

問 1

系統誤差が独立であるとして Prediction の誤差を合成すると

$$\sqrt{0.010^2 + 0.015^2} \simeq 0.018 \quad (1)$$

同様に Data の誤差については

$$\sqrt{0.007^2 + 0.020^2} \simeq 0.021 \quad (2)$$

となる.

問 2

$$f = \frac{n_{\text{up}}}{n_{\text{down}}} \quad (3)$$

とすると

$$\begin{aligned} \sigma_f &= \sqrt{\left(\frac{\partial f}{\partial n_{\text{up}}}\right)^2 \sigma_{\text{up}}^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial n_{\text{down}}}\right)^2 \sigma_{\text{down}}^2} \\ &= \sqrt{\left(\frac{\sigma_{\text{up}}}{n_{\text{down}}}\right)^2 + \left(\frac{n_{\text{up}}}{n_{\text{down}}^2} \sigma_{\text{down}}\right)^2} \\ &= \frac{n_{\text{up}}}{n_{\text{down}}} \sqrt{\left(\frac{\sigma_{\text{up}}}{n_{\text{up}}}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_{\text{down}}}{n_{\text{down}}}\right)^2} \end{aligned} \quad (4)$$

である. ここで  $n_{\text{up}}, n_{\text{down}}$  がそれぞれポアソン分布に従うとすると, ポアソン分布の標準偏差は

$$\sigma = \sqrt{\mu} \quad (5)$$

なので

$$\sigma_{\text{up}} = \sqrt{n_{\text{up}}} \quad \sigma_{\text{down}} = \sqrt{n_{\text{down}}} \quad (6)$$

したがって

$$\sigma_f = \frac{n_{\text{up}}}{n_{\text{down}}} \sqrt{\frac{n_{\text{up}}}{n_{\text{up}}^2} + \frac{n_{\text{down}}}{n_{\text{down}}^2}} \quad (7)$$

$$= 0.54 \sqrt{\frac{139}{139^2} + \frac{256}{256^2}} = 0.0568 \quad (8)$$

となる.

### 問 3

観測結果が正規分布に従うとする. ニュートリノ振動が無いときの Up と Down の比を 1 とすると観測結果は

$$\frac{1 - \frac{139}{256}}{0.0568} = 8.04 \quad (9)$$

したがって  $8.04\sigma$  の有意性がある.

### 問 4

図では斜線の四角に MC+MC stat とあり, MC 法などを用いた予測値であると推測する. また実験データは天頂角の余弦を 5 分割しており, 角セグメントでのデータを用いて尤度を計算するとする. すると全体の正規化に 1 自由度を要するとして, 残り 4 自由度で推定を行ったと考えられる.