



Title	Semi-leptonic weak processes in two-nucleon system
Author(s)	中村, 聡
Citation	大阪大学, 2003, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/44096
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"〉 大阪大学の博士論文について 〈/a〉 をご参照ください。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

氏名	中村 聡
博士の専攻分野の名称	博士(理学)
学位記番号	第 17512 号
学位授与年月日	平成 15 年 3 月 25 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	Semi-leptonic weak processes in two-nucleon system (2核子系におけるセミレプトン弱過程)
論文審査委員	(主査) 教授 大坪 久夫 (副査) 教授 南園 忠則 教授 高杉 英一 助教授 佐藤 透 助教授 窪田 高弘

論文内容の要旨

Sudbury Neutrino Observatory (SNO) では重水を測定器に用いニュートリノ-重陽子反応 (νd 反応) により太陽ニュートリノを観測する。ここで、ニュートリノのフラックスを得るために必要となる νd 反応の断面積は現在の地上実験では十分な精度で測定されてはならず、精度の良い理論値が必要とされている。本研究では νd 反応の理論的研究を行い、 νd 反応断面積の現状で最も信頼し得る理論値を与えた。また陽子-陽子散乱におけるセミレプトン過程 (pp 反応) の研究を行い、高強度陽子加速器を用いた地上実験により pp 反応断面積の理論値を検証する可能性を提唱した。

本研究で用いる理論的枠組においては、原子核弱電流に対して 1 核子流及び中間子交換模型による 2 核子交換電流を考慮し、原子核波動関数を用いて核行列要素を得る (SNPA)。その際に核子-核子散乱を良く再現する現実的核力による原子核波動関数及び最新の原子核弱電流形状因子の値を用いた。Gamow-Teller 遷移が主要となる低エネルギー νd 反応において、最も大きな理論的不確定要因は軸性ベクトル交換電流の模型にある。そこで、トリチウム β 崩壊率 Γ_t^β の研究で成功を収めた軸性ベクトル交換電流の模型を用いることによってこの不定性を極力除き、 νd 反応全断面積 ($\sigma_{\nu d}$) 及び電子と中性子の角度分布、エネルギースペクトルを求めた。後者は現在と将来の SNO における実験において有用な役割を果たすと考えられる。この研究の結果、太陽ニュートリノのエネルギー領域における $\sigma_{\nu d}$ は、 Γ_t^β を再現する交換電流の模型を用いれば模型の詳細に依存しないことが分かった。また荷電電流反応と中性電流反応の断面積の比 (R) については、その理論値の不確定性が非常に小さいことを示した。結果として、 $\sigma_{\nu d}$ と R に対する理論誤差はそれぞれ 1.5% 以下、0.5% 以下が妥当であると結論することができる。さらに以上の理論解析とは全く異なる理論的枠組である有効場の理論 (EFT) の方法を検討した。その結果 SNPA と EFT による $\sigma_{\nu d}$ は 1% 以内の差異で一致することを示した。しかしながら、両者の詳細な検討から νd 反応の記述に差異が見い出され、今後の研究において SNPA と EFT の関係を明らかにする必要がある。

pp 反応では入射陽子のエネルギーの増大と共に、位相空間が増大し測定可能な断面積となることが期待される。得られた全断面積は入射陽子の運動エネルギーが 300 MeV において $\sigma(pp \rightarrow de^+ \nu_e) \sim 10^{-43} \text{ cm}^2$ となった。この反応においては軸性ベクトル交換電流が重要な寄与を与え、また低エネルギー νd 反応とは異なり交換電流の模型に対

する断面積の理論値の依存性が顕著になることが分かった。従って pp 反応の地上実験がなされれば、太陽ニュートリノより大きいエネルギー領域、例えば超新星ニュートリノによる νd 反応に対して重要な制限を与える情報が得られると考えられる。

論文審査の結果の要旨

本論文では、ニュートリノ-重陽子反応の理論的研究を行い、軸性ベクトル流の交換電流等の不確定性を極力取り除いた現在最も信頼できる断面積の理論値を与えた。この結果は Sudbury Neutrino Observatory における太陽ニュートリノ観測実験の解析に重要な役割を果たし、国際的に標準理論として広く引用される研究となった。さらに軸性ベクトル流のモデルを、陽子散乱における Semileptonic 過程の地上実験で検証する可能性を提案した。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。