

氏名(本籍)	しん ぼり とし き 新 掘 敏 基 (長 野 県)		
学位の種類	博 士 (理 学)		
学位記番号	博 甲 第 2845 号		
学位授与年月日	平成 14 年 3 月 25 日		
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当		
審査研究科	物理学研究科		
学位論文題目	The Hydrodynamical Formulation of Quantum Mechanics and the Two-Dimensional Parabolic Potential Barrier (量子力学の流体力学的定式化と2次元の放物型ポテンシャル障壁)		
主査	筑波大学教授	理学博士	金 谷 和 至
副査	筑波大学教授	理学博士	宇 川 彰
副査	筑波大学助教授	理学博士	青 木 慎 也
副査	筑波技術短期大学教授	理学博士	小 林 庸 浩

論 文 の 内 容 の 要 旨

連続スペクトルを持つ散乱や複素固有値で表される共鳴状態の現象は、Hilbert空間で表される量子力学系には収まらない。従って、こうした現象を含めて現在問題になっている広範囲な量子論の問題を正しく扱うためには、拡張された量子力学の理論を構築する必要がある。Gel'fandの3つ組による量子力学の拡張は、現在知られている中で最もはっきりした論理構造を持つ考え方であり、実際、連続スペクトルや共鳴状態はGel'fandの3つ組における共役空間の一般化された固有関数で表されることが知られている。しかし、一般化された固有関数は、一般的には規格化できないため、Hilbert空間の固有関数の場合に定義できた確立を定義できない。このため、一般化された固有関数に対する物理的描像を明らかにする取り組みが流体力学的考えを使って行われている。流体力学では流れの速度が基本的な物理量である。同様な速度は、量子力学においても、確率の流れを確率密度で割ることにより定義できる。確率の流れを基本としてきたHilbert空間上の量子力学では、この速度はあまり有効な役割を果たすことはなかったが、確率の導入に必要な規格化ができない一般化された固有関数に対しては、規格化の不定性を除くことができるため、こうした速度が意味を持ち得る。本論文では、この速度を基本的物理量と考えて流体力学的定式化を行うことにより、一般化された固有関数に物理的描像を与えている。

閉じた流線群で表されるHilbert空間に収まる束縛状態と違い、一般的には開いた流線群で表される一般化された固有状態の流れも扱う必要がある。本論文では2次元の放物型ポテンシャル障壁の問題を扱い、渦なしの2次元流体の場合に定義できる複素速度ポテンシャルを用いて開いた流線群を記述する。1次元の放物型ポテンシャル障壁の場合のGel'fandの共役空間に属する一般化された固有状態を使って、2次元の放物型ポテンシャル障壁における固有状態を解き、2次元では2つの異なる性質を持った解が現れることが示された。一つは、複素固有値のみを持つ固有状態で、通常の2次元調和振動子解に対応する有限の縮退を持った状態である。他方は、実数固有値を一つだけ含み、あらゆる固有値に属する状態が無限に縮退している状態である。流体力学的に考えると、前者は原点から出てゆく発散流と原点に入ってくる収束流になっており、後者は原点の周りを回る双曲線型の流れになっていることが分かる。特に、実数固有値を持つ低いベキの関数で表せる定常状態に対しては、複素速度ポテンシャルを求めることができ、原点を直角に回る定常流を表わしていることが示された。さらに、こうした量子力学の流体力学的定式化は、2次元流体力学で有効な手段として使われている共形変換を用いて、より広い

クラスの2次元の不安定量子力学系にも適用できることが示され、定常状態が2次元の放物型ポテンシャルと同様の構造を持つことが示された。

本論文は、量子力学の流体力学的定式化が、Gel'fandの3つ組に属する固有状態に対する物理的描像を与える上で有効な理論であることを示している。更に、2次元の場合は、複素速度ポテンシャルで記述される開いた流線群がスケールの違いによらない普遍性を有していることから、量子力学的スケールにおいても開いた流線群の観測を期待できることが指摘された。

審 査 の 結 果 の 要 旨

本論文では、Gel'fandの3つ組を使って、不安定系を含んだ現象に量子力学を拡張する試みが行なわれた。その際、固有関数が規格化できないために確率を導入できないという問題点を、量子力学の流体力学的定式化により、量子力学的速度を導入することで解決している。2次元の問題を解く試みの中で、2次元流体力学でよく知られている複素速度ポテンシャルが、2次元量子力学系でも有効であることを発見したことは評価できる。また、放物型ポテンシャル障壁の解が、共形変換により、より広いクラスの2次元特異ポテンシャルに応用できることを示した点でも意味がある。量子力学的確率流の検出に向けた実験がいくつか進められており、開いた流線群が実験で確認されれば、本論文の結果が検証されるだろう。以上の観点から、本論文は水準の十分高い独創的研究といえる。

よって、著者は博士（理学）の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。