

特集／ファインマン

ファインマンの物理学

江 沢 洋

今年 R.P. Feynman 生誕百年になる。量子電磁力学を中心に Feynman の業績を述べ、その後の研究は年表にまとめる。主要な項目については本特集の各記事をご覧ください。

1. Feynman の試み

Feynman は M.I.T. (マサチューセッツ工科大学) の学生だった頃から量子電磁力学で電子の自己エネルギーが発散する困難に関心をもち、それを解消すべく努力を続けていたのである。その中から経路積分という独特な考えも生まれた。その経緯は彼のノーベル賞受賞講演に詳しく語られている¹⁾。

Feynman は最初、発散積分は粒子が自分でつくった場が自分に作用するところから生じていることから、場などというものは存在しないと考えた。存在するのは、粒子と粒子の直接の作用だ。その作用が自分にかえてくることはないのだ！しかし、これでは困るのだった。粒子が別の粒子に作用するとき、いくらかのエネルギーが相手の粒子に移るから、それだけ自分のエネルギーが減らなければならない。そのためには、作用が自分にかえてくる必要がある。

Feynman はプリンストン大学の大学院生になっ

ていた。指導教官は J.A. Wheeler. 彼との討論の中で彼らが吸収体の理論とよんだものが育った。どこかで粒子が動くとそれを囲んで遠くにある粒子たちが反応して動く。すると初めに動いた粒子に作用が返ってくる。しかし、これでは作用が返ってくるまでに時間がかかり、しばらくの間エネルギーの保存が成り立たない。Wheeler と Feynman は、作用というものは、粒子 A から粒子 B におよぶのに時間 t がかかるときには、それより時間 t だけ前に届く作用が 2 つ同時に発せられているものだと考えることにした。始めの作用を「遅れて届く」作用とえば、第 2 の作用は「早く届く」作用といえるだろう。Feynman たちは、およそこのようにして辻褃のあった理論をつくりあげることができた。彼らは、この理論をある作用積分が極値をとるという要請から運動方程式がでるような、いわば力学のラグランジュ形式に近い形に書くこともできた。

次には、これを量子化しなければならない。量子力学では刻々に広がってゆく作用は扱えるが、「早く届く」作用が混じってくるとお手上げである。刻々に変化を追ってゆく理論でなく、時空全体を見渡して一気に扱うような量子力学が必要なのだ。1941 年のある晩、Feynman はヨーロッパからきた H. Jehle に出会う。Feynman は訊ねた。「量子力学はハミルトニアンをつかって書くのが普通