

# 人とロボットの歩行同期のための視覚による踵追跡・歩行ピッチ抽出

## Human Walk Pitch Extraction by Heel Tracking Vision for Human-Robot Synchronized Walking

学 岡部公輔 (埼玉大) 丸山大樹 正 溝口博 (東京理科大)  
正 平岡和幸 正 重原孝臣 正 三島健稔 正 吉澤修治 (埼玉大)

Kosuke Okabe, Saitama University, 255 Shimo Okubo, Saitama, Saitama  
Daiki Maruyama, Hiroshi Mizoguchi, Tokyo Univ. of science, 2641 Yamazaki, Noda, Chiba  
Kazuyuki Hiraoka, Takaomi Shigehara, Taketoshi Mishima, Shuji Yoshizawa, Saitama University

**Abstract:** This paper presents visual extraction of human walk pitch for human-robot synchronized walking. The walk pitch extraction is done by tracking human heel. The authors use their interactively trainable pattern recognition system to track the heel. This work is the first step of the authors plan to realize the synchronization. In the first step, human walk pitch is extracted visually. In the second, neural oscillator is entrained by the extracted pitch. In the third step, a walking robot is controlled by the entrained neural oscillator.

**Key Words :** Online LDA, Heel Tracking, Walk Pitch Extraction, Human-Robot Interaction, Neural Oscillator

### 1 はじめに

近年、ペット・ロボットなどのような人間と共存が可能なロボットへの需要が高まってきている。例えば、ロボットが人間と共に歩行、ジョギングをすることができたならば、それは我々の健康に寄与するものである。ロボットにそのような行動を求める場合、その歩行ピッチの同期は重要で有るといえよう。お互いの歩行ピッチが非常に異なる場合、人間は不愉快な感覚を覚えることは明白である。だが人間の歩行ピッチは一定ではなく、ロボットの歩行ピッチを人間のそれにリアルタイムで同期させることは難しいものであると言える。

ロボットの同期に関しては、琴坂ら[1]が、神経振動子の引き込みを利用し実証している。ロボットの歩行に関してはいくつかの実証例がある。代表的なものとして、木村ら[2]、竹村ら[3]などがある。これらの研究では、四足歩行ロボットへの神経振動子の有効性を実証している。

そこで本論分では、対話式に学習可能なパターン認識システム[4]を応用した踵追跡・歩行ピッチ抽出システムについて述べる。著者らは、本論分で提案するシステムと神経振動子によるロボット制御を組み合わせることで、人間とロボットの歩行同期を目指す。Fig.1は研究全体の構想図である。以下で踵発見システムを用いた人間の歩行ピッチの抽出について述べる。

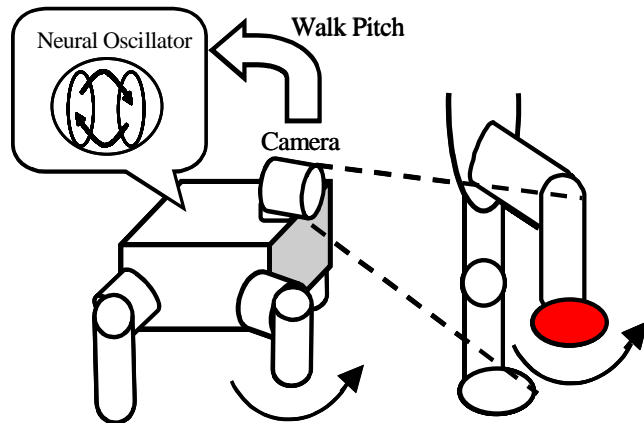


Fig.1 System Composition

### 2 歩行ピッチ抽出システム

本研究では、人間の歩行ピッチ抽出のために、人間の踵を追跡することにする (fig.2)。システムは OLDA 部と GUI 部とから成る。OLDA 部は判別モードと学習モードの2つの動作モードを持ち、システム稼働中に動的に切り替え可能である。判別モードでは、カメラから入力された画像が、既に登録されているいずれのクラスに該当するかが判別分析によって求められ、確からしさの確率付きで結果が出力される。学習モードでは、教師情報 (クラス情報) と共に入力画像が登録される。上述したように、判別分析すべきクラスの追加が動的に可能という OLDA の特長を活かしている。

GUI 部では、上記のモード切り替え、教師情報の入力、判別結果の出力などを行う。システム稼働中の任意画像パターンの登録や追加は、この GUI 部を介して対話的に実施可能である。

本研究では、上記のシステムを用いて、歩行ピッチを測ることを目的とする。右足の踵をクラスとして登録し、踵の上下でピッチを測定することにする。

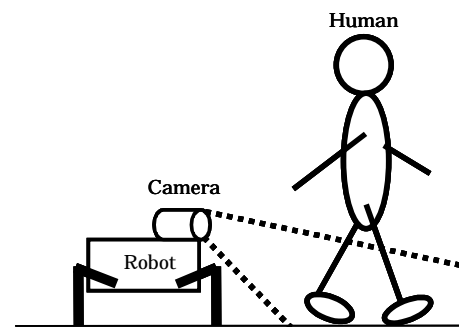


Fig.2 Robot Measures Human's Walking Pitch

### 3 実験

ロボットが人の歩行ピッチを測れるかどうかを確認するための実験を行う。実験内容を以下に示す。Fig.3で示すようにロボットは前にいる人の足元をみており、人が足踏みするときロボットが発見する踵の位置が変わり、踵の位置の時間的変化を得ることにより歩行のピッチを測る。

実験条件を以下に示す。画像のサイズが 160 × 120[pixel]、踵のテンプレートサイズが 19 × 19[pixels]である。また、踵の奥行き、左右の位置は測っていない。

実験結果を図に示す、fig.4はカメラの前で人が足踏みしたときの右足の踵の位置の時間的変化を表す図である。

Fig.4(a)は足踏みをしているときの画像である、(1)~(3)において、踵が上下しているが、両方の状況で踵が発見されていることがわかる。Fig4(b)では、踵の発見された位置をグラフに表したものである。y軸(axis of ordinate)の値は画面中心からの偏差を角度に変換したものである。x軸はフレーム数である。

Fig.4(b)より、このシステムは人の歩くピッチを抽出できていることがわかる。

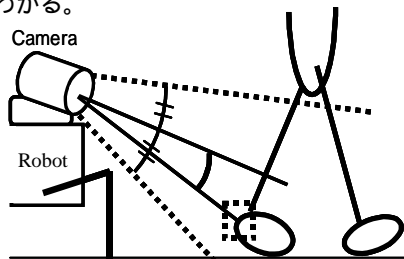


Fig. 3 Robot Detected Human's Heel

#### 4 おわりに

本研究では、ロボット・ビジョンによる人間の歩行ピッチの抽出を示した。人間とロボットの歩行同期のための第一段階である。抽出された人間の歩行ピッチデータはその

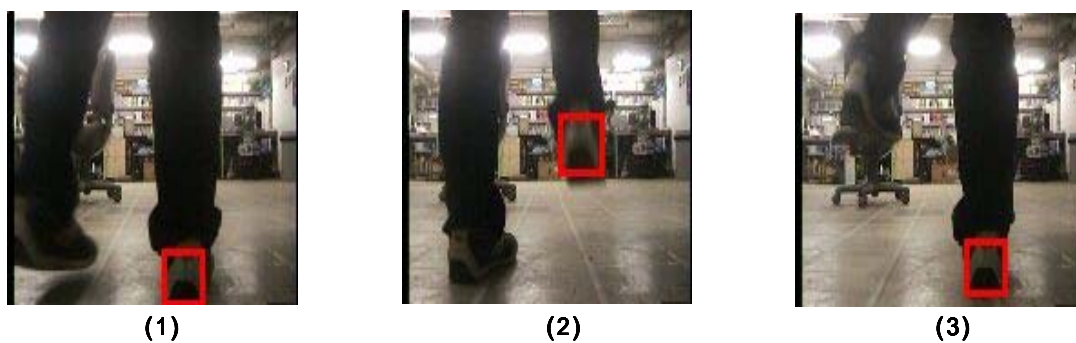
歩行周期を計算し、自励振動によってロボットの歩行制御をしている神経振動子に送られる。神経振動子は振動周期を人間のものと同一になるように変化させることで、人間とロボットの歩行同期の実現を目指す。著者は、本論文の結果を通してその実現可能性を示したといえる。今後の課題は、実際にロボットに神経振動子を搭載し、歩行同期を実現させることである。

#### 謝辞

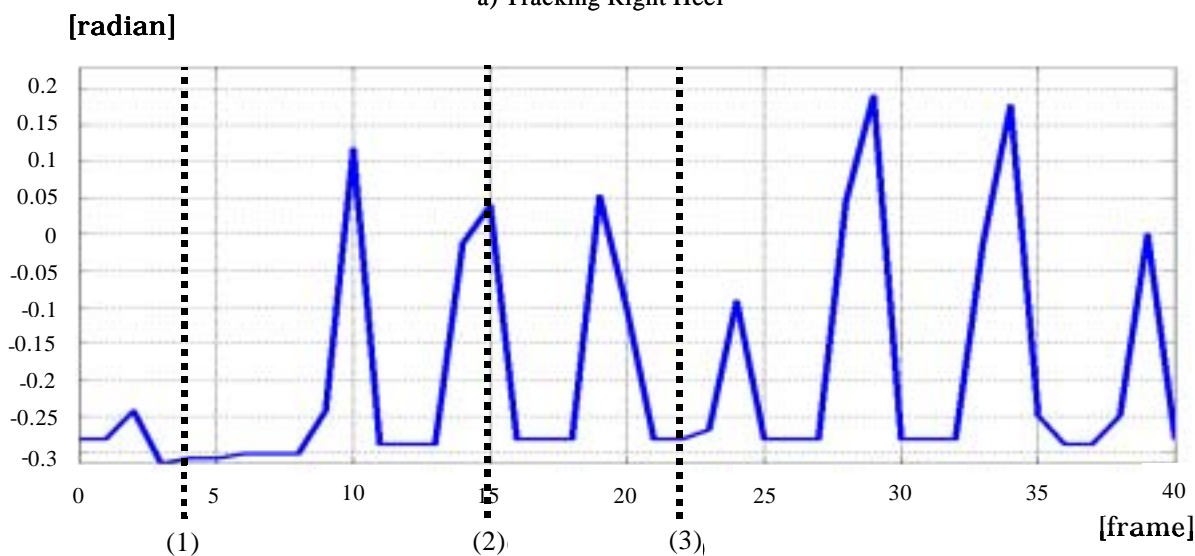
This work has been partly supported by CREST of JST (Japan Science and Technology Corporation). The work is also supported in part by Grant-in-Aid for Scientific Research, JSPS

#### 参考文献

- [1] 琴坂信哉ほか: 神経振動子を用いた歩行のリアルタイムな運動生成. 日本ロボット学会誌, 19, pp.116-123, 2001.
- [2] 木村 浩ほか: 神経振動子を用いた四足歩行の不整地歩行と整地走行. 日本ロボット学会誌, 16-8, pp.1138-1145, 1998.
- [3] 竹村 裕ほか: リアルタイム生成に基づく歩行の跨ぎ越え動作の生成. RSJ2000 予稿集, pp.211-212, 2000.
- [4] 岡部 公輔ほか: 認識対象パターン認識システム, SI2002 講演論文集, pp.159-160, 2002.



a) Tracking Right Heel



b) Time Chart of Right Heel Position

Fig.4 Experimental Result of Measuring Walking Pitch