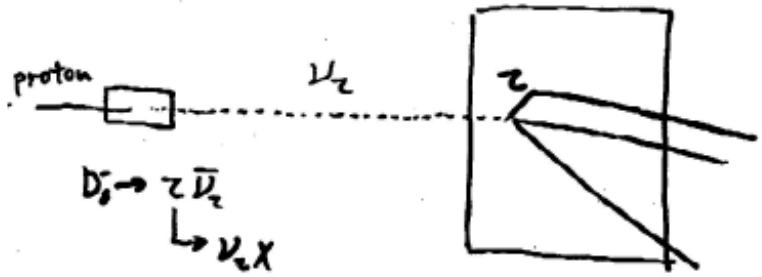
DONUT

- 目的

  ν_τ 反応の検出

- 手法



ν_τ の生成

ν_τ CC 反応での
τ decay の検出

- ν 種的第一検出器

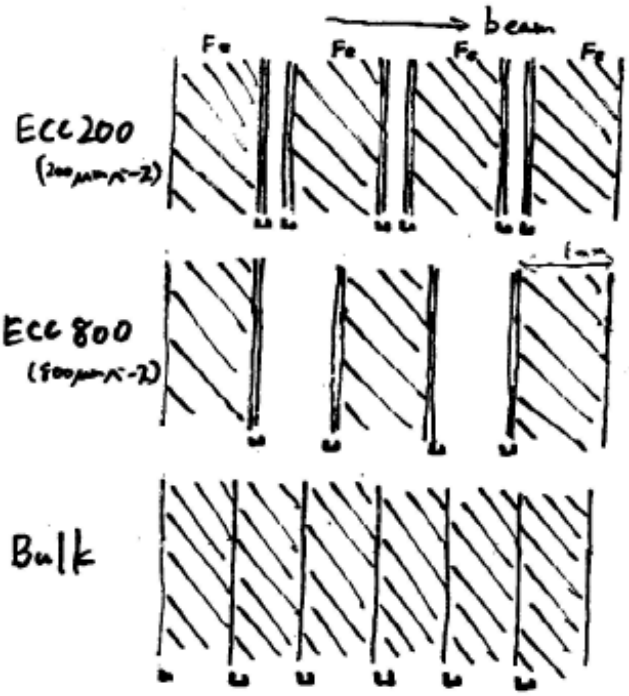
  ECC（鉄と原子核乾板のサンドイッチ）：2type

  Bulk（原子核乾板がつまっている）

00-04-10 21:11 T-488 P.02 U-181

$\boxed{\text{203 events}}$ = 解析対象の
ニュートリノ反応
$\begin{pmatrix} \nu_e & \nu_\mu & \nu_\tau \\ \bar{\nu}_e & \bar{\nu}_\mu & \bar{\nu}_\tau \end{pmatrix}$

データ取り



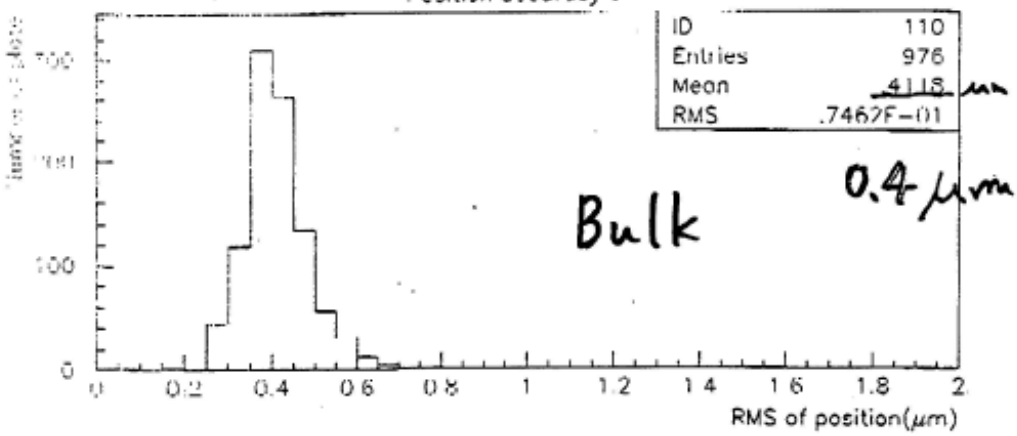
各面にある飛跡のとりこみ

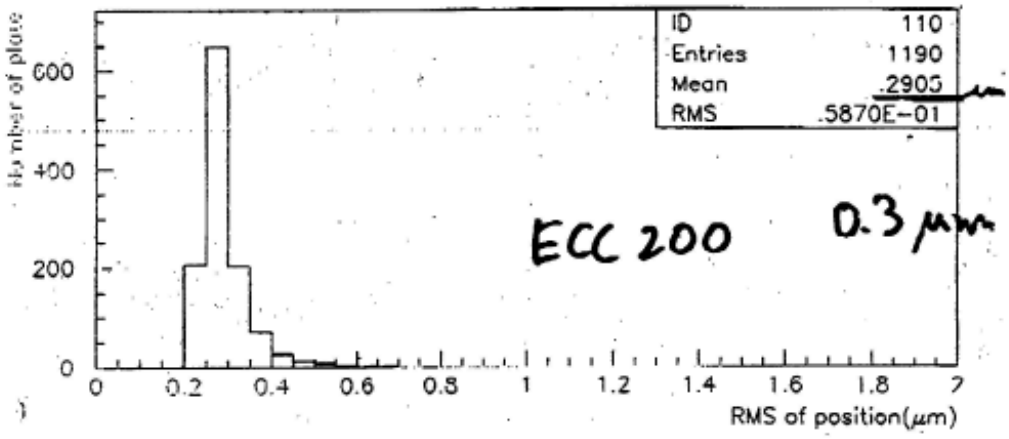
⇓

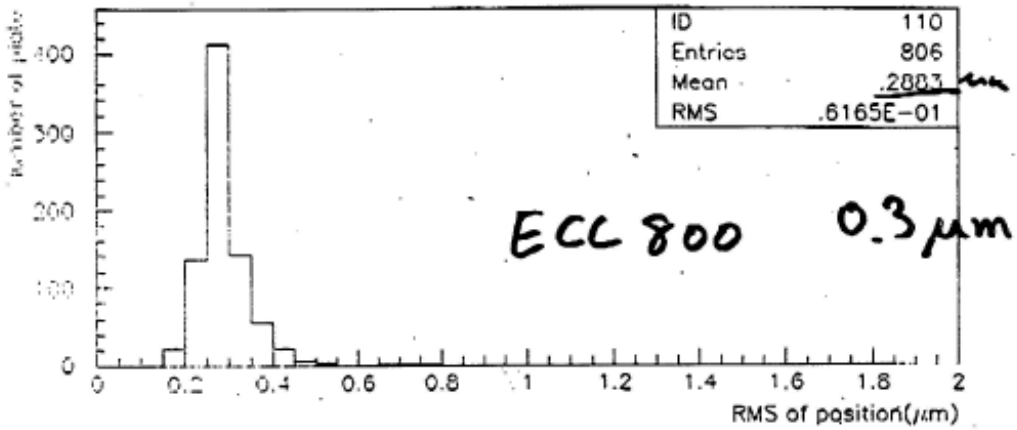
データ形式は同じ.

位置精度

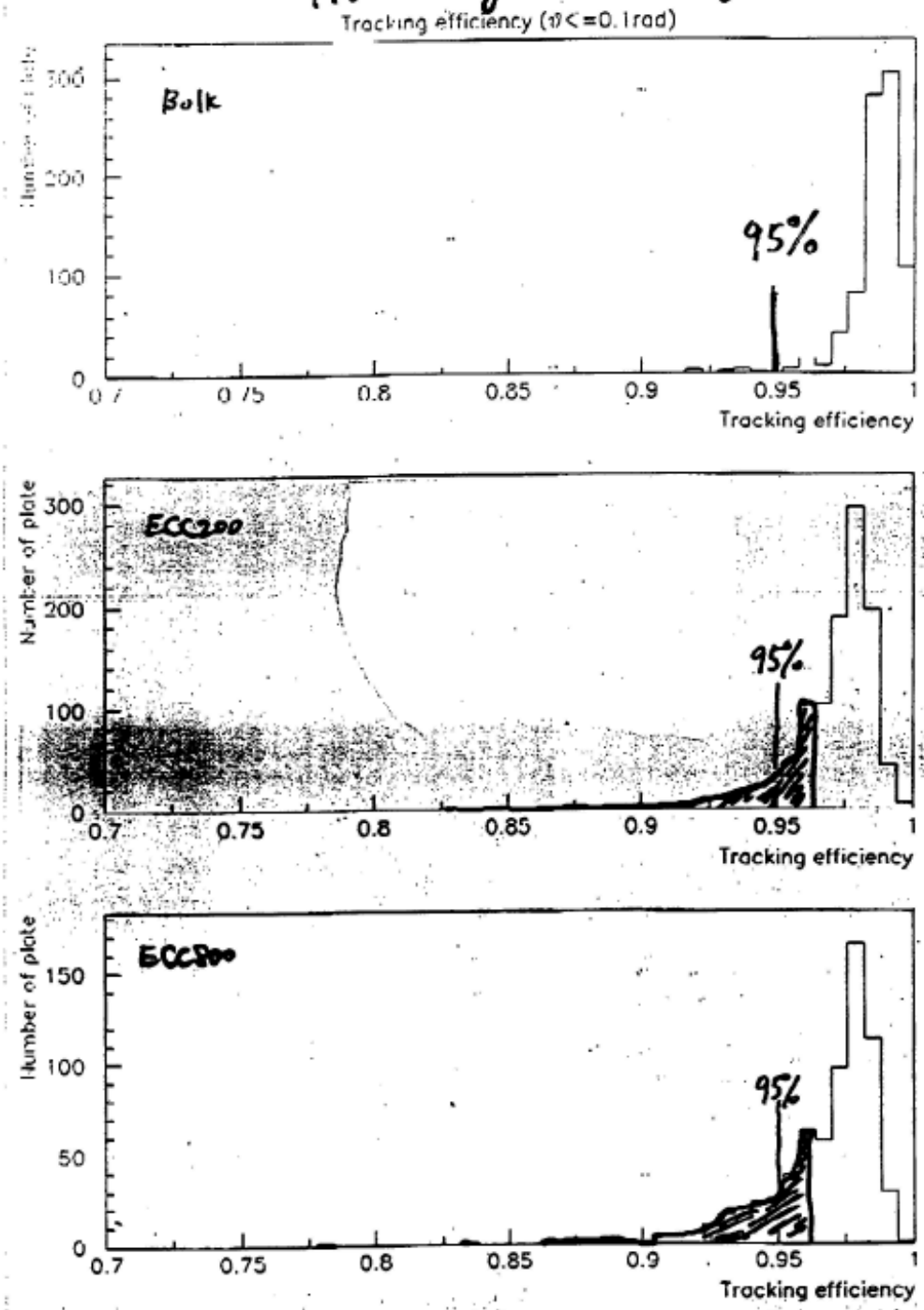
Position accuracy $\vartheta_{=0.1}$







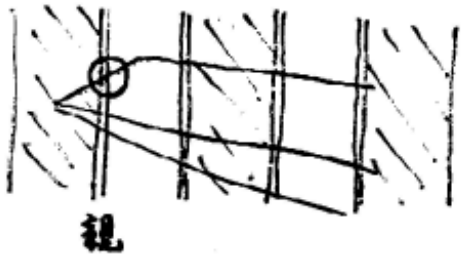
Tracking efficiency



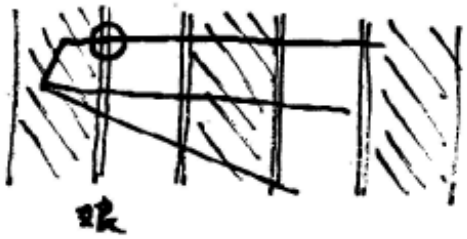
τ粒子の崩壊の探索

2つの場合

① 親粒子(=τ)が捕えられている場合 ≡ long



② 捕えられていない場合 ≡ short



期待値

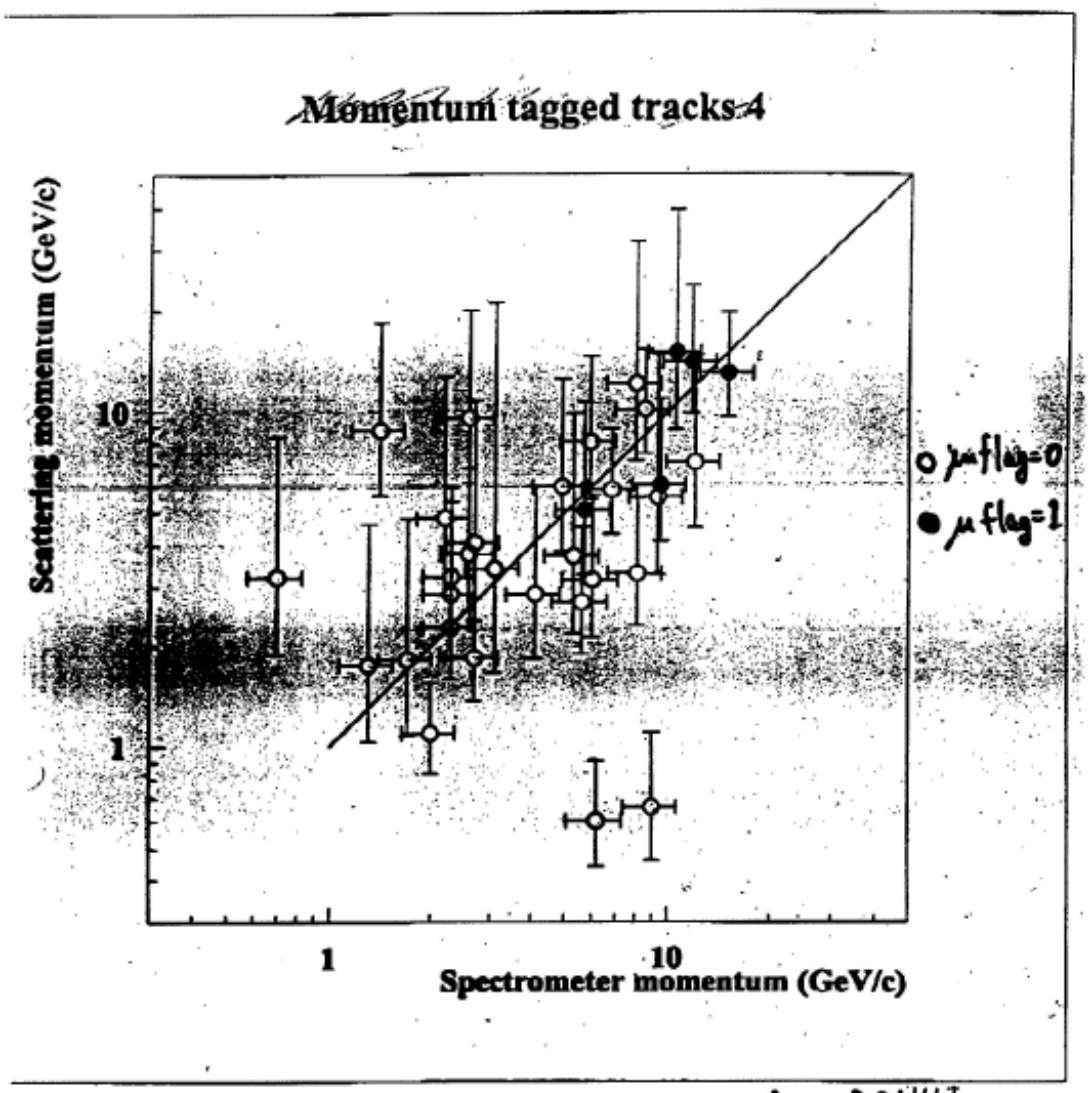
long : short ≅ 3 : 1

「long」decay 候補のリスト

・ν反応から始まって、vertex に対する IP が 500μm以上の娘を持つトラックを探索した。 request IP ≤ 500 for the daughter

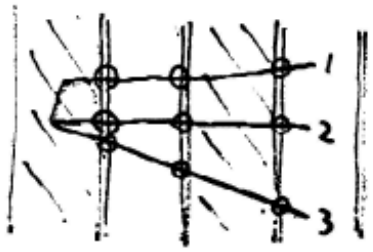
event#	decay までの距離 FL [mm]	kink 角度 θ_{kink} [mrad]	運動量 $P_{娘}$ [GeV/c]	横向き運動量 P_t [GeV/c]
30175	4.5	93	$3.3^{+3.7}_{-1.2}$	0.31
01910	0.28	90	$4.6^{+1.6}_{-0.9}$	0.41
17665	0.54	13	$8.6^{+4.0}_{-2.2}$	0.11
25102	1.8	130	$2.0^{+2.2}_{-0.7}$	0.26
03238	1.5	250	$1.2^{+0.5}_{-0.3}$	0.41
28864	0.36	97	$0.8^{+0.4}_{-0.2}$	0.08

スペクトロメータによる運動量測定との比較



sample : DONUT

「short」



	1	2	3
1		IP_{12}	IP_{13}
2			IP_{23}
3			

2本づつのすべての組について IP を評価。
(最接近きょり)

○ IPを大きくする要因

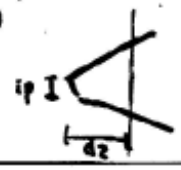
- 各点の測定エラー measurement error
- multiple scattering

measurment error

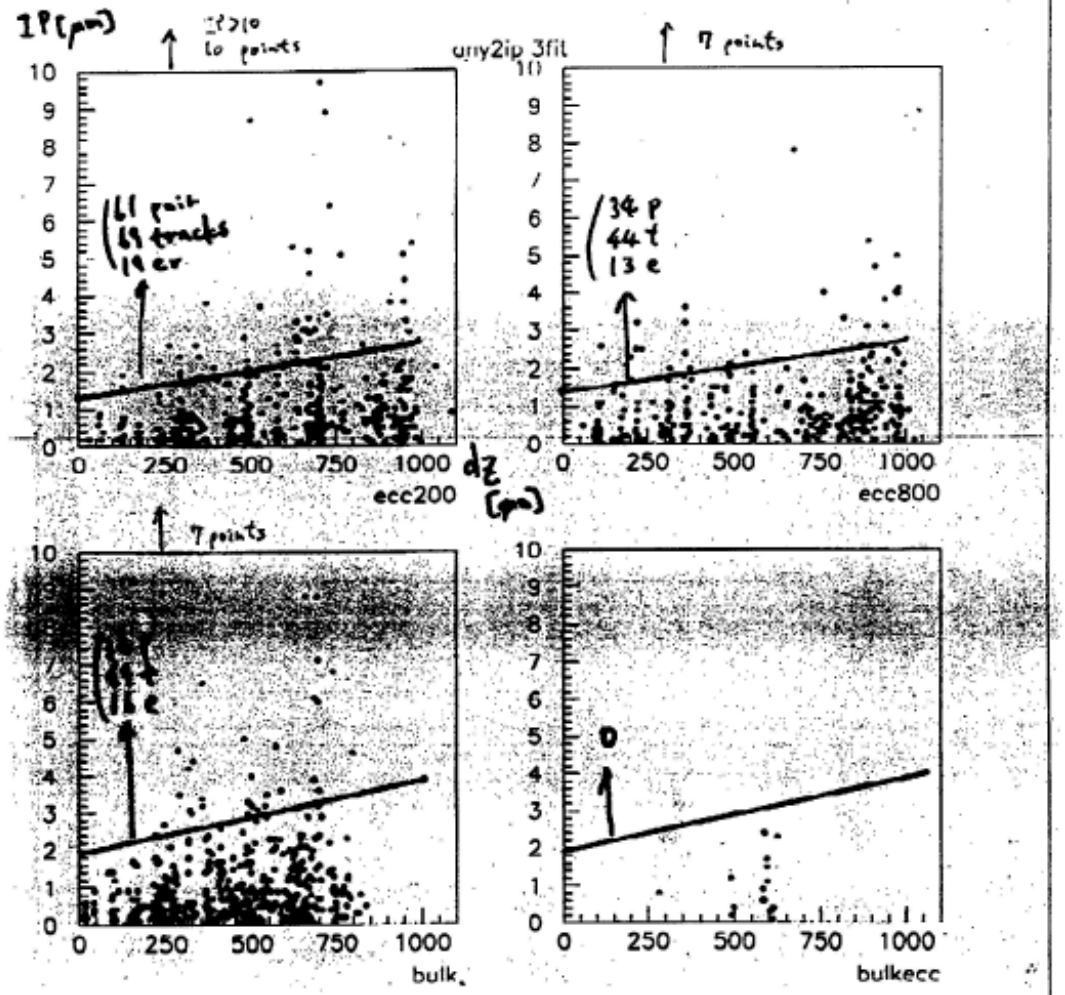
測定エラーによるものを除く.

IP > 4 σ_{mes} cut (3 point fit)

DATA



3/14/00

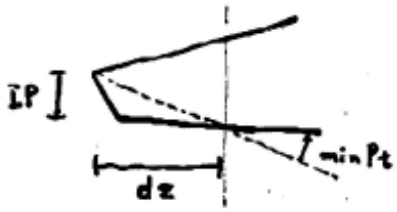


→ 運動量の測定として multiple scattering で説明されるものの排除.

next multiple scattering cut.

「Short」 decay 候補のリスト

$$\min P_t \equiv \frac{IP}{dz} \times P_{max}$$



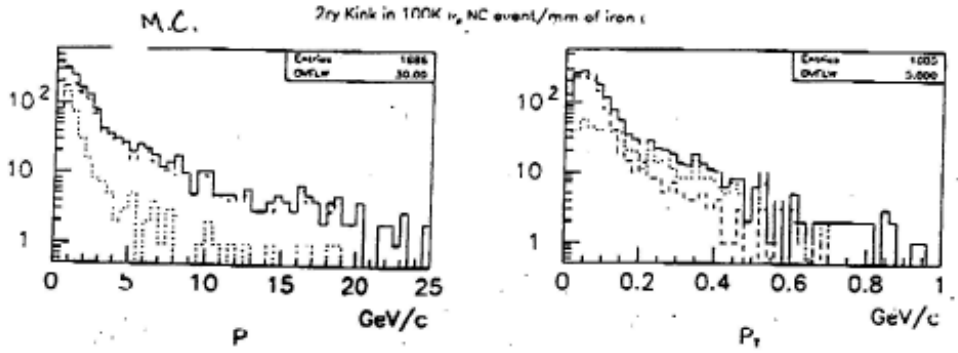
event #	dz [μm]	IP [μm]	P_1 [GeV/c]	P_2 [GeV/c]	$\min P_{t_1}$	$\min P_{t_2}$
17099	208	21	$5.7^{+2.9}_{-1.5}$	$2.5^{+1.3}_{-0.7}$	0.87	0.38
22786	821	11	$24.2^{+39.7}_{-10.0}$	$4.8^{+7.9}_{-2.0}$	0.87	0.17
01910	353	24	$4.1^{+6.8}_{-1.7}$	$7.7^{+3.9}_{-2.0}$	0.73	0.78
17665	234	2.5	$8.6^{+4.0}_{-2.2}$	—	0.14	—
10406	819	3.3	$7.0^{+5.6}_{-2.3}$	$10.5^{+5.4}_{-2.8}$	0.05	0.06
18223	412	5.7	$2.3^{+2.5}_{-0.8}$	$2.5^{+2.0}_{-0.8}$	0.07	0.06
24151	947	5.1	$5.0^{+8.2}_{-2.1}$	$3.0^{+1.5}_{-0.8}$	0.07	0.02
15521	753	7.8	$4.3^{+3.4}_{-1.4}$	$2.4^{+1.4}_{-0.7}$	0.08	0.04
00880	974	5.0	$7.9^{+4.0}_{-2.1}$	$9.4^{+4.8}_{-2.5}$	0.06	0.07
31223	759	4.0	$4.0^{+2.7}_{-1.2}$	$5.1^{+5.6}_{-1.9}$	0.04	0.06
17099	892	5.4	$1.5^{+1.2}_{-0.5}$	$8.1^{+5.9}_{-2.4}$	0.02	0.08
18635	295	26	$0.3^{+0.2}_{-0.1}$	$1.2^{+0.9}_{-0.4}$	0.05	0.18
00470	694	6.3	$3.4^{+1.9}_{-0.9}$	$1.4^{+0.7}_{-0.4}$	0.05	0.02
09110	284	6.7	$0.2^{+0.2}_{-0.1}$	$0.8^{+0.6}_{-0.3}$	0.01	0.03
13369	672	12	$0.3^{+0.2}_{-0.1}$	25.2^{+130}_{-13}	0.01	2.7
	dz [μm]	IP [μm]	track 1 運動量	track 2 運動量	最小 P_{t_1}	最小 P_{t_2}

00-04-10 21:15 受信-00011508040493 宛先-ﾌﾞﾗｲﾀﾝ(03)3797-0202 T-488 P.11/34 U-181

Secondary interaction をとりのぞくこと.

回娘粒子が レプトン (lepton) のときは O.K.

回娘粒子が ハドロン (hadron) のとき.



P. P_t に対して cut をかけた.

条件

long : $P > 1$ GeV/c, $P_t > 0.25$ GeV/c

short : $P > 1$ GeV/c, $P_t > 0.1$ GeV/c

この条件を通りぬける Secondary int 数は

long : < 0.5 track

Short : < 0.15 track

Charm粒子のdecayとの区別

ν_{int} point から発生したトラックの lepton ID をする.

□ ν_μ CC　　下流の μ-ID の counter カウンター情報より
$\varepsilon = 85\%$

□ ν_e CC　　e-shower check. 電磁シャワーの生成の確認.
$\varepsilon \cong 70\%$ in the case of 20 GeV electron 1 X_0 近.た場合.

「long」 decay

event #	FL [mm]	θ_{kink} [mrad]	$P_{娘}$ [GeV/c]	P_t [GeV/c]	daughter lepton 娘レプトン	long lepton long レプトン	category 分類
30175	4.5	93	$3.3^{+3.7}_{-1.2}$	0.31	e		τ
01910	0.28	90	$4.6^{+1.6}_{-0.9}$	0.41			τ
17665	0.54	13	$8.6^{+4.0}_{-2.2}$	0.11	e		τ
25102	1.8	130	$2.0^{+2.2}_{-0.7}$	0.26			τ
03238	1.5	250	$1.2^{+0.5}_{-0.3}$	0.41		e	charm
28864	0.36	97	$0.8^{+0.4}_{-0.2}$	0.08			secondary int

00-04-10 21:16 宛先-00011630840434 T-488 P.14/34 U-181

「short」 decay

event#	dz [μm]	IP [μm]	P_1 [GeV/c]	P_2 [GeV/c]	min P_{t_1}	min P_{t_2}	daughter lepton 娘レプトン	1rg lepton 1rgレプトン	category 分類
17099	208	21	$5.7^{+2.9}_{-1.5}$	$2.5^{+1.3}_{-0.7}$	0.87	0.38			τ
22786	821	11	$24.2^{+29.7}_{-10.0}$	$4.8^{+7.9}_{-2.0}$	0.87	0.17	μ^-	μ^+	char
01910	353	24	$4.1^{+1.8}_{-1.9}$	$7.7^{+3.9}_{-2.0}$	0.73	0.78			τ(lo
17665	234	2.5	$8.6^{+4.0}_{-3.2}$	—	0.14	—	e		τ(lo
10406	819	3.3	$7.0^{+5.6}_{-2.3}$	$10.5^{+5.4}_{-2.9}$	0.05	0.06			×
18223	412	5.7	$2.3^{+2.5}_{-0.9}$	$2.5^{+2.0}_{-0.8}$	0.07	0.06			×
24151	947	5.1	$5.0^{+8.7}_{-2.1}$	$3.0^{+1.5}_{-0.8}$	0.07	0.02			×
15521	753	7.8	$4.3^{+3.4}_{-1.4}$	$2.4^{+1.4}_{-0.7}$	0.08	0.04			×
00880	974	5.0	$7.9^{+4.0}_{-2.1}$	$9.4^{+4.8}_{-2.5}$	0.06	0.07			×
31223	759	4.0	$4.0^{+2.7}_{-1.2}$	$5.1^{+5.6}_{-1.9}$	0.04	0.06			×
17099	892	5.4	$1.5^{+1.2}_{-0.5}$	$8.1^{+5.4}_{-2.4}$	0.02	0.08			×
18635	295	26.	$0.3^{+0.2}_{-0.1}$	$1.2^{+0.9}_{-0.4}$	0.05	0.18			×
00470	694	6.3	$3.4^{+1.9}_{-0.5}$	$1.4^{+0.7}_{-0.4}$	0.05	0.02			×
09110	284	6.7	$0.2^{+0.2}_{-0.1}$	$0.8^{+0.6}_{-0.3}$	0.01	0.03			×
13369	672	12	$0.3^{+0.2}_{-0.1}$	25.2^{+130}_{-15}	0.01	2.7			×

00-04-10 21:16 受信-00011630840343 株式会社ケンワ 97.10.97.00 T-488 P.15/34 U-181

long と short まとめ

τ, charm decay cand.

event #	FL [mm]	θ_{kink} [mrad]	P_d [GeV/c]	daughter lepton	1-ry lepton	
3024-30175	4.5	93	$3.3^{+3.7}_{-1.2}$	e		τ
3039-01910	0.28	90	$4.6^{+1.6}_{-0.9}$			τ
3333-17665	0.54	13	$8.6^{+4.0}_{-2.2}$	e		τ
3263-25102	1.8	130	$2.0^{+2.2}_{-0.7}$			τ
3356-17099	<0.9	>26	$5.7^{+2.9}_{-1.5}$			τ
3245-22786	0.38	C3		μ^-	μ^+	charm
3065-03238	1.5	250	$1.2^{+0.4}_{-0.2}$		e	charm

neutral decay cand.

event #	FL [mm]	$\theta_{opening}$ [mrad]	daughter lepton	1-ry lepton	
3137-23878	2.0	78			charm
3249-03536	0.9	30		μ^-	charm

τ candidate : 5 (short 1, long 4

charm : 4 (charged 2, neutral 2

00-04-10 21:16 T-488 P.16/34 U-181

期待値との比較

- **charm**

検出効率 detection efficiency (including tracking inefficiency)

charge 荷電 charm decay : 35 %

neutral 中性 : 35 %

expectation

$$203 \times \frac{3}{4} \times 0.07 \times 0.5 \times 0.35 = 1.9 \text{ (荷電 (charge)}$$

$$\times 0.5 \times 0.35 = 1.9 \text{ (中性 (neutral)}$$

events　$\frac{cc}{NC+CC}$　charm production　荷電, 中性 charm 比　検出効率

$\Updownarrow$

DATA

2 (荷電)

2 (中性)

矛盾がない。

consistent.

期待値との比較

・secondary interaction

total followed length.

総追跡距離より

Iron 鉄 1690 mm / ~~230~~ 208 mm = ~~7.3~~ 8.1

emulsion em 1144 mm / 500 mm = 2.3

expectation

$\lambda_{inelastic}$

⇕

DATA 反応点より発生して途中で止まったトラック

Iron 鉄中 8

em 中 2

base 中 1

矛盾なし.

consistent

00-04-10 21:17 宛先-000116308404343 ㈱ 活信ﾃﾚﾃﾞｰﾀﾌﾞﾛｰｶｰ 03 T-488 P.18/34 U-181

τの期待値

・仮定 assumption

ν_τ CC の含有率を ν_μ CC, ν_e CC の $\boxed{5\%}$ とする」

τ decay の検出効率：

	short	long	total
τ^-	39% (25%)	60% (75%)	55%
τ^+	45% (17%)	59% (83%)	57%

$\nu_\tau : \bar{\nu}_\tau$ int = ~~3:1~~ 2:1 として

short : 41% (23%) short long 比

long : 60% (77%)

expectation

$$\underset{\text{events}}{203} \times \underset{\frac{CC}{NC+CC}}{\frac{3}{4}} \times \underset{\nu_\tau\text{含有率}}{0.05} \times 0.23 \times 0.41 = 0.7\ (\text{short})$$

$$\times 0.77 \times 0.60 = 3.5\ (\text{long})$$

short long 比

⇕

DATA 1 (short)

4 (long)

consistent

矛盾はない

5つのてcandidatesに対する

Backgroundの見積り

charm

荷電charm粒子の検出効率：35%

$$203\ \text{events} \times \underset{\frac{cc}{all}}{\frac{3}{4}} \times \underset{\text{charm production}}{0.07} \times \underset{\text{charge}}{0.5} \times 0.35 \times (1-\underset{\substack{\text{1ry lepton} \\ \text{ID}\ \text{ミス} \\ \text{lepton miss ID}}}{\varepsilon_{lid}})$$

$$= 1.9 \times (1-\varepsilon_{lid})$$

レプトンIDのinefficiency

$$\begin{cases} \varepsilon_{\mu id} = 0.85 \\ \varepsilon_{eid} = 0.70 \begin{pmatrix} 20\,\text{GeV} \\ 1X_0 \end{pmatrix} \end{cases}$$

□ charm粒子の混入は $\underline{1\text{未満}}$ <1 0.14 (μ) 0.3~0.6 (e)

secondary int

□ 先の生き残りにleptonなしの条件がかかるので

混入は $\underline{0.5\text{未満}}$ <0.5 0.16 (NC) 0.1~0.17 (cc)

ＤＯＮＵＴまとめ

203events のニュートリノ反応を解析してタウ粒子の崩壊候補を５events得た。 charm background <1
これに対してcharm粒子の期待値は1未満、 secondary int
ハドロンの二次衝突の期待値は0.5未満である。

μニュートリノ、eニュートリノに対するτニュートリノの含有率を5%とすると検出効率からタウ粒子の期待値は4.2eventsである。

00-04-10 21:17 発元-0001163084043 東 法律元-オフィサイボウリョクブ(DD) T-469 P.21/34 U-181

今後

・φ分布など他のパラメータも確認して
ν_τ発見の論文をだす.
paper

・まだ約500のニュートリノ反応がねむっている
ので統計を増やす.
statistics

00-04-10 21:17 到先-00011630840434 [illegible] T-488 P.22/34 U-181