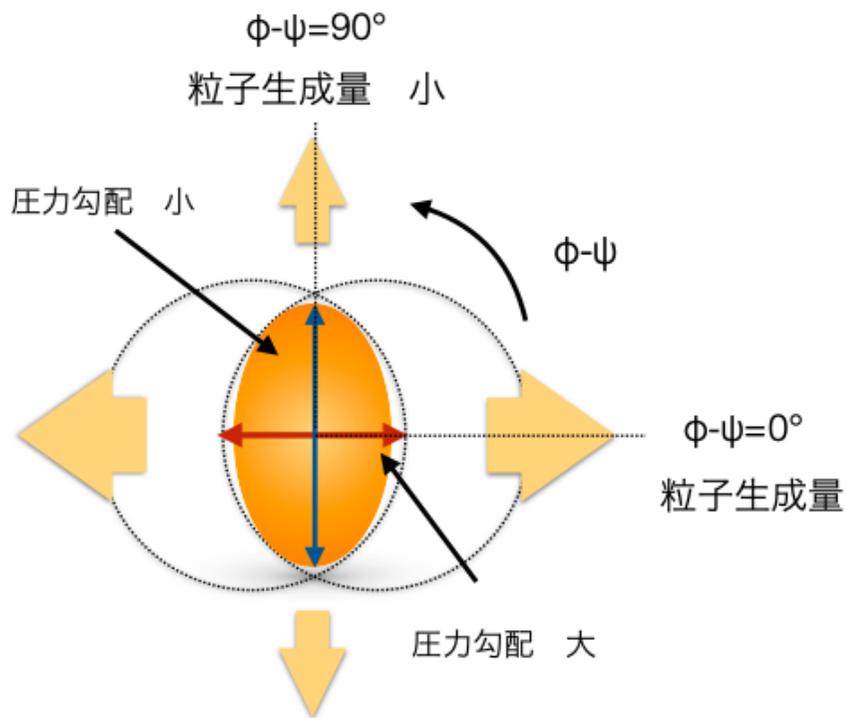


INTT と MBD を用いた v2 解析

2025/01/14 INTT Follow Up Workshop
NWU M2 藤原 愛実

QGPの流体力学的振る舞いと粒子の方位角異方性(v_2)²



$$\frac{dN}{d(\phi - \psi_2)} \propto 1 + 2v_2 \cos[2(\phi - \psi_2)]$$

ϕ : 衝突により生成・放出された粒子の方位角

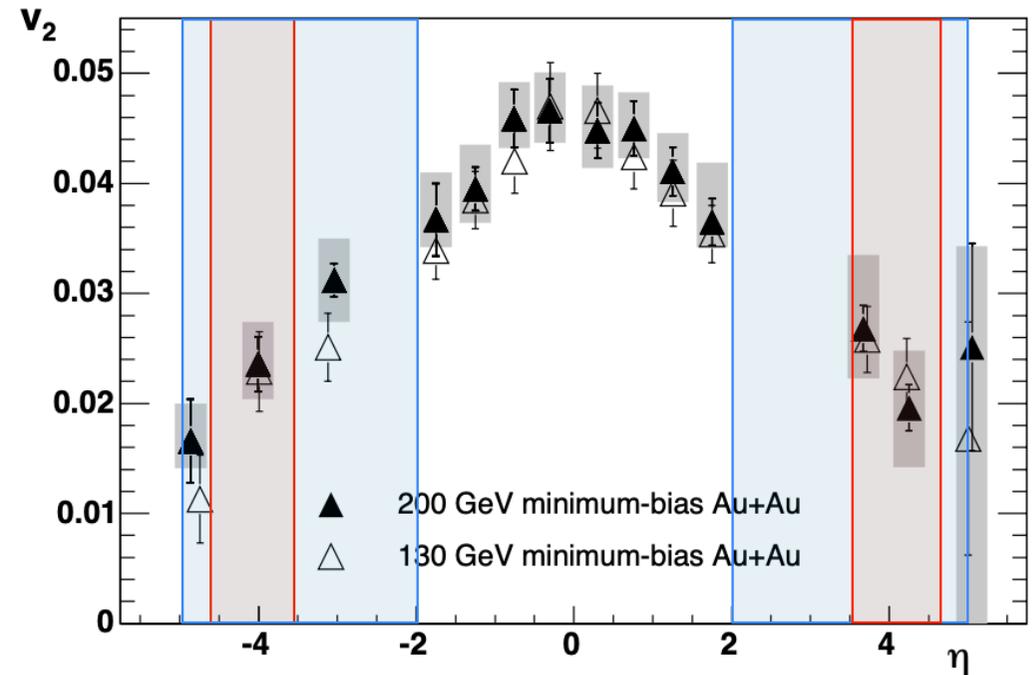
ψ_2 : 反応平面角 (原子核の中心同士を結んだ直線とビーム軸とのなす角)

v_2 : 方位角異方性の強度を表す値

QGP が生成される → 大きな v_2 が計測される

PHOBOS v2 測定結果

- MBD : $3.51 < |\eta| < 4.61$
- sEPD : $2.0 < |\eta| < 4.9$
- MBDで測定を行っているので、 $v_2 \sim 0.02$ になると予測される



Run and cut condition

- Run 54280
 - Au+Au
 - Zero field
 - Check first 1M events

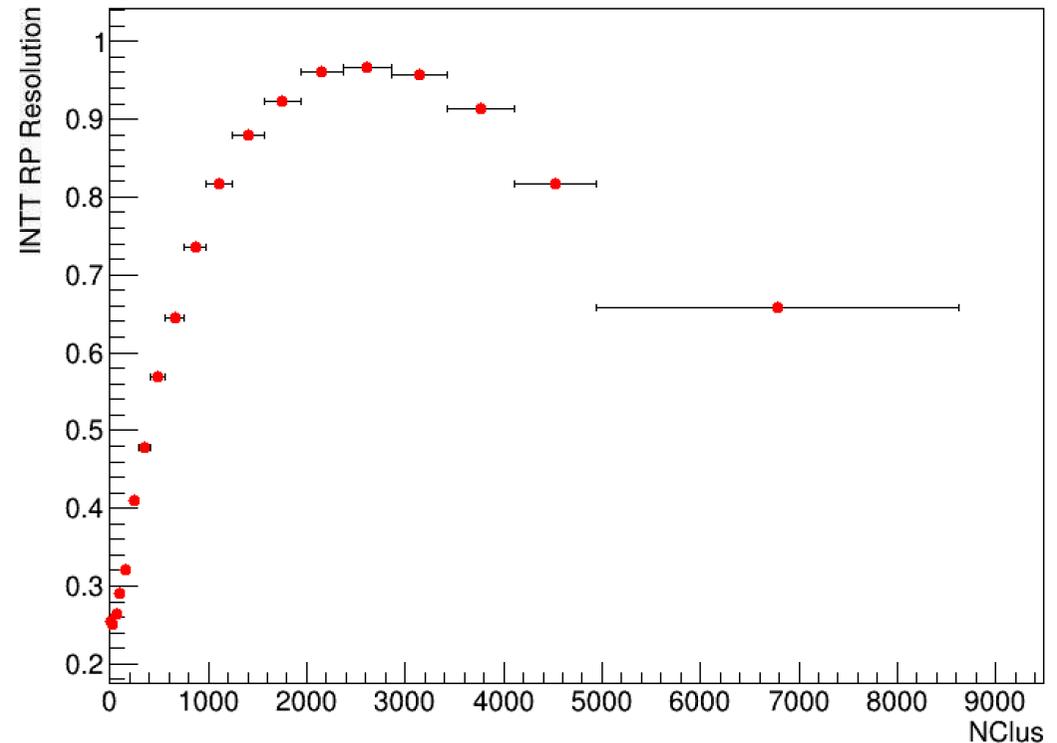
- Cut condition
 - Bco timing
 - hotdead channel
 - $|\text{Mbd } z \text{ vertex}| < 20 \text{ cm}$
 - INTT Cluster ADC > 45

INTT reaction plane resolution

5

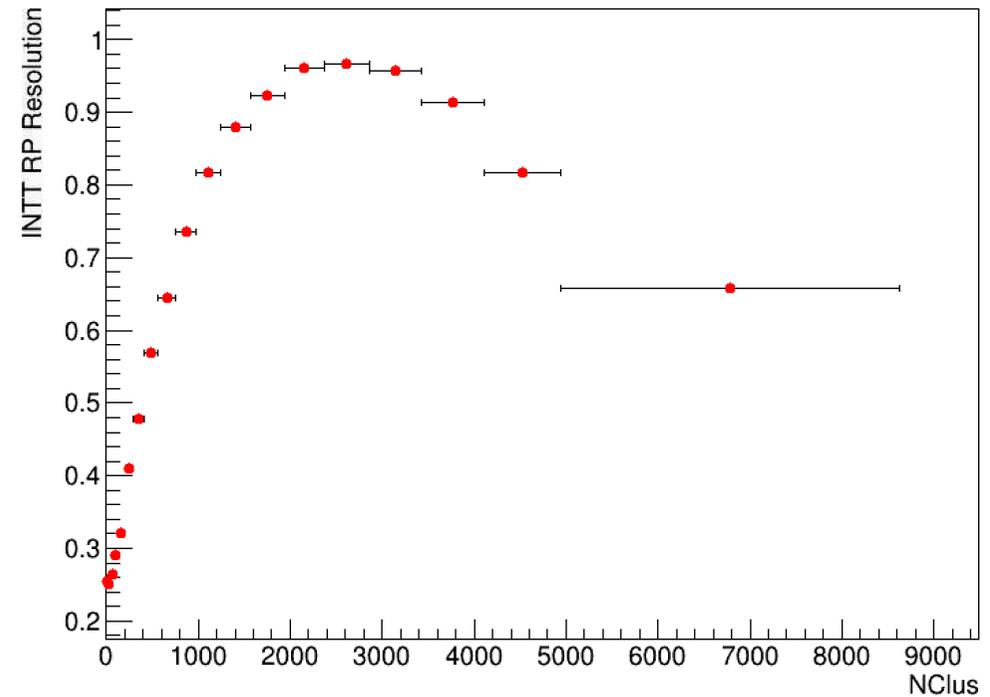
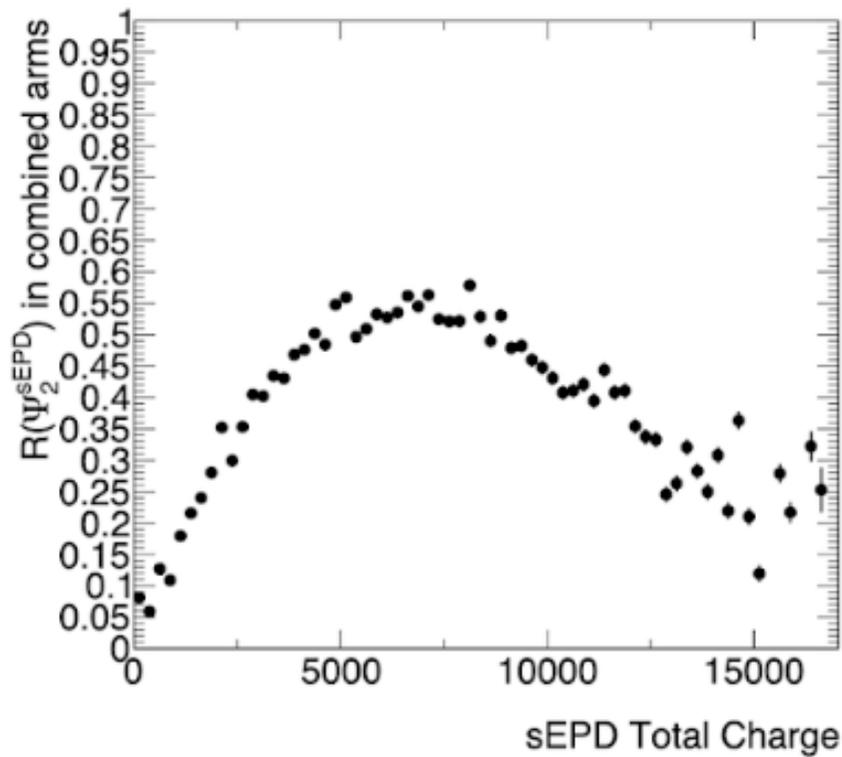
- X axis : number of INTT Cluster
- Y axis : INTT RP Resolution
- X error : range of number of cluster
- Y error : sigma of mean

- $\sigma_{INTT} = \sqrt{\sigma_{INTTS}^2 + \sigma_{INTTN}^2} = \sqrt{2\langle \cos 2(\psi_{INTTS} - \psi_{INTTN}) \rangle}$



Compare with sEPD RP resolution and INTT RP resolution 6

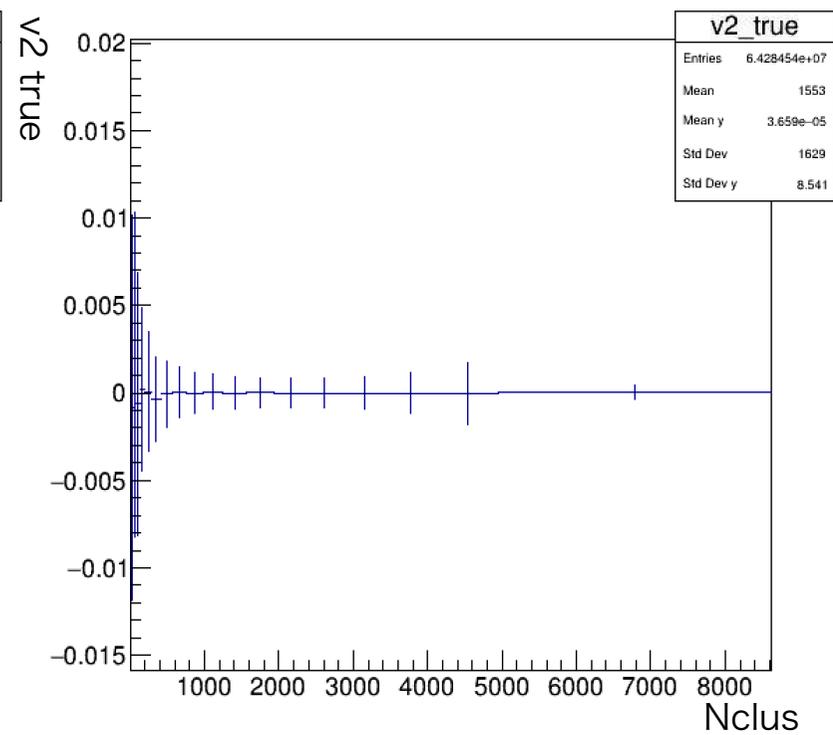
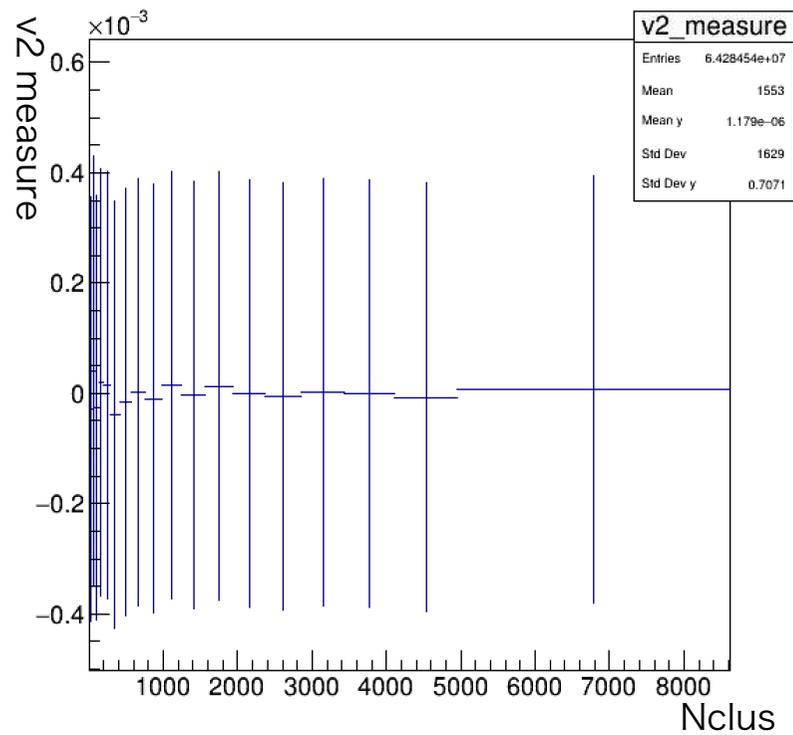
- INTT RP resolution is higher than sEPD RP resolution



NClus vs v2

- $v_2^{measure} = \langle \cos(2[\psi_{INTT} - \phi_{MBD}]) \rangle$

- $v_2^{true} = \frac{v_2^{measure}}{\sigma_{INTT}}$



MBD phi

- Wikiに載っていたコード→
- 全pmt のphiを順番に取得している
- Pmt毎の電荷量も取得してそれで重み付する必要があった

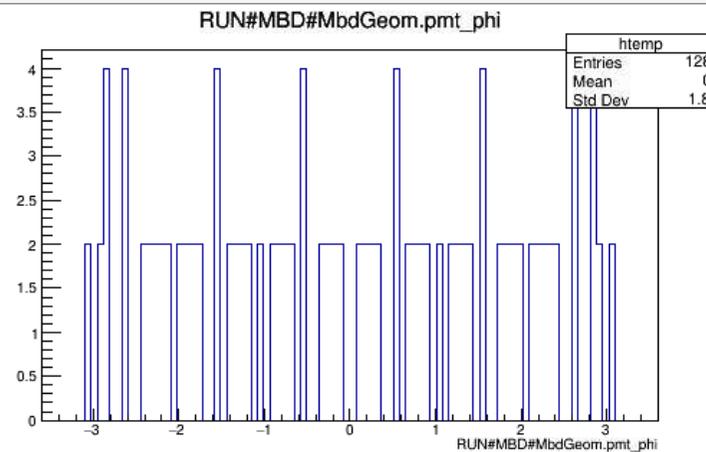
```
// Loop over each MBD/BBC PMT container and get it's phi angle
for (int ipmt=0; ipmt<mbdpmts->get_npmt(); ipmt++)
{
    MbdPmtHit* mbdpmt = mbdpmts->get_pmt(ipmt);

    Int_t pmtch = mbdpmt->get_pmtch();      // get PMT channel number
                                           // needed if data is zero-suppressed

    Float_t q = mbdpmt->get_q();           // get Nch for this PMT

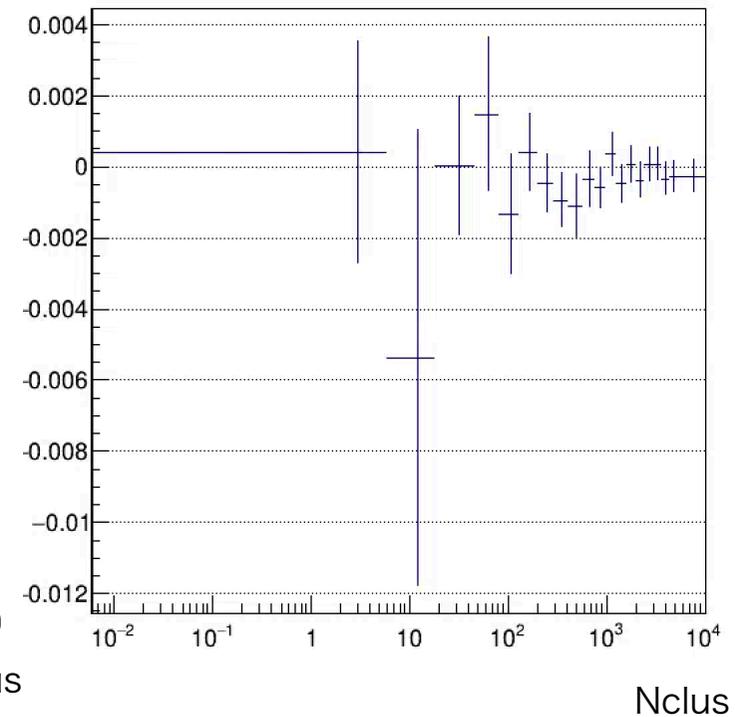
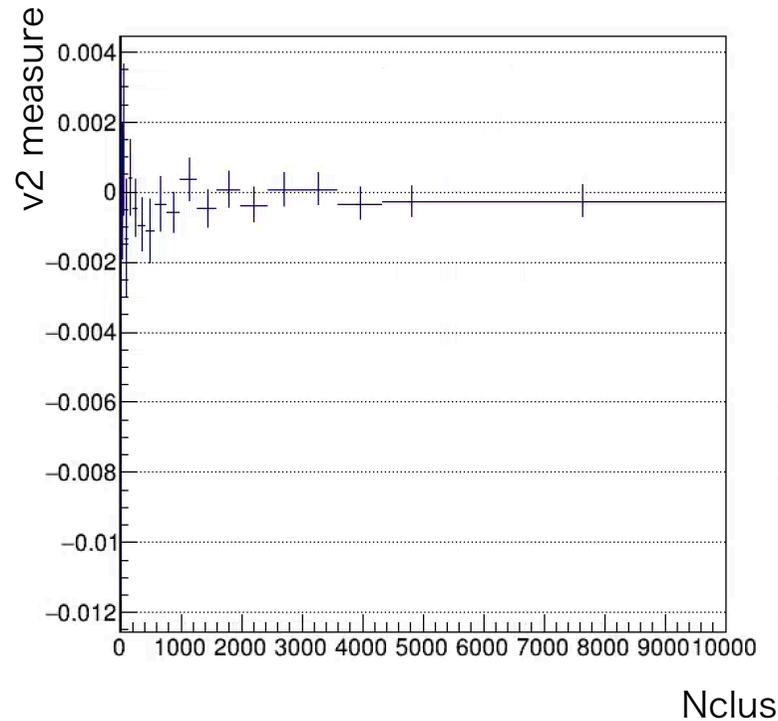
    Float_t phi = mbdgeom->get_phi(ipmt);  // get phi angle
}

```



修正後のNClus vs v2 measure

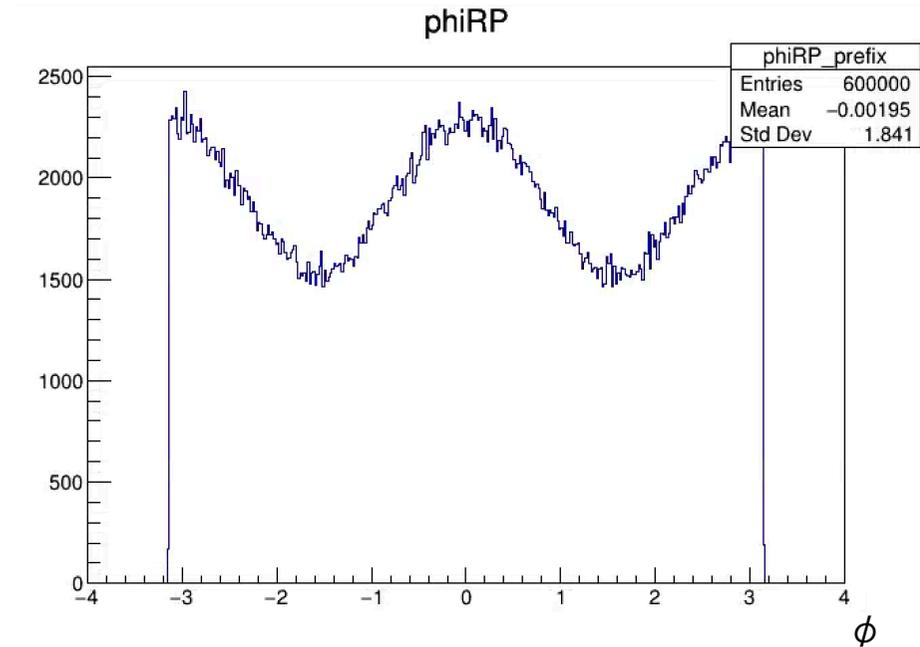
- $v_2^{measure} = \langle \cos(2[\psi_{INTT} - \phi_{MBD}]) \rangle$
- クラスタ数が増える
と0に近づいていく傾
向に変わりはなかった



コードデバック

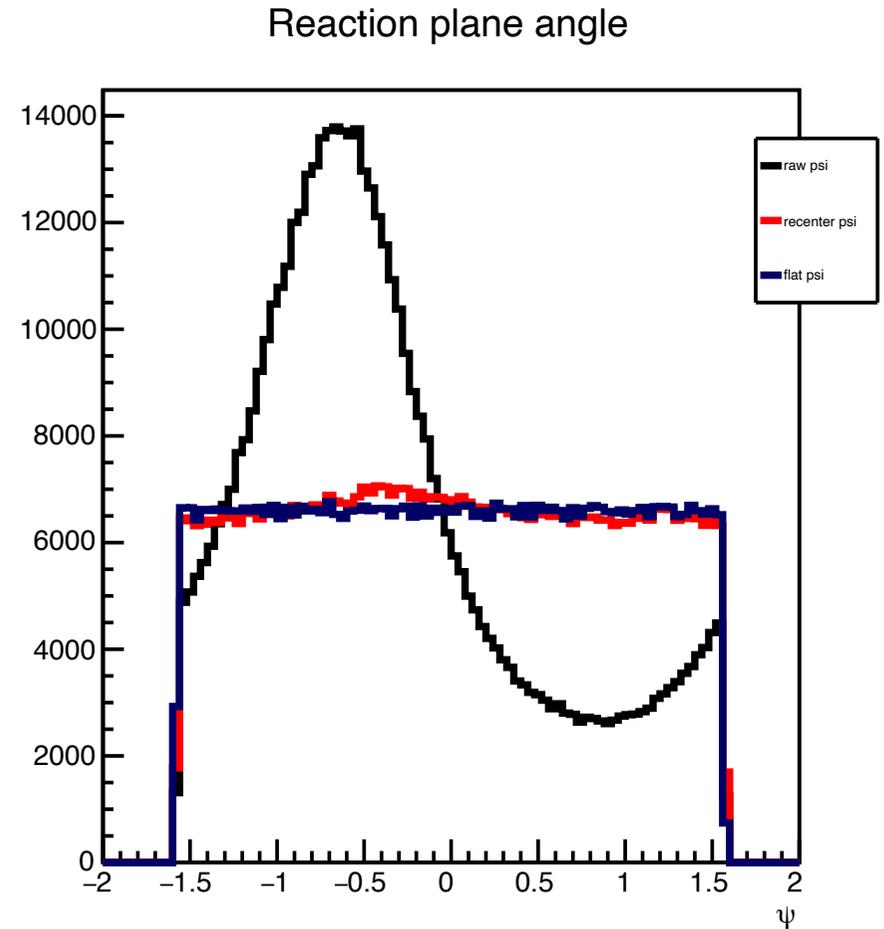
10

- $\frac{dN}{d(\phi - \psi_2)} \propto 1 + 2v_2 \cos[2(\phi - \psi_2)]$
- $\psi_2 = 0$ として $f(\phi) = 1 + 2v_2 \cos(2\phi)$ の分布に従う乱数を生成し、v2計算コードに入力する
- コード自体に問題がなければ設定したv2と同じような値が返ってくるはず
- $v_2 = 0.1$ に設定 $\rightarrow v_2 = 0.0992932$ が返ってきた
- コード自体には問題がない



MBD RP キャリブレーション

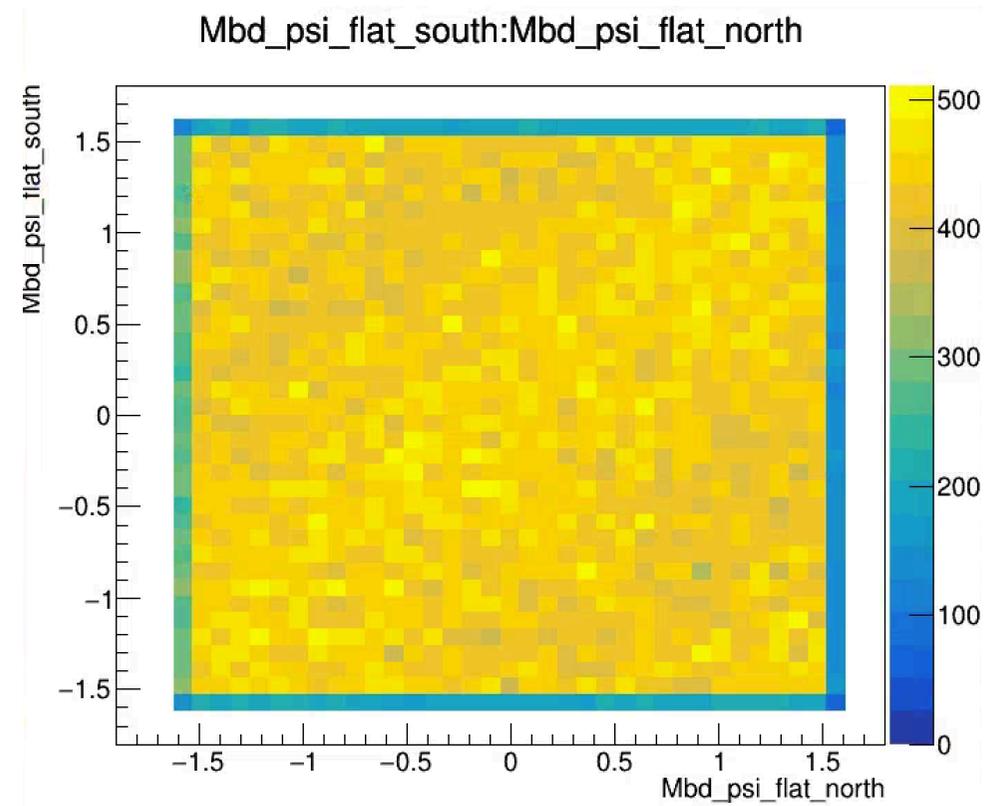
- 全イベントでのMBD 反応平面キャリブレーション結果
- 黒: raw ψ
- 赤: recentered ψ
- 青: flattered ψ



MBD RP キャリブレーション

12

- MBD の反応平面分布
- south と north でほとんど相関がない



BBC RP Resolution

13

- BBC の反応平面分解能から考えると相関がほぼ出ない
というのは考えづらい

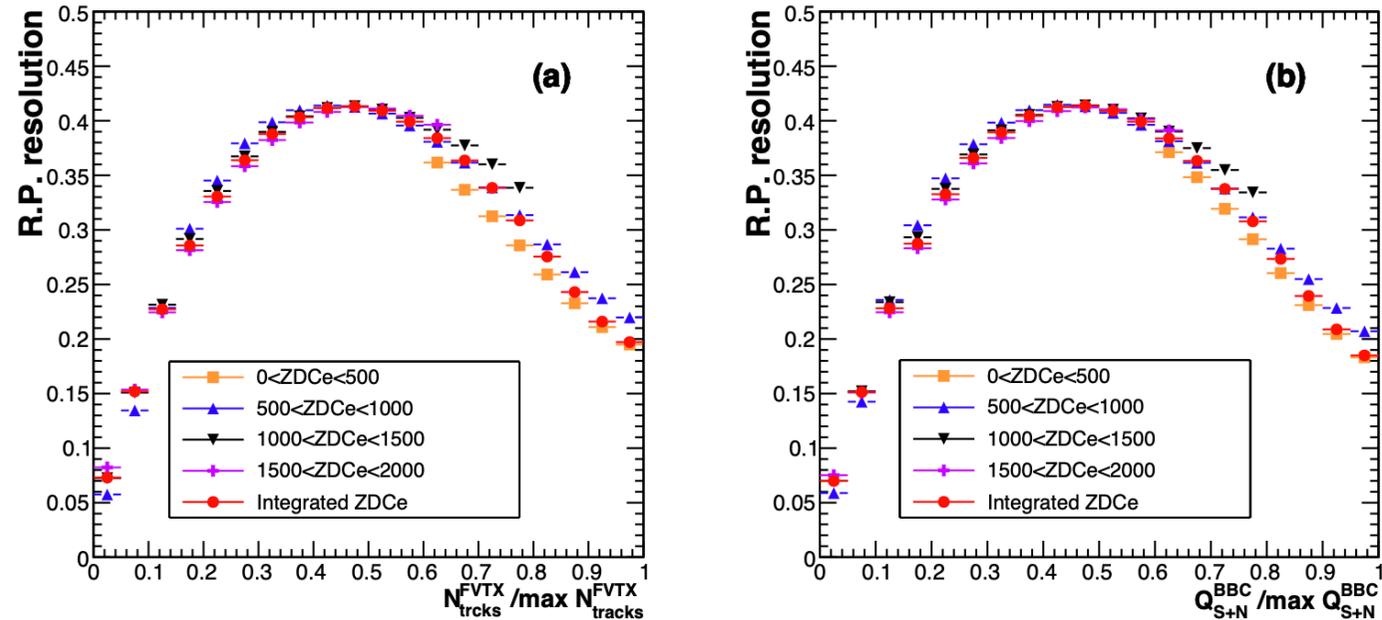


図 3.17 BBCSN の反応平面分解能の ZDCe クラス依存性 左： N_{tracks}^{FVTX} 依存 右： Q_{S+N}^{BBC} 依存

Summery

14

- MBD phi の取得方法を修正してv2の計算をやり直したが、v2 が0に近づくという傾向に変化がなかった
- v2が確実に計測できる乱数を生成しコードに入力することで、設定したv2が再現できることを確認し、コードデバックを行った
- MBD phi を用いてMBD の反応平面の測定とそのキャリブレーションを行った
- MBD のsouth, north の反応平面には相関がなく、3-sub method による反応平面分解能の測定や、MBD の反応平面とINTT phi を用いてのv2 計測は現状困難であると考え

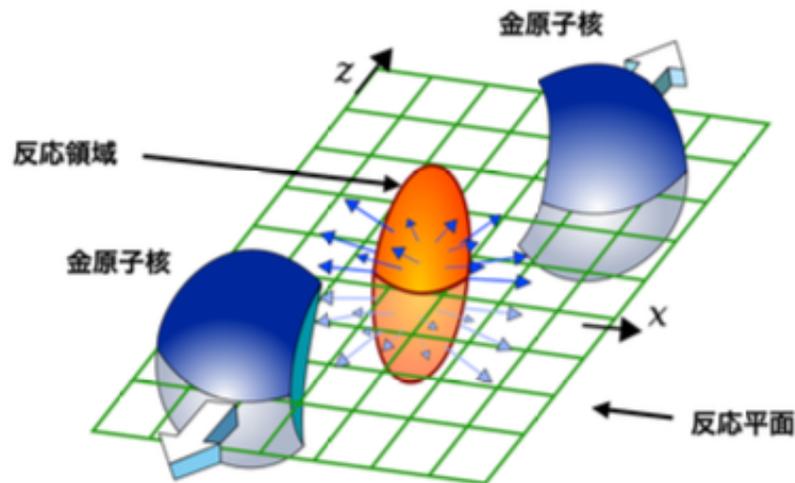
Next to do

15

- sEPD phiとINTT RP を用いてv2を計算する
- MBD 反応平面計算コードおよびキャリブレーションコードのデバック
- 最新のHot dead channel およびBCO カット、BCO diff カットを適用して解析しなおす

Back Up

反応平面



- 反応平面とは衝突する原子核の中心同士を結んだ直線とビーム軸を含む平面のこと
- 原子核衝突実験において反応平面は制御できないので反応平面の角度は一様に分布するはず
 - 検出器のアクセプタンスの効果や、ビームのずれ等が原因で反応平面の角度が歪む
 - 歪みを補正(re-centering, flattening)する必要がある

Qx, Qy, ψ の定義

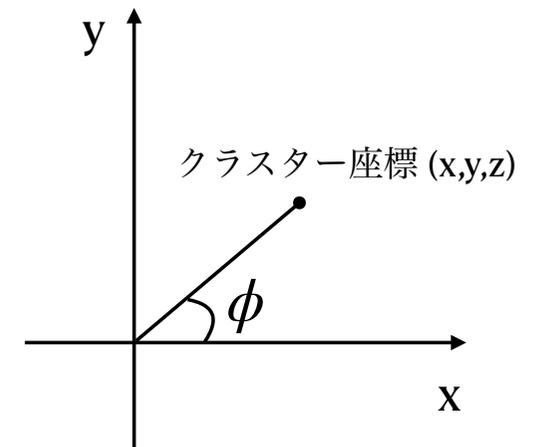
- 反応平面角 ψ を衝突によって発生した粒子の方位角(INTT 上のクラスター座標)を用いて計算した

- $\phi = \arctan\left(\frac{y}{x}\right)$

- $Q_x^{obs} = \frac{\sum_i \omega_i \cos(n\phi)}{\sum_i \omega_i}, Q_y^{obs} = \frac{\sum_i \omega_i \sin(n\phi)}{\sum_i \omega_i}$

- $\psi = \frac{1}{n} \tan^{-1} \frac{Q_x}{Q_y}$

を $n=2, \omega_i = 1$ の場合について計算



Re-centering

- ビームが検出器の中心を通過していない効果を補正する
- 反応平面の中心の平均 $\langle Q_{x,y}^{rec} \rangle = 0$, $\sigma_{x,y}^{rec} = 1$ になるよう以下の式によって補正する

$$\bullet Q_x^{rec} = \frac{Q_x^{obs} - \langle Q_x^{obs} \rangle}{\sigma_x}, \quad Q_y^{rec} = \frac{Q_y^{obs} - \langle Q_y^{obs} \rangle}{\sigma_y}$$

$$\bullet \psi_2^{re-cent} = \frac{1}{2} \tan^{-1} \frac{Q_x^{rec}}{Q_y^{rec}}$$

Flattening

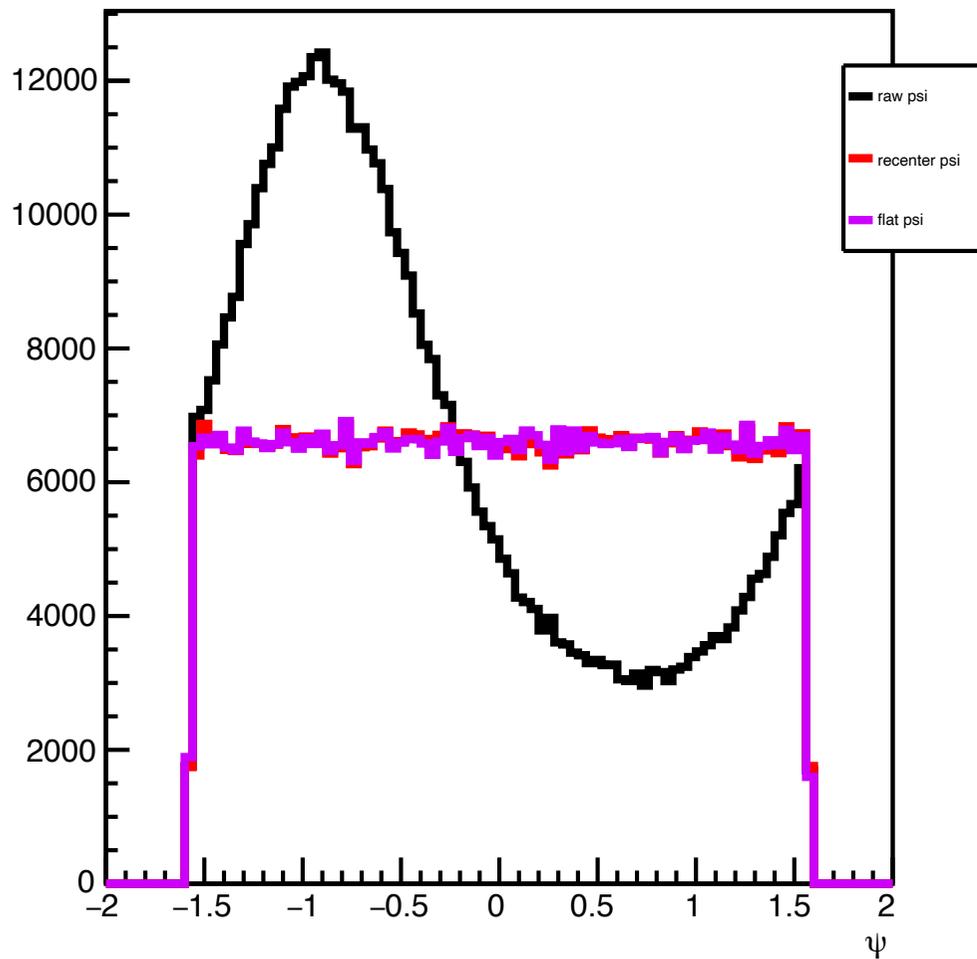
- ψ 分布の歪み $\Delta\psi$ を補正し ψ 分布をフラットにする補正

- $\psi^{flat} = \psi^{rec} + \Delta\psi$

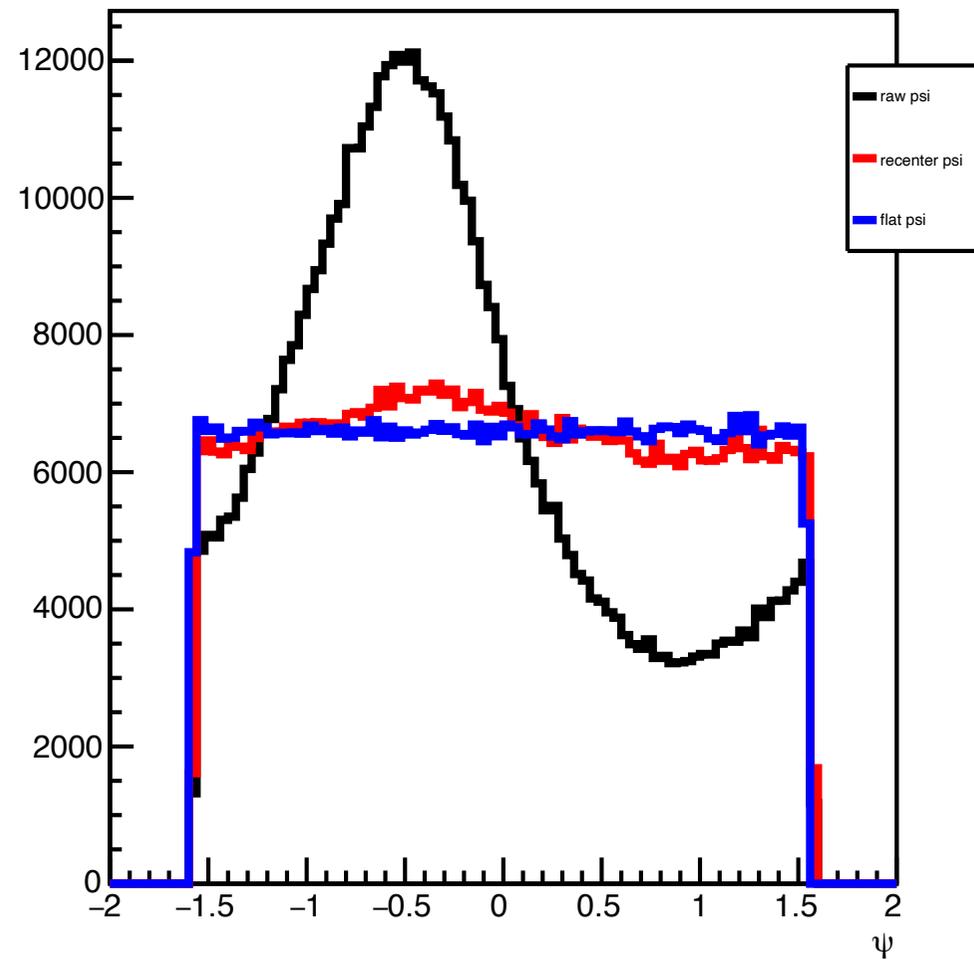
- $\Delta\psi = \sum_{k=1} (A_k \cos 2k\psi^{rec} + B_k \sin 2k\psi^{rec}) \rightarrow \frac{\Delta\psi}{2} = \sum_{k=1} (A_k \cos 2k\psi^{rec} + B_k \sin 2k\psi^{rec})$

- $A_k = -\frac{2}{k} \langle \sin 2k\psi^{rec} \rangle, B_k = \frac{2}{k} \langle \cos 2k\psi^{rec} \rangle$

Reaction plane angle south



Reaction plane angle north



BBC RP Resolution

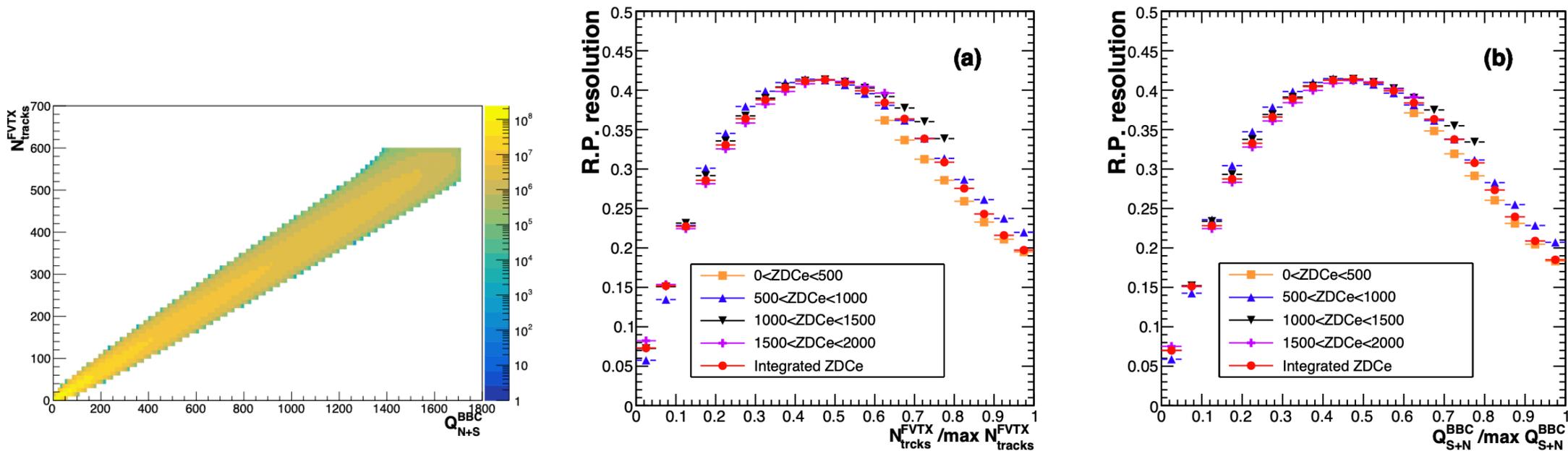


図 3.17 BBCSN の反応平面分解能の ZDCe クラス依存性 左: N_{tracks}^{FVTX} 依存 右: Q_{S+N}^{BBC} 依存

INTT RP キャリブレーション

23

- South north で相関がある

