
会場 C

領域 2, 11, 13

C-1 1 イオン異方性を伴う S=1XXZ 鎖と共形場理論

九大理^A 白石修一^A, 野村清英^A

1 イオン異方性を伴う S=1XXZ スピン鎖

$$H = \sum_j (S_j^x S_{j+1}^x + S_j^y S_{j+1}^y + \Delta S_j^z S_{j+1}^z + D(S_j^z)^2)$$

について、XY1,XY2(Spin Nematic),Neel,Haldane 4つの相の多重臨界点付近を中心に、共形場理論 (CFT) と数値対角化法の両面から解析を進めてきた。

先行研究 [1][2] により既に基底状態の相図が得られているものの、一部の相についてはユニバーサリティクラスの設定にまでは至っていなかった。また $\Delta = 0$ において特殊な SU(2) 対称性があることが証明されており [3]、XY1-Haldane および XY2-Neel は BKT 転移であることが理解されている。

相関距離が発散している領域については CFT によって記述が可能であるため、対応する物理量としてセントラルチャージが存在し、有限な相関を含む場合には CFT からのずれが生じる。我々は $\Delta = 0$ においてパラメータ D と有効セントラルチャージ $c(L)$ の関係を得た。さらに、CFT に基づく新たな手法による解析の結果、基底状態の相図を得ることに成功した。

[1]H. J. Schulz: Phys. Rev. B 34, 6372,(1986)

[2]W. Chen, K. Hida and C. Sanctuary: Phys. Rev. B 67,pp.104401,(2003)

[3]A. Kitazawa, K. Hijii, and K. Nomura: J. Phys. A 36, L351,(2003)

C-2

S=1 における特殊な SU(2) 対称性

九大理^A 小野山幸輔^A, 野村清英^A

Spin-1 XY model では SU(2) 対称性を持つ特殊な演算子が存在している [1]。SU(2) 対称性に関する演算子としてスピンの上昇・下降演算子が挙げられるが、[1] での特殊な演算子とは上昇・下降演算子を自乗したものである (e.g. $(S^+)^2, (S^-)^2$)。

発表では、Spin-1 bilinear biquadratic model に 1 イオン異方性項 (D) を加えたハミルトニアン $H_{BLBQ-SI}$ に対して特殊な SU(2) 対称性を持つ演算子が存在することを議論する。特に $\theta = -\frac{\pi}{2}, \frac{\pi}{4}$ に関して発表を行う。この特殊な SU(2) 対称性は、ハミルトニアンが並進不変性を有してなくとも成立するものである。

$$H_{BLBQ-SI} = \sum_i \sin \theta (S_i \cdot S_{i+1})^2 + \cos \theta (S_i \cdot S_{i+1}) + D \sum_i (S_i^z)^2$$

[1] A. Kitazawa, K. Hijii, and K. Nomura: J. Phys. A 36, L351 (2003)

C-3

S=1XXZ 模型における非線形磁化率

九大理^A 緒方健人^A, 野村清英^A

臨界現象に伴い磁化率などの感受率が発散することはよく知られている。Aiba,KN[1] では $S = 1/2XXZ$ スピン鎖で非線形磁化率を研究した。この場合モデルが可積分系であり、厳密解との比較が可能だった。

本研究では非可積分な $S = 1XXZ$ スピン鎖での磁化率 χ とエネルギーの 4 階微分 $A = \frac{\partial^2}{\partial m^2} \chi^{-1}$ について数値対角化を用いて調べる。用いたハミルトニアンは下記に示す。

$$\hat{H} = \sum_{j=1}^N (\hat{S}_j^x \hat{S}_{j+1}^x + \hat{S}_j^y \hat{S}_{j+1}^y + \Delta \hat{S}_j^z \hat{S}_{j+1}^z),$$

$\hat{S}_j^x, \hat{S}_j^y, \hat{S}_j^z, \Delta$ はそれぞれ x, y, z 方向のスピン演算子、異方性パラメータとする。

このモデルにおいて $-1 < \Delta < 0$ は XY 相である。本発表では XY 相での非線形磁化率について説明する。

有限差分による微分量の計算から発散の有無を確認し、 Δ 依存性およびサイズ依存性について述べる。他に朝永・ラッティンジャーパラメータを調べることで整合性のある結論を得る。

[1] N. Aiba and K. Nomura, Phys. Rev. B 102, 134435 (2020)

C-4 BBH モデルとその応用

九州大学理学府物理学専攻^A, 物質・材料研究機構 国際ナノアーキテクニクス研究拠点^B 米澤弦起^A, 苅宿俊風^B

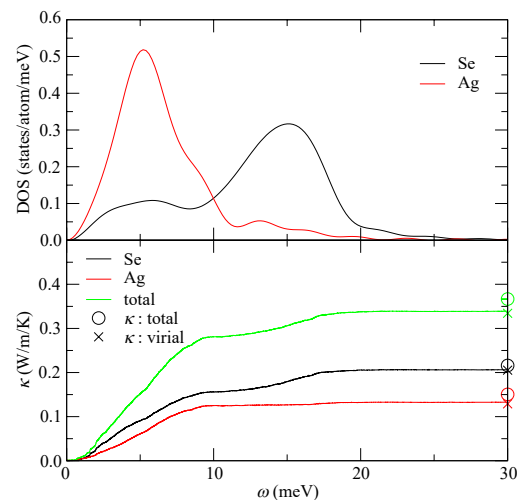
ブリルアンゾーン内の波数ベクトルでモードを指定するバンド理論は固体電子論で用いられてきた手法であるが, 量子ホール効果の研究を契機にバンド構造をトポジカル不変量で分類するという新たなアプローチが生まれ, いわゆるトポジカル絶縁体の研究が盛んに行われる様になった. その中でも, バルクより2つ以上次元の低い境界に局在状態が発現する高次トポジカル絶縁体が提案され, 近年高い注目を集めている. 本講演では, Benalcazar-Bernevig-Hughes[1] によって提案されたトポジカル四重極相が出現するタイトバインディングモデル (BBH モデル) を紹介したのちに, BBH モデルにおいて主要な役割を果たしているホッピングの符号の反転をエクストラサイトモデルを用いて摂動的に実現する方法について議論する.

[1]Benalcazar, Bernevig, Hughes, Science 357, 61-66 (2017)

C-5 摂動分子動力学法による Ag₂Se の熱伝導度のスペクトル解析

熊大院自然^A, 熊大院先端^B 橋口祐来^A, 島村孝平^B, 高良明英^A, 下條冬樹^B

Ag₂Se は低い熱伝導度を持つことから, 熱電材料として有望視されている. 本研究では, Ag₂Se の熱伝導機構のミクロな知見を得るために熱伝導度のスペクトル解析を行う. そのために, 最近提案された摂動分子動力学法と Spectra heat current 法を組み合わせる手法を用いて, 熱流束をフーリエ変換することにより, その周波数成分を求める. 原子間相互作用として古典ポテンシャルを用いた. 300 K の低温相の Ag₂Se を対象として, 384 個~10368 個の原子からなる系を用いて, 熱流束のフーリエ成分の摂動依存性と結晶方向依存性を調べた. 一例として, 図に 10368 原子系の結果を示す. 上図が振動状態密度, 下図が *a* 軸方向の累積熱伝導度である. 累積熱伝導度は約 20 meV で収束することが確認できた. 講演ではサイズ依存性と方向依存性の詳細について議論する.



C-6 火山噴火時系列における間欠性の統計的性質

福岡県立大人社^A, 鹿児島大名誉教授^B 石崎龍二^A, 井上政義^B

火山の噴火は、プレート同士が衝突することによって生じる摩擦の結果として、マントルが溶けることにより、マグマが発生し、それが地表に噴出する現象であると考えられている。日本列島は、複数のプレートが互いに近づき合う地域であり、活火山が100を超えている。

桜島の1955年以降の年間爆発的噴火回数のデータによると、桜島は、年間複数回の噴火を起こし、間欠的に噴火を繰り返している。西・井上・田中・村井 [1] は、1981年から1999年にかけての桜島の爆発的噴火の時系列に関するハースト指数が0.5を越え、長期記憶をもつ過程であることを示した。

そこで、近年の桜島の爆発的噴火時系列の噴火の時間間隔に着目した。講演では、火山噴火時系列における噴火の間欠性に関する統計的性質を解析した結果を報告する。

参考文献

- [1] Y. Nishi, M. Inoue, T. Tanaka and M. Murai, Analysis of Time Sequences of Explosive Volcanic Eruptions of Sakurajima, Journal of the Physical Society of Japan, Vol. 70, No.5, 2001, pp.1422-1428.

C-7 3コンパートメントでの粉体時計

九大院理^A 河野快^A, 稲垣紫緒^A

大きさの異なる2種類の粒子を、2つの区画をもつ容器の中に入れ鉛直方向に加振すると、小粒子のみ、仕切りを超えて大粒子とは反対側の区画にクラスターを形成する。その後、大粒子は小粒子のいる区画に移動する。このような小粒子と大粒子の追いかっけを繰り返すことによって、粒子のクラスターが2つの区間で周期的に振動する。この現象は「粉体時計」と呼ばれている [1]。区画を1つ増やした3コンパートメントでも粉体時計が観測されることは先行研究で明らかになっているが [2,3]、クラスターが移動する方向について詳しく検証した研究はほとんどない。そこで、本研究では振動パラメーターや粒子の量を変化させ、時空間プロット (図1) や、クラスター移動時間のヒストグラム (図2) から粉体時計の振る舞いを調べた。 [1] S. Viridi et al., Phys. Rev. E 74, 041301 (2006) [2] S. H.

Shah et al., CHIN. Phys. Lett. 29, 034501 (2012) [3] K. C. CHEN et al., J. Phys. Soc. Jpn. 77, 084403 (2008)

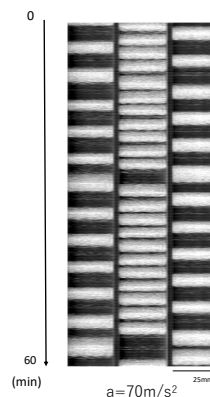


図1: 3Cにおける時空間プロット

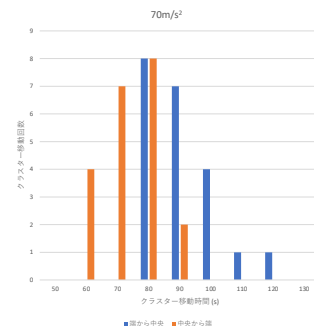


図2: クラスター移動時間のヒストグラム

C-8 光弾性体円盤の巨視的物性

九大理物^A, 九大院理^B 村上亮太^A, 稲垣紫緒^B

光弾性体は外力に応じて複屈折を引き起こす物質であり、透明なプラスチックやガラスなどが光弾性体として知られている。光弾性体を偏光板で挟み込むことで光が遮断され、複屈折によって応力がかかっている箇所のみ光の筋が観測されるため、光弾性体は粉粒体の応力分布の研究によく用いられる。先行研究では2種類の光弾性体に対して力を加えて、光の筋 (Force Chain) を観測し、応力が粒子の充填率に応じて振る舞いを変えることが知られている [1]。今回我々は光弾性体に段階的に外力を作用されて (図 1,2)、応力の広がりを観測する実験 (図 3) を行った。

[1]F.Okubo, H.Katsuragi. Modern Physics Letters B, 35,

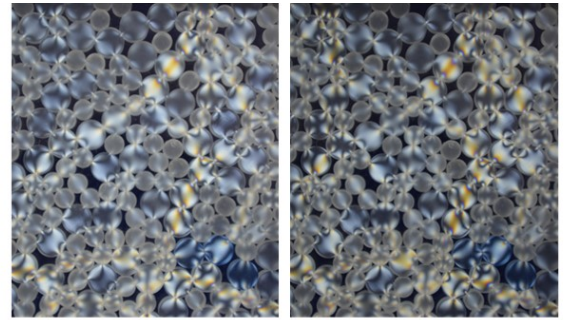


図 1 : 加重前の粒子の様子 図 2 : 加重後の粒子の様子

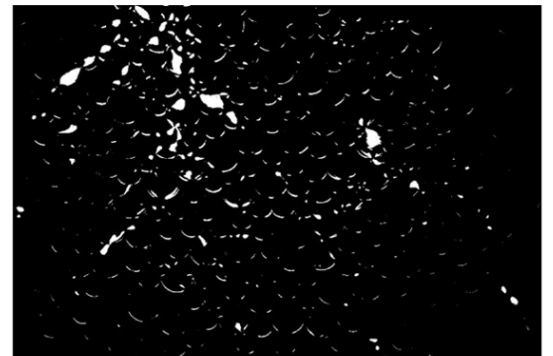


図 3 : 加重後と加重前の差分の二値化画像

C-9 粉体の浸透圧

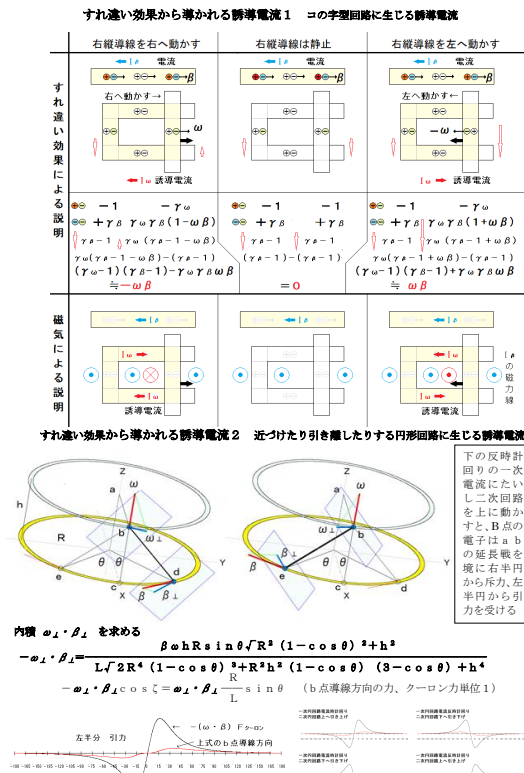
九大理物^A, 九大院理^B 松田朝之^A, 稲垣紫緒^B

濃度の異なる二種類の溶液を半透膜を境として接触させると浸透現象が起きることはよく知られている。今回私たちは二種類の異なる大きさの粒子を用意し、小粒子だけが通り抜けできる網で隔て、容器を縦方向に加振させた。すると液体の浸透現象とよく似た粉体の浸透現象が確認でき、ある高さで定常状態になることがわかった。また、2種類の粒子が混ざり合ったセルでは小粒子の対流運動により、大粒子が上部に引き寄せられるブラジルナッツ効果 [1] が粒径比が大きい際に顕著に見られた。本発表では左右のセルの高さの変化が粒子のサイズや加振強度にどのように依存するかについて報告したい。 [1] A.P.J. Breu, H.-M. Ensner, C.A. Kruelle, and I.Rehberg, Phys. Rev. Lett. 90, 01432 (2003).

C-10

相対論的すれ違い効果 誘導電流発生メカニズム

東海大付属熊本星翔高等学校^A 山本文隆^A



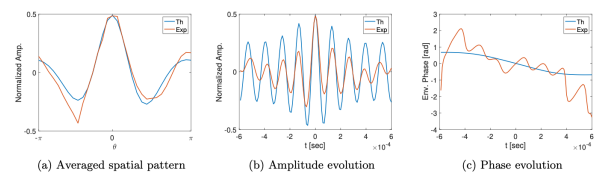
C-11

磁化プラズマにおける非線形ブリーザーの励起

九州大学応用物理学研究所^A, 京都大学エネルギー理工学研究所^B, 核融合科学研究所^C 小菅佑輔^A, 稲垣滋^B, 河内裕一^C

連続媒質における非線形波動の励起は広く流体やプラズマに見られる普遍的な現象である。本講演では、海洋や光ファイバーにおいて励起が報告されている一発大波（ローグ波、ブリーザー）について、同様の波が磁化プラズマにも励起されることを示す。核融合プラズマで励起される波動の典型例としてドリフト波に着目し、ドリフト波が非線形的に励起する流れ構造からのフィードバックを取り入れることで、ドリフト波の変調複素振幅が非線形シュレディンガー方程式を用

いてモデル化できることを示す。その厳密解について議論し、強度の変調とともに、位相の変調が本質的であることを示す。強度と位相の双方の変調に基づき、実際の直線プラズマ実験のデータからブリーザーを抽出した結果について報告する。



C-12 不均一な反応拡散系による細胞性粘菌パターンのモデル化

九州工業大学大学院 情報工学研究院 物理情報工研究系^A 大澤智興^A, 森本雄祐^A

[序論]

FitzHugh-Nagumo(FHN) モデルは、興奮性や振動性を示すモデルとして、神経、心筋、細胞性粘菌 [1] などの現象を説明するモデルとして広く用いられている。その一方で、これらの現実の系では、媒体が不均一な条件下である。そこで、本研究では、モデルや計算条件に不均一性を導入し、平面上を伝播する興奮波の速度と波の発生周期の関係である分散関係を求め、不均一化の影響を調べた。

[方法とモデル]

細胞性粘菌 [2] では、Martiel-Goldbeter(MG) モデル [3] を用いて、細胞密度が高いほど cAMP 波の伝播速度が早く、不応期が短いことを示している。そこで、本 FHN モデルにおいても、細胞密度に相当する量などを変更して不均一さを導入し、分散関係を求めた。反応拡散方程式の数値積分の計算には Python/CuPy を用いた。

[結果と考察]

細胞密度が高いほど cAMP 波の伝播速度が早くなり、[2] と一貫性のある結果が得られた。さらに著者は、既に不均一な Belousov-Zhabotinsky(BZ) 反応を用いた実験結果 [4] において、[2] で観られたような分散関係を報告した。これは、MG モデル、FHN モデル、BZ 反応で共通の性質が出現することを示している。今後は、FHN モデルや MG モデルを実験条件や測定条件に合わせて変更を行い、細胞性粘菌の示す多様な時空間パターンの形成メカニズムを明らかにしたい。

[1] A.E. Sgro et al., Mol.Sys.Bio. 2015 11(1)779, [2] E. Vidal-Henriquez, A. Gholami, Sci. Rep. 9,3935(2019),[3] J.-L. Martiel, A. Goldbeter, Biophys. J. 52(5)807(1987),[4] C.Oosawa et al., J. Phys. Chem. 100,1043(1996)

C-13 量子ドット蛍光時系列データのための隠れマルコフモデル解析

九州工業大学大学院工学研究院^A 古田達央^A, 濱田啓輔^A, 小田勝^A, 中村和磨^A

本講演では、量子ドットの発光・消光時系列データに対する機械学習解析について発表する [1]。量子ドットの光学特性を測る代表的指標が発光・消光継続時間の確率分布である。このデータは、量子ドットの発光強度の時系列データに基づいて作成されるが、データは実験装置や測定環境等に起因するノイズを大量に含むため、発光状態および消光状態を定量判定することが難しい。これまでは、発光状態・消光状態を人為的に判定し、継続時間を算出していた [2]。こうしたアーティファクトを排除するため、我々は隠れマルコフモデルの応用を提案する。隠れマルコフモデル [3] は、時系列データ解析に用いられる代表的機械学習であり、観測データの背後にある隠れた変数として潜在変数を導入する。量子ドット時系列データ解析の場合、観測データから発光・消光状態を判定するのではなく、潜在変数の時系列データから状態判定をすることでノイズに起因する判定困難を回避できる。真空や湿潤窒素環境下の実験で観測された量子ドット時系列データにおいて、潜在変数の時系列データは従来手法よりもノイズを抑えて発光・消光状態を判定していることが分かった。その違いは統計平均により得られた発光・消光継続時間の確率分布においても顕著に現れた。また、解析性能の評価として、すでに提案されている量子ドットの発光・消光継続時間確率分布のモデル関数 [2] から生成した時系列データに対して隠れマルコフ解析を行った。ガウシアンノイズを含む人間の認知能力では識別困難なデータに対して、潜在変数の時系列データはノイズを効果的に除去し、発光・消光状態を明確に判定できることが分かった。シミュレーションより得られた発光・消光継続時間の確率分布もオリジナルの確率分布モデルをよく再現した。講演では、方法論の詳細、従来手法との比較、結果の精度解析について発表する。

[1] T. Furuta, K. Hamada, M. Oda, K. Nakamura, “Hidden Markov model analysis for fluorescent time series of quantum dots”, Phys. Rev. B 106, 104305 (2022). [2] B. Bruhn, F. Qejvanaj, I. Sychugov, J. Linnros, “Blinking Statistics and Excitation-Dependent Luminescence Yield in Si and CdSe Nanocrystals”, J. Phys. Chem. C 118, 2202 (2014). [3] L. R. Rabiner, “A tutorial on hidden Markov models and selected applications in speech recognition”, in Proceedings of the IEEE 77, 257-286 (1989).

C-14

LES を用いたエッジトーンの 3 次元流体音響解析

九州工業大学^A, 九州大学^B 小野又樹^A, 岩上翔^A, 田畑諒也^A, 大野泰治郎^A, 小林泰三^B, 高橋公也^A

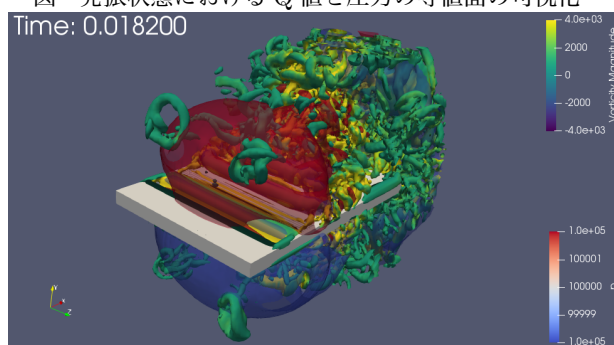
エッジトーンは低マッハ数で観測される空力音である。細く絞られたジェットがくさび状のエッジに衝突すると、ジェットが自発的に振動し、エッジトーンが発生する。エッジトーンの発生メカニズムは未だ解明されていないことが多いが、Powell⁽²⁾によって主張された、ジェット振動はジェットとエッジの相互作用によって引き起こされるフィードバックサイクルによって維持されているという説が有力である。したがって、フィードバック機構の研究は、エッジトーンの包括的な理解を得るために非常に重要な課題である。Crighton は、非圧縮流体の理論解析を根拠に流体的フィードバックが支配的であるとの主張している⁽³⁾。一方、音響的フィードバックが支配的であると言う主張もある。本研究では、3次元圧縮性 LES を用いてエッジトーンの基本特性とフィードバック機構を数値的に検討する。まず、シミュレーションの信頼性を確認するために、ジェット速度と周波数の関係、すなわち Brown の式⁽¹⁾、およびジェット速度と放射音響強度の関係、すなわち Powell の 6 乗則⁽²⁾を再現する。次に、フィードバック機構において、流体的フィードバックと音響的フィードバックのどちらが支配的かという問題を議論するために

、非圧縮性 LES の計算でジェットの流体的な振動を再現し、その結果と圧縮性 LES の結果を比較検討した。

参考文献

- (1)Brown GB. The vortex motion causing edge tones. Proc Phys Soc. 1937; 49: 493-507.
- (2)Powell A. On the edgetone. J Acoust Soc Am. 1961; 33: 395-409.
- (3)Crighton DG. The jet edge-tone feedback cycle; linear theory for the operating stages. J Fluid Mech. 1992; 234: 361-391.

図 発振状態における Q 値と圧力の等値面の可視化



C-15

格子振動における波束と群速度のとりえ方

熊本大学産業ナノマテリアル研究所^A 横井 裕之^A

格子振動は教養教育における「力学」と「振動と波動」から「固体物理学」に入る窓口であるだけでなく、固体の熱的性質を理解する基礎となり、さらに、量子論と物性との関わりを意識する絶好の機会となる。また、物質への理解を深めるために仮説やモデル化が果たした役割を学ぶ格好の教材となる。しかしながら、そういった意義をわかりやすく伝えて授業をするのは難しいと感じている。ひとつには、振動はイメージしやすい現象のように思われるのに格子振動の性質の中には直観的にイメージしにくいものがあって、数学的な導出結果との間にギャップを感じてしまうことがあると考えている。また、固体物理学の入門書によっては波数が離散的で等間隔の値を取ることが無視されていることがあり、それが一貫性のある理解を損なうことも懸念される。固体物理学の初歩的な入門書には、結晶格子が分散のある媒質であることを導いたあと、重ね合わせの原理により波数の近い 2 つの正弦波を合成して波束の形成原理とその移動速度から群速度の導出を説明するものがある。あるいは、いくつかの原子の変位を図示することにより、波数の小さな波は連続体での波と同様に捉えることができ、第 1 ブリュアンゾーンの端では隣り合う原子が互い違いに振動して定常波となるため波の速度がゼロになると説明している入門書もある。前者の説明法をとる入門書が多いが格子振動の規準モードを考慮していない点で一貫性に欠ける。後者の場合は一見わかりやすそうだが波束や群速度の説明になっていない。そこで、本発表では波数の離散性に基づいた一貫性のある格子振動の波束と群速度のとりえ方を提案する。

C-16 大学基礎教育—旧制高校との接続

九大理名誉教授^A 中山正敏^A

現在の（新制）大学は、旧制大学、旧制高校、専門学校などを統合して発足した。当然、理系の基礎教育は旧制高校などの制度・装置などを継承している。旧制高校では、文部省令によって教科内容、実験内容などが規定されていた。また、それに基づいて文部省より実験設備の整備も行われた。

現在の大学は、教科内容については文部省による規制がないが、標準的な設備の整備もない。教養部廃止後の大学の基礎教育の状況は、旧制高校、教養部時代の遺産を食いつぶして後退しているように見えるが、どうか。自由を裏付ける責任はあるのか？

実情の把握と、歴史的な検討が必要である。