

## 第25回衛星設計コンテスト

### アイデア概要説明書

応募区分 ジュニアの部

#### 1. 作品情報・応募者情報

作品名（20文字以内） 宇宙での長期滞在がミジンコに与える影響			
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)	光田 圭佑 (ミツダ ケイスケ)	山口県立山口高等学校 普通科	1
代表者(副)	渡邊 雄大 (ワタベ ユウダイ)	山口県立山口高等学校 普通科	1
メンバ1	阿南 太士 (アナム タイジ)	山口県立山口高等学校 理数科	2
メンバ2	岩村 明優果 (イワムラ アユカ)	山口県立山口高等学校 普通科	1
メンバ3	溝部 壮太朗 (ミヅベ ソウタロウ)	山口県立山口高等学校 普通科	1
メンバ4	岡村 真碧 (オカムラ マオ)	山口県立山口高等学校 普通科	1
メンバ5	三原 知也 (ミハラ トモヤ)	山口県立山口高等学校 理数科	1
メンバ6	柳井 悠 (ヤイ ユウカ)	山口県立山口高等学校 理数科	1
メンバ7	村藤 海人 (ムラフジ カイト)	山口県立山口高等学校 理数科	2
メンバ8	吉岡 潤哉 (ヨシオカ ジュンヤ)	山口県立山口高等学校 理数科	1

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

宇宙での長期滞在が生物に与える影響については、メダカを2か月間飼育した例<sup>1)</sup>はあるものの、観察や実験のデータは少ない。このプロジェクトでは、オオミジンコの飼育と観察を自動化し、宇宙飛行士の作業時間を消費することなく、宇宙空間での長期滞在が生物へ与える影響について評価することを目的とする。オオミジンコはメダカよりも世代時間が短くて、小さな水槽での飼育が容易である点が優れている。

#### 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） 人類が宇宙に長期間滞在する場合、地球から宇宙へ食料を輸送するのではなく、現地で生産できれば安定して供給できる。ミジンコは魚の餌として利用でき、飼育が容易であることから、宇宙で魚類を養殖する際の餌として考えられている <sup>1)</sup> 。本提案では、オオミジンコを宇宙で飼育し、宇宙放射線や微小重力に長期間さらされることで生じる影響について調べることを目的とする。得られたデータは、将来、宇宙での食料生産や、生物が宇宙に長期間滞在する際の影響について検討するための情報として役立つことが期待できる。
(b) 重要性・技術的意義等(ex:宇宙空間で利用する理由、他にない技術など) オオミジンコは体長が数mmあり、肉眼で観察することができる。クロレラなどの藻類を餌として与えて飼育し、小さな容器（水棲生物実験装置；AQH）での飼育が可能である。また、通常は単為生殖を行い、雌は交尾をせずに直接仔虫を生んで増えるため、多くのクローン個体を得ることが容易である。このクローン個体群を地上と宇宙に分けて観察することで、宇宙での影響を的確に解析することができる。なお、オオミジンコは環境リスクを評価する際のモデル生物として用いられており、生じた変化について蓄積されている知見を参考にした考察も行いやすい。

#### 4. アイデアの概要

(1) ミジンコの口吻付近の水流の観察 【方法】 継続飼育を行っているオオミジンコ ( <i>Daphnia magna</i> ) 1匹を中央に窪みのあるスライドガラスに載せ、自由遊泳が不可能な水位に調節した。そこにクロレラ粉末を微量投入し、その動きを見ることでミジンコが誘起させた水流の様子を捉えた。
---

【結果と考察】 ミジンコが濾過肢毛を運動させて生じた水流によって、クロレラ粒子が寄せ集められ、体内に取り込まれることが確認できた(図1)。また、比較的サイズの大きなクロレラは、ミジンコの体内に取り込まれることなく水流によって排除されることが分かった。

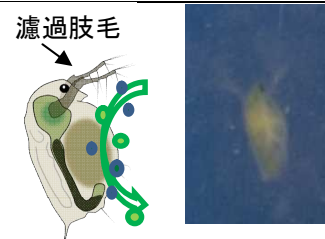


図1 材ミジンコ 図2 落下の様子

### (2) 麻酔したミジンコの落下運動

【方法】 エタノールを加えて麻酔したミジンコを、200ml の飼育水を入れたメスシリンダーの水面から静かに落とし、水深 192mm の底面に落下するまでに要した時間を計測した。また比較実験として、ウミホタルを用いて同様の条件(水は人工海水を用いる)で実験した。用いた個体は各種 30 個体である。なお、実験後に麻酔から覚めたミジンコとウミホタルは、麻酔前と同じような速度で泳いでいた。

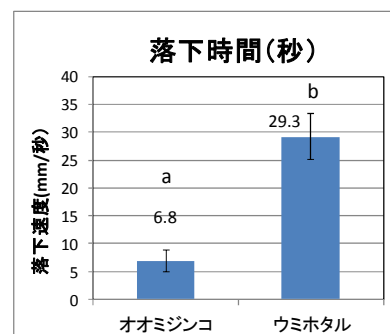


図3 落下速度の比較  
数値は平均値、バーは標準偏差、a・bは有意差

【結果と考察】 落下速度は、ウミホタルの方がミジンコの約4倍速かった。二群間の t 値は  $t=26.2$  で 1%水準で有意差が検出された。ミジンコは水の抵抗を受けてゆっくりと沈降するのに対して、波がある海で生活するウミホタルは水の動きに影響を受けないような体の作りではないだろうか。また、止水域で生活するミジンコを微小重力環境で飼育すると、定位のために肢を運動させる必要はないが、摂食のための運動は地上よりも多くなると予想され、運動に必要なエネルギーの総和については、どちらが多くなるかは不明である。

### (3) オオミジンコの光走性と光凝集性

【方法】 【光走性】 飼育水を入れた透明プラスチック容器(約 215×59×42mm)の中央にテープで印をつけ、容器の両側に緑色のLEDライト(OptoSupply, OSG58A5111A)を設置した。実験開始前に片方のLEDライトを発光させてミジンコを寄せておき、開始時に逆側のLEDライトを点灯させて(初めに点灯していたLEDは消灯させる)、光源側に移動するかどうかを調査した。また、2分後にLEDライトを切り替えて逆側を点灯させ、光源への移動を調べた。2回とも光源側へ移動した場合を正の光走性あり(+), 2回とも光源と反対側へ移動した場合を負の光走性あり(-), それ以外を光走性なし(±)とした。

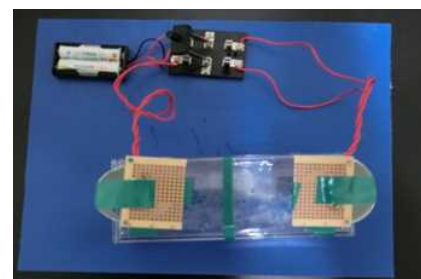


図4 光凝集性の実験装置

【光凝集性】 飼育水を入れた蓋付透明プラスチック容器(約 158×60×54mm)にミジンコ5匹を入れ、LEDライトを蓋の中央を境にして両端上部へ下向きに付ける(図4)。ミジンコが観察容器の中で分散したら、片方のLEDライトのみを照射し光源側へ引き寄せておく。2分後に逆側の光源を点灯させ(それまで点灯していた側は消灯する)、2分後に光源側へ集合している個体数を数えた。光源側へ集合した個体は光凝集性があり、暗部に残っていた個体は光凝集性が無いと判断した。

【結果】 結果は表1、表2に示した。光走性の結果について  $\chi^2$  値=19.8で1%水準で有意に光に集合していることが示された。なお、光凝集性については、 $\chi^2$  値=27となり、同じく1%水準で光に集合していることが示された。

表1 光走性

	個体数
正	11
無し	3
負	1

表2 光凝集性

	個体数
集合した個体	60
集合しない個体	15

### (4) 疲れているミジンコの光走性と光凝集性

【方法】 4日間エアレーションをして飼育を行い、上記(3)と同様の実験を行った。

【結果と考察】 結果は表3、表4に示した。光走性については、ほとんどの個体が回転運動をし、光源に近づいたり遠ざかる反応は示さなかった。また、光凝集性は、2群間の t 値=1.61で、有意差が検出できなかった。エアレーションによって疲労したか、方向感覚が麻痺した可能性が考えられた。宇宙での飼育では、エアレーションをしない方が良いと思われる。

表3 光走性 (I7-)

	個体数
正	2
無し	13
負	0

表4 光凝集性 (I7-)

	個体数
集合した個体	43
集合しない個体	32

### (5) エアレーションと腸の内容物

【方法】双眼実体顕微鏡を用いてエアレーション有・無のミジンコの個体をそれぞれ観察した。

【結果と考察】エアレーションを行ったミジンコ(図5の左)のキチン質の膜は後者(図5の右)より白みがかっており、ミジンコの中央にある腸の色は若干緑色が薄く、餌であるクロレラの摂食量が少なかった。ミジンコは、エアレーションが無い環境の方が良く育つと考えられた。



図5 ミジンコの消化管

### (6) オオミジンコの自動観察

【方法】以下のシステムとなっている。USBカメラから撮影した画像を取り込む。起動時には画像を撮影し、重み付き平均を更新することを繰り返して、平均画像を作成する。USBカメラから取り込んだ画像と作成した平均画像の差分を作成して、二値化した。しきい値処理のち画像を平滑化し、探索窓の中にある輪郭を抽出した(図6)。

【結果と考察】図6の赤いスポットがミジンコとして識別された部分である。このスポットの数を調べることで、個体数が分かる。時間と個体数の変化を追跡すれば、増殖速度を求めることが可能となる。宇宙飛行士の労力を掛けずに、自動で、長期間におよぶ観察を実施することができる。なお、殻とミジンコを一緒に入れて画像解析したところ、殻には赤い印が付かず、ミジンコのみを識別した。宇宙で殻が移動しても急激な方向転換をすることは無く、ミジンコの小刻みな運動とは区別できると予想している。

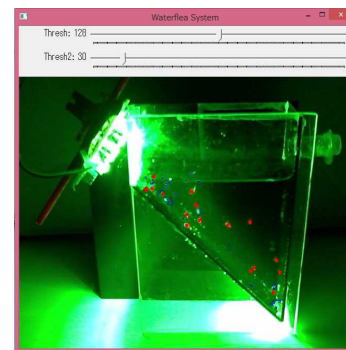


図6 オオミジンコの自動観察

### (7) 宇宙実験までのプロジェクトの流れ

- ① 2018年: 長期間飼育するための装置や観察システムの改良(既存の水棲生物実験装置の改良)。
- ② 2019年~2020年: 宇宙飛行士と、宇宙実験についての内容確認(基本的には宇宙での作業不要)。
- ③ 2021年: 宇宙実験によって得られたデータの解析。及び、人が長期滞在する場合の対応を検討。

## 5. 得られる成果

生物が宇宙に長期間滞在することによる影響を自動制御された装置で調べることができるので、実現可能なプロジェクトである。また、得られたデータは、魚類の養殖における餌の確保に役立つことはもちろん、将来、宇宙で人為的な閉鎖生態系を構築する際にも利用できるかと推察される。さらに、ミジンコの遊泳はとてかわいらしく、肉眼でもはっきりと見ることができる大きさのため、宇宙飛行士の疲れた気持ちを和らげる癒やしの効果も期待できる。

## 6. 主張したい独創性または社会的な効果

水棲生物実験装置(AQH)に、餌であるクロレラの増殖を促すLEDライトを設置することで、ミジンコの飼育を自動化できる。予備実験によって、生クロレラの他、乾燥粉末にしたクロレラを投与してミジンコを飼育することも確認しており、ミジンコに対する安定した給餌を行うことができる。コンピュータを用いた観察の自動化など、宇宙実験におけるIoTの有用性を検証することが期待される。

## 7. 参考文献

- (1) 遠藤雅人, 宇宙環境下における閉鎖居住施設における食料生産用養殖技術の開発(東京海洋大学)(2017年10月参照)
- (2) Yasuhiko Murata, Takako Yasuda, Tomomi Watanabe-Asaka, Shoji Oda, Akiko Mantoku, Kazuhiro Takeyama, Masahiro Chatani, Akira Kudo, Satoko Uchida, Hiromi Suzuki et al., "Histological and Transcriptomic Analysis of Adult Japanese Medaka Sampled Onboard the International Space Station", PLOS ONE Online Edition: 2015/10/02 (Japan time), doi:10.1371/journal.pone.0138799.
- (3) 鳥嶋真也「宇宙に1年間滞在した宇宙飛行士が帰還」, マイナビニュース <http://news.mynavi.jp/news/2016/03/07/280/> (2017年7月参照)
- (4) 宇宙ステーション・きぼう, 広報情報センター. 水棲生物実験装置(AQH) <http://iss.jaxa.jp/kiboexp/equipment/pm/mspr/aqh/> (2017年7月参照)
- (5) Ijiri, K., Mizuno, R., Narita, T., Ohmura, T., Ishikawa, Y., Yamashita, M., Anderson, G., Poynter, J. and MacCallum, T (1998) Behavior and reproduction of invertebrate animals during and after a long-term microgravity: Space experiments using an autonomous biological system(ABS). Biol. Sci. Space, 12, 337-388.
- (6) 花里孝幸「ミジンコ先生の水環境ゼミ」, 地人書館(2006)
- (7) 花里孝幸「ミジンコが教えてくれること」, ソフトバンククリエイティブ株式会社(2013)

## 8. 謝辞

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研究に取り組みました。オオミジンコは、NBRPより分譲していただいた株を使用しました。御支援に心から感謝申し上げます。