

スタディグループ： 振動／運動でつなぐ生命現象と数理的原理

参加教員

小山時隆

准教授

生物科学専攻

藤定義

准教授

物理学・宇宙物理学専攻

市川正敏

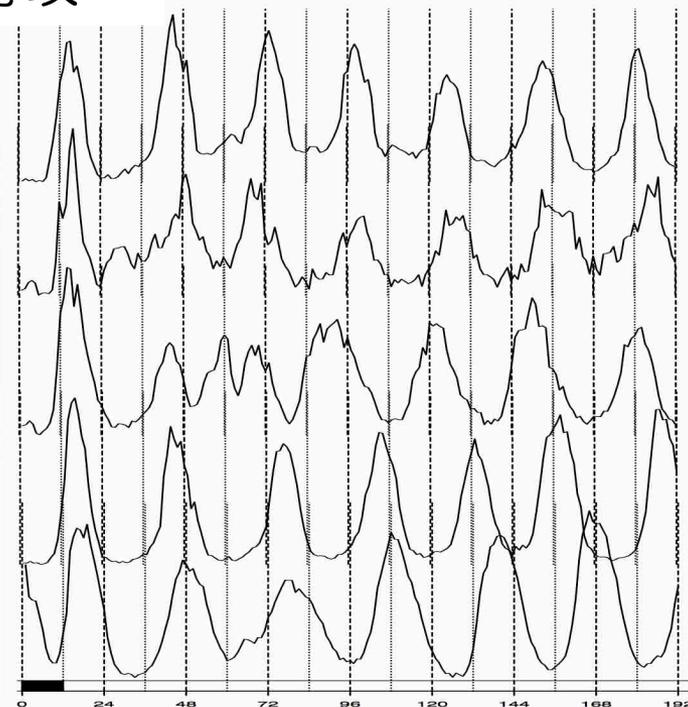
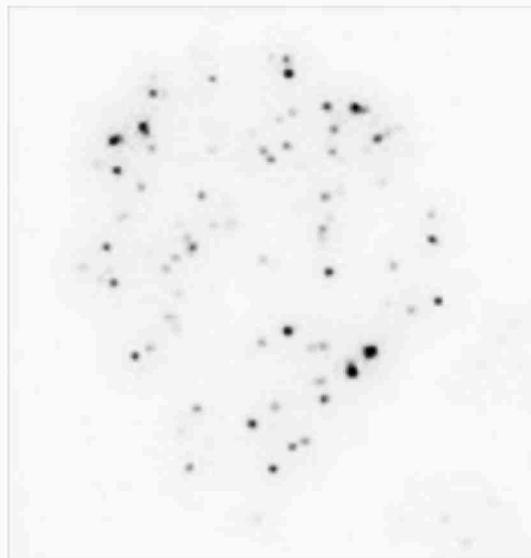
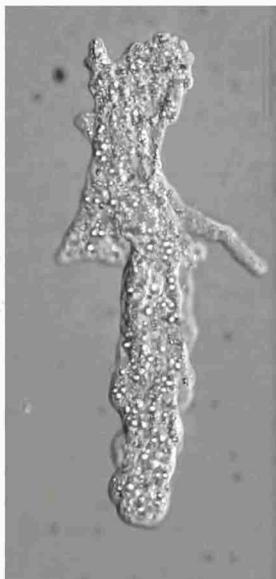
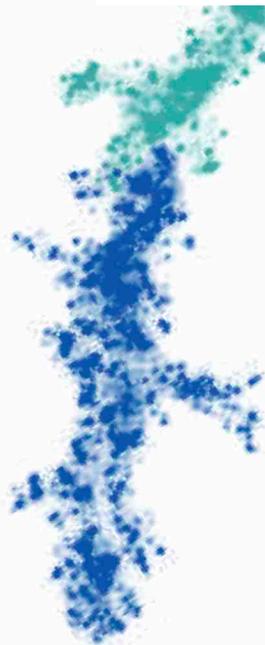
講師

物理学・宇宙物理学専攻

松本剛

助教

物理学・宇宙物理学専攻



2016年度企画

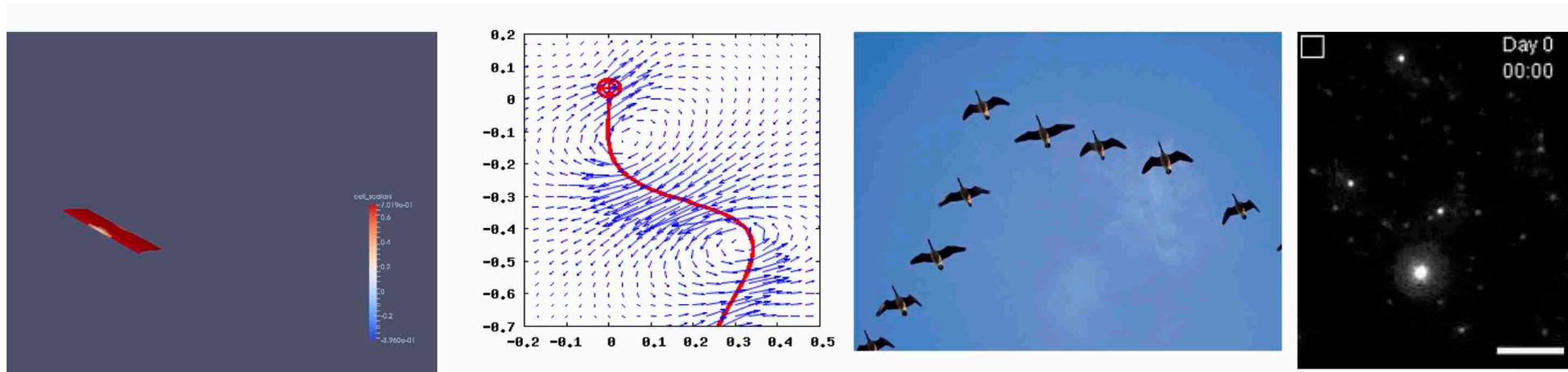
生命現象に潜む階層を横断する 数理原理の探求

物理：藤定義、市川正敏、松本剛

生物：小山時隆、高瀬悠太

数学：山田道夫

理学研究科的な研究者の集団





SG企画 宮城県蕪栗沼（ラムサール条約）ガンの観察（2017.2.11早朝）

興味の対象

- 生物／非生物の振動、運動、乱流など
 - 数理手法なしには捉えることは出来ないが、
 - 数理手法で何が理解できるか不明瞭

植物の概日時計発振機構のモデルを簡略にしたモデルの 数理モデルをあらわす微分方程式群

28の微分方程式と104のパラメーター

$$\frac{dc_L^m}{dt} = q_1 L c_p + n_1 \frac{g_1^a}{g_1^a + (c_{p9} + c_{p7} + c_{NI} + c_T)^a} - (m_1 L + m_2 D) \cdot c_L^m \quad (1)$$

$$\frac{dc_L}{dt} = (p_2 + p_1 L) \cdot c_L^m - m_3 c_L - p_3 \frac{c_L^c}{c_L^c + g_3^c} \quad (2)$$

$$\frac{dc_{Lmod}}{dt} = p_3 \frac{c_L^c}{c_L^c + g_3^c} - m_4 c_{Lmod} \quad (3)$$

$$\frac{dc_p}{dt} = p_7 D \cdot (1 - c_p) - m_1 c_p L \quad (4)$$

$$\frac{dc_{p9}^m}{dt} = L \cdot q_3 \cdot c_p + \frac{g_8}{g_8 + c_{EC}} (n_4 + n_7 \cdot \frac{c_L^e}{g_9^e + c_L^e}) - m_{12} c_{p9}^m \quad (5)$$

$$\frac{dc_{EGc}}{dt} = p_{17} c_{E3c} c_{Gc} - m_9 c_{EGc} c_{COP1c} - p_{18} c_{EGc} + p_{31} c_{EGn} \quad (23)$$

$$\frac{dc_{EC}}{dt} = p_{26} c_{LUX} c_{E34} - m_{36} c_{EC} \cdot c_{COP1n} - m_{37} c_{EC} \cdot c_{COP1d} - m_{32} c_{EC} (1 + p_{24} \cdot L \cdot \frac{c_{Gn_tot}^d}{g_7^d + c_{Gn_tot}^d}) \quad (24)$$

$$\frac{dc_{ZTL}}{dt} = p_{14} - p_{12} L c_{ZTL} c_G + p_{13} c_{ZG} D - m_{20} c_{ZTL} \quad (25)$$

$$\frac{dc_{ZG}}{dt} = p_{12} L c_{ZTL} c_G - p_{13} c_{ZG} D - m_{21} c_{ZG} \quad (26)$$

$$\frac{dc_G^m}{dt} = L q_2 c_p + n_{12} \frac{g_{14}}{g_{14} + c_{EC}} \cdot \frac{g_{15}^e}{g_{15}^e + c_L^e} - m_{18} c_G^m \quad (27)$$

$$\frac{dc_{Gc}}{dt} = p_{11} c_G^m - p_{12} L c_{ZTL} c_{Gc} + p_{13} c_{ZG} D - m_{19} c_{Gc} - p_{17} c_{E3c} c_{Gc} - p_{28} c_{Gc} + p_{29} c_{Gn} \quad (28)$$

$$c_{E34} = p_{25} c_{E4} c_{E3n} / (p_{26} c_{LUX} + p_{21} + m_{37} c_{COP1d} + m_{36} c_{COP1n})$$

$$c_{EGn} = (p_{18} c_{EGc} + p_{17} c_{E3n} c_{Gn}) / (m_9 c_{COP1n} + m_{10} c_{COP1d} + p_{31})$$

$$c_{Gn} = p_{28} c_{Gc} / (p_{29} + m_{19} + p_{17} c_{E3n})$$

$$c_{Gn_tot} = c_{Gn} + c_{EGn}$$

$$\frac{dc_{p9}}{dt} = p_8 c_{p9}^m - (m_{13} + m_{22} D) \cdot c_{p9} \quad (6)$$

$$\frac{dc_{p7}^m}{dt} = n_8 \frac{c_{Ltot}^e}{g_{10}^e + c_{Ltot}^e} + n_9 \frac{c_{p9}^f}{g_{11}^f + c_{p9}^f} - m_{14} c_{p7}^m \quad (7)$$

$$\frac{dc_{p7}}{dt} = p_9 c_{p7}^m - (m_{15} + m_{23} D) \cdot c_{p7} \quad (8)$$

$$\frac{dc_{NI}^m}{dt} = n_{10} \frac{c_{Lmod}^e}{g_{12}^e + c_{Lmod}^e} + n_{11} \frac{c_{p7}^b}{g_{13}^b + c_{p7}^b} - m_{16} c_{NI}^m \quad (9)$$

$$\frac{dc_{NI}}{dt} = p_{10} c_{NI}^m - (m_{17} + m_{24} D) \cdot c_{NI} \quad (10)$$

$$\frac{dc_T^m}{dt} = n_2 \cdot \frac{g_4}{g_4 + c_{EC}} \cdot \frac{g_5^e}{g_5^e + c_L^e} - m_5 c_T^m \quad (11)$$

$$\frac{dc_T}{dt} = p_4 c_T^m - (m_6 + m_7 D) \cdot c_T (c_{ZTL} \cdot p_5 + c_{ZG}) - m_8 c_T \quad (12)$$

$$\frac{dc_{E4}^m}{dt} = n_{13} \cdot \frac{g_2}{g_2 + c_{EC}} \cdot \frac{g_6^e}{g_6^e + c_L^e} - m_{34} c_{E4}^m \quad (13)$$

$$\frac{dc_{E4}}{dt} = p_{23} c_{E4}^m - m_{35} c_{E4} - p_{25} c_{E4} c_{E3n} + p_{21} c_{E34} \quad (14)$$

$$\frac{dc_{E3}^m}{dt} = n_3 \frac{g_{16}^e}{g_{16}^e + c_L^e} - m_{26} c_{E3}^m \quad (15)$$

$$\frac{dc_{E3c}}{dt} = p_{16} c_{E3}^m - m_9 c_{E3c} c_{COP1c} - p_{17} c_{E3c} c_{Gc} - p_{19} c_{E3c} + p_{20} c_{E3n} \quad (16)$$

$$\frac{dc_{E3n}}{dt} = p_{19} c_{E3c} - p_{20} c_{E3n} - p_{17} c_{E3n} c_{Gn} - m_{30} c_{E3n} \cdot c_{COP1d} - m_{29} c_{E3n} \cdot c_{COP1n} + p_{21} c_{E34} - p_{25} c_{E4} c_{E3n} \quad (17)$$

$$\frac{dc_{LUX}^m}{dt} = n_{13} \cdot \frac{g_2}{g_2 + c_{EC}} \cdot \frac{g_6^e}{g_6^e + c_L^e} - m_{34} c_{LUX}^m \quad (18)$$

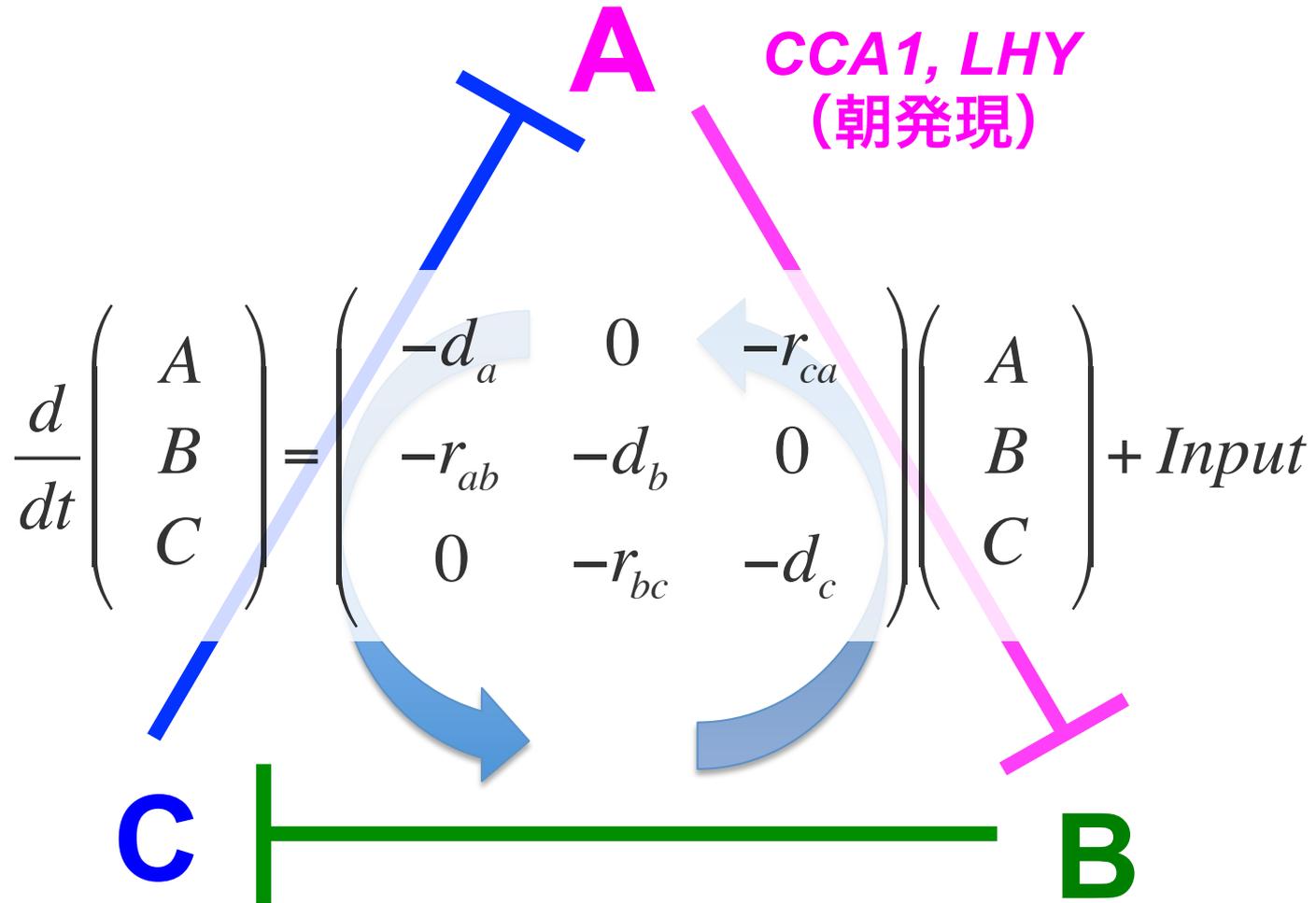
$$\frac{dc_{LUX}}{dt} = p_{27} c_{LUX}^m - m_{39} c_{LUX} - p_{26} c_{LUX} c_{E34} \quad (19)$$

$$\frac{dc_{COP1c}}{dt} = n_5 - p_6 c_{COP1c} - m_{27} c_{COP1c} (1 + p_{15} L) \quad (20)$$

$$\frac{dc_{COP1n}}{dt} = p_6 c_{COP1c} - n_6 L \cdot c_p \cdot c_{COP1n} - n_{14} c_{COP1n} - m_{27} c_{COP1n} (1 + p_{15} L) \quad (21)$$

$$\frac{dc_{COP1d}}{dt} = n_{14} c_{COP1n} + n_6 L \cdot c_p \cdot c_{COP1n} - m_{31} (1 + m_{33} D) \cdot c_{COP1d} \quad (22)$$

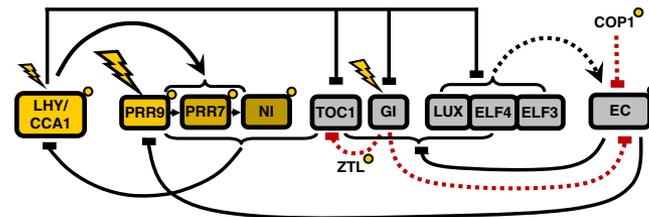
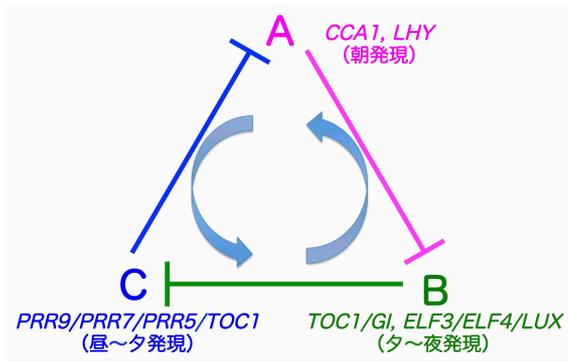
植物の概日時計発振機構のモデルを
直感的に簡略にしたモデルを
無理やり線形システムで表現



PRR9/PRR7/PRR5/TOC1
(昼~夕発現)

TOC1/GI, ELF3/ELF4/LUX
(夕~夜発現)

同じ概日時計発振機構を表したいのに、、、 使える？将来的に分かり合える？



$$\frac{d}{dt} \begin{pmatrix} A \\ B \\ C \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -d_a & 0 & -r_{ca} \\ -r_{ab} & -d_b & 0 \\ 0 & -r_{bc} & -d_c \end{pmatrix} \begin{pmatrix} A \\ B \\ C \end{pmatrix} + Input$$

3×3 行列で示される
線形微分方程式

$$\begin{aligned} \frac{dC}{dt} &= qLc_p + v_1 \frac{C}{g_1 + (c_{1a} + c_{1b} + c_{1c} + C)^2} - (m_1L + m_1D) + C^2 & (1) \\ \frac{dA}{dt} &= (p_1 + p_1L) + C^2 - m_1c_1 - p_1 \frac{C}{c_1' + g_1'} & (2) \\ \frac{dB}{dt} &= p_1 \frac{C}{c_1' + g_1'} - m_1c_1 & (3) \\ \frac{dC_p}{dt} &= p_1D(1 - c_p) - m_1c_pL & (4) \\ \frac{dC_{1a}}{dt} &= L - q_1c_p + \frac{B}{g_1 + c_{1a}} (n_1 + n_1 \frac{C}{g_1' + c_1'}) - m_1c_{1a}^2 & (5) \\ \frac{dC_{1b}}{dt} &= p_1c_{1a}c_{1b} - m_1c_{1a}c_{1b} - p_1c_{1a} + p_1c_{1b} & (23) \\ \frac{dC_{1c}}{dt} &= p_1c_{1a}c_{1c} - m_1c_{1a}c_{1c} - m_1c_{1c}(1 + p_{1c}L \frac{C}{g_1' + c_{1c}}) & (24) \\ \frac{dC_{1d}}{dt} &= p_{1d} - p_{1d}Lc_{1d} + p_{1d}c_{1d}D - m_1c_{1d} & (25) \\ \frac{dC_{1e}}{dt} &= p_{1e}Lc_{1e} - p_{1e}c_{1e}D - m_1c_{1e} & (26) \\ \frac{dC_{1f}}{dt} &= Lq_1c_p + n_1 \frac{B}{g_1 + c_{1a}} \frac{C}{g_1' + c_1'} - m_1c_{1f}^2 & (27) \\ \frac{dC_{1g}}{dt} &= p_{1g} - p_{1g}Lc_{1g} + p_{1g}c_{1g}D - m_1c_{1g} - p_{1g}c_{1g}c_{1e} - p_{1g}c_{1g} & (28) \\ c_{1a} &= p_{1a}c_{1a} + p_{1a}c_{1a}(1 + p_{1a}L) & (16) \\ c_{1b} &= p_{1b}c_{1b} + p_{1b}c_{1b}(1 + p_{1b}L) & (17) \\ c_{1c} &= p_{1c}c_{1c} + p_{1c}c_{1c}(1 + p_{1c}L) & (18) \\ c_{1d} &= p_{1d}c_{1d} + p_{1d}c_{1d}(1 + p_{1d}L) & (19) \\ c_{1e} &= p_{1e}c_{1e} + p_{1e}c_{1e}(1 + p_{1e}L) & (20) \\ c_{1f} &= p_{1f}c_{1f} + p_{1f}c_{1f}(1 + p_{1f}L) & (21) \\ c_{1g} &= p_{1g}c_{1g} + p_{1g}c_{1g}(1 + p_{1g}L) & (22) \end{aligned}$$

28の(非線形)微分方程式

運動、水流について

水流も加工すればアメーバ並みに生き物っぽくなる

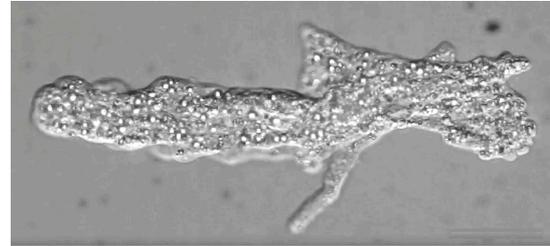
アメーバのスナップショット：細胞運動に伴う変形



琵琶湖博物館HPより



NPO法人たんぼ
HPより



市川研

TOTO

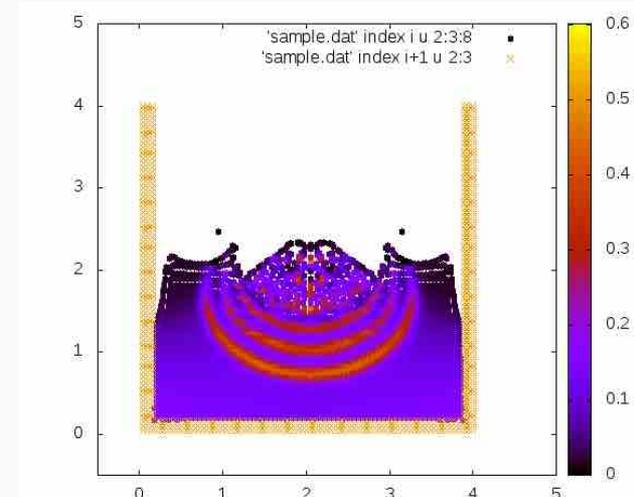
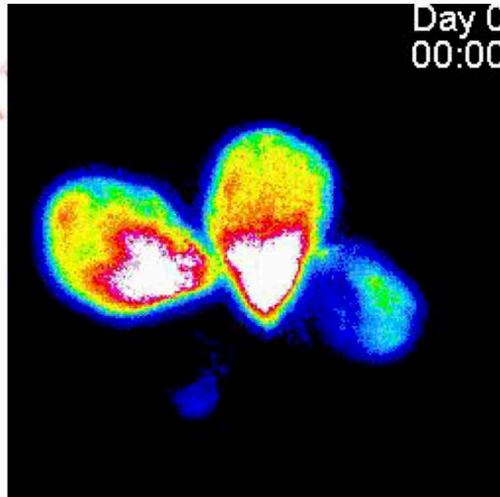
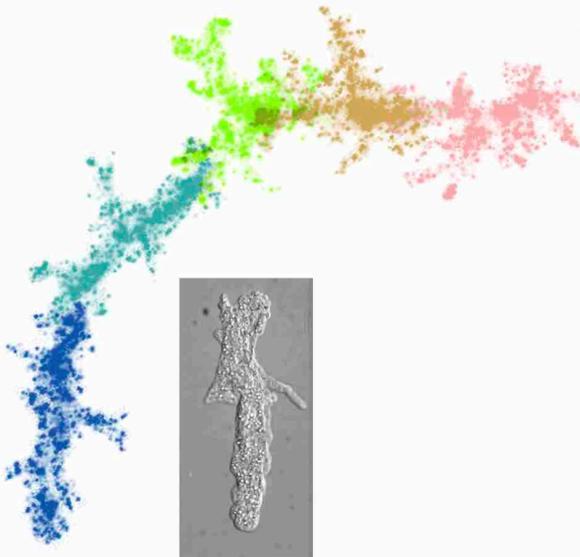


「バルーン状大気泡を用いた間欠吐水技術」による水玉吐水(おしり洗浄)

TOTO HPより

掘り進める内容

- 概日振動、外力、振動の空間伝播（小山）
- 細胞運動、3次元的运动（市川）
- 水流、音、乱流（藤、松本）
- 生物学的の研究手法、シミュレーション等



実施計画

- 教員／講師によるテーマ／問題点の紹介
 - 参加学生による議論／問題解決
 - 生物学系研究施設見学
 - その他、自主的勉強会、成果まとめなど
-
- 月に2回程度
 - 月曜日の夕方に実施予定