

機械学習を応用した多層型検出器によるエネルギー弁別手法

Total energy estimation method of multi-layer muon detector based on machine learning technique

九大総理工¹, JFE エンジニアリング (株)² ○(M2) 小森 智博¹, 金 政浩¹, 佐藤 光流¹,

岡本直也¹, 寶来 悠¹, 野田 秀作², 天野 哲也²

Kyushu Univ.¹, JFE Engineering Corp.², ○Tomohiro Komori¹, Tadahiro Kin¹, Hikaru Sato¹,

Naoya Okamoto¹, Yu Horai¹, Shusaku Noda², Tetsuya Amano²

E-mail: 2es18222s@s.kyushu-u.ac.jp

ミュオグラフィは宇宙線ミュオンを用いて巨大な構造物の内部を非破壊で透視する技術である。本研究室ではこの技術を小・中規模なインフラ設備の探査へ応用することを目指し、検出器の開発及び解析手法の検討を行っている。現在、計測時間の短縮のために、通常ミュオグラフィ検出器 [1]とエネルギー弁別可能な検出器を組み合わせたエネルギーウインドウ型ミュオグラフィ (EWM)の開発を進めている。

本研究では、エネルギー弁別用検出器として Fig.1 に示すような多層型検出器とそれらによって得られたデータを機械学習で解析する手法を提案する。多層型検出器は遮蔽体とプラスチックシンチレータを組み合わせた構造である。機械学習を応用することで、遮蔽体内で止まるミュオンや、全てのエネルギーを検出器内で付与しないイベントまで精度よくエネルギーを予測できる

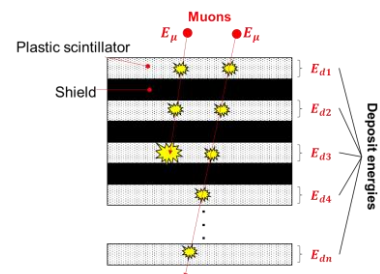


Fig.1 Detector drawing

ことを期待している。今回は本手法の原理実証を目的として、シミュレーションによる学習用データの作成と、それを用いた単純な全結合型ニューラルネットワークによる機械学習を行った。

学習データの作成には PHITS [2]を用いた。プラスチックシンチレータと鉄板を積層した検出器にミュオンを入射し、各イベントの入射エネルギー E_μ とシンチレータへの付与エネルギー $\{E_{d1}, E_{d2}, \dots, E_{dn}\}$ のデータセットを作成した。この付与エネルギー群を入力層、他群エネルギー分布を出力層とする機械学習モデルを作成し、シミュレーションデータのうち 8 割を学習に用い、残りの 2 割データを用いて検証を行った。

検証結果の一部を Fig.2 に示す。この図は 40~50 MeV のミュオンを入射した場合に得られる付与エネルギー群を機械学習モデルに入力した結果である。出力はミュオンエネルギーの確率密度分布となるように規格化した。この分布の平均値と標準偏差はそれぞれ

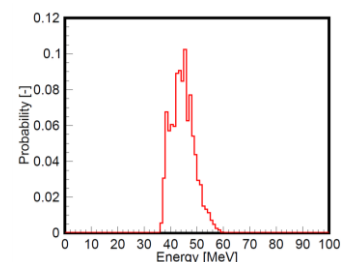


Fig.2 Probability density distribution

44.8 MeV, 7.4 MeV となり、正解データ (平均値 45.0 MeV、標準偏差 2.9 MeV)と良い一致を示していることが分かった。会議ではより詳細な解析結果を示す。

[1] H. Ohno, et al., Ionizing radiation, 41(3), 163-169 (2014).

[2] T. Sato et al., J. Nucl. Sci. Technol. 54, 617-635 (2017).