

宿題一覧

メインシンポジウム

佐藤 文隆先生「宇宙の誕生と進化」

- 1) 中性子は不安定な素粒子なのに原子核や中性子星の中で安定なのはなぜか？
- 2) 等温、等密度の最大エントロピーの宇宙初期から構造が発生するのは何故か？
- 3) 人間原理を逆問題の視点で見ると何がわかるか？
- 4) エネルギーは保存するが散逸する。情報も散逸するが保存するものはあるのか？

松野 孝一郎先生「温度勾配に便乗する-物理から生物へ-」

海底熱水口近傍での温度勾配を活用したクエン酸回路の運転では、高温部を 100–200 度 C、低温部を 0 度 C に設定した状況を想定した。ところが、生物が出現し、ATP を活用し出すと状況は一変する。ATP の分解が行われるのは地表近傍であり、そこでの平均温度は凡そ 15 度 C である。生物は地表温度を高温部に設定する。この生物が温度勾配を活用しているとするならば、低温部を担うのは何者で、その温度はいかほどか？（あるいは、問題そのものが間違っているのか？間違っているとするならば、熱力学第一、第二法則と、どう折り合いをつければよいか？）

分科会

秋吉 一成先生「生体システムに学ぶものづくり」

1. どのような機能が再現されると真に人工細胞といえるのでしょうか？
2. 人工的に作って見たい生体システムとその実現の可能性、応用性について考えてみてください？

小松崎 民樹先生「1 分子時系列情報から解読される生体分子系の状態空間構造」

問題 1 情報量 $I(p)$ が上記の 3 つの条件から導出されることを示しなさい。

問題 2 Shannon エントロピー $H[\mathbf{p}]$ はすべての p_i が $1/n$ である場合、 (\mathbf{p}) に関して) 最大値を取ること、 $H[\mathbf{p}]$ は非負の値をとる ($H[\mathbf{p}] \geq 0$) ことを示しなさい。

問題 3 結合エントロピーと条件つきエントロピーのあいだに

$$H(\mathbf{X}, \mathbf{Y}) = H(\mathbf{X}) + H(\mathbf{X}|\mathbf{Y}) = H(\mathbf{Y}) + H(\mathbf{Y}|\mathbf{X})$$

$$H(\mathbf{X}_1, \mathbf{X}_2, \dots, \mathbf{X}_n) = H(\mathbf{X}_1) + H(\mathbf{X}_2|\mathbf{X}_1) + H(\mathbf{X}_3|\mathbf{X}_1, \mathbf{X}_2) + \dots, H(\mathbf{X}_n|\mathbf{X}_1, \mathbf{X}_2, \dots, \mathbf{X}_{n-1})$$

が成り立つことを示しなさい。ただし、 $H(\mathbf{X}) = -\sum_{x \in \mathbf{X}} p(x) \log_2 p(x)$ である。

問題 4 これらの 3 つの例において、シンボル列の長さを 2、3 個にしたときの・マシーンを論じ、すべての例において Topological Complexity および Statistical Complexity が不変であることを確認しなさい。

問題5 変性状態と天然状態のあいだを2状態転移する時系列を想定し、自己相関関数から評価される特徴的な(“記憶”)時間スケールが τ であるものとする。時間きざみ $t \gg \tau$ で、記録された時系列が作り出す τ ・マシンがどのようなネットワークになるかを論じなさい。また、時間きざみ $t \sim \tau$ では、 τ ・マシンがどう変わるかを予想しなさい。

問題6 実際の1分子時系列データは有限の長さを持っている。例1のコイン投げを例にして、 τ ・マシンにおける時系列長の有限性を論じなさい。

赤坂 一之先生「タンパク質のやわらかさ・高圧 NMR」

☆文献 (Li & Akasaka, BBA, 2006) の Figures をもとに質問します。

1. Figure 2 は 1-2000 atm (=200 MPa)の間で 500 atm ごとの $^1\text{H}/^{15}\text{N}$ 二次元スペクトル(HSQC)を重ね書きしたものである。
 - (1) スペクトルの位置が圧力とともに変化している。因みに、変化は圧力に対して可逆的である。これから何がいえるか?
 - (2) 各々の信号強度位置は圧力とともに変わるが、信号強度は圧力を変えても変わらない。これから何がいえるか?
2. Figure 3 は、1気圧と2000気圧の構造の差を Ca 原子間の distance map で示す。赤は核間距離が短縮した部位を示すが、青は逆に距離が増加した部分を示している。圧力をかけたのにどうして距離が増加した部分ができるのか?
3. Figure 7 はフォールドしたニワトリリゾチーム(上)とウレア添加でほぼ完全に変性したニワトリリゾチーム(下)に対して、2000 atm かけたときの ^1H 及び ^{15}N NMR 信号の位置の変化量(圧力による化学シフト変化量)を、個々のアミド残基について示している。
 - (1) すべてのシフトは大体一方向に起こっている。こればなぜだろうか?
 - (2) フォールド型(上の2図)とウレア変性型(下の2図)とでは、変化の仕方が明らかに違っている。この違いの意味を考察せよ。
4. Figure 8 で、圧力に対してシフトが非直線的に変化しているものが多い。非直線的なシフト変化は何に起因すると思うか?(Figure 9 を参考にせよ。)
5. Figure 10, 11 では、一つの蛋白質に複数の構造を示している。これは教科書に書いてある「蛋白質は一つの構造(native 構造)にフォールドする」ということと矛盾する。君はどちらを信用するか?

笹井 理生先生「遺伝子スイッチとそのネットワーク」

0. 式(1)から式(2)を導け。(式1を $x \gg 1$ の条件で展開してフォッカープランク方程式を導き、このフォッカープランク方程式に同等なランジュバン方程式を考えればよい)
1. 遺伝子スイッチのネットワークを使って、AND 回路、OR 回路、NOT 回路を考えてみよ。さらに、それらを組み合わせて有用な機能を持つ回路が作れないだろうか？
2. 遺伝子の温度の概念を用いて、どのような理論的分析が可能か？想像してみよう。
3. 遺伝子スイッチの性質を考えるために、斬新なアイデアで新しい実験を提案してみよう。
4. 安定で大きいベイスンを持つアトラクターをつくるには、遺伝子ネットワークをどのように設計すればよいか？想像してみよう。

川岸 郁朗先生「バクテリアにも鼻がある？～走化性シグナル伝達機構を探る～」

1. モデル生物としての大腸菌には、どのような利点・欠点があるだろうか？
2. 自分が、ある生物の走化性をプログラミングするとしたら、どのようになるだろうか？
3. 細菌の「形」はどのようにして決まっているのだろうか？
4. 細胞内での「システム」の挙動はどのようにしたら調べられるのだろうか？
5. 生物は、様々な素子からなるシステムがさらに集まって出来た超システムである。このどこに「生物らしさ」が潜んでいるのだろうか？

☆教科書(例えば「細胞の分子生物学」)には、(真核生物のホルモン)受容体は、「**ligand-induced dimerization**」によって活性化され、細胞内にシグナルを伝えると書いてあります。ざっとでよいから読んできて下さい。蛋白質の膜透過や細胞骨格についても教科書で(基礎の基礎だけでよいので)勉強しておいてもらえるとわかりやすくなると思います。

木賀 大介先生「生命は人工合成できるか」

1. 生命システムを「つくる」ことの科学的意義は何かを考えてください
2. 外部環境に栄養が十分存在する状態で自己増殖する細胞を作るためには、どのような機能を持つ遺伝子が必要か。想定した外部の栄養物質と、遺伝子を列挙してください。
3. 細胞が人工合成できるとして、どのような問題点が存在するか。3つ以上の観点から考察してください。

須藤 正道先生「宇宙医学とは何？」

1. 人間が生きていくために必要な環境には何が必要ですか。
2. 無重力環境に人間が適用したら、どのような宇宙人になるのでしょうか。
3. 無重力環境では、ふわふわ浮かぶことができます。体重計にのっても体重を量ることができません。ではどのようにしたら無重力の宇宙で体重を量ることができるのでしょうか。
4. 地球上で無重力環境を作り出す方法を考えてください。(現在の技術では無理なことでも結構です。)
5. 無重力状態の宇宙で筋肉トレーニングをしたいと思います。当然、重たいダンベルでも簡単に持ち上げることができトレーニングになりません。どのようにしたらよいでしょう。

徳永 万喜洋先生「一分子イメージングと定量解析-分子からシステムへ-

(正解でなくてもよいので、自分で考えられたい。全問でなく自分の興味のあるもののみで可。)

1. 全反射ではエバネッセント光が生じる。これを直感的に説明せよ。
2. 臨界角での全反射では、境界面で光の強度が4倍になる。これを直感的に説明せよ。
3. 次のいずれかを、nm, ag, ns, e(素電荷)で表してみよ。
 - (1) 1 kT (k ボルツマン定数、T は絶対温度)
 - (2) 1 気圧
 - (3) 1nm はなれている1価のイオンどうしに働く静電気力、真空中と水
 - (4) 膜電位差が40mVの時、膜内の1価の電荷に働く力
 - (5) 水の熱伝導率
 - (6) 理科年表記載の任意の定数
4. ATPはモーターのエネルギー、GTPはシグナル伝達に使われている。生物は何故このように使い分けているか。(この正解は誰も知らない)
5. 酵素反応やモーター分子のイベントはmsからsの領域で起こる。分子のサイズnmレベルのゆらぎはnsで起こるなど、分子レベルの時間単位はnsである。この時間オーダーの乖離をどう考えるか。(これも誰も正解を知らない)

石浦 章一先生「タンパク質の分解異常とそれに関わる疾患」
アルツハイマー病とパーキンソン病について調べてくる

曾我 康一先生「植物の抗重力反応」

今回の講演では植物の抗重力反応について概説します。恐らく多くの方は抗重力反応という言葉は初めて耳にするのではないのでしょうか。抗重力反応というのは、生物が重力の力に抵抗し、対抗できる体を構築する反応のことです。まず、このような反応を解析するにはどのような実験系が適しているかを考えてみてください。

植物の抗重力反応は、約5億年前に植物が水中から陸上に進出したときから、水中と陸上の環境の変化(重力環境)に適応するために発達してきたと考えられています。水中と陸上では、重力以外にも様々な環境の違いがあるはずです。植物が陸上環境で生きていくためには、何を克服しないとイケなかったのでしょうか。また、植物はどのようにして、それらを克服したのかを考えてみてください。