

量子力学における観測量としての時間

日大・理工 山口 雄 仁

非相対論的量子力学において、時間は状態等の時間的順序を指定するパラメータであり、その理論形式は時間を観測量と見なし得る形にはなっていない。にもかかわらず、時間 t とエネルギー E の間に不確定性関係

$$\Delta E \cdot \Delta t \geq \hbar/2 \quad \dots\dots\dots (*)$$

が成立することは広く信じられている。しかしながら(*)式に対する物理的解釈は様々であり、空間座標と運動量に対する不確定性関係に対するような一致した理解は得られていない。これは主として Δt についての理解の曖昧さに帰因するものであり、本質的に「時間をパラメータとして扱っている」という事情によるものである。

(*)式に対する統一された理解を得る為には量子力学を新たな形式、時間を「力学変数」として扱う形式に書き換える必要があると考える。そのような形式においては、時間そのものを観測量とみなすことが可能であり、 Δt の意味も明確になるであろう。我々はそのような形式の一例を示した。(→ ref.)

この理論形式の書き換えは以下の手順で行なわれる。(1) 我々はまず、時間と空間の座標の両方を対等に力学変数として取り扱う「斉次正準形式」から出発する。(2) 次にこれに「どの変数をパラメータとして扱うかという条件」を導入する。(3') 時間をパラメータに採れば、本形式は普通の量子力学の形式に完全に移行する。これはこの手続きの正当性を示すものである。

(3) 一方、空間座標の内の一つをパラメータに採れば本形式は時間を力学変数として扱う形式に移行する。このように時間を力学変数として扱う形式では、時間の代りに空間座標の内一つをパラメータとして扱うことが必要である。

例えば x 座標をパラメータに採れば、本形式において、波動関数(状態)は x = 一定の平面上で、 t と x を除く空間座標の関数として定義される。波動関数の norm は、この平面を通過する全 flux になる。この norm は x 方向の平行移動に関し不変である。又、基本方程式は Schrödinger 方程式に代り、波動関数の x 方向への空間発展を与える方程式になる。

観測量としての時間は、粒子が x = 一定の平面を通過する時間として形式的にはごく自然に導入される。しかしながら、それを具体的に構成する際に、

$$[H, T] = -i\hbar$$

(H ; ハミルトニアン) を満たす演算子 T を必要とするが, この T が一般に (運動量表示でいえば) 特異点を持つ為, これを反映して観測量としての時間演算子から, 状態の方に何の制限もない, どのような場合にも成立する不確定性関係を導くことは出来ない。ただ系に束縛状態が存在しなければ, 漸近的領域において, 粒子の通過時間とエネルギーの間に不確定性関係(*) が導かれる。束縛状態を含む系についてはよく分かっていない。

参考文献

- T. Goto, S. Naka and K. Yamaguchi
Prog. Theo. Phys. **64** No. 1, pp. 1, (1980)
- T. Goto, K. Yamaguchi and N. Sudo
Prog. Theo. Phys. **66** No. 5, pp. 1525, (1981)
- T. Goto, S. Naka and K. Yamaguchi
Prog. Theo. Phys. **66** No. 6, pp. 1915, (1981)

新統一体系物理学の成立と量子物理学と 古典物理学の新らしい接続関係について

東大・理 飯 田 修 一

物性物理学の分野で重要になると考えられる物理学の新らしい枠組みが, 略々確立されたと考えられる状態に到達したので, その紹介を行った。物理学の全体に亘る常識の変更を内蔵しているので, 十分な説明は出来なかったと考えるが, 全体に就いては, 近く刊行される“物性研究” 8月号“New Frame in Physics, New Thermodynamic Principles, and Classical Derivation of the Meissner-Ochsenfeld Effect”を読んで戴きたい。要点的なところだけ述べると, 古典物理学と量子物理学はいずれも精密物理学であるから, その間に厳密な接続関係がなければならない。筆者は電子の永久電流モデルを 1974 年発見したが, $10^{-2}\text{\AA}$ 位のコンプトン波長の大きさを持つこの電子モデルは, 電子の最善の古典モデルである。一般に 10^{-16} m 以下の大きさであるという誤解があるが, その大きさを古典的に解釈される実験はない。こ