平成 12 年度修士論文要旨

論文題名	ミニジェットセル型ドリフトチェンバーを用いたエネルギー損失分解能測定		
指導教官	仁藤 修 助教授　　(印)	氏 名	中村 祐介

[実験目的]

現在、将来計画として電子・陽電子線形衝突型加速器である JLC(Japan Linear Collider) 計画が進んおり、測定器、加速器の両方で開発研究が行なわれている。その中でも JLC-CDC グループは実機に予定しているものと同様のミニジェットセル構造のテストチェンバーを製作し、CDC(中央飛跡検出器) の性能評価および開発研究を行なっている。高エネルギー物理学実験における中央飛跡検出器の役割は飛跡再構成による運動量測定、エネルギー損失による粒子識別を行ない、素粒子反応の記述を行なうことである。JLC-CDC で使用予定の $CO_2/isoC_4H_{10}(90/10)$ 混合ガスは、ドリフト電子の拡散が小さいというガスの特性から空間電荷効果が起き、ガス増幅が飽和するという現象が起きることが分かっている。エネルギー損失は検出信号の大きさから求めるため、この空間電荷効果はエネルギー損失の測定分解能に何らかの影響を与えるはずである。本研究ではこのエネルギー損失の測定分解能を測定することにより、JLC-CDC のミニジェットセル構造及び充填ガスの有用性を調べるとともに、入射角度を変化させて空間電荷のエネルギー損失の測定分解能への影響も調べた。

[原理]

荷電粒子が物質中を通過すると、荷電粒子と物質を構成する分子中 (ドリフトチェンバーではガス分子) の電子との間にクーロン力が働く。このクーロン力により電子は散乱され、原子の束縛から離れる。これを電磁相互作用と呼び、この電磁相互作用によって原子の軌道から飛び出す電子によって荷電粒子の検出が可能になる。また、この電子が得たエネルギーは荷電粒子の持っていたエネルギーの一部であり、これを荷電粒子が物質中を通過するときに失うエネルギー、エネルギー損失と呼ぶ。このエネルギー損失は速度 $\beta(=\mathrm{v}/\mathrm{c})$ の関数であることが実験及び理論より証明されており、荷電粒子の質量を M、運動量を P とすると $\beta\gamma = P/M$ より、同じ運動量でも質量が異なればエネルギー損失の大きさが異なり、CDC ではこのことを粒子識別に利用する。また、エネルギー損失はエネルギー損失自体の分布の分散およびチェンバーの測定分解能があるので、実際には一定ではなく広がりをもって分布している。従って、エネルギー損失分解能に比べてエネルギー損失の差が大きい場合は識別可能であるが、分解能に比べてエネルギー損失の差が小さい場合は識別が困難になる。よってエネルギー損失測定分解能を測定することは、粒子識別能力を評価する上で大変重要である。

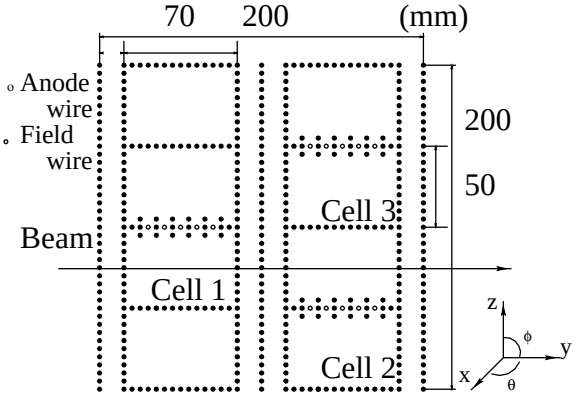

図 1:テストチェンバーのセル構造

[実験方法]

筑波の高エネルギー加速器研究機構の陽子シンクロトロン (12GeV) の T1 ビームラインで実験を行なった。ビーム実験には実機と同様のミニジェットセル構造を持つドリフトチェンバー (図 1) を使用し、ビームの運動量および入射角度をそれぞれ変化させ π^+、$proton$、e^+ のそれぞれの粒

子のエネルギー損失の測定を行なった。運動量は、エネルギー損失の測定分解能の $\beta\gamma$ 依存性を調べるために $0.5{\sim}2.0[\mathrm{GeV/c}]$ まで変化させて測定を行ない、入射角度についてはエネルギー損失のセルを横切った距離に対する依存性、及び空間電荷効果の影響、さらにエネルギー損失分解能の角度依存性を調べるために入射角度を変えて測定を行なった。

[結果及び考察]

エネルギー損失の分布は相対的に高い領域に tail をひく Landau 分布である。CDC では 1track のエネルギー損失を何本かのワイヤーで測定することで精度を上げ、この分布の tail の分解能への影響を落すため測定値を小さい順に並べ、小さい方からある割合の数のサンプルの測定値を採用して平均を求め、エネルギー損失および分解能を求める (truncated mean)。図 2 にテストチェンバーのサンプルワイヤー 10 本での分解能を truncated mean の割合を 60% ~100% まで変化させ、それぞれの入射角度について求めた結果を示す。図 2 より、truncated mean の割合が 80% のとき最も良い分解能が得られることが分かった。また、$CO_2/isoC_4H_{10}(90/10)$ 混合ガスにおける空間電荷効果はエネルギー損失分解能を良くする方向に働く事が分かった。図 1 に示したセルの構造上、入射角度が小さくなるとガス増幅によって出来た電子群が 1 点に密集した状態に作られ空間電荷効果が起きやすくなる。これによりガス増幅が飽和し Landau 分布の tail に分布するような相対的に大きい信号は小さく測定されることになり、Landau tail に相当する部分が少ない分布となることから空間電荷効果の影響が大きい入射角度 $\theta = 0^\circ, 15^\circ$ の分解能が良くなっていると考えられる。また、テストチェンバーの 8track を実機の 1track として換算して計算した入射角度 0° の実機 (sample wire:80) におけるエネルギー損失分解能は truncated mean 80% で 5.2% と求まった。ビーム運動量を変えて π^+、$proton$、e^+ の粒子を測定することにより得られたエネルギー損失の $\beta\gamma$ 依存性は図 3 に示す。

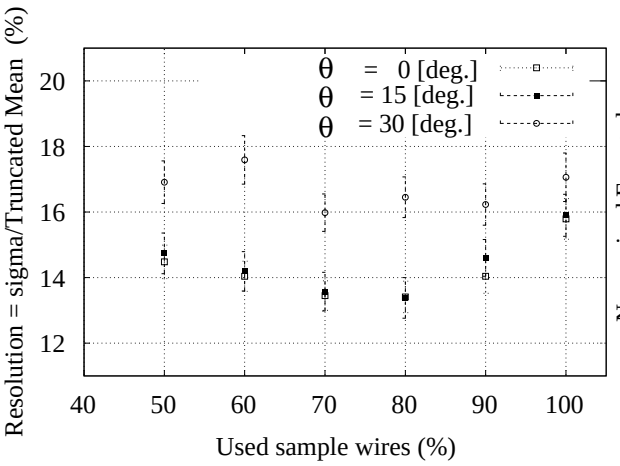

図 2: エネルギー損失分解能 (10wires)

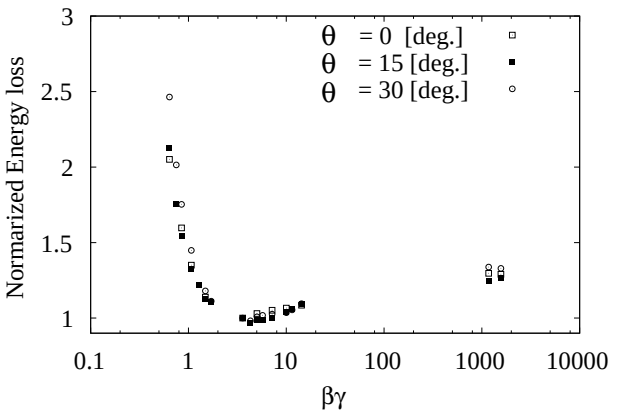

図 3: エネルギー損失の $\beta\gamma$ 依存性

[結論]

JLC-CDC が充填ガスとして使用する予定である $CO_2/isoC_4H_{10}(90/10)$ 混合ガスの空間電荷効果によるガス増幅の飽和は、エネルギー損失測定分解能を良くする働きがあることが分かった。また、この混合ガスはガスの特性により良い位置分解能が得られることが JLC-CDC グループの研究結果より分かっており、今回このエネルギー損失分解能においても 5.2% の分解能が得られたことは、この混合ガス及びミニジェットセル構造の有用性が高いことを示した。