

E-5

赤外線センサを用いた人型筋骨格ロボットの歩容切替システム開発 Infrared Sensor-Based Gait Transition System Development for Humanoid Musculoskeletal Robot

○石濱拓実¹, 後藤達巳¹, 山崎 健太郎¹, 岡本 莉菜², 國分 優剛², 金子美泉³, 内木場文男³
Takumi Ishihama¹, Tatsumi Goto¹, Kentaro Yamazaki¹, Rina Okamoto², Yugo Kokubun², Minami Kaneko³, Fumio Uchikoba³

Abstract: Bipedal robot control primarily relies on a combination of CPU and software programs to regulate movement. As a result, challenges such as increased power consumption and the scaling of control systems are posed due to the high-speed processing of vast amounts of information. On the other hand, humans generate movement without numerical calculations, relying on central pattern generators (CPGs) localized in the spinal cord and information obtained from sensory receptors. This paper reports on the development of a control system for gait patterns based on biological neural circuits, which can be switched by sensor inputs.

1. はじめに

2足歩行ロボットの制御は主にCPUとソフトウェアの組み合わせから情報を統括し、数値計算にて決められたアルゴリズムを正確に実行する。これにより特定の環境下において、ロボットは高精度の運動制御を実現できる。しかしながら、2足歩行を制御するには多数のセンサから周囲の環境情報を収集し、細かく動作を生成する必要がある。膨大な情報を高速処理するためには、消費電力が大きい高性能なCPUが必要となる。特に、運動制御を安定化させるために情報のフィードバックが不可欠であり、演算も複雑になるため出力までに遅延が生じることがある。そのため、運動制御において人間と同等の反応速度を持たせることは困難とされる。

これに対して、人間の運動制御は神経細胞で構成される神経回路網 (Neural Network) で制御している。特に脊髄に局所する中枢パターン生成器 (Central Pattern Generator: CPG) は歩行や走行といった基本的な運動パターン出力を計算処理に依らずに運動を制御すると考えられている。[1]また、実際の歩行運動では環境に応じて動作を最適化する為に、周囲の環境情報を身体に備わる感覚情報器によって把握する。高度な感覚情報器として、目が挙げられる。視覚情報は空間認識に用いられ、網膜を経由し、最終的に脳へと伝達される。伝達された情報を基に歩行中の凹凸や危険物に対して、回避運動や歩行周期を調整する指令を脊髄に伝え、CPGの出力を変化させることにより円滑な歩容を生成する。視覚に関する2足歩行ロボットの先行研究には歩行の安定化のための最適位相を用いた視覚制御[2]などが挙げられる。

この生物がもつ柔軟で優れた情報処理機能である神経回路網をロボットの制御方法として応用する人工ニ

ューラルネットワーク (Artificial Neural Networks: ANNs) の研究が進められている。本研究では感覚受容器の代わりとなる赤外線センサを用いて、CPGの出力される歩容パターンを切り替えるシステムを開発した。ロボット自ら環境に抵抗した歩容を生成できれば、今まで以上の活躍を期待できる。

2. 人間の運動制御

Figure 1,2に歩行・走行制御信号を生成するCPGの概略図を示す。Ivanenkoらは、人間の歩行に寄与する下肢の筋電位を解析し、通常歩行では5つの時系列パターンの組み合わせによって再構成が可能であると示した。また、歩行・走行時には2番目の信号の位置に明確な違いがあり、CPGによって運動を制御が可能であると示唆している。[3]

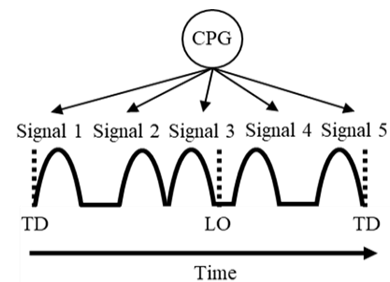


Figure 1. Walking Pattern

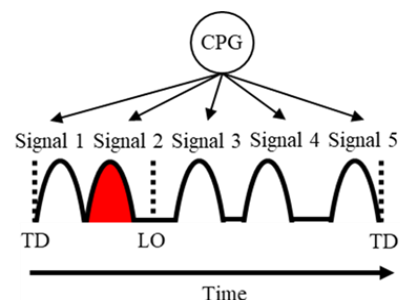


Figure 2. Running Pattern

1: 日大理工・院 (前)・精機 2: 日大理工・学部・精機 3: 日大理工・教員・精機

3. CPG 出力の模倣

歩行・走行に必要な5つの時系列パターンをRENEASAS社のマイコンボードGR-ROSEを用いて再現した。歩行パターンの1周期は1.2秒、走行パターンの1周期は0.7秒に設定した。赤外線センサはSHARP社のGP2Y0E02Aを用いた。概要をTable 1に、GR-ROSEとの接続をTable 2, Figure 3に示す。5ミリ秒間隔で対象物との距離を50回サンプリングし、運動生成時に平均化された値を入力する。測定限界が40cmのため、対象との距離が20cm以下の場合を近距離とし出力を歩行パターンに、21cm以上の場合を遠距離とし走行パターンに切り替える設定とした。実測した出力をFigure 4に示す。

Table 1. Overview of GP2Y0E02A

	項目	
概要	モジュールサイズ	18.9×8.0×5.2mm
	動作電圧範囲	2.7V~3.3V
	測定範囲	4cm~40cm
特徴	測位範囲 (白色板)	< 60μA
	(動作時平均)	< 36mA
	(LED発光時)	< 150mA

Table 2. Connection Compatibility Table for GP2Y0E02A and GR-ROSE

GP2Y0E02A	GR-ROSE
VDD	3.3V出力端子
GND	GND
Vout (A)	AD入力 I/F
GPI01	3.3V出力端子

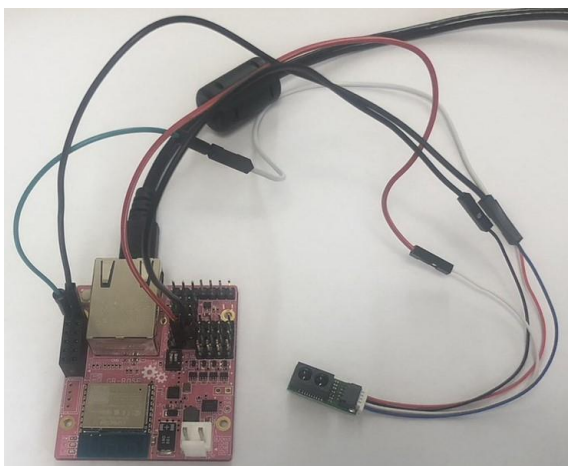


Figure 3. Connection between GP2Y0E02A and GR-ROSE

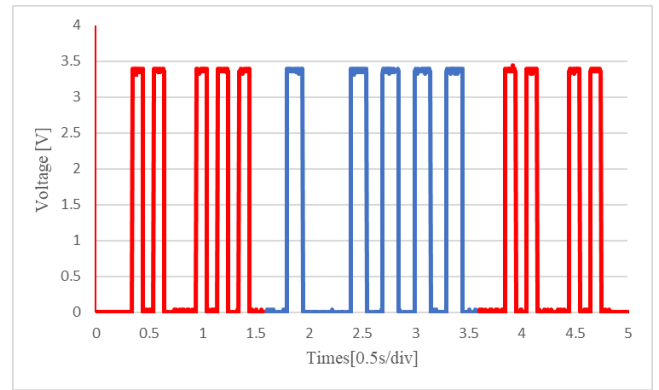


Figure 4. Switching between Walking and Running Patterns

4. 結論

本研究では人間の歩容に着目し、感覚受容器として赤外線センサを用いた歩容制御システムの開発を目的とした。測定結果では歩行と走行に必要な5つの時系列パルスパターンの生成と切り替えを確認できた。しかし、これ以上の詳細なデータを参照して運動を生成しようとする読み取りに時間がかかり、出力に遅延が発生してしまう。また、人間の感覚受容器から得られる情報は対象との距離だけでなく、安定した歩容に必要な不可欠な平衡感覚情報などが存在する。このような情報は視覚のみではなく聴覚や触覚といった別の感覚受容器から得られる。さらに、人間は一部の機能が損傷した場合、他の機能が代替し、運動を生成する。今後は皮膚や聴覚といった部位を代替とした圧力・ジャイロセンサなどを組み込み、総合的な情報から歩容変化するシステムが必要となる。

5. 参考文献

[1] Milan R. Dimitrijevic, Yuri Gerasimenko, Michaela M. Pinter, "Evidence for a Spinal Central Pattern Generator in Humans", Annals of the New York Academy of Sciences, Vol.860, No.1, pp.360-376, 1998

[2]阿部広紀,出口光一郎,岡谷貴之,牛田俊:「二足歩行ロボットの動作安定化のための最適位相を用いた視覚制御」,自動制御連合講演会講演論文集, Vol.51, pp.1025-1028, 2008

[3] Y. P. Ivanenko, R. E. Poppele, F. Lacquaniti : "Five basic muscle activation patterns account for muscle activity during human locomotion", jphysiol, Vol.556, No.1, pp267-282, 2004