

### 1.はじめに

作業効率の向上 人件費の削減

無人搬送車の導入

導入例

- 工場 部品、製品などの搬送
- 病院 食事などの搬送
- 展示会 展示物の展示台としての利用



出展：明電舎  
(http://agv.meidensha.co.jp)

様々な場所で無人搬送車が使用されている

#### 無人搬送車の誘導法

- 磁気誘導方式
  - 磁気テープや磁気マーカ―を磁気センサで検知
    - 工場のレイアウト変更や障害物への対応が困難
- 光学誘導方式
  - 敷設した反射テープの反射を光学センサで検知
    - テープ汚れにより反射光が低下
      - 障害物への対応が困難
- レーザー誘導方式
  - レーザー光を照射し壁面に取り付けた反射板からの反射光から自己位置推定を行う
    - 反射板の取り付け位置調整や障害物への対応が困難

ステレオカメラをセンサとして利用する

三次元復元により距離の推定が可能

搬送車の誘導

障害物回避

#### カメラの問題点

実環境では外乱光が多数存在する

- 窓からの太陽光
- ライン設備のランプ

画像の劣化



- 指定した地点まで無人搬送車を誘導
- 看板型マーカ―を用いた自動操縦
- 製造物を障害物と考えた障害物回避 ※第一段階として停止した製造ラインを仮定

本研究では...

- 外乱光に対してロバストなマーカ―の提案
- 外乱光を考慮したマーカ―認識手法の提案
- 外乱光を考慮した障害物認識手法の提案

#### 目的

実環境を想定した無人搬送車の自動誘導法の検討

### 2.マーカ―誘導

#### 提案マーカ―

- 4個のサブマーカ―(入れ子型の正方形)で構成
- 光によるサブマーカ―の欠落を補正できる
- 色により動作の選択ができる

#### 誘導方法

- 画像上のサブマーカ―の中心座標を取得  
サブマーカ―の欠落に対し補正
- 左右画像上での4つ座標の平均値を算出
- 三次元復元によりマーカ―までの距離を推定
- マーカ―まで搬送車を誘導

#### PIコントローラ(PWM制御)

$$D_{MR} = \frac{1}{255} \{200 - (1.5X_d + 0.5 \int X_d dt)\}$$

$$D_{ML} = \frac{1}{255} \{200 + (1.5X_d + 0.5 \int X_d dt)\}$$

$D_{MR}, D_{ML}$ : 左右車輪のデューティ比

#### 5. マーカ―到達後、マーカ―色による動作

- 赤: 停止
- 青: マーカ―に対して左に90度回転 ※左右サブマーカ―の座標から角度を算出
- 緑: マーカ―に対して右に90度回転

#### マーカ―認識補正

サブマーカ―の辺の比から欠落サブマーカ―の座標を推定

画像上での

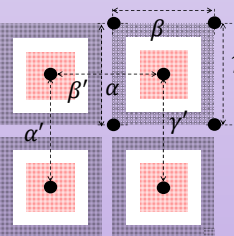
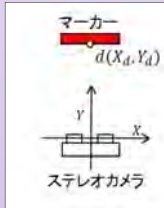
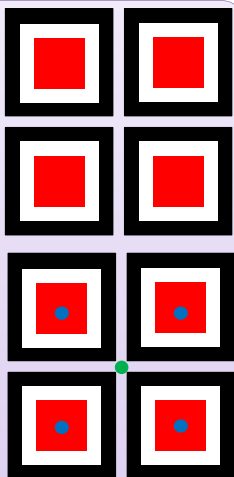
サブマーカ―の辺の長さ  $\alpha, \beta, \gamma$   
サブマーカ―中心の間の長さ  $\alpha', \beta', \gamma'$

$$\alpha : \beta : \gamma \approx \alpha' : \beta' : \gamma'$$

この関係を用いて補正を行う

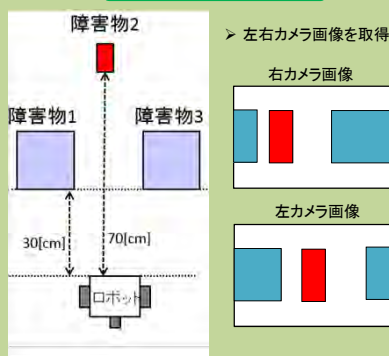
#### 補正条件

- 2つ以上のサブマーカ―の取得が必要
- 欠落しているサブマーカ―の位置情報



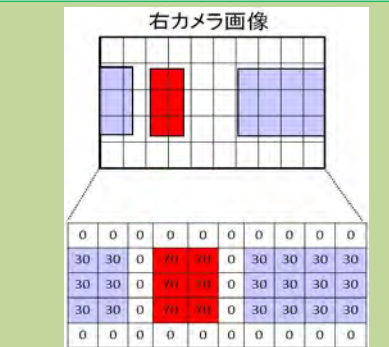
### 3.障害物回避

#### 1. カメラ画像を撮影



#### 2. ブロックマッチングで対応ブロックを探索

#### 3. 三次元復元によりブロックごとの距離を推定



#### 4. 目標距離(閾値)による除去

目標距離を50に設定

0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30	30	0	70	30	0	30	30	30	30
30	30	0	70	30	0	30	30	30	30
30	30	0	70	30	0	30	30	30	30
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

50以上を0に

0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30	30	0	0	0	0	30	30	30	30
30	30	0	0	0	0	30	30	30	30
30	30	0	0	0	0	30	30	30	30
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

#### 5. 障害物認識

0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30	30	0	0	0	0	30	30	30	30
30	30	0	0	0	0	30	30	30	30
30	30	0	0	0	0	30	30	30	30
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

列ごとの最大値を見て障害物の有無を確認

30	30	0	0	0	0	30	30	30	30
----	----	---	---	---	---	----	----	----	----

障害物あり

#### 6. 障害物回避

0の個数が最も多い場所を経路として選択

経路中心と画像中心の差defを算出

30	30	0	0	0	0	30	30	30	30
----	----	---	---	---	---	----	----	----	----

経路中心 def 画像中心

障害物回避コントローラ(PWM制御)

$$D_L = \frac{1}{255} \{200 + (5def + 3 \int def dt)\}$$

$$D_R = \frac{1}{255} \{200 - (5def + 3 \int def dt)\}$$

$D_L, D_R$ : 左右モーターのデューティ比

### 4.実機実験

実機による走行実験

- LEDライトの点灯あり、なしで15回ずつ誘導
- マーカ―の一部を隠す

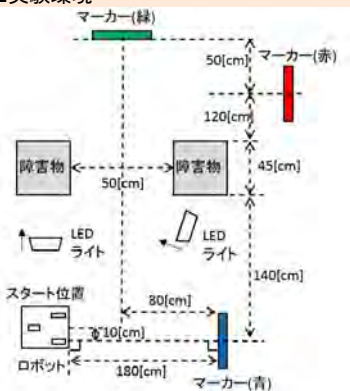
#### 実験機

- 独立二輪駆動型ロボット:ピーゴ
  - サイズ:縦×横×高=L:312, D:245, H:282
  - 車輪用駆動モーター:DCモーター(マクソンジャパン(株)RE-max24) 定格出力 11W
  - モータードライバー用マイコン:SH7045F
  - 最高移動速度:50[cm/sec]
- ステレオカメラ:3D/2D WEBCAM (サンコー)
  - 左右カメラ間距離:4[cm]
- 制御、画像処理用コンピュータ
  - CPU:Corei5-3470 3.20GHz
  - メモリ:4GB

#### パラメータ設定

- 目標距離:150[cm]
- マーカ―動作距離:60[cm]
- ブロックサイズ:20×40[pixel]
- 画像サイズ
  - 障害物認識:440×200[pixel]
  - マーカ―認識:640×360[pixel]
- プログラム処理時間
  - 障害物認識:約300[msec]
  - マーカ―認識:約170[msec]

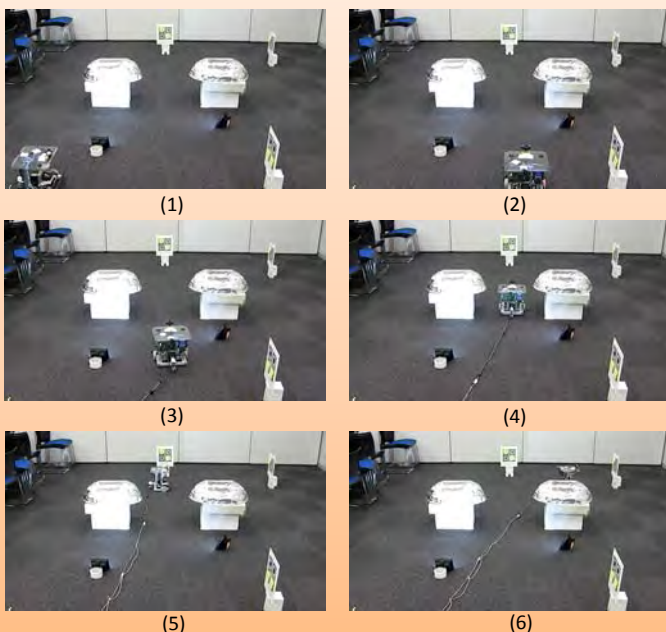
#### 実験環境



#### 実験結果

障害物回避成功率(各15回)		
成功率[%]	LEDライトなし	LEDライトあり
	100	100
停止位置結果(全30回)		
誤差結果[%]	3[cm]以内	6[cm]以内
	70	100

実環境での搬送車の誘導における提案法の有用性を確認



### 5.まとめと課題

#### まとめ

- 実環境を想定した実機実験により提案法の外乱光に対する有用性が確認できた。
- 光を照射した障害物の回避、一部が欠落したマーカ―への誘導を確認。

#### 今後の課題

- 提案手法の安定性の検討。
- カメラの揺れによる画像の劣化への対応。