14

水シンチレータを用いたミュオグラフィ

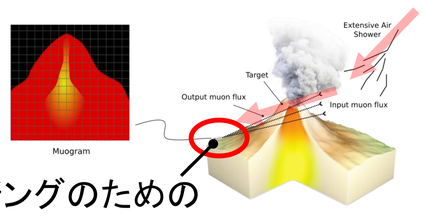
慶應義塾大学 理工学部 物理学科　西村研究室　舘岡 佳蓮

1 背景

ミュオグラフィに必要なシンチレータを開発し、検出性能を評価・検証した

ミュオグラフィ

電荷を持った素粒子の1つであるミューオンは
電子の200倍以上重く、数kmの岩盤をも通り抜ける
透過力で対象の内部構造をイメージングする透視技術



宇宙線由来の
ミューオン

ミューオンの透過率が
物体の厚さや密度に
応じて減衰

イメージングのための
検出器としてシンチレータが必要

シンチレータ

荷電粒子が物質中の原子や分子を励起し、
基底状態に戻る際にシンチレーション光を放出 → 荷電粒子の検出

	プラスチック	液体(有機溶媒)	液体(水)
大型化	高コスト	○	○
安全性	○	危険物	○
発光量	○	○	少ない

水でのミュオグラフィを実現するために、光量の課題解決が必要

2 目的

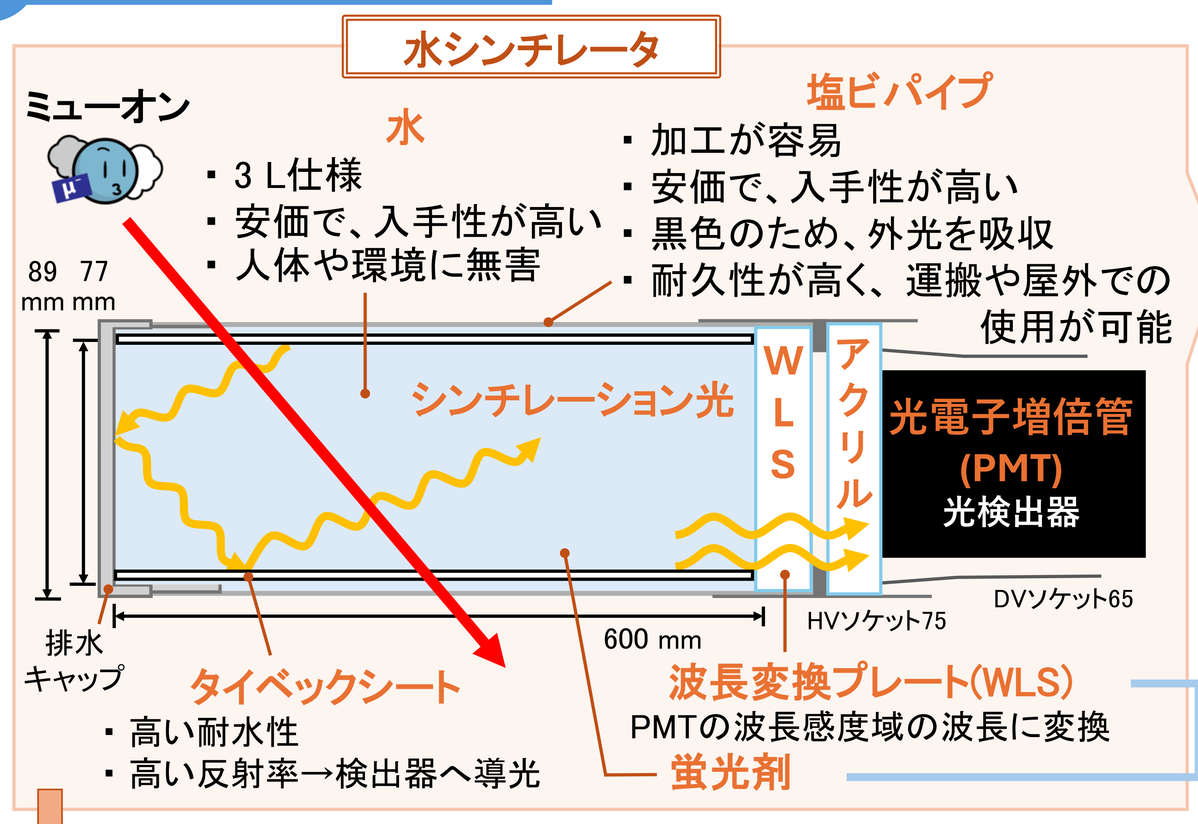
低コスト
高い安全性
大型化可能
携帯可能

を満たす

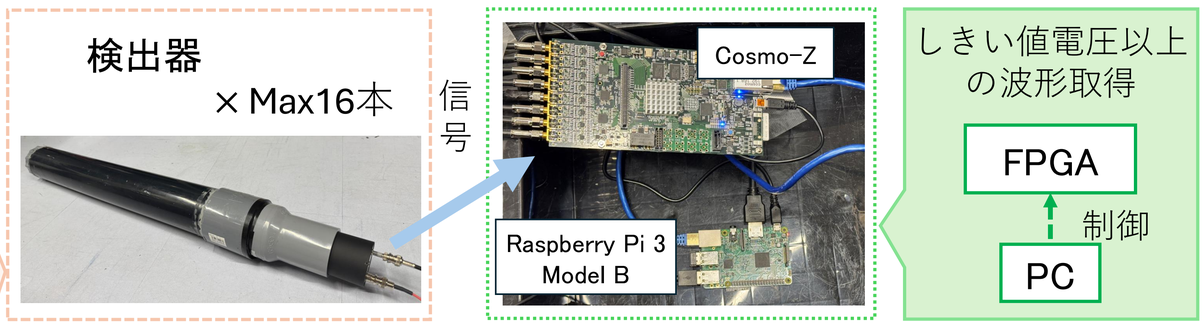
検出器の開発
基本性能の評価
実用性の検証

3 検出器の設計・開発

水シンチレータ

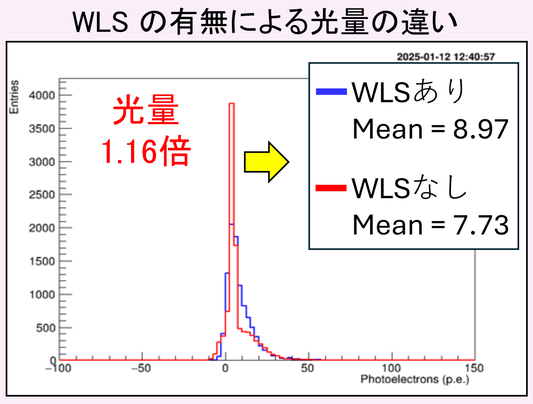


低コスト・安全・携帯性を実現

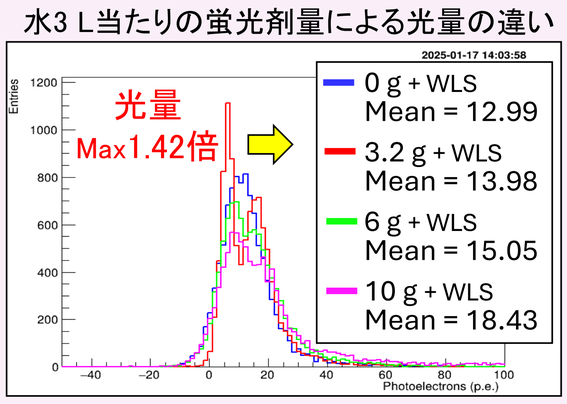


WLSと蛍光剤による ミューオン検出効率の確認・向上

WLS の有無による光量の違い



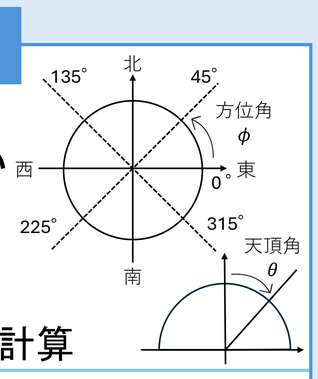
水3 L当たりの蛍光剤量による光量の違い



水のみからWLS+蛍光剤10 g/水3 Lで光量1.6倍以上←この条件で測定する

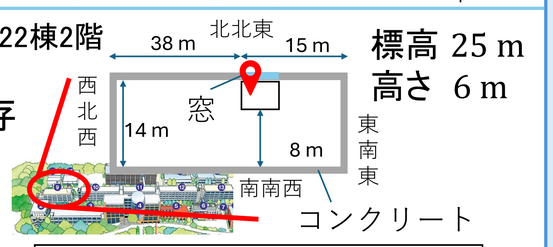
4 フラックス シミュレーション

異なる角度で入射するミューオンが
対象物を通過する際の減衰を評価したい
↓
MUSICというシミュレーションコードで
ミューオンフラックスの方位角と
天頂角依存性を計算

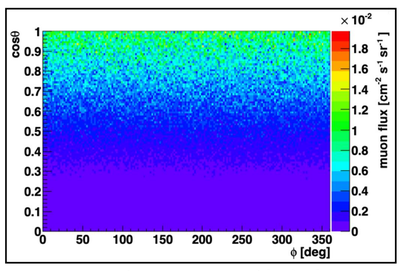


矢上キャンパス

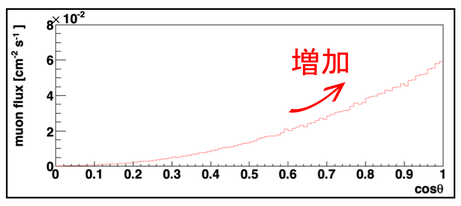
周囲に建物がないと仮定
おおよそ天頂角θのみに依存



標高 25 m
高さ 6 m



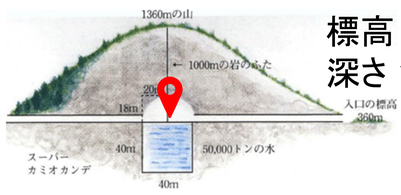
フラックスのθ, ϕ依存性



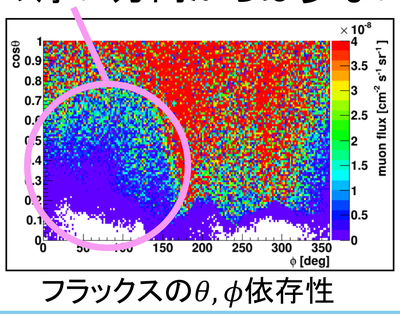
フラックスのθ依存性

神岡鉱山地下

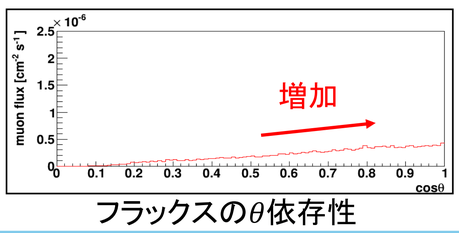
山の密度 2.7 g/cm^3 と仮定
山の厚い方向からは少ない



標高 345 m
深さ 1000 m



フラックスのθ, ϕ依存性



フラックスのθ依存性

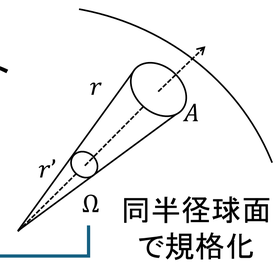
フラックスの方向依存性が分かったが
本研究では天頂角分布を表すモデル$A\cos^n\theta$と比較する

5 測定結果

複数の「水シンチレータ」での天頂角分布を測定・シミュレーションと比較
どの検出器の配置が方向依存をより精度高く求められるか？

測定方法

2つ以上の検出器で信号を取得したものをイベントとしてカウント

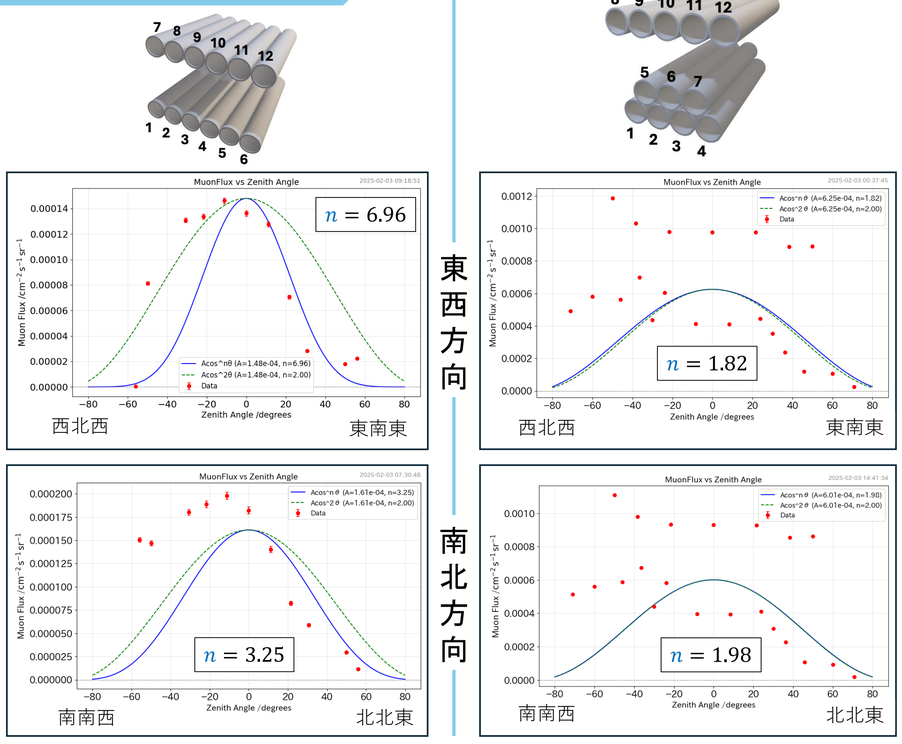


同半径球面で規格化

エネルギースケールを
そろえるために
しきい値調整

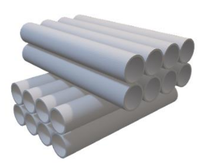
$$\text{フラックス} = \frac{\text{イベント数} \times \text{距離の補正係数}}{\text{検出器の面積} \times \text{検出時間} \times \text{立体角}}$$

矢上キャンパス



$A\cos^n\theta$および$A\cos^2\theta$でフィット
nが2に近いことからミューオンの天頂角分布を確認

神岡鉱山地下



ミューオンは確認できず
→ フラックスの上限は
8.2×10^{-10}
$[\mathrm{cm}^{-2}\mathrm{s}^{-1}\mathrm{sr}^{-1}]$

- 西および南からの
フラックスが大きい
→建物の密度の違い？
- シミュレーションと同様に
天頂からのフラックスが
大きい

6 結論

従来よりも低コストで安全性の高い水シンチレータを作製した。
WLSと蛍光剤により、水のみの場合と比べて光量を1.6倍以上にできた。
ミューオンで予想される天頂角分布が確かめられた。

観測精度を高めるために、統計量を増やすこと、
エネルギーしきい値をより正確にそろえること、
フラックス計算に用いた補正係数や立体角の見直し、
検出器の形状や配置の再検討などを行う。