

動物の機能を考慮した四脚ロボットの開発

知能機械力学研究室 池上貴章

1. 背景と目的

現在地上で生活する哺乳類の多くが四足歩行である。地上に限定してもそこに生活する動物は多く生息域も様々で、それぞれの環境に応じた動作や機能を有している。動物は日々の暮らしの中で、行動の際に衝撃の緩和・吸収は各関節を駆使し、直進や跳躍の為に力は筋肉で生みだし生活している。

しかし、元来生物学的に動物の関節は衝撃に弱いので、筋肉から生じる過度の力から関節を保護するため全身で運動を補い、調節することにより激しい運動を可能にしている。前述の全身運動において最も重要となるのが「腰」の機能である。動物は腰の回転運動を直進運動と跳躍する力に利用している。腰の捻転で脚にかかる負担を減らし、高速で走行する場合においても、腰関節は後脚で地面を蹴る力を増すための重要な役割を果たしている。前述から「腰」の機能が重要であると考へた。

従来の四脚ロボットは脚のみで移動するものがほとんどであり、腰関節を有するものは、あまり見当たらない。

そこで、本研究では、胴体に腰関節を持つ四脚ロボットを提案し、それに動物の柔軟な動作を再現させ様々な環境での動作の有効性を検討する。今回は腰の有無で跳躍力に変化があるか検討するため垂直跳び（四本の脚で同時に地面を蹴り垂直に跳ぶ）に関するシミュレーションを行う。

2. シミュレーション方法及び結果・考察

本研究では MSC.visualNastran4D を使い、四脚ロボットの簡単なモデルを作成し、垂直跳びのシミュレーションを行う。Fig.1 はそれぞれのモデルが跳躍する前 (Fig.1 下) と跳躍後 (予想 Fig.1 上) の姿である。図の左が腰関節のないタイプ、右が腰関節を組み込んだタイプである。なおこの研究では腰が Fig.1 右上にある状態を凸型、右下にある状態を凹型と呼称する。他に前後の肩とひじに回転モータをつける。総重量 2.8kg で高さは直立の状態では 0.275m のモデルである。

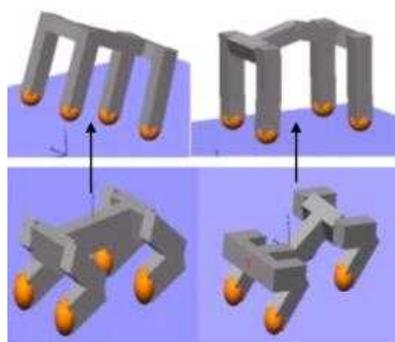


Fig. 1 Analysis Model

データの比較に関しては、それぞれ脚先球体部分の中央の位置を数値化し、その平均によって跳躍力の測定を行った。

下にそれぞれのパターンを明記する。

- Pattern.0 腰関節がないモデルの全関節に一定トルク 3.99N・m を入力し、全関節を同時に動かす。

Pattern.0 は腰が無いモデルの基準としてシミュレーションを行う。

- Pattern.1 腰関節を組み込んだモデルの全関節に一定トルク 3.99N・m を入力し、全関節を同時に動かす。

Pattern.1 は跳躍の途中、各関節がまるで振り子のような揺れを繰り返した。腰も最高点では凸型であったがそれまでに凹凸を繰り返した。そして空中において姿勢が後ろに傾き、高く跳躍できなかった。これは各関節の動きが跳躍力を吸収してしまったのと、跳躍後の姿勢制御が問題であると考えられる。

- Pattern.2 Pattern.1 で腰が動き凸型になった瞬間 (開始から 0.008 秒後) に固定し他の関節を一斉に動かす。

Pattern.2 で開始より腰を凸型にする (開始から 0.008 秒後) .凸型になった瞬間その状態に固定し、同時に他のモータを始動する。

- Pattern.3 - Pattern.2 の他の関節を動かすタイミングを 0.009 秒後に変更した。

Pattern.3 で腰以外の関節の動かすタイミングを腰が凸型になった 0.001 秒後に変更 (Pattern.2 では全くの同時) .関節の始動タイミングが跳躍力に影響を与えているか検討するためシミュレーションを行った。

Fig.2 に跳躍距離の結果を示す。

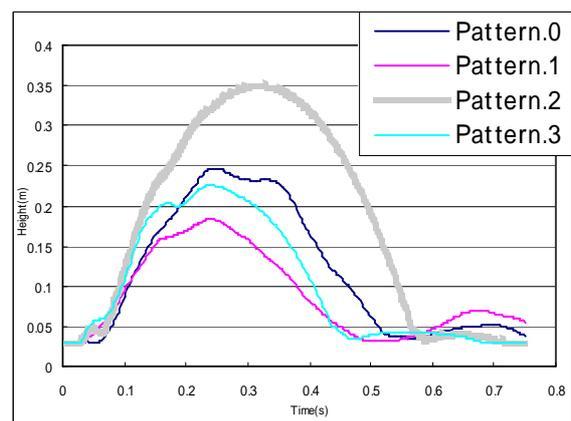


Fig.2 Trajectory of Jumping

結果を見ると綺麗に放物線を描いたのは、Pattern.2 だけであった。他の Pattern については、跳躍高さが低く、頂点付近の曲線がなめらかではない。これらの場合には、体全体の動きが合理的でなく、うまく跳躍に寄与できていないからであると考えられる。今後は、それらの現象を分析し、より合理的な動きを検討するとともに、腰関節の役割を明らかにし、その結果を基に試作機を製作する予定である。