

21-P14

## A ELECTRON LINAC BEAM POSITION MONITOR USING SLOT ANTENNAS

Shusuke NISIYAMA, Hiroyasu ITOH, Satoshi TOMIOKA, Takeaki ENOTO  
 Department of Nuclear Engineering, Faculty of Engineering, Hokkaido University  
 Kita-13jo Nisi-8chome Kita-ku Sapporo, Hokkaido, 060, Japan

## ABSTRACT

We report the characteristics of compact slot antennas, that are put on right, left, up and down side of the electron beam separately, to be applied to beam position monitor. Right and left side antennas have good characteristics for beam position monitor, but characteristics of up and down side antennas are disturbed. Also a slot antenna is not influenced by other side antennas.

## スロットアンテナを用いた電子ライナックのビーム位置モニタ

## 1. はじめに

電子ビームの位置を非接触で測定できるモニタは、近年様々な形式のものが開発されているが、本研究室でもそのようなモニタの一つとして、スロットアンテナを用いたビーム位置モニタの研究がおこなわれてきた。これまでは、単独のスロットアンテナの特性が評価されてきたが、今回はスロットアンテナを小型化して電子ビームの上下左右に配置し、ビーム位置の変化に対する応答や複数のスロットアンテナがあることによる影響を検討した。

## 2. 実験体系

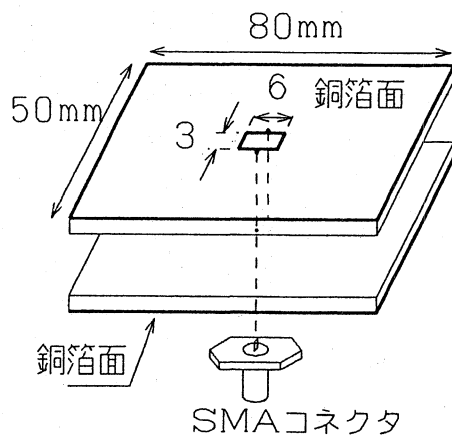


図 1: スロットアンテナの構造

スロットアンテナは 50 × 80 × 1.6mm の銅張

ガラスエポキシ基板 2 枚を用いた図 1 に示す構造で、縁を銅箔テープで貼り合わせてある。これを電子ビームの上下左右に配置し、水平方向へはステッピングモータで動かせるようにした。(図 2) ビーム取り出し窓とアンテナの間の空間は、

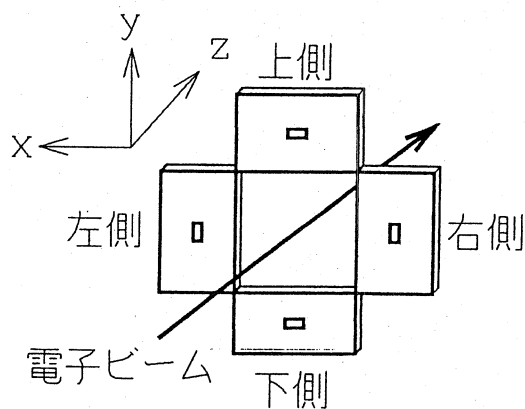


図 2: スロットアンテナの配置

アンテナ側を除く 5 面を 60 × 60 × 10cm の電波吸収材で囲み、反射電磁波の低減を計った。アンテナからの信号は、自乗検波特性を持つクリスタル検波器 (HP423B : 帯域幅 10MHz ~ 12GHz) を通してからオペアンプを用いたピークホールド回路によりパルスの波高値を測定した。ピークホールド回路では、2つのアンテナからの信号を同時に測定するため、1次元のビーム位置ならばリアルタイムでの測定が可能である。

実験は北大 45MeV electron LINAC において、パルス幅  $0.2\mu s$ 、繰り返し周波数 10pps におけるビーム電流 420nA で行なった。

3. 実験結果および考察

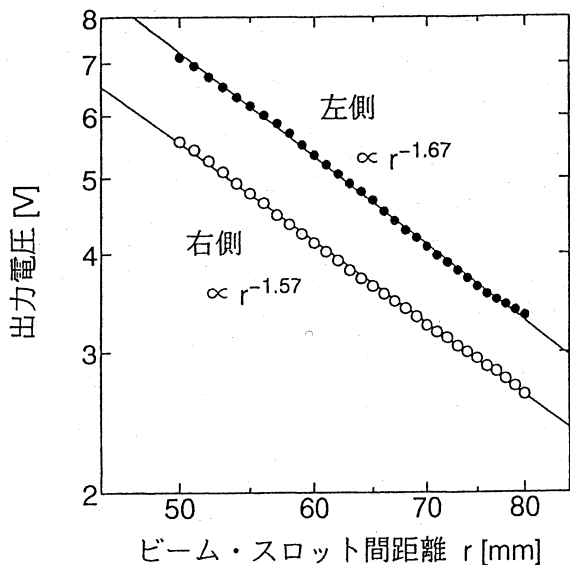


図 3: 左右のアンテナの出力特性

図 3はアンテナを水平方向へ動かした場合の、左右のアンテナの出力を示したものである。横軸は電子ビームの中心からスロットアンテナの中心までの距離  $r$  で、 $r = 65\text{mm}$  のときに電子ビームが左右のアンテナ間の中央を通過している。このグラフは両対数グラフで、ほぼ直線であることからアンテナの出力電圧は  $k$  を感度係数として  $kr^{-n}$  で近似できる。 $n$  の値は、図 3では 1.57 と 1.62 であるが、この値は再現性が悪く、これまでの実験では 1.3 ~ 2.2 程度の幅がある。この原因としては、アンテナや検波器の周波数特性が影響していることを実験的に確認しているが、電波吸収材で抑え切れなかった反射電磁波の影響や、実験毎の電子ビームのエネルギー、プロファイルの違いに影響されていることも考えられる。

感度係数にはスロットアンテナの感度、検波器の検波効率、アンプのゲインが含まれ、左右のアンテナでそれらが異なるため感度係数も左右のアンテナで異なる。このことを考慮して左右のアンテナの出力を  $V_R, V_L$  とすると次のように表さ

れる。

$$V_R = k_b k_R (l+x)^{-n}$$

$$V_L = k_b k_L (l-x)^{-n}$$

ここで  $k_b$  はビームに関する係数 (1 バンチあたりの電荷量など)、 $2l$  は左右のスロット間の距離、 $x$  は電子ビームの水平方向の位置である。(左右のアンテナ間の中央で 0:左側が正) これを  $x$  について解くと

$$x = l \left\{ 1 - \frac{2}{1 + \left( \frac{V_L k_R}{V_R k_L} \right)^{1/n}} \right\} \quad (1)$$

となつて  $k_b$  は相殺され、ビーム電流の変化等は影響しない。 $n = 1, k_R = k_L$  とすると、ボタン電極型やストリップライン型のビーム位置モニタで用いられる  $\Delta/\Sigma$  の形になる。また、上下のスロットアンテナに対して同様の式を用いれば、2次元での電子ビームの位置を求めることができる。

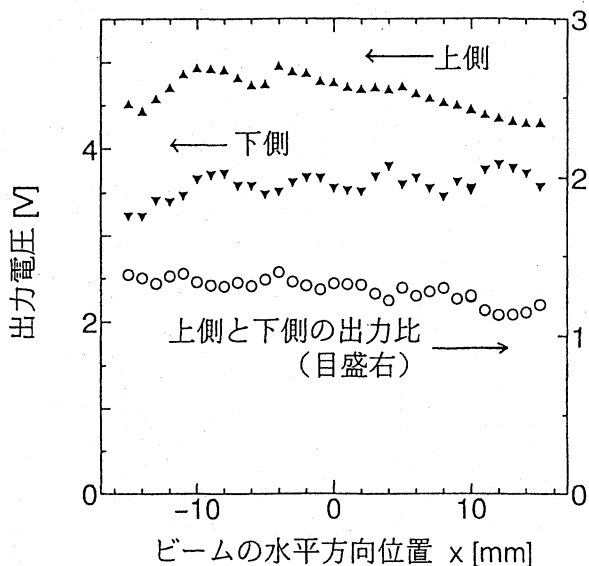


図 4: 上下のアンテナの出力特性

次にアンテナを水平方向に動かした場合の、上下のアンテナの出力を図 4に示す。全体に右下がり、なめらかな線になっていないが、 $x$  が  $-10 \sim +2\text{mm}$  の範囲では上側、下側のアンテナの出力は同様な変化をしており、2つの出力電圧の比はほぼ一定である。この比が広い範囲で一定であれば、水平方向のビーム位置変化が垂直方向の変化

として検出されないので、ビーム位置モニタとして望ましい特性といえる。図4ではやや乱れた結果であるが、上下のアンテナの実験はまだ回数が少ないので、これがスロットアンテナの特性によるものか、周辺からの反射電磁波等の外乱によるものかを判断するには、さらに実験データを集める必要がある。

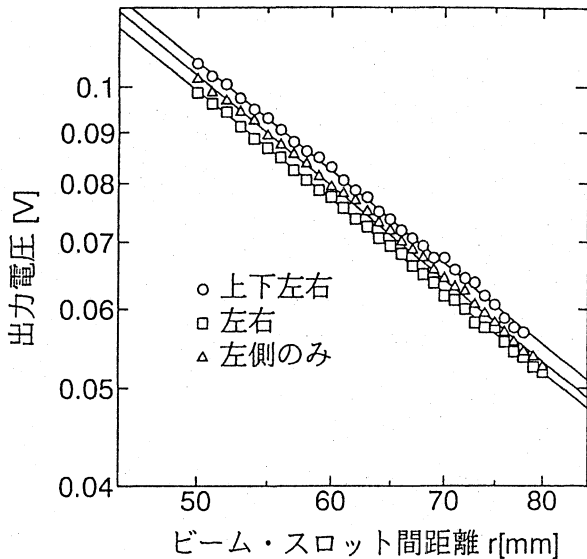


図 5: スロットアンテナ相互の影響

最後に、スロットアンテナを上下左右に4個配置した場合、左右に2個の場合、左側1個のみの場合について、アンテナの出力特性が異なるかどうかを調べた。結果は図5に示すとおり、両対数グラフでの傾き、即ち  $r^{-n}$  であらわした場合の  $n$  はよく一致していて、特に影響は無いといえる。

おわりに

水平方向の電子ビームの変位に対して、ビームの左右に配置したアンテナはビーム位置モニタとして十分な応答特性を示したが、上下に配置したアンテナの特性は周辺の状態を含めさらに調べる必要がある。また、スロットアンテナを上下左右に配置しても、相互に影響を及ぼさないことがわかった。

今後は、スロットアンテナを垂直方向に動かした場合の特性を調べ、4入力ピークホールド回路を用いてリアルタイムでの2次元ビーム位置モニタを目指したい。

#### 参考文献

- [1] H.ITOH et.al,  
"USE OF SLOT ANTENNAS IN MEASUREMENT AND TRANSIENT ANALYSIS OF ELECTROMAGNETIC FIELD CREATED BY ELECTRON BEAM",  
Proc. 17th. Linac Meeting in Japan,  
pp.207-209, 1992
- [2] T.SUWADA et.al,  
"DEVELOPMENT OF A BEAM-POSITION MONITOR FOR THE KEK ELECTRON/POSITRON LINAC (II)",  
Proc. 18th. Linac Meeting in Japan,  
pp.110-112, 1993