

# POSITRON SOURCE FOR JLC

Y. Takeuchi and Linear Collider Study Group

KEK, National Laboratory for High Energy Physics

1-1 Oho, Tsukuba-shi, Ibaraki-ken, 305 Japan

## Abstract

A linear collider requires a positron beam with high intensity and low emittance. In order to design an intense positron source for Japan Linear Collider (JLC), a simulation program has been made. The first results of the simulation are presented.

## § 1. はじめに

高エネルギー物理学のフロンティアを追求するための次期加速器の候補として、電子-陽電子のリニアコライダーがある。KEKにおいてもその開発研究が進められており [1]、陽電子源は、その開発項目の一つである。

リニアコライダーで、高いルミノシティを得るためには、陽電子ビームの強度は、電子ビームと同程度でなければならない。蓄積型リングの場合は、ビームを蓄積して強度を上げることができるが、リニアコライダーのビームは1回限りの使い捨てであるので、大強度の陽電子源が必要である。また、ルミノシティを上げるためには、大強度であると同時に、低エミッタンスであることが要求される。このために、ダンピングリングを用いてビームの冷却を行なう。従って、陽電子源の作り出す陽電子ビームのエミッタンスは、ダンピングリングのアクセプタンスの中に入るものでなければならない。即ち、リニアコライダーの陽電子源に要求されるのは、(a) 大強度であることと、(b) 低エミッタンスであることである。

このような大強度陽電子源は、SLACにおいてSLC用のものが建設されすでに稼働を始めている。[2] またCERNにおいても、設計が進められている。[3] 我々もJLC用の陽電子源の設計に着手し、現在はシミュレーションプログラムの最初の結果がでたところである。プログラムの中核となるのは、SLACで開発されたEGS4と呼ばれるモンテカルロシミュレーションコード [4] であり、電磁シャワーの計算に広く使われているものである。§ 2で現在考えている陽電子源の構成を簡単に述べ、§ 3でシミュレーションの現状について報告する。

## § 2. 陽電子源の構成

加速器用の陽電子は、通常、加速した電子をターゲット物質に当て、そこで電磁シャワーを起こさせて作り出す。陽電子源を構成する主な部分は、(a) 電子ビーム、(b) ターゲット、(c) 集束システム、(d) 高電界加速管である。

発生する陽電子の数は、ターゲットに入射する電子の数、および入射電子のエネルギーに比例する。また、ターゲット物質に関しては、一般に、原子番号の大きい物質の方が、陽電子の発生量が多い。

ターゲット上のビームスポットは小さいほど低エミッタンスの陽電子が得られる。即ち、高エネルギーで大強度の電子ビームをできるだけ小さなスポットに照射すれば、良質の陽電子ビームが得られる。ただし、これはターゲットが破壊されない範囲でなければならない。考慮しなければならないのは、(a) パルスの温度上昇と (b) 定常的な温度上昇の二通りである。入射電子のバンチがターゲットに当たると、

その部分の温度はパルスのように上昇する。この温度上昇により、ターゲット物質には熱歪が生じる。これにより、ターゲットが破壊されないよう、ターゲットには歪みに強い物質を選択すると同時に、電子ビームのスポットの大きさを調節してやる必要がある。また、電子ビームを連続的に照射した時、温度上昇によりターゲットが溶けてしまわないようにしなければならない。従って、ターゲットの冷却が設計の際の重要なポイントとなる。

大強度の陽電子ビームを作るには、多数の陽電子を発生させると共に、その内のできるだけ多くのものを捕獲し、加速管に送り込んでやらなければならない。これが集束系の役割であり、陽電子源の性能に大きく関与する部分である。

ターゲットで発生した陽電子は比較的大きな横方向の運動量を持っているので、できるだけ早く加速してダイバージェンスを小さくしてやることが望ましい。このため加速管セクションの最初の部分に、通常より加速電界を高くした加速管を設置する。高電界加速管で加速された陽電子は、さらに通常の電界強度の加速管で、ダンピングリングの入射エネルギーまで加速される。

### § 3. シミュレーション

ターゲット中での電磁シャワーのシミュレーションは、EGS4を用いて行なう。今回は、電子ビームのエネルギーを 33 GeV、ターゲットは厚さ 2.5 cm のタングステンの平板として計算を行なった。入射電子の個数は、CPU 時間の制限により、84 個であった。また、電子はすべてターゲットの中心に入射するものとして、電子ビームの広がりは考慮しなかった。ターゲット出口での陽電子の位置及び運動量を EGS4 により求め、次に、得られた陽電子 1 個 1 個について、ルンゲクッタ法を用いて集束磁場中の軌跡を求める。この集束システム部の長さは 20 cm とし、磁場の強さは次式により与えた。[5]

$$B_z = \frac{50(\text{kGauss})}{1 + 0.1z(\text{cm})}, \quad B_r = -\frac{r}{2} \frac{\partial B_z}{\partial z} + \frac{r^3}{16} \frac{\partial^3 B_z}{\partial z^3} \quad (1)$$

加速管部の電場は z 方向の静電場を与えた簡易シミュレーションである。高電界加速管の長さは 1 m、電界強度は 50 MV/m とし、その直後の通常の加速管は長さ 2 m、電界強度 20 MV/m とした。また加速管のアーチャーは、直径 20 mm とした。これらの加速管は、ビーム集束用のソレノイド磁場の中に設置されるが、今回のシミュレーションでは、ソレノイドによる一定の磁場ではなく、暫定的に式 (1) の磁場のテイルが、加速管の終端まで延びているものと仮定した。

シミュレーションの結果を図 1、2 に示す。加速管出口での陽電子/電子の個数の比は約 12 であった。

### § 4. まとめ

陽電子源設計のためのシミュレーションが実行できるようになり、色々なスタディが可能となった。しかし、まだ不十分な点も残されている。特に、加速電場の時間変化が考慮されていないこと、加速管部の集束磁場の形等である。またターゲット部分の冷却の設計のためには、ターゲット内でのエネルギー損失がシミュレーションより得られるようにしなければならない。今後、これらの点を早急に整備し、大強度陽電子源の実現に向けてスタディを進める予定である。

[1] S. Takeda, contribution to this meeting.

[2] F. Bulos et al., IEEE Trans. Nucl. Sci. NS-32(1985)1832; J. E. Clendenin et al., SLAC-PUB-

[3] P. Sievers, CERN-ST-TE/87-1 and CLIC Note 55 (1987); P. Sievers and M. Hoefert, CERN-ST/88-03 and CLIC NOTE 66 (1988)

[4] W. R. Nelson et al., SLAC report 265 (1985)

[5] "The Stanford Two-Mile Accelerator," R. B. Neal, ed. (W.A. Benjamin, New York, 1968)

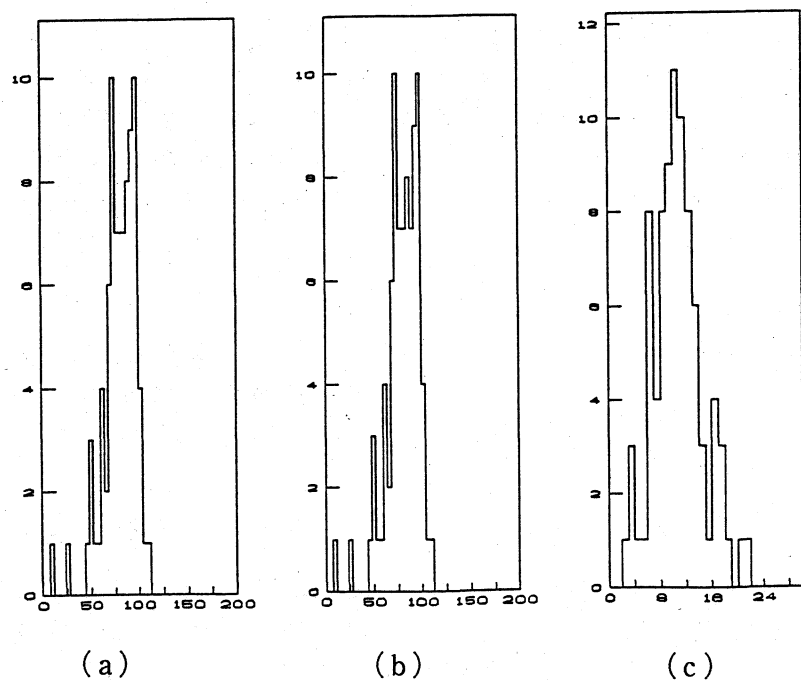


図1. 入射電子1個あたりの陽電子数の頻度分布

横軸：電子1個あたりの陽電子の数  
縦軸：発生頻度

- (a) ターゲット出口
- (b) 集束系出口 (加速管入口)
- (c) 加速管出口

ターゲットで発生する陽電子の数は、入射電子1個あたり70-100個である。これが加速管出口では約12個に減少する。

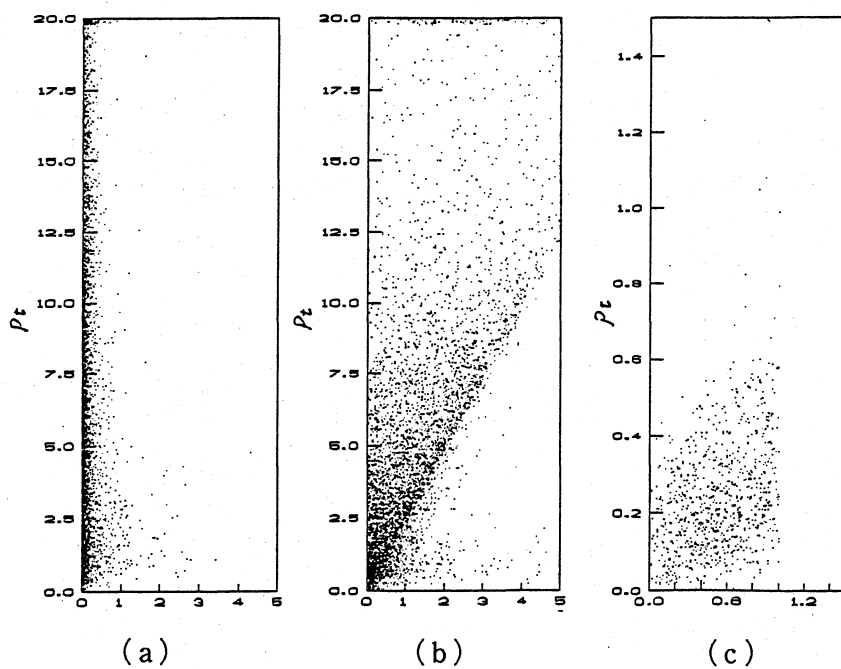


図2.  $r$  vs  $P_t$  の scatter plot

横軸：ビーム軸からの距離 (cm)

縦軸：横運動量 (MeV/c)

- (a) ターゲット出口
- (b) 集束系出口 (加速管入口)
- (c) 加速管出口

(a) と (b) の比較により phase space transformation のありさまがわかる。