

宇宙環境利用生物科学

東北大学 高橋秀幸

宇宙

- ◆重力生物学
- ◆放射線生物学
- ◆惑星生物学
- ◆宇宙医学・
農学・工学

地上



宇宙生物科学が開拓する
人類の未来！

宇宙環境を利用した生物学は、地球の生命・環境を維持・保全する基盤をつくる！

人類が宇宙空間
で活動するための
問題解決

宇宙環境を利用した生命の理解
生命維持システムの構築

生命の起源と進化・骨量減少・筋萎縮・DNA損傷・重力感受によるストレス防御・物質循環・生命環境調節・医療・生物生産・他

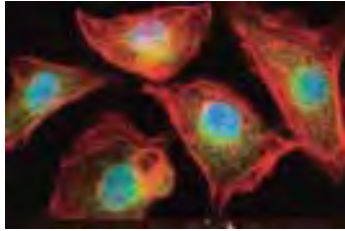
食・環境・エネルギー・医療における
問題解決

人材育成

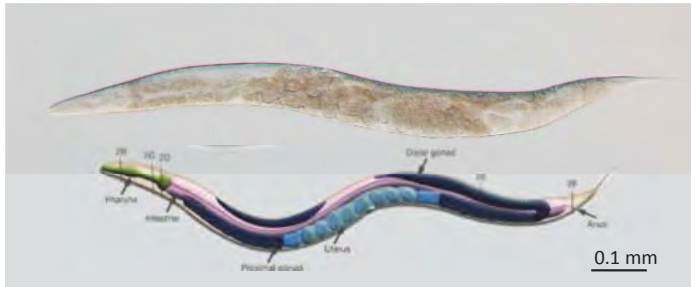
科学・教育・産業・生命圏維持拡大

‘ISS/きぼう’ 実験棟を利用したライフサイエンス モデル小型動物を用いた宇宙実験

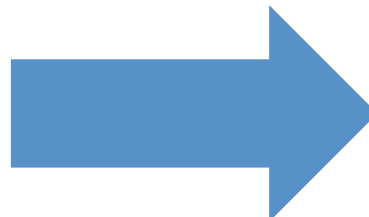
細胞、線虫、メダカ、マウスなどを用いて



重力や静水圧の感受から応答に関わる分子メカニズムの解明



- ・1つの細胞でも、重力を感受するのか？
- ・そのメカニズムは？
- ・感受から、組織、個体レベルでの応答と生物影響は？
- ・エピジェネティックな変化や遺伝的な変化は？
- ・宇宙環境が、次世代に及ぼす影響は？
- ・進化は？



モデル生物からヒトへ

宇宙での骨や筋肉の減少	
部位	長期滞在での骨密度減少率
足のつけ根の骨	1.56%/月
骨盤	1.35%/月
腰の骨	1.06%/月
全身骨	0.35%/月
腕の骨	0.04%/月

長期滞在での筋力低下
平均**10~20%**(最大30%)

(加齢での筋力低下
30~60歳 0.7%/年
60歳以後 2.0%/年)

いずれもこれまでの宇宙飛行士の平均 The Asahi Shimbun

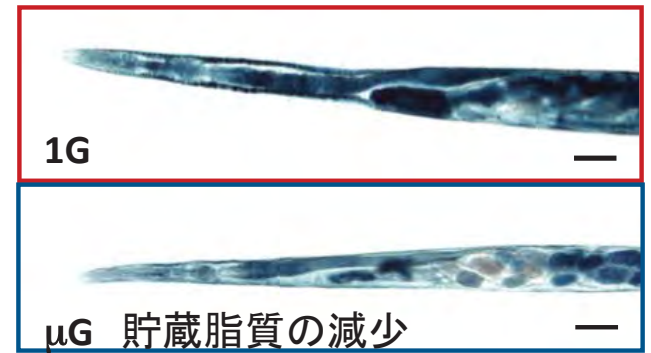
(JAXA提供)



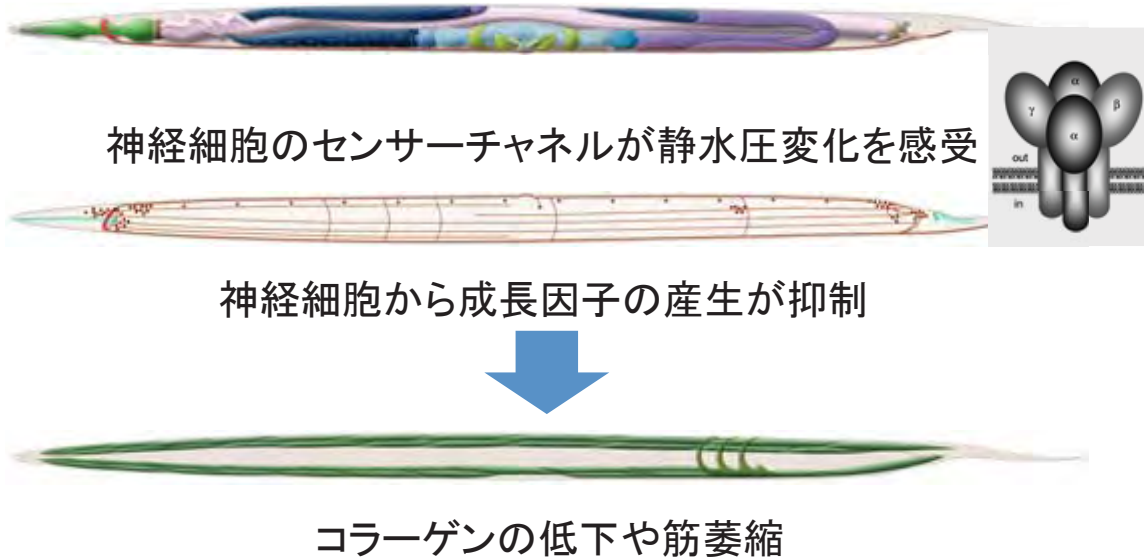
1,000細胞からなる線虫でも重力を感受する

宇宙では、筋肉、細胞骨格、代謝が低下する
 カロリー制限応答が活性化する

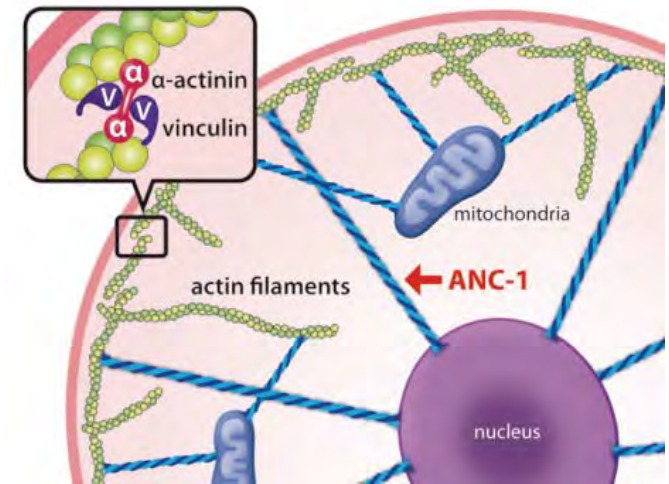
省エネの方向に向かう？



個体・組織レベルでの微小重力(静水圧)の感受から応答



個々の細胞内では、細胞骨格が核やミトコンドリアの重力影響を支える



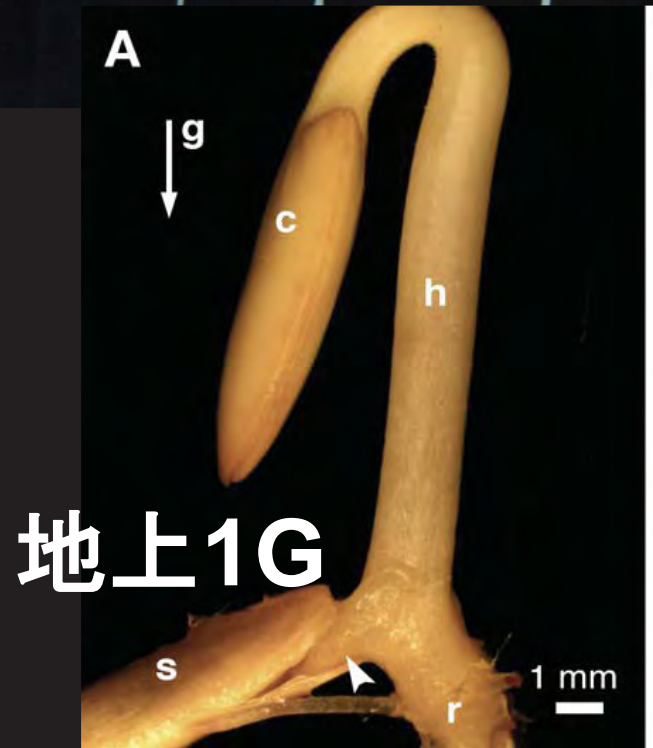
重力や静水圧の感受から影響の分子機構を理解し、以下の課題解決を目指す

- ・長期宇宙滞在、加齢や寝たきりによる骨や筋の萎縮
- ・静水圧の影響：エコノミー症候群、高血圧



モデル小型植物を用いた宇宙実験

微小重力下におけるキュウリ芽生えの成長





根と莖の境界域の上側では、オーキシン輸送（排出）タンパク質のCsPIN1が活発に働き、オーキシンレベルを低下させることによって、ペグ形成を抑制する。

重力応答性CsPIN1タンパク質の局在変化

内皮細胞による重力感受

オーキシンの閾値以下への減少

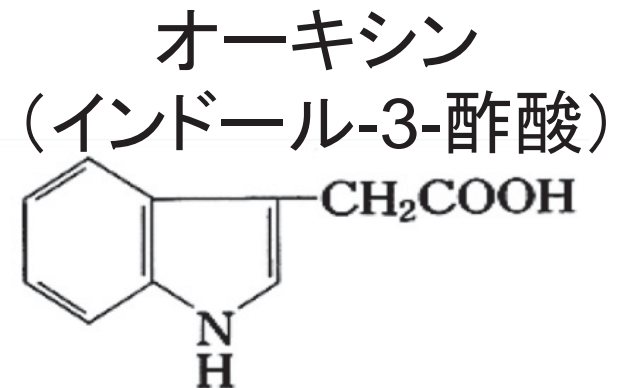
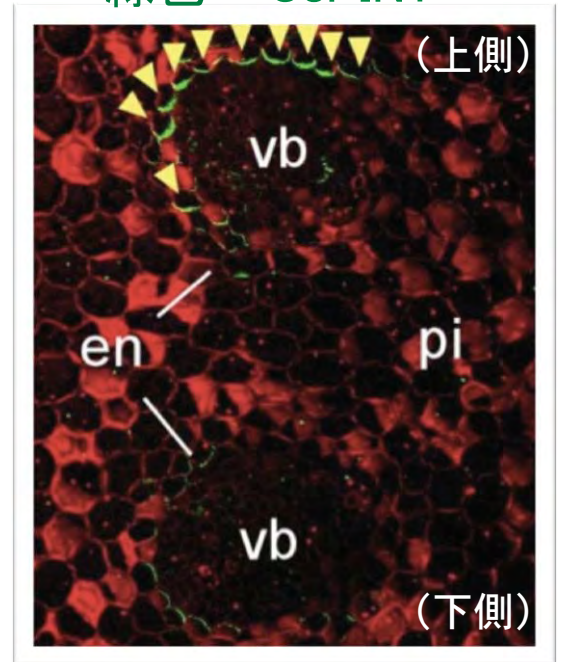
ペグ形成の抑制

オーキシンレベルの維持

ペグ形成

細胞の伸長方向の変化

緑色 = CsPIN1



G ↓



重力屈性が、オーキシンの動態を介して、水分屈性に干渉する。したがって、微小重力の宇宙では、根が水分屈性を発現しやすくなる。

水分屈性



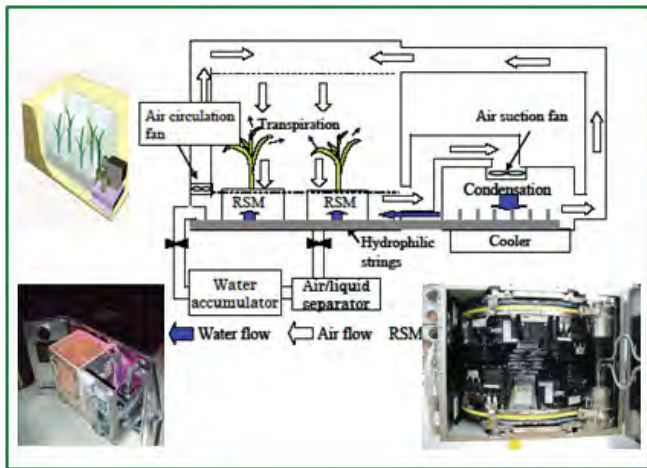
重力屈性



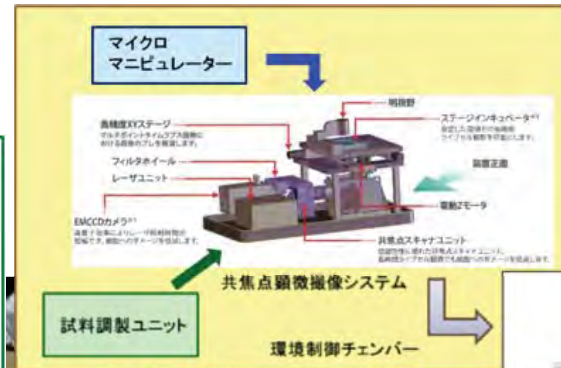
国際宇宙ステーションにおける 宇宙生命科学研究計画

5つの大型生物飼育装置、最先端設備を「きぼう」に設置し、宇宙生命科学を飛躍的に発展させる。

- ・大型研究計画マスタープラン2011（日本学術会議）
- ・大型プロジェクト ロードマップ2012（文部科学省）
- ・大型研究計画マスタープラン2014（日本学術会議 再申請中）



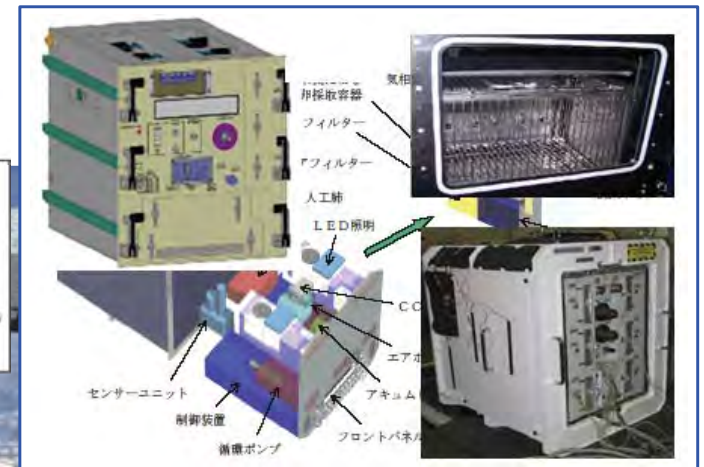
植物栽培制御・解析システム



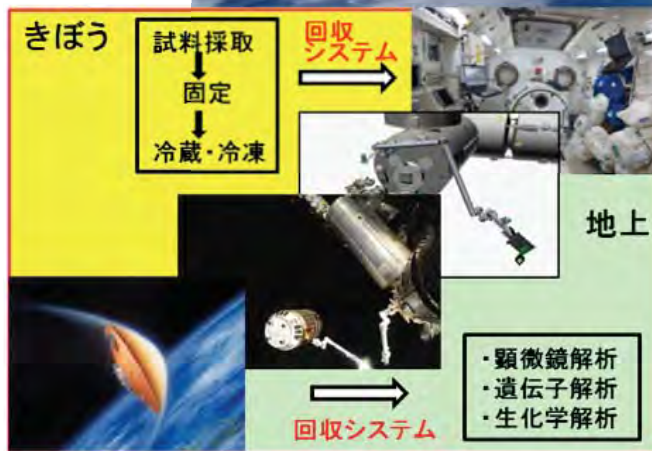
細胞内動態リアルタイム解析システム



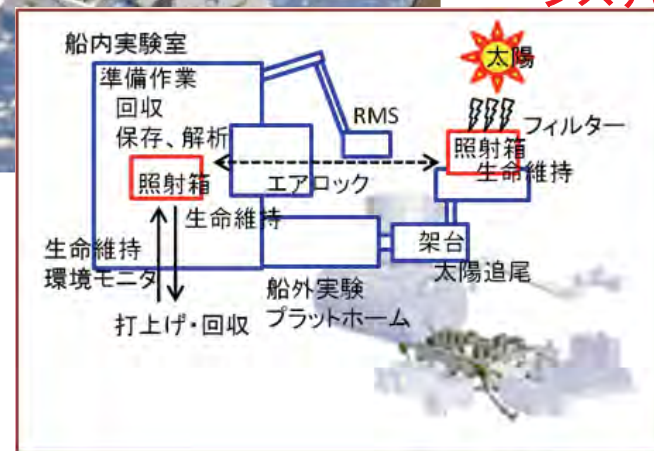
リアルタイムイメージング解析システム



哺乳動物飼育制御・解析システム



生物試料回収・解析統合システム



船外実験プラットフォーム利用実験施設

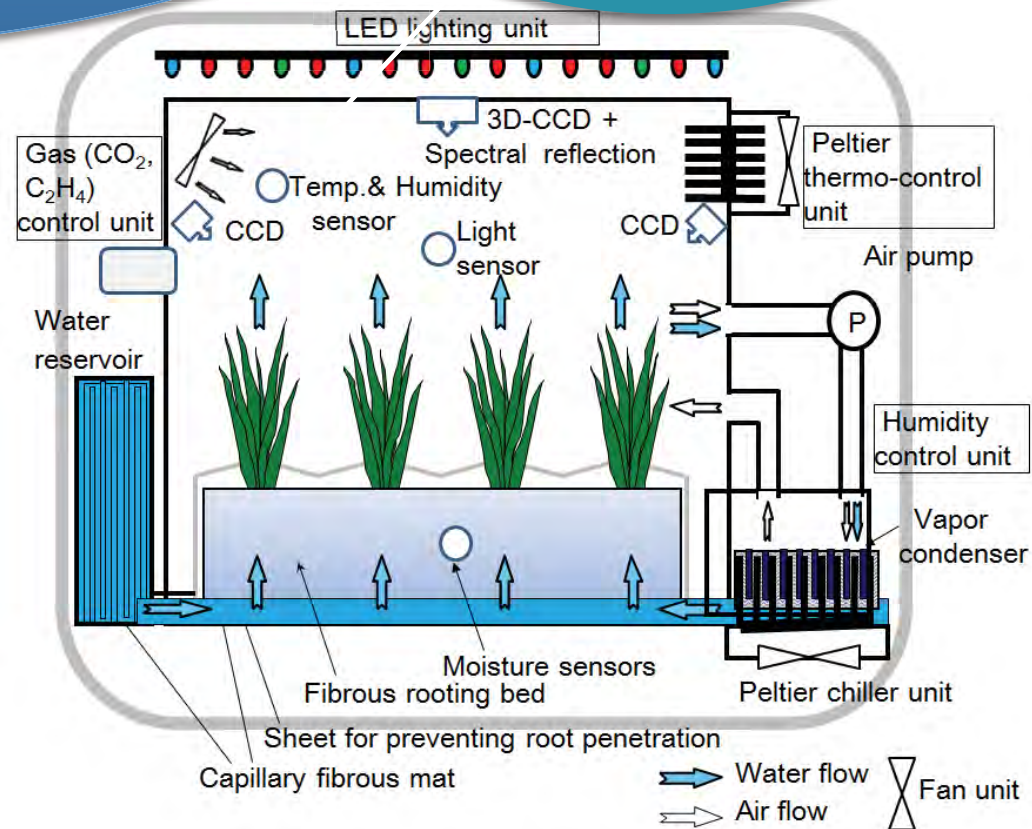
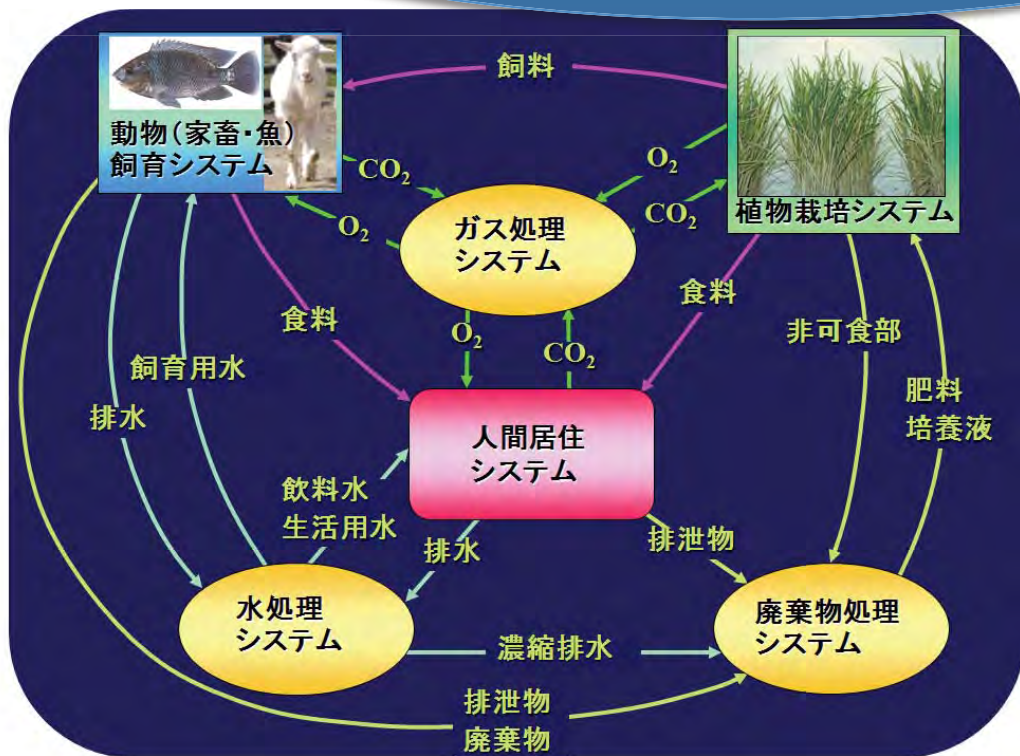
運搬・運用費

宇宙における生命維持システムの構築

宇宙環境利用成果の産業への応用

宇宙医学、医工学、放射線医学、保健科学、宇宙農業、食料科学、生命環境科学 (物質循環)、材料科学、他

創薬、健康機器
植物工場
環境浄化、等



閉鎖生態系生命維持システム

植物栽培装置