

## Radiation Monitoring around Accelerators using Nuclear Emulsion

Yoshitaka Taira<sup>1</sup>, Kunihiro Morishima<sup>1</sup>, Kaname Hamada<sup>1</sup>, Toshiyuki Nakano<sup>1</sup>,  
Masahiro Katoh<sup>2</sup>, Jyun-ichiro Yamazaki<sup>2</sup>, Masahito Hosaka<sup>3</sup>

1. Graduate School of Science, Nagoya University, Furo-cho Chikusa-ku, Nagoya 464-8602

2. UVSOR, Institute for Molecular Science, 38 Nishigo-Naka Myodaiji, Okazaki 444-8585

3. Graduate School of Engineering, Nagoya University, Furo-cho Chikusa-ku, Nagoya 464-8602

### [Abstract]

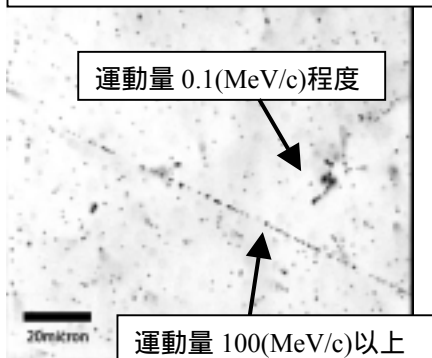
Nuclear Emulsion is a detector that have high position resolution, sub-micron. Nuclear Emulsion can measure particle ID, angle distribution, momentum distribution and flux. We measured radiations scattering around accelerator UVSOR. Emulsion could measure the source and the propagation of radiations. So we got the result that Emulsion is very effective to measure radiations around accelerator.

## 原子核乾板を用いたポータブル放射線モニターの開発

### 1. はじめに

原子核乾板(以下乾板)は、電荷、エネルギーに関わらず全ての荷電粒子の飛跡を3次元として蓄積する。特徴としては、死時間が無いこと、位置検出精度がサブミクロンと極めて高く、小型化、大型化が容易であることが挙げられる。しかし、現像後の乾板を解析するので、リアルタイム性が無いことが他の検出器に劣る。荷電粒子が高速で物質中を通過すると、電磁相互作用によって臭化銀を電離し、その経路に沿って潜像核が出来る。それら潜像核がもととなり、現像後に飛跡が約1(micron)の銀粒子の点線として現れる。図1は、乾板の光学顕微鏡画像(1辺約100micron)であり、図中の点線が荷電粒子(電子)の飛跡である。

図1：乾板の光学顕微鏡画像。400倍。



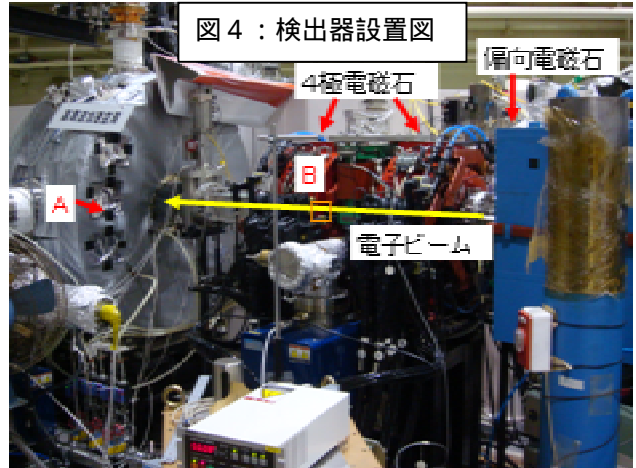
乾板は元々、高空間分解能の飛跡認識型の検出器として、宇宙線実験や素粒子実験に使用され、新粒子の発見などの成果を挙げてきた。しかし光学顕微鏡を用いた乾板内の荷電粒子の飛跡測定では、解析時間が膨大であり、徐々に廃れてきた。しかし、名古屋大学の研究グループでは、その読取時間を短縮するために、自動かつ高速で乾板内の飛跡を読み出す装置(SUTS[1] 図2)を独自に開発し、その処理速度を向上させてきた。現在の処理速度は、5(min/cm<sup>2</sup>)までになり、人間に比べて、約1000~10000倍のスピードである。今後、顕微鏡の1視野を100倍に拡大することにより、さらに100倍スピードアップする予定である。飛跡読取時間の大幅な短縮は、素粒子物理学に止まらない幅広い分野への乾板の応用を可能とするはずである。

本研究ではそのような応用の1つとして、加速器周りの漏洩放射線測定を試みた。乾板を用いて、放射線の粒子識別、角度分布、運動量(エネルギー)分布、fluxを測定する。角度測定が可能なので、ピンポイントで放射線の発生源を特定できる。また、小型化が容易なので狭い場所にも設置でき、機器が多数置かれている加速器周辺の放射線モニターに適している。

図2：SUTS 3000frame/s の画像処理が可能



図4：検出器設置図



## 2. 実験方法

使用する乾板は、OPERA film[2](富士フィルム(株)製)と呼ばれ、200(micron)の TAC base に 45(micron)の乳剤が両面に塗布されている。機械塗付によるたわみの無い高品質な乾板である。

漏洩放射線測定のための検出器は、24mm\*24mmの乾板を 20 枚積層し、遮光とアライメント保持のためにラミネート紙で真空パックした(図3)ものである。乾板を積層している主な理由は、コインシデンスによるバックグラウンドを除去するためと、荷電粒子の運動量測定[3]をするためである。荷電粒子は、物質中で多重電磁散乱を受けながら運動する。その散乱量は荷電粒子の運動量に反比例(図1参照)するので、乾板同士での散乱量を測定すれば、運動量測定ができる。

図3：検出器 乾板を20枚積層



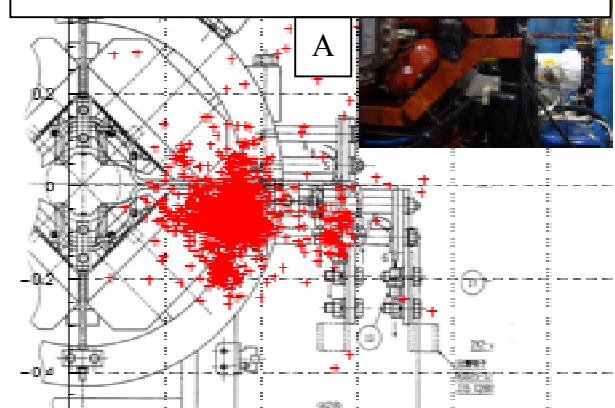
我々は、加速器からの漏洩放射線を測定するために、分子科学研究所のシンクロトロン光源 UVSOR - (電子エネルギー750MeV、蓄積電流値 350mA)の運転中に図4に示す2箇所(A,B:リング内側)に検出器を設置した。Aは4極電磁石の後方に20分、Bは4極電磁石の間に1分設置した。

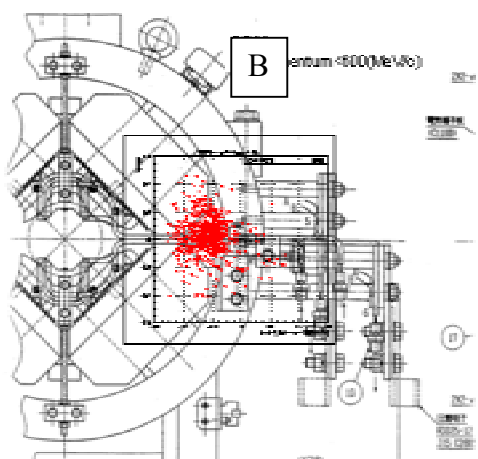
## 3. 結果

乾板を高速自動飛跡読取装置(SUTS)でスキャンして得られた1本1本の電子の角度分布(Aは、運動量100(MeV/c)以上、Bは、運動量40(MeV/c)以上)を、実際の加速器配置図上に投影(図5)してみると、放射線の発生箇所が、4極電磁石外側の隙間であることが判明した。加速器からの漏洩放射線に関して、その発生源や伝搬に関する情報がこれほど鮮明に得られたのは驚きであった。

なお、Aに関しては、検出器をベーキング用のジャケット上に貼り付けたため設置角度の誤差が大きいと考えられる。今後は、設置場所にも工夫が必要である。

図5：電子線発生箇所 前方の4極電磁石に投影





#### 4 . 考察

加速器の電子ビームは、主に次の2つの過程でエネルギーを損失する。

制動放射：電子ビームは、ダクト内の残留ガスによって散乱されてエネルギーを失い、偏向電磁石で内側に軌道が曲げられ、ダクト壁に衝突する。

Touscheck 効果：RF バケット内の電子同士の散乱でエネルギーを失い、軌道が徐々に内側に曲げられ、ついには、ダクト壁に衝突する。

ダクト壁に衝突した電子は、制動放射や対生成を起こし、ガンマ線、電子を放出し、それら2次粒子が測定場所に到来しているものと考えられる。投影図(図5)に見えていた構造は、電磁石などの物質の影響が見えていると考えられる。

#### 5 . まとめ

加速器からの漏洩放射線のモニターに乾板が有効であることを示す結果が得られた。放射線の到来方向を決定できるという乾板の特徴により、放射線の発生源、伝搬経路を特定することが出来た。研究者らの知る限りでは、類似の実験に関する報告は無い。今後はガンマ線、中性子の計測も試み、放射線モニターとしての性能を向上させ、原子核乾板の活発な利用を図る。

#### 6 . 参考文献

1. T. Nakano, in: Proceedings of International Europhysics Conference on High Energy
2. T.Nakamura et al., submitted to Nucl. Instr. And Meth. A. 556 (2006) 80-86
3. K. Kodama et al. , Rev. Sci. Instrum. , No.1, Jan. (2003)