T2R2 東京工業大学リサーチリポジトリ
Tokyo Tech Research Repository

論文 / 著書情報
Article / Book Information

論題(和文)	ローラーウォーカーに関する研究-移動制御方法ローラーウォークについて-
Title	
著者(和文)	広瀬茂男, 竹内裕喜, 遠藤玄
Authors	SHIGEO HIROSE, Hiroki Takeuchi, Gen Endo
出典 / Citation	第１３回日本ロボット学会学術講演会予稿集, Vol. , No. , pp. 799-800
Citation(English)	, Vol. , No. , pp. 799-800
発行日 / Pub. date	1995,
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) 1995 The Robotics Society of Japan.

Powered by T2R2 (Tokyo Institute Research Repository)

5M1-3-5

ローラーウォーカーに関する研究

―― 移動制御方法ローラーウォークについて ――

東京工業大学　工学部　機械宇宙学科　広瀬茂男
通商産業省　工業技術院　機械技術研究所　ロボット工学部　○竹内裕喜
東京工業大学　工学部　機械宇宙学科　遠藤　玄

Study on Roller Walker :Acceleration Control of "Roller Walk"

Shigeo HIROSE : Tokyo Inst. of Technology
Hiroki TAKEUCHI : AIST MITI Mechanical Engineering Lab.
Gen ENDO : Tokyo Inst. of Technology

Abstract: We have already proposed the idea named "Roller Walk" which is the control of articulated leg with passive wheel. In this paper some simulations for the acceleration of Roller Walker are done.

1. はじめに

脚によって離散的な支持点を選択しつつ移動する歩行型移動方式は、特異な機能性を発揮する。しかし、移動すべき環境が平坦地である場合には、車輪移動方式の方がはるかに滑らかな運動を実現し移動速度、移動効率とも勝っている。そのため、脚式歩行の特徴と車輪推進の特徴を組み合せ、凹凸の激しい不整地では歩行、凹凸の少ない地表面あるいは平坦地では車輪走行を行ういわゆる「ハイブリッド走行車」を構成しようとする試みが、これまで幾つかなされてきた。

しかし、これら従来の「能動車輪」を使用するハイブリッド走行車は、能動車輪にはモータのみならず、ステアリング機構、ブレーキなどを装備しなければならないためかなりの重量になる。そのため、ただでさえ自由度が多く駆動系が重い歩行機械の重量がハイブリッド化するとさらに増大してしまい、歩行特有の特性が発揮しにくくなってしまうという問題があった。このような問題を逃げ、より実用的なハイブリッド走行車を実現する一つの方法は、Fig.1のように軽量な受動車輪を使用することであろう。

受動車輪によって本体推進力を得るには、脚の自由度をうまく使わなければならない。それは、人がローラ・スケートをするときをイメージすると理解し易い。このような受動車輪を用いたハイブリッド形態に特有の推進方法を筆者らは、「ローラーウォーク」と呼んでいる。

今回は、このようなコンセプトを実験機で実現するための、ローラーウォークの具体的実現法を検討する。例えば、スケート選手が、スタート直後加速した時と、定常速度に達した時とでは脚の動作は異なってくる。このような運動はローラウォークについても必要と考えられる。本研究では、直進加速の場合についてシミュレーションを行った。

2. モデル

歩行運動のために装備されている脚の駆動自由度を使用して車輪を地表面に対してスライド運動させ、その反力の推進方向成分を推力とするものである。

検討の対象とするローラーウォーカーのモデルは、Fig.2のように4脚の先端に受動車輪（ローラー）を装備したものである。走行面は平坦な水平面とする。脚は図の様に平面内で伸び縮み（長さd(t)）と、腰関節まわりの回転（回転角θ(t)）を行なうモデルで表現する。車輪はこの脚の先端に装備され、各脚で移動体重量のうちのwを支持しながら走行面に対しスライド運動するものとする。車輪は床面に対しクーロン摩擦するとし、車輪回転方向への摩擦係数μ_tは、μ_t=0.1、それと直交する車輪回転軸方向への摩擦係数μ_nはμ_n=0.01とする。

シミュレーション解析は、前2脚について行ない、各脚が移動体重量の1/4を支持しているとする。解析のための座標系は脚支持部を原点とし進行方向をy軸とする。

また、前後脚が脚を動かしたときに干渉するのを防ぐため、θにθ_1=0.75(rad)（45°）のオフセットを付加し、それに対応して車輪（ローラ）も脚に対しΘ=45°傾斜して装備することを想定した（Fig.2）。

計算に使用するパラメータは、本体重量60kg, 脚長0.2±0.1（m）とした。

3. 問題の定式化

前述したモデルより、まず脚が描く軌跡を、（3.1）式のように与える。

$$d(t) = d_0 \sin(\omega t) + d_1$$
$$\theta(t) = \theta_0 \sin(\omega t + \phi) + \theta_1 \qquad (3.1)$$

（3.1）式において制御パラメータは、d_0、θ_0、ϕ、ωの４つである。本体にかかる床からの反力は（3.2）式で示される。

$$F_t = -sign[(V \sin\theta(t) + d(t))\cos\Theta - (V\cos\theta(t) + d(t)\theta(t))\sin\Theta] \bullet \mu_t \frac{w}{4}$$
$$F_n = -sign[(V \sin\theta(t) + d(t))\sin\Theta + (V\cos\theta(t) + d(t)\theta(t))\cos\Theta] \bullet \mu_n \frac{w}{4} \qquad (3.2)$$

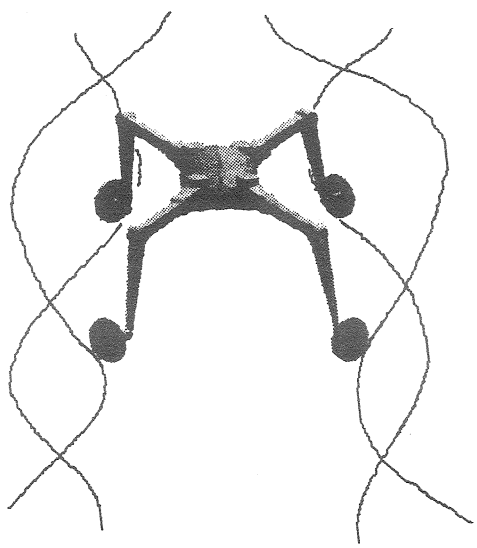

Fig.1 ローラーウォークの概念図

4. シミュレーション

任意の初速度v_{init}が与えられたとき、設定した制御パラメータでの1サイクルの脚運動を行い本体の得る速度（終端速度v_{finish}）を求めるアルゴリズムを誘導した。v_{finish}は、d_0、θ_0、ω、ϕを変化させることで異なってくる。ここで、d_0、θ_0は、脚によって描かれる軌跡を変化させ、ωは、1周期分にかかる時間を変化させ、ϕは、d(t)とθ(t)との位相差を変える。初速度v_{init}をゼロにしたときのv_{finish}はFig.4上図のn=1の曲線に示される。ここで得られる最高速度v_{finish}=0.34(m/sec)を初期速度として同様に次の1サイクル運動で得られるv_{finish}はFig.4上図のn=2、更にそのv_{finish}=0.5(m/sec)を初期速度として3回目のサイクルで得られるv_{finish}はn=3の曲線で示される。ここでは、初速度を持っているので軌跡の描きかたが悪いと初速を下回るケースも見受けられた。

Fig.3は計算の途中結果である。このケースは、ω=0.5π(rad/sec)、$\phi=\pi/4\to\pi/2\to3\pi/4\to\pi$のとき、$d_0$、$\theta_0$の値に応じて終端速度$v_{finish}$がどのように変化するかを縦軸にとったものである。

以上の演算を繰り返していけば、ローラーウォーカを直線的に加速していくためにどのように脚の動きを変化させていけば良いかがわかる。Fig.4にその様子をまとめた。結局、初速が大きくなるとそれにつれて最適なωも大きくなってくることがわかる。

また1周期の速度を一定とすると速度が上がるに従いローラーの角度をほぼ進行方向に向ける姿勢をとりはじめることも観察される。これは、人がスケートをしているときを想像してみると速度が大きくなるに従ってスケートエッジ方向が進行方向に平行になってくるということに類似しており、合理的な滑走体制が形成されていると推定できる。

4. まとめ

本発表では、足裏であると同時に角度を変えれば受動車輪となる足先を有し、受動車輪走行は脚の能動自由度で車輪を走行面にスライドさせ、ローラースケートと同様な原理で推進する「ローラーウォーク」について述べた。今後は、脚に取り付けた力センサ等を使って制御則をどのように構築するかについて考察を進めていく。

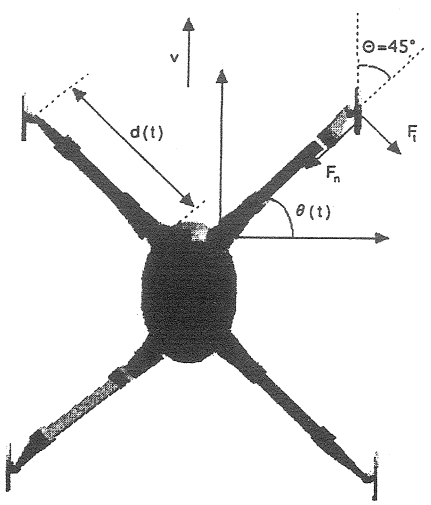

Fig.2 解析対象のモデル

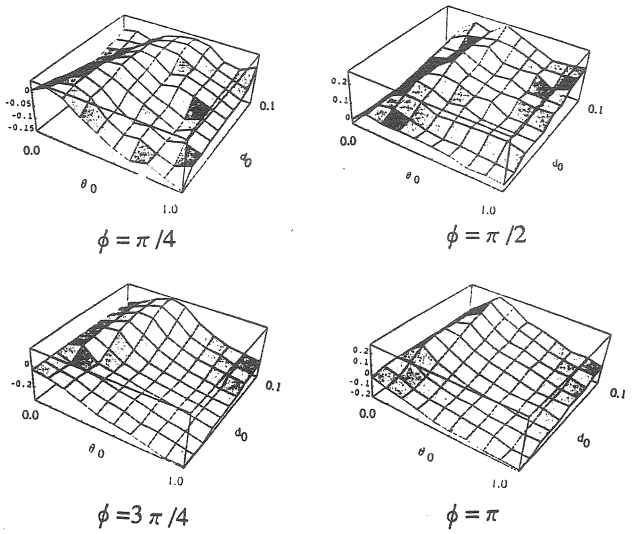

Fig.3 ω=0.5π(rad/sec)での運動パラメータに対する終端速度の傾向（縦軸はv_{finish}（v_{init}=0.0m/sec））

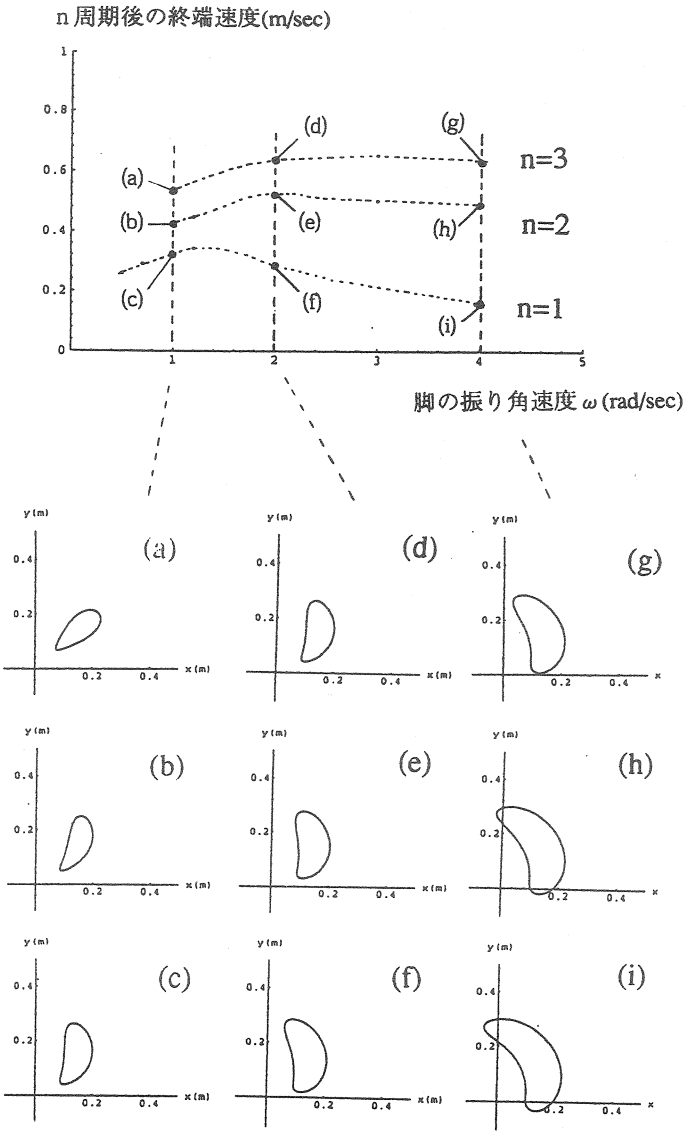

Fig.4 加速運動時の本体速度変化と軌跡形状