



Title	The Landauer resistivity on quantum wires
Author(s)	神永, 正博
Citation	大阪大学, 2003, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/44487
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 ＜a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed >大阪大学の博士論文についてをご参照ください。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

氏 名 ^{かみ}神 ^{なが}永 ^{まさ}正 ^{ひろ}博

博士の専攻分野の名称 博 士 (理 学)

学 位 記 番 号 第 1 7 9 6 3 号

学 位 授 与 年 月 日 平成 15 年 3 月 25 日

学 位 授 与 の 要 件 学位規則第 4 条第 2 項該当

学 位 論 文 名 The Landauer resistivity on quantum wires
(量子細線のランダウアー抵抗について)

論 文 審 査 委 員 (主査)
教 授 小 谷 眞一

(副査)
教 授 西 谷 達雄 教 授 岩 塚 明 助教授 土 居 伸一

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、無限に長い量子細線の数学的なモデルの一つである一次元 **Kronig-Penney model** の電気抵抗に関する研究をまとめたものである。電気抵抗は、線形応答理論から導かれる久保公式のように、無限に長い系に対して定義されるのが普通である。一方、有限な長さの細線に対しては、**Landauer 公式**と呼ばれる電気抵抗の公式が知られている。**Landauer 公式**は、抵抗の値をポテンシャル障壁に対する透過確率によって表すもので、これによって定義される抵抗を **Landauer 抵抗**と呼ぶ。無限に長い細線は、十分長い細線で近似できると考えられるので、無限に長い系に対する電気抵抗は、**Landauer 公式**において、ポテンシャルの台の幅を大きくしていった極限として定義できると予想される。本論文の動機は、ポテンシャルの台が有界でない場合に、**Landauer 公式**を拡張できるかどうかを調べることである。そのために、 n 個の δ 障壁を持つ **Kronig-Penney model** の **Landauer 抵抗**を、ポテンシャルが、周期的、ランダム、準周期的な各場合について計算し、 $n \rightarrow \infty$ の極限での振る舞いを調べた。結果、以下のことがわかった。(1) **Fermi 準位**が、レゾルベント集合に含まれているときは、ポテンシャルによらずに **Lyapunov 指数**が、正になり、この結果、**Landauer 抵抗**は、指数関数的に発散することがわかる。これは、久保公式と矛盾せず、また物性物理学的にも自然な結果である。一方、**Fermi 準位**がスペクトルに含まれている場合は、ポテンシャルに応じて **Landauer 抵抗**の値が変化する。(2) 周期的ポテンシャルの場合、**Landauer 抵抗**は、収束せず、久保公式を用いた場合とは、食い違っていることがわかった。(3) ランダムポテンシャルの場合、可算個の例外点を除いて、**Landauer 抵抗**は、指数的に無限大に発散する。久保公式で計算した場合も抵抗は無限大になり、結果は両者で一致している。この場合は、スペクトルが全て **pure point** となり、対応する固有関数が指数的に減少するという現象 (**Anderson 局在**) と対応しており、物理的にも自然であると考えられる。(4) 準周期的ポテンシャルの場合は、準周期性を特徴付ける無理数 α が、**bounded density number** である場合に、**Landauer 抵抗**は、高々多項式オーダーでしか増大しないことが知られているのみであり、このような無理数以外ではどのように振舞うかは知られていなかった。本論文では、 α が、**bounded density number** でない場合に、**Landauer 抵抗**の n に対する下極限が 0 になるような例を構成した。

論文審査の結果の要旨

申請者は、ある種の平行移動不変性をもつポテンシャル付きの1次元のシュレーディンガー方程式で記述される量子力学的物質の電気抵抗 (Landauer 抵抗) を、ポテンシャルが周期的な場合、準周期的な場合、ランダムな場合それぞれについて考察し、数学的な結果を得た。フェルミエネルギーがスペクトル領域に属するとき、まずポテンシャルが周期的な場合には Landauer 抵抗は有界であり、ランダムな場合には指数関数的に増大することを示した。申請論文での主な結果はポテンシャルが準周期的な場合の結果で、申請者はこの場合に、Landauer 抵抗は下限が0のある有界な区間を振動する例があることを示した。また、ある場合には非有界になる可能性があることを示した。ポテンシャルが準周期的な場合には、Landauer 抵抗は増大しても高々多項式の増大度であることが知られていた。また、スペクトルの構造については特異連続スペクトルになるなど詳細な性質が知られているが、ポテンシャルが準周期的な場合に Landauer 抵抗というより物理的な量に対してポテンシャル (媒質) の性質がどのように反映するかについて新しい知見を得た点評価できる。数学的には、スペクトルの性質を調べるときより、移動行列についての詳細な計算が必要である。

以上により、本論文は博士 (理学) の学位論文として十分価値あるものと認める。