

# 非線形感覚運動写像口ボットの不完全対面流

## -1 方向走行流への転移と流量のコース幅依存性-

李 方正<sup>1</sup>, 橋爪 晋平<sup>2</sup>, 本田 泰<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 室蘭工業大学大学院 工学研究科 情報電子工学系専攻

<sup>2</sup> 室蘭工業大学 工学部 情報電子工学系学科

<sup>3</sup> 室蘭工業大学大学院 しきみ解明系領域

### 概要

本研究では、昆虫や人間の対面走行行為にどんな知能を持っているかを解明するため、ラズパイを基づいて tof 距離センサー 3 つ搭載され、ハイパボリックタンジェント ( $\tanh$ ) 関数でセンサーからもらった距離データーをロボットの左右モーターの出力に写像して、障害物を避ける走行ロボット開発した。そのロボットを使って、楕円コースで異なる台数のロボットの対面走行実験をして、ロボットの時速、流量と同じ流れになるまでの時間を測定した。

Incomplete robots counter flow based on Non-linear sensory  
motor mapping

-Transition to one-way flow and relations between course and flow rate-

Li Fangzheng<sup>1</sup>, Shimpei Hashizume<sup>2</sup>, Yasushi Honda<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Division of Information and Electronic Engineering, Graduate School of Engineering, Muroran Institute of Technology, Japan

<sup>2</sup> Department Information and Electronic Engineering, School of Engineering, Muroran Institute of Technology, Japan

<sup>3</sup> College of Information and Systems, Muroran Institute of Technology, Japan

### Abstract

In this research, in order to unriddle what kinds of intelligence they have in face-to-face moving of insects and humans, we developed wheeled robot which can avoid obstacles based on Raspberry Pi and we use hyperbolic tangent function to transform distance data which got by three laser sensors to of both sides of motors' power output. Then we have done some face-to-face moving experiments with different numbers' robots on elliptical course and we also measured the speed, flow rate and the time spent of robots change to the same direction

## 1 はじめに

実世界で、蜂、アリなどの昆虫が簡単な振舞いや匂いで複雑な群れ行動ができる。大きな交差点で、人の密度が高いでも、皆は会話なくて、ぶつからな

いようにスムーズに対面走行ができる。その中に一体どんな知能が持っている、どのくらいの知能が必要だと知りたいので、我々は原生生物レベルの感覚と運動直接関連する感覚運動写像での障害物避ける振舞い、反応行動レベルの知能を持つ走行ロボット

の対面走行を始めにその知能を解明するである。本稿では、tanh 関数を使い非線形感覚運動写像をモデルとし、ラズパイを基づく障害物を避ける走行ロボットを開発した。その走行ロボット(今回、最大8台使われる)を右回りと左回り(変曲点係数bで制御する)の2つグループを分けて楕円コースでの対面走行を実験して、変曲点の係数(b)と初期配置を変化させ、ロボットの振舞いを調査して、ロボットたちの時速、同じ流れになるまでの時間と流量などロボットの基本的な走行情報を測定した。

## 2 ロボットの構造

### 2.1 ロボットの身体性

走行ロボットの正面図と俯瞰図：

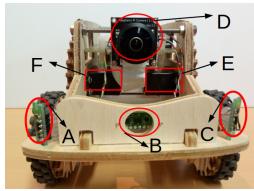


図 1: 正面図



図 2: 俯瞰図



図 3: 左右のセンサー角度表示

A:右の距離センサー;B:中央の距離センサー;C:左の距離センサー;D:カメラ(使っていない);E:右モーター;F:左モーター;制御システム:ラズパイ;左右センサー角度:45°;ロボット幅:13.5;ロボット長さ:20.2;ロボット高さ:12.2;

今回使っているのは4輪木造走行ロボットである、人間や昆虫の走行特徴に近似するため、左右の車輪は左右のモーターで独自に制御して、超信地旋回できるようになる。tof 距離センサーが赤外線の反射で距離を測るので、超音波より測る範囲が狭いけど、体積が小さく、精度が高くて、複数ロボットの場合、ロボット同士間の妨害も減少できる。

### 2.2 感覚運動写像モデル

感覚運動写像とは、センサー値を変数とする関数によってモーターの出力を決定することであり、その瞬間のセンサー値だけを使うと、最も単純な反応

行動のための知能の一つである。本研究では、非線形写像モデルが使われている。

#### 1. 距離データーの相乗平均：

$$x_L = e^{\gamma \ln d_C} \cdot e^{(1-\gamma) \ln d_L} \quad (1)$$

$$x_R = e^{\gamma \ln d_C} \cdot e^{(1-\gamma) \ln d_R} \quad (2)$$

中央のセンサーでもらった距離データー( $d_C$ )と左のセンサーでもらった距離データー( $d_L$ )が式(1)で計算して、左の感覚運動写像方程式の入力( $x_L$ )がもらえる、同じように、真中のセンサーでもらった距離データー( $d_R$ )と右のセンサーでもらった距離データー( $d_R$ )が式(2)で計算して、右の感覚運動写像の入力( $x_R$ )がもらえる。 $\gamma$ は重みであり、 $\gamma$ イコール 0.33 のとき、等加重である。

#### 2. 感覚運動写像：

$$m_R = \alpha_{1L} \tanh(\beta_{1L}(x_L - b_L)) + \alpha_{2L} \tanh(\beta_{2L}(x_L - b_L)) + c_L \quad (3)$$

$$m_L = \alpha_{1R} \tanh(\beta_{1R}(x_R - b_R)) + \alpha_{2R} \tanh(\beta_{2R}(x_R - b_R)) + c_R \quad (4)$$

式(1)と(2)でもらった  $x_L$  と  $x_R$  を式(3)と(4)に代入して、ロボットの右モーターの出力( $m_R$ )と左モーターの出力( $m_L$ )が計算できる。係数  $\alpha$  がロボットの最大速度を制御する、係数  $\beta$  が  $\tanh$  の傾きを制御する、係数  $b$  が関数のだて軸上の位置を制御する、係数  $c$  が関数のだて軸上の位置を制御する。今回の実験のパラメーター： $\alpha_{1L}, \alpha_{2L}, \alpha_{1R}, \alpha_{2R} : 30$ ;  $\beta_{1L}$  と  $\beta_{1R} : 0.004$ ;  $\beta_{2L}$  と  $\beta_{2R} : 10$ ;  $c_L$  と  $c_R : 0$ ; ロボットグループ1の  $b_L$  とロボットグループ2の  $b_R : 160$ ; ロボットグループ2の  $b_L$  とロボットグループ1の  $b_R : 260$ ;

## 3 走行実験

直線と円形両方あり、一回じゃなくて、ぐるぐる回って複数の対面走行できるように、楕円コースで実験する。コースの中(青い部分)にロボットをランダムに配置して速度0からほぼ同時にスタート、約8分間実験する。ロボットたちが tof 距離センサーでコースの壁までの距離を測って、感覚運動写像により走行する。半分のロボットが右回り( $b_L > b_R$ )、残りのロボットが左回り( $b_L < b_R$ )。コースの青い部分の中央に(黒い線)でコースの長さを測る、コースの長さ( $L$ )は 7.32m、今回ロボットの台数( $D$ )は

8台。コースの長さを固定し(線密度( $\rho$ )を固定する(式5))、両側の壁を広まつたり、縮まつたりして、コースの幅( $w$ )が43cm, 49.5cm, 56cm, 62.5cm, 69cmを変化し、実験する。

$$\rho = \frac{D}{L} \quad (5)$$

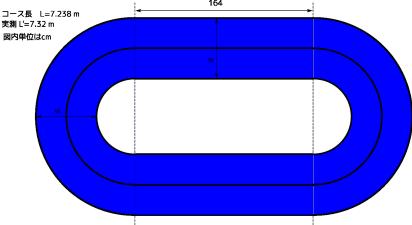


図4: コースレイアウト

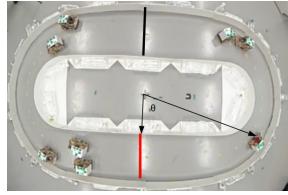


図5: コース



図6: 時間よりロボットの位置角度

$$Q = \frac{n}{wT_{sd}} \quad (6)$$

図5の赤い線をベースとして、ロボットが左から右へ線を越えたら流量+1、右から左へ線を越えたら流量-1。図6の横軸が時間(0から8分間)、縦軸がロボットの位置角度 $\theta$ (図5)、ロボットが赤い線から反時計回りで黒い線まで、 $\theta$ が0から $\pi$ に変わる。赤い線から時計回りで黒い線まで、 $\theta$ が0から $-\pi$ に変わる。横軸の時間に従って、紫色の線が縦軸の0を交差すると、計測線(赤い線)を通過したと認めて、台数( $n$ )を計測する。一回の実験で図6のように図が8個あり、Aの紫色線に対応する時間が一番大きな時間が一方向走行する状態になる時間( $T_{sd}$ 、単位:分)と認める。 $w$ がコースの幅(単位:m)、 $Q$ が流量、式6で流量を計算する。

## 4 実験結果

### 4.1 記録内容の説明

1.  $b_L > b_R$ : ロボットが右曲がり易い( $b_L$ の方が大きいので、同じ距離 $x$ で $b_L$ に対応する  $\tanh$

関数の変曲点が横軸の正方向に多く移動して、 $x - b_L$ が小さくなる、方程式3により、右のモーターが左のモーターより先に速度を減少するので、ロボットが右曲がりやすいである)

2.  $b_L < b_R$ : ロボットが左曲がり易い
3. 初期配置: ロボットの位置はランダムで、グループ2のロボットが左回り、グループ2のロボットが右回り。
4.  $T_{sd}$ : 全てのロボットのスタートから全てのロボットが一方向走行するまでの所要時間

ロボットが一つずつ5周回って、時速を計算する( $v = \frac{5*L}{t}, v: \text{時速}, L: \text{コースの長さ}, t: 5\text{周回する時間}$ )。時速の平均値 $\bar{v}$ : 787.52m/h; 時速の分散( $s^2$ ): 2640.3; 標準偏差( $s$ ): 51.384

### 4.2 幅による流量の測定

5つの幅があり、各自の幅で各十回(毎回8分間)実験する、毎回の実験で、ランダムでロボットを2つグループを分ける。 $T_{sd}$ と流量の平均値と分散を計測する

幅 (cm)	$T_{sd}$ 平均値	$T_{sd}$ 分散	流量 平均値	流量 分散
43	0	0	0	0
49.5	0	0	0	0
56	0	0	0	0
62.5	0	0	0	0
69	273.4 秒	19343.84	0.647	62.11

表1: 幅により  $T_{sd}$  と流量の値