

委19-2-2

# 宇宙での生命科学研究と「きぼう」

平成20年5月28日

浅島 誠

# 目次

- ◆生命と環境
- ◆生命にとって宇宙環境とは
- ◆宇宙での生命科学研究が目指すもの
- ◆「きぼう」への期待
- ◆日本の研究の特徴
- ◆宇宙での生命科学研究が我々の生活にもたらすもの

## 生命と環境

- ◆ 生命は、地球の表層環境の維持と変化に能動的に関与しながら、地球環境に適応した進化を成し遂げ、ロバストなシステムである“生命のしくみ”を創り上げてきた。
- ◆ この“しくみ”の理解の鍵は、共進化してきた地球環境の変動を正しく把握すること。
- ◆ 生命の環境適応能力と進化の理解は、地球環境の変動の特徴を把握する上で重要な情報になる。

# 生命にとって宇宙環境とは？

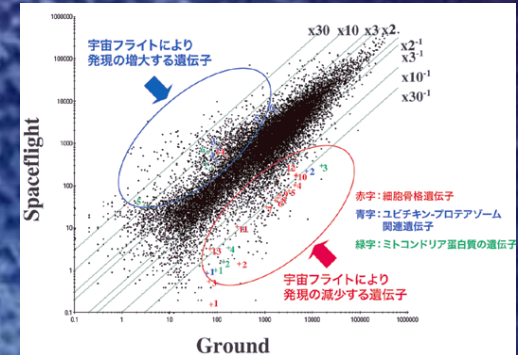
## ◆ 生命は、一定不変な地球の重力影響のもとで進化を成し遂げてきた。

- 海、陸、空へと、環境に応じた多様な進化を遂げた。
  - 骨、筋肉、植物の細胞壁、根の重力応答、平衡感覚...
- これらを司ったゲノムを比較することで、生物進化と生命のしくみを理解する取り組みが進められている。

## ◆ 生命は、初めての体験である“宇宙環境(微小重力)”のもとでも、致命的欠陥なしに適応してきたかのように見える。

- 筋肉や骨は細くなり、心臓など循環系の機能低下。
- 遺伝子の発現パターンに明らかな変化。
- メダカの世代交代には成功。(脊椎動物では唯一)
- 植物は重力を感受して生長ホルモンの流れを制御。

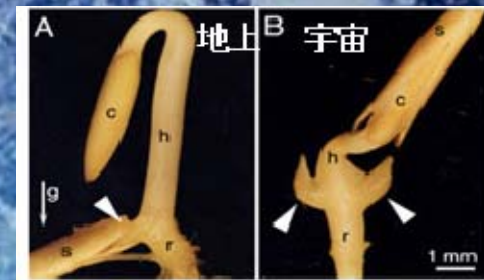
**宇宙環境は生命のしくみと進化の謎を解く鍵**  
重力を感知し、反応する機構は、重力が無い環境と比較して初めて理解が進む



重力に応答して遺伝子も働きを変える  
(フライトサンプル解析、徳島大 二川先生)



宇宙での繁殖に成功  
(脊椎動物で初、IML-2、東大 井尻先生)



重力に反応して、植物は形態を変え生長する  
(STS-95、東北大 高橋先生)

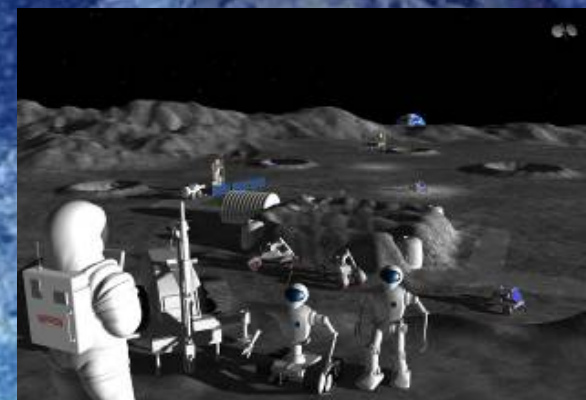
# 宇宙での生命科学研究が目指すもの

## ◆ 生命現象・進化の理解

- 地上とは異なる環境に晒された生命の振る舞いから、地球上で進化してきた生命が持っている“多様性”、“複雑性”、“恒常性”、“ロバスト性”などの生命の“しくみ”を理解
- このために、まずは細胞を用いた研究から始め、個体、世代を超えた影響、生物間の相互作用(生態系)へと研究を発展

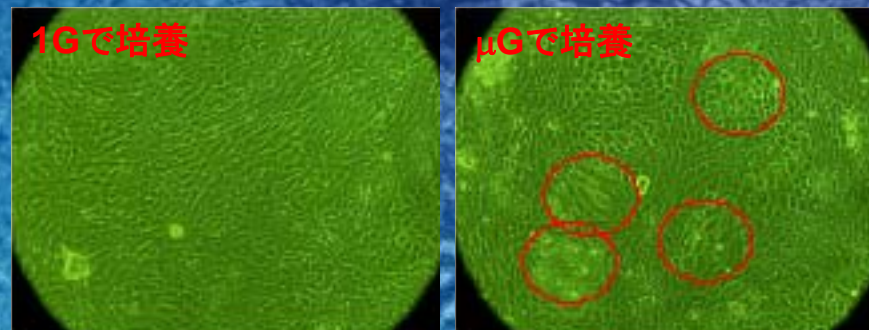
## ◆ 将来の宇宙探査につながる知見の獲得

- 地球軌道以遠の環境での人類の安全な活動を実現するに当って、医学上の諸課題への対処法を開発するため宇宙生命科学の知見を集約
- 生命環境維持や食料生産を含む生態系システムを構築するため環境生物学的な知見を蓄積



# 生物の組織形成に重力はどの様に影響するのか

- ◆ ツメガエル腎組織由来A6細胞を用いての研究の利点
  - 哺乳類の培養細胞のように37°CのCO2インキュベーターを必要としないで培養可能な「ツメガエルA6細胞」を用いての研究。  
→ 制約的な実験環境において有利
  - A6細胞は地上での模擬微小重力状態で培養することにより、ドーム状の構造体を形成。  
→ 組織・器官形成に繋がる3次元的な研究に有利



A6細胞を通常の重力条件下(1G)と模擬微小重力条件下( $\mu$ G)とで培養した際の、形態比較。赤い丸で囲んだ部分がドーム状の構造体。

# 生物の組織形成に重力はどの様に影響するのか

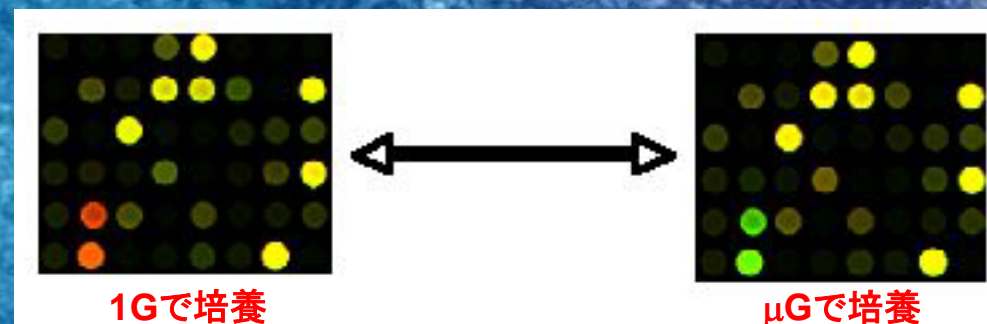
## ◆ ツメガエル腎組織由来A6細胞を用いての研究の利点

- ツメガエルはこれまで、組織形成研究においてモデル生物として多用されてきており、多くの知見・ノウハウが蓄積している。(例えば、浅島研究室においてはツメガエル未分化細胞から約20種類の組織・器官を作ることが可能である。これは他の脊椎動物には類を見ない成果である。) また、個体レベルでの遺伝子機能解析を哺乳類胚と比較して迅速に行える。

→培養細胞の知見を生体レベルでの研究に転換する上で有利

- 近年の遺伝子データベースの充実、カスタムマイクロアレイの開発により網羅的な遺伝子発現の比較が可能になった。

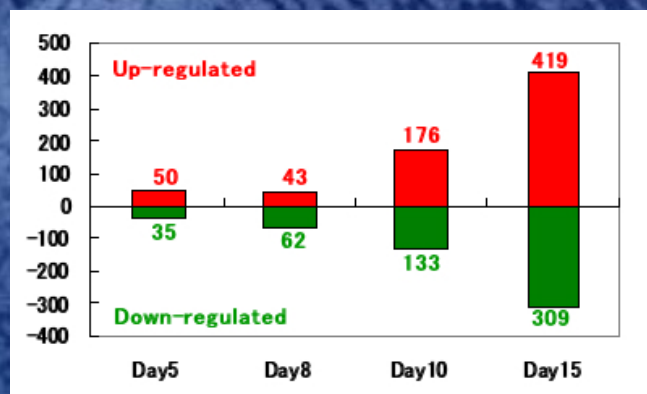
→大規模スクリーニング、バイオインフォマティクスの導入に有利



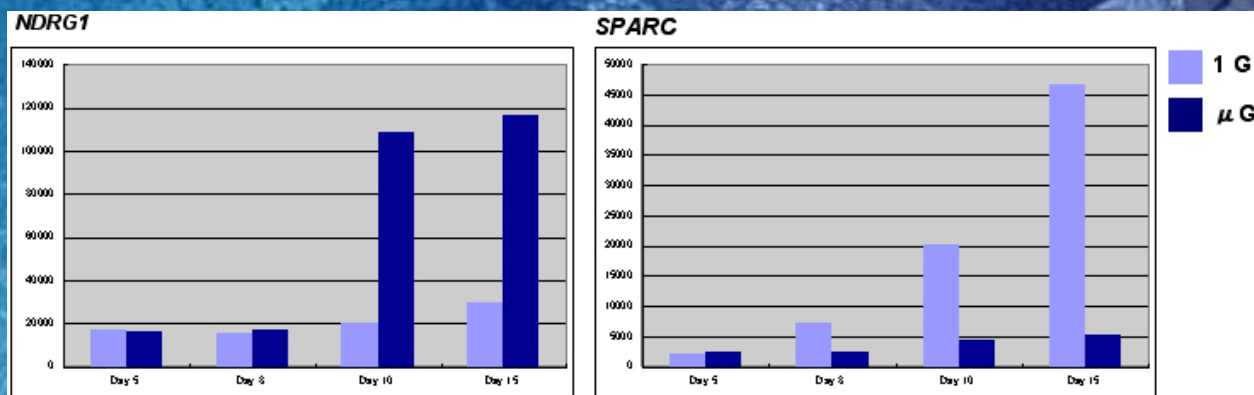
# 生物の組織形成に重力はどのように影響するのか

## ◆ ツメガエル腎組織由来A6細胞を用いての研究の実例

- 模擬微小重力下で発現が2倍以上変動する遺伝子。(マイクロアレイを用いて候補遺伝子をスクリーニングした。)



- 上記の遺伝子のうち顕著な発現量変化が見られた遺伝子の、詳細な発現量解析をリアルタイムPCRを用いて行った。



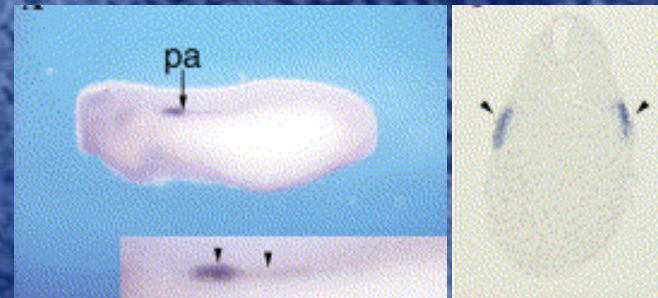
NDRG1遺伝子は模擬微小重力によって発現が誘導された。  
一方、SPARCは遺伝子は右舷の増強が抑制された。



# 生物の組織形成に重力はどの様に影響するのか

## ◆ ツメガエル腎組織由来A6細胞を用いての研究の実例

- NDRG1遺伝子の発現。  
ツメガエルの発生過程において前腎での発現が検出された。



- NDRG1遺伝子の翻訳を阻害すると前腎導管の形成が阻害された。



正常胚の前腎構造



NDRG1欠損胚の前腎構造

以上の結果からNDRG1は腎臓形成に必須な因子であると明らかになった。今後、宇宙環境下で人類が生活する上で考慮すべき重要な知見である。

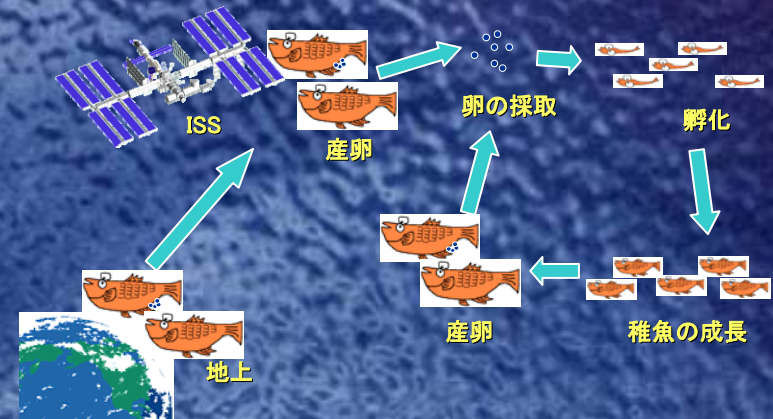
# 「きぼう」への期待

## ◆ 長期の継続実験が可能

- 生物個体のライフサイクルにおける宇宙環境影響の評価が可能
- 更に世代を越えた影響評価が可能

## ◆ 人間の直接判断と操作が可能

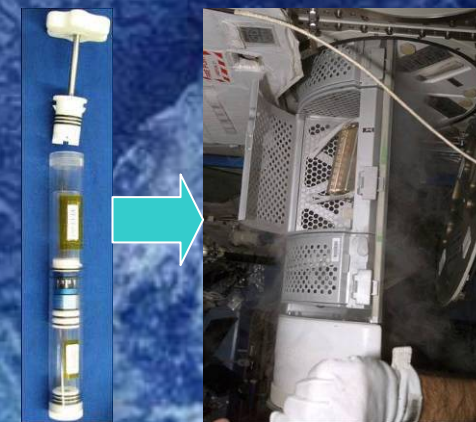
- 生物の反応の確認、臨機応変な対応
- 複雑かつ適切な処置が可能
  - 得られる科学的成果の質と確実性が向上



ISSでの脊椎モデル生物(メダカ)の3世代飼育



顕微鏡を用いた観察



生物試料の固定処理、冷凍保存

**これまでにない量・期間の実験を高い質で実施可能**

## 日本の研究の特徴

- ◆ 植物の分野は、これまでのスペースシャトル実験の評価が世界的に高く、その実績とともに、日本が最も得意とする分野である。
- ◆ 骨・筋肉の分野は、オリジナリティが高いテーマや、地上研究の成果を国際誌に発表した世界的レベルの研究者が参加している。
- ◆ 世界に先駆け、宇宙におけるメダカの生殖・発生に成功し、宇宙での飼育技術は最先端。メダカは全ゲノムが解読された日本原産のモデル生物(国のバイオリソース)であり、今までできなかった個体レベルや特に世代を越えた影響に関する研究が可能になる。(放射線影響、機械的ストレス受容と循環器影響、骨や筋肉への影響など)
- ◆ 放射線影響の分野は、日本の研究者の層も厚く、遺伝子修復関連遺伝子や、初期発生時の影響に着目した研究に特徴がある。

**日本の基礎研究は、世界を先導できる水準**

# 宇宙での生命科学研究が我々の生活にもたらすもの

## ◆ 地上の生命科学への貢献

- 地上にない環境により、生命科学に新しい視点と知見をもたらす。

## ◆ 地上の医療への貢献

- 宇宙環境への適応は老化現象と類似しており、宇宙での効果的な対処法(予防医学)は、地上でも有用。(骨そしょう症、筋萎縮などの予防対策)
- 宇宙放射線の影響は、地上でのガン化のメカニズムと関連する部分が多く、治療に対する知見が得られる。

## ◆ 地上の食糧問題への貢献

- 植物の生長、重力への応答から得られる遺伝子の働きから、地上の有用植物の品種改良に貢献。

**宇宙での研究は、地上の我々の生活の質を向上**