



Title	Study on quantum mechanical drift motion and expansion of variance of a charged particle in non-uniform electromagnetic fields [an abstract of dissertation and a summary of dissertation review]
Author(s)	Chan, Poh Kam
Citation	北海道大学. 博士(工学) 甲第12902号
Issue Date	2017-09-25
Doc URL	<a href="http://hdl.handle.net/2115/67513">http://hdl.handle.net/2115/67513</a>
Rights(URL)	<a href="http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.1/jp/">http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.1/jp/</a>
Type	theses (doctoral - abstract and summary of review)
Additional Information	There are other files related to this item in HUSCAP. Check the above URL.
File Information	Poh_Kam_Chan_review.pdf (審査の要旨)



[Instructions for use](#)

## 学位論文審査の要旨

博士の専攻分野の名称 博士(工学) 氏名 Chan Poh Kam

審査担当者 主査 准教授 及川 俊一  
副査 教授 富岡 智  
副査 教授 佐々木 浩一  
副査 特任教授 越崎 直人

### 学位論文題名

Study on quantum mechanical drift motion and expansion of variance of a charged particle in non-uniform electromagnetic fields

(非一様電磁場中の荷電粒子の量子力学的ドリフト運動と分散の膨張に関する研究)

本論文では、これまで主として古典物理学の範疇で扱われていた弱い不均一性を持つ電磁場中の荷電粒子のドリフト運動を量子力学的に扱っている。

弱い非一様性を持つ電磁場中で荷電粒子が磁力線を横切る方向に運動する現象はドリフト運動と呼ばれ、磁場閉じ込め核融合プラズマの分野では閉じ込め性能を大きく左右する現象であるため古くから研究されてきた。低温物理分野では、超流動現象などを理解するための量子流体力学があるが、希薄で高温なプラズマでは、粒子が高速で運動しているためドブロイ波長が粒子間距離に比べると非常に短いため、これまでのプラズマ物理では、ごく稀にしか起こらない正面衝突に近いクーロン二体相互作用の場合を除き、量子力学的考察は殆どされてこなかった。

通常ドブロイ波長は波束(あるいは大雑把に粒子)の大きさ程度である。ところが磁場中では、磁場に直交した面内の荷電粒子の波束の広がりや運動状態にかかわらず電荷と磁束密度で決まることがランダウによって示されている。この特性長は磁気長と呼ばれるが、典型的な磁場閉じ込め核融合プラズマでは電子や陽子の磁気長は平均粒子間距離の10%程度と、ドブロイ波長に比べ極端に長い。自由粒子のように、一般に粒子が束縛状態にない場合、その波束は時間とともに広がってゆくことが知られている。プラズマ中の個々の荷電粒子の波束の大きさが粒子間距離程度に達すると波動関数同志の干渉が始まるが、この現象の量子力学的特性時間が、磁場核融合プラズマの古典的な衝突時間や閉じ込め時間よりも短ければ、プラズマは量子力学に支配されることになる。

本論文では、いくつかの弱い非一様性を持った電磁場のもと、非相対論的でスピンのない荷電粒子に対する Heisenberg の運動方程式を解き、位置演算子と運動量演算子の時間発展を求めた。全ての演算子の時間依存性が求められるとそれら演算子の任意の組み合わせの演算子の時間依存性が求められることから、速度演算子の時間平均をとるとドリフト速度演算子が構成される。その期待値の表式は、これまで古典的に知られていた式に完全に一致する項と、プランク定数に比例する、すなわち不確定性に伴う量子力学的ドリフト速度の項に分けられることを示した。さらに、位置と運動量の分散の時間変化率(本論文では膨張率と呼んでいる)を求めた。これらドリフト速度および膨張率の表式は、非定常 Schrödinger 方程式の数値解析により確認している。さらに、上記量子力学的特性時間は、核融合プラズマの条件では古典的な衝突時間(運動量輸送時間)よりもかなり短いことを明らかにした。

これを要するに、著者は、弱い不均一性を持つ電磁場中での荷電粒子のドリフト運動を量子力学的に扱い、古典力学で知られていたドリフト運動に加え量子力学的ドリフト運動が存在すること、および位置・運動量の分散の膨張率の理論式を求めた。このことは、プラズマ物理学にたいして貢献するところ大なるものがある。よって著者は、北海道大学博士(工学)の学位を授与される資格あるものと認める。