



Title	The Aharonov-Bohm and Aharonov-Casher Effects and Electromagnetic Angular Momentum.
Author(s)	前田, 純一郎
Citation	大阪大学, 1992, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/38037
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、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	前田 純一郎
博士の専攻称号	博士(理学)
学位記番号	第10115号
学位授与年月日	平成4年3月25日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当 理学研究科 物理学専攻
学位論文名	The Aharonov-Bohm and Aharonov-Casher Effects and Electromagnetic Angular Momentum. (アハラノフ・ボーム、アハラノフ・キャッシャー効果と電磁場の角運動量)
論文審査委員	(主査) 教授 吉川 圭二 (副査) 教授 大坪 久夫 教授 高杉 英一 助教授 佐藤 行 助教授 静谷 謙一

論文内容の要旨

アハラノフ・ボーム(AB)効果と同様に、粒子の波動関数の位相に非自明な位相差が生じる例として、アハラノフ・キャッシャー(AC)効果がある。AC効果は、無限に長い一様線電荷のまわりを、それに平行な磁気能率をもった中性粒子が1周する場合に起きる。このとき、AB効果と同様、粒子に古典的な力が働くかないにもかかわらず、波動関数には非自明な位相が生じ、これは実験で観測されている。ABとAC両効果は、純粹に量子論的なものであり、古典論では説明できない。両効果の研究を通して、古典論と量子論の差異を明確にし、量子論を正しく理解することは重要である。

本論文では、電荷と磁気双極子から成る系に着目して、以下のような考察で電磁場の角運動量がAB、AC効果を引き起こすことを示した。電荷-磁気モノポール系が非自明な電磁場の角運動量をもち、これが統計と関連していることはよく知られている。磁気双極子は接近した逆符号のモノポールから作られるので、電荷-磁気双極子系も非自明な電磁場の角運動量をもつ。そのため、正準角運動量が力学的角運動量から電磁場の角運動量だけずれる。一方、AB効果の電荷-ソレノイド系は、電荷-磁気双極子系の磁気双極子を積み重ねることで構成でき、AC効果の線電荷-磁気双極子系の電荷を積み重ねることで構成できる。その結果、AB、AC効果でも、粒子の正準角運動量は力学的角運動量から電磁場の角運動量だけずれ、このずれが粒子の波動関数に非自明な位相をもたらす。

磁気双極子は微小な円形電流と見なすことができる。この場合には、磁気双極子の位置に余分な磁場が生じるが、これは非自明な位相とは無関係で、磁気双極子の外の磁場が位相に寄与することを指摘した。特に、通常のAB効果で使われる無限に長いソレノイドの場合には、ソレノイドの外の磁場がAB効果の位相差を与えることを示した。有限な長さのソレノイドを長くしていくと、ソレノイドの外の磁

場は 0 になり、電磁場の角運動量密度も 0 になるが、その積分量である電磁場の角運動量は有限な値をもち、AB 効果の位相差になるのである。

以上のようにして、電磁場の角運動量の存在が、量子論固有の現象である AB, AC 効果の起源であることを明らかにした。

論文審査の結果の要旨

前田君は、アハロノフ・ボーム及びアハロノフ・キャッシャー効果という純粹に量子論的な現象にも、電磁場の角運動量という古典論でなじみの深い実体が関係していることを明らかにした。これは注目に値する新しい内容である。従って、本論文は博士（理学）の学位論文として十分な価値があるものと判断する。