

## 論文審査の結果の要旨

氏名 齋藤陽平

本論文は5章から成り、第1章では緒言と研究の背景が述べられている。

第2章では、本論文で用いられる理論形式の基礎である2粒子既約有効作用理論の物理的および数学的背景が詳述されている。特に、この章では、摂動級数展開の破綻とその総和法による解決について、永年項を含む常微分方程式を例にとった解説がなされたのち、場の量子論における摂動級数の総和を可能にする手法としての2粒子既約有効作用と $1/N$ 展開法を組み合わせた理論形式が、真空および有限温度の場合に論じられている。

第3章と第4章は、本論文の核心部分となっている。

第3章では、2次相転移点近傍における静的臨界指数について、2章で導入した2粒子既約有効作用と $1/N$ 展開を組み合わせた理論形式を用いた計算が行われている。まず、臨界点上での相関関数の距離依存性と関係する臨界指数 $\eta$ 、臨界点付近での相関長の温度依存性と関係する臨界指数 $\nu$ について、従来の1粒子既約有効作用を用いた計算法を紹介し、つぎに2粒子既約有効作用を用いた場合に、どのようなファインマングラフが総和されるかを考察している。さらに、臨界指数 $\nu$ を求めるため、2粒子既約有効作用を出発点に、複合演算子を含む頂点関数についての新しい自己無撞着方程式が導出されている。この方程式は、2点関数に関するカダノフ-ベイム方程式の自然な拡張になっている。最後に、 $O(N)\phi^4$ モデルを例にとり、頂点関数に関するこの自己無撞着方程式の積分核に $1/N$ 展開を適用することで、 $\nu$ の $N$ 依存性に関する高次項を総和した新しい表式を得ている。この結果は、1粒子既約有効作用に対する $1/N$ 展開に比べて $N < 10$ で有意な違いを与え、第一原理計算による $\nu$ の値とも矛盾しない結果であることが示されている。

第4章では、2粒子既約有効作用の方法の、動的臨界現象への応用が試みられている。まず、臨界点近傍での動的緩和過程を特徴付ける臨界指数 $z$ について、従来のモード結合理論の結果が議論されている。つぎに、1粒子既約有効作用、2粒子既約有効作用の両方

を、 $O(N) \phi^4$  模型における時間依存 2 点相関関数に適用し、 $z$  に関する解析的な表式を与えている。得られた結果は、 $z$  が 1 の周りでの展開となっており、 $z$  が 2 の周りでの展開を与えるモード結合理論とは異なる表現となっていることを示し、その違いの物理的理由について考察している。

第 5 章では、本論文で得られた結果のまとめと、今後の展望が記述されている。

本論文では、有限温度の場の量子論における 2 次相転移点近傍の臨界指数に対して、従来の繰り込み群法やモード結合理論とは異なる 2 粒子既約有効作用の方法を適用し、自己無撞着方程式を基礎に、積分核に関する  $1/N$  展開による系統的な計算が可能であることが示されている。この成果は、場の量子論における臨界現象を扱う上での新しい端緒を開くものとして大きな意義を持つ。

なお、本論文の主要部である第 3 章と第 4 章の内容は、森松治氏、板倉数記氏、藤井宏次氏との共同研究であるが、論文提出者が主体となって理論的解析を行ったもので、論文提出者の寄与が十分であると判断する。

以上の観点から、申請者に博士（理学）の学位を授与できると認める。