生き物の“かたち”を数理で探る

- 論文"On the growth and form of the gut" を起点にして -

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

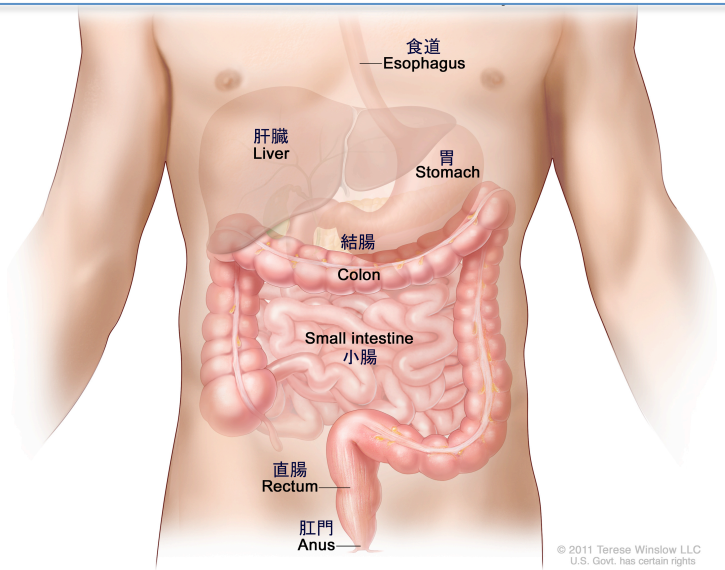
doi:10.1038/nature10277

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

実験観察

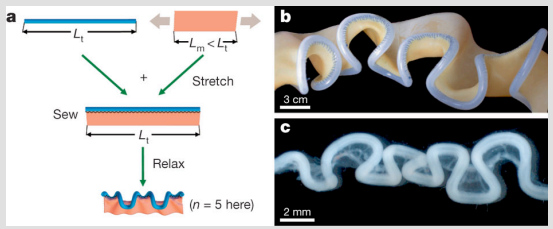
ニワトリ胚の腸ループ。このパターンには個体差がないので、腸ループは遺伝的に決まってるはずだ。

融合研究

スケール則

$$\lambda \propto \left(\frac{E_t I_t}{E_m h}\right)^{1/3} \qquad R \propto \left(\frac{E_t I_t}{E_m h \varepsilon_0^2}\right)^{1/3}$$

物理モデル
ゴム板で腸ループを再現

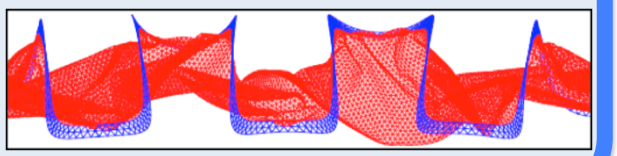


$$F = F_m + F_t$$

$$\rho = \frac{1}{\epsilon_0}\left[\frac{2a_1+\nu a_2}{2} + 2h\frac{b_1^{\parallel}+b_2^{\parallel}}{2a_1+\nu a_2}\left(\frac{1}{2k_1 a_1} + \frac{1}{k_2 \nu a_2}\right)\right]$$

→ a を極限まで小さくする

離散モデルを用いた数理シミュレーション



本スタディグループでは、主にこの論文が扱っている、形作り（生物観察）、物理（弾性力学など）、そして数理シミュレーションモデルについて、専門家を交えて理解し議論することを目指します。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。