

視覚支援歩行ロボットの研究

- 第3報：高速画像安定化機構の開発 -

東京工業大学 ○ 倉爪 亮 広瀬 茂男

Development of a high speed image stabilization system for a walking robot

Tokyo Institute of Technology : * Ryo Kurazume and Shigeo Hirose

Abstract - Walking robots have a high terrain adaptability and thus are anticipated to perform several hazardous tasks such as the mine detection or the inspection in atomic power plants. In these applications, walking robots will be typically controlled by operators from distant places using visual information taken from a mounted camera. However, unlike wheeled vehicles, the camera mounted on the walking robot is oscillated by the impact of walking, and the unstable images obtained cause inferior operation performance. In this paper, we introduce a high speed image stabilization system for remote operation of a walking robot consists of a high speed CCD camera, pipeline processor and gyro sensors.

Key Words: Walking robot, Image stabilization, Remote operation, Template matching, Gyro sensor

1 はじめに

歩行機械を効率的に遠隔操縦するには、搭載したカメラからの画像情報の利用が不可欠である。しかし、歩行機械は車輪型の移動機械と異なり、歩行による衝撃のためカメラが揺動し、操縦者側で安定した画像を得ることができないため、操作性能が劣るといふ問題がある。このため画像安定化機構の導入は不可欠であるが、これまでに民生用ビデオ向けに開発された画像安定化機構は、一般的なロボットの制御ループのサンプリング周期よりも低速（最高 60Hz）で、さらに支持脚切り替え時に発生する、人間の手振れ等に比べて振幅、周波数ともに大きな画像振動を完全に除去することは困難であった。そこで我々はこれまでに、テンプレートマッチング法を用いた高速画像安定化機構を開発し、これにより歩行時の画像振動をほぼ完全に除去でき、さらに画像振動の情報から歩行ロボットの姿勢の推定、及び安定化が可能であることを確認した [1]。

本報告では、これまでに開発したシステムと、ロボット本体に取り付けられた姿勢センサやジャイロセンサを組み合わせ、画像安定化性能をより一層向上させたシステムを構築したので報告する。

2 画像安定化のための手法と機構

Fig.1 にテンプレートマッチング法を用いた画像安定化手法を示す。これはまずある対象物を設定し、入力画像上での対象物の動きをテンプレートマッチングで追跡する。次にその動きに合わせて、入力画像よりやや小さくとした画像表示領域を移動し、その領域の画像をモニタに出力することにより、対象物が静止した安定な画像が得られる。

構築したシステムは、Fig.2 に示すように、4足歩行ロボット TITAN-VIII、高速デジタル CCD カメラ (Kodak 社製, ES310)、及びパイライン型超高速画像処理ボード (DataCube 社製, MaxPCI) からなる。CCD カメラは取得画像を 80 フレーム/秒でデジタル出力し、画像処理ボードは 11.5ms/フレームでテンプレートマッチング処理、および表示領域の変更処理を行う。全ての処

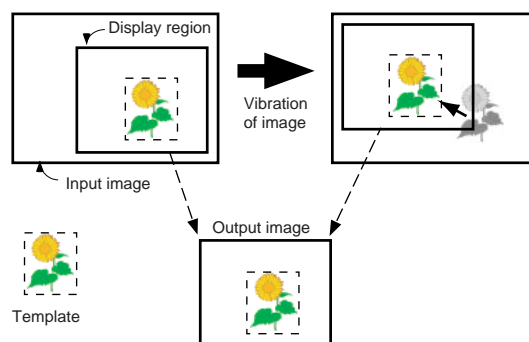


Figure 1: Method of image stabilizing
理はパイライン的に行われ、処理結果は 12ms(83Hz) 毎に出力される。

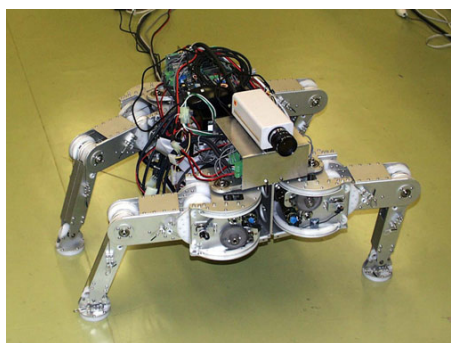


Figure 2: TITAN-VIII with CCD camera

3 ジャイロセンサによるテンプレート移動予測

上述したシステムを用いて歩行実験を行った結果、静歩行時の画像振動はほぼ完全に除去することが可能であったが、より振幅、加速度の大きな動歩行時には、テンプレートの追跡に失敗する場合も見られた。

そこでロボット本体に搭載した姿勢センサやジャイロセンサと、テンプレートマッチング法による画像処理を組み合わせることで、テンプレートの追跡能力を向上させることを考え、Fig. 3 に示す実験装置を試作して、種々のセンサを単独あるいは組み合わせた場合

の画像安定化性能の比較実験を行った。この実験装置は、2つの板と両者の角度を計測するポテンシオメータ、上板の一端を一定振幅、周期で上下動するためのリニアアクチュエータからなり、上板には3種類の姿勢センサ (MAXCUBE, 日本航空電子製, GU-3020 データテック社製, 及び TA7233 多摩川精機製) とジャイロセンサ (ジャイロスター, 村田製作所製), 及び CCD カメラが取り付けられている。

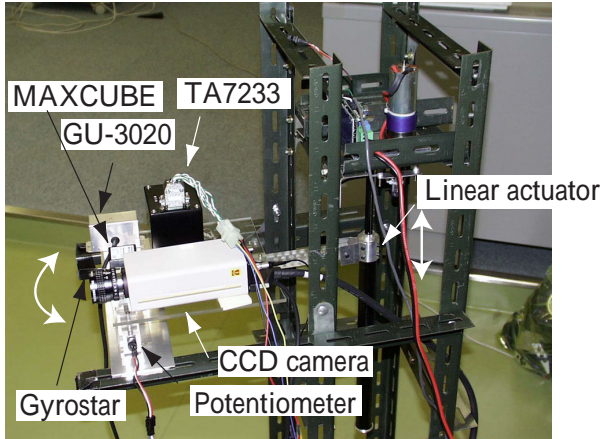


Figure 3: Experimental system

また実験は以下の5種類の手法に対して行い、上板を振動周期を変えて水平位置から ± 5 度の範囲で上下動させ、それぞれの画像安定化性能を比較した。

1. 姿勢センサを用いて初期フレームからの画像移動量を推定し、推定位置近傍の画像を出力する。
2. ジャイロセンサを用いてフレーム間の画像移動量を推定する。
3. CCD センサにより得られる画像に対し、テンプレートマッチング法によりフレーム間の画像移動量を推定する。
4. ジャイロセンサにより測定したテンプレートの移動方向に対して、テンプレート探索領域を増やしたテンプレートマッチング法により、フレーム間の画像移動量を推定する。
5. ジャイロセンサにより推定したテンプレートの移動推定位置を探索初期値とするテンプレートマッチング法により、フレーム間の画像移動量を推定する。

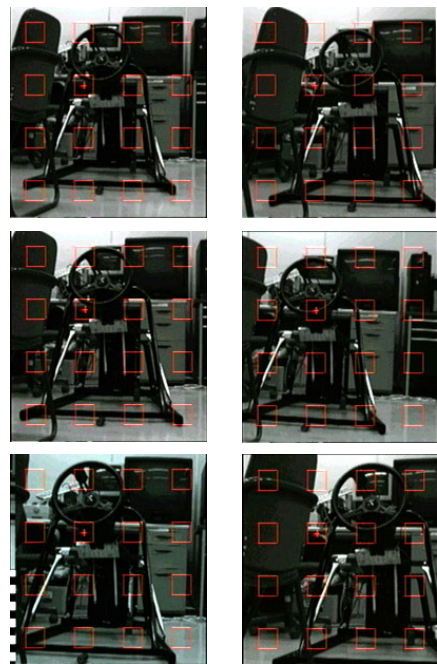
ただし (3) ~ (5) ではテンプレートの大きさは 20×20 ピクセル, 探索領域は近傍 10×10 ピクセルである。また (4) ではジャイロセンサから推定されるテンプレートの移動方向に探索領域を最大 5 ピクセル分移動し, また (5) はジャイロセンサからテンプレートの移動位置を推定して探索初期値としている。実験の結果, (1),(2)とも振動をある程度抑制することが可能であったが, 計測誤差や通信, 演算時間の遅れ等により画像を完全に静止させることはできなかった。特に (1) では, ある特

定の振動数で画像振動がより大きくなる場合が見られた。また MAXCUBE と GU-3020 はほぼ同様の性能を示したが, TA7233 は角速度が大きくなるに従って急激に測定精度が低下した。また (3) は振幅 ± 5 度, 振動周波数 1.5Hz , 最大角速度 $47[\text{deg./sec}]$ まではテンプレートを追跡でき, 画像を完全に静止させることが可能であったが, 1.5Hz 以上ではテンプレートを見失うことが多かった。さらに (4) は振動周波数が 3Hz , 最大角速度 $94[\text{deg./sec}]$ まではテンプレートを追跡でき, (5) は 4Hz , 最大角速度 $126[\text{deg./sec}]$ まで追跡可能であった。

これらの結果, (5) の CCD カメラとジャイロセンサを組み合わせた手法が, 最も高い画像安定化性能を有することがわかった。

4 歩行ロボットの遠隔操縦実験

構築した画像安定化機構の性能を確認するために歩行ロボットの遠隔操縦実験を行った。歩行中の撮影画像を Fig. 4 に示す。Fig. 4 の左側は前述した画像安定化機構を用いた場合, 右側は用いなかった場合の結果である。なお構築したシステムでは, ロボットが移動するにつれて適切なテンプレートを次々と選択することができ, これにより長距離の移動でも振動成分の除去された安定な画像を出力できていることがわかる。



(a) stabilized images (b) unstabilized images

Figure 4: Stabilized images

この研究は文部省科学研究費 (COE 形成基礎研究費スーパーメカノシステム) を使用して行なわれました。

参考文献

- [1] 高松, 倉爪, 広瀬: 視覚支援歩行ロボットの研究 - 第1報: 歩行時画像の安定化と姿勢制御 -, 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会 99, 1P1-42-059 (1999).

- [2] 倉爪, 広瀬: 視覚支援歩行ロボットの研究 - 第2報: 本体揺動を利用した奥行き知覚 -, 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会 99, 1P1-42-061 (1999).