

O3-6

被案内者からの力を考慮した杖型案内ロボットの走行制御

Motion control of stick type guide robot considering the human's force

○ 山中健史 (高知工科大学) 王碩玉 (高知工科大学) 姜銀来 (高知工科大学)

Tsuyoshi YAMANAKA, Kochi University of Technology
 Shuoyu WANG, Kochi University of Technology
 Yinlai JIANG, Kochi University of Technology

Abstract: We are developing a stick type guide robot with omni-directional movement functions in order to guide a visually impaired person with a lead. However, since the stick type guidance robot had a high center of gravity, its running stability was low, and safe guidance was difficult to realize. In this report, the stick type guide robot's kinematics model and kinetics model which consider the force from user are derived, and the motion simulation result is reported.

Key Words: Stick type guide robot, Omni wheel, Motion control

1. 諸言

先行研究では、人間の案内動作の実現を目指して案内ロボットを開発した(1)。本ロボットは、障害物回避をしながら被案内者を目的地までに案内することができるが、特徴としては、被案内者と会話しながら、「速い」や「遠い」など個人差のある曖昧概念を理解できるので、安心して目的地まで案内役を果たせる。また、視覚障害者を案内するため、準全方向移動機能を持つ円柱型案内ロボットにリードを装着することで案内を行った。しかし、円柱型案内ロボットは、重心が高いため走行安定性が低く、安全・安心な案内が困難である。一方、低重心高安定性をもつ杖型ロボットは文献(2)によって提案されているが、小型化において更なる改善の余地がある。したがって、本研究では、より低い重心及び高い安定の実現を目指して、超小型案内ロボットを開発している。本報告では運動学モデルと動力学モデルを導出して、被案内者からの外力を考慮した走行シミュレーション結果について報告する。

型案内ロボットの速度の運動学モデルを求めることができる。また、x軸と線分 W_iO の成す角度を α_i と仮定することにより、運動学モデルの一般式は[1]式のように求まる。 v_x は x 成分の速度、 v_y は y 成分の速度である。

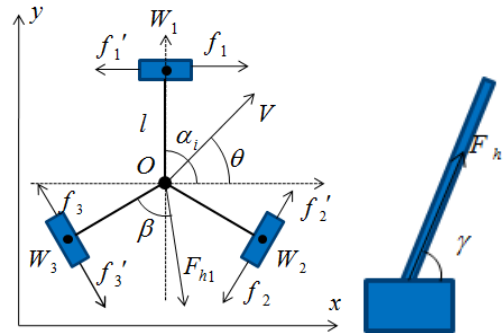


Fig.2 Model of stick type guide robot

- V : Speed of guide robot v_i : Speed of omni wheel
- O : Gravity point l : Length of segment W_iO
- W_i : Center of omni wheel
- θ : Angle between x axis and traveling direction
- α_i : Angle between x axis and segment W_iO
- F_h : External force from person
- F_{h1} : F_h 's projection to the floor
- β : Angle between F_{h1} and segment W_3O
- γ : Angle between floor and stick
- f_i : Driving force vector
- f_i' : External force vector
- ($i = 1,2,3$)

2. 杖型案内ロボットの特徴

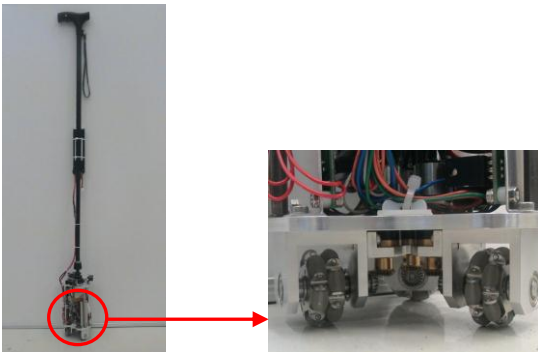


Fig.1 Stick type guide robot

杖型案内ロボットを Fig.1 に示す。特徴として重心位置が極力低いこと、全方向移動機能をもつことである。重心位置を極力低くすることにより、走行安定性を確保する。また、3つのオムニホイールを使用することで走行中では全方向移動を可能にするので、瞬時に速度方向を転換できる。

3. 杖型案内ロボットのモデル

杖型案内ロボットの運動学モデルについて説明する。杖型案内ロボットを2次元に単純化したモデルとその座標設定を図2に示す。モデルより各オムニホイールの速度と杖

$$\begin{bmatrix} v_1 \\ v_2 \\ v_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sin \alpha_1 & -\cos \alpha_1 & -l \\ \sin \alpha_2 & -\cos \alpha_2 & -l \\ \sin \alpha_3 & -\cos \alpha_3 & -l \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_x \\ v_y \\ \dot{\theta} \end{bmatrix} \quad [1]$$

次に杖型案内ロボットの動力学モデルについて説明する。被案内者が床面と杖の角度を γ で F_h の力で引っ張ると仮定し、それを床面に投影したものが F_{h1} である。 F_{h1} を用いて被案内者からの力を求めたものを式[2]に示す。 F_{h1} と線分 W_3O との角度を β とし、被案内者からの力を考慮した動力学モデルを[3]式に示す。

$$\begin{bmatrix} f'_1 \\ f'_2 \\ f'_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -F_h \cos \gamma \cos(150^\circ - \beta) \\ -F_h \cos \gamma \sin(120^\circ - \beta) \\ F_h \cos \gamma \sin \beta \end{bmatrix} \quad [2]$$

$$\begin{bmatrix} M & 0 & 0 \\ 0 & M & 0 \\ 0 & 0 & I \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \ddot{x} \\ \ddot{y} \\ \ddot{\theta} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sin \alpha_1 & \sin \alpha_2 & \sin \alpha_3 \\ -\cos \alpha_1 & -\cos \alpha_2 & -\cos \alpha_3 \\ -l & -l & -l \end{bmatrix} \begin{bmatrix} f_1 - f'_1 \\ f_2 - f'_2 \\ f_3 - f'_3 \end{bmatrix} \quad [3]$$

4. シミュレーション

PI 制御を用いて速度と位置の 2 重フィードバックを行い次の 3 つの条件でシミュレーションを行った。ブロック線図を Fig.3 に示す。

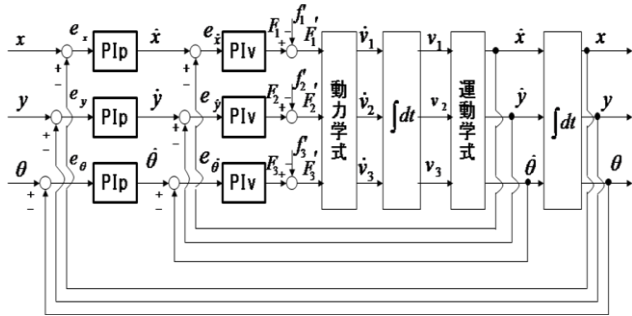


Fig.3 Block diagram

4-1 シミュレーション 1

初期位置を原点, 初期速度を 0[m/s], 目標 x 座標を 0[m], 目標 y 座標を 3[m], 目標軌道を $y=3t$ [m], $\alpha=60^\circ$, $F_h=10$ [N], $\beta=60^\circ$, $\gamma=75^\circ$, 速度 $KP=5$ [kg · m/s], 速度 $KI=3$ [kg · m/s²], 位置 $KP=5$ [s], 位置 $KI=5$ [s²] でシミュレーションを行った。Fig.4 にシミュレーション 1 の結果を示す。

被案内者からの力 $F_h=0$ [N] の時と見比べてみると, ほとんど差は無いように見えるが, $F_h=10$ [N] の方は 5[mm]程度被案内者に引っ張られている。しかし, 実際の案内行動には問題ないと考えられる。

4-2 シミュレーション 2

初期位置を原点, 初期速度を 0[m/s], 目標 x 座標を $x=3\cos\{0.5\pi(t-1)\}$ [m], 目標 y を $y=3\sin\{0.5\pi(t-1)\}+3$ [m], $\alpha=60^\circ$, $F_h=10$ [N], $\beta=60^\circ$, $\gamma=75^\circ$, 速度 $KP=5$ [kg · m/s], 速度 $KI=3$ [kg · m/s²], 位置 $KP=5$ [s], 位置 $KI=5$ [s²] でシミュレーションを行った。Fig.5 にシミュレーション 2 の結果を示す。

被案内者からの力 $F_h=0$ [N] の時と見比べてみると, ほとんど差は無いように見えるが, シミュレーション 1 と同じように $F_h=10$ [N] の方は 5[mm]程度被案内者に引っ張られている。しかし, これも実際の案内行動には問題ないと考えられる。

4-3 シミュレーション 3

初期位置を原点, 初期速度を 0[m/s], 目標 x 座標を 0[m], 目標 y 座標を 3[m], 目標軌道を $y=3t$ [m], $\alpha=60^\circ$, $F_h=10$ [N], $\beta=60+20\sin t$ [°], $\gamma=75^\circ$, 速度 $KP=5$ [kg · m/s], 速度 $KI=3$ [kg · m/s²], 位置 $KP=5$ [s], 位置 $KI=5$ [s²] でシミュレーションを行った。Fig.6 にシミュレーション 3 の結果を示す。

被案内者からの力 $F_h=0$ [N] の時と見比べてみると, 被案内者からの力により左右に振られてはいるものの, 本物のわずかなため実際の案内行動には問題ないレベルであると考えられる。

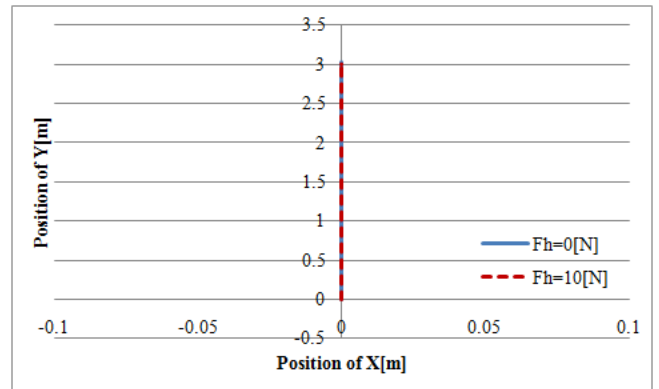


Fig.4 Result of simulation 1

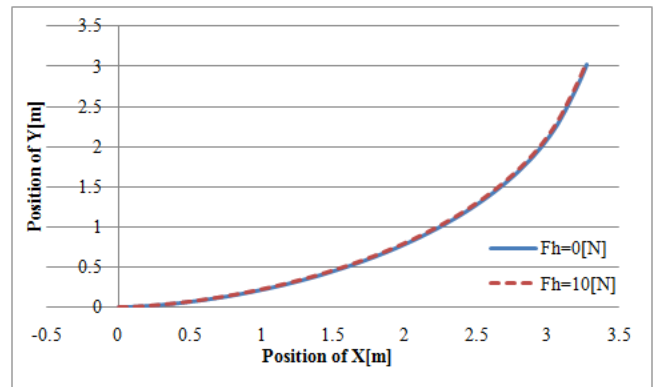


Fig.5 Result of simulation 2

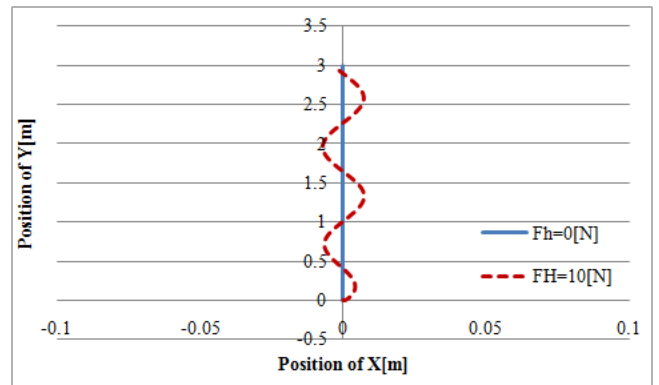


Fig.6 Result of simulation 3

5. 結言

本報告では杖型案内ロボットの運動学モデルと動力学モデルを算出し, 3 つのシミュレーションを行った。発表当日は, 被案内者からの力を考慮した走行シミュレーション結果から実用性について報告する。

参考文献

- (1) 溝渕 宣誠, 王 碩玉, 河田 耕一, 山本 正樹, “距離型ファジィ推論法に基づく案内ロボットの軌道計画法”, 知能と情報, Vol.17, No1, pp.112-121, 2005.
- (2) J. Huang, P. Di, K. Wakita, T. Fukuda, and K. Sekiyama, "Study of Fall Detection Using Intelligent Cane Based on Sensor Fusion", Proc. of 2008 International Symposium on Micro-Nano Mechatronics and Human Science (MHS2008), pp. 495-500, Nagoya, November 6-9, 2008