

氏名(本籍)	宮田等 (千葉県)
学位の種類	理学博士
学位記番号	博甲第263号
学位授与年月日	昭和60年1月31日
学位授与の要件	学位規則第5条第1項該当
審査研究科	物理学研究科 物理学専攻
学位論文題目	The Gas Calorimeter for High Energy Experiment and the Study of High Energy Cascade Shower (高エネルギー実験のためのガスカロリメーターと高エネルギーカスケードシャワーの研究)
主査	筑波大学教授 理学博士 近藤 都 登
副査	筑波大学教授 理学博士 沢田 克 郎
副査	筑波大学教授 理学博士 八木 浩 輔
副査	筑波大学助教授 理学博士 滝川 紘 治

論 文 の 要 旨

高エネルギーにおける電磁カスケードシャワーのふるまいを観測し、その結果を解析した。実験は米国フェルミ研究所において、陽子シンクロトロン¹の二次粒子として得られる150 GeVまでの電子と π 中間子のビームを用いて行われた。

カスケードシャワーの観測は、鉛板とプロポーションナルチェンバーの多重層で出来た検出器によってなされた。実験データから平均のシャワー曲線を求め、平均値からのゆらぎを定量的に扱う方法を定式化し、定式化に従ってゆらぎのデータ解析を行なった。

この実験の為に新しい型のプロポーションナルチェンバーが開発された。比抵抗 $10^3 \sim 10^4 \Omega \cdot \text{cm}$ の炭素を混ぜたプラスチック管を作り、直流陰極とし、これらの管を平面状に並べることによって平面型のプロポーションナルチェンバーが作られた。チェンバーからの気体増巾された信号は直径50 μm の芯線(陽極)と、管の外に置かれた信号用陰極によって観測された。

カスケードシャワーを観測してそれを起こした入射粒子のエネルギー、種類などを測定する場合、これらの検出器はカロリメーターと呼ばれる。この研究では、まず、上述の検出器(プロポーションナルチェンバーと鉛の多重面)のカロリメーターとしての性能を調べた(第V章)。この検出器は従来の同種のもの²と比べ、シャワーの三次元的発達³が詳しく観測できる利点をもっている。

次にこの論文の主目的である高エネルギー電磁シャワーの研究を25, 50, 75, 100 GeVの入射エ

エネルギーの電子で行った(第VI章)。実験結果から、最初に平均シャワー曲線を求め、B. Rossiの近似Aと比較した。比較はMullerがしたように測定から得られたシャワー曲線を再現するために近似Aのシャワー曲線、 $\pi_A(s)$ にける補正係数 $\rho(s)$ を求めるという方法で行われた。(ここでは s はシャワーエイジと呼ばれるパラメータである。)Mullerは15 GeVまでの実験から $\rho(s)$ を求めたが、この論文では25 GeV~100 GeVまでの実験結果を用い、 $\rho(s)$ を求めた。 $\rho(s)$ は $S \leq 1$ (シャワーマキシマム以前)ではMullerの結果と一致したが、 $s > 1$ (シャワーマキシマム以後)では一致しなかった。Mullerはシャワーを観測する検出器としてシンチレーターを用いたが、本実験ではプロポーションナルチェンバーを用いたので、この不一致は検出器の違いによるものと考えられる。

平均シャワー曲線の次に、この論文の主要テーマであるシャワーのゆらぎについての研究がなされた(第VI章-B)。シャワーのゆらぎの性質を調べる為に第6章-Bで論じられているように、まず、事象ごとのシャワー曲線、シャワーのある断面での電子・陽電子数の分布などを観測した。シャワーのある2つの断面での電子・陽電子数の相関を表わす相関行列Cを定義して、この行列を通してシャワーのゆらぎの性質を理解しようとした。相関行列Cに関して、いくつかの仮定や近似のもとにシャワーのゆらぎが定式化され、以下の結果が示された。(第VI章-B-4)。

- (1)シャワーのある断面での電子・陽電子数のゆらぎの確率分布関数は相関行列Cから求められる。
- (2)この確率分布関数によってシャワーのある断面での電子・陽電子数の期待値は、他の断面での電子・陽電子数から求められる。これは検出器の一部が正常でない場合のデータ処理に応用できる。
- (3)相関行列Cを直交化する対称行列Tによって、シャワーの各断面での電子・陽電子数のゆらぎを成分とするベクトルを変換すれば、相関を持たないゆらぎを成分とするベクトルが得られる。この変換行列Tは後に π/e 分離に応用された。
- (4)シャワーを気体検出器等のある検出器で観測する場合、検出器に由来するゆらぎがシャワー固有のゆらぎに加算されて全体のゆらぎが作られている。ここでは、シャワー固有のゆらぎと検出器に由来するゆらぎを分離してゆらぎの定式化を行ない。また、実験データから二つのゆらぎを分離する方法を示した。
- (5)カロリメーターの全パルス高の平均値は入射粒子のエネルギーに比例するが、そのゆらぎ(標準偏差) σ_g がシャワー固有のゆらぎとガスチェンバーに由来するゆらぎを用いて表わされた。
- (6)シャワー固有のゆらぎを表わす相関行列 C^s の要素をシャワーの任意の断面で定義することによって連続な相関関数が求められる。

定式化された事からは後の節(第VI章B-5~9)で実験データと比較された。また定式化に従って電磁シャワー固有のゆらぎを示す行列 C^s を実験データから求め、これを用いることによってカロリメーターの π/e 分離能が向上することを示した。この定式化により、これまでの気体カロリメーター、液体カロリメーターの実験や解析が統一的に理解できることが示された(第VII章)。

審 査 の 要 旨

電磁シャワーの研究は古くから行われているが、25 GeV～150 GeV の領域での詳しい実験的研究は、この論文が最初である。著者は、この実験から、電磁シャワーにつき二つの重要な性質、平均的なシャワーの発達と、電磁シャワーの平均値からのゆらぎについて論じている。特に電磁シャワーのゆらぎは近年着目されているものであるが、その定式化とガス・カロリメーターに関する系統的研究は初めてのものである。この研究により、シャワー発達の統計的ゆらぎと、検出器固有のゆらぎとを分離できたことは、シャワー現象の理解とその応用に新しい道を開いたものといえる。

よって、著者は理学博士の学位を受けるに十分な資格を有するものとみとめる。