
会場 E

領域 9, 10, 11

E-1 超離散化法と幾何音響学から考察する音の波動性と粒子性

九州大学大学院芸術工学府^A 儀保伸吾^A

本研究では、超離散化法と幾何音響学によって音の粒子性と波動性について考察する。

幾何音響学とは、音波を記述する線形波動方程式に高周波近似 (アイコナル近似 $e^{i\frac{x}{\lambda}}: \lambda \rightarrow +0$) を仮定し、音を粒子的に扱う解析方法である。 $\lambda \rightarrow +0$ の近似を下げると、波動性が現れる。

一方、超離散化法とは、方程式の独立変数 (時間・空間)、従属変数 (状態) をともに離散的に扱う方法のことである。超離散方程式は、差分された方程式に超離散極限 ($e^{\frac{u_n^t}{\varepsilon}}: \varepsilon \rightarrow +0$) をとることによって得られ、粒子的な振る舞いを見せる場合がある。

幾何音響学と超離散化法は、極限の取り方 ($\lambda \rightarrow +0$ と $\varepsilon \rightarrow +0$) や粒子性が現れるモデルであるという点で、類似した解析方法である。

本研究では、音波を記述する線形波動方程式の差分化である差分戸田格子方程式

$$U_n^{t+1} - 2U_n^t + U_n^{t-1} = \log \left[1 + \delta^2 \left(e^{U_n^{t+1}} - 1 \right) \right] - 2 \log \left[1 + \delta^2 \left(e^{U_n^t} - 1 \right) \right] + \log \left[1 + \delta^2 \left(e^{U_n^{t-1}} - 1 \right) \right] \quad (1)$$

を用いて、超離散化による粒子性と波動性の現れ方を探る。式 (1) に変数変換 ($U_n^t = u_n^t / \varepsilon$, $\delta^2 = e^{-L/\varepsilon}$) を施し、超離散極限 ($\varepsilon \rightarrow +0$) をとると、粒子性が現れる超離散戸田格子方程式が得られる。 ε が有限な場合、粒子性と波動性にどのような影響が現れるかを調べるために、幾何音響学のアイコナル方程式と輸送方程式に基づいて考察した。本講演では、超離散極限で現れる粒子性には、輸送方程式が影響している可能性があることを報告したいと考えている。

E-2 非線形バネを考慮した Van der Pol 型方程式に基づく音現象の解析

九州大学大学院 芸術工学府^A, 九州大学大学院 芸術工学研究院^B 小林悠真^A, 河辺哲次^B

簡単な力学モデルによって、複雑な音現象が再現できれば、力学モデルは音響分野の研究に役立つだろう。本研究では、Van der pol 方程式と非線形バネをカップリングさせた2階非線形微分方程式による力学モデルを提唱する。具体的な形は、

$$\ddot{x} - \mu(1 - vx^2)\dot{x} + a_0 + a_1x + a_2x^2 + a_3x^3 = 0 \quad (1)$$

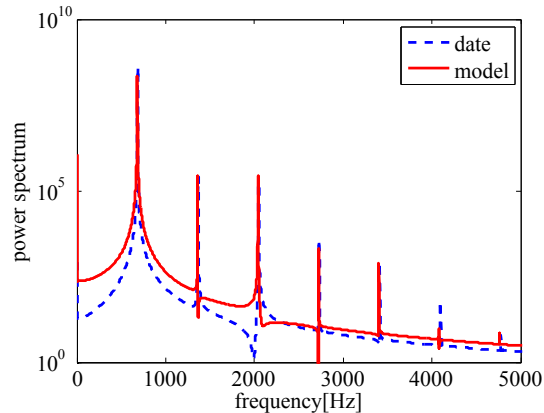
である。

今回調べた音現象は、オルガンパイプの音源振動である。データは Abel らの解析結果を用いる (Phy.Rev.Letters, 103, 2009)。彼らのデータが示す振動波形のリミットサイクルの情報を利用すると、軌道法により、式(1)に含まれるパラメータがすべて決まる。ここでは、パワースペクトルの結果を示す。図の実線はモデルによるもので、破線はデータである。

物理的な観点からは、Van der Pol 方程式をベースにした次のようなモデル方程式、

$$\ddot{x} - \mu(v_0 + v_1x + v_2x^2 + v_3x^3)\dot{x} + a_1x = 0 \quad (2)$$

の構造も興味がある。現在、式(2)のモデルによっても、式(1)と同様の結果が得られるかを検討しているので、この結果も今回発表する予定である。



図：Abelらのデータと式(1)によるモデルのパワースペクトルの比較

E-3 フラクタルを応用した騒音低減への試み

九州大学大学院芸術工学府^A, 九州大学芸術工学部^B, 九州大学大学院芸術工学研究院^C 田中友紀子^A, 儀保伸吾^A, 齋藤悠人^B, 河辺哲次^C

本研究の目的は、フラクタルの特性を利用して、騒音を広い周波数帯域にわたって低減する構造物の可能性を検討することである。具体的には、Gibiat ら [1] が提案したコントロール型導波管 (図1) をヒントにして、1次元フラクタル構造のコントロール集合モデルの可能性を調べた。

まず、1次元の音場理論による伝達行列法を用いて、透過損失 (Transmission Loss: TL) の周波数特性を計算した。そして、様々な条件下で数値シミュレーションをおこなった。その結果は、基本的に Gibiat ら [1] の結果と一致した。つぎに、コントロール型導波管の実物大模型をアクリル材を用いて作り、透過損失の実測をおこなった。測定の結果より、(1) 透過損失の周波数特性にフラクタル性が現れること (2) フラクタルのオーダーとともに遮音効果の高い周波数帯域が広がることなどが明らかになった。そして、これらの結果は数値シミュレーション

ともかなりよい精度で一致した。

今後、特に低い周波数帯域において遮音効果のあるフラクタルモデルを検討するとともに、実際の騒音制御を見据えて、本研究の2次元音場や3次元音場への拡張を試みたいと考えている。

[1] V.Gibiat, A. Barjau, K. Castor and E.B. du Chazaud. Acoustical propagation in a prefractal waveguide. PHYSICAL REVIEW, E67, 066609, 1-9, 2003.

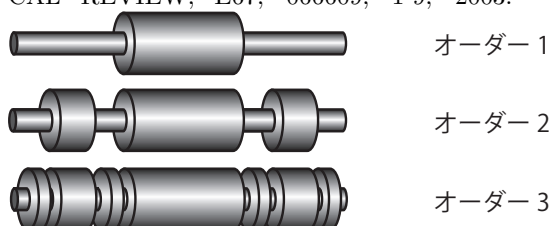


図1 コントロール型導波管

E-4 フラクタル面による音波の回折と一様散乱の可能性

九州大学大学院芸術工学府^A, 九州大学芸術工学部^B, 九州大学大学院芸術工学研究院^C 丹後明洋^A, 岡田昌大^B, 小林悠真^A, 儀保伸吾^A, 河辺哲次^C

コンサートホールなどの音場の拡散性が求められる場所では、壁面において広い周波数帯の音を等方的に反射、散乱させることが要求される。本研究では、フラクタル構造を有する壁面によって、そのような要求が実現できるかを調べる。具体的には、シルピンスキーカーペット(図1、以下SC)による音の散乱特性をKirchhoffの回折理論を用いて検討する。SCに平面波を垂直に入射させた場合、理論計算と数値シミュレーションからつぎのような結果を得た。

(1) 散乱の周波数特性のオーダー依存性を調べると、SCのオーダーが増加するとともに一様散乱に近づくこと(図2)。

(2) 散乱の周波数およびオーダー依存性を調べると、散乱特性においてフラクタル的な性質が見られること(図3)。

なお、SCの音の回折に関しては、Lyamshevら[1]が摂動的な計算によって、音の一様散乱の可能性を指摘しているが、今回用いた回折理論

による計算で、SCのもつさまざまな音響特性を明らかにすることができた。今後は実物模型を作って、実測をおこない、初期の目的にあった性能が得られるのかを検討したいと考えている。

[1]L. M. Lyamshev, I. A. Urusovskii, "Sound Diffraction at Sierpinski Carpet," Acoustical Physics, Vol.49, No.6, pp.700-703, 2003

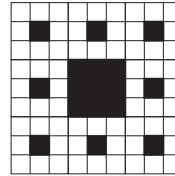


図1

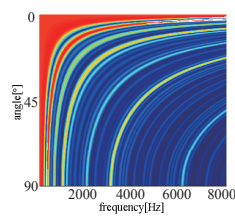


図2

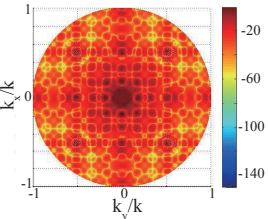


図3

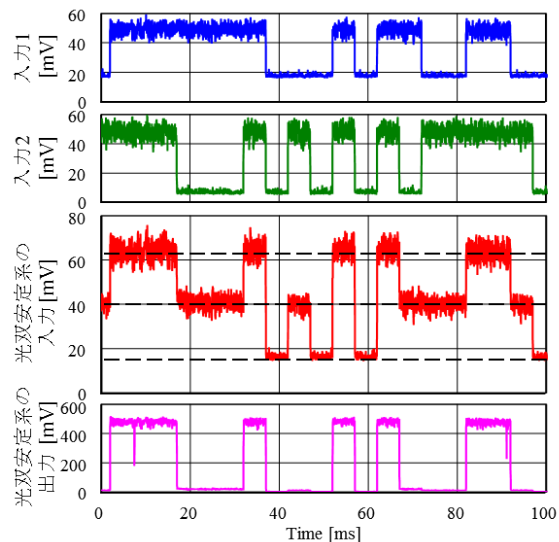
E-5 雑音で動作する光論理素子

福岡大理^A 石川大樹^A, 西山明子^A, 御園雅敏^A, 宮川賢治^A

ある種の非線形な系に、コヒーレントな信号と雑音を入力すると、信号伝達が共鳴的に増大することがある。この現象を確率共鳴という。近年、この現象を論理演算に応用した、論理的確率共鳴の研究が行われている。今回は、光双安定系を光論理素子とみなし、AND 演算およびOR 演算に対する確率共鳴の影響について、実験および計算機シミュレーションにより研究を行った。

実験では、ビット列と雑音の和で強度変調された2つの光を光双安定系に入力した。光双安定系の出力波形から得られるビット列を、変調に用いた2つのビット列のAND およびOR と比較し、正しく演算が行われる確率を求めた。右図に、入力1、入力2、光双安定系の入力、出力の時系列の例を示す。いずれの図も、縦軸は受光したフォトダイオードの出力電圧である。2つの入力とともにHighであるときのみ、出力はHighとなっている。

すなわち、光双安定系はAND 素子として動作していることがわかる。講演では、光双安定系の特性を変化させたときの系の光論理素子としてのふるまいについて詳細に述べる。



E-6 ピアノの弾き方による倍音の現れ方

熊本大教育^A 山口優紀^A, 福島和洋^A, 中山孝史^A, 山崎浩隆^A

ピアノ演奏の指導において、経験的、感覚的に指導されることが多い。また、音色は「きれいな音」「優しい音」等、抽象的に表現される。これらを物理的に明らかにしようと考え、研究を始めた。まず、ピアニストの和音演奏の部分の解析を行った結果、和音の中でメロディーとなる音を最も大きく弾く傾向があることが分かった。また、スタッカートとレガートの弾き方を変えて弾いた単音の解析を行った結果(図1)、レガートの方が2倍音、3倍音とも強く現れることが分かった。

そこで、本研究では、ピアノの弾き方による音色の違いが何に依存しているのかを明らかにすることを目的とし、数値計算を行った。弾き方の違いを波動方程式の初期条件の違いとして行った結果、ピアノの音色はハンマーと弦の接触時間に最も依存することが分かった(図2)。

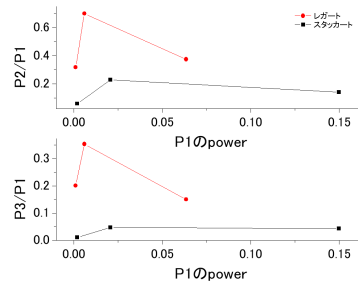


図1: スタッカートとレガートの基音に対する2倍音、3倍音の割合 (P1: 基音 P2: 2倍音 P3: 3倍音)

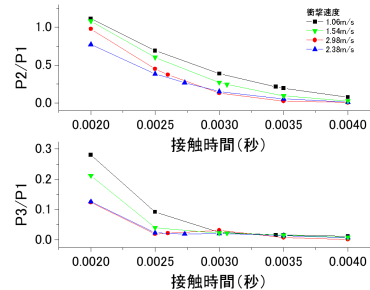


図2: ハンマーと弦の接触時間による基音に対する2倍音、3倍音の割合

E-7 粘菌の集合ダイナミクスの位相モデル

九州大学総合理工学府^A 前山 聡美^A, 坂口 英継^A

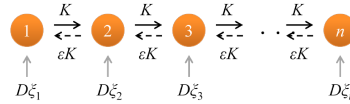
細胞性粘菌は粘菌の一種であり、バクテリアなどを餌とし地中で生活をしている。粘菌は餌がなくなると飢餓状態に陥り、アメーバとして増殖するのをやめ、1つに集まり始める。このふるまいにはクオラムセンシングという特別な機構が存在する。クオラムセンシングとは、自分のまわりの菌の濃度を感知して自らの振る舞いを変化させることをいう。粘菌の場合は、まわりの粘菌の密度を感知して、そのダイナミクスを興奮性から振動性へ変えるので、ダイナミカルクオラムセンシングと呼ぶこともできる。今回の研究では細胞移動と位相ダイナミクスを結合したモデル式を考え、ダイナミカルクオラムセンシングを通じて集合ダイナミクスが大きく変化することを示す。今回考えた数理モデルは振動位相と細胞密度の結合方程式で、位相勾配ベクトルと逆向きに細胞は移動する。1次元系で振動数が小さい場合には、定常(興奮)状態となり、時間の変化に伴い局所的な集合のみが起きて複数のクラスタが出来た。しかし、定常状態から振動状態に変化する場合に、集合ダイナミクスが定性的に変わり、最終的に1つの集合体になった。振動状態に変化すると位相勾配を介した長距離まで伝わる相互作用により1つに集まる。2次元の結果では、時間の変化に伴い振動状態に変化すると、密度の大きいところがターゲットパターンの中心になり、ターゲットパターンの競合により、クラスタの数が減少し1つに集まった。また振幅の自由度を加えるとスパイラルパターンの中心に細胞が集まる結果が得られた。今回考案したモデルを用いて、ダイナミカルクオラムセンシングによって細胞の集合ダイナミクスが変化し、最終的に1つのクラスタに集まる事が分かった。

E-8 非対称結合を持つ化学振動子系の集団ゆらぎ

福岡大理^A, 中央大理工^B 宮下裕也^A, 岡野太治^B, 坂本文隆^A, 宮川賢治^A

自然界では同期現象をはじめ、多くの秩序化現象を見ることができ、これらの発現には、要素間の結合が重要な役割を担っている。我々はこれまでに、Belousov-Zhabotinsky(BZ) 反応をする要素を複数結合した振動子ネットワークにおいて、結合様式を変えることで様々な時空間ダイナミクスが現れることを明らかにしてきた。この系では、各要素は物質拡散によって相互作用しているため、結合は対称的であった。しかし、自然界では要素が非対称に結合したネットワークも散見される。そのような系では、どのような時空間ダイナミクスが現れるかを調べた。今回、我々はネットワークの結合の対称性が系の秩序形成に与える影響を調べることを目的として実験を行った。実験では BZ 反応の自己触媒過程を約 400 μ m 径のマイクロゲルに組み込み、自律振動するダイナミックな素子を作成した。各素子の結合は、隣接する素子の反応情報を光学的な方法でフィードバック制御することで達成した。ホワイトガウシアンノイ

ズを印加することで振動の周期性を低下させた振動子を用い、結合によって系のコヒーレンスがどの程度回復するかを調べた。講演では、結合の対称性が秩序形成に与える影響に加えて、ネットワークサイズの効果についても報告する。



実験系の概略図：ホワイトガウシアンノイズ ξ が印加された振動子は、フィードバックによって強度 K 、 ϵK で結合している。

フィードバック関数

$$I_i(t) = I_0 + D\xi_i(t) + K \sin\left(\frac{\phi_{i+1}}{2}\right) + \epsilon K \sin\left(\frac{\phi_{i-1}}{2}\right)$$

ここで、 I_0 、 D 、 ϕ 、 ϵ 、はそれぞれ光強度、ノイズ強度、結合強度、位相、対称性パラメータである。

E-9 2つの2次元XY場によるソフトモード乱流の動力学モデル

九大工^A 黒田敬穂^A, 日高芳樹^A, 鈴木 将^A, 岡部弘高^A, 原 一広^A

液晶電気対流系では、液晶分子の配向と対流の相互作用によって、さまざまな非線形現象が生じる。棒状分子の局所的な配向方向を表すディレクタを C 、局所的な対流ストライプパターンの波数ベクトルを q とすると、ある種の液晶系では C と q の相互作用によって対流パターンは常に不安定化し、「ソフトモード乱流」とよばれる時空カオスが発生する。今回の研究目的は、ソフトモード乱流の発生機構の本質を抽出したモデルの構築である。そのため、 xy 面で回転することができる C と q の向き (C の x 軸からの傾きを ϕ 、 q の傾きを ψ とする) のみに着目する。そして、これら2つの2次元XY場が相互作用する、次のような ϕ と ψ の結合動力学モデルを作成した。 $\gamma (\partial \phi / \partial t) = K(\nabla^2) \phi - (\partial \Gamma / \partial \phi)$, $\eta (\partial \psi / \partial t) = L(\nabla^2) \psi - (\partial V / \partial \psi)$. C には空間的に一様にそろうとする弾性力が働くため、 ϕ 単独のダイナミクスを $\gamma (\partial \phi / \partial t) = K(\nabla^2) \phi$ と表している。ここで γ は回転に対する摩擦係数、 K は液晶の弾性係数である。また、液晶の粘性の異方性により C は対流からトルクを受けるため、それをポテンシャル Γ で表す。一方、液晶電気対流は本来、 q が一様にそろうストライプとして形成されるため、 C と同様に q にも弾性力があると考え、 $\eta (\partial \psi / \partial t) = L(\nabla^2) \psi$ と表す。そして、電気対流を維持するために q が C にそろうとする力がはたらくため、その効果をポテンシャル V で表している。本講演では、以上のモデルの詳細の説明と、数値計算によってソフトモード乱流と類似の時空カオスが発生するかどうかを検討した結果について報告する。

E-10 時空カオスによる外力下の非熱的拡散

九大工^A 惠島健^A, 日高芳樹^A, 鈴木将^A, 岡部弘高^A, 原一広^A

エネルギーの注入と散逸が存在する非平衡開放系では、散逸構造のマクロ揺らぎである [時空カオス] が生じる。時空カオスはこれまで多くの実験研究がなされてきたが、その統計的性質は完全には解明されていない。過去に、液晶電気対流系の時空カオスに混入した微粒子の運動を観測することによって、Lagrange 的観点からその時空カオスの揺らぎの統計的性質を調べるという研究がなされている。通常の Brown 運動がミクロな熱揺らぎによって微粒子が拡散する現象であるのに対し、時空カオスのマクロ揺らぎにより微粒子が駆動され非熱的に拡散されるこの現象を一種の Brown 運動とみなし、[非熱的 Brown 運動] とよぶ。時空カオス中では、そのマクロ揺らぎが、あるときは駆動力としてはたらき、またあるときは実効的なマクロ摩擦係数によって表される制動力として働く。ここで外力 F を印加すると、 F の大きさが駆動力と同程度の場合、粒子は乱流の影響を受けて揺らぎながらも長時間で見ると外力方向へ動くため、粒子の動きに流れからのずれが生じる。この場合、マクロ摩擦係数に従来の熱揺動による摩擦係数の効果が入るため、外力がある場合とない場合では拡散の性質が異なると考えられる。そこで本研究では、これまで非熱的 Brown 運動の研究が数多く行われてきた時空カオスであるソフトモード乱流を対象とし、微粒子にはたらく外力の大きさを変えながら非熱的 Brown 運動の観測を行うことによって、時空カオスによる非熱的拡散の統計的性質の外力依存性を調べることを目的とする。外力には重力を利用し、その大きさはサンプルの傾きを変えることで変化させた。

E-11 ACトラップ中の少数帯電微粒子群の配置構造の安定性

福岡県立大人社^A, 鹿大理^B, 名大工^C 石崎龍二^A, 秦浩起^B, 庄司多津男^C

帯電微粒子の AC トラップ実験では、帯電微粒子の運動として、静止、周期運動、不規則運動などが観測される。

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、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。例えば、粒子が 3 つの場合、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を示す。この配置は、回転に対して中立安定である。パラメータを変化させると、この安定配置が不安定になり、粒子の不規則な配置換えが発生する [1,2]。

講演では、粒子数を 2,3,4 個と増やした場合に発生する粒子群の秩序構造の安定性について解析を行った結果を報告する。

参考文献

[1] R. Ishizaki, H. Hata, and T. Shoji, “Chaos-induced diffusion in a nonlinear dissipative Mathieu equation for a charged fine particle in an AC trap”, J. Phys. Soc. Jpn., Vol.80 No.4, pp. 044001-1 -044001-6, 2011.

[2] R. Ishizaki, H. Hata, T. Shoji, and Y. Furuta, “Statistical properties of fluctuation of charged fine particles in an AC trap”, Procedia IUTAM(IUTAM Symposium on 50 Years of Chaos: Applied and Theoretical), Vol. 5, pp.234-239, 2012.

E-12 粉体堆積物の振動モード解析

九州大学^A 倉本龍^A, 中西秀^A, 坂上貴洋^A

粉体中の音波は、透過係数の周波数に対するグラフが複雑な曲線になったり、音速が固体中と比べて非常に遅くなったりするなど、液体や固体の音波とは異なった性質を示すことが知られている。これは、粉体中では音波はランダムな粉体粒子の接触点ネットワークを伝播するためと考えられている。本研究では、粉体中での音波の性質を理解するために、粉体堆積物の振動モードを解析した。まず、DEMを用いた数値シミュレーションで、2次元の粉体堆積物を作成した。次に、粉体堆積物をバネビーズモデルに単純化し、振動モードを解析した。

今回報告するのは、粉体の構造を変えた時、粉体中の振動モードの性質がどのように変わるかである。まず、粉体の構造を定量的に表すために、1粒子が持つ平均の接触点数である平均配位数を導入した。粉体粒子を固くしていくと、より平均配位数が小さい構造を作ることができる。更に、粉体粒子を固くした極限で、平均配位数は最小値に収束し、その構造はいわゆる最小釣り合い構造と呼ばれるものになることが知られている。最小釣り合い構造の時、系は摂動に非常に敏感になるため、このような構造では音波に対して特異な応答をすることが期待される。

数値シミュレーションでは、粒子の初期座標や、運動方程式、堆積過程での粒子間摩擦の有無を変えた。堆積過程で摩擦がない時は、条件を変えても平均配位数は変わらないが、摩擦がある時は、ランダムな初期座標にするか過減衰運動方程式を用いると、平均配位数が大きくなる。このようにして作成した、様々な構造の振動モードを調べて、以下の結果が得られた。まず、粉体堆積物の振動モードは、平均配位数が小さな構造になる程、低周波数の固有モードが多くなることが分かった。次に、堆積過程での条件に依らず、高周波数の振動モードで、振動の局在化が見られた。そして、平均配位数が小さな構造になると、局在化したモードが、低周波数にも現れた。

E-13 横列砂丘の線型安定性 – 斜めから風が吹いた場合 –

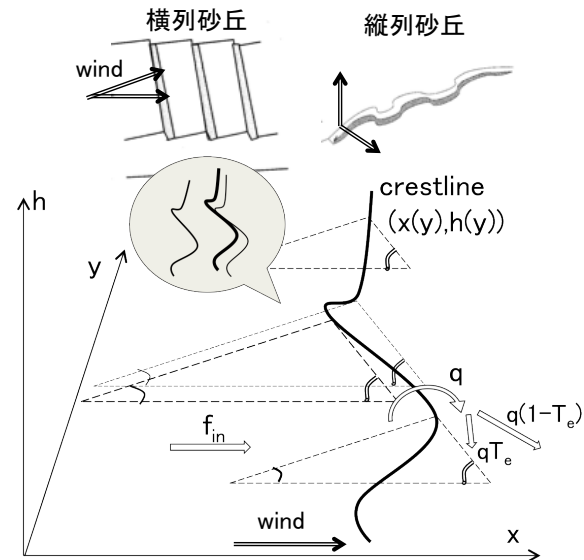
九州大学大学院理学府物理学専攻統計物理学^A 中尾幸^A, 中西秀^A, 坂上貴洋^A

砂丘は、多数の砂粒子の複雑な運動と風など流体の作用が絡み合って形成され、時間発展する。砂床に2方向の風が吹く時、相対角度が小さい時には風のベクトル和に垂直に伸びる横列砂丘が形成され、大きい時には風のベクトル和に平行に伸びる縦列砂丘が形成されることが経験的に知られているが(図)、そのメカニズムは必ずしもよく分かっていない。

そこで、本研究では、ひも模型という砂丘のダイナミクスの縮約模型を用いて、尾根に対して斜めから風が吹く場合の横列砂丘の線形安定性を調べた。この模型は、図のように、砂丘の各断面を相似な三角形と仮定することで、砂丘の形状を断面の頂点の集合‘ひも’の位置で表し、その時間発展として砂丘のダイナミクスを記述する[1]。線形解析の結果、波数 $k \neq 0$ のほぼすべてのモードが振動的になること、不安定になるモードの波数領域は風と尾根のなす角 χ に依存

しないことが分かった。また、 χ の変化も考えた安定性の相図も示す予定である。

[1]L.Guignier et al.,Phys.Rev.E 87,052206(2013)



E-15 コロイド分散系の原田佐々公式

九大院理^A 山田一雄^A, 吉森明^A

[目的]

原田佐々公式は非平衡定常状態にある系の熱流と揺動散逸関係の破れを結びつける。この公式は N 粒子ランジュバン系で成り立つことが知られている。しかし、コロイド分散系のように粒子数 N が大きい系では事実上実験で測定できない。それに比べて、コロイドの密度や流速は N が大きくても実験で測定することができる。ところが、それらの量における原田佐々公式はオーバーダンブモデルではよく分かっていない。そこで本研究では、密度場のオーバーダンブモデルにおいて原田佐々公式が成り立つかどうかを調べる。

[モデル]

3次元系の密度場 $\rho(\mathbf{x}, t)$ および運動量場 $g(\mathbf{x}, t)$ (流速にコロイドの質量をかけたもの) を $\rho(\mathbf{x}, t) = \sum_i \delta(\mathbf{x} - \mathbf{x}_i(t))$, $g(\mathbf{x}, t) = \sum_i p_i(t) \delta(\mathbf{x} - \mathbf{x}_i(t))$ とする。 (x_i, p_i) は粒子 i の位置と運動量である。 $\rho(\mathbf{x}, t)$ と $g(\mathbf{x}, t)$ が定

常外力 $F(\mathbf{x})$ によって駆動され非平衡定常状態にある場のランジュバンモデルを扱う。

[手法]

抵抗係数 γ が大きい極限のことをオーバーダンブ極限という。我々は運動量場が入ったモデルから出発してこの極限をとる。

[結果]

オーバーダンブモデルにおいて、運動量場で表される原田佐々公式を導出した。

$$J = \gamma \int d\mathbf{x} [C(\mathbf{x}, \mathbf{x}; t) - k_B T R(\mathbf{x}, \mathbf{x}; t)] \quad (1)$$

J は運動量場 $g(\mathbf{x})$ を通して熱浴に流れる定常熱流、 $C(\mathbf{x}, \mathbf{x}; t)$ と $R(\mathbf{x}, \mathbf{x}; t)$ はオーバーダンブモデルにおける $g(\mathbf{x})$ の時間相関関数および応答関数である。(1)式の右辺は揺動散逸定理が成り立っていれば0になるので、揺動散逸定理の破れを表している。我々はまた、原田佐々公式が先行研究で知られているのよりも長い時間領域で成り立っていることを明らかにした。

E-16 2光子光電子分光による Au(111) の非占有バンド構造研究

佐賀大学 工学系研究科 電気電子工学専攻^A, 佐賀大学 シンクロトロン光応用研究センタ^B 野方裕太郎^A, 山本勇^B, 東純平^B, 今村真幸^B, 高橋和敏^B, 鎌田雅夫^B

2光子光電子分光 (2PPE) は、非占有電子状態の知見を得る強力な手法として広く使用されてきた。2PPE は逆光電子分光や内殻吸収分光に比べ、エネルギー分解能に優れ、また時間分解測定へと発展できるというメリットがある。これまで 2PPE は金属表面における2次元電子系が主な研究対象であったが、近年バルク電子状態の情報を得ることも重要視されている。そこで本研究では角度分解2光子光電子分光 (AR2PPE) を用いて Au(111) のバルクの非占有電子状態を調べるとともに、バンド分散を明らかにすることを目的とした。

実験は佐賀県立九州シンクロトロン光研究センター佐賀大学ビームライン BL13 で行った。試料の Au(111) は、Ar イオンスパッタとアニール (800K) を繰り返し行うことで清浄化し、その清浄性は角度分解紫外光電子分光 (ARUPS) および低速電子回折 (LEED) により確認した。測定は全て室温で行った。

AR2PPE を行った結果、Au(111) に特徴的なショックレー表面準位 (SS) に加え、ARUPS では測定されなかった2つの構造 (A)、(B) を観測した。SS の有効質量および、エネルギー位置は過去の文献と一致した。また構造 (A)、(B) については、入射光子エネルギー依存性および理論計算との比較から、(A)sp バンド間の直接遷移、(B)upper sp バンド端からの間接遷移によって生じた構造である。sp バンド間の直接遷移に由来する構造 (A) は、入射光子エネルギーに対し特異な依存性を示し、これは試料表面に対して垂直方向のバンド分散に起因していることが分かった。以上の結果と過去の文献値から k_{\perp} を決定し、Au(111) の非占有バンド構造を明らかにした。

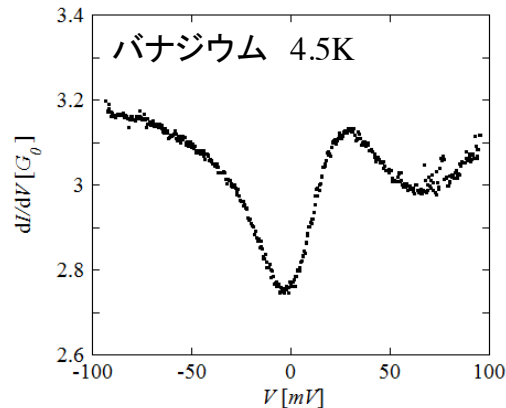
E-17 バナジウムを用いたナノコンタクト型ジョセフソン接合の電気伝導特性

九大院工^A, 金沢大教育^B 高田弘樹^A, 家永紘一郎^A, 大西雄貴^A, 稲垣祐次^A, 辻井宏之^B, 河江達也^A

超伝導金属を用いたナノコンタクトの作製によりジョセフソン接合を作製できる。一方で、超伝導金属であるV (バナジウム) は、ナノサイズ化により磁性スピンの出現するという研究報告があり [1]、磁気転移の可能性も議論されている。このことから、MCBJ法 (Mechanical Controllable Break Junction) を用いてVの超伝導ナノコンタクトの作製することで、磁性スピンを含むジョセフソン接合の作製が可能ではないかと考えた。

以下に電気伝導度測定による結果を示す。コンタクト直径 20nm 程度ではジョセフソン電流が観測された。直径を細くしていき、直径0.5nm程度以下では、ジョセフソン電流が抑制され、微分伝導度に Fano 共鳴と考えられるゼロバイアス異常が観測された (図)。これは磁性スピン

出現に伴う近藤効果に起因する可能性がある。本講演では、温度依存性の測定結果と共に、Sn, Pb との比較を交えて報告する。[1]H. Akoh and A. Tasaki, J. Phys. Soc. Jpn. **42**, 791 (1977)



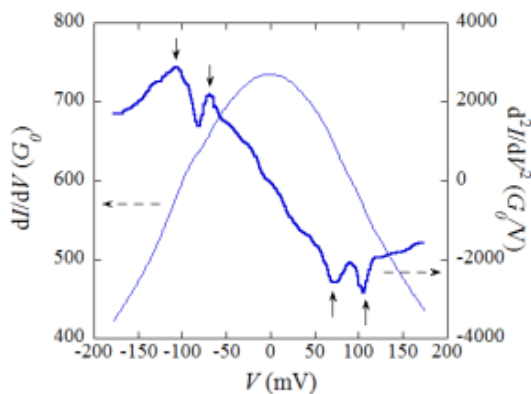
E-18 量子トンネルによるPdへの水素吸蔵検証実験

九大院工^A, 金沢大教育^B 大西雄貴^A, 家永紘一郎^A, 高田弘樹^A, 稲垣祐次^A, 辻井宏之^B, 河江達也^A

Pdは水素吸蔵金属として知られており、H原子を内部に吸蔵・拡散する性質を示す。吸蔵・拡散の主な機構は熱的拡散であるため、低温において抑制されると考えられてきた。しかしながら、 $T \sim 5K$ においてH原子がPdナノワイヤに吸蔵したという実験報告も存在する [1]。そこで我々は、低温におけるPdの水素吸蔵過程、特に水素原子トンネルの寄与を調べた。実験は、Pdナノワイヤの微分伝導測定により吸蔵水素が確認できるという、先行研究の手法を参考に、 $T \sim 18K$ 液体水素中で測定を行った。

図に液体水素導入後のPdナノワイヤの微分伝導度とその変化率 d^2I/dV^2 を示す。 d^2I/dV^2 シグナルには、水素導入前には観測されない2つのピークが観測された。これはPd格子間に捕らわれた水素原子の励起状態への遷

移に対応し、水素吸蔵を裏付けていると考えられる。以上の結果から本講演では、低温における水素原子トンネル過程による水素吸蔵の可能性を議論する。[1]Sz. Csonka et al., Phys. Rev. Lett. **93**, 016802 (2004)



E-20 LiB 正極活物質による電気特性の温度依存評価

九州工業大学大学院 先端機能システム工学^A 服部 勇介^A, 孫 勇^A

【1】背景と目的リチウムイオン電池は、比較的新しい小型二次電池である。携帯電話を始めとし電気自動車のバッテリー利用にも用いられ、更なる高容量化・高エネルギー密度化が求められている。本研究では、正極活物質のバインダーに注目しその誘電特性評価を目的とした。

【2】実験方法電気特性の評価として誘電率と伝導率の温度依存性を測定した。誘電特性では、LCR ハイテスタで活物質の比誘電率の温度依存性、電気伝導率特性では、交流と直流を用いて測定した。

【3】結果と考察 集電体/活物質界面の SEM 像を図 1、比誘電率を図 2、電気伝導率温度依存性を図 3 に示す。正極は有機バインダーで固めた Mn,Co,Ni 酸化物微結晶によって構成され Li 原子も検出されている。活物質は誘電特性が弱く大きな比誘電率を持つ導電体と見なせ、導電助材の効果と思われる。

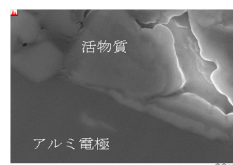


図 1 正極の SEM 画像

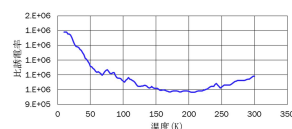


図 2 比誘電率の温度依存性

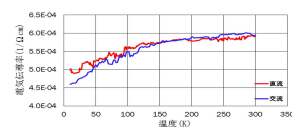


図 3 電気伝導率の温度依存性