羽織を脱ぎ与える事は出来ませんが……

和　達　三　樹（物理学教室）

例年より暖く木の芽も目につきはじめた3月1日，理学部物理学教室に赴任いたしました。和田昭允先生（前理学部長）の在任中に着任できましたことを非常にうれしく思っております。鈴木増雄教授をはじめ皆様方の御尽力により，駒場から本郷への移転がスムーズに終り，順調な再スタートをきることができました。紙面をお借りして，お礼申し上げます。3月下旬までは名誉教授室を借用しておりましたが，新任早々名誉教授用の机で仕事をするというのは私が初めてではなかったでしょうか。広報に原稿を書く機会はあまりないと考えられますので，自己紹介を兼ねて専門分野と研究の一端を述べたいと思います。

物理学は，取り扱うエネルギー領域，または，長さのスケールによって，素粒子物理，原子核物理，物性物理と分類されます。もちろん，研究手段によって，理論と実験という区分もできます。私の専門分野は広くいえば物性理論，物理学会の分科会名では「統計力学・物性基礎論」に属しま

す。そこでは，統計力学における諸問題や，統計力学的手法を使って種々の現象を解明することを研究します。少し違う観点から説明しますと,「なぜ物質には固体，液体，気体の３相があるのか」,「なぜ超伝導状態は可能であるのか」,等々の「なぜ」の部分に拘って研究を続けるのが「統計力学・物性基礎論」の使命であると考えます。統計力学は非常に普遍的な記述法ですから，対象は宇宙物理から生物物理まで広く関連することになります。また，そこに現われる解析手段は，数学の分野と重複することが多々あります。このような専門分野の私にとって，他学科の先生方とお会いする機会がやや少ないことが，本郷における唯一の不満です。

話を少し具体的にしていくことにしましょう。統計力学の基本的問題の１つに，エルゴード問題があります。1950年頃，当時完成したばかりの計算機を用いて，Fermi（有名な原子核物理学者), Pasta，Ulamは，非線形のバネでつながる１次元格子において，どのように熱平衡状態が達成されるかを調べました。非線形性（フックの法則からのずれ）があれば，線形系での基準モードは独立でなくなり，すべてのモードにエネルギーは等分配されて，系はエルゴード的になると予想されます。しかし，計算機による結果は，この予想に反し，ほぼ一定の周期で初期状態に戻る（再帰現象という）ことを示しました。この研究はその後，意外な発展を遂げることになります。

1965年，Zabusky とKruskal は，非線形格子に対するモデルとしてKdV方程式（前世紀末の1895年，オランダのKorteweg とde Vries によって提唱された浅水波を記述する非線形発展方程式）を採用し，再帰現象がKdV方程式でも現われることを数値計算によって確かめました。それと同時に，KdV方程式での波が思いがけない性質を持つことを見出しました。滑らかな初期波形から，いくつかのパルス的な波が発生します。それらのパルス的波形は，それ以後独立に運動し，衝突しても各々の波形は変りません（図1は，KdV方程式における２つのパルス的波形の衝突例）。すなわち，パルス的波形（流体力学では孤立波solitary waveという）は，安定な粒子のように振舞うことが確かめられました。こうして発見された非線形系での基準モードが，「ソリトン（soliton)」です。ソリトンの発見は，カオス，フラクタル等々と続く非線形力学系での新しい進展の第一弾とも言えましょう。

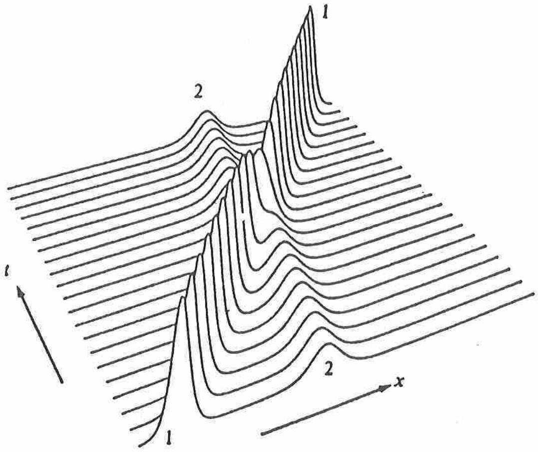

図１

流体，プラズマ，非線形光学，低次元物質，生物物理等におけるソリトンの験証は，現在まで活発に研究されています。また，理論面では，非線形発展方程式の初期値問題を解く手法（逆散乱法という）が発見されました。この方法は，量子系にも拡張することができます。こうして，物理学における「厳密に解ける模型（略して，可解模型ともいう）」をすべて同じ土俵の上で取り扱うことが可能になりました。

発見に到る事情もさることながら，ソリトン研究は色々な予期しない成果をもたらしています。その１つに，数学の「結び目理論」との関係があります。自分自身とは交差しない，つまり同じ点を２度通らない１本の閉じたひもを「結び目」といいます。また，複数本のひもを閉じたものを，「絡み目」といいます。２つの結び目または絡み目が与えられたとしましょう。これらが同じであるか，異なるかを判定するのは簡単な問題ではあ

りません。例えば，図2に示す2つの結び目は，一方から他方へ連続的に，ひもを切らずに変形できます。すなわち，トポロジー的に等価です。この程度の結び目であれば，手近にあるひもを使って確かめることができましょう。しかし，図3に示す2つの結び目はどうでしょうか。この2つが等価であることがわかるまでに80年あまりを要しました。このように1つ1つの例を調べていてもしかたがないので，組織的に分類するには，ひもの連続的変形によって変わらない量（トポロジー的不変量）を見つけることが必要になります。これらは，ある量を変数とする多項式で与えられ，「絡み目多項式」とよばれます。私達は4年近く前，厳密に解ける模型から絡み目多項式を構成する一般的方法を発見しました。簡単に言いますと，ソリトン系での粒子の軌跡を，ひもそのものと見なすことによって，トポロジー的不変量が計算できることになります。ソリトン系は何種類も（実際には無限個）ありますから，分類問題に応じて，より強力な絡み目多項式をいくつでも用意することができます。こうして，既に知られていた絡み目多項式（Alexander 多項式，Jones 多項式等）ばかりでなく，新しい絡み目多項式が発見されました。この定式化に用いられる「組みひも群」は，粒子にボーズ統計でもなくフェルミ統計でもない，変わった統計的性質（anyon という）を与え，物理学の種々の分野で活発な研究対象となっています。

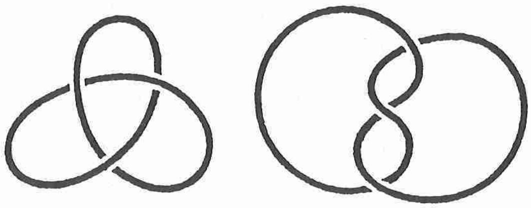

図 2

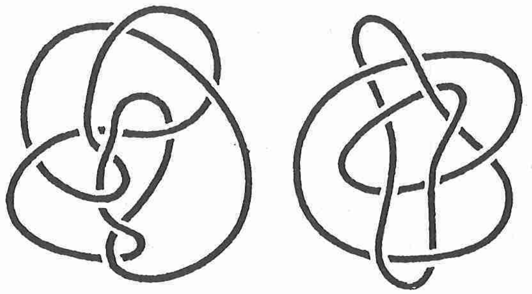

図 3

以上，ソリトンを中心とする非線形物理学研究の一端を紹介しました。「統計力学・物性基礎論」の雰囲気を御理解いただければ幸いです。

最後に私事になり恐縮ですが，祖父（芳賀矢一）は70年程前に，文学部国文学科の教授をしておりました。多くの逸話を残した人物のようです。或る日，研究室に学生が走り込んできて経済的困窮を告げたところ，着ていた羽織を脱いで手渡し，『きょうは，これを持っていきなさい』と言ったそうです。現在の私には，とてもこのようなことはできませんが，少くとも心意気だけは倣って，研究と教育に全力をそそぎたいと思っております。