

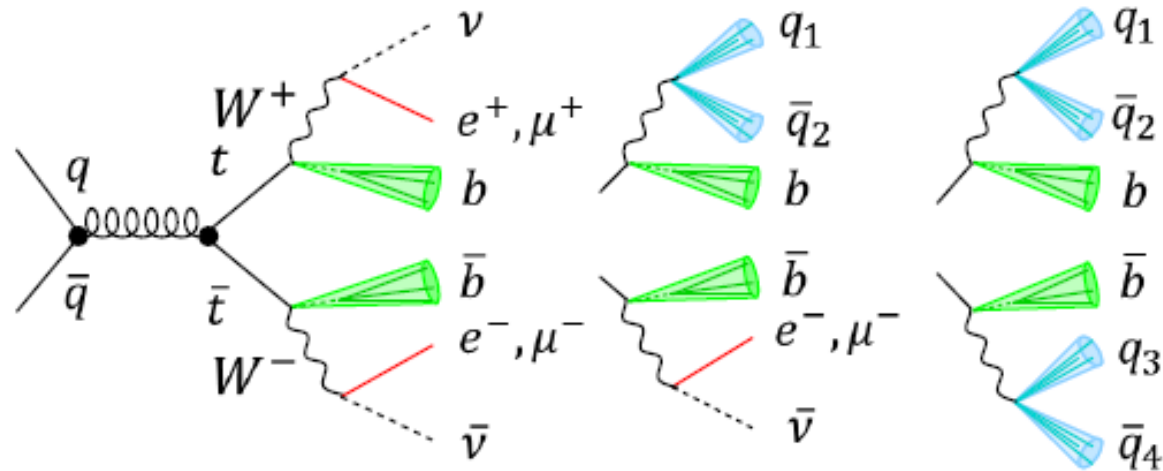
トップクォーク対生成における $V \pm A$ 結合モデル

2012.7.25

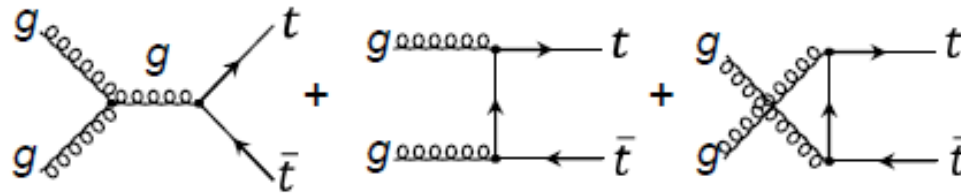
M1 笠原 宏太

$t\bar{t}$ 生成と崩壊

85%



15%



Dilepton
• 2 lepton
• 2 b -jet
• MET

Lepton+Jet
• 1 lepton
• 4 jet(2 b -jet)
• MET

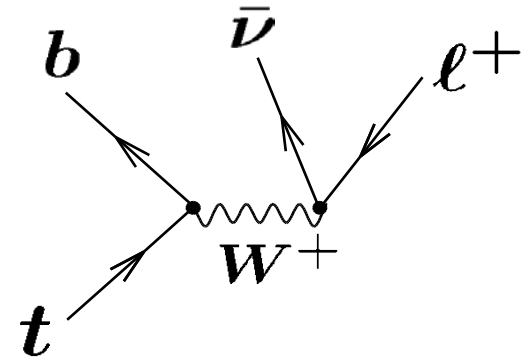
All Hadronic
• 6 jet(2 b -jet)

➡ 今回はDileptonに注目する。

V-A couplingによるtopの崩壊

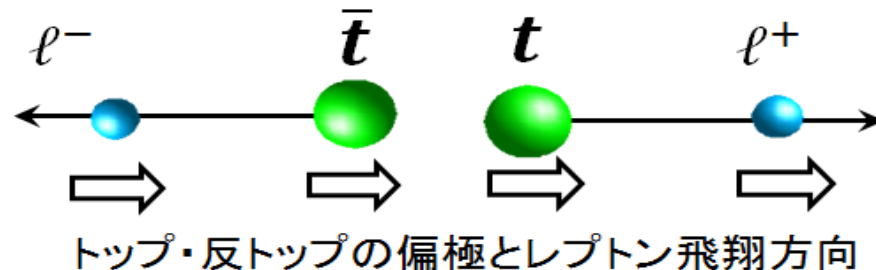
Topの崩壊過程は $t \rightarrow Wb \rightarrow l\nu b$

Topの寿命は 1×10^{-25} 秒程度であるため、強い相互作用がはたらく前に崩壊する。



ハドロン化する前に崩壊、つまり生成時のスピン偏極が崩壊時まで保存される。

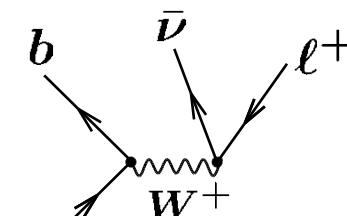
topの静止系において荷電レプトンの飛翔方向を量子化軸にとった場合、topは100%偏極している。



Leptonの飛翔方向とtopのスピン偏極

$$\{\bar{u}_b \gamma_\mu (1 - \gamma^5) u_t\} \{\bar{u}_\nu \gamma^\mu (1 - \gamma^5) v_{\bar{\ell}}\}$$

$$= 2\{\bar{u}_b (1 + \gamma^5) u_\nu^C\} \{\bar{v}_{\bar{\ell}}^C (1 - \gamma^5) u_t\}$$



$$v_{\bar{\ell}} = N_l \begin{pmatrix} \boldsymbol{\sigma} \cdot \bar{\mathbf{l}} \chi_{\bar{\ell}} \\ \chi_{\bar{\ell}} \end{pmatrix}, u_l = N_l \begin{pmatrix} \varphi_l \\ \boldsymbol{\sigma} \cdot \mathbf{l} \varphi_l \end{pmatrix}, u_t = \begin{pmatrix} \varphi_t \\ 0 \end{pmatrix}, v_{\bar{t}} = \begin{pmatrix} 0 \\ \chi_{\bar{t}} \end{pmatrix}$$

Topの崩壊: $\{\bar{u}_b \gamma_\mu (1 - \gamma^5) u_t\} \{\bar{u}_\nu \gamma^\mu (1 - \gamma^5) v_{\bar{\ell}}\}$

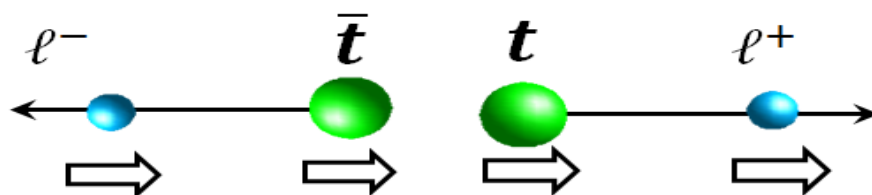
$$= 2\{\bar{u}_b (1 + \gamma^5) u_\nu^C\} \left\{ (i\sigma_2 \chi_{\bar{\ell}}^*)^\dagger (1 + \boldsymbol{\sigma} \cdot \bar{\mathbf{l}}) \varphi_t \right\}$$

反Topの崩壊: $\{\bar{u}_b \gamma_\mu (1 - \gamma^5) u_t\} \{\bar{v}_{\bar{\nu}} \gamma^\mu (1 - \gamma^5) u_l\}$

$$= 2\{\bar{u}_b (1 + \gamma^5) u_\nu^C\} \left\{ (i\sigma_2 \varphi_l^*)^\dagger (1 + \boldsymbol{\sigma} \cdot \mathbf{l}) \chi_{\bar{t}} \right\}$$

$$1 + \boldsymbol{\sigma} \cdot \bar{\mathbf{l}} = 1 + \boldsymbol{\sigma} \cdot \mathbf{l} = 1 + \sigma_3 = \begin{pmatrix} 2 & 0 \\ 0 & 0 \end{pmatrix}$$

Thus, $\varphi_t = \chi_{\bar{t}} = \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix}$



トップ・反トップの偏極とレプトン飛翔方向

スピン偏極度相関 in $q\bar{q} \rightarrow t\bar{t}$ (V coupling)

V couplingでは...

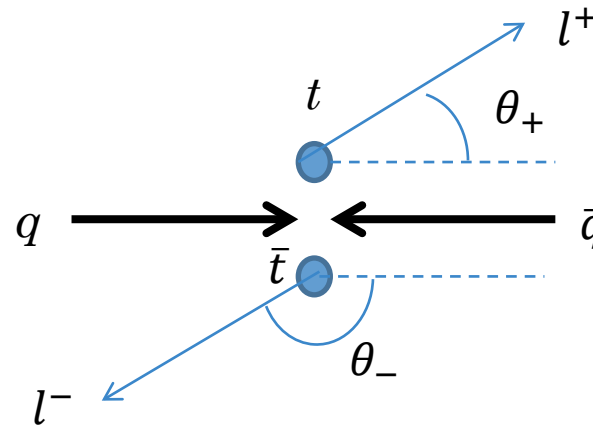
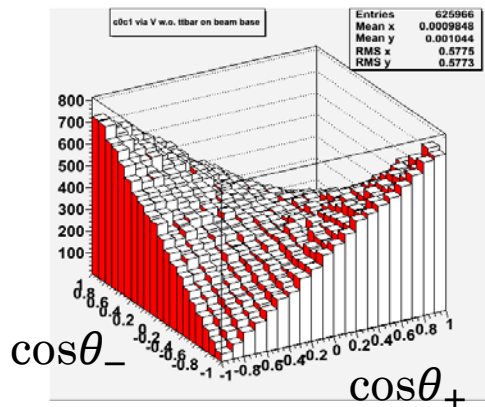
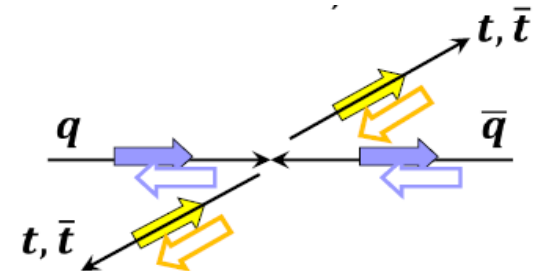
始状態のスピンは揃っている。
ヘリシティが保存されることから、
終状態についても同様。

$$\bar{v}_{\bar{q}} \gamma^\mu u_q = \begin{aligned} (0; 1, i, 0) & \uparrow\uparrow \\ (0; 0, 0, 0) & \uparrow\downarrow \\ (0; 0, 0, 0) & \downarrow\uparrow \\ (0; -1, i, 0) & \downarrow\downarrow \end{aligned}$$

さらに

生成された t, \bar{t} が持つスピンの方向へ
Lepton が放出される。

Lepton 飛翔方向の分布



V±A couplingを仮定すると...

$t\bar{t}$ MC(generator level、 $q\bar{q} \rightarrow t\bar{t}$ V結合、スピン相関なし)にV+A、V-Aを仮定してmatrix elementを組み込む。

→ $\sum_{q\bar{q}} |\mathfrak{M}_{V,V\pm A}|^2 / \sum_{q\bar{q}t\bar{t}} |\mathfrak{M}_V|^2$ で重みづけして分布を見る。

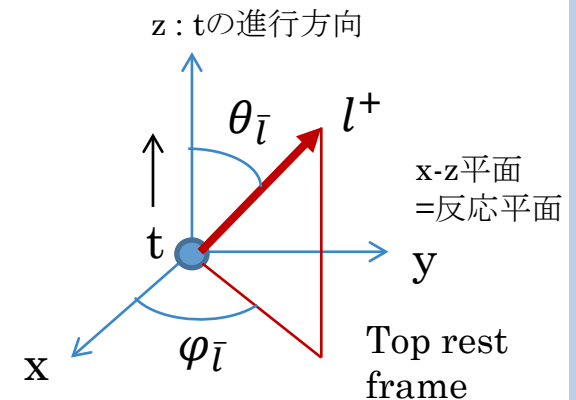
$$\phi_t(\theta_{\bar{l}}, \varphi_{\bar{l}}) = \begin{pmatrix} e^{-i\frac{\varphi_{\bar{l}}}{2}} \cos \frac{\theta_{\bar{l}}}{2} \\ e^{i\frac{\varphi_{\bar{l}}}{2}} \sin \frac{\theta_{\bar{l}}}{2} \end{pmatrix}, \chi_{\bar{t}}(\theta_l, \varphi_l) = \begin{pmatrix} -e^{-i\frac{\varphi_l}{2}} \cos \frac{\theta_l}{2} \\ -e^{i\frac{\varphi_l}{2}} \sin \frac{\theta_l}{2} \end{pmatrix}$$

$$u_t = N_t \begin{pmatrix} \phi_t \\ \alpha \sigma_3 \phi_t \end{pmatrix}, v_{\bar{t}} = N_{\bar{t}} \begin{pmatrix} -\alpha \sigma_3 \chi_{\bar{t}} \\ \chi_{\bar{t}} \end{pmatrix}$$

$$\mathfrak{M}_{V+A} \propto \{\bar{v}_{\bar{q}} \gamma_\mu (1 + \gamma^5) u_q\} \{\bar{u}_t \gamma^\mu (1 + \gamma^5) v_{\bar{t}}\}$$

$$\mathfrak{M}_{V-A} \propto \{\bar{v}_{\bar{q}} \gamma_\mu (1 - \gamma^5) u_q\} \{\bar{u}_t \gamma^\mu (1 - \gamma^5) v_{\bar{t}}\}$$

Leptonの飛翔方向よりtopのspinorを決定することで、Event by EventでMEを計算することができる。

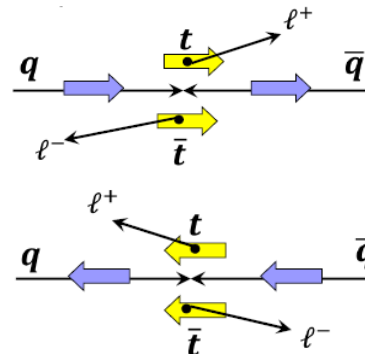


V+A couplingでは...

$(\cos\theta_+, \cos\theta_-) = (+, -)$ が優勢

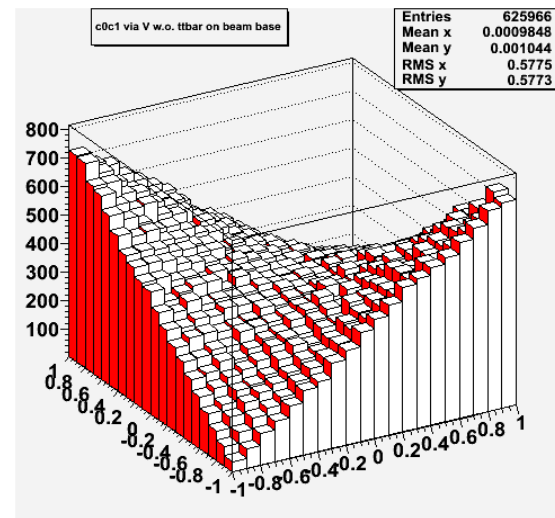
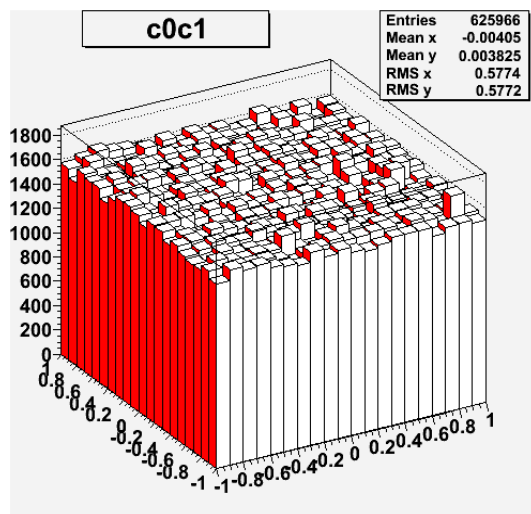
V-A couplingでは...

$(\cos\theta_+, \cos\theta_-) = (-, +)$ が優勢



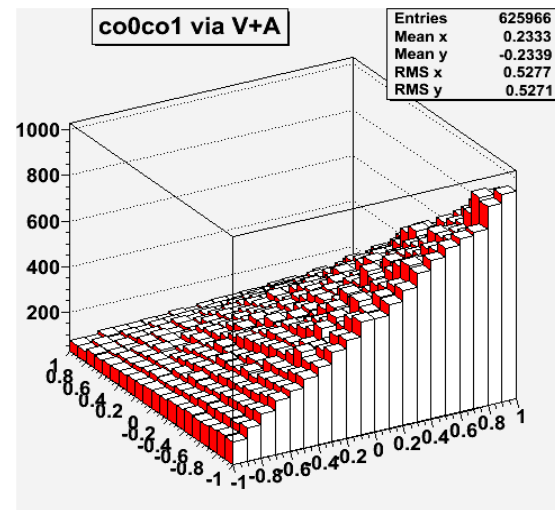
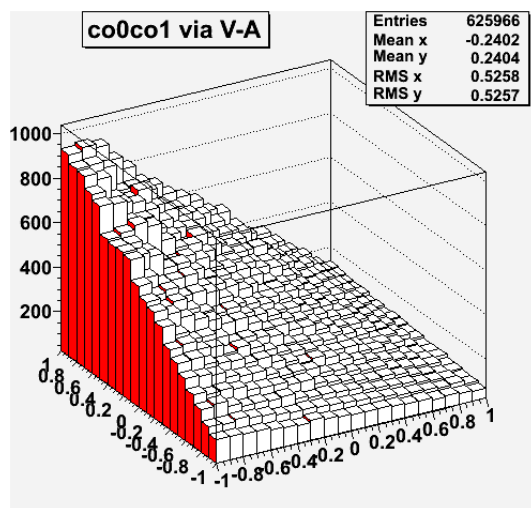
$\cos\theta_+, \cos\theta_-$ 分布

Original



V

V-A



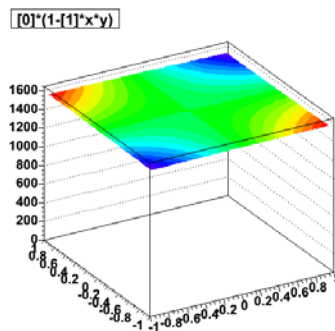
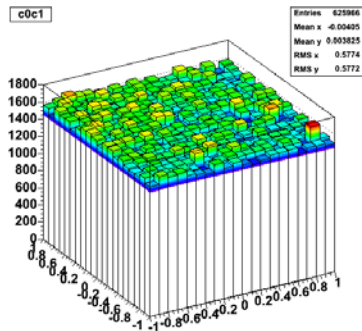
V+A



Fitting

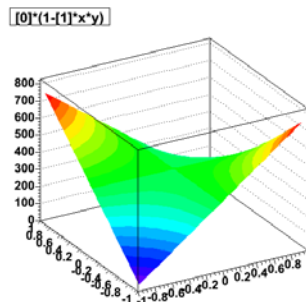
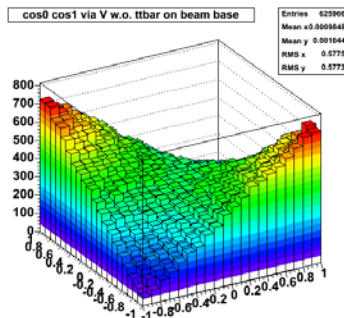
$$\frac{1}{\sigma} \frac{d^2\sigma}{d\cos\theta_+ d\cos\theta_-} = \frac{1 - \kappa \cos\theta_+ \cos\theta_-}{4}$$

$1 - \kappa \cos\theta_+ \cos\theta_-$ でfittingすることで κ の値を求める。



Original

$$\kappa = 6.1 \times 10^{-3}$$



V coupling

$$\kappa = 9.9 \times 10^{-1}$$

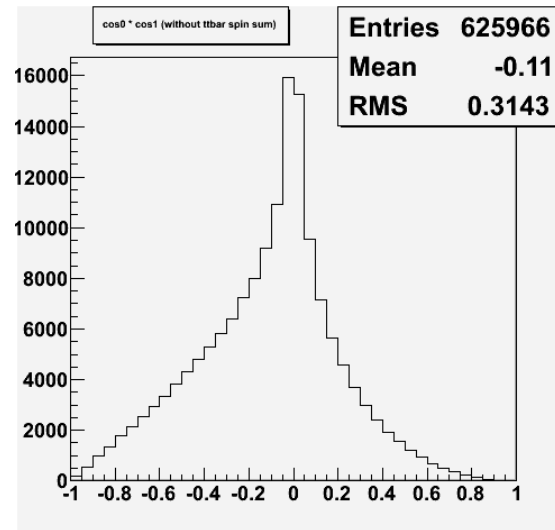
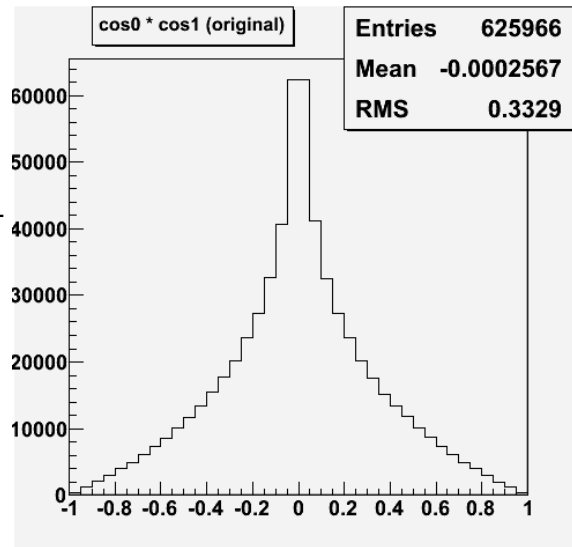
V- A coupling : $\kappa = -6.6 \times 10^{-1}$

V+A coupling : $\kappa = -6.5 \times 10^{-1}$



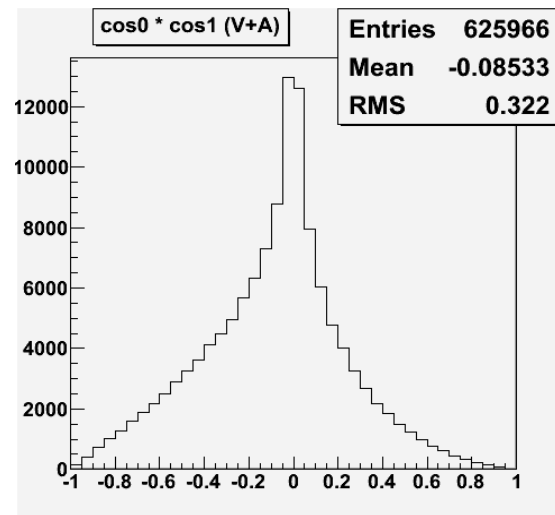
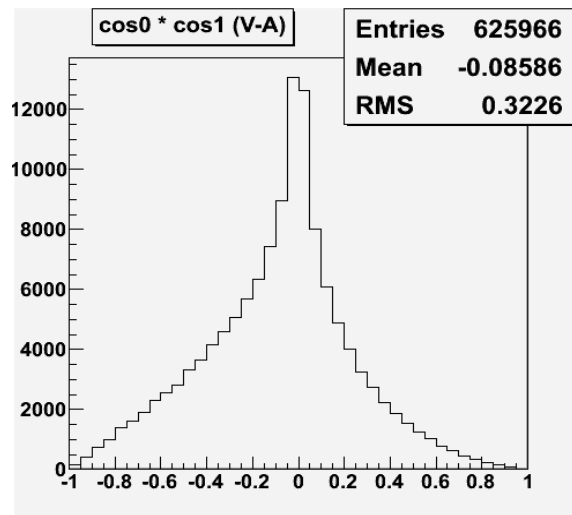
$\cos\theta_+ \times \cos\theta_-$ 分布

Original



V

V-A



V+A



$\cos\theta_+ \times \cos\theta_-$ の非対称度

$$\text{Asymmetry} = \frac{N_+ - N_-}{N_+ + N_-}$$

$N_+ = \cos\theta_+ \times \cos\theta_-$ が正の場合のイベント数

$N_- = \cos\theta_+ \times \cos\theta_-$ が負の場合のイベント数

Original	V	V+A	V-A
-0.000 ± 0.001	-0.248 ± 0.003	-0.191 ± 0.006	-0.193 ± 0.006



Event Selection

Leptons; $P_t \geq 20 \text{ GeV}$, $|\eta| \leq 1.0$

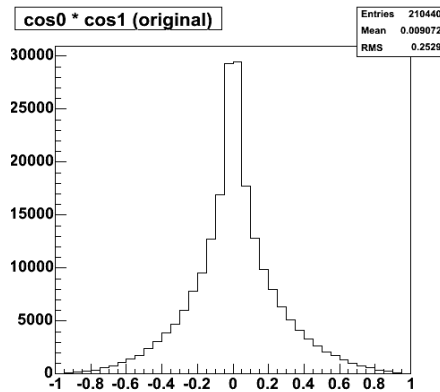
b jets; $P_t \geq 15 \text{ GeV}$, $|\eta| \leq 2.5$

$\text{MET} \geq 20 \text{ GeV}$

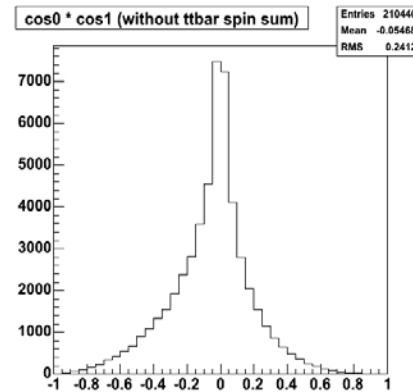


$\cos\theta_+ \times \cos\theta_-$ 分布(Cutあり)

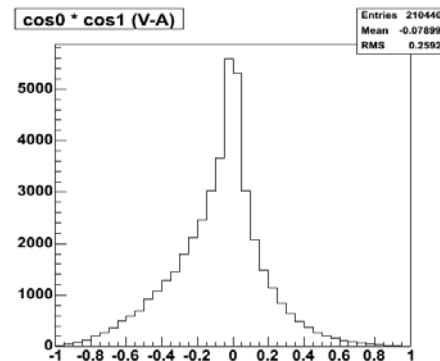
Original



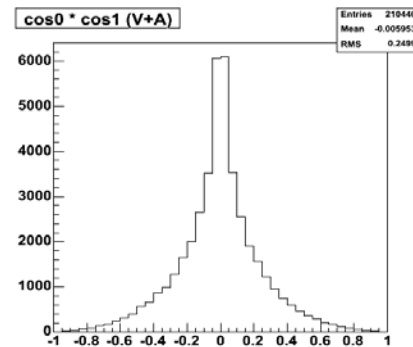
V



V-A



V+A



非対称度(Cutあり)

Original	V	V+A	V-A
0.023 ± 0.002	-0.158 ± 0.004	-0.016 ± 0.013	-0.232 ± 0.010

結果

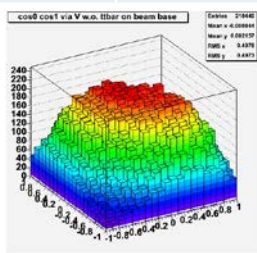
$\cos\theta_+$, $\cos\theta_-$ 2次元分布 κ の値

Original	V	V+A	V-A
6.1×10^{-3}	9.9×10^{-1}	-6.5×10^{-1}	-6.6×10^{-1}

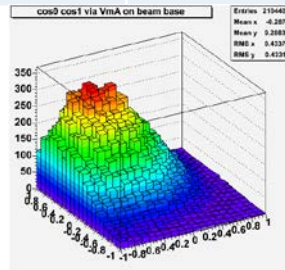
$\cos\theta_+ \times \cos\theta_-$ 分布 非対称度

	Original	V	V+A	V-A
Cutなし	-0.000 ± 0.001	-0.247 ± 0.003	-0.191 ± 0.006	-0.193 ± 0.006
Cutあり	0.023 ± 0.002	-0.158 ± 0.004	-0.016 ± 0.013	-0.232 ± 0.010

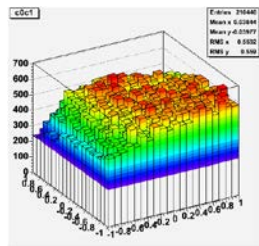
Original



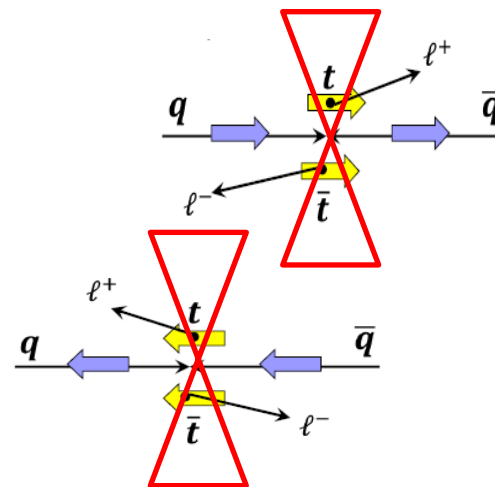
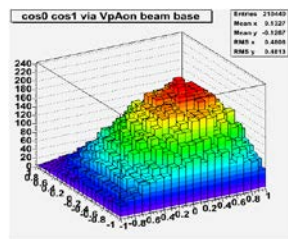
V-A



V



V+A



ありがとうございました！

