A study of the influence of positive ions on the performance of a jet-type chamber filled with a cool gas

２００１年６月７日
小林　誠

動機

JLC CDC グループは目的とする物理からの要求に応える中央飛跡検出器として炭酸主体のガスを用いたジェット型ドリフトチェンバーの研究開発を行ってきた。クールガスを使用する利点は高い位置分解能と近接二飛跡分解能が得られること及びローレンツ角が小さいことである。これらはテストチェンバーと、宇宙線、粒子線あるいはレーザー光を用いて測定され、各々約 100μm、2 mm、9° ($B = 2$ T, $E = 1$ kV/cm) という期待どおりの値が得られている。更に昨秋 KEK PS T1 ビームラインでテストチェンバーに電子、パイ中間子、陽子を入射してエネルギー損失 (dE/dx) の測定を行い、粒子識別能力を併せ持つことを確認した (図１参照)。

但し、このビームテスト中にセンスワイヤー信号の大きさが、温度及び大気圧はもとよりビーム強度にも依存する事が判明した。前者 (ガス密度依存性) は予め予想されていて温度、圧力ともにモニターされていたので補正可能であった。一方ビーム強度依存性は、ビーム粒子によるガスの電離とそれに続くワイヤー増幅によって測定器の有感領域中に蓄積される陽イオンがセンスワイヤー表面付近の電場を低下させることに起因しており、正確な補正が困難であった。更に重要なのは陽イオンの存在が一様であるべきドリフト領域の電場を歪め電子のドリフト速度の変化をもたらすことである。これは、上流、下流のジェットセル各々で計算値 (陽イオンが存在しない場合の値) のドリフト速度を用いて飛跡を求めると両飛跡間に距離 (Δx、図２参照) が生じることから明らかになった。Δx はドリフト速度がガス密度に依存するため温度及び大気圧の変化にも敏感であるが、その影響は容易に補正可能である。dE/dx の測定に於てはこの Δx と信号の大きさにほぼ直線的な相関が有ることを利用して、陽イオンの信号への影響に対するイベント毎の近似的な補正を加える必要が有った (図３参照)。

この経験から陽イオンの存在が信号の大きさだけでなく最も重要な飛跡の絶対位置測定精度に目標分解能 100μm を上まわる深刻な影響を与え得ることが明らかになった。これはドリフト速度が電界強度に比例しているクールガス特有の問題である。また、実機に於てはガス密度 (温度、圧力) は正確に制御される予定であるが、衝突ビーム実験環境に於けるビームバックグラウンドの量 (従って陽イオンの密度) は計算による予想が最も困難なもののひとつである。従って陽イオンの存在がもたらす飛跡の (見かけ上の) 位置変動の定量的理解と補正方法の研究は重要な課題である。較正手段として例えば測定器内にレーザービーコンを設置することが考えられる。

実験方法 (例)

1. PS T1 ビームラインでテストチェンバーにレーザー光を入射し、その測定位置をビームが無い場合とパイ中間子あるいは陽子で一様に照射したした場合で比較し、ビーム強度 (センスワイヤー電流、従って陽イオン密度) との関係を調べる (レーザートリガー)。
2. 粒子ビームとレーザー光による飛跡を同時に測定し、レーザービーコンによる陽イオンの影響に対する飛跡位置較正の可能性を調べる (ビームトリガー、レーザー同期？)。

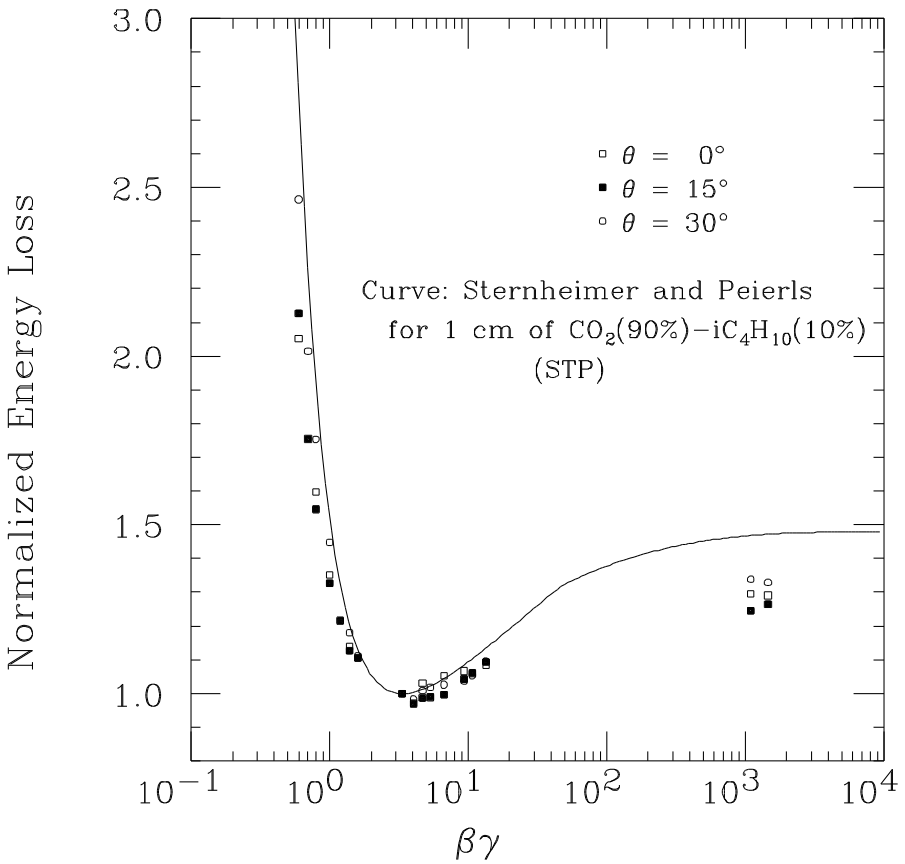

Fig.1. dE/dx as a function of $\beta\gamma$ for $\theta = 0°$, 15° and 30°. See the caption of Fig.2 for the definition of angle θ.

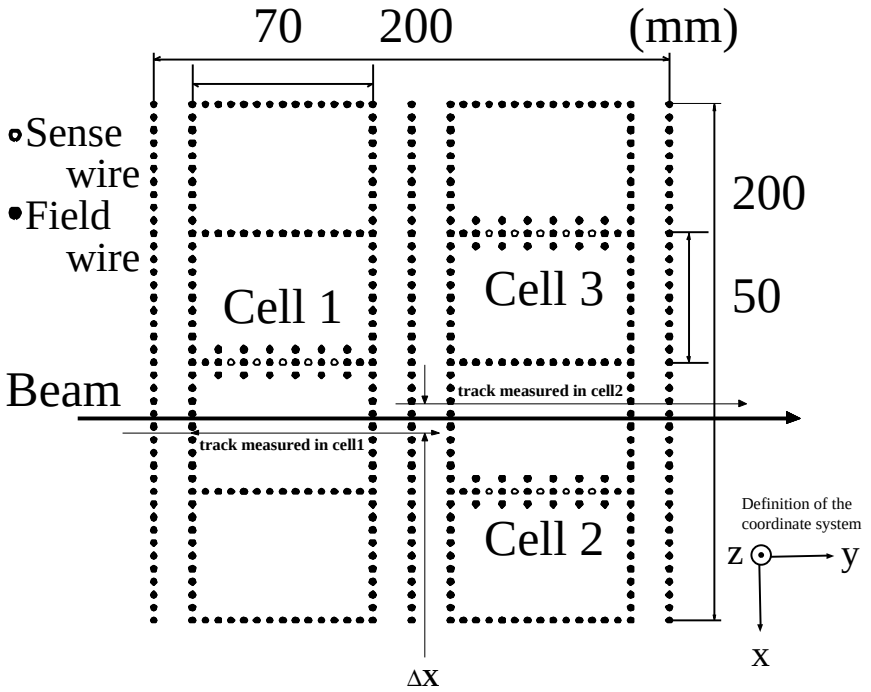

Fig.2. Cell structure of the chamber used in the dE/dx measurement and the definition of ΔX. The particle beam stays in the yz-plane and θ represents the angle of the beam measured from the y-axis.

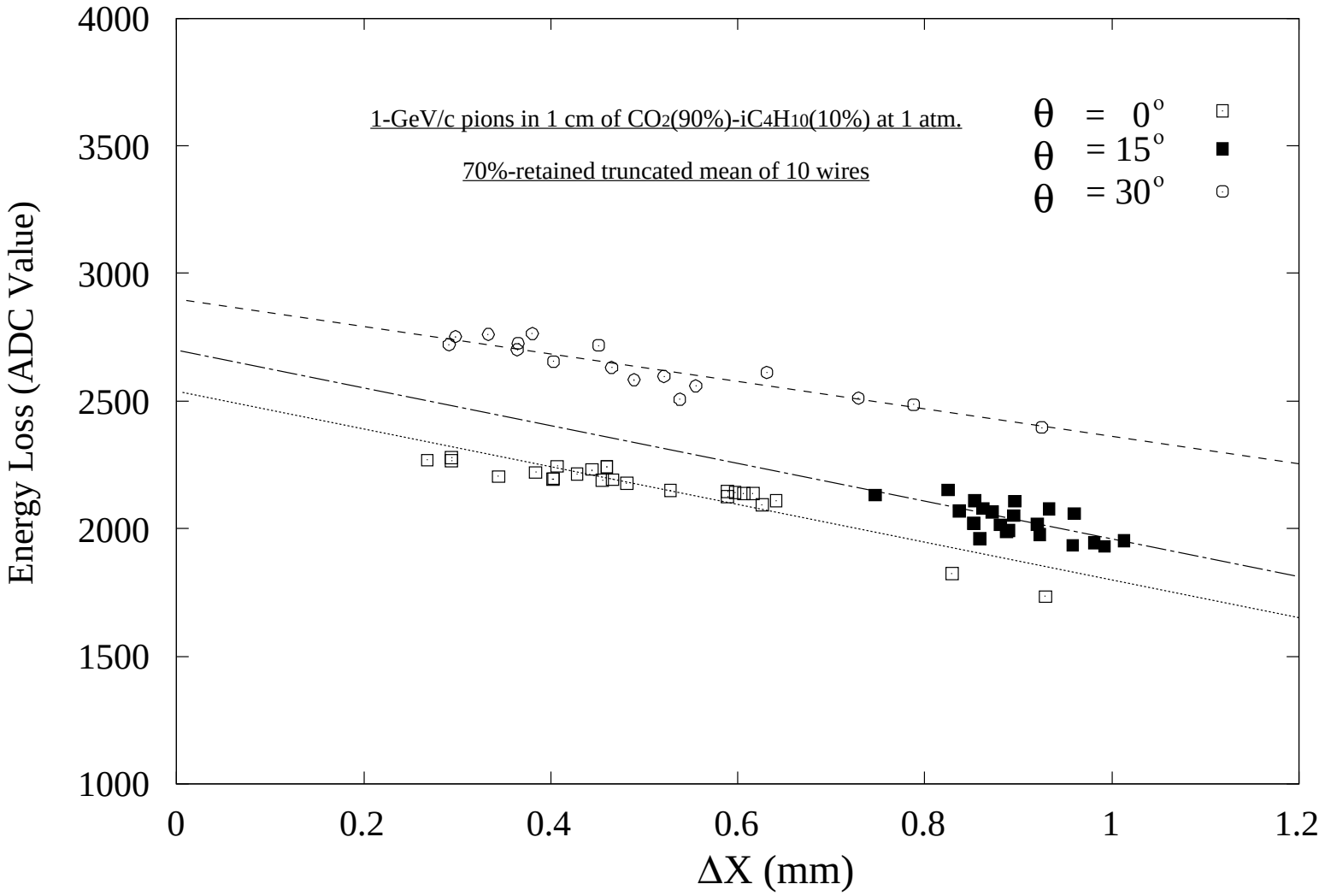

Fig.3. Measured *dE/dx* as a function of ΔX