

I 基研における物理学

座長 牧 二 郎

1.

基研 佐 藤 文 隆

宇宙に関する研究は、非常に広範にわたっています。たとえ理論物理の当面の興味ある研究課題と関連する面のみを取り上げても多種多様だと思います。したがって基研での宇宙の研究を考える際には何も広く宇宙物理学の現状を見渡すなどというのも空々しい程に広いわけです。一般的な興味ということからこれらの研究を大別すれば一つは生命や人類の存在とつながる環境としての宇宙についての研究があり、もう一つは物質の窮極の法則を知るために宇宙という物質の系を研究するものとなる。

1950年代から60年代の初めにかけて、「星の進化と元素の起源」という研究が原子核物理と天文学の結合によって、一大体系を築き上げたといえます。地学、生物、化学の教科書的な本をみても必らずこの話が初めの方に書いてあることからわかるように、この研究の成果は広い分野の研究に影響したといえます。この研究に携さわっていた人のその後を見てみますと、大きく見て上の二つの方向に分かれています。前者は星間分子、太陽系起源、惑星、地球進化、生命の起源……などの研究であり、惑星探索などで情報も飛躍的に増えている。もう一つの方向は中性子星、ブラックホール、膨張宇宙初期、素粒子の起源……などを指しています。

基研での宇宙との係わりは宇宙線から始まり、「星の進化と元素の起源」で一つの時代を築いたと思います。いわゆるスペース（太陽－地球間科学）の研究会などもありましたが主なものは星、元素、宇宙線でした。その後、銀河の研究を経て、60年代の中頃から宇宙線にうつり、70年代に入るとコンパクト星の問題が入ってくる。これらは一口で云うと一般相対論が関係してくる宇宙現象です。また最近では素粒子論との関係が現実的な研究テーマになっています。これについては昨年の25周年シンポジウムの際に報告されています。

これらの経過をもとに考えると、基研での宇宙の研究の方向は自ずと「物質の窮極」ということになると思います。少なくともしばらくは、これで面白いテーマがあると思います。この方向となると、現象としてはコンパクト天体と膨張宇宙が主になり、物理の方の課題としては相対論的ないし、量子的重力理論と高エネルギーないし高密度の素粒子物質に関する理論ということです。こういう理論的研究が具体的な成果を出して、生き生きと進むためには、観測面でも研究が進まなければなりません。そうでないと、1920、30年代に膨張宇宙の相対論的理論というのが非常に数学的色彩が強くなって生気を失った二の舞になるからです。観測の方からみると、現在準備されている宇宙からの重力波やニュートリノが新しい情報源となる可能性を現在もっています。各々の見通しについては必らずしも楽観的ではありませんが、こ

ういう努力がされているということは何らかの情報をもたらすでしょう。勿論、コンパクト天体やクエーサーについてはX線天文学などが次々と新しいデータを蓄積しており、観測の方が先行している感じがします。そこには多くの研究テーマがありますが、こうした研究にだけドブプリ基研がつかることはあまり得策ではないと思います。そういう研究は観測情報がよく入り、ある程度の数の研究者のおる事が、大変有利です。基研はその点あまり得な場所ではありません。基研の特色は他の基礎物理の分野がそばはあるということです。ですから、例えばX線天文学の中心問題あたりよりは、もう少しまだ確立していない分野に目を向けるのが一つの行方だろうと思います。

また、宇宙の研究を理論物理屋らしい態度を前面に押しだしてやるということが、基研の場合必要だと思います。例えば中性子星、ブラックホールの予言やガモフによるビックバン宇宙の仕事などが、その手本だと思います。観測にはるか先んじて、物理の理論的考察からこうあるべきだという主張を持つことが必要だといえます。そういうことは、何時も物理学上の重要な進歩に付着しておくるものです。例えば膨張宇宙などというの、宇宙とは物理的にはこんなものだろうという偏見をもって、強引に理論的考察を進めて、しかる後に観測との接点が無かないかを考えるやり方をするのも、一つの態度だと思います。そういう点から云って面白いのは膨張宇宙の初期で、素粒子論と重力の理論のからみ合った色々の問題があります。また、熱い宇宙の冷却に伴う様々な相転移も物性の問題とからんで基礎物理と関係ある問題です。

まとめますと、基研での宇宙の研究は宇宙物理の中での平均よりは少し物理寄りが良いと思うのですが、宇宙一般を研究する中でしか、そういう研究も出てこないですから、その辺はグループのサイズとの兼ね合いになると思います。

付 記

研究方向の中味については次のようなものを御参考下さい。

佐藤勝彦 「宇宙現象と素粒子物理」 基研 25 周年シンポジウム報告集

佐藤文隆 「宇宙論と物理学」 科学(岩波) 1979 年 7 月号

佐藤文隆 「重力理論とその発展」 物理学会誌 1979 年 12 月号

座長： 御質問をどうぞ。

小川： 全宇宙が素粒子ぐらいになったら、ブラック・ホールになるという話があるが？

佐藤： 重力の量子化はできていないので、非常に小さい領域ではだめだが、 10^{-33} cm ぐらいの大きさの手前では、普通の相対論が正しいと思われる。ブラックホールは、asymptotic flat な領域とそうでない領域との限界としてとられている。

森 肇

益川：ばくぜんとした宇宙と膨張宇宙の違いは？

佐藤：今の物理学で全部わかるかもしれないという態度でやれるものが、ばくぜんとしたのではない、はっきりとした膨張宇宙論だ。

山口：定常宇宙論も膨張宇宙論と同じぐらいははっきりしている。又、重力波については、最近では、pulsarでのぼう証があると思うが。

佐藤：振動宇宙論は今ある物理学の力では説明出来ないの、ばくぜんとした宇宙論をやるより、はっきりとした今ある物理学でやれる膨張宇宙論をやるほうが物理屋として、望ましい立場だ。重力波については、あるパルサーの公転周期が短くなるので、検証されたといってもよい。1年に長軸が4度ずれるということが相対論とよく合っている。

2.

九大・理 森 肇

基研における物理として、基研の長期研究計画「非線型非平衡統計力学」で何を考え、何を明らかにしようとしているか、をお話する。

物性物理は低温、磁性、半導体……を縦わりとすれば、統計物理は相転移、不可逆過程、非線型非平衡……と横わりの性格をもっている(図1のように)。統計力学は、この20年間、主に相転移と非平衡統計力学を課題として物性物理と共に進んできた。日本で展開された線型応答や、松原グリーン関数、不可逆過程の理論は、現在、物性物理で広く使われている。この統計力学は Boltzmann の原理 $S = k \log W$ に立脚していて、ハミルトン力学系からの、その基礎づけの研究も続いている。

ところで、現在、統計力学は再び“非常に基礎的な問題”に直面している。大げさにいえば、Boltzmann が100年程前に直面したと同じタイプの問題に直面しているといえる。つまり、図1のように、非線型非平衡系では、 $S = k \log W$ に対応する principle が見出されていない。

非線型非平衡では、平衡系の相転移とは異質の相転移がおこる。平衡から体系をずらしていくと、時空の対称性が successive に変化して、遂には乱流、一般には chaos 相 へ移転する。このような現象は、流体だけでなく、レーザーおよびそれを使う諸種の非線型光学、半導体のホット・エレクトロン、プラズマ、化学反応など、現在は物性物理の“周辺”でしかし、十分に一般性をもって見出されている。

これらの現象を支配する原理となるべき、――？――を見つけるのに、散逸力学系から演繹しようという試みがある。それは、丁度、Boltzmann 原理をハミルトン力学系から演繹しようというエルゴード派に相当するわけで、主に物理数学の人達が追求している。力学系の理論は、ハミルトン力学系にしろ、散逸力学系にしろ、最近いろいろと具体的成果があがって、それぞれ、興味深い応用がなされている。

しかし、物理の人達は、実験を参考にし computer を駆使して、法則を発見したい、あわよくば、 $S =$