

って出すのではなく、7年間で理論屋が出す義務がある。

座長： 山口さんのこれからの質問は「一般討論」の中へくりこみ可能でしょうか（笑）。

吉川： 可能です。

座長： さっき、吉川さんが「基研に於ける物理学」はないと言われたが、私も同感で、冒頭で申し上げたようにこの session は本当は「物理学における基研」ということでしたので、もう一度了承願います。

討 論

司会 益川 敏 英， 三 輪 浩， 山 村 正 俊

益川（司会）： 今まで4人の方から、かなりつつこんだ、そして方向性のあるようなお話を伺いました。

基研でどういう物理が面白い物理になって行くかということで、佐藤さんは X-ray 物理学というようなものは大きな分野になっているので、基研でやらなくても良くて、物理屋がちょこちょこ集まってできるような、重力物理学とかニュートリノ・アストロノミーみたいなことをやったらどうかということを話の片すみで言われたように思う。そういうことも議論の一つの材料になると思う。森先生は統計物理学は今まで物性物理学と共に歩んできたが、かつて100年前と同じような場面に相当していて非平衡系相転移というようなところで、現在の統計力学等に相当する新しい phase がありそうである。それは新しい学問分野を形成しそうであるということで、面白いいくつかの example をあげて頂きました。丸森先生も、原子核物理学というのは、今まさしく新しい phase に突入しているのだと、それは基研のような物性とか、素粒子とか、天体とか、そういうところにあってはじめてでき得る、いいかえれば、非常に力強く発展できる学問なんだ、そういう新しい phase と出会うとともに基礎物理学としてやって行ける学問になってきているというお話があった。最後に吉川さんから PANS の相互にボンドが伸びている絵が示されて、まさしくこの4つの分野が非常に強く結合していると、その中でこの関連を重視した研究ができるようなものへ基研は向うべきだ、というような提案があったように思う。以上が、私の印象で、そんなことは言っていないとおっしゃるかもしれないが、その辺も含めて活発な討論をお願いします。

山口： 吉川さんに質問したことで言いたいことですが。先月、スイスで 20TeV の proton, $p\bar{p}$ あるいは、数百 GeV の e^+e^- colliding beam についての Workshop があったときに、あまり実験屋が理論過信を振り回すので、腹が立って言ったことを、くりかえして言いたいのですが、かつて統一場の理論というのは Einstein と Infeld が電磁場と重力場を基にして試みたわけですが、Weyl もやった。しかしこれは物理としては完全な失敗で、Weyl がこれを新しい数学の 1 Chapter を拓

討 論

くのに使った。現在のgrand unification理論を見ると何か quark とか lepton がいくつかあってそれをfundamentalなゲージ表現の基礎においてやるのは、レプトンやクォークしかも色までいわれるとラボアジェの時代の化学元素に匹敵するだけ基本粒子があって、しかもその上に群を立てるのは滅茶滅茶で、およそナンセンスをやっている。もう一つのナンセンスの根拠はsupergravityのgravityとgrand unificationにあたるgravityはどうもびったりしない。どう考えても昔のEinsteinの二の舞をやっている。したがって、これは物理数学かもしれない、数学者の軽べつする物理屋の汚い数学かもしれないが、ほんとうの物理とは到底思えない。何かが決定的に欠けていると思うが、吉川さん、今言ったことに賛成しますか。

吉川： 必らずしも賛成しないんですが。今朝、山口先生が佐藤先生にそれと真反対な質問をされたと思う。統一理論はHiggs scalarなどがはいつてきてuglyである。統一理論があるかどうかは、神様にしか分からないわけで、ああいう醜いものはいつているということは未だ整備できる可能性が残っていることをsuggestしていると思う。Weylの統一理論が失敗したというのは確かにそれはだめだったのでしょうが、だからといってそういうことをやってはいかん、ということにはならないと思う。Weylがそれで新しい数学を作ったとしたら学問全体から見ると、立派な寄与をしたことになる。これからは案外物理から新しい数学のbranchが生まれるかもしれない。それはそれで大きな成果ではないか。

山口： そのためにWeylをひっぱったので、物理で成功しないかもしれないと言っているのだ。佐藤さんに言ったのと、吉川さんに言ったことは、流行の理論に振り回されるなという意味で共通している。近頃Big-Bangがはやりすぎて、偉そうな顔をしすぎるので、うそかも知れないので本気で疑えと言っているつもりだ。2番目に言ったことは、近頃QCDその他、羽振りをきかせすぎて、どうせ失敗するやつはそれほど羽を拡げなくてもよいということをやっているので、全く同じことを批判しているのだ。

吉川： 私の意味は、絶えず疑っているもので、これで一生続けるとは言っていない。各時代時代にある大きなquestionがあるので、それに答えていくことも、我々が問題を整理して、次の新しい可能性を探る上で物理屋の重要な仕事だと思う。

牧： 吉川さんが書かれたtetrahedronみたいな絵の中のPはParticle PhysicsのPだったと思うのですが、さっきのお話の中ではquark, leptonよりももっとuniversalなものの話がなかったのですがたぶん基研の中庭に立てるああいうもののPの中にはunknownsが無限に入っているPと思うべきでしょうね。私はそう思っているのですが。

吉川： そうですね。じゃ、あれをUと書きましょうか(笑)。

司会(益川)： 吉川さんの話の中に、7年たったら爆発する時限装置を付けるということがあった。いくつかの研究所がそれなりの使命をもっているわけですが、それぞれの時点できちり評価して新しい方向へ生まれ変わって行かなければならないという御意見だったと思う。25年経って、次の基研を想定してシンポジウムをやっているが、4つの講演を伺ったところで、今後どうあるべきかということなど、御自由に討論して頂きたい。統計物理は新しい地平を切り拓きつつあるという

ことであつたが、一緒に歩んできた物性物理はどうお考えでしょうか。

森： 統計物理だけの話を先程したわけで、物性物理でもレーザーとかレーザーによる非線型光学はいろんな exciton あるいは分子での multiphoton process, 半導体での electron の面白い問題が出てきている。今日お話したと接触するような物性理論も将来出来ていくと期待している。

佐藤： 「基研の25年」というのを昨年作った時、いろいろ見ているといわば湯川先生の学問的なことがあつた他に外向きの分野がいくつかあつた。Astrophysics もそうだし、核融合や生物物理をやっていた時期もあつた。そういう分野に未だ共同利用研がなく、揺籃期であつたということに対応していたのですが、基研の将来で新しいものが含まれてくる見通しはあまりないように思う。かつて、境界領域といわれた分野についての基研の役割は、まわりの研究体制が整備されてきているので、そういう役割はないということなのか、物性と統計物理とか宇宙物理はある意味ではそうかもしれないが、今でも基礎的な研究に付随して化学の方のこととかいろいろあるので、60年代までの基研の歴史をみると、大がかりに境界領域を考えていた時期もあつたように思う。そのへんのこととはどうか。

司会(益川)： 吉川さんの話の中に、天体から素粒子までみた時に technical には区別するものはないということがあつた。その分野はより緊密になっているが、他の分野との関係とか、基研として外に向けた分野については今後どう考えるか。

西島： 益川さん、質問に関係あるかどうか分からないが、先程山口さんが言われたこととも関係するが、重力の問題は面白いと思う。かつて重力場と電磁場の統一の試みは失敗に終わったが、これは組み合わせが悪かったからで、重力が入ってきたからうまくいかなかったと思う。今やっている統一場理論は、重力場を入れないで、電磁場と弱い相互作用でうまくいった。そこで guiding principle になつたのは何かというと、QED でうまく行って途中ですてられた、今朝の宮本さんのお話で出た、くりこみ可能性である。このくりこみ可能性を徹底的に追求したらいわゆる Weinberg-Salam のような、くりこみのできる統一場理論ができた。今残っているのは重力場だけだ。重力場はくりこみができていない。中西さんなんか、いっしょうけんめい量子化をやつて居られますが、くりこみは未だできていない。10年か20年か前に、弱い相互作用がくりこみができないと言って皆騒いでいて、それが Weinberg-Salam 式の理論になつたように、重力場をつくってくりこみ可能なもの、統一場理論をつくるというのが、今後の一つの方向ではないかと思う。それはそういう一つの考え方があるということで、正しい方向かどうかは分からないが。

司会(山村)：他に何か。

川口： 丸森先生に伺いたい。原子核物理学は、これから一体どうなるかという見通しをお聞かせ願いたい。宇宙線というのは日本では今でも盛んですが、外国では例えばアメリカでは、宇宙線をやっていた人は加速器を使った高エネルギーとか、あるいは天体の方に移つた。日本でも似た傾向はある。原子核は一つは物性の方向又もう一つは高エネルギーの方向に行くと思うが、その見通しを、丸森先生からお聞かせ願いたい。大げさにいうと、百何十年か前は電磁気学は物理中の物理だったが今や我々はしょっちゅう世話になっているが、殆んど部分は工学とか産業界に行つてしまつてい

討 論

る。そういうことも含めて伺いたい。

丸森： 原子核物理学は、始めて学問らしい学問になった状況ではないかと思う。アナロジーで言うと、物性論がこれだけの発展をする前期に原子分子の構造についての研究があった。ちょうど原子核を多体系として取り扱うのが始まったばかりで、50年のMeyer-JensenのShell modelから始まった。やっとなさ確信をもって基底状態あるいはその近傍での核反応の機構に関してのインフォメーションを得た。そういう状況で原子核を支配する法則を今後始めて新しい課題としてひき出す。これはハドロンの多体系としての一つの物質の存在様式、それに関する法則とか課題は理論屋は戸惑うばかりだ。そのいい例がheavy ionで出てくる現象で、全く手がつかないというのが、現状だ。この数年でheavy ionのreactionで理論的予想ができなかったデータが山ほど出た。deep inelastic scatteringがあるということはheavy ion加速器建設期に唯一人予言しなかった。むしろ、自然界に存在しないsuperheavy nucleusを作ろうとか、人工的な別なある原子核の状況を作ろうとか言うのが目的であった。実際に実験を行なってみると先ほどのような、deep inelastic collisionとかhigh spin stateなどの想像のつかないものが出て来た。先程の山口さんの質問でreactionの方はどうかといわれたがreactionの方は、全く手がついていない。ちょっと大きな、large amplitude collective motionは非常に高いnon-linearityを持っている。そういう意味で物性物理、非平衡物理とも関連している。もう一つは、今まで低いエネルギーを考えていたので、ハドロンの多体系としてはstrong interactionの特徴は、ほとんど消えて核力にreduceしている。ところが一核子あたり、 π mesonを作るエネルギーあたりになってくると、原子核系はそういう自由度がないとすると、意味をなさなくなる。ハドロンの多体系としてのHamiltonianで考えることになる。mesonの自由度を探ろうというのは低い励起状態でも、そういうことがあるだろうということで、いろいろと研究されている。例えばprobeに π -meson、 μ -mesonを使うというのが最近でている。実際にはそういうものがrealisticに出てくる状況を作り出す。そこでハドロンの多体系としての新しい物理が出発する。高エ研の機械も将来は原子核を研究する機械で、素粒子を研究するにはもっと高いエネルギーが必要で、一線の研究をするのなら原子核の研究ということになろう。益川さんがよく言われることだが、1930年頃までは、素粒子・原子核は一体で進んだ。Heisenbergの論文が出て、いわゆる素粒子と原子核に分かれていく。中性子が見つかって、核子からいかにして原子核が出来るかという課題と、それぞれの構成子を探る方向に分れるだろうと、Heisenbergが言った通りに進んだ。最近の素粒子を見ていると、素粒子の中でも、ハドロンの物理と基本構成子の物理の二つにだんだん分れていく傾向があると思う。その一方と、今の原子核の研究が結びつくだろう。そういう再編成が起こると考えられる。森先生のお話に関連するがnon linear物理は原子核では基本的で、そういう物理と強く結びつくだろう。そういう再編成が近い将来おきると感じている。

司会(山村)： 原子核をやっている方で、別の答をもっている方、もっと若い方の意見を出してもらいたい。

高木富士夫： 吉川さんに伺いたい。principleをいくつか挙げられたが、閉じ込めがほんとうだとする

と量子力学は観測の理論と密接に関係している。一方で閉じ込めはクォークとか、カラーが直接には観測できないという非常に変わったことを意味するが、もし閉じ込めがほんとうだとすると量子力学という principle に対して何か非常に重大なはねかえりがあるというように漠然と感じているのだが、これについてはどうか。

吉川： 勿論、分らないが、私は楽観的なので Lagrangian を記述している座標が、直接観測するものを記述する座標とは限らない。例えば Wu と Yang の論文はある意味では観測の立場から、直接観測することもできる物理的な座標は何かという考えがあったから、ああいう論文を書いたのだから…。何かもっと別の座標で書いた方がよいので、先程 W とかいう座標を書いたが、それが基本だとするとクォークなんか見えない。そこに入っている座標はみんな観測可能。私はそういうように単純に考えている。

司会（三輪）： 固体物理の方からの話があまりないのですが、いかがですか。

粕谷： 森さんのお話は固体物理ではなく、統計物理の話で、しかも、かなり個性の強い物理のお話で、その分野としては確かに面白いと思うが…。固体物理、先程 S と書かれたのは solid state physics だろうと思うが、基研の将来ということで、固体物理学がどういう関係にあるのか…。基研と関係が深いのは長岡先生だと思うのですが…。固体物理といっても非常に分野が広いので、その中で特に固体物理ということでは、物性研というのがあって、そちらで非常に大きい分野をカバーしているわけですが、そういう状況で、この基研で固体物理あるいは物性物理の理論というのが、どうあるべきかというのは、非常に難しい問題で、物性グループの中でもコンセンサスはできていない。将来計画としては、統計物理というのが前からあがっていて、具体的になって来ている。統計物理が一つだとすると、もう一つが物性物理あるいは固体物理というのが、今までの歴史から見てもバランスがとれていると思う。森さんも言われたと思うが、100人居ればそれぞれが固有の固体物理学をやっているというのが現状ではないか。丸森さんは物性との関連を言われたが、確かに昔 20 年ほど前、朝永先生が多体問題の formulation、物性の方で言うと Bohm-Pines をやられた。30 年前か…。その頃はぜひ分活発であったが、その後ある意味ではそれほど interaction はなくなっている。今後は原子核、素粒子との交流が必要と思う。

柳田： 佐藤先生のお話で neutrino astrophysics が面白くなるかも知れないとおっしゃったかと思うのですが、宇宙から降ってくるニュートリノの観測事実が発展するという展望があるわけですか。実験的な意味で情報が。

佐藤： 私が言ったのは、重力の問題とか膨張宇宙の問題が面白いだろうと言って、そういうものは実験がある程度進歩しないと理論だけになるとあまり vivid には発展しないだろう、だけどニュートリノ天文学とか重力天文学がある程度動き出しているという意味で、そういうものとの関係ができて膨張宇宙とか重力の問題とかはある程度 vivid にやって行けるのではないかと言ったのである。その天文学自体をやるというのではない。ニュートリノ天文学は detection の方法が確実な目標のもとに動き出しているのかと言うと、そうは言えないと思う。しかし DUMAND 計画とか、太陽のニュートリノとかその辺は天体ニュートリノをやりかけて、はっきりした見通しはないと思う。

討 論

だけど、ニュートリノは確かにあって地上で掴まえているし、天体でも相当 astrophysical な推定というの
はあるわけですから、そのことにいっしょうけんめい駆り立てる基礎はあって、実験の方も進むのではな
いかと私は思う。

益川： 何か太平洋の底で、実験をやるという計画があると聞くが、どれ位本気か。

佐藤： それが DUMAND 計画で、スタートすると思う。ただ圧倒的に大気のニュートリノを測るので
目的は二つあって、大気の高エネルギーのニュートリノの素粒子の意味での研究と astrophysics
というのと二股かけている。astrophysics は相当高い精度で astrophysical flux の推定をしない
といけないので、実際に DUMAND で高エネルギーのニュートリノの実験についてのデータとい
うのは得られるか分からない。宇宙ニュートリノのデータがはっきり出るかどうかは、やってみないと
分からない。