

1. International Linear Collider (ILC)

International Linear Collider (ILC)

- ・全長約30kmの電子-陽電子 衝突型線形加速器(図1)。
- ・重心系エネルギー：200~500GeV(アップグレード：1TeV)
- ・特徴：高ルミノシティ(1 TeV、4年間：500fb⁻¹)。高ルミノシティを実現する為に、ビームサイズをとっても小さく絞る必要がある。→Beam tuningが重要。
- ・主な目的：新物理探索、Higgs粒子、top-quarkの精密測定。

Detectors

- ・ILD検出器(図2)とSiD検出器の2種類を使用する。
- ・日本とヨーロッパはILD検出器の開発を進めている。

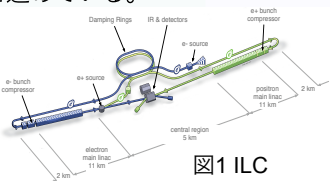


図1 ILC

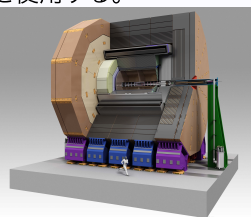


図2 ILDC検出器

2. Fcal and Pair Monitor

Fcal (Forward calorimeter)

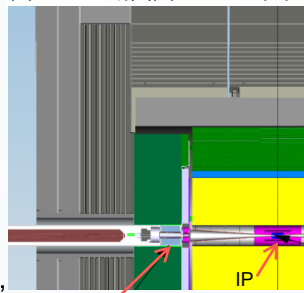
ILD検出器の前方領域(図3)をカバーする検出器全体の総称。主な目的はBeam tuning。

Pair Monitor

Fcalの1つ。早いFeedback systemの為の、シリコンピクセル型 Beam tuning monitor(図4)。Pair backgroundの数、位置分布を観測し、Beam状態(Beam size, 位置の変位)を知る。

本研究では、近似的な磁場中において、Pair Monitorで観測するPair Backgroundの、粒子数によるBeam size tuningの可能性の見積もりを行う。

図3 ILCの断面図とFcalの位置



Fcal (Interaction Point)

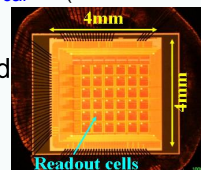


図4 読み出しチップ

Pair Monitorの主なパラメータ

- ・半径：10cm
- ・Pixelサイズ：400μm×400μm
- ・厚さ：200μm
- ・Pixelの数：190,000
- ・衝突点からの距離約4m
- ・1bunch毎に記録。

3. Motivation

ILCではルミノシティ向上の為にビームサイズをとっても小さく絞る(図5)。本研究ではビーム調整を行う為に、Pair Monitorで観測されるPairの数の情報を用いる事が出来るかどうかを検証する。図6の様に、2つの仮定をする。

$$\mathcal{L} = \frac{1}{4\pi} \frac{f_{rep} n_b N^2}{\sigma_x \sigma_y} \times H_D$$

図5 ルミノシティと σ_x, σ_y

図6 Beam size測定の為の2つの仮定

ビームサイズ: 小
 ↓
 ルミノシティ: 増
 ↓
 Pairの数: 増(IP)
 ↓
 Pairの数: 増(PairMonitor)

- 仮定1: ルミノシティと、IPにおけるPairの数の比例性
- 仮定2: IPでのPairの数と、PMにおけるPairの数の比例性

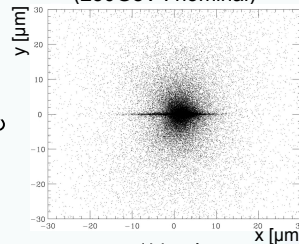
以上の仮定が成り立てば、Pair Monitor上の粒子数から、Beam sizeの情報を得ることが出来る。本実験では、仮定1,2の検証を行う。

4. Simulation

① Event Generation

IPでビーム衝突時に生じるPair backgroundを生成した(図7)。Beam size(α_x, α_y)を変更した物も生成して仮定1を検証した。使用ソフト: Cain242

図7 IPでのPairの位置分布 (250GeV: nominal)



② Event Selection

生成したPairをソレノイド磁場3.5 [Tesla]の磁場中で相対論的に螺旋運動をさせ、Pair MonitorにHitする物を選んだ(図8)。このとき、衝突前後のビームが通過する為のholeに入った物は除去した。条件は以下の通りである。

$$\begin{aligned} (x-x_{d_hole})^2 - y^2 &> R_{d_hole}^2 \\ (x-x_{u_hole})^2 - y^2 &> R_{u_hole}^2 \\ x^2 + y^2 &< R_{PM}^2 \end{aligned}$$

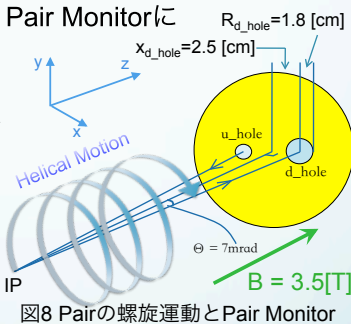
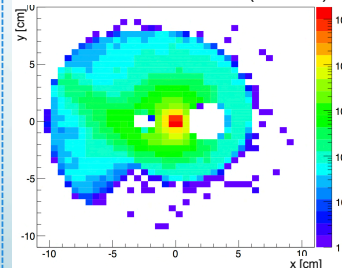


図8 Pairの螺旋運動とPair Monitor

5. Simulation result

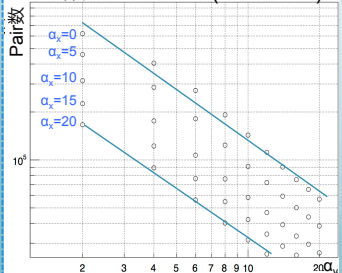
図9 PM上でのPairの分布(nominal)



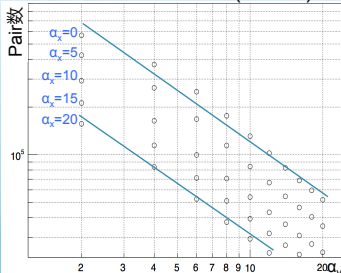
IPで生じたPairはPair Monitorに図9の様にHitした。中心部でHit数が多いのは、IPで生じたPairの多くが、Z軸方向にほぼ平行に運動量を持っていた為だと考えられる。

Beam sizeとPair数の関係を示すPlotは以下の通りである。

Pair数とBeam size(around IP)



Pair数とBeam size(on PM)



Beam sizeとIPでのPair数は比例関係を持っている。
 仮定1が示された。

Beam sizeとPMでのPair数は比例関係を持っている。
 仮定2が示された。

6. Summary and Plan

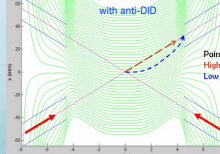
Summary

2つの仮定が実証された。これにより、Pair Monitorで観測されるPair Backgroundの数からBeam sizeの情報を得られることが示された。

Plan

Geant 4(物理Simulator)を用いてanti-DiD磁場(図10)も含めたFull Simulationを行う。

図10 anti-DiD磁場



- ・より現実に近い状況でPMによるBeam tuningの研究を進める。

- 目標: ①設計の10倍程度のビームサイズの場合 → 数十バンチ毎に1パーセントの精度
- ②設計の100倍程度のビームサイズの場合 → パルス(1312バンチ)毎に1パーセントの精度

- ・Pair MonitorにHitする粒子の密度、エネルギーなどから読み出し回路の要求性能(読み出し速度、ピクセルサイズなど)を決める。その後、回路の開発を進める。