

20-P19

MEASUREMENT OF DIPOLE MODES IN DETUNED STRUCTURE

¹M. Yamamoto[†], T. Higo, and K. Takata

¹The Graduate University for Advanced Studies
KEK, National Laboratory for High Energy Physics
1-1, Oho, Tsukuba-shi, Ibaraki-ken, 305, Japan

Abstract

For investigating a long-range transverse wake field in a detuned structure, frequencies and fields of resonant dipole modes were calculated by an open mode expansion. In order to verify this calculation, resonant modes in a model detuned structure were measured. Measured resonance frequencies and a field pattern on axis agree well with calculated results.

周波数分散構造内のダイポールモードの測定

1 はじめに

リニアコライダー [1] の X-バンド加速管は、エミッタンスの増加を防ぐために横方向ウェークフィールドを次のパンチ (1.4nsec 後) が到達するまでに 1/100 程度まで小さくする必要がある。リニアコライダーのようにビームがほぼ加速管の中心を通過する場合、横方向ウェーク場はそのダイポールモードが支配的である。従って、加速管内の横方向ウェーク場を求めるためには、そのダイポールモードを詳しく計算する必要がある。

横方向ウェーク場を十分小さくするための加速管として、そのダイポールモードの周波数を適当に分布させることによる、モード同志のキャンセルの効果を利用する周波数分散構造が考えられている [2]。これは、セル毎の形状を μm オーダーで変化させることにより実現できる。この加速管内のウェーク場は、等価回路モデルによりその加速管のダイポールモードを計算することにより研究されてきた [3][4]。これまでの等価回路モデルではセル内の電磁場を最低次の 2 つの固有モードの和として表し、最低次の 2 個のパスバンドを解析可能である。より高次のパスバンドを取り扱うために、

我々はこれら等価回路モデルの延長であるオープンモード展開の手法を確立した [5]。このオープンモード展開の方法では、加速管内の電磁場は次のように 2 つ以上の固有モードの和として表す。

$$f_a = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m C_{ij} f_{ij} \quad (1)$$

ここで、 f_a は加速管内の電磁場を、 f_{ij} は i 番目のセルの j 番目のオープンモードを表している。そして、 C_{ij} はその成分を表している。

この手法を実験的に確認するために、モデル加速管を作り、その中のダイポールモードを測定した。本論文では、共振周波数の測定結果と電磁場の存在するセルを示す摂動球によるパーターベーションの結果を示す。

2 測定方法

測定するモデル加速管は、オープンモード展開で計算できるものと同じ境界条件のものを製作した。具体的には、カップラーセルの無い 28 個の加速セルからの構成される構造をアルミニウムで製作した。ただし、この加速管は X-バンドに比べて測定が容易な C-バンドとした。ディスクの厚さ t

[†]現在 石川島播磨重工業株式会社

は4[mm]で加速管の入口から出口にわたって一定とし、ディスク孔 a の変化は図1のように入口から出口にわたって周波数分散構造と同じ分布とした [6]。

共振周波数は、加速セルに直接アンテナを挿入することによりネットワークアナライザを用いて行う。この場合、オープンモード展開の計算結果から共振モードによっては電磁場が遍在（電磁場の存在しないセルがある）することが分かっているため、アンテナを導入するセルを移動させて測定を行う（全てのセルにアンテナが導入可能）。

ダイポールモードのロスパラメーターは、加速管中心軸上の電磁場 (E_{\perp} , H_{\perp}) の横方向成分を積分することにより得られる。これらの電磁場は形状の異なる2種類の摂動物を用いてビーズ摂動物により測定可能である [7]。形状の異なる摂動物は E_{\perp} と H_{\perp} に対して異なる摂動を示すので、連立方程式を解くことによりそれぞれの電磁場が分かる。このように摂動の差を利用しているため、加速モードのように軸上の電場 E_z しか存在しないモードに比べて、精度よく周波数を測定する必要がある。

今回は予備実験として微小球による周波数の摂動のみ測定し、その結果を示す。

3 測定結果

周波数の低い方から56個のダイポールモードの共振周波数はオープンモード展開による計算により、7[GHz]~11[GHz]に分布していることが分かっている。また、この付近にはダイポールモードのみ存在することも分かっているため、この56個のダイポールモードの測定は比較的容易である。これより高次のモードでは、ダイポールモード以外のモードも同じ周波数帯に存在する。これらを区別することはそれほど容易でないため、今回は測定しなかった。

観測されたダイポールモードの共振周波数とオープンモード展開により求められた共振周波数を図2に示す。これら2つの値の差は、最大0.43%のものを除くと $\pm 0.2\%$ に入っている。そして測定値は必ず計算値よりも低い。実際の周波数分散構造の場合、ウェークフィールドのキャンセルの効果

は、周波数のオフセットにあまり関係しない。したがって、このオフセットを除いた値 $\pm 0.2\%$ が問題であり今後検討を要する。

ロスパラメーターを計算する前段階であるビーズ摂動物による周波数変化を図3に示す。これは、14番目のモードを直径1.2[mm]の金属球による摂動物結果である。この図から直に電磁場の大きさは分からないが、電磁場の存在しているセルは分かる（周波数が増えているところに電磁場が存在する）。周波数変化がある8~21番目のセルに電磁場が存在している。また、オープンモード展開による計算結果も（図4）8~21番目のセルに電磁場が存在することを示している。図3中1~3番目のセルでは周波数が増えているように見えるが、これは測定系のドリフトと思われる。

4 まとめ

モデル加速管のダイポールモードの測定により以下のことが分かった。

- 共振周波数は測定値と計算値とは $\pm 0.2\%$ で合っている。
- 電磁場の存在するセルの分布も、測定と計算はよく合っている。

以上のことから、オープンモード展開による加速管の解析は有効であると判断できる。今後、ロスパラメータを含めた測定を行いより確度の高い確認を行う予定である。

参考文献

- [1] P. B. Wilson, SLAC-PUB-3674, October 1985.
- [2] H. Deruyter *et al.*, Proc. of the Linear Acc. Conf., Albuquerque, 1990.
- [3] K. L. F. Bane, SLAC-PUB-5783, March 1992.
- [4] M. Yamamoto *et al.*, KEK Preprint 93-101 August 1993.
- [5] To be published.
- [6] M. Yamamoto, Proc. of the Third JLC Workshop on JLC, PP. 34-41, February 1992.
- [7] Y. Yamazaki *et al.*, KEK Report 80-8, 1980

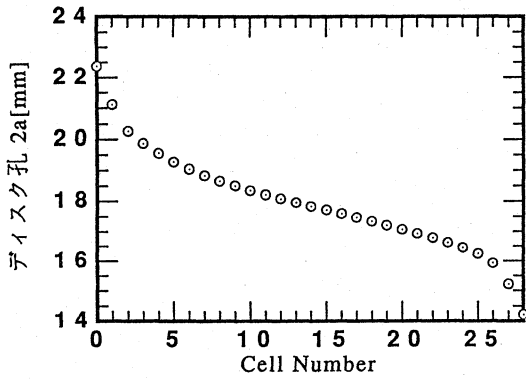


図1 モデル加速管のディスク孔 2a の分布。

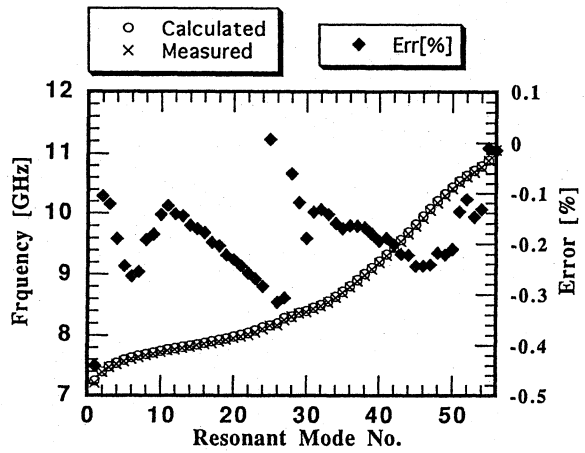


図2 周波数の低い方から、56モードのダイポールモードの共振周波数の測定結果と計算結果。あわせて、その差も示す。

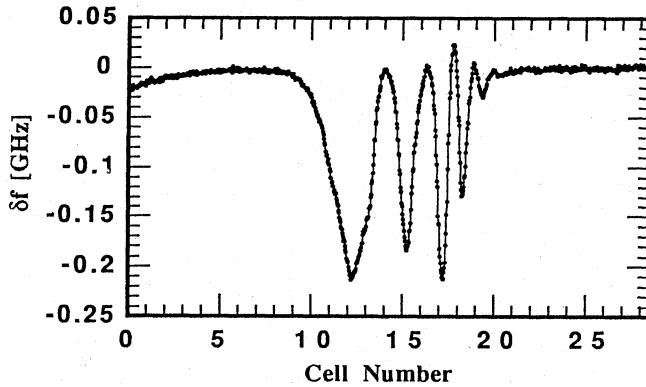


図3 直径 1.2[mm] の摂動球による周波数変化。

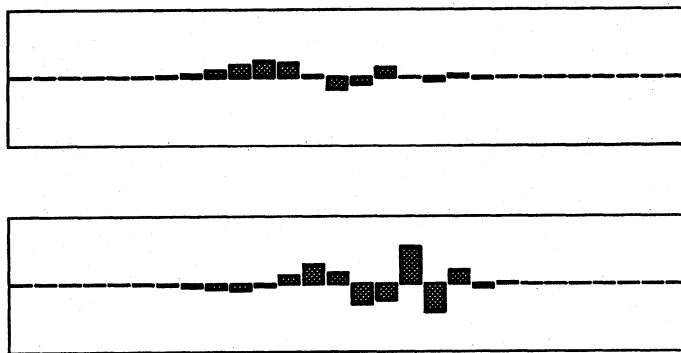


図4 14番目の共振モードのオープンモードの成分(計算値)。縦軸が成分であり全スケールは±1, 横軸は Cell No. である。計算では各セル8個のオープンモードを用いたが、3つ目以降のオープンモードの成分は低次の2つのモードに比べ非常に小さいので表示していない。下側の棒グラフは $TM_{110} - \pi$ 、上側は $TE_{111} - 0$ をそれぞれ示す。