

## 第8回 航空機による学生無重力実験コンテスト（速報）

**実験テーマ：**ヒレの動きおよび筋活動はコイの姿勢制御にどのように関与するのか？

**実験チーム：**大阪大学 アルクトゥールズ

**メンバー：**大平宇志、芝口翼、大平友宇、山田麻由佳、**支援教員：**河野史倫、大平充宣

### 1. 目的

旋回、ローリングができないように作成した水槽内にコイを入れ、航空機に搭載し、パラボリックフライト中のコイの行動（ヒレ、体幹の動き）をビデオカメラで撮影する。また、同時に胸ビレの動きを司る筋および血合筋の筋電図を測定し、コイの重力下または $\mu$ -G下における姿勢変化がどのような筋活動によって行われているのか追究する。

さらに、 $\mu$ -G中、コイに照射する光源の位置を変化させ、背光反射の発生および維持に関する筋活動についても測定する。

### 2. 実験手順・実験装置

#### [実験手順]

- 筋電図測定用電極挿入手術

コイは、0.0083%のMS222（メタアミノ安息香酸エチル・スルホン酸塩）水溶液中に入れることで麻酔をかけ、胸ビレの動きを司る筋および血合筋に、26Gの注射針を用い、筋電図記録用電極（直径80 $\mu$ m、ステンレス線）を双極に挿入した。

- 筋電図測定

筋電図は有線で測定した。電極挿入後、旋回、ローリング防止のため、コイを加工したペットボトルに入れ、実験水槽で飼育した。水槽と天板の間から電極線を出し、アンプ（日本光電工業（株） RMP-6004）に接続し、Power Lab（ADINSTRUMENTS 16/30）を介して、筋電図データをノートパソコンに記録した。

航空機搭載前は水槽内の飼育水を純酸素で10分間バブリングを行い、水槽内に十分酸素を拡散させた後、密閉した。

- 背光反射

以下の5パターンでLEDライトを点灯させた。

1-G → 2-G →  $\mu$ -G → 1.5-G → 1-G（上のLED点灯）

1-G → 2-G →  $\mu$ -G → 1.5-G → 1-G（右のLED点灯）

1-G → 2-G →  $\mu$ -G → 1.5-G → 1-G（左のLED点灯）

$\mu$ -G → 1.5-G → 1-G（ $\mu$ -Gになった後、右のLED点灯）

$\mu$ -G → 1.5-G → 1-G（ $\mu$ -Gになった後、左のLED点灯）

- データ等の解析

パラボリックフライト中、コイの正面および右側面から撮影した動画から、 $\mu$ -Gおよびhyper-G曝露時のコイの行動にパラボリックフライト中の1-G曝露時と比べ、変化があるか解析した。

パラボリックフライト中に測定した筋電図は、コイの行動と同期させ、各Gレベルに曝露された際の姿勢制御および背光反射に関する筋電図の発火パターンを特定した。また、測定した筋電図波形から積分値を算出し、筋の活動量を数値化した。

#### [実験装置]

- ノートパソコン (SONY PCG-4N7N)
- Power Lab (ADINSTRUMENS 16/30)
- アンプ (日本光電工業 (株) RMP-6004)
- 入力箱 (日本光電工業 (株))
- 出力変換箱
- 水槽

### 3. 実験結果および考察

パラボリックフライト中、hyper-G曝露時のコイの行動に1-G曝露時と比べて顕著な変化は見られなかった。しかし、 $\mu$ -G曝露中は、胸ビレを活発に動かし、血合い筋を使い身体を波打たせる行動が見られ、点灯したLEDライトに対し背を向ける背光反射も確認された (図-1)。また、今回使用した2匹のコイのうち1匹では、 $\mu$ -G曝露中、光に対し腹を向けたり、背光反射の際過剰に回転してしまったりするなどの異常行動も観察された。一方、どちらのコイも重力環境下では側面からLEDライトを照射しても、わずかに傾く程度で、変化しない場面もあった。

パラボリックフライト中に測定した筋電図の波形からは、コイが $\mu$ -G曝露中、胸ビレを動かす筋と血合い筋を活発に使用していることが明らかとなった。これらの筋肉はもちろん背光反射を起こし、姿勢維持のために使用されていると考えられるが、パラボリックフライト中 (1-G  $\rightarrow$  2-G  $\rightarrow$   $\mu$ -G  $\rightarrow$  1.5-G  $\rightarrow$  1-G) LEDライトを上から照射したときも同様に筋活動の増加が観察された。また、 $\mu$ -G曝露後、重力が再び負荷されることで背光反射は消失し、筋活動も通常レベルに戻った。

パラボリックフライト中、hyper-G曝露時のコイの行動に変化が見られなかったことから、パラボリックフライトによる重力レベルの増加はコイに対して影響が少ないことが考えられる。また、 $\mu$ -G曝露と同時に出現した筋活動の増加は、体が浮いたことによるパニックお

よび背光反射の開始が原因であると考えられる。そして、背光反射開始時だけでなく、 $\mu$ -G曝露中コイが姿勢を維持する際も活発な筋活動が観察されたことは、コイがわずかに変動する重力レベルを感知し、その情報をもとに姿勢制御を行っていたことを示唆する。

#### 4. まとめ

パラボリックフライト中のhyper-G曝露によるコイの行動への顕著な影響は観察されなかった。しかし、 $\mu$ -G曝露中、コイは胸ビレを動かす筋と血合い筋を活発に使用し、背光反射を起こした。その後、重力が再負荷されることで背光反射は消失し、筋活動も通常レベルに戻った。また、重力環境下では側面からLEDライトを照射しても、コイはわずかに傾く程度で、変化しない場面もあった。

今回使用した2匹のコイのうち1匹は、 $\mu$ -G曝露中、光に対し腹を向けたり、背光反射の際過剰に回転してしまったりする等の異常行動を示したため、今後は実験に使用するコイを選抜する等の改善が必要であると考えられる。

#### 5. 謝辞

この度、第8回学生無重力実験コンテストに参加する機会を与えて下さり、ご支援いただいた宇宙航空開発機構、(財)日本宇宙フォーラム、ダイヤモンドエアサービスの方々に厚く御礼申し上げます。

また、実験案や実験計画書作成、実験実施に関してサポート下さった、大阪大学大学院医学系研究科適応生理学研究室の皆さまに感謝致します。ありがとうございました。

図-1

