

# R-量子変形した電子のサイクロトロン運動に基づく量子ホール伝導度<sup>1</sup>

日大理工 高梨 宇宙

E-mail: takanstk@phys.cst.nihon-u.ac.jp

R変形した Heisenberg 代数  $[a, a^\dagger] = 1 + \nu R$ , ( $R^2 = 1, \{a, R\} = 0, \nu = \mathbb{R}$ ) は、運動方程式を変えない範囲で、調和振動子の生成消滅演算子の交換関係の変更を考えるという問題の一つの解として、Wignerによって与えられた [1]。これを利用して、2次元振動子系を扱う場合、非対称な変形量子化が可能であり、座標の間にある種の非可換性が導入される。我々は、この R 量子変形が、整数および分数量子ホール効果を統一的に理解する上で有用であることを確かめた。この仕事では R 量子変形が、定常磁場中をサイクロトロン運動している一体電子に対して、多体系からの相互作用を有効的に取り入れた、ある種の平均場近似の意味で理解できる可能性を調べる。ホール伝導度  $\sigma_{xy}$  は、線形応答理論に基づき、久保公式を用いて評価され [2]、

$$\sigma_{xy} = \hbar^2 \sum_n \langle n | f(\epsilon_n) \left[ \frac{\partial}{\partial A_x}, \frac{\partial}{\partial A_y} \right] | n \rangle$$

と表される。ここで、 $f(\epsilon_n)$  は Fermi 分布関数である。ベクトルポテンシャル微分の交換関係は通常ゼロになる為、 $\sigma_{xy} \neq 0$  を得る為に配位空間をトーラスに張り付け、巻き付き数と関連づけて評価する等の試みが知られている [3]。2次元面上の不純物等によるポテンシャルの評価は、電子局在との関連を調べるうえで重要であるが、トポロジーを用いた説明は、ポテンシャルの構造を考える場合、見通しが立ちにくい。以下に定磁場中のサイクロトロン運動に関連した2種類の調和振動子 ( $\alpha, \beta$  で区別) を、現象論的に修正することに対応する R 量子変形を考察する。この時、非可換性  $[\frac{\partial}{\partial A_x}, \frac{\partial}{\partial A_y}] = \frac{ie}{\hbar B} (\nu_\beta R_\beta - \nu_\alpha R_\alpha)$  が導入され、対応する量子ホール抵抗が図の様に評価される。変形パラメーターを非対称に選び、整数量子ホール効果  $\rho_{xy} \propto \frac{1}{n}$  を表すことが出来る。また、変形パラメーターを分数値にとり、 $\frac{1}{n}$  から外れたプラトーを得た。

この事は、変形パラメーターを実験に合わせ選ぶことで、分数量子ホール効果も表す可能性を示唆している。温度  $T \rightarrow$  大で、プラトーが消失し、古典ホール抵抗と一致するが、これは、Fermi 分布関数の肩が温度上昇とともに緩やかになる為であり、実験での温度変化に対する振る舞いを再現している。R 変形されたサイクロトロン運動を用いて、量子ホール効果を評価することが可能であることを示した。電子と不純物の相互作用という面からの理解は、今後の課題である。

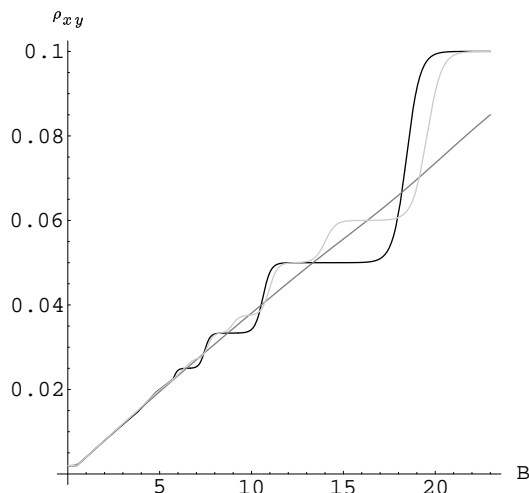


図 1: Hall resistivity  $\rho_{xy} = \frac{1}{\sigma_{xy}}$

## 参考文献

- [1] E.P.Wigner Phys.Rev.77, 1950. 711
- [2] H.Aoki and T.Ando Solid Stat Commun.33, 1981. 1079
- [3] Qian Niu, D.J.Thouless and Yong-Shin Wu Phys.Rev.B.31, 1985. 3372

<sup>1</sup>この報告は、日大理工の仲滋文氏との共同研究に基づいています。