

第4回インテリジェント・システム・シンポジウム

Fuzzy, Artificial Intelligence, Neural Networks and
Computational Intelligence

FAN Symposium'04 in Kochi

講演論文集

2004年10月9日(土)～10日(日)

高知工科大学

- 主催:  日本知能情報ファジィ学会
- 共催: 計測自動制御学会、電気学会、システム制御情報学会、
電子情報通信学会、人工知能学会、日本神経回路学会、
日本ロボット学会、日本機械学会、情報処理学会、
日本エム・イー学会、バイオメディカル・ファジィ・システム学会、
日本AEM学会、高速信号処理応用技術学会
- 後援: 高知工科大学、高知県

2-102 アウターホイール車両のための安定装置の開発

Development of stable control system for outer wheel type vehicle

○俊野裕一（高知工科大） 岡宏一（高知工科大）
大股政裕（高知工科大） 北村晋助（高知工科大）

Yuichi TOSHINO, Kochi Univ of tech, 185 Miyanakuchi, Tosayamada-vhoKochi 782-8502, Japan
Koichi OKA, Kochi Univ of tech
Masahiro OHOMATA, Kochi Univ of tech
Shinsuke KITAMURA, Kochi Univ of tech

In this paper, a new type of vehicle for rough terrain is proposed. The feature of this vehicle is that two large outer wheels are used for driving. Large wheels are effective for rough terrain. The body, however, swings when the vehicle starts and stops, because the vehicle has only two wheels. A torque generator installed in the body and feedback control can suppress swing of the body. First, a concept of this vehicle is explained and a prototype vehicle is introduced. The prototype vehicle is modeled and simulated numerically. Last, some examination results is introduced.

Key Word: outer wheel, vehicle, feed back control

1.はじめに

本研究の目的は、災害現場における不整地を走行することが可能なレスキューロボットの開発を行うことである。近年、キャタピラや、多足型タイプなど、レスキューロボットの足回りは多種多様である[1][2]。本研究は、大きな車輪を用いることによって不整地を走行可能な車両の開発を行うことである。車両は不整地での旋回性や操作性を考慮し、車輪を2つ用いた構造とした。

今回の発表は、車両の安定性を向上させることを目的としている。製作した車両の走行させるために必要な安定装置についての開発を行う。数値シミュレーションを行う事でその装置の有効性を考察する。

2.アウターホイール車両のための安定装置の開発

Fig. 1, 2 に試作した車両の写真を示す。Fig1 は斜め前から、Fig2 は真横から写したものである。車両は、大きく2つに分かれる、一方は内側の車両本体（ボディ）であり、他の方は、本体を覆う大型車輪である。ボディと車輪の間には、車両をドライブする為のラックとピニオンがあり、ボディ側にはピニオンを駆動するためのモータが取り付けられている。

この車両を駆動するために、車輪にトルクをかけると反力でボディが逆に回転しボディが傾く。これは、車両を操縦する上で、走行を不安定にさせる要因になる。よって、この問題を解決するために、車両を安定させる装置の開発を行った。制御装置の仕組みは、以下の通りである。角速度センサを車両内部に搭載しボディの角速度を検出する。検出した値に基づいて Fig2 上部に取り付けられた装置でトルクの発生を制御する。このことにより振動を制御する。トルク発生の仕組みはモータに慣性モーメントの大きいはずみ車を取り付けたものである。はずみ車を回転させるためのトルクの反作用がボディに与えられる構造となっている。

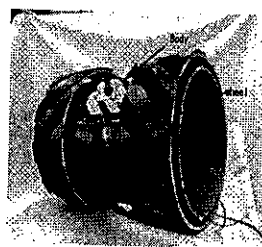


Fig. 1 vehicle (front view)



Fig. 2 vehicle (side view)

3. 車両のモデル化

ボディの傾きを適切に制御するための方法を検討するために試作車両のモデル化を行った。Fig 3 に試作車両のモデルを示す。モデルは、車輪部分とボディ部分に分けて考える。

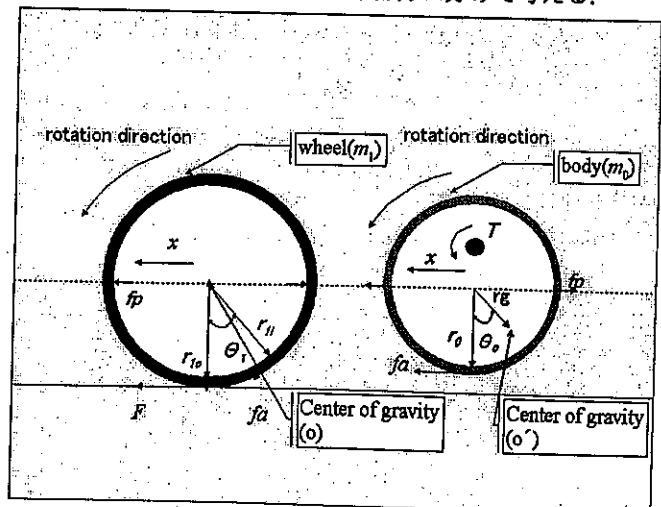


Fig. 3 Modeling of equipment
記号を以下に示す。

m_1 : 車輪の質量 (1.7kg)
 m_2 : ボディの質量 (2.1kg)
 r_{1o} : 車輪の半径 外側部分 (0.175m)
 r_{1i} : 車輪の半径 内側部分 (0.171m)
 r_0 : ボディの半径 (0.15m)
 r_g : 内側のタイヤの重心 o' までの距離 (0.05m)
 o : 車輪
 o' : ボディの重心
 θ_1 : 車輪
 θ_0 : ボディの傾き
 x : 進行方向の中心の変位
 F : ボディと車輪の摩擦力
 f_a : モータによる反力
 f_p : 車体を支える力
 T : 傾きを抑制するための装置が発生させるトルク
 c_1 : ダンパー1
 c_0 : ダンパー0
 k : ゲイン
 I_1 : 車輪の慣性モーメント ($76.8 \times 10^3 \text{ kg/N}$)
 I_0 : ボディの慣性モーメント ($52 \times 10^3 \text{ kg/N}$)

車両は水平方向の1自由度のみの運動について解析するものとする。2つの車輪は等しく回転するものとし、車両の旋回には考慮せず、直進運動のみのモデル化を行った。車輪とボディの中心は同じ点 o であり、その2つは等しく運動する。そのために車輪とボディには水平方向の外力が働くと考えその力を f_p とする。車両の走行のための駆動力は、ボディの外側と車輪の内側の間に働くものとし、その力を f_a とする。ボディの傾き制御のためのトルク発生器は純粋にトルク T を発生可能であるものとする。また、車輪部、ボディ部にはそれぞれの回転に対して c_0, c_1 の減衰が働くものとする。車輪部分の回転に関する運動方程式はタイヤの摩擦力を F として、

$$I_1 \ddot{\theta}_1 = F r_{1o} - f_a r_{1i} - c_1 \dot{\theta}_1 \dots \dots \dots (1)$$

となる。また、車輪部分の水平方向の運動方程式は

$$m_1 \ddot{x} = F - f_a + f_p \dots \dots \dots (2)$$

となる。また、このとき x と θ_1 には

$$r_{1o} \theta_1 = x \dots \dots \dots (3)$$

の関係がある。

ボディ部分の回転方向の運動方程式は、

$$I_0 \ddot{\theta}_0 = -m_0 r_g \sin \theta_0 + f_a r_{1i} + T - c_0 \dot{\theta}_0 \dots \dots \dots (4)$$

であり、

ボディ部分の水平方向の運動方程式は、

$$m_0 \ddot{x} = f_a - f_p \dots \dots \dots (5)$$

となる。(1)~(3)および(5)式を考慮することにより駆動力 F は次のように求めることができる。

$$F = \frac{(m_1 + m_0) r_{1o}}{I + (m_1 + m_0) r_{1i}^2} (f_a r_{1i}) - c_1 \dot{\theta}_1 \dots \dots \dots (6)$$

4. シミュレーション

シミュレーションで入力する信号のグラフを Fig4 に、本体における揺れについてはそれぞれ Fig5, Fig6 に示す。

車両の運動についての知見を得るため、試作車両のモデルに基づいて数値シミュレーションを行った。シミュレーションは f_a に方形波状の入力を加えたときの車両の運動について行った。駆動入力 f_a 、ボディの回転角 θ_0 の2つの状態変数を出力する。全体で20秒間のシミュレーションを行ない、1~2秒の間だけ1Nの駆動力 f を与えた。フィードバックを行わない場合、Fig4からわかるように、ボディの振動が減衰するのに時間がかかることが分かる。フィードバックを行うと、Fig5からわかるようにボディの振動が速やかに減衰していることがわかる。これより、ボディの振れを抑え安定した走行を行うことが可能になると考えられる。今回はこのデータより、内部装置における振動の減少を検証する実験を行う。

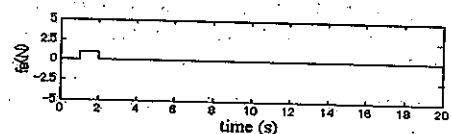


Fig.4 input signal

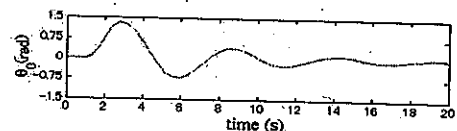


Fig.5 Simulation result of body (without feedback control)

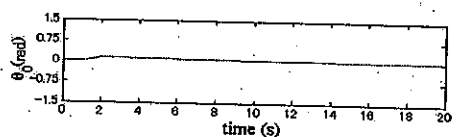


Fig.6 Simulation result of body (with feed back control)

5. 終わりに

瓦礫などがある不整地走行を目的とした大型車輪を持つアウターロータ型車両の提案および試作を行った。車両は2輪であり走行時の振動が問題となる。試作装置のモデルによるシミュレーションによりトルク発生器をボディにつけることで傾きを低減させることが可能であることがわかった。このことは、試作車両を用いた実験により確認されたが、十分な性能とは言えなかった。これはフィードバック制御の遅れなどの影響であると考えられる。

文献

- [1] 金沢, 山下: 段差乗り越え能力を有する全方向移動ロボットの開発, 第17回日本ロボット学会学術講演会, pp.913-914, (1999)
- [2] 小林滋, 高森年, 木村哲也, 長瀬潤史, 草薙英知, 岡村敏典: 被救助者探索用クローラ車の設計・試作と基礎実験, 日本機械学会ロボメカ99公演論文集 2p1-05-052, (1999)