

2021年度

京都大学大学院理学研究科

修士課程

修士論文アブストラクト

(2021年8月20日)

物 理 学 第 二 分 野

修士論文発表会

日時:2021年8月20日(金)

場所:理学研究科5号館 525号室+Zoom

発表時間:15分+5分(質問)

《 目 次 》

8月20日(金)

- | | | |
|---|-----|---------|
| 1. スーパーカミオカンデにおける磁気単極子触媒による直接
陽子崩壊ニュートリノに対する研究 | 馮家輝 | (15:00) |
| 2. T2K 実験のためのJ-PARC MR における
16 電極モニターのビームプロファイル測定アルゴリズムの開発 | 李耀漢 | (15:20) |

スーパーカミオカンデにおける磁気単極子触媒による直接陽子崩壊ニュートリノに対する研究

高エネルギー物理研究室 馮家輝

Abstract A study of searching magnetic monopole by searching the monopole catalyze direct proton decay neutrino in Super-Kamiokande IV is present. The sensitivity analysis of this decay mode shows exploratory value. Current analysis status and prospect will be presented.

© 2021 Department of Physics, Kyoto University

The Symmetry of the electromagnetic field is the diamond of the physics crown. Maxwell describe electromagnetic field by ultimately beautiful mathematics. However, there is a cloud just hanging on the top of this diamond. We already find the single charged particles such as electron and position, electric charge. But we still haven't found the existence of magnetic monopole.

The Grand Unified Theory (GUT), that was born when people were looking for the ultimate symmetry, predicts the existence of magnetic monopoles. The Rybakov effect also predicts that the magnetic monopole will catalyze the proton decay, the most important prediction of the GUT [1]. Therefore, this effect will become a powerful tool to find magnetic monopoles and verify the grand unified theory.

The early universe magnetic monopole could easily captured by the sun, and it catalyzes the proton decay of hydrogen in the sun. The decay is mainly divided into direct decay and indirect decay. Both of these decay modes could produce neutrinos with different energies.

The Super Kamioka experiment is the water Cherenkov experiment and is mainly used to explore various neutrino physics. The SK collaboration has completed the analysis for searching the indirect proton decay mode [2]. The result is :

$$F_M \left(\frac{\sigma_0}{1\text{mb}} \right) \left(\frac{f_{\pi^+}}{0.5} \right) < 6.3 \times 10^{-24} \left(\frac{\beta_M}{10^{-3}} \right)^2 \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1} \text{ sr}^{-1} (90\% \text{ C.L.}).$$

However, there also have great potential for exploring magnetic monopoles through direct proton decay. We do the sensitivity analysis of the neutrinos, which is produced by the magnetic monopole catalyze direct proton decay, based on Super Kamioka experiment. The result of Asimov's sensitivity analysis is:

$$F_M \left(\frac{\sigma_0}{1\text{mb}} \right) \left(\frac{BR_{p \rightarrow \bar{\nu}}}{10^{-4}} \right) < 4.01 \times 10^{-26} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1} \text{ sr}^{-1} (90\% \text{ C.L.}).$$

This result is two orders of magnitude smaller than the indirect proton decay mode, so it proves that the magnetic monopole catalyze direct proton decay have strong exploratory value.

References

- [1] V. A. Rybakov, Nucl. Phys. B203, 311 (1982).
- [2] K. Ueno et al. (Super-Kamiokande), Astropart. Phys. 36, 131 (2012), 1203.0940.

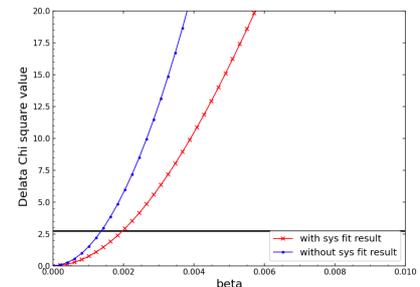


Fig. 1. the Asimov sensitivity fit results the black lines correspond to 90% confidence level (C.L.) .

T2K 実験のための J-PARC MR における 16 電極モニターのビームプロファイル測定 アルゴリズムの開発

高エネルギー物理学研究室 李 耀漢

Abstract An increasing collective beam instability has been a serious issue for the beam power upgrade of the J-PARC Main Ring (MR) for the T2K experiment. It is important to diagnose the beam for the analysis of beam instability. Two 16-electrode beam monitors were installed for measuring injection mismatches about Twiss parameters. We developed a new algorithm based on a genetic algorithm for the 16-electrode beam monitor for measuring the beam profile.

© 2021 Department of Physics, Kyoto University

T2K 実験では CP 対称性の破れの探索のため、茨城県東海村にある大強度陽子加速器 J-PARC で生成されたミュオンニュートリノビームを用い、ニュートリノ振動パラメータの精密測定を行っている。特に、CP 対称性の破れを 3σ で発見することを目指しており、このためにはビームを大強度化することによる統計量の増大が必要となる。現在 J-PARC の Main Ring (MR) はビームの強度を 1.3MW へ増強するために電源等のアップグレードが行われている。

現在 J-PARC では MR のビームの大強度化に伴うビーム中の荷電粒子の多体系における振る舞いにより不安定性が増大し、ビームロスに繋がる問題が解決すべき重要課題になっている。ビームロスを軽減する方法の一つとして、MR の上流に入射直後のビームが加速の安定軌道に乗れずビームのサイズの振動する現象を抑えることが考えられている。このビームサイズの振動を観測するために、非破壊型の多電極のビームモニターである 16 電極ビームモニターがインストールされた。^{[1][2][3]}

本研究では、16電極ビームモニターから得られるビームの多重極モーメントの情報を使って、ビームプロファイルを測定するアルゴリズムの開発を行った。非破壊型の測定器を使ったプロファイルの測定は、出力の情報から入力的情報を逆算する逆問題解析が用いられるが、この逆問題解析は得られる結果が一意に決まらない等の特徴がある。そこで逆問題解析のために広く使われている遺伝的アルゴリズムを基盤にしつつ、ビームの多重極モーメントに対する最適解を探索するアルゴリズムを開発した。アルゴリズムの最終目標は、MR に入射直後の不安定な状態のビームのサイズの振動を観測することである。その第一段階として、任意に生成したバンチの形状を再構成するシミュレーションでアルゴリズムの性能検証を行い、実際の安定した状態のビームの解析を行った。解析の結果、ビームの加速に関するパラメータが一定である条件下で、ビーム形状の再構成ができることが確認できた。この解析の結果は、加速のターン毎のビームのパラメータが分れば、ターン毎の形状が再構成できることを意味し、入射直後の不安定性の分析に活用できると期待する。



Fig. 1. 3D model of the 16-electrode beam monitor

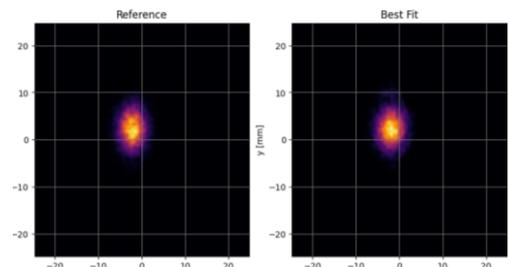


Fig. 2. Reconstructing simulation result of genetic algorithm.

References

- [1] 中西芳枝, T2K 実験のための J-PARC MR における多電極ビームモニターの開発, 京都大学修士論文(2016)
- [2] 宇野亘, J-PARC MR 加速器における 16 電極モニターの処理回路データ取得システムの開発, 京都大学修士論文(2017)
- [3] 田島正規, T2K 実験のための J-PARC MR における 16 電極モニターの開発及び非破壊エミッタンス測定, 京都大学修士論文(2019)