

論文 / 著書情報
Article / Book Information

論題(和文)	教育用1自由度グライド推進移動体“魚太郎III号機”の開発
Title	Development of an 1-DOF Gliding Locomotion Robot “Gyotaro-III” for Education
著者(和文)	広瀬茂男, 遠藤玄, 高岡峻一
Authors	SHIGEO HIROSE, Gen Endo, Shunichi Takaoka
出典 / Citation	日本ロボット学会学術講演会, , , 1L2-5
Citation(English)	, , , 1L2-5
発行日 / Pub. date	2010, 9
権利情報 / Copyright	本著作物の著作権は日本ロボット学会に帰属します。 Copyright (c) 2010 The Robotics Society of Japan.

教育用1自由度グライド推進移動体“魚太郎III号機”の開発

広瀬茂男(東京工業大学) ○遠藤玄(東京工業大学) 高岡峻一(東京工業大学)

Development of an 1-DOF Gliding Locomotion Robot “Gyotaro-III” for Education

Shigeo HIROSE(Tokyo Tech), *Gen ENDO(Tokyo Tech), Shunichi TAKAOKA(Tokyo Tech)

Abstract— This paper proposes an 1-DOF glide propulsion robot “Gyotaro-III” as an educational robot. Gliding locomotion is one of propulsion method, which utilizes the difference of friction between the normal direction and tangential direction. Since this propulsion has interesting features in both physical aspect and engineering aspect, we think that gliding locomotion robot can be a good stimulus of child’s curiosity for engineering. So we developed a prototype of gliding locomotion robot with one RC servo motor, radio controller and receiver. Finally we used it in a robot lecture which aims to promote science education.

Key Words: 1DOF Gliding Locomotion Robot, Educational Robot

1. はじめに

子供の理科離れが進む現在、ロボットを題材とした理科系教育を推進する初等教育プログラムが数多く実施されている [1]. こうしたプログラムで製作するロボットには独立二輪駆動型車両ロボット [2] や、リンク機構により定型動作を行う歩行ロボット [3] などが主であり、多くの市販品があるものの運動の原理自体は簡潔で工夫の余地が乏しく、操縦するにしてもすぐに習熟出来てしまうものであった。

そこで本報告では首振り受動キャスタを用い、魚の鰭による推進を模した1自由度グライド推進移動体「魚太郎III号機」を提案する (Fig. 1). 本移動体は1自由度のサーボモータでありながら推進速度と方向を制御することが可能である. 本ロボットの操縦を通して楽しみながら推進原理を学び、また工夫改良を重ねることで工学的探究心が育まれることを期待している。

2. 推進原理

筆者らは「直交する2軸方向に働く抗力の差を利用した推進」をグライド推進と名付け、それを利用した移動体を提案してきた [4]. グライド推進の例としては魚の鰭やヘビの蛇行、アイススケートやローラースケートなどが挙げられる。

Fig. 2 に提案するグライド推進移動体の推進原理を示す. 説明のため前輪がボールキャスタ、後二輪が首振り受動キャスタであるモデルを考える (Fig. 2(a)). 受動車輪を保持する部材とボディの間にはバネが取り付け

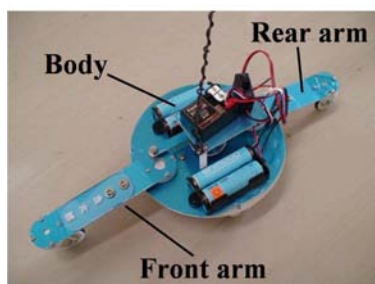


Fig.1 Overview of the gliding locomotion robot “Gyotaro-III”

けられており、常に車輪が進行方向 X に揃うように調整されている。

バネが伸ばされて受動車輪が左右対称に θ をなすときを考える (Fig. 2(b)). このとき車輪接地点には F_n (赤矢印) の力が働く. この反力は F_x, F_y (緑矢印) に分解されるが、 F_y は対称性から相殺され F_x のみが残る. これが推進力となり X 方向に進み最終的には (a) の平衡状態に達し停止する. すなわちバネに蓄えられたエネルギーは X 正方向の運動エネルギーに変換される。

次にこの首振りキャスタを前一輪・中二輪・後一輪の菱形に配置し、進行方向に対して受動車輪が同じ大きさで Fig. 2(c) のように傾いた場合を考える. このような配置でも F_y やそれによるボディへのモーメントは相殺され F_x のみ残り結果、 X 方向に直進する。

そこで Fig. 2(d) に示すように前後アームを能動的に同じ角度で屈曲すれば、前後の首振りキャスタに受動的に同じ大きさの首振り角度を持たせることが出来る. また前後アームの能動屈曲の反力を受け、ボディの首振りキャスタは前後のキャスタと逆方向に同じ角度だけ屈曲する. また移動体の推進方向は屈曲角度に応じた円弧軌道となる. 従ってこの屈曲を左右で繰り返せば平均的には直進することになる. また屈曲の中心点を左右どちらかにオフセットさせれば旋回動作も可能となる. これは索状能動体”ACM-III”の推進・操舵法と同一である [5].

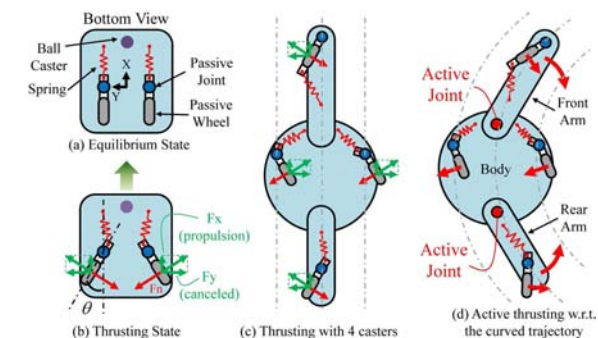


Fig.2 Qualitative explanation of the locomotion principle

3. 実機開発

3.1 機構系

開発した“魚太郎 III 号機¹”の外観図を Fig.1 に示す. 大きさは全長 294[mm], 全幅 130[mm], 全高 100[mm](アンテナ部含まず), 質量は 400[g] である.

前後のアームは同じ角度で駆動することを前提としていることから, 1つのサーボモータで十分である. ボディ中央部に取り付けられたサーボモータの出力を Fig. 3 左のリンク機構により前後アームに伝える. 本体とアームは 2mm 厚の A5052 板材で製作し, シャーリングやニブリング加工により価格を抑えた.

またアームの先端と本体下部には首振り受動キャスタが装備されており, 車輪軸はキャスタの軸に対し 10mm のオフセットを持っている (Fig.3 右). 首振りキャスタは, アームまたはボディと引きバネで接続されている. 今回はバネ定数の調整の容易さと入手性から輪ゴムを用いている.

受動車輪, キャスタ軸, アーム関節軸は試作検討の段階で軸方向ガタがあると有効に推力を発生出来ないことが分かった. なるべく安価で加工性の高い部品を探した結果, 引き戸用の軸付き樹脂ベアリングが単価 100 円前後で入手できることが分かったため [6], これを追加して用いることとした. 受動車輪は U 溝車輪に O リングを嵌めている.

3.2 制御系

操縦系として最も一般的なラジオコントロールを選択した. RC サーボモータはロボット制御の基本であるサーボの概念を解説する上でも良い教材である. 安価で高剛性な GWS 社製 RC サーボモータ [7] を選定した. 送受信機は 1ch で十分であるが, 適切なものが入手できなかったため, 最も安価な 2ch のものを選択した [8]. AM 周波数帯であるため, 同時に 12 台まで走行可能である.

3.3 コスト

12 台を製作し, 1 台あたりの概算コストは機構系加工費が 10000 円, 制御系が 7500 円であった. 機構系は樹脂成型品, 制御系は赤外線通信などを用いれば大幅にコストダウンが可能であると思われる.

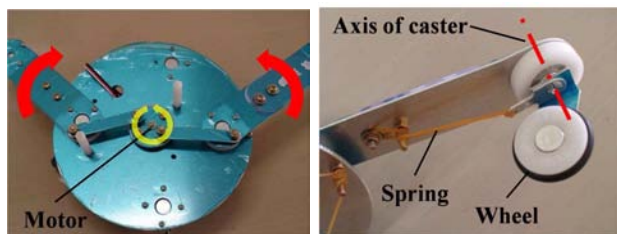


Fig.3 A double joint mechanism(left) and a passive caster(right)

¹I 号機は後アームのみでボディには推進方向に転がり方向が固定された受動車輪が装備されていた. II 号機は前後アームで対称駆動にした. いずれも推進速度は小さく, 改良を重ねた結果, III 号機の形態となった.

4. 動作実験

ビニル床シート平面上で“魚太郎 III 号機”を動作させた時の様子を Fig.4 に示す. 操縦者は送信機右側のレバーを左右に往復させるだけで推進させることが出来る. Fig.4 の左図は直進させたときの様子であり, 赤線はスタート位置である. アームの往復運動によりロボットが推進していることが確認できる. また, アームの往復運動にオフセットを加えることで旋回動作が可能であることも確認した. 路面にもよるが最大の推進速度はおよそ 0.5[m/s], 最小旋回半径は 0.25[m], 単 3 電池 4 本 (SANYO: eneloop) での動作時間はおよそ 4.5 時間であった.

本ロボットはアームの往復運動と, それによりバネに蓄えられたエネルギーが解放されることによって推進することから, 適切な振幅・振動数が存在する. つまり単にアームを速く動かせば速く進む訳ではない. また推進と操舵が密接に関連しているため, 思い通りに操縦するためには練習が必要である. さらにこれらの運動は首振りキャスタに付加するバネの特性によって大きく変化する. 従って, スラロームなど複雑な進路をより速く移動するためには操作の練習やバネ力の調整など多くの努力と工夫が必要であり, このような余地があることは教材として優れた点であると考えている.

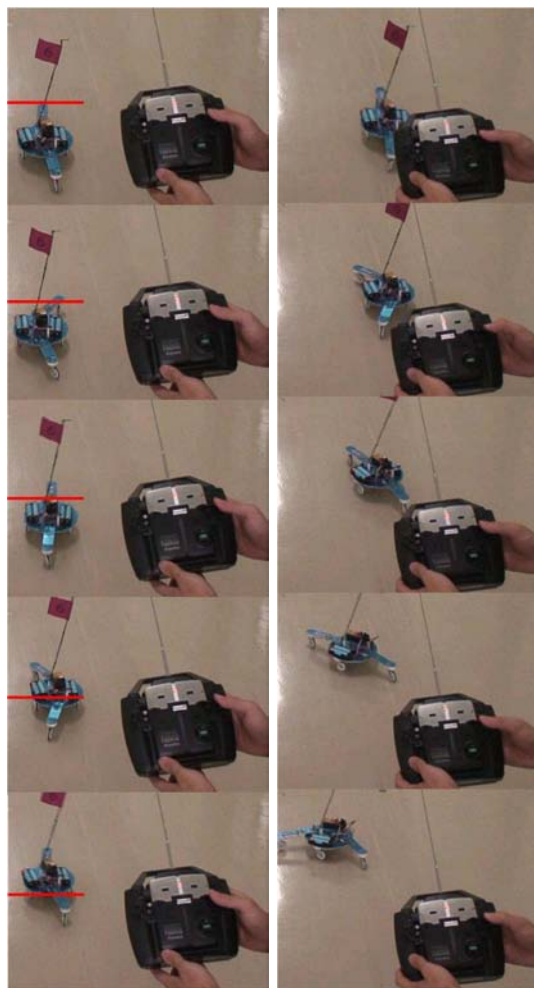


Fig.4 Propulsion of “Gyotaro-III” (left:moving forward, right:turn)

5. おわりに

本論文では1自由度グライド推進ロボット“魚太郎III号機”を提案した。グライド推進は物理的にも工学的にも興味深く、本移動体は理科系教育において非常に有効な題材であると考えられる。

最後に2009年12月に東京工業大学学生支援GP[9]と筆者らの研究室が共催した小学生向けロボット教室について報告したい[10]。講義の一環として本移動体の構造を説明するとともに、レース競技を行った(Fig.5)。子供たちは単にレースを楽しむだけではなく、アームの駆動速度と推進速度の関係を模索するなど、グライド推進についての理解を深める努力もしていた。また中には操作に夢中になり時間になっても手放さない子や、レースで上手く動かさなかったことで泣き出す子もいた。このことから本移動体が子供たちの興味を引き出すことが出来ると考えられる。

今回のロボット教室では簡単な概要と操作方法を教えるだけであったが、今後はサーボモータの仕組みや推進速度を向上するためのバネ力の調整など、本移動体を題材としたより深い内容の講義を検討している。



Fig.5 “Gyotaro-III” race

参考文献

- [1] “科学技術振興機構サイエンス・パートナーシップ・プロジェクト事例紹介ロボット”, <http://spp.jst.go.jp/example/index.html>
- [2] “(株)イーケイジャパン メカ工作ロボットキット”, <http://www.elekit.co.jp/product/search.php?sub%5B0%5D=00001&start=1>
- [3] “(株)タミヤ ロボクラフトシリーズ”, <http://www.tamiya.com/japan/products/robocraft/index.htm>
- [4] 遠藤玄, 広瀬茂男, 外川圭司, “グライド推進の提案”, 第16回日本ロボット学会学術講演会予稿集, pp.731-732, 1998.
- [5] 広瀬茂男: 生物機械工学, 工業調査会, 1987.
- [6] “トックベアリング株式会社 ベアリングDシリーズ” <http://www.tok-bearing.co.jp/products/bearing/d.html>
- [7] “GWS サーボ MICRO/2BBMG/F”, <http://akizukidenshi.com/catalog/g/gM-01908>
- [8] “FUTABA プロポ ATTACK-2ER, レシーバ R122JE(AM)”, <http://www.rc.futaba.co.jp/hobby>
- [9] “東京工業大学 学生支援 GP ウェブサイト”, <http://www.siengp.titech.ac.jp/news/091219.html>
- [10] 高岡峻一: “小学生向けロボット教室「人に役立つ新しいロボットを作ろう」”, 東工大クロニクル, No.425, pp.16-18, 2010.