

PSのロスモニター

外山 毅

KEK

ロスモニターの種類と特徴

KEK-PSのロスモニター

J-PARCのロスモニター

ロスモニターの種類と特徴

☆粒子弁別をしない！

☆カウントしない（電流モード）！

種類		応答時間	動作範囲	備考
Scintillator	無機結晶	~200 ns (NaI)		
	有機	3-4 ns (plastic)		< 1 kGy
		3-4 ns (liquid)	wide	< 1 kGy
Gas Chamber	電離箱領域	~ 1ms	wide ($10^4 - 10^6$)	
	比例領域	~50 ns - ~ 1 μ s		ガス劣化
Semiconductor	シリコン			< 50 kGy

M. Johnson, "Loss Monitors", AIP Conf. Proc. 212 (1989), p.156.

KEK-PSのロスモニター (1)

(1) LINAC & 40 MeV BT : シンチレーター・ロスモニター

(2) *T. Kawakubo, T. Ishida, and H. Yamaguchi, High cost-performance Fast-response Beam-loss Monitor Using a Photo-multiplier, KEK Preprint 2001-112(2001).*

検出器 : シンチレーション・ファイバー

増幅器 : フォトマル

時間分解能 : < 100 ns (ビームバンチを分別できる)

動作範囲 : $< 6 \times 10^{11} - 1.5 \times 10^{12}$ proton loss (?)

コメント : シンチレーション

ファイバーの放射線劣化が著しい。

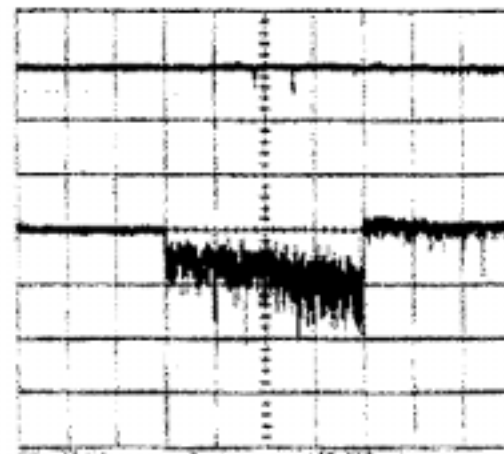


Figure 8: Beam loss during H⁻ injection (40MeV)
* Upper figure: by M2 using a new quartz-fiber (V_{PM}=1kV) (10μs/d, 50mV/d)
* Lower figure: by M3 using a new scintillation-fiber (V_{PM}=1kV) (10μs/d, 50mV/d)

KEK-PSのロスモニター (2)

(2) Booster : 比例領域の同軸型チェンバー

*H. Ymaguchi, I. Yamane, H. Nakagawa and K. Nigorikawa,
A Beam Loss Monitor for the KEK PS-Booster Synchrotron,
KEK-Report 88-13.*

検出器 : 芯線 (250 V~ 2.3 kV。

signalはコンデンサを通してアンプへ送る)

+外部円筒導体 (GND) から成る。

長さ~280 mm、直径 (外径) ~34 mm

PRガス (アルゴン90% + メタン10%) 封入。

増幅器 : 真空管アンプ (インピーダンス変換。)

時間分解能 : ~50 ns (ビームバンチを分別できる)

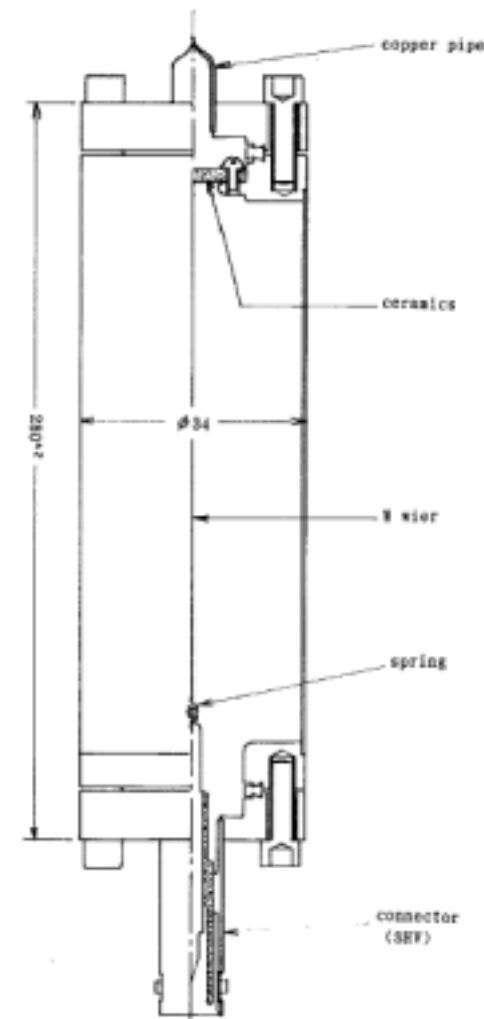


FIG. 1. Structure of beam loss monitor

KEK-PSのロスモニター (3)

(2) 比例領域の同軸型チェンバー

検出器：ガス増幅率

HV の設定値は状況により
変更されているが、

$G \sim 2 \sim 100$ (?)

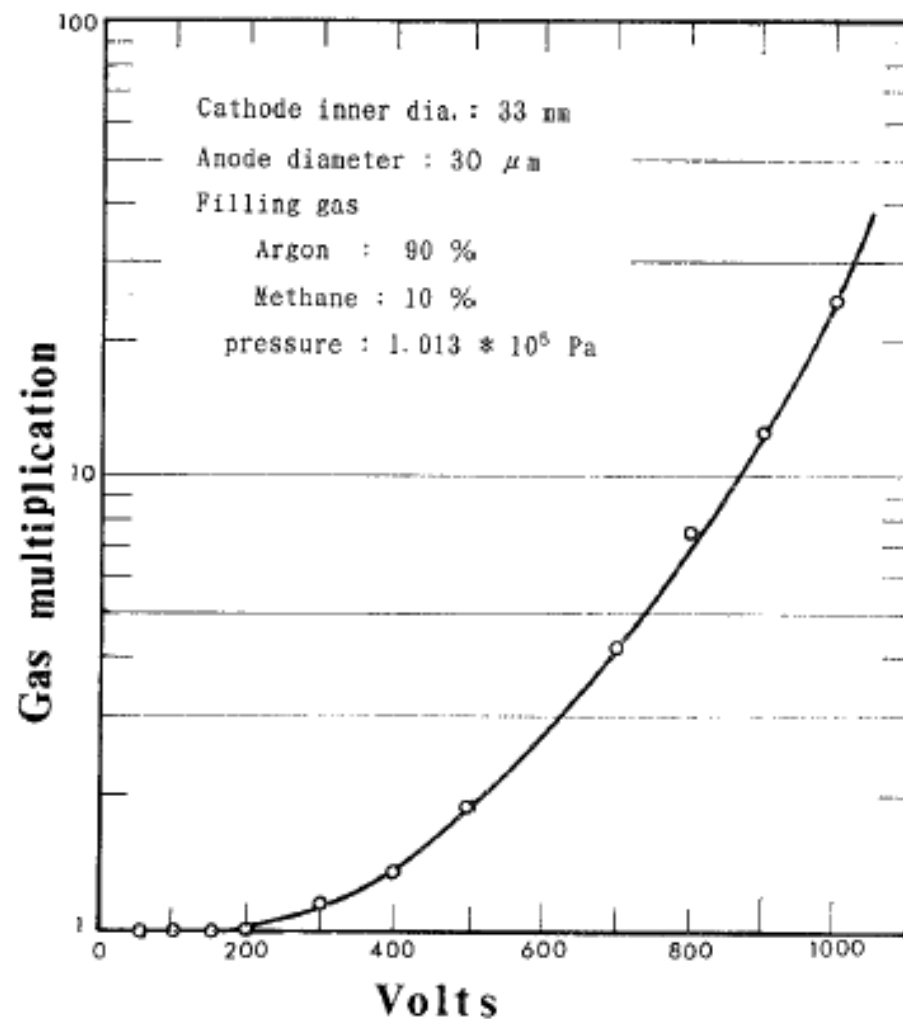


FIG. 2. Gas multiplication factor M versus voltage.

KEK-PSのロスモニター (4)

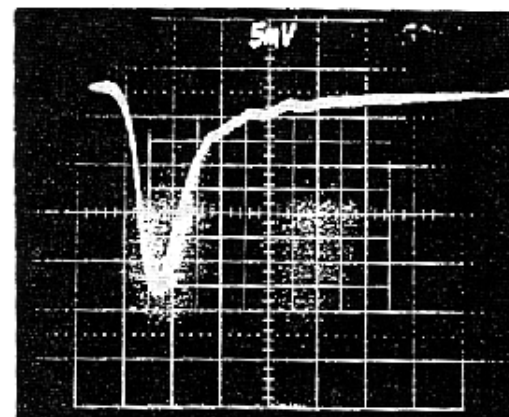
(2) 比例領域の同軸型チェンバー

増幅器：真空管アンプ
(インピーダンス変換。)

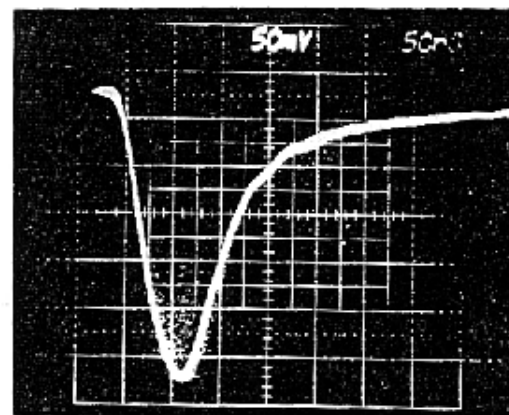
時間分解能：～50 ns

回路定数の選び方で
時間分解能は向上する。

*H. Someya, et al.,
A Beam-Loss Distribution Monitor,
Proc. Advanced Beam Instrumentation, 1991.*



(a)



(b)

Fig. 4 Photographs of detector output signal at the RG1 resistor for two values of resistance: (a) $RG1 = 50 \Omega$, and (b) $RG1 = 1k\Omega$. These signals are outputs for single radiation which was obtained using a Cs^{137} γ source with an anode voltage of 2.5 kV.

KEK-PSのロスモニター (5)

(3) MR : 電離箱 (ケーブル利用、空気)

*H. Nakagawa, S. Shibata, S. Hiramatsu, K. Uchino and T. Takashima,
Beam-Loss Monitoring System with Free-air Ionization Chambers,
Nucl. Instr. Methods 174 (1980) 401-409.*

検出器 : 内導体 (signal。入力抵抗を通してGNDへ落ちる)

+ 中間円筒導体 (60~500 V)

+ 外部円筒導体 (GND) から成る (同軸ケーブル)。

長さ~6 m、直径 (外径) ~約35 mm

空気

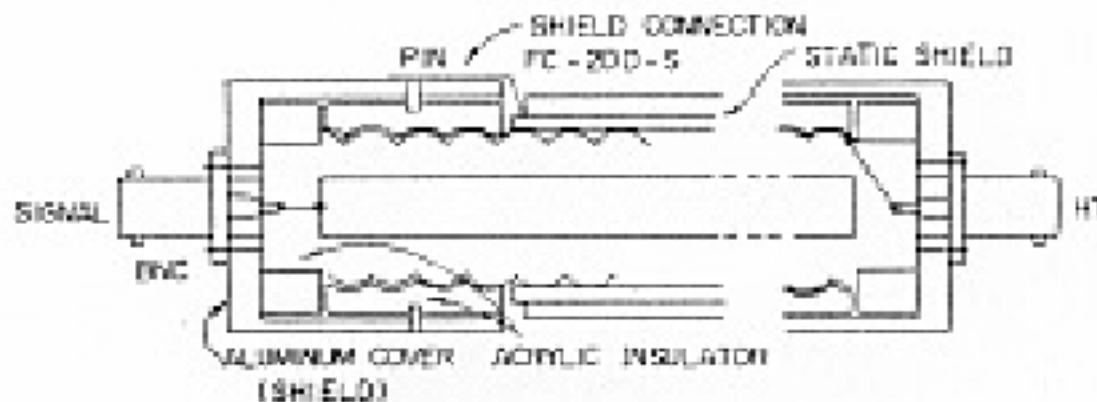


Fig. 2. Chamber structure.

KEK-PSのロスモニター (6)

(3) MR : 電離箱 (ケーブル利用、空気)

増幅器 : 積分器 (@中央制御室。ゲイン切り替え / 2倍or54倍)

時間分解能 : ~1 ms

動作範囲 : $> 10^{12}$ proton loss / 300 ms (0.5 ms?) @ 12GeV(kinetic)

コメント : 出力信号は、エネルギー (kinetic) に対して、ほぼリニアに増加。HV符号は余り効かない (正or負イオン。電子は吸収される)。信号極性が変わるので回路の都合。全周ロスで校正するには、アンプのDC offset, 傾きの調整が必要。

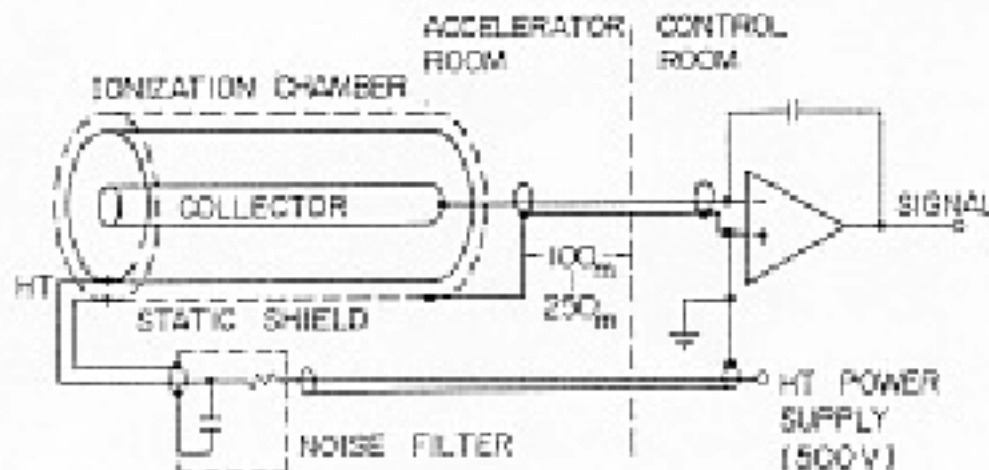


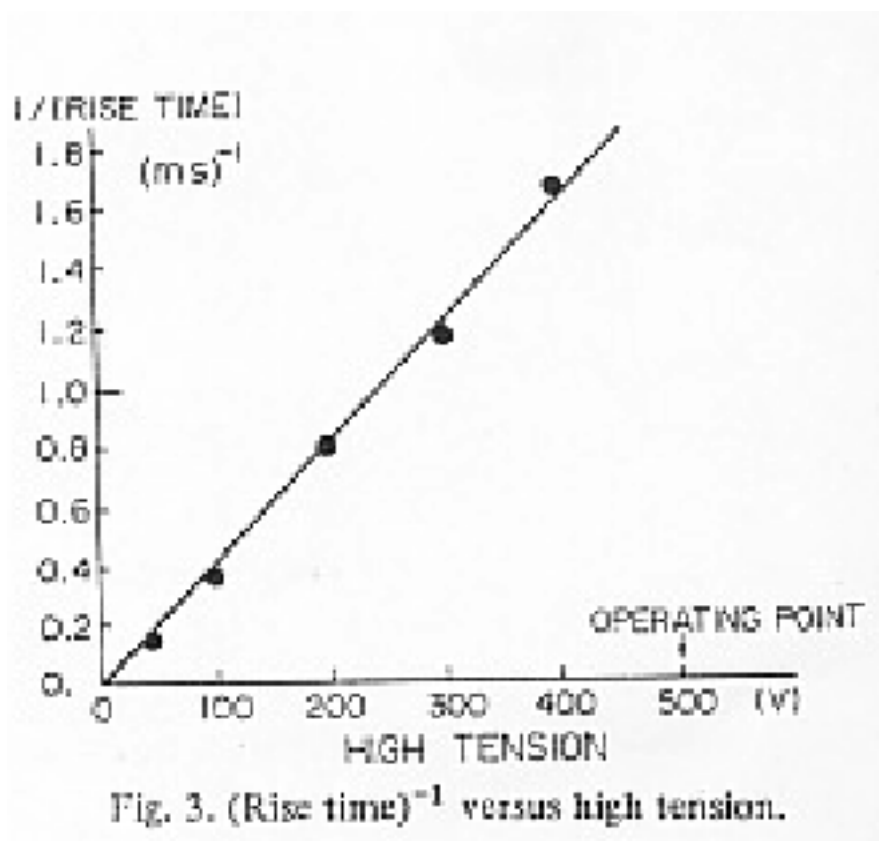
Fig. 1. Simplified electronic circuit of the AIC.

KEK-PSのロスモニター (7)

(3) MR : 電離箱 (ケーブル利用、空気)

時間分解能

測定の上限



空間電荷リミット

$Q < 1.1 \mu\text{C}$

current $< 2.4 \text{ mA}$

ion pairs $< 9 \cdot 10^{12} \text{ cm}^{-3} \text{ s}^{-1}$

再結合

$Q < 0.1 \mu\text{C}$

current $< 210 \mu\text{A}$

ion pairs $< 8 \cdot 10^{11} \text{ cm}^{-3} \text{ s}^{-1}$

KEK-PSのロスモニター (8)

(3) MR : 電離箱 (ケーブル利用、空気)

感度 : 信号電流 \propto 損失陽子数 \times 運動エネルギー

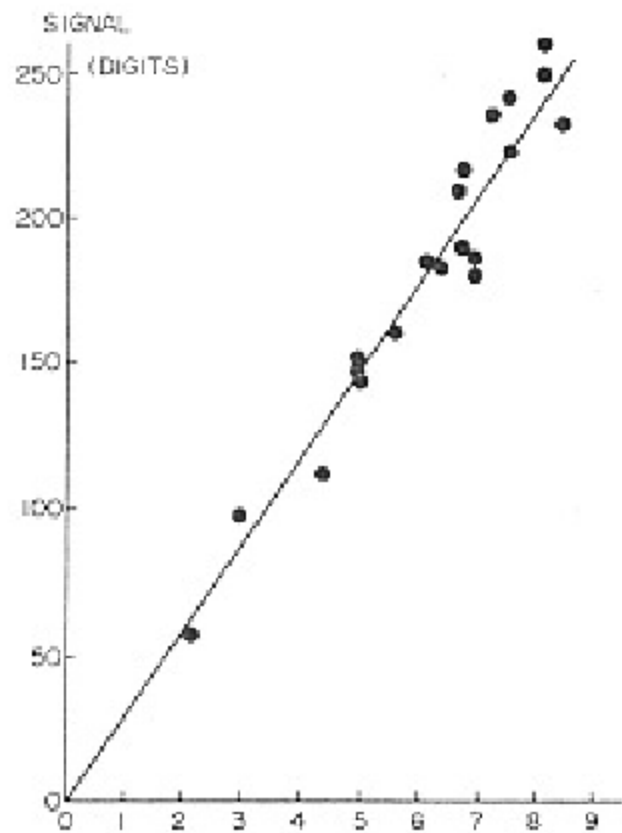


Fig. 5. AIC linearity at 12 GeV.

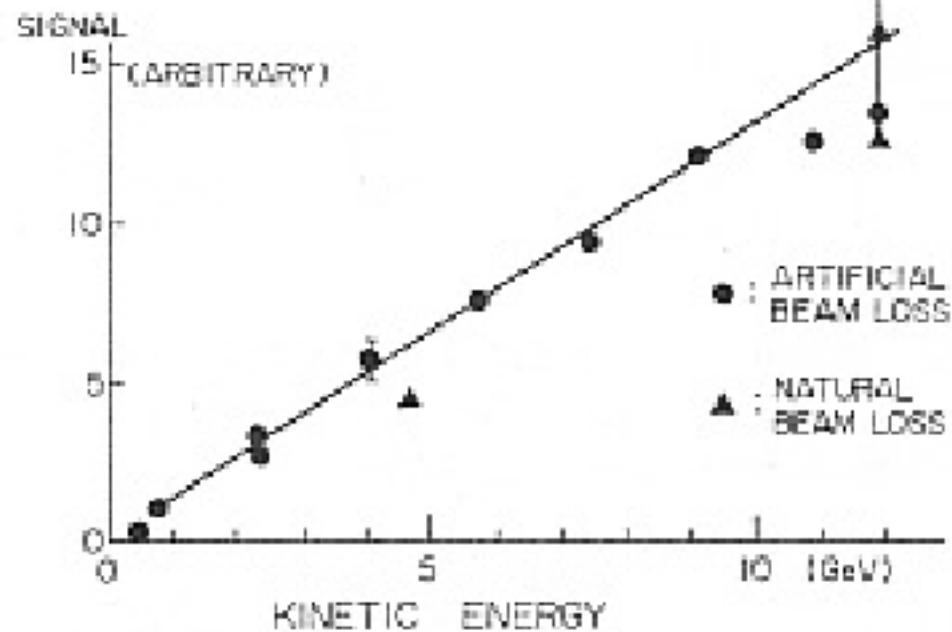


Fig. 6. Signal versus kinetic energy.

J-PARCのロスモニター

上記のようなロスモニターを適材適所で配置する。

観点：

- (1) ロスによる1次、2次粒子……の数量およびエネルギー
上流 (LINAC) は数量、エネルギーともに小さいと考えられる。
- (2) 必要な応答時間
速い繰り返しの機器にインターロックをかけるには、
速い応答時間が必要。
- (3) 放射線ダメージの度合い
下流 (higher energy) ほど、大きなダメージが有る。

J-PARCのロスモニター

例えば、50 GeV MR では、
電離箱（ケーブル利用）を全周に配置する。

(1) ロスによる1次、2次粒子……の数量およびエネルギー
数量、エネルギーともに大きいと考えられる（十分な信号）。

(2) 必要な応答時間

マシン・サイクルは2～6（？）秒程度。

RF、電磁石の応答時間を考慮すると、～msecでO.K.??

(3) 放射線ダメージの度合い

多量の放射線の照射を受けることが想定されるので、耐放射線材料を選定する。前置増幅器はさける。

J-PARCのロスモニター

例えば、50 GeV MR では、
電離箱（ケーブル利用）を全周に配置する。

課題：

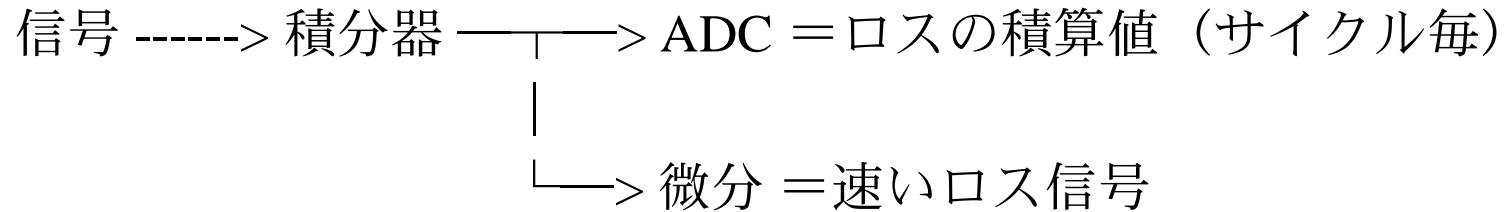
KEK-PS の電離箱（ケーブル利用）ロスモニターの現在の特性を
チェックする（20年以上の経年）。

材料の選定。

感度、測定限界の確認。

J-PARCのロスモニター

電離箱（ケーブル利用）ロスモニターの処理方法：



ロス信号をエネルギーで規格化する必要があるか？