



量子力学における時間の矢



講師： 羽田野 直道 先生
(東京大学生産技術研究所 准教授)

日時： 11月8日(水) 5コマ (16:15~)

会場： A13棟 2階 228室 (講義室A)

物理学のほとんどの法則は時間反転対称性を持っています。しかし現実には、時間の流れと共に、ある特定の現象のみが観測されます。例えばこぼれたミルクは皿に戻りません。このことを「時間の矢」と呼びます。物理学のいろいろなレベルで「時間の矢」を目撃します。我々は最近、純粋状態の量子力学のレベルで、時間の矢が出現する理由を数学的に明確にしました。

具体的には、開放量子系に対するシュレーディンガー方程式を考えます。シュレーディンガー方程式は（外部磁場がなければ）時間反転対称な微分方程式です。しかし、例えば輻射場中の2準位原子は、アインシュタイン係数の議論から、平均すれば必ず励起状態が減衰します。（光子を吸収して励起する確率と、光子を誘導放出する確率は等しく、光子を自然放出する確率の分だけ、減衰する確率が高いという議論です。）この「時間の矢」はどこから出てくるのでしょうか。

我々は、この時間反転対称性の破れを2段階で説明しました。まず第一段階として、開放量子系においては、時間反転対称な微分方程式が時間反転対称性を破る減衰解を持っても良いことを示します。ただし、その減衰解はそれを時間反転した成長解とペアで現れるので、解の系全体では時間反転対称性を保っています。（これは開放量子系で初めて起こる現象です。アインシュタイン係数の議論でも、もし輻射場が完全反射する鏡によって有限体積に閉じ込められていたら、ラビ振動が起こるだけで減衰しません。）

次に第二段階として、初期条件問題から出発して正の時刻における時間発展では、減衰解が支配的になることを示します。逆に終末条件問題を課して負の時刻における時間発展を問えば、成長解が支配的になります。これを議論するにあたって、開放量子系を張る新しい完全系を得ました。この完全系には減衰解や成長解が含まれており、数学的には非自明な結果です。