



Title	THERMODYNAMIC PROPERTIES OF SPONTANEOUS MAGNETIZATION IN CHERN-SIMONS QED3
Author(s)	松下, 貴雄
Citation	大阪大学, 1997, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/39958
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	まつ 下 貴 雄
博士の専攻分野の名称	博 士 (理 学)
学位記番号	第 12932 号
学位授与年月日	平成 9 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	THERMODYNAMIC PROPERTIES OF SPONTANEOUS MAGNETIZATION IN CHERN-SIMONS QED, (Chern-Simons 項を伴う 3 次元 QED における自発磁場の熱的特性)
論文審査委員	(主査) 教 授 吉川 圭二
	(副査) 教 授 佐藤 行 助教授 糸山 浩 教 授 東島 清 教 授 高杉 英一

論文内容の要旨

自発的対称性の破れは、統一理論、物性物理等において、物理現象を記述するうえで不可欠かつ基本的な概念となっている。この概念は、南部 - Goldstone の定理、Higgs 機構と結びついて、電弱統一理論、BCS 理論等において、多くの重要な知見をもたらした。その結果、いまなお、様々なモデルにおいて、自発的対称性の破れに関する研究が精力的に行われている。このような中で、近年、Chern-Simons 項を伴う 2 + 1 次元 QED (QED₃) モデルにおいて、時空対称性である Lorentz 対称性が自発的に破れることが見出された (Y. Hosotani, Phys. Lett. B319, 332 (1993))。

このモデルにおいて、一様な磁場 B が平面に垂直に自発的に存在するとき、真空の安定性を決めるうえで重要となる有効ポテンシャルを、磁場 B の関数として量子効果まで含めて計算すると $B = 0$ で最小値をとらないことがわかる。このことは、真空の Lorentz 不変性が破れていることを意味する。さらにこの結果は南部 - Goldstone の定理の主張する零質量粒子の存在を示し、特にこのモデルでは、その粒子は光子に対応している。そこで得られた有効ポテンシャルは、カイラル対称性を課した上で、フェルミオンの質量が非常に小さいとし、弱場近似のもとで計算されているのであるが、 $\lambda \phi^4$ 理論や Goldstone モデルの有効ポテンシャルとは、原点近傍の形が大きく異なり特異な形をしている。また、対称性の観点においても、よく知られている内部対称性の破れとは異なり、上で述べたように、時空対称性の破れである。統一理論や強磁性体等に現れる対称性の破れは、温度を上げていくと、対称性が回復する。このモデルを、有限温度で取り扱うことは、このモデルの有する上記の興味深い結果を踏まえた上で、意味のことである。

一般に、温度を導入すると Lorentz 対称性が壊れることはよく知られた事実である。この論文では、温度 $T = 0$ で破れるこの対称性を有限温度系で考察するのではなく、自発的に現れた磁場 B が有限温度において、フェルミオンの熱運動効果により消えるかどうかを調べることが目的である。有限温度系に移ったとき、有効ポテンシャルは、熱力学ポテンシャルに置き換わる。この熱力学ポテンシャルを、計算することで、この自発磁場が消えるかどうかが明らかになる。有限温度系で場の理論を扱う方法はいくつかあるが、ここではこのポテンシャルを計算するのに、松原の方法を用いた。また、このポテンシャルを求める際に用いた仮定、近似は、 $T = 0$ の場合のものを踏襲した。

こうして得られた熱力学ポテンシャルを調べた結果、温度 $T = 0$ で生じた自発磁場 B は有限温度でも存在することが明らかとなった。さらに、有限温度において、光子の mass spectrum を考察した。有限温度系では、光子は温度質量を得るが、磁場は、零質量に留まることが明らかになった。このことは、熱力学ポテンシャルから得られた結果と結び付けて考えた場合、その結果を支持するものであると同時に、非常に興味深いものである。

論文審査の結果の要旨

Chern-Simons 項を伴う $2 + 1$ 次元量子電磁力学の基底状態においては、空間に垂直に磁場が発生し Lorentz 対称性が破れることができている。しかし、対称性は一般に高温では回復することが知られているので、松下君は有限温度でこの現象を研究しなおしたところ、予想に反して絶対零度で生じた自発磁場は有限温度で消去されないことを発見した。この研究結果は、Chern-Simons 理論の特異性を示すもので重要な発見であり、博士（理学）の学位論文として十分な価値のあるものと認める。