

機関番号：32708

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2008～2010

課題番号：20500185

研究課題名（和文） 背骨関節を有する4足ロボットによるギャロップ走行の実現

研究課題名（英文） Development and control of quadruped Running robot Runbot3

研究代表者

池田 貴幸 (TAKAYUKI IKEDA)

東京工芸大学・工学部・講師

研究者番号：40323795

研究成果の概要（和文）：

本研究では4足ロボットによる高速走行の実現を最終目標としている。これまでの研究では、ワイヤー駆動型ロボット Runbot2C を開発、1.4[m/s]のバウンス走行を実現し、制御系の有効性を確認している。本研究ではこれまでのワイヤーによる駆動ではなくアクチュエータや制御装置を搭載した完全自律型の4足ロボットによる走行を実現するため、高出力を実現するためのモータドライブ回路、ロボットの軽量化および高強度化のための筐体の設計・製作、処理を並列分散的に行えるFPGAを用いた高精度高速制御システムの開発を行い、それらを組み合わせた実際のモータシステムによる実験を行い特性の検証を行った。

研究成果の概要（英文）：

In a current research, wire drive type robot Runbot2C was developed, the bounce running at speed 1.4[m/s] was achieved, and the effectiveness of the control system was confirmed. Development of new quadruped cat type robot Runbot3 by a simulation result and a real machine result of the experimental data in all Runbot projects based. The robot is quadruped robot of a autonomous type that differs from the wire drive like a past Runbot series, and installs the actuator, the controller, and the sensor. FPGA is used from the above-mentioned for the controlsystem. It was able to be confirmed to be able to show power enough so that the operation experiment of Runbot3 may be conducted, and the motor system that developed may achieve running.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
20 年度	1,100,000	330,000	1,430,000
21 年度	1,100,000	330,000	1,430,000
22 年度	1,100,000	330,000	1,430,000
年度			
年度			
総計	3,300,000	990,000	4,290,000

研究代表者の専門分野：制御工学、ロボット工学  
 科研費の分科・細目：情報学・ 知覚情報処理・ 知能ロボティクス  
 キーワード：4足ロボット、制御工学、知能ロボティクス

### 1. 研究開始当初の背景

4足ロボットの走行の代表的なものとして、MITのLeg-Lab.のRaibertらによる直動式の脚を持つウマのような4足走行ロボット(Quadruped)が有名であり、ウマのトロットに近い走行運動を実現している。また、電通大の木村らはイヌのような4足ロボット(Patrush, Tekken)を製作し神経振動子(CPG)を用いて動的歩行(Trot)を実現している。しかしながら、歩行・走行に限定した移動ができるロボットは実現されているが、同じロボットで静止状態・歩行・走行を自由に切り替えて移動するロボットは実現されていない。また、生物のような、高速で滑効率の良い走行ができるロボットはまだ開発されていない。

### 2. 研究の目的

本研究の最終目標は、動物(たとえばチーター)のように低速である歩行と高速である走行(ギャロップ)を自由に切り替えて移動することができるロボットを実現することにある。本研究では、その最終目的を達成するためにアクチュエータや制御装置、センサ等を搭載した完全自律型の4足ロボットの開発に力を入れた。特に、高出力を実現するためのモータドライブ回路、ロボットの軽量化および高強度化のための筐体の設計・製作、処理を並列分散的に行い高速駆動することのできるFPGAを用いた高精度高速制御システムの開発を行い、それらを組み合わせた実機による実験を行い特性の検証を行った。

### 3. 研究の方法

#### (1) 実機製作

実機の外観をFig. 1に、ロボットの関節図を簡略に示したものをFig. 2に示す。総重量は約3[kg]、体長は約260[mm]、体高は約230[mm]、幅は約150[mm]、Fig. 2のように各脚に4個、腰は1自由度に2つのモータを付けているので8個、計24個のモータを搭載し、出力軸の裏側にポテンシオメータを取り付け関節角度の取得を行っている。機体が軽量なほど走行するために必要なエネルギーが少なくなるため、ロボットは小型で軽量なものとなるように設計している。



Fig. 1 : Runbot3の外観

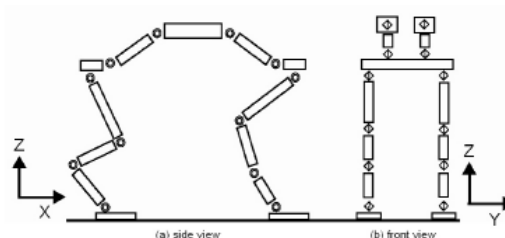


Fig. 2 : 関節図

#### (2) 制御システムの構築

Fig. 3にモータシステムの制御を行うシステムモデルを示す。モータの出力軸にとりつけたポテンシオメータからの角度データをA/Dコンバータを介して160[μs]ごとにFPGAに取り込んでいる。FPGA内のコンパレータで取り込んだ角度データと内部に構成したメモリ内にある目標角度データとを比較し、その差に応じてデューティ比を変化させたPWM波形を生成している。PWMの性能は分解能12bit(4096段階)、周波数は約1.172[kHz](周期は約860[μs])となっている。

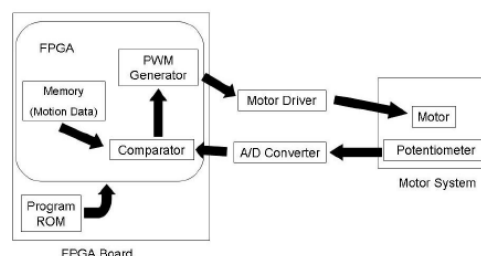


Fig. 3 : システムモデル

#### (3) モータドライバの開発

開発したモータドライブ回路の最大出力は約80[W]で、ロボットに搭載することを考えて部品点数を少なくして小型になるように設計

を行った。

#### 4. 研究成果

##### (1) モータシステムの評価

走行実験を行う前に製作したモータシステムの評価を行った。Fig. 4のグラフは実験から得られたモータの特性である。今回の実験ではトルク $2.16[\text{N}\cdot\text{m}]$ のときに最大パワー $10.7[\text{W}]$ を測定した。このときのモータの効率は $36.1[\%]$ であった。

##### (2) バウンス歩行実験

Fig. 5高速度カメラで撮影した、バウンス歩行の画像を示す。画像は動作開始から1回歩行動作を実行し終えるまでのロボットの様子を示す。動作開始から1回歩行動作を実行し終えるまでにかかった時間はおよそ $0.25[\text{s}]$ で、この間にロボットが約 $40[\text{mm}]$ 前進したことが確認できた。

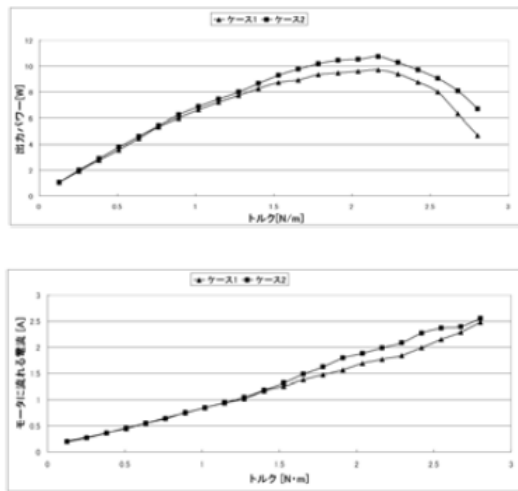


Fig. 4: モータシステムの評価

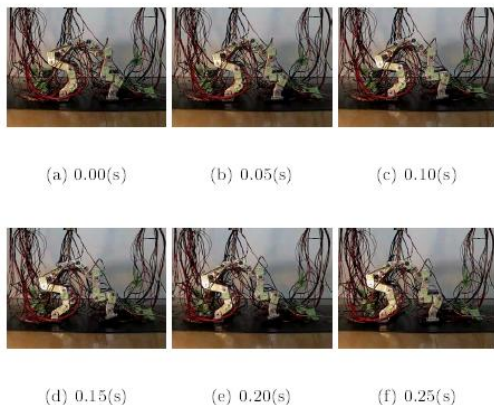


Fig. 5: 動作実験の様子

#### 5. 主な発表論文等

[学会発表] (計 3 件)

①山口、池田: F P G A を搭載した恐竜 2 足ロボットの歩行制御, 1A1-E08、ロボティクス・メカトロニクス講演会'08 講演論文集 (2008)

②関口、池田: ネコ型 4 足ロボット Runbot2C の Gallop 歩行制御, 平成 19 年電気学会全国大会 (2007)

③北村、池田: 恐竜 2 足ロボットの開発と F P G A による制御系実装, 平成 19 年電気学会全国大会 (2007)

[その他]

ホームページ等: <http://www.runbot.jp>

#### 6. 研究組織

##### (1) 研究代表者

池田 貴幸 (TAKAYUKI IKEDA)  
東京工芸大学・工学部・講師  
研究者番号: 40323795

