

「宇宙生物にも通用する普遍生物学」

物理学専攻・生物普遍性研究機構 樋口秀男

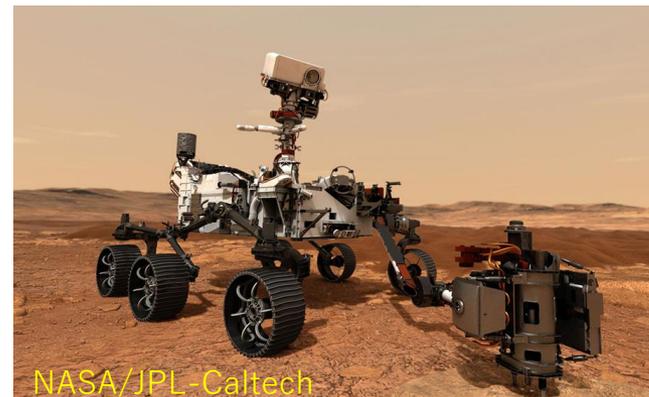
Questions

1. 地球外生物は存在するか？
2. 生物にはどのような普遍性が存在するのか？

はやぶさ2-生命の痕跡はあるか？



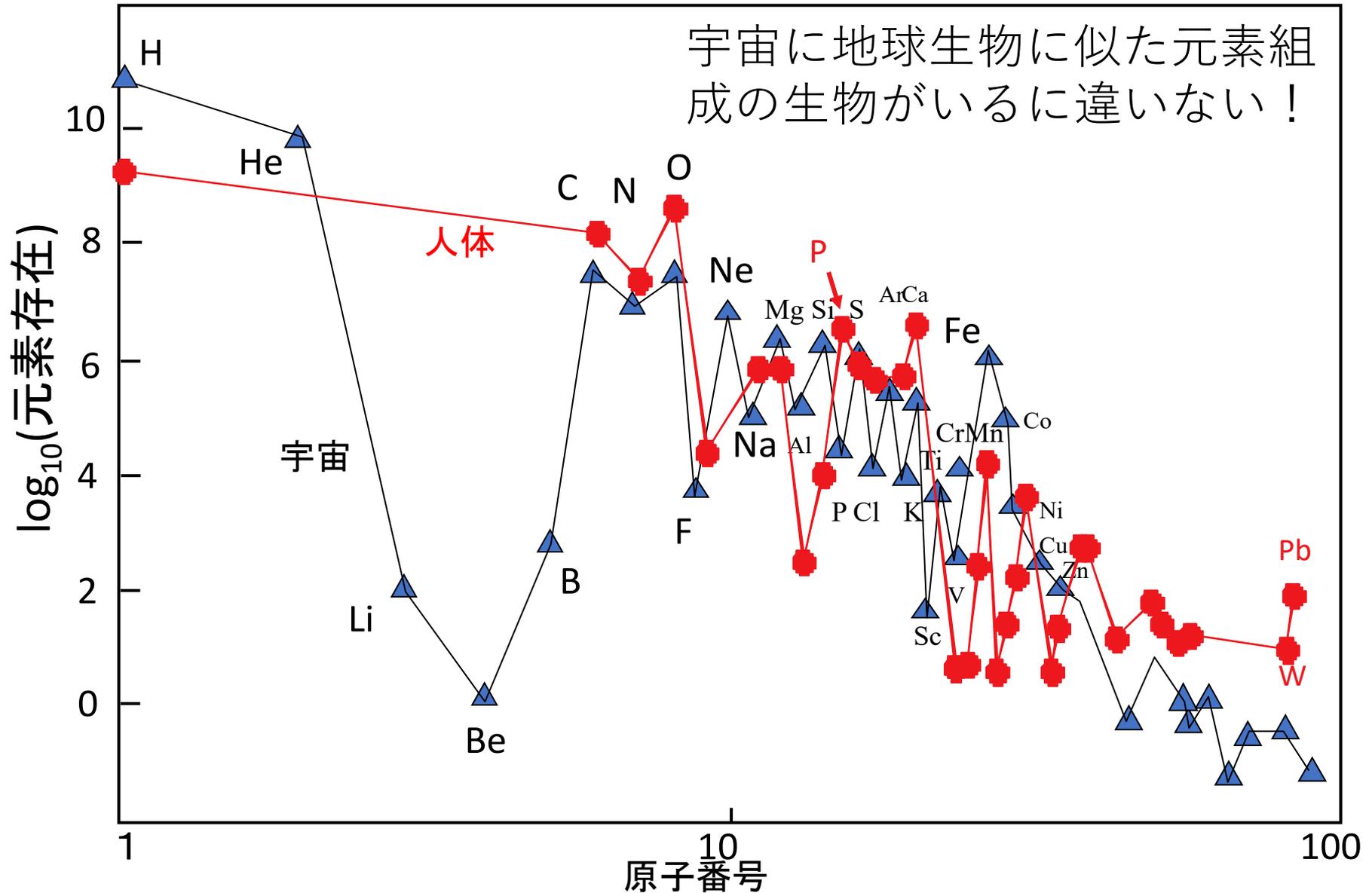
マーズ・サンプル・リターン(MSR)



Perseverance

→2030年代にリターン

現宇宙の元素の割合 ≡ 人体内の元素比



地球外の過酷な環境で生物は誕生し生存しうるだろうか？

地球生命誕生したころの厳しい環境

約40億年前、分子・イオン種が豊富な海底熱水噴出孔(数百気圧・100°C)で生命が誕生したとの説がある。



豊富な元素・分子が存在し、液体の水が存在できる温度であれば生命は誕生できるはず。



宇宙生命は多数存在するだろう。



超高熱菌は110°Cで生育

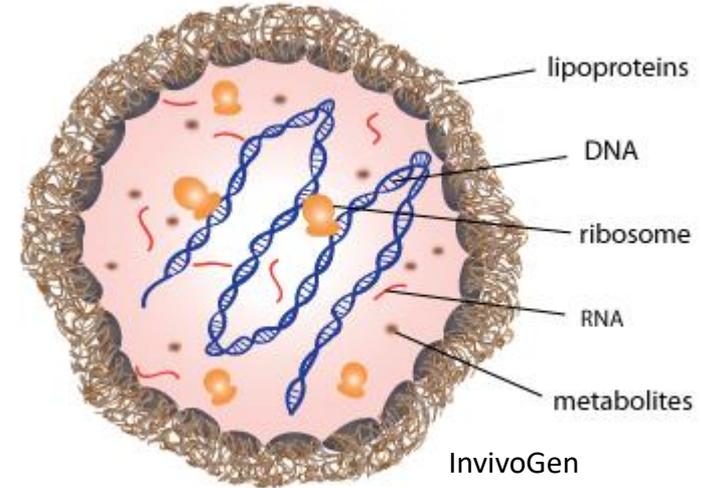
休眠クマムシ：151°C, 宇宙で10日間, 7万気圧、人の致死量の放射線の1000倍.

地球生物の定義 (普遍性その1)

以下の三つの条件を満たす物質システム

1. 外界から**隔離**されている。
2. **代謝**能を有す。
3. **増殖**能を持つ。

最小の生物Mycoplasma
直径150 nm (コロナウイルス~100nm)



ゲノム55万塩基対
大腸菌の約1/10

生物の普遍性その2：情報伝達

情報貯蔵

DNA

情報伝達

→ mRNA

機能発現

→ タンパク質

単純化



情報貯蔵→機能

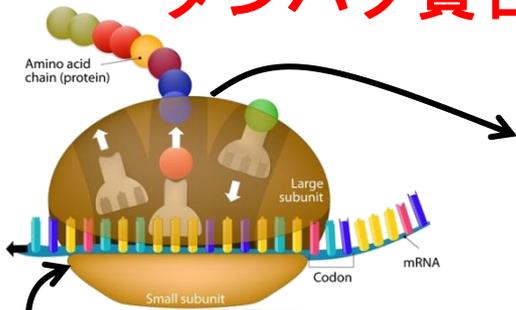
フィードバック

情報貯蔵方式：

分子配列、形状、
電荷分布、量子状態

生物の普遍性その2：動くこと

タンパク質合成



Designua/shutterstock.com

RNA転写

RNAP RNAP_TEC_small.jpg

DNA複製

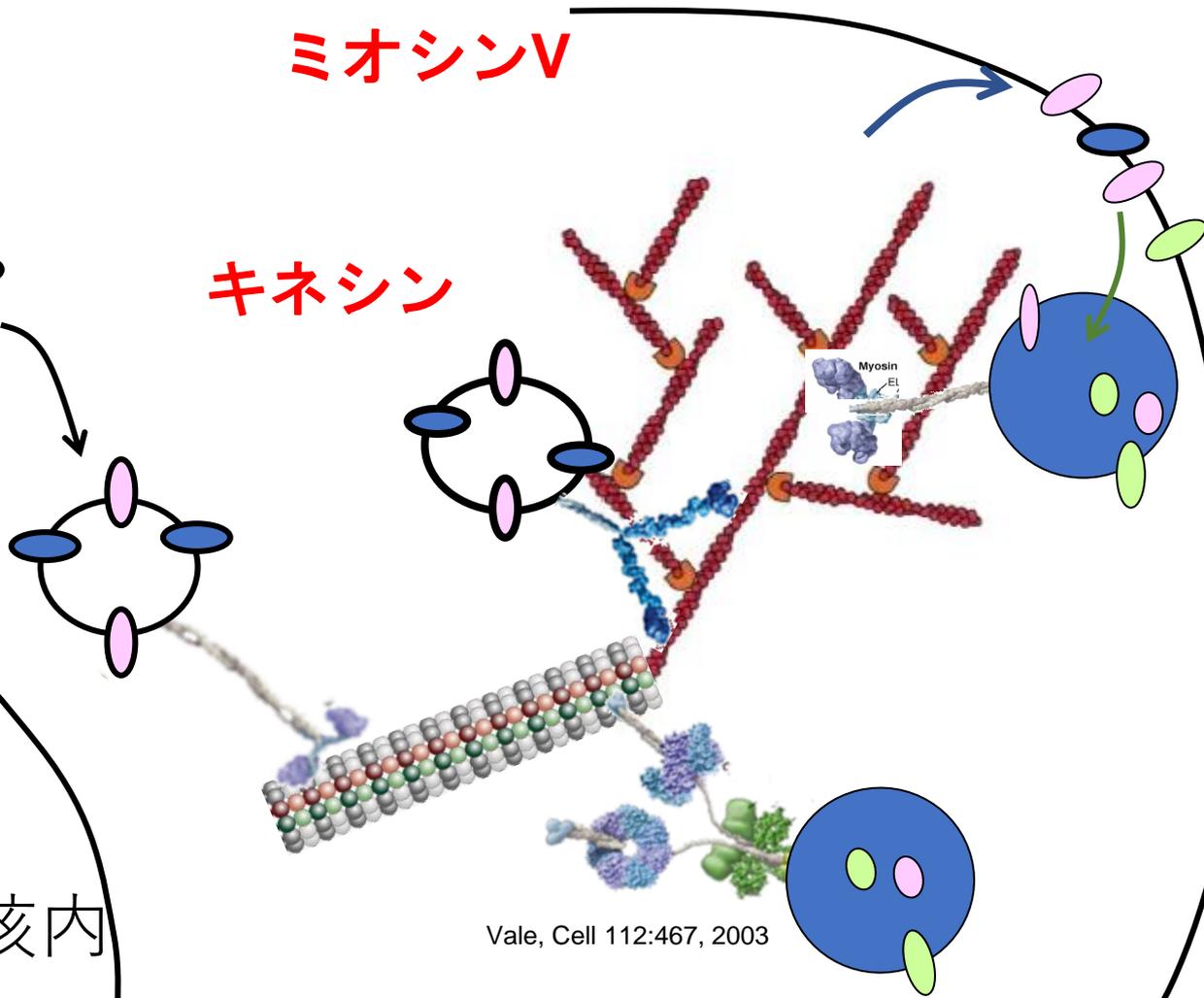
核内

DNA replication en.svg

ミオシンV

キネシン

ダイニン



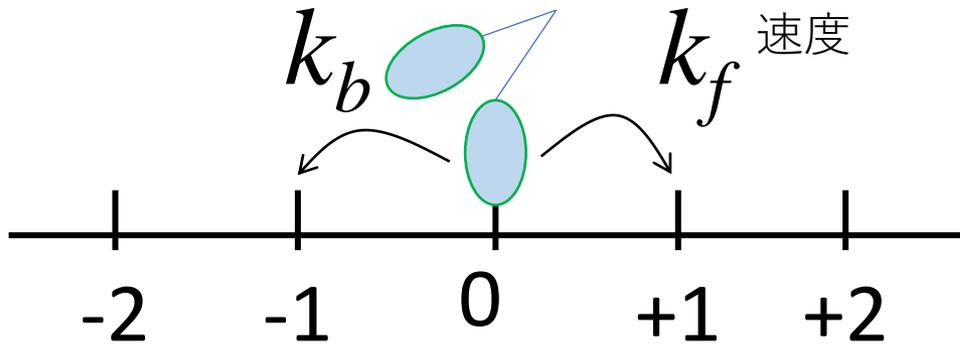
Vale, Cell 112:467, 2003

運動の普遍的な仕組みとは？

レールから**解離**しないで、**前進**すること

前進する分子の普遍モデル

Biased random walk



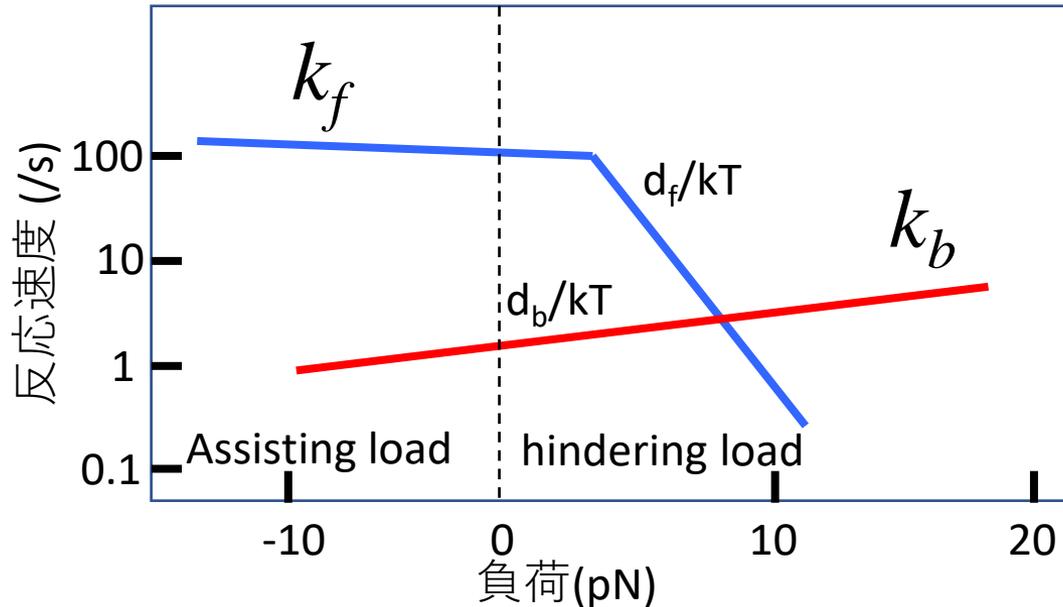
$$\frac{1}{k_f} = \frac{1}{\lambda_0} + \frac{1}{\lambda_f} \exp\left(\frac{d_f L}{kT}\right)$$

$$\frac{1}{k_b} = \frac{1}{\lambda_b} \exp\left(-\frac{d_b L}{kT}\right)$$

$$v = L(k_f - k_b)$$

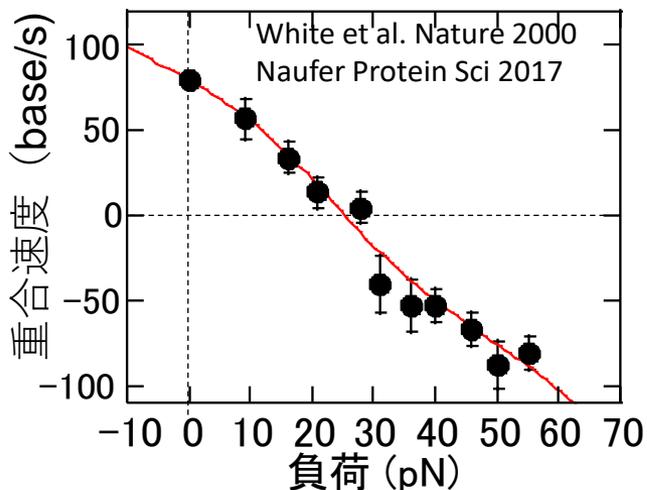
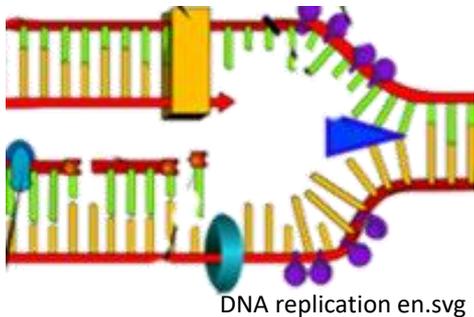
L : 負荷, λ : 定数, d : 特性距離

実験結果の概要(Kinesin)



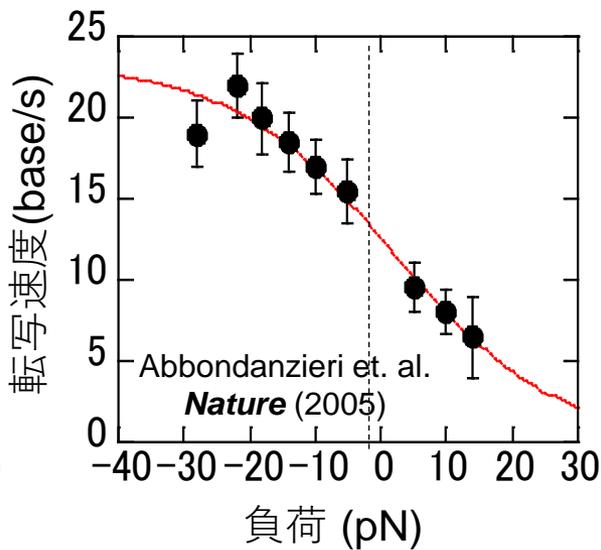
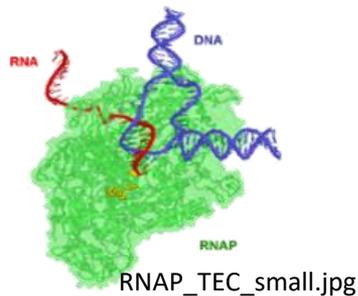
普遍的モデルは、運動が計測された分子に当てはまる

Single DNA polymerase



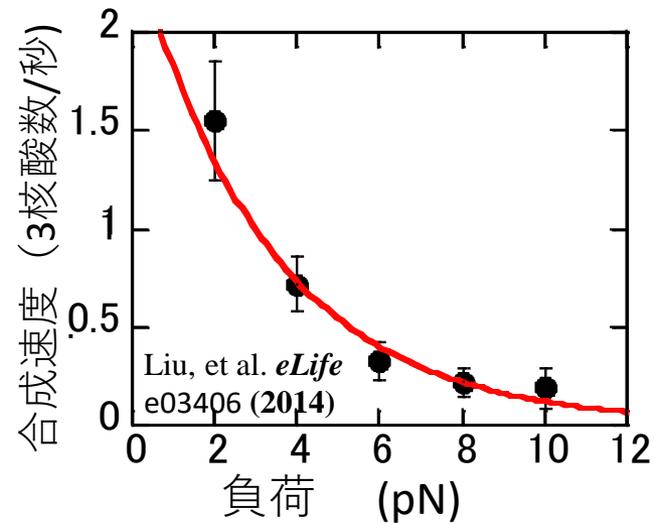
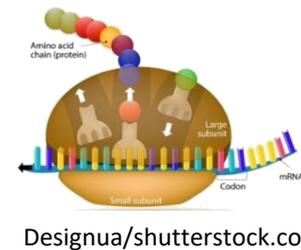
$$v = L(k_f - k_b)$$

Single RNA polymerase



$$d_1 = 0.31 \text{ nm}$$

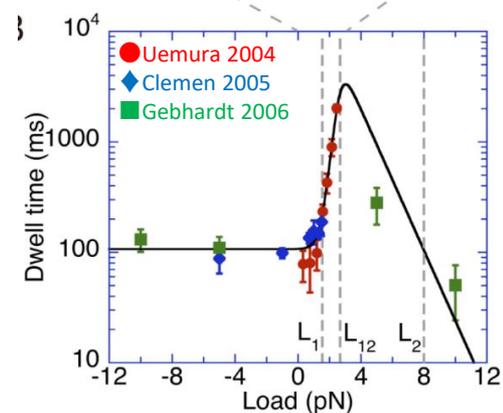
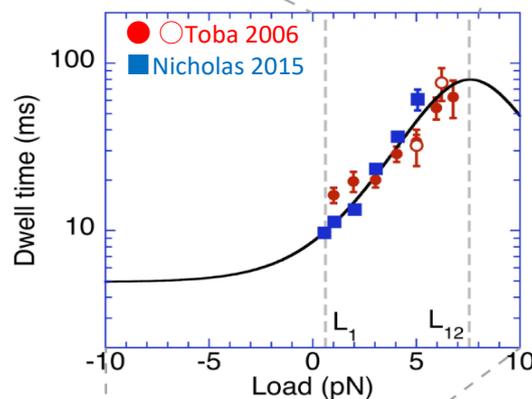
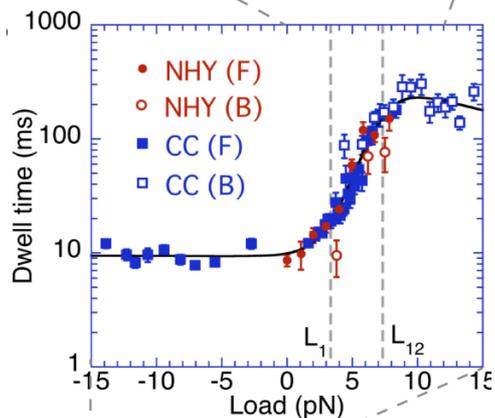
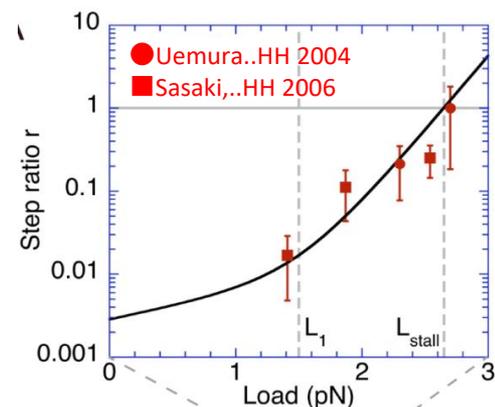
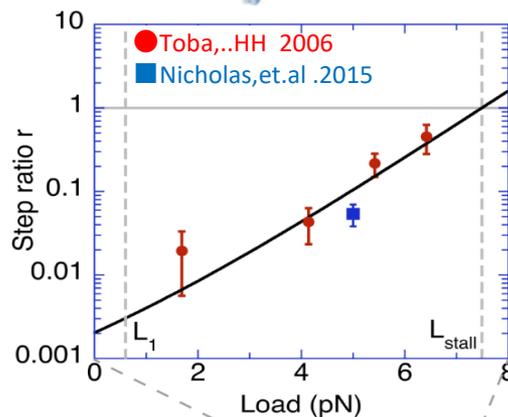
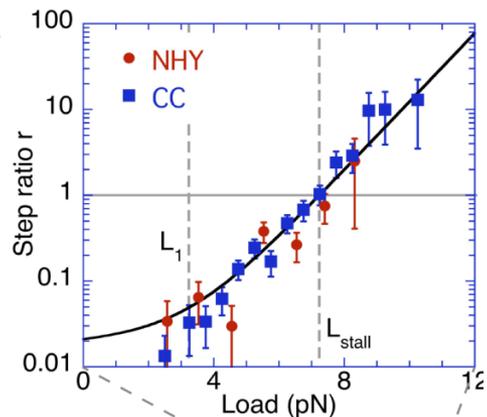
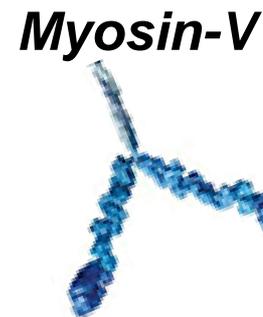
Ribosome



荷物運搬分子にも適応できた

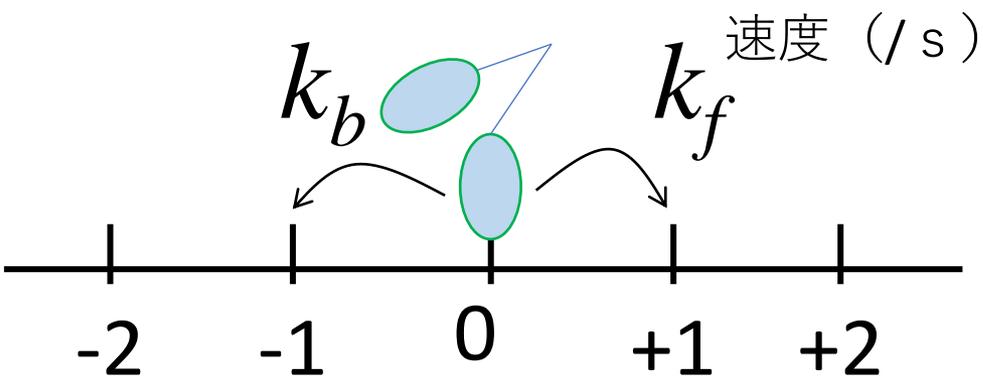


Vale, Cell 112:467, 2003

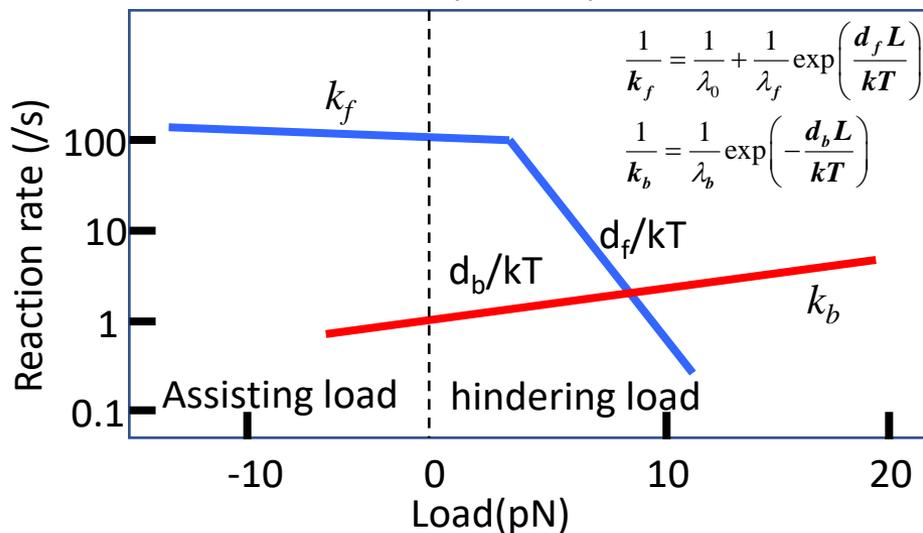


わかったこと、まだわからないこと

Biased random walk



実験結果の概要(Kinesin)



わかってきたこと

・動くタンパク質の前進運動には、
普遍的原理がありそうだ。

謎も多い!!

1. 反応速度はどのように**指数関数的**
に変化するのか？
2. k_f はなぜ**頭打ち**になるのか？
3. 離れないために**情報**はどのように
に伝搬するのか？

Answers

1. 地球外生物は存在するか？

- ・ 過酷な条件でも生命は生きてゆけるので、地球型惑星に生命は（多数）存在するだろう。
- ・ 天の川銀河だけでも、地球型惑星が100億個あると推定されているので、 N 個の惑星に生命が存在し、 n 個の惑星に知的生命が存在するだろう。

2. 生物にはどのような普遍性が存在するのか？

- ・ 生命の定義そのもの
- ・ 情報貯蔵→機能といった情報伝達は普遍的だろう。
- ・ 地球生物の動きの普遍的性質がある。動く宇宙生物には、類似の普遍性があるだろう。

最後のメッセージ

地球外の生命が発見された瞬間から、科学だけでなく社会全体で**パラダイムシフト**が起こるだろう。

今、**物理**にできること、**生物**にできること、**科学**にできること、何かをみんなで考えよう！

物理教員によって生物普遍性機構が生まれ、様々な観点から生物の普遍性を研究しています。研究は楽しいです。