



Title	Functional Renormalization Group Study for Continuous Symmetry Breaking Phases [an abstract of dissertation and a summary of dissertation review]
Author(s)	桐越, 研光
Citation	北海道大学. 博士(理学) 甲第14779号
Issue Date	2022-03-24
Doc URL	http://hdl.handle.net/2115/85843
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/
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	Akimitsu_Kirikoshi_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(理学) 氏名 桐越研光

審査担当者 主査 教授 北 孝 文
副査 教授 根 本 幸 児
副査 客員教授 山 瀬 博 之

学位論文題名

Functional Renormalization Group Study for Continuous Symmetry Breaking Phases
(汎関数繰り込み群に基づく連続対称性の破れた相の研究)

博士學位論文審査等の結果について(報告)

連続相転移の際に観測される臨界現象については、過去60年にわたって、非常に活発な研究が理論・実験両面で行われてきた。一般に連続相転移では、転移点の上下が秩序変数の有無で区別され、その転移点近傍では、秩序変数の出現あるいは消失に伴う揺らぎが非常に大きくなる。この揺らぎの増大により、気体液体転移の臨界点近傍で観測される乳濁や、比熱や秩序変数の応答関数の転移点に向けた発散など、様々な臨界現象が引き起こされる。それらの発散は、転移温度からのずれの冪関数で表されることが実験的に確認され、その冪指数は臨界指数と呼ばれて、実験・理論両面で数多くの研究がなされてきた。

先行研究によると、比熱の臨界指数、相関関数の臨界指数など、「同じ物理量の臨界指数は転移点の上下で同じ値を持つ」と考えられてきた。このことは、臨界現象に関する多くの教科書の記述などで確認できる。しかし、臨界指数の同値性に疑問を投げかける系も存在する。すなわち、スピン系の等方的ハイゼンベルグ模型のように、連続対称性を持つ模型での二次相転移がそれである。具体的に、転移点の下では、連続対称性の破れに伴って南部-ゴールドストーン・モードが出現するため、秩序変数の応答関数が発散し、相関長の臨界指数が定義できない。このことは、転移点の上下で秩序変数の相関に質的な違いがあることを意味する。また、連続的な対称性の破れに伴って、一軸性の異方性が発現し、等方的な無秩序相とは対称性が異なってくる。これらの転移点上下における非対称性の存在は、臨界指数も転移点の上下で非対称なのではないかとの疑問を抱かせるのに十分である。

以上のような問題意識に基づいて、桐越氏は、連続対称性を持つ $O(N)$ 模型の転移点上下における臨界指数の理論計算に取り組んだ。用いた手法は汎関数繰り込み群である。この手法を用いると、結節関数に関する厳密な繰り込み群方程式が導出でき、転移点の上下を同等に扱うことができる。さらに、自発的対称性の破れに関するゴールドストーンの定理により、秩序相での相互作用の結合定数間に一定の関係があることも導け、扱うべき変数の数を劇的に減らせる。桐越氏は、この手法により、転移点上下の臨界指数を微視的に計算した。そして、秩序相では、自発的な一軸異方性の出現によって、相互作用の結合定数に分裂が生じ、その結果として、秩序相の臨界指数が、無秩序相の臨界指数とは異なる値を持つようになることを明らかにした。また、各々の相における臨界指数は、二つの独立な臨界指数によって全て記述でき、各相でスケージング則と呼ばれる関係が成立することも示した。これらの結果は、既存の教科書の記述を書き換える非常に独創的な成果である。

よって著者は、北海道大学博士(理学)の学位を授与される資格あるものと認める。