

# SG2020-2 カイメン骨片骨格形成の数理解モデル構築

20200717 MACS\_SG説明会

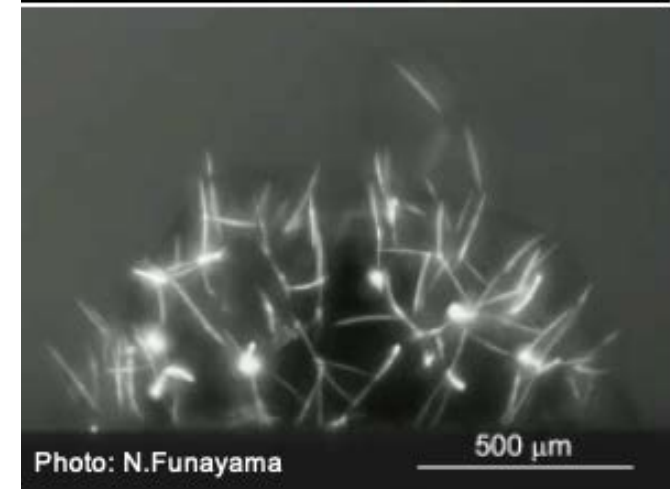
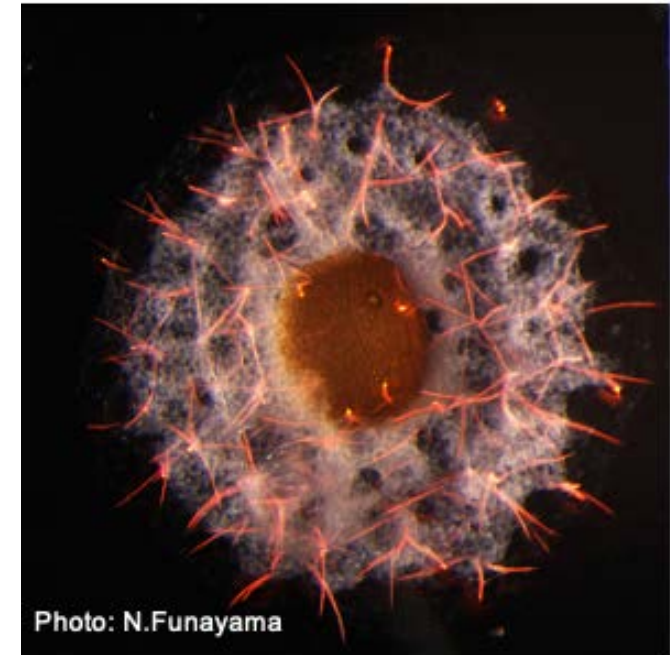
## 参加教員

- 船山典子：生物科学専攻（准教授）
- 坂上貴史：数学・数理解析専攻（教授）
- 秋山正和：明治大学（特任准教授）共同研究者

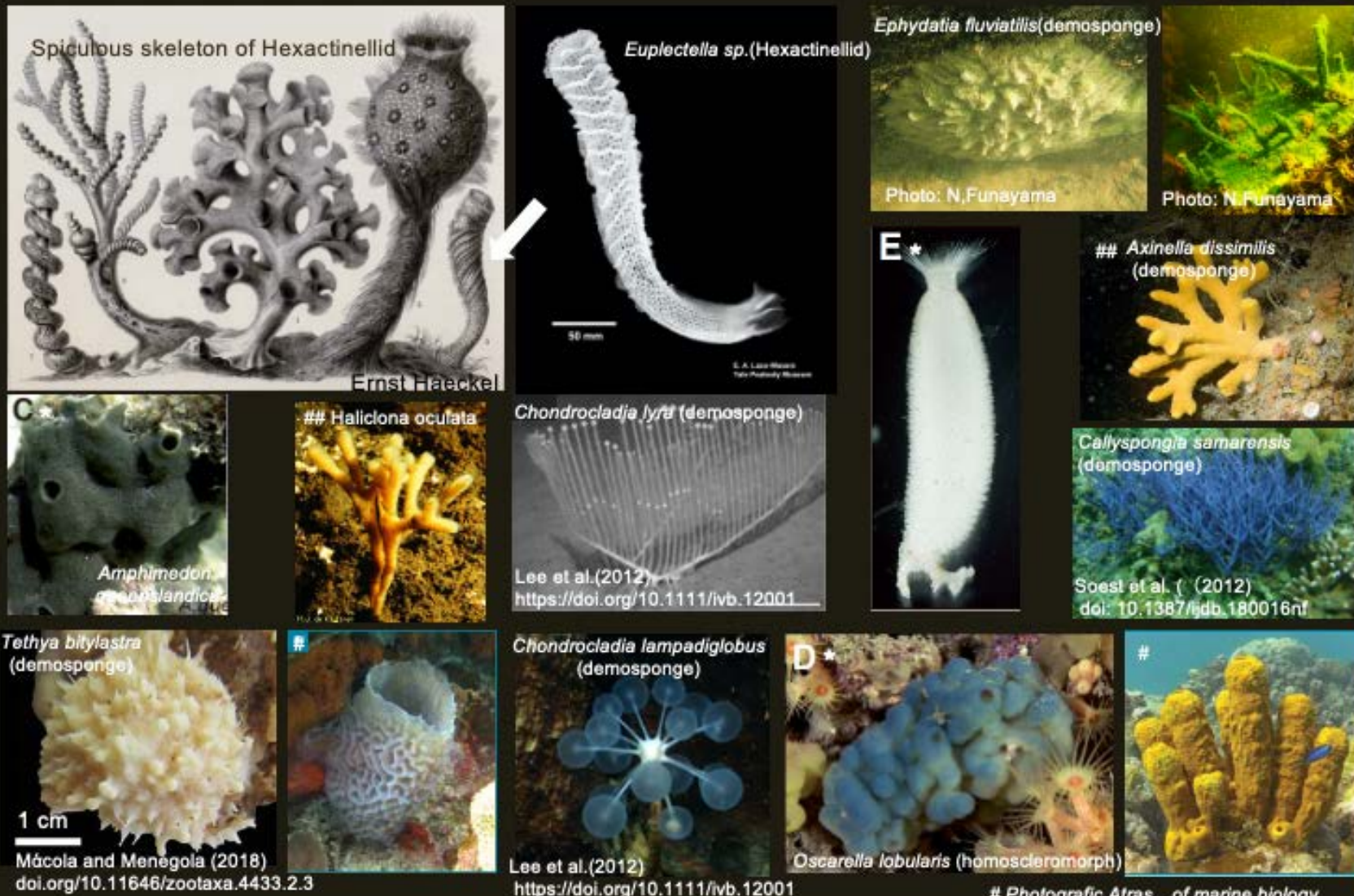
生物学

数学

物理



# この様に不思議で多様なカイメンの形づくりのしくみを知りたい



転用厳禁

不思議で多様なカイメンの形づくりの  
しくみを知りたい

<これまでに>

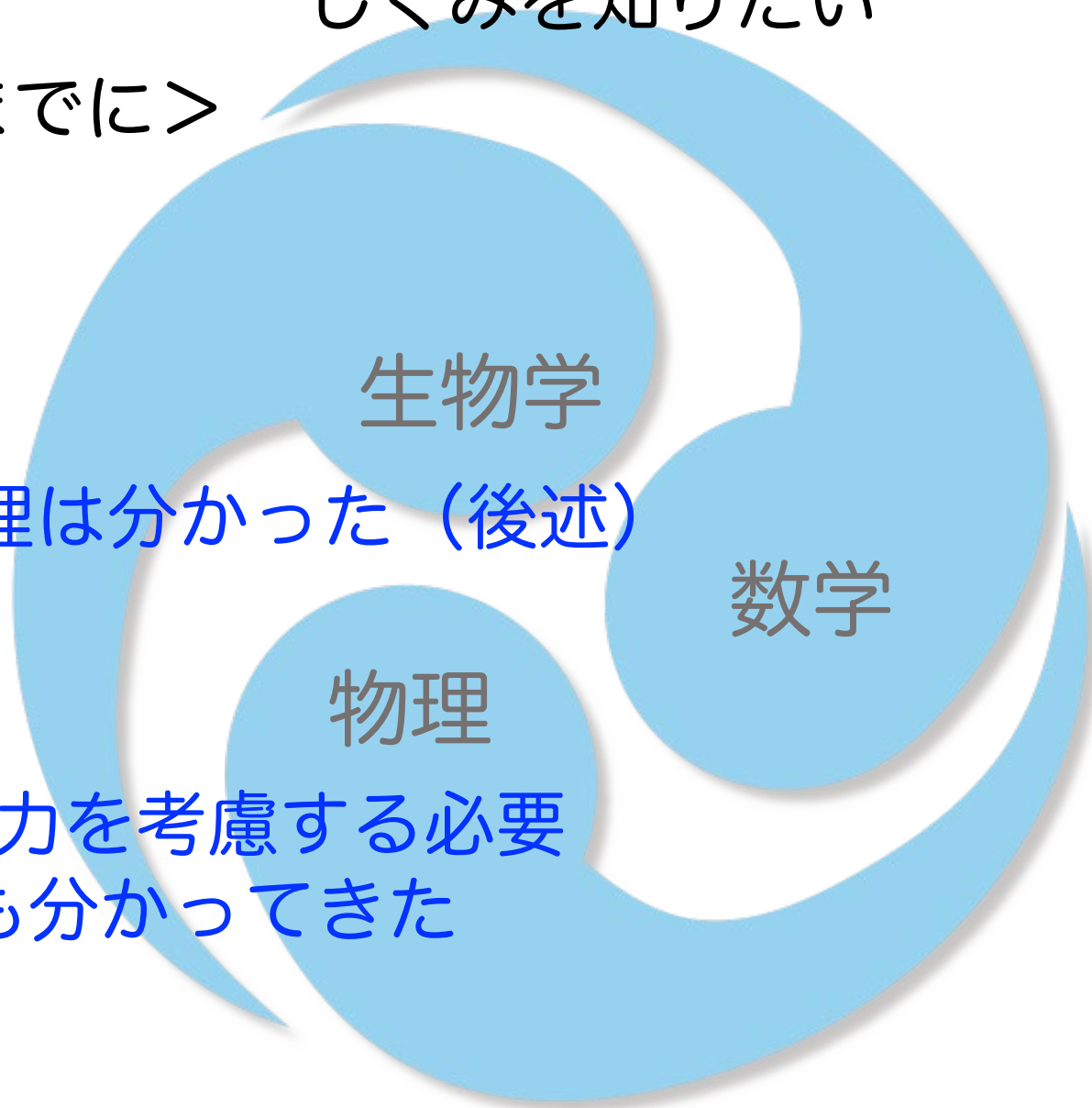
生物学

基本原理は分かった（後述）

数学

物理

物理力を考慮する必要  
も分かってきた





不思議で多様なカイメンの形づくりの  
しくみを知りたい

<これから>

マクロな形態の違いを生み出すしくみを  
数理モデルと発生生物学を中心に明らかにしたい！

生物学

基本原理は分かった（後述）

数学

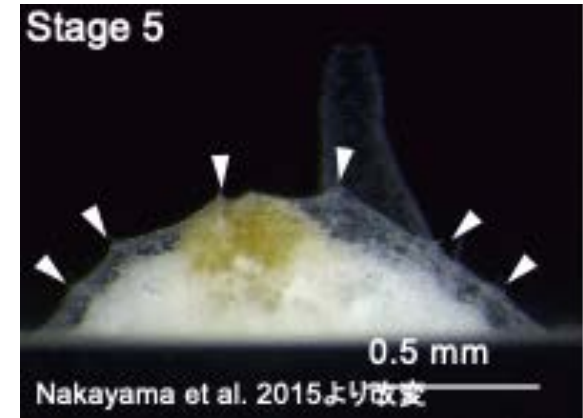
物理

物理力を考慮する必要  
も分かってきた

# カイメンの体の形作り

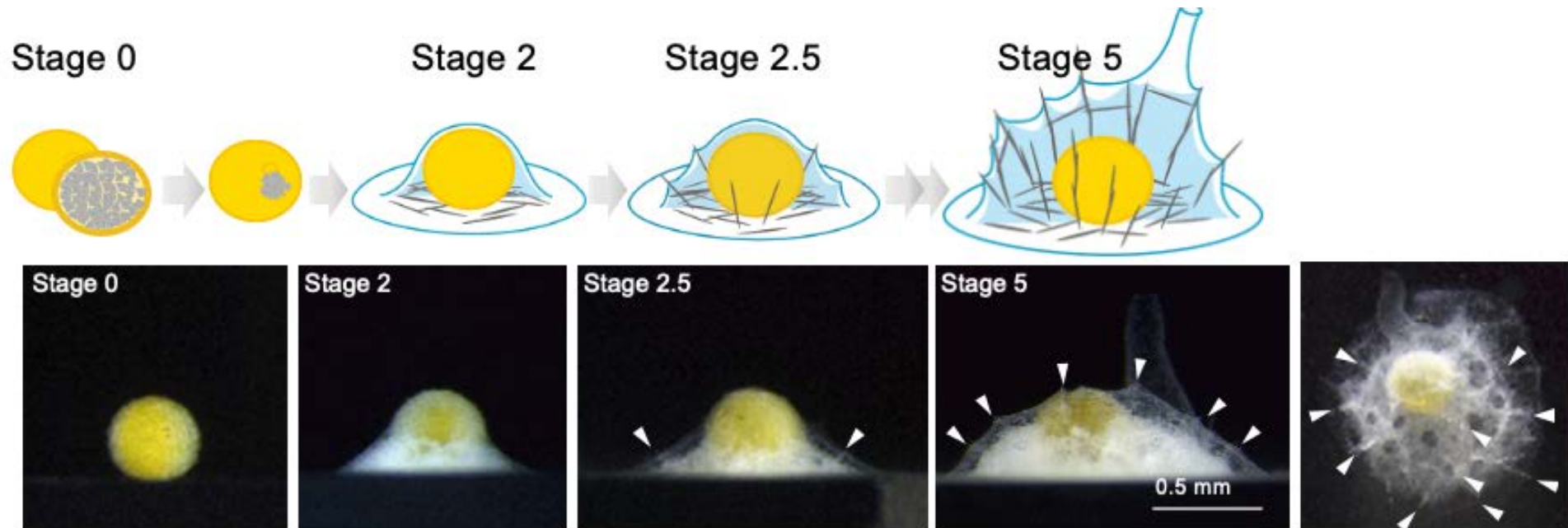
カイメンの体は  
繋がったポールでテントが支えられるように  
数百 $\mu\text{m}$ のシリカの針（骨片）が非常に沢山繋がった柱と  
それを側面で繋げる骨片（梁）で上皮シートが支えられ、  
形作られている

骨片骨格の形が  
カイメンの体の形を決める



「骨片がどのように建て・繋げられるか」を解明すれば  
カイメンの不思議で多様な形づくりを理解できる

針状のシリカ骨片が（細胞の働き（作業）によって）  
産生、運搬・配置、建て・繋げられて3次元骨格が建築される

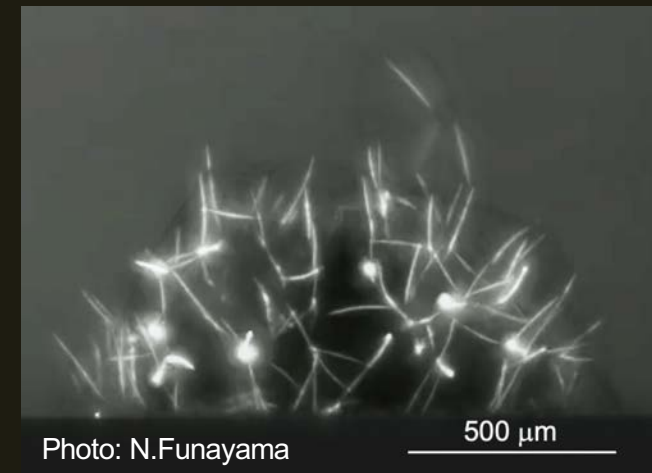
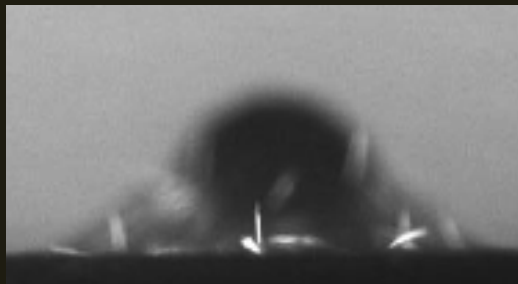
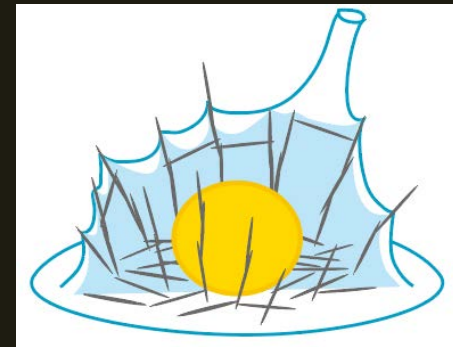


Nakayama et al. 2015より改変

直径1-2ミリの小さなカイメンの中での  
約200 $\mu\text{m}$ ほどの骨片を、人工的に光らせるよう工夫  
ライブイメージング解析を行うと。。。。。

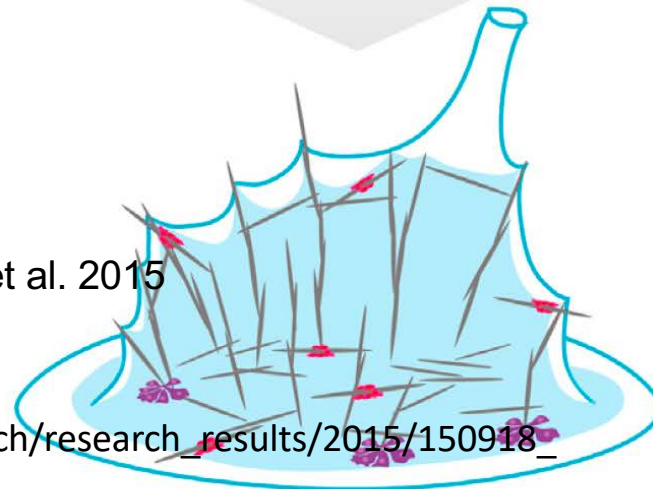
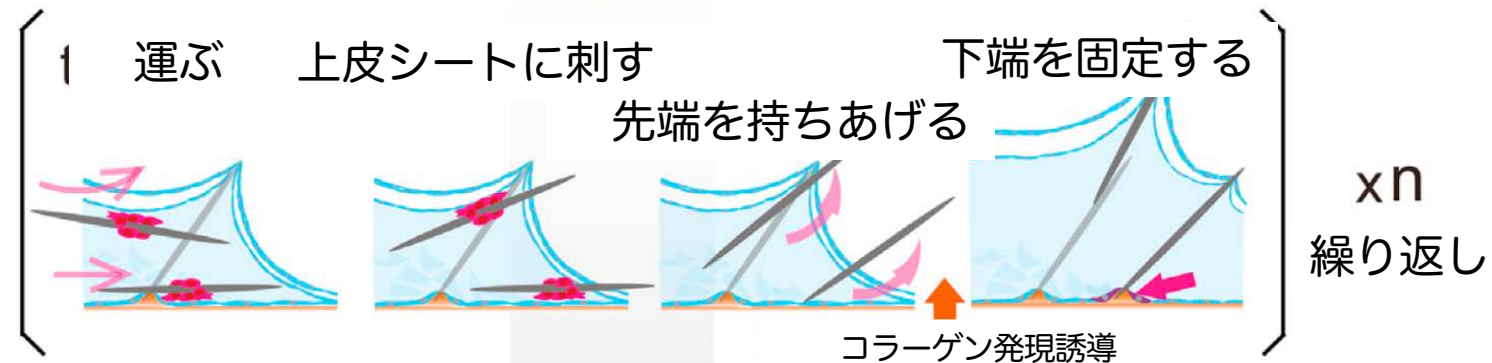
直径1-2ミリの小さなカイメンの中の  
約200 $\mu\text{m}$ ほどの骨片を蛍光可視化、  
側面からのライブイメージングに成功

DOI:<https://doi.org/10.1016/j.cub.2015.08.023> のMovie S6を参照下さい



# カイメンの体の形作りの原理 「骨片がどのように建て・繋げられるか」

一連の細胞の作業の繰り返しにより  
骨片が建て・繋げられ、骨格が建築（自己組織化）される



新たに同定した  
骨片運搬細胞（集団）

骨片の下端の周りの  
基底上皮細胞（複数）

Nakayama, Arima...Funayama et al. 2015  
Current Biology 25,:2549-54

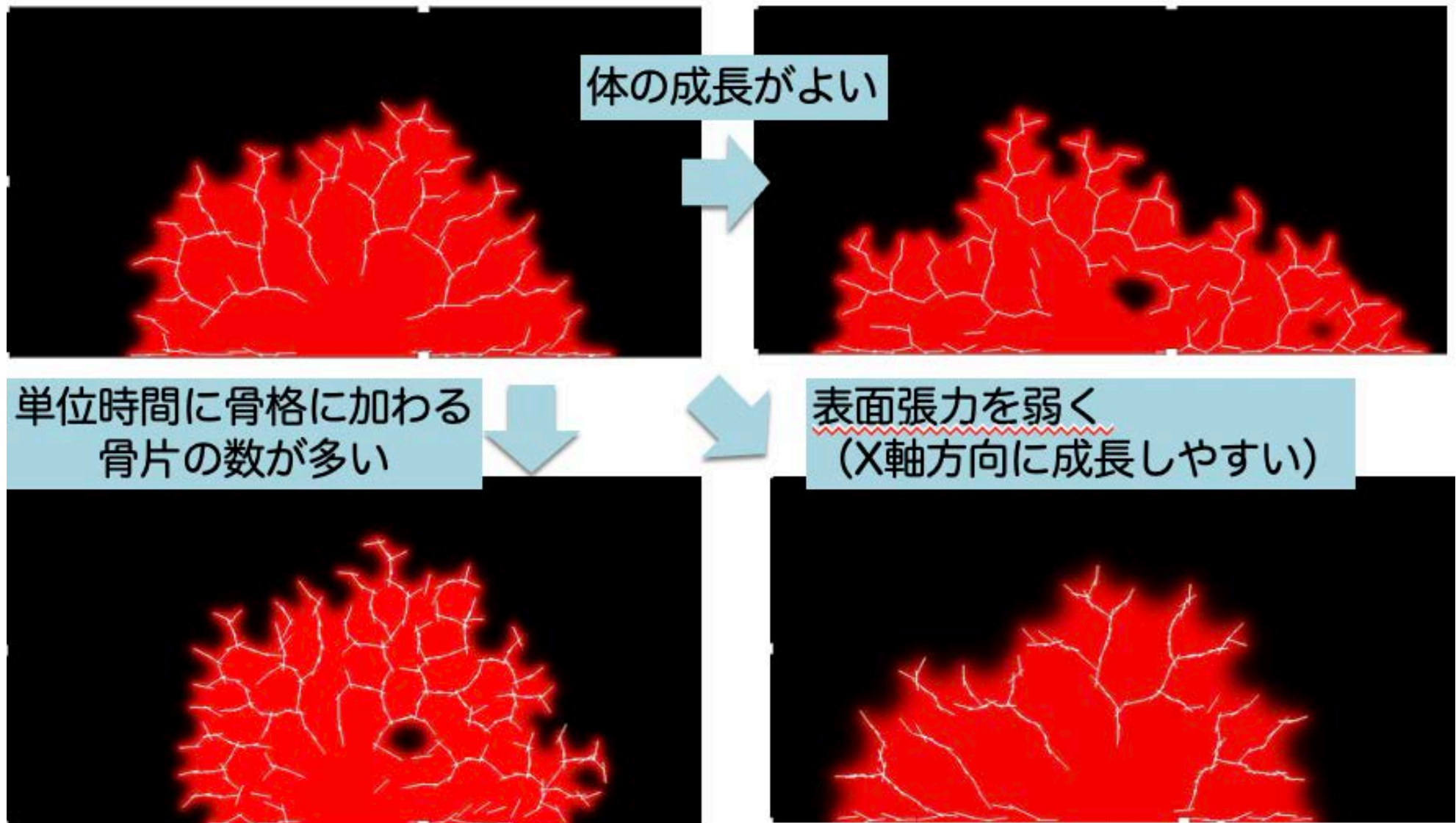
プレスリリース

[http://www.kyotou.ac.jp/ja/research/research\\_results/2015/150918\\_2.html](http://www.kyotou.ac.jp/ja/research/research_results/2015/150918_2.html)

<https://www.jst.go.jp/pr/announce/20150918/>



私達の研究による知見をベースした数理モデルver.1  
(明治大学 秋山正和博士との共同研究)



# 私達の研究による知見をベースした数理モデルver.1 (秋山正和博士との共同研究)

実際カイメンの解析から得た

骨片が加わる位置の条件を表現、

>> 骨片の先に上手く骨片が繋がれることを示せた

今後の課題：繋がり方や柱の角度など 実際と合わせる

>> 合わせられたら

数理モデルから実際のしくみの提案が出来るはず

改良点・中空から骨片の柱が形成されている

- ・基質に沿って骨片の柱が伸びている

- ・骨片の柱の角度

(実際の骨片は約60°で建てられ、カイメンの成長に従って

次第に角度が変わり垂直に近い角度で骨片の柱は伸びて行く)

- ・体内に穴が出来てしまう など

数理モデルver.1で現在は固定している

いくつかの条件を検討すればこれらの多くを改良できると考えています。

また、観察から、この点の条件を加える（または改良する）と解決するのではないかという具体的な改良案もあります！

この研究のゴール：

冒頭に示したようなマクロな3次元形態を生み出すしくみを  
統一的に理解する

# 本スタディ・グループの実施内容

どの様に進めて行くか

参加者の知見にあわせて調整

## ○基礎知識を学ぶ（8月から）

- ・ カイメン骨片骨格 および 骨格形成機構を学ぶ勉強会（船山）
- ・ 数理モデルver1理解のための数理モデル勉強会（秋山）

数理モデルを実際に動かす為の基礎知識の習得

常微分方程式とその数値解法,  
拡散方程式とその数値解法,  
汎関数微分, 勾配系, 反応拡散方程式とその数値解法

## ○数理モデルver.1の展開

- ・ 実際のカイメンの骨片の配置ルールのデータ解析  
数理モデルver.1で現在は簡略化のため固定しているパラメーターを変えてみるなど
- ・ 実際とのすり合わせ（骨片の置き方などのルールの妥当性の検証など）  
条件を追加>>計算>>結果を検討（改良の具体案もあります）  
3次元への拡張 など

## ○全く違う角度からの数理モデル提案も歓迎！

「細胞が、針状構造物を  
「産生、運搬・配置、建て・繋げて大きな構造を建築する」

発生学に新たな分野を拓くような  
全く新しいコンセプトによる動物の形作りのしくみです！

ここでは説明出来ない 数理モデル及び実験の具体的なアイデア  
最近の研究結果があります

一緒に 考え・解析していきませんか？