

Title	Search for Nucleon Decay of S0 (10) GUT
Author(s)	金行, 健治
Citation	大阪大学, 1994, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/39223
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。

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

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

Osaka University

氏 名	かね 行 健 治
博士の専攻分野の名称	博 士 (理 学)
学 位 記 番 号	第 1 1 4 7 7 号
学 位 授 与 年 月 日	平 成 6 年 6 月 9 日
学 位 授 与 の 要 件	学位規則第4条第2項該当
学 位 論 文 名	Search for Nucleon Decay of SO (10) GUT (SO (10) GUTによる核子崩壊の探索)
論 文 審 査 委 員	(主査) 教 授 長 島 順 清 (副査) 教 授 高 杉 英 一 助 教 授 岸 本 忠 史 助 教 授 山 中 卓 東京大学宇宙線研究所教授 戸塚 洋二

論 文 内 容 の 要 旨

以下本文記載

KAMIOKANDE - II (神岡核子崩壊実験) のデータを元に SO (10) 大統一理論 (GUT) により予言される核子崩壊の探索をおこなった。大統一理論は素粒子物理学の目標である、粒子とその相互作用を統一的に説明しようとする試みであり、核子崩壊は大統一理論のもっともはっきりした予言のひとつである。現在までに、最も単純な大統一理論である SU (5) GUT は陽子の寿命が核子崩壊実験の結果と矛盾するため完全に否定されている。また、最近の LEP の Z^0 の精密測定からも、大統一理論として SU (5) より大きな群が必要であることがしめされた。SU (5) より大きな対称性による大統一理論である SO (10) GUTs では $p \rightarrow e^+ \pi^0$ 等のモードの寿命および $\sin^2 \theta_w$ の値を実験結果と矛盾しないようにし、各相互作用の結合定数を一点で交わせる事ができる。特に SU (4) \times SU (2) \times SU (2) を中間対称性とする SO (10) GUTs では、 $\Delta (B-L) \neq 0$ である崩壊モードが 10^{31-34} 年の寿命で予言される。本論文ではこれらのモードについての解析を行なった。

KAMIOKANDE - II 検出器は岐阜県神岡の地下 1000m に設置された 3000 トンの水チェレンコフ検出器で、948 本の 20 インチ光電子増倍管により荷電粒子の放出するチェレンコフ光の光量、時間情報を測定することにより粒子の検出を行なう。本論文では 1985 年 11 月 21 日から 1990 年 4 月 11 日までの KAMIOKANDE - II、3.62 キロトン年のデータをもちいて解析を行い、1 リング 229 事象、複数リング 96 事象の核子崩壊および大気ニュートリノの候補を得た。1 リング事象は大気ニュートリノの期待値にたいして M - type (μ , π) の数が少なかった。複数リング事象の数、特徴は大気ニュートリノから期待されるバックグラウンドとよくあっていた。これらの核子崩壊の候補に対して SU (4) \times SU (2) \times SU (2) を中間対称性とする SO (10) GUT により予言されている 13 核子崩壊モードについて解析をおこなった。そのうち 11 の複数リングを含むモードでは、不変質量、全運動量、レプトンの運動量等の情報をもちいて、最終的に 7 事象の核子崩壊の候補を得たが、これらは大気ニュートリノバックグラウンドから予測されるものと矛盾しなかった。1 リングのモードでは運動量分布を大気ニュートリノから期待される分布と比較することにより解析をおこなった。大気ニュートリノの期待値と得られたデータの差を核子崩壊によるものとするとその統計的有意さは 1.3 σ で

あり統計的に有意な核子崩壊の兆候は得られなかった。各核子崩壊モードに対して90%コンフィデンスレベルで以下のような寿命の下限を得た。

$$\begin{aligned} \tau/B &\geq 9.8 \times 10^{31} \text{ yr} \quad (n \rightarrow e^+ e^- \nu), \\ \tau/B &\geq 2.6 \times 10^{32} \text{ yr} \quad (n \rightarrow \mu^+ \mu^- \nu), \\ \tau/B &\geq 1.2 \times 10^{31} \text{ yr} \quad (p \rightarrow e^+ \nu \nu), \\ \tau/B &\geq 1.9 \times 10^{31} \text{ yr} \quad (p \rightarrow \mu^+ \nu \nu), \\ \tau/B &\geq 1.5 \times 10^{32} \text{ yr} \quad (n \rightarrow e^- K^+), \\ \tau/B &\geq 1.7 \times 10^{32} \text{ yr} \quad (n \rightarrow \mu^- K^+). \end{aligned}$$

論文審査の結果の要旨

大統一理論の正否の最も直接的かつ基本的なテストは、核子崩壊の有無を検証する実験である。このためには大容量の標的兼検出器が必要であり、水チェレンコフ検出器と鉄/シンチレーターサンドイッチ型検出器の2種類が使われる。種々の崩壊モードの検出が試みられたが今までの所発見されていない。陽子が1個の中性 π 中間子と陽電子に崩壊するモードでは、部分寿命(寿命÷分岐比)の下限値が、 5.5×10^{32} 年と測定されており、この結果、一番簡単なSU(5)大統一理論は否定されている。超対称大統一理論では、陽子がK中間子とニュートリノに崩壊するモードが重要であるが、実験結果では否定も肯定もされていない。

この論文は、SO(10)大統一理論のテストとして適切な崩壊モード

$$\begin{aligned} p \text{ (陽子)} &\rightarrow l + \nu + \nu \\ n \text{ (中性子)} &\rightarrow l \bar{l} \text{ (レプトン反レプトン対)} + \nu \\ n &\rightarrow l + K^+ \end{aligned}$$

(l は電子またはミューオン)

を、岐阜神岡鉱山にある東大宇宙線研究所の3000トンの水チェレンコフ測定器カミオカンデIIを使用して検出を試みた実験研究の成果である。データ取得は1985年11月より1990年4月に掛けて行われ、積算3.62キロトン・年分のデータが得られた。11個の多重リングと2個の1リング核子崩壊候補事象に付いて解析を行った結果、全ては大気ニュートリノによる雑音事象として説明可能であり、核子崩壊の証拠は得られなかった。このことから上記崩壊モードにつき、部分寿命の信頼度90%下限値 $1.2 \times 10^{31} \sim 2.6 \times 10^{32}$ 年を得た。

この結果は、これらのモードについては世界最高のデータであり、大統一理論の知見を進める上で貴重なデータを提供するものである。よって、本論文は博士論文にふさわしい内容を持つものと認める。