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

２００１年１１月３０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 $100\ \mu$m、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。

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。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１参照) が生じることから明らかになった。

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 $100\ \mu$m 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と考えられる。この問題を研究するため、我々は一定位置に連続して飛跡を残せるレーザー光 (レーザービーコン) を用いた実験を行うことにした。

実験方法

KEK 陽子シンクロトロン 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、その飛跡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) との関係及びドリフト (x) 方向のレーザー光入射位置依存性を調べる。実験装置はドリフトチェンバー、レーザー、光学系 及びホドスコープで構成される (図２及び図３参照)。飛跡位置測定はスピル中 (粒子ビーム有り) とスピル間 (粒子ビーム無し) 交互に行う。

現状

１１月３０日に実験が終了しオフライン解析が始まっているが簡易解析から以下の事実が明らかになっている。

1. レーザー光による飛跡の (見掛け上の) 位置はスピル中とスピル間で確かに異なり、スピル中の場合の方が実効的な電場が弱まるためドリフト時間が長くなる。
2. 従って上記 ΔX もスピル中とスピル間で異なるが、その差は予想どおりセンスワイヤー電流、即ち陽イオン密度と比例関係が有る (図４参照)。
3. ΔX の差はレーザー光入射位置 (ドリフト距離) に依存する (図５参照)。

現在解析の精密化及び定量的な評価を進めている。

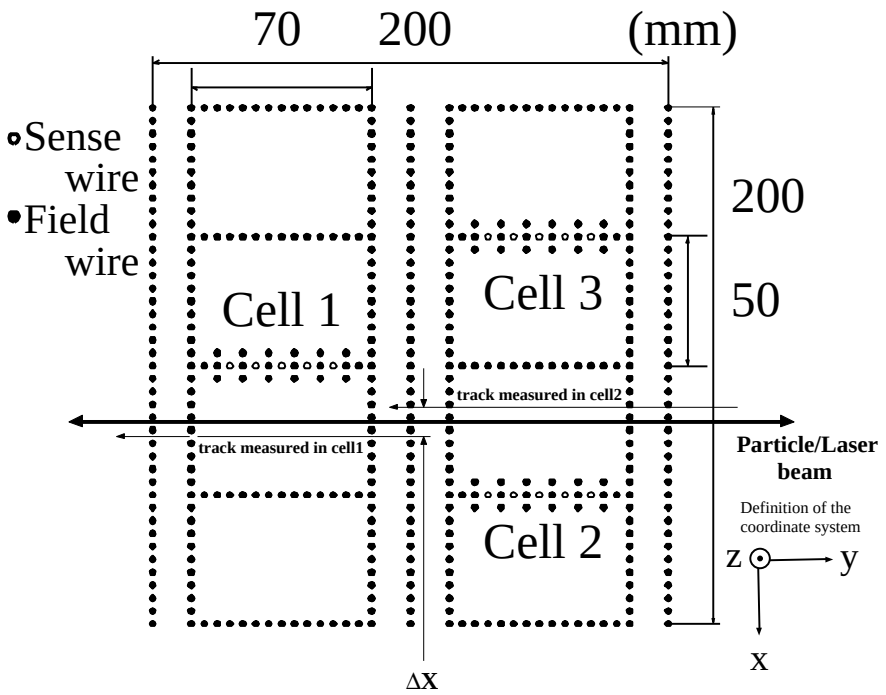

Fig.1. Cell structure of the drift chamber used in the measurement and the definition of ΔX.

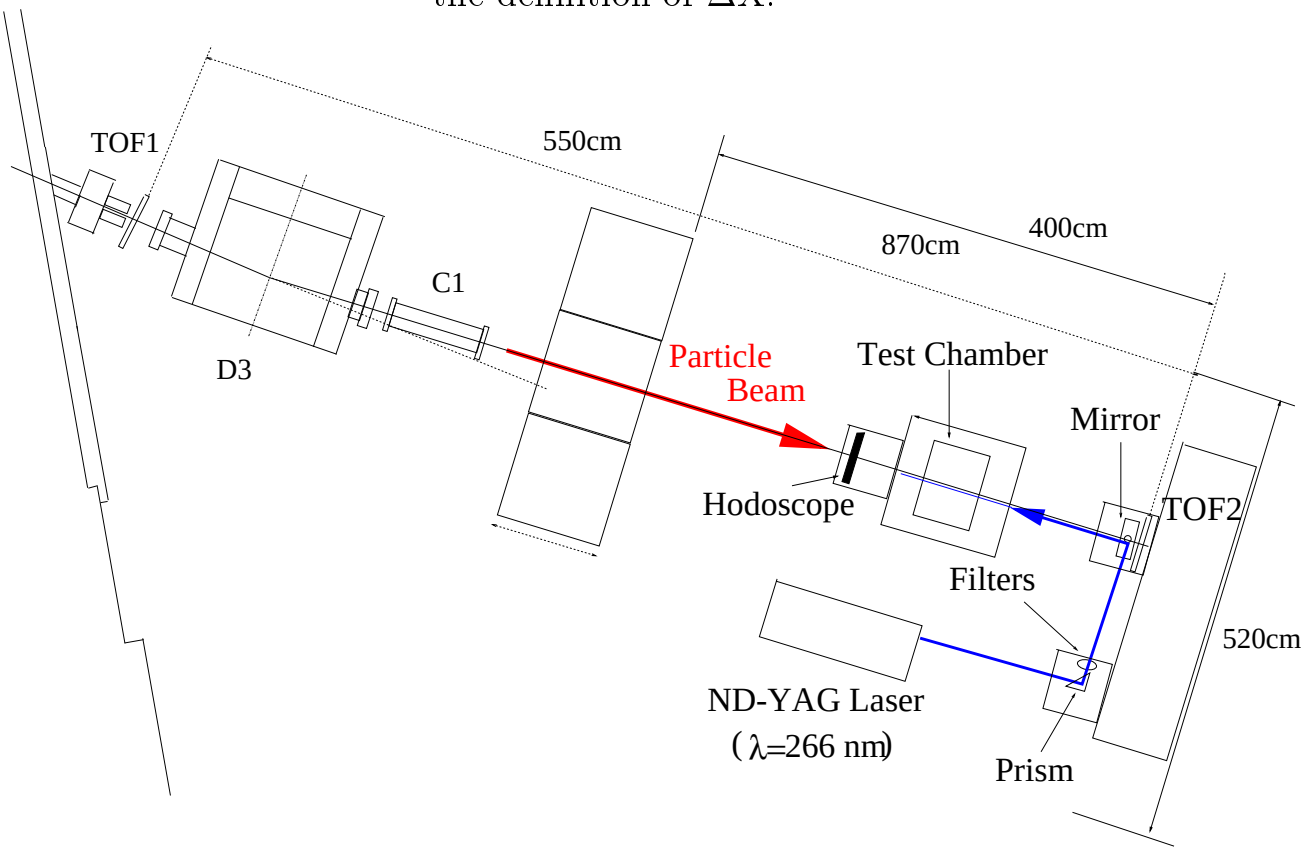

Fig.2. Experimental Setup.

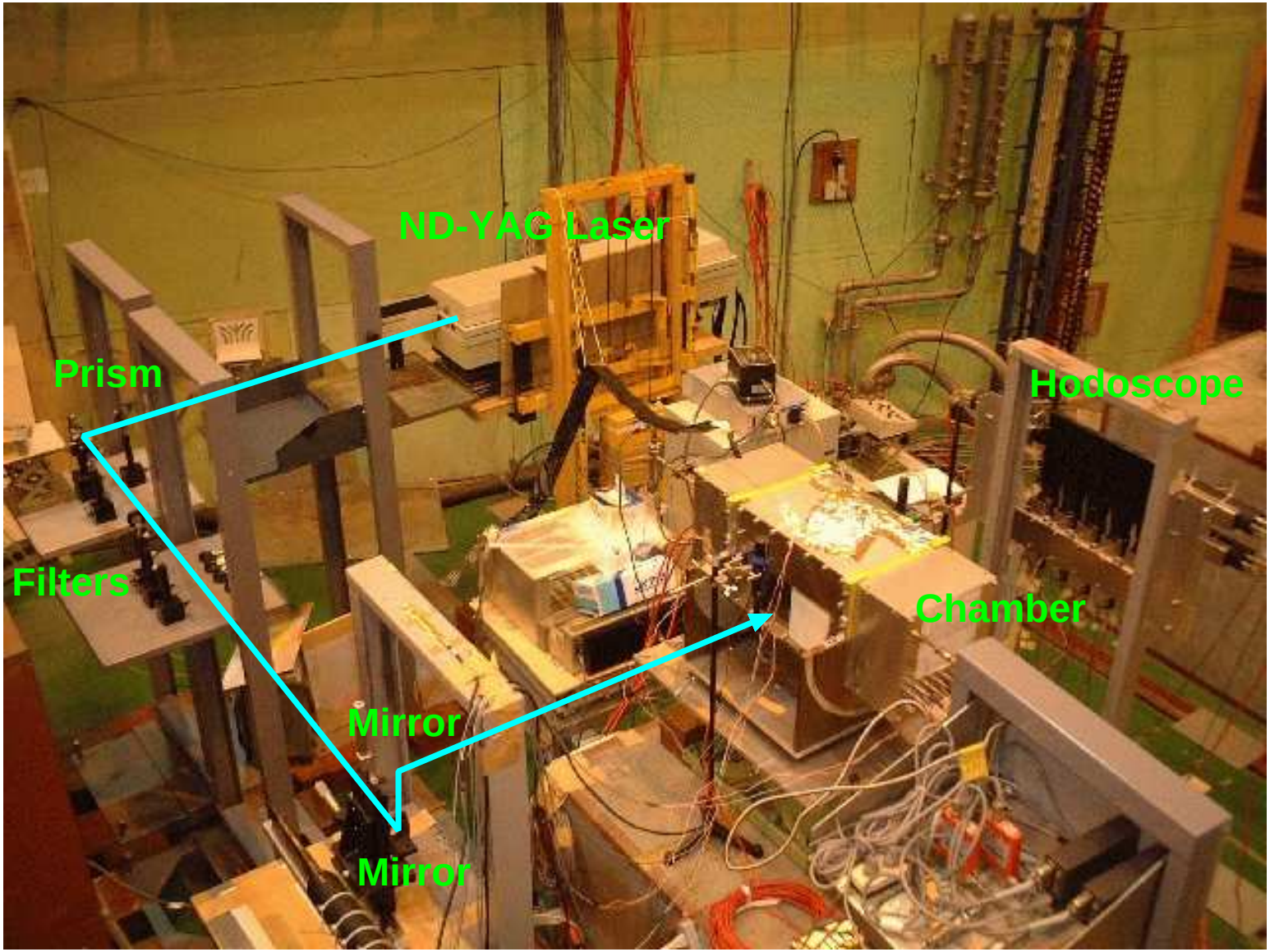

Fig.3. Picture of the Setup.

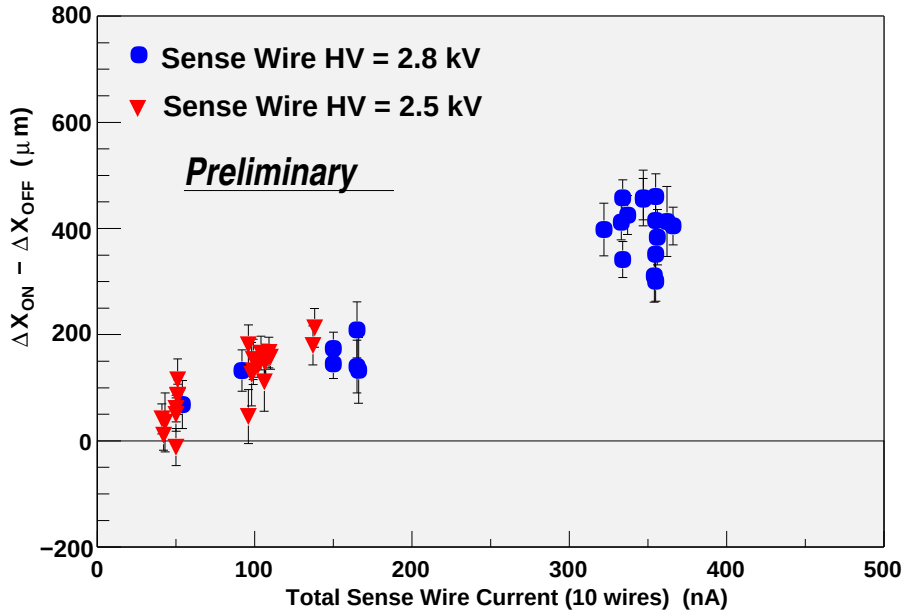

Fig.4. $\Delta X_{beam-ON}$ - $\Delta X_{beam-OFF}$ as a function of total sense-wire current.

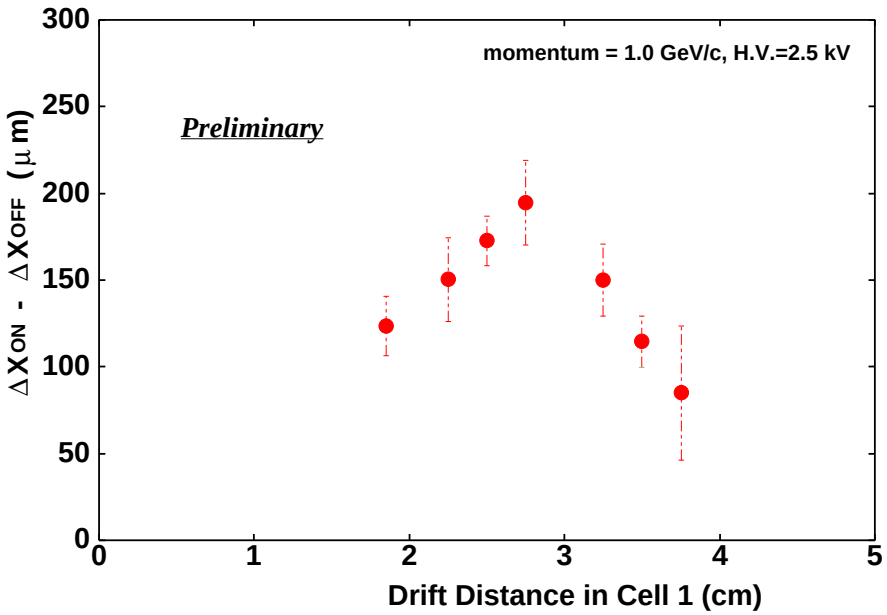

Fig.5. $\Delta X_{beam-ON}$ - $\Delta X_{beam-OFF}$ as a function of drift distance.