回処理するのに要する時間である。従って、ステアリング角度は $v \cdot dt / R$ あるいは $\tan(\theta_1/2) \cdot d / \sin \theta_1$ となる。

4. まとめ

本稿では工場内の通路で走行する搬送車の走行制御について自車のラインに対する位置及び向きを抽出する方法を述べた。また、これらを利用して、搬送車制御を行なう方法について検討した。

付録

1) イメージ座標とワールド座標の関係
イメージ座標の各点 (x, y) は図7で示されるようにワールド座標 (X, Y) に投影する。

$$X = F \cdot x / (Z \cdot \cos \theta - Y \cdot \sin \theta) \quad \dots (4)$$

$$Y = F \cdot (Y \cdot \cos \theta + Z \cdot \sin \theta) / (Z \cos \theta - Y \sin \theta) \quad \dots (5)$$

ただし、 θ : カメラの傾斜角度
F : レンズの倍率

参考文献

- [1] 石川、瀧波、小沢、"白線認識を利用した無人搬送車における視覚誘導の一方式"、信学論 (D)、Vol. J68-D, No. 4, pp. 580-590 (昭61-4)
- [2] 瀧波、石川、宮内、小沢、"無人搬送車の視覚誘導のための障害物検出の一手法"、信学論 (D)、Vol. J68-D, No. 10, pp. 1789-1791 (昭61-10)
- [3] チャムノンタイ、石川、小沢、"白線認識を利用した無人搬送車における障害物回避の一方式"、情報処理学会、6J-1 (昭62-10)

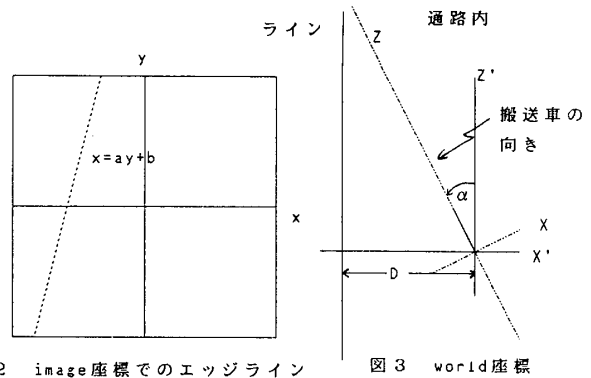


図2 image座標でのエッジライン

図3 world座標

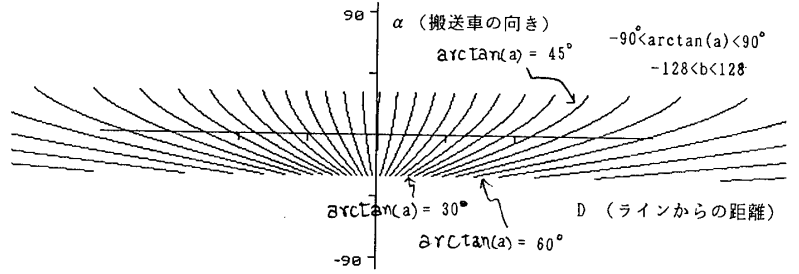


図4 ワールド座標での搬送車の向きとラインからカメラまでの距離のグラフ

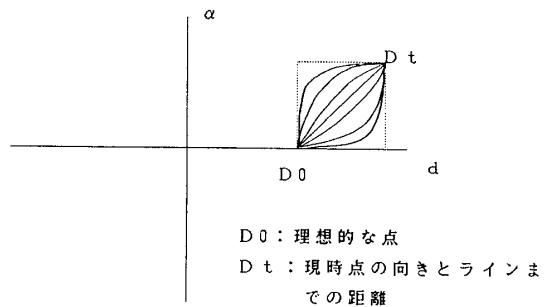


図5 自車の向きとラインまでの距離のグラフ

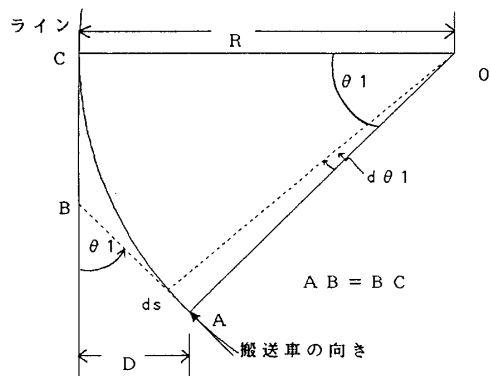


図6 搬送車のステアリングの角度

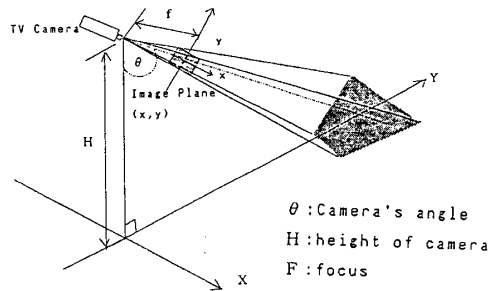


図7 イメージ座標とワールド座標の変換