



# HOKKAIDO UNIVERSITY

|                     |                                                                                                                           |
|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Title               | Mass Renormalization in the Nelson Model [an abstract of dissertation and a summary of dissertation review]               |
| Author(s)           | 大澤, 進                                                                                                                     |
| Degree Grantor      | 北海道大学                                                                                                                     |
| Degree Name         | 博士(理学)                                                                                                                    |
| Dissertation Number | 甲第12684号                                                                                                                  |
| Issue Date          | 2017-03-23                                                                                                                |
| Doc URL             | <a href="https://hdl.handle.net/2115/65332">https://hdl.handle.net/2115/65332</a>                                         |
| Rights(URL)         | <a href="https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.1/jp/">https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.1/jp/</a> |
| Type                | doctoral thesis                                                                                                           |
| File Information    | Susumu_Osawa_review.pdf, 審査の要旨                                                                                            |



## 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    大澤 進

主 査 教 授    新井 朝雄  
審査担当者    副 査 教 授    洞 彰人  
副 査 准教授    宮尾 忠宏

### 学 位 論 文 題 名

「Mass Renormalization in the Nelson Model」  
(ネルソンモデルにおける質量のくりこみ)

### 博士学位論文審査等の結果について（報告）

量子場の形式的理論に内在する根源的な問題のひとつとして「発散の困難」と呼ばれるものがある。これは、(数学的に厳密な根拠は度外視して)形式的に構成された理論形式を用いて物理量を計算すると、有限の値が得られず、意味のない結果が導かれる事態を指す。この困難は、1940年代から50年代にかけて提唱された「くりこみ理論」の処方により回避され、物理理論としての量子場の理論は一応の完結を見た。しかしながら、数学的な観点からは、依然として、この困難は解決されておらず、ミレニアム賞金問題の一つとしても取り上げられているように、数学・数理物理学における最も重要な未解決問題のひとつとなっている。「くりこみ理論」を数学的に基礎付けようとする研究は、これまでに多くなされてきているが、完成には程遠い状況にある。本学位論文の主題は、こうした研究路線の中に位置づけられるものであり、Nelson モデル---非相対論的な核子と質量をもつ量子スカラー場（中性中間子場）との相互作用を記述するモデル---の核子の質量のくりこみに関するものである。本論文では、まず、モデルを数学的にきちんと定義するために、運動量に対する紫外切断 $\Lambda > 0$ と赤外切断が導入される。この条件のもとで、全運動量 $\mathbf{p}$ に対して、あるボソンフォック空間上で定義されるハミルトニアン $H(\mathbf{p}, \Lambda, \alpha)$ は自己共役で下に有界である（既知の事実）。ここで、 $\alpha$ は核子と量子スカラー場の相互作用の強さを表す定数---結合定数---である。量子スカラー場との相互作用の結果生じる、核子の実効質量  $m(\Lambda, \alpha)$ は $H(\mathbf{p}, \Lambda, \alpha)$ のスペクトルの下限 $E(\mathbf{p}, \Lambda, \alpha)$ の $\mathbf{p}$ に関するある2階偏導関数の $\mathbf{p}=0$ での値を用いて定義される。本論文の動機は、紫外切断を除く極限 $\Lambda \rightarrow \infty$ での $m(\Lambda, \alpha)$ の $\Lambda$ に関する漸近挙動を調べることにある。この問題について、本論文では次の部分的な結果が得られた：(1)  $m(\Lambda, \alpha)$ は $\alpha$ の2乗について原点のある近傍で解析的で、十分小さな $|\alpha|$ に対して  $m(\Lambda, \alpha)/m=1+\sum_{n=1}^{\infty} a_n(\Lambda)\alpha^{2n}$  と展開される。ただし、 $m>0$ は核子の裸の質量（量子スカラー場との相互作用を行う前の質量）、 $a_n(\Lambda)$ は $\Lambda$ の関数である；(2)  $\lim_{\Lambda \rightarrow \infty} a_1(\Lambda)$ は存在し、正数である；(3)  $\lim_{\Lambda \rightarrow \infty} a_2(\Lambda)/\log \Lambda$ は存在し、有限の実数である。これらの結果は非自明な新しいものである。これを要するに、著者は、Nelson モデルの質量のくりこみについて新知見を得たものであり、量子場の数学的理論の研究の分野に対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（理学）の学位を授与される資格あるものと認める。