
会場 E

領域 11, 12, 13

E-2 アメリカ型及び日本型極端格差社会の自己組織化

科学教育総研^A, 東京電機大理工^B 小田垣孝^A, 石福彩華^B

近年多くの経済大国で深刻な格差形成が見られ、中でも米国や日本では極端な格差が社会問題となっている。これまでの所二つの異なった極端な格差社会が知られている。一つは、米国やカナダで見られるごく少数の勝ち組と多くの中間層が出現するプルトノミーである。もう一つは、日本で見られるような、勝ち組と負け組の間で中間層が消滅したギャップ型格差社会である。格差社会の形成に関しては、マクロ経済学の立場から T. ピケッティ [1] が人間の経済活動と関連づけ、資本収益率が賃金の上昇率を超えると格差が継続的に増加すると結論づけた。一方、格差は社会性動物や昆虫でも見られ、物理学の立場からは統一的なモデルによる格差形成の理解が求められる。ここでは、Bonabeau モデル [2] を援用し、勇敢で好戦的な個体 [3] と臆病で平和的な個体 [4] が共存する社会を考える。正方格子上をランダムウォークする個体が出会ったときに戦い、勝者(勝つ確率は両者の富の差で決まる)は相手から単位の富を奪う。人口密度及び平和的個体の割合 x の空間において、MC シミュレーションにより自己組織化される社会構造を決定する。300 万 MC ステップ後の社会構造を、各個体の勝率の揺らぎおよび富の分布の変化から判定し、平等社会及び通常の格差社会に加えて、人口密度の高いときに、 x の値が小さい領域ではプルトノミー、中間領域ではギャップ型、 x の大きな領域では段丘型極端格差が自己組織化されることを示した。これらの極端格差は、強者に挑み続ける個体と弱者とのみ戦おうとする個体が共存することによって生じることを示した。[1] T. ピケッティ, 「21 世紀の資本」(山形, 守, 森本訳, みすず書房, 2014). [2] E. Bonabeau et al, Physica A 217, 373 (1995). [3] T. Odagaki and M. Tsujiguchi, Physica A 367C, 435(2006). [4] M. Tsujiguchi and T. Odagaki, Physica A 375, 317 (2007).

E-3 AC トラップ中の少数帯電微粒子群の平衡配置と揺らぎの統計的性質

福岡県立大学人間社会学部^A, 鹿児島大学理学部^B, 名古屋大学工学研究科^C 石崎龍二^A, 秦浩起^B, 庄司多津男^C

帯電微粒子 1 個を交流電場によって閉じ込めると、電場の強さや周波数といったコントロールパラメータの変化により、静止、周期運動、不規則運動などが観測される。散逸項を加え、AC トラップ中の帯電微粒子のポテンシャルに非線形性を考慮した非線形 Mathieu 方程式では、固定点、安定周期運動からカオスへ分岐現象が観測される [1]。

交流電場によって閉じ込められた粒子が 2 個以上になると、粒子間にクーロン力が働くため、AC トラップによる有効ポテンシャルによる中心力とクーロン斥力との釣り合いで、安定な粒子配置やカオスが発生する。2 個の場合、コントロールパラメータの変化により交流電場の周期による強制振動、準周期振動、カオスが発生する。粒子数が 3 個の場合、帯電粒子が三角形の配置を保ちながら、中心から放射状に電場の周期で振動する解があらわれる。この配置は、回転に対して中立安定である。コントロールパラメータを変化させると、安定配置が不安定になり、粒子の間欠的な配置換えが発生する [2]。

本講演では、AC トラップ中の少数帯電微粒子群で発生する平衡配置とカオス的運動の統計的な性質について報告する。

参考文献

- [1] R. Ishizaki, H. Hata, and T. Shoji: J. Phys. Soc. Jpn. 80 (2011) 044001.
[2] R. Ishizaki, H. Hata, T. Shoji, and Y. Furuta: Procedia IUTAM (IUTAM Symposium on 50 Years of Chaos: Applied and Theoretical), Vol.5, (2012) pp.234-239.

E-4 ガラス転移点近傍の異常拡散

九大理^A 酒井雄太^A, 松井淳^A

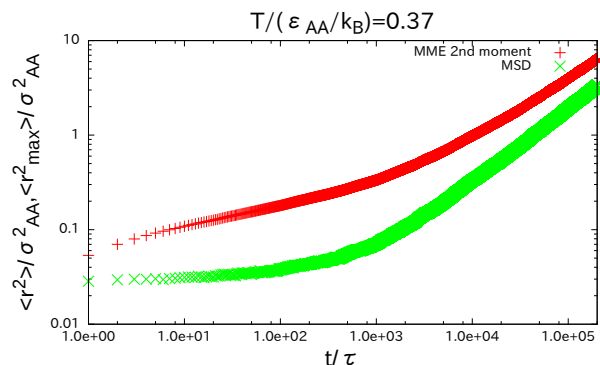
ガラス転移点の近傍の液体では分子運動が異常拡散を示す。この異常拡散を解析する方法として平均二乗変位や初通過時間が用いられる。新しい試みとして、これら 2 つの中間的な量である、平均最大到達距離 (Mean Maximal Excursion) を用いた方法が提案されている。ある時間間隔 t の中で粒子 i が最も遠くまで到達した時の変位は

$$r_{i,max}(t) = \max(|\mathbf{r}_i(t') - \mathbf{r}_i(0)|; 0 \leq t' \leq t) \quad (1)$$

であり、この二次モーメントと MSD の比較から拡散の異常性を Fractional Brownian Motion Continuous Time Random Walk Diffusion on Fractal のいずれかに分類することができる。本研究では 2 成分 Lennard-Jones 系の MD シミュレーションを行い、ガラス転移点近傍での異常拡散に適

用する。

(グラフはガラス転移点近傍での最大到達距離の二次モーメントと平均二乗変位の時間変化。)



E-5 メキシカンハット型ポテンシャル加振系の回転運動

佐賀大医^A, 京大情報^B 富永広貴^A, 宮崎修二^B

メキシカンハット型ポテンシャルに水平方向に周期外力を加えその振幅を徐々に大きくしていくと、ポテンシャル中の粒子は、ポテンシャルの底に沿って回転運動を始める。現実の系との対応を考えて、摩擦として速度に比例する抵抗の項を入れると、この系は散逸力学系となる。ポテンシャルは円周方向に対称な為、その回転運動が右回りになるか左回りになるかは位置座標 θ 、速度 $\dot{\theta}$ 、合計4つの初期条件の与え方によって決まることになる。

しかし、初期値に依存して回転方向が決まるというのは、制御という観点からは好ましくない。外部パラメータで回転運動をコントロールできた方が工学的にも利用価値が高いであろうし、実際、ボルト・ナット加振系や伝承玩具のガリガリトンボなどは、初期値ではなく加振体の当て方で回転方向を制御している。

そこで、次式のように円周に沿ってポテンシャルに cosine 項をごく僅かに加えることで回転対称性を破ってやると、周期外力の加振方向という外部パラメータで回転方向を制御できる事がわかってきた。

$$m \frac{d^2 \mathbf{r}}{dt^2} = -\nabla V(X, Y, t) - \mu \frac{d\mathbf{r}}{dt}$$

$$V(X, Y, t) = V_0(X, Y) + h \cos \Omega t (\mathbf{e} \cdot \mathbf{r})$$

$$V_0(X, Y) = \{1 - (X^2 + Y^2)\}^2 - \frac{a}{2}(X^2 - Y^2)$$

ここで、 m は質点の質量、 μ は摩擦係数、 a は動径方向のポテンシャルの深さに対する円周方向のポテンシャルの凸凹の大きさを表しここでは1/100程度に取る。 Ω, h, \mathbf{e} はそれぞれ振動外力の角振動数、振幅と加振方向の単位ベクトルである。また、加振方向は ϕ で表す。この系で起こるカオス拡散などの運動を論じる。

- [1] H. Tominaga, H. Fujisaka and W. Just, J.Phys.Soc.Jpn, **66**(1997),pp.3406-3410.
- [2] 富永広貴, 宮崎修次, 信学技報 NLP2013-17(2013) pp.43-46, NLP2015-127(2016),pp.7-9.
- [3] 形の科学会誌, 第29巻, 第2号 (2014)pp.175-176.
- [4] 富永, 宮崎, 日本物理学会講演概要集, 第69巻,p.142, 同第70回年次大会概要集,p.3071.

E-6 ヤヌス粒子自己集合体のプラズモン応答

九大院理^A 吉原公貴^A, 岩下靖孝^A, 木村康之^A

金属ナノ構造体中の自由電子は、可視 赤外程度の波長の電磁波に対し共鳴的な応答(局所表面プラズモン共鳴, LSPR)を示す。我々は、誘電体微粒子の半球に金属を蒸着した「金属-誘電体ヤヌス粒子」の自己組織化による金属メソ構造をプラズモン材料に応用することを目的とする。本研究では、モノレイヤーの状態では LSPR 応答を示した Au シリカヤヌス粒子(粒径 $d = 330, 700 \text{ nm}$)を 1-propoxy-2-propanol (PnP) - 水混合溶液に分散させた。この溶液の臨界効果により誘起される粒子間相互作用を用いて、Au パッチ間の引力を温度により制御することができる。これを利用し、両方の粒径においてヤヌス粒子自己集合体の大きさを温度により可逆的に制御することに成功した(図(a)(b))。この時、粒径700nmにおける構造は先行研究と同様であり、大きくなると2重鎖構造を取った(図(a)の模式図)。一方、粒径330nmの粒子は2次元状の構造を形成した(図(b))。これは先行研究とは全く異なる

新規な構造であり、粒子が小さくなることで先行研究のモデルから逸脱したためと考えている。以上の自己集合体の大きさや構造の変化により、LSPR 応答も変化すると予想される。

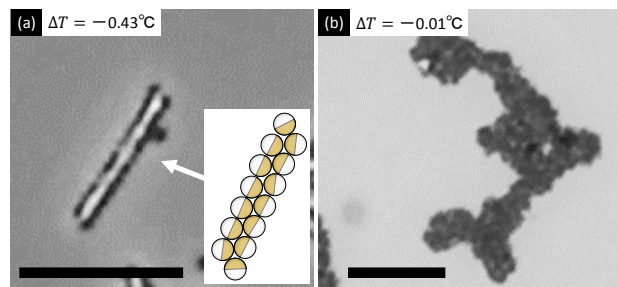


図: ヤヌス粒子自己集合体の光学顕微鏡像。金膜は40 nm。 $\Delta T = T - T_{ps}$ (T_{ps} : 相転移点)。スケールバーは5 μm 。(a) 粒径は700 nm。金パッチ間が凝集し、鎖状の自己集合体を形成。(b) 粒径は330 nm。2次元状の平らな自己集合体を形成。

E-7 多角形粒子を用いた Pickering Emulsion の形成

九大院理^A 小池涼太郎^A, 岩下靖孝^A, 木村康之^A

粒子の液 液界面充填における幾何学的効果が液滴形態に及ぼす影響を解明するために、我々は多角形粒子を用いた Pickering emulsion (PE) の研究を行っている。そこで、ソフトリソグラフィーにより SU-8 からなる疎水性の正三角形粒子 (一辺 $10\mu\text{m}$ 、厚さ $1\mu\text{m}$) を作成した。さらに粒子の片面に金を蒸着し、金面を親水化することにより両親媒性を付与した。この粒子をドデカンおよび少量の水と混合して PE を作成し、液滴形態を調べた。すると、界面上で正三角形の密充填構造が形成され (図 a)、粒子間に隙間が残ってしまう球状粒子による PE よりも高い界面被覆率が実現された。また正四面体状の液滴 (図 b) や正十二面体状の液滴 (図 c) といった、粒子形状由来する幾何学的効果を強く反映した構造も現れた。以上のように両親媒性化した正三角形粒子を用いることで、特徴的な充填構造を持つ PE の形成に成功した。このような幾何学的効果が効く条件を解明することで、粒子形状による界面充填構造や液滴形態の制御につなげていきたい。

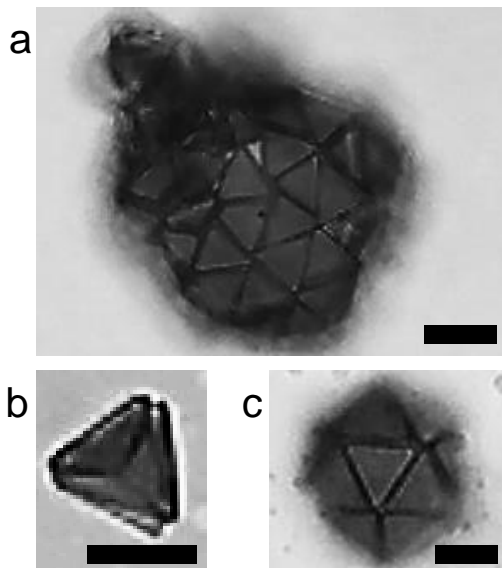


図 PE液滴における充填構造。a:密に被覆されたPE液滴。b:正四面体状PE液滴。c:正十二面体状PE液滴。全て光学顕微鏡像。スケールバーは全て $10\mu\text{m}$ 。

E-8 光駆動コロイド系のリズム運動

九大院理^A 齊藤圭太^A, 木村康之^A

流体中に分散した粒子間には、流体相互作用が働くために、粒子系はしばしば複雑な挙動を示す。この作用は、壁面近くで大きく変化することが知られている。これまで、円環上を一方方向に駆動した複数のコロイド粒子の集団運動について研究を行ってきた。今回は壁面からの距離を変化させながら、コロイドのリズム運動を観察した。

粒径 $3\mu\text{m}$ のシリカ粒子が分散した水溶液を厚さ $6\mu\text{m}$ のセルに閉じこめ、ホログラフィック光ピンセットを用いて粒子に一定の角運動量を与え、実験を行った。

3粒子系で観察された集団運動について紹介する。壁面の影響がない状況では、2粒子がクラスターを作り運動する (右図左)。この時、このクラスターは1粒子よりも角速度が速いため、前の粒子に追いつく。その後、粒子の入れ替えが起こり、前の2粒子がクラスターとなり離れる。壁面の影響がない状況では、上記の過程が繰り返すリズム運動が見られた。薄厚セルの場合には、異なる運動が観察できた。壁面付近で粒子を周回運動させると、右図右のように壁面の影響が出な

い状況と同じように2粒子がクラスターを作り運動する。しかし、この時、1粒子はクラスターよりも角速度が速くなり、2粒子のクラスターに追いつく。その後、クラスターの組み換えが起こり、先頭の1粒子が離れる。粒子を壁面から遠ざけると、運動モードが変わり、3粒子はほぼ等間隔で運動を行った。このような運動は、定性的には、底面による実効的抵抗の増大と流体相互作用の遮蔽効果によるものだと考えられる。

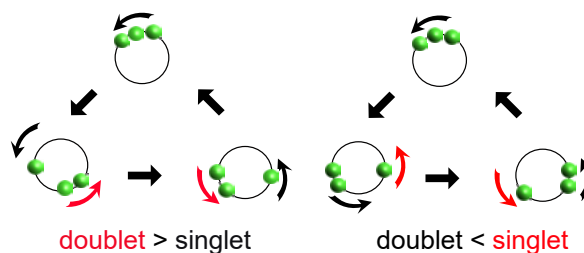


図 厚いセル($85\mu\text{m}$) (左)と薄いセル($6\mu\text{m}$) (右)で観察されるリズム運動

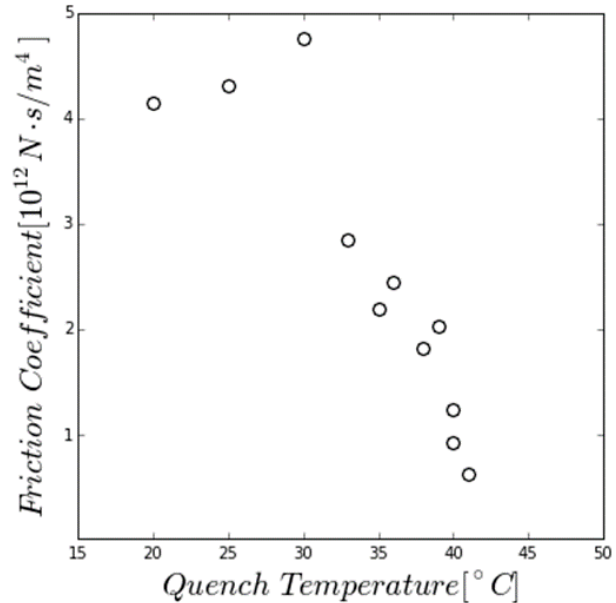
E-9

アガロースゲルの相転移構造と摩擦係数

九大理^A 上瀧守^A, 鴫田昌之^A

ゲルの構造はゲル化のメカニズムに強く依存することが知られている。本研究では、高温でゾル状態にあるアガロース水溶液を、ゾル-ゲル転移点以下の温度に急冷することによって得られるゲルの透過物性を明らかにすることを目的とした。急冷法によってゲルを調製する場合、急冷温度と相境界との距離(クエンチ深さ)によってゲル化の速度が変化する。このとき、スピノーダル分解も同時に進行するため、濃度揺らぎがゲルの高分子網目に凍結される。本研究では、このようにしてゲルの高分子網目中に凍結される密度揺らぎがゲルの摩擦係数に及ぼす影響を、小角レーザー散乱の測定結果をもとに議論する。透過物性測定用のゲルは、内径6ミリのガラス管の先端内部に調製した。このように調製したゲルに、微弱な水圧を印加し、ゲル内を流れる水の流速を測定し、高分子網目と溶媒間の摩擦係数を決定した。得られた結果を下図に示す。ゲルの高分子網目の摩擦係数は急冷温度に強く依存することがわかる。急冷温度が上昇するに伴って摩擦係数は減少し、ある温度で0に漸近することがわかる。講演では、小角レーザー散乱か

ら決定される高分子網目の相関長との関係についても述べる。



E-10

格子ボルツマン法を用いた弾性乱流のシミュレーション

九大理^A 椎葉力哉^A, 中西秀^A, 坂上貴弘^A

2次元高分子溶液のレオロジーの微視的モデルを構築し、コルモゴロフ流をシミュレーションした。高分子溶液のような粘弾性体ではレイノルズ数 Re が小さくとも、ワイゼンベルグ数 Wi が大きい場合には乱流が生じることが知られており「弾性乱流」と呼ばれている。コルモゴロフ流とは、周期的外力 $f=(0, \nu U/L^2 \cos(x/L))$ の下での流れのことであり、ニュートン流体の場合 $Re \geq \sqrt{2}$ で層流が不安定化し乱流が生じる [1]。高分子溶液では $Re \leq \sqrt{2}$ でも Wi/Re が大きい場合は不安定化することが報告されており、これは弾性乱流の例の一つである。我々は高分子溶液のレオロジーをシミュレーションする為に、溶媒の速度場を格子ボルツマン法で、高分子の運動方程式を分子動力学法で計算させ、それらをカップルさせるモデルを構築した。高分子はダンベルモデルを用い、溶液は希薄であるとし異なるダンベル間の相互作用や排除体積効果は考えていない。数値計算の結果 [2] の相関から予測される $Re \geq \sqrt{2}$ での安定化と不安定化を確かめることができた。またその時の空間パワースペクトルのべき指数を求め、ニュートン流体のものと比較した。

参考文献

- [1] L. D. Meshalkin and Y. Sinai, PMM 25 (1961), p. 1140-1143, "Investigation of the stability of a stationary solution of a system of equations for the plane movement of an incompressible viscous liquid"
- [2] G. Boffetta, A. Celani, A. Mazzino, A. Puliafito and M. Vergassola, J. Fluid Mech. 523 (2005), p. 161-170, "The viscoelastic Kolmogorov flow: eddy viscosity and linear stability"

E-11

コロイド粒子の3次元追跡

九大院理^A, 九大理^B 永徳はるか^A, 池田豊和^B, 岩下靖孝^A, 木村康之^A

液体中のコロイド粒子の運動は2次元においてよく研究がなされてきた。この運動を精度よく観察するためには3次元位置を正確に把握することが必要になる。それを可能にする手段として、ホログラフィック顕微鏡を用いたものがある。

粒子にコリメートされたレーザー光を当てると現れる干渉パターンをホログラムと言ひ、ホログラムに記録された情報を数値的に解析することで3次元光場を再構築する方法をRayleigh-Sommerfeld reconstruction (RS法)と呼ぶ。本研究ではRS法を用いて粒子の3次元運動を観察・評価した。例として、図1にはポリスチレン粒子(粒径1.9 μm)の沈降の様子を3次元トラックした結果を、図2にはこの軌跡を求めるために使ったホログラムの例を示す。

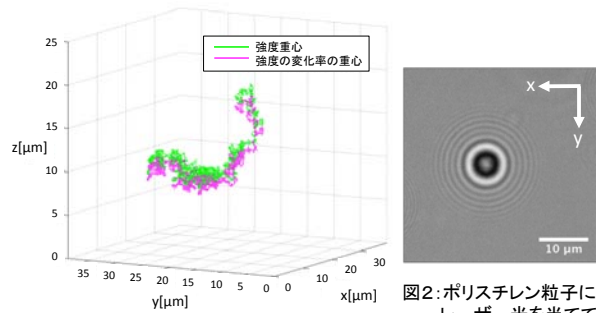


図1: 水中に分散させたポリスチレン粒子の3次元トラッキング

図2: ポリスチレン粒子にレーザー光を当てて得られるホログラム

E-12

コロイド粒子系のダイナミクス

九大理^A, 九大院理^B 池田豊和^A, 永徳はるか^B, 岩下靖孝^B, 木村康之^B

コロイド粒子系のダイナミクスに関する情報を得るためには粒子の3次元追跡を行うことは有用である。2次元の顕微鏡像から深さ方向の情報を得る方法としてホログラフィック顕微鏡がある。この方法は粒子にコリメートしたレーザー光を照射して、散乱光と直接光の干渉縞を測定し、それをもとに3次元位置を推定するものである。

本研究ではRayleigh-Sommerfeld back-propagationによる3次元光場を再構築する方法を用い、ホログラムから複数粒子の3次元追跡を行った。図に80(%w/w)グリセリン水溶液中の直径1.9 μm のポリスチレン球に対する結果を示す。図(a)は再構築した2粒子による散乱光の1フレーム

の3次元像を、図(b)は2粒子の位置の時間変化を示す。

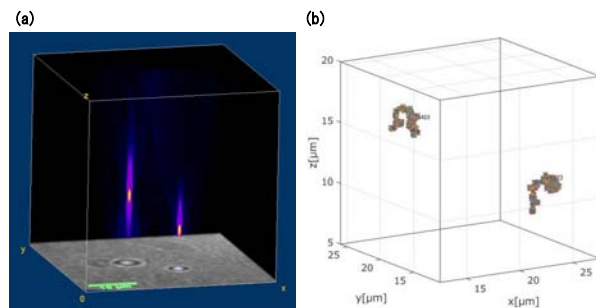


図 (a) 2つのPS粒子によって散乱された光の場の再構築像。底の画像は元画像。スケールバーは10 μm 。(b) 2つのPS粒子の約3分間(30fpsで5423枚分)の軌跡。位置は再構築像の最大強度の70%以上の強度重心としている。

E-13 物理学講義における演習の e-learning 化の試み

久留米工業大学^A 野田常雄^A, 江藤徹二郎^A, 巨海玄道^A, 中村文彦^A

物理学の講義において、演習は学んだ内容を使えるようになるため必要不可欠なものである。演習の実施形態は、演習科目として存在するものや、講義の時間中に含めているものなどがあるが、いずれの場合も講義で学んだことを忘れるより早く復習することが重要である。

従来型の演習では、課題の配布からその課題の解説まで、1週間程度の時間をかけている。これは、解答や採点に要する時間と時間割に依るものであるが、この時間があることで、学生は解答に至った過程を忘れてしまうことが多い。また、「提出すれば終わり」という考えの学生も少なくない。

解答後すぐに正誤がわかれば、誤答の場合は解答過程のどこに誤りがあったのかを考えることができ、正答の場合は解答過程が正しかったと納得できる。これを実現するため、学生へ課す演習課題の e-learning システム開発を行い、実際に演習で試みた。システムのコンセプトは以下のとおりである。

- ・演習課題の配布・解答提出を Web システムで行う
- ・問題は選択問題
- ・解答を送信すると即座に正誤がわかり再挑戦可能となる
- ・学生個人のスマートフォン・タブレット端末をクライアントとして使用する
- ・場所・時間を問わず演習できる(宿題にできる)

この e-learning システムを実際に演習に用いたところ、演習の解答提出率が増加した。また、演習に対する学生の態度に変化がみられた。課題の解答状況を確認することで、課題に手がついていない学生の確認が容易となり、個別のフォローも可能となった。

E-14 久留米工大における新しい物理教育体制の構築

久留米工大基幹教育センター^A, 久留米工大教育創造^B, 久留米工大建築設備^C 巨海玄道^A, 野田常雄^B, 中村文彦^B, 江藤徹二郎^C

これまで発表者は全入大学ないしそれに近い大学(いわゆる F ランクあるいは B F ランクの大学)における新入生の基礎学力や学習に対する基本的な態度の調査を行ってきた [1]。特に理工系の大学において物理と数学の学力調査を科研費の援助を受けて [2] 行ってきた。その成果は国立大学の理工系学部の学生との基礎学力の差は顕著であり、さらに「学ぶことに対する姿勢」は両大学で大きな差があることを明らかにした。このことは F や B F ランク大学ではこれまで行われてきたたとえば国立大学を中心としたいわゆるブランド大学での物理教育はもはや通用しないことを表している。これを改善するためにはこれらの大学において新しい基礎教育体制が構築されることが肝要であることを指摘した [1]。久留米工大(以下本学と略)もこのような大学とほぼ同じランクであるといえる。たとえば分数ができないとか、冪がわからないといった学生が多々見られる。このようなことから平成 28 年 4 月より学長の強いリーダーシップにより「基幹教育センター」を発足させ、新入生(あるいは広く一般の学生)の基礎学力の養成、学習支援などを物理・数学に限って行うこととなった。これまで本学には学習支援センターやラーニングコモンズなどがあったがほとんど機能していなかった。理由は単純で上に上げたように本学の学生は学びに対する前向きな態度がなく、またあったとしてもどのようにすればいいかわからない学生が多かったからであった。ただ実際にセンターを発足させても肝心の担当者たちは初心者ばかりで右往左往することとなったが基礎学力に劣る学生に積極的に質問に来るように促した。その結果 5, 6 月 2 か月間の利用者は延べ 200 人を超えることとなり大変な盛況となった。さらに基礎学力の調査を行ったところ本センターの指導は主に低学力の学生に対して有効であることが判明した [3]。参考文献 [1] 巨海玄道ら、2015 久留米工大研究報告, No.38, pp.33-41. [2] 「大学全入時代の物理学基礎教育の新展開」(研究課題番号: 25350215) 研究成果報告書(平成 28 年 3 月発行) [3] 久留米工業大学基幹教育センターニュース、No. 1 (平成 28 年 7 月)

E-15

福岡工業大学情報システム工学科向け物理実験の新構築

福岡工大情工^A, 九大理^B 丸山勲^A, 久保田陽二^B, 山本貴弘^A

現実とシミュレーション、及びその背後にある数学を、情報系学生にも分かりやすく教えるための物理実験が福岡工業大学情報システム工学科には存在しなかった。そこで OpenCV ver 2.4.9 を用いた動画解析ソフトを開発し [1,2]、斜面を転がる剛体やボルダ振り子などについて、ノート PC (Lenovo B50) と WEB カメラ (ロジクール C920T) を用いた測定を行わせる実験科目を 1 年生向けに新規開講した [3]。この実験と対応させる形で、力学シミュレータ (Algodoo) によるシミュレーションを行う。同時に数式処理ソフト (Mathematica) とプログラミング (C 言語) により、運動方程式を微分方程式として、それぞれ解析的、数値的 (オイラー法) に解かせる。

平成 27 年度に調査対象 1 年生 105 人に対してアンケートを行った。「高校の時に比べて数学・物理学の必要性を感じたか?」という設問に対し肯定的回答数は 8 割以上 (5 件法平均 4.1)、「どのように動画解析をおこなうかについて興味を持てたか?」という設問では肯定的回答数は 7 割以上 (5 件法平均 4.0) であった。ここで肯定的回答とは、「そう思う」

から「そう思わない」までの 5 件法のうち 5 と 4 の回答である。発表では、動画解析ソフトの公開 [4] による学生への効果や現状の課題などを紹介する予定である。

[1] 久富, 桜井, 「動画処理による物理実験教材の開発」, 福岡工大 山本研卒研 (2014 年度) [2] 下川, 湯前, 「動画解析ソフトを用いた物理実験の教材開発」, 福岡工大 丸山研卒研 (2015 年度); 桑元, 松波, 福岡工大 丸山研卒研 (2016 年度) [3] 丸山勲, 山本貴弘, 教育改善予算「物理と情報システムの融合に向けた新しい実験教材の開発 (1412 千円)」 (平成 27 年度) [4] <https://github.com/FitPhysExp/iML>



E-16

粉粒体の動的安息角に関する数値計算

九大理^A 徳田真之介^A, 稲垣紫緒^A

円筒容器の内部に 2 種類の粉粒体を充填し、回転させると粒子が分離してバンドが生成される。このバンドは系のサイズ、形状、比重などを変えることによって様々な動きを見せる。^{*1}バンド生成は動的安息角 (θ_d : 図 2) によって決まるといわれていたが^{*2}, 実験からそうでないことが分かった。^{*3}動的安息角はそもそも何が支配的であるかが分かっていない。そこで我々は離散要素法 (DEM) を用いた数値シミュレーションで動的安息角を決める支配的な物理量を探った。その結果、動摩擦力は動的安息角の大きさには強くよらないことがわかった。発表ではシミュレーションのモデルとともに、結果を報告する。

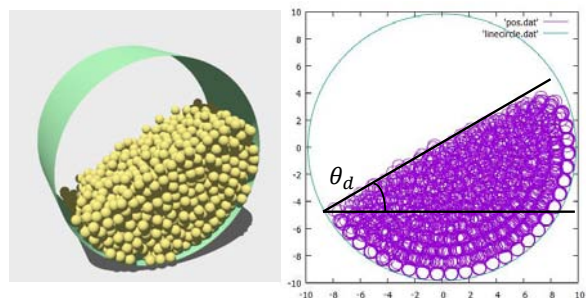


図 1: 回転ドラムのスナップショット

図 2: 動的安息角 θ_d

^{*1} V. Frette and J. Stavans, Avalanchemediated transport in a rotated granular mixture, *Phys. Rev. E*, 56, 6981 (1997)

^{*2} K. M. Hill, A. Caprihan, and J. Kakalios, Bulk segregation in rotated granular material measured by magnetic resonance imaging, *Phys. Rev. Lett.*, 78, 50 (1997)

^{*3} 第 6 回ソフトマター研究会 要旨集, ポスター発表 要旨, PB-09. 北海道. 2016-10-24/26

E-17

回転ドラムにおける粉粒体の分離現象の回転速度依存性

九大院理^A 稲垣紫緒^A, 大石隼道^A

回転ドラムによる粉粒体の分離現象とは、水平に置いた円筒容器にサイズや種類の異なる 2 種類の粒子を混合した状態に入れて容器を回転させると、軸方向に粒子が分離し縞模様を形成するという現象である。容器の半分程度を粒子が占める充填率の時、形成されたバンドは時間の経過で次第に結合していきバンドの数が減少するという現象が起こる [1]。一方、充填率が高い時は大きい粒子のバンドが何度も湧き出すという現象が発生することが知られている [2]。しかし、その仕組みについてはまだまだ不明な点が多い。発表では充填率だけでなく回転速度も体系的に変化させた時に、バンドの振る舞いにどのような変化が見られたのかについて発表したい。[1] V. Frette and J. Stavans, Phys. Rev. E 56, 6981 (1997) [2] S. Inagaki and K. Yoshikawa, Phys. Rev. Lett. 105, 118001 (2010)

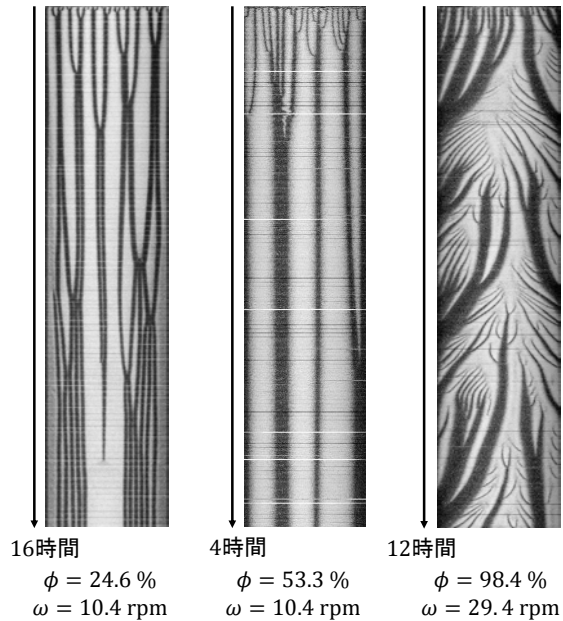


図: ケイ砂とガーネットサンドにおける時空間プロット

E-18

プランク定数とボルツマン定数

日本文理大学^A, 日本文理大学工学部機械電気工学科^B 竹本義夫^A, 島元世秀^B

1. プランク定数・ボルツマン定数

(a) 島元関係式

プランク定数 $h = 6.626070040 \times 10^{-34} J \cdot s$

電子の電荷 $e = 1.6021766208 \times 10^{-19} C$ 、光の速度 $c = 2.99792458 \times 10^8 m/s$ である。

故に $\frac{h}{ec} = \frac{6.626070040 \times 10^{-34} J \cdot s}{(1.6021766208 \times 10^{-19} C) \times (2.99792458 \times 10^8 m/s)} = 1.37951 \times 10^{-23} J \cdot s^2 / (C \cdot m)$ はボルツマン定数 $k = 1.38064852 \times 10^{-23} J/K$ と一致する。

これより、

* $k_{[J/K]} = \frac{h}{ec [J \cdot s^2 / (C \cdot m)]}$ (島元関係式) を得る。

ここで、温度 K は電荷 e の加速度的変化 $C \cdot m/s^2$ である。

(b) 気体の状態方程式、 $R = kN_A$ ・ 気体定数、 N_A ・ アボガドロ数

$$pV = nRT (n \text{ モル}) \Rightarrow pV = RT = kN_A T (1 \text{ モル}) \Rightarrow pV = kT (\text{原子 1 個}) = \frac{h}{ec} T (= h\nu)$$

(島元関係式)

2. 温度 (T)、原子の衝突、最外殻電子 (速度 = v) の振動と光 (ν) の放出

$$T = ec \frac{d \log \gamma \beta}{2\pi d\tau} [C \cdot m/s^2] (= ec \cdot \nu), \quad \nu = \frac{d \log \gamma \beta}{2\pi d\tau} [1/s] (\text{振動数})$$

*詳しくは <http://www.nbu.ac.jp/~shimamoto/genko.html>

E-19 運動方程式を相対化する

九工大 情報工 生命情報^A 大澤智興^A

<序論、経緯> 学部1年前期に生命科学系の学生に対して力学(2コマ連続、演習付き)を担当している。講義では、運動方程式から演繹的に説明している。数IIIの微分方程式は、大学入学試験に問われることが非常に少ないため、多くの学生にとって初めての微分方程式が運動方程式となる場合が多い。物理法則や数理モデルは、微分方程式で表現されることは多い、そこで微分方程式の理解は理系にとって非常に重要である。1)現状科目としての微分方程式は、力学よりも後に開講されており、2)さらに、物理に興味の薄い学生も入学してくる。

<目的> そこで、どのように微分方程式を講義の中で導入するすれば良いかを検討することを目的とした。

<方法> 講義の中で運動方程式と合わせて他の微分方程式も紹介するようにした(4月下旬)。運動方程式を含め、[1]に含まれる微分方程式を取捨選択し、さらに独自に追加して計10種程度の微分方程式を用意した。これらを講義中で短く解説し、さらに講義後に演習問題の中の問いの中に、どの微分方程式に興味を持ったかを答えてもらった。

<結果> 調査を数回行ったが、人気が1位の微分方程式がある。ロトカ・ボルテラ(L-V)モデル[2]であった。これは、工学の受講者が生命化学系であり、さらに高校時に捕食-被食の関係を生物で勉強してきたためであると考えられる。2位は、マルサスの人口増加(指数関数的な増殖)モデルであった。意外にも化学反応速度式は、多くなかった。

<考察> そこで、学生の興味に沿ってL-Vモデルを使って微分方程式の入り口として使用したいが、これは一階連立常微分方程式であり、入り口にするには難しすぎる。そこで、2位のマルサスの人口増加モデルを使えばよいことになる。実際、L-Vモデルの中身は、マルサスの人口増加モデルと化学反応速度式の混合したモデルである。このように、運動方程式に前後して、他の微分方程式を取り入れて運動方程式を相対化することにより、A)微分方程式の意味が理解が進み、結果としてB)物理を含め、数理モデルに興味をもってもらえる。C)運動方程式の因果関係を理解してもらえる、と考えられる。

<参考文献> [1]水谷淳(訳) イアン・スチュワート(著)「世界を変えた17の方程式」 SBクリエイティブ(2013)。

[2] https://en.wikipedia.org/wiki/Lotka-Volterra_equations

E-20 芥川文学「蜘蛛の糸」を巡る力学論争

長崎大 JFP^A 後藤信行^M

カンダタが蜘蛛の糸に登るとき、重心運動に仕事をしたのは筋力か糸の張力か1)。1.筋力説:束縛力である張力は作用点が動かないので、仕事はできない2,3,4)。重心が上に動くのは力の釣り合いが破れるからである。カンダタに働いている力は、上向きに働く張力と下向きに働く重力であるが、カンダタがぶら下がったままなら、張力と重力とが釣り合い、カンダタの重心は上にも下にも動かない。しかし、つり合った状態から、掴んだ糸をグイと下に引っ張れば、重力は一定のまま、糸の張力が増し、カンダタの重心は上方に移動する。筋力で糸を引っ張ったのだから、仕事をしたのは筋力である。2.張力説:カンダタの運動を、重心運動と重心が固定された屈伸運動に分解すると、張力は、もはや束縛力でなくなり、張力は両方の運動に仕事をする。力の作用点は重心運動に対しては重心になり、重心運動には正の仕事をする。一方屈伸運動に対しては、作用点の変更はできないが、今度は重心が固定されるので、作用点の移動方向は張力の向きと逆になり、屈伸運動に対しては負の仕事をする。二つの説ともエネルギー源が筋力であることは同じであるが、筋力が作りだしたエネルギーが重心運動へどのようにして移動するかを説明するには、張力説のほうが優れている5,6)。1)後藤信行:日本物理学会誌71(2016)No.2,127 2)Bruce Arne Sherwood:Am.J.Phys.51(7),597(1983) 3)吉岡大二郎:日本物理学会誌71(2016)No.9,650 4)鈴木亨:「蜘蛛の糸」とPSEUDOWORK、2016.9.18YPC例会発表5)後藤信行:3)と同時掲載6)後藤信行:(HP)芥川文学「蜘蛛の糸」を巡る力学論争尚、2)と4)はネット上に掲載されている。