

第24回衛星設計コンテスト

アイデア概要説明書

1. 作品情報・応募者情報

作品名（20文字以内）			
フリガナ： ウチュウデノボルボックスノダンス 宇宙でのボルボックスのダンス			
作品名 副題（これは公式文書では省略する場合があります）			
	氏名(フリガナ)	学校名、学科	学年
代表者(正)	西山 奈那 (ニヤマ ナ)	山口県立山口高等学校 普通科	2
代表者(副)	竹田 紗織 (タケダ サオリ)	山口県立山口高等学校 普通科	2
メンバ1	牛島 慧 (ウジマ サトシ)	山口県立山口高等学校 普通科	1
メンバ2			
メンバ3			
メンバ4			
メンバ5			
メンバ6			
メンバ7			
メンバ8			

2. アイデアの概要（プレスリリース等で使用するのので、200字程度でわかりやすく表現して下さい。）

ボルボックス (Volvox) は、2個体が互いの周囲を回るようにダンスをすることがある¹⁾。また、電気刺激と光刺激を与えると、2つの刺激の方向に対して斜めに進む²⁾。このことから、ボルボックスは、外部からの情報に呼応して行動していると考えられる。微小重力条件下でボルボックスに刺激を与えて行動を観察し、地上での反応と比較する。多細胞化して歴史の浅い単純な構造のボルボックスにおいて、複数の刺激に対する情報処理や反応過程の解明に取り組む。

3. 目的と意義（目的・重要性・技術的意義等）

(a) 目的（今回考えたアイデアを何に利用するか等）

多くの多細胞生物が5億4千万年以上前に多細胞化していたのに対して、ボルボックスは5千万年程度しか経過しておらず、構造も単純である。宇宙でボルボックスに光や電気の刺激を与えて行動を観察し、地上での様子と比較する。地上と宇宙で同じような反応を示せば、単純な構造でありながらも重力の違いを補正して鞭毛を運動させていることになる。宇宙と地上で異なる行動をすれば、鞭毛の運動制御は遺伝子などでプログラムされた部分が多く、外部からの情報に呼応して柔軟に補正を掛けることができないと考えられる。単純な構造の多細胞生物であるボルボックスの反応を解析し、多細胞生物のからだの中での行われている情報処理や反応過程の解明に役立てることを目的とする。

(b) 重要性・技術的意義等(ex:宇宙空間で利用する理由)

人類が宇宙で長期間生活することが可能になった現在、微小重力条件下での生活が人体に与える影響について評価することは、安全性を確保する上で大変重要である。ところが、人の体は複雑であるため、生じている現象を詳細に分析することは難しい。単純な構造のボルボックスに注目することで、複数の細胞で構成されている生物の細胞間での情報伝達や処理について、新たな知見が得られることが期待できる。管理は、専用の培地を作っておき、2週間～ヶ月程度に一度植え継ぐだけなので比較的簡単である。また、ボルボックスは直径が0.3～1.0mmの大きさで、肉眼でも個体を確認出来る点も宇宙観察に適している（図3）。

4. アイデアの概要

(1) ボルボックスの培養



図1 照明を照射して培養



図2 肉眼での観察



図3 ダンス中のボルボックス (0.3~1.0 mm)

ミネラルウォーターにハイポネックス (0.1%) を添加した培地で培養したボルボックスでは、光走性などの反応が不明瞭であった。これに対して、赤玉土と大理石を砕いたものを混ぜて培地を調製したところ、ボルボックスの反応が顕著に表れるようになった。宇宙実験までに、最も良く反応する培地を選定する。

(2) 宇宙での実験方法

① ボルボックスのダンス

ホールスライドガラスにボルボックス数個体と飼育水を入れ、

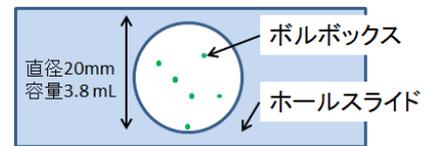
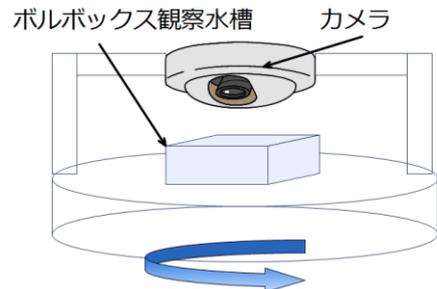


図4 ボルボックスのダンスの観察

カバーガラスをかぶせて観察したところ、ボルボックスのダンスを観察することができた (図3、図4)。これを回転させて遠心力による擬似重力を発生させ、容器に連結したビデオカメラで録画する。回転していない微小重力環境下、回転していて重力に相当する力が掛かっている環境下、地上での行動の3つを比較し、情報の処理方法と環境への対応について考察する (図5)。



レコードのように回転

図5 遠心力による擬似重力下でのダンスの観察

② 光や電気の刺激に対する反応

Midge Chamber のような平板状の容器にミネラルウォーターを入れ、ボルボックスを加える。容器には、一方向から光刺激を、直交する方向から電気刺激を与えられるようにしておく。それぞれ1種類の刺激を与えた場合のボルボックスの行動をカメラで記録して解析する。また、2種類の刺激を同時に与えた時の行動を記録する。地上の実験結果と比べ、重力の有無によって行動が変化するかどうか確認する。

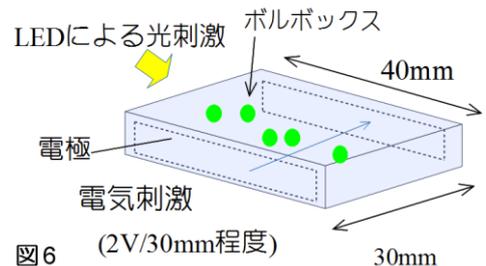


図6 (2V/30mm程度)

③ ボルボックスの形態変化

地上では、ボルボックスはきれいな球状である。微小重力環境下で育てた場合、群体の形状が変化する可能性も考えられる。形状を確認し、重力の影響について考察する。

(3) 地上での予備実験：[LEDの波長]

① 方法：飼育水を入れた水槽 (W 20mm × D 200mm × H 10mm) の中央にボルボックス 10 個体程度を入れ、片方の端から LED の光を照射した。LED は光量子束密度 (200 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) に調整した、青色、緑色、黄色、赤色の 4 種である。暗幕で遮光したグローブボックスの中に装置を入れ、10 分間光を照射した後のボルボックスの位置について、図7の①~④の場所に分類して記録した。

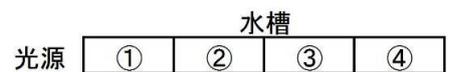


図7 光の照射と水槽の区分分け

② 結果：赤色と緑色の正と負の間には、1%水準で有意差が検出された (χ^2 検定)。黄色の正と負の間には、5%水準で有意差が検出された。青色については有意差が検出されなかった (図8)。

③ 考察：ボルボックスの反応が弱かった可能性が考えられた。理由としては、水温が 18~22°C の間で変動していたことが考えられる。

④ 結論：水温や培養などの条件を最良にした上で、照射する光の波長とボルボックスの運動の関係について再度実験をする予定である。宇宙実験に備えて地上での実験を重ね、ボルボックスの扱い方に関する情報を蓄積したい。

〔実験の時刻の影響〕

① 方法：(1)と同様に実験した。

ただし今回は、グローブボックスの中にヒーターで 26 度に調節した水を設置し、グローブボックス内の温度を一定に保った。朝(7時半~8時)、昼(12時半~13時)、夕方(17時~18時)の3つの時間帯に分け、時刻による反応の違いを調べた。なお、光源としては、ボルボックスがよく反応する赤色LEDを用いた。

② 結果：どの時間帯も正の光走性を示したが、最も顕著なのは朝であった (χ^2 検定、1%水準)。

③ 考察：恒明条件下で培養しているが、ボルボックスの体内に光に対する日周期性が内在していることが推察された。宇宙実験を行う時刻を考慮する必要がある。

〔電気走性〕

① 方法：電気刺激への反応を図6の方法で確認。

② 結果：陰極へ移動する様子が確認出来た(図10)。陰極と陽極で χ^2 検定で分析したところ、有意差が検出された(危険率1%水準)。

③ 宇宙において、光と電気複合的な刺激に対する反応を、調べることが可能だと推察される。

(4) スケジュール：① 2016年度 刺激に対するボルボックスの反応について実験し、情報を収集する。

② 2017年度 宇宙実験を想定して、機器などの改良 → ③ 2018年宇宙実験実施

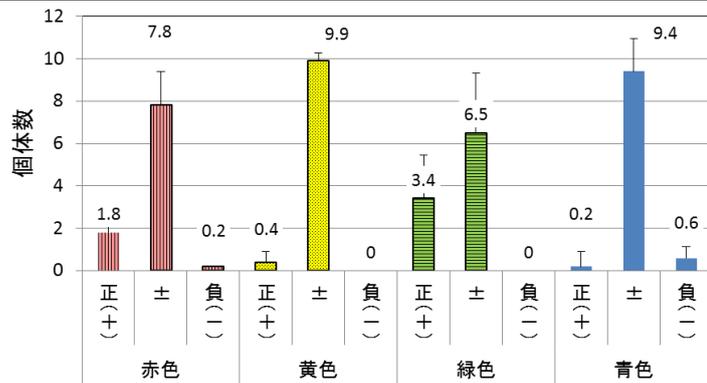


図8 光源の波長と走性

数値は平均値、バーは標準偏差を示す

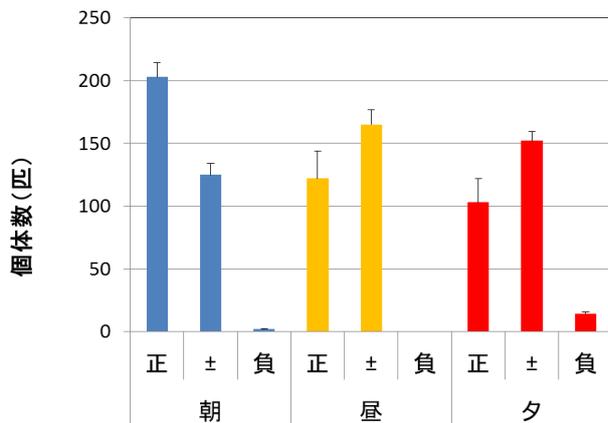


図9 光走性と実験を実施した時間帯の関係

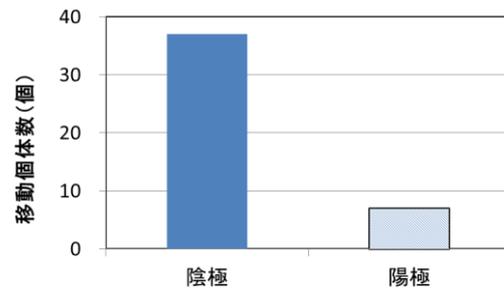


図10 電極への移動(電気走性)

5. 得られる成果

単純な構造の多細胞生物であるボルボックスの反応を解析することで、多細胞生物の体内における情報の伝達と処理について、有益な情報が得られることが期待される。また、ボルボックスは肉眼でも見え、泳ぎも優雅であるため、宇宙飛行士の癒しになると予想される。

6. 主張したい独創性または社会的な効果

多細胞化になってから時間が経っていないボルボックスを対象にした宇宙実験には、独創性がある。

7. 謝辞

この活動は JST 中高生の科学研究実践活動推進プログラムの支援を受けています。また、奈良女子大学 西井一郎先生、東北大学 石川拓司先生から御指導を賜りました。御支援に心からお礼申し上げます。

8. 参考文献

- 1) ~生命の新しい可能性~ ダンスする藻類を発見, 東北大学工学研究科・工学部、(2009)。
- 2) 田村 京子 (2008年9月29日), 多細胞生物における複合刺激に対する応答。