

# 物質波多重障壁トンネル時の 共鳴現象

伴 公伸

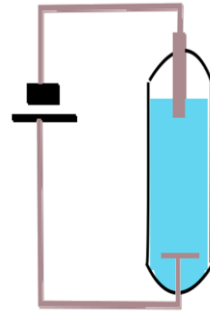
[masanobuban@m.ieice.org](mailto:masanobuban@m.ieice.org)

JCF17(Tokyo, Japan, Mar.19-20, 2017)

2017年に固体内核反応研究会(Japan CF-research Society)に登壇し発表を行った時のパワーポイントをもとに改編し物質波多重障壁トンネルにともなう共鳴現象についてお伝えします。

急な熱の発生または熱の急速移動をともなう現象について解明を行った発表です。物質波のトンネル現象がその解です。この解明をきっかけにきっと将来のエネルギー資源を改革できます。

常温核融合の特徴  
空間に流れる  
均等定常流の量子  
空間の現象は  
放電か？トンネルか？



物質波多重障壁トンネル共鳴現象  
8つの切り口 から証明をすすめる

Jcfの皆さんが研究をする発熱現象には共通した条件が存在します。  
トンネル現象によって一定流量の流体が壁に挟まれた空間にあるのです。  
放電と呼ばれる電子波のトンネル現象がその一つです。  
この熱現象が多重障壁をトンネルする物質波が原因であることを8つの切り口から  
いろいろな手段で証明します。

## トンネル共鳴の8つのきりくち

1. つ目 急な発熱急冷熱移動現象、
2. つ目 半導体工学による結晶層増設としたトンネル共鳴の周波数特性の計算
3. つ目 結晶の乱れ条件で周波数特性の計算
4. つ目 量子力学摂動法の式に隠された周波数特性
5. つめ放電空間に観察されるクーロン結晶の増層成長事例と空間のポテンシャル配置と働く力の導出。
6. つ目 共鳴を分数階微積分から考える。
7. つ目 結晶の格子点の物質波の位相と発熱の関係。
8. つ目 物質波で位相の揃わぬ進行から生まれる波形のひずみ特性。

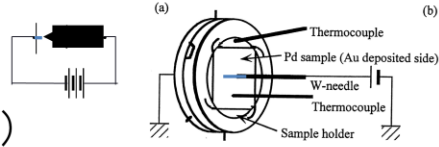
8つの切り口から考察を進めます。

1. つめ 流れの進行滞留と決壊的進行開始と熱現象の関係。
2. つめ結晶層の増層成長の電流信号の周波数特性
3. つめ増層の層間距離の乱れに対する周波数特性の安定性。
4. つめ時間摂動のシュレディンガー方程式に周波数特性を導く。
5. つめ放電空間に観察されるクーロン結晶の増層成長事例と空間のポテンシャル配置と働く力の導出。
6. つ目トンネル共鳴を分数階微積分から考える。
7. つ目結晶の格子点の物質波の位相と発熱の関係。
8. つ目物質波で位相の揃わぬ進行から生まれる波形のひずみ特性。

# ① 急な発熱急冷熱移動現象

[本文に戻る](#)

- 重水素注入Alの電子線照射による異常発熱,  
鎌田, 木下, 高橋, 垣花,  
若狭湾エネルギー研究  
センターVol.38, No.2(1996)



- 静電冷却現象  
貴志, 江田, 電子通信  
学会誌9/77 1044頁

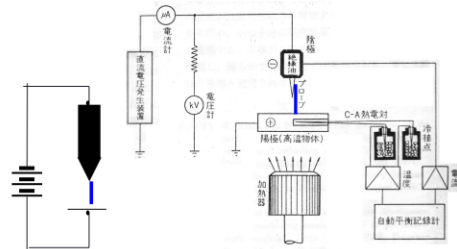
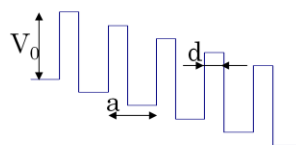


図1 静電冷却の電気回路

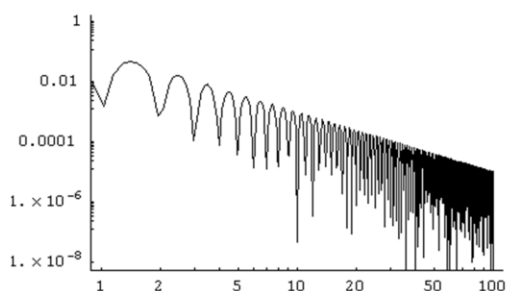
## 切り口の① 急速な発熱や急激な熱移動

急速な発熱や急激な熱移動の再現を確認した研究事例がある。電子線照射と静電冷却と名は異なるが、どちらも共通して放電空間に現象が発生しそこにはトンネル現象が存在する。

## ②半導体工学による結晶層増設としたトンネル共鳴の周波数特性の計算



$$\begin{aligned}
 F &= 0.001; & m_e &= 0.067; \\
 a &= 1; & d &= 1 \cdot 10^{-1} \\
 k_0 &= 10;
 \end{aligned}$$



T. Haga, Y. Takane and K. Nakamura, Chaos Solutions & Fractals, Vol. 5, No. 7, pp. 1077-1083, 1995.

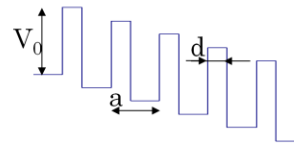
### 2つ目の切り口 結晶層増層成長の周波数特性

半導体工学による結晶層増設としたトンネル共鳴の周波数特性の計算をSパラメータの縦列として演算した。

エフ分の一特性が成長増層時系列対パワーのグラフに得られた。すなわち時系列のはずの横軸は物質波の波数に比例もしている。したがって周波数特性の高調波がエフ分の一になる。

### ③結晶の乱れを含めた条件の周波数特性の計算

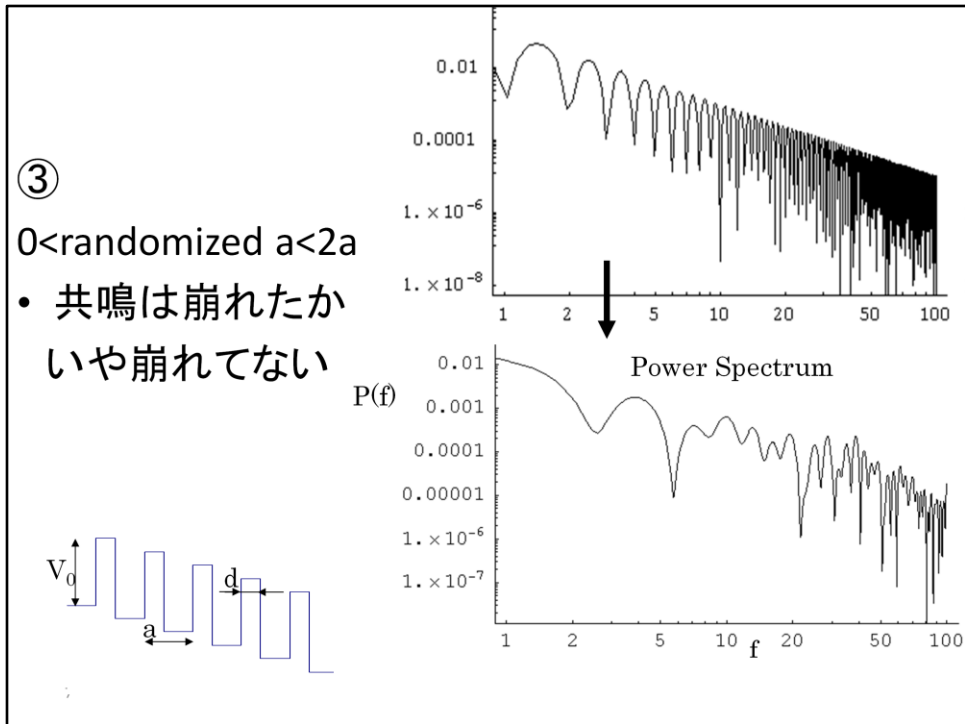
- 単位胞(列の1周期要素) $a$ の不揃い



$a$ を不揃いにして、わざと共鳴を止めてやろう

6

3つ目の切り口では共鳴の強固な継続性があるか試す目的で、縦列行列演算において、距離の不揃いを考慮した。



毎区間ごと別々に倍までの距離を乱数により作ったが、高調波のパワーを表した周波数特性のグラフには包絡線はまだエフ分の一特性が残っている。したがって、共鳴は一旦はじまるとなかなか止まらない。強い成長力があると推測できる。

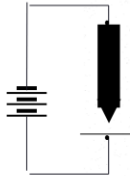
### ③波動方程式の周波数特性 実例

28a-P-8

STMトンネル電流雑音強度の試料面内分布

東大・工 杉田 敏、魚田雅彦、山下善文、内田 暲、目良 祐、前田康二  
The spatial variation of STM tunneling current noise.

Fac. of Eng., Univ. of Tokyo S. Sugita, M. Uota, Y. Yamashita, K. Uchida, Y. Mera and K. Maeda

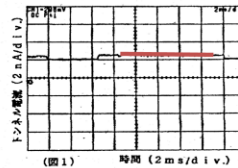


STMトンネル電流が示す顕著な低周波ゆらぎは $1/f$ 型のパワースペクトルを示すことが知られている。このゆらぎは試料面内の場所によって強度が異なり、STMの探針を走査させながらこのゆらぎのある周波数帯域内のパワーを測定することにより、試料面内の雑音強度分布を得ることができる。

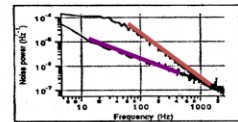
本研究では、大気中及び真空中 ( $3 \times 10^{-8}$ Torr) においてAu蒸着膜を試料に用いて雑音強度分布の測定を行い、その比較を行なった。その結果、強度そのものは真空中の方が1桁程度小さくなるのであるが、依然雑音強度に分布を示すことがわかった。このことは、雑音の原因として気体分子の脱離吸着以外のものを考える必要があることを意味する。

また、Au膜の代わりにグラファイトを試料に用いた場合には真空中において、電流の雑音が $1/f$ 型のスペクトルを示す場合のほかに、原子像観察可能な探針を用いた場合に電流値が2倍の間で揺らぐのが観察された(図1)。この時の雑音スペクトルは $1/f$ 型よりもローレンツ型に近く、しかも $1/f$ 型スペクトルを示すときよりも強度が大きくなることわかった(図2)。

講演では、これらの結果の詳細及びそれから期待される雑音発生機構について論じる。



(図1) 時間 (2ms/div)



(図2)

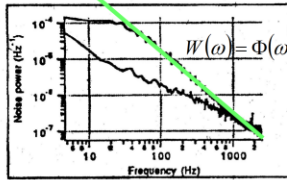
演算結果にあたる実例を紹介する。

STMの回路信号にカーボングラファイトを観察したら $1/f$  雑音があらわれている。



## ④量子力学摂動法の式に隠された周波数特性

グラフ曲線に $\Phi(\omega)$ が出現する



パワースペクトル

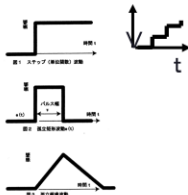
フーリエ逆変換 = パワー情報と位相情報

$$R(\tau) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} \Phi(\omega) e^{j\omega\tau} d\omega$$

位相情報  $e^{j\omega\tau}$  を除いて、パワーの期待値  $W$  に  $1/f$  自乗では

$$W = k_v h \omega \int_{-\infty}^{\infty} \frac{\sin^2 \pi v}{(\pi v)^2} dv$$

分母に  $f, v$



左記の孤立 矩形波 パルスのなかまから  
トンネル時に位相が変化し、もとの位相特性を失う。

だが無損失で共鳴すると周波数特性だけは保つ。  
上記のグラフの特性

9

シュレディンガーの時間摂動の波動方程式から、パワースペクトルを導いた。

通信工学の雑音分野の知識から見てパワースペクトルが  $1/f$  系 特性となるときには波動方程式の関数に特徴がある。

両対数グラフに傾きが、たとえば一定になるのがその特性がある。

右肩下がりに45度に表れるのは反比例関係だが、それは、グラフを数式で言えば、パワースペクトル密度の分母に  $f$  が含まれていることになる。

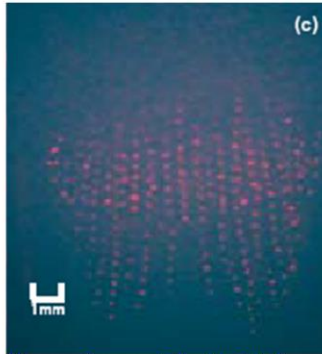
$1/f$  べき乗の周波数特性が振幅の飽絡線となる代表的信号波はステップ信号、パルス、さんかく波、階段波だ。

その代表中で  $1/f$  雑音は信号の各成分スペクトルにおいて初期位相が狂ってできた歪み波と考えると良い。

無損失反射を多重に発生すると、このエフ分の一歪み波が生まれる。

## ⑤放電電極間の空間にトンネル共鳴から複層の層構造の発生映像

事例 1 直流放電



<http://annex.jsap.or.jp/hokkaido/yokousyuu39th/B-29.pdf>より

事例 2 交流放電

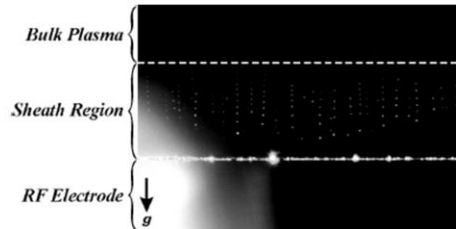


Fig. 3 Experimentally observed Coulomb crystal

<https://repository.exst.jaxa.jp/dspace/bitstream/a-is/41390/1/63349059.pdf> より

切り口⑤つめ 放電空間に観察されるクーロン結晶の増層成長事例と空間のポテンシャル配置と働く力の導出。(前段)

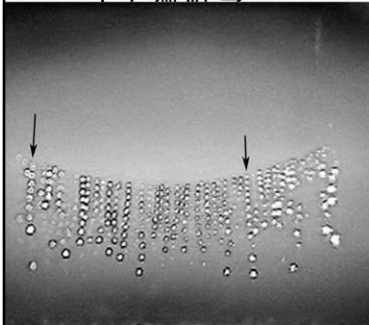
直流でも交流でも、鉛直とも無関係に、トンネル現象にクーロン結晶、ダストプラズマ現象がおこり、微粒子が空中にとりどころ離れて整列し、静止浮遊する。写真には電極間を結ぶ軸上に粒子が点となって撮影されている。

## ⑤放電電極間の空間のトンネル共鳴に 重力は無関与無関係

[http://www.jspf.or.jp/jspf\\_annual05/PDF/SVI-1.pdf](http://www.jspf.or.jp/jspf_annual05/PDF/SVI-1.pdf)

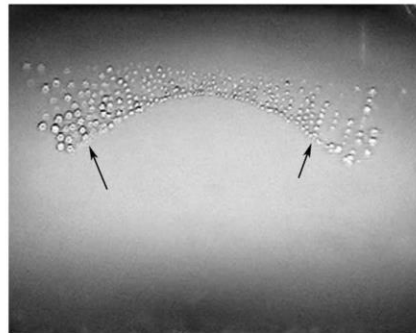
### 重力下の平行電極

- 重力下で鉛直方向に直列



### 無重力の極座標球電極

- 微小重力下で放射状に直列した微粒子



釣り合い作用の力に重力が片割れの一旦となっているか、この写真から判定すれば無関係である。

## ⑤ 直流トンネル現象による結晶空間の発生事例

右図の写真に自己組織化の発生がみえる。強い増幅と増加がみられる。

右図 自己組織化の実例  
引用は藤田文行 et al.  
<http://annex.jsap.or.jp/hokkaido/yokusyuu39th/B-29.pdf>  
から

### 直流グロー放電陽光柱ダストプラズマ(II)

北海道大学工学部、北大エネルギー先端工学研究センター  
○藤田 文行、魚山 和哉、棚川 尚之、澤村 晃子

【はじめに】

アルゴン直流グロー放電陽光柱プラズマ内にダスト粒子を落下させる実験を開始した。2002年の支部会で、作成した放電管における、ラングミュアプローブ法を用いた基礎特性の測定について報告した。今回は、ダストロップを作成し、陽光柱内へのダスト粒子の落下実験を行ったので、その結果を報告する。

【実験】

実験体系の模式図を図1に示す。放電管は直径3.2cm、高さ約60cmのバイレックスガラス製である。放電管の上部および下部の支柱内に陰極と陽極を設置した。直流放電によって、Ar 陽光柱プラズマを発生させた。プローブ測定によって、電子温度2~4eV、電子密度 $\sim 10^{14} \text{ m}^{-3}$ を得た。直径10 $\mu\text{m}$ のPolymethyl Methacrylate(PMMA)粒子をダストとして落下させた。シリンドリカルレンズによって、レーザー光をシート状にして放電管に導入した。ダストによる散乱光をビデオカメラで撮影した。

【結果】

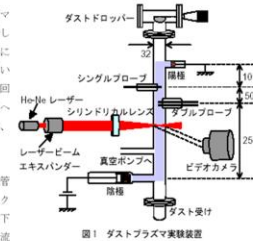


図1 ダストプラズマ実験装置

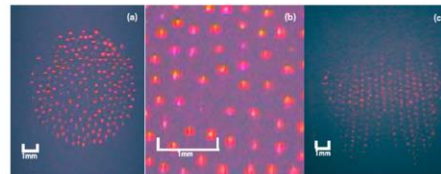


図2 定在場中に捕獲されているダスト粒子 (Ar ガス圧 25Pa、放電電流 1.8mA)  
(a) 水平方向断面 (b) 水平方向断面 (拡大図) (c) 垂直方向断面

陽光柱内に定在場が存在するとき、下部の強い電場と重力との釣り合いによって、ダスト粒子は定在場の発光部に浮遊する。捕獲されたダスト粒子は、規則正しい配列を見せた(図2)。

ネオン管のような構造に直流電流1.8mAを放電し、電子を鉛直に上方に向けて流した実験例がある。上方から微粒子のポリメチルクリレートを落下させた。途中で微粒子は静止し浮遊し整列した。それを赤い色の光源で照明し、写真を撮った。結晶の形状に自己組織化したとわかる。格子または節のあることから、定在波を生じている時の特徴がある。結晶ができたので、相転移がその結晶に生じています。あとで結晶化にともなう熱のことを考えてみる事にします。

## ⑤ 力は電子波の波数の変動から導出できる

$$\frac{1}{m} = \frac{1}{\hbar^2} \frac{d^2 E(k)}{dk^2} \quad \text{半導体結晶中を伝搬する電子の有効質量} m \quad (1)$$

$$dE(k) = \hbar V_g dk \quad \because \text{波束中心部の速度 } V_g = \frac{1}{\hbar} \frac{dE}{dk} = \frac{d\omega}{dk} = \frac{\hbar k}{m} \quad (2)$$

$$dE(k) = (F V_g) dt \quad \because \text{仕事の定義 } E = F \cdot x \text{ より} \quad (3)$$

2式に3式を当てはめれば

$$\hbar \frac{dk}{dt} = F \quad \begin{array}{l} \text{たとえばフラージェン分子を創るときに発揮} \\ \text{STM工作にも発揮されている} \end{array}$$

13

## ⑤ つめ放電空間に観察されるクーロン結晶の増層成長事例と空間のポテンシャル配置と働く力の導出。(後段)

結晶の列に粒子を並べる力がうまれると考えました。

半導体工学では電子の有効質量という関係式があり、仕事の定義と重ねると力Fが波数のゆらぎから生まれるとわかりました。

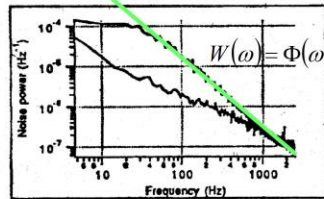
解析力学の方法でエーレンフェストの式と結晶の条件からも、同じ結果が求められる。

## ⑥ 分数階微積分

- 積分作用素を「分数階適用する」作用素

$$(J^\alpha f)(x) = \frac{1}{\Gamma(\alpha)} \int_0^x (x-t)^{\alpha-1} f(t) dt$$

- 分数階微積分学 ウィキペディアより



### ⑥つ目 共鳴を分数階微積分から考える

分数階微積分の作用が働く流体から生まれた信号には両対数の周波数特性グラフに傾きが実数になります。

ふつうの微積分の場合には傾きが整数になります。

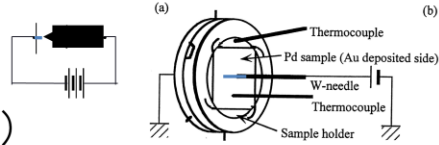
実数になる現象は総じてエフ分の一特性と呼ばれる現象です。

そしてトンネル電子顕微鏡ではトンネル現象と同時にエフ分の一特性が観察され、図のようなグラフが報告されています。

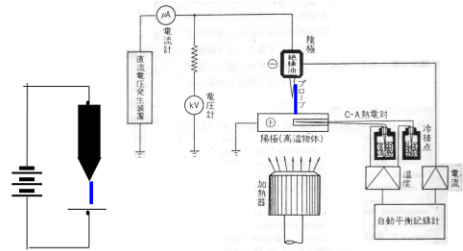
## ⑦ 急な熱現象 **発熱急冷熱移動**

[本文に戻る](#)

- 重水素注入AIの電子線照射による異常発熱,  
鎌田, 木下, 高橋, 垣花,  
若狭湾エネルギー研究  
センターVol.38, No.2(1996)



- 静電冷却現象  
貴志, 江田, 電子通信  
学会誌9/77 1044頁



[常温核融合の関係4へ戻る](#)

[本文に戻る](#)

15

⑦つ目 結晶の格子点の物質波の位相と発熱の関係相転移にともなうはずの潜熱の現象を探してみた。  
結晶ができたので、相転移がその結晶に生じています。  
すると直流回路の電極ギャップを含む場合に確かに熱の急激な移動が起きた例が見つけられます。

## ⑧ 常温核融合とエフ分の1現象は波形の歪んだトンネル共鳴

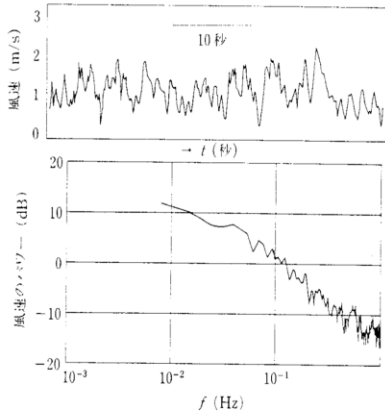


図3 心地よい自然風の風速変動パターン(a)とそのパワースペクトル(b)。一見すると、ランダムな変動をしているかに見える風速も、そのパワースペクトルをとってみると1/f揺らぎであることがわかる。松下精工(株)提供。

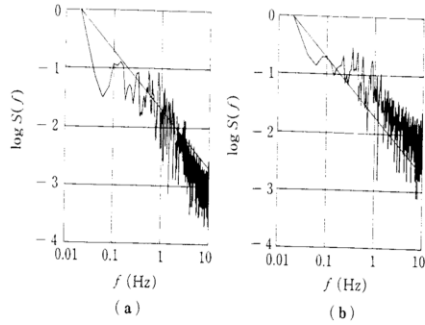


図4 せせらぎの音響パワー揺らぎ(a)と周波数揺らぎ(b)。いずれも1 Hz近傍の帯域できれいな1/f揺らぎを示している。

• 応用物理 Vol.60, No.3 pp247-253, 1991

⑧つ目 物質波で位相の揃わぬ進行から生まれる波形のひずみ特性の切り口

エフ分の1現象の性質はトンネル共鳴からうまれてた現象である。  
熱と温度現象に特徴のある常温核融合もトンネル共鳴からうまれてた現象である。



## 結論 全8切り口がトンネル共鳴

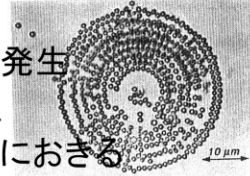
1. つ目 急な発熱急冷熱移動現象、
2. つ目 半導体工学による結晶層増設としたトンネル共鳴の周波数特性の計算
3. つ目 結晶の乱れ条件で周波数特性の計算
4. つ目 量子力学摂動法の式に隠された周波数特性
5. つめ放電空間に観察されるクーロン結晶の増層成長事例と空間のポテンシャル配置と働く力の導出。
6. つ目 共鳴を分数階微積分から考える。
7. つ目 結晶の格子点の物質波の位相と発熱の関係。
8. つ目 物質波で位相の揃わぬ進行から生まれる波形のひずみ特性。

8つの切り口はすべてトンネル共鳴に結びつきまとまりました。

1. つめ 流れの進行滞留と決壊的進行開始と熱現象の関係。
2. つめ結晶層の増層成長の電流信号の周波数特性
3. つめ増層の層間距離の乱れに対する周波数特性の安定性。
4. つめ時間摂動のシュレディンガー方程式に周波数特性を導く。
5. つめ放電空間に観察されるクーロン結晶の増層成長事例と空間のポテンシャル配置と働く力の導出。
6. つ目トンネル共鳴を分数階微積分から考える。
7. つ目結晶の格子点の物質波の位相と発熱の関係。
8. つ目物質波で位相の揃わぬ進行から生まれる波形のひずみ特性。

## 私の考え

- 常温核融合はトンネル共鳴現象をともなった現象である。
  - エネルギー流の障壁面反射とトンネル透過から発生したトンネル共鳴現象だ
  - ガスや光、電流というエネルギー流に発生  
たとえば1atmのD<sub>2</sub>ガスが薄膜透過や、  
右図自己組織化事例のレーザー光圧におきる
  - 自己組織化の空間には物質波の空間波数密度の変化をもとに**引力**が発生し結晶状に粒子を捉える
  - トンネル共鳴現象は自己組織化の作用から周期的位置に自己増殖し障壁面を多重に発生する
  - 結晶状空間にはエネルギーの蓄積(吸熱と質量化)、  
放出(放熱と元素転換)が発生



## 私説を確かめる道筋と段階

1. 直流ダストプラズマ装置の実験を再現する
2. 上記で電流の周波数成分の $1/f^2$ 特性を測定
3.  $1/f^2$ 特性が自己組織化クーロン結晶の重層成長の特徴であると証明(数値計算に実証済み)[解説へ現象2現象3](#)
4.  $1/f$ べき乗 $2$ 特性の放電に熱の急激な移動が発生する実験を再現する(文献「静電冷却現象」・貴志浩三の方法を利用)[解説へ](#)
5. 電流に $1/f$ 特性と $1/f^2$ 特性を観察する[解説へ解説2へ](#)
6. 共鳴増進の構造を放電部に作成し促進させる。

これら6段階の道すじを実現し確証を持って学会に私の考えを発表したい

## 常温核融合を なぜトンネル共鳴現象と考えるか

- 放電中の空間に浮遊するクーロン結晶の事例
- [トンネル電子顕微鏡STMでの原子単位を並べ替えて積み並べる工作の原子捕捉と着脱力事例](#)
- 放電熱の発生と伝熱や対流よりも急激な熱移動の事例
- $1/f^2$ 特性と $1/f$ 特性とが電流に測定されるとき  
の微積分関係と空間の働きから常温核融合の現象を説明できる
- $1/f^2$ 特性をもつ波動に共通するエネルギー保存則と共鳴無損失の学理の一致同値性

# 放電の中に生まれた自己組織化

事例 1 直流放電

事例 2 交流放電

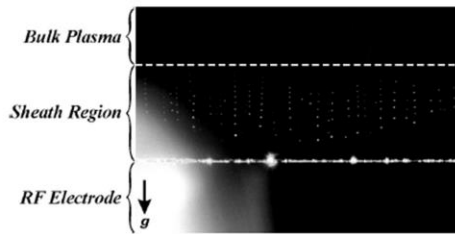
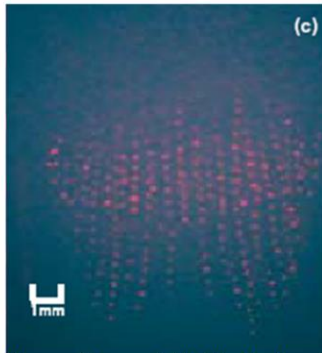


Fig. 3 Experimentally observed Coulomb crystal

<http://annex.isap.or.jp/hokkaido/yokousyuu39th/B-29.pdf>より

<https://repository.exst.jaxa.jp/dspace/bitstream/a-is/41390/1/63349059.pdf> より

交流で地上の重力環境中に反した浮遊だから自己組織化の原因は静電力ではない。静電力と重力の反対向きの条件が直流にあるが、交流ではその条件を満たしていない。交流で浮遊が直流を基に考えた静電力の釣り合い論理等と離散的安定点の論理に対し無関係な現実に連続安定した電流量等、各特性それぞれに矛盾している。

## 自己組織化の増進共鳴

- 常温核融合には直流エネルギー流の無損失の全反射と共鳴、透過が伴われ、共鳴の増進増大が起きている
- 交流で地上の重力環境中に反した浮遊だから自己組織化の原因は静電力ではない。静電力と重力の反対向きの条件が直流にあるが、交流ではその条件を満たしていないまま浮遊し[直流を基に考えた論理](#)やクーロン結晶の名に矛盾している。
- 自己組織化が増進する空間が観察されたが、交直どちらの放電にも結晶が発生しているので、静電力を原因とした浮遊力ではない。したがってクーロン結晶と呼ぶべきではない常温核融合だ

# クーロン結晶について 物理学会主流派の矛盾

## 物理学会主流の考察

- 分子動力学のシミュレータで再現できるから静電力だ
  - イオン分子と電界の相互作用で静電気現象の髪の毛状に浮遊する
  - イオン分子とイオン分子の干渉作用で定位置に停止する

## 矛盾

- 距離に反比例自乗の力による3体以上の個体の干渉運動からなる浮遊は数学上根本的に解決できない
  - 電子には粘着力がない、電流が流れ静電現象ではない
  - 電界中では電極まで一途の加速だからクーロン結晶全体は定位置に停止できない
  - 交流でも直流でも浮遊安定する

# 1/fゆらぎと常温核融合の関係1

- 量子の加速事例を思考実験する
  - 量子が1個単独に加速器中を運動したとする
  - 例えば電子
  - 陰極から電子放出してグリッドを通り陽極に到達
  - 放電電極の電極界面にはポテンシャル障壁があり、電子が各界面をトンネルして陽極まで到達する
  - 観測用グリッド電極の信号にはオシロスコープをつかうと、時間対電流強度画面にインパルス1個が見える
  - 陰極電流でもグリッド信号より以前の時刻に同形のインパルス1個が見える
  - 陽極電流でもグリッド信号より遅れる時刻に同形のインパルス1個が見える

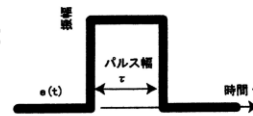


図2 孤立矩形波動 $e(t)$



## 1/fゆらぎと常温核融合の関係2

- 思考実験のつづき
  - インパルス信号の周波数特性は1/f自乗

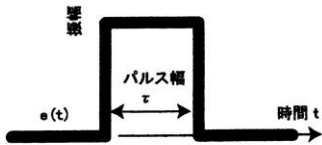
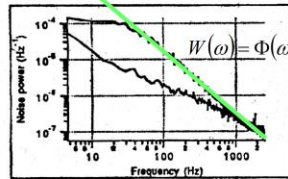


図2 孤立矩形波動 $e(t)$



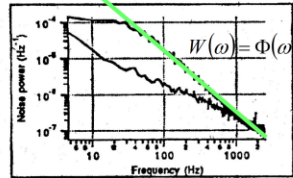
パワースペクトル

- インパルス信号の周波数特性には両対数グラフに右肩下がり直線状の包絡線が見える

## 1/fゆらぎと常温核融合の関係3

- 思考実験のつづき

- 両対数グラフに右肩  
下がり直線状の包絡線の



傾きがみえる。さらにブラックボックスへ入る入力信号とその出力信号で複数の直線状包絡線が同時にあるとしたら、ブラックボックスには入出力間に微積分の作用がある

- 電流のパワースペクトルは1/fの3種のべきになる現象が観察されている。べき0はホワイトノイズ、べき2は孤立波、べき1は1/fゆらぎという。

## 1/fゆらぎと常温核融合の関係4

- 思考実験のつづき
  - 電流のパワースペクトルには1/fの3種のべきがある。べき0はホワイトノイズ、べき2は孤立波、べき1は1/fゆらぎという。同じ放電回路でもし観察状態が切り替わるなら、トンネル共鳴の空間に状態変動があったと推量できる
  - ブラックボックスの入出力間に微積分の作用があるとして、もしブラックボックスが空間であれば、空間に対してエネルギーの蓄積と借り出しがある。
  - エネルギーがもし質点に集中し、量子の質量エネルギー1個に等しい時、量子単位毎に質量に変換され実体化する。これが常温核融合である。
  - 微分や積分の作用が入出力間のエネルギー流にあると熱の急激な発生と急激な冷却とに現れるだろう。これが異常発熱と静電冷却である。[実現象の紹介](#)

## 1/fゆらぎと常温核融合の関係5

- 思考実験のつづき
  - 常温核融合と異常発熱と静電冷却の現象があるとき。
  - トンネル共鳴現象が引力を発生する。[引力の解説 実例紹介](#)
  - トンネル共鳴現象が自己組織化しはじめクーロン結晶を多層重層化すべき2となる。[解説](#)
  - 1/fゆらぎではフラクタル要素が波動に観察される

## 1/fゆらぎと常温核融合の関係6

- 思考実験のつづき

- 1/fゆらぎではフラクタル要素が波動に観察される。波形の縮小拡大に階層同形が見つかる。
- クーロン結晶が現れる時、[カオスで述べる相空間のアトラクタ](#)で、形状がトーラスになり、トーラス界面に巻きつく軌道が緯度周回 $n$ と経度周回 $m$ の比  $n/m$  が有理数である。整数 $n$ と整数 $m$ で表されていると考える。無損失共鳴状態である。
- トーラス周りの周回比が無理数となるようなアトラクタの軌道が存在する。これも無損失で共鳴している。
- トーラスのアトラクタから常温核融合には渦が発生する 以上

## 解説 微積分と周波数特性 (核融合における周波数特性の変化)

- 各周波数で位相 $\theta$ はランダム→ 普段のホワイトノイズ  
 $P(f) f^0 = C$
- 位相の拘束から編隊整列→結晶化のとき $1/f$ 自乗則  
 $P(f) f^2 = C$
- ビリアル定理の働きで 伝搬信号に積分作用  
→エネルギーが物質化 $1/f$ 揺らぎ  
 $P(f) f^1 = C$

30

位相が拘束されて1次元格子が調和振動子の複数として働くようになると、ビリアル定理のために調和振動子列を伝える信号は積分されて出てくるようになります。

そのときパワースペクトル密度の特性は $1/f$ 雑音になるのです。ホワイトノイズと $1/f$ の自乗と3種特性があり、交互に同じ条件で発生してくるとすれば、波動では波数が揺らぐことになるでしょう。

その時に結晶の列に粒子を並べる力がうまれると考えました。

半導体工学では電子の有効質量という関係式があり、仕事の定義と重ねると力 $F$ が波数のゆらぎから生まれるとわかりました。

## 解説 STMによるナノテクノロジー

[本文に戻る](#)

- IBMアルマデン研究所のドン・アイグラー博士によって、STMを使って、35個のXe原子を、低温に保持したNi単結晶表面に1つずつ配列させて「IBM」の原子文字を書いた。
- ところが工作において、Xe原子1個をSTM装置針先にぶら下げ運びNi基盤に置き去った操作で、Xeの着脱解放時に原子間力、ファンデルワース力に反した行動があった。これは物質波の引力を実証している。

[引力の解説へ](#)

[本文に戻る](#)

# 解説 地球上重力Gに逆らった 浮遊粒子群の矛盾 [本文に戻る](#)

- 素電荷のn倍帯電した比重1.2の  
Ploymethil Metacrylate 球体

不連続で不安定な釣り合い条件

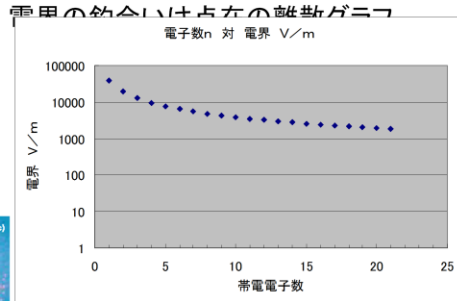
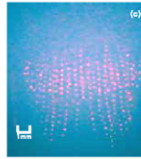
$$F = m\alpha, \quad \alpha = 9.8$$

$$F = nqE, \quad q = 1.602 \times 10^{-19}, \quad \text{電子数 } n$$

$$\text{PMMA 半径 } a = 5 \times 10^{-6}, \quad \text{比重 } k = 1.2$$

$$\frac{4}{3} \pi a^3 k \alpha = \frac{nqE}{nq} = E, \quad \therefore nE \approx 38k \quad [V/m]$$

- 無制御のn  
ランダムなn  
ランダム速度  
整列は矛盾!!



[本文に戻る](#)

32

電気力でプラズマクリスタルが地球重力の加速度に釣り合ったとすると、帯電したポリメチル球は電界と帯電した電子数の積が38kの定数値である。

電子は量子であるから電子数は整数のため、グラフのように離散グラフに安定点が点在する。そのため連続値で目標値へ制御することはできない。

ということから微粒子がランダムな帯電数、ランダムな速度を受けていれば、38kは決して実現されない。

だからクリスタルの隊列に微粒子が安定することを電気力から説明できない。ただ分子動力学から安定形態は見つけられている。岡山大学のWEB上の報告がある。

<http://www.mat.elec.okayama-u.ac.jp/activity/simu2.html>

しかし分子動力学シミュレーションで安定の形態が見つけられても、安定に至る動態において変動は計算できない。だからリサージュ軌道を電磁気学の電気力、分子動力学ではまだ説明できない。



# 解説 微積分と相転移と周波数特性

• 日本物理学会論文誌 Vol.47, No.2, pp.21(1974.05)

28a-P-8

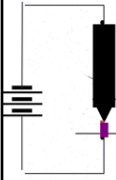
STMトンネル電流雑音強度の試料面内分布

東大・工 杉田 敏、魚田雅彦、山下善文、内田 建、目良 裕、前田康二

The spatial variation of STM tunneling current noise.

Fac. of Eng., Univ. of Tokyo S.Sugita, M.Uota, Y.Yamashita, K.Uchida, Y.Mera and K.Maeda

[本文に戻る](#)

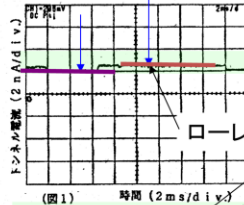


STMトンネル電流が示す顕著な低周波ゆらぎは $1/f$ 型のパワースペクトルを示すことが知られている。このゆらぎは試料面内の場所によって強度が異なり、STMの探針を走査させながらこのゆらぎのある周波数帯域内のパワーを測定することにより、試料面内の雑音強度分布を得ることができる。

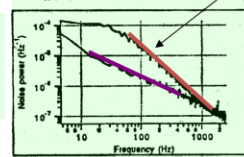
本研究では、大気中及び真空中 ( $3 \times 10^{-6}$  Torr) においてAu蒸着膜を試料に用いて雑音強度分布の測定を行い、その比較を行なった。その結果、強度そのものは真空中の方が1桁程度小さくなるのであるが、依然雑音強度に分布を示すことがわかった。このことは、雑音の原因として気体分子の脱離吸着以外のものを考える必要があることを意味する。

また、Au膜の代わりにグラファイトを試料に用いた場合には真空中において、電流の雑音が $1/f$ 型のスペクトルを示す場合のほか、原子像観察可能な探針を用いた場合に電流値が2値の間で揺らぐが観察された(図1)。この時の雑音スペクトルは $1/f$ 型よりもローレンツ型に近く、しかも $1/f$ 型スペクトルを示すときよりも強度が大きくなることがわかった(図2)。

講演では、これらの結果の詳細及びそれから期待される雑音発生の機構について論じる。



(図1) 時間 (2 ms/div)



(図2)

[本文に戻る](#)

トンネル顕微鏡STMにも電氣的に同じ、  
電極ギャップの直流回路が使われています。

電気回路の性質は装置の大小に変化するものではありません。  
そのSTMでカーボングラファイトを観察したら2値の間を移り変わる相転移があらわれていました。

$1/f$ 雑音とローレンツ型 $1/f$ 自乗雑音の二つがその二つにあらわれています。

この和文以外に引用論文の学会に採択された英語論文は2種あり、わたしの手許にあります。

# 実証 共鳴の確認 ペリレン層に起きる負性抵抗

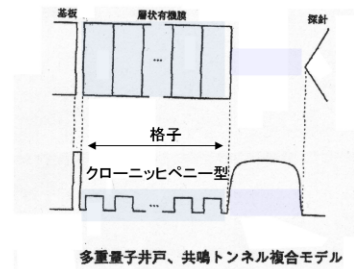
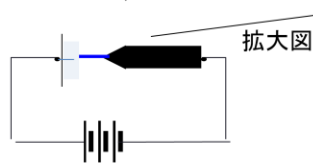
[本文に戻る](#)

- 奥田, 稲葉, 内藤, 江原, 高木, STSによる有機膜の負性抵抗

ギャップ模式図

信学技報OME

93-56(1994-03)



[本文に戻る](#)

34

電気工学から見れば共鳴には負性抵抗がつきものです。

負性抵抗はペリレン多層膜のSTM観察回路にあらわれました。

ギャップ間に有機物のペリレン分子層による障壁列があるときに、負性抵抗がありました。

周期的層構造の電極に共鳴の再現が多いので、層構造が量子共鳴を開始させるプロモータになっているに違いありません。

# ①半導体工学による結晶層増設としたトンネル共鳴の周波数特性の計算

[元のページに戻る](#)層重畳、結晶増長、総数増加を条件としたパワースペクトルの周波数特性

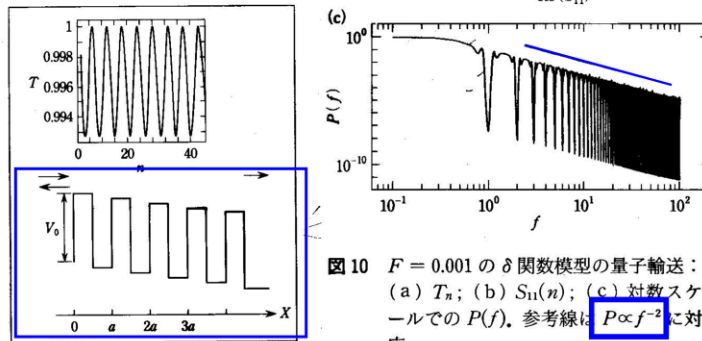


図10  $F = 0.001$  の  $\delta$  関数模型の量子輸送：  
 (a)  $T_n$ ; (b)  $S_{11}(n)$ ; (c) 対数スケールでの  $P(f)$ . 参考線は  $P \propto f^{-2}$  に対応。

図9 電場の作用するクロニッチ・ペニー模型。挿入図は  $F = 0$  のときの  $T_n$ 。

(図9-図12ではいずれも  $k_0 = 10$  とする。)

数理科学SGCライブラリー1カオスと量子物理学pp.28-35より

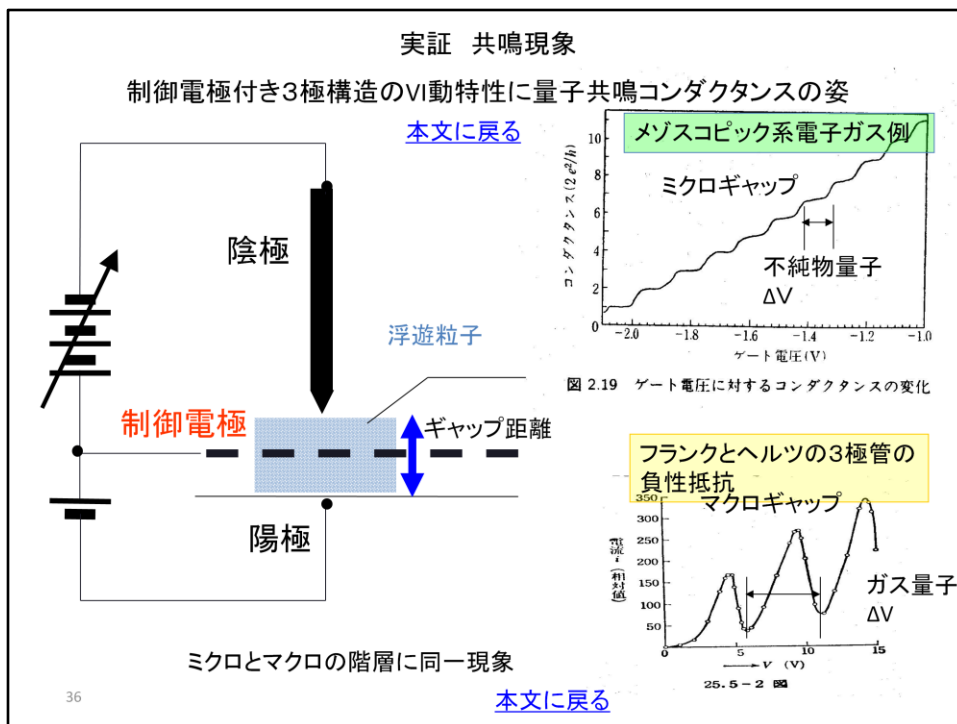
[元のページに戻る](#)

ペリレンの多層膜に注目するとポテンシャル障壁列がありました。

障壁列に注目して調べてみれば、直流電気による量子が通るときパワースペクトルに  $1/f$  自乗の定性があると中村氏の数値解析で確かめられています。

ここから  $1/f$  自乗雑音についての解答の道筋がはじまります。

電子波自身にポテンシャル障壁と一次元格子を創らせることで、現象のモデルができるのです。



どうやら電極ギャップには量子共鳴の定性があるようです。

それは電極ギャップに制御電極を加えた場合、マイクロな電極でもマクロな距離の電極でも

ギャップに浮遊する自由粒子が存在すれば

量子共鳴があらわれ、3極構造 動特性のV-I特性のコンダクタンス分に階段安定が複数段、等間隔にあらわれることにわかります。

## 解説 ビリアル定理

[周波数特性の変化に戻る](#)

の長時間平均の2倍となっているが、それが右辺に登場するビリアルという物理量に等しいことを主張するものがビリアル定理に他ならない。

このビリアルは、たとえば位置エネルギーが位置ベクトルの  $k$  次の同次関数であるような場合には

$$\lim_{T \rightarrow \infty} E \left[ \frac{1}{T} \int_0^T kV dt \right] = k \lim_{T \rightarrow \infty} E \left[ \frac{1}{T} \int_0^T V dt \right]$$

となり、位置エネルギーの長時間平均に比例する。特に調和振動子の場合には  $k = 2$  であるため、

$$\lim_{T \rightarrow \infty} E \left[ \frac{1}{T} \int_0^T \mathcal{T} dt \right] = \lim_{T \rightarrow \infty} E \left[ \frac{1}{T} \int_0^T V dt \right] \quad \text{積分作用}$$

となって運動エネルギーと位置エネルギーの長時間平均は一致する。これは、古典力学におけるビリアル定理と完全に一致する結果となっている。

保江邦夫 量子の道草より

**ビリアル定理より 格子が調和振動子となれば  
運動E 全量ポテンシャルに蓄積できる**

[周波数特性の変化に戻る](#)

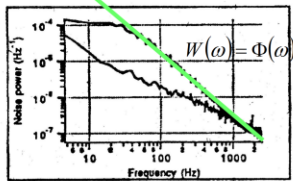
37

調和振動子のように運動する一次元格子の格子点には伝搬エネルギーが運動エネルギーの形で蓄積され積分作用を起こします。それはビリアル定理に証明されま

す。

# 解説 周波数特性 1/f自乗

グラフ曲線に $\Phi(\omega)$ が出現する



パワースペクトル

フーリエ逆変換 =

パワー情報と位相情報

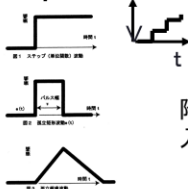
$$R(\tau) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} \Phi(\omega) e^{j\omega\tau} d\omega$$

位相情報  $e^{j\omega\tau}$  を除いてパワーの期待値  $W$  に  $1/f$  自乗では

$$W = k_v h w_\phi \int_{-\infty}^{\infty} \frac{\sin^2 \pi v}{(\pi v)^2} dv$$

分母に  $f, v$

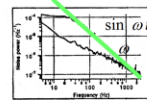
## ■ 1/f特性の関数 $\Phi$ 単発的 ソリトン, ステップ波,



## 周期的 矩形波, 階段波

階段波や矩形波  
入力のソリトン

全反射 エネルギー保存  
位相歪み伝送路  
多重全反射伝搬



ところで通信工学の雑音分野の知識から見てパワースペクトルが  $1/f$  系 特性となる関数の特徴は何でしょうか。

両対数グラフに傾きが、たとえば一定になるのがその特性です。45度に表れるのは反比例関係ですが、それは、グラフを数式で言えば、パワースペクトル密度の分母に  $f$  が含まれていることになります。

$1/f$  べき乗の周波数特性が振幅の飽絡線にある名の通った信号波はステップ信号、パルス、さんかく波、階段波です。

その中で  $1/f$  雑音は信号の初期位相が狂ってできた歪み波であると考えて良いはずで

## 解説 カオス

[関係6に戻る](#)

### 6.4.3 アトラクタ

軌道系の運動は十分な時間がたつと特定の軌跡や点に落ち着く。この運動の遠高状態の後の安定した状態のことを「アトラクタ」という。アトラクタは運動の複雑さや種類によって様々な形をとるが、基本的には次のように分類される(図 6.9)。

- 平衡点  
静止アトラクタや点アトラクタ、固定点ともいう。ある一点に収束するアトラクタ。
- リミットサイクル  
周期アトラクタともいう。周期運動を繰り返すアトラクタ。
- トーラス  
ソレノイド、楕円筒アトラクタ、環周期アトラクタともいう。運動が3次元の状態空間内にあるドーナツ状の曲面上を巻き付くように収束する。

アトラクタ (attractor)  
「引きつける」(attract) という意味からきている。あるアトラクタにおける初期状態の集合を、そのアトラクタの「ベース」(basin) という。  
平衡点 (fixed point)

リミットサイクル (limit cycle)

トーラス (torus)

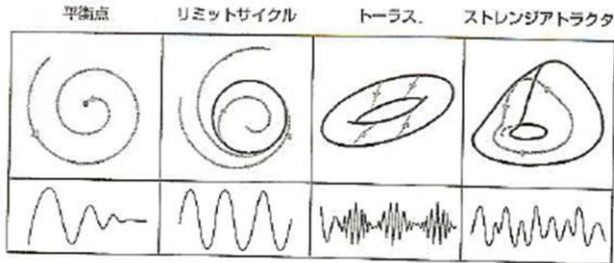
- ストレレンジアトラクタ  
軌道が永遠に同じ点を通らない奇妙 (strange) なアトラクタなので、このように呼ばれている。

変数が二つの場合には平衡点かリミットサイクルであり、変数が三つの場合にはそれらにトーラスが加わる。3次元でのアトラクタは上の三つしか知られていなかったが、カオスが発見されてからは、ストレレンジアトラクタという新しいタイプのアトラクタが知られるようになった。カオスは相空間内でストレレンジアトラクタを描くのである。

ロレンツ・アトラクタ (Lorenz attractor) が、現在カオスとして知られているような現象が茶葉の湯で起きていることを述べた論文で知られてから、この名称で呼ばれている。

ローレンツ・アトラクタ (Lorenz attractor)

△ この方程式は B. デルツマンが導



[関係6に戻る](#)

図 6.9 アトラクタの種類

複雑系入門より  
ISBN4-87188-560-7