

素 粒 子 論 の 方 向

東大・理 宮 沢 弘 成

湯川先生が素粒子論の扉を開かれてから 50 年近くになる。今後素粒子論がどの方向に進むかは予断を許さないが、現在どの方向を向いているかを考えてみよう。中間子論の現状に関する部分は物理学会誌 (37 ('82), 283) に書いたので重複は避ける。

中間子、核子等いわゆる素粒子はクォークでできている。その先 GUT まで何も起こらないというのは極端な見解であろう。その前にいくつもの山があるはずである。まず考えられるのはクォーク、軽粒子の構造である。これらが複合体であるとする根拠はいくつかある。1. 陽子と陽電子の電荷は正確に等しい。何故か？同じ電荷の素が両者に含まれているとするのが最も簡単である。¹⁾ 2. クォークも軽粒子も弱い相互作用で他の粒子に転換する。複合模形の原理によれば変化する粒子は素ではない。¹⁾ 3. ハドロン反応でのスケーリングの破れは QCD の補正だけで済むか？核子の構造 (広がり、磁気モーメント等) が中間子の雲の補正では足りず、結局複合模形に至ったことを思い出す。

クォーク、軽粒子が超粒子の複合体であったとして、そこでおしまいになるとは思えない。坂田、毛沢東らによれば、物事には階層というものがあり、必ず次の段階があるそうである。²⁾ 超粒子はさらに超超粒子でできているだろうか。ダルトン以来原子が素だったのは ~ 100 年、中間子が素だったのは ~ 30 年、クォークが素であるのは ~ 10 年である。この行き方はいずれ破綻するのではないか。解決を先の段階におしやるのでは、いつまでたっても根本的解決にならない。

そこで湯川理論を思いかえしてみよう。変化する粒子は素でないという原則にたてば、中間子という素粒子ははじめからありえなかった。1934 年にクォークの考えが生れ、 π 中間子なしで済ますこともできたはずである。しかしそのときは、素粒子物理は今よりはるかに泥臭いものだったであろう。ボーズ粒子が生成されるという神秘的な湯川相互作用の導入により、華麗壮大な素粒子論が建設されたのである。フェルミ相互作用は、関与する粒子の粒が変らないという意味でわかりやすい。しかしわかりやすいことだけをやっていてよいというわけではない。ある段階で湯川先生の理念にたちかえることが必要であろう。

ここで障害となるのが現在の場の理論の形式的不備である。湯川理論はハイゼンベルク・パウリの場の理論の申し子のようなものであった。この理論があつてはじめて中間子論が可能だったのである。しかし場の理論の根本はその後半世紀たって H・P の量子化から一歩も出ていない。例外は繰り込み理論にはじまる S-行列理論であるが、これは摂動論以外の応用は困難である。素領域理論は完成したとはいえない。われわれは相対論的な場の量子論をもっていない。

ハイゼンベルク・パウリの理論は、場を自由度無限大の質点系としてとらえ、その量子力学である。結晶、格子の量子力学といってよく、場の考えに至っていない。流体の力学を論じるのに、ラグランジのやり方はある時刻の流体を x でラベルし、その運動を追うという自由度無限大の質点系方式である。これに対してオイラーのは流体の運動を x, t の関数としてとらえる場の理論で、これで流体力学は完成した。

H・Pはラグランジ方式の段階といえる。³⁾ 新しい場の理論ができたとき、素粒子論でも新しい展開が見られるであろう。それまでは格子の理論を非摂動的に解くことを試みるのがよい。しかし、それで満足してはいけない。1980年代中には新理論を完成させたいものである。

- 1) これらの議論では保存量(電荷等)をアーベル的なものとしている。非可換的保存量に対しては別のいい方が必要である。読者の宿題とする。
- 2) この句を誰が言い出したのか不明であった。御存知の方は教えていただきたい。
- 3) この見方に御不満の方もあったが、H・Pでは x と t が違つかたちで使われていることを指摘したい。

原子核における π 中間子の役割

京大・理 玉 垣 良 三

原子核における π 中間子の役割には、大別して二つの内容があります。即ち、原子核構造の骨格にかゝわる面と原子核を舞台として π 中間子が現象する面です。後者については、然るべき機会に適当な方が話をして下さることを期待して、こゝでは話を前者の問題に限らせていただきます。

I. 原子核の結合に果す役割

これは湯川中間子論の原点的問題でした。現在からこれをふり返り、原子核多体問題としての意義を考えてみたいと思います。

しばしば「湯川中間子の交換が原子核の結合力を生む」といわれますが、その意味するところは単純ではありません。最も素朴にこの考えを実行すると次のようになります。湯川中間子として核力を生む中間子族で核子 N の質量 $m_N \cong 940$ MeVより軽いものを考えますと、荷電三重項(アイソスピン $I=1$)の π 中間子($m_\pi \cong 140$ MeV)と ρ 中間子($m_\rho \sim 780$ MeV)、及び荷電中性($I=0$)の η 中間子($m_\eta \cong 549$ MeV)と ω 中間子($m_\omega \cong 782$ MeV)があります。^{*} 原子核の平均的性質を最も簡単に記述する波動関数に原子核の殻模型状態に対応する核物質のフェルミ・ガス模型をとりますと、スピンとアイソスピンの飽和した状態なので、主要な寄与をする直接項(Hartree項)で残る核力の寄与は極めて限られます。まず、 $I=1$ の中間子(π と ρ)の寄与は、アイソスピン演算子 $\tau_1 \cdot \tau_2$ ($1, 2$ は2核子を示す)のため消えます。ギスカラー中間子(π と η)は、スピン演算子($\sigma_1 \cdot \sigma_2$)を含む中心力と双極子間の力に似たスピンと相対座標の方向に依存するテンソル力を与えますが、これらも寄与しません。非相対論的近似で求めた核力で、このレベルで寄与するのは、 $I=0$ のベクトル中間子 ω の時間成分のみです。これは状態によらない斥

^{*}) 以下では、すべて $\hbar=c=1$ の単位を用います。