

SIL 2025

Day 0

Day 1
9/25

Day 2
10/20

Day 3
12/10

プログラム実施成果 藤田ユニット

ユニット紹介 - 研究者(テーマオーナー)



藤田 大士

京都大学 高等研究院 物質-細胞統合システム拠点
主任研究者/准教授

探求テーマ

人類が持続的に世代を継いでいくために、宇宙環境での生物・医学研究にはどんな可能性と課題があるのだろうか？

問い

- ・人類が地球圏外へ生活圏を拡張する際、生物学的に解決すべき最大の障壁は何か？
- ・工学的な環境制御だけでなく、生物・化学的なアプローチで人体と環境のギャップは埋められるか？
- ・宇宙での生物・医学研究は、人類の持続可能性や未来の医療観にどう寄与するか？

設定に至った背景

宇宙開発の議論は輸送や居住施設などの工学領域が先行しており、「人がそこで健やかに生まれ育てるか」という検証は空白地帯にある。「選抜者の生存」から「万人の生活」へフェーズを移行させるには、これまでの物理的な対策に加え、化学・生命科学的な視点からの探究が不可欠であると考え、本テーマを設定した。

ユニット紹介

ユニットメンバー



高浪 颯
欧州Erasmus Mundus 宇宙医学修士プログラム

経営コンサル 及び脳科学スタートアップを経て現在は宇宙医学を専攻。火星に病院を作りたいです。



高知尾 理
株式会社スペースタイム

科学技術の発展を対話的に支えるため、サイエンスコミュニケーターとして活動しています。元々の専門は宇宙線、特に暗黒物質の実験的探索です。



青山新
anon press / SF作家

SFや未来志向型のデザインを中心に、執筆／表現活動を行なっています。



松本 遼 /ファンリテーター
株式会社Loftwork

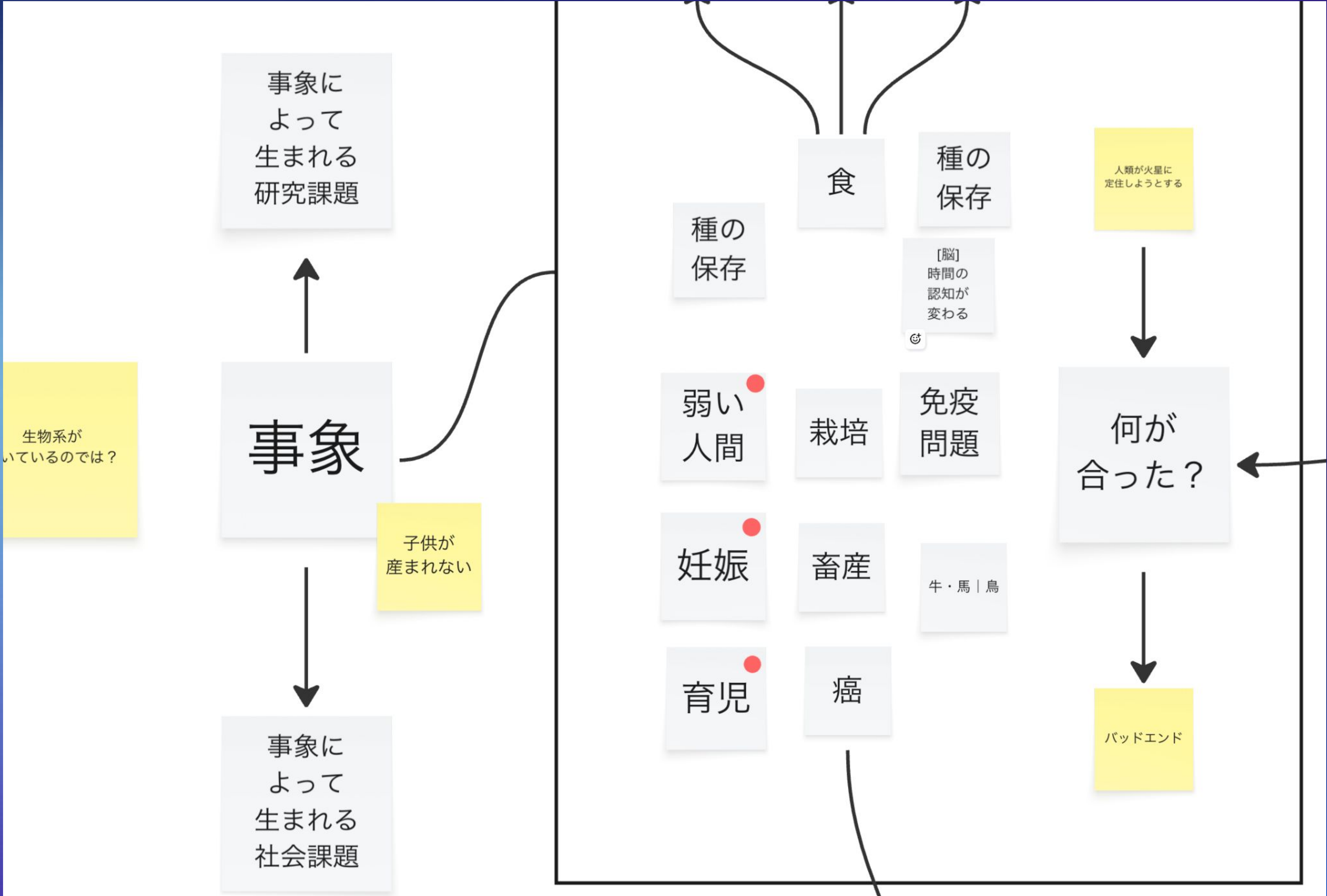
ディレクター・プロデューサーとして、意匠としてのデザインだけでなく、プロジェクトの上流からより深くクリエイティブに関わる

発想を飛ばして研究の種を育てたい

社会実装を見据えて目標を掲げたい

Science Fiction

SFコンテンツで描かれた未来や、その考え方を利用することにしました





[用いた手法]

SF的思考で未来を描き、帰って来る

SF的アプローチを利用することで、より遠くの目標を描き、専門性の異なるメンバーが、同じ土俵に立って未来を想像することができる。
業界のパワーバランスや政治的・倫理的な議論を一度忘れて、未来の予測と純粋な科学考証から話を始められる



宇宙へ行ってきました



火星に行って、子供が生まれた。

その子はちゃんと育つのか？
その前に、生まれるのか？

[2050年の未来]

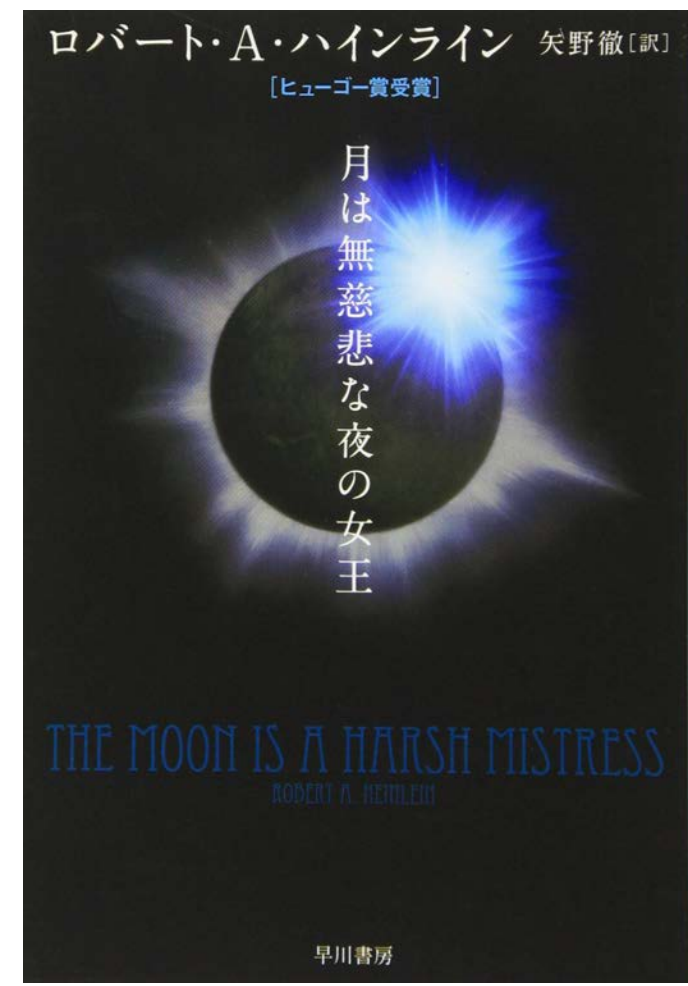
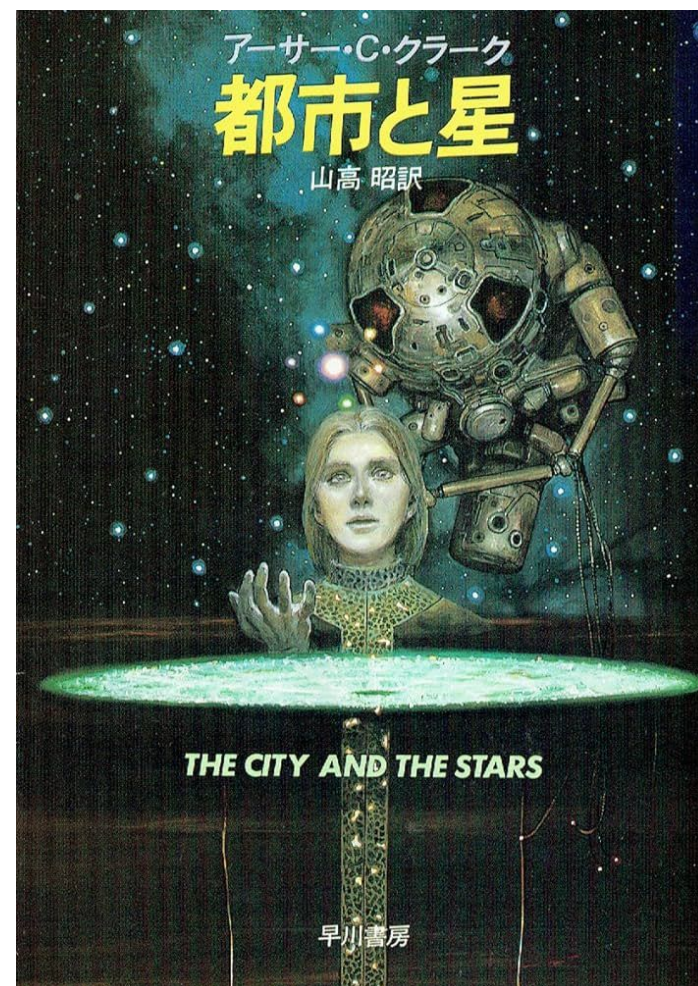
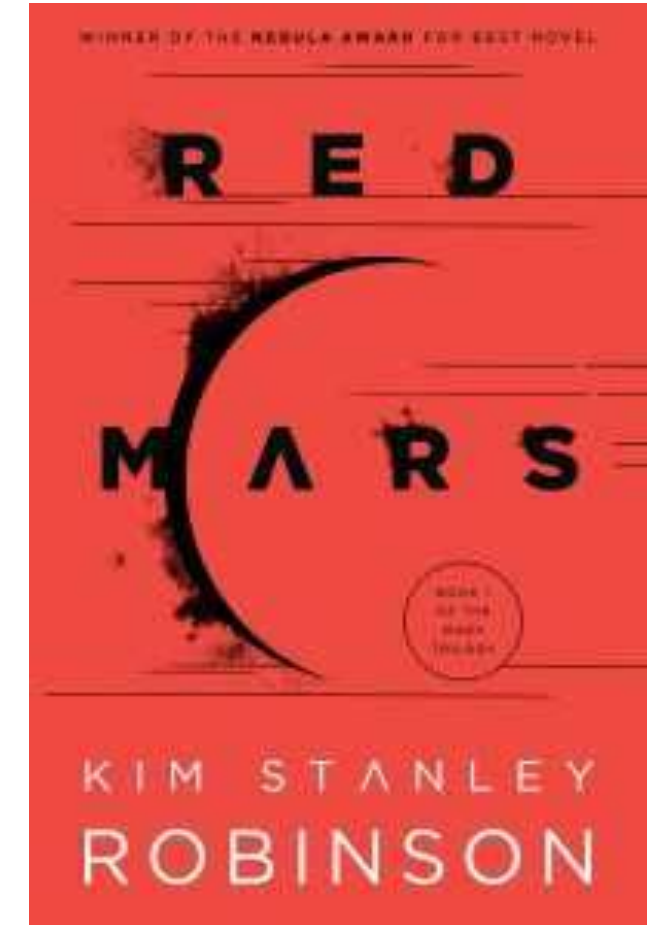
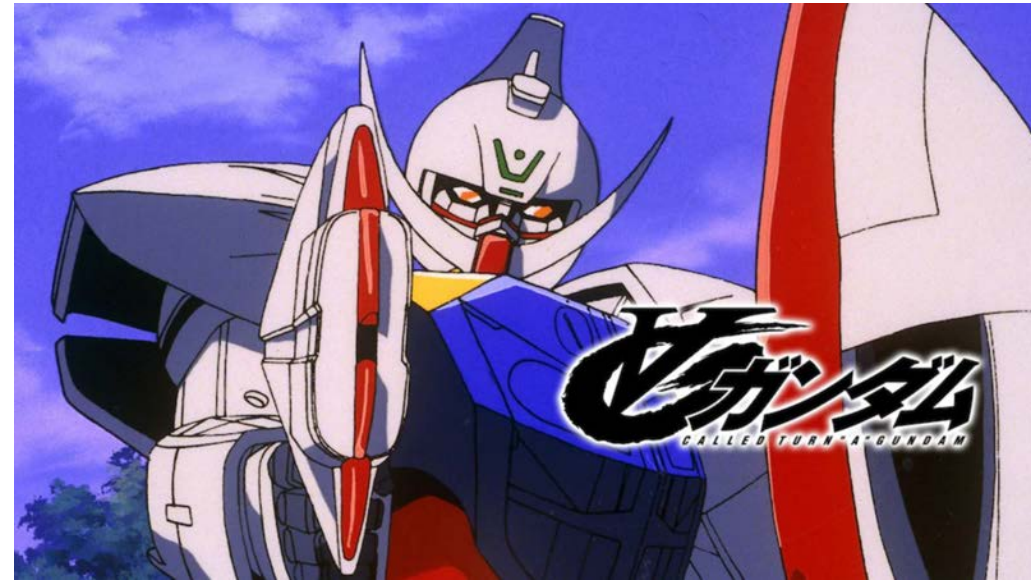
人類が地球外で持続的に世代を継いでいく社会

[2050年の未来]

人類が地球外で持続的に世代を継いでいく社会

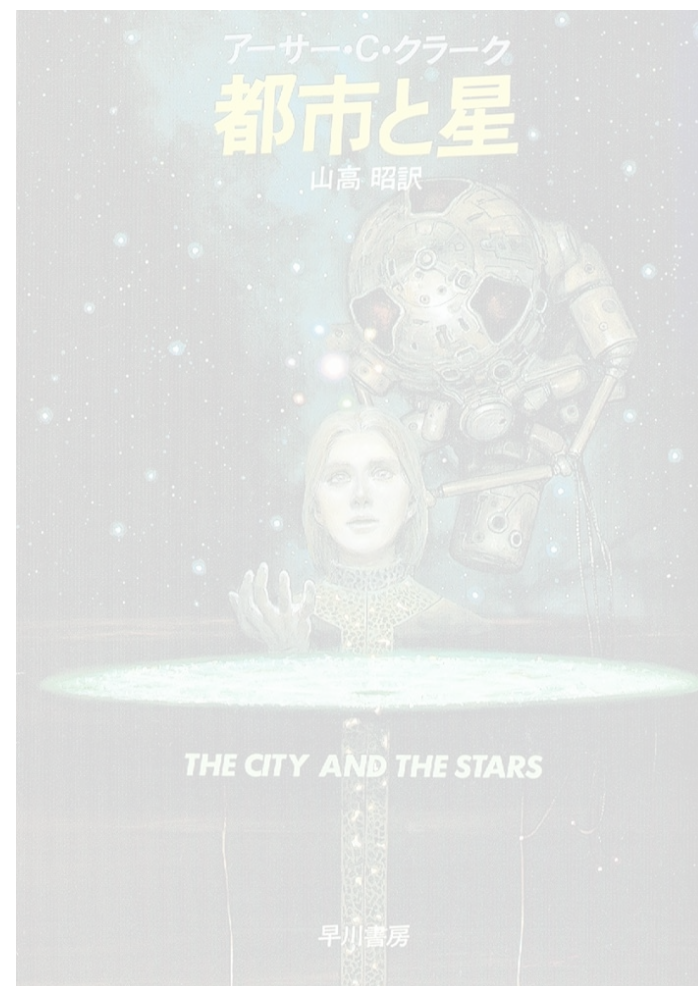
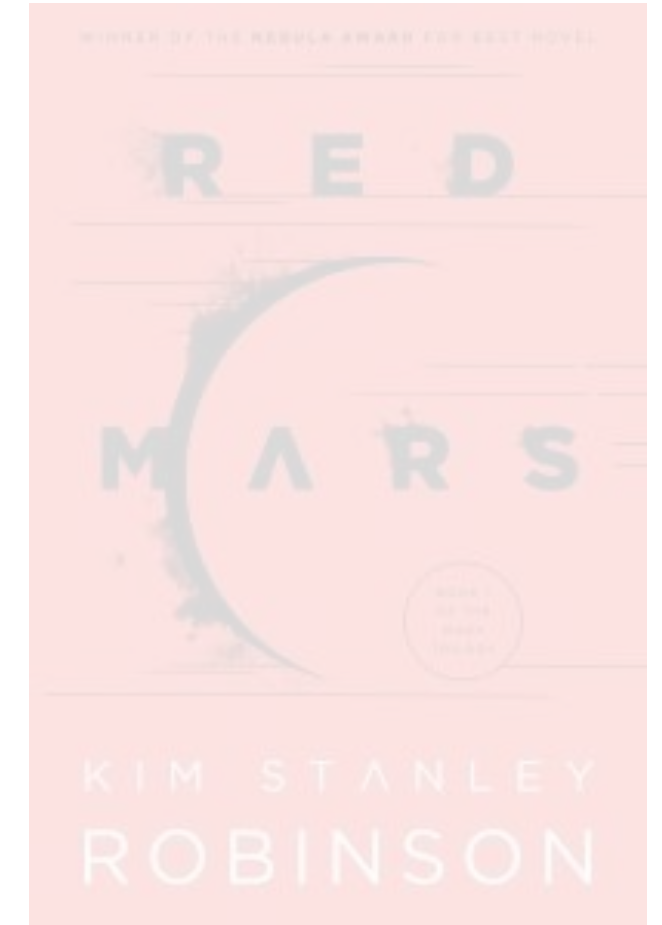
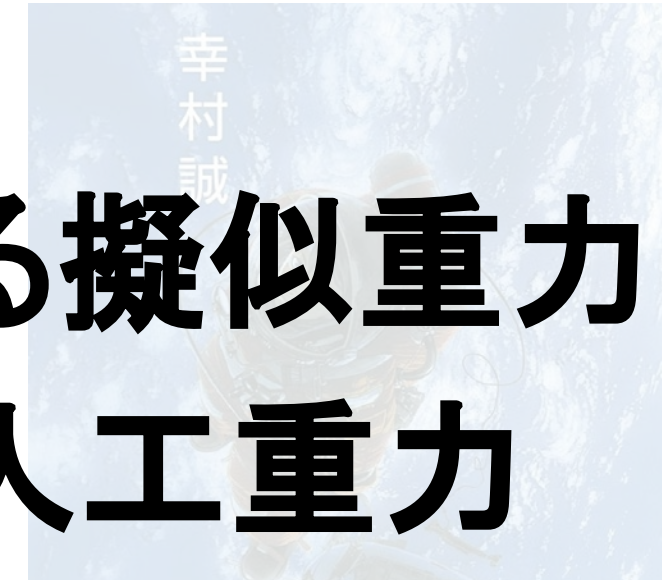
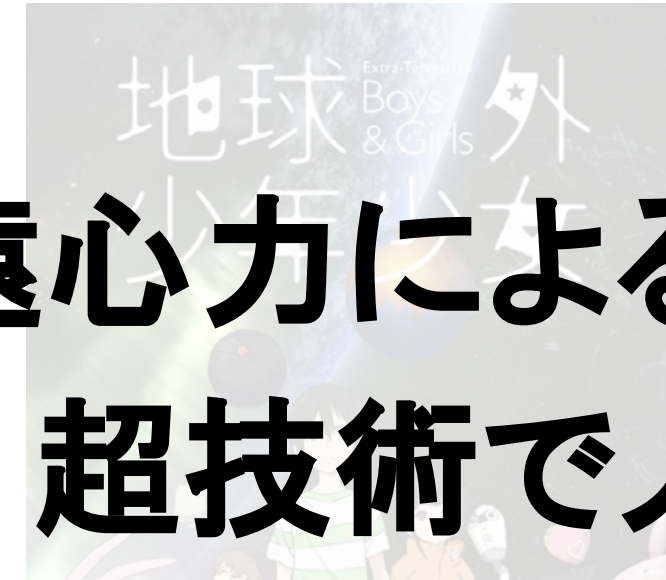
2050年は25年後、「意外に近い未来の話」。基礎研究の蓄積に要する時間を踏まえれば、今から着手すべき喫緊の課題である。宇宙 空間など低重力・無重力の環境では、周辺知見を総合する限り、生殖・発達の各段階で支障が生じる可能性を否定しがたい状況にあり、 妊娠・出産・世代継承は人類の宇宙進出における未解決の根本課題といえる。

SFにおける世代を継いでいくこと、重力問題への対応

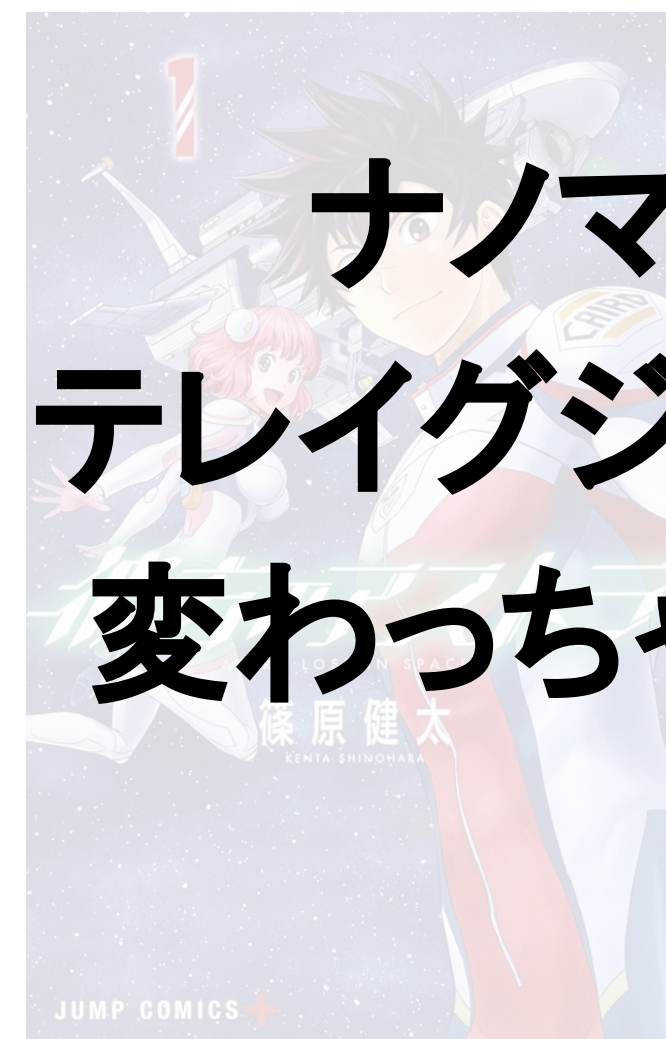


SFに見られる重力への対応

遠心力による擬似重力
超技術で人工重力



SFに見られる身体への影響への対応



ナノマシン
トレイグジスタンス
変わっちゃう前提

SFの世界に見られる傾向

物理・工学的対応は検討されているが、
生物学的アプローチは検討されていない

人体への影響の話なのであれば、
生物学からの検討と解決方法の
模索が必要なのではないか？

宇宙医学の空白：“超健康”な大人しか見ていない



これまでのデータは、短～中期滞在の成人宇宙飛行士が中心。
子供／高齢者／持病のある人のデータはほぼゼロ

PREGNANCY

人間の宇宙での受精・妊娠・出産は、これまで**一度も行われていない**。

GROWTH

哺乳類モデルでは、微小重力が**胚発生や新生児の生存率を悪化させる**結果が報告されている。

IMMUNITY

微小重力はT細胞・NK細胞の機能低下、潜伏ウイルスの再活性化などを引き起こす。

「世代を継ぐ」ための 最も重要なプロセス ほど、ほとんど研究されていない

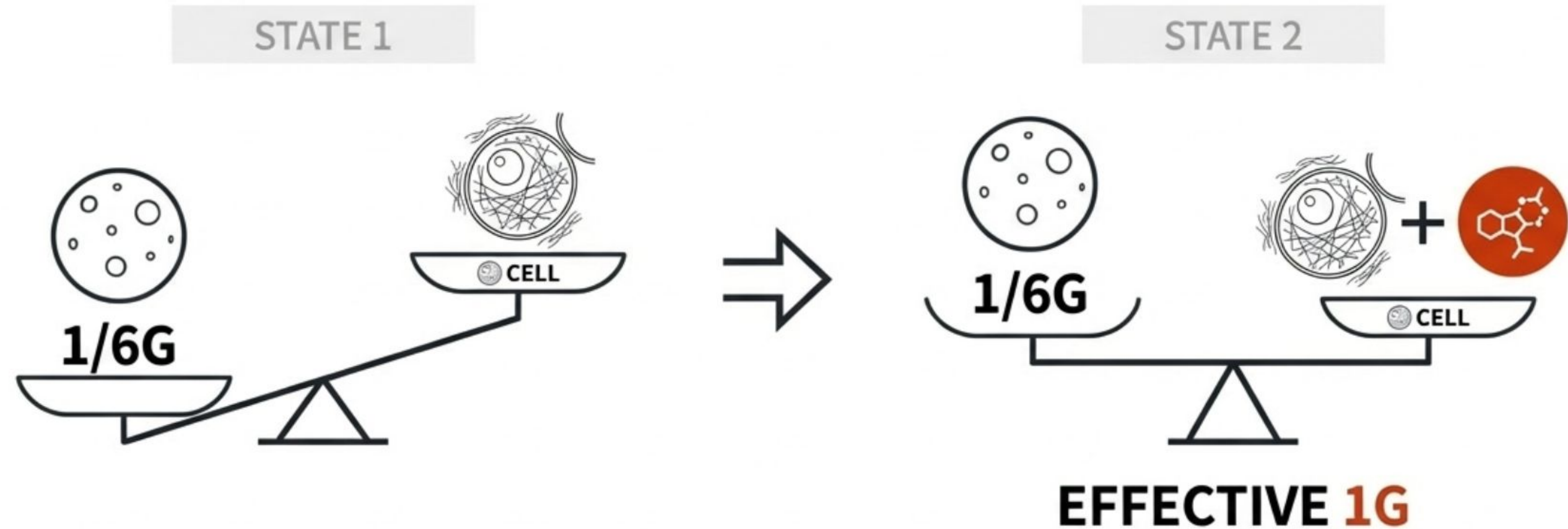
重要なプロセス に対する生物学的なアプローチアイデア

細胞の「重力感度」を調整し、微小重力に対応できる
「重力調整薬」があればよいのではないか

低重力環境で起こる様々な変化を、
地球上で擬似的に再現できる

工学的に擬似重力を発生させず、
重力由来で発生する「世代」を
継ぐための課題に対応する

「重力調整薬」とは何か？ — 重力そのものではなく“感度”を変える



定義: Definition

細胞のメカノセンサーとその渦中シグナルの「ゲイン」を調整する薬。

創薬哲学: Philosophy of Drug Discovery

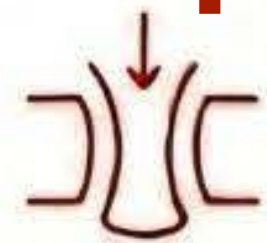
従来の「阻害薬 (0/1)」ではなく、「モジュレーター (つまみを回す)」型の薬。

Science, Not Fiction

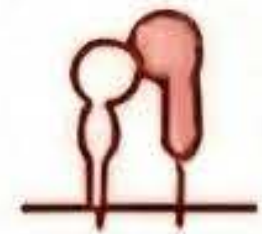
人の細胞はどこで「重力」を感じているのか？

PIEZO1 channels

(細胞の皮膚)



膜張力センサー。
物理的な伸展を化学
信号に変換します。



Integrins

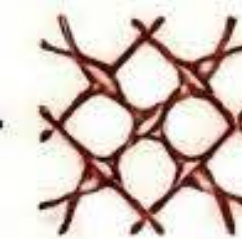
(細胞の足)

細胞外マトリックスへのアン
カー。細胞の外部を内部の
骨格に接続します。

Cadherins

(細胞の手)

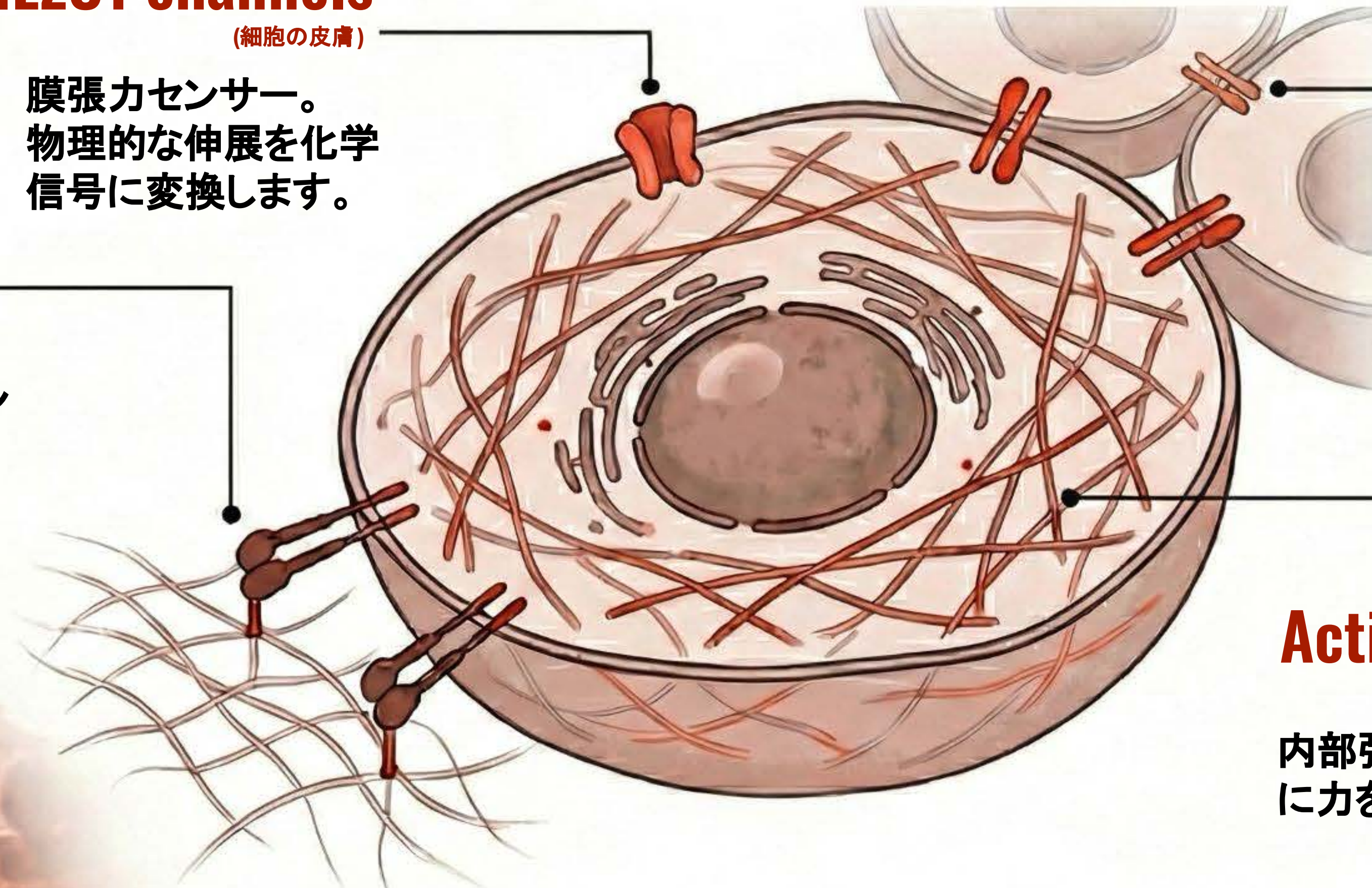
隣接細胞への接続。
組織内の細胞間の
力を感知します。



Actin Cytoskeleton

(細胞の骨)

内部張力ネットワーク。細胞全体
に力を伝達し、応答します。



低重力下では、このシグナル伝達ネットワーク全体が混乱します。微小重力は、インテグリンが環境に接続する重要な結節点である焦点接着の数とサイズを減少させることが示されています。

TURNING THE DIAL



Definition:

- 細胞のメカノセンサーとその下流シグナルの“ゲイン”を調節する薬。
- 1/6Gの月面でも、インテグリンやPiezo1の感度を6倍にすれば、細胞が感じる“有効重力”はほぼ1Gに近づく。

SFではない:すでに存在するセンサーをハッキングする分子

AGONISTS
(THE LIGHT SIDE ●)

ANTAGONISTS
(THE DARK SIDE ●)



Yoda-1

Lowers Activation Threshold.
Makes it easier to open
with minimal force.



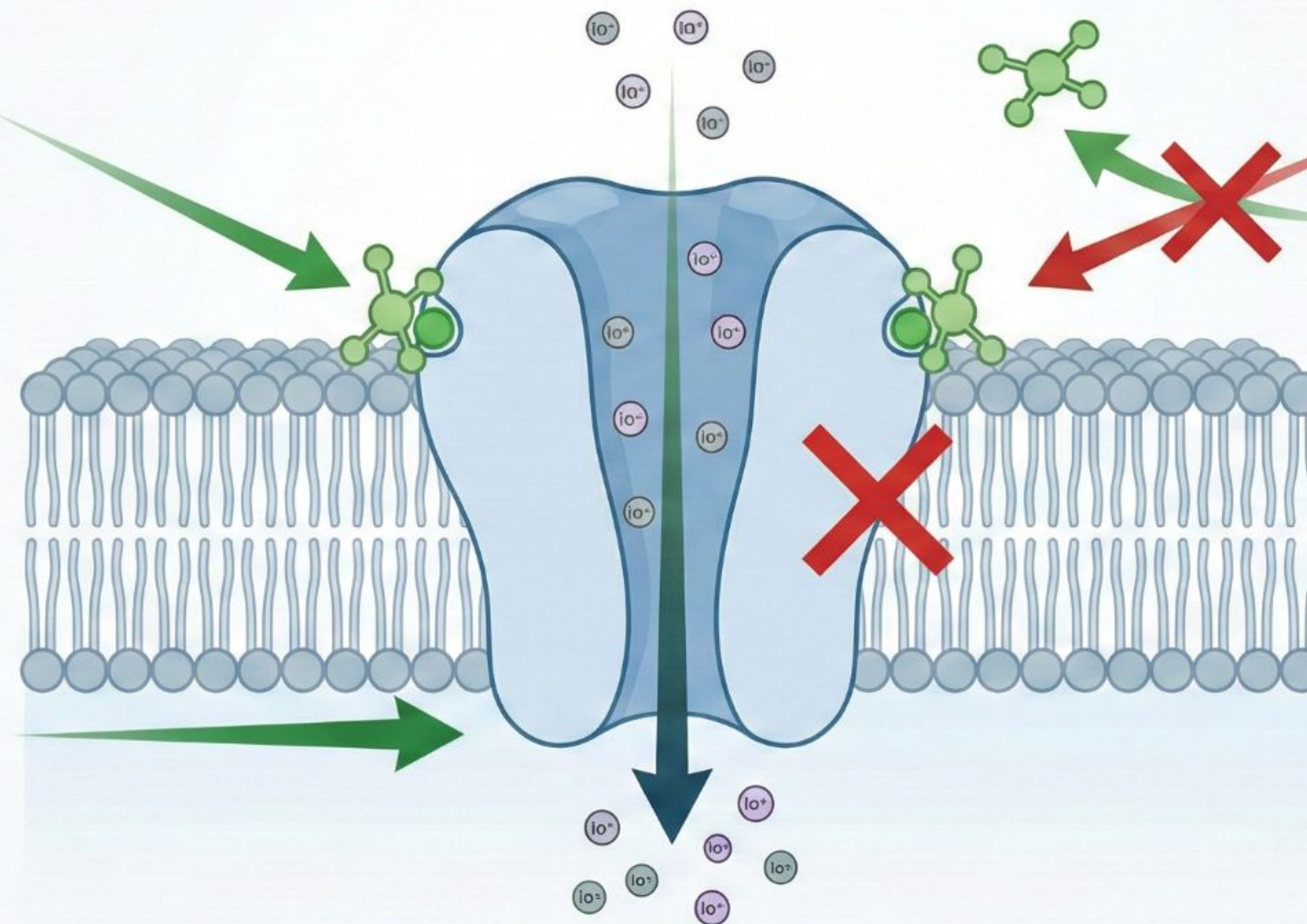
Jedi-1

Super-Agonist.
Robust opening.



Dooku-1

Inhibitor.
Blocks Yoda-1 action.



物理刺激に応答するセンサーを分子で調節できるという事実。これは、「重力調節薬」という未踏のコンセプトが、原理的に可能であることを示す傍証と言える。

我々の強み：「弱い相互作用」を定量し、デザインする技術



定量 (Measure)

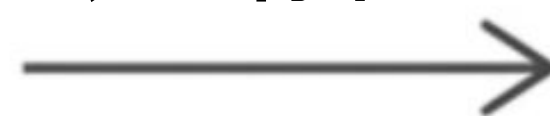
弱い分子間相互作用の高精度
定量プラットフォーム



探索 (Screen)

インテグリン活性を“少しだけ
強める”グルー分子の探索技術

近い将来



評価 (Assess)

細胞レベルの“有効重力感受性”
をスコア化するアッセイ系



阻害薬
(Inhibitor)



調節薬
(Modulator)

創薬は「ON/OFF」から「チューニング」の時代へ。

宇宙という究極の環境が、次世代の創薬哲学を拓く。

宇宙で「世代をつなぐ」ための医療インフラ



妊娠・出産 (Pregnancy)

着床・胎盤形成のリスクを軽減



子どもの成長 (Development)

骨・筋・免疫の発達をサポート



健康維持 (Health Maintenance)

人工重力への依存度を低減



個別化医療 (Personalization)

個人に最適化した“重力処方”を実現

重力調節薬のニーズ、アプローチの利点、ベネフィット

Needs

宇宙での「重力の違い」による「人体への影響」を検討し、対応する必要がある

Approach

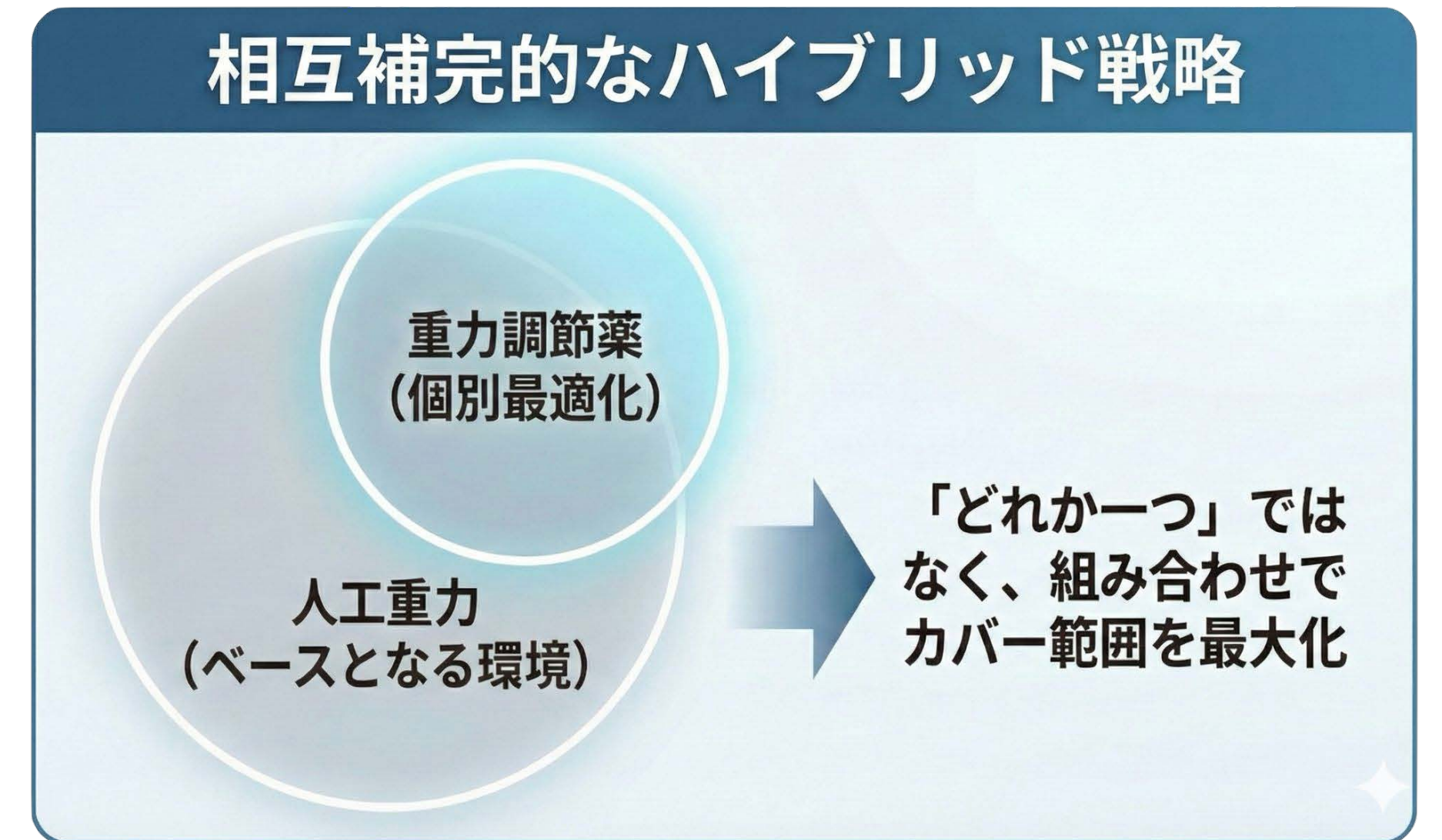
既存の創薬プロセスに乗せることができる

Benefit

- ・人口重力装置よりも「軽く」実装できる
- ・宇宙飛行士の「運動」の時間を短くできる

アプローチ比較：「重力調節薬」の位置づけとハイブリッド戦略

	利点	課題
人工重力装置 (回転居住区など) 	<ul style="list-style-type: none"> 物理的に1Gを完全再現 全身一括で効果あり 	<ul style="list-style-type: none"> 装置が巨大で高コスト
運動・機械刺激 (スーツなど) 	<ul style="list-style-type: none"> 宇宙飛行士で実績が蓄積 導入コストが比較的低い 	<ul style="list-style-type: none"> 継続的な訓練が必要 身体的に着用やトレーニングが難しい人には困難 母体内は考慮されていない
遺伝子改変 (宇宙適応型ヒト) 	<ul style="list-style-type: none"> 次世代への恒久的適応 究極の解決策の可能性 	<ul style="list-style-type: none"> 倫理的ハードルが極めて高い 不可逆性が高い
重力調節薬 (本提案) 	<ul style="list-style-type: none"> 個別化・可逆的な調節 小型・簡便 (飲むだけ) 	<ul style="list-style-type: none"> 長期安全性の確立が必須 副作用(多臓器)の管理






RETURN TO EARTH

1. 直接適用

- 骨粗鬆症・フレイル: 新規ターゲットとしてのインテグリン/Piezo1
- 加齢性筋萎縮(サルコペニア): 運動困難な高齢者・寝たきり患者に適用可能

2. 関連疾患への展開 (がん・線維化・心血管疾患、など)

- インテグリン/カドヘリン異常が細胞外基質環境と関わる→ 重力調節薬の研究は、組織の力学環境と接着シグナルを治療標的にするという発想に理論的基盤を与える
- 微小重力は脳血流・グリア機能を変化させる→これらの知見は、加齢に伴う脳・血管の硬さの変化や認知機能低下の理解を深める手がかりになりうる



「宇宙での重力調節薬開発」は、地上の様々な疾患で「力学環境の異常」に苦しむ患者への治療薬をもたらす。

ROADMAP TO 2050

つくりたい未来の社会実装プラン



01. 正確に測る

1/6G≠感度6倍。非線形な生体応答を精密に定量する

2025 NEXT ACTION

細胞内外の力や相互作用を定量的に計測する技術を開発する。



OUTCOME

個々の細胞・組織における相互作用や力学応答を客観的に評価する技術基盤が確立。



02. 調整手法を確立する

ON/OFFではなく、感度の"つまみ"を回すモジュレーターを設計する

2025 NEXT ACTION

標的とする相互作用を、狙い通りにモジュレーション（制御）する手法を確立する。



OUTCOME

「重力調節薬」の創出に向けた、分子レベルでの制御原理が実証される。



03. 創薬基盤を整える

産官学の知見を集約し、市場原理を補完する支援枠組みを構築する

2025 NEXT ACTION

学術・企業の参入を促し、採算性を確保する政策誘導や支援策の検討に着手する。



OUTCOME

産官学が連携し、特殊環境下での医薬品開発を持続可能にするエコシステムが醸成される。



THE FUTURE IN 2050

月や火星で、個人の重力感受性(G-Sensitivity)をリアルタイムで計測し、身体の状態やライフステージに合わせて「重力」を処方する個別化医療が実現。誰もが安全に生まれ、育ち、老いることができる宇宙居住時代の新たなヘルスケア基盤が、多様な専門家と市民の共創によって社会に実装されている。

地上に帰ってきました



DESIGNING GRAVITY



重力は変えられない。

でも、**重力の“感じ方”**はデザインできるかもしれない。

宇宙で世代をつなぐには、工学だけでなく生物・医学側の発想の転換が必要。

このテーマは、科学者、デザイナー、倫理学者、そしてここにいる皆さんと共に描くべき未来です。

資料内に使用した著作物の出典

∀ガンダム (Turn A Gundam)

- 発表年 : 1999
- 原作 : 富野由悠季 / 矢立肇
- 制作 : サンライズ

地球外少年少女 (The Orbital Children)

- 発表年 : 2022
- 原作・監督 : 磯光雄
- 制作 : Production +h

プラネテス (Planetes)

- 発表年 : 1999
- 作者 : 幸村誠
- 出版社 : 講談社

宇宙兄弟 (Space Brothers)

- 種別 : 漫画
- 発表年 : 2007
- 作者 : 小山宙哉
- 出版社 : 講談社

Red Mars

- 発表年 : 1992
- 作者 : Kim Stanley Robinson
- 出版社 (初版) : Spectra Books (Bantam Books)

都市と星 (The City and the Stars)

- 発表年 : 1956
- 作者 : Arthur C. Clarke
- 出版社 (初版) : Harcourt Brace

月は無慈悲な夜の女王 (The Moon Is a Harsh Mistress)

- 発表年 : 1966
- 作者 : Robert A. Heinlein
- 出版社 (初版) : G. P. Putnam's Sons

彼方のアストラ (Astra Lost in Space)

- 発表年 : 2016
- 作者 : 篠原健太
- 出版社 : 集英社

Avatar: The Way of Water

- 発表年 : 2022
- 監督 : James Cameron
- 制作 : Lightstorm Entertainment
- 配給 : 20th Century Studios

Gattaca

- 発表年 : 1997
- 監督 : Andrew Niccol
- 制作 : Columbia Pictures
- 配給 : Sony Pictures