

Vertex Charge Determination

Yuichi Okugawa, Ryo Yonamine, Roman Pöschl

東北大学

okugawa@epx.phys.tohoku.ac.jp

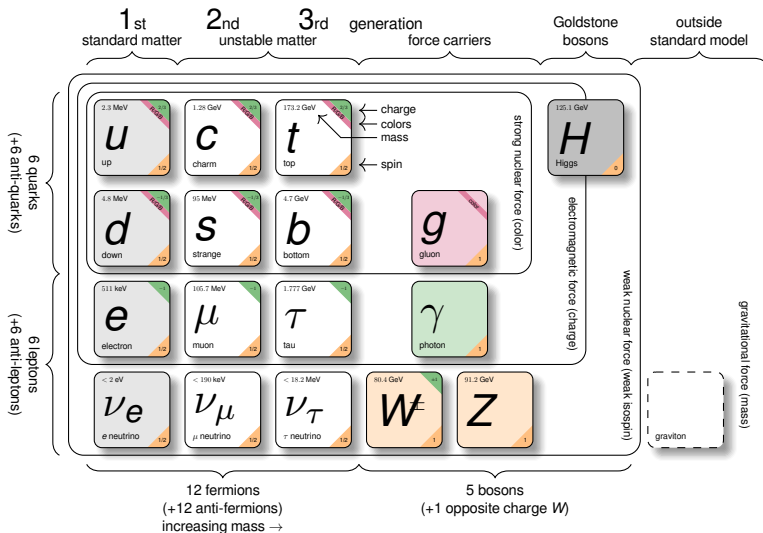
May 18, 2018



目次

- 1 Introduction
 - Background
 - International Linear Collider
 - Analysis methods
 - Vertex Restoration
- 2 Analysis
 - Cuts only
 - Cuts and Vertex restoration
- 3 Conclusion
- 4 Backups

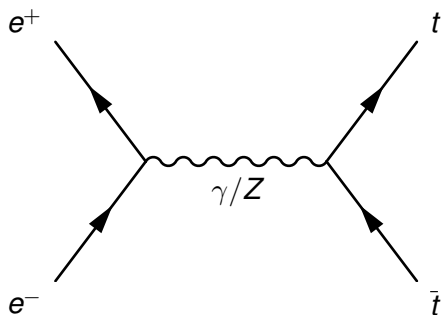
Standard Model



なぜ Top なのか

Top quark

- 質量 $m_t \sim 173 \text{ GeV}$
- 電荷 $Q_t = \frac{2}{3}$
- 寿命 $\tau_t \sim 5 \times 10^{-25} \text{ s}$
- 崩壊幅 $\Gamma_t \sim 1.5 \text{ GeV}$

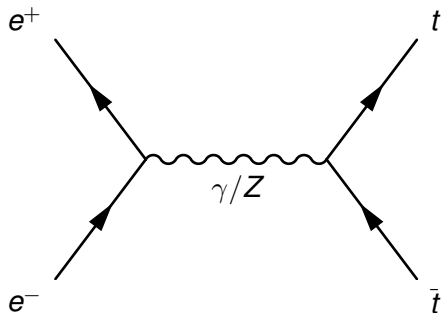


電弱対称性の破れのスケールに質量を持つ Top クォークとゲージ粒子の結合を調べれば、電弱対称性の破れについて知ることができる。

なぜ Top なのか

Top quark

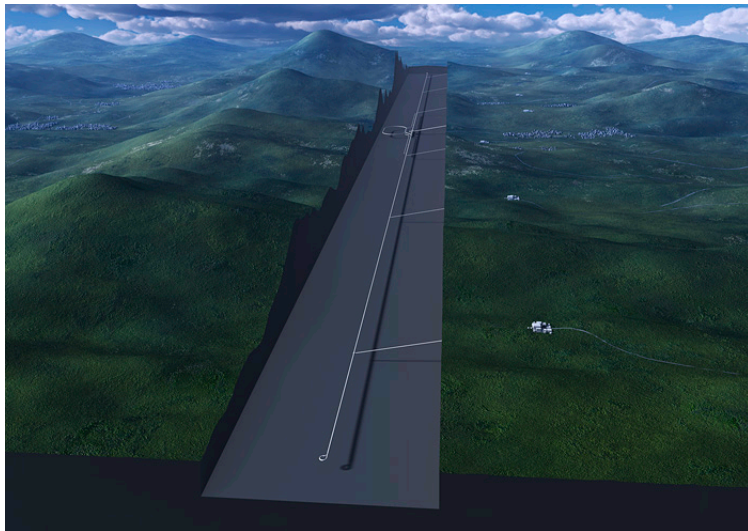
- 質量 $m_t \sim 173 \text{ GeV}$
- 電荷 $Q_t = \frac{2}{3}$
- 寿命 $\tau_t \sim 5 \times 10^{-25} \text{ s}$
- 崩壊幅 $\Gamma_t \sim 1.5 \text{ GeV}$



電弱対称性の破れのスケールに質量を持つ Top クォークとゲージ粒子の結合を調べれば、電弱対称性の破れについて知ることができる。

→ New Physics!!

International Linear Collider (ILC)



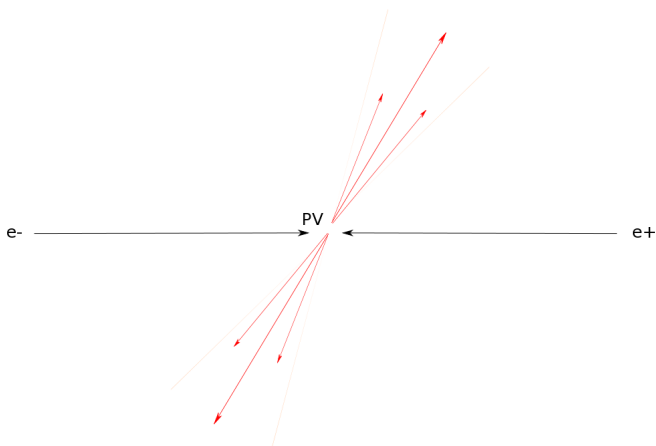
International Linear Collider (ILC)



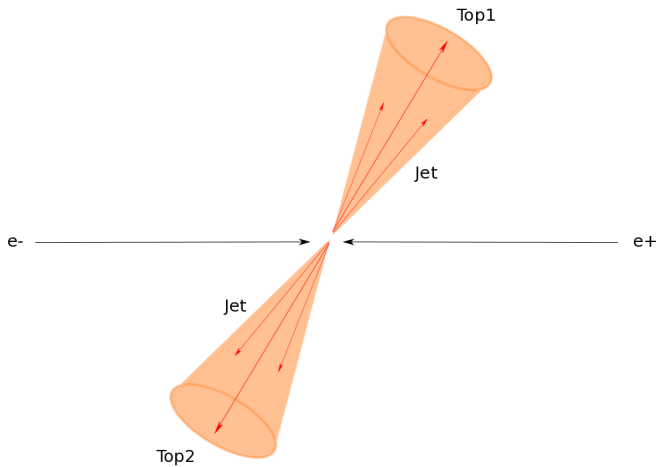
Collision



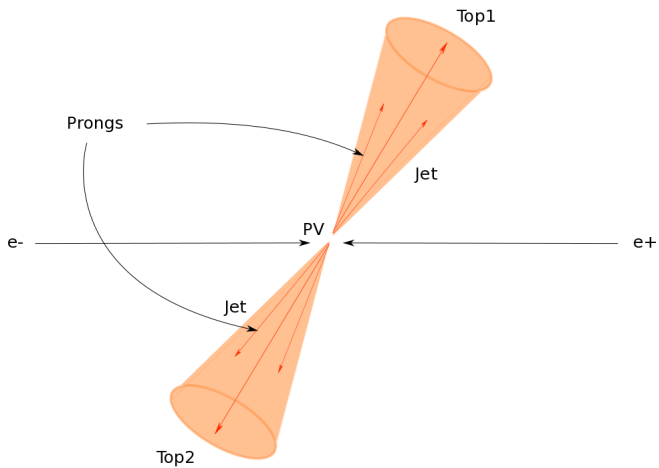
Collision



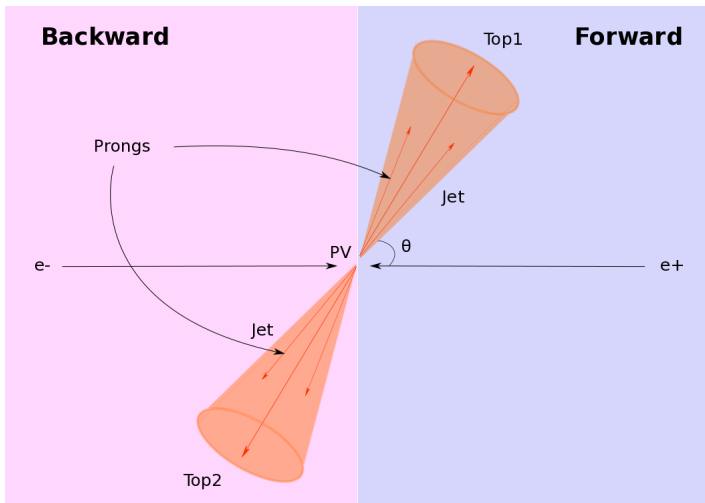
Collision



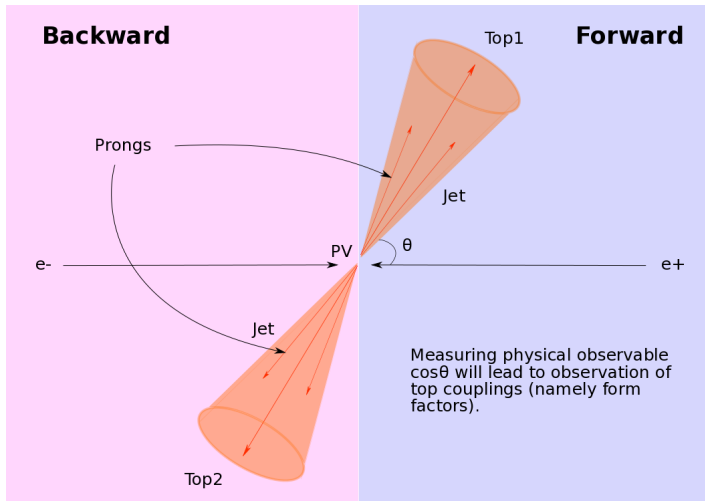
Collision



Collision

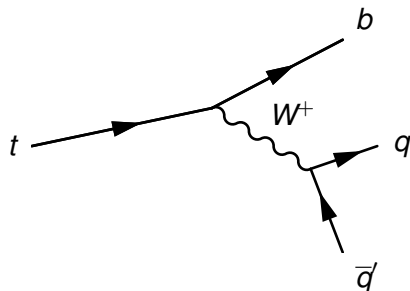
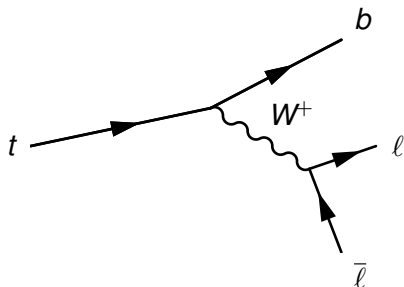


Collision



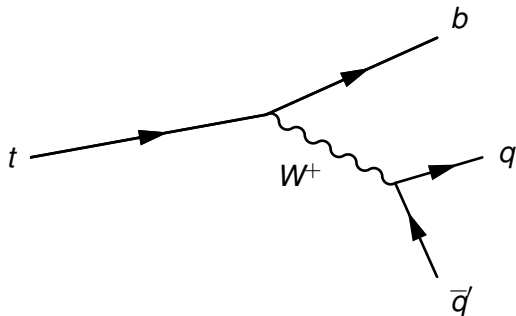
Channel

Channel	崩壞過程	崩壞確率
Full Hadronic	$t\bar{t} \rightarrow b\bar{b}q\bar{q}q\bar{q}$	45.7%
Semi-leptonic	$t\bar{t} \rightarrow b\bar{b}l\bar{l}q\bar{q}$	43.8%
Full leptonic	$t\bar{t} \rightarrow b\bar{b}l\bar{l}l\bar{l}l\bar{l}$	10.5%

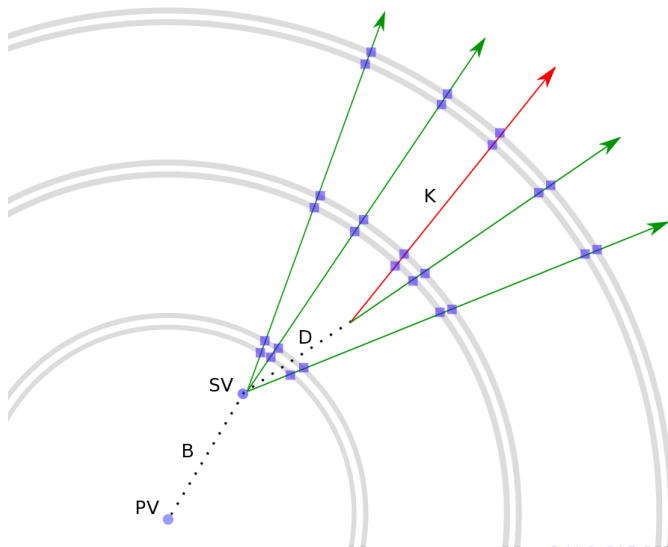


Channel

- Top の full hadronic decay channel (つまり $t\bar{t} \rightarrow b\bar{b}q\bar{q}'q\bar{q}'$)
- Six jet final state
- Top の崩壊過程の 46% がこの過程で崩壊する。



Vertex Charge Measurement



Vertex 測定の問題点

Missing prongs

何らかの原因により prong の再構成に失敗する場合がある。

Missing vertex

Prong の欠落は vertex の識別に影響を与え、vertex 再構成失敗の原因になる。

Inaccurate vertex charge measurement

Vertex 情報がしっかりしない為、b または t の識別にも影響する。

Vertex 測定の問題点

Missing prongs

何らかの原因により prong の再構成に失敗する場合がある。

Missing vertex

Prong の欠落は vertex の識別に影響を与え、vertex 再構成失敗の原因になる。

Inaccurate vertex charge measurement

Vertex 情報がしっかりしない為、b または t の識別にも影響する。

Vertex 測定の問題点

Missing prongs

何らかの原因により prong の再構成に失敗する場合がある。

Missing vertex

Prong の欠落は vertex の識別に影響を与え、vertex 再構成失敗の原因になる。

Inaccurate vertex charge measurement

Vertex 情報がしっかりしない為、b または t の識別にも影響する。

Vertex Restoration

Vertex Restoration の過程

- Prong 候補の確保 - Vertex restoration に際し、jet 内に再構成された電荷を持つ粒子は全て prong 候補とする。この際、PFO として再構成されなかった prong を救出する為、全てのトラック情報から charged PFO として PFO のリストに加える(カロリメータヒットは無しても OK)。既に再構成された PFO と重複する場合は削除される。
- PFO に重複がないか確認。
- これらの情報から Vertex を再構成する。

Vertex Restoration

Vertex Restoration の過程

- Prong 候補の確保 - Vertex restoration に際し、jet 内に再構成された電荷を持つ粒子は全て prong 候補とする。この際、PFO として再構成されなかった prong を救出する為、全てのトラック情報から charged PFO として PFO のリストに加える(カロリメータヒットは無しても OK)。既に再構成された PFO と重複する場合は削除される。
- PFO に重複がないか確認。
- これらの情報から Vertex を再構成する。

Vertex Restoration

Vertex Restoration の過程

- Prong 候補の確保 - Vertex restoration に際し、jet 内に再構成された電荷を持つ粒子は全て prong 候補とする。この際、PFO として再構成されなかった prong を救出する為、全てのトラック情報から charged PFO として PFO のリストに加える(カロリメータヒットは無しても OK)。既に再構成された PFO と重複する場合は削除される。
- PFO に重複がないか確認。
- これらの情報から Vertex を再構成する。

解析1: カットのみ

Event Pre-selection

Pre-selection conditions

- b-tag cut

$$\text{Top1btag} > 0.8 \ \&\& \ \text{Top2btag} > 0.8$$

- Chi2 cut

$$\text{chiTopMass1} + \text{chiTopE1} + \text{chiPbstar1} < 30$$

$$\text{chiTopMass2} + \text{chiTopE2} + \text{chiPbstar2} < 30$$

- Kinematic cut

$$140 \text{ GeV} < \text{Top1mass} < 210 \text{ GeV}$$

$$140 \text{ GeV} < \text{Top2mass} < 210 \text{ GeV}$$

Precuts & Generated

	Before vertex recovery	After vertex recovery
Event number	506773 (100%)	506773 (100%)
After b-tag cut	371410 (73.3%)	372884 (73.6%)
After kinematic cut	242100 (47.8%)	243046 (48.0%)
After chi2 cut	146479 (28.9%)	146990 (29.0%)

	Generated
Event number	491557
AFB(top)	0.324676
AFB(bottom)	0.341256

Vertex charge cut

Strict cuts

- $\text{Top1bcharge} * \text{Top2bcharge} < 0 \ \&\&$
 $\text{Top1TotalKaonCharge} * \text{Top2TotalKaonCharge} < 0$

Loose cuts

- $\text{Top1bcharge} * \text{Top2bcharge} < 0$
- $\text{Top1TotalKaonCharge} * \text{Top2TotalKaonCharge} < 0$
- $\text{Top1bcharge} * \text{Top2TotalKaonCharge} < 0$
- $\text{Top2bcharge} * \text{Top1TotalKaonCharge} < 0$

Vertex charge cut

Strict cuts

- $\text{Top1bcharge} * \text{Top2bcharge} < 0 \ \&\&$
 $\text{Top1TotalKaonCharge} * \text{Top2TotalKaonCharge} < 0$

Loose cuts

- $\text{Top1bcharge} * \text{Top2bcharge} < 0$
- $\text{Top1TotalKaonCharge} * \text{Top2TotalKaonCharge} < 0$
- $\text{Top1bcharge} * \text{Top2TotalKaonCharge} < 0$
- $\text{Top2bcharge} * \text{Top1TotalKaonCharge} < 0$

Vertex charge cut

	Strict cuts		Loose cuts	
Number after cut	5113	(1.01%)	57866	(11.4%)
AFB(top)	0.280853		0.266201	
AFB(bottom)	0.293370		0.263730	
	Generated			
Event number	491557			
AFB(top)	0.324676			
AFB(bottom)	0.341256			

Polar angle spectrum (Strict cuts)

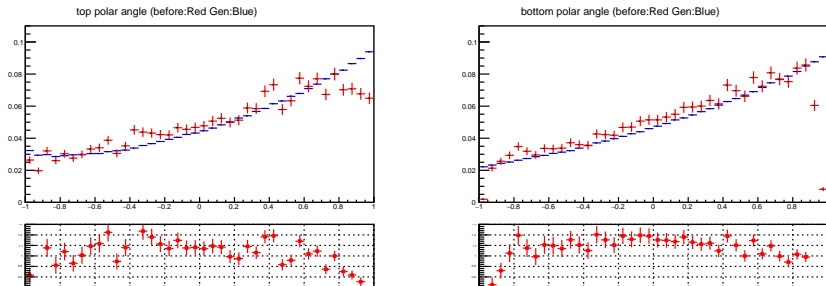


Figure: Top and bottom polar angle spectrum

Polar angle spectrum (Loose cuts)

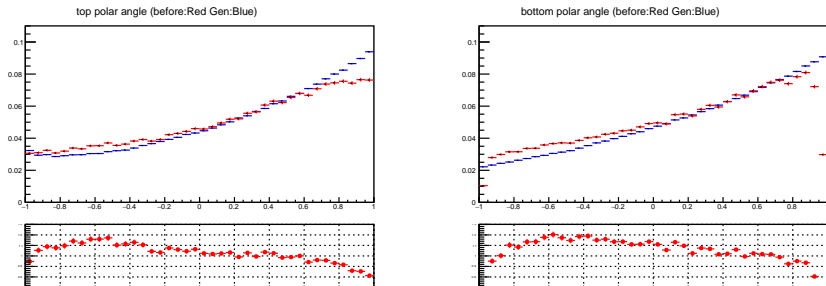


Figure: Top and bottom polar angle spectrum

解析2: カット & Vertex restoration

Vertex charge cut (strict cuts)

	Before vertex recovery	After vertex recovery
Number after cut	5113 (1.01%)	5469 (1.08%)
AFB(top)	0.280853	0.296581
AFB(bottom)	0.29337	0.301518
	Generated	
Event number	491557	
AFB(top)	0.324676	
AFB(bottom)	0.341256	

Polar angle spectrum (Strict cuts)

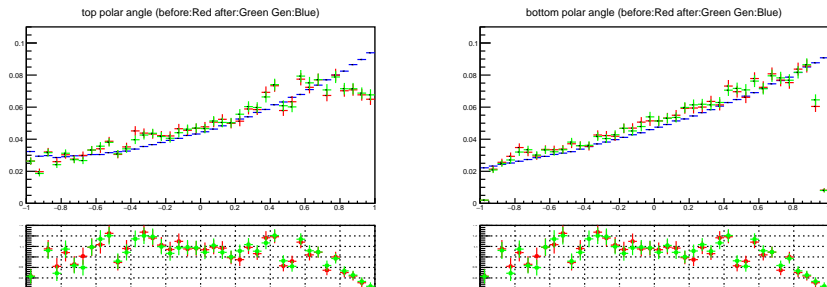


Figure: Top and bottom polar angle spectrum

Polar angle spectrum (Strict cuts)

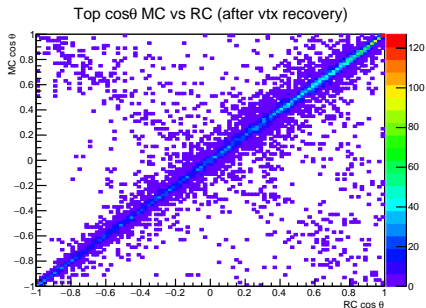
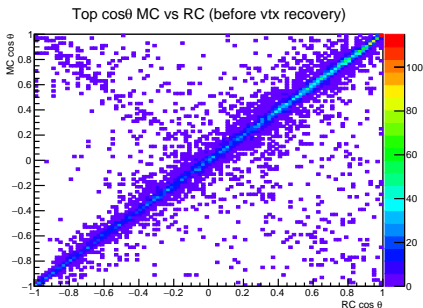


Figure: Top polar angle with MC and RC compared

Vertex charge cut (Loose cuts)

	Before vertex recovery	After vertex recovery
Number after cut	57866 (11.4%)	58365 (11.5%)
vtx1+vtx2	25527	25254
kaon1+kaon2	13481	14557
vtx1+kaon2	5784	5833
vtx2+kaon1	13074	12721
AFB(top)	0.266201	0.269991
AFB(bottom)	0.263730	0.267026
	Generated	
Event number	491557	
AFB(top)	0.324676	
AFB(bottom)	0.341256	

Polar angle spectrum (Loose cuts)

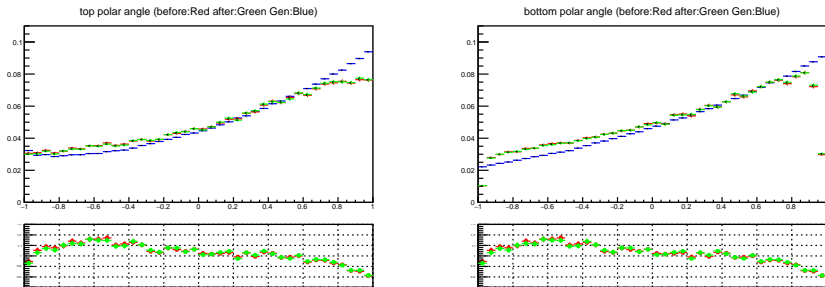


Figure: Top and bottom polar angle spectrum

Polar angle spectrum (Loose cuts)

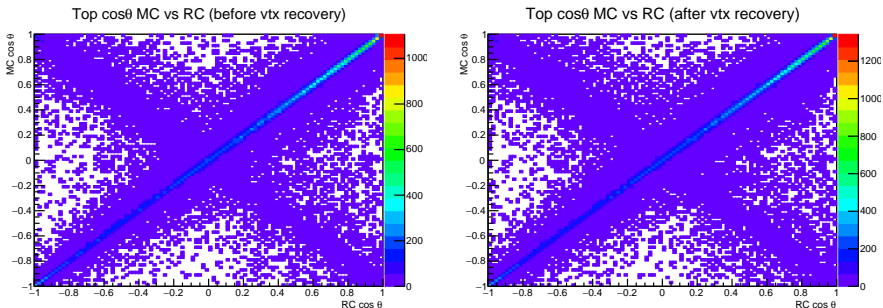


Figure: Top polar angle with MC and RC compared

まとめと今後の展望

- 今回の解析で Hadronic channel から得られるイベント数を検出効率を下げずに増やすことができた。
- Vertex restoration の適用によって AFB value の精度向上は見られなかった。
- Semi-leptonic decay channel の解析に戻り、プロセッサの動作に問題がないか調べる必要がある。

Thank you!

(以下バックアップスライド)

Vertex charge cut (non-strict cut)

Cuts

- $\text{Top1bcharge} * \text{Top2bcharge} < 0$
- $\text{Top1TotalKaonCharge} * \text{Top2TotalKaonCharge} < 0$
- $\text{Top1bcharge} * \text{Top2TotalKaonCharge} < 0$
- $\text{Top2bcharge} * \text{Top1TotalKaonCharge} < 0$

Vertex charge cut (non-strict cut)

	Before vertex recovery	After vertex recovery
Number after cut	25527 (5.04%)	25254 (4.98%)
AFB(top)	0.276374 (14.8%)	0.280312 (13.7%)
AFB(bottom)	0.276492 (19.0%)	0.279718 (18.0%)

Polar angle spectrum

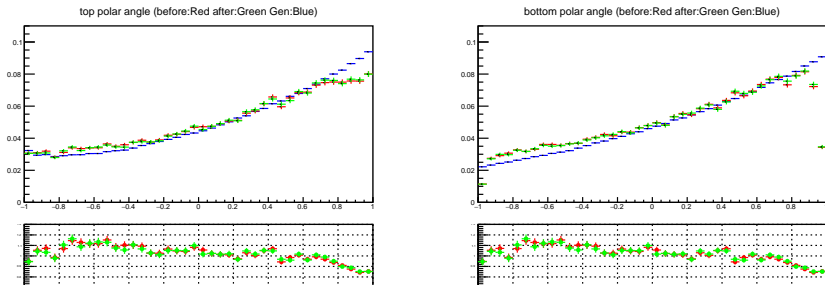


Figure: Top and bottom polar angle spectrum

Polar angle spectrum

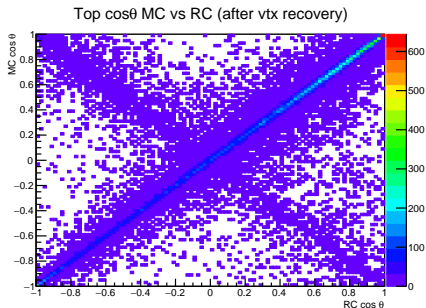
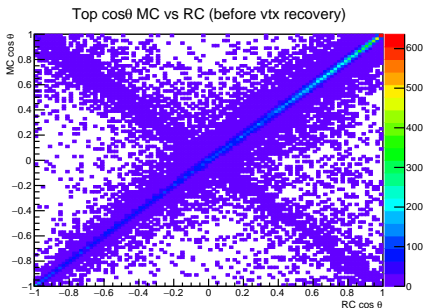


Figure: Top polar angle with MC and RC compared

Vertex charge cut (vtx + kaon)

Cuts

- $\text{Top1bcharge} * \text{Top2bcharge} < 0$
- $\text{Top1TotalKaonCharge} * \text{Top2TotalKaonCharge} < 0$
- $\text{Top1bcharge} * \text{Top2TotalKaonCharge} < 0$
- $\text{Top2bcharge} * \text{Top1TotalKaonCharge} < 0$

Vertex charge cut (vtx + kaon)

	Before vertex recovery	After vertex recovery
Number after cut	39008 (7.70%)	39811 (7.86%)
vtx1+vtx2	25527	25254
kaon1+kaon2	13481	14557
AFB(top)	0.277994 (14.4%)	0.281204 (13.4%)
AFB(bottom)	0.277200 (18.8%)	0.281053 (17.6%)

Polar angle spectrum

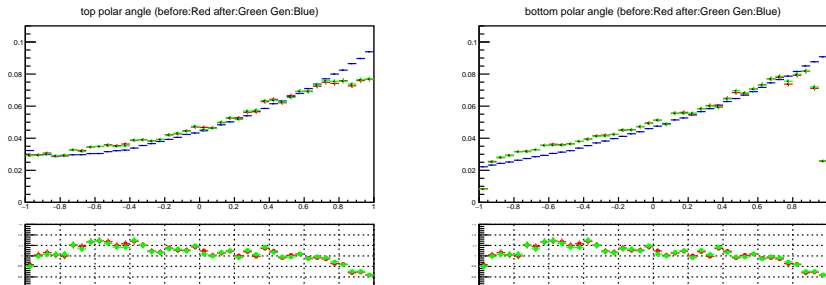


Figure: Top and bottom polar angle spectrum

Polar angle spectrum

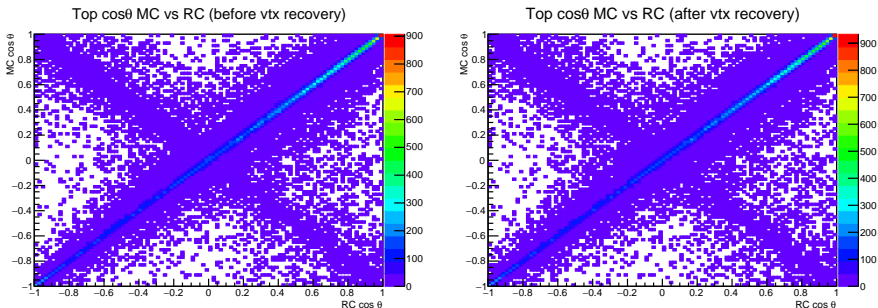


Figure: Top polar angle with MC and RC compared

Vertex charge cut ($v_{tx} + kaon + v_{tx1}/kaon2$)

Cuts

- $Top1bcharge * Top2bcharge < 0$
- $Top1TotalKaonCharge * Top2TotalKaonCharge < 0$
- $Top1bcharge * Top2TotalKaonCharge < 0$
- $Top2bcharge * Top1TotalKaonCharge < 0$

Vertex charge cut (vtx + kaon + vtx1/kaon2)

	Before vertex recovery	After vertex recovery
Number after cut	44792 (8.84%)	45644 (9.01%)
vtx1+vtx2	25527	25254
kaon1+kaon2	13481	14557
vtx1+kaon2	5784	5833
AFB(top)	0.274871 (15.3%)	0.278525 (14.2%)
AFB(bottom)	0.271924 (20.3%)	0.275524 (19.3%)

Polar angle spectrum

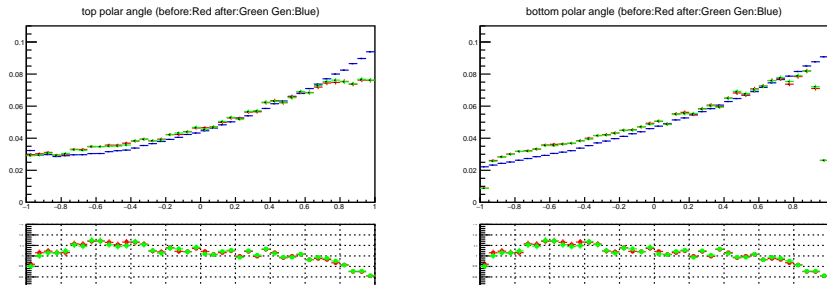


Figure: Top and bottom polar angle spectrum

Polar angle spectrum

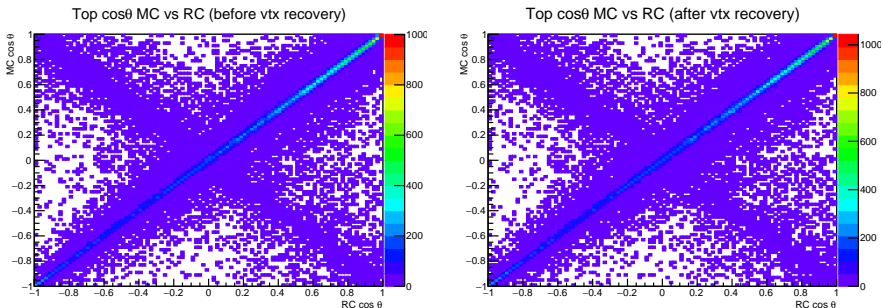


Figure: Top polar angle with MC and RC compared

TruthVertexFinder

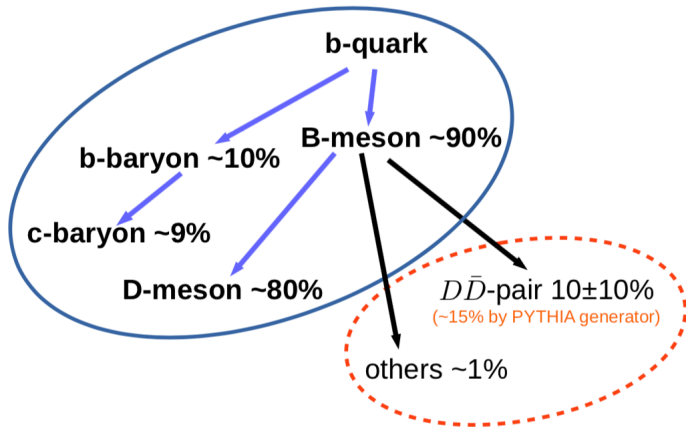
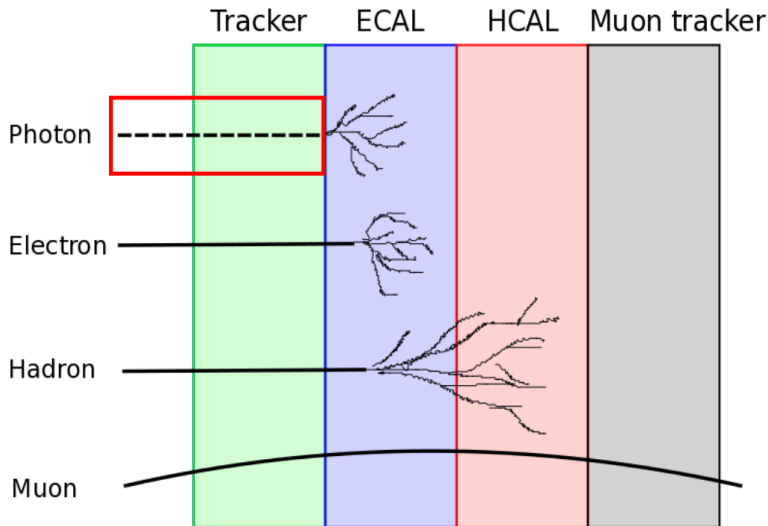
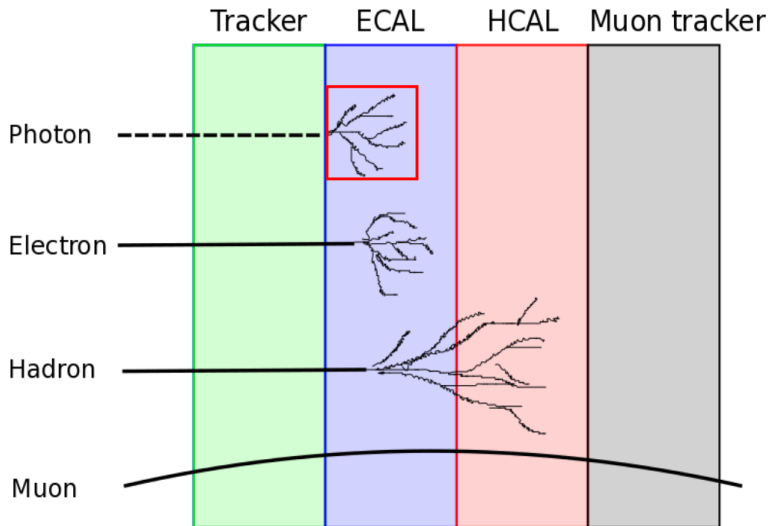


Figure: b クォークのハドロン化と崩壊モードを示した図。(Bilokin, 2017) 青線は TruthVertexFinder によって識別される崩壊過程を示し、赤の点線はされないものである。

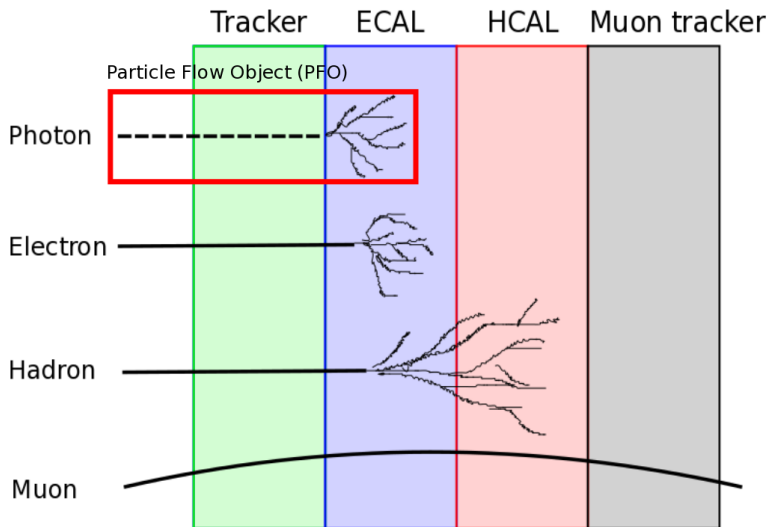
Particle Flow Object



Particle Flow Object



Particle Flow Object



Missing prongs

考えられる prong の欠落理由:

- **トラック情報の欠如。(9.3%)**
- VXD または FTD へのヒット無し。(20.%)
- PFO が再構成されなかった場合。(32%)
- 生成された低運動量と offset (31%)
- その他 (8%)

Missing prongs

考えられる prong の欠落理由:

- トラック情報の欠如。(9.3%)
- **VXD または FTD へのヒット無し。(20.%)**
- PFO が再構成されなかった場合。(32%)
- 生成された低運動量と offset (31%)
- その他 (8%)

Missing prongs

考えられる prong の欠落理由:

- トラック情報の欠如。(9.3%)
- VXD または FTD へのヒット無し。(20.%)
- **PFO が再構成されなかった場合。(32%)**
- 生成された低運動量と offset (31%)
- その他 (8%)

Missing prongs

考えられる prong の欠落理由:

- トラック情報の欠如。(9.3%)
- VXD または FTD へのヒット無し。(20.%)
- PFO が再構成されなかった場合。(32%)
- 生成された低運動量と offset (31%)
- その他 (8%)

Missing prongs

考えられる prong の欠落理由:

- トラック情報の欠如。(9.3%)
- VXD または FTD へのヒット無し。(20.%)
- PFO が再構成されなかった場合。(32%)
- 生成された低運動量と offset (31%)
- その他 (8%)

Missing prongs

考えられる prong の欠落理由:

- トラック情報の欠如。(9.3%)
- VXD または FTD へのヒット無し。(20.%)
- PFO が再構成されなかった場合。(32%)
- 生成された低運動量と offset (31%)
- その他 (8%)

Missing vertices

考えられる Vertex の欠落理由:

- 中性崩壊点 - Prong が生成されなければ崩壊点は再構成されない。
- 生成されたソフトな b-hadron - 運動量が小さい為に飛距離が短く、b-hadron からの prong と他の b-jet からくる粒子との区別が難しくなる。
- Vertex が他に1つも再構成されなかった場合、prong を1つしか持たない vertex が欠落する場合がある。
- b-hadron が VXD の acceptance 外で生成された場合。

ここでは prong の欠落に由来する vertex の欠損に着目する。

Missing vertices

考えられる Vertex の欠落理由:

- 中性崩壊点 - Prong が生成されなければ崩壊点は再構成されない。
- 生成されたソフトな b-hadron - 運動量が小さい為に飛距離が短く、b-hadron からの prong と他の b-jet からくる粒子との区別が難しくなる。
- Vertex が他に1つも再構成されなかった場合、prong を1つしか持たない vertex が欠落する場合がある。
- b-hadron が VXD の acceptance 外で生成された場合。

ここでは prong の欠落に由来する vertex の欠損に着目する。

Missing vertices

考えられる Vertex の欠落理由:

- 中性崩壊点 - Prong が生成されなければ崩壊点は再構成されない。
- 生成されたソフトな b-hadron - 運動量が小さい為に飛距離が短く、b-hadron からの prong と他の b-jet からくる粒子との区別が難しくなる。
- Vertex が他に1つも再構成されなかった場合、prong を1つしか持たない vertex が欠落する場合がある。
- b-hadron が VXD の acceptance 外で生成された場合。

ここでは prong の欠落に由来する vertex の欠損に着目する。

Missing vertices

考えられる Vertex の欠落理由:

- 中性崩壊点 - Prong が生成されなければ崩壊点は再構成されない。
- 生成されたソフトな b-hadron - 運動量が小さい為に飛距離が短く、b-hadron からの prong と他の b-jet からくる粒子との区別が難しくなる。
- Vertex が他に1つも再構成されなかった場合、prong を1つしか持たない vertex が欠落する場合がある。
- b-hadron が VXD の acceptance 外で生成された場合。

ここでは prong の欠落に由来する vertex の欠損に着目する。