31pSJ-5

高エネルギー加速器研究機構　　田内利明

Beam and Detectors

High Energy Accelerator Reseach Organization　Toshiaki Tauchi

JLC(第一期計画)は重心系エネルギー($\sqrt{s}$)500GeVの電子・陽電子リニアコライダーである。LEPエネルギーから500GeVまでの期待されるルミノシティーを図1に示した。Aが現在のデザインルミノシティーを表し、R&Dの進捗状況に従って、バンチ数の増大(X)、さらにビーム強度の増強(Y)によって達成されるルミノシティーが示されている。$\sqrt{s}$=500GeVでのルミノシティーは、A、X、Yに対してそれぞれ0.9、1.6、$2.6\times10^{34}\mathrm{cm}^{-2}\mathrm{sec}^{-1}$である。JLCーYでは、100日間の実験で$10^5$のトップクォーク対、$10^4$のヒッグスボゾン($e^+e^- \to hZ$)が生成される。また、JLC実験の全ルミノシティーは実験開始後、数年間で$1000\mathrm{fb}^{-1}$を越えるものと期待されている。

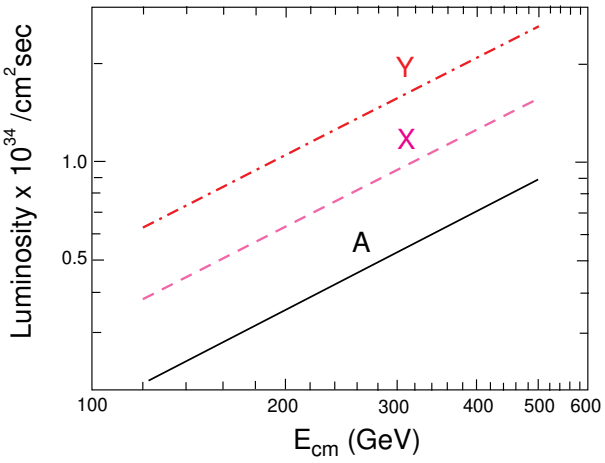

図 1: 重心系エネルギー500GeVまでのルミノシティー、Aは標準デザイン、XYZは高ルミノシティーへ順次性能アップされるもの。

JLCでは電子(e^-)と陽電子(e^+)ビームは150Hzで加速され衝突する。この繰り返し周波数はこれまでのe^+e^-コライダーの$\sim10^6$Hzと比べてかなり低い。十分なルミノシティーを得るため、2つのビームは衝突点で強く絞られる。その衝突のとき、e^-やe^+は、向かってくるビームに伴う非常に強い電磁場中シンクロトロン輻射により光子を放射する。この放射率をできるだけ抑制するため、ビームは90個(バンチ間隔2.8nsec;JLCーA)又は190個(バンチ間隔1.4nsec;JLCーX、Y)のバンチを1トレインとする多バンチ構造を持ち、衝突点で垂直方向にσ_y^*=3nm水平方向にσ_x^*=290nmという非常に扁平な形状に絞られる。　それでも、両方のビームとも平均的に数%のエネルギーを失う。これら光子は、ビームストラールング光子(γ_{bs})と呼ばれ、e^-(e^+)に約1個の割合で放射される。したがって、e^+e^-衝突と同時に起きる$\gamma_{bs}e^{+(-)}$、$\gamma_{bs}\gamma_{bs}$衝突のルミノシティーもe^+e^-のものとほぼ同じとなる。

$e^+e^- \to (ee)e^+e^-$や$\gamma_{bs}e^{+(-)} \to (e^{+(-)})e^+e^-$による$e^+e^-$対生成の断面積はそれぞれO($10^{-26}\mathrm{cm}^2$)、O($10^{-25}\mathrm{cm}^2$)の大きな値を持つため、O($10^6$個)の低エネルギーの$e^-$や$e^+$が衝突の度に(150Hzで)生成される。これらのほとんどは超前方に散乱されるが、相手ビーム中を通過するうちにその強い電磁場で曲げられる。特に、e^-, e^+の中で相手ビームと同じ電荷のものはクーロン場によって大きな角度に曲げられビームパイプから飛び出してしまう。これらが、ビームライン真近に置かれるバーテックス検出器(VTX)や最終収束電磁石(QC1)などに

当たればバックグランドとなる。このバックグランドの存在が、これまでの実験環境とは著しく異なることで特別な考察を要する。

生成されたe^-やe^+のほとんどの横運動量は高々20MeV程度であるため、測定器のソレノイド磁場(B)によりビームラインから数cm以内に巻き付けられる。この巻き付けの最大半径はBが強くなれば小さくなり、VTXをビームラインにより近づけることができる。また、前方に散乱されたe^-やe^+はQC1の磁極などに当たり多量のX線(光子)や中性子を発生させる。このため、図2に示したようにコーン状のタングステンマスクとQC1回りのマスクを設置し、測定器をこれら2次バックグランドから遮へいしている。これらマスクは、e^-やe^+ビーム収束用のQC1とともにサポートチューブの中に設置されている。また、この中にはVTXをはじめとして、luminosity monitor、バックグランドの低エネルギーe^+e^-のazimuthal angle分布から超扁平なビームサイズを測るpair monitor、この外にあるcentral tracking chamberとVTXとの間の荷電粒子の軌跡を効率良くつなぐintermediate trackerなどの測定器が置かれる。コーン状マスクの先端は簡単にカロリメータ化され、luminosity monitorとともに前方50mradまで、すき間なくe^-, e^+, γを検出できる。

2つのビームは衝突点で水平方向に互いに$\pm$4mradの角度で交叉している。衝突後のビームは、エネルギー分布や偏極度の測定後、ビームダンプに導かれる。このダンプラインの設計は、ビームストラールングにより低エネルギーにテールをもつビームを扱うため、ビームの損失によるバックグランド、特に、中性子の発生を押さえるものにしたい。

本講演では、各検出器でのバックグランドの状況を詳しく報告する。この中で、より強いソレノイド磁場、B=3Teslaでの各検出器の最適化も紹介する。また、ナノメータビームを安定に衝突させるためのQC1のサポート、ダンプラインの設計も紹介する。

このように、バックグランドはビームパラメータ、QC1、ダンプラインの設計などに強く依存するため、リニアコライダーでの実験は加速器の設計とともに考えなければならない。

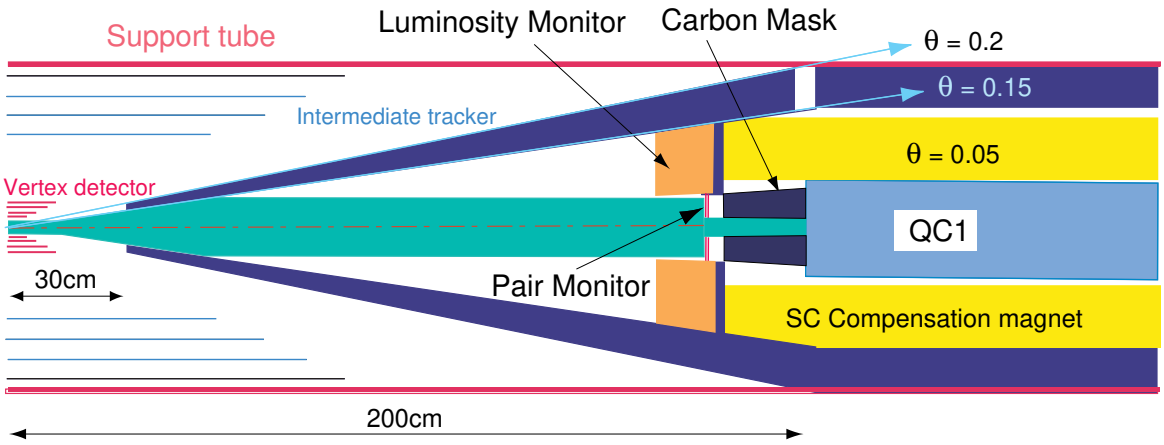

図2: 衝突点付近。