

2026_5_13

伊藤悠風

Activity details

- Introducing TauFinder
(Check simulation results)

2026/5/7 Thu	2026/5/8 Fri	2026/5/9 Sat	2026/5/10 Sun	2026/5/11 Mon	2026/5/12 Tue	2026/5/13 Wed
Taufinder applied to				Meeting		

Motivation : Optimization of Tau Finder

Objective: Maximize the sensitivity of the $\nu\bar{\nu}H(H \rightarrow s\bar{s})$ and $\tau^+\tau^-H(H \rightarrow s\bar{s})$ analysis

$Z \rightarrow \nu\bar{\nu} \& H \rightarrow s\bar{s}$

Challenge: $Z \rightarrow \tau^+\tau^- \& H \rightarrow s\bar{s}$

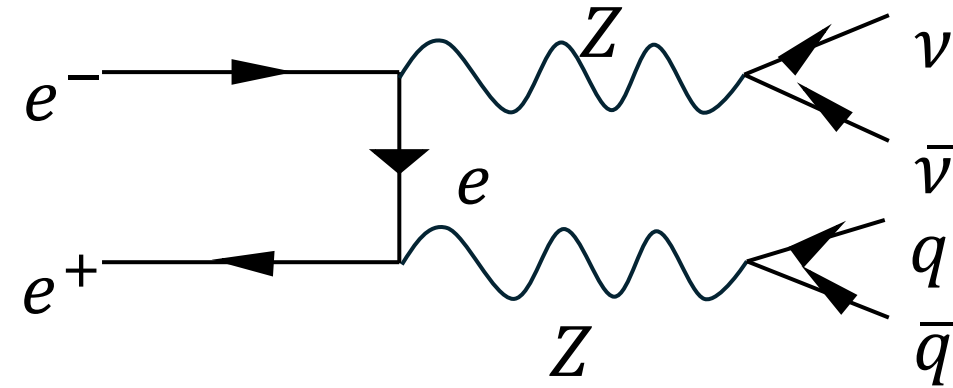
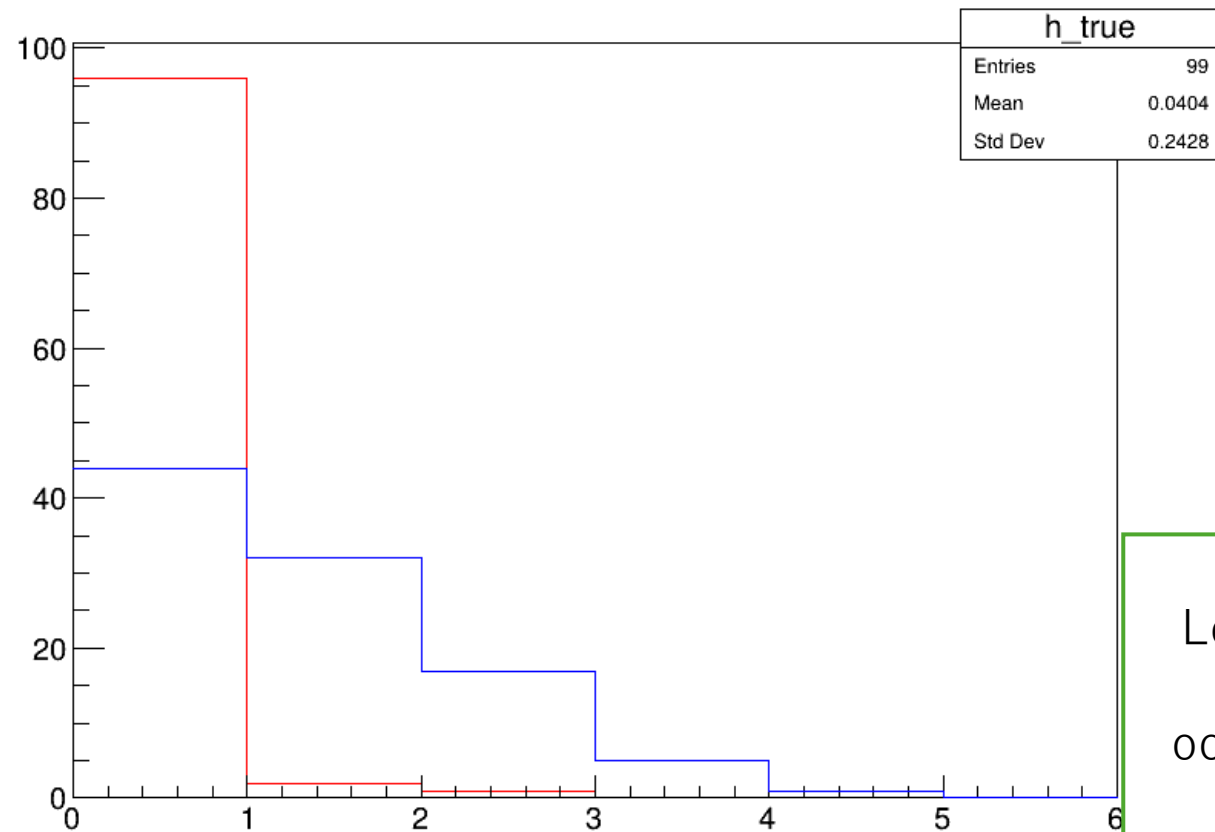
- $H \rightarrow s\bar{s}$ has an extremely small branching ratio ($\sim 0.024\%$), making both "exhaustive background rejection" and "signal event maximization" the absolute keys to success.
- In particular, the handling of hadronically decaying taus ($\tau \rightarrow \text{hadrons} + \nu$) is the most significant hurdle.

Motivation : Optimization of Tau Finder

Necessity of Tau Identification (Two Missions):

- Due to the missing energy from ν , taus degrade recoil mass precision and were typically excluded from conventional charged lepton analyses (e.g., $Z \rightarrow ll(ee, \mu\mu)$).
- However, this study assigns the Tau Finder two contrasting but essential roles:
 - $\nu\bar{\nu}H$ Analysis: Act as a strict filter (Tau Veto) to reliably identify and reject taus that closely mimic strange jets.
 - $\tau^+\tau^-H$ Analysis: Act as a radar (Tau Tagging) to directly identify the two taus and recover signal events from a previously discarded channel.
- Approach:
Fundamentally elucidate and mitigate the causes of misidentification (e.g., mis-clustering and detector effects) in the historically difficult-to-reconstruct" Tau Finder, pushing both Veto and Tagging performances to their absolute limits.

True Tau Number and Taufinder result



赤 : True Tau Number
青 : tau finder result

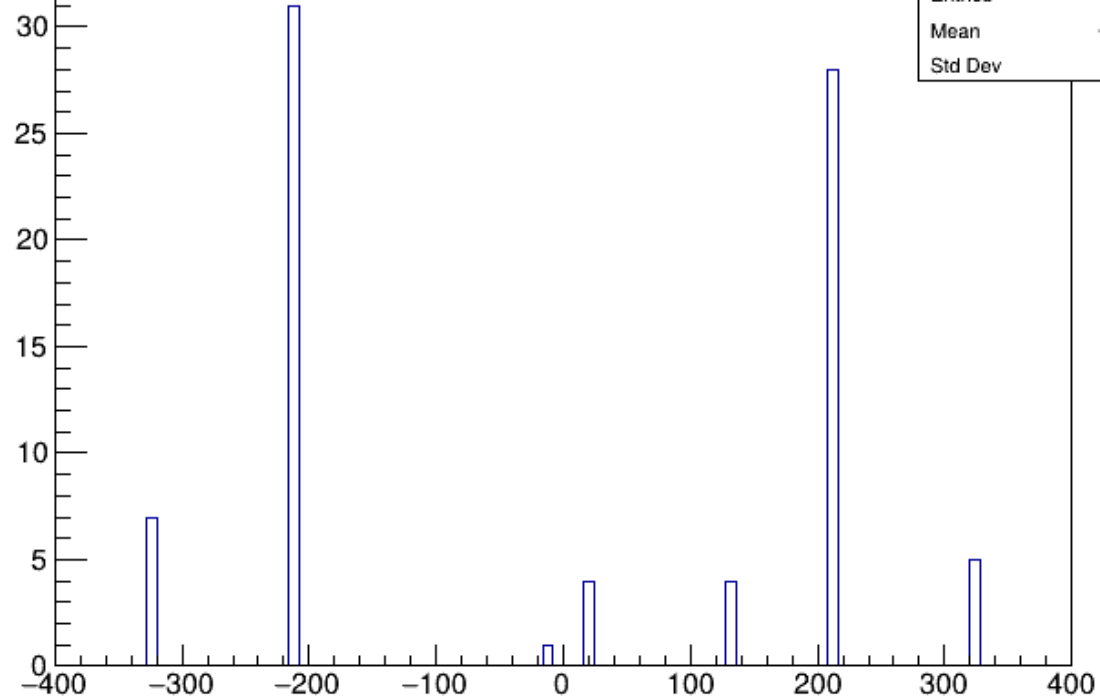
Looking at the actual number of tau events, there are very few events where tau actually occurs. However, about half of the events detected by tau finder are actually such occurrences.

Taufinder Result's PDG Code (4f_zznunu_semileptonic)

Number of
Event

tau_true_pdg

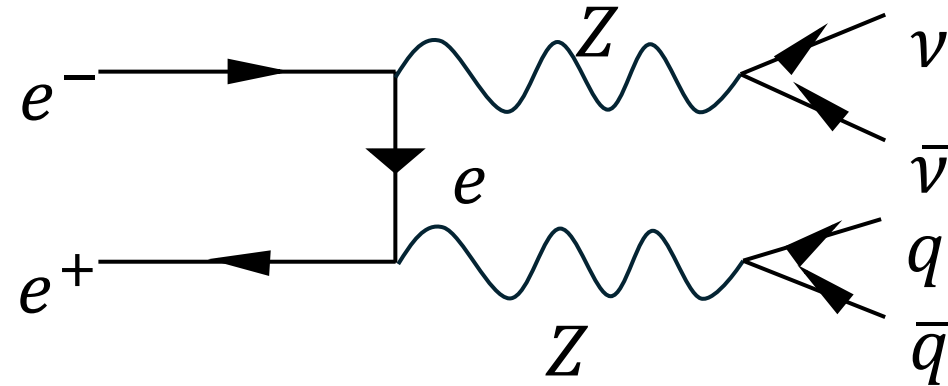
h1	
Entries	85
Mean	-8.475
Std Dev	221.6



-11:陽電子(Positron)
22:光子(Photon)
± 211: π 中間子(Pion)
± 321: K中間子(Kion)
2212:陽子(Proton)
-3112:シグママイナス(Sigma minus)
1.000e+09:原子核の破片? (Fragment of an atomic nucleus?)

Hard process of 4f_zznunu_semileptonic

```
*****  
* Row * Instance * event_pri *  
*****  
* 0 * 0 * 11 *  
* 0 * 1 * -11 *  
* 0 * 2 * 11 *  
* 0 * 3 * -11 *  
* 0 * 4 * 11 *  
* 0 * 5 * -11 *  
* 0 * 6 * 22 *  
* 0 * 7 * 22 *  
* 0 * 8 * -14 *  
* 0 * 9 * 14 *  
* 0 * 10 * -5 *  
* 0 * 11 * 5 *  
* 0 * 12 * 94 *  
* 0 * 13 * -14 *  
* 0 * 14 * 14 *  
* 0 * 15 * -5 *  
* 0 * 16 * 5 *  
* 0 * 17 * -5 *  
* 0 * 18 * 21 *  
* 0 * 19 * -5 *
```



True tau parent PDG (4f_zznunu_semileptonic)

- ± 521 : B^\pm meson

Zボソンから生まれたボトムクォーク(b)は、周りの真空から軽いクォークを拾ってきて、B中間子という重い粒子のかたまりになる。B中間子は不安定で、約1ピコ秒後に別の粒子に崩壊(弱い相互作用)するとき、約2.5%の確率で τ と ν_τ を吐き出す

$$Z \rightarrow b\bar{b} \rightarrow B^\pm(521) \rightarrow \text{何らかの粒子} + \tau^\pm + \nu_\tau$$

- 431: D_s^+ meson

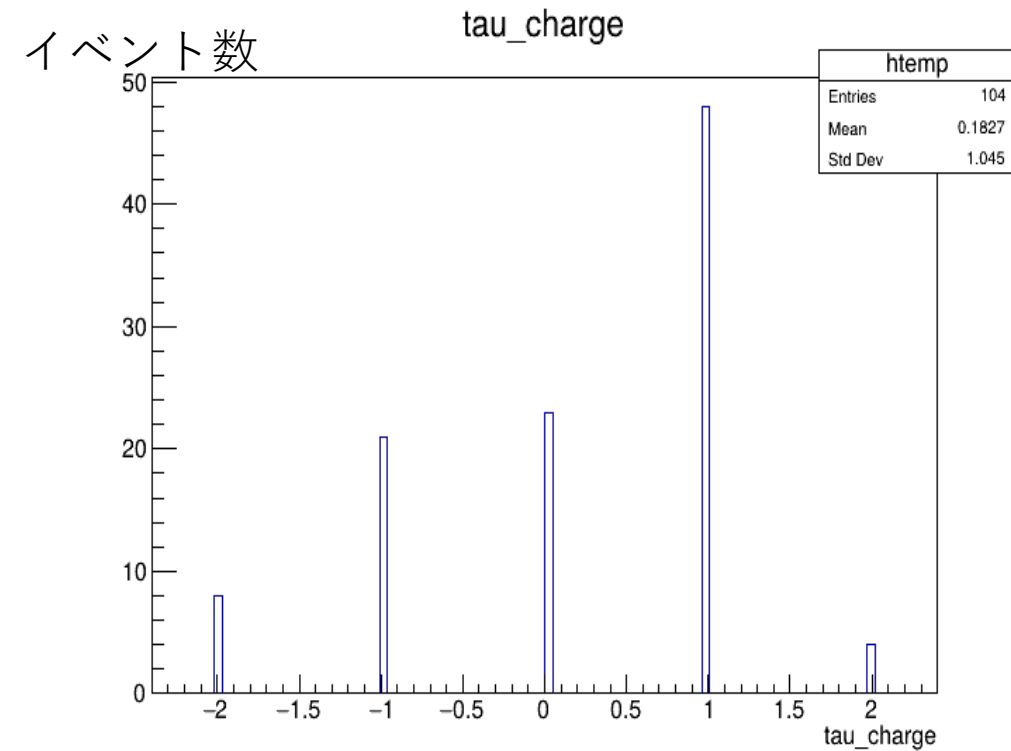
Zボソンからチャームクォーク(c)が生まれた場合、あるいはB中間子が崩壊した過程で D_s^+ 中間子という、チャームクォークと反ストレンジクォークが合体した粒子が出来ることがある。

この D_s^+ 中間子は、約5.5%という確率で、直接 τ^+ と ν_τ に順レプトン崩壊して消滅する。

$$Z \rightarrow c\bar{c} \rightarrow D_s^+(431) \rightarrow \tau^+ + \nu_\tau$$

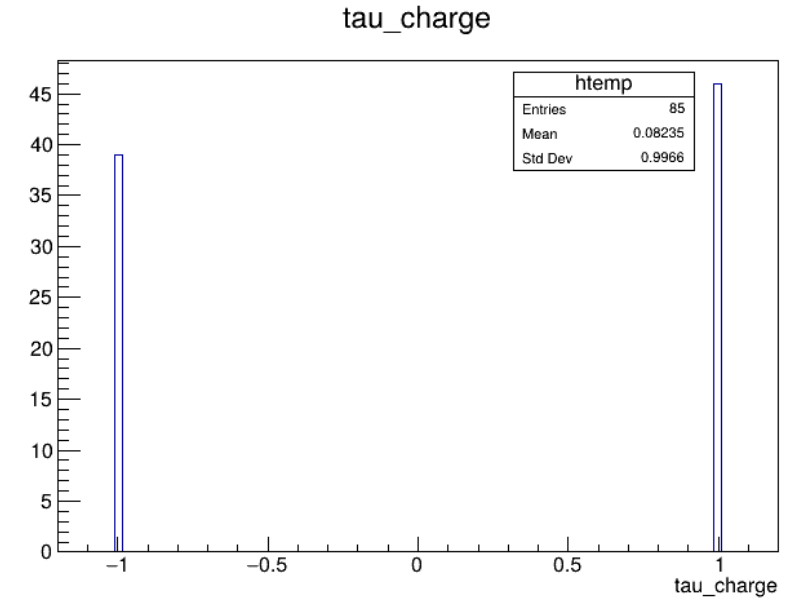
4f_zznunu_semileptonicで 見つけられたものの電荷

菅原先輩



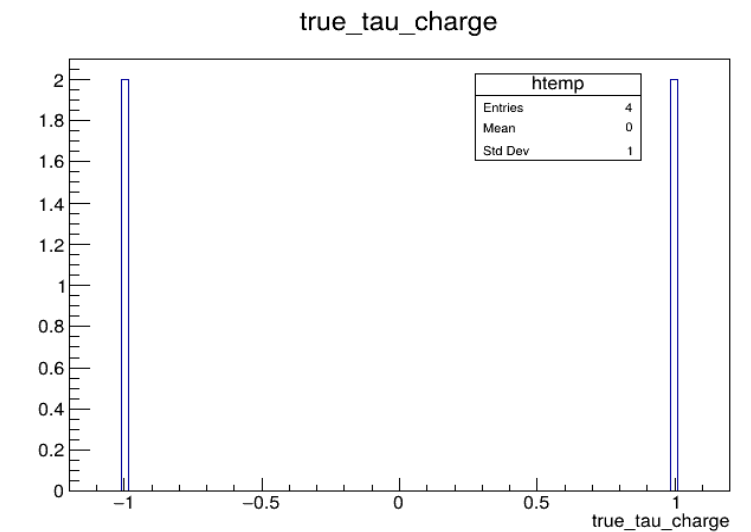
末原先生

イベント数



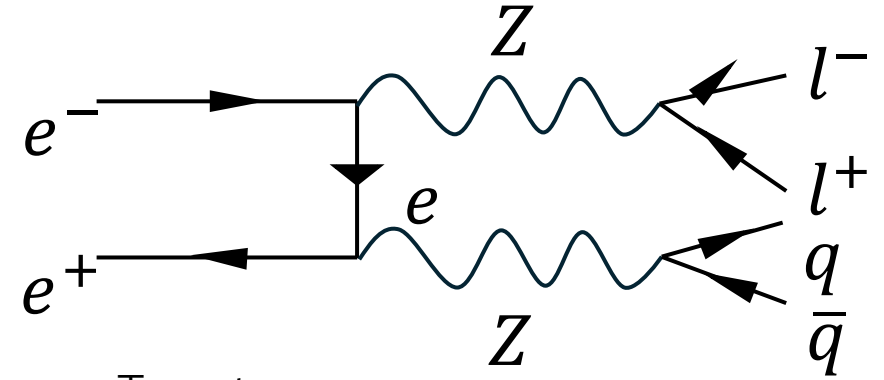
本物

イベント数

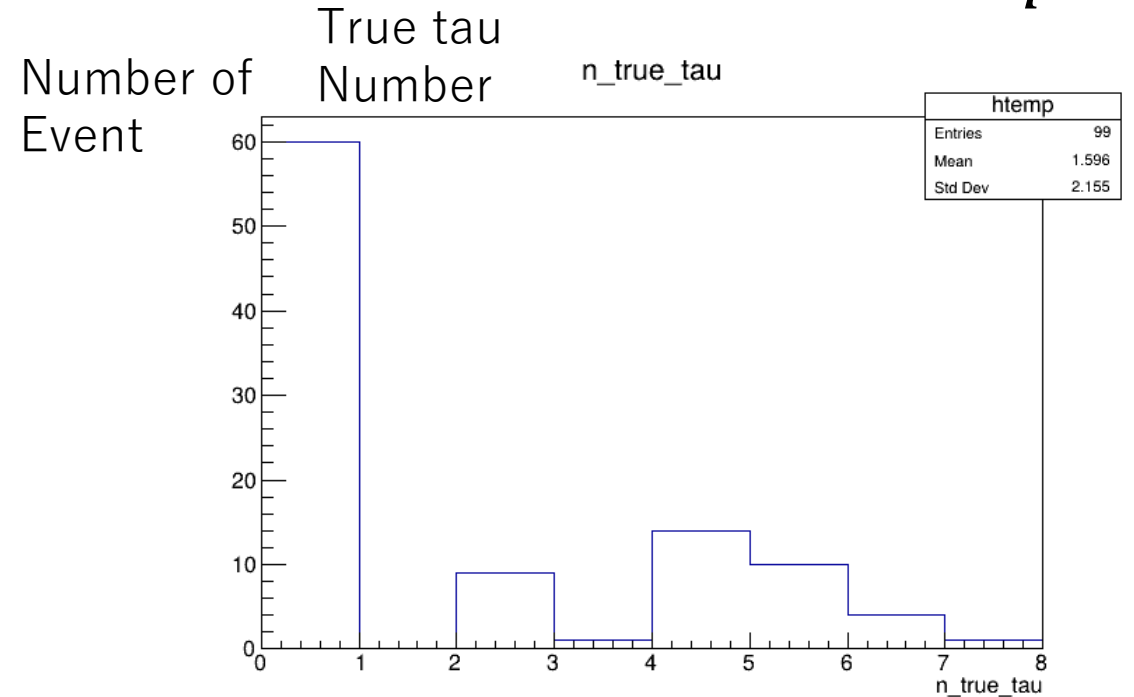
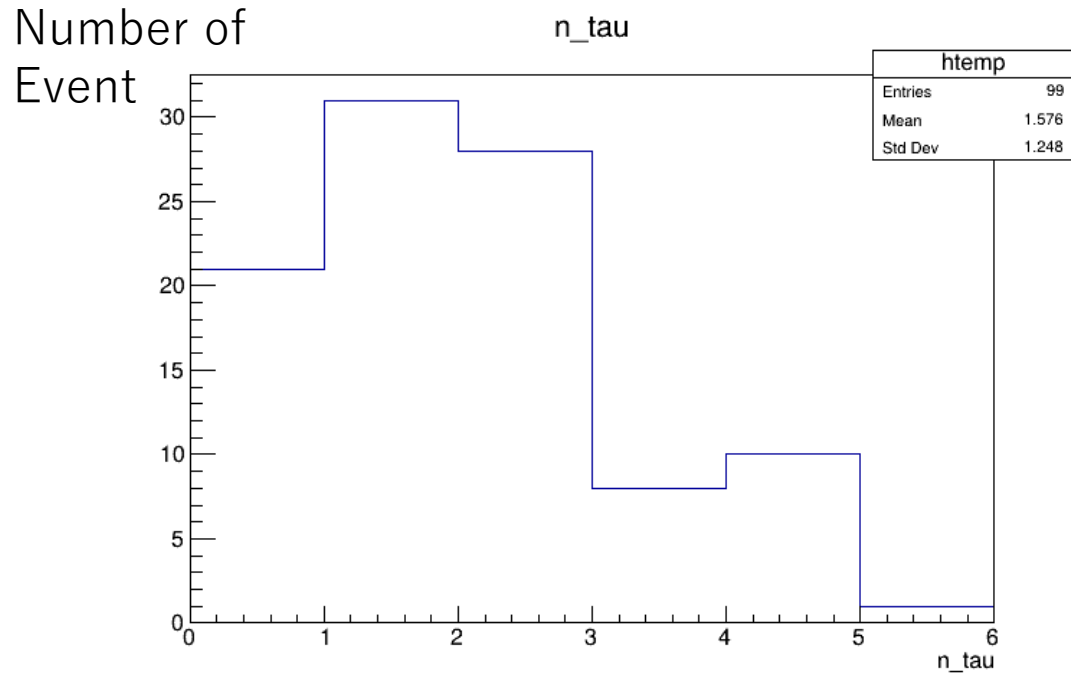


Fake tau の傾向

Taufinder was applied to 4f_ZZ_semileptonic



Result of Taufinder

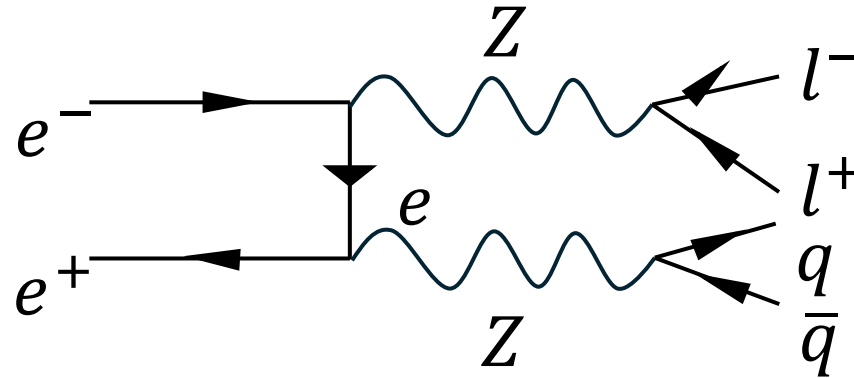


True tau parent PDG (4f_ZZ_semileptonic)

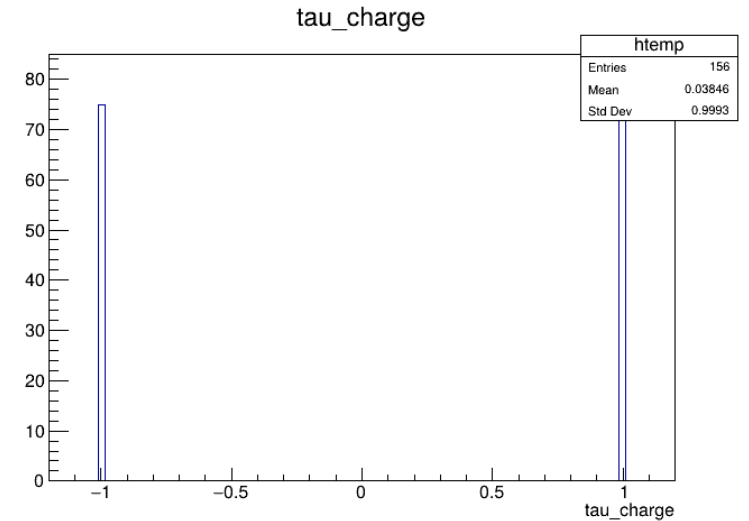
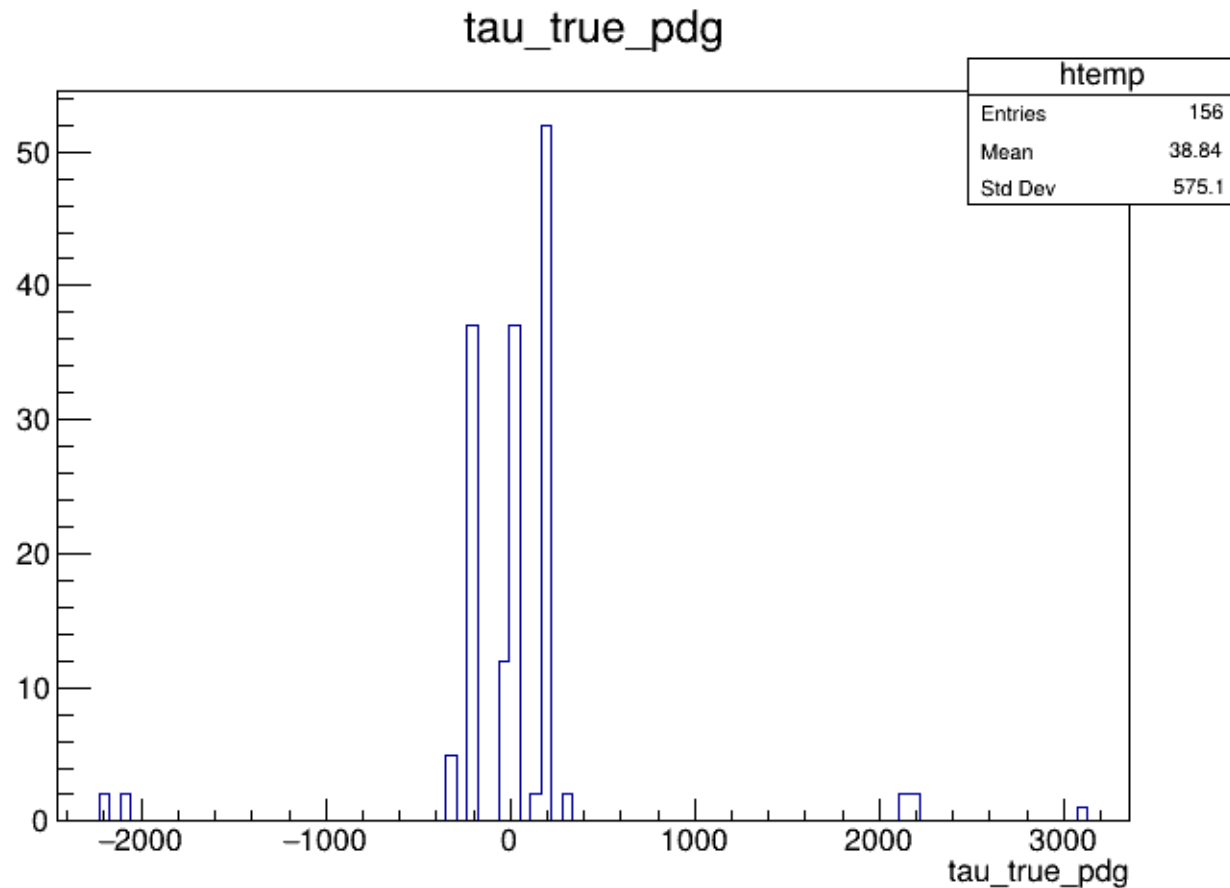
- 11 e^- 23 Zboson
電子と陽電子が正面衝突して（あるいはZボソンを経由して）、直接タウのペアが生まれたという大元の反応($e^+e^- \rightarrow Z \rightarrow \tau^+\tau^-$)を表す。第一世代の純正なタウ
- ± 15 tau
シミュレーションソフト (Whizard/Pythia) の記録のクセ。本物のタウが飛んでいる途中で、光子 (γ) を少し放出 (制動放射: FSR) してエネルギーが減ったとします。するとシミュレーションは、光子を出す前の古いタウを親として、光子を出した後の新しいタウを子どもとして新しく配列に記録する。つまり、同一人物の0.0001秒後の姿が記録されているだけなので、これも立派な本物のタウ。
- 94 ジェネレーターの計算の跡
シミュレーションソフトが計算の途中で使うストリング (ひも) / クラスターと呼ばれる架空の状態のID
- 521 B^+ meson -511 B^0 meson
ILCのシミュレーションデータには、現実に即したノイズ (ビームストラリングによる $\gamma\gamma \rightarrow hadrons$) が、すべてのイベントに最初から重ね掛け (オーバーレイ) されている。つまり、メインの電子・陽電子が綺麗にタウを作っているすぐ横で、ビームの周りを漂っている光子 (γ) 同士が勝手にぶつかって、クォーク (ノイズ) をパラパラと撒き散らしている。そのノイズから偶然B中間子が生まれ、さらにそこからタウが生まれたという、超リアルな検出器環境の証拠がここに現れている。

Hard process of 4f_ZZ_semileptonic

```
*****  
* Row * Instance * event_pri *  
*****  
* 0 * 0 * 11 *  
* 0 * 1 * -11 *  
* 0 * 2 * 11 *  
* 0 * 3 * -11 *  
* 0 * 4 * 11 *  
* 0 * 5 * -11 *  
* 0 * 6 * 22 *  
* 0 * 7 * 22 *  
* 0 * 8 * 23 *  
* 0 * 9 * -13 *  
* 0 * 10 * 13 *  
* 0 * 11 * -5 *  
* 0 * 12 * 5 *  
* 0 * 13 * -5 *  
* 0 * 14 * 5 *  
* 0 * 15 * 94 *  
* 0 * 16 * -13 *  
* 0 * 17 * 13 *  
* 0 * 18 * 13 *  
* 0 * 19 * 22 *
```



4f_ZZ_semileptonicのpdgcode



- 11:電子
- 11:陽電子
- 13:ミューオン
- 22:光子
- 130:中性K中間子 K_L^0
- ± 211 : π 中間子
- ± 321 :K中間子
- 2212:陽子
- 2112:中性子
- 3112:シグマバリオン Σ^-

Fake tau の傾向①(4f_ZZ_semileptonic)

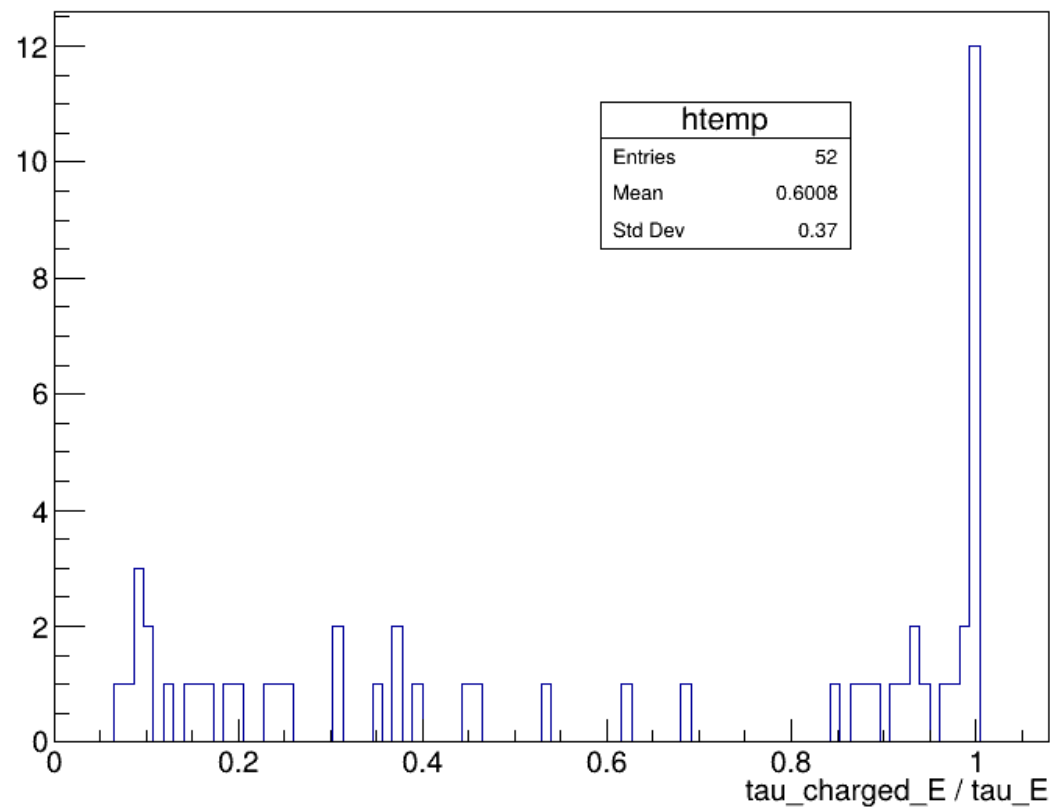
PFA (Particle Flow Algorithm) ベースのタウファインダーにおいて、真のPDG IDが光子 (22) で再構成される背景事象の主要因は、検出器物質での光子変換 (Photon Conversion: $\gamma \rightarrow e^+e^-$) に起因する誤結合 (Mis-clustering)

衝突点から離れた構造物の物質との相互作用により生成された二次的な電子・陽電子軌跡を、タウファインダーがハドロン崩壊 (1-prong) を基準化するシード軌跡 (起点トラック) として誤認している。

特にRow 18やRow 78は、tau_linked_true_E がほぼ 0 GeV であり、完全にノイズレベルの飛跡を拾って巨大な塊 (42 GeVや53 GeV) を作ってしまっている

Row 3 (Inst 1): tau_charg = 1, tau_true = 22 (光子)
Row 4 (Inst 1): tau_charg = -1, tau_true = 22
Row 18: tau_charg = -1, tau_true = 22
Row 53: tau_charg = 1, tau_true = 22
Row 78: tau_charg = 1, tau_true = 22
Row 91: tau_charg = 1, tau_true = 22

tau_charged_E / tau_E {tau_true_pdg == 211}



Fake tau の傾向②(4f_ZZ_semileptonic)

電子 (11, -11) やミューオン (13, -13) の混入

タウはレプトンなので、他の軽いレプトン（電子やミューオン）と見た目が非常に似ている。タウファインダーは孤立したレプトンをタウとして誤認しやすいという弱点を持っている。

ただし、Row 14 (39 GeV vs 39 GeV) や Row 17 (9.9 GeV vs 9.9 GeV) のように、エネルギーが一致しているものはタウファインダーが電子やミューオンをタウと見間違えたという純粋な識別ミス

一方、Row 60 (12 GeV vs 2.3 GeV) のようにエネルギーがズレているものは、電子やミューオンを芯にした巻き込み事故

Fake tau の傾向③(4f_ZZ_semileptonic)

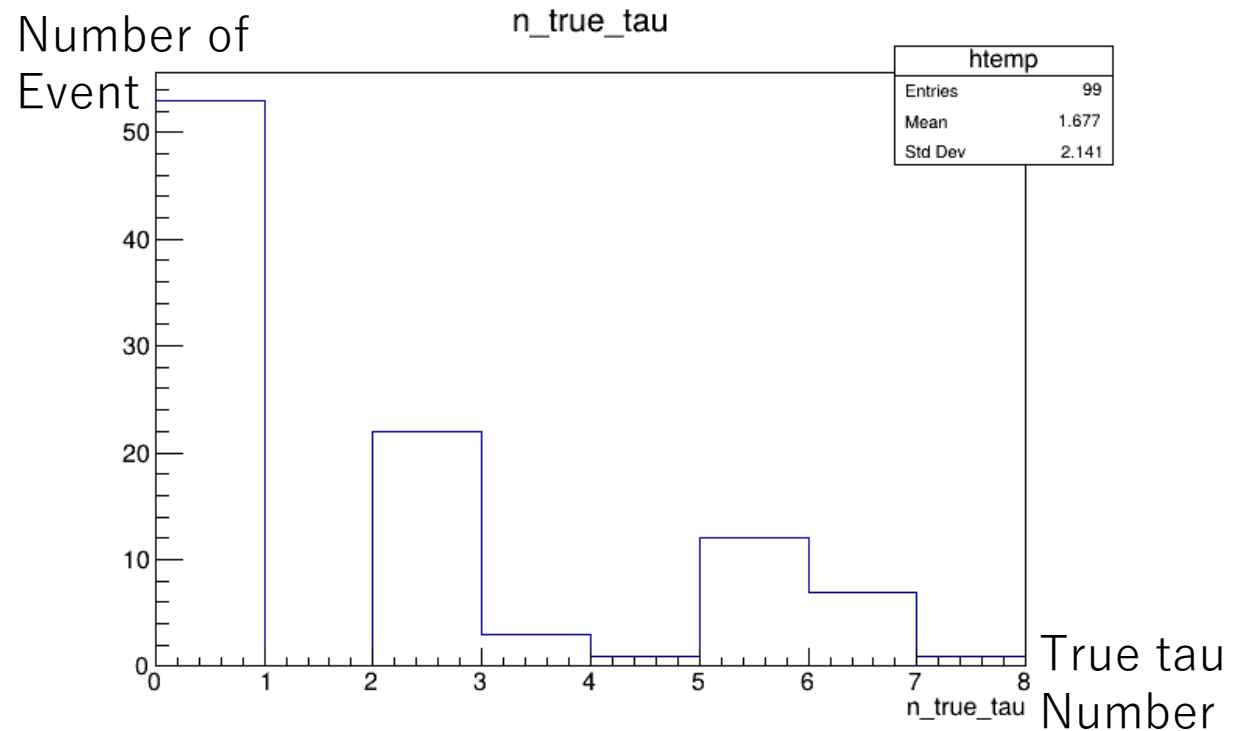
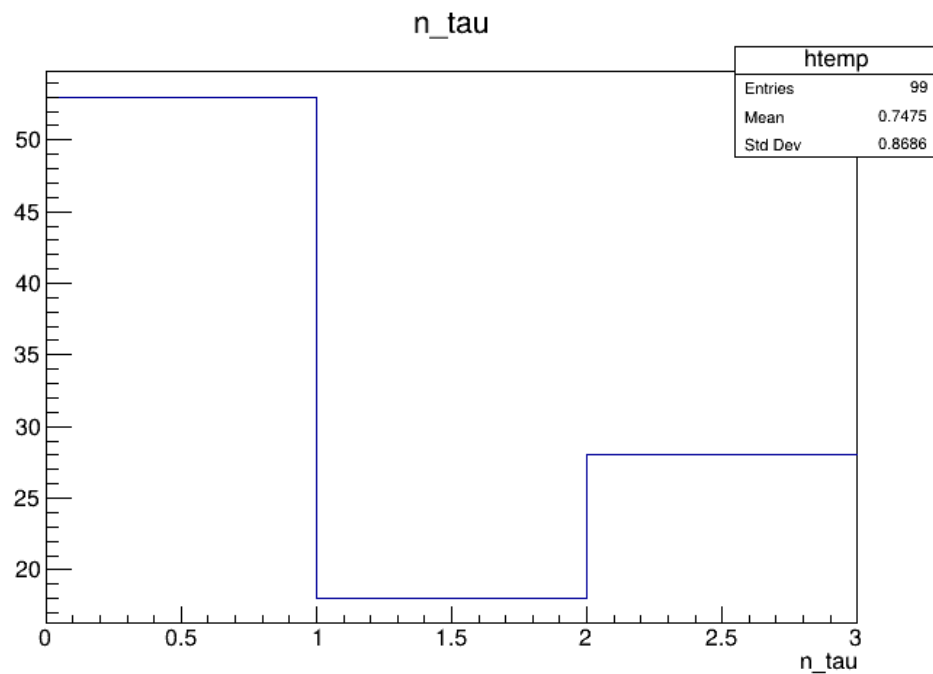
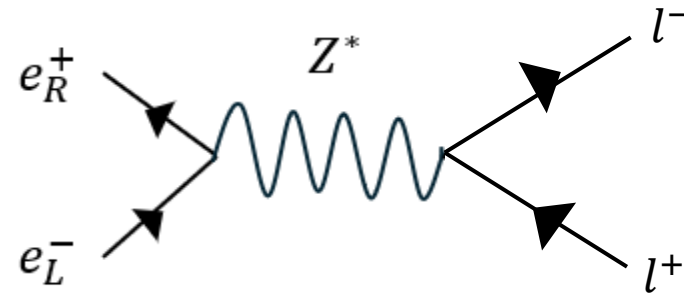
陽子 (2212) やK中間子 (321) の混入

ジェット (クォークの破片) の中には、パイ中間子 (211) だけでなく、陽子やK中間子も含まれる。これらも荷電粒子であるため、タウファインダーの網に引っかかってしまう。

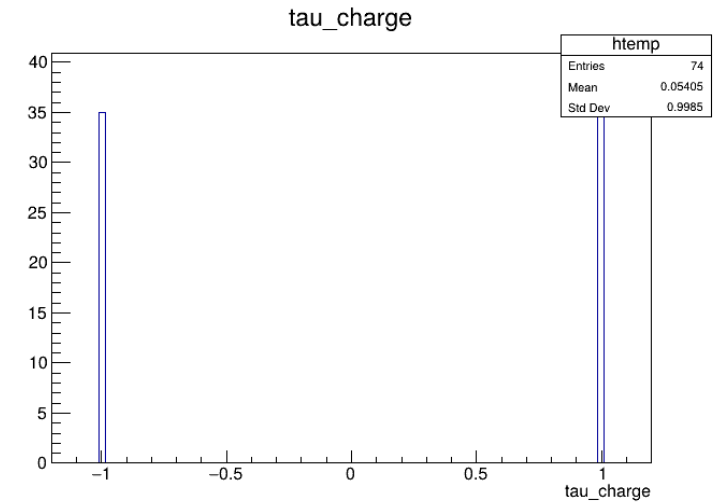
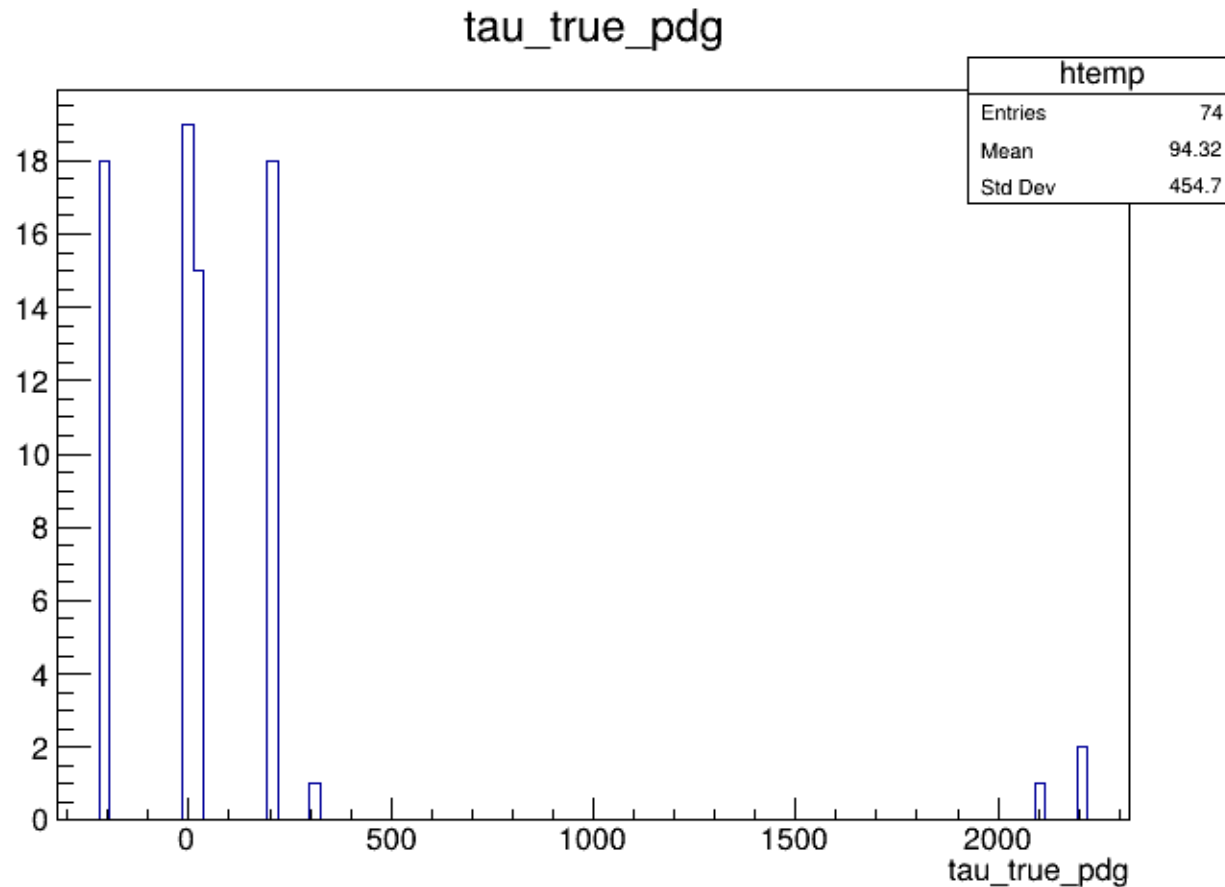
Fake tau の傾向から導き出されるTau Vetoの強化策

- エネルギー比率カット（巻き込み事故対策）
 $\tau_{\text{linked_true_E}} / \tau_{\text{E}}$ （実際の解析では、Recoレベルで測定できる「一番エネルギーの高いトラックのエネルギー / タウ全体のエネルギー」）に下限を設ける。これにより、Row 18（光子変換）やRow 48（極端な巻き込み）のようなものを一掃できます。
- 粒子識別（PID）情報の活用（レプトン誤認対策）
タウファインダーが捕まえた塊の芯となっているトラックが、電子（11）やミュオン（13）の特徴を強く持っている場合は、タウ候補から外す（Vetoしない）という処理を追加する。（すでにMarlinのプロセッサでLeptonIDなどを走らせている場合は、その情報を組み合わせます）。
- トラックの分離度（Isolation）の確認
タウは非常に細いジェットになる。周囲に他の粒子（特に中性粒子）が多すぎる場合はただのクォークジェットだと判定してタウ候補から外す。

Taufinder was applied to
2f_leptonic_eL_pR



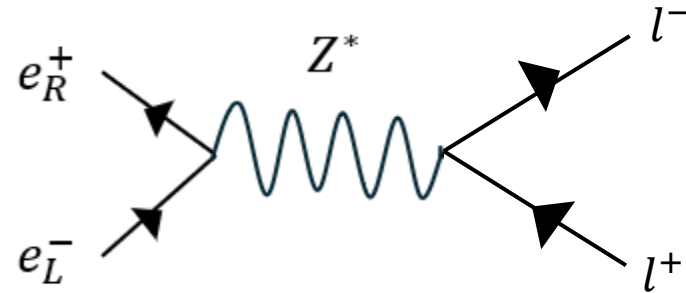
Taufinder Result's PDG code (2f_leptonic_eL_pR)



11:電子(Electron)
-11:陽電子(Positron)
13:ミューオン(Muon)
22:光子(Photon)
± 211:π 中間子(π meson)
± 321:K中間子(K meson)
2212:陽子(Proton)
2112:中性子(Neutron)

Hard process of 2f_leptonic_eL_pR

```
*****  
* Row * Instance * event_pri *  
*****  
* 0 * 0 * 11 *  
* 0 * 1 * -11 *  
* 0 * 2 * 11 *  
* 0 * 3 * -11 *  
* 0 * 4 * 11 *  
* 0 * 5 * -11 *  
* 0 * 6 * 22 *  
* 0 * 7 * 22 *  
* 0 * 8 * 23 *  
* 0 * 9 * -15 *  
* 0 * 10 * 15 *  
* 0 * 11 * -16 *  
* 0 * 12 * 211 *  
* 0 * 13 * 16 *  
* 0 * 14 * 11 *  
* 0 * 15 * -12 *  
* 0 * 16 * 22 *  
* 0 * 17 * 22 *  
* 0 * 18 * 22 *  
* 0 * 19 * 22 *
```

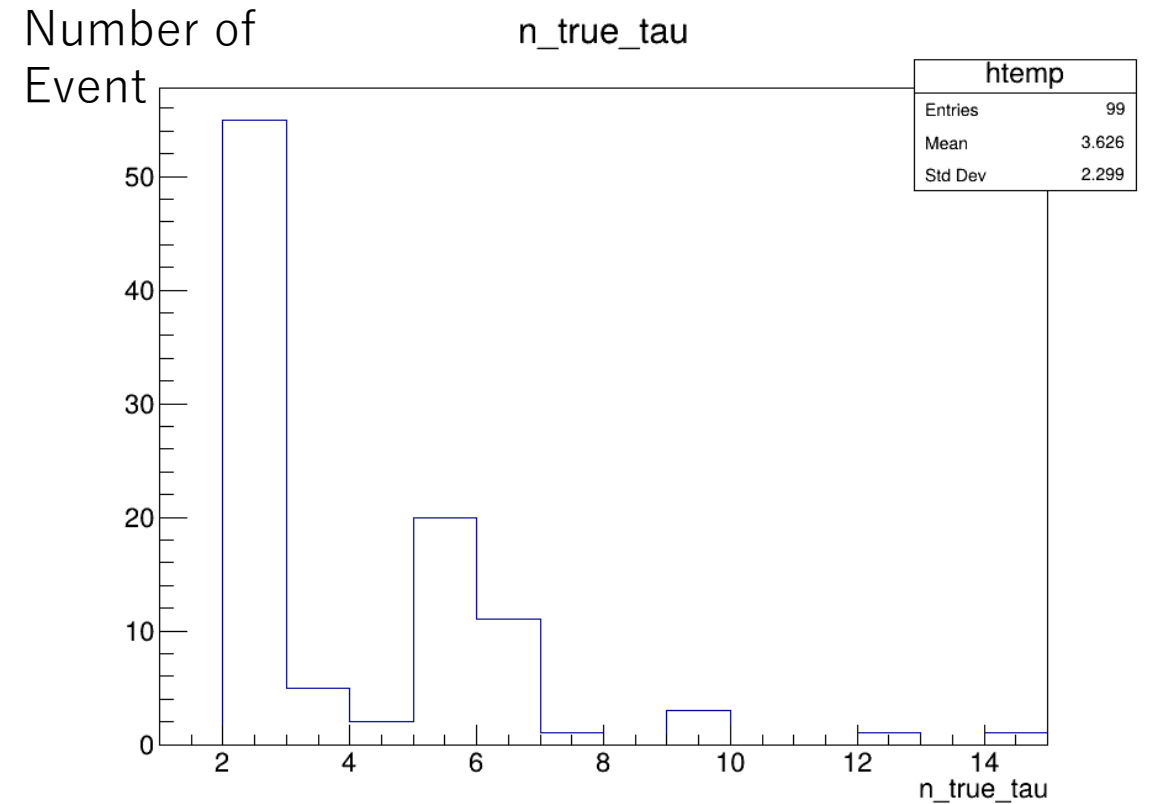
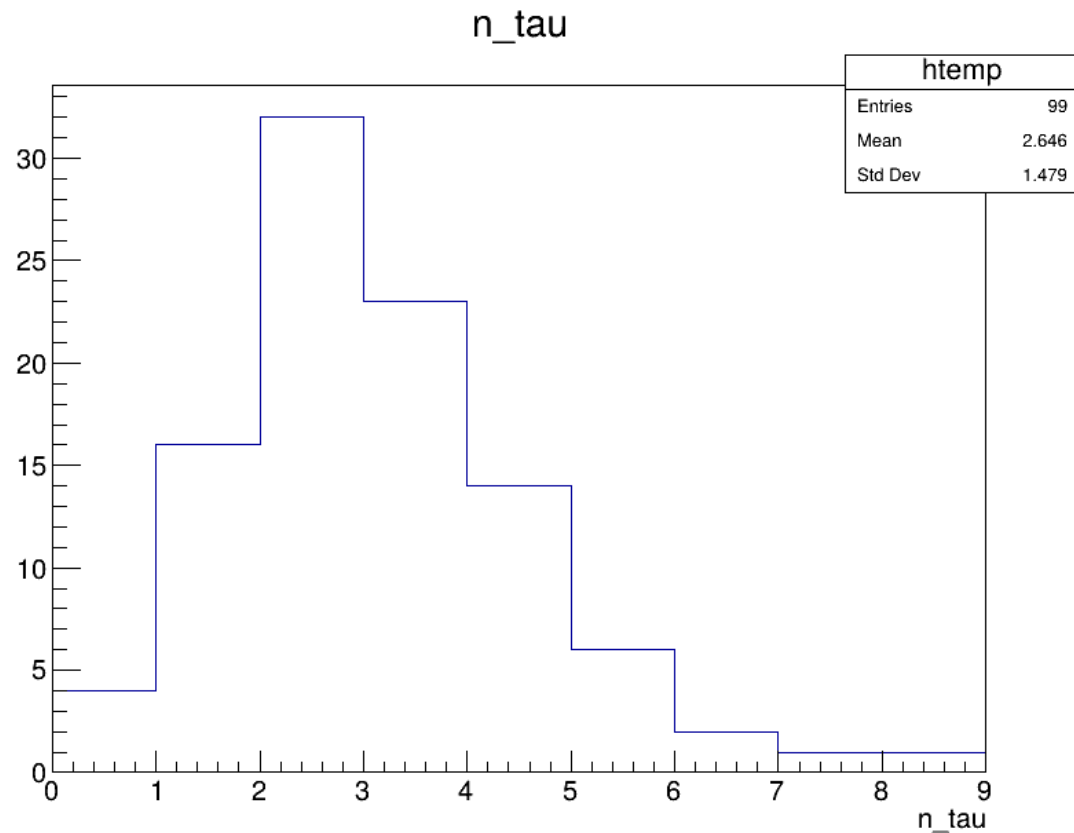
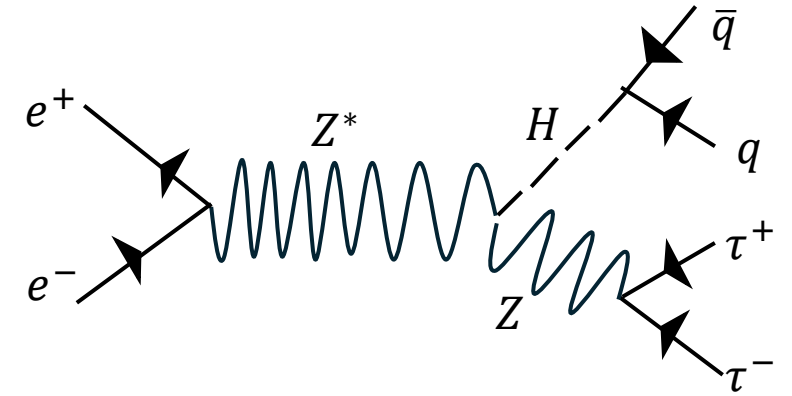


True tau parent PDG (2f_leptonic_eL_pR)

- 11 e^- 23 Zboson
電子と陽電子が正面衝突して（あるいはZボソンを経由して）、直
接タウのペアが生まれたという大元の反応($e^+e^- \rightarrow Z \rightarrow \tau^+\tau^-$)を表す。
第一世代の純正なタウ
- ± 15 tau
シミュレーションソフト（Whizard/Pythia）の記録のクセ。本物の
タウが飛んでいる途中で、光子 (γ) を少し放出（制動放射：FSR）
してエネルギーが減ったとします。するとシミュレーションは、光
子を出す前の古いタウを親として、光子を出した後の新しいタウを
子どもとして新しく配列に記録する。つまり、同一人物の0.0001秒
後の姿が記録されているだけなので、これも立派な本物のタウ。
- 94 ジェネレーターの計算の跡
シミュレーションソフトが計算の途中で使うストリング（ひも） /
クラスタと呼ばれる架空の状態のID

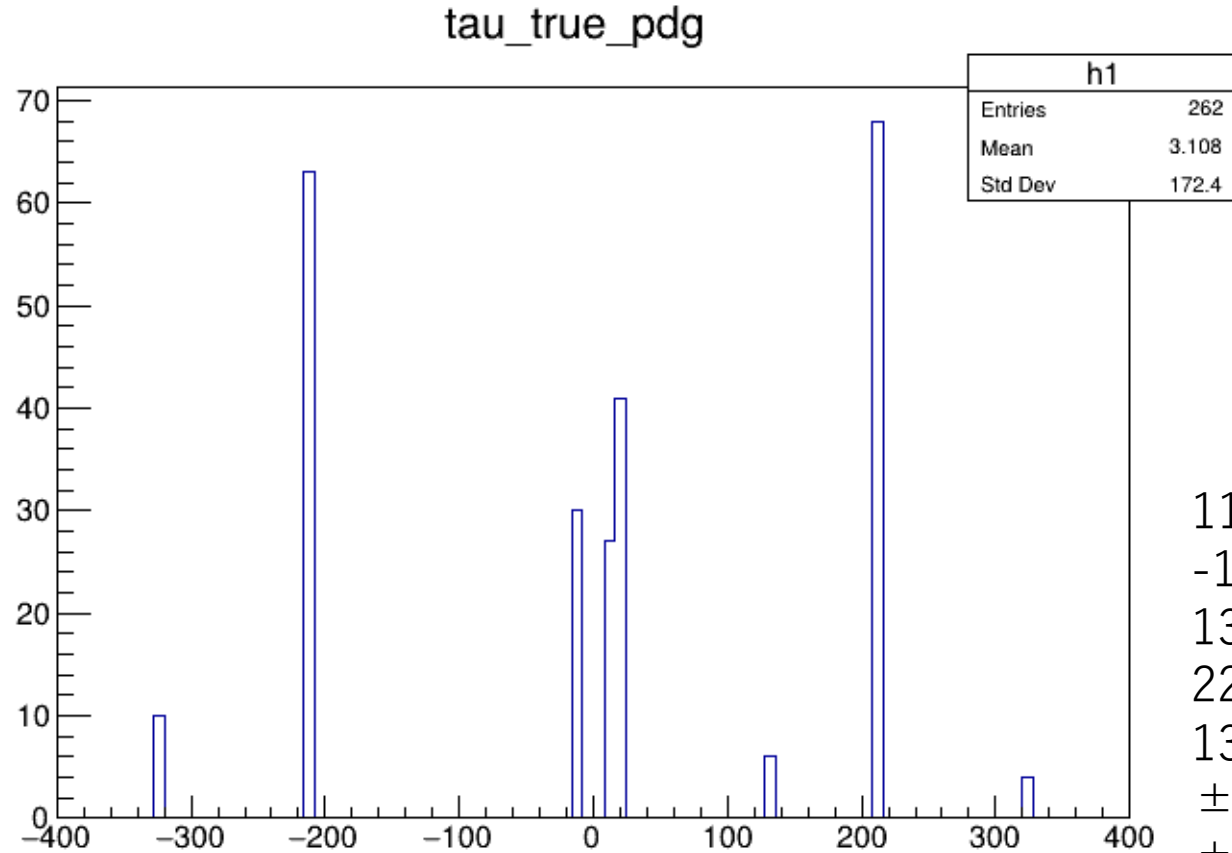
Fake tau の傾向

Higgs_tauchannel



True tau
Number

Taufinder Result's PDG Code Higgs_tauchannel



11:電子(Electron)
-11:陽電子(Positron)
13:ミューオン(Muon)
22:光子(Photon)
130:中性K中間子 K_L^0
 ± 211 : π 中間子(π meson)
 ± 321 :K中間子(K meson)
2212:陽子(Proton)
2112:中性子(Neutron)

Fake tauの傾向

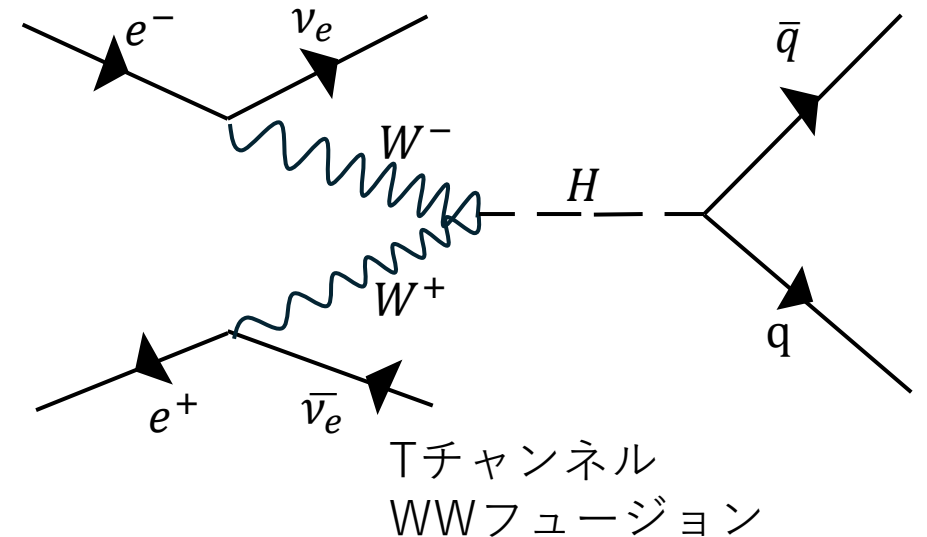
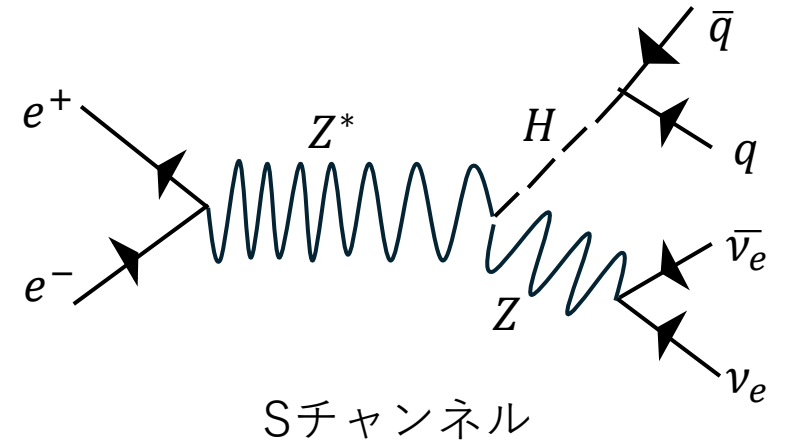
1stgeneration_higgs_neutrino

sチャンネルとtチャンネルは、
はじめ(e^+e^-)とおわり($\nu_e\bar{\nu}_e H$)
が同じで、

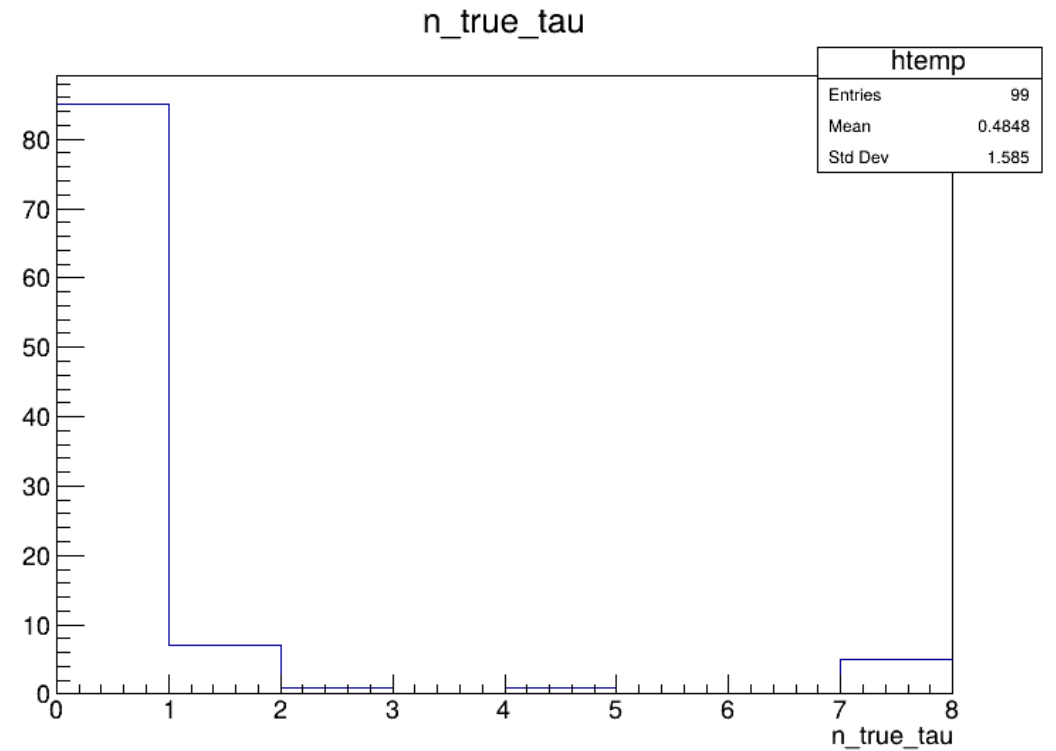
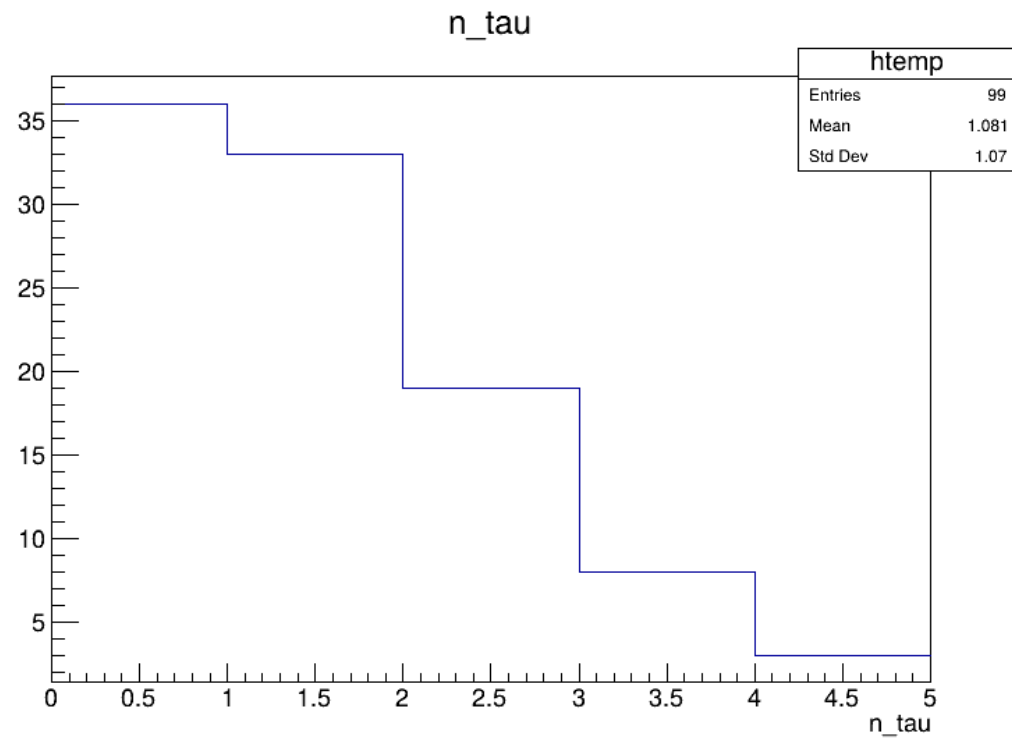
交換粒子は考慮せず

衝突点から $\nu_e\bar{\nu}_e H$ が出ているように
見える

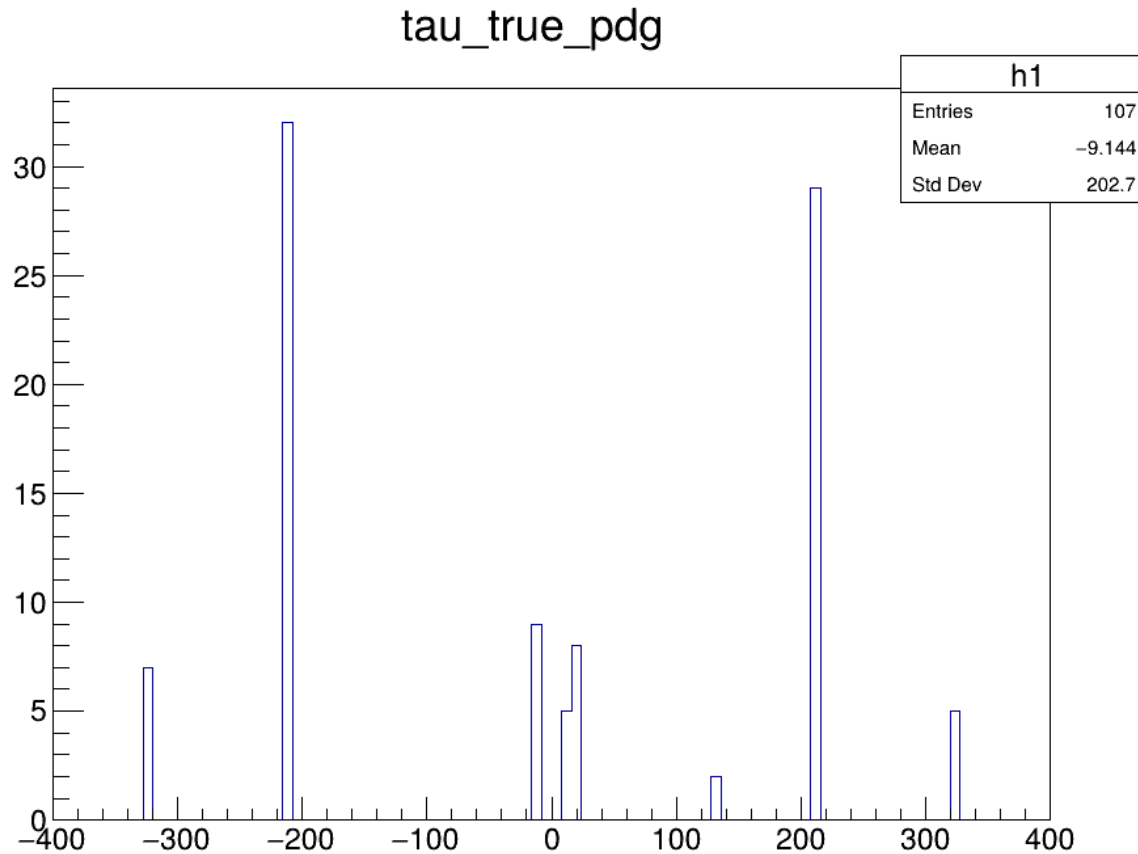
```
*****
* Row * Instance * event_pri *
*****
* 0 * 0 * 11 *
* 0 * 1 * -11 *
* 0 * 2 * 11 *
* 0 * 3 * -11 *
* 0 * 4 * 11 *
* 0 * 5 * -11 *
* 0 * 6 * 22 *
* 0 * 7 * 22 *
* 0 * 8 * 12 *
* 0 * 9 * -12 *
* 0 * 10 * 25 *
```



Result of Taufinder and TrueTau



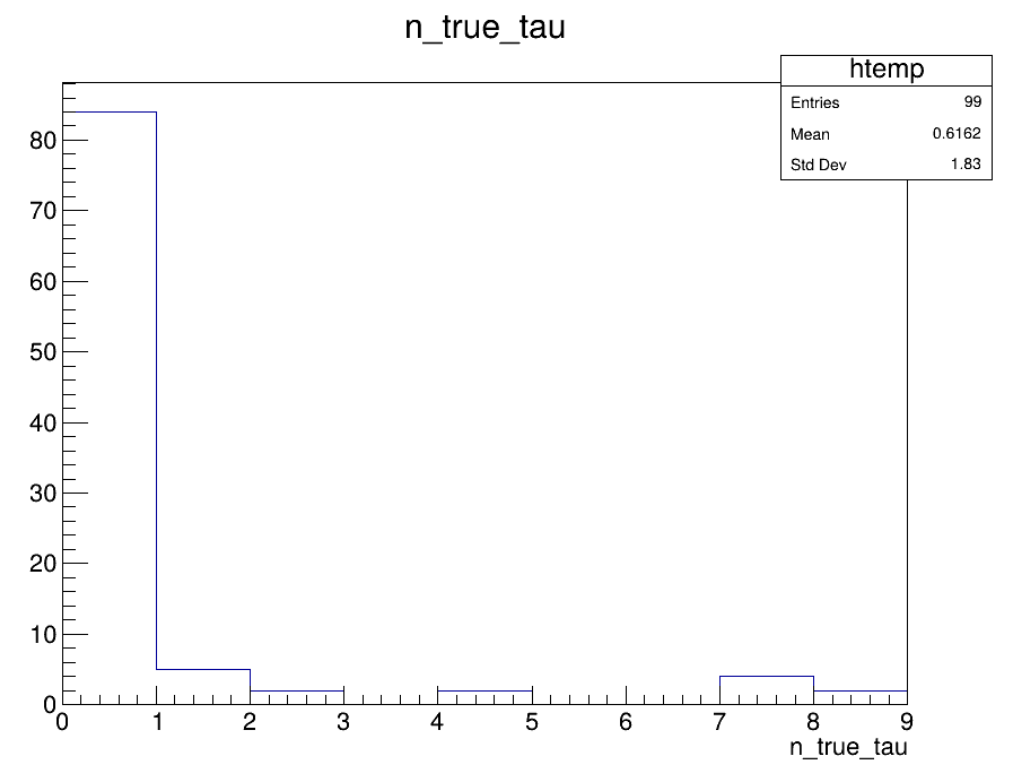
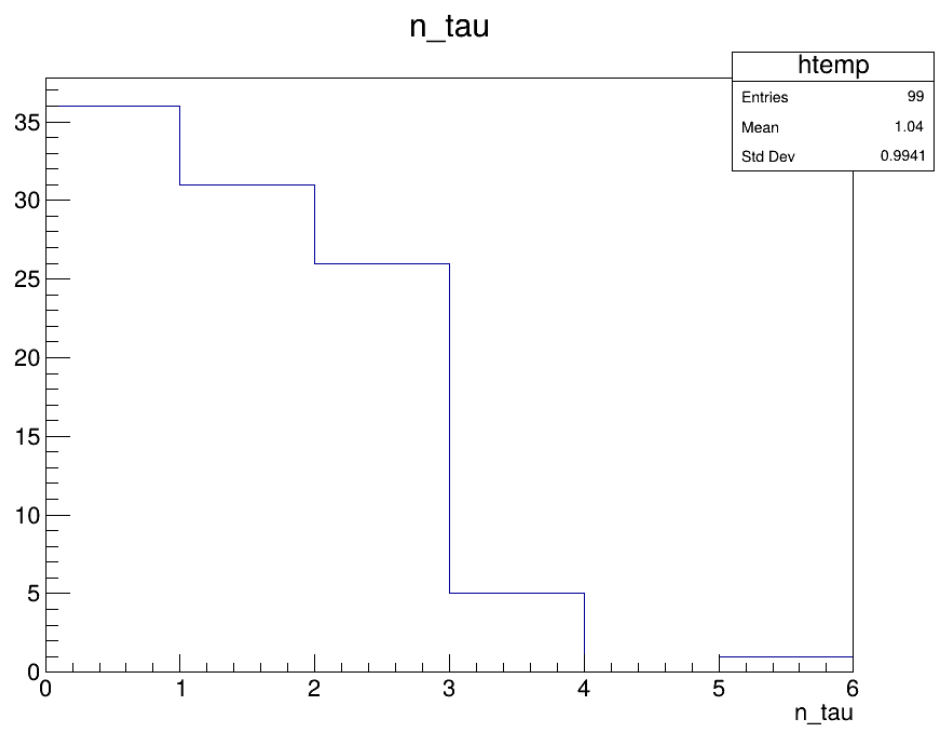
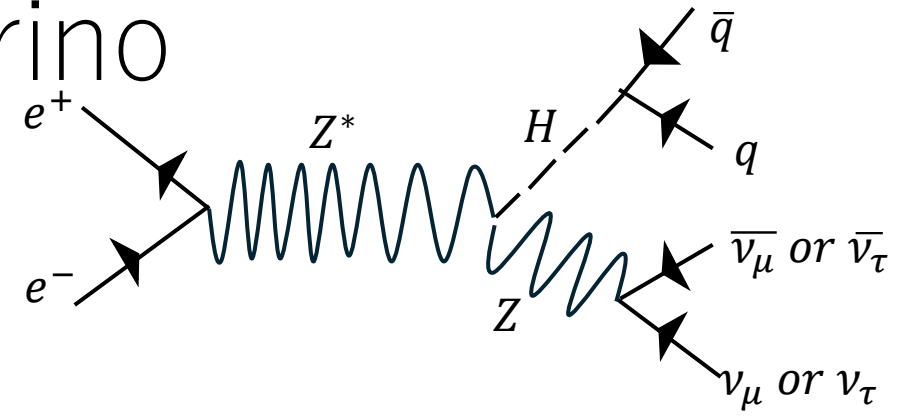
Taufinder Result's PDG Code 1stgeneration_higgs_neutrino



- 11:電子(Electron)
- 11:陽電子(Positron)
- 13:ミューオン(Muon)
- 22:光子(Photon)
- 130:中性K中間子 K_L^0
- ± 211 : π 中間子(π meson)
- ± 321 :K中間子(K meson)
- 2212:陽子(Proton)
- 2112:中性子(Neutron)

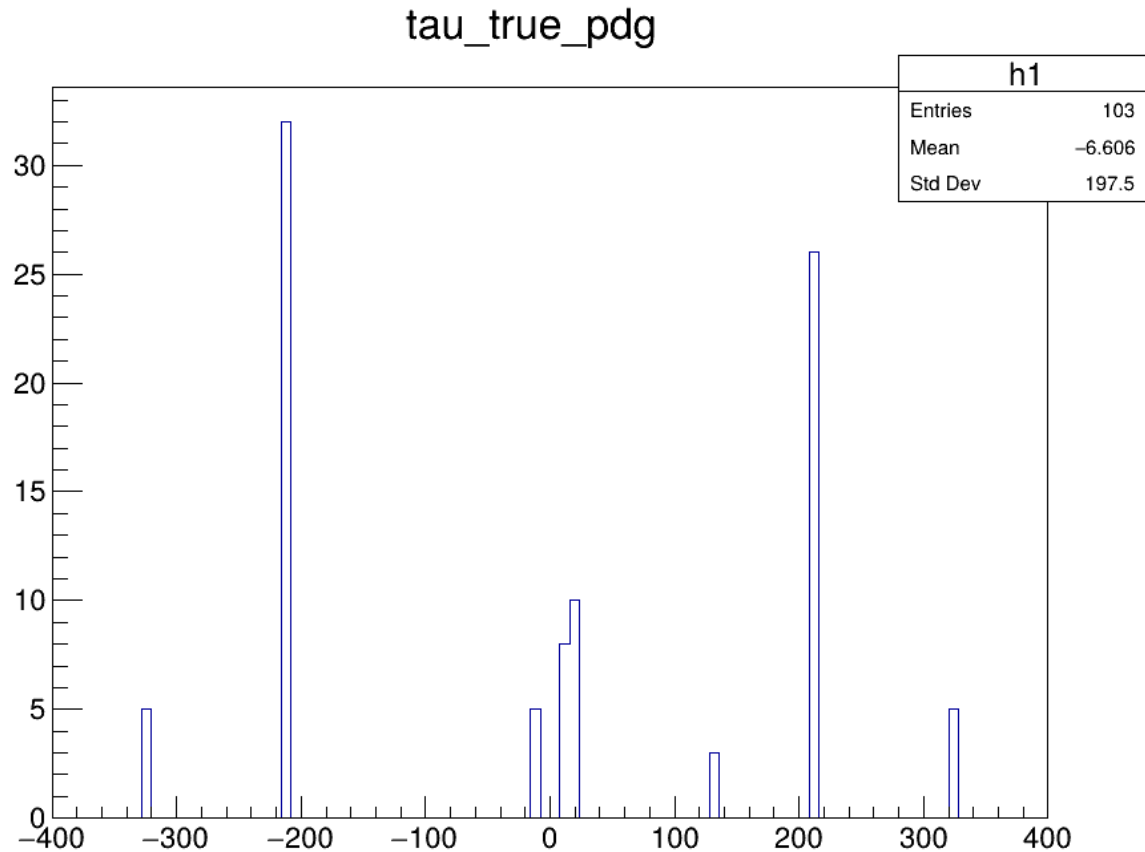
Fake tauの傾向

2nd3rd generation_higgs_neutrino



Taufinder Result's PDG Code

2nd3rdgeneration_higgs_neutrino



11:電子(Electron)
-11:陽電子(Positron)
13:ミューオン(Muon)
22:光子(Photon)
130:中性K中間子 K_L^0
 ± 211 : π 中間子(π meson)
 ± 321 :K中間子(K meson)
2212:陽子(Proton)
2112:中性子(Neutron)

Fake tauの傾向

Future plans

1. 同じようにfake tau傾向などを確かめてみる
2. Let's try changing the Taufinder parameters and see what happens.

Back Up

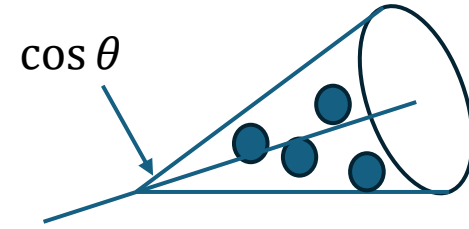
芯 言い換えるなら

- シード軌跡 (Seed track)
アルゴリズムがここからタウの塊を作り始めようと基準にした最初の飛跡 (トラック) のこと
- リーディング・トラック (Leading track)
そのジェット (塊) の中で、一番運動量 (エネルギー) が高い主役の飛跡のこと
- 主要荷電軌跡 (Primary charged track)
タウのハドロン崩壊 (1-prong) を特徴づける、ただ1本の荷電粒子の飛跡のこと

MC ~ モンテカルロ

- コンピューターは、確率の数式に従って「サイコロ」を振り、仮想空間の中で「もしこんな衝突が起きたらどうなるか」を1イベントずつ作り出す。このサイコロを使った仮想実験のことを「モンテカルロ・シミュレーション」と呼ぶ。
- mcp (MCParticle)
- これは Monte Carlo Particle の略。「モンテカルロ・シミュレーション (サイコロ) によって生み出された、仮想の素粒子」という意味。
- MC Truth (モンテカルロ・トゥルース)
- コンピューター自身がサイコロを振って作ったので、コンピューターは「この粒子は絶対 π^+ だ」「エネルギーは絶対に 50.0 GeV だ」という100%の正解 (真実 = Truth) を知っています

TauFinder①: Tauらしきものを捕まえるプロセッサ



条件

- 角度の制限 (コサインを用いたクラスタリング)
粒子間の成す角のコサイン($\cos \theta$)
tauのローレンツブースト(高速度による前方への集中)を評価
アルゴリズムは、最もエネルギーの高い軌跡(シード)に対して、 $\cos \theta > 0.98$ といった円錐の中にいる粒子だけを同じtauから生まれた仲間としてひとまとめ(クラスタリング)する

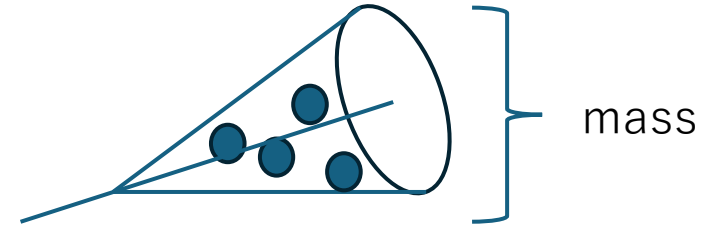
菅原先輩

```
<parameter name="cosT_cut" type="float">0.99 </parameter>  
<!--Outer isolation cone around search cone of tau jet in rad (relativ to cone angle)-->  
<parameter name="isolationConeAngle" type="float">0.02 </parameter>  
<!--Opening angle of the search cone for tau jet in rad-->  
<parameter name="searchConeAngle" type="float">0.05 </parameter>
```

末原先生

```
<parameter name="ConeMaxCosAngle" type="double">1 </parameter>  
<parameter name="ConeMaxEnergyFrac" type="double">0.1 </parameter>  
<parameter name="ConeMinCosAngle" type="double">0.9 </parameter>  
<parameter name="TauCosAngle" type="double">0.98 </parameter>
```

TauFinder②



条件

- 質量の制限（不変質量の上限カット）
束ねた粒子の不変質量(Invariant Mass; M_{inv})
エネルギー保存則に基づく親粒子の質量上限を表している。崩壊生成物の4元運動量を足し合わせて計算した不変質量は、親であるtauの質量(約1.777GeV)を原則的に超えない。閾値を超える重い束はクォーク由来のジェットとみなして排除する

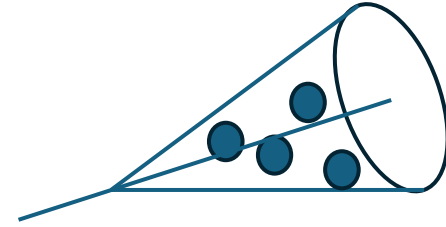
菅原先輩

```
<!--Upper limit on invariant mass of tau candidate-->  
<parameter name="invariant_mass" type="float">2 </parameter>
```

末原先生

```
<parameter name="TauMass" type="double">2 </parameter>
```

TauFinder③



条件

- エネルギー・運動量の制限（シードとジェットの最低要件）
各トラックの最低エネルギー(E_{track})とジェットの総エネルギー(E_{jet})
Zボソンやヒッグスの崩壊など(ハードな物理事象)に由来する本物の信号であることの担保。シードとなる軌跡は1.0GeV以上、束ねた後の総エネルギーは5.0GeV以上などの閾値を設けることで、検出器の電氣的ノイズや、ビーム由来の低エネルギーな背景事象を誤ってタウの芯として拾ってしまうのを防ぐ

末原先生

```
<parameter name="EMaxCalByTrack" type="double">1.1 </parameter>  
<parameter name="EMinCalByTrack" type="double">0.9 </parameter>  
<parameter name="EMinFracEcal" type="double">0.97 </parameter>  
<parameter name="IPCutsMinimumTrackEnergy" type="double">1 </parameter>  
<parameter name="LeptonCutsMinimumTrackEnergy" type="double">5 </parameter>  
<parameter name="MinimumJetEnergy" type="double">5 </parameter>  
<parameter name="MinimumTrackEnergy" type="double">1 </parameter>  
<parameter name="MuMaxCalByTrack" type="double">0.5 </parameter>  
<parameter name="MuMaxFracEcal" type="double">0.5 </parameter>
```

```
<parameter name="TauMass" type="double">2 </parameter>
```

先輩のTauの探し方

- ① 中心を決める (Seed)
ptseed が5 GeV以上の、勢いよく横方向pTに飛んでいる粒子を見つけ、それをタウの芯とする
- ② 内側をかき集める (Search Cone)
芯の周りの狭い角度 (searchConeAngle: 0.05 rad) に円を描き、そこに入った粒子を種類や電荷を問わずすべてタウの候補として足し合わせる
- ③ 外側が静かか確認する (Isolation Cone)
そのすぐ外側にドーナツ状の領域 (isolationConeAngle) を描き、そこに落ちたエネルギーが5 GeV以下 (isolationEnergy) であれば、孤立して飛んでいるからタウだと判定

```
53 <processor name="MyTauFinder" type="TauFinder">
54 <!--TauFinder writes tau candidates as ReconstructedParticles into collection. It runs on a collection of ReconstructedParticles-->
55 <!--Name of the signal output file -->
56 <parameter name="fileName_Signal" type="string">Signal.root </parameter>
57 <!--Collection of PFOs-->
58 <!--parameter name="PFOCollection" type="string" lcioInType="ReconstructedParticle">PandoraPFANewPFOs </parameter-->
59 <parameter name="PFOCollection" type="string" lcioInType="ReconstructedParticle">PandoraPFOs </parameter>
60 <!--Collection of Tau Candidates-->
61 <parameter name="TauRecCollection" type="string" lcioOutType="ReconstructedParticle">TauRec_PFO </parameter>
62 <!--Name of the Tau link to ReconstructedParticle collection-->
63 <parameter name="TauReclinkCollectionName" type="string" lcioOutType="LCRelation">TauReclink_PFO </parameter>
64 <!--Collection of Particles in Rest Group not in Tau Candidates-->
65 <parameter name="TauRecRestCollection" type="string" lcioOutType="ReconstructedParticle">TauRecRest_PFO </parameter>
66 <!--verbosity level of this processor ("DEBUG-4,MESSAGE-4,WARNING-4,ERROR-4,SILENT")-->
67 <!--parameter name="Verbosity" type="string">DEBUG </parameter-->
68 <!--Cut on cost to suppress background-->
69 <parameter name="costCut" type="float">0.99 </parameter>
70 <!--Upper limit on invariant mass of tau candidate-->
71 <parameter name="invariant_mass" type="float">2 </parameter>
72 <!--Outer isolation cone around search cone of tau jet in rad (relativ to cone angle)-->
73 <parameter name="isolationConeAngle" type="float">0.02 </parameter>
74 <!--Energy allowed within isolation cone region-->
75 <parameter name="isolationEnergy" type="float">5 </parameter>
76 <!--Cut on pt to suppress background-->
77 <parameter name="pt_cut" type="float">0.2 </parameter>
78 <!--Minimum transverse momentum of tau seed-->
79 <parameter name="ptseed" type="float">5 </parameter>
80 <!--Opening angle of the search cone for tau jet in rad-->
81 <parameter name="searchConeAngle" type="float">0.05 </parameter>
82 </processor>
```

末原先生の探し方

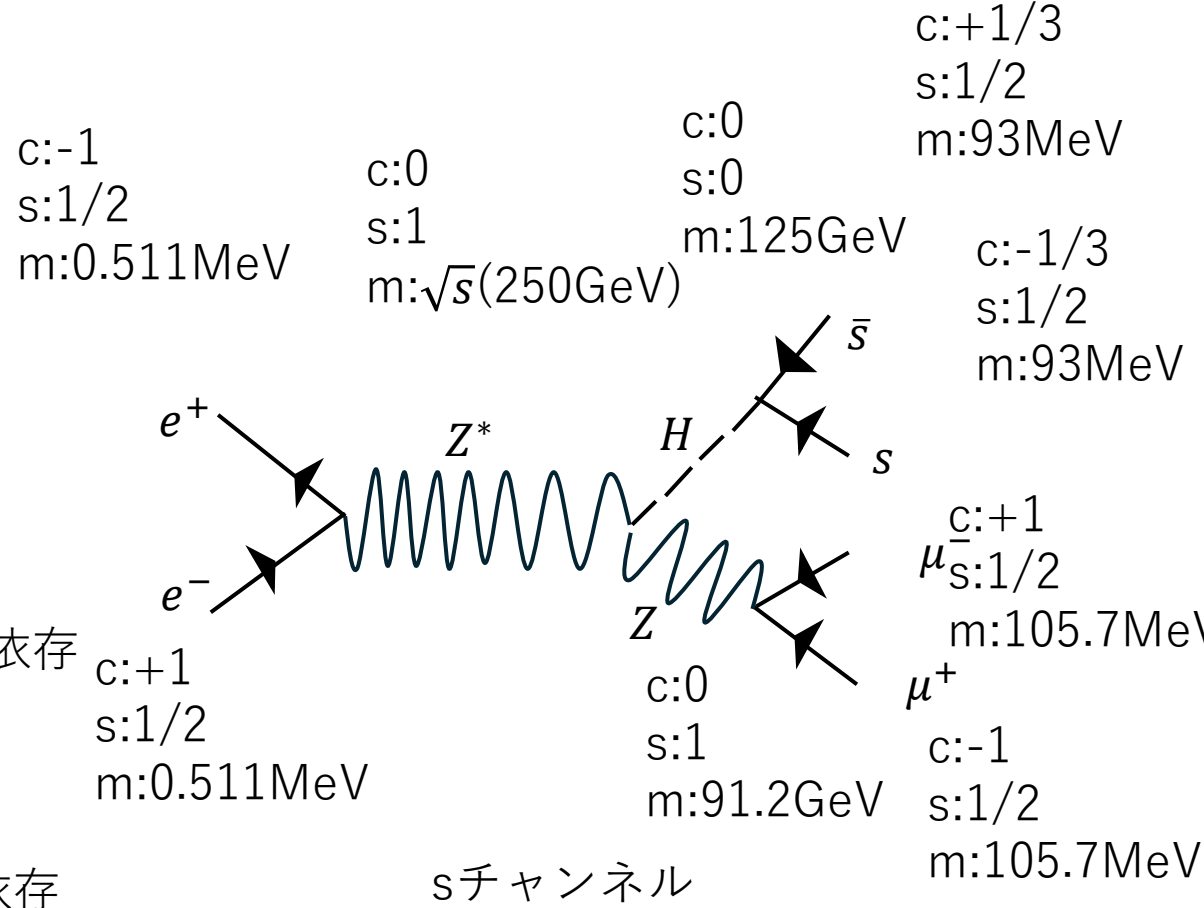
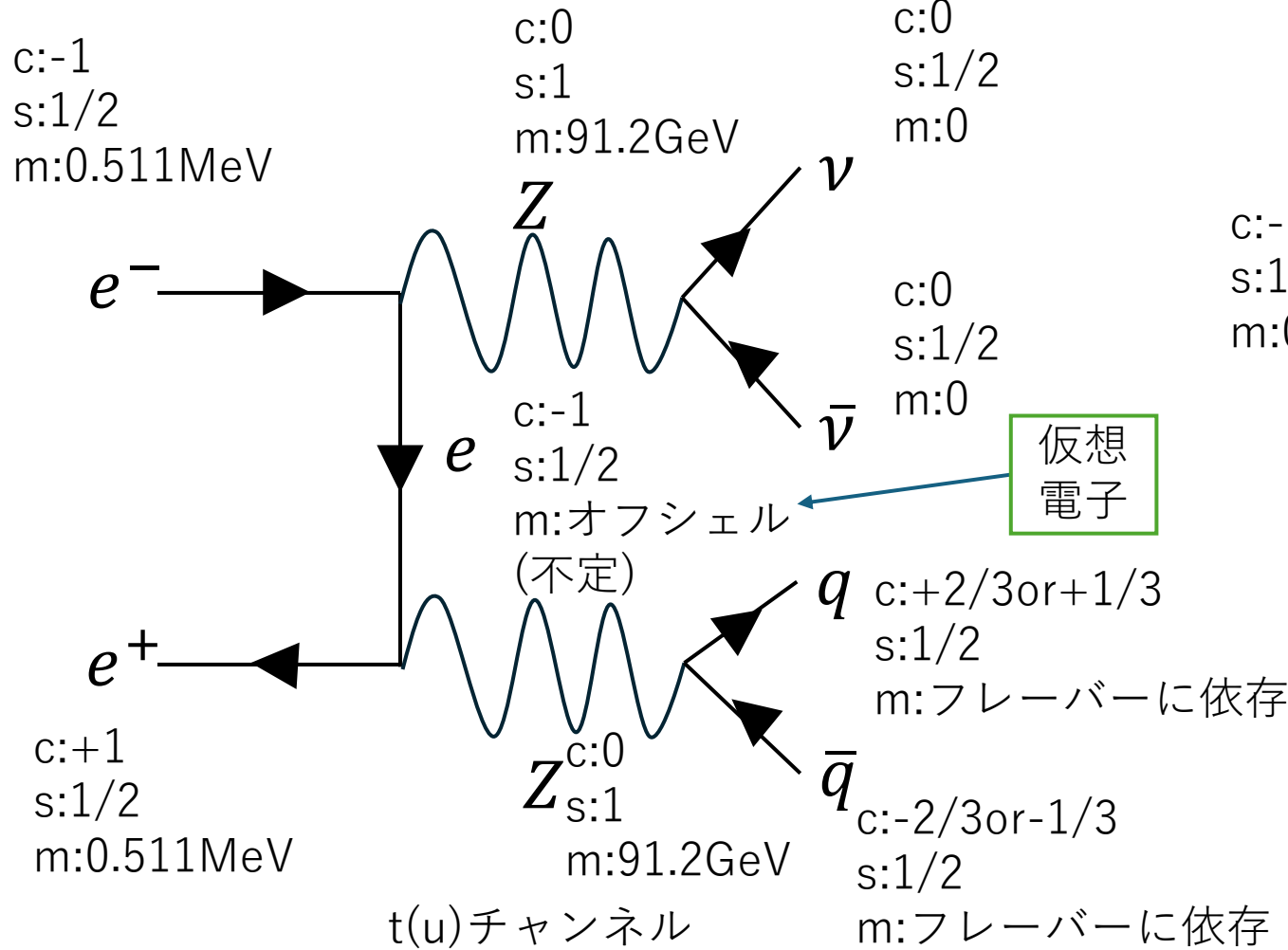
```
57 <processor name="taufinder" type="TauFinderProcessor">
58 <parameter name="ConeMaxCosAngle" type="double">1 </parameter>
59 <parameter name="ConeMaxEnergyFrac" type="double">0.1 </parameter>
60 <parameter name="ConeMinCosAngle" type="double">0.9 </parameter>
61 <parameter name="EMaxCalByTrack" type="double">1.1 </parameter>
62 <parameter name="EMinCalByTrack" type="double">0.9 </parameter>
63 <parameter name="EMinFracEcal" type="double">0.97 </parameter>
64 <parameter name="IPCutsMinimumTrackEnergy" type="double">1 </parameter>
65 <parameter name="IPCutsSigmaOneProng" type="double">3 </parameter>
66 <parameter name="IPCutsSigmaThreeProngNoNeutrals" type="double">5 </parameter>
67 <parameter name="IPCutsSigmaThreeProngWithNeutrals" type="double">3 </parameter>
68 <parameter name="IPMaxAbsolute" type="double">1 </parameter>
69 <parameter name="LeptonCutsMinimumTrackEnergy" type="double">5 </parameter>
70 <parameter name="MinimumJetEnergy" type="double">5 </parameter>
71 <parameter name="MinimumTrackEnergy" type="double">1 </parameter>
72 <parameter name="MuMaxCalByTrack" type="double">0.5 </parameter>
73 <parameter name="MuMaxFracEcal" type="double">0.5 </parameter>
74 <parameter name="OutputTauCollection" type="string" lcioOutType="ReconstructedParticle">TauJets </parameter>
75
76 <parameter name="PFOCollection" type="string" lcioInType="ReconstructedParticle">PandoraPFOsWithoutIsolep </parameter>
77
78 <parameter name="RemainPFOCollection" type="string" lcioOutType="ReconstructedParticle">RemainPFOs </parameter>
79 <parameter name="TauCosAngle" type="double">0.98 </parameter>
80 <parameter name="TauMass" type="double">2 </parameter>
81 <parameter name="Verbosity" type="string">WARNING </parameter>
82 </processor>
```

- ① 飛跡の本数と電荷を絞り込む (Prong Cuts)
IPCutsSigmaOneProng や IPCutsSigmaThreeProng... といったパラメータがこれに該当。荷電トラックが1本、または電荷の合計が $\sum p_m = 1$ になる3本の組み合わせしかタウとして認めない。これが電荷が綺麗に揃う理由
- ② 飛跡の質を担保する (Track Energy)
MinimumTrackEnergy (1 GeV) や LeptonCutsMinimumTrackEnergy (5 GeV) により、低エネルギーのゴミ (ノイズ) の飛跡はタウの主成分として計算に入れないという処理をしている
- ③ カロリメータの情報を統合する
EMaxCalByTrack や MuMaxFracEcal など、飛跡 (Track) の勢いと、カロリメータ (Ecal等) に落ちたエネルギーのバランスをチェックし、それが電子らしいか、ミューオンらしいか、パイ中間子らしいかまで判別して精度を上げている

\sqrt{s} : 重心系エネルギー

保存則

- c:電荷 → 各頂点(vertex)で $c_{in} = c_{out}$ の単純計算
- s:スピン → 角運動量の合成則 $\frac{1}{2} \otimes \frac{1}{2} = 1 \oplus 0$
- p:4元運動量 → $\sum p_{in} = \sum p_{out}$
- m:質量 → 保存しない



Tau τ

- 第3世代のレプトン
- 質量:約1.777GeV(電子の約3500倍、ミューオンの約17倍)
- レプトン(軽粒子)の仲間でありながら重いので、レプトンの中で唯一、ハドロン(クォークからなる π 中間子など)に崩壊できる

