

量子ホール効果のブレイクダウン

東大物性研

高増 正

1980年の von Klitzing らによる発見以来、量子ホール効果は、その特異な振舞いによって注目を集めてきた。その一つとして、有限電場下の電気伝導度に見られる大きな非線形性があげられる。図 1-a は、GaAs-AlGaAs ヘテロ構造を用いて強磁場下で測定した、量子ホール効果状態での電場方向の電気伝導度 σ_{xx} のホール電場依存性を示したものである。低格子温度では、低電場で σ_{xx} は量子ホール効果特有のエネルギー損失のない状態 ($\sigma_{xx} = 0$) を示している。この状態からホール電場を増大させて行くと、 σ_{xx} は非常に狭い電場範囲で三桁以上の増大を見せ、量子ホール効果状態は突然崩壊する。この現象は、電場による breakdown 現象と呼ばれ、以下のような特徴を持つ。

- 1、 breakdown 電場は、磁場によってほぼ一意に決定される。
- 2、 breakdown の際、電流不安定を伴う。
- 3、 σ_{xx} の急増は、格子温度の増大と共になだらかになる。

これらの振舞いは、 breakdown 現象を電子温度の急激な増大として解釈することが自然であることを示唆している。そこで、二次元電子系のエネルギーバランスを定量的に計算し、与えられた電場に対する平衡状態の電子温度と σ_{xx} を求めた。 σ_{xx} に対する計算結果が図 1-b である。上記の実験で得られた σ_{xx} の電場依存性は、格子温度に対する依存性も含めて、この計算によってうまく再現されている。特に、 σ_{xx} の急激な増大とそこでの不安定性は、 σ_{xx} vs. E_y 中に現れる S 字型の領域が多重安定性を持つことによって説明できる。

