

両生類幼生は微小重力環境下で空気の位置を認識し呼吸できるか

北大 栃内 新、JAXA 内田 智子、三菱重工(株) 河野 靖

Can amphibian larvae recognize air-water interface and breath air ?

Shin Tochinnai, Satoko Uchida¹⁾, Yasushi Kono²⁾

Hokkaido University, Nishi 8-chome, Kita 10-jyou, Kita-ku, Sapporo 060-0810

¹⁾Japan Aerospace Exploration Agency, 2-1-1 Sengen, Tsukuba, Ibaraki 305-8505

²⁾Mitsubishi Heavy Industries, Ltd., 1-1-1 Wadasaki-cho, Hyogo-ku, Kobe 652-8585

Abstract: Because of many advantages, amphibians have been important experimental models in space utilization research. However, the results of previous space experiments with *Xenopus laevis* suggested that the larval growth was retarded or abnormal in the microgravity environment. It was supposed that *Xenopus* larvae could not recognize the air position in microgravity and failed to inflate their lungs in an appropriate manner during the critical period of lung development. In this study, ground-based experiments and parabolic flight experiments were made to form a stable air-water interface and keep its position for a while, and also to investigate whether *Xenopus* larvae can recognize the generated air-water interface by using an illumination as a cue, in microgravity achieved by parabolic flight. It was concluded that it will be possible to generate stable air-water interface even in the microgravity environment by using the “air stabilizer”, and *Xenopus* larvae will recognize the position of artificially formed water surface and breathe the air properly if they are illuminated from the same direction with the generated air-water interface.

アフリカツメガエルを用いたこれまでの宇宙実験より、初期発生に関してはほぼ正常に進行することが明らかにされたが、幼生の成長段階で尾部や肺などに異常が観察されており、これは幼生が肺の正常な発達に必要とされる時期に、適切に空気を取り込むことができなかったことが原因のひとつと推論されている。そのため、両生類幼生に対する宇宙環境の影響を検討する上で、幼生に正常な呼吸行動をとらせることが重要な課題となっている。

本研究では、これまでの宇宙実験で見られた、アフリカツメガエル幼生が肺に空気を取り込むことを妨げる障害を取り除き、宇宙環境の影響のみを検討することが可能となる飼育実験システムの構築を目的に、(1)微小重力環境下で、水槽内の目的とする位置に気液界面を生成・保持することが可能か、そして(2)アフリカツメガエル幼生に、照明方向を手がかりとして生成した気液

界面を水面として認識させ、正常な呼吸行動をとらせることが可能か、について航空機実験による検証を含めた検討を行った。

1) 微小重力環境下での気液界面の生成、保持

微小重力環境下での気液界面生成を目的として、気相保持機構と空気注入機構をもつ水槽を製作し、航空機実験による検証を実施した。

パラボリックフライト時間の制約から、水槽内に設けた気相保持部全面に均等な気液界面を生成することはできなかったが、空気注入領域の限定、注入量の調整により保持部の一部に安定した気液界面を生成可能であること、さらに生成した気液界面を利用して幼生が 1G 環境下の水面と同様に空気を取り込むことが可能であることを確認した。

製作した航空機実験装置を Fig. 1 に、パラボリックフライトによる微小重力環境下での気液界

面生成状況を Fig. 2 に示す。

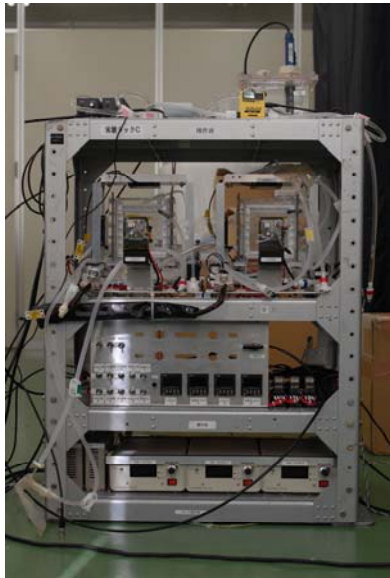


Fig.1 System for parabolic flight experiment.

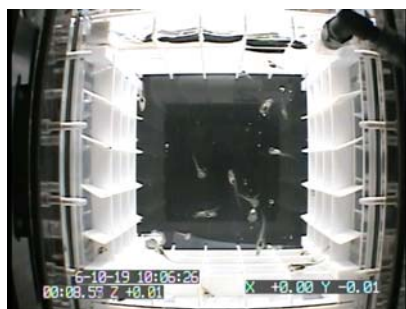


Fig.2 Chamber with "air stabilizer" on four sides, showing successfully generated air-water interface (upper) in microgravity.

2) 微小重力環境下でのアフリカツメガエル幼生の呼吸行動

重力のない環境で幼生が水面の位置を認識する手がかりとして重要なのは何か、またこれを手がかりとすることが遺伝的に決定されたものなのか、それとも学習により得られるものなのか、について地上予備実験および航空機実験により検討した。航空機実験では、パラボリックフライトによる微小重力環境下で気液界面に対する照明方向を変化させ、アフリカツメガエル幼生の呼吸行動を観察した。

その結果、気液界面と照明方向が一致した条件下では、幼生は水槽の反対側から気液界面のある

水槽面に向かって泳ぎ、気液界面で空気を取り込むことが確認できた。この行動は実施した4回のパラボリックフライト実験中、合計4回観察できた。これに対して、気液界面と照明方向が矛盾した条件下では、幼生が気液界面に向かって泳ぐ行動、気液界面で空気を取り込む行動ともに観察されることはなかった。しかし、一例ではあるが気液界面の生成された水槽面ではなく、照明光源のある水槽面方向に向かって泳ぎ、照明光源側に残存していた気泡から空気を取り込む行動が確認できた。

微小重力環境下でのアフリカツメガエル幼生の呼吸行動を、Fig. 3 に示す。

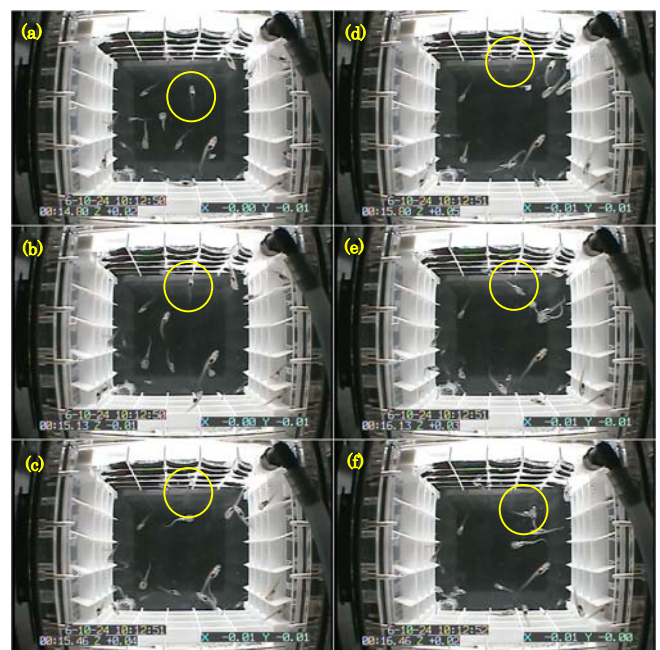


Fig.3 Air breathing behavior of *Xenopus* larvae in microgravity. (Air-water interface and Light: upward)

これらの結果より、アフリカツメガエル幼生が水面の位置を知る主要な手がかりは、1G 環境においては重力感受器官である前庭の機能が優先するが、重力のない環境においては、正の走光性、すなわち光の方向を水面とみなす行動をとるようになり、光の方向と水面の位置が一致している場合には正常に空気呼吸できるが、一致しない場合には空気呼吸を行うことが困難となることがわかった。また 1G 環境では重力を利用し、微小重力環境下では光を利用して水面を認識するこ

とは、遺伝的に決定されたプログラム行動と考えられ、宇宙環境で孵化した幼生でも、光方向のみによって水面の位置を知る可能性は極めて高いと考えられた。

以上の結果より、微小重力環境下においても、開発した気相保持機構を用いることで水槽内に安定した気液界面を生成することが可能であること、また照明を気液界面と同方向に設置することにより、アフリカツメガエル幼生に生成した気液界面を水面として認識させ、正常な呼吸行動をとらせることが可能であることが結論された。これにより、実験システム構築のための基礎データは十分得られたと考える。

本技術は、両生類、特にアフリカツメガエルを用いた宇宙環境利用研究を実施するにあたり、従来の宇宙実験で幼生期に見られた肺に空気を取り込めないことによる成長障害を排除し、幼生の成長、器官形成、変態過程、行動などに対する宇宙環境の影響のみを抽出する実験の遂行に大きく貢献するものである。今後は、実用化に向けた短期の宇宙実験による検証を目指す。

本研究は（財）日本宇宙フォーラムが推進している「宇宙環境利用に関する地上研究公募」プロジェクトの一環として行ったものである。