

2026/7/22

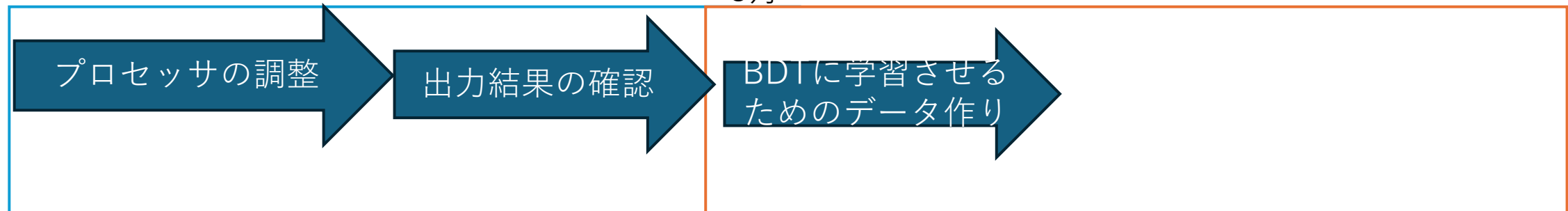
伊藤悠風

Activity details

- Single W semileptonicについて調べ、どんな事象なのかまとめる
- 4f_WW_semilepのdumpeventを確認して、lcioファイルの中身を再度確認し、single WとWWペアがどのようにあるのか調べる
- 親粒子がWで記録されるものと電子で記録されるものの違いを調べる

7月

8月



前提

清野さんの修論にて、BDTを用いた
ニュートリノチャンネルでの $H \rightarrow s\bar{s}$
測定感度評価が行われている。
そこで、背景事象として扱われている、 $WW \rightarrow lvq\bar{q}'$ において、BDTで
cutをかけた後に残存してしまっている事象の、**レプトンが何であったかは評価されていない。**

生成された事象数ではなく、重み付けされた事象数

表 5.7: ニュートリノチャンネルに対する BDT の結果

polarisation processes	eLpR		eRpL	
	# full events	# events @best cut	# full events	# events @best cut
$ZH \rightarrow \nu\bar{\nu}s\bar{s}$	13.8	3.9	7.6	2.2
bkg total	5.65×10^6	1074	681341	196.9
$ZH \rightarrow \nu\bar{\nu}b\bar{b}$	40287	0.0	22140	0.0
$ZH \rightarrow \nu\bar{\nu}c\bar{c}$	1999	8.1	1096	4.6
$ZH \rightarrow \nu\bar{\nu}gg$	5650	113.9	3101	30.4
$ZH \rightarrow \nu\bar{\nu}\tau^+\tau^-$	4318	0.0	2356	0.0
$ZH \rightarrow \nu\bar{\nu}WW^*$	14707	10.4	8153	2.2
$ZH \rightarrow \nu\bar{\nu}ZZ^*$	1816	3.9	993.8	1.3
$WW/ZZ \rightarrow lvq\bar{q}$	850430	4.6	82010	0.3
$WW \rightarrow lvq\bar{q}$	4.19×10^6	245.7	321273	18.8
$ZZ \rightarrow q\bar{q}l^+l^-/q\bar{q}\nu\bar{\nu}$	311961	423.6	154875	93.2
$\nu\bar{\nu}Z \rightarrow \nu\bar{\nu}q\bar{q}$	235599	264.2	85344	46.1
significance	0.118		0.156	

これからやっていくこと

清野さんの修論にて、BDTを用いたニュートリノチャンネルでの $H \rightarrow s\bar{s}$ 測定感度評価が行われている。

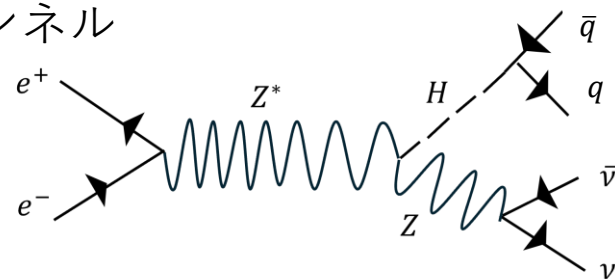
そこで、背景事象として扱われている、 $WW \rightarrow lvq\bar{q}'$ において、BDTでcutをかけた後に残存してしまっている事象の、レプトンが何であったかは評価されていない。

残存している $WW \rightarrow lvq\bar{q}'$ のレプトンがtauであったかを調査する

今ココ

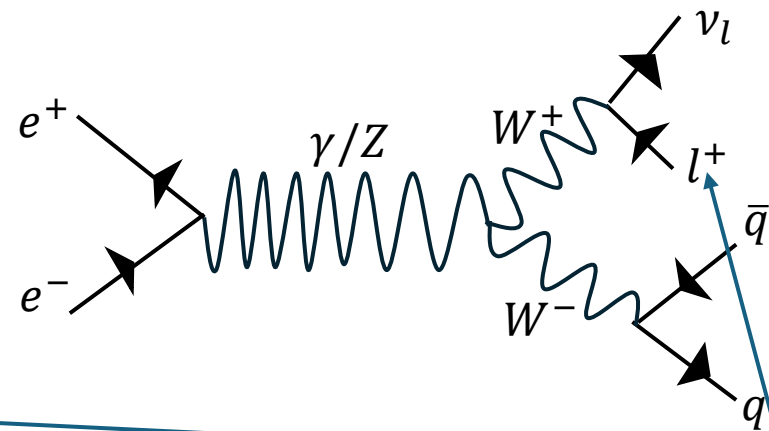
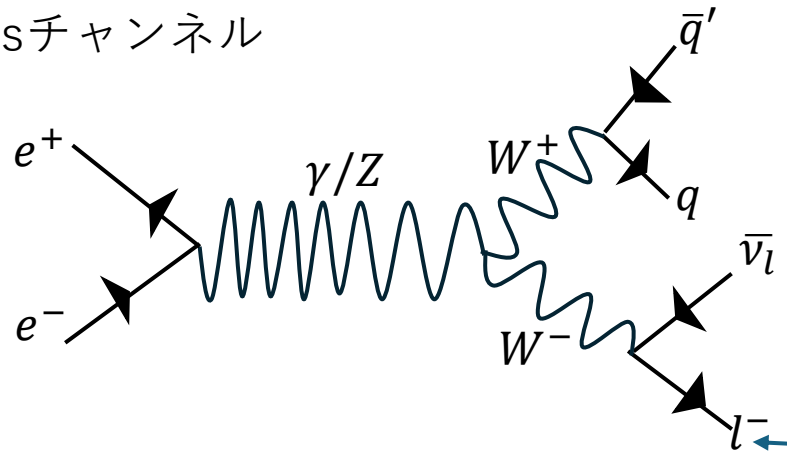
レプトンがtauの事象が主流だったら、taufinderで出したパワーメータをつかうことで、背景事象である $WW \rightarrow lvq\bar{q}$ を減らせるかもしれない

ニュートリノチャンネル



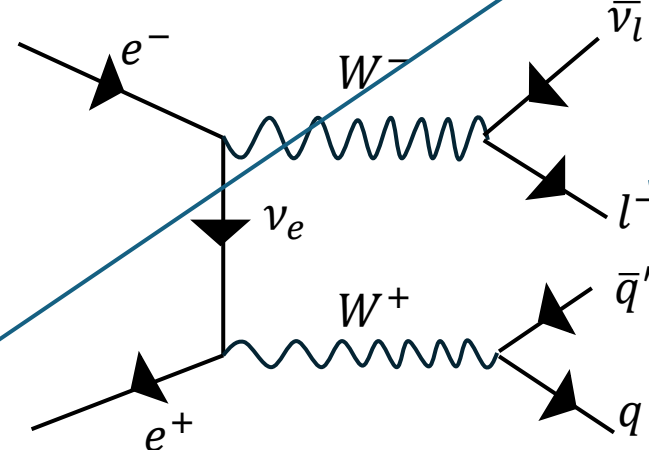
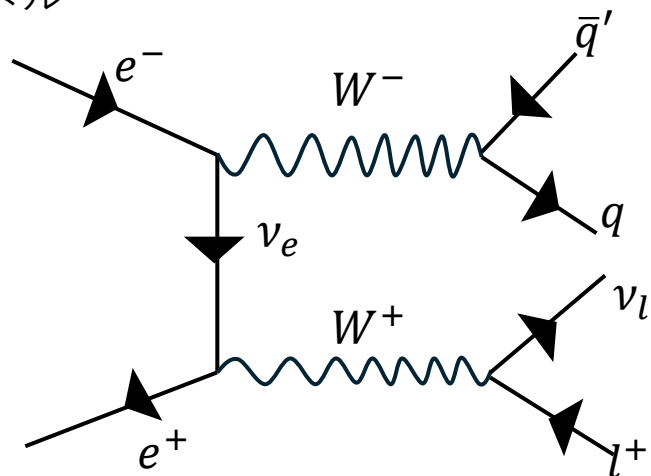
$$WW \rightarrow l\nu q\bar{q}' \text{ } WW\text{ペア}$$

sチャンネル



ココを調べる

tチャンネル



データ生成のフローチャート

LCIOファイル

MCParticle: 真の粒子の情報

SimTrackerHit /
SimCalorimeterHit:
検出器シミュレーションによって計算された、検出器に残されたエネルギーや位置の情報

MARLIN

抜き出す

All Event
(ROOT)

パラメーター

表 5.4: BDT の学習に用いたインプット(i=1,2)

変数	定義
m_i	ジェット i の質量
p_i	ジェット i の運動量
p_T	横方向運動量
p_L	縦方向運動量
M_{jj}	2 ジェットの不变質量
m_{miss}	消失質量
P_{max}	イベント内の粒子がもつ運動量ノルムの最大値
N_{charged}	イベント内の荷電粒子数
$\cos \theta_i$	$(p_i)_z / p_i $
$\cos \theta_{\text{opening angle}}$	ジェット 1,2 がなす角の余弦
N_{isoy}	isolated photon の数
E_γ	isolated photon のエネルギーの和
Y_{34}	Durham において、4 本のジェット候補を 3 本にまとめる際の最小の y 値
Y_{23}	3 本のジェット候補を 2 本にまとめる際の最小の y 値
Y_{12}	2 本のジェット候補を(仮想的に)1 本にまとめる際の最小の y 値
flavor tag value	各種フレーバーに対するスコア

真(ジェネレーターレベル)のTauの情報

BDT

Result
(ROOT)

パラメーター

All Eventで出したもの

BDTスコア

やるべきタスク

1. ROOTに出力するためのBranchを作るプロセッサを調整して、必要なパラメーターを追加する
2. 信号事象、背景事象のlcioファイルにプロセッサを使用して、結果が出力されるかテストする
3. 4f_WW_semileptonicのlcioファイルが $WW \rightarrow lvq\bar{q}'$ を扱ったものなのか確認する
4. Weightに関して
5. BDTに学習させる
6. BDTからの結果で、 $WW \rightarrow lvq\bar{q}'$ でleptonがtauになるものが多く残っているか確認する

7/15
完了

1st ステップ LCIOファイルからパラメーターを抜き出す

①

BDTの学習に使う情報として①をLCIOファイルから抜き出す。

BDTの学習には使わないが、BDTのスコアでカットした後、tauが含まれている事象があったか見るために真のtauの情報②も抜き出す

Branchを作るプロセッサを調整して、必要なパラメーターを抜き出した

表 5.4: BDT の学習に用いたインプット($i=1,2$)

変数	定義
m_i	ジェット i の質量
p_i	ジェット i の運動量
p_T	横方向運動量
p_L	縦方向運動量
M_{jj}	2 ジェットの不变質量
m_{miss}	消失質量
P_{max}	イベント内の粒子がもつ運動量ノルムの最大値
N_{charged}	イベント内の荷電粒子数
$\cos \theta_i$	$(\mathbf{p}_i)_z / \mathbf{p}_i $
$\cos \theta_{\text{opening angle}}$	ジェット 1,2 がなす角の余弦
N_{isoy}	isolated photon の数
E_γ	isolated photon のエネルギーの和
Y_{34}	Durham において、4 本のジェット候補を 3 本にまとめる際の最小の y 値
Y_{23}	3 本のジェット候補を 2 本にまとめる際の最小の y 値
Y_{12}	2 本のジェット候補を(仮想的に)1 本にまとめる際の最小の y 値
flavor tag value	各種フレーバーに対するスコア

②

真のTauの1事象の中の個数
真のTauのもつエネルギー
真のTauの親粒子の情報

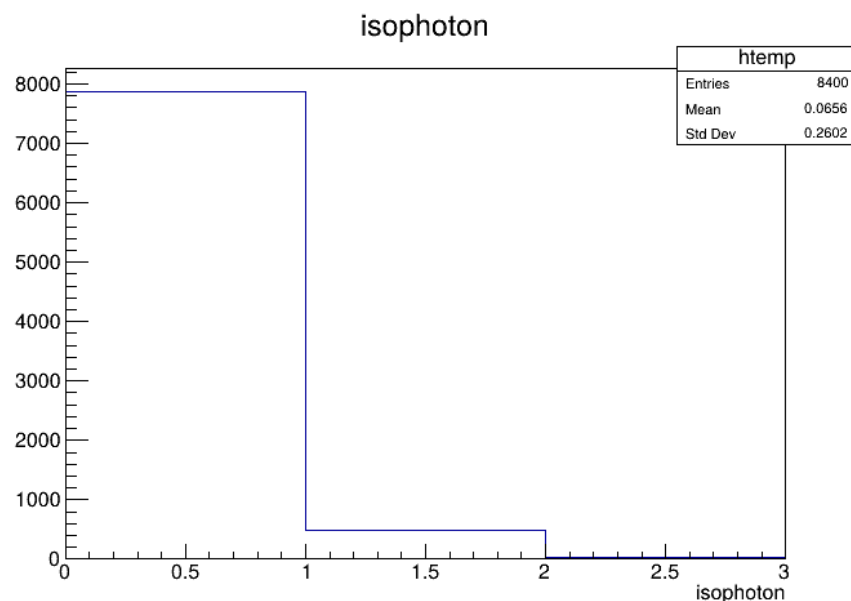
2nd ステップ

lcioファイルにプロセッサを使用して、結果 が出力されるかテスト

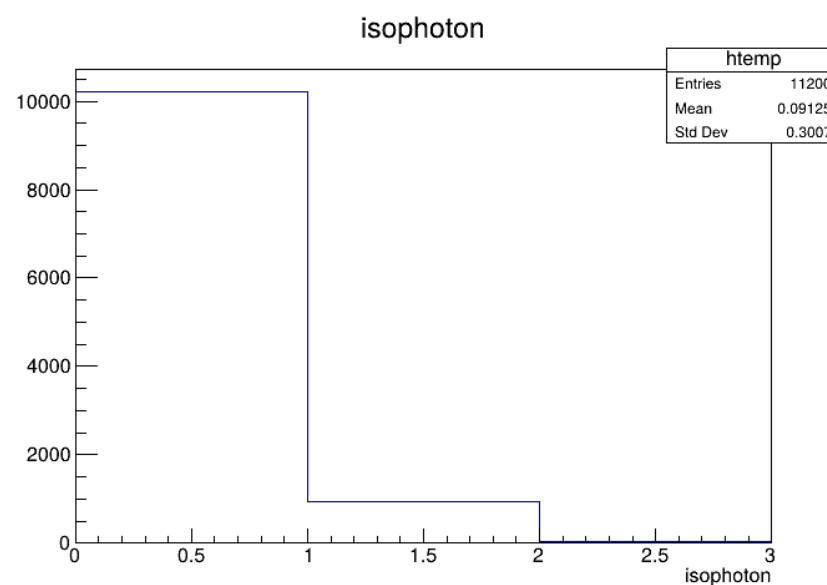
Isophoton :
ジェットに属さないphotonの数

追加したパラメータの結果を見てみることで正常に動作しているか確認した。
信号事象として $e^+e^- \rightarrow ZH \rightarrow \nu_e \bar{\nu}_e q \bar{q}$ と、背景事象として4f_WW_semileptonicを
テストとして使った。
ここでは新しく出力したisophotonの結果を例として示す。

$$e^+e^- \rightarrow ZH \rightarrow \nu_e \bar{\nu}_e q \bar{q}$$



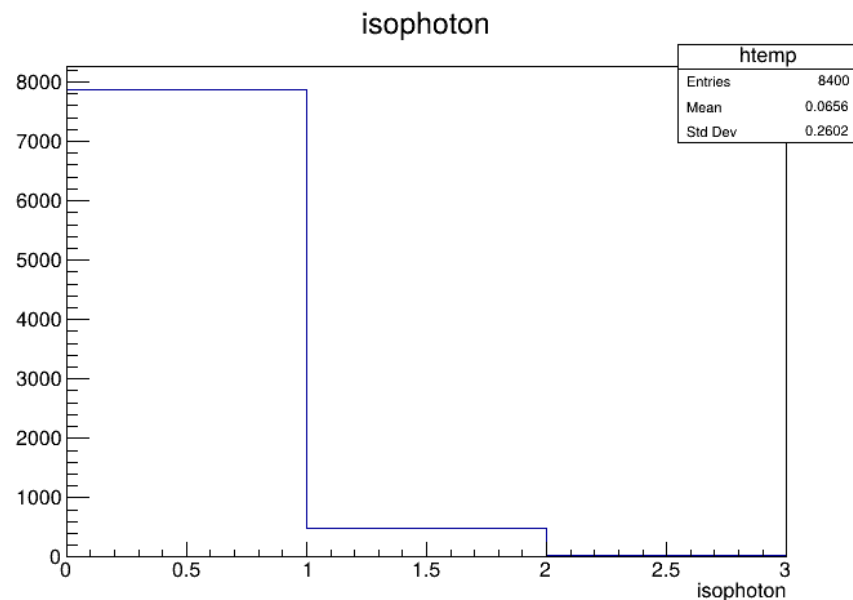
$$4f_WW_semileptonic$$



2nd ステップ

lcioファイルにプロセッサを使用して、結果が出力される
かテスト

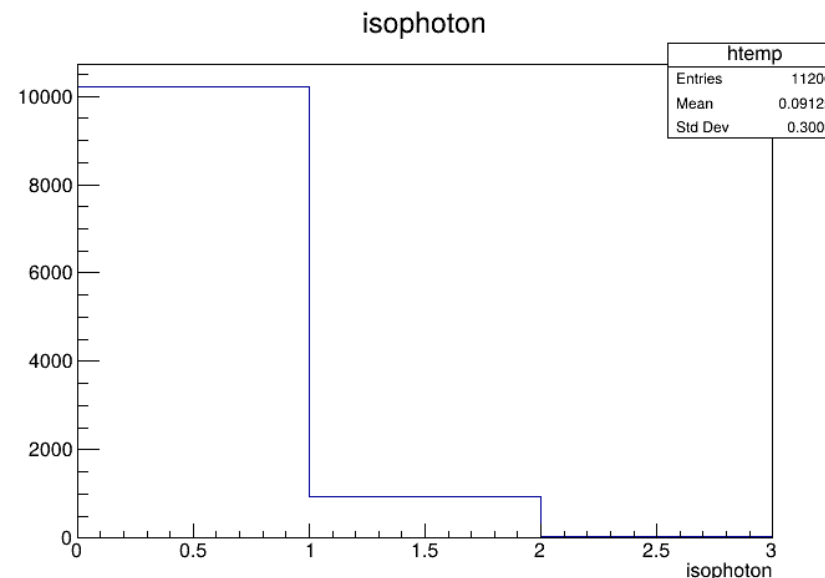
$e^+e^- \rightarrow ZH \rightarrow \nu_e \bar{\nu}_e q \bar{q}$ 信号事象



生成されるのはニュートリノとクォークなので、高エネルギーの荷電レプトンがないので、光子を制動放射しにくい。

あまり差が出ていないので、よくわからない

4f_WW_semileptonic 背景事象



$WW \rightarrow l\nu q\bar{q}$ なので、高エネルギーの荷電レプトンが存在する。荷電レプトンは制動放射 (FSR) で光子を出しやすいため、ジェットから離れた孤立光子としてカウントされる確率が、**信号事象より高くなる。**

3rd ステップ lcioファイルの確認

$WW \rightarrow lvq\bar{q}'$ が入っていると思われる
4f_WW_semileptonicというlcioファイルの中身がど
のようなものなのかわからないので、確認する

今回は

/group/ilc/grid/storm/prod/ilc/mc-2020/ild/dst-merged/250-SetA/4f_WW_semileptonic/ILD_I5_o1_v02/v02-02/rv02-02.sv02-02.mILD_I5_o1_v02.E250-SetA.I500084.P4f_ww_sl.eR.pL.n004.d_dstm_15111_30.slcio

を使って11200事象生成した

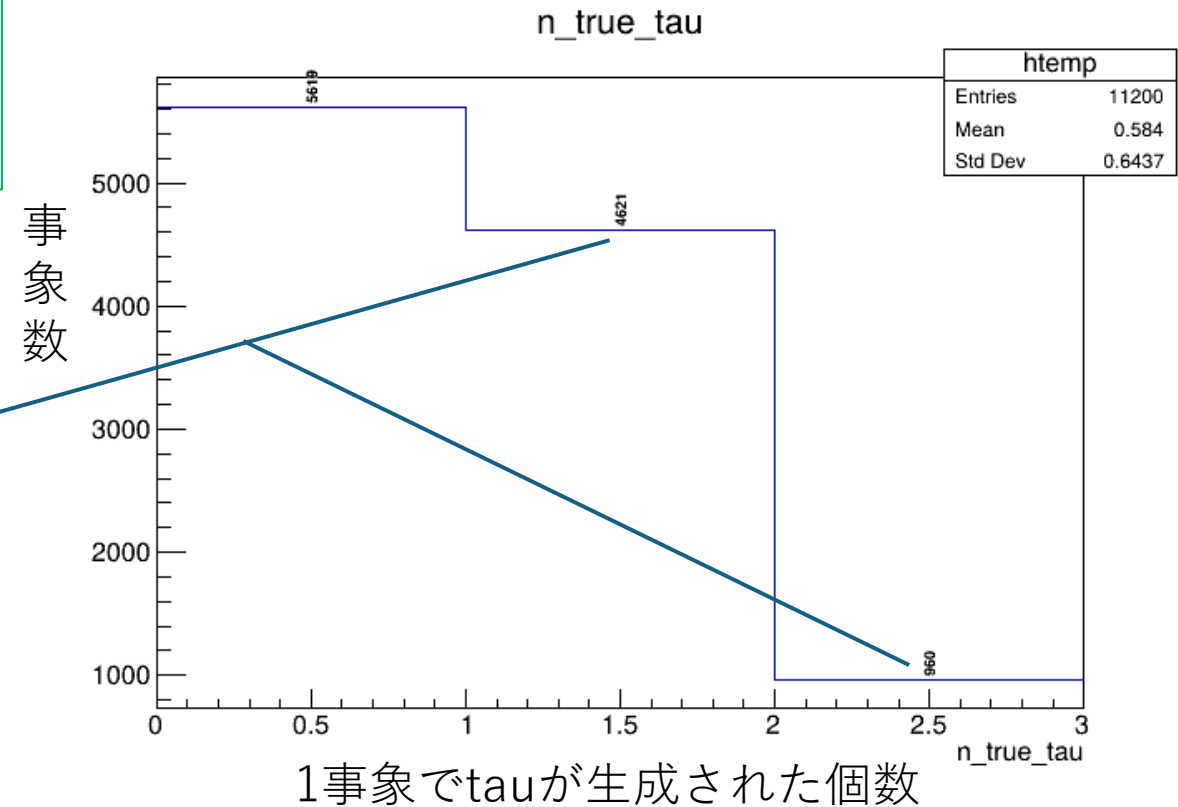
lcioファイルの中身の確認

予想

$WW \rightarrow lvq\bar{q}'$ のみがlcioファイルの中に入っていると考えたとき、lepton三種類が生成される確率は等価なので、tauの生成された事象数は**全事象数の三分之一**になると考えられる。

結果

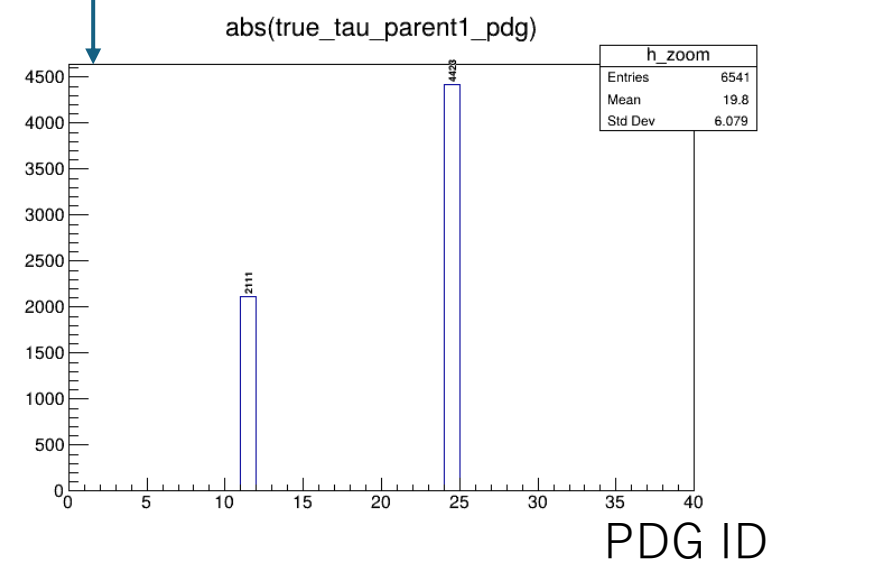
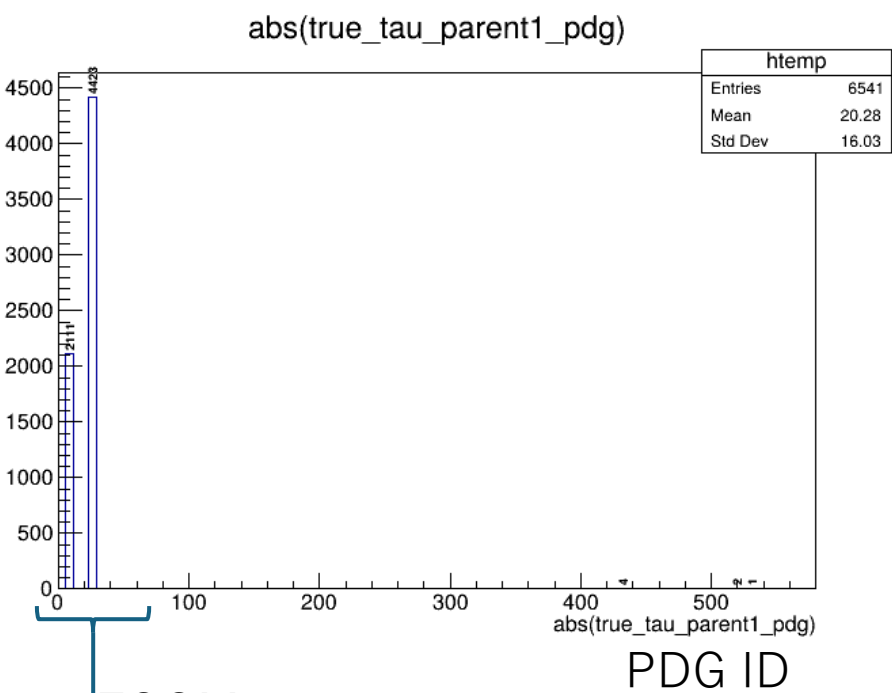
Tauが生成された事象が**全体の約二分の一**ある
 $WW \rightarrow lvq\bar{q}'$ のみが入っているかわからない
1事象の中にtauがいるかいないかなので、tau自体の数は関係ない
そのためtauが1つ生まれた事象数と2つ生まれた事象数を足し算している



lcioファイルの中身の確認

全事象数の中でtauの生成数が多かったので、原因究明のために、tauの親粒子を調べた。

pdg ID	name
11	electron
24	W+
431	D_s+ (CharmedMeson)
521	B+ (B-Meson)
531	B_s0 (B-Meson)

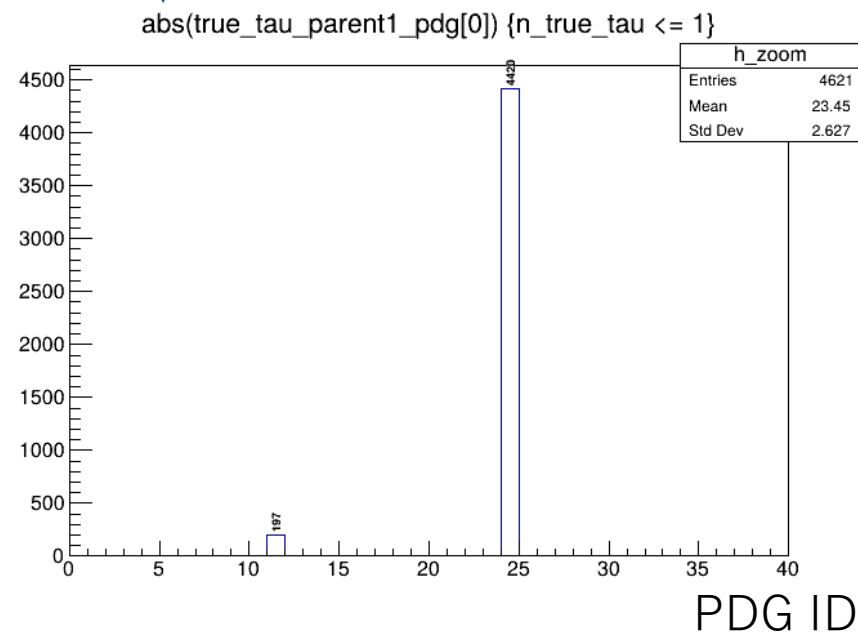
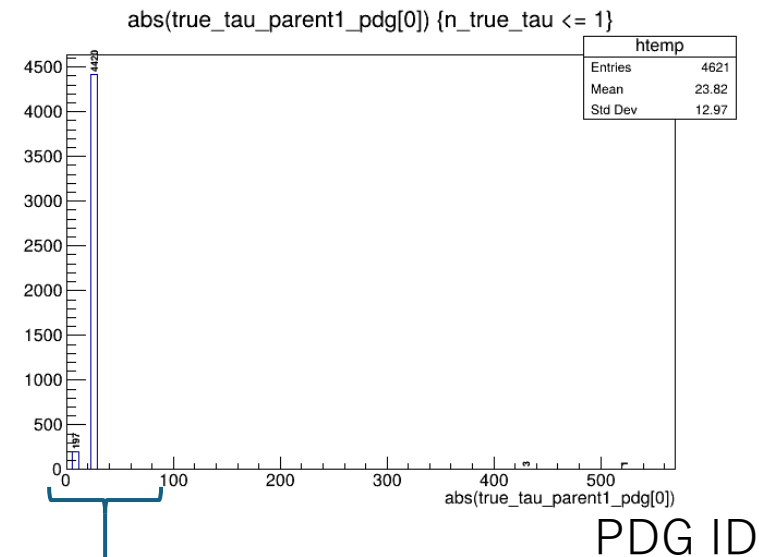


lcioファイルの中身の確認

Tauが1つだけ生成される事象の親粒子についてしらべた

目立つものとして、電子とWから生成されているものがある。
電子から生成されるものは、途中の粒子が省略されているものだと考えられる。

親粒子がWで記録されるものと電子で記録されるものの違いを調べる必要がある。

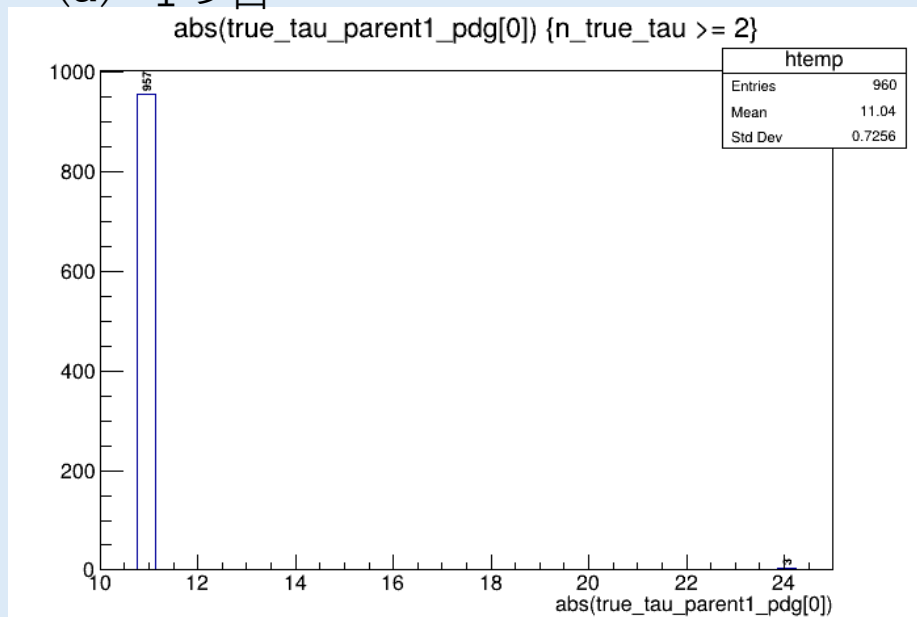


lcioファイルの中身の確認

Tauが2つ生成されているものについて、
はじめに生成されたtauについて親は電子(11)
とW(24)しかない**(a)**

2個目に生成されたtauは親粒子として電子(11)
と中間子(431,521,531)を持つ**(b)**

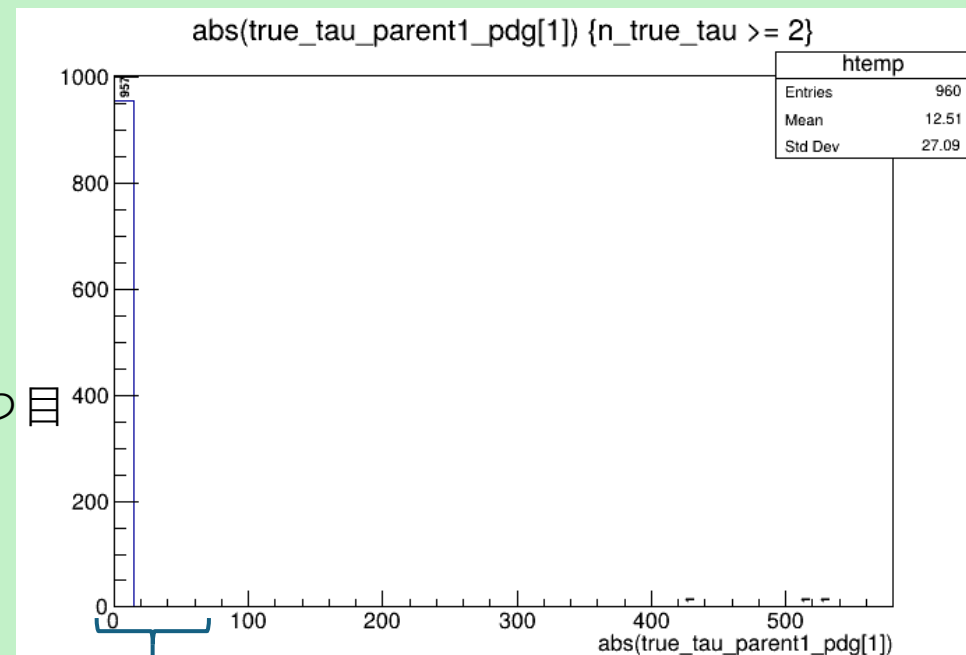
(a) 1つ目



PDG ID

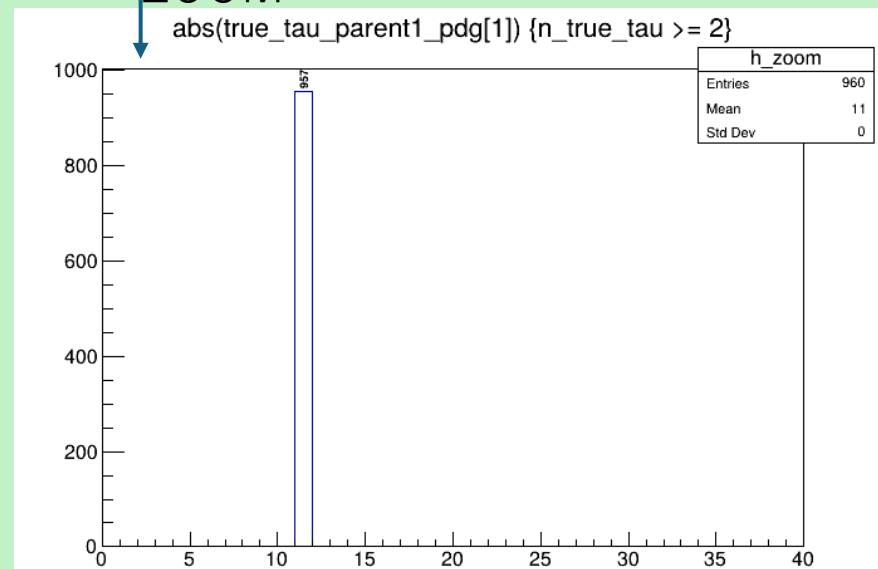
(b)

2つ目



PDG ID

ZOOM



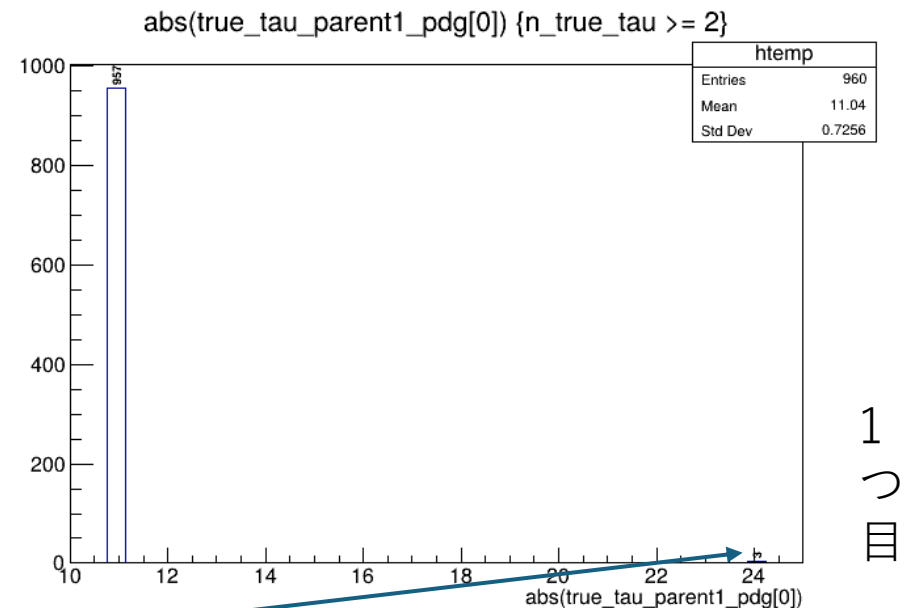
PDG ID

lcioファイルの中身の確認

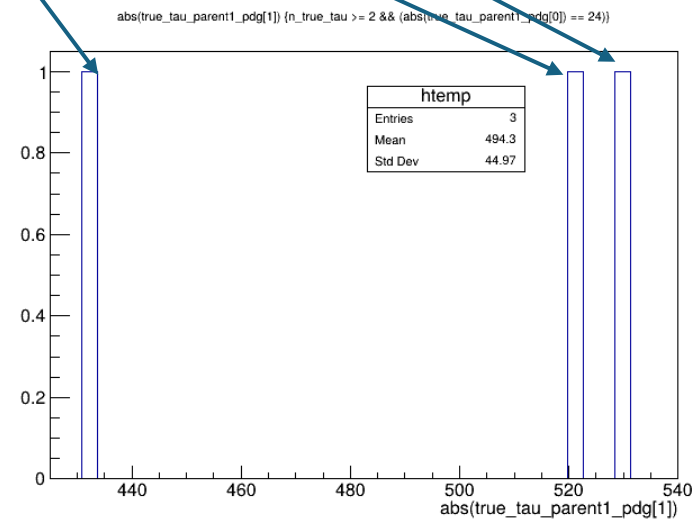
Tauが2つ生成されると記録されている事象の親事象について、はじめに生成された**1つ目のtauがWから生成されるもの**にだけ焦点を絞った。

```
*****
* event * 1つ目のtauの親 * 2つ目のtauの親 *
*****
* 3764 * 24 * 431 *
* 7179 * 24 * 531 *
* 7754 * 24 * 521 *
*****
W 中間子
```

1つ目のtauがWから生成されているものは実際にあり得るトポロジーなので正しいように見える。
電子の方は生成されているtauは、2つどちらについても電子から生成されているのでdoublecountの可能性はある。



PDG ID



PDG ID

4 fermion WW semileptonic

清野さんが $WW \rightarrow lvq\bar{q}'$ の評価のために使っていた 4 fermion WW semileptonic の lcio ファイルについて、中に予想していない事象が入っていることがわかった。

今まで考えていた WW ペア以外にも **single W** というものが入ってくる
この **single W** も新たに評価に入れる必要がある

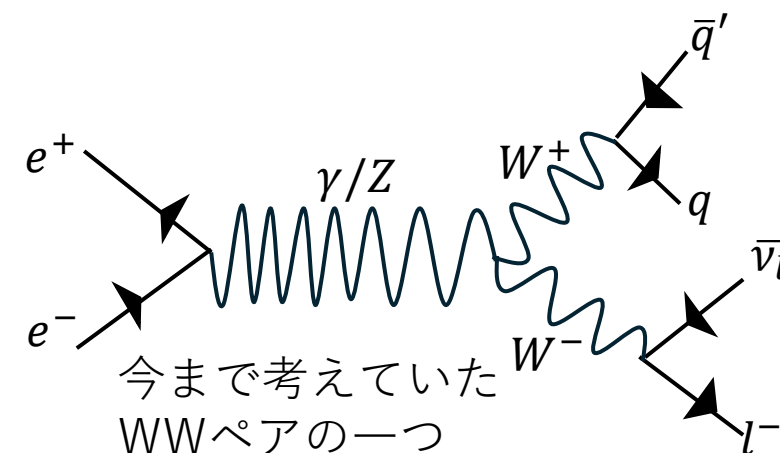


表 5.7: ニュートリノチャンネルに対する BDT の結果

polarisation processes	eLpR		eRpL	
	# full events	# events @best cut	# full events	# events @best cut
$ZH \rightarrow \nu\bar{\nu}s\bar{s}$	13.8	3.9	7.6	2.2
bkg total	5.65×10^6	1074	681341	196.9
$ZH \rightarrow \nu\bar{\nu}b\bar{b}$	40287	0.0	22140	0.0
$ZH \rightarrow \nu\bar{\nu}c\bar{c}$	1999	8.1	1096	4.6
$ZH \rightarrow \nu\bar{\nu}gg$	5650	113.9	3101	30.4
$ZH \rightarrow \nu\bar{\nu}\tau^+\tau^-$	4318	0.0	2356	0.0
$ZH \rightarrow \nu\bar{\nu}WW^*$	14707	10.4	8153	2.2
$ZH \rightarrow \nu\bar{\nu}ZZ^*$	1816	3.9	993.8	1.3
$WW/ZZ \rightarrow lvq\bar{q}$	850430	4.6	82010	0.3
<u>$WW \rightarrow lvq\bar{q}$</u>	4.19×10^6	245.7	321273	18.8
$ZZ \rightarrow q\bar{q}l^+l^-/q\bar{q}\nu\bar{\nu}$	311961	423.6	154875	93.2
$\nu\bar{\nu}Z \rightarrow \nu\bar{\nu}q\bar{q}$	235599	264.2	85344	46.1
significance	0.118		0.156	

WW ペア

Single W

先週からやったこと

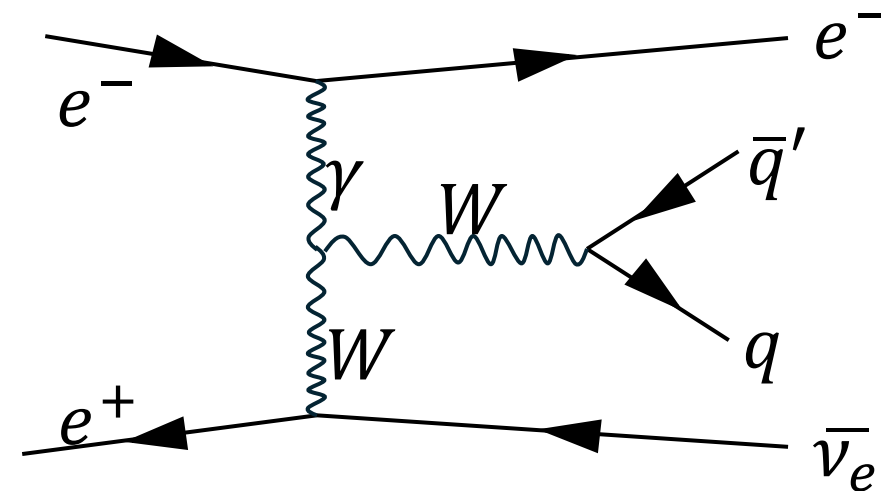
- Single W semileptonicについて調べ、どんな事象なのかまとめる
- 4f_WW_semilepのdumpeventを確認して、lcioファイルの中身を再度確認し、single WとWWペアがどのようにあるのか調べる
- 親粒子がWで記録されるものと電子で記録されるものの違いを調べる

Single W semilep

Single W

入射した電子が、光子を放出した後、そのまま散乱している。

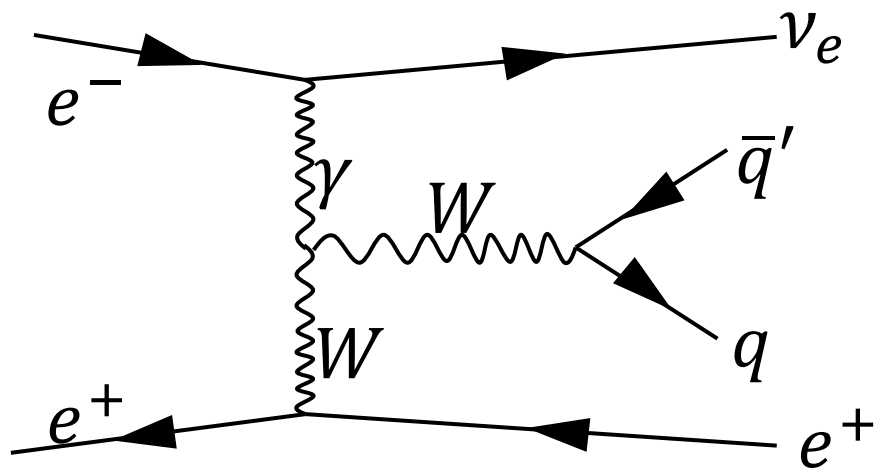
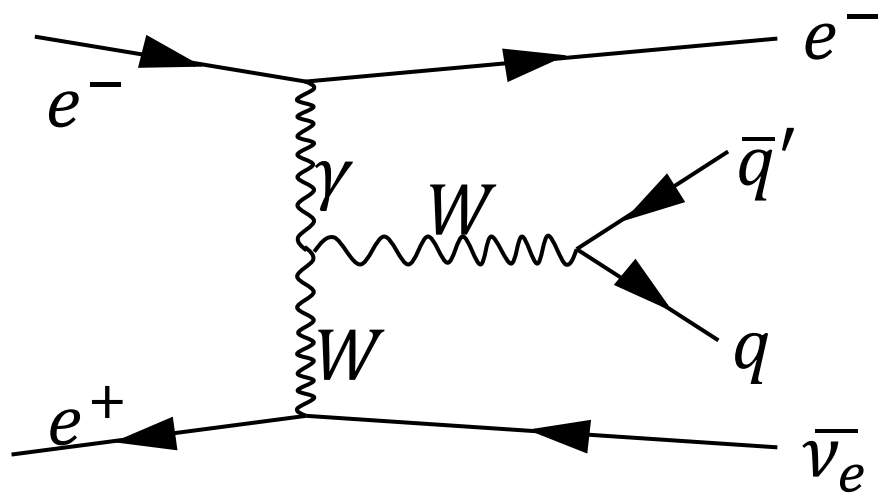
$WW \rightarrow lvq\bar{q}'$ で表すと、leptonが $e^\pm$ しか出てこないのが最終的な状態は $WW \rightarrow ev_e q\bar{q}'$ になる。



Wペアと比べて

Leptonが電子だった場合、終状態はsingleW、WWペアどちらも $ev_e q\bar{q}'$ となるが、電子の運動学的な振る舞いが異なると考えられる

	singleW	WWペア
Leptonの正体	散乱したビーム電子	Wボソンの崩壊から生成された電子
電子の飛ぶ方向	ビームパイプ方向	ランダム



4f_WW_semilepのdumpevent

4f_WW_semileptonicのlcioファイルについて
次のような疑問があった

- SingleWとWWペアが存在していると思われるが、それぞれどのように記録されているのか、違いがあるのかわからない

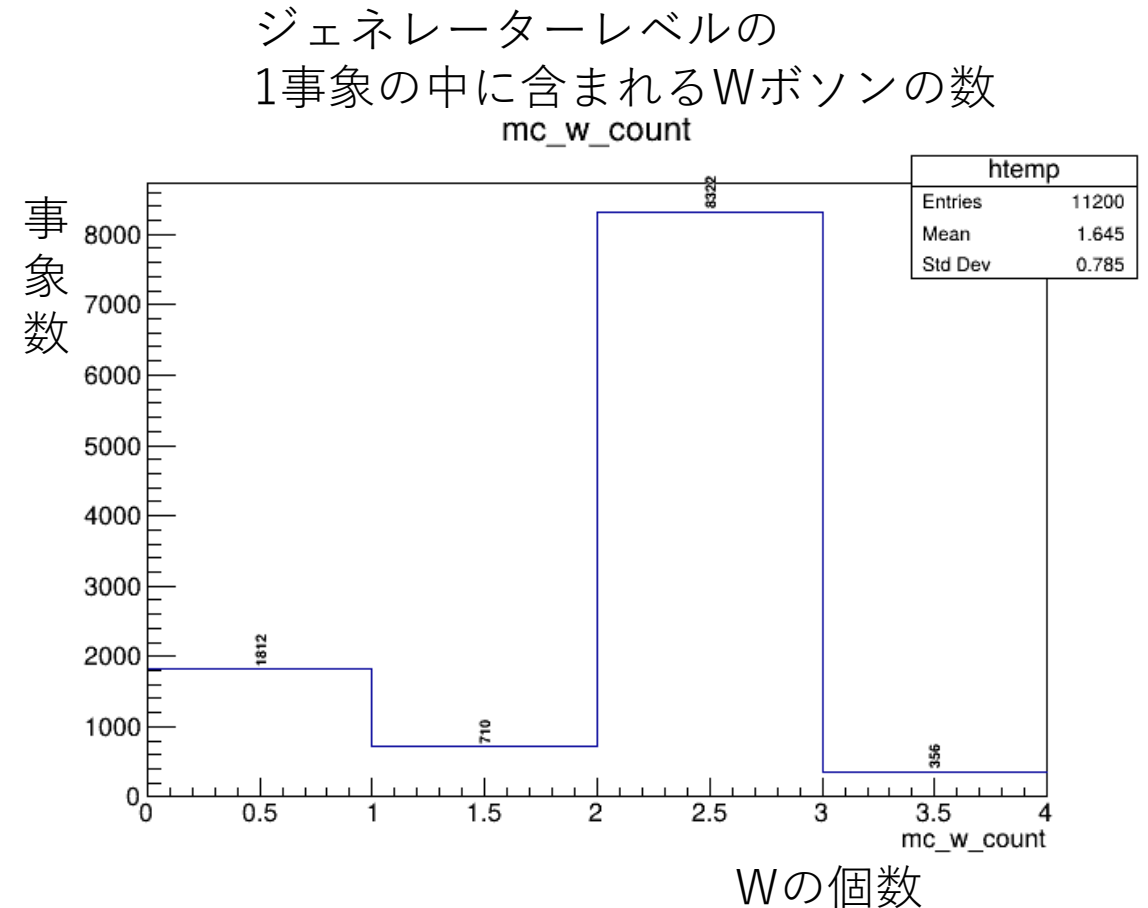
そのため、lcioファイルからdumpeventを持ってくることにより、調査をした

Wが記録されている数について

1事象の中に含まれるWボソンの
数を調べた
Wボソンが記録されていない
ものから、3個記録されている
ものまでである



Wボソンの数ごとに場合分けし
て、dumpeventを調べた



Wが2つ記録されているもの

W
Lepton
neutorino

W^- から $\mu, \bar{\nu}_\mu$ が生成
されている

WWペアかsingleWか
どちらかこれだけでは
わからない

=====						
Event : 231 Total MCParticles: 156						

Idx	PDG	Energy	Momentum(px, py, pz)	Parents[Idx]	Daughters[Idx]	Decay Chain(PDG)

0	11	125	(0.875 ,0 ,125) -	2 3	11	
1	-11	125	(0.875 ,0 , -125) -	2 3	-11	
2	11	123.4	(0.8638 ,0 ,123.4) 0 1	4 6	11->11	
3	-11	124.9	(0.874 ,0 , -124.9) 0 1	5 7	11->-11	
4	11	123.4	(0.8562 , -0.08671, 123.4) 2	8 9	11->11->11	
5	-11	122.6	(0.8037 , -0.04049, -122.6) 3	8 9	11->-11->-11	
6	22	0.08744	(0.00786, 0.0867 , -0.008211) 2	-	11->11->22	
7	22	2.245	(0.06999, 0.04051, -2.243) 3	-	11->-11->22	
8	24	122.1	(-86.56 , -32.21 , 5.475) 4 5	10 11	11->11->11->24	
9	-24	123.8	(88.22 , 32.08 , -4.681) 4 5	12 13	11->11->11->-24	
10	4	47.62	(-39.79 , 25.76 , 4.547) 8	16	11->11->11->24->4	
11	-3	74.49	(-46.77 , -57.97 , 0.9285) 8	16	11->11->11->24->-3	
12	13	85.63	(63.56 , 50.46 , -27.32) 9	14	11->11->11->-24->13	
13	-14	38.19	(24.66 , -18.38 , 22.63) 9	15	11->11->11->-24->-14	

Wが1つ記録されている物

W
Lepton
neutorino

=====
Event : 232 | Total MCParticles: 215
=====

Wから $\tau, \bar{\nu}_\tau$ が生成
されている

WWペアかsingleWか
どちらかこれだけでは
わからない

Idx	PDG	Energy	Momentum(px, py, pz)	Parents[Idx]	Daughters[Idx]	Decay Chain (PDG)
0	11	125	(0.875 ,0 ,125) -	2 3	11	
1	-11	125	(0.875 ,0 , -125) -	2 3	-11	
2	11	125	(0.8752 ,0 ,125) 0 1	4 6	11->11	
3	-11	125.1	(0.8758 ,0 , -125.1) 0 1	5 7	11->-11	
4	11	125	(0.8752 , -3.153e-08,125) 2	8 11 12	11->11->11	
5	-11	125.1	(0.8758 , -6.364e-12, -125.1) 3	8 11 12	11->-11->-11	
6	22	2.051e-06	(6.86e-08,3.153e-08,2.05e-06) 2	-	11->11->22	
7	22	2.463e-11	(1.144e-11,6.364e-12,-2.086e-11) 3	-	11->-11->22	
8	24	102.1	(-6.658 , -26.24 , -53.02) 4 5	9 10	11->11->11->24	
9	2	72.49	(-34.05 , -37.4 , -51.94) 8	13	11->11->11->24->2	
10	-1	29.6	(27.39 ,11.16 , -1.081) 8	14	11->11->11->24->-1	
11	15	57.34	(-57.07 ,1.882 , -4.939) 4 5	15	11->11->11->15	
12	-16	90.71	(65.48 ,24.36 ,57.86) 4 5	15	11->11->11->-16	

Wが記録されていないもの

W
Lepton
neutorino

$\tau, \bar{\nu}_\tau$ が e^+, e^- から生成された
ことになっている

Wが省略されてしまっている

WWペアかsingleWか
どちらかこれだけでは
わからない

=====						
Event : 233 Total MCParticles: 158						

Idx	PDG	Energy	Momentum(px, py, pz)	Parents[Idx]	Daughters[Idx]	Decay Chain

0	11	125	(0.875 ,0 ,125) -	2 3	11	
1	-11	125	(0.875 ,0 ,-125) -	2 3	-11	
2	11	124.7	(0.8731 ,0 ,124.7) 0 1	4 6	11->11	
3	-11	125.2	(0.8763 ,0 ,-125.2) 0 1	5 7	11->-11	
4	11	124.7	(0.8731 ,-6.476e-10,124.7) 2	8 9 10 11	11->11->11	
5	-11	124.8	(0.8534 ,-0.02074,-124.8) 3	8 9 10 11	11->-11->-11	
6	22	2.805e-09	(1.753e-09,6.471e-10,-2.092e-09) 2	-	11->11->22	
7	22	0.3746	(0.02294,0.02074,-0.3733) 3	77 78	11->-11->22	
8	-4	83.27	(41.64 ,-57.07 ,44.08) 4 5	12	11->11->11->-4	
9	3	39.47	(35.05 ,16.27 ,-8.046) 4 5	12	11->11->11->3	
10	-15	90.5	(-85.89 ,7.246 ,-27.52) 4 5	12	11->11->11->-15	
11	16	36.3	(10.92 ,33.53 ,-8.603) 4 5	12	11->11->11->16	

Wからeが生成されたものが記録されていない

DumpEventを見ていたらWボソンから電子が生成されるものが記録されていないように思えた

DumpEventから

$W^\pm \rightarrow e^\pm + \bar{\nu}_e$ or ν_e を下のよう探したが、**無かった**

これが引っ掛かった
 $W^- \rightarrow \pi^0$

```
$ grep -n -E "24->-11|-24->11" 4f_WW_semileptonic_*.log
```

```
35200:[ VERBOSE "MySampleProcessor2_tau"] 33 111 35.13 (-20.94 ,-15.16 ,-23.79 ) 32 37 38 11->11->11->2->94->15->-24->111
35201:[ VERBOSE "MySampleProcessor2_tau"] 34 111 7.3 (-4.047 ,-3.195 ,-5.166 ) 32 39 40 11->11->11->2->94->15->-24->111
35202:[ VERBOSE "MySampleProcessor2_tau"] 35 111 12.09 (-7.119 ,-5.298 ,-8.209 ) 32 41 42 11->11->11->2->94->15->-24->111
35204:[ VERBOSE "MySampleProcessor2_tau"] 37 22 21.95 (-13.12 ,-9.504 ,-14.82 ) 33 - 11->11->11->2->94->15->-24->111->22
35205:[ VERBOSE "MySampleProcessor2_tau"] 38 22 13.18 (-7.825 ,-5.653 ,-8.97 ) 33 - 11->11->11->2->94->15->-24->111->22
35206:[ VERBOSE "MySampleProcessor2_tau"] 39 22 5.155 (-2.895 ,-2.279 ,-3.605 ) 34 - 11->11->11->2->94->15->-24->111->22
35207:[ VERBOSE "MySampleProcessor2_tau"] 40 22 2.146 (-1.152 ,-0.9157,-1.561 ) 34 - 11->11->11->2->94->15->-24->111->22
35208:[ VERBOSE "MySampleProcessor2_tau"] 41 22 5.503 (-3.288 ,-2.42 ,-3.69 ) 35 - 11->11->11->2->94->15->-24->111->22
35209:[ VERBOSE "MySampleProcessor2_tau"] 42 22 6.586 (-3.831 ,-2.878 ,-4.519 ) 35 - 11->11->11->2->94->15->-24->111->22
47008:[ VERBOSE "MySampleProcessor2_tau"] 33 111 17.64 (16.31 ,3.403 ,5.789 ) 30 37 38 11->11->11->-24->15->-24->111
47012:[ VERBOSE "MySampleProcessor2_tau"] 37 22 0.002155 (0.001144,0.001638,0.0008087) 33 - 11->11->11->-24->15->-24->111->22
47013:[ VERBOSE "MySampleProcessor2_tau"] 38 22 17.64 (16.31 ,3.401 ,5.788 ) 33 - 11->11->11->-24->15->-24->111->22
51577:[ VERBOSE "MySampleProcessor2_tau"] 32 111 0.9351 (-0.2653,0.3469 ,-0.8158) 29 34 35 11->11->11->4->94->15->-24->111
```

このファイルには $W^\pm \rightarrow e^\pm + \bar{\nu}_e$ or ν_e は入っていないと考えられる

この4f_WW_semileptonicはWペアの、**leptonが μ, τ のものだけを扱った**

lcioファイルだとわかった。

→ Tauが事象全体の1/2生成されている原因とも合致する

次にやること

- ~~$WW \rightarrow ev_e q \bar{q}'$ が入っているlcioファイルを探す~~
- ~~みつかったらそのファイルのDumpEventを確認する~~
- lcioファイルの場所聞く
- なぜ省略されるかも聞く

Final selection後の結果について

清野さんが $WW \rightarrow lvq\bar{q}'$ として
使っていた4f_WW_semileptonicの
lcioファイルは $WW \rightarrow ev_e q\bar{q}'$ が
入っていないことがわかった

新たに $WW \rightarrow ev_e q\bar{q}'$ の入ったファイ
ルを考慮に入れるとすると、
清野さんの結果とずれてくる

表 5.7: ニュートリノチャンネルに対する BDT の結果

polarisation processes	eLpR		eRpL	
	# full events	# events @best cut	# full events	# events @best cut
$ZH \rightarrow \nu\bar{\nu}s\bar{s}$	13.8	3.9	7.6	2.2
bkg total	5.65×10^6	1074	681341	196.9
$ZH \rightarrow \nu\bar{\nu}b\bar{b}$	40287	0.0	22140	0.0
$ZH \rightarrow \nu\bar{\nu}c\bar{c}$	1999	8.1	1096	4.6
$ZH \rightarrow \nu\bar{\nu}gg$	5650	113.9	3101	30.4
$ZH \rightarrow \nu\bar{\nu}\tau^+\tau^-$	4318	0.0	2356	0.0
$ZH \rightarrow \nu\bar{\nu}WW^*$	14707	10.4	8153	2.2
$ZH \rightarrow \nu\bar{\nu}ZZ^*$	1816	3.9	993.8	1.3
$WW/ZZ \rightarrow lvq\bar{q}$	850430	4.6	82010	0.3
<u>$WW \rightarrow lvq\bar{q}$</u>	4.19×10^6	245.7	321273	18.8
$ZZ \rightarrow q\bar{q}l^+l^-/q\bar{q}\nu\bar{\nu}$	311961	423.6	154875	93.2
$\nu\bar{\nu}Z \rightarrow \nu\bar{\nu}q\bar{q}$	235599	264.2	85344	46.1
significance	0.118		0.156	

weight

重み

$$Weight = \frac{\mathcal{L} \times \sigma}{N_{gen}} \times W_{pol} \times BR$$

$\mathcal{L}$ (Luminosity): 積分ルミノシティ 900 fb^{-1}

σ (Cross Section): 事象の断面積

N_{gen} (Total Generated Events): ある事象についての全生成事象数

W_{pol} : 偏極の重み

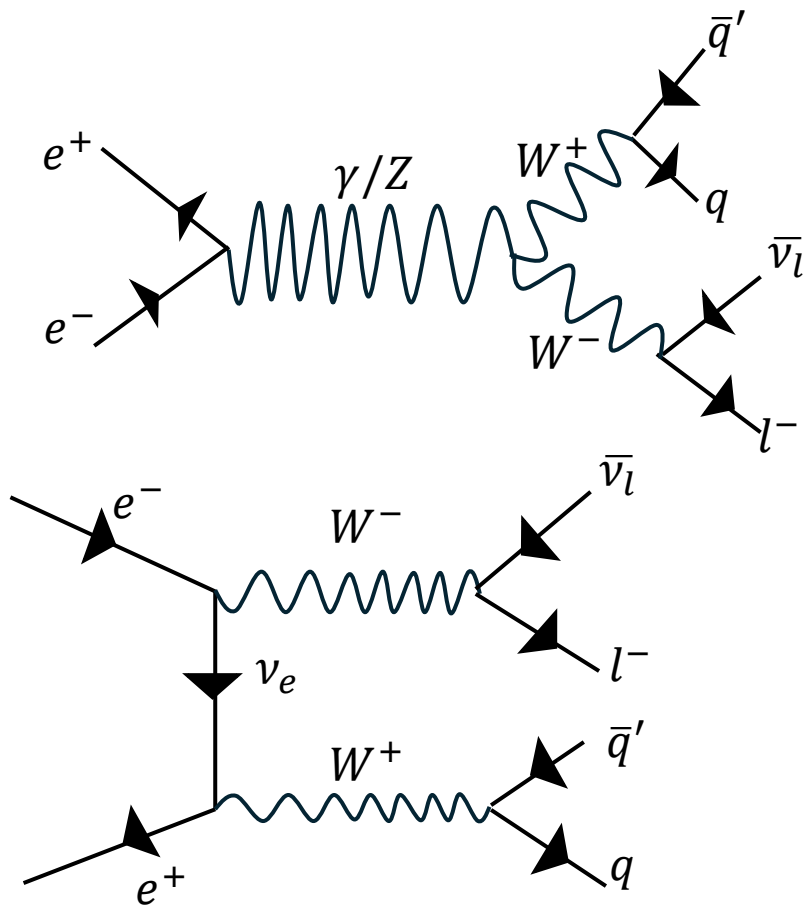
BR (Branching Ratio): 崩壊分岐比

重み付けした事象数

シミュレーションで生成されたすべての事象の重みを足し合わせた合計値

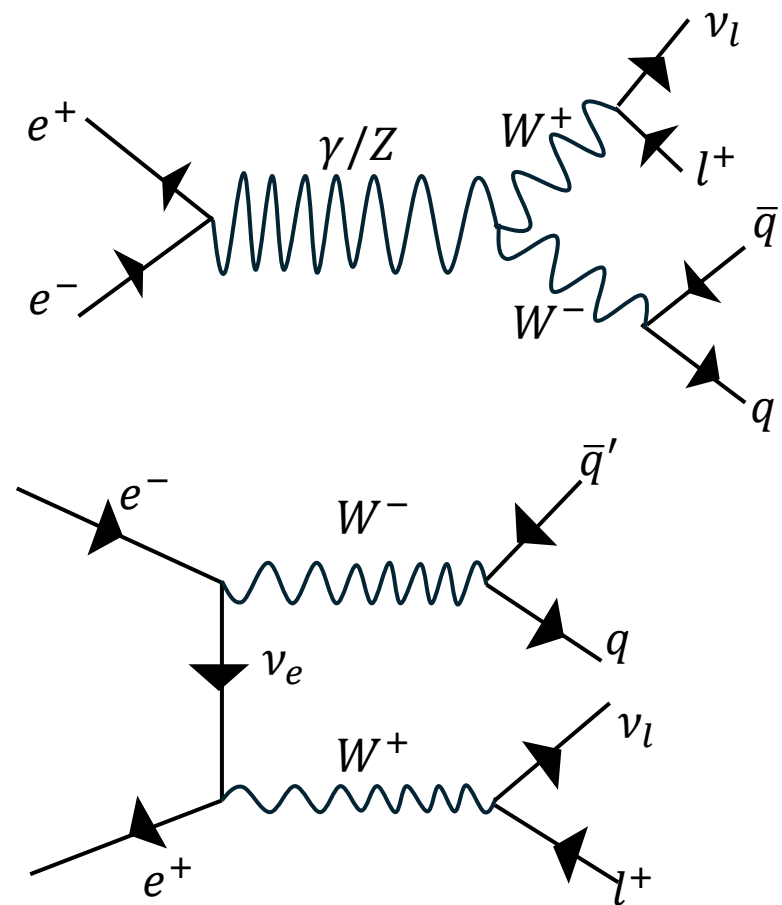
$$\begin{aligned} N_{weighted} &= \sum_i^{N_{gen}} Weight_i \\ &= N_{gen} \times \left(\frac{\mathcal{L} \times \sigma}{N_{gen}} \times W_{pol} \times BR \right) \\ &= \mathcal{L} \times \sigma \times W_{pol} \times BR \end{aligned}$$

想定ルミノシティと（偏極や分岐比を考慮した）物理的な断面積を掛け合わせた値になる
つまり、実験を行った際に、検出器で実際に観測されると期待される本来の事象数と言える



$$WW \rightarrow lvq\bar{q}$$

クォーク (q)	反クォーク ($\bar{q}'$)
u(アップ)	$\bar{d}$ (反ダウン)
c(チャーム)	$\bar{s}$ (反ストレンジ)
u(アップ)	$\bar{s}$ (反ストレンジ)
c(チャーム)	$\bar{d}$ (反ダウン)



クォーク (q)	反クォーク ($\bar{q}'$)
d(ダウン)	$\bar{u}$ (反アップ)
s(ストレンジ)	$\bar{c}$ (反チャーム)
s(ストレンジ)	$\bar{u}$ (反アップ)
d(ダウン)	$\bar{c}$ (反チャーム)

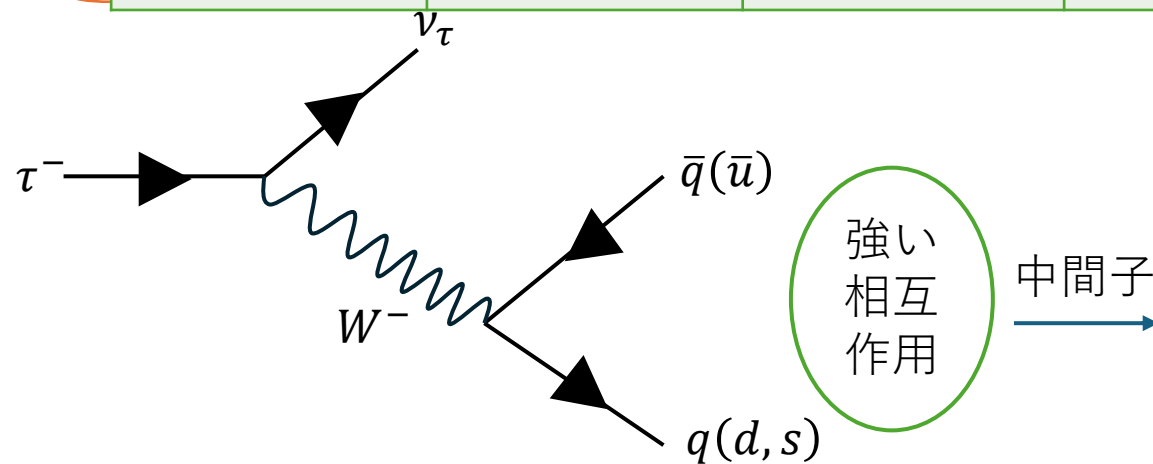
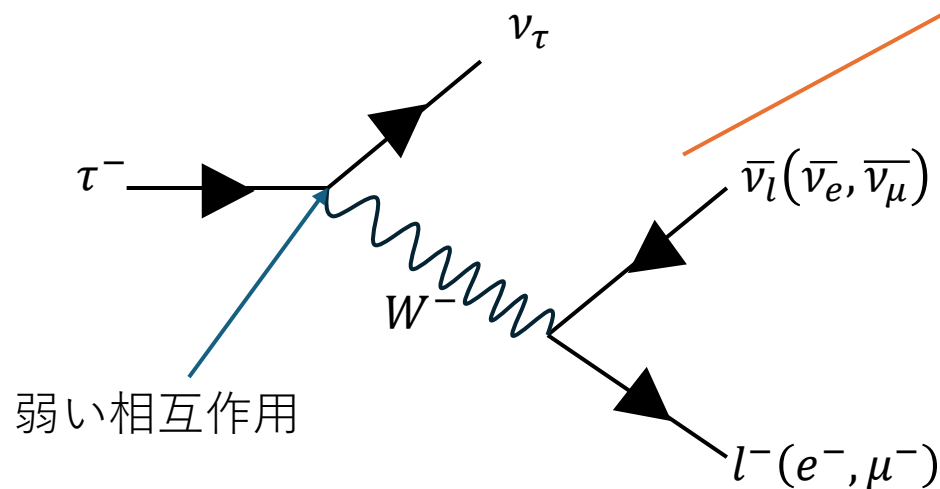
Tau lepton

質量(静止): 1.77 GeV

平均寿命: $2.90 \times 10^{-13} \text{ s}$

電気素量(e)と等しい電荷と1/2スピンをもつ
弱い相互作用でハドロンに崩壊しうる唯一のレプトン

レプトンに崩壊するときも弱い相互作用



分類 (合計分岐比)	崩壊生成物	生成物記号の例 (τ^- の場合)	分岐比
ハドロン崩壊 (約64.79%)	荷電パイ中間子, 中性パイ中間子, タウニュートリノ	π^-, π^0, ν_τ	25.49%
	荷電パイ中間子, タウニュートリノ	π^-, ν_τ	10.82%
	荷電パイ中間子, 中性パイ中間子, タウニュートリノ	$\pi^-, 2\pi^0, \nu_\tau$	9.26%
	荷電パイ中間子, タウニュートリノ	$\pi^-, \pi^+, \pi^-, \nu_\tau$	8.99%
	荷電パイ中間子, 中性パイ中間子, タウニュートリノ	$\pi^-, \pi^+, \pi^-, \pi^0, \nu_\tau$	2.74%
	荷電パイ中間子, 中性パイ中間子, タウニュートリノ	$\pi^-, 3\pi^0, \nu_\tau$	1.04%
レプトン崩壊 (約35.21%)	電子, 電子反ニュートリノ, タウニュートリノ	$e^-, \bar{\nu}_e, \nu_\tau$	17.82%
	ミューオン, ミューオン反ニュートリノ, タウニュートリノ	$\mu^-, \bar{\nu}_\mu, \nu_\tau$	17.39%

4-momentumの定義

4-momentum(p^μ)は特殊相対性理論の枠組みであるミンコフスキー空間において、粒子の運動を記述するための4成分ベクトルである。

光速(c)を1として、4-momentum p^μ は以下のように定義される。

$$p^\mu = (E, p_x, p_y, p_z) = (E, \vec{p})$$

- Energy(E)(時間成分)

粒子が持つTotal energy(静止質量エネルギーと運動エネルギーの合計)を意味する。ミンコフスキー空間における時間並進(time translation)と共役するネーター電荷。

≡時間を進めても物理法則が変わらない->エネルギーが保存する

- Momentum($\vec{p}$)(空間成分)

3次元空間における空間運動量を意味する。空間並進(Space translation)と共役するネーター電荷。

≡場所を移動しても物理法則が変わらない->運動量が保存する

4-momentum自身のローレンツ不変な内積は、座標系に依存せず、常にその粒子の不変質量(Invariant mass)の2乗と一致する。

$$p_\mu p^\mu = E^2 - |\vec{p}|^2 = m^2$$

The Difference in Production Mechanisms

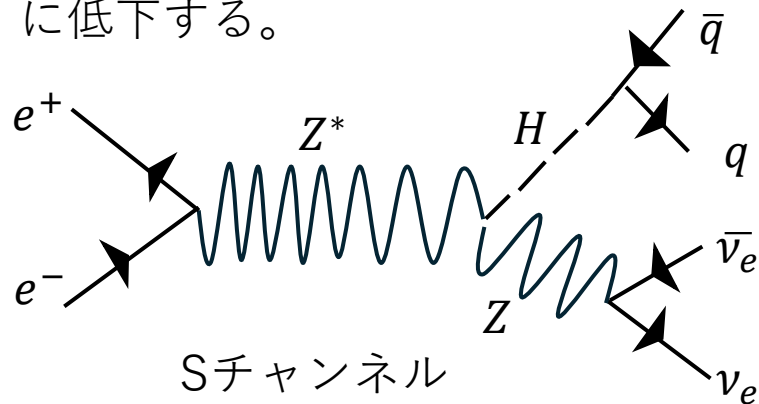
Higgsstrahlung(s-channel)

電子と陽電子が正面衝突し、エネルギーを1点に集中させる対消滅型反応。

$$\sigma(s) \propto 1/s$$

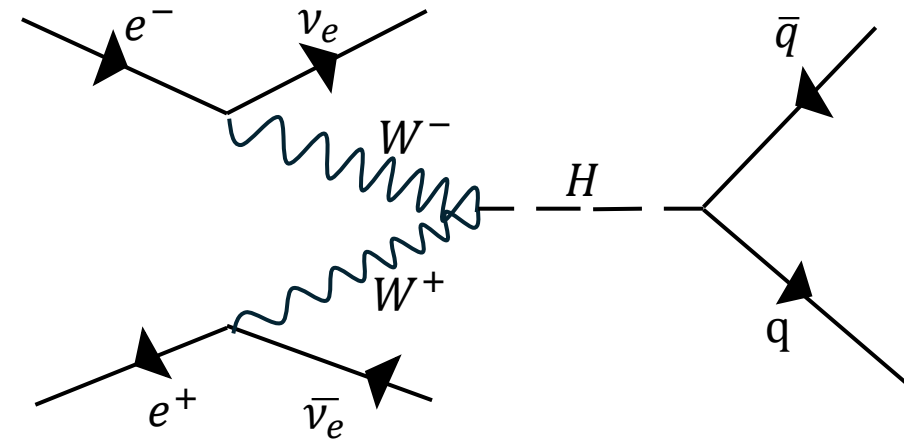
重心系エネルギー $\sqrt{s}$ が上がるほど、粒子の波長が短くなり衝突確率が減少する。

ILC250でピークを迎え、その後急激に低下する。



WW-fusion (t-channel)

電子と陽電子が仮想的なWボソンを放出し、それが融合するすれ違い型反応。



レプトン普遍性

標準模型においてレプトン3つを区別しないというルールがある

なので、Wボソンがレプトンと結合する強さ(結合定数 g)は、3世代で一致している。

$$g_e = g_\mu = g_\tau$$

これがレプトン普遍性

なぜdoublecountしていないか確認するのが難しい？

時間ごとに区切って確認していった場合

- シミュレーターではエネルギーの高い粒子から低い粒子へと計算を進めていってしまうため、時間というパラメーターを入れていない
- 寿命が短すぎて丸められて、すべて同時に観測されたことになっている

このような理由で時間ごとで確認するのは難しい。

家系図を調べるロジックは元のコードで使ってしまったため、方法がかぶってしまい使えない。

このような理由でdoublecountしていないか確認するのはむずかしい。