

# 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 -

### Study on Vision Aided Walking Robots

#### - Image Stabilization and Attitude Control -

○ 高松隆一郎 (東工大)      正 倉爪 亮 (東工大)      正 広瀬 茂男 (東工大)

Ryuichiro Takamatsu, Ryo Kurazume, and Shigeo Hirose  
Tokyo Institute of Technology, 2-12-1, Ookayama, Meguro-ku, Tokyo

For the effective remote operation of a walking machine, the utilization of image information from a camera mounted on the walking machine is indispensable. However, unlike wheeled vehicles, the camera mounted on the walking machine oscillates because of the impact by the walking, and the obtained unstable images cause inferior operation performance. In this research, we develop a high speed image stabilization system based on the template matching method that can be used for motion control of walking machines. Experiments show that this system cannot only stabilize images but also estimate and stabilize the body attitude while walking, equivalent to an attitude sensor.

Keywords: Walking Robot, Image Stabilization, Attitude Control, Template Matching, Attitude 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処理が最高 60 フレーム/秒であり、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であった。そこで本研究では、まず歩行機械の運動制御にも利用可能な高速画像安定化機構を開発し、次に画像情報から歩行ロボットの姿勢を推定し、歩行時の姿勢を安定化する実験を行った。

## 2 画像安定化のための手法と機構

これまでに開発された画像安定化手法は、一般に角速度センサ等を用いて画像補正量を推定し、光学的あるいはデジタル処理により安定画像を得るものであった。これに対し本研究では、テンプレートマッチング法により撮影された画像のみを利用する画像安定化手法を用いた。これは Fig.1 に示すように、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。これ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、高速デジタル CCD カメラ (Kodak 社製, ES310) とパイプ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。全ての処理はパイプライン的に行われ、処理結果は 12ms(83Hz) 毎に出力される。

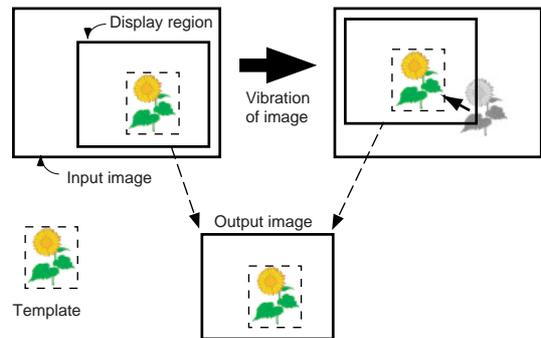


Figure 1: Method of image stabilizing

## 3 画像安定化実験

4足歩行ロボット TITAN-VIII に 2 軸姿勢センサ, CPU ボード及び高速 CCD カメラを搭載し、歩行時の画像安定化実験を行った。実験システムを Fig.2 に、実験結果の一例を Fig.3 に示す。実験の結果、わずかなロール軸回りの変動は残るものの、ヨー軸、ピッチ軸回りの変動は完全に補正でき、構築した画像安定化機構の有効性が確認された。

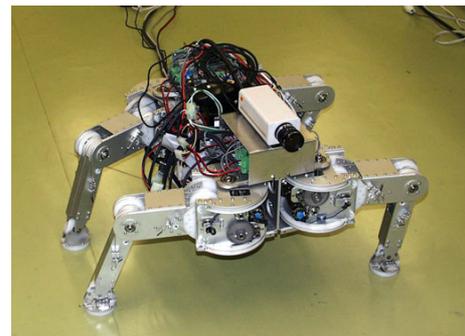


Figure 2: TITAN-VIII with CCD camera

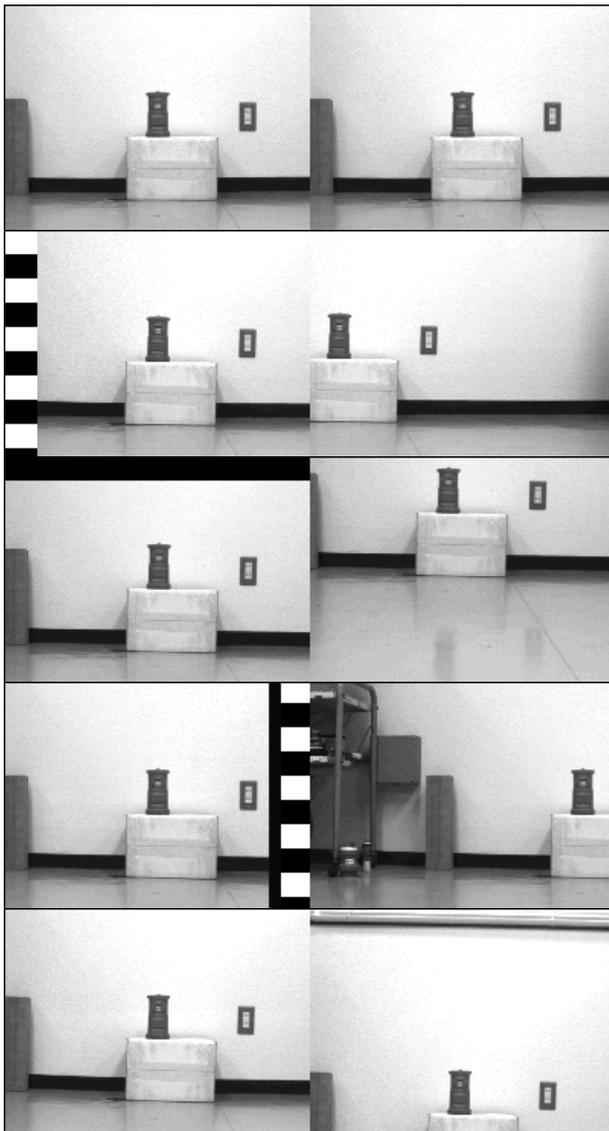


Figure 3: Stabilized images

#### 4 画像情報を用いた歩行ロボットの姿勢制御

次に構築した画像安定化機構において、テンプレートの移動量からヨー軸、ピッチ軸回りのロボットの姿勢変化量を推定し、カメラ光軸が常に対象物方向と一致するようにロボットの姿勢を制御する実験を行った。歩行時のテンプレートの移動軌跡を Fig 4 に、移動量の平均と分散を Table 1 に示す。

実験の結果、画像情報により姿勢を推定し制御することにより、対象物像を入力画像中心に集められることがわかった。これにより画像表示領域が入力画像からはみ出しにくくなり、画像表示領域をより大きく取ることができる。次に、市販の姿勢センサ (日本航空電子製, MAXCUBE, Table 2) と構築した画像情報による姿勢推定機構に対し、歩行時の姿勢制御性能を比較した。Fig.5 にフィードバックゲインを変化させた時のピッチ角の分散を示す。実験の結果、画像情報による姿勢推定機構は姿勢センサよりも良好な性能を示し、本機構が有効な姿勢制御システム

Table 1: Variances of template position  
Initial position is (150,100)

Attitude control	OFF		ON	
Attitude control	x	y	x	y
Average (pixel)	136.08	108.82	150.03	100.25
Variance (pixel <sup>2</sup> )	239.46	159.32	77.83	66.96

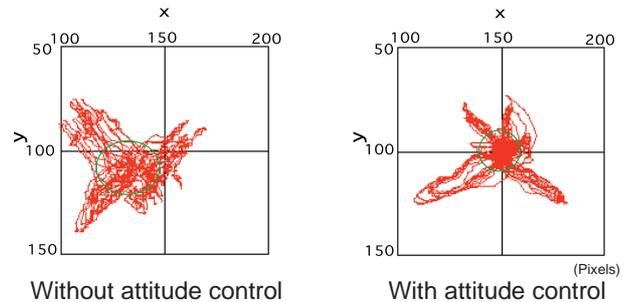


Figure 4: Variation of template position

となり得ることを確認した。

Table 2: Specification of attitude sensor

MAXCUBE (JAE)	
Precision	$\pm 1.5 \pm \text{angle} \times 10\% [deg.]$
Maximum velocity	$\pm 350 [deg./s]$
Maximum acceleration	$\pm 19.6 [m/s^2]$

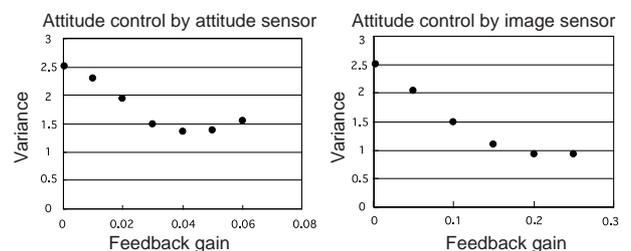


Figure 5: Variances of attitude stabilization

#### 5 結論

歩行機械のための画像安定化機構を開発した。また画像情報による姿勢推定機構が、有効な姿勢制御システムとなり得ることを実験により確認した。今後は構築した機構の姿勢制御性能向上のメカニズムを調べるとともに、動歩行時の姿勢安定制御へも適用する予定である。

#### References

- [1] Y. S. Yao and Rama Chellappa, Selective Stabilization of Images Acquired by Unmanned Ground Vehicles, IEEE Trans. on Robotics and Automation, Vol.13, No.5, pp.693-708, 1997
- [2] デジタル CAPA, 小学館, March, pp.32-41, 1999