

数理生物学 生物多様性の統計力学による解析

時田 恵
TOKITA, Kei

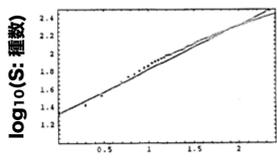
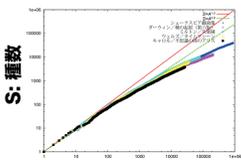
単語使用頻度のZipf則と瀬戸内の干潟のベキ則
面積と種数のべき関係

$$S = CA^Z$$

瀬戸内の干潟における種数面積関係 瀬戸内の干潟における種数面積関係

$$Z \sim 1.0$$

$$Z \sim 0.5$$



A: 総単語数-面積

log10(A): 面積

中立的な種分化と強磁性系の統計力学

ロトカボルテラ方程式を用いた力学的構造の局所安定性

実際の生態系を仮定した中立的な種分化過程による生態系の収束

高い対称性を持つレプリケーター方程式の統計力学的解析

$$\frac{dx_i}{dt} = \sum_{j=1}^N a_{ij} x_j - \sum_{j=1}^N \sum_{k=1}^N a_{jk} x_j x_k \quad (i = 1, 2, \dots, N)$$

$$\sum_{i=1}^N x_i = 1$$

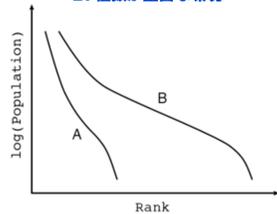
共生以外の相互作用関係を含む多様な関係を含む生態系の導出

Ecological Informatics 1 (2006) 315-324
Physical Review Letters 93 (2004) 178102
京都大学数理解析研究所講義録 No.1499 (2006) 1-6
京都大学数理解析研究所講義録 No.1432 (2005) 116-120

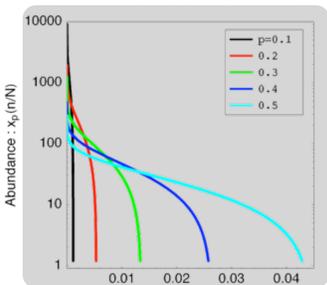
個体数順位-log(個体数)

実際の生態系における分布

- A: 種数が少ない環境
- B: 種数が豊富な環境



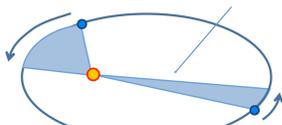
解析によって求められた分布



本研究成果の報道
2013年2月1日: 日刊工業新聞「公転運動量異なる2電子・重ね合わせて干渉」
2013年2月8日: 中日新聞「電子の性質・新発見」
本研究の内容は齋藤晃・田中信夫・長谷川裕也(名古屋大学エコトピア科学研究所),
内田正哉(埼玉工業大学先端科学研究所)との共同研究に基づいています。
Journal of the Physical Society of Japan 82 (2013) 033002.

角運動量は、回転運動の「勢い」を表す量

惑星の公転運動の面積速度=角運動量に比例



量子力学では、電子は粒子であり、波動でもある。

角運動量を持つ電子は、らせん波となって進む



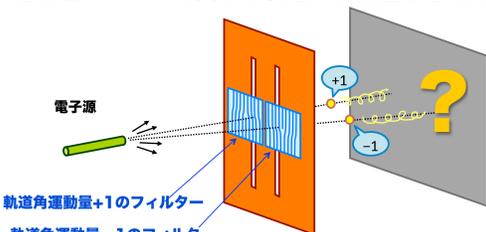
量子論基礎

らせん電子波の干渉実験と数理解析

谷村 省吾

TANIMURA, Shogo

道筋ごとに電子に異なる軌道角運動量を与える。



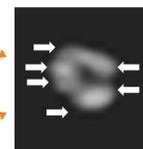
干渉縞はできるか? or できないか?

実験結果

軌道角運動量 +1, -1 のフィルタを通して電子ビームを当てる



らせん電子波を重ね合わせる。



干渉縞(明暗の縞)が観察された。



シミュレーション結果

自然/社会 多様な現象

協調現象の数理

学習デザインと知の創発

中村 泰之

NAKAMURA, Yasuyuki

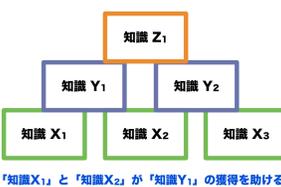
日本教育工学会第28回全国大会講演論文集(2012) 727-728.

協調学習(collaborative learning)

協調学習とは、学生同士及び教師との学習に関するコミュニケーションを利用した知識獲得手法

統計力学からの知識獲得の過程の解明

「知の創発」を表現するため階層構造を持つ知識を設定し、スピングラスの手法を用いて定式化した



$$C_{Z_{m+1}}^{S_m}(t) = \sum_{j=1}^N \frac{I_{ij}(t)}{2} [1 - A_i(t)] [S_{Z_m, j}(t) - S_{Z_{m+1}, j}(t)] [S_{Y_m, j}(t) + S_{Y_{m+1}, j}(t)]$$

$$C_{Y_{m+1}}^{S_m}(t) = \sum_{j=1}^N \frac{I_{ij}(t)}{2} [1 - A_i(t)] [S_{Y_m, j}(t) - S_{Y_{m+1}, j}(t)] [S_{X_m, j}(t) + S_{X_{m+1}, j}(t)]$$

$$C_{X_{m+1}}^{S_m}(t) = \sum_{j=1}^N I_{ij}(t) [1 - A_i(t)] [S_{X_m, j}(t) - S_{X_{m+1}, j}(t)]$$

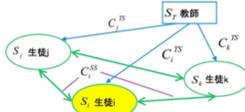
$$C_{X_{m+1}}^{S_m, SS}(t) = \sum_{j=1}^N I_{ij}(t) [1 - A_i(t)] [S_{X_m, j}(t) - S_{X_{m+1}, j}(t)]$$

$C_{X_{m+1}}^{S_m, SS}$: 相互作用している生徒が生徒の知識 X_m に与える知的インパクト

学習進度に応じて学生間の影響も変化することを考慮した

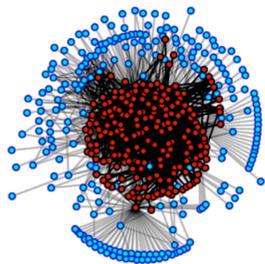
影響力: $I_{ij}(t) = I_{ij}^0 |S_j(t) - S_i(t)|$

自信度: $A_i(t) = A_i^0 |S_i(t)|$



S_j : 教師の知識レベル ($S_j=1$)
 $S_i(t)$: t期における生徒の知識レベル
- $S_i=1$: 完全な知識を持った状態
- $S_i=0$: 全く知識のない状態

F-LECCSのコミュニケーションの可視化
提供: 山川氏(福井県立大学), 多川氏(九州大学)

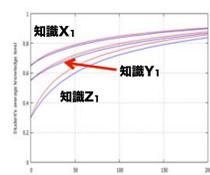
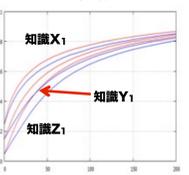


数値シミュレーションの結果

初期に与える知識の分布ごとに、上位層と下位層を定義した

下位層

上位層



非対称相互作用系の数理

交通流と動的クラスタ形成の数理解析

杉山 雄規

SUGIYAMA, Yuki

非平衡散逸粒子系の動的相転移現象 ~ 自然渋滞

$$\text{OV模型} \quad \frac{d^2 x_n}{dt^2} = a \left[V(\Delta x_n) - \frac{dx_n}{dt} \right]$$



数値シミュレーションと検証実験の比較

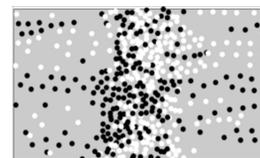


New Journal of Physics, 10 (2008) 033001

New Journal of Physics Best of 2008

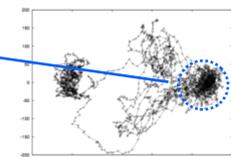
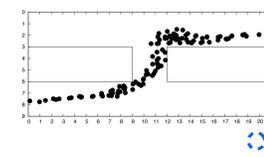
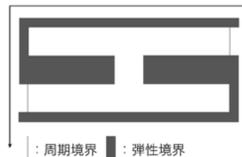
2次元のOV模型

-> 歩行者流や生物集団の解析



非対称散逸多体系における動的クラスタ形成の定量化

距離を定めクラスタを多次元尺度法で可視化した図



多自由度システム情報論講座 Many-Body Systems Group

<http://www.phys.cs.is.nagoya-u.ac.jp>

本講座では、物理学で培われてきた古典力学・統計力学・量子力学の概念・方法と、情報科学の視点・手法を基軸とし、要素還元と全体像統合の両方の思考方法を駆使し、量子・生体分子・生物・人間などの多様な要素の相互作用から生み出される多様な現象の原理を探求する。