

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

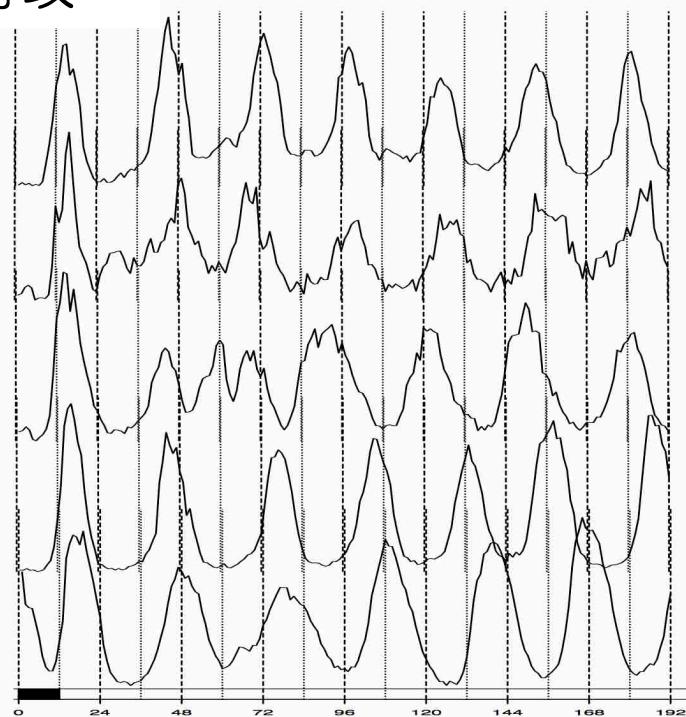
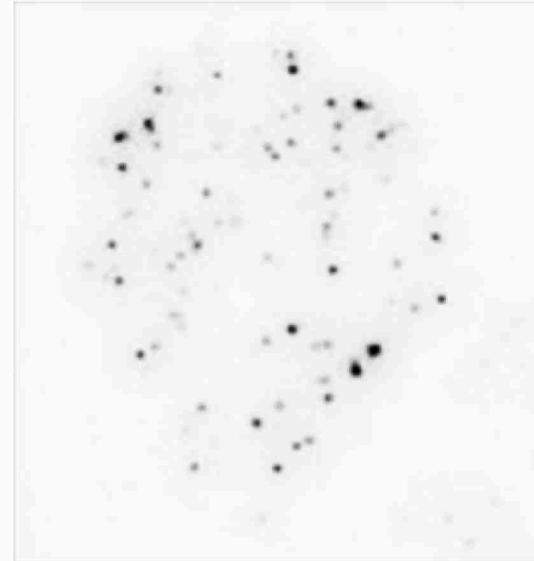
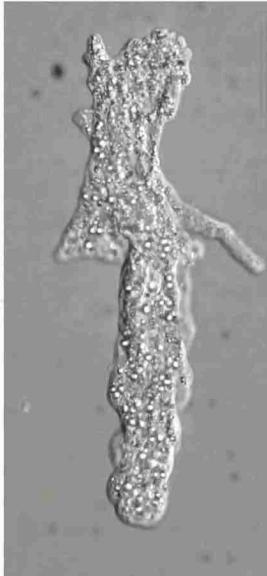
准教授 物理学・宇宙物理学専攻

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

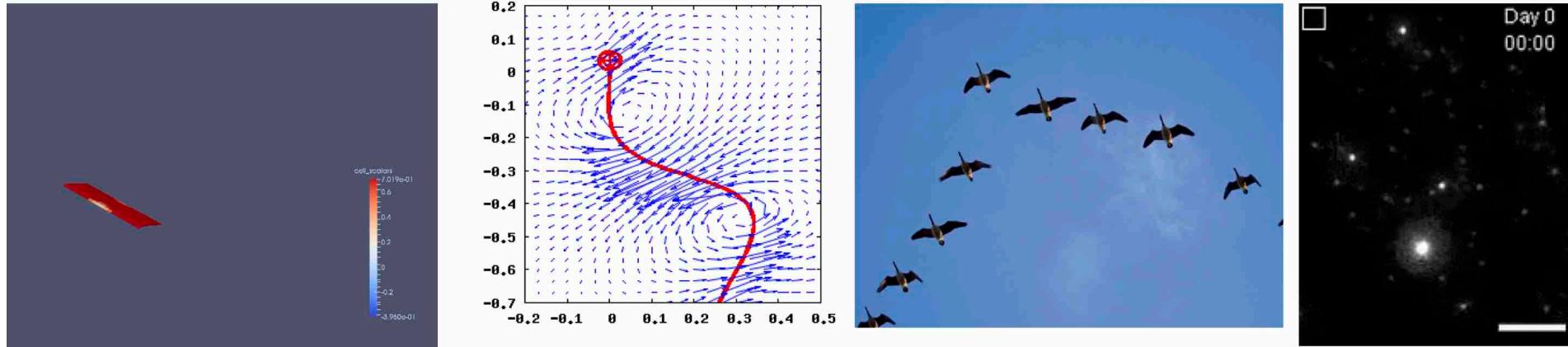
生命現象に潜む階層を横断する 数理原理の探求

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

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

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

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

$$\frac{dc_p}{dt} = p_7 D \cdot (1 - c_p) - m_{11} c_p L \quad (4)$$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

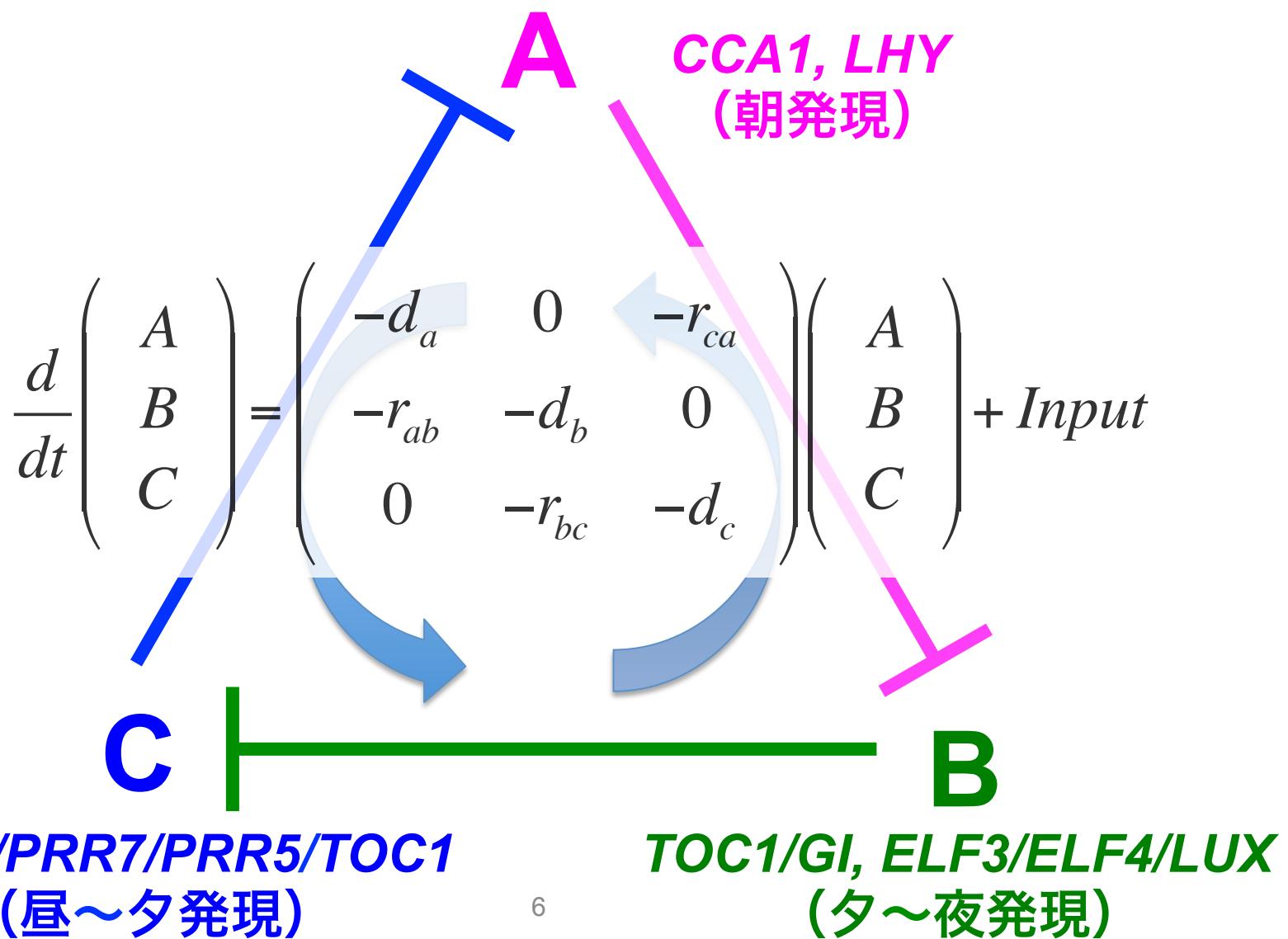
$$\frac{dc_{LUX}}{dt} = p_{27} c_{LUX}^m - m_{39} c_{LUX} - p_{26} c_{LUX} c_{E34} \quad (19)$$

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

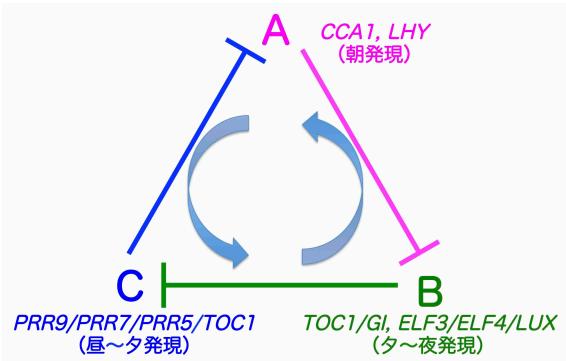
$$\frac{dc_{COP1n}}{dt} = p_6 c_{COP1c} - n_6 L \cdot c_p \cdot c_{COP1n} - n_{14} c_{COP1n} - m_{27} c_{COP1n} (1 + p_{15} L) \quad (21)$$

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

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

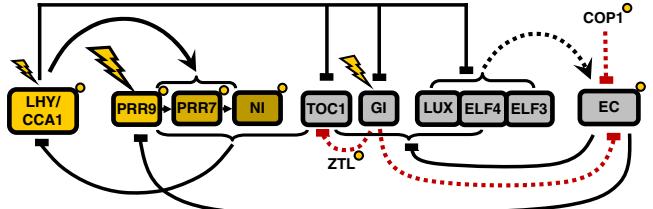


同じ概日時計発振機構を表したいのに、 使える？将来的に分かり合える？



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

3 × 3 行列で示される
線形微分方程式



$$\frac{dc_A}{dt} = q_1 L c_B + R_1 \frac{c_A''}{c_A'' + c_{PA} + c_{PB} + c_{PC}} - (m_1 L + m_1 D) \cdot c_A'' \quad (1)$$

$$\frac{dc_B}{dt} = (p_1 + p_1 L) \cdot c_A'' - m_1 c_A - p_1 \frac{c_A''}{c_A'' + g_1} \quad (2)$$

$$\frac{dc_{PA}}{dt} = p_1 \frac{c_A''}{c_A'' + g_1} - m_1 c_{PA} \quad (3)$$

$$\frac{dc_{PB}}{dt} = p_1 D \cdot (1 - c_P) - m_1 c_P L \quad (4)$$

$$\frac{dc_{PC}}{dt} = L \cdot q_1 + \frac{R_1}{g_1 + c_{PC}} (n_1 + n_1 \cdot \frac{c_A''}{g_1'' + c_{PC}}) - m_1 c_{PC} \quad (5)$$

$$\frac{dc_{PA}}{dt} = p_1 c_{PA} \cdot c_{PB} - m_1 c_{PA} \quad (6)$$

$$\frac{dc_{PB}}{dt} = n_1 \frac{c_{PA}''}{c_{PA}'' + c_{PB}''} + n_1 \frac{c_{PB}''}{c_{PA}'' + c_{PB}''} - m_1 c_{PB} \quad (7)$$

$$\frac{dc_{PC}}{dt} = p_1 c_{PC} \cdot (m_1 + m_2 D) \cdot c_{PA} \quad (8)$$

$$\frac{dc_{PA}'}{dt} = n_1 \frac{c_{PA}''}{c_{PA}'' + c_{PB}''} + n_1 \frac{c_{PB}''}{c_{PA}'' + c_{PB}''} - m_1 c_{PA}' \quad (9)$$

$$\frac{dc_{PB}'}{dt} = p_1 c_{PB}' \cdot (m_1 + m_2 D) \cdot c_{PA} \quad (10)$$

$$\frac{dc_{PC}'}{dt} = \frac{c_{PA}''}{c_{PA}'' + c_{PC}''} - \frac{c_{PC}''}{c_{PA}'' + c_{PC}''} - m_1 c_{PC}' \quad (11)$$

$$\frac{dc_{PA}''}{dt} = n_1 \frac{c_{PA}''}{c_{PA}'' + c_{PB}''} - \frac{c_{PB}''}{c_{PA}'' + c_{PB}''} - m_1 c_{PA}'' \quad (12)$$

$$\frac{dc_{PB}''}{dt} = n_1 \frac{c_{PA}''}{c_{PA}'' + c_{PB}''} - \frac{c_{PA}''}{c_{PA}'' + c_{PB}''} - m_1 c_{PB}'' \quad (13)$$

$$\frac{dc_{PC}''}{dt} = p_1 c_{PB}'' \cdot n_1 - p_1 c_{PA}'' \cdot n_1 + p_1 c_{PC}'' \cdot n_1 + p_1 c_{PA}'' \quad (14)$$

$$\frac{dc_{PA}'''}{dt} = n_1 \frac{c_{PA}''}{c_{PA}'' + c_{PB}''} - m_1 c_{PA}''' \quad (15)$$

$$\frac{dc_{PB}'''}{dt} = n_1 \frac{c_{PA}''}{c_{PA}'' + c_{PB}''} - m_1 c_{PB}''' \quad (16)$$

$$\frac{dc_{PC}'''}{dt} = p_1 c_{PA}''' \cdot n_1 - p_1 c_{PB}''' \cdot n_1 - p_1 c_{PC}''' \cdot n_1 - p_1 c_{PA}''' + p_1 c_{PB}''' \quad (17)$$

$$\frac{dc_{PA}'''}{dt} = n_1 \frac{c_{PA}''}{c_{PA}'' + c_{PB}''} - \frac{c_{PB}''}{c_{PA}'' + c_{PB}''} - m_1 c_{PA}''' \quad (18)$$

$$\frac{dc_{PB}'''}{dt} = p_1 c_{PA}''' \cdot n_1 - p_1 c_{PB}''' \cdot n_1 - p_1 c_{PC}''' \cdot n_1 + p_1 c_{PA}''' \quad (19)$$

$$\frac{dc_{PC}'''}{dt} = n_1 \frac{c_{PA}''}{c_{PA}'' + c_{PB}''} - m_1 c_{PC}''' \quad (20)$$

$$\frac{dc_{PA}''''}{dt} = p_1 c_{PC}''' \cdot n_1 - n_1 L \cdot c_{PA}''' - m_1 c_{PA}''' \quad (21)$$

$$\frac{dc_{PB}''''}{dt} = n_1 L \cdot c_{PA}''' - m_1 (1 + m_1 D) \cdot c_{PA}''' \quad (22)$$

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

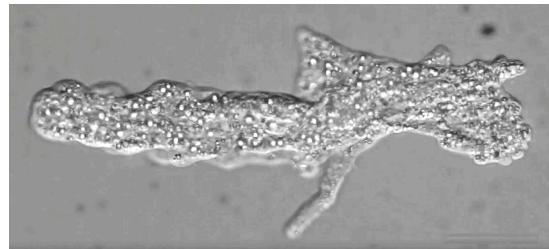
アメーバのスナップショット：細胞運動に伴う変形



琵琶湖博物館HPより



NPO法人田んぼ
HPより



市川研

TOTO



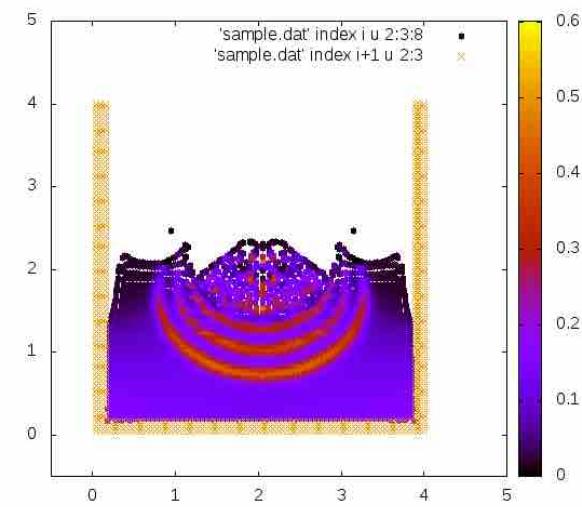
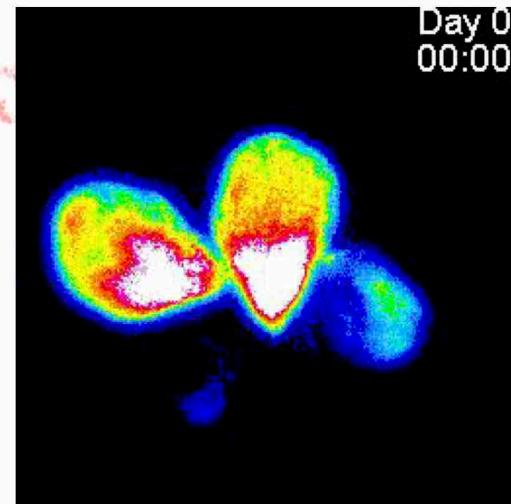
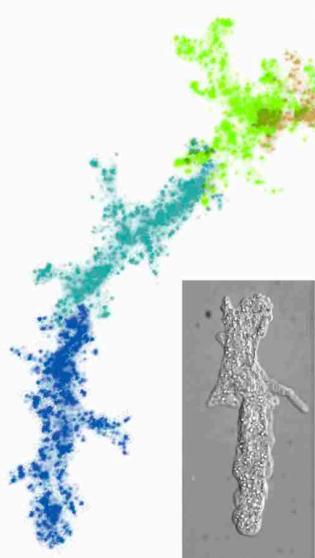
「バルーン状大気泡を用いた間欠吐水技術」による水玉吐水(おしり洗浄)

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次元的運動（市川）
- 水流、音、乱流（藤、松本）
- 生物学的研究手法、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