

ELECTROMAGNETIC FIELD IN A TAPERED-CYLINDRICAL BOUNDARY FOR AN ELECTRON BEAM MONITOR

A. Homma, T. Aoki, T. Sawamura, H. Yamazaki,
and K. Tsumori*

Department of Nuclear Engineering, Hokkaido University
*Radiation Laboratory, The Institute of Scientific and Industrial
Research, Osaka University

ABSTRACT

In the analysis of response of a field pick-up type electron beam monitor, mounted inside a cylindrical boundary conducting wall, a detailed knowledge of the electromagnetic field produced by the beam in the cylinder was required.

The field was numerically solved for a single bunch of electrons passing through the axis of the cylinder. The results showed that the repeated reflections of the field produced a complicated time variation of field lasting after the passage of the bunch.

Improved results was found by adopting a new boundary conducting wall of a tapered-cylindrical geometry, which reduces the reflection of field.

ビームモニターのためのテーパ付き円筒境界内の電磁場

【はじめに】

著者らは検出ループを用いたライナック電子ビームモニターの応答機構の研究を行ってきた。研究を進める上で応答機構を 1) 検出ループの置かれている境界内にビームが形成する電磁場、2) 境界内電磁場とループの電磁的相互作用による検出信号の発生、3) 検出信号が伝送系、オシロスコープ等の測定系のもつ応答関数とのコンボリューションにより受ける波形歪の影響の三つのステップに分離して考えてきた。3) については既に本研究会で報告した。¹⁾

これまでの研究ではループ近傍の電磁場はビーム波形に対応するものと仮定して扱ってきた。しかし、モニターはビーム窓近傍に置かれることが多く(図-1参照)、ビーム窓からビームが出る時に発生する電磁場、モニター境界からビームが出る時境界内に残る電磁場の影響を考慮する必要がある。²⁾ 今回、計算機シミュレーションによりこれらの影響を調べてみた。

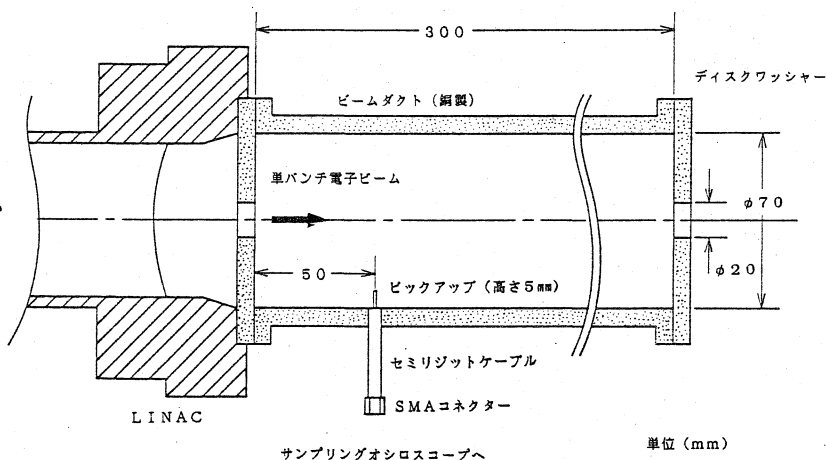


図-1 ビームモニター検出部

【ビームモニター】

ビームモニター検出部を図-1に示す。ライナックのビーム出口に内径70mmの銅製ビームダクトを取り付け、直径10mmのビーム通過孔を持つディスクワッシャーで両面を閉じることにより境界を構成する。この内部に、SMAコネクタに取り付けた太さ0.26mm、高さ5mm、幅1mmのピックアップループを配置する。ピックアップによる検出信号は低損失ケーブルを通してオシロスコープで観測される。

【計算】

図-1のビームモニターと同様の境界形状、さらにピックアップの先端と同じ観測位置における電磁場の計算を試みた。計算はT.Weilandの手法を参考としたもので、³⁾計算領域をメッシュ分割、各メッシュについて軸方向、半径方向の電場そして円周方向の磁場の3成分について空間積分、時間差分を行いMaxwell方程式を解くものである。ただし、境界は完全導体と仮定する。メッシュには正方形とそれを2分割した三角形の形状が使用できる。今回の計算では一辺が1mmの正方形メッシュを使用した。ビームの貫通孔については現段階では完全導体中をビームが通過すると仮定している。ソース項にはシングルバンチビームとして、全電荷量が20nC、軸方向にr.m.s.長さ10mmのガウス形分布をした光速で進行する線状電荷を仮定した。

【結果】

図-2に半径方向の電場の計算結果を示す。破線が規格化されたビーム波形を、実線が場の時間変化を表す。境界内部に取り残され多重反射している場の様子が解る。

以上の結果から図-1に示した境界では、内部での多重反射及び残存する電磁場による影響よりビーム波形を評価するには解析が非常に複雑になることが解る。

そこで、これらの影響を軽減させる目的でビームダクトにテーパを付け(図-3参照)計算を試みた。

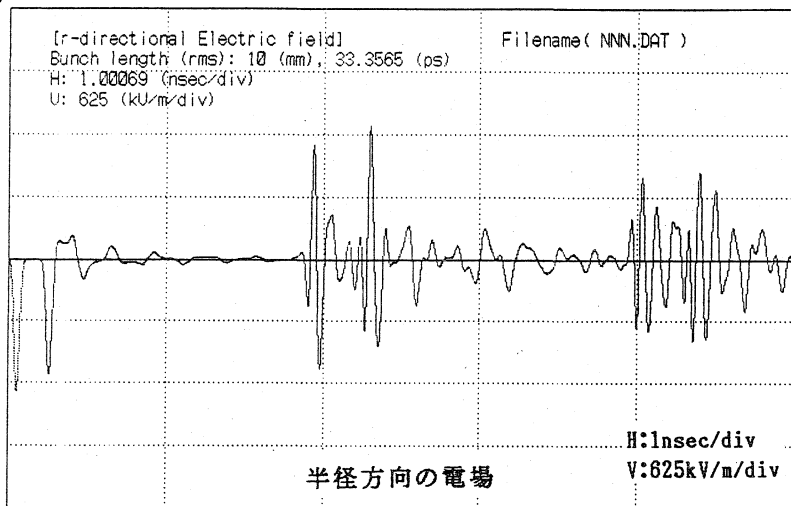


図-2 境界内電磁場の時間変化

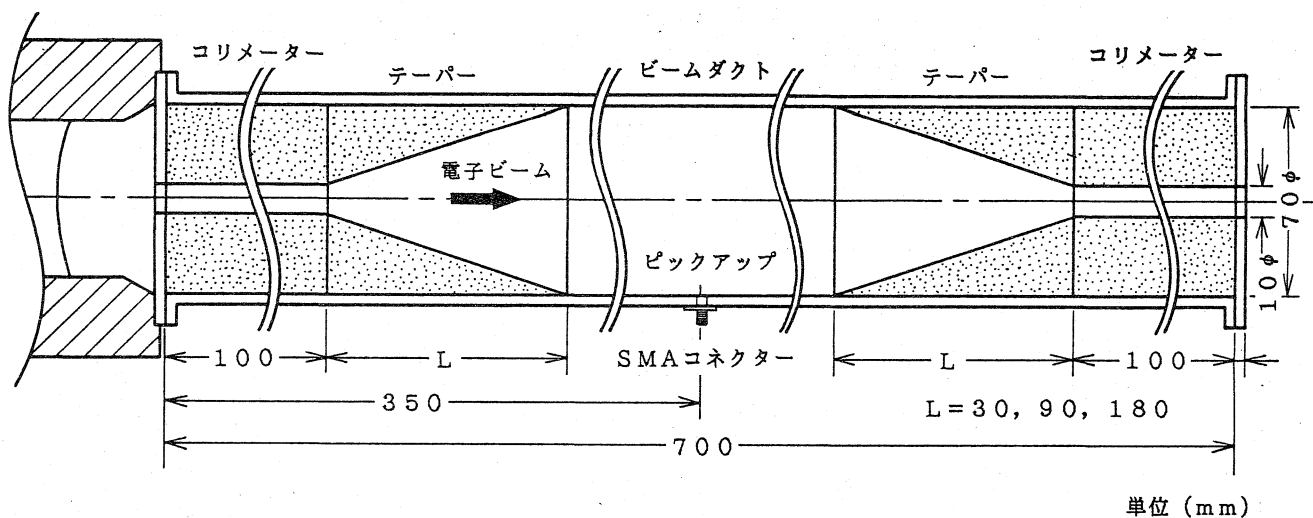


図-3 テーパー状円筒境界を持つビームモニター検出部

モニター検出部にテーパー状円筒境界を用いた場合の計算結果を図-4に示す。ただし、テーパー部分の境界は正方メッシュで近似し、テーパーの角度を変えた場合についてそれぞれ計算を行った。テーパーの角度が小さいほどモニター境界内の電磁場が単純になり、電磁場はビーム波形に対応した時間変化を示すようになる。

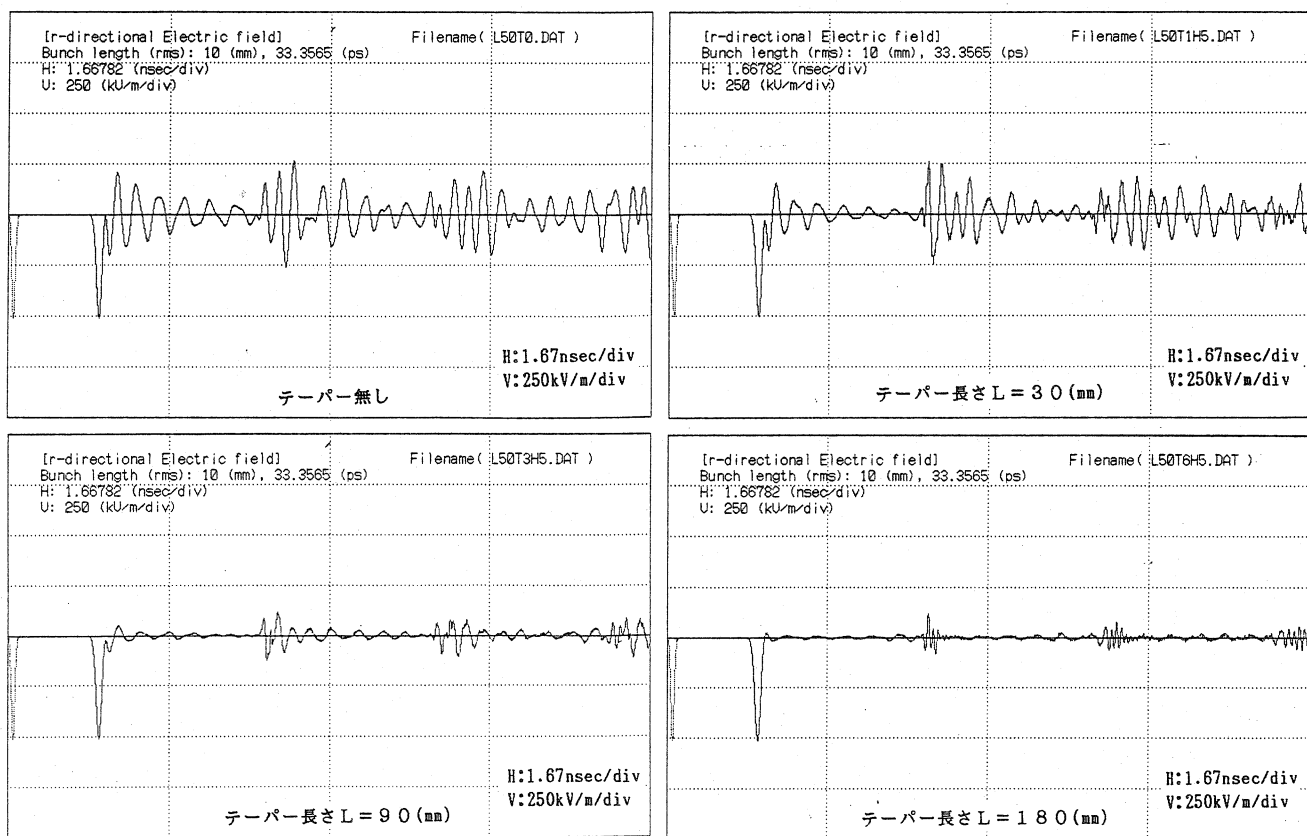


図-4 テーパー状円筒境界を持つモニター検出部の半径方向電場の時間変化

【おわりに】

計算により円筒境界内の電磁場を求めた。その結果ビームがビーム窓などの境界を通過するときに境界内に発生する場の影響を知ることができた。またテーパー状円筒境界を用いることにより境界内の場をビーム波形に近づけることができることも示された。

今後はこれらの結果を実験的に確認すると共に、場とループの応答関数も求める予定である。

(参考文献)

- 1) A.Homma, K.Tsumori et al., "Study of Beam Monitor by Using Single Bunch Linac" 10th Meeting on Linac in Japan (1985) 79.
- 2) D.Mitrovich, "Magnetic Field Evolution and Measurement of Fast Rise Time Electron Beams" Rev. Sci. Instrum. 59 (7), (1988) 1139.
- 3) T.Weiland, "On the computation of electromagnetic fields excited by relativistic bunches of the charged particles in accelerating structures" CERN/ISR-TH/80-07, (1980).