

視覚誘導と踏み替えの組み合わせによる歩容の実現 Walking of Legged Robots Based on Visual Tracking and Reflective Gait

准 宮下 敬宏 (阪大) 准 細田 耕 (阪大)
正 浅田 稔 (阪大)

Takahiro MIYASHITA, Osaka University, 2-1, Yamadaoka, Suita, Osaka
Koh HOSODA, Osaka University Minoru ASADA, Osaka University

Abstract : This paper proposes hybrid structure of reflective gait control and adaptive visual servoing by which a vision guided legged robot realizes a reflective walk. The reflective gait consists of three steps: 1) select a leg to be lifted so as to increase the body stability, 2) move another leg to enable the selected leg lifted, and 3) move the selected leg. While, adaptive visual servoing produces a swaying motion of the robot so that it can stabilize the visual target at the desired position in the image. Combining the reflective gait and the swaying, the robot attempts at tracking the visual target, and as a result a reflective walk emerges. The validity of the method is shown by computer simulation.

Key Words : legged robot, reflective gait, adaptive visual servoing, reflective walk

1 はじめに

従来の脚式ロボットに関する研究では、そのほとんどが歩行のためにあらかじめ運動学、動力学を考慮した脚軌道を算出し、内界センサのフィードバックによりその軌道を実現している。これらの手法では、環境の変化を観測することができる視覚センサなどの外界センサを行動時に利用していないため、動的な環境に適応した行動をとることが困難である。

外界センサを行動時に利用した脚式ロボットの研究としては、細田らが視覚サーボの手法を脚式ロボットに適用し、逐次得られる視覚情報に基づいて脚式ロボットの姿勢を制御する手法を提案している [1]。[1] では、この手法により環境の変化に適応した行動である視覚目標追従に基づく揺動を実現した。ただし、まだ歩行には至っていない。

そこで本研究では、ロボットの姿勢の安定性を増加させるための踏み替え行動を提案し、視覚目標追従に基づく揺動と組み合わせることで、視覚目標に追従し環境の変動に適応する反射的な歩容を実現する。さらに、提案する手法によって歩行が実現できることをコンピュータシミュレーションにより検証する。

2 視覚誘導と踏み替えの組み合わせによる歩容

ロボットが姿勢を安定に保つためには、Fig.1 に示されるような安定余裕(ロボットのゼロモーメント点(ZMP)と支持多角形の辺までの最短距離)を一定値以上に保持すればよい。姿勢の変化に基づく ZMP の移動により減少した安定余裕を増加させるためには、Fig.1(b) 中の“×”印のついた脚のように、安定余裕を表す線分的一端となっている支持多角形の辺を構成する脚を移動させなければならない。しかし、ZMP がその 2 本の支持脚を含む支持三角形の内部に存在するため、それらの脚はその姿勢では力学的に動かすことができない。

そこで、本研究では安定余裕を増加させるための踏み替えを提案する。この行動は以下の 3 段階で構成される。(1) 安定余裕増加に関与する脚(“×”印のついた脚)をそれぞれ以下の評価式で評価し評価値の小さい方を選択する。

$$I_i = (\text{Distance}) + \alpha (\text{Manipulability})$$

Distance : a distance between the foot(i) and ZMP
Manipulability : the manipulability measure [2] of the foot(i)
 α : an appropriate constant

以後、この脚をターゲット脚と呼ぶ。(2) ターゲット脚の

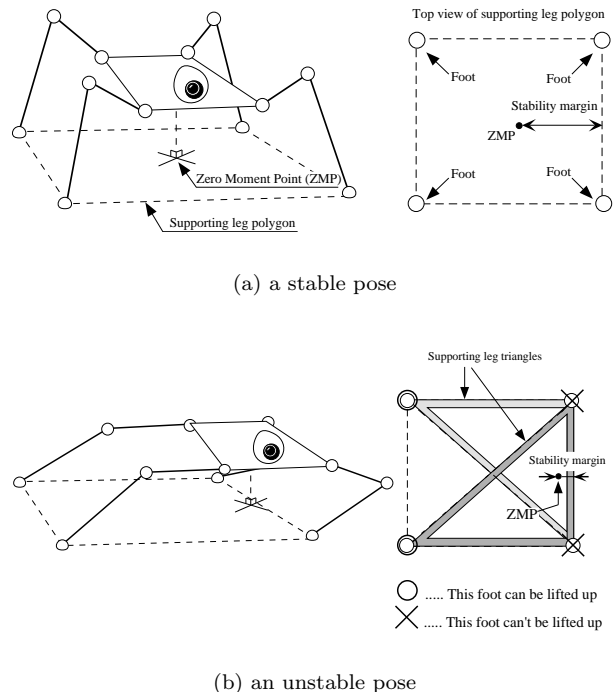


Fig.1 The relationship between the stability margin and the feet

対角でない可動脚を動かす、ターゲット脚を遊脚化する (Fig.2(a))。 (3) ターゲット脚を動かす安定余裕を増加させる (Fig.2(b))。これを視覚目標追従に基づく揺動 [1] と組み合わせることにより、視覚目標の複雑な運動に追従し環境の変動にも適応する反射的な行動を実現する。

3 シミュレーション

視覚目標を整地平面環境内で適当に移動させ、そのときの手法を適用した脚式ロボットの行動をコンピュータ上でシミュレートした。視覚目標の速度としては、次の 4 つのベクトル $[\begin{smallmatrix} 50.0 & 50.0 & 0.0 \end{smallmatrix}]^T$, $[\begin{smallmatrix} 0.0 & -50.0 & 0.0 \end{smallmatrix}]^T$, $[\begin{smallmatrix} 50.0 & 0.0 & 0.0 \end{smallmatrix}]^T$, $[\begin{smallmatrix} 0.0 & 50.0 & 0.0 \end{smallmatrix}]^T$ を連続的に与えた。このときの支持多角形の軌跡を Fig.3 に示す (速度の単位は [cm/sec])。

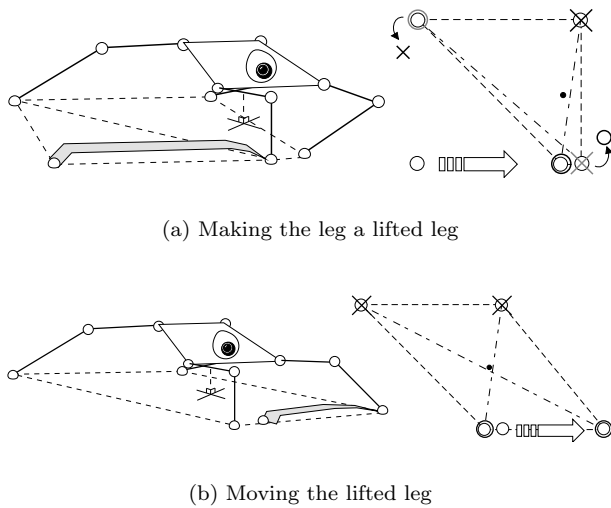


Fig.2 The reflective gait

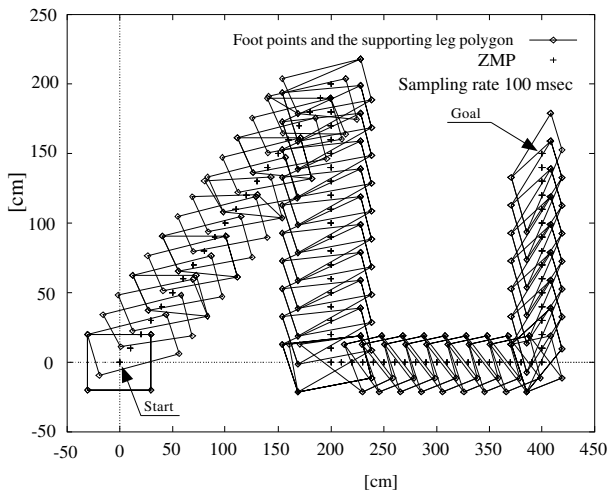


Fig.3 Simulated motion along random value of v_{zmp}

Fig.3 から明らかなように、ロボットは ZMP の移動に対して安定余裕を増加させる方向に脚を踏み替え、結果的に反射的な歩容を実現している。Fig.4 は、Fig.3 の最初の部分を拡大したものである。Fig.4 において、各脚先は $A \rightarrow A'$, $B \rightarrow B'$, $C \rightarrow C'$, $D \rightarrow D'$, $A' \rightarrow A''$, $B' \rightarrow B''$, $C' \rightarrow C''$, $D' \rightarrow D''$ という順序で移動しており、移動の初期段階においてはクロール歩容に類似した歩容が結果的に実現されていることがわかる。

4 おわりに

本研究では、ロボットの姿勢の安定性を増大させる踏み替えと視覚目標追従に基づく揺動を組み合わせることにより、環境の変動に適応した反射的な歩容を実現し、提案する手法の有効性をシミュレーションにより示した。今後は、Fig.5, 6 に示す実ロボットを用いたシステムに本手法を適用し、脚式ロボットの広域ナビゲーションを実現する。

参考文献

- [1] K. Hosoda, T. Miyashita, S. Takeuchi, and M. Asada. Adaptive visual servoing for legged robots -vision-cued swaying of legged robots in unknown

environments-. In *Proc. of the 1997 IEEE/RSJ Int. Conf. on Intelligent Robotics and Systems*, pages 778-784, 1997.

- [2] T. Yoshikawa. *Foundations of Robotics - Analysis and Control* -. The MIT Press, 1990.

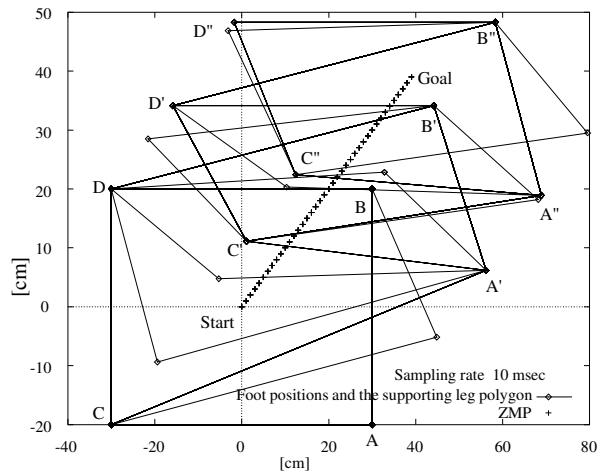


Fig.4 Reflective gait motion (magnified graph of Figure 3)

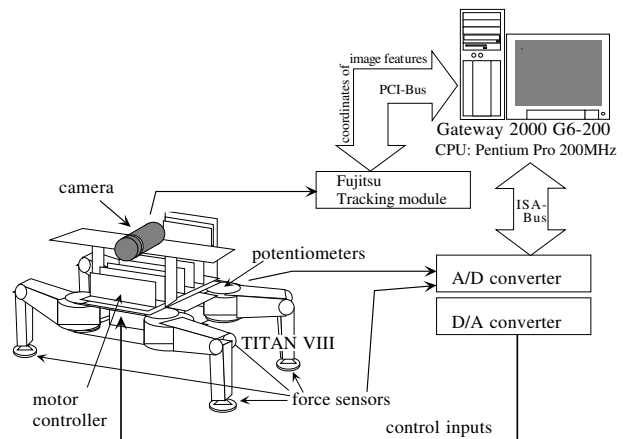


Fig.5 Experimental system with the real robot

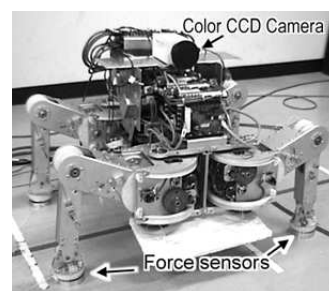


Fig.6 The vision guided quadruped robot