



|              |  |
|--------------|--|
| Title        | 曲った2次元時空でのフェルミ粒子生成   |
| Author(s)    | 堀辺, 稔  |
| Citation     | 大阪大学, 1980, 博士論文   |
| Version Type |  |
| URL          | <a href="https://hdl.handle.net/11094/32618">https://hdl.handle.net/11094/32618</a>  |
| 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、 <a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed</a> 大阪大学の博士論文について |

*The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA*

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

|         |                    |          |                    |
|---------|--------------------|----------|--------------------|
| 氏名・(本籍) | 堀                  | 辺        | 穎                  |
| 学位の種類   | 理                  | 学        | 博士                 |
| 学位記番号   | 第                  | 4875     | 号                  |
| 学位授与の日付 | 昭和                 | 55年3月25日 |                    |
| 学位授与の要件 | 理学研究科              | 物理学専攻    |                    |
|         | 学位規則第5条第1項該当       |          |                    |
| 学位論文題目  | 曲った2次元時空でのフェルミ粒子生成 |          |                    |
| 論文審査委員  | (主査)<br>教授         | 内山 龍雄    |                    |
|         | (副査)<br>教授         | 砂川 重信    | 助教授 佐藤 行 助教授 山本 邦夫 |
|         | 講師                 | 細谷 晓夫    |                    |

### 論文内容の要旨

はじめに 重力場をC-数の外場とし、それと相互作用している物質場を量子化した理論、即ち曲った時空での場の量子論が近年発展した。ホーキングはメトリックとして星が崩壊しブラックホールになることをあらわしているものを見出し、場としてスカラー場を考えた時に、スカラー粒子が放出され、そのエネルギー分布が温度が  $(8\pi M)^{-1}$  (Mはブラックホールの質量) のプランク分布であることを示した。さらにパーカー達は上のような系は粒子の分布だけでなくその他の観測量に対しても統計力学の様相を示すということを証明した。この事実から、このような粒子放出に対して統計力学的な議論がなされている。このような結果はスカラー場に対してのみ得られている。用いられた方法が純粹に場の理論的なものであることを考えると、他の種類の場(ディラック場等)に対しても同様に、統計力学的な類似が得られるかどうかは自明でなく理論的に明らかにする必要がある。したがって統計力学と曲った時空における場の量子論とがどの程度類似しているかを知るためにも、重力によるフェルミ粒子生成について研究する事は意味のあることと思われる。

主な内容 先ず、曲った時空におけるディラック場及びフェルミ粒子の生成の機構の一般論をのべる。次に、2次元時空でのディラック場を2つの場合について調べる。一つは時空は平坦であるが動いている壁が存在し、ディラック場がその壁の片側にのみ存在する場合である。もう一つは、星の崩壊の簡略化されたモデルと考えられる。将来に事象の地平面\* が存在する時空である。これらの例において、スカラー場の時、生成された粒子のエネルギー分布がプランク分布になることがすでにわか

\* アインシュタイン方程式の解には、無限の未来までいっても見えない領域をもつものがあり、その領域の境界を「事象の地平面」と呼んでいる。

っている。これら2つの例については、2次元時空であるということから運動方程式が厳密に解けるので粒子生成の問題を正確に調べることができるという利点がある。前者の例では、2次元時空であるため壁が静止している系に座標変換でうつれる。この系では等価原理から重力が生じるため、曲った時空での一般的な議論がそのまま使える。ディラック場の時に生成された粒子はフェルミ分布に従うことを示した点がこの論文の主要部である。このように問題にしている場によって、生成された粒子のエネルギー分布のちがいが生じる主な原因はローレンツ変換のもとでのそれぞれの場の変換の仕方のちがいであると思われる。又、後者の例においても統計力学との類似が一層強くなっている。このことはスカラー場についてはすでにパーカー等によって指摘されていたが、ここではそれをディラック場に拡張した。

結論 ここでとり上げた曲った2次元時空の2つの例において、ディラック場の時には生成された粒子はフェルミ分布に従い、統計力学ともよく類似していることが示せた。

### 論文の審査結果の要旨

近年Black-holeのすぐ外側における粒子の生成が多くの人々により研究されている。それらの研究で物質粒子を作りだすエネルギーの源は時間的に急激に変動する重力場である。つまり古典重力場の中における物質場の量子論を用いて物質粒子の生成が研究されている。物質としてスカラー粒子場を考えたとき、特別な場合には生成された粒子のエネルギー分布は、あたかも熱平衡状態にあるかのように、Bose分布をしていることが示された。

この驚くべき結果が正しいとすれば、生成される粒子がFermi粒子ならば、その分布も当然Fermi分布となる筈である。そこで堀辺は、(1)一定加速度で運動している鏡の前におけるFermi粒子の生成、(2)或る瞬間から突然event-horizonが出現した場合、その周囲におけるFermi粒子の生成についてしらべた。(2)は星の重力崩壊によるBlack-holeの出現をモデル化したものに相当する。

堀辺はこれを扱うため、まず古典重力場内におけるFermi粒子の量子論の一般論を開展した。特にその基礎方程式の厳密解が求まるように2次元時空に制限した。それを上記(1)、(2)の場合に適用して、予想通り、Fermi分布が出現することを示した。粒子のエネルギー分布がFermi型になるか、Bose型になるかは、物質場がLorentz変換に対してどのような変換則に従うかということと本質的に結びついていることを発見した。

堀辺の研究は、現在この分野で最も興味をもたれている問題に関係するもので、彼の導いた結果はこの分野の研究にとって重要な意義をもつものである。理学博士の学位論文として十分に価値あるものと認める。