目　　次

まえがき

第1章　力学の基礎とエルゴード問題 …… 1

1. 1　位相空間内の運動 …… 1
リュービル (Liouville) の定理，ポアンカレ (Poincaré) の再帰定理，再帰時間．カッツ (Kac) の公式，リュービル方程式

1. 2　作用－角変数 …… 4
"有用" な変数は何か？，断熱不変性，非線型振子の振動，プラズマ振動，非線型振動のスペクトルの性質

1. 3　非線型共鳴 …… 9
外力により誘導された共鳴，結合された振動の共鳴

1. 4　コルモゴロフ－アーノルド－モゼールの理論 …… 14
多次元運動，不変トーラス，作用一角変数，既約閉積分路，ポアンカレ写像，安定性の理論，位相空間の次元とその役割

1. 5　エルゴード性と混合性 …… 19
基礎となる定義，局所不安定性，K系，クリロフ (Krylov) の思想，有限な緩和時間と混合性

1. 6　エントロピー …… 23
分布関数の粗視化，コルモゴロフの力学的エントロピー，K系とエントロピー，K系と同型

1. 7　歴史的背景 …… 28
統計力学の基礎，ツェルメロ (Zermelo) とロシュミット (Loschmidt) のパラドックス，ボルツマンとエーレンフェスト (Ehrenfest) の立場，混合性，クリロフの相補性原理

第1章に関する注釈 …… 32

第2章　ストカスティシティの基準 …… 35

2. 1　混合性の2つのモデル …… 35
連分数とストカスティシティ引き伸ばし変換，定常状態の分布関数

2. 2　ストカスティシティの基準 …… 45
シナイの基準，2次元引き伸ばしの例，のこぎり刃型 (Saw-Tooth) 変換，アノ

ソフ流（Anosov flow）
2. 3　完全剛体球の衝突……49
クリロフの解析，負の曲率の役割，モデルの解析における困難
2. 4　散乱ビリヤード（シナイのビリヤード）……52
剛体円盤の気体についてのシナイによる解析，散乱ビリヤードの問題，散乱ビリヤードの同型性
第2章に関する注釈……53

第3章　粒子のストカスティック加速（フェルミ加速）……55

3. 1　ストカティック加速の機構……55
ウラム（Ulam）モデル，写像の方程式，加速の基準，加速の運動学
3. 2　重力エンジン……60
重力場による物体の無制限加速
3. 3　スキップする電子の混合性……62
磁場中の表面電子，ストカスティック加速と散乱ビリヤード，表面電子の運動量分布
第3章に関する注釈……66

第4章　振動のストカスティックな不安定性……67

4. 1　非線型振子のユニバーサル変換（写像）……67
ユニバーサル変換の導出，ユハバーサル変換は何故 "universal" か？，混合性の基準，安定性の島（stability island），厳密な理論は何故構成できないか？，相関消滅時間
4. 2　共鳴の重なりの基準（チリコフの重なりの基準）……73
共鳴の相互作用，共鳴の重なり，局所不安定性との関係，共鳴の数の重要性
4. 3　正弦関数変換……76
引き伸ばしパラメータの関数としての位相軌道，正弦関数変換を何故選択するのか？，定常分布関数
第4章に関する注釈……78

第5章　ストカスティックな層：その形成の理論……80

5. 1　セパラトリックスのストカスティックな消滅……80
セパラトリックス近傍の運動の特色，変換の構成，ストカスティシティの条件ストカスティックな層の厚さ
5. 2　ストカスティックな層：その形成過程の特性……84

セパラトリックスの消滅領域の定性的分析，非線型共鳴の消滅，磁気面の消滅
5. 3　位相空間におけるストカスティックな消滅の一般的パターン ……89
共鳴とストカスティックな領域，位相空間の“ストカスティック量子”，安定性の島の源，運動の積分の消滅，ポアンカレの定理に関する注意，2つの例：二つの平面波の場の中の粒子と波束の場の中の粒子の運動.
5. 4　セパラトリックス近傍のホモクリニック構造 ……94
セパラトリックスの分離，ホモクリニック点，ストカスティシテイの同型性，K系についての補足.
第5章に関する注釈 ……97

第6章　混合性と運動論的方程式 ……99

6. 1　運動論的記述の原理……99
記述の縮約，二つの縮約法，マスター方程式，ボルツマン型方程式，ボゴリューボフの考え方，相関消滅の原理と乱雑位相近似.
6. 2　非線型振動子の運動論 ……104
リュービル方程式に対する摂動論，初期条件の記憶，RPA の数学的表現，分布関数の粗視化法，混合性の効果，時間スケール.
6. 3　波束の場の中での粒子の拡散運動 ……114
変数の選択，分布関数に対する方程式，波束近似，粒子の“補捉”時間に関する注意
第6章に関する注釈 ……118

第7章　非線型波動の場……121

7. 1　フェルミ－パスターウラムの問題 ……121
問題のおこりと定式化，共鳴の重複とストカスティシティのしきい値
7. 2　波動場のストカスティック……126
相互作用のあるフォノンのハミルトニアン，減衰のスペクトル，離散的写像の構成，安定性の条件とストカスティシティの条件，自由度の数の役割，多次元系のコルモゴロフエントロピー
7. 3　波動場の運動論的記述 ……136
リュービル方程式の方法，初期条件の記憶の喪失，混合性の役割.
7. 4　フオノンの運動論的方程式……140
第7章に関する注釈 ……141

第8章　非線型波動のストカスティシティ ……143

8. 1　非線型波動の定常運動 ……143

位相平面，特異性とソリトン，非線型分散，波の転倒，臨界速度，非線型波動のスペクトル.

8. 2 非線型波動と摂動 ……147

フーリエ成分に対する方程式，ハミルトニアン，正準運動方程式，ポアソン括弧

8. 3 非線型共鳴……150

打切られた方程式系，非線型共鳴，波動パラメータの変調，摂動の空間構造による影響

8. 4 非線型波動のストカスティック不安定性 ……154

共鳴の間隔，ストカスティシティのための条件，作用－角変数，非線型波動の拡散方程式

第8章に関する注釈 ……159

第9章 量子系におけるストカスティシティ：非定常問題(その I) ……160

9. 1 量子論的K系 ……160

古典系と量子系との比較，安定性問題，運動の積分と可積分性の問題，準古典近似の特性，量子論的K系と問題の設定

9. 2 量子論的写像 ……164

シュレディンガー表示の写像，ハイゼンベルグ表示の写像，2次元位相空間への射影，射影写像，射影の非マルコフ写像

9. 3 コヒーレント表示を基底にした射影 ……168

コヒーレント状態とその性質，ノーマル順序と射影，$\hbar$ についてのべき展開，量子力学的期待値に対する非ハミルトニアン形式の方程式，$\hbar$ 展開における発散

9. 4 波束の拡がり ……173

非線型性の役割，“自由な”波束の拡散時間，準古典近似の有効条件

9. 5 T写像とストカスティシティの条件（近似的解析）……175

T写像の導出，古典近似，量子論的補正，$\mathscr{D}$形式，量子論的補正の指数関数的発散，ストカスティシティ「のための量子論的しきい値，準古典領域とその存在条件

第9章に関する注釈 ……183

第10章 量子系におけるストカスティシティ：非定常問題(その II) ……184

10. 1 波動関数の量子論的写像 ……184

写像の公式，期待値の計算，一般論への拡張

10. 2 量子論的写像の分析 ……189

位相相関，局所不安定性，量子論的しきい値，拡散

10.3　量子論的共鳴間の相互作用……193

外場中の量子論的非線型共鳴，有効ハミルトニアン，2個の重複共鳴間の相互作用，重複共鳴のストカスティシティに関する数値計算

第10章に関する注釈 ……204

第11章　量子論的K系の運動論的記述……206

11.1　密度行列に対する方程式……207

摂動のべき展開，Φ 相関関数の分離，密度行列の非対角要素の役割

11.2　運動論的方程式の導出 ……210

準古典近似のグリーン関数，密度行列の“粗視化”，Φ 相関関数の減衰と相関の消滅，運動論的記述への移行，幾つかの例

第12章　量子系における運動の積分の消滅 ……217

12.1　歴史的な背景 ……217

アインシュタインの量子化規則，位相幾何学的軌道に沿った積分，“複雑な”系のスペクトルの仮定，ウィグナー－ポーター－ダイソンの理論

12.2　問題の定式化 ……224

問題の定式化，準位系列の概念，規則的および不規則的スペクトル，“複雑性”の概念，準位の統計的母集団

12.3　K系の不変性と周期軌道 ……226

K系の不変性，不変性の規模，K系の同質性，K系の周期軌道，近似的サイクルに関する擬似エルゴード定理

12.4　量子化規則……233

周期軌道についての総和，K系の量子化規則，近似的サイクルとの関係，切断理との関係

12.5　隣接準位の間隔分布 ……235

一般的な軌道と“典型的”軌道，確率的な曲線の安定性，準位の小間隔についての分布則，準位の大間隔についての分布，数値解析

12.6　量子論的K系に関する一般的注意 ……243

固有値の分布，“太鼓の形を聞きわけることができるか？”，波動関数と“準モード”，“平均”場の概念

12.7　輻射場における原子の束縛状態のストカスティックな消滅 ……247

場と原子の共存系のハミルトニアン，共鳴近似と運動の積分，運動の積分の消滅

12.8　分子内でのエネルギー交換……252

極限的な2つの場合のエネルギー交換，励起分子，解離と分子結合
第12章に関する注釈 ……254

付録1 混合性のビリャード ……257
付録2 アーノルド拡散 ……262
付録3 散逸力学系におけるストカスティシティ ……265
A.3.1 ストカスティティと乱流 ……265
A.3.2 ストレンジ アトラクター ……266
A.3.3 ストレンジ アトラクターのモデル ……266
A.3.4 ストレンジ アトラクター上の分布関数：フラクタルの例 ……272
A.3.5 ストレンジ アトラクターの次元数 ……273
A.3.6 乱流発生の問題とモデルの関係 ……275
付録4 幅射の非線型力学 ……279
A.4.1 光の軌跡の方程式 ……279
A.4.2 断面 $n(X)$ における光の軌跡 ……281
参考文献 ……283
索 引 ……292