

Title	Properties of Nucleon Resonances from Dynamical Model of Meson Production Reactions
Author(s)	鈴木, 信彦
Citation	大阪大学, 2009, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/473
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

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

Osaka University

【24】

氏 名	すず きの のぶ ひこ 鈴 木 信 彦
博士の専攻分野の名称	博 士 (理 学)
学 位 記 番 号	第 2 3 5 5 4 号
学 位 授 与 年 月 日	平 成 22 年 3 月 23 日
学 位 授 与 の 要 件	学位規則第4条第1項該当 理学研究科物理学専攻
学 位 論 文 名	Properties of Nucleon Resonances from Dynamical Model of Meson Production Reactions (中間子生成反応の力学的模型による核子共鳴の研究)
論 文 審 査 委 員	(主査) 教 授 浅 川 正 之 (副査) 教 授 中 野 貴 志 教 授 野 海 博 之 准 教 授 保 坂 淳 准教授 佐藤 透

論 文 内 容 の 要 旨

Non-perturbative behavior of QCD appears as hadrons and their interactions. The mass, decay width and transition form factor of a nucleon resonance provide us basic and fundamental information to understand low energy QCD. Resonance parameters are extracted from amplitudes of πN scattering, meson-photoproduction and electroproduction. The purpose of this work is to extract resonance parameters such as mass, width and electromagnetic transition form factors from the $\pi N \cdot \pi N$ and $\gamma^* N \cdot \pi N$ amplitudes by analytic continuation.

Meson-production reactions are dominated by final states of πN , ηN and $\pi\pi N$ in the energy region above 1.3 GeV. We have developed the dynamical reaction model which includes πN , ηN and also unstable particle channels σN , ρN and $\pi\Delta$ coupled with $\pi\pi N$, but no analytic continuation method has been applied to such a dynamical model with unstable particle channels. In this work we develop an method of analytic continuation for the amplitude including those unstable channel. We apply the method for the scattering amplitude from the dynamical reaction model and extract mass, width and the electromagnetic $N \cdot N^*$ transition form factors.

強い相互作用を記述する理論であるQCDの非摂動的なふるまいは、ハドロンとその相互作用として現れる。核子の励起状態の質量、崩壊幅および遷移形状因子はハドロンに関する基礎的な情報であり、これらを正確に求めることがQCDの理解にとって重要である。核子共鳴は中間子生成反応において観測され、その解析によって核子共鳴の質量などの情報が得られる。本研究は、 πN 散乱や π 中間子光生成反応の力学的模型から核子共鳴の質量、崩壊幅および電磁形状因子の情報を引き出すことが目的である。

およそ1.3GeV以上のエネルギー領域における中間子生成反応では、 πN 、 ηN 、 $\pi\pi N$ が終状態となる過程が支配的であり、これらのチャンネルとの結合を取り入れた解析が必要となる。 Δ は πN に崩壊するため、 $\pi\pi N$ のチャンネルには $\pi\Delta$ との結合が存在する。また、同様に $\pi\pi N$ は σN 、 ρN とも結合する。共鳴は複素エネルギー平面上の散乱振幅の極として現れるため、力学的模型から核子共鳴の情報を得るためには実エネルギーの部分波振幅を複素エネルギーに解析接続することが必要となる。しかし $\pi\Delta$ 、 σN 、 ρN のように不安定粒子を含むチャンネルとの結合がある場合の適切な解析接続の方法はこれまで知られていなかった。本研究では、不安定粒子とのチャンネル結合を含む力学的模型について適切な解析接続の方法を開発した。VPIの解析による πN 散乱の振幅と断面積、およびJLabの実験による $\gamma^* N$ の断面積に関してフィッティングを行うことによって得られた中間子生成反応の力学的模型に対してこの解析接続の方法を適用し、核子共鳴を表す散乱振幅の極の位置を得た。

共鳴の極のエネルギー付近においては、散乱振幅は極の位置とその留数とによって近似することができる。この留数は共鳴状態とメソン-バリオン連続状態の結合を表すものであり、核子共鳴の遷移形状因子とみなすことができる。光子との結合を考えると、共鳴の極の留数として核子共鳴の電磁形状因子の情報を得ることができる。従来、核子共鳴の電磁形状因子は実エネルギーの振幅について関数形を仮定するなどの方法で求められていたが、本研究の解析接続の方法によって初めて共鳴の極から電磁形状因子を直接抽出することができた。

P11の部分波で現れる共鳴である $N^*(1440)$ には主に2つの極が寄与していると言われている。本研究の方法によって、これらの極の起源が明らかになった。また、これら2つの極によって実エネルギーの振幅を記述するための方法について議論した。

論 文 審 査 の 結 果 の 要 旨

本論文では πN 及び $\gamma^* N$ 散乱振幅の共鳴極の解析を行い、 N^* や Δ など核子励起状態の質量、崩壊幅および遷移形状因子の研究を行った。共鳴は散乱振幅の複素エネルギー平面上の極として現れ、核子共鳴の情報を得るためには複素エネルギーへ解析接続された部分波振幅が必要となる。本論文ではこれまででなされていなかった $\pi\Delta$ 、 σN 、 ρN のように $\pi\pi N$ に崩壊する不安定粒子を含む振幅に対する解析接続の方法を開発した。これにより2GeVまでのエネルギー領域における中間子生成反応において、 πN 、 ηN とともに支配的終状態となる $\pi\pi N$ 3粒子状態とのチャンネル結合を取り入れた振幅の解析が可能となった。

πN 散乱の振幅、 $\gamma^* N$ 反応を非常に良く記述する中間子生成反応の力学的模型に対して本研究で開発された解析接続の方法を適用し、核子共鳴の解析を行った。その結果初めて共鳴の極の留数から核子共鳴の遷移電磁形状因子が抽出された。またP11の部分波に現れる共鳴 $N^*(1440)$ には2つの極が寄与していることを示し、これらの極の起源を明らかにするなど非常に重要な成果が得られた。よって、本論文は博士(理学)の学位論文として十分価値あるものと認める。