

会場 G

領域 11, 13

G-1

マイケルソンはフレネル随伴理論と相対論の差を測り取っていたのでは

山本文隆^A 山本文隆^A

マイケルソンはフレネル随伴理論と相対論の差を測り取っていたのでは

山本文隆 物理学専攻

1. 実験の原理
実験装置は、光源 S から分岐した二つの光路が、鏡 M1, M2 で反射し、再び光源 S に戻ってくる。この装置は、光源 S と鏡 M1, M2 が、速度 v で動く。この装置は、光源 S と鏡 M1, M2 が、速度 v で動く。この装置は、光源 S と鏡 M1, M2 が、速度 v で動く。

2. 相対論的随伴理論
この装置は、光源 S と鏡 M1, M2 が、速度 v で動く。この装置は、光源 S と鏡 M1, M2 が、速度 v で動く。この装置は、光源 S と鏡 M1, M2 が、速度 v で動く。

3. 相対論的随伴理論
この装置は、光源 S と鏡 M1, M2 が、速度 v で動く。この装置は、光源 S と鏡 M1, M2 が、速度 v で動く。この装置は、光源 S と鏡 M1, M2 が、速度 v で動く。

4. 相対論的随伴理論
この装置は、光源 S と鏡 M1, M2 が、速度 v で動く。この装置は、光源 S と鏡 M1, M2 が、速度 v で動く。この装置は、光源 S と鏡 M1, M2 が、速度 v で動く。

G-2

次近接相互作用のある $S=1/2$ XXZ 鎖における Gaussian 固定線と sl_2 ループ代数

九大理^A 用松大希^A, 野村清英^A

本講演では次近接相互作用のあるスピン $1/2$ XXZ 鎖を扱う。ハミルトニアンは次のように表される:

$$H = \sum_{j=1}^L (S_j^x S_{j+1}^x + S_j^y S_{j+1}^y + \Delta S_j^z S_{j+1}^z) + \alpha \sum_{j=1}^L (S_j^x S_{j+2}^x + S_j^y S_{j+2}^y + \Delta S_j^z S_{j+2}^z) \quad (1)$$

ここで、 L は系のサイズ、 Δ は異方性、 α は次近接相互作用の強さを表すパラメータである。

$\alpha = 0$ のとき、最近接相互作用 XXZ 鎖と呼ばれ、Bethe 仮説による厳密解 [1] やボソン化による低エネルギー領域での振る舞い [2, 3] が研究されており、 $|\Delta| \leq 1$ の時、基底状態は量子スピン液体となる。また、 Δ が特殊な値の時、量子群 $U_q(sl_2)$ に関連した sl_2 ループ代数の対称性により大規模な準位交差が生じることが知られている [4]。

$\alpha \neq 0, \Delta \geq 0$ の領域においては、共形場理論、緑り込み群および数値計算を用いて基底状態の相図が得られており [5]、ユニバーサリティの異なる 2 種類の転移 (BKT 転移と Gaussian 転移) の存在が確認された。

本講演では $-1 \leq \Delta \leq 0$ の領域において数値的に Gaussian 転移線を決定し、議論する。また、Gaussian 転移線の形状が sl_2 ループ代数の対称性と関連する可能性があることを論じる。

参考文献

- [1] J. D. Cloizeaux, M. Gaudin, J. Math. Phys. **7** (1966) 1384-1400.
- [2] A. Luther, I. Peschel, Phys. Rev. B **12** (1975) 3908-3917.
- [3] F. D. M. Haldane, Phys. Rev. B **25** (1982) 4925-4928.
- [4] T. Deguchi, K. Fabricius, B. M. McCoy, J. Stat. Phys. **102** (2001) 701-736.
- [5] K. Nomura, K. Okamoto, J. Phys. A: Math. Gen. **27** (1997) 5773-5788.

G-3

保存力学系における写像の次元とカオス

福岡県立大人社^A 石崎龍二^A

本研究の目的は、保存力学系における写像の次元を変化させることによって発生するカオスや拡散の統計的性質を明らかにすることである。具体的には、次元がカオスの発生や拡散の性質にどのように影響を与えるのかを考察する。

保存力学系におけるカオス研究において、以下の標準写像は、周期的な外力を受ける回転子の運動を記述するよく知られた 2 次元のモデルである。

$$p_{n+1} = p_n - \frac{K}{2\pi} \sin(\theta_n), \quad (1)$$

$$\theta_{n+1} = \theta_n + p_{n+1} \pmod{1}. \quad (2)$$

ここで、 θ は角度、 p は運動量、 K は非線形性の強度を表すパラメータである。この写像は、位相空間において面積を保存する性質を持っている。通常、 K の値が大きくなると、位相空間は規則的な運動領域 (トーラス) とカオスが発生する領域 (カオスの海) が混在する。特に、 K がある臨界値 K_c を超えると、 p 方向にカオスの海がつながり、位相空間上での p 方向への拡散運動が発生する。

この拡散運動には、平均二乗変位が時間に比例する通常の拡散と、時間のべき乗に応じて増加する異常拡散の 2 種類がある。そこで、本研究では次元を上げた写像において、非線形性の強度を大きくした場合に、カオスや拡散運動がどのように変化するかを考察し、その結果を報告する。

参考文献

- [1] R. Ishizaki, T. Horita, T. Kobayashi and H. Mori: Anomalous Diffusion Due to Accelerator Modes in the Standard Map, Prog. Theor. Phys., Vol. 85, No. 5, pp. 1013-1022 (1991).

G-4 単原子分子混合気体中の衝撃波構造の拡張された熱力学に基づく解析

北九州工業高等専門学校^A, メッシーナ大学^B, パルマ大学^C 松本颯斗^A, Fiammetta Conforto^B, Giorgio Martalo^C, 谷口茂^A

衝撃波は雷や火山の噴火などの自然現象や、体外衝撃波治療などの医療分野など、さまざまな場面で発生し利用されており、その構造の解析は重要である。衝撃波構造の解析を行う方法として、拡張された熱力学 (ET) 理論 [1] に基づく解析法がある。過去の研究 [2] で一種の多原子分子気体中の衝撃波構造の解析が行われており、ET 理論は従来の解析法に比べて実験値とよく一致する解析を行えることが確認できている。

本研究では単原子分子混合気体中の ET 理論 [3] に基づき、衝撃波構造の数値解析を行う。双方の気体は理想気体の状態方程式に従うものとする。まず、ヘリウムとアルゴンの混合気体中での衝撃波構造について、実験結果と数値計算結果の比較を行い、単原子分子混合気体中の衝撃波構造の解析における ET 理論の有用性を示す。

本研究では、理論の適用限界に対応する双曲性を考慮した数値解析や、衝撃波のマッハ数が臨界マッハ数を超えると発生する衝撃波構造の不連続面 (サブショック) の有無の確認も行った。実験値との比較結果に加えてこれらの結果についても報告する。

[1] I. Müller, T. Ruggeri, *Rational Extended Thermodynamics*, (Springer, 1998).

[2] S. Taniguchi, T. Arima, T. Ruggeri, M. Sugiyama, *Physical Review E*, Vol. 89, 013025, (2014).

[3] M. Bisi, M. Groppi, G. Spiga, *Contin. Mech. Thermodyn.*, Vol. 14, pp. 207–222, (2002).

G-5 巨大化した細胞サイズ分布を説明する増核-減核モデル

九工大 情報工 物理情報^A, 九工大 大院 情報工^B 大澤智興^A, 林田 幸久^B, 森本 雄祐^A

[序論]

細胞性粘菌は、発生や分化、形態形成のメカニズムを研究する場合に、モデル生物として用いられている。このようなメカニズムを研究する上で重要な情報源の一つは、細胞内や細胞間を伝わる種々のシグナルを測定することである。林田らは、細胞性粘菌の分裂阻害の生じる培養条件を検討し、通常の細胞 (NC) よりも大きな細胞 (GC) を作り出すことに成功し、これまで細胞のサイズが小さすぎて測定が困難であった細胞内のシグナルのダイナミクスを測定できるようになった [1]。そのため、このような GC の形成メカニズムを知ることは重要である。

[モデル]

そこで、本研究では、GC のサイズ分布に注目した。その分布の広がり NC のそれに比べて広く、べき的に減少する長い裾を持っていた。そこで、この分布の形成メカニズムを観察結果に基づいて以下 (i) と (ii) のプロセスを含むモデル化を提案する。GC は、1 細胞内に複数の核を含む多核の細胞で、(i) 核数は、指数関数的に増大する (増核)。(ii) GC は、ランダムにいくつかの核を含む細胞に分割される (減核)。このように 1 細胞当たりの核数が増核-減核を繰り返して、様々な核数となる巨大細胞を形成すると考えた。

[結果と考察]

減核の程度を変化させることで、長い裾を持つ分布を得ることができた。増核を亢進できれば、より大きな GC を作成できる可能性もある。本提案モデルは、細胞あたりの核数が増加する過程と減少する過程が競合しており、これはユール (出生死滅) 過程 [2] に非常によく似ている。そのため、このモデルはユール過程で見られるような裾の長い分布が得られたと考えられる。

[1] Hayashida, Y., Oosawa C., Yasunaga, T., Morimoto, Y.V., *BioPhys. J.* (2024). <https://doi.org/10.1016/j.bpj.2024.07.017>

[2] Newman, M.E.J., *Contemp. Phys.* 46, 323 (2005).

G-6 火炎の振動現象における気流の影響

九大院理^A, 九産大^B 大谷僚平^A, 猪本修^B, 稲垣紫緒^A

火のついた2本のろうそくを近づけると、炎の大きさが周期的に変わる振動現象が観測されている [1]。さらに、3本を束ねたろうそくに火をつけても、炎が振動するという実験結果がある [2]。また、1本のろうそくでも、コップの中や底のないペットボトルの中といった気流が制限された環境で、炎の振動が起こることが報告されている [3,4]。本研究では、ガラスの円筒容器と開口のあるステンレス製の蓋を使用し (図1)、上下からの空気の流入と流出の量を変え、それぞれの条件下で炎の振る舞いを調べた。 [1] 石田隆宏他. 化学と教育 47, 716(1999). [2] Kitahata et al. J. Phys. Chem., A113 (2009) [3] 鷹取

慧他. 日本物理学会講演概要集 72, 3053 (2017). [4] 宮内しほな他. 日本科学教育学会研究会研究報告 36, 31 (2021).

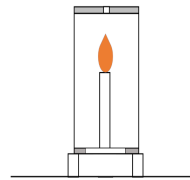


図1: セットアップ

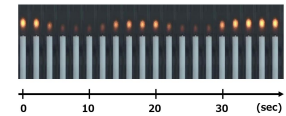


図2: 炎の振動の様子

G-7 鉛直加振下における粉体のフラックス測定

九大理物^A, 九大院理^B 宮内良門^A, 稲垣紫緒^B

単分散の気体分子運動論により、図1に示すような高さ h の仕切りがあるセルから単位時間あたりに排出される粒子数 $F(n_1)$ がセル内の粒子数 n_1 を用いて $F(n_1) = F_0 n_1^2 \exp(-U/T_b)$ と書ける (F_0 は定数) [1]。排出速度は主にポテンシャル $U = gh$ と粉体温度 T_b により決まる。この T_b は、重力加速度 g 、粒子の半径 r 、粒子の反発係数 e 、スリットの高さ h 、容器の幅 w 、容器底面の最大加振速度 v_b を用いて、 $T_b(n_1) = v_b^2 w^2 / 4\pi g h r^2 (1 - e)^2 n_1^2$ と書き表すことができ、粒子数 n_1 の関数となる。我々は、実験的に粒子の大きさや比重を変えて排出速度を測定した。気体分子運動論で得られた排出速度を比較し、粉体における温度がどのように決まるか議論する。

[1] J. Eggers, PRL 83, 5322 (1999)

G-8

加振されたボルト上のナットの回転方向決定機構

佐賀大学医学部^A 富永広貴^A

加振されたボルトにはめ込まれたナットや加振された部材に取り付けられたねじはきつく締結されていなければ持続的な回転運動を起こし得る。この時、ナットやねじの回転の向きは加振された部材の振動の性質により、時計回りになるか反時計回りになるか決まるという現象は、ねじ構造を持つ締結体ではごく一般的な現象であるにも関わらず、そのメカニズムに関する研究はあまり見られない。

その理由として考えられるのは、数千 rpm(100Hz 以上) で加振する必要があることや振動する部材がある程度自由に動けないと観測できない(万力などで固定すると観測できない)という困難さが挙げられる。普通のビデオカメラではその詳細な動きは捉える事が不可能なのである。ノイズを含みガタガタと揺れるボルト等部材がどのように振動すれば、ナットやねじが時計回り・反時計回り回転をするのか、ただ観察しているだけでは全くわからないということである。

今回、我々は Photron(株) 社の超高速カメラを試用する機会を得、この現象を超高速撮影することに成功した。その結果、取得した映像から、時計回り・反時計回りでボルトの振動にほんの僅かな差異があることを発見した。この現象は、周期的な激しい衝突音から推察できるように、ナットやねじの回転運動は、ねじ面・座面間の摩擦が関与する滑りや転がりによって説明されるような連続的な運動ではなく、ボルトとナットの間の遊びの空間を抵抗を受けずに移動した後、衝突するということを繰り返す不連続な運動であると考えられる。超高速カメラによる観測結果をこの推察に基づいて考察を行った結果をご報告する。

[1] 富永, 宮崎, 信学技報 NLP2017-26, pp127-130.

[2] 富永, 信学技報 NLP2023-103, pp94-97.

G-9

国内外の高校物理における量子論の取り扱いの比較

福岡教育大学^A 後藤空^A, 長住優樹^A, 市木智也^A, 松崎昌之^A

本発表は、当時本学大学院の市木により日本物理教育学会九州支部研究大会(2020)で発表予定であったが、コロナ禍で中止となったため未発表の状態となっていた、文献 [1] に基づくものである。文献 [1] は、主にヨーロッパ諸国を対象とした中等教育における量子物理学の取り扱いの比較研究 [2] を参照して、2022 年高等学校入学者から実施される指導要領に基づいた日本の各社教科書の記述内容の調査を行ったものである。

その後本学大学院が募集停止となったため継続研究は停止していたが、研究室の本年度卒業研究ゼミで量子力学に関するテキストを輪読していること及び、昨今の AI 翻訳の普及により英語に限らず各国の指導要領的文書へのアクセスが容易になってきたことから、文献 [1] 及びその元となった文献 [2] に改めて注目した。

日本の教科書では、「量子力学」という語自体が書かれているものといないものがある、不確定性原理についてはすべての教科書で約半ページが当てられているが、東京書籍のみが誤差と擾乱の関係としては正しくないこと [3,4] まで踏み込んでいること等に気づいたので、本発表ではその一端について報告する。

[1] 市木智也、松崎昌之、「九州の物理教育」誌投稿予定 [2] H. K. E. Stadermann, E. van den Berg, and M. J. Goedhart, Phys. Rev. Phys. Educ. Res. 15, 010130 (2019) [3] A. Ozawa, Phys. Rev. A 67, 042105 (2003) [4] 古田彩、日経サイエンス、42, vol.4, 34 (2012)

G-10 医学科学生における物理講義前後での 力学概念理解度の調査 III

佐賀大学医学部^A 一ノ瀬浩幸^A, 富永広貴^A

医学科初年度学生に対し、2019年度・2020年度は力学概念調査 (Force Concept Inventory:FCI) を行い、2021年度・2022年度は力と運動についての概念調査 (Force and Motion Concept Evaluation:FMCE) および、教室用科学的推論テスト (Classroom Test of Scientific Reasoning:CTSR) を実施した。医学科学生は比較的優秀であり、いずれの調査でも pre (講義受講前)・post (講義受講後) の結果にほとんど差異は無く、これらの調査によって医学科学生に対する授業効果を測るのは無理があることがわかった (2019年度・2020年度九州支部例会において発表済)。また学生の要因 (性別、入試区分、公立/私立、現役/浪人) による違いがあるかを検証したところ、FCI および FMCE では、女性より男性、推薦より一般、私立より公立、浪人より現役の方が若干点数が良かった。CTSR についてはこれらの要因による顕著な違いは認められなかった。但し FCI においては、若干ではあるが男性・一般・公立・浪人の方がこれらの点数が良いにもかかわらず試験の成績が悪い (力学的概念の理解が良いにもかかわらず試験の成績は悪い) 学生が多い傾向があることがわかり、FMCE においても、男性・一般の要因について同様の傾向があった。CTSR と試験の成績との関係については学生の要因による顕著な違いは認められなかった。2023年度はカリキュラム改訂の都合により、これらの調査は行わなかった。カリキュラムの改定内容は、従来は物理学の専門的な領域に限定していたものを、より医学の一般的な分野に関連する範囲にまで広げたものとした。2024年度は再び FCI 調査を行ったが、回答時間を成績にはほとんど影響を与えない程度に短縮 (標準は 30 分のを 18 分に) した上で行った。その結果、pre の成績は従来とほとんど変わらなかったが、post の成績が悪く規格化ゲインが-0.13 とかなり低い結果となってしまった。内容を確認すると、pre と比べて明らかに post の結果が悪い学生が複数あり、真面目に回答しなかった学生が多数いたのであろうと考えられる。その原因についてははっきりとはわからないが学生のモチベーションの低下が考えられ、どのようにこれを維持・向上させるかが今後の課題である。

G-12 ブランク理論物理学汎論と寺澤寛一

自宅 (九大名誉教授)^A 巨海玄道^A

ブランク理論物理学汎論と寺澤寛一

自宅 (九大名誉教授)

巨海玄道

ブランク (1858-1947) はドイツの理論物理学者で熱輻射の理論的研究及び量子論の創始者である。また理論物理学の基礎的な教科書、「理論物理学汎論」(全5巻)の著者としてよく知られている。この教科書は第一巻の「一般力学」が1916年に、最後の第5巻の「理論熱学」が1930年に刊行され、実に14年の長きに渡って執筆された。この教科書を和訳し、日本に紹介したのは寺澤寛一 (1882-1969) である。寺澤は1913年から約3年間ドイツ、フランス、英国に留学した。学位の指導教員はケンブリッジ大学のラーモアである。第一巻の訳書は1924年に裳華房から更に第5巻は1932年に出ている。発表者は大学時代の恩師から「水晶のような素晴らしい透徹した教科書」という評価を聞きいずれ時間が出来たら読破しようと心に誓った。ただ大正の末期に刊行された書物で存在自体が疑われたが九大物理の山路事務主任 (当時) のご努力で九大図書館にあることが分かりそのコピーを手に入れることができた。更にこの教科書の歴史的 (寺澤が生きた時代も含む) 背景について日大の西尾成子先生から貴重なアドバイスを頂いた。それらについて報告したい。