

論文 / 著書情報
Article / Book Information

論題(和文)	4足歩行機械の知能的歩容決定に関する研究 その6
Title	
著者(和文)	広瀬茂男, 菊池秀和, 梅谷陽二
Authors	SHIGEO HIROSE
出典 / Citation	第1回日本ロボット学会学術講演会, , , 119-120
Citation(English)	, , , 119-120
発行日 / Pub. date	1983, 12
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) 1983 The Robotics Society of Japan.

1. まえがき

1脚に3自由度, 合計12自由度を有する4足歩行機械は, その脚の冗長な自由度を生かすことにより多様な歩行形態をとり得る。筆者らはこれまでに, 側行歩容と名付けた体軸に対して斜め任意方向への直進歩行についてその基準形を求め, 歩行シミュレーションなどを行った。¹⁾ 本研究ではさらに歩行体が任意の回転中心まわりの円弧軌道上を巡回歩行する歩容(以降, これを巡回歩容と呼ぶ)について検討し, その基準歩容パターンを誘導する。

2. 問題の設定

解析にあたって次の様な設定を行う。

(i) 歩行体はその α - β 平面投影で Fig. 1 に示す様な足先可動範囲を持ち, Z 方向には単に支持(接地)と復帰(持ち上げ)の2状態をとる平面的モデルと考える。

(ii) 歩行体は α - β 平面上的の任意の点 $Q(x_q, y_q)$ まわりの円弧軌道上を移動する。

(iii) 歩行体は常に静的安定を保つ。ただし, 安定余裕はここでは0と設定する。

(iv) 復帰脚とする順序は α 方向クローラ歩容のそれと同じく, $1 \rightarrow 3 \rightarrow 4 \rightarrow 2 \rightarrow \dots$ とする。

(v) 重心の角速度を, 歩行の1周期を通じて一定に保つ。

基準巡回歩容は以上の設定条件を満たすと共に, 次の評価基準を最適化するものとした。「重心巡回角速度を最大にし, それを満足する範囲で, 1周期の巡回角を最大化する。」

さらに, 解析を単純化するために, 次の仮定を用いた。

(vi) 各脚足先の往復円弧曲線は, 足先可動範

囲長方形の中心点 C_i を通る。

(vii) 足先の復帰は, α, β 方向の合成であっても, 重心相対速度が歩行体固有の最大速度 V を越えない。

3. 基準巡回歩容の解析

解析のために, まず脚 i が復帰を行う間に重心が巡回する角を θ_i , 歩行の1周期の巡回角を $\theta = \sum_{i=1}^4 \theta_i$ と定義すると, 脚 i の足先往復曲線は, 中心角 $\theta - \theta_i$ の, C_i を通る円弧になる。よって, 基準巡回歩容を決定するという事は, $\theta_i (i=1 \sim 4)$ と, Fig. 1 に示す円弧の位置を定める点を示す角度 $\theta_{Pi} (i=1 \sim 4)$ の計8個の変数を決定する事となる。

これらの変数が満たすべき第1の条件は, 足先が常に可動範囲内にあることである。

例として, 第1脚については,

$$\begin{cases} \theta_{P1} + \theta_3 + \theta_4 \leq \theta_{F1} \\ \theta_{P1} - \theta_2 \geq \theta_{R1} \end{cases} \dots (1)$$

が成り立つ。第2~4脚にも同様の条件が得られ, 合計8本の不等式を得る。

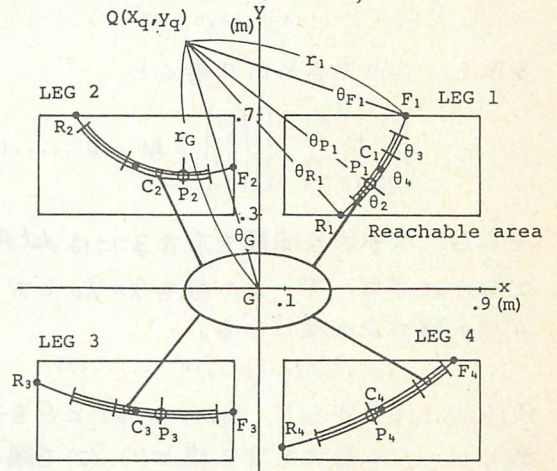


Fig.1 Relative feet position in the walking motion along circular trajectory

第1回日本ロボット学会学術講演会(昭和58年12月8日, 9日, 10日)

第2には、静的安定保持の条件が必要である。これは、Fig. 2の歩行シーケンスよりわかる様に、 P_1-G-P_3 , P_2-G-P_4 が各々一直線上にあることで、したがって θ_{Pi} は次の関係を満たさなくてはならない。

$$\begin{cases} r_1 r_3 \sin(\theta_{P_1} - \theta_{P_3}) = r_1' \sin(\theta_{P_1} - \theta_G) - r_3' \sin(\theta_{P_3} - \theta_G) \\ r_2 r_4 \sin(\theta_{P_2} - \theta_{P_4}) = r_2' \sin(\theta_{P_2} - \theta_G) - r_4' \sin(\theta_{P_4} - \theta_G) \end{cases} \dots (2)$$

ただし、ここで r_i は脚 i 足先軌跡の半径、 r_G は重心軌跡の半径、 $r_i' = r_i / r_G$ とする。

第3に重心旋回角速度一定の条件が必要である。重心の絶対周速度を v_G , 脚 i 足先の重心相対周速度を V_i とすると、脚 i の復帰中に重心は θ_i を旋回し、足先は $\theta - \theta_i$ を復帰するので、

$$\frac{\theta_i}{v_G / r_G} = \frac{\theta - \theta_i}{V_i / r_i}$$

が成り立つ。 V_i と v_G の比を χ_i とおくと、

$$V_i / v_G = \chi_i = r_i' (\theta - \theta_i) / \theta_i \dots (3)$$

であり、ここで条件(Vii)から

$$v_G \chi_i = V_i \leq V$$

である。したがって v_G の上限は、 $\chi_j = \max_{i=1 \sim 4} (\chi_i)$, $V_j = V$ として得られる $v_G = V / \chi_j$ であり、この値を最大化するには

$$\chi_i = \chi = \text{const.}, V_i = V \quad (i=1 \sim 4)$$

となる様に θ_i ($i=1 \sim 4$)を選ばばよい。このことは(3)より

$$r_i' (\theta - \theta_i) - \chi \theta_i = 0$$

を示し、これをまとめて書くと

$$\begin{bmatrix} -\chi & r_1' & r_1' & r_1' \\ r_1' & -\chi & r_2' & r_2' \\ r_2' & r_2' & -\chi & r_3' \\ r_3' & r_3' & r_3' & -\chi \end{bmatrix} \begin{pmatrix} \theta_1 \\ \theta_2 \\ \theta_3 \\ \theta_4 \end{pmatrix} = A\theta = 0 \dots (4)$$

となる。 θ_i が非自明解を有するには $\det A = 0$ でなければならず、この根を $\chi = \chi_0$ とおくと、(4)式の解は次の様になる。

$$\theta_i = r_i' / (r_i' + \chi_0) \theta \dots (5)$$

(5)を(1)に代入すると、 θ_{Pi} ($i=1 \sim 4$)と θ を未知数とし、 θ を最大とする様に(1), (2)を解く問題となる。結果としては(1)式のうち2本が等

式として成立し、(2)式2本と連立するので、速度にも安定にも関与しない1自由度が残るが、ここで、足先軌跡が可動範囲の中で前後の余裕が等しく配置されるという条件を取り入れて解を求めた。

4. 解析結果とその検討

Fig. 2は誘導した基準歩容シーケンスの1例であり、Fig. 3は $Q(-r_G \sin 15^\circ, r_G \cos 15^\circ)$ を回転中心とした時の θ_i , v_G , θ の変化である。図中破線は(5)式のかわりに $\theta_i = \theta / 4$ を用いた場合で、(5)式による θ_i の分配が、 v_G , θ を向上させている事がわかる。

以上、移動速度・距離を最適化する旋回時の基準歩容を4足歩行機械について誘導した。回転中心が X 軸近傍にある場合には復帰順序も変更する必要が予期される。今後、これらの点も考察してゆきたい。

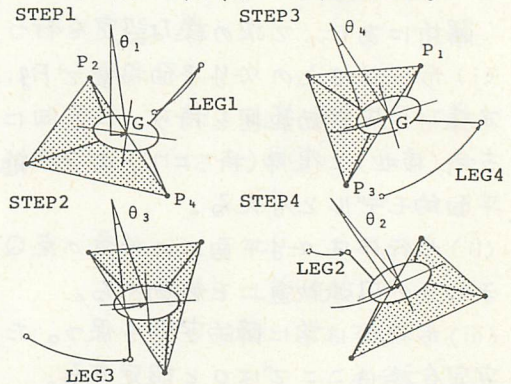


Fig. 2 A typical walking sequence along circular trajectory

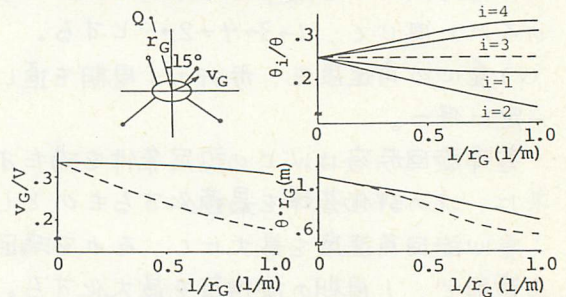


Fig. 3 Relations between radius of rotation r_G and motion parameters of four legs

<参考文献> 1) Hirose, Nose, Kikuchi, Umetani, Proc. of 1st Int. Symp. of Robotics Research (1983)