

別紙 A 応募フォーム詳細

- ・ A4 サイズ 10 ページ以下とします。
- ・ 以下の各項目について記入してください。

1. 実験テーマ名

(和文だけでなく、**英文のテーマ名**も記載してください。)

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？

How do the movement of fins and muscle activity involve in the posture maintenance of carp fish?

2. 実験の目的・概要

(実験のねらい、その基本となる仮定、期待する成果などを記載してください。)

また、10行程度の**英文アブストラクト**も記載してください。)

(1) 実験の概要 (和文アブストラクト)

重力感受依存的な姿勢保持機構が存在するのか、コイを用いて検討する。胸ビレ、腹ビレ、尻ビレ、背ビレ、尾ビレ直下の筋および体側（血合）筋に記録用電極を刺入したコイを水槽に入れ密閉する。この水槽を航空機に搭載し、パラボリックフライト中における姿勢制御の様子を記録する。1-G 下およびパラボリックフライト中に得られる 2-G および μ -G 中に照明位置を変え、背光反射または重力方向による姿勢変化を誘発させ、筋活動、ヒレの動き、および姿勢変化の関連性を追求する。

(2) 英文アブストラクト

The purpose of the present study is to investigate the gravity sensing-dependent manner for the postural control in carp fishes. Bipolar electrodes for recording electromyogram (EMG) will be implanted into the muscle located near the each fin and the middle portion of the lateral muscle. The carp fish will be then housed in the tank, which could be sealed to avoid the leak of inner water. The postural changes of the carp fish will be induced by changing the direction of light and/or the levels of gravity during the parabolic flight of a jet airplane. The recording of EMG and behavior of carp fish will be performed simultaneously. The relationship among the coordination of muscle activities, the movement of fins, and the behavioral change will be investigated.

(3) 背景および仮説

重力に抗した姿勢の保持は、地球上に住む動物には不可欠な生体機能である。ヒトやげっ歯類においては、下肢（後肢）や体幹に位置する筋群が重力に対する姿勢制御に重要な役割を果たすことが知られているものの、どのようなメカニズムで姿勢制御が行われているかは未だ不明な点が多い。

姿勢制御では、骨格筋の固有感覚フィードバックから重力によって姿勢がどのように

変えられたのかという体性感覚を認識し、それに対する反射的応答により筋協調が起こり、姿勢が維持されると考えられる。しかしながら大阪大学・医学系研究科・大平研究室の過去の研究では、ヒトにおいて下肢の神経を刺激して得られる下肢筋のH波がパラボリックフライト中の μ -G下では増大したことから、重力そのものによる神経入力骨格筋を支配する運動神経の興奮性を増大させたと考察している (Neurosci Lett 316: 55-57, 2001)。このような実験結果は、筋固有感覚のみならず重力感受そのものが筋協調に影響し姿勢制御に関与することを示唆するものである。

(4) 目的およびねらい

魚類には光に対して背を向ける視覚性反射（背光反射）が存在する。重力下では光に対する反応は弱いものの、 μ -G下や耳石を除去した魚類では光に対する応答が強まることが知られている。魚類はヒレや体幹の屈曲のみで姿勢変化を行うため、重力入力に依存した筋協調メカニズムを探るのに非常にシンプルで都合の良い実験モデルであると考えられる。そこで、コイを用いて重力下または μ -G下における姿勢変化がどのような筋活動およびヒレの動きによって行われるのか追究することを主たる目的として、本研究を実施する。

国際宇宙ステーション日本実験棟「きぼう」で利用可能なモデル生物として JAXA はメダカを推奨しており、本来であればメダカを用いて姿勢制御メカニズムの追究ができればメダカの宇宙実験にも即応用可能なデータを得られるが、個体の大きさが非常に小さいため記録用電極の刺入が不可能である。そこで複数の電極刺入にも耐え得るコイ（体長約 20cm）を被験生物として選定した。

(5) 実験方法

体長約 20cm のコイを MS222（メタアミノ安息香酸エチル・スルホン酸塩、0.02%）で麻酔し、各ヒレ（胸ビレ、腹ビレ、尻ビレ、背ビレ、尾ビレ）および体側（血合）筋にステンレス線（直径 80 μ m）を双極で刺入した後、専用の水槽へ移し密閉する。水槽は搭載用ラックに固定し遮光素材で覆う。1-G 下およびパラボリックフライト中に得られる 2-G および μ -G 中に照明位置を上→右→上→左→上の順に変え、各筋の筋電図およびコイの行動をビデオ撮影する。ビデオは正面、側面、下部に設置する。筋電図波形と行動パターンを時間的に同期させ、解析を行う。

(6) 期待する成果

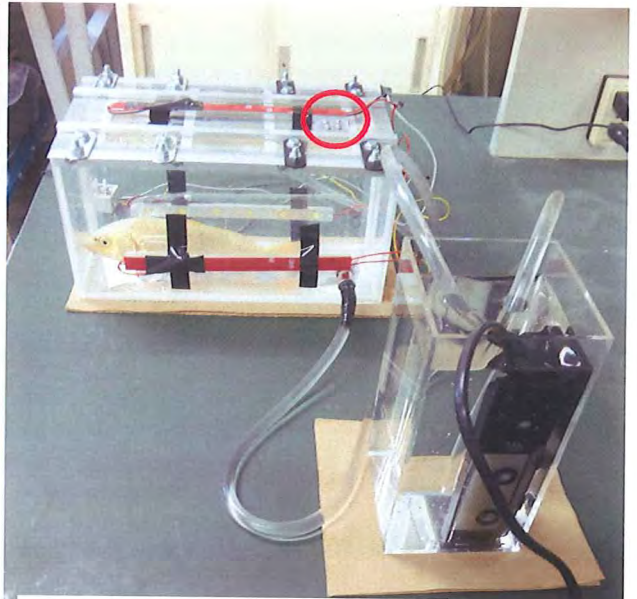
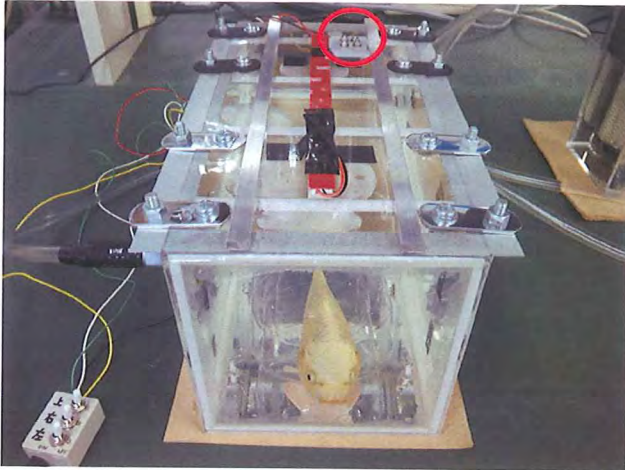
本実験の結果、前庭器官からの重力入力に対して応答する筋（ヒレ）があるのか？また、どのような姿勢変化に関与するのか？が明らかになる。このことから、なぜ重力下では光に対する反応が弱いのか証明することができるであろう。

(7) 準備状況

実験水槽：試作機をすでに作成しており、逆さになった場合でも水漏れなくコイの飼育および測定が可能であることが確認済みである（実験水槽の詳細は次ページの写真を参照）。

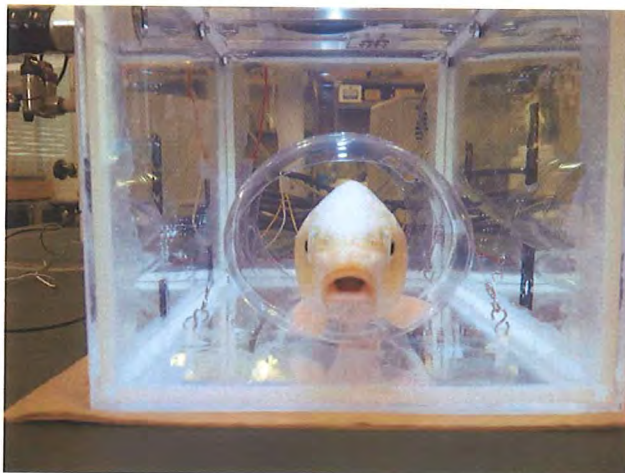
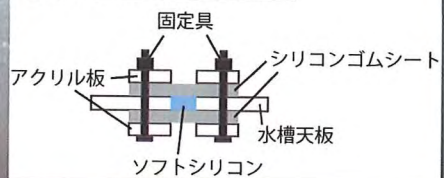
筋電図測定：各ヒレの動きを支配する筋はそのヒレの直下に分布していることを、電気刺激することにより確認した。また、直径 80 μ m のステンレス線を双極で用いれば筋電

図記録が可能であることも確認済みである。



実験水槽はアクリル板で作成しており、天板には漏水防止用のパッキンが取り付けられている。ステンレス製の押さえ具が天板に取り付けてあり、水槽と天板を密着固定できる。さらに、固定時の天板の湾曲を抑えるために、天板にはアルミの梁を通してある。LED ライトは棒状のものを上部および左右面に設置し、スイッチ（上写真の左下）によりそれぞれのライトを個別に ON/OFF できる。コイに刺入した筋電図記録用の電極線は天板後部から取り出せるようになっており（赤丸で示した部分）。また、その断面は右写真中の下に示してあるように、天板に開けた穴をソフトシリコンで塞ぎ、さらにシリコンゴムシートで密閉した構造になっている。電極線は注射針を使って通す。

電極線取り出し口断面



右写真中右側の縦型水槽がクリーンユニットである。酸素の再飽和およびアンモニア等の有害物質の除去を行う。現在は外付けタイプのみ作成済みであるが、実験実施までには実験水槽に内蔵できるタイプのもも作成する予定である。

右写真中右側の縦型水槽がクリーンユニットである。酸素の再飽和およびアンモニア等の有害物質の除去を行う。現在は外付けタイプのみ作成済みであるが、実験実施までには実験水槽に内蔵できるタイプのもも作成する予定である。

左写真は水槽正面からコイの様子を写したものである。実験水槽内には筒状の内部水槽が固定されており、コイが向きを変えないようにしてある。

3. 実験内容の区分

化学・物理・生物・医学・理工・文化・芸術・その他（ ）

4. 実験手順

(予想される実験手順・操作を記載してください。)

(観察・測定項目とその手段、試料の種類・名称もできるだけ具体的に、できれば国連番号または CAS 番号を記載してください。)

前日

- ・ コイへの電極刺入
 - ・ 地上における姿勢制御データ取得
- ↓ (水槽内の水をクリーンユニットと循環させながら一晩実験水槽内で飼育する)

フライト当日

- ・ 航空機への搭載 (クリーンユニットは切り離す)

↓

パラボリックフライト開始

- ・ ノート PC でのモニター & 記録を開始する。
- ・ カメラの電源を ON にし、連続記録を開始する。
- ・ 1-G、2-G および μ -G 中に上→右→上→左→上の順に照明の方向を変えるようスイッチを切り替える (各照明位置で 3 秒間記録)。

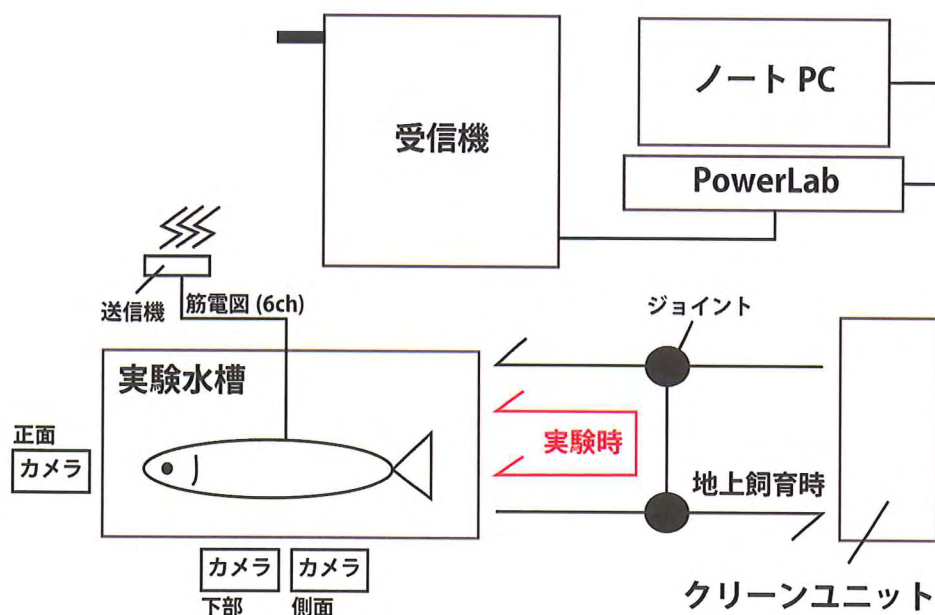
↓

パラボリックフライト終了

- ・ ノート PC でのモニター & 記録を停止させデータ保存する。
- ・ カメラの記録を停止し、電源を OFF にする。

5. 実験装置概要

(可能な限り詳細に図示してください。)



(システムの説明)

コイの筋電図シグナルを水槽の外で送信機に入力する。水槽は遮光素材で覆われているため、シグナルは無線で受信機へ送る。受信されたシグナルは PowerLab を介してノート PC へ入力し、記録・保存する。コイの動作は 3 台のカメラにより記録する。データはカメラ内部のハードディスクに保存しておく。

6. 実験装置のサイズ／重量概算

実験水槽：15 cm x 30 cm x 15 cm/7 kg (水充填時)

受信機：25 cm x 21 cm x 30 cm/6 kg

PowerLab：31 cm x 35 cm x 7 cm/5 kg

ノートPC：28 cm x 20 cm x 3 cm/1 kg

カメラ：5 cm x 12 cm x 7 cm/0.2 kg

7. 必要な電源容量概算

(AC100 V (Max. 3 Amp) ・ DC28 V (Max. 5 Amp))

受信機：AC100 V (0.5 A)

PowerLab：AC100 V (0.5 A)

ノートPC：AC100 V (0.1 A)

カメラ：AC100 V (0.1 A) x 3台

LED ライト (実験水槽)：AC100 V (0.02 A) x 3台

8. 実験支援装置の利用要望

(実験開始信号、計測データの収録装置)

Gz 信号を BNC 入力にて取得を希望する。

9. 危険物等の搭載の有無

(高圧ガス・可燃物・毒物・その他)

なし。

10. 実験実施時の航空機への搭乗希望有無

(有 ・ 無)

11. 役割分担

(チームメンバーの役割分担が決まっていたら記入してください)

大平宇志 (代表者)：電極刺入手術および実験実施

山田麻由佳：実験水槽作成

大平友宇：手術および記録の補助

藤田諒：実験水槽作成

12. その他特記事項

特になし。