The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	Elastic Scattering, Production Process and Their Relation in High Energy Nucleon-Nucleon Collisions
Author(s)	Doi, Masaru
Citation	大阪大学, 1974, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/24870
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

【13】

氏名・(本籍)	土井　勝（どい　まさる）
学位の種類	理学博士
学位記番号	第　3045　号
学位授与の日付	昭和49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	**高エネルギー核子－核子衝突における弾性散乱、粒子生成過程、および両者の関係**
論文審査委員	(主査) 教授 小谷　恒之 (副査) 教授 内山　龍雄　教授 森田　正人　教授 砂川　重信 助教授 神吉　健

論文内容の要旨

素粒子間の相互作用の性質や素粒子の内部構造を調べるため、高エネルギー領域での素粒子反応に見られる実験的な特徴を理論的に解明することは重要な事である。強い相互作用をする素粒子に関する高エネルギー実験において、幾つかの顕著な特徴が見られる。素粒子反応では粒子が生成されるという過程が存在するが、この粒子生成に関する包含反応に対し次のような実験事実が知られている。すなわち重心系で見た場合、生成粒子の横方向運動量$k_{\perp}$は、入射エネルギーを大きくしても大きな値にはならずその平均は0.4[GeV/c]程度におさえられてしまう。これに対し、縦方向運動量$k_{\parallel}$は次第に大きくなり、ほぼ$k_{\parallel} \simeq \gamma k_{\perp}$の関係が見出される。ただし、$\beta$を入射粒子の速さとして$\gamma \equiv 1/\sqrt{1-\beta^2}$である。さらに、包含反応のスペクトルは本来三変数で記述されるべきものだが、入射エネルギーのの増大とともに、二変数$k_{\perp}$とxにしか依存しなくなるというFeynmanのスケーリング則を示している。ここで、Mを入射粒子の質量として、$x \equiv k_{\parallel}/(M\gamma)$と定義されている。また、n個の粒子が生成される断面積σ_nは、nについてPoisson分布に近いという事実がある。一方、弾性散乱過程に対してはその微分断面積が回折性を示すと同時に、散乱振幅は実数部より虚数部の方が支配的である、このことは弾性散乱振幅の位相のずれが、虚数部を持たねばならないことを意味する。

この位相のずれの虚数部は、非弾性過程が存在することによる吸収効果のために、入射波に比較して弾性散乱波の強度が減少したものと考えられる。事実、高エネルギー素粒子反応では非弾性過程が全断面積にしめる割合は80%以上もあり、さらに非弾性過程中で上記の粒子生成過程が大部分をしめている。したがって、弾性散乱はこの粒子生成過程の影散乱として解釈される。

そこでこの論文では、弾性散乱の回折性の原因となっている位相のずれの虚数部が力学の結果としてどういう風に決定されるのか、またこれが粒子生成過程と如何なる関係にあるのか、さらに包含反応に見られる種々の実験的特徴が理論的に説明できるのかどうかの諸点について調べることを目的と

する。

そこで、核子（N）が衝突してn個の中間子（π）が作られる過程、N+N→N+N+nπ、が特定の粒子生成機構を通して起こると仮定し、その散乱振幅を場の理論を使って求めた。その際、入射粒子のエネルギーが十分大きいことに着目し、散乱過程中の運動量変化は入射運動量に比較して小さいとするアイコナール近似を導入した。その結果、弾性散乱振幅だけでなく粒子生成振幅までが衝突径数表示で表わされることが判った。この散乱振幅は、S—チャンネル　ユニタリテイーを満足することが証明され、弾性散乱振幅の位相のずれは粒子生成過程の影響として虚数部を持つことが示された。さらに、その関数形までが理論的に決定され、弾性散乱の回折性を再現することが判った。一方、包含反応に関しては、高エネルギー核子の回りの雲がLorentz収縮を起こしているということがこの理論の帰結として導出される。そして、それによる効果としてFeynmanのスケーリング則が満足され、横方向運動量と縦方向運動量の間のスペクトル分布の違いも説明できた。さらに、断面積σ_nはPoisson分布の重ね合せとして表わされることが示された。この理論において重要なことは、弾性散乱と粒子生成過程とが一つの関数を媒介にして相互に関係し合っていることである。最後に、この理論がどの程度まで定量的に実験データを再現するかを調べるために、陽子—陽子散乱実験との比較を行なった。その結果、弾性散乱、粒子生成過程とも矛盾なく実験と非常によい一致が得られた。

論文の審査結果の要旨

核子—核子の弾性散乱の前方角分布の実験結果が、高エネルギーでは、異常に大きい。これは素粒子の内部構造によるものではなく、核子—核子の衝突で中間子などが生成される過程のはねかえりによるものであると信じられてきた。しかし、弾性散乱の特徴と粒子の生成に関する実験事実とを、現象論としてではなしに、統一して定量的に論ずるのに成功した研究はなかった。

土井君は場の理論を基礎として、両者の特徴を一つの枠内で説明するのに成功したのである。

高エネルギー粒子の散乱を取り扱う理論的方法の一つとして、入射粒子の運動量が大きいため、ほとんどまげられないで粒子が進むという、いわゆるアイコナール近似の方法がある。土井君はまずこの近似法を相対論的な取り扱いの場合について拡張した。（参考論文１）と２））

次に、同君は核子同志の衝突で生成されるパイ中間子の生成機構について、物理的描像のはっきりした一つの仮定を導入し、パイ中間子の運動量分布の特徴を説明しうることを示した。特にファイマンのスケーリング則を自然な方法で再現している点で、同君の仮定した生成機構は核子—核子衝突での第一近似として重要な役割を果たすものと考えられる。

この生成された粒子の特徴を再現するように、場の理論に伴う２つの未知の定数…結合定数と交換粒子の質量…を決定して、あとはなんらの仮定をも用いないで、陽子—陽子衝突の全断面積、弾性散乱の全断面積や角分布、生成されたパイ中間子の平均の個数やn個のパイ中間子生成の全断面積について、実験値とかなりよい一致を与える結果を得た。

以上述べた如く、土井君は場の理論という基礎の上に、アイコナール近似と粒子の生成の機構とを

仮定して、一見独立と思われる多くの実験事実を統一的に矛盾なく説明するのに成功して、今後さらに発展させなければならない研究方向について重要な問題提起を行なった。これらの観点から、本研究は理学博士の学位論文として十分価値あるものと認められる。