

生物規範型四脚ロボットの製作

プロジェクト構成員
坂根 寛泰, 丸山 小百合

指導教員
松井 徹 (システム学部)

【演習の背景・目的】

ペットの猫がすごい勢いで走り回っている所をみて、「こんな風に自由に走り回るロボットをつくりたい」と考え、今回のロボット製作を決意しました。

四脚の動物の歩容(歩き方)にはいくつかのパターンがあり、表1のように接地率と前後左右の脚の位相差によって特徴づけられます(接地率とは、一周の間で一本の脚が地面に接地している期間の割合のことで、位相差とは、各脚の間の周期のズレのことです。表中での単位は $2\pi\text{rad}$ です。)

接地率	支持脚数	左右の位相差	前後の位相差	歩容	歩行速度
0.75 以上	3 または 4	0.5	$1 - \beta$	クロール	小
0.75 ~ 0.5	3			ウォーク	中
0.5	2			0	ペース
		0	0.5	バウンス	

これらのうちで最も基本となるのが、爬虫類や両生類などの低速歩行する四脚動物に見られる「クロール」で、歩行中常に3本以上の脚を接地させ、右前脚→左後脚→左前脚→右後脚と、 ∞ の字を描くように1本ずつ脚を前に動かしていきます。

「ウォーク」は「クロール」より速い歩行で、2本の脚で支持する期間があります。

「ウォーク」の歩行速度が増すと、支持する脚の数が減り、2本ずつを組にして交互に接地するパターンになります。同じ側の脚を組みにしたものを「ペース」といい、対角の脚を組にしたものを「トロット」といいます。

これがさらに速くなり、「バウンス」走行となります。

接地率が小さく、歩行速度が速い歩容ほど安定性が低くなります。

今回の目的は、動力的な安定化制御を行わない、フィードフォワード制御によるバウンス走行の実現でした。

【演習の実施方法】

四脚歩行を行う動物の骨格図や歩行の様子の資料を集め、実際に動物が歩く様子を観察し、何パターンかの脚の動きのモデルを作成しました。

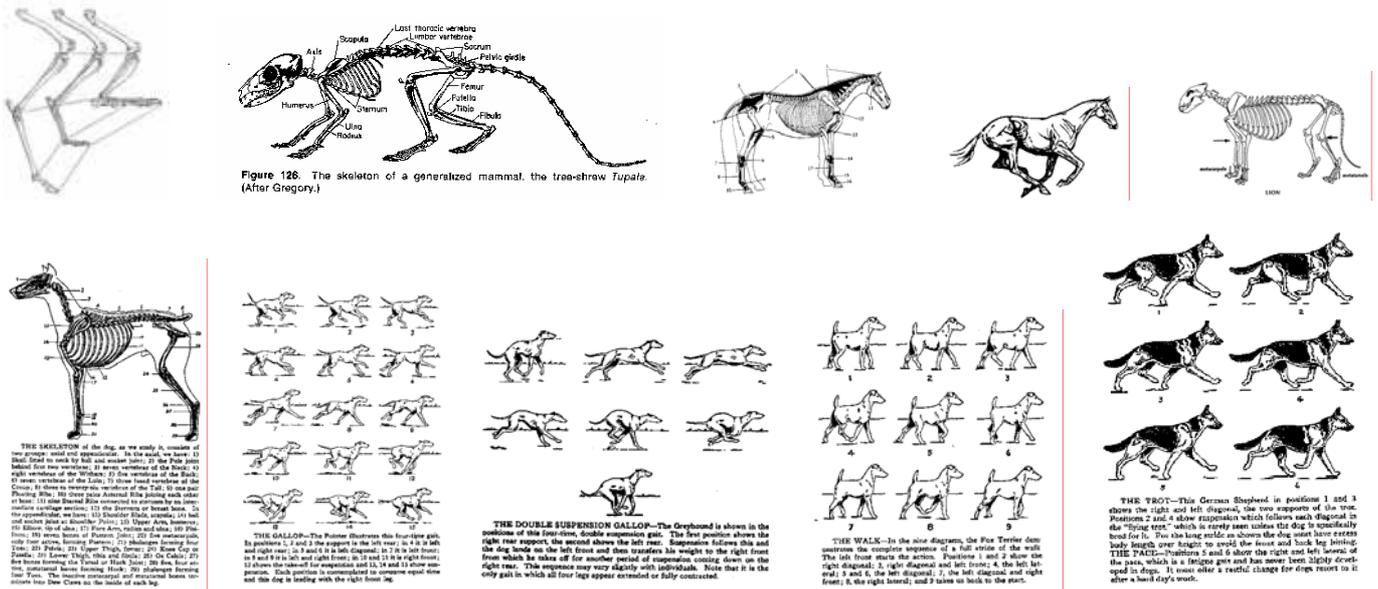


Figure 126. The skeleton of a generalized mammal, the tree-shrew *Tupia*. (After Gregory.)

図1 四足歩行動物の骨格図と歩行モデル

面積の広い脚で二脚歩行を行うロボットを製作できる市販のキットを購入し、そのサーボモータと制御用の基盤を用いて四脚歩行ロボットの試作1号機を製作しました。



図2 市販キット「Weird-7」



図3 試作1号機

試作1号機に、各歩行パターンの脚の動きのモデルをプログラムしました。

各歩行パターンを実際の動きを評価し、問題点を考察しました。

これにより「総重量が大きすぎる」、「重量物が高い位置に配置されているせいで重心が高くなっている」などの問題点がありました。

試作1号機とは違った方向からバウンス走行を目指した試作2号機を製作しました。

試作2号機をラジコン制御可能にした改試作2号機を製作しました。

【演習の成果】

試作1号機によって得られた「総重量が大きすぎる」、「重量物が高い位置に配置されているせいで重心が高くなっている」という問題を解決するために、

- ・ 本体を軽量化し、
- ・ 重量物（単3電池×4）を後ろ足の底に配置することにより重心を低い位置にしました。

試作1号機改は「クロール」「ウォーク」「トロット」による歩行が実現できました。

そのほか、「お手」「伏せ」「威嚇」などの猫らしい動きも組み込むことが出来ました。

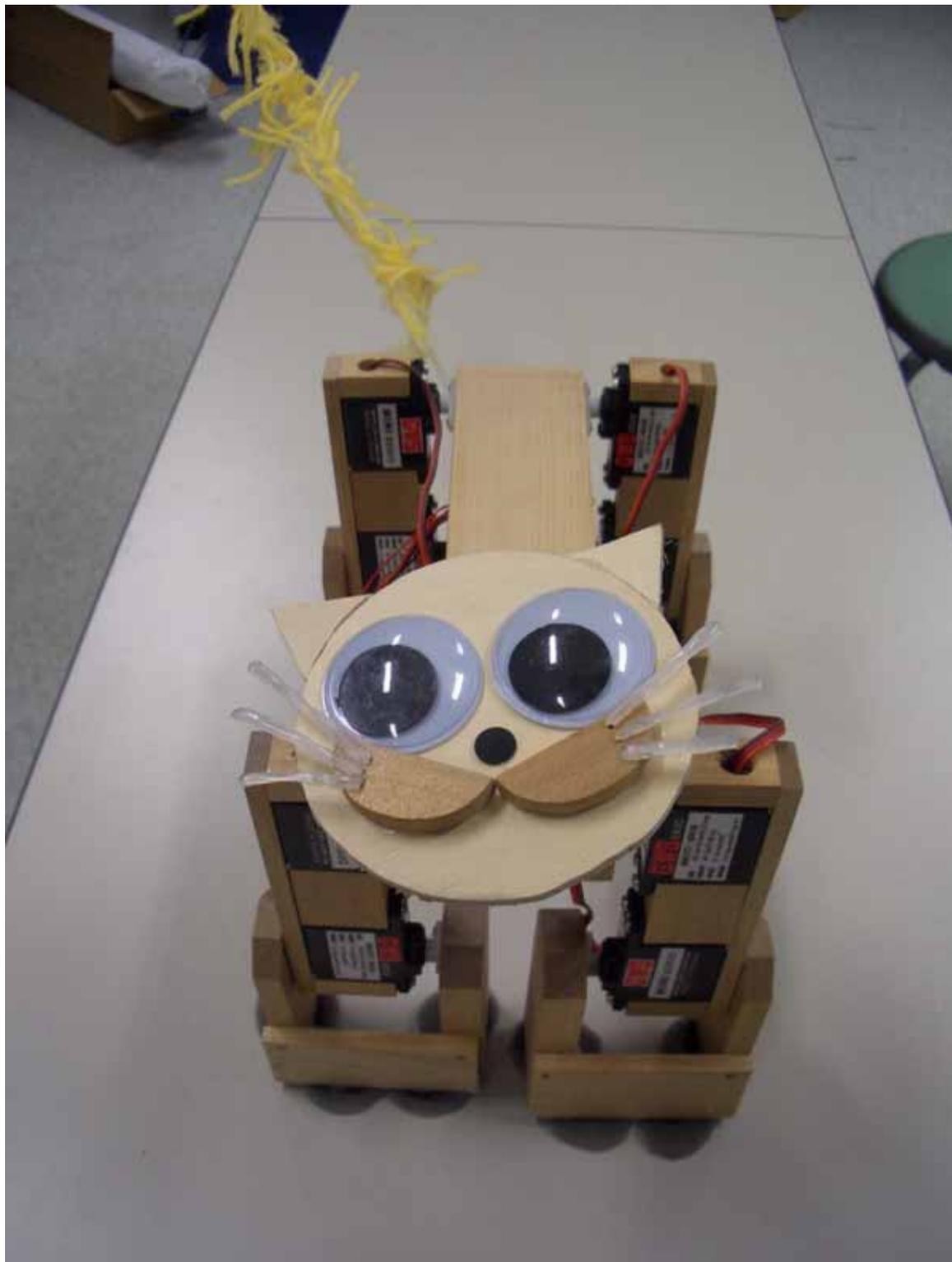


図4 重心を低くした試作1号機改



図5 試作2号機改

試作1号機はサーボの出力に対して本体重量が大きすぎたため、本体が弾むように動く「バウンス」走行は実現することができませんでした。

そこで単純で軽量の機構で「バウンス」走行と「トロット」歩行のみを行う試作2号機を製作しました。

試作2号機に市販のラジコンの受信機を取り付け、ラジコン操作で「バウンス」走行と「トロット」走行、左右の旋回をできるようにしたものが試作2号機改です。

試作2号機改では、軽量化のために、リチウムイオンポリマーという軽くて高出力なバッテリーを使用しました。

【今後の検討課題】

試作1号機改、試作2号機改ともに本物の動物に比べてかたい動きになってしまいました。今後の課題は滑らかな動きを実現するために、ロボットの関節の数を増やすことです。また、動物のように柔らかい動きをロボットにさせるには、関節部分にサスペンションとなるバネを組み込むなどの工夫が必要だと感じました。

また軽量で強い瞬発力を得ることの出来るアクチュエータを見つけ、実際の動物と同じ関節数でのバウンス走行を実現させたいです。

【感想】

ロボットにおいて動きを滑らかにする場合は、モーターの数を増やしてしまいがちですが、そのことにより重量が増えてしまったり、消費するエネルギーが増えてしまいます。今回の研究を通して、動物の動きの仕組みの素晴らしさを感じました。

【参考 HP】

http://www.bekkoame.ne.jp/~jun1967/aibo/tec_walking_j.html

<http://homepage1.nifty.com/BROKEN/project/walk/memo.htm>

【その他】

展示会，コンクールに参加