

細胞を
こわす・つくる・理解する
～生命現象の物理学～

加藤修三

九州大学大学院 理学府物理学専攻 博士課程

- ・生命とはなんだろう？物質(物理)の視点から
- ・生命をこわす・つくる・理解する：
生命と物質の境界で生命らしさを探る

物質に宿る生命: 生命らしさはどこからくるか

4/12

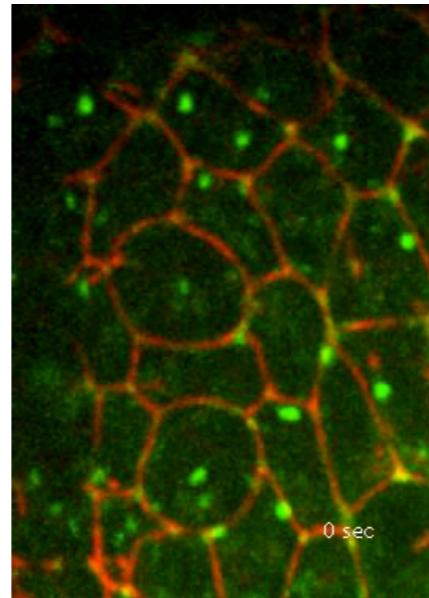
生命とはなんだろう? 物質(物理学)の視点から

体表のパターン



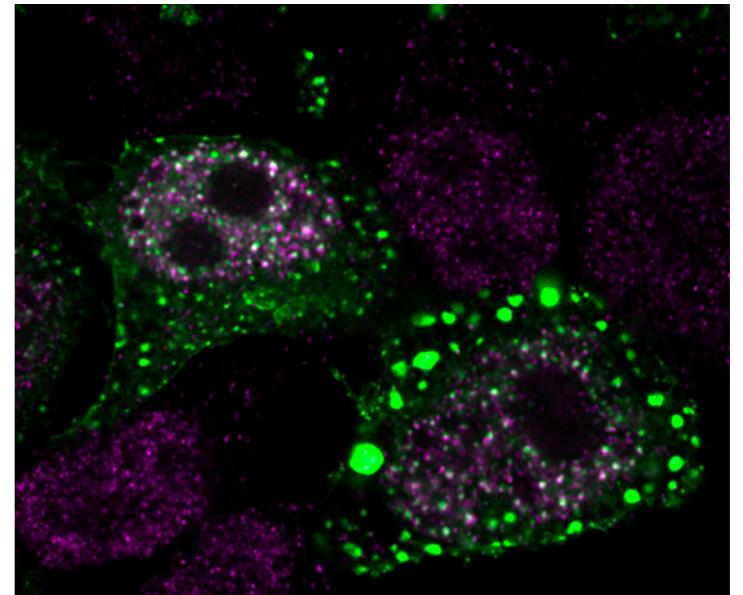
<https://portphilipmarinelife.net.au/species/7980>

細胞組織



C. Guillot, T. Lecuit, *Science* 340, 1185–1189 (2013).

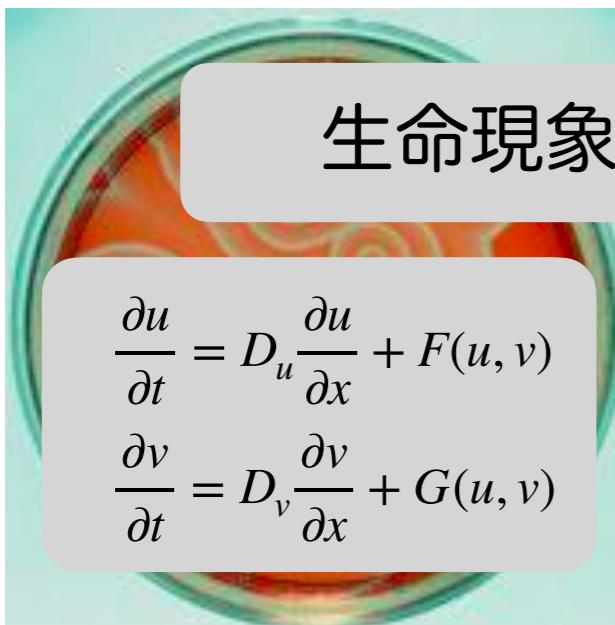
細胞内の液滴



<https://cai-lab.net/>

生命現象の中には非生物的な物理現象が潜んでいる

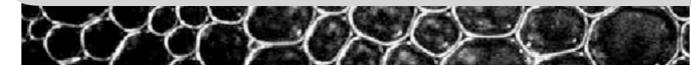
$$\frac{\partial u}{\partial t} = D_u \frac{\partial u}{\partial x} + F(u, v)$$
$$\frac{\partial v}{\partial t} = D_v \frac{\partial v}{\partial x} + G(u, v)$$



<https://www.chemistryworld.com/news/zombie-reaction-returns-from-the-dead/3004366.article>

$$\mu \frac{dr_i}{dt} = - \frac{E(r_i)}{r_i}$$

$$E = \frac{K}{2} \sum (A_\alpha - A_0)^2 + \frac{K_p}{2} \sum (L_\alpha - L_0)^2 + \sum \Lambda_{ij} l_{ij}$$



R. P. Taylor, *Nonlinear Dynamics Psychol. Life Sci.* 15, 129–136 (2011).

$$\frac{\partial \phi}{\partial t} = M \nabla^2 \frac{\delta F}{\delta \phi}$$

$$F(\phi) = k_B T \left[\frac{\phi}{N} \ln \phi + (1 - \phi) \ln(1 - \phi) + \chi \phi (1 - \phi) \right]$$

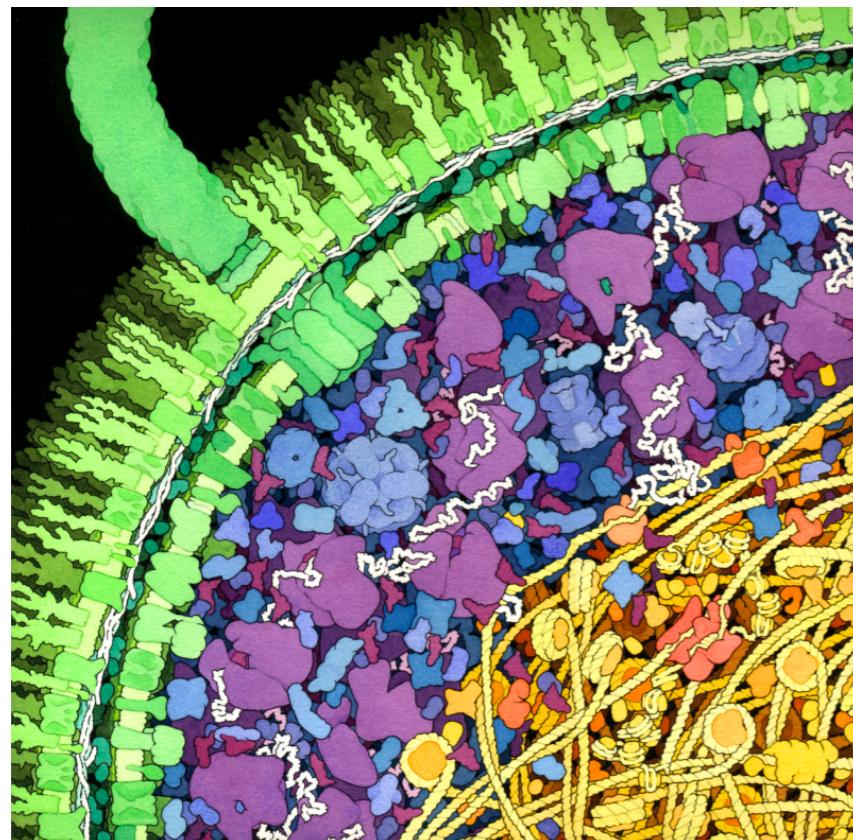
<https://www.futurescienceleaders.com/blog/2020/02/the-never-ending-salad-dressing-feud/>

生命は複雑な物質

5/12

細胞(生命)の物質的な特徴

1. 多成分 (構成が複雑)
2. 物質/エネルギーの流入出がある (物理学の言葉で非平衡)



<https://pdb101.rcsb.org/sci-art/goodsell-gallery>



構成要素の同定や大まかな特徴づけに止まっており、
生命らしさの物理的理解は未だ発展途上

生命らしさをどのように理解するか？

6/12

細胞をジェンガに例えると

要素を足していく
(ジェンガを積み上げる)

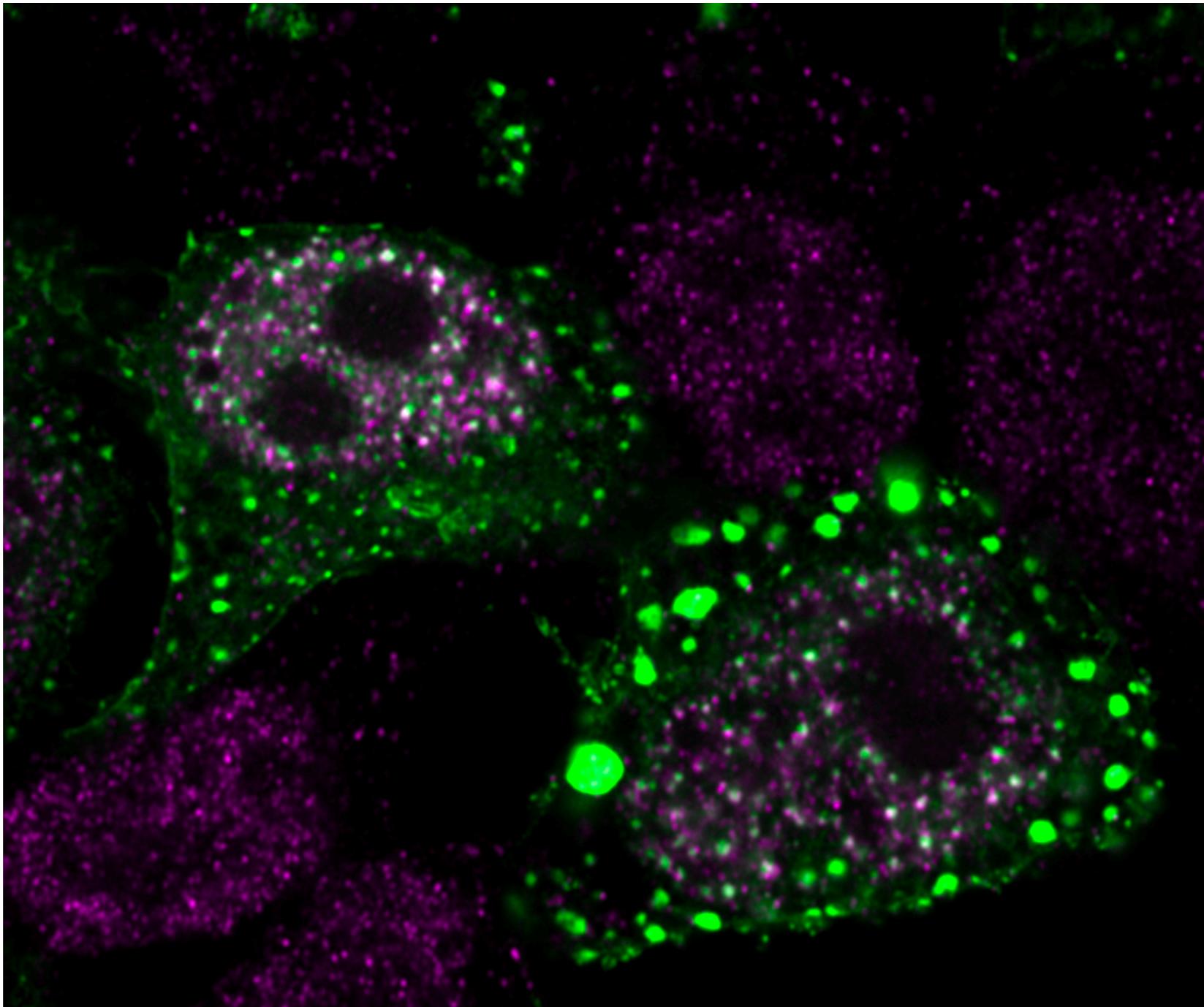
要素を減らしていく
(ジェンガを壊れる
ギリギリまで抜いていく)

生命らしさが生まれる最小の組み合わせを知りたい

- ・生命とはなんだろう？物質(物理)の視点から
- ・生命をこわす・つくる・理解する：
生命と物質の境界で生命らしさを探る

細胞をつくる: 細胞内の液滴を例に

8/12

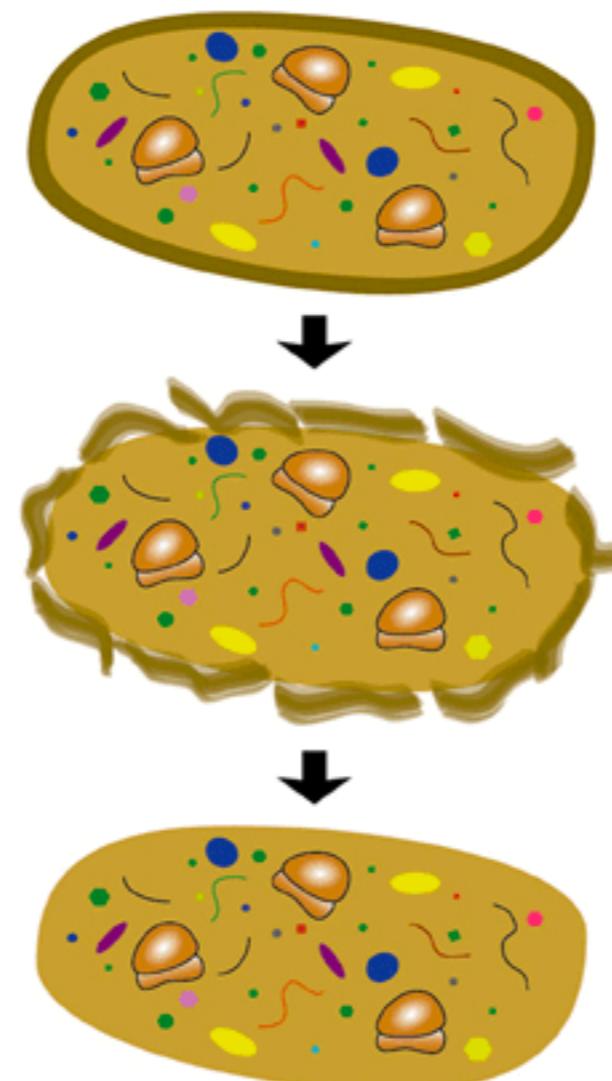


(細胞を)こわす

9/12

細胞をこわす

- ・ 細胞質(細胞膜とDNAを取り除いた細胞内溶液)だけを取り出す

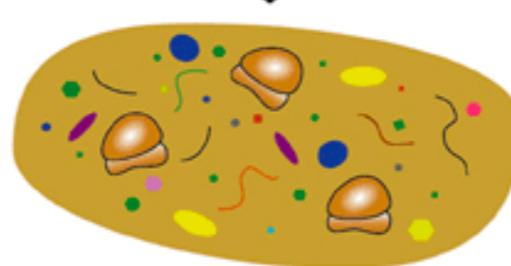


(細胞を)つくる

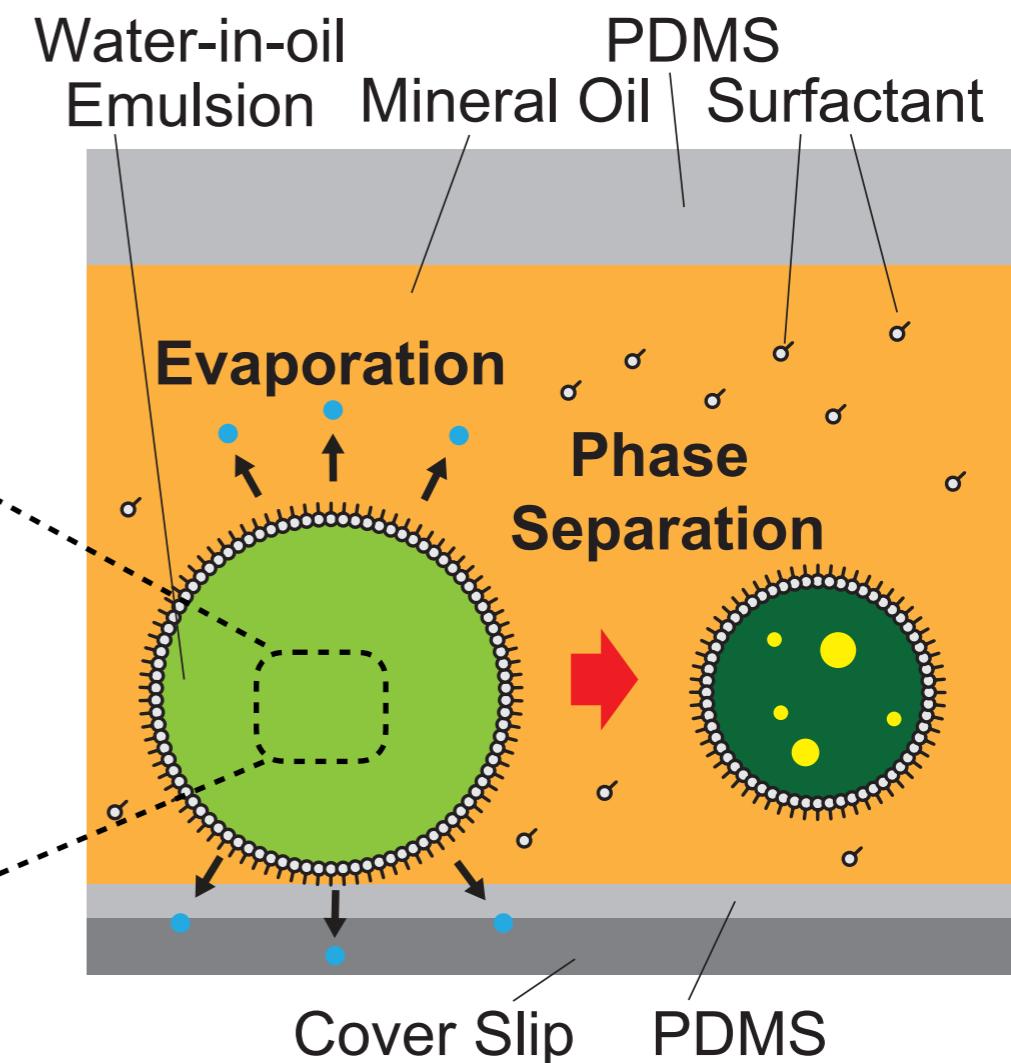
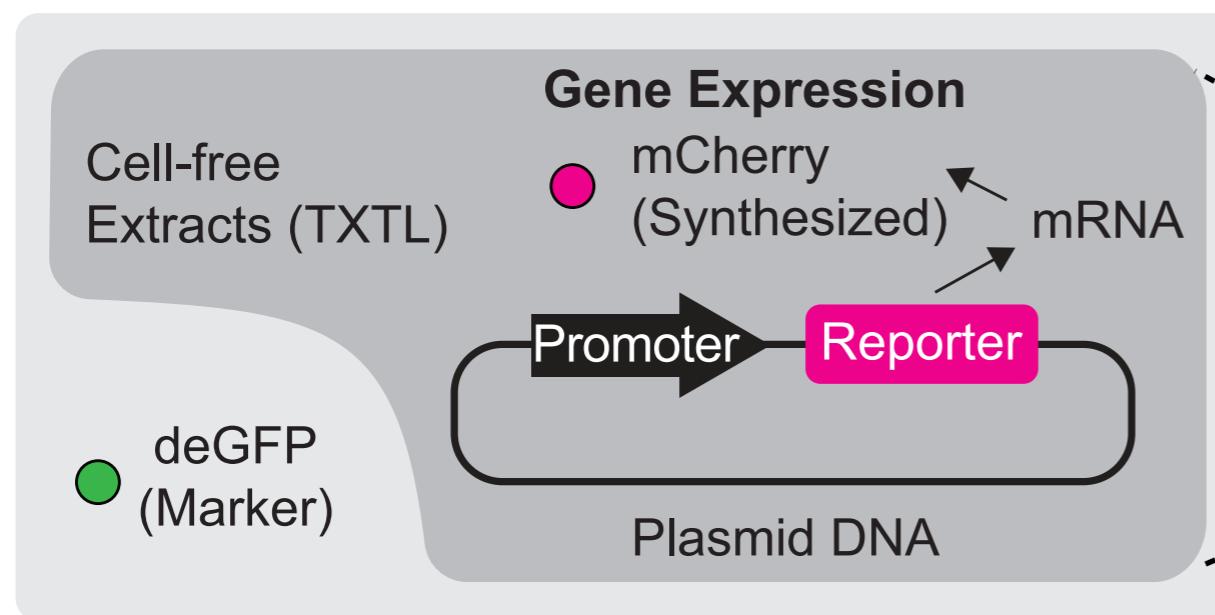
10/12

細胞を作り直す

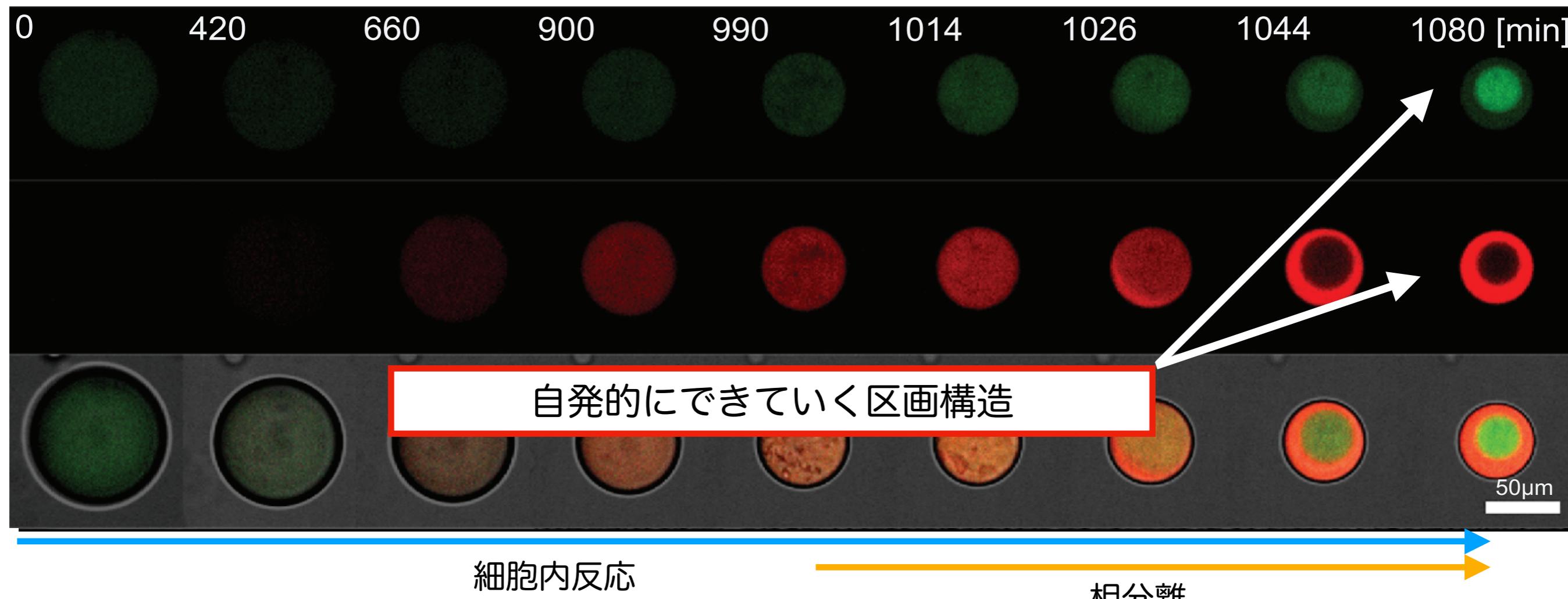
- ・ 細胞質溶液を細胞サイズの油中水滴で包む
- ・ 短いDNAを入れる(反応を一つだけに絞る)



<https://www.creative-biostructure.com/cell-free-expression-524.htm>



作って見えてくる細胞内の液滴

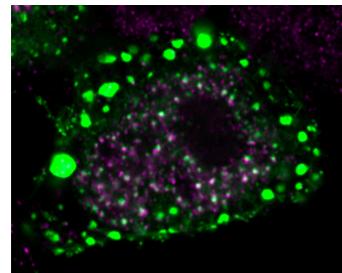


- 自発的な区画形成
- 区画形成による反応産物の分離

→細胞を簡易化することで、
重要な要素が見えてくる

生命らしさを物理学の観点から探る

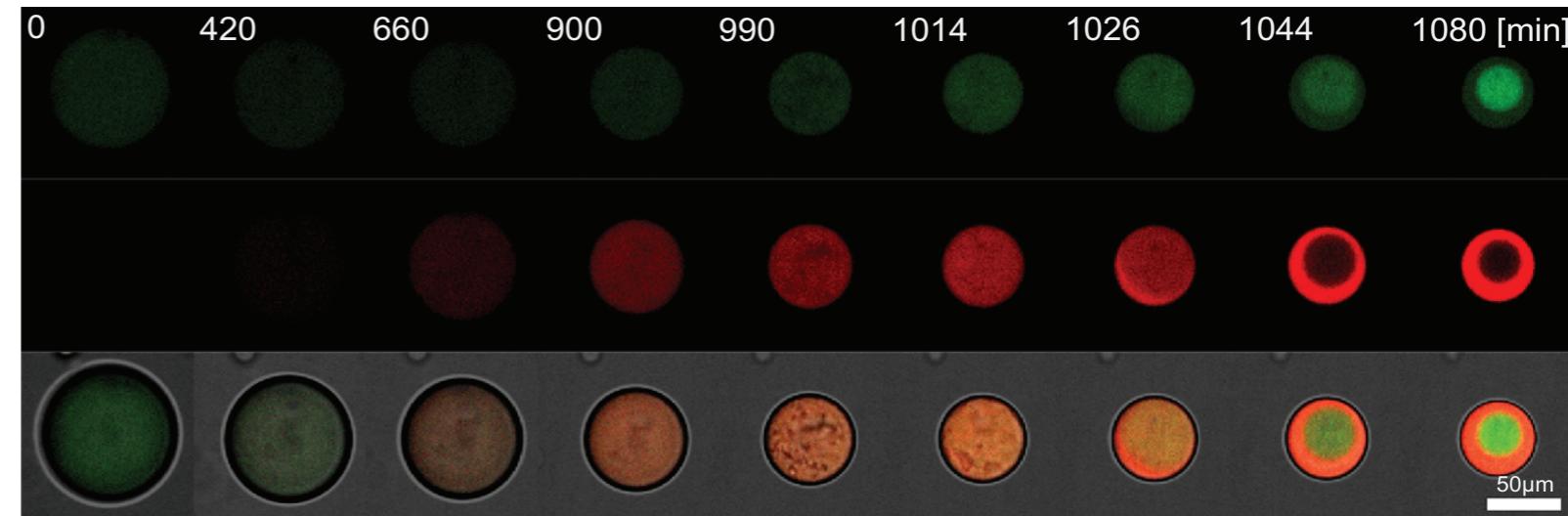
- ・生命は複雑な物質
- ・生命をこわしてつくりながら理解する
→要素を減らしていくと生命らしさの本質が見えてくる



<https://cai-lab.net/>



<https://www.hyakuchomori.co.jp/toy/p/4547628191674.html>



S. Kato, D. Garenne, V. Noireaux, Y. T. Maeda, *Biomacromolecules* **22**, 3451–3459 (2021).

最終的には

- ・生命現象の本質を理解する [基礎研究]
- ・生命現象を制御する→機能異常(疾患など)を制御する [応用研究]