

地下トンネル工事を対象としたミュオグラフィによる防災システム (1)

Muography-based disaster prevention system for underground tunnel construction

九大総理工¹, 九大工² ○(D)岡本 直也¹, 川瀬 頌一郎¹, 金 政浩¹, (B)奥田 歩夢²Kyushu Univ.¹, [○]Naoya Okamoto¹, Shoichiro Kawase¹, Tadahiro Kin¹, Ayumu Okuda¹

E-mail: okamoto.naoya.515@s.kyushu-u.ac.jp

大規模な地下トンネルを施工する際によく用いられるのがシールド工法である。この手法は比較的安全な手法とされているが、近年でもシールド工法に起因する陥没事故が発生している。陥没事故を未然に防ぐには掘削により生じた地中空洞を陥没以前に発見し埋め戻なければならない。地中空洞を探索する既存手法としては地中探査レーダーなどがあるが10 m以深の空洞を発見するのは困難とされている。そこで我々は、ミュオグラフィ[1]を用いてトンネル掘削により生じる地中空洞のリアルタイムモニタリングを行う防災システムを提案する。本手法では、掘削機であるシールドマシンにミュオン検出器を追従させながら宇宙線ミュオンの計測を行い、掘削前中後でのトンネル上部の断層画像を時系列に沿って取得する。しかし、ミュオン検出器が移動しつつ計測を行うことになるため、シールドマシンの掘削速度において地中空洞を十分識別できるかを確かめる必要がある。そこで本稿では、地中でのミュオンフラックスを計算する経験式である湊の式[2]を用いて、シールドマシンの掘削速度で検出器が移動した場合に地中空洞を統計的有意に検出可能であるかを検討した。

湊の式は、任意の土被り厚さ h hg/cm²で宇宙線ミュオンの角度微分フラックス I /cm²/sr/sを算出できる。図1に示す体系で、検出器が2 m/hで移動しながら計測をすることを仮定し、1時間ごとの検出器へのミュオンの到達数を湊の式より求めた。検出器は、検出面積1500 × 800 mm²で10 × 10 cm²のピクセルをもつ二次元位置敏感検出面を二面持つと仮定した。また検出面は、図1中の xy 平面と平行で長辺が x 軸に垂直かつ検出面間を1 mの離隔距離で配置するものとした。

x 軸正の方向沿った天頂角 θ 方向における各検出器位置とミュオン到達数の関係を図2に示す。誤差棒は統計標準不確かさ 1σ を示している。天頂角30°までは、空洞の有無により統計的有意にカウント数が変動していることが分かる。

これにより移動しながらの計測でも今回想定した体系では、多方向から空洞を有意に識別できることが分かった。今後は、空洞の発生を含む時間発展する体系で同様の計算を行い、地中断層画像の時系列変化を再構成する手法を検討していく。

[1] L.Bonechi et al., *Reviews in Physics*, **5**, (2020) 100038.

[2] 湊 進, *放射線*, **Vol.19 No1** (1992) 49-56

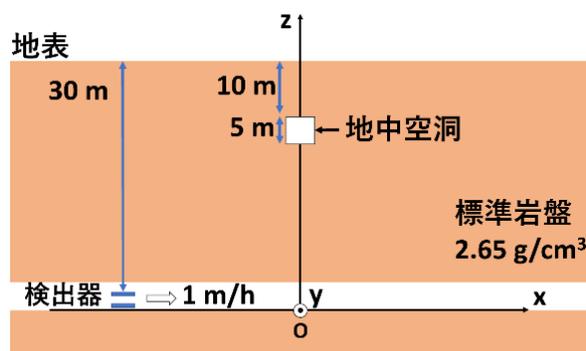


図1. 計算体系

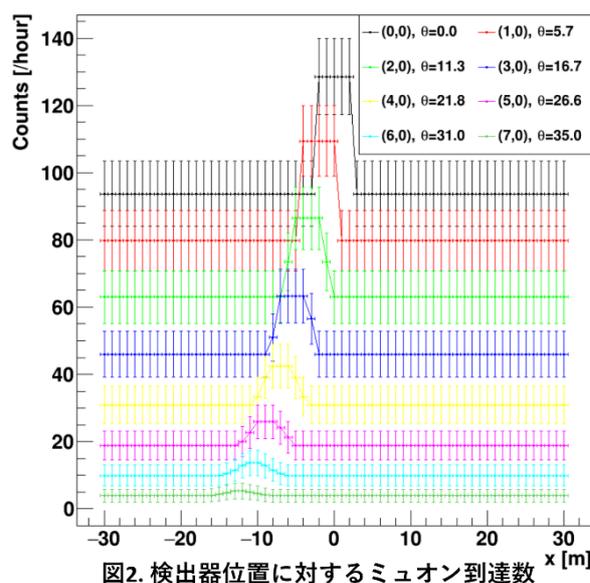


図2. 検出器位置に対するミュオン到達数