

氏名	笹部 薫 ささべ しげる
学位の種類	理学博士
学位記番号	理博第 388 号
学位授与の日付	昭和 51 年 3 月 23 日
学位授与の要件	学位規則 第 5 条 第 1 項 該当
研究科・専攻	理学研究科物理学第二専攻
学位論文題目	Possible Breakdown of Bjorken-Scaling Law and Parton as Composite Particle (ブジョルケン-スケーリングの可能な破れと複合粒子としてのパートン)
論文調査委員	(主査) 教授 田中正 教授 町田茂 教授 位田正邦

論文内容の要旨

高エネルギー現象を通じてのハドロンの構造をさぐる試みとして、電子と核子の深非弾性散乱の実験に対して近年多大の関心が寄せられている。この実験によって明らかにされたいわゆる Bjorken のスケーリング則の成立は、理論上きわめて興味あることである。これを説明する最も簡単な理論的モデルとして知られる Feynman のパートン模型によれば、核子は無数個のスピン $\frac{1}{2}$ の自由粒子の集団として描かれる。最近はこの様な高エネルギー領域でのハドロンの描像を Yang-Mills 場のもつ漸近的自由の性質に帰着させようとする野心的な試みもある。

しかし、これはあくまでも一つの極限的描像であって、当然その適用限界も考えられる。実際これまでに、松本, Chanowitz, Drell らによってパートン描像からのずれの存在と、それによるスケーリング則の破れの可能性が指摘されてきた。これと符合するかのように、昨年来いくつかの関連する実験によって顕著なスケーリング則の破れが報ぜられるようになった。

申請論文は、Landshoff-Polkinghorne-short (L-P-S) の方法に従って、彼等が採用した自由粒子としてのパートンに複合構造を導入して、電子-核子の深非弾性散乱におけるスケーリング則の破れをくわしく検討している。パートンのもつ複合構造は、その伝播関数の構造ならびに光の吸収の vertex 関数に反映する筈である。後者の効果はすでに他の著者によって研究されているが、申請論文によってはじめて前者の効果が研究されたわけである。一般に相対論的粒子の伝播関数は、質量 m の自由粒子の伝播関数を、重み関数 $\rho(m)$ で重ね合わせることにによって与えられる。複合粒子の場合は、この重み関数 $\rho(m)$ の質量に関する積分は収斂せず、積分領域の上限とともに、無限大に発散するという特徴がある。

以上のことに注目して、申請論文は $\rho(m)$ の $m \rightarrow \infty$ の漸近的振舞に対して、ある普遍的長さの切断因子 λ と、上述の発散の度合を指定するパラメーター ε を用いた適当な試行関数形を仮定して複合パートンの伝播関数をつくる。これを前述の L-P-S による深非弾性散乱の公式にあてはめることによって、スケーリングの破れがエネルギー変数にどのように依存しておこるかを具体的に明らかにした。この導出のため

に散乱振巾の二つのエネルギー変数について、特徴的な二つの高エネルギー領域を設定し、それぞれの場合について合理的な近似を用いて、複雑な積分計算の遂行に成功している。その結果、パラメーター ε が一定の領域に入ると上述の二つのエネルギー領域に特徴的なスケーリングの破れがもたらされること、かつその様な ε の領域は予想したように複合粒子に対応する重み関数 $\rho(m)$ の漸近条件に対応していることが明らかにされた。それによって将来の実験において、スケーリング則がエネルギー変数に応じてどの様に破れるか興味深い予見を与えている。

論文審査の結果の要旨

高エネルギー現象におけるハドロンの振舞いを知る上で、最近電子による核子の深非弾性散乱の実験で明らかになった Bjorken のスケーリング則の成立は、理論的にきわめて興味深い。このスケーリング則を最も簡潔に与えるハドロンの模型として、いわゆるパートン模型なるものがある。それによると、核子はよく知られた複合模型による描像とは全く違って、無数個の、スピン $\frac{1}{2}$ の構造のない自由粒子—パートンから構成されている。パートンのこの自由粒子的振舞いは、Yang-Mills のゲージ場の理論の必然的帰結として合理的に説明される可能性がその後指摘されるに及んで、上のスケーリング則の成立は、一そう重要視されるようになってきた。

しかし最近、反応エネルギーの一そう大きな実験が進むにつれて、このスケーリング則が規則的に破れはじめることが、上述の電子—核子の深非弾性散乱、ならびに中性微子によって誘された核子反応において確認されるに至った。ところでこのようなスケーリング則の破れの出現を予見する理論的試みは以前からいくつかなされてきた。それによるとパートン自身、窮極的な点状粒子でなく、一定の構造をもっており、電子が粒子に与える仮想光子の波長がこの拡りと同程度になる高エネルギー反応においては、その構造がスケーリング則の破れとして現われることを主張する。

申請論文はこのような観点に立って、この構造をパートンの複合粒子的構造として把え、複合粒子の場の理論を用いて、スケーリング則の破れのメカニズムを明らかにした。すなわち場の理論の立場から見て、パートンの複合構造が端的に現われるのは、パートンが光を吸収する際の形状因子、ならびにその光から得た大きなエネルギーをもって走るパートンの伝播関数を通じてである。申請論文は、後者の伝播関数に着目する。すなわちこの伝播関数は一般に自由粒子の伝播関数を、質量についての一定の重み関数で重ねあわせることによって表現できる。複合粒子であることの特徴は、この重み関数の、質量無限大における漸近的性質に本質的に関係する。申請論文は従ってこの重み関数の漸近的振舞いを定量的に表わすある試行関数形を採用して、スケーリング則がいかにエネルギー変数とともにくずれるかを具体的に明らかにした。その導出の過程には高度の数学的処方が必要とされるとともに、それぞれ特徴的なエネルギー領域の設定と、それに妥当な近似方法の採用には、適確な物理的洞察が要請されるが、申請論文はこの課題を見事に遂行している。その結果、スケーリングの破れについてきわめて興味深い理論的予見を導いており、今後の実験的検証に多くの示唆を与えている。

以上の研究成果は、高エネルギー物理学の発展に重要な寄与をもたらすものと言うことができる。

よって、本論文は理学博士の学位論文として価値あるものと認める。