

パラダイストビヘビの飛行メカニズムの

ロボティクスによる検証

Verification by Robotics
Flight Mechanism of C.paradise

○佐藤恭輔, 村中彰, 石山優樹, 藤澤隆介

○Kiyosuke SATO, Akira MURANAKA, Yuki ISHIYAMA, Ryusuke FUJISAWA

八戸工業大学

Hachinohe Institute of Technology

キーワード : C.paradise, Grider

連絡先 : 〒031-0814 青森県八戸市妙字大開 88 番地 1 号

八戸工業大学 工学部 機会情報技術学科

佐藤恭輔, E-mail:g101038@hi-tech.ac.jp

1. はじめに

1.1. パラダイストビヘビについて

東南アジア地域の熱帯雨林に生息するパラダイストビヘビ(学名: *Chrysopelea-paradisi*)は天敵から逃れるために樹上から飛び降りることが知られている。体長 50-120cm ほどの小型のヘビである。このヘビの特徴は空中で肋骨を広げ、体を扁平にすることで空気抵抗を受ける面積を広げることが出来る。滑空をしている際はただ落ちるのではなく、ある程度なら進路を調整することが出来、その飛距離は 100m に及ぶこともある[1]。アメリカ、バージニア工科大学の生物学研究者である Socha らは、トビヘビの大きさや滑空中の行動が、滑空のパフォーマンスに及ぼす影響について研究が進められている。彼らは、実際に高所からトビヘビを滑空させ、その様子を撮影し、分析を行った。分析は、身体データ(長さ、質量、投影面積、翼面荷重、翼面荷重の平方根)と滑空中の変数(離陸速度、滑空角度、落下速度、滑空時間、加速度、最大速度、滑空距離)を調査することにより行われた。その結果、大きさがより小さいヘビ、振幅がより大きいヘビが滑空性能が高いと結論づけている[1]

1.2. 研究目的

パラダイストビヘビがなぜ安定した滑空

を生み出すことができるのかという点においてははまだ詳細な結論が出ていない。前述した Socha らの研究では、実際のヘビを用いた実地実験を行っていた。そこでは、トビヘビの離陸運動や空力特性に焦点を当てて調査されていたが、飛行メカニズムについては深く研究がなされていない。特に、ヘビのような円筒形の物体が安定した滑空を作り出すことができるかという問題については未解決のままである。本研究では、トビヘビの滑空動作を、動的な運動をする多リンクヘビ型ロボットで再現することで、滑空動作のメカニズムを検証する。実物のトビヘビは生物であるため、実験を行う際に常に同じ初期状態を維持できないため、正確なデータをとることが難しい。しかし、ロボットを用いることで、より正確な実験データが得られる。トビヘビは滑空中に蛇行運動を行うことによって、滑空距離を伸ばしていると考えられる。ヘビ型ロボットが滑空する際、直線状態で滑空する場合よりも、蛇行運動を行いながら滑空する場合のほうが滑空距離は伸びると考えられる。

2. ヘビ型ロボットの仕様

2.1. ロボット構成

トビヘビの滑空を再現するために、複数の関節を持つヘビ型ロボットを開発した。開発したヘビ型ロボットは、ヘビが体を扁平状態

にする滑空時の半円筒形となるように Fig. 1 のフレームユニットを 10 ユニット直列に連結したものである。基本仕様として、直径 2.5mm のカーボンロッドと ABS 製樹脂のジョイントで構成されている。10 ユニット連結後の全長は 26.05m であり、重量は 7.96kg である。ユニット間にはサーボモータを直交させた状態で連結し、ピッチ運動とヨー運動を実現した。ここに角度や角速度などの指令を送ることでヘビの蛇行運動を再現できるようになっている。10 ユニットの関節数は 9 個であり、それぞれピッチとヨーの 2 軸あるためサーボモータを 18 個使用する。

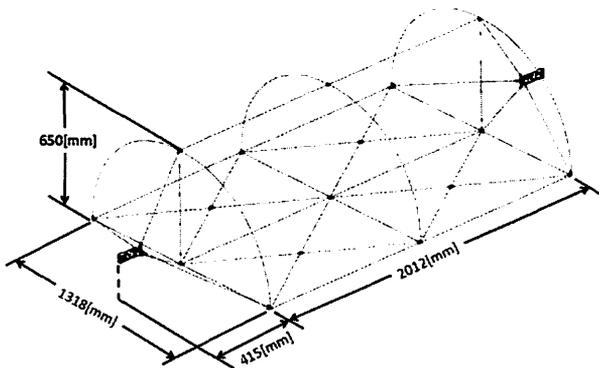


Fig. 1: 1 unit assembly (3D-CAD)

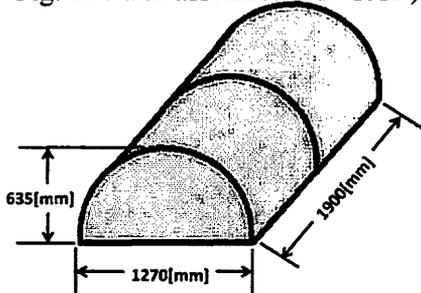


Fig.2: Balloon developed

Fig.2 にバルーン構成図を示す。ロボットの落下速度調整のため、Fig1 のフレーム内にアルミ蒸着フィルムを円筒形に組み合わせたバルーンを入れる。1 ユニット当たり 1 つのバルーンをフレーム内に入れ、バルーン内部にヘリウムガスを充填し浮力を得る。大きさは縦 1900mm、横 1260mm、高さ 630mm で 1 個当たりの容量は 1.27m³ となっている (Fig2)。バルーンにヘリウムガスを限界まで充填した場合の最大浮力は 1.33kg である。ユニット数は 10 個なのでバルーンも 10 個用いることとなる。その場合での浮力は 13.35kg となっている。

2.2. システム構成

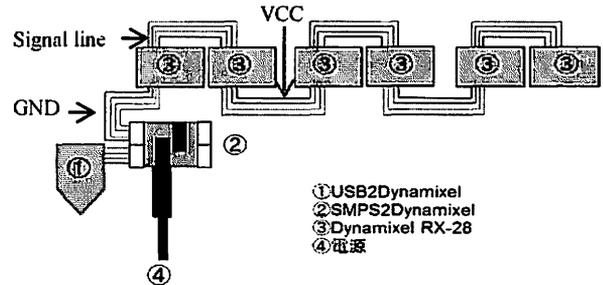


Fig. 3: System configuration of developed robot

Fig.3 にシステム構成図を示す。各関節の制御は VisualStudio で開発した C++ コンソールアプリケーションとサーボモータを USB 経由で接続することで行なっている。各サーボモータ間を通信用のケーブルで繋ぎ、命令とフィードバックを繰り返すことで関節として動作させている。各サーボモータの電力は AC アダプターから SMPS2Dynamixel を介して供給している。

3. 実験設定

3.1. 実験概要

本研究の目的は蛇行運動が滑空にもたらす影響を調査することである。低速で降下するようにヘリウムガスで浮力を調整したロボットを一定の高さから水平方向に牽引することで初速度を与えて水平に投射し、その滑空距離を計測する実験を行う。実験はロボットの姿勢と動作を直線・屈曲・蛇行の 3 つのパターンとし、パターンごとに結果を計測、記録していく。結果を分析することで、屈曲による滑空距離の増加分と蛇行運動による滑空距離の増加分を求めることができる。これにより、体勢によって生まれる空力と蛇行運動が滑空に及ぼす影響を調べることができると考えられる。Fig. 3 は実験のパターンを簡略的に図示したものであり、影の部分は初期位置、矢印は滑空中の先端ユニットの軌道を示している。蛇行運動を行うパターン 3 では、関節をくねらせながら前へ進んでいくため、矢印が体軸に沿って曲がっている。

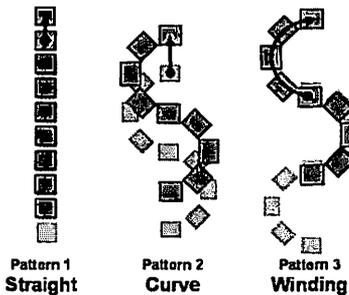


Fig. 4: Pattern of gliding

3.2. 実験装置の作成

滑空前の初期位置のために、ロボットを上から吊り下げることによって支持ができる Fig.5: Overview Figure

Overview Figure

Fig. 5 の装置を製作した。最大 4m の伸縮ポールで製作した Pe ラインによってロボットの各ユニットをギャラリーの両側から吊り下げることによってロボットを中央に配置する。また、ロボットと Pe ラインの間にはユニットと Pe ラインの切り離しのために、ソレノイドを用いた解放機構を搭載した(Fig5)。ロボットを初期位置まで支持する手順を Fig6 に示す。まず、Pe ラインを床まで垂らした上に解放機構とロボットを接続したものを乗せる。その後、全てのユニットを段階的にリールで Pe ラインを巻き上げることで初期位置の高さを保つこととする。

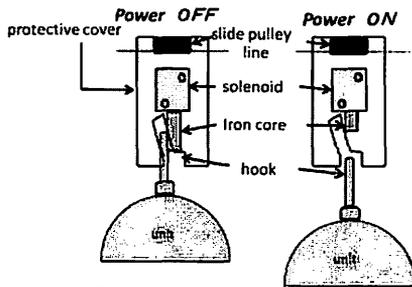


Fig.5: Overview Figure

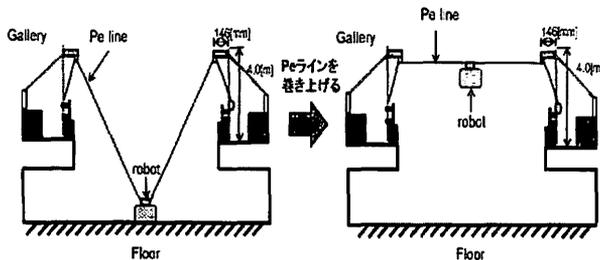


Fig. 6: Outline of experimental environment

3.3 計測

空中移動の様子を記録する方法として 4 台の 5mm 広角カメラを使用することにした。計測の仕組みとして、カメラと一緒に取り付けられた照明でロボットを照らし、反射した位置の空間座標を元にロボットの 3 次元的な動きをデータ化することができる。このことから、撮影環境として室内を暗い状態にし、ロボットに反射板を取り付ける必要がある。手順として先に 4 台のカメラで 1 つの空間を作り出すために、キャリブレーションを行う必要がある。そのため、三脚に取り付けた状態のカメラを実験ごとに持ち運びするとなると座標が変わってしまうことから、その都度キャリブレーションを行う必要がある。そこで、カメラを常時固定した状態にすることにし、キャリブレーションを一度に済ませることとした。広範囲を観察できる位置に取り付けなければならないため、Fig7 に示す赤い位置の柱にギャラリーから高さ約 6000mm の位置にカメラと照明を取り付けた。

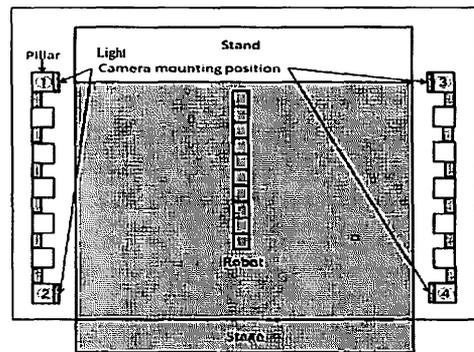


Fig.7: Gymnasium top view

4. 剛性検証

実験前に関節のフレームが歪むことが懸念されていた。関節のフレームの歪みにより、曲げトルクが吸収され伝達されずにサーボモータに過大な負荷がかかること、曲げトルクが吸収され伝達しないことからヘビの蛇行運動を再現できない可能性があるため剛性検証を行った。ロボットを床に置いた状態でのボディ剛性試験では、Fig.8 に示す。

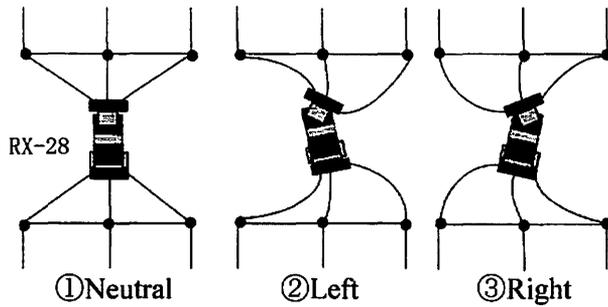


Fig.8: View from the top joint

Fig.8 のように曲げトルクが吸収され、ユニットに伝達しないことからヘビの蛇行運動を再現できなかった。しかし、これは床と設置する摩擦によるものではないかと考えられた。そこで空中での剛性検証を行った。実験装置が全て揃っていないことから3ユニットだけの剛性検証になったが、フレームは一切歪むことなく曲げトルクがユニットまで伝達することを確認することができた。

5. 結言

剛性検証の結果、空中で曲げトルクがユニットまで伝達することを確認することができたため、関節フレームの強化は必要ないと判断できた。現在は実験装置の開発を行い、量産する段階である。今後、試作した実験装置の量産を行い、順次実験を行っていく予定である。

参考文献

- [1] John J. Socha. Gligingflitein chrysopelea: turning a snake into a wing. Integrative and Comparative Biology, Vol. 51, No. 6, pp. 969-982, 2011.
- [2] John J. Socha, Michael Laberella. Effects of size and behavior on aerial performance of two species of flying snakes (Chrysopelea). The Journal of Experimental Biology 208, pp. 1835-1847, 2005.