SG3 for 2024

「生命のダイナミクスを観て（観察）考える（数理）」

高橋淑子　（生物科学専攻）　教授　（SG3代表）
國府寛司　（数学・数理解析専攻）　教授
荒木武昭　（物理学・宇宙物理学専攻）准教授
伊丹 將人　（物理学　SACRA）　特定助教
稲葉真史　（生物科学専攻）　助教
平島 剛志　（シンガポール国立大学）　准教授

本スタディグループでは、おもしろい論文をよみながら、生物ー物理ー数学の間を行ったり来たりする予定です。セミナー形式で行い、スケジュールは参加者間で日程調整します。

びっくり論文！

生き物の“かたち”を数理で探る

参加教員
◎高橋淑子（教授 生物科学専攻）
國府寛司（教授 数学・数理解析専攻）
荒木武昭（准教授 物理学・宇宙物理学専攻）

Nature誌：ハーバード大学より2011年に発表

ARTICLE　4 AUGUST 2011 | VOL 476 | NATURE | 57

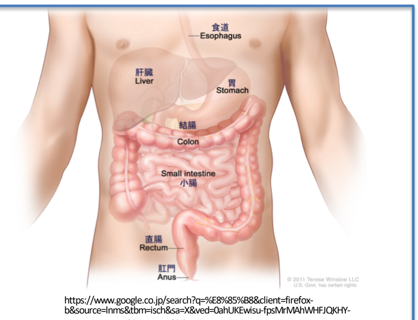
doi:10.1038/nature10277

On the growth and form of the gut

Thierry Savin[1]†*, Natasza A. Kurpios[2]†*, Amy E. Shyer[2]*, Patricia Florescu[1], Haiyi Liang[1]†, L. Mahadevan[1,3,4,5,6,7] & Clifford J. Tabin[2]

The developing vertebrate gut tube forms a reproducible looped pattern as it grows into the body cavity. Here we use developmental experiments to eliminate alternative models and show that gut looping morphogenesis is driven by the homogeneous and isotropic forces that arise from the relative growth between the gut tube and the anchoring dorsal mesenteric sheet, tissues that grow at different rates. A simple physical mimic, using a differentially strained composite of a pliable rubber tube and a soft latex sheet is consistent with this mechanism and produces similar patterns. We devise a mathematical theory and a computational model for the number, size and shape of intestinal loops based solely on the measurable geometry, elasticity and relative growth of the tissues. The predictions of our theory are quantitatively consistent with observations of intestinal loops at different stages of development in the chick embryo. Our model also accounts for the qualitative and quantitative variation in the distinct gut looping patterns seen in a variety of species including quail, finch and mouse, illuminating how the simple macroscopic mechanics of differential growth drives the morphology of the developing gut.

形作りの謎を解いた学際研究の金字塔！



https://www.google.co.jp/search?q=%E8%85%B8&client=firefox-b&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwisu-fpsMrMAhWHFJQKHY-nDIUQ_AUIBygB&biw=1811&bih=1183#imgrc=1-2VJiXOns34yM%3A

私たちの腸はグニャグニャしている

⇩

このループは一体なんだ？

⇩

全く新しい発想を取り入れた解析を行った

[実験科学]ー[物理モデル]ー[数理計算]の協働を目指す

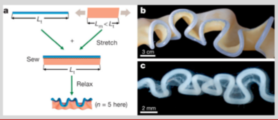
腸とその周辺組織の“引っ張り合う力”が釣り合って腸ループが形成される

異分野の研究者（院生）が集まって、みんなで読みました。
↓
議論することの喜びがありました！

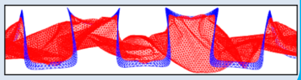
実験観察

融合研究

物理モデル
ゴム板で腸ループを再現



離散モデルを用いた
数理シミュレーション

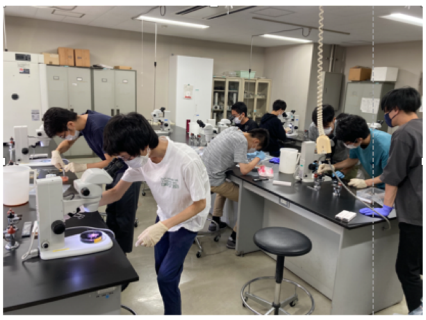


MACS実習：「ワイワイとなごやかに」

腸ループを実際に作ってみた

ゴムの硬さでいろいろなループができた

ゴムはホームセンターで買ってきた



実際に生き物をみる実習もあります

生きたニワトリ胚を顕微鏡でみて、ビックリビックリ。

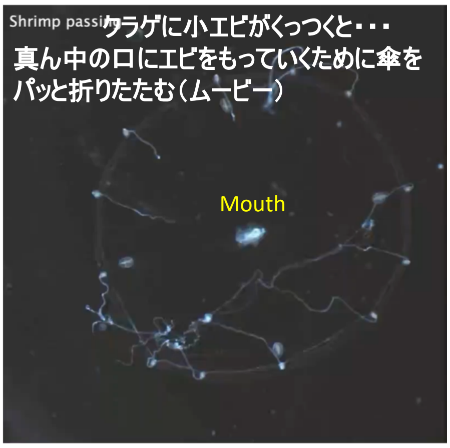
2023年度に読んだ論文

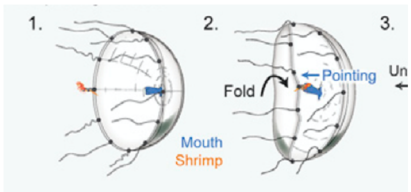
Cell
Article

A genetically tractable jellyfish model for systems and evolutionary neuroscience

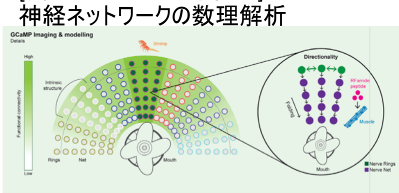
Brandon Weissbourd,[1,2,3,*] Tsuyoshi Momose,[4] Aditya Nair,[1,2,3] Ann Kennedy,[1,2,3,5] Bridgett Hunt,[1,2,3] and David J. Anderson[1,2,3,6,*]
[1]Division of Biology and Biological Engineering 140-18, California Institute of Technology, Pasadena, CA 91125, USA
[2]Howard Hughes Medical Institute, California Institute of Technology, Pasadena, CA 91125, USA
[3]Tianqiao and Chrissy Chen Institute for Neuroscience, California Institute of Technology, Pasadena, CA 91125, USA
[4]Sorbonne Université, CNRS, Laboratoire de Biologie du Développement de Villefranche-sur-Mer (LBDV), 06230 Villefranche-sur-Mer,

クラゲの神経ネットワーク

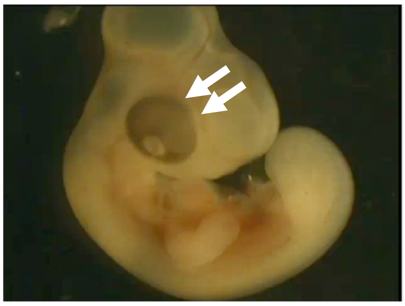




[餌シグナル→パッと閉じる]を可能にする神経ネットワークの数理解析



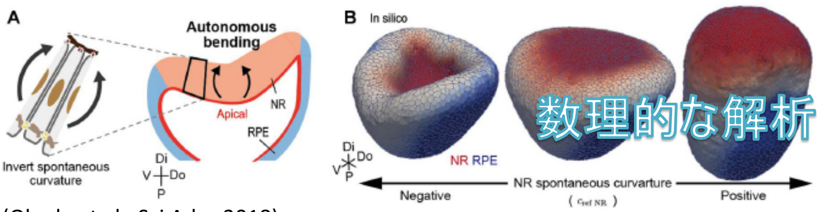
ニワトリ6日目胚



今年のテーマかも？

め！

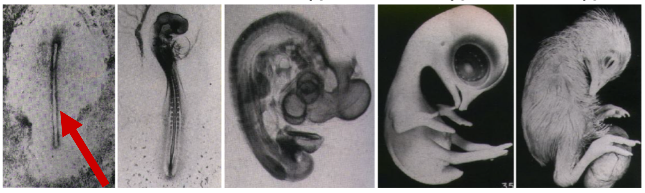
オーガノイドから勝手に「め」ができる。このとき細胞に何がおこってるのか？



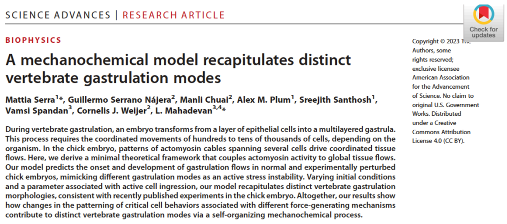
(Okuda et al., Sci Adv., 2018)

ニワトリの発生

孵卵　16 h　48 h　3.5日　10日　19日



たった一本の筋
から体ができる



SCIENCE ADVANCES | RESEARCH ARTICLE

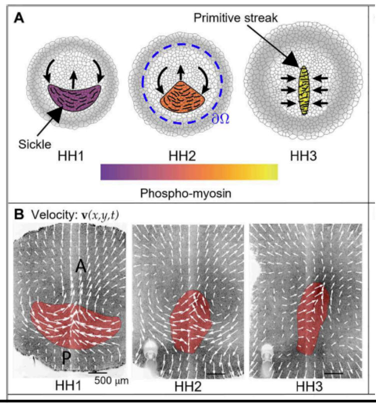
BIOPHYSICS

A mechanochemical model recapitulates distinct vertebrate gastrulation modes

Mattia Serra[1]*, Guillermo Serrano Nájera[2], Manli Chuai[2], Alex M. Plum[1], Sreejith Santhosh[1], Vamsi Spandan[3], Cornelis J. Weijer[2], L. Mahadevan[3,4]*

During vertebrate gastrulation, an embryo transforms from a layer of epithelial cells into a multilayered gastrula. This process requires the coordinated movements of hundreds to tens of thousands of cells, depending on the organism. In the chick embryo, patterns of actomyosin cables spanning several cells drive coordinated tissue flows. Here, we derive a minimal theoretical framework that couples actomyosin activity to global tissue flows. Our model predicts the onset and development of gastrulation flows in normal and experimentally perturbed chick embryos, mimicking different gastrulation modes as an active stress instability. Varying initial conditions and a parameter associated with active cell ingression, our model recapitulates distinct vertebrate gastrulation morphologies, consistent with recently published experiments in the chick embryo. Altogether, our results show how changes in the patterning of critical cell behaviors associated with different force-generating mechanisms contribute to distinct vertebrate gastrulation modes via a self-organizing mechanochemical process.

Copyright © 2023 Th Authors, some rights reserved; exclusive licensee American Association for the Advancement of Science. No claim to original U.S. Government Works. Distributed under a Creative Commons Attribution License 4.0 (CC BY).



SG3の進め方

- わりとユルイ感じで進めます。
  院生・学部生OK!
- 2-3週間に1度、金曜日の5限。
- 前期や後期終了後の割と暇なときに
  本物のembryoを観ます。
- 場所は概ね2号館のセミナー室。