

[P8-08]

Measurement of acoustic radiation wave using Linac at LNS

Tadayoshi MATSUYAMA, Fujio HINODE, Osamu KONNO, Masayuki OYAMADA

Shigekazu URASAWA, Katsumi WATANABE

Laboratory of Nuclear Science, Tohoku University

Noriyoshi CHUBACHI, Masato HIGUCHI, Toshikatsu SUGAWARA

Department of Applied Physics, Faculty of Engineering, Tohoku Gakuin University

Ichiro, NAKAMURA

Department of Physics, Faculty of Sciences, Saitama University

Akeo MISAKI

National Graduate Institute for Policy Studies

Takashi, MIYACHI

Center for Nuclear Physics, School of Science, University of Tokyo

Ryusaburo KIKUCHI, Yuji TAZAWA

Department of Physics and Astrophysics, Graduate School of Science, Kyoto University

Shigefumi GOTO, Yosuke HONDA, Toshiaki MIYAMOTO, Masanori SATO

Honda Electronics CO., LTD.

Abstract

We are studying a detecting method of ultra high energy neutrino, and developing a detector. This detector is able to measure a status of the electromagnetic cascade shower. Test experiment for this detector was done at LNS, Tohoku university. In this paper, we will report and discuss experimental results for the shower.

核理研ライナックビームを用いた荷電粒子の音響輻射波測定

1. はじめに

本研究グループは、水中における超高エネルギーニュートリノ反応に伴う音響輻射波を検出するために、音響輻射機構の研究と新型音響素子の研究開発を行っている。超高エネルギー領域において引き起こされるシャワーは、構造自体が広大であり、減衰距離が“チェレンコフ光”よりも1桁以上大きい“音波”を用いて検出する事が有効であると考えられている。

今回、核理研ライナックを用い音響輻射波検出器の試験と輻射機構の研究のための実験を行った。その結果の一つとして、音響素子による電磁カスケードシャワーの発達状況の測定

について述べる。

2. 音響輻射機構

音響輻射波は、エネルギー損失による熱が媒質の熱膨張・収縮を引き起こすことで発生する。

加速器のビームについては L. SULAK によって以下の関係が示されている。

$$\text{音圧} \propto 1 / (\text{ビーム直径})^2$$

$$\text{音圧} \propto \text{エネルギー}$$

$$\text{周波数} \propto 1 / \text{ビーム直径}$$

3. 使用素子

本実験では、本多電子株式会社が製作した、

図 3-1 の様な、厚さ 2mm・直径 35mm 球型の圧電型素子を使用した。材質は HQ 材であり約 60kHz 付近に共振点を持つ。

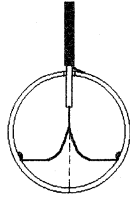


図 3-1. 音響輻射波検出器 (断面)

4. 実験概要

実験は図 4-1 の様な直径 1m、高さ 1m の円筒形の水槽にビームを入射し、水槽内壁面に設置された素子で受波した。検出器位置依存性については、水槽上面より吊された素子をビーム軸方法及び半径方向に移動させながら測定を行った。

信号波形はアンプ等を介さずに直接オシロスコープ(HP 製 Infinium HP54825)によって測定を行った。水槽に入射したビームの電流・スポットサイズ・パルス幅、水温についても同時に測定を行った。

測定ビーム条件は、加速周波数 2.856GHz、ビームエネルギー200MeV、パルス幅 0.5~3 μ s、繰り返し 5Hz、平均ビーム電流値 約 50nA、ビーム径約 5mm (水槽入射点) である。

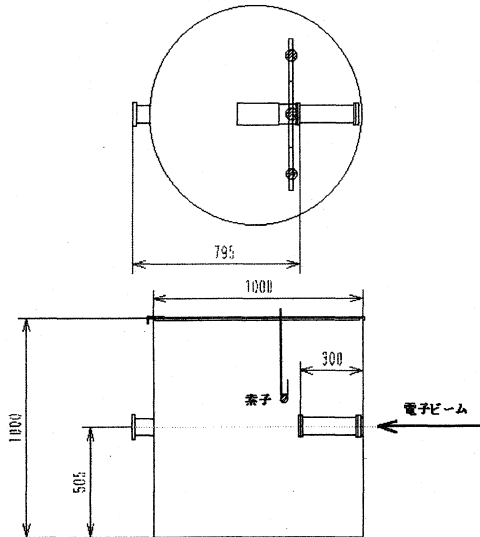


図 4-1. 実験水槽 (上: 上面、下: 水平方向)

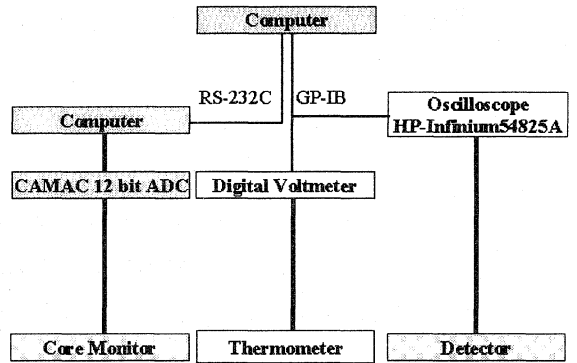


図 4-2. 測定系ブロック図

5. 測定結果と考察

観測されたスペクトラムを図 5-1 に示す。電子ビームパルスによって発生した音響輻射波が音源からの距離だけ遅れて受波されている。ビームの条件を固定した状態で、検出器の位置を移動させながらスペクトラムを測定し、その最大振幅と距離とをプロットしたものが図 5-1、図 5-2 である。200MeV の電磁カスケードシャワーは計算上、図 4-5 のエネルギー損失分布 (1m \times 1m : 分布が見えるように対数をとってある)、または図 4-4 のビーム軸方向のエネルギー損失分布を持つと考えられる。

エネルギー損失と音圧の正確な対応関係はまだ算出していないが、実験結果よりほぼ比例関係にあると考えられる。

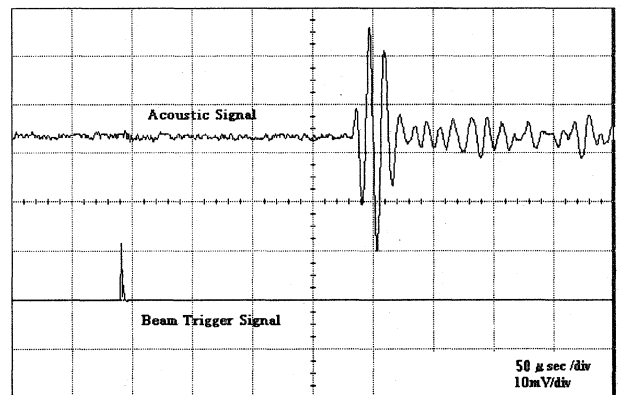


図 5-1. 音響信号スペクトラム

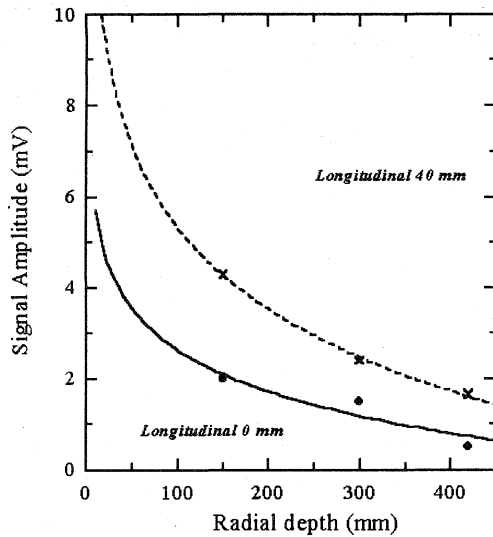


図 5-2. 検出器位置依存性 (Radial Depth)

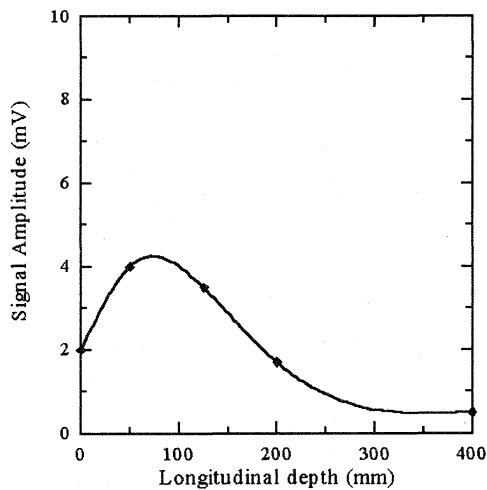


図 5-3. 検出器位置依存性 (Longitudinal Depth)

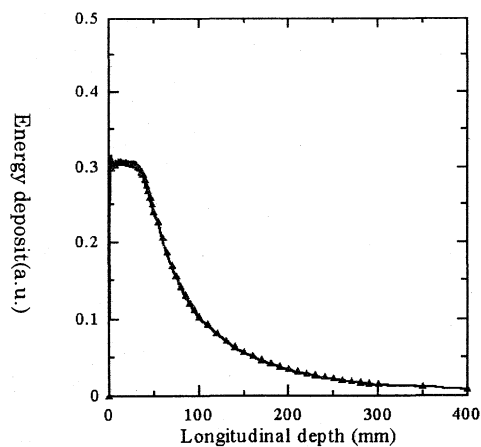


図 5-4. EGS4 によるエネルギー損失計算結果

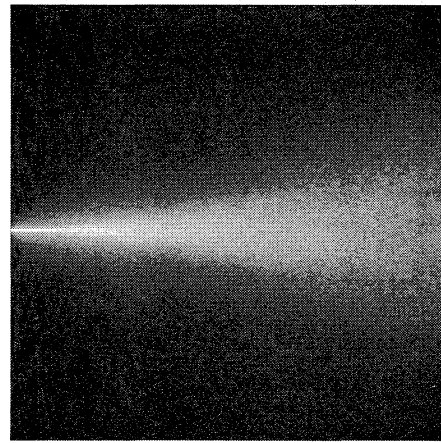


図 5-5. EGS4 によるエネルギー損失分布
計算結果 (dE/dV:対数)

6. まとめと今後の課題

音響素子を用いることで、光素子等で計測する方法に比べ、電磁カスケードシャワーの発達状況を、容易かつ安価に計測することができる。また音波を利用することにより、ライナック周辺のノイズとの分離が明解であり、かつ増幅器等が必ずしも必要では無いことから、回路類を使用しない単純な測定系の構築が可能である。

現時点では、音源となった正確なエネルギー損失を定量するまでにはいたっていないため、素子性能の定量化と、本来の目的である輻射機構の研究が今後の課題である。

参考文献

- 1) L. SULAK, et al, NIM 161(1979)203-217.